

طريقة بديلة لتقدير مقاومة الضغط للخرسانة

*د. علي محمد منصور **م معاذ محمد السويح ***م طه فتحي عربي

الملخص:

تعتبر مقاومة الضغط للخرسانة عندرجةجودتها وصلاحيتها، حيث أن معظم الخواص الأخرى تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح. وبما أن الخرسانة هي أساس قوة المنشآت الهندسية الهيكلية فيجب التأكد من مطابقة مقاومة الضغط للقيم المطلوبة قبل وأثناء وبعد التنفيذ، ولتعيين مقاومة الضغط قبل استخدام الخرسانة في المنشأ يتم عادة أخذ عينة من هذه الخرسانة وهي في الحالة الطازجة وصبها في قوالب مكعبة أو اسطوانية حسب المواصفة المتبعة في الاختبار، لعمر 7 أيام أو 28 يوم لتحديد مقاومتها. في حالة فشل نتائج العينات القياسية أو الشك في الاختبارات العملية أوفي حالة كانت مقاومة الضغط أقل من 90% من مقاومة الضغط المطلوبة بعد 28 يوم، يتم اللجوء إلى اختبار القلب الخرساني، من خلال استخراج عينات من العنصر الخرساني بقطر 150 مم للخرسانة القوية أو 100 مم وهو الشائع واختبارها لتحديد مقاومتها، ولكن لهذا الاختبار بعض الأسباب التي قد تحد من استخدامه كصعوبة استخراج هذه القلوب من العناصرالخرسانية معقدة الأشكال او كثيفة التسليح أوالتي تقع علي ارتفاعات كبيرة ويصعب الوصول إليها، كما يشكل أيضاً بعض الخطورة على سلامة المنشأ في حال استخراج عدد كبير من العينات، أيضاً يعتبر هذا الاختبار مكلف نسبياً، كما يوجد بعض الاختبارات الأخرى التي تؤدي نفس الوظيفة وهي تقدير مقاومة الضغط للخرسانة والتي تصنف من الاختبارات غير المتلفة ، ومنها اختبار مطرقة الارتداد، واختبار الموجات

*عضو هيئة تدريس كلية الهندسة جامعة طرابلس - ليبيا

**مهندس قسم الهندسة المدنية كلية الهندسة جامعة طرابلس - ليبيا

***مهندس قسم الهندسة المدنية كلية الهندسة جامعة طرابلس - ليبيا

فوق الصوتية، ولكن ما يعيب هذه الاختبارات أنها تعطي قيم استرشادية لمقاومة الضغط ولا تعبر هذه القيم عن المقاومة الفعلية للخرسانة، حيث يستخدم اختبار مطرقة الارتداد لتعيين رقم الارتداد الذي يكون المرشد للقيمة التقريبية لمقاومة الضغط، كما يتأثر اختبار مطرقة الارتداد بسطح ومكان الطرق. لتعيين رقم الارتداد الذي يكون المرشد للقيمة التقريبية لمقاومة الضغط، كما يتأثر اختبار مطرقة الارتداد بسطح ومكان الطرق. بناء على ما تقدم ركزت هذه الدراسة على استخدام جهاز اختبار تحميل النقطة (Point Load) المستخدم في مجال تقدير مقاومة الصخور، والاستفادة منه في تقدير مقاومة الضغط لأي عنصر خرساني مكتمل الإنشاء بطريقة محدودة الإتلاف مع الحصول على نتائج مرضية وذلك لتقليل إتلاف الخرسانة وتسهيل استخراج العينات وتقليل الوقت اللازم مع تقليل احتمال قطع حديد التسليح خاصة في العناصر كثيفة التسليح.

في هذه الدراسة تم الاستفادة من جهاز اختبار تحميل النقطة واستخدامه في اختبار عينات خرسانية بدلاً من العينات الصخرية لتقدير مقاومة الضغط للخرسانة، حيث استخدمت في هذه الدراسة عينات خرسانية بثلاث أقطار مختلفة (80 مم بطول 60 مم، 70 مم بطول 50 مم، 50 مم بطول 40 مم)، وبنفس الأسلوب المتبع في اختبار العينات الصخرية تم اختبار العينات الخرسانية والحصول على قيمة الحمل الذي تنهار عنده العينة، مع اختبار مقاومة الضغط لأسطوانات قياسية بأبعاد (300×150) مم، ومن خلال نتائج الاختبار يمكن تقدير مقاومة الضغط للخرسانة عن طريق العلاقات البيانية والمنحنيات والتي تربط قيمة الحمل الناتج من اختبار تحميل النقطة، مع مقاومة الاسطوانة القياسية بقوة ترابط تفوق 95%.

• المقدمة:

تعتبر مادة الخرسانة هي المادة الوحيدة التي يمكن أن تفي باحتياجات الإنشاءات من الوحدات السكنية الصغيرة البسيطة إلى الهياكل الكبيرة المعقدة، ومن المعروف أن استعمال الخرسانة لا تقتصر على المباني وإنما تمتد إلى إنشاء السدود والطرق والجسور والمطارات، وفي مشروعات الري والصرف والمواني وغير ذلك مما لا يمكن حصره، وتعتبر صناعة الخرسانة وخاصة في المنشآت الصغيرة المحدودة من أهم العوامل التي

أدت إلى انتشار الإنشاء في مجال المباني السكنية حيث لا توجد مادة بديلة يمكن أن تستوعب وتخدم هذا الانتشار العمراني الكبير الذي يحدث في جميع أنحاء العالم. (شريف)

الخرسانة عبارة عن خليط من الركام والاسمنت والماء مع بعض الفراغات ويمكن إضافة بعض المواد الأخرى (الإضافات) للحصول على خواص معينة، يتم اختيار نسب هذه المواد في الخلطة الخرسانية حسب نوع العمل المطلوب والمواد المتوفرة، حيث يشكل الركام نسبة (60-70)% من الحجم، والعجينة الإسمنتية (30-40)% من الحجم، والفراغات تقريباً (1-2)% من الحجم. ومع خلط هذه المواد مع بعضها يتم الحصول على الخرسانة التي تبدأ بالتصلب التدريجي مع الوقت حتى تصبح صلبة وقوية، وتتفاوت قوتها حسب المكونات الأساسية وكذلك حسب طريقة الدمك أثناء الصب ونوعية المعالجة المتبعة. (إمام، 1985)

تعتبر مقاومة الضغط أهم خاصية للخرسانة في حالتها المتصلدة ويعطي اختبار هذه الخاصية فكرة عن جودة الخرسانة والحصول على المقاومة المطلوبة من خلال إجراء هذا الاختبار لعمر 7 أيام، و28 يوم من تاريخ الصب، حيث يتم إعداد قوالب مكعبة بأبعاد (150×150×150) مم، أو قوالب اسطوانية بأبعاد (300×150) مم. (نيفل، 1992 والخلف 1984)

في بعض الحالات قد نحتاج لمعرفة مقاومة الضغط في بعض العناصر الخرسانية المكتملة الإنشاء لسبب معين كالإختلاف في مقاومة الضغط المنفذة عن المطلوبة، أو قد نحتاج لمعرفة مقاومة الضغط في عناصر خرسانية لمبنى تكون فيه هذه المقاومة مجهولة بسبب عدم إجرائها والاحتياج لمعرفة لاحقا، ومن دواعي إجراء هذا الاختبار أيضاً ملاحظة ضعف مقاومة الخرسانة لبعض العناصر الإنشائية والشك في كفاءتها الإنشائية، وبالتالي نحتاج لمعرفة مقاومة الضغط فيها، وحتى نتأكد من تحديد مقاومة الضغط للخرسانة في أي عنصر خرساني مكتمل الإنشاء نحتاج لعمل اختبار عليه، حيث توجد بعض الاختبارات التي يمكننا من تقدير مقاومة الضغط للخرسانة في المنشآت الخرسانية المكتملة الإنشاء، حيث أن بعض هذه الاختبارات تعتبر غير اتلافية للمنشأ مثل (اختبار مطرقة شميدت، اختبار الموجات فوق الصوتية، اختبار الدفع Pull off، اختبار الاقتلاع Pull out) ولكن لهذه الاختبارات بعض العيوب كعدم الدقة والتشتت في

النتائج المتحصل عليها، وهناك اختبارات شبه إتلافية مثل (اختبار القلب الخرساني Core Test)، تستخدم لتعيين مقاومة الضغط للخرسانة وبصورة حقيقية ومماثلة للواقع وكذلك الحكم على جودة الخرسانة، وبالرغم من دقة النتائج المتحصل عليها فهناك بعض الصعوبات التي تحد من استخدامها كوجود أماكن ذات التسليح الكثيف أو محدودية المقطع، ومن هذا المنطلق جاءت فكرة هذه الدراسة، حيث برزت هذه الفكرة في إيجاد طريقة بديلة لتقدير مقاومة الضغط في أي عنصر خرساني مكتمل الإنشاء، تمثلت باستخدام جهاز اختبار تحميل النقطة المستخدم أساساً في تقدير مقاومة الضغط للصخور واستخدامه كأسلوب لتقدير مقاومة الضغط للخرسانة، مع إيجاد علاقة تربط كل من مقاومة الضغط للخرسانة والأحمال الناتجة من اختبار تحميل النقطة لتمكننا من تقدير مقاومة الضغط للخرسانة مستقبلاً وفي هذه الدراسة سيتم الاستفادة من جهاز اختبار تحميل النقطة واستخدامه في اختبار عينات خرسانية بدلاً من العينات الصخرية لتقدير مقاومة الضغط للخرسانة، حيث استخدمت في هذا الدراسة عينات خرسانية بثلاث أقطار مختلفة (80 مم بطول 60 مم، 70 مم بطول 50 مم، 50 مم بطول 40 مم)، وبنفس الأسلوب المتبع في اختبار العينات الصخرية تم اختبار العينات الخرسانية والحصول على قيمة الحمل الذي تنهار عنده العينة، مع اختبار مقاومة الضغط لاسطوانات قياسية بأبعاد (300×150) مم.

• البرنامج العملي:

1. المكونات الأساسية للخلطات الخرسانية

المواد الأساسية المستخدمة لتنفيذ الخلطات الخرسانية هي الإسمنت و الركام الناعم والركام الخشن وماء الخلط، مع استخدام إضافة كيميائية لتقليل ماء الخلط والحصول على بعض المقاومات العالية نسبياً، ونتناول فيما يلي هذه المواد و خواصها.

2. الإسمنت البورتلاندي

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي نوع (N 42.5) ذو وزن نوعي (3.15) في جميع الخلطات الخرسانية التي تم إعدادها خلال هذه الدراسة وهو من إنتاج شركة الاتحاد العربي للمقاولات (مصنع البرج – مدينة زليتن)، والجدول (1) يوضح الخواص الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت، وهو مطابق لما تنص عليه المواصفة الليبية للإسمنت (م ق ل 2009:340). (Rilem, 1969).

3. الركام الخشن

تم استخدام نوعين من الركام الخشن ذو مقاس اعتباري (14، 20) مم في جميع الخلطات، وأجريت اختبارات الخواص الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن حيث أنه مطابق للمواصفات الليبية (م ق ل 2002:49) والجدول (2) يوضح نتائج هذه الاختبارات. (BS EN 12504-4, 2009).

جدول (1) الخواص الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت

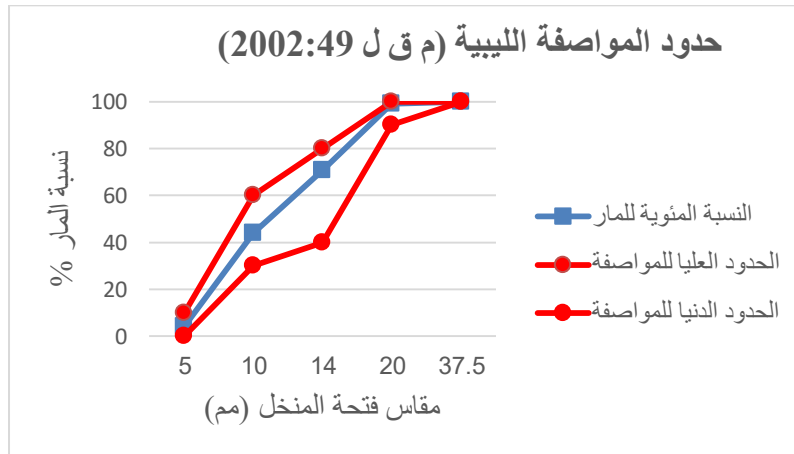
الاختبارات المعملية	النتائج	حدود المواصفة الليبية
زمن الشك الابتدائي	105 دقيقة	لا يقل عن 60 دقيقة
زمن الشك النهائي	150 دقيقة	-
ثبات الحجم	0.5 مم	لا يزيد عن 10 مم
مقاومة الانحناء للمونة الإسمنتية	عند يومين	-
	عند 28 يوم	-
مقاومة الضغط للمونة الإسمنتية	عند يومين	لا تقل عن 10 ن/مم ²
	عند 28 يوم	42.5 ~ 62.5 ن/مم ²

الجدول (2) نتائج اختبارات الخواص الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن

الاختبارات المعملية	النتائج	حدود المواصفة الليبية	الحدود الطبيعية
نسبة الامتصاص	1.36 %	لا تزيد عن 3 %	-
الوزن النوعي	2.66	-	2.7~ 2.6
وزن وحدة الحجم	1523 كجم/م ³	-	1800 ~ 1400 كجم/م ³

ولتحسين تدرج الركام المستخدم في الخلطات تم خلط العينتين بمقاس (14، 20) مم بنسبة (1:2.3)،

كما يبين بالشكل (1)



الشكل (1) نتائج إختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن

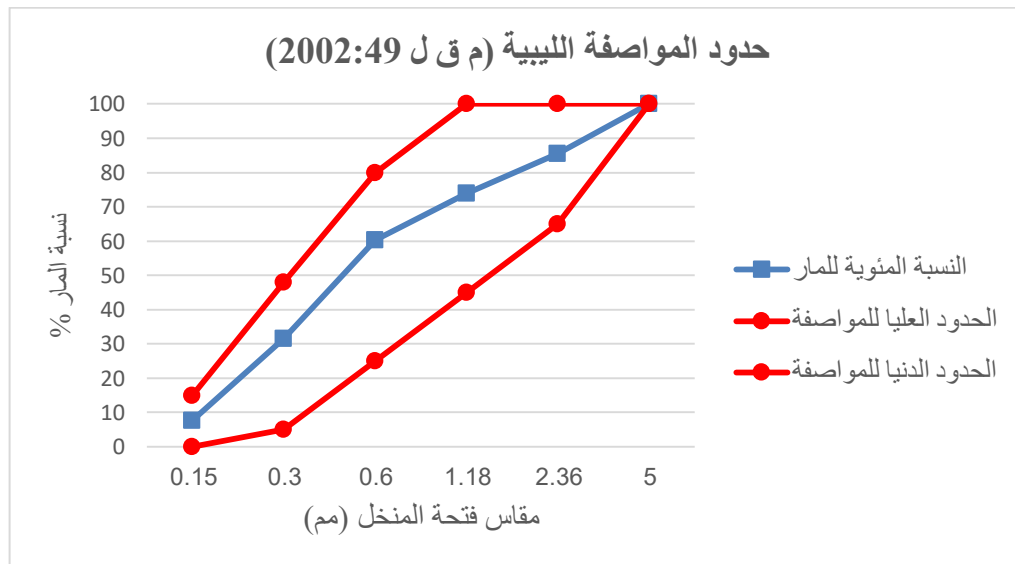
الركام الناعم

تم استخدام الرمل الطبيعي المورد من منطقة زليتن لجميع الخلطات مع استخدام الركام المجروش، وأجريت عليهما الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية وكان مطابق للمواصفة الليبية القياسية (م ق ل 252:2006)، والجدول (3) يوضح نتائج هذه الاختبارات. (الزهراني، 2014)

الجدول (3) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية

نوع الركام الناعم	الوزن النوعي	نسبة الامتصاص
الرمال الطبيعي	2.68	0.3
الركام المجروش	2.63	1.61
الحدود الطبيعية	2.7 ~ 2.5	-
حدود المواصفة الليبية	-	لا تزيد عن 3 %

لتحسين تدرج الركام الناعم الطبيعي تم خلط العينتين (رمال زليتن، الركام المجروش) بنسبة (1:1) ونتائج هذا الخليط موضحة بالشكل (2). ويلاحظ أن هذا الخليط جيد التدرج طبقاً لشروط المواصفة الليبية (م ق ل 2009:49). [21] ()



شكل (2) نتائج اختبار التدرج الحبيبي لخليط الركام الناعم

4. الإضافات

تم في هذه الدراسة استخدام نوع واحد من الإضافات الكيميائية لتخفيض ماء الخلط وإعطاء الخلطة الخرسانية التشغيلية المطلوبة بأقل محتوى مائي ممكن للحصول على مقاومة ضغط عالية. اسم الإضافة المستخدمة "Master Glenium SKY 518" وتستخدم في الخلطات بتركيز من 0.6 % إلى 1.2 % من وزن الاسمنت و استخدام الإضافة في هذه الدراسة كان محدود جداً حيث استخدمت في الخلطات التي أعطيت مقاومات عالية فقط وكان هذا هو الغرض الأساسي من استخدامها

• تصميم الخلطة الخرسانية

تصميم الخلطة الخرسانية يعني إيجاد نسب المواد المطلوبة في تنفيذها، حيث يتم حساب أوزان مكونات الخلطة من ركام واسمنت وماء وإضافات. في هذه الدراسة تم الاعتماد على المعادلة الحجمية في تصميم الخلطات الخرسانية طبقاً للمواصفة القياسية الليبية (م ق ل 917:2017) وذلك بتحديد نسب مواد الخلط للمتر المكعب. وتم في هذه الدراسة تصميم عدد من الخلطات، (20 خلطة) كل خلطة تختلف نسب مكوناتها عن سابقتها للحصول على نتائج مختلفة لمقاومة الضغط.

• اختبار تحميل النقطة (Point Load Test)

في هذه الدراسة تم الاستفاده من جهاز اختبار تحميل النقطة شكل (3) واستخدامه في اختبار عينات خرسانية بدلاً من العينات الصخرية، للحصول على علاقة تمكنا من تقدير مقاومة الضغط للخرسانة، وبنفس الأسلوب المتبع في اختبار العينات الصخرية تم تحضير واختبار العينات الخرسانية والتأكد من مطابقتها لشروط الاختبار وفقاً للمواصفات القياسية للجمعية الأمريكية (ASTM (D5731-02)، من حيث شكل وأبعاد العينات وطريقة التحميل العينة الاسطوانية قطريا او محوريا. (British Standards Institution 2009)



شكل (3) جهاز اختبار تحميل النقطة

- العينات المستهدفة بالاختبار:

في هذه الدراسة تم اختبار ثلاثة عينات اسطوانية مختلفة الأبعاد (بقطر 80 مم وبطول 60 مم، بقطر 70 مم وبطول 50 مم، بقطر 50 مم و بطول 40 مم) وكانت نسبة (الطول \ القطر) ما بين (0.33 - 1.0) لجميع العينات، حيث استخدمت عينات خرسانية أخذت بواسطة جهاز القلب الخرساني وعينات أخرى تم الحصول عليها بواسطة صبها مسبقاً في أنابيب اسطوانية كما تم تحميل جميع العينات بالاتجاه المحوري.

- خطوات الاختبار:

1. بعد مرور 28 يوم من صب الخرسانة في الأنابيب الاسطوانية ذات القطر (70، 80) مم، يتم تحضيرها للاختبار بعد تحديد أطوالها وقطعها باستخدام آلة القطع.

2. استخراج عينات القطر 50 مم بواسطة جهاز القلب الخرساني كما مبين بالشكل (4)، وكذلك تحديد أطوالها وقطعها باستخدام آلة القطع، ويبين الشكل (5) العينات وهي جاهزة للاختبار بعد تحضيرها.
3. تدخل العينة في الجهاز وتثبت جيداً، بحيث تكون نقطة التحميل في اتجاه محورها كما في الشكل (6).
4. يتم التحميل على العينة بشكل تدريجي بحيث تنهار في فترة تتراوح ما بين 10 إلى 60 ثانية، ثم تسجل قيمة الحمل عند الانهيار، ويبين الشكل (6) شكل الانهيار.
5. تستبعد أي عينة انهارت من جهة واحدة فقط وينبغي أن يكون الانهيار من الجهتين.
6. أقل عدد عينات تم استخدامه في هذه الدراسة هو 12 العينة للقطر الواحد.



شكل (5) العينات بعد تحديد أطوالها وقطعها



شكل (4) استخراج العينات بواسطة جهاز القلب الخرساني



شكل (6) شكل انهيار عينة الخرسانة في اختبار تحميل النقطة

بالمقابل تم اعداد عينات اسطوانية قياسية مفاى 300 × 150 مم لتعيين مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة، لعمر 28 يوم، من تاريخ الصب لجميع الخلطات الخرسانية بناءً على المواصفة ASTM(C 39M- 04). (أم نفيى 1992)

• النتائج المتحصل عليها:

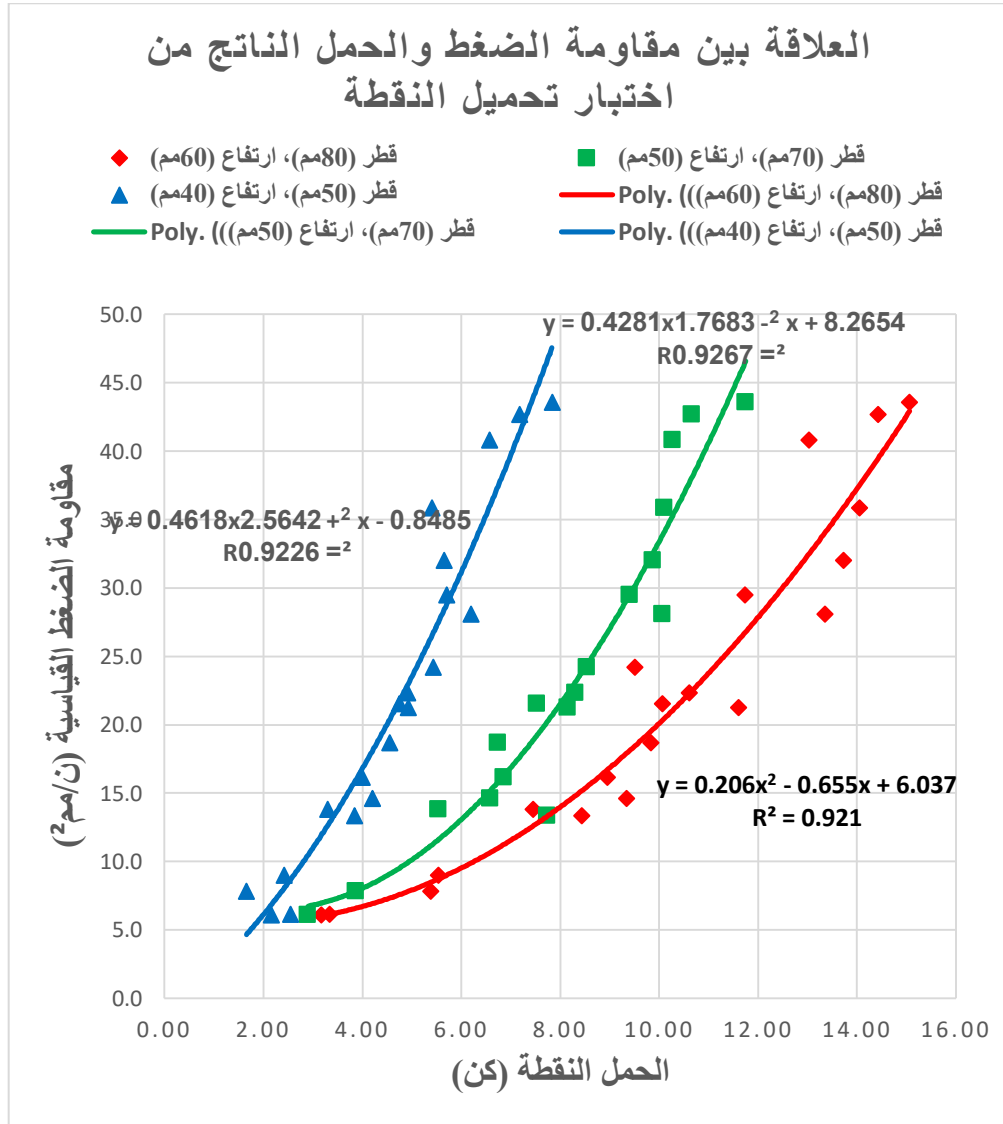
اشتملت النتائج المعملية للخرسانة المتصلدة على تعيين مقاومة الخرسانة للضغط عند عمر 28 يوما لعدد 20 خلطة بواقع ثلاثة عينات لكل خلطة وتعين حمل الانهيار و كل من الانحراف المعيارى (Standard Deviation) ومعامل الاختلاف (Variance) للعينات المختبرة بواسطة جهاز تحميل النقطة بواقع 6 عينات لكل عند اختلاف نسبة الطول الى القطر ويبين الجدول (4) متوسط نتائج اختبار مقاومة الضغط وما يقابلها من نتائج أحمال اختبار تحميل النقطة، وبناءً على هذه النتائج يمكن الوصول إلى العلاقة بين مقاومة الضغط وحمل اختبار تحميل النقطة.

جدول (4) نتائج اختبار مقاومة الضغط وما يقابلها من نتائج أحمال اختبار تحميل النقطة

اختبار تحميل النقطة		اختبار مقاومة الضغط	رقم الخلطة
متوسط قيمة الحمل (KN)	القطر	متوسط مقاومة الضغط	
3.33	80	6.1	1
-	70		
2.55	50		
5.53	80	9.0	2
-	70		
2.41	50		
8.43	80	13.3	3
7.73	70		
3.83	50		
9.50	80	24.2	4
8.53	70		
5.43	50		
13.73	80	32.0	5
9.87	70		
5.66	50		
7.44	80	13.8	6
5.53	70		
3.30	50		
5.37	80	7.8	7
3.87	70		
1.66	50		
3.16	80	6.1	8
2.90	70		
2.15	50		
9.33	80	14.6	9
6.58	70		
4.20	50		
13.03	80	40.8	10
10.27	70		
6.57	50		
8.94	80		

6.85	70	16.1	11
3.99	50		
14.43	80	42.7	12
10.65	70		
7.17	50		
15.06	80	43.6	13
11.75	70		
7.83	50		
13.34	80	28.1	14
10.06	70		
6.19	50		
9.82	80	18.7	15
6.73	70		
4.55	50		
10.61	80	22.3	16
8.31	70		
4.91	50		
10.06	80	21.5	17
7.53	70		
4.75	50		
11.73	80	29.5	18
9.40	70		
5.70	50		
11.60	80	21.2	19
8.15	70		
4.92	50		
14.05	80	35.8	20
10.10	70		
5.41	50		

بنأ على النتائج المتحصل عليها في الجدول (4) تم رسم العلاقة بين كل من مقاومة الضغط للخرسانة والحمل الناتج من اختبار تحميل النقطة، والشكل (7) يوضح هذه العلاقة.



شكل (7) العلاقة بين كل من مقاومة الضغط للخرسانة وحمل اختبار تحميل النقطة لجميع الأقطار

يمكن من الشكل (7) تقدير مقاومة الضغط للخرسانة لأي عنصر إنشائي من خلال أخذ عينة بأحد الأبعاد السابقة التي تم ذكرها، واختبارها في جهاز اختبار تحميل النقطة للحصول على قيمة الحمل التي من خلالها يمكن تقدير مقاومة الضغط للخرسانة.

• الاستنتاجات

من خلال ما تم الحصول عليه من نتائج الاختبارات والوصول إلى العلاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة و قوة تحميل النقطة يمكن استنتاج جملة من النقاط التالية:

1. قوة الترابط قوية بين مقاومة الضغط القياسية للخرسانة وقوة تحميل النقطة، لجميع الأقطار المستخدمة قوية قد تصل الى 90%
2. تتأثر العلاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة وقوة تحميل النقطة باختلاف كل من قطر وارتفاع العينة المختبرة بطريقة اختبار النقطة .
3. كلما انخفضت مقاومة الضغط للخرسانة يكون هناك تقارب بين المعاملات المتحصل عليها باختلاف كل من القطر و الارتفاع.
4. من خلال العلاقات نلاحظ أن قيم مقاومة الضغط تقترب من بعضها كلما صغرت قيم قوة تحميل النقطة.
5. يمكن استخدام العلاقات الرياضية التالية التي تربط كل من مقاومة الضغط للخرسانة ومقدار الحمل الناتج من اختبار تحميل النقطة لتقدير مقاومة الخرسانة في حدود الأطوال والأقطار المستخدمة في هذه الدراسة.

• القطر 80 مم بالارتفاع 60 مم

$$f_c' = 0.206P^2 - 0.655P + 6.037$$

- القطر 70 مم بالارتفاع 50 مم

$$f_{c'} = 0.428P^2 - 1.768P + 8.265$$

- القطر 50 مم بالارتفاع 40 مم

$$f_{c'} = 0.461P^2 + 2.564P - 0.848$$

حيث أن :

$f_{c'}$: قيمة مقاومة الضغط المراد إيجادها (ن/مم²)

P : قيمة حمل تحميل النقطة (كن).

• التوصيات

1. عند استخدام العلاقات الموضحة اعلاه يتطلبان لا يقل عدد العينات المختبرة باستخدام جهاز

اختبار النقطة عن (10) عينات لكل نسبة من نسب الطول الى القطر

2. أعطت هذه الدراسة مؤشر إيجابي و لدعم ذلك نوصي بالتوسع في هذه الدراسة باستخدام عدد عينات

أكثر من العينات، و بأقطار و ارتفاعات مختلفة.

3. دعم هذه الدراسة بتحليل إحصائي، للوصول إلى علاقة واحدة تربط بين نتائج اختبار تحميل النقطة

و مقاومة الضغط القياسية بحيث تشمل كل المتغيرات.

4. عند إجراء تقييم مقاومة الخرسانة لأي منشأة خرسانية يجب دعم النتائج المتحصل عليها باستخراج

عينات قلوب (core) لزيادة الثقة.

المراجع العربية:

1. م. امين سعيد شريف "نبذة عامة عن الخرسانة"، نقابة مهندسين كردستان.

2. محمود إمام، "الخرسانة"، الخواص والجودة والاختبارات، مصر، 1985.

3. أ.م.نيفل، "تكنولوجيا الخرسانة"، ترجمة د.شاكر أحمد صالح وآخرون، الكلية الهندسية العسكرية، الطبعة الأولى. 1992 م.
 4. د.مؤيد نوري الخلف ود.هناء عبد يوسف "تكنولوجيا الخرسانة"، الجامعة التكنولوجية، مركز التعريب والنشر، بغداد، 1984 م.
 5. د.مفيد عبدالوهاب السامرائي و د.زين العابدين رؤوف محمد، "الفحوص غير الاتلافية للخرسانة"، مطبعة أكسبريس، الشارقة، 1999 م.
 6. المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية، المواصفات القياسية الليبية رقم (340) الاسمنت البورتلاندي، 2009.
 7. المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية، المواصفات القياسية الليبية رقم (294) المياه المستعملة في الخرسانة، 1988.
 8. المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية، المواصفات القياسية الليبية رقم (49) ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية، لسنة 2002.
 9. المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية، المواصفات القياسية الليبية رقم (252) ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية – طريقة تعيين الوزن النوعي ونسبة الامتصاص، لسنة 2006.
 10. المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية، المواصفات القياسية الليبية رقم (917) دليل الخرسانة الجاهزة، لسنة 2017.
- المراجع باللغة الانجليزية:
11. British Standards Institution, "BS 1881-116", Testing concrete. Method for determination of compressive strength of concrete cubes, London, 1983.
 12. American Society for Testing and Materials, "ASTM C 39/C 39M" Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Philadelphia, 2004.

13. British Standards Institution, "BS EN 12504-1" Testing concrete in structures. Cored specimens. Taking, examining and testing in compression, London, 2009.
14. American Society for Testing and Materials, "ASTM C 42/C 42M" Standard method of obtaining and testing drilled cores and sawn beams of concrete, Philadelphia, 2004.
15. Neville, A. Core tests – Easy to perform, not easy to interpret. Concrete International, 23, No. 11, November 2001.
16. (م. عبد الغني الجند) , 2015, Jul 2. Retrieved from twitter: <https://twitter.com/ssrrr22/status/616722843460448256>
17. American Society for Testing and Materials, "ASTM C 805" Rebound number of hardened concrete, Philadelphia, 2002.
18. British Standards Institution, "BS EN 12504-2" Testing concrete in structures: Non-destructive testing: Determination of rebound number, London, 2009.
19. RILEM, Committee, "Nondestructive Testing of Concrete Materials and Structures" Vol.2. No.10, July, Aug.1969. American Society for Testing and Materials, "ASTM C 597", Standard test method for pulse velocity through concrete, Philadelphia, 2002.
20. British Standards Institution, "BS EN 12504-4", Testing Concrete – determination of ultrasonic pulse velocity, London, 2009.
21. (أ. علي بن عبدالله الزهراني) Point Load Test(2014, Sep 26). Retrieved from Slide Share: <https://www.slideshare.net/ssuser5fbb62/point-load-test-2013-full-copy>.

22. American Society for Testing and Materials, "ASTM D 5731", Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock, Philadelphia, 2002.