

تأثير حديد التسليح على فحص سرعة الموجات فوق الصوتية للكونكريت

علي حسين حميد صافي مهدي عليوي شاكور محمود محمد عامر محمد إبراهيم
مدرس مساعد مدرس مساعد مدرس مساعد استاذ مساعد
كلية الهندسة - جامعة ديالى

الخلاصة

تم إجراء هذه الدراسة في مختبرات جامعة ديالى لنوعين من النماذج النموذج الأول المكعبات بأبعاد (150 * 150 * 150 ملم) عدد (21) ، والنموذج الثاني يمثل السقف (slab) بأبعاد (500*500*150 ملم) وعدد (7) ونشر حديد التسليح باتجاه واحد وبقطر 12 و 16 ملم وبمسافات مختلفة (10 ، 15 ، 20 سم) ، والقراءة لسرعة الموجة باتجاهين عمودي وموازي لحديد التسليح والقياس بطريقة مباشرة وغير مباشرة ، ومن خلال النتائج المستخلصة من الفحص وبمعدل ثلاثة قراءات لكل نقطة من النماذج وثلاثة أعمار مختلفة (7، 14، 28 يوم). إن زيادة قطر حديد التسليح وزيادة العمر ونقصان المسافة بين التسليح وقلة الغطاء الخرساني للكونكريت يؤدي إلى زيادة سرعة الموجة . إذ تبين إن مقدار الزيادة في القراءات لعمر 28 يوم وللطريقة المباشرة وبتجاه موازي لحديد التسليح وقطر 12ملم ومسافات (10 ، 15 ، 20 سم) (7.9 % ، 7.6% ، 6.4%) وكذلك قطر 16ملم (11.7% ، 11.9% ، 12.2%) مقارنة بالطريقة الغير مباشرة وللنماذج الغير مسلحة بالتتابع.

الكلمات الدالة: سرعة الأمواج، حديد التسليح، فحص غير إتلافي، الغطاء الخرساني.

المقدمة

الفحوص الغير اتلافية طريقة يمكن معرفة خواص الخرسانة في الموقع أو المختبر دون الحاجة إلى تلف جزء من المنشأ أو النموذج وهي الطريقة الأفضل للوصول إلى نتائج محددة حول قابلية تحمل الخرسانة موقعا. وقد توسعت مجالات استعمالها في تحديد موقع الفراغات وحديد التسليح في الخرسانة وسمك الغطاء الخرساني في المنشأ حيث تحديد هذه العوامل لا يقل أهمية عن تحديد قابلية تحمل الخرسانة .وان استخدام الفحوص الغير اتلافية وخاصة طريقة الذبذبات فوق الصوتية وطريقة المطرقة في تقييم المنشآت ويعتبر من الطرق المهمة في الوصول إلى قرار القبول أو اللجوء إلى طرق أخرى أكثر دقة.

إن طريقة الذبذبات فوق الصوتية (ultrasonic pulse method) تعتمد على تسليط ذبذبات غير مسموعة ذات تردد أعلى من ١٥ هرتز على الجزء المراد فحصه واستلامها بصورة مباشرة أو غير مباشرة ومن ثم احتساب سرعة الذبذبات فوق الصوتية داخل الخرسانة. إن العلاقة ما بين السرعة وقوة التحمل الكونكريت وكذلك التغير المفاجئ في السرعة لمنطقة معينة تشير إلى تغير كثافة والى وجود فراغات في الخرسانة أما التشققات وعمقها فهي تعتمد على كثافة الوسط أيضا ويمكن تحديدها واحتسابها بشكل دقيق اعتمادا على سرعة الذبذبات وعلى مسافات متساوية من مركز التشقق ومن التطبيقات العملية لهذه الفحوص الكثير من المنشآت المهمة في العراق ونذكر منها جسر شمالي بغداد -ضوج في تشقق الجزء السفلي للإحدى الأطراف الكونكريتية النهرية المسبقة الجهد وهذه الرافدة تزن لحدود ٥٠٠ طن وتعرض لأنقال الضخمة ولأهميتها وكلفتها العالية تم إجراء فحص غير أتلافي عليها ودراستها وتحديد موقع الفراغات وكذلك إمكانية معالجتها والاستفادة منها وكانت نتائج للنقاط المأخوذة عليها تتراوح ما بين (٣،٢٥-٤،٦٥ كم اثا) ومن خلال العلاقة الطردية ما بين فحص سرعة الذبذبات وقوة تحمل الخرسانة أمكن تحديد الخل ومعالجتها^(١). وقد أكد البحث المقدم من قبل [أنيس محمد (١٩٩١)]^(٢) من المركز القومي للمختبرات الإنشائية أن الأهمية الاقتصادية للفحوص الاتلافية تكمن في كونها تعطي صورة لنوعية الخرسانة أو حديد التسليح كما في المنشأ خلافا لطرق الفحوص الاتلافية التي تعتمد على النماذج المختبرة لا تمثل نوعية الخرسانة وتعين قوة تحمل الخرسانة الموصفة صلابتها وكثافتها وتحديد الفراغات الكبيرة فيها أو الناتجة من عدم رصها وتحديد مواقع التشققات وقياس أعماقها وتحديد سمك الغطاء الخراساني وقطر حديد تسليح والتأثيرات السلبية على حديد التسليح عند تعرضه للجو الرطوبية وإيجاد نسبة الرطوبة في المنشآت وبذلك يمكن أن تكون طريقة فحص الذبذبات من الطرق الجيدة للوصول إلى نتائج محددة وأكثر لمعرفة خواص الخرسانة الموقعة وكذلك الاستفادة منها في الدراسات والبحوث.

كذلك ذكرت المواصفات البريطانية B.S. 1881 part 203-1986^(٤) انه بصورة عامة، حديد التسليح يزيد من سرعة انتقال النبضات فوق الصوتية في الخرسانة. و إن سرعة انتقال الموجات الصوتية تعتمد بصورة رئيسية في الخرسانة على قطر القضبان و كذلك عددها و طريقة توزيع القضبان في المقطع الخراساني. (* إن سرعة النبضات في الحديد تساوي ٥,٩ كم اثا).

هنالك حالتين لوضع حديد التسليح في الخرسانة:-

الحالة الأولى :- أن يكون محور القضيب موازي لخط سريان النبضات حيث إن في هذه الحالة تخرج أول موجة و تسير خلال القضيب في المنطقة الموجود فيها إلى الجهة الأخرى .

وفي هذه الحالة يطبق معامل تصحيح كما مبين بالشكل رقم (١) و إن التصحيح سوف يعتمد على المسافة بين خط سريان النبضة و حافة القضيب المجاور كذلك يعتمد على قطر القضيب و سرعة النبضات في محيط الخرسانة: إن سرعة النبضات في الخرسانة (Vc) بوحدات كم اثا تعطى بالمعادلة^(٤) :

$$VC = 2 \text{ aVs} / [4a + (TVs- L)] 0.5 \text{ ----- (1)}$$

حيث أن:-

Vs : سرعة النبضات في القضبان الحديدية بوحد (كم اثا)

a :- المسافة من سطح القضيب إلى النقطة القريبة المربوطة بوحد (ملم)

T :- وقت انتقال الموجة بوحد (ملي ثانية)

L :- طول المسار المباشر بوحد (ملم)

الحالة الثانية: أن يكون محور قضيب عمودي على مسار النبضات وفي هذه الحالة تتأثر القراءات بقطر قضبان التسليح و كذلك المسافة ما بين قضيب و آخر التي تعترض مسارها ويتم تطبيق معامل تصحيح يعتمد على قطر الأسياخ بالخرسانة. و هذا موضح في الشكل رقم (٢) .

كما ذكر في المواصفة الأمريكية ASTM C597^(٥) و المواصفة البريطانية BSI 1881-203 على يد بعض الباحثين بأن سرعة انتقال النبضة الفرق الصوتية في المواد الصلبة هي عبارة عن دالة جذر تربيعي لنسبة معامل المرونة إلى كثافة تلك المادة .

$$V=f (gE/\rho) \text{ ----}$$

(2) ----- حيث إن:

g - التعجيل الأرضي (m/s²)

E- معامل مرونة المادة

ρ - كثافة المادة (kg/m³)

كما ذكر (Tarun, R.N. et.al)⁽⁷⁾ أنه من العوامل المهمة في تأثير قياس سرعة الذبذبات للكونكريت وجود حديد التسليح حيث السرعة تكون في حديد التسليح (1.4 - 1.7) مرة أكثر مما في الكونكريت الاعتيادي أو الغير مسلح ، لذلك قراءة السرعة في المناطق المجاورة لحديد التسليح تكون أعلى من الكونكريت الغير مسلح ، إذا تقاطع خط الموجة مع التسليح يجب استخدام معامل تصحيح ويعتمد هذا على قطر حديد التسليح وكثافة حديد التسليح في المقطع المفحوص.

كذلك ذكر (James)⁽⁸⁾ إن الموجة المستلمة تزداد بزيادة قطر حديد التسليح وتقل بنقصانه وبزيادة المسافة بين حديد التسليح وبذلك يجب معايرة الموجة المستلمة اعتمادا على الغطاء الخرساني وعلى حديد التسليح ،تأثير حديد التسليح قليل جدا إذا كان باتجاه عمودي على طريق الموجة ، أما إذا كان باتجاه موازي للموجة فتأثيره يكون أكثر صعوبة لتجنبه لذلك يستخدم معامل تصحيح.

البرنامج العملي:-

يتضمن صب مكعبات بقياس (١٥٠ * ١٥٠ * ١٥٠) ملم و صب نماذج على شكل سقف (slab) بطول ٥٠ سم وعرض ٥٠ سم و ارتفاع ١٥ سم واستخدام قضبان تسليح بقطر ١٢ ملم و كذلك قطر ١٦ ملم مع تغيير المسافة ما بين القضبان (spacing) (١٠،١٥،٢٠ سم) ودراسة تأثيرها على سرعة انتقال النبضات الفرق الصوتية في النماذج الخرسانية.

المواد المستخدمة في البحث

١. الخلطة المستخدمة في البحث

تم تصميم الخلطة الخرسانية على مقاومة ٤٠ ميكا باسكال باعتماد الطريقة الأمريكية ونسب الخلط موضحة بالجدول رقم (١).

٢. الركام الخشن: (الحصى)

الركام الخشن مصدره مقلع الصدور الذي يقع في محافظة ديالى في قضاء المقدادية واستعمل هذا الركام في اغلب مشاريع جامعة ديالى وان نتائج الفحص التي أجريت في مختبر ديالى على عينات من هذا الركام و مبينة في

جدول رقم (٢) حيث تم مقارنة نتائج الفحص مع حدود المواصفة القياسية البريطانية رقم (٨) علماً قد تم غسل الركام قبل استعماله في المختبر و استخدم هذا النوع في الخلطات الخرسانية الشكل (٣) يبين التحليل المختبري لهذا النوع من الركام. فحص الركام الخشن لمقلع الصدور بموجب المواصفة البريطانية BSI:1881-203

٣. الركام الناعم: (الرمل)

يتم تجهيز هذا النوع من الركام من مقلع الصدور. واستعمل هذا الركام في الخلطات الخرسانية وإن نتائج الفحوصات المختبرية التي أجريت على عينات من هذا الركام كانت بموجب المواصفة البريطانية رقم (٨) والجدول رقم (٣) يوضح نتائج فحص التحليل المنخلي لرمل مقلع الصدور والنسبة المئوية للمواد الناعمة والكبريتات والشكل رقم (٤) يبين التحليل المنخلي لهذا النوع من الركام.

٤. الأسمنت

هي المادة التي تمتلك خواص تماسكية و تلاحقية بوجود الماء و هذه الخواص تجعل الاسمنت قادر على ربط الأجزاء المعدنية مع بعضها البعض و تحوله إلى وحدة كاملة و مترابطة و قد تم اختيار اسمنت نوع (طاسلوجة) وهو سمنت بورتلاندي اعتيادي عراقي ذو الخواص المبينة في جدول رقم (٤).

٥. نوع جهاز الفحص و طريقة إجراء الفحص

لقد تم استعمال جهاز معروف باسم (V-Metrec Mark III) في قياس سرعة الذبذبات فوق الصوتية شكل رقم (٥) وبالطريقة المباشرة (أي وضع المرسل و المستقبل على وجهين متقابلين من أوجه النموذج المراد فحصه والطريقة غير المباشرة (وضع المرسل والمستقبل على نفس السطح) حسب المواصفة البريطانية BS.1881.Part 1:1970 حيث يتم إخراج النموذج المراد فحصه من حوض الماء و يتم تنظيف سطحه الخارجي بشكل جيد و قياس طول مسار الذبذبة بدقة ويثبت هذا الطول بالجهاز و يتم تزييت منطقة تلامس المرسل والمستقبل مع سطح النموذج بواسطة زيت التشحيم و ذلك لغرض سد الفجوات الموجودة على سطح النموذج وقبل إجراء الفحص تتم معايرة للجهاز باستعمال اسطوانة معدنية صلدة خاصة لهذا الغرض. بعد ذلك يتم قياس سرعة الذبذبات فوق الصوتية ثم يترك النموذج في المختبر و ذلك لغرض إجراء فحص بعمر ١٤ و ٢٨ يوم.

مناقشة النتائج

سوف يتم مناقشة النتائج المستخلصة من الفحوصات التي أجريت على النماذج و توضيح العلاقة ما بين قطر حديد التسليح وسرعة الموجات كذلك المسافة بين قضبان حديد التسليح و علاقته بسرعة النبضات فوق الصوتية و العوامل التي أثرت على الفحص و التي أدت إلى زيادة أو نقصان سرعة الموجات فوق الصوتية كذلك تأثير العمر على النتائج .

من خلال قيم الفحوص المبينة في الجداول أعلاه نلاحظ أن القيم المستحصلة من الفحص المباشر أكبر من القيم المستحصلة من الفحص غير المباشر كذلك إن السرعة عندما تكون $a = 7$ سم تكون أقل مما هي عليه عندما $a = 2.5$ سم و ذلك بسبب أنه في الحالة الثانية يكون حديد التسليح أقرب إلى المذبذب و بذلك تنتقل الموجة خلال حديد التسليح من المرسل إلى المستقبل بصورة أسرع.

أيضاً بزيادة العمر تزداد سرعة الموجات فوق صوتية و يرجع ذلك إلى تفاعلات الإماهة الحاصلة في الخرسانة حيث تؤدي هذه التفاعلات إلى زيادة كثافة الخرسانة و بالتالي زيادة سرعة الموجات فوق الصوتية في

الخرسانة. ونلاحظ ذلك في الأشكال التالية التي توضح علاقة سرعة الموجات مع العمر في ثلاث أعمار (٧، ١٤، ٢٨) يوم و إن السرعة في عمر ٢٨ يوم أكبر من ١٤ و الأخير أكبر من عمر ٧ أيام و هذه الأشكال لنموذج خرسانة اعتيادية ونماذج مسلحة بقطر ١٢ ملم و ١٦ ملم لكن المسافة ما بين حديد التسليح تختلف. كذلك عند مقارنة النماذج المسلحة مع الغير مسلحة و لنفس طريقة القياس (الطريقة الغير مباشرة) و باتجاه موازي لسريان الموجة وجد انه زيادة في قراءة سرعة الموجة بمقدار (6.4%, 7.6%, 7.9%) لقطر ١٢ ملم و عمر ٢٨ يوم وكذلك زيادة بمقدار (11.7%, 11.9%, 2.2%) لقطر ١٦ ملم وبمسافات نشر حديد التسليح (10, 15, 20 سم) على التوالي. لذا يكون تأثير حديد التسليح واضح بالاتجاه الموازي لسريان الموجة بسبب انتقال سرعة الموجة من المرسل إلى المستلم في الحديد أسرع من الكونكريت تم الحصول من البحث على معادلة رقم (٣).

$$UPVr = a UPV \quad (3)$$

حيث إن :-

سرعة الموجة في النموذج المسلح = UPVr ، سرعة الموجة في النموذج الغير مسلح = UPV ، a = (6- 12%)

بالطريقة الغير مباشرة وبعمر ٢٨ يوم . بالطريقة الغير مباشرة وبعمر ٢٨ يوم .

أما حديد التسليح فإن زيادة كميته تزيد من سرعة الموجات فوق الصوتية حيث إن النماذج المسلحة بحديد تسليح قطر (١٦، ١٢) ملم نلاحظ إن سرعة الموجات في النموذج الذي تكون فيه المسافة البينية بين حديد التسليح تساوي ١٠ سم أعلى من تلك السرعة المستحصلة من النماذج التي تكون المسافة بين حديد التسليح تساوي ١٥ أو ٢٠ سم أي أن العلاقة عكسية ما بين سرعة الموجات فوق صوتية و المسافة ما بين حديد التسليح . كما مبين في الشكل (٩).

الاستنتاجات

١. يكون تأثير حديد التسليح قليل على سرعة النبضات فوق الصوتية عندما يكون مسار الموجة متعامد مع حديد التسليح .
٢. يكون تأثير حديد التسليح اكبر عندما يكون باتجاه موازي لاتجاه سريان الموجة.
٣. سرعة الموجات فوق الصوتية التي يتم الحصول عليها من الفحوصات المباشرة اكبر من تلك المستحصلة من الفحوصات الغير مباشرة .
٤. كلما زاد قطر حديد التسليح كلما زادت سرعة الموجات و كلما قلت المسافة بين حديد التسليح ازدادت سرعة الموجات.
٥. إن الزيادة في سرعة الموجة للنموذج المسلح عن الغير المسلح و باتجاه موازي تراوحت ما بين (6 - 12) %

المصادر

١. د.مفيد عبد الوهاب ، د.لامع عبد المجيد ، م. يوسف كلو و م.فريال داود (١٩٧٧) "الفحوص الغير أتلافية للخرسانة -دائرة البحوث والشؤون الفنية " مجلة البناء الحضاري العدد ٢ السنة الأولى كانون الأول.
٢. أنيس محمد علي (١٩٩١) " الفحوص الغير أتلافية للخرسانة المسلحة مستخلصات ندوة الفحوص الغير أتلافية للخرسانة المسلحة والتقييم الإنشائي للمنشآت المتضررة " نقابة المهندسين بغداد.

3.B.S.1881.Part 1: 1970

4. British Standard, Testing concrete part 203(1986)"Recommendation for measurement of velocity of ultrasonic pulses in concrete". B.S . 1881: part 203.
5. ASTM Test designation C597-97(1998)" standard test method for plus velocity through concrete". June .
6. Bungey, J, H .(1984)" The influence of reinforcement on ultrasonic pulse velocity testing in ACI in situ / Non-destructive testing of concrete" , Sp-82 .
7. Tarun , R.N., Malhotra , V.M. and Popovics, J.S.(2004)"The Ultrasonic Pulse velocity method " , by CRC Press LLC.
8. James Instruments Inc.(2000)" Diagnosis , Inspection , Testing and Repair of Reinforced concrete structures" ,Chicago , Illinois , www. ndtjames . Com. Page 16 – 26.

جدول رقم (١): الخلطة التصميمية المستخدمة.

Cement Kg/m3	Water / cement Kg / m3	Coarse agg. Kg / m3	Fine agg Kg/ m3	Water Kg/ m3
457	0.42	950.56	662.65	191.94

جدول رقم (٢): نتائج التحليل المختبري للركام الخشن مقلع الصدور.

حدود المواصفة البريطانية BSI 1881-203	النتائج	نوع الفحص الركام الخشن
المارة %	المارة %	حجم المنخل mm
100	100	37.5
90-100	90	20
40-80	45	14
30-60	35	10
0-10	3	5
لا يزيد عن 0.1%	صفر	فحص الكبريتات So3

جدول رقم (٣): فحص التدرج للركام الناعم مقلع الصدور.

حدود المواصفة البريطانية BSI 1881- 203	النتائج	التدرج
المارة %	المارة %	مقياس المنخل (ملم)
100	100	10
89-100	90	4.75
65-100	64	2.36
45-100	57	1.18
25-80	52	600 مايكرون
5-48	30	300 مايكرون
0-15	8	150 مايكرون

جدول رقم (4): فحوص الأسمنت.

المواصفة الأمريكية لسنة ١٩٨٨	نتائج الفحص	الفيزيائية
Min. 260	330	النعومة kg / m3
Min. 45	3:05	وقت التماسك الابتدائي (دقيقة: ساعة)
10 hr.	5:05	وقت التماسك النهائي (دقيقة: ساعة)
Max . 0.5	0.03	السلامة (الثبات) بطريقة المحمم (%)
	نتائج الفحص	الكيميائية
-----	60.50	Cao (%)
Min.21	21.35	Sio2 (%)
Max.6	5.63	Al2o3 (%)
Max.6	3	Fe2o3 (%)
<1.08	0.86	معامل الإشباع الجيري
Max.5	2	Mgo (%)
Max.2.5	2.27	محتوى SO ₃ (%)
Max.3	3.9	النفقدان بالحرق (%)
Max. 0.75	0.26	المواد الغير قابلة للذوبان (%)
	-----	C3A (%)
	-----	C3S (%)
	-----	C2S (%)
	-----	C4AF (%)
	-----	Fe2o3 – Al2o3
	نتائج الفحص	تحمل الضغط
Min 15 mpa	18.9	بعمر (٣) أيام mpa
Min.23 mpa	24.9	بعمر (٧) أيام mpa

جدول (٥): النتائج المختبرية لخرسانة مسلحة بحديد تسليح قطر ١٢ ملم.

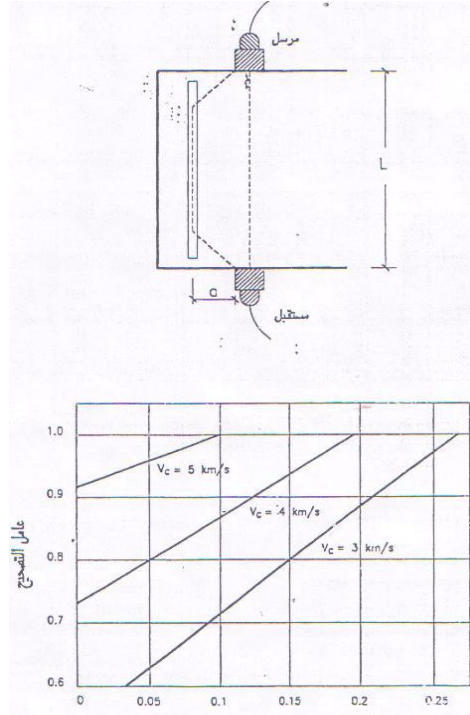
Age	S=10	S=15	S=20	Methods of test
Average UPV In 7 days m/s	4363	4359	4322	Direct a= 7
	4431	4412	4355	Direct a=2.5
	3830	3780	3678	Indirect parallel to reinforcement
	3555	3459	3545	Indirect perpendicular to the reinforcement
	4334	4228	4143	Direct perpendicular
Average UPV In 14 days m/s	4590	4549	4456	Direct a= 7
	4633	4595	4478	Direct a=2.5
	3744	3679	3542	Indirect parallel to reinforcement
	3530	3529	3488	Indirect perpendicular to the reinforcement
	4471	4436	4378	Direct perpendicular
Average UPV In 28 days m/s	4509	4559	4501	Direct a= 7
	4520	4599	4522	Direct a=2.5
	3712	3700	3654	Indirect parallel to reinforcement
	3595	3592	3498	Indirect perpendicular to the reinforcement
	4455	4509	4435	Direct perpendicular

جدول (٦): النتائج المختبرية لخرسانة مسلحة بحديد تسليح ١٦ ملم .

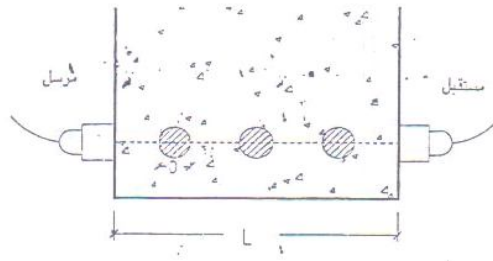
Age(day)	S=10	S=15	S=20	Methods of test
Average UPV In 7 days m/s	4533	4460	4439	Direct a= 7
	4754	4622	4566	Direct a=2.5
	3812	3732	3711	Indirect parallel to reinforcement
	3890	3876	3853	Indirect perpendicular to the reinforcement
	4509	4456	4410	Direct perpendicular
Average UPV In 14 days m/s	4597	4560	4499	Direct a= 7
	4743	4711	4634	Direct a=2.5
	3878	3876	3870	Indirect parallel to reinforcement
	3886	3857	3791	Indirect perpendicular to the reinforcement
	4576	4521	4442	Direct perpendicular
Average UPV In 28 days m/s	4619	4590	4520	Direct a= 7
	4821	4732	4644	Direct a=2.5
	3897	3880	3874	Indirect parallel to reinforcement
	3901	3887	3879	Indirect perpendicular to the reinforcement
	4520	4498	4463	Direct perpendicular

جدول (٧): النتائج المختبرية لفحص خرسانة عادية.

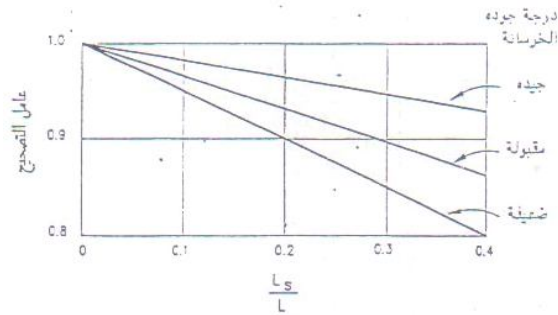
Age (day)	UPV (Km/s)	Methods of Test
7	4145	Direct test
	3320	Indirect test
14	4206	Direct test
	3504	Indirect test
28	4380	Direct test
	3418	Indirect test



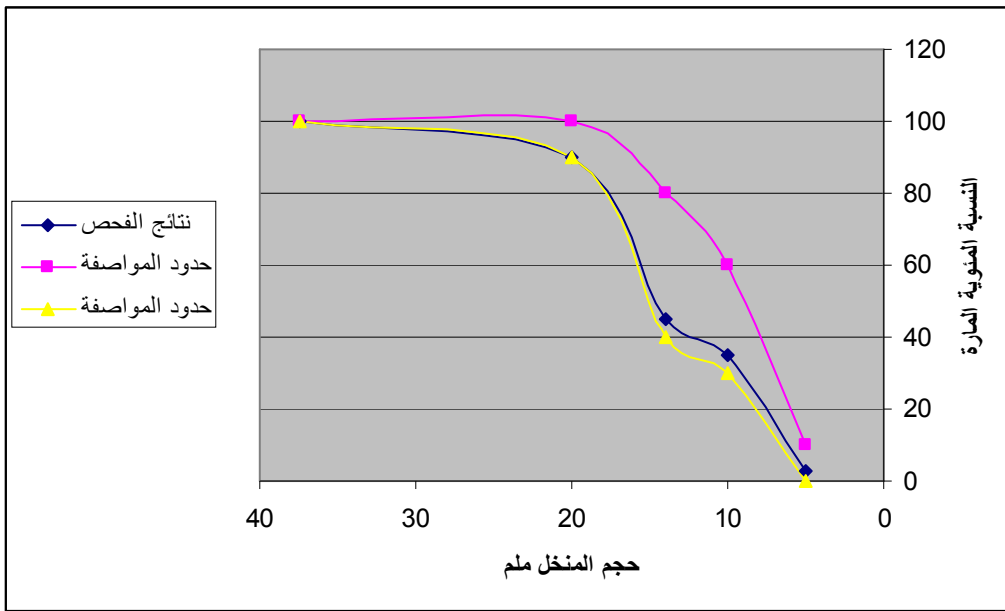
شكل (١): محور حديد التسليح موازي لاتجاه الموجة.



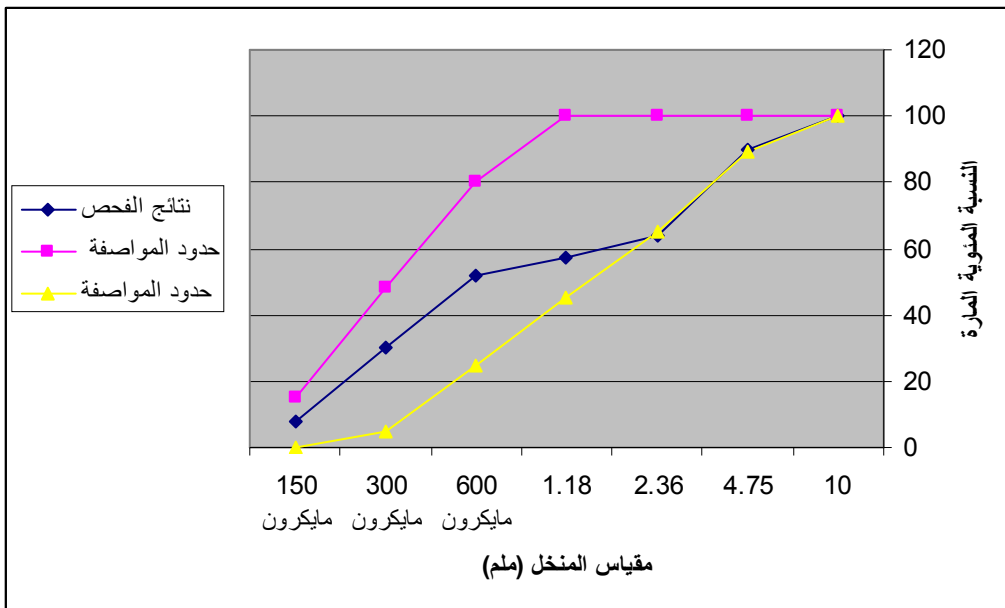
مجموع اقطار الاسياخ التي اعترضت مسار الموجة = L_s



شكل (٢): محور حديد التسليح عمودي على خط سريان الموجة



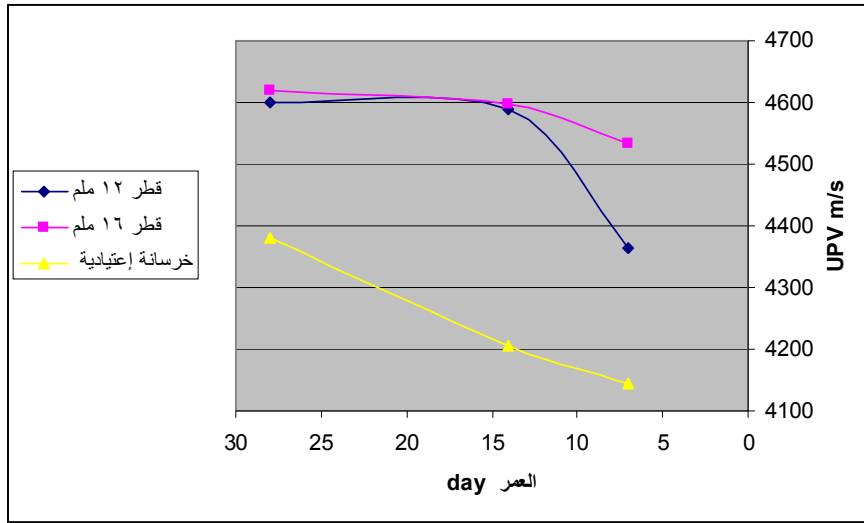
شكل رقم (٣): التحليل المختبري للركام الخشن مقلع الصدور.



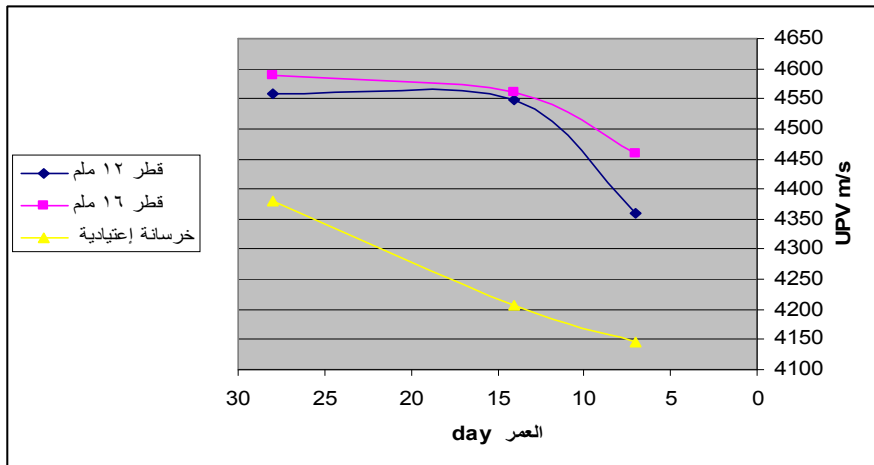
شكل رقم (٤): يبين التحليل المنخلي للركام الناعم مقلع الصدور.



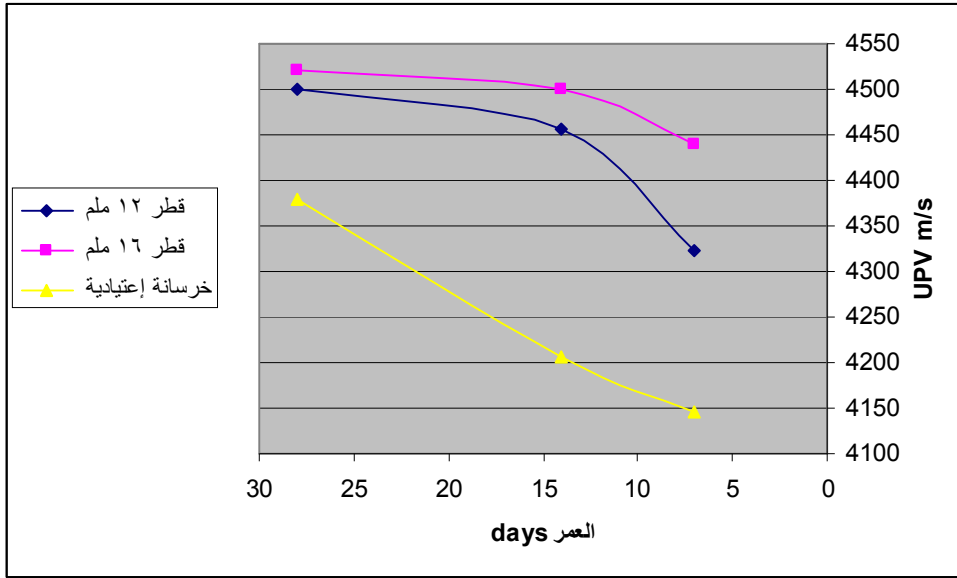
شكل رقم (٥): جهاز فحص سرعة الذبذبات.



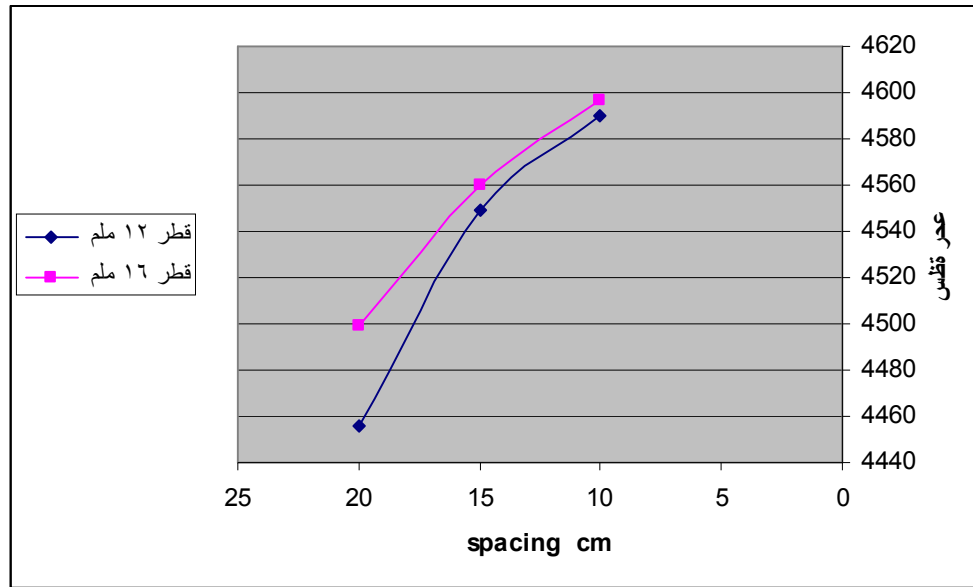
شكل (٦): العلاقة بين العمر و سرعة الموجات عندما تكون المسافة بين حديد التسليح ١٠ سم.



شكل (٧): العلاقة بين عمر الخرسانة و سرعة الموجات عندما تكون المسافة بين حديد تسليح تساوي ١٥ سم.



شكل (٨): العلاقة بين عمر الخرسانة و سرعة الموجات عندما تكون المسافة بين حديد التسليح تساوي ٢٠ سم.



شكل (٩): العلاقة بين سرعة الموجات و المسافة بين حديد التسليح.

THE EFFECT OF REINFORCEMENT ON THE ULTRASONIC PULSE VELOCITY FOR CONCRETE

Ali H. Hameed , Saeef M. alewee , Shakir M. Mohammed and Ameer M. Ibrahim
Engineering College , Diyala University

ABSTRACT:- Two types of samples were studied in the laboratory of university of Diyala .The first sample was used cubes (150*150*150 mm) number (21),and the second sample was used slabs with dimension (500*500*150 mm) number (7),distributed the steel reinforcement with one direction \varnothing 12, \varnothing 16 mm ,with spacing (10,15,20 cm). The reading of ultrasonic pulse velocity by two methods direct and non direct, with horizontal and vertical of reinforcement direction.

The results of the test for average three reading per point of the samples ,with different ages (7,14,28 day) respectively, show that, increase with dimension of steel bar ,age and decrease the spacing with reinforcement ,also the decrease the cover of concrete increase the pulse velocity. The reinforcement samples had showed the increasing in the pulse velocity non direct method by (7.9%, 7.6%, 6.4%) and (12.2%, 11.9%, 11.7%), two bar \varnothing 12, \varnothing 16 mm, with spacing (10, 15, 20 cm) receptively.