أسماء الباحثين وعناوين أبحاثهم بالمؤتمر الخامس لمواد البناء والهندسة الإنشائية

المحور الأول: استخدام مواد البناء وتقنياتها في أعمال البناء والتشييد

ر.م	عنوان البحث	أسم الباحثين
.1	تأثير استخدام الأنقاض الخرسانية كركام خشن على الخواص الميكانيكية للخرسانة	د. أحمد جميل أبراهيم
.2	إستبدال جزء من الإسمنت في الخرسانة بماد ناعمة من كسارات الركام	أ. باسم جاسم فريد
.3	مشاكل تطبيق بعض المواصفات القياسية الليبية لمواد البناء	أ. حليمة الشيباني
.4	تأثير نوع الركام الكبير على السلوك الميكانيكي للخرسانة عالية المقاومة	أ.د. سليم صالح .وأخرون
.5	تنفيذ الخرسانة ذاتية الدمك باستخدام المواد المحلية في ليبيا	م. سناء الباجقني.وآخرون
.6	تأثير خواص الركام على الخواص الريولوجية للمونة الإسمنتية	د.عبد الحميد قناو.وآخرون
.7	المياه الجوفية في منطقة سبها وتأثير استعمالها في الخلطة الخرسانية	د. عبد الخالق حسين.وآخرون
.8	إجراءات تأمين ومراقبة إنتاج الخرسانة الجاهزة	م. على مسعود. م. علي منصور
.9	دراسة حقلية للخرسانة المدموكة بالهراسات باستخدام المواد المحلية	د. علي منصور. م. محمد بنيني
.10	تأثير نوعية الرمل (ركام ناعم طبيعي واصطناعي) على مقاومة المونة	م. ناصري عبد الغني
.11	إستخدام التربة كمادة أساسية في البناء	أ. هدي الباشا. م. محمود صالح

المحور الثاني: التحليل والتصميم والتنفيذ الإنشائي

.12	سلوك الأعمدة الخرسانية القصيرة المحملة محوريا والمنفذة باستخدام الركام المخلوط	د. أحمد الجابري
.13	التحليل الإنشائي العددي لعملية إصلاح وتقوية الكمرات الخرسانية المسلحة	م. سعاد تليش. وآخرون
.14	سلوك الأعمدة الخرسانية القصيرة المحملة محوريا والمنفذة باستخدام الركام المخلوط	
.15	تحليل الصفائح الدائرية متعامدة الخواص باستخدام نظرية العناصر المختلطة والمحددة	د.صالح الباروني.م. كريمةالغويل
.16	تأثير نوع التربة على نتائج اختبار لوح التحميل	د. عبد الخالق مهدي.وآخرون
.17	التقنيات العددية للتحليل الإنشائي بطريقة الشرائح المحدودة	م. عبد الرحيم محمد أحمد
.18	إيجاد معادلات عامة ومنحنيات للعزوم اللدنة للبلاطات المسندة المنتظمة وغير المنتظمة	أ.عمادالسعدي.د.مسعودحركات

.19	دراسة تأثير الملدنات الفائقة على مقاومة ومسامية الخرسانة	أ.د. عمر محمد بن ساسي
.20	دراسة سلوك القص بين التربة وسطح الأساس	د.محمد شاهين.م.محمودمنتقي
.21	إيجاد قيم النفاذية والمسامية للخرسانة بدلالة خواص مقاومة الضغط والكثافة والإمتصاص	د.محمد عباس، د.مسعود حركات
.22	تثبيط تآكل حديد التسليح فى الخرسانات المحتوية على أيون الكلوريد عن طريق مضافات عضوية	د.محمد سليمان،أ.فاطمة التهامي
.23	أحمال الإنبعاج للأعمدة مشطوفة الجوانب حرة الطرف ومثبتة الطرف الآخر	د.مصطفي محمد الطويل
.24	إستنباط دليل لإجراءات الإشراف على تنفيذ مشاريع المباني	م.نهله عيسي، د.زيدان حتوش
.25	تجارب معملية لدراسة تأثير التسليح الحلزوني في منطقة الضغط للكمرة	د. نوري محمد الباشا

المحور الثالث: إعادة تأهيل المباني والمنشآت

.26	تقييم الحالة الراهنة للجسور الحجرية لإعادة تأهيلها تحت تأثير الحمولات الحقيقية	م.أحمد بوحلوفة.وآخرون
.27	صدأ حديد التسليح في المنشآت الخرسانية	د.حسين الشيخ.آخرون
.28	التلف في قطاع رصف الطرق وعلاقته بطرق التصميم المستخدمة (حالة دراسية- بنغازى- ليبيا)	د.عبد السلام الجرم
.29	ظاهرة تآكل حديد التسليح في المنشآت الخرسانية (دراسة ميدانية)	د.علي منصور.م.على مسعود
.30	صيانة الأعتاب الخرسانية المسلحة في منطقة الإنحناء باستخدام صفائح الخرسانة عالية الكفاءة	د.فرحات غريبي.د.حسن صقري
.31	تصدعات المباني وتكنولوجيا البناء بالأجواء البحرية	د. محمود صالح بشينة

تأثير استخدام الأنقاض الخرسانية كركام خشن على الخواص الميكانيكية للخرسانة

د. أحمد جميل إبراهيم
أستاذ مساعد
ajssea57@yahoo.com
قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة عمر المختار– البيضاء– ليبيا

ملخص

يهدف البحث إلى إمكانية الاستفادة من الأنقاض الخرسانية باستخدامها كركام لإنتاج خرسانة جديدة. يتضمن البحث دراسة تأثير إحلال الأنقاض الخرسانية بنسب مئوية متفاوتة (100،75،50،25)% على التوالي من الوزن الكلي للركام الخشن الطبيعي في خلطة خرسانية شائعة الاستعمال هي (3:1.5:1) (اسمنت: ركام ناعم: ركام خشن) وتأثير ذلك على خواص الخرسانة الميكانيكية كمقاومة الانضغاط والانثناء والشد الانشطاري ومعامل المرونة.

مفاتيح الموضوع: الأنقاض الخرسانية ، الركام الخشن ، مقاومة الانضغاط ، مقاومة الشد ألانفلاقي ، مقاومة الانثناء ، معامل المرونة.

1- المقدمة

نتيجة للحاجة المتزايدة لكميات الركام المطلوبة في صناعة الخرسانة بسبب التطور والتجديد العمراني للدول المتقدمة والنامية ولمحدودية المصادر الطبيعية للركام ، بالإضافة إلى الاعتبارات البيئية والاقتصادية حيث إن المواقع المحيطة بالمدن الرئيسية والمستخدمة لطمر المخلفات والأنقاض بدأت بالتناقص بالإضافة إلى تزايد حجم الأنقاض الخرسانية بسبب التوسع في الأعمال الإنشائية وزيادة كلف نقل وطمر هذه الأنقاض إلى المواقع البعيدة المخصصة لها ولتناقص ومحدودية هذه المناطق في قسم من الدول وكذلك للمحافظة على المصادر الطبيعية لإنتاج الركام وتقليل الطاقة اللازمة لإنتاج هذا الركام . بناء على ذلك اتجهت هذه الدول إلى التفكير في إعادة استعمال هذه المخلفات كطريقة عملية للتخلص منها كما وأصبحت ضرورية لإحداث التوازن البيئي والتقليل من التلوث وهو مايتماشى مع الاتجاه العام في إعادة تصنيع وتدوير النفايات وإعادة استخدامها كمواد بناء في إنتاج الخرسانة عن طريق إحلال الركام الخشن الناتج من مخلفات الهدم بديلا عن الركام الخشن الطبيعي بالإضافة إلى إمكانية استخدام الباقي في إعمال الردم للطرق .

أجريت بحوث عديدة لدراسة الاستفادة من ركام الخرسانة المعادة وإمكانية استخدامه لإنتاج خرسانة جديدة [1– 6]. فعلى سبيل المثال وجد قسم من هؤلاء الباحثين (Frondistou –Yannas)[1] إن الخرسانة المعادة تكون ذات مقاومة

انضغاط اقل من مقاومة انضغاط الخرسانة الاعتيادية بنسبة تتراوح بين (4–24) % أما معامل المرونة فيكون اقل بنسبة 33 % للخرسانة المعادة مقارنة بالخرسانة الأصلية . كما توصل (Nixon) [2] من خلال دراسته إلى إن الخرسانة المعادة تكون ذات مقاومة انضغاط اقل من مقاومة انضغاط الخرسانة الأصلية بنسبة أكثر من 20% أما الباحثون (BCSJ) [3] فقد توصلوا إلى إن مقاومة الانضغاط للخرسانة المعادة اقل من الخرسانة الأصلية بنسبة تتراوح بين (14–32)% أما معامل المرونة فيكون اقل من معامل المرونة للخرسانة الأصلية بنسبة تتراوح بين (10–30)% عند استعمال ركام خشن معاد فقط مع ركام طبيعي وتزداد النسبة لتصبح (25–40)% عند استعمال ركام خشن معاد وركام ناعم معاد معا لإنتاج الخرسانة المعادة. وجد الباحثين (Rasheeduzzafar and Khan) [4] من خلال دراستهما إن معامل المرونة للخرسانة المعادة اقل من الخرسانة الأصلية بنسبة 18%.

(Hansen, and Boegh) [5] وجدوا إن معامل المرونة الساكن والديناميكي يقل بنسبة (14–28)% للخرسانة المعادة مقارنة مع الخرسانة الأصلية . لجنة المعهد الأمريكي لبحوث الخرسانة رقم 555 [6] تبين إن مقاومة الانضغاط للخرسانة المعادة المستخدم في تصنيعها ركام خشن وناعم معادين اقل بنسبة تتراوح بين (15–40) % من مقاومة الانضغاط للخرسانة الأصلية وتقل هذه النسبة في حالة استخدام 50% رمل طبيعي و 50% ركام ناعم معاد تصنيعه لتصبح (10–20)%، كما وجدت إن الخرسانة المصنوعة من الركام الخشن المعاد لها نفس مقاومة الشد والان ثناء أما في حالة استخدام ركام خشن وناعم معادين يحدث تخفيض ليصل في حدود (10–20)% ، وتؤيد النتائج التي توصلوا إليها الباحثون (BCSJ) [3] بالنسبة لمعامل المرونة.

يهدف البحث إلى إمكانية الاستفادة من الأنقاض الخرسانية باستخدامها كركام لإنتاج خرسانة جديدة. ودراسة تأثير إحلال الأنقاض الخرسانية بنسب مئوية متفاوتة (25،50،75،100)% على التوالي من الوزن الكلي للركام الخشن الطبيعي في خلطة خرسانية شائعة الاستعمال هي (3:1.5:1) مستعملة في اغلب المشاريع الإنشائية وتأثير ذلك على خواص الخرسانة الميكانيكية كمقاومة الانضغاط والانثناء والشد الانشطاري ومعامل المرونة.

2– المواد المستخدمة والبرنامج العملي

2–1– المواد المستعملة :

2–1–1– الاسمنت : استخدم الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي والمبينة خواص الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية في

الجداول (1) و(2) والمطابق للمواصفة الأمريكية (ASTM C 150-99) [7] بالإضافة إلى مطابقته للمواصفة الليبية (LQS/340/1997) [8] والمواصفة العراقية (IQS-5-1984) [9] .

جدول (1): التحليل الكيميائي للاسمنت البورتلاندي

الاوكسيد	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	MgO	K_2O	Na_2O	TiO_2	L.O.I.	I.R.
الكمية %	61.68	20.62	5.72	3.16	2.29	3.61	031	0.42	0.12	1.75	0.31
المواصفة الأمريكية					3.5>	6.0>				3.0>	0.75>
المواصفة الليبية					3.0>	5.0>				3.0>	1.5>
المواصفة العراقية					2.8>	5.0>				4.0>	1.5>

جدول (2): الخواص الفيزيائية والميكانيكية للاسمنت

الخاصية	النتيجة	المواصفة الأمريكية ASTM C 150-99	المواصفة الليبية LQS/340/1997	المواصفة العراقية IQS-5-1984
الكثافة النسبية	3.14			
النعومة (المساحة السطحية النوعية) بطريقة Blain(م^2/ جم)	311	280 <	250 <	230 <
زمن التجمد بطريقة Vicat(دقيقة)				
التجمد الابتدائي	110	45 <	45 <	45 <
التجمد النهائي	360	480 >	600 >	600 >
مقاومة الانضغاط (نيوتن / مم2)				
عمر3 يوم	22.1	12.4 <	21 <	15 <
عمر 7 يوم	27.9	19.3 <	–	23 <
عمر28 يوم	–	–	39 <	–

2-1-2- الركام الناعم: استخدم رمل صحراوي طبيعي ذو محتوى أملاح كبريتية اقل من 0.3% وذو محتوى أملاح كلوريدية اقل من0.05 % خواصه الفيزيائية مبينة في الجدول (3) بالإضافة إلى المواصفات [7] التي تم بموجبها إجراء الفحوصات، تدرجه مطابق للمواصفة الأمريكية (ASTM C 33-99) [7] وكما موضح في الجدول (4) علما إن فحص التدرج تم إجرائه بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C 136-96) [7] .

جدول (3): الخواص الفيزيائية للركام الناعم

الخاصية	الوزن النوعي (مشبع جاف السطح)	الامتصاص %	وزن وحدة الحجوم (جاف ومرصوص) كجم/م^3
النتيجة	2.62	1.8	1620
المواصفة	ASTM C 128-99		ASTM C 29-97

جدول (4): تدرج الركام الناعم

فتحة الغربال (مم)	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
النسب العابرة %	100	93.3	74.0	40.6	18.0	7.2
حدود المواصفة	100–95	100–80	85–50	60–25	30–10	10–2

2–1–3– الركام الخشن الطبيعي: استخدم ركام خشن مكسر طبيعي مغسول ذو مقاس أقصى 19 مم خواصه الفيزيائية والمواصفات[10،7] التي تم بموجبها إجراء الفحوصات مبينه في الجدول (5)، تدرجه مطابق للمواصفة الأمريكية (ASTM C 33-99) [7] وكما موضح في الجدول (6) علما إن فحص التدرج تم بموجب المواصفة الأمريكية [7] . (ASTM C 136-96) محتوى الأملاح الكبريتية والكلوريدية في هذا الركام كان اقل من 0.4% واقل0.05 % على التوالي.

2–1–4– الركام الخشن المعاد: استخدم الركام الخشن المعاد والناتج من تكسير الأنقاض الخرسانية الموجودة في معمل مواد البناء حيث تم تكسيره وغربلته للحصول على تدرج مشابه لتدرج الركام الخشن الطبيعي الموضح في الجدول (6)، إما خواصه الفيزيائية والميكانيكية والمواصفات [10،7] التي تم إجراء الفحوصات بموجبها مبينة في الجدول (5).

جدول(5): الخواص الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن الطبيعي والمعاد

نوع الركام الخشن	الخواص الفيزيائية			الخواص الميكانيكية			
	الوزن النوعي مشبع جاف السطح	الامتصاص %	وزن وحدة الحجوم (جاف ومرصوص) كجم/م^3	معامل التصادم %	معامل السحق %	معامل البري لوس أنجلس %	معامل الانتظام لوس أنجلس (L100/L500)
الطبيعي	2.64	0.7	1560	18	18.5	16.3	0.22
المعاد	2.40	6.25	1300	31.0	25.5	30.0	0.29
المواصفة	**ASTM C 127-99**		**ASTM C 29-97**	**BS 812;110&112:1990**		**ASTM C 131-99**	

جدول (6): تدرج الركام الخشن الطبيعي والمعاد

فتحة الغربال (مم)	**25**	**19**	**9.5**	**4.75**	**2.36**
النسب العابرة %	100	100	38	2	0
حدود المواصفة	100	100–90	55–20	10–0	5–0

2–1–5– الماء: استعمل الماء الصالح للشرب لخلط ومعالجة الخرسانة.

2-2- الخلطات الخرسانية:

استخدمت في هذا البحث خلطة خرسا نية شائعة الاستعمال وبنسب وزنية (3:1.5:1) (اسمنت: ركام ناعم: ركام خشن) وكانت نسبة الماء /الاسمنت 0.5 ثابتة لكل الخلطات الخرسانية. الخلطة N تمثل الخلطة المرجعية حيث استخدم فيها الركام الطبيعي الخشن فقط أما الخلطات (R_{100}, R_{75}, R_{50}, R_{25}) فهي مشابهة للخلطة المرجعية N من حيث وزن الاسمنت ووزن الركام الناعم ونسبة الماء/ الاسمنت ولكن فقط تم استبدل ركام الخرسانة المعاد بنسبة (25، 50،75،100)% على التوالي من وزن الركام الخشن الطبيعي الكلي للخلطة الخرسانية وكما موضح في الجدول (7).

جدول(7) : نسب مكونات الخلط الوزنية للخلطات الخرسانية

نوع الخطة	نسب الخلط	الركام الخشن الطبيعي	الركام الخشن المعاد	الماء /الاسمنت
		%		
N	**3:1.5:1**	100	0	**0.5**
R_{25}	**3:1.5:1**	75	25	**0.5**
R_{50}	**3:1.5:1**	50	50	**0.5**
R_{75}	**3:1.5:1**	25	75	**0.5**
R_{100}	**3:1.5:1**	0	100	**0.5**

تم خلط وصب ومعالجة النماذج الخرسانية بموجب المواصفة الأمريكية (ASTMC192-98) [7] حيث تم خلط المواد ميكانيكيا باستعمال خلاطة قدرية سعتها 56 لتر وتم بعد ذلك تم صب النماذج الخرسانية المختلفة وهي 6 اسطوانات قياس 100*200 مم استعمل منها 3 لفحص مقاومة الانضغاط و 3 لفحص مقاومة شد الانشطار ألانفلاقي و 3 اسطوانات قياس 150*300 مم لفحص معامل المرونة و3 مواشير قياس (100*100*500) مم لقياس مقاومة الانثناء.

2-3- فحوصات الخرسانة الطرية والصلبة:

2-3-1- فحوصات الخرسانة الطرية:

تم إجراء فحص الهطول بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C143-98) [7] .

2-3-2- فحوصات الخرسانة الصلبة:

بعمر28 تم إجراء فحص مقاومة الانضغاط وفحص مقاومة الشد ألانفلاقي وفحص مقاومة الانثناء بالإضافة إلى فحص معامل المرونة بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C 39-99) ، (ASTM C 469-96) ،

(ASTM C 78-94)، (ASTM C 469-94) [7] على التوالي.

3- النتائج والمناقشة

3-1- الخرسانة الطرية:

3-1-1- الهطول:

نتائج فحص الهطول مدرجة في الجدول (8) حيث نلاحظ إن مقدار الهطول متقارب جدا وهناك فرق طفيف لايزيد عن 2 مم عند ازديا د كمية الركام الخشن المعاد المستبدل بدلا من الركام الأصلي و قد يعود تفسير ذلك إلى تحسين شكل حبيبات الركام الخشن المعاد مقارنة مع الركام الأصلي بسبب تغليف قسم من سطوح حبيبات الركام بمونة الاسمنت مما يؤدي إلى تقليل محتوى الحبيبات الرقائقية والمستطالة للركام الخشن المعاد مقارنة مع الركام الأصلي.

3-1-2 – الكثافة:

نلاحظ من الجدول (8) إن كثافة الخرسانة الطرية تقل بزيادة كمية الركام الخشن المعاد المستخدم بدلا من الركام الأصلي ويعود تفسير ذلك إلى الانخفاض في الوزن النوعي للركام الخشن المعاد (2.40) مقارنة بالوزن النوعي للركام الأصلي (2.64) بسبب مونة الاسمنت الملتصقة بسطح الركام والتي تكون ذ ات وزن نوعي اقل من الوزن النوعي للركام بذاته بالإضافة إلى مسامية المونة العالية مقارنة بمسامية الركام الأصلي. ويصل الانخفاض بكثافة الخرسانة الطرية 5.9% عند استبدال الركام الخشن المعاد بنسبة 100% بدلا من الركام الأصلي الطبيعي وكما مبين في الجدول(9).

3- 2- الخرسانة الصلبة:

الخواص الميكانيكية للخرسانة وهي مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري ومقاومة الانثناء ومعامل المرونة بعمر 28 يوم لكافة الخلطات الخرسانية ذات نسب الخلط المختلفة مبينة كذلك في الجدول (8) حيث إن كل نتيجة مدرجة تمثل المعدل الحسابي لفحص 3 نماذج.

3-2-1- مقاومة الانضغاط:

يلاحظ انه بزيادة نسبة الركام الخشن المعاد تقل مقاومة الخرسانة ليصل النقصان في مقاومة الانضغاط إلى 20.1% عند استبدال الركام الخشن المعاد بالكامل بدلا من الركام الأصلي الطبيعي وكما موضحة في الجداول (8) و(9) والشكل (1) ويعود تفسير ذلك إلى إن الخرسانة المعادة عبارة عن مادة مركبة مكونة من أربع مركبات رئيسية هي مونه

جدول (8): نتائج فحوصات الخرسانة الطرية والصلبة ومقارنتها مع المدونة الأمريكية ACI 318-2005

ت	نوع الخلطة	الهطول	الكثافة الطرية	مقاومة الانضغاط	مقاومة الشد الانشطاري		مقاومة الانثناء		معامل المرونة	
					نظري(ACI)	معملي	نظري(ACI)	معملي	نظري(ACI)	معملي
		مم	كجم/م^3	نيوتن/ مم^2					جيكا نيوتن/ مم^2	
1	N	34	2436	36.8	3.37	4.21	4.25	4.88	28.5	21.1
2	R_{25}	34	2395	34.2	3.25	4.00	4.10	4.52	27.5	20.6
3	R_{50}	35	2345	32.9	3.19	3.85	4.02	4.32	26.9	18.8
4	R_{75}	35	2315	30.7	3.08	3.43	3.88	4.12	26.0	16.4
5	R_{100}	36	2293	29.4	3.01	3.35	3.80	3.92	25.5	14.8

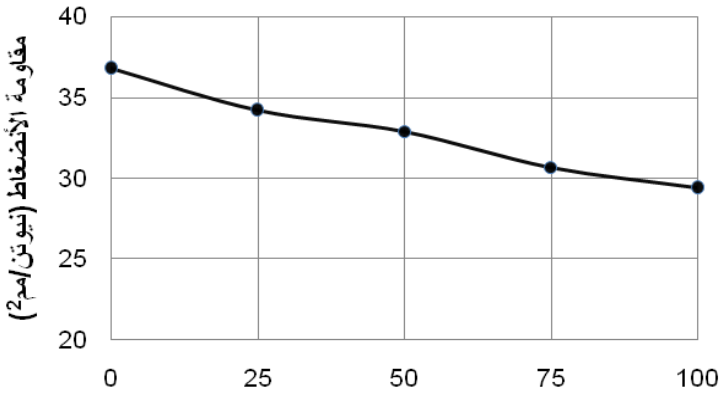
الاسمنت الجديدة ، مونة الاسمنت القديمة، الترابط بين مونة الاسمنت والركام بالإضافة إلى الركام الأصلي، الخواص الفيزيائية للنظام المركب هذا تكون اقل لعدة أسباب مهمة هي زيادة مسامية الركام للخرسانة المعادة ومقاومة الركام المعاد للقوى الميكانيكية اقل و مساحة مناطق الضعف في مناطق الربط بين الركام المعاد ومونة الاسمنت أكثر مقارنة مع الركام الأصلي كما وان الترابط مع مونة الاسمنت القديمة والجديدة تسبب زياد احتمالية تكون المفاصل الباردة بالإضافة إلى إن الركام المعاد يحتوي على كثير من الشروخ الدقيقة بسبب عملية التكسير للخرسانة لتصنيع الركام المعاد. الشكل (2) يوضح العلاقة بين كثافة الخرسانة الطرية ومقاومة الانضغاط حيث نلاحظ إن مقاومة الخرسانة تقل بسبب إن كثافة الخرسانة الحاوية على ركام خشن معاد تقل بسبب زيادة وزن الركام الخشن المستبدل بدل الركام الطبيعي الأصلي وكما تم توضيحه في الفقرة السابقة (3–1–2).

جدول (9): مقارنة نتائج فحوصات الخرسانة الطرية والصلبة للخرسانة المعادة مع الخرسانة الاعتيادية

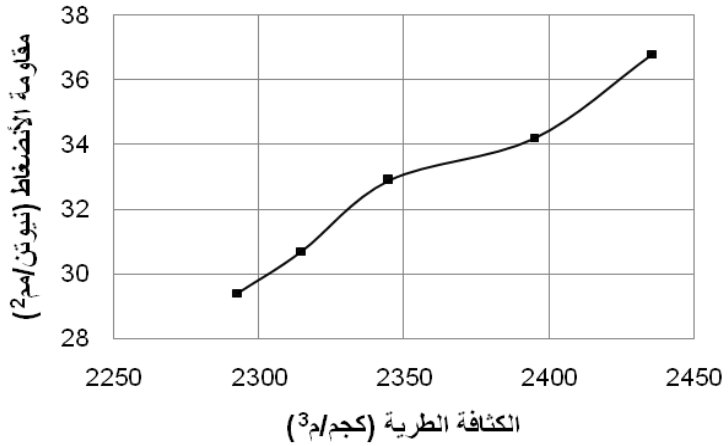
نوع الخلطة	نقصان الكثافة	نقصان مقاومة الانضغاط	نقصان مقاومة الشد الانشطاري	نقصان مقاومة الانثناء	نقصان معامل المرونة
	%				
R_{25}	1.7	7.1	5.0	7.4	2.4
R_{50}	3.7	10.6	8.6	11.5	10.9
R_{75}	5.0	16.6	18.5	15.6	22.3
R_{100}	5.9	20.1	20.4	19.7	29.9

3–2–2– مقاومة الشد لانشطاري:

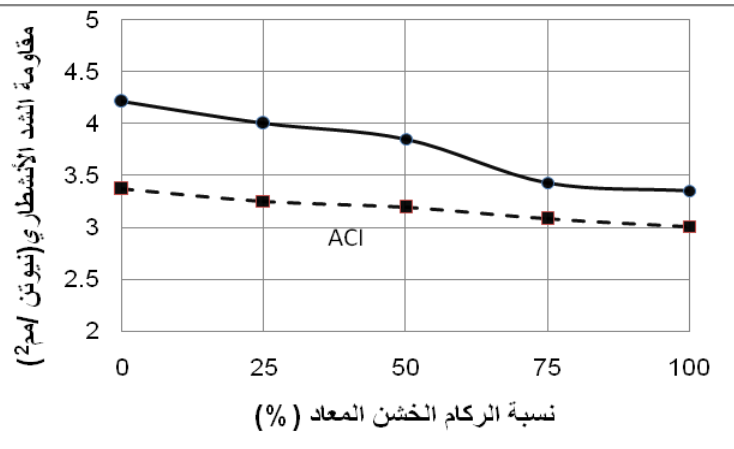
من الجداول (8) و(9) والشكل (3) نلاحظ انه بزيادة نسبة الركام الخشن المعاد المستبدل وزننا بدل الركام الأصلي تقل مقاومة الشد الانشطاري بنسب تختلف قليلا عن نسب النقصان في مقاومة الانضغاط عند استبدال الركام الخشن



شكل (1) العلاقة بين مقاومة الأنضغاط ونسبة الركام الخشن المعاد

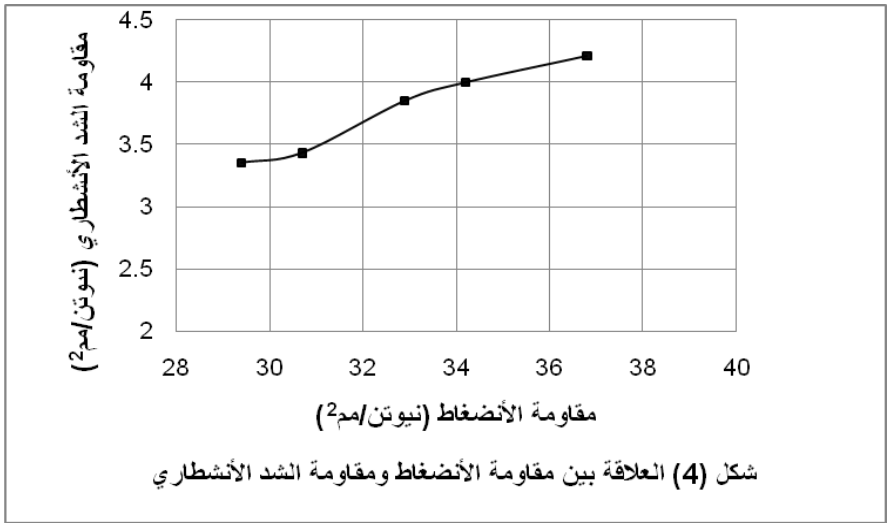


شكل (2) العلاقة بين الكثافة الطرية ومقاومة الأنضغاط

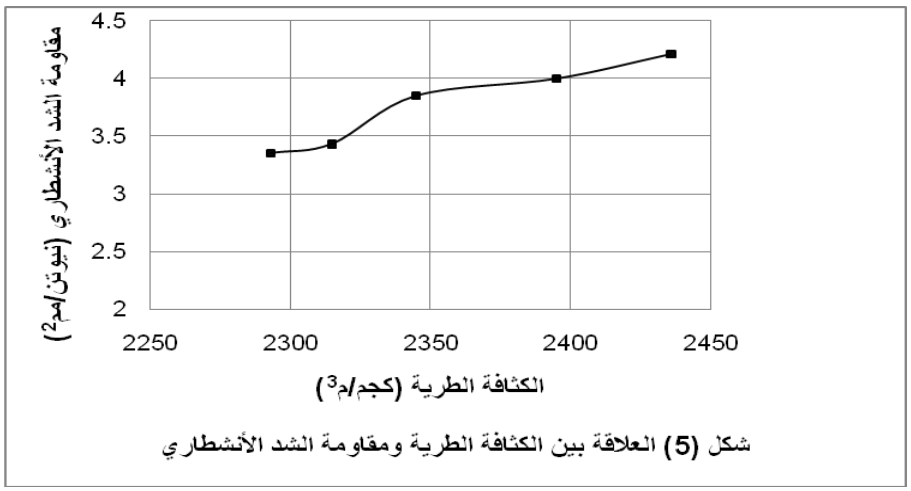


شكل (3) العلاقة بين مقاومة الشد الأنشطاري ونسبة الركام المعاد

المعاد بالنسب (75،25،50)% ولكن النقصان في مقاومة الشد الانشطاري يصل إلى نسبة مقاربة لنسبة النقصان في مقاومة الانضغاط عند استبدال الركام الخشن المعاد بالكامل بدلا من الركام الأصلي الطبيعي. وعند مقارنة مقاومة الشد الانشطاري النظرية بموجب المدونة الأمريكية (ACI 318-2005) [7] اعتمادا على مقاومة الانضغاط تعطى نتائج اقل من الفحوصات المعملية وكما موضحة بالشكل (3) ومبينة في الجدول (8). الشكل(4) يوضح العلاقة بين مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري حيث نلاحظ إن مقاومة الشد الانشطاري تقل عندما تقل مقاومة الانضغاط للخرسانة بعمر 28 يوم عند زيادة نسبة وزن الركام المعاد المستبدل بدلا من الركام الأصلي . أما الشكل(5) فيبين العلاقة بين لكثافة الخرسانة الطرية ومقاومة الشد الانشطاري بعمر 28 يوم والتي تكون تقريبا مقاربة للعلاقة بين كثافة الخرسانة ومقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم والموضحة بالشكل(2).



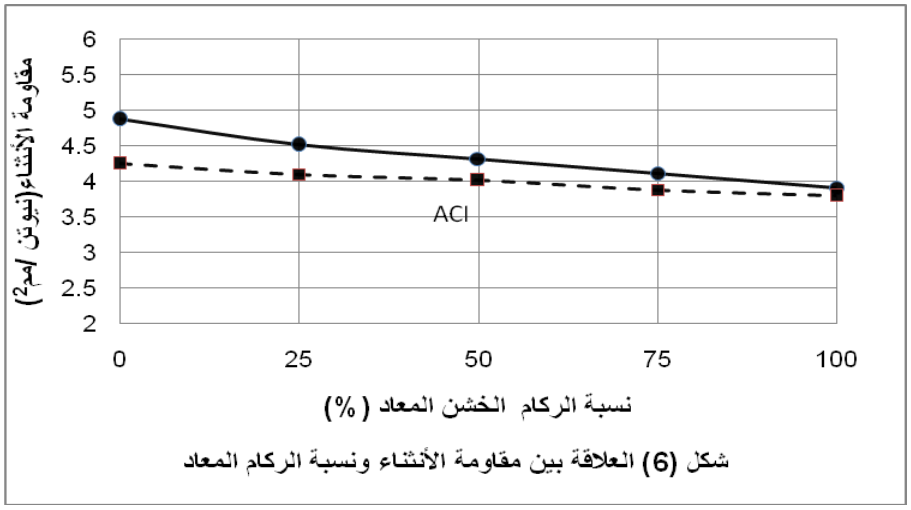
شكل (4) العلاقة بين مقاومة الأنضغاط ومقاومة الشد الأنشطاري



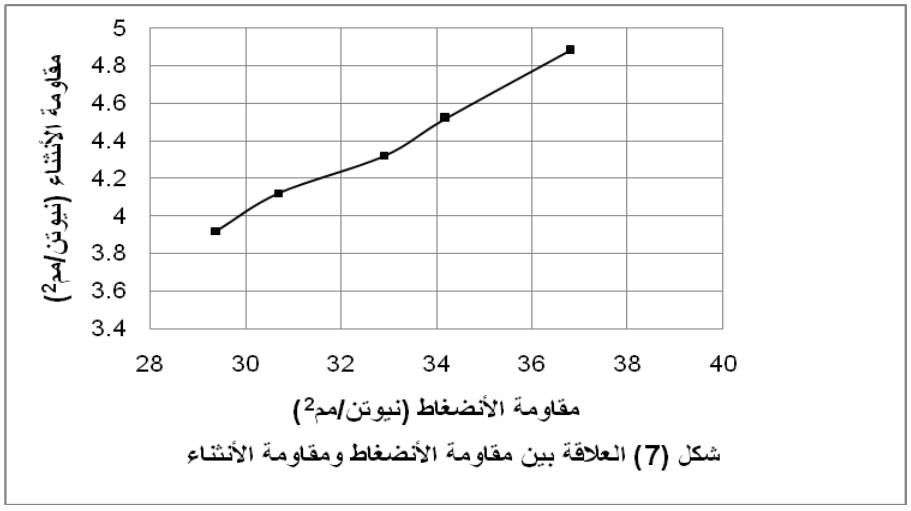
شكل (5) العلاقة بين الكثافة الطرية ومقاومة الشد الأنشطاري

3-2-3- مقاومة الانثناء:

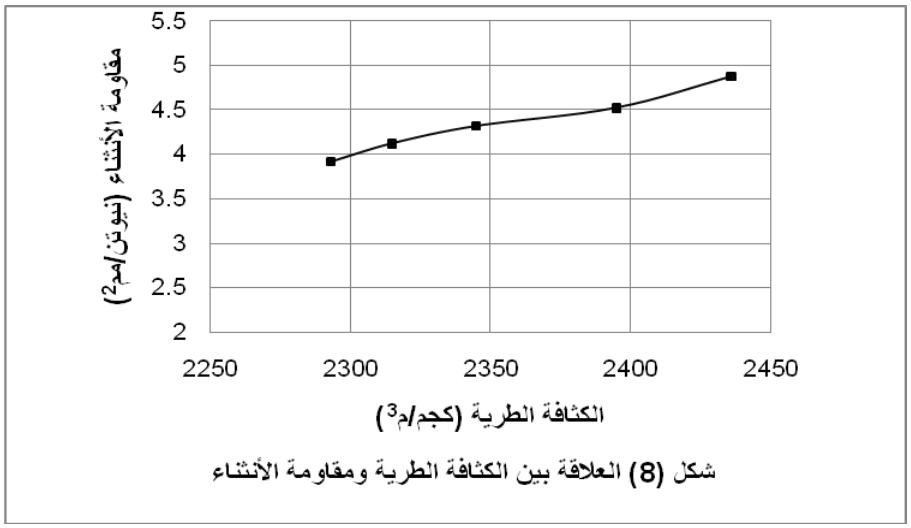
من الجداول (8) و(9) والشكل (6) نلاحظ انه بزيادة نسبة الركام الخشن المعاد المستبدل وزننا بدل الركام الطبيعي تقل مقاومة الانثناء بنسب مقاربة للنقصان في مقاومة الانضغاط . وعند مقارنة النتائج لمقاومة الانثناء النظرية بموجب المدونة الأمريكية (ACI 318-2005) [7] اعتمادا على مقاومة الانضغاط تعطى نتائج مقاربة من الفحوصات المعملية وكما موضحة بالشكل (6) والجدول(8) . الشكل(7) يوضح العلاقة بين مقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء للخرسانة بعمر 28 يوم والتي تكون مقاربة للعلاقة بين مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري المبينة بالشكل (4). الشكل (8) يوضح العلاقة بين كثافة الخرسانة الطرية ومقاومة الانثناء بعمر 28 يوم والتي تكون مشابهة للعلاقة بين كثافة الخرسانة وكل من مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري الموضحة بالأشكال(2) و(5).



شكل (6) العلاقة بين مقاومة الأنثناء ونسبة الركام المعاد



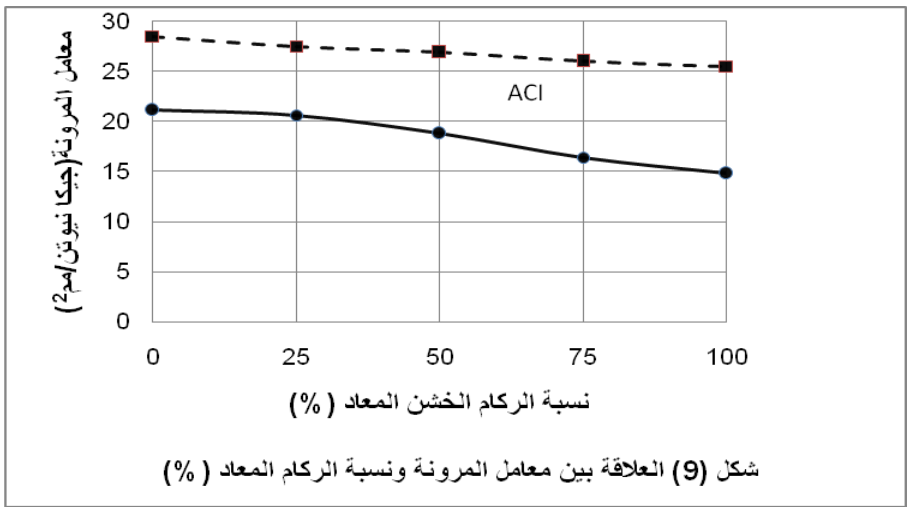
شكل (7) العلاقة بين مقاومة الأنضغاط ومقاومة الأنثناء



شكل (8) العلاقة بين الكثافة الطرية ومقاومة الأنثناء

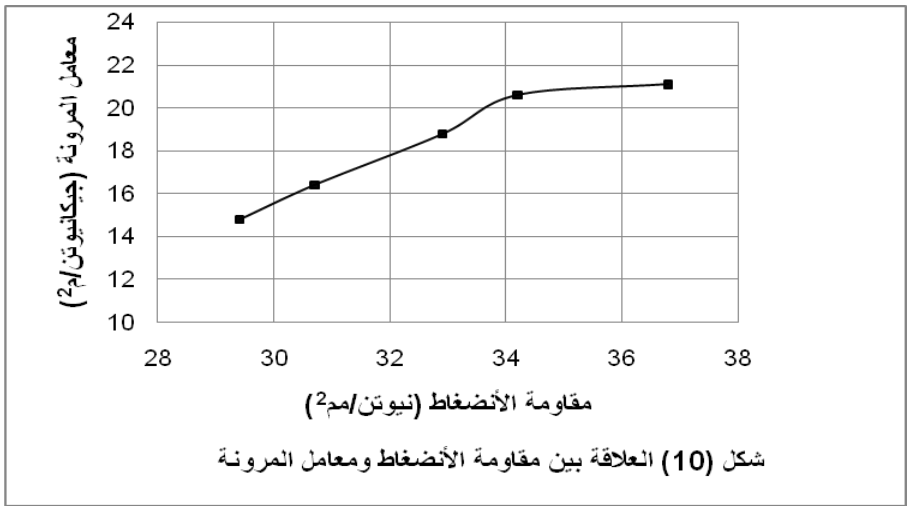
3-2-4- معامل المرونة:

من الجداول (8) و(9) والشكل (9) نلاحظ انه بزيادة نسبة الركام الخشن المعاد يقل معامل المرونة بنسب 2.4 % عند استبدال الركام الخشن المعاد بنسبة 25% ويزداد هذا الفرق بين معامل المرونة ليصل إلى 10.9% عند استبدال الركام الخشن بنسبة 50% وهو مقارب للنقصان في مقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء ويتضاعف هذا الفرق ليصل إلى 22.3% عند استبدال الركام الخشن بنسبة 75 % وهو أعلى من نسب النقصان في مقاومة الانضغاط والشد الانشطاري ومقاومة الانثناء ويزداد النقصان في معامل المرونة إلى 29.9% عند استبدال الركام الخشن المعاد بالكامل بدلا من الركام الأصلي الطبيعي. وعند مقارنة النتائج لمعامل المرونة النظري بموجب المدونة الأمريكية (ACI 318-5) [7] 200اعتمادا على مقاومة الانضغاط تعطى نتائج أعلى من الفحوصات المعملية وكما موضحة بالشكل (9).

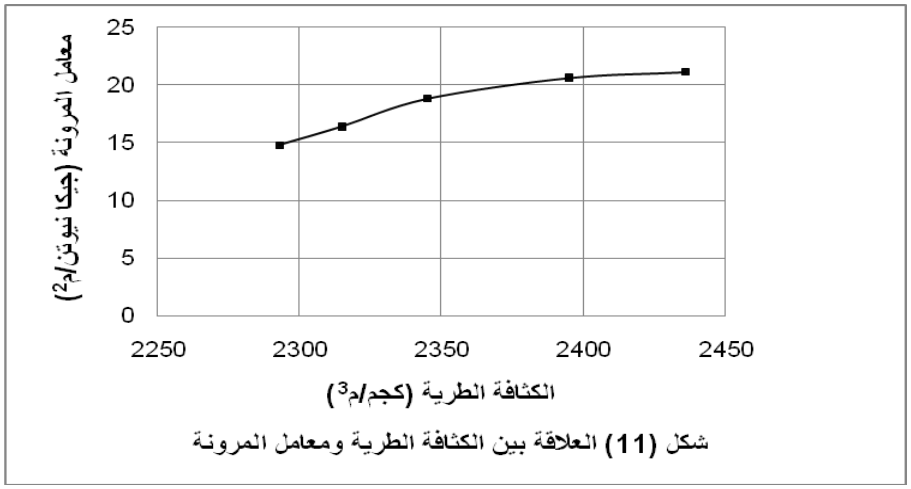


شكل (9) العلاقة بين معامل المرونة ونسبة الركام المعاد (%)

الشكل(10) يبين العلاقة بين مقاومة الانضغاط و معامل المرونة بعمر 28 يوم للخرسانة الحاوية على ركام خشن معاد حيث نلاحظ انه التناسب طردي ومقارب لنفس العلاقة للخرسانة الاعتيادية [12] . الشكل (11) يبين العلاقة بين كثافة الخرسانة الطرية ومعامل المرونة للخرسانة بعمر 28 يوم والتي تكون تقريبا متقاربة للعلاقة بين كثافة الخرسانة ومقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري ومقاومة الانثناء بعمر 28 يوم للخرسانة الحاوية على ركام خشن معاد الموضحة في الإشكال(2)،(5) و(8) ومقاربة لنفس العلاقات للخرسانة الاعتيادية [12] التي لاتحتوي على أي ركام معاد.



شكل (10) العلاقة بين مقاومة الأنضغاط ومعامل المرونة



شكل (11) العلاقة بين الكثافة الطرية ومعامل المرونة

المراجع

[1] Frondistou -Yannas S., 1977: "Waste concrete as aggregate for new concrete", ACI Journal, August, pp.373-376.

[2] Nixon, P. J., 1978:" Recycled concrete as an aggregate for concrete-a review", First state-of-the-art report RILEM TC-37-DRC, Materials and Structures (RILEM), No. 65, pp.371-378.

[3] BCSJ , 1978:"Study on recycled aggregate and recycled aggregate", Building Contractors Society of Japan , Committee on disposal and reuse of concrete construction waste , summary in Concrete Journal , Japan ,Vol. 16, pp.18-31.

[4] Rasheeduzzafar, and Khan A., 1984: "Recycled concrete-a source of new aggregate", Cement, Concrete and Aggregates (ASTM), Vol. 6, No.1, pp.17-27.

[5] Hansen T.C., and Boegh E., 1985: "Elasticity and drying shrinkage of recycled aggregate concretes." ACI Journal, September- October, pp.648-652.

[6] ACI Committee 555R, 2001: "Removal and Reuse of Hardened Concrete", 26 pp.

[7] American Society for Testing Materials,

[7.1] ASTM C 29-97: Test for Unit Weight and Voids in Aggregates.

[7.2] ASTM C 33-99: Specification for Concrete Aggregates.

[7.3] ASTM C 78-94: Test for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third – Point Loading).

[7.4] ASTM C 127-93: Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate.

[7.5] ASTM C 128-97: Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate.

[7.6] ASTM C 131-96: Test for Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.

[7.7] ASTM C 136-96: Standard Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

[7.8] ASTM C 138-2000: Test for Unit Weight, Yield and Air Content (Gravimetric) of Concrete.

[7.9]ASTM C 143-98: Test for Slump of Portland cement Concrete

[7.10] ASTM C 150-99 : Specification for Portland cement.

[7.11] ASTM C 192-98: Making and Curing Concrete Test Specimens in

the Laboratory.

[7.12] ASTM C 469-94: Test for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.

[7.13] ASTM C 496-96: Test for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Specimens.

[8] Libyan quality standard, 1997: IQS-340-1997, Specification for Portland cement.

[9] Iraqi quality standard, 1984: IQS-5-1984, Specification for Portland cement.

[10] British Standard Institution,

[10.1] BS 812-110; 1990: Methods for determination of aggregate Impact value.

[10.2] BS 812-112; 1990: Methods for determination of aggregate crushing value.

[11] ACI Committee 318, 2005: "Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary", 431 pp.

[12] Neville, A.M., 1995:" Properties of concrete", Longman, Essex.

استبدال جزء من الاسمنت في الخرسانة بمواد ناعمة من كسارات الركام

أ. بلسم جاسم محمد فريد

أستاذ مساعد

قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة سرت

bjmfarid2@yahoo.com

ملخص

تعني كثير من الدراسات الحديثة بإستبدال جزء من الاسمنت في الخرسانة بمواد أخرى ومن ضمنها مواد ناعمة خاملة لايؤدي استخدامها الى خفض كبير في مقاومة الخرسانة الناتجة.

تم في هذه الدراسة تنفيذ برنامج عملي لمعرفة امكانية إستبدال جزء من الاسمنت بمواد ناعمة مارة من منخل رقم 200 ناتجة عن عملية تكسير الحجارة لانتاج الركام في الكسارات المحلية في شعبية سرت. تم في الدراسة استهداف خرسانات بمقاومة (50,45,40) ميكاباسكال باستخدام نسب إستبدال3%, 6%, 9%, 12%, 15% من الاسمنت. درس تأثير الاستبدال على القوام القياسي وزمن تماسك العجنة الاسمنتية،كذلك تأثيره على قابلية التشغيل للخرسانة إضافة الى مقاومة الانضغاط بعمر 7 أيام و 28 يوم، كذلك تأثيره على سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية خلال الخرسانة.

أظهرت النتائج انه لنسب الاستبدال المستخدمة في البحث، لم تخرج قيم زمن التماسك الابتدائي والنهائي لعجنة الاسمنت عن حدود المواصفات. في حين انخفض مقدار هبوط الخرسانة الطازجة. الا انه لنسب معينة من الاستبدال كان تأثر مقاومة الانضغاط لايذكر مما يساعد في تخفيض نفقات الخرسانة إضافة الى إستهلاك مواد تعتبر من ملوثات البيئة.

كلمات دالة : استبدال الاسمنت، المواد الناعمة، كسارات الركام، مقاومة انضغاط الخرسانة

1- المقدمة

معروف ان الخرسانة هي عبارة عن خليط من كل من الاسمنت والركام والماء. يمثل الركام حوالي(60–75)% من حجم الخرسانة وتشغل العجينة الإسمنتية ما يقارب (25 –40) % من الحجم، ومن هذه العجينة يشغل الاسمنت حوالي

(30–60)% من الحجم.

المادة الأكثر كلفة في صناعة الخرسانة الاعتيادية هي مادة الاسمنت، ومن هنا يأتي هدف تقليل كميته لأجل تقليل كلفة انتاج الخرسانة. وفي نفس الوقت فان هناك كميات كبيرة من المواد الناتجة من مختلف الصناعات والتي تعتبر نواتج عرضية او مخلفات صناعية قد تكون ضارة للبيئة، تشغل فكرة التخلص منها هاجسا كبيرا في الوقت الحالي. يمثل استغلال جزء من هذه المواد في صناعة الخرسانة حلا جزئيا للتخلص منها كمواد ضارة للبيئة خاصة اذا تبين عدم تاثيرها السلبي على خواص الخرسانة الناتجة، إضافة إلى إمكانية توفير الطاقة وتخفيض كلفة الخرسانة الناتجة.[1]

2- المواد المستخدمة في الاستبدال الجزئي للاسمنت

استخدمت كثير من المواد المختلفة مع الاسمنت وذلك باستبدال نسب معينة منه بهدف تحسين خواص معينة في الخرسانة الناتجة أو تخفيض كلفة الاسمنت المستخدم ومن ثم التخلص من كمية من نواتج الصناعة العرضية وبذلك الحصول على مردود اقتصادي إلى المردود الفيزيائي والميكانيكي والبيئي.

ومن المواد المستخدمة عالميا في هذا المجال :

(الرماد البركاني fly ash، خبث الافران Blast Furnace Slug، السيليكا Silica Fume، البوزولان Pozzolanas، المواد المالئة Fillers مثل غبرة الكسارات وغبار الاسمنت Cement Dust). تشارك بعض هذه المواد في التفاعلات الكيميائية ضمن الخرسانة مثل مادة الرماد البركاني او السيليكا ويعتبر البعض الاخر خاملا مثل المواد المالئة[1].

في معظم مناطق الجماهيرية يتم توفير الركام الكبير المستخدم في الخرسانة بتكسير الحجارة في كسارات خاصة لهذا الغرض وينتج عن عملية التكسير كمية غير قليلة من المواد الناعمة كناتج عرضي، لذا جاءت فكرة البحث باستغلال هذه المواد الناعمة ودراسة إمكانية استخدامها مع الاسمنت في صناعة الخرسانة كاستبدال جزئي بنسب منه وذلك لتخليص البيئة منها ومعرفة مدى تأثيرها على خواص الخرسانة الناتجة[2].

ولأجل ذلك تم جمع كمية من هذه الغبرة من كسارات شعبية سرت ونخلها على منخل رقم 200 للتخلص من الحبيبات الكبيرة الحجم وللحصول على نعومة مقاربة لنعومة الاسمنت. وبسبب نعومتها العالية تظهر الحاجة إلى مزيد من الماء في الخلطات الخرسانية، استعيض عن إضافة الماء بمواد ملدنة تضاف لتحسين قابلية التشغيل وذلك لأجل المحافظة على خواص الخرسانة الأخرى ومقاومتها للظروف البيئية وقدرتها على حماية قضبان حديد التسليح من الصدأ.

وفي هذا البحث تم دراسة تأثير استبدال جزء من الاسمنت بالمادة الناعمة (الغبرة) الناتجة في كسارات إنتاج الركام بنسب مختلفة على كل من زمن التماسك الابتدائي والنهائي للعجينة الإسمنتية وقابلية تشغيل الخرسانة الطازجة، ومقاومة انضغاط ثلاث خلطات خرسانية (C50,C45,C40) كذلك تأثيرها على سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية خلال الخرسانة المتصلدة.

3- البرنامج العملي

لأجل دراسة تأثير نسب الاستبدال المختلفة للاسمنت بالمادة الناعمة (الغبرة) على خواص الخرسانة، فقد تم استخدام خمسة نسب مختلفة للاستبدال 3%, 6%, 9%, 12%, 15% بالإضافة إلى خلطة المقارنة باستبدال 0%.

مبدئيا أجريت عدة اختبارات على الركام المستخدم في البحث لأجل التأكد من صلاحيته ومطابقته للمواصفات كالتحليل المنخلي[3] أو لأجل حساب بعض الخواص الفيزيائية مثل الوزن النوعي والامتصاص ونسبة الرطوبة [4] حيث يتطلبها تصميم الخلطات. كما تم استخدام اسمنت بورتلاندي اعتيادي من مصنع زليتن وتم التأكد من مطابقته للمواصفات من حيث نعومته وزمن تماسكه الابتدائي والنهائي، كذلك حساب وزنه النوعي [4]. كذلك تم إجراء إختبار حد السيولة وحد اللدونة[5] للمادة الناعمة الذي صنفت بموجبه المادة على إنها (Silt of low Plasticity ML).

درس تاثير نسب الاستبدال المختلفة المذكورة أعلاه على زمن التماسك الابتدائي والنهائي للعجينة الإسمنتية[4].

استخدم في العمل مادة ملدنة كمضاف من نوع بنسبة 1.5% من وزن الاسمنت لجميع الخلطات.

صممت الخلطات الخرسانية باستخدام الطريقة البريطانية BRE [6] وتم استهداف خلطات بثلاث مقاومات انضغاط مختلفة (50,45,40) ميكاباسكال، ونتج عن التصميم نسب الخلط المبينة بالجدول رقم (1)

مع ملاحظة ان الاوزان المذكورةصححت حسب نسبة الامتصاص والرطوبة للركام خلال العمل.

وباستخدام نسب استبدال الاسمنت بالمادة الناعمة 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15% والتي رمز لها بـ (R15,R12,R9,R6.R3,C) على التوالي، كانت الخلطات المنفذة كما في الجدول رقم (2).

جدول رقم (1): أوزان مكونات الخلطات لمتر مكعب من الخرسانة

مقاومة الانضغاط	الوزن (كغم)			
ميغاباسكال	اسمنت	ركام صغير	ركام كبير	ماء
40	380	564	1146	209
45	390	663	1131	191
50	438	613	1226	184

جدول رقم (2): نسب الخلط المستخدمة في الخلطات الخرسانية المنفذة

مقاومة الانضغاط MPa	رمز الخلطة	الاسمنت	المادة الناعمة	الركام الصغير	الركام الكبير	الماء/الاسمنت	المادة الملدنة
40	C	1	0.0	1.5	3	0.55	تم استخدام مادة ملدنة في جميع الخلطات بنسبة 1.5% من وزن الاسمنت
	R3	0.97	0.03	1.5	3	0.55	
	R6	0.94	0.06	1.5	3	0.55	
	R9	0.91	0.09	1.5	3	0.55	
	R12	0.88	0.12	1.5	3	0.55	
	R15	0.85	0.15	1.5	3	0.55	
45	C	1	0.0	1.7	2.9	0.49	
	R3	0.97	0.03	1.7	2.9	0.49	
	R6	0.94	0.06	1.7	2.9	0.49	
	R9	0.91	0.09	1.7	2.9	0.49	
	R12	0.88	0.12	1.7	2.9	0.49	
	R15	0.85	0.15	1.7	2.9	0.49	
50	C	1	0.0	1.4	2.8	0.42	
	R3	0.97	0.03	1.4	2.8	0.42	
	R6	0.94	0.06	1.4	2.8	0.42	
	R9	0.91	0.09	1.4	2.8	0.42	
	R12	0.88	0.12	1.4	2.8	0.42	
	R15	0.85	0.15	1.4	2.8	0.42	

تم تنفيذ الخلطات المذكورة في الجدول رقم (2) بإجراء عملية الخلط حسب المواصفة الأمريكية ASTM C192-88 [4] وباستخدام خلاطة ميكانيكية وتم صب 6 مكعبات بطول ضلع 150 مليمتر لكل خلطة ومعالجتها بأحواض الماء لمدة 7 أيام أو 28 يوم لحين إجراء الفحص.

4- الاختبارات

لكل خلطة من الخلطات المنفذة تم اجراء الاختبارات التالية:

1 –اختبار الهبوط (Slump test)على الخرسانة الطازجة بموجب المواصفة ASTM C143-98 .

2 –اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية خلال المكعبات الخرسانية باستخدام جهاز ال (PUNDIT) بموجب المواصفة ASTM C598-83.

3 –اختبار مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية بعمر 7 أيام ثم بعمر 28 يوم بموجب المواصفة البريطانية[7] BS 1881:Part 116:1983. تم حساب معدل نتائج اختبار ثلاث مكعبات لكل خلطة خرسانية بعمر 7 ايام وكذلك لعمر 28 يوم.

وتوضح الجداول (3–أ ، 3–ب ، 3–جـ) نتائج تلك الاختبارات.

5- تحليل ومناقشة النتائج

تم في البحث دراسة تأثير نسب استبدال الاسمنت المختلفة بالمادة الناعمة على كل من عجنة الاسمنت والخرسانة الناتجة وكما يلي :

1 – **تأثير الاستبدال على زمن التماسك لعجينة الاسمنت:**

باستخدام نسب الاستبدال المذكورة سابقا وهي 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15% تم اجراء فحص القوام القياسي لعجينة الاسمنت وذلك لأجل إجراء فحص زمن التماسك الابتدائي والنهائي لها وحصلنا على النتائج الموضحة بالجدول رقم (4).

جدول رقم (3 – أ): نتائج فحوصات الهبوط ومقاومة الانضغاط وسرعة انتقال الموجات خلال الخرسانة

للخلطة الخرسانية C40 لنسب الاستبدال المختلفة

رمز الخلطة الخرسانية	الهبوط mm	نتائج الفحوصات بعمر 7ايام (معدل لثلاث مكعبات)				نتائج الفحوصات بعمر 28يوم (معدل لثلاث مكعبات)			
		زمن انتقال الموجة µs	سرعة انتقال الموجة Km/s	القوة kN	مقاومة الانضغاط MPa	زمن انتقال الموجة µs	سرعة انتقال الموجة Km/s	القوة kN	مقاومة الانضغاط MPa
C-40	105	34.65	4.32	736.67	32.74	32.74	4.40	930	41.33
R3-40	105	34.97	4.28	673.33	29.92	33.22	4.52	896	39.82
R6-40	95	34.15	4.39	674.33	29.96	33.78	4.44	880.67	39.14
R9-40	85	34.15	4.39	771.33	34.28	33.5	4.47	865.33	38.44
R12-40	80	35.2	4.26	642.33	28.55	35.17	4.26	784.33	34.85
R15-40	80	35.08	4.27	611.33	27.17	35.15	4.26	726.67	32.29

جدول رقم (3 – ب): نتائج فحوصات الهبوط ومقاومة الانضغاط وسرعة انتقال الموجات خلال الخرسانة

للخلطة الخرسانية C45 لنسب الاستبدال المختلفة

رمز الخلطة الخرسانية	الهبوط mm	نتائج الفحوصات بعمر 7ايام (معدل لثلاث مكعبات)				نتائج الفحوصات بعمر 28يوم (معدل لثلاث مكعبات)			
		زمن انتقال الموجة µs	سرعة انتقال الموجة Km/s	القوة kN	مقاومة الانضغاط MPa	زمن انتقال الموجة µs	سرعة انتقال الموجة Km/s	القوة kN	مقاومة الانضغاط MPa
C-40	65	34.87	4.30	763.33	33.93	32.60	4.60	1024	45.51
R3-40	65	34.75	4.32	853.33	37.92	33.5	4.47	993.3	44.13
R6-40	45	34.1	4.39	846.67	37.62	33.73	4.44	981.3	43.61
R9-40	40	33.88	4.42	857.33	38.10	33.72	4.44	945.3	42.03
R12-40	47	34.8	4.31	770.0	34.22	34.27	4.37	949.67	42.21
R15-40	47	35.02	4.28	661.7	29.40	34.52	4.34	833.7	37.05

جدول رقم (3 – جـــ): نتائج فحوصات الهبوط ومقاومة الانضغاط وسرعة انتقال الموجات خلال الخرسانة للخلطة الخرسانية C50 لنسب الاستبدال المختلفة

رمز الخلطة الخرسانية	الهبوط mm	نتائج الفحوصات بعمر 7ايام (معدل لثلاث مكعبات)				نتائج الفحوصات بعمر 28يوم (معدل لثلاث مكعبات)			
		زمن انتقال الموجة µs	سرعة انتقال الموجة Km/s	القوة kN	مقاومة الانضغاط MPa	زمن انتقال الموجة µs	سرعة انتقال الموجة Km/s	القوة kN	مقاومة الانضغاط MPa
C-40	60	33.05	4.54	1022.0	45.42	33.90	4.42	1127.0	50.11
R3-40	60	33.87	4.43	848.33	37.70	34.12	4.39	1085.0	48.22
R6-40	45	33.87	4.43	770.0	34.22	33.87	4.43	1061.7	47.17
R9-40	40	33.8	4.44	786.7	34.96	33.70	4.45	1052.7	46.8
R12-40	35	33.50	4.48	803.3	35.7	33.0	4.50	1043.3	46.4
R15-40	33	33.85	4.43	740.0	32.9	34.03	4.41	886.7	39.36

جدول رقم (4): زمن التماسك الابتدائي وزمن التماسك النهائي لعجينة الاسمنت باستخدام نسب الاستبدال المختلفة للاسمنت بالمادة الناعمة

رمز الخلطة الخرسانية	C	R3	R6	R9	R12	R15	المواصفة الامريكية ASTM C150
زمن التماسك الابتدائي (دقيقة)	205	225	220	225	225	220	لايقل عن 45
زمن التماسك النهائي (دقيقة)	295	295	300	300	300	305	لايزيد عن 375

وبدراسة الجدول يتضح ان الاستبدال الجزئي للاسمنت بالمادة الناعمة يزيد من زمن التماسك الابتدائي بما لايزيد عن (15–20) دقيقة لجميع النسب المستخدمة ويقل هذا الفرق فيما يتعلق بزمن التماسك النهائي حيث يزداد بمقدار (5–10) دقائق فقط. ويبقى كل من زمن التماسك الابتدائي والنهائي ضمن حدود المواصفات المقبولة (ASTM C150).

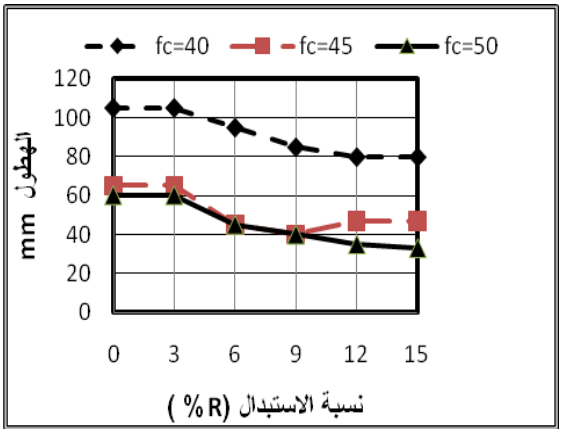
2 – تأثير الاستبدال على قوام الخرسانة الطازجة:

تم دراسة تأثير الاستبدال على قوام الخرسانة الطازجة باستخدام فحص الهطول (Slump test) وتوضح الجداول (3–أ ، 3–ب ، 3–جـ) نتائج اختبارات الهبوط للخلطات (C50, C45, C40) على التوالي.

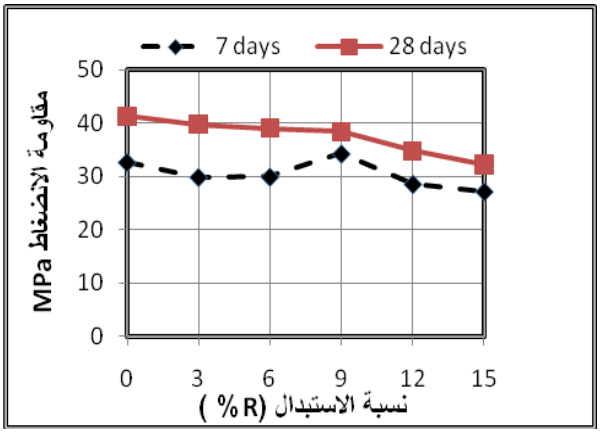
ويتضح من خلال الجداول بزيادة مقدار نسبة الاستبدال بشكل عام، يقل مقدار الهبوط الا انه لنسبة الاستبدال البسيطة (3%)، لم يسجل نقصان في الهبوط لجميع الخلطات المدروسة كما يتضح في الشكل رقم (1).

3 – تأثير الاستبدال على مقاومة انضغاط الخرسانة المتصلدة:

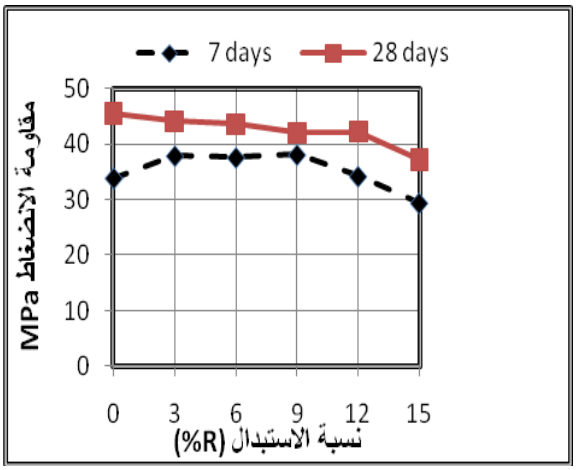
تم دراسة تأثير الاستبدال على مقاومة انضغاط الخرسانة وذلك باجراء فحص الانضغاط على ثلاث مكعبات خرسانية بعمر 7 ايام وثلاثة اخرى بعمر 28 يوم لكل خلطة خرسانية مدروسة. وتبين الجداول (3–أ ، 3–ب ، 3–جـ) معدل نتائج المكعبات الثلاثة لكل خلطة. وتوضح الاشكال (2،3،4) تغير مقاومة انضغاط الخرسانة للخلطات (C50,C45,C40) على التوالي بعمري 7 و28 يوم لنسب الاستبدال المختلفة.



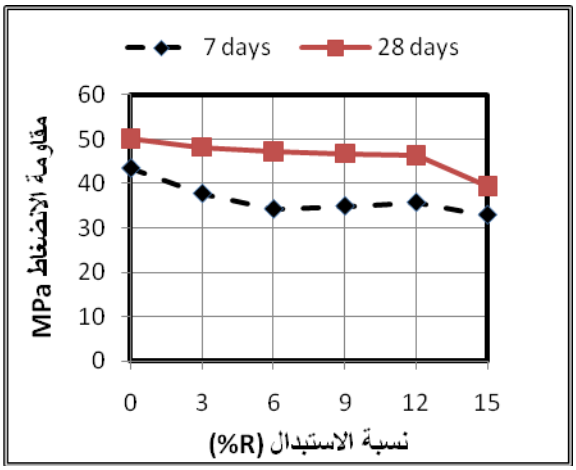
شكل رقم (1) تأثير نسب استبدال الاسمنت المختلفة (R) على هبوط الخرسانة الطازجة للخلطات المدروسة



شكل رقم (2) تأثير نسب استبدال الاسمنت المختلفة (R) على مقاومة انضغاط الخلطة الخرسانية C40

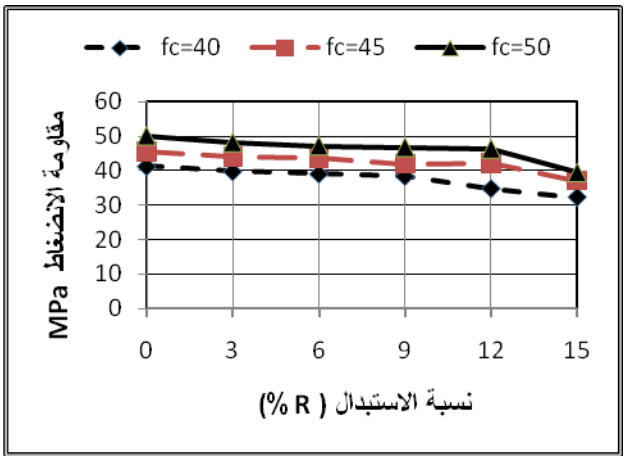


شكل رقم (3) تأثير نسب استبدال الاسمنت المختلفة (R) على مقاومة انضغاط الخلطة الخرسانية C45

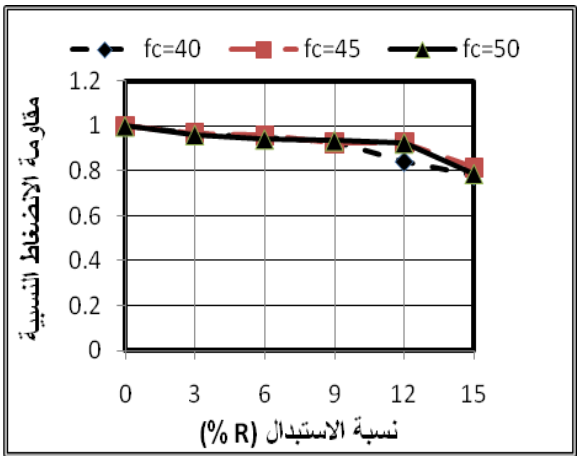


شكل رقم (4) تأثير نسب استبدال الاسمنت المختلفة(R) على مقاومة انضغاط الخلطة الخرسانية C50

يتضح من الاشكال أعلاه أن زيادة نسب الاستبدال يؤدي بشكل عام الى انخفاض بمقاومة انضغاط الخرسانة خاصة بعمر 28 يوم كما يوضحها الشكل رقم (5)، ولدراسة مقدار الانخفاض تم قسمة قيم مقاومة الانضغاط على مقاومة انضغاط خلطة المقارنة (C) للخلطات الثلاثة المدروسة بالبحث، كما يوضح الشكل (6) حيث يظهر انه لخرسانة بعمر 28 يوم وصلت اكبر نسبة انخفاض في مقاومة الانضغاط الى 22% وذلك لأعلى نسبة استبدال مستخدمة وهي 15%. كما يمكن ملاحظة ان نسبة الاستبدال إذا لم تتجاوز الـــ 12 % فان الانخفاض بالمقاومة لا يزيد عن 10% للخلطات C45 و C50، في حين للخلطة C40 كانت نسبة الانخفاض لا تزيد عن 10 % اذا لم تتجاوز نسبة الاستبدال الـــ 9%.



شكل رقم (5) تأثير نسب استبدال الاسمنت المختلفة على مقاومة انضغاط الخرسانة بعمر 28 يوم



شكل رقم (6) تأثير نسب استبدال الاسمنت المختلفة على مقاومة انضغاط الخرسانة النسبية بعمر 28 يوم

كما يمكننا ملاحظة ان الخلطات الثلاث C50, C45,C40 اعطت تصرفا متشابها حيث انخفضت مقاومة الانضغاط مع زيادة نسبة الاستبدال.

4 - تأثير الاستبدال على سرعة الموجات فوق الصوتية خلال الخرسانة :

تم فحص جميع المكعبات الخرسانية باستخدام جهاز ال PUNDIT لقياس زمن انتقال الموجة خلال الخرسانة كما مدون في الجداول (3–أ ، 3–ب ،3–جـــ) وأظهرت النتائج عدم وجود تأثير واضح للاستبدال على سرعة انتقال الموجات خلال الخرسانة.

6– الاستنتاجات

نتيجة لما تم دراسته، أصبح بالإمكان استنتاج إن الاستبدال الجزئي للاسمنت بالمادة الناعمة المتجمعة في كسارات الركام يؤثر على خواص الخرسانة الطازجة والمتصلدة بالشكل التالي:

1 – يسبب زيادة بسيطة في زمن تماسك العجينة الاسمنتية الابتدائي والنهائي، وتبقى النتائج ضمن حدود المواصفات المقبولة.

2 –يقل هطول الخرسانة الطازجة بزيادة نسبة الاستبدال.

3 –لمقاومة انضغاط الخلطات الخرسانية المدروسة بالبحث (C50,C45,C40) بعمر 28 يوم، يمكن استنتاج مايلي:

أ – عموما بزيادة نسبة الاستبدال تنخفض مقاومة الانضغاط.

ب –للخلطات الخرسانية الغنية بالاسمنت أي (C50,C45) كان الانخفاض بالمقاومة لايزيد عن 10% عند نسب استبدال لاتزيد عن 12% .اما لنسبة الاستبدال 15% فقد وصلت نسبة الانخفاض في المقاومة الى 22%.

اما الخلطة C40 فقد كان انخفاض المقاومة لايزيد عن 10% لنسب استبدال لاتزيد عن 9%، ووصل الانخفاض بالمقاومة الى 21% لنسبة الاستبدال 15%.

جـــ– كان معدل الانخفاض بمقاومة الانضغاط لجميع الخلطات (C50,C45,C40) يزداد عندما تصبح نسبة الاستبدال اكبر من 12%.

4 –لم نحصل على تأثير واضح للاستبدال فيما يتعلق بسرعة انتقال الموجات فوق الصوتية خلال الخرسانة.

نستطيع القول نتيجة لما ذكر أعلاه انه بالإمكان استخدام المادة الناعمة الناتجة من كسارات الركام بنسب استبدال صغيرة لاتزيد عن 12% للخلطات ذات المحتوى الاسمنتي $\geq$ 390 كغم/م^3 دون توقع انخفاض عال بالمقاومة مع مراعاة استخدام مادة ملدنة لضمان قابلية تشغيل مناسبة للخرسانة.

7- التوصيات

1 -دراسة تأثير استبدال الاسمنت بالمادة الناعمة لخلطات خرسانية أخرى بمقاومة أعلى.

2 -دراسة تأثير الاستبدال على خواص اخرى للخرسانة مثل مقاومة الشد ومعامل المرونة والنفاذية.

3 -استخدام مواد اخرى كاستبدال جزئي للاسمنت.

المراجع

[1] A. M. Nievel , " Properties of Concrete " 4th Edition , Pearson Education limited London , 2003 .

[2] V. Bonavelti , H. Donza , G. Menendez , O. Cabrera and E. F. Irassar. "Limestone filler cement in low W/C Concrete : A rational use of energy". Cement and Concrete Research Vol 33 , lssue 6 , June . 2003.

[3] Method of determination of particle size distribution . [BS 812 : 103 . 1 : 1985]

[4] 1989 Annual Book of ASTM Standards Vol . 4.01 and Vol . 4.02 "

[5] Dante Fratta, J. Aguettant and L. Roussel-Smith. "Soil Mechanics Laboratory Testing". CRC Press.

[6] Design of normal Concrete mixes, 2nd Edition . (Building Research Establishment) .

[7] Method of determination of compressive strength of concrete cubes [BS 1881 : Part 116 : 1983]

مشاكل تطبيق بعض المواصفات القياسية الليبية لمواد البناء

أ/ حليمة الشيباني أبو سريويل
Halema24@yahoo.com
مركز البحوث الصناعية (إدارة المختبرات والتطوير التقني / قسم أبحاث مواد البناء)
هاتف/ 17 – 00218213691512 بريد مصور / 00218213690028

ملخص

بما إن التقييس هو النشاط الذي يضع حلولا" لمشاكل متكررة غالبا" ما تقع في ميادين العلم والتكنولوجيا وبما أن المواصفات القياسية هي وثائق فنية تتضمن الحدود الدنيا من المتطلبات الفنية التي ينبغي للسلعة أو الخدمة أن تتوافر فيها، فأن أحد المبادئ الرئيسية للتقييس والمواصفات هو إعطاء التأكيدات للمستهلك بأن السلع التي يشتريها هي بالجودة المطلوبة وتفي بالغرض المحدد لها ، حيث تتناول المواصفات القياسية مجالات عديدة مثل أسس وأساليب واشتراطات التصميم والتنفيذ، واشتراطات التخزين والنقل والتداول والأساليب الصحيحة لاستخدام السلع والمنتجات التي يجب مراعاتها لتحقيق السلامة.

ومما لا شك فيه أن كل ذلك ينعكس إيجابياً على حماية المستهلك والحفاظ على صحته وسلامته، كما أن للتقييس آثاراً إيجابية واضحة على الاقتصاد الوطني بمجمله، حيث يسهم التقييس في التقليل من هدر الموارد العامة التي يجب الحفاظ عليها للأجيال المتعاقبة، إضافة إلى إسهامه في دعم الصادرات الوطنية والنفاذ إلى الأسواق الإقليمية والدولية، وحماية الصناعة الوطنية من المنافسة غير الشريفة، وكذلك التأثير المباشر في التجارة الداخلية والخارجية، حيث أصبحت المواصفات القياسية الوطنية هي الحكم على مدى جودة السلع والخدمات المتداولة في السوق الوطني.

في هذه الورقة نطرح مشاكل تطبيق المواصفات القياسية الليبية لبعض مواد البناء وذلك من حيث عدم توافق بنود الاشتراطات القياسية مع طرق الاختبارات ، اضافة إلى الغاء بعض البنود وذلك تحت اسم مواكبة المواصفات العالمية، حيث توجد شروط ولا توجد لها طريقة اختبار، وأحيانا أخرى تكون طريقة الاختبار مر عليها أكثر من 30 سنة دون تحديث. تقدم هذه الورقة مسحا ميدانيا لبعض هذه المشاكل من واقع عملي صرف.

الكلمات الدالة: المواصفات القياسية الليبية ومشاكل تطبيقها، مواصفات مواد البناء، إشتراطات قياسية

1- المقدمة

الجودة تعتبر أحد العوامل الأساسية الرئيسية لضمان قدرة أي سلعة على المنافسة ، فالدولة التي تريد أن تفتح أسواقاً خارجية لمنتجاتها ، لا بد أن تحافظ على سمعة منتجاتها بأتباعها أسلوب الجودة ، وتطبيق الأسس العلمية لزيادة قدرتها على المنافسة الدولية بسهولة ويسر ، ومن العوامل التي تؤثر على تجارة أي منتجات صناعية أخرى ، ثقة الم ستهلكين في سلامة وقدرة ومسئولية السلع المستوردة ، وثقة هذه الصادرات لا تأتي ألا عن طريق الرقابة بغرض ضبط جودة الصادرات بضمان الأتي:-

- يجب ان تلبي السلعة متطلبات واحتياجات المستخدمين.

-وصول السلع بسهولة ويسر وبأسعار ملائمة.

-جودة وقدرة السلع لتلبية رغبات المستخدمين والمستهلكين لها .

ولهذا فإن تحسين نوعية المنتجات المصدرة يعتبر من صلب الأهداف التي أوجدت من اجلها المواصفات القياسية ، فمثلاً عملية تحديد مواصفات الخامات والمواد قبل و أثناء عملية الإنتاج والتسويق ، وحتى مرحلة وصولها إلى المنتج النهائي، من خلال إتباع المواصفات القياسية في الإنتاج ، يعني مراعاة الدقة التامة في اختيار أنسب الخامات ، وأصلح العمليات وأفضل الظروف لإنتاج سلعة بخصائص ذات جودة تطابق المواصفات القياسية، وهذا يشكل ضماناً قوياً لإنتاج سلع بمستوى الجودة المطلوبة والمقبولة محلياً وعالمياً على السواء.

2- مشكلة الدراسة

نظرا لاستخدام المواصفات المحلية (المواصفات القياسية الليبية) كمواصفات إلزامية التطبيق من جهة، ومن جهة أخرى تعتمدها بعض الجهات كمواصفة قياسية لتحديد جودة منتجاتها، فان الباحثة تسلط الضوء على المواصفات القياسية الليبية ومشاكل تطبيقها في بعض مختبرات مواد البناء لتحديد الجودة.

ويمكن ترجمة مشكلة هذه الدراسة إلى مجموعة من التساؤلات التي تحتاج من خلال التقصي والتحليل، إلى تقديم إجابات واضحة دقيقة, وذلك على النحو التالي:

- هل المواصفات الليبية القياسية تواكب المواصفات العالمية(سنة صدورها أو تحديثها)؟

– هل مواصفات الاشتراطات تتوافق مع طرق الاختبار؟

– هل يمكن استخدام المواصفات الليبية القياسية كمقياس لتحديد جودة المنتجات؟

– هل يمكن تقديم المواصفات الليبية القياسية كمواصفات عمل عند طلب اعتماد المختبرات؟

3- أهمية الدراسة

إن أهمية هذه الورقة تكمن في كونها دراسة بحثية ميدانية تتناول مشاكل تطبيق المواصفات القياسية في بعض مختبرات مواد البناء (المواد الرابطة، الخزف والزجاج).

إن عرض مثل هذه المشاكل من شأنه أن يساعد الجهات المعنية في إيجاد حلول لها. وستمكن الجهات المختصة من وضع يدها على الكثير من الحقائق في إصدار اللوائح الخاصة باستخدام هذه المواصفات، وكذلك إيجاد البديل لها بشكل رسمي وقانوني.

4- أهداف الدراسة

تتلخص أهداف الدراسة بالاتي:

– تحديد المواصفات القياسية الليبية المتعذر تطبيقها في مجال (المواد الرابطة، الخزف والزجاج).

– تحديد وجه الاختلاف بين طرق الاختبار والاشتراطات .

5- عينة الدراسة

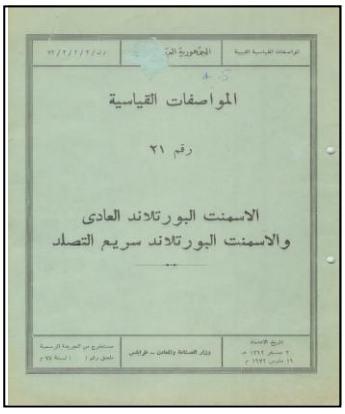
تتوفر العديد من المواصفات القياسية الليبية في مجال مواد البناء حالياً، حيث نجد على سبيل المثال لا الحصر المواصفات القياسية الليبية الخاصة بالاسمنت، الجير، الجبس، الآجر، الزجاج المسطح، البلاط الخزفي للحوائط والجدران.

6- عرض المشاكل

المشكلة رقم (1) تتعلق بالاسمنت البورتلاندي

كيفية توافق المواصفة الليبية رقم 340 وهي خاصة بالاشتراطات القياسية للاسمنت البورتلاندي مع المواصفة رقم 341 الخاصة بطرق الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للاسمنت البورتلاندي ، حيث نلاحظ إن المواصفة رقم 340 تم إصدارها في سنة 2009 وتم تعميمها كمواصفة قياسية معتمدة ، حيث شملت كل من المواصفات التالية 340 لسنة 1997 ، 470 لسنة 2002 ،21 لسنة 1972 ، وهنا توجد بعض الفروق والتي منها على سبيل المثال عند تحديد العجينة القياسية يتم مزج الاسمنت بالماء مدة (4 ± 1/4) دقيقة . في حين أن المواصفة الخاصة بخلط العجينة الإسمنتية وهي (مواصفة الاشتراطا ت العامة) لسنة 2005 تنص إن مدة الخلط لا تتجاوز (15. 2) دقيقة. أي إن العينة التي تستهلك نسبة 22% من الماء لتعطي القراءة الصحيحة وفق طرق الاختبار لسنة 1972 ،فهي تستهلك نسبة 23% من الماء لتعطي القراءة الصحيحة وفق طرق الاختبار لسنة 2005 ، وهذا الاختلاف سببه أن زيادة مدة الخلط يزيد من سيولة العجينة الإسمنتية .

وعلى هذا الأساس عند استخدام طرق الاختبار الواردة بالمواصفة رقم (21) لسنة 1972 لتحدد العجينة القياسية فاننا نتحصل على نتائج تختلف عن تلك التى تستخدم فيها طريقة الاختبار وفق المواصفة رقم 341 لسنة 2005، وهذا يرجع سلبا على نتائج كل من زمني الشك وخصوصاً، ومنذ سنة 1997 يتم استخدام طرق الإختبار الواردة في المواصفة رقم (21) الخاصة بالحدود وطرق الاختبار للإسمنت البورتلاندي العادي والإسمنت سريع التصلد لسنة 1972 ف، أي ما يعادل تسع سنوات فرق بين إصدار الإشتراطات وطرق الإختبار. المسوحات الضوئية أرقام (1 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5) توضح ذلك.


المواصفات القياسية

رقم ٢١

الاسمنت البورتلاند العادى
والاسمنت البورتلاند سريع التصلد

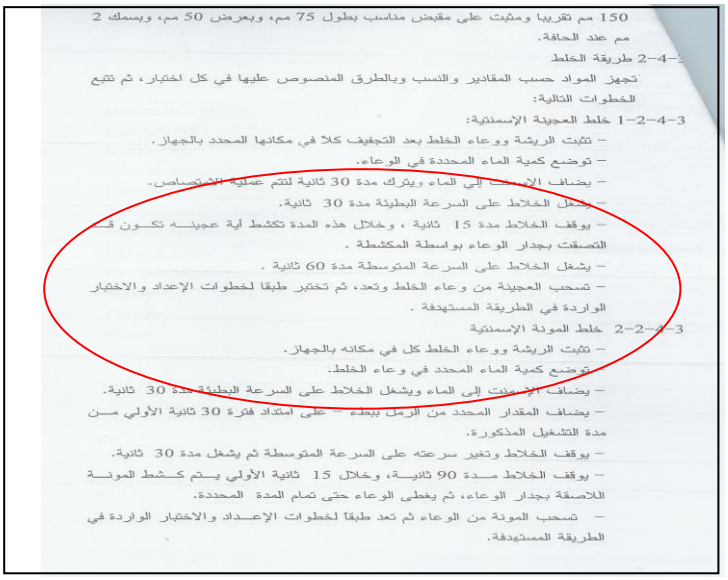
المسح رقم (1) المواصفة القياسية رقم 21 لسنة 1972 الخاصة بالاسمنت [1]



المسح رقم (2) المواصفة القياسية رقم 340 لسنة 1997 الخاصة باشتراطات الاسمنت[2]



المسح الضوئي رقم (3) المواصفة القياسية رقم 341 لسنة 2005 الجزء الاول الخاص بالاشتراطات العامة لاختبار الاسمنت لبورتلاندي[3]



150 مم تقريبا ومثبت على مقبض مناسب بطول 75 مم، وبعرض 50 مم، وبسمك 2 مم عند الحافة.

2-4-3 طريقة الخلط

تجهز المواد حسب المقادير والنسب وبالطرق المنصوص عليها في كل اختبار، ثم تتبع الخطوات التالية:

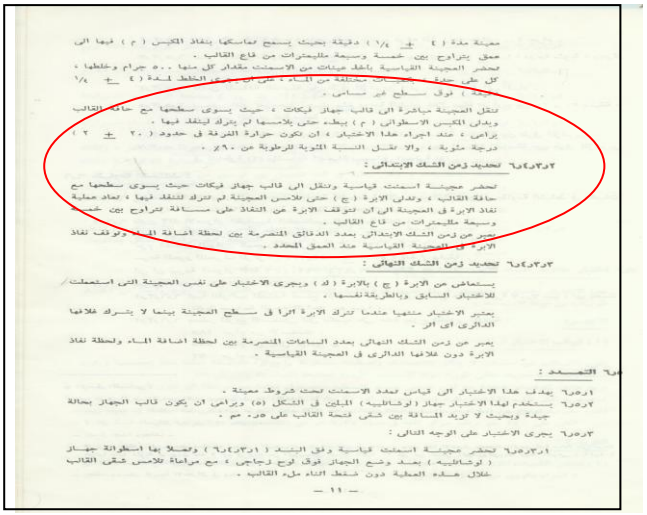
1-2-4-3 خلط العجينة الإسمنتية:

– تثبت الريشة ووعاء الخلط بعد التجفيف كلا في مكانها المحدد بالجهاز.
– توضع كمية الماء المحددة في الوعاء.
– يضاف الإسمنت إلى الماء ويترك مدة 30 ثانية لتتم عملية الانتماص.
– يشغل الخلاط على السرعة البطيئة مدة 30 ثانية.
– يوقف الخلاط مدة 15 ثانية ، وخلال هذه المدة تكشط أية عجينة تكون قد التصقت بجدار الوعاء بواسطة المكشطة .
– يشغل الخلاط على السرعة المتوسطة مدة 60 ثانية .
– تسحب العجينة من وعاء الخلط وتعد، ثم تختبر طبقا لخطوات الإعداد والاختبار الواردة في الطريقة المستهدفة .

2-2-4-3 خلط المونة الإسمنتية

– تثبت الريشة ووعاء الخلط كل في مكانه بالجهاز.
– توضع كمية الماء المحدد في وعاء الخلط.
– يضاف الإسمنت إلى الماء ويشغل الخلاط على السرعة البطيئة مدة 30 ثانية.
– يضاف المقدار المحدد من الرمل ببطء – على امتداد فترة 30 ثانية الأولى من مدة التشغيل المذكورة.
– يوقف الخلاط وتغير سرعته على السرعة المتوسطة ثم يشغل مدة 30 ثانية.
– يوقف الخلاط مدة 90 ثانية، وخلال 15 ثانية الأولى يتم كشط المونة اللاصقة بجدار الوعاء، ثم يغطى الوعاء حتى تمام المدة المحددة.
– تسحب المونة من الوعاء ثم تعد طبقا لخطوات الإعداد والاختبار الواردة في الطريقة المستهدفة.

المسح الضوئي رقم (4) المواصفة القياسية رقم 341 لسنة 2005 الخاصة بالاشتراطات العامة لاختبارالعجينة القياسية للاسمنت[3]

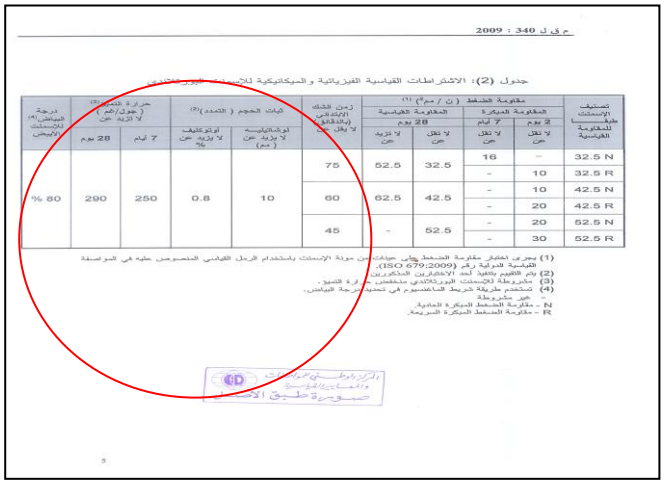


المسح الضوئي رقم (5) المواصفة القياسية رقم 21 لسنة 1972 الخاصة باختبارات الاسمنت.[1]

المشكلة رقم (2) تتعلق بوجود بعض الاشتراطات وعدم وجود طرق اختبار

مثلاً تم وضع شرط لكل من ثبات الحجم (التمدد) بالاتوكليف ، حرارة التميؤ و درجة البياض ولم يتم الاشارة إلى أي مواصفة يمكن اجراء الاختبار مع العلم ان اختبارمقاومة الضغط تم الاشارة إلى المواصفة التى يتم الرجوع لها لاجراء مثل هذا الاختبار، كما هو موضح بالمسح الضوئي رقم (6).

ومن جانب اخر في بند البيانات التوضحية هناك شرط من الصعب الحصول (تاريخ الانتاج والتعبئة) حيث ان الانتاج عملية مستمرة ويتم تجميعه في صوامع التخزين لغرض التعبئة، والتاريخ الذي يمكن الحصول عليه ويمكن ان يساعد في أعمال التفتيش وغيرها من اجراءات هو تاريخ التعبئة. والمسح الضوئي رقم (7) يوضح ذلك.



المسح الضوئي رقم (6) المواصفة القياسية رقم 340 لسنة 2009 الخاصة بالاشتراطات القياسية للاسمنت البورتلاندي[4]

7-1-3 الوزن الصافي للإسمنت بالكيلوغرام.

7-1-4 اسم المصنع وعلامته التجارية وعنوانه.

7-1-5 اسم البلد المصنع.

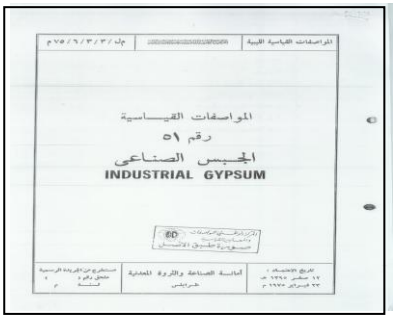
7-1-6 تاريخ الإنتاج والتعبئة.

المسح الضوئي رقم (7) بند البيانات التوضيحية بالمواصفة القياسية رقم 340 لسنة 2009[4]

المشكلة رقم (3) تتعلق بالجبس الصناعي أو جبس البناء

عند النظر إلى المواصفة الخاصة بالاشتراطا ت القياسية رقم 51 لجبس البناء التي تم تحديثها وإصدارها في سنة 2005، حيث تضمنت بعض الشروط مثل حد اختبار مقاومة الكسر بالانحنا ء ، هذا الاختبار مهم جداً لتحديد استخدام هذه المادة ، ولكن المشكلة تكمن في إن هذا الاختبار لا توج د له طريقة لتنفيذه حتى يمكنك من الحصول على الحدود المذكورة في المواصفة سالفة الذكر .وعند الرجوع إلى المواصفة القياسية رقم (51) لسنة 1975 والخاصة بالجبس الصناعي والبحث فيها عن آلية لتنفيذ هذا الاختبار، لم نجد إي ذكر له إطلاقاً.

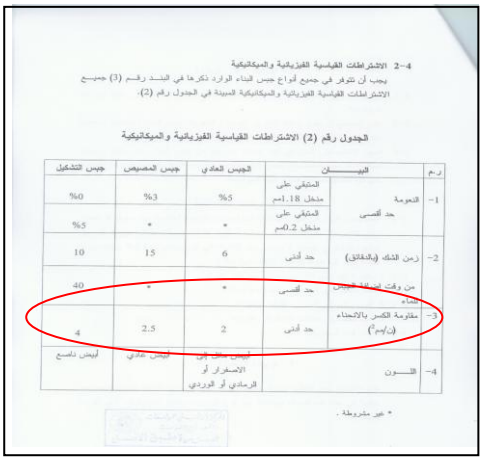
وعلى هذا الأساس تعذر إعطاء شهادة تفيد مطابقة أو عدم مطابقة هذه المادة للمواصفات القياسية الليبية.كما هي موضحة بالمسح الضوئي رقم (8 ، 9 ، 10 ، 11).



المسح الضوئي رقم (8) المواصفة القياسية رقم 51 لسنة 1975 الخاصة بالاشتراطات وطرق الاختبار للجبس الصناعي[5]



المسح الضوئي رقم (9) المواصفة القياسية رقم 51 لسنة 2005 الخاصة بالاشتراطات القياسية لجبس البناء[6]



2-4 الاشتراطات القياسية الفيزيائية والميكانيكية

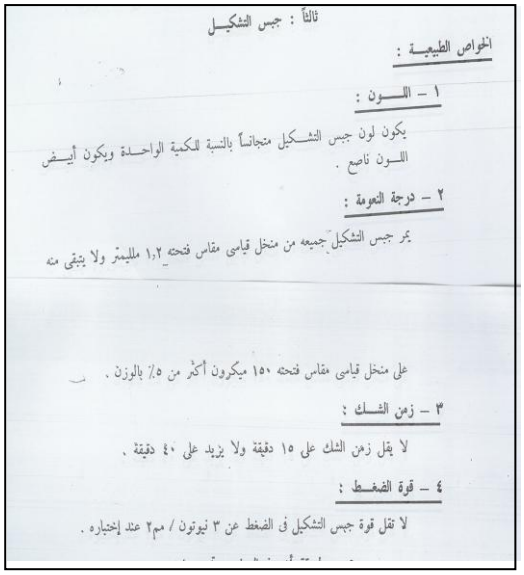
يجب أن تتوفر في جميع أنواع جبس البناء الوارد ذكرها في البند رقم (3) جميع الاشتراطات القياسية الفيزيائية والميكانيكية المبينة في الجدول رقم (2).

الجدول رقم (2) الاشتراطات القياسية الفيزيائية والميكانيكية

رقم	البيان		الجبس العادي	جبس المصبوص	جبس التشكيل
1-	النعومة	المتبقي على منخل 1.18مم	%5	%3	%0
	حد أقصى	المتبقي على منخل 0.2مم	*	*	%5
2-	زمن الشك (بالدقائق)	حد أدنى	6	15	10
		حد أقصى	*	*	40
3-	مقاومة الكسر بالانحناء (ن/مم²)	حد أدنى	2	2.5	4
4-	اللـــون		أبيض ناصع أو الاصفرار أو الرمادي أو الوردي	أبيض عادي	أبيض ناصع

* غير مشروطة .

المسح الضوئي رقم (10) المواصفة القياسية رقم 51 لسنة 2005 الخاصة بالاشتراطات للجبس[6]



ثالثاً : جبس التشكيـل

الخواص الطبيعيـة :

١ – اللـــون :

يكون لون جبس التشـكيل متجانساً بالنسبة للكمية الواحـدة ويكون أبـيض اللـون ناصع .

٢ – درجة النعومة :

يمر جبس التشكيل جميعه من منخل قياسي مقاس فتحه ١,٢ ملليمتر ولا يبقى منه

على منخل قياسي مقاس فتحه ١٥٠ ميكرون أكثر من ٥٪ بالوزن .

٣ – زمن الشـك :

لا يقل زمن الشك على ١٥ دقيقة ولا يزيد على ٤٠ دقيقة .

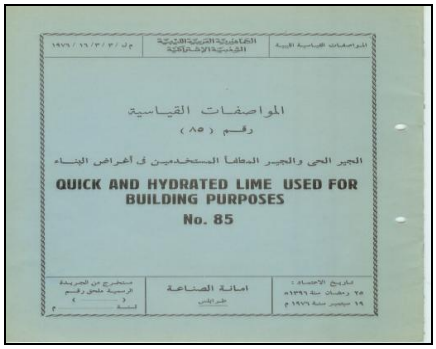
٤ – قوة الضغـط :

لا تقل قوة جبس التشكيل في الضغط عن ٣ نيوتون / مم٢ عند إختباره .

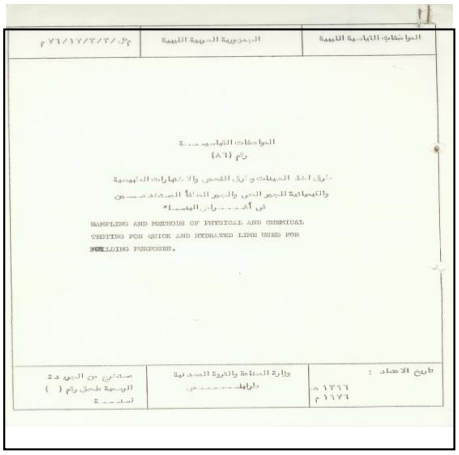
المسح الضوئي رقم (11) المواصفة القياسية رقم 51 لسنة 1975 الخاصة بالاشتراطات وطرق الاختبار للجبس[5]

المشكلة رقم (4) تتعلق بتطبيق المواصفات القياسية الليبية في تحديد الجير المستخدم في أغراض البناء

في سنة 1976 تم إصدار مواصفتين الأولى ذات رقم (85) تتعلق بالاشتراطات القياسية للجير الحى والجير المطفأ المستخدمين في أغراض البناء ، والثانية تتعلق بطرق اخذ العينات وطرق الاختبار .ولكن في سنة 2005 تم تحديث المواصفة رقم (85) المتعلقة بالاشتراطات القياسية وتم تعميمها بحيث أصبحت تشتمل على شروط فيزيائية لا توجد لها طريقة اختبار مثل شرط (زمني الشك ، قوة التحمل بعد 28 يوم) للجير الهيدرولي والجير شبه الهيدرولي. بذلك تعذر استخدام هذه المواصفة من جهة الفارق الزمني بين إصدار المواصفتين ومن جهة أخرى عدم وجود بعض طرق الاختبار وهي الأساس للحصول على الحدود المنصوص عليها بمواصفة الاشتراطات القياسية عند طلب شهادة مطابقة منتج لهذه المواصفات. وهذه الفروق تم توضيحها بالمسح الضوئي رقم (12، 13، 14 ،15) .



المسح الضوئي رقم (12) المواصفة القياسية رقم 85 لسنة 1976 بالاشتراطات القياسية للجير الحى والجير المطفأ المستخدمين في أغراض البناء[7]



المسح الضوئي رقم (13) المواصفة القياسية رقم 85 لسنة 1976 بطرق اخذ العينات وطرق الاختبار للجير الحى والجير المطفأ المستخدمين في أغراض البناء[8]



المسح الضوئي رقم (14) المواصفة القياسية رقم 85 لسنة 2005 بالاشتراطات القياسية للجير المستخدم في أغراض البناء[9]



جدول رقم (2)
الاشتراطات القياسية الفيزيائية لفئات الجير الحي المختلفة

رقم	نوع الجير / الخاصية	فئة (أ) ، (ب)	فئة (ج) ، (د)
1-	النعومة	لا يزيد المتبقي على منخل 850 ميكرون عن 5% ولا يزيد المتبقي على منخل 250 ميكرون عن 7%	لا يزيد المتبقي على منخل 850 ميكرون عن 5% ولا يزيد المتبقي على منخل 250 ميكرون عن 7%
2-	زمن الشك زمن الشك الابتدائي زمن الشك النهائي	لا يقل عن ساعتين ولا يزيد عن 72 ساعة	-
3-	التمدد	لا يزيد التمدد في قالب لوشاتليه عن 10مم	لا يزيد التمدد في قالب لوشاتليه عن 10مم
4-	قوة التحمل بعد 28 يوم	الحد الأدنى 0.7 نيتون/مم^2 الحد الأقصى 2.0 نيتون/مم^2	-
5-	قابلية التشغيل	لا يقل عن 14 صدمة لتصبح قطر العجينة 190مم	لا يقل عن 14 صدمة ليصبح قطر العجينة 190مم
6-	الناتج الحجمي	لا يقل عن 1.7 ملجم بعد الإطفاء	لا يقل عن 1.7 ملجم بعد الإطفاء
7-	الكثافة جم / سم ^{3}	لا تزيد عن 1.45	لا تزيد عن 1.45

المسح الضوئي رقم (15) المواصفة القياسية رقم 85 لسنة 2005 بالاشتراطات القياسية الفيزيائية للجير المستخدم في أغراض البناء [9]

المشكلة رقم (5) تتعلق بتطبيق المواصفات القياسية الليبية في تحديد جودة البلاط الخزفي للجدران والحوائط

نجد أن المواصفة رقم (84) لسنة 1976 والخاصة بطريقة الاختبار لبلاط الجدران (القيشاني) لا يوجد بها أي بند يتعلق بطرق اختبار بلاط الأرضيات . في حين أن المواصفة رقم (83) لسنة 2005 تحوي شروط كل من بلاط الجدران والحوائط معا.

كذلك منصوص في مواصفة الاشتراطات شروط لم تحدد إذا كانت لبلاط الحوائط أو لبلاط الأرضيات على سبيل المثال (الحد الأدنى لصلادة طبقة الطلاء الزجاجي بمقياس موهز مشروطة بمقاس 3).

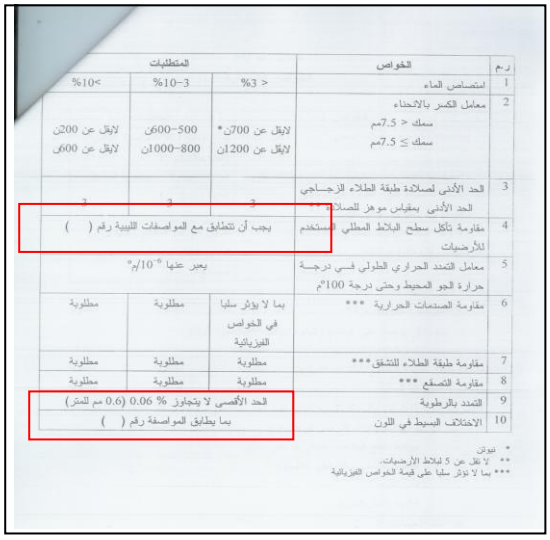
إضافة إلى ذلك وجود عبارة بهذه الصورة (يجب أن تتطابق مع المواصفات الليبية رقم ( )) وهى مبهمة، مع العلم بأنه لا توج د مواصفة اختبار تتعلق بطرق اختبار بلاط الأرضيات من القيشاني ،كما هي موضحة بالمسوحات الضوئية أرقام (16 ، 17 ، 18).



المسح الضوئي رقم (16) المواصفة القياسية رقم 83 لسنة 2005 الخاصة باشتراطات البلاط الخزفي [10]



المسح الضوئي رقم (17) المواصفة القياسية رقم 84 لسنة 1976 الخاصة بالاشتراطات وطرق الاختبار لبلاط الجدران القيشاني[11]



رقم	الخواص	المتطلبات		
1	امتصاص الماء	< 3%	3–10%	>10%
2	معامل الكسر بالانحناء سمك < 7.5مم سمك ≥ 7.5مم	لايقل عن 700ن* لايقل عن 1200ن	500–600ن 800–1000ن	لايقل عن 200ن لايقل عن 600ن
3	الحد الأدنى لصلادة طبقة الطلاء الزجاجي الحد الأدنى بمقياس موهز للصلادة **	3	3	3
4	مقاومة تآكل سطح البلاط المطلي المستخدم للأرضيات	يجب أن تتطابق مع المواصفات الليبية رقم ( )		
5	معامل التمدد الحراري الطولي في درجة حرارة الجو المحيط وحتى درجة 100°م	يعبر عنها 10^{-6}/م/م°		
6	مقاومة الصدمات الحرارية ***	بما لا يؤثر سلبا في الخواص الفيزيائية	مطلوبة	مطلوبة
7	مقاومة طبقة الطلاء للتشقق***	مطلوبة	مطلوبة	مطلوبة
8	مقاومة التصقع ***	مطلوبة	مطلوبة	مطلوبة
9	التمدد بالرطوبة	الحد الأقصى لا يتجاوز 0.06 % (0.6 مم للمتر)		
10	الاختلاف البسيط في اللون	بما يطابق المواصفة رقم ( )		

* نيوتن
** لا تقل عن 5 لبلاط الأرضيات.
*** بما لا تؤثر سلبا على قيمة الخواص الفيزيائية

المسح الضوئي رقم (18) المواصفة القياسية رقم 83 لسنة 2005 الخاصة باشتراطات البلاط الخزفي المطلي[10]

7- الخلاصة

من خلال ما تم عرضه نخلص إلى الأسئلة الآتية:

1 –هل يمكن استخدام المواصفات القياسية الليبية الصادرة مثلا في سنة 1972 والمتعلقة بطرق الاختبار، ومطابقة نتائج المتحصل عليها مع المواصفات القياسية الخاصة بالإشتراطات صادرة في سنة 2005؟

2 –هل المواصفات العالمية أو الدولية تاخذ في اعتبارها الظروف البيئة العالمية عند إعدادها؟

3 –في حالة تعذر تطبيق المواصفات القياسية الليبية هل هناك كتاب قانوني ينص على استخدام مواصفات بديلة؟

4 –في حال عدم تغير مواصفة ما لفترة طويلة من الزمن لماذا لا يتم اعتمادها بتاريخ إصدار جديد؟

5 –لكل دولة قانون والمواصفات القياسية تعتبر قانونا فهل يتم تطبيق هذا القانون رغم قصوره أحياناً؟

6 –لماذا لا يتم الاعتماد على المواصفات القياسية الليبية عند التقديم لبرنامج اعتماد المختبرات؟

المراجع

[1] المواصفات القياسية الليبية، 21 ،الإسمنت البورتلاندي العادي والإسمنت البورتلاندي سريع التصلد، (1972).

[2] المواصفات القياسية الليبية، 340 ،الإسمنت البورتلاندي، (1997).

[3] المواصفات القياسية، 341، طرق الإختبارات الفيزيائية للإسمنت الهيدرولي، الجزء الأول، إشتراطا ت عامة (2005).

[4] المواصفات القياسية، 340، الإسمنت البورتلاندي، (2009).

[5] المواصفات القياسية، 51، الجبس الصناعي، (1975).

[6] المواصفات القياسية، 51، جبس البناء، (2005).

[7] المواصفات القياسية، 85 ،للجير الحى والجير المطفأ المستخدمين في أغراض البناء، (1976).

[8] المواصفات القياسية، 86 طريقة أخذ العينات وطرق الفحص والإختبارات للجير الحي والجيرالمطفأ المستخدمين في أغراض البناء، (1976).

[9] المواصفات القياسية، 85، الجير المطفأ المستخدمين في أغراض البناء، (2005).

[10] المواصفات القياسية، 83، البلاط الخزفي المطلي، (2005).

[11] المواصفات القياسية، 84، طريقة أخذ العينات وطرق الفحص والإختبارات الطبيعية لبلاط الجدران القيشاني، (1976).

تأثير نوع الركام الكبير على السلوك الميكانيكي للخرسانة عالية المقاومة

أ.د. سليم صالح السيد أحمد – د.نوري محمد الباشا– د.عبد الله مصطفى سبع

جامعة الجبل الغربي بالزاوية– كلية الهندسة– قسم البناء والتشييد– رقدالين

ملخص

فى الفترة الأخيرة هناك إتجاه واضح لإستخدام الخرسانة عالية المقاومة والتى تزيد مقاومتها للضغط عن 50 ميجا باسكال، ليس فقط كخرسانة سابقة التجهيز ولكن كخرسانة مصبوبة فى الموقع. وذلك لما لها من مميزات إنشائية تخدم المهندس المصمم. والسلوك الميكانيكى للخرسانة عالية المقاومة يختلف عن السلوك الميكانيكى للخرسانة العادية والت ي تقل فيها مقاومة الضغط عن 50 ميجا باسكال. وفى هذا البحث تمت دراسة وتقييم الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة متمثلة فى مقاومة الضغط – مقاومة الشد غير المباشر – مقاومة الإنحناء و متانة الكسر، وذلك بعد إستخدام ثلاثة أنواع مختلفة من الركام الخشن هى الزلط – البازلت – الدولوميت.

وقد أظهرت النتائج فى هذا البحث أن هناك تأثيرا واضحا لنوع الركام على السلوك الميكانيكى للخرسانة عالية المقاومة وخصوصا مقاومة الضغط ومقامة الشد غير المباشر ومتانة الكسر. بينما لم تظهر مقاومة الإنحناء تأثراً ملحوظا كالخواص الأخرى. كما تم إستنتاج علاقات رياضية تقريبية تربط بين مقاومة الضغط للخرسانة عالية المقاومة وباقى الخواص الميكانيكية. وتمت مقارنة هذه العلاقات بعلاقات رياضية منشورة سابقا.

الكلمات الدالة: الخرسانة عالية المقاومة– نوع الركام الكبير– غبار السيلكا– مقاومة الضغط– مقاومة الإنحناء– متانة الكسر

1– المقدمة

تتميز الخرسانة عالية المقاومة والتي تزيد مقاومتها للضغط عن 50 ميجا باسكال بمميزات أهمها قدرتها الفائقة على التحمل مع الزمن وإرتفاع نسبة المقاومة إلى الوزن. وهذه المميزات جعلت الخرسانة عالية المقاومة أكثر إقتصادية وخصوصا فى المنشآت البرجية والمنشآت ذات الفراغات الواسعة. ويحتاج إستخدام الخرسانة عالية المقاومة إلى الإلمام الكافي بخواصها الهندسية والتي تختلف كثيرا عن خواص الخرسانة عادية المقاومة (مقاومة الضغط أقل من 50 ميجا

باسكال). وقد أجريت العديد من الأبحاث والإختبارات [1–4] لإستنتاج مجموعة من العلاقات الرياضية لتوقع قيم الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة مثل مقاومة الشد – معامل المرونة – مقاومة الإنحناء – متانة الكسر. وقد أوضح [5] أن هناك تأثيرا ملحوظا للركام الكبير على مقاومة الإنحناء ومقاومة الضغط للخرسانة وهذا التأثير تصل نسبته إلى حوالي 30–40% طبقا لنوع الركام. كما أعطى [6–8] مجموعة من العلاقات الرياضية التي تربط مقاومة الشد غير المباشر مع مقاومة الضغط للخرسانة وذلك لمجموعة من الخلطات الخرسانية تتراوح قيم مقاومة الضغط لها بين الخرسانة العادية والخرسانة عالية المقاومة. وقد أثبتت الأبحاث أن النسبة بين مقاومة الشد غير المباشر و مقاومة الضغط للخرسانة عادية المقاومة تزيد على 10%. وأن هذه النسبة تقل لتصل إلى حوالي 5% فى حالة الخرسانة عالية المقاومة. كما أوضحت هذه الأبحاث أن مقاومة الشد غير المباشر تكون أعلى بحوالي 8% فى حالة إستخدام ركام مهشم في الخرسانة. وقد أوضح [9] أن العلاقة الرياضية المستخدمة في الكود الأمريكى لتوقع مقاومة الشد غير المباشر ومقاومة الإنحناء من مقاومة الضغط يجب أن تعدل لتأخذ في الإعتبار سلوك الخرسانة عالية المقاومة وكذلك نوع الركام الكبير لما له من تأثير ملحوظ على سلوك الخرسانة عالية المقاومة.

ومن خلال الأبحاث السابقة تبين أن معظم النتائج المتوفرة لم تغطى بالقدر الكافي كافة العوامل المؤثرة على سلوك الخرسانة عالية المقاومة وخصوصا نوع الركام الكبير و نسبة غبار السيلكا و بالتالي فإن العلاقات الرياضية المستخدمة لتوقع الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة تحتاج إلى المزيد من الدراسة والبحث. وفي هذا البحث سوف تتم دراسة تأثير نوع الركام الكبير ونسبة غبار السيلكا على الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة كما سوف يتم عمل ربط بين مقاومة الضغط لهذه الخرسانة والخواص الميكانيكية الأخرى أخذا فى الإعتبار تأثير الركام الكبير وغبار السيليكا.

2- البرنامج العملى و منهج البحث

فى هذا البحث تم تصميم برنامج عملى موضح فى الجدول رقم (1) لدراسة تأثير نسبة غبار السيليكا ونوع الركام الكبير على السلوك الميكانيكي للخرسانة عالية المقاومة. وتم إستخدام خمس نسب من غبار السيليكا وهى 5 , 10 , 15 , 20 , 25% تم إضافتها كنسبة من وزن الإسمنت المستخدم. كما تم إستخدام ثلاثة أنواع من الركام الكبير وهي الزلط والبازلت والدولوميت. وقد أجريت جميع الإختبارات بعد مرور 56 يوم من صب الخرسانة. وقد أستخدم في الخلطات

الخرسانية إسمنت بروتلاندي عادي ورمل كركام صغير وثلاثة أنواع من الركام الكبير. الزلط ويمثل الركام الدائري الأملس والبازلت والدولوميت ويمثلان الركام المهشم ذو السطح الخشن. ويعطي الجدول رقم(2) الخواص الطبيعية والميكانيكية للركام الصغير(الرمل) و الركام الكبير(الزلط– البازلت– الدولوميت). كما يعطي جدول رقم (3) التدرج الحبيبى للركام المستخدم. وكان المقاس الإعتباري الأكبر للركام الكبير = 19 مم. وقد أستخدم غبار السيليكا كإضافة إلى الإسمنت . وغبار السيليكا المستخدم يحتوى على 95% من السيليكا ومساحته السطحية حوالى 18 م^2 /جم. ويعطي الجدول رقم [4] كميات الإسمنت و الرمل و الركام المستخدمة لكل 1م^3 من الخرسانة.

جدول رقم(1) البرنامج العملى فى هذا البحث

نوع الركام الكبير	الزلط–البازلت– الولوميت
نسبة غبار السيليكا	0,5,10,15,20,25
الإختبارات	مقاومة الضغط مقاومة الشد غير المباشر مقاومة الإنحناء متانة الكسر

جدول رقم(2) الخواص الطبيعية والميكانيكية للركام المستخدم

الخواص	القيم المقاسة			
	الدولوميت	البازلت	الزلط	الرمل
وزن وحدة الحجوم كجم/م^3	1.46	1.55	1.75	1.6
الكثافة النوعية	2.5	2.67	2.56	2.52
معامل التهشم%	22.8	18.2	16.1	–
معامل الصدم%	20.03	15.9	10.1	–
معامل الإمتصاص%	2.21	1.01	0.8	1

جدول رقم(3) التدرج الحبيبى للركام المستخدم

فتحة المنخل مم	نسبة المرور			
	الدولوميت	البازلت	الزلط	الرمل
19	100	100	100	100
14	57	55	60	100
9.5	26	28	30	100
4.75	1	1	2	100
2.36	0	0	0	93.5
1.18	0	0	0	81.3
0.6	0	0	0	50.6
0.3	0	0	0	6.4
0.15	0	0	0	1

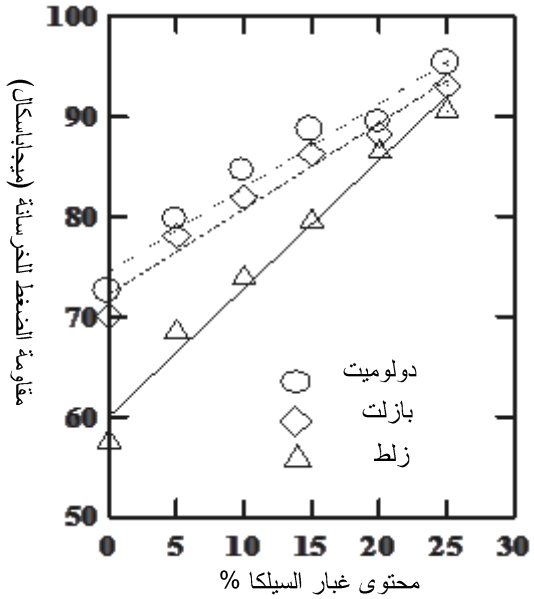
جدول رقم(4) مكونات الخلطة الخرسانية لكل نوع ركام

نوع الخرسانة	الركام الكبير كجم/م^3	الركام الصغير كجم/م^3	محتوى الأسمنت كجم/م^3
الزلط	1157.2	578.6	450
البازلت	1189.8	594.8	450
الدولوميت	1139.03	569.5	450

وفي جميع الخلطات تم الحفاظ على نسبة الماء إلى الأسمنت عند 0.39 . وفى جميع الخلطات سواء المرجعية (بدون غبار السيليكا) أو الخلطات المحتوية على على غبار السيليكا تم الحفاظ على مقدار الهبوط للخرسانة الطازجة ليكون بين 20–40 مم وذلك بإستخدام كميات متغيرة من الإضافات فائقة اللدونة. وتم صب عينات على شكل مكعب بأبعاد 15*15*15 سم لقياس مقاومة الضغط وعينات إسطوانية بأبعاد 15سم قطر و إرتفاع 30 سم لقياس مقاومة الشد غير المباشر. أما مقاومة الإنحناء فقد قيست من خلال كمرات بأبعاد 10*10*35 سم . ولقياس متانة الكسر تم تخليق شرخ بوسع 0.5 مم و عمق 30 مم فى منتصف الكمرة وفى جهة الشد. وجميع العينات تم رفعها من قالب الصب بعد 24 ساعة وتمت معالجة جميع العينات فى ماء شرب حتى ميعاد الإختبار. ولكل إختبار تم تجهيز ثلاث عينات لأخذ متوسط القراءت.

3- النتائج و المناقشة

يعطى شكل (1) العلاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة بعد 56 يوم بالميجا باسكال ونسبة محتوى غبار السيلكا فى الخلطة . وتظهر النتائج أن مقاومة الضغط للخرسانة تزداد بزيادة نسبة محتوى غبار السليكا فى الخلطة وأن هذا التزايد موجود لكل أنواع الركام الكبير المستخدم. ويتضح من النتائج فى هذا الشكل أن مقاومة الخرسانة المصنوعة من الدولوميت أعلى من المصنوعة من البازلت و الزلط. بينما أعطى الزلط أقل مقاومة مقارنة بالبازلت و الدولوميت. وتظهر النتائج أن مقاومة الضغط لخرسانة الدولوميت تزيد بنسبة تصل إلى 20% عن مقاومة الخرسانة المصنوعة من الزلط. ويرجع ذلك إلى خشونة سطح الدولوميت مما يساعد على زيادة قوى الترابط بين الركام الكبير و المونة الأسمنتة مقارنة بسطح الزلط الأملس. وقد وجدت نتائج مشابهة فى أبحاث اخرى [8]. وقد أرجع ذلك إلى أن زيادة قوى الترابط بين الركام الكبير و المونة الأسمنية يؤدى إلى زيادة فاعلية دور الركام الكبير و بالتالى يعطى مشاركة أكبر فى تحمل الإجهادات داخل الخرسانة وزيادة المقاومة الكلية للخرسانة.

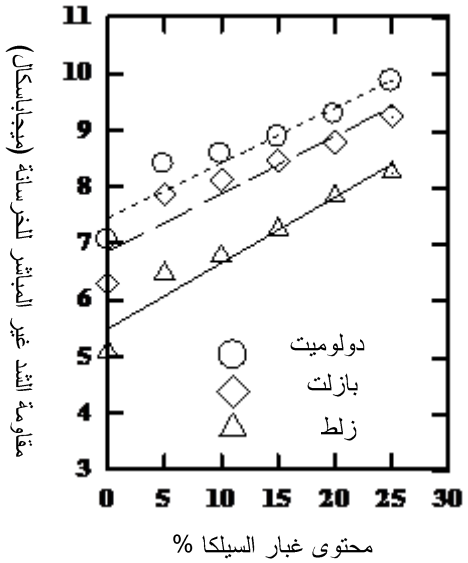


شكل رقم (1) مقاومة الضغط للخرسانة مقابل محتوى غبار السيليكا

وتظهر النتائج فى شكل(1) أيضا أن تأثير نوع الركام الكبير مرتبط بنسبة محتوى غبار السيليكا، حيث وجد أن نوع الركام يؤثر بوضوح على مقاومة الخرسانة للضغط عند النسب المنخفضة من غبار السيليكا (0 , 5 , 10 %) حيث يظهر الفرق بوضوح بين أنواع الركام الثلاثة. و مع زيادة نسبة محتوى غبار السيليكا يقل الفرق بين قيم المقاومات الناتجة من أنواع الركام المختلفة ويصبح الفرق أقل وضوحا. وترجع هذه النتائج إلى المساهمة الفعالة لغبار السيليكا فى زيادة قوة الترابط بين المونة الأسمنتية والركام الكبير بسبب المركبات الكيميائية التى تنتج من تفاعلات غبار السيليكا مع نواتج عملية الإماهة للأسمنت والتى تعمل بدورها كمادة لاصقة تزيد من قوى التماسك. ونتيجة لزيادة و تحسن قوى الترابط بين الركام الكبير و المونة الأسمنتية تتغير ألية وشكل الإنهيار داخل الجسم الخرسانى مما يجعل الشروخ تمر عبر جسم الركام الكبير نفسه. وبالتالى تقل الفاعلية الناتجة من دور الركام الكبير.

يعطى شكل رقم (2) العلاقة بين مقاومة الشد غير المباشر للخرسانة بعد 56 يوم و نسبة غبار السيليكا فى الخلطة الخرسانية. وتظهر النتائج أن مقاومة الشد غير المباشر للخرسانة تزيد بزيادة محتوى غبار السيليكا وذلك لجميع أنواع الركام المستخدم. كما تظهر النتائج أيضا أن ركام الدولوميت يعطى للخرسانة مقاومة شد أكبر من ركام البازلت أو الزلط. ويرجع ذلك إلى طبيعة سطح ركام الدولوميت حيث تساعد خشونة السطح على زيادة قوى الترابط بين الركام

والمونة الإسمنتية مما يساعد على منع الإنفصال بين الركام والمونة الأسمنية وبالتالي زيادة المقاومة ضد إجهادات الشد.



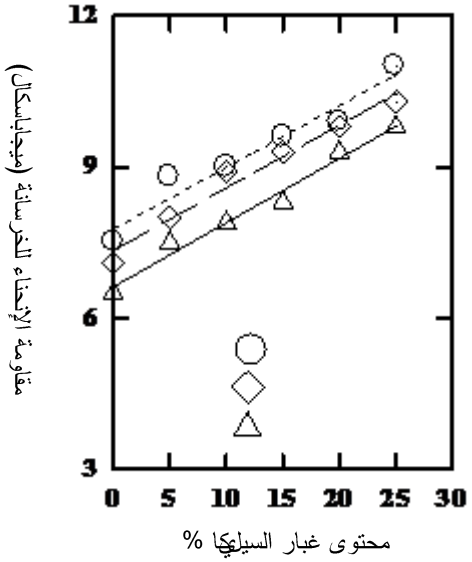
شكل رقم (2) مقاومة الشد غير المباشر للخرسانة مقابل محتوى غبار السيليكا

ويلاحظ من النتائج فى شكل (2) أن فاعلية دور غبار السيليكا بالنسبة لنوع الركام فى حالة الشد غير المباشر تكون أقل مقارنة بفاعليته فى حالة الضغط. حيث أنه في حالة مقاومة الشد غير المباشر يكون التأثير الأكبر لطبيعة سطح الركام وليس لنوع الركام.

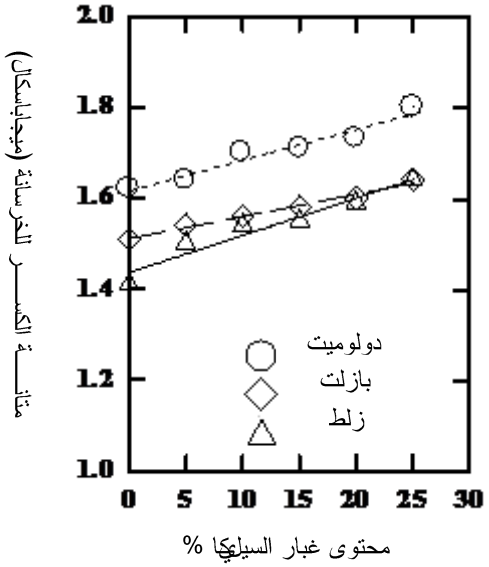
مقاومة الإنحناء للخرسانة بعد 56 يوم تم قياسها على كمرات أبعادها 100*100*350 مم. وهذه الكمرات تم تحميلها بحمل مركز فى منتصف بحر الكمرة . وقد أعطيت نتائج الإختبارات فى شكل رقم (3) بين مقاومة الإنحناء ونسبة غبار السيليكا لجميع أنواع الركام المستخدم. ويتضح من شكل (3) أن مقاومة الإنحناء تسلك نفس سلوك مقاومة الشد غير المباشر و مقاومة الضغط حيث تزداد قيمتها بزيادة محتوى السيليكا فيوم. كما تظهر النتائج أيضا أن فاعلية تأثيرنوع الركام الكبير على مقاومة الإنحناء أقل من حالة الشد غير المباشر أو حالة الضغط. حيث أن مقاومة الإنحناء لخرسانة الدولوميت تقترب مقاومة الإنحناء لخرسانة البازلت و الزلط. ويتضح من النتائج أن فاعلية دور السيليكا فيوم بالنسبة لنوع الركام تشبة إلى حد كبير حالة الشد والضغط.

يعطى شكل رقم (4) سلوك متانة الكسر للخرسانة معبرا عنه بمعامل شدة الإجهاد (K_{IC}) مع زيادة نسبة محتوى السيلكا فى الخلطة الخرسانية عند 56 يوم . وتم حساب معامل شدة الإجهاد فى هذا البحث بإستخدام المعادلة المعطاة فى [10].

ويتضح من شكل (4) أن معامل شدة الإجهاد تزداد قيمته بزيادة محتوى السيليكا فى الخلطة ، كما أن هناك تأثير واضح لنوع الركام الكبير على قيمة معامل شدة الإجهاد. حيث يظهر فى الشكل أن معامل شدة الإجهاد لخرسانة الدولوميت أعلى من خرسانة البازلت و الزلط. كما أنه ليس هناك فرق واضح بين خرسانة البازلت و خرسانة الزلط وخصوصا عند نسب غبار السيليكا المرتفعة.



شكل رقم (3) مقاومة الإنحناء للخرسانة مقابل محتوى غبار السيليكا



شكل رقم (4) متانة الكسر للخرسانة مقابل محتوى غبار السيليكا

ومن خلال النتائج المعملية المعطاة فى شكل (1) إلى شكل (4) تم عمل ربط بعلاقات خطية تعبر عن هذه النتائج لتوقع مقاومة الخرسانة نتيجة وجود غبار السيليكا ولكل نوع من أنواع الركام. وهذه العلاقات أخذت الشكل الأتى:

$$P = P_o + A * SF$$

حيث : P تعبر عن مقاومة الخرسانة عند نسبة معينة من غبار السيليكا

P_o تعبر عن قيمة مقاومة الخرسانة عند نسبة غبار السيليكا = 0

A ثابت يعتمد على نوع الركام و محتوى الأسمنت فى الخلطة

SF تعبر عن نسبة غبار السيليكا فى الخلطة إلى وزن الأسمنت

ويعطى الجدول رقم (5) القيم الخاصة بالثابت (A) لكل نوع من أنواع الركام المستخدم.

جدول رقم(5) قيم الثابت(A)

نوع الخرسانة	مقاومة الضغط	مقاومة الشد غير المباشر	مقاومة الإنحناء	متانة الكسر
الدولوميت	0.84	0.097	0.122	0.005
البازلت	0.86	0.102	0.129	0.004
الزلط	1.28	0.116	0.127	0.004

4- الإستنتاجات

من خلال الدراسة المعملية فى هذا البحث يمكن أستنتاج الأتى:

1-تأثير غبار السيليكا على مقاومة الضغط والشد غير المباشر والإنحناء ومتانة الكسر للخرسانة يمكن ربطه وتوقعه من خلال علاقات خطية.

2-هناك تأثير واضح لنوع الركام على مقاومة الضغط والشد غير المباشر ومتانة الكسر للخرسانة عالية المقاومة بينما التأثير محدود فى حالة مقاومة الإنحناء

3-ركام الولوميت أعطى خرسانة عالية المقاومة لها خواص ميكانيكية أفضل من باقى أنواع الركام المستخدم.

4-تقل فاعلية غبار السليكا فى زيادة مقاومة الخرسانة كلما مع زيادة نسبتها فى الخلطة

المراجع

[1] M. Mazloom a,*, A.A. Ramezanianpour b, J.J. Brooks," Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete", Cement & Concrete Composites ,26 (2004) 347–357.

[2] Aitcin P.C. and Mehta P. K., "Effect of coarse aggregate characteristics on mechanical properties of high strength concrete", ACI Materials Journal, 87, 2, (1990), 103-107.

[3] Ha-Won Song, Jong-Chul Jang, Velu Saraswathy, Keun-Joo Byun," Anestimation of the diffusivity of silica fume concrete", Building and Environment, 42 (2007) 1358–1367.

[4] Harun Tanyildizi, Ahmet Coskun , "Performance of lightweight concrete with silica fume after high temperature",Construction and Building Materials, Volume 22, Issue 10, October (2008),Pages2124-2129

[5] Kaplan M. F., "Flexural and compressive strength of concrete as affected by the properties of the coarse aggregates", ACI Journal, 56, 5, (1959), 1193-1321.

[6] Dewar J. D., "The indirect tensile strength of concretes of high compressive strength", Technical report No. 377, Cement and Concrete Association, London, 12, (1964).

[7] Penttala V. and Komonen J., "Effects of aggregates and microfillers on the flexural properties of concrete", Magazine of Concrete Research, 49, 179, (1997), 81-97.

[8] Hordijk D. A., Wolsink G. M. and de Vries J., "Fracture and fatigue behaviour of a high strength limestone concrete as compared to gravel concrete", ISSN 0046-7316, HERON, 40, 2, (1995), 125-146.

[9] Ahmad S. H., and Shah S.P. "Structural properties of high strength concrete and its implications for precast prestressed concrete", PCI journal, 30, 6, (1985), 92-119.

[10] John R. and Shah S.P., "Fracture mechanics analysis of high strength concrete", Journal of materials in civil engineering, 1, 4, (1989), 185-197.

تنفيذ الخرسانة ذاتية الدمك باستخدام المواد المحلية في ليبيا

م/ سناء عبد الستار الباجقني
ماجستير في الهندسة المدنية
مكتب البنيان "مهندسون استشاريون"
bonyan@bonyan-ce.com

د/عادل محمد الويفاتي
أستاذ الهندسة المدنية
كلية الهندسة – جامعة الفاتح
bonyan@bonyan-ce.com

د/حكيم سالم السموعي
أستاذ الهندسة المدنية
كلية الهندسة – جامعة الفاتح
hakimsa@poczta.onet.pl

ملخص

الخرسانة ذاتية الدمك Self-Compacting Concrete هي الخرسانة التي لها القدرة العالية على الإنسياب والعبور ذاتياً خلال العوائق كقضبان التسليح الكثيفة والقوالب متغيرة الأبعاد وذات السمك المحدود، بدون الحاجة لدمكها بغرض التخلص من الفراغات الهوائية. كما أن للخرسانة ذاتية الدمك القدرة على مقاومة الإنفصال الحبيبي بحيث تبقى محتفظة على تجانس مكوناتها أثناء خلطها ونقلها وصبها بالقوالب إلى حين تصلدها.

تؤكد الورقة في جزئها الأول على أهمية دمك الخرسانة التقليدية، وإلى أهم المشاكل التي تتعرض لها الخرسانة في الحالة اللدنة في الكثير من الأحيان كالإنفصال الحبيبي والنضح بسبب استخدام المحتوى العالي من الماء، وذلك للحصول على خرسانة عالية الإنسياب تفي بمتطلبات العمل الموقعي. كما وتستعرض الورقة التطور التاريخي للخرسانة ذاتية الدمك بالإضافة إلى أهم خصائصها ومزاياها بالمقارنة مع الخرسانة التقليدية وأهم تطبيقاتها.

تقدم الورقة في جزئها الثاني نتائج لدراسة معملية نفذت بمركز البحوث الصناعية بتاجوراء، هدفها الرئيسي تنفيذ خرسانة عالية الإنسياب ذاتية الدمك باستخدام المواد المتوفرة محلياً، حيث تعرض هذه الدراسة النتائج الإنسيابية للخرسانة اللدنة ونتائج كل من مقاومة الضغط ونسبة الإمتصاص للخرسانة المتصلدة، في حالة الإختلاف في نسبة الماء للمواد الإسمنتية وأيضاً في حالة استخدام النسب المختلفة من الركام الناعم في الخلطة.

وتشير نتائج الدراسة في نهاية الورقة إلى أنه أمكن تنفيذ خرسانة ذاتية الدمك باستخدام المواد المحلية عن طريق استعمال الملدّنات والتحكم في نسب خلط المواد الأولية.

الكلمات الدالة: الخرسانة ذاتية الدمك، مقاومة الإنفصال الحبيبي، قابلية التشغيل، مقاومة الضغط، نسبة الإمتصاص، السيليكافيوم.

1- مقدمة

تعتبر قابلية التشغيل من أهم الخواص المطلوبة للخرسانة في الحالة اللدنة، وهي الخاصية التي تعبّر عن سهولة مناولة الخرسانة كالخلط والصب والدمك والتشطيب. حيث أنها تتأثر بالمحتوى المائي ونسبة الركام للإسمنت ونوع الركام، كما أنها تتأثر بدرجة الحرارة. ويتم اختيار طريقة الدمك بناءً على درجة تشغيل الخرسانة وخصائص العنصر المراد تنفيذه وطريقة الصب... إلخ. فالدّمك هو العملية التي تلي مباشرة صب الخرسانة في القوالب والتي بواسطتها يمكن التخلص من الفراغات الهوائية في الخرسانة اللدنة، وبالتالي يعمل ذلك على تقليص حجم الخرسانة إلى الحد الأدنى مما يحسن من الخواص الميكانيكية للخرسانة ويسهم في زيادة العمر الوظيفي للمنشآت المعرضة للمداهمات الكيميائية. وبالتالي، فإن الإهمال في تنفيذ عملية الدمك أو اختيار درجة تشغيل غير مناسبة لصب الخرسانة في القوالب ذات التسليح الكثيف والمتغيرة المقطع وذات السمك المحدود سينشأ عنه انخفاض بمقاومة الضغط والإنحناء والخواص الميكانيكية الأخرى، بالإضافة إلى حدوث زيادة في نفاذية الخرسانة، كما إنه سيؤدي ذلك إلى عدم الملء الجيد للشدّات والقوالب وبالتالي ظهور عيوب سطحية للخرسانة المتصلدة كالتعشيش على سبيل المثال. كما وجد أيضاً أنه باستخدام أجهزة الدمك الميكانيكية في المناطق الحضرية والمكتظة بالسكان له تأثير بيئي مزعج. وبسبب هذه المشاكل قام اليابانيون بتطوير الخرسانة التقليدية لتحمل خصائص جديدة تفي بمتطلبات التنفيذ وأطلقوا عليها الخرسانة ذاتية الدمك. وكان ذلك في أواخر الثمانينيات من القرن الماضي[1].

إنتشر استخدام الخرسانة ذاتية الدمك في الدول الآسيوية وصولاً إلى أوروبا وأمريكا، لتستخدم في تنفيذ معظم المشاريع التي لها خصوصية في التنفيذ كبعض أجزاء الجسور وفي بناء الأبراج، والتي يتطلب بناؤها مظهراً معمارياً مميزاً، كما أنها استخدمت أيضاً في مصانع الخرسانة مسبقة الصب وغيرها من التطبيقات الإنشائية الأخرى كتطبيقات تحت الماء، حيث تشير الإحصائيات إلى أن 100% من منتوج الخرسانة مسبقة الصب في هولندا كان من الخرسانة ذاتية الدمك.

إن الخرسانة ذاتية الدمك SCC هي الخرسانة التي لها القدرة العالية على الإنسياب والعبور ذاتياً خلال العوائق كقضبان التسليح والقوالب متغيرة الأبعاد وذات السمك المحدود والمنحنية بدون الحاجة لدمكها بغرض التخلص من الفراغات الهوائية. كما أن للخرسانة ذاتية الدمك القدرة على مقاومة الإنفصال الحبيبي بحيث تبقى محتفظة بتجانس مكوناتها أثناء خلطها ونقلها وصبها بالقوالب إلى حين تصلدها[2].

أطلق على الخرسانة ذاتية الدمك العديد من المسمّيات، ومن أهمها الخرسانة ذاتية التماسك والخرسانة ذاتية الإستواء. وكل هذه المسمّيات تعكس خصائصها الإنسيابية. وبالتالي فلتلك الخواص مزايا إضافية أخرى أبرزها أنه أصبح بالإمكان الإستغناء بشكل كامل أو جزئي عن عمليات الدمك التقليدية، وهذا يسهم في النهاية إلى الخفض من المدة الزمنية اللازمة لإنجاز أعمال البناء. كما يسهم أيضاً في الخفض من التكاليف الخاصة بشراء معدات وأجهزة الهز والدمك ولتكاليف صيانتها، والمشاكل التي تحدث في الكثير من الأحيان أثناء العمل كحدوث عطل فني أو انقطاع في التيار الكهربائي .. إلخ [1] .

كما أن استخدامها يخفض من مستوى الضوضاء والضجيج الناتجين عن استخدام الهزازات. وتعتبر هذه الميزة مفيدةً جداً في المناطق الحضرية والسكنية المجاورة لمصانع الخرسانة مسبقة الصنع والمشاريع الكبيرة، وبالتالي فإنه يمكن استمرار العمل حتى الساعات المتأخرة من الليل، مما يعطي مرونة في حركة الخلاطات الخاصة لنقل الخرسانة وإمكانية صبها ليلاً. حيث تخفض هذه الميزة من المشاكل التي يسببها الطقس الحار من زيادة في معدل البخر والذي يؤدي إلى حدوث انكماشات في الخرسانة بالعمر المبكر. كما أن للخرسانة ذاتية الدمك مزايا صحية بالنسبة لعمّال البناء، حيث أثبتت الدراسات أن معظم العمال الذين يستخدمون الهزازات ذات الترددات العالية يعانون من مشاكل سمعية [1].

2- الهدف من الدراسة

تزايد الإهتمام في السنوات الأخيرة لدراسة هذا النوع الخاص من الخرسانة في مختلف البلدان العربية وانتشر استخدامها بشكل كبير وواسع خاصة في دول الخليج. ونظراً للنهضة العمرانية القائمة في ليبيا لتنفيذ الأبراج والمنشآت التي تتطلب مظهراً معمارياً مميزاً، وتزايد الإهتمام بترميم المنشآت التاريخية المتضررة بفعل العوامل الجوية، فقد أصبح من الضروري دراسة الخرسانة ذاتية الدمك لما لها من مزايا كثيرة تفوق التي ذكرت في مقدمة الورقة.

إن الهدف الرئيسي من الدراسة هو تنفيذ خرسانة ذاتية الدمك باستخدام المواد المتوفرة محلياً في ليبيا ودراسة خواصها اللدنة وبعض خواصها الصلدة. وبالتالي فإن المحصلة النهائية من هذه الدراسة والمتمثلة في خلاصة النتائج المتحصل عليها، ربما تساعد المهندس الباحث المبتدئ خاصةً في ليبيا لفهم أساسيات الخرسانة ذاتية الدمك.

3- البرنامج المعمـــلي

3-1 المواد المستخدمة

الإسمنت: أستخدم الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج محلياً والمطابق للمواصفة الليبية (97/340)[3] ، وزنه النوعي 3.15، ونعومته 2512 سم^2/جم. ومقاومة الضغط للمونة الإسمنتية عند 7، 28 يوم 29، 61 ن/مم^2 على التوالي.

السيليكافيوم: تعتبر السيليكافيوم من المواد الإسمنتية الرابطة البوزولانية، حيث أن المادة الأساسية في تركيبها أكسيد السليكون، ولها نعومة عالية تصل إلى (200,000 سم^2/جم) أي أنها تفوق نعومة الإسمنت بحوالي 100 مرة [4]، وزنها النوعي(2.2)، واستخدمت في الخلطات المنفذة كنسبة وزنية بديلة للإسمنت البورتلاندي. ولاستخدامها مزايا عديدة، حيث أنها تزيد من انسياب الخرسانة اللدنة وتخفض من النضح والإنفصال الحبيبي كما أنها تخفض من حرارة التميؤ وخاصة في حالة استخدام المحتوى العالي من الإسمنت في المناطق الحارة وفي الخرسانة الكتلية، كما أنها تخفض أيضاً من نفاذية وامتصاص الخرسانة للرطوبة والمداهمات الكيميائية وتزيد من مقاومة الضغط وقوة التماسك بين قضبان التسليح والخرسانة.

الركام الخشن: استخدم للدراسة ركام خشن متدرج مقاسه الإعتباري الأكبر 14 مم، ويوضح الجدول (1) نتائج الإختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام المستخدم بينما يوضح الشكل (1) منحنى التدرج الحبيبي للركام الخشن وحدود المواصفة الليبية (2002/49) [5].

جدول(1): نتائج الإختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن

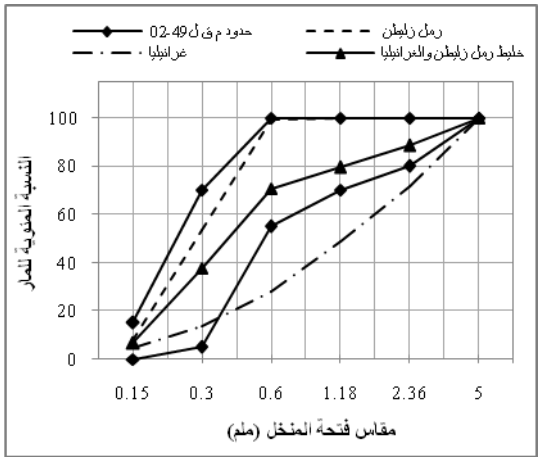
الإختبار	النتيجة	حدود المواصفة [5]
الوزن النوعي Specific Gravity	2.652	2.7 – 2.5
نسبة الامتصاص Absorption	% 2	لا تزيد عن 3 %
معامل الصـــدم Impact Value	% 23.96	لا يزيد عن 45 %
معامل التهشيم Crushing Value	% 23.67	لا يزيد عن 45 %
نسبة الطمي والطين	%2	لا تزيد عن 4 %

الركام الناعم: أستخدم نوعان من الركام الناعم لهذه الدراسة وذلك لغرض الحصول على ركام له معامل نعومة يعطي الخصائص الإنسيابية المطلوبة، حيث تم خلطهما بنسبة مدروسة بناءً على نتائج الخلطات التجريبية التي نفذت قبل الشروع بعمل الخلطات الفعلية. ويوضح الشكل (2) منحنى التدرج الحبيبي لكل من نوعَي الركام الناعم ومنحنى خلطهما وحدود تدرج المواصفة القياسية الليبية [5] الخاصة بركام الخرسانة. وفيما يلي خصائص نوعي الرمل المستخدمين:

رمل زليطن: ورّد من منطقة زليطن، وزنـــه النوعي 2.7 وله نعومة عالية FM= 1.4 ولهذا السبب أستخدم رمل آخر خشن تم خلطه بنسبة معينة بحيث حسن من الخواص الإنسيابية وخفض من معدل النضح والإنفصال الحبيبي.



شكل (1): التحليل المنخلي للركام الخشن



شكل (2): التحليل المنخلي للرمل والغرانيليا ومنحنى خلطهما

الغرانيليا: وزنها النوعي 2.65 ومعامل نعومتها 3.34، ويتراوح مقاس حبيباتها بين 0–5 مم.

تم خلط رمل زليطن للغرانيليا بنسبة 1:1.5 ليكون معامل النعومة للخليط 2.17.

المـــاء: أستخدم لتنفيذ الخلطات الخرسانية ماء مطابق للمواصفة القياسية الليبية رقم 88/294 [6] المتوفر في مركز البحوث الصناعية، حيث وجد أن مجموع الأملاح الذائبة 1031 جرام/لتر وأملاح الكربونات والبيكربونات 425 جرام/لتر، وقيمة الأس الهيدروجيني pH= 8.

الإضافات الكيميائية: أستخدم لهذه الدراسة نوع واحد من الإضافات وهي الملدّنات الفائقة Superplasticizer. من منتجات شركة سيكا Sika واسمها التجاري Viscocrete، وهي عبارة عن مادة سائلة تعتمد في تركيبها الكيميائي على مادة البولي كربوكسيلات Polycarboxylate والتي تستخدم خصيصاً لتنفيذ خلطات من الخرسانة ذاتية الدمك.

وتم اختيار نسب مختلفة من الملدّن للخلطات المنفّذة، حيث اختيرت كل نسبة بناءً على النتائج الإنسيابية للخلطات التجريبية والتي أعطت مؤشراً على الجرعة المناسبة للإستخدام، بحيث تعطي هبوطاً في اختبار Slump Flow Test يتراوح بين 650–800 مم حسب ما أشارت إليه التوصيات الأوروبية [7]. وكما أوصت نشرة المصنّع يجب أن تتراوح الجرعة المستخدمة من الملدّن بين 0.8 – 2 % من وزن المواد الإسمنتية الرابطة.

3-2 نسب الخلط:

قسّم البرنامج المعملي لمجموعتين:

المجموعة الرئيسية: هي المجموعة الأساسية في هذه الدراسة والتي نفذ فيها 16 خلطة. وكانت العوامل الأساسية التي اعتمدت عليها في إعداد هذه الخلطات كالتالي:

أ. أستخدمت نسب متغيرة من الماء للإسمنت w/cm (0.375, 0.40, 0.425, 0.45)، ووزن ثابت من المواد الإسمنتية الرابطة (450 كجم/م^3).

ب. أستخدمت ثلاث نسب مختلفة من السيليكافيوم (5، 10، 15%) من وزن الإسمنت، والتي قورنت مع خلطات مرجعية خالية من هذه الإضافة. وتم اختيار جرعة الملدّن حسب نسبة w/cm ونسبة السيليكافيوم بحيث تعطي الهبوط المستهدف (650– 800 مم).

ج. تم تثبيت معامل نعومة الركام الناعم ونسبة خلطه مع الركام الخشن لتكون نسبة الركام الناعم للخشن 1:1، حيث أنه يجب أن تتراوح نسبة الركام الناعم إلى الركام الكلي في خلطات الخرسانة ذاتية الدمك ما بين 48%– 55% [8].

المجموعة الفرعية: هي عبارة عن جزئية فرعية من المجموعة الرئيسية، والتي تمثل في الواقع الجزء الثاني من هذه الدراسة، ونفذت فيها 8 خلطات بحيث تختلف عن المجموعة الرئيسية الإختلافات التالية:

أ. أستخدام محتوى مائي ثابت لجميع خلطات هذه المجموعة بواقع w/cm = 0.425. كما تم استخدام نسب مختلفة من الركام الناعم للكلي وهي (f/t = 0.4, 0.45, 0.5, 0.55) .

ب. نفذت خلطات باستخدام 10% من السيليكافيوم وأخرى مرجعية خالية منها.

3-3 تصميم الخلطات الخرسانية

أستخدمت الطريقة الحجمية لتصميم جميع الخلطات الخرسانية لهذه الدراسة [9]:

$$\frac{C\left(\frac{W}{C}\right)}{\rho_W}+\frac{C\left(\frac{A}{C}\right)}{\rho_A}+\frac{C\left(\frac{SF}{C}\right)}{\rho_{SF}}+\frac{C}{\rho_C}=1\ m^3$$

$$C\left(\frac{W}{C}\right)+\frac{A_s}{\rho_s}+\frac{A_g}{\rho_g}+\frac{A_{CA}}{\rho_{CA}}+\frac{C}{\rho_C}+\frac{SF}{\rho_{SF}}=1\ m^3$$

$$C=Cement\ ,\quad W=Water\ ,\quad A_s=Sand\ ,\quad A_g=Granelya,$$
$$A_{CA}=Coarse\ Aggregate\ ,\quad \rho=Unit\ Wiegth\ ,\quad SF=\ Silica\ Fume$$

ويوضح الجدولان (2، 3) أوزان المواد المستخدمة لتنفيذ خلطات المجموعتين الرئيسية والفرعية.

جدول (2): نسب خلط مواد المجموعة الرئيسية

رقم الخلطة		w/cm	الماء (كجم/م^3)	الإسمنت (كجم/م^3)	السيليكافيوم (كجم/م^3)	الركام (كجم/م^3)		الملدّنات (% وزن المواد الإسمنتية)
						الركام الخشن	الركام الناعم	
بدون سيليكافيوم	1	0.375	168.8	450.0	0	918	918	1.8
	2	0.400	180.0			903	903	1.5
	3	0.425	0191.			888	888	0.8
	4	0.450	202.5			873	873	0.8
5 % سيليكافيوم	5	0.375	168.8	427.5	22.5	925	925	1.8
	6	0.400	180.0			911	911	1.5
	7	0.425	0191.			897	897	0.8
	8	0.450	202.5			882	882	0.8
10 % سيليكافيوم	9	0.375	168.8	405.0	45.0	933	933	2.0
	10	0.400	180.0			920	920	1.7
	11	0.425	0191.			906	906	1.0
	12	0.450	202.5			893	893	1.0
15 % سيليكافيوم	13	0.375	168.8	382.5	67.5	939	939	2.0
	14	0.400	180.0			927	927	1.7
	15	0.425	0191.			914	914	1.0
	16	0.450	202.5			901	901	1.0

جدول (3): نسب خلط مواد المجموعة الفرعية

رقم الخلطة		نسبة الركام (الناعم/ الكلي)	الماء (كجم/م^3)	الإسمنت (كجم/م^3)	السيليكافيوم (كجم/م^3)	الركام (كجم/م^3)		الملدّنات (% وزن المواد الإسمنتية)
						الركام الخشن	الركام الناعم	
بدون سيليكافيوم	17	0.55	191	450.0	0	800	977	1.1
	18	0.50				888	888	0.8
	19	0.45				976	799	0.8
	20	0.40				1064	710	0.8
10 % سيليكافيوم	21	0.55		405.0	45.0	815	997	1.2
	22	0.50				906	906	1.0
	23	0.45				995	814	1.0
	24	0.40				1085	723.5	0.8

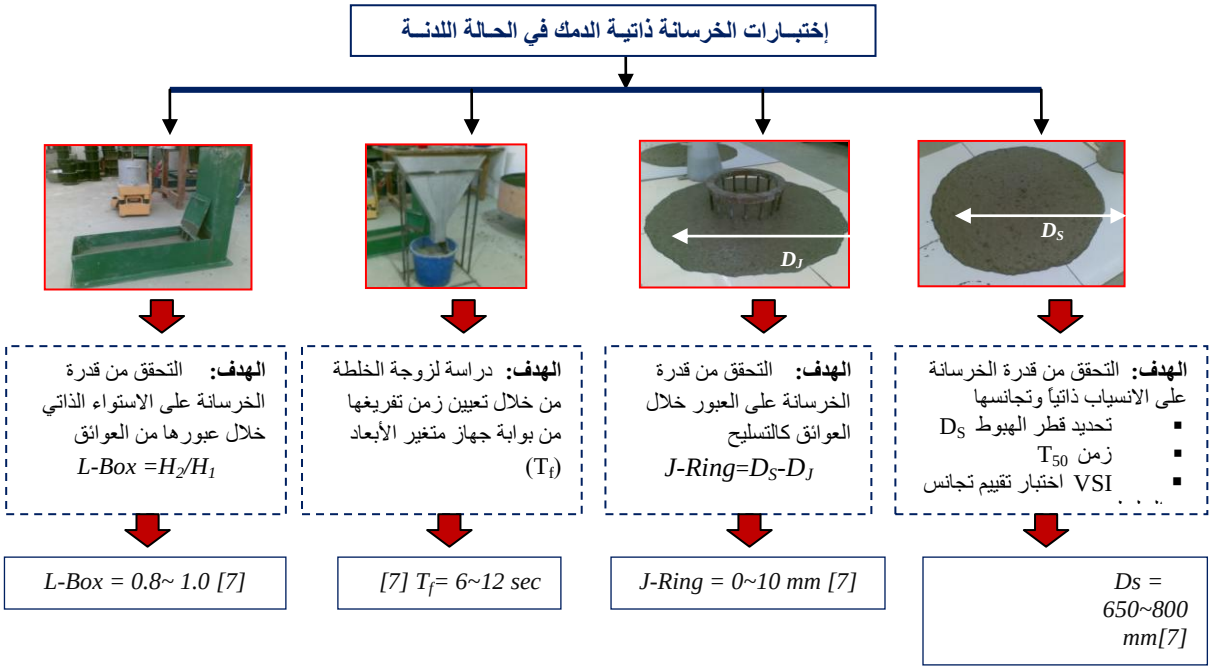
3-4 الخلط والصب والمعالجة

تعتبر عملية تجهيز المواد وخلطها أمراً مهماً جداً بالنسبة للخرسانة ذاتية الدمك، حيث أن التفاوت في أعمال الخلط والصب وغيرها من الإجراءات يترتب عنه اختلافات في الخصائص اللدنة والمتصلّدة للخرسانة. ولهذا تم مراعاة أن يتم تجهيز جميع العينات في ظروف مناخية ومعالجة متشابهة، حيث تم تجهيز جميع هذه الخلطات في فترة زمنية قصيرة وذلك لتلافي تأثير الإختلاف في درجات الحرارة. فبعد الإنتهاء من خلط الخرسانة أجريت إختبارات الخرسانة

وهي في الحالة اللدنة لدراسة خواصها الإنسيابية، ثم تمّ صبّها في قوالب قياسية فولاذية مكعبة الشكل ذات أبعاد 150×150×150 مم، ثم فكّت تلك القوالب في اليوم التالي لتعالج العينات بغمرها في الماء إلى حين موعد اختبارها.

3-5 اختبارات الخرسانة في الحالة اللدنة والمتصلدة

نظراً لخصوصية الخرسانة من حيث انسيابها العالي بالمقارنة مع الخرسانة التقليدية فإنه يتعين تنفيذ بعض الإختبارات الخاصة بهذه الخرسانة، حيث أستخدمت لدراسة هذه الخواص خمس إختبارات. ويوضح الشكل (3) ملخصاً لتلك الإختبارات حيث أنها نفذت طبقاً لتوصيات "EFNARC" [7].



شكل(3): ملخص الاختبارات المعملية للخرسانة اللدنة

أختبرت الخلطات المنفذة أيضاً في الحالة المتصلدة. حيث أجري لها اختبارَي مقاومة الضغط واختبار تحديد نسبة الإمتصاص لمكعبات قياسية ذات أبعاد 150×150×150 مم. ونفذ اختبار مقاومة الضغط طبقاً للمواصفة القياسية البريطانية BS 1881- Part 116: 1983 [10] عند الأعمار 7، 28، 90 يوم، بينما نفذ اختبار تحديد نسبة الإمتصاص طبقاً للمواصفة ASTM C642: 2006 [11]، بواقع 3 مكعبات عند العمر 90 يوم، وذلك لتوفير الزمن الكافي لإتمام عملية التميؤ للخرسانات المنفذة بالسيليكافيوم على اعتبار أنها من المواد البوزولانية بطيئة التميؤ.

3-6 عرض ومناقشة النتائج

خواص الخرسانة اللدنة

تم دراسة الخواص الثلاث للخرسانة ذاتية الدمك وهي قابلية الإنسياب وقابلية وقدرة الخرسانة على العبور خلال العوائق والقوالب متغيرة الأبعاد والمقطع، بالإضافة للإستقرارية Stability. ودرست هذه الخواص عن طريق إجراء الإختبارات التي أشير لها في الشكل (3). ويعرض الجدولان (4، 5) نتائج الخواص الإنسيابية للخلطات الخرسانية المنفذة لكلا المجموعتين الرئيسية والفرعية.

جدول (4): نتائج الخواص الإنسيابية للمجموعة الرئيسية

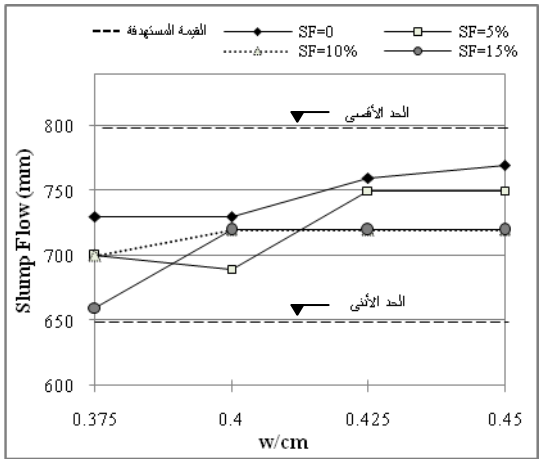
رقم الخلطة		w/cm	Slump (مم) Flow	T_{50} (ث)	J-Ring (مم) Test	L-Box Test (H_2/H_1)	V-Funnel (ث) Test	النضح	VSI
1	بدون سيليكافيوم	0.375	730	3.7	10	0.89	10	متوسط	2
2		0.400	730	3.4	10	0.89	6.0	متوسط	2
3		0.425	760	1.2	10	0.94	6.9	لا يوجد	1
4		0.450	770	1.0	20	0.81	5.0	لا يوجد	1
5	5 % سيليكافيوم	0.375	700	5.3	20	0.71	6.2	لا يوجد	0
6		0.400	690	4.0	10	0.64	6.0	بسيـــط	0
7		0.425	750	1.2	20	0.88	4.0	لا يوجد	0
8		0.450	750	1.5	10	0.94	5.5	لا يوجد	1
9	10 % سيليكافيوم	0.375	700	3.2	30	0.76	7.3	لا يوجد	0
10		0.400	720	3.0	10	0.79	7.0	بسيـــط	1
11		0.425	720	2.0	10	0.90	5.0	لا يوجد	0
12		0.450	720	2.0	10	0.92	4.0	لا يوجد	1
13	15 % سيليكافيوم	0.375	660	5.0	30	0.61	7.4	لا يوجد	0
14		0.400	720	2.0	10	0.75	5.0	لا يوجد	1
15		0.425	720	3.0	10	0.89	5.1	لا يوجد	1
16		0.450	720	2.2	10	0.90	5.0	لا يوجد	1
توصيـــــات EFNARC[7]		أقل قيمة	650	2	0	0.8	6	-	-
		أعلى قيمة	800	5	10	1.0	12	-	-

وبشكل عام فإن نتائج اختبار Slump Flow لمعظم الخلطات كانت تقع ضمن الهبوط المستهدف لهذه الدراسة وهو 650-800 مم [7] وكما هو موضح في الشكلين (4، 5)، إلا أن خلطات المجموعة الرئيسية ذات المحتوى المائي المنخفض كانت أقل هبوطاً وخاصةً عند استخدام النسب العالية من السيليكافيوم. بينما وجد أنه عند استخدام النسبة العالية من الركام الناعم في المجموعة الفرعية فإن لزوجة الخليط زادت وسببت نقصاً في قطر الهبوط وزيادة في زمن T_{50}، أما عن نتائج اختبار J-Ring فلوحظ حدوث زيادة في احتجاز الخرسانة داخل J-Ring وعلى وجه الخصوص عند استخدام النسبة 15% من السيليكافيوم كما بينتها النتائج المدونة في الجدول (4). وكذلك بالنسبة للمجموعة الفرعية،

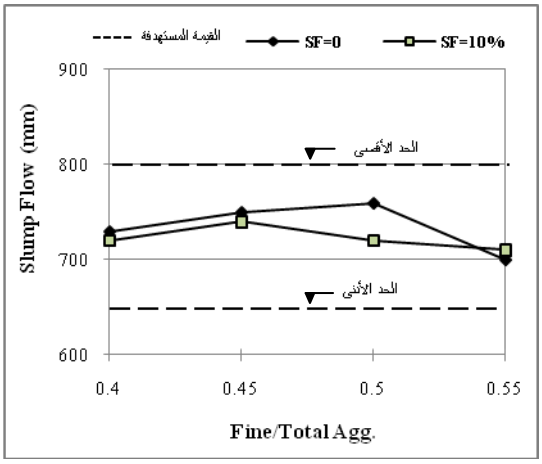
ازداد احتجاز الخرسانة داخل J-Ring بسبب استخدام المحتوى العالي من الركام الناعم مما أدى إلى زيادة اللزوجة كما أوضحتها نتائج الجدول (5).

جدول (5): نتائج الخواص الإنسيابية للمجموعة الفرعية

رقم الخلطة		نسبة الركام (الناعم/الكلي) f/t	Slump Flow (مم)	T_{50} (ث)	J-Ring (مم) Test	L-Box Test (H_2/H_1)	V-Funnel (ث) Test	النضح	VSI
بدون سيليكافيوم	17	0.55	700	4.0	50	0.66	7.0	عـالي	2
	18	0.50	760	1.2	10	0.94	6.9	لا يوجد	1
	19	0.45	750	2.0	40	0.84	7.8	بسيـط	1
	20	0.40	730	3.0	30	0.60	7.0	لا يوجد	0
10 % سيليكافيوم	21	0.55	710	3.0	30	0.75	7.0	لا يوجد	1
	22	0.50	720	2.0	10	0.90	5.0	لا يوجد	0
	23	0.45	740	2.0	10	0.79	6.2	لا يوجد	1
	24	0.40	720	3.2	30	0.66	7.3	لا يوجد	0
توصيـــــات EFNARC[7]		أقل قيمة	650	2	0	0.8	6	-	-
		أعلى قيمة	800	5	10	1.0	12	-	-



شكل (4): تأثير تغير نسبة الماء للإسمنت والسيليكافيوم على قيم الهبوط للمجموعة الرئيسية



شكل (5): تأثير تغيير نسبة الركام الناعم للركام الكلي على قيم الهبوط للمجموعة الفرعية

وبشكل عام فإن نتائج اختبار Slump Flow لمعظم الخلطات كانت تقع ضمن الهبوط المستهدف لهذه الدراسة وهو 650-800 مم [7] وكما هو موضح في الشكلين (4، 5)، إلا أن خلطات المجموعة الرئيسية ذات المحتوى المائي المنخفض كانت أقل هبوطاً وخاصةً عند استخدام النسب العالية من السيليكافيوم. بينما وجد أنه عند استخدام النسبة العالية من الركام الناعم في المجموعة الفرعية فإن لزوجة الخليط زادت وسببت نقصاً في قطر الهبوط وزيادة في زمن T_{50}، أما عن نتائج اختبار J-Ring فلوحظ حدوث زيادة في احتجاز الخرسانة داخل J-Ring وعلى وجه الخصوص عند استخدام النسبة 15% من السيليكافيوم كما بينتها النتائج المدونة في الجدول (4). وكذلك بالنسبة للمجموعة الفرعية،

إزداد احتجاز الخرسانة داخل J-Ring بسبب استخدام المحتوى العالي من الركام الناعم مما أدى إلى زيادة اللزوجة، كما أوضحتها نتائج الجدول (5).

وكانت معظم نتائج اختبار L-Box للخلطات أعلى من 0.8 لكلا المجموعتين وهي أقل نسبة موصى بها من قبل EFNARC [7] بخصوص قدرة الخرسانة على الإستواء الذاتي، ويستثنى من ذلك الخلطات ذات نسبة الماء للإسمنت المنخفضة والتي استخدم فيها أيضاً نسبتا الركام الناعم العالية والمنخفضة. حيث أن النسبة العالية من الركام الناعم تزيد من لزوجة الخليط وبالتالي يسبّب في صعوبة انسياب الخرسانة ذاتياً، بينما النسبة المنخفضة من الرمل تخفض من الإستواء بسبب استخدام النسبة العالية من الركام الخشن، مما يؤدي إلى احتجاز وتراكم حبيبات الركام الخشن خلف قضبان الجهاز مما يصعّب من مرور المونة. كما وجد أن معظم نتائج اختبـــــار V-Funnel كانت ضمن توصيات EFNARC [7] والتي تتراوح ما بين 6-12 ثانية، إلا أنه لوحظ بعض التذبذب البسيط في النتائج وذلك بسبب حساسية أداء الاختبار.

خواص الخرسانة المتصلدة

مقاومة الضغط: يتضح من خلال الأشكال (6/أ، 7/أ) أن نتائج مقاومة الضغط عند 7 أيام للخلطات الخالية من السيليكافيوم لكلا المجموعتين كانت أعلى من الخلطات التي استخدمت فيها السيليكافيوم بمختلف نسبها فيما عدا الخلطة خ2 (w/cm=0.4, SF=0%). وتقل مقاومة الضغط عند زيادة نسبة السيليكافيوم، ويعزى السبب في ذلك إلى أن السيليكافيوم من المواد البوزولانية بطيئة التميؤ في الأيام الأولى من عمرها. ويلاحظ حدوث تغيير واضح للنتائج عند اختبار العينات في العمر 28 يوم، حيث أن الخلطات ذات النسب العالية من السيليكافيوم أعطت أفضل النتائج كما يظهر ذلك بوضوح من خلال الشكل (6/ب) حيث تنخفض المقاومة بانخفاض نسبة السيليكافيوم فيما عدا الخلطات w/cm=0.375 فكانت متذبذبة النتائج عند هذه النسبة.

ويلاحظ من خلال الشكل (6/ج) أن هناك تقارباً في نتائج اختبار مقاومة الضغط للمجموعة الرئيسية عند العمر 90 يوم للخلطات ذات نسبة الماء للإسمنت (0.375، 0.425)، بينما حافظت الخلطات ذات نسبة الماء للإسمنت (0.40، 0.45) على تطورها الطبيعي. ويرجع السبب في هذا التفاوت لاستخدام النسب المختلفة من الملدّنات الفائقة والتي أختيرت نسبها بناءً على نسبة الماء للمواد الإسمنتية ونسبة السيليكافيوم حتى تعطي الهبوط المستهدف.

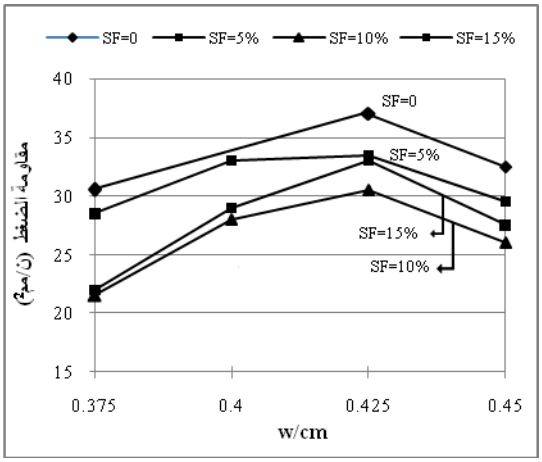
كما أعطت نتائج مقاومة الضغط الموضحة في الشكلين (7/ب، 7/ج)عند العمرين 28، 90 يوم نتائج منطقية حيث أنه كلما ازدادت نسبة الركام الناعم للركام الكلي كلما انخفضت مقاومة الضغط.

نسبة الامتصاص: بشكل عام تتناسب نسبة الامتصاص تناسباً طردياً مع زيادة نسبة الماء للمواد الإسمنتية. ولوحظ ذلك من خلال النتائج التي رسمت بيانياً في الشكل (8) للمجموعة الرئيسية إلى أن الخلطات الخالية من السيليكافيوم لها نسبة امتصاص عالية نسبياً، والتي تتراوح نتائجها بين 6.46 - 5.76 % بينما تتناقص هذه النسبة تدريجياً عند استخدام النسب المتزايدة من السيليكافيوم، وساعد استخدام السيليكافيوم بنسبة 10% بالنسبة للمجموعة الفرعية على الخفض من نسبة الامتصاص بسبب النعومة العالية للسيليكافيوم وقدرتها على غلق المسام في الخرسانة. ومن جهة أخرى، فإن استخدام النسب العالية من الركام الناعم يزيد من نسبة امتصاص الخرسانة بينما تنخفض هذه النسبة تدريجياً عند زيادة نسبة الركام الخشن في الخلطة كما وضح ذلك في الشكل (9).

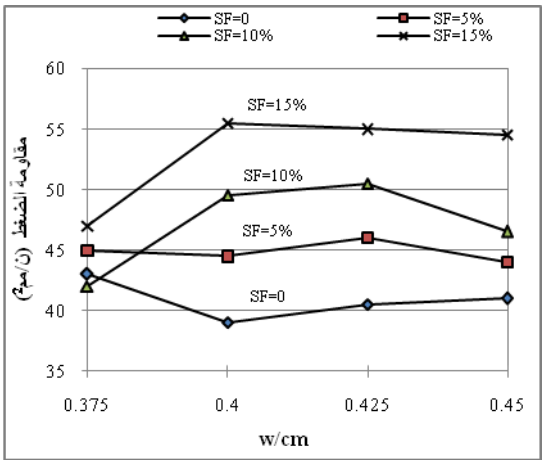
4- الخلاصة

بالرغم من استخدام المحتوى المنخفض من الماء مقارنةً بالخرسانة التقليدية لتنفيذ خلطات من الخرسانة ذاتية الدمك عالية الإنسياب، إلا أن معظم النتائج وبمجملها أكدت على نجاح تنفيذ تلك الخرسانة وبخصائص مقبولة تفي بمتطلبات الإستخدام في التطبيقات المختلفة ذات الخصوصية كما في الخرسانات كثيفة التسليح وذات السمك المحدود ومختلفة الأبعاد والمقاطع. حيث تم تنفيذ العديد من الإختبارات لتقييم أداء الخرسانة اللدنة، كما وتم أيضاً تنفيذ اختبارات لدراسة الخواص المتصلدة للخرسانة ذاتية الدمك عن طريق إجراء إختباري مقاومة الضغط وتحديد نسبة الإمتصاص.

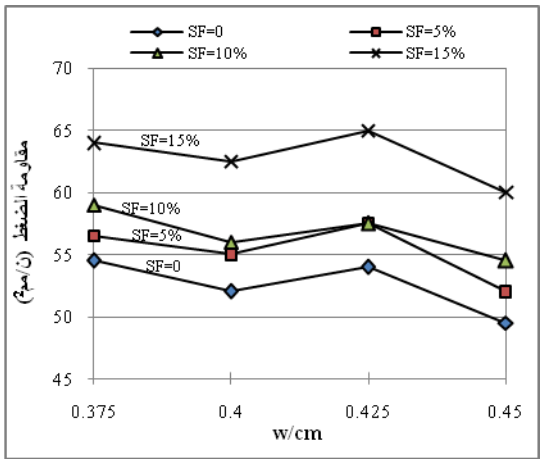
ويمكن تنفيذ خرسانة ذاتية الدمك ذات انسياب عالي عن طريق استخدام الملدّنات الفائقة Superplasticizer والتحكم في نسب خلط المواد الأولية مع مراعاة إستخدام ركام خشن مقاسه الإعتباري الأكبر لا يزيد عن 14 مم لتفادي حدوث الإنفصال الحبيبي. وللحصول على خصائص انسيابية جيدة للخرسانة ذاتية الدمك يفضل أن تكون نسبة الركام الناعم للركام الكلي المستخدمة بين 0.45 – 0.50.



شكل (6/أ): مقاومة الضغط عند 7 أيام

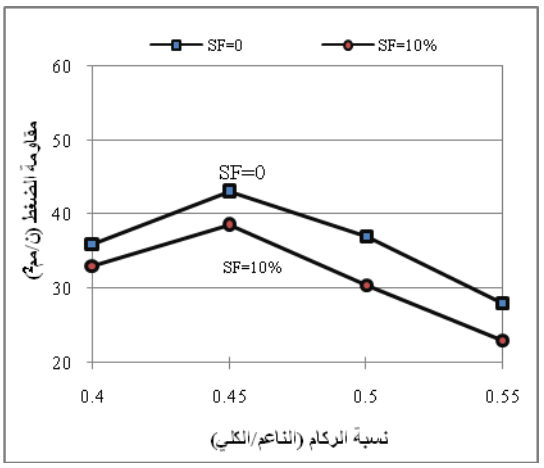


شكل (6/ب): مقاومة الضغط عند28 يوم

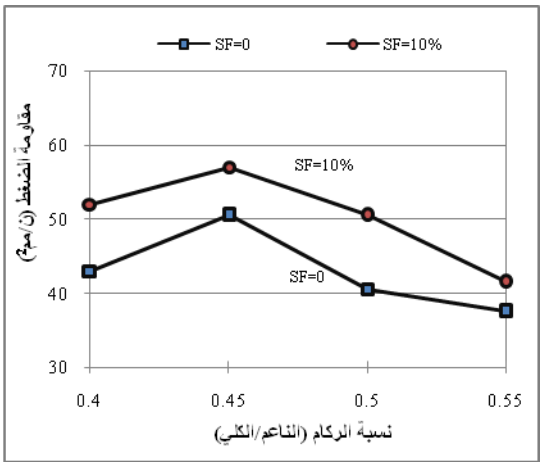


شكل (6/ج): مقاومة الضغط عند 90 يوم

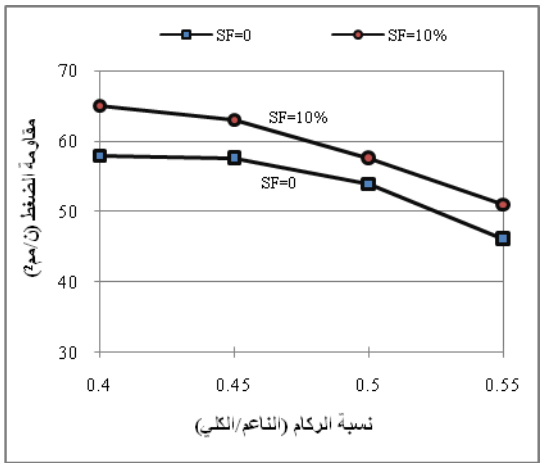
شكل (6): تأثير استخدام السيليكافيوم على مقاومة الضغط للمجموعة الرئيسية



شكل (7/أ): مقاومة الضغط عند 7 أيام

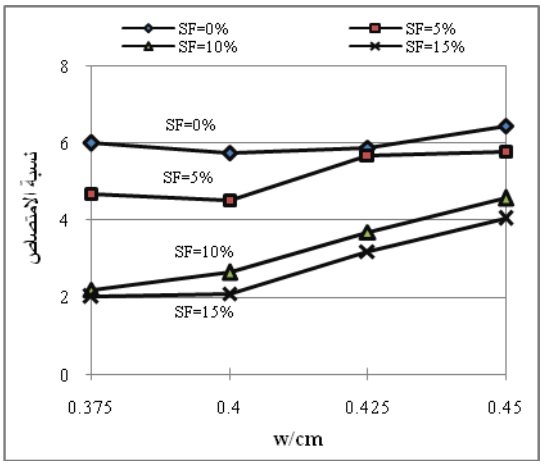


شكل (7/ب): مقاومة الضغط عند28 يوم

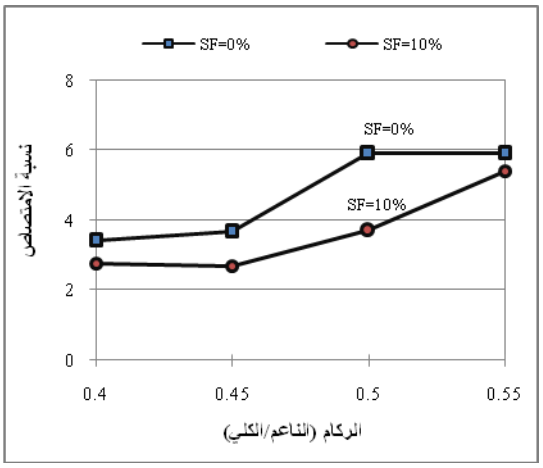


شكل (7/ج): مقاومة الضغط عند 90 يوم

شكل (7): تأثير تغيير نسبة الركام الناعم للركام الكلي على مقاومة الضغط للمجموعة الفرعية



شكل (8): تأثير استخدام السيليكافيوم ونسبة الماء للمواد الإسمنتية على نسبة الامتصاص للمجموعة الرئيسية



شكل (9): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي والسيليكافيوم على نسبة الامتصاص للمجموعة الفرعية

ومن جهة أخرى، يمكن استخدام السيليكافيوم حسب الحاجة ووفقاً للظروف البيئية، حيث يعتبر استخدامها حلاً مناسباً للخفض من معدل النضح ولتحسين تجانس الخلطات الخرسانية ومقاومتها للانفصال الحبيبي. إضافة إلى ذلك فإن السيليكافيوم تعمل على الخفض من نسبة الامتصاص وتزيد من مقاومة الضغط على المدى البعيد بسبب نعومتها العالية.

المراجـــع

[1] American Concrete Institute, "ACI 237-07: Self-Consolidating Concrete", (2007).

[2] The Center for Advanced Cement Based Materials (ACBM), "Self-Consolidating Concrete", February (2007).

[3] المواصفة القياسية الليبية رقم 340 " الإسمنت البورتلاندي العادي"، (1997).

[4] Erdogan, T. Y, "Admixture for concrete", METU Press, Ankara, Turkey, (1997).

[5] المواصفة القياسية الليبية رقم 49 " ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية "، (2002).

[6] المواصفة القياسية الليبية رقم 294، "المياه المستعملة في الخرسانة"، (1988).

[7] EFNARC,"Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete", February (2002).

[8] The European Project Group, "The European Guidelines for self-compacting concrete Specification, production and use", May (2005).

[9] A. M. Neville, "Properties of Concrete", Fourth and Final Edition, Pitman Books Limited, London, (1995).

[10] British Standard Institution, "BS 1881: Testing Concrete, Part 116: Method for determination of compressive strength of concrete cubes", London, (1983).

[11] American Society for Testing and Materials, "ASTM C 642-06: Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete", (2006).

تأثير خواص الركام الناعم على الخواص الريولوجية للمونة الإسمنتية

عبد الحميد إبراهيم قناو
محاضر بجامعة المرقب – ليبيا
aimganaw@bradford.ac.uk

ديف سي. هيوغز
أستاذ بجامعة برادفورد– بريطانيا
d.c. hughes@bradford.ac.uk

أشرف ف. عاشور
أستاذ مشارك بجامعة برادفورد– بريطانيا
a.f.ashour@bradford.ac.uk

ملخص

تعتبر خاصية قابلية التشغيل من أهم خواص الخرسانة الطرية والتي من خلالها يتم تحديد خصائص الخرسانة المتصلبة. تجدر الإشارة هنا إلي أن الخرسانة تستمد قابلية تشغيلها بعد إن يتم ملء فجوات الركام الخشن بواسطة المونة الإسمنتية وتغليف أسطحه. وبالتالي فان كمية وخصائص المونة الإسمنتية الزائدة بعد ملء فجوات الركام الخشن هي المسئولة عن تحديد قابلية التشغيل للخرسانة الطرية. وبالمثل بالنسبة للمونة الإسمنتية فان العجينة الإسمنتية تملا الفراغات بين حبيبات الركام الناعم و تغلف أسطحه وتفصل الحبيبات عن بعضها بواسطة العجينة الزائدة.

الهدف من إجراء هذا البحث هو دراسة سلوك المونة الإسمنتية في حالتها الطرية باستعمال أنواع مختلفة من الركام الناعم دراسة العجينة الإسمنتية الزائدة المحيطة بحبيبات الركام الناعم. استعملت ثلاثة أنواع مختلفة التدرج الحبيبي ونوع رابع ذو مقاس واحد تم استخدامه كمرجع وذلك لمعرفة حجم حبيباته. لإنتاج المونة الإسمنتية تم خلط الاسمنت للركام الناعم حجميا بنسب 0.9/1 و 0.6/1 لكل نسب الماء للاسمنت التالية 0.6 و0.55 و0.50 و0.45 و0.40. معمليا تم قياس الخواص الريولوجية (Rheological Properties) للمونة الإسمنتية بواسطة جهاز يسمي(Viskomat NT) حيث تم تحديد إجهاد الخضوع (Yield stress) و اللزوجة اللدنة (Plastic viscosity).

من خلال تحليل النتائج المعملية تم إيجاد العلاقات الرابطة بين الخواص الريولوجية (إجهاد الخضوع و اللزوجة اللدنة) للمونة الإسمنتية والمتغيرات الأخرى بحيث وجد انها ترتبط بكل من الخواص الريولوجية للعجينة الإسمنتية وسمكها الزائد بين حبيبات الركام الناعم. تعد هذه العلاقات ذات أهمية عالية في تصميم قابلية التشغيل للمونة الإسمنتية المطلوبة عند معرفة خواص الركام الناعم المستخدم في الخلط.

Key words: Rheological properties, Viskomat NT, Excess paste thickness, mortar, cement paste and fine aggregate

1- مقدمة

تعتبر قابلية التشغيل من اهم خواص المونة الإسمنتية وهي في حالتها الطرية, وهي التي تحدد جودة الخرسانة الطازجة. حيث ان الخرسانة تستمد قابلية تشغيلها من خلال ملء الفراغات بين حبيبات الركام الخشن بالمونة الإسمنتية ومن تم إبعاد تلك الحبيبات عن بعضها. وعليه فان قابلية التشغيل او الخواص الريولوجية للمونة الإسمنتية المستعملة تؤثر تاثيرا مباشرا علي خواص الخرسانة.

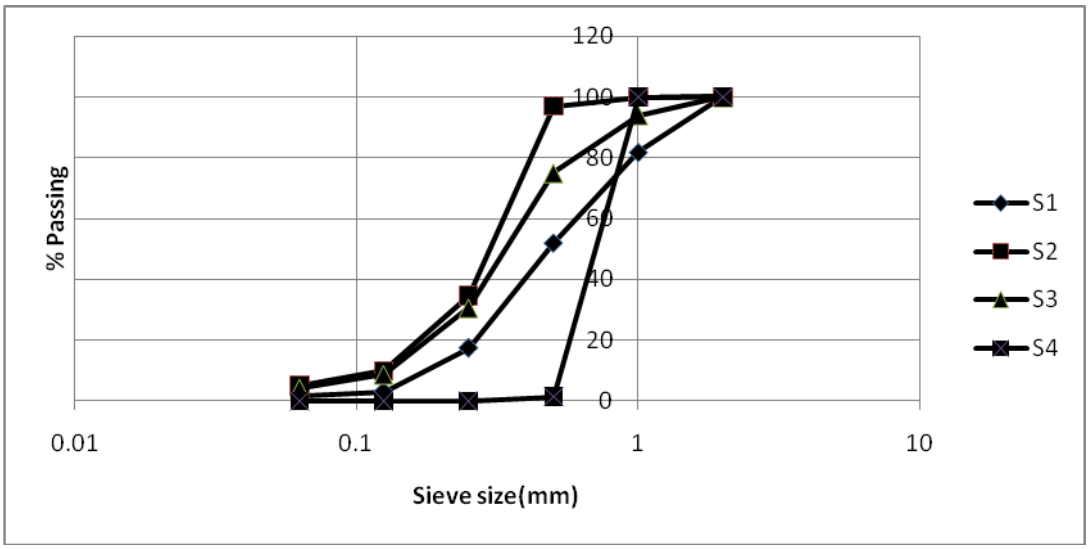
نظرا لاستعمال الرمل كركام ناعم ضمن مكونات المونة الاسمنتية فان دراسة خصائصه الفيزيائية ومدي تاثيرها علي خواص المونة الاسمنتية تعتبر ذات أهمية، وفي هذا السياق تجدر الاشارة الي ان الزيادة في نعومة الرمل تزيد من قيمتي اجهاد الخضوع (Yield stress) واللزوجة اللدنة (Plastic viscosity) للمونة الإسمنتية الطرية وذلك لزيادة الاحتكاك الداخلي بين حبيبات الرمل [2,1]. لقد وجد ايضا ان شكل حبيبات الرمل الناتجة من تكسير الصخور تؤثر علي لزوجة المونة الإسمنتية[2]. كما يساعد التدرج الجيد للركام الناعم علي زيادة قدرة المونة الإسمنتية علي الانسياب وذلك بسبب قلة الفراغات غير المدموكة للرمل [3]. كما يمكن التغلب علي التأثير السلبي في قابلية التشغيل والناتج من التدرج السيئ بزيادة كمية العجينة الإسمنتية المستخدمة في الخلطة [2]. ولكي يتم الحصول علي التشغيلية المطلوبة للمونة الإسمنتية فان كمية ما يسمي بكمية العجينة الإسمنتية الزائدة بعد ملء الفراغات بين حبيبات الركام الناعم يجب ان تكون كافية لإبعاد الحبيبات عن بعضها البعض، وبتفصيل أكثر أن العجينة الإسمنتية الزائدة تقوم بتكوين غشاء رقيق بين حبيبات الركام يسمي سمك العجينة الإسمنتية الزائدة، وتم توظيف هذه النظرية للمونة الإسمنتية والخرسانة في مراحلهما الطازجة [6,5,4].

في الدراسة الحالية تمت دراسة تأثير سمك العجينة الاسمنتية الزائدة علي الخواص الريولوجية للمونة الإسمنتية الناتجة من استعمال أربعة أنواع مختلفة من الرمل واستخدم جهاز Viskomat NT للحصول علي منحنيات التدفق (Flow curves) للمونة الإسمنتية.

2- المواد المستعملة وطريقة البحث

تم استخدام الاسمنت البورتلاندي العادي (CEM1) ومياه في الخلط صالحة للشرب لانتاج العجينة الاسمنتية والمونة الاسمنتية. لانتاج المونة الاسمنتية فقد استخدمت اربعة انواع مختلفة التدرج من الرمال كركام ناعم هي: S1 و S2

وS3 وS4 وذلك لدراسة تاثير الرمال علي المونة الناتجة. الشكل رقم (1) يوضح منحنيات التدرج للركام الناعم.



شكل(1) التدرج الحبيبى للركام الناعم

كما تم قياس الخواص الفيزيائية الاخري للركام مثل, الكثافة الغير مدموكة و الوزن النوعي و نسبة الفراغات والمساحة السطحية والنتائج موضحة في الجدول رقم (1). تجدر الاشارة الي ان المساحة السطحية لحجم معين من الرمل تم حسابها علي أساس إن الحبيبات كروية الشكل, ومن خلال التحليل المنخلي تم فصل كل مجموعة لها نفس القطر وتم حساب قطرها بمتوسط أقطار كل منخلين متتابعين. المساحة السطحية النوعية الكلية هي مجموع مساحات كل مجموعات الركام بالنسبة لوحدة الحجوم [5,3].

3- تصميم نسب الخلط

1.3- انتاج العجينة الاسمنتية

لانتاج العجينة الاسمنتية تم اختيار نسب الماء للاسمنت التالية, 0.6 , 0.55 , 0.50 , 0.45 , 0.40 . وتم خلط

جدول (1) الخواص الفيزيائية للركام الناعم

Sand type	**S1**	**S2**	**S3**	**S4**
Specific gravity	2.62	2.57	2.61	2.65
Void ratio (%)	39.58	49.84	41.84	38.11
Aerated density(kg/m^3)	1583	1289	1518	1640
Specific Surface area (cm2/cm3)	175.02	313.14	268.45	81.02

الاسمنت مع الماء بواسطة خلاطة (Hobart)

2.3- انتاج المونة الاسمنتية

تم اختيار نفس نسب الماء للاسمنت لإنتاج العجينة الإسمنتية , ولدراسة تأثير كمية الركام علي خواص المونة الإسمنتية تم اختيار نسبتي الاسمنت للركام الحجمية 0.9:1 و 0.6:1. بالرغم من اختيار نسب الاسمنت للركام حجميا وذلك بسبب استعمال رمال مختلفة الخصائص إلا انه تم تحويلها وزنيا عند حساب كميات الخلط وذلك تبعا للكثافة الغير مدموكة لكل ركام ناعم. وتم خلط الاسمنت والماء والرمل بواسطة خلاطه (Hobart) لإنتاج المونة الإسمنتية.

4- الخواص الريولوجية للعجينة الإسمنتية و المونة الإسمنتية

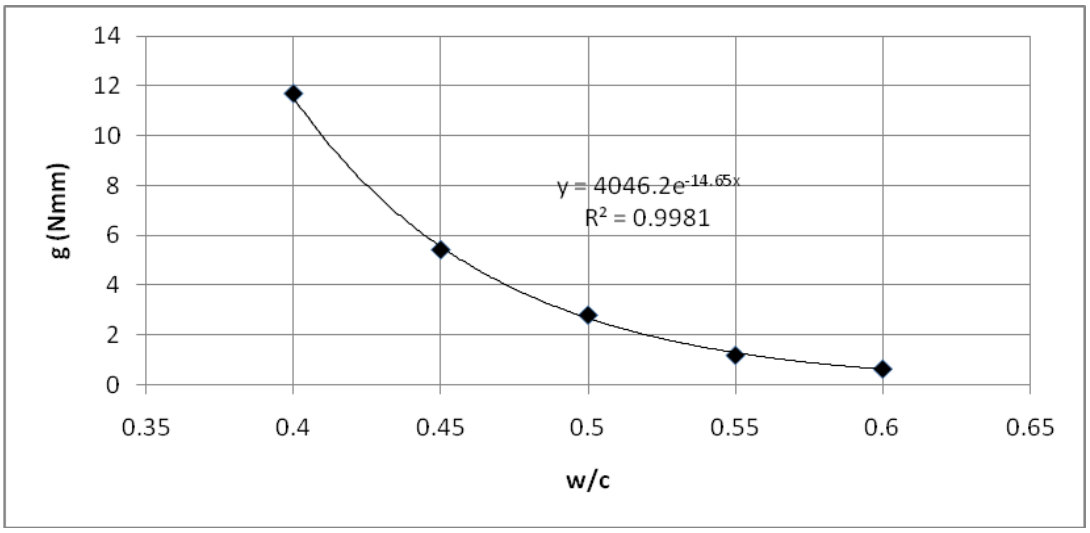
تم استخدام جهاز (Viskomat NT) لإعداد منحنيات التدفق (Flow curves) لكل من العجينة و المونة الإسمنتيتين وذلك بوضع الكمية اللازمة من المادة الطازجة في الإناء و تشغيل الجهاز. Viskomat NT يتم التحكم فيه بواسطة برنامج كمبيوتر (Computer software) حيث يقوم بقراءة سرعة دوران الإناء (N) لفة في الثانية وقيمة المقاومة (T) نيوتن مم الناتجة من احتكاك المادة بريشة الجهاز الغاطسة داخل الإناء في المادة. يمكن حساب إجهاد الخضوع واللزوجة اللدنة حسب المعادلة الآتية:

$$T = g + h * N \quad (1) -$$

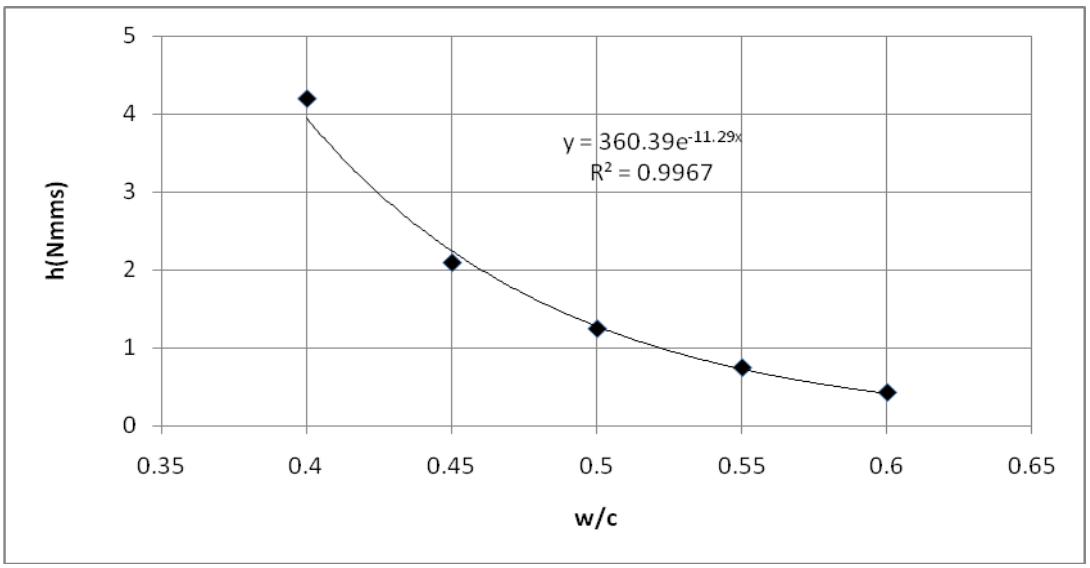
حيث g تشير إلي إجهاد الخضوع و h هي اللزوجة اللدنة [7,1].

1.4- نتائج الخواص الريولوجية للعجينة الاسمنتية

من خلال الشكلين 2 و3 يتبين ان كلا من اجهاد الخضوع واللزوجة اللدنة للعجينة الاسمنتية تقل قيمته كلما زادت نسبة الماء للاسمنت وهو ما يتفق مع مفهوم قابلية التشغيل للعجينة الاسمنتية. وذلك لانه كلما زادت كمية الماء زاد تحرر حبيبات الاسمنت وانتشارها في الماء مما يقلل قيمتى الاجهاد وللزوجة للعجينة الاسمنتية وبالتالي تزيد من انسيابها [10,9,8].



شكل (2) العلاقة بين نسبة الماء للاسمنت و اجهاد الخضوع للعجينة الاسمنتية



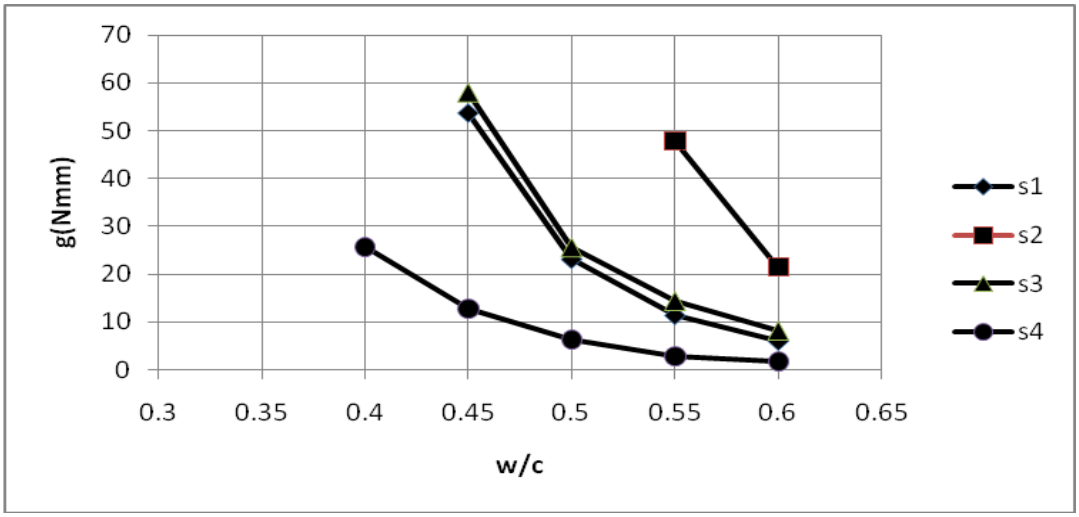
شكل (3) العلاقة بين نسبة الماء للاسمنت و اللزوجة البلاستيكية للعجينة الاسمنتية

2.4– نتائج الخواص الريولوجية للمونة الاسمنتية

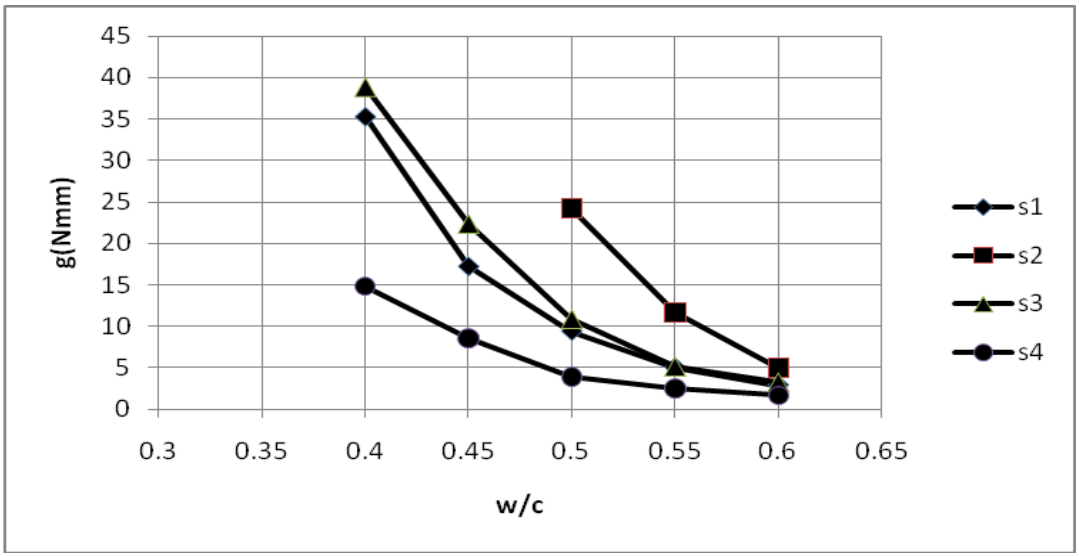
1.2.4– اجهاد الخضوع للمونة الاسمنتية

من خلال الشكل 4 والشكل 5 يتضح أنه كلما زادت نسبة الماء للاسمنت تقل قيمة إجهاد الخضوع للمونة الإسمنتية وفي جميع حالات الركام الناعم المستخدم ونسب الإسمنت للركام. والنتائج توضح بأن زيادة محتوي الماء في الخلطة يؤدى لزيادة كمية العجينة الإسمنتية والذي بدوره يزيد من سمك الغشاء بين حبيبات الركام الناعم وبالتالي تقليل الإحتكاك الداخلي فيعطي للمونة قابية تشغيل أعلى. وهذه النتيجة تتفق مع دراسات سابقة [8,7]. الجدير بالدكر هنا هو أن أعلى قيم لاجهاد الخضوع للمونة الاسمنتية المستعمل بها الرمل الثاني S2 لكلتا حالتي الاسمنت للركام بينما أقل قيم هي الناتجة من استعمال الرمل S4. بالنظر للخواص الفيزيائية للركام الناعم يتبين أن S2 هو الأكبر مساحة سطحية وأعلى نسبة فراغات ولذا فهو يحتاج عجينة اسمنتية أكثر بينما S4 هو الأقل مساحة سطحية ونسبة فراغات مما نتج عن الزيادة في العجينة الزائدة أقل قيمة للإجهاد.

بمقارنة النتائج في قيم اجهاد الخضوع بين نسبتي الاسمنت للركام يتبين أن اجهاد الخضوع الناتج من النسبة 0.9:1 أعلى من تلك الناتجة من النسبة 0.6:1 وذلك للزيادة في كمية الرمل للحالة الأولى والذي يسبب احتكاكا داخليا أعلى للزيادة في المساحة السطحية و نسبة الفراغات.



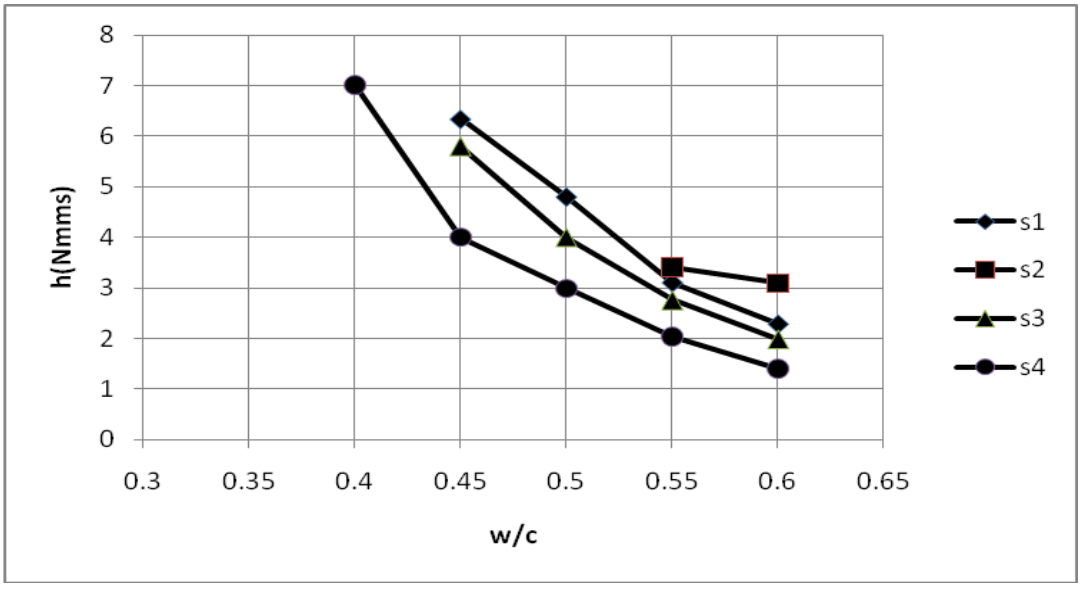
شكل (4) العلاقة بين نسبة الماء للاسمنت واجهاد الخضوع للمونة الاسمنتية عند نسبة الاسمنت للركام0.9:1



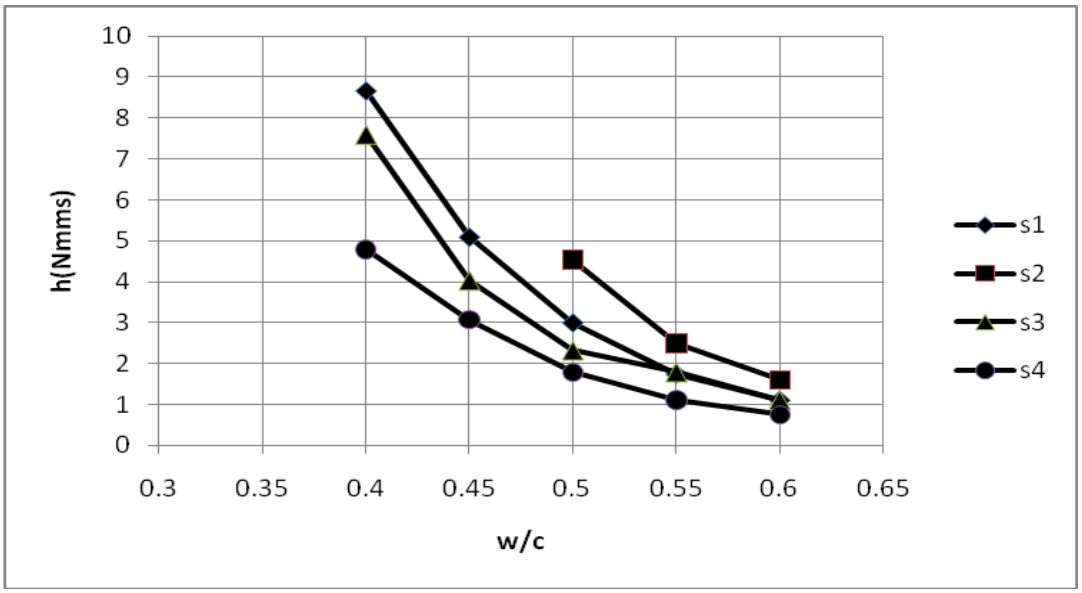
شكل (5) العلاقة بين نسبة الماء للاسمنت و اجهاد الخضوع للمونة الاسمنتية عند نسبة الاسمنت للركام0.6:1

2.2.4– اللزوجة اللدنة للمونة الإسمنتية

من خلال الشكل 6 والشكل 7 يتضح انه كلما زادت نسبة الماء للاسمنت تقل اللزوجة اللدنة للمونة الاسمنتية في جميع حالات الركام الناعم المستخدم ونسب الاسمنت للركام. يعزي الهبوط في قيمة اللزوجة عند زيادة محتوي الماء في الخلطة الي نقصان الالتصاق (Cohesiveness) وهو ما يتفق مع دراسات سابقة [8,7]. وكما في حالة اجهاد الخضوع فالمونة الاسمنتية المستعمل بها الرمل الثاني S2 لكلتا حالتي الاسمنت للركام اعطت اكبر قيم للزوجة بينما اقل قيم هي الناتجة من استعمال الرمل S4 وذلك لنفس الاسباب.



شكل (6) العلاقة بين نسبة الماء للاسمنت و اللزوجة البلاستيكية للمونة الاسمنتية عند نسبة الاسمنت للركام0.9:1



شكل (7) العلاقة بين نسبة الماء للاسمنت و اللزوجة البلاستيكية للمونة الاسمنتية عند نسبة الاسمنت للركام 0.6:1

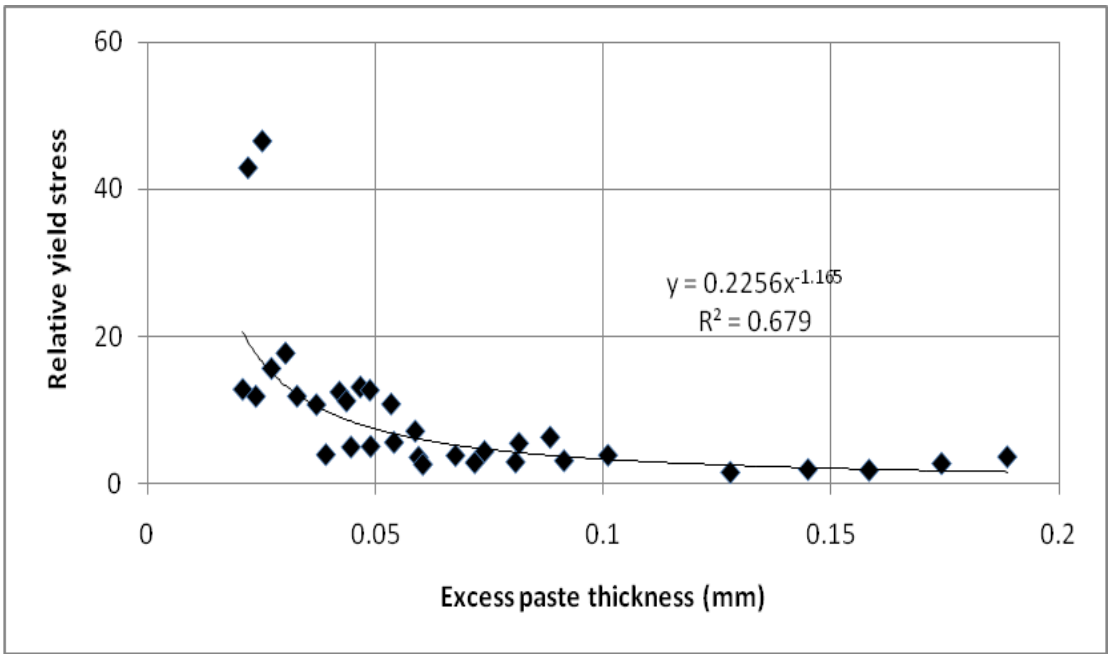
5- سمك العجينة الإسمنتية الزائدة

من العلاقات الموضحة بالاشكال 4, 5, 6, 7 يلاحظ انه عند نسبة ماء للإسمنت تتغير كل من قيمتي الاجهاد واللزوجة بتغير نوع الركام الناعم المستخدم مما يدل علي الحاجة للبحث عن متغير اخر يسبب هذا التغير في الخواص الريولوجية للمونة الاسمنتية. في هذا السياق تجدر الاشارة الي انه يمكن اعتبار المونة الاسمنتية في حالتها الطرية علي انها خليط من مواد صلبة هي حبيبات الرمل عالقة او منتشرة في مادة سائلة هي العجينة الاسمنتية [6]. هذه الظاهرة تتفق مع نظرية العجينة الاسمنتية الزائدة المقدمة سنة 1940 [4]. تنص هذه النظرية علي ان يمكن تقسيم العجينة الاسمنتية حجميا الي جزئين. الجزء الاول يملا الفراغات بين حبيبات الركام, اما الجزء الثاني وهو ما يسمى بالعجينة الزائدة فيقوم بتغليف اسطح الركام وابعاد الحبيبات عن بعضها مكونا غشاء رقيق من العجينة الاسمنتية يسمى بسمك العجينة الاسمنتية الزائدة ويمكن حسابه بتقسيم حجم العجينة الاسمنتية الزائدة علي المساحة السطحية للركام[6,5,4].

6- تحليل النتا ئج

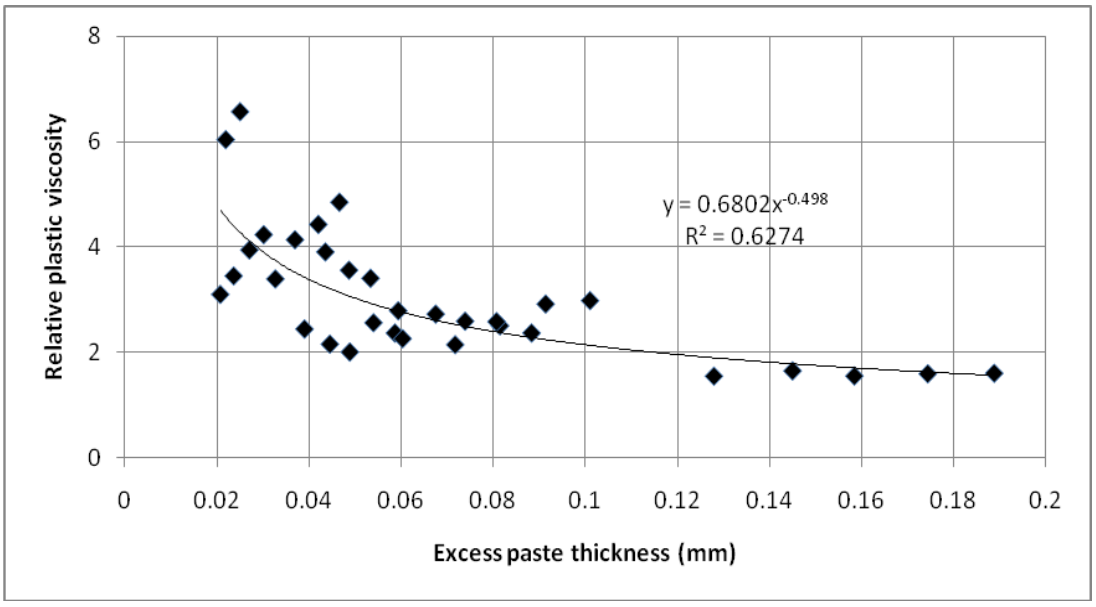
لمعرفة تاثير سمك العجينة الاسمنتية الزائدة علي الخواص الريولوجية للمونة الاسمنتية ولما لاهمية خصائص العجينة الاسمنتية الداخلة في تكوين المونة الاسمنتية فقد تم توظيف ما يسمي بالخواص الريولوجية النسبي (Relative rheological properties) وهو الناتج من تقسيم الخواص الريولوجية للمونة الاسمنتية بتلك للعجينة الاسمنتية[6,5].

من خلال الاشكال 8, 9 يتضح أنه كلما زاد سمك العجينة الاسمنتية الزائدة تقل قيمتي كل من اجهاد الخضوع النسبي واللزوجة اللدنة النسبية. من الجدير بالذكر هنا هو أن المونة الاسمنتية الناتجة من استعمال الرمل S2 عند نسبتي ماء للاسمنت 0.6 , 0.55 لها قيم نسبية للاجهاد واللزوجة عالية على خلاف الخلطات الأخرى باستعمال رمال أخرى عند نفس القيم لسمك العجينة الزائدة. تجدر الاشارة الي ان المونة الناتجة من S2 بنسبة ماء للاسمنت اقل من 0.55 لم يتم التمكن من قياسها بالجهاز نظرا للزوجتها العالية. نظرا للارتفاع في الخواص الريولوجية النسبي للمونة الاسمنتية الناتجة من استعمال الركام الناعم S2 عند نفس القيم في سمك العجينة الزائدة لبعض الرمال الأخرى فقد دعت الحاجة للبحث عن متغير آخر يميز هذا الركام عن غيره عدا المساحة السطحية ونسبة الفراغات.



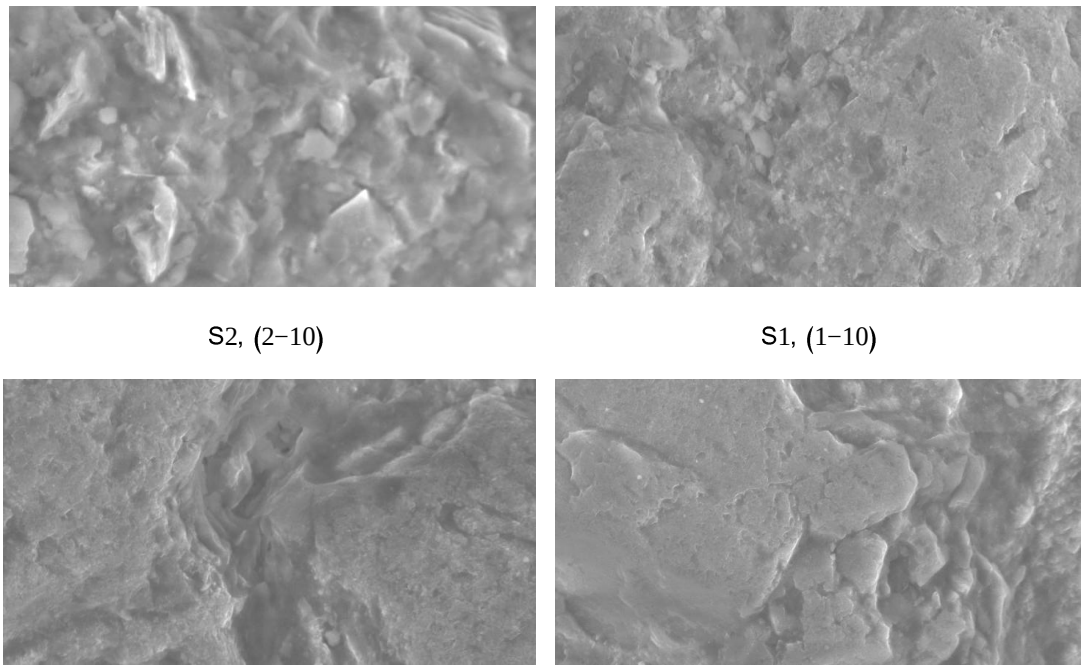
شكل (8) العلاقة بين سمك العجينة الاسمنتية الزائدة واجهاد الخضوع النسبي

للبحث عن متغير اخر فقد تم عمل مسح الكتروني بواسطة (Electronic microscope) للسطح الخارجي للرمال المستخدمة لمعرفة ما اذا كان للسطح الخارجي أي تاثير. اثناء التجربة تم اجراء تحليل منخلي للركام الناعم بحيث اخذت الحبيبات المارة من منخل 0.25 مم ومتبقية علي منخل 0.125 مم لكل نوع, اما الرملS4 فقد تم مسح الحبيبات المتبقية علي منخل 0.50 مم لانه ذو مقاس واحد فقط.



شكل (9) العلاقة بين سمك العجينة الاسمنتية الزائدة واللزوجة البلاستيكية النسبية

من خلال المسح الالكتروني بتكبير 1000 مرة للسطح الخارجي للركام الناعم كما في شكل (10) يتبين ان الركام الناعم S2 يختلف سطحه الخارجى عن الرمال الأخرى فهو خشن ويحتوي علي الكثير من النتوءات الحادة وهي المسئولة عن زيادة الاحتكاك الداخلي لحبيبات الركام المكونة للمونة الإسمنتية والمسبب في ارتفاع قيم الإجهاد واللزوجة النسبيين, أي بمعني أخر تقليل قابلية التشغيل. بالرغم من وجود بعض التجاويف للرمال الأخرى فان أسطحها ملساء.



S2, (2–10) S1, (1–10)

S4, (4–10) S3, (3–10)

شكل(10) المسح الالكتروني بتكبير 1000 مرة للسطح الخارجي للركام الناعم

7- الخلاصة

من خلال الدراسة يمكن استنتاج الآتي:

-تقل قيم كل من إجهاد الخضوع واللزوجة اللدنة للعجينة الإسمنتية والمونة الإسمنتية بزيادة المحتوى المائي

-تنقسم العجينة الإسمنتية المكونة للمونة الإسمنتية إلى جزئين ; يقوم الجزء الأول بملء فراغات الركام الناعم بينما يقوم الجزء الآخر بتغليف أسطح الحبيبات وإبعادها عن بعضها البعض بغشاء رقيق من العجينة الإسمنتية لتقليل الاحتكاك الداخلي بين حبيبات الركام للحصول علي قابلية التشغيل المطلوبة.

-تقل قيم الخواص الريولوجية النسبية بزيادة سمك العجينة الإسمنتية الزائدة والعكس, بحيث تزداد قيمة هذه الخواص بنقصان العجينة الزائدة إلي الحد الذي تصبح فيه خشونة السطح للركام الناعم ذات تأثير كبير علي قابلية تشغيل المونة الإسمنتية.

المراجع

[1] Banfill P.F.G., ”Rheological methods for assessing the flow properties of mortar and related materials”, Construction and Building Materials, 1994, V 8, No.1, pp. 43-50.

[2] Westerholm M., Lagerblad B., Silfwerbrand J., and Forssberg E.,” Influence of fine aggregate characteristics on the rheological properties of mortars”, Cement and Concrete Composites, 2007, pp. 1-9.

[3] Hu J., and Wang K., “Effect of size and uncompacted voids of aggregate on mortar flow ability” Journal of Advanced Concrete Technology, V.5, No.1, February, 2007, PP.75-85.

[4] Kennedy C. T.,” The design of concrete mixes”, Proceeding of the American Concrete Institute, V. 36, February, 1940, pp. 373-400.

[5] Oh S. G., Noguchi T., and Tomosawa F.,”Toward mix design for rheology of self-compacting concrete”, RILEM International Symposium on Self-Compacting Concrete, 1999, Stockholm, Sweden.

[6] Nishibayashi S., Yoshino A., Inoue S. and Kuroda T., ”Effect of properties of mix constituents on rheological constants of self-compacting concrete”, RILEM International Symposium on production methods and workability of concrete, June 1996, V.32.

[7] Banfill P.F.G., ”Applications of Rheology in Mortar Production” Proceeding of the British Masonry Society, 1995, V. 7, pp. 7-12.

[8] Hu J.,"A study of Effects of Aggregate on Concrete Rheology" PhD thesis, Iowa University, USA, 2005. .

[9] Popovics, S.,"Fundamentals of Portand cement concrete : A quantitative approach Vol. 1 Fresh concrete", john Wiley & Sons, Inc.(1982).

[10] Powers, T.,"The Properties of Fresh Concrete", john Wiley & Sons, Inc. (1968).

المياه الجوفية في منطقة سبها و تأثير استعمالها في الخلطة الخرسانية

الدكتور عبد الخالق محمود حسين، الدكتور الصادق عبيد عبدالله والدكتور بشير العربي تنتوش

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة– قاطع الجفارة، جامعة الفاتح، ليبيا.

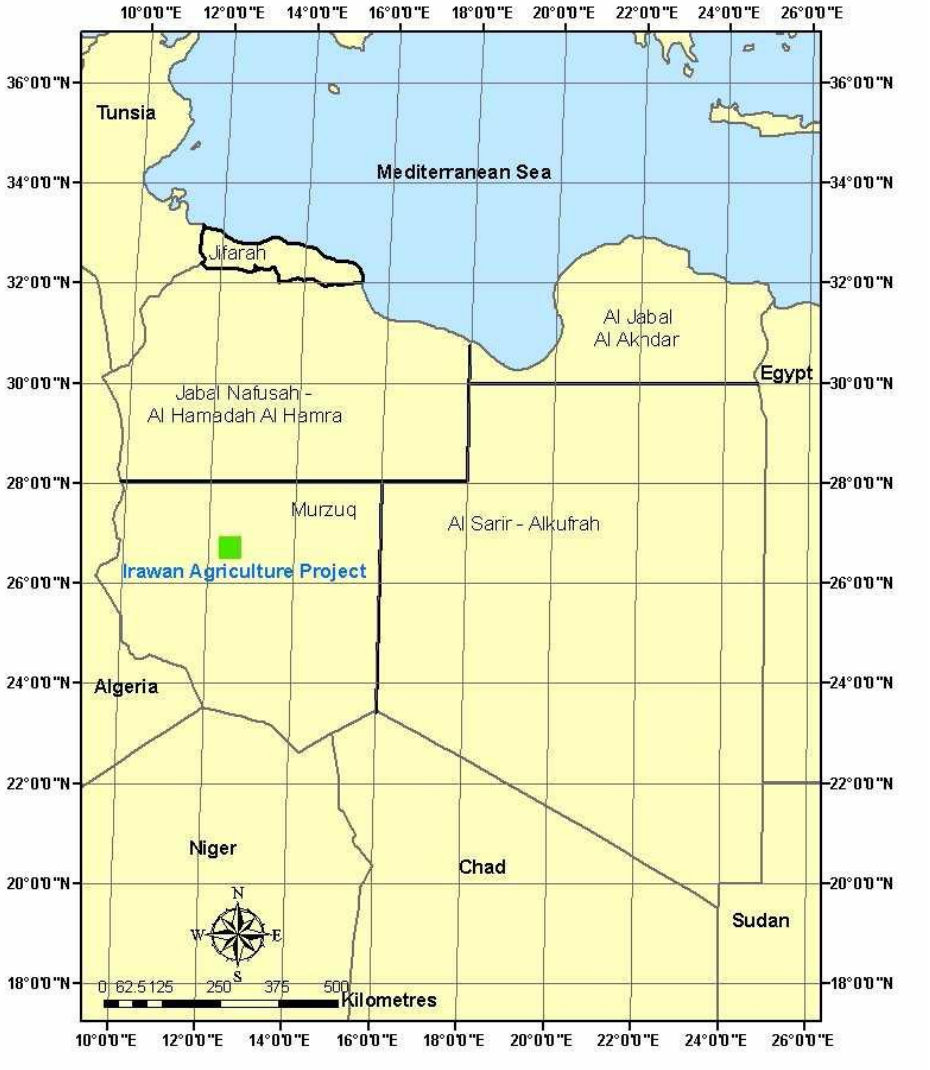
hussain_kh1984@yahoo.com

ملخص

تعتمد منطقة سبها بشكل كامل على المياه الجوفية لحوض مرزق. نوعية مياه الحوض في بعض المواقع لا تصلح للإستهلاك البشري و لا يصلح استعمالها للخلطة الخرسانية لكونها تحتوي على معادن مذابة (الحديد و المنغنيز و الكبريتات و الكلوريدات) بتركيز يزيد عن المستوى المسموح لها بموجب المواصفات القياسية الليبية و العالمية إضافة لوجود غازات مذابة (ثاني أوكسيد الكربون و كبريتيد الحديد و الأوكسجين) بتركيز عالي. لذا يتطلب الأمر إجراء معالجة كيميائية للمياه الجوفية في تلك المواقع لغرض إزالة التركيز الزائد للمعادن المذابة فيها قبل استعمالها. يعتبر الماء من أهم مكونات الخلطة الخرسانية. حسب المواصفات الفنية يجب أن تكون خواص المياه المطلوب استعمالها للخلطة الخرسانية هي نفس الخواص القياسية للمياه الصالحة للشرب. لذا لا يجوز استعمال مياه ملوثة بالكلوريدات أو بالكبريتات المذابة أثناء خلط المكونات المطلوبة لتهيئة الخلطة الخرسانية لكون استعمال مثل هذه المياه يسبب أضرار كثيرة للخلطة الخرسانية, إضافة لذلك أنها تقلل من متانة المنشأ الخرساني المسلح و من تحمله للأوزان و من مقاومته للظروف المناخية المحيطة به مما يؤدي ذلك لدمار المنشأ قبل انتهاء عمره الافتراضي. تم في هذه الورقة البحثية دراسة و تحليل الخواص الكيميائية لعيينات من المياه الجوفية التي تم جمعها من عدد كبير من آبار متوزعة في مواقع مختلفة في منطقة الدراسة. من نتائج هذه الدراسة تم تحديد المواقع الجغرافية التي تحتوي المياه الجوفية فيها على تركيز عالي إما من الكبريتات أو من الكلوريدات أو من كليهما معا و التي لا تصلح لا للاستعمال البشري ولا للأعمال الخرسانية. تم في هذه الدراسة اقتراح طرق لمعالجة المشكلة للتمكن من تجنب حصول الخسارات الاقتصادية في المنطقة.

1- المقدمة

تقع منطقة الدراسة في الجنوب الغربي من ليبيا بين خطى طول 10^0 و 17^0 وخطي عرض 23^0 و 28^0 و تشمل مدن وادي الشاطئ و وادى الحياة و سبها ومرزق و غات. تعتمد التجمعات السكانية فيها اعتماداً كاملاً على المياه الجوفية لحوض مرزق للحصول على مياه للشرب وللاستعمالات المنزلية الأخرى و للأغراض الزراعية و للأعمال الإنشائية. حوض مرزق هو من أهم الأحواض المائية الخمسة الموجودة في الأراضي الليبية (د.عبدالخالق و آخرون, 2008**a** و 2008**b**) كما هو مبين في الخارطة المرقمة (1).



الخارطة رقم (1) الأحواض المائية الرئيسية في ليبيا و من ضمنها حوض مرزق

للمياه دور كبير في متانة المنشأ الخرساني سواء كان منفذ من الخرسانة المسلحة أو غير المسلحة. الشروط الفنية للمواد الإنشائية تنص على أن المياه المطلوب استعمالها لتجهيز الخلطة الخرسانية يجب أن تكون مواصفاتها هي نفس المواصفات القياسية لمياه الشرب. تتفاوت أعماق آبار المنطقة من 92 (م) إلى 400 (م),

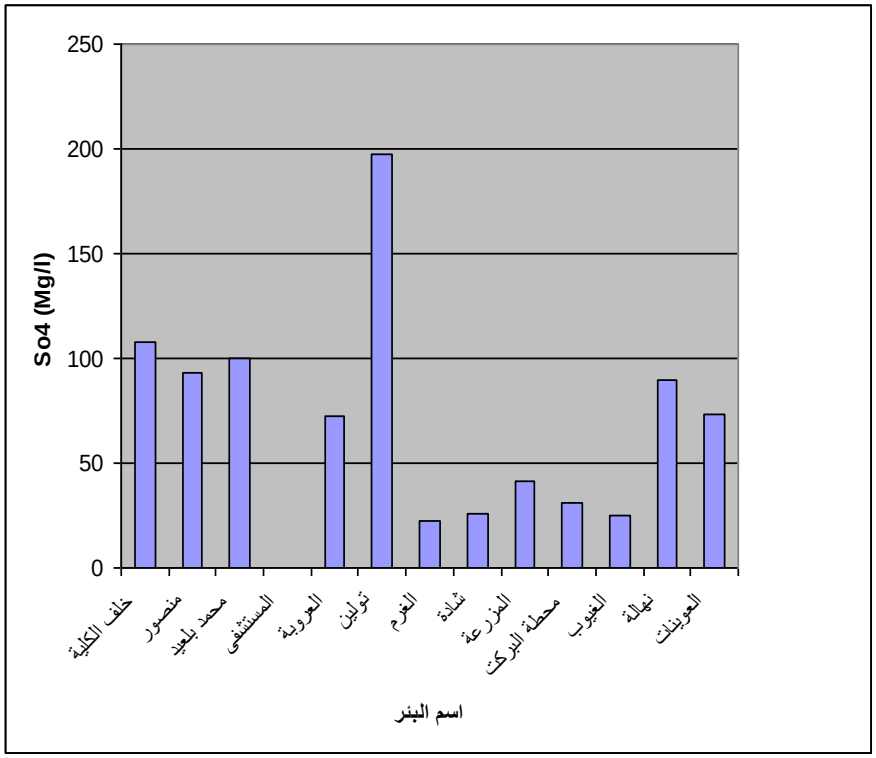
2- مشكلة الدراسة

بعض آبار منطقة الدراسة تسحب المياه من طبقات مائية غير محصورة و بعضها يسحب المياه من طبقات مائية محصورة و البعض الآخر تتدفق منها المياه الجوفية ذاتيا من طبقات مائية محصورة عميقة. مياه بعض آبار المنطقة تحتوى على تركيز عالي من الغازات المذابة و بعضها الآخر تحتوي على تركيز عالي من ال كبريتات و الكلوريدات المذابة مما جعل الاستفادة منها للأغراض الانشائية مستحيلا. و عليه مياه الآبار المحفورة في الطبقات المائية الموجودة في منطقة الدراسة تكون بحاجة ضرورية وماسة للدراسة وللتقييم الموضوعي و تحديد مدى صلاحيتها و وضع الحلول المناسبة للمشاكل الموجودة فيها . دراسات لعدد من الباحثين لمنطقة الحوض لم تشمل ما تم بحثه في هذه الورقة البحثية كما هو مذكور من قبل الطاهر (2002) و Pallas (1980) و (2002 & 2006) and Shaki Adeloye و (Shaki (2006 .

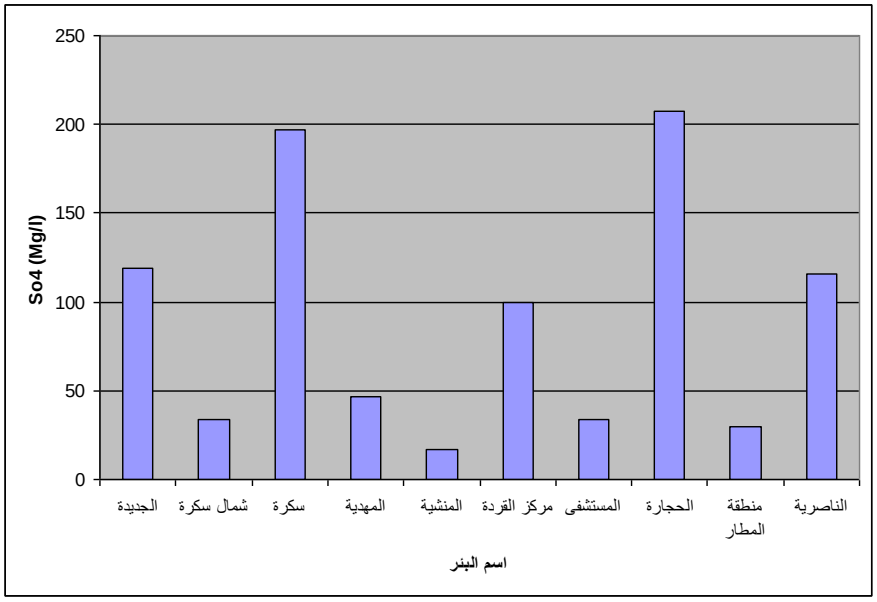
3- نتائج الدراسة

تم إجراء التحليل الكيميائي لعيينات من المياه الجوفية التي تم جمعها من عدد كبير من آبار متوزعة في مواقع مختلفة في منطقة الدراسة. من نتائج التحليلات الكيميائية لهذه الدراسة تم تحديد المواقع الجغرافية التي تحتوي الطبقات المائية فيها على تركيز عالي إما من الكبريتات أو من الكلوريدات أو من كليهما معا و التي لا تصلح لا للاستعمال البشري ولا للأعمال الخرسانية.

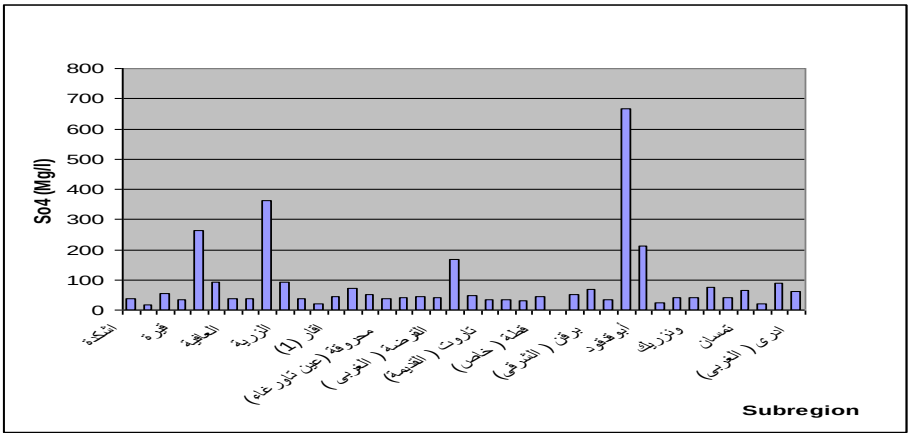
العلاقات المبينة في الأشكال المرقمة (1) و (2) و (3) تبين أن مقدار الزيادة الموجودة في تركيز الكبريتات أو الكلوريدات أو كليهما معا المذابة في مياه آبار محفورة بعدد من المواقع في منطقة الدراسة تزيد عن أقصى حد مسموح للتركيز حسب المقاييس الليبية و العالمية لمياه الشرب.



الشكل رقم 1. نتائج التحليل الكيميائي لعيينات مختلفة من مياه آبار مدينة غات.



الشكل رقم 2. نتائج التحليل الكيميائى لعيينات مختلفة من مياه ابار مدينة سبها.



الشكل رقم 3. تركيز الكبريتات المذابة في مياه آبار شعبية وادي الشاطئ.

4- الاستنتاجات

1. احتواء مياه الآبار على تركيز عالي للغازات المذابة (غاز ثاني أوكسيد الكربون و غاز كبريتيد الهيدروجين) يزيد عن المستوى المسموح بموجب المواصفات القياسية الليبية (المركز الوطني للمواصفات و المعايير القياسية, 1992) و العالمية.
2. وجود مواقع متعددة تحتوي المياه الجوفية فيها على تركيز عالي من الكلوريدات و من الكبريتات التي لا تصلح لا للإستهلاك البشري و لا للزراعة و لا للأعمال الخرسانية. تم تحديد هذه المواقع.
3. الشكل رقم (2) يبين أن تركيز الكبريتات في مياه الآبار المحفورة في موقع الحجارة يزيد عن الحد المسموح و مقداره 210 (جزء بالمليون) كما هو مبين في الشكل رقم (1).
4. الشكل رقم (3) يبين أن تركيز الكبريتات في مياه موقع براك مقداره 265 (جزء بالمليون) و في موقع الزوية مقداره 361 (جزء بالمليون) و في موقع القلة مقداره 668 (جزء بالمليون) و في موقع أبو قدقود مقداره 211 (جزء بالمليون) و كلها تزيد عن الحد المسموح.
5. وجود زيادة عن الحد المسموح في مقدار تركيز الكبريتات المذابة في مياه أغلب آبار منطقة وادي الشاطئ مما جعل الاستفادة منها مستحيلا.

6. استعمال مياه الآبار الملوثة بالكبريتات المذابة في الأعمال الانشائية يسبب أضرارا كثيرة للخرسانة المسلحة و غير المسلحة حيث أنها تقلل من متانة الخرسانة و من تحملها للأوزان و من مقاومة المنشأ الخرساني للظروف المناخية المحيطة به و تقصر من عمره الافتراضي مما ينتج عن ذلك حصول أضرار اقتصادية. و عليه مياه جوفية بهذه النوعية لا تصلح للاستعمال أثناء تنفيذ الأعمال الخرسانية.

5- التوصيات

من نتائج هذه الدراسة تم التوصية بما يلي:-

1 – معالجة المياه الخام المسحوبة من الآبار العميقة باستعمال عملية التهوية للتخلص من غاز ثاني أوكسيد الكربون و غاز كبريتيد الهيدروجين المذابة في مياه الآبار و التي وجودها يسبب أضرار لحديد التسليح المستعمل في أجزاء المنشأ الخرساني.

2 – استعمال اسمنت مقاوم للكبريتات أثناء تنفيذ كل أجزاء المنشأ الخرساني (سواء كانت منفذة تحت أو فوق مستوى سطح الأرض) في المناطق التي فيها مياه الآبار تحتوي على كبريتات مذابة بتركيز لا يزيد عن 200 (جزء بالمليون).

3 – هجر الآبار المحفورة في مواقع تحتوي المياه الجوفية فيها على تركيز عالي من الكبريتات يزيد عن 200 (جزء بالمليون) و خاصة في منطقة وادي الشاطئ كما مبين في الشكل رقم (3) أو معالجة تلك المياه كيمياويا لازالة الزيادة في تركيز الكبريتات المذابة قبل استعمالها.

4 – حفر آبار جديدة في تلك المواقع من منطقة وادي الشاطئ على أن تكون بأعماق أكبر تصل لطبقات أعمق للحصول على مياه محتوى الكبريتات المذابة فيها مقبول.

5 – نقل مياه ذات نوعية مقبولة للمواقع التي تحتوي المياه الجوفية فيها على تركيز عالي من الكبريتات و الواقعة في منطقتي سبها و وادي الشاطئ. يتم نقل المياه من مواقع أخرى واقعة في نفس المنطقة و التي فيها المياه الجوفية تحتوي على تركيز أقل من 200 (جزء بالمليون).

المراجع

[1] الطاهر علي الشاوي, 2002, استغلال المياه الجوفية غير المتجددة بمنطقة حوض مرزق و آثاره البيئية, دراسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في علم المياه و البيئة, رسالة ماجستير, قسم الجغرافية, كلية الآداب, جامعة السابع من أبريل.

[2] د. عبدالخالق محمود السالم و د. رمضان الضعيف و المهندسة فاطمة الديب, 2008a, حوض مرزق و دوره الحيوي في النمو العمراني لمنطقة سبها, المؤتمر الأول للتشييد في المنطق الصحراوية المنعقد في سبها من 22–2008/12/24, مجلد الأبحاث العلمية للمؤتمر ص49–60, 2008.

[3] د.عبدالخالق محمود حسين و د. صلاح الدين السراج و المهندسة حنان الخويلدي,2008b, تأثير الكبريتات المذابة في مياه آبار منطقة الجنوب الغربي منى ليبيا على الخلطة الخرسانية, المؤتمر الأول للتشييد في المنطق الصحراوية المنعقد في سبها من 22–2008/12/24, مجلد الأبحاث العلمية للمؤتمر ص 196–205, 2008.

[4] مختبر مياه سبها, 1979.

[5] تقرير المكتب الاستشاري ,Finnmapoy , 1981 عن منطقة سبها.

[6] المواصفات القياسية الليبية رقم 82 لمياه الشرب, المركز الوطني للمواصفات و المعايير القياسية, 1992.

[7] Pallas, P. (1980), Water Resources of the Socialist People's Libyan Arab Jamahiriya. In: The Geology of Libya, Vol. II. Academic Press, London, pp. 539 – 594.

[8] Shaki, A. and Adeloye, A. J., 2002, Ground Water Management and Situation in Murzuq Basin, South West Libya, Civil and Offshore Eng, Heriot-Watt Univ, Riccarton, Edinburgh, U. K.

[9] Shaki, A.A., Adeloye, A.J., 2006. Evaluation of Quantity and Quality of Irrigation Water at Gadowa Irrigation Project in Murzuq Basin, Southwest Libya. Agricultural Water Management 84, 193–201.

[10] Shaki (2006). PhD thesis, Heriot-Watt University, Edinburgh, U.K.

[11] Shaki, A.A., Adeloye, A.J., 2006, Groundwater Management and Situation in Murzuq Basin, South West Libya, Civil and Offshore Eng., Heriot-Watt University, Edinburgh, U.K.

إجراءات تأمين ومراقبة إنتاج الخرسانة الجاهزة

م. علي عثمان مسعود
رئيس قسم ضبط الجودة – شركة الإتحاد العربي للمقاولات
aothman_em@yahoo.com

د. علي محمد منصور
محاضر – جامعة الفاتح – طرابلس
bomnadi@yahoo.com

ملخص

في الآونة الأخيرة زاد الطلب على الخرسانة الجاهزة في المشاريع الكبرى والصغرى، ومع زيادة هذا الطلب فانه لم يطراء تحسين كبير في جودتها وذلك لعدم إتباع وتطبيق إجراءات وأنظمة تأمين ومراقبة الجودة في مصانع إنتاجها، والتي من المفترض أن تتبع من بداية التحضير لعملية الإنتاج ومروراً بجميع مراحلها اللاحقة.

حيث أنه توجد عدة أنظمة وإجراءات لتأمين ومراقبة جودة الخرسانة الجاهزة عالميا من حيث المتطلبات العامة والمتضمنة على سبيل المثال التوثيق والتدقيق ...الخ والتي تتوافق مع متطلبات المواصفة الدولية للجودة (ISO 9000's) أما المتطلبات الفنية والتي تتوافق مع المواصفات الفنية القياسية فيجب على كل مصنع إتباعها لمراقبة جودة خرسانته التي يقوم بإنتاجها.

تتطرق هذه الورقة إلى بعض المتطلبات العامة التي يجب توفرها في مصانع الخرسانة الجاهزة وكيفية بناء نظام واتخاذ إجراءات لتأمين ومراقبة جودة الخرسانة الجاهزة حتى تفي بالاشتراطات الفنية.

الكلمات الدالة: الخرسانة الجاهزة، إجراءات تأمين ومراقبة الجودة، جودة الإنتاج.

1- مقدمة

هناك العديد من أنظمة وإجراءات لتأمين ومراقبة جودة الإنتاج التي يجب أن تكون منصوص عليها في نظام الجودة المعمول به وأن يكون هذا النظام شامل المتطلبات الإدارية والفنية ويكون متوافق مع متطلبات المواصفة الدولية للجودة (ISO 9000's) وكذلك متطلبات المواصفات الفنية القياسية المتعلقة بالخرسانة الجاهزة، حيث أنه في معظم المصانع والمحطات الوطنية لا تتبع نظام جودة معين ليحدد ويضبط العملية الإنتاجية عليه فإنه في هذه الورقة تم إعداد مقترح لبناء دليل الجودة يحدد فيه نظاماً لإدارة الجودة في هذه المحطات الإنتاجية من متطلبات إدارية وفنية.

حيث أن المحور الرئيسي في هذه الورقة يركز على الإجراءات المتبعة في مصانع ومحطات إنتاج الخرسانة لتأمين ومراقبة الإنتاج سوف يتم التركيز عل قسم أو وحدة تأمين وضبط الجودة لأنه المسئول الرئيسي على ضمان إنتاج خرسانة ذات جودة عالية تفي بالمعايير والمواصفات التي صممت من اجلها ومراقبة جميع مراحل العملية الإنتاجية.

2- مفاهيم أنظمة الجودة

2-1 مفهوم الجودة

من خلال استعراض المفاهيم المختلفة حول موضوع الجودة يتضح بأنه ليس هناك تعريف محدد لهذا المعنى ويرجع هدا الاختلاف والتباين في تعريف الجودة إلى سعة وشمولية المفهوم وتطبيقاته على مستوى القطاعات المختلفة ، حيث ينظر كل من المستهلك والزبون من زوايا مختلفة لمفهوم الجودة بالإضافة لاختلاف المنتجات وطرق تقديمها وعرضها وتوفيرها إلا أنه تم التوصل إلى بعض التعاريف للجودة منها.

كلمة الجودة بمفهومها الشامل هي الإتقان في كل شيء وهي الدرجة التي عندها تتوافق مجموعة من خصائص المنتج مع متطلبات محددة في (ISO 9000:2005).

وكذلك فإن الجودة لا تعني المعنى الشائع أي الأحسن في المفهوم المطلق وإنما تعني بالمفهوم الصناعي الأحسن للمستهلك وذلك يتمثل في الاستخدام النهائي الأمثل وسعر المنتج وسلامته كما عرفها (Fiegenbaum, 1983). كما عرف (Evans) الجودة بأنها تلبية توقعات الزبائن أو ما يتفوق عليه، وعرف (Besterfield, 1979) الجودة بأنها مجموعة المميزات التي تلبي رغبات المستهلك والتي تشمل الاستخدام الأمثل للمنتج وسعر البيع، بينما عرفها (Juran, 1974) بأنها مدى ملائمة الأغراض والاستخدام. أما (Crosby, 1979) فقد عرف الجودة بأنها المميزات التي تتوافق مع المتطلبات أو المواصفات، وعرفها (Deming, 1982) بأنها درجة الانتظام والاعتمادية للمنتج أو الخدمة عند أقل تكلفة وملائمة للسوق.

2-2 ضبط الجودة

هو عبارة عن جزء من إدارة الجودة الذي يركز عل انجاز متطلبات الجودة وذلك بلستخدام نشاطات وتقنيات للوصول والحفاظ على جودة المنتج، وه و كذلك المتعلق بإيجاد وإزالة أسباب مشاكل الجودة ، وعرف ضبط الجود أيضا بأنه مجموعة من الخطوات التي تهدف إلى التأكد من أن الإنتاج متطابق مع المواصفات والخصائص المصمم من اجلها المنتج.

2-3 تأمين الجودة

هو عبارة عن جزء من إدارة الجودة والذي يتم فيه منح الثقة لتحقيق متطلبات الجودة للمنتج مع منع مشاكل ها خلال النشاطات المخططة والمنظمة، وعرفه (Juran, 1966) بأنه جميع الأنشطة المخططة والنظامية الضرورية لمنح الثقة بأن المنتجات قد حققت الرضاء وان المنتج قد أوفى بمتطلبات الجودة.

2-4 نظام إدارة الجودة

يجب أن يطبق نظام إدارة الجودة في محطات إنتاج الخرسانة الجاهزة وذالك لتحقيق أهداف الجودة وتطويرها وتحسينها، ويتضمن هذا النظام خطة الجودة وبرامج الإنتاج والتطوير إضافة إلى مراقبة نشاطات ضبط الجودة المختلفة ليتم تلبية رغبات المستهلك.

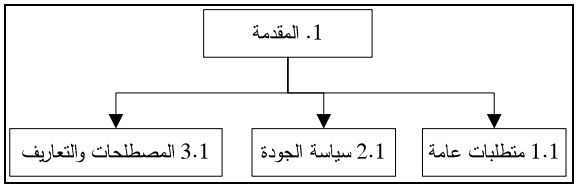
3- عناصر دليل الجودة

نظام إدارة الجودة (ISO 9001: 2000) يعتبر احد أنظمة الجودة الذي يمكن استخدامه في محطات إنتاج الخرسانة الجاهزة بالإضافة إلى بعض المتطلبات الفنية المتعلقة بالإنتاج حيث أن الجمعية الوطنية الأمريكية للخرسانة الجاهزة تقوم بإتباع هذه المواصفة بالإضافة إلى المتطلبات الفنية لإعداد دليل الجودة لمحطات إنتاج الخرسانة الجاهزة.

وبناءاً على ذلك فقد أعدت هذه الجمعية مقترح لعناصر دليل الجودة لمحطات إنتاج الخرسانة الجاهزة حيث سيتم في هذه الورقة تبين عناصر البنود الرئيسية لدليل الجودة وفيما يلي البنود الرئيسية لهذا الدليل:

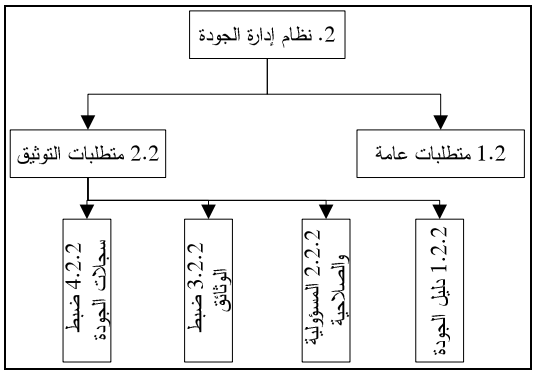
1. المقدمة
2. نظام إدارة الجودة
3. مسؤولية الإدارة
4. التركيز على الزبون
5. الموارد البشرية
6. التجهيزات، المحطات والأجهزة
7. إدارة المواد
8. تصميم وتطوير واختيار الخلطات الخرسانية
9. الشراء –التعامل مع الزبون
10. عمليات وإجراءات الإرساليات
11. إنتاج الخرسانة
12. اختبارات الخرسانة
14. إيجاد حلول لمشاكل الخرسانة
13. تسليم الخرسانة وأعمال الضبط بالموقع
15. عملية القياس، التحليل، المراقبة والتحسين

والأشكال التالية تبين عناصر البنود الرئيسية لدليل الجودة المقترح العمل به في محطات إنتاج الخرسانة الجاهزة.

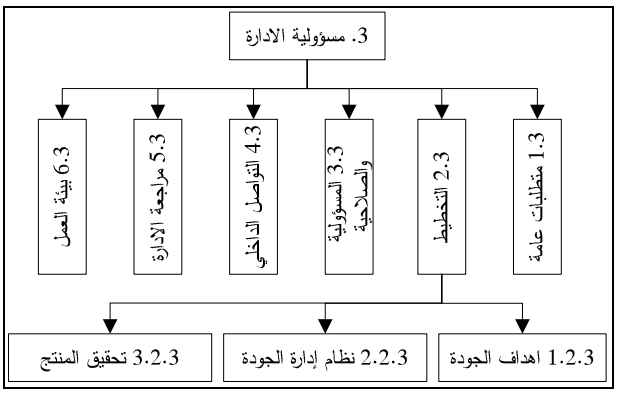


مخطط لعناصر

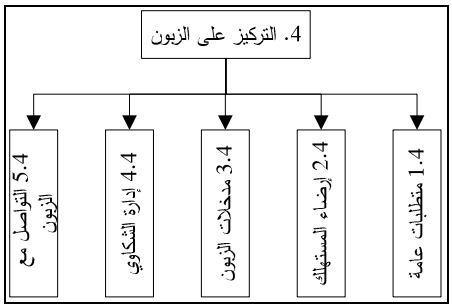
شكل (1) مخطط لعناصر



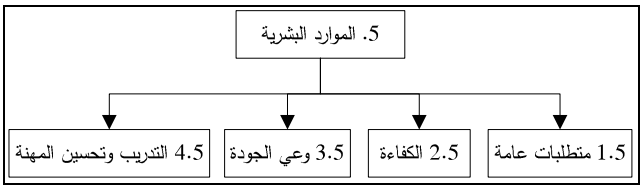
شكل (2) نظام إدارة الجودة



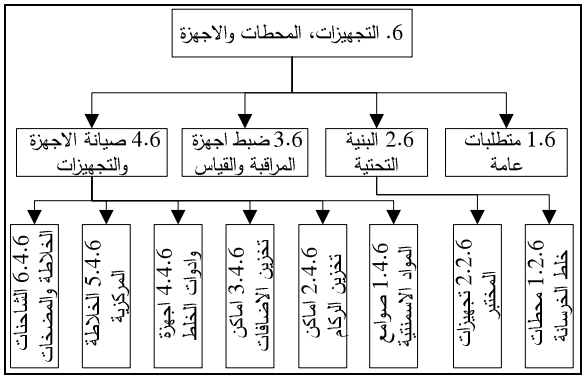
شكل (3) مخطط لعناصر مسؤولية الإدارة



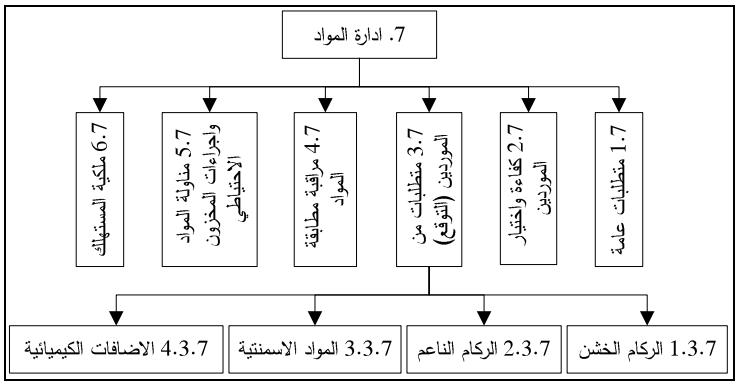
شكل (4) مخطط لعناصر التركيز على الزبون



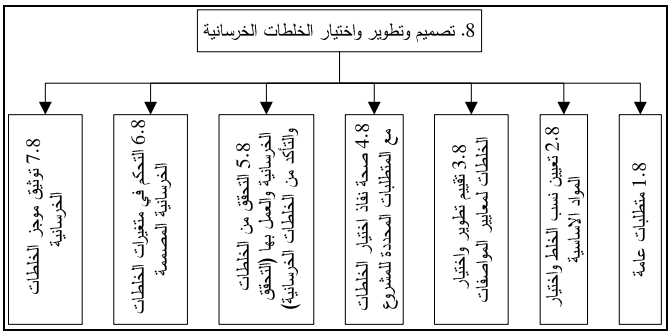
شكل (5) مخطط لعناصر الموارد البشرية



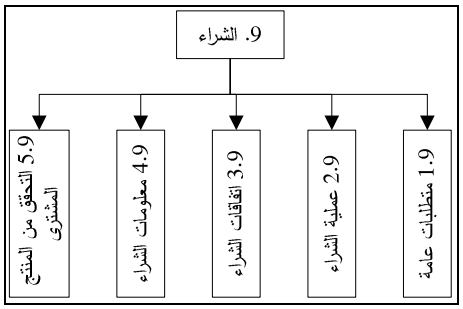
شكل (6) مخطط لعناصر التجهيزات، محطات الإنتاج والأجهزة



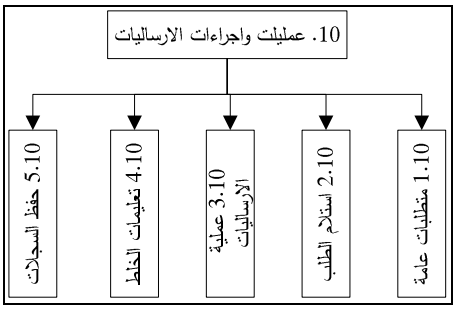
شكل (7) مخطط لعناصر إدارة المواد



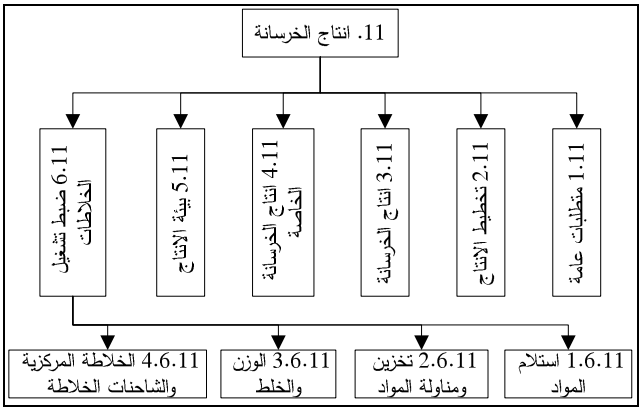
شكل (8) مخطط لعناصر تطوير واختيار الخلطات الخرسانية



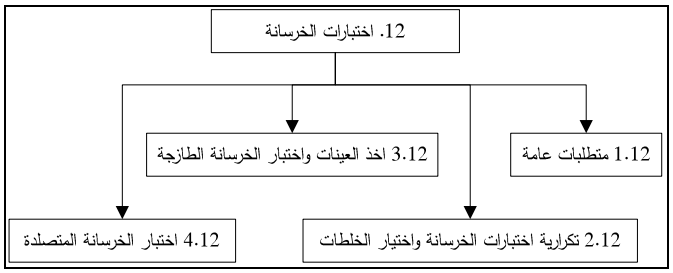
شكل (9) مخطط لعناصر عمليات الشراء



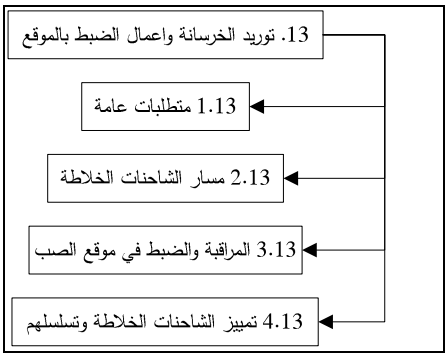
شكل (10) مخطط لعناصر عمليات وإجراءات الإرساليات



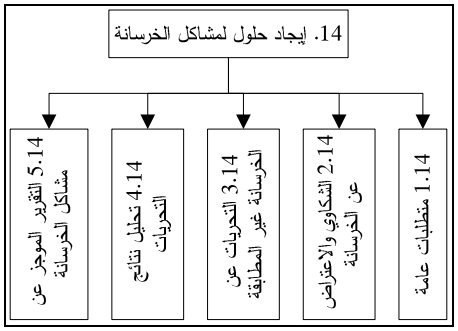
شكل (11) مخطط لعناصر إنتاج الخرسانة



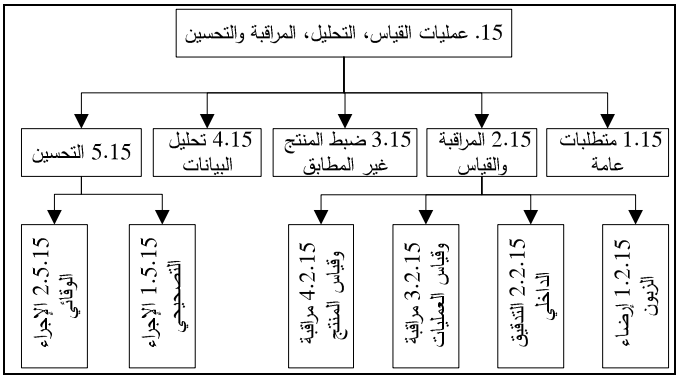
شكل (12) مخطط لعناصر اختبارات الخرسانة



شكل (13) مخطط لعناصر لعملية تسليم الخرسانة وأعمال الضبط بالموقع



شكل (14) مخطط لعناصر حل مشاكل الخرسانة



شكل (15) مخطط لعناصر عمليات القياس، التحليل، المراقبة والتحسين

4- قسم أو وحدة تأمين وضبط الجودة في محطات إنتاج الخرسانة

نتيجة لتطور إنتاج الخرسانة الجاهزة وازدياد الطلب عليها الأمر الذي أدى إلى زيادة مصانع ومحطات إنتاج الخرسانة الجاهزة حيث من الضروري اكتساب ثقة المستهلك وتحقيق رغباته ومن أجل المنافسة مع المحطات الإنتاجية الأخرى فإنه من الضروري جداً وجود قسم ضبط الجودة داخل مصانع ومحطات إنتاج الخرسانة والذي يقع عليه مسؤوليةِ ضبط جودة المنتج في جميع مراحله ابتداء من المواد الأولية حتى وصول المنتج إلى المستهلك، ويجب أن يكون لدى قسم ضبط الجودة مختبرات مجهزة للمساندة في أعمال ضبط الجودة وأن تكون هذه المختبرات متبنية وتتبع أحد أنظمة الجودة العالمية كما يجب أن تكون هذه المختبرات معتمدة من جهة اعتماد دولية مخولة وتكون متوافقة مع متطلبات المواصفات الدولية "ISO/IEC 17025" الخاصة باعتماد كفاءة المختبرات.

وفيما يلي عرض لبعض مهام قسم أو وحدة تأمين وضبط الجودة:

1. وضع برنامج لضبط لتأمين وضبط داخل المحطات الإنتاجية والتنسيق مع الأقسام الأخرى في تحقيقه.

2. إجراء التصاميم لأنواع الخرسانة المختلفة والخرسانات الخاصة واختيار نسب الخلط.

3. إجراء الدراسات اللازمة لتحسين خواص الخرسانة الجاهزة.

4. التأكد من مطابقة المواد الأولية الداخلة في الإنتاج للمواصفات القياسية الخاصة بها وتنظيم عملية نقلها وتخزينها.

5. التأكيد على أن تكون جمع الأجهزة والآلات المستخدمة في العملية الإنتاجية ومراقبتها معايرة وتعمل بصورة صحيحة.

6. التحقق من أداء الأجهزة والتجهيزات المستخدمة في العملية الإنتاجية.

7. مراقبة مراحل العملية الإنتاجية داخل المصانع والمحطات.

8. التحقق من مطابقة الخرسانة المنتجة للمواصفات الفنية.

9. ضمان وصول المنتج النهائي إلى المستهلك وفق المواصفات الفنية المصمم من اجلها.

10. إيجاد حلول لمشاكل الخرسانة إن وجدت.

11. التنسيق مع الأقسام الأخرى لإتحاد الإجراءات التصحيحية عند وجود منتج غير مطابق.

12. التنسيق مع الأقسام الأخرى لإتحاد الإجراءات الوقائية لضمان عدم منتج غير مطابق مستقبلياً.

13. تحليل البيانات والنتائج المتحصل عليها دورياً وفقاً للمعايير والتقنيات الإحصائية

14. القيام بدورات تدريبية وتثقيف العاملين بالمؤسسة حول أهمية ضبط الجودة.

15. جمع وتوثيق البيانات والمعلومات الخاصة ببرنامج ضبط الجودة داخل المؤسسة ومراجعته وتقييمه بصفة دورية.

4-1 وضع برنامج لتأمين وضبط الجودة داخل المحطات الإنتاجية والتنسيق مع الأقسام الأخرى في تحقيقه

من الإجراءات الأساسية التي يقوم بتأسيسها قسم تأمين وضبط الجودة هو دليل الجودة الذي يتضمن جميع الإجراءات المتعلقة بجودة المنتج ومن بين هذه الإجراءات خطة اخذ العينات، طرق العمل القياسية، تعليمات العمل وسجلات الجودة ...الخ، وعليه أيضا بالتعاون مع الأقسام الأخرى والإدارة العليا وضع وصف وظيفي لجميع العاملين بالمؤسسة المرتبطين بالعمليات الإنتاجية.

وكذلك يجب على قسم تأمين وضبط الجودة أن يتخذ كل الإجراءات التي من شأنها الرفع من جودة الإنتاج وتطويره سواء كانت إجراءات إدارية أو فنية ومن أهمها أن يتحصل المصنع أو محطة إنتاج الخرسانة على شهادة اعتراف من احد الجهات العالمية.

4-2 إجراء التصاميم لأنواع الخرسانة المختلفة والخرسانات الخاصة واختيار نسب الخلط

الغرض من إجراء التصاميم لأنواع الخرسانة المختلفة وكذلك الخرسانات الخاصة هو لتتماشى مع المواصفات الخاصة بالمشاريع ومدى قابلية استخدامها من حيث الخواص الفنية والتكلفة، وعلى قسم الجودة أن يكون لديه مهندسين مؤهلين لإجراء التصاميم واختيار نسب الخلط للخلطات الخرسانية المختلفة وكذلك الخرسانات الخاصة وأن يتبع احد الموصفات القياسية وعلى سبيل المثال (ACI 211.1,2,3,4,5) وأن يقوم بإجراء الخلطات التجريبية وتقييم نتائجها ومراقبة نتائج الخرسانات.

4-3 إجراء الدراسات اللازمة لتحسين خواص الخرسانة الجاهزة

على قسم تأمين وضبط الجودة أن يقوم بإجراء الدراسات اللازمة لتحسين خواص الخرسانة الجاهزة من حيث المناولة، المقاومة والديمومة وأن يراعي في هذه الأمور أن تكون بتكلفة مناسبة وعليه أن يتحصل على نسخة من المواصفات الفنية للمشروع المراد توريد الخرسانة إليه.

4-4 التأكد من مطابقة المواد الأولية الداخلة في الإنتاج للمواصفات القياسية الخاصة بها وتنظيم عملية نقلها وتخزينها

يجب التأكد من مطابقة المواد الأولية الداخلة في إنتاج الخرسانة الجاهزة للمواصفات القياسية مثلاً (ASTM C33, BS 882....) أو أي مواصفات أخرى معمول بها وأن يكون مختبر الخرسانة مجهز ومطابق للمواصفة القياسية (ASTM C1077....) أو أي مواصفة أخرى، وعليه أن ينظم أخذ العينات وتكرار الاختبارات بصفة دورية تعتمد على طبيعة وحجم العمل.

يجب أن يتم نقل المواد من مصادرها إلى موقع المحطات الإنتاجية بصورة جيدة تضمن حمايتها، وأن يتم تخزينها بصورة جيدة كلٌ حسب نوعها فمثلاً:

- يجب تخزين المواد الإسمنتية منفصلة عن بعضها البعض وأن توضع علامات على صهاريج التخزين توضح نوعها مثلاً (SRC, OPC, Slag, Silica Fume).
- يجب تخزين الركام في خزانات منفصلة عن بعض تضمن عدم اختلاط أنواع الركام وتضمن عدم حدوث انفصال أثناء الاستخدام.

- يجب أن تكون خزانات الإضافات الكيميائية ذات جودة جيدة لكي تحافظ عليها وأم تخزن في أماكن محمية من أشعة الشمس والأمطار.
- وكذلك يجب التأكد من تجهيزات إنتاج الخرسانة في الجو الحار المنصوص عليها في إحدى المواصفات القياسية ذات العلاقة ومن بين هذه المواصفات (ACI 305 R) مثلاً وجود مبرد ماء الخلط، مظلات ورشاشات ماء للركام.

4-5 التأكد من أن تكون جميع الأجهزة والآلات المستخدمة في العملية الإنتاجية معايرة وتعمل بصورة صحيحة

معايرة الأجهزة والمعدات تعتبر من الأمور المهمة لضمان الخلط بنسب الخلط حسب التصاميم، حيث يجب التأكد من الأجهزة بشكل دوري وضمان معايرة الأجهزة والتحقق من أدائها بصورة صحيحة حيث تنقسم أعمال المعايرة إلى نوعين هما:

- المعايرة الرئيسية: وهي التي تقوم بها جهة خارجية مسرح لها بإجراء هذه الأعمال من جهة معتمدة بشكل دوري (سنوي) ما لم تحدث أي صيانة جوهرية أو نقل إلى مكان أخر وتنجز بإتباع احد المواصفات القياسية وعلى سبيل المثال (ASTM C94....).
- المعايرة الثانوية: وهي التي تقوم بها المسئولين عن تشغيل المحطات بشكل دوري (يومي و/أو شهري) حسب حجم العمل بإتباع التعليمات الموجودة في كتيب تشغيل المحطة باستخدام أوزان قياسية.

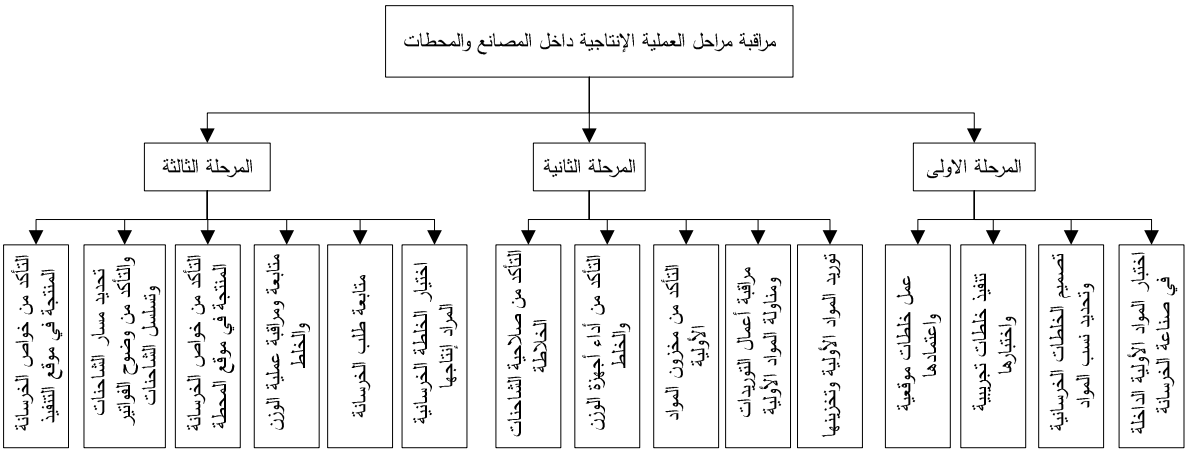
4-6 التحقق من أداء الأجهزة المستخدمة في الاختبارات

يجب التحقق من أداء الأجهزة المستخدمة في الاختبارات الخاصة بالمواد الأولية والخرسانة الطازجة والمتصلدة من حيث صلاحية الجهاز للاستخدام عن طريق إتباع احد المواصفات القياسية والتي من بينها (BS 812-100) ومن بين هذه الإجراءات ما يلي:

- المعايرة الخارجية (External Calibration): بعض الأجهزة يجب معايرتها من جهة خارجية.
- المعايرة الداخلية (Internal Calibration): تنفذ هذه المعايرة على بعض الأجهزة ويقوم بها العاملين داخل المختبر.
- التحقق من الأداء (Verification): تنفذ هذه العملية غالباً للتحقق من أداء بعض المعدات وفي حالة الأجهزة تعتبر نوع من أنواع المعايرة الداخلية.
- التأكد (Check): تنفذ هذه العملية للتأكد من غالباً للتأكد من أوزان وأطوال المعدات وملحقات الأجهزة.

4-7 مراقبة مراحل العملية الإنتاجية داخل المصانع والمحطات

على قسم تأمين وضبط الجودة مراقبة مراحل العملية الإنتاجية لإنتاج الخرسانة الجاهزة وأن يتأكد من سير العملية الإنتاجية بما يضمن إنتاج منتج ذو جودة جيدة يفي بالمواصفات التي صمم من اجلها، والشكل (16) يوضح مخطط لمراقبة مراحل العملية الإنتاجية داخل المصانع والمحطات.



شكل (16) مخطط لمراقبة مراحل العملية الإنتاجية داخل المصانع والمحطات

4-8 التحقق من مطابقة الخرسانة المنتجة للمواصفات الفنية

يجب التحقق من مطابقة الخرسانة المنتجة للمواصفات التي صممت من اجلها لضمان استمرارية الإنتاج بجودة عالية ولتفادي أي اختلافات أو منتج غير مطابق للمواصفات المصمم من اجلها وذلك من خلال إجراء الاختبارا ت الدورية للخرسانة المنتجة طبقاً لإحدى المواصفات القياسية التالية (ACI 318, ASTM C94, EN 206, BS 5328….).

4-9 ضمان وصول المنتج النهائي إلى المستهلك وفق المواصفات الفنية المصمم من أجلها

يجب تحديد مسارات الشاحنات الخلاطة من محطات الخرسانة الجاهزة إلى موقع الصب والعودة إلى المحطات لتفادي أي مشاكل تنجم عن حدوث أعطال للشاحنات ولتعقبها، حيث يجب عدم الوقوف أثناء توصيل الخرسانة إلى الزبائن وأن تكون كل الشاحنات مزودة بفواتير متضمنة بيانات عن الزبون وموقع الصب وأن تكون الشاحنات متسلسلة وكذلك يجب أن تكون الشاحنات الخلاطة مزودة بخزان للماء وخزان للإضافات الملدنة وذلك لتعديل الخرسانة في الموقع إذا لزم الأمر وأن يكون هذا التعديل من قبل فني ذو دراية بخواص الخرسانة ومؤهل لمثل هذه الإجراءات.

يجب تدريب سائقي الشاحنات وتوعيتهم في بعض الأمور المتعلقة بمراقبة وضبط الأعمال الموقعية مثل الكشف على قابلية التشغيل، تجانس وشكل الخرسانة الطرية، إضافة الماء في الموقع في حالة طلب الزبون وتوقيعه على هذا الطلب وطرق صب الخرسانة.....الخ.

4-10 إيجاد حلول لمشاكل الخرسانة إن وجدت

إنتاج الخرسانة الجاهزة يعتبر عملية معقدة ابتداءً من تحديد نسب الخلط والوريد والخلط وكذلك من حيث خلط مواد مختلفة غير متجانسة وتحت ظروف متغيرة، وبناءً خلال هذه الأمور يجب على قسم تأمين وضبط الجودة بناء هيكلية وتأسيس إجراءات اللازمة لإيجاد حلول لمشاكل الخرسانة ابتداءً من استقبال لشكاوي واعتراضات الزبائن، تتبع هذه الشكاوي، التحقق من الأسباب التي أدت لظهور هذه المشاكل، تحليل البيانات وإعداد تقرير موجز فيه نتائج التحري والتحقق.

ويجب إتباع احد المواصفات القياسية والتي من بينها (ACI 201.1R) وذلك لإعداد قوائم للتأكد من العمليات والمواد لإدارة التحريات عن مشاكل الخرسانة وتوثيق التقارير.

4-11 التنسيق مع الأقسام الأخرى لإتحاد الإجراءات التصحيحية عند وجود منتج غير مطابق

يجب على قسم أو وحدة تأمين وضبط الجودة التنسيق مع الأقسام الأخرى لمراقبة وتتبع المنتجات غير المطابقة وذلك لتقليل أو إزالة الحالات الناجم عنها إنتاج غير مطابق وذلك لتحسين الإنتاج، حيث يجب عليه تقييم المنتج غير المطابق للوقاية منه وتقليل تكراره مستقبلاً ويجب إعداد تقرير موجز بأسباب وجود منتجات غير مطابقة.

4-12 التنسيق مع الأقسام الأخرى لإتحاد الإجراءات الوقائية لضمان عدم وجود منتج غير مطابق مستقبلاً

يجب على قسم أو وحدة تأمين وضبط الجودة التنسيق مع الأقسام الأخرى لاتخاذ إجراءات احتياطية من قبل البدء في العملية الإنتاجية لتلافي أنتاج غير مطابق بسبب الأسباب التي اتخذت لها إجراءات تصحيحية مسبقاً، وكذلك يجب وصف طريقة لإعلام الزبون بان الإجراءات الوقائية يمكن أن تقلل من المشاكل المرتبطة بمناولة الخرسانة. مع مراجعة الإجراءات الخاصة بتعيين المنتجات غير المطابقة أو المنتجات المحتمل أن تكون غير مطابقة وأسبابها. إيجاد الإجراءات الوقائية المطلوبة لإزالة حدوث أي إنتاج غير مطابق ومراقبة النتائج بعد تطبيق هذه الإجراءات.

4-13 تحليل البيانات والنتائج المتحصل عليها دورياً وفقاً للمعايير والتقنيات الإحصائية

يجب استخدام التقنيات الإحصائية لعرض وتحليل البيانات والنتائج المتحصل عليها وفقاً للمعايير الخاصة بمراقبة بإنتاج الخرسانة وعلى سبيل المثال (ACI 214R-02) وذلك لمراقبة نتائج اختبارات الخرسانة الطازجة والمتصلدة ومن هذه الطرق الإحصائية مايلي:

- لوحات المراقبة (لوحة مراقبة متوسط النتائج)، والشكل(17) يوضح لوحة مراقبة إنتاج خرسانة جاهزة صنف 30 ن/مم^2.
- المدرج التكراري.
- منحنى التوزيع الطبيعي.



شكل (17) لوحة مراقبة إنتاج خرسانة جاهزة صنف 30 ن/مم^2

4-14 القيام بدورات تدريبية وتثقيف العاملين بالمؤسسة حول أهمية ضبط الجودة

يجب على الإدارة العليا تدريب وتأهيل المختصين والفنيين العاملين في مجال متطلبات الجودة والأسس الفنية للخرسانة الجاهزة وتصميم الخلطات الخرسانية والاختبارات المتعلقة بها بصورة مستمرة.

4-15 جمع وتوثيق البيانات والمعلومات الخاصة ببرنامج ضبط الجودة داخل المؤسسة ومراجعته وتقييمه بصفة دورية

يجب على قسم الجودة أن يجمع ويوثق كل البيانات ونتائج الاختبارات والأعمال التي يقوم بإجرائها في السجلات الفنية وسجلات الجودة والملفات وأن يحتفظ بها داخل القسم وان يقوم بتجميعها وعمل قوائم لها وحفظها وتخزينها حتى يسهل الوصول لها لمراجعتها أو أثناء التدقيق على أعمال الجودة.

5- الخلاصة والتوصيات

من خلال عرض المعلومات السابق ذكرها يتضح أن مفهوم الجودة لها معنى واسع يشمل جميع المراحل والعمليات التي تخص المنتج ابتداء من المواد الأولية مروراً بالعمليات الإنتاجية والعمليات المصاحبة لها وانتهاء بتوريد المنتج إلى المستهلك ولضمان ذلك نوصي بالتالي:

1. يجب أن تكون هنالك جهة رقابية على محطات ومصانع إنتاج الخرسانة الجاهزة لمعرفة مدى.
2. يجب على محطات ومصانع إنتاج الخرسانة الجاهزة إتباع وبناء نظام جودة يفي بالاشتراطات والبنود الواردة في المواصفات القياسية وأن تتحصل على شهائد اعتراف من جهة دولية محايدة.
3. يجب أن تكون التجهيزات والأجهزة المستخدمة في عملية إنتاج الخرسانة الجاهزة ذات جودة جيدة وأن يتحقق من أدائها بمعايرتها من قبل جهة مختصة.
4. يجب على إدارة المحطات والمصانع الإنتاجية توفير المواصفات والمراجع والمستندات الفنية المتعلقة بإنتاج الخرسانة الجاهزة.
5. ضرورة تدريب وتأهيل المختصين والفنيين العاملين في الوحدات الإنتاجية في مجال متطلبات جودة الخرسانة الجاهزة.

6- المراجع

[1] د. يوسف الطائي وآخرون، نظم إدارة الجودة في المنظمات الإنتاجية والخدمية، الطبعة العربية، 2009 عمان- الأردن.

[2] أ.د. محمد النعيمي وآخرون، إدارة الجودة المعاصرة- مقدمة في إدارة الجودة الشاملة للإنتاج والعمليات والخدمات، الطبعة الأولى، 2009 عمان-الأردن.

[3] عبدالرحمن محمد الحزيمي وآخرون، نظام مراقبة جودة الخرسانة الجاهزة ودوره في تطبيق كود البناء السعودي للمنشآت الخرسانية، المؤتمر الهندسي السعودي السابع ، جامعة الملك سعود ، الرياض ، ١٤٢٨ ه.

[4] أمانة منطقة الرياض، برنامج مراقبة جودة الإنتاج في مصانع الخرسانة الجاهزة بمدينة الرياض، (التخطيط، التطبيق، الانجاز)، الرياض، المملكة العربية السعودية، ١٤٢٨ ه.

[5] م.علي عثمان مسعود، م. علي محمد منصور، تأمين "تأكيد" جودة نتائج اختبارات مواد البناء، المؤتمر الوطني الرابع لمواد البناء والهندسة الإنشائية، جامعة السابع من ابريل، صبراتة - الجماهيرية، 18-2008/11/19 ف.

[6] Quality management systems — Fundamentals and vocabulary, ISO 9000, Third edition, 2005.

[7] Quality management systems — Requirements, ISO 9001, Third edition, 2000.

[8] Quality management systems — Guidelines for performance improvements, ISO 9004, Second edition, 2000.

[9] General Requirements for the Competence of Testing & Calibration Laboratories, ISO/IEC 17025:2005.

[10] NRMCA, William C. Twitty, Jr. P.E," Preparation Guidelines for Quality Manual for Ready Mixed Concrete Companies," National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring , MD, February 2008.

[11] John S. Oakland, "Total Quality Management", Second Edition, 1999.

[12] American Concrete Institute, "ACI 301 M: Specifications for Structural Concrete, 1999.

[13] American Concrete Institute, "ACI 318: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary, 2008.

[14] American Concrete Institute, "ACI 305 R: Hot Weather Concreting, 1999.

[15] American Concrete Institute, "ACI 214 R: Evaluation of Strength Test Results of Concrete, 2002.

[16] British standard Institution, "BS 5328: part 1, guide to specifying concrete ", London, 1991.

[17] British standard Institution, "BS 812: part 100, Testing aggregates - General requirements for apparatus and calibration ", London, 1990.

دراسة حقلية للخرسانة المدموكة بالهراسات باستخدام المواد المحلية

د. علي محمد منصور
محاضر
كلية الهندسة – جامعة الفاتح
طرابلس – الجماهيرية
Bomnadi @yahoo .com

م . محمد خليفة بنيني
طالب دراسات عليا
أكاديمية الدراسات العليا
طرابلس – الجماهيرية
eng . bneni @yahoo.com

ملخص

الخرسانة المدموكة بالهراسات Roller Compacted Concrete ذات أهمية كبيرة في تطوير الخرسانة الكتلية لإنشاء السدود خلال العقود الثلاثة الماضية وذلك لما لها من مميزات ومرونة عالية من ناحية السرعة في التنفيذ وإمكانية استخدام المواد المتوفرة محلياً للحصول على الخواص المطلوبة ، حيث يمكن الاستفادة من هذه التقنية في عدة تطبيقات مثل السدود والطرق وساحات التخزين ، وخلال العقود الأخيرة تم إجراء عدة دراسات محلية لغرض التعرف على خواص الخرسانة المدموكة بالهراسات باستخدام المواد المحلية بالإضافة إلى بعض الخصوصيات لهذه التقنية مثل ترابط الطبقات المتتالية المتبعة في إنشاء السدود.

وتأتي هذه الدراسة الحقلية كامتداد للبحث المعملي حيث تقدم هذه الورقة نتائج اختبار مقاومة الضغط والشد للعينات الاسطوانية المستخرجة حقلياً ودراسة طريقة الربط بين الطبقات الأفقية المتتالية باستخدام المعالجة بطريقتي المونة الإسمنتية والخرسانة.

الكلمات الدالة : الخرسانة المدموكة بالهراسات ، الخرسانة الكتلية المدموكة بالهراسات ، مقاومة الضغط ، مقاومة الشد.

1- المقدمة

تطورت الخرسانة المدموكة بالهراسات خلال الثمانينات من القرن الماضي حيث يتم خلط خرسانة ذات قوام هبوطها صفر ثم نقلها ووضعها ودمكها باستعمال آليات دمك التربة وآليات رصف الإسفلت.

وعلى الرغم من كل التطورات التي حصلت في مجال الخرسانة المدموكة بالهراسات فإن مجال تطبيقها محلياً مازال محدوداً في عدة دراسات معملية أجريت بهدف التعرف على خواص الخرسانة المدموكة بالهراسات باستخدام المواد المحلية بالإضافة إلى دراسة طرق الربط بين الطبقات. [1،2،3،4،5]

ولتحقيق الأهداف المرجوة من هذه الدراسة تم تنفيذ قطاعات حقلية لهذه الخرسانة باستخدام المواد المحلية على طبقتين مع تغير أسلوب معالجة طبقة الربط بهدف التعرف على خواص وسلوك الخرسانة المدموكة بالهراسات.

2- البرنامج الحقلي

لانجاز أهداف هذه الدراسة تم تجهيز الموقع والآليات اللازمة لتنفيذ قطاعات خرسانية على طبقتين مع الدمك وتحضير عينات اسطوانية من كل طبقة وتغيير أسلوب الربط بين الطبقتين ثم استخراج قلوب خرسانية لإجراء الاختبارات اللازمة.

2-1 المواد المستخدمة

تتكون الخرسانة من الإسمنت والركام الخشن والركام الناعم والماء

الإسمنت: تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي من إنتاج مصنع سوق الخميس

الماء: تم استخدام مياه صالحة للشرب

الركام الخشن: تم استخدام ركام محاجر الجبل الغربي

الركام الناعم: تم استخدام رمل طبيعي مورد من منطقة زليتن بالإضافة إلى نواتج المحاجر والكسارات.

والجدول (1) يوضح نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام المستخدم. [6]

جدول (1) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام المستعمل

الاختبارات	الركام الخشن عينة (1)	الركام الخشن عينة (2)	الركام الناعم الطبيعي	الركام الناعم المجروش
الوزن النوعي	2.613	2.605	2.63	2.60
نسبة الامتصاص %	%2.04	%2.76	–	–
معامل الصدم	%17.26	%20.06	–	–

كما تم إجراء اختبار التدرج للعينات المستخدمة في هذه الدراسة والجدول (2) يوضح نتائج التحليل المنخلي ومقارنته بالمواصفات. [7]

جدول (2) نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام المستعمل

فتحة المنخل (مم)	الركام الخشن		الركام الناعم		الخليط	مواصفات BS 882-1992
	عينة (1)	عينة (2)	ركام ناعم مجروش	رمل طبيعي		
3.75	100	100	100	100	100	100
20	99.629	100	100	100	99.88	100 – 95
14	19.772	84.486	100	100	68.88	–
10	2.915	24.515	99.9	100	43.89	–
4.75	0.915	2.115	98.8	100	35.73	55 – 35
2.36	–	1.658	66.7	99.9	28.44	–
1.18	–	–	45.4	99.7	23.49	–
0.6	–	–	31.6	95.3	19.97	35 –10
0.3	–	–	24.1	46	11.50	–
0.15	–	–	17.8	3.9	4.28	8 – 0
0.075	–	–	7.9	1.3	1.84	–

2–2 تحديد نسب مكونات الخلطة

خلال عقد من الدراسات المعملية التي تم إجراؤها على الخرسانة المدموكة بالهراسات ابتداءً من التعريف بمميزات وخواص هذه التقنية إلى عمل خلطات من هذه الخرسانة حيث تم تصميمها باستخدام مفاهيم دمك التربة مع بعض التعديل وذلك لتحديد أفضل نسب الخلط باستخدام المواد المحلية ، والجدول (3) يحدد نسب مكونات الخلطة الخرسانية المستعملة في هذه الدراسة. [1،2،3،4]

جدول (3) مكونات الخلطة المستعملة في هذه الدراسة

الإسمنت كجم / م3	الماء كجم / م3	الركام الخشن (كجم /م3)		الركام الناعم (كجم / م3)	
		عينة (1)	عينة (2)	ركام مجروش	رمل
160	100	693	693	448	299

2-3 المعدات المستخدمة

خلاطه خرسا نيﭫ : تم استخدام خلاطه خرسا نيﭫ ذات سعة 1 متر مكعب لخلط المكونات والمحافظة على نسب وزمن الخلط.

جراف : تم استخدام جراف لتسوية وتجهيز الموقع ونقل الخرسانة من الخلاطة إلى موقع الصب.

الهراس : تم استخدام هراس ذو اسطوانة حديدية أمامية وعجلات مطاطية ملساء خلفية وهو من نوع BOMAG ذو وزن 8.808 طن.

2-4 تنفيذ خرسانة الطبقة الأولى

تم تنفيذ خرسانة الطبقة الأولى بسمك 30 سم ودمكها باستخدام الهراس الهزاز بشوطين بدون اهتزاز ومع بداية الشوط الثالث يبدأ الاهتزاز حيث وصلت عدد الأشواط إلى أربعة عشر شوطاً للحصول على الكثافة المطلوبة.

2-5 معالجة الوصلة بين الطبقتين

تمت عملية المعالجة لسطح الطبقة الأولى بعد مرور 24 ساعة من الانتهاء من دمك الطبقة الأولى وقبل فرش الطبقة الثانية حيث تم استخدام طريقتي المونة الإسمنتية والخرسانة.

2-6 تنفيذ خرسانة الطبقة الثانية

بعد الانتهاء من معالجة سطح قطاعات الطبقة الثانية تم فرش خرسانة الطبقة الثانية بنفس أبعاد الطبقة الأولى وبسمك 20 سم ودمكها.

2-7 استخراج العينات

في هذه الدراسة التي تعتمد على النتائج الحقلية تم استخراج قلوب للخرسانة المدموكة بالهراسات بقطر 150 مم بعد 28 يوماً لكل قطاع خرساني وذلك لإجراء الاختبارات اللازمة.

3- النتائج والمناقشة

تم تجميع نتائج اختبارات مقاومة الضغط والشد المباشر وغير المباشر (الانفلاق) لكل قطاع خرساني حسب أسلوب المعالجة بين الطبقتين.

3-1 القطاع المعالج بالمونة الإسمنتية

3-1-1 مقاومة الضغط

يبين الجدول (4) قيم مقاومة الضغط للعينات المستخرجة حقلياً حيث تعتبر هذه القيم جيدة مقارنة بالنتائج المعملية حيث تعمل درجة الدمك الكافية للحصول على أقصى كثافة حقلية التي تؤثر عل مقاومة الضغط للخرسانة المدموكة بالهراسات.

جدول (4) نتائج اختبار مقاومة الضغط للقطاع المعالج بالمونة الإسمنتية

رقم العينة	عمر الخرسانة بالأيام	الكثافة الجافة كجم / م3	مقاومة الضغط نيوتن / مم2	متوسط مقاومة الضغط نيوتن / مم2
1	28	2415.56	15.30	14.180
2		2397.88	11.95	
3		2400.46	15.30	

3-1-2 مقاومة الشد المباشر

في هذه الدراسة تم تثبيت نهايتي العينات الاسطوانية بصفيحة معدنية عير قابلة للتشوه باستخدام مادة أبوكسيه سريعة التصلب كما هو موضح بالشكل (1). يبين الجدول (5) قيم مقاومة الشد المباشر للعينات حيث نلاحظ من النتائج حدوث الانهيار عند الطبقة الأولى ومنطقة المعالجة بين الطبقتين كما هو موضح بالشكل (2).



الشكل (1) العينة الخرسانية خلال إجراء اختبار الشد المباشر

جدول (5) نتائج اختبار مقاومة الشد المباشر للقطاع المعالج بالمونة الإسمنتية

رقم العينة	عمر الخرسانة بالأيام	الكثافة الجافة كجم/م3	مقاومة الشد المباشر نيوتن/مم2	متوسط مقاومة الشد نيوتن/مم2	مكان الانهيار
1	28	2405.93	0.89	0.85	عند منطقة المعالجة
2		2399.87	0.92		عند منطقة المعالجة
3		2401.99	0.75		عند منطقة المعالجة



الشكل (2) شكل الانهيار بعد اختبار الشد المباشر للقطاع المعالج بالمونة الإسمنتية

3-1-3 مقاومة الشد غير المباشر

من خلال النتائج الموضحة بالجدول (6) لقيم مقاومة الشد غير المباشر فإن نسبة مقاومة الشد غير المباشر هي (11.92%) من مقاومة الضغط.

جدول (6) نتائج مقاومة الشد غير المباشر للقطاع المعالج بالمونة

رقم العينة	عمر الخرسانة بالأيام	الكثافة الجافة كجم / م3	مقاومة الشد غير المباشر نيوتن / مم2	متوسط مقاومة الشد غير المباشر نيوتن / مم2
1	28	2396.31	1.54	1.69
2		2401.86	2.03	
3		2403.52	1.51	

3-2 القطاع المعالج بالخرسانة

3-2-1 مقاومة الضغط

تم الحصول على قيم لمقاومة الضغط كما هي موضحة بالجدول (7) حيث نلاحظ زيادة طفيفة عن مقاومة الضغط للقطاع المعالج بالمونة الإسمنتية.

جدول (7) نتائج اختبار مقاومة الضغط للقطاع المعالج بالخرسانة

رقم العينة	عمر الخرسانة بالأيام	الكثافة الجافة كجم / م3	مقاومة الضغط نيوتن /م2	متوسط المقاومة نيوتن / مم2
1	28	2424.02	15.01	14.97
2		2402.70	13.28	
3		2407.91	16.63	

3-2-2 مقاومة الشد المباشر

من خلال النتائج الموضحة بالجدول (8) نلاحظ بأن قيم مقاومة الشد للعينات المستخرجة بها زيادة طفيفة عن تلك المتحصل عليها للقطاع السابق وحدوث الانهيار لكل العينات عند منطقة المعالجة كما هو موضح بالشكل (3).

جدول (8) نتائج اختبار مقاومة الشد المباشر للقطاع المعالج بالخرسانة

رقم العينة	عمر الخرسانة بالأيام	الكثافة الجافة كجم/م3	مقاومة الشد المباشر نيوتن/مم2	متوسط مقاومة الشد نيوتن/مم2	مكان الانهيار
1	28	2412.61	0.72	0.89	عند منطقة المعالجة
2		2377.54	0.92		عند منطقة المعالجة
3		2402.45	1.04		عند منطقة المعالجة



الشكل (3) الانهيار بعد اختبار الشد المباشر لعينات القطاع المعالج بالخرسانة

3-2-3 مقاومة الشد غير المباشر

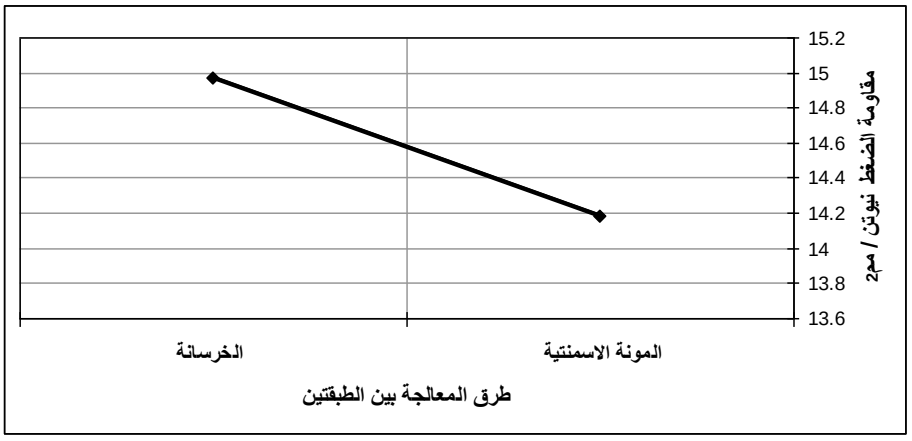
يبين الجدول (9) قيم مقاومة الشد غير المباشر لهذا القطاع ومن خلال النتائج الموضحة بالجدولين (9،7) فإن نسبة مقاومة الشد غير المباشر هي (10.15%) من مقاومة الضغط.

جدول (9) نتائج اختبار مقاومة الشد غير المباشر للقطاع المعالج بالخرسانة

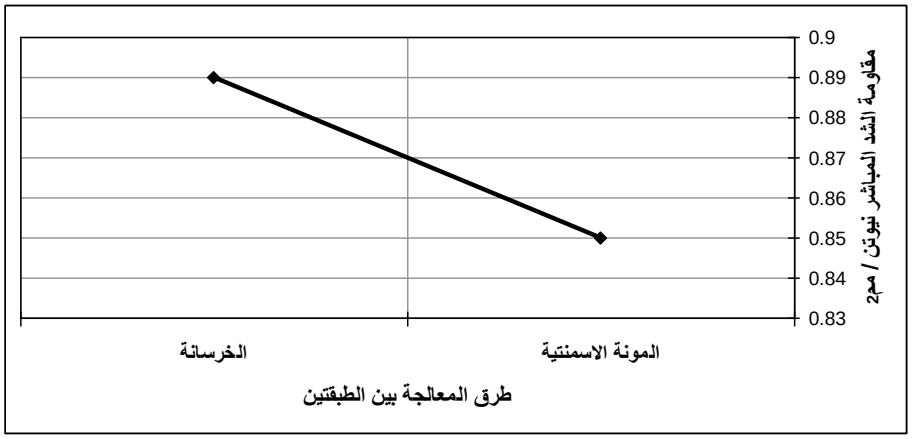
رقم العينة	عمر الخرسانة بالأيام	الكثافة الجافة كجم / م3	مقاومة الشد غير المباشر نيوتن / مم2	متوسط مقاومة الشد غير المباشر نيوتن / مم2
1	28	2401.20	1.5	1.52
2		2352.38	1.33	
3		2396.99	1.72	

3-3 المقارنة

في هذا البند يتم استعراض علاقات بيانية توضح مقارنة بين النتائج المتحصل عليها للقطاعين حسب أسلوب المعالجة بين الطبقتين كما هو موضح بالشكلين (4 و5).



شكل (4) العلاقة بين مقاومة الضغط وأسلوبي المعالجة بين الطبقات



شكل (5) العلاقة بين مقاومة الشد المباشر وأسلوبي المعالجة بين الطبقات

4- الاستنتاجات والتوصيات

4-1 الاستنتاجات

اختصت هذه الدراسة في تنفيذ قطاعات حقلية من الخرسانة المدموكة بالهراسات باستخدام المواد المتوفرة محلياً وإجراء عدة اختبارات لدراسة سلوك هذه الخرسانة للتعرف على خواصها وإمكانية التعامل والتحكم في العمالة والمعدات التي تعمل على تنفيذ هذا النوع من الخرسانة.

ومن خلال النتائج المتحصل عليها تم التوصل على الاستنتاجات التالية:

1. تتمتع هذه التقنية بمميزات ومرونة عالية للحلقة المتكاملة التي تعمل على تنفيذ تطبيقات هذا النوع من الخرسانة حقلياً.

2. تم التحصل على قيم جيدة جداً لدرجة الدمك للخرسانة المدموكة حقلياً تفوق 98% من درجة الدمك للخرسانة معملياً.

3. باستخدام المواد المحلية في عمل قطاعات حقلية من الخرسانة المدموكة بالهراسات تم الحصول على قيم جيدة لمقاومة الضغط والشد مقارنة بسدود عالمية استخدمت بها نسب متقاربة مع نسب هذه الدراسة.

4. استخدام المعالجة بالخرسانة أعطى قيم لمقاومة الشد عند منطقة المعالجة أفضل من تلك المتحصل عليها باستخدام المعالجة بالمونة الإسمنتية.

5. الأسلوب المستحدث في تثبيت نهايتي العينة الاسطوانية لاستخدامها في اختبار الشد المباشر أثبت جدواه بشكل واضح .

4-2 التوصيات

بناءً على نتائج الدراسة المتحصل عليها يتم اقتراح جملة من المقترحات والتوصيات الآتية :

1. العمل السريع لدى الجهات ذات العلاقة على الاستفادة من تطبيقات هذه التقنية في مشاريع البنية التحتية بليبيا بعدما تكاملت الدراسات المعملية والحقلية التي أعطت نتائج جيدة ومشجعة .
2. تأسيس ودعم شركات محلية تعمل على تطبيق تقنية الخرسانة المدموكة بالهراسات في المجالات ذات العلاقة .
3. التوسع في مجال الدراسة باستخدام عدة أنواع من الركام من مناطق محلية مختلفة لدراسة الخواص الفيزيائية لهذه الخرسانة .
4. التوسع في إجراء تجارب للربط بين الطبقات باستخدام طرق أخرى أفضل من الطرق التقليدية المتمثلة في المونة الإسمنتية والخرسانة .

المراجع

[1] T.S. Sifaw ' Roller Compacted Concrete Technology & Applications, MSc thesis in Civil Engineering Alfateh University,Tripoli, Libya (1999) .

[2] S.Y.Barony, T.S.Sifaw "Laboratory Study to Find Physical Properties of RCC" International Conference on Roller Compacted Concrete Dam Construction in Middle East Jordan (2002) .

[3] S.Y. Barony , J.M . Rouis , A.M.Mansur " the Potential of using local Materials in RCC an experimental study " 1st International conference for Technology and durability of concrete , Algiers , (2004).

[4] A .M. Mansur (Experimental Study for Roller Compacted Concrete Technology and Application Using Local Materials) PhD Thesis , Sfax University Tunis . (2009).

[5] S. Y. Barony , J.M.Rouis , A .M. Mansur " Roller Compacted Concrete an appropriate Technology for Developing Countries " Proceeding of the 8th International Conference on Concrete Technology in Developing Countries , Tunisia , (2007)

[6] British Standard , BS 812 – 1990 (Testing aggregates) .

[7] British Standard ,BS 882 – 1992 (Specification For aggregates From natural Sources For Concrete) .

تأثير نوعية الرمل (ركام ناعم طبيعي وإصطناعي) على مقاومة المونة

ناصري عبد الغني وبعلي العيد

مخبر الجيومواد، قسم الهندسة المدنية والري، كلية التكنولوجيا، جامعة المسيلة (الجزائر)
abdelghani_naceri@yahoo.fr

ملخص

إن أهمية هذا العمل التجريبي هو دراسة مدى إمكانية تحضير مونة تحتوي على مزيج من الرمل (ركام ناعم طبيعي وإصطناعي). لقد قمنا بإستخدام هذه الطريقة لتصحيح التدرج أو التوزيع الحبيبي لمختلف أنواع الرمال المستخدمة لتحضير المونة (رمل الكثبان، رمل بقايا الفرن العالي ورمل بقايا الآجر). و عليه بادرنا بسحق البقايا الإصطناعية (بقايا الفرن العالي وبقايا الآجر) وذلك لإستعمالها كركام ناعم لتحضير المونة.

تبين لنا أن طبيعة الرمل والتدرج الحبيبي للركام الناعم هي العوامل الرئيسية التي تؤثر على تغيير المقاومة الميكانيكية (مقاومة الضغط والانحناء) للمونة المختبرة. تبين هذه الدراسة أهمية هذه الطريقة المستعملة لتحضير مونة من مزيج من الرمل (ركام ناعم طبيعي وإصطناعي) من أجل تصحيح الخصائص الكيميائية والفيزيائية لأنواع الرمل المستعملة.

الكلمات المفتاحية : بقايا الفرن العالي - بقايا الآجر - الكثبان الرملية - المونة - الربح.

1- مقدمة

إن لنوعية وخواص الركام الصغير (الرمل) تأثيراً كبيراً على خواص المونة ونوعيتها لكونه يشغل كمية معتبرة من الحجم الكلي لكتلة المونة. ويتكون الرمل من حبيبات معدنية. كما أنه يمثل المادة الأساسية الداخلة في صناعة المونة والخرسانة. وإضافة إلى كون الرمل يشكل الجزء الأكبر من هيكل المونة والذي يعطي لكتلة المونة استقرارها ومقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة والانجماد فإنه يقلّل التغيّرات الحجمية الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة الإسمنت أو عن تعرض المونة للرطوبة والجفاف. ولذا فإن الرمل يعطي للمونة متانة أفضل مما لو استعملت عجينة الإسمنت وحدها.

إن إستخدام النفايات الصناعية (على سبيل المثال : الخبث والزجاج والطوب والبلاط) كبديل جزئي للركام المستعمل في تحضير المونة أو الخرسانة مهم جدا لأنه يقدم العديد من المزايا مثل انخفاض كمية إستهلاك الموارد الطبيعية ويقلل من

التلوث البيئي [1].

يتكون ركام المونة من حبيبات الركام الصغير(الرمل). و يستحسن أن تكون هذه الحبيبات صلدة وقوية الإحتمال ونظيفة وخالية من المغلفات الملتصقة وكذلك عدم إحتوائها على المواد الضارة (الطين والشوائب العضوية والمواد الناعمة) حيث قد تتفاعل مع الإسمنت أو تغلف الحبيبات فتمنع التماسك أو تؤخر زمن شك وتصلد العجينة الإسمنتية وبالتالي تنقص المقاومة الميكانيكية للمونة [1].

كما هو معروف من الأحسن أن تكون المقاسات المختلفة للحبيبات موزعة توزيعا منتظما(تدرج حبيبي مناسب) في الرمل المستعمل (الركام الناعم). و هذا من أجل الحصول على مونة ذات الخواص المطلوبة [2].

يقلل شكل حبيبات الرمل (الركام الصغير) المفلطحة أو المستديرة درجة تشغيل المونة وتحتاج إلى زيادة كمية الإسمنت والماء لتعويض هذا النقص. كما أنها تنقص الوزن ومقاومة المونة الميكانيكية وكذلك التماسك بينها و بين عجينة الإسمنت. أما حبيبات الرمل الزاوية فإنها تحتاج إلى زيادة في كميات الإسمنت والماء للوصول إلى الدرجة المناسبة لتشغيل المونة [4,3].

يعرف التدرج الحبيبي أو التوزيع الحبيبي للركام الصغير (الرمل) بطريقة فصل المقاسات المختلفة من الركام بإستخدام التحليل بالمناخل. يؤدي الركام المتدرج تدرجا حسنا إلى درجة تشغيل مناسب للمونة وإلى توفير في كمية الإسمنت المستخدم في الخلطة الإسمنتية وذلك بعكس الركام الرديء التدرج الحبيبي [5].

الهدف الرئيسي لهذا البحث (العمل التجريبي) هو دراسة مدى تأثير نوعية الرمل (المكونات الكيميائية والخصائص الفيزيائية) على المقاومة الميكانيكية للمونة.

2- خصائص المواد المستعملة

أثناء هذا العمل التجريبي ، تم الإعتماد على مواد أولية محلية متوفرة بالجزائر.

2-1 الركام الناعم (الطبيعي والإصطناعي):

لقد قمنا بإستعمل ثلاثة أنواع من الرمل (رمل الكثبان ، رمل بقايا الفرن العالي ورمل بقايا الآجر) و ذلك لتصحيح التدرج أو التوزيع الحبيبي لمختلف أنواع الرمال المستخدمة لتحضير المونة. إن الرمل الطبيعي (رمل الكثبان) المستعمل هو عبارة عن رمل ناعم كوارتزي من وادي ميتر الذي يقع بالقرب من مدينة بوسعادة . أما الرمل الإصطناعي فيتمثل في نوعين: النوع الأول وهو عبارة عن بقايا الطوب المحروق التي جمعت من وحدة تصنيع

الطوب (مصنع الطوب) أما النوع الثاني فهو عبارة عن رمل بقايا الفرن العالي التي جمعت من وحدة تصنيع الفولاذ (مصنع الحجار بمدينة عنابة).

2-2 الإسمنت المركب أو الإسمنت ذات الإضافات المعدنية (CEM II):

أستعمل إسمنت مركب (CEM II) من مصنع الإسمنت "حجر السود" الموجود بالقرب من مدينة عنابة (الكلنكر: 75% والجبس : 5% والخبث : 20%). تستعمل مادة الجبس الطبيعي للتحكم في زمن الشك.

النتائج المتحصل عليها خلال التجارب المخبرية حسب طريقة الإختبار بالأشعة السينية (التركيبات الكيميائية)، للمواد الأولية المستعملة (الرمل الطبيعي والإصطناعي والإسمنت) تترجم في الجدول الآتي (الجدول 1):

جدول 1. التركيبات الكيميائية للمواد الأولية المستعملة لتحضير المونة (الإسمنت و االرمل الطبيعي والإصطناعي)

MgO (%)	CaO (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	المواد الأولية المستعملة
00.19	06.22	00.69	00.98	88.64	رمل الكثبان (Dune sand)
02.21	13.44	06.32	11.52	58.45	رمل الآجر (Brick sand)
04.37	36.82	02.85	08.12	40.42	رمل الخبث (Slag sand)
01.60	66.34	03.95	04.57	22.10	الإسمنت (Cement)

أستهل هذا العمل بتحديد المميزات الكيميائية و الفيزيائية لأنواع الرمل الثلاثة (رمل الكثبان ، رمل الخبث ورمل الآجر) المستعملة ثم بدراسة مدى تأثير نوعية الرمل وكذلك التوزيع الحبيبي للرمل الطبيعي (الكثبان الرملية) و الرمال الإصطناعية (الخبث والآجر) على الخصائص الفيزيائية لمزيج الرمل الثلاثي المستعمل (الكتلة الحجمية، المسامية، معامل النعومة، التدرج الحبيبي وقدرة إمتصاص المياه) والمقاومة الهيكانيكية (للضغط والإنحناء) للمونة المحضرة.

يوضح الجدول 2 النتائج المتحصل عليها خلال التجارب المخبرية (الخصائص الفيزيائية) للركام الناعم المستعمل.

جدول 2. الخصائص الفيزيائية للركام الناعم المستعمل (الطبيعي والإصطناعي)

الركام (الناعم)	ك.ح.م (كغ/ل)	المسامية (%)	ق.إ.م (%)	الرطوبة (%)	اللون	معامل النعومة
رمل الكثبان	2.54	34.64	2.02	1.01	أصفر فاتح	1.7
رمل الآجر	2.45	47.08	2.36	2.04	أحمر	1.9
رمل الخبث	2.86	62.35	1.90	2.24	رمادي فاتح	2.8

حيث:

ك.ح.م : الكتلة الحجمية المطلقة (كغ/ل).

ق.إ.م : قدرة إمتصاص الماء بالنسبة المئوية (%).

نستنتج حسب النتائج المحصل عليها بشأن الخصائص الفيزيائية لأنواع الرمل المستعملة ما يلي (الجدول 2):

* رمل الكثبان الرملية لديه مسامية منخفضة وامتصاص الماء كبير بالمقارنة مع الرمال الأخرى (رمل الخبث ورمل الطوب)، وهذا لنعومة حبيباته (معامل النعومة منخفض).

* أما رمل الخبث فلديه مسامية عالية وامتصاص الماء كبير بالمقارنة مع الرمال الأخرى (رمل الخبث ورمل الطوب)، وهذا لخشونة حبيباته (معامل النعومة عالي).

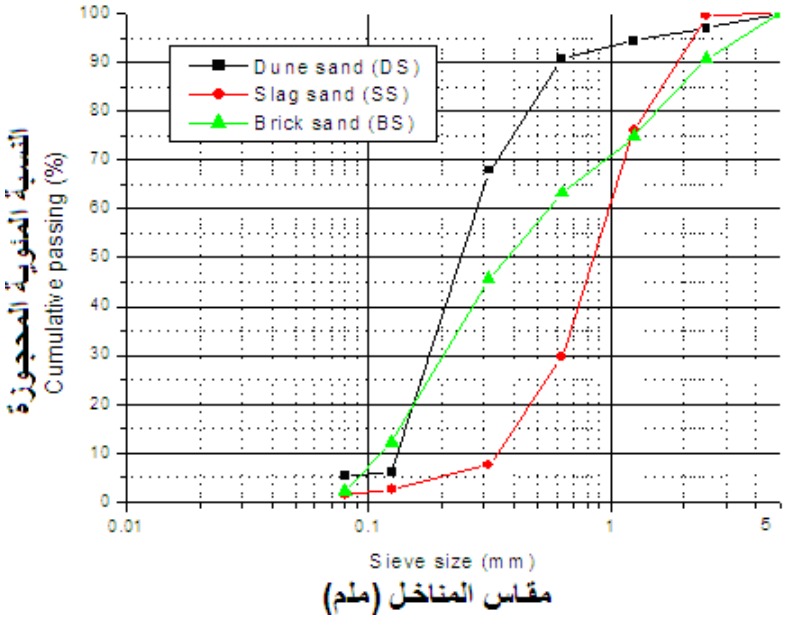
* ووفقا للتوزيع الحبيبي ومعامل النعومة، يمكن تصنيف الرمال المستخدمة على النحو التالي:

* رمل الكثبان الرملية توزيع حبيباته ناعمة،

* رمل الطوب توزيع حبيباته متوسطة،

* رمال الخبث توزيع حبيباته خشنة.

يوضح الشكل 1 التحليل الحبيبي لأنواع الرمل المستعمل. إن الهدف من طريقة تحضير مونة من مزيج رمل ثلاثي (ركام ناعم طبيعي وإصطناعي) هو تصحيح الخصائص الكيميائية والفيزيائية لأنواع الرمل المستعملة.



شكل 1. التحليل الحبيبي لأنواع الرمل المستعمل

يوضح الجدول 3 مكونات مزيج الرمل الثلاثي (رمل الكثبان، رمل بقايا الفرن العالي ورمل بقايا الآجر) المستخدم لتحضير المونة.

جدول 3. مكونات مزيج الرمل الثلاثي (ركام ناعم طبيعي وإصطناعي)

Mix notation	DS (dune sand) رمل الكثبان	SS (slag sand) رمل الخبث	BS (brick sand) رمل الآجر
M_0	100	0	0
M_1	70	5	25
M_2	70	10	20
M_3	70	15	15
M_4	70	20	10
M_5	70	25	5

3- الأعمال المخبرية

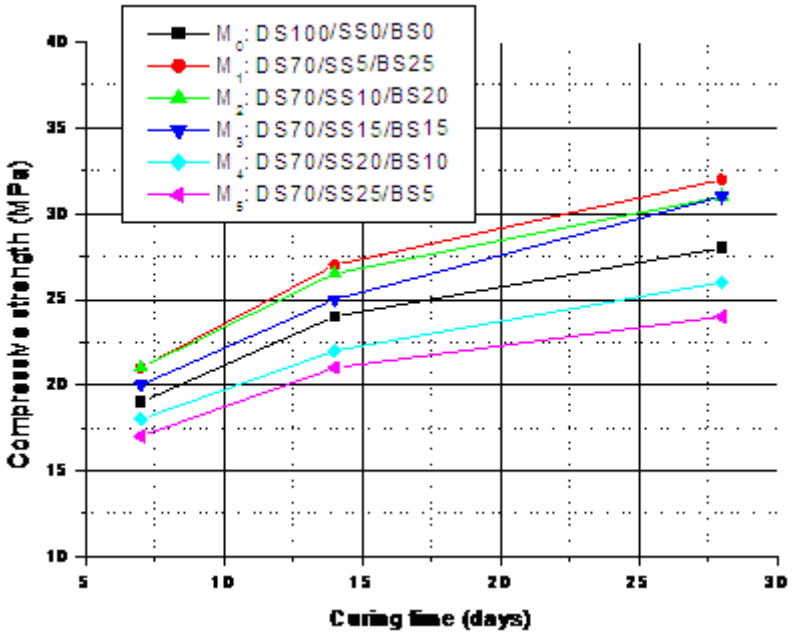
قمنا بتحضير مونات من نوع 3/1 تحتوي على مزيج من الرمل (ركام ناعم طبيعي وإصطناعي) و هذا من أجل القيام بالتجارب التالية: الإنحناء و الضغط.

لقد قمنا بتحضير عينات موشورية الشكل مقاييسها (4 x 4 x 16 سم^3) من المونة. بعد الإنتهاء من تحضير العينات تغلف بالبلاستيك (لمنع تبخر ماء الخلط) لمدة 24 ساعة ثم تفك من القوالب وينزع البلاستيك وتوضع في الماء لمدة 7، 14 و28 يوم وذالك لإجراء الإختبارات الخاصة بها.

4- نتائج التجارب

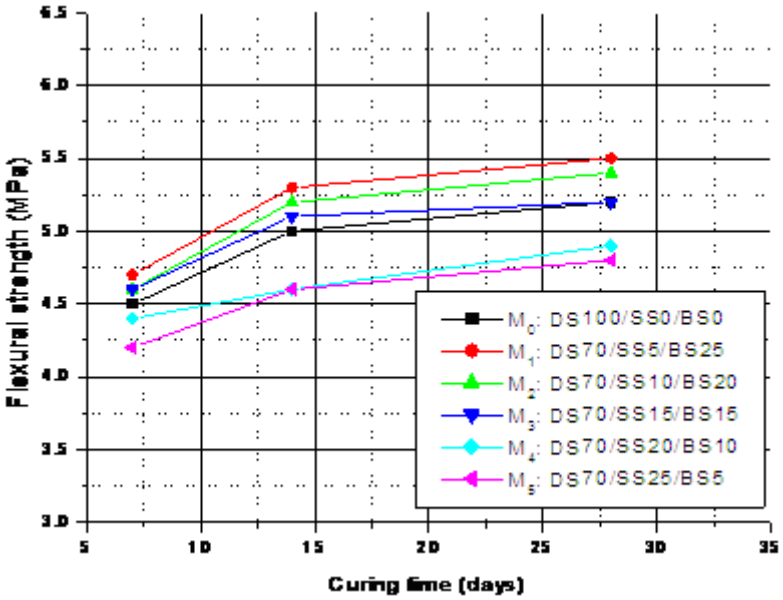
- **تأثير نوعية الرمل (المكونات الكيميائية والتركيب الحبيبي) على ا لمقاومة الميكانيكية للضغط والإنحناء للمونة:**

النتائج المحصل عليها خلال تنفيذ برنامج التجارب الميكانيكية لمقاومة الضغط والإنحناء للمونة هي موضحة في الشكلين 2 و3.



شكل 2 تأثير نوعية الرمل على مقاومة المونة للضغط

نستنتج حسب النتائج المحصل عليها أنه كلما زادت نسبة الفراغات للرمل (المسامية) وتوزيع حبيبي غير منتظم للركام كلما تتأثر وتنقص المقاومة الميكانيكية للضغط والإنحناء للمونة وهذا بسبب تغير التركيب الكيميائي والفيزيائي للركام مما يسبب تغيرا في نسبة الفراغات وكمية الإسمنت اللازمة للحصول على مونة متراصة وذلك لأن هذين العنصرين يعتبران الأساسين في تطور أو زيادة المقاومة للمونة.



شكل 3 تأثير نوعية الرمل على مقاومة المونة للإنحناء

نلاحظ أن عملية خلط الرمل (رمل طبيعي ورمل إصطناعي) تضمن زيادة في المقاومة الميكانيكية للمونة المختبرة (70 ٪ من رمل الكثبان و 30 ٪ من رمال الخبث و الطوب).

نستنتج من ذلك أنه كلما كان التدرج أو التوزيع الحبيبي منتظما للركام كلما زادت المقاومة الميكانيكية للضغط والإنحناء للمونة نتيجة الحصول على تدرج حبيبي منتظم ونقص في نسبة الفراغات والمسامية.

إن هذه العملية (تصحيح التوزيع الحبيبي للرمل) تضمن :

أولا : زيادة في المقاومة الميكانيكية للضغط والإنحناء للمونة .

و ثانيا : تصحيح الخصائص الكيميائية والفيزيائية لأنواع الرمل المستعملة.

5- الخاتمة

تطرقنا في هذا العمل التجريبي إلى دراسة مدى تأثير نوعية الرمل (التركيب الكيميائي والتوزيع الحبيبي) على مقاومة المونة المصنوعة من مواد أولية محلية، ومن خلالها نستنتج ما يلي:

إن طبيعة الرمل والتدرج الحبيبي للرمل يمثلان السبب الرئيسي في تغيير المقاومة الميكانيكية (مقاومة الضغط والانحناء) للمونة المختبرة تجريبيا.

تبين هذه الدراسة أهمية هذه الطريقة المستعملة لتحضير مونة من مزيج من الرمل (70 ٪ من رمل الكثبان و30 ٪ من رمال الخبث والطوب) من أجل تصحيح الخصائص الكيميائية والفيزيائية لأنواع الرمل المستعملة.

إن المقاومة الميكانيكية للضغط والإنحناء للمونة المحضرة من مزيج من الرمل (M_1 ، M_2 و M_3 بالنسبة للمقاومة الميكانيكية للضغط و M_1 و M_2 بالنسبة للمقاومة الميكانيكية للإنحناء) تعطي نتائج مقبولة وجد إيجابية بالمقارنة مع نتائج المونة الأخرى.

المراجع :

[1] G. Baronio, L. Binda, "Study of the pozzolanicity of some bricks and clays", Construction and Building Materials, (1997) PP. 41-46.

[2] S. Wild Gallius, A. Gailius, H. Hansen, L. Pederson, J. Szwabowski, "Pozzolanic properties of a variety of European clay bricks", Building Research Inforormation, (1997) PP. 170-175.

[3] S. Vanchai, C. Jaturapitakkul, K. Kiattikomol, "Influence of pozzolan from various by-product materials on mechanical properties of high-strength concrete", Construction and Building Materials, (2007) PP. 1589-1598.

[4] A. Naceri, M. Chikouche Hamina, "Effect of the pozzolanic admixture (waste bricks) on the mechanical response of mortar", International Journal of engineering, (2008) PP. 1-8.

[5] F. Debieb, S. Kenai, "The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete", Construction and Building Materials, (2008) PP. 886-893.

إستخدام التربة كمادة أساسية في البناء

هدى عبد الكريم الباشا
محاضر مساعد – المعهد العالي للمهن الشاملة، الزاوية – ليبيا
ha.albasha@yahoo.com
م. محمود صالح صالح
محاضر– المعهد العالي للمهن الشاملة، الزاوية – ليبيا
mahmoudbshina@yahoo.com

ملخص

التربة مادة إنشائية قديمة مازالت تستعمل في العديد من أنحاء العالم، لما لها من خاصية عزل حراري عالية جدا، وهي مصدر غير سام قابل للتجديد بوجود المواد الإنشائية المصنعة الضارة بالأرض، كما أن لها قوة ضغط عالية وقوة شد منخفضة نسبيا، والبناء الطيني أثبت ولازال أنه الأفضل في المباني القليلة الارتفاع التي تبنى في بيئة حارة وهو من المواد المحلية المتوفرة في ليبيا والتي ليس لها مصانع كبيرة ضارة بالبيئة، وهناك عدة أنواع من مواد البناء التي تنتج من التربة كالطين و الآجر والطوب الرملي، والبناء بها يحافظ على البيئة من التلوث ويهدف إلى الاستدامة.

وتهدف هذه الورقة إلى التعريف بمادة بناء حديثة قديمة ودراسة خواصها ومدى استخدامها حديثا في العديد من المباني المختلفة ومدى ملائمتها بيئيا ومحليا...

كلمات دالة: الطين – التربة – البيئة – العزل الحراري – التلوث – الاستدامة.

1-المقدمة

التربة هي مادة البناء القديمة التي استعملت حول العالم مند آلاف السنين، ولا يزال جزء كبير من سكان العالم يعيش في مباني مبنية من التربة، وهي ليست منتشرة في الدول الفقيرة فقط بل أن العديد من دول العالم الأول تبنى مبانيهم من التربة، وقد ذكرت الباحثة "هدى الباشا 2008" بأن مادة التربة مادة طبيعية صديقة للبيئة مما يجعل المباني المبنية بها مباني صحية [3]؛ أيضا البناء بالتربة يساهم في المساعدة في الإدارة المستدامة لموارد الأرض، فيمكن البناء بها باستخدام آلات بسيطة وطاقة بشرية، وهي تجنب الاستخدام الجائر للأرض والغابات والتلوث، وهي ذات خاصية عزل كبيرة تساهم في تخفيض تكاليف الطاقة طوال حياتنا عبر استخدامها في المنازل، كما أنه يتم تدويرها في النهاية في عودتها إلى الأرض[4].

ومن العوامل التي عن طريقها يمكن توفير جزء كبير من الطاقة اختيار مواد بناء ذات طاقة إنتاجية أولية منخفضة، كما تعتبر مادة التربة من مواد الإنشاء ذات طاقة إنتاج أولية منخفضة مقارنة بينها وبين مواد الإنشاء المختلفة، حيث وجد أن متر مكعب واحد من التربة يحتاج للنقل والتحضير 1% تقريبا من طاقة الإنتاج الأولية الضرورية لإنتاج 1م3 من الخرسانة العادية وإلى 0.3 % من طاقة الإنتاج الأولية الضرورية لإنتاج 1 متر 3 من الخرسانة المسلحة [5].

كما أن التربة كتلة حرارية جيدة للتدفئة الطبيعية من الشمس وتحافظ على مناخ متوازن للفراغات الداخلية ، وتعتبر مادة عازلة للصوت وغير قابلة للاحتراق، ملمس ناعم جميل وألوان هادئة مما يجعل للناس رغبة في البناء به؛ لكن الوقت الطويل المبذول والنفقات المطلوبة لاختبارات التربة وقيود التصميم من حيث حجم فتحات الأبواب والنوافذ وارتفاعات الجدران وشكل الأسقف تعتبر من عيوب البناء بالتربة [4].

تختلف جودة تربة البناء من تربة إلى أخرى باختلاف البيئة المحيطة، تبعا لنوع التربة الموجودة في المنطقة و اختلاف درجات الحرارة ومعدل تساقط الأمطار، و تتكون التربة المستخدمة في البناء من خليط من عدة أنواع من الترب على النحو التالي:

التربة الطينية (Clay Soil)

هي تربة تتكون من أجزاء دقيقة جدا لا تتجاوز أقطار حبيباتها 0.002 مليمتر ، قد تكون هذه التربة خصبة جدا في بعض الأحيان إلا أنها تفتقر دائما إلى الصرف الجيد (أي يصعب تسرب الماء والهواء في مساماتها), وإذا كانت التربة رطبة فستتكتل وتتحد وتمنع بدورها دخول الهواء فيها، و إذا كانت جافة فستتشقق و تحدث شقوقا كبيرة من جراء تماسك حبيباتها.

التربة الطميه (Silt Soil)

هي تربة أو مادة حبيبية تتراوح حجم حبيباتها بين الرمل والطين، الطمي يمكن أن يتواجد كتربة أو كصخور مترسبة في مصدر مائي على سطح الأرض، و يتواجد الطمي أيضا على شكل تربة مترسبة في قعر المصدر المائي.

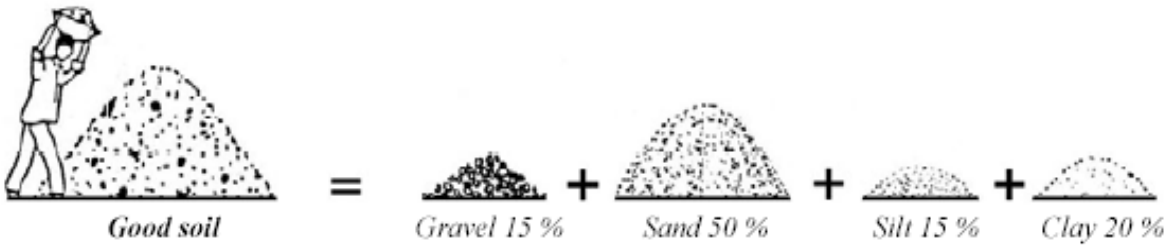
إن الاختلاف بين الطين والطمي هو ان جزيئات الطين أصغر من الطمي (الصلصال)، كما أن الطين لزج بينما الطمي مفكك أو محلحل وجسيمات الطمي تكون أكبر من جزيئات الطين، يتراوح أقطار حبيباتها من 0.002 إلى 0.06 مليمتر

التربة الرملية (Sand Soil)

هي تربة تتكون من حبيبات كبيرة يتراوح أقطار حبيباتها من 0.06 إلى 2 مليمتر. تسمى بالتربة الخفيفة لأنها سهلة العزق في جميع حالات الطقس، و نظرا لنسبة الماء الضئيلة التي يمكن أن تحتفظ بها هذه الأتربة فإنها تجف بسرعة،

الحصى (Gravel) : هي تربة خشنة يتجاوز أقطار حبيباتها 2 مليمتر.

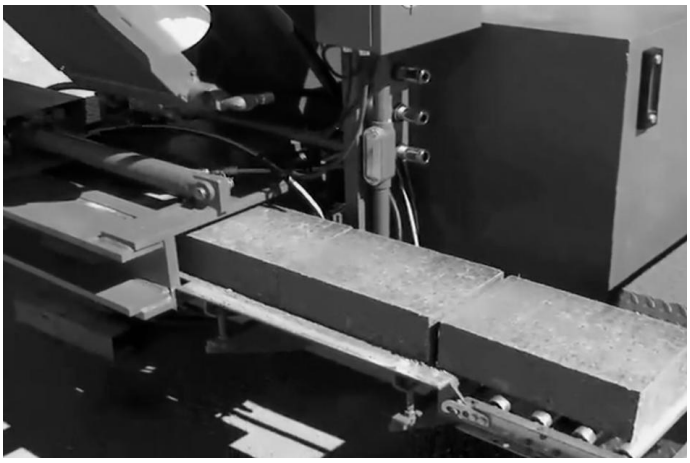
لصناعة طوب جيد ومتين من التربة يتطلب استخدام خليط من الرمل والحصى مع الطين والطمي لربط جزيئات الرمل معا، واستخدام الماء بنسب معينة، أنظر شكل رقم 1، [3].



الشكل رقم 1 يمثل النسب الافضل لصنع الطوب

ومن فوائد البناء بالطوب الخام الغير معالج (النيء) أنه أقل توصيل للحرارة من الطوب المعالج (الأحمر) كما أنه ذو سعة كبيرة للاحتفاظ بالحرارة وهذا يساعد علي دفء مباني الطوب النيء في الشتاء واعتدال جوها في الصيف ويساعد ذلك أن سمك حائط الطوب النيء أكبر من الطوب الأحمر وهذا يساعد أيضاً علي بطء انتقال الحرارة خلاله ، فجدار التربة بسماكة 40 سم يؤخر انتقال الحرارة لأكثر من 15 ساعة، بينما الجدار الاسمنتي وبنفس السماكة يؤخر الانتقال مدة 8 ساعات[3].

تهدف هذه الورقة إلى التعريف بطوب البناء المصنوع من الترب الطبيعية والموجودة بمناطق وقرى وسط وجنوب ليبيا (اوباري كنموذج) ويصنع في ذات المكان وباستخدام آلات سهلة النقل والاستخدام وقليلة استهلاك الطاقة انظر الصورة رقم1 ، وإجراء دراسة حول الترب المستخدمة في إنتاج الطوب ومعرفة خواصها الطبيعية والميكانيكية ، ولتحقيق هذا الهدف أعد الباحث برنامج اختبارات معملية سيتم شرحه لاحقا.



الصورة رقم 1: إنتاج الطوب من التربة الطبيعية في منطقة أوباري

2- الاختبارات

استخدم الباحثان الطوب المصنوع من الترب الطبيعية بمنطقة أوباري لتحقيق هدف البحث، وقد تم جلب الطوب بأحجامه، وكمية من الترب المستخدمة في صنع الطوب وأجري عليها التجارب الآتية:

2-1 اختبار مقاومة الضغط والكثافة للطوب المصنوع من الترب الطبيعية

تم جلب عينات الطوب المصنوع من التربة من أحد المواقع التي تنتج الطوب بمنطقة اوباري من ثلاث مناطق مختلفة وفقا للمصدر ونوع التربة المستخدمة في إنتاج الطوب.

تم تحضير العينات من الطوب المنتج باستخدام قاطع كهربائي انظر الصورة رقم 2، جهزت العينات على شكل مكعبات أبعادها 10 سمX 10 سم X سمك الطوبة لغرض إجراء اختبار الضغط.

أجري اختبار الضغط لمكعبات الطوب باستخدام جهاز الضغط المبين بالصورة رقم 3، وتم فحص العينات ومعاينة الانهيار بعد إجراء الاختبار للتحقق من نمط الانهيار. أنظر الصورة رقم 4، اجري هذا الاختبار والعينات كانت جافة بالهواء. وقبل إجراء اختبار الضغط قام الباحثان بوزن المكعبات لمعرفة كثافة التربة ومقارنتها باختبار أقصى كثافة معملية.

2-2 اختبار الوزن النوعي

أجري هذا الاختبار وفق المواصفة (ASTM D854) للتربة المستخدمة في إنتاج الطوب ولأنواع التربة المصنوع منها الطوب[2] .



الصورة رقم 2 تحضير العينات لاختبار الضغط



الصورة رقم 3 اختبار الضغط لعينات المكعبات



الصورة رقم 4 تبين نمط الانهيار لمكعب التربة

2-3 اختبار التحليل المنخلي للتربة المستخدمة بالطوب

أجري اختبار التحليل المنخلي وفقا للمواصفة ASTM D422 (ASTM D2487) [2]، واستخدم المناخل القياسية لمعرفة التوزيع الحبيبي للتربة المستخدمة في إنتاج الطوب، انظر الصورة رقم 5، وتم تحضير العينات من الطوب والمكعبات المختبرة بتفكيك التربة بالماء واستخدام طريقة النخل بالماء.



الصورة رقم 5 التحليل المنخلي باستخدام الماء

2-4 اختبار حدي السيولة واللدونة

أجري هذان الاختباران وفقا للمواصفة AASHTO.T-88&T-90 لخليط التربة المصنوع منها الطوب [1]

3- عرض النتائج

من خلال برنامج الاختبارات والنتائج المتحصلة عليها أمكن مناقشة هده النتائج وذلك حسب الآتي:

أولا: نتائج اختبارات مقاومة الضغط والكثافة للطوب المصنوع من الترب الطبيعية

أ- نتائج اختبار مقاومة الضغط لمكعبات الطوب وحساب كثافة الطوب

أجري هذا الاختبار وفقا للبرنامج العملي وكانت النتائج حسب الجداول رقم (1، 2، 3).

جدول رقم 1 يوضح نتائج مقاومة الضغط والكثافة لمكعبات الطوب للخليط A

رقم العينة	وزن العينة جم	مساحة المقطع سم2	السمك سم	الكثافة جم/سم3	اجهاد الكسر ن/مم2
A1	2240	108.16	10.4	1.99	-
A2	1752	110.25	8.5	1.86	1.85
A3	1834	110.25	8.5	1.957	2.35
A4	2157	100	10	2.157	–

جدول رقم 2 يوضح نتائج مقاومة الضغط لمكعبات الطوب للخليط B

رقم العينة	وزن العينة جم	مساحة المقطع سم2	الارتفاع سم	الكثافة جم/سم3	اجهاد الكسر ن/مم2
B4	2258	110.25	10.5	1.95	1.54
B5	2198	106.09	10.3	2.01	1.50

جدول رقم 3 يوضح نتائج مقاومة الضغط والكثافة لمكعبات الطوب للخليط C

رقم العينة	وزن العينة جم	مساحة المقطع سم2	الارتفاع سم	الكثافة جم/سم3	اجهاد الكسر ن/مم2
C7	2270	110.25	10.5	1.96	1.81
C8	2342	110.25	10.5	2.02	2.13
C9	2332	110.25	10.5	2.01	2.04
C10	2498	106.09	10.2	2.30	1.93
C11	2472	104.04	11.7	2.03	2.11

ب– نتائج اختبار أقصي كثافة جافة بالمعمل

أجري هذا الاختبار باستخدام البروكتر المعدل حسب المواصفة رقم 1557 (ASTM) وكانت النتائج وفق الجدول رقم 4

الجدول رقم 4 يوضح نتائج تجربة البركتور

الخليط	أقصى كثافة جافة	المحتوى المائي %
A	1.989	8.3
B	2023	11.79
C	2021	9.52

ثانيا: نتائج اختبار الوزن النوعي

أجري هذا الاختبار تبعا للمواصفة (ASTM D854) وكانت النتائج وفق الجدول رقم 5

الجدول رقم 5 يوضح نتائج الوزن النوعي

الخليط	الوزن النوعي
A	2.539
B	2.560
C	2.457

ثالثا: نتائج اختبار التحليل المنخلي للتربة

أجري هذا الاختبار لمعرفة التوزيع الحبيبي لخليط التربة تبعا للمواصفة ASTM D422 وكانت النتائج وفق الجداول من 6 الى 8

الجدول رقم 6 يوضح نتائج التحليل المنخلي لخليط التربة A

g 200Start weight =		weight after washing=126.8 grm		Mix A
Sieve number	Sieve size mm	Cumulative grm	Retained %	Passing %
4	5.0	4.20	2.10	97.90
10	2.0	14.40	7.20	92.80
12	1.18	22.20	11.10	88.90
30	0.600	40.90	20.45	79.55
40	0.425	56.40	28.20	71.80
50	0.300	78.60	39.30	60.70
100	0.150	108.60	54.30	45.70
200	0.075	126.10	63.05	36.95
Pan	Pan	73.90	36.95	0.00

الجدول رقم 7 يوضح نتائج التحليل المنخلي لخليط التربة B

Start weight = 200grm		weight after washing = 138.8grm		Mix = B
Sieve number	Sieve size mm	mass of accumulative	Retained %	Passing %
4	5.0	20.80	10.40	89.60
10	2.0	29.60	14.80	85.20
12	1.18	37.60	18.80	81.20
30	0.600	55.40	27.70	72.30
40	0.425	70.60	35.30	64.70
50	0.300	91.80	45.90	54.10
100	0.150	120.80	60.40	39.60
200	0.075	138.20	69.10	30.90
Pan	Pan	61.80	30.90	0.00

الجدول رقم 8 يوضح نتائج التحليل المنخلي لخليط التربة **C**

grm 200Start mass =		the mass after washing= 105.4grm		Mix = C
Sieve number	Sieve size mm	mass of accumulative	Retained %	Passing %
4	5.0	1.80	0.90	99.10
10	2.0	8.40	4.20	95.80
12	1.18	15.20	7.60	92.40
30	0.600	31.60	15.80	84.20
40	0.425	44.80	22.40	77.60
50	0.300	62.60	31.30	68.70
100	0.150	87.20	43.60	56.40
200	0.075	105.40	52.70	47.30
Pan	Pan	94.60	47.30	0.00

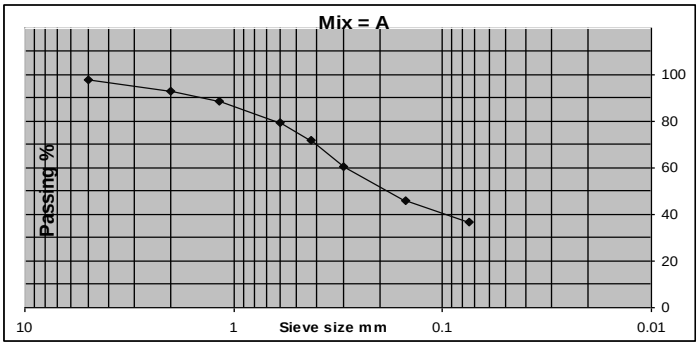
4- مناقشة النتائج

من خلال النتائج المتحصل عليها من إجراء الاختبارات سواء على التربة المصنوع منها طوب البناء موضوع الدراسة او الطوب نفسه، انقسمت النتائج وفق نوع التربة إلى ثلاثة أنواع حسب الخليط الطبيعي وقد سميت A,B,C ومن أهم الخواص المطلوبة لطوب البناء المصنوع من التربة الطبيعية المتوفرة بمواقع البناء هي مقاومة الضغط، والتماسك بين

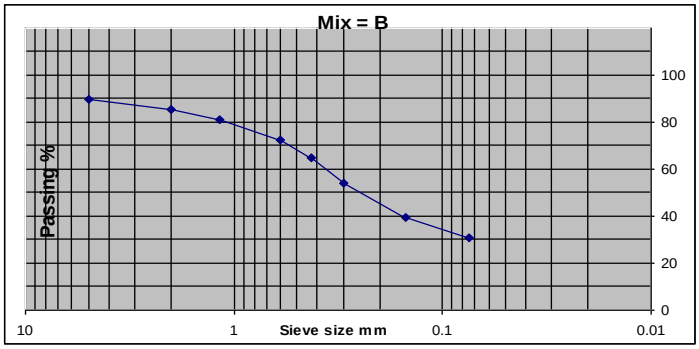
حبيبات التربة، ومقاومتها للعوامل الجوية، والتوزيع الحبيبي للتربة، ونسبة المواد الناعمة به والتي تمر من منخل رقم 200، وأقصى كثافة بالمعمل وبعض الخواص الأخرى. الطوب الذي أجريت عليه الدراسة قد صنع باستخدام آلة ضغط تصل به الى أقصى كثافة مطلوبة بالاعتماد على مكونات التربة ذاتها (انظر الصورة رقم 1) وتعطي له الخواص المطلوبة للبناء.

ويعرض هذا الجزء من الدراسة مناقشة النتائج وإجراء المقارنة بين الأنواع المختلفة من الترب وخواص المتحصل عليها من صنع الطوب بغية الوصول إلى أفضل النتائج لإنتاج طوب يصلح للبناء.

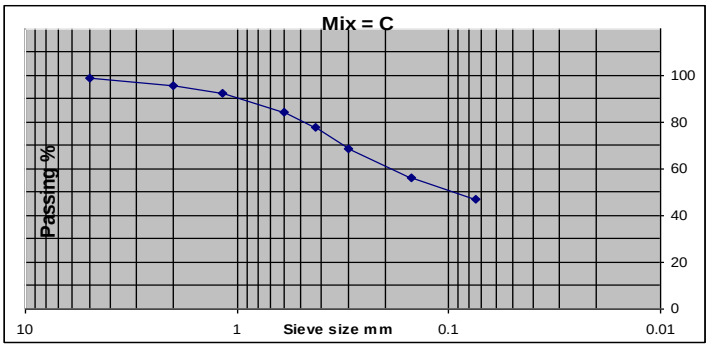
اختلف التوزيع الحبيبي للتربة المستخدمة لصنع الطوب تبعا لخليط التربة، مع أن النتائج أتت متشابه في شكل منحني التوزيع الحبيبي، انظر الشكل رقم 2 و 3 و4، فكانت نسبة المار من المنخل 200 بالخليط A 36.95% والخليط B 30.9% والخليط C 47.30 % ، بينما كانت نسبة الرمل 55.85 % ، 54.3%، 48.5% على التوالي والباقي عبارة عن حصى حجمه اكبر من 2مم، وكانت نسبته علي التوالي 7.2 % ، 14.8 % ، 4.2 % للخليط A,B,C .



الشكل رقم 2 يوضح التوزيع الحبيبي للخليطA



الشكل رقم 3 يوضح التوزيع الحبيبي للخليط B



الشكل رقم 4 يوضح التوزيع الحبيبي للخليطC

والجدول رقم 9 يعطي فكرة واضحة حول النسب المختلفة لمكونات الترب حسب أحجامها بالإضافة إلى الوزن النوعي لكل خليط وأقصى كثافة جافة بالمعمل (البروكتر)، حيث نلاحظ الارتباط بين قيمة الوزن النوعي والنسبة المئوية للطين والطمي والحصى بالخليط، يزيد الوزن النوعي بنقصان المار من المنخل رقم 200 ويزداد بزيادة الحصى بالخليط.

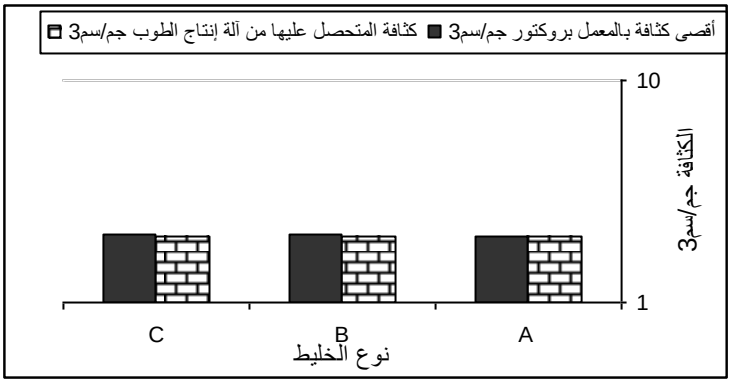
الجدول رقم 9: يوضح النسب المئوية لمكونات الترب، والوزن النوعي لها

الخليط	النسبة المئوية			الوزن النوعي
	حصى	رمل	طمي وطين	
A	7.2	55.8	36.95	2.539
B	14.8	54.3	30.9	2.560
C	4.2	48.5	47.3	2.457

ومن جهة أخري فان الجدول رقم 10 يوضح الكثافة المتحصل عليها بالمعمل (البروكتر) مقارنة بالمتحصل عليها باستخدام آلة إنتاج الطوب أتت النتائج متوافقة إلى حد كبير، و الشكل رقم 5 يعطي فكرة واضحة أن الطوب المنتج يكون بأعلى كثافة ممكنة دون النظر إلي المحتوي المائي وهو يعتمد علي نوع الخليط وليس له علاقة بمقاومة الضغط لمكعبات الطوب.

الجدول رقم 10 يوضح الكثافة المتحصل عليها من الطوب وأقصى كثافة بالمعمل بروكتور

الخليط	كثافة المتحصل عليها من آلة إنتاج الطوب جم/سم3	أقصى كثافة بالمعمل بروكتور جم/سم3
A	1.990	1.989
B	1.980	2.023
C	2.002	2.021



الشكل رقم 5 يوضح أقصى كثافة جافة بالمعمل والمتحصل عليها من آلة إنتاج الطوب

بالنظر إلي نتائج مقاومة الضغط وفي حالة الجفاف بالهواء وفي أقصى كثافة للطوب المنتج بمنطقة اوباري موضوع الدراسة والتي كانت متوسط القيم لها بعد إجراء التصحيح اللازم حسب سمك العينة 1.92 ن/مم 2 ,1.52 ن/مم 2 ،2.004 ن/مم2 للخيط C ,B , A على التوالي، وبدون اضافة أي محسنات لصفات الطوب نجد أن العينات المختبرة كانت متماسكة وانهارت تحت تأثير الضغط المسلط عليها بنمط انهيار الضغط وهذا يقوي الاعتقاد أن حبيبات التربة متماسكة كفاية ولم يحدث انهيار في تماسك الحبيبات بنمط أخر غير الضغط، انظر الصورة رقم 4.

5- الخلاصة

من خلال النتائج المتحصل عليها والمناقشة السالفة الذكر يتضح الآتي:

1. تزداد مقاومة الضغط بزيادة نسبة الطين والطمي بالخليط
2. نمط انهيار العينات تحت تأثير قوي المسلطة كان نمط انهيار الضغط.
3. التماسك للعينات كان جيد في الحالة الجافة وتنهار بغمرها بالمياه.

6- التوصيات

1.يوصى استخدام الطوب في المناطق الجافة.

2. يوصي باستخدام محسنات لتحسين خواص البلل وتعرضها للرطوبة.

المراجع

[**1**] (American Association of State Highway and Transportation Officials), (444 North Capitol Street, N.W., Suite 249, Washington, D.C. 20001 fourth edition 2001)

[**2**] (American Society for Testing and Materials - ASTM)

[**3**] (Huda Albasha, Green Architecture), Msc theses, 2008

[**4**] (Waitakere City Council's Sustainable Home Guidelines, Earth Building), (http://www.waitakere.govt.nz , 2006)

[**5**] (د. محمد عمران امبارك، د. محمد خليفة علي، هندسة الرصف) ، (منشورات مكتب البحوث والاستشارات الهندسية جامعة الفاتح 2003–2004 الطبعة الأولى) ، صفحة 30– 32 – 35

[**6**] (د .مختار علي عبد الحفيظ عبده، تطوير تقنية حديثة للبناء الطيني) ، (جامعة آب – اليمن)

سلوك الأعمدة الخرسانية القصيرة المحملة محوريا والمنفذة باستخدام الركام المخلوط

د.أحمد الجابرى
مدرس بالمركز القومى لبحوث الإسكان والبناء– الجيزة– مصر
مكتب البنيان مهندسون استشاريون– طرابلس– ليبيا
ahmedgabry1@yahoo.com

الملخص

تعتبر الأعمدة الخرسانية المعرضة لأحمال ضغط محورية أهم العناصر الإنشائية التى تتأثر بمقاومة الضغط للخلطة الخراسانيق وبالإشارة إلى الموصفات الأمريكية القياسية (ASTM-C33-08) والتى تسمح باستخدام أى خليط أو مزيج من الركام الحصى الطبيعى أو المهشم أو استخدام الأحجار المهشمة أو أى أنواع مختلفة كركام كبير في الخلطات الخرسانية، فإن هذا البحث يدون نتائج دراسة معملية تم تنفيذها لتقييم تأثير استخدام نوعين مختلفين من الركـــام الكبير فى الخلطة الخرسانية على سلوك الأعمدة القصيرة المعرضة لأحـــمال ضغط محـــورية. يسمى أحد النوعين من بالركام السيليسى (gravel) ويسمى الأخر بالحجر الجيرى dolomitic limestone .

تم صب (10) عينات من الأعمدة الخرسانية باستخدام خلطتين مختلفتين، إحداهما لإنتاج خرسانة ذات مقاومة ضغط عادية (f_{cu} = 25 MPa) والأخرى لإنتاج خرسانة ذات مقاومة ضغط عالية (f_{cu} = 60 MPa). وتتكون كل خلطة من (5) أنواع من الخليط حسب نسب الخلط بين النوعين المختلفين من الركام الكبير. تشمل المتغيرات الرئيسية نوع الركام ونسب الخلط ومقاومة الضغط للخرسانة.

أظهرت نتائج الدراسة أن استخدام الركام الكبير المخلوط بنسب مختلفة فى الأعمدة الخرسانية يحسن من سلوك الأعمدة بزيادة سعتها التحميلية وتحسين شكل العلاقة بين الانفعال والحمل. وكان من الملفت للنظر فى هذه الدراسة أنه لنفس الخلطة الخرسانية، يؤدى زيادة نسبة الحجر الجيرى إلى زيادة فى السعة التحميلية للأعمدة تصل إلى 35% و 19% فى حالة مقاومة الضغط العادية والعالية على الترتيب مقارنة بالأعمدة التى تم صبها باستخدام الركام السليسى فقط .

الكلمات الدالة: الخرسانة– الركام الكبير– الركام المخلوط–الخلطة الخرسانية–مقاومة الضغط للخرسانة–الأعمدة القصيرة

1– المقدمة

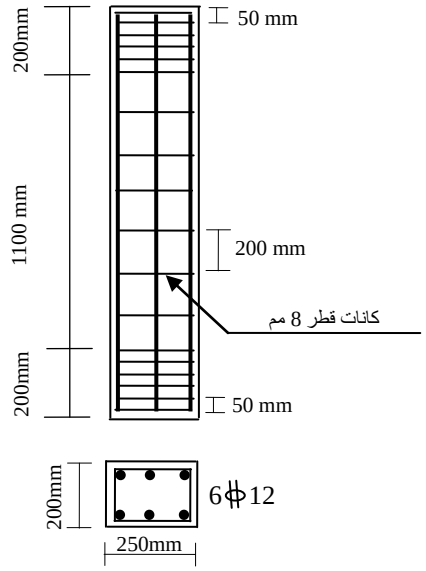
اهتم كثير من الباحثين بدراسة سلوك الأعمدة الخرسانية القصيرة والمحملة محوريا باستخدام مقاومة ضغط مختلفة للخرسانة المنفذ بها الأعمدة [1-3]، كما اهتم آخرون بدراسة سلوك الأعمدة المعرضة لأحمال ضغط محورية مصحوبة بعزوم أحادية أو ثنائية [4-6]. وقد أوضحت هذه الدراسات الدور الفعال لمقاومة الضغط للخرسانة فى تحسين سلوك الأعمدة حيث بزيادة مقاومة الضغط للخرسانة يزداد الحمل الأقصى الذى يتحمله العمود. قام أيضا بعض الباحثين بدراسات معملية على كيفية علاج الأعمدة أو تدعيمها باستخدام القمصان الخرسانية [7-10]، إلا أن جميع الأعمدة أو القمصان الخرسانية المختبرة فى هذه الأبحاث قد تم صبها بخلاطات خرسانية تقليدية من ركام من نوع واحد ولم تتعرض هذه الأبحاث لدراسة مدى تأثير استخدام الركام المخلوط على سلوك الأعمدة، وهو أمر أصبح ملحا بعد نقص مصادر الركام فى بعض أنواعها والوفرة فى أنواع أخرى بالإضافة إلى فروق الأسعار الكبيرة بين أنواع الركام المختلفة، كما هو الحال فى كثير من البلدان. ومن هنا نشأت فكرة هذا البحث، حيث يقدم البحث دراسة معملية لتقييم تأثير استخدام الركام المخلوط والمتمثل فى نوعين مختلفين من الركام الكبير هما الركام السليسى(Gravel) والحجر الجيرى (dolomitic lime stone) فى الخلطات الخرسانية المستخدمة فى صب مجموعة من الأعمدة ودراسة سلوك هذه الأعمدة تحت تأثير أحمال الضغط المحورية. تم دراسة تأثير عدد من العوامل المختلفة مثل مقاومة الضغط للخرسانة ونوع الركام الكبير ونسب الخلط بين نوعى الركام الكبير المختلفين. حديثا قدم أحد الأبحاث [11] دراسة معملية على مجموعة من المكعبات (150*150*150) تم صبها باستخدام خليط من الركام الكبير لدراسة تأثير استخدام خليط الركام على خواص الخرسانة والمتمثلة فى هذه الدراسة فى مقاومة الضغط ومعايير المرونة ومقاومة الانحناء، وقد تم استخدام مقاومة ضغط تقليدية فى هذه الدراسة (fcu= 25MPa).

2- البرنامج المعملى

2-1 تفاصيل الأعمدة المختبرة

يتكون البرنامج المعملى لهذا البحث من (10) أعمدة قصيرة ذات قطاع مستطيل (250*200 مم) وبطول 1500 مم. تم تسليح الأعمدة بحديد طولى عالى المقاومة (36/52)، عبارة عن (6) أسياخ قطر 12 وتسليح عرضى عبارة عن كانات قطر 8 مم من الحديد الطرى (24/37) وعلى مسافات رأسية كل 200 مم، مع تكثيف الكانات عند طرفى العمود لتكون كل 50 مم فى مسافة قدرها 200 مم من طرفى العمود، بالإضافة إلى استخدام رأسين حديديتين يتم تركيبهما عند

طرفى العمود وربطهما جيدا لتقوما بتحزيم طرفي العمود، وذلك لتجنب انهيار الأعمدة عند مناطق تركيز الإجهادات (طرفى العمود). يوضح الشكل(1) تفاصيل حديد التسليح للأعمدة المختبرة.



شكل (1) تفاصيل حديد التسليح للأعمدة

بالإضافة إلى هذه الأعمدة فقد تم صب (10) مجموعات من المكعبات الخرسانية (150*150*150 مم) لتمثل كل مجموعة نوعية الخرسانة للعمود المختبر وكذلك لتحديد مقاومة الضغط لخرسانة للعمود.

تم تقسيم الأعمدة إلى مجموعتين رئيسيتين، المجموعة الأولى تمثل (5) أعمدة والتى تم صبها باستخدام خرسانة ذات مقاومة ضغط تقليدية (f_{cu}=25 MPa)، فى حين تم صب المجموعة الثانية وتمثل (5) أعمدة باستخدام خرسانة ذات مقاومة ضغط عالية (f_{cu}=60MPa).

فى كل مجموعة من المجموعتين تم استخدام الركام المخلوط كركام كبير، حيث تم خلط نوعين مختلفين من الركام الكبير هما الركام السليسى(Gravel) والحجر الجيرى (dolomitic lime stone). وقد تم استخدام هذين النوعين من الركام الكبير لاستخدامهما الواسع فى مجال صناعة الخرسانة فى كثير من البلدان. فى هذه الدراسة تم استخدام نسب خليط مختلفة بين الركام السليسى والحجر الجيرى مع المحافظة على نفس نسب الخلط بين الركام الكبير والصغير لدراسة تأثير استخدام نوعين مختلفين من الركام الكبير على سلوك الأعمدة الخرسانية سواء كانت هذه الأعمدة ذات مقاومة ضغط تقليدية (25 ن/مم^2) أو مقاومة ضغط عالية (60 ن/مم^2). يوضح جدول (1) البرنامج المعملى لهذه الدراسة ومواصفات كل خلطة. تم استخدام الركام الناعم السليسى ذو معاير نعومة 2.8 وكثافة نوعية 2.6 ونسبة

امتصاص للماء 1.5%. وكما ذكر سابقا، مع كل نوع من الخليط تم صب (6) مكعبات ذات أبعاد (150*150*150 مم) لكل عمود واختبارها عند اختبار الأعمدة. تُركت الأعمدة ومجموعات المكعبات المناظرة للأعمدة فى جو المعمل لمدة (13) شهر تقريبا قبل اختبارها.

جدول (1) البرنامج المعملى وخصائص الخلطة الخرسانية لكل عمود

المجموعة	العمود	الخلطة الخرسانة	مقاومة الضغط المستهدفة	محتوى الاسمنت	محتوى المياه	الركام السليسى (كجم)	الحجر الجيرى (كجم)		الرمل	إضافات
الرمز	الرمز	الرمز	(ن/ مم2)	(كجم)	(لتر)	25 مم	12 مم	25مم	كجم	(لتر)
(1)	C1	NG100	25	350	160	120	---	---	60	---
	C2	ND100	25	350	160	---	60	60	60	---
	C3	N(G75,D25)	25	350	160	90	15	15	60	---
	C4	N(G50,D50)	25	350	160	60	30	30	60	---
	C5	N(G25,D75)	25	350	160	30	45	45	60	---
(2)	C6	HG100	60	500	105	120	---	---	60	50
	C7	HD100	60	500	105	---	60	60	60	50
	C8	H(G75,D25)	60	500	105	90	15	15	60	50
	C9	H(G50,D50)	60	500	105	60	30	30	60	50
	C10	H(G25,D75)	60	500	105	30	45	45	60	50

2-2 الخلطات الخرسانية المستخدمة

لتحقيق مقاومة الضغط المستهدفة للخرسانة (25 ن/مم^2، 60 ن/مم^2)، تم تصميم خلطتين مختلفتين مع المحافظة على نسبة الركام الكبير إلى الركام الصغير. يوضح الجدول (2) تصميم الخلطتين لنوعى الخرسانة المستخدمتين فى مجموعتى الأعمدة.

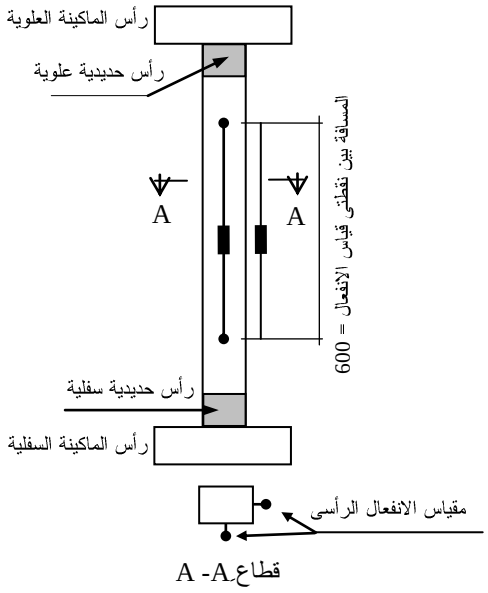
جدول(2) مكونات الخلطتين المستخدمتين فى صب الأعمدة

رقم الخلطة	مقاومة الضغط المستهدفة (ن/مم^2)	الأسمنت (كجم)	الركام الكبير (كجم)	الركام الصغير (كجم)	المياه (لتر)	غبار السليكا (كجم)
(1)	25	350	1200	600	160	---
(2)	60	500	1200	600	105	50

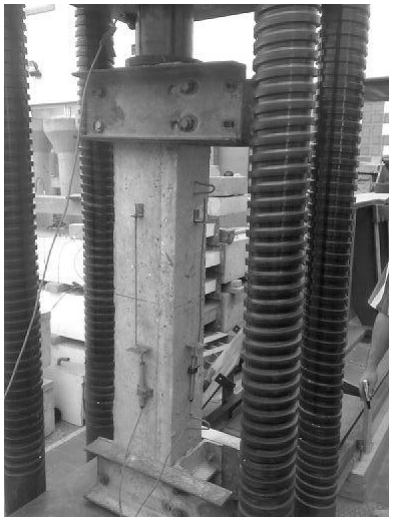
بمكونات الخلطة(1) تم صب عدد(5) أعمدة بنسب خليط مختلفة من الركام الكبير لتمثل الأعمدة المنفذة بخرسانة ذات مقاومة ضغط تقليدية (25 ن/مم^2)، بالإضافة إلى صب عدد(5) مجموعات من المكعبات من نفس الخلطات مع وضعها فى نفس ظروف الأعمدة ليتم اختبارها وقت اختبار الأعمدة. بمكونات الخلطة(2) تم صب عدد(5) أعمدة أخرى بنسب خليط مختلفة من الركام الكبير لتمثل الأعمدة المنفذة بخرسانة ذات مقاومة ضغط عالية (60 ن/مم^2)، بالإضافة إلى صب عدد(5) مجموعات من المكعبات من نفس الخلطات مع وضعها فى نفس ظروف الأعمدة ليتم اختبارها وقت اختبار الأعمدة. وبالرجوع إلى جدول(1) والذى يعرض نسب الخليط المختلفة لكل عمود. نجد تسمية الخلطات فى الجدول تتكون من 3 مقاطع، المقطع الأول يمثل مقاومة الضغط الخرسانة، حيث يشير N إلى مقاومة الضغط التقليدية (25 ن/مم^2)، H إلى مقاومة الضغط العالية (60 ن/مم^2)، ويشير المقطع الثانى إلى نوع الركام الكبير، حيث يشير Gإلى الركام السليسى، ويشير D إلى ركام الحجر الجيرى، ويشير المقطع الثالث إلى مقدار نسبة الركام الكبير فى الخلطة، فعلى سبيل المثال G25, D75 تعنى أن الخلطة تحتوى على 25% من الركام السليسى و 75% من الحجر الجيرى.

2-3 أجهزة القياس المستخدمة

تم استخدام مقاييس الانفعال الخطية Linear variable distance transducer, LVDT ذات طول (100 مم) لقياس الانفعالات فى طبقة الخرسانة. يوضح شكل (2)، وصورة (1) أماكن وضع أجهزة القياس.



شكل(2) تفصيل لوضع أجهزة القياس على عينات الأعمدة



صورة (1) توضح منظر عام لمقياسى الانفعال الطوليين المثبتين على الأعمدة

تم تجميع المدخلات على نظام التحكم بتسجيل جميع الانفعالات مقابل زيادة الحمل، ويتم تجميع القراءات ووضعها على ملف إلكترونى (excel file). توضح الصورة (2) طريقة الاختبار وجهاز تجميع البيانات. تم زيادة الحمل تدريجيا على العمود حتى الانهيار وتم تدوين قياسات LVDT عند كل حمل حتى حمل الانهيار، كما تم تسجيل القراءات بعد حمل الانهيار أثناء انخفاض الحمل لملاحظة سلوك الأعمدة المختبرة بعد حمل الانهيار.



صورة (2) توضح كيفية اختبار الأعمدة وجهاز تجميع البيانات

3- مناقشة النتائج

تم اختبار مجموعة المكعبات الخاصة بكل عمود عند اختباره. ويوضح الجدول (3) نتائج مقاومة الضغط لمجموعات المكعبات المناظرة لكل عمود. كما يوضح الجدول (4) الحمل الأقصى المتوقع و الذى تم حسابه طبقا للبند 10.3.6.2 من الكود الأمريكى ACI 318-2002 [12]، كما يوضح الجدول(4) الحمل الأقصى الفعلى لكل عمود.

جدول (3) مقاومة الضغط المميزة لمجموعات المكعبات الممثلة لخرسانات الأعمدة

مجموعة المكعبات	الخلطة الخرسانية	مقاومة الضغط المميزة (f_{cu})
الرمز	الرمز	(ن/ مم2)
C1	NG100	27.0
C2	ND100	29.3
C3	N(G75,D25)	26.0
C4	N(G50,D50)	27.9
C5	N(G25,D75)	27.5
C6	HG100	55.2
C7	HD100	62.5
C8	H(G75,D25)	60.4
C9	H(G50,D50)	57.0
C10	H(G25,D75)	63.0

جدول (4) الحمل الأقصى الفعلى لكل عمود

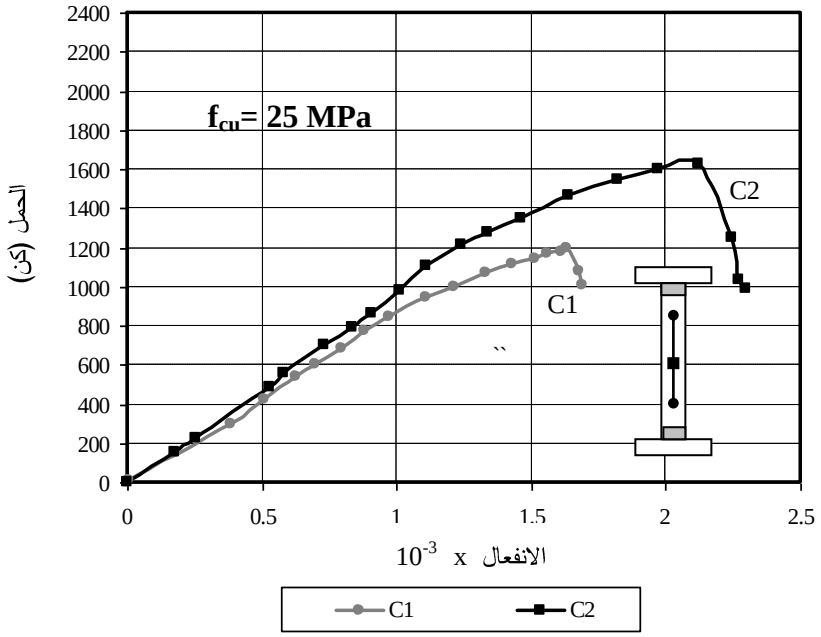
الخلطة	العمود	الخلطة الخرسانية	مقاومة الضغط المميزة	الحمل الأقصى المتوقع	الحمل الأقصى الفعلى
الرمز	الرمز	الرمز	(ن/ مم2)	(كن)	(كن)
(1)	C1	NG100	27.0	997.5	1197.8
	C2	ND100	29.3	1064.0	1622.9
	C3	N(G75,D25)	26.0	968.6	1255.8
	C4	N(G50,D50)	27.9	1023.5	1307.3
	C5	N(G25,D75)	27.5	1012.0	1436.1
(2)	C6	HG100	55.2	1812.5	1880.5
	C7	HD100	62.5	2023.5	2125.5
	C8	H(G75,D25)	60.4	1962.8	2038.0
	C9	H(G50,D50)	57.0	1864.5	2043.8
	C10	H(G25,D75)	63.0	2037.9	2067.2

تم تسجيل الانفعال الرأسى لكل عمود باستخدام مقياسين من الانفعال مقابل كل زيادة فى الحمل حتى الانهيار. وتوضح الأشكال (3 ~ 8) العلاقة بين متوسط الانفعال الرأسى والحمل المحورى على الأعمدة. ويمكن تلخيص نتائج هذه الدراسة فى التالى:

3-1 تأثير نوع الركام

الأعمدة المنفذة بخرسانة تقليدية (25 ن/مم^2)

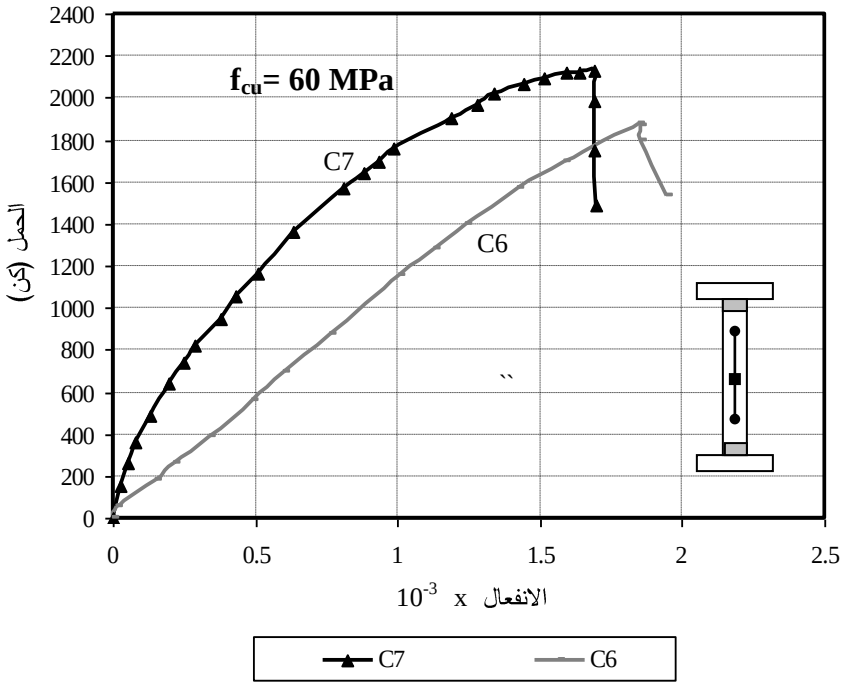
بالرجوع الى الجدول(4) الذى يوضح نتائج الاختبارات للأعمدة C1 ، C2 (f_{cu}= 25MPa)، وقد تم صبهما باستخدام نوعين مختلفين من الركام الكبير (الركام السليسى والحجر الجيرى) على الترتيب مع استخدام نفس نسب الخلطة التصميمية كما هو موضح فى الجدول(1). وبالإشارة إلى شكل(3) الذى يوضح العلاقة بين الانفعال والحمل لكل من العمودين يتضح أن حملي الانهيار للعمودين C1 ، C2 كانا 1197.8 كن، 1622.9 كن على الترتيب، وهو ما يوضح أن تغيير نوع الركام الكبير من الركام السليسى (Gravel) إلى الحجر الجيرى (dolomitic lime stone) لنفس نسب الخلطة الخرسانية أدى إلى زيادة حمل الانهيار للعمود C2 بنسبة 35%. ويعزى ذلك إلى التداخل الجيد بين حبيبات الحجر الجيرى وقوة التماسك بينها وبين عجينة الاسمنت، كما يلاحظ تقارب سلوك العمودين حتى حمل الانهيار وبعد حمل الانهيار كما هو واضح من شكل(3).



شكل (3) العلاقة بين حمل العمود المحورى ومتوسط الانفعال الرأسى للعمودين C2,C1 والمنفذين بنوعين مختلفين من الركام

الأعمدة المنفذة بخرسانة عالية المقاومة (60 ن/مم^2)

يتضح من الجدول(4) والشكل(4) أن حملى الانهيار للعمودين C6 ، C7 هما 1880.5 كن ، 2125.5 كن على الترتيب وهو ما يوضح زيادة حمل الانهيار للعمود C7 على العمود C6 بنسبة 13% والمنفذين بنوعين مختلفين من الركام الكبير وذوى خرسانة عالية الإجهاد (60 ن/مم^2).



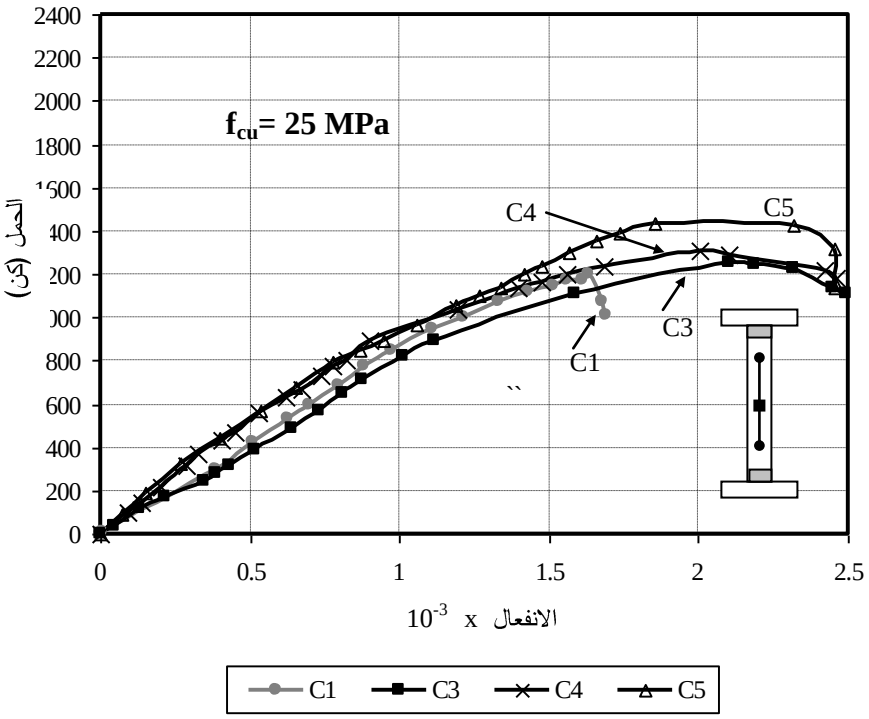
شكل (4) العلاقة بين حمل العمود المحورى و متوسط الانفعال الرأسى للعمودين C7,C6 والمنفذين بنوعين مختلفين من الركام

وتعزى الزيادة فى حمل الانهيار كما ذكر سابقا إلى التداخل الجيد بين حبيبات الحجر الجيرى وقوة التماسك بينها وبين عجينة الأسمنت كما تلاحظ تقارب سلوك العمودين حتى حمل الانهيار وبعد حمل الانهيار كما هو واضح من شكل(4).

2-3 تأثير استخدام خليط الركام

الأعمدة المنفذة بخرسانة تقليدية (25 ن/مم^2)

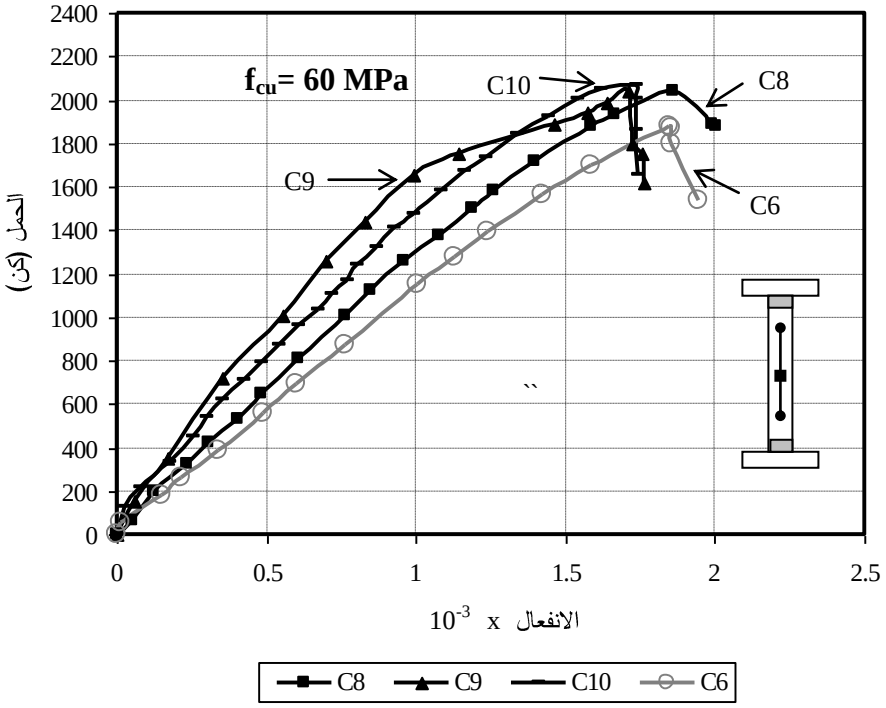
بالرجوع إلى الشكل (5) الذى يوضح العلاقة بين الانفعال والحمل لكل من الأعمدة C1، C3، C4، C5 وبالإشارة إلى الجدول (4) يتضح زيادة حمل الانهيار للعمود كلما زاد نسبة ركام الحجر الجيرى على الركام السليسى، حيث أظهرت النتائج أن حمل الانهيار للأعمدة C1، C3، C4، C5 هو 1197.8 كن، 1255.8 كن، 1307.3 كن، 1436.1 كن على الترتيب، وأنه باستبدال الركام السليسى بركام الحجر الجيرى بنسب 25% ، 50% ، 75% كانت نسبة الزيادة فى حمل الانهيار للأعمدة C3، C4، C5 هى 5%، 9%، 20% مقارنة بحمل العمود C1 المنفذ بنوع واحد من الركام الكبير(الركام السليسى). بالإضافة إلى أنه لم يتأثر سلوك الأعمدة كما هو واضح فى شكل (5).



شكل (5) العلاقة بين حمل العمود المحورى و متوسط الانفعال الرأسى للأعمدة C5,C4, C3,C1 والمنفذين بنسب خليط مختلفة من الركام

الأعمدة المنفذة بخرسانة عالية المقاومة (60 ن/مم^2)

بالرجوع إلى الشكل (6) الذى يوضح العلاقة بين الانفعال والحمل لكل من الأعمدة C6، C8، C9، C10 وبالإشارة إلى الجدول (4) يتضح زيادة حمل الانهيار للعمود كلما زاد نسبة ركام الحجر الجيرى على الركام السليسى، حيث أظهرت النتائج أن حمل الانهيار للأعمدة C6، C8، C9، C10 هو 1880.5 كن، 2038.0 كن، 2043.8 كن، 2067.2 كن على الترتيب، وأنه باستبدال الركام السليسى بركام الحجر الجيرى بنسب 25% ، 50% ، 75% كانت نسبة الزيادة فى حمل الانهيار للأعمدة C8، C9، C10 هى 8%، 9%، 10% مقارنة بحمل العمود C6 المنفذ بنوع واحد من الركام الكبير(الركام السليسى). بالإضافة إلى أنه لم يتأثر سلوك الأعمدة كما هو واضح فى شكل (6).



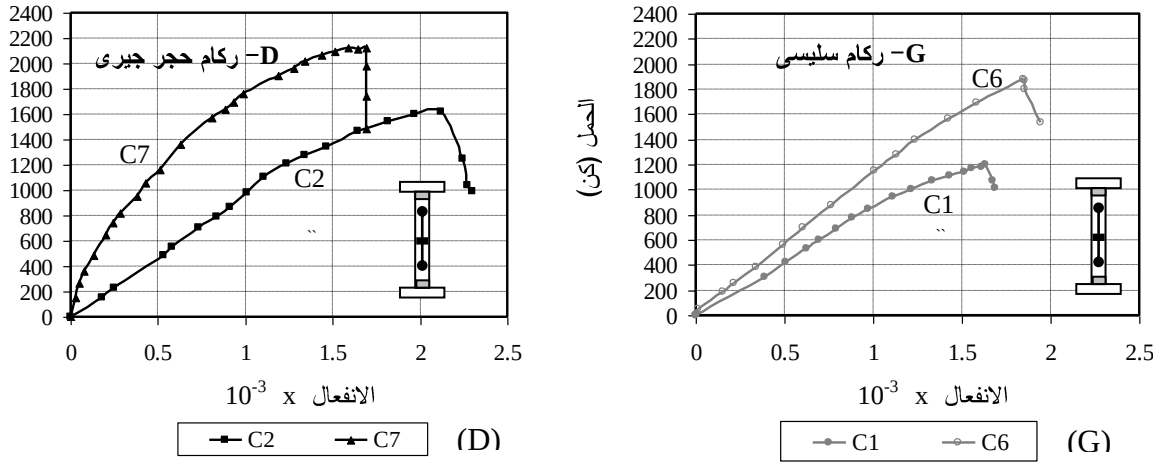
شكل (6) العلاقة بين حمل العمود المحورى و متوسط الانفعال الرأسى للأعمدة C10,C9, C8,C6 والمنفذين بنسب خليط مختلفة من الركام

3-3 تأثير مقاومة الضغط

الأعمدة المنفذة بنوع واحد من الركام

يوضح الشكل (7) العلاقة بين الانفعال والحمل لكل من العمودين C1، C6 المنفذين من الركام السليسى، وبالإشارة إلى الجدول (4) يتضح زيادة حمل الانهيار للعمود C6 المنفذ بخرسانة ذات مقاومة ضغط عالية (60 كن/م^2) على العمود C1 المنفذ بخرسانة ذات مقاومة ضغط تقليدية (25 كن/م^2)، حيث أظهرت النتائج أن حمل الانهيار للعمودين C1، C6 هو 1197.8 كن، 1880.5 كن ، على الترتيب، وأنه بزيادة مقاومة الضغط من (25 كن/م^2) إلى (60 كن/م^2)،

كانت نسبة الزيادة فى حمل الانهيار للعمود C6 هى 57% مقارنة بحمل الانهيار للعمود C1 . كما يوضح الشكل (7) العلاقة بين الانفعال والحمل لكل من العمودين C2، C7 المنفذين من الركام الحجر الجيرى، وبالإشارة إلى الجدول (4) يتضح زيادة حمل الانهيار للعمود C7 (مقاومة ضغط عالية =60 كن/م^2) على العمود C2 (مقاومة ضغط تقليدية =25 كن/م^2)، حيث أظهرت النتائج أن حمل الانهيار للعمودين C2، C7 هو 1622.9 كن، 2125.5 كن، على الترتيب، وأنه بزيادة مقاومة الضغط من (25 كن/م^2) إلى (60 كن/م^2)، كانت نسبة الزيادة فى حمل الانهيار للعمود C7 هى 31% مقارنة بحمل العمود C2 . لم يتأثر سلوك الأعمدة كما هو واضح فى شكل (7) حتى حمل الانهيار لكن أظهر الاختبار سلوكا أكثر ممطولية للأعمدة المصنوعة من خرسانة تقليدية (25 كن/م^2).

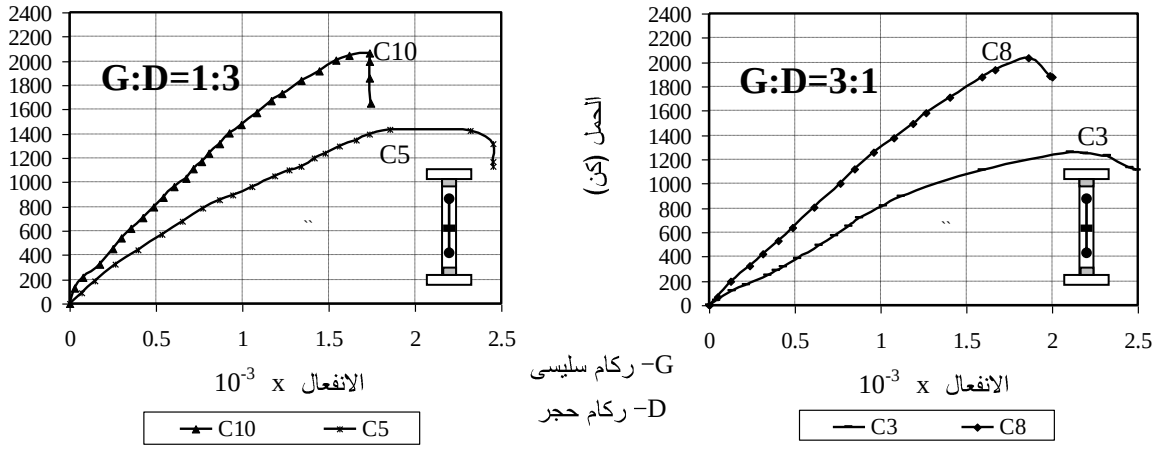


شكل (7) العلاقة بين حمل العمود المحورى و متوسط الانفعال الرأسى للعمودين C7,C2, C6,C1 والمنفذة بنوع واحد من الركام ومقاومة ضغط مختلفة

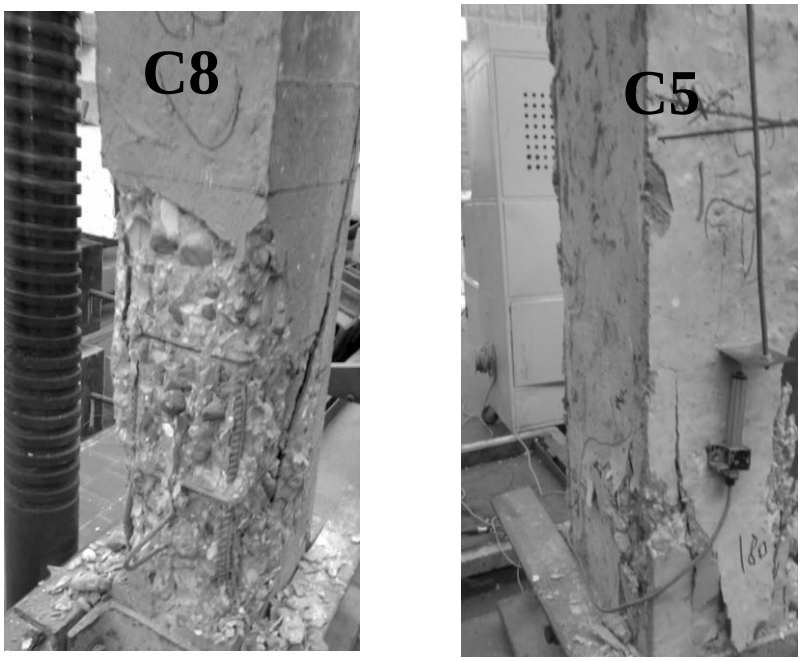
الأعمدة المنفذة بنوعين مختلفين من الركام

بالرجوع إلى الجدول (4) يتضح زيادة حمل الانهيار للأعمدة المنفذة بخرسانة عالية المقاومة عن الأعمدة المنفذة بخرسانة تقليدية، وتتراوح نسبة الزيادة بين 42% إلى 62%. ومن الملفت للنظر أنه كلما زادت نسبة ركام الحجر الجيري عن نسبة الركام السليسى فى الخلطة كلما قل معدل الزيادة فى حمل الانهيار للأعمدة بزيادة مقاومة الضغط للخرسانة. وقد يرجع السبب فى ذلك إلى أنه فى حالة الأعمدة المنفذة بخرسانة عالية المقاومة وبخلطة بها نسبة ركام الحجر الجيرى أكبر من الركام السليسى فإن الانهيار سيحدث فى الركام ذاته وليس فى عجينة الأسمنت. ونظرا لضعف ركام الحجر الجيرى فى التهشم عن الركام السليسى فإن الزيادة تكون أقل مما لو كان محتوى الركام السليسى هو الأكبر فى الخليط. ويوضح شكل (8) نموذجا لسلوك الأعمدة المنفذة بنوعين مختلفين من الركام، كما توضح الصورة(3)، (4) شكل الانهيار للعمودين C3، C8 حيث بدأ انهيار العمود C3 (منفذ بخرسانة ذات مقاومة ضغط تقليدية وخليط من

ركام الحجر الجير والركام السليسى نسبة 1: 3 على الترتيب) بظهور شروخ دقيقة رأسية حتى الوصول إلى حمل الانهيار، ثم اتسعت هذه الشروخ بسرعة وحدث تهشم فى الخرسانة مع انبعاج لحديد التسليح كما هو واضح فى صورة (3). فى المقابل كان انهيار العمود C8 (منفذ بخرسانة ذات مقاومة ضغط عالية وخليط من ركام الحجر الجير والركام السليسى نسبة 1: 3 على الترتيب) انهيارا فجائيا بتهشم الخرسانة كما هو واضح فى صورة (4)



شكل (8) العلاقة بين حمل العمود المحورى و متوسط الانفعال الرأسى للأعمدة C10,C5,C8,C3 والمنفذة بنوعين مختلفين من الركام ومقاومة ضغط مختلفة



صورة(4) شكل الانهيار للعمودين C5 (f_{cu}= 25MPa)، C8 (f_{cu}= 60MPa)

4- الاستنتاجات

فى حدود الدراسة البحثية التى تم تنفيذها على نوعين مختلفين من الركام الكبير المستخدمين فى صب خرسانة مجموعة من الأعمدة، فإنه يمكن تدوين الاستنتاجات التالية:

4-1 يمكن استخدام نوعين مختلفين من الركام الكبير فى الخلطة الخرسانية

4-2 يؤدى زيادة نسبة استبدال الركام السليسى(gravel) بركام الحجر الجيرى(dolomitic lime stone) إلى زيادة الحمل الأقصى للأعمدة القصيرة المحملة محوريا

4-3 تقل نسبة الزيادة فى الحمل الأقصى للأعمدة المنفذة بنوعين من الركام الكبير كلما زادت مقاومة الضغط لخرسانة الأعمدة

5-3 تقل نسبة الزيادة فى الحمل الأقصى للأعمدة المنفذة بنوعين من الركام الكبير، كلما زادت نسبة استبدال الركام السليسى بركام الحجر الجيرى

5-4 تؤدى زيادة مقاومة الضغط لخرسانة الأعمدة إلى زيادة الحمل الأقصى

5-4 يتغير شكل الانهيار للأعمدة المحملة محوريا إلى إنهيار أكثر قصافة مع تهشم فجائى للخرسانة كلما زادت مقاومة الضغط لخرسانة للأعمدة

5-6 يوصى باستخدام الركام السليسى أو زيادة نسبته فى الخليط عند استهداف مقاومة ضغط عالية للأعمدة.

المراجع

[1] Asad Esmaeily and Yan Xiao, " Behavior of Reinforced Concrete Columns Under Variable Axial Loads: Analysis", Structural Journal, Volume 102, Issue 5, (September 1, 2005)pages 736-744

[2] University of Canterbury. Civil Engineering ,"Effect of Lateral Confining Reinforcement on The Ductile Behaviour of Reinforced Concrete Columns (1990)", Cement and Concrete Research, Volume 33, Issue 4, (April 2003), Pages 563-570

[3] Laura M. flores "Performance of existing reinforced concrete columns under bidirectional shear and axial loading", university of California, san diego,

[4] Jin-Keun Kim And Sang-Soon Lee, " The Behavior of Reinforced Concrete Columns Subjected to Axial Force and Biaxial Bending ", Department of Civil Engineering, Korea

Advanced Institute of Science and Technology, Kusong 373-1, Yusong, Taejon, South Korea, Accepted 16 September 1999, Available Online 1 June 2000.

[5] Acun, Bora, Sucuoglu, "Haluk Performance of Reinforced Concrete Columns Designed for Flexure under Severe Displacement Cycles", ACI Structural Journal, (May/Jun 2010)

[6] E S Julio, F Branco and V D Silva "Structural Rehabilitation of Concrete Columns with Reinforced Concrete Jacketing", Prog. Struct. Engng Mater., 5, (2003), P29-37

[7] Eduardo N. B.S. Julio, Fernando A.B. Branco, and Silva" Reinforced Concrete Jacketing-Interface Influence on Monotonic Loading Response", ACI Structural Journal/March-April (2005), P252-257

[8] Y. C. Kog, K. C. G. Ong, C. H. Yu, and A. P. V. Sreekanth "Reinforced Concrete Jacketing for Masonry Columns with Axial Loads", Materials Journal, Volume 98, Issue 2,(March 1, 2001), Pages105-115

[9] G. V, "Repair and Strengthening of Reinforced Concrete Columns Jacketed on Two Adjacent Sides", Teknik Dergi Volume 6, No.1 January 1995, Pp 903-918

[10] M. Rodriguez and R. Park , "Seismic Load Tests on Reinforced Concrete Columns Strengthened by Jacketing", Structural Journal, Volume 91, Issue 2, Pages 150-159

[11] Khalid M. Yousri, Ahmad Ali and Ahmad El-Gabry, "Mechanical Properties of Blended Coarse Aggregate Concrete Mixtures", Engineering Research Journal, Helwan University, Egypt, 2008.

[12] American Concrete Institute, "Building Code Requirements for Structural Concrete", Structural Building Code", ACI Committee 318, 2005.

التحليل الإنشائي العددي لعملية إصلاح وتقوية الكمرات الخرسانية المسلحة

م. سعاد أبوالقاسم تليش
قسم الهندسة المدنية
كلية الهندسة – جامعة الجبل الغربي

د. أحمد محمد الصغير
أستاذ مشارك بقسم الهندسة المدنية
كلية الهندسة – جامعة الفاتح
ahmedsegayer@yahoo.com

أ.د. سليم صالح السيد
أستاذ بقسم الهندسة المدنية
كلية الهندسة – جامعة الجبل الغربي

ملخـــص

تعتبر الحاجة إلى تقوية وتدعيم المنشآت الخرسانية أمرا ضرورياً في كثير من الحالات التي تتعرض فيها ال عناصر الإنشائية لعوامل كثيرة تؤدى إلى حدوث تشققات وشروخ مختلفة والتي بدورها تؤدى إلى انهيار هذه المنشآت. وفي الفترة الأخيرة اهتمت الكثير من الدراسات النظرية والمعملية بدراسة طرق إصلاح وتدعيم العناصر الإنشائية وذلك للحصول على أفضل هذه الطرق فنيا واقتصاديا.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم السلوك الإنشائي لأحد أهم التقنيات المستخدمة في تقوية وإصلاح الكمرات الخرسانية المسلحة وهي لصق صفائح البوليمرات المسلحة بالألياف الكربونية CFRP سواء على جنب الكمرة أو أسفلها. وفي هذه الدراسة تم استخدام برنامج عناصر محدودة ثنائي الأبعاد (مرن– لدن) Elastic-Plastic Finite Elements لتمثيل الكمرات المرجعية والمدعمة. وقد تم استخدام كمرات من الخرسانة المسلحة بنسبة تسليح ثابتة تكافئ (2ϕ14mm). وأبعاد الكمرة ممثلة كالآتي (1000×180×100mm). والكمرات جميعها محملة في ثلاث نقاط. وخلال التمثيل يتم زيادة الحمل تدريجياً ليصل إلى أقصى قيمة. تم أخذ ثلاثة أطوال للشرخ وأيضا ثلاثة أطوال وأماكن لشريحة التدعيم. وفي جميع الحالات تم تحديد قيمة الإجهاد في الخرسانة وحديد التسليح وكذلك مقدار الهبوط الحادث، وتم حساب معامل شدة الإجهاد لجميع الحالات أيضا. وقد أظهرت النتائج في هذه الدراسة بأن عملية التدعيم تؤدى إلى نقص في قيم الإجهاد المؤثر على الخرسانة مقارنة بالكمرات المرجعية. كما إن تدعيم الكمرات أدى إلى تحسين نسبي في صلابة الكمرات المدعمة. وإن طول شريحة التدعيم ومكانها له تأثير ملحوظ، حيث أن طول الشريحة 90mm يعطي أقل قيم للإجهاد سواء في الخرسانة أم في الشريحة.

كلمات دالة: ميكانيكا الكسر، العناصر المحددة، مواد وطرق الإصلاح، تحليل الإجهادات.

1– مقدمـــة

تتعرض العناصر الإنشائية لعوامل كثيرة تؤدي إلى حدوث تشققات وشروخ مختلفة والتي بدورها تؤدى إلى انهيار هذه الكمرات. وفي الفترة الأخيرة إهتمت الكثير من الدراسات النظرية والعملية بدراسة طرق إصلاح وتدعيم العناصر الإنشائية وذلك للحصول على أفضل هذه الطرق فنيا واقتصادياً. وتعد طريقة تثبيت ولصق الشرائح المعدنية والبوليمرية على الكمرات من أكثر الطرق إستخداما لسهولتها وسرعة تنفيذها وكفاءتها العالية، كما إن هذه الطريقة تؤدي إلى عدم زيادة عمق الكمرة نتيجة الإصلاح، وتقلل من تركيز الإجهادات على طول الكمرة. ومع تقدم الأبحاث تم دراسة سلوك ميكانيكا الكسر للخرسانة العادية والخرسانة المسلحة، وقد قام الباحث [10] بأخذ نموذج لذلك الإختبار مع الأخذ في الاعتبار نسبة حديد التسليح وطاقة الكسر. وقد وجد إن مقاومة الخرسانة للشروخ تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي للتسليح، وأيضا تم التوصل إلى إن مقاومة التلاصق مع الحديد عن الشرخ تزداد مع تقليل مساحة حديد التسليح عن خط التعادل. وقد تم التأكد من تلك النتائج بدراسة نظرية وعملية. وفي أبحاث أخرى تم دراسة تأثير حديد التسليح والعزم المؤثر على السلوك اللدن للكمرات، وأيضا تم دراسة استقرار عملية الكسر للخرسانة التي نفّذت من قبل الباحث [1]، وقد أستنتج بأنه مع زيادة نسبة عمق الشرخ يقل تأثير حديد التسليح ولكن يزداد التأثير اللدن لحديد التسليح، وهذا يؤدي إلى الاستقرار وذلك بزيادة مساحة حديد التسليح أو بزيادة حجم العينة. في منتصف عام 1980، تم الإتجاه إلى استخدام الشرائح المصنوعة من المواد المركبة البوليمرية مما لها من مزايا عن شرائح الصلب في التقوية والإصلاح للمنشآت [3،2] وتعتبر الشرائح المسلحة بالألياف أكثر مقاومة للتدهور الكيميائي ومقاومة الصدأ والقلويات والأملاح ، وأيضا مقاومة الحرارة [13]. وبناء على ذلك،لا يحتاج هذا النوع من الشرائح إلى معالجة ضد الصدأ، وتعتبر مراحل تركيبه ولصقه وإعداده أسهل بكثير من تلك المراحل لشرائح الصلب. وأيضا لها خاصية إمكانية تركيب أطوال طويلة منها قطعة واحدة ويمكن نقلها للموقع على هيئة رولات (لفات). وهذا يعمل على تفادي وجود وصلات أثناء اللصق. هناك بعض الدراسات تمت على دراسة سلوك الكمرات الخرسانية المسلحة والمقواة بشرائح البوليمر FRP المختلفة [8،4]. وتم اختبار هذه الكمرات في الإنحناء مستخدما كمرة بسيطة مع التحميل في نقطتين لدراسة تأثير سلوك الإنحناء للكمرات، وهو إجهاد الإنحناء، سهم الإنحناء (الترخيم)، الممطولية، وكانت هناك مقارنة مع الكمرات المرجعية. ويتضح من النتائج إن الكمرات المقواة لها سلوك أفضل من الكمرات المرجعية، وقد وجد إن إجهاد الإنحناء والممطولية تزداد بزيادة سمك شرائح الألياف الزجاجية GFRP، ويزداد حمل الشرخ الإبتدائي بنسبة 88.89٪، 100 ٪ لشرائح الألياف الزجاجية ذو السمك (5،3) مم من النوع WRGFRP على الترتيب ولوحظ زيادة كل من الممطولية كدالة في

الطاقة والترخيم للعينات بنسبة 56.01 و64.69 ٪ للعينة وذلك لشريحة الألياف الزجاجية سمك 5 ملم على التوالي، وتم استنتاج خواص الإنحناء للكمرات من مقاومة الإنحناء (الحمل الأقصى، حمل التصميم) والممطولية للكمرات المقواة.

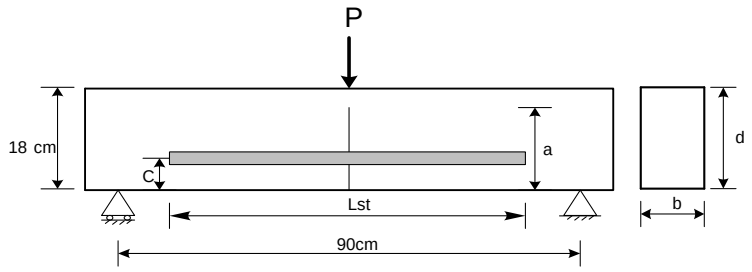
وأيضا قامت بعض الأبحاث بدراسة مختلف القوى الموجودة في نهايات الشرائح والمسببة في الإنفصال واستنتجت بعض التوصيات لمنع ذلك النزع [7، 12، 14] وبعد دراسات عددية لتلك البحث استنتج بأن قيم إجهاد القص والإجهاد العمودي عند ذلك المكان الحرج تعتمد على صلابة منطقة التلاصق ضد القص والإجهاد العمودي وأيضا تعتمد على سمك ونقطة البداية لشريحة الصلب [9]. وبمناقشة تلك النتائج المعملية المستنتجة من بحث آخر [5،6] أقترح بأن الإنهيار بين المادة اللاصقة وباقي المواد (سواء الحديد أو الشريحة) يحدث نتيجة سوء التصنيع وقلة خبرة العمالة القائمة على اللصق.

ومعظم الدراسات على هذه الطريقة تمت معمليا، وسيتم في هذا البحث دراسة هذه الطريقة بإستخدام برنامج Elastic-Plastic Finite Elements لبيان مدى كفاءة هذه الطريقة. هذه الدراسة ستتناول بحث تأثير عمق الشرخ وطول شريحة التدعيم المصنوعة من البوليمرات ومساحة مقطعها وكذلك مكان الشريحة بالنسبة للشرخ على معامل شدة الإجهاد ومتانة الكسر للكمرة، وعلى قيمة سهم الإنحراف للكمرة.

2- البرنامج العملي المنهجي

تم تمثيل العينات عن طريق برنامج عناصر محدودة ثنائي الأبعاد (مرن- لدن) Elastic-Plastic Finite Elements تم تصميمه سابقا [11] لمعرفة التشكل والإجهادات في الكمرات الخرسانة المسلحة. وتم تعديل البرنامج ليأخذ في الاعتبار تصرف الكمرات المدعمة بالشرائح من الجنب حيث يتم إضافة قيم الصلابة الناتجة من شريحة التدعيم إلى قيم الصلابة للعناصر الخرسانية الموجودة تحت الشريحة طبقاً لطول الشريحة ومكانها على جنب الكمرة. والعينات الممثلة في الدراسة عبارة عن كمرات من الخرسانة المسلحة بنسبة تسليح ثابتة (تكافئ 2- البرنامج العملي المنهجي). والطول الممثل لهذه الكمرات (S=900mm)، وعمق الكمرة (d=180mm)، وعرض الكمرة (b=100mm). والكمرات جميعها ممثلة في ثلاث نقاط. إثنتان تمثلان الدعامات والأخرى تمثل حملا مرتكزا في منتصف الكمرة، وخلال التمثيل يتم زيادة الحمل تدريجياً ليصل إلى أقصى قيمة. وتم فرض ثلاثة أطوال للشرخ (a= 60, 90, 120mm)، وثلاثة أماكن لشريحة التدعيم (C= 40, 60, 100mm)، وهذه المسافات مقاسة من محور شريحة التدعيم إلى أسفل الكمرة.

وكذلك تم فرض ثلاثة أطوال لشريحة التدعيم وهي (L_{st}=50, 90, 130mm)، والشكل (1) يعطي رسماً توضيحياً لنموذج الكمرة المدعمة من الجنب.



الشكل (1). تفاصيل الكمرة الخرسانية المدعمة جانبياً

وفي جميع العينات تم تقسيم الشبكة إلى عناصر مثلثية الشكل وهذه العناصر تكون من نوع الإنفعال في المستوى (Plane Strain) للخرسانة وشرائح التدعيم، ومن نوع الإجهاد المستوي لحديد التسليح (Plane Stress)، وفي هذه الشبكة تم مراعاة إن العناصر حول قمة الشرخ وحول حديد التسليح تكون أصغر في الحجم لضمان القدرة على التمثيل الحقيقي للإجهاد والإنفعال بدقة حول الشرخ وحديد التسليح. ويوضح الجدول (1) تفاصيل برنامج الدراسة للكمرات المدعمة من الجنب.

الجدول (1) تفاصيل البرنامج الحالي للصفائح الجانبية

Case No.	،Crack length mm،a	،Length of plate mm،L_{st}	،Plate position mm،C
1-3	120	130،90،50	100
4-6	120	130،90،50	60
7-9	120	130،90،50	40
16-18	90	130،90،50	60
19-21	90	130،90،50	40
22-24	60	130،90،50	40
25-27	120،90،60	0	0

في هذه الدراسة تم استخدام ثلاث مواد لتمثيل الكمرات الخرسان ية المسلحة والمدعمة، وهذه المواد هي الخرسانة وحديد التسليح والإيبوكسي المسلح بألياف الكربون. وتم فرض الخواص الميكانيكية لهذه المواد كالآتي :

- **الخرسانة:** معامل المرونة (E = 27420MPa)، نسبة بواسون (ν=0.18)، مقاومة الشد في الإنحناء (3.5 (f_t=MPa)
- **حديد التسليح:** معامل المرونة (E = 206000MPa)، نسبة بواسون (ν=0.2) ، مقاومة الخضوع(f_y=350 MPa)

- **شرائح الإيبوكسي المسلح بألياف الكربون:** معامل المرونة (E = 200000MPa)، نسبة بواسون (ν=0.19) ، مقاومة الشد في الإنحناء(f_t= 600 MPa)

3- المعادلات الرياضية المستخدمة في الحسابات

حساب طاقة الإنفعال ومعامل شدة الإجهاد:

في هذه الدراسة تم حساب طاقة الإنفعال ومعامل شدة الإجهاد باستخدام المعادلات الآتية :

$$\Delta U = \frac{1}{2}\Delta P * \delta$$

$$G = \frac{\Delta U}{\Delta a.b}$$

$E' = E/(1-\nu^2)$ حالة الإجهاد في مستوى

$$E = \frac{1}{10}E_s$$

حيث إن : U هو مقدار طاقة الإنفعال المرنة. G معدل طاقة الإنفعال بالنسبة لمساحة الشرخ المتولد.

Δa التغير في طول الشرخ و b عرض الكمرة.

أما معامل شدة الإجهاد K_1 ، تم حسابه من خلال المعادلة الآتية :

$$K_I = (E/G_I)^{0.5}$$

تم حساب معامل التصحيح للشكل نتيجة وجود الشرخ في العينات باستخدام المعادلة الآتية :

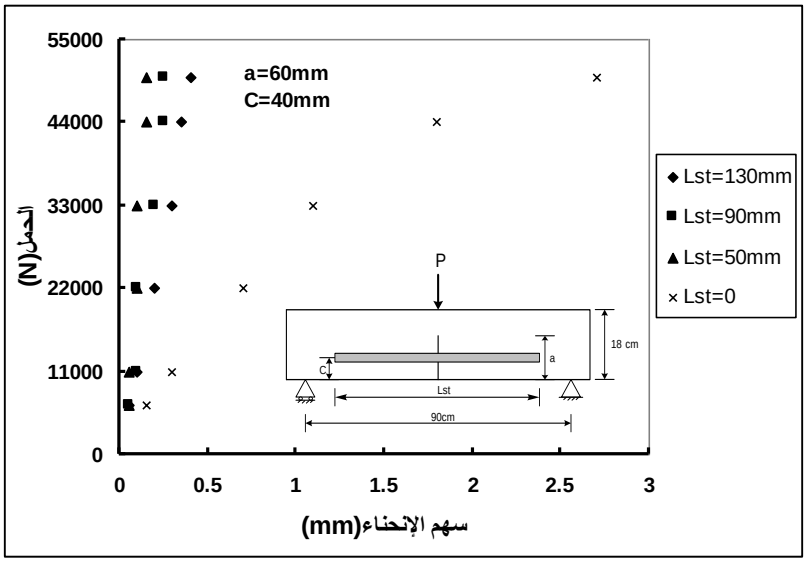
$$Y = 1.99 - 2.47\left(\frac{a}{d}\right) + 12.97\left(\frac{a}{d}\right)^2 - 23.18\left(\frac{a}{d}\right)^3 + 24.8\left(\frac{a}{d}\right)^4$$

4- النتائج والمناقشات

- **سلوك الصلابة**

الشكل رقم (2) يعطي العلاقة بين قيم الحمل المؤثر(N) وقيم سهم الإنحناء (mm) للكمرات المدعمة والكمرات غير المدعمة (المرجعية). وهذه النتائج مرسومة عندما كانت شريحة التدعيم على بعد C=40mm من أسفل الكمرة وكان طول الشرخ a=90mm .وأعطيت النتائج لأطوال شرائح مختلفة L_{st}=50 ،90، 130mm. وتظهر النتائج بأن قيم سهم الإنحناء تزداد مع زيادة قيم الحمل المؤثر سواء للكمرات المدعمة أو الكمرات المرجعية. ويتضح من ذلك إن العلاقة

بين الحمل وسهم الإنحناء تسلك سلوكا خطيا طوال فترة التحميل وذلك للكمرات المدعمة وتسلك سلوكا خطيا وغير خطي وذلك للكمرات المرجعية وهذه النتائج تتفق مع ما وجد في أغلب الدراسات السابقة. وتظهر النتائج أيضا إن تدعيم الكمرات الخرسانية المسلحة بشرائح جانبية يؤدي إلى نقص في قيم سهم الإنحناء مقارنة بالكمرات المرجعية وذلك عند نفس قيمة الحمل المؤثر. مما يعني أن هذه الشرائح تؤدي إلى تحسن في قيم الصلابة للكمرات المدعمة. و أن طول الشريحة له تأثير قليل نسبيا، حيث تزداد قيمة سهم الإنحناء بزيادة طول الشريحة عند نفس قيمة الحمل. وهذه الزيادة تكون أكثر وضوحا مع زيادة قيمة الحمل. ويلاحظ أن سهم الإنحناء يزداد بزيادة طول الشرخ في الكمرات المدعمة والمرجعية ذلك عند نفس قيمة الحمل المؤثر. كما إن الجزء غير الخطي في الكمرات المرجعية يكون أكثر وضوحا مع زيادة طول الشرخ. وترجع هذه النتائج إلى زيادة الإجهاد المتولد في حديد التسليح مما يسبب هبوط ا أكبر في هذه الكمرات. وتبرهن هذه النتائج بأن تأثير شرائح التدعيم يكون أكثر وضوحا مع زيادة طول الشرخ.



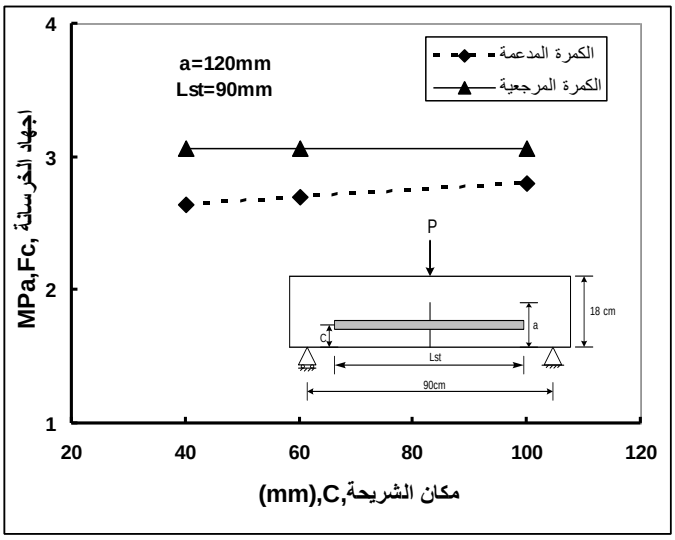
الشكل (2) العلاقة بين الحمل وسهم الانحناء للتدعيم الجانبي
عند طول الشرخ a =60mm ومكان الشريحة C=40mm

سلوك الإجهاد في الخرسانة

- **تأثير مكان شريحة التدعيم**

الشكل (3) يوضح العلاقة بين قيم الإجهاد المتولد في الخرسانة "F_c"، MPa ومكان شريحة التدعيم على جنب الكمرة "C"،"mm. والنتائج في الشكل مرسومة عند الطول الشريحة L_{st}=50mm وطول الشرخ a =120mm، وقيم الإجهاد في الخرسانة تمثل إجهاد الشد المتولد على قمة رأس الشرخ. وهي القيمة المتوسطة لأقرب ثلاث عناصر لقمة الشرخ.

والنتائج معطاة للكمرة المدعمة والكمرة المرجعية ويتبين من الشكل إن قيم الإجهاد في الخرسانة للكمرة المدعمة تزيد مع زيادة بعد الشريحة عن منطقة الشد اي مع زيادة قيم "C". فنجد أن هناك فرق واضح بين الإجهاد ال متولد في الكمرة المرجعية والكمرة المدعمة عندما كانت "C=40mm" ومع زيادة قيمتها لتصل إلى "C=100mm" فإن الإجهاد في الكمرة المدعمة تزداد قيمته ليقترب من الإجهاد في الكمرة المرجعية. ومن ذلك نلاحظ إن وجود شريحة التدعيم على جنب الكمرة يؤدي إلى نقص في قيم الإجهاد المتولد على الخرسانة وخصوصا الموجودة على قمة رأس الشرخ ومن المعروف إن الإجهاد والانفعال المتولد في هذه المنطقة هو دائما المتحكم في عملية سريان الشروخ وبالتالي في عمر الكمرة الخرسانية.



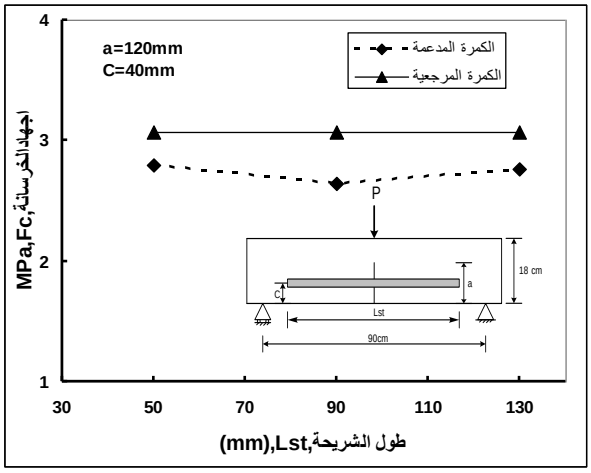
الشكل (3) العلاقة بين الإجهاد في الخرسانة ومكان الشريحة للتدعيم الجانبي
عند طول الشرخ a =120mm وطول الشريحةL_{st}=90mm

كما نلاحظ أيضا إن قرب شريحة التدعيم من منطقة الشد في الكمرة بمعنى أن "C=40mm" يجعل الشريحة تتحمل جزء من إجهادات الشد وبالتالي تساعد الشريحة في عملية غلق الشرخ بفاعلية مما يؤدي إلى نقص في الإجهاد المتولد على الخرسانة. ومع زيادة قيم "C" أي بعد الشريحة عن منطقة الشد يقل دورها في عملية غلق الشرخ وبالتالي تزيد قيمة الإجهاد على الخرسانة.

- **تأثير طول شريحة التدعيم**

لبيان تأثير طول شريحة التدعيم على الإجهاد داخل الكمرة للإجهاد في الخرسانة تم رسم الشكل (4). وهو يبين العلاقة بين الإجهاد المتولد في الخرسانة "MPa" وبين طول شريحة التدعيم"L_{st} mm". ويتضح من النتائج عند طول الشرخ

a=120mm ومكان الشريحة C=40mm إن الإجهاد المتولد في الخرسانة داخل الكمرة المدعمة قيمته أقل من الكمرة المرجعية وذلك عند جميع أطوال الشرائح المستخدمة فنجد على سبيل المثال إن قيمة الإجهاد في الكمرة المرجعية يساوي 3.067MPa وعند التدعيم بشريحة طولها 50mm يقل الإجهاد ليصبح يساوي 2.795 MPa ومع زيادة طول شريحة التدعيم ليصبح 90mm نجد إن الإجهاد يقل بصورة أكبر وتصبح قيمته يساوي 2.64MPa وعند زيادة طول الشريحة ليصبح 130mm نجد إن الإجهاد في الكمرة المدعمة ما زال أقل من الكمرة المرجعية ولكن قيمة الإجهاد زادت مقارنة بطول الشريحة 90mm.



الشكل(4) العلاقة بين الإجهاد في الخرسانة وطول الشريحة للتدعيم الجانبي
عند طول الشرخ a =120mm ومكان الشريحة C =40mm

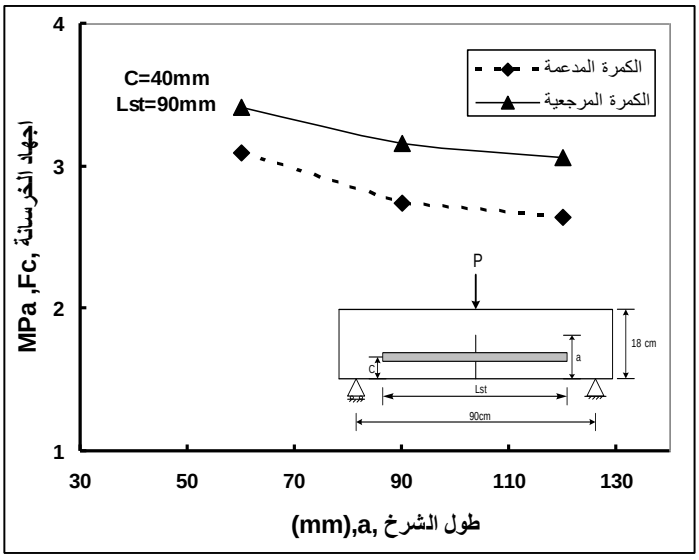
- **تأثير طول الشرخ**

الشكل (5) يوضح العلاقة بين قيم الإجهاد المتولد في الخرسانة عند قمة رأس الشرخ MPa وطول الشرخ الموجود في الكمرة mm والنتائج معطاة عند مكان الشريحة C=40mm وأطوال الشريحة mm130،90،50 على التوالي.

ويتضح من هذه الأشكال بصفة عامة إن الإجهاد المتولد في الخرسانة عند قمة رأس الشرخ تقل قيمته بزيادة طول الشرخ تحت نفس الظروف وذلك للكمرة المرجعية والكمرة المدعمة. ويتبين من النتائج إن الإجهاد في الكمرات المدعمة أقل من الإجهاد في الكمرات المرجعية وذلك عند كل الحالات. وأيضا إن معدل النقص في الإجهاد مع زيادة طول الشرخ سواء للكمرة المرجعية أو الكمرة المدعمة يكون كبيرا عند زيادة طول الشريحة من (90–130 mm).

ولبيان تأثير طول الشرخ نجد إن الفرق بين قيمة الإجهاد المتولد في الخرسانة للكمرة المدعمة والإجهاد المتولد في الخرسانة للكمرة غير المدعمة عند طول الشرخ 60 mm يكون حوالي 8 %. ومع زيادة طول الشرخ ليصل إلى

120mm نجد إن هذا الفرق يصل إلى حوالي 20%. مما يعني أن كفاءة التدعيم للكمرات تتأثر بطول الشرخ، حيث تزيد كفاءة التدعيم كلما قل طول الشرخ الموجود في الكمرة.



الشكل (5) العلاقة بين الإجهاد في الخرسانة وطول الشرخ للتدعيم الجانبي

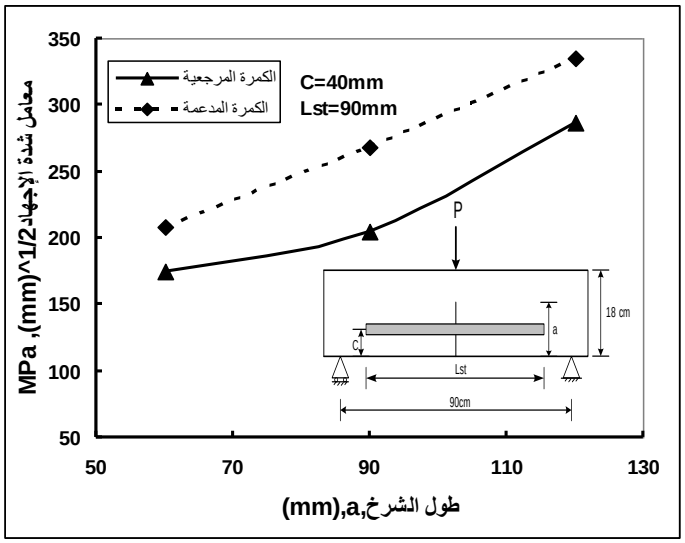
عند طول الشريحة L_{st}=90mm ومكان الشريحة C =40mm

- **معامل شدة الإجهاد (K_1)**

الشكل (6) يوضح العلاقة بين معامل شدة الإجهاد للكمرات المدعمة والمرجعية وطول الشرخ. والنتائج معطاة عند مكان الشريحة 40mm وأطوال الشرائح 130 mm، 50،90 على التوالي. ويتضح من الشكل إن معامل شدة الإجهاد في الكمرات المدعمة وغير المدعمة بشكل عام تزداد قيمته مع زيادة طول الشرخ في الكمرة. ونجد أيضا إن قيم معامل شدة الإجهاد في الكمرات المدعمة أكبر منه ا في الكمرات غير المدعمة. فنجد مثلا أن قيمة معامل شدة الإجهاد في الكمرة المرجعية 205MPa عند طول الشرخ 90mm. وعند تدعيم الكمرة بشريحة جانبية بطول 90mm على مسافة 40mm من أسفل الكمرة فإن قيمة معامل شدة الإجهاد تصبح 268 MPa.

وفي هذه النتائج تم تعيين معامل شدة الإجهاد في الكمرات المدعمة وغير المدعمة عند نفس قيمة الحمل المؤثر في مرحلة المرونة. وحسبت قيمة معامل شدة الإجهاد ومن خلال حساب قيمة الطاقة المرنة المختزنة بكل العناصر الخرسانة أو شرائح التقوية، ومن ثم تم حساب معدل الطاقة المختزنة بمعلومية معامل المرونة ثم حساب معامل شدة الإجهاد. وتظهر هذه النتائج إن التدعيم للكمرات ساعد على تقليل كمية الطاقة المرنة المختزنة داخل الكمرات وبالتالي

فإن هذه الكمرات مع زيادة الحمل يمكن أن تستوعب طاقة تحميلية أكبر من الكمرات غير المدعمة مما يعطي زيادة في العمر المتوقع لهذه الكمرات.



الشكل (6) العلاقة بين معامل شدة الإجهاد وطول الشرخ للتدعيم الجانبي
عند طول الشريحة L_{st}=90mm ومكان الشريحة C =40mm

5- النتائج المستخلصة

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج ومناقشتها وذلك بالنسبة لسلوك الصلابة وسلوك الإجهاد في الخرسانة (تأثير طول الشرخ، مكان وطول شريحة التدعيم) على كل من سهم الإنحناء ومعامل شدة الإجهاد وتم استنتاج ما يلي:

1. نستنتج من سلوك الصلابة للكمرات المدعمة من جنب الكمرة وجود تحسن بها مقارنة بالكمرات المرجعية وأيضا يقل الهبوط في الكمرة وكذلك يعمل التدعيم على غلق الشرخ مما يؤدي إلى انخفاض في قيم الاجهادات المتولدة.
2. من خلال دراسة تأثير مكان شريحة التدعيم على الاجهادات المتولدة في الخرسانة نجد إن أفضل مكان لشريحة التدعيم C=40mm لقربها من منطقة الشد في الكمرة. مما يجعل الشريحة تتحمل جزء من إجهادات الشد وبالتالي تساعد على غلق الشرخ، وذلك يعمل على تقليل الإجهاد.

3. أوضحت الدراسة إن تأثير طول شريحة التدعيم على الإجهادات المتولدة في الخرسانة للتدعيم بأن الإجهادات تقل.
4. هناك تأثير واضح لطول الشرخ على الإجهادات المتولدة في الخرسانة، اتضح من التدعيم بأن الإجهادات تكون أقل نتيجة لتحمل شرائح التدعيم جزء من الإجهادات.
5. تم استنتاج أن معامل شدة الإجهاد تزداد قيمته بزيادة طول الشرخ للأطوال المختلفة لشريحة التدعيم. ويرجع ذلك لانخفاض كمية الطاقة المختزنة.
6. يتضح من ذلك إن الوظيفة الرئيسية للشرائح البوليمرية في عملية التقوية هي زيادة متانة الخرسانة وكذلك المطيلية، وبالتالي زيادة العمر الإفتراضي للمنشأ، وأيضا إعاقة وتأخير نمو الشروخ الحادثة بها.
7. ملاحظة كفاءة التقوية بشرائح البوليمرات المسلحة بالألياف الكربونية وهذا يدل على أنها جيدة في أعمال الصيانة.

المراجع

[1] Carpinteri, A."Stability of Fracturing Process in R. C. Beams", J. Struct. Division, ASCE, 110, (1984), p 364.

[2] Hollaway,L.C.،"Polymer Composites for Civil and Structural Engineering"، Blackie Academic and Professional, Glasgow, Scotland (1993).

[3] Meier, U. and Kaiser, H. P., "Strengthening of structures with CFRP laminates", Proc Advanced Composite Materials in Civil Engineering Structures، ASCE, Las Vegas، USA, (1991)، p 224.

[4] N. Pannirselvam, P.N. Raghunath and K.Suguna " Strength Modeling of Reinforced Concrete Beam with Externally Bonded Fibre Reinforcement Polymer Reinforcement" American J. of Engineering and Applied Sciences 1 (3):(2008),pp 192-199.

[5] Oehlers, D.J., "Discussion on reference 100", Proc. Instn Civ. Engrs, Part 2, 87, (1989), p 651.

[6] Oehlers, D.J., "Reinforced concrete beams with plates glued to their soffits", Struct. Engng, ASCE, 118, (1992), p 2033.

[7] Oral Buyukozturk, Oguz Gunes, Erdem Karaca "Progress on understanding debonding problems in reinforced concrete and steel members strengthened using FRP composite".Construction and Building Materials 18,(2004), pp.9–19

[8] Peshkam, V. and Leeming, M.,"Application of composites to strengthening of bridges: Project ROBUST ", Proc. 19th British Plastics Federation Composites Cong, Birmingham, UK, 22, (1994), p 23.

[9] Roberts, T.M. and Haji-Kazemi, H., "Theoretical study of the behaviour of reinforced concrete beams strengthened by externally bonded steel plates"Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Part 2, 87, (1989), p 39.

[10] Romualdi, J. P. and Baston, G.B."Mechanics of Crack Arrest in Concrete",Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE, 89، (1963), p 775.

[11] Sallam, H.E.M., Seleem, M.H., and Ahmad, S.S.E.,"Numerical investigation on structural repair and strengthening of cracked and uncracked RC beams", First Int. Conf. on Civil Engng., ICCE-I, Helwan Univ., Mataria, Cairo, Vol. II, (1998), p349.

[12] Swamy, R.N., Jones, R. and Bloxham, J.W., "Structural behaviour of reinforced concrete beams strengthened by epoxy bonded steel plates", Struct. Engng, 65, (1987), p 59.

[13] Swamy, R. N. and Mukhopadhyaya, P., "Role and effectiveness of non-metallic plates in strengthening and upgrading concrete structures", in Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures, L.Taerwe, E & FN Spon, London, (1995), p 473.

[14] Van-Gemert, D.A., "Repairing of concrete structures by externally bonded steel plates", Proc. ICP/RILEM/IBK Int. Symp. on Plastics in Materials and Structural Engineering, Prague, (1981), p 519.

تأثير استبدال نسب من الإسمنت بغبار السيليكات على كفاءة وتكلفة الخرسانة

م. سيد محمد عجاج
كلية الهندسة العسكرية
ssajaj@gmail.com

ف. عبد الفتاح المعلول
كلية الهندسة العسكرية

أ.د. ميلود العجيلي غبار
أمين قسم الهندسة المدنية والمعمارية
أكاديمية الدراسات العليا
gabel20@yahoo.com

ملخص

تستعمل الخرسانة في الإنشاءات الهندسية لما تتميز به من خواص ميكانيكية تجعلها من المكونات الأساسية لتنفيذ مثل ه ذه المنشآت، ومن الخواص المميزة للخرسانة هي مقاومتها للضغط. والبحوث مهتمة في الوقت الحاضر بزيادة هذه الخاصية إلى جانب تحسين قدرة الخرسانة على مقاومة الشد والإنحناء وتقليل تشققات الإنكماش التي تظهر في المراحل الأولى من عمرها، وكل هذه الخصائص وجودتها تعتمد بالدرجة الأولى على مكونات الخرسانة ونسب الخلط فيما بينها وأسلوب الخلط والدمك والمعالجة كل ذلك يؤثر مباشرة على كفاءة الخرسانة وبالتالي على ديمومتها (زيادة عمرها الإنشائي). ومن المكونات الأساسية للخرسانة هي مادة الإسمنت والتي تعتبر هي الرابط بين المكونات الأخرى للخرسانة كالرمل والركام بمساعدة ماء الخلط، إلا أن مادة الإسمنت تؤثر سلباً على تكلفة هذه الخلطة لزيادة سعرها المضطرد الأمر الذي جعل التفكير في استبدال نسب منها بمادة أخرى مثل مادة غبار السيليكا ت التي تعطى نتائج جيدة لخواص الخرسانة. وهذه الورقة تناقش مدى تأثير استبدال نسب من الإسمنت بمادة غبار السيليكا ت على خواص الخرسانة وتكلفتها وهنا تم اختبار عدد من العينات المعملية أعدت باستبدال نسب تتراوح ما بين 2% – 10% من الإسمنت بمادة غبار السيليكات، حيث أظهرت هذه النتائج الأولية تحسناً ملحوظاً في كفاءة الخرسانة إلا أن زيادة التكلفة كانت مقبولة ومبررة بزيادة الكفاءة، هذا وقد أجريت الإختبارات على العينات بعد ثلاثة أيام من تاريخ الصب وتحت ظروف معملية موحدة.

الكلمات الدالة: الخرسانة، غبار السيليكات، مقاومة الضغط، مقاومة الشد، مقاومة الإنحناء

1. مقدمة

إزداد استعمال مادة غبار السيليكات التي تعتبر كإحدى المخلفات الناتجة عن صناعة مادة السيل يكون منذ سنة 1950ف، ومنذ ذلك الحين أستعملت كبديل جزئي للإسمنت وخصوصا منذ ظهور ما يعرف بالخرسانة ذات

المقاومة العالية والتي تعتمد على تقليل كمية المياه عند الخلط وزيادة كمية المادة الرابطة بالإضافة إلى استخدام ملدن فائق لزيادة عملية تشغيل الخرسانة. وحتى هذه الأيام لم يتوقف البحث العلمي في هذا الخصوص وأجريت العديد من الأبحاث العالمية فضلا عن المحلية لدراسة خصائص وإيجابيات وسلبيات هذه المادة وتأثيرها على خصائص الخرسانة بشكل عام وخاص ، وسنذكر منها حسب ترتيبها في قائمة المراجع الآتي:

1. في سنة 2007 درس كل من الباحث الأمودي ومصلح الدين ورفيقهما الشميم [1] من جامعة الملك فهد في المملكة العربية السعودية تأثير غبار السيليكات على الإنكماش في الخرسانة المصبوبة والمعالجة في الأجواء الحارة. ووجدوا أن الخرسانة المحتوية على مادة غبار السيليكات يزداد فيها كل من الإنكماش اللدن والإنكماش الجاف مقارنة بالخرسانة الخالية من مادة غبار السيليكات، ومع هذا لم يلاحظ ظهور تشققات واضحة على سطح البلاطات المختبرة حقليا (5م*5م*0.3م و 3م*3م*0.3م) بسبب قوة الشد المتكونة من استخدام هذه المادة ولقد استنتجو ا بأن الإنكماش اللدن لايتأثر بحجم العينة على عكس الإنكماش الجاف الذي يحدث بشكل أكبر في العينات الكبيرة مقارنة بالعينات الصغيرة، إلا أنه يحدث بشكل صغير يكاد يهمل ، بالإضافة لزيادة كل من مقاومة الإنضغاط ومقاومة الإنشطار وسرعة اختراق الموجات الصوتية مع تقدم عمر الخرسانة المحتوية على غبار السيليكات.
2. قام كل من الباحث علي ورفيقه حسان [2] في سنة 2008 في الجامعة الإيرانية بطهران بدراسة تأثير إضافة غبار السيليكات والمحتوى المائي على خصائص الخرسانة ذات المقاومة العالية بعد تعريضها لدرجات حرارة مرتفعة ، ووجدا بأن درجة الحرارة التي بين 100 و200 درجة مئوية لا تؤثر على مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية على مادة غبار السيليكات ثم يتناسب انخفاض المقاومة طرديا مع زيادة درجة الحرارة وحتى درجة 600 مئوية المستخدمة في تلك الدراسة. وأن أفضل نسبة لكل من مادة غبار السيليكات والمحتوى المائي كانتا 6% و 0.35 على التوالي وهذا يتجلى بشكل واضح في هذا البحث عند التمعن في نتائج الخلطة المشار إليها بـــ M2.
3. لقد أجريت أبحاث أخرى (3–9) في هذا المجال يصعب ذكر تفاصيلها في هذه الورقة لتحديد عدد صفحاتها ونذكر منها بلختصار أهم النتائج التي فيها ، وهي أن تأثير إضافة مادة غبار السيليكات بشكل عام يؤدي إلى زيادة المقاومة بشكل جيد ولكن هذا يعتمد على نسبة المياه إلى الأسمنت المستخدمة في الخلطة، فبزيادة المحتوى المائي عن 0.39 يتوقف التفاعل بعد شهر من إضافة الماء لها ويبقى التفاعل مستمر دون ذلك حتى الشهر الخامس عشر مع

ملاحظة أن إجهاد الشد تضاعف بعد مرور هذه المدة. وفي الفترة من 15 إلى 90 شهر لوحظ أن مقاومة الإنضغاط بدأت بالتراجع بشكل طفيف مقارنة بالخلطات الخالية من هذه المادة، ولهذا السبب ينصح بعدم استخدامها عند التصميم لفترات طويلة جدا وإجراء الإختبارات الخاصة بذلك. وأنه ايضا يمكن استبدال مادة غبار السيليكات بمواد طبيعية أخرى ناعمة كبدائل للإسمنت للحصول على الخرسانة ذات المقاومة العالية كما يمكن استبدال الإسمنت لنسبة تزيد عن 35%. كما أن إضافق مادة غبار السيليكات للخرسانة بشكل عام تحسن من مقاومة الخلطات الخرسانية في المراحل العمرية الأولى.

2. البرنامج العملي

1.2. مكونات الخلطة

تتكون الخلطات المختبرة في مجملها من الركام الناعم والخشن والإسمنت بالإضافة لمادتي غبار السيليكات والملدن مع الماء:

الركام الناعم المستعمل: مستخرج من محاجر منطقة سيدي السائح بضواحي مدينة طرابلس.

الركام الخشن المستعمل: ناتج عن كسر الحجر الجيري المتحصل عليه من الأودية والمار من المنخل رقم 14 والمحجوز على 425 ميكرون.

الإسمنت المستعمل: إسمنت بورتلاندي إعتيادي كمادة رابطة بين حبيبات الركام بعضها مع بعض.

غبار السيليكات: مادة مضافة إلى الخلطة بنسب مختلفة وهى عبارة عن مسحوق رمادي اللون مكون من جزيئات كروية متناهية الصغر من السيليكا اللابلورية وعادة تنتج أثناء تصنيع سبائك السيليكون.

الملدن: أستعمل ملدن فائق من نوع البوليمر المحسن الموافق للمواصفة الأمريكية لاختبارات مواد البناء (ASTM C494 Type F and Type G standard) لتقليل نسبة المياه المستعملة للخلط ولزيادة مقاومة الإنضغاط ومقاومة الإنحناء ومقاومة الشد ولإكساب الخلطة مقدار هطول كبير وخصائص أخرى تساعد على ذاتية دمك الخرسانة.

2.2. نسب الخلط

أختبرت نسب ثابتة لجميع الخلطات الخرسانية المختبرة وهي 1 إسمنت : 1 ركام ناعم : 2 ركام خشن، واستعلمت طريقة الحجم المطلق لتصميم الخلطة الخرسانية وثبتت نسبة الماء الكلية للإسمنت بـــ 0.33 والتي تعطي قابلية تشغيل

منخفضة جدا لا يمكن استعمالها بدون إضافة أحد أنواع الملدنات لزيادة قابلية التشغيل للحد المطلوب، والشكل رقم (1) يوضح هذه القابلية قبل وبعد إضافة الملدن. كما تم تثبيت نسبة الملدن أيضا بـــ 1.5% من وزن الإسمنت، وذلك لتثبيت جميع العوامل بغية معرفة تأثير إضافة نسب مختلفة من مادة غبار السيليكات (2.0%, 6.0% و 10.0%) على الخواص الخرسانية.



بعد إضافة الملدن

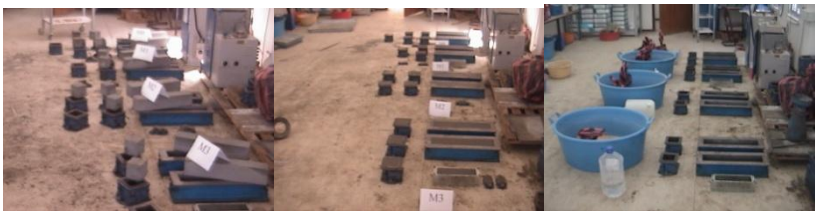


قبل إضافة الملدن

شكل رقم (1) تأثير إضافة الملدن على الخلطة الخرسانية

2.3. إعداد العينات

بعد وزن جميع مكونات الخلطات المعدة للإختبار وتجهيز ودهن القوالب بالزيت كما موضح في الشكل رقم (2)، أعدت جميع الخلطات بخلط كل من المواد الرابطة (الإسمنت وغبار السيليكات) مع بعضها لمدة دقيقة واحدة ومن ثم أضيف كل من الركام الناعم والخشن وأخلطوا جميعا لمدة دقيقة أخرى. بعد ذلك تم إضافة الماء تدريجيا مع الخلط لمدة دقيقتين. وأخيرا يضاف الملدن للخلطة وتخلط جميع المواد لمدة دقيقتين أيضا، وبهذا الشكل يمكن الحصول على تجانس جيد لجميع الخلطات. وبعد ذلك تقاس كمية الهطول لكل خلطة وتصب الخرسانة الطرية في القوالب مع الدمك اليدوي باستخدام قضيب دائري المقطع باستثناء قوالب الشد دمكت باستخدام طاولة الهز الميكانيكي لمدة دقيقة تقريبا، وخزنت العينات في ظروف معملية ثابتة. وبعد 24 ساعة تقريبا فكت القوالب ووضعت العينات في المعمل تحت درجة حرارة 24م تقريبا حتى موعد الإختبار دون أي معالجة، باستثناء عينات الإنكماش فلقد وضعت في الماء لمدة 7 أيام في نفس المعمل الذي وضعت فيه باقي العينات.



شكل رقم (2) إعداد العينات وصبها ومعالجتها

3. الإختبارات المعملية

1.3. تحديد قابلية الهطول

لقياس قابلية التشغيل للخلطات الخرسانية المختبرة أستعمل جهاز اختبار مقدار الهطول (slump test) وفق المواصفات البريطانية (BS EN 12350-2/2008).

2.3. مقاومة الإنضغاط

أستعملت قوالب خرسانية بأبعاد (100*100*100 مم) لإختبار العينات عند عمر 24 ساعة وعمر 3 أيام من إضافة الماء للإسمنت لقياس مقاومة الإنضغاط طبقا للمواصفات البريطانية BS EN 12390-3/2008. وحسبت مقاومة الإنضغاط بأخذ المتوسط الحسابي لعينتين لكل اختبار, باستثناء إختبارات تحديد مقاومة الإنضغاط عند عمر 24 ساعة فإنها حسبت لعينة واحدة فقط، والشكل رقم (3) يوصف طريقة الإختبار.



شكل رقم (3) إختبار تحديد مقاومة الإنضغاط

3.3. مقاومة الإنحناء

أستعملت قوالب خرسانية بأبعاد (100*100*500 مم) لإختبار العينات عند عمر 3 أيام من إضافة الماء للإسمنت لقياس مقاومة الإنحناء طبقا للمواصفات البريطانية BS EN 12390-5/2008. وحسبت مقاومة الإنحناء بتحميل

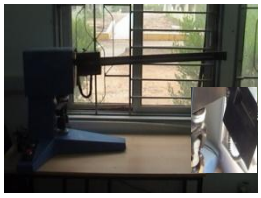
العينات بحمل مركز في منتصف العينة, بأخذ المتوسط الحسابي لعينتين لكل اختبار، والشكل رقم (4) يوضح طريقة الإختبار.



شكل رقم (4) إختبار تحديد مقاومة الإنحناء

4.3. مقاومة الشد

بالنسبة لمقاومة الشد فلقد أستعمل جهاز اختبار شد العينات الإسمنتية لاختبار شد العينات الخرسانية نظرا لعدم شيوع إختبار إجهاد الخرسانة للشد، واستعلمت نفس طريقة إختبار العينات الإسمنتية في ذلك، والشكل رقم (5) يوضح شكل الجهاز وطريقة وضع العينة فيه.



شكل رقم (5) إختبار تحديد مقاومة الشد

5.3. التغير الطولي

أعتمد قياس التغير الطولي للعينات المختبرة على جهاز قياس التمدد والإنكماش وملحقاته كما هو موضح في الشكل رقم (6)، حيث صب قالب بأبعاد 75*75*280 مم لكل من العينة رقم M1 وM3 لعدم توفر العدد الكافي من قوالب الصب، واختبرت العينات طبقا للمواصفات البريطانية BS ISO 1920-8/2007 إلا أن درجة الحرارة ثبتت بين 27 و29 درجة مئوية لصعوبة تعديل فرن التجفيف في الدرجة المحددة في المواصفة والتي كانت 17–23 درجة مئوية.

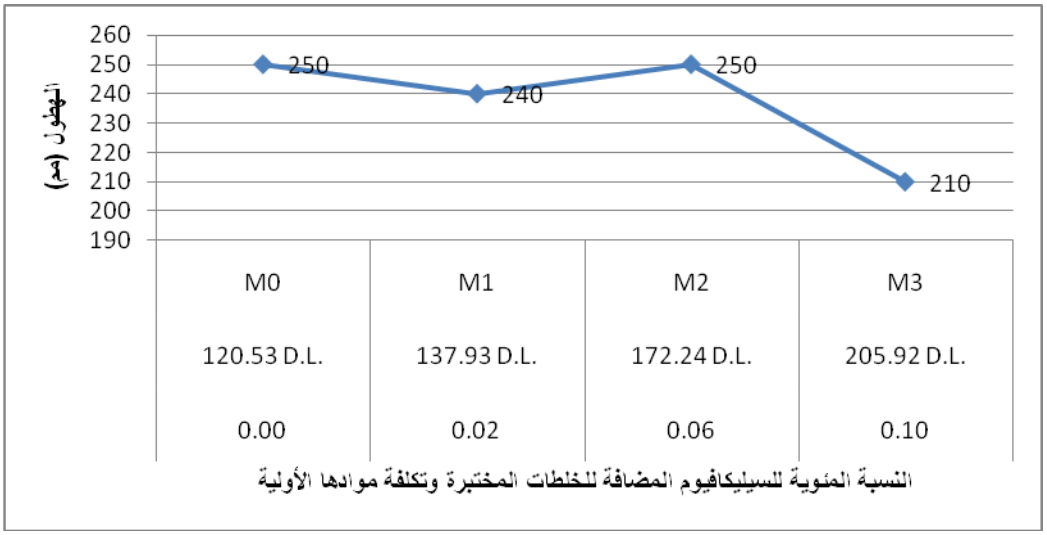


شكل رقم (6) إختبار تحديد التغير الطولي

4. النتائج والمناقشة

1.4. تأثير نسب مختلفة من السيليكات على قابلية تشغيل الخرسانة

يبين الشكل رقم (7) تأثير النسب المختلفة من غبار السيليكات على قابلية تشغيل الخرسانة باستعمال نسبة ثابتة من الماء والملدن كما مذكور في الفقرة 1.2. ونلاحظ من الشكل أن قابلية التشغيل تقل نسبيا لزيادة نسبة السيليكات، وهذا يرجع لزيادة المساحة السطحية للإسمنت مما يؤدي إلى امتصاص كمية إضافية من الماء ومن تم انخفاض قابلية التشغيل باستثناء الخلطة M2 والتي تحتوي على نسبة متوسطة (6%) من مادة السيليكافيوم، والتي حدثت فيها الظاهرة المعروفة بالخرسانة ذاتية الدمك التي يمكن تسميتها بالخرسانة العسلية التي تتميز بسهولة صبها وتسويتها وقدرتها على الإنسياب إلى أقطار تصل إلى600 مم بعد رفع جهاز قياس الهطول عنها، كما موضح ذلك في صورة الخلطة M2. (وقد يكون سبب عدم انخفاض هطولها ناتج عن هذه الظاهرة الملاحظة في هذا البحث). عليه يوصى بإجراء أبحاث أخرى بخصوصها لمعرفة أسباب ذلك وطريقة حدوثها تحديدا عند هذه النسبة المتوسطة من إضا فة مادة غبار السيليكات. أما بالنسبة لتكلفة الخلطة وتأثيرها على قابلية التشغيل فإننا نلاحظ أن أفضل قابلية تشغيل تكون عند إضافة نسبة متوسطة من مادة غبار السيليكات إلا أنها بسعر أكبر بحوالي 1.42 مرة عن سعر الخلطة المرجعية (M0) التي تحتوي على أية نسبة من مادة غبار السيليكات، والتي هي الأخرى يصل مقدار هطولها إلى نفس مقدار هطول الخلطة M2. إلا أنه لوحظ عليها أنها يصعب دمكها وصبها وتسويتها وذلك لإكتسابها مزايا الخلطة العسلية (أي ذات القوام العسلي) وعدم توفر جميع شروطها والصور الخاصة بها في الشكل رقم (7) توضح ذلك أيضا.

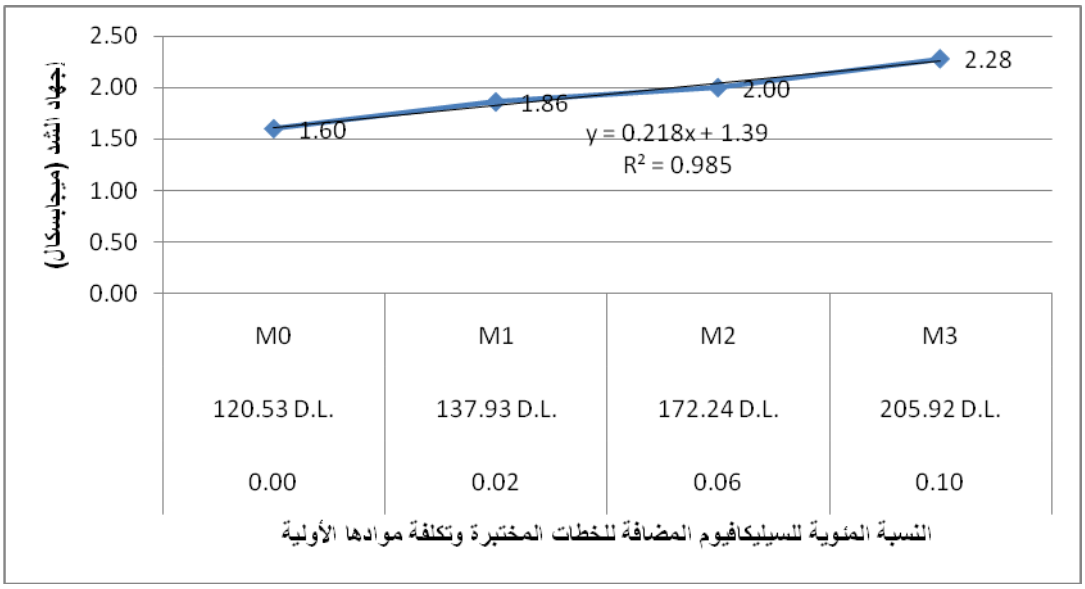




شكل رقم (7) تأثير إضافة نسب مختلفة من السيليكات على قابلية تشغيل الخرسانة

2.4. تأثير إضافة نسب مختلفة من السيليكات على مقاومة الشد

من الشكل رقم (8) يتضح أن مقاومة الشد تتناسب طرديا وبعلاقة تكاد تكون خطية مع زيادة إضافة مادة السيليكافيوم للخلطات الخرسانية المختبرة. كما يلاحظ أيضا بأن جميع العينات المختبرة من الخلطات المدروسة في هذا البحث يحدث الكسر فيها في كسر الركام الخشن قبل أن يحدث في العجينة الإسمنتية، وهذا واضح في الصورة التالية (شكل رقم 8) الملتقطة للعينات المكسورة، والشاهد في هذا تماثل توزيع الركام الخشن حول خط الكسر لجميع العينات. وهذا ناتج بسبب زيادة مقاومة العجينة الإسمنتية المستخدمة لاحتوائها على كمية تتجاوز 500 كجم من الإسمنت ونسبة قليلة من الماء اللذان يؤثران إيجابا على زيادة مقاومة الشد للخلطة الخرسانية بشكل عام.



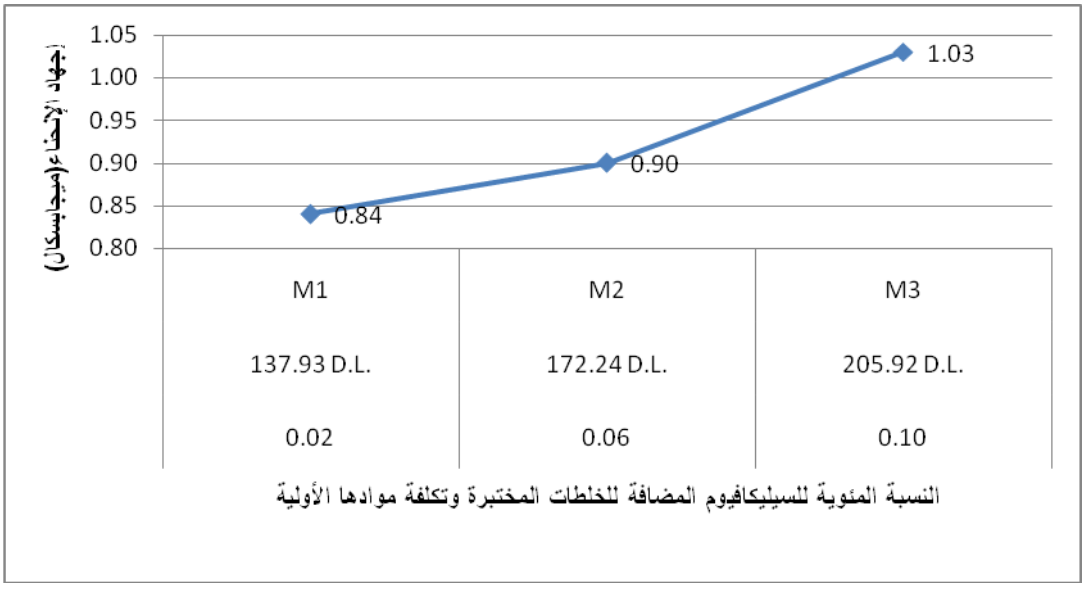


شكل رقم (8) تأثير إضافة نسب مختلفة من السيليكات على مقاومة الشد

3.4. تأثير إضافة نسب مختلفة من السيليكات على مقاومة الإنحناء

بالنسبة لتأثير إضافة السيليكافيوم بنسبها المختلفة على إجهاد الإنحناء فإن نتائج الإختبارات الموضحة في الشكل رقم (9) تظهر بأن تأثيرها بسيط على إجهاد الإنحناء عموما. ومن التمعن في صور مقاطع العينات المكسورة يتضح

للناظر أنه يوجد تماثل واضح حول خط كسر العينة لجميع العينات المختبرة. وهذا يدل على أن الإنهيار حدث بسبب ضعف كسر الركام الذي لم تستطع القوى المسببة في كسره من إنتزاعه من العجينة الرابطة للركام. وهذا الإنهيار مشابه تماما للإنهيار الذي حدث في عينات الشد كما ذكر ذلك سابقا. وعليه لزيادة مقاومة الإنحناء يجب التفكير في تقليل أو تغيير نوع الركام المستخدم، وهذا قد يصل في نهاية المطاف إلى تصنيع بما يعرف بالخرسانة ذات المسحوق التفاعلي [5] (RPC) التي تعتمد في تصميمها وتصنيع على تقنية الجزيئات الدقيقة للمواد الرابطة والتي يصل إجهاد الإنحناء فيها إلى 20 ميجابسكال.



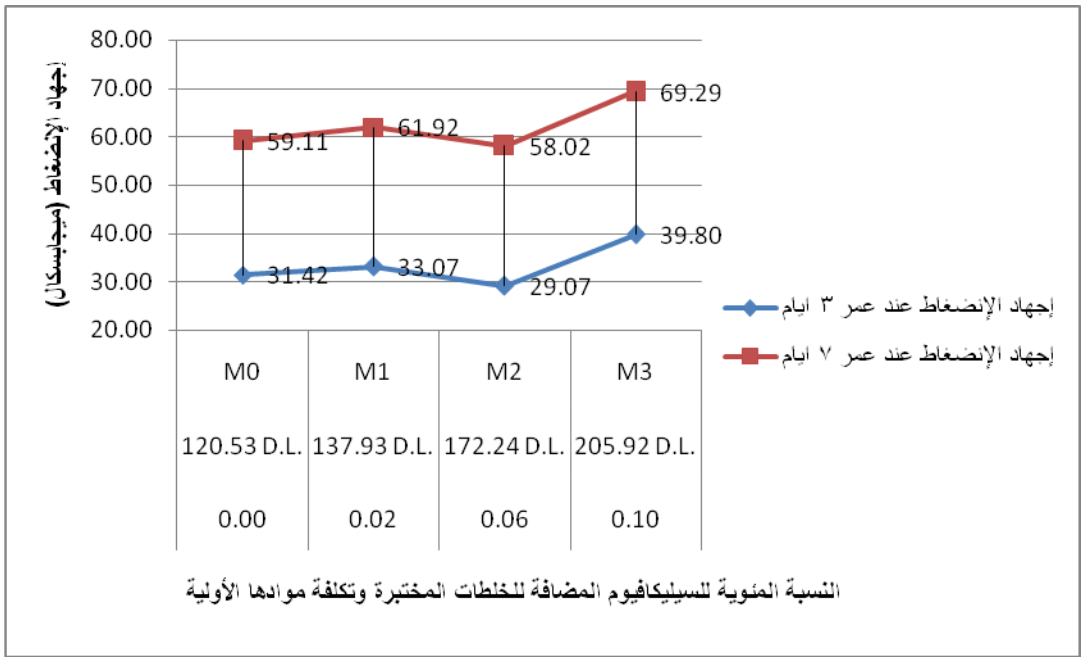


M1 M2 M3

شكل رقم (9) تأثير إضافة نسب مختلفة من السيليكات على مقاومة الإنحناء

4.4. تأثير إضافة نسب مختلفة من السيليكات على مقاومة الإنضغاط

تأثرت الخلطات المختبرة بإضافة مادة غبار السيليكا ت بنسبها المختلفة بشكل واضح. فيلاحظ أولا بالنسبة لإجهاد الإنضغاط بعمر ثلاثة أيام أن مقاومة الإنضغاط زادت تقريبا بنسبة 5% باستبدال 2% من مادة الإسمنت بمادة غبار السيليكا ت (الخلطة M1) بزيادة تكلفة بنسبة 14.44% عن الخلطة المرجعية M0، ثم عادت مقاومة الإنضغاط وانخفضت بنسبة 12.1% بسبب استبدال مادة الإسمنت الموجودة في الخلطة M2 بنسبة 6% من غبار السيليكا ت. وبعد هذا ازدادت مقاومة الإنضغاط مجددا بشكل واضح وبنسبة تعدت 36% ولكن بزيادة مالية كبيرة تتعدى 85 د.ل./م3. أما بالنسبة لإجهاد الإنضغاط بعمر 7 أيام فإنه يشابه في تصرفه الإجهاد عند عمر 3 أيام، وهذا يتضح بشكل واضح في الشكل رقم 10، إلا أنه يختلف عنه في نسب زيادة ونقصان الإجهاد. ويمكن استنتاج أن زيادة إجهاد الإنضغاط بزيادة 2% من غبار السيليكا ت تبقى نفسها عند عمر 3 أيام وتنقص وتزداد بقيمة النصف تقريبا من قيم الإجهاد المحسوبة بعمر 3 أيام بعد زيادة 6% و 10% من مادة غبار السيليكات على التوالي.



شكل رقم (10) تأثير إضافة نسب مختلفة من السيليكات على مقاومة الإنضغاط

5. الخلاصة

من الدراسة المعملية يمكن إستخلاص ما يلي:

1. إن إستبدال نسب من الاسمنت بمادة غبار السيليكات يؤثر سلباً على قابلية التشغيل للخرسانة وتقل هذه القابلية بزيادة نسبة مادة غبار السيليكات .
2. إن تكلفة الخلطة تزيد بزيادة نسبة السيليكات وهذا قد يصل إلى حوالي 42% عند نسبة 6% من السيليكات المضافة وذلك وفق أسعار السوق المتداولة في الوقت الحاضر.
3. إن مقاومة الشد في الخرسانة تزيد زيادة بسيطة بزيادة نسبة مادة غبار السيليكات. كما لوحظ بأن الكسر كان في ركام الخلطة هذا يؤكد أن المواد الرابطة في الخلطة أقوى من الركام المستخدم وأن إمكانية زيادة مقاومة الشد تكمن في إختيار ركام بمقاومة شد عالية.
4. إن مقاومة الإنحناء المتحصل عليها تزيد بقيمة بسيطة بزيادة نسبة السيليكات ولوحظ أن الكسر في منطقة الشد قد حصل في الركام أولاً وهذا يوضح نفس الظاهرة المتحصل عليها في عينات اختيار الشد.
5. إن مقاومة الانضغاط تزيد بزيادة نسبة السيليكات في الخلطة الخرسانية وهذه الزيادة بسيطة غير أن تكلفة الخلطة تزيد بزيادة السيليكات.

المراجع

[1] Al-Amoudi, M. Maslehuddin, M. Shameem, M. Ibrahim (Shrinkage of plain and silica fume cement concrete under hot weather), Cement & Concrete Composites 29 (2007) 690–699.

[2] Ali Behnood, Hasan Ziari (Effects of silica fume addition and water to cement ratio on the properties of high-strength concrete after exposure to high temperatures) Cement & Concrete Composites 30 (2008) 106–112.

[3] Bertil Persson (Seven-Year Study on the Effect of Silica Fume in Concrete), Advn Cem Bas Mat (1998;7:139–155)

[4] Chai Jaturapitakkul, Kraiwood Kiattikomol, Vanchai Sata, Theerarach Leekeeratikul (Use of ground coarse fly ash as a replacement of condensed silica fume in producing high-strength concrete), Cement and Concrete Research 34 (2004) 549–555

[5] Halit Yazıcı*, Mert Yucel Yardımcı, Serdar Aydın, Anıl S. Karabulut (Mechanical properties of reactive powder concrete containing mineral admixtures under different curing regimes), Construction and Building Materials 23 (2009) 1223–1231

[6] M.H. Zhang*, C.T. Tam, M.P. Leow (Effect of water-to-cementitious materials ratio and silica fume on the autogenous shrinkage of concrete), Cement and Concrete Research 33 (2003) 1687–1694
[7] M. Mazloom a,*, A.A. Ramezanianpour b, J.J. Brooks c (Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete), Cement & Concrete Composites 26 (2004) 347–357
[8] O.S.B. Al-Amoudi, M. Maslehuddin *, M. Shameem, M. Ibrahim (Shrinkage of plain and silica fume cement concrete under hot weather) Cement & Concrete Composites 29 (2007) 690–699
[9] Ramazan Demirbog˘a*, Ru¨stem Gu¨ l(The effects of expanded perlite aggregate, silica fume and fly ash on the thermal conductivity of lightweight concrete), Cement and Concrete Research 33 (2003) 723–727

تحليل الصفائح الدائرية متعامدة الخواص باستخدام نظرية العناصر المختلطة والمحددة

د/ صالح يحي الباروني م/ كريمة علي الغويل

أستاذ الهندسة المدنية طالبة ماجستير هندسة مدنية

S.barony@alacademia.edu.ly Kar2005ima@yahoo.com

أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس/ ليبيا

ملخص

تتعرض هذه الورقة إلى موضوع الصفائح الدائرية متعامدة الخواص بفتحة دائرية مركـــــزية تحت تأثير أحمال دائرية موزعة بانتظام مع اختلاف التثبيت في الحـــــــافتين الخارجيتين لهذه الصفائح، بســـــيطة وكاملة التثبيت مع مناقشة بعض التفاصيل نتيجة لوجود بعض البارامترات مثل اختلاف نسب المواد المتعامدة وكذلك اختلاف سمك الصفائح، ليتم دراسة مركبتين تستخدمان في تحليل تصميم المنشآت الإنشائية، وهي عزم الإنحناء في الاتجاه القطري والهطول في الإتجاه الرأسي، وتقدم هذه النتائج على هيئة منحنيات لتسهل قراؤتها وللجوء إليها كلما تطلب الأمر ذلك.

كلمات دالة: الصفائح الدائرية – نظرية العناصر المحددة – عزم الإنحناء – الهطول في الإتجاه الرأسي – معامل الجودة

1. المقدمة

تمثل الصفائح الدائرية شكلا هندسيا يستخدم في العديد من المنشآت الخرسانية مثل المباني الدائرية والأسقف والخزانات المستخدمة لخزن المواد السائلة وكذلك في صناعة أجزاء من الطائرات، حيث أغلب هذه التطبيقات ترتكز على استعمال مواد متجانسة، ولكن مع التطور السريع الذي يحدث في العصر الحديث بوجود مواد جديدة أصبح من اللازم دراسة سلوك المواد المتعامدة نظرا للحاجة لإستخدامها في التصميم الإنشائي.

2. تحليل الصفائح الدائرية ذات الخواص المتعامدة

1.2 التحليل النظري

يمكن صياغة معامل الجسوءة في الإتجاه القطري (D_r) للصفائح الدائرية متعامدة الخواص كما يلي:

$$D_r = \frac{Er\,h^3}{12\left(1-\mu_{r\theta}\,\mu_{\theta r}\right)}$$

حيث يتعذر في كثير من الأحيان إيجاد حلول نظرية صحيحة لمعظم مسائل الخواص المتعامدة لصعوبة حل المعادلات التفاضلية التي تحكم سلوكها، مقارنة بحالة الخواص المتجانسة التي يكون فيها معامل الجسوءة (D) قيمة تابثة تمثل:-

$$D = \frac{E\,h^3}{12\left(1-\mu^{\,2}\right)}$$

لذلك أصبحت طرق التحليل العددي واسعة الإنتشار خصوصا مع تطور تقنيات الحواسيب وسرعتها لإنجاز العمليات الحسابية المعقدة ومن أهم هذه الطرق طريقة العناصر المحددة.

2.2 طريقة العناصر المختلطة والمحددة

تعتبر هذه الطريقة من طرق التحليل العددي الرئيسية وتمثل امتدادا لطرق المصفوفات في التحليل الإنشائي حيث ساهم عمل كل من (Argyris[1] و Turner[2]) في وضع أسس التحليل الإنشائي باستخدام طرق المصفوفات والتي تطورت لتشمل حل المنشآت المستمرة من خلال تقطيع المنشأ إلى أجزاء مرتبطة في العقد وبالتالي تحوله إلى منشأ يتكون من قطع مترابطة بدلا من الجسم المستمر. هذا وقد برزت من ضمن طريقة العناصر المحددة المعتمدة على الجسوءة إلى طريقة العناصر المختلطة التي تعتمد على فرضية رايسنر والعمل الإفتراضي.

المعادلة الآتية تعطي تغير الدوال المختلطة للمنشآت حيث تم تطويرها للإستخدام في تحليل القشريات والصفائح الدائرية كان في البداية بواسطة إلياس[3] تم بواسطة الباروني[4,5] .

$$\pi = \int_0^L \int_0^{2\pi} \left(w_{\sigma\varepsilon} - w_{\sigma m} - w_{\sigma s} + w_{\gamma s} + w_{up} \right) r\, ds\, d\theta + \left| \int_0^{2\pi} \Psi\, d\theta \right|_0^L$$

باستخدام هذه النظرية ثم تقسيم الصفائح الدائرية إلى مجموعة من العناصر يصل إلى 20 عنصرا باستخدام عنصر منحنى من ثلاث عقد ليمثل كميات الإزاحات (Ur ، Uz) للمنشأ وكميات عزوم الإنحناء (Mr ، Mθ) حيث يزداد تركيزها في المناطق القريبة من الفتحة الدائرية وكذلك حافتي التثبيت حسب الشروط الحدودية للمسألة.

3. متغيرات التحليل

بهذه الدراسة البرامترية لتحليل الصفائح الدائرية متعامدة الخواص تحت تأثير الأحمال والشروط الحدودية المتماثلة أي الثابتة حول المحيط الذي يمر حول أية نقطة علي مسافة محددة من نصف القطر، فقد تم تحليل الصفائح التي تحمل المتغيرات التالية:

- نسب مختلفة للمواد المتعامدة ($Er/E\theta = 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50$)
- نسبة بواسون $\mu r\theta = 0.3$
- نسب مختلفة لسمك الصفيحة إلى نصف قطرها ($h/R = 0.02, 0.03, 0.04$)
- الحمل المنتظم المسلط علي الصفيحة $q = 5KN/m^2$
- نصف القطر للصفيحة $R = 5m$
- نصف قطر الفتحة الدائرية للصفيحة $Ri = 1m$

4. التحليل العددي للنتائج ومناقشتها

1.4 التغير في عزم الإنحناء (Mr)

الشكلان [1 ، 2] يوضحان العلاقة بين عزم الإنحناء في الإتجاه القطري لنسب مختلفة من المواد المتعامدة تتراوح من 0.25 إلى 2.50 بمعدل زيادة 0.25 على طول نصف القطر المستخدم للصفيحة باختلاف التثبيت في الأطراف الخارجية ويمكن ملاحظة الآتي:

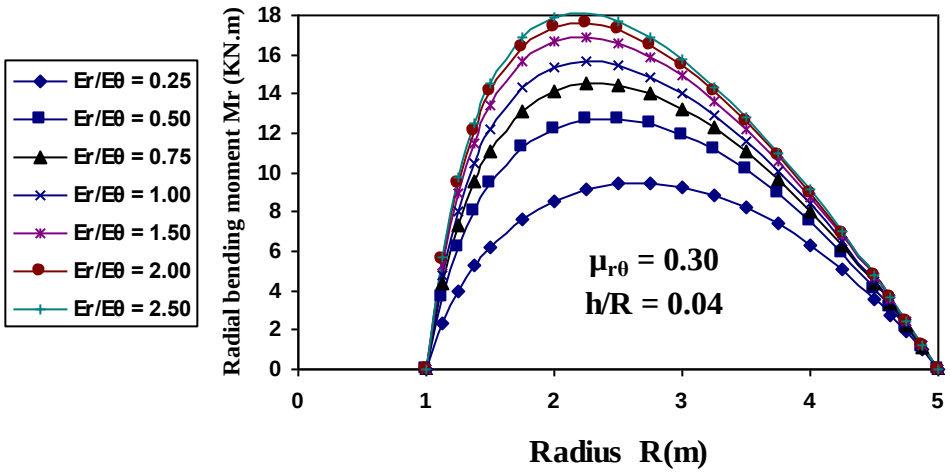
- بزيادة نسب المواد المتعامدة يزداد عزم الإنحناء في الإتجاه القطري.
- معدل الزيادة للمنحنيات التي لها نسب $Er/E\theta < 1.0$ أكبر من معدل الزيادة للمنحنيات التي لها $Er/E\theta > 1.0$.
- نسبة المواد المتجانسة $Er/E\theta = 1.0$ تكون أقرب لنسب المواد المتعامدة $Er/E\theta > 1.0$ باختلاف الشروط الحدودية.

2.4 التغير في الإزاحة الرأسية (Uz)

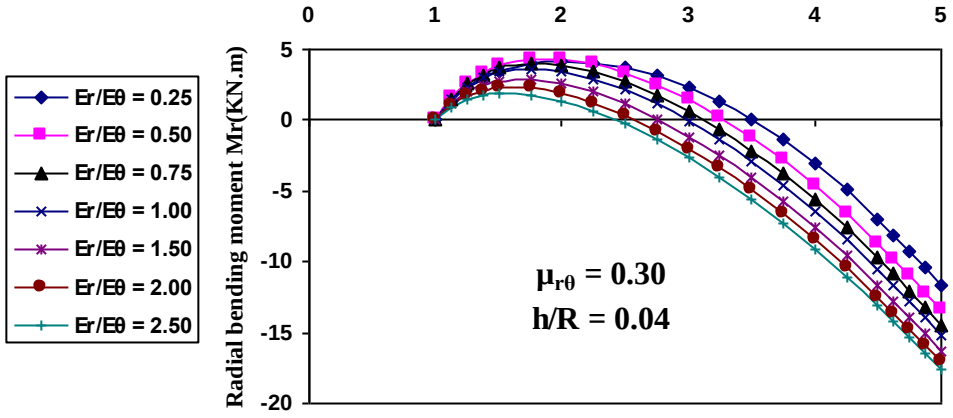
الشكلان [3 ، 4] يوضحان العلاقة بين الإزاحة في الإتجاه الرأسي للصفيحة لنسب مختلفة من المواد المتعامدة علي طول نصف القطر المستخدم باختلاف الشروط الحدودية ويمكن ملاحظة ما يلي:

- تزداد الإزاحة في الإتجاه الرأسي للصفيحة بزيادة نسب المواد المتعامدة للحالتين.

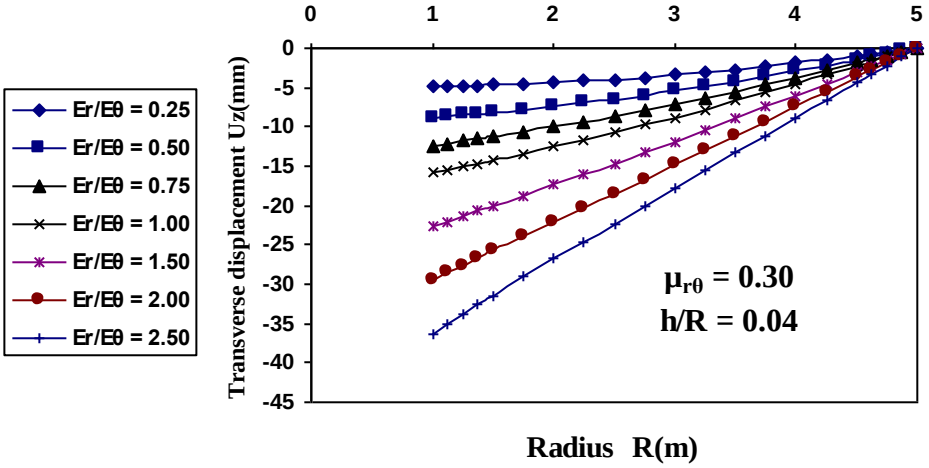
- تغيير التثبيت في الأطراف الخارجية من بسيط الإرتكاز إلى مثبت قلل كثيرا من الإزاحة في الإتجاه الرأسي للصفيحة لمختلف حالات نسب المواد المتعامدة خصوصا في الأطراف الخارجية.
- نسب التزايد للمنحنيات التي لها نسب مواد متعامدة $Er/E\theta > 1.0$ أكبر من نسب التزايد للمنحنيات التي لها $Er/E\theta < 1.0$ عندما تكون الحواف الخارجية بسيطة الإرتكاز واختلاف ذلك بتغير الشروط الحدودية.
- اضمحلال للمنحنى الذي له نسبة مواد متعامدة [$Er/E\theta = 2.50$] عندما تكون الحواف الخارجية للصفيحة مثبتة تثبيتا كاملا.



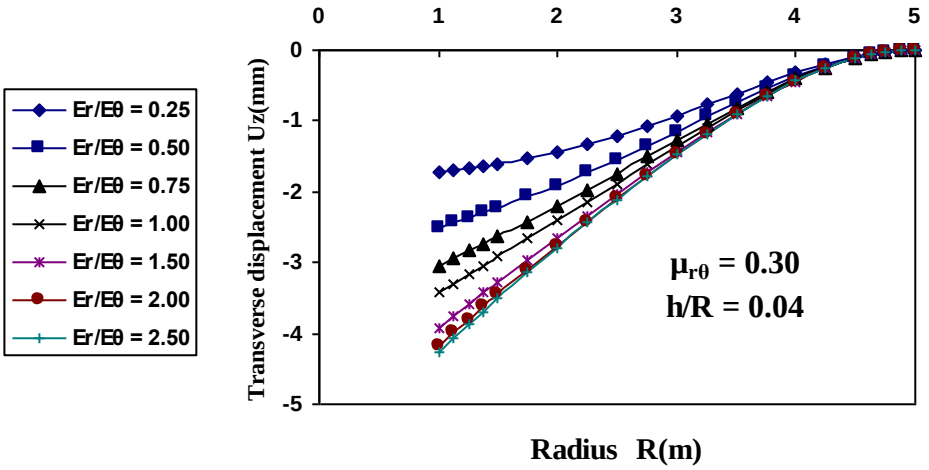
شكل (1) منحنيات عزوم الإنحناء القطرية (الحواف الخارجية بسيطة الإرتكاز)



شكل (2) منحنيات عزوم الإنحناء القطرية (الحواف الخارجية مثبتة)



شكل (3) منحنيات الإزاحة في الإتجاه الرأسي (الحواف الخارجية بسيطة الإرتكاز)

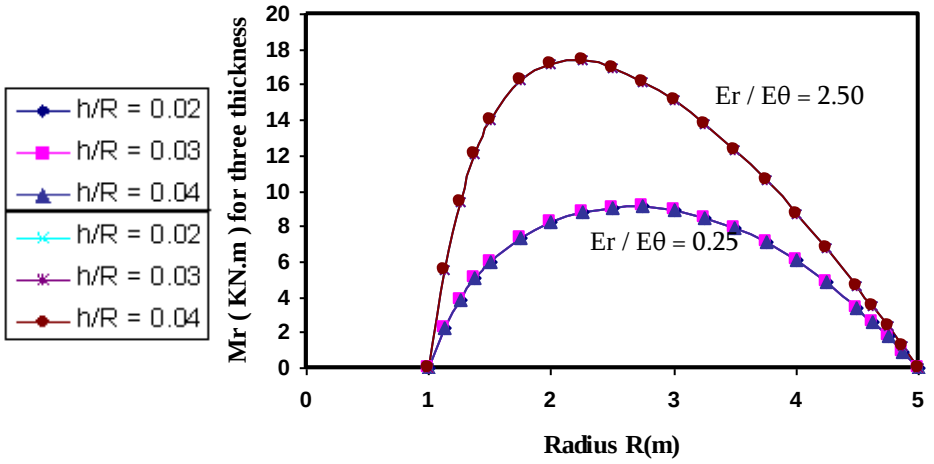


شكل (4) منحنيات الإزاحة في الإتجاه الرأسي (الحواف الخارجية مثبتة)

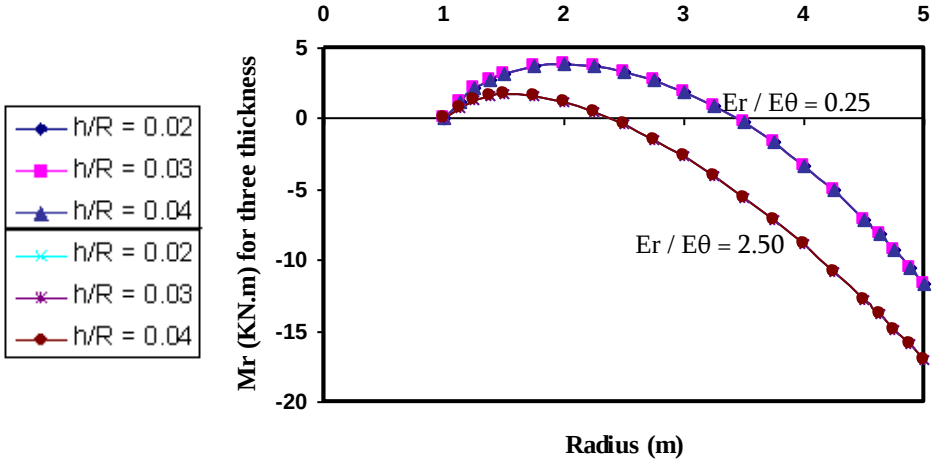
3.4 التغير في عزم الإنحناء مع التغير في السمك

الأشكال الآتية [5 ، 6] توضح العلاقة بين عزم الإنحناء في الإتجاه القطري مع اختلاف نسبة سمك الصفيحة إلى نصف قطرها لنسبتين للمواد المتعامدة (Er / Eθ = 0.25 , 2.50) ويلاحظ الآتي:

- تغير شكل المنحنى بزيادة نسب المواد المتعامدة وبالذات القيم العليا للعزوم.
- بالرغم من اختلاف نسب سمك الصفيحة إلى نصف قطرها إلا أن ذلك لم يظهر أي تأثير في عزوم الإنحناء لنسبتي المواد المتعامدة علي طول نصف القطر المستخدم مع تغير الشروط الحدودية.



شكل (5) منحنيات عزوم الإنحناء القطرية باختلاف سمك الصفائح (الحواف الخارجية بسيطة الإرتكاز)

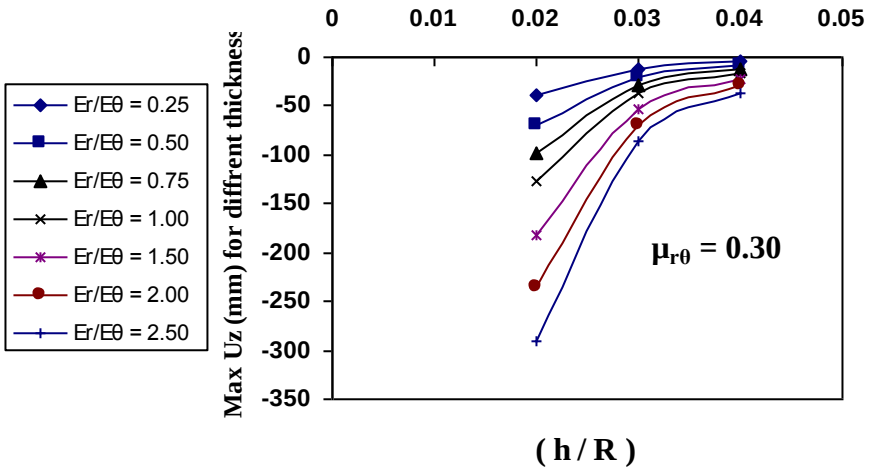


شكل (6) منحنيات عزوم الإنحناء القطرية باختلاف سمك الصفائح (الحواف الخارجية مثبتة)

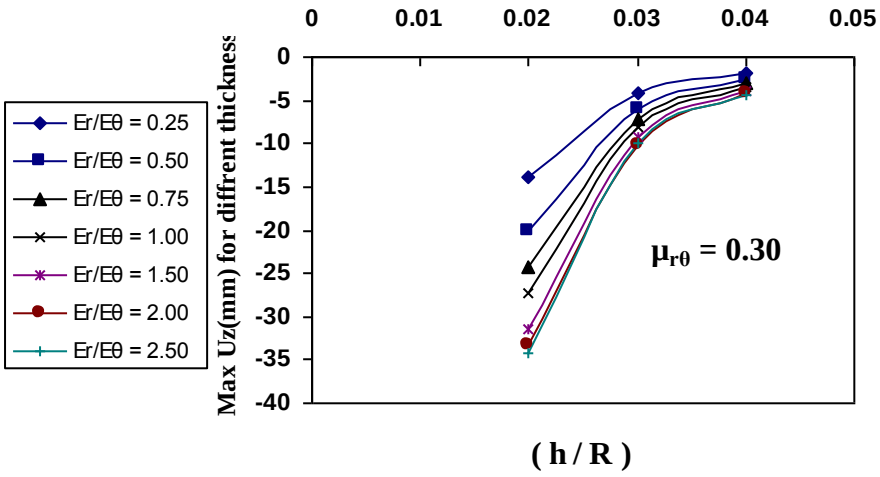
2.4 التغير في الإزاحة الراسية (Uz) مع التغير في سمك الصفيحة

توضح العلاقة التي تربط بين التغير في نسبة سمك الصفيحة إلى نصف قطرها مع أقصى [7 ، 8] الأشكال الآتية قيمة للإزاحة الرأسية $Uz_{(max)}$ مع اختلاف نسب المواد المتعامدة ويمكن مشاهدة الآتي:

- الشروط الحدودية تلعب دورا مهما في تغير قيم الإزاحة الرأسية للصفيحة لمختلف نسب المواد المتعامدة .
- بزيادة نسبة سمك الصفيحة إلى نصف قطرها تقل الإزاحة الرأسية للمنحنى الذي يحوي نفس نسب المواد المتعامدة.
- إنطباق المنحنين اللذين لهما نسب مواد متعامدة (2.0 مع 2.5) عندما تكون الأطراف الخارجية للصفيحة كاملة التثبيت وذلك يزداد بزيادة نسبة بواسون.



شكل (7) منحني الإزاحة الرأسية باختلاف سمك الصفائح (الحواف الخارجية بسيطة الإرتكاز)



شكل (8) منحنيات الإزاحة الرأسية باختلاف سمك الصفائح (الحواف الخارجية مثبتة)

5. الخلاصة والتوصيات

إن صياغة المسائل الهندسية باستخدام طريقة العناصر المختلطة المحددة أثبتت فعاليتها ودقة نتائجها باستخدام عدد قليل من العناصر. في هذه الورقة تم إجراء تحليل عددي للصفائح الدائرية غير متجانسة الخواص بأحمال منتظمة متماثلة وقد عرضت النتائج بمجموعة من المنحنيات والتي يمكن الإستفادة منها لمعرفة سلوك هذا النوع من الصفائح على أقل

تقدير عند مرحلة التصميم الابتدائي، كما يمكن توسيع هذه الدراسة لتشمل عدة بارامترات أخرى وبأحمال غير متماثلة وبتغير سمك هذه الصفائح للحافتين الداخلية والخارجية وكذلك زيادة نسبة نصف قطر الفتحة إلى نصف قطر الصفيحة.

المراجع

[1] Argyris, J.H., Kelesey, S.,"Energy Theorems and Structural Analysis", Butterworths, London,(1960).

[2] Turner, M.J., Cough, R.W., Martin, H.C. and Topp, L.J., "Stiffness and Deflection Analysis of Complex Structures" Journal of the Aeronautical Sciences, Vol. 23, No.9, (1956).

[3] Elias, Z. M. "Mixed Finite Element Methods For Axisymmetric Shells", Int. Jr. Num. Meth. Eng. Vol.4, (1972), pp. 261-277.

[4] Barony, S.Y., "A study Of A Mixed Finite Element Formulation and its Application to Linear and Geometrically Non-linear Analysis of Shell of Revolution", Ph.D. Dissertation, University of Southampton, (1977).

[5] Barony, S.Y. and Tottenham, H. " The Analysis Of Rotational Shells Using a curved Ring Element and the Mixed Variational Formulation" , Int. Jr. Num. Meth. Eng. Vol. 10,(1976), pp.861-872

[6] Boresi, A., Sidebottom, O.M., "Advanced Mechanics of Materials", 4th ed., Wiely, (1932).

[7] Totteham, H., Brebbia, A.C., "Finite Element Techniques In Structural Mechanics", Stress Analysis Publishers, (1970).

[8] Jones, R.M. "Mechanics Of Composite Materials", McGraw Hill, Kogakusha, (1975).

[9] Chia, C.Y., " nonlinear analysis of plates", McGraw Hill, (1980).

تعريفات لبعض الرموز المستخدمة

Mr	عزم الإنحناء في الإتجاه القطري	$E\theta$	معامل المرونة في الإتجاه العمودي
Uz	الإزاحة الرأسية للصفيحة	$\mu_{r\theta}$	نسبة بواسون في الاتجاه $r\theta$
r	البعد القطري	W	الإزاحة الرأسية للصفيحة
Dr	صلادة الإنحناء للصفيحة في الإتجاه القطري	h	سمك الصفيحة
Er	معامل المرونة في الإتجاه القطري		

تأثير نوع التربة على نتائج اختبار لوح التحميل

د. عبد الخالق سلوم مهدي
أستاذ مساعد
abdulkhalekmahdi@ymail.com

د. أحمد جميل إبراهيم
أستاذ مساعد
ajssea57@yahoo.com

د. عمر رمضان الزروق
محاضر
omerelzaroug@yahoo.com

قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة– جامعة عمر المختار – البيضاء – ليبيا

ملخص

يتضمن البحث دراسة مقارنة لنتائج اختبار لوح التحميل الحقلي الذي اجري على ستة نقاط في احد مواقع المشاريع السكنية حيث اجري هذا الاختبار على أنوع مختلفة من التربة (طبقة تربة دمك ، طبقة تربة طبيعية ، طبقة تربة دمك طبيعية)، بعد تصنيف أنواع التربة حسب ألنظام الموحد ونظام آشتو لتصنيف التربة تم تحليل النتائج وتخمين الهبوط المتوقع والقدرة الحدية للتربة تحت اقل أبعاد أساس لقواعد المنشأ.

مفاتيح الموضوع: اختبار لوح التحميل،أنواع التربة،الهبوط المتوقع،القدرة الحدية للتربة.

1- المقدمة

تعتبر قدرة تحمل التربة من المحددات الأساسية في تصميم أساسات المنشآت , وتوصل كثير من العلماء والباحثين في القرن الماضي إلى نظريات وطرق أصبحت معتمدة من أجل تخمين تحمل التربة بدءاً بنظرية (Terzaghi) [1] التي تعتمد على الخواص الأساسية لتربة الموقع وشكل قاعدة الأساس والتي تم تطويرها من قبل (Meyerhof) ثم (Hansen) [2] بعد إضافة عوامل تتعلق بالحمل المسلط على الأساس وأخرى تتعلق بالتربة والأساس حيث تم التوصل إلى المعادلة العامة .

كان التطور العلمي سباقاً أيضاً في تحديث الطرق التي بمكن استخدامها في مجال الهندسة المدنية فأصبحت الطرق الحقلية معتمدة في تخمين قدرة تحمل التربة كاستخدام آلة الاختراق اليدوي [3] واختبار لوح التحميل[4،5] .

يجرى اختبار لوح التحميل الحقلي من أجل معرفة القدرة الحدية للتربة تحت الأساسات ويمكن الاعتماد على مقدار الهبوط المسموح للأساس لتخمين المقدار المسموح لهذه القدرة , واعتماداً على المواصفة ASTM 1982: D1194 – 72 [5] الخاصة بهذا الاختبار فأن التحميل يتم على مجموعة من الألواح المعدنية الصلبة بسمك 25 ملم. لكل لوح دائري الشكل بقطر 150 إلى 762 مم، أو مربع الشكل بطول ضلع 305 مم الطينية فأنلغرض [4، 5] .

يتم الاختبار للطبقة الترابية بعد عمل حفرة بقطر أو طول ضلع مساوياً لأربعة أضعاف قطر أو طول ضلع اللوح المستخدم في الاختبار وعلى العمق المطلوب لأساس المنشأ حيث يوضع لوح التحميل في مركز الحفرة ثم تستخدم رافعة يدوية خاصة ذات عداد لقراءة الحمل المسلط حيث توضع فوق اللوح وتسند من الأعلى عن طريق أحمال ميتة ثم تتم الزيادة في التحميل بهذه الرافعة على أربعة أو خمسة فترات زمنية حيث يتم حدوث فشل للتربة تحت اللوح أو وصولها إلى هبوط مساوياً 25 ملم. ترسم العلاقة البيانية بين الضغط المسلط والهبوط الناتج للوح من أجل تخمين الضغط التصميمي للأساس وكذلك العلاقة البيانية بين الفترة الزمنية والهبوط الناتج للوح من أجل تخمين أقصى هبوط مسموح للأساس [4] .

إن حساب مقدار القدرة الحدية لتحمل التربة تحت أساس المنشأ بأبعاده الحقيقية والهبوط المتوقع[6]

عندما يجرى الاختبار في التربة الطينية فأن:

$$(q_u)_F = (q_u)_p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$S_F = S_p \, (B_F/B_p) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

وعندما يجرى الاختبار في التربة الرملية فأن:

$$(q_u)_F = (q_u)_p \, (B_F/B_P) \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

$$S_F =(S_P \, (B_F/B_P)^2) \, ((3.28B_P + 1)/(3.28B_F + 1))^2 \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث أن:

$(q_u)_F$: القدرة الحدية للتربة تحت الأساس

$(qu)_p$: القدرة الحدية للتربة تحت لوح الاختبار.

S_F : الهبوط المتوقع للأساس.

S_P : الهبوط الناتج تحت لوح الاختبار.

B_F : عرض الأساس (م) .

B_P : عرض لوح الاختبار (م) .

2- البرنامج العملي

تم اختيار 6 نقاط حقلية لأنواع مختلفة من التربة المبينة في الجدول (1) وهي تمثل تربة التأسيس لأبنية مجمع سكني في مدينة درنة حيث أن النقاط (1) و(2) (3) و (4) تمثل طبقة تربة دمك والنقطة (5) تمثل الطبقة الطبيعية لتربة الموقع والنقطة (6) تمثل الطبقة الطبيعية المدموكة لتربة الموقع , التدرج الحبيبي [7- 10] وحدود القوام [11-13] وتصنيف أنواع التربة [14،15] مبينة في الجداول (2) و(3) و(4) .

استعملت في الاختبار رافعة يدوية هيدروليكية لغرض تسليط الحمل العمودي على اللوح حيث كانت دقة عداد قراءة الحمل المسلط 2 كيلو نيوتن , وأسندت هذه الرافعة من الأعلى بحفارة مسرفة ذات وزن 320 كيلو نيوتن , كما ثبتت فوق اللوح 4 عدادات لقراءة الهبوط الناتج كانت الدقة فيها بمقدار 0.01 مم. حيث تم حساب متوسط هذه القراء آت في جداول نتائج الاختبار المبينة لاحقا.

جدول (1): تصنيف الاختبارات

رقم الاختبار	قطر لوح الاختبار (م)	نوع التربة	طبقة التربة	الرمز المستخدم
1	0.45	تربة 1	تربة دمك	CF1-A1-45
2	0.30	تربة 1	تربة دمك	CF1-A1-30
3	0.45	تربة 1	تربة دمك	CF2-A1-45
4	0.30	تربة 1	تربة دمك	CF2-A1-30
5	0.45	تربة 2	تربة طبيعية	S-A1-45
6	0.45	تربة 3	تربة دمك طبيعية	CS-A2-45

جدول (2): التدرج الحبيبي لأنواع التربة

فتحة الغربال (مم)		50	25	19	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
النسبة العابرة (%)	تربة 1	100	78	69.2	49.5	39.3	27	13.5	4.5
	تربة 2	90.6	61.5	53.1	37.1	25	16.1	7.3	2.9
	تربة 3	100	84.1	75.4	63.5	50.9	40.2	23.5	13.5

جدول (3): حدود القوام لأنواع التربة

نوع التربة	حد السيولة L.L	حد اللدونة P.L.	مؤشر اللدونة P.I.
1	27.5	24.1	3.4
2	27.2	27.2	00
3	36.7	25.0	11.7

جدول (4): تصنيف أنواع التربة

نوع التربة	النظام الموحد ASTM D 2478 - 2000	نظام آشتو AASHTO Standard M 145
1	GW حصى جيد التدرج	A-1-a حصى رملي
2	GW حصى جيد التدرج	A-1-a حصى رملي
3	GM حصى غريني	A-2-6 حصى رملي غريني

3- النتائج والمناقشة

نتائج الاختبار والحسابات مبينة في الجداول (5) و(6) و(7) و(8) و(9) و(10) حيث تم حساب الضغط المسلط ومتوسط الهبوط ومعامل الاختلاف للهبوط لكل نقطة.

جدول (5): نتائج اختبار رقم 1 (CF1-A1-45)

الضغط المسلط (كيلونيوتن/م^2)	متوسط الهبوط (مم)	معامل الاختلاف (%)
0	0.00	0.0
189	0.46	12.1
377	1.18	11.9
566	1.81	8.8
755	2.29	8.5
943	2.95	14.0
629	2.92	13.4
315	2.70	11.2
0	1.97	11.5

جدول (6): اختبار رقم 2 (CF1-A1-30)

الضغط المسلط (كيلونيوتن/م^2)	متوسط الهبوط (مم)	معامل الاختلاف (%)
0	0	0.0
211	0.32	6.9
423	0.66	5.9
634	1.04	4.0
845	1.32	4.6
1268	1.9	7.0
423	1.76	6.9
211	1.61	4.4
0	1.29	8.2

جدول (7): نتائج اختبار رقم 3 (CF2-A1-45)

الضغط المسلط (كيلونيوتن/م^2)	متوسط الهبوط (مم)	معامل الاختلاف (%)
0	0.00	0.0
189	0.56	4.4
377	1.17	3.0
566	1.70	6.2
755	2.17	11.7
943	2.54	14.4
755	2.52	13.8
566	2.46	13.0
377	2.30	11.7
189	2.11	11.1
0	1.20	18.0

جدول (8): اختبار رقم 4 (CF2-A1-30)

الضغط المسلط (كيلونيوتن/م^2)	متوسط الهبوط (مم)	معامل الاختلاف (%)
0	0.00	0.0
211	0.58	3.2
423	1.06	3.8
634	1.56	4.1
845	2.02	4.2
1268	2.80	3.4
845	2.78	3.2
634	2.71	3.7
423	2.61	3.6
211	2.44	4.1
0	1.84	5.9

جدول (9): نتائج اختبار رقم 5 (S-A1-45)

الضغط المسلط (كيلونيوتن/م^2)	متوسط الهبوط (مم)	معامل الاختلاف (%)
0	0.00	0.0
189	1.03	6.6
377	2.46	6.8
566	4.51	3.5
755	6.22	4.2
943	8.25	2.1
1101	9.25	1.8
943	8.83	0.7
755	8.41	2.0
566	7.82	1.6
377	7.48	1.8
189	7.09	1.6
0	5.10	2.3

جدول (10): اختبار رقم 6 (CS-A2-45)

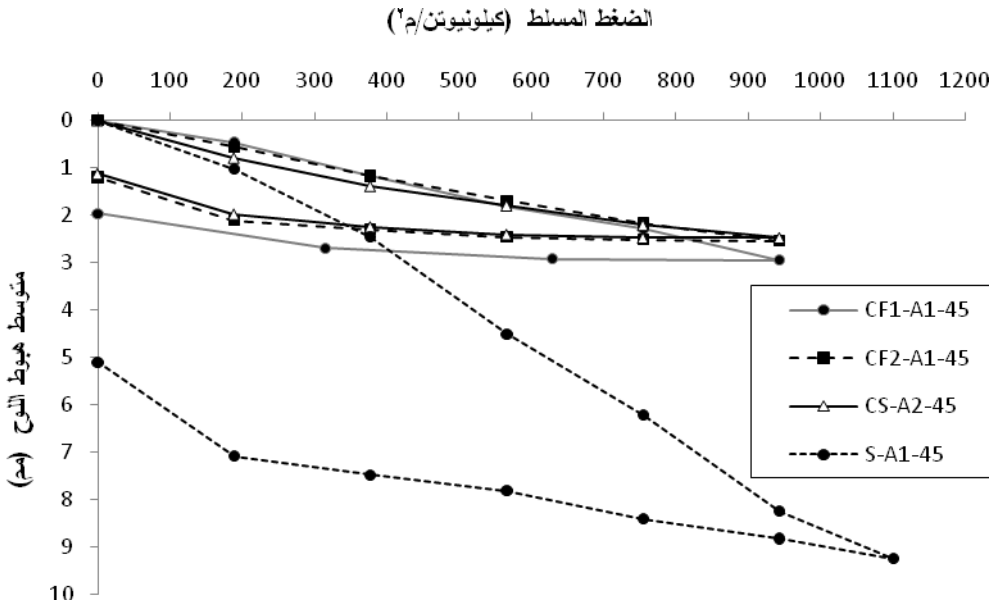
الضغط المسلط (كيلو نيوتن/م^2)	متوسط الهبوط (مم)	معامل الاختلاف (%)
0	0.00	0.0
189	0.79	4.6
377	1.39	5.4
566	1.80	8.3
755	2.21	11.4
943	2.48	14.6
755	2.48	14.9
566	2.41	14.3
377	2.25	13.3
189	1.98	12.0
0	1.13	14.1

ويمكن ملاحظة ما يلي:

- **تأثير نوع وطبيعة التربة:**

بعد رسم العلاقة البيانية بين الضغط المسلط ومتوسط هبوط اللوح (شكل 1) يتضح أن نتائج الاختبار للنقطتين 1 و3 تكون متطابقة تقريباً حيث أن طبقة التربة لكلا النقطتين تمثل تربة دمك وهما بنفس التصنيف حسب النظام الموحد (GW) ونظام آشتو (A-1-a) , بينما نتائج الاختبار للنقطة 6 تختلف قليلاً حيث أن طبقة التربة لهذه النقطة تمثل تربة طبيعية مدموكة إضافة إلى اختلاف تصنيفها الذي هو حسب النظام الموحد GM وحسب نظام آشتو A-2-6 . أما نتائج الاختبار للنقطة 5 فكانت تختلف كثيراً حيث أن طبقة التربة لهذه النقطة تمثل تربة طبيعية غير مدموكة بغض النظر

عن أن لها نفس تصنيف التربة للنقطتين 1 و3 واللتان كانت عملية ألدمك فيهما لها التأثير المباشر على زيادة تحملها وتقليل الهبوط الناتج للوح.



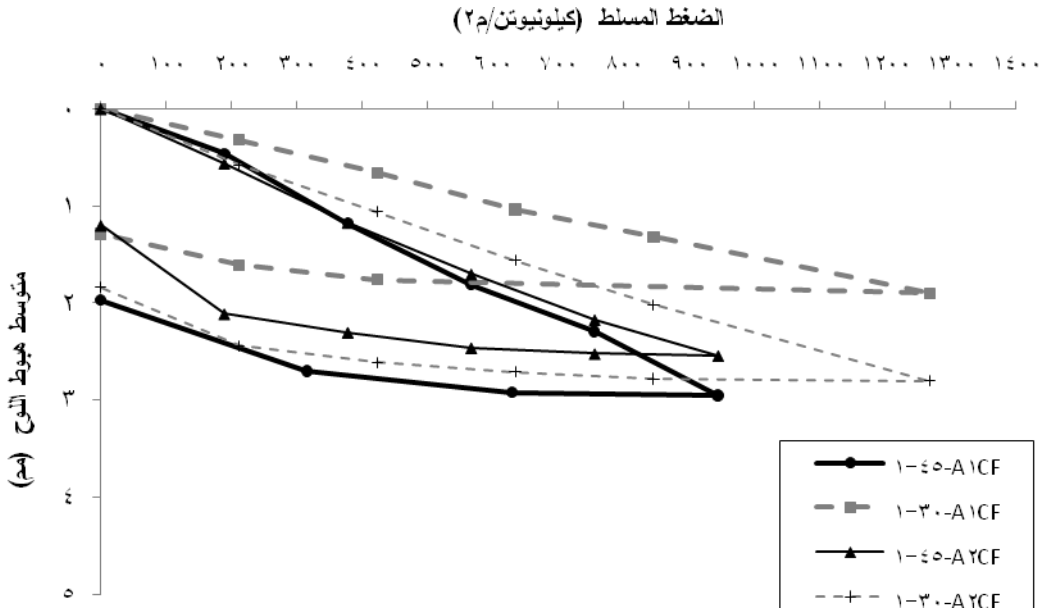
شكل (1) تأثير نوع التربة على نتائج الاختبار

- **تأثير قطر اللوح:**

تم استخدام لوحين بقطرين مختلفين عند التحميل، حيث استخدم لوح (0.45 م) للنقطتين 1 و2 لبنايتين مختلفتين وكذلك استخدم لوح (0.3 م) لنفس البنايتين في النقطتين 3 و 4 حيث إن تربة الأساس لكلتا البنايتين من نفس النوع وهي تمثل تربة دمك. يتضح من الشكل(2) أن زيادة قطر لوح التحميل ليس لها تأثير كبير على مقدار الهبوط الناتج ونتائج الاختبار تكون متقاربة لنفس نوع التربة باستخدام لوحين مختلفي الأقطار.

- **حساب القدرة الحدية والهبوط المتوقع للتربة تحت ألأساس:**

الجدول(11) يبين خلاصة نتائج القدرة الحدية للتربة ومتوسط الهبوط الأقصى تحت الأساس لنقاط الاختبار الستة والتي تم حسابها بموجب المعادلات أعلاه (1و2و3و4) اعتمادا على نوع التربة ونتائج اختبار لوح التحميل[6] وبالاعتماد على هذه المعادلات فان القدرة الحدية للتربة تحت الأساس تكون اعلى من القدرة الحدية للتربة تحت اللوح في حالة إن تربة نقطة الاختبار رملية وذلك بسبب تأثير النسبة بين بعد الأساس وبعد اللوح بينما لا تأثير لذلك في التربة الطينية .

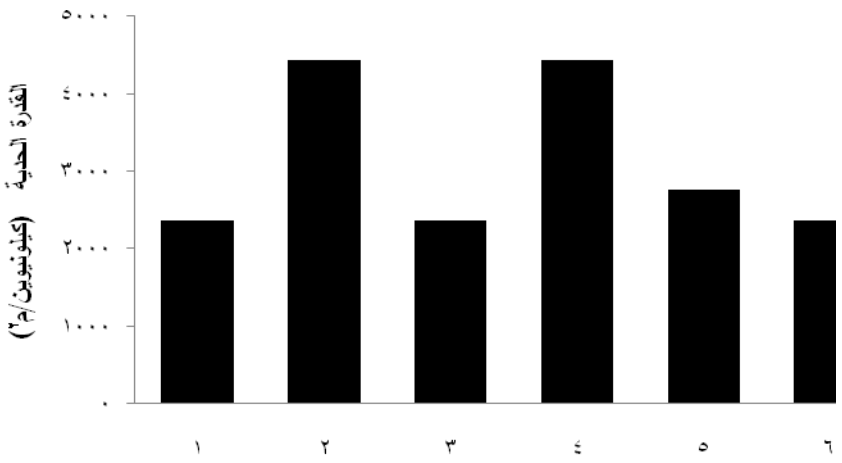


شكل (2) تأثير قطر لوح التحميل على نتائج الاختبار

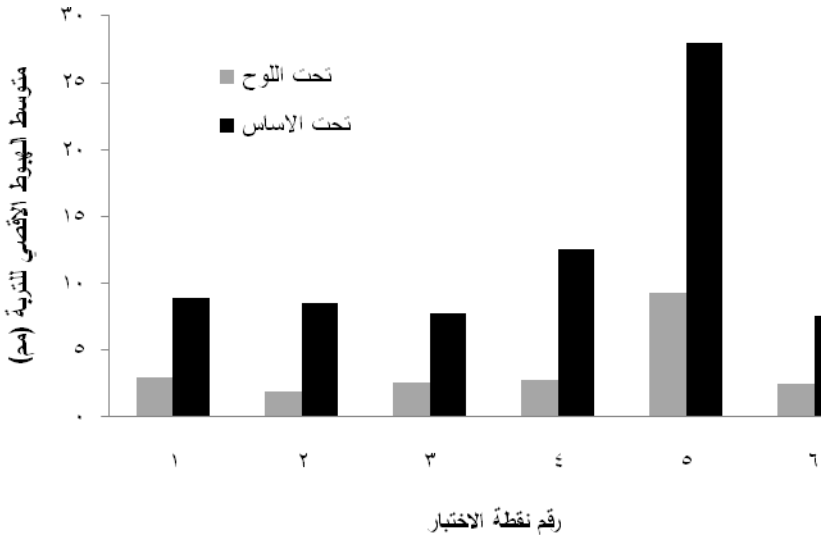
جدول (11): خلاصة نتائج حساب القدرة الحدية والهبوط المخمنة

رقم نقطة الاختبار	الرمز المستخدم	الضغط المسلط كيلو نيوتن/م^2	القدرة الحدية للتربة تحت الأساس كيلو نيوتن/م^2	متوسط الهبوط الأقصى للتربة (مم)	
				تحت اللوح	تحت الأساس
1	CF1-A1-45	943	2358	2.95	8.94
2	CF1-A1-30	1268	4438	1.90	8.52
3	CF2-A1-45	943	2358	2.54	7.79
4	CF2-A1-30	1268	4438	2.80	12.56
5	S-A1-45	1101	2753	9.25	28.02
6	CS-A2-45	943	2358	2.48	7.51

إن قيم القدرة الحدية والهبوط المتوقع المبينة في الجدول (11) و الأشكال (3)و(4) تم حسابها بأخذ متوسط القيم الناتجة من تطبيق المعادلات الخاصة بالتربة الطينية والتربة الرملية.



شكل (3) القدرة الحدية لنقاط الاختبار



شكل(4) متوسط الهبوط الأقصى تحت اللوح وتحت الأساس لنقاط الاختبار

المراجع

[1] Terzaghi, K., and Peak, R. B. 1967: "Soil Mechanics in Engineering Practice" John Wiley and sons.

[2] Cernica, J. N. 1995: " Geotechnical Engineering: Foundation Design" John Wiley and Sons Inc.

[3] Wickham France "Vicksberg cone penetrometer WF 24900".

[4] Bowles, J. E. 1982: "Foundation Analysis and Design" McGraw-Hill International Book Company.

[5] American Society for Testing Materials: ASTM D1194-72: Standard test method for bearing capacity of soil for static load on spread footings.

[6] Das, B. M. 1996:" Principles of foundation engineering "PWS Publishing Company.

[7] American Association of State Highway and Transportation Officials: AASHTO T87-70: Dry preparation of soil sample for grain size analysis.

[8] American Association of State Highway and Transportation Officials: AASHTO andT88-70: Grain size analysis of soil.

[9] American Society for Testing Materials: ASTM D 421-85: Standard practice for grain size analysis dry preparation of soil sample for particle- size analysis and determination of soil constant.

[10] American Society for Testing Materials,: ASTM D422-63: Standard test method for particle- size analysis of soil.

[11] American Association of State Highway and Transportation Officials: AASHTO T89-68: Determination of liquid limit

[12] American Association of State Highway and Transportation Officials: AASHTO T90-70: Determination of plastic limit.

[13] American Society for Testing Materials,: ASTM 4318: Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soil.

[14] American Society for Testing Materials: ASTM D 2487-2000: Standard practice for Classification of Soil for Engineering Purpose (Unified Classification System) .

[15] American Association of State Highway and Transportation Officials: AASHTO Standard M 145-731: AASHTO Classification System .

التقنيات العددية للتحليل الإنشائي بطريقة الشرائح المحدودة

م.عبدالرحيم محمد أحمد
كلية التقنية الإلكترونية
بني وليد – ليبيا

ملخص:

تعتمد جودة التصميم الهندسي على عملية التحليل في المرتبة الأولى، ففي الإنشاءات المستمرة كانت الطرق العددية للتحليل الإنشائي من أهم الأدوات الرياضية لتحقيق ذلك الهدف تسارع تطورها في موازا ة التقدم السريع في تقنيات الحاسبات الالكترونية. في هذه الورقة نستعرض بعض من استنتاجاتنا حول طريقة الشرائح المحدودة لتحليل انحناء الصفائح والقشريات من واقع دراسة بحثية مستفيضة قدمناها كأطروحة لنيل درجة الماجستير من كلية الهندسة بجامعة الفاتح، وستتلوها ورقات أخرى لعرض اقتراحاتنا لبعض التطويرات على دوال التوليد التي عكست مرونة عالية على استخدامات الطريقة.

1- المقدمة:

شهدت العقود الأخيرة تطورات سريعة للتقنيات العددية المختلفة المستخدمة في هندسة التحليل كنتيجة طبيعية للتطور السريع والمتعاقب في صناعة الحاسبات، فأصبحت طريقة العناصر المحدودة من أهم وأقوى الأدوات المسيطرة على الحل العددي لنطاق واسع من المسائل والتطبيقات الهندسية المعقدة كحساب الإجهادات والتشوهات في أجسام السيارات والطائرات والمباني والجسور بالإضافة إلى الإنتشار الحراري وتدفق الموائع والفيض المغناطيسي وغيرها [1، 2].

جذور هذه الطريقة تمتد إلى عدة مجموعات بحثية منفصلة أهمها:

- بحوث Courant الرياضية 1943 وبحوث Argyris & Kelsey الهندسية 1954
- بحوث Turner, Clough, Martin & Topp 1956

وكان Clough أول من أطلق مصطلح العنصر المحدود "Finite Element" 1960 حيث بدأت إثره مرحلة التأليف سريع النمو حول هذه الطريقة وتطبيقاتها الهندسية فكان أول كتاب تم نشره من تأليف Zienkiewiez & Chung 1967 [5].

في هذه الطريقة يتم تجزئة الوسط المستمر بشكله المعقد إلى عدة أجزاء صغيرة ذات أشكال هندسية أولية بسيطة حيث تطبق على كل منها دوال التقريب approximation [interpolation] functions على هيئة كثيرات حدود جبرية مناسبة لتمثيل المتغير الحقلي للمسألة ليتم فيما بعد الحصول على منظومات جبرية مجاهيلها تمثل قيم هذه الحقول عند نقاط معينة في الوسط، وذلك باستخدام مبدأ الشغل الافتراضي Virtual work principle أو نظرية طاقة الوضع Potential-energy theorem أو منهجية التغاير Variational approach وبحل تلك المنظومة يتم الحصول على التحليل المطلوب[6]. إلا أنه كنتيجة لتجزئة الوسط في كل الإتجاهات الرئيسية فإن عدد المجاهيل لابد وأن يكون كبيرا، خصوصا في المسائل الكبيرة والمعقدة ولأن كثيرا من تلك المسائل الكبيرة تتصف بانتظام شكلها الهندسي علاوة على بساطة شروطها الحدودية، فإن ظهور طريقة الشرائح المحدودة بواسطة Y.K.Chung 1968 وفرت جهدا كبيرا من الحسابات ومتطلبات الحل الأخرى، مما جعلها تتفوق على طريقة العناصر المحدودة في هذا الخصوص حيث تتم التجزئة في اتجاه واحد فقط.

فلسفة هذه الطريقة كما أوضح Y. K. Chung 1976 في أول كتاب ينشر حولها مستمدة من فكرة Kantorovich المشهورة بفصل المتغيرات لخفض المعادلات التفاضلية الجزئية إلى معادلات تفاضلية جزئية من رتبة أقل أو إلى معادلات تفاضلية عادية، حيث يتبلور ذلك في هذه الطريقة من خلال التعبير عن دوال التقريب للمجاهيل الحقلية بشكل مشابه لما استخدمه Levy في الحلول التحليلية لمسائل الصفائح الرقيقة.

2- ملخص الصياغة الرياضية للطريقة لتحليل انحناء الصفائح

الصياغة الرياضية الأولى لهذه الطريقة طبقا لمنهجية الجسوءة Stiffness approach تعرف حاليا بطريقة الشرائح المحدودة التقليدية حيث اعتمدت على توظيف المتسلسلات المثلثية في الإتجاه الطولي $S(y) = \sum_{m=1}^{r} \alpha_m Y_m(y)$ بالإضافة إلى كثيرة حدود $f_m(x)$ في الإتجاه الآخر ضمن دالة التوليد للمتغير الحقلي المستقل في المسألة وهو الإنحراف Deflection (w)، وبشرط تحقيق المتسلسلة للشروط الحدودية مسبقا لنهايتي الشريحة.

ففي حالة الشريحة المستطيلة ذات خطين عقديين طولها a وعرضها B مع اعتبار الإنحراف w والميل Θ كعاملي توليد Interpolation parameters (وتعرف بالشريحة منخفضة الرتبة LO2) فإن المتغير الحقلي يعبر عنه على نطاق الشريحة بدالة التوليد التالية [1,2,3,4]:

$$w(x,y) := \sum_{m=1}^{r} f_m(x)\,\alpha_m\,Y_m(y) = [N_1 \quad N_2 \quad N_3 \quad N_4] \begin{bmatrix} [Y]_{w_i} & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [Y]_{\theta_i} & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [Y]_{w_j} & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [Y]_{\theta_j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [\delta]_{w_i} \\ [\delta]_{\theta_i} \\ [\delta]_{w_j} \\ [\delta]_{\theta_j} \end{bmatrix}$$

وبالتالي تكون مصفوفة الجساءة العامة والصريحة للشريحة كالتالي:

$1/420B^3$	$5040D_x\ I_1^{K,N}$ $-504B^2D_1I_2^{K,N}$ $-504B^2D_1I_3^{K,N}$ $+156B^4D_YI_4^{K,N}$ $+2016B^2D_{XY}I_5$	$2520BD_xI_1^{K,N}$ $-462B^3D_1I_2^{K,N}$ $-42B^3D_1I_3^{K,N}$ $+22B^5D_YI_4^{K,N}$ $+168B^3D_{XY}I_5$	$-5040D_x\ I_1^{K,N}$ $504B^2D_1I_2^{K,N}$ $504B^2D_1I_3^{K,N}$ $+54B^4D_YI_4^{K,N}$ $+2016B^2D_{XY}I_5$	$2520BD_xI_1^{K,N}$ $-42B^3D_1I_2^{K,N}$ $-42B^3D_1I_3^{K,N}$ $-13B^5D_YI_4^{K,N}$ $+168B^3D_{XY}I_5$
	$2520bD_xI_1^{k,n}$ $-462b^3D_1I_2^{k,n}$ $-42b^3D_1I_3^{k,n}$ $+22b^5D_yI_4^{k,n}$ $+168b^3D_{xy}I_5$	$1680b^2D_x\ I_1^{k,n}$ $-56b^4D_1I_2^{k,n}$ $-56b^4D_1I_3^{k,n}$ $+4b^6D_yI_4^{k,n}$ $+224b^4D_{xy}I_5$	$-2520bD_xI_1^{k,n}$ $+42b^3D_1I_2^{k,n}$ $+42b^3D_1I_3^{k,n}$ $+13b^5D_yI_4^{k,n}$ $-168b^3D_{xy}I_5$	$840b^2D_x\ I_1^{k,n}$ $+14b^4D_1I_2^{k,n}$ $+14b^4D_1I_3^{k,n}$ $-3b^6D_yI_4^{k,n}$ $-56b^4D_{xy}I_5$
	$-5040D_x\ I_1^{k,n}$ $504b^2D_1I_2^{k,n}$ $504b^2D_1I_3^{k,n}$ $+54b^4D_yI_4^{k,n}$ $+2016b^2D_{xy}I^{k,n}{}_5$	$-2520bD_xI_1^{k,n}$ $+42b^3D_1I_2^{k,n}$ $+42b^3D_1I_3^{k,n}$ $+13b^5D_yI_4^{k,n}$ $-168b^3D_{xy}I_5$	$5040D_x\ I_1^{k,n}$ $-504b^2D_1I_2^{k,n}$ $-504b^2D_1I_3^{k,n}$ $+156b^4D_yI_4^{k,n}$ $+2016b^2D_{xy}I_5$	$-2520bD_xI_1^{k,n}$ $+462b^3D_1I_2^{k,n}$ $+42b^3D_1I_3^{k,n}$ $-22b^5D_yI_4^{k,n}$ $-168b^3D_{xy}I_5$
	$2520bD_xI_1^{k,n}$ $-42b^3D_1I_2^{k,n}$ $-42b^3D_1I_3^{k,n}$ $-13b^5D_yI_4^{k,n}$ $+168b^3D_{xy}I_5$	$840b^2D_x\ I_1^{k,n}$ $+14b^4D_1I_2^{k,n}$ $+14b^4D_1I_3^{k,n}$ $-3b^6D_yI_4^{k,n}$ $-56b^4D_{xy}I_5$	$-2520bD_xI_1^{k,n}$ $+42b^3D_1I_2^{k,n}$ $+462b^3D_1I_3^{k,n}$ $-22b^5D_yI_4^{k,n}$ $-168b^3D_{xy}I_5$	$1680b^2D_x\ I_1^{k,n}$ $-56b^4D_1I_2^{k,n}$ $-56b^4D_1I_3^{k,n}$ $+4b^6D_yI_4^{k,n}$ $+224b^4D_{xy}I_5$

حيث:

$$I_1^{(k,n)} = \int_0^a Y_k Y_n\,dy, \quad I_2^{(k,n)} = \int_0^a Y_k'' Y_n\,dy, \quad I_3^{(k,n)} = \int_0^a Y_k Y_n''\,dy, \quad I_4^{(k,n)} = \int_0^a Y_k'' Y_n''\,dy, \quad I_5^{(k,n)} = \int_0^a Y_k' Y_n'\,dy$$

المتسلسلات المثلثية الأكثر شيوعا التي استخدمتها الطريقة التقليدية تتمثل في الدوال الذاتية Eigenfunctions المستمدة من الحل العام للمعادلة التفاضلية لاهتزاز العارضة وهو:

$$Y(y) = c_1 \sin(\mu y) + c_2 \cos(\mu y) + c_3 \sinh(\mu y) + c_4 \cosh(\mu y)$$

ووفقا للشروط الحدودية للصفائح بسيطة التثبيت Simply supported plates ينخفض هذا الحل العام إلى متسلسلة لدالة الجيب المثلثية $Y_m(y) = \sin(\mu_m y)$ والتي بدورها تجعل جميع التكاملات اللازمة لمصفوفة الجساءة صفرية القيمة عندما لا تتساوى التوافقيات Harmonics μm كنتيجة لقاعدة التعامد Orthogonality ومن تم سرعة عالية في إنجاز حسابات الحل.

3- الدراسة والتحليل

تمت دراسة مستفيضة لهذه الطريقة منذ نشأتها مرورا بالتحسينات المتعاقبة على نمطية دالة التوليد وكذلك نوعية الشرائح المستخدمة وحتى آخر التطورات التي شهدتها هذه الطريقة، وهي ما تعرف حاليا بطريقة الشرائح المحدودة السبلينية Spline Finite Strip Method ، حيث تناولت هذه الدراسة بالتحليل عدة مسائل لانحناء الصفائح المستطيلة ذات تثبيت بسيط وموثوق تحت تأثير الأحمال الموزعة بانتظام والأحمال المركزة وذلك بواسطة طريقة الشرائح المحدودة التقليدية والسبلينية ووفق منهجية الجسوءة Stiffness Formulation ومنهجية التحليل المختلط Mixed Formulation [7]، كما أفرزت هذه الدراسة عدة نقاط ونتائج سيتم تناولها تباعا في ورقات علمية رأينا أن نستهلها بهذه الورقة التقديمية والتي نستخلص فيها ما يلي:

أ- إستنتاجات حول الكفاءة الحسابية للطريقة:

1- أثبتت هذه الطريقة فعالية كبيرة في تحليل الإنشاءات المستمرة ذات الخواص والشروط الحدودية الثابتة لطرفي المسألة فاقت في حالة التثبيت البسيط الطرق العددية الأخرى.

2- دوال التوليد في الحالات الحدودية الأخرى من غير حالة التثبيت البسيط أخذت صورا معقدة نتج عنها ترابط حدود التوافقيات مما أدى إلى كبر حجم مصفوفة الجساءة فضلا عن الحاجة لإجراء تكاملات معقدة عدديا أو تحليليا.

3- التكاملات اللازمة لمصفوفة الجساءة للحالات عدا البسيطة وجدناها تتأثر تأثرا كبيرا بالدقة الكسرية لقيمة التوافقيات حيث من المستحيل تحقيق مبدأ التعامدية حسابيا (والمبرهن رياضيا) لبعض من تلك التكاملات كما نص عليه مؤلف الطريقة وذلك عند استخدام توافقيات بعيدة الترتيب فيما بينها إلا باستعمال دقة كسرية كبيرة جدا لإيجادها تحليليا.

4- كنتيجة لاستخدام دالة توليد مستمرة الإشتقاق فإن تمثيل التغير الفجائي في العزوم عند المساند النقطية الداخلية وبجوار الأحمال المركزة يكون مستحيلا.

5- لهذه الطريقة التقليدية قصور كبير في التعامل مع البحور المستمرة والأشكال غير المنتظمة وفي حالة الشروط الحدودية المختلطة في الإتجاه الطولي للمنشأ.

6- نظرا لاعتماد هذه الطريقة على الدوال المثلثية والزائدية كدوال توليد فإن استخدامها وفقا لمنهجية التحليل المختلط Mixed formulation يكون مستحيلا إلا في حالة التثبيت البسيط فقط.

7- إن المتطلبات الرياضية في هذه الطريقة تفوق وبشكل كبير أي من التقنيات العددية الأخرى.

8- إن وجود أخطاء (مطبعية) في المصادر الرئيسية والأساسية لهذه الطريقة [1 و2] قد يربك الدارس إذا لم يكن حريصا على تتبع الخطوات بدقة إلى أن يتبين له الصواب وقد يتم النقل أيضا عن تلك المراجع بعض المواد المطبوعة كما هي بأخطائها مثال ذلك مصفوفة الجساءة الواردة بالجدول 3.9 بصفحة 46 من المرجع [2] حيث نقلها المرجع [5] و بنفس الخطأ.

ب- استنتاجات حول المنهج ألتقاربي للطريقة:

إن منهجية التقارب للحل الصحيح لمعاملات الانحراف والعزوم عند مركز الصفيحة بهذه الطريقة كما قدمه المؤلف في كتبه المنشورة تباعا [1,2] يشوبه عدم الوضوح , وبإعادة دراستنا له من خلال ابسط أنواع المسائل وهي مسألة انحناء الصفائح المحملة بانتظام وذات تثبيت بسيط حيث كانت النتائج كما في الجدول رقم (1).

وتمثيل هذه النتائج بيانيا كما هو موضح بالأشكال (1) , (2) , (3).

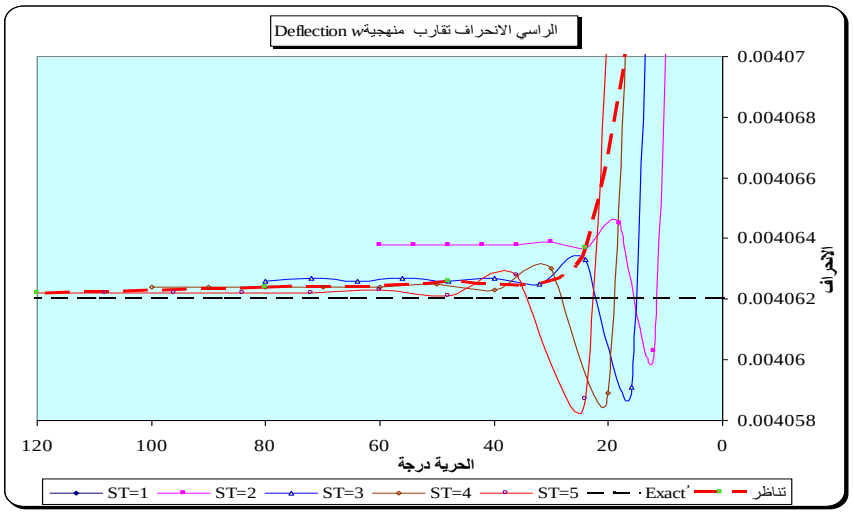
ومما سبق يتضح للدارس أن الجدول رقم (1) والذي على غرار الجداول الواردة بالمراجع [1 و2] يمكن اختصاره كما هو موضح بالجدول رقم (2)، (حيث أن قول Szilard: "The method is not always transparent" [5] قد ينعكس بعضه على محتويات الجدول رقم [1]).

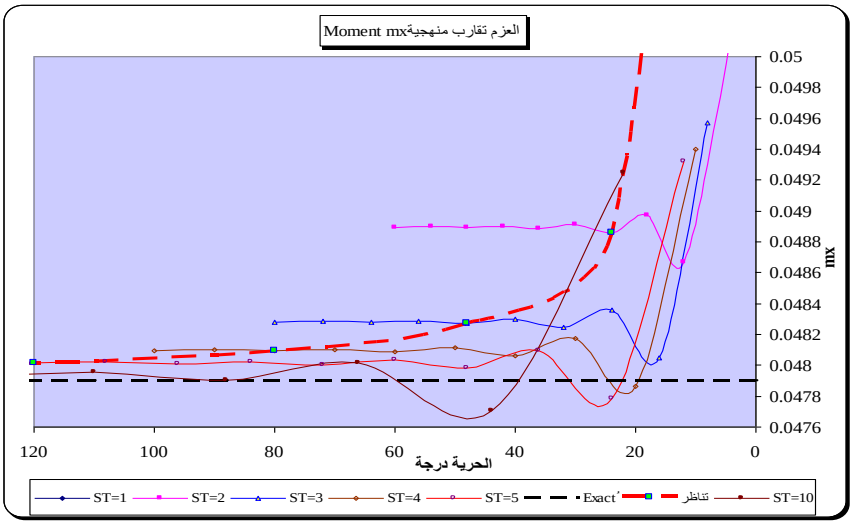
جدول(1): نتائج تحليل صفيحة بسيطة التثبيت معرضة لحمل موزع بانتظام

NST [*full*]	ODD HR	DOF	عند مركز الصفيحة		
			Wc	*mx*	*my*
1 [2]	1	4	0.0041396	0.056082	0.054004
	2	8	0.0040888	0.054586	0.049451
	3	12	0.0040929	0.054850	0.050434
	4	16	0.0040921	0.054758	0.050089
	5	20	0.0040923	0.054801	0.050247
	6	24	0.0040923	0.054777	0.050162
	7	28	0.0040923	0.054792	0.050213
	8	32	0.0040923	0.054782	0.050180
	9	36	0.0040923	0.054789	0.050203
	10	40	0.0040923	0.054784	0.050186
2 [4]	1	6	0.0041108	0.050158	0.051968
	2	12	0.0040603	0.048666	0.047439
	3	18	0.0040645	0.048973	0.048465
	4	24	0.0040637	0.048861	0.048050
	5	30	0.0040639	0.048913	0.048266
	6	36	0.0040638	0.048885	0.048170
	7	42	0.0040638	0.048902	0.048228
	8	48	0.0040638	0.048891	0.048190
	9	54	0.0040638	0.048898	0.048216
	10	60	0.0040638	0.048893	0.048198
3 [6]	1	8	0.0041096	0.049572	0.051782
	2	16	0.0040591	0.048049	0.047240
	3	24	0.0040633	0.048358	0.048268
	4	32	0.0040625	0.048246	0.047892
	5	40	0.0040627	0.048299	0.048069
	6	48	0.0040626	0.048270	0.047972
	7	36	0.0040627	0.048287	0.048031
	8	64	0.0040626	0.048276	0.047993
	9	72	0.0040627	0.048284	0.048019
	10	80	0.0040626	0.048278	0.048000
4 [8]	1	10	0.0041094	0.0049400	0.051728
	2	20	0.0040589	0.047863	0.047182
	3	30	0.0040630	0.048175	0.048211
	4	40	0.040623	0.048062	0.047835
	5	50	0.0040625	0.048115	0.048012
	6	60	0.0040624	0.048085	0.047915
	7	70	0.0040624	0.048104	0.047973
	8	80	0.0040624	0.048093	0.047935
	9	90	0.0040624	0.048100	0.047961
	10	100	0.0040624	0.048095	0.047943

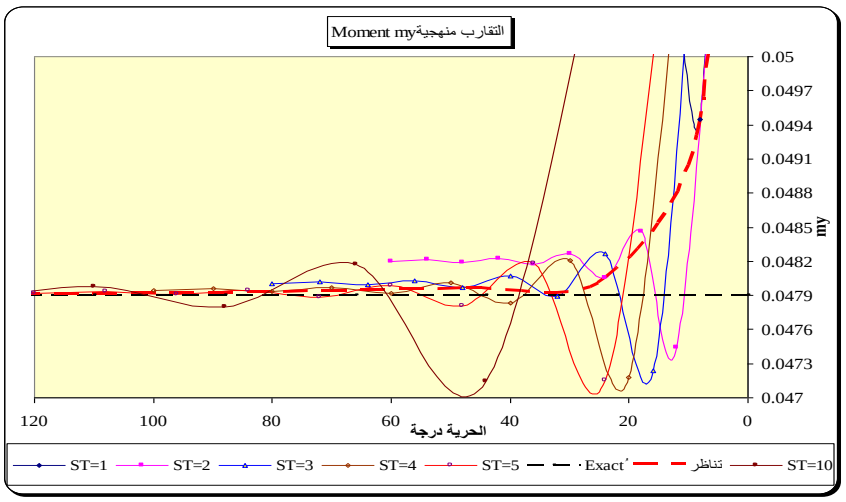
جدول(1) – تابع: نتائج تحليل صفيحة بسيطة التثبيت معرضة لحمل موزع بانتظام

NST [*full*]	ODD HR	DOF	عند مركز الصفيحة		
			Wc	*mx*	*my*
5 [10]	1	12	0.0041092	0.043932	0.051703
	2	24	0.0040587	0.047783	0.047156
	3	36	0.0040628	0.048094	0.048184
	4	48	0.0040621	0.047981	0.047808
	5	60	0.0040623	0.048034	0.047985
	6	72	0.0040622	0.048005	0.047888
	7	84	0.0040622	0.048023	0.047947
	8	96	0.0040622	0.048011	0.047909
	9	108	0.0040622	0.048019	0.047933
	10	120	0.0040622	0.048014	0.047916
10 [20]	1	22	0.0041107	0.049250	0.051694
	2	44	0.0040601	0.047703	0.047144
	3	66	0.0040643	0.048014	0.048173
	4	88	0.0040635	0.047901	0.047797
	5	110	0.0040637	0.047954	0.047974
	6	132	0.0040636	0.047925	0.047877
	7	154	0.0040637	0.047943	0.047936
	8	176	0.0040637	0.047932	0.047898
	9	198	0.0040637	0.047939	0.047924
	10	220	0.0040637	0.047934	0.047905





شكل (2) التمثيل البياني لتقارب العزم mx



شكل (3) التمثيل البياني لتقارب العزم my

جدول(2): النمط المعياري لحوصلة نتائج التحليل

NST x HR	*DOF*	*With Uniformly distributed load*						*with central concentrated load*	
		W_A	*R.Error%*	$(mx)_A$	*R.Error %*	$(my)_A$	*R.Error%*	W_A	*R.Error%*
1x1[*]	*4*	*0.0041396*		*0.056082*		*0.054004*		*0.010635*	
2x2	*8*	*0.0040888*	*1.227*	*0.054586*	*2.668*	*0.049451*	*8.431*	*0.011142*	*4.767*
4x4	*24*	*0.0040637*	*0.614*	*0.048861*	*10.488*	*0.048050*	*2.833*	*0.011485*	*3.078*
6x6	*48*	*0.0040626*	*0.027*	*0.048270*	*1.210*	*0.047972*	*0.162*	*0.011549*	*0.557*
8x8	*80*	*0.0040624*	*0.0049*	*0.048093*	*0.367*	*0.047935*	*0.077*	*0.011572*	*0.199*
10x10	*120*	*0.0040622*	*0.0049*	*0.048014*	*0.164*	*0.047916*	*0.039*	*0.011582*	*0.086*
12x12	*168*	*0.0040628*	*0.0148*	*0.047981*	*0.069*	*0.047915*	*0.002*	*0.011589*	*0.604*
Exact[Timo]		*0.004062*		*0.04790*		*0.04790*		*0.01160*	
multiplier		qa^4/D		qa^2		qa^2		Pa^2/D	

وتمثيل ذلك بيانيا كما هو موضح بالأشكال السابقة بالخط السميك المتقطع والذي يبين كفاءة هذا النمط المعياري لحوصلة التحليل المطلوب بهذه الطريقة مهما كان نوع المسألة سواء علم حلها المضبوط أو أن ليس لها حل تحليلي بدلا من زيادة عدد التوافقيات المستخدمة بدون منهج واضح ولكن فقط للوصول إلى الحل المسبق العلم به كما ورد ذلك في الجدول رقم (1). هذا المنهج قدمناه من الرؤية المستفادة من عملية التقارب في طريقة العناصر المحدودة Finite Element حيث نرى أن عدد التوافقيات هنا قد حل محل عدد التجزئيات في الاتجاه الطولي للمسألة ولذلك وكما هو معلوم أن أفضل تقارب يمكن الحصول عليه في تلك الطريقة هو عندما تكون شبكة العناصر متساوية الأبعاد في كلا الاتجاهين. والمؤكد أن هذا النهج ستكون نتائجه أكثر كفاءة باستخدام شرائح عالية الرتبة HO3.

المراجع

[1] Y.K.Chung, Finite Strip Method in structural analysis, 1st edition, PERGAMON Press, (1976)

[2] Y.K.Chung & L.G. Tham , Finite Strip Method , CRC Press , (1998)

[3] Y.C.Loo & A.R.Cusens, The Finite Strip Method in Bridge Engineering, Alden Press Oxford , (1978)

[4] M.S.Cheung,W.Li & S.E.Chidiac, Finite Strip Analysis of Bridges,1st edition . E&FN SPON, (1996)

[5] R.Szilard, "Theory and applications of plate analysis, classical, numerical and engineering methods", John Wiley & sons, (2004)

[6] J.N.Reddy, "Energy principles and variational methods in applied mechanics" ,second edition , John Wiley & sons , (2002)

[7] Abdarrahim .M.Ahmed, "Numerical analysis of plate bending based on stiffness and mixed formulation using trigonometric and spline functions", M.Sc. Thesis , (2007), supervised by Prof. Salah .Y.Barony ,University of Al-Fateh, Libya

إيجاد معادلات عامة ومنحنيات للعــزوم اللدنة للبلاطات المسندة المنتظمة وغير المنتظمة

أ. عماد عبد المجيد ياسين السعدي
محاضــر، كلية الهندسة – صــبراتــة
جــامعــة الــجــبــل الــغــربي– الــزاويــة
iaa56@yahoo.com

د. مــسعود حــركات ارحــومة
محاضــر، كلية الهندسة – صبراتــة
جــامعــة الــجــبــل الــغــربي – الــزاويــة
mhrhuma@yahoo.com

ملخص

نظرا لصعوبة تحليل البلاطات غير المنتظمة بالتحليل المرن وللتوصل للسلوك الحقيقي لــفشلها لذا تحــلل بنظريات التحــليل اللدن ومنها نظرية خط الخضوع Yield line theory والتي استخدمت في هذا البحث.

يهدف البحث إلى إيجاد معادلات عزوم خضوع عامة يمكن تطبيقها على البلاطات غير المنتظمة (شبه المنحرفة) والمنتظمة مسندة الجوانب وذات التحميل المنتظم وبطريقتي التحليل، التوازن Equilibrium Method والشغل الافتراضي Virtual Work Method، مع الأخذ بنظر الإعتبار جميع آليات الفشل المتوقعة، وجميع متغيرات البلاطة المتمثلة: بحالات إسناد جوانبها، نسبة أبعادها، زاويتي ميلها من الجانبين، نسبة العزمين الموجبين (العمودي إلى الأفقي)، ونسبة العزم السالب إلى العزم الموجب. وبما أنه لا يمكن إيجاد عزم الخضوع وشكل آلية الفشل بالتطبيق المباشر للمعادلات، لذا فإن البحث يهدف أيضا إلى تنظيم مجموعة منحنيات وجداول لإيجاد عزم الخضوع وأبعاد آلية فشل البلاطة، وذلك من معرفة أبعادها وحالة إسنادها.

1- المقدمة

إعتمد البحث النظرية اللدنة Plastic Theory والمتمثلة بنظرية خط الخضوع Yield Line Theory لأنها أكثر اقتصادية من النظرية المرنة لتحليل البلاطات وذلك لأن الحمل المحسوب بواسطتها أقل من الحمل الحقيقي الناتج من التجارب العملية لفشل البلاطة الخرسانية المسلحة.

ولنظرية خط الخضوع مجموعة من الخصائص التي يستدل بها لتحديد آلية الفشل "خطوط الخضوع" ومنها[4]:

خطوط خضوع البلاطة تكون مستقيمة بصورة عامة، وجميع خطوط الخضوع تبدأ من نقطة أكبر عزم إنحناء مرن للبلاطة وتنتهي عند حدود البلاطة الخرسانية ويتغير إتجاه خط الخضوع عند تقاطعه مع خط خضوع آخر متجها نحو حدود البلاطة، ومحاور الدوران تقع بصورة عامة على خطوط الإسناد، وتمر خطوط الخضوع في الأعمدة الخرسانية،

والتي يمكن أن تمثل مفصلا حقيقيا والتي تعين موقع خط الخضوع الذي يعمل كمفصل لدونة Plastic hinge ، وخط الخضوع يمر خلال نقطة تقاطع محوري دوران البلاطة المتجاورين وكما موضحة في الشكل رقم (2)، وأخيرا خطوط الخضوع يجب أن تتجه نحو الفتحات والأجزاء الطليقة في البلاطة إن وجدت.

الكلمات الدالة: بلاطة متجانسة أو غير متجانسة،خطوط الخضوع ،آلية الفشل،عزم الخضوع

2- طرق التحليل بنظرية خط الخضوع

طريقة الشغل الافتراضي Virtual Work Method (V.W.M)[7,3]

هذه الطريقة تعتمد على حصول إزاحة إفتراضية نتيجة آلية فشل البلاطة، فالشغل الناتج من القوى الخارجية يكون مساويا للشغل الداخلي المتمثل بعزم المقاومة للبلاطة. تتحقق آلية الفشل الحرجة (إنهيار البلاطة) عندما تكون نسبة (حمل الإنهيار/ أقصى عزم مقاومة) أقل ما يمكن.

طريقة التوازنEquilibrium Method[5]

تسمى هذه الطريقة أيضا بالطريقة العقدية Nodal Method وفيها يكون جزء البلاطة المنكسر في حالة توازن تحت تأثير الشغل الخارجي، عزم الإنحناء الأقصى، القوى العقدية وردود فعل المسند، وتعتبر القوى العقدية بديلا عن عزم الإلتواء وقوى القص shear force & Twisting moment ويكون تأثيرها واضحا عندما يقطع خط الخضوع أحد الجوانب الحرة للبلاطة. تعتمد هذه الطريقة عند التحليل على توازن الأجزاء المتكونة من آلية الفشل والموضحة في الشكلين رقم (4،3) وهذا لا يتم إلا بعد تساوي عزوم الخضوع الموجبة للأجزاء أو تقترب من بعضها، ولذا تم في هذا البحث اعتماد نسبة أقل من(1%) كنسبة اختلاف بين تلك العزوم. ويكون عزم الخضوع الموجب لوسط البلاطة مساويا لمعدل عزوم خضوع لجميع أجزاء آلية فشل البلاطة.

المعادلات العامة لعزوم الخضوع الموجبة

لإيجاد معادلات عامة لعزوم الخضوع لآليات الفشل المختلفة يتطلب الأخذ بنظر الإعتبار دراسة المتغيرات التالية:

1- حالات حدود البلاطة Boundary Conditions، وقد تم دراسة (16) حالة إسناد المتمثلة بالإسناد الثابت أو البسيط Fixed or Simply Supported ، وهي التي تكون فيها البلاطة، كما موضح في الشكل رقم (1).

2- زاويتا ميل جانبي البلاطة، وقد تم دراسة (36) حالة وهي عندما (θ_1, θ_2=30،45،60،75،90،15) درجة.

3- قيمة العزم السالب(I) عند الإسناد الثابت لحدود البلاطة، وقد تم التعامل معه كنسبة من العزم الموجب للبلاطة، وأجريت الدراسة لـــ (3)حالات وهي (I = 1.0،1.5،1.75).

4- العزمان الموجبان العمودي والأفقي للبلاطة غير متجانسين، وهذا يعني عدم تساوي حديد تسليحها في الإتجاهين العمودي والأفقي، وقد تم التعامل معهما بالقيمة (u) وتمثل نسبة العزم العمودي الموجب إلى العزم الأفقي الموجب، ولتسهيل عملية التحليل اعتمد المعامل [3] ($\phi = \frac{1}{\sqrt{u}}$) لتحليلها كبلاطة متجانسة كما موضحة في الشكل رقم (2).

5- شكل آليات فشل البلاطة، وقد تم دراسة (5) آليات فشل والموضحة في الشكلين رقمي (3،4)، حيث كان المتغير بها أبعاد البلاطة وأبعاد خطوط آلية الفشل (الخضوع)، وهذا يتطلب وضع جميع تلك الأبعاد كنسبة من أحد أبعاد البلاطة تمثل نسبة البعد العمودي للبلاطة إلى بعدها الأفقي الصغير، α ، وقد تم اعتماد البعد الأفقي الصغير لذلك، وأجريت الدراسة لـــ (19) حالة تتغير لتلك النسبة من(0.1- 1.0) بزيادة (0.5) لكل حالة.

وبعد تحديد جميع المتغيرات المذكورة سلفا،وتحليل وتبسيط العلاقات الرياضية لآليات الفشل المختلفة تم التوصل إلى معادلات عامة لعزوم الخضوع الموجبة للبلاطة كما يلي:

أولا: آليات الفشل الأربع الموضحة في الشكل رقم (3)

1- طريقة الشغل الافتراضي

$$m = \frac{W.a(b+\ell_5+b_3)}{6[\frac{(1+I_1)a_1}{x_1}+\frac{(1+I_2)b_3}{\ell_3}+\frac{(1+I_3)a_2}{x_2}+\frac{(1+I_4)b}{\ell_4}]} \quad ----\text{eq (1)}$$

2- طريقة التوازن

موازنة الجزء (1) من البلاطة

$$m = \frac{W.x_1^{\,2}}{6(1+I_1)} \quad ----------\text{eq(2)}$$

موازنة الجزء (2) من البلاطة

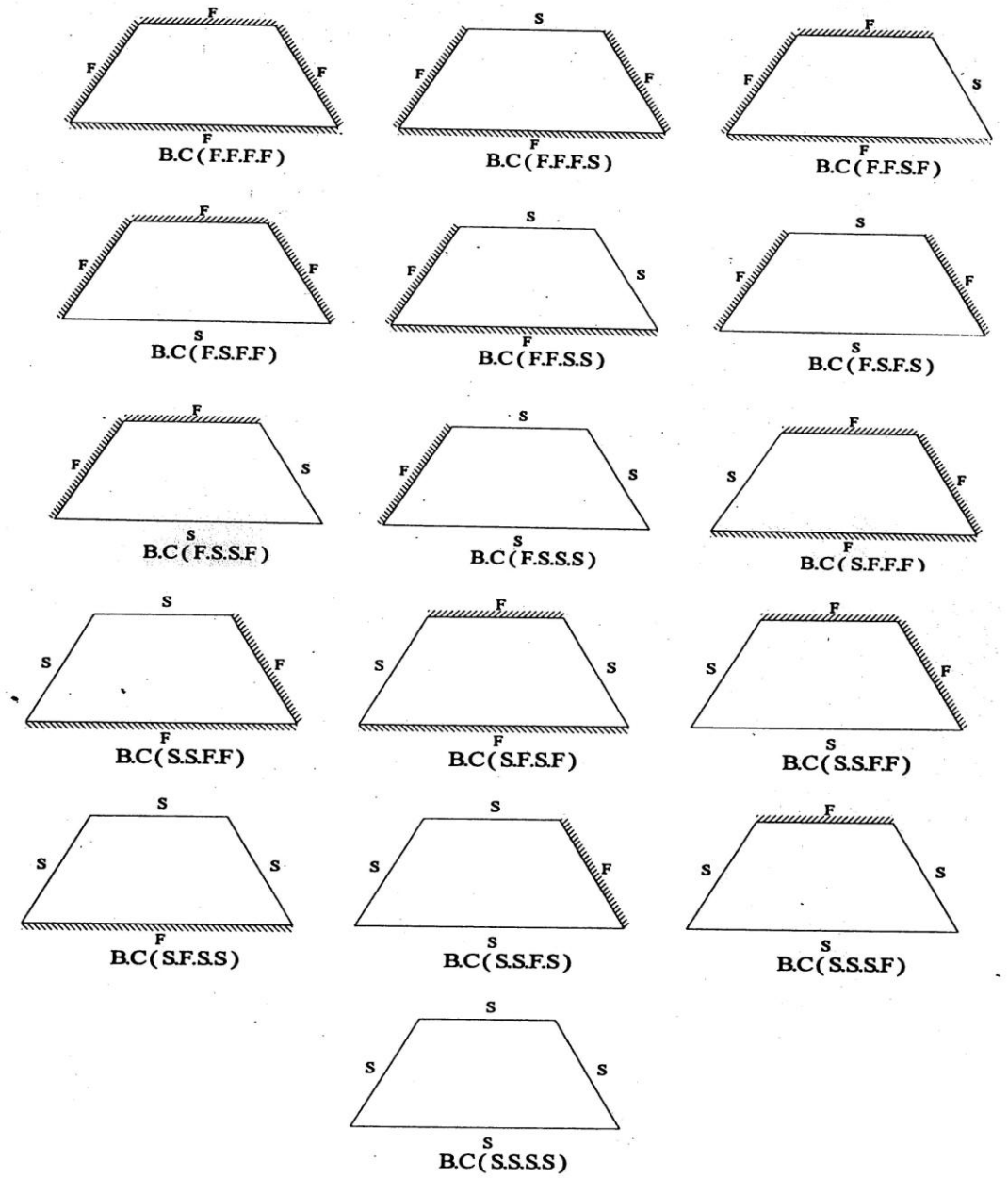
$$m = \frac{W.\ell_3^2(2\ell_5+b_3)}{6(1+I_2)b_3} \quad ---------- \text{eq(3)}$$

موازنة الجزء (3) من البلاطة

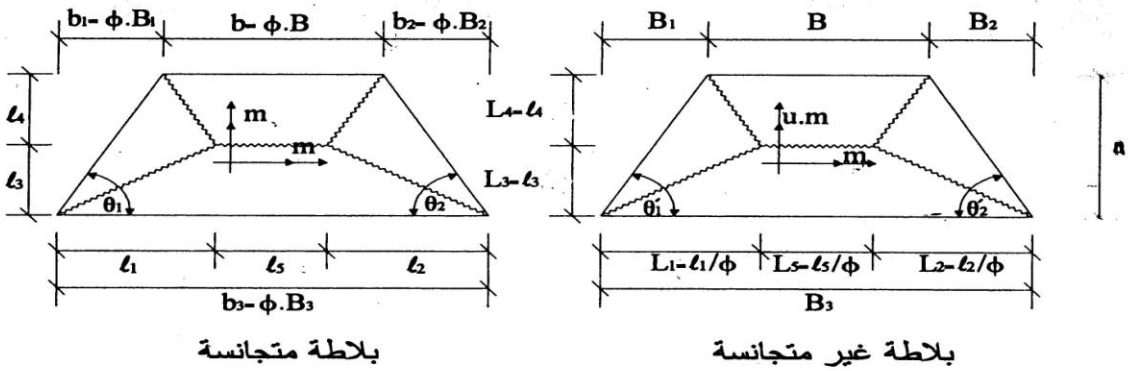
$$m = \frac{W.x_2^{\,2}}{6(1+I_3)} \quad ----------\text{eq(4)}$$

موازنة الجزء (4) من البلاطة

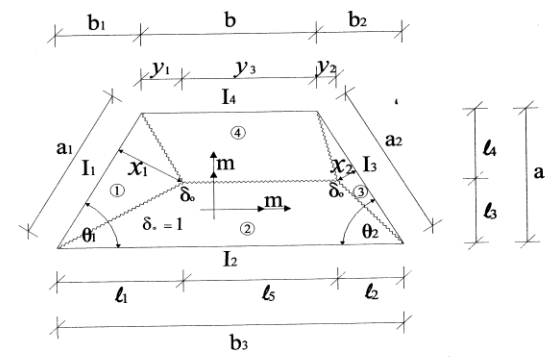
$$m = \frac{W.\ell_4^2(2\ell_5+b)}{6(1+I_4)b} \quad ---------- \text{eq(5)}$$



شكل رقم (1) يوضح حالات إسناد البلاطة



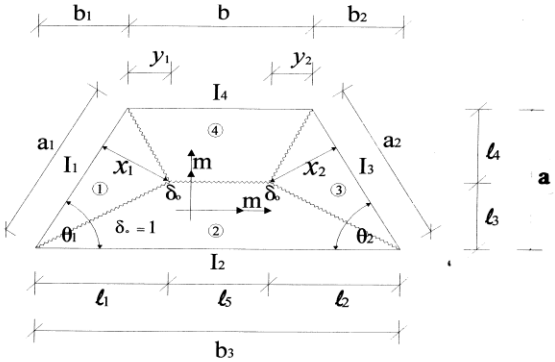
شكل رقم (2) يوضح البلاطة المتجانسة وغير المتجانسة بالأبعاد



$y_1 = \ell_1 - b_1 \qquad y_2 = b_2 - \ell_2 \qquad y_3 = b - y_1$

$x_1 = \ell_1 \sin\theta_1 - \ell_3 \cos\theta_1 \qquad x_2 = \ell_2 \sin\theta_2 - \ell_3 \cos\theta_2$

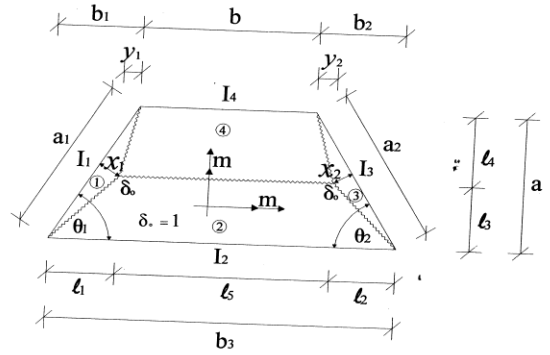
يوضح حالة الفشل الثانية



$y_1 = \ell_1 - b_1 \qquad y_2 = \ell_2 - b_2$

$x_1 = \ell_1 \sin\theta_1 - \ell_3 \cos\theta_1 \qquad x_2 = \ell_2 \sin\theta_2 - \ell_3 \cos\theta_2$

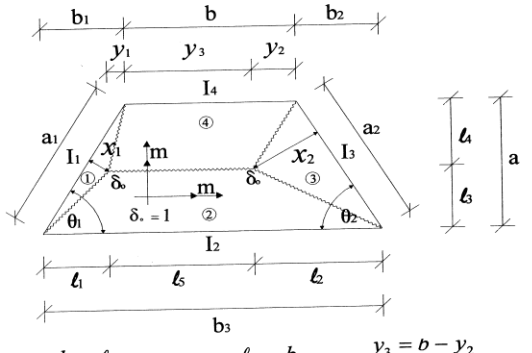
يوضح حالة الفشل الأولى



$y_1 = b_1 - \ell_1 \qquad y_2 = b_2 - \ell_2$

$x_1 = \ell_1 \sin\theta_1 - \ell_3 \cos\theta_1 \qquad x_2 = \ell_2 \sin\theta_2 - \ell_3 \cos\theta_2$

يوضح حالة الفشل الرابعة



$y_1 = b_1 - \ell_1 \qquad y_2 = \ell_2 - b_2 \qquad y_3 = b - y_2$

$x_1 = \ell_1 \sin\theta_1 - \ell_3 \cos\theta_1 \qquad x_2 = \ell_2 \sin\theta_2 - \ell_3 \cos\theta_2$

يوضح حالة الفشل الثالثة

شكل رقم (3) يوضح أربعة آليات فشل للبلاطة

ثانيا : آلية الفشل الخامسة الموضحة في الشكل رقم (4)

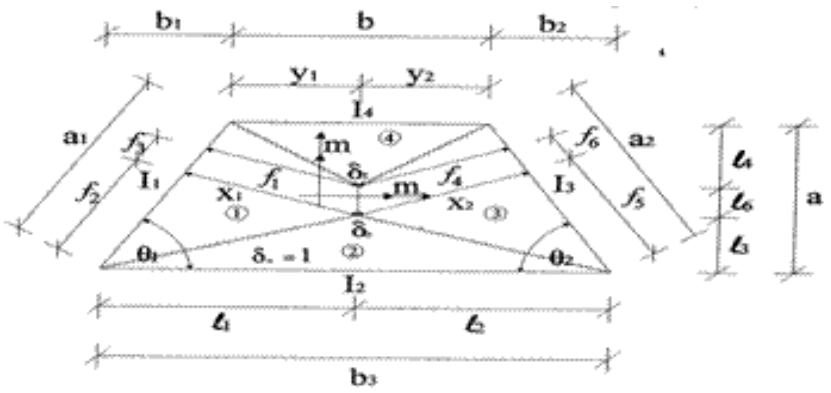
1- طريقة الشغل الإفتراضي

$$m = \frac{W[(a_1 - f_2)f_1^2 x_2 + (f_2 + f_3)x_1^2 x_2 + (b_3 + \ell_3)x_1 x_2 + (a_2 - f_5)f_4^2 x_1 + (f_5 + f_6)x_2^2 x_1 + (f_4 . f_6)x_1 x_2 + (b.\ell_4 . f_1)x_2]}{6x_1 x_2[\frac{(1+I_1)a_1}{x_1} + \frac{(1+I_2)b_3}{\ell_3} + \frac{(1+I_3)a_2}{x_2} + \frac{(1+I_4)b}{\ell_4}]} \text{---eq(6)}$$

2- طريقة التوازن

موازنة الجزء (1) من البلاطة

$$m = \frac{W[(a_1 - f_2)f_1^2 + (f_2 + f_3)x_1^2 + (f_1 . f_3)x_1]}{6(1+I_1)a_1} \text{ - - - - - - eq(7)}$$



$$y_1 = b_1 - \ell_1 \qquad y_2 = b_2 - \ell_2$$

$$x_1 = \ell_1 \sin\theta_1 - \ell_3 \cos\theta_1 \qquad x_2 = \ell_2 \sin\theta_2 - \ell_3 \cos\theta_2$$

$$= \ell_1 \cos\theta_1 + \left(\frac{\ell_3}{\sin\theta_1}\left(1-\cos^2\theta_1\right)\right) \qquad f_5 = \ell_2 \cos\theta_2 + \left(\frac{\ell_3}{\sin\theta_2}\left(1-\cos^2\theta_2\right)\right.$$

$$f_3 = \frac{\ell_6}{\sin\theta_1} \qquad \frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{f_1}{x_1} = \frac{f_4}{x_2} \qquad f_6 = \frac{\ell_6}{\sin\theta_2}$$

شكل رقم (4) يوضح آلية الفشل الخامسة للبلاطة

موازنة الجزء (2) من البلاطة

$$m = \frac{W.x_1^{\,2}}{6(1+I_2)} \text{ ---------- eq(8)}$$

موازنة الجزء (3) من البلاطة

$$m = \frac{W[(a_1-f_5)f_4^{\,2}+(f_5+f_6)x_2^2+(f_4.f_6)x_2]}{6(1+I_3)a_2} \text{ ------- eq(9)}$$

موازنة الجزء (4) من البلاطة

$$m = \frac{W.x_2^{\,2}}{6(1+I_4)} \text{ ---------- eq(10)}$$

وبجعل جميع المعادلات العامة بدلالة البعد الأفقي الصغير (b) للبلاطة المتجانسة، تصبح المعادلة العامة لعزم الخضوع الأفقي الموجب كما يلي:

$$m = C.W.b^2 \text{ ---------- eq(11)}$$

وباعتماد المعامل($\phi = \frac{1}{\sqrt{u}}$) نحصل على عزم الخضوع الأفقي الموجب للبلاطة غير المتجانسة من المعادلة التالية:

$$m = C.W.B^2 \text{ ---------- eq(12)}$$

وعزوم الخضوع الأفقية السالبة للبلاطة غير المتجانسة فهي تساوي $(I_i.m)$ ، وعزما الخضوع العمودي الموجب والسالب فيساوي عزمي الخضوع الأفقيين السابقين مضروبا بالمعامل (u).

2-1 منحنيات عزوم الخضوع الموجبة

يتم إيجاد عزم الخضوع الموجب لكل متغير للبلاطة من تلك المعادلات العامة بعد إجراء عدة محاولات لحين التوصل إلى آلية الفشل الحرجة التي تحقق ذلك العزم، مما يتطلب وقتا وجهدا، لذا نظمت مجموعة من المنحنيات المبينة في

الشكلين رقمي (7،8) للعلاقة بين معامل عزم الخضوع الموجب (C) و نسبة أبعاد البلاطة المتجانسة (α =a/b) لتسهيل التطبيق المباشر للعزوم عند تصميم البلاطة.

2-2 جداول أبعاد آليات الفشل

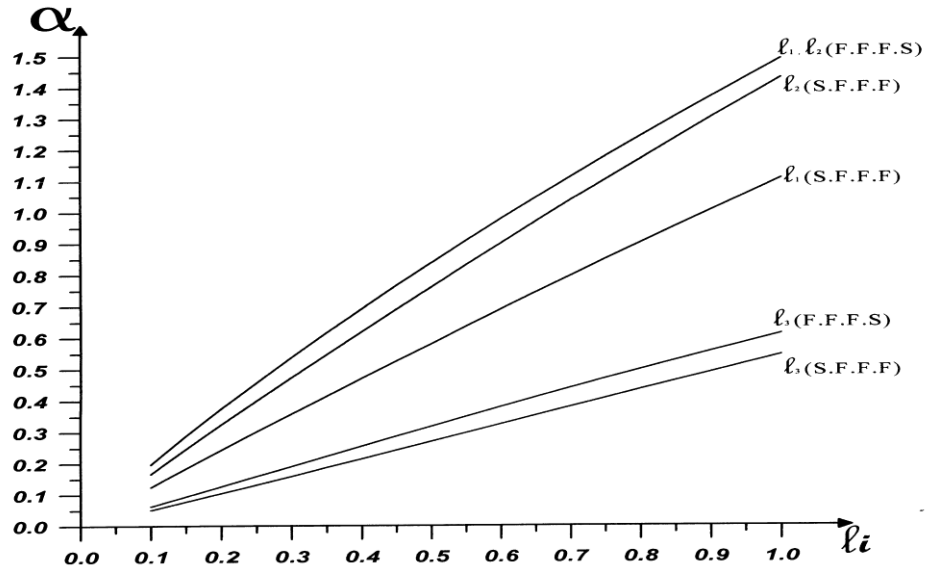
تعتمد آليات فشل البلاطة مسندة الجوانب على ثلاثة أبعاد (متغيرات) (ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3) لتحقيق آلية فشلها، لذا نظمت مجموعة من الجداول المبينة في الجدولين رقمي (1 و2) والتي نحصل منها على الأبعاد الثلاثة لآلية الفشل الحرجة التي تحقق عندها عزم خضوع البلاطة المتجانسة. كما تم رسم منحنيات للعلاقة ما بين تلك الأبعاد الثلاثة وبين النسبة (α) ولمختلف أشكال آليات الفشل ولمختلف حالات الإسناد ولمختلف زوايا ميل البلاطة. لوحظ إن العلاقة بينهما شبه خطية كما هي موضحة في الشكل رقم (5)، لذا تضمنت الجداول قيمة البداية والنهاية لكل بعد من تلك الأبعاد الثلاثة، وبتطبيق الإستكمال نحصل على القيم التي بينها، وسيتضح ذلك جليا في التطبيقات لاحقا.

3- التطبيقات

مثال: إحسب عزوم الخضوع وأبعاد (شكل) آلية الفشل لبلاطة خرسانية مسلحة غير متجانسة، محملة بحمل منتشر منتظم ($5KN/m^2$)، ونسبة العزم العمودي إلى الأفقي (u=0.64)، ونسبة العزمين السالب إلى الموجب ($I_2 = 1.0$)، وأبعادها وحالة إسنادها (B.C: S F S S) موضحة في الشكل رقم (6-أ).

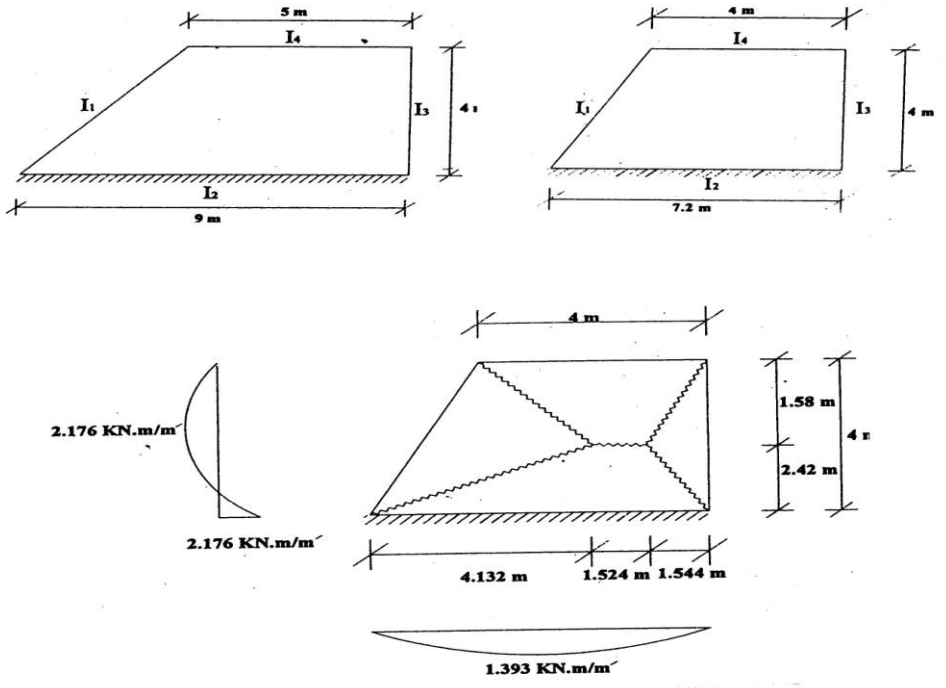
الحل: تحول البلاطة من غير متجانسة إلى بلاطة متجانسة بتطبيق المعامل($\phi = \frac{1}{\sqrt{u}} = 1.25$) والشكل رقم (6-ب) يوضح أبعاد البلاطة المتجانسة، ومن حالة إسنادها، ونسبة أبعادها $\alpha = 0.8$، وقيمة $I_2 = 1.0$

يطبق المنحني رقم (10) في الشكل رقم (7) للحصول على C=0.0272 وهو معامل عزم الخضوع الموجب الأفقي للبلاطة المتجانسة، وبتطبيق المعادلة رقم (12) نحصل على:



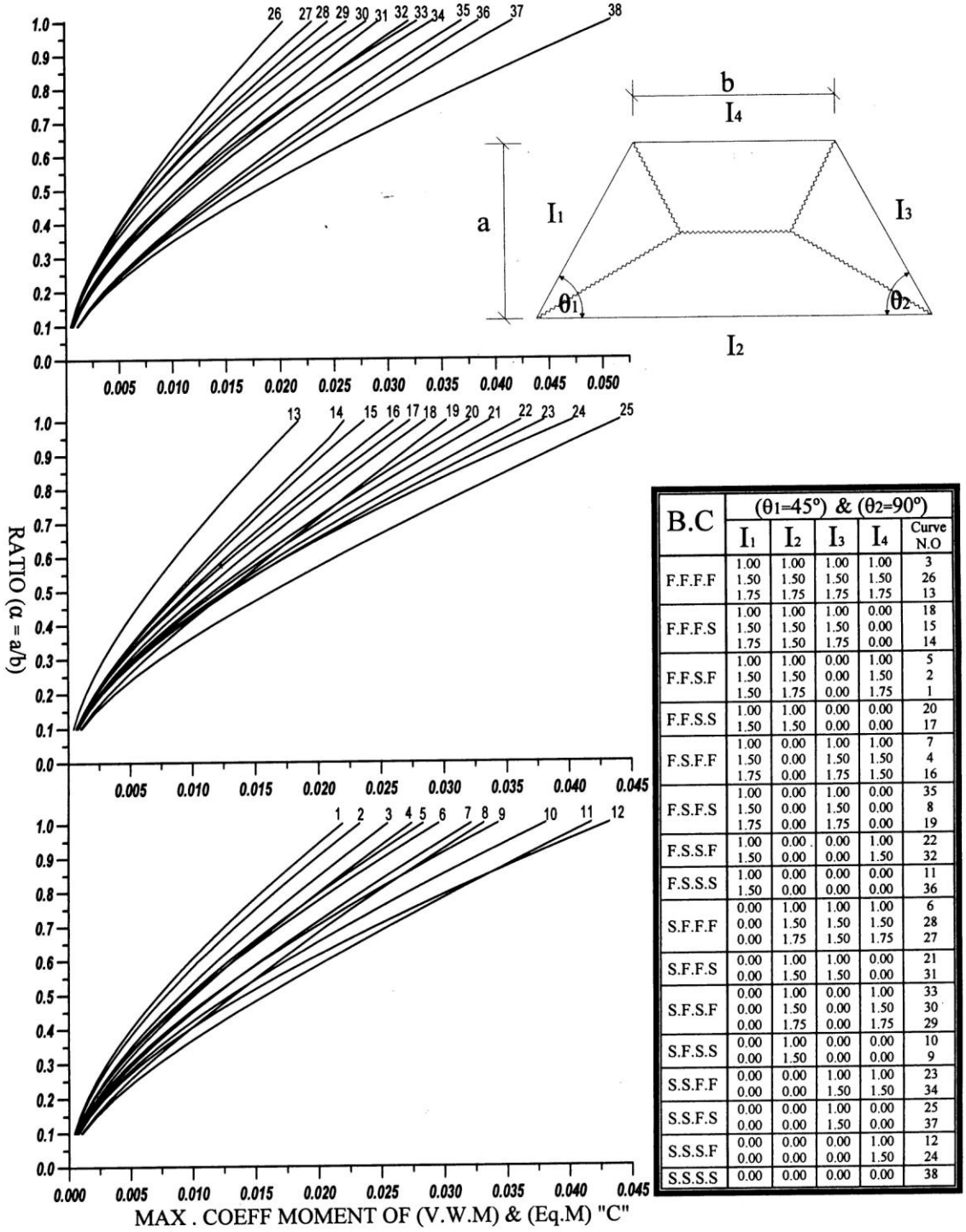
و مواقع خطوط الخضوع α بين نسبة ابعاد البلاطة (ℓ_i) شكل رقم (5) يوضح العلاقة

لزاويتي ميل البلاطة من الجانبين $\theta_1, \theta_2 = 45^o$



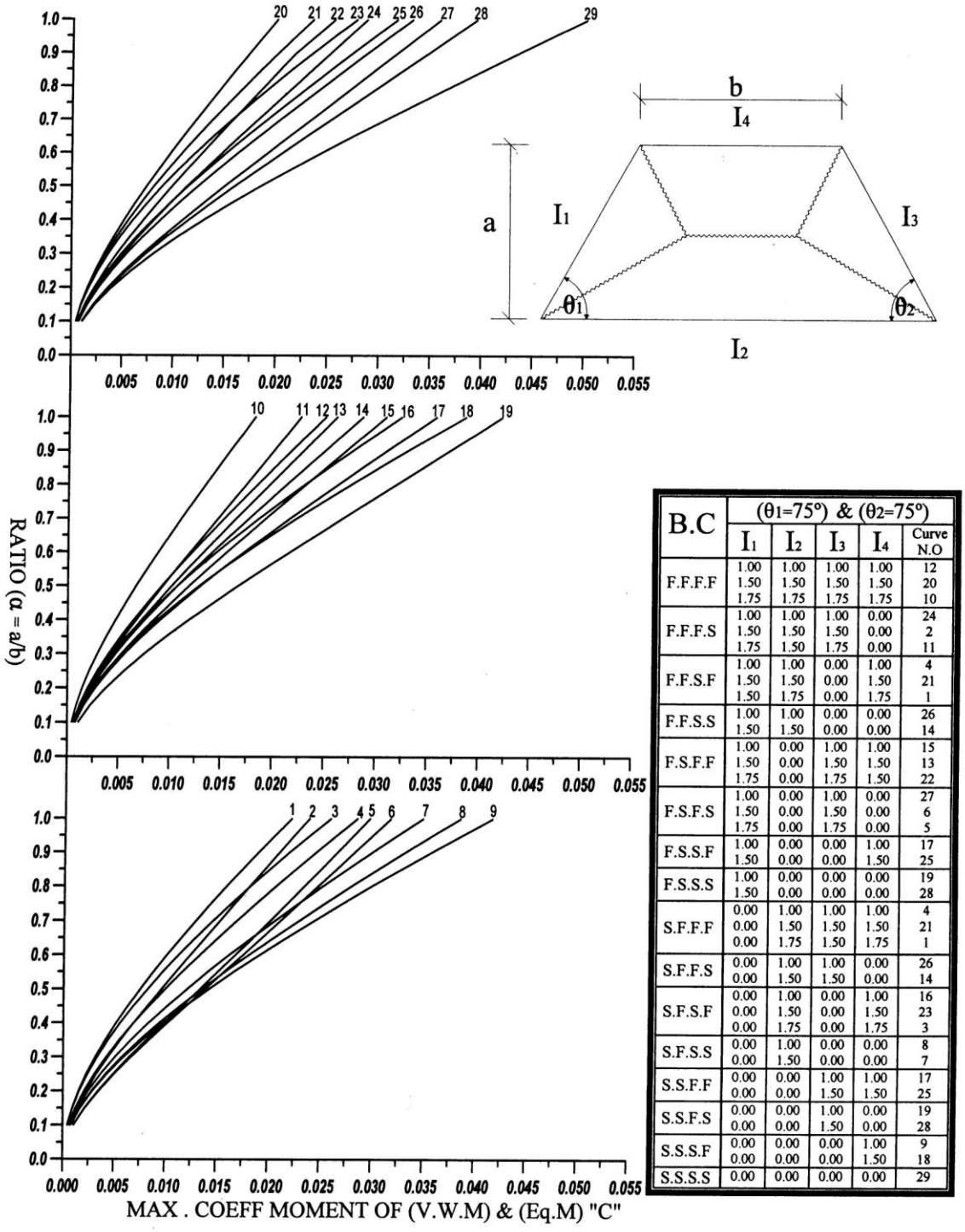
جـــ- نتائج العزوم وشكل أبعاد آلية الفشل للبلاطة غير المتجانسة

شكل رقم (6) يوضح أبعاد وحالة إسناد البلاطة وشكل آلية فشلها وعزوم خضوعها



B.C	(θ1=45°) & (θ2=90°)				
	I1	I2	I3	I4	Curve N.O
F.F.F.F	1.00	1.00	1.00	1.00	3
	1.50	1.50	1.50	1.50	26
	1.75	1.75	1.75	1.75	13
F.F.F.S	1.00	1.00	1.00	0.00	18
	1.50	1.50	1.50	0.00	15
	1.75	1.50	1.75	0.00	14
F.F.S.F	1.00	1.00	0.00	1.00	5
	1.50	1.50	0.00	1.50	2
	1.50	1.75	0.00	1.75	1
F.F.S.S	1.00	1.00	0.00	0.00	20
	1.50	1.50	0.00	0.00	17
F.S.F.F	1.00	0.00	1.00	1.00	7
	1.50	0.00	1.50	1.50	4
	1.75	0.00	1.75	1.50	16
F.S.F.S	1.00	0.00	1.00	0.00	35
	1.50	0.00	1.50	0.00	8
	1.75	0.00	1.75	0.00	19
F.S.S.F	1.00	0.00	0.00	1.00	22
	1.50	0.00	0.00	1.50	32
F.S.S.S	1.00	0.00	0.00	0.00	11
	1.50	0.00	0.00	0.00	36
S.F.F.F	0.00	1.00	1.00	1.00	6
	0.00	1.50	1.50	1.50	28
	0.00	1.75	1.50	1.75	27
S.F.F.S	0.00	1.00	1.00	0.00	21
	0.00	1.50	1.50	0.00	31
S.F.S.F	0.00	1.00	0.00	1.00	33
	0.00	1.50	0.00	1.50	30
	0.00	1.75	0.00	1.75	29
S.F.S.S	0.00	1.00	0.00	0.00	10
	0.00	1.50	0.00	0.00	9
S.S.F.F	0.00	0.00	1.00	1.00	23
	0.00	0.00	1.50	1.50	34
S.S.F.S	0.00	0.00	1.00	0.00	25
	0.00	0.00	1.50	0.00	37
S.S.S.F	0.00	0.00	0.00	1.00	12
	0.00	0.00	0.00	1.50	24
S.S.S.S	0.00	0.00	0.00	0.00	38

شكل رقم (7) يوضح معاملات عزوم خضوع البلاطة لزاويتي الميل $\theta_1 = 45^o$ ، $\theta_2 = 90^o$



B.C	(θ1=75°) & (θ2=75°)				
	I1	I2	I3	I4	Curve N.O
F.F.F.F	1.00	1.00	1.00	1.00	12
	1.50	1.50	1.50	1.50	20
	1.75	1.75	1.75	1.75	10
F.F.F.S	1.00	1.00	1.00	0.00	24
	1.50	1.50	1.50	0.00	2
	1.75	1.50	1.75	0.00	11
F.F.S.F	1.00	1.00	0.00	1.00	4
	1.50	1.50	0.00	1.50	21
	1.50	1.75	0.00	1.75	1
F.F.S.S	1.00	1.00	0.00	0.00	26
	1.50	1.50	0.00	0.00	14
F.S.F.F	1.00	0.00	1.00	1.00	15
	1.50	0.00	1.50	1.50	13
	1.75	0.00	1.75	1.50	22
F.S.F.S	1.00	0.00	1.00	0.00	27
	1.50	0.00	1.50	0.00	6
	1.75	0.00	1.75	0.00	5
F.S.S.F	1.00	0.00	0.00	1.00	17
	1.50	0.00	0.00	1.50	25
F.S.S.S	1.00	0.00	0.00	0.00	19
	1.50	0.00	0.00	0.00	28
S.F.F.F	0.00	1.00	1.00	1.00	4
	0.00	1.50	1.50	1.50	21
	0.00	1.75	1.50	1.75	1
S.F.F.S	0.00	1.00	1.00	0.00	26
	0.00	1.50	1.50	0.00	14
S.F.S.F	0.00	1.00	0.00	1.00	16
	0.00	1.50	0.00	1.50	23
	0.00	1.75	0.00	1.75	3
S.F.S.S	0.00	1.00	0.00	0.00	8
	0.00	1.50	0.00	0.00	7
S.S.F.F	0.00	0.00	1.00	1.00	17
	0.00	0.00	1.50	1.50	25
S.S.F.S	0.00	0.00	1.00	0.00	19
	0.00	0.00	1.50	0.00	28
S.S.S.F	0.00	0.00	0.00	1.00	9
	0.00	0.00	0.00	1.50	18
S.S.S.S	0.00	0.00	0.00	0.00	29

شكل رقم (8) يوضح معاملات عزوم خضوع البلاطة لزاويتي الميل $\theta_1 = 75^o$ ، $\theta_2 = 75^o$

عزم الخضوع الموجب الأفقي للبلاطة غير المتجانسة $m = C.W.B^2 = 2.176 KN.mlm$

وعزم الخضوع الموجب العمودي للبلاطة غير المتجانسة $u.m = 1.393 KN.mlm$

وعزم الخضوع الأفقي السالب للبلاطة غير المتجانسة عند المسند الثابت $I_2.m = 2.176 KN.mlm$

ولتحديد الأبعاد (ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3) والتي تمثل شكل آلية الفشل الحرجة للبلاطة المتجانسة، يطبق الجدول رقم(1) وبالإستكمال نحصل على(ℓ_1=5.165m , ℓ_2=1.93m , ℓ_3=2.42m)، وبتطبيق المعامل($\phi = \frac{1}{\sqrt{u}}$) عليها نحصل على أبعاد آلية الفشل للبلاطة غير المتجانسة ($L_1 = 4.132m$, $L_2 = 1.544m$, $L_3 = 2.42m$) والشكل رقم (6– جـ) يوضح نتائج عزوم الخضوع وأبعاد (شكل) آلية الفشل للبلاطة غير المتجانسة المطلوبة .

4– المناقشة

تبين في هذا البحث أن آلية الفشل الخامسة للبلاطة والموضحة في الشكل رقم (4) لا تتحقق إلا عندما تكون قيمة النسبة ($0.5 \leq \alpha$) ولبعض من حالات الإسناد وكما هو مبين في الجدول رقم (2). واتضح من الدراسة أن جميع المنحنيات المرسومة ما بين معامل عزم الخضوع ونسبة أبعاد البلاطة (α) كانت من الدرجة الثانية، ولكن العلاقة كانت شبه خطية ما بين أبعاد آلية الفشل ونسبة أبعاد البلاطة (α) وكذلك هو الحال مابين زاويتي ميل البلاطة ومعامل عزم خضوعها، وبتطبيق الإستكمال يسهل إيجاد أي قيمة مابين قيم نتائج البحث.

5– الخلاصة

تم في هذا البحث التوصل إلى معادلات عامة لعزوم خضوع البلاطة والتي تتضمن جميع حالات إسنادها وجميع آليات فشلها والمتغيرات التي يمكن أن تكون فيها، كما نظمت منحنيات وجداول تسهل التصميم المباشر للبلاطات المنتظمة وغير المنتظمة بشكل خاص وذات التحميل المنتظم والمسندة الجوانب من دون الحاجة إلى البرمجيات والتحليلات المعقدة وبزمن قصير، كما أن النتائج التي تم التوصل إليها تتيح للمصمم حرية اختيار مقدار نسبة العزمين الموجبين وكذلك مقدار نسبة العزمين السالب إلى الموجب.

جدول رقم (1) يبين قيم أبعاد مواقع خطوط البلاطة المتجانسة لحالات الفشل الأربع

B.C	I_1	I_2	I_3	I_4		$(\theta_1=75°)$ & $(\theta_2=75°)$				$(\theta_1=75°)$ & $(\theta_2=90°)$				$(\theta_1=45°)$ & $(\theta_2=90°)$			
						α	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	α	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	α	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3
F.F.F.F	1.00	1.00	1.00	1.00	F.V	0.10	0.098	0.098	0.050	0.10	0.098	0.082	0.050	0.10	0.165	0.081	0.051
					L.V	1.00	0.706	0.704	0.508	1.00	0.680	0.526	0.502	1.00	1.298	0.552	0.514
	1.50	1.50	1.50	1.50	F.V	0.10	0.098	0.098	0.050	0.10	0.098	0.082	0.050	0.10	0.165	0.081	0.051
					L.V	1.00	0.706	0.704	0.508	1.00	0.680	0.526	0.502	1.00	1.298	0.552	0.514
	1.75	1.75	1.75	1.75	F.V	0.10	0.098	0.098	0.050	0.10	0.098	0.081	0.050	0.10	0.165	0.081	0.051
					L.V	1.00	0.706	0.705	0.508	1.00	0.681	0.526	0.502	1.00	1.298	0.552	0.514
F.F.F.S	1.00	1.00	1.00	0.00	F.V	0.10	0.113	0.113	0.059	0.10	0.114	0.095	0.059	0.10	0.191	0.093	0.059
					L.V	1.00	0.766	0.764	0.585	0.90	0.694	0.533	0.527	1.00	1.412	0.588	0.585
	1.50	1.50	1.50	0.00	F.V	0.10	0.118	0.118	0.062	0.10	0.118	0.099	0.061	0.10	0.199	0.097	0.062
					L.V	0.90	0.731	0.728	0.552	0.85	0.687	0.526	0.520	0.90	1.337	0.554	0.551
	1.75	1.50	1.75	0.00	F.V	0.10	0.123	0.123	0.062	0.10	0.123	0.103	0.061	0.10	0.205	0.101	0.062
					L.V	0.85	0.717	0.715	0.521	0.80	0.673	0.522	0.490	0.85	1.297	0.547	0.520
F.F.S.F	1.00	1.00	0.00	1.00	F.V	0.10	0.099	0.074	0.050	0.10	0.098	0.058	0.050	0.10	0.166	0.058	0.051
					L.V	1.00	0.742	0.566	0.513	1.00	0.717	0.399	0.505	1.00	1.343	0.413	0.521
	1.50	1.50	0.00	1.50	F.V	0.10	0.099	0.067	0.050	0.10	0.099	0.052	0.050	0.10	0.166	0.052	0.051
					L.V	1.00	0.753	0.528	0.514	1.00	0.728	0.363	0.506	1.00	1.358	0.374	0.523
	1.50	1.75	0.00	1.75	F.V	0.10	0.095	0.065	0.050	0.10	0.095	0.050	0.050	0.10	0.161	0.049	0.051
					L.V	1.00	0.734	0.517	0.516	1.00	0.711	0.353	0.507	1.00	1.335	0.363	0.525
F.F.S.S	1.00	1.00	0.00	0.00	F.V	0.10	0.115	0.086	0.059	0.10	0.115	0.067	0.059	0.10	0.192	0.067	0.059
					L.V	1.00	0.814	0.620	0.592	1.00	0.790	0.430	0.587	1.00	1.474	0.438	0.594
	1.50	1.50	0.00	0.00	F.V	0.10	0.119	0.082	0.062	0.10	0.120	0.063	0.062	0.10	0.201	0.062	0.062
					L.V	1.00	0.847	0.595	0.618	1.00	0.823	0.401	0.613	1.00	1.527	0.404	0.619
F.S.F.F	1.00	0.00	1.00	1.00	F.V	0.10	0.110	0.110	0.042	0.10	0.109	0.095	0.042	0.10	0.176	0.095	0.042
					L.V	1.00	0.744	0.742	0.417	0.95	0.686	0.559	0.393	1.00	1.301	0.620	0.422
	1.50	0.00	1.50	1.50	F.V	0.10	0.113	0.113	0.039	0.10	0.113	0.099	0.039	0.10	0.179	0.099	0.040
					L.V	1.00	0.754	0.754	0.388	0.90	0.671	0.557	0.348	1.00	1.302	0.639	0.393
	1.75	0.00	1.75	1.50	F.V	0.10	0.118	0.118	0.039	0.10	0.117	0.103	0.039	0.10	0.185	0.103	0.039
					L.V	1.00	0.767	0.767	0.388	0.85	0.662	0.551	0.330	1.00	1.319	0.654	0.389
F.S.F.S	1.00	0.00	1.00	0.00	F.V	0.10	0.130	0.130	0.050	0.10	0.130	0.113	0.050	0.10	0.208	0.111	0.051
					L.V	0.80	0.705	0.702	0.400	0.75	0.655	0.534	0.374	0.80	1.212	0.571	0.400
	1.50	0.00	1.50	0.00	F.V	0.10	0.142	0.142	0.050	0.10	0.142	0.125	0.050	0.10	0.225	0.123	0.051
					L.V	0.70	0.678	0.676	0.350	0.65	0.630	0.522	0.325	0.70	1.138	0.555	0.350
	1.75	0.00	1.75	0.00	F.V	0.10	0.149	0.148	0.050	0.10	0.148	0.130	0.050	0.10	0.232	0.128	0.051
					L.V	0.65	0.660	0.658	0.326	0.60	0.613	0.514	0.300	0.65	1.096	0.543	0.325
F.S.S.F	1.00	0.00	0.00	1.00	F.V	0.10	0.110	0.081	0.042	0.10	0.110	0.068	0.042	0.10	0.176	0.067	0.042
					L.V	1.00	0.791	0.595	0.423	1.00	0.755	0.441	0.416	1.00	1.361	0.467	0.430
	1.50	0.00	0.00	1.50	F.V	0.10	0.114	0.076	0.039	0.10	0.114	0.063	0.039	0.10	0.180	0.063	0.039
					L.V	1.00	0.819	0.559	0.397	1.00	0.780	0.414	0.390	1.00	1.382	0.440	0.403
F.S.S.S	1.00	0.00	0.00	0.00	F.V	0.10	0.131	0.097	0.050	0.10	0.131	0.080	0.050	0.10	0.210	0.080	0.051
					L.V	1.00	0.872	0.656	0.499	0.90	0.781	0.453	0.449	1.00	1.498	0.502	0.500
	1.50	0.00	0.00	0.00	F.V	0.10	0.145	0.097	0.050	0.10	0.144	0.080	0.050	0.10	0.227	0.079	0.051
					L.V	0.90	0.869	0.595	0.450	0.80	0.776	0.411	0.400	0.85	1.394	0.433	0.426
S.F.F.F	0.00	1.00	1.00	1.00	F.V	0.10	0.074	0.099	0.050	0.10	0.074	0.082	0.050	0.10	0.133	0.082	0.051
					L.V	1.00	0.566	0.742	0.513	1.00	0.550	0.564	0.505	1.00	1.120	0.594	0.524
	0.00	1.50	1.50	1.50	F.V	0.10	0.067	0.099	0.050	0.10	0.067	0.083	0.050	0.10	0.124	0.082	0.051
					L.V	1.00	0.528	0.753	0.514	1.00	0.513	0.574	0.506	1.00	1.070	0.606	0.526
	0.00	1.75	1.75	1.75	F.V	0.10	0.065	0.095	0.050	0.10	0.065	0.079	0.050	0.10	0.121	0.078	0.051
					L.V	1.00	0.517	0.734	0.516	1.00	0.502	0.559	0.507	1.00	1.055	0.587	0.528
S.F.F.S	0.00	1.00	1.00	0.00	F.V	0.10	0.086	0.115	0.059	0.10	0.086	0.095	0.059	0.10	0.154	0.094	0.059
					L.V	1.00	0.620	0.814	0.592	1.00	0.604	0.613	0.587	1.00	1.233	0.638	0.598
	0.00	1.50	1.50	0.00	F.V	0.10	0.082	0.119	0.062	0.10	0.082	0.100	0.061	0.10	0.150	0.099	0.062
					L.V	1.00	0.595	0.847	0.618	1.00	0.582	0.639	0.614	1.00	1.216	0.663	0.623
S.F.S.F	0.00	1.00	0.00	1.00	F.V	0.10	0.074	0.074	0.050	0.10	0.074	0.059	0.050	0.10	0.133	0.058	0.051
					L.V	1.00	0.596	0.595	0.518	1.00	0.580	0.428	0.508	1.00	1.159	0.443	0.530
	0.00	1.50	0.00	1.50	F.V	0.10	0.068	0.068	0.050	0.10	0.068	0.053	0.050	0.10	0.125	0.053	0.051
					L.V	1.00	0.563	0.562	0.520	1.00	0.548	0.396	0.510	1.00	1.115	0.410	0.534
	0.00	1.75	0.00	1.75	F.V	0.10	0.066	0.066	0.050	0.10	0.066	0.050	0.050	0.10	0.122	0.050	0.051
					L.V	1.00	0.549	0.547	0.521	1.00	0.535	0.383	0.510	1.00	1.097	0.397	0.535
S.F.S.S	0.00	1.00	0.00	0.00	F.V	0.10	0.086	0.086	0.059	0.10	0.086	0.068	0.059	0.10	0.155	0.067	0.059
					L.V	1.00	0.659	0.658	0.598	1.00	0.643	0.467	0.591	1.00	1.284	0.477	0.606
	0.00	1.50	0.00	0.00	F.V	0.10	0.082	0.082	0.062	0.10	0.083	0.064	0.062	0.10	0.151	0.063	0.062
					L.V	1.00	0.642	0.640	0.626	1.00	0.629	0.447	0.619	1.00	1.276	0.454	0.634
S.S.F.F	0.00	0.00	1.00	1.00	F.V	0.10	0.081	0.110	0.042	0.10	0.081	0.096	0.042	0.10	0.137	0.095	0.042
					L.V	1.00	0.595	0.791	0.423	1.00	0.569	0.625	0.416	1.00	1.110	0.676	0.433
	0.00	0.00	1.50	1.50	F.V	0.10	0.076	0.114	0.039	0.10	0.076	0.100	0.039	0.10	0.129	0.100	0.039
					L.V	1.00	0.559	0.819	0.397	1.00	0.535	0.654	0.390	1.00	1.050	0.716	0.407
S.S.F.S	0.00	0.00	1.00	0.00	F.V	0.10	0.097	0.131	0.050	0.10	0.097	0.114	0.050	0.10	0.164	0.113	0.051
					L.V	1.00	0.656	0.872	0.499	0.90	0.591	0.640	0.449	1.00	1.233	0.729	0.503
	0.00	0.00	1.50	0.00	F.V	0.10	0.097	0.145	0.050	0.10	0.097	0.127	0.050	0.10	0.163	0.126	0.051
					L.V	0.90	0.595	0.869	0.450	0.85	0.555	0.673	0.424	1.00	1.208	0.791	0.499
S.S.S.F	0.00	0.00	0.00	1.00	F.V	0.10	0.082	0.082	0.042	0.10	0.082	0.068	0.042	0.10	0.138	0.068	0.042
					L.V	1.00	0.633	0.633	0.429	1.00	0.608	0.477	0.420	1.00	1.161	0.508	0.440
	0.00	0.00	0.00	1.50	F.V	0.10	0.077	0.077	0.039	0.10	0.077	0.064	0.039	0.10	0.130	0.064	0.039
					L.V	1.00	0.608	0.606	0.404	1.00	0.583	0.459	0.394	1.00	1.115	0.491	0.417
S.S.S.S	0.00	0.00	0.00	0.00	F.V	0.10	0.098	0.098	0.051	0.10	0.098	0.082	0.050	0.10	0.165	0.081	0.051
					L.V	1.00	0.705	0.704	0.508	1.00	0.681	0.525	0.502	1.00	1.298	0.551	0.514

جدول رقم (2) يبين قيم أبعاد مواقع خطوط البلاطة المتجانسة لحالة الفشل الخامسة

B.C	I_1	I_2	I_3	I_4		$(\theta_1=75°)$ & $(\theta_2=15°)$				$(\theta_1=75°)$ & $(\theta_2=30°)$			
							ℓ_1	ℓ_3	ℓ_4		ℓ_1	ℓ_3	ℓ_4
F.F.F.S	1.00	1.00	1.00	0.00	F.V	0.85	0.646	0.495	0.352	—	—	—	—
					L.V	1.00	0.733	0.570	0.405	—	—	—	—
	1.50	1.50	1.50	0.00	F.V	0.70	0.558	0.427	0.271	0.95	0.752	0.578	0.367
					L.V	1.00	0.731	0.578	0.367	1.00	0.778	0.601	0.382
	1.75	1.50	1.75	0.00	F.V	0.65	0.535	0.398	0.251	0.90	0.733	0.544	0.345
					L.V	1.00	0.738	0.568	0.361	1.00	0.784	0.591	0.375
F.S.F.S	1.00	0.00	1.00	0.00	F.V	0.70	0.604	0.348	0.350	0.90	0.773	0.446	0.448
					L.V	1.00	0.792	0.472	0.475	1.00	0.827	0.485	0.487
	1.50	0.00	1.50	0.00	F.V	0.55	0.521	0.273	0.274	0.75	0.700	0.370	0.371
					L.V	1.00	0.808	0.450	0.452	1.00	0.839	0.462	0.464
	1.75	0.00	1.75	0.00	F.V	0.45	0.493	0.248	0.249	0.70	0.679	0.344	0.346
					L.V	1.00	0.814	0.441	0.443	1.00	0.844	0.452	0.453
S.F.F.S	0.00	1.50	1.50	0.00	F.V	0.85	0.478	0.518	0.328	—	—	—	—
					L.V	1.00	0.544	0.596	0.378	—	—	—	—
S.S.F.S	0.00	0.00	1.00	0.00	F.V	0.85	0.548	0.421	0.422	—	—	—	—
					L.V	1.00	0.623	0.485	0.486	—	—	—	—
	0.00	0.00	1.50	0.00	F.V	0.65	0.420	0.323	0.324	0.95	0.610	0.470	0.470
					L.V	1.00	0.586	0.467	0.468	1.00	0.630	0.490	0.491
						$(\theta_1=75°)$ & $(\theta_2=45°)$				$(\theta_1=75°)$ & $(\theta_2=60°)$			
F.F.F.S	1.50	1.50	1.50	0.00	F.V	1.00	0.797	0.610	0.387	1.00	0.794	0.609	0.387
					L.V	—	—	—	—	—	—	—	—
	1.75	1.50	1.75	0.00	F.V	0.95	0.774	0.573	0.369	0.95	0.778	0.576	0.366
					L.V	1.00	0.798	0.676	0.387	1.00	0.796	0.596	0.378
F.S.F.S	1.00	0.00	1.00	0.00	F.V	0.95	0.804	0.470	0.470	0.90	0.775	0.447	0.449
					L.V	1.00	0.831	0.486	0.488	1.00	0.811	0.479	0.481
	1.50	0.00	1.50	0.00	F.V	0.80	0.748	0.394	0.396	0.80	0.742	0.393	0.395
					L.V	1.00	0.838	0.461	0.463	1.00	0.814	0.453	0.454
	1.75	0.00	1.75	0.00	F.V	0.75	0.728	0.370	0.370	0.75	0.726	0.368	0.370
					L.V	1.00	0.841	0.451	0.453	1.00	0.811	0.441	0.443
F.S.S.S	0.00	0.00	1.50	0.00	F.V	1.00	0.650	0.499	0.500	1.00	0.650	0.498	0.499
					L.V	—	—	—	—	—	—	—	—
						$(\theta_1=75°)$ & $(\theta_2=75°)$				$(\theta_1=75°)$ & $(\theta_2=90°)$			
F.F.F.S	1.00	1.00	1.00	0.00	F.V	—	—	—	—	0.95	0.710	0.549	0.390
					L.V	—	—	—	—	1.00	0.719	0.565	0.401
	1.50	1.50	1.50	0.00	F.V	0.95	0.753	0.579	0.367	0.90	0.702	0.543	0.345
					L.V	1.00	0.768	0.598	0.379	1.00	0.721	0.575	0.365
	1.75	1.50	1.75	0.00	F.V	0.90	0.686	0.347	0.349	0.85	0.691	0.514	0.327
					L.V	1.00	0.768	0.423	0.425	1.00	0.722	0.560	0.355
F.S.F.F	1.00	0.00	1.00	1.00	F.V	—	—	—	—	1.00	0.698	0.407	0.578
					L.V	—	—	—	—	—	—	—	—
	1.50	0.00	1.50	1.50	F.V	—	—	—	—	0.95	0.685	0.363	0.576
					L.V	—	—	—	—	1.00	0.695	0.373	0.592
	1.75	0.00	1.75	1.50	F.V	—	—	—	—	0.90	0.676	0.343	0.545
					L.V	—	—	—	—	1.00	0.695	0.364	0.577
F.S.F.S	1.00	0.00	1.00	0.00	F.V	0.85	0.726	0.421	0.423	0.80	0.669	0.391	0.393
					L.V	1.00	0.767	0.464	0.465	1.00	0.707	0.439	0.441
	1.50	0.00	1.50	0.00	F.V	0.75	0.700	0.370	0.371	0.70	0.650	0.344	0.345
					L.V	1.00	0.768	0.436	0.437	1.00	0.707	0.411	0.412
	1.75	0.00	1.75	0.00	F.V	0.70	0.686	0.347	0.349	0.65	0.640	0.323	0.324
					L.V	1.00	0.768	0.423	0.425	1.00	0.706	0.399	0.401
F.S.S.S	1.00	0.00	0.00	0.00	F.V	—	—	—	—	0.95	0.795	0.466	0.466
					L.V	—	—	—	—	1.00	0.808	0.479	0.479
	1.50	0.00	0.00	0.00	F.V	0.95	0.897	0.471	0.473	0.85	0.807	0.424	0.423
					L.V	1.00	0.912	0.486	0.488	1.00	0.838	0.462	0.462
S.S.F.S	0.00	0.00	1.00	0.00	F.V	—	—	—	—	0.95	0.602	0.467	0.469
					L.V	—	—	—	—	1.00	0.611	0.480	0.482
	0.00	0.00	1.50	0.00	F.V	0.95	0.612	0.471	0.473	0.85	0.562	0.438	0.440
					L.V	1.00	0.624	0.486	0.488	1.00	0.580	0.463	0.465

B.C	I_1	I_2	I_3	I_4		$(\theta_1=45°)$ & $(\theta_2=15°)$				$(\theta_1=45°)$ & $(\theta_2=30°)$			
							ℓ_1	ℓ_3	ℓ_4		ℓ_1	ℓ_3	ℓ_4
F.F.F.S	1.00	1.00	1.00	0.00	F.V	0.90	1.271	0.526	0.373	—	—	—	—
					L.V	1.00	1.389	0.477	0.409	—	—	—	—
	1.50	1.50	1.50	0.00	F.V	0.75	1.100	0.456	0.290	1.00	1.469	0.608	0.386
					L.V	1.00	1.387	0.586	0.371	—	—	—	—
	1.75	1.50	1.75	0.00	F.V	0.65	0.986	0.397	0.252	0.90	1.363	0.550	0.346
					L.V	1.00	1.391	0.576	0.366	1.00	1.471	0.598	0.380
F.S.F.S	1.00	0.00	1.00	0.00	F.V	0.75	1.122	0.373	0.375	1.00	1.483	0.495	0.497
					L.V	1.00	1.415	0.481	0.482	—	—	—	—
	1.50	0.00	1.50	0.00	F.V	0.60	0.949	0.296	0.297	0.80	1.271	0.395	0.396
					L.V	1.00	1.425	0.459	0.462	1.00	1.490	0.474	0.476
	1.75	0.00	1.75	0.00	F.V	0.50	0.836	0.249	0.250	0.70	1.162	0.348	0.349
					L.V	1.00	1.429	0.450	0.452	1.00	1.492	0.464	0.466
S.S.F.S	0.00	0.00	1.00	0.00	F.V	0.95	1.146	0.474	0.474	—	—	—	—
					L.V	1.00	1.197	0.496	0.496	—	—	—	—
	0.00	0.00	1.50	0.00	F.V	0.75	0.896	0.372	0.373	—	—	—	—
					L.V	1.00	1.138	0.479	0.480	—	—	—	—
						$(\theta_1=45°)$ & $(\theta_2=45°)$				$(\theta_1=45°)$ & $(\theta_2=60°)$			
F.S.F.S	1.00	0.00	1.00	0.00	F.V	—	—	—	—	1.00	1.483	0.496	0.498
					L.V	—	—	—	—	—	—	—	—
	1.50	0.00	1.50	0.00	F.V	0.85	1.350	0.419	0.420	0.85	1.341	0.418	0.420
					L.V	1.00	1.500	0.476	0.478	1.00	1.477	0.472	0.474
	1.75	0.00	1.75	0.00	F.V	0.75	1.250	0.373	0.375	0.75	1.250	0.373	0.373
					L.V	1.00	1.500	0.466	0.468	1.00	1.476	0.461	0.463
						$(\theta_1=45°)$ & $(\theta_2=75°)$				$(\theta_1=45°)$ & $(\theta_2=90°)$			
F.F.F.S	1.50	1.50	1.50	0.00	F.V	1.00	1.471	0.610	0.387	0.95	1.379	0.575	0.365
					L.V	—	—	—	—	1.00	1.417	0.595	0.378
	1.75	1.50	1.75	0.00	F.V	0.95	1.430	0.573	0.369	0.90	1.336	0.543	0.344
					L.V	1.00	1.476	0.676	0.387	1.00	1.412	0.583	0.370
F.S.F.S	1.00	0.00	1.00	0.00	F.V	0.95	1.400	0.470	0.470	0.90	0.594	0.210	0.423
					L.V	1.00	1.437	0.486	0.488	1.00	0.633	0.470	0.473
	1.50	0.00	1.50	0.00	F.V	0.80	1.266	0.394	0.396	0.75	1.176	0.368	0.369
					L.V	1.00	1.430	0.461	0.463	1.00	1.360	0.445	0.447
	1.75	0.00	1.75	0.00	F.V	0.75	1.223	0.370	0.370	0.70	1.136	0.344	0.345
					L.V	1.00	1.427	0.451	0.453	1.00	1.357	0.434	0.436
F.S.S.S	1.50	0.00	0.00	0.00	F.V	1.00	1.618	0.499	0.500	0.90	1.453	0.450	0.448
					L.V	—	—	—	—	1.00	1.533	0.484	0.482

المراجع

[1] المهندس الإستشاري الإنشائي، خليل إبراهيم واكد، (الدليل الإنشائي لتصميم البلاطات الخرسانية).

[2] المهندس عماد السعدي، (جدولة العزوم للسقوف المنتظمة وغير المنتظمة والمختلفة الأحمال باستعمال نظرية خط الخضوع)، رسالة الدبلوم العالي، إشراف د. صبيح الصراف، الجامعة التكنولوجية– بغداد، (1981).

[3] أ.عماد عبد المجيد السعدي، (تحليل البلاطات غير المنتظمة ذات التحميل المنتظم بنظرية خط الخضوع)، المؤتمر الوطني الرابع لمواد البناء والهندسة الإنشائية، صبراتة – ليبيا، (2008).

[4] Arthur H. Nilson, George Winter, (Design of Concrete Structures), 11th Edition.

[5] Chu-Kia Wang, Chrles G. Salmon, (Reinforced Concrete Design), 5th Edition.

[6] L.H. Martin,P.C.L. Croxton and J.A. Purkiss,(Structural Design in Concrete)"to Bs8110".

[7] Phil M. FERGUSON,(Reinforced Concrete Fundamentals) , 2nd Edition.

[8] WOOD R.H,(Plastic & Elastic Design of Slabs and Plates).

الرموز

a,B,B_3	أبعاد البلاطة غير المتجانسة	W	الحمل المسلط على البلاطة
C	معامل عزم خضوع البلاطة المتجانسة	I	نسبة العزم السالب إلى العزم الموجب
m	عزم الانحناء الأقصى لكل وحدة طول على طول خط الخضوع	S, F	إسناد ثابت و إسناد بسيط
L	طول خط الخضوع أفقيا أو عموديا	B.C	حالات الحدود (الإسناد)
u	نسبة العزم العمودي الموجب إلى العزم الأفقي الموجب	α	نسبة أبعاد البلاطة المتجانسة

دراسة تأثير الملدنات الفائقة على مقاومة ومسامية الخرسانة

أ. د / عمر محمد بن ساسي
أستاذ الهندسة المدنية
كلية الهندسة- جامعة مصراتة
omarbensasi54@yahoo.com

ملخص

تضاف الملدنات الفائقة (superplasticisers) للخرسانة لزيادة تشغيليتها عند محتوى مائي معين بالخلطة الخرسانية أو لتقليل كمية ماء الخلط اللازم لتشغيلية معينة. هذا بدوره يؤدي إلى تقليل نسبة الماء إلى الإسمنت لنفس المحتوى الإسمنتي بالخرسانة. تبعا لذلك تقل فرصة تكون المسام الشعرية (capillary pores) ، وبالتالي تزداد مقاومة الخرسانة بسبب انخفاض نسبة الماء إلى الإسمنت. وتنخفض أيضا مسامية الجل الرابط لحبيبات الركام في الخرسانة فتنخفض نفاذية الخرسانة. علاوة على ذلك فإن الملدنات الفائقة بفاعليتها في ازدياد دمك الخرسانة تقلل من فرص تكون الفراغات الهوائية (air voids) بها والتي هي أيضا تساهم كثيرا في ضعف مقاومة الخرسانة وزيادة نفاذيتها مما يعني تحسين جودة الخرسانة في آخر الأمر. في هذا البحث يتم التعرف على تأثير إضافة نسبة معينة من ملدن فائق على مقاومة الخرسانة ومساميتها عند نسبة معينة من الماء إلى الإسمنت وكذلك التعرف على مدى تأثير الملدن بالخصوص عند اختلاف نسبة الماء إلى الإسمنت. لأجل ذلك تم عمل عدد مناسب من المكعبات الخرسانية ذات نسب مختلفة من الماء إلى الإسمنت وبعضها يحوي نسبة معينة من ملدن. الدراسة أظهرت فاعلية الملدن في زيادة مقاومة الخرسانة لعينة بها ملدن على عينة أخرى مطابقة وبنفس نسبة الماء إلى الإسمنت ولكن ليس بها ملدن. كذلك أظهرت الدراسة زيادة فاعلية الملدن في حالة النسب الدنيا للماء إلى الإسمنت.

الكلمات الدالة: مقاومة الخرسانة، مسام شعرية، فراغات هوائية، ملدنات فائقة، مسامية، تشغيلية

1- مقدمة

يتزايد الإهتمام يوما بعد يوم بإنتاج خرسانة ذات خواص جيدة لاستعمالها في بناء مختلف المنشآت الخرسانية. ذلك يعزى لاشك إلى الحاجة إلى إنشاء منشآت ذات ديمومة مرضية تعوض التكاليف التي تصرف على تلك المنشآت والتي صارت في تزايد مضطرد بسبب الإزدياد الملحوظ في أسعار مواد البناء.

في سبيل الحصول على خرسانة ذات خواص جيدة يتم اللجوء في كثير من الأحيان إلى إضافة بعض المواد للخلطة الخرسانية بنسب معينة بحسب الحاجة وحسب الغرض من الإضافة. من هذه المواد المضافة هناك ما يعرف بمخفضات ماء الخلط (water reducers) وهي ما تعرف كذلك بالملدنات وحديثا يتم تصنيع ما يعرف بالملدنات الفائقة (superplasticizers) بالنظر إلى الزيادة الملحوظة التي في فعاليتها من حيث قدرتها على تحقيق خفض كبير في الماء لنفس التشغيلية المطلوبة.

تستعمل الملدنات الفائقة أساسا إما لزيادة تشغيلية الخلطة الخرسانية عند محتوى مائي معين أو لخفض الماء المطلوب لمستوى معين من التشغيلية وبالتالي خفض نسبة الماء إلى الإسمنت عند نفس المحتوى الإسمنتي للخلطة [2,1]. هذا يعني إزدياد مقاومة الخرسانة بسبب خفض نسبة الماء إلى الإسمنت (w/c)، حيث أمكن بتخفيض هذه النسبة إلى 0.28 الحصول على خرسانة ذات مقاومة في حدود 100 MPa لعمر 28 يوم [1]، وفي دراسة لإنتاج خرسانة عالية المقاومة بكلية الهندسة بمصراتة وباستعمال ملدنات فائقة ونسبة w/c تساوي 0.3 أمكن الحصول على خرسانة ذات مقاومة ضغط للمكعب القياسي وصلت إلى 67 MPa [3].

المتعارف عليه أن ازدياد مقاومة الخرسانة يكون أساسا بسبب تخفيض النسبة w/c عند كميات محددة من الركام والإسمنت. ولكن قد يكون للملدنات تأثير في ازدياد مقاومة الخرسانة ليس فقط لدورها في تخفيض الماء المطلوب للخلطة وإنما كتأثير مباشر على الخلطة الخرسانية. هذا ما يتم التعرف عليه في هذا البحث إلى جانب التأثير على مسامية الخرسانة.

2- الهدف من البحث

يهدف هذا البحث إلى التعرف على تأثير إضافة نسبة معينة من الملدنات الفائقة على مقاومة الخرسانة عند تحديد نسبة معينة من الماء إلى الإسمنت وكذلك يهدف إلى التعرف على مدى التفاوت في تأثير الملدن الفائق عند إضافته إلى خلطات خرسانية مختلفة في نسبة الماء إلى الإسمنت فيما بينها. من ناحية أخرى يهدف البحث أيضا إلى التعرف على مدى تأثير إضافة الملدن الفائق على تخفيض مسامية الخرسانة عن طريق مقارنة سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية في مكعبات خرسانية تختلف فقط في وجود الملدن أو عدم وجوده بها.

3- البرنامج العملي

لتحقيق الأهداف المذكورة من البحث تم عمل 18 مكعبا خرسانيا قياسيا (15×15×15) سم مكونة من عدد 3 مجموعات من الخلطات الخرسانية (A,B,C). هذه الخلطات الخرسانية تم إعدادها جميعا بحيث كانت بنسبة ركام خشن إلى رمل وإلى إسمنت كنسبة 1:2:3 في كل منها ومختلفة من حيث نسبة الماء إلى الإسمنت وإضافة كمية معينة من الملدن في بعضها وعدم إضافته في البعض الآخر.

تم تقسيم كل مجموعة من تلك المجموعات إلى مجموعتين جزئيتين بحيث كانت كل مجموعة من الخلطات بنفس نسبة الماء إلى الإسمنت ولكن مختلفة النسبة عن المجموعتين الأخريين. وفي كل مجموعة من الخلطات هناك مجموعة جزئية تحتوي على ملدن فائق بنسبة 0.5% وزنيا بالنسبة إلى وزن الإسمنت والمجموعة الجزئية الأخرى بدون ملدن، وذلك كما هو مبين بالجدول (1). فمثلا المجموعة A وتتكون من A1 و A2 متساويتين في النسبة (w/c) ومختلفتين من حيث إضافة الملدن من عدمها. بذلك يتم التعرف على تأثير الملدن على الخرسانة لنفس الماء إلى الإسمنت من خلال الفرق بين نتائج الخلطتين لمجموعتين جزئيتين من مجموعة معينة من الخلطات.

جدول (1) الخلطات الخرسانية المختبرة ونسبة الماء إلى الإسمنت والملدن الذي بها

المجموعة	نسبة الماء إلى الإسمنت (w/c)	نسبة الملدن الفائق إلى الإسمنت %	عدد المكعبات
A1	0.55	0.0	3
A2	0.55	0.5	3
B1	0.45	0.0	3
B2	0.45	0.5	3
C1	0.4	0.0	3
C2	0.4	0.5	3

ويتم التعرف على الفرق في تأثير الملدن عند اختلاف نسبة الماء إلى الإسمنت بمقارنة النتائج في المجموعات الثلاث من الخلطات.

من أجل إعداد العينات المطلوبة للإختبار تم استخدام ركام خشن من المصادر المتوفرة بمدينة مصراتة . وأجري عليه إختبار مقاومة التهشيم للتحقق من صلاحيته للإستعمال وكذلك اختباره من حيث الوزن النوعي وسعة الإمتصاص واختبار محتواه الرطوبي وذلك لغرض تحديد كمية الماء المطلوبة المصححة باعتبار عامل الإمتصاص والمحتوى الرطوبي بالركام بمعمل كلية الهندسة بمصراتة.

كذلك تم اختبار الرمل المستعمل من حيث وزنه النوعي وسعة امتصاصه ومحتواه الرطوبي لنفس الغرض المذكور من تحديد كمية الماء المطلوبة المصححة. تم اعتبار الوزن النوعي للإسمنت (3.15).

تم خلط المكونات الخرسانية المطلوبة حسب النسبة المذكورة لكل من الركام والرمل والإسمنت (1:2:3) وحسب كمية الماء اللازم للخلطة بعد التصحيح المقابل للنسبة المطلوبة w/c لكل خلطة. كما تمت إضافة الملدن الفائق للخلطات A2 و B2 و C2 وذلك حسب ما هو مبين بالجدول (1).

لكل خلطة من الخلطات الموضحة بالجدول (1) تم عمل 3 مكعبات خرسانية (15×15×15) سم . حفظت جميع المكعبات داخل المعمل لمدة 24 ساعة، ثم وضعت في حوض به ماء بدرجة حرارة الغرفة حوالي 26 درجة مئوية لمدة 7 أيام. بعد انقضاء فترة المعالجة المذكورة تم إخراج المكعبات من الماء وجهزت للإختبار عند نفس العمر بالموجات فوق الصوتية للتعرف على سرعة انتشار تلك الموجات خلالها. تم اختبار مقاومة الضغط لكل مكعب للوقوف على مقدار مقاومة الضغط لكل مكعب وعند نفس العمر.

4- النتائج

تم تدوين نتائج اختبار سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية ومقاومة الضغط للخلطات الخرسانية المختبرة وذلك بأخذ المتوسط في كل حالة للمكعبات الثلاث المعبرة عن الخلطة وذلك كما هو موضح بالجدول (2).

جدول (2) نتائج اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية ومقاومة الضغط

الخلطة	w/c	نسبة الملدن % من الإسمنت	متوسط سرعة الموجات (كم/ث)	متوسط مقاومة الضغط كجم/سم^2	نسبة زيادة المقاومة $(f_2 - f_1)/f_1$
A1	0.55	0.0	4.02	270	%11
A2	0.**55**	0.5	4.30	300	
B1	0.45	0.0	4.10	289	%26
B2	0.45	0.5	4.50	363	
C1	0.40	0.0	4.23	284	%29
C2	0.40	0.5	4.50	367	

من خلال النتائج الواردة بهذا الجدول يتبين لنا أنه بالنسبة لسرعة انتشار الموجات للعينات المختبرة تزداد بصفة عامة بخفض نسبة الماء إلى الإسمنت كما تزداد لمجرد وجود الملدن كما يتضح مثلا من مقارنة سرعة انتشار الموجات للخرسانة A2 بسرعة الموجات للخرسانة A1 مما يدل على فعالية الملدن في تخفيض الفراغات بالخرسانة، حيث أن سرعة الموجات تزداد بانخفاض تواجد الفراغات وهذا يدل على فعالية استعمال الملدنات في تخفيض مسامية الخرسانة. وحيث أن المسامية تلعب دورا في نفاذية الخرسانة فإنه بانخفاض المسامية تكون الخرسانة أقل نفاذية وبالتالي فهذا يكون في جانب تحسين الديمومة.

بالنسبة لتأثير الملدن على مقاومة الضغط من الواضح أنه ليس فقط بسبب خفض نسبة الماء إلى الإسمنت نحصل على إزدياد في مقاومة الخرسانة بل كذلك مجرد استعمال الملدن أيضا. حيث يتبين لنا مثلا، بمقارنة مقاومة الخرسانة A2 بمقاومة الخرسانة A1 في الجدول (2)، أنه لخلطتين لهما نفس نسبة الماء إلى الإسمنت نجد أن الخلطة التي بها ملدن تفوق في مقاومتها الخرسانية الخلطة التي ليس بها ملدن.

كما أنه بملاحظة نسبة زيادة المقاومة في المكعبات A2 و B2 و C2 إلى مقاومة المكعبات A1 و B1 و C1 على الترتيب نجد أن فعالية الملدن في ازدياد المقاومة الخرسانية تكون أكبر في حالة استعمال نسبة أقل من الماء إلى

الإسمنت وهذا يتضح من النسب الناتجة والمدرجة بالعمود الأخير بالجدول (2) حيث يرمز f_1 إلى مقاومة الخرسانة بدون ملدن f_2 إلى مقاومة الخرسانة التي بها ملدن.

5- الإستنتاجات والتوصيات

من هذه الدراسة أمكن التوصل إلى الإستنتاجات التالية فيما يتعلق بتأثير الملدنات الفائقة على الخرسانة:

1. تعمل إضافة الملدنات الفائقة على الإقلال من مسامية الخرسانة وبالتالي تعتبر عاملا إيجابيا في زيادة ديمومة الخرسانة بتقليل نفاذيتها.
2. تعمل الملدنات الفائقة على زيادة مقاومة الخرسانة عند تخفيض نسبة الماء إلى الاسمنت لنفس التشغيلية وكذلك تعمل على زيادة مقاومة الخرسانة حتى عند نفس نسبة الماء إلى الإسمنت.
3. تزداد فعالية الملدنات الفائقة في زيادة تخفيض المسامية للخرسانة وزيادة مقاومتها بانخفاض نسبة الماء إلى الإسمنت المستعملة للخلطة الخرسانية.
4. يوصى بدراسة لتحديد النسب المثلى من الملدن عند النسب المختلفة من الماء إلى الإسمنت.
5. يوجد بالسوق أنواع كثيرة من الملدنات الفائقة تتفاوت في فعاليتها وفي أسعارها لذا يوصى بعمل اختبارات مقارنة بإدخال عاملي التكلفة والفعالية قبل اختيار نوع معين وعلى الأخص للمشروعات الكبيرة.

المراجع

[1] A. M. Neville , Properties of Concrete, Third Edition.

[2] M. L. Gambhire, Concrete Technology, Second Edition.

[3] سليم أبوفارس، علي أحمد عفط، عمر السنوسي عامر، " إنتاج خرسانة عالية المقاومة"، (2006 ف)

دراسة سلوك القص بين التربة وسطح الأساس

د. محمد إمحمد شاهين
أستاذ مشارك بكلية الهندسة– جامعة مصراتة
Mohamed_zubi@yahoo.com

م. محمود أحمد المنتقي
باحث بكلية الهندسة– جامعة سبها
Mahmud2004f@yahoo.com

ملخص

أصبحت دراسات وأبحاث التربة ذات أهمية كبيرة في مجال الهندسة المدنية وذلك يتطلب العديد من الأبحاث والدراسات لخواص التربة وسلوكها. دراسة سلوك القص للتربة المحيطة بالأساس لها أهمية بالغة في تقييم ومعرفة قوة مقاومة الإحتكاك بين التربة وسطح الأساس بصورة عامة وبين التربة وسطح الركائز الطويلة بصورة خاصة (مثل الركائز المستخدمة لأساسات المنشآت الثقيلة البرية والبحرية) والتي تعتمد على قوة مقاومة الإحتكاك بشكل رئيسي، وكذلك في تحديد مقدار قدرة تحمل التربة للأحمال واتزانها وهبوطها كالترع والميول الترابية، إلى جانب إطالة عمر المنشآت المقامة عليها كأساسات الأبنية والأبراج والسدود والجسور والطرق والمطارات وبقية المنشآت المدنية الأخرى. يتضمن هذا البحث إجراء العديد من اختبارات القص بين التربة والتربة باستخدام جهاز صندوق القص المباشر، وكذلك اختبارات القص السطحي بين التربة وسطح قطع من المواد الإنشائية (خرسانة، حديد خشن، حديد أملس)، بحيث تشغل القطعة الإنشائية النصف السفلي من الصندوق. والغرض من ذلك محاكاة الإحتكاك السطحي بين التربة وسطح الأساس بالواقع. ولدراسة التأثيرات المختلفة على سلوك القص فسوف يتم في هذا البحث دراسة تأثيرات الزيادة في الإجهادات الرأسية على عينات التربة بثلاثة إجهادات رأسية مختلفة مقدارها (41 , 82 kPa , 123 kPa) ، وكذلك دراسة تأثير الكثافة الإبتدائية للتربة في حالات التربة المفككة ومتوسطة الكثافة والكثيفة.

الكلمات الدالة: سلوك القص،الإحتكاك السطحي، قدرة تحمل التربة، إختبارات القص، إجهاد القص الأقصى، زاوية الإحتكاك الداخلي

1- المقدمة

حيث أن تصميم الأبنية والمحافظة عليها يعتمد بصورة رئيسية على قدرة تحمل التربة، وكذلك معرفة مقدار الإحتكاك السطحي للأساسات، لذلك فإنه تزداد أهمية دراسة سلوك القص المباشر بين التربة والتربة وسلوك القص السطحي بين التربة وسطح الأساس في حال تشييد المنشآت على التربة الرملية وتكون معرضة إلى أحمال كبيرة كما في حالة الأساسات العميقة كالدعامات والركائز، حيث يعتمد تصميمها على قوة مقاومة الإرتكاز وعلى الإحتكاك السطحي، وكذلك في حالة السدود الترابية حيث تعتمد في تصميمها على قوة مقاومة الإحتكاك بين التربة والتربة، وأيضاً في حالة الحوائط الساندة للتربة التي تعتمد في مقاومتها على قوة مقاومة التربة للأحمال والأوزان التي فوقها وعلى الإحتكاك بين التربة وأساسات هذه الحوائط ضد قوة الدفع الجانبي الناتجة من ضغط التربة. إن أهم العوامل المؤثرة على قوة مقاومة القص هي نوعية التربة وكثافتها الإبتدائية والإجهادات الرأسية المؤثرة عليها وإنضغاطيتها وشكل وحجم جزيئاتها ورطوبتها ونفاذيتها وخشونة سطح الأساسات. كما أن التطور الحاصل في قوة الإحتكاك السطحي للأساسات وخصوصاً للركائز الطويلة يتأثر بشكل كبير بخشونة جوانب الركائز.

تضمن هذا البحث إجراء العديد من الإختبارات على سلوك القص بين التربة والتربة في الحالة الجافة، وكذلك اختبارات على سلوك القص السطحي الحاصل من الإحتكاك بين التربة وسطح خرساني وسطح حديد خشن وآخر أملس، باستخدام جهاز صندوق القص المباشر.

الهدف الرئيسي لإجراء هذا البحث هو دراسة تأثير كلً من الكثافة الإبتدائية للتربة والزيادة في الإجهادات الرأسية على قوة مقاومة القص للتربة، وكذلك دراسة الإحتكاك السطحي للأساس. وذلك بإجراء إختبارات القص السطحي بين التربة وسطح القطع الإنشائية المختلفة.

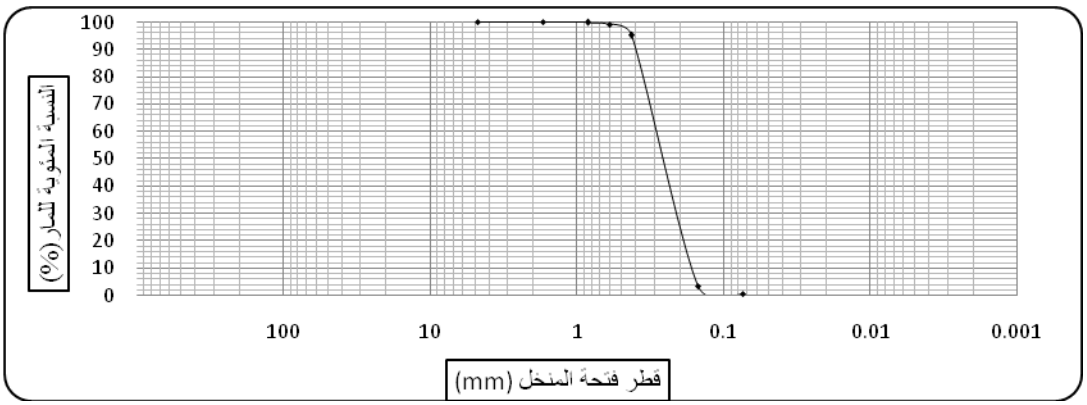
2- خواص التربة قيد الدراسة

تم تحديد العينة المختبرة من التربة الرملية لانتشارها بمختلف مناطق الجماهيرية من الشمال إلى الجنوب مما يتطلب دراستها والتعرف على سلوكها وإجراء العديد من الأبحاث عليها، بحيث تم تجميع التربة المستهدفة للإختبارات في وعاء بسعة 30 لتر. تم أخذ عينة التربة الرملية وتجميعها في الصباح بفصل الصيف بالطرق الإعتيادية وبأساليب يدوية عادية بغض النظر عن تغير شكلها الطبيعي. و قد تم حفظ العينات بتجهيز كامل الأدوات والمعدات اللازمة لذلك

وهي عبارة عن أكياس لدائنية، وذلك لغرض توفير الحماية اللازمة للعينات من فقدان خواصها ومنع دخول أية مواد أخرى عليها، ثم وضعت في أوعية مُحكمة الإغلاق لغرض المحافظة عليها إلى حين نقلها إلى معمل التربة. وبعد ذلك تم إغلاق الأوعية المحتوية على العينة بإحكام وبشكل جيد بواسطة شريط لاصق وربطها جيدا داخل وسيلة النقل لشحنها إلى المختبر.

التربة الرملية المختبرة مأخوذة من منطقة شهداء الرميلة بمدينة مصراتة ذات معامل انتظام يساوي 1.75، والذي يوضح بأن التربة رملية ناعمة إلى قليلة الخشونة، في حين معامل التدرج يساوي 0.95 لتكون التربة رديئة التدرج. وقد تم تصنيف التربة A-3 حسب نظام (AASHTO)، والشكل (1) يوضح منحنى التحليل المنخلي للعينة المختبرة بموقع الدراسة بمنطقة مصراتة، بينما الجدول (1) يوضح الخصائص الفيزيائية للتربة الرملية.

الإختبارات الكيميائية أوضحت بأن التربة الرملية المختبرة تحتوي على نسبة 0.124 من الكبريتات، في حين أن نسبة المواد العضوية تساوي 0.875 بينما نسبة كربونات الكالسيوم أكبر من 5.



AASHTO Classification System

Boulders	Gravel			Sand			Silt	Clay
	Coarse	Medium	Fine	Coarse	Medium	Fine		

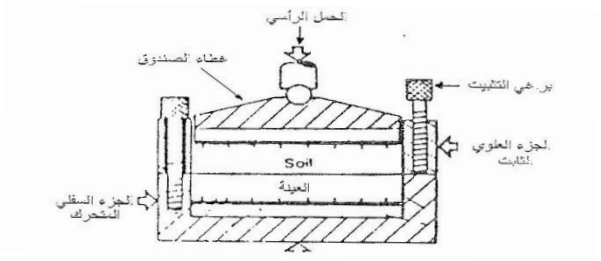
شكل (1) يوضح منحنى التحليل المنخلي للعينة المختبرة لموقع الدراسة بمنطقة مصراتة

الجدول (1) الخصائص الفيزيائية للتربة الرملية

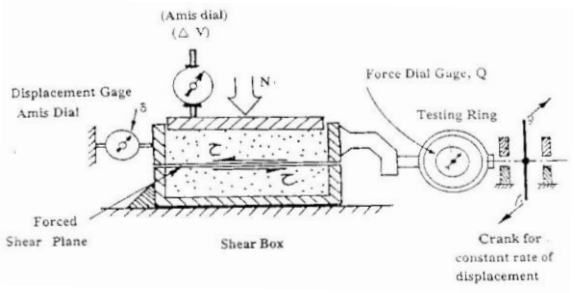
Condition of soil	Specific density	Dry density gm/cm^3	Uniformity coef0ficient Cu	Void ratio e
Loose dry sand	2.68	1.48	1.75	0.88
Medium dense dry sand	2.68	1.60	1.75	0.69
Dense dry sand	2.68	1.72	1.75	0.52

3- البرنامج الزمني

تعتبر اختبارات القص المباشر من أقدم وأسهل أنواع اختبارات القص لتحديد إجهاد القص الأقصى المناظر للإجهاد الرأسي على مستوى القص، وتكون قيمة اختبارات القص واضحة في حالة التربة الرملية الكثيفة. أما في حالة التربة الرملية المفككة فيمكن تحديد قيمة الإجهاد الحدي للقص، وأيضاً يمكن بسهولة تحديد العلاقة بين الإجهاد والقص والإنفعال. تضمنت هذه الدراسة إجراء التجارب للرمل الجاف في ثلاث حالات للتربة المفككة ومتوسطة الكثافة والكثيفة باستخدام جهاز القص المباشر الموضح بالشكل (2- أ)، و ذلك لإيجاد قيم زوايا الإحتكاك الداخلي للتربة وقيم زوايا الإحتكاك السطحي بين التربة والأساسات. ولتحضير العينة يتم وضع التربة في صندوق القص لمحاكاة الواقع، ففي حالة التربة الرملية المفككة، يتم وضعها من ارتفاع قليل لتعطي الحالة المفككة، بينما للحصول على تربة متوسطة الكثافة يتم طرق صندوق القص بعدد من الطرقات لا تزيد عن 10، أما في حالة التربة الرملية الكثيفة فيتم وضع التربة في الصندوق على طبقات متساوية وفي كل مرة يتم تسوية السطح والدمك بالمدك للوصول إلى الكثافة المطلوبة. الشكل (2-ب) يوضح تركيب جهاز صندوق القص المباشر الذي تم استخدامه في إجراء هذه الإختبارات.

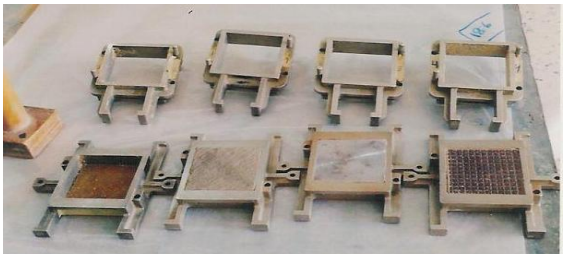


شكل(2– أ) يوضح صندوق القص المباشر



شكل (2 – ب) يوضح تركيب جهاز صندوق القص المباشر

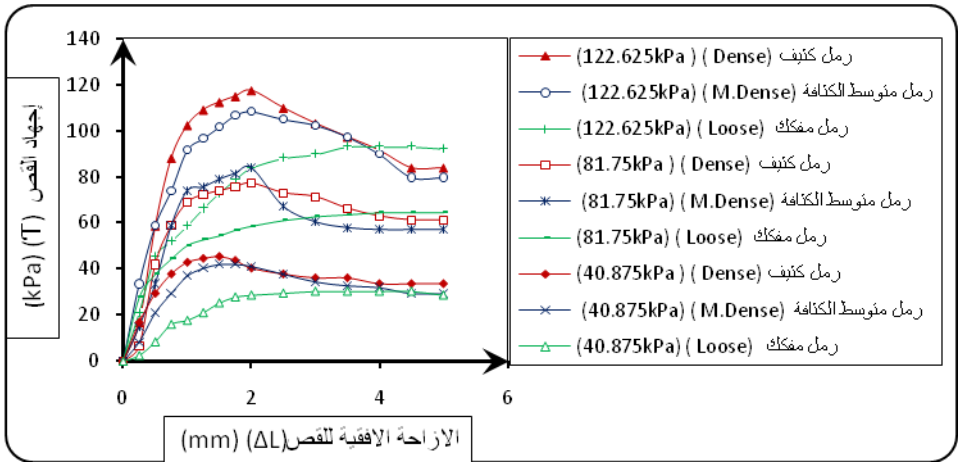
لإجراء تجارب القص السطحي بين التربة والمواد الإنشائية، تم تجهيز قطعتين من الحديد بأبعاد (60 مم،60 مم، 10 مم) إحداهما ذات سطح أملس والأخرى ذات سطح خشن، وكذلك قطعة خرسانية بنفس الأبعاد لتشغل النصف السفلي كما هو موضح بالشكل (3)، ليتم بعدها تشغيل جهاز القص بمعدل سرعة (1سم/دقيقة) مع تسليط الحمل الرأسي.



شكل (3) يوضح صناديق القص وبها قطع المواد الإنشائية المستخدمة
(حديد خشن، حديد أملس، خرسانة)

4- نتائج الاختبارات

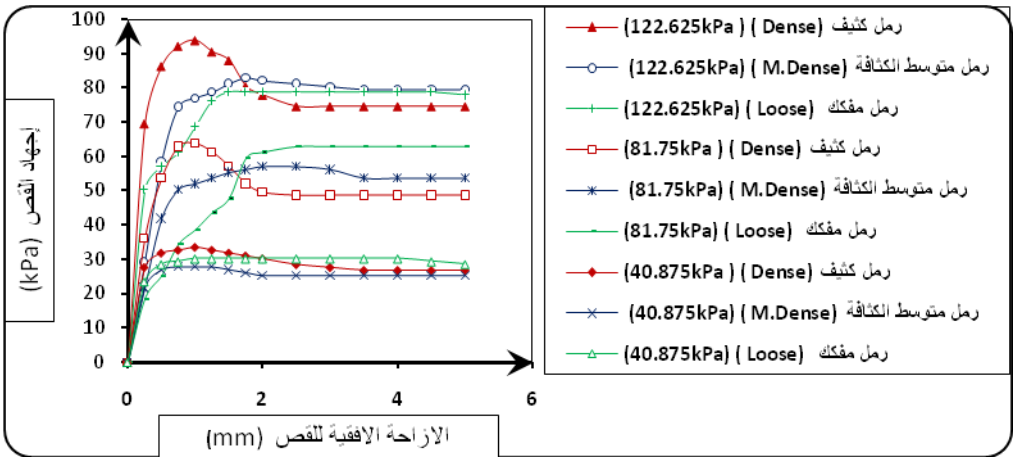
الشكل (4) يمثل العلاقة بين إجهاد القص والإزاحة الأفقية للقص لعينة التربة الرملية الجافة بمنطقة مصراتة في اختبارات القص بين التربة والتربة، حيث يوضح مدى التغير الحاصل في إجهادات القص بالتربة خلال الإزاحة الأفقية للقص في حالة التربة الرملية الجافة الكثيفة ومتوسطة الكثافة، حيث نلاحظ أن إجهاد القص الداخلي يزداد تدريجياً ليصل إلى مستوى القيم القصوى عند الإزاحة الأفقية ما بين (1–2) مم ليبدأ بعدها في التناقص إلى مستوى القيم الحدية عند الإزاحة الأفقية ما بين (4–5) مم بحيث أن قيم هذا التناقص يزداد بازدياد الكثافة، بينما في حالة التربة المفككة فإن إجهاد القص الداخلي يزداد تدريجياً ليصل إلى مستوى القيم القصوى عند الإزاحة الأفقية ما بين (4–5) مم.



الشكل (4) يوضح العلاقة بين إجهاد القص والإزاحة الأفقية للقص لعينة التربة الجافة بمنطقة مصراتة في اختبارات القص بين التربة والتربة

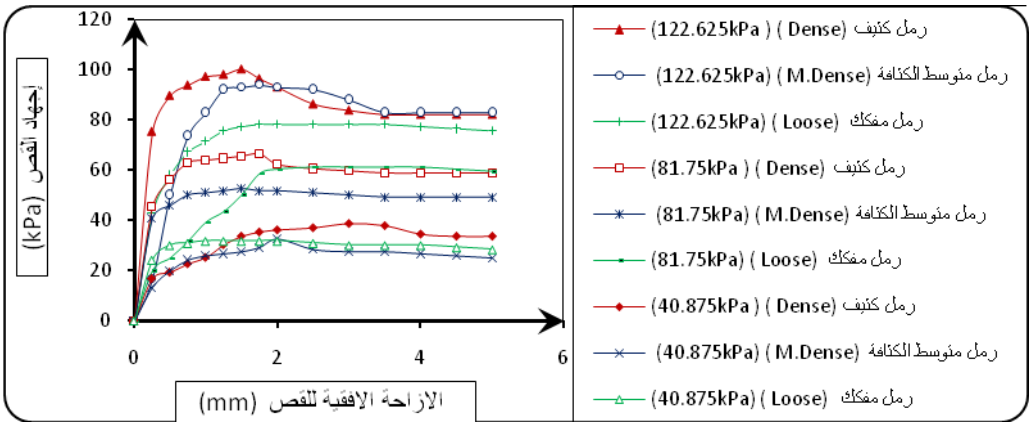
الشكل (5) يمثل العلاقة بين إجهاد القص والإزاحة الأفقية للقص لعينة التربة الجافة بمنطقة مصرات ة في اختبارات القص السطحي بين التربة وسطح خرساني، حيث نلاحظ التغير الحاصل في إجهادات القص للعينة خلال الإزاحة الأفقية للقص في حالة إجهاد القص السطحي للسطح الخرساني مع التربة الكثيفة، والذي يزداد ليصل إلى مستوى القيم القصوى(τp)عند الإزاحة الأفقية ما بين (0.75 – 1.25) مم ليبدأ في الإنخفاض إلى القيم الحدية (τu) عند الإزاحة الأفقية (2.25 – 2.50) مم ، بينما إجهاد القص السطحي للسطح الخرساني مع التربة متوسطة الكثافة يزداد ليصل إلى مستوى القيم القصوى (τp) عند الإزاحة الأفقية ما بين (1.0 – 2.0) مم ليبدأ في الإنخفاض إلى القيم الحدية (τu) عند الإزاحة الأفقية (2.5 –3.0) مم. تختلف قيم هذا الإنخفاض بناءً على اختلاف كثافة التربة، أما في حالة التربة

المفككة فإن إجهاد القص السطحي للسطح الخرساني مع التربة يزداد ليصل إلى مستوى القيم القصوى عند الإزاحة الأفقية ما بين (1.0 – 2.0) مم.

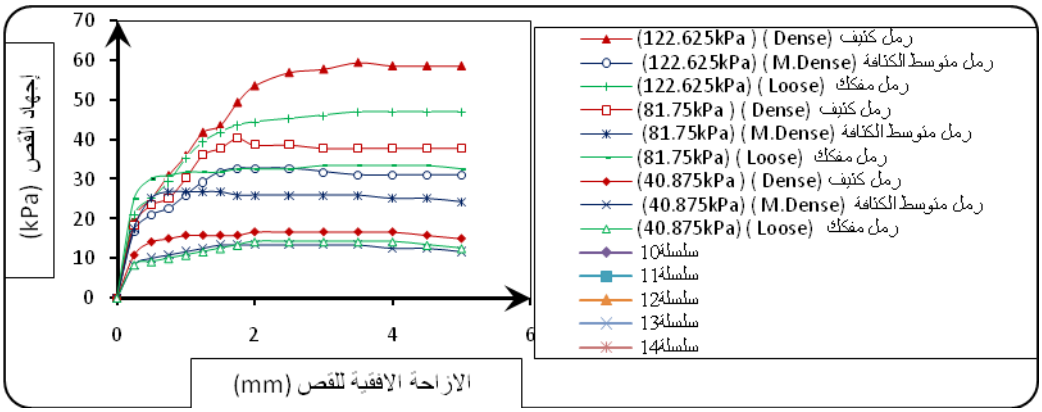


الشكل (5) العلاقة بين إجهاد القص والإزاحة الأفقية للقص لعينة التربة الجافة بمنطقة مصراتة في اختبارات القص السطحي بين التربة وسطح خرساني

الشكل (6) يبين العلاقة بين إجهاد القص والإزاحة الأفقية للقص لعينة التربة الجافة بمنطقة مصراتة في اختبارات القص السطحي بين التربة وسطح حديد خشن، بحيث يوضح التغير الحاصل في إجهادات القص للعينة خلال الإزاحة الأفقية للقص. في حالة إجهاد القص السطحي لسطح حديد خشن مع التربة الكثيفة، والذي لوحظ ازدياده ليصل إلى مستوى القيم القصوى (τp) عند الإزاحة الأفقية ما بين (1.50 – 3.0) مم ، بعدها يبدأ في الإنخفاض إلى القيم الحدية (τu) عند الإزاحة الأفقية (4.0 – 5.0) مم ، بينما إجهاد القص السطحي لسطح حديد خشن مع التربة متوسطة الكثافة يزداد ليصل إلى مستوى القيم القصوى (τp) عند الإزاحة الأفقية ما بين (1.0 – 3.0) مم ليبدأ في الإنخفاض إلى القيم الحدية (τu) عند الإزاحة الأفقية (3.5 –5.0) مم، وتتفاوت قيم الإنخفاض بناءً على اختلاف كثافة التربة. أما في حالة التربة المفككة فإن إجهاد القص السطحي لسطح حديد خشن مع التربة يزداد ليصل إلى مستوى القيم القصوى (τp) عند الإزاحة الأفقية ما بين (1.75 – 2.25) مم، بينما الشكل (7) يبين التغير الحاصل في إجهادات القص للعينة خلال الإزاحة الأفقية للقص في حالة إجهاد القص السطحي لسطح الحديد الأملس مع التربة في الحالات الثلاث الكثيفة ومتوسطة الكثافة والمفككة، بحيث يزداد ليصل إلى مستوى القيم القصوى (τp) عند الإزاحة الأفقية ما بين (2.0 – 3.5) مم مساوياً تقريباً القيم الحدية (τu).



الشكل (6) العلاقة بين إجهاد القص والإزاحة الأفقية للقص لعينة التربة الجافة بمنطقة مصراتة
في اختبارات القص السطحي بين التربة وسطح حديد خشن



الشكل (7) العلاقة بين إجهاد القص والإزاحة الأفقية للقص لعينة التربة الجافة بمنطقة مصراتة
في اختبارات القص السطحي بين التربة وسطح حديد أملس

الجدول (2) يبين نتائج اختبارات القص المباشر للتربة الرملية، الذي أوضح بأن إجهادات القص الداخلي القصوى والحدية، وكذلك زوايا القص الداخلي القصوى (ϕp) والحدية (ϕu) تزداد بازدياد كثافة التربة، في حين أن الجدول (2) يبين نتائج اختبارات القص السطحي بين التربة الرملية وسطح خرساني، الذي أوضح بأن إجهادات القص القصوى والحدية وكذلك زوايا القص القصوى والحدية تزداد بازدياد كثافة التربة.

أيضاً الجدولان (4)، (5) يوضحان نتائج اختبارات القص السطحي بين التربة الرملية وسطح حديد خشن وآخر أملس.

الجدول (2) نتائج اختبارات القص المباشر للتربة الرملية

Sand–Sand Interface						
σ KPa	Dry density g/cm ^{3}	Test No.	τ_P	τ_U	φ_P	φ_u
41	1.48	N_1	30.20	30.20	38	33
82		N_2	64.54	64.54		
123		N_3	93.18	93.18		
41	1.60	N_4	41.90	29.32	41	35
82		N_5	83.88	57.05		
123		N_6	108.45	69.56		
41	1.72	N_7	42.2	33.63	45	38
82		N_8	77.19	61.24		
123		N_9	117.50	84.10		

الجدول (3) نتائج اختبارات القص السطحي بين التربة الرملية وسطح خرساني

Sand–Concrete Interface						
σ KPa	Dry density g/cm ^{3}	Test No.	τ_P	τ_U	δ_P	δ_u
41	1.48	C_1	30.20	30.20	32.74	30.76
82		C_2	62.92	62.92		
123		C_3	78.87	78.87		
41	1.60	C_4	27.684	25.167	35	31.62
82		C_5	57.045	53.690		
123		C_6	83.051	79.696		
41	1.72	C_7	33.56	26.85	39.40	33.3
82		C_8	63.76	48.66		
123		C_9	93.97	74.66		

الجدول (4) نتائج اختبارات القص السطحي بين التربة الرملية وسطح حديد خشن

Sand–Steel Interface (Rough Surface)						
σ KPa	Dry density g/cm^3	Test No	τ_P	τ_U	δ_P	δ_u
41	1.48	R_1	31.87	31.87	32.46	32.46
82		R_2	61.24	61.24		
123		R_3	78.02	78.02		
41	1.60	R_4	32.72	27.68	38.67	34.10
82		R_5	52.85	49.49		
123		R_6	93.96	83.05		
41	1.72	R_7	38.59	33.56	43.35	39.38
82		R_8	66.27	58.72		
123		R_9	100.25	82.21		

الأشكال (8)، (9)، (10)، (11) تُبين أن زوايا الإحتكاك الداخلي للتربة الرملية (ϕp ، ϕu)، أكبر بقليل من نظيراتها زوايا الإحتكاك السطحي بين التربة والسطح الخرساني (δp ، δu) وكذلك بين التربة وسطح الحديد الخشن، وهذا يُعزى إلى أن خشونة حبيبات الرمل مساوية تقريباً لخشونة السطح الخرساني والسطح الخشن لقطعة الحديد، في حين أن زوايا الإحتكاك السطحي بين التربة الرملية والسطح الأملس لقطعة الحديد (δp ، δu) تكون أقل بكثير من (ϕp ، ϕu) بسبب نعومة سطح قطعة الحديد.

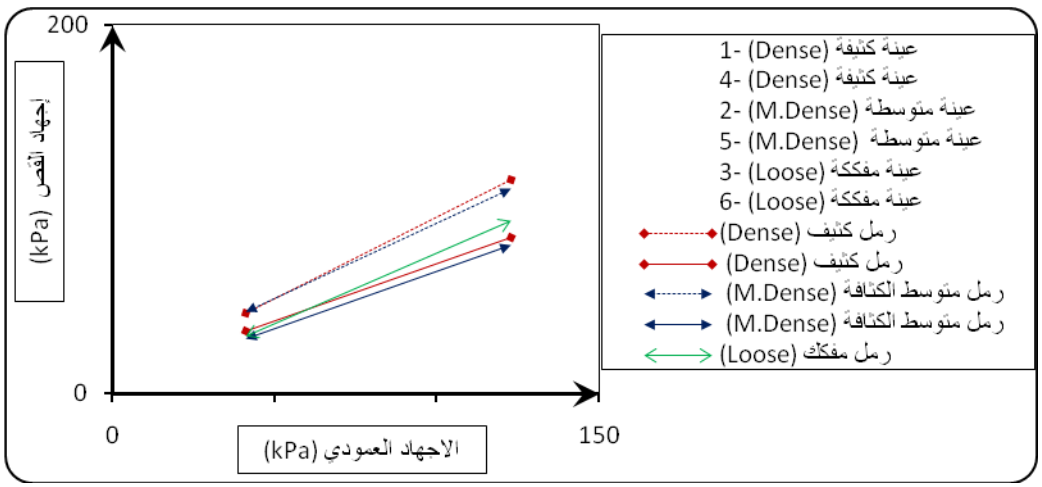
5- الخُلاصة و الاستنتاج

في هذه الدراسة تم إجراء تجارب على سلوك القص السطحي بين التربة الرملية وقطع المواد الإنشائية من الخرسانة والحديد ذات الأسطح الملساء والأسطح الخشنة، بالإضافة إلى إجراء تجارب على القص المباشر، ولمعرفة سلوك

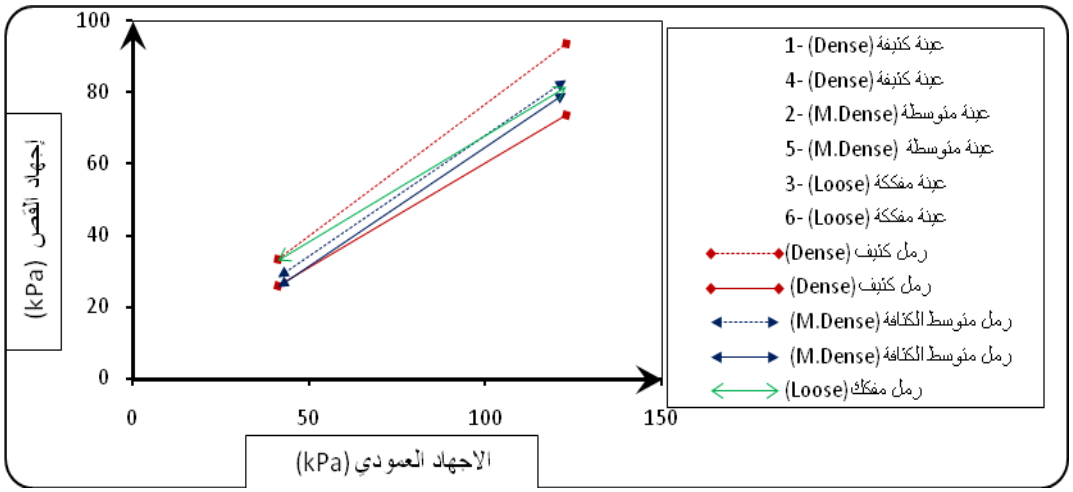
القص للتربة الرملية، أجريت العديد من التجارب على التربة الرملية تحت مختلف الظروف للتعرف على سلوك القص لهذه الرمال.

الجدول (5) يوضح نتائج اختبارات القص السطحي بين التربة وقطعة من الحديد ذات سطح أملس

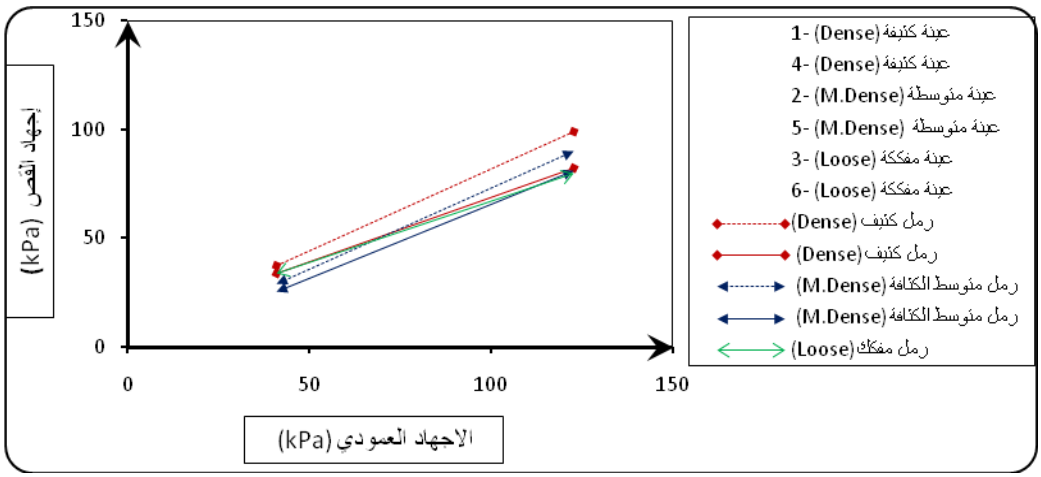
Sand–Steel Interface (Smooth Surface)						
σ KPa	Dry density g/cm ^{3}	Test No	τ_P	τ_U	δ_P	δ_u
41 82 123	1.48	S_1 S_2 S_3	14.261 33.556 46.978	14.261 32.717 46.978	22.32	21.80
41 82 123	1.60	S_4 S_5 S_6	13.422 26.845 32.717	13.422 26.006 31.039	23.28	22.28
41 82 123	1.72	S_7 S_8 S_9	16.778 40.267 59.562	15.939 37.751 58.723	26.22	24.78



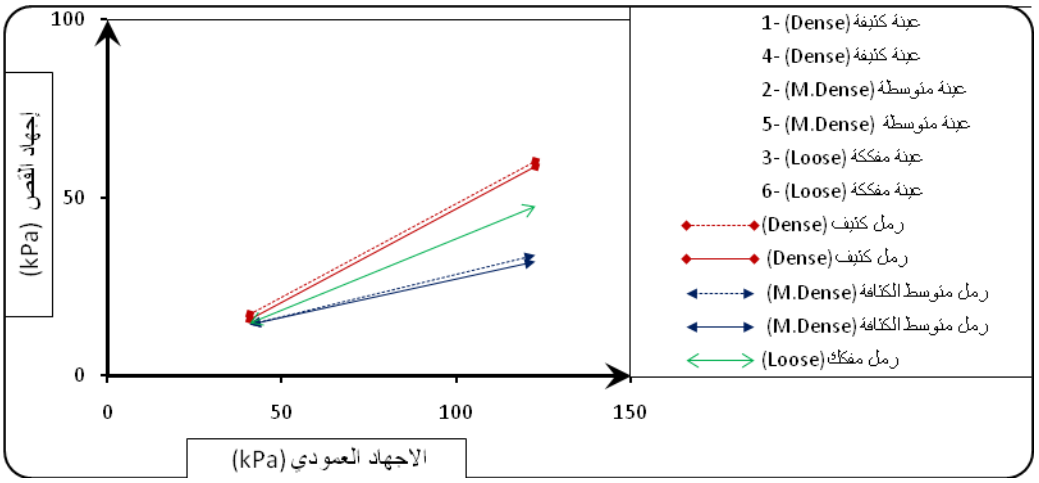
الشكل (8) العلاقة بين الإجهاد العمودي وإجهاد القص لعينة التربة الجافة بمنطقة مصراتة



الشكل (9) العلاقة بين الإجهاد العمودي وإجهاد القص لعينة التربة الجافة
في اختبارات القص السطحي بين التربة وسطح خرساني



الشكل (10) العلاقة بين الإجهاد العمودي وإجهاد القص لعينة التربة الجافة
في اختبارات القص السطحي بين التربة وسطح حديد خشن



الشكل (11) العلاقة بين الإجهاد العمودي وإجهاد القص لعينة التربة الجافة
في اختبارات القص السطحي بين التربة وسطح حديد أملس

من نتائج هذه التجارب تم استنتاج الآتي:

1) إن مقاومة القص القصوى (τp) ومقاومة القص الحدية (τu) للتربة الرملية وكذلك مقاومة الفص السطحي تعتمد علي الإجهادات العمودية المؤثرة، الكثافة الإبتدائية للرمل، ونسبة الفراغات والكثافة النسبية.

2) المسافة الأفقية للقص التي يصل عندها مستوى قيم إجهادات القص القصوى (τp) للتربة الرملية في حالة السطح الخرساني والسطح الخشن لقطعة الحديد، تكون أقصر من تلك المسافة المطلوبة في حالة السطح الأملس.

3) المسافة الأفقية المطلوبة لبلوغ القيمة القصوى لإجهاد القص (τp) للتربة الرملية الكثيفة، تكون أقصر من تلك المسافة التي تتطلبها التربة الرملية المخلخلة في كل الحالات.

4) إن القيم القصوى والحدية لإجهادات القص تزداد بزيادة خشونة سطح المواد الإنشائية.

5) زوايا الإحتكاك السطحي بين التربة والسطح الخرساني (δp ، δu) وكذلك بين التربة وسطح الحديد الخشن أكبر من زوايا الإحتكاك السطحي بين التربة الرملية والسطح الأملس لقطعة الحديد (δp ، δu).

6) إزاحة القص اللازمة للحصول على زاوية الإحتكاك الداخلي (ϕ) تكون أقصر كلما كانت قيمة نسبة الفراغات (e) أقل.

المراجع

[1] شاهين. م. ا.، (السلوك الإستاتيكي للتربة الرملية)، المؤتمر الوطني الرابع لمواد البناء والهندسة الإنشائية، كلية الهندسة بصيراتة– جامعة الزاوية (2008)، مجلد الأبحاث العلمية، الصفحات (265 – 275).

[2] الدوري، ر.ح.، (سلوك القص بين التربة وسطح الأساسات)، المؤتمر الوطني الثاني لمواد البناء والهندسة الإنشائية، كلية الهندسة– جامعة المرقب، (2004)، مجلد الأبحاث العلمية 1، الصفحات (306–318).

[3] شاهين. م. ا.، (Shaft resistance of model pile in dry sand)، المؤتمر الوطني للمهندسين 98، مصراتة، (1998) ف، مجلد بحوث المؤتمر1، الصفحات (43 – 52).

[4] شاهين. م. ا.، (مقاومة الإحتكاك السطحي لنموذج وتدي مغمور في تربة رملية مبللة)، المؤتمر الوطني الثاني لمواد البناء والهندسة الإنشائية، كلية الهندسة – جامعة المرقب، (2004)، مجلد الأبحاث العلمية 2، الصفحات (144 – 153).

[5]- Randolph, M.F.,(The Axial Capacity of Deep Foundation in sand), proceedings international conference of calcareous sedments, perth, Australia, vol. 2, Balkema, (1988), pages (837 – 857).

[6] الدوري، ر.ح.، (السلوك الإستاتيكي للتربة الرملية الكربونية والسيليكية)، المؤتمر الوطني الأول لمواد البناء والهندسة الإنشائية، كلية العلوم الهندسية والتقنية – جامعة سبها، 2002 ،مجلد الأبحاث العلمية، الصفحات (130– 140).

الرموز المستخدمة:

τ_p إجهادات القص القصوى

τ_u إجهادات القص الحدية

δ_P الزاوية القصوى للإحتكاك الداخلي للتربة

δ_u الزاوية الحدية للإحتكاك الداخلي للتربة

إيجاد قيم النفاذية والمسامية للخرسانة بدلالة خواص مقاومة الضغط والكثافة والإمتصاص

د. محمد سلمان عباس
أستاذ مساعد – كلية الهندسة (صبراتة) – جامعة الجبل الغربي بالزاوية
Msallamy56@yahoo.com

د. مسعود حركات ارحومة
محاضر – كلية الهندسة (صبراتة) – جامعة الجبل الغربي بالزاوية
mhrhuma@yahoo.com

ملخص

يهدف البحث إلى أيجاد علاقات رياضية بين خواص النفاذية والمسامية للخرسانة من جهة ومقاومة الضغط والامتصاص والكثافة من جهة أخرى وذلك للاستفادة منها في إيجاد قيم مسامية ونفاذية الخرسانة من خلال فحوصات مقاومة الضغط والكثافة والامتصاص. تم إعداد وتنفيذ برنامج عملي تضمن اختبارات للنفاذية والمسامية ومقاومة الضغط والكثافة والامتصاص للخرسانة كان المتغير فيها نسب الخلط، فقد تم خلط الخرسانة بنسب مختلفة من الركام إلى الاسمنت ومن الماء إلى الاسمنت (W/C). من نتائج الفحوصات تم اقتراح علاقات رياضية بين المسامية والنفاذية من جهة ومقاومة الضغط والكثافة والامتصاص من جهة أخرى حيث تم التوصل إلى أنه يمكن أيجاد قيم النفاذية والمسامية بدلالة مقاومة الضغط والامتصاص و الكثافة ونسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) حيث تم مقارنة النتائج النظرية مع النتائج العملية وقد وجد تطابقا مقبولا. كما وجد أن أكثر خواص الخرسانة تأثرا بتغير نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) هي خاصية النفاذية وان مقاومة الضغط هي أكثر خواص الخرسانة التي تسلك سلوك خاصية النفاذية كما أن خاصية الامتصاص هي أكثر خواص الخرسانة تأثرا بخاصية المسامية.

كلمات دالة: معامل النفاذية, المسامية, مقاومة الضغط, الكثافة, الامتصاص, الخرسانة.

1- المقدمة

النفاذية هي مقياس حركة السوائل خلال الوسط المسامي وهي خاصية مهمة تؤثر على ديمومة الخرسانة حيث تسمح بتغلغل المواد السائلة إلى داخلها مما قد يؤدي إلى تدهورها. كما أن نفاذية الخرسانة قد تعني في بعض الحالات عدم أداء المنشآت لوظيفتها كما في الخزانات المحتوية على سوائل أو حوائط البدرومات والمنشآت التي تحت الأرض. اما خاصية المسامية فهي تحدد بشكل أساسي نفاذية الخرسانة فتنخفض النفاذية بانخفاضها وبشكل عام فأن نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) ودرجة ألاماهة يحددان المسامية الشعرية الكلية فتقل بانخفاض نسبة الماء للاسمنت وزيادة درجة الإماهة[3,2]. لذلك فأن قياس النفاذية والمسامية له أهمية كبيرة لأنواع كثيرة من المنشات الخرسانية وحيث إن هذه

الفحوصات قد لا تتوفر في معظم المشاريع فقد كانت الفكرة في إيجاد قيم النفاذية والمسامية للخرسانة من خلال خواصها الأخرى كمقاومة الضغط والكثافة والامتصاص. إن الأبحاث المتوفرة في هذا المجال قليلة فقد قام الباحثان (Watson and Oyeka)[4] باقتراح علاقة آسية تربط بين نسبة الماء للاسمنت و النفاذية و استنتجا بأن النفاذية تنقص بنقصان نسبة الماء إلى الاسمنت كما هو موضح في المعادلة (1) و(2).

أ– في حالة عدم و جود إضافات لعجينة الاسمنت المتصلبة :

$K=K_0 \exp \{A\ (W/C)\}$ ..... (1)

ب– في حالة وجود إضافات بنسبة 4%

$K=K_1\ (W/C) + B$ ..... (2)

أما الباحث (Okpala)[3] فقد أقترح علاقة تربط بين النفاذية و نسبة الماء إلى الاسمنت للعجينة الإسمنتية وكمايلي:

$K=K_1 \exp a_1\ (W/C)$ ..... (3)

حيث أن:

K = معامل النفاذية

K_0, K_1, a_1, A, B = ثوابت لمختلف أنواع الاسمنت.

كما قام باقتراح علاقة آسية تربط بين النفاذية و الحجم الكلي للركام و العلاقة هي:

$K=K_2 \exp a_a\ (Ar)$ .....(4)

حيث أن:

K = معامل النفاذية.

Ar = الحجم الكلي للركام.

a_a , K_2 = ثوابت.

و الباحث[1] (Frank smith) قام باقتراح علاقات تربط بين النفاذية ومقاومة الضغط كما موضح بالجدول (1).

جدول (1) يبين العلاقات التي اقترحها الباحث (Frank smith)

curve	equation	R^2
30 MPa	$fck = 1.4706\ q^{-0.1743}$	$R^2 =$ 0.9136
20 MPa	fck = -7.0397 ln (q)- 69.068	$R^2 =$ 0.9974
18 MPa	fck = -6.7069 ln (q)- 62.511	$R^2 =$ 0.9993
25 MPa	fck = -4.2799 ln (q)- 32.849	$R^2 =$ 0.9979

حيث أن:

q = معدل تدفق الماء.

fck = مقاومة الانضغاط.

R^2 = معامل يكون اكبر من 0.9

حيث أستنتج أن الماء المار تحت ضغط بوحدة (mm/s) ومقاومة الانضغاط ممكن ربطها بعلاقة.

يهدف البحث إلى اقتراح علاقات رياضية من خلالها يتم إيجاد قيم نفاذية و مسامية الخرسانة بدلالة مقاومة الضغط والامتصاص والكثافة ونسبة الماء إلى الاسمنت (W/C).

2- البرنامج العملي

تم أعداد و تنفيذ برنامج عملي تضمن العديد من الفحوصات ألمختبريه للخرسانة هي النفاذية والمسامية ومقاومة الضغط والكثافة والامتصاص وقد كانت المتغيرات نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) ونسبة الركام إلى الاسمنت (A/C) وكما يلي:

أ -تم تثبيت نسبة الاسمنت والرمل والركام الخشن على التوالي لتكون (3:2:1) وتغيير نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) لتكون (0.5, 0.55 , 0.6 , 0.65).

ب –تم تثبيت نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) (0.5) وتغيير نسبة الركام إلى الاسمنت لتكون (2:2:1, 4:2:1, 5.5:2:1, 5:3:1).

ت – تثبيت نسبة الخلط (1: 2 : 2) و المتغير نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) بقيم (0.55 , 0.60 , 0.65).

ث –تثبيت نسبة الخلط (1 : 2 : 4) و المتغير نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) بقيم (0.55 , 0.60 , 0.65).

ج –تثبيت نسبة الخلط (1 : 2 : 5.5) والمتغير نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) بقيم (0.55 , 0.60 , 0.65).

تم أعداد القوالب من المكعبات ذات قياس (150 * 150 * 150) مم لفحوصات النفاذية و المسامية و مقاومة الضغط والامتصاص و الكثافة وتحضير أوزان مناسبة من الخلطات المستخدمة اعتمادا على نسب الخلط من المواد الجافة ليتم خلطها وصبها في القوالب. تم فتح القوالب الخرسانية بعد مرور (24) ساعة لترفع بعدها إلى المرحلة التي تليها لمعالجتها بالماء لمدة (28) يوما.

اختبار المسامية:

تم قياس مسامية الخرسانة باستخدام جهاز (Helium Gas Pores meter) على نماذج اسطوانية الشكل بقطر (3.79) سم وبطول (5.45) سم يتم استخراجها من المكعبات عن طريق الحفر بواسطة ماكينة خاصة و تجفف قبل الفحص بوضعها داخل فرن في درجة حرارة (105) ± 0.5 درجة مئوية ثم توزن وتستمر عملية التجفيف إلى حين إن يثبت الوزن ± 0.5 غم والشكل (1) يوضح جهاز قياس المسامية. يتم قياس حجم الحبيبات وحساب حجم الفراغات ونسبة السامية كما يلي

حجم الفراغات = الحجم الكلي – حجم الحبيبات

المسامية (%) = (حجم الفراغات / الحجم الكلي) × 100

اختبار النفاذية:

تم الفحص باستخدام جهاز (Nitrogen Gas Permeate) الموضح بالشكل (2) باستخدام نماذج الفحص المستخدمة في قياس المسامية وحساب النفاذية من المعادلة الآتية:

$$K_g = \frac{2000 \times \mu N_2 \times Q}{A \times \Delta P} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

حيث:

μN2 = لزوجة غاز النيتروجين في درجة حرارة معينة بـــــ (CP) وتحسب كما يلي:

μN2 = 4.8×10-5 T + 0.0165815.

T = درجة الحرارة بوحدة الدرجة المئوية.

Q = معدل تدفق الغاز (cm^3/min).

L = طول العينة (cm).

A = مساحة مقطع العينة (cm^2).

ΔP = فرق الضغط (psi) .

K_g = معامل النفاذية للغاز بوحدة دارسي.



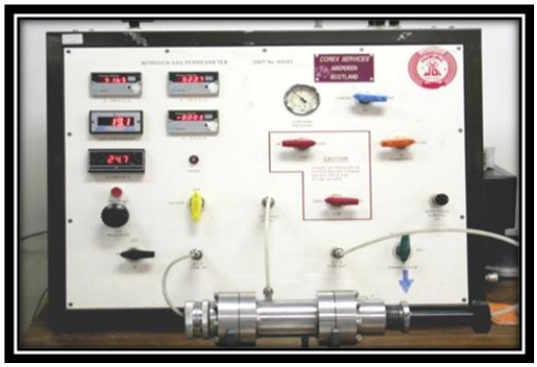
شكل (1) يوضح جهاز قياس المسامية



شكل (2) يوضح جهاز قياس النفاذية

اختبار الكثافة:

تم الفحص بموجب المواصفات البريطانية BS 1881: Part 114



شكل(3) يوضح جهاز اختبار الكثافة

اختبار الامتصاص:

يجفف المكعب الخرساني في الفرن بدرجة حرارة (105) درجة مئوية، وتستمر العملية لحين ثبوت الوزن حيث يتم وزنه ويعتبر هذا الوزن الجاف، ومن ثم يغمر في الماء لمدة 24 ساعة بعدها يؤخذ وزنه و يعتبر هذا الوزن الرطب. تحسب نسبة الامتصاص من المعادلة التالية:

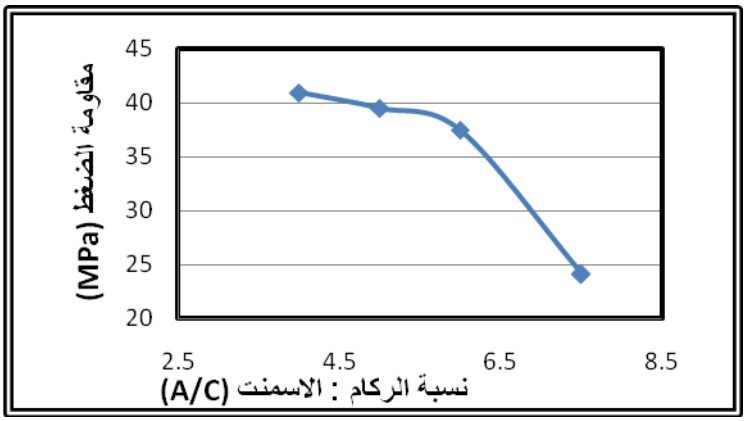
$$\text{نسبة الامتصاص} = \frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الجاف}} \times 100$$

اختبار مقاومة الضغط:

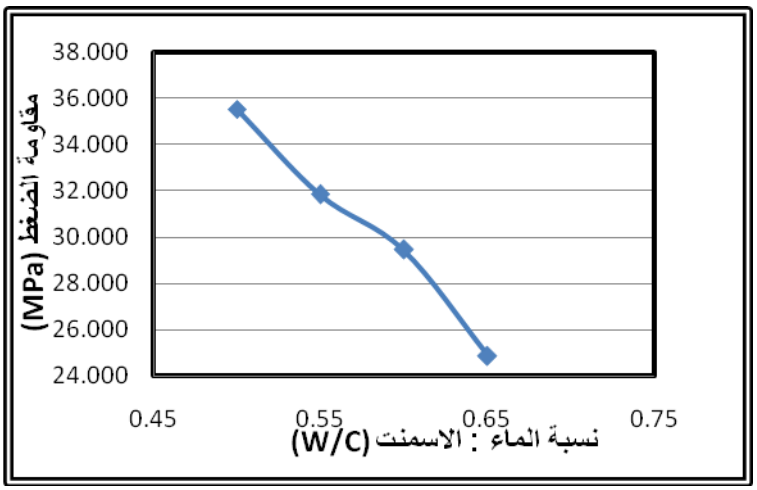
تم الفحص بموجب المواصفات الأمريكية ASTM – C39 – 86.

3- النتائج والمناقشة

الأشكال (4) و (5) توضح تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) و (A/C) على مقاومة الضغط للخرسانة.

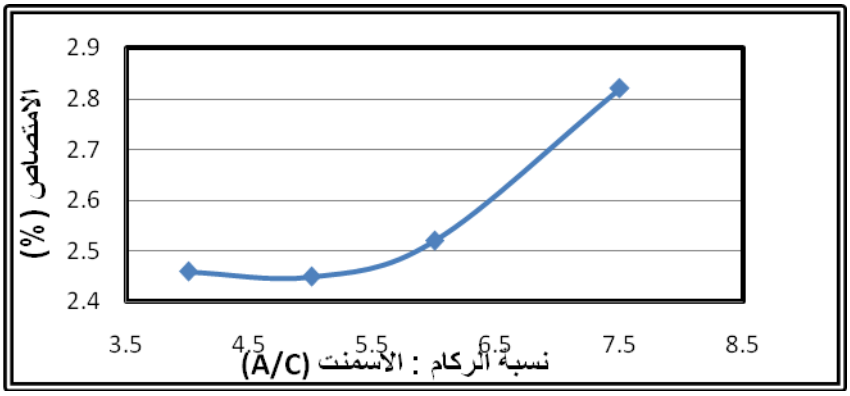


شكل (4) يوضح تأثير نسبة الركام الى الأسمنت على مقاومة الضغط

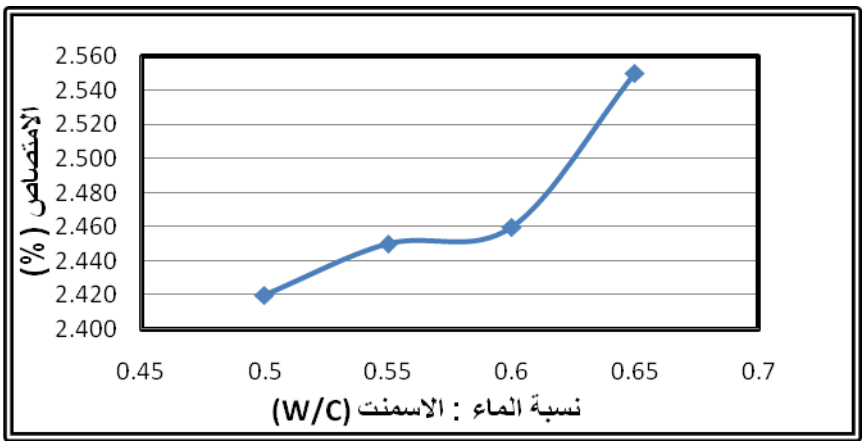


شكل (5) يوضح تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت على مقاومة الضغط

الأشكال (6) و (7) توضح تأثير نسبة الركام إلى الاسمنت وتأثير نسبة الماء إلى الاسمنت على الامتصاص للخرسانة.

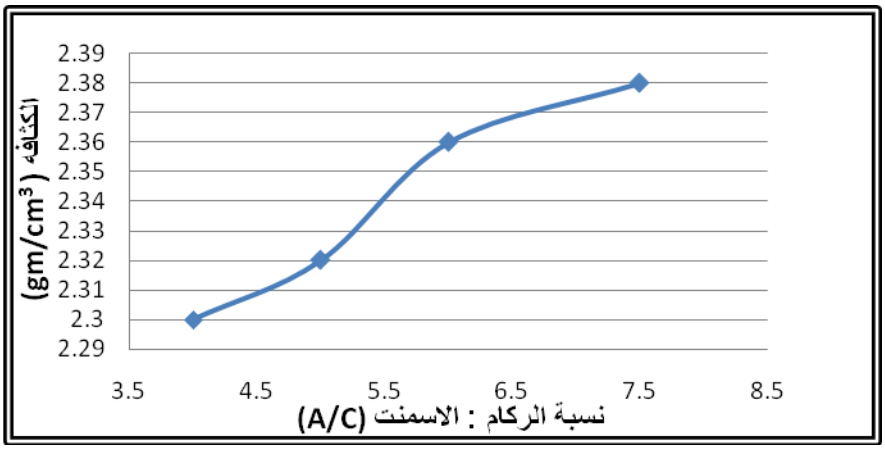


شكل (6) يوضح نسبة تأثير نسبة الركام إلى الاسمنت على الامتصاص للخرسانة

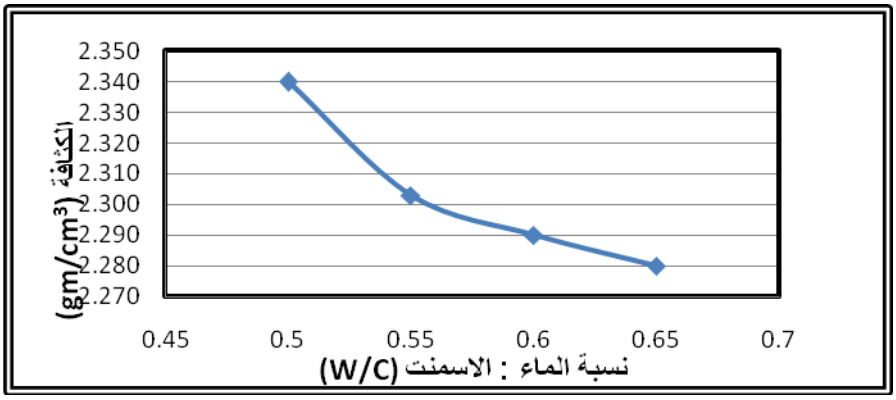


شكل (7) يوضح نسبة تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت على الامتصاص للخرسانة

الأشكال (8) و (9) توضح تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت ونسبة الركام الى الاسمنت على كثافة الخرسانة.

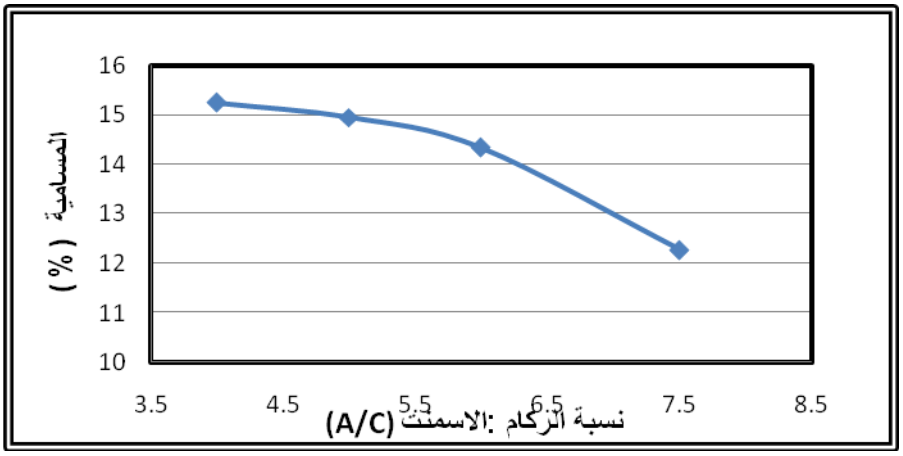


شكل (8) يوضح نسبة تأثير نسبة الركام إلى الاسمنت على الكثافة للخرسانة

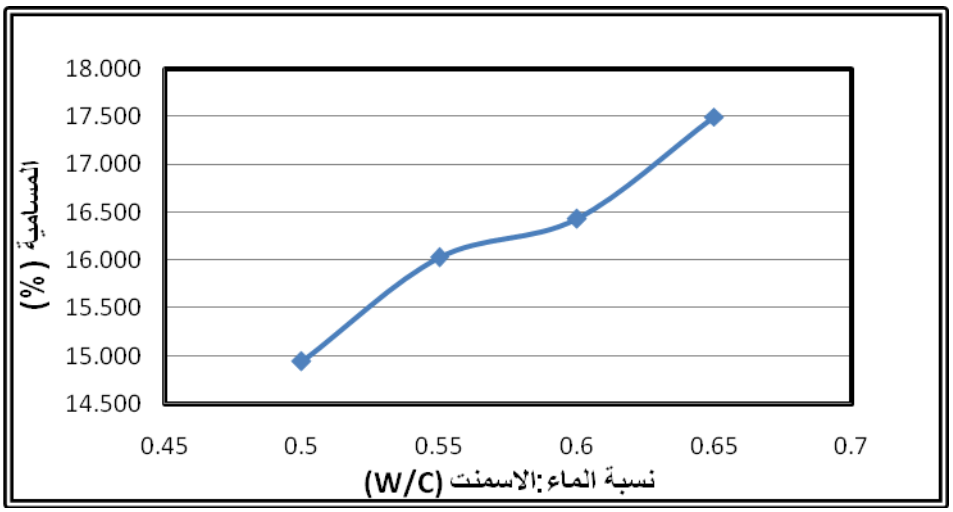


شكل (9) يوضح نسبة تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت على الكثافة للخرسانة

الأشكال (10) و (11) توضح تأثير نسبة الركام إلى الاسمنت وتأثير نسبة الركام إلى الاسمنت على مسامية الخرسانة.



شكل (10) يوضح تأثير نسبة الركام إلى الاسمنت على مسامية الخرسانة



شكل (11) يوضح تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت على مسامية الخرسانة

تم أيجاد نفاذية الخرسانة للماء باستخدام القانون التالي اعتمادا على (Kg) .

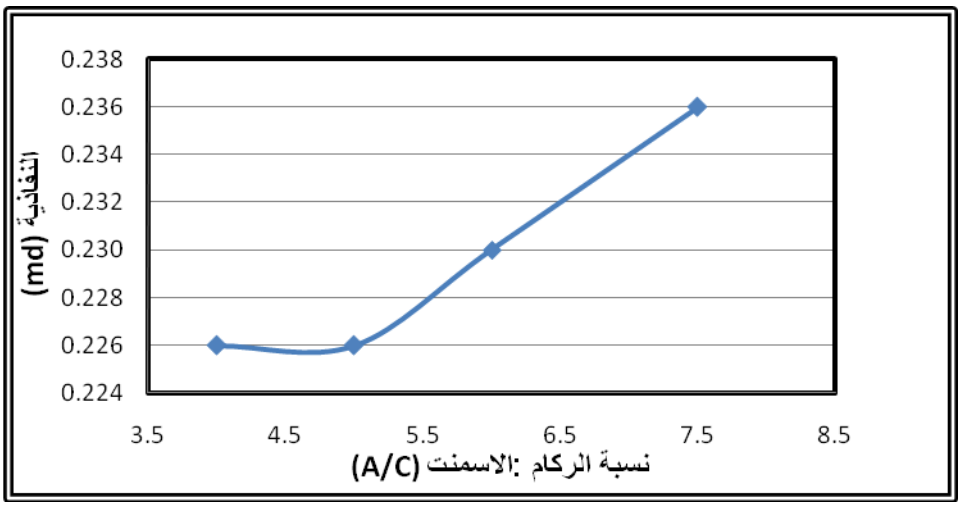
$$Kl = 0.68 (Kg)\ 1.06 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

حيث أن:

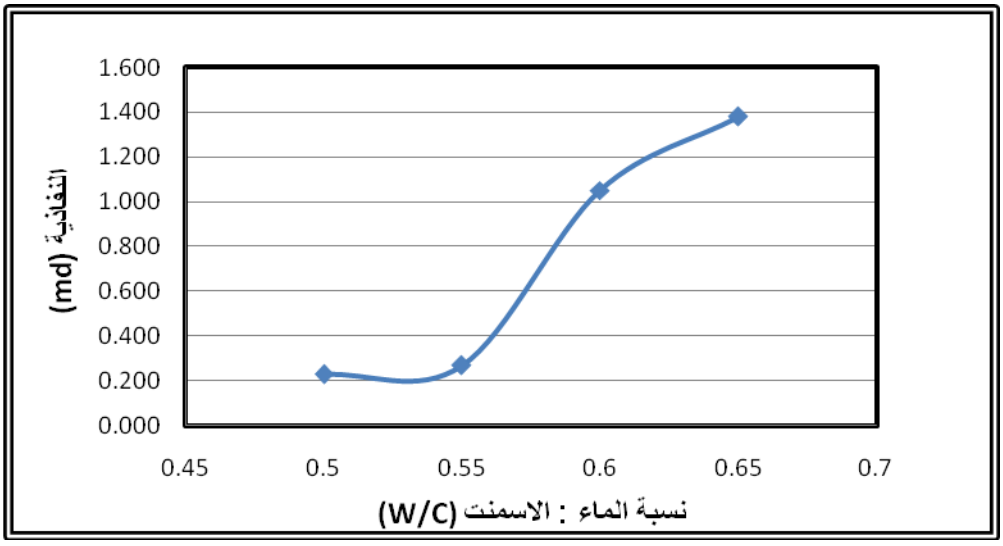
Kg = معامل النفاذية للغاز.

Kl = معامل النفاذية للماء.

الأشكال (12) و(13) توضح تأثير نسبة الركام إلى الاسمنت وتأثير نسبة الماء إلى الاسمنت على نفاذية الخرسانة.



شكل (12) يوضح تاثير نسبة الركام الى الاسمنت على نفاذية الخرسانة



شكل (13) يوضح تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت على نفاذية الخرسانة ..

تم في هذا البحث اقتراح علاقات باستخدام برنامج (**Microsoft Excel**) من خلالها يمكن أيجاد قيم النفاذية والمسامية بدلالة مقاومة الضغط والامتصاص والكثافة و نسبة الماء إلى الاسمنت.و كمايلي:

أ- المسامية بدلالة مقاومة الضغط و نسبة الماء إلى الاسمنت:

$$Pors=7.83228 \exp (w/c) +4.63295 (w/c) (fcu)^{-0.3274} + 1.40766 \quad (9)$$

ب- المسامية بدلالة الامتصاص و نسبة الماء إلى الاسمنت:

$$Pors = - 0.0006 \exp (ab) +12.1664 (w/c)^{1.48816} + 11.0811 \quad (10)$$

جـ- المسامية بدلالة مقاومة الضغط:

$$Pors = - 0.0043 (fcu)^2 + 0.02391 (fcu) + 19.5453 \quad (11)$$

د- المسامية بدلالة الامتصاص:

$$Pors = -1.27358 (Ab)^2 + 11.8457 (Ab) – 10.2911 \quad (12)$$

حيث أن:

w/c = نسبة الماء إلى الاسمنت في الخلطة الخرسانية .

fcu = مقاومة الضغط للخرسانة بعمر 28 يوم مقاس بوحدة (MPa).

Ab = نسبة الامتصاص للخرسانة بعمر 28 يوم.

Pors = المسامية للخرسانة بعمر 28 يوم.

ه- النفاذية بدلالة مقاومة الضغط و نسبة الماء إلى الاسمنت :

$$Prm = 1.17456 \sin [(w/c) \times (fcu)] – 0.28246 \cos (fcu) + 1.24068 \quad (13)$$

و- النفاذية بدلالة الامتصاص و نسبة الماء إلى الاسمنت :

$$Prm = 88.359081\exp(w/c)–119.207226(w/c)(Ab)^{o.o8283237}-79.584343 \quad (14)$$

زـ النفاذية بدلالة مقاومة الضغط :

$$Prm = o.00051 (fcu)^2 – (fcu)^{-0.31548} + 1.11593 \quad (15)$$

ح- النفاذية بدلالة الامتصاص :

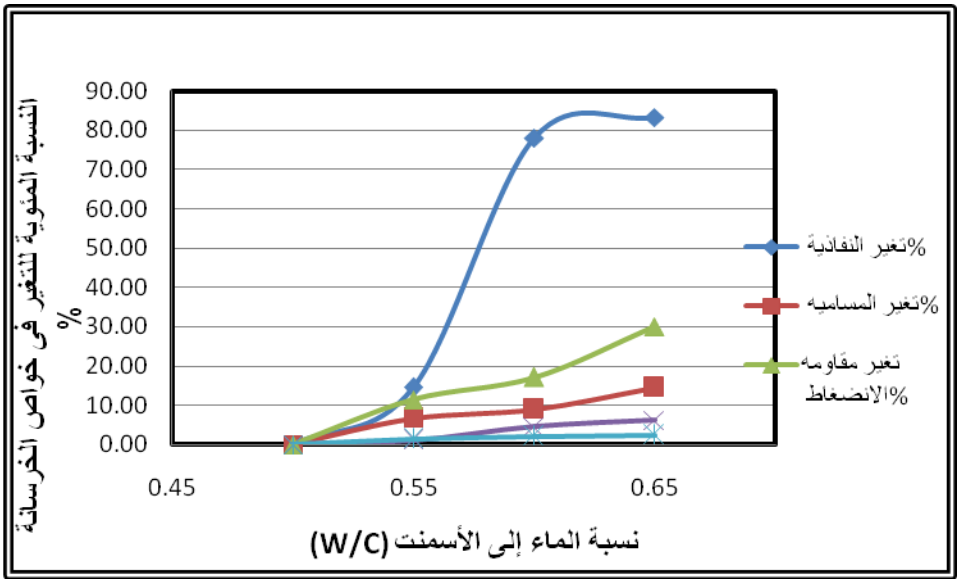
$$Prm = 1.38906 (Ab)^2 – 9.61301 (Ab) + 16.4859 \quad (16)$$

حيث ان:

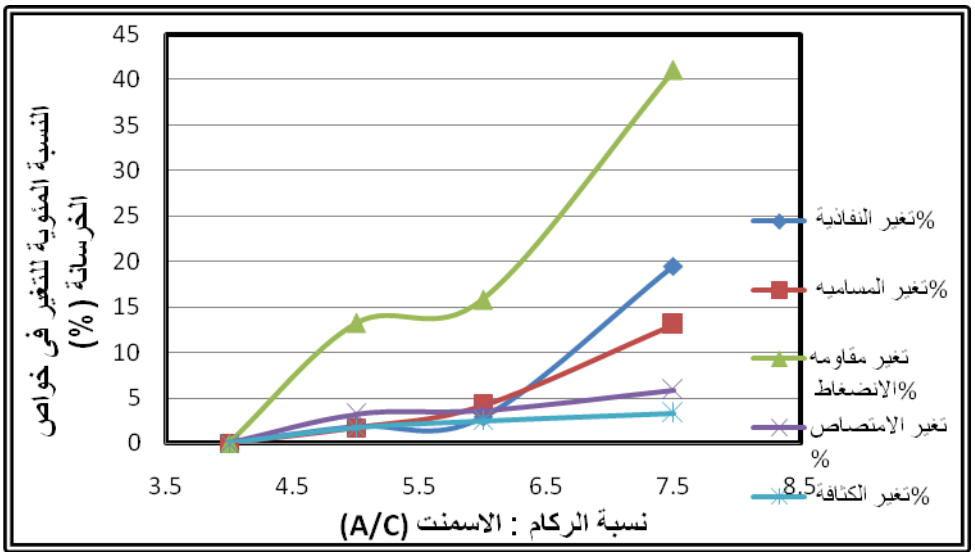
Prm = النفاذية للخرسانة بعمر 28يوم

تم مقارنة النتائج المتحصل عليها من العلاقات النظرية والنتائج العملية لهذه الدراسة مر 28 يوم مقاس بوحدة (md). كما مبين في الجدول (2) حيث يمكن ملاحظة أن قيم النفاذية المتحصل عليها بدلالة مقاومة الضغط الامتصاص بدون نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) أكثر تقاربا من تلك التي تم الحصول عليها بدلالة مقاومة الضغط والامتصاص ونسبة

الماء إلى الاسمنت (W/C)، ويمكن أيضا ملاحظة أن قيم المسامية المتحصل عليها بدلالة مقاومة الضغط ونسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) تكون متقاربة مع قيمة المسامية المتحصل عليها بدلالة مقاومة الضغط والامتصاص بدون نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C). يبين الشكل (14) علاقة نسب تغير خواص الخرسانة مع نسبة الماء إلى الاسمنت و من خلاله يمكن ملاحظة أن خاصية النفاذية هي أكثر خواص الخرسانة تأثراً بنسبة الماء إلى الاسمنت ويبين الشكل (15) علاقة نسب تغير خواص الخرسانة مع نسبة الركام إلى الاسمنت و من خلاله يمكن ملاحظة أن مقاومة الضغط هي أكثر خواص الخرسانة تأثراً بنسبة الركام إلى الاسمنت.



شكل (14) يوضح علاقة نسب تغير قيم خواص الخرسانة مع نسبة الماء إلى الاسمنت



شكل (15) يوضح علاقة نسب تغير قيم خواص الخرسانة مع نسبة الركام إلى الاسمنت

جدول (2) يُبين النتائج العملية و النظرية للنفاذية و المسامية بدلالة مقاومة الضغط و الامتصاص(W/C)

النتائج العملية				النتائج النظرية					
الامتصاص	مقاومة الضغط	النفاذية	المسامية	المسامية بدلالة الامتصاص و(w/c)	المسامية بدلالة مقاومة الانضغاط و(w/c)	النفاذية بدلالة الامتصاص و (w/c)	النفاذية بدلالة مقاومة الضغط و (w/c)	المسامية بدلالة مقاومة الانضغاط	النفاذية بدلالة مقاومة الضغط	w/c
2.42	35.54	0.230	14.94	15.410	15.04	1.8994	0.0702	11.086	0.789	0.50
2.45	31.84	0.269	16.02	16.070	15.80	2.7146	0.0623	11.633	0.929	0.55
2.46	29.47	1.051	16.43	16.762	16.59	4.3555	0.1603	11.142	1.012	0.60
2.55	24.88	1.381	17.49	17.482	17.46	6.3017	1.7270	10.916	1.159	0.65

5- الخلاصة

1- يمكن أيجاد قيم المسامية و النفاذية بدلالة مقاومة الضغط والامتصاص والكثافة ونسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) من خلال علاقات رياضية.

2- أن أكثر خواص الخرسانة حساسية لتغير نسبة الركام للاسمنت هي خاصية مقاومة الضغط.

3- أن أكثر خواص الخرسانة حساسية لتغير نسبة الماء إلى الاسمنت (w) هي خاصية النفاذية.

4- مقاومة الضغط هي أكثر خواص الخرسانة التي تسلك سلوك خاصية النفاذية.

5- خاصية الامتصاص هي أكثر خواص الخرسانة تأثرا بخاصية المسامية.

المراجع

[1] Frank Smith "permeability and Compressive Strength Cement and Concrete Research, Vol.19, No.5, 2000.

[2] Nyame, B.K., and Illston, J.M relationship between permeability and pore structure of hardened cement past ", magazine of concrete research, Vol. 33, NO. 116, September 1981, PP. 139-146.

[3] Okpala , D.C. ," crud oil permeability of Hardened cement mortar ", the Indian concrete journal ,Vol. 63 , No.6, June 1989 , pp. 295-300 .

[4] Watson, A.J. and Oyeka, C.C.," Oil permeability of hardened cement paste and concrete "Magazine of concrete research, Vol.33, No.115, Jane 1981, pp.85-95.

تثبيط تآكل حديد التسليح فى الخرسانات المحتوية على أيون الكلوريد عن طريق مضافات عضوية

د.محمد صالح سليمان
كلية العلوم الهندسية والتقنية (براك) – جامعة سبها
fatma_ali26@yahoo.com

أ.فاطمة على التهامي
كلية العلوم – جامعة سبها
Suliman_m2004@yahoo.com

ملخص

تعتبر الخلطة الخرسانية بيئة ووسطا إلكتروليتيا يحيط بالأقطاب من الحديد الصلب ليشكل بعد عملية الجفاف الجسم المتكامل من الخرسانة المسلحة.

تعتبر مواصفات الخلطة الخرسانية وطبيعتها من العوامل المهمة في حماية أقطاب الحديد الصلب والمحافظة عليها من التآكل والانهيار. كما وأن تفاوت وصول بعض الأصناف والأيونات الأكالة لتلك الأقطاب يعتمد على مدى نفاذية الخلطات بمواصفات مختلفة.

تهدف هذه الدراسة إلى قياس نشاطية التآكل على أقطاب حديد التسليح باستخدام التحليل الكهروكيميائي بطريقة جهد نصف الخلية لنماذج خرسانية معرضة لمهاجمة أيون الكلوريد في غياب ووجود بعض المركبات العضوية المحتوية على النيتروجين كمضافات لخفض معدل ونشاطية التآكل .

تم تحضير عينات لنماذج خرسانية بأقطاب حديد التسليح و خلط بعض هذه النماذج بأربعة أنواع من المثبطات العضوية وهى (إيثيلين ثنائى الأمين EDA– هيدروكسيل أمين HA–4,1 ثنائي أمينو بيوتان 1,4DAB– ثنائي إيثيل أمينDEA) بنسبة1% فى شكل أسطوانات وغمرها فى محلول ($MgCl_2$%4) لمدة 28 يوم مع قياس جهد تآكل الحديد دورياً لهذه النماذج الخرسانية (الممزوجة وغير الممزوجة والمغمورة وغير المغمورة في المحلول).

تم تقدير نسبة الكلوريد المتغلغلة في الخرسانة خلال فترة الغمر عن طريق استخدام التحليل الكيميائي للعينات. أظهرت النتائج أن خلط المثبطات مع الخرسانة لا يؤثر في المحتوى المائي وزمن الشك، كما أن قيم جهد نصف الخلية H.C.P إنخفضت بشكل واضح في النماذج غير المغمورة التي لم تتعرض للأيونات المهاجمة فكانت جميعها في مدى الحماية. أما النماذج الخرسانية المغمورة في محلول Cl^-%4 فإن نشاطية التآكل للحديد إنخفضت للعينات الممزوجة بالمثبطات وكانت كفاءة الحماية حسب الترتيب:

EDA> DEA>HA>1,4DAB

أما نتائج التحليل الكيميائي لأيونات الكلوريد فأوضحت تأثير مركبات الأمينو كإضافات للخرسانة تعمل على إعاقة تغلغل الأيونات المهاجمة مقارنة بالعينات غير الممزوجة وكانت النتائج حسب الترتيب:

HA>DEA>EDA>1,4DAB

1- مقدمة

يعرف التآكل بأنه تلف المادة نتيجة التفاعل الكيميائي أو الالكتروكيميائي مع البيئة المحيطة بها. ويعتبر التآكل في المنشآت الخرسانية تآكلا إلكتروكيميائيا وهي عملية تتطلب مرور تيار كهربي وعدة تفاعلات كيميائية تشكل خلية بأقطاب الأنود والكاثود يفصلهما محلول إلكتروليتي ويوصلهما توصيل معدني.[1]

يعطي حديد التسليح في الخرسانة قدرا عاليا من المقاومة للتآكل، حيث تلعب القلوية المرتفعة للسائل الخرساني البيئة المناسبة لحماية قضبان الحديد الصلب لتكون الطبقة السلبية في المراحل الأولى وفي حالات كثيرة تستثمر هذه الطبقة الواقية لفترات زمنية طويلة، طالما أن الوسط الإسمنتي ذو قلوية مرتفعة (PH=11 – 13).

من العوامل التي تؤثر على مقدرة قضبان حديد التسليح بالبقاء على هذه الطبقة الواقية معدل الماء للإسمنت (Water to Cement ratio) والنفاذية والمقاومة الكهربية للخرسانة. ويمكن بهذه العوامل تحديد مدى تغلغل الأصناف الأكالة مثل الكربنة وأيونات الكلوريد ودخولها لطبقة الأكسيد على حديد التسليح وكسرها.

تعتبر الحماية الجيدة لحديد التسليح في الخرسانة مؤشراً جيداً لجودتها وعليه فإن العديد من الدراسات والبحوث تهتم باستخدام المضافات في الخلطة الإسمنتية للتحكم في تآكل حديد التسليح وتحسين جودة الخرسانة.[2]

إن استخدام المضافات المثبطة للتآكل إحدى طرق التحكم في تآكل حديد التسليح وهي مواد عندما تضاف في البيئة الخرسانية تعمل على خفض معدل التآكل بها وتصنف حسب موقع فعالية التثبيط لها في خلية التآكل إلكتروكيميائيا. فهي إما مثبطات أنودية أو كاثودية أو مثبطة أنوديو وكاثودية معاً. أغلب المثبطات تعمل على توفير طبقة حماية على سطح الحديد الصلب ورفع حد تركيز الكلوريد اللازم لكسر الطبقة الواقية وبداية التآكل. فنجد أن المثبطات العضوية تكون طبقة رقيقة واقية من جزيئات مدمصة على سطح المعدن تعزله من التحلل والذوبان في الوسط المحيط.

تتم آلية عمل الإدمصاص الكيميائي للمركبات العضوية بوجود المجموعات القطبية في التركيب الجزيئي والتي تستطيع أن ترتبط بسطح المعدن أو السبيكة.

وأن أغلب هذه المجموعات القطبية الفعالة هي التي تحتوي على ذرات كبريت ونيتروجين وفسفور وأكسجين وسيلينيوم وهيدروكسيل. إن بعض المضافات المثبطة يعتقد أنها تعمل على خفض معدل انتشار الكلوريد خلال الخرسانة وذلك نتيجة للتدخل في النفاذية للمادة من خلال التداخل بين الخليط ومكونات عجينة الإسمنت.[3]

تلعب المخاليط الخرسانية دوراً مهما في عجينة الإسمنت والخلطات mortars والصفات الخرسانية، وتركز العديد من الدراسات على مادة ترابط الإسمنت على إدخال مضافات ومخاليط مثبطة التآكل لتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للإسمنت والخرسانة.[4،5]

يهدف هذا البحث إلى تتبع وقياس نشاطية التآكل على حديد التسليح في الخرسانة في المراحل الأولى وتأثير أيون الكلوريد المتغلغل في المراحل اللاحقة باستخدام الطرق الكيميائية والكهروكيميائية وذلك لعينات معرضة لمهاجمة أيون الكلوريد في غياب ووجود مثبطات عضوية مناسبة لمقاومة التآكل.

2- الجزء العملى

المواد والأجهزة المستخدمة

الإسمنت: عينات الإسمنت تم الحصول عليها من مصنع البرج زليطن- الجماهيرية، وهي عبارة عن إسمنت بورتلاندي حسب المواصفات المتبعة في المصنع.

الرمل: وهو الرمل الطبيعي القياسي ويكون مارا من المنخل 850 µm(BS) والمتبقي من منخل 600 µm ولا يزيد المار من المنخل عن 10% بالوزن.

الحديد: تم استخدام أقطاب من الحديد الصلب تم الحصول عليها من مصنع الحديد والصلب مصراتة وهى تحتوى على المكونات

0.19%C, 0.20% Si, 0.9Mn, 0.05%P, 0.05S, 0.02%Al–100%Fe

المثبطات الكيميائية العضوية: وهي عبارة عن أربعة مركبات عضوية تم إختيارها كمضافات لتثبيط التآكل لحديد التسليح في الخرسانة. الصيغة الكيميائية للمركبات المدروسة واختصاراتها موضحة بالجدول(1).

جدول رقم (1) المواد الكيميائية المستخدمة كمضافات لتثبيط التآكل

Compound	1,4Diaminobutane	Diethyl amine	Ethylenediamine	Hydroxylamine
Chemical formula	$NH(CH_2)_{24}NH_2$	$(CH_3-CH_2)_2NH$	$C_2H_6N_2$	NH_2-OH
Abbreviate	1,4D.E.A	D.E.A	E.D.A	H.A

محاليل الغمر: أستخدمت محاليل1% و4% و8% من $MgCl_2$,NaCl لغمر أقطاب الحديد في الوسط المائي وكذلك لغمر النماذج الخرسانية. تراوحت قيم pH لهذه المحاليل ما بين 6-8.

تجهيز العينات

تجهيز أقطاب الحديد الصلب:

باستخدام ميكروميتر رقمي تم حساب الأطوال والأقطار لعينات الحديد وللنماذج الأسطوانية.

تم استخدام أقطاب بطول 100 mm وقطر6mm للعينات المغمورة في المحاليل المائية. تم تنظيف سطحها بصنفرته وتلميعه حيث كانت المساحة الكلية للجزء المعرض 2000 mm مربع كما تم تغطية الجزء غير المعرض بشمع البارافين.

تم استخدام أسياخ بطول 120 mm وقطر 11.7 mm لعينات الحديد المستخدمة في النماذج الخرسانية، وتم تنظيف سطحها وصنفرته وقياس مساحة السطح المعرض وتغطية الجزء غير المعرض بطبقتين من طلاء مضاد للصدأ.

تجهيز النماذج الخرسانية:

تم تعيين المحتوى المائي باستخدام جهاز فيكات طبقا للطريقة (ASTM C187 andC305)[8]

واستخدمت في هذه الدراسة 16خلطة خرسانية مختلفة، كما هي موضحة في الجدول (2).

جدول (2) الخلطات الإسمنتية المدروسة واختصاراتها مع محاليل الغمر

Immersion solution / Concrete mixing	ABBREVIATURE		
	/	water	4%$MgCl_2$
100g cement+300g sand+150ml of distill water	A1	A3	A4
100g cement+300g sand+150ml Of 1%ethylene diamine	E8	E3	E1
100g cement+300g sand+150ml Of 1%Hydroxylamine	H8	H3	H1
100g cement+300g sand+150ml Of 1%1,4diaminobutane	B8	B3	B1
100g cement+300g sand+150ml of 1%diethylamine	D4	D3	D1

حضرت العجينة الإسمنتية (mortar) باستخدام W/C 0.33 ونسبة الإسمنت إلى الرمل 3:1 طبقا لطريقة التحضير (ASTM C192/C 192)[9] كما تم إضافة المواد العضوية المثبطة لبعض الخلطات. تم خلطها جميعا في خلاط كهربائي صغير(HOBART) وتم صبها في قوالب إسطوانية 50 mm×100.

أما المعالجة للخرسانة فتتلخص فى حفظ ما بالخرسانة من ماء ومنع تشققها قبل شك الخرسانة حيث تم تغطيتها بالخيش المبلل بالماء. وبعد تصلبها غمرت فى الماء لمدة 7 أيام.

القياسات الكهروكيميائية

أستخدمت تقنية جهد نصف الخلية H.C.P في تتبع وقياس نشاطية التآكل وذلك طبقا للطريقة القياسية لجهد نصف الخلية لحديد التسليح في الخرسانة (ASTM C876-80)[10] وفي هذه الطريقة يقاس الجهد الكهربي بين حديد التسليح والقطب المرجعي $Cu/CuSO_4$ بمقياس الجهد (الفولتميتر) المتصل بهذه الخلية وطبقا لهذه الطريقة فإن نشاطية التآكل يعبر عنها بالآتي:

Half-cell potential reading vs. $Cu/CuSO_4$	Condition ASTM C876-80	Corrosion activity
Less negative than-200mv	***Passive***	***90%probability of no corrosion***
Between-200mv and-350mV	***Active or passive***	***An increasing probability of corrosion***
More negative than-350m V	***Active***	***90%probability of corrosion***

التحليل الكيميائي

أخذ العينات: أخذت عينات الخرسانة المحللة بواسطة آلة حفر كهربائية من موضعين من الخرسانة الأول من السطح الخارجي للخرسانة بعمق mm10 والموضع الثاني هو السطح المجاور لحديد التسليح بعمق mm25.

تجهيز العينات: حضرت العينات للتحليل بالطرق التالية:

تم سحق العينة وتجفيفها ووزنها، ثم بهضم مسحوق العينات في 10ml من محلول HCl ويخفف إلى حجم قدره 250 ml بالماء المقطر.

تعيين تركيز أيون الكلوريد: تم تقدير أيون الكلوريد بطريقة المعايرة باستخدام نترات الفضة وهذه الطريقة موضحة في:

standard methods for Examination of water and waste water [11]

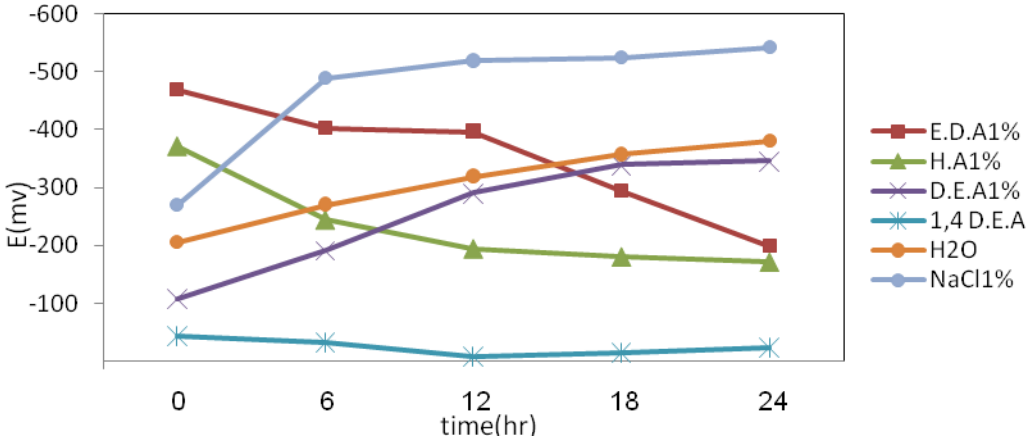
3- النتائج والمناقشة

القياسات الإلكتروكيميائية:

لتتبع نشاطية تآكل حديد التسليح في الخرسانة، تم التركيز على استخدام القياسات والإختبارات غير المحطمة والمتمثلة في قياسات جهد نصف الخلية (H.C.P) Half – Cell Potential.

نشاطية تآكل قضبان حديد التسليح المغمورة في محلول الكلوريد:

الشكل (1) يوضح نشاطية تآكل حديد التسليح المغمورة في محلول إلكتروليتي مائي في غياب ووجود 1% NaCl محلول كلوريد و 1% من محاليل مثبطات التآكل D.E.A ، H.A ، E.D و 1.4 D.A.B عند درجة حرارة 30°C.



شكل(1) نشاطية التآكل لأقطاب حديد التسليح المغمورة في محاليل إلكتروليتية من NaCl%1 وفي محلول 1% من المثبطات

أظهرت النتائج من خلال هذه المنحنيات في هذا الشكل أن نشاطية التآكل لقطب الحديد المغمور في المحلول الكلوريدي تزاح بشكل ملحوظ في اتجاه قيم الجهد السالبة عنها في المحلول الإلكتروليتي المائي وهذه القيم كافية لإحداث الحالة النشطة لتآكل الحديد الصلب.

أما في وجود 1% من المثبطات العضوية، فإن النتائج تظهر تغيرا في قيم H.C.P مع الزمن. تبدأ هذه القيم من المدى المتوسط ثم تزاح إلى مدى جهد الحماية. المركبات العضوية المستخدمة كمثبطات للتآكل هي مركبات حاوية للنيتروجين حيث زوج الإلكترون الحر الذي يساعد على جذب الإلكتروستاتيكي بأيونات الفلز ذو الشحنة الموجبة يمثل إدمصاص فيزيائي يعمل على تثبيت طبقة المثبط على سطح المعدن أو السبيكة، هذا من جانب ومن جانب آخر، فإن تغير الوسط الإلكتروليتي المائي لهذه المركبات الحاوية للنيتروجين وتحويله لوسط قلوي يعمل على توفير وسط الحماية المناسب للحديد الصلب حيث سجلت نتائج قياس الأس الهيدروجيني للوسط الإلكتروليتي لهذه المثبطات pH = 8 – 12 مقارنة بالوسط المائي الذي سجل pH = 6.9.

أظهرت هذه النتائج أيضاً أن كفاءة الحماية لهذه المركبات كانت حسب الترتيب.

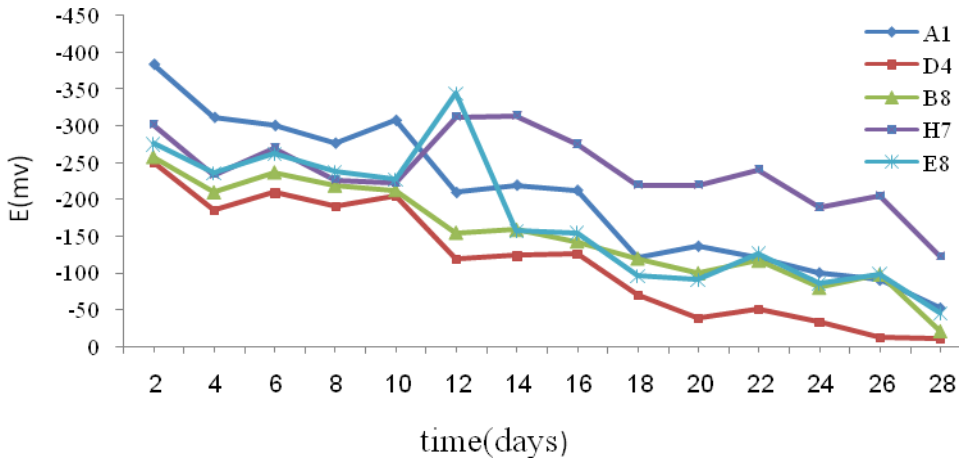
D.E.A>E.D.A>H.A>1,4D.A.B

القياسات الكهروكيميائية للنماذج الخرسانية:

تم قياس نشاطية التآكل على قضبان حديد التسليح في النماذج الخرسانية المسلحة عن طريق قياس الجهد بطريقة H.C.P

وتتبعها دورياً خلال فترة 28 يوماً.

شكل (2) يوضح التغير في الجهد لعينات الخرسانة غير المعرضة لأي تأثير خارجي أو غمر في محلول يحوي أيونات الكلوريد الأكالة.

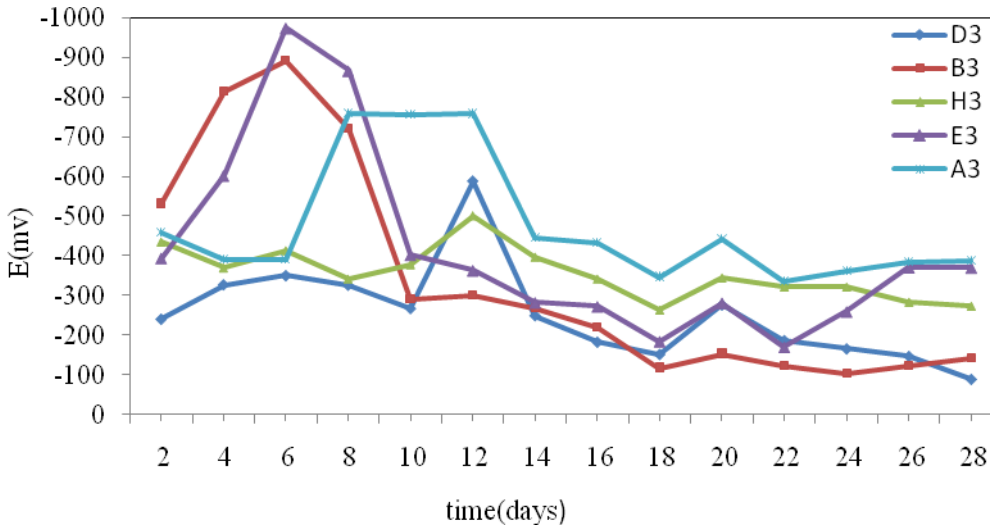


شكل (2) نشاطية التآكل للنماذج الخرسانية (المخلوطة وغير المخلوطة بالمثبطات) بدون غمر

نلاحظ أن قيم H.C.P تنخفض تدريجياً مع الفترة الزمنية للقياس حتى تصل أغلبها لمدى الحماية.

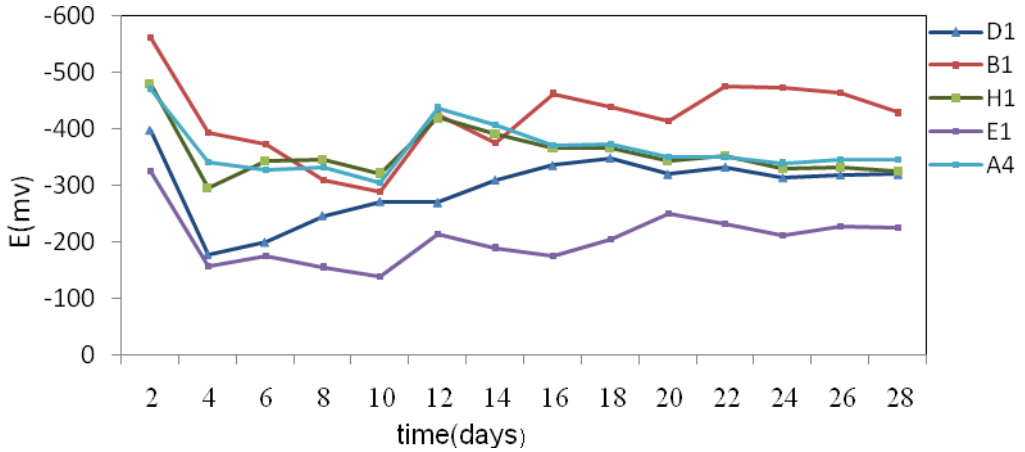
نتائج قياسات قيم H.C.P للعينات الخرسانية (المخلوطة وغير المخلوطة بالمثبطات) المغمورة في الماء موضحة في شكل (3) حيث تبين المنحنيات مقدرة وكفاءة المركبات العضوية في إزاحة جهد التآكل إلى مدى الحماية عنها في النماذج الخرسانية التي لا تحتوى على أية إضافات، وكانت كفاءة تثبيط التآكل لهذه المركبات حسب الترتيب:

D.E.A>1,4D.A.B>H.A >E.D.A



شكل(3) نشاطية التآكل للنماذج الخرسانية المخلوطة وغير المخلوطة بالمثبطات المغمورة في الماء

يظهر فى الشكل (4) تأثير غمر النماذج الخرسانية فى محلول يحوي% 4 كلوريد كأيونات شرسة تعمل على زيادة نشاطية التآكل لتتفق مع نتائج تأثير تركيز أيون الكلوريد على نشاطية تآكل أقطاب الحديد.



شكل(4) نشاطية التآكل للنماذج الخرسانية المخلوطة وغير المخلوطة بالمثبطات المغمورة في 4%$MgCl_2$

توضح هذه النتائج أيضا تأثير المركبات العضوية كمثبطات مضافة للتحكم فى التآكل الذى يحدث بفعل أيونات الكلوريد الشرسة في منظومات الخرسانة المسلحة. كما هو ملاحظ في نتائج قيم H.C.P ماعدا المثبط 1,4D.A.B فإن كل المثبطات المضافة تعمل على خفض نشاطية التآكل، وكفاءة تثبيطها كانت حسب الترتيب:

E1>D1>H1>A4>B1

التحليل الكيميائى لأيون الكلوريد:

أستخدم التحليل الكيميائي لتتبع تركيز الكلوريد في عينات الخرسانة حيث تعتبر أيونات الكلوريد المسبب الرئيسى لتآكل حديد التسليح بالخرسانة ولها مصادر متعددة تمكنها من الدخول في تركيبة الخرسانة .

عينات مسحوق الخرسانة المحللة أخذت من موضعين الموضع الأول بعمق 10 mm ("outer"o) من السطح الخارجي للخرسانة والموضع الثاني بعمق 25 mm ("inner"i) وهو مجاور لحديد التسليح.

والنماذج الخرسانية التي تم إختبارها هي:

- نماذج خرسانية مقارنة (Reference) وهى لا تحتوي على أية إضافات ولا أي مؤثرات خارجية
- نماذج خرسانية ممزوجة بمثبطات التآكل السابق ذكرها

تم تقدير محتوى الكلوريد في الخرسانة طبقا للطريقة القياسية المستخدمة لتقدير الكلوريد في الماء.

نتائج تحليل الكلوريد فى العينة المرجعية (Reference)A1 وهي عينة غير مغمورة ولم تتعرض لأي مؤثر خارجي أعطت القيمة 0.06% وهذه النتيجة تتفق مع القيم القياسية العالمية لتركيز الكلوريد في تركيب الخرسانة.

جدول(1) يعطى نتائج تركيز أيون الكلوريد والنسبة المئوية للكلوريد في الخرسانة للعينات المحللة كيميائياً بعد 28 يوم من التعريض.

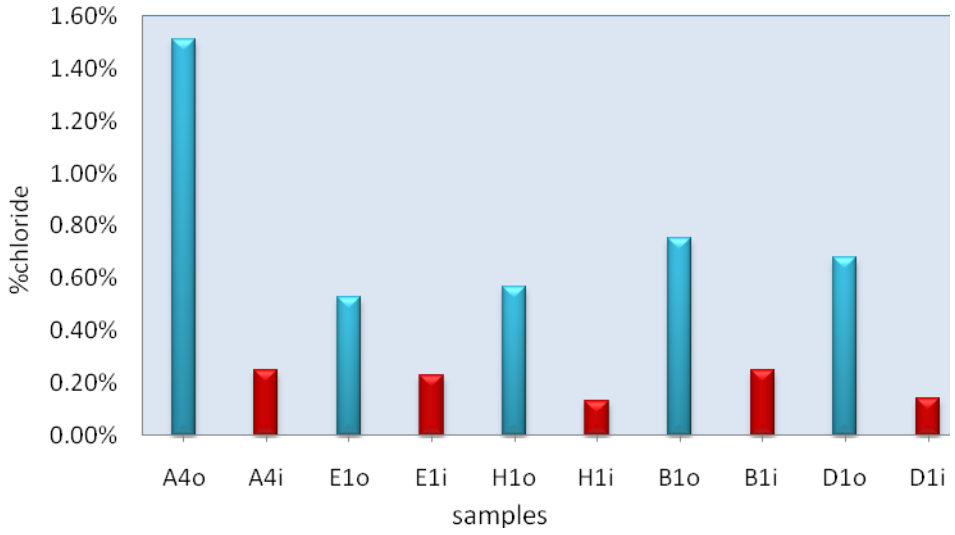
جدول (1) تركيز أيون الكلوريد والنسبة المئوية لأيون لكلوريد المتغلغل

sample	A4o	A4i	E1o	E1i	H1o	H1i	B1o	B1i	D1o	D1i
$[Cl^-]$gm/l	0.076	0.013	0.026	0.011	0.028	0.007	0.038	0.013	0.034	0.007
Cl^-%	1.51 %	0.25 %	0.53 %	0.23 %	0.57 %	0.13 %	0.75 %	0.26 %	1%	0.14 %

النتائج توضح سهولة وسرعة تغلغل أيون الكلوريد فى العينة A4 المعرضة لتركيز 4% Cl^- بالقرب من قطب حديد التسليح وذلك بارتفاع نسبة الكلوريد حيث وصلت القيمة إلى 0.25%.

أظهرت النتائج كذلك أن النماذج المخلوطة بنسبة % 1 من المثبطات كإضافات قد عملت على تقليل معدل تغلغل الكلوريد وذلك بإنخفاض تركيز الكلوريد الملحوظ وانخفاض النسبة المئوية للكلوريد في العينة. شكل (5) يبين تأثير هذه الإضافات فى إعاقة تغلغل الكلوريد حيث كانت بالترتيب التالى:

H.A> D.E.A> E.D.A>1,4D.A.B



شكل (5) تركيز الكلوريد في النماذج الخرسانية المغمورة في 4%Cl^-

يعتقد أن مركبات الأمينو العضوية المستخدمة كمثبطات للتآكل تعمل على حماية حديد التسليح بالخرسانة عن طريق تكوين ما يسمى بالطبقة أحادية الجزيء (Monomolecular) بين المعدن والماء[12] وهذه المركبات لأنها قطبية يكون لها قابلية قوية للإمتزاز على سطوح المعادن وتعرف بمثبطات التآكل المهاجرة migrating corrosion inhibitor ((MCI)). وهي قادرة على التغلغل إلى الخرسانة لحماية حديد التسليح في وجود الكلوريد[13].

تشير النتائج في هذه الدراسة إلى أن المثبطات التي تمت دراستها لها القدرة على الهجرة والإنتشار خلال الخرسانة وتكون طبقة تعمل على الحماية والتعرض إلى تغلغل وهجرة أيونات الكلوريد الشرسة والحد من انتشارها.

4- الإستنتاجات

1. القياسات الكهروكيميائية بتقنية جهد نصف الخلية تعتبر من الطرق المناسبة للتنبؤ عن نشاطية تآكل حديد التسليح في البيئة الخرسانية وكذلك في المحاليل الإلكتروليتية المتضمنة مضافات من مواد مختلفة.

2. مركبات الأمينو العضوية تعمل كمثبطات للتآكل تضاف للبيئة الخرسانية لحماية حديد التسلح وكذلك لإعاقة تغلغل الأيونات الشرسة المتمثلة في أيون الكلوريد.

3. التحليل الكيميائي لتركيز أيون الكلوريد في عينات الخرسانة يعتبر من الطرق المفيدة في تتبع تغلغل هذا الأيون الشرس وتأثيره على معدل التآكل.

المراجع

[1] Jones, A. Denny, "Principles and Prevention of Corrosion", 2nd edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, (1996)571.

[2] Y. P. Virmani, and G.Clemena, Gerardo, "Corrosion Protection-Concrete Bridges," Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-98-088, Washington (1998).

[3] L.L. Shreir, "CORROSION", Volume 2 Corrosion Control, 2nd edition, Newnes butterworths (1976).

[4] G. Trabanelli and V. Carassiti, "Adv.corrosion Sci.Technol", plenum, New York (1970)147.

[5] O.L.Riggs, Corrosion inhibitor, C.C. Nathan, edation.,NACE, Houston,(1973)7.

[6] N.S. Rengaswamy, V. Saraswathy and K. Balakrishnan, J. Ferrocem. 22(1992)359-371.

[7] Aoyama-Minobu; Torii-Kazuyuki, Zairyo Journal of the Society of Materials Science, Japan. 52(2003)1075-1081.

[8] ASTM, standards, standard test for consistency of hydraulic cement ASTM designation C187-83,(1983)P 195.

[9] ASTM C192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02. (2003)

[10] American national standard, 1983,"standard for half cell potential of reinforcing steel in concrete(ASTM C-876-80)," Annual book of ASTM standards, V.04.02 ASTM, 557-563.

[11] Apha-AWWa-WPCF, standard methods for examination of water and waste water, 4th edition, Washington. (1975).

[12] D.Bjegovic and B. Miksic, Migrating corrosion inhibitor protection of concrete, MP, NACE international, NOV.(1999).

[13] C.K Nmai, S.A. farrington, and G.S Bobrowski, concrete international 4 (1992) 14.

أحمال الإنبعاج للأعمدة مشطوفة الجوانب حرة الطرف ومثبتة الطرف الآخر

د. مصطفى محمد الطويل

mmtawil01@gmail.com

أستاذ شرف الهندسة المدنية

كلية الهندسة – جامعة الفاتح، طرابلس – ليبيا

ملخص

يتم في هذه الورقة تطبيق طريقة التكامل المتناهي لأجل تحديد أحمال الإنبعاج لعدد من الأعمدة مشطوفة الجوانب الحرة عند أحد أطرافها وكاملة التثبيت عند طرفها الآخر، وبقطاعات مربعة ودائرية مصمتة ومفرغة، وبنسب مختلفة ما بين طول العمود وبعد القطاع الأكبر له. مع إعطاء نتائج معاملات قيم أحمال الإنبعاج الدنيا في صورة منحنيات تحليلية يمكن استعمالها عند الحاجة إلى تحديد هذا النوع من الأحمال لأية حالة مشابهة وفي نطاق الدراسة المقدمة، ووضع توصيات في نهاية الورقة لدراسات مستقبلية تتعلق بانبعاج الأعمدة مشطوفة الجوانب بحدود طرفية أخرى غير التي شملتها الدراسة الحالية.

كلمات دالة: الأعمدة، الشطف، القصور الذاتي، الإنبعاج، التكامل المتناهي، معادلة تفاضلية، معادلة تكاملية، القيم الآيغنية

1- مقدمة

تتعرض العناصر الإنشائية الواقعة تحت تأثير قوى ضغط كبيرة إلى احتمالية انبعاجها إذا ما تجاوزت هذه القوى تلك القيم التي يطلق عليها أحمال الإنبعاج. إن إيجاد قوى الإنبعاج للعناصر الإنشائية متنوعة الحدود الطرفية معروف رياضيا إذا ما كانت هذه العناصر ثابتة عزم القصور الذاتي، ومحددة في الكثير من الكتب والمراجع. أما في حالة التغير في قيم عزم القصور الذاتي فالحل الرياضي يصبح معقدا الأمر الذي يتم فيه اللجوء إلى حل مسائلها تحليلا عدديا باستعمال بعض الطرق المعروفة مثل طريقة الإختلاف المتناهي، وطريقة التكامل المتناهي، وطريقة العناصر المتناهية، أو ما شابهها.

يتم في هذه الورقة تطبيق طريقة التكامل المتناهي في حل أحمال الإنبعاج لعدد من الأعمدة مشطوفة الجوانب الحرة في أحد أطرافها وكاملة التثبيت عند طرفها الآخر وبقطاعات مربعة ودائرية مصمتة ومفرغة، وبنسب مختلفة ما بين طول

العمود وبعد القطاع الأكبر له. وتعطى نتيجة لهذا الحل منحنيات لمعاملات قيم أحمال الإنبعاج الدنيا في نهاية الورقة يمكن استعمالها عند الحاجة إلى تحديد هذه القوة لأية حالة مشابهة.

2- طريقة التكامل المتناهي

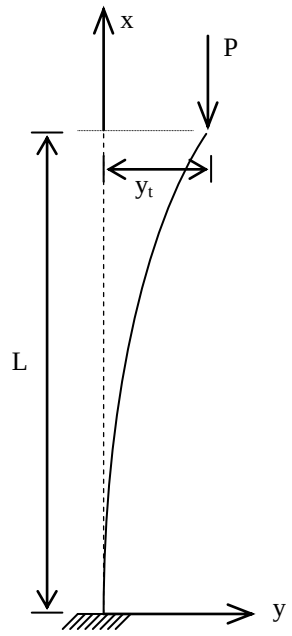
تتمثل طريقة التكامل المتناهي في تقريب أعلى تفاضل في المعادلة التفاضلية ذات العلاقة بمجموعة من دوال الدرجة الثانية تمر كلا منها بقسمين متساويين من المتغير المستقل، ويتم استنتاج التفاضلات الأقل بطريقة التكامل الفعلي لهذه الدوال تحال المعادلة التفاضلية بعدها إلى معادلة تكاملية. ويتم تحديد قيمة ثوابت التكامل فيها طبقا لنوعية الحدود الطرفية للمسألة موضوع الدراسة[1، 2، 3].

3- المعادلة التفاضلية المتحكمة وتحويلها إلى معادلة تكاملية

تكون المعادلة التفاضلية المتحكمة لانبعاج العمود حر الطرف وكامل التثبيت عند الطرف الآخر (شكل – 1)، وبتجاهل تأثير الوزن الذاتي له، متمثلة في الآتي:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + k_x^2(y - y_t) = 0 \qquad (1)$$

حيث ($k_x^2 = P/EI_x$)، (y_t) الإزاحة الجانبية العلوية عند الطرف الحر، (P) الحمل المحوري، (E) معامل يانغ للمرونة و(I_x) عزم القصور الذاتي عند القطاع (x).



شكل 1– إنبعاج العمود

بفرض أن:

$$\left\{\frac{d^2y}{dx^2}\right\} = \{f\}$$

فإن التكامل الأول يكون:

$$\left\{\frac{dy}{dx}\right\} = [N1]\{f\} + A\{1\}$$

والتكامل الثاني:

$$\{y\} = [N2]\{f\} + A\{x\} + B\{1\}$$

جيث (A وB) هما ثابتا التكامل.

من الحدود الطرفية لهذه المسألة، وهو أن الميل والإزاحة عند الطرف كامل التثبيت يساويان صفرا:

تكون $(A = B = 0)$.

وإذا تم وضع المعامل:

$$k_x^2 = \frac{P}{EI_x} = \frac{P}{EI_0}\left(\frac{I_0}{I_x}\right) = \alpha/\beta_x$$

حيث $\alpha = \frac{P}{EI_0}$ و $\beta_x = \frac{I_x}{I_0}$

تكون المعادلة التكاملية المتحكمة:

$$\{f\} + \alpha[1/\beta_x][[N2] - [N2T]]\{f\} = \{0\} \qquad (2)$$

حيث $[1/\beta_x]$ مصفوفة قطرية و $\{y - y_t\} = ([N2] - [N2T])\{f\}$

ويمكن وضع المعادلة (2) في صورة أخرى: $\{f\} + \alpha[1/\beta_x][N2R]\{f\} = 0$

إذا ما تم تقسيم طول العمود (L) إلى عشرة أقسام متساوية، تكون المصفوفات $([N2R],[N2T],[N2])$ كما هو موضح أدناه، وبتحديد المصفوفة القطرية $[1/\beta_x]$ يمكن وضع المعادلة التكاملية المتحكمة في الصورة التالية:

$$([I] + \alpha L^2\ [N2X])\{f\} = 0 \qquad (3)$$

حيث [I] مصفوفة الوحدة. وهذه مسألة آيغنية، والحل غير الصفري يمكن إيجاده بوضع المحددة الآتية صفرا وتحدد القيم الآيغنية $(\alpha L^2 = \delta)$ تبعا لذلك.

$$|[I] + \delta[N2X]| = 0 \qquad (4)$$

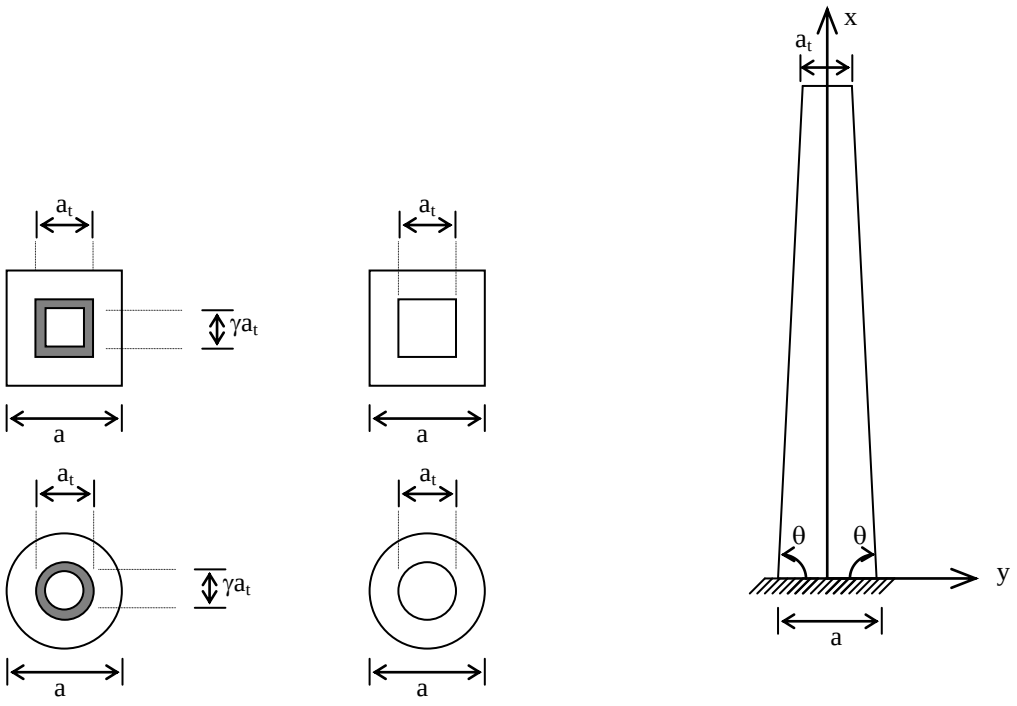
4- القطاعات المربعة والدائرية المصمتة والمفرغة

يمثل الشكل (2) عمودا مشطوف الجوانب حرا عند أحد الأطراف وكامل التثبيت عند الطرف الآخر وبقطاعات مربعة ودائرية، مصمتة ومفرغة.

$$[N2]=\frac{L^2}{2400}\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 6 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 16 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 24 & 64 & 15 & 6 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 32 & 96 & 32 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 40 & 128 & 48 & 64 & 15 & 6 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 48 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 56 & 192 & 80 & 128 & 48 & 64 & 15 & 6 & -1 & 0 & 0 \\ 64 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 & 0 & 0 \\ 72 & 256 & 112 & 192 & 80 & 128 & 48 & 64 & 15 & 6 & -1 \\ 80 & 288 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[N2T]=\frac{L^2}{2400}\begin{bmatrix} 80 & 288 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 80 & 228 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[N2R]=\frac{-L^2}{2400}\begin{bmatrix} 80 & 288 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 73 & 282 & 129 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 64 & 256 & 128 & 224 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 56 & 224 & 113 & 218 & 97 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 48 & 192 & 96 & 192 & 96 & 160 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 40 & 160 & 80 & 160 & 81 & 154 & 65 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 32 & 128 & 64 & 128 & 64 & 128 & 64 & 96 & 32 & 32 & 0 \\ 24 & 96 & 48 & 96 & 48 & 96 & 49 & 90 & 32 & 32 & 0 \\ 16 & 64 & 32 & 64 & 32 & 64 & 32 & 64 & 32 & 32 & 0 \\ 8 & 32 & 16 & 32 & 16 & 32 & 16 & 32 & 17 & 26 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



زوايا الشطف القطاعات المصمتة القطاعات المفرغة

شكل 2– العمود مشطوف الجوانب والقطاعات المصمتة والمفرغة

4-1 القطاعات المصمتة

يكون بعد القطاع الخارجي للمربع وقطر القطاع الدائري على بعد (x) من الطرف المثبت للعمود:

$a_x = a - 2x\cot\theta$، وعليه تكون عزوم القصور الذاتي للقطاعين على النحو التالي:

القطاع المربع– $I_0 = \frac{a^4}{12}$, $I_x = \frac{(a-2x\cot\theta)^4}{12}$

القطاع الدائري– $I_0 = \frac{\pi a^4}{64}$, $I_x = \frac{\pi(a-2x\cot\theta)^4}{64}$

والنسبة (β_x) تكون بذلك متساوية للقطاعين: $\beta_x = \left(1-\frac{2x\cot\theta}{a}\right)^4$

ويمكن وضع هذه النسبة في صورة: $\beta_x = \left[1-C\left(\frac{x}{L}\right)\right]^4$، حيث $C = 2\left(\frac{L}{a}\right)\cot\theta$

2-4 القطاعات المفرغة

يكون بعد القطاع الداخلي للمربع والقطر الداخلي للقطاع الدائري على بعد (x) من الطرف المثبت للعمود، وباعتبار أن نسبة البعد الداخلي إلى البعد الخارجي (γ) ثابتا على طول العمود، $a_{xi} = \gamma a_x = \gamma(a - 2x\cot\theta)$، عليه تكون عزوم القصور الذاتي للقطاعين على النحو التالي:

القطاع المربع-

$$I_x = \frac{(a-2x\cot\theta)^4}{12} - \frac{[\gamma(a-2x\cot\theta)]^4}{12} = \frac{a^4}{12}(1-\gamma^4)\left(1-\frac{2x\cot\theta}{a}\right)^4$$

$$I_0 = \frac{a^4}{12}(1-\gamma^4)$$

القطاع الدائري-

$$I_x = \frac{\pi(a-2x\cot\theta)^4}{64} - \frac{\pi[\gamma(a-2x\cot\theta)]^4}{64} = \frac{\pi a^4}{64}(1-\gamma^4)\left(1-\frac{2x\cot\theta}{a}\right)^4$$

$$I_0 = \frac{\pi a^4}{64}(1-\gamma^4)$$

والنسبة (β_x) تكون بذلك متساوية للقطاعين: $\beta_x = \left(1-\frac{2x\cot\theta}{a}\right)^4$، وهي نفس النسبة للقطاعين المصمتين المستنتجة سابقا.

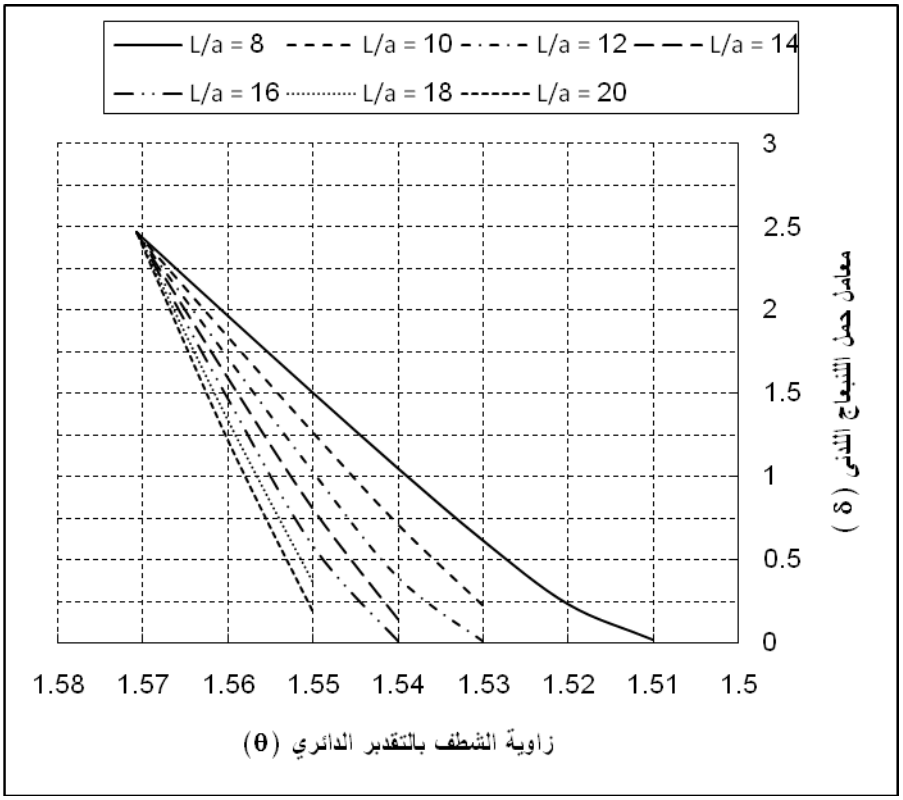
5- الأحمال الدنيا لانبعاج الأعمدة مشطوفة الجوانب

تم حساب الأحمال الدنيا لانبعاج الأعمدة مشطوفة الجوانب بطريقة التكامل المتناهي وفق المعطيات بالجدول (1).

جدول 1- معطيات الدراسة

L/a	8	10	12	14	16	18	20
θ_{min}(Rad.)	1.5084	1.5208	1.5292	1.5351	1.5340	1.5430	1.5458

يعطي الشكل (3) منحنيات التحليل لمعاملات الحمل الأدنى (δ) بتطبيق هذه البيانات في المعادلة الآيغنية (4)، ويتم التعبير عن الحمل الأدنى للإنبعاج (P_{cr}) كما يلي:



شكل 3– معاملات الحمل الأدنى للإنبعاج (δ)

$$P_{cr} = \delta \frac{EI_0}{L^2} \qquad (5)$$

6– الإستنتاجات والتوصيات

تم تطبيق طريقة التكامل المتناهي هنا بتقسيم طول العمود إلى عشرة أقسام متساوية من أجل إيجاد قيم أحمال الإنبعاج للأعمدة مشطوفة الجوانب حرة الطرف وكاملة التثبيت بالطرف الآخر. وأعطت الدراسة منحنيات معاملات حمل الإنبعاج الأدنى لعدد من الأعمدة بنسب مختلفة ما بين طول العمود والبعد الأكبر للقطاع من جهة، ولعدد من زوايا الشطف من جهة أخرى، يمكن الإستعانة بها في معرفة حمل الإنبعاج الأدنى لأي عمود آخر مشابه وضمن حدود الدراسة.

من الممكن مستقبلا إجراء دراسات مشابهة للأعمدة مشطوفة الجوانب بحدود طرفية مختلفة عن الحدود الطرفية التي تمت دراستها في هذه الورقة، تعميما للفائدة وتوفيرا لرسومات تحليلية تساعد المهتمين بالتحليل الإنشائي في تطبيقها تضمن لهم سرعة إيجاد حمل الإنبعاج الأدنى لهذه النوعية من الأعمدة، وبدقة هندسية مقبولة.

ويمكن تطوير هذه الدراسات لتشمل تأثير الحمل الذاتي للأعمدة مشطوفة الجوانب على حمل الإنبعاج كي يصبح أكثر واقعية وأقرب للحقيقة.

المراجع

[1] الطويل، مصطفى محمد، "طريقة التكامل المتناهي – مدخل معدل–"، دورية كلية الهندسة، جامعة الفاتح، مجلد 3 – العدد الثالث–، (1979)، طرابلس– ليبيا، ص. 87–93 (باللغة الإنجليزية)

[2] الطويل، مصطفى محمد، "صياغة طريقة التكامل المتناهي المعدلة"، مجلة البحوث الهندسية، المجلد 1، (1989)، طرابلس–ليبيا، ص. 3–28 (باللغة الإنجليزية)

[3] الطويل، مصطفى محمد، "طريقة التكامل المتناهى وإستخداماتها في التطبيقات الهندسية"، ندوة حول التطبيقات الهندسية للتحليل العددي، جمعية المهندسين العلمية، (1990)، طرابلس – ليبيا.

الرموز:

a, a_x, a_{xi}	الأبعاد الخارجية والداخلية للقطاعات المربعة والدائرية
A, B, C	ثوابت
E	معامل يانغ للمرونة
{f}	المتجه للتفاضل الثاني
I_0, I_x	عزوم القصور الذاتي
k_x	الجذر التربيعي لنتيجة (P/EI_x)
L	طول العمود
[N1], [N2], [N2T], [N2x], [N2R]	مصفوفات التكامل المتناهي
P, P_{cr}	الحمل المحوري الحرج والحمل
x	المتغير المحوري
y, y_t	الإزاحات الجانبية
α	نسبة (P/EI_0)
β_x	نسبة (I_x/I_0)
γ	نسبة البعد الداخلي إلى البعد الخارجي للقطاعات المفرغة
δ	القيمة الآيغنية
θ, θ_{min}	زوايا الشطف

إستنباط دليل لإجراءات الإشراف على تنفيذ مشاريع المباني

م. نهلة علي عيسى
أكاديمية الدراسات العليا– طرابلس، ليبيا
Eng_nai@yahoo.com

أ. د. زيدان علي حتوش
جامعة الفاتح – طرابلس، ليبيا
zhatushz@yahoo.com

ملخص

ظهرت حاجة الإنسان إلى البناء منذ أن خلقة الله – سبحانه وتعالى– في الأرض وكلفه أن يعمرها فكان بناء مسكن يأوي إليه هو أول مشروع تشييد عرفه وقام بتنفيذه، وبتزايد النمو السكاني ومتطلبات الأفراد واحتياجاتهم المتجددة والمتنوعة، دعت الحاجة إلى تنفيذ مشاريع سكنية و صناعية وغيرها، دفعاً لعجلة التنمية والتطور نحو التقدم والازدهار.

واتسمت مشاريع التشييد بالضخامة والتعقيد مما يتطلب لتنفيذها اشتراك أطراف كثيرة من ممولين ومقاولين وموردي مواد وغيرهم، وقد ساهم كل هذا في أن تُصبح عملية تنفيذ المشاريع تحدياً كبيراً للقائمين عليها، ومن ثم فقد ظهرت أهمية إدارة مشاريع التشييد كأداة لتقديم الحلول الكفيلة بتنفيذ المشاريع طبقا لمعايير محددة، من حيث كونها مطابقة للمخططات والمواصفات وكون تكلفتها وزمن تنفيذها يقعان في الحدود المقدرة لها، وذلك باستخدام أسلوب يضمن استغلال الموارد المتاحة بكفاءة عالية لتحقيق أهداف المشروع، هذا بالإضافة إلى ضرورة المتابعة والإشراف الدوري وإيجاد الحلول والتي تعتبر من أكتر مهام المشرف صعوبة، الأمر الذي يتطلب مهارة عالية وإلمامه وفهمه لكيفية حدوث المشاكل والتعامل معها. وهذا يتطلب وضع منهجية عمل إستراتيجية تتصف بالديمومة والاستمرار وتتمثل في ضرورة وضع أسس وقواعد للإشراف على تنفيذ هذه المشاريع، يمكن أن يسير بموجبها العمل بشكل دقيق وواضح وبصورة فنية ملائمة ، لتكون هذه الأسس والقواعد معياراً فنياً يتم من خلاله متابعة ومراقبة تنفيذ أي مشروع بدءً من إجراءات تسليم الموقع للمقاول، ومروراً بخطوات التنفيذ الفنية والإجراءات الإدارية، وانتهاءً بخطوات استلام المشروع استلاماً ابتدائياً ونهائياً من المقاول، للتأكد من سير العمل حسب المخططات والمواصفات والمدة والكلفة المتعاقد عليها.

لذا فإن هذه الورقة تتناول الإجراءات المفترض إتباعها في الإشراف على تنفيذ مشاريع المباني وفقاً لإطار علمي تم وضعه في صورة دليل يشمل إجراءات الإشراف ويمكن الاستعانة به لتسهيل مهام أجهزة الإشراف.

مفاتيح الكلمات: الدليل– إجراءات– إشراف – تنفيذ – مشاريع.

1- مقدمة

ضمن سع ي ليبيا لتنفيذ خطة تنموية تتفق ومعطيات العصر ومستجداته في مختلف المجالات ومنها التنمية العمرانية التي تمثل جزء من منظومة متكاملة تشمل شتى قطاعات الدولة، حيث شهدت المدن والقرى ولا تزال تشهد معدلات عالية من التنمية والتطور في هذا المجال، وذلك بتنفيذ العديد من المشاريع العمرانية الجديدة لمواجهة احتياجات المجتمع، وقد تم رصد ميزانية قدرها (21,302,210,000 د.ل) لعام 2009 للمشاريع والبرامج وفق ماورد في مذكرة توزيع الثروة الصادرة من مؤتمر الشعب العام لسنة 2009، وقد شُرع في تنفيذها ومن ضمنها تنفيذ (290) ألف وحدة سكنية، وهذا يتطلب وضع منهجية يمكن أن يسير بموجبها العمل للإشراف على تنفيذ هذه المشاريع.

إن الإشراف على التنفيذ هو المرحلة الأخيرة من مهام الاستشاري، حيث يسبقها التخطيط والتصميم والتي تتطلب وجود علاقة ثنائية بين المالك والاستشاري، بينما في الإشراف علاقة ثلاثية بين المالك والمقاول والاستشاري، وضبط هذه العلاقة من كافة جوانبها أثناء التنفيذ أمر صعب لكنه ضروري لإنهاء المشروع في وقته المحدد وضمن تكلفته المقدرة وبالجودة المطلوبة، ويتطلب النجاح في ذلك أموراً أساسية، النقص فيها يسبب فشل مهمة الإشراف في كثير من الأحيان، ويأتي في مقدمة هذه المتطلبات معرفة وخبرة هندسية وإدارية لإنجاز الإشراف بجوانبه المختلفة الإدارية والمالية والفنية، وحيازة هذه المعارف والخبرات ليس بالأمر الهين، ومع ذلك فإن توفرها ضروري للقيام بالإشراف على أكمل وجه .

ومن هنا فإن الإشراف على التنفيذ يحتل مكانة بارزة في إدارة المشاريع الهندسية لما له من دور فعال ومهم في نجاح المشروع، فهو الرقيب لعملية ترجمة المشروع من مواصفات ورسومات إلى واقع محسوس ماثل للعيان ينتفع به، وبالتالي يحقق الغرض الذي أنشى من أجله.

وللتغلب على المشاكل التي قد تواجه المهندس المشرف دعت الحاجة لوجود إجراءات محددة يمكن أن يسير بموجبها العمل بشكل دقيق وواضح وبصورة فنية ملائمة، بحيث توضع في دليل يمكن الإستعانة به في متابعة تنفيذ مشاريع المباني، لتسهيل مهام أجهزة الإشراف وللتقليل أو الحد من المشاكل التي تصاحب الإشراف وبالتالي الرفع من مستوى الإنتاجية وتحقيق الربحية للشركات والمنظمات، ولتحقيق ذلك تم إستنباط دليل يشمل الإجراءات التي يفترض أن يتبعها المهندس المشرف أثناء متابعته لتنفيذ مشاريع المباني، لمحاولة توحيد هذه الإجراءات وإبراز أهميتها و دورها في المساعدة على التغلب على الصعاب والمشاكل التي تواجه المهندس المشرف.

2- كيفية إستنباط الدليل

تم إستنباط الدليل من خلال إتباع منهجية تمثلت في تقسيم الدراسة إلى جزئين نظري وعملي، أمكن من خلالها إستباط الدليل وإعداده كمسودة مبدئياً وعرضت هذه المسودة على بعض المهندسين المختصين في التنفيذ والإشراف على تنفيذ المشاريع، ليتم دراسته وإعطاء الملاحظات حول محتوياته للأخذ بها وتطويره وإصداره بصورته النهائية بعد إجراء التعديلات عليه وفقاً لها، ووفقاً لما تم الوصول إليه من خلال إجراء دراسة لبعض الأدلة المتعلقة بالإشراف والإستعانة ببعض بياناتها، ومن خلال بعض المعلومات التي تم الحصول عليها من بعض المهندسين التابعين للجهات المنفذة والجهات المشرفة على تنفيذ مشاريع الوحدات السكنية التابعة لمصرف الإدخار والإستثمار العقاري وذلك عن طريق المقابلات الشخصية التي أُجريت معهم.

1.2الدراسة النظرية

تم إجراء الدراسة النظرية من خلال الإطلاع على بعض المراجع المتمثلة في لائحة الأسعار النمطية للأعمال الإنشائية، و بنود الأعمال ببعض المقايسات بمشاريع تنفيذ الوحدات السكنية، وعلى كيفية إعداد وثائق نظام إدارة الجودة ، بالإضافة إلى كم من المراجع، وتم إجراء دراسة لبعض الأدلة المتعلقة بالإشراف والإستعانة ببعض بياناتها، وتتمثل في الآتي:

أ.دراسة بعض أجزاء الدليل السعودي

من خلال البحث في شبكة المعلومات الدولية (الإنترنت)، تم الحصول على دليل يشمل إجراءات الإشراف على المشاريع البلدية في المملكة العربية السعودية، تم إعداده من قبل وكالة الوزارة للشئون الفنية حيث تهدف من خلاله إلى إبراز واجبات ومهام جهاز الإشراف على أعمال المشاريع البلدية في مرحلة التنفيذ، وتوضيح خطوات الإشراف على هذه المرحلة و توحيد الإجراءات التي يجب إتباعها، ويشتمل الدليل على ثلاثة أجزاء، الجزء الأول عام، والجزء الثاني يختص بخطوات الإشراف على تنفيذ أهم مشاريع البلديات، والجزء الثـــالث يحتوي على النماذج التي يحتاجها المهندس في أعمال الإشراف على التنفيذ .

ب. دليل المهندس المشرف على أعمال البناء في ليبيا

هذا الدليل معد من قبل مركز بحوث مواد البناء والتشييد ، وتم إصداره في سنة 2004، ويحتوي على مقدمة عن المنهجية التي تم إتباعها في إعداد الدليل ومراجعته، كما يحتوي على بعض التعريفات ذات العلاقة بعقود تنفيذ المشاريع، والتي تعطي تفسير واضح عن بعض المصطلحات التي تحويها هذه العقود، وتم تقسيمه إلى ثلاثة أجزاء،

الجزء الأول عام ويشمل على أهداف الدليل ، والتشريعات ذات العلاقة بالإشراف على التنفيذ ، وأساليب الإشراف على التنفيذ وصلاحيات وواجبات جهاز الإشراف، والجزء الثاني يشمل منهج الإشراف على التنفيذ ويشمل المراحل والقواعد الأساسية للإشراف على التنفيذ، وهي المرحلة التحضيرية والمرحلة التنفيذية، والجزء الثالث: ويشمل النماذج المستخدمة في الإشراف .

2.2 الدراسة العملية

اعتمد هذا الجانب من البحث لغرض الحصول على البيانات والمعلومات المطلوبة على الوسائل الأتية:

أ. المقابلات الشخصية مع بعض المهندسين التابعين للجهات المنفذة والجهات المشرفة على تنفيذ مشاريع الوحدات السكنية التابعة لمصرف الإدخار والإستثمار العقاري، بإعتباره إحدى أكبر الجهات المنفذة لمشاريع الوحدات السكنية بليبيا، لغرض معرفة كيفية سير عملية الإشراف على تنفيذ مشاريع المباني ولضمان الإجابة السليمة فضلا عن طرح الأسئلة التي تخدم أغراض البحث، والتأكيد على أهمية وحيادية ودقة الإجابات للوصول إلى الحقائق.

ب. الزيارات الميدانية للعديد من مواقع المشاريع لغرض التعرف ميدانياً على سير عملية الإشراف و أهم المشاكل التي تحدث خلالها وحصر النماذج المستخدمة.

ج. الدراسة الأولية والتي تم من خلالها عرض مسودة الدليل موضوع البحث على مجموعة من الخبراء المختصين في مجال الإشراف على تنفيذ المشاريع من استشاريين ومقاولين وممثلي المالك – المشرفين– لبيان أرآئهم حول شمولية وكفاءة الدليل، وقد تُرك الباب مفتوحاً أمامهم لتعديل البنود أو إضافة فقرات جديدة حتى يصبح الدليل قابلاً للتطبيق.

3– محتويات الدليل

بعد أن تم إعداد الدليل بصورته النهائية أشتمل على الأتي:

1.3 تعريف الدليل

هو دليل إرشادي للإجراءات المفترض إتباعها في مرحلة التنفيذ لمشاريع المباني.

2.3 أهداف الدليل

1. توحيد خطوات وإجراءات الإشراف على تنفيذ مشاريع المباني .
2. تسهيل متابعة تنفيذ الإجراءات الفنية اللازمة لإنشاء مشاريع المباني ، ودراسة ما يعترضها من مشكلات وحلها فنياً لتكون المحصلة النهائية مشاريع ذات طابع مميز تتوفر فيها جميع المتطلبات الفنية والبيئية .

3. تسهيل مهمة أجهزة الإشراف وفق ما يلي:

- تحديد مسئوليات المهندس المشرف، وإيضاح الشروط والتعليمات التي تتعلق بالإشراف على التنفيذ .
- تحديد المراحل الأساسية والإجراءات المتبعة في الإشراف على تنفيذ أعمال مشاريع المباني.
- رفع مستوى جودة تنفيذ المشاريع، وذلك عن طريق رفـــع مستوى الإشراف عليها، وتنفيذ برامج ضبط الجودة، وبالتالي التقليل من تكاليف الصيانة والتشغيل للمشاريع.
- الحد من بعض المشاكل والعوائق التي قد تنشأ خلال مرحلة تنفيذ مشاريع المباني ، وخلق جو من الثقة وروح التعاون بين عناصر المشروع (مقاول / جهاز إشراف / المالك).

3.3 حدود الدليل

- يقتصر هذا الدليل على العمليات والإجراءات الإدارية والفنية في مرحلة تنفيذ المشروع.
- لا يتعرض هذا الدليل لمرحلة الدراسات والتصاميم ولا إلى مرحلة الصيانة والتشغيل ولمعرفة متطلبات وتفاصيل أي بند من بنود المشروع يتم الرجوع لمستندات العقد أو أي مستندات إيضاحية.
- هذا الدليل موجه للجهات الإشرافية التي يمكنها تطبيقه بتأكيد الإدارة العليا وإجراء تحديث لبياناته كلما دعت الحاجة لذلك في ظل تغيير الظروف المحيطة.

4.3 واجبات وصلاحيات ومسئوليات أجهزة الإشراف

تكون مسئوليات وصلاحيات أجهزة الإشراف ضمن الاختصاصات التي يحددها له ا المالك في العقد، وإلى جانب مهام الإشراف يناط بها العديد من المهام والمسؤوليات ولا تقتصر هذه المسئوليات فقط على مايلي:

أولاً: خدمات إعداد وإدارة العقود وتشمل

1. مراجعة مستندات عقود المقاولين، و مراجعة وإعطاء الرأي بخصوص التغييرات التي تجرى على العقود.
2. متابعة تنفيذ المقاول لشروط العقد.
3. توفير نظام محفوظات للمشروع ويشمل الاستلام والتوزيع والحفظ.
4. مساعدة المالك في حالة التحكيم والمقاضاة.

ثانياً: الأعمال والخدمات المتعلقة بإدارة المشروع وتشمل

1. إعداد ومراجعة نظام وإجراءات خاصة بإدارة عقد الإشراف ويشمل (الإجراءات الإدارية، إعداد إجراءات لمراقبة أنشطة الإشراف والتنفيذ).

2. مراجعة ما يقدمه المقاول من برامج زمنية حسب ما تشير إليه المواصفات والتوصية باعتمادها من قبل المالك.

3. متابعة تقدم العمل وتقديم تقارير عن تطور العمل شاملاً التكاليف وذلك شهرياً وفصلياً وفقاً للبرامج الزمنية المحددة على أن يشمل وليس مقتصراً على (الأنشطة، المواد المستخدمة، المعدات (الآليات – الأجهزة) ، العناصر البشرية ، نسب الإنجاز الشهرية والتراكمية).

4. تقييم متطلبات المقاول من العناصر البشرية والمعدات والمواد بما يتماشى مع برنامج تنفيذ الأعمال.

5. مراجعة خطط العمل التفصيلية التي يقدمها المقاول.

6. مراجعة واعتماد طريقة تخطيط ومراقبة عمل وخدمات المقاول وتشمل الحواسيب المستخدمة والبرامج.

ثالثاً: خدمات مراقبة الجودة للمقاولين وتشمل

1. مراجعة خطط وأدلة الجودة التي يقدمها المقاول، و مراجعة التدقيق الخاص بأنظمة الجودة.

2. مراجعة الإجراءات المستخدمة في مراقبة كل من:(التصاميم، المستندات،المشتريات والتنفيذ.)

رابعاً: خدمات وإدارة المواد والمعدات والمشتريات

1. المشاركة في إعداد ومراجعة التوصية باعتماد قوائم وبيانات واختيار الموردين.

2. مراجعة واعتماد معدات الاختبارات والمعامل، والمعدات والآليات المستخدمة واللازمة للتنفيذ.

3. اعتماد ومراقبة مصادر المواد الأولية (المحاجر– مصادر الرمل وغيرها).

4. المشاركة في التفتيش على المواد والمعدات الموردة للمشروع.

5. مراجعة واعتماد البرنامج الزمني التفصيلي للمواد الموردة.

6. المشاركة في مراقبة مخزون المقاول وطريقة تخزين المواد والمعدات والتحكم بالمواد وطرق مناولتها ، ومخزون المعدات الدائمة.

خامساً: خدمات هندسية

1. مراجعة واعتماد الرسومات والتصاميم والمواصفات التي يقدمها المقاول وكافة المستندات الفنية ذات الصلة.

2. مراجعة واعتماد الخرائط التي يقدمها المصمم وكافة المستندات الفنية ذات الصلة.

3. مراجعة واعتماد الرسومات التي يقدمها المصنعون عن طريق المقاول، ومراجعة واعتماد الرسومات كما تم تنفيذها.

سادساً: خدمات الإشراف على التنفيذ

1. مراجعة واعتماد الرسومات التنفيذية التي تقدم من قبل المقاول واقتراح التعديلات اللازمة لضمان سلامة العمل.
2. مراجعة واعتماد طرق التنفيذ وتحديد مدى ملائمتها، والإشراف على تنفيذ الأنشطة حسب مستندات العقد.
3. مراجعة البرنامج الزمني للتنفيذ وبيان المسارات الحرجة، واقتراح الحلول الناجحة ومراقبة تنفيذ الأنشطة.
5. الإشراف على فحص واختبار وقبول المواد واعتمادها، و على الاختبارات الخاصة بتنفيذ الأعمال.
6. مراجعة ومراقبة أوامر تعديل بنود العمل والتوصية للمالك.
7. مراجعة واعتماد ومراقبة إجراءات الأمن والصحة والسلامة العامة للمشروع عن طريق المقاولين.
8. مراجعة حلول المقاولين لمشاكل التنفيذ ووضع توصيات بالخصوص مبيناً الالتزامات المترتبة عنها واقتراح البدائل.
9. الإشراف على التنسيق بين مقاولي الباطن.
10. مراجعة واعتماد الكميات المنفذة وقوائم الدفعات والتوصية للمالك بالإجراء.
11. مراقبة سير العمل وفقاً للبرامج الزمنية وخطط الجودة.
12. إعداد السجلات اليومية والأسبوعية لسير عمليات التنفيذ، ومراجعة واعتماد دفاتر الحصر المقدمة من المقاول.

5.3 مراحل الإشراف ومتابعة التنفيذ

تقوم الجهة المشرفة بمتابعة تنفيذ أعمال المشاريع والإشراف الميداني، وذلك بهدف ضبط التكلفة ومراقبة الجودة وسلامة التنفيذ طبقاً للمواصفات والتصاميم المعتمدة، والتأكد من الالتزام بالبرامج الزمنية وذلك وفقاً للخطوات الأتية:

أ- التخطيط لعملية الإشراف والتنسيق مع المقاول قبل تسليم الموقع

ويتطلب ذلك تعيين مشرف عام على المشروع، يكون المسئول التنفيذي المباشر والمضطلع بإدارة المشروع ومتابعة أعمال التنفيذ، بما يحقق الأهداف المرسومة بأقصى درجة من الكفاءة والنوعية، ويتم تزويده بالكفاءات الإدارية والفنية اللازمة بناءً على ترشيح الجهة المشرفة وموافقة المالك، ويتم في هذه المرحلة الأتي:

- وضع الخطة العامة للإشراف على تنفيذ المشروع، والخطط الفرعية الإجرائية بعد مناقشتها والاقتناع بها.
- تحديد الحاجات من القوى البشرية والاحتياجات المادية وغيرها اللازمة للاشراف على التنفيذ.
- تحديد مهام ومسئوليات وصلاحيات الموظفين والعاملين، واختيار مقر لفريق العمل وتجهيزه بكافة المستلزمات.

– التنسيق مع الجهات ذات العلاقة لتنفيذ المشروع وضمان نجاحه.

ب– مراجعة الجدول الزمني واعتماده

يتم في هذه المرحلة مراجعة الجدول الزمني المعد من قبل المقاول، وتحديد الأنشطة المختلفة له وكيفية تنفيذها وعلاقتها ببعضها البعض، وكذلك تتابع مراحل العمل المختلفة والمدة الزمنية المطلوبة لتنفيذ كل بند والموارد التي يحتاجها المشروع من مواد وعمالة ومعدات وموارد مالية، ومراجعة قوائم المعدات والآليات والتجهيزات الأساسية التي سيستخدمها المقاول في انجاز الأعمال، ومراجعة كشوفات القوى العاملة، ومراجعة تقييم الأثر البيئي والمروري، وفي حال استيفاء المقاول لكافة المطالب يتم اعتماد الجدول الزمني، و في حال وجود أي تعديلات يطلبها المشرف يتم اجرائها من قبل المقاول وبعد ذلك يتم مراجعة البرنامج الزمني المعدل واعتماده.

ج– تسليم الموقع للمقاول

يسلم الموقع للمقاول بحضور الجهة المشرفة خاليا من الشواغل، فإذا لم يكن خاليا يتم الاتفاق على المدة اللازمة لاخلائه، ويكون تسليم الموقع بناء على اخطار يرسله المالك للمقاول ويحرر عند التسليم محضر بذلك.

د– اعتماد المخططات التفصيلية للتنفيذ

تتم مراجعة ومطابقة المخططات التفصيلية للتنفيذ لكافة أعمال المشروع المقدمة من المقاول قبل وأثناء مباشرة التنفيذ، ووضع الملاحظات الفنية عليها إن وجدت، وإبلاغ المقاول بأي خطأ يكون موجود بها والمقترحات الخاصة بمعالجة الخطأ، ويتم تعديلها خلال فترة يحددها المشرف ويلتزم بها المقاول ليتم اعتمادها.

هـ– اعتماد عينات المواد والأجهزة والمعدات

ويتطلب ذلك دراسة قوائم المواد والمعدات المستخدمة في التنفيذ، ودراسة برامج ضبط وتوكيد الجودة للمواد والأجهزة، ومتابعة عملية المشتريات، ومراجعة قوائم الموردين، وكتيبات المواصفات، وأدلة التشغيل، والتقارير التي تفيد بمطابقتها للمواصفات المطلوبة.

و– المتابعة الفنية للمشروع

يتم من خلالها متابعة ما يواجه تنفيذ المشروع من مشاكل فنية أو ادارية أو تنظيمية تعيق سير العمل، ومناقشة هذه المشاكل وتداول وجهات النظر لاتخاذ الحل الأنسب لها بصفة عاجلة، ودراسة الخطط المعدة للتنفيذ وتقديم الاقتراحات والتوجيهات بشأنها، وتقديم الدعم الفني للمقاول، واعتماد المدد الزمنية الاضافية، والاشراف على تنفيذ الخطط ومتابعتها

وتقويمها بشكل عام من خلال إجراء دراسات تتبعية لخطوات تنفيذ المشروع، وتقويم مخرجاته المرحلية والكلية ، وتذليل العقبات، ورفع التقارير الفنية اللازمة عن فعالية المشروع ومستوى تقدمه دورياً للمالك.

ز- تدقيق المستخلصات المالية

تقوم الجهة المشرفة بالتنسيق مع المقاول أو من ينوب عنه دورياً بقياس أو وزن الأعمال المنفذة، وتقدير قيمتها طبقاً للفئات الواردة بجدول الأسعار المرفق بالعقد، وتحرير كشوفات مؤقتة توقع من الطرفين، فإذا تخلف المقاول أو من ينوب عنه عن الإشتراك في عملية الحصر والتقدير المذكور بعد إخطاره بذلك، إلتزم بالمقاسات والأوزان التي تجريها الجهة المشرفة وبالكشوف المؤقتة التي تحررها.

ح- الإستلام الإبتدائي للمشروع

يتم الإستلام الإبتدائي حينما تكتمل جميع الأعمال دون نواقص، وبعد إنتهاء المدة المقررة لتنفيذه، ويمكن استلامه قبل ذلك إذا أنهى المقاول المشروع قبل إنتهاء مدة التنفيذ، فيقوم بإخلاء الموقع وإخطار المالك بإنتهاء العمل، ويدعوه بخطاب مسجل لاستلام المشروع، ويطالبه بتحديد موعد المعاينة فيتم تشكيل لجنة للمعاينة ويحرر محضر إذا تبين من المعاينة مطابقة الأعمال المنفذة للعقد وشروطه ومواصفاته.

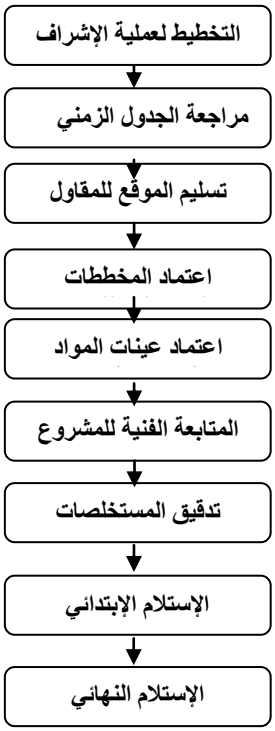
ط- الإستلام النهائي للمشروع

يضمن المقاول الأعمال موضوع العقد وحسن تنفيذه لها سنة واحدة من تاريخ الإستلام الابتدائي، إلا إذا نص العقد على مدة أكثر أو أقل من ذلك، ويكون المقاول مسئول عن بقاء جميع الأعمال سليمة أثناء هذه المدة، وإذا ظهر بها خلل أو عيب فني أو تنفيذي لا علاقة له بسوء الاستخدام خلال هذه المدة، فعليه أن يقوم بإصلاحه على نفقته وقبل إنتهاء مدة الضمان المحددة بوقت مناسب، فيخطر المقاول المالك كتابة بطلب لتحديد موعد معاينة الأعمال، فيقوم المالك بالاستعانة بالجهة المشرفة بإجراء المعاينة، وفي حال مطابقة الأعمال للعقد وشروطه ومواصفاته يتم الاستلام النهائي ويحرر محضر بهذا الشأن، ويمكن تلخيص هذه المراحل في المخطط الموضح بالشكل رقم (1).

4- إجراءات الإشراف على تنفيذ مشاريع المباني

تمت كتابة الإجراءات الخاصة بكل مرحلة من مراحل الإشراف، لتحديد كيفية تنفيذ الأنشطة والأعمال التي تؤثر على جودة العمل، ولتجنب التداخل في العمليات بتحديد الخطوات التفصيلية لكل عملية، وللتقليل من المجهود الذهني

والعصبي، ولضمان أن جميع العمليات تتم بالطريقة المقررة لها، وتم مراعاة أن تكون هذه الإجراءات واضحة ومبسطة ومفهومة ولا تتعارض مع بعضها البعض وأن تكون قابلة للتطبيق، وتم إتباع الطريقة المستخدمة في إعداد وتصميم وثائق نظام إدارة الجودة بحيث يشمل كل إجراء على الأتي:

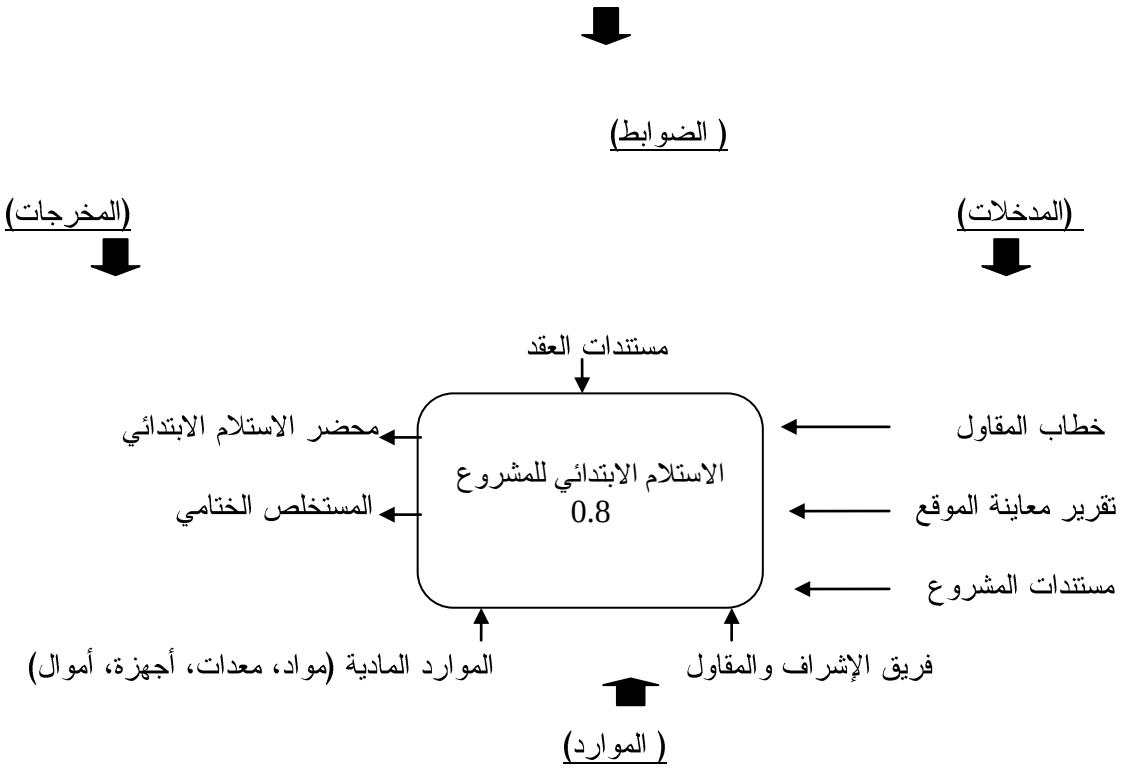


شكل رقم (1) مراحل الإشراف ومتابعة التنفيذ.

- الغرض: يوضح الهدف من إنشاء الإجراء.
- مجال التطبيق: يوضح المجال الذي يتأثر بهذا الإجراء (نشاط– عمليات– معدات– ... الخ).
- المسئولية: الجهة المسئولة عن تنفيذ كل أو بعض الخطوات التنفيذية.
- التعريفات: توضح المصطلحات المذكورة في الإجراء والتي تحتاج إلى إيضاح لمستخدمي الإجراء.
- المراجع: وهي المستندات التي يتم الاستناد إليها في الإجراء.
- الخطوات التنفيذية: يتم فيها بيان مفصل للإجراء بتحديد المسئول عن التنفيذ في كل خطوة والنماذج وأرقامها.

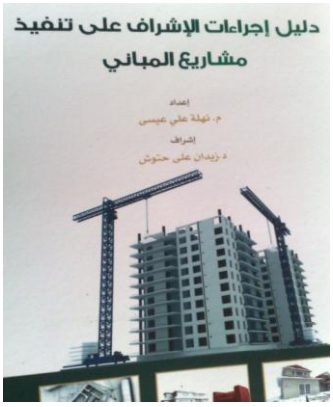
- النماذج المستخدمة: وهي النماذج المستخدمة في الإجراء وتم ترقيمها حسب ورودها في الدليل وتمييزها بأرقام تتضمن رقم الإجراء ورقم النموذج ورقم وتاريخ الإصدار.

- مخطط العملية: يوضح العملية و مدخلاتها ومخرجاتها ومواردها وضوابطها باستخدام طريقة الصندوق والسهم وأعطيت أرقام للعمليات وفقاً لورودها في الدليل كما هو موضح بالشكل رقم (2).



شكل (2) مخطط العملية لإجراء الاستلام الابتدائي للمشروع

ويشتمل الدليل على تسعة إجراءات أساسية ابتداءً من إجراء التخطيط للإشراف وانتهاء بإجراء التسليم النهائي للمشروع، ويمكن الإطلاع عليه ضمن دراسة بحثية بقسم إدارة المشاريع الهندسية بأكاديمية الدراسات العليا، والشكل رقم (3) يوضح غلاف الدليل موضوع البحث.



شكل رقم (3) غلاف دليل إجراءات الإشراف على تنفيذ مشاريع المباني

5. النتائج والتوصيات والمقترحات

5.1 الاستنتاجات

1.1.5 قد ترجع أسباب عرقلة تنفيذ المشاريع للمالك أو من يمثله في الإشراف من خلال عدم قدرته على مواكبة المقاول أثناء مرحلة التنفيذ، لعدم وجود إجراءات محددة تسهل عليه عملية المتابعة والمراقبة ، وللتغلب على الصعاب والمشاكل التي قد تواجه المهندس المشرف ، دعت الحاجة إلى وجود إجراءات محددة يمكن أن يسير بموجبها العمل بشكل دقيق وواضح وبصورة فنية ملائمة، بحيث توضع في دليل يمكن الاستعانة به في الإشراف على تنفيذ مشاريع المباني.

2.1.5 لاستنباط الدليل تم إتباع منهجية اشتملت على الدراسة النظرية ، والدراسة العملية، وإجراء الدراسة الأولية ليتم إصدار الدليل بصورته النهائية و يصبح قابلاً للتطبيق وبالتالي تحقيق أهداف البحث.

2.5 التوصيات

1.2.5 توسيع مجال البحث ليشمل على جوانب الإشراف الإدارية والمالية بتوسع وعدم اقتصاره على الجانب الفني فقط.

2.2.5 توسيع نطاق البحث حتى يتم التوصل لأدلة في مجالات تخصصية أُخرى .

3.2.5 تأكيد الإدارة العليا بالجهات ذات العلاقة على الالتزام بتطبيق ما جاء بالدليل وإجراء تحديث لبياناته كلما دعت الحاجة لذلك في ظل تغيير الظروف المحيطة.

المراجع

[1] أمانة مؤتمر الشعب العام "مذكرة توزيع الثروة للعرض على المؤتمرات الشعبية الأساسية" الجماهيرية العظمى 2009.

[2] مركز بحوث مواد البناء والتشييد " دليل المهندس المشرف على أعمال البناء" 2004.

[3] نهلة علي عيسى "إستنباط دليل إجراءات الإشراف على تنفيذ مشاريع المباني" رسالة ماجستير غير منشورة، أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس، 2010.

[4] وزارة الشئون البلدية والقروية "دليل إجراءات الإشراف على تنفيذ مشاريع البلديات" الرياض.

تجارب معملية لدراسة تأثير التسليح الحلزوني في منطقة الضغط للكمرة

د.نوري محمد الباشا

أستاذ مساعد
جامعة الجبل الغربي بالزاوية- كلية الهندسة- قسم الهندسة المدنية- رقدالين
elbashaaustralia@yahoo.com.au

ملخص

بالرغم من أن الخرسانة عالية المقاومة ذات سلوك ميكانيكي يختلف عن السلوك الميكانيكي للخرسانة العادية حيث أن الخرسانة عالية المقاومة تنهار إنهيارا مفاجئا إلا أنه في الفترة الأخيرة هناك اتجاه واضح لاستخدام الخرسانة عالية المقاومة والتي تزيد مقاومتها للضغط عن 65 ميجا باسكال حسب المواصفات الأسترالية، ليس فقط كخرسانة سابقة التجهيز ولكن كخرسانة مصبوبة فى الموقع، وذلك لما لها من مميزات إنشائية إقتصادية تخدم المهندس المصمم.

في هذا البحث تمت دراسة خمس كمرات مكونة من الخرسانة عالية المقاومة متمثلة في مقاومة الضغط 105 ميجا باسكال. يتم تحسين خاصية مقاومة العزم و المطولية للكمرة المكونة من خرسانة عالية المقاومة وكذالك نسبة الحديد أعلى من القيمة القصوى وذالك بوضع تسليح حلزوني في منطقة الضغط للكمرة. المسافة بين فقرات التسليح الحلزوني تعتبر عاملا مهما للتحكم في درجة تحسين خاصية مقاومة العزم والمطوليه للكمرة.

وتؤكد أهم النتائج أنه لا يوجد تأثير للحديد الحلزوني في منطقة الضغط بالكمرة إذا كانت المسافة بين فقراته 160مم. الحمل الذي يسبب في انسلاخ طبقة الغطاء الخرساني يزيد خطيا بازدياد المسافة بين فقرات الحديد الحلزوني وكذالك تم إثبات أن زرع الحديد الحلزوني في منطقة الضغط للكمرة المكونة من الخرسانه عالية الإجهاد يحسن خاصية المطوليه للخرسانة المحصورة.

الكلمات الدالة: الخرسانة عالية المقاومة– المطولية– الحديد الحلزوني في منطقة الضغط للكمرة

1- المقدمة

التقدم في صناعة البناء والتشييد أدى إلى البحث والإستمرار في تحسين خواص مواد البناء ويمكن استغلال تلك المواد في إنشاء العناصر الإنشائية للمبنى بما يوافق المتطلبات الأساسية لمواصفات البناء. مثلا إستخدام الخرسانة عالية المقاومة (HSC) 100 ميجا باسكا ل وحديد التسليح ذا إجهاد الخضوع يصل إلى 500 ميجا باسكال وتصغير مساحة مقطع العنصر الإنشائى و زيادة نسبة الحديد بحيث تفوق النسبة المسموح بها فيكون نوع

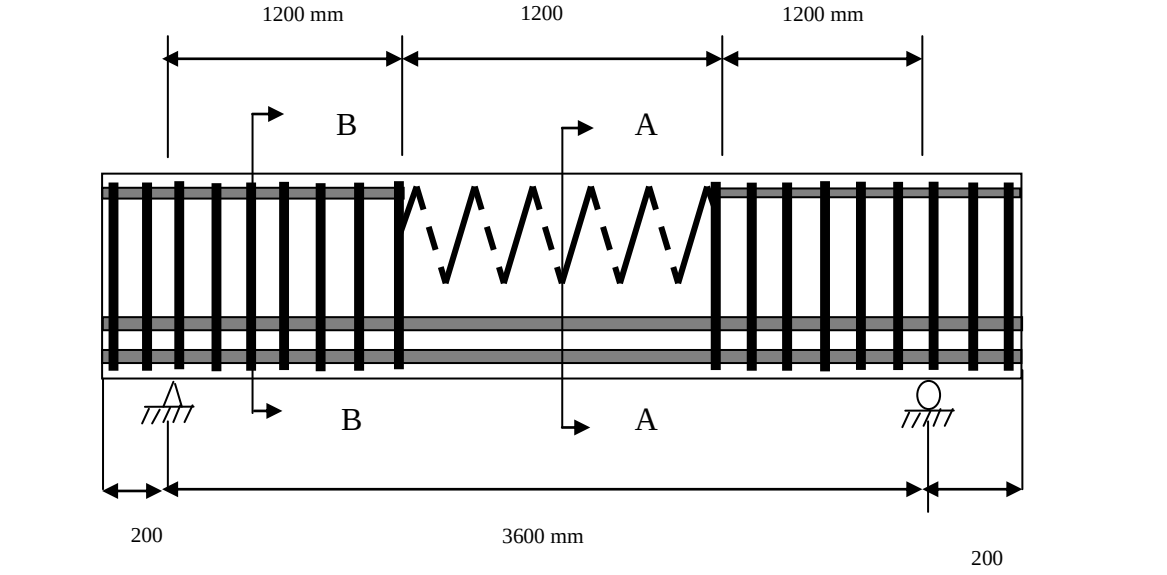
الإنهيار(Compression Failure) يمكننا التغلب على تلك المشكلة وتحسين خاصية المطولي ة بوضع الحديد الحلزوني (Helical Confinement) في منطقة الضغط للعنصر الإنشائي. ومن المتعارف عليه أن حديد التسليح الحلزوني أكثر فعالية من (Rectangular Tie) فى زيادة المقاومة وتحسين خاصية المطولية للخرسانة المحصورة (Confined Concrete). إن كفاءة حديد التسليح الحلزوني تعتمد على متغيرات مهمة ومختلفة منها المسافات بين الحديد الحلزوني (Helical Pitch) وقطر الحديد المستخدم (Helical Diameter) وإجهاد الخضوع للحديد الحلزوني (yield strength of helical steel).

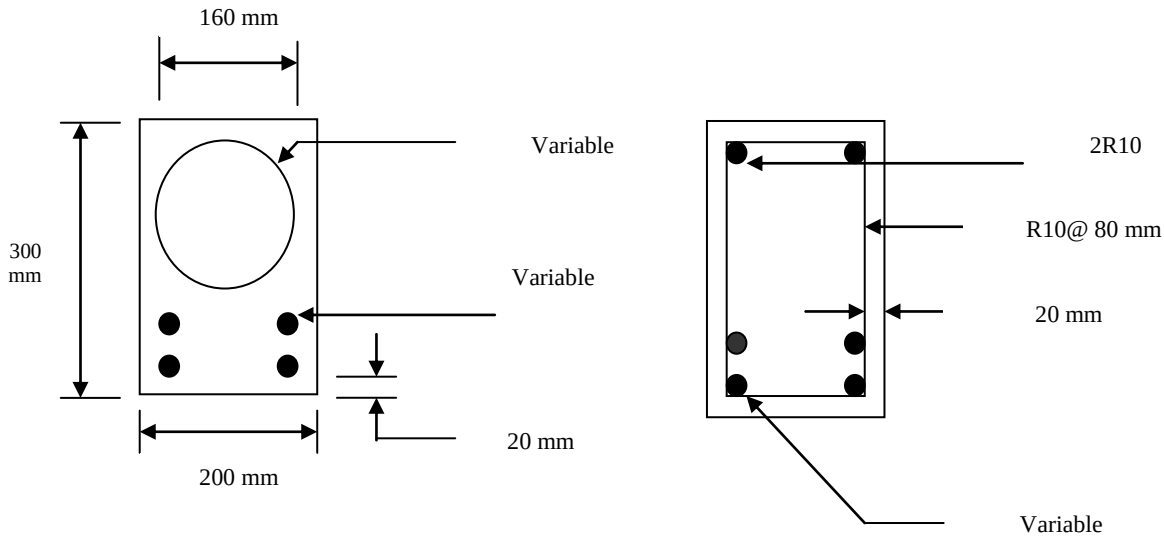
هذه الورقة تعرض نتائج تجارب خمس كمرات بحجم كبير حيث أن طول الكمرة 4 م وعرض الكمرة 200 مم وارتفاعها 300 مم ومقاومة الضغط 105 ميجا باسكال وحديد التسليح ذا إجهاد الخضوع يصل إلى 500 ميجا باسكال. تم تثبيت كل المتغيرات للخمس كمرات ماعدا متغير واحد ألا وهو المسافات بين الحديد الحلزوني. حيث كانت 25, 50, 75, 100, 160 مم.

2- برنامج التجارب المعلية

شيخ ويزميري [1] إختبروا تأثير عدة متغيرات لها تأثير علي سلوك المقاومة و المطولية للأعمدة وتم ذلك باختبار 24 عينة حيث كانت الخرسانة المستخدمة عالية المقاومة. كانت أهم النتائج تشير إلى أهمية مسافات الحديد الحلزوني . شن [2] أختبر 4 كمرات لدراسة تأثير المسافة بين الكانات في منطقة الضغط علي خاصية المطولية ولكن نتائج تلك التجارب لم توضح أهمية المسافة بين الكانات في منطقة الضغط للكمرات الأربع.

كل الدراسات السابقة[3-4-5] تؤكد أن الحديد الحلزوني في منطقة الضغط هو الأفضل في تحسين خاصية المقاومة والممطولية للأعمدة ولعدم وجود نتائج تجارب عن كمرات تحتوي على حديد التسليح الحلزوني في منطقة الضغط لذلك قمنا بتنفيذ برنامج تجارب معملية الهدف منه تحديد سلوك الكمرات المكونة من الخرسانة عالية المقاومة (HSC) والتي تحوي على نسبة حديد أعلى من النسبة المسموح بها وتحديد تأثير مسافات حديد التسليح الحلزوني علي خاصية المقاومة والممطولية. شكل (1أ) و(1ب) يوضحان أبعاد الكمرة والتسليح الرئيسى وتفاصيل حديد التسليح الحلزوني في منطقة الضغط. حديد التسليح الحلزوني من النوع الأملس وبقطر 12مم وإجهاد الخضوع 500 ميجا باسكال. أما بالنسبة





Helical pitch is Variable

SECTION A- A

SECTION B-B

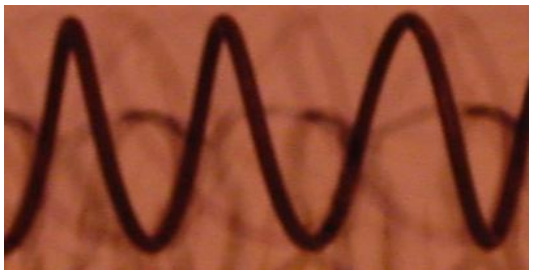
شكل (1أ) يوضح تفاصيل تسليح و أبعاد الكمرة



Helical pitch 50 mm



Helical pitch 25 mm



Helical pitch 100 mm



Helical pitch 75 mm



Helical pitch 160 mm

شكل (1ب) يوضح تفاصيل المسافات بين حديد تسليح الحلزوني

للتسليح الرأسي فإنه تم تسليح كل كمرة بأربعة أسياخ وقطر السيخ الواحد 32 مم. وتم استجلاب الخرسانة الجاهزة (الخرسانة عالية المقاومة HSC) من المصنع وكانت مقاومة الضغط للإسطوانة 105 ميجا باسكال.

لقد تم وضع مقاييس حساسة لقياس الإنفعال (Electrical Resistance Strain Gauges) في كل من التسليح الرئيسي والتسليح الحلزوني وتم قياس الإنفعال في منطقة الضغط في الكمرة بوضع (Embedment gauges) عند منتصف الكمرة وتم اختبار الكمرة تحت نظام أربع نقاط تحميل وتم قياس الهبوط عند منتصفها باستخدام جهاز يدعى:

(LVD ts, linear variable differential transformers)

خمس قراءات مختلفة يتم أخذها في كل مرحلة تحميل وهى الإنفعال عند سطح الكمرة والإنفعال عند عمق 40 مم والإنفعال في التسليح الرئيسي والإنفعال في الحديد الحلزوني وأخيرا الهبوط عند منتصف الكمرة. كل البيانات تم تخزينها باستعمال النظام الذكي بالكمبيوتر (Smart System installed in PC computer).

3- النتائج و المناقشة

الجدول 1 والجدول 2 يعرضان ملخص بعض النتائج للتجارب التي أجريت على خمس كمرات مكونة من خرسانة عالية المقاومة وفيها نسبة الحديد أعلى من النسبة القصوى، وتم وضع التسليح الحلزوني في منطقة الضغط للكمرة. عموما الكمرات 12HP25, 12HP50,12HP75,12H100, يزداد الإنفعال عند سطحها العلوي بازدياد الحمل إلى الحالة التى ينسلخ فيها الغطاء الخرسانى ثم يزداد الحمل بازدياد الهبوط فمثلا الكمرة 12HP25 ينسلخ فيها الغطاء الخرساني عند حمل 372kN ثم يبدأ الحمل في الإزدياد بازدياد الهبوط إلى أن يصل الحمل 411kN والهبوط عند منتصف الكمرة 240 مم (إنهيار مطيل – Ductile failure)، أما الكمرة 12HP160 فإن الإنفعال عند سطحها العلوي يزداد تدريجيا إلي أن يصل 0.0034، وعند ذلك الإنفعال تنهار الكمرة وتنزل قيمة الحمل فجأة من 413kN إلى 150kN (إنهيار قصف – Brittle failure)، وبذلك نستنتج أن الحديد الحلزوني لم يكن فعالا عندما كانت المسافات بين الحديد الحلزوني 160 مم. ويتضح من النتائج أنه لا يوجد فرق يذكر بين الإنفعال عند انسلاخ الغطاء الخرساني أو عند انهيار الكمرة، وكان متوسط الإنفعال 0.003 وذلك يتفق مع المواصفات الأسترالية والأمريكية [6-7].

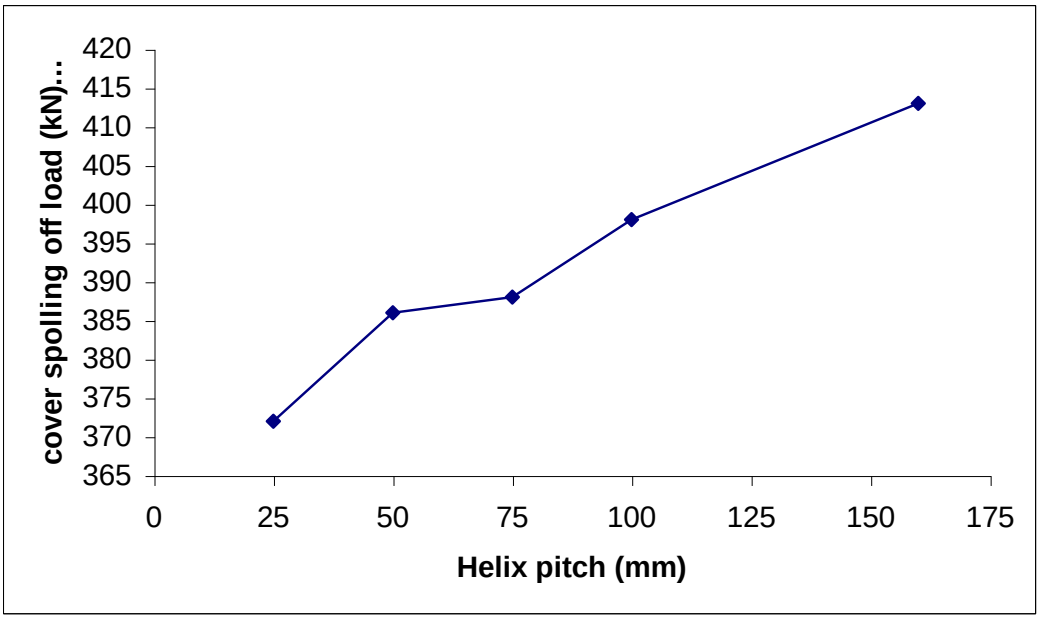
الشكل (2) يوضح العلاقة بين حمل انسلاخ الغطاء الخرساني والمسافات بين الحديد الحلزوني ولقد استنتج من ذلك أن حمل انسلاخ الغطاء الخرساني يزداد طرديا بازدياد مسافة الحديد الحلزوني. نستنتج من ذلك أن تصميم هذا النوع من

جدول رقم(1) يوضح العلاقة بين الحمل والهبوط

Beam specimen	Load at cover spalling off, kN	Failure load, kN	Yield deflection Δ_y, mm	Ultimate deflection Δ_u, mm	Displacement ductility index Δ_u / Δ_y
12HP25	372	411	40	240	6
12HP50	386	340	35	193	4.6
12HP75	388	310	32	65	2
12HP100	398	260	33	52	1.6
12HP160	413	150	38	38	1

جدول رقم(2) يوضح الإنفعال عند انسلاخ الغطاء الخرساني

Beam specimen	Measured top surface strain just before spalling off concrete cover
12HP25	0.00324
12HP50	0.00324
12HP75	0.00336
12HP100	0.00336
12HP160	0.0034

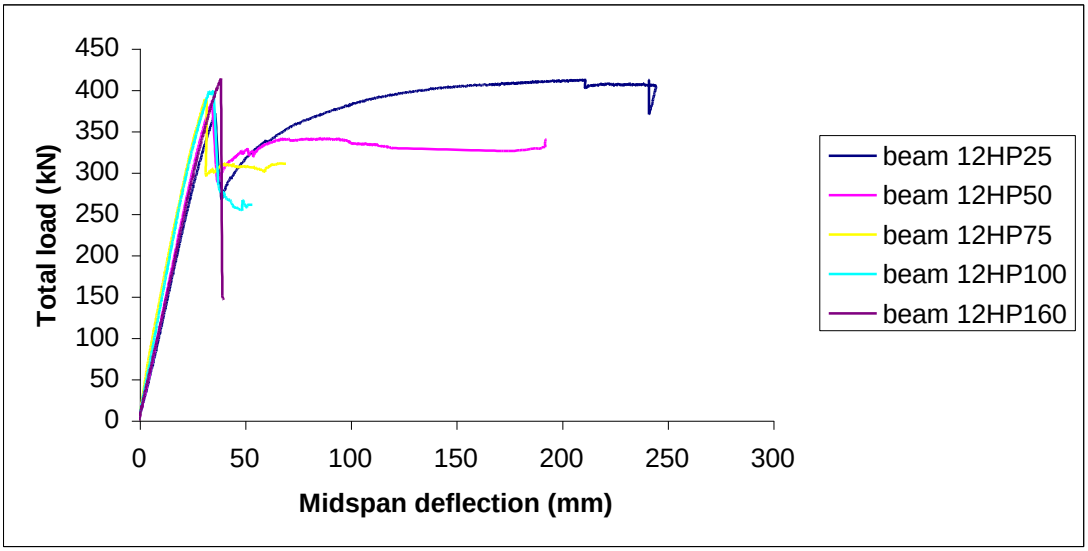


الشكل (2) يوضح العلاقة بين حمل انسلاخ الغطاء الخرسانى والمسافات بين الحديد الحلزوني

الكمرات يعتمد على العلاقة بين حمل انسلاخ الغطاء الخرساني وأقصى حمل تتحمله الكمرة ولذلك نؤكد على أهمية إجراء تجارب معملية مكثفة وأبحاث متواصلة لفهم و دراسة سلوك هذا النوع من الكمرات وإيجاد طريقة تصميم عملية تحدد المسافات المناسبة لحديد التسليح الحلزوني.

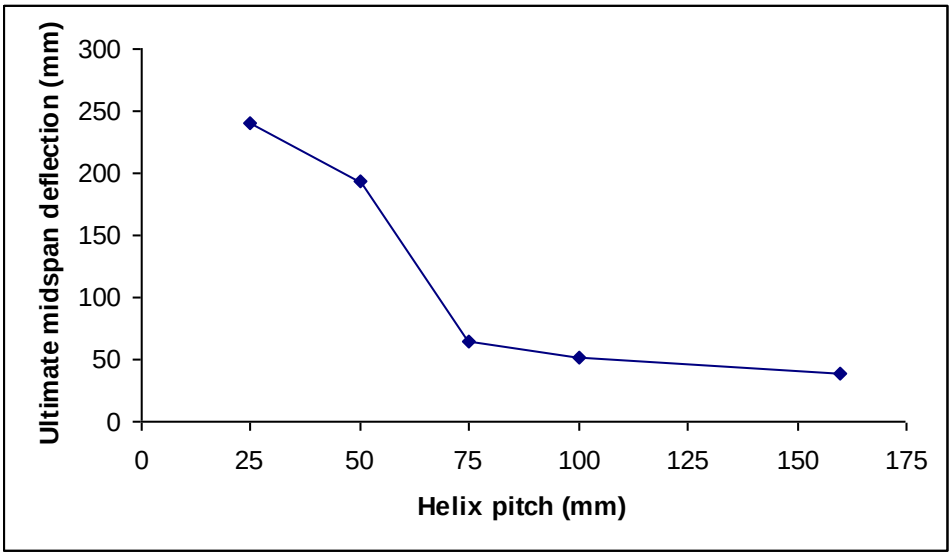
الشكل (3) يوضح العلاقة بين الحمل والهبوط وذلك التأثير الواضح لمسافة حديد التسليح الحلزوني في تحسين خاصية المطوليةِ. الكمرات ,12HP25,12HP50,12HP75,12H100 إنهارت إنهيارا مرنا متدرجا وليس مفاجئا ودرجة التدرج تعتمد علي مسافة الحديد الحلزوني. والكمرة 12HP160 إنهارات إنهيارا مفاجئا حيث أن الخرسانة في منطقة الضغط بالكمرة تهشمت بصورة مفاجئة وذلك يؤكد أنه عندما كانت مسافات الحديد الحلزوني 160 مم لا يوجد تأثير للحديد الحلزوني في الكمرة، بمعني آخر أن الحديد الحلزوني في منطقة الضغط بالكمرة يكون غير مؤثر عندما تكون مسافاته تساوي قطر الخرسانة المحصورة بمنطقة الضغط وذلك يتفق مع لينقر [4] ومارتيز [5].

(The confinement effect is negligible when the helical pitch is equal or greater than the core diameter for helically confined beams).

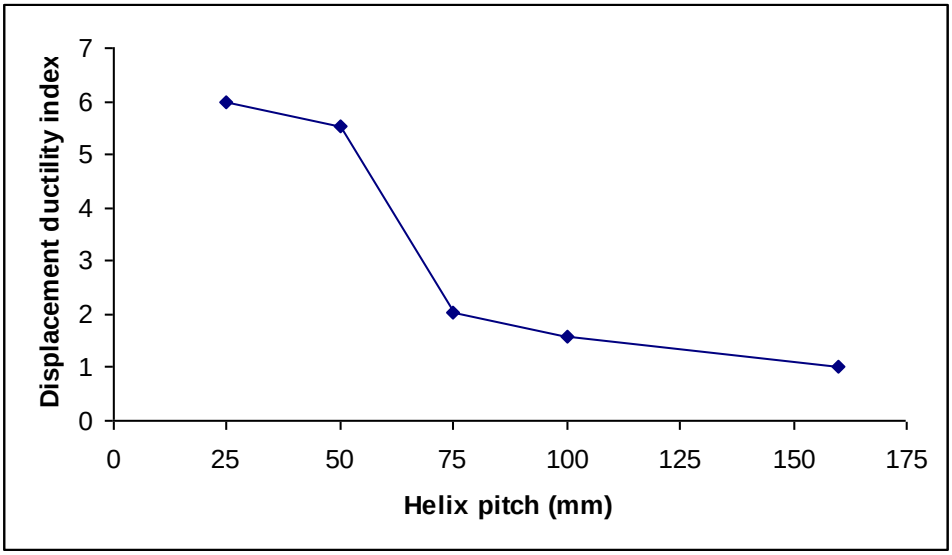


الشكل (3) يوضح العلاقة بين الحمل والترخيم

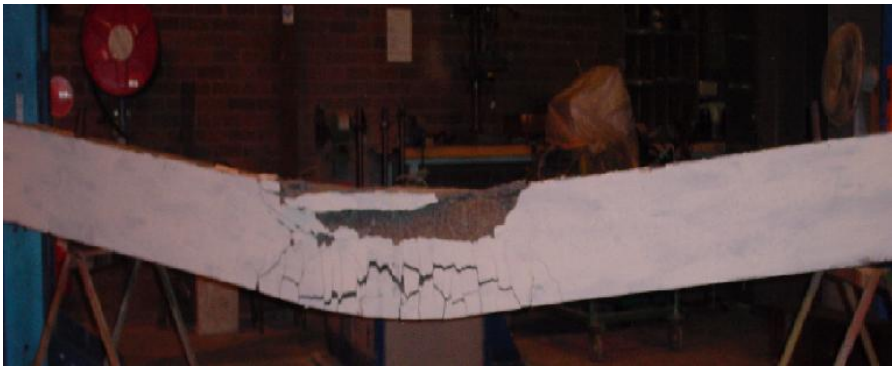
الشكل (4) يوضح العلاقة بين مسافات الحديد الحلزوني والهبوط. حيث كان الهبوط 240 مم للكمرة 12HP25 و52 مم للكمرة 12HP100 فكلما زادت مسافات الحديد الحلزوني قل الهبوط. ومن خلال هذا الشكل نلاحظ أن مسافات الحديد الحلزوني تكون مؤثرة تأثيرا فعالا عندما تكون ما بين 25–75 مم. الشكل (5) يوضح العلاقة بين مسافات الحديد الحلزوني ومؤشر الممطولية الذي يعرف على أنه النسبة بين أقصى هبوط والهبوط عند الخضوع. لقد لوحظ أن مؤشر الممطولية يتأثر بأقصى قيمة للهبوط وليس الهبوط عند الخضوع. الشكل (6) يوضح الهبوط في الكمرة 12HP25 والشكل (7) يوضح الخرسانة المحصورة داخل حديد التسليح الحلزوني عند انهيار الكمرة 12HP25.



الشكل (4) يوضح العلاقة بين مسافات الحديد الحلزوني والترخيم



الشكل (5) يوضح العلاقة بين مسافات الحديد الحلزوني و مؤشر الممطولية



الشكل (6) يوضح الترخيم في الكمرة 12HP25



الشكل (7) يوضح الشقوق عند انهيار الكمرة 12HP25.

من خلال نتائج التجارب يتضح أهمية مسافات الحديد الحلزوني في تحسين خاصية الممطولية. بالرغم من ذلك فإن المواصفات الأمريكية والأسترالية [6–7] لم تحدد أهمية مسافات حديد التسليح الحلزوني وذلك يتضح فى عدم وجود المتغير الذى يمثل مسافات الحديد الحلزوني مباشرة في المعالة التالية، وهي المعادلة الخاصة بتصميم الحديد الحلزوني في العمود. بمعنى آخر المعادلة اهتمت بوضع نسبة الحديد الحلزوني (Volumetric Ratio of Helical Steel) بدون إشارة مباشرة للمسافات. ولذلك يقترح أن يبرز المتغير الذي يمثل مسافات حديد التسليح الحلزوني مباشرة في المعادلات الخاصة بالتصميم.

$$\rho_h = 0.45\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)\frac{f_c'}{f_{yh}}$$

where ρ_h is the total volumetric ratio of helices; A_g is the gross area of the section; A_c is the area of the core; f_c' is the concrete compressive strength and f_{yh} is the yield stress of helical reinforcement.

4– الخلاصة

هذا البحث يعرض نتيجة تجارب معملية لكمرات مكونة من خرسانة عالية المقاومة وفيها نسبة الحديد أعلى من النسبة القصوى التي تسمح بها المواصفات الأسترالية ، وذلك لدراسة تأثير وضع التسليح الحلزوني في منطقة الضغط على سلوك الكمرة. تم اختبار خمس كمرات بطول 4 متر ومساحة مقطع 200×300 مم والمسافة بين فقرات حديد التسليح الحلزوني 160،100،75،50،25 مم. برنامج التجارب في هذا البحث صمم لدراسة سلوك الكمرة المكونة من حديد التسليح الحلزوني في منطقة الضغط ولدراسة تأثير مسافات حديد التسليح الحلزوني على خاصية الممطولية.

سلوك الكمرات التي فيها مسافات الحديد الحلزوني 25, 50, 75, 100 مم إنهيارها تدريجي وليس مفاجئ ودرجة التدرج تعتمد علي مسافة الحديد الحلزوني، وكان الإنفعال يزداد عند سطحها العلوي بازدياد الحمل إلى الحالة التي ينسلخ فيها الغطاء الخرسانى. ولقد كان متوسط الإنفعال عند إنسلاخ الغطاء الخرسانى 0.0033، ولكن الكمرة التي فيها مسافة الحديد الحلزوني 160 مم إنهارت إنهيارا مفاجئا، وبذلك نخلص إلى أن الحديد الحلزوني في منطقة الضغط بالكمرة يكون غير مؤثر عندما تكون مسافاته تساوي قطر الخرسانة المحصورة بمنطقة الضغط.

ولقد استنتج أن حمل انسلاخ الغطاء الخرساني يزداد طرديا بازدياد مسافة الحديد الحلزوني. وأن أقصى حمل تتحمله الكمرة ينقص بازدياد مسافة الحديد الحلزوني. وذلك بمثابة مؤشر يدعو إلى أن تصميم هذا النوع من الكمرات يعتمد علي العلاقة بين حمل انسلاخ الغطاء الخرسانى وأقصى حمل تتحمله الكمرة.

أخيرا هذا البحث يؤكد أهمية المسافات المناسبة لحديد التسليح الحلزوني في تحسين خاصية المطولية للكمرة المكونة من خرسانة عالية المقاومة.

المراجع

[1] Sheikh SA, Uzumeri SM. Strength and Ductility of Tied Concrete Columns. Journal Of The Structural Division 1980;106(5):1079-1102.

[2] Shin SW, Ghosh SK, Moreno J . Flexural Ductility of Ultra-High Strength concrete Members. ACI Structural Journal 1989;86(4):394-400.

[3] Cusson D, Paultre P. High-Strength Concrete Columns Confined by Rectangular Ties. ACI Structural Journal 1994;120(3):783-804.

[4] Iyengar, KT, Sundra R, Desayi P and Reddy KN. Stress-Strain Characteristics of Concrete Confined in Steel Binders. Magazine of concrete research 1970;22(72):173-184.

[5] Martinez S, Nilson AH, Slate, FO. Spirally Reinforced High-Strength Concrete Columns. ACI Structural Journal 1984;81(5):431-442.

[6] ACI 318-02. Building code Requirements for structural concrete. American Concrete Institute, Michigan, 2002.

[7] AS3600. Australian Standard for Concrete Structures. Standards Association of Australia. North Sydney, 2001.

تقييم الحالة الراهنة للجسور الحجرية لإعادة تأهيلها تحت تأثير الحمولات الحقيقية

م.أحمد بوحلوفة[1] أ.د طاهر قادري[2] ، س. زواوي[1] ، م. ايزيان[1]، أ.د ساطع بدوي[3]
[1]مخبر مواد ووسائل البناء جامعة مستغانم، الجزائر. abouhaloufa@yahoo.fr
[2]مدير مخبر مواد ووسائل البناء جامعة مستغانم، الجزائر. kadriurss@yahoo.fr
[3]استاذ التعليم العالي بجامعة دمشق– سوريا

ملخص

عني هذا البحث بدراسة طرائق وأساليب تقييم الجسور الحجرية القديمة بشكل عام, وذلك بمعرفة العيوب التي تعرضت لها ومدى خطورتها وأثرها على قدرة تحملها، ومحاولة معرفة السلوك الإنشائي للأقواس الحجرية. وذلك بإجراء المعاينة والكشف المفصل لبعض الجسور المشيدة عل ى الخط الحديدي الحجازي منذ بداية القرن الماضي, ثم القيام ببعض الاختبارات التي تحدد معايير المقاومة للأحجار ضد الحمولات والعوامل البيئية المختلفة. ومن ثم تقييمها ومعرفة درجة تصنيفها للوصول في الأخير إلى تقويمها, وبالتالي تحديد ما إن كانت تتطلب تقوية للجملة الإنشائية أو إصلاحات خارجية بسيطة أو صيانة خفيفة أو غير ذلك حسب الطرائق التي عرضناها.

ولقد بدأنا في بحثنا هذا بإعطاء المواصفات العامة للأحجار والمونة الرابطة لها ودورها في رفع المقاومة الكلية للجسور. كما تطرقنا إلى عرض مفصل للعيوب التي يمكن أن تؤثر على الجسور الحجرية ورصد الأسباب التي أدت إلى ظهورها, ثم عرضنا الحالة الراهنة للجسور الحجرية القائمة وبينا تحديد قدرة تحملها للحمولات المتزايدة مع الزمن, والتي من خلالها قمنا بدراسة لتحديد طرائق التقوية أو الإصلاح للعناصر المتضررة منها.

استنتجنا من هذا البحث , انه على الرغم من طول فترة إنشاء هذه الجسور, إلا أنها ما زالت تبدي مقاومات جيدة ضد تأثير العوامل الخارجية، كما أنها تتحمل حمولات كبيرة تبلغ أضعاف ما هو موجود فعليا. لذلك فمن الضروري متابعتها وصيانتها لزيادة عمرها التصميمي وبعامل أمان مقبول, وذلك بوضع برنامج زمني للمراقبة والمعاينة.

الكلمات المفتاحية: الجسور الحجرية، إعادة التأهيل، المعاينة، قدرة التحمل، الحمولات الحقيقية.

1– مقدمة

لقد تطورت الجسور الحجرية منذ العصور القديمة، وخاصة من طرف الصينيين والرومان، واستعملت في بنائها الاحجار الطبيعية دون حساب حتى بداية القرن التاسع عشر. وقد كان الشكل الملائم لهذه المادة هو الاقواس، باعتبار

هذه المادة لا تقاوم على الشد. حيث تطبق في هذه الجملة الانشائية ردود افعال مائلة نحو الاسفل على الركائز، وتسعى المركبة الافقية لها الى تباعد الركائز.

تبدأ عملية التقييم بعد الفحص الدقيق وتحليل الملاحظات التي تمت بالمعاينة البصرية. لا يوجد طريقة عامة للتقييم ومُطبقة على جميع الجسور ولا حتى على «صنف» مُحَدَد من الجسور. وبالتالي الطرائق المستخدمة تختلف حسب طبيعة العيوب الملاحظة.

بعدما يتم إجراء فحص دقيق للعيوب الموجودة خلال الزيارات المسبقة يتم وضع برنامج للتقييم، بالحالة العملية يكون من الضروري تصور فكرة حول الأسباب المتوقعة لهذا العيوب وبالتالي تكون هي الفكرة الرئيسية الموجهة للتقييم.

وللتقييم أهداف عامة ورئيسية، ويكون على نوعين : (Calgaro & Lacroix, 1997)

–تقدير جودة ونوعية المادة (أو المواد) في الموقع.

–تحليل نظام العمل الحقيقي للمنشأة.

يساعد هذان الهدفان باختيار الطريقة المناسبة من بين الطرائق الممكنة للتقييم. وتكون الطرائق التي تسمح بتقييم حالة المواد هي:

–دراسة وتحليل العينات.

–تقنيات للفحص المحلي إما نظرياً أو بطرائق أكثر تعمقاً وقدرة (تصوير بالأشعة – فحص صوتي – فحص كهربائي مغنطيسي

2– العيوب وأسبابها في الجسور الحجرية

رغم الخواص المميزة لديمومة الحجارة، إلا انها تعاني من عدة عيوب تظهر حسب البيئة التي بنيت فيها. ولهذا الغرض نسعى في بحثنا هذا الوصول الى حصر جميع العيوب التي تظهر في الجسور الحجرية، وذلك لمعرفة كيفية تقييم حالتها الراهنة من خلال الكودات العالمية.

1.2 الأسباب العامة للعيوب في الجسور الحجرية: للعيوب أسباب عديدة مختلفة منها:

1.1.2 اختيار المواد

–أحجار تبدي عيوباً (فراغات أو حفر مملوءة بالأتربة أو مواد غضارية) تؤدي إلى تخفيض المقاومة الميكانيكية

للأحجار.

– أحجار مسامية (poreuse) حساسة لتأثير التجمد (action du gel).

2.1.2 وضع المواد وشروط البناء

– بناء أحجار في اتجاه التشقق المحتمل (fissuration préférentielle) .

– استعمال الكلس (chaux) في الأوساط المغمورة في الماء يسمح بالكربنة في غياب الهواء، وهذا ما يؤدي الى تصلب المادة الرابطة.

– إنشاء الفواصل الحجرية بسماكات صغيرة جداً، والذي يؤدي حتماً إلى توزع غير منتظم للحمولات، ومن ثم تحطم الأحجار.

3.1.2 تأثير درجة الحرارة والتقلص (الانكماش)

عندما تنزاح محصلة القوى الناجمة عن الحمولات الحية، درجة الحرارة، الانكماش، والحمولات الميتة – عن الثلث المركزي للمقطع، ينتج خطر تشقق المنشأ في المناطق الأكثر ضعفاً.

4.1.2 الانكسار بزيادة الضغط

ازدياد اجهادات الضغط في أماكن التعبئة أو في أسطح الحجارة يمكن أن يؤدي إلى انكسار الأحجار .

5.1.2 حركة المياه المؤثرة (الضارة)

المياه الملحية المحملة بكبريت الكلس حين التماس مع الجبس تهاجم المواد الرابطة وتؤدي إلى تشكل أملاح كودلوت (Caudlot)، حيث البلورة تفكك الأحجار.

6.1.2 أنظمة تصريف المياه

العمل غير اللائق لهذه الأنظمة يؤدي إلى تسربات وجريان المياه التي تؤثر على أجزاء من المنشأ.

7.1.2 تواجد أعضاء حيوية ضارة

– الطحالب (mousse)، الأشنة (lichen)، الفطريات المتكاثرة في الأحجار، تفرز حموضاً مائية تؤدي إلى تفكيك الأحجار والفواصل.

– النباتات الزاحفة والنباتات ذات الجذور(حلبلاب - lierre، التين، ...) تؤدي إلى اهتراء وكشف الأحجار، أو تحطم أجزاء منها.

8.1.2 التعرض إلى مناخ ضار

الأبخرة الحمضية (vapeurs acides) والدخان من مصدر جوي أو صناعي، والغازات الصناعية في الأماكن الحضرية (المدن) تهاجم وتؤثر على أسطح الأحجار والآجر. (SETRA 1979).

9.1.2 تأثير تدخلات الإنسان غير الصحيحة

إعادة تعبئة الفواصل بدون تحسين أنظمة تصريف المياه، يسهل احتجاز المياه والذي يؤدي إلى زيادة الأثر الديناميكي للحمولات الحية على المنشأ، ويبدي عيوباً ناجمة عن التجمد والذوبان. (BIRM 2000)

2.2 العيوب في الجسور الحجرية

تتلخص العيوب في الجسور الحجرية بصفة عامة كما يلي:

- الانفكاكات: تشقق واضح بين جزئين من المنشأ بقساوة أو سلوك مختلف، وأكثر تخصص في المنشآت الحجرية، الفواصل والوصلات بين القوس ولوحة الواجهة (Tympans).
- التشققات: ويمكن تحديدها نسبة إلى اتجاهاتها في الأسطح التي تظهر فيها، وتقع:

- على السطح الداخلي للقوس (intrados)، الجزء المقعر من القوس (extrados)، الجزء المحدب من القوس، وتكون إما طولية، وتتواجد خاصة في الجزء المركزي من التحدب، وإما عرضية وتمتد عموماً بتشققات مائلة على الأعصاب الرأسية، أو القطرية.
- على سطح شاقولي، يمكن أن تكون هذه التشققات إما شاقولية، وتكون غالباً في هذه الحالة عابرة ويجب تمييزها عن فواصل البناء.

- الهبوطات: وتتميز بعدم الاستمرارية الهندسية، وفقاً لفواصل الحجارة غالباً.
- التفسخ : تبدي المنشآت الحجرية القديمة انفكاكات ناجمة عن الضياع في التماسك أو في المقاومة الميكانيكية.
- تلف أسطح الأحجار: والذي يكون على شكل بقايا آثار سوداء ناتجة عن مواد عضوية محتواة في مواد الربط أو الأحجار، أو تكون على شكل الداء الأبيض ناتجة عن تراكمات الأملاح المتواجدة في الحجر أو مواد الربط.

- تلف الفواصل: تحدث عملية الانحلال الكيميائي للروابط عن طريق جريان الماء أو أثر العوامل الجوية، حيث يمكن أن يؤدي تلف الفواصل إلى انهيار الأحجار.
- تحطم الأحجار: وينجم إما عن عدم كفاية أو نقص المقاومة الميكانيكية للمادة، أو عن تجمد الحجارة والآجر (مسامية، ثقوب أصلية، تشققات).
- تآكل الأحجار: الأحجار مواد هشة نسبياً، وتتآكل بواسطة الاحتكاك أو التماس مع أجسام صلبة.
- عيوب ناتجة عن تلف الأساسات: يمكن أن نذكر : الانجراف (الحت)، تشكل حفر في البناء الحجري أو حفر في قاع تربة التأسيس.

3- الزيارة التقييمية للجسور الحجرية

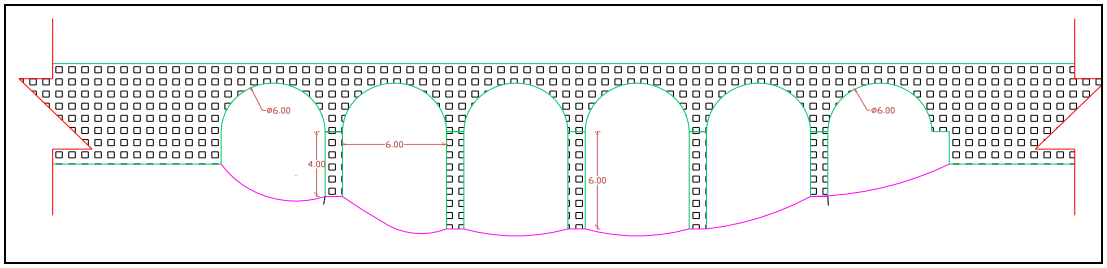
1.3 بيانات جسر قم غرز بدرعا

يقع الجسر على مجرى نهري غير دائم الجريان، وبمستوى منسوب المياه منخفض. وتتوضع اساسات الركائز على تربة صخرية. و يحمل سكة حديد الخط الحجازي: دمشق – المدينة المنورة، على النقطة الكيلومترية 128 . لم نحصل على اضبارة الجسر وإنما قمنا ببعض القياسات التقريبية التي تعطي أبعاد الجسر كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول 1. يبين أبعاد جسر قم غرز

الطول(m)	العرض(m)	عدد الفتحات	طول الفتحة(m)
47.0	3.0	6	6.0

وفيما يلي مخطط عام للجسر المدروس:



شكل 1: يوضح مقطع طولي في جسر قم غرز بدرعا

2.3 تصنيف درجات الحالة الراهنة للجسور القائمة

تتميز الحالة الراهنة للجسور باختيار صنف من بين الأصناف الخمسة لدرجة التضرر، تكون أحيانا متممة بالعلامة " S " كدليل على أمان مستعملي الجسر. ويجب أن نذكر بأن فقط عيوب الجملة الإنشائية هي التي تصنف في الصنف 3.

جدول 2. يبين درجات العيوب في الجسور الحجرية وفق النورم الفرنسي

الصنف	البيان
1	جسر في حالة جيدة ظاهريا، بعد الصيانة الدورية العادية.
2	• الجملة الإنشائية في حالة جيدة ظاهريا لكن التجهيزات أو عناصر الحماية تبدي عيوبا. • الجملة الإنشائية تبدي أضرارا خفيفة • تتطلب صيانة خاصة دون السرعة بالتدخل.
2E	• الجملة الإنشائية في حالة جيدة ظاهريا لكن التجهيزات أو عناصر الحماية تبدي عيوبا. • الجملة الإنشائية تبدي أضرارا خفيفة. • تتطلب صيانة خاصة مستعجلة، من أجل حماية التطور السريع للعيوب في المنشأ وعدم وصوله إلى الصنف3.
3	الجملة الإنشائية للجسر متضررة ، تتطلب بعض الإصلاحات لكن دون السرعة بالتدخل.
3U	الجملة الإنشائية للجسر متضررة جدا، وتستوجب سرعة التدخل بالإصلاح أو التقوية، وتتعلق بضعف قدرة تحمل الجسر، أو بالتطور السريع للعيوب الظاهرة التي يمكن أن تؤدي إلى الحالة الحرجة.

ملاحظة: هناك العديد من الكودات لتحديد درجات الحالة الراهنة، منها الكود الأمريكي (الآشتو)، والكود السويدي. وكلها تعتمد على نفس الطريقة فقط الاختلاف في عدد الدرجات، وفيما يلي مخطط عام للتصنيف حسب (SETRA, 1996)

حالة جيدة	حالة سيئة لعناصر الحماية	عيوب خفيفة على المنشأ	المنشأ متضرر
	هل هناك خطر في الظهور السريع للعيوب الخطرة في المنشأ؟ نعم: صنف 2E، لا: صنف 2		هل هناك استعجال في الإصلاح راجع لضعف قدرة التحمل نعم: صنف 3U، لا: صنف 3
صنف 1	**صنف2، 2E**		**صنف3، 3U**
الصيانة الدورية	الصيانة الخاصة		الإصلاح والتقوية

الشكل 2. مخطط تصنيف الحالة الراهنة للجسور القائمة

3.3 تقييم الحالة الراهنة لجسر قم غرز– درع

1.3.3 ملحقات الجسر وتجهيزاته

بيان العيب	التصنيف	الملاحظات
1– الخط الحديدي والعوارض لا تبدي عيوبا، ما عدا نقص البلاست في بعض المناطق	1	
2– التشوه نحو الأسفل، الحفر، ناجم عن انضغاط مواد التعبئة (مواد منضغطة أو تحوي مواد ناعمة، أو هبوط الركائز أو خلل في أحجار القوس العنصري.	2	فوق سطح الجسر على جانب خط الحديد وبعمق 25سم
3– التحطم (الانهيار) المحلي: ناجم عن: هبوط مواد التعبئة (مواد منضغطة أو تحتوي مواد ناعمة).خلل في أحجار القوس العنصري. هبوط الركيزة	2E	فوق القوس الثالث

بيان العيب	التصنيف	الملاحظات
4– هبوط سطح الطريق خلف الركيزة الطرفية، ناجم عن سلوك سيء لردميات الركيزة (هبوطات، حفر ناجمة عن وجود مواد ناعمة، حت وتآكل حول الأساسات).	2E	
5– تحطم حواف الأرصفة، أو غياب عنصر أو مجموعة من العناصر. وهذا ناجم عن: أعمال تخريبية من طرف الإنسان والصدمات.	2E	
6– تآكل، وانقطاعات موضعية للدرابزين، خلل الاستقامة، ناجم عن: – تخريب الإنسان	2	في مواقع مختلفة على الجهتين
7– عيوب في الاطاريف، ويكون عبارة عن: – عدم الترابط بينها وبين المنشأ – خلل في الفواصل بين العناصر (فراغات، تملّح،...) وذلك ناجم عن: سوء التنفيذ. التأثيرات الفيزيوكيميائية للوسط المحيط.	2	خاصة في مداخل الجسر وعلى جهتيه.
8– انسداد أو انعدام وجود أجهزة تصريف مياه الأمطار للطريق فوق الجسر وعلى حوافه. ناجم عن التصميم غير اللائق لأجهزة التصريف. سوء تنفيذ أجهزة التصريف. تدهور حالة الأجهزة بالإهتراء	2	لم نرى وجود أجهزة تصريف مياه فوق السطح

الدرجة الكلية التي يأخذها السطح العلوي للجسر(هي أكبر درجة سجلت في الجدول أعلاه): **2E**

2.3.3 عناصر الحماية

بيان العيب	التصنيف	الملاحظات
9- انعدام الكتامة أو تدهورها: وتشخص خلال الكشف عن عيوب الجزء السفلي للقوس، مثل: - الداء الأبيض، التجاويف، أثر جريان الماء، ...الخ. - انفصال الأحجار(غياب مونة الربط) - تغير وفساد الأحجار	2 2E 2E	متواجدة في معظم الأجزاء الداخلية للأقواس.
10- تشوه التغطية الحجرية للركيزة، ناجم عن: هبوط وانضغاط الردم، تسرب مياه الأمطار،	2	
11- انهيار محلي ووجود حفر في التغطية الحجرية، ناجم عن: الحت الناتج عن جريان المياه تحت المنحدر، ثغرات في مواد الردم ، نمو النباتات	2	
12- تدهور حالة المواد المكونة للتغطية الحجرية (تغير الأحجار، انفصال الأحجار، تشققات، ...)	2	
13- نمو النباتات فوق المنحدر يمكن إزالتها بسهولة.	1	
14- تدهور عناصر الحماية، ناجم عن: أثر التيارات المائية. نمو النباتات.	2	
15- تدهور أجهزة تصريف المياه الجانبية، ناجم عن: انعدام الصيانة. الهبوطات. نمو النباتات.	2	

وتكون العلامة النهائية لعناصر الحماية كالمنحدر الحجري أمام الركيزة والكتامة هي: **2E**

3.3.3 الجملة الإنشائية

أ.الأقواس والجدران الحجرية:

بيان العيب	التصنيف	الملاحظات
16- انفكاك بين جسم القوس وبين الصف السفلي للقوس(حزام القوس) - ناجم عن زيادة الحمولات على الجسر، وتدهور المونة وانفصالها	**3**	في القوس الثالثة وقد يتطور بزيادة الحمولات
17- الانفصال (انفتاح الفواصل): وهو يرتبط بخلل في الكتامة أو تصريف المياه، أو يتعلق بأثر التفاعلات الفيزيوكيميائية للوسط المحيط بمونة الفواصل.	2	ويمكن أن يكون على مساحة صغيرة و شامل.
18- الداء الأبيض: ناجم عن تسرب مياه الأمطار عن طريق السطح العلوي،	1	تواجده بشكل ضعيف
19- - تدهور الأحجار وتغيرها: ناجم عن أثر التجمّد وأثار أخرى فيزيوكيميائية. ويكون: على الحزام السفلي للقوس، و على الزوايا	1	ويعني تغير لون الأحجار
20- تواجد النباتات	0	لم نلحظ وجود نباتات على الجدران
21- التصدعات والشقوق	0	لم يظهر لنا أي تصدع يبديه المنشأ
22- فراغات لأحجار مقتلعة في الجدار الرأسي. ناجم عن فعل أيدي تخريبية	2E	

وتكون العلامة النهائية للأقواس والجدران الحجرية هي: **3**



صورة 1. تبين اقتلاع أحجار الاطروفة



صورة 2. تبين حفرة مع نزع أحجار الاطروفة

ب. الركائز والأساسات:

بيان العيب	التصنيف	الملاحظات
23- شاقولية الركائز	0	لم نلاحظ أي خلل في الاستقامة لجدران الركائز
24- غياب مونة الربط في بعض المواقع من جدران الركائز. ناجم عن اثر المياه	1	تواجد بسيط
25- ظهور الداء الأبيض وتغير لون الأحجار. ناجم عن اثر المياه والعوامل الجوية.	1	وخاصة في الأجزاء القريبة من الماء
26- تحطم بعض الأجزاء من الأحجار. ناجم عن اثر صدم الأجسام الصلبة المتدحرجة مع المياه أو من تخريب المواطن	2	
27- انعدام عناصر الحماية للركائز الوسطية كالسياج المعدني الواقي للجزء السفلي من الركيزة أو لأساسها.	**2E**	يمكن أن يؤدي إلى تدهور أساسات الركائز وحتى جدرانها
28- هبوط الركائز، ويمكن أن يكون ناجما عن اثر الحت أو زيادة الحمولات .	2	في الركيزة الثالثة التي تحمل

بيان العيب	التصنيف	الملاحظات
29- الحت والتآكل لمجرى الوادي حول الركائز الوسطية، ويكون ناجما عن غياب عناصر الحماية أو اثر التيار المائي	2	وخاصة حول الركيزة الوسطية الثالثة، لكن لم نستطيع التأكد من أبعاده لتجمع المياه .
30- تدهور الأساسات	2	لم نتمكن من معاينة كل الأساسات
31- نمو النباتات في مجرى الوادي المعرقلة لجريان المياه، وتواجد بقايا أحجار .	2	

وتكون العلامة النهائية للركائز الأساسات الحجرية هي: **2E**

وتكون العلامة النهائية للجملة الإنشائية عامة هي: **3**. وهي العلامة النهائية التي يأخذها الجسر.

ويعني ذلك دخول المنشأ في مرحلة التدخل الضروري بالتقوية أو الإصلاح للعناصر المتضررة وذلك بعد إعادة دراسة السبب الحقيقي للعيب اثر الكشف الدقيق والمفصل للعنصر.

4.3 الاختبارات المخبرية على العينات

1.4.3 اختبار المقاومة على الانعطاف:

بعد تجفيف العينات بأبعاد(7 x 7 x 28) إلى الوزن الثابت، نضعها فوق مسندين بسيطين متدحرجين بفتحة 21 سم، ونطبق حمولة محورية مركزة تدريجيا في منتصف العينة حتى الانكسار كما هو موضح في الصورة 3، واجريت التجربة على عينتين احداهما تحوي عيوبا.



صورة 3. تبين توضع عينة الحجر في جهاز الانعطاف

نحصل على النتائج المعطاة في الجدول التالي

جدول 3. يبين قيم مقاومة الانعطاف للعينات الحجرية

العينة	1 (تحوي تكهفات)	2
الحمولة القصوى الحدية للانهيار (kg)	1240	1664
المقاومة على الانعطاف (kg/cm^2)	114	153



صورة 4. تبين العيب الموجود في العينة المكسورة على الانعطاف

2.4.3 اختبار المقاومة على الضغط:

تؤخذ مكعبات (7 x 7 x 7) سم^3، وتجفف حتى الوزن الثابت. يعطى إجهاد الضغط مكا في الجدول التالي:

جدول 4.يبين قيم اجهادات الضغط للعينات الثلاث البازلتية

العينة	1	2	3
إجهاد الضغط(كغ/سم^2)	1041	1102	1061

ومنه يكون الإجهاد الوسطي للعينات مساويا للقيمة: $\sigma_p = 1068 \ {}^{kg}\!/_{cm^2}$

وعليه فان هذه القيمة مقبولة بالنسبة لأحجار البازلت التي تتراوح مقاوماتها على الضغط من 800 كغ/سم^2 إلى 2200 كغ/سم^2 .

3.4.3 اختبار الوزن النوعي والوزن الحجمي:

يمكن عرض النتائج مكا يلي:

جدول 5. يبين حصيلة نتائج الوزن النوعي والمسامية

الاختبار	القيمة
الوزن النوعي(غ/سم^3)	2.75
الوزن الحجمي (غ/سم^3)	2.68
المسامية (%)	2.60

وبالتالي فالقيم المتحصل عليها كلها ضمن الحدود النظرية للحجر البازلتي ، وهذا يعني ان الاحجار لم تفقد الكثير من مقاومتها. (الجند 2000)

4- الخلاصة

إن التجارب على احجار الجسر القائم دلت على ان الصفات الميكانيكية والفيزيائية لم تتراجع بشكل كبير ومازالت ضمن الحدود المسموحة نظريا رغم مرور ما يقارب القرن على انشاء الجسر. ونستنتج من خلال التجارب التي اجريناها ان الجسور الحجرية تبدي مقاومات هائلة على الضغط، مما يجعلها ذات ديمومة كبيرة تزيد من العمر التصميمي او تعطي عمرا تصميميا جديدا وبعامل امان جيد، بعد الاصلاحات التي يجب اجراؤها على العناصر وبشكل دوري. ويمكن تلخيص الاستنتاجات كما يلي:

- المقاومة الكبيرة للأحجار الطبيعية للعوامل الجوية تمنحها ميزة الحفاظ على الشكل الهندسي التصميمي .
- إن الشكل الهندسي للجسور القوسية يسمح لها بنقل اجهادات الضغط بشكل أمين إلى الركائز الكتلية التي تبدي مقاومات كبيرة للضغط.
- تبدي الجسور الحجرية تشققات عند فواصل الأحجار قبل مرحلة الانهيار مما ينذر بالإسراع في اتخاذ قرار إعادة التأهيل.

- إن معظم العيوب الملاحظة على الجسور الحجرية والتي لازالت ضمن عمرها التصميمي بصفة عامة تتعلق بظاهرة الحت وهبوط الركائز، او الفيضانات الهائلة .

ومن خلال دراستنا للجسور الحجرية وعلى ضوء النتائج المتحصل عليها يمكن أن نخرج بالمقترحات التالية:

- البحث عن الاضبارة التنفيذية للجسور الحجرية وإلا فمن الضروري إجراء القياسات الحقلية اللازمة لتحديد الأبعاد الدقيقة للجسور والتي تتطلبها عملية النمذجة الحاسوبية.
- ضرورة المعاينة الحقلية الموسعة للجسور الحجرية وإجراء كافة الاختبارات التي من شأنها تحديد الخواص الاساسية للجسور واستخدام في ذلك معدات وتجهيزات حديثة.
- تكوين فريق عمل من المهندسين للمعاينة والكشف عن العيوب و تقييم وإعادة تأهيل الجسور الحجرية،

المراجع

[1] الجند، إسماعيل ناصر، القدسي، محمد عبد الباري. 2000، **أحجار البناء والزينة في اليمن**، هيئة المساحة الجيولوجية والثروات المعدنية صنعاء.

[2] بوحلوفة أ. 2008 ، **تقييم الحالة الراهنة للجسور الحجرية لإعادة تأهيلها**، رسالة ماجستير، جامعة دمشق، دمشق.

[3] كعدي ب. 1998، **البناء بالأحجار الطبيعية**، حلب.سورية.

[4] SETRA 1996, **catalogue des désordres des ponts en maçonnerie**, Paris

[5] Ministère des transports, 1979. **Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art**. LCPC et SETRA. Paris.

[6] Normes Françaises " NF P 95-107, 1994. **réparation et renforcement des maçonneries.** AFNOR. Paris.

[7] US Department of transportation, 2002, **BIRM: Bridge Inspector's Reference Manual**, publication NHI, FHWA. USA

صدأ حديد التسليح في المنشآت الخرسانية

د . حسين بهجت شيخ داود د. نزار إبراهيم اللباد د. فؤاد فروج فرج

hn_nh_07@yahoo.com

ملخص

إن مشكلة تآكل حديد التسليح في المنشآت الخرسانية من المشاكل الهامة التي يجب مواجهتها بأسلوب علمي صحيح لتفادي ما يحصل للمنشآت بسبب هذا التآكل , فتأكل حديد التسليح في المنشات الخرسانية يحوّل المنشأ إلى هيكل إنشائي غير قادر على تحمل الحمولات المطبقة عليه, وفي بعض الأحيان يعتبر التآكل في حديد التسليح من المشاكل الاقتصادية المكلفة. لذا فان معرفة الأسباب الرئيسية للتآكل وتحديد العوامل المحفزة له يضعنا أمام إيجاد الحلول لهذه المشكلة ويقلل من الهدر الاقتصادي. و قد اعتمدنا في هذا البحث دراسة موقعيه لإنشاءات مشادة بعناصرها المختلفة وتحديد عمر الخرسانة الافتراضي لها ومعاينة حالة حديد التسليح في هذه العناصر.ومن خلال ذلك تحديد الأسباب التي أدت الى التآكل في كل من هذه العناصر ومن ثم تحليلها وتحديد تأثيرها بدقة واقتراح الحلول اللازمة لحل هذه المشاكل و بعد إجراء التجارب العملية والحسابية بينت النتائج أنه لدينا تأثيرات مختلفة على زيادة التآكل أهمها:نوعية وحالة الحديد المستخدم,الغطاء الخراساني (حسب العناصر), نوعية الاسمنت المستخدم , مكان العنصر, سوء تنفيذ بعض الأعمال و تأمين سماكة خراسانية كافية لحديد التسليح لما لذلك من دور إيجابي في حماية حديد التسليح من التآكل و تنفيذ الغطاء الخرساني وفق المواصفات حول حديد التسليح و ذلك لمقاومة توغل الكربنة.

1- المقدمة

إن موضوع صدأ حديد التسليح في المنشآت الخراسانية من المواضيع المهمة التي توجب على المختصين الاهتمام بها, و ذلك لأن معظم تصدعات المنشآت الخراسانية و نقص عمرها الافتراضي, بالدرجة الأولى, يعود إلى صدأ حديد التسليح فقد وجد [1] إلى أن تأثير هذا الصدأ على المنشآت له الأثر الكبير من الناحية الاقتصادية.وكما أشار [1,2] إن الخرسانة المسلحة تعد علميا من أفضل الخيارات التي تستخدم في تشييد المباني و المنشآت و ذلك لأنها مادة سهلة التشكيل بأشكال مختلفة , وهي من أكثر المواد الإنشائية شيوعا واستخداما لجميع الأغراض وذلك لسهولة تشكيلها ما يخدم الأغراض الإنشائية المختلفة, و تكلفتها قليله, و لها قدرة كبيرة على التحمل مع الزمن, إضافة إلى أنها اقتصاديا

من أفضل الخيارات في التشييد ,ولكن يتوقف مستقبل الخرسانة وتطورها على توفر المواد ومدى ملائمة المواد إلى تدخل في تكوينها.فقد وجد [3] أنه من عيوب الخرسانة ضعف مقاومتها على الشد والتي لا يمكن التغلب عليها إلا بتسليحها وذلك بوضع حديد التسليح بشكل و نظام معين يخضع لأعمال التصميم و التنفيذ الجيد. من الواجب إحاطة قضبان التسليح بسمك كافي ضمانا للحصول على قوة تماسك مناسبة بين الخرسانة و الحديد, و كذلك حماية قضيب حديد التسليح من التآكل عند تعرضه إلى الرطوبة و وجود الماء الأمر الذي يؤدي إلى تقليل مساحة مقطعه و بالتالي انخفاض كمية الحديد عن المساحة المطلوبة بموجب التصميم, أن التآكل كعملية كيميائية لا يمكن أن تحدث عند ضمان إحاطة قضبان حديد التسليح بمادة قاعدية (مادة الخرسانة) حيث أن الأسمنت التميأ يحتوي علي مادة (CaO) بشكل حر.وقد أستنتج [4] أهمية اختيار نوعية الصلب المناسبة من حيث التركيب الكيميائي والتركيب ألمجهري فقد وجد بأن التآكل بالصدأ يحدث عبر حدود الحبيبات وأن التركيب الكيميائي هو المؤثر الرئيسي على الخواص النهائية لصلب تسليح الخرسانة و يعتبر عنصر الكربون أكثر العناصر تأثيرا في الخواص النهائية للصلب و زيادته تزيد من الخواص الميكانيكية, ولهذا فأن دراسة هذه المادة , حديد التسليح , و ظاهرة الصدأ بها و الأسباب التي تؤدي لحدوثها و اختيار الصنف الملائم لقضبان حديد التسليح وتحسين حالة استعمالها لما لذلك من دور إيجابي قي حمايته من الصدأ.

2- أسباب حدوث صدأ حديد التسليح

إن لصدأ حديد التسليح عدة أسباب من بينها:

- تأثير التحول الكربوني للتغطية الأسمنتية

يفقد اسمنت التغطية قاعديته نتيجة التحول الكربوني للأسمنت (تفاعل ثاني أكسيد الكربون الموجود مع المواد القاعدية- هيدروكسيد الكالسيوم- الموجود في الأسمنت) إذ يحدث التفاعل التالي:

$$CaCo_3 + H_2O \rightarrow Ca(OH_2) + CO_2$$

ويعتمد معدل التحول الكربوني على عدد من العوامل: كالرطوبة ونفاذية الاسمنت ووجود شقوق سطحية به وسماكة اسمنت التغطية، فيزداد التحول الكربوني مع ازدياد الرطوبة ونفاذية الغلاف الأسمنتي، ويكون أسرع عند الشقوق، بينما يقل مع السماكات الكبيرة لطبقات التغطية.وتفيد معرفة عمق التحول الكربوني في اختبار فعالية الحماية السلبية للأغلفة الفولاذية ويمكن اعتماد طريقة تقريبية لحساب هذا العمق [1,2].

$$h = f\sqrt{Tc} \quad \Rightarrow Tc = (h/f)^2$$

حيث: h– عمق التحول الكربوني مقدراً بالميليمتر (mm), Tc- الزمن بالسنة.

f– ثابت تعتمد قيمته على: نسبة الماء إلى الاسمنت, نوع الاسمنت, محتوى الاسمنت, التدرج الحبي للحصويات, الرطوبة, محتوى ثاني أكسيد الكربون في المحيط.

إذا إن لجودة الاسمنت تأثيراً كبيراً على عمق التحول الكربوني، فالأسمنت الجيد غير ألنفوذي للماء والأكسجين لا يحدث له تحول كربوني إلا بحدود صغيرة تقتصر على بضع مليمترات حتى بعد زمن طويل، بينما الأسمنت الردئ ألنفوذي للماء قد يصل عمق التحول الكربوني فيه إلى عشرة أضعافه في الاسمنت الجيد.ويتصور اغلب الناس أن التآكل يتم من الماء دون الأخذ في الاعتبار تأثير الطبقة الإسمنتية ويوضح الشكل (1) تأثير طبقة الاسمنت علي حديد التسليح.

- تأثير الكلوريدات:

تعد الكلوريدات أخطر وأشد تأثيراً من التحول الكربوني، فبينما يمكن منع حدوث مزيد من التدهور في العناصر التي تحولت طبقة التغطية السطحية كربونياً، لا توجد وسيلة فعالة لمنع التدهور في حالة وجود تركيز عال من الكلوريدات داخل الطبقة الإسمنتية إلا بإزالة الاسمنت المتضرر من حول الغلاف الفولاذي.

إن أيونات الكلوريدات هي أشد المواد تدميراً للحماية السلبية للغلاف الفولاذي ومصادر الكلوريدات هي الحصويات وخلطة الاسمنت والماء أو الإضافات المحتوية على كلوريد الكالسيوم. أو عن طريق المياه الجوفية.

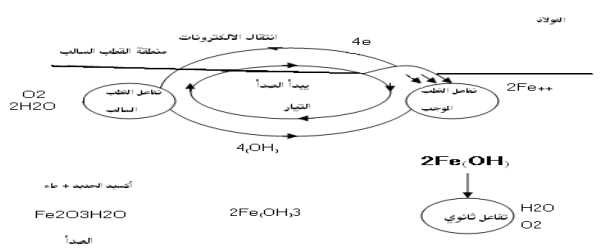
تكون الكلوريدات المغلفة في الطبقة الإسمنتية من الخارج أشد فاعلية وتأثيراً على فولاذ التغليف من تلك الموجودة في الخلطة الإسمنتية والتي يبقى جزء منها مقيداً غير مؤثر والجزء الآخر ذاتياً في الماء الموجود بالفراغات مهاجماً فولاذ التغليف والتي توفر له حماية سلبية، حتى لو كانت قاعدية الاسمنت مازالت عالية ولم يحدث لها تحول كربوني، أما في حالة حدوث تحول كربوني فإن قيماً أقل من الكلوريدات تدمر الحماية السلبية للأغلفة الفولاذية، ويصبح معدلً التآكل والصدأ أسرع. أي اجتماع تأثير التحول الكربوني وتأثير الكلوريدات يزيد الأمر سوءاً.

ويعتمد منع تغلغل الكلوريدات في الاسمنت أساسا علي عدم نفاذية الاسمنت كما يعتمد علي سماكة طبقة التغطية الإسمنتية, ويبدأ تأثير الكلوريدات علي صدأ تأكل الأغلفة الفولاذية عندما يزيد تركيزها في الخلطة الإسمنتية 0.3% من وزن الاسمنت, يسهل تغلغل الأكسجين والرطوبة والكلوريدات مع وجود الشقوق , ويتم تغلغلها في الطبقة الإسمنتية ثم

التأثير علي الغلاف الفولاذي, ولكي تتباطأ أو تتوقف عملية الصدأ يجب أن تكون مسامية الطبقة الإسمنتية قليلة وسماكة طبقة التغطية الإسمنتية كبيرة بحد كافي لإيقاف تدفق الأكسجين والرطوبة وبذلك تتباطأ عملية الصدأ ويمكن أن تتوقف .[1,2,5]

1. وجود نسبة أملاح عالية في المياه المستخدمة في أثناء تنفيذ الخرسانة , وكذلك البكتيريا الموجودة في التربة والتي تقوم بتحويل أملاح حمض الهيدروكبريتيك أو الكبريتات إلى حمض الكبريتيك الذي يهاجم حديد التسليح ويسبب الصدأ به.
2. وجود الأكسجين و نفاذه إلى حديد التسليح يزيد من معدلات الصدأ , وفي حالة عدم وجود الأكسجين فإن معدلات الصدأ تكون أقل , ويمكن التقليل من سرعة نفاذ الأكسجين بعدة طرق : منها الاهتمام بعملية الخلط بالخرسانة لكي نحصل على غطاء خرساني كثيف يجعل نفاذ الأكسجين بطيئا أو معدوما.
3. و جود بعض الكيمياويات داخل فجوات الخرسانة يؤثر أيضا على حديد التسليح فوجود بعض الأحماض مثل الكبريتات التي تقوم بمهاجمة الخرسانة, و تحدث تصدعات بها و تقوم بتكسير الأجزاء القاعدية بها حول حديد التسليح و هذه الأحماض يؤثر على الخرسانة وحديد التسليح.
4. الرطوبة بشكل عام تؤثر على حديد التسليح و بزيادتها تزيد نسبة الصدأ وبالعكس.
5. درجة الحرارة لها أيضا تأثير على معدل الصدأ وانخفاضها يقلل الصدأ وقد تتوقف عملية الصدأ عند درجة التجمد,

من خلال ما ذكر فقد تبين أن معظم حالات الصدأ تتم بحدوث تفاعل كهروكيميائي (يصاحبه مرور إلكترون إثناء التفاعل) و النادر منها يتم بتفاعل كيميائي بحت ولو إن مرور إلكترونات التفاعل لا ينعدم بل يبقى في حدود ضيقة.



الشكل(1) نموذج للتفاعل في حالة الصدأ

3- ملخص التجربة

تم تحضير مجموعة عينات من الحديد وكان الهدف منها دراسة وحساب معدل التآكل وكان تركيبها الكيميائي كالأتي:

جدول (1) التركيب الكيميائي لحديد التسليح

السبيكة	الكربون %	السيلكون %	المنجنيز %	الفسفور %	الكبريت %	المواصفة العالمية المكافئة
ص 40	0.40	0.50	1.5	0.05	0.05	ASTM A615 G60

وبالفحص يتبين بأن التآكل بصدأ حديد التسليح هو التآكل بالتنقير وهو على الأرجح الأكثر كلفة من أي نوع أخر من أنواع التآكل وذلك بصعوبة التنبؤ به قبل حدوثه واختلاف عمق النقرات التي كثيرا ما تكون مغطاة بنواتج التآكل و المواد الأخرى وعدم ظهور النقرات إلا في المراحل المتقدمة منه, ويمكن إن نميز عدة أنواع من أشكال النقرات في العينات ومنها:نقرات ضحلة و واسعة و نقرات ضيقة و عميقة,ولقد اعتمدنا في دراستنا على حساب تأكل المادة حيث تقدر كمية التآكل بالتنقير للمعدن بمعامل التنقير (S) وهو النسبة بين عمق أكبر نقرة على سطح المعدن (P) و عمق متوسط النقرات (D).

$$S = \frac{P}{D}$$

ومن الملاحظ أنه عندما يكون معامل التنقير يساوي الواحد الصحيح يكون سطح المعدن متآكلا بنسبة واحدة ويصبح التآكل في هذه الحالة تآكلا منتظما ويعرف أحيانا التآكل المنتظم بأنه نوع من أنواع التآكل بالتنقير, أما لحساب كمية الوزن المفقود للتآكل بالتنقير لا يكون ذو أهمية كبيرة ولذا يفضل قياس عمق النقرات وذلك باستعمال معادلة معدل التنقير [5].

$$PR = \frac{365 \times D}{t}$$

حيث: PR- معدل التنقير. D – عمق النقرة بالمليمتر. T – زمن التعريض بالأيام.

3-1 إظهار البنية البلورية للمعادن المتآكلة

بفحص مواضع التآكل في المعادن المستخدمة نلاحظ بان الصدأ قد سبب حفرا وثقوب دقيقة قد تنمو وتؤدي إلى ثقوب عميقة وتخفض في قطر حديد التسليح بعد فترة من الزمن وهذا النوع يسمي تأكل بالتنقر أوالتنقر بالتفاعل الالكتروكيميائي .

وبالفحص المجهري يتبين بأن التآكل بالصدأ يحدث عبر حدود الحبيبات بتكوين خلايا جلفانية لاختلاف تركيب وتكوين حدود الحبيبات عن الحبيبات ذاتها وبالتالي يصبح هناك اختلاف في جهد القطب لحدود الحبيبات عن جهد القطب للحبيبات فيتكون المصعد والمهبط وتكتمل الخلية وبالتالي كبر سطح الحبيبات باتساع نفاذ الصدأ على حدود حبيباتها التي تمثل المصعد وبجانب ذلك تتصف حدود الحبيبات بأنها مناطق أعلى في الطاقة لعدم انتظام الذرات بها في بناء شبكي منتظم على عكس الحال في الحبيبات ذاتها التي تنتظم في بنائها البلوري وبالتالي تقل مقاومة حدود الحبيبات للتفاعلات المسببة للصدأ أو لمهاجمتها بالمحاليل الكيميائية الأمر الذي يستفاد منه في نمش حدود الحبيبات لقياس حجمها والتعرف على شكلها ويشجع نمو الصدأ في هذه الحالة وجود اجهادات شد سطحية سواء كانت اجهادات متبقية من معاملات سابقة (كالتشكيل على البارد أو معاملات حرارية) أو اجهادات مطبقة أثناء التشغيل. فيبدأ الصدأ بغزو حدود الحبيبات (المصعد) على السطح فتتركز اجهادات الشد السطحية عند قاع الشرخ المتكون من طبقات الصدأ الأولى وهذا التركيز في اجهادات الشد نتيجة للشرخ يساعد على نمو الشرخ إلى الداخل محطماً كل محاولة لتكوين طبقة سلبية لمقاومة نمو الصدأ ويساعد ذلك في بعض الأحوال على إيجاد نقص في تركيز الأكسجين عند قاع الشرخ وبالتالي سرعة نمو الصدأ وينتهي الأمر بالكسر, وأما من الناحية المجهرية فان الصور الآتية تبين المعدن من الداخل (تركيب الحبيبات) حسب الشكل (2).

ففي الشكل (2) يوضح بنية عينة الصلب الكربوني (0.40) كربون المتآكلة حيت تظهر البنية البلورية للصنف (فريت (α) + سمنتيت) ويسمى بالبيرليت (P) وذلك حسب التفاعل ($Fe\gamma C \rightarrow Fe\alpha + Fe3C$) ويعتبر الفيريت الحالة اللينة الصعبة الكسر نسبيا أما السمنتيت فهو الطور الصلد الهش في سبائك الحديد والكربون حيت يمثل الشكل (2) البنية البلورية للصلب الكربوني وفيها تظهر تكون بلورات الفيريت ($Fe\alpha C$) حيت تظهر معظم الحبيبات باللون الفاتح وصغر حجمها وتكورها مع استطالة بسيطة كما تظهر أماكن الصدأ على حدود الحبيبات.



الشكل (2) البنية البلورية لعينة الصلب الكربوني

2-3 التجارب الحسابية

في التجارب التي أجريت على حديد التسليح أخذنا بعين الاعتبار حالات مختلفة لحديد التسليح وذلك حسب مكان تواجد التسليح وتأثير الرطوبة عليه اخذين بعين الاعتبار زمن تأثير التآكل وكذلك التآكل الناجم عن ثني الحديد وتغيير بنيته وحالة سطحه الخارجي عند الثني وكذلك تأثير قطر الحديد على عملية التآكل. والجدول (1) يبين القياسات التي أخذت على حديد التسليح لثلاث حالات وهي:

1 – حديد التسليح يعمل في وسط عالي الرطوبة (أسقف الحمامات , قواعد خزانات)

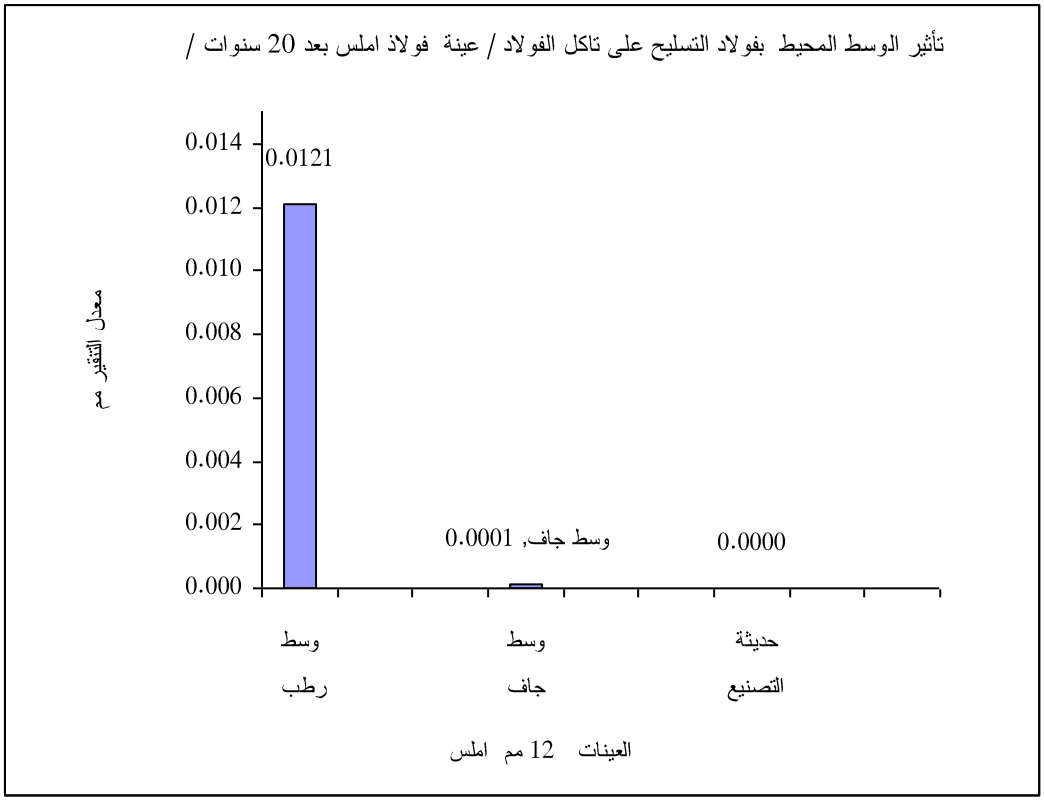
2 – حديد التسليح يعمل في وسط جاف ولا تؤثر فيه الرطوبة (أعمدة , كمرات , أسقف)

3 – حديد التسليح حديث التصنيع وبدون تآكل ناتجا عن زمن التأثير (مقارنة)

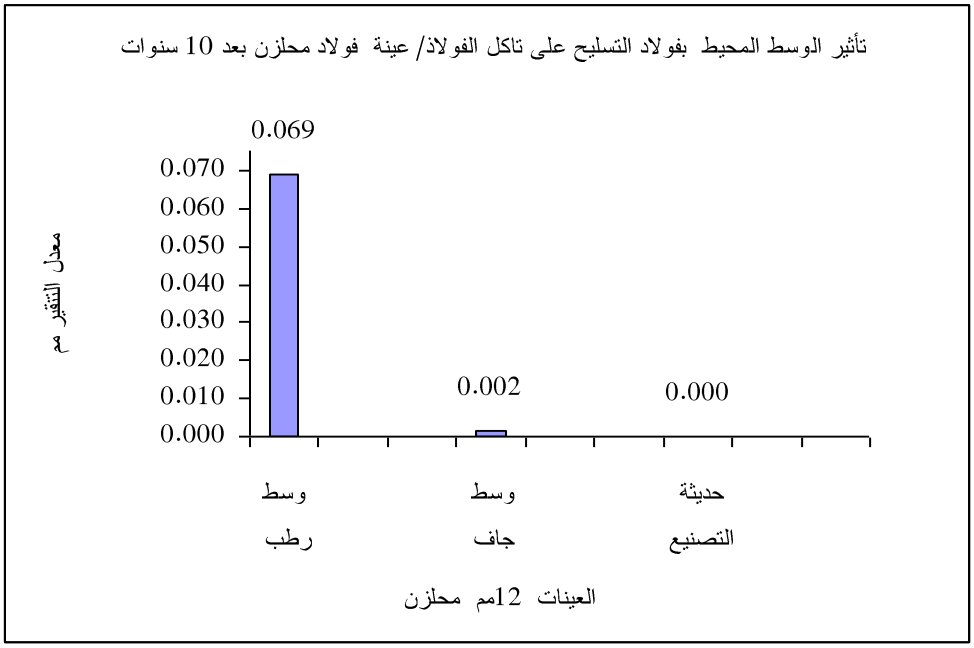
وكذلك فقد تم تبديل الأقطار المستخدمة في البحث وهي (قطر 12 مم, قطر 14 مم, محلزن وأملس) كما تم حساب التآكل لعينات في مكان الثني (العقفات وبنفس الشروط السابقة) والنتائج وحساب معدل التنقير الحاصل في شروط مختلفة موضحة في الاشكال (6,5,4,3)

جدول (2) حديد تسليح أملس قطر 12 مم عمره 20 سنة بعد التآكل في ظروف مختلفة

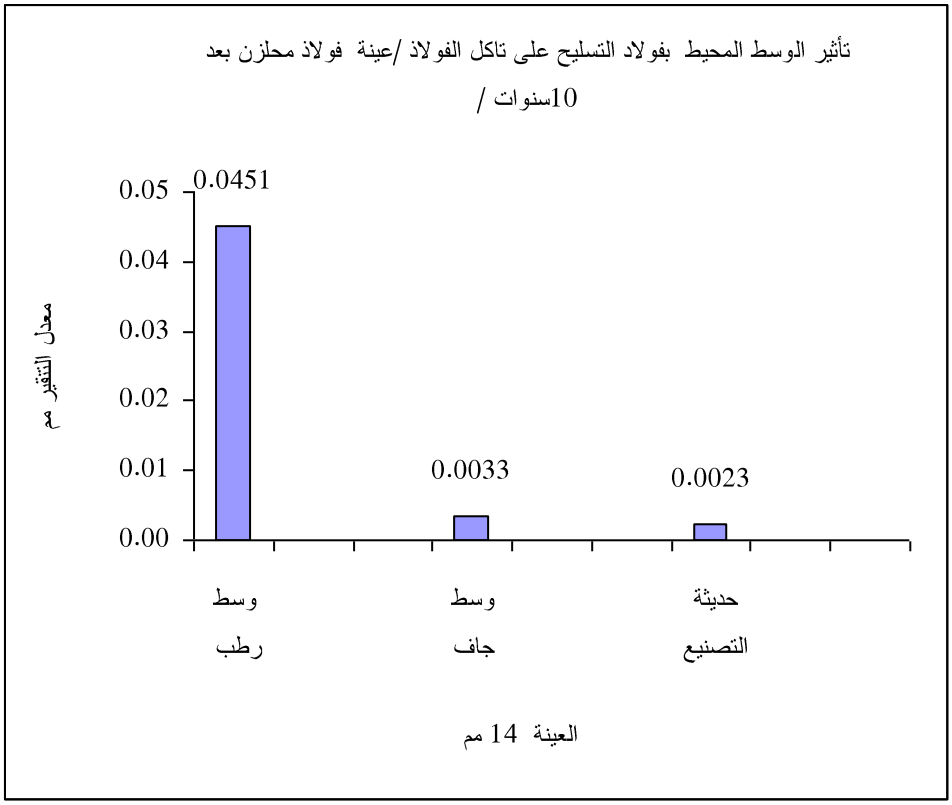
	عمر العينة 20 سنة وتعمل في وسط عالي الرطوبة			عمر العينة 20 سنة وتعمل في وسط جاف			عينة حديثة التصنيع /مقارنة /		
	وسط رطب			وسط جاف			حديثة التصنيع		
العينات	ع1	ع2	ع3	ع1	ع2	ع3	ع1	ع2	ع3
1	0.200	0.100	0.200	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.100	0.200	0.350	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
3	0.200	0.100	0.600	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
4	0.100	0.110	0.300	0.010	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000
5	0.150	0.500	0.150	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.200	0.400	0.400	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
وسطي التنقير	0.158	0.235	0.333	0.006	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
وسطي التنقير للعينات الثلاث D	0.242			0.003			0.000		
التنقير الاعظمي	0.200	0.500	0.600	0.010	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000
التنقير الاعظمي للعينات الثلاث P	0.433			0.005			0.000		
عامل التنقير S	1.789			1.750			0.000		
معدل التنقير PR	0.0121			0.0001			0.0000		



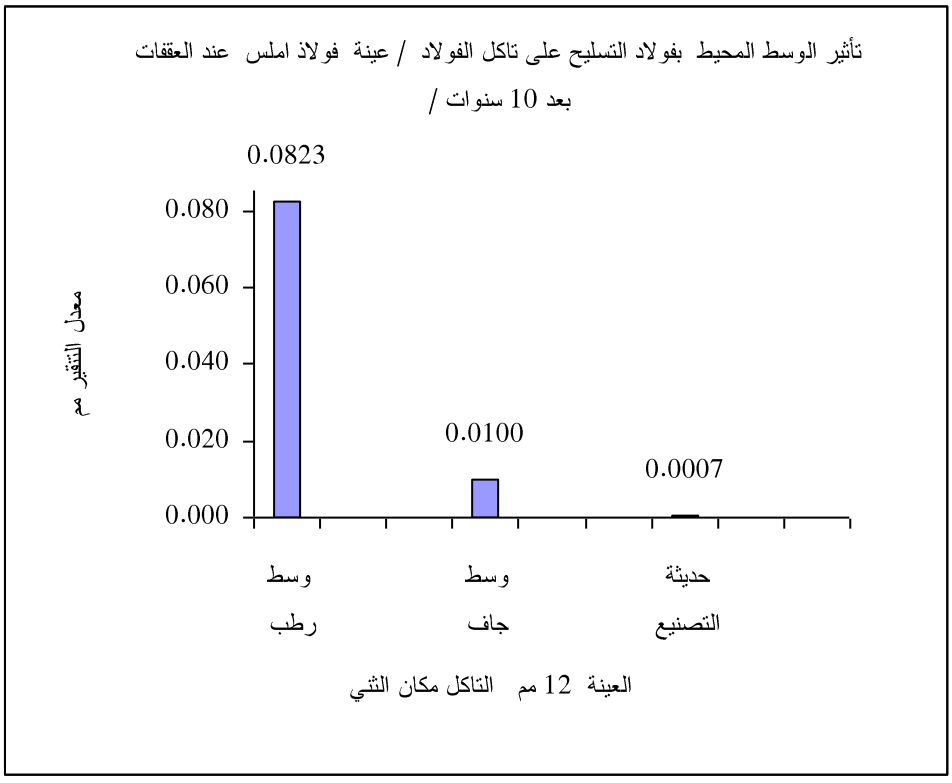
الشكل (3) تأثير الرطوبة على تأكل حديد التسليح



الشكل (4) تأثير الرطوبة على تأكل حديد التسليح



الشكل (5) تأثير الرطوبة على تأكل حديد التسليح



الشكل (6) تأثير الرطوبة على تأكل حديد التسليح عند مكان الثني العقفات

جدول (3) حديد تسليح محلزن قطر 12 مم عمره 10 سنة بعد التآكل في ظروف مختلفة

حديد تسليح محلزن قطر 12 مم عمل لفترة 10 سنوات									
	عمر العينة عشر سنوات وتعمل في وسط عالي الرطوبة			عمر العينة عشر سنوات وتعمل في وسط جاف			عينة حديثة التصنيع /مقارنة /		
	وسط رطب			وسط جاف			حديثة التصنيع		
العينات	ع1	ع2	ع3	ع1	ع2	ع3	ع1	ع2	ع3
1	0.200	0.530	0.500	0.001	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.550	0.930	0.300	0.020	0.006	0.020	0.000	0.010	0.001
3	1.000	0.950	0.850	0.040	0.040	0.010	0.000	0.000	0.000
4	0.920	1.000	0.900	0.050	0.030	0.020	0.000	0.001	0.002
5	1.000	0.220	0.800	0.000	0.000	0.010	0.001	0.000	0.000
6	0.500	0.340	0.950	0.020	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
وسطي التنقير	0.695	0.662	0.717	0.022	0.014	0.010	0.000	0.002	0.003
وسطي التنقير للعينات الثلاث	0.691			0.015			0.002		
التنقير الاعظمي	1.000	1.000	0.950	0.005	0.006	0.020	0.001	0.001	0.002
التنقير الاعظمي للعينات الثلاث	0.983			0.010			0.001		
عامل التنقير S	1.423			0.671			0.750		
معدل التنقير PR	0.0691			0.0015			0.0002		

جدول (4) حديد تسليح محلزن قطر 14 مم عمره 10 سنة بعد التآكل في ظروف مختلفة

	عمر العينة عشر سنوات وتعمل في وسط عالي الرطوبة			عمر العينة عشر سنوات وتعمل في وسط جاف			عينة حديثة التصنيع / مقارنة / حديثة التصنيع		
	وسط رطب			وسط جاف					
العينات	ع1	ع2	ع3	ع1	ع2	ع3	ع1	ع2	ع3
1	1.170	0.150	0.100	0.030	0.020	0.010	0.000	0.010	0.000
2	0.250	1.100	0.150	0.040	0.020	0.020	0.000	0.000	0.000
3	0.500	0.400	0.200	0.090	0.010	0.040	0.010	0.000	0.020
4	0.200	1.200	0.400	0.030	0.040	0.020	0.020	0.000	0.010
5	1.000	0.300	0.400	0.100	0.030	0.030	0.020	0.010	0.000
6	0.100	0.250	0.250	0.005	0.050	0.010	0.030	0.020	0.020
وسطي التنقير	0.537	0.567	0.250	0.049	0.028	0.022	0.030	0.020	0.020
وسطي التنقير للعينات الثلاث D	0.451			0.033			0.023		
التنقير الاعظمي	1.170	1.200	0.400	0.100	0.050	0.040	0.050	0.050	0.030
التنقير الاعظمي للعينات الثلاث p	0.923			0.063			0.043		
عامل التنقير S	2.047			1.916			1.857		
معدل التنقير PR بعد 10 سنوات	0.0451			0.0033			0.0023		

جدول (5) حديد تسليح محلزن قطر 12 مم عمره 10 سنة بعد التآكل في ظروف مختلفة عند العقفات

	عمر العينة 20 سنة وتعمل في وسط عالي الرطوبة			عمر العينة 20 سنة وتعمل في وسط جاف			عينة حديثة التصنيع /مقارنة /		
	وسط رطب			وسط جاف			حديثة التصنيع		
العينات	ع1	ع2	ع3	ع1	ع2	ع3	ع1	ع2	ع3
1	0.200	0.100	0.200	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.100	0.200	0.350	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
3	0.200	0.100	0.600	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
4	0.100	0.110	0.300	0.010	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000
5	0.150	0.500	0.150	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.200	0.400	0.400	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
وسطي التنقير	0.158	0.235	0.333	0.006	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
وسطي التنقير للعينات الثلاث D	0.242			0.003			0.000		
التنقير الاعظمي	0.200	0.500	0.600	0.010	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000
التنقير الاعظمي للعينات الثلاث P	0.433			0.005			0.000		
عامل التنقير S	1.789			1.750			0.000		
معدل التنقير PR	0.0121			0.0001			0.0000		

4- مناقشة النتائج

أظهرت النتائج المتحصل عليها وكما نتفق مع ما أشار إليه [1,3] إلى أن تأثير هذا الصدأ على المنشآت له الأثر الكبير من الناحية الاقتصادية و أن التأثير الرئيسي للتآكل في حديد التسليح هو تأثير الرطوبة المحيطة بشكل واضح حيث أن الرطوبة رفعت من تأثير التآكل بنسبة تزيد عن 1000% في جميع الحالات حسب الأشكال (3,4,5,6).

و أظهرت النتائج المبينة أنه لطبيعة سطح المعدن المصنع تأثير واضحا في تأكل حديد المحلزن أكثر مما هو في الحديد الأملس ولنفس العمر نتيجة وجود أجهادات شد سطحية تشكلت عند تشكيل الحلزنة حيث انتهت الحلزنة بشكل كامل كما في العينة (mm12,2)مما يؤكد أن طبيعة ونعومة سطح المعدن وطريقة التصنيع لها اثر واضح على زيادة فعالية التآكل ومن حيث التركيب ألمجهري فقد وجد بأن التآكل بالصدأ يحدث عبر حدود الحبيبات وهذا ما أشار إليه [4] إلى أهمية اختيار نوعية الصلب المناسبة من حيث التركيب الكيميائي والتركيب ألمجهري فقد وجد بأن التآكل بالصدأ يحدث عبر حدود الحبيبات وأن التركيب الكيميائي هو المؤثر الرئيسي على الخواص النهائية لصلب تسليح الخرسانة و يعتبر عنصر الكربون أكثر العناصر تأثيرا في الخواص النهائية للصلب و زيادته تزيد من الخواص الميكانيكية لحديد التسليح. ونظرا لطبيعة التعامل الميكانيكي مع المعدن اثناء تشكيله فان ثني الفولاذ له تاثير سلبي واضح على مقاومة التاكل لانه يؤدي الى تكسر السطح الخارجي للفولاذ ويجعله عرضة للتآكل فهنالك ارتباط بين الخواص المختلفة للصلب فمثلا تحسين مقاومة التآكل و زيادة خاصية جهد الخضوع يحسن من متانة الصلب و لدونته ويجب الأخذ في الاعتبار ظروف الخدمة التي تتعرض لها الخرسانة المسلحة بحيث يمكن اختيار صلب التسليح المناسبة من حيث الخواص التي تحقق متطلبات هذه الخدمة.

5- الاستنتاجات والتوصيات

1. لزيادة مقاومة قضبان حديد التسليح للتآكل يجب زيادة سمك الغطاء الخرساني و خاصة الجهة المعرضة للشد.
2. استخدام اسمنت ذو نوعية جيدة (غير نفوذي) لضمان عدم تغلغل الأكسجين والرطوبة اللذين يعتبران وقودا التآكل.
3. تنفيذ الغطاء الخرساني وفق المواصفات حول حديد التسليح و ذلك لمقاومة توغل الكربنة.
4. عنصر الكربون أكثر العناصر تأثير على خاصية الشد.

5. تأمين سماكة خراسانيّ كافية لحديد التسليح لما لذلك من دور إيجابي في حماية حديد التسليح من التآكل.
6. وضع مواصفة عربية لصلب التسليح شاملة و ممثلة للظروف التي قد تتعرض لها قضبان التسليح أثناء الخدمة.
7. التقليل من العمليات التكنولوجية على الحديد أثناء التشكيل يساعد على منع التآكل السريع تبعا للزمن.

المراجع:

[1] منير الأطرش,صدأ الفولاذ وتأثيره في تصدع المنشات, مجلة المهندس العربي– دمشق 2002.

[2] فؤاد فروج فرج , حسين شيخ داود , تأثير الطبقة الأسمنتية على أغلفة الآبار الفولاذية,مجلد الأبحاث العلمية , المؤتمر الوطني الثالث لمواد البناء والهندسة الإنشائية, مصراته , ليبيا, 2006.

[3] عبد الخالق محمود حسن السالم ,مختار معمر أبو راوي, التآكل في حديد التسليح العادي والجهد في الجسور الخرسانية, مجلد الأبحاث العلمية,المؤتمر الوطني الثاني لمواد البناء والهندسة الإنشائية, جامعة المرقب , ليبيا, 2004.

[4] أبو بكر محمد الغنيمي , عبد الحميد المهدي أشتيوي,تأثير التركيب المعدني علي الأستخدام النهائي لصلب تسليح الخرسانه, الشركة الليبية للحديد و الصلب, المؤتمر الوطني الثاني لمواد البناء والهندسة الإنشائية, جامعة المرقب , ليبيا, 2004.

[5] Herbert H .Uhlig, "Corrosion and Corrosion Control", John Wiley, (1980).

التلف في قطاع رصف الطرق وعلاقته بطرق التصميم المستخدمة
حالة دراسية – بنغازي – ليبيا

عبد السلام محمد الجرم
B.Sc., M.Eng. (U.K.), M.C.I.H.T.(U.K.)
محاضر – كلية الهندسة– قسم الهندسة المدنية
جامعة قار يونس
eljarm_am@yahoo.co.uk

ملخص

تواجه مدينة بنغازي كسائر المدن الليبية تحديا كبيرا بخصوص تفاقم مشاكل الصيانة في البنية التحتية بصورة عامة ورصف الطرق بصورة خاصة فانه من الملاحظ ان الرصف يزداد في التلف والتآكل لأسباب عديدة أهمها زيادة الأحمال – سوء اختيار مواد الإنشاء – سوء طرق التنفيذ – وسوء اختيار طرق التصميم المستخدمة في مرحلة إعداد المستندات التعاقدية عليه فان هذا البحث يتضمن حالة دراسية لطريق البحر بمدينة بنغازي ودراسة أسباب التلف والهبوط الحاصلة به كنتيجة لسوء اختيار طريقة التصميم لقطاع الرصف حيث ان دراسة طبيعة التربة أثبتت ان قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا للتربة الطبيعية C.B.R اقل من 1 % وهي نوعية التربة السائدة في اغلب اجزاء المدينة كونها تقع مباشرة على البحر وتتداخل فيها المناطق السبخية الضعيفة مع أنواع من التربة الرملية مما يتطلب ضرورة استخدام طريقة Capping layers [1] طبقا للمواصفات البريطانية وأن الطريق وبعد مراجعة الرسومات التنفيذية تاكد انه قد صمم و نفذ بالطريقة التقليدية دون استخدام نظام Capping layers وكان من الممكن ان يتم تفادي حدوث هذه المشاكل لو ان المصمم قد وفق في اختيار الطريقة المناسبة للتصميم والتي هي الطريقة المذكورة عالية بدلا من طريقة Road Note 29 مع العلم بان الدراسة قد اثبتت ان الفرق في تكلفة التنفيذ للوحدة الواحدة تزيد فقط بنسبة 3 % بين نظام التنفيذ بطريقة التقليد ية Road Note 29 وبين نظام التنفيذ بطريقة Capping layers ومن الملاحظ ان قيمة الفرق في تكلفة التنفيذ لا تذكر مقارنة بالفوائد التي كان من الممكن ان يتم الحصول عليها لو انه تم استخدام طريقة Capping layers والتي كانت تتمثل في اطالة عمر الطريق وتلافي حدوث مشاكل الهبوطات والتلف بانواعه المنتشرة على اغلب اجزاء هذا الطريق وغيره من الطرق التي تمر بالمناطق السبخية داخل المدينة والتي تغطي اغلب مناطق أحياء الصابري والسلماني وسيدي يونس والمدينة القديمة.

Keywords: capping layers , pavement design , weak soil , C B R, Road note 29.

1- المقدمة

إن نظام Capping layers المستخدم في رصف الطرق حاليا سوى للطرق المرصوفة بنظام الرصف المرن Flexible او المرصوفة بنظام الرصف الجاسئ Rigid والتي تكون فيها التربة الطبيعية Sub-grade ضعيفة أي تقل فيها نسبة تحمل كاليفورنيا عن 5 % للطرق المراد رصفها بنظام الرصف المرن وعن 3 % للطرق المراد رصفها بنظام الرصف الجاسئ لم يكن معروفا قبل صدور Technical Memorandum No. H6/78 [2] وذلك عام 1978 حيث كان نظام التصميم السابق يتم بنظام التصميم التقليدي المستخدم في Road Note 29 واذا قلت نسبة تحمل كاليفورنيا عن 2% يتم اضافة 150 مم لسمك طبقة الاساس المصمم وذلك لتفادي مشكلة ضعف التربة الطبيعية او ما يعرف Sub-grade عليه يجب ومن تاريخ صدور Technical Memorandum No. H6/78 في 1978 على كل مهندس يمارس عملية تصميم الطرق ان ينتبه وبشكل كبير الي متطلبات التصميم بهذه الطريقة وخاصة اذا كان يستخدم في نظام التصميم البريطاني لتصميم قطاعات الطرق الجديدة:

[2] (Road Note 29 a guide to the structural design of pavements for new roads)

إن عدم التقيد بستخدام هذا النظام في التصميم ثبت انه تنتج عنه مشاكل لا حصر لها كما سوف نبين في هذا البحث والمتمثلة في الشقوق بأنواعها الشبكيةBlock cracking والتمساحية او الكلل Alligator-Fatigue cracking والطولية والجانبية وكذلك الرقع Patching والحفر Potholes و الهبوطات Depression وأيضا الزحف Shovingو التخدد Rutting

2-الحالة الدراسية

شبكة الطرق بمدينة بنغازي والتي صممت بناء على عدة دراسات من قبل هيئات استشارية عالمية كان أولها الهيئة الاستشارية دوكسيادس التي ساهمت في وضع المخطط العام واخرها الهيئة الاستشارية اوف اروب وكذلك الهيئة الاستشارية رندل بالمر وترتون اللتان وضعتا المخطط التفصيلي للطرق بالمدينة وللذين ليس لهم دراية بشبكة الطرق داخل مدينة بنغازي فانها تتكون من مجموعة من الطرق الدائرية كان عددها في السابق خمس طرق دائرية من الاول إلى الخامس ثم تم إضافة طريقين دائرين مؤخرا لبعض أجزاء المدينة التي استحدثت في الفترة الأخيرة وهما الطريق الدائري السادس والسابع وكذلك مجموعة أخرى هي أقل في الرتبة وهي الطرق الشعاعية حيث يبلغ عددها حوالي سبعة عشر طريقا شعاعيا تقريبا تتجه في غالبها إلى مركز المدينة و طريق كورنيش أحمد رفيق المهدوي هو أحد هذه

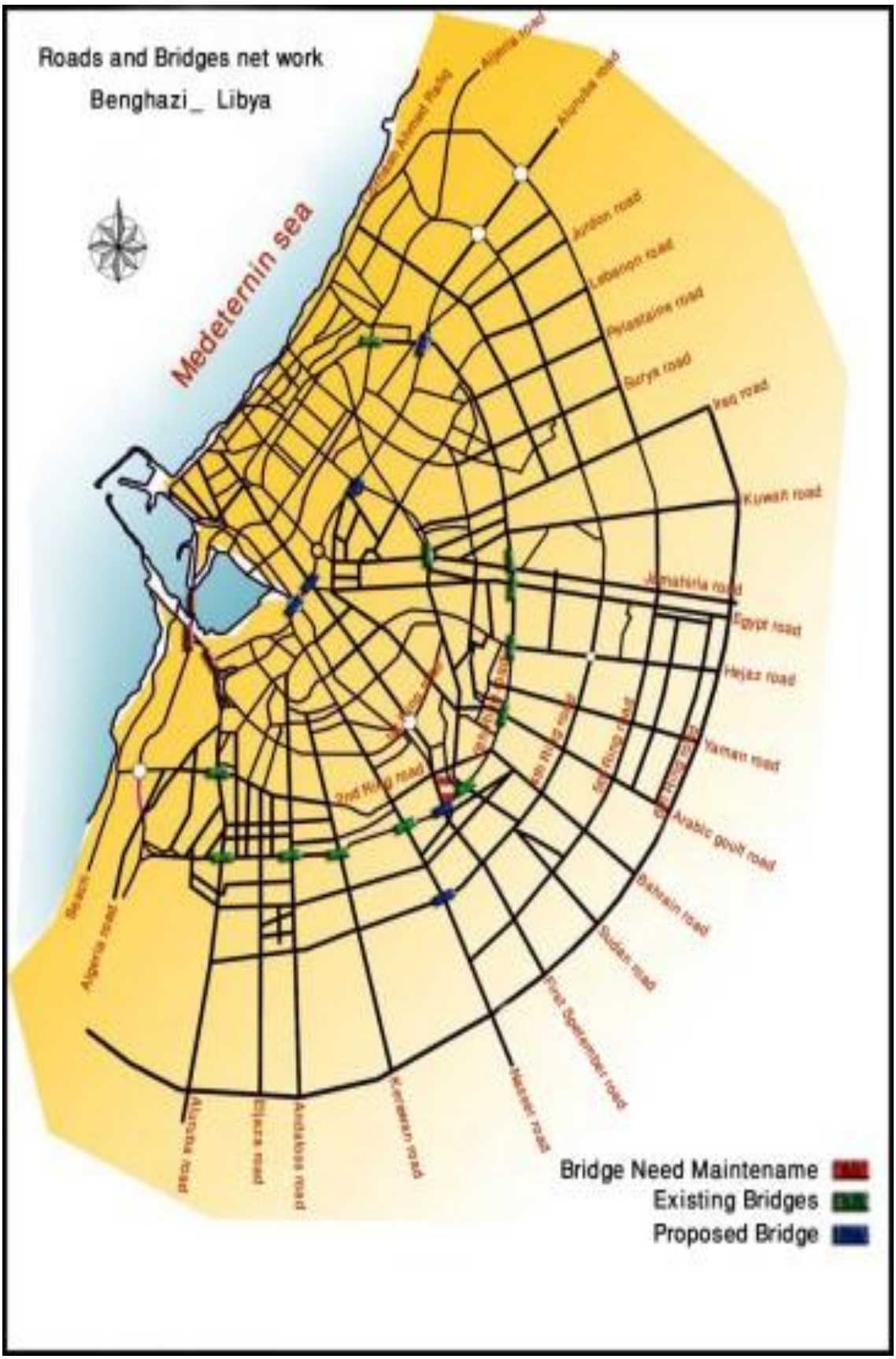
الطرق الشعاعية حيث يمتد في المنطقة ما بين طريق العروبة شرقا إلى مدخل ميناء مدينة بنغازي القديم بطول حوالي 6 كم وهو طريق مزدوج ثنائي الحارات وجزيرة وسط بعرض متوسط حوالي 2 متر باستثناء الجزء القريب من مدخل المينا حيث تقل جزير الوسط في هذا الجزء بشكل ملحوظ يصل الي اقل من نصف متر من الملاحظ ان هذا الطريق يقع مباشرة على البحرفي اغلب اجزائيه ويمر جزءالباقي منه عبر منطقة سبخية ضعيفة التربة ومنسوب المياه الجوفيه بها مرتفع عولجت طريقة التصميم به في بحث سابق [3] وعند مراجعة الرسومات التنفيذية لهذا الطرق والموجودة حاليا لدى امانة المرافق باعتبارها مالكة المشروع تبين انه تم تصميم وتنفيذ قطاع الرصف للطريق بالنظام التقليدي ولم يتم استخدام نظام Capping layers حيث أثبتت الاختبارات التي أجريت على التربة في مسار الطريق أنها ضعيفة و كان من المفروض أن الطريق صمم بنظام Capping layer مما أدى إلى ظهور المشاكل المشار إليها أعلاه.

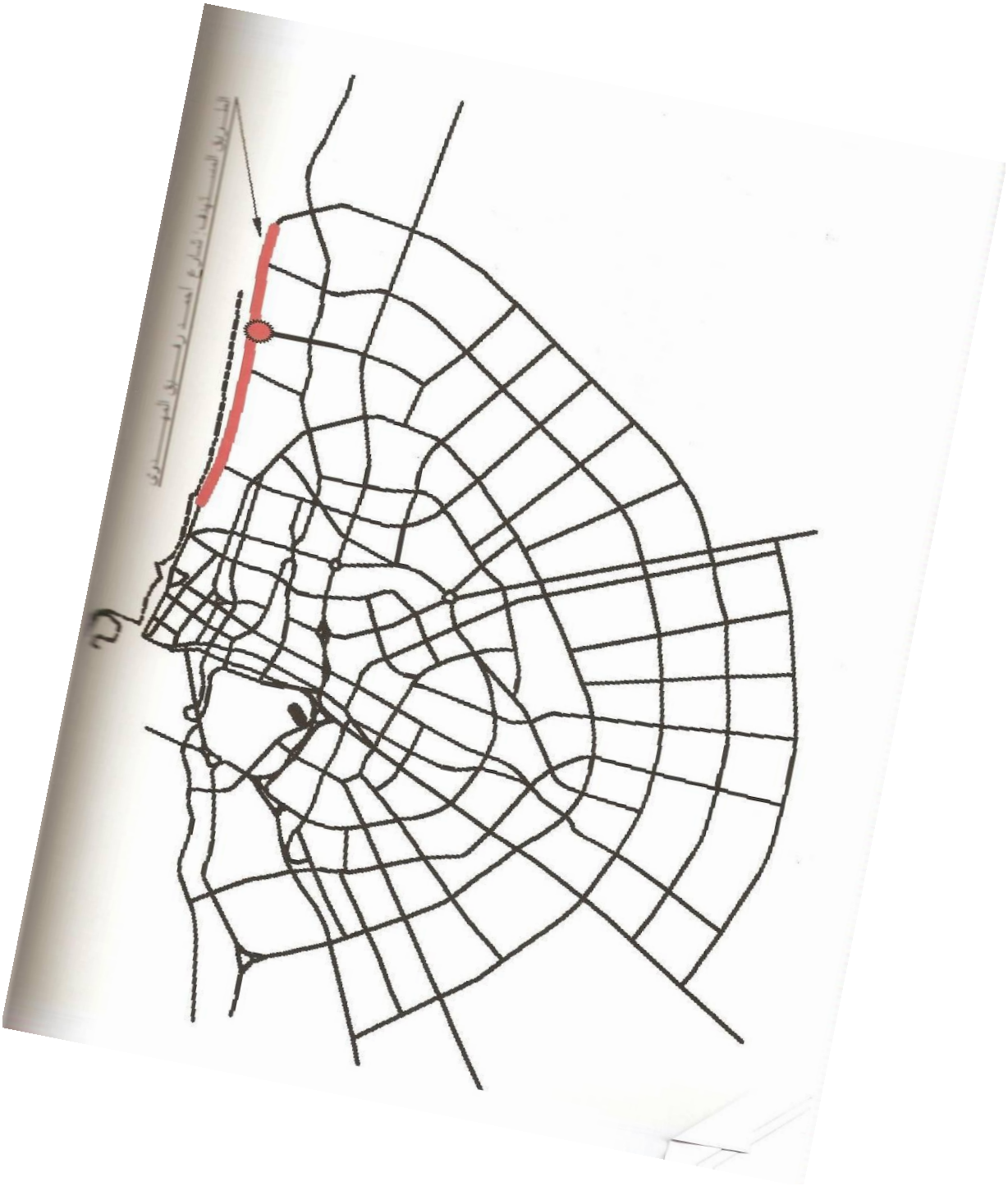
3 – نتائج اختبارات التربة في مسار الطريق

طبقا لمتطلبات التصميم في مذكرة الطرق رقم 29 البريطانية لتصميم الطرق الجديدة والتي هي الاساس في تصميم قطاعات الرصف في هذا البحث , يجب معرفة نسبة تحمل كاليفورنيا لتربة الاساس للطريق وبناء عليه تم اخذ عينات للتربة من مسار الطريق (يجب ملاحظة ان الطريق قائم وعليه تم اخذ عينات بالقرب من اكتاف الطريق لتعذر الحفر في طريق قائم والوصل الي ماتحت الاساس المساعد) وبداية يجب تحديد الكثافة الجافة القصوى والمحتوى المائي الامثل للتربة الطبيعية وذلك لاستخدامها في تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا .[1].

3–1 اختبار الدمك

تم اجراء هذا الاختبار على اساس اختبار الدمك بنظام بروكتر المعدل حيث يستخدم هذا النوع من اختبارات الدمك للطريق التي يتوقع أن يتم عليها مرور ثقيل وباعتبار أن هذا الطريق يقود إلى مدخل الميناء فاحتمال مرور شاحنات ثقيلة عليه هو المرجح أغلب الوقت [4] وعليه تم أخذ العينات وأحيلت إلى المعمل لإجراء التجارب عليها وتم تسجيل النتائج الآتية :–


Roads and Bridges net work
Benghazi_ Libya
Medeternin sea
Algeria road
Airport road
Jordon road
Lebanon road
Palestine road
Surya road
Iraq road
Kuwait road
Jamahiria road
Egypt road
Hejaz road
Yaman road
Arabic gouf road
Bahrain road
Sudan road
First Septemper road
Hassawi road
Kuwaiman road
Andalous road
Bijaya road
Alurma road
Bridge Need Maintename
Existing Bridges
Proposed Bridge



مسار الطريق موضوع الدراسة

شكل (1) خريطة الطرق الدائرية والقطرية لمدينة بنغازي



شكل (2) الشقوق الشبكية



شكل (3) شقوق تمساحية أو الكلل



شكل (4) الشقوق الطولية



شكل (5) الشقوق الجانبية



شكل (6) الرقع



شكل (7) الحفر



شكل (8) التخدد



شكل (9) الزحف او لازاحة



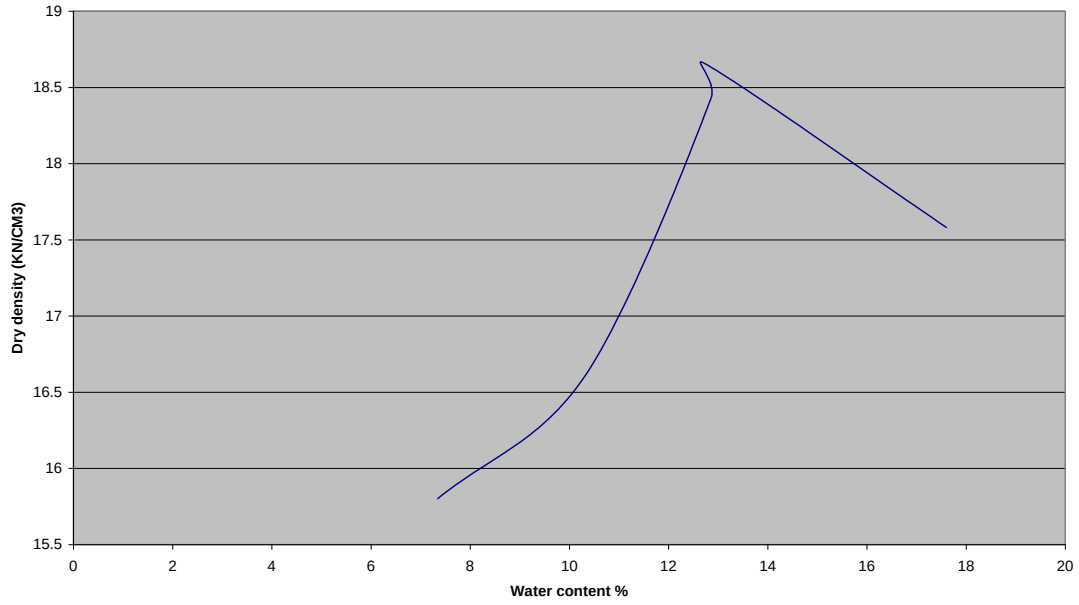
شكل (10) الهبوطات

جدول رقم (1) النتائج الخاصة بالمحتوى المائي

Can No.	21	28	42	55	57
Wt. of wet soil+ can gms	100.07	74.44	131.49	141.68	121.06
Wt. of dry soil+ can gms	94.66	69.45	118.91	128.06	106.12
Wt. of can gms	20.98	21.04	21.15	20.92	21.30
Wt. of dry soil gms	73.68	48.41	97.76	107.14	84.82
Wt. of moisture gms	5.41	4.99	12.58	13.62	14.94
Water content %	7.34	10.30	12.86	12.71	17.61

جدول رقم (2) النتائج الخاصة بالكثافة الجافة للتربة الطبيعية

Wt. of soil +mold	8319	8450	8690	8712	8678
Wt. of mold	6679	6679	6679	6679	6679
Wt. of soil in molds gms	1640	1771	2011	2033	1999
Wet density KN/CM 3	16.97	18.32	20.81	21.40	20.68
Dry density KN/CM 3	15.80	16.60	18.43	18.66	17.58



شكل (11) العلاقة بين الكثافة الجافة و المحتوى المائي للتربة الطبيعية

من العلاقة البيانية أعلاه فان :-

- المحتوى المائي الامثل = 13 %
- الكثافة الجافة القصوى = 18.66 كيلو نيوتن /سم 3

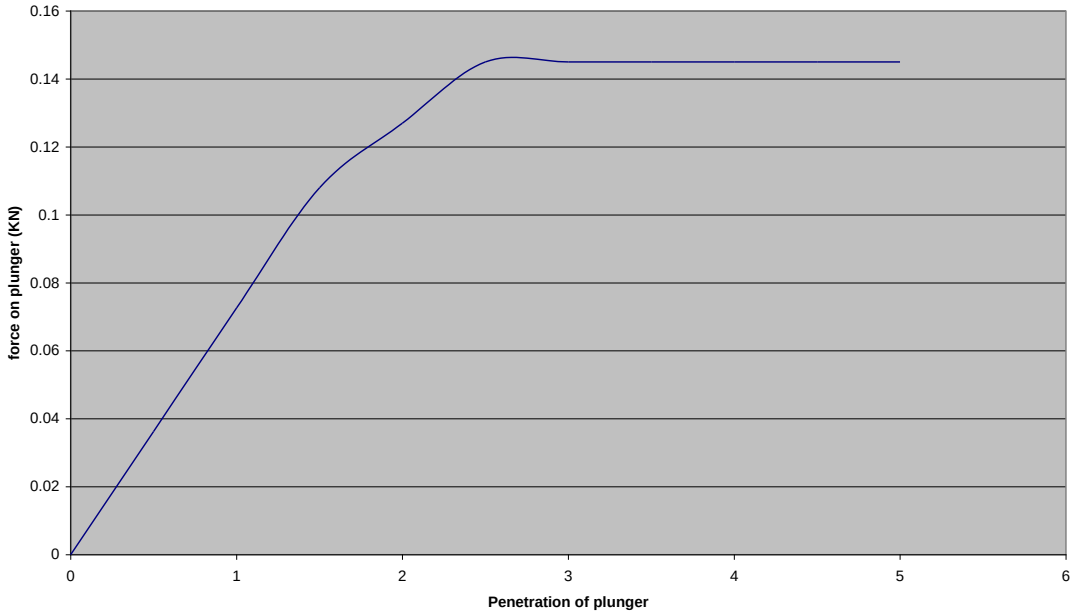
2-3 اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا

بعد أن تم تحديد المحتوى المائي الأمثل والكثافة الجافة القصوى للتربة الطبيعية تم الانتقال لإجراء اختبار تحمل نسبة كاليفورنيا (يمكن الرجوع لأي مرجع معتمد في هندسة التربة أو هندسة الطرق لمعرفة كيفية إجراء هذا الإختبار وأيضا الإختبار السابق [4] والجدير بالذكر انه تم اجراء هذا الاختبار لعينة غير مغمورة و عينة اخرى مغمورة حيث ان تربة اساس الطريق معرضة للتداخل مع مياه البحر في فترات المد .

3-2-1 اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا للعينة غير المغمورة

جدول رقم (3) قيم التحميل والاختراق لعينة غير مغمورة

Penetrations m m	Load gauge	Load gauge x 0.0363
0	0	0
0.5	1	0.0363
1	2	0.726
1.5	3	0.108
2	3.5	0.127
2.5	4	0.145
3	4	0.145
3.5	4	0.145
4	4	0.145
4.5	4	0.145
5	4	0.145



شكل (12) العلاقة البيانية فى اختبار التحميل النسبي (CBR) للتربة الطبيعية الغير مغمورة

جدول رقم (4) يوضح قيم نسبة تحمل كاليفورنيا للعينة غير المغمورة

Penetration m m	Force KN	Standard Force KN	C.B.R. %
2.5	0.145	13.2	1.1
5	0.145	20	1.1

3-2-2 اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا للعينة المغمورة

جدول رقم (5) قيم التحميل والاختراق لعينة مغمورة

Penetration m m	Load gauge	Load gauge x 0.0363 KN
0	0	0
0.5	0	0
1	1	0.0363
1.5	1	0.0363
2	2	0.0727
2.5	2	0.0727
3	2	0.0727

وبعد رسم العلاقة بالطريقة السابقة بين كل من القوة والاختراق تم الحصول على القيم الآتية لنسبة تحمل كاليفورنيا:-

جدول رقم (6) يوضح قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا للعينة المغمورة

Penetration m m	Force KN	Standard Force KN	C.B.R.
2.5	0.0725	13.2	0.55
5	0.0725	20	0.55

4- تصميم القطاع الإنشائي للطريق

سوف يتم استخدام القيم المتحصل عليها والخاصة بنسبة تحمل كاليفورنيا لحالة العينة المغمورة حيث انها هي الاقل وهي الحالة السائدة على مسار الطريق وذلك كما اسلفنا لقربة من البحر ولمروره بمناطق سبخية كما يوضح ذلك الموقع العام .

4-1 تصميم القطاع الإنشائي للطريق بالنظام التقليدي

تم تصميم القطاع الإنشائي طبقا لمتطلبات مذكرة الطرق رقم 29 البريطانية كالأتي :-

- العمر التصميمي 40 سنة – طريق حضري اسفلتي

- المرور التجاري الابتدائي على الطريق 350 سيارة تجارية في اليوم في الاتجاه جدول رقم (1) مذكرة الطرق رقم 29 .

- معدل النمو السنوي للسيارات التجارية 4 % رقم نموذجي لمدينة بنغازي حدد في دراسة المواصلات بالمدينة 1978 الهيئة الاستشارية اوف ارب وشركائه ليبيا المحدودة .

- نسبة تحمل كاليفورنيا للتربة بمسار الطريق 0.55 %

باستخدام Nomo graph تم حساب عدد السيارات التجارية التي سوف تستخدم هذا الطريق خلال عمره الافتراضي ووجدت تساوي 12.50 مليون سيارة تجارية ولتحويل عدد السيارات التجارية الي محاور عيارية تراكمية يتم استخدام المعامل الوارد Technical Memorandum No. H6/78 والذي هو 1.25 في حالة تصميم طريق ليحمل عدد من السيارات التجارية بين 250–1000 في اليوم في الاتجاه وعليه يصبح عدد المحاور العيارية التراكمية على الطريق خلال عمره الافتراضي 15.625 مليون محور عياري تراكمي تنص مذكرة الطرق رقم 29 البريطانية انه في حالة زاد عدد المحاور العيارية التراكمية عن 11 مليون [1] فانه يجب ان يستخدم لطبقة اساس الطريق Rolled Asphalt عليه سوف يكون القطاع على الشكل الأتي من اعلى الي اسفل :–

Surfacing
Rolled Asphalt Road Base
Sub-base
Sub-grade

وذلك حسب الابعاد الاتية :–

Surfacing = 100 m m , Binder = 60 m m , Wearing = 40 m m
Rolled Asphalt Road Base = 132 m m
Sub-base = 670 m m
Total thickness = 902 m m

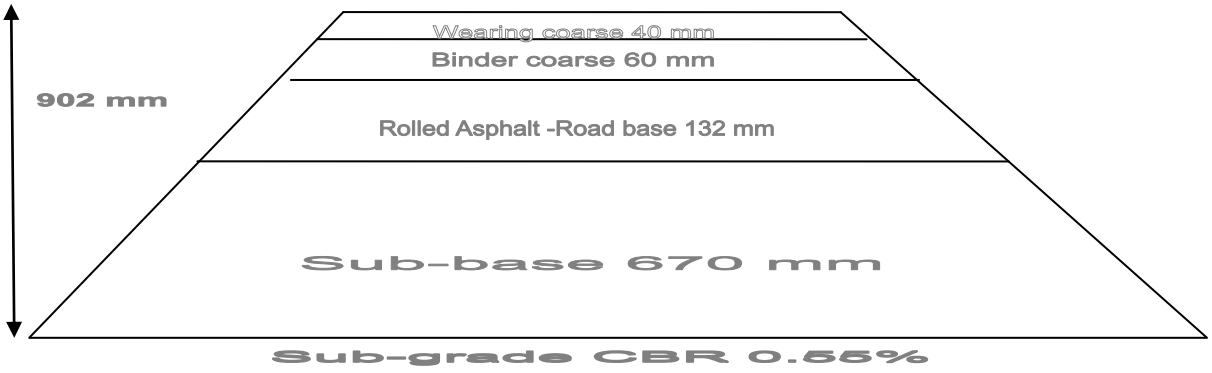


Fig. (13) Designed cross-section without capping layer

2–4 تصميم القطاع الإنشائي للطريق بالنظام

–يتم اولا تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا للمواد التي سوف تستخدم في طبقة التغطية وبعد دراسة المحاجر المتاحة تبين ان المحاجر التي بها مواد تتراوح نسبة تحمل كاليفورنيا بها مابين 10–14 % هي السائدة ولهذا سوف يتم التصميم على هذا الاساس .

– 40 سنة العمر التصميمي

– 4 % معدل نمو سنوي للسيارات التجارية

– مرور تجاري ابتدائي يومي في الاتجاه 350

– نسبة تحمل كاليفورنيا للتربة الطبيعية قدرها 0.55 %

– نسبة تحمل كاليفورنيا لمواد طبقة التغطية مابين 10–14 %

بنفس الطريقة السابقة تم حساب عدد المحاور العيارية التراكمية التي سوف تمر على الطريق خلال عمره التصميمي وهي 15.625 محور عياري تراكمي ولحساب سمك طبقة التغطية يستخدم الجدول رقم (S 7) الوارد في Technical Memorandum No. H6/78 وعليه وحيث ان المحاور العيارية التراكمية محصورة بين 6–25 مليون محور عياري تراكمي فان سمك الطبقة يكون 750 مم لان نسبة تحمل كاليفورنيا اقل من 2 % ويكون سمك طبقة الاساس المساعد 150 مم [2] طبقا لمتطلبات التصمم الواردة بنفس المرجع وعليه سايتكون القطاع من الطبقات الاتية :–

Surfacing
Rolled Asphalt Road Base
Sub-base
Capping layer
Sub-grade

وذلك حسب الأبعاد الآتية :–

Surfacing = 100 m m , Binder = 60 m m , Wearing = 40 m m
Rolled Asphalt Road Base = 132 m m
Sub-base = 150 m m
Total thickness = 1132 m m Capping layer = 750 m m

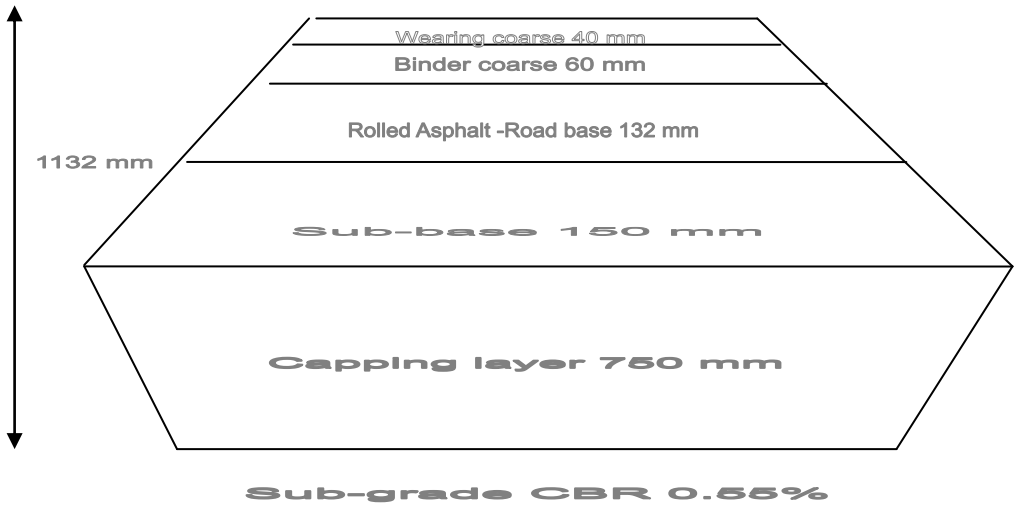


Fig (14) Designed cross-section with capping layer

5- النتائج والتوصيات

1- إن الالتزام باستخدام طرق التصميم المناسبة هي من اساسيات العمل الهندسي في جميع المجالات وخاصة في تصميم الطرق وبشكل خاص التصميم الانشائي لطبقات الرصف

2- المشاكل التي تم ظهورها بسطح الطريق وبشكل مكثف في هذا الجزء منه والتي كانت به نسبة تحمل كاليفورنيا للتربة الطبيعية ضعيفة أي اقل من 3 % ماكان لها ان تظهر بهذا الشكل لو تم استخدام طريقة التصمي المناسبة لمثل هذه الحالة وهي طريقة Capping layers بدلا من طريقة التصميم التقليدية وهي Road Note 29

3- بعد الدراسة واجراء الاختبارات اللازمة للتربة بمسار الطريق وجد ان نسبة تحمل كاليفورنيا لهذه التربه في حدود 0.55 % مما يلزم معه تصميم الطريق بنظام طبقة التغطية طبقا لمتطلبات التصميم الواردة بمذكرة الطرق رقم 29 الخاصة بالتصميم الانشائي لطبقات رصف الطرق الجديدة والتي تستخدم الان لتصميم قطعات رصف الطرق الجديدة المستخدمة للمرور الخفيف والمتوسط وقد تم استبدالها بالطريقة الواردة في TRRL Report 1132 فيما يخص المرور الثقيل التي تزيد فيه المحاور العيارية التراكمية عن أكثر من مائة مليون محور عياري تراكمي.

4- لوحظ من النتائج المسجلة أن تكلفة تنفيذ الطرق باستخدام Capping layers أقل من تلك التي استخدم فيها النظام التقليدي للتصميم حيث كانت تكلفة نفس القطاع بنظام Capping layers 539452.749 د ل بينما كانت التكلفة عند استخدام النظام التقليدي للرصف أي بدون استخدام Capping layers هي 544815.262 د ل أي بتكلفة

قدرها 33.60 د ل للمتر المسطح الواحد للنوع الأول بينما كانت التكلفه 34.03 د ل للمتر المسطح الواحد للنوع الثاني وهنا تم تحقيق هدفين أساسيين في وقت واحد تكلفة أقل وجودة أعلى.

5- الطرق التي نفذت باستخدام طريقة طبقة التغطية سوى داخل مدينة بنغازي أو خارجها لم تظهر بها العيوب المسجلة في حالة طريق كورنيش أحمد رفيق المهدوي ببنغازي وهذا مما أكد لنا أن عدم استخدام الطريقة المناسبة كان له الأثر الأكبر في ظهور هذه العيوب كما أنه قد تكون هناك أسبابا أخرى ولكنها أقل تأثيرا.

نوصي وبشدة بضرورة تبني واستخدام هذه الطريقة في تصميم وانشاء الطرق للمناطق ضعيفة التربة وكذلك المناطق السبخية وما اكثرها في ليبيا والتي تقل فيها نسبة تحمل كاليفورنيا عن 5 % بالنسبة للطرق الاسفلتيه وعن 3 % للطرق الخرسانية بحيث يتم تقليل تكلفة الانشاء وكذلك الحصول على تصميم يمكننا من تنفيذ طرق تقاوم هذه المشاكل والتي سبق التطرق لها وتوفير معامل جد هام وهو الديمومه Durability كما تم ملاحظة انه لاتوجد برامج صيانة للطرق بشكل جدي واضح وانه مايتم حاليا ماهو الا نوع من الترميمات لا ترقى الي برامج الصيانة رغم الكم الهائل من الطرق التي نفذت ولازالت تنفذ الي الان ويحضرني في هذا الصدد قول احد المختصين بصيانة الطرق في بلده وهو يطالب صناع القرار في بلدة بتوفير ميزانية للصيانة **((إن لم تدفعوا اليوم دينارا سوف تدفعون غدا عشرة دنانير))** وطبعا كانوا عقلاء جدا ودفعوا ما يحتاجه لاعمال الصيانة.

المراجع

[1] Road Note 29 a guide to structural design of pavement for new roads , third edition R R L, London 1978

[2] Technical Memorandum No H6/78 , road pavement design T R R L , London 1978

[3] عبدالسلام محمد الجرم "إنشاء الطرق على التربة الضعيفة " منشورات المؤتمر الوطني الرابع لمواد البناء والهندسة الانشائية , جامعة السابع من ابريل –صبراتة –الجماهيرية 2008

[4] David Crony " The design and performance of road pavement " Transport and road research laboratory , 1977 London

[5] الأسعار النمطية – الاسكان والمرافق 2008

ملاحق لحساب التكلفة

ملحق (1) حساب التكلفة [5] للطريق حسب القطاع التصميمي بدون Capping layers

Item	Description	Unit	Price LD	Quantity	Total
1	Provided lay and compact sub-base materials 670 m m compacted thickness 220 m m each layer	M2	11.280	* 16007.50	180564.600
2	Provided lay and compact Rolled asphalt Road base 132 m m thickness	M2	7.530	16007.50	120536.475
3	Provided lay and compact binder coarse 60 m m thickness	M2	8.490	16007.50	135903.675
4	Provided lay and compact wearing coarse 40 mm thickness	M2	5.327	16007.50	85271.952
5	Provided and sprayed M C O 1.5 KG/M2	M2	0.608	16007.50	9732.560
6	Provide and sprayed R C 2 0.5 KG/M2	M2	0.800	16007.50	12806.000

* مساحة الجزء الخاضع للدراسة من الطريق بطول 1685 وعرض 9.5 متر

اجمالي التكلفة = 544815.262دل

ملحق (2) حساب التكلفة[5] للطريق حسب القطاع التصميمي باستخدام نظام Capping layers

Item	Description	Unit	Price LD	Quantity	Total
1	Provide lay and compact sub-base materials 150 m m compacted thickness	M2	3.760	* 16007.50	60188.200
2	Provide lay and compact Rolled asphalt Road base 132 m m thickness	M2	7.530	16007.50	120536.475
3	Provide lay and compact binder coarse 60 m m thickness	M2	8.490	16007.50	135903.675
4	Provide lay and compact wearing coarse 40 mm thickness	M2	5.327	16007.50	85271.952
5	Provide and spray M C O 1.5 KG/M2	M2	0.608	16007.50	9732.560
6	Provide and spray R C 2 0.5 KG/M2	M2	0.800	16007.50	12806.000
7	Provide lay and compact capping layer material 750 m m thickness	M3	9.580	12005.625	115013.887

* مساحة الجزء الخاضع للدراسة من الطريق بطول 1685 وعرض 9.5 متر

إجمالي التكلفة = 539452.749 د ل

ظاهرة تآكل حديد التسليح في المنشآت الخرسانية
دراسة ميدانية

د.علي محمد منصور
محاضر– جامعة الفاتح– طرابلس
aothman_em@yahoo.com

م.علي عثمان مسعود
رئيس قسم ضبط الجودة – شركة الاتحاد العربي للمقاولات
bomnadi@yahoo.com

محمود عثمان إسماعيل
عصام جمعة بدر
طلبة بكالوريوس بكلية الهندسة– قسم الهندسة المدنية – جامعة الفاتح – طرابلس

ملخص

تتعرض الخرسانة المسلحة للمداهمة من قبل المؤثرات الخارجية سواء كان ذلك بسبب الكربنة أو توغل الكلوريدات أو أي مؤثرات أخرى مما يؤدي إلى تآكل حديد التسليح وظهور التشققات والتي تسبب في النهاية ضعفاً في تحملية الخرسانة مع الزمن وقصر عمرها الوظيفي مما يحتم ترميمها أو إزالتها وما يمثله ذلك من خسارة اقتصادية.

وحيث أنه هناك عدة منشآت تعرضت لتآكل حديد تسليحها وظهور تشققات تؤثر على عمرها الوظيفي نتيجة لأسباب عديدة منها المؤثرات الخارجية، سوء التنفيذ، غياب الصيانة الدورية وسوء الاستعمال، والتي من المفترض أن تؤخذ في عين الاعتبار عند تنفيذ المنشآت الجديدة.

تقدم هذه الورقة دراسة ميدانية لبعض المنشآت الخرسانية بمدينة طرابلس بغية التعرف على أسباب التصدعات وتآكل حديد التسليح التي تعرضت لهما أغلب العناصر الإنشائية التي شملتها الدراسة وذلك من خلال برنامج الاختبارات الحقلية والمعملية التي أجريت ومقارنة نتائجها بالمواصفات ذات العلاقة مع الوقوف على الأسباب التي ساعدت على ذلك مرورًا بالمؤثرات المحيطة وانتهاءً بغياب الصيانة الدورية.

الكلمات الدالة: تآكل حديد التسليح، المنشآت الخرسانية، تشققات.

1- مقدمة

تعتبر الخرسانة مادة العصر لكونها مادة رخيصة التكاليف مع توفر موادها الأولية وملائمتها لكل الظروف وم ن أهم خواصها توفير المناخ القلوي الذي يحمي حديد التسليح الموجود داخلها من الصدأ إلا أن الظروف البيئية العديدة ساهمت

في تدهور المباني المنفذة بهذه الخرسانة وبالأخص ذات المستويات المتدنية وبات واضحاً أن صدأ حديد التسليح هو السبب الأول لهذا التدهور والذي قد يؤدي مع مرور الوقت إلى انهيار هذه المباني جزئيا أو كليا، وحيث أن الجماهيرية شهدت نهضة عمرانية في مجال تشيد العديد من المباني الخرسانية فقد صاحب هذا التطور مشاركة عدد كبير من المقاولين والشركات المحلية والعالمية في تشييد العديد من المباني وإن بعض من هذه المباني المشيدة تعاني من انتشار ظاهرة صدأ حديد التسليح وتفتت خرسانتها قبل وصول عمرها الوظيفي إلى الفترة الافتراضية المحددة أثناء التصميم وقد ساهمت عدة عوامل كالقصور في التصميم، سوء التنفيذ، سوء الاستعمال وغياب الصيانة الدورية إلى تفاقم المشكلة وجعل صيانة بعض هذه المباني غير مجدية اقتصادياً وإن إزالتها واستبدالها بأخرى جديدة قد يكون الحل الأمثل.

ونظرا لأهمية المباني الخرسانية بالجماهيرية باعتباره ا الأسلوب الأكثر انتشارا في التنفيذ فإنه من الضروري دراسة أسباب انتشار صدأ حديد التسليح وتقييم الديمومة من ناحية وما تشكله من خطورة على الأرواح في حالة فشلها جزئياً أو كلياً من ناحية أخرى.

تعرض هذه الورقة نماذج لحالات دراسية شملت مباني سكنية، إدارية، خدمية وصناعية والمرحلة التي وصلت إليها والأسباب التي أدت إلى انتشار صدأ حديد التسليح بالعناصر الإنشائية لهذه المباني.

2- منهجية الدراسة

لمعرفة تدهور الخرسانة وحالة حديد تسليحها تم الحصول على المعلومات بالاستعانة بدراسات سابقة والقيام ببعض الزيارات الميدانية لعدة منشآت تعاني من العديد من المشاكل أهمها تآكل حديد التسليح وتفتت الخرسانة وتدعيماً للفحص البصري تم إجراء عدة أنواع من الإختبارات الحقلية والمعملية لهذه المنشآت لتقييم كفاءتها الإنشائية ومن ثم تحديد الطريقة الأنسب لإصلاحها وإعادة تأهيلها ووصف طرق التنفيذ واختيار المواد المناسبة تمشياً مع المواصفات ذات العلاقة مع الأخذ في الاعتبار الناحية الاقتصادية وإطالة العمر الوظيفي، وقد تم اختيار عدد من المنشآت كنماذج لحالات مختلفة مع دراسة العوامل التي أدت إلى تدهور هذه المنشآت وصنفت الحالات الدراسية من حيث الاستخدام وموقع هذه المنشآت حسب الجدول (1).

جدول (1) يوضح تصنيف الحالات الدراسية موضوع البحث

الحالات الدراسية	الحالة الدراسية (1)	الحالة الدراسية (2)	الحالة الدراسية (3)	الحالة الدراسية (4)	الحالة الدراسية (5)	الحالة الدراسية (6)	الحالة الدراسية (7)
التصنيف (من حيث الاستخدام والموقع)	وحدات سكنية مطلة على البحر	مبنى إداري مطل على البحر	مبنى إداري مطل على البحر	مبنى خدمي قريب من البحر	مبنى خدمي	مبنى صناعي	مبنى صناعي

3- الفحص الظاهري

من خلال المعاينة الميدانية اتضح أن خرسانة العناصر الإنشائية المختلفة المكونة للمباني التي شملتها الدراسة تعاني من اتساع رقعة التشققات ووصول حديد تسليحها إلى درجة متقدمة من الصدأ نتيجة لتعرضها للمؤثرات البيئية والمتمثلة في اختراق الرطوبة والأملاح الضارة للخرسانة ووصولها إلى حديد التسليح نظرا لسوء التنفيذ وغياب الرقابة الفنية وعدم التقيد بالمواصفات ذات العلاقة حيث يتضح تدني جودة الخرسانة المستعملة وعدم الأخذ في الاعتبار شروط الديمومة وخاصة عند تنفيذ الخرسانة المعرضة لظروف بيئية عدائية أضف إلى ذلك عدم الاهتمام بالصيانة الدورية وفيما يلي بعض أشكال هذا التدهور والعوامل المساعدة على حدوثه:

3-1 تعرض بعض المنشآت القريبة من البحر إلى العوامل الجوية من رياح مليئة بأملاح الكلوريدات ورطوبة ومع عدم وجود الحماية الكافية أدى إلى تآكل حديد التسليح والأشكال (1)، (2) توضح بعض النماذج القريبة من البحر التي تعرضت إلى هجوم أملاح الكلوريدات.



الشكل (1)



الشكل (2)

تعرض المنشآت القريبة من البحر إلى هجوم أملاح الكلوريدات الذي أدى إلى تآكل حديد التسليح

2-3 مبالغة شاغري المباني في استخدام المياه أثناء تنظيف البلاط مع إضافة الصودا الكاوية والصابون لهذه المياه مما يوفر بيئة مليئة بالكلوريدات والتي بدورها مع توفر الرطوبة والأكسجين تخترق الخرسانة وخاصة رديئة المصنعية مسببة صدأ حديد التسليح مع انتفاخ في الغطاء الخرساني والشكل رقم (3) كمثال لخرسانة سلم احد المباني الذي يعاني من تآكل حديد تسليحه بدرجة عالية.



الشكل (3) حالة بلاطات السلالم تعانى من درجة كبيرة من الصدأ

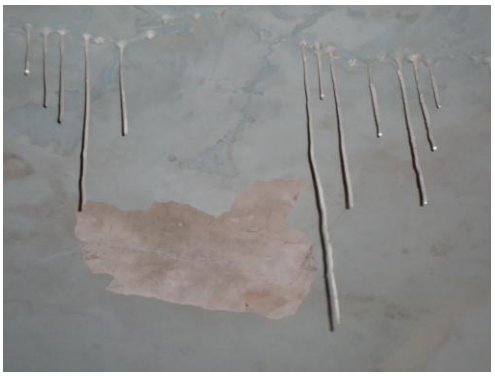
3-3 تعرض بعض الأسقف وخاصة دورات المياه إلى تسرب الرطوبة وبشكل كبير وواضح بفعل ماء تصريف المجارى نتيجة لإهمال عزل الأرضيات ضد الرطوبة، والأشكال رقم (4)، (5)، (6)، (7) توضح اثر هذه الرطوبة المزمنة.



الشكل (4)



الشكل (5)



الشكل (6)



الشكل (7)

تسرب الرطوبة لبعض الأسقف بسبب تسرب مياه صرف المجاري

4-3 من خلال المشاهدة لوحظ عدم توفر سمك الغطاء الخرساني الكافي لحماية حديد التسليح في بعض العناصر وخاصة الأسقف نتيجة عدم التقيد بما توصى به المواصفات ذات العلاقة مما نتج عنه ظهور شروخ كبيرة مع انتفاخ في الغطاء الخرساني لحديد التسليح وتساقط الخرسانة والأشكال رقم (8)، (9) توضح جليا هذه الظاهرة في أحد الأسقف.



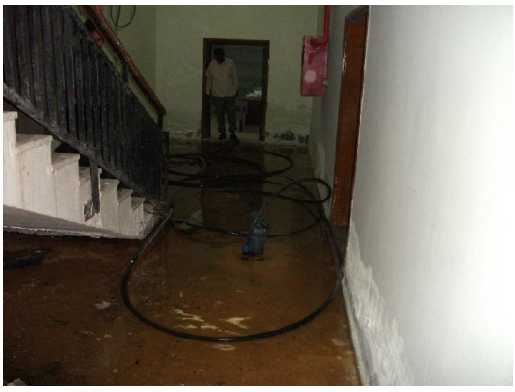
الشكل (8)



الشكل (9)

عدم كفاية الغطاء الخرساني لأحد البلاطات وهى تعانى من درجة كبيرة من الصدأ

3-5 تعرض قواعد ورقاب الأعمدة لفترات غمر المياه الجوفية أو مياه المجارى تتبعها فترات جفاف مع توفر الأملاح الضارة والتي بدورها تؤذي إلى تآكل حديد التسليح والأشكال رقم (10)،(11) توضح جلياً هذه الظاهرة.

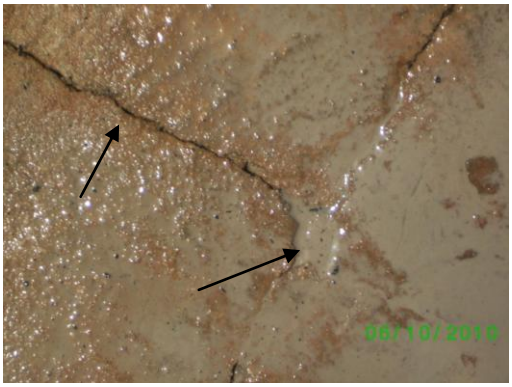


الشكل (10) مياه المجاري تغمر أرضيات احد المباني

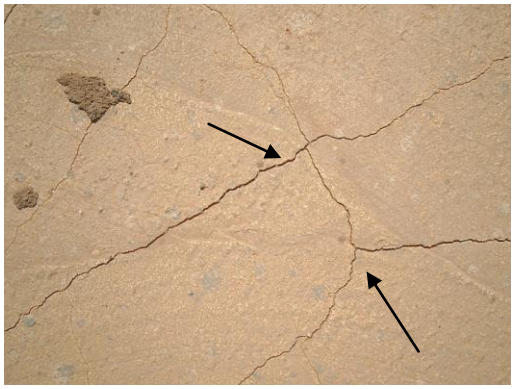


الشكل (11) صدأ حديد تسليح احد الأعمدة بسبب فيضان مياه المجاري

3-6 وجود شروخ نتيجة الانكماش اللدن أو الحراري بالأسطح العلوية ولم تعالج بالطريقة الجيدة حيث تعرض حديد التسليح لمياه الأمطار والعوامل الجوية الأخرى مما سبب الصدأ، والأشكال رقم (12)، (13) توضح تلك الشروخ.



الشكل (12)



الشكل (13)

شروخ الانكماش اللدن بالسطح العلوي

4- نتائج الاختبارات

من خلال الاختبارات الحقلية والمعملية التي أجريت على العناصر الخرسانية المختلفة تم الحصول على قدر كافي من النتائج الهامة والتي وظفت لمعرفة المؤثرات المسببة للتدهور ومدى مساهمتها في تفاقم المشكلة والجدول (2) يبين نتائج الاختبارات التي تم إجرائها على المنشآت الخرسانية موضوع الدراسة.

5- الخلاصة والتوصيات

بناء على ما تقدم من الفحص الظاهري للعناصر الإنشائية المكونة للمباني و من خلال الاختبارات الحقلية والمعملية تم الحصول على قدر كافي من المعلومات التي تم توظيفها لتحقيق أهداف الدراسة والتوصل إلى الاستنتاجات والتوصيات الآتية:

جدول (2) يوضح نتائج الاختبارات الحقلية والمعملية

الحالات الدراسية الخاصية	الحالة الدراسية (1)	الحالة الدراسية (2)	الحالة الدراسية (3)	الحالة الدراسية (4)	الحالة الدراسية (5)	الحالة الدراسية (6)	الحالة الدراسية (7)
مقاومة الضغط (ن/مم^2)	10.1- 39.0	7.5- 24	15.5- 25.4	12.0- 27.2	13.2- 39.5	14.5- 42.2	20.0- 21.0
سرعة الموجات فوق الصوتية (متر/الثانية)	1830- 4160	2563- 4027	–	3181- 3982	–	4102- 4953	3086- 3231
الكثافة (كجم/م^3)	2160- 2440	2280- 1840	–	–	–	2253- 2384	–
سمك الغطاء الخرساني (مم)	0-25	10-60	15-25	5-55	50-60	35-75	25-40
درجة التآكل (ملي فولت سالب)	25-378	165- 750	325- 555	45-680	10-180	45-285	241- 480
الكربنة (مم)	0-30	10-80	10-35	10-40	10-25	0-12	30-45
الرقم الهيدروجيني	8.9-12	9.6- 11.6	–	–	–	–	–
نسبة الكلوريدات كنسبة من وزن الاسمنت (%)	0.13- 0.35	0.18- 1.0	0.09- 0.42	0.16- 0.7	0.38- 0.40	0.17- 0.55	0.88
نسبة الكبريتات كنسبة من وزن الاسمنت (%)	0.88- 1.22	0.02- 0.62	–	–	2.2-2.8	0.12- 0.45	–

5-1 الخلاصة:

5-1-1 مقاومة الضغط تعد مؤشر على خواص الخرسانة الأخرى فهي تعطى عادة صورة شاملة لنوعية الخرسانة لارتباطها المباشر ببنية عجينة الاسمنت المتصلدة، فصناعة الخرسانة هي العامل الرئيسي المؤثر على خواصها التي تفي باحتياجات المقاومة والتحمل مع الزمن وفى الوقت باحتياجات قابلية التشغيل المناسبة لطريقة الصب وطبيعة الجزء الإنشائي الجاري تنفيذه.

من خلال نتائج مقاومة الضغط المتحصل عليها كانت نتائج خرسانة بعض العناصر اقل من اقل قيمة ضغط التصميمية والتي هي في اغلب الأحيان تكون 20ن/مم^2 على أساس عينة اسطوانية أو ما بكافها 25ن/مم^2 على أساس مكعب كحد أدنى، حيث أوضحت تلك النتائج على وجود قصور في جودة الخرسانة والناتجة من شيوع أساليب الخلط الخاطئة سواء كان ذلك باستخدام الخلط اليدوي أو الخلاطات الصغيرة والمتمثلة في إضافة الماء الزائد إلى الخلطة لتحسين قابليتها للتشغيل، هذه المياه تؤدى إلى تقليل المقاومة وزيادة الهبوط وبالتالي انفصال حبيبي بالإضافة لعدم الاهتمام بمكونات الخلطة ومن أمثلة ذلك عدم استخدام ركام مناسب ومطابق للمواصفات من حيث تدرجه أو خواصه الأخرى.

5-1-2 تآكل قضبان حديد التسليح من خلال مشاهدات الفحص الظاهري يمكن القول أنها منتشرة وبشكل كبير في معظم العناصر الإنشائية للمنشآت التي استهدفت بالدراسة وخصوصاً المنشآت المطلة والقريبة من البحر وكذلك بعض المنشآت الصناعية أو المنشآت غير المعزولة نتيجة لتعرضها للمؤثرات الخارجية وقربها من شاطئ البحر وتسرب مياه الأمطار والمجاري، ويلاحظ أن نتائج اختبار فرق جهد نصف الخلية تتفق مع مشاهدات الفحص الظاهري حيث تشير إلى وجود نشاط للتفاعل الكهروكيميائى المسبب للتآكل في معظم الحالات الدراسية، حيث تجاوزت جل القراءات 200 ملي فولت سالب والتي تعبر عن وجود نشاط تآكلي بدرجة متوسطة وأن أغلب القراءات تجاوزت 350 والتي تعبر عن نشاط تآكلي عالي في بعض العناصر عند مقارنتها بالمواصفات ذات العلاقة، وهو ما لوحظت بوادره من خلال الفحص الظاهري وقد تم التأكد من ذلك أيضا بإزالة أجزاء من الغطاء الخرساني لزيادة التأكيد.

5-1-3 إن عدم توفر سمك الغطاء الخرساني الكافي لحماية حديد التسليح في بعض العناصر نتيجة عدم التقيد بما توصى به المواصفات ذات العلاقة بل وينعدم في بعض الأماكن ساعد على تآكل قضبان حديد التسليح بوصول الرطوبة والأكسجين إلى تلك القضبان.

5-1-4 يظهر بشكل واضح ارتفاع نسبة أملاح الكلوريدات وتجاوزها الحد الأقصى المسموح به من قبل الموصفات الفنية وكذلك توغل الكربنة وخصوصاً في المنشآت المطلة والقريبة من البحر وكذلك بعض المنشآت الصناعية أو المنشآت غير المعزولة، الأمر الذي هيئ بيئة ملائمة لتكون الصدأ.

5-1-5 إن إهمال الصيانة الدورية أدى إلى تدهور المنشآت الخرسانية بدرجة كبيرة مما ترتب عليه صعوبة تنفيذ العلاج، وارتفاع تكلفته وأحيانا يتم اللجوء إلى إزالة المنشآت وإعادة تنفيذها.

5-1-6 إن عدم تنفيذ أعمال العزل بطريق صحيحة وطبقاً للمواصفات الفنية أدى إلى تدهور بعض المنشآت الخرسانية بسبب مداهمة أملاح الكلوريدات والعوامل الخارجية الأخرى.

5-2 التوصيات:

5-2-1 تنفيذ خرسانة عديمة النفاذية قدر الإمكان لمنع توغل الكلوريدات من المصادر الخارجية خصوصاً المنشآت الخرسانية القريبة من البحر ويتم ذلك بإتباع برنامج لتأمين وضبط الجودة في جميع مراحل التنفيذ ابتداءً بالتصميم ومروراً بالتنفيذ والتشغيل مع عدم التهاون في الصيانة الدورية.

5-2-2 إجراء فحوصات دورية للمنشآت، وإجراء العلاج المناسب والسريع في حالة حدوث أي ضرر قبل البدء في الصيانة والابتعاد على الصيانة العشوائية.

5-2-3 اختيار العمالة الماهرة ذات الخبرة الجيدة في أعمال الصيانة، وتحت إشراف مكثف ودقيق من قبل مهندسين متخصصين لضمان جودة تنفيذ العلاج وذلك بالتدريب المستمر للعمال والمهندسين المختصين ليواكبوا التقنيات المتقدمة.

5-2-4 عدم التأخير في تنفيذ العلاج المناسب للمنشآت المتصدعة بسبب تآكل حديد التسليح فور الانتهاء من أعمال التشخيص، حتى لا يحدث تفاقم للمشكلة ويترتب عنها صعوبة تنفيذ العلاج، وارتفاع تكلفته.

المراجع

[1] م. عبداللطيف أبوالعطا البقري "الإنشاء والانهيار"، الطبعة الأولى، القاهرة 1994.

[2] م. علي محمد منصور، م. نبيل المسعي، ك. نعيمة كريد، المشاكل الناتجة عن ضعف مراقبة الجودة في المشاريع الإنشائية، المؤتمر الوطني الثالث لمواد البناء والهندسة الإنشائية، جامعة السابع من أكتوبر، مصراتة – الجماهيرية، 21-2006/11/23 ف.

[3] A. M. Neville, " Properties of Concrete ‘‘, Forth Edition, John Wiley & Sons, New York, (1997).

[4] Mohammad Ismail, Mohamed E. Ismail and Asdayanti Uzairi, 2nd Asian Concrete Federation Conference– Bali, Indonesia, November 20-21, (2006).

[5] Parnam Singh and Muhammad Fadhil Nuruddin, Assessment and Repair of Reinforced Concrete Structures in Tropical Climates: Problems and Challenges, 2nd Asian Concrete Federation Conference– Bali, Indonesia, November 20-21, (2006).

[6] American Concrete Institute, "ACI 301M: Specifications for Structural Concrete, (1999).

American Concrete Institute, "ACI 228.1R: In-Place Methods to Estimate Concrete Strength, (2003).

[7] American Concrete Institute, "ACI 228.2R: Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures, (2004).

[8] American Concrete Institute, "ACI 318: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary, (2008).

[9] British standard Institution, "BS 5328: part 1, guide to specifying concrete “, London, (1991).

صيانة الأعتاب الخرسانية المسلحة في منطقة الإنحناء باستخدام صفائح الخرسانة عالية الكفاءة

د فرحات غريبي فرحات
أستاذ مساعد
كلية التقنية الهندسية– هون
farhat84@hotmail.com

د حسن محمد عبدالله الصقري
أستاذ مساعد
كلية الهندسة صبراته– جامعة الجبل الغربي بالزاوية
habdalla12@yahoo.com

ملخص

تتعرض العتبات الخرسانية الى العديد من المشاكل التي قد تسبب انحناءات وتشوهات وهذه قد تنتج عنها تشققات تؤدي بالتالي الى انهيارات قد تكون تدريجية أو مفاجئة. ويكمن السبب في هذه التشوهات الى العديد من العوامل من ضمنها الأحمال الزائدة والتي تكون اكبر من ألأحمال التصميمية والقسوى وكذلك الأخطاء الشائعة في التصاميم وبعض المشاكل الناتجة عن ضعف ديمومة الخرسانة ومن ضمنها وجود مسام من شأنها أن تؤدي الى دخول غاز ثاني اكسيد الكربون وبعض الغازات الأخرى التي قد تؤدي بالتالي الى صدأ حديد التسليح وقلة مساحته. وحيث أن أغلب المشاكل تكون عادة في منطقة الشد فإنه من الواجب إجراء الصيانه اللازمة لهذه المنطقة قبل أن تمتد التشققات الى منطقة الضغط ويحدث الإنهيار. وقد قام العديد من المهتمين في مجال الخرسانة بدراسة هذه الظاهرة وتمكنوا من ايجاد بعض الحلول التي ادت الى الحد والتقليص منها ومن هذه الحلول تدعيم اسفل منطقة الشد بصفائح حديدية Steel plates وكذلك صفائح بلاستيكية FRP ووجد انه باستعمال الأخيره تم التغلب على العديد من المشاكل الناتجة عن الصفائح الحديدية ومع هذا فإنه توجد بعض المشاكل ومن ضمنها عدم التجانس في بعض الخواص بين المواد الخرسانية والبلاستيكية وبالتحديد Thermal compatibility وبناء على ذلك فقد تم استعمال نوع معين من الخرسانة عالية الكفاءة كحل نهائي لهذه المشكلة وهذا ماستتناوله الورقة العلمية هذه والذي سنبين فيه بعض الدراسات العملية التي أجريت على هذه الطريقة وتم الإثبات بأن العتبات المصانة أقوى من العتبات غير المصانة وأن عملية الإنهيار تحدث بصورة غير مفاجئة Ductile failure.

الكلمات الدالة: الألياف، الإنهيار، الخرسانة، المقاومة، التشوه

1- المقدمة

(الوقاية خير من العلاج). هذا التعبير شائع الإستخدام وهو أفضل تعبير يمكن أن نطلقه على حماية المنشآت الخرسانية، حيث أن حماية المنشآت الخرسانية خير من علاجها وذلك لان تكلفة إصلاح وعلاج المنشآت الخرسانية مكلف جدا في

بعض الأحوال الإنشائية، ولكن إن كان لابد من الصيانة فيجب أن تكون الصيانة ذات جدوى من الناحية الإنشائية والإقتصادية. وتعتبر طريقة صيانة وتقوية العتبات الخرسانية من الأهمية بمكان حيث أن هذه العتبات تتعرض بشكل دائم الى العديد من المشاكل الطبيعية منها وغير الطبيعية والتي تسبب تشوهات واتلاف لهذه العناصر الخرسانية المهمة ومن الطرق الشائعة في عملية صيانة وتقوية العتبات الخرسانية بإستخدام الصفائح الحديدية الملصقة خارجيا بالمنشأ عن طريق مادة لاصقة. فقد استخدمت هذه الطريقة في كل أنحاء العالم مند أكثر من 30 سنة، وذلك نظراً للمميزات العديدة التي تمتلكها هذه الطريقة كما وصفت من قبل [1] وتتمثل مميزات هذه الطريقة في إمكانيتها لزيادة ممطولية الكمرات بالإضافة إلي إنها تعطي زيادة في كلٍ من أحمال التشغيل والحمل الأقصى للقطاعات علاوة على ذلك إن المنشأ تتم تقويته وهو في حالة استخدام.

إن تقوية وإصلاح العناصر الخرسانية المسلحة باستخدام الصفائح الفولاذية الملصوقة خارجيا في جانب الشد لهذه العناصر يعتبر من الوسائل والأساليب التي قام العديد من الباحثين بدراستها، فعلى سبيل المثال الدراسة التي قام بها الباحث جونز وآخرون [2] أوضحت إن التحام الرقائق الحديدية بسطح الكمرات الخرسانية من الممكن أن يؤدي إلي تحسن في شكل المنشأ تحت تأثير أحمال التشغيل والأحمال القصوى ، وقد درس الباحثون سلوك الكمرات الخرسانية العادية والمسلحة المقواة باستخدام الصفائح الفولاذية الملصقة في جانب الشد ، و استخدم في هذه الدراسة مواد مختلفة من مواد اللصق ورتبتين فقط من حديد التسليح ، و تم فيها دراسة سمك المادة اللاصقة، وتراكب الألواح الفولاذية ، واستخدام ألواح متعددة ، وكانت خلاصة العمل النهائي إن استخدام الألواح الفولاذية في التقويات أدى إلي تحسين في مرحلة المرونة ، وانخفاض في إجهادات الشد وزيادة في المقاومة والصلابة ، بالإضافة إلى تحسين في الانهيار الممطولي للكمرات.

وفي دراسة أخرى تمت بواسطة [3] خلصت إلى أن نتائج تقويات القطاعات الخرسانية المستطيلة باستخدام ألواح الفولاذ الملصقة بمادة الايبوكسي epoxy وأوضحت النتائج تحسن في المقاومة القصوى للكمرات المقواة ، وفي دراسات أخرى ثم تنفيذها علي الكمرات الخرسانية المسلحة المقواة باستخدام الألواح الفولاذية الملصقة في جانب الشد أوضحت النتائج مقاومة قصوى أصغر من السابقة وهذا النقص في المقاومة القصوى يعزى إلى وجود صدأ بي ن فولاذ التسليح ومادة الإيبوكسي epoxy. إن استخدام الألياف البلاستيكية المسلحة يعطي مميزات فريدة وعديدة لحل العديد من

المشكلات الهندسية المدنية ، وذلك بالنسبة للمناطق التي تفشل المواد التقليدية العادية أن تعطي حياة تشغيلية مرضية للمنشأ.

تتكون ألياف (FRP) من ألياف قوية صلبة ومدفونة في مخلوط رغوي ، وتعطي ألياف FRPخصائص ممتازة مثل مقاومة الشد العالية والصلابة ما بين (1000-2000MPa) وخفة الوزن وكذلك الوزن النوعي الذي يتراوح بين (SG 1.3-1.5) بالإضافة إلى الصلابة العالية والمقاومة العالية للصد أ وكذلك المقاومة العالية لاجهادات الكلل. وجميع هذه الخصائص جعلتها مناسبة لحالات الإصلاح ، والأمر نفسه بالنسبة للمواد المستخدمة فـي اللصق حيث تعتبر نسبيا مواد إصلاح جديدة ومتطورة وجذابة ، بسبب سهولة وسرعة استخدامها ووضعها في الإصلاح للمنشئآت المدنية المعيبة ، وبما أن ألواح FRP توضع أو تستخدم في جهة الشد للكمرات الخرسانية فإنها من الممكن أن تزيد من المقاومة القصوى والصلابة للكمرات الخرسانية.

إن أنواع المواد الأساسية المستخدمة في صناعة الإنشاءات كثيرة و متعددة فمنها ألياف الزجاج glass fibres وألياف الكربون carbon fibres وألياف الارميد aramid fibres ، وعلى الصعيد التجاري فان الألياف المتاحة تجارياً تختلف بصورة واسعة في قدرتها لاحتياجات التصميم المختلفةفعلى سبيل المثال توجد أنواع مختلفة من ألياف الزجاج التي تؤدي إلى انفصال أو عيوب في حالة وجود الأحماض القلوية والبيئات الرطبة ، ولكنها ذات متانة معقولة ، أما الألياف الكربونية فلها متانة عالية ومقاومة عالية لهجوم المواد الكيميائية لكنها رغم ذلك ذات متانة قليلة ومقاومة ضعيفة للصدم ، أما ألياف الارميد فلها متانة مشابهة للألياف الزجاجية لكنها بالمقارنة بألياف الكربون فان كثافتها قليلة ولها معامل مرونة اقل ، وعند اختيار أنواع الألياف تدخل بعض العوامل التي تؤخذ في الاعتبار مثل توصيلها للكهرباء– معامل التمدد الحراري– استخدامها في درجات الحرارة العادية–مقاومة الإشعاعات –انهيارها مع الزمن– التكلفة الكلية في الإنشاء والصيانة [4].

وتتم تقوية عزوم الانحناء للعناصر الخرسانية المسلحة باستخدام FRPعن طريق اللحام بمواد الايبوكسي epoxy في أجزاء من عناصر في مناطق الشد للشرائح الموازية لاتجاه الشد الرئيسي.

إن أساليب التقوية الجيدة للعناصر الخرسانية المسلحة جدبت الانتباه للسلوك الخطي المرن للألياف FRP وقوة الترابط بينها وبين السطح الملصقة عليه[5]، فبمجرد لصق شرائح FRP خارجيا في جانب الشد للكمرات الخرسانية يصبح من الممكن زيادة الحمل الاقصي وزيادة متانة العناصر المعالجة والمسلحة وذلك لأنها سريعة الاستعمال .

ونظرا لوجود بعض المشاكل في الطريقتين المشار اليهما سابقا ومنها سلوك الإنهيار المفاجيء وكذلك الفرق الكبير في معامل التمدد الحراري بين هذه المواد والخرسانه فقد أتجه العلماء والبحاث مؤخرا الى استخدام مواد اخرى للصيانه والتي تعتمد اعتمادا اساسيا على المواد الخرسانية. وهناك العديد من المواد الخرسانية فائقة الكفائة ومنها على سبيل المثال:CARDIFRC , ECC ,CRC , RPC ,DSP ,SIFCON , MDF

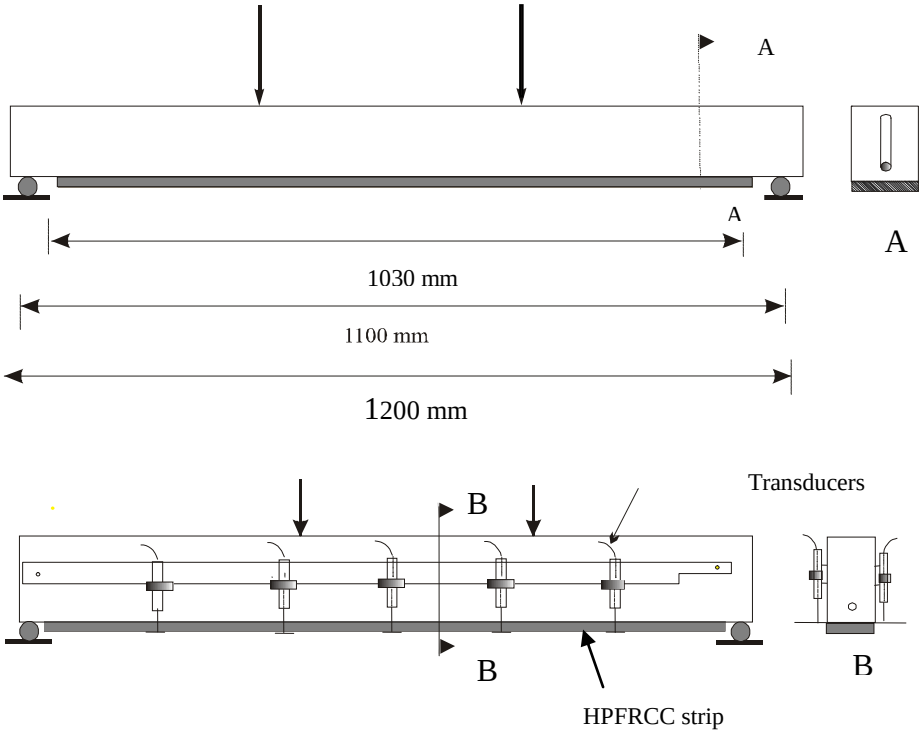
وتتمتع أغلب هذه المواد بمقاومة وممطولية عالية أي أن عندما يتم خلط المواد الرئيسية بالألياف تكون طاقة الكسر عالية fracture energy كما أن تعطي هذه المواد ديمومة عالية وذلك للتجانس الجيد بين مكونات المادة وكذلك قلة عدد الفراغات [10].[9],[8],[7],[6]

2- البرنامج العملي

تم تجهيز عدد 8 عتبات من الخرسانة المسلحة 4 منها بدون تسليح مقاوم للقص (without shear reinforcement) وتسمى بالمجموعة الأولي والباقي بتسليح مقاوم للقص وتسمى بالمجموعة الثانية. عتبتان من المجموعة الأولى وأخرى من المجموعة الثانية تم تجهيزهما واختبارهما عن طريق اختبار (four-point bending) وتصنيفهما كعينات قياسية (Control beams). أما العينات الأخرى فخضعت لعمليات الكسر المبدئي ومن تم الصيانة بأستخدام الصفائح الخرسانية المعدة مسبقا من مادة الخرسانة فائقة الإجهاد وتم لصق الصفائح الخرسانية في منطقة الشد بإستعمال مادة بوليمرية (Sikadur-31) (شكل 1) وخضعت لعملية الإختبار بنفس الطريقة.

2-1 صفائح الصيانة

تم تصنيع صفائح الصيانة من مادة الخرسائة عالية الكفاءة HPFRCC وتسمى CARDIFRC حيث تمت عملية الخلط في خلاط دائري محوري حسب الطريقة الموضحة من قبل (Karihaloo et al 2001) وحسب ماجاء في برائة الإختراع (Patent No. GB 2391010).



شكل 1 رسم توضيحي للعتبات المصانة وتوزيع الأحمال

والجدول رقم 1 يبين المواد المستعملة في عملية التصنيع وهي اسمنت بورتلاندي عادي ورمل متدرج وألياف قصيرة وطويلة مصنوعة من الحديد ومطلية بمادة النحاس ومادتي السوبربلاستسايزر والميكروسيليكا أو تسمى بالسيليكا فيوم وتتم إضافة الماء والسوبربلاستسايزر بالتدريج حتى يتم الحصول على خليط متجانس ذي قوام جيد. وبعد عملية الخلط يتم صب الخرسانة في قوالب حديدية بطول mm1030 وعرض mm16 . وبعدها وضعت القوالب على منضدة هزاز غير ممغنطة عند تردد 50 Hz. وتم فك القوالب بعد 24 ساعة من انتهاء زمن الصب ووضعت في المعالجة الحرارية لمدة اسبوع تحت تأثير حرارة 90 درجة مئوية.

2-2 مادة اللصق

وهي مادة لاصقة حرة، ثنائية التركيب تدخل ضمن مجموعة المواد الراتنجية الصمغية الايبوكسية وخصوصاً ذات القدرة العالية للملء والحشو، وذلك لملائمتها مع حالات المناخ الحار و للقدرة العالية التي تمتلكها هذه المادة واللزوجة بالإضافة إلى سرعة الالتصاق. وتتواجد هذه المادة Sikadur-31 في ثلاث درجات مختلفة من حيث التفاعل وهي النوع العادي والسريع والطويل الأمد وهذا الأمر يجعلها تستخدم في الكثير من المجالات كالخرسانة والحجر والسيراميك والمذيبات والفولاذ و الحديد والألمنيوم والزجاج والبوليستر والايبوكسي والخشب، فهي تستخدم في صيانة

جدول 1 نسب الخلط للخرسانة عالية الكفاءة

Constituents (kg)	**Mix**	**المركب بالكيلوجرام**
Cement	855	الإسمنت
Microsilica	214	ميكروسيليكا
Quartz sand: 9-300μm 250-600μm	 470 470	الرمل
Water	188	الماء
Superplasticizer	28	الملدنات
Fibres: -6 mm -13 mm	390 78	الألياف
Water/cement ratio Water/binder ratio	0.22 0.18	نسبة الماء الى الإسمنت نسبة الماء الى المواد الناعمة

جدول 2 بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة المسلحة والخرسانة عالية الكفاءة

Material properties	**خرسانة فائقة الإجهاد**	**الخرسانة العادية**	**الخواص الميكانكية**
Indirect tensile strength (MPa)	28.6	4.5	مقاومة الشد
Compressive strength (MPa)	207.0	56.1	مقاومة الضغط

الخرسانة وفي حشو وملء الثقوب المتفجرة. كما تعتبرهذه المادة منتجا متعدد الجوانب والاستعمالات فهو يحمل العديد من المميزات والخصائص التي جعلت منه كثير و سهل الاستعما ل فهو يتناسب ويتلاءم مع كل السطوح الجافة والمبتلة كما إنه ليس بالمنتج الضعيف حيث يتلاءم مع درجات الحرارة العالية و يتصلد بدون حدوث أي انكماش أو تقلص وتعطي هذه المادة قدرة عالية ومبكرة وفقاً لدرجة الاستعمال، ومركباته مختلفة الألوان (مزيج محكم) ،كما تمتلك هذه المادة مقاومة صدم عالية وتعد من المذيبات الحرة. والجدول رقم 3 يبين بعض الخواص الميكانكية لمادة اللصق Sikadur 31

2-3 طريقة اللصق

بعد مضي 28 يوما من وضع عتبات الخرسانة المسلحة في الماء لأجل المعالجة يتم إخراجها وتجهيزها لإجراء عملية اللصق، يتم تنظيف الأسطح المقابلة للصق تنظيفا جيداً وتجفيفها من الماء، تم تجرى عملية الكسر المبدئي وذلك

بتعريض العتبات الى 75% من الحمل الأقصى وذلك بغرض خلق تشققات وتسمى هذه العملية PRE-CRACKING وبعد ذلك تتم إزالة المونة الإسمنتية من على السطح المجهز والمقابل للصق وذلك حتى يتبين لنا الركام الكبير

جدول 3 الخواص الميكانكية لمادة اللصق Sikadur 31

Material properties		**الخواص الميكانكية**
Modulus of Elasticity (BS 6319) at 7 days	5.8 GPa	معامل المرونة
Compressive Strength (BS 6319) at 7 days	MPa55	مقاومة الضغط
Compressive Strength (BS 6319) at 24 hours	35 MPa	مقاومة الضغط
Tensile Strength (BS 6319) at 7 days 6 MPa	6MPa	مقاومة الشد
Flexural Strength (BS 6319) at 7 days	22MPa	مقاومة الإنحناء
Adhesion to Concrete	3.5MPa	اللصق للخرسانة

والصغير، وتحسينا لعملية اللصق يتم عمل نتوءات بسطح العينة المجهز على شكل خطوط وذلك لزيادة مساحة الأوجه المتقابلة ، حيث أن الأوجه الخشنة تعطي طبوغرافية متعرجة تسمح لمادة اللصق بأحداث تداخل في النتوءات الخرسانية وبالتالي تؤدي إلى أعطاء نتائج حسنة ،وأخيرا تجرى عملية اللصق وذلك بوضع مادة اللصق Sikadur-31 على أحد الأسطح المجهزة وبعد ذلك يتم وضع صفائح الصيانة على مادة اللصق ويتم تثبيت العينة تثبيتا جيدا وذلك لمنع حدوث أي انزلاق للمجموعة بالكامل وتترك لمده زمنية لاتزيد عن 24 ساعة وبعدها تجرى عملية الإختبار.

3- نتائج الإختبارات

شكل 6 يوضح منحنى القوى للعينات القياسية بدون تسليح قص. وتوضح النتائج بالنسبة للعينة CF-1 بأن هناك انخفاض في التصلب stiffness قد حدث بعد أن تعرضت العتبة لحدوث تشققات وذلك عند قوى kN11 . وعندما القوة تجاوزت KN16 بعض التشققات الشعرية اصبحت واضحة على منطقة الشد وكذلك الأوجه ويتبعها شق قص مائل. وعند KN39 ومستوى الترخيم 3.5 mm تم ملاحظة انخفاض بسيط في المقاومة متزامنا مع بداية التشوه في فولاذ التسليح yielding of steel . وبعد ذلك وبسبب عملية التصلب الإنفعالي strain hardening تزداد تحمل العتبه ونلاحظ ارتفاع مرة أخرى في المنحنى. وعندما تزداد القوى أكثر يزداد وسع شق القص ويذهب الى أقرب نقطة قوى ويصبح الشق الرئيسي Dominant crack أما التشققات الأخرى flexural cracks فتغلق تماما. ينشأ فرع من الشق الرئيسي ويذهب مباشرة الى احدى الركائز مسببا انهيار قص ونظرا لطبيعة هذا الإنهيار فيسمى shear and

flexural. والعتبة الثانية CF-2 تسلك نفس سلوك العتبة CF-1 وتحدث اختلافات بسيطة وذلك بعد عملية تشوه حديد السليح السفلي.

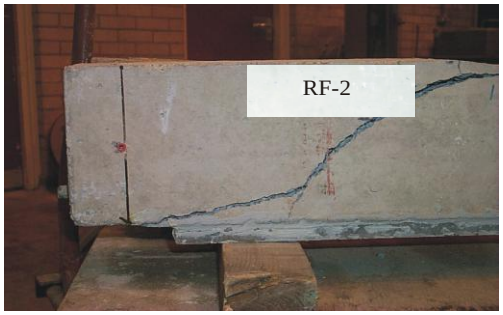
بالنسبة لسلوكية العينات المصانة repaired beams والمبينة في المنحنيات الموضحة في الشكل رقم 6 فنجد أن العينة رقم RF-1 تنهار تحت تأثير عزوم الإنحناء عند قوى 47.4 kN . وعند مشاهدة العينة تحث الإختبار نجد أنه عند حوالي 26 kN التشققات المبدئية التي تم خلقها عند عملية pre-cracking اصبحت واضحة وعند زيادة الحمل تنتشر هذه التشققات بإتجاه منطقة الضغط وعند 40 kN تبدأ التشققات في داخل صفيحة الصيانة وذلك بحدوث شق واحد ويصبح هو الشق الرئيسي. وعند حوالي 47.4 kN تنهار هذه العتبه انهيارا طبيعيا تحث تأثير عزوم الإنحناء flexure failure . وكما نرى في الشكل نفسه أن العينة RF-2 تسلك نفس سلوك العينة RF-1 في المراحل الأولى من التحميل ولكن عند حوالي 49 kN يبدأ شق عند نقطة الإرتكاز في الجهة اليسرى تم يتجه الى نقطة التحميل اليسرى وهذا ينتج عنه انهيار قص مفاجيء عند 51.6 kN وهذا مبين في الشكل رقم 2 . وعلى كل حال نستطيع أن نستخلص أنه في حالة الصيانة في منطقة الشد حمل الإنهيار يزداد ومستوى الترخيم يقل وهذا مانلاحظه في الشكل رقم 4 عندما تتم مقارنة عينات قياسية بعينات مصانة عند مستوى الحمل kN20

العتبات القياسية المدعمة بحديد تسليح قص CS2−CS1 تسلك سلوكا متساويا تقريبا كما هو مبين في المنحنيات الموضحة في الشكل رقم 7 حيث نشاهد أن تشققات الإنحناء تبدأ من 11 kN تقريبا ويحدث تشوه yielding لحديد تسليح الشد عند 41 kN وبعد ذلك تزداد سعة مقاومة العتبة نظرا للتصلب الإنفعالي للحديد ويحدث في النهاية الإنهيار في منطقة الضغط بين نقطتي التحميل. الشكل رقم 7 يبين أيضا منحنى القوى والترخيم للعتبتان المصانتان وإنه قد حدث انهيار انثناء flexural failure ولايوجد انهيار قص أو فصل ويثمتل إنهيار الإنحناء للعتبتان المصانتان في ظهور شق بسبب الإنحناء يحدث في وسط العتبة ويستمر الى اعلى العتبة بين نقطتي التحميل والى أسفل من خلال الصفيحة الخرسانية فائقة الكفائة كما هو موضح في الشكل رقم 3 ونستطيع أن نؤكد أن متوسط تحمل العتبة الخرسانية قد زاد من 45.64 kN الى 51.5 kN

جدول 4 نتائج إختبار four point bend للعينات القياسية والمصانة

رقم العينة	القوى القسوى P (kN)	المتوسط (kN)	نسبة الزيادة P %	$\delta_{(P=20)}$ (mm)	$\delta_{(P=30)}$ (mm)	$\frac{\delta_{P20}}{\delta_{P20}}$	$\frac{\delta_{P30}}{\delta_{P30}}$	سلوك الإنهيار
CF-1	40.20	39.92		1.34	2.43	-	-	S-F
CF-2	39.64			1.29	2.39	-	-	S-F
RF-1	47.39	49.49	17.89	0.34	0.61	0.26	0.25	F
RF-2	51.6		28.36	0.39	0.77	0.30	0.32	S
CS-1	45.10	45.64	-	1.38	2.40	-	-	F
CS-2	46.18		-	1.34	2.32	-	-	F
RS-1	49.80	51.50	9.11	0.32	0.74	0.24	0.31	F
RS-2	53.20		16.57	0.35	0.64	0.26	0.27	F

عموما وكما تم ذكره آنفا في العتبات المسلحة فقط في منطقة الإنشاء فإن العتبتان المسلحتان في منطقتي الإنشاء والقص أيضا والمصانة في منطقة الشد فإن حمل الإنهيار يزداد ومستوى الترخيم يقل وهذا مانلاحظه في الشكل رقم 5 عندما تتم مقارنة عينات قياسية بعينات مصانة عند مستوى الحمل kN20 .



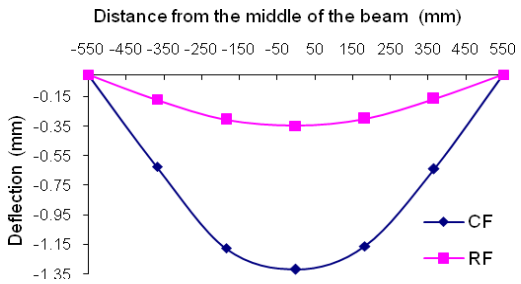
شكل 2 سلوك الإنهيار لعتبة مصانه بدون حديد القص



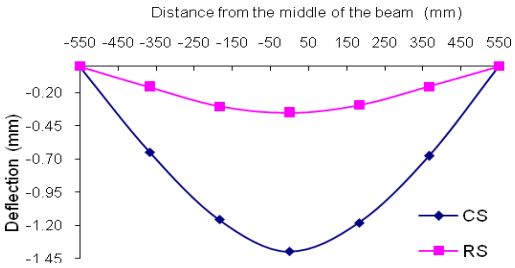
شكل 3 سلوك الإنهيار لعتبة مصانه مزودة بحديد القص

4- الخلاصة

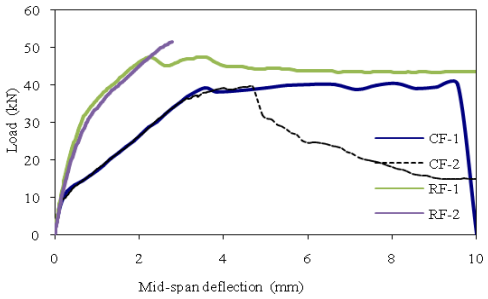
نستخلص من التجارب العملية التي أجريت على العتبات القياسية والمصانة الآتي:



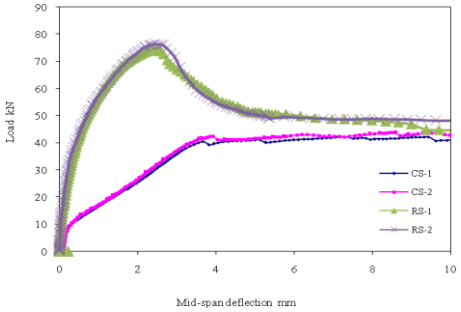
شكل 4 ترخيم العتبات القياسية والمصانة بدون تسليح قص عند 20kN



شكل 5 ترخيم العتبات القياسية والمصانة مدعمة بتسليح قص



شكل 6 منحنى القوى للعتبات القياسية والمصانة بدون تسليح قص



شكل 7 منحنى القوى للعتبات القياسية والمصانة مدعمة بتسليح قص

- صيانة العتبات الخرسانية بمنطقة الشد تعطي تحملية وصلابة أقوى
- طريقة الإنهيار تكون إنهيار متدرج وممطولي Ductile failure ولايكون مفاجيءBrittle failure .
- لايحدث فصل وتشقق لمنطقة اللصق Delamination.
- عند صيانة العتبات الغير مدعمة بحديد قص لايتغير سلوك الإنهيار

المراجع

[1] Barnes, R. A., Baglin, P. S., Mays, G. C. and Subedi, N. K. "External steel plate systems for the shear strengthening of reinforced concrete beams", Engineering Structures, 23(9), (2001), pp. 1162-1176.

[2] Jones, R., Swamy, R. N., Bloxham, J. and Bouderbalah, A., "Composite behaviour of concrete beams with epoxy bonded external reinforcement", International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, 2(2), (1980), pp. 91-107.

[3] Macdonald, M. D. and Calder, A. J. J., "Bonded steel plating strengthening concrete structures", International Journal of Adhesion and Adhesives, 2(2), (1982), pp. 119-127.

[4] Tann D. B. "Retrofitting of mechanically degraded concrete structures, using fibre reinforced polymer composites", PhD Thesis, University of Glamorgan, (2001).

[5] Bakis, C., Bank, L., Brown, V., Cosenza, E., Davalos, J., Lesko, J., Machida, A., Rizkalla, S. and Triantafillou, T., "Fibre reinforced polymer composites for construction-state-of the-art review", Journal of Composites for Construction, 6(2), (2002), pp. 73-87.

[6] Bache, H. H., "Densified cement ultra-fine particle-based materials", CBL Report No, 40, Aalborg Portland, Denmark, (1981), pp.35.

[7] Reinhardt, H W., "Fibres and cement, a useful co-operation: Introductory note, High Performance Fibre Reinforced Cement Composites", Proceedings of the International RILEM/ACI Workshop, Reinhardt, H. W., & Naaman, A.E. (eds), Mains, Germany, (1991).

[8] Karihaloo, B. L., Alaee, F. J. and Benson S. D., "PA new technique for retrofitting damaged concrete structures", Concrete Communication Conference, (2001), pp 293-304.

[9] Li, V. C. and Kanda, T., "Engineered cementitious composites for structural applications", ASCE Journal of Material in Civil Engineering, 10(2), (1998), pp 66-69

[10] Lankard, D R., "Slurry infiltrated fibre concrete (SIFCON): properties and applications", Materials Research Society, 42, (1985), pp 227-286.

تصدعات المباني وتكنولوجيا البناء بالأجواء البحرية

محمود صالح بشينة
محاضر
mahmoudbshina@yahoo.com
المعهد العالي للمهن الشاملة بالزاوية

ملخص

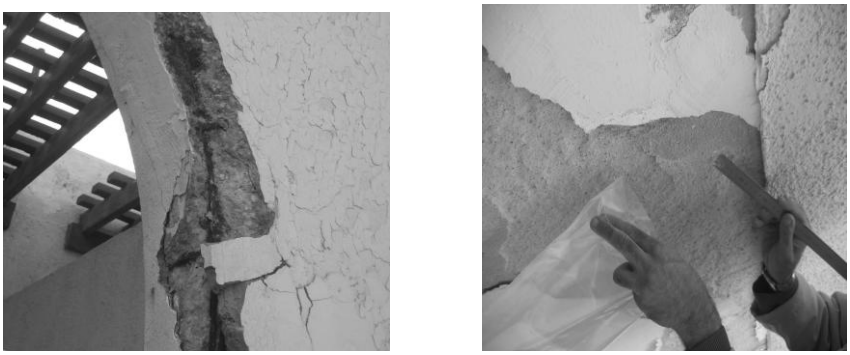
تعتبر الأجواء البحرية من أكثر الأجواء عدائية للمباني بصفة عامة ولاسيما المباني الخرسانية المسلحة ، وتتطلب عناية فائقة أثناء تنفيذها وعند استعمالها، كما أن المواد المستخدمة في التنفيذ أو الترميم والصيانة فيما بعد تتطلب مواصفات وشروط خاصة، وغياب الصيانة الدورية وعدم استخدام مواد لها القدرة على مقاومة الأجواء البحرية قد تفاقم المشكلة وتصبح الصيانة عبئا على المبنى بدلا من حل لمشكلة. ومن جهة أخرى الجهل بمسببات التهالك للعناصر الإنشائية أو عناصر المباني الأخرى المعمارية أو الجمالية، وعدم الإلمام بالمواصفات عند تنفيذ المباني المطلة على البحر تعتبر من الأسباب الرئيسية في تهالك المباني والعناصر الخرسانية المسلحة.

يركز هذا البحث على قرية سياحية مطلة على ساحل البحر الأبيض المتوسط شمال غرب ليبيا وبها العديد من العناصر الإنشائية والمعمارية مع اختلاف مكوناتها واستعمالاتها وبعدها وارتفاعها على ساحل البحر ، وقد أعد الباحث برنامج عملي حقلي إحتوى على نزع عينات (قلوب) من الخرسانة للعناصر الإنشائية بمكونات القرية ، لمعرفة مدى تلوث الخرسانة بأيون الكلور والكبريت وتغلغل ثاني أكسيد الكربون. واختبارات حقلية لمعرفة مقاومة الضغط للخرسانة باستخدام مطرقة الإرتداد، وأخرى لمعرفة النشاط الكهروكيميائي لحديد التسليح باستخدام اختبار جهد نصف الخلية. هذا بالإضافة إلى مراجعة المستندات والخرائط الخاصة بمكونات القرية، وحصر المشاكل وأخذ عينات من طبقة اللياسة والطلاء والمباني لغرض تحليلها كيميائيا. أظهرت النتائج تلوث في العينات نتيجة الأجواء البحرية سبب تآكل حديد التسليح وتهالك طبقة اللياسة والطلاء بشكل دائم نتيجة عدم الإلمام بطرق الترميم في مثل هذه الأجواء. والجهل بالمشكلة وعدم معرفة مواد الترميم ومواصفاتها يسارع التهالك للعناصر الإنشائية ويزيد التكلفة.

كلمات دالة: الأجواء البحرية، مواد البناء، الخرسارة المسلحة، تغلغل الأملاح والرطوبة، تلف الخرسانة، تآكل حديد التسليح

1- مقدمة

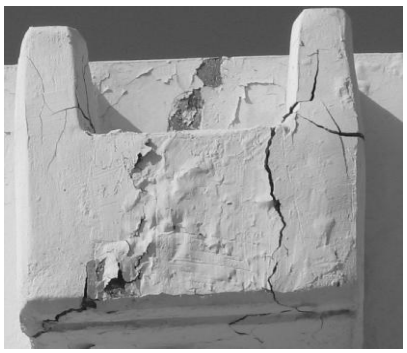
القرى السياحية مثال جيد لمعرفة تأثير الأجواء البحرية على المباني وطرق وتكنولوجيا البناء، حيث كان موضوع الدراسة قرية سياحية تقع علي الساحل الغربي لليبيا، وتتكون القرية من مجموعة من العناصر متمثلة في قمرات ودارات وفيلات من دور واحد وفندق والمرافق الخاصة بالفندق ومرافق القرية الأخرى من إدارة وعناصر ترفيه ومقاهي، حيث قام الباحث بمعاينة الأضرار التي لحقت بالمباني، والمتمثلة في التأثير الواضح لتآكل حديد التسليح بالأقواس والأعمدة وأعتاب القمرات والحوائط المفرغة بواجهة القمرات وتفتت الغطاء الخرساني، أنظر الصور رقم (1 ب)، وتأثيرات الرطوبة وانفصال الأرضيات وتلف أعمال الطلاء اللياسة [5]، أنظر الصورة رقم(1أ)، وصدأ



أ ب

الصورة رقم 1 تفتت الغطاء الخرساني لحديد التسليح بأحد أقواس القمرات وتهالك طبقة اللياسة والطلاء

وتآكل كل الأعمال المعمارية الحديدية بواجهة الفندق والسلالم الخارجية وعناصر تصريف مياه الأمطار بكامل القرية، أنظر الصورة رقم (2). أعد الباحث كشفا مبدئيا بالأضرار التي لحقت بالمباني المكونة للقرية تم إدراجها بالجدول رقم 1 وذلك لتحديد نوع وعدد الإختبارات المطلوبة.



الصورة رقم 2 تمثل تهالك أجزاء من مصارف المياه بالدارات

جدول رقم 1 يوضح الكشف المبدئي لعناصر القرية

الموقع الكتلة 15	تفتت الغطاء الخرساني*		تلف طبقة اللياسة**		تلف طبقة الطلاء بالواجهة الأمامية		متوسط سمك الغطاء الخرساني مم	
القمرة	الأقواس	الأعمدة	الأقواس الأعمدة	الحوائط	الأقواس الأعمدة	الحوائط	Cc1	Cc2
15 -84	√	√	جزئي	جزئي	كلى	جزئي	40	35
15 -2ج	√	√	جزئي	X	كلى	جزئي	50	25
15 -17	√	√	جزئي	جزئي	كلى	جزئي	45	20
15 -16	√	√	جزئي	جزئي	كلى	جزئي	40	25
15 -124	√	√	جزئي	جزئي	كلى	جزئي	60	40
15-1ج	√	√	جزئي	X	كلى	جزئي	25	5
15 -91	√	√	جزئي	جزئي	كلى	جزئي	45	35
15 -90	√	√	جزئي	جزئي	كلى	جزئي	75	25
15 -27	√	√	جزئي	جزئي	كلى	جزئي	40	25
15 -26	√	√	جزئي	جزئي	كلى	جزئي	60	15
15 -39	√	√	جزئي	X	كلى	جزئى	50	40
15 -38	√	√	جزئي	X	كلى	جزئى	45	0

* √ تعني وجود تفتت للغطاء الخرساني. ** X تعني لا يوجد تلف لطبقة اللياسة

Cc1= اكبر غطاء خرساني Cc2 = أقل غطاء خرساني

وللأسباب سالفة الذكر ولعدم توفر أية مستندات لها علاقة بمراحل التنفيذ عدا الخرائط المعمارية والإنشائية التصميمية تم إعداد برنامج اختبارات حقلي ومعملي لتقييم تأثير الأجواء البحرية على المباني بالواجهة الأمامية والمطلة على البحر للوصول إلى تحديد ومعرفة أسباب التصدعات.

2- الإختبارات الحقلية والمعملية

1.2 الإختبارات الحقلية

1.1.2 إختبار تقدير المقاومة باستخدام مطرقة الإرتداد (rebound hammer)

يجرى هذا الإختبار على عدد كبير من العناصر والأجزاء الخرسانية لسرعة وسهولة تنفيذه كما أنه يعطى نتائج مباشرة إلا أنه يعطى فكرة فقط على سطح الخرسانة المختبرة، وقد تكون الخرسانة غير متجانسة على كامل القطاع ومن هنا قد تكون لديه نسبة خطأ. ولكنه يعتبر مؤشرا لجودة الخرسانة، وتتم مقارنة نتائج هذا الإختبار مع مقاومة الضغط المتحصل

عليها من الخرائط التصميمية واختبار القلوب الخرسانية المنزوعة. ويجرى هذا الإختبار باستخدام الجهاز الموض ح في الصورة رقم (3). وفق المواصفة الأمريكية ASTM C805 .[1,7]



3 إختبار مطرقة الإرتداد الصورة رقم

2.1.2 إختبار فرق جهد نصف الخلية Half cell potential test [1,7]

يجرى هذا الإختبار حسب المواصفة الأمريكية ASTM C876 لأقواس وكمرات وأعمدة مباني القرية موضوع البحث المطلة على البحر، ويجرى هذا الإختبار لمعرفة النشاط الكهروكيميائي لقضبان التسليح وبالتالي معرفة مدى انتشار التآكل في حديد تسليح المناطق المتضررة والموضحة في الصور (2,1) للأقواس والكمرات والأعمدة والحوائط والجدول رقم 1. ولتنفيذ هذا الإختبار يجب معرفة مواقع حديد التسليح لرسم خريطة للنشاط الكيميائي لقضبان التسليح في الأجزاء المختبرة، وقد تم تحديد المناطق التي يتم اختبارها من خلال الكشف الظاهري وذلك حول كل الأجزاء المتضررة، حيث يجرى هذا الإختبار باستخدام قطب عياري نحاس/كبريتات النحاس(copper/copper sulfate).

3.1.2 إستخراج القلوب الخرسانية

تم استخدام آلة نزع القلوب الخرسانية لاستخرا ج قلوب خرسانية من الأقواس والأعمدة والكمرات والحوائط الخرسانية التي يبدو بها ضرر وغير المتضررة (أنظر الصورة رقم4). بناءا على تقييم نتائج الكشف الظاهري ودراسة الخرائط والنتائج المبدئية المتحصل عليها من خلال الزيارات الميدانية للمباني موضوع الدراسة، تم اختيار مواقع مختلفة لغرض إستخراج قلوب خرسانية بقطر 28 مم لإجراء اختبار تحديد معدل توغل الكربنة وتلوث الخرسانة بأيونات الكلور والكبريتات. وفي مثل هذه الإختبارات عادة مـــــــا يكون عمق العينات بسمك أكبر من الغطاء الخرساني بمسافة كافية يحددها الباحث وتستغل القلوب الخرسانية لزيادة الكشف ومعرفة جودة الخرسانة قبل إرسالها إلى المختبر[1].

2.2 الاختبارات المعملية

1.2.2 تحديد نسبة ومدى تغلغل الكلور والكبريتات بالعينات الخرسانية[1,9]

يجرى هذا الإختبار على العينات الخرسانية المستخرجة والتي حفظت في أكياس خاصة، وبعد أن تم استبعاد الخمسة مم الأولى قطعت العينات إلى شرائح سمكها 2.5 سم لتحديد مدى تغلغل ونسبة الكلور في العينات، أنظر الصورة(5).



الصورة رقم(4) استخراج قلب خرساني من كمرة



الصورة رقم(5) قلب خرساني بعد استخرجه من آلة النزع

2.2.2 إختبار قياس القاعديةpH والموصلية للعينات الخرسانية

يجرى هذا الإختبار على القلوب الخرسانية المنزوعة من مختلف العناصر الإنشائية، وذلك بطحن العينات وإذابة مكوناتها بالماء المقطر الخالي من الأملاح وقياس الموصلية ودرجة الحموضة باستخدام أجهزة قياس خاصة.[1,5]

3- نتائج الاختبارات

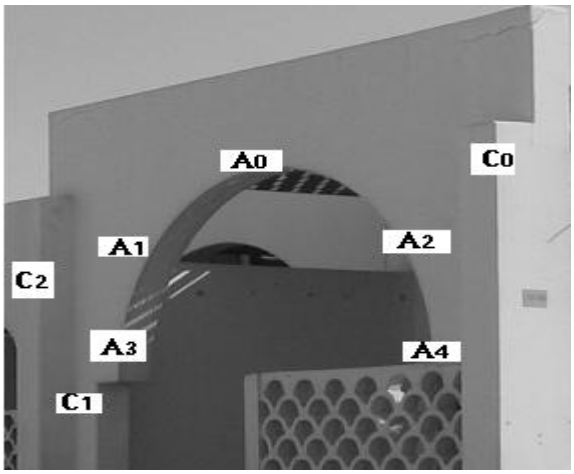
1.3 إختبار تحديد المقاومة التقديرية باستخدام مطرقة الإرتداد

تم استخدام مطرقة الإرتداد وفق المواصفة الأمريكية ASTM C805 والنتائج بالجدول رقم (2) تمثل نتائج معامل الإرتداد لخرسانة الأقواس والكمرات والأعمدة للقمرات المواجهة للبحر، موضحة بالشكل ت1.

الجدول رقم (2) بعض نتائج مطرقة الإرتداد

الكتلة رقم 15	*الأقواس					*الأعمدة					
رقم القمرة	A3	A1	A0	A2	A4**	**C1		C0		C2	
1ج	–	46	50	46	48	–	–	47	47	55	55
2ج	42	–	50	50	50	47	–	47	47	–	48
17	–	52	50	48	47	52	46	48	48	50	50
16	50	–	50	–	49	46	46	48	48	44	44

- القيم تمثل معامل الإرتداد/ ** الأرقام والحروف تمثل أماكن نقاط الإختبار على الأقواس والأعمدة والكمرات



الشكل رقم ت1 يوضح نقاط التجارب

2.3 اختبار فرق جهد نصف الخلية

تم إجراء الإختبار وفق المواصفة ASTM C876 وكانت النتائج وفق الجدول رقم(3) للأقواس والكمرات والأعمدة لقمرات الواجهة بالكتلة رقم 15.

الجدول رقم 3 يوضح بعض نتائج فرق جهد نصف الخلية لأسياخ حديد التسليح بالأقواس والأعمدة بالقمرات (-ve mV)

الكتلة رقم 15	الأقواس					الأعمدة						ملاحظات
رقم القمرة	A3**	A1	A0	A2	A4	C1*		C0		C2		
ج1	405	382	450	425	–	–	–	491	–	405	–	
ج2	483	393	455	457	460	–	–	491	–	–	–	
17	–	455	500	450	–	430	430	350	–	401	–	
16	–	270	–	–	–	365	–	350	–	168	–	
124	–	480	416	462	441	500	–	–	–	295	–	
** الأرقام والحروف تمثل أماكن نقاط الاختبار على الأقواس والأعمدة والكمرات												

3.3 إختبار تحديد تغلغل الكربنة

تم إجراء هذا الإختبار مباشرة بعد استخراج القلوب الخرسانية ولم تظهر النتائج أي تغلغل لثاني أكسيد الكربون بالعينات المستخرجة مع وجود تآكل كبير لحديد التسليح.

4.3 إختبار تحديد توغل الكلوريدات بالخرسانة المختبرة

أجري هذا الإختبار وفق المواصفة الأمريكية ACI C222 وكانت النتائج حسب الجدول رقم (4) والذي يمثل الكتلة رقم 15.

الجدول رقم 4 يوضح نسبة أيون الكلور لوزن العينة الكلي

الكتلة 15	الموقع	اكبر غطاء الخرساني	عمق العينة	نسبة الكلور إلى للوزن الكلى			ملاحظات
القمرة				25 مم	50 مم	اكبر من 50	
15–39	عمود	50 مم	70 مم	0.0478	0.0478	0.0668	موازى للبحر
15–84	قوس	40 مم	60 مم	0.0304	0.0566	0.0376	عمودي للبحر
15–90	عتب	75مم	75 مم	0.0136	0.0096	0.0256	عمودي للبحر
15–28	عمود	50مم	62 مم	0.0145	0.0126	0.0122	عمودي للبحر

5.3 إختبار قياس قيمة pH واختبار قياس الموصلية conductivity للعينات الخرسانية

أجري هذا الإختبار باستخدام جهاز قياس PH والموصلية لعينات منزوعة من خرسانة المباني بالقرية وكانت النتائج على حسب الجدول رقم (5).

2ج–15	عمود	50مم	60 مم	–	*0.0097	–	موازي للبحر
15–124	عمود	60مم	95 مم	0.0202	0.018	0.0074	موازي للبحر

*تمثل متوسط القيم نظرا لتفتت العينة عند استخراجها

الجدول رقم 5 يوضح بعض نتائج pH بعينات خرسانية أخذت من عناصر بالقرية

العنصر	برج الفندق	الممشى	قمرة 15–90	قمرة 15–28	قمرة 15–124	فيلا 34
PH	10.7	10.7	11.0	11.6	11.0	11.1
الموصليةµs.cm	754	299	758	2578	647	839

6.4 إختبار تلوث الخرسانة بالكبريتات

أجري هذا الإختبار وفق المواصفة ACI C222 وكانت النتائج حسب الجدول رقم 6.

الجدول رقم 6 يوضح نتائج نسبة أيون الكبريت إلى وزن العينة الكلي. الكتلة رقم 15

الكتلة 15	الموقع	اكبر غطاء الخرساني	عمق العينة	نسبة الكبريت إلى للوزن الكلى			ملاحظات
القمرة				25 مم	50 مم	اكبر من 50	
15–39 *	عمود	50 مم	70 مم	0.488	0.380	0.388	موازى للبحر
15–84	قوس	40 مم	60 مم	0.484	0.420	0.196	عمودي للبحر
15–90	عتب	75 مم	75 مم	0.256	0.252	0.205	عمودي للبحر
15–28	عمود	50 مم	62 مم	0.584	0.352	0.468	عمودي للبحر
2ج–15	عمود	50 مم	60 مم	–	**0.164	–	موازى للبحر
15–124	عمود	60 مم	95 مم	0.472	0.264	0.300	موازى للبحر

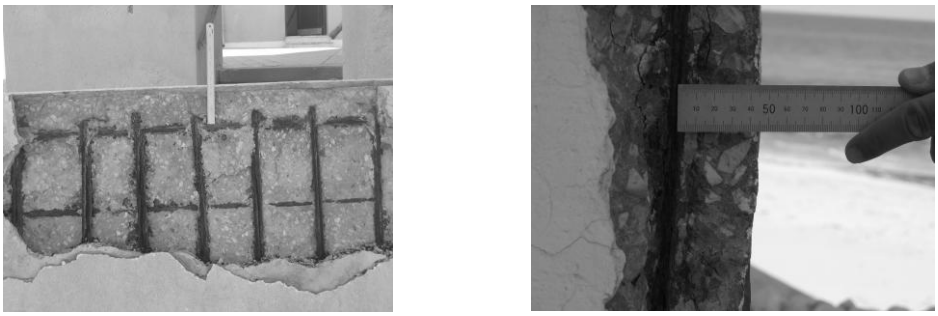
**تمثل متوسط القيم نظرا لتفتت العينة عند استخراجها

* الرقم الأول لرقم القمرة والثاني للكتلة

5- مناقشة النتائج

من خلال نتائج الإختبارات الحقلية والمعملية، والفحص البصري والظاهري للمباني موضوع الدراسة، أمكن تحديد المشاكل التي تسببها الأجواء البحرية سواء للعناصر الخرسانية أو المباني المكونة للقرية السياحية. ومن أهم هذه المشاكل:

- تآكل حديد التسليح بالعناصر الخرسانية الإنشائية أو المعمارية، ومن المعروف أن هذه المشكلة تؤثر تأثيرا مباشرا على ديمومة المنشآت الخرسانية [4,6]، وتسبب في تلف العناصر الخرسانية المسلحة، ولا يتم اكتشافها إلا في مراحل متقدمة، حيث يتآكل حديد التسليح ويصبح حجمه أكبر بكثير من حجمه الأصلي [4]، ويؤثر بضغط كبير على الغطاء الخرساني الأمر الذي يحدث شروخا داخلية تمتد إلى السطح الخارجي [4,6]، مما يعرض حديد التسليح إلى الأجواء الخارجية وتتفاقم المشكلة بتغلغل الرطوبة والأملاح التي تؤدى في نهاية الأمر إلى تفتت الغطاء الخرساني [4] .أنظر الصورة رقم 6 أ وب.



أ ب
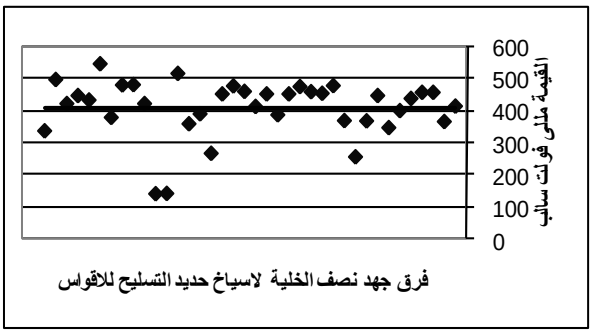
الصورة رقم(6 أ وب) تفتت الغطاء الخرساني، نموذج من انفصال الغطاء الخرساني مع تماسك الخرسانة المحيطة

ومن خلال الإختبارات والكشف الظاهري يبدو واضحا أن هذه المشكلة قد تفاقمت بشكل كبير في بعض الأماكن للمباني موضوع الدراسة، الأمر الذي أدى إلى فقدان الغطاء الخرساني ونقص كبير في مقطع حديد التسليح حيث أتت النتائج متوافقة مع حالة المباني ومن خلال:

أولا : نتائج فرق جهد نصف الخلية كانت جلها أقل من 200 مللي فولت سالب والتي تعطى احتمالية للتآكل أكبر من 50 بالمائة [4,2] والأشكال أرقام (1 و2 و6) تعطى فكرة واضحة على هذه النتائج بحيث كان متوسط فرق الجهد

لنصف الخلية لأسياخ حديد التسليح للأقواس أقل من 400 مللي فولت سالب ومتوسطها بالنسبة للأعمدة أقل من 350 مللي فولت سالب والتي تعطي احتمالية تآكل 90 % [2,4].

ثانيا : من خلال جداول نتائج التحليل الكيميائى لتحديد نسبة وتغلغل أيون الكلور والكبريت الكلي بمكونات الخرسانة حيث كانت النتائج المتحصل عليها من التحاليل أعلى من الحد المسموح به وصولا إلى حديد التسليح، انظر الجدو ل رقم 6، والتي أظهرت أن نسبة الكلور المئوية للقمرة 39 بالكتلة 15 المستخرجة من عمود كانت نسبة عالية تفسر حالة حديد التسليح المتآكل[8] . ومن جهة أخرى فإن نسبة الكبريتات المذابة بنفس النقطة ولنفس العينة كانت 0.388 % وهذه نسبة عالية أيضا تفسر انخفاض القلوية [6] إلى أقل من PH12، أنظر الجدول رقم (5). بينما كانت نتائج الموصلية تصل إلى 2587 µs.cm ، وهذا يعطى مؤشرا للنشاط الكهروكيميائى داخل الخرسانة، ويؤكد نتائج فرق جهد حديد التسليح، وتأثير هذا يظهر جليا على العناصر الخرسانية المسلحة والعناصر المعمارية التي استخدم بها حديد تسليح.

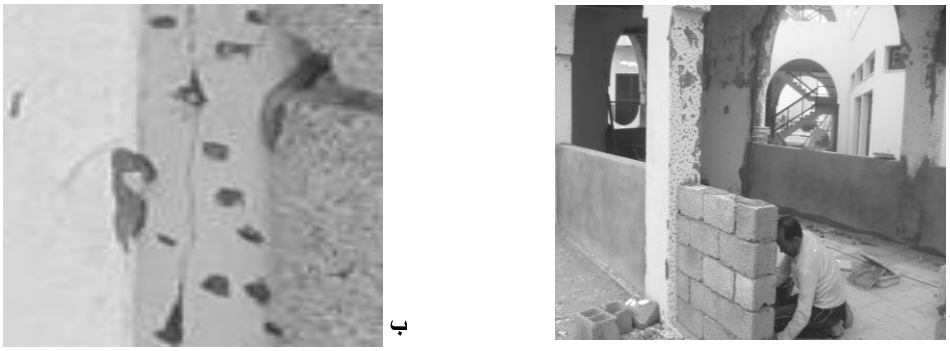


شكل رقم (1) نتائج فرق جهد صف الخلية للأقواس بالمللي فولت سالب



شكل رقم (2) نتائج فرق جهد حديد التسليح القيم بالسالب بالمللي فولت

ومن جهة أخرى لاحظ الباحث وجود أعمال ترميمات لبعض عناصر القرية بمواد كما بالصورة رقم(7 أ وب) فإن الجهل بأسباب التأثيرات الواضحة جدا للأجواء البحرية قد يؤدى في نهاية الأمر إلى تفاقم المشكلة بدلا من حلها [2].

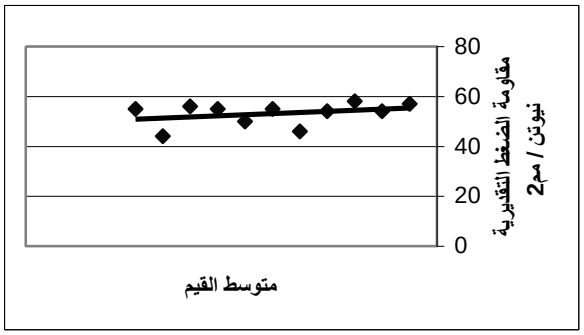


ب ا

الصورة رقم 7 ترميمات بممشى الفندق إثناء إجراء الدراسة مع وجود شروخ التآكل بوضوح

- **مقاومة الضغط التقديرية**

أظهرت مقاومة الضغط التقديرية باستخدام مطرقة الإرتداد متوسط مقاومة عالية (الشكل رقم 3)، وبالرغم من هذه النتائج العالية لمقاومة الضغط إلا أنها لم تحم حديد التسليح المغمور بالخرسانة. وربما هذا يفسر عدم تأثير هجو م الكبريتات بالعناصر الإنشائية المسلحة بالقرية، أو أن خرسانة الترميم الجديدة هي المسؤولة عن النتائج العالية لمقاومة الضغط المتحصل عليها من اختبار مطرقة الإرتداد باعتبارها تقيس مقاومة الضغط للخرسانة السطحية.



للخرسانة المختبرة بمطرقة الإرتداد الشكل رقم 3 يوضح متوسط قيم مقاومة الضغط

- **تفتت الطلاء وطبقة اللياسة**

من خلال الكشف البصري والإختبارات التي أجريت على عينة من طبقة اللياسة والتي توضح وجود نسبة عالية من الأملاح المترسبة والرطوبة المتراكمة سواء على أسطح وحوائط القمرات أو باقي العناصر، انظر الصور رق م (1 أ

وب، 2، 6) [2] . ومن الملاحظ أنه تم إجراء صيانة وترميم للواجهة الأمامية للقمرات، ويبدو أن عملية الصيانة لم تكن في المستوى المطلوب سواء من ناحية المواد المستخدمة في الترميم أو التجهيز والتنفيذ [3]، ولذلك علاوة على تفتت طبقة اللياسة والطلاء، نجد انفصال طبقة الطلاء وانتفاخها الذي يؤدى في نهاية الأمر إلى تلفها وسقوطها. انظر الصورة رقم 8.

ومن خلال الملاحظة والكشف البصري وعمل جسات للتحقق من عمق طبقة اللياسة وجد أن هناك أكثر من طبقة طلاء بألوان مختلفة، ومن جهة أخرى قد تكون عملية تجهيز السطح أو المواد المستخدمة في عملية الطلاء غير مناسبة لمثل هذه الأجواء.

- **إنفصال الأرضيات والحوائط وخرسانة المزاريب**

من خلال العينات التي تم أخذها من خرسانة المزاريب وما تم ملاحظته من خلال الكشف البصري أو باستخدام معدات الكشف الأخرى، وما لاحظه الباحث من تراكم الرطوبة إلى الحد الذي تتجمع فيه بالأماكن المنخفضة على السطوح والأرضيات، حيث أظهرت النتائج إرتفاعا واضحا بنسبة الكلوريدات التي تتسبب في كسر الحماية القلوية لحديد التسليح [6,8]، وأحيانا يتآكل حديد التسليح في أجواء عالية القلوية [6,8] . وقد يكون السبب الرئيسي لانفصال الأرضيات وتفتت مصاريف مياه الأمطار وجود حديد التسليح دون حماية. ومن جهة أخرى يبدو واضحا إنفصال الحوائط نتيجة لعدم الاهتمام بفواصل التمدد والإنكماش واستخدام مواد قابلة للتآكل بالأجواء البحرية، أنظر الصورة رقم 9.



الصورة رقم 8 تلف طبقة اللياسة والطلاء بالحوائط



الصورة رقم 9 تلف فاصل التمدد

5- الخلاصة والتوصيات

1.5 الخلاصة

تضمنت الدراسة عددا كبيرا ومتنوعا من الإختبارات الحقلية والمعملية والفحص الظاهري والبصري، وعلى ما تقدم من مناقشة يمكن الخلوص إلى الآتي :

1. تغلغل الأملاح (الكلور والكبريت) وصغر سمك الغطاء الخرساني وتراكم الرطوبة على الأسطح والحوائط أدت إلى تآكل حديد التسليح وبشكل كبير ببعض عناصر المباني الأقرب لشاطىء البحر وانعدام تأثير ظاهرة الكربنة على حديد التسليح ومن المعروف أن التآكل يؤثر في الحالة الإنشائية للمبنى والعمر الوظيفي له.
2. الجهل بالمشكلة وانعدام العمالة الفنية والرأي الفني سبب رئيسي في تدهور حالة العناصر الإنشائية.
3. أعمال الصيانة التي تتم بالقرية وخاصة بالممشى هي أعمال تجميلية لمدة زمنية محدودة تظهر بعدها المشاكل وبشكل أكبر.
4. إستخدام مواد ترميم غير مناسبة مع خلطات إسمنتية بمواد غير محددة وعدم الإهتمام بطرق تجهيز الأسطح يجعل من عملية الترميم غير ذات جدوى.
5. صغر بعض القطاعات الخرسانية المسلحة بالفيلات يؤدى إلى صغر الغطاء الخرساني.
6. إستخدام حديد التسليح في الأعمال المعمارية ذات القطاعات الصغيرة والممرات والأرصفة يعطي فرصة أكبر لتآكل حديد التسليح المغمور بها.

2.5 التوصيات

من خلال ما تم عرضه بالخلاصة يوصي الباحث باستخدام أساليب تقنية مناسبة للأجواء البحرية لتصميم واختيار مواد الترميم وتطبيقاتها.

المراجع

[1] (ASTM, ANAUAL BOOK OF ASTM STANDARDS), (VOL. 4.02 SECTION 4, CONCRETE AND AGGREGATE), (1990)

[2] FIB RECOMMENDATIONS FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF COONCRETE SEA STRUCTURE, 4th edition, THOMAS TELFORD, LONDON, (1985).

[3] (JACK C. McCROMAC & JAMES K. NELSON, Design of reinforced concrete), Chapter 6, Serviceability PP150.JON WILEY & SONS 6^{TH} Edition, (2005)

[4] (MANUAL OF CONCRETE PRACTICE, PART 1, ACI), Detroit, (2002)

[5] (Mahmoud Bshina, Structural assessment of the buildings during Italian period in Libya), (The 5th civil engineering conference in the Asian region and Australian structural engineering conference, Sydney), (2010).

[6] (P.D.CADY, Corrosion of reinforcing steel in concrete),(A symposium presented at the seventy-ninth annual meeting ASTM Chicago, III, STP 629, pp3), (1976)

[7] (V.M. MALHRTA & N.J. CARINO, CRC Handbook on nondestructive testing of concrete), Chapter 10, pp 221, CRC, Florida, (1991)

[8] (W.J. McCoy, Influence of chlorides in reinforced concrete), A symposium presented at the seventy-ninth annual meeting ASTM Chicago, III, pp20, (1976)

[9] (محمود بشينة وأحمد دبدب، تقييم المنشآت الخرسانية)، (المؤتمر الوطني الرابع لمواد البناء والهندسة الإنشائية، صبراتة، (2008).