الإختبارات الغير متلفه للخرسانه

Non-Destructive Testing of Concrete

١- الهدف والمجال Scope

تهدف الإختبارات غير المتلفة للخرسانة إلى إختبار العضو الخرسانى دون حدوث أى تلف أو إنهيار به. وتتنوع الإختبارات تبعاً لنظرية إجرائها ومن أهم طرق هذه الإختبارات ما يلى:

١- طرق الإشعاع
٢- طرق الصلادة وتشمل نوعين من الإختبار:
أ - الإختبار بطريقة العلامة
ب- الإختبار بطريقة الإرتداد
٣- طرق النبضات
٤- طرق الرنين

- اهم تطبيقات الإختبارات غير المتلفه

١- أختبار مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة.
٢- إختبار صلادة السطح.
٣- تحديد أماكن حديد التسليح.
٤- كشف الشروخ الداخلية وتحديد أماكنها وأتساعها.
٥- تعيين محتوى الرطوبة.
٦- تعيين الكثافة.
٧- قياس معاير المرونة للخرسانة.

وتعتبر إختبارات مقاومةالضغط من أهم الإختبارات التى تساعد المهندس الإنشائى فى كتابة تقرير هندسى عن حالة مبنى قائم.

- أسباب اللجوء لهذه الإختبارات

١- عدم إجراء إختبارات مقاومة الضغط للخرسانة.
٢- عند وجود مشكلة بالمنشأ - مثل ظهور شروخ وتصدعات.
٣- عدم إلتزام المقاول ببعض التعليمات مثل فك الشدات المبكر والصب دون إشراف هندسى.
٤- عدم قيام المقاول بإتمام أعمال المعالجة للخرسانة.
٥- عند الشك فى نوع الأسمنت المستخدم.
٦- ورود نتائج إختبارات مقاومة الضغط غير مطابقة للمقاومة المطلوبة وقد يكون ذلك نتيجة ضعف الخرسانة أو نتيجة أسباب أخرى مثل:
- طريقة أخذ مكعبات الخرسانة.
- طريقة وضع المكعب فى الماكينة ومعدل توقيع الحمل على العينة.
- سقوط المكعب أثناء المناولة.
- فك المكعب قبل مرور ٢٤ ساعة.

- كسر المكعبات قبل مرور المدة المطلوبة (٧ أو ٢٨ يوم).
- ترك المكعبات دون معالجة حتى تاريخ الإختبار.
- عدم تجانس خرسانة المكعب (أثناء أخذها).
- تكسير أحرف المكعب عند فك القوالب نتيجة عدم إستخدام مادة عازلة.

- اهم الإختبارات الشائعة الإستعمال في مجال إختبارات الخرسانه

١- إختبار مطرقة شميدت Schmidt Hammer

٢- إختبار قياس سرعة النبضات Ultrasonic Pulse Velocity

٣- إختبار القلب الخرسانى (نصف متلف) Core Test

٤- إختبار التحميل للعناصر الإنشائية Loading Test

مطرقة شميدت Schmidt Hammer

تستخدم مطرقة شميدت لتعيين رقم الإرتداد Rebound Number حيث يعتمد عمل الجهاز على النظرية التى تنص على أن قوة إرتداد كتلة مرنة يعتمد على قوة السطح الذى تصطدم به.

ويستخدم رقم الإرتداد هذا فى الإسترشاد عن القيمة التقريبية لمقاومة الضغط للخرسانة.

مميزات مطرقة شميدت

١- جهاز صغير الحجم يمكن إستعماله فى المواقع وحمله فى اليد.
٢ - يعطى نتائج سريعة لمقاومة الضغط وسهل الإستعمال.
٣ - لا يسبب تلف للخرسانة.
٤ - جهاز لا يتطلب إحتياطات معقدة.
٥ - أرخص الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض.
٦ - يتحمل العمل الشاق فى جو التنفيذ مقارنة بالأجهزة الأخرى.
٧ - سهولة معايرته من وقت لآخر.

طريقة عمل الجهاز

١- بالضغط الخفيف على زرار بالجهاز تخرج الرأس المتحرك Plunger.
٢- يوضع الجهاز عموديا على المكان المراد إختباره ثم يضغط الجهاز فتنزلق الرأس إلى داخل لجهاز وقبل إختفائها ينفك الشاكوش ويحدث طرقة على الرأس (صدمة).
٣- عند حدوث الصدمة يجب أن يكون الجهاز عمودياً تماماً على السطح المختبر ولا يُلمس الزرار Button الموجود على الجهاز.
٤- عند الاصدام يرتد الشاكوش الطارق بمقدار يتناسب مع صلادة السطح المختبر محركاً مؤشر يتحرك على مقياس لتعيين قيمة الإرتداد.
٥- يُنقل الجهاز إلى نقطة أخرى وتُكرر العملية.
٦- بعد إنتهاء العمل يُعاد الجهاز إلى وضعه الأصلى بجعل الرأس داخل الجهاز.

أنواع الأجهزه

تختلف الأجهزة من حيث قراءة رقم الإرتداد إلى نوعين كما فى شكل:

أ - أجهزة تقرأ النتيجة على تدرج بجسم الجهاز.
ب - أجهزة مزودة بأداة تسجيل للقراءة على شريط ورقى.

يفضل النوع الثاني للأسباب الآتيه:

١ - يمكن لشخص واحد إستخدامه حيث أن تسجيل القراءة يتم أوتوماتيكيا.
٢- يعتبر أسهل فى الإستخدام و يمكن الرجوع إلى التسجيل البيانى للقراءة فى أى وقت.
٣ - منع التلاعب أثناء إستخدام الطريقة الأولى عند تدوين القراءة بواسطة شخص آخر غير الذى يقوم بأخذ القراءات.
٤- نسبة الخطأ أقل من الحالة الأولى.

(أ) مطرقة عادية.

(ب) مطرقه مزوده بشريط ورقي لكتاية النتائج

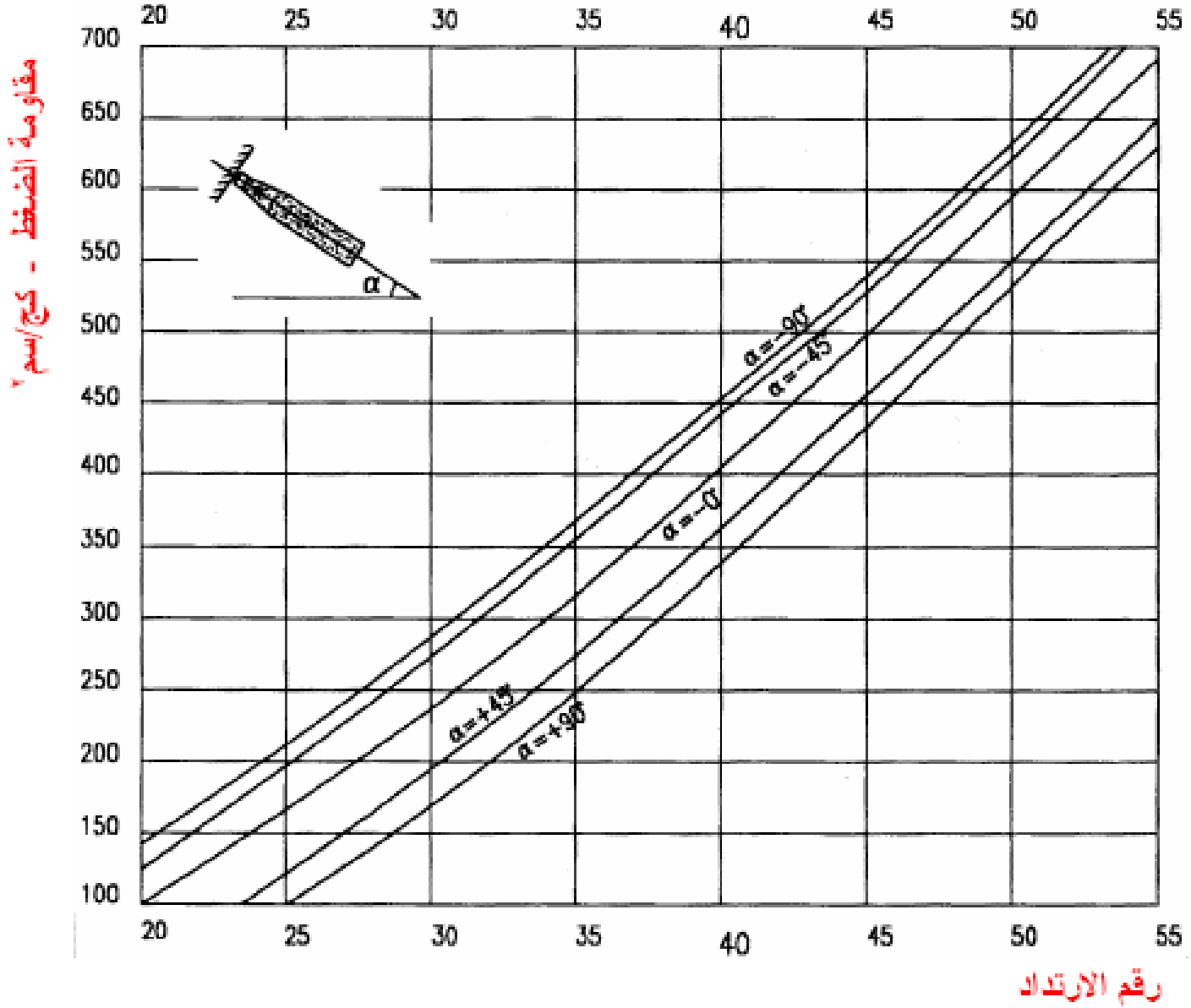
جـ - أجهزه رقميه تعطي نتائج مقاومة الضغط مباشره.

طريقة الإختبار وإعداد النتائج

١- تحدد مساحة على العضو الإنشائى فى حدود ٣٠ ×٣٠ سم.
٢- يؤخذ عدد من القراءات حوالى ١٥ قراءة موزعة داخل المساحة.
٣- لا تقل المسافة بين كل قرائتين عن ٢,٥ سم.
٤- يعمل كروكى للجزء المراد إختباره وتحدد عليه مواقع النقط.
٥- لكل نقطة على حدة يحسب متوسط رقم الإرتداد وتحذف القراءات الشاذة بحيث لا يزيد الفرق بين أى رقم إرتداد و المتوسط عن ٥ وحدات. ويعتبر رقم الإرتداد مقبول إذا كان ثلثى القراءات لا تنحرف عن المتوسط بمقدار ±٢,٥ وحده.
٦- يتم تحويل رقم الإرتداد المتوسط الخاص بكل نقطة إلى مقاومة ضغط نيوتن/مم٢ أو كج/سم٢ بإستخدام جدول (١) أو الشكل (٤).
٧- توضع النتائج الخاصة بجميع النقط فى جدول وتحسب مقاومة الضغط المتوسطة للخرسانة بحيث لا يزيد معامل الإختلاف لمفردات مقاومة الضغط عن ١٥%.

R	عمر الخرسانه ١٤ - ٥٦ يوم				عمر الخرسانه ٧ أيام			
	القيمه المتوسطه		أقل قيمه محتمله		القيمه المتوسطه		أقل قيمه محتمله	
	kg/cm²	MPa	kg/cm²	MPa	kg/cm²	MPa	kg/cm²	MPa
20	101	9.9	54	5.3	121	11.9	74	7.3
21	113	11.1	64	6.3	132	12.9	83	8.1
22	126	12.4	75	7.4	145	14.2	94	9.2
23	139	13.6	86	8.4	157	15.4	104	10.2
24	152	14.9	98	9.6	169	16.6	115	11.3
25	166	16.3	110	10.8	183	18.0	127	12.5
26	180	17.7	122	12.0	196	19.2	136	13.3
27	195	19.1	135	13.2	210	20.6	150	14.7
28	210	20.6	149	14.6	225	22.1	164	16.1
29	225	22.1	163	16.0	239	23.4	177	17.4
30	241	23.6	176	17.3	254	24.9	191	18.7
31	257	25.2	193	18.9	269	26.4	205	20.1
32	274	26.9	209	20.5	285	28.0	220	21.6
33	291	28.5	225	22.1	300	29.4	234	23.0
34	307	30.1	240	23.5	315	30.9	248	24.3
35	324	31.8	256	25.1	331	32.5	263	25.8
36	342	33.6	273	26.8	348	34.1	279	27.4
37	360	35.3	290	28.4	365	35.8	295	28.9
38	377	37.0	307	30.1	381	37.4	311	30.5
39	395	38.7	324	31.8	398	39.0	327	32.1
40	413	40.5	341	33.5	416	40.8	344	33.7
41	432	42.4	359	35.2	434	42.6	361	35.4
42	450	44.1	377	37.0	451	44.2	378	37.1
43	469	46.0	395	38.7	470	46.1	396	38.8
44	488	47.9	414	40.6	488	47.9	414	40.6
45	507	49.7	432	42.4	507	49.7	432	42.4
46	526	51.6	451	44.2	526	51.6	451	44.2
47	546	53.5	470	46.1	546	53.5	470	46.1
48	565	55.4	489	48.0	565	55.4	489	48.0
49	584	57.3	508	49.8	584	57.3	508	49.8
50	604	59.3	527	51.7	604	59.2	527	51.7
51	623	61.1	546	53.6	623	61.1	546	53.6
52	643	63.1	565	55.4	643	63.1	565	55.4
53	663	65.0	584	57.3	663	65.0	584	57.3
54	683	67.0	593	58.2	683	67.0	603	59.2
55	703	69.	622	61.0	703	69.0	622	61.0

جدول (١)
مقاومة الضغط بدلالة
رقم إرتداد المطرقه (R)



شكل (٤)
العلاقه بين مقاومة الضغط ورقم الإرتداد (R)

زاوية ميل الجهاز

تمت معايرة هذه الأجهزة على الوضع الأفقى أى لإختبار أسطح رأسية مثل الحوائط والأعمدة وبذلك أعتبرت زاوية ميل الجهاز بالنسبة للمستوى الأفقى $\alpha = 0$.

يمكن أستخدام الجهاز للأسطح المائله بزاوية ٤٥ $\alpha = \pm 45$

أوفى الوضع رأسيا لإختبار الأسقف $\alpha = +90$

أو الأرضيات وفى هذه الحالة $\alpha = -90$

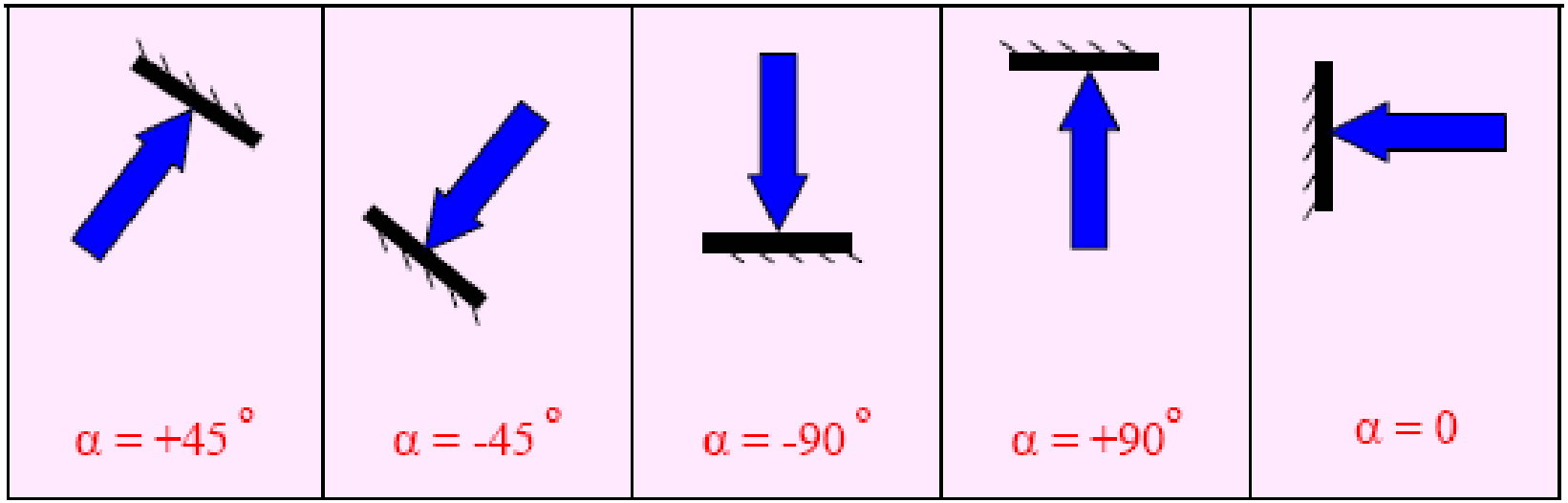
يتم تصحيح القراءات طبقا للمنحنيات المناسبة من الشكل أو الجدول التالي.

فى حالة الزوايا الموجبة يتم التصحيح بطرح بعض القيم من قراءة المؤشر نتيجة تأثير الجاذبية الأرضية أما فى حالة الزوايا السالبة فيتم التصحيح بإضافة بعض القيم الى قراءة المؤشر.

التصحيح الخاص بزاوية
ميل مطرقة الإرتداد

رقم الإرتداد (R)	التصحيح الخاص بتأثير زاوية ميل المطرقة			
	لأعلى ↑		لأسفل ↓	
	$+90^{o}$	$+45^{o}$	-45^{o}	-90^{o}
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

إستخدام المطرقه بزوايا مختلفه



إحتياطات عامه عند إجراء الإختبار

١- أن يكون الجهاز المستخدم معاير قبل الإستخدام.
٢- يكون السطح المختبر نظيف خالى من التعشيش أو المسامية.
٣- يكون السطح خالى من النتوءات وبعيد عن أماكن أعمال الخرسانة.
٤- تنظف الأسطح المختبرة باحجار الكاربورندوم المزودة مع الجهاز.
٥- لا توضع مقدمة الجهاز على زلط أو حديد تسليح فى الخرسانة المتصلدة.
٦- تزال أى مونة أو طبقات بياض قبل إجراء الإختبار وينظف مكان أخذ القراءات.
٧- فى حالة الأسطح الأفقية تزال طبقة الخرسانة الضعيفة (الجزء الزائد بالماء نتيجة النضح).
٨- فى حالة الخرسانة القديمة يتم إزالة السطح المتصلد لمسافة واحد سنتيمتر بواسطة صاروخ يدوى ذو قرص حوالى ١٢,٥سم حيث أن هذه الطبقة لا تمثل الخرسانة.

٩- حيث أن الخرسانة تكون أكثر دمكا فى الأجزاء السفلية من العضو الإنشائى فيتم أختبار النقط فى المناطق العلوية.

١٠- يفضل إستخدام الأسطح الرأسية لإجراء الإختبارات - أعمدة - حوائط خرسانية – جوانب كمرات - جوانب قواعد.

١١- فى حالة الأعضاء النحيفة (أسقف ١٠سم - أعمدة ١٥سم) تؤخذ إحتياطات خاصة حيث أن مرونة هذه الأعضاء قد تؤثر على رقم الإرتداد.

١٢ - الأسطح المبلله: قد نضطر الى إستخدام الجهاز فى حالة الأسطح المبللة وذلك فى الأماكن القريبه من مصادر المياه (مثل دورات المياه) وفى المنشآت المائية وكذلك فى أحواض السباحة. وفى هذه الحالة فإن المطرقة تعطى نتائج مضللة تقل بحوالى ٣٠% عن القيمة الحقيقية. ولذلك تستخدم جداول خاصة بالتصحيح (أو إجراء إختبارى مطرقة شميدت وسرعة النبضات معا).

Ultrasonic Pulse Velocity الموجات فوق الصوتيه

الفكره العامه

فى هذه الطريقة يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسرى خلال الجزء المختبر ويتم تعيين زمن إنتقالها. حيث وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها.

جهاز الموجات فوق الصوتية الشائع الإستخدام فى مجال الخرسانة.

إستخدامات طريقة الموجات فوق الصوتيه

تستعمل هذه الطريقة فى مجال الخرسانة لإستنتاج الآتى:

١- قيمة مقاومة الخرسانة للضغط.
٢- قياس معاير المرونة للخرسانة.
٣- مدى تجانس الخرسانة.
٤- إكتشاف الشروخ والفجوات بالخرسانة.
٥- تحديد درجة تلف الخرسانة.
٦- قياس عمق طبقة الخرسانة.
٧- مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط.

طريقة إجراء الإختبار

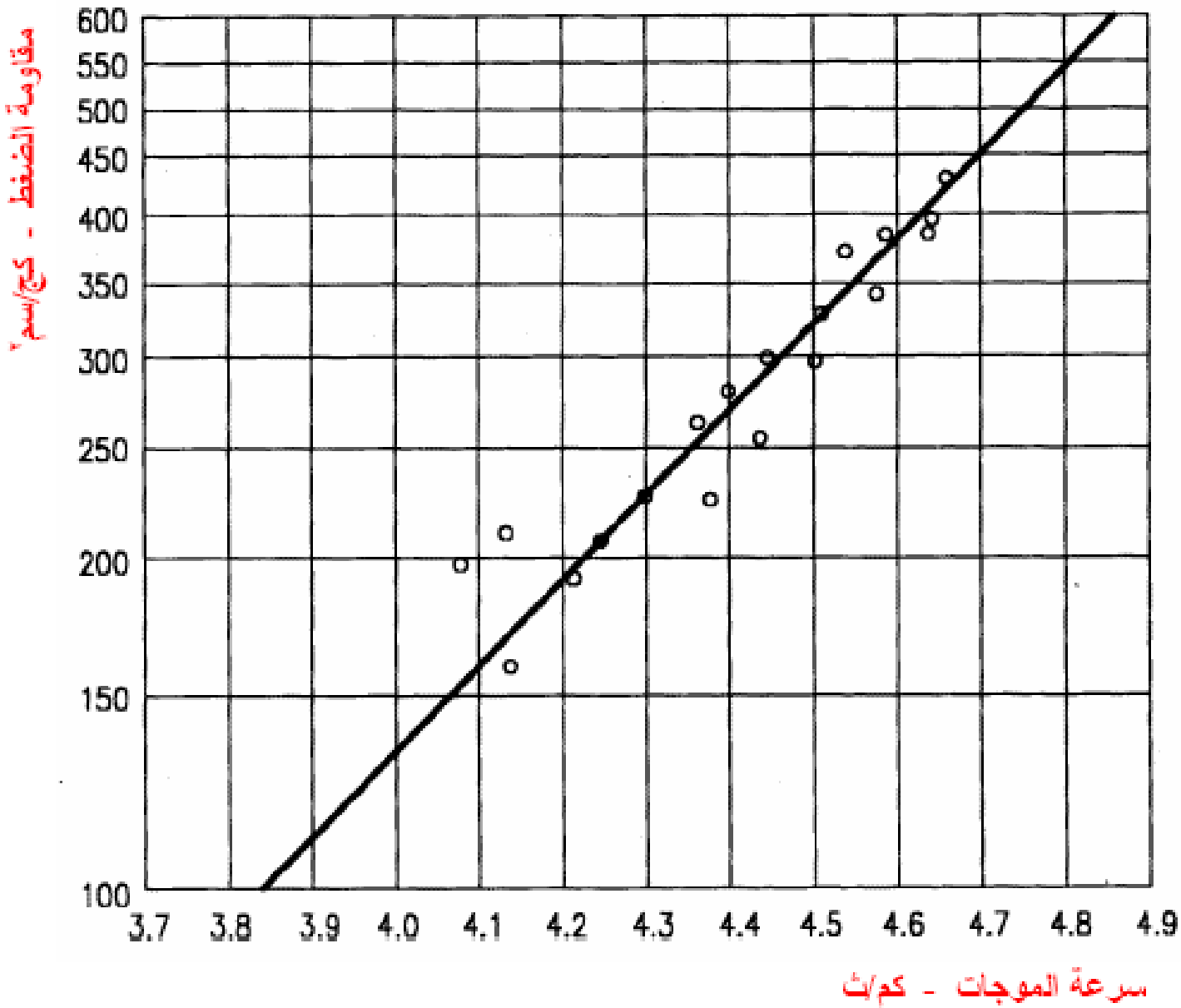
١- يتطلب إجراء هذا الإختبار كفاءة عالية.
٢- إستخدام أجهزة لإنتاج نبضات مناسبة مع المادة.
٣- يتم ضبط الجهاز مع جزء المعايرة المرفق مع الجهاز قبل بدء الإختبار على العينة.
٤- يتم قياس المسافة التى تسيرها النبضات Path Length بدقة (أى طول السير).
٥- يوضع المرسل Transmitter والمستقبل Receiver على العينة وأن يكون الإتصال تام بين سطحى المرسل والمستقبل وسطح العينة (يستخدم لهذا الغرض الشحم أو عجينة الجلسرين أو الصابون السائل).

٦- عند وضع المرسل والمستقبل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت النتائج بين قرائتين يؤخذ المتوسط.

٧- يكون الرقم معبراً عن الوقت **T** لسريان النبضات خلال الجزء المختبر.
٨- تكون سرعة النبضات **(V)** كالآتى:

V = L / T km/sec.
L = Length طول المسار المقاس
T = Transit Time زمن إنتقال الموجة

٩- يستخدم منحنى المعايرة الخاص كما بالشكل لإيجاد مقاومة ضغط المكعب المكافئ. وقد وضع هذا المنحنى على أساس إختبار مجموعة كبيرة من العينات ذات المقاومة المختلفة وتم قياس سرعة النبضات فى كل حالة. دقة النتائج تتراوح بين ± ٢٠% من القيمة الفعلية لمقاومة الضغط.



العلاقه بين سرعة الموجات ومقاومة الضغط

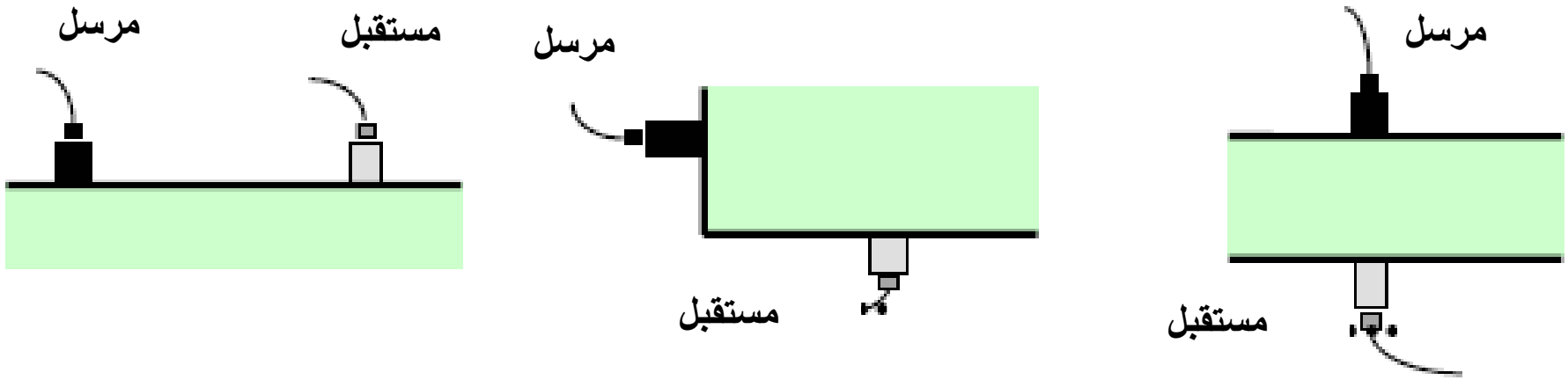
Transducers Arrangement وضع المرسل والمستقبل

توجد ثلاث طرق لوضع المرسل والمستقبل كما بالشكل هي:

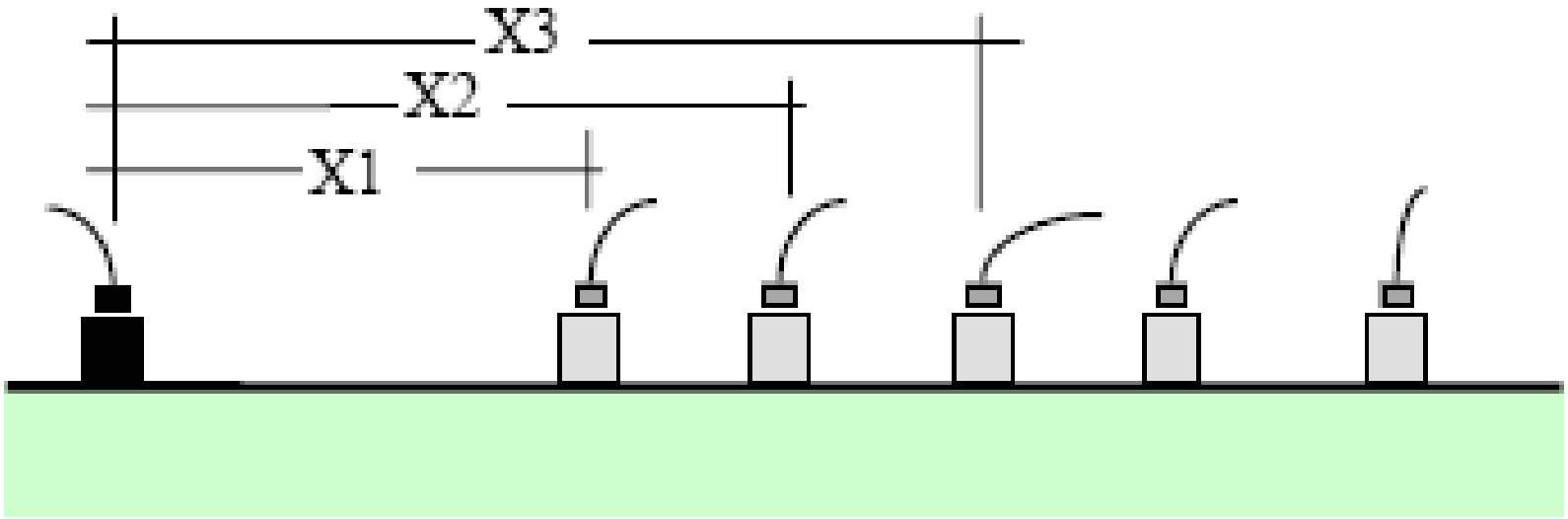
١- فى إتجاهين متضادين (قياس مباشر) Direct Transmission
٢- فى الجوانب المجاورة (نصف مباشر) Semi-direct Transmission
٣- فى نفس السطح (قياس غير مباشر) Indirect Transmission

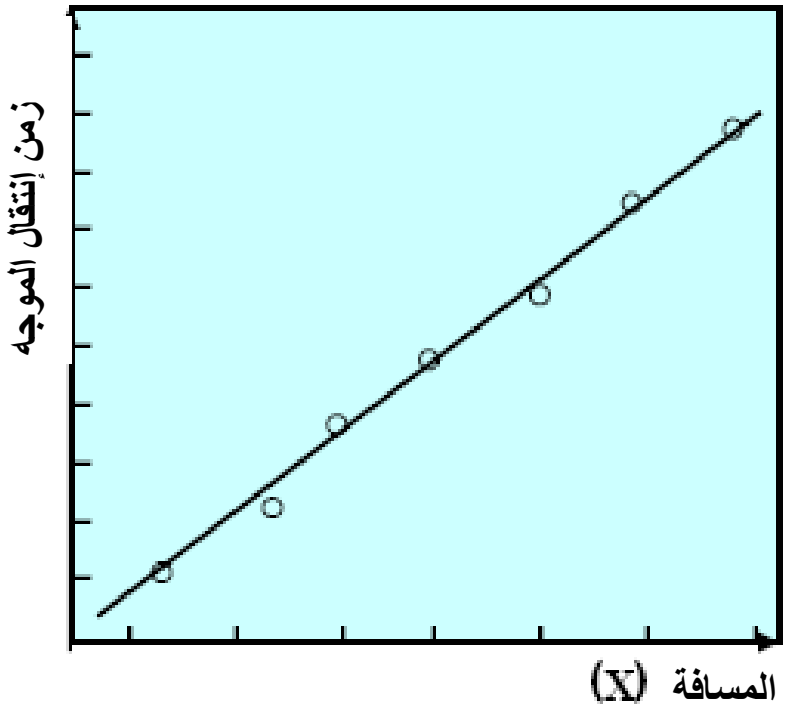
تستخدم الطريقة الأولى فى حالة إمكانية وضع المرسل والمستقبل بهذا الوضع ويمثل ذلك أفضل وضع. أما فى الطريقة الثانية فيتم الإنتقال على طول السطح وذلك فى حالة إمكانية الوصول الى سطح واحد فقط من العنصر المختبر. وفى هذه الحالة تكون العملية أقل كفاءة من السابق لأن أكبر طاقة تتجه إلى داخل الخرسانة.

والطريقة الغير مباشرة لا تعطى معلومات عن الخرسانة الضعيفة والتى تكون تحت السطح القوى المتصلد كما أن تحديد طول المسار أقل دقة وقد وجد أن السرعة فى هذه الحالة أقل من الحالة المباشرة.



الأوضاع المختلفه للمرسل والمستقبل





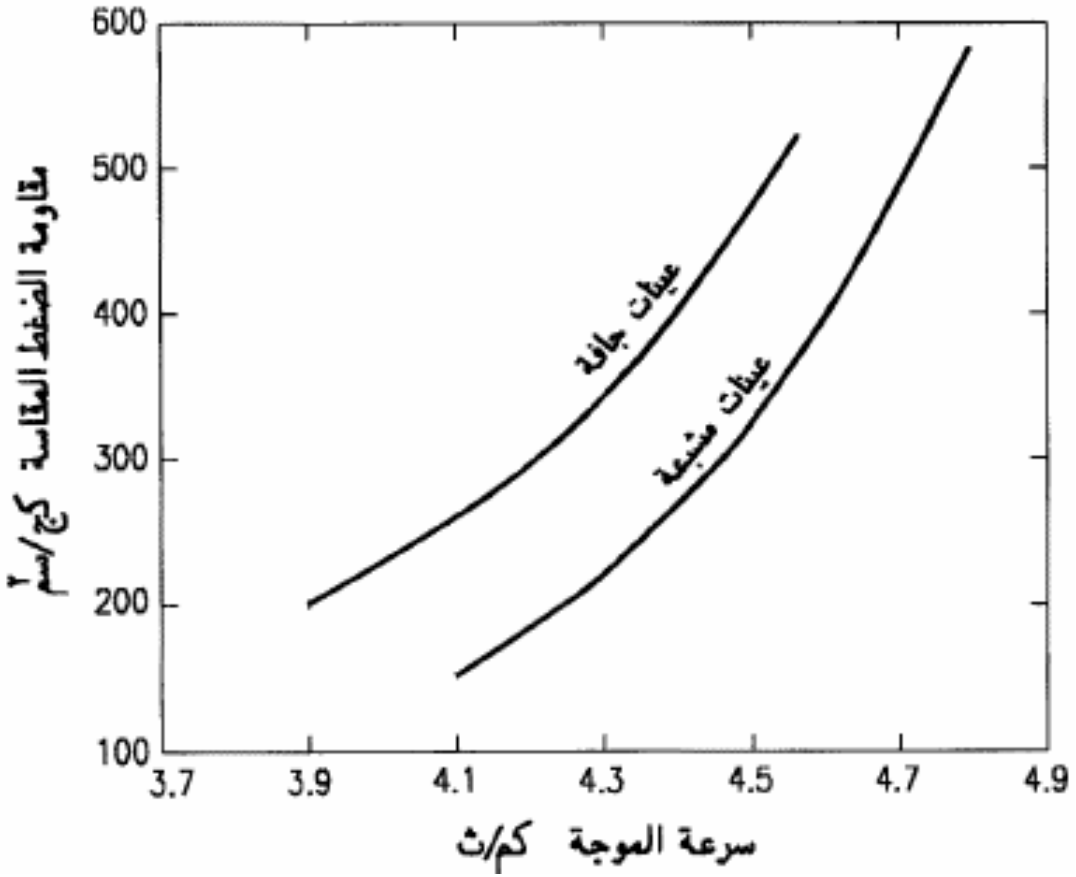
العلاقه بين زمن إنتقال الموجه والمسافه (X) في القياس غير المباشر

الإستخدام غير المباشر على طول السطح المختبر

العوامل المؤثره على النتائج

١ـ نسبة الرطوبة

العينات المشبعه تعطى نتائج أعلى من العينات الجافة (عكس إختبار مطرقة شميدت ولهذا أمكن دمج الطريقتين معا) انظر الشكل.



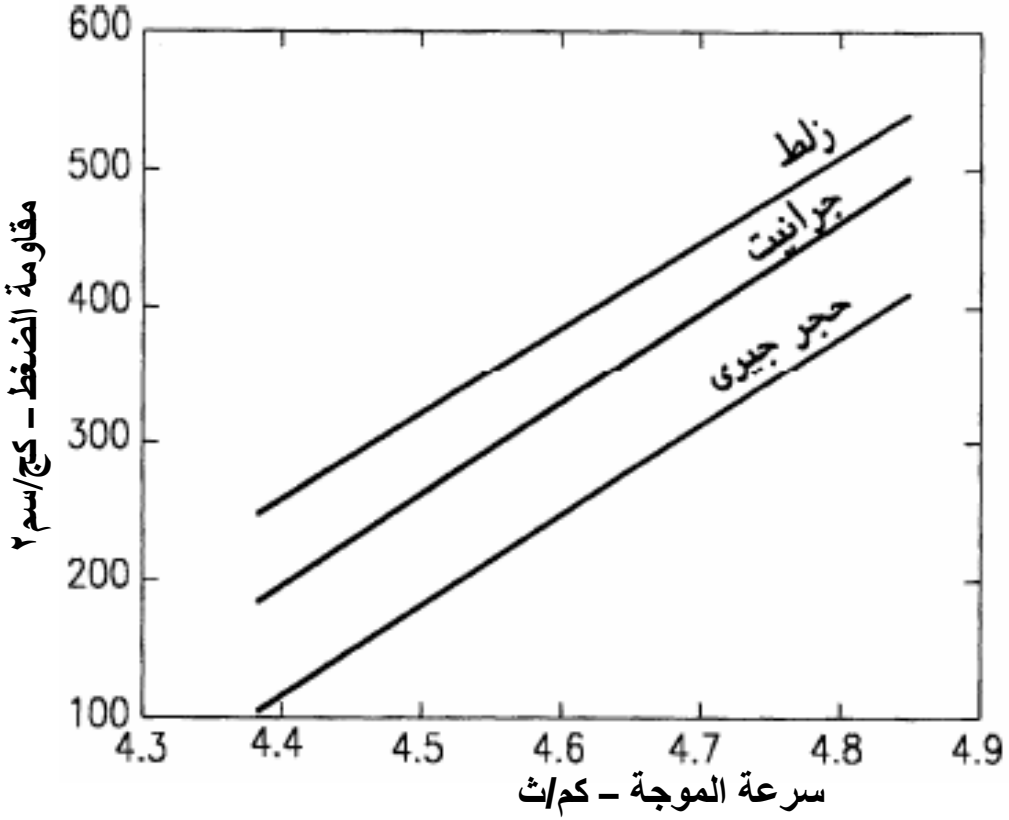
تأثير حالة رطوبه العينه على سرعة الموجات

٢- درجة الحرارة

درجات الحرارة العادية لا تؤثر على سرعة النبضات.

٣- نوع الركام

يتأثر زمن إنتقال النبضات بنوع الركام المستخدم وشكله وحجمة ونسبة الخلط لذلك يعمل منحنيات خاصه لكل نوع ركام على حده كما بالشكل.



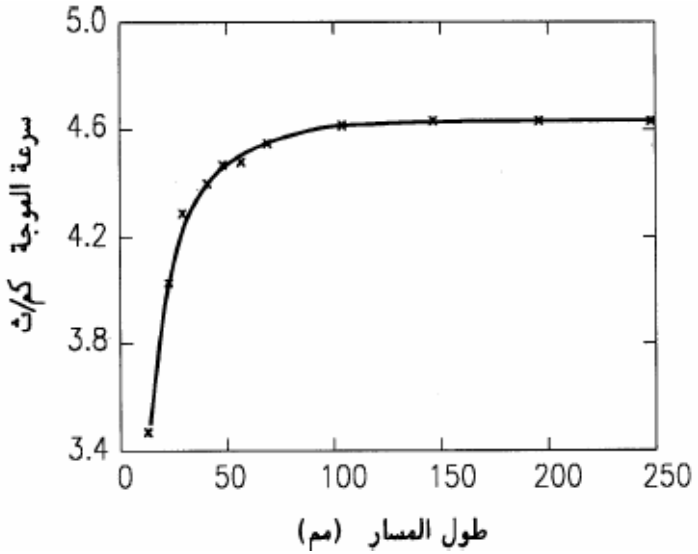
تأثير نوع الركام على نتائج الموجات

٤- تأثير درجة التصلد

الخرسانة التى وصلت لدرجة تصلد تعادل ٥٠% من قوتها لا تؤثر على سرعة سريان الموجات.

٥- تأثير طول المسار

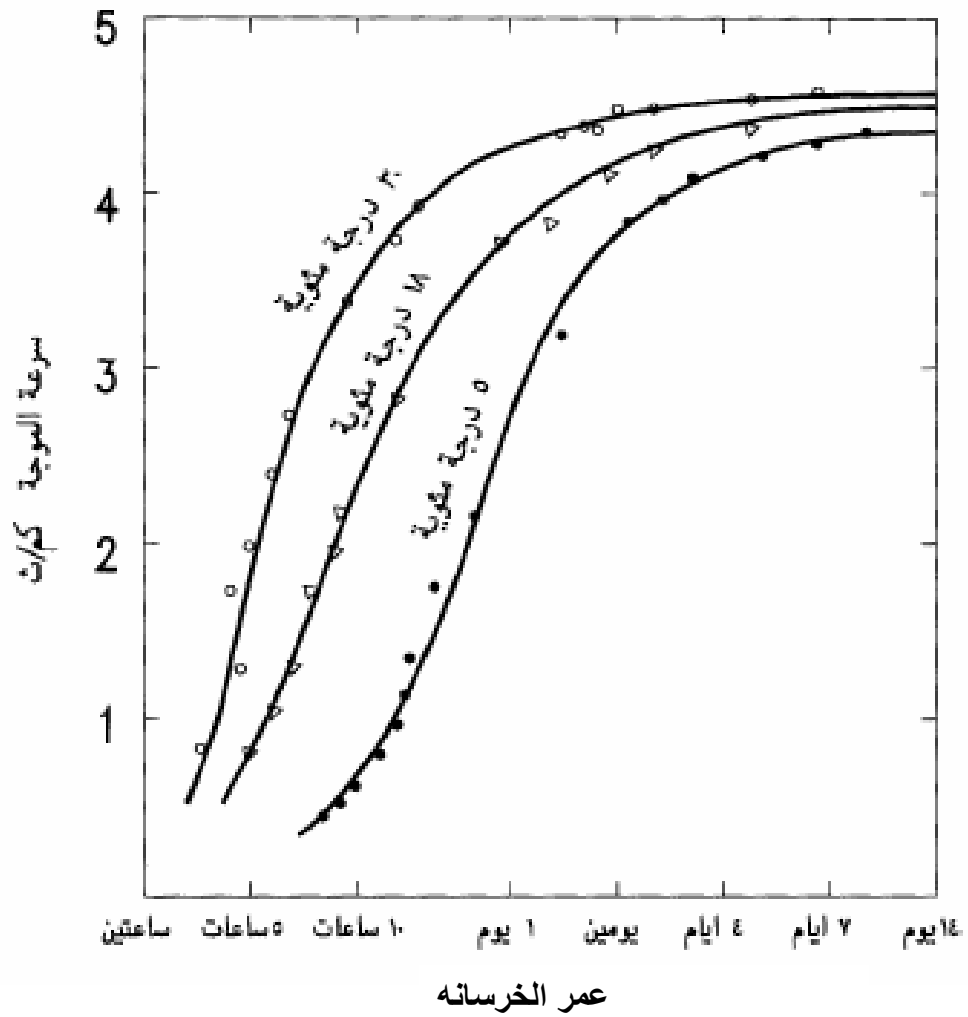
لا يؤثر طول المسار على نتائج قياس سرعة النبضات مع ملاحظة أن لا يكون صغيراً جداً وإلا سيكون الوسط الغير متجانس للخرسانة ذات تأثير كبير. وقد وُجد أن سمك أكبر من ١٠٠مم أو ١٥٠مم مع إستخدام ركام من ٢٠ مم إلى ٤٠ مم يعتبر غير مؤثر على النتائج كما بالشكل.



تأثير طول مسار الموجه

٦- تأثير عمر الخرسانه

تتأثر سرعة الموجات بزيادة العمر حتى عمر ٧ أيام كما بالشكل.

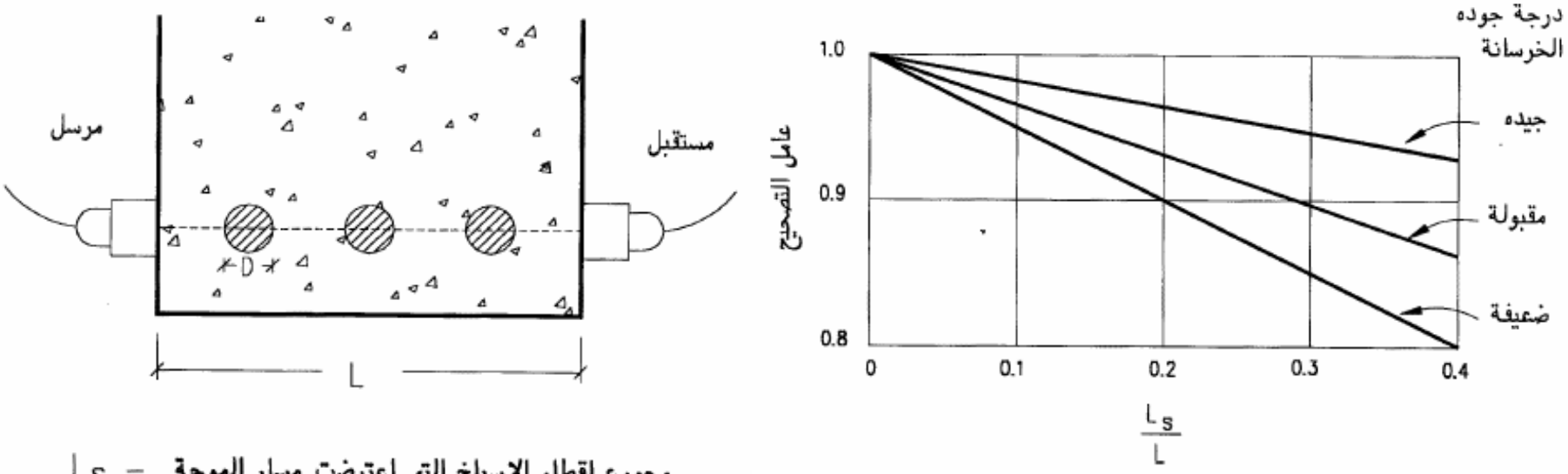


تأثير عمر الخرسانه على نتائج الموجات

٧- تأثير حديد التسليح

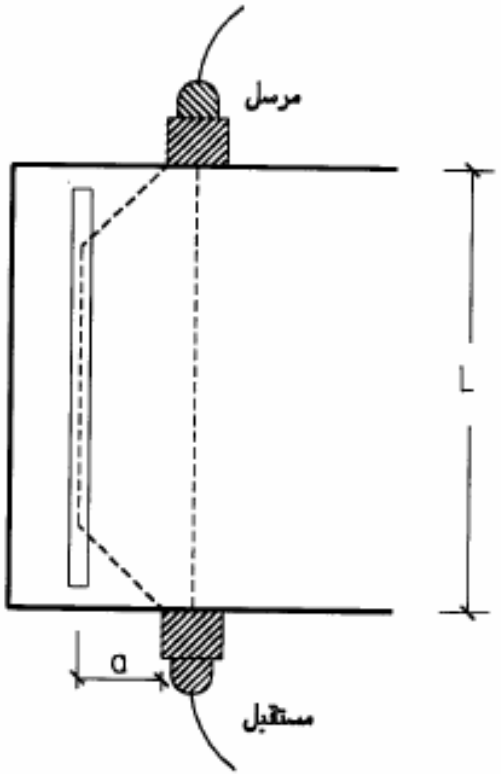
يفضل تفادى حديد التسليح إذا أمكن ذلك حيث أن له تأثير فى زيادة سرعة النبضات (سرعة النبضات فى الحديد ٥,٩ كم/ث). هذا وتوجد حالتين لوضع حديد التسليح بالنسبة لخط سريان النبضات.

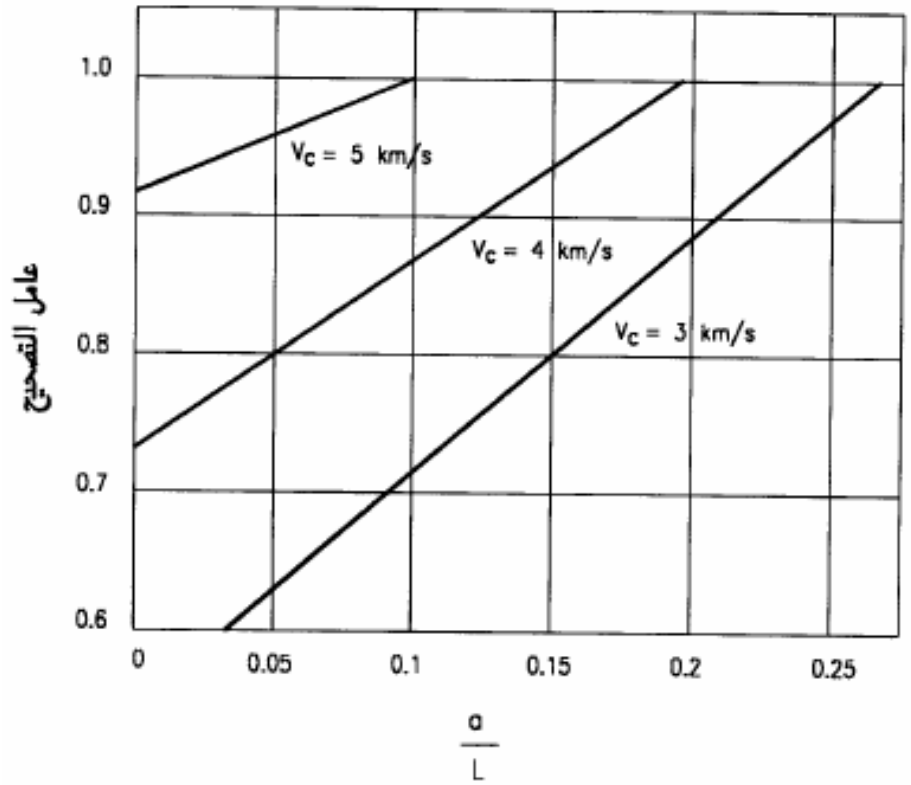
الحالة الأولى أن يكون محور السيخ عمودى على مسار النبضات وفى هذه الحالة تتأثر القراءات بقطر الأسياخ التى تعترض مسارها ويتم تطبيق معامل تصحيح يعتمد على قطر الأسياخ بالخرسانة كما هو مبين بالشكل.



تأثير حديد التسليح العمودي على اتجاه الموجات

الحالة الثانية عندما يكون محور السيخ موازى لخط السريان فى هذه الحالة تخرج أول موجه وتتجه لتسير خلال السيخ فى المنطقة الموجود فيها. فى هذه الحالة يطبق معامل تصحيح كما مبين بالشكل.





تأثير حديد التسليح الموازي لإتجاه الموجات

إستعمالات أخرى

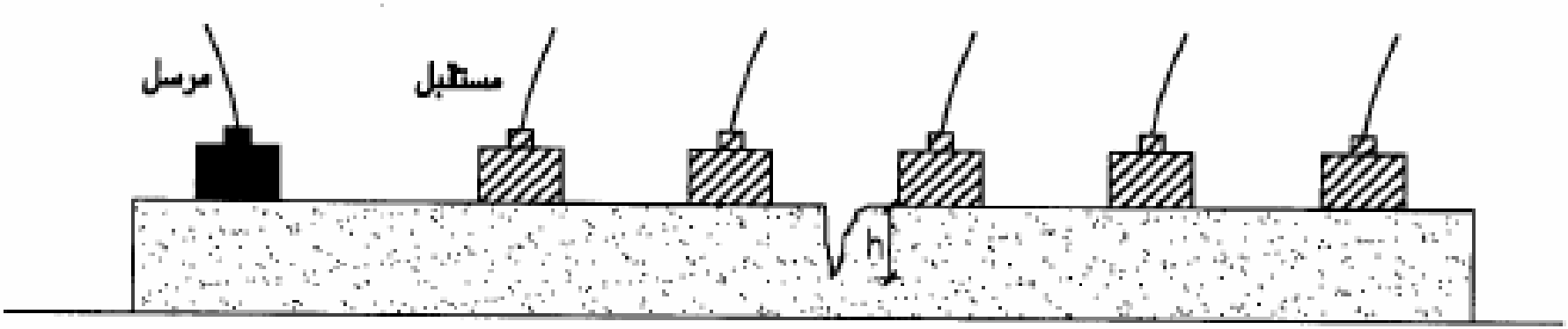
فيما يلى نذكر بإيجاز بعض الإستعمالات الأخرى لجهاز الموجات فوق الصوتية فى مجال الخرسانة.

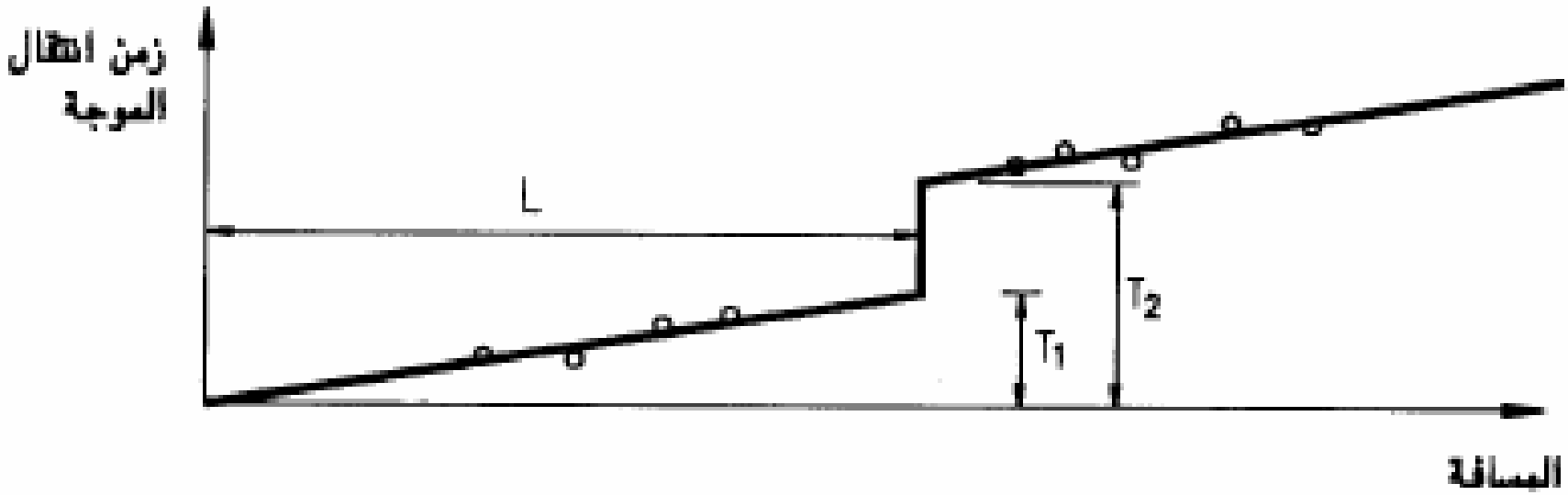
- ***قياس درجة التجانس فى الخرسانه***

معامل الإختلاف للسرعات **(V)** يعطى دلالة عن حالة تجانس الخرسانة وقد أُعتبر أن معامل إختلاف مقداره ١,٥ - ٢,٥% يدل على أن الخرسانة جيدة وذلك فى حالة إجراء الإختبار على القلوب الخرسانية Core Sample ويعتبر الإختلاف من ٦ إلى ٩% مناسب فى حالة إجراء الإختبار على العنصر الإنشائى ذاته.

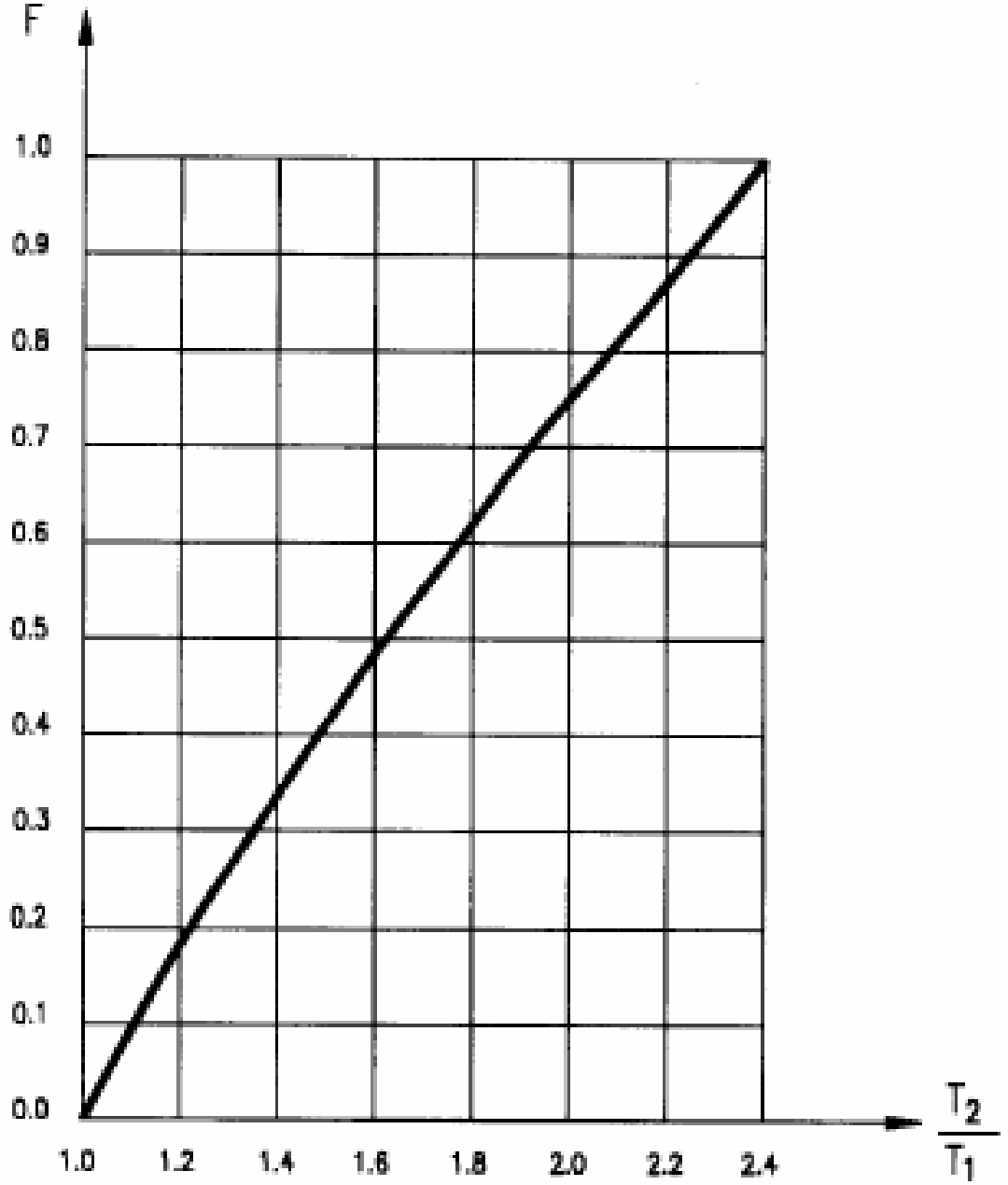
- ***إكتشاف الشروخ والفجوات***

تعتمد فكرة إستخدام الجهاز فى إكتشاف الشروخ والفجوات على حقيقة أن النبضات لاتسرى فى الفراغ فتسلك الموجه مساراً أطول وعليه تختلف السرعة. حيث أن زمن إنتقال النبضات يزيد نتيجة لوجود الشروخ ويمكن معرفة ذلك مقارنة بزمن الإنتقال خلال الخرسانة السليمة للتعرف على خواص وطبيعة الشرخ والفجوات بدقة ± ١٥%. كذلك يمكن قياس عمق الشرخ تقريبياً وذلك بإستخدام العلاقة والمنحنى الموضح فى شكل.





$$h = \frac{L}{2}\left(\frac{T_2}{T_1} - \frac{T_1}{T_2}\right) = F.L$$



$\frac{T_2}{T_1}$	F
1.0	0.0
1.1	0.095
1.2	0.183
1.3	0.265
1.4	0.343
1.5	0.417
1.6	0.488
1.7	0.556
1.8	0.622
1.9	0.687
2.0	0.750
2.2	0.873
2.4	0.992

تحديد عمق الشرخ بإستخدام الموجات فوق الصوتيه

- تحديد درجة تلف الخرسانه

تستعمل الموجات فى التعرف على درجة تلف الخرسانة الناتج من تأثير حريق أو عوامل كيمائية أو ميكانيكية وذلك بتحديد سرعة الموجات بالأجزاء السليمة من العنصر الإنشائى وإعتبار أن سرعة إنتقال الموجه خلال الطبقة التالفة مساوياً للصفر. وتحسب عمق الطبقة التالفة من العلاقة:

$$t = (TV_c - L)$$

حيث:

t = عمق الطبقة التالفة

V_c = السرعة الفعلية للموجات خلال الخرسانة

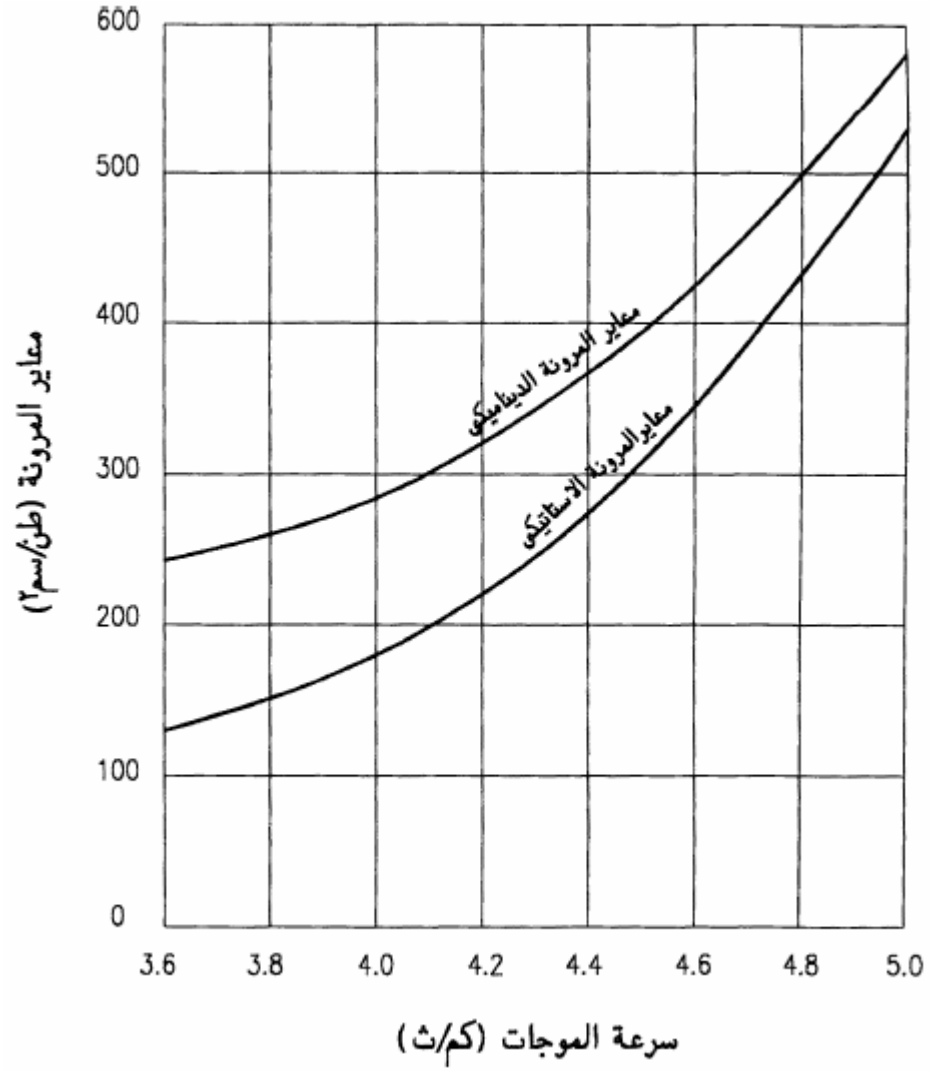
T = زمن إنتقال الموجة خلال الخرسانة الموجودة

L = طول مسار الموجه خلال الخرسانة

ونسبة الخطأ فى هذه العلاقة كبير فى حالة عدم الدقة فى القياس.

- ***قياس معاير المرونه***

تستعمل جهاز الموجات فوق الصوتية أيضاً فى قياس معاير المرونة للخرسانة وذلك بإستخدام منحنيات تم معايرتها على خرسانات ذات قيم مختلفة لمعاير المرونة كما بشكل

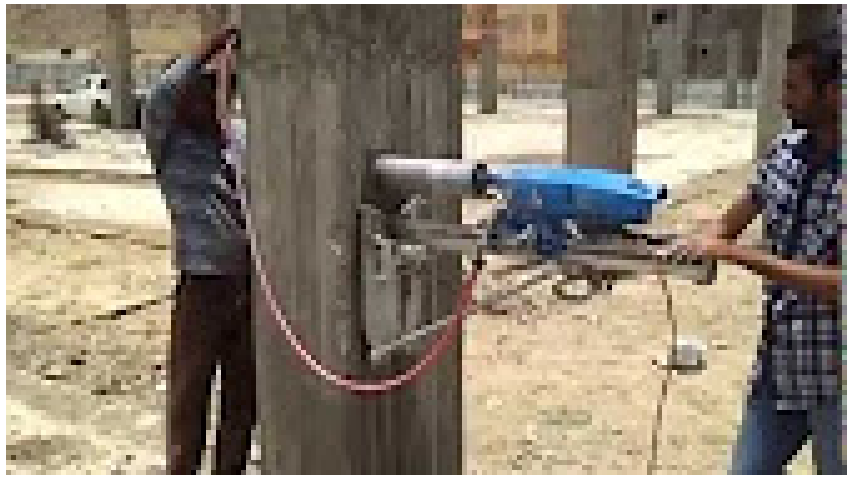


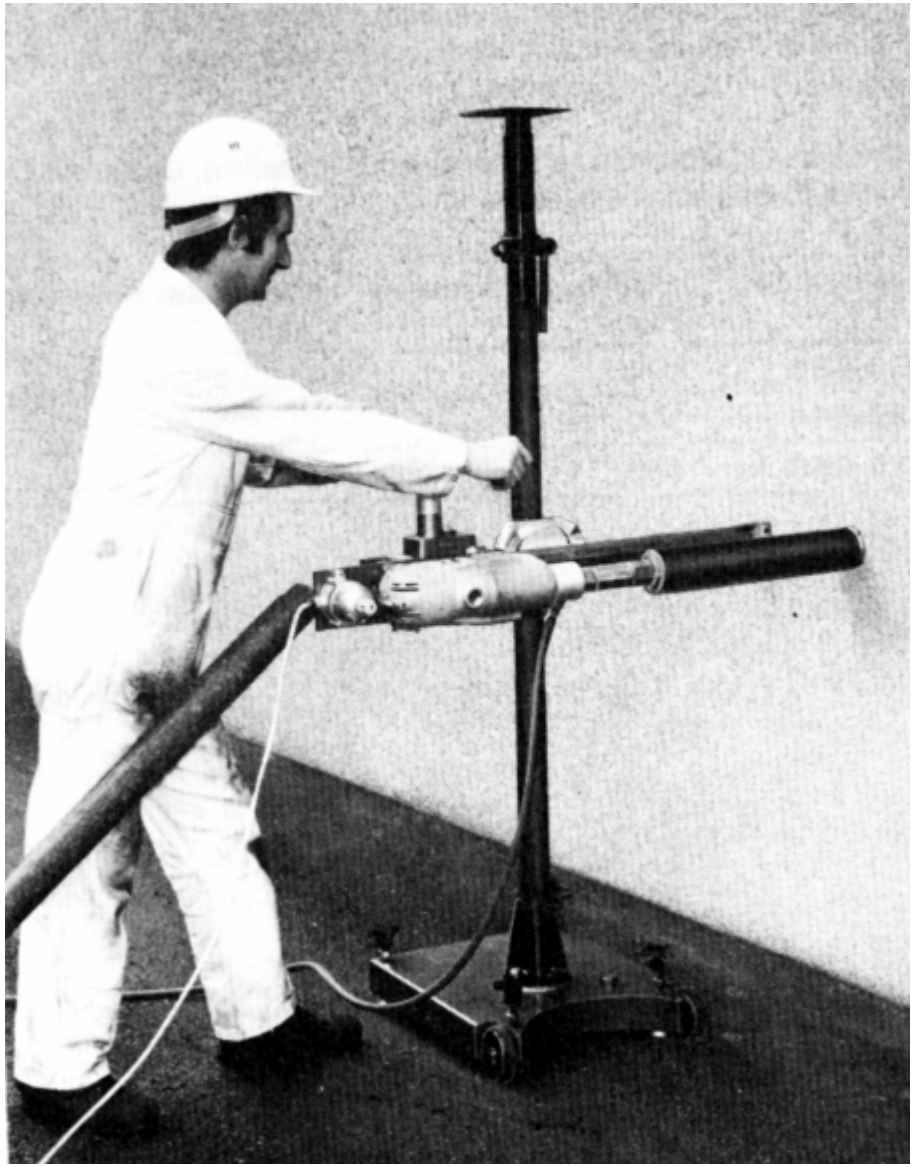
قياس معاير مرونة الخرسانه
بإستخدام الموجات فوق الصوتيه

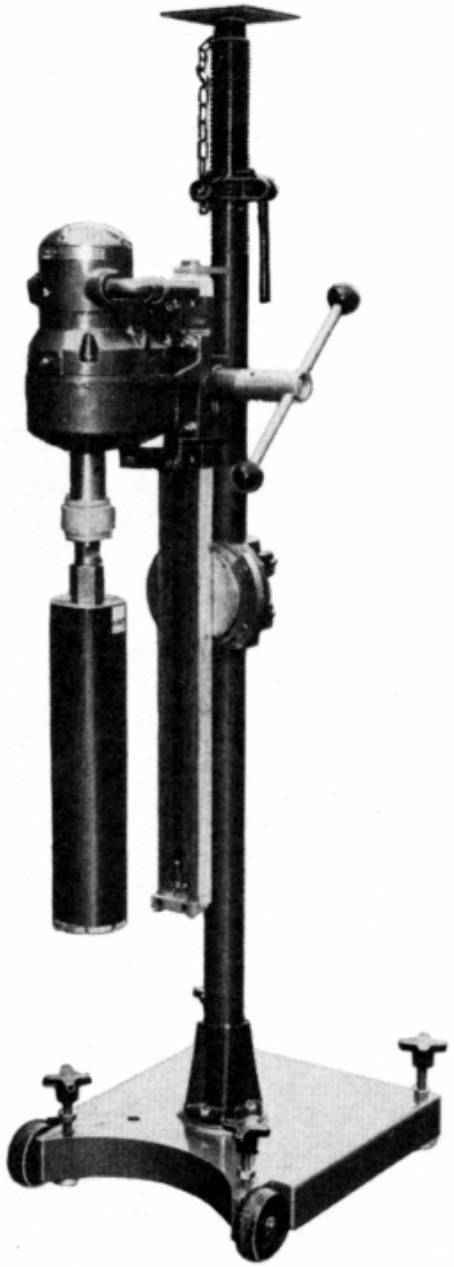
إختبار القلب الخرساني Core Test

يعتبر هذا الإختبار إختباراً نصف متلف ويستخدم لتعيين مقاومة الضغط للخرسانة بصورة حقيقية وواقعية ويكون ذلك بواسطة إختبار عينة منتزعة (القلب الخرسانى) من بعض الأعضاء الإنشائية الأساسية (عادة الأعمدة - الكمرات).

الجهاز عبارة عن مثقاب به آلة ثقب إسطوانية هى عبارة عن إسطوانات بأقطار مختلفة مزودة بفدية من سبيكة خاصة مخلوطة ببرادة الماس (ألماظة) ولها خاصية القطع فى الخرسانة اثناء دوران الإسطوانة بواسطة الجهاز الذى يعمل بالضغط الهيدروليكى.







جهاز القلب الخرساني وأخذ عينه أفقيه من الحائط

- حجم العينه Size of Core:

يعتبر قطر العينة ١٥٠ مم هو القياسى إذا كانت الخرسانة من القوة بحيث لا تتأثر بالكسر أثناء إنتزاع العينة من الخرسانة. وقطر ١٠٠مم هو الشائع الإستخدام. ولايقل قطر العينة عن ثلاثة أضعاف أكبر مقاس للركام بها. وتكون نسبة طول العينة إلى قطرها فى المدى من ١ إلى ٢ والنسبة المفضلة تكون من ١ إلى ١,٢ وعموماً فإن طول العينة يلزم أن لا يقل عن قطرها.

-إستخراج العينه Drilling:

يجب أن تستخرج العينة عمودية على السطح الموجود فيه ويدون رقم العينة ومكانها وإتجاه أخذها مباشرة. ويجب أن يملء مكان العينات المأخوذة وفقاً للأسس الفنية بمونة غير قابلة للإنكماش وذات مقاومة عالية لتجنب حدوث أى ضعف للعنصر تحت الإختبار. الشكل التالي يبين شكل مجموعة من القلوب الخرسانية المستخرجة قبل إعدادها للاختبار.

مجموعه من القلوب المستخرجه

- فحص العينه Examination:

تفحص العينات لتحديد الآتى:

- درجة دمك الخرسانة .... وتصنف جيد / متوسط / ضعيف.
- حجم الفراغات والتعشيش وأماكن وجودها وإتجاهها وتحديد أسبابها وهل نقص فى المونة أو نقص فى الدمك أو أنفصال حبيبى. ويتم توصيف حجم الفراغات كالآتى:

صغيرة من ٠,٥ إلى ٣مم ، متوسطة من ٣ إلى ٦مم ، كبيرة إذا كان أكبر من ٦مم.

- وصف الركام بالعينة (الحجم و النوع و حالة السطح و الشكل).
- توزيع الحبيبات الخرسانية.
- تركيز الركام بالنسبة للمونة.

- قياس العينه Measurement:

-**القطر المتوسط:** يؤخذ القطر عبارة عن متوسط لعدد ٦ قراءات كل قرائتين عند مستوى واحد ومتعامدتين. إحدى القرائتين فى المنتصف وواحدة عند ١/٤ الإرتفاع من الناحيتين.
-وعموماً لاتختبر العينة التى يزيد التفاوت فى القطر لها عن ٣% أو التى يقل طولها عن قطرها.

- **الطول:** يقاس أكبر وأقل طول للعينه بعد إستخراجها و يقاس الطول بعد وضع الغطاء **Cap** على نهايتى العينه إلى أقرب ٥مم. وفى العينات التى يزيد طولها عن ضعف قطرها فتقطع الزيادة فى الطول عمودياً على محور العينة قبل إختبارها وقبل تجهيز نهايتيها.

التسليح Reinforcement: يقاس موضع أى حديد تسليح موجود بالعينة وذلك بقياس المسافة من محور السيخ حتى النهاية القريبة للعينه حتى أقرب ٢مم. وإذا وجد أكثر من سيخ فتحدد المسافات بين أسياخ حديد التسليح.

تجهيز سطح العينه (نهايتى القلب) End Preparation:

- يتم تجهيز السطح حتى يكون مستوياً تماماً وأفقياً لإستخدامه فى ماكينة الإختبار ويتم ذلك إما بنشر نهايتى العينة أو تجليخهما أو بعمل غطاء **Cap** بسمك قليل لايزيد عن ١٠ مم كما بشكل (يلاحظ أن لا ينكسر قبل إنهيار العينه عند إختبارها للضغط) بإحدى المون الآتية:

١ - مونة الأسمنت والرمل بنسبة ٣ الى ١

تتكون هذه المونة من ثلاثة أجزاء من الأسمنت الألومينى أو الأسمنت فائق النعومة مع جزء واحد من الرمل الناعم الذى يمر من منخل ٠,٣ مم. تصب هذه المونة بوضع حلقة مستوية وأفقية حول العينة ثم تصب المونة ويسوى سطحها ويوضع فوقها قطعة مسطحة من الزجاج المستوى (سمك ٨مم) أو من الحديد بعد دهانها بالزيت وفى اليوم الثانى تكرر العملية للطرف الآخر من العينة.

٢ - مونة الكبريت والرمل بنسبة ١ الى ١

تتكون هذه المونة من جزئين متساويين بالوزن من الكبريت والرمل الناعم الذى يمر من منخل ٠,٣مم و يحجز على منخل ٠,١٥مم وذلك مع نسبة من الكربون الأسود مقدارها ٢:١%.

يسخن الخليط لدرجة حرارة ١٣٠-١٥٠م ثم تترك لتبرد ببطء مع التقليب المستمر. يصب الخليط على مستوى أفقى من الحديد الأملس المدهون سطحه بزيت البرافين. توضع العينة فوق المونة رأسيا تماما بعد عدة ثوان يزال الجزء الزائد حول العينة من المونة ثم ترفع العينة وتكرر العملية بسرعة للطرف الآخر.

عمل غطاء لأطراف القلب الخرساني

إجراء الإختبار

-يتم إجراء الإختبار مباشرة بعد إستخراج العينات من الماء (أى بعد وضعها فى الماء لمدة لا تقل عن ٤٨ ساعة) وهى مبللة.

-ينظف مكان العينة بالماكينة وأسطح العينة من أى أتربة أو عوالق.

-توضع العينة رأسياً تماماً فى محور الماكينة.

-لا توضع أى قطع مساعدة أعلى العينة.

-يؤثر الحمل على العينة بمعدل منتظم يتراوح بين ٢:٤ كج/سم٢/ثانية ويستمر حتى حدوث الكسر.

- يتم عمل وصف لحالة الإنهيار.

حساب النتائج

يتم حساب مقاومة الضغط لعينات القلب الخرسانى و تقديرها لنتائج مكعبات الموقع كما جاء بالمواصفات القياسية المصرية كما يلي:

أولا: تحسب مقاومة الضغط لكل عينة بقسمة أقصى حمل تتحمله العينة على مساحة مقطع العينة وتقرب النتيجة إلى أقرب ٥ كج/سم٢.

$$f_c = P/A$$

حيث **A** هى المساحه المحسوبة من القطر المتوسط، **P** هى حمل الكسر.

ثانيا: يتم حساب الإجهاد المقدر لنتائج مكعبات الموقع وذلك بعمل التصحيح الخاص بالتأثيرات الآتية:

- تأثير نسبة (الإرتفاع/القطر).

- تأثير إتجاه أخذ العينة بالنسبة لإتجاه الصب.
- تأثير وجود حديد تسليح بالعينة.

حيث نحصل على الإجهاد المقدر لنتائج مكعبات الموقع وذلك بضرب قيمة f_c المحسوبة سابقاً فى معاملى التصحيح (أ) ، (ب) أو أحدهما حسب ما تتطلبه حالة القلب الخرسانى المختبر كما سيتم توضيحه فيما بعد.

تأثير كل من نسبة (الإرتفاع/القطر), واتجاه أخذ العينه

$$\text{عامل التصحيح (أ)} = \frac{\text{د}}{\left(\frac{\text{ق}}{\text{ع}}\right) + ١,٥}$$

حيث (د) مقدار ثابت

=٢,٥٠ للعينات التى تقطع ويكون محورها عمودى على إتجاه الصب مثل الأعمدة والحوائط.

=٢,٣٠ للعينات التى تقطع ويكون محورها فى إتجاه الصب مثل البلاطات والأرضيات.

(ق/ع) هى النسبة بين قطر العينة و إرتفاعها.

نسبة إرتفاع العينة على قطرها $l / (ق_{اع})$	عامل التصحيح (أ)	
	أعمدة وحوائط	بلاطات وأرضيات
١	١,٠	٠,٩٢
١,٢	١,٠٧١	٠,٩٨
١,٤	١,١٢٩	١,٠٤
١,٦	١,١٧٦	١,٠٨
١,٨	١,٢١٦	١,١٢
٢	١,٢٥٠	١,١٥

جدول يوضح بعض القيم لعامل التصحيح (أ)

تأثير وجود حديد تسليح عمودى على محورالعينه

١- حالة وجود سيخ واحد:

عامل التصحيح (ب) = ١,٠ + ١,٥ $\frac{\text{ق ح} \times \text{س}}{(\text{ق} \times \text{ع})}$

حيث:

ق ح هى قطر سيخ الحديد.

س المسافة بين محور سيخ الحديد والنهاية القريبة للعينة.

ق قطر عينة القلب الخرسانى.

ع إرتفاع عينة القلب الخرسانى بعد إعداد النهايات.

٢- حالة وجود سيخين متقاربين:

العينات التى تحتوى على سيخين لا تزيد المسافة بينهما على قطر السيخ الأكبر فتطبق المعادلة السابقة لحساب عامل التصحيح (ب) مع الأخذ فى الإعتبار أكبر قيمة (قح × س) لأيهما.

٣- حالة وجود سيخين متباعدين:

العينات التى تحتوى على سيخين تزيد المسافة بينهما على قطر السيخ الأكبر فيكون التأثير المجمع لهما كالآتى:

$$\text{عامل التصحيح (ب)} = ١,٠ + ١,٥ \frac{\text{مجـ(ق ح} \times \text{س)}}{\text{(ق ع} \times \text{)}}$$

قطر السيخ (مم)	المسافة بين محور السيخ والنهاية القريبة للعينة (مم)				
	٢٠	٤٠	٦٠	٨٠	١٠٠
١٢	١.٠٣٠	١.٠٦٠	١.٠٩٠	١.١٢٠	١.١٥٠
١٦	١.٠٤٠	١.٠٨٠	١.١٢٠	١.١٦٠	١.٢٠٠
١٩	١.٠٤٨	١.٠٩٥	١.١٤٣	١.١٩٠	١.٢٣٨
٢٢	١.٠٥٥	١.١١٠	١.١٦٥	١.٢٢٠	١.٢٧٥
٢٥	١.٠٦٣	١.١٢٥	١.١٨٨	١.٢٥٠	١.٣١٣

جدول يوضح بعض القيم لعامل التصحيح (ب) في حالة وجود سيخ واحد بعينة قلب قطرها ١٠٠مم وإرتفاعها ١٢٠مم.

تقرير الإختبار

يجب أن يشتمل التقرير الخاص بنتائج القلب الخرسانى على الآتى:

- تاريخ أخذ العينة.
- القطر المتوسط للعينة.
- الطول بعد عمل الغطاء.
- مقاومة الضغط المقاسة.
- مقاومة الضغط المقدرة للمكعب.
- وصف نوع الركام.
- درجة دمك الخرسانة.
- عمر الخرسانة (إذا أمكن).
- أكبر وأقل طول للعينة المستخرجة.
- طريقة عمل الغطاء.
- معامل التصحيح للعينات الإسطوانية.
- شكل الخرسانة وشكل الكسر الناتج.
- توزيع المواد بالخلطه الخرسانية.
- صورة أو صور للعينات ترفق مع التقرير.
- حجم ومقاس حديد التسليح وموضعه إن وجد.

القبول

-أولا يتم عمل ثلاث عينات للخرسانه المراد إختبارها.

- تعتبر الخرسانه مقبوله إذا كان متوسط المقاومه المحسوبه لثلاثة قلوب لا يقل عن ٧٥% من المقاومه المطلوبه.
- ويشترط أيضا أن لا تقل المقاومه المحسوبه لأية عينه عن ٦٥% من المقاومه المطلوبه.
- إذا لم يتحقق ذلك يجرى إختبار التحميل.

Loading Test إختبار التحميل

الغرض من الإختبار هو إختبار كفاءة العنصر الإنشائى فى تحمل الأحمال التصميمية التى صُمم من أجلها. ويجرى الإختبار على الكمرات أو البلاطات أو الأسقف أو المنشأ ككل. أما العناصر الغير معرضه لعزوم إنحناء مثل الأعمدة أو القواعد يتم تقييم أمانها عن طريق التحليل الإنشائى ولا يجوزعمل إختبارات تحميل لها.

متى يتم إجراء هذا الإختبار؟

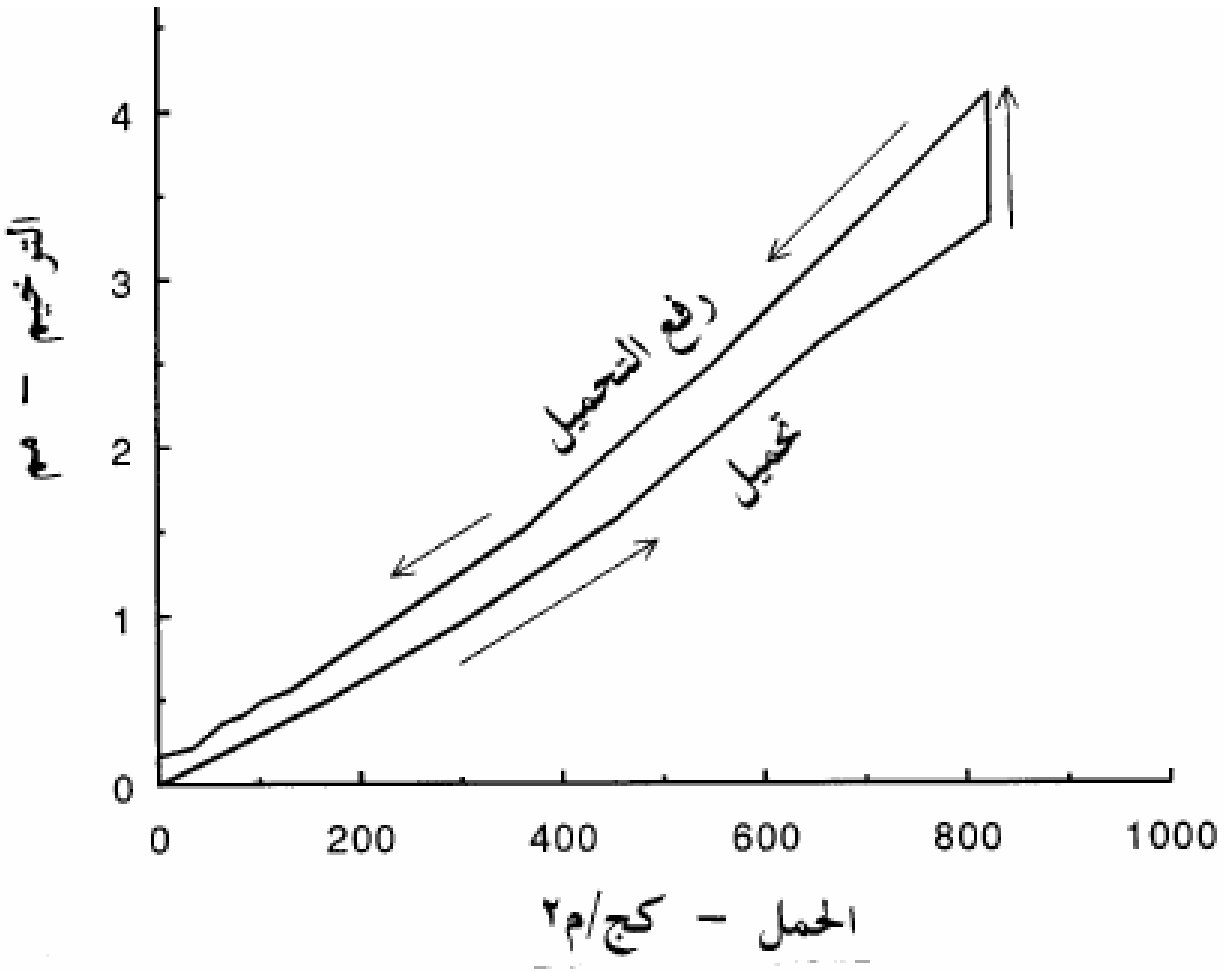
- إذا كان هناك شك فى كفاءة المنشأ.
- إذا كانت هناك أسباب تدعو إلى ذلك مثل وجود هبوط غير منتظم فى أجزاء من المنشأ.
- إذا فشلت نتائج القلب الخرسانى.
- إذا نُص على ذلك فى المواصفات والإشتراطات الخاصة بالمشروع.

ولا يتم إجراء الإختبار قبل مرور ستة أسابيع من إبتداء تصلد الخرسانة.

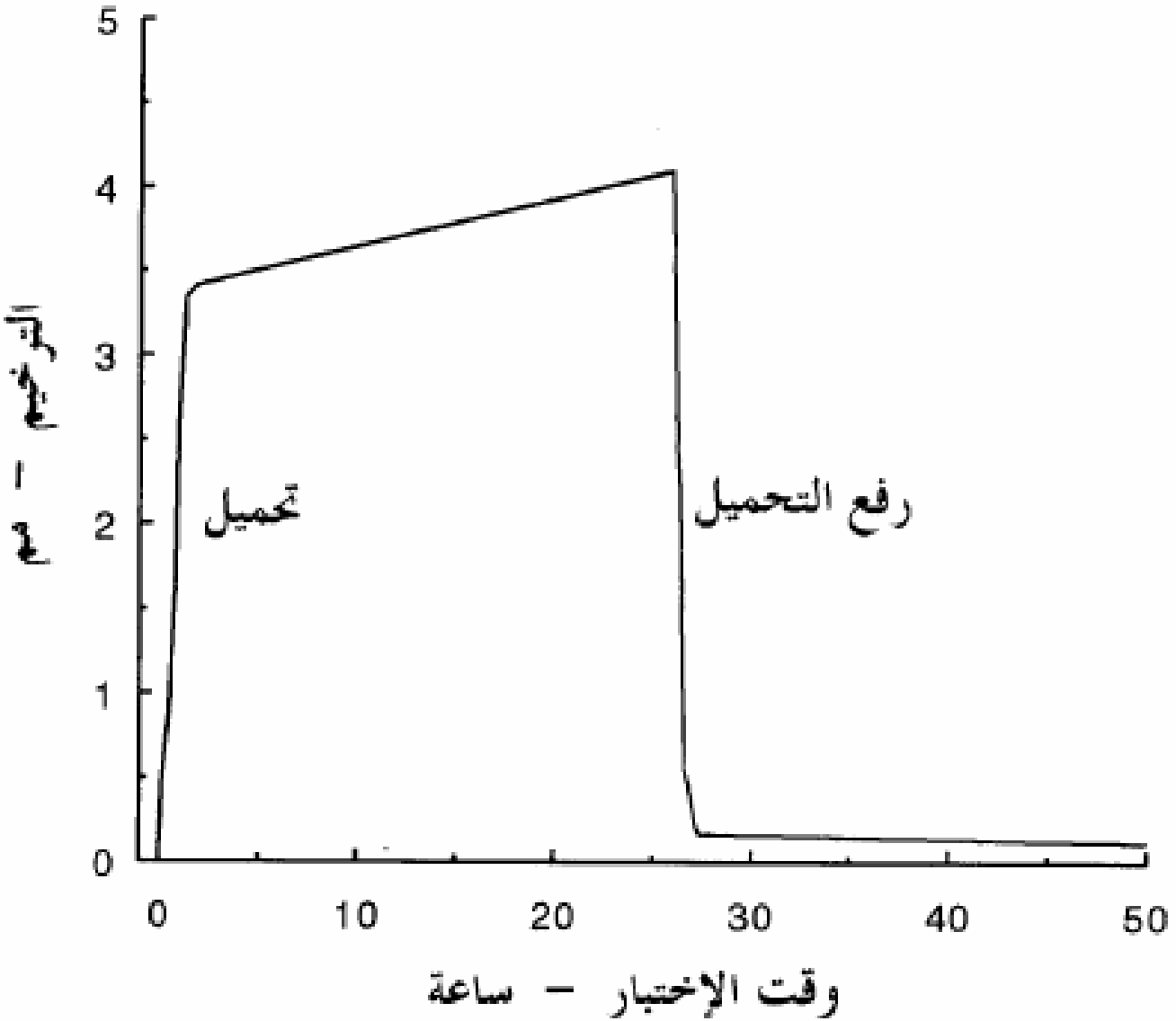
القياسات المطلوبه

- يقاس سهم الإنحناء قبل إجراء الإختبار.
- يقاس سهم الإنحناء أثناء التحميل التدريجى.
- يقاس سهم الإنحناء بعد إجراء التحميل ومرور ٢٤ ساعة.
- يقاس عرض الشروخ بعد التحميل.
- يقاس سهم الإنحناء بعد ٢٤ ساعة من رفع الأحمال.

ويمكن رسم العلاقات بين الحمل وسهم الإنحناء وكذلك العلاقة بين الزمن وسهم الإنحناء كما بالشكل التالي.



العلاقه بين الحمل -سهم الإنحناء- الزمن لإختبار التحميل.



العلاقه بين الحمل -سهم الإنحناء- الزمن لإختبار التحميل.

الأحمال

يعرض جزء المنشأ المراد إختباره لحمل مقداره:

٠,٨٥ [١,٤ (اللأحمال الدائمه) + ١,٦ (الأحمال الحيه)]

مع مراعاة إجراء التحميل على أربعة مراحل متساوية تقريباً بدون إحداث أى صدمات أثناء التحميل. وتشمل الأحمال الدائمة وزن الأرضيات و القواطيع والبياض .. إلخ ، ولاتشمل الأحمال الموجودة فعلاً وقت إجراء الإختبار مثل الوزن الذاتى للبلاطة أو ما شابه. ويتم تحميل العنصر الإنشائى المطلوب إختباره والعناصر المجاورة له بحيث نحصل على أحرج وضع لتحميل هذا العنصر Critical Load.

الأحتياطات أثناء التحميل

توضع قوائم مثبتة تحت الأجزاء المحملة بشرط ترك مسافة تسمح بالإنحناء للجزء موضوع الإختبار وأن تكون بالعدد الكافى لتتحمل الحمل بأكمله.

شريط القبول:

يعتبر المنشأ قد إستوفى شروط الأمان إذا تحقق ما يلى :

١- إذا كانت أكبر قيمة لسهم الإنحناء δ_{max} فى العنصر المختبر أقل من أو تساوى:

$$\delta \text{ max} \leq L_t^2 / 20000\ t \text{ .....mm}$$

حيث L_t = البحر مقاس بالمليمتر، **t** سمك العنصر بالمليمتر.

- تؤخذ L_t فى حالة الكوابيل بضعف المسافه لبحر الكابولى.
- تؤخذ L_t هى طول الإتجاه الأصغر فى حالة البلاطات اللاكمرية أو ذات الإتجاهين.

٢- إذا زاد سهم الإنحناء الأقصى عن القيمة المحسوبة بالمعادلة السابقة فيجب أن يكون الجزء المسترجع من سهم الإنحناء الأقصى بعد ٢٤ ساعة من رفع الحمل لا يقل عن ٧٥ % من قيمة سهم الإنحناء الأقصى - وعرض الشروخ فى حدود المسموح به.

-إذا لم يختف ٧٥% من سهم الإنحناء الأقصى فيجب إعادة الإختبار بنفس الطريقة السابقة بعد مدة لا تقل عن ٧٢ساعة على رفع وإزالة أحمال التجربة الأولى.

-إذا لم يختف ٧٥% من سهم الإنحناء الأقصى الذى ظهر أثناء الإختبار الثانى أو أن تكون الشروخ أكبر من المسموح به يعتبر المنشأ غير مقبول.

إذا ظهر على أى جزء من المنشأ أثناء الإختبار أو بعد رفع الحمل أى شىء من الآتى:

١- علامة من علامات الضعف.
٢- سهم إنحناء غير منتظر.
٣- خطأ فى طريقة الإنشاء.
٤- إتساع أكبر غير منتظر للشروخ.

فيتبع المصمم الحلول التالية:

١- وضع ركائز إضافية إن أمكن.
٢- عمل تخفيض فى الأحمال الحية.
٣- تحسين توزيع الأحمال.
٤- عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الميتة.
٥- عمل تقويات للعناصر الأساسية إن أمكن.

رفض الأعمال

يعتبرالمنشأ غير صالح للإستعمال للغرض الذى أنشئ من أجله إذا كانت جميع هذه الإجراءات غير كافيه.

عدم تحقيق الخرسانه لمتطلبات التصميم

فى حالة عدم تحقيق مقاومة الخرسانة لمتطلبات المشروع سواء للعينات المأخوذة من الخرسانة أثناء التنفيذ مثل المكعبات أو للإختبارات غير المتلفة فإنه يتم الرجوع إلى مصمم المشروع أو الإستشارى لعمل التحليل والمراجعة الإنشائية على ضوء المقاومة الفعلية للخرسانة المنفذة بالمنشأ مع الأخذ فى الإعتبار الآتى:

١- إذا تحقق من خلال التحليل الإنشائى أن المنشأ بجميع عناصره يمكنه تحمل الأحمال المصمم عليها وأن أدائيته وسلوك عناصره تحت هذه الأحمال وبحالة خرسانته الراهنة مطابقة للحدود المنصوص عليها بكود الممارسة المعتمد فإنه يمكن إعداد تقرير أمان وسلام للمنشأ.

هذا ويمكن إضافة بنود خاصه بحماية الخرسانة ومتانتها قد يراها الإستشارى للحفاظ على المنشأ مع الزمن مع تحميل المقاول تكاليف هذه الأعمال المستجدة وكذلك التعويض المالى المناسب لعدم تحقيقه متطلبات العقد.

٢- إذا لم يتحقق للمنشأ من خلال التحليل الإنشائى الكامل وعلى ضوء حالة الخرسانات المنفذة تحمله للأحمال المصمم عليها نظراً لضعف مقاومة الخرسانة فإنه يمكن للإستشارى دراسة الحلول الآتية:

أ- وضع ركائز إضافية إن أمكن بحيث لا تؤثر تأثيراً غير مقبول على الناحية المعمارية أو الجمالية أو الوظيفية للمنشأ.

ب- عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الميته وغيرها وتحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركزة.

ويعتبر المنشأ غير صالح للإستعمال للغرض المصمم من أجله إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية.