Republic of Iraq
Ministry of Higher Education & Scientific Research
Al-Mustaqbal University College
Department of Building & Construction Engineering

# "ESTIMATION & SPECIFICATIONS & CONTRACTS" 4th Stage

((الفحوصات غير المتلفة للخرسانة))

**Prepared by Dr. Abdulhadi Meteab Hasan**

3-9 الفحوصات غير المتلفة للخرسانة

تهدف الاختبارات غير المتلفة للخرسانة إلى اختبار العضو الخرسانى دون حدوث أى تلف أو انهيار به.

تطبيقات الاختبارات غير المتلفة :

* أختبار مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة.
* اختبار صلادة السطح.
* تحديد أماكن حديد التسليح.
* كشف الشروخ الداخلية و تحديد أماكنها و أتساعها.
* تعيين محتوى الرطوبة.
* تعيين الكثافة.
* قياس معاير المرونة للخرسانة.

وتعتبر الاختبار غير المتلفة من أهم الاختبارات التى تساعد المهندس الإنشائي فى كتابة تقرير هندسى عن حالة مبنى قائم.

أسباب اللجوء لهذه الاختبارات:

* في حالة عدم إجراء اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة.
* عند وجود مشكلة بالمنشأ مثل ظهور شروخ وتصدعات.
* عدم التزام المقاول ببعض التعليمات مثل فك الشدات المبكر و الصب دون إشراف هندسي.
* عدم قيام المقاول بإتمام أعمال المعالجة للخرسانة.
* عند الشك في نوع الأسمنت المستخدم.
* ورود نتائج اختبارات مقاومة الضغط غير مطابقة للمقاومة المطلوبة وقد يكون ذلك نتيجة ضعف الخرسانة أو نتيجة لعدم الاهتمام بعمل المكعبات الخرسانية او نتيجة ألاسباب أخرى.

أهم الأجهزة الشائعة الاستعمال فى مجال اختبارات الخرسانة:

1- مطرقة شميدت Schmidt Hammer
2- قياس سرعة النبضات Ultrasonic plus velocity
3- القلب الخرسانى (نصف متلف) Core Test
4- اختبار التحميل للعناصر الإنشائية Load Test

أ- **( مطرقة شميدت Schmidt Hammer )**

تستخدم مطرقة شميدت لتعيين رقم الارتداد Rebound Number حيث يعتمد عمل الجهاز على النظرية التي تنص على أن قوة ارتداد كتلة مرنة يعتمد على قوة السطح الذي تصطدم به. ويستخدم رقم الارتداد هذا في الاسترشاد عن القيمة التقريبية لمقاومة الضغط الخرسانية.

مميزات مطرقة شميدت:

1- جهاز صغير الحجم يمكن استعماله في المواقع و حمله في اليد.

2- يعطى نتائج سريعةلمقاومة الضغط و سهل الاستعمال.

3- لا يسبب تلف للخرسانة.

4- جهاز لا يتطلب احتياطات معقدة.

5- أرخص الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض.

6- يتحمل العمل الشاق في جو التنفيذ مقارنة بالأجهزة الأخرى

7- سهولة معايرته من وقت لآخر.طريقة عمل الجهاز:بالضغط الخفيف على أزرار بالجهاز تخرج الرأس المتحرك plunger.

يوضع الجهاز عموديا على المكان المراد اختباره ثم يضغط الجهاز فتنزلق الرأس إلى داخل لجهاز وقبل اختفائها ينفك الشاكوش ويحدث طرقة على الرأس (صدمة). عند حدوث الصدمة يجب أن يكون الجهاز عموديا تماما على السطح المختبر و لا يلمس الأزرار Button الموجود على الجهاز. عند الاصطدام يرتد الطارق بمقدار يتناسب مع صلادة السطح المختبر محركا مؤشر يتحرك على مقياس لتعيين قيمة الارتداد. ينقل الجهاز إلى نقطة أخرى و تكرر العملية. بعد انتهاء العمل يعاد الجهاز إلى وضعه الأصلي بجعل الرأس داخل الجهاز.

*أنواع الأجهزة: تختلف الأجهزة من حيث قراءة رقم الارتداد إلى نوعين

أ- أجهزة تقرأ النتيجة على تدرج بجسم الجهاز.

ب- أجهزة مزودة بأداء تسجيل للقراءة على شريط ورقى.

يفضل النوع الثاني للأسباب الآتية:

1- يمكن لشخص واحد استخدامه حيث أن تسجيل القراءة يتم أوتوماتكي.

2- يعتبر أسهل في الاستخدام و يمكن الرجوع إلى التسجيل البياني للقراءة في أي وقت.

3- منع التلاعب أثناء استخدام الطريقة الأولى عند تدوين القراءة بواسطة شخص آخر غير الذي يقوم بأخذ القراءات.

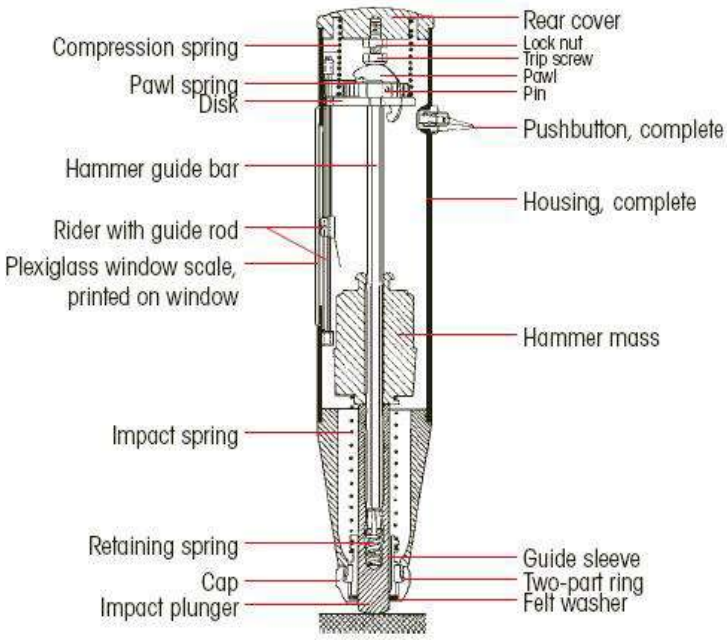
4- نسبة الخطأ أقل من الحالة الأولى.

طريقة الاختبار وإعداد النتائج:

تحدد مساحة على العضو الإنشائي فى حدود 30 x 30 سم. يؤخذ عدد من القراءات حوالي 15 قراءة موزعة داخل المساحة. لا تقل المسافة بين كل قراءتين عن 2,5 سم. يعمل أختبار للجزء المراد اختباره وتحدد عليه مواقع النقط. لكل نقطة على حدة يحسب متوسط رقم الارتداد وتحذف القراءات الشاذة بحيث لا يزيد الفرق بين أى رقم ارتداد و المتوسط عن 5 وحدات ويعتبر رقم الارتداد مقبول إذا كان ثلثى القراءات لا تنحرف عن المتوسط بمقدار =

2,5 وحدة. يتم تحويل رقم الارتداد المتوسط الخاص بكل نقطة إلى مقاومة ضغط نيوتن/مم$^2$ أو كج/سم$^2$ لا يزيد معامل الاختلاف لمفردات مقاومة الضغط عن 15%.

الصورة رقم (23): مطرقة شميدت Schmidt Hammer




الشكل رقم (18): مكونات المطرقة

زاوية ميل الجهاز:

تمت معايرة هذه الأجهزة على الوضع الأفقى أى لاختبار أسطح رأسية مثل الحوائط و الأعمدة

وبذلك أعتبرت زاوية ميل الجهاز بالنسبة للمستوى الأفقى a=0

يمكن أستخدام الجهاز للأسطح المائله بزاوية - 45 أو a=+45

أوفى الوضع رأسيا لاختبار الأسقف a=+90

أو الأرضيات وفى هذه الحالة a=-90

يتم تصحيح القراءات طبقا للمنحنيات المناسبة

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 إلى قراءة المؤشر.

احتياطات عامة عند إجراء ألاختبار :

1_ أن يكون الجهاز المستخدم معاير قبل الاستخدام.

2_ يكون السطح المختبر نظيف خالي من التعشيش أو المسامية.

3_ يكون السطح خالي من النتوءات وبعيد عن أماكن أعمال الخرسانة.

4_ تنظف الأسطح المختبرة بأحجار الكاربورندوم المزودة مع الجهاز.

5_ لا توضع مقدمة الجهاز على حصى أو حديد تسليح في الخرسانة المتصلدة.

6_ تزال أى مونة أو طبقات بياض قبل إجراء الاختبار و ينظف مكان أخذ القراءات.

7_ فى حالة الأسطح الأفقية تزال طبقة الخرسانة الضعيفة (الجزء الزائد بالماء نتيجة النضح).

8_ فى حالة الخرسانة القديمة يتم إزالة السطح المتصلد لمسافة واحد سنتيمتر بواسطة صاروخ يدوى ذو قرص حوالى 12,5 سم حيث أن هذه الطبقة لا تمثل الخرسانة .

9_ حيث أن الخرسانة تكون أكثر رصا فى الأجزاء السفلية من العضو الإنشائي فيتم اختبار النقط فى المناطق العلوية.

10- يفضل استخدام الأسطح الرأسية لإجراء الاختبارات – أعمدة - حوائط خرسانية- جوانب روافد- جوانب قواعد.

11- في حالة الأعضاء النحيفة (أسقف 10سم- أعمدة 15سم) تؤخذ احتياطات خاصة حيث أن مرونة هذه الأعضاء قد تؤثر على رقم الارتداد.

12- الأسطح المبللة: قد نضطر إلى استخدام الجهاز فى حالة الأسطح المبللة وذلك فى الأماكن القريبة من مصادر المياه (مثل دورات المياه) وفى المنشآت المائية وكذلك في أحواض السباحة . وفى هذه الحالة فان المطرقة تعطى نتائج مضللة تقل بحوالي 30% عن القيمة الحقيقية . ولذلك تستخدم جداول خاصة بالتصحيح (أو إجراء اختباري مطرقة شميدت وسرعة النبضات معا).

معايرة الجهاز:

يتم معايرة الجهاز فى الحالات الأتية :

1- عند تغيير نوع الركام المستخدم (دولوميت - بازلت- جرانيت- حجر جيرى).

2- يتم معايرة الجهاز كل 2000 صدمة على الأكثر.

3- كل فترة زمنية وعند ترك الجهاز مدة دون استعمال.

4- بعد عمل أي صيانة للجهاز.

مصادر الأخطاء:

1- استخدام ركام مختلف.

2- الأجزاء النحيفة.

3- وجود فراغات وتعشيش.

4- الخرسانة الرطبة حديثة الصب سطحها أقل صلادة من داخلها ( رقم ارتداد أقل من الحقيقة).

5- الخرسانة الجافة القديمة سطحها أكثر صلادة من داخلها ويكون رقم الارتداد أكبر من حقيقته.

## 2- اختبار الموجات فوق الصوتية ( Ultrasonic pulse velocity )

الفكرة العامة:

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

استخدامات طريقة الموجات فوق الصوتية Ultrasonic Method

تستعمل هذه الطريقة في مجال الخرسانة لاستنتاج الآتي :

1- قيمة مقاومة الخرسانة للضغط. 2- قياس معاير المرونة للخرسانة.

3- مدى تجانس الخرسانة. 4- اكتشاف الشروخ و الفجوات بالخرسانة.

5- تحديد درجة تلف الخرسانة. 6- قياس عمق طبقة الخرسانة.

7- مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط.

طريقة إجراء الاختبار Method of Testing

1- يتطلب إجراء هذا الاختبار كفاءة عالية. 2- استخدام أجهزة لإنتاج نبضات مناسبة مع المادة.

3- يتم ضبط الجهاز مع جزء المعايرة المرفق مع الجهاز قبل بدء الاختبار على العينة.

4- يتم قياس المسافة التي تسيرها النبضات Path length بدقة (أي طول السير).

5- يوضع المرسل Transmitter و المستقبل Receiver على العينة وأن يكون الاتصال تام بين سطحي المرسل و المستقبل و سطح العينة ( يستخدم لهذا الغرض الشحم أو عجينة الجلسرين أو الصابون السائل ).

6- عند وضع المرسل و المستقبل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت النتائج بين قراءتين يؤخذ المتوسط.

7- يكون الرقم معبرا عن الوقت T لسريان النبضات خلال الجزء المختبر.

8- تكون سرعة النبضات (V) كالآتي :

$$Velocity\ of\ wave\ (km/sec) = L/T$$

طول المسار المقاس (البعد بين الباعث والمستقبل ) L=Length

زمن انتقال الموجة Time T=Transit

9- يستخدم منحنى المعايرة الخاص لإيجاد مقاومة ضغط المكعب المكافئ. وقد وضع هذا المنحنى على أساس اختبار مجموعة كبيرة من العينات ذات المقاومة المختلفة وتم قياس سرعة النبضات فى كل حالة . دقة النتائج تتراوح بين 20% من القيمة الفعلية لمقاومة الضغط.

الصورة رقم (24): جهاز الموجات فوق الصوتية الشائع الاستخدام في مجال الخرسانة

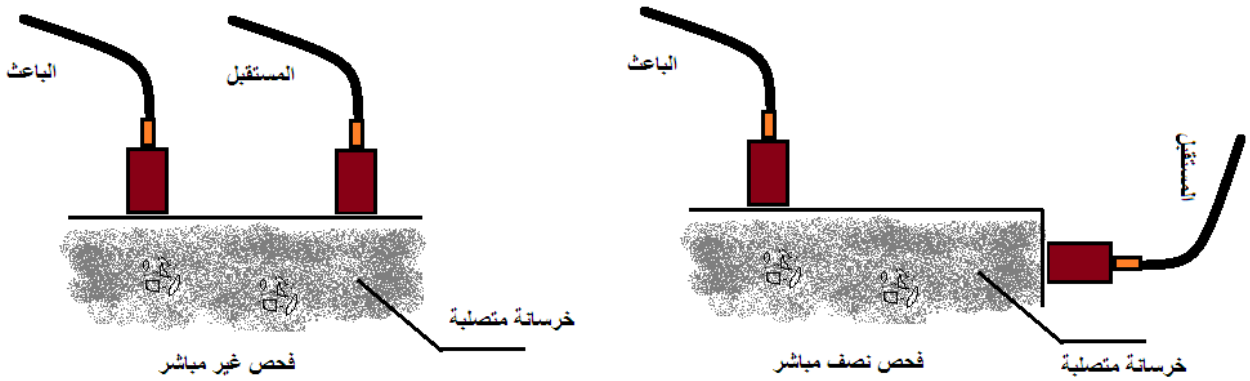
وضع المرسل و المستقبل Transducers Arrangement:

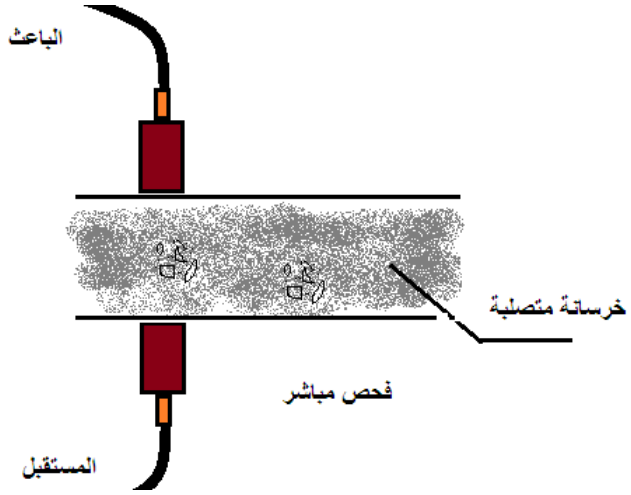
توجد ثلاث طرق لوضع المرسل و المستقبل وهى :

في اتجاهين متضادين (قياس مباشر ) Transmission Direct

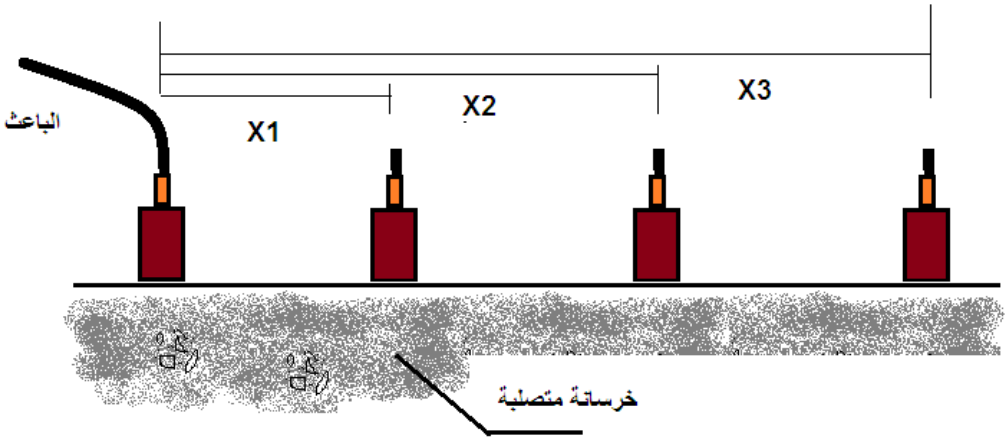
في الجوانب المجاورة (قياس نصف مباشر ) Transmission Semi-direct

في نفس السطح (قياس غير مباشر ) Indirect Transmission






الشكل رقم (19): الأوضاع المختلفة للمرسل والمستقبل.




الشكل رقم (20): العلاقة بين زمن انتقال الموجة والمسافة (X) في القياس غير المباشر

تستخدم الطريقة الأولى في حالة إمكانية وضع المرسل و المستقبل بهذا الوضع و يمثل ذلك أفضل وضع . أما فى الطريقة الثانية فيتم الانتقال على طول السطح وذلك فى حالة إمكانية الوصول إلى سطح واحد فقط من لعنصر المختبر . وفى هذه الحالة تكون العملية أقل كفاءة من السابق لأن أكبر طاقة تتجه إلى داخل الخرسانة. و الطريقة الغير مباشرة لا تعطى معلومات عن الخرسانة الضعيفة والتي تكون تحت السطح القوى المتصلد كما أن تحديد طول المسار أقل دقة وقد وجد أن السرعة فى هذه الحالة أقل من الحالة المباشرة.

العوامل المؤثرة على النتائج :

1- نسبة الرطوبة Conditions Moisture

العينات المشبعة تعطى نتائج أعلى من العينات الجافة ( عكس اختبار مطرقة شميدت و لهذا أمكن دمج الطريقتين معا ) .

2- درجة الحرارة Temperature

درجات الحرارة العادية لا تؤثر على سرعة النبضات.

3- نوع الركام Aggregate Type

يتأثر زمن انتقال النبضات بنوع الركام المستخدم و شكله و حجمه و نسبة الخلط لذلك يعمل منحنيات خاصة لكل نوع ركام على حده.

1- تأثير درجة التصلد: الخرسانة التى وصلت لدرجة تصلد يعادل 50 % من قوتها لا تؤثر على سرعة سريان الموجات.

5-تأثير طول المسار: لا يؤثر طول المسار على نتائج قياس سرعة النبضات مع ملاحظة أن لا يكون صغيرا جدا و إلا سيكون الوسط الغير متجانس للخرسانة ذات تأثير كبير. وقد وجد أن سمك أكبر من 100 مم أو 150 مم مع استخدام ركام من 20 مم إلى 40 مم يعتبر غير مؤثر على النتائج .

6- تأثير عمر الخرسانة Concrete Age.

تتأثر سرعة الموجات بزيادة العمر حتى عمر 7 أيام.

7- تأثير حديد التسليح Reinforcement

يفضل تفادى حديد التسليح إذا أمكن ذلك حيث أن له تأثير فى زيادة سرعة النبضات (سرعة النبضات فى الحديد 5,9 كم/ث ).

هذا وتوجد حالتين لوضع حديد التسليح بالنسبة لخط سريان النبضات.

الحالة الأولى- أن يكون محور السيخ عمودي على مسار النبضات و في هذه الحالة تتأثر القراءات بقطر الأسياخ التى تعترض مسارها و يتم تطبيق معامل تصحيح يعتمد على قطر الأسياخ بالخرسانة .

الحالة الثانية- عندما يكون محور السيخ موازى لخط السريان فى هذه الحالة تخرج أول موجه و تتجه لتسير خلال السيخ في المنطقة الموجود فيها. في هذه الحالة يطبق معامل تصحيح.

استعمالات أخرى :

فيما يلي نذكر بإيجاز بعض الاستعمالات الأخرى لجهاز الموجات فوق الصوتية فى مجال الخرسانة

- قياس درجة التجانس فى الخرسانة

معامل الاختلاف للسرعات (V) يعطى دلالة عن حالة تجانس الخرسانة وقد أعتبر أن معامل اختلاف مقداره 1,5 –2,5 % يدل على أن الخرسانة جيدة .

- اكتشاف الشروخ و الفجوات

تعتمد فكرة استخدام الجهاز فى اكتشاف الشروخ و الفجوات على حقيقة أن النبضات لا تسرى فى الفراغ فتسلك الموجة مسارا أطول وعليه تختلف السرعة فزمن انتقال النبضات يزيد نتيجة لوجود الشروخ .

- تحديد درجة تلف الخرسانة

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 الإنشائي و اعتبار أن سرعة انتقال الموجه خلال الطبقة التالفة مساويا للصفر.

- قياس معاير المرونة

يستعمل جهاز الموجات فوق الصوتية أيضا فى قياس معاير المرونة للخرسانة.

الصورة رقم (25) : تنعيم شريط سطح الخرسانة وإضافة طبقة من الشحم على السطح

الصورة رقم (26) : قياس مسافات متساوية لتحديد موقع اقطاب الجهاز

الصورة رقم (27) : وضع الاقطاب على المسافات المعينة

الصورة رقم (28): قراءة النتائج من قبل الفاحصين لكل مسافة بين الاقطاب (فحص غير مباشر)

والمعادلة المستخدمة في الفحص هي :

$$Fcu=2.016 * (e^{(0.61x\ vdirect)})$$

يستخدم معامل تصحيح للطريقة المباشرة للمعادلة في اعلاه عند استخدام الطريقة غير المباشرة أو الطريقة مثل المباشرة.

When : Fcu : ultimate compressive strength of concrete.

V direct : velocity of pulse wave in material obtained from instrument direct method.

والتقرير الاتي يمثل النتائج للفحص مرسلة اى الجهة المستفيدة


وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الكوفة ـ كلية الهندسة
المكتب الاستشاري الهندسي

Ministry of Higher Education and Scientific Research
University of Kufa - College of Eng.
Consulting Engineering Bureau


**إلى** / المديرية العامة للتربية في النجف الأشرف / قسم الأبنية المدرسية-التصاميم

**م/ نتيجة فحص لا إتلافي لخرسانة الاسس**

تحية طيبة ...

ادناه التقرير المختبري الخاص بفحص الموجات فوق الصوتية للأجزاء المبينة أدناه. راجين الإطلاع
مع التقدير ...

| تاريخ التقرير | نوع الفحص | اسم المشروع | كتاب طلب الفحص المختبري | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | العدد | التاريخ | الجهة طالبة الفحص |
| 6/3/2014 | فحص الموجات فوق الصوتية | أساس سياج مدرسة أوراس في النجف الأشرف | 27326 | 2014/5/20 | المديرية العامة للتربية في النجف الأشرف<br>قسم الأبنية المدرسية-التصاميم |

إشارة إلى كتابكم أعلاه حول إجراء فحص لا إتلافي والخاص بمشروع (أساس سياج مدرسة أوراس في النجف الأشرف). نود إعلامكم بان فريق العمل المكلف قد أجرى فحص الموجات فوق الصوتية لعدد من النقاط وكانت النتائج كما يلي:

| الجزء المفحوص | نوع الفحص | معدل السرعة Km/sec | المقاومة المتوقعة ن/ملم$^2$ |
|---|---|---|---|
| أساس سياج | In-Direct | 3.90 | 24.51 |
| | Average | | 24.51 |

المواصفات:

| نوعية الخرسانة | السرعة km/sec |
|---|---|
| ممتازة | اكبر من 4.575 |
| جيدة | 4.575 – 3.66 |

| | |
|---|---|
| مقبولة | 3.66 – 3.050 |
| ضعيفة | 3.050 – 2.135 |
| ضعيفة جدا | اقل من 2.135 |

الملاحظات والتوصيات:

1. اجري الفحص بموجب المواصفة البريطانية BS EN 12504, Part 4, 2004 PUNDIT Manual, 2008.
2. النقاط أعلاه تمثل النقاط المأخوذة بحضور المهندس المشرف.
3. يترك تقييم النتائج للجهة المعنية.

**د.لؤي محمد عباس** **د. حيدر مهدي عبد الجواد**

**دكتوراه هندسة مدنية** **دكتوراه هندسة مدنية**

ملاحظة: لا يجوز الحك والشطب او الاضافة في التقرير وبعكسه يعتبر التقرير غير رسمي.

نسخة منه الى/

- السيد رئيس مجلس الإدارة المحترم / للتفضل بالعلم مع التقدير
- الصادرة
- ملفة الفحوصات

---

## 3- اختبار التحميل للعناصر الإنشائية Load Test

الغرض من الاختبار هو اختبار كفاءة العنصر الإنشائي فى تحمل الأحمال التصميمية التى صمم من أجلها ويجرى الاختبار على الكمرات أو البلاطات أو الأسقف أو المنشأ ككل.

متى يتم إجراء هذا الاختبار ؟

- إذا كان هناك شك في كفاءة المنشأ.
- إذا كانت هناك أسباب تدعو إلى ذلك مثل وجود هبوط غير منتظم فى أجزاء من المنشأ.
- إذا فشلت نتائج القلب الخرساني .
- إذا نص على ذلك فى المواصفات و الاشتراطات الخاصة بالمشروع.

ولا يتم إجراء الاختبار قبل مرور ستة أسابيع من ابتداء تصلد الخرسانة.

القياسات المطلوبة:

- يقاس سهم الانحناء قبل إجراء الاختبار.

- يقاس سهم الانحناء بعد إجراء التحميل ومرور 24ساعة.

- يقاس عرض الشروخ بعد التحميل.

- يقاس سهم الانحناء بعد 24 ساعة من رفع الأحمال .

*الأحمال:

يعرض جزء المنشأ المراد اختباره لحمل مقداره مرة ونصف الحمل الحى المنصوص عليه فى التصميم بالإضافة إلى حمل مكافئ لجميع الأحمال الميتة فى صورتها النهائية (مثل الأرضيات و القوا طيع و البياض....الخ).

*الاحتياطات أثناء التحميل:

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

* شروط القبول:

يعتبر المنشأ قد استوفى شروط الأمان إذا تحقق ما يلى:

1- إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناءة $S_{max}$ في العنصر المختبر أقل من أو تساوي

$$2\ lt / 2.5\ t \ldots..cm >= S_{max}$$

حيث

lt =البحر مقاس بالمتر، t سمك العنصر بالسنتيمتر

- تؤخذ lt هى طول الاتجاه الأصغر فى حالة السقوف غير المسندة على روافد أو ذات الاتجاهين.

2- يجب أن يكون الجزء المسترجع من سهم الانحناء الأقصى بعد 24 ساعة من رفع الحمل لا يقل عن 75 % من قيمة سهم الانحناء الأقصى – وعرض الشروخ فى حدود المسموح به.

إذا لم يختف 75 % من سهم الانحناء أثناء الاختبار الثاني أو أن تكون الشروخ أكبر من المسموح به يعتبر المنشأ غير مقبول.

إذا ظهر على أي جزء من المنشأ أثناء الاختبار أو بعد رفع الحمل أي شيء من الآتي :

- علامة من علامات الضعف.

- سهم انحناء غير منتظر.

- خطأ فى طريقة الإنشاء.

- اتساع أكبر غير منتظر للشروخ.

فيتم المصمم الحلول التالية:

1- وضع ركائز إضافية إن أمكن.

2- عمل تخفيض فى الأحمال الحية.

3- تحسين توزيع الأحمال.

4 - عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الميتة.

5- عمل تقويات للعناصر الأساسية إن أمكن.

- رفض الأعمال

يعتبر المنشأ غير صالح للاستعمال للغرض الذى أنشئ من أجله إذا كانت جميع هذه الإجراءات غير كافيه.

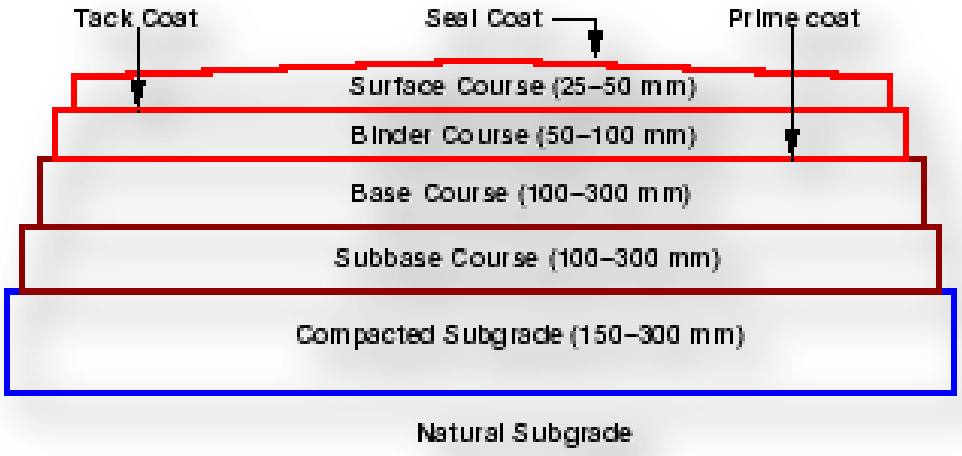
- الأعمدة أو القواعد

العناصر الغير معرضه لعزوم انحناء مثل الأعمدة أو القواعد يتم تقييم أمانها عن طريق التحليل الإنشائي و لا يجوز عمل اختبارات تحميل لها.

| العنوان | المواصفة |
|---|---|
| الأعمال الترابية | SORB\R5 |
| تثبيت التربة وطبقات تحت الأساس والأساس بالأسمنت | SORB\R6E |
| تثبيت التربة وطبقات تحت الأساس بالكلس ( الجير ) | SORB\R6F |
| تثبيت التربة أو تحت الأساس بالإسفلت | SORB\R6G |
| طبقة تحت الأساس من الرمل والحصى | SORB\R6 |
| طبقة تحت الأساس من الحجر الجيري المكسر والحصى المكسر وحجر المكادام المحدول بالاهتزاز | SORB\R7 |
| طبقة البرايم القيرية | SORB\R8A |
| طبقة التاك كوت القيرية | SORB\R8B |
| التبليط بالخرسانة الإسفلتية الساخنة | SORB\R9 |

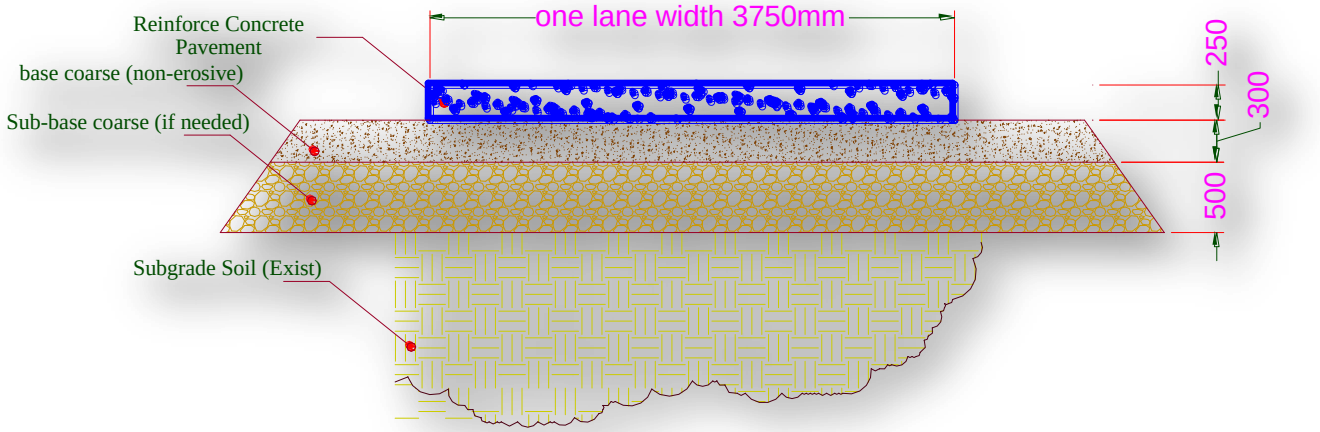
أنواع التبليط للطرق :

1- التبليط المرن Flexible pavement ، ويتكون من طبقتين للأعمال الترابية ( sub grade soil and sub- base course) وثلاث طبقات من الاسفلت مع المواد القيرية اللاصقة (prime coat and tack coat) وكما موضح في الشكل أدناه.




الشكل رقم (20): طبقات التبليط المرن

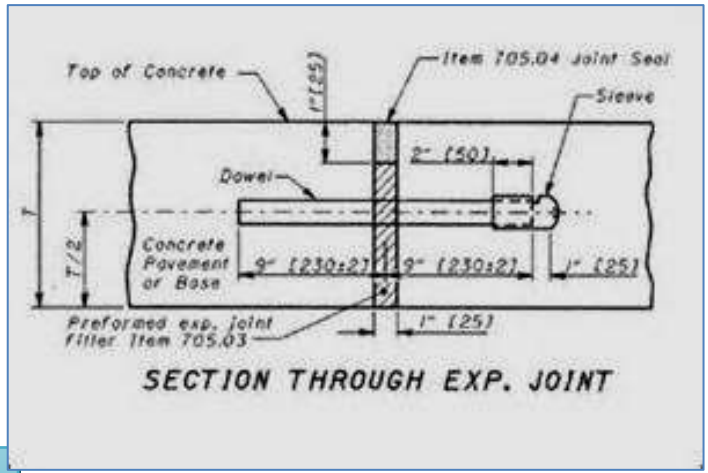
2- التبليط الصلب Rigid pavement ، يتكون من ثلاث طبقات (طبقتين من الاعمال الترابية وطبقة سطحية من الخرسانة المساحة) وكما موضح في الشكل أدناه.




الشكل رقم (21): يمثل طبقات التبليط الصلب

تحتاج مثل هذا النوع من التبليط الخرساني الى مفاصل تمدد طولية وافقية. وكما موضح في الصور أدناه.

الصورة رقم (28): المفاصل الانشائية للتبليط الصلب




الشكل رقم (22): يمثل التفصيل الانشائي لمفاصل التمدد للتبليط الصلب

## 1-10 الأعمال الترابيـــــة : (Earth Works ) المواصفات العامة للطرق والجسور (SORB\R5) وتعديلاتها لسنة 1999 و 2003

أولا : تعاريف

أ- الأعمال الترابية : يشـــمل تعبير الأعمال الترابية جميع أصناف التعديل والتســـــوية وحفـر السواقي وجميع أنواع الحفريات ( القطوعات ) والاملاءات الترابية .

ب- سطح الأعمال الترابية Formation Level: يقصد به منسوب سطح أسفل طبقـــة تحت الأساس في حـــالة الاملاءات والقطوعات .

أصناف الأعمال الترابية : تكون الأعمال الترابية أما من صنف التعلية الترابية أومن صنف القطوعات العامـــة وتعتبر الحفريات صـــخرية عندما لا يمكن قطعها أو حفرها بواســـطة ماكنـــة البلدوزر ذات قوة (350) حصان ، لا يسمح باستعمال الحجر في التعليـــة الترابية بعمق (40) سم عـــن السطح النهائي للتعلية .

ثانياً : المواد الصالحة Suitable Material

تشمل جميع أنواع التربة القابلة للحدل بموجب المواصفات لتكون أملاءات ثابتـــة وذات ميول جانبية مقبولة .

ثالثاً : المواد غير الصالحة Unsuitable material

تشمل المواد غير الصالحة ما يلي :

- التربة الحاوية على أكثر من (12٪) من المواد العضوية وزناً.
- الأغصان والجذور وجميع المواد النباتية القابلة للتحلل .
- المواد سريعة الاشتعال.
- التربة الملحية أو الجبسية الحاوية على أكثر مـن (10٪) وزناً من الأملاح القابلة للذوبان عند استعمالها في الطبقة الترابية الأخيرة التي بعمق 30 سم ، أو (20٪) عند استعمالها في بقية التعلية الترابية .
- التربة الطينية التي يتجاوز فيها حد السيولة عـن(70 ٪)أو يتجاوز فيها دليل اللدونة (45).

رابعاً : تهيئة سطح الأرض

قبل التعلية الترابية :-

أ- قبل المباشرة بالتعلية الترابية والاملاءات يجب قشط وتنظيف سطح الأرض ورفع المواد غير الصالحة .

ب- حدل سطح الأرض لتصبح الكثافة الجافة للأرض الطبيعية (88٪) كحد أدنى وذلك لعمق 25 سم .

ج - إذا تضمن سطح الأرض حفر وسواقي ومجاري وجب مليء تلك المنخفضات وحدلها .

د- إذا كانت الاملاءات فوق تبليط سابق وجب تخديشها الى عمق لا يقل عن 15 سم وتفتيتها لكي يتم ربط وتداخل مواد الإملاء مع السطح القديم . أما إذا كان عمق التعلية الترابية الجديدة أقل من متر واحد وجب رفع التبليط السابق كلياً وأبعاده عن الطريق .

خامساً : حدل الأعمال الترابية

أ- لا يتم حدل مواد التعلية الترابية إلا عندما تكون نسبة الرطوبة فيها ضمن الحدود المقررة

ب- تقاس درجة الحدل لكل طبقة نقطتين على الأقل لكل (2000 ) متر مربع أو بتردد أكبر بموجب طلب المهندس المقيم .

ج- يجب أن لا تقل درجة الحدل عن 95٪ من الكثافة العظمى الجافة للاملاءات الترابية للحفريات الإنشائية وحفريات سواقي تصريف المياه .

د- لا تقل درجة الحدل عن 95٪ من الكثافة العظمى الجافة للطبقة الترابية الأخيرة والأكتاف التي بعمق 30سم عن السطح النهائي ولا تقل نسبة (CBR)عن 4٪ ويجب أن لا يقل حد السيولة عن 55٪ ودليل اللدونة عن 30 ٪.

وتعتبر التربة التي تكون كثافتها اقل من 1.7 غم\سم$^3$ غير مقبولة للاستعمال في الطبقة العليا النهائية بسمك 30 سم ويجب استبداله بمواد صالحة .

هـ- تحدل التعلية الترابية ذات الارتفاع أقل من 2 متر( عدا الطبقة النهائية ) الى نسبة 94٪ من الكثافة الجافة العظمى كحد أدنى .

و- يحدل جزء التعلية الترابية ذات الارتفاع الذي يزيد على 2 متر الى نسبة 93٪ من الكثافة الجافة العظمى كحد أدنى .

**سادساً : الانحرافات في منسوب السطوح النهائية**

تقاس الانحرافات للسطوح الترابية باستخدام مسطرة بطول 3 م ويجب أن لا يتجاوز

قياس أعمق نقاط الانحراف عن المسطرة حسب الجدول رقم (92) ما يأتي :

| الانحرافات للسطوح الترابية | قياس أعمق نقاط الانحراف |
|---|---|
| للسطح النهائي | 3 سم |
| للميول الجانبية | 10 سم |
| للأكتاف | 3 سم |

## 2-10 تثبيت التربة النهائية وطبقات تحت الأساس والأساس بالأسمنت Soil Cement Stabilised Subgrade , SUB-Base or Base ،

## المواصفات العامة للطرق والجسور (SORB\R6E) وتعديلاتها لسنة 1999 و 2003

أولاً : المواد Materials

تقتصر طريقة المزج فـــي الموقع (Mix in Place) عند توفر الرمل والحصى أو مزيج الحصى والرمل في نفس الموقع . أما بالنسبة لاستعمال جهاز المزج الثابت فيجب أن تكون المواد مطابقة للمواصفات كما يأتي :

1- التربة : وتقسم الى نوعين :

1-1- التربة الغينية والطينية : يجب أن تحقق المتطلبات الآتية :

أ- الحد الأعلى للسيولة (LL) 45٪

ب- الحد الأعلى لدليل اللدونة (PI) 20٪

ج - قيمة (PH) للتربة لا تقل عن 12.1 ٪

د- الحد الأعلى للأملاح القابلة للذوبان 4٪ للكبريتات و 8٪ للكلوريدات . أذا كانت التربة الموقعية غير مستوفية للشرط (ج) يمكن تحسين التربة هذه بإضافة كلوريد الكالسيوم الى حد 2٪ من الوزن الجاف للتربة .

هـ- لا تزيد نسبة المواد الطينية الأقل نعومة من 0.002 مم عن 35٪ .

2-1- التربة الرملية والحصوية : يجب أن تحقق المتطلبات الآتية :

أ- العابر من منخل حجم 50مم 100٪

ب- العابر من منخل 5 مم ( رقم 4) أكثر من 50٪ .

ج- العابر من منخل 0.4 مم ( رقم 36 ) أكثر من 15٪.

د- العابر من منخل 0.075 مم ( رقم 200) أقل من 5٪

هـ- الطين الأقل نعومة من 0.002 مم أقل من 3٪

2- الأسمنت :

يجب أن يكون الأسمنت المستخدم في التثبيت مـن النـوع البورتلاندي أو من المقاوم للأملاح . يكون الأسمنت البورتلاندي العادي بموجب المواصفة (B.S 12 Part 2\1996) والمواصـفة ( B.S 4027 Part 2\1996 ) ويكون الأسمنت البورتلاندي المقـاوم لأمـلاح الكبريتات بموجب المواصفة (AASHTO M85-2006 type 5) يجب أن يكون الاسمنت عند الاستعمال انسيابيا وخالياً من الكتل ولا تزيد مدة خزنه على 4 أشهر .

3- الماء :

يجب أن يكون الماء المستخدم في التثبيت بالإسمنت نظيفاً وخالياً من المواد الضارة

ثانياً : معادلة المزج

يجب أن تبين معادلة المزج النسب المئوية بدقة لكل مـن السمنت والماء المنوي أستعمالهما في المزج للحصـول على الخصائص المطلوبـة بموجب المواصـفة(AASHTO T134-2005) وكما يلي :

أ- مقاومة الانضغاط Compressive Strength(25-50) كغم\سم$^2$ كمعدل لثلاثة نماذج بعد وضعها في مكان لا تقل نسبة الرطوبة فيه عن 95٪ ولمدة 7 أيام يجري الفحص بموجب (AASHTO T22\2006) .

ب- لا تزيد نسبة الانتفاخ الحجمي على 2٪ ولا تزيد نسبة فقدان الوزن عن 8٪ يجري الفحص بموجب (AASHTO T135\2005) .

ج- الانحرافات المسموح بها عن معادلة المزج في الموقع كما يلي :

نسبة الأسمنت ( -1 الى +2 ) ٪ من معادلة المزج

نسبة الماء ( صفر الى +2) ٪ من معادلة المزج

ثالثاً : مكونات المزيج

يتم تحديد نسبة الأسمنت مختبرياً بحيث لا تقل مقاومة الانضغاط عن 25 كغم\سم$^2$ ولا يقل المعدل عن 35 كغم\سم$^2$ لعمر 7 أيام . أما نسبة الرطوبة لمزيج الأسمنت والمادة المثبتة فيجب أن لا تقل عن النسبة المثلى ولا تزيد عن 2٪ من النسبة المثلى المحددة بالفحص (B.S 1924) .

رابعاً : أسلوب التثبيت

يجب أن لا يقل سمك الطبقة المثبتة عن 8 سم ولا يزيد على 20 سم بعد الحدل ، أما أذا زاد السمك عن 20 سم بعد الحدل فيمكن الإنشاء بطبقتين أو أكثر أذا كانت الطبقات المثبتة اثنتين أو أكثر فأن أسلوب المزج في الموقع لا يسمح به ألا للطبقة السفلى فقط فيمكن إجراء التثبيت عندما تكون درجة الحرارة أكثر من 4 م$^0$ والجو غير ممطر .

خامساً : الحدل

بعد فرش المزيج وإعطاءه الشكل المطلوب ، يجب المباشرة بحدله فوراً ويستمر الحدل حتى يتم ضغط طبقات التربة أو تحت الأساس إلى كثافة لا تقل عن 95٪ من الكثافة العظمى بموجب الفحص AASHTO T134-2005 ويجب إكمال الحدل خلال ساعتين .

سادساً : السمك والإنهاء

يجب أن يحقق السمك المتطلبات الآتية :

لا يتجاوز الانحراف عن المنسوب المقرر للأعمال الترابية 3سم للسطح النهائي و 3 سم للأكتاف و 10 سم للميول الجانبية ، كما لا يتجاوز انحراف كل من طبقة تحت الأساس وطبقة الأساس(+10 سم ، -20 سم ) وذلك بموجب الجدول .

لا تقل الكثافة الموقعية للطبقات المحدولة عن 95٪ من الكثافة العظمى وبموجب الفحص AASHTO T134-2005 .

ج- لا يزيد انحراف استوائية السطح النهائي عن 2 سم عند الفحص بمسطرة طول 4 م .

د- لا يزيد انحراف الميل الجانبي (Cross Fall) عن ± 0.5٪ .

سابعاً : المعالجة والصيانة

بعد أكمال الحدل يجب الحفاظ على التربة أو تحت الأساس أو الأساس المثبتة من الجفاف وذلك بإبقائها رطبة لمدة لا تقل عن 3 أيام أو بتغليفها بمادة معالجة مقبولة . ولا يسمح بفتحها لحركة المرور قبل انتهاء مدة المعالجة التي لا تقل عن 7 أيام . يجب إضافة يوم واحد الى هذه المدة عندما تنخفض درجة حرارة سطح الطبقة المثبتة الى الصفر المئوي أو دونه .

**3-10 تثبيت طبقة التربة النهائية وتحت الأساس بالكلس ( الجير )**

**Line Stabilised Sub grade or SUB- BASE**

**المواصفات العامة للطرق والجسور (SORB \R6F) وتعديلاتها لسنة 1999 و 2003**

أولاً : المواد

يقتصر عمل التثبيت موقعياً فقط للاماكن التي تحتوي على نسبة عالية من التربة الطينية أو الحصى الممزوج بالطين أو الطين الغريني . ويكون التثبيت بالكلس ناجحاً في الترب الطينية والغرينية التي يزيد فيها دليل اللدونة عن 8 . أما بالنسبة الى أسلوب الجهاز الثابت للتثبيت بالكلس فيجب أن تكون المواد مطابقة للمواصفات .

1-1- الكلس

يكون الكلس المستعمل في التثبيت أما هايدروكسيد الكالسيوم صلباً أو نورة مطفأة أو أوكسيد الكالسيوم (النورة) وكما مبين في الجدول (93) الآتي :

جدول ( 93 ) : المواصفات المطلوبة للكلس

| النوع والخواص | الكلس LIME | |
|---|---|---|
| | النورة Quick Lime ,(CaO) | النورة المطفأة Hydrated Lime , $Ca(OH)_2$ |
| - أكاسيد الكالسيوم والمغنيسيوم | لا تقل عن 92 ٪ | لا تقل عن 95٪ |
| - أكاسيد الكاربون- في الفرن | لا تزيد على 3٪ | لا تزيد على 5٪ |
| - أو في مكان آخر | | لا تزيد على 7٪ |

تكون خواص الكلس بموجب المواصفةAASHTO M216\2005 وتجري الفحوص بموجب

AASHTO T219 \2004

2-1- الماء : يجب أن يكون المـــاء نظيفاً وخاليـــاً مـــن المـــواد العضوية والمـــواد الضـــارة الأخرى ، ويفضل اسـتعمال الماء الصالح للشـرب ، يفحص المـــاء المشـــكوك به بموجب الفحص AASHTO T26-2004

ثانياً : مكونات المزيج

تمزج التربـــة الطينية مـــع كمية كافيـــة مـــن الكلس للحصول على قوة السحق (Crushing Strength) المطلوبة . تكون نسبة الكلس (3-8) ٪ وتحدد النسبة مختبرياً بحيث يكون معدل مقاومة الانضغاط (Compressive Strength) لعشـرة فحوص متتالية من الموقع لا تقل عن 1 نيوتن\مم$^2$ (1 N\mm$^2$) ولا تقل اكثر من نتيجتين عن هذه القيمة كما ولا تقل أي نتيجة عن (0.7 نيوتن\مم$^2$ ) وذلك عندما يكون العمر (7) أيام .

ثالثاً : الفحوص

تجري الفحوص الآتية على التربة لمعرفة مدى ملاءمتها للاستعمال في المزيج:

فحص التدرج AASHTO T88-2004

فحص حدود أتربرك AASHTO T89-2002& AASHTO T90-2004

فحص الحامضية B.S1377 , Test No.11

| | |
|---|---|
| فحص الحدل | AASHTO T99-2004 |
| محتوى الماء الطبيعي | AASHTO T93 |

رابعاً : تصميم معادلة المزج

تصمم معادلة المزج مختبرياً بموجب المواصفة (AASHTO T220-2004) لتحديد الآتي :

النسب المثالية للكلس والماء وحدود الانحرافات .

كثافة المزيج المثبت بالكلس التي يجب أن لا تقل عن 95٪ من الكثافة العظمى المعدلة

نتائج فحص مقاومة الانضغاط لعمر 7 أيام والتي يجب أن لاتقل عن ( 1 نيوتن \ مم$^2$ )

العدد الأدنى من الفحوص الواجبة التنفيذ .

خامساً : الحدل

بعد إكمال الفرش وإعطائه الشكل المطلوب يباشر بالحدل ويستمر به لحين إكمال حدل طبقة التربة النهائية أو تحت الاساس أو الاساس بصورة منتظمة ولعمق الطبقة للحصول على مالا يقل عن 95٪ من الكثافة المعدلة بموجب الفحص AASHTO T220 -2004 . يجب أن لا تقل الكثافة الجافة للطبقات المحدولة عن 95٪ من الكثافة المختبرية العظمى الجافة .

سادساً : السمك والإنهاء

يجب أن يكون السطح المثبت للتربة أو تحت الاساس أو الاساس وسمك الطبقة بعد انجاز الحدل خلال 1:30 ساعة بعد المزج بموجب المخططات والمواصفات وضمن حدود الانحرافات الآتية:

أ- الانحراف عن المنسوب المقرر للتربة يكون (+10سم ، -20سم ) لطبقة تحت الاساس بموجب الجدول R9\6

ب- لا يزيد انحراف استوائية السطح النهائي عن 3 سم باستعمال مسطرة طول 4 م .

ج- لا يزيد أقصى انحراف للميل الجانبي (Cross Fall) عن ±0.5 ٪.