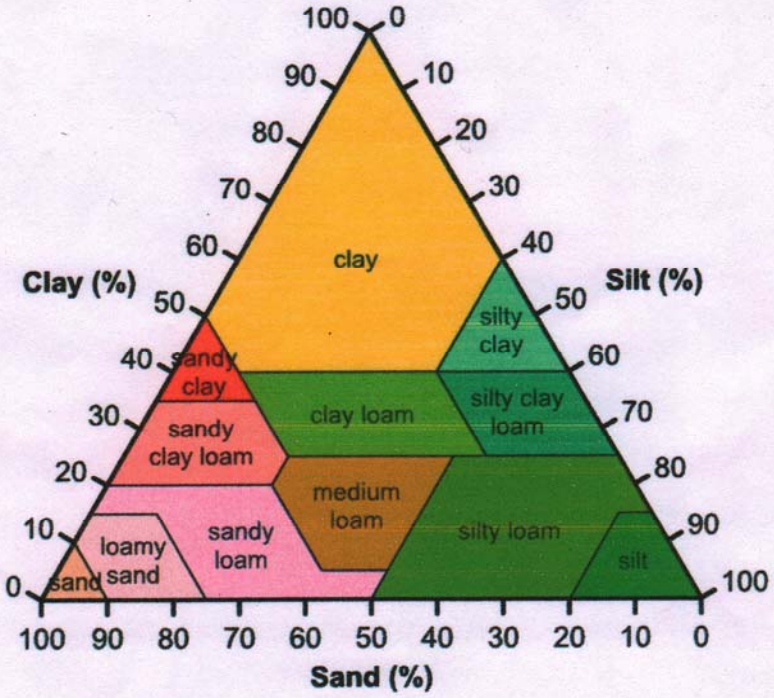
وزارة زراعة والموارد المائية

المديرية العامة لسسدود والخزانات

تصنيف التربة



اعداد

مهندس

رزگار حيدر محمد امين

المقدمة

بالنظر لاهمية معرفة خواص التربة و اصنافها لاغراض تنفيذ الاعمال و المشاريع التى تنفذ من قبل حكومة اقليم كوردستان ضمن حملة اعمار كوردستان تم اعداد هذه الدراسة المتضمنة اعطاء فكرة عن انضمة تصنيفها و بعض الفحوصات الضرورية والتى تجرى فى الحقل او المختبر والتى يستفاد منها لمعرفة كيفية تميز التربة حيث ان انواعها يتوقف على التدرج و على نتائج التحليل و نتائج اختبارات معينة خاصة و تحديد نسبة الرطوبة و الكثافة

لقد اكتسب نظام تمييز التربة اهمية كبيرة حيث يمكن التعرف على خصائصها من حيث درجة استقرارها و قوة تحملها و درجة نفاذ الماء خلالها و مدى التغير فى حجمها و بمجرد معرفة ذلك يمكن التحكم على مدى صلاحيتها كتربة يصلح التأسيس عليها .

((تصنيف التربة))

ان الاختلاف الواسع لخواص التربة ادى الى ايجاد عدد من الانظمة لتصنيف التربة وحسب الاستعمالات المختلفة لها و حسب حجم الحبيبات و التدرج . ان معرفة حجم الحبيبات و تدرجها له اهمية كبيرة عند دراسة الخواص الميكانية للتربة و بالرجوع الى حجم الحبيبات نتعرف على نوع المادة و كما مدون فى الجدول التالى :

الحجر الحصى الرمل	تمتاز هذه المواد بالحبيبات الكبيرة الحجم و التى يمكن معرفتها . اما بالعين المجردة و بصورة ادق معرفتها من خلال اجراء. تحليل الغرابيل (Sieve analysis)
غرين Silt طين Clay	الحبيبات تمتاز بكونها صغيرة الحجم و لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة والتى تصنف بواسطة مقياس الثقل النوعى Analysis hydrometer او اى فحص اخر

ان انظمة تصنيف حجم الحبيبات (grain size classification) والتى تستعمل فى الدول المختلفة توضح بعض الاختلافات خاصة عند تحديد حدود حجم الحبيبات المختلفة .

ان الخط الفاصل بين الرمل و الغرين حبيبات ذات حجم (٠,٠٠٦mm) و حبيبات ذات حجم (٠,٠٧٤ mm) و (رقم المنخل ٢٠٠) .

ان نتائج التحليل بواسطة مجموعة الغرابيل القياسية يمكن ان يترجم على مخططات تمثل منحنيات التدرج منحنى التدرج يبين توزيع حجم الحبيبات و يمكن من خلاله معرفة اذا كانت التربة جيدة التدرج و متجانسة حيث ان مثل هذه التربة تمتاز بعدم اختلاف حجوم حبيباتها كثيرا اضافة الى هناك تملك معامل التجانس (Cu) و الذى يمكن معرفته من خلال المعادلة التالية :

Cu = d ٦٠ / d ١٠ Less than ٥

حيث (d ٦٠ , d ١٠) يمثل قطر الحبيبات مقابلة لقيم تمثل (٦٠ , ١٠) بالمائة من منحنيات التدرج و كما يوضح فى الشكل المرفق طيا ان التربة المتجانسة التدرج تملك معامل تجانس اكبر من (٥) حيث هنا تكون الفراغات بين الحبيبات الكبيرة الحجم مملؤة بواسطة الحبيبات الصغيرة الحجم و تمتاز هذه التربة بكونها اكثر صلاحية لاستعمالها كتربة املاء اضافة الى كونها اكثر استقرارا من التربة المتدرجة بصورة منتظمة .

A well – graded soils form a more stable fill than uniformly graded soil .

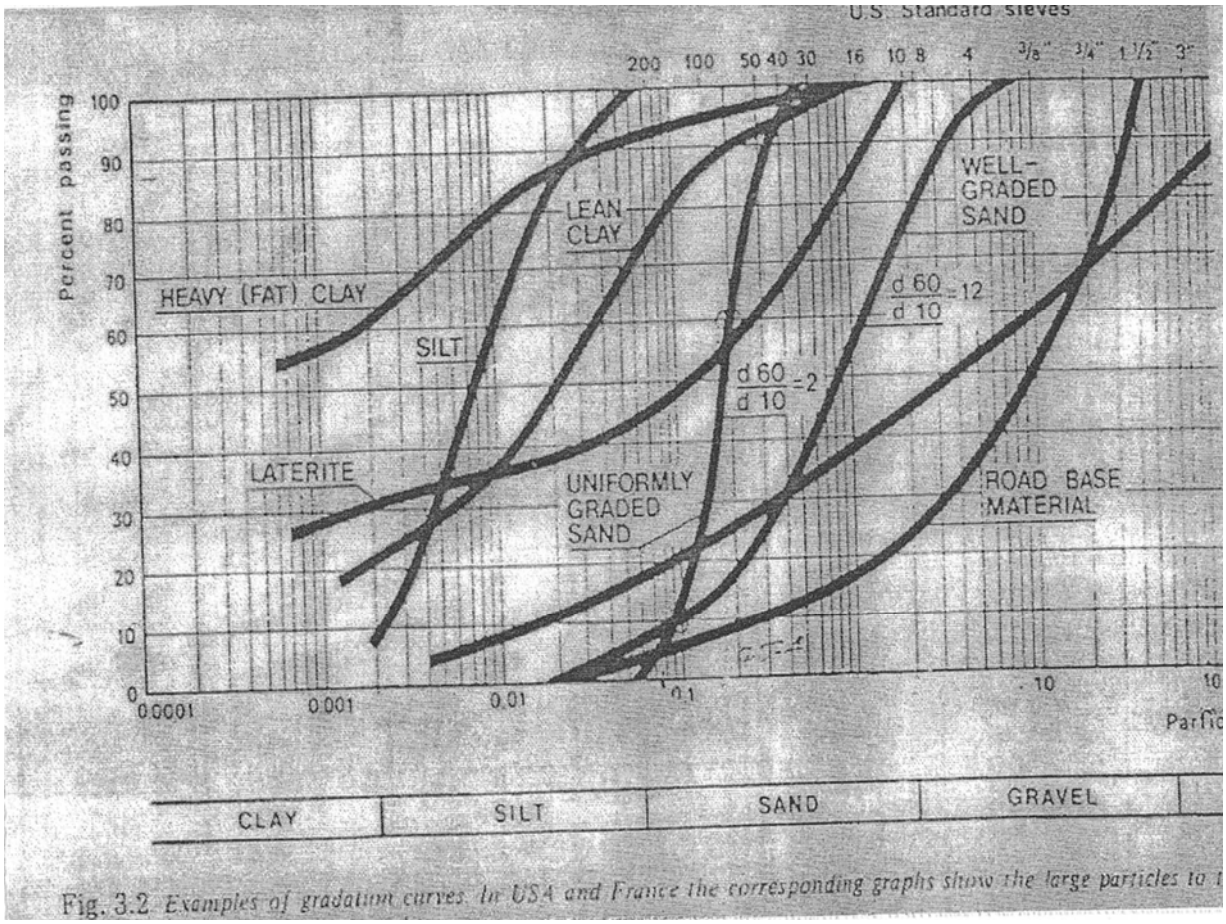


Fig. 3.2 *Examples of gradation curves. In USA and France the corresponding graphs show the large particles to*

انظمة تصنيف التربة *Soil classification System*

١-نظام تصنيف التربة الاحادى: ١-The unified soil classification system (U.S.C.S)

يعتبر هذا النظام من اكثر الانظمة شيوعا و الاستعمالا حيث يتكون هذا النظام مما يلى :

تقسم التربة بواسطة هذه الطريقة الى (١٥) مجموعة تعرف بواسطة الاسم و حرف كرمز لها

التربة ذات الحبيبات الكبيرة تعرف بانها التربة التى (٥٠ ٪) من مكوناتها ذات حجم اكبر من الحبيبات المارة من غربال رقم (٢٠٠) و التربة ذات الحبيبات الصغيرة تقسم الى تربة قابلية انضغاط عالية (H) او تربة ذات قابلية انضغاط واطئة (L)

و يوضح الجدول المرفق طيا طريقة تصنيف التربة الحبيبات الناعمة

Aplasticity chart is used to classifiy fine – grained soil .

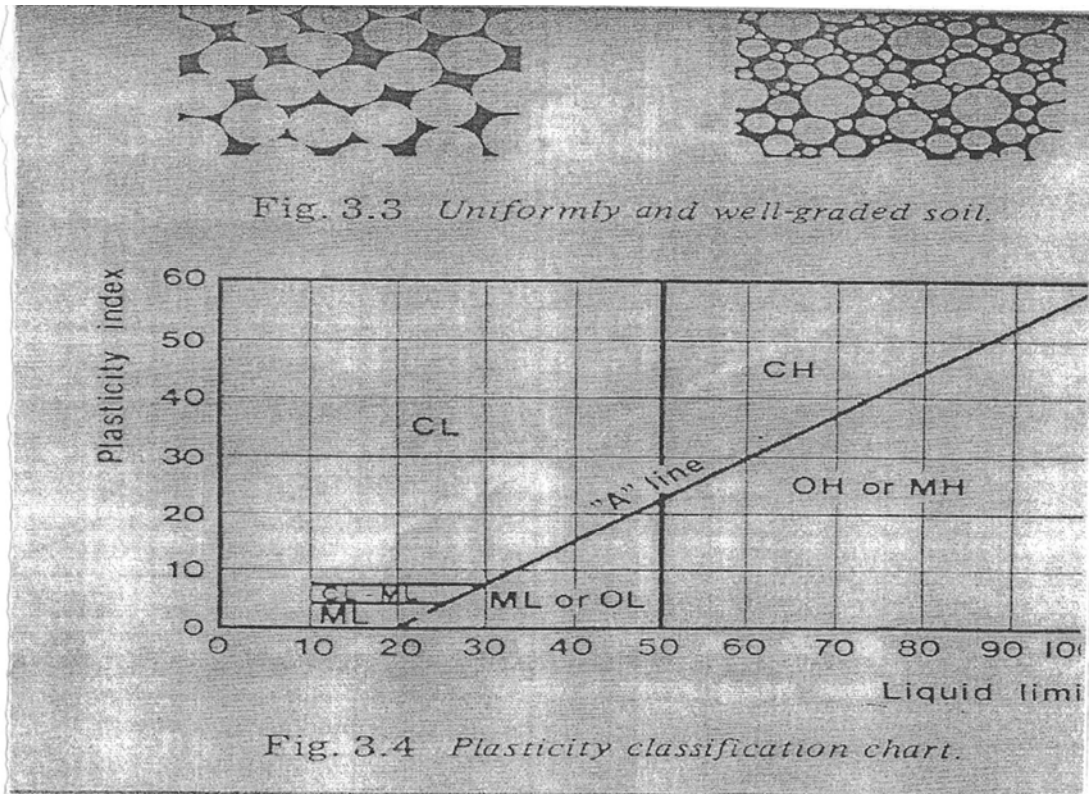


Fig. 3.3 *Uniformly and well-graded soil.*

Fig. 3.4 *Plasticity classification chart.*

٢-نظام اشو للتصنيف The AASHO classicification system

تصنف التربة الخاضعة لهذا النظام و التى تمتاز بان لها قابلية تحمل متساوية تقريبا الى سبع مجموعات رئيسية تعرف (A١ A٧)

افضل انواع التربة و التى يكون تدرجها جيد جدا بدأ ب (A١) **يليها التربة الاقل اهمية** (A٢) **الى تصل الى** (A٧) **وهى آسوأ انواع التربة (جدول رقم ١)**

Table 1 the AASHO soil classification systemn

General Classification	GRANURAL MATERIALS (35% or less than passing No.200)							SILT CLAY MATERIALS (More than 35% passing No.200)			
Group Classification	A-1 A-1-a	A-1-b	A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
				A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Sieve analysis percant passing No.10 No.40 No.200	50 max 20 max 15 max	50 max 25 max	51 min 10 min	35 max	35 max	35 max	35 max	36 max	36 ma	36 max	36 max
Characteristics fraction passing No.40 Liquid Limit Plasticity Index	6 max		N.P	40max 10max	40max 10max	40max 10max	40max 10max	40max 10max	40max 10max	40max 10max	ma x 10ma x
Group index	0		0	0		4max		8max	12max	16max	20m ax
Usual types of significant constituent materials	Stone treatment Gravel&sand		Fine sand	Silty or clayey Gravel and sand				Silty soils		Clayey soil	
General rating as subgrade	Excellent to good			Fair to poor							

٣-تصيف التربة بالرجوع و الاعتماد على الانضغاطية :

٣-Soil classification with reference to compaction

ان من الصعب استعمال انضمة التصنيف الاعتيادية لا يجاد افضل طريقة لحساب مقدار الانضغاطية و ادوات الحدل التى تعطى افضل النتائج . حيث ان احدى الاسباب المهمة هى ان معامل القوام (liquid limit) (plastic limit) **و المستعملة فى مختلف انظمة التصنيف لا ترجع بالضرورة الى الانضغاطية لهذا السبب وجد نظام خاص للتصنيف يستعمل بالاشارة الى المقدار القابلية على الحدل او الانضغاط و كما مبين فى الجدول الذى يرفق طيا الى**

هذا النظام التدرج الخاص لانواع التربة فى المجموعة ( ) يمكن حسابها اما المجموعة ( ) فان مقدار قوة التربة تحسب من المختبر و ذلك باجراء الفحص (Unconfined Compressive Strength)

حيث يتم حساب مقدار القوة استناد الىمحتوى الماء المتواجد خلال عملية الحدل المجموعة ( ) متكونة من الحجر , الحصى , الرمل , و هى عبارة عن مجموعة غير متماسكة سهلة و لذلك يمكن اعتبارها من الترب الصالحة لاستعمالها كماد املاء و يمكن ضغطها بسهولة

كمية قليلة من الغرين يمكن قبولها فى الجموعة ( ) اما اقصى نسبة من الحبيبات الناعمة التى يمكن تواجدها تعتمد على حجم الحبيبات اضافة الى صفات اخرى للحبيبات الناعمة (جدول رقم ٢)

Table ٢ Soil classification system with reference to compaction

I	*Rock fill and granular Soils with large stones and boulders*
II	Sand and Gravel *
	A well graded
	B uniformly graded
III	Silt , Silty Soils , etc
	A silty sand ,silty gravel ,moraines .
	B silt and sandy silt , clayey and clayey gravel .
IV	clay
	A clay with low medium strength**
	B clay with low medium strength***

* with less than ٥ to ١٠٪ of materials smaller than ٠,٠٦ mm

** unconfined comprehensive strength <٠,٢mpa

*** unconfined comprehensive strength >٠,٢mpa

اقصى نسبة ذات حجم اصغر (٠,٠٦) و التى تمثل (١٠-٥) مشارا ليها فى التصنيف المقترح مجموعة (III,IV) للحبيبات لها نسبة معينة الناعمة اعلى درجة من الانضغاطية الممكن الحصول عليها تعتمد على المحتوى المائى للتربة فى حالة كون الانضغاطية المطلوبة عالية المحتوى المائى يجب ان لا يختلف كثيرا " عن افضل محتوى مائى . نحتاج الى معدات خاصة لتسليط ضغط عالى تواجه قوى القص المقاومة , و من الضرورى الضغط على طبقات ذات سمك معين و محدد .

ان افضل وسيلة للانضغاطية يجب ان تحسب على اساس قوة التربة

Classification used in the United Kingdom

يستعمل هذا التصنيف لاغراض تصميم و انشاء الطرق حيث كل مجموعة من مجاميع التربة تحدد اقصى سمك بيطبقة التربة و اقل عدد لازم عدد مرات مختلف انواع و حجوم الالات المستعملة لعملية الحدل .

الفحوص المختبرية والحقلية *laboratory Tests*

١. تحليل حجم الحبيبات Grain Size Analysis

تحليل حجم الحبيبات يتم بواسطة التدرج حيث يتم اخذ نموذج مجفف من التربة وتمررخلال مجموعة من الغرابيل القياسية و يتم حساب النسبة المئوية للاوزان المارة خلال مجموعة الغرابيل المختلفة و تسجيل للحصول على التدرج . يلاحظ ان تجفيف النموذج يتم بواسطة الفرن الموجد فى المختبر و بدرجة حرارة تصل الى (C١١٠) و لتسريع عملية التجفيف نستعمل أنابيب تمر من خلالها هواء .

الجزيئات التى نكون اقطارها اصغر من (٠,٠٦mm) يمكن فحصها بواسطة (hydrometer Analysis) حيث يتم مزج هذه الجزئيات الناعمة بصورة متجانسة فى سائل ، كثافة السائل تقاس على فترات زمنية متفاوتة بواسطة (hydrometer) . وبما ان الجزيئات الاكبر حجما" منها يمكن حساب توزيع حجم الجزيئات بقيمة مكافى الرمل (Sand equivalent) يشير الى ان تأثير المجتمع لمجموعة الصفات الخاصة بمجموعة الحبيبات الناعمة فى أى كتلة يمكن حسابها بواسطة فحص (Sedimentation) .

٢. **فحص الانضغاطية (الحدل) المختبرى** Laboratory Compaction Test :

الاطريقة القياسية لحساب افضل محتوى مائى و بالمقابل حساب اعلى كثافة جافة عرفت سنة (١٩٣٣) بواسطة (R.R Pactor **) و التى استعمل فيها مطرقة يدوية لدك التربة عاى ثلاث طبقات كل طبقة سمكها (** ٤in **) ومنذ ذلك الحين اطلق على هذا الفحص الختبرى (** Proctor Test **) .**

ولكن فى هذه الأيام و حسب فحص اشوا استعملت مطرقة تهبط بحرية من ارتفاع (١٢in **) حيث نضغط التربة على ثلاث طبقات بواسطة (٢٥) ظربة اما قطر الاسطوانة فيكون مساوى الى (٢٥)**

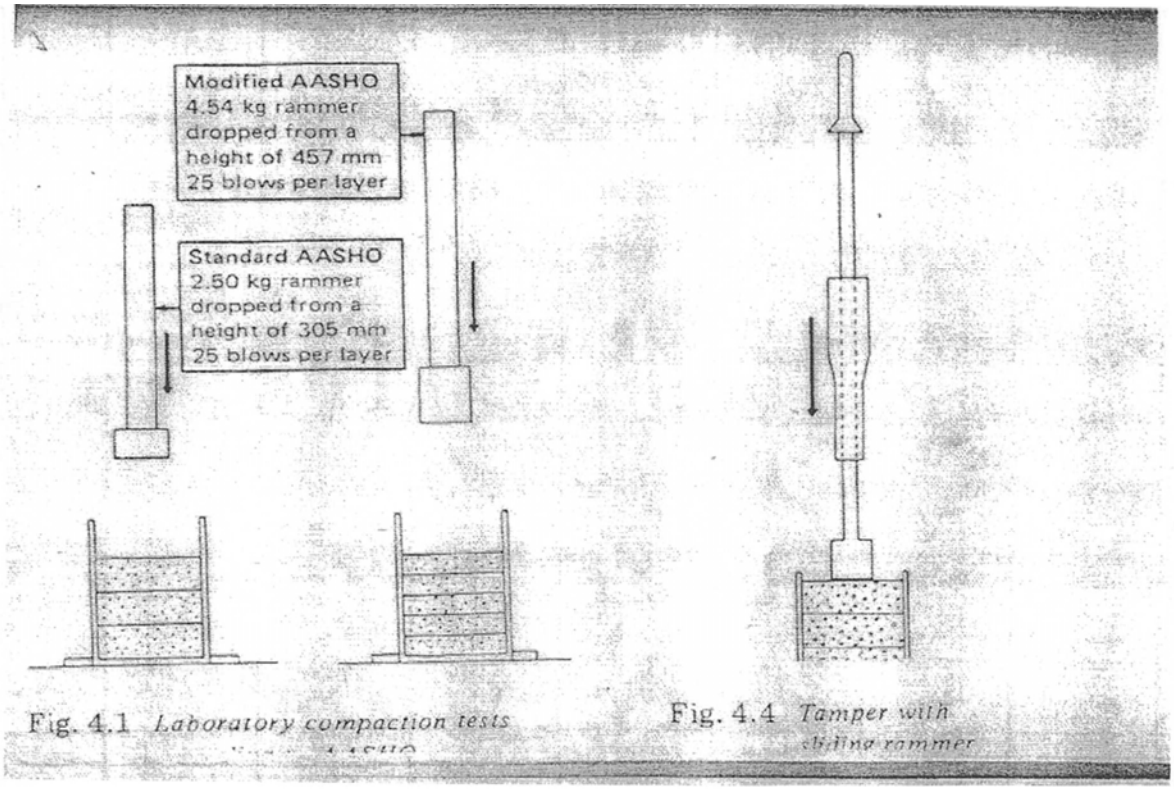


Fig. 4.1 *Laboratory compaction tests*

Fig. 4.4 *Tamper with sliding rammer*

تجارب الحدل القياسى (Modified Compaction Test **) قد اوجدت لتبلى الطلبات المتزايدة على حدل القياسى , استناداً الى طريقة اشو معدل نستعمل مطرقة بوزن (** ١٠ lb ٤,٥Kg **) تسقط من أرتفاع (** ١٨in **) التربة تحدل على خمس طبقات تدق بعدة المطرقة (** ٢٥ **) ضربة , طاقة الحدل هنا تكون بقدار (** ٤,٥ **) مرات أكثر من الطاقة الناتجة من تجربة الحدل القياسية .**

و كنتيجة لهذه الفحوص اوجدت عدة مخططات من فحص الحدل أضافة الى كون الطاقة المستعملة فى هذا الفحص كبيرة فان اعلى كثافة جافة (Maximum dry density) هى بحدود (١٠-٥) فى المواد الحبيبة (Granular Material) واقل بنسبة للمواد التجانسة التدرج بحدود (١٠%) و قد تكون النسبة اكبر فى تربة المتماسكة (Cohesive Soil) اما المحتوى المائى الاقل هو عادة (٨-٧%) اقل عند فحص المعدل للفحص (Modified proctor test) مقارنة" بالفحص القياسى (Standard Test) و الاختلاف يكون فى حالة التربة المتماسكة مقارنة" بالتربة الحبيبة .

مماسبق نستنتج انه من الضرورى معرفة و الأشارة الى أى نوع الفحص المختبرى للحدل تستعمل لكل حالة مستقلة عن الأخرى ، بما أن محيط الاسطوانة (Proctor model) المستعملة فى (٤in) هنالك حد لاقصى حجم للحصى المستعمل فى النماذج المعدة لآجراء التجارب عليها ، المواد التى قطرها اكبر من (١٩mm-٤,٧٥mm) يجب ان تغربل من النموذج قبل الفحص ، لهذا السبب هنالك تصحيح لمحتوى الحصى الموجود فى أى نموذج عند حساب الكثافات فى المختبر مقارنة" بمقدار الكثافة التى نحصل عليها من النماذج فى الحقل مباشرة فى حالة وجود الحصى ، وكما موضح استعماله فى المخطط و جدول رقم ٣ .

Table 3 Laboratory Compaction tests

	Standard AASHO(T99) ASTM D693 Method A and C*	Modified AASHO(T180) ASTM D1557 Method A and C*	Bureau of Reclamation USA	Army Corps of Engineers, USA	British Standard BS1377		German Standard Din 18127	
Mould								
Diameter mm	102	102	108	152	105	105	100	100
Height mm	116	116	152	114	115.5	115.5	120	120
Volume cm^3	944	944	1416	2082	1000	1000	942	942
Rammer								
Weight Kg	2.49	4.54	2.49	2.50	2.50	4.50	2.50	4.50
Drop Height mm	305	457	457	30	300	450	300	450
Diameter mm	51	51	51	50	50	50	50	50
Layer number	3	5	3	5	3	5	3	5
Material Max partical size mm	A:4.75 C:19.1	A:4.75 C:19.1	4.75	19.1	20	20	20	20
Compaction Factor Blows per layer	25	25	25	25	25	25	25	25
Energy Nm/m^3	$5.9 * 10^5$	$2.7 * 10^6$	$5.9 * 10^5$	$2.7 * 10^6$	$5.5 * 10^5$	$2.7 * 10^6$	$5.9 * 10^5$	$2.6 * 10^6$

- Varians with larger moulds also exist, e.g. ASTM B and D with 152 mm mould

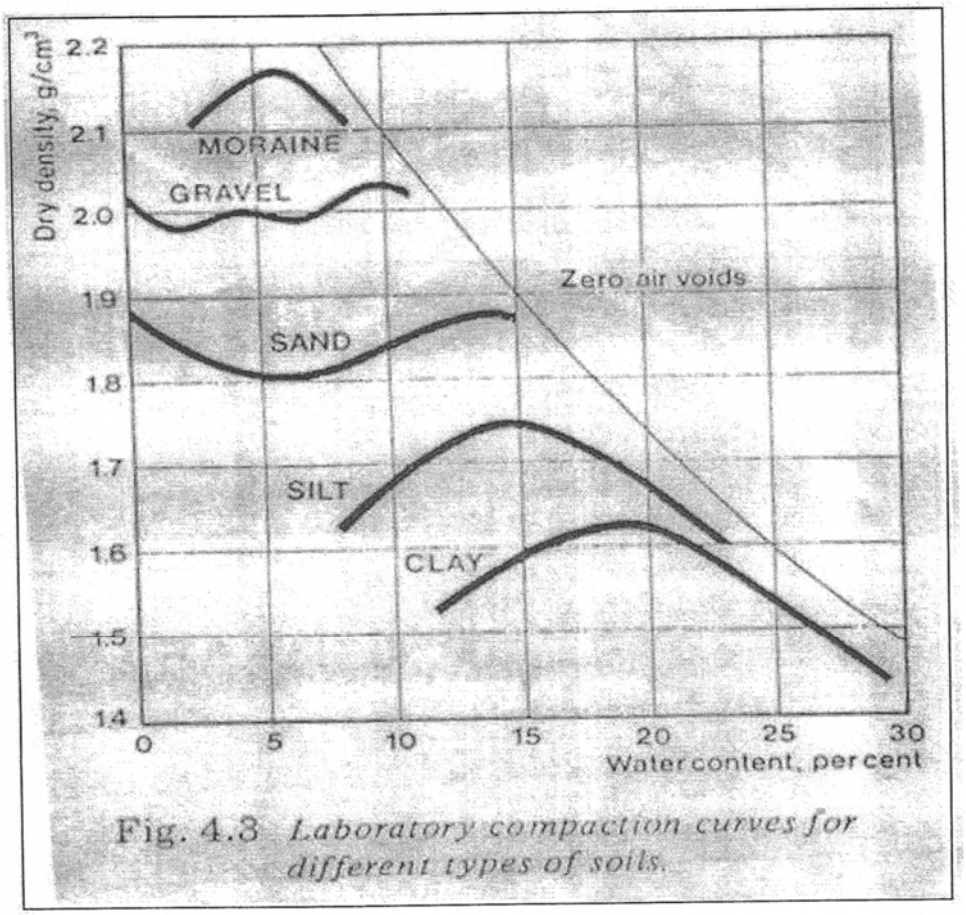


Fig. 4.8 *Laboratory compaction curves for different types of soils.*

تأثير عامل التفتيت خلال فحص الحدل المختبرى

Crushing Effect during Laboratory Compaction Test

فحوص الحدل المختبرية فى بعض الاحيان لاتعطى النتائج الحقيقية بسبب تأثير كون التربة لاتبقى محافظة على نفس خواصها و تتأثر بالسحق اكثر مما خلال تجارب الخاصة بالحدل .

يحدث اضافة الى ذلك فان المطرقة الساقطة اثناء الفحص لها تأثير محطم على نموذج , ان تنعيم و تفتيت النموذج خلال عملية الفحص يؤدى الى زيادة الكثافة النموذج فى فحص (Proctor Test) و مقدار الزيادة يكون بحدود (٢-٥٪) و هذه ليست قيمة نمودجية للتربة خلال فحص الحدل ، المشاكل الحقيقية تحدث عندما يراد الوصول الى قيمة الكثافة القياسية (Spesific density) للاسباب سابقا نظام اشو _ استم .

(AASHO – ASTN British Standard) اعطى اجراء معين و خاص لا نواع التربة التى لها قابلية على سحق من الجراءات الاعتيادية حيث نفس النموذج يستعمل فى كل مدة بعد اضافة كمية من الماء فى كل مرة .

التذبذب و الاهتزاز فى فحص الحدل المختبرى :

laboratory Compaction Test By Small Vibration:

لقد اوجدت طريقة فى المختبر عند اجراء الحدل للتربة الغير المتماسكة معتمدة على تذبذب و الأهتزاز للماء فى نماذج المشبع ان هذا الآجراء مستعمل بكثرة وقد عرفت هذه الطريقة بـ (ASTM D ٢٠٤٩) حيث أستعملت أسطوانة بقطر (٦in) بداخل أخرى ذات قطر (١١in) و ضعت على منضدة الاهتزاز حيث تم تسليط ثقل اضافى (Surcharge Load) على نموذج خلال عملية الأهتزاز ، فى طريقة أحتساب الكثافة النسبية المستعملة للنربة غير المتماسكة تحسب أعلى و أدنى قيمة للكثافة حيث يتم حساب اقل قيمة للكثافة و ذلك عن طريق أملاء القالب خاص بالتربة بصورة طليقة و ههنالك عدة طرق لحساب مقدار اقصى أو أعلى كثافة .

حيث أن ، كثافة النسبية (Dr) تحسب على حساب المعادلة التالية :_

Dr= e max – e / e max - e mini

e=مقدار نسبة الفراغات الهوائية .

e max = **اقصى قيمة الفراغات الهوائية فى أسوأ الحالة.**

e min = **اقل قيمة للفراغات الهوائية فى أفضل الحالة .**

ويمكن كذلك معرفتها من المعادلة التالية :

Dr = e d max(e d – e d min) / e d (e d max - e d min)

حيث أن :

Ed = **الكثافة الجافة .**

E d max= **الكثافة فى حالة النموذج المكثف .**

E d min= **الكثافة الجافة فى حالة النموذج المثل .**

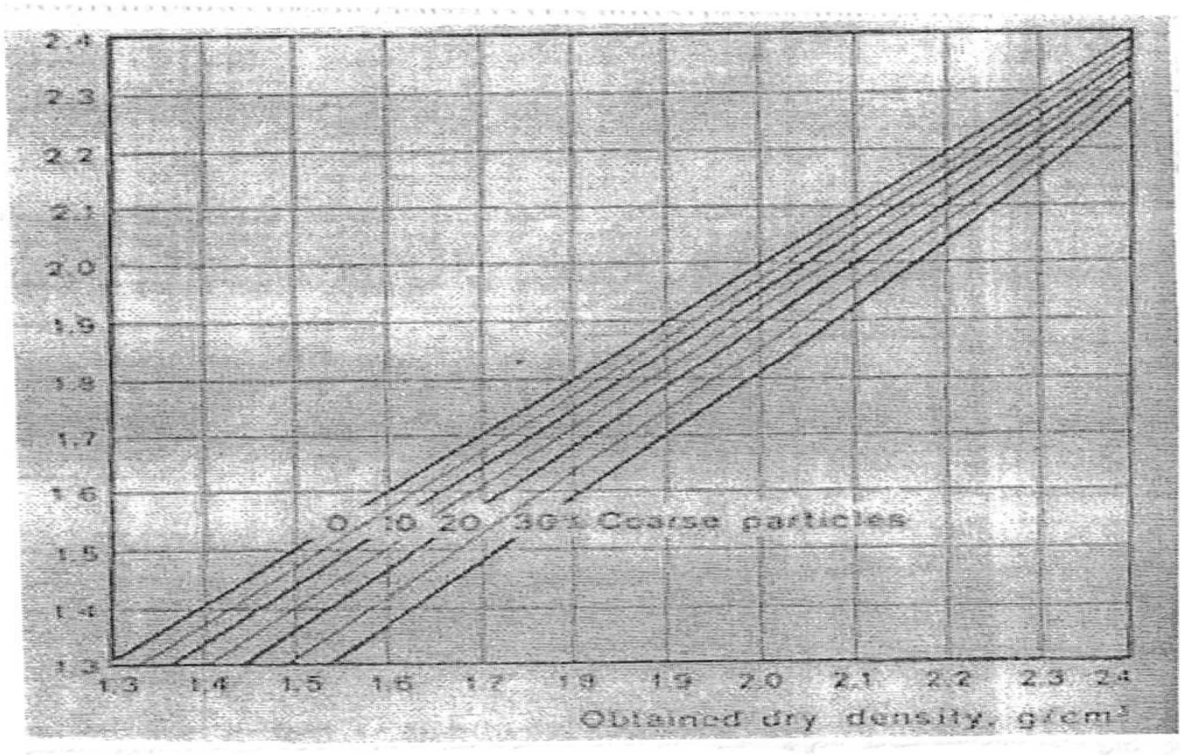
حساب مقدار الكثافة النسبية (Dr) فى التربة غير المتماسكة للسيطرة على حقل ، مثلا" فى مشروع لبناء سد اعتيادى اقل قيمة للكثافة (٧٥%) تقابل مقدار (٩٣%) من درجة الحدل الازمة لاقصى قيمة للكثافة النسبية .

الحسابات المختبرية للتربة الغير متماسكة فى فحوص الحدل و التى تم بواسطة الاهتزاز لها عدة منافع و مزايا .

ان استعمال طريقة الاهتزاز فى الفحوصات الحدل افضل من استعمال الطريقة الاعتيادية حيث هنا يمكن استعمال قوالب اكبر حجما" و لايتم التحديد باى حجم للحبيبات الداخلة فى تركيب النموذج و التى كانت الفحوص السابقة يجب ان لاتزيد عن (١٨ملم) و يكون فحص الحدل اسرع فى النتائج الازمة و هنالك طريقة أخرى لأعطاء نتائج سريعة و يكون أكثر سيطرة و هذا يتم عن طريق حفر النموذج من الحقل و الكثافة فى المختبر بواسطة الاهتزاز و خاصة فى حالة النموذج المشبع .

و لهذا فان الحدل الأهتزازى اخذ مكان فحص (Compaction Test) الاعتيادى ، مقارنة مباشرة بين الكثافة فى الحقل و المختبر يمكن اجرائها بسرعة و التى ان تعتمد على درجة الحدل و تعتبر هذه الطريقة هى الافضل و الا نجح .

اما عيوب هذه الطريقة هى الاختلاف الواضح فى قيم الكثافة النسبية و التى تعتمد على أختلاف فى شدة العناية و الكيفية التى تجرى فيها الفحوص فى المختبر .



فحص القوام *Consistency Tests*

ان التربة الطينية فى أغلب الاحيان تصنف حسب درجة قوامها و تجرى عليها عدة فحوص لمعرفة حود السيولة (liquid limit) و حدود الدونة (Plastic limit) و عامل اللدونة (Plasticity index) .

غحص القوام التربة Soil Consistency Tests

هذه هى مجموعة الفحوص الازمة لمعرفة التربة المتماسكة :

A. حدود الليونة : (LL) liquid limit

يعرف على انه محتوى الماء كنسبة مئوية من الوزن فى تربة و التى تسبب سيلان التربة الموضوعة اهتزازه (٢٥) هزة مستمرة .

B. حدود اللدونة : (pl) plastic limit

يعرف على أساس محتوى الماء فى التربة و التى يمكن خلاله دحرجة التربة على شكل خيط الى ان يصل الى سمك (٨mm) بدون أن يتكسر .

C. معامل اللدونة : (Ip) plastic y Index

هو الفرق بين المعامل السيولة و معامل اللدونة .

$$IP = LL - PL$$

فحص (C.B.R) *The California Bearing Ratio Test*

فحص (C.B.R) يستعمل لا يجاد مقدار تحمل النماذج و المواد المشبعة (Bearing Capacity)

و يمكن استعماله في تصميم التبليط المرن (Flexible Pavement) و يمكن اعتباره كفحص حقلى ايضا".

القوة الضاغطة المطلقة : *Unconfined Compressive Strength*

مقدار القوة الضاغطة المطلقة للتربة تحسب على اساس مقدار الثقل العمودى المسلط على وحدة المساحة فى النموذج و التى تتسبب في كسر النموذج بدون اى ضغط جانبى .

Field Tests

الفحوصات الحقلية :

فحص لكثافة : Density Tests

اكثر الفحوص الحقلية شيوعا هى :

١. Sand – replacement method.
٢. Oil – replacement method.
٣. Water– Balloon method.
٤. Tube Sampling.
٥. Nuclear method.

فى طريقة احلال الرمل Sand replacement method **تعمل حفرة بواسطة اليد فى البطقة اليد المحدولة حوالى**(٢٠٠mm) . **و عمق حوالى** (١٥٠mm) **وزن المحتوى المائى للطبقة المخفورة تحسب بحرص شديد حيث يتم حساب لمحتوى المائى و ذلك بتجفيف النموزج فى فرن الى درجة** (١١٠ C) **و حجم الخفرة يملئ بواسطة حجم مقاس من الرمل الجاف عادة" من مخروط دائرى مدرج خاص القياس الرمل و بمعرفة وزن المادة , حجم الخفرة .**

يمكن حساب الكثافة الجافة (e_d) **للطبقة المدولة , ودرجة الحدل يمكن حسابها من العادلة التالية:**

P= $e_d$fied / $e_d$max

حيث($\max e_d$) **هى اعلى قيمة لكثافة الجافة و التى يمكن حساب من فحص الحدل الختبرى .**

حجم الخفرة التى تم خفرها فى الموقع يمكن حسابها و ذلك عن طريق ملئها بالزيت اواى سائل زيتى اخر كثافتة معروفة هنالك طريقة اخرى لحساب الحجم و ذلك باسعمال طريقة المنفاخ(water balloon method) طريقة البالون المائى و هذا الطريقة تمتازبكونها اسرع من طريقة احلال الرمل و فى بعض الاحيان تعطى نتائج ادق .

أن السيطرة على الكثافة تتم بواسطة طريقة أحلال الرمل و التى تحتاج الى الوقت اللازم على الأقل لتجفيف النماذج بواسطة الفرن و هنا نحسب مقدار الكثافة للنماذج بعد يوم من عملية التجفيف , وقد أكتشف (Hilf) طريقة سريعة و دقيقة تمتاز بأن النتائج تكون متوفرة من بعد أخذ النموزج عندما يكون النموذج رطب اى عند حساب الكثافة الغير جافة (Wet Density) و هذه الحسابات تتم فى الحقل و كذلك فحص ال (Proctor test) تتم فى تربة لها نفس المحتوى المائى المـأخوذ من الحقل فى المواد ذات الحبيبات الكبيرة عند ألأملاء الصخري يتم حسابات قياسية عالية اللكثافة حيث يتم عمل خفرة (Pit) و ذلك بأسعمال اليد و فى بعض لأحيان تكون الخفرة كبيرة فستعمل خفارة صغيرة , المواد توزن , توضيع كيس بلاستيكي فى الخفر و بعدها تملأ بالماء , حيث تعتبر كمية الماء ضرورية لأملاء الخفرة و لأعطاء الحجم و بعدها المعرفة مقدار كثافة المواد حيث يتم حسابها بعد ذلك .

فى حالة كون التربة ذات حبيبات ناعمة جدا" و خاصة الطين نستعمل النماذج الانبوبية و ذلك لغرض حساب الكثافة , حيث يتم دفع انبوبة داخل التربة و ترفع الى الاعلى حاملة النموذج و هذه الطريقة أسرع من طريقة أحلال الرمل وقد سميت هذه الطريقة :

ASTM – method ٢٠٣٧ and as British Standard B٧٧, Test١٥٠

Nuclear Method الطريقة الذرية (النووية)

تستعمل هذه الطريقة لحساب كثافات التربة و الحتوى المائى للتربة وقد استعملت هذه الطريقة منذ عام (١٩٥٠) حيث تم استعمل كومبيوتر متناهى فى الصغر (Micro compute) والذى يحسب مقدار الكثافة الرطبة , الكثافة الجافة , درجة الحدل , و مقدار المحتوى المائى بطريقة مباشرة ان العداد النووى الكثاف القياس الكثافة يجب يستعمل لكل نوع من انواع التربة و هذا يمتاز بكونه حساس و خاصة عند تغير مقدار محتوى الحصى فى التربة , افضل النتائج نحصل عليها عندما تكون التربة متجانسة , فى التربة ذات الحبيبات التجانسبة و التى تمتاز بسهولة ضبط الحدل و تجانسة, يتم استعمال مقياس نووى خاص لحساب الكثافة و كما موضح باشكل المرفق ان عملية حساب الكثافة لها علامة بفحوص الحدل , كما يستفاد منها السيطرة على الكثافة عند التبليط بالأسفلت و الذى يمكن اعتباره تطبيق اخر للطريقة النووية , حيث تم اختراع جهاز خاص يستفاد منه لغرض انشاء الطرق و الحساب المعلقة بها.

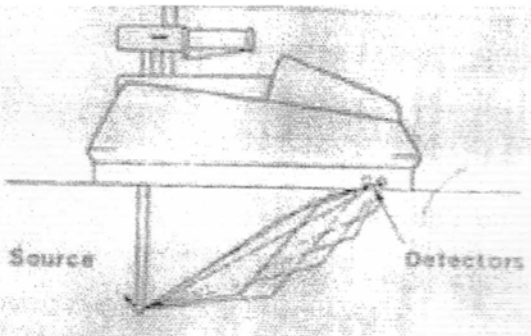


Fig. 4.16 *Nuclear density meter for soil.*

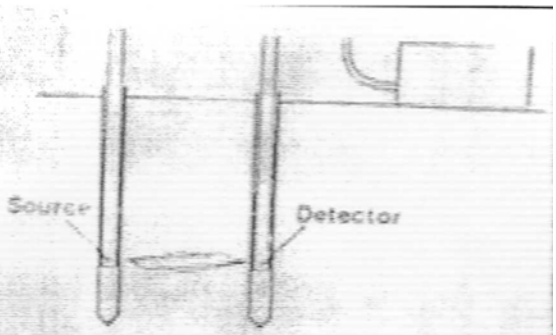


Fig 4.17 *Nuclear density meter used primarily for soil compaction tests.*

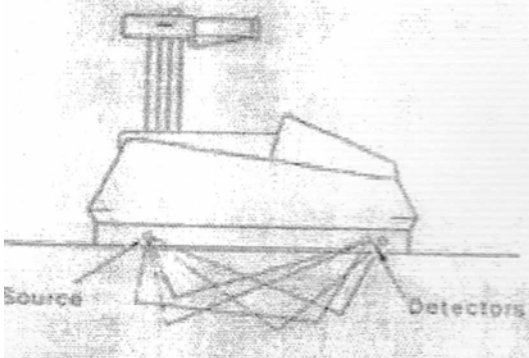


Fig. 4.18 *Nuclear density meter for soil surface and asphalt tests.*

التغييرات المتوازنة : *Statical Variations*

ان الحسابات الحقلية الخاصة بالكثافة دائما " ترينا فروقات و احتلافات و تسيب اخطاء مختلفة فى أجراءات الفحص , واختلاف فى خواص التربة , محتوى الماء , ان مقدار احتلافات القياسية تتراوح (٪ ٤-٢) تعتبر مقبولة , لهذا يجب أخذ اربع او ثلاث نتائج و تقسيمها على العدد , التحليل المتوازن لهذه القيم يتم معرفتة من فحوص الحدل و لهذا السبب يعتبر هذا الفحص اكثر اسعمالا" و شيوعا"

لغرض ان نكون متاكدين بنسبة (٪٩٥) من كون القيم المستلصة ليست اقل من الحد القياس , ان مقدار التغير فى قيم الكثافة يجب ان لا يتراوح بين (٪٥-٢) من مقدار الكثافة القياسية (Specified) ويلاحظ انه من الصعب الحصول على هذه الدرجة من الدقة فى قيم الكثافة , لذلك تقيم الكثافة التى تكون اقل من الحد الطلوب يجب ان تعدل بزيادة عدد مرات اجراء الفحوص وكذلك باجراء تصحيح فى نسبة الحتوى المائى , توجد طريقة واحد ة لتجنب حدوث التغييرات المتوازنة الغير مرغوب بها فى فحوص الكثافة ولذلك عن طريق تعريف اقل معدل الكثافة خلال فترة زمنية طويلة و هنا القاعدة بانه لا توجد اى قيمة مفردة للكثافة اقل من هذه القيمة و لنقل مثلا" (٪ ٩٢) من هذه القيمة تكون قيمة تكون قيمة مقبولة .

السيطرة على مستوى السطح Surface level control

نتائج تجارب الحدل يمكن ان تدقق و ذلك عن طريق السيطرة على مستوى الارض بعد عدد مرات من مرور الحادلة على السطح , هذه الطريقة تستعمل على طبقات الأملاء المتكونة حيث فحص الكثافة صعبة جدا" و عالية , ان ارتفاع الارض او مستوى الارض فى عدة نقاط واضحة مثل ملونة تقاس بواسطة جهاز التسوية (Instrument leveling) قبل الحدل عندما يكون عدد مرات الحادلة (١٠,٨,٦,٤,٢)

Static Lond Bearing Test :

يتم هذا الفحص على سطح طبقة الأملاء المحدولة و يعرف انه فحص الحدل عند انشاء الطرق العامة

(Construction Highway) عادة تستعمل صفيحة خاصة للاثقال ذات قطر (٣٠٠mm) و يمكن حساب معامل اللدونة (modulus of elasticity) و بصورة ادق و اوضح و حساب معامل التشورة (E_V) وذلك من خلال المعادلة التالية :

EV=١,٥*R */S

حيث :

قطر صفيحة الثقل = R

القثل على وحدة المساحة = P

الميل او الأنحراف = S

مقدار (E_{V1}) يستخرج من اول عملية تحميل و قيمتها تكون حوالى نصف قيمة (E_{V2}) عند اعادة التحميل , اقل (E_V) تكون واضحة و خصوصية من الطبقات المختلفة عند انشاء الطرق و فى مختلف انواع الترب.

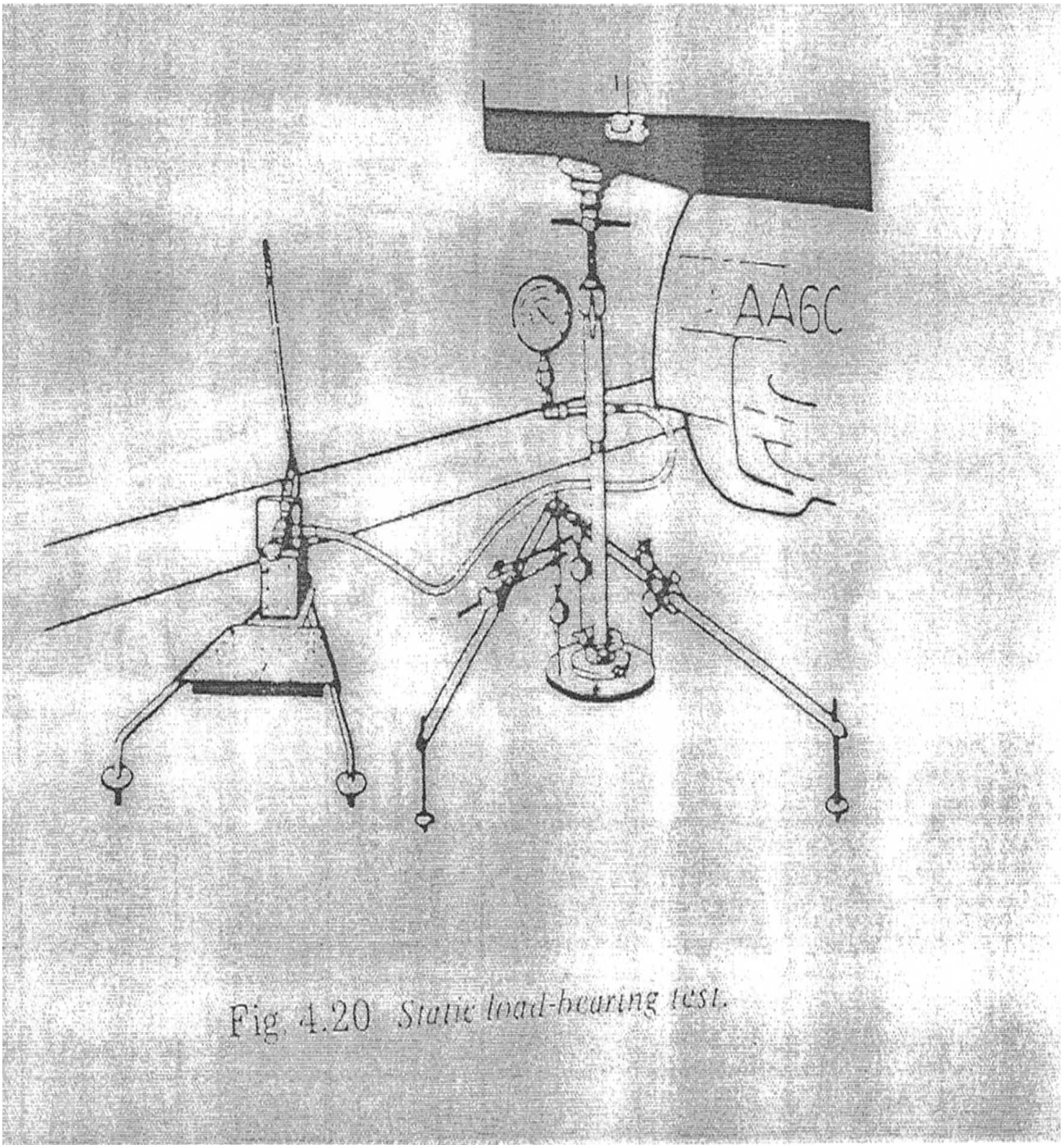


Fig. 4.20 *Static load-bearing test.*

معامل التشوية يمثل افضل طريقة للأشارة الى مقدار قوة طبقة الاساس (Sub grade) وهذا افضل من فحوص الكثافة للحبيبات الكبيرة الحجم مثل فى طبقة الاملاء المكونة من الحصى الحجر . هناك علاقة جيدة بين معامل التشوية و مقدار الكثافة . صفات و خواص اللدونة فى المواد ذات الحبيبات الناعمة تتاثر تاثير كبير بقدار المحتوى المائى و هذا يعنى ان فحص تحمل الاثقال عادة لا يكون مطابق مثل فحوص الكثافة .

صعوبة اخرى فى فحص تحمل الاثقال عندما تكون الطبقة العليا درجة حدلها تكون واطئة مع درجة تجانس جيدة و تدرج واطئى للرمل والحصى لو كانت اسفل الطبقة العليا محدولة بصورة جيدة

The Benkelman Beam

تستعمل هذه الطريقة القياس مقدار لهبوط طبقة التبليط عند مرور مركبة ثقيلة و لغرض حساس معامل اللدونة لهذه الطبقة Dynamic – Load – Bearing Test .

ان الوزن الساقط يؤثر على طبقة السطح ويولد ثقل ديناميكى على سطح الارض , مقدار الا نحراف يمكن حسابه ايضا" بواسط هذا الفحص و كذلك يمكن معرفة .

Dynamic modulus of elastity sub grade

Dynamic Soil lnvestigation based on

Studies of Ground Vibrations:

يعمل فحص الاهتزاز على سطح طبقة الأملاء او طبقة التبليط و تحسب مقدار الاهتزازت على السطح تقدر ذلك الغرض معرفة صفات و خواص التربة , والصعوبة اخذ نماذج الامواج , هذه الطريقة اصبحت غير مسعملة و غير مفيدة دائما.

Roof Rolling

هذه التجربة تستعمل لغرض التدقيق فى أحتمالية وجود طبقة مفككه من ضمن طبقة الاملاء المحدولة او تكون محدوله بصورة غير جيدة فى مناطق مختلفة حيث هنا تغطس (التايرات) العجلات الثقيلة عند مرورها من هذا المناطق . و على هذه الاساس يجب تحسين هذه المناطق من خلال اعادة حدلها او تغيير المادة التكونة منها .

Soundings :

فى الطبقات العميقة من التربة و خاصة طبقات الرمل يستعمل اهتزاز الاصوات بصورة جيدة و ناجحة لمعرفة مدى نجاح الحدل الذى هذه الطبقة .

Vane Apparatus Tests:

هذا الفحص يستعمل لمعرفة مقدار التربة لقوى القص .

Soil penetrometers :

تتميز هذه الطريقة بكونها سهلة و واضحة لمعرفة مقدار قوة التربة ذات الحبيبات الناعمة و يستفاد منها لأيجاد (Unconfined Compressiv Strength) للمادة الحبيبية ذات الحبيبية ذات الحبيبات الناعمة .

أنتهى

المصادر

١- Engineering Prosperities of Soil and their measurements. (Joseph E. Bowles)

٢- Laboratory Work in Civil Engineering Soil Mechanics. (Brian Vickers)

٣- Method of Tast for Soils for Civil Engineering Purpose. (B.S ١٣٧٧,١٩٧٥)

٤- AASHO Materials part ١ and ٢ , ١٩٧٨.

٥- Highway Materials Testing (Laboratory Manual (S.K. Khanna& C.E.G Justo.)