

## تأثير ضغط الرص في الحالة الطرية على مقاومة الإنضغاط والشد للخرسانة

رفل ناهض وديع/ مدرس مساعد  
الكلية التقنية/الموصل/قسم هندسة تقنيات البناء والإنشاءات

سامر سامي مجيد/ مدرس مساعد  
جامعة الموصل/كلية الهندسة/قسم هندسة الموارد المائية

### المخلص

البحث الحالي يعرض الدراسة العملية لسلوك الخرسانة المضغوطة المملوءة بقوالب اسطوانية حديدية بقياس (100 ملم القطر - 200 ملم الطول). تم في هذا البحث تسليط ضغط رص بقيم مختلفة على عدة مزجات خرسانية تختلف فيما بينها بنسبة الماء إلى السمنت بواسطة جهاز ضغط الكتروني ثم مقارنة قيم الإنضغاط والشد للخرسانة بعمر (28) يوم والتي كانت معرضة لضغط رص في الحالة الطرية مع قيم الإنضغاط والشد للخرسانة بنفس نسب المزج غير معرضة للضغط لدراسة تأثير ضغط الرص على الخرسانة في الحالة الطرية على قيم الإنضغاط والشد للخرسانة المتصلبة .. تم فحص (90) نموذج تحت تأثير إجهادات الإنضغاط والشد وبعمر (28) يوماً . تم دراسة تأثير نسبة الماء إلى السمنت وضغط الرص على المقاومة القصوى للأعمدة. أظهرت النتائج بان إجهادات الرص للخرسانة تؤثر على المقاومة القصوى للأعمدة حيث تؤدي إلى زيادة مقاومة الشد والإنضغاط للخرسانة عند حد معين من قيمة ضغط الرص المسلط في الحالة الطرية وإن الخلطة ذات نسبة ماء إلى سمنت (0.45) تحتاج إلى أقل قيمة لضغط الرص لتعطي أعلى قيمة لمقاومة الخرسانة، في حين أن الخلطات الأخرى ذات نسبة ماء إلى سمنت (0.5 ، 0.55 ) تحتاج إلى قيم أعلى لضغط الرص لتعطي قيم أعلى لمقاومة الخرسانة.

Key words: concrete filled steel mold, compaction, ultimate capacity, axial load behavior.

## Effect of Compaction Pressure in the Fresh State on The Resistance of Concrete's Compression and Tension

Samer Sami Majeed

Assist. Lecturer

Mosul University , Engineering college,  
Department of water resources engineering  
[samir\\_sami\\_63@yahoo.com](mailto:samir_sami_63@yahoo.com)

Rafal Naheth Wadie

Assist. Lecturer

Technical College of Mosul  
[rafalwadee@yahoo.com](mailto:rafalwadee@yahoo.com)

### Abstract

This present research presents an experimental study on the behavior of the compacted concrete filled in cylindrical steel molds with dimensions of (100 mm Diameter and 200 mm Length). In this study, different compaction pressure values have been used to compact concrete mixtures, which differ in water to cement rates using electronic compression machine. Then, compression and tension strength of a concrete at the age of (28) days, under compaction pressure in its fresh state, compared with the compression and tension values of a concrete, of the same mixing rates, unexposed to pressure, in order to study the effect of compaction pressure on the concrete in its fresh state, on the compression and tension values of the solid concrete. (90) Specimens under the impact of the stresses of compression and tension at the age of (28) days have been tested and the effect of water to cement rates and the compaction pressure on the maximum resistance of the columns have been tested. The results showed, that the compaction stresses of the concrete, affect the ultimate capacity of the columns, where they increase the compression and tension resistance of the concrete at a certain limited value of subjected compaction pressure value in the fresh state, and that the mixture with (w/c = 0.45) requires the minimum value of compact pressure to produce the maximum value of concrete resistance, while the mixtures with (w/c = 0.50) and (w/c = 0.55) require higher values of compact pressure, in order to introduce higher values of concrete resistance.

**1- المقدمة :**

أجريت بحوث ودراسات كثيرة حول مواصفات وسلوك الخرسانة المملوءة بالأسطوانات الفولاذية (CFT) كمقاطع مركبة من الخرسانة والحديد تعمل كأعمدة لسند أحمال ضغط حيث تتحمل الخرسانة والقالب الحديدي الضغط العمودي المسلط كما يوفر القالب الحديدي الحصر والدعم لجوانب ومحيط العمود الخرساني كما تدعم الخرسانة بدورها القالب الحديدي وتمنعه من الانحناء كما يوفر الاحتكاك السطحي والتلاصق بين الخرسانة والقالب الحديدي مقاومة إضافية يساعد في تحمل الضغط الخارجي المسلط. درس الباحثان (Saeed and Wadie) [1] سلوك إسطوانات حديدية دائرية المقطع مملوءة بخرسانة مضغوطة بمقدار (4MPa) إلى (12MPa). درس الباحثون (Lam, Gardner and Burdett) [2] سلوك إسطوانات حديدية بمقطع بيضوي معرضة لضغط عمودي محوري مملوءة بخرسانة إعتيادية المقاومة (30MPa) وخرسانة عالية المقاومة (100MPa). أجرى الباحثان (Mathias and Kent) [3] دراسة عملية وتحليلية على السلوك الميكانيكي لأعمدة إسطوانية حديدية بمقطع دائري مملوءة بالخرسانة لأختبار السلوك الميكانيكي للأعمدة مستخدمين ثلاثة حالات تحميل مختلفة وثلاثة نماذج عناصر محددة بعيدة لاختبار السلوك الميكانيكي للأعمدة مستخدمين ثلاثة سلوك الأعمدة الحديدية القصيرة المملوءة بالخرسانة والمعرضة لقوى ضغط مركزية محورية تسلط حتى حدوث الفشل , تم في هذه الدراسة إختبار (14) نموذج لبيان تأثير سمك وشكل جدار الأسطوانة الحديدية على التحمل الأقصى للنماذج. درس الباحثون (Wu Yu, Ding and Cai) [5] السلوك العملي لأسطوانات حديدية دائرية المقطع مملوءة بخرسانة إعتيادية ذاتية الرص (NC) محملة بقوى مركزية حتى الفشل , أجريت أربعة طرق قياس على التشوه المحوري للنماذج وفحص (17) نموذجاً لبيان تأثير مقاومة الخرسانة وحالات التحميل المختلفة على المقاومة القصوى وشكل العلاقة بين الحمل المسلط والتشوه الحاصل في الأعمدة. أجرى الباحثون (Chung, Ming and Yih) [6] تحليل لا خطي على أعمدة إسطوانية فولاذية مملوءة بالخرسانة أثبت أن هذه النماذج توفر مقاومة ممتازة للاهتزازات الزلزالية ( Seismic resistance) وإمتصاص جيد للطاقة ومرونة جيدة. أجرى الباحث (Aaron) [7] دراسة على نماذج عناصر محددة تمثل أعمدة فولاذية مملوءة بالخرسانة معرضة لأحمال مركبة تشمل قوة ضغط مركزية محورية وعزم إنحناء. أجرى الباحث (Shehdeh) [8] تجارب عملية على أعمدة فولاذية بمقطع مستطيل مملوءة بخرسانة إعتيادية وخرسانة خفيفة الوزن. أجرى الباحثون (Amir, Frank and Sami) [9] دراسة عملية على نماذج أعمدة فولاذية مملوءة بالخرسانة وتم تسليط نوعين من الأحمال , النوع الأول قوى ضغط مركزية محورية والنوع الثاني قوى ضغط مركزية محورية مع أحمال متناوبة ومقارنة سلوك النماذج تجاه كلا النوعين من الأحمال. أجرى الباحثان (Shosuke and Keigo) [10] دراسة حول التفاعل بين القالب الحديدي والخرسانة كنظام متكامل. أجرى الباحثان (Hamdy and Radhouane) [11] دراسة شملت نماذج أعمدة فولاذية مملوءة بالخرسانة سلطت عليها قوى ضغط لا مركزية. في الدراسة الحالية تم بحث الاستفادة من الخرسانة المضغوطة فقط والأستغناء عن المقطع المركب (القالب الحديدي والخرسانة) كما في الدراسات والبحوث السابقة بالرغم من فائدة وأهمية المقطع المركب , لأن تسليط ضغط إلى حد معين على الخرسانة الطرية الموضوعية في القوالب الحديدية (CCFSM) لها إيجابيات كثيرة منها :

- 1- تسليط الضغط على الخرسانة الطرية بصورة تدريجية في القوالب يسمح للضغط بالتغلغل والتوزيع داخل الكتلة الخرسانية وبالتالي خروج الماء الزائد وتقليل الفراغات داخل الخرسانة مما يزيد مقاومة الخرسانة للضغط والشد .
- 2- ضغط الرص على الخرسانة داخل القالب الحديدي سوف يفعل ويمنح ضغط الحصر (Confining pressure) داخل الخرسانة في المراحل المتقدمة من تسليط ضغط الرص .
- 3- تأثير الأنكماش والزحف (Creep & Shrinkage) في الخرسانة سوف يقل بفعل تقليل نسبة الماء إلى السمنت وتقليل المسامات في الخرسانة المضغوطة الحاصل بسبب خروج الماء من الخرسانة الطرية بفعل الضغط وإنكماش الخرسانة وقلة الفراغات . كما يجب مراعاة أنه في نماذج الأعمدة الأسطوانية التي لها نسبة إرتفاع/ قطر كبيرة يجب وضع الخرسانة وتقليل الضغط بأكثر من مرحلة واحدة للسماح بحصول عملية الأنضغاط (Consolidation) على كامل طول النموذج وتقليل تأثير الاحتكاك السطحي الحاصل بين الخرسانة والقالب على عملية الأنضغاط .
- 4- إدخال المقطع المركب (القالب الحديدي والخرسانة) في الاعمال الانشائية مكلف وغير إقتصادي. بينما الأستغناء عن القالب الحديدي والاستفادة من الخرسانة المضغوطة فقط لتحمل الإجهادات أفضل من الناحية الاقتصادية كونه يوفر ثمن القالب الحديدي.

**2- البرنامج العملي :**

في هذا البحث تم إستعمال إسطوانات فولاذية بقطر (100mm) وأرتفاع (200mm) . المزجات الخرسانية المستخدمة كانت عبارة عن ثلاثة مزجات : الأولى (Mix1) بنسب مزج وزنية (1:1.7:3/0.45) والثانية (Mix2) بنسب مزج وزنية (1:1.7:3/0.50) والثالثة (Mix3) بنسب مزج وزنية (1:1.7:3/0.55) ، الحصى والرمل المستخدم في حالة (S.S.D) ومواصفاته كالآتي :-

**الحصى :**

حصى نهري ذو حبيبات مدورة الشكل مدرج مطابق للمواصفات القياسية البريطانية (BS 812 : 1983) [12] كما موضح في الجدول (1) تم غسل الحصى من المواد الطينية وأستعمل منه الحصى المار من منخل (12.5 mm) ، الجدول (2) يوضح الوزن النوعي ومعامل النعومة للحصى المستخدم .

Sieve size (mm)	% standard passing limits	% Passing (gravel)
20	100	100
14	90-100	94.4
10	50-85	55.4
5	0-10	6.4

Type of aggregate	Specific Gravity (GS)	Fineness modulus
sand	2.6	3.14
gravel	2.5	6.38

الرمل :

رمل نهري مطابق للمواصفات القياسية البريطانية (BS 812 : 1983) [12] كما موضح في الجدول (3)، تم غسل الرمل من المواد الطينية وأستعمل منه الرمل العابر من منخل (No 4) حسب المواصفة القياسية البريطانية ( BS 1983 : 882) [13] ، الجدول (2) يوضح الوزن النوعي ومعامل النعومة للرمل المستخدم .

Sieve size (mm)	% standard upper passing limit	% Passing (sand)	% standard lower passing limit
4.75	100	91.5	89
2.36	100	74	65
1.18	100	61	45
0.6	80	44	25
0.3	48	12.5	5
0.15	15	3	0

السمنت :

السمنت المستخدم سمنت محلي (سمنت بادوش) مطابق للمواصفة القياسية العراقية (IQS NO 5) [14] والجدول (4) يوضح الخواص الفيزيائية للسمنت المستخدم.

Properties	Test result	Specifications limits
Fineness (Residual on B.S. Sieve No.170 )	7%	Max. 10%
Initial Setting Time (Min)	110	Min. (45)
Final Setting Time (Min)	340	Max.(600)
Compressive Strength (MPa)		
3 days	22.1	Min. 16 MPa
7 days	30.7	Min.24 MPa
Tensile Strength (MPa) @(3 days)	2.3	Min. 1.6 MPa
Tensile Strength (MPa) @(7 days)	3.3	Min. 2.4 MPa

تم صب (30) إسطوانة لكل مزجة خرسانية حيث أن قيم ضغط الرص لكل مزجة كان كالآتي (0,8,11,14,17MPa) ولكل قيمة من قيم ضغط الرص تم صب (6) إسطوانات (3) منها لفحص الأنضغاط و (3) لفحص الشد حيث أن قيمة مقاومة الضغط والشد تؤخذ كمعدل فحص ثلاثة إسطوانات . عملية المزج كانت كالآتي : يوزن الحصى العابر من منخل (12.5 mm) وفي حالة (SSD) ويوضع في الخلاطة الآلية ثم يوزن الرمل المار من منخل (No 4) وفي حالة (SSD) ويوضع فوق الحصى ثم يوزن السمنت ويوضع فوق الرمل ثم تدور الخلاطة الآلية لمزج المواد وهي جافة ، بعد ذلك يضاف الماء إلى المزيج بصورة تدريجية ، بعد إكمال مزج الخرسانة توضع في الإسطوانات الفولاذية على ثلاثة طبقات ترص كل طبقة بشيش حديدي قطر (5/8) إنج بمقدار (25) ضربة ، بعد ذلك يسوى سطح الخرسانة في القالب (الإسطوانة الفولاذية) ثم يوضع مكبس حديدي على سطح الخرسانة الموجودة في القالب ويوضع القالب مع المكبس في جهاز الضغط الإلكتروني ويسلط الضغط بصورة تدريجية لأتاحة المجال لماء المزجة الزائد عن الحاجة لأكمال عملية التميؤ بالخروج بهدوء من الخرسانة إلى أن يصل الضغط إلى حد معين بعد ذلك يتم إيقاف الضغط ورفع الإسطوانة وتترك لمدة (24) ساعة بعد ذلك تفتح وتوضع النماذج الخرسانية في الماء لمدة (28) يوم ليتم فحصها بعد ذلك . ضغط الرص المسلط يبدأ بقيمة قليلة بحيث يتبقى ماء أكثر من المطلوب لإكمال عملية الإماهة وهذا مايلحظ من خلال النتائج حيث تبدأ مقاومة الأنضغاط والشد لكل مزجة بقيمة معينة تزداد بازدياد ضغط الرص إلى حد معين يعتبر أفضل قيمة وبعد هذا الحد تبدأ بالتناقص . الشكل (1) يوضح عملية تسليط الضغط على الخرسانة الطرية الموجودة في القوالب الإسطوانية الحديدية ، تكرر هذه العملية على جميع النماذج ولكل المزجات.

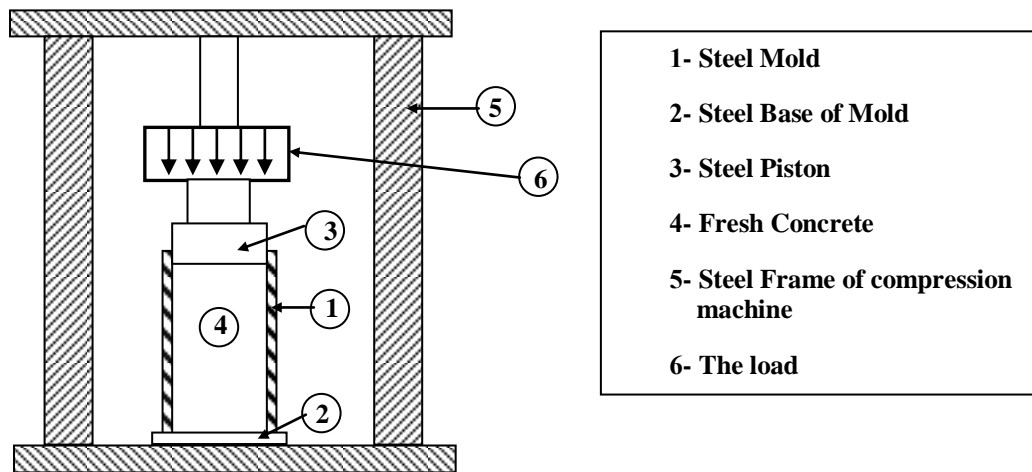


Fig. (1) : Concrete Compaction Procedure

### 3- النتائج والمناقشة :

تم فحص النماذج والحصول على نتائج مقاومة الضغط والشد للخرسانة بعمر (28) يوم لجميع المزجات [15] [16]، وضعت النتائج بشكل جدول وتم رسم منحنيات النتائج المستحصلة كما في جدول (5,6) والأشكال (2,3,4) . من خلال النتائج المستحصلة يمكننا تسجيل الملاحظات التالية :

1- المزجة الخرسانية الأولى (Mix1) : النتائج المستحصلة توضح إزدياد قيم مقاومة الضغط والشد بعمر (28) يوم ووصولها إلى أعلى قيمة للنماذج التي تعرضت لضغط رص قيمته (8 MPa) في الحالة الطرية وإنخفاض هذه القيم باستمرار إزدياد ضغط الرص.

2- المزجة الخرسانية الثانية (Mix2) : النتائج المستحصلة توضح إزدياد قيم مقاومة الضغط والشد بعمر (28) يوم ووصولها إلى أعلى قيمة للنماذج التي تعرضت لضغط رص قيمته (11 MPa) في الحالة الطرية وإنخفاض هذه القيم باستمرار إزدياد ضغط الرص.

3- المزجة الخرسانية الثالثة (Mix3) : النتائج المستحصلة توضح إزدياد قيم مقاومة الضغط والشد بعمر (28) يوم ووصولها إلى أعلى قيمة للنماذج التي تعرضت لضغط رص قيمته (14 MPa) في الحالة الطرية وإنخفاض هذه القيم باستمرار إزدياد ضغط الرص.

<b>Table 5: Compressive and tensile strength results</b>		
<b>Sample</b>	<b>Compressive strength (MPa) Average of three samples</b>	<b>Tensile strength (MPa) Average of three samples</b>
Mix 1 , C = 0 MPa Reference mix	36.31	3.80
Mix 1 , C = 8 MPa	38.23	4.02
Mix 1 , C = 11 MPa	33.10	3.60
Mix 1 , C = 14 MPa	29.61	3.32
Mix 1 , C = 17 MPa	28.87	2.96
Mix 2 , C = 0 MPa Reference mix	34.19	3.12
Mix 2 , C = 8 MPa	34.61	3.42
Mix 2 , C = 11 MPa	38.55	4.08
Mix 2 , C = 14 MPa	35.31	3.43
Mix 2 , C = 17 MPa	32.66	2.98
Mix 3 , C = 0 MPa Reference mix	33.32	3.01
Mix 3 , C = 8 MPa	34.82	3.75
Mix 3 , C = 11 MPa	36.77	3.96
Mix 3 , C = 14 MPa	38.21	4.06
Mix 3 , C = 17 MPa	29.89	2.81

<b>Table 6: % Increased &amp; decreased in compressive and tensile strength results</b>		
<b>Sample</b>	<b>% Increased &amp; decreased in compressive strength (MPa) Average of three samples</b>	<b>% Increasing &amp; decreasing in tensile strength (MPa) Average of three samples</b>
Mix 1 , C = 0 MPa Reference mix	0	0
Mix 1 , C = 8 MPa	5.28	5.78
Mix 1 , C = 11 MPa	-8.84	-5.26
Mix 1 , C = 14 MPa	-18.45	-12.63
Mix 1 , C = 17 MPa	-20.49	-22.1
Mix 2 , C = 0 MPa Reference mix	0	0
Mix 2 , C = 8 MPa	1.23	9.61
Mix 2 , C = 11 MPa	12.75	30.77
Mix 2 , C = 14 MPa	3.27	9.93
Mix 2 , C = 17 MPa	-4.47	-4.48
Mix 3 , C = 0 MPa Reference mix	0	0
Mix 3 , C = 8 MPa	4.5	24.58
Mix 3 , C = 11 MPa	10.35	31.56
Mix 3 , C = 14 MPa	14.67	34.88
Mix 3 , C = 17 MPa	-10.29	-6.64

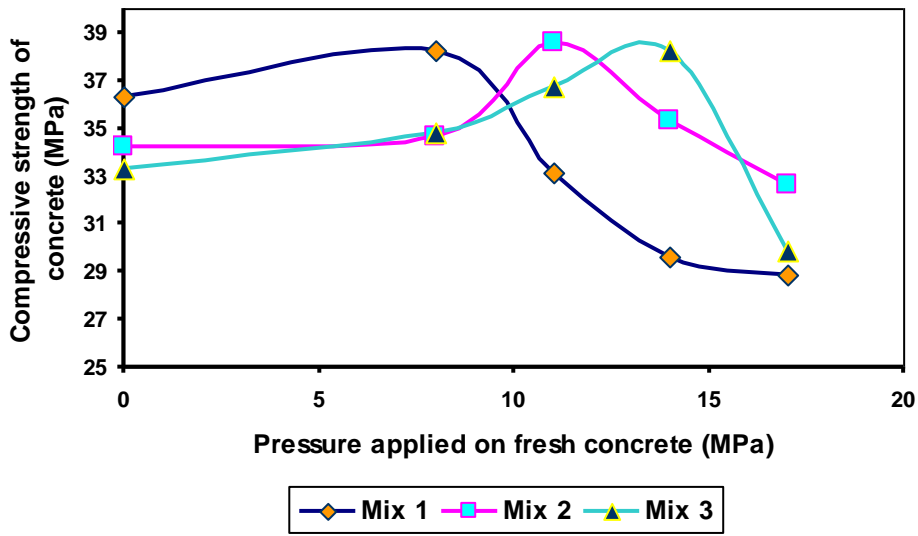


Fig. (2): The relationship between the applied pressures on fresh concrete and the compressive strength of concrete for different mixes

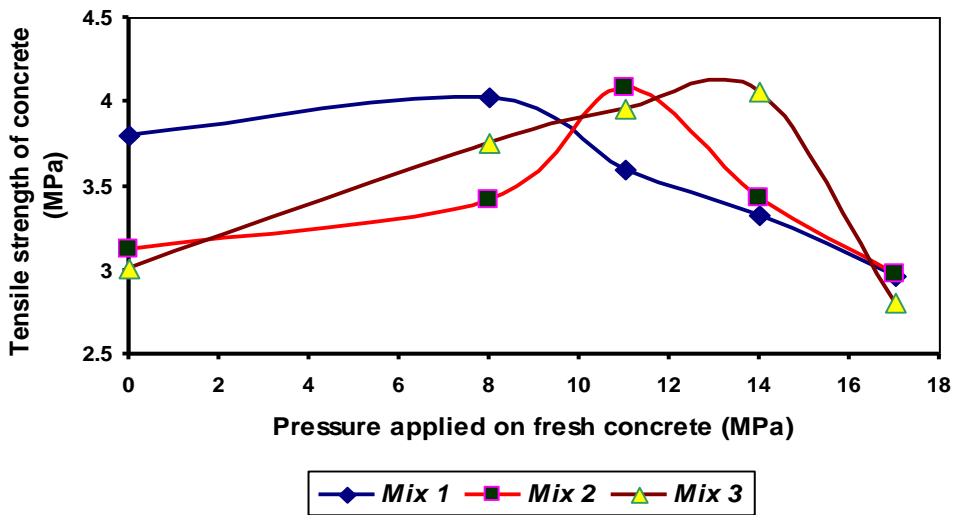


Fig. (3): The relationship between the applied pressures on fresh concrete and the tensile strength of concrete for different mixes

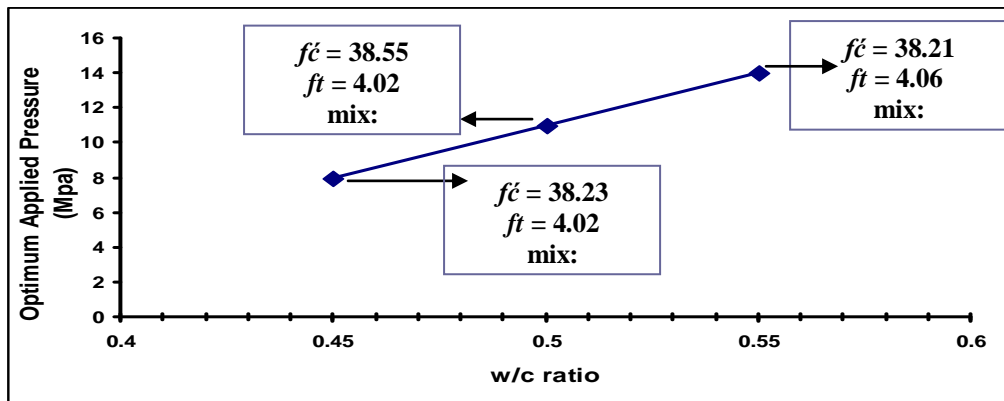


Fig. (4): The relationship between the w/c ratio & optimum applied pressure for max  $f_c$  & max  $f_t$  in each mix

#### 4- الاستنتاجات :

من خلال فحص مقاومة الضغط والشد لـ (90) نموذج يمثل إسطوانات أو قوالب حديدية مملوءة بالخرسانة والمعرضة إلى ضغوط رص بقيم مختلفة في الحالة الطرية. تم تسجيل بعض الملاحظات والاستنتاجات حول سلوك الأعمدة الخرسانية المعرضة لضغط محوري عمودي من خلال النتائج المستحصلة لقيم مقاومة الضغط والشد لثلاثة مزجات خرسانية معرضة لضغوط رص بقيم مختلفة في الحالة الطرية كالآتي -

1- أفضل قيمة لكل من مقاومة الضغط والشد تم الحصول عليها في المزجة الأولى (Mix1) عند ضغط رص ( 8 MPa) لأنها أعطت قيم مشابهة للضغط والشد في بقية المزجات ولكن بإستخدام قيمة ضغط رص في الحالة الطرية أقل من قيم الضغط المطلوبة للمزجات الأخرى للحصول على نفس القيم لمقاومة الضغط والشد.

2- لكل مزجة خرسانية هنالك قيمة معينة لضغط الرص في الحالة الطرية يمكن الوصول إليها وتعطي أعلى وأفضل قيم لمقاومة الضغط والشد. بعد هذه القيمة تبدأ مقاومة الضغط والشد للخرسانة بالهبوط باستمرار بزيادة ضغط الرص لأن الخرسانة تبدأ بفقدان الماء اللازم لأكمال عملية التصلب باستمرار بزيادة ضغط الرص المسلط.

3- من الممكن إستخدام وتطبيق هذه التقنية في معامال البناء الجاهز لزيادة مقاومة الضغط والشد للأجزاء والقطع الخرسانية المنتجة وذلك بتسليط ضغط رص معين محسوب مختبرياً على الخرسانة الموضوعة في القوالب كون القطع الأنشائية المنتجة في معامال البناء الجاهز مسيطر عليها بصورة جيدة من الناحية التقنية .

#### المصادر :-

- 1- Saeed H. and Wadie R., *Behavior of compacted cement filled stainless steel tube*, IMS/4 International Conferences on the Applications of Traditional & High Performance Materials in Harash Environment, Sharjah, UAE, March 2010.
- 2- D. Lam, L. Gardner and M. Burrdet, *Behavior of Concrete Filled Stainless Steel Elliptical Hollow Sections*, Proceedings of the Second International symposium on Innovative Design of Steel Structures, Hong Kong, December 2008.
- 3- Johansson M. and Gylltoft K., *Mechanical Behavior of Circular Steel-Concrete Composite Stub Columns*, Journal of Structural Engineering, August 2002 / 1073.
- 4- Stephen P., *Axially Loaded Concrete-Filled Steel Tube*, Journal of Structural Engineering, October 1998 /1125.
- 5- Zhi-wu Yu, Fa-Xing Ding and C.S.Cai, *Experimental Behavior of Circular Concrete-Filled Steel Tube Stub Columns* , Journal of Constructional Steel Research, 2007 , P.165-174.
- 6- Chiung-Shiann Huang ; Ming-Hsien Wu ; and Yih-Min Wu, *Nonlinear Analysis of Axially Loaded Concrete-Filled Tube Columns with Confinement Effect*, Journal of Structural Engineering © ASCE / October 2003/1322.
- 7- Aaron W. Malone, *Concrete Filled Steel Tubular Columns, A Finite Element Study*, Manual of Steel Construction, AISC 1998.
- 8- Shehdeh Ghannam, *Behavior of Composite steel Columns filled with Normal Concrete and Others filled with Light weight Concrete/ Comparative study*, (مؤتمر العمل الهندسي الاستشاري الثالث في فلسطين 3 – 5 تشرين الثاني 2009).

- 9- Amir Fam, Frank S. Qie, and Sami Rizkalla , *Concrete-Filled Steel Tubes Subjected to Axial Compression and Lateral Cyclic Loads*, Dept. of Civil Engineering, Queen's University, Kingston, ON, Canada K7L 3N6.
- 10- Shosuke Morino Keigo Tsuda , *Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan* , Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Vol. 4, No. 1
- 11- Hamdy Mohamed and Radhouane Masmoudi, *Behavior Of The Concrete Filled FRP TubeColumns Under Eccentric Load*, Structural Composites for Infrastructure Applications, Hurghada, Egypt.
- 12- (BS 812 : 1983) , “ Methods for Sampling and Testing of Mineral Aggregates , Sand , and Fillers ” British Standards Institute , London , 1983.
- 13- (BS 882 : 1983) , “ Aggregates From Natural Sources for Concrete ” British Standards Institute , London , 1983.
- 14- المواصفات القياسية العراقية (رقم 5) , (1984) ” خصائص السمنت البورتلاندي الأعتيادي “ الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، العراق 1984.
- 15- ASTM C39 / C39M - 09a:Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, 2009.
- 16- ASTM C496 / C496M – 04e1 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.