بعض العوامل المؤثرة على نتائج فحص سرعة الذبذبات فوق الصوتية للخرسانة عالية المقاومة

م.ندى مهدي فوزي
كلية الهندسة–جامعة بغداد

م.أميد ادول علي
الشركة العامة للمشاريع الكهربائية

الخلاصة

تتميز الخرسانة عالية المقاومة بمقاومتها العالية ومساميتها القليلة وأدائها الجيد في الظروف التعرضية القاسية ويتضمن البحث دراسة أهم العوامل المؤثرة على قياس سرعة الذبذبات فوق الصوتية بالاعتماد على تجارب أجريت لنماذج على شكل مكعبات خرسانية عالية المقاومة. وهناك عدة عوامل تؤثر على نتائج الفحص أهمها نسبة الماء الى السمنت ونوع الركام ومستوى تردد المجسات وأبعاد النموذج وطول المسار.

وقد تم إيجاد معادلة تجريبية بين مقاومة الانضغاط وسرعة الذبذبات فوق الصوتية وبالطريقة المباشرة. ويمكن الاستفادة من هذه العلاقة في تخمين مقاومة الخرسانة عالية المقاومة والتي لا تنطبق عليها المعادلات التجريبية السابقة. ويمكن استخدام هذه الطريقة في معامل الصب الجاهز وغيرها والتي تنتج الخرسانة عالية المقاومة لغرض استعمالها في الجسور والعوارض ذات الأحمال العالية..

SOME FACTORS AFFECTING THE ULTRASONIC PULSE VELOSITY TEST RESULTS OF HIGH STRENGTH CONCRETE

Nada Mahdi Fawzi
College of Eng. – Univ. of Baghdad

A. A. Ali
General Company of Electrical Projects.

ABSTRACT

The high strength concrete is characterized by its high strength, low porosity and good performance under aggressive environmental conditions.

The paper presents some factors affecting the Ultrasonic Pulse Velocity test results for high strength concrete such as water/ cement ratio, type of aggregate, frequency level of transducers, dimension of the specimens and path length.

An experimental equation has been derived for the prediction of compressive strength of high strength concrete from pulse velocity, which can be used for the estimation of strength.

It provides more reliable prediction and can be used in precast concrete factories manufacturing precast concrete girders for bridges.

المقدمة:

تمهيد

تتميز الخرسانة عالية المقاومة بمقاومتها العالية التي تكون عادة أكثر من 41 ميكاباسكال كحد أدنى. وقد أدى تحسين نوعية السمنت من حيث النعومة، درجة الحرق والمواد المضافة الى إنتاج أنواع جديدة من الخرسانة تصل مقاومتها إلى أكثر من 140 نت/ملم2 (ACI 363R-97) وفي الآونة الأخيرة ازدادت استخدامات هذا النوع من الخرسانة عالميا ومحليا, وفي بغداد تم إنشاء جسر ذو الطابقين باستخدام خرسانة تتراوح مقاومتها ما بين(48-63)نت/ملم2 (د.زين العابدين رؤوف 1993).

تستخدم الخرسانة عالية المقاومة عادة في العوارض الخرسانية المسبقة الإجهاد في الجسور وكذلك في الركائز مسبقة الصب والتي تتطلب مقاومة عالية أثناء الدق لكي لا تتعرض إلى الكسر أو التثلم. وتحتاج ضبط الجودة في هذه المعامل إلى طرق سريعة وكفوءة لتقدير مقاومة الأنضغاط وفي عمر مبكر.

أن طريقة سرعة الذبذبات فوق الصوتية التي أشيع استعمالها في العالم وفي العراق تعتبر إحدى هذه الطرق. وهناك عوامل عديدة تؤثر على قياس سرعة الذبذبات منها أبعاد النموذج وطول مسار الموجة ونسبة الرطوبة وغيرها. أن المعادلات المستخدمة حاليا مبنية على تجارب أجريت على الخرسانة الاعتيادية التي تتراوح مقاومتها ما بين 20-35 ميكاباسكال لنوعية ركام متواجد في وسط العراق أي بغداد وضواحيها فلذا لا يمكن استخدامها في تخمين المقاومة للخرسانة عالية المقاومة أو عند استخدام ركام آخر ذات نوعية تختلف عن ركام منطقة النباعي أو مقالع الصدور على سبيل المثال، الركام الكلسي الموجود في الصحراء الغربية.

ويتضمن هذا البحث تجارب مختبرية اجريت من أجل تخمين مدى تأثير نسبة الماء الى السمنت وشكل النماذج وطول المسار على نتائج فحص مكعبات خرسانية ذات مقاومة عالية. ويمكن الاستفادة من هذه النتائج في تخمين مقاومة الانضغاط في معامل الصب الجاهز للخرسانة عالية المقاومة.

طريقة توليد الذبذبات فوق الصوتية

تتولد الذبذبات فوق الصوتية من عملية إثارة الاهتزازات الطبيعية لبلورات بعض المواد كالكوارتز وملح روشل Rochelle وتيتانات الباريوم BaTIO2 وتسمى الأجهزة التي يتم بواسطتها توليد واستلام وتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة اهتزازية فوق صوتية بمجسات التذبذب ويتراوح تردد المذبذبات المستخدمة لفحص الخرسانة بين (20 - 250) كيلوهرتز.

التطبيقات العملية للذبذبات فوق الصوتية

إن فكرة استخدام الذبذبات فوق السمعية في فحص الخرسانة هي إمكانية إيجاد علاقة بين سرعة الذبذبات وخواص الخرسانة كمقاومة الانضغاط أو معامل المرونة وغيرها.

ويمكن الاستدلال من سرعة الذبذبات على مدى تجانس الكتلة الخرسانية ويمكن تلخيص أهم التطبيقات العملية للذبذبات فوق الصوتية كما يلي:

1- فحص مدى تجانس الكتلة الخرسانية في المنشأ.

2- الكشف عن أماكن التشققات والفجوات الكبيرة وتحديدها.

3- متابعة التغيرات التي تحدث في الخرسانة وبمرور الزمن أو بفعل العوامل المؤثرة الأخرى.

4- إيجاد معامل المرونة الديناميكي (Ed).

5- إيجاد نسبة بواسن الديناميكية (α).

6- إيجاد مقاومة انضغاط الخرسانة بصورة غير مباشرة وعلى أساس العلاقات التجريبية.

7- إيجاد الخواص الديناميكية للصفائح القشرية الخرسانية.

8- إيجاد سمك التبليط الخرساني دون الحاجة إلى أخذ لباب الخرسانة.

العلاقة بين سرعة الذبذبات ومقاومة الانضغاط

وضعJones(Jones,R.1962) حدوداً عامة لسرعة الذبذبات لأنواع مختلفة من الخرسانة يمكن الاستفادة منها عند المقارنة وكما في **الجدول (1)** أدناه:

جدول (1) يبين الحدود العامة لسرعة الذبذبات لأنواع مختلفة من الخرسانة

نوعية الخرسانة	السرعة كم/ثانية
ممتازة	أكثر من 4.58
جيدة	4,57 - 3.66
مقبولة	3,66 - 3.05
ضعيفة	3,05 - 2.14
ضعيفة جداً	أقل من 2.14

كما ويمكن ايجاد علاقات بين سرعة الذبذبات ومقاومة الخرسانة موقعيا بالاعتماد على فحص لباب الخرسانة (Core Test).

وفي سنة 1986 قدم رؤوف وآخرون(فريدة يونس، زين العابدين رؤوف1986)علاقة بين سرعة الذبذبات ومقاومة الانضغاط بموجب معادلة تجريبية اعتمدت على أكثر من (800) نتيجة فحص إلا أن النتائج المعتمدة كانت محصورة ما بين مقاومة إنضغاط

(20ميكاباسكال الى35ميكاباسكال). وعند تطبيق هذه المعادلة للخرسانة عالية المقاومة يلاحظ بأن المقاومة المخمنة تكون قليلة مقارنة بالمقاومة الواقعية لمكعبات السيطرة النوعية.

وليس من السهل تحديد معادلة يمكن تطبيقها لمختلف أنواع الخرسانة المصنوعة من مختلف المواد الأولية من سمنت وركام (خشن وناعم) بل لكل معادلة تجريبية محدداتها الخاصة ومن الضروري تطبيقها ضمن هذه المحددات.

بعض العوامل المؤثرة على فحص سرعة الذبذبات فوق الصوتية

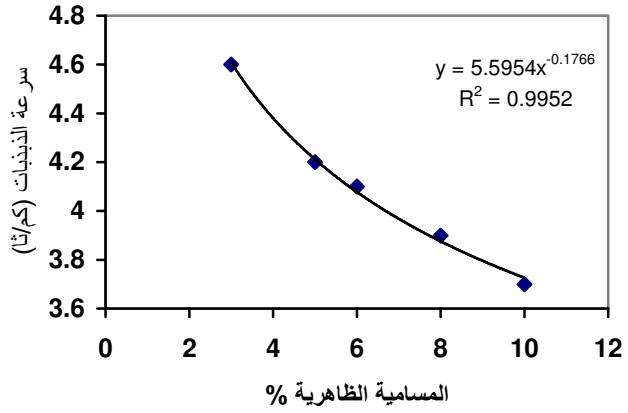
لغرض تحديد سرعة الذبذبات فوق الصوتية بشكل دقيق من الضروري الألمام بالعوامل التي تؤثر على قياس السرعة خلال الخرسانة وأن العلاقة بين مقاومة انضغاط الخرسانة وسرعة الذبذبات تعتمد الى درجة كبيرة على دقة قياس سرعة الذبذبات وفيما يلي بعض العوامل التي تؤثر على دقة قياس السرعة.

رطوبة سطح النموذج

تزداد سرعة الذبذبات عندما يكون سطح النموذج رطبا وتكون قراءات السرعة متجانسة بسبب سهولة انتقال الصوت خلال مسار الموجة وعدم ضياع الطاقة الصوتية خلال التشققات الشعرية في الخرسانة فلذا يفضل ترطيب أسطح النماذج أو الأجزاء الإنشائية قبل فحصها بفترة وجيزة.

المسامية

تقل سرعة الذبذبات كلما زادت نسبة الماء الى السمنت وفي حالة الخرسانة عالية المقاومة تكون نسبة الماء الى السمنت أقل من 0.4 عادة فلذا تكون تأثير المسامية قليلة مقارنة بالخرسانة التقليدية وخاصة عند استخدام مضافات معدنية دقيقة التجزئة مثل غبار السليكا(فراس فاضل 2001) أو ركام الخبث المنعم وغيرها من المواد. ويبين الشكل (1)العلاقة التجريبية بين المسامية الظاهرية وسرعة الذبذبات فوق الصوتية.



لشكل (1) العلاقة بين المسامية وسرعة الذبذبات

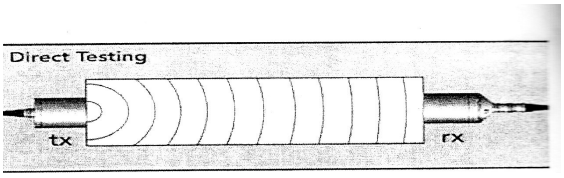
طول المسار

أقترح جونس وفيكارو (Jones,R, Facaoaru 1969) بأن لا تقل طول مسار الموجة عن 100 ملم للركام عندما يكون مقاسه الأقصى أقل من 30 ملم وفي حالة الخرسانة عالية المقاومة حيث المقاس الأقصى يكون أقل من 20 ملم عادة فتكون مكعبات 100 ملم مناسبة لغرض الفحص.

طرق وضع المذبذبات

طريقة الانتقال المباشر

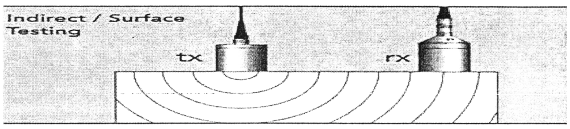
كما في **الشكل (2)** إن تركيب المذبذبين بهذا الشكل يؤمن انتقال أكبر كمية من الطاقة الصوتية إلى النموذج بشكل مباشر حيث يتقابل المذبذب المرسل مع المذبذب المستقبل في الطرف الآخر من النموذج أو المنشأ



الشكل (2) طريقة الأنتقال المباشر

طريقة الانتقال غير المباشر

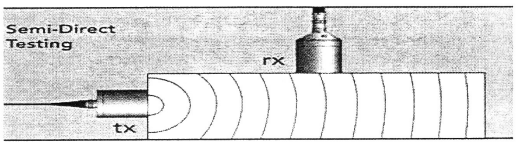
كما في **الشكل (3)** وهذه الطريقة تكون أقل دقة من طريقة الأنتقال المباشر ويكون موضع المذبذبين على نفس الجهة وبذلك يكون أنتقال الامواج على الطبقة السطحية وبطاقة اقل وغالبا ما تستخدم هذه الطريقة في فحص البلاطات.



شكل (3) طريقة الانتقال غير المباشر

طريقة الانتقال شبه المباشر

كما في **الشكل (4)** حيث يكون موضع أحد المذبذبين على حافة الجزء المراد فحصه والآخر على السطح الأسفل المجاور وتستخدم هذه الطريقة غالباً لفحص الجسور التي يمكن فحصها بالطريقة المباشرة.



الشكل (4) الانتقال شبة المباشر