

## تقنيات طرق

أعمال دمك التربة لغرض إنشاء الطرق

## الوحدة السادسة : أعمال دمك التربة لغرض إنشاء الطرق

### الجدارة:

يدرس المتدرب في هذه الوحدة الطرق الهندسية الصحيحة التي يجب اتباعها لإجراء اختبارات دمك التربة في كل من المعمل والموقع لمشاريع الطرق ومقارنة درجة الدمك التي يتم الحصول عليها بالمواصفات القياسية. كما يتعرف المتدرب على جميع المعدات التي تستخدم في دمك طبقات الرصف في مشاريع الطرق.

### الأهداف:

بنهاية هذه الوحدة يكون المتدرب لديه القدرة على:

١. معرفة الأهداف الرئيسة من دمك التربة في مشاريع الطرق.
٢. تحديد أقصى كثافة جافة للتربة ونسبة المياه المناظرة لها في المعمل.
٣. اختيار المعدات المناسبة لدمك التربة في الموقع.
٤. تحديد الكثافة الجافة للتربة في الموقع.
٥. تحديد درجة الدمك لطبقات الرصف ومقارنتها بالمواصفات القياسية المحددة.
٦. استلام أعمال الدمك في الموقع.

**مستوى الأداء المطلوب:** إتقان المتدرب لهذه الوحدة بنسبة ٩٥ %.

**الوقت المتوقع لإنهاء الوحدة:** ساعتان.

### العوامل المساعدة:

- إجراء اختبار الدمك على التربة في المعمل.
- القيام بزيارة ميدانية إلى أحد مشاريع الطرق التي تتم فيها عمليات الدمك.

## أعمال دمك التربة لغرض إنشاء الطرق

### ٦-٢ - الغرض من دمك التربة

الدمك هو عملية طرد الهواء من فراغات التربة باستخدام وسائل ميكانيكية مختلفة ينتج عنها زيادة في كثافة التربة وقدرة تحملها للإجهاد ونقص في نسبة هبوطها. ويعد الدمك من أهم العمليات التي تستخدم في مجال الطرق والسدود الترابية. وتهدف عملية الدمك في مجملها إلى تحسين الخواص الهندسية للتربة من خلال تحقيق المتطلبات التالية:

١. الزيادة في مقدار تحمل التربة للإجهادات.
  ٢. التقليل في حجم الفراغات الموجود بالتربة ومن ثم الحد من هبوط التربة.
  ٣. التحكم في التغيرات الحجمية للتربة من حيث الانكماش والانتفاخ.
  ٤. الزيادة في عامل الأمان ضد انزلاقات التربة.
  ٥. خفض نفاذية التربة للمياه.
- وكانت عملية دمك التربة تتم بطريقة غير مدروسة ومعرضة لكثير من المحاولات التي ينتج عنها بعض الأخطاء، حتى عام 1930 تقريباً حينما استطاع مهندس أمريكي يدعى بروكتور أن يحدد مجموعة عوامل ترتبط بدمك التربة وهي:

١. الكثافة الجافة  $(\gamma_d)$ .
٢. المحتوى المائي  $(w)$ .
٣. الجهد المبذول للدمك (طاقة الدمك).
٤. نوع التربة.

### ٦-٢ - اختبارات الدمك المعملية

هنالك العديد من الاختبارات المعملية التي تعتمد على طريقة ونوع الدمك وتهدف في مجملها إلى إيجاد قياس يكون أساساً لعملية الدمك في الموقع، ومن أهمها:

١. اختبار بروكتور القياسي

٢. اختبار بروكتور المعدل

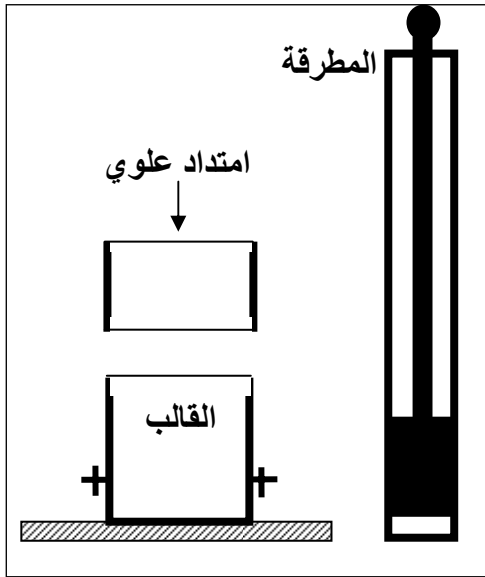
٣. اختبار هارفرد

٤. الاختبار الاستاتيكي

ويعد اختبار بروكتور القياسي واختبار بروكتور المعدل من أهم اختبارات الدمك المعملية. وبروكتور هو أول من طور تجارب الدمك وأدخل عليها الأسلوب العلمي. واستنتج بروكتور من خلال أبحاثه المتنوعة في هذا المجال أن درجة دمك التربة تعتمد على الكثافة الجافة والمحتوى المائي والتوزيع الحبيبي للتربة وكذلك على طاقة الدمك المستعملة.

(أ) اختبار بروكتور القياسي (Standard Proctor Test)

يستخدم في هذا الاختبار جهاز بروكتور الموضح في الشكل (٦ - ١).



شكل (٦ - ١): جهاز بروكتور.

يتكون جهاز بروكتور من جزأين رئيسين هما:

(١) قالب أسطواني لدمك التربة قطره ١٠,٢ سم وارتفاعه ١١,٦ سم وله امتداد علوي ارتفاعه ٦ سم.

(٢) مطرقة يتم بواسطتها دمك العينة ووزنها ٢,٤٩ كجم تسقط من ارتفاع ٣٠,٥ سم.

ولإجراء هذا الاختبار نتبع الخطوات التالية:

١. تجفيف التربة المراد اختبارها.

٢. إضافة كمية من الماء إلى عينة من هذه التربة ثم خلطها جيدا.

٣. وضع العينة في قالب على ثلاث طبقات بحيث تدمك كل طبقة ٢٥ ضربة بواسطة المطرقة.

٤. وزن العينة وحساب الكثافة الرطبة ( $\gamma$ ) لها.

٥. حساب الكثافة الجافة للعينة ( $\gamma_d$ ) من العلاقة:

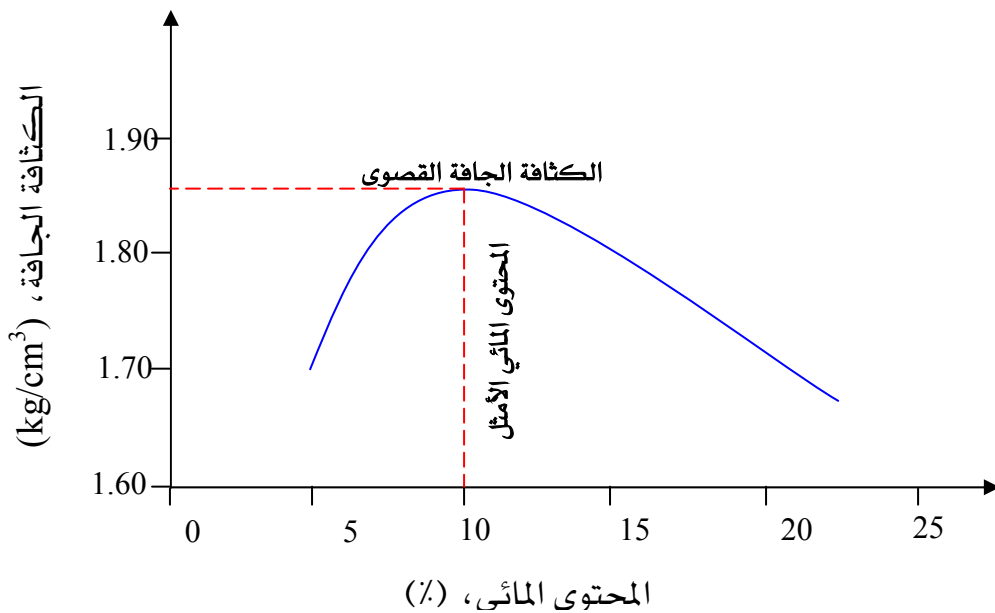
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w}{100}}$$

٦. تكرار التجربة عدة مرات بزيادة المحتوى المائي في كل مرة للعينات وتحديد الكثافة الجافة.

٧. رسم العلاقة بين الكثافة الجافة ( $\gamma_d$ ) والمحتوى المائي ( $w$ ) كما هو مبين في الشكل (٦ - ٢).

٨. تعيين الكثافة الجافة القصوى ( $\gamma_{d-max}$ ) والمحتوى المائي الحرج أو الأمثل للتربة ( $OMC$ ) من خلال

منحنى الدمك ( $\gamma_d - w$ ).



شكل (٦ - ٢): منحنى الدمك.

## (ب) اختبار بروكتور المعدل (Modified Proctor Test)

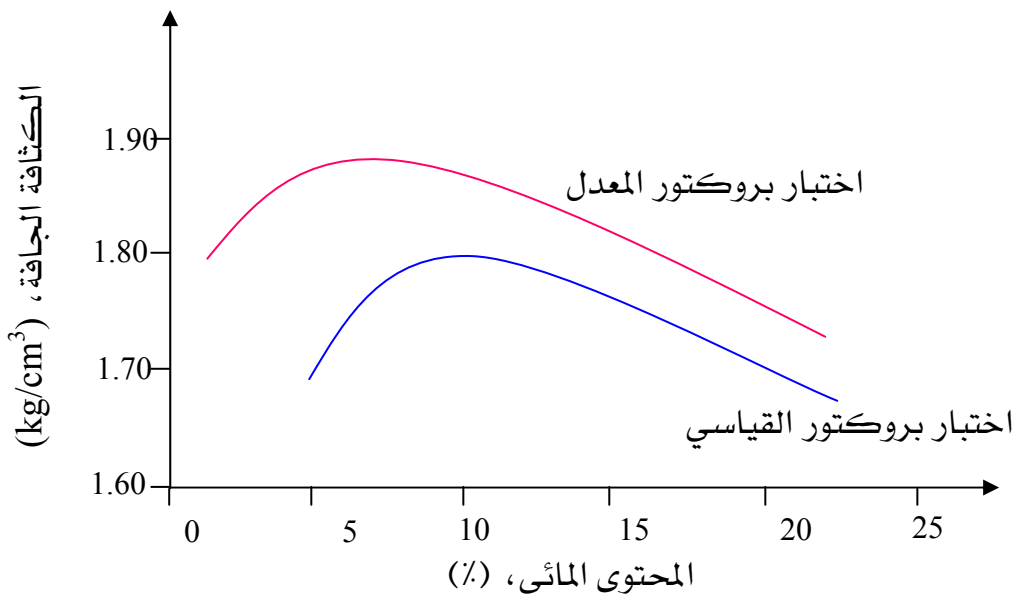
مع زيادة حجم المرور وكبر حمولة العربات تبين أن الكثافة الجافة للتربة المحددة عن طريق اختبار بروكتور القياسي لا تعطي المقاومة الكافية لتحمل تلك الأثقال العالية. لذا أحدث الاتحاد الأمريكي لموظفي الطرق الحكومية (AASHTO) تطوراً في مواصفات اختبار بروكتور القياسي للحصول على أعلى كثافة جافة للتربة. وأصبح هذا الاختبار يعرف باختبار بروكتور المعدل و شمل التطورات التالية مقارنة باختبار بروكتور القياسي:

١. وزن المطرقة = ٤,٥٤ كجم.

٢. ارتفاع سقوط المطرقة = ٤٥,٧ سم.

٣. وضع العينة على ٥ طبقات.

ويتم اختبار بروكتور المعدل بنفس الطريقة التي يتم بها اختبار بروكتور القياسي مع الأخذ بعين الاعتبار دمك العينة على خمس طبقات، ثم ترسم العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي وتحدد الكثافة الجافة القصوى والمحتوى المائي الأمثل للتربة. ويتضح من الشكل (٦ - ٣) أنه كلما زاد جهد الدمك كلما حصلنا على أكبر كثافة جافة للتربة بأقل محتوى رطوبة.



شكل (٦ - ٣): مقارنة بين اختبري بروكتور القياسي وبروكتور المعدل.

مثال:

الجدول (٦ - ١) يبين نتائج اختبار بروكتور القياسي. والمطلوب تحديد أقصى كثافة جافة ونسبة المياه الحرجة المناظرة لها.

جدول (٦ - ١): معطيات المثال.

رقم العينة	وزن التربة في القالب (جم)	نسبة المحتوى المائي (%)
١	1847.71	6.00
٢	2000.37	8.00
٣	2163.13	10.58
٤	2188.75	12.90
٥	2097.81	15.68
٦	2012.74	17.78

الحل:

ت حسب كثافة التربة لكل عينة من العلاقة:  $\gamma = \frac{W}{V_m}$

حجم القالب ثابت ومعطى في المثال ( $V_m = 943.3 \text{ cm}^3$ ) وكذلك وزن عينات التربة.

بمعرفة كثافة التربة الرطبة يتم تحديد الكثافة الجافة لكل عينة من خلال العلاقة الموضحة في المعادلة

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w}{100}} \quad \text{التالية:}$$

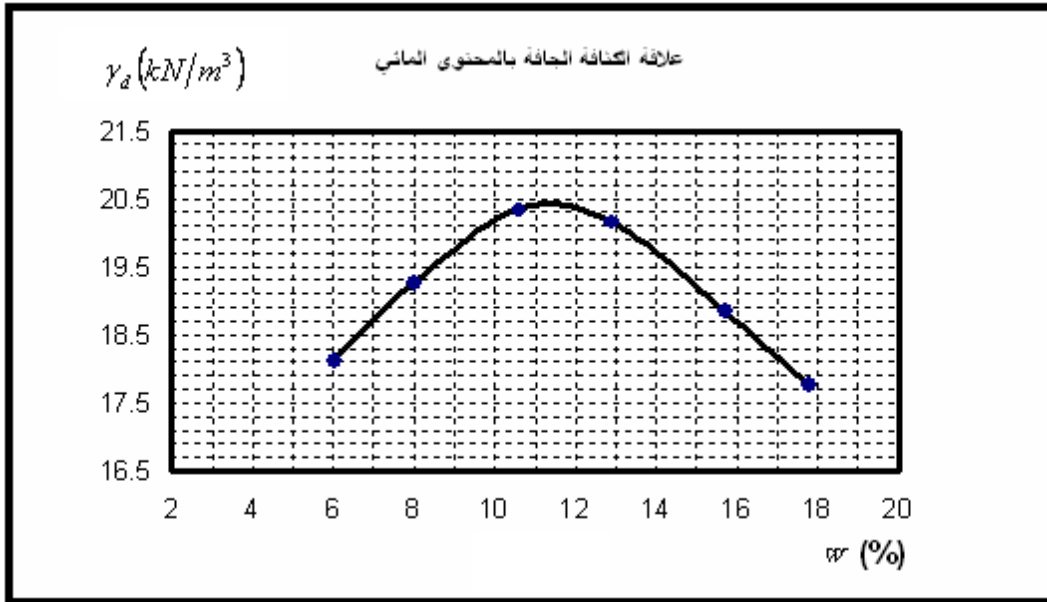
الجدول (٦ - ٢) يبين خطوات الحل لهذا المثال مع الأخذ في الاعتبار تحويل الوحدات من  $\text{gm/cm}^3$  إلى  $\text{kN/m}^3$ . فيما يوضح الشكل (٦ - ٤) العلاقة بين أقصى كثافة جافة للتربة ونسبة المياه الحرجة المناظرة لها، ومن هذا الشكل نستنتج الكثافة الجافة القصوى والمحتوى المائي الحرج للتربة:

$$\gamma_{d-\max} = 20.43 \text{ kN / m}^3$$

$$OMC = 11.40 \%$$

جدول (٦ - ٢): خطوات حل المثال.

رقم العينة	المحتوى المائي (%)	وزن التربة (gm)	حجم القالب (cm <sup>3</sup> )	الكثافة الرطبة (gm/cm <sup>3</sup> )	الكثافة الرطبة (kN/m <sup>3</sup> )	الكثافة الجافة (kN/m <sup>3</sup> )
1	6.00	1847.71	943.30	1.96	19.22	18.13
2	8.00	2000.37	943.30	2.12	20.80	19.26
3	10.58	2163.13	943.30	2.29	22.50	20.34
4	12.89	2188.75	943.30	2.32	22.76	20.16
5	15.68	2097.81	943.30	2.22	21.82	18.86
6	17.78	2012.74	943.30	2.13	20.93	17.77



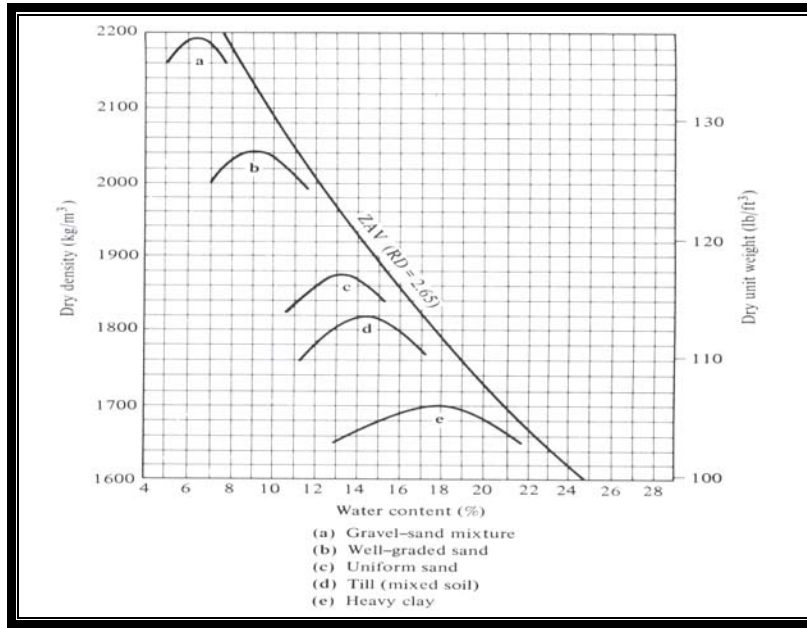
شكل (٦ - ٤): منحنى الدمك.



## ٦ - ٣ - العوامل المؤثرة على كثافة الدمك

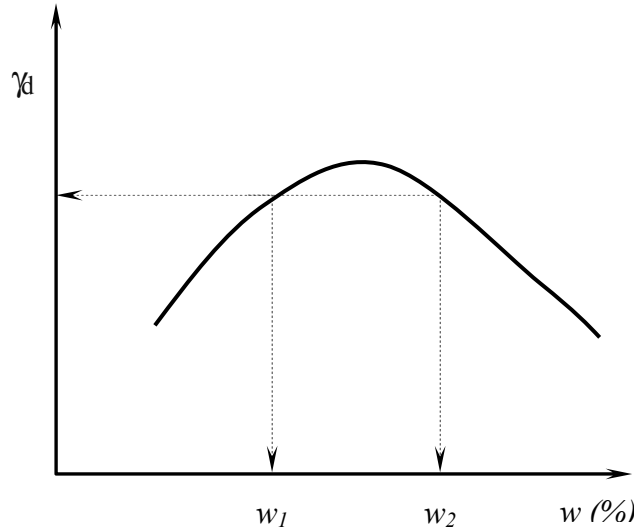
تحت تأثير أي جهد لدمك التربة فإن الكثافة الجافة للتربة تتغير حسب محتواها المائي. فعندما يكون المحتوى المائي للتربة  $w=0$  فإن الكثافة الرطبة تساوي الكثافة الجافة. وبزيادة نسبة المحتوى المائي للتربة تدريجياً فإن كثافتها الجافة تزيد عند نفس جهد الدمك. وهذا يعود إلى أن دمك التربة يعمل على طرد الهواء الموجود في فراغات التربة، حيث يترك ذلك إمكانية لحبيبات التربة أن تنزلق إلى تلك الفراغات وتأخذ الوضع الذي يؤدي إلى زيادة كثافة التربة بالإضافة إلى وجود الماء بين الحبيبات. وطالما هناك إمكانية لطرد الهواء فإن الكثافة الجافة تزيد بزيادة المحتوى المائي للتربة حتى تصل إلى أعلى قيمة لها. بعد ذلك تبدأ الكثافة الجافة بالانخفاض تدريجياً نتيجة أن الماء يبدأ في الإحلال بدلاً من الحبيبات الصلبة للتربة، لأن الماء لا ينضغط بل يتحرك من خلال فراغات التربة. وتعد نسبة المياه الحرجة حد فاصل، فإذا كان المحتوى المائي للتربة أقل من هذا الحد فإن التربة تكون خشنة وصعبة الدمك وذات فراغات كثيرة تؤدي إلى انخفاض كثافتها الجافة، أما إذا كان المحتوى المائي أعلى من هذا الحد فإن حبيبات التربة تكون قابلة للحركة والانزلاق والتباعد مما يؤدي إلى انخفاض كثافتها الجافة أيضاً. وباستخدام أي نوع من اختبارات الدمك فإن الخواص الهندسية للتربة المدموكة وتركيبية حبيباتها تتأثر مباشرة بعدة عوامل أهمها:

(١) **نوع التربة:** تتأثر عملية دمك التربة بحسب نوعها وخواص حبيباتها مثل شكل الحبيبات وتوزيعها والوزن النوعي لها ونسبة المواد الطينية بها. والشكل (٦ - ٥) يوضح المنحنيات التي تربط بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي لخمس أنواع من التربة بحسب تكوينها. فعلى سبيل المثال التربة ذات الخليط من الحصى والرمل لها أعلى كثافة جافة وأقل محتوى مائي مقارنة بالتربة الطينية الثقيلة التي لها أقل كثافة جافة وأعلى محتوى مائي.



شكل (٦ - ٥): منحنيات الدمك لأنواع التربة

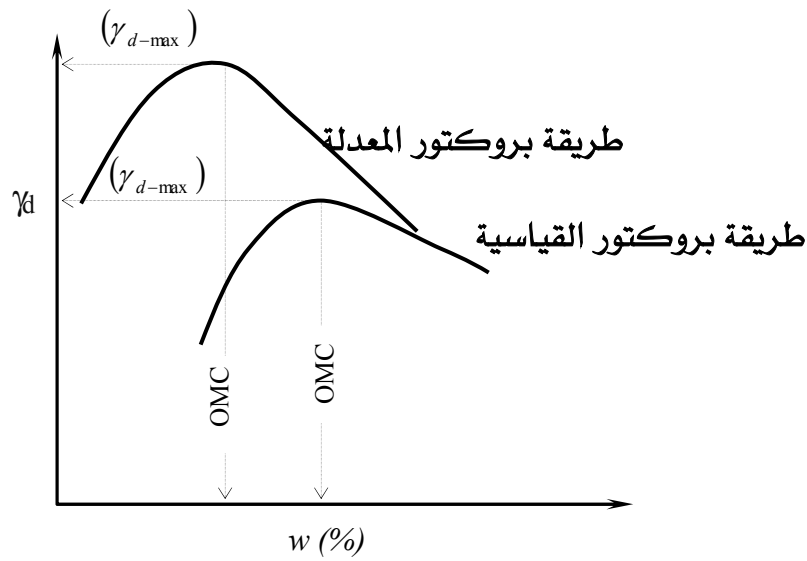
(٢) المحتوى المائي: المحتوى المائي للتربة هو العامل الرئيس للحصول على أقصى كثافة جافة للتربة تحت تأثير درجة دمك معينة. ويزيد المحتوى المائي لعينات التربة المستخدمة بهدف الحصول على نسبة المياه الحرة والمثالية للدمك. ومن خلال المنحنى الذي يربط الكثافة الجافة مع نسبة المحتوى المائي للتربة فإنه عند أي قيمة للكثافة الجافة هناك قيمتين للمحتوى المائي  $w_1$  و  $w_2$



كما يوضحه الشكل (٦ - ٦)، عدا أقصى كثافة جافة فإنها تعطي قيمة واحدة وهي نسبة المياه الحرة ( $OMC$ ). وهذه دلالة على مدى تأثير عامل المحتوى المائي على دمك التربة.

شكل (٦ - ٦): تأثير المحتوى المائي على دمك التربة.

(٣) **طاقة الدمك:** وتعرف على أنها الجهد المبذول للدمك، وتعد من المعايير التي يمكن من خلالها الحكم على جودة دمك التربة. ومن الملاحظ في الشكل (٦- ٧) أن الزيادة في طاقة الدمك تؤدي إلى زيادة في الكثافة الجافة ونقصان في نسبة المحتوى المائي لجميع أنواع التربة وهذا واضح في الفرق بين اختبار بروكتور القياسي واختبار بروكتور المعدل، حيث إن طاقة الدمك الناتجة عن اختبار بروكتور المعدل تزيد بأربعة أضعاف الطاقة التي ينتجها اختبار بروكتور القياسي.



شكل (٦- ٧): تأثير طاقة الدمك على أقصى كثافة جافة ونسبة المياه الحرجة

#### ٦- ٤- اشتراطات الدمك الحقلي

يجب أن تدمك الطبقات دمجاً جيداً حتى نحصل على الكثافة الجافة القصوى، وإن لم تدمك التربة جيداً فإن حركة المرور ستقوم بركها وإحداث تشوهات فيها. وعندما تدمك التربة فإن ذلك يؤدي إلى تقليل الفراغات وتقريب الحبيبات من بعضها والتقليل من التغيرات في محتوى الرطوبة فينتج عن ذلك قوة وثباتاً للتربة. ولذلك فتجب معرفة العلاقة بين الكثافة الجافة القصوى والمحتوى المائي وقوة الدمك اللازمة، لأن كل هذه العناصر مرتبطة ببعضها ارتباطاً وثيقاً.

#### ٦- ٥- تنفيذ الدمك الحقلي

لتنفيذ الدمك الحقلي نتبع الخطوات التالية:

١. تحضير المخططات ودراساتها ورسم خطة عمل.

٢. تنظيف الموقع وإزالة الأوباش والمخلفات.
٣. اختيار المداخل المناسبة للدمك مع أخذ نوع التربة بعين الاعتبار.
٤. إجراء تجارب أولية في الموقع على الطبيعة بالمقياس الكامل لتحديد نسبة الماء الحرجة الواجب اتباعها وعدد الأشواط اللازم لدمك التربة إلى الكثافة القصوى المطلوبة.
٥. وضع التربة على طبقات بسماك ٢٠ إلى ٣٠ سم.
٦. رش كل طبقة بكمية الماء اللازمة ثم خلطها جيداً.
٧. دمك طبقة التربة بالمدخل المناسب لها.
٨. عمل فحوصات على الطبقة المدموكة لمعرفة درجة الدمك.
٩. إذا كانت درجة الدمك كافية فإننا نستمر في عملية الإنشاء وإلا يعاد حرث الطبقة ومن ثم رشها ودخلها وإعادة فحصها.
١٠. بعد الانتهاء من دمك التربة تجب تسوية سطحها بشكل نهائي قبل وضع طبقات الرصف.

## ٦-٦ - طرق الدمك الحقلي بالوسائل الميكانيكية

يتم دمك التربة في الموقع بواسطة معدات ميكانيكية مخصصة لهذا الغرض يرتبط استخدام كل منها بنوع التربة، وسماك الطبقة، والكثافة المطلوبة، ويترك للمقاول اختيار النوع المناسب من المداخل والمعدات اللازمة لذلك. ولتنفيذ الدمك الحقلي يجب أن يكون الردم على طبقات تتراوح سماكتها ما بين ٢٠ إلى ٣٠ سم حيث تفرش كل طبقة ثم ترش بالماء وتخلط بواسطة آلة التسوية ثم تدخل عدة أشواط بأحد المداخل الخاصة بذلك إلى أن نحصل على الكثافة القصوى اللازمة. إن كثافة التربة تزداد بزيادة الماء إلى حد معين وبعد ذلك تعود الكثافة للنقصان مع زيادة الماء كما تم توضيحه في الشكل (٦-٦). وقد تكون كميات الماء الطبيعية الموجودة في التربة كافية للدمك وقد تضطر إلى إضافة بعض الماء لإكمال النقص، وإذا زادت كمية الماء عن المطلوب فإنه تجب تهوية التربة حتى نتخلص من هذه الزيادة. كما أن عدد الأشواط اللازم للمدحلة يزيد من الدمك بسرعة في البداية ثم يقل تأثيرها تدريجياً.

## ٦- ٧- أنواع معدات الدمك الحثلي

تختلف معدات دمك التربة في الموقع من حيث طريقة استخدامها، فمنها ما يعتمد على الضغط ومنها ما يعتمد على الاهتزاز، ومن أهم هذه المعدات ما يلي:

١. مداحل أسطوانية ملساء: وتعرف أيضا بهراسات العجلات الثلاثة ويوجد منها أوزان مختلفة من ٨ إلى ١٢ طن ويفضل استخدامها في دمك التربة المفككة مثل التربة الرملية والحصى بكفاءة أعلى من دمك التربة الطينية المتماسكة. والعجلة الأسطوانية لهذه المعدة تغطي التربة التي تحتها بالكامل، وتستخدم كذلك في نهو السطح العلوي للطبقة بعد دمكها. الشكل (٦- ٨) يبين نموذج من الهراسات الملساء.



شكل (٦- ٨): مدحلة أسطوانية ملساء.

٢. مداحل بعجلات مطاطية: وتتكون من عدة إطارات مطاطية منفوخة تغطي ما نسبته ٨٠ % من التربة التي تحتها ويختلف وزنها فمنها ما هو صغير يستخدم في نهو السطح العلوي ومنها ما هو ثقيل قد يصل وزنه إلى ٢٠٠ طناً يستخدم في دمك التربة الأصلية وطبقات الأساس. كما أن عجلات هذه المعدة ممكن أن تولد ضغطاً على التربة يصل إلى  $700 \text{ kN/m}^2$ . الشكل (٦- ٩) يبين نموذجاً من المداحل بعجلات مطاطية.



شكل (٦ - ٩): مدحلة بعجلات مطاطية.

٣. **مداخل أرجل الغنم:** وتعرف بهذا الاسم لأنها تحتوي على بروز في عجلاتها تشبه أرجل الغنم تغطي ما نسبته 12 % من التربة التي تحتها، وتولد ضغطاً على التربة يتراوح من 1400 إلى  $7000 \text{ kN/m}^2$ . ويستخدم هذا النوع من المعدات بكفاءة في دمك التربة الطينية ولا يفضل استخدامها في دمك التربة المفككة. ويتطلب استخدام هذه المعدة أن يكون هناك مسارات متكررة حتى يمكن تغطية الفراغات على طبقة التربة نتيجة البروز الموجود على هذه العجلات. الشكل (٦ - ١٠) يبين نموذجاً من مداخل أرجل الغنم.



شكل (٦ - ١٠): مدحلة أرجل الغنم.

٤. **مداحل اهتزازية:** وهي معدات صغيرة نسبياً تعمل ذاتياً بمحرك يحدث حركات اهتزازية متكررة على سطح الأرض. وتستخدم عموماً في دمك التربة والإسفلت في الأماكن التي لا تتسع للمعدات الكبيرة ويفضل استخدامها في دمك التربة المفككة وفي دمك الأحجار. الشكل (٦- ١١) يبين نموذج من المداحل الإهتزازية.



شكل (٦- ١١): مدحلة اهتزازية.

#### ٦- ٨ - معايير وطرق استلام الدمك في الموقع

للكحكم على جودة الدمك في الموقع يجب تعيين الكثافة الجافة في الموقع ومقارنتها بالكثافة الجافة القصوى العملية وتتم هذه المقارنة بحساب نسبة الدمك (أو الدمك النسبي) من العلاقة التالية:

$$RC(\%) = \frac{\gamma_{d(field)}}{\gamma_{d-max(lab)}} \times 100$$

حيث:

$RC$  = نسبة الدمك.

$\gamma_{d(field)}$  = الكثافة الجافة للتربة في الحقل.

$\gamma_{d-max(lab)}$  = أقصى كثافة جافة للتربة في المعمل.

وتعرف نسبة الدمك أيضاً بدرجة الدمك أو النسبة بين الكثافة الجافة الموقعية إلى الكثافة الجافة

القصوى وتكون في أعمال الطرق بين 90 % إلى 100 %.

## ٦- ٨- ١ الكثافة الجافة الموقعية

يتم قياس الكثافة الجافة الموقعية بإحدى الطرق التالية:

١. اختبار مخروط الرمل.

٢. اختبار الكثافة النووي.

## (١) اختبار مخروط الرمل:

تعتمد هذه الطريقة على الحصول على حجم معين من التربة المدموكة وإيجاد وزن هذا الحجم ومنه تعيين الكثافة. ويستخدم في هذا الاختبار قارورة بلاستيكية أو زجاجية مملوءة برمل جاف من نوع أوتوا معلوم الكثافة ( $\gamma_{sand}$ ) وملحقة بمخروط معدني كما هو مبين في الشكل (٦- ١٢).



شكل (٦- ١٢): اختبار مخروط الرمل.

ولإجراء الاختبار نقوم بالخطوات التالية:

- يسوى سطح الموقع المراد حساب الكثافة فيه وتزال جميع المواد السطحية غير المرغوب فيها.
- يتم حفر حفرة متوسطة الحجم في التربة المدموكة واستخراج التربة منها.
- وزن التربة المستخرجة بعناية ( $W_{soil}$ ) وتحديد محتوى رطوبتها ( $W$ ).
- وضع مخروط الرمل على الحفرة وملؤها بالرمل ثم وزن الرمل المعبأ في الحفرة.
- تعيين حجم التربة المستخرجة وذلك من خلال وزن الرمل وكثافة الرمل المعبأ داخل الحفرة ( $V_{hole}$ )

:



$$V_{hole} = \frac{W_{Sand}}{\gamma_{Sand}}$$

$$\gamma_h = \frac{W_h}{V_{soil}} \quad \bullet \text{ حساب الكثافة الرطبة للتربة:}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{(1 + \frac{w}{100})} \quad \bullet \text{ حساب الكثافة الجافة للتربة:}$$

$$RC(\%) = \frac{\gamma_{d(field)}}{\gamma_{d-max(lab)}} \times 100 \quad \bullet \text{ حساب نسبة الدمك:}$$

مثال:

باستخدام طريقة مخروط الرمل أوجد الكثافة الجافة للتربة المدموكة في الموقع إذا علمت أن:

$$\gamma_{sand} = 1.46 \text{ gm/cm}^3 \quad \text{كثافة الرمل المستخدم:}$$

$$W_{sand} = 468.7 \text{ gm} \quad \text{وزن الرمل المستخدم:}$$

$$W_{dry-soil} = 618.3 \text{ gm} \quad \text{وزن التربة بعد تجفيفها:}$$

الحل:

$$V_{hole} = \frac{W_{sand}}{\gamma_{sand}} = \frac{468.7}{1.46} = 321.0 \text{ cm}^3 \quad \bullet \text{ حجم حفرة الاختبار:}$$

$$\gamma_d = \frac{W_{dry-soil}}{V_{hole}} = \frac{618.3}{321.0} = 1.93 \text{ gm/cm}^3 \approx 19.3 \text{ kN/m}^3 \quad \bullet \text{ الكثافة الجافة للتربة:}$$

(٢) اختبار الكثافة النووي:

يستخدم في هذا الاختبار جهاز نووي تم تطويره لقياس الكثافة الجافة في الموقع ومحتوى الرطوبة لجميع أنواع التربة. ولإجراء الاختبار يتم وضع هذا الجهاز مباشرة على سطح الأرض فيرسل أشعة جاما عالية السرعة تخترق الطبقات المختلفة للتربة وتحدد كثافتها ومحتوى الرطوبة لكل طبقة. ومن فوائد هذا الاختبار أنه يسمح بتعيين الكثافة الموقعية بسرعة في عدة نقاط في الموقع دون القيام بعمليات الحفر وباقي العمليات التي يتطلبها اختبار مخروط الرمل في كل مرة. ولكن بالرغم من ذلك فإن هذا الاختبار قد يفتقد إلى الدقة في بعض الأحيان مقارنةً باختبار مخروط الرمل، وذلك بسبب التدني في دقة الجهاز

نفسه بسبب سوء الاستعمال. وعليه فيجب القيام بمعايرة الجهاز في فترات قصيرة من الاستعمال وذلك للتأكد من دقة الجهاز وكذلك دقة النتائج المتحصل عليها.

## أسئلة :

- (١) ما هو الغرض من عملية دمك التربة؟
- (٢) اذكر أهم اختبارات الدمك في المعمل.
- (٣) عدد العوامل المؤثرة على كثافة التربة.
- (٤) اذكر أهم المعدات المستخدمة لدمك التربة في الموقع.
- (٥) اشرح باختصار خطوات تنفيذ الدمك في الموقع.
- (٦) عرف نسبة الدمك.
- (٧) عدد معايير وطرق استلام الدمك في الموقع.
- (٨) عينة من التربة كثافتها الرطبة  $19.55 \text{ kN/m}^3$  ووزنها وهي رطبة  $1.02 \text{ kg}$  ، أما وزنها وهي جافة فكان  $0.99 \text{ kg}$ . حدد الكثافة الجافة لهذه العينة من التربة.
- (٩) عينة من التربة أجري عليها اختبار الدمك في المعمل بطريقة بروكتور القياسية وكانت نتائج الاختبار كما يوضحها الجدول التالي:

رقم العينة	1	2	3	4	5
الكثافة الرطبة $\gamma \text{ (kN / m}^3\text{)}$	16.73	18.05	19.22	18.93	17.33
المحتوى المائي $w \text{ (%)}$	4.75	12.13	19.32	24.91	32.52

١. ارسم العلاقة بين الكثافة الجافة ونسبة المحتوى المائي لهذه التربة.
٢. حدد أقصى كثافة جافة ونسبة المياه الحرجة المناظرة لها.
٣. إذا كانت الكثافة الجافة للتربة في الموقع  $15.75 \text{ kN/m}^3$  ، فما نسبة الدمك المتوقع الحصول عليها؟ وما تعليقك على نتيجة هذه الدرجة؟
- ١٠ مشروع سد ترابي تتطلب مواصفاته ألا تقل درجة دمك تربته عن ٩٩ % ، وعند إجراء اختبار الدمك في المعمل تبين أن:

$$\gamma_{d-\max} = 19.25 \text{ kN / m}^3$$

$$OMC = 14.37 \%$$

أما نتائج الدمك في الحقل فأظهرت النتائج التالية:

$$\gamma_{d-field} = 17.60 \text{ kN} / \text{m}^3$$

$$w = 16.3 \%$$

المطلوب الإجابة على التالي:

١. هل من الناحية الهندسية يمكنك استلام هذا المشروع؟ وضح إجابتك.
٢. كيف تحل مشكلة دمك التربة إذا لم تحقق مواصفات المشروع؟
٣. هل سقوط الأمطار أثناء عمليات دمك تربة المشروع يؤثر على نتائج الدمك؟ ولماذا؟