International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 33 العدد
Part 2 المجلد
January 2024 يناير
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
ISTJ
تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 2023/12م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

تخمين مقاومة الخرسانة للضغط باستخدام نموذج العلاقة بين الفحوصات الغير إتلافيه المجمعة

م. رافع عبد السلام الصلابي[1] م. ناصر عمر شليمبو[2] م. ماجد عبد الجليل[3]

م. ايمن علي الحاسي[4]

كلية العلوم التقنية درنه[321] كلية الفنون والعمارة. جامعة درنه[4]

r.elsalabi@yahoo.com

الملخص

يهدف هذا البحث بصورة أساسية للحصول على علاقة بين طرق فحص غير إتلافيه لتخمين مقاومة الانضغاط للخرسانة، حيث يشهد العالم تطورا سريعا في اساليب البناء وان صب وانتاج الخرسانة بطرق تقنية متقدمة والذي يتطلب دقة عالية في التنفيذ، ومن خلال إجراء الفحوص الائتلافية التقليدية لإيجاد مقاومة الانضغاط للخرسانة مثل فحص (المكعبات او الاسطوانات) وبالرغم من بساطتها وشيوعها اصبحت لا تتلاءم مع هذه الاساليب الحديثة ولا تعبر بشكل دقيق على نوعية الخرسانة المستعملة من حيث القوة والمتانة او حتى تعيين التشققات او مناطق الضعف، لذا هدفنا الى الفحوصات الغير إتلافيه والتي تشمل فحصي مطرقة شميدت وفحص الموجات فوق الصوتية، حيث بها نعمل على عمل نموذج بياني يمكن ان يشخص صلاحية الخرسانة بصورة سريعة قبل الاستمرار في جميع مراحل البناء بغية تأمين سلامة المبنى وتوفير تكلفة البناء وتحسين نوعيته، علاوة على تحييد العيوب والشروخ في العناصر الانشائية الخرسانية المتصدعة والحصول مقاومة بدقة أكبر من خـلال دمج نتائج الاختبارات معاً ومقارنتها بنتائج كسر مكعبات اجريت عليها الفحوصات مما لو اعتمدت على نتائج كل فحص على انفراد.

كلمات المفتاحية: فحوص غير إتلافيه/ مطرقة الارتداد/ الموجات فوق الصوتية/ مقاومة ضغط الخرسانة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 33 العدد
Part 2 المجلد
January 2024 يناير
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
ISTJ
تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

Estimating the compressive strength of concrete using the relationship model between combined non-destructive tests

Rafa A.M.Elsalabi, Nassr O. Ashlemb, Magid. A. Mohamed, AYMAN ALI FEED ALLAH ALHASI

[1,2,3]College of Technical Sciences Derna, College of Arts and [4]Architecture, University of Derna

ABSTRACT

This research aims primarily to obtain a relationship between non-destructive examination methods to estimate the compressive strength of concrete, as the world is witnessing a rapid development in construction methods, and the pouring and production of concrete through advanced technical methods, which requires high precision in implementation and through conducting traditional coalition tests to find the compressive strength of concrete, such as examining (Cubes or cylinders), despite their simplicity and popularity, are no longer compatible with these modern methods and do not accurately reflect the quality of the concrete used in terms of strength and durability or even to identify cracks or weak areas. Therefore, we aimed for non-destructive tests, which include Schmidt hammer tests and ultrasound examinations. Through it, we work to create a graphical model that can quickly diagnose the suitability of concrete before continuing with all stages of construction in order to ensure the safety of the building, save the cost of construction, improve its quality, and neutralize defects. Cracks in cracked concrete structural elements are obtained and resisted more precisely by incorporating The results of the tests taken together and compared to the results of breaking cubes on which the tests were conducted, compared to if the results of each test were relied upon separately.

Keywords: **N**on-destructive testing//rebound hammer/ultrasound/ compressive strength of concrete.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 2023/12م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

1 – المقدمة:

من المعلوم عند تصميم أي مبنى انشائي يجب ان تحدد مقاومة الخرسانة للضغط عن طريق معرفة نتائج فحص المكعبات الخرسانية او الاسطوانات او اللب الخرساني، وتفحص بعمر (28) يوم وفقاً للمواصفات المتبعة وذلك للتأكد من مطابقة القوة المطلوبة للخرسانة موقعياً، غير ان نتائج هذه الفحوصات تتأثر بعدة عوامل وخصوصا تلك المصبوبة في الموقع وهي:

- نماذج المختبرية تكون قوة تحملها عالية بسبب الاجهادات المركزة عليها بعكس الخرسانة سابقة الصنع موقعياً حيث تتوزع الاجهادات المسلطة على مساحة أكبر [1].
- تتعرض اعمال الخرسانة في الموقع للحرارة مما ينتج تبخر ماء المعالجة أكثر من انشاء الخرسانة في المعمل.
- اختلاف درجة الرص او الدمك بين النماذج الموقعية والمختبرية.
- الاختلاف في نتائج الفحص يأتي باختلاف انواع اجهزه الفحص وطرق معايرتها.
- تتغاير النتائج في قوة تحمل الخرسانة بتغير نوع القالب وأبعاده.

لذلك لابد من اتباع طرق أخرى لتقييم الخرسانة موقعياً، ومن احدى هذه الطرق فحص اللب للخرسانة (Core Test) الذي يعطي نتائج جيدة عن مقاومة الخرسانة وهو اختباراً مكلفاً ومتلفاً ويتميز بصعوبة الحصول على عينات الفحص وخطورة استخراجها على سلامة المنشأ أحياناً [1]، وبما ان طرق الفحص غير إتلافيه هي إحدى الوسائل الحديثة في السيطرة النوعية وقد برزت أهميتها منذ حوالي نصف قرن إلا ان استخداماتها لم تجد اقبالاً كبيراً في مجال الهندسة المدنية.

ويمكن تعريف الفحص الغير أتلافي بأنه ذلك الفحص الذي يستعمل لإيجاد خواص المواد دون الإضرار بالمنشأ او النموذج او التأثير على خواصه أو استخداماته، وقد تطورت طرق الفحص الغير إتلافيه تطوراً كبيراً في الآونة الأخيرة، وأصبح من الممكن الحكم على جودة الخرسانة وتحملها مع الزمن من خلال هذه الاختبارات كما أصبح بالإمكان تحديد كمية وعمق قضبان التسليح بدون اتلاف العنصر الانشائي.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 2023/12م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

وليس من السهل تطبيق طرق الفحص الغير إتلافيه المعروفة في الهندسة الميكانيكية على الخرسانة، نظراً لكون الخرسانة غير متجانسة تتخللها الفجوات هوائية ومائية وهي أبعد ما تكون عن الحالة المثالية إذ لا يمكن اعتبارها مادة مرنة بصورة متكاملة، ولا ماده لزجة بصورة تامة، وأن خواصها تتأثر بعوامل متعددة كالعمر ونسبة الرطوبة ومستوى الإجهاد وشكل النماذج وغيرها، وبالرغم من هذه المتغيرات فقد تم تحرير بعض الأجهزة المعروفة في الهندسة الميكانيكية لفحص مقاومة ونوعية الخرسانة، كجهاز فحص بالموجات فوق السمعية والطرق الشعاعية وغيرها. [2]

2- مشكلة الدراسة:

1- وجود تبايناً كبير في الفحوصات الغير إتلافيه للعينة الواحدة كما هو الاختلاف بتغير نوعية الأجهزة.

2- عدم وجود قيم أكثر دقة لحساب مقاومة الضغط للخرسانة بالفحوص الغير إتلافيه كونها تعطي قيماً نسبيه للضغط وتستخدم للمقارنة ولا يعتمد عليها بشكل دقيق في تحديد خواص الخرسانة.

3- في بعض الأحيان يصعب الحكم على سلامة المنشأ من خلال الحسابات وإجراء الاختبارات على المواد سواء اختبارات إتلافيه او غير إتلافيه.

3- أهداف البحث:

1- إمكانية الحصول على قيمة من الفحوصات المشتركة عن طريق دمج نتائج فحصين غير إتلافيين للحصول على دقة أكبر في نتيجة مقاومة الضغط للخرسانة.

2- الحصول على نسبة صغيره من الخطأ عند تطبيق الفحوصات المشتركة على العناصر الخرسانية سواء اختبارات إتلافيه أو غير إتلافيه.

3- إعطاء توصيات مناسبة ومدروسة عند استخدام أجهزة الفحص الغير إتلافيه للحصول على نتائج دقيقة.

4- منهج البحث:

للوصول إلى الهدف المطلوب فان خطة البحث تضمنت الجوانب الآتية:

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 2023/12م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

4-1- الجانب النظري:

يتضمن الاطلاع على بعض المصادر الدراسات السابقة المتعلقة بالفحوصات الغير إتلافيه من جهة والفحوصات المشتركة من جهة أخرى.

4-2- الجانب العملي:

اعتمد البحث على إجراء مكعبات خرسانية واختبارها بالفحوصات الغير إتلافيه ثم مقارنتها مع نتائج المقاومة بالكسر تحت ماكينة الضغط ومقارنة النتائج مع بعضها، كما تضمنت الخطة دراسة الخواص الأخرى للمواد الداخلة في تصميم الخلطة والتي تدخل ضمن التوصيف العلمي لها مثل اختبارات التدرج الحبيبي للركام بنوعية والامتصاص ومحتوى الكبريتات و الكلوريدات والأملاح الذائبة وكذلك التركيب الكيمائي والوزن النوعي وتضخم الرمل.

5- طرق الفحوصات غير إتلافيه (Non - Destructive Test Methods):

توجد حالياً عدة فحوصات غير إتلافيه لفحص خواص الخرسانة من حيث جودة العناصر الخرسانية (Structural Integrity) وتحمل الخرسانة مع الزمن (Durability) ومظهر الخرســانة وتفاوت أبعادها [3] (Appearance and Tolerance).

ومن هذه الفحوصات ما يمكن إجراءه في المختبر ومنها ما يمكن إجراءه في المختبر والموقع على حد سواء، ومن هذه الفحوصات:

1- فحص مطرقة الارتداد Rebound Hammer Test.
2- فحص النبضات فوق الصوتية Ultra Sonic Pulse Test.
3- فحص التصدع الداخلي (الاقتلاع) Internal Fracture Test (poll out) .
4- فحص الدفع Push - Off Test.
5- فحص مقاومة الاختراق Penetration Resistance Test ويسمى أيضاً فحص مجس وندسور Windsor Probe Test.

وفيما يلي نستعرض اهم فحصين غير إتلافيين واكثرهم شيوعاً:

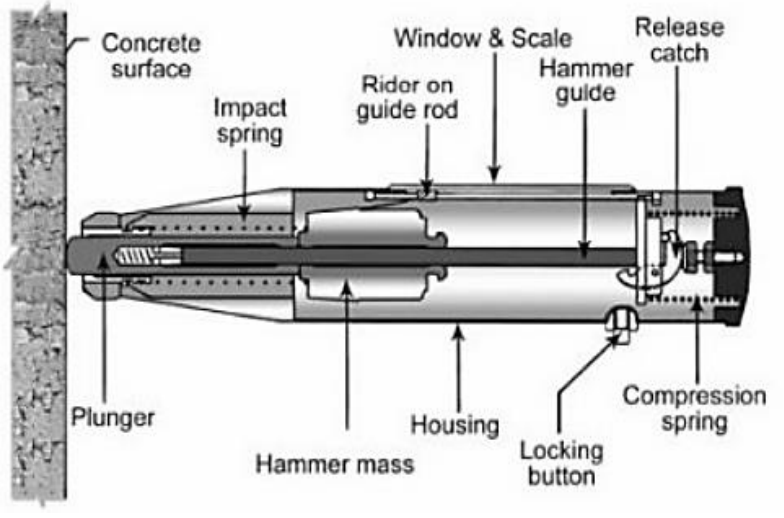
Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 33 العدد
Part 2 المجلد
January 2024 يناير
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
ISTJ
تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

1-5- فحص مطرقة الارتداد (Rebound Hammer Test):

أو فحص قياس الصلادة السطحية Impact Hammer Test ويسمى أيضاً فحص مطرقة الصدم، تعمل أجهزة متعددة على مبدأ علاقة ارتداد جسم بسطح مع صلادة ذلك السطح (Ceilometer Test).

ويستعمل هذا الفحص بنجاح لتحديد مواقع الخرسانة الضعيفة أو للاستدلال على مدى تجانس الخرسانة أو للمقارنة بين أنواع مختلفة من الخرسانة وللمساعدة في اختيار مواقع أخذ العينات الخرسانية (Concrete Cores) وكذلك في معامل انتاج الوحدات الخرسانية مسبقة الصب لتحديد وقت نزع (فك) القوالب أو بدء اجهاد الخرسانة، والشكل (1) يوضح موضع وتركيب مطرقة الارتداد [6].

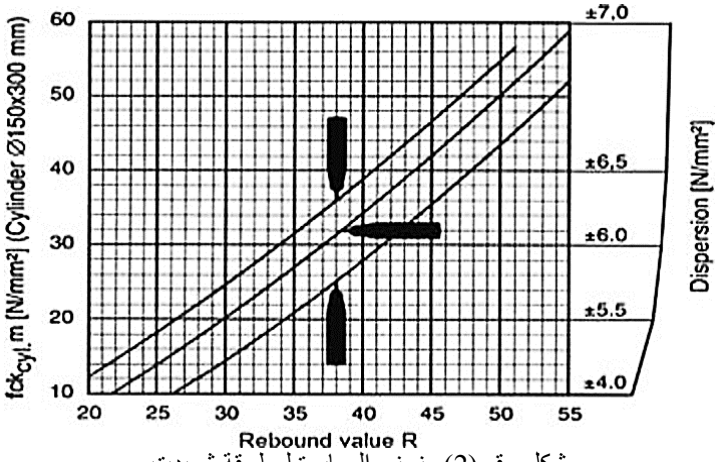


شكل رقم (1) مطرقة الارتداد.

ويتم قياس رقم الارتداد (Rebound Number) على مقياس رقمي على سطح المطرقة، والذي يدل على صلابة سطح الخرسانة وباستخدام منحني المعايرة (Calibration Curve) (شكل رقم 2) الموجود على المطرقة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 2023/12م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م



شكل رقم (2) منحنى المعايرة لمطرقة شميدت.

2-5- اختبار الموجات الفوق الصوتية (Ultrasonic pulse test):

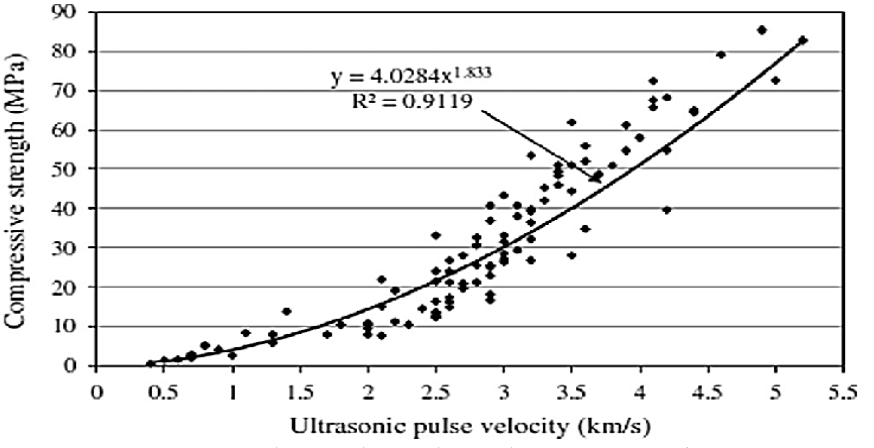
اختبار الموجات فوق الصوتية للخرسانة أو اختبار سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية على الخرسانة هو اختبار غير مدمر لتقييم تجانس وسلامة الخرسانة، ومع هذا الاختبار يمكن دراسة التقييم النوعي لقوة الخرسانة وتدرّجها في مواقع مختلفة من العناصر الإنشائية، حيث تمر الاشعاعات في المقطع الخرساني وأيّ انقطاع في المقطع العرضي مثل الشقوق، حيث يتم تغطية المقطع الخرساني وعمق الشقوق السطحية، ويتكون اختبار سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية كما هو موضح في شكل رقم (3).

شكل رقم (3) الفحص بالموجات الفوق صوتية.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

ويستخدم لهذا الاختبار نوع خاص من الزيوت يطلى به سطح المجسات الملامس لسطح الخرسانة، وفكرة عمل الجهاز تقوم على أساس أن هنالك علاقة بين سرعة النبضات فوق الصوتية وقوة تحمل الخرسانة شكل (4). [7]



شكل رقم (4) منحنى المعايرة لفحص الموجات الفوق صوتية.

3-5- الفحوصات المشتركة (Combined Tests):

تعتمد الطريقة المشتركة لفحص الخرسانة على اجراء فحصين غير إتلافيين مختلفين وايجاد علاقة بينهما من جهة وبين مقاومة انضغاط الخرسانة من جهة اخرى ويعتبر (**فاكارو**) احد رواد الطريقة المشتركة وتتلخص طريقته التي تم تطبيقها على نطاق واسع في رومانيا بأخذ ثلاث قراءات لسرعة النبضات فوق الصوتية وست قراءات لارتداد المطرقة على نفس العضو الانشائي والتوصل إلى استنتاج قوة تحمل الخرسانة منها باستعمال منحنيات معايرة تبين العلاقة بين مقدار رقم الارتداد وسرعة النبضات فوق الصوتية تبعاً لمقاومة الانضغاط للخرسانة كما هو موضح بالصور، وتدل الأبحاث التي أجريت سابقاً على أن طريقة دمج نتائج فحص مطرقة الارتداد وفحص سرعة النبضات فوق الصوتية لتخمين مقاومة الانضغاط تعطي دقة أكبر مما لو اعتمدت على نتائج كل فحص على حده. [8]

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 33 العدد
Part 2 المجلد
January 2024 يناير
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
ISTJ
تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

6- الاختبارات المعملية:

تم إجراء الاختبارات في معمل الخرسانة بكلية العلوم والتقنية درنة وبالأجهزة المتاحة، حيث تم اختبار المواد الداخلة في الخلطات الخرسانية وانتاج الخلطات واختبارها والحصول على النتائج.

6-1 - اختبارات الوصف العلمي للركام:

أجريت اختبارات الوصف العلمي على الركام المختار في تنفيذ خلطة الخرسانة وهي (رمل الخبطة وركام خشن كسارة الحصين) حسب ما نصت عليه المواصفات وكانت النتائج حسب الجدول (1).

جدول رقم (1) يبين خلاصة نتائج اختبارات الوصف العلمي

العينة / الخاصية	الركام الناعم	الركام الخشن
نسبة الامتصاص %	2.10	2.85
نسبة الطين والمواد الغرينية %	2.00	15.00
التدرج الحبيبي	نطاق (4)	نطاق (2)
الوزن النوعي	2.60	2.50

6-2 - حساب الخلطات الخرسانية:

تم اجراء الخلطات الخرسانية في المختبر وهي خلطات نسبية منسوبة لخلطة مرجعية كما في جدول رقم (2) حيث أعدت الخلطات على اساس الوزن الجاف وفي كل الخلطات استخدم اسمنت بورتلاندي اعتيادي ونسبة الماء الى الاسمنت (50%).

جدول رقم (2) يبين نسب الخلط للمتر المكعب، محتوى اسمنت (400 كجم).

الإسمنت (كجم)	الماء (لتر)	الرمل (كجم)	ركام 10 ملم (كجم)	ركام 12 ملم (كجم)
400	200	670	385	705

6-3 – اختبار مقاومة الضغط للخرسانة:

6-3-1: تم فحص المكعبات الخرسانية بواسطة مطرقة الارتداد بعمر 7 أيام و28 يوم وحساب المتوسط لكل عمر حسب الجدولين (4-5). وتم الاعتماد على التصحيح الخاص بتأثير زاوية ميل المطرقة من خلال الجدول رقم (3).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 2023/12م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

جدول (3) التصحيح الخاص بتأثير زاوية ميل المطرقة.

رقم الارتداد R	التصحيح الخاص بتأثير زاوية ميل المطرقة			
	لأعلى		للأسفل	
	+90º	+45º	-45º	-90º
10			+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

عينات الاختبار: cubes (s)
زاوية ميل المطرقة (0) = (α)، التصحيح = 0

جدول رقم (4) ضغط الخرسانة بواسطة مطرقة الارتداد بعمر الخرسانة 7 أيام.

COMPRESSIVE STRENGTH		R		NO
KG/CM2	N/MM2			
290	29	31		**S1**
250	25	27		**S2**
240	24	26		**S3**
260	26	**The average**		

جدول رقم (5) ضغط الخرسانة بواسطة مطرقة الارتداد بعمر ال خرسانة 28 أيام.

COMPRESSIVE STRENGTH		R	NO
KG/CM2	N/MM2		
510	51	43	S4
520	52	44	S5
500	50	42	S6
510	51	**The average**	

2-3-6 تم فحص المكعبات الخرسانية بواسطة سرعة الموجات الفوق صوتية بعمر7 أيام و28 يوم وحساب المتوسط لكل عمر حسب الجداول (6-7)، والأشكال (5-6-7) توضح العلاقة ما بين مقاومة الضغط وسرعة الموجات الفوق صوتية بعمر 7 أيام، والأشكال (8-9-10) توضح العلاقة ما بين مقاومة الضغط وسرعة الموجات الفوق صوتية بعمر 28 يوم.

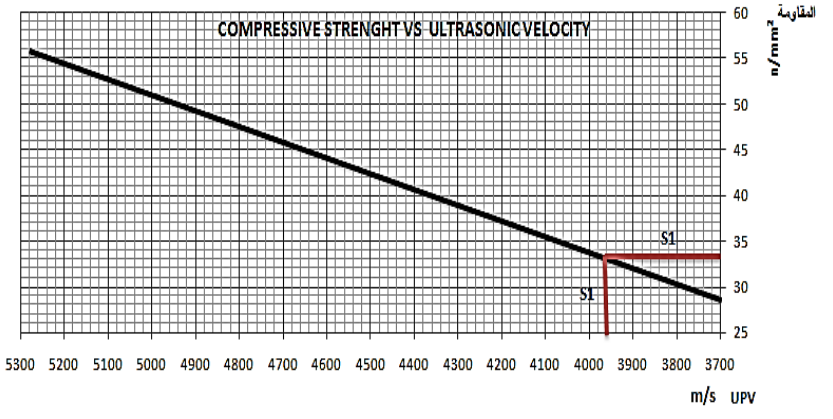
Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 33 العدد
Part 2 المجلد
January 2024 يناير
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
ISTJ
تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

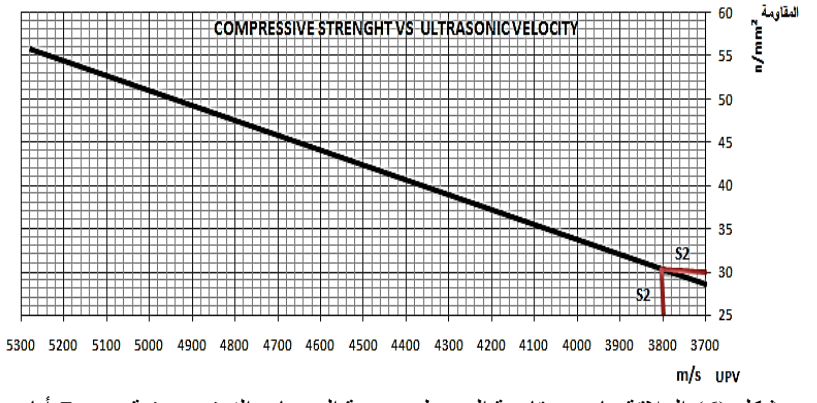
عمر الخرسانة (Concrete Age) 7 أيام:

جدول رقم (6) نتائج فحص المكعبات الخرسانية بواسطة سرعة الموجات الفوق صوتية.

NO	Length L=[m]	Time T=[µs]	Root Mean Square Error (R^2): RMSE R^2=0.5213	
			U P V [m/s]	compressive strength n/mm²
S1	0.15	30	3960	33
S2	0.15	31.4	3800	30
S3	0.15	30.4	3880	32
The average				31.6



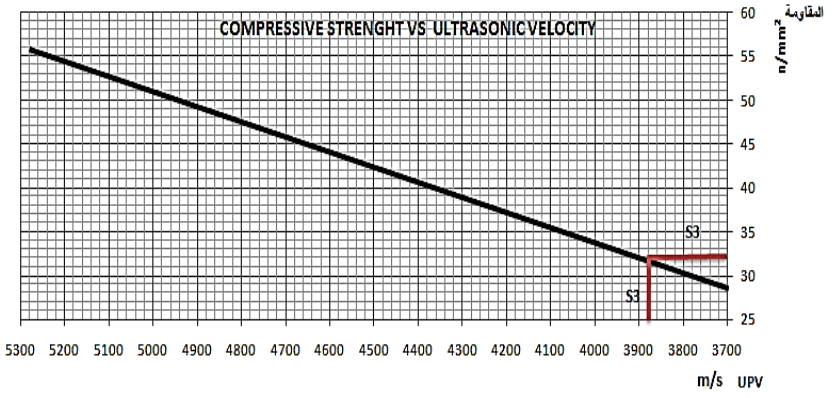
شكل (5) العلاقة ما بين مقاومة الضغط وسرعة الموجات الفوق صوتية بعمر 7 أيام



شكل (6) العلاقة ما بين مقاومة الضغط وسرعة الموجات الفوق صوتية بعمر 7 أيام

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

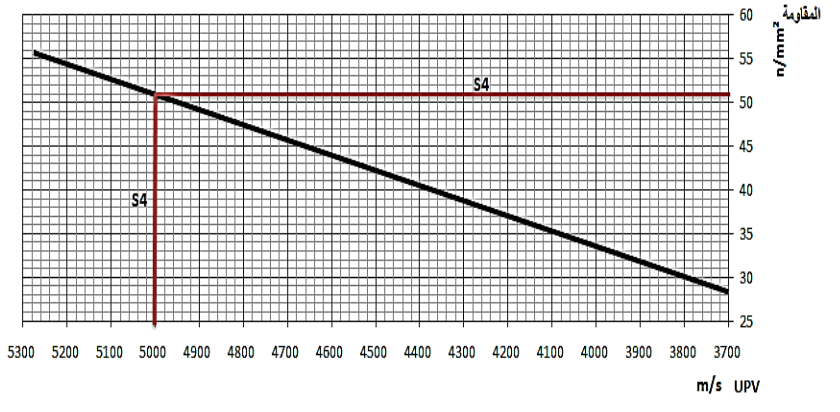


شكل (7) العلاقة ما بين مقاومة الضغط وسرعة الموجات الفوق صوتية بعمر 7 أيام

عمر الخرسانة (Concrete Age) 28 يوم:

جدول رقم (7) نتائج فحص المكعبات الخرسانية بواسطة سرعة الموجات الفوق صوتية

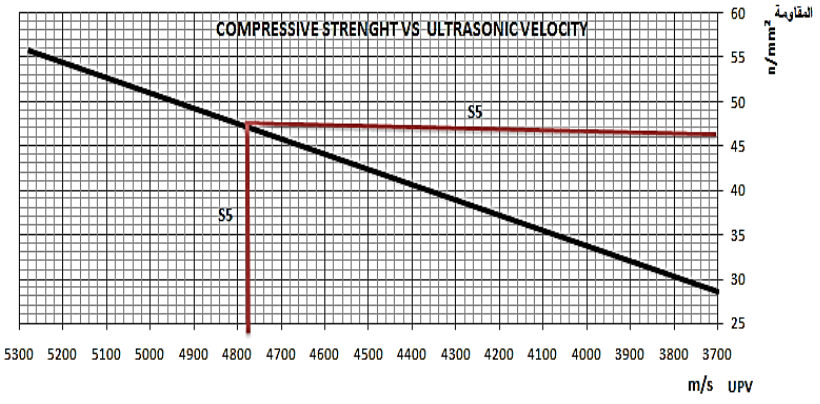
NO	Length L=[m]	Time T=[μs]	Root Mean Square Error (R^2): RMSE R^2=0.5213	
			U P V [m/s]	compressive strength n/mm²
S4	0.15	30	5000	51
S5	0.15	31.4	4777	46
S6	0.15	30.4	4934	50
The average				49



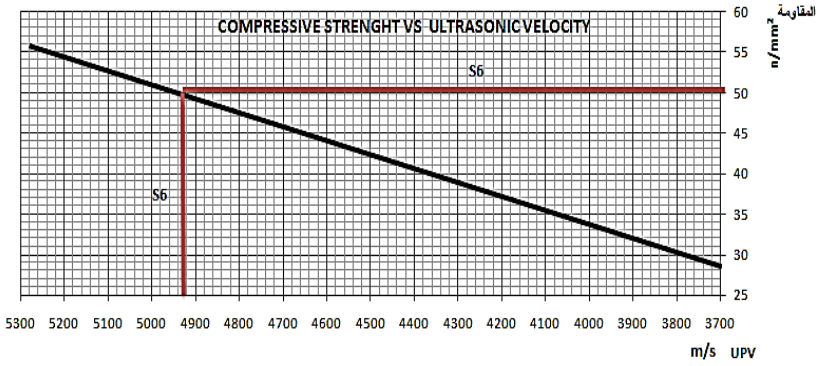
شكل (8) العلاقة ما بين مقاومة الضغط وسرعة الموجات الفوق صوتية بعمر 28 يوم.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م



شكل (9) العلاقة ما بين مقاومة الضغط وسرعة الموجات الفوق صوتية بعمر 28 يوم.



شكل (10) العلاقة ما بين مقاومة الضغط وسرعة الموجات الفوق صوتية بعمر 28 يوم.

3-3-6 أجري فحص مقاومة الضغط على مكعبات الخرسانة بعد تمام فترة المعالجة بعمر 7 ايام و28 يوم بعد فحصها بالمطرقة وجهاز الموجات الصوتية وذلك كما هو موضح في الشكل (11)، وحساب المتوسط لكل عمر حسب الجدول (8–9).

جدول (8) نتائج مقاومة الضغط بعمر 7 ايام بالتكسير لمحتوى اسمنت (400 كجم).

مقاومة الضغط n/mm²	الكثافة (kg/m³)	الهبوط (cm)	15×15×15
32.2	2351.00	9	S1
28.71	2334.88		S2
29.30	2351.22		S3
30.07	The average		

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 2023/12م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

جدول (9) نتائج مقاومة الضغط بعمر 28 يوم بالتكسير لمحتوى اسمنت (400 كجم).

مقاومة الضغط n/mm²	الكثافة (kg/m³)	الهبوط (cm)	15×15×15
48.8	2352.58	9	S4
43.5	2350.00		S5
44.4	2352.67		S6
45.56	The average		

شكل (11) طرق الفحص الثلاثة على نفس العينة.

7- النتائج:

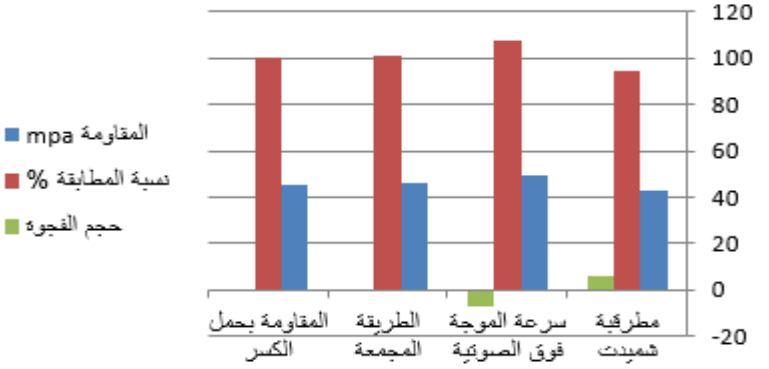
من خلال النتائج التي تحصلنا عليها في الدراسة من فحص مقاومة الضغط للخرسانة والتي استخدمنا فيها المكعبات القياسية مقاس 15×15×15 وكذلك بعد اجراء الفحوص الغير إتلافيه عليه تبين شكل (12-13):

7-1 ان الارتباط بين الاختبارات الإتلافية والتقنيات الغير إتلافيه في هذه الدراسة أعطت نتائج منسجمة بشكل مثالي للعينات التي تم تصميم خلطتها في المعمل بعد ان تم الفحص على ذات العينات بالطرق الثلاثة بعمر 7 أيام و28 يوم كما هو موضح بالجداول (10-11):

1. فحص مطرقة الارتداد (غير إتلافي).
2. فحص الموجات الفوق صوتية (غير إتلافي).
3. فحص تكسير المكعبات الخرسانية(إتلافي).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م



شكل (12) نسب المطابقة بين الطرق الثلاث مع الطريقة المجمعة بعمر 7 أيام.

جدول (10) نسب المطابقة بين الطرق الثلاث مع الطريقة المجمعة بعمر 7 أيام.

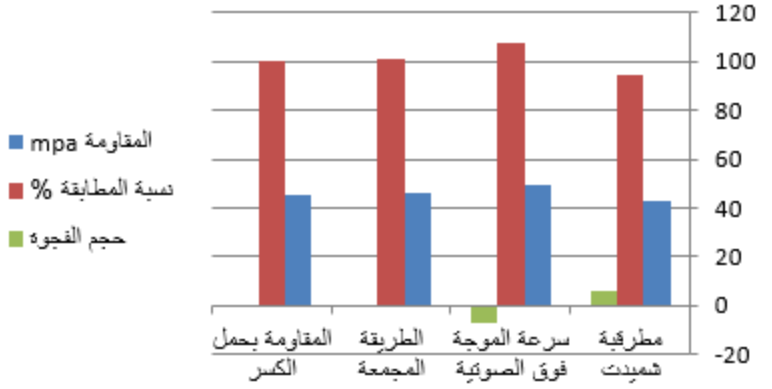
مقارنة الفحوصات	المقاومة map	نسبة المطابقة %	حجم الفجوة
مطرقة شميدت	26	86.46	13.53
سرعة الموجة فوق الصوتية	31.6	105	-5
الطريقة المجمعة	28.83	95.87	4.12
المقاومة بحمل الكسر	30.07	100	0

2-7- نتائج الفحوصات الغير إتلافيه باستخدام سرعة الموجة أكبر نسبياً من قيم فحص مقاومة الضغط للخرسانة تحت حمل التكسير ويعود تفسير ذلك كون الفحص الغير متلف لا يأخذ بعين الاعتبار شكل حبيبات الركام ناعمة الحواف مثلاً التي يكون مقاومة الضغط فيها أضعف ما يمكن في منطقة الترابط مع عجينة الاسمنت والتي تكون واضحة في حبيبات الركام المقلوعة عند الكسر والى لا تشكل ضعفاً عند مرور الموجة فوق الصوتية.

3-7- فيما كان فحص شميدت قد أعطى نتيجة أقرب للمقاومة تحت حمل التكسير ويعود ذلك لجودة درجة رص المكعب جيداً وكذلك توزيع الركام وقوة الركام المستخدم الي تعرض الى نسبة أكبر من الطرقات بالمطرقة وهو يمثل 80% من مقاومة الصدم في الخرسانة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 2023/12م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م



شكل (13) نسب المطابقة بين الطرق الثلاث مع الطريقة المجمعة بعمر 28 أيام.

جدول (11) نسب المطابقة بين الطرق الثلاث مع الطريقة المجمعة بعمر 7 أيام.

مقارنة الفحوصات	المقاومة map	نسبة المطابقة %	حجم الفجوة
مطرقة شميدت	43	94.83	5.61
سرعة الموجة فوق الصوتية	49	107.55	-7.55
الطريقة المجمعة	46	100.96	-0.96
المقاومة بحمل الكسر	45.56	100	0

4-7- ان اختلاف في قيم الفحوصات الغير إتلافيه مع قيمة مقومة الضغط للخرسانة عند التكسير يعود عدم وجود بعض التصحيحات الخاصة بأجهزة الفحص الغير إتلافيه في الدراسة، مثل تصحيح جذر متوسط الخطأ التربيعي وكذلك تصحيح خطأ مطرقة شميدت باختلاف نوعية الأجهزة او ما يعرف بنسبة خطأ التصنيع.

5-7- باستخدام فحص مطرقة شميدت او سرعة النبض فوق الصوتي على العينات أمكن توقع قيمة قوة الخرسانة بشكل أكثر موثوقية عند مراقبة جودة الخرسانة ومراقبة البناء الخرســاني عموماً.

6-7- عند أخذ متوسط نتيجة المقاومة لفحصي شميدت وسرعة الموجة فوق الصوتية لنفس المكعب وهو المقصود به بالطريقة المجمعة ((متوسط قراءات شميدت + متوسط قراءات سرعة الموجات) \ 2)) ومقارنتها بمقاومة المكعب تحت الكسر يعطي نتيجة

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 2023/12م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/31م

أكثر وأقرب للمقاومة وذلك بمعايرة خاصتين وهما مقاومة الصدم للركام وقوة منطقة الترابط بين حبيبات الركام وعجينة الاسمنت المتصلبة.

8- التوصيات:

ينصح بمراعاة بعض الامور عند استخدام الفحوصات الغير إتلافيه وهي:

1. ضرورة استخدام أكثر من طريقة في تقدير مقاومة الخرسانة، لان الاعتماد على طريقة وحيدة لا يعطي تقيماً دقيقاً او تنبأ عن المقاومة بشكل صحيح.
2. ضرورة الربط بين قيم المقاومة لاختبارات المكعبات او الاسطوانات أو اللباب عن طريق منحنيات معايرة مع الاخذ بالاعتبار نوع الخرسانة ونوعية أجهزة الفحص ونوعية معايرتها.
3. ينصح باستخدام عوامل التصحيح في الطريقة المجمعة والتي تعمل على تحسين دقة التنبؤ للمقاومة مع مراعاة تأثير نوع الاسمنت ومحتواه وكذلك نوع الركام المستخدم.

REFERENCES:

[1] ASTM 42-83, “Obtaining and testing drilled cores and saved beams of concrete “, 1983.
[2] International Atomic Energy Agency, “Guidebook for the Fabrication of Nondestructive Testing Training Course, “Series No. 13, 2001.
[3] B.S. 4408, “Recommendations for Non - destructive Methods of Test of Concrete”, part 4: 1971, part 5: 1974.
[4] Malhotra, V.M., " Testing Hardened Concrete: Non - destructive methods “, ACI Monograph, Series No.9, 1976, pp. (103-108).
[5] V. M. Malhotra and N. J. Carino, “CRC Handbook on Nondestructive Testing of Concrete,” CRC Press, Boca Raton, 1991.
[6] J. S. Popovers, “Ultrasonic Pulse Velocity Test of Concrete Properties as Specified in Various Standard,” Cement and Concrete Composites, Vol. 18, No. 5, 1996,

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم استلام الورقة بتاريخ:30/ 12/ 2023م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 31/1/2024م

[7] Elevery, R. and Forester, J., "Non - destructive Testing of Concrete", Progress in construction science & Technology, MIP Co. Ltd., 1971.

[8] I. Facaoaru, "Non-Destructive Testing of Concrete in Romania, Symposium on NDT of Concrete and Timber, "Institute of Civil Engineers, London, 1970.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية