Producing Equation for Non-destructive Tests from Empirical Equation by Using Statistical Program

استنباط معادلة للفحوص الغيراتلافية من معادلات وضعية سابقة بأستخدام البرامج الاحصائية

م.م ايمن جميل كاظم لسعد
جامعة كربلاء/ كلية الهندسة

م.م ليث محمد رضا حمود
جامعة كربلاء/ كلية الهندسة

م.م حيدر عباس عاشور
جامعة كربلاء/ كلية الهندسة

الخلاصة :

ان الهدف الرئيسي من البحث هو ايجاد علاقة مشتركة بين العديد من المعادلات الوضعية الرصينة للفحوص الغيراتلافية للطريقة المشتركة بين فحص الامواج فوق الصوتية وفحص ارتداد المطرقة ووضعها بصيغة معادلة جديدة يكون فيها التشتت والتباين بين استخدام القيم العليا والقيم الدنيا قليلا جدا من خلال استخدام برامج احصائية متقدمة وهي برنامج (SPSS) وكذلك برنامج (Mini Tab). ان المعادلة المستنتجة تم اختبارها على بيانات حقيقية لاحد البنايات قيد الانشاء حيث تم التوصل الى ان هذه المعادلة تعطي منتصفات ومعدلات المعادلات المستخدمة وبالتالي ان استخدام هذه المعادلة تعطي نتائج دقيقة وازالت النتائج السلبية للمعادلات الاخرى.

الكلمات الرئيسية: الفحوص الغيراتلافية، الامواج فوق الصوتية، فحص المطرقة، الطريقة المشتركة، المعادلة المستنتجة، البرامج الاحصائية.

ABSTRACT

The Non-destructive tests considered one of the most important solvent of losing cubing test to estimate compressive strength .The objective of research is main to find a relationship between many situations of combined method equations for Non-destructive tests between Ultrasonic Pulse Velocity tests, hammer rebound test. Also for producing a new equation where, the variation and the contrast between the use of the highest values and minimum values is lower than the previous equations. Using of advanced statistical programs such as (SPSS) program as well as program (Mini Tab) makes rustles more confidence. The conclusion equation has experimented with real data for one building, it was found that this equation gives medium rates and formulas used and therefore that the use of this equation gives excellent results and removed the negative consequences of the equations of the other.

Keywords: Non-destructive tests, The Ultrasonic Pulse Velocity, Rebound Hammer, Combined Methods, Conclusion Method, Statistical Program.

1- المقدمة

يتم اللجوء الى الفحوص الغيراتلافية للخرسانة للتعرف على بعض من خواصها عندما لا نريد فعل ضرر معين في المنشأ ، وكما ان هذه الفحوص الغيراتلافيةتعطي معلومات فعلية عن واقع المنشأ الخرساني. تعرف هذه الفحوص ايضاً بالفحوص الموقعية لإمكانية اجراءها على اي عضو انشائي من اعضاء المنشأ وكذلك لإعطائها نتائج رقمية انية. كما انها تزيد من سلامة المنشاءات الخرسانية وكما تكون سريعة وأكثر اقتصادية.[1]

وبشكل عام هنالك نوعان من الفحوص الموقعية للخرسانة، الاول هو الفحوص التي تستعمل لمعرفة صلابة السطح ومقاومة الاختراق ومقاومة السحب والكسر، ان هذا النوع من الفحوص قد يسبب بعض الاضرار الى الأسطح الخارجية او بعض من اجزاء المنشأ وقد يصنف هذا النوع من الفحوص ليس من الفحوص الغيراتلافية. اما النوع الثاني هو الفحوص التي تتعامل مع خصائص الخرسانة مثل المحتوى الرطوبي والكثافة والسمك والمقاومة والنفاذية وغالبية هذه الفحوص تعتمد مبدأ نمو وتسارع الامواج الصوتية خلال المنشاء من خلال مرسل ومستلم للموجة. ويمكن من خلال اجراء الفحوص الغيراتلافية معرفة الفراغات والعيوب والشقوق واعماقها والاضرار الداخلية وتجانس المادة وكذلك ايجاد وتقييم العلاقات الرياضية بين مقاومة الانضغاط عن طريق فحص المكعبات الخرسانية والمقاومة الناتجة من تلك الفحوص الغيراتلافية.[1] [2]

1-1 فحص الامواج فوق الصوتية (The Ultrasonic Pulse Velocity Test)

يعتبر فحص الامواج فوق الصوتية من اهم الفحوص الغيراتلافية للخرسانة ويستعمل بنجاح في تقييم جودة الخرسانة ويمكن اجراءه موقعياً ومختبرياً، يعتمد مبدأ الفحص بصورة مباشرة على حساب سرعة الأمواج فوق الصوتية والتي يمكن ايجادها عن طريق قياس سرعة الموجة المنتقلة خلال الخرسانة وحساب الزمن اللازم. يمكن توليدها بثلاث انواع من الامواج وهي اولا: امواج انضغاطية او طولية (compressional waves also called longitudinal or P-waves) ثانيا: امواج قصية (shear waves also called transverse or S-waves) وثالثا: امواج سطحية (surface waves also called Rayleigh waves).[8][7]

يمكن استعمال فحص الامواج فوق الصوتية في الكشف عن الشقوق الداخلية في الخرسانة والعيوب وتقييم وايجاد مقاومة الانضغاط للخرسانة وكذلك معرفة التغيرات التي تطراء على الخرسانة نتيجة التأثر ببيئة كيميائية لها اثار سلبية على الخرسانة وحالات الانجماد والذوبان ايضاً. وبما ان الفحص يعتبر من الفحوص الغير مضرة بالخرسانة، لذا يمكن اجراؤه أكثر من مرة لنفس العضو الانشائي وهذا يدلل على فائدة الفحص في متابعة وتحليل التغيرات التي تحدث على المنشأت الخرسانية مع الزمن [4]. كما ان سرعة الامواج فوق الصوتية الطولية تعتمد على معامل المرونة الداينميكي (الحركي) للمادة (Ed)، ونسبة بواسون (μ) والكثافة (ρ). [14]

1-2 فحص ارتداد المطرقة (Rebound Hammer Test)

يعتبرفحص ارتداد المطرقة من أقدم الفحوص الغيراتلافية للخرسانة وهو تعبير عن صلابة السطح للاختبار معبرا عنه بالارتداد ويختلف من مادة الى اخرى. ويعطى على شكل منحنيات علاقة بين مقاومة الانضغاط ورقم ارتداد المطرقة. ويستعمل ايضا كوسيلة للمقارنة بين اسطح الهيكل الخرساني بين جزء واخر. تم تطويره في عام 1948 من قبل ارنست شميدت، وبالتالي يعرف أيضاً باسم مطرقة شميدت، أو اختبار الصلابة للسطح. ان تفسير مبدأ الارتداد يتمثل أساسا في التأثير على سطح الخرسانة بواسطة كتلة معينة ووجود طاقة حركية معينة وقياس العرض او العمق الناتج من المطرقة بفعل الارتداد للنابض المعدني للجهاز. يمكن إجراء الفحص أفقيا، رأسيا للأعلى والاسفل، أو في أي زاوية اخرى وبسبب التأثيرات المختلفة من الجاذبية على زاوية الفحص فأنه يتم تصحيح رقم الارتداد للمطرقة عن طريق منحنيات او معايرة منفصلة لحساب مقاومة الانضغاط لمختلف الأعضاء الانشائية.[5][6]

1-3 فحص الطريقة المركبة (Combined Method Test)

الفائدة الرئيسية من اجراء الفحوص الغيراتلافيةهو تجنب حصول الاضرار في الخرسانة خلال الاداء الوظيفي للاجزاء الانشائية للخرسانة اضافة الى الاستخدام السهل والسريع في اجراء الفحص.ان التداخل للتقنيات المختلفة لإجراء الفحوص الغيراتلافية غالباً تكون وضعية، وان طريقة دمج نتائج ارتداد المطرقة وسرعة الأمواج فوق الصوتية لتخمين مقاومة الانضغاط تعطي دقة أكبر فيما لو اعتمدت على نتائج كل فحص على حدة، ويعتمد ذلك على التقارب الحاصل بين الفحصين لاحد الخواص الخرسانية. وان هذا التطور بالعلاقات قاد الى ايجاد وتحسين التقارب والتداخل المهم بين الفحصين (فحص الأمواج فوق الصوتية ومطرقة شميدت). [2][9] [12]

وان اجراء تداخل بين الفحصين يمكن من اجراء التقييم والتخمين لمقاومة الانضغاط موقعياً بشكل ادق، وبشكل عام تطورت العلاقات للتقارب الحاصل بين الفحصين .ومن الفوائد المهمة للفحص المركب هو تقليل تأثير العوامل المؤثرة على اجراء الفحصين وبالتالي الوصول الى نتيجة افضل مما يؤدي الى زيادة الدقة للنتائج المستحصلة من الطريقة المركبة عند مقارنتها مع نتائج فحص المكعبات .وان هذا التحسين بطريقة الفحص يأتي عن طريق السيطرة على عوامل التصحيح التي تؤثر على نوعية الاسمنت ،ومحتوى الاسمنت ،والنوع التكويني للحصى ،ومعامل النعومة للرمل والمقاس الاقصى وغيرها .[2][3]

ان الثقة في استخدام تقنيات الطريقة المركبة هو ناتج عن التغيرات للخواص المؤكدة التي تنتج تأثيرات معاكسة للفحصين (الامواج والمطرقة)، كمثال على ذلك زيادة الرطوبة تزيد من قيمة فحص الامواج فوق الصوتية بينما يقلل من قيمة رقم الارتداد للمطرقة وعليه يجب الوصول الى الطريقة والعلاقة المناسبة للتقارب بين الفحصين وهنالك علاقات خطية وغير خطية والوضعية للتقارب بالطريقة المركبة. [10]

2- الهدف من البحث

ان الهدف الاساسي من البحث هو ايجاد معادلة متوافقة مستنتجة من عدة معادلات تغطي اغلب المعادلات الرصينة والمعتمدة والتي يوجد فيها بعض المشاكل منها التفاوت الكبير عند تعويض قيم عليا او دنيا والتي لا تعبر عن واقع الحال للخرسانة، حيث يعتبر التباين العالي دلالة على عدم مقبولية المعادلة الوضعية وقبولها ضمن مدى معين فقط. وان ايجاد هذه المعادلة المستنتجة معتمدة على برامج احصائية رصينة هي برنامج (SPSS) وكذلك برنامج (Mini Tab).

3- البرنامج العملي

يتكون البرنامج العملي للبحث من قسمين اساسيين، تم خلال القسم الاول فحص هيكل خرساني قيد الانشاء مكون من اربع طوابق باستخدام جهاز فحص الامواج فوق الصوتية لقياس سرعة الامواج فوق الصوتية خلال الخرسانة (Ultrasonic Pulse Velocity Test) وجهاز مطرقة شميدت (Schmidt Hammer) لقياس رقم الارتداد للخرسانة وحسب مواصفات المعهد الامريكي لفحص المواد (ASTM-C-597-02)[4] و (ASTM-C-805-02)[5] بالترتيب. وتم ايضاً خلال هذا القسم تحديد (50) نقطة فحص موزعة على جميع اجزاء الهيكل الخرساني ابتداءاً بالاساس ولنهاية الطابق الرابع، تم اخذ قرائتين لسرعة الامواج فوق الصوتية وعشر قراءات لمطرقة شميدت في كل نقطة فحص واخذ المعدل لكل منهما. تضمن القسم الثاني من البرنامج العملي للبحث جمع عدد من المعادلات التي تعتمد في حسابها لمقاومة انضغاط الخرسانة على سرعة الامواج فوق الصوتية ورقم الارتداد لمطرقة شميدت من عدة مصادر وكالاتي:

$Fc = 0.745R+0.951V-0.544$ ---------- (1) [11]

$Fc = 18.6+Exp\ (0.019R+0.515V)$ -------- (2) [11]

$Fc = 0.93\ R^{0.63}\ Exp\ 0.31V$ ---------- (3) [12]

$Fc = -24.1+1.24R+0.058V^4$ ---------- (4) [2]

$Fc = 0.356\ R^{0.866}\ Exp\ 0.302V$ ---------- (5) [3]

$Fc = 10.123V + 0.913R - 45.433$ ------- (6) [13]

حيث ان:

Fc: مقاومة الانضغاط (نت/مم^2).

V: سرعة الامواج فوق الصوتية (كم/ثا).

R: رقم الارتداد لمطرقة شميدت.

ان المعادلات اعلاه تعطي قيماً مختلفة لمقاومة الانضغاط بإستخدام نفس القيمة لسرعة الامواج ورقم الارتداد للمطرقة كما مبين في الجدول رقم (1).

جدول رقم (1) يوضح مقارنة نتائج المعادلات المعتمدة والمعادلة المستنتجة

البيانات				مقاومة الانضغاط (نت\ملم^2)						
NO.	R	V (كم/ثا)	موقع الفحص	معادلة1	معادلة2	معادلة3	معادلة4	معادلة5	معادلة6	المعادلة المستنتجة
1.	34	3.6	الاساس	28	31	26	28	22	22	26
2.	31	2.98		25	27	20	19	17	13	21
3.	29	3.12		24	27	20	17	17	13	20
4.	29	2.91		24	26	19	16	16	11	19
5.	28	3.16		23	27	20	16	17	12	20
6.	27	3.14	جسور الطابق الاول	23	27	20	15	16	11	19
7.	36	4.13		30	35	32	37	28	29	31
8.	39	4.02		32	35	33	39	29	31	33
9.	44	3.76		36	35	32	42	29	33	35
10.	37	3.6		30	31	28	32	24	25	28

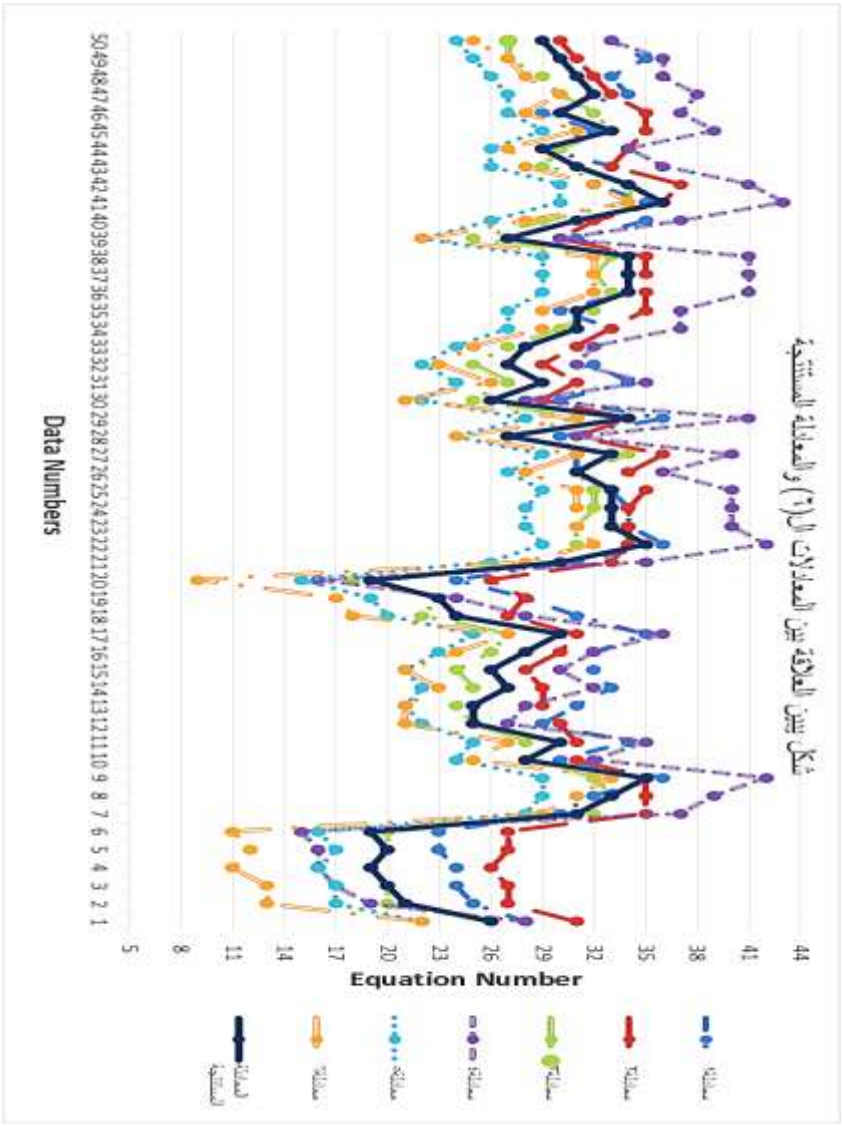
11.	42	3.35	اعمدة الطابق الاول	34	31	28	35	25	27	30
12.	35	3.42		29	30	25	27	22	21	25
13.	38	3.1		31	29	24	28	21	21	25
14.	41	3.06		33	29	25	32	22	23	27
15.	40	2.96		32	28	24	30	21	21	26
16.	40	3.23	سقف الطابق الاول	32	30	26	32	23	24	28
17.	43	3.28		35	31	27	36	25	27	30
18.	39	2.76		31	27	22	28	20	18	24
19.	35	3.06		28	28	23	24	19	17	23
20.	30	2.69		24	26	18	16	15	9	19
21.	38	3.78	جسور الطابق الثاني	31	33	30	35	26	28	30
22.	45	3.62		36	34	31	42	29	32	35
23.	42	3.76		34	34	31	40	28	31	33
24.	42	3.77		34	34	32	40	28	31	33
25.	40	3.96		33	35	32	40	29	31	33
26.	37	3.96	اعمدة الطابق الثاني	31	34	31	36	27	28	31
27.	37	4.23		31	36	34	40	29	31	33
28.	36	3.63		30	31	27	31	24	24	27
29.	44	3.63		36	34	31	41	28	31	34
30.	37	3.25		30	29	25	28	22	21	26
31.	42	3.27	سقف الطابق الثاني	34	31	27	35	24	26	29
32.	40	3.12		32	29	25	31	22	23	27
33.	38	3.53		31	31	27	32	24	25	28
34.	40	3.73		33	33	30	37	27	29	31
35.	36	4.1		30	35	32	37	27	29	31
36.	42	3.9	جسور الطابق الثالث	34	35	33	41	29	32	34
37.	42	3.84		34	35	32	41	29	32	34
38.	42	3.89		34	35	33	41	29	32	34
39.	38	3.28		31	30	25	30	22	22	27
40.	43	3.42		35	32	29	37	26	28	31
41.	43	3.94	اعمدة الطابق الثالث	35	36	34	43	30	34	36
42.	38	4.22		32	37	34	41	30	32	34
43.	40	3.65		33	33	29	36	26	28	31
44.	35	3.96		29	34	30	34	26	27	29
45.	39	4.02		32	35	33	39	29	31	33
46.	34	4.23	سقف الطابق الثالث	29	35	32	37	27	28	30
47.	42	3.63		34	33	30	38	27	30	32
48.	40	3.63		33	32	29	36	26	28	31
49.	43	3.25		35	31	27	36	25	27	30
.50	41	3.27		33	30	27	33	24	25	29
المعدل				31	32	28	33	25	25	29

لذلك تمت عملية التحليل الاحصائي بإستخدام برنامج (Mini Tab) و(SPSS) للحصول على نموذج رياضي جديد يعمل على تقليل التباين الحاصل بالنتائج للقيم المدخلة العليا والدنيا وبالتالي تكون النتائج المستحصلة أكثر دقة وتمثيلا للواقع. وبأستخدام البرامج اعلاه فأن المعادلة المستنتجة هي كالتالي :

$$fc = 4.349 \times e^{(0.0262R+0.248V)} \quad \text{---------- (المعادلة المستنتجة)}$$

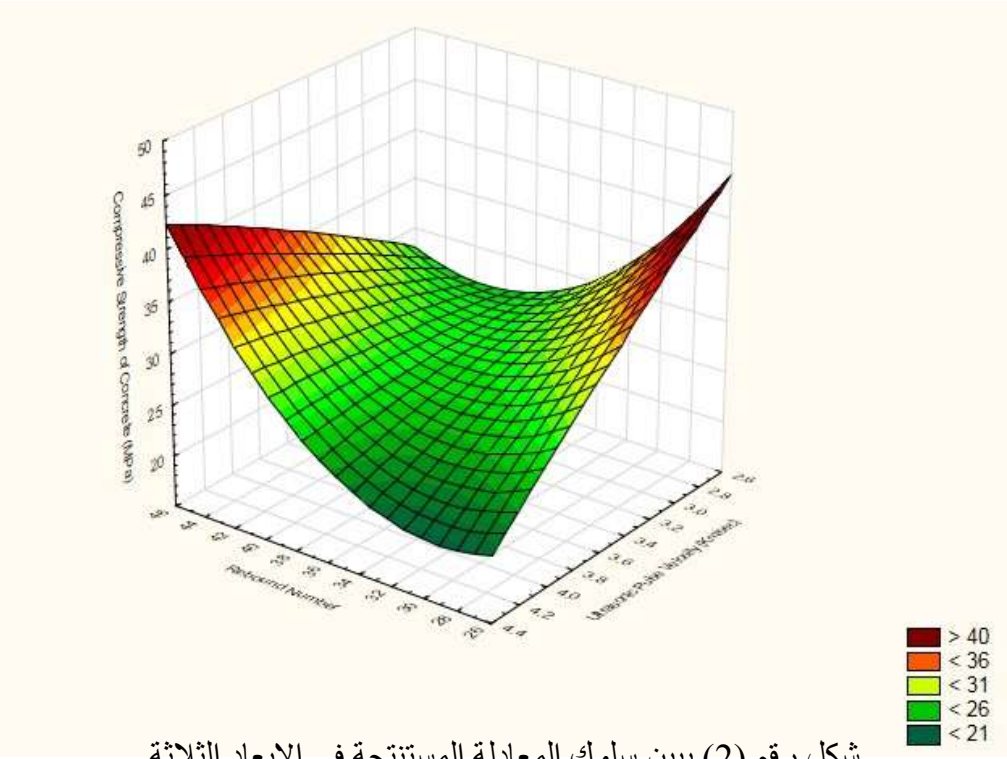
وان مستوى الثقة لها عالي جدا حيث ان ($R^2 = 0.93$) وهذا يدلل على قوة المعادلة المستنتجة.

وعند رسم العلاقة بين النتائج في الجدول رقم (1) مع القيم المستخرجة لكل معادلة ومقارنتها مع المعادلة المستنتجة نلاحظ توسط المعادلة المستنتجة بين كل المعادلات وبتذبذب اقل من بقية المعادلات، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال الشكل رقم (1) ادناه:



شكل رقم (1): العلاقة بين المعادلات المعتمدة والمعادلة المستنتجة

وكذلك يمكن رسم المعادلة المستنتجة لوحدها ورؤية كيفية التصرف في الابعاد الثلاث (ثلاثية الابعاد) كما في الشكل رقم (2) والموضح ادناه .



شكل رقم (2) يبين سلوك المعادلة المستنتجة في الابعاد الثلاثة

4- المناقشة والاستنتاجات :

من خلال النتائج والمشاهدات اعلاه يتبين لنا بان الطريقة المركبة هي الافضل من ناحية قربها للقيم الطبيعية والواقعية للمنشأت الخرسانية المفحوصة بالطرق الغير اتلافية ويمكن تلخيص ذلك بالتالي :-

1- ان استخدام برامج احصائية ذات دقة عالية يسهل من عملية استنتاج معادلة توافقية من قيم المعادلات السابقة والمعتمدة لان غالبية المعادلات هي وضعية .

2- ان المعادلات اعلاه تعطي قيماً مختلفة لمقاومة الانضغاط بإستخدام نفس القيمة لسرعة الامواج ورقم الارتداد للمطرقة وهذا دليل على تباين واختلاف المعادلات فيما بينها لوضع معين مختلف عن الاخر وبالتالي عند تحديد معادلة جديدة تضم كافة هذه الاختلافات تعتبر شيئا ايجابيا.

3- من خلال مقارنة القيم المستخرجة لكل معادلة ومقارنتها مع المعادلة المستنتجة نلاحظ توسط المعادلة المستنتجة بين كل المعادلات وبتفاوت وبتذبذب اقل في النتائج من بقية المعادلات وهذا مؤشر جيد على قوة المعادلة وبثقة عالية.

4- ان تقليل التباين العالي والحاصل من بعض المعادلات والذي يعتبر دليل على عدم مقبولية المعادلة الوضعية وقبولها ضمن مدى معين فقط، يجعل من المعادلات مقبولة وبمجال اوسع .

المصادر:

1- Neville A.M. and Brooks, J.J., "**Concrete Technology**", Second Edition, Longman Group U.K. Limited, 2010.

2- Naik, T. R., Malhotra, V. M., and Popovics, J. S., *"***Handbook on Nondestructive Testing of Concrete***"*, Second Edition, CRC Press, 2004.

3- Nash't I.H., A'bour S.H. and Sadoon A.A.," **Finding an Unified Relationship between Crushing Strength of Concrete and Non-destructive Tests**", Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition. Bahrain, Manama. 27-30 Nov, 2005.

4- ASTM C-597, "**Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete**", Annual Book of ASTM Standards American Society for Testing and Materials, vol.04.02, 2002.

5- ASTM C-805, "**Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete**", Annual Book of ASTM Standards American Society for Testing and Materials, vol.04.02, 2002.

6- Malhotra, V.M., "**Testing of hardened concrete: non-destructive methods**", ACI Monogr. No. 9, 1976.

7- ACI Committee 228, "**Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures"** ACI 228.2R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1998.

8. Jones, R., **"Non-Destructive Testing of Concrete**", Cambridge University Press, London, 1962.

9-Facaoaru, I., "**Romanian achievements in nondestructive strength testing of concrete**", ACI, SP-82, Detroit, 1984.

10- Bungey, J.H. and Millard, S.G., "**Testing of Concrete in Structure**", Third Edition, University of Liverpool, Black Academic and Professional, 1996.

11- Erdal, M., "**Prediction of the Compressive Strength of Vacuum Processed Concretes Using Artificial Neural Network and Regression Techniques**", Scientific Research and Essay, Vol. (4), Issue (10), pp. 1057-1065, October, 2009.

12-السامرائي، مفيد عبد الوهاب و رؤوف، زين العابدين، **"الفحوص اللاتلافية للخرسانة"**، مطبعة اكسبرس، الامارات العربية المتحدة، الشارقة، 1999.

13- Fawzi, N.M., Said, A.I. and Jassim, A.K., "**Prediction of Compressive Strength of Reinforced Concrete Structural Elements by Using Combined Non-Destructive Tests**", M.Sc. Thesis, University of Baghdad, 2012.

14- British Standards Institution. B.S 1881, Part 116, 1983 "**Recommendation for Measurement of Velocity of Ultrasonic Pulses in Concrete**".