جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل / كلية العلوم
قسم علم الارض التطبيقي

عنوان البحث

حساب تحمل التربة من فحص الـCBR

بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم بجامعة بابل كجزء من نيل درجة البكالوريوس في علم الارض

مقدم من قبل الطالب :

علي ماجد جابر

بأشراف الدكتور :

عامر عطية الخالدي

١٤٤٣/هـ

2022/م

إهداء

إلى أبي العطوف.... قدوتي، ومثلي الأعلى في الحياة؛ فهو من علَّمني كيف أعيش بكرامة وشموخ.

إلى أمي الحنونة..... لا أجد كلمات يمكن أن تمنحها حقها، فهي ملحمة الحب وفرحة العمر، ومثال التفاني والعطاء.

إلى إخوتي.... سندي وعضدي ومشاطري أفراحي وأحزاني.

إلى جميع الأخلاء

أهدي إليكم بحثي العلمي هذا

حماكم الله

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى :

﴿ وَمَا أَرْسَلْنَا مِنْ قَبْلِكَ إِلَّا رِجَالًا نُوحِي إِلَيْهِمْ فَاسْأَلُوا أَهْلَ الذِّكْرِ إِنْ كُنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ ﴾

صدق الله العظيم

[النحل: ٤٣]

الفصل الاول

المقدمة

١-١ تمهيد :

نتناول في هذا الفصل مقدمة البحث على لمحه عامة عن موضوع البحث كما نتطرق ان الحديث عن اهمية واهداف والغاية الاساسية من الاجراء وكذألك النتائج المرجوة منه .

مقدمه عن تحمل CBR

اختبار نسبة تحميل كاليفورنيا (بالإنجليزية: California bearing ratio) واختصاراً CBR هو تجربة مخبرية لقياس الضغط اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة تحميل معينة في عينة من التربه عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافه ومقارنتها مع نتائج اختبار تربة قياسية. وتهدف إلى تحديد قوة تحمل التربة الأساسية

اقترح هذه التجربة الأمريكي بورتر الذي كان يعمل في قسم الطرق بكاليفورنيا [الإنجليزية] في عام ١٩٣٨ م ويعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$CBR=p/ps \times 100$$

Ps= [N/mm²] القوة تحمل العينه القياسيه

P= القوة تحمل العينه المدروسه

[N/mm²]

CBR

وان نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) هو كذلك يعد اختبار الاختراق لتقييم القوة الميكانيكية للطبقات الفرعية للطرق وطبقات الأساس و القاعدة. تم تطويره من قبل هيئة كاليفورنيا للنقل قبل الحرب العالمية الثانية.

يجري الاختبار عن طريق قياس الضغط المطلوب لاختراق عينة من التربة بمكبس ذو أبعاد مقننة. فالضغط المقاس يتم تقسيمه على الضغط المطلوب لتحقيق اختراق على قدم المساواة على عينة من مسحوق مواد صخرية.

ووصف اختبار CBR في معايير:

ASTM D1883-05 (للعينات التي أعدت للمختبر)

D4429 (للتربة في مكان في الميدان)،AASHTO T193 .

يوصف اختبار CBR بالكامل في BS1377: تربة للأغراض الهندسية المدنية: الجزء٤، اختبارات ضغط ذات الصلة.

وكذلكتعتبر متانه التربه من اهم العوامل التي تلعب دوراً رئيسياً في تصميم اساسيات واختيار شكلها، بما في ذلك القواعد الترابيه تحت الطرق ومطارات والسدود... الخ. وذلك بغية الوصول إلى الطريقه اسلم لنقل الحمولات مطبقه والمنقوله من المنشى الي تربه بشكل امن. ان عمليه تحديد الامتانه وبتالي تحديد قدره تحمل التربه تتم بواسطه العديد من تجارب مختبريه وحقليه نذكر منها على سبيل المثال (تجربه القص المباشر-تجربه الاختراق النظاميه spt-تجربه اختراق المخروط cpt-تجربه البروانه-تجربه نسبه تجمل الكاليفورني CBR... الخ

وذلك تبعاً لنوع التربه المختبره

ومن شائع استخدام اختبار cbr في مجال الطرق بشكل واسع ويكون هذا اختبار هو معيار الوحيد الذي يعبر عن متانه الطريق وتحديد سماكات طبقات الطابق الترابي.

والما كانت قيم تلك الطريقتين (البروانه و CBR) تعكس بلمترات لها علاقه بتحمل التربه فقد نشئت فكره بجراء مقارنه لنتائج مستخلصه من تلك طريقتين وبالتالي محاوله ايجاد علاقه تربط بين قيمتين بحيث يمكن استنتاج قيمه cbr لتربه كسب قيم ناتجه من متانتها على القص ومستخرجه من قيم البروانه

- الأهمية والاستخدام :-

٣-١ تستخدم هذه الطريقة لتقييم المقاومة الكامنة لمواد طبقات القاعدة، وما تحت الأساس والأساس بما في ذلك المواد المعاد استخدامها في أرصفة الطرق والمطارات. وتشكل قيمة CBR المستخرجة بهذه الطريقة جزءاً مكملاً للعديد من مناهج تصميم الأرصفة المرنة.

٣-٢ في التطبيقات التي يقل فيها تأثير الدك ومحتوى الماء على قيمة CBR كما في التربة غير المتماسكة، والمواد خشنة الحبيبات، أو عندما يوضع اعتبار لتأثير تباين المحتوى المائي على نسبة الدك في طريقة التصميم، يمكن تحديد قيمة CBR عند المحتوى المائي الأمثل باستخدام جهد معين من الدك.

٣-٣ يتم تحديد قيمة CBR في مدى محدود من المحتوى المائي تسمح به

الجهات المعنية في مواصفات الدك الحقلي في التطبيقات التي يجهل فيها تأثير المحتوى المائي على هذه القيم أو عندما يرغب في وضع حساب لهذا التأثير.

٣-٤ يجب أن تعتمد طرق تجهيز عينات التربة التي تزداد مقاومتها تبعاً لازدياد الزمن على تقييم هندسة التربة، ويجب المحافظة على مثل هذه المواد رطبة حتى يتم الحصول على نسبة التحمل التي تمثل حالة الخدمة الطويلة.

الأجهزة

القالب :- يجب أن يكون شكل القالب أسطوانيا مصنوع من المعدن قطره الداخلي ١٥٢ ± ٠.٦٦ ملم وارتفاعه ١٧٧.٨ ±٠.٦٤ مليمتر مزود بطوق ارتفاعه بالتقريب ٥٠ مليمتر

وشريحة قاعدية يمكن وصلها مع أي طرف من القالب ، ويفضل أن توفر ثلاثة قوالب على الأقل لأي تربة يراد اختبارها.

٤-٢ قرص التباعد Spacer Disk : يصنع قرص المباعدة من المعدن بقطر ١٥٠ ± ٠.٨ مليمتر وارتفاع ٦١.٣٧ ± ٠.٢٥ مليمتر.

(١) : عندما يستخدم القالب الذي ارتفاعه ١٧٧.٨ مليمتر يطلب استعمال قرص التباعد ٦١.٣٧ مليمتر للحصول على السمك المطلوب للعينة المدكوكة يتطابق مع سمك عينات الدك T99، T180.

٤-٣ مطرقة: كما تم تحديدها في الاختبارين T99، T180 .

٤-٤ جهاز لقياس التشوه: يتكون من شريحة الانتفاخ مزودة بحامل وساق ثلاثي الأرجل لحمل مؤشر القياس ويجب أن تكون شريحة الانتفاخ مصنوعة من المعدن بقطر ١٤٩.٢ ± ١٠٦ مليمتر ويفضل وجود ثقب قطره ١.٦ مليمتر بها. ويجب أن يكون حامل مؤشر القياس Dail indicate مصمم بطريقة بحيث تتوافق أرجله في الوضع مع طوق القالب.

٤-٥ عدد اثنين مؤشر قياس تمثل دورة كاملة حول محوره ٢٥ مليمتر، ومدرج بحيث يمكن قراءته إلى ٠.٠٢ مليمتر.

٤-٦ أوزان ثقل : عدد واحد ثقل على شكل حلقة مثقوب من المنتصف (قطر الثقب تقريباً ٥٤ ملم)، وعدة أثقال أخرى مفصولة إلى حلقتين أو مشقوقة أقطارها ١٤٩ + ١.٦ ملم وكل منها يزن ٢.٢٧ ± ٠.٠٤ كجم.

(٢): عندما تكون الأثقال مفصولة إلى حلقتين يجب أن يكون وزن كل زوجين منها ٢.٢٧ ± ٠.٠٤ كجم.

٤-٧ مكبس الاختراق مصنوع من المعدن دائري الشكل قطره ٤٩.٦٣ ± ٠.١٣ مليمتر مساحته ١٩٣٥ ملم٢ لا يقل طوله عن ١٠٢ مليمتر .

٤-٨ جهاز التحميل : من النوع الضاغط له القدرة على تطبيق حمل متزايد بانتظام إلى السعة الكافية لاختبار المواد تحت الاختبار بمعدل ١.٣ مليمتر/دقيقة.

-٩ حوض غمر: بسعة كافية تمكن من غمر العينات بمستوى من الماء أعلى بمقدار ٢٥ مليمتر على الأقل فوق سطحها.

-١٠ فرن تجفيف : له القدرة على إعطاء درجة حرارة ١١٠ ± ٥ درجة مئوية ومزود بجهاز ضبط للحرارة (ثيرموستات).

٤-١١ أوعية محتوى رطوبة كما تم تحديدها في المواصفة T265.

٤-١٢ أشياء أخرى: أدوات لخلط وصواني وأداة تسوية وورق فلتر ومغارف وملاعق

الطريقة ((Procedure :

١- تحضر العينة كما هو مذكور في طريقة الدمك القياسي أو المعدل وتدمك في القالب على طبقات وإذا كانت المادة تمر من المنخل ٤\٣ أنش (٢٠ مليمترا) تدمك العينة كما هي دون تعديل وإذا تبقى جزء منها على المنخل ٤\٣ أنش يتم استبدال هذا الجزء بكمية مساوية تمر من منخل ٤\٣ أنش وتتبقى على منخل رقم ٤ (٤.٧٥ مليمتر) .

٢- يتم تحديد محتوى الرطوبة المثالي ((Optimum moisture content للعينة (إذا لم يكن معروفا) بطريقة الدمك القياسي أو المعدل حسب المطلوب .

٣- إذا كان المطلوب تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) عند أقصى كثافة جافة ومحتوى الرطوبة المثالي يتم دمك العينات في القالب عند محتوى الرطوبة المثالي وباستعمال طريقة الدمك القياسي أو المعدل وإذا كان المطلوب هو تحديد CBR عند محتوى الرطوبة المثالي ونسبة مئوية معينة من الكثافة الجافة القصوى يتم دمك ثلاث عينات عند محتوى الرطوبة المثالي مع استعمال طريقة الدمك القياسي وتغير الضربات لكل عينة حتى يتم الحصول على الكثافة الجافة المطلوبة .

فمثلا إذا أردنا نسبة تحمل كاليفورنيا لتربة مدموكة إلى ٩٠% من كثافتها الجافة القصوى نستعمل عددا من الضربات مقداره ١٠,٣٠,٦٥ ضربة لكل طبقة للعينات الأولى والثانية والثالثة على التوالي ويتم تحديد (CBR) لكل عينة على حده .

٤- إذا كان المطلوب هو تحديد (CBR) عند عدة محتويات للرطوبة يتم تحضير عينات عند محتويات الرطوبة المختلفة كالتي تجري لرسم منحنى العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة الجافة ويتم رسم المنحنى كما يتم إجراء فحص الاختراق لتحديد (CBR) لكل عينة بالإضافة إلى ذلك يتم رسم العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة لعينات محضرة على ٣٠ضربة وعينات على ١٠ ضربات ويتم إجراء الاختراق وتحديد ((CBR لكل عينة .

٥- يتم تجميع القالب مع القاعدة كما يدخل القرص المباعد (Spacer disc) فوق القاعدة ثم توضع ورقة ترشيح فوق القرص وتدمك العينة في القالب فوق ورقة الترشيح .

بعد الدمك يتم رفع غطاء القالب وتسوية سطح العينة مع حواف القالب باستعمال الحرف الحاد ثم يتم ملئ الفراغات الكبيرة الناتجة عن خروج الأحجار إثناء تسوية السطح بمواد اصغر .

٦- يتم فك قاعدة القالب والقرص المباعد وتوزن العينة مع القالب .

٧- توضع ورقة ترشيح على القاعدة ويوضع القالب مقلوبا مع العينة عليها ويثبت القالب بالقاعدة بحيث تلامس العينة ورقة الترشيح .

٨- توضع الأوزان فوق القرص المثقب (القاعدة المخرمة المعدنية) وتنزل برفق فوق العينة وتوضع مجموعة أوزان بحيث تكون معادلة لوزن الرصفة ولا يقل وزنها عن ١٠ باوند (٤.٥٤ كغم) حتى ولو لم يكن هناك رصفة .

-٩ بعد دمك كل قالب يتم غمره بالماء مع السماح للماء بالوصول إلى سطح العينة وأسفلها وتؤخذ قياسات أولية للانتفاخ وتترك العينة لمدة ٩٦ ساعة مع بقاء سطح الماء ثابتا حوالي أنش واحد فوق سطح القالب ويمكن إن تقتصر فترة الغمر على ٢٤ ساعة للمواد الخشنة أو إذا تبين إن هذا لن يؤثر على نتائج الفحص ، وبعد انتهاء فترة الغمر تؤخذ قراءات الانتفاخ ثانية وتؤخذ النسبة المئوية للانتفاخ كنسبة مئوية من الارتفاع الأصلي للعينة .

-١٠ تخرج العينة بعد الغمر وتترك مدة ١٥ دقيقة دون إحداث اضطراب للعينة ويمكن إمالة القالب لتصريف ماء السطح .

١١- ترفع الأوزان والقاعدة وورقة الترشيح ويؤخذ وزن القالب والعينة .

١٢- بعد وزن العينة توضع الأوزان ثانية فوقها تمهيدا لفحص الاختراق ويتم وضع نفس الأوزان التي كانت فوق العينة إثناء غمرها بالماء ولمنع خروج التربة من فتحة الأوزان إثناء الاختراق ويوضع الوزن على سطح العينة قبل وضع مكبس الاختراق ثم توضع بقية الأوزان .

-١٣ يتم التأثير بحمل صغير على العينة بواسطة مكبس الاختراق لا يزيد عن ٤٤ نيوتن بعدها يتم تصفير عدادات قراءة الحمل والاختراق ويتم اعتبار هذا الحمل صفرا عند إيجاد علاقة الحمل والاختراق .

-١٤ يتم التأثير بالأحمال بحيث تكون سرعة التحميل ١.٢٧ مليمترا في الدقيقة ونسجل الأحمال عند الاختراق (١٢.٧-١٠.١٦-٧.٦٢-٥.٠٨-٤.٤٥-٣.٨١-٣.١٨-١.٢٩-٠.٦٤) مليمترا .

-١٥ بعد الاختراق يتم إخراج العينة من القالب وتؤخذ عينة على عمق أنش واحد ويتم تحديد محتوى رطوبتها .

شكل الجهاز

الفصل الثاني

تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio , CBR

وهو قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة ، وحساب نسبة هذا الحمل (الضغط) إلى الحمل (الضغط) القياسي عند غرزٍ للإبرة مقداره ٢,٥ملم (١ر. بوصة) أو ٥ملم (٢ر. بوصة) ويعطي الاختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء ، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصوراً عن تصرف التربة تحت الأزفلت (مواد الأساس) ، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المعمل ، ويوضح الجدول التالي بعض القيم لنسبة التحمل

CBR نسبة التحمل	تصنيف المواد	مجال الاستخدام	USC النظام الموحد	AASHTOنظام آشتو
0-3	ضعيفة جداً	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A5 ,A6,A7
3 – 7	ضعيفة	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A4 , A5 ,A6,A7
7 – 20	مقبولة	تحت الأساس	OH,CH,MH,OL	A2 , A4 ,A6,A7
20-50	جيدة	أساس و تحت الأساس	GM ,GC,SW, ,SM ,SP,GP	A1b , A2 – 5, A3,A2-6
أكبر من 50	ممتازة	أساس	GW ,GM	A1a,A2-4,A3

جدول رقم (٦) يوضح بعض قيم نسبة التحمل (CBR)
وتستخدم القيم القياسية الموضحة في الجدول التالي لحساب نسبة التحمل :

وحدة الوزن القياسية (ميجا باسكال)	مقدار الاختراق (ملم)
6.9	2.5
10.3	5.00
13.00	7.5
16.00	10
18.00	12.7

CBRجدول رقم (٧) حساب نسبة التحمل

طريقة الاختبار :

١. المواصفات الفنية .
ASTM D – 1883 - 87
AASHTO T – 193- 81

٢. الأدوات المستخدمة .

١. أدوات اختبار الـ CBR والتي تتكون من :
- قالب الدمك الأسطواني Mold حسب الطريقة المتبعة .
- حلقة Collar وقاعدة Base Plate .
- مطرقة الدمك Rammer ، إما يدوية أو ميكانيكية .
- أداة قياس الانتفاخ مع مؤشر وأوزان .
- آلة قياس الضغط مثبت عليها إبرة الاختراق .

٢. ميزان وفرن تجفيف .

٣. الطريقة .

١. جهز حوالي ١٢ كيلو جرام من التربة المارة من منخل رقم (٤)، واخلطها مع كمية الماء المناسبة تبعاً للمحتوى المائي المطلوب .
٢. خذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي للتربة .
٣. احسب وزن القالب الأسطواني Mold بدون القاعدة والحلقة .
٤. اربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم ضع ورقة الترشيح .
٥. أدمك التربة حسب طريقة ألدمك العادية أو المعدلة والتي سبق شرحها .
٦. افصل الحلقة المعدنية عن القالب الأسطواني ، ثم أزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب ، وفي حالة وجود فجوات تضاف تربة لسدها من نفس التربة .
٧. افصل القاعدة والأسطوانة ثم احسب وزن القالب الأسطواني مع التربة ، ومنه حدد وزن وكثافة التربة .
٨. ضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم اقلب العينة واربط القالب مع القاعدة .
٩. ضع مجموعة من الأوزان كافية لا تقل عن ٤.٥كجم (تعادل وزن ضغط التربة على الطبيعة Overburden Pressure) ، ثم سجل قيمة هذه الأوزان .
١٠. اغمر العينة تماماً بالماء ثم أوصل المؤشر المدرج Dial Gauge دقة قراءته ٠.٠١ملم ثم صفّر المقياس .
١١. سجل زمن بداية الاختبار ثم خذ قراءات بعد مرور ٠ ، ١ ، ٢ ، ٤ ، ٨ ، ١٢ ، ٢٤ ، ٣٦ ، ٤٨ ، ٧٢ ، ٩٦ ساعة لتحديد مقدار الانتفاخ مع ملاحظة أن الاختبار يمكن أن ينتهي بعد مرور ٤٨ ساعة عند ثبوت القراءة بعد هذا الوقت لمدة ٢٤ ساعة.
١٢. بعد الانتهاء من تحديد مقدار الانتفاخ اترك العينة لمدة ١٥ دقيقة لخروج الماء ثم جفف سطحها واحسب وزن العينة مع القالب .
١٣. ضع العينة في آلة قياس الضغط ثم ضع أوزاناً لا تزيد عن ٤.٥كيلو جرام وصفّر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق .
١٤. زد قيمة الضغط والاختراق لها .
١٥. بعد انتهاء الاختبار استخرج عينة التربة ثم خذ عينات من الثلث الأول والوسط والثلث الأخير لتحديد المحتوى المائي للتربة المدموكة .
١٦. ارسم منحنى الضغط (كيلو باسكال) مع الاختراق (ملم) ثم سجل مقدار الضغط عند الاختراق ٠.٢ و ٢.٥ و ٥.٠ ملم ومنها حدد قيمة التحمل بالمعادلة التالية :

نسبة تحميل كاليفورنيا (CBR) = مقدار الضغط في الاختبار / مقدار الضغط القياسي × ١٠٠ (٪) .

يجب ملاحظة أنه عندما تكون نسبة التحمل عند اختراق ٠.٥٠ملم أكبر من نسبة التحمل عند اختراق ٢.٥ ملم يجب إعادة الاختبار مرة أخرى .

١٧. احسب معدل المحتوى المائي والكثافة الجافة قبل وبعد الاختبار .
١٨. ارسم منحنى نسبة الانتفاخ (٪) مع الوقت (دقيقة) بناءً على التغير الحاصل في ارتفاع العينة .
١٩. في حالة استخدام طريقة عدم غمر العينة بالماء اتبع الخطوات السابقة دون غمر العينة بالماء .

California Bearing Ratio , CBRتحديد نسبة تحمل كاليفورنيا

وهو قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة ، وحساب نسبة هذا الحمل (الضغط) إلى الحمل (الضغط) القياسي عند غرز للإبرة مقداره ٢,٥ملم (١ر. بوصة) أو ٥ملم (٢ر. بوصة) ويعطي الاختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء ، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصوراً عن تصرف التربة تحت الأزفلت (مواد الأساس) ، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المعمل ، ويوضح الجدول التالي بعض القيم لنسبة التحمل .

١. المواصفات الفنية .
ASTM – 854
AASHTO T -100
٢. الأدوات المستخدمة .
   ١. دورق بحجم ١٠٠ مليلتر .
   ٢. ثرمومتر وماء مقطر .
   ٣. ميزان وفرن تجفيف .
٣. الطريقة
   ١. املأ الدورق بماء مقطر إلى علامة ١٠٠ مليلتر .
   ٢. قس وزن الدورق والماء Wa ثم حدد درجة حرارة الماء .
   ٣. زن حوالي ١٠٠ جرام من التربة ثم ضعه في الدورق و أضف إليه الماء المقطر إلى ثلثي الدورق .
   ٤. تخلص من الفقاعات الهوائية للمزيج باتباع أحد الخطوات التالية :
   - سخن الدورق لمدة ١٥- ٢٠ دقيقة مع التحريك ببطء .
   - صل الدورق بجهاز الشفط Vacuum لمدة ١٠ دقائق وحرك الدورق باتجاه نصف دائري .
   ٥. تأكد من أن درجة حرارة الماء بالدورق تساوي درجة الحرارة التي تم قياسها في ٢ .
   ٦. أضف ماءً مقطراً إلى الدورق حتى علامة ١٠٠ مليلتر ثم احسب وزن الدورق مع التربة والماء Wb .
   ٧. ضع جميع ما في الدورق من التربة والماء في طبق تبخير ثم ضعه في الفرن ليجف وحدد وزن التربة الجافة Wo .
   ٨. احسب الوزن النوعي كما يلي .
   - الوزن النوعي (درجة حرارة المعمل) .

$$Gs @ Tx = W o \{ W o + (W a – W b\{ ($$

حيث إن :
TX . درجة حرارة المعمل :
Wo . وزن التربة الجافة بالجرام :
Wa . وزن الدورق مملوءاً بالماء عند درجة حرارة المعمل بالجرام :
W b. وزن الدورق مع التربة والماء عند درجة حرارة المعمل بالجرام :
الوزن النوعي (درجة حرارة المعمل) × (درجة حرارة γ water/ - الوزن النوعي (درجة حرارة ٢٠) = (درجة حرارة ٢٠) γ .waterالمعمل)

Bedding Coefficient and CBR% Calculation from the Results of CWA 15846 Dynamic Load Test Subert, Andreas Ltd 2014

Bedding coefficient C (N/mm^3)

Measured with the D=300 Plate-Load Test (MSZ 2509/3-1989 Standard - Hungary), which method is similar to BS1377 Part9 1990 (D=350,450,600mm), and SSHTO T222-78 (D=6-30inch). This study shows a sample on D=300mm, in case of other plate size must recalculation the given formulas.

p =0,3 N/mm^2 (0,3 Mpa limit of loading)

C [N/mm^3] s_0= 1,25 mm settlement

p′= Load [N/mm^2] to cause this $s_0$settlement

D= Diameter of the actual test plate [mm]

D_0=Reference diameter=const=750mm

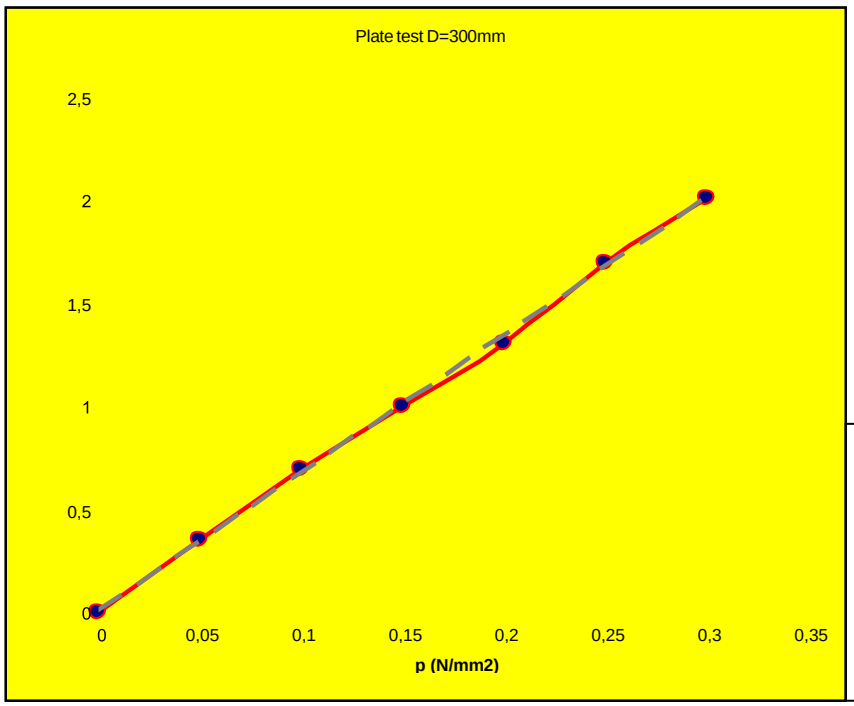
Calculation in case of D=300mm STATIC Plate Test (p_{End}=0,3 MPa), first loading cycle

$\square = \frac{p' \bullet 300}{S_0 \bullet 750}$ where s_0=1,25mm, D=300mm (MSZ 2509/3-1989) (1)

Ratio: $\frac{s_1}{p} = \frac{1,25}{p'}$ $p' = \frac{1,25 \bullet p}{s_1}$ $p' = \frac{1,25 \bullet 0,3}{s_1}$ example $p' = \frac{1,25 \bullet 0,3}{2,01} = 0,186$ (2)

substitute (2) in formula(1): $C = \frac{1,25 \bullet p}{s_1} \bullet \frac{D}{s_0 \bullet D_0} = \frac{1,25}{1,25} \bullet \frac{p \bullet D}{s_1 \bullet D_0}$ where D/D_0= 300/750=0,4

p' 1,25 1 0, 12 0,12 3



$\frac{p' \bullet D}{s_0 \bullet D_0} =$ ——— where D/D_0= 163/750=0,217 and s_0=1,25mm (3)

where s0a=(s_{01}+s_{02}+s_{03})/3 (first series average settlement)

Ratio: $\frac{s_{0a}}{p} = \frac{1,25}{p'}$ (CWA15846) $p' = \frac{1,25 \bullet p}{s_{0a}} = \frac{1,25 \bullet 0,35}{s_{0a}}$ and $s_0 = 1,25$ mm (4)

Substitute (4) in formula(3):

$$C_{dyn} = \frac{p'}{1,25} \bullet \frac{D_{SFPLT}}{D_0} = \frac{p'}{1,25} \bullet \frac{163}{750} = \frac{1,25}{1,25} \bullet \frac{163}{750} \bullet \frac{0,35}{s_{0a}} = C_{dyn} = \frac{0,0761}{s_{0a}}$$

example $s_{0a} = 1,4mm \longrightarrow C_{dyn} = \frac{0,0761}{1,4} = 0,05\ N/mm^3$

Bearing (Elasticity) Modulus Boussinesq formula for E_{v2}:

$$\frac{E}{2} = \frac{\pi}{s} \bullet (1-\mu^2) \bullet p \bullet r \longrightarrow s = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{(1-\mu^2) \bullet p \bullet r}{E}$$

$$\frac{E}{4} = \frac{\pi}{s} \bullet \frac{(1-\mu^2) \bullet p \bullet D}{s} \longrightarrow s = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(1-\mu^2) \bullet p \bullet D}{E}$$

where $\mu = 0,3$ sand, $\mu = 0,4$ *silt*, $\mu = 0,5$ *clay* (5)

Compaction coefficient: $T_t = E_{V2}/E_{V1}$

s (mm)

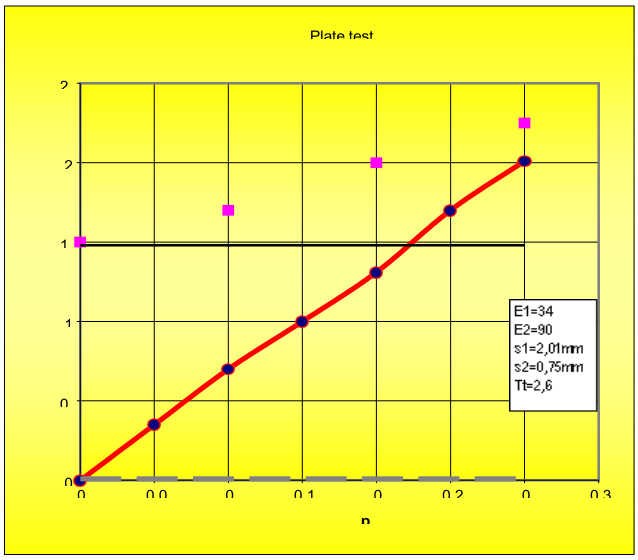


Figure 2: Test Example (MSZ 2509-3), two uploading

CBR-TEST Californian Bearing Ratio (CBR%)

Boussinesq:

$\frac{s}{2} = \frac{\pi}{} \bullet \frac{(1-\mu^2)\bullet p \bullet r}{E}$ where $r = \frac{D}{2}$

re-arranging the formula:

$$s = \frac{D}{2} \bullet \frac{\pi}{2E} \bullet (1-\mu^2) \bullet p = p \bullet D \bullet \frac{\pi}{4E} \cdot (1-\mu^2)$$

if $\frac{\pi}{4E} \bullet (1-\mu^2) = \mathrm{K}$ then $s = \mathrm{K} \bullet D \bullet p$

(The measured soil parameter „E" is the same time,

in the same place, so the „μ" is the same)

Plate-Load Test (MSZ 2509/3-1989) similar BS1377 Part9 1990

D=350,450,600mm), and SSHTO T222-78 (D=6-30inch).

This study shows a sample on D=300mm, in case of other plate sizemust

recalculation the given formulas.

Test CBR%: we press Ø 50mm steel rod into soil with 1,25 mm/min speed, and registered the settlement (mm) and the actual press (KN/m^2)

We compare the p_1 press, caused settlement □ = 2,5□□, to p_{st1}=70kN/m^2

=0,070MPa lower) in % this is **$CBR_{2,5}$%**

We compare the p_2 press, caused

□ = 5,0□□ settlement, to p_{st2}=105kN/m^2

=0,105MPa higher) in % this is **CBR_5%**

p =0,3 N/mm^2 (0,3 Mpa limit of static loading), and D=300mm. Axis X= loading kN/m^2, axis Y=settlement s (mm)

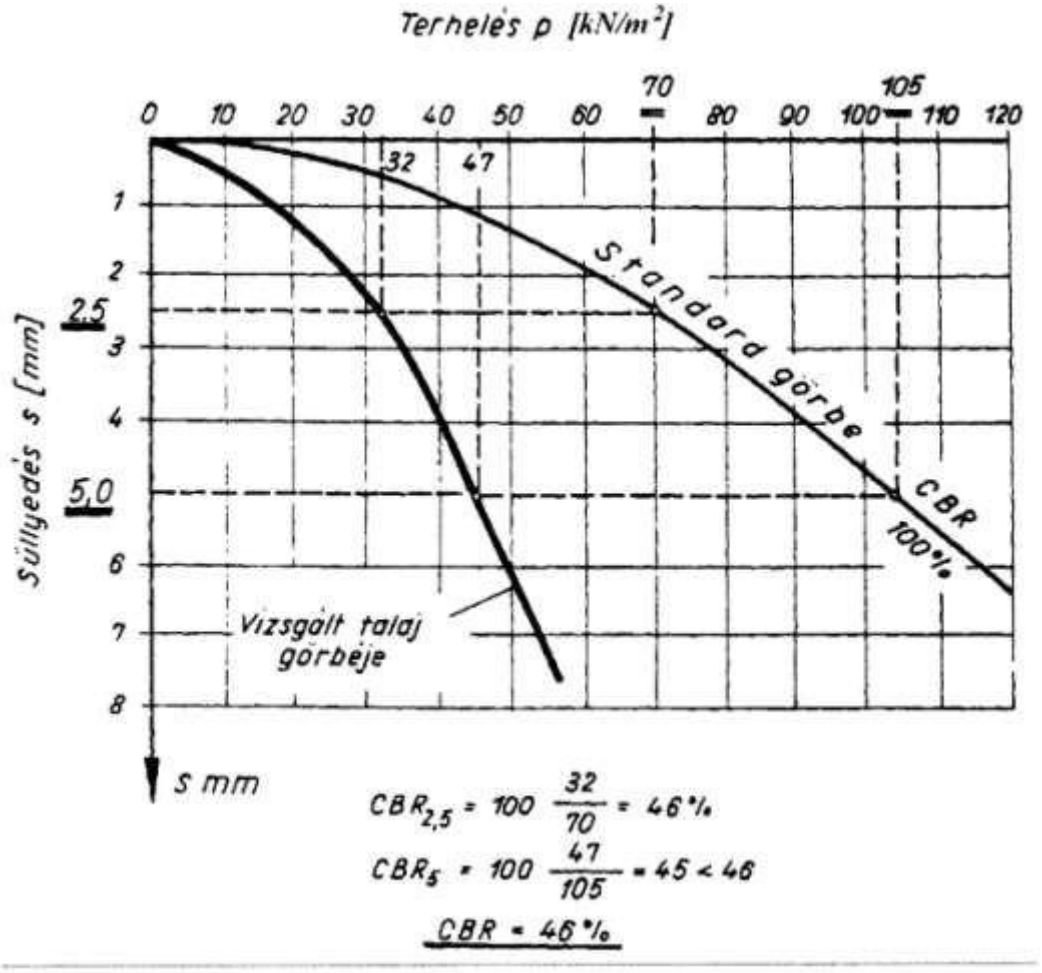


Figure 2: CBR Test Example Standard and measured soil loading curve (X=loading, Y=settlement)

CALCULATIONS:

$s_{STATIC\ PLT} = K \bullet D \bullet p = K \bullet 300 \bullet 0{,}3 = \mathrm{K} \bullet 90$

$s_{5\ CBR} = K \bullet D \bullet p = 0{,}105 \bullet 50 \bullet K = 5{,}25 \bullet \mathrm{K}$ (where 105kN/m^2=0,105MN/m^2)

$s_{2{,}5\ CBR} = K \bullet D \bullet \acute{o} = 0{,}07 \bullet 50 \bullet K = 3{,}5 \bullet \mathrm{K}$ (where 70kN/m^2=0,070MN/m^2)

$GENERALLY: \mathrm{K} = \frac{s}{D \bullet p}$

GENERALLY "K" VALUE:

$\mathrm{K}_{\mathrm{CBR}} = \frac{\pi/4 \bullet (1-\mu^2)}{E}$ where:

Poisson coefficient	$(\pi/4) \cdot (1-\mu^2)$
$\mu = 0{,}3$ (sand)	0,713
$\mu = 0{,}4$ (silt)	0,660
$\mu = 0{,}5$ (clay)	0,590

STANDARD PLT Test $s_{1=2{,}01}$ mm (example)

$E = (0{,}3 \bullet 300) \bullet 0{,}713 / 2{,}01 = 32Mpa$ "E" calculated from formula (5), D=300mm, μ=0,3

$\mathrm{K}_{\frac{CB}{p \bullet D}} = \mathrm{K}_{PLT} = \frac{s_1}{} = \frac{2{,}01mm}{0{,}3MPa \bullet 300mm} = 0{,}02233 = const$ Static Load Plate Test

$s_{CBR5} \longrightarrow p = \frac{s5}{K \bullet D_{CBR}} = \frac{5}{0{,}0223 \bullet 50} = \frac{1}{0{,}223} = 4{,}48$

$CBR_5 = \frac{4{,}48 \bullet 100}{105} = 4{,}2\%$

$s_{CBR2{,}5} \longrightarrow p = \frac{2{,}5}{K \bullet D_{CBR}} = \frac{2{,}5}{0{,}0223 \bullet 50} = \frac{1}{0{,}446} = 2{,}24$

$CBR_{2,5} = \frac{2{,}24 \bullet 100}{70} = 3{,}2\%$ $CBR\%(Highest) = 4{,}5\%$

GENERALLY:

$\frac{CBR}{5} = \frac{p_5}{105} \bullet 100 = \frac{100}{105} \bullet \frac{5}{K \bullet 50} = \frac{0{,}095}{\mathrm{K}}$ (%)

$\frac{CBR}{2{,}5} = \frac{p_{2{,}5}}{70} \bullet 100 = \frac{100}{70} \bullet \frac{2{,}5}{K \bullet 50} = \frac{0{,}071}{\mathrm{K}}$ (%)

IF we use $\frac{1}{K}$ THEN $\frac{1}{K}$ must multiplied 0,095 OR 0,071

CONTROL: CBR_5 EXAMPLE $0{,}095/0{,}0223 = 4{,}2\%$✓ $CBR_{2,5}$ EXAMPLE $0{,}071/0{,}0223 = 3{,}2\%$✓

$CB\%(Highest) = 4{,}2\%$

DYNAMIC SP-LFWD BEARING CAPACITY TEST (CWA 15846)

$s_{0a} = dro(1+2+3)/3$ $\quad E_d = \frac{\pi}{2} \bullet \frac{(1-\mu^2) \bullet p \bullet r}{s_{01}}$ where $\frac{D}{2} = \frac{163mm}{2}$

$s_{01} = dro(4+5+6)/3$ $\quad E_d = \frac{\pi}{4} \bullet \frac{(1-\mu^2) \bullet p \bullet D}{s}$ where $p = 0{,}35MPa$ press under the small-plate

$s_{53} = dro(16+17+18)/3$

$E_{dEND} = \frac{C_\mu}{s_{5a}}$ and $E_d = \frac{C_\mu}{s_{1a}}$ where $p = 0{,}3$, $D = 163$ and $C_\mu = \frac{\pi}{4} \bullet (1-\mu^2) \bullet 0{,}3 \bullet D$

GENERALLY:

$E_d = \frac{C_\mu}{s}$ where C_μ values depends on Poisson-coefficient

Poisson	C_μ
$\mu = 0{,}3$	40,8
$\mu = 0{,}4$	37,6
$\mu = 0{,}5$	33,6

Example: BC test measured settlement results (μ=0,3)

$s_{01} = 2{,}47$
$s_{0a} = 1{,}74$
$s_{1a} = 1{,}13$
$s_{2a} = 1{,}05$
$s_{3a} = 0{,}96$
$s_{4a} = 0{,}88$
$s_{5a} = 0{,}82$

□₀ = 21,6 □□□

□ = 42,1 □□□

□□□□ = 68,2 □□□

□□% = 93,4%

CBR% CALCULATION FROM RESULTS OF CWA15846 STANDARD DYNAMIC SP-LFWD

Example-1: s_{0a}=1,74mm;

$K_{CB} = K_{dynamic\ SP-LFWD} = \frac{s_{0a}}{p \bullet D} = \frac{1{,}74}{0{,}35 \bullet 163} = 0{,}0305 = const$ (6)

$1/K = 32{,}79$; $\quad CBR_5 = \frac{0{,}095}{K} = 3{,}12\%$; $\quad CBR_{2,5} = \frac{0{,}071}{K} = 2{,}32\%$; CBR%=THE HIGHEST 3,1%

Example-2: s_{1a}=1,13mm

$K_{CBR} = K_{dynamic\ SP-LFWD} = \frac{s_{1a}}{p \bullet D} = \frac{1{,}13}{0{,}35 \bullet 163} = 0{,}0198 = const$

$1/K = 50{,}49$; $\quad CBR_5 = 0{,}095 \bullet \frac{1}{K} = 4{,}8\%$; $\quad CBR_{2,5} = 0{,}071 \bullet \frac{1}{K} = 3{,}6\%$; CBR%= HIGHEST 4,8%

CALCULATION VERSIONS

A.) STATIC LOAD TEST

$$K_{CBR} = K_{PLT} = \frac{s_1}{p \bullet D} = \frac{1,52}{0,3 \bullet 300} = 0,0170, where \ \frac{1}{K} = 58,8$$

$$CBR_5 = 0,095 \bullet \frac{1}{K} = 5,6\%$$

$$CBR_{2,5} = 0,071 \bullet \frac{1}{K} = 4,2\% \quad \text{and} \quad \text{CBR\%=HIGHEST 5,6\% } (E_{2V} \approx 44\text{MPa informational value})$$

B.) DYNAMIC LOAD TEST, CBR from E_d

$$K_{CBR} = K_{d\ SP-LFWD} = \frac{s1a}{p \bullet D} = \frac{1,13}{0,35 \bullet 163} = 0,0198 = const \text{ where } \frac{1}{K} = 50,49$$

$$CBR_5 = 0,095 \bullet \frac{1}{K} = 4,8\%$$

$$CBR_{2,5} = 0,071 \bullet \frac{1}{K} = 3,6\% \quad \text{and} \quad \text{CBR\%= HIGHEST 4,8\% } (E_d = E_{2V} \approx 36\text{MPa informational value})$$

C.) DYNAMIC LOAD TEST, CBR from E_{d0}

$$K_{CBR} = K_{d\ SP-LFWD} = \frac{s0a}{p \bullet D} = \frac{1,74}{0,35 \bullet 163} = 0,0305 = const \text{ where } \frac{1}{K} = 32,79$$

$$CBR_5 = 0,095 \bullet \frac{1}{K} = 3,12\%$$

$$CBR_{2,5} = 0,071 \bullet \frac{1}{K} = 2,32\% \quad \text{and CBR\%= HIGHEST 3,1\% } (E_d = E_{2V} \approx 23\text{MPa informational value})$$

D.) DYNAMIC LOAD TEST E_d –CBR from the AVERAGE OF s_{0a} & s_{1a}

$$s = \left(\frac{s_0 + s_{1a}}{2}\right) = \frac{1,74 + 1,113}{2} = 1,435mm$$

$$K_{CBR} = K_{d\ SP-LFWD} = \frac{s}{p \bullet D} = \frac{1,435}{0,35 \bullet 163} = 0,0251 = const \qquad \frac{1}{K} = 39,76$$

$$CBR_5 = 0,095 \bullet \frac{1}{K} = 3,78\%$$

$$CBR_{2,5} = 0,071 \bullet \frac{1}{K} = 2,8\% \quad \text{and} \quad \text{CBR\%= HIGHEST 3,8\% } (E_d = E_{2V} \approx 28\text{MPa informational value})$$

E.) DYNAMIC E_d – SUGGESTED METHOD (weighted average from s_a and s_{1a})

$$CBR_5 = \frac{100}{1050} \bullet \frac{p \bullet D}{s_{0a}} \quad (\%) \quad = {}^{5,43}/_{s_{0a}} \quad = {}^{5,43}/_{1,74} = 3,12\% \qquad (7)$$

$$CBR_{2,5} = \frac{100}{1400} \bullet \frac{p \bullet D}{s_{1a}} \quad (\%) \quad = {}^{4,07}/_{s_{1a}} \quad (\%) = {}^{4,07}/_{1,13} = 3,6\% \qquad (8)$$

Weight of CBR5 $= {}^{s_{1a}}/_{(s_{0a} + s_{1a})} = {}^{1,13}/_{(1,74 + 1,13)} = {}^{1,13}/_{2,87} = 0,394$ and (9)

Weight of CBR2,5 $= {}^{s_{0a}}/_{(s_{0a} + s_{1a})} = {}^{1,74}/_{(1,74 + 1,13)} = {}^{1,74}/_{2,87} = 0,606$ (10)

$$Summa\ weight = {}^{s_{1a}}/_{(s_{0a} + s_{1a})} + {}^{s_{0a}}/_{(s_{0a} + s_{1a})} = w_5 + w_{2,5} = 1,0 \qquad (11)$$

$$CBR\% = CBR_5 \bullet w_5 + CBR_{2,5} \bullet w_{2,5} = 3{,}12 \bullet 0{,}394 + 3{,}6 \bullet$$

$$0{,}606 = 3{,}4\% \qquad (12) CBR\% = 3{,}4\%$$

Remark: The proposed weighting is to have regard to that fact, that the emerging curve with constant loading speed, cannot be creating in case of dynamic test, only a settlement curve, depending on dropping numbe

الفصل الثالث

فحص نسبه التحمل كاليفورنيا حقليا CBR

مقدمة :

تعتبر متانة التربة من أهم العوامل التي تلعب دورا رئيسيا في تصميم الأساسات واختيار شكلها بما في ذلك القواعد الترابية تحت الطرق والمطارات والسدود وذلك بغية الوصول إلى الطريقة الأسلم لنقل الحمولات المطبقة والمنقولة المنشأ إلى التربة بشكل امن ، وان عملية تحديد المتانة وبالتالي قدرة تحمل التربة تتم بواسطة العديد من التجارب المختبرية والحقلية منها على سبيل المثال (تجربة القص المباشر- تجربة الاختراق النظامية – تجربة الاختراق بالمخروط – تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا) . حيث يعتبر فحص نسبة تحمل كاليفورنيا واحدا من الفحوصات الهامة التي تجري للتربة في هندسة الطرق ويرمي هذا الفحص إلى معرفة قابلية التربة لان تكون طبقة أساس للطريق ((Base أو أساس مساعد ((Sub-base أو غيرها من الطبقات التي تتكون منها أي طريق وقد جاءت تسمية هذا الفحص نسبة إلى قسم الطرق في ولاية كاليفورنيا الأمريكية الذي كان أول من أطلق هذا الفحص سنة ١٩٢٩.

ويمكن تلخيص مبدأ هذا الفحص كما يلي :-

يتم غرز أداة قياسية اسطوانية الشكل (مكبس) في التربة وبسرعة محددة ومن خلال العلاقة بين قوة الغرز أو مقاومة الغرز وقيمة الغرز (المسافة) يمكن إيجاد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا CBR .

وتعرف قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR-value)بأنها النسبة بين الأحمال اللازمة لغرز المكبس الاسطواني (مساحته ٣ أنش مربع) مسافة معينة داخل عينة مدموكة من التربة لها رطوبة وكثافة معينتين وبين

الأحمال القياسية اللازمة لغرز المكبس لنفس العمق في عينة قياسية من الأحجار المكسرة أي إن :

الحمل الذي لزم لإحداث قيمة الغرز

نسبة تحمل كاليفورنيا = × ١٠٠%

الحمل القياسي لإحداث هذا الغرز في عينة من مادة قياسية

وأما قيمة الأحمال القياسية (Standard loads) لقيم الغرز المختلفة فهي موضحة في الجدول رقم ((١ .

جدول رقم ((١ يبين العلاقة بين الأحمال القياسية وقيم الغرز في فحص نسبة تحمل كاليفورنيا .

وبما إن قيمة تحمل كاليفورنيا تلزم التربة

فان الفحص في المختبر يجري على عينة التربة بعد إيصالها إلى نسبة الدمك المطلوبة أي عندما تكون لها كثافة مشابهة لكثافة التربة المطلوبة بد دمكها وكذلك عند نفس محتوى الرطوبة (محتوى الرطوبة المثالي) ولهذا فان فحص الدمك لعينة معينة من التربة يسبق فحص نسبة تحمل كاليفورنيا لها لأنه يعطي محتوى الرطوبة المثالي ((Optimum moisture content والكثافة الجافة القصوى (Maximum dry density) للتربة .

الأهمية والاستخدام

تستخدم هذه الطريقة لتقييم المقاومة الكامنة لمواد طبقات القاعدة وماتحت الأساس والأساس بما في ذلك المواد المعاد استخدامها في أرصفة الطرق والمطارات وتشكل قيمة CBR المستخرجة بهذه الطريقة جزءا مكملا للعديد من مناهج تصميم الأرصفة المرنة وكذلك في التطبيقات التي يقل فيها تأثير الدك ومحتوى الماء على قيمة CBR كما في التربة غير المتماسكة والمواد الخشنة الحبيبات او عندما يوضع اعتبار لتأثير تباين المحتوى المائي على نسبة الدك في طريقة التصميم ويمكن تحديد قيمة CBR عند المحتوى المائي الأمثل باستخدام جهد معين من الدك .

يتم تحديد قيمة CBR في مدى محدود من المحتوى المائي تسمح به الجهات المعنية في مواصفات الدك الحقلي في التطبيقات التي يجهل فيها تأثير المحتوى المائي على هذه القيم أو عندما يرغب في وضع حساب لهذا التأثير ، حيث يجب إن تعتمد طرق تجهيز عينات التربة التي تزداد مقاومتها تبعا لازدياد الزمن على تقييم هندسة التربة ويجب المحافظة على مثل هذه المواد رطبة حتى يتم الحصول على نسبة التحمل التي تمثل حالة الخدمة الطويلة .

تحضير العينات لفحص نسبة تحمل كاليفورنيا

يتم تحضير العينات داخل قوالب قوالب معدنية اسطوانية شبيهة بتلك التي يجري فيها تحضير العينات لفحص الدمك (مقاسات القالب حسب مواصفات الجمعية الأمريكية للطرق AASHTo هي قطر مساو ل ٦ أنش وارتفاع ٧ أنش) ويمكن استعمال القوالب المستعملة في فحص الدمك لتحضير عينة فحص نسبة تحمل كاليفورنيا وذلك بدمك التربة حسب عدد الطبقات والضربات وباستعمال المطارق المختلفة كما هو موضح في الجدول رقم ((٢ .

جدول رقم ((٢ يبين طرق تحضير العينات لفحص نسبة تحمل كاليفورنيا .

وتشير هنا إلى انه وبعد تحضير عينات التربة داخل القوالب يجري غمرها في الماء لمدة ٩٦ ساعة حسب مواصفات AASHTO وذلك للتربة التي تحتوي نسبة من الطين بينما من الممكن إن تقتصر هذه الفترة على ٢٤ ساعة للتربة الحصوية التي يرشح منها الماء بشكل أسرع ويجري إثناء الغمر قياس قابلية العينة للانتفاخ ((Swelling حيث يمكن إيجاد نسبة الانتفاخ للعينة في قالب ((AASHTO القياسي من العلاقة الآتية :

التغير في الطول (أنش) خلال الغمر

نسبة الانتفاخ = × ١٠٠% ×

٤.٥٨٤ أنش

ويقتصر غمر العينات في الماء على المواصفات الأمريكية لهذا الفحص فيما تخلو المواصفات البريطانية من هذه الخطوة كما نشير كذلك إلى انه يتم أحيانا تحضير ثلاثة قوالب من العينة الواحدة محضرة باستعمال جهد دمك مختلف لكل منها لدراسة سلوكها عند كثافات مختلفة بحيث تدمك القوالب على طبقات ولكن باستعمال عدد ١٠ ضربات لكل طبقة لأحد القوالب و٣٠ ضربة لكل طبقة للقالب الثاني و ٦٥ ضربة لكل طبقة للقالب الثالث ، ويمكن بعد إيجاد نسبة كاليفورنيا لكل قالب رسم علاقة بين الكثافة الجافة وقيمة نسبة تحمل كاليفورنيا للعينة الموجودة فيه كما هو موضح في الشكل أدناه.

ونشير إلى القيمة العملية لهذا الفحص ، فهو :

١- يساعد في الحكم على قابلية عمل طبقة التربة كطبقة أساس أو أساس مساعد في الطريق .

٢- يساعد في تصميم سمك رصفة الطريق وتوجد لهذا الغرض منحنيات خاصة ونورد على سبيل هذا المثال منحنيات سلاح المهندسين الأمريكي (Corps of Engineers) للعلاقة بين قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا وسمك رصفة الطريق .

الشكل يبين مثال العلاقة بين الكثافة الجافة للتربة ونسبة تحمل كاليفورنيا .

الأجهزة اللازمة ((Equipment :

أ- قوالب سي بي آر (CBR moulds) .

ب- قالب معدني مباعد (Spacer disc) قطره اصغر قليلا من قطر القالب وفي حالة استعمال القوالب ذات القطر٧ أنش يكون القرص المباعد ذا ارتفاع ٢.٤١٦ أنش للحصول على عينة داخل القالب ارتفاعها ٤.٥٨٤ أنش .

ت- مطرقة (Rammer) لدمك التربة .

ث- أدوات لقياس انتفاخ التربة وتتكون من ثلاثي قوائم (Tripod) معدني يرتكز إليه عداد مدرج ((Dial gauge لقياس التشوه وقاعدة مخرمة معدنية (Perforated plate) .

ج- أوزان مؤلفة من حلقات معدنية مثقوبة من الوسط مجموع أوزانها حوالي ٤.٥٤ كيلو غرام وحلقات مثقوبة من الوسط ومفتوحة من الجانب وزن كل واحدة حوالي ٢.٢٧ كيلو غراما .

ح- عمود أو مكبس اختراق (Penetration piston) قطره ٤٩.٦٣ مليمترا وطوله ١٠١.٦ مليمترا على الأقل (مساحة مقطع المكبس=١٩٣٥ مليمترا مربعا) .

خ- هيكل تحميل ((Loading frame خاص بقدرة لا تقل عن ٤٤.٥ كيلو نيوتن وله راس متحرك أو قاعدة متحركة بسرعة منتظمة مقدارها ١.٢٧ مليمترا الدقيقة .

د- وعاء غمر (Soaking tank) له ارتفاع كاف للمحافظة على منسوب الماء حوالي ١ أنش فوق سطح القوالب عند غمرها .

ذ- فرن تجفيف ((Drying oven .

ر- أدوات مختلفة مثل السكاكين وورق الترشيح والموازين وغيرها .

الطريقة ((Procedure :

-١ تحضر العينة كما هو مذكور في طريقة الدمك القياسي أو المعدل وتدمك في القالب على طبقات وإذا كانت المادة تمر من المنخل ٤\١٣ أنش (٢٠ مليمترا) تدمك العينة كما هي دون تعديل وإذا تبقى جزء منها على المنخل ٤\١٣ أنش يتم استبدال هذا الجزء بكمية مساوية تمر من منخل ٤\١٣ أنش وتتبقى على منخل رقم ٤ (٤.٧٥ مليمتر) .

-٢ يتم تحديد محتوى الرطوبة المثالي ((Optimum moisture content للعينة (إذا لم يكن معروفا) بطريقة الدمك القياسي أو المعدل حسب المطلوب .

-٣ إذا كان المطلوب تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) عند أقصى كثافة جافة ومحتوى الرطوبة المثالي يتم دمك العينات في القالب عند محتوى الرطوبة المثالي وباستعمال طريقة الدمك القياسي أو المعدل وإذا كان المطلوب هو تحديد CBR عند محتوى الرطوبة المثالي ونسبة مئوية

معينة من الكثافة الجافة القصوى يتم دمك ثلاث عينات عند محتوى الرطوبة المثالي مع استعمال طريقة الدمك القياسي وتغير الضربات لكل عينة حتى يتم الحصول على الكثافة الجافة المطلوبة .

فمثلا إذا أردنا نسبة تحمل كاليفورنيا لتربة مدموكة إلى ٩٠% من كثافتها الجافة القصوى نستعمل عددا من الضربات مقداره ١٠,٣٠,٦٥ ضربة لكل طبقة للعينات الأولى والثانية والثالثة على التوالي ويتم تحديد (CBR) لكل عينة على حده .

٤- إذا كان المطلوب هو تحديد (CBR) عند عدة محتويات للرطوبة يتم تحضير عينات عند محتويات الرطوبة المختلفة كالتي تجري لرسم منحنى العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة الجافة ويتم رسم المنحنى كما يتم إجراء فحص الاختراق لتحديد (CBR) لكل عينة بالإضافة إلى ذلك يتم رسم العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة لعينات محضرة على ٣٠ضربة وعينات على ١٠ ضربات ويتم إجراء الاختراق وتحديد (CBR لكل عينة .

٥- يتم تجميع القالب مع القاعدة كما يدخل القرص المباعد (Spacer disc) فوق القاعدة ثم توضع ورقة ترشيح فوق القرص وتدمك العينة في القالب فوق ورقة الترشيح .

بعد الدمك يتم رفع غطاء القالب وتسوية سطح العينة مع حواف القالب باستعمال الحرف الحاد ثم يتم ملئ الفراغات الكبيرة الناتجة عن خروج الأحجار إثناء تسوية السطح بمواد اصغر .

٦- يتم فك قاعدة القالب والقرص المباعد وتوزن العينة مع القالب .

٧- توضع ورقة ترشيح على القاعدة ويوضع القالب مقلوبا مع العينة عليها ويثبت القالب بالقاعدة بحيث تلامس العينة ورقة الترشيح .

٨- توضع الأوزان فوق القرص المثقب (القاعدة المخرمة المعدنية) وتنزل برفق فوق العينة وتوضع مجموعة أوزان بحيث تكون معادلة لوزن

الرصفة ولا يقل وزنها عن ١٠ باوند (٤.٥٤ كغم) حتى ولو لم يكن هناك رصفة .

-٩ بعد دمك كل قالب يتم غمره بالماء مع السماح للماء بالوصول إلى سطح العينة وأسفلها وتؤخذ قياسات أولية للانتفاخ وتترك العينة لمدة ٩٦ ساعة مع بقاء سطح الماء ثابتا حوالي أنش واحد فوق سطح القالب ويمكن إن تقتصر فترة الغمر على ٢٤ ساعة للمواد الخشنة أو إذا تبين إن هذا لن يؤثر على نتائج الفحص ، وبعد انتهاء فترة الغمر تؤخذ قراءات الانتفاخ ثانية وتؤخذ النسبة المئوية للانتفاخ كنسبة مئوية من الارتفاع الأصلي للعينة .

-١٠ تخرج العينة بعد الغمر وتترك مدة ١٥ دقيقة دون إحداث اضطراب للعينة ويمكن إمالة القالب لتصريف ماء السطح .

١١- ترفع الأوزان والقاعدة وورقة الترشيح ويؤخذ وزن القالب والعينة .

١٢- بعد وزن العينة توضع الأوزان ثانية فوقها تمهيدا لفحص الاختراق ويتم وضع نفس الأوزان التي كانت فوق العينة إثناء غمرها بالماء ولمنع خروج التربة من فتحة الأوزان إثناء الاختراق ويوضع الوزن على سطح العينة قبل وضع مكبس الاختراق ثم توضع بقية الأوزان .

-١٣ يتم التأثير بحمل صغير على العينة بواسطة مكبس الاختراق لا يزيد عن ٤٤ نيوتن بعدها يتم تصفير عدادات قراءة الحمل والاختراق ويتم اعتبار هذا الحمل صفرا عند إيجاد علاقة الحمل والاختراق .

-١٤ يتم التأثير بالأحمال بحيث تكون سرعة التحميل ١.٢٧ مليمترا في الدقيقة ونسجل الأحمال عند الاختراق (١٢.٧-١٠.١٦-٧.٦٢-٥.٠٨-٤.٤٥-٣.٨١-٣.١٨-١.٢٩-٠.٦٤) مليمترا .

-١٥ بعد الاختراق يتم إخراج العينة من القالب وتؤخذ عينة على عمق أنش واحد ويتم تحديد محتوى رطوبتها .

الحسابات ((Calculations

أ- يحسب الإجهاد لكل نقطة اختراق ويرسم منحنى الإجهاد والاختراق إذا كانت بداية المنحنى مقعرة للأعلى نتيجة عدم استواء سطح العينة يتم عمل تصحيح للمنحنى بعمل امتداد للجزء المستقيم ليلاقي محور السينات في نقطة اعتبارها نقطة الصفر .

ب- بعد التصحيح يتم إيجاد الاجهادات المقابلة لقيم الاختراق ٢.٥ مليمترا و ٥٠ مليمترا ويقسم ذلك الإجهاد على الأحمال القياسية المقابلة لقيم الاختراق هذه وتكون هذه النتائج هي نسبة تحمل كاليفورنيا وتكون النسبة على الحمل الأقل هي المعتمدة وتكون عادة هي الأعلى ولكن إذا وجد إن الثانية أي عند الاختراق الأكبر والحمل الأكبر قيمتها اكبر تتم إعادة الفحص فإذا تأكد إن النسبة على الاختراق الأعلى اكبر من تلك المحسوبة للاختراق الأصغر تؤخذ القيمة الأكبر .

التجربة

الطريقة القياسية لتحديد تحمل التربة المرصوصة مخبرياً

(Test Method for CBR (California Bearing Ratio

Of Laboratory- compacted Soil

(ASTM-D1883- 94)

Scope :المجال ١.١٣.١

هدف التجربة هو إعطاء تحمل التربة النسبي بعد رصها وفحصها بالمخبر، وذلك عن طريق مقارنة القوة

اللازمة لاختراق التربة، مع نتائج اختراق تربة قياسية، ويمكن من هذه التجربة تحديد صلاحية التربة

الطبيعية الأساسية، وتربة طبقات الردم في الطريق (طبقة الأساس وطبقة ما تحت الأساس).

Apparatus :المستخدمة والأدوات الأجهزة ٢.١٣.١

:تحميل جهاز ١.٢.١٣.١

وهو جهاز ذو طاقة تحميل لا تقل عن ٥.٤٤ آيلونيوتن. ومجهز برأس أو قاعدة متحرآة تتحرك بسرعة ثابتة

مقدارها ٢٧.١ مم / دقيقة.

وتستخدم لتطبيق قوة آافية لاختراق رأس اسطوانة الجهاز داخل العينة، ويجب أن يكون الجهاز مزوداً

بمشعر لقراءة القوة المطبقة، وأن يكون قادراً على قراءة قوة دنيا قدرها ٤٤ نيوتن أو أقل.

ـ القالب:

هو قالب أسطواني بقطر داخلي ٢٤.١٥سم وارتفاع ٨.١٧٧سم ويكون مزوداً بطوق وصل إضافي بارتفاع

٠٨.٥سم. وهو مزود بقاعدة معدنية مثقبة ذات ارتفاع ٥٣.٩ ملم وقطر الثقوب لا تتجاوز ٥٩.١ ملم.

ـ قرص تباعد:

قرص معدني أسطواني بقطر ٠٨.١٥ سم وبارتفاع ١٤.٦ سم.

ـ مطرقة:

تستخدم نفس المطرقة الموصفة في تجربة بروآتور.

ـ جهاز قياس الانتفاخ:

وهو عبارة عن ساق قابل للضبط مثبت على صفيحة مثقبة بقطر لا يزيد عن ٥٩.١ مم. ومسند ثلاثي

الأرجل لتثبيت ساعة قياس الانتفاخ الحاصل أثناء النقع بالماء.

ـ أوزان إضافية:

حلقة معدنية بوزن ٢٧.٢ آغ لكل حلقة، وبقطر خارجي ٢.١٤٩ مم ومفرعة في مرآزه بقطر ٥٤ ملم

ـ مكبس الاختراق:

مكبس معدني بقطر ٥.٤٩ ملم أي بمساحة ٣٥.١٩ سم وبطول لا يقل عن ١٦.١٠ سم.

ـ مؤشرات التشوه:

يلزم مؤشرات بدقة قياس للتشوه

١٠٠٠

إنش أو ١

١٠٠

ملم. ١

ـ حوض تغطيس بالماء:

مناسب لنقع العينات بالماء والمحافظة على ارتفاع ماء ٥.٢ سم أعلى القالب و ٥.٢ سم أسفل القالب

وذلك بتثبيت شبكة قضبان بارتفاع ٥.٢ سم في أسفل الحوض وبتباعد مناسب.

٣.١٣.١ تحضير العينة: Preparation of Sample

١ ـ يتم تقسيم العينة بشكل نظامي وأخذ قسم ممثل للعينة. وزن الجزء المأخوذ لا يقل عن ٥٤.٤ آغ

للترب الناعمة أو عن ٤٤.٥ آغ للترب الحصوية.

تخلط العينة بالماء وتحفظ في وعاء لحفظ رطوبة الجو المحيط بالعينة لفترة آافية لتأمين تجانس الرطوبة

في العينة عندما يكون ذلك ضرورياً.

٢ ـ في حالة تحضير عينة منقوعة بالماء، يلزم تحديد رطوبة العينة قبل وبعد رص العينة في القالب.

يجب أن لا يقل وزن عينة تحديد الرطوبة عن ١٠٠ غ للتربة الناعمة، وعن ٥٠٠ غ للتربة الحصوية، وفي حال

تحضير عينة غير منقوعة، يلزم أخذ عينة من أحد طرفي القالب، بعد تنفيذ التجربة لتحديد محتوى الرطوبة

في القالب.

٣ ـ يتم تثبيت القالب المعدني (مع طوق الوصل) بالتشبيك مع القاعدة المثقبة، وتوضع صفيحة التباعد

داخل القالب، ويوضع فوقها ورقة ترشيح خشنة ثم ترص التربة في القالب، وذلك آما هو مشروح في تجربة

بروآتور. على أن ترص التربة حتى الكثافة الجافة العظمى بعد إضافة نسبة المياه الأصولية للعينة.

٤ ـ يتم فك طوق الوصل المعدني وتشذيب حواف القالب وتسوية سطحه، ويمكن إضافة بعض النواعم من

العينة لملء الفراغات الناتجة عن إزالة بعض الحصويات أثناء التشذيب.

يمكن بعد ذلك فك القاعدة المثقبة وإزالة صفيحة التباعد لوزن القالب مع التربة المرصوصة، ثم يتم ترآيب

القالب على القاعدة المثقبة بعد وضع ورقة ترشيح خشنة، على أن يكون سطح التربة مواجهاً للقاعدة

المثقبة.

٥ ـ توضع الساق القابلة للضبط فوق العينة بعد وضع ورقة ترشيح خشنة على سطح التربة، ثم توضع

أقراص الحمولات الإضافية لتمثيل وزن الطبقات فوق التربة المدروسة على أن لا يقل وزن هذه الأقراص عن

٤.٥٤ آغ.

يلي ذلك غمر القالب والأوزان في الماء مع تأمين حرية وصول الماء للعينة من أعلى وأسفل القالب.

يجب أخذ القياسات المبدئية لتحديد الانتفاخ قبل نقع العينة في الماء لمدة ٩٦ ساعة. ويجب الحفاظ على

منسوب مياه ثابت أثناء فترة النقع.

يمكن أن تكون فترة النقع أقل من ٩٦ ساعة، عندما تكون التربة حصوية، أو ذات تصريف سريع للماء. عند

نهاية فترة النقع تؤخذ قراءة انتفاخ العينة وتنسب للطول البدائي لها.

٦ ـ بعد أخذ قراءة الانتفاخ، يجب إزالة الساق القابلة للضبط، وإزالة المياه السطحية، دون تخريب سطح

العينة، والسماح للعينة بالتصريف الحر للماء لمدة ١٥ دقيقة.

ويمكن السماح بتمييل القالب أثناء التصريف، شرط عدم تخريب سطح العينة. ثم يوزن القالب مع التربة

المشبعة وتسجيل هذا الوزن.

٤.١٣.١ التجربة تنفيذ مراحل: Experimental Steps

١ ـ يجب وضع أقراص الأوزان الإضافية الممثلة لوزن الطبقات فوق التربة المدروسة، على أن لا تقل عن

٥٤.٤ آغ. فإذا آانت العينة محضرة بالنقع بالماء فيكون وزن الأقراص الإضافية مماثلاً لوزن الأقراص في حالة

النقع.

لمنع التربة الناعمة من الدخول داخل فتحة مكبس الاختراق يوضع مكبس الاختراق فور وضع أحد من

الأوزان الإضافية على العينة، وتوضع باقي الأوزان الإضافية بعد ذلك.

٢ ـ يتم ضبط سطح المكبس عند سطح العينة بأقل حمولة ممكنة، شرط أن لا تتجاوز الحمولة ٤٤ نيوتن. ثم

يتم تصفير ساعة قياس التشوه والإجهاد المطبق.

إن هذه الحمولة المبدئية ضرورية لضمان ارتكاز مناسب للمكبس على العينة وتعتبر هذه الحمولة هي

الصفر المبدئي للتجربة عند رسم منحني الإجهاد - التشوه.

٣ ـ يمكن تطبيق الحمولة على المكبس بحيث تكون سرعة الاختراق بحدود ٢٧.١ملم/دقيقة.

(١٢.٧ ـ ١٠.١٦ ـ ٧.٦٢ ـ ٥.٠٨ ـ ٢.٥٤ ـ ١.٩١ ـ ١.٢٧ ـ ٠.٦٤) ًمساويا الاختراق يكون عندما الحمولة تسجل

ملم.

٤ ـ يتم نزع التربة من القالب وقياس رطوبة الجزء العلوي منه ٥٤.٢ سم.

٥ ـ طريقة الحساب:

ـ منحني الإجهاد التشوه:

يحسب الإجهاد المطبق على سطح العينة ويرسم منحني الإجهاد ـ التشوه على أن يكون المحور الأفقي

محور التشوه والمحور الشاقولي محور الإجهادات.

عند رسم المنحني، قد يكون مقعراً نحو الأعلى في بداية المنحني، وذلك ناتج عن عدم استواء سطح

العينة عند بداية التجربة، وعندها يجب تعديل نقطة الصفر للمنحني حسب الشكل ١٣.٣.

ـ نأخذ قيم الحمولة المحسوبة عند اختراق العينة بقيمة ٢.٥٤ ملم و ٠٨.٥ ملم.

يمكن حساب نسبة تحمل التربة بمقارنتها بالتربة القياسية وذلك بتقسيمها على ١٠٠٠ باوند / الإنش

المربع وعلى ١٥٠٠ باوند / الإنش المربع، بالترتيب وتضرب النتيجة بـ ١٠٠ لحسابها آنسبة مئوية.

وفي حال حساب الحمولة الناتجة بالتجربة أو المصححة بالكيلو غرام بالسنتيمتر المربع يكون (عند الاختراق

(ملم ٢.٥٤

$$CBR = \frac{\text{قيمة المحولة المصححة}}{\text{الحمولة القياسية}} \times 100 = \frac{\text{قيمة المحولة المصححة}}{70.29} \times 100$$

وعند الاختراق ٠٨.٥ ملم

$$CBR = \frac{\text{قيمة المحولة المصححة}}{\text{الحمولة القياسية}} \times ١٠٠ = \frac{\text{قيمة المحولة المصححة}}{105.43} \times ١٠٠$$

وعادة تكون قيمة الـ CBR العليا عند
الاختراق المساوي لـ ٢.٥٤ ملم، وعندما تكون قيمة الـ CBR العليا عند

الاختراق المساوي لـ ٠٨.٥ ملم.

يجب إعادة التجربة وفي حال آانت النتيجة مماثلة تعتمد النتيجة.

Report :التقرير ٥.١٣.١

يجب أن يشمل تقرير التجربة ما يلي:

ـ طريقة تحضير ورص العينة.

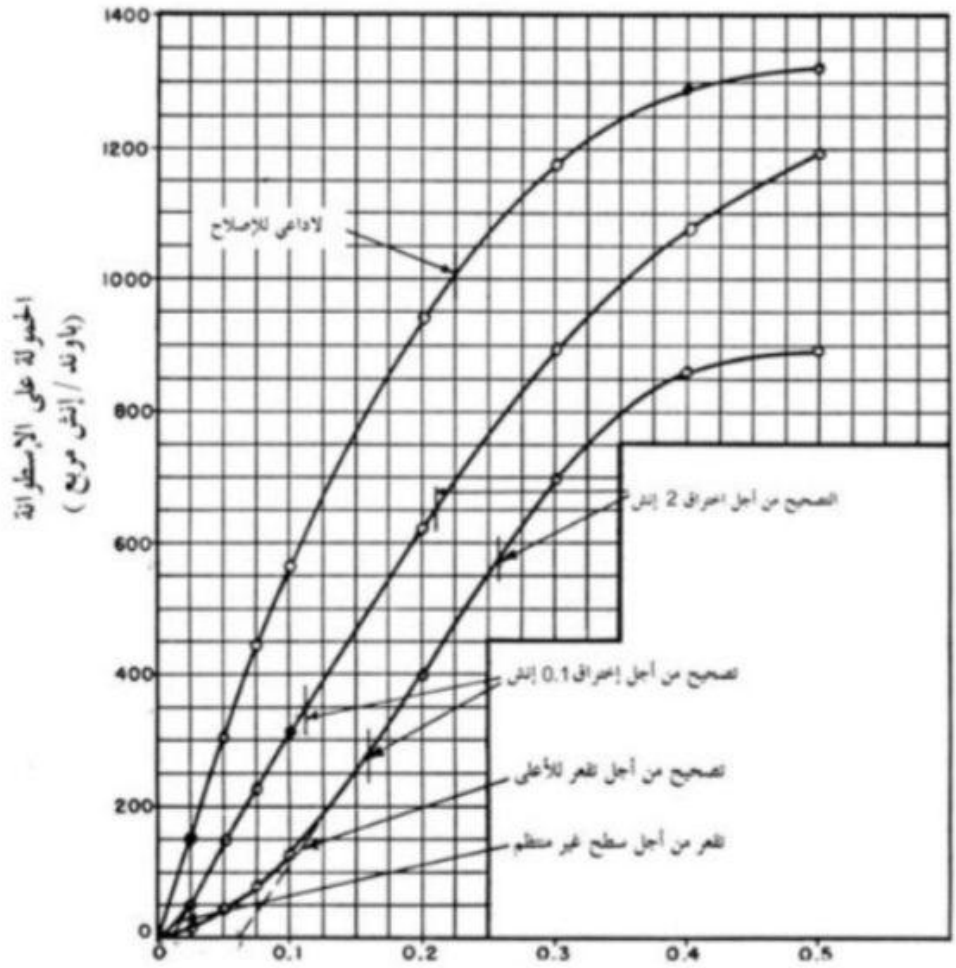
ـ تحضير قالب العينة (مغمورة بالماء أم لا).

ـ الكثافة الجافة للعينة قبل الغمر وبعد الغمر.

ـ رطوبة العينة بالنسبة المئوية (قبل الرص، بعد الرص، بعد الاختراق).

ـ نسبة الانتفاخ.

ـ نسبة تحمل العينة بالنسبة المئوية.



الشكل 3.13 ـ تصحيح منحني الحمولة – الاختراق.