دراسة تباين قراءات المقاومات للخرسانة في الاختبارات اللاتخريبية

الدكتور أسامة ميرو
كلية الهندسة المدنية
جامعة دمشق

الملخص

مازالت طرائق اختبار المقاومات للخرسانة بالطرق اللاتخريبية تعدُّ طرقاً غير مباشرة. ونظراً لعدم وجود مفهوم واضح وعام وثابت لمقاومة الخرسانة فإن طريقة العينات الأسطوانية أو المكعبية تعد أيضاً طريقة غير مباشرة لقياس المقاومة الهندسية، وانطلاقاً من ذلك يتخصص هذا العمل كمحاولة علمية تجريبية جادة لتطوير العلاقات الحسابية للحصول على أدنى وأصغر خطأ ممكن للقراءات باختبار المطرقة الخرسانية الارتدادية مع مقارنة حقيقية واقعية لمقاومات الخرسانة ذاتها من خلال اختبار عينات خرسانية مكعبية من منشآت منفذة ومراقبة من قبلنا وبشكل موازٍ.

١ ـ مقدمة:

يعتمد المهندس المصمم للمنشآت الخرسانية والخرسانية المسلحة قيمة نظرية محددة لمقاومة الخرسانة تسمى المقاومة المميزة، وذلك انطلاقاً من قيمة وسطية وعامل إحصائي يأخذان بالحسبان تباين قيمة المقاومات للخرسانة التي تختبر عادة بشكل عينات خرسانية مكعبية أو أسطوانية، وحرصاً على تأمين المقاومة الحسابية التصميمية المميزة المعطاة للخرسانة والتي يتم اعتمادها بشكل مسبق، فبالإضافة إلى التدابير المعروفة من الحرص على جودة المواد المكونة للخلطة وغيرها يجب القيام بالمراقبة الإحصائية من خلال العينات وذلك للحفاظ على قيمة وسطية للمقاومات.

ولمَّا كان وكما ذكر يتم اختبار المقاومات بتحضير عينات أسطوانية أو مكعبية، فإن الطرائق اللاتخريبية للاختبارات تعد طرقاً استنتاجية غير مباشرة مقارنة مع طريقة المكعبات أو الأسطوانات الخرسانية.

وفي هذا العمل تم اعتماد طريقة اختبار المطرقة الخرسانية الارتدادية كإحدى الطرائق اللاتخريبية لاختبار الخرسانة.

مبدأ الطريقة:

تضرب المطرقة الفولاذية بقوة محددة سلفاً، يلامس الكباس الفولاذ (Steel Plunger) مباشرة سطح الخرسانة ثم نقيس المسافة التي ارتدتها المطرقة.

الأهمية والاستخدام:

يمكن أن يستخدم رقم الارتداد (Rebound number) الذي تم الحصول عليه بهذه الطريقة لتحديد تجانس الخرسانة في الموقع وكذلك لتحديد المناطق والمواقع ضعيفة الجودة والتعرف على الخرسانة الفاسدة، كما تبين التغيرات الحاصلة في خصائص الخرسانة مع الزمن كإماهة الإسمنت والزمن المناسب لإزالة القوالب والدعامات وأشكال التدعيم المؤقتة المختلفة.

وليس المقصود من طريقة الاختبار هذه أن تكون البديل عن تحديد مقاومة الخرسانة، ولكن استخدام المطرقة الارتدادية (Rebound hammer) مفيد جداً لاختبار مساحات كبيرة ذات خرسانة متشابهة في المنشأ المدروس حيث يكون اختبار هذه المساحات سريعاً جداً.

الجهاز:

تتألف المطرقة المرتدة من نابض فولاذي في داخلها يضرب الكباس الفولاذي عندما يتم إطلاقه ويجب أن تتحرك المطرقة بنابضها بسرعة ثابتة ومكررة ثم تقاس مسافة ارتداد المطرقة عن الكباس الفولاذي، وذلك بمقياس خطي مرفق بإطار الجهاز ويتوافر منه أنواع وأحجام تجارية مختلفة لاختبار أحجام وأنواع مختلفة من المنشأ الخرساني.

ويستخدم بشكل موازٍ حجر الحك (Abrasive Stone) المؤلف من نسيج متوسط الحبيبات من كربيد السيليكون أو مادة تعادله [1].

منطقة الاختبار:

لا تقل ثخانة الخرسانة المتصلبة المختبرة (Hardened Concrete) عن 100 mm ويجب أن تكون

مثبتة في المنشأ مع تجنب السطوح المتقشرة أو الخشنة أو كثيرة المسام أو التي تتخذ شكل خلية النحل مع المحافظة على رطوبة وعمر واحد للخرسانة المختبرة للتمكن من المقارنة دوماً، وذلك بعد أن يتم تحضير سطح الاختبار بمساحة لا تقل عن دائرة قطرها 150 mm ويمكن أن تحتاج الخرسانة بأعمار أكثر من ستة أشهر وغيرها إلى حك حتى عمق 5 mm وعندها يجب استخدام المعدات الكهربائية للحك حيث حصلت وفي مواقع كثيرة قراءات خاطئة تماماً بسبب عدم إجراء هذا الحك. وبعد إجراء الاختبار بواقع عشر طرقات في الموقع الواحد بتباعد أكثر من 2.5 mm وإهمال القراءة التي تترك كسراً أو سطحاً يتخلله الهواء يتم الحساب بإهمال القراءات التي تختلف عن متوسط عشر قراءات بأكثر من سبع وحدات ثم يتم تحديد متوسط ما تبقى من القراءات وإذا اختلفت قراءتان عن المتوسط بسبع وحدات تهمل مجمل القراءات، ومراقبة الجودة بهذه الطريقة أو غيرها ضرورية نظراً لأن العينات المختبرة في أثناء التنفيذ قد لا تكون ممثلة لجميع الأجزاء المصبوبة، ومن ثَمَّ فإن الاختبارات بعد ذلك وإن كانت نتائجها تقريبية، فإنها تعطي مؤشراً جيداً عن سلامة الأعمال أو عن ضعفها.

وقد استخدمت في هذا العمل تحديداً المطرقة Schmidt - Hammer رقم (N-34/138517) الشكل (1)

ونظراً لعدم وجود مفهوم واضح وعام وثابت لمقاومة الخرسانة فإن طريقة العينات الأسطوانية أو المكعبية تعد أيضاً طريقة غير مباشرة لقياس المقاومة ويمكن أن تتخللها أخطاء وانحرافات، ولابد من استخدام نظريات الإحصاء في العلوم الهندسية وذلك بغاية استنتاج أكبر قدر ممكن من المعلومات الصحيحة من عدد محدد من النتائج التجريبية، لأنَّ القيم التي يتم الحصول عليها من جراء قياسات أو اختبارات معينة تكون عرضة للتغيرات والأخطاء نتيجة لأسباب كثيرة منها:

١- عدم الدقة الكافية في الاختبارات الجارية وتمثيلها للبيتون في كامل أجزائه.

٢- الفروقات الناتجة عن تحضير العينات ومعالجتها وكيفية اختبارها عن الشروط النظامية.

٣- الاختلاف في خواص العينات المختبرة وذلك نتيجة اختلاف كمية وخواص المواد المكونة للخلطة البيتونية، أو التغير في شروط تصنيعها، أو كيفية اختبارها وغيرها من أسباب أخرى.

لأنَّ التحليل الإحصائي لاستنتاج المعلومات من النتائج التجريبية يخضع دائماً لتحديدات ترتبط بتقدير نسبي معقول لتفسير هذه النتائج [2].

ومن هنا يقوم هذا العمل بمحاولة علمية تجريبية جادة لتطوير العلاقات الحسابية للحصول على أدنى وأصغر خطأ ممكن للقراءات بإحدى الطرائق اللاتخريبية مع مقارنة حقيقية واقعية لمقاومات الخرسانة ذاتها من خلال اختبار عينات خرسانية مكعبية وبشكل موازٍ.

٢ـ دراسة أهمية خطأ المصادفة للقراءات وتقييمه بالشكل الأدق:

من المعلوم أن نظرية الاحتمال تمثل الأساس الرياضي الذي يعتمد عليه في نظرية الإحصاء. فنظرية الاحتمال تعطي العلاقات الرياضية التي تتعلق بالمتغيرات العشوائية النظرية. أما نظرية الإحصاء فإنها تدرس نتائج الاختبارات العملية وتعتمد على الأسس الرياضية لنظرية الاحتمال من أجل التفسير الأمثل لنتائج الاختبارات العملية.

ولمَّا كان استخدام الطرائق اللاتخريبية لتقييم مقاومات الخرسانة يعدُّ عملاً هاماً ومطلوباً لذلك كان لابد من وضع طريقة مثلى تأخذ بالحسبان الخطأ الحاصل في أثناء أخذ القراءات وهو خطأ يكاد يكون حتمياً بالنسبة لهذه الطرائق.

والخطأ غير المقصود والذي يقع على الرغم من توافر الكفاءة العالية والخبرة عند مستخدم الطريقة اللاتخريبية للاختبار يسمى خطأ المصادفة.

وبهدف حساب أخطاء المصادفة وتحديد معامل التبعثر (التشتت) عند تحديد القيمة الوسطية لمقاومة الخرسانة والتي يرمز لها بـ: $\overline{F}$ لابد من التعبير عن أخطاء المصادفة هذه باستخدام الانحراف الوسطي المعياري ويرمز له بـ S وعند الأخذ بالاعتبار عامل الكفاءة للشخص والجهاز والطريقة ككل فإن مفهوم الانحراف المعياري يجب أن يتغير بشكل تدريجي تبعاً للكفاءة، والظروف ويرمز له عند أخذ هذه العوامل بالحسبان بـ S_T، حيث يمكن في أسوأ الظروف أن يكون هناك خطأ متكرر مستمر ومنتظم لا يمكن ملاحظته أحياناً.

وتوضح الصورة الثانية الوضعية الصحيحة لاستخدام المطرقة وفق الزاوية الاعتيادية للاستخدام.

وفي هذا الإطار تبين الدراسات والتجارب السابقة أن هناك مفهوماً ينص على أنه عند توافر عدد كافٍ من القطاعات الإنشائية المدروسة لتحديد مقاومات الخرسانة فيها بالطرائق اللاتخريبية، وذلك ضمن حدود تعتمد قيمة قصوى لـ S_T، يمكن عندها إهمال افتراض أن طريقة الاختبار اللاتخريبي هي طريقة غير مباشرة حيث يبقى هذا الاختبار ضعيفَ التأثير على قيمة محددة لوسطي مقاومات الخرسانة عند تعدد القطاعات. ولكن فيما يخص معامل التبعثر (التشتت) فإن وجود خطأ المصادفة يمكن أن يكون ذا أثر هام لا يمكن إهماله [3] حيث يفيد الانحراف المعياري لمتغير ما في تحديد درجة انتشار قيمة المتغير حول قيمته المتوسطة فكلما زادت قيمة الانحراف المعياري كان انتشار النتائج واسعاً، وكلما قلت كانت النتائج متجمعة بجوار المتحول.

وفي هذا الصدد قام المهندسون في المعهد العالي لبحوث الخرسانة المسلحة في موسكو بإثبات أنه في أكثر الحالات يمكن افتراض أن مقاومة الخرسانة هي تلك القيمة التي تمثل وسطي قيم مقاومات الخرسانة لعناصر منشأ ما أو قطاعات معينة منه على افتراض أن المنشأ تم تنفيذه بالظروف نفسها، وبالمواد نفسها، وبالأيدي العاملة نفسها. وفي هذه الحالة يمكن إدراج خطأ المصادفة من خلال استخدام العلاقات الرياضية الإحصائية المعروفة لحساب الخطأ عند تحديد المقاومة الوسطية للخرسانة في المنشأ ككل، أو في قطاع منه حيث تعتمد هذه المقاومة كمعيار للمقارنة وهي تساوي:

$$\overline{F} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F`_1}{n}$$

حيث:

n: عدد العينات المختبرة لطريقة المكعبات أو عدد المواقع المختبرة بالطرائق اللاتخريبية.

n`: وحيثما ترد فهي رمز للاصطلاح الرياضي المسمى Factorial ويندرج ذلك على F`.

$$n`_1 = n(n-1)(n-2)(n-3)...$$

إذاً فعند احتساب خطأ المصادفة يمكن استخدام $\overline{F}$ كواحدة للمقارنة والقياس بالنسبة للخرسانة، وكذلك عند احتساب خطأ الفرق بين المقاومة المتوسطة للخرسانة $\overline{F}$ ومقاومة الخرسانة في كل قطاع F_i وافتراضه مساوياً لـ $t_\alpha \frac{S_T}{\sqrt{P}}$ وهذا الحد هو ما نقترح إضافته إلى العلاقة رقم (١) الآتية والاستمرار في المعالجة وفق الأسس والعلاقات الإحصائية الرياضية المعروفة للحصول على علاقة جديدة تشكل الهدف من هذا البحث.

حيث:

P - عدد القطاعات أو المواقع المختبرة.

t_α - معامل تتعلق قيمته بالضمانات المعطاة لعمليات الاختبار ككل ويمكن أن تكون قيمته 1 وسيرد لاحقاً.

وهنا يمكن حساب وسطي الانحراف المعياري الذي يأخذ بالحسبان خطأ طريقة الاختبار اللاتخريبي من العلاقة:

$$S = \sqrt{\left(\frac{f_i - \overline{F}}{n-1}\right)^2 + t_\alpha^2 \frac{S_T^2}{P}} \qquad [1]$$

هذه البحوث وإدخال خطأ المصادفة في الحساب شكل قاعدة سمحت بإدخال العلاقة الآتية إلى جسم النورم الروسي [4] الخاص بقواعد مراقبة الخرسانة:

$$S = \sqrt{S_Z^2 + \frac{S_T^2}{P}} \qquad [2]$$

ويتم في المرجع [5] اقتراح إجراء حساب خطأ المصادفة على أساس التمحيص في العلاقة التي يتم بموجبها حساب الانحراف المعياري كتابع لمجموعة براهين وأدلة ظهرت بالمصادفة بأغلبها، وذلك من خلال الاختبارات المحلية. وهنا يكمن موضوع هذا البحث لتطوير هذه العلاقة.

٣ ـ الحساب المطوِّر لخطأ القراءات بإدخال مبادئ نظريات الاحتمال والإحصاء لتقييم جودة الخرسانة:

إن قيمة مقاومات الخرسانة التي يتم الحصول عليها بنتائج الاختبارات تبقى قيماً ظهرت بالمصادفة إلى حد كبير، وتتم دراستها على هذا الأساس غالباً.

ولهذا فإن علاقة الانحراف الوسطي المعياري تأخذ الشكل:

$$S=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\overline{F}-f_i\right)^2}{n-1}} \qquad [3]$$

ويمكن أن تُدرس كتابع لقيم $\overline{F}$ و f_i التصادفية، ولكن وكما ذكر سابقاً فإنه عند توافر عدد كافٍ من قطاعات الاختبار يمكن اعتبار أن $\overline{F}$ لا تتعلق بالأخطاء التي تحدث بالمصادفة وذلك في طرائق الاختبارات اللاتخريبية، ومنه تعدُّ العلاقة السابقة رقم (3) علاقة دلائل المصادفة لـ R_i.

ومع جدولة وفرز نتائج الاختبارات في صفوف واستخدام تحديد منحني التوزع الاحتمالي والاشتقاق الرياضي الذي لا مجال لشرحه هنا [5] ,[2] ,[9] ,[8] وذلك لحساب الانحراف الوسطي المعياري باستخدام الخطأ الوسطي المعياري S_S:

$$S_S=\sqrt{\sum\left(\frac{ds}{df_i}\right)^2 S_{F_i}^2} \qquad [4]$$

$$\frac{ds}{df_1}=-\frac{2\left(\overline{F}-f_1\right)}{2(n-1)\sqrt{\frac{\sum\left(\overline{F}-f_i\right)^2}{n-1}}}=-\frac{\overline{F}-f_1}{(n-1)S}$$

$$\frac{ds}{df_2}=-\frac{2\left(\overline{F}-f_2\right)}{2(n-1)\sqrt{\frac{\sum\left(\overline{F}-f_i\right)^2}{n-1}}}=-\frac{\overline{F}-f_2}{(n-1)S}$$

$$\frac{ds}{df_n}=-\frac{2\left(\overline{F}-f_n\right)}{2(n-1)\sqrt{\frac{\sum\left(\overline{F}-f_i\right)^2}{n-1}}}=-\frac{\overline{F}-f_n}{(n-1)S}$$

حيث:

S_{f_i} - الانحراف الوسطي المعياري (الخطأ الوسطي المعياري) لعملية تحديد مقاومة الخرسانة في كل قطاع من قطاعات الاختبار، وهذه القيمة تتعلق بخطأ ما أسميناه العلاقة المتدرجة التي تم التنويه عنها في الفقرة (2) من هذا العمل ويمكن اعتماد $S_{f_i}=S_T$

وعندها:

$$S_S = \sqrt{\frac{\left(\overline{F} - f_1\right)^2}{S^2\left(n-1\right)^2}S_T^2 + \frac{\left(\overline{F} - f_2\right)^2}{S^2\left(n-1\right)^2}S_T^2 + \ldots\ldots + \frac{\left(\overline{F} - f_n\right)^2}{S^2\left(n-1\right)^2}S_T^2}$$

$$= \frac{S_T}{S\left(n-1\right)}\sqrt{\sum\left(\overline{F} - f_i\right)^2}$$

وبمعالجة هذه العلاقة يتم الحصول على:

$$S_S = \frac{S_T}{\sqrt{n-1}} \qquad [5]$$

ومن هنا فإنه عند الأخذ بالحسبان خطأ العلاقة المتدرجة لطرائق الاختبار اللاتخريبية فإن الانحراف الوسطي المعياري لمجال موثوق به يصبح:

$$S = S_Z \pm \frac{t_\alpha}{\sqrt{n-1}}S_T \qquad [6]$$

حيث تتعلق قيمة المعامل t_α بالضمانات المعطات لعملية الاختبار ككل.

ولكن هذه الضمانة (تذبذب قيم الانحراف المعياري وفق مجال محدد لمجموعة اعتبارات مختلفة) للانحراف الوسطي المعياري غير محددة وليس من السليم عد ضمانة الانحراف الوسطي المعياري كضمانة قيمة المقاومة نفسها. وبالقياس على ما تم إجراؤه وتجريبه وعلى ما هو وارد في النورم الروسي لقواعد مراقبة واختبار الخرسانة [4] يمكن اعتبار $t_\alpha = 1$ وذلك لعدد معين ومناسب من قطاعات الاختبار n حيث $n \geq 10$ وهذا يوافق ضمانة تقريبية تساوي 0.85. ولهذا فإنه ولحساب خطأ المصادفة للطرائق اللاتخريبية ينصح بالعلاقة (7):

$$S = S_Z + \frac{S_T}{\sqrt{n-1}} \qquad [7]$$

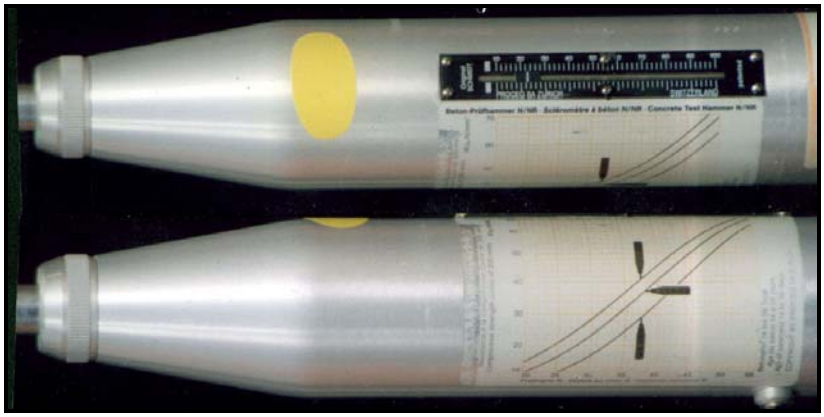
حيث قمنا بالتعديل والتطوير لوضع هذه العلاقة لتحديد الانحراف الوسطي المعياري لمقاومة الخرسانة من خلال اختبار 14 مجموعة من المكعبات بواقع 3 مكعبات 20×20 cm لكل مجموعة بعد أن تم اختبار هذه المكعبات بواسطة المطرقة الخرسانية الارتدادية، حيث اختبرت كل عينة داخل المكبس الهيدروليكي وهي بحالة إجهادية ناتجة عن تحميل هذه العينة بحمولة 20 طناً ودونت القراءة من منحني المطرقة (الصورة الثالثة).

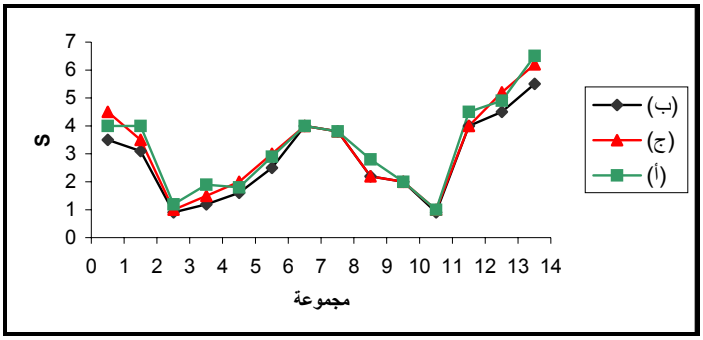
وبعدها تم كسر العينات نفسها (المكعبات) حسب الأصول الهندسية المتبعة على المكبس الهيدروليكي، ويظهر على الشكل (1) المنحني –أ- حيث يمثل هذا المنحني الانحراف الوسطي المعياري الذي تم حسابه على أساس قيم متانات عينات الخرسانة (المكعبات) بواسطة المكبس الهيدروليكي في المختبر.

والمنحني –ب- يمثل قيم الانحراف الوسطي المعياري المحسوب على أساس المعطيات من القراءات التي أخذت بواسطة المطرقة الخرسانية الارتدادية بالطرق التقليدية الاعتيادية.

والمنحني -جـ- يمثل قيم الانحراف الوسطي المعياري على أساس القيم التي تم احتسابها وفق العلاقة (7)

استناداً لقراءات المطرقة أيضاً.





الشكل (1) – مجموعة العينات المكعبية

وكما هو واضح من الشكل (1) فإن هناك تطابقاً جيداً ومقبولاً بين النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام العلاقة (7) والقيم التي تم الحصول عليها بالاختبار المباشر للمكعبات الخرسانية داخل المكبس الهيدروليكي في المختبر. أي بين المنحني جـ والمنحني أ.

وإضافة إلى ذلك تم تحليل نتائج تحديد مقاومات الخرسانة بشكل مباشر في أعمدة ثلاثة أبنية سكنية مجاورة تم بناؤها بمواد البناء نفسها، ومصادر الحصويات نفسها والإسمنت والماء حيث قامت بالبناء للأبنية الثلاثة الورشة نفسها مع استخدام ماء الخلط ذاته وتم صب عناصر الأبنية الثلاثة كلها بالجبل المركزي وبواسطة المضخات، حيث أخذت العينات المكعبية النظامية من الخلطات المصبوبة بشكل دوري ومنتظم مع إعطائها الرموز والشيفرة اللازمة وجرى لاحقاً اختبار هذه المكعبات بتواريخها اللازمة [6] 28 يوماً من

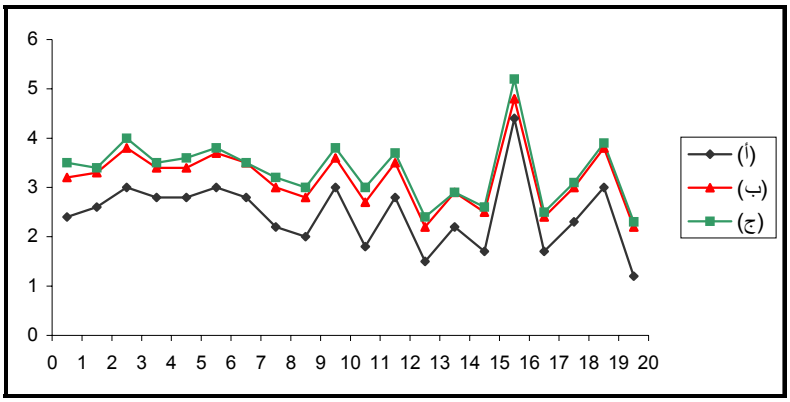
التصلب، وبشكل موازٍ تمت اختبارات مقاومة الخرسانة بواسطة المطرقة المذكورة في الموقع وعلى أعمدة الأبنية الثلاثة بشكل مباشر حيث يشكل عدد طوابق هذه الأبنية مجتمعةً عشرين طابقاً.

ومن أجل الوصول للدقة المطلوبة للمقارنة فقد تم افتراض أن قيمة الانحراف الوسطي المعياري الذي تم حسابه وفق العلاقة (2) هو منحني المقارنة حيث تم احتساب قيمة الانحراف الوسطي المعياري على أساس قيمة المقاومات المأخوذة مباشرة من خرسانة الأعمدة بواسطة المطرقة وللطوابق كلها، ويعبر عنها بالمنحني آ على الشكل (2) ويمثل المنحني ب على الشكل (2) قيمة الانحراف الوسطي المعياري الذي تم حسابه على أساس المقاومات المكعبية الخرسانية التي اختبرت على المكبس الهيدروليكي في المختبر أصولاً.

وأما المنحني جـ على الشكل (2) فهو يمثل قيم الانحراف الوسطي المعياري الذي تم حسابه وفق العلاقة (7) على أساس المقاومات المقروءة بواسطة المطرقة الخرسانية الارتدادية وذلك لأعمدة الأبنية الثلاثة التي يشكل مجموعها 20 طابقاً.

ويظهر جلياً من الشكل (1) والشكل (2) أن قيم الانحراف الوسطي المعياري لمقاومات الخرسانة والتي تم حسابها على أساس الاختبار اللاتخريبي بواسطة المطرقة وفق العلاقة (7) هي الأقرب دوماً لقيم الانحراف الوسطي المعياري المحسوب على أساس مقاومات الخرسانة المختبرة بواسطة المكعبات الخرسانية بشكل مباشر في المختبر.

وتبين أيضاً من الشكلين (1) و(2) ككل أن قيمة الانحراف الوسطي المعياري لمقاومات الخرسانة والذي تم حسابه دون إدخال خطأ ما يسمى بالعلاقة المتدرجة، أي دون استخدام العلاقة (7) وفي كل الأحوال كانت قيماً منخفضة بعيدة عن القيم المباشرة.



الشكل (2)

٤ ـ النتائج والتوصيات:

١ـ إن قيمة الانحراف الوسطي المعياري لقيم مقاومات الخرسانة التي تم الحصول عليها بواسطة الاختبارات اللاتخريبية (اختبار المطرقة) يجب أن يحسب بإدخال خطأ العلاقة المتدرجة.

٢ـ إن خطأ العلاقة المتدرجة يمكن حسابه وفق العلاقة (7).

٣ـ تزداد وثوقية استخدام طرائق الاختبارات اللاتخريبية لقياس مقاومات الخرسانة من قبل مهندسين من أصحاب الخبرة والكفاءة باستخدام العلاقة (7) مما يمكّن وبشكل كبير من تخفيف الضرر عن المنشآت والذي ينتج عن استخدام الطرائق المخربة مثل الجزرات والتي يمكن أحياناً أن تجتز فولاذ التسليح، هذا عدا التكاليف القليلة جداً لطرق الاختبارات اللاتخريبية وأهمها المطرقة وجهاز النبضات فوق الصوتية [7] الخ.

المراجع

1 - المواصفة القياسية السورية رقم ١٩٩٨/١٩٢٢ – اختبار الخرسانة اللاتخريبي – اختبار المطرقة.

2 – بدورة – محمد كرامة – محاضرة «دور الإشراف في ضمان جودة المنشآت» ندوة – أهمية مواد البناء للسكن الصحي الآمن والاقتصادي – جامعة البعث مطبوعات المجلس الأعلى للعلوم ٢٠٠٠ – الصفحة ٢٥٢.

3 – تحديد تجانس الخرسانة باستخدام الأمواج فوق الصوتية.

3. Bothtovic, g, filonidov. A. Vaslavski. V. Obridilenie Adnarodnostu bitona spomoshyo ultrazvoka, Energetitshsk. Struitelstva. NS 1968.

4 – النورم الروسي Goct 18105-86

«betoni pravila controla protshnasti»

5 – التقييم الإحصائي لمقاومات البيتون بالطرق اللاتخريبية

5. Klevtsov. V. A. Statistitshskaia Atsenka Protshnosti betona pri ispitanie Nirazrushioshimi metodami ll sb. Niijb «isledovanie vlianie Katshistua izgatovlenia, montaja uiksplutatsi construktsi Na ish Nisushuio spasopnast. Moscow – 1980.

6- سجلات مخبر مواد البناء، ومخبر البيتون – كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق لأعوام ١٩٩٥ – ١٩٩٦ – ١٩٩٧ – ١٩٩٨.

7 – الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة – ١٩٩٥.

8 – نظريات ومسائل في المصفوفات. تأليف فرانك آيرز – ص ١٤١ الدار الدولية للنشر والتوزيع – القاهرة - ترجمة أساتذة مختصين جامعة المنصورة.

9 – نظريات ومسائل في الإحصاء. موراي، ر . شبيغل – ص ١١٢ – ١١٤ الدار الدولية للنشر والتوزيع – القاهرة.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق: ٢٠٠٠/١١/١٩.