1.1 مقدمة :

جميع المنشات والإعمال الهندسية بأنواعها المختلفة تقام علي الأرض أو في الأرض ولذلك سمي الجزء من الأرض الحامل للمنشأ بتربة الإنشاء. و في كثير من الأحيان تكون موصفات التربة غير ملائمة من الناحية الهندسية لإقامة المنشآت عليها، وعليه يتوجب إيجاد حلول لهذه المشكلة والتي تعتبر مهمة جداً في أعمال الهندسة المدنية.

إن أحد الحلول لمثل هذه المشاكل هو استبدال موقع المنشأ واختيار موقع أكثر ملائمة للتنفيذ وقد يكون هذا الحل مكلف أو غير مرغوب به، أو كحل أخر هو إبدال تربة الموقع الضعيفة بتربة ذات مواصفات هندسية أفضل ولكن هذا الحل قد يكون تأثيره محدود في تحسين خواص التربة اذ أن تأثيرهُ لا يتجاوز بضعة أمتار قليلة من سطح التربة وبذلك قد لا يفي هذا الأسلوب في تغير خواص التربة وخاصة إذا كانت المنشآت المقرر إقامتها علي التربة ضخمة نسبيا وتأثيرها علي التربة قد يمتد الي أعماق كبيرة نسبيا.

ومن الحلول الأخرى اختيار نوعية من الأساسات التي تتلائم مع ظروف تربة الموقع، حيث يعتبر الأساس الحصيري Raft Foundation أو الأساسات العميقة deep foundations مثل الركائز piles ملائمة لتقليل الهبوط وزيادة استقرارية المنشآت.

ومن خلال العمل ألموقعي والتجارب المعملية ثبت إن الحل الأمثل والأفضل عندما تكون تربة الموقع غير مناسبة قد يكون في تحسين تربة الموقع الضعيفة، حيث إن تحسين خواص التربة يمكن ان يكون أقل كلفة من الحلول السابقة، حيث انه لا يتطلب استبدال التربة بتربة أخري ذات مواصفات أفضل إضافة، إضافة إلي ذلك فأنة قد يمتد ليصل الي الأعماق المطلوبة .

وقد استخدم الإنسان منذ القدم بعض الأساليب البسيطة لتحسين التربة، حيث أستخدم البابليون القش مع الطين كتسليخ لغرض منع وتقليل الشقوق التي تحدث نتيجة الانكماش الذي يحدث عند جفاف الطين. إن عملية تحسين التربة هو لتغير الخواص الغير مرغوب فيها وجعلها تربة صالحة للتأسيس عليها.إن عملية التحسين تؤدي إلى زيادة قدرة تحمل التربة وتقليل هبوط المنشات والى زيادة استقراريتها بزيادة مقاومة القص وتقليل التغيرات الحجمية للتربة، ونتيجة للتقدم العلمي وتطور التكنولوجيا فقد شهد مجال طرق تحسين التربة في السنوات الأخيرة تطبيقات متزايدة في إعمال الهندسة المدنية وهذا لا ينطبق وحدهُ علي طرق تحسين التربة المعروفة وموادها التقليدية المتزايدة الاستخدام، بل يتوقف علي طرق تحسين ومواد ومنتجات جديدة تم تطويرها

2.1 أهمية البحث :

تعد التربة soil من اكثر الظواهر الطبيعية المؤثرة في حياتنا فهي من اقدم مواد التشييد التي عرفها الانسان ، فقد شيد عليها بها وشيد فيها، فكان التشييد عليها كما هو الحال في اساسات المنشآت، وشيد بها كما هو الحال في السدود الترابية ، وشيد فيها مثل الانفاق والمناجم.

والتربة هي المادة التي استطاعت ان تجمع علوم الهندسة والبيئة والجيولوجيا والكيمياء والفيزياء والنقل والانشاء وغيرها، وذلك لأهميتها، لذا كان من الضروري المضي قدماً في دراسة هذا البحث مواكبة متطلبات تقنيات هذه العلوم، وحتى يمكن التصدي للمشاكل المختلفة التي قد تطرا من استخدمات التربة المتعددة ، خاصة اذا عرفنا انها الاكثر وفرة في محتواها ولكنها الاكثر تعقيداً في خواصها.

ولما كانت التربة كمادة تختلف عن غير من مواد التشييد الاخرى ذات الصفات الثابته مثل الاسمنت والحديد والزجاج وغيرها، فهي مادة تملك خواص طبيعية متنوعة تحتاج الى دراسة معملية واخرى نظرية من اجل التعرف على خواصها وسلوكياتها للحد من المشاكل الهندسية التي قد تظهر نتيجة استخدامها.

3.1 تساؤلات البحث :

وعند دراسة وتحليل أي مشروع هندسي له علاقة بالتربة فان مالك المشروع عادة ما يتبادر الى ذهنه عدة تساؤلات منها :

- هل تربة الموقع مناسبة لاقامة هذا المشروع.
- هل التربة لديها القدرة على تحمل الاجهادات الناتجة عن المشروع.
- هل من الممكن ان تتعرض التربة الى مشاكل هندسية في المستقبل.
- ما هو افضل تصميم اقتصادي للمشروع يمكن ان يتناسب مع طبيعة التربة.

وطريقة التعامل مع تربة المشروع تختلف باختلاف نوع وطبيعة المشروع نفسه ، فالمشاريع الرئيسية القائمة على التربة ، مثل المباني والطرق والجسور والانفاق والابراج والقنوات المائية والسدود، لها مواصفات متباينه وبالتالي فان أي من هذه المشاريع يحتاج الى دراسة نظرية واختبارات معملية لتربة الموقع قد تختلف عن تلك التي يحتاجها المشروع الاخر.

الفصل الثاني

تحسين التربة وخواصها الميكانيكية

1.2 مقدمة :

عند انشاء منشا معين وجب علينا معرفة الارض التي سيقام عليها هذا المنشأ وهنا ينبغي اجراء فحص خواص التربة العامة وعادة هذا الفحص يجرى بعمل حفر عميقة عمقها10 متر او اكثر وعدد الحفر يتناسب مع مساحة المنشا وتؤخذ عينات الحفر لتفحص في المختبر للتعرف على خواصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية ومقدار تحمل طبقاتها للاحمال ونوعية الاسس المناسبة ونزولها المتوقع نوعا ومقدارا ومستوى منسوب الماء الجوفي بالنسبة لسطح التربة ويقدم المختبر تقريرا وافيا يمكن المصمم والمنفذ من اداء مهامهما.

تصنف التربة الى نوعيات مختلفة اعتمادا على الانواع الثلاثة الرئيسية الطين والغرين والرمل ومن انواع الترب حسب مكوناتها مثلا طين غريني و طفال طيني غريني وطين رملي وطفال طيني رملي وطفال طيني وطفال رملي وطفال غريني ـــــــالخ فأن ظهر نوع التربة (صخرية صلدة وقابلية تحميلها حوالى35 كغم /سم2) فهذه تربة قوية غير قابلة للانضغاط حيث يمكن البناء فوقها مباشرة وان تبين ان نوع التربة هو تربة(طينية رخوة وان مستوى الماء الارضي مرتفعا فهذه تقدر قابلية تحميلها بحدود1 كغم/سم2 او اقل) نقوم بحفر المساحة المتاحة للبناء في هذه الارض والتخلص من التربة الضعيفة برميها خارج الموقع ويقدر عمق الحفر حسب تقرير الفحص الشامل للتربة المذكور اعلاه حيث انه يبين مستوى الغرين والطين والصلصال الضعيف لكي يتم حفر الارض والتخلص من هذا النوع من التربة ثم يسحب الماء بشكل دوري كلما نبع من التربة مع اضافة طبقتين او اكثر من الصخر الصوان القوي ونشره على كامل المساحة وهنا لا تزال المضخة تسحب المياه بواسطة حفرة معمولة في المكان ثم يتم ردم الحفرة بتربة نظيفة خالية من المواد العضوية وجذور النباتات والانقاض وذات خواص هندسية مناسبة وناجحة بالفحص المختبري وتعتبر الترب الطينية الممزوجة مع نسبة قليلة من الرمل وكذلك مزيج الحصى والرمل الطبيعي من الترب الصالحة لهذا الغرض وتدفن على شكل طبقات لا يزيد سمك الواحدة عن20 سم ثم ترش بكمية مناسبة من الماء وترص (تدمك) وذلك للوصول الى نسبة حدل95% او اكثر حسب طريقة بروكتر المعدلة مع محتوى رطوبة مثلى . وتستمر العملية لحين الوصول لمستوى قاعدة الاساس وحسب ما يحدده المختصون من مهندسين ومساحين وخبراء المختبر

1.1.2الهندسة الجيولوجية :

الهندسة الجيولوجية من خصائص تحسين التربة (تحسين التربة) من أجل تحقيق الغرض من الأنشطة الهندسية التدابير. الجيولوجيا الهندسية والخواص الهندسية للتربة ويرتبط مباشرة إلى مواد البناء تتكون أساسا من نفاذية الماء والخواص الميكانيكية (الانضغاطية ومقاومة مدمرة)، وأنها تعتمد على التربة والخصائص الهيكلية. لذلك، من خلال تغيير وتحسين التربة هو في الأساس تكوين وبنية التربة، لتحقيق الغرض من تحسين الخصائص.

تحسين التربة إلى تحسين تحسين التربة الفيزيائية والكيميائية للتربة، من خلال إدراج التحسينات المادية، مثل الحصى، وتغيير وتحسين وتعديل المواد الكيميائية من حجم الجسيمات في المواد من خلال إدراج الجير وكيل المعالجة والاسمنت، والرماد المتطاير وغيرها من المشاريع لتحسين خصائص التربة.

2.1.2 علم ميكانيكا التربة :

علم ميكانيكا التربة هو فرع من العلوم الهندسية وهو مختص بدراسة التربة وطريقة تصرفها عند تعرضها للأحمال والإجهادات.

وهو العلم المتعلق بميكانيكا الأجسام الطبيعية المشتتة (المؤلفة من أجزاء دقيقة أو ناعمة) ويعتبر فرعا من فروع علم ميكانيكا الأرض العام الذي تدخل ضمنه العلوم الخاصة التالية : ديناميكا الأرض في المجالين العالمي والمناطقى، ميكانيكا الصخور الصلدة أو المصمتة، ميكانيكا الصخور الرخوة أو الهشة (التربة الطبيعية) وميكانيكا الكتل العضوية والعضوية المعدنية (الطمى، الفحم وغير ذلك).

ويعتبر علم ميكانيكا التربة في نفس الوقت، فرعا من فروع علم الميكانيكا الإنشائية المبنى على أساس قوانين الميكانيكا النظرية (ميكانيكا الأجسام الصلبة الغير قابلة للانضغاط مطلقا) وكذلك على أساس قوانين الأجسام القابلة للتشوه أيضا، أي القابلة للانضغاط وتغير الشكل (قوانين اللدونة، المرونة، الزحف)، التي ستكون بالنسبة لتكوين وصياغة علم ميكانيكا التربة - كعلم مستقل - بمثابة قوانين ضرورية فقط ولكنها ليست من الشروط الكافية بحد ذاتها. وإذا اضفنا إلى علاقات (معادلات) الميكانيكا النظرية والميكانيكا الإنشائية للأجسام المصمتة القابلة للتشوه، إذا اضفنا لهم القوانين التي تشرح الخواص المتعلقة بتفتت التربة (الانضغاطية، النفاذية، مقاومة

القص التماسية، التشوه التركيبى الطورى) عندئذ ببحثنا للتربة باعتبارها اجساما طبيعية مشتتة وثيقة الاتصال بظروف تكوينها وتامة التفاعل مع البيئة الطبيعية الجيولوجية المحيطة بها، يمكن في هذه الحالة صياغة أو تكوين ميكانيكا التربة كعلم من العلوم.

3.1.2 أهمية علم ميكانيكا التربة :

ن ميكانيكا التربة هي عبارة عن نظرية قواعد التربة الطبيعية، وإن دور ميكانيكا التربة كعلم هندسي هو دور عظيم، ولا يمكن مفارنته إلا بعلم " مقاومة المواد " Strength of Materials، وبدون معرفة مبادئ ميكانيكا التربة، لا يمكن تصميم المنشأت الصناعية الحديثة، العمارات السكنية (لا سيما المتعددة الطوابق)، إنشاءات إصلاح الأرض وإنشاءات الطرق، الإنشاءات الترابية، إنشاءات الهندسة الهيدروليكية (مثل السدود الترابية، سدود المياه مبانى المحطات الهيدروليكية لتوليد الطاقة وغيرها)، كل هذا لا يمكن إنشاءه بصورة سليمة بدون معرفة مبادئ ميكانيكا التربة.

إن استخدام ميكانيكا التربة يساعد على الاستفادة أكثر ما يمكن من السعة الحملية للتربة، الحساب الدقيق لتشوهات قواعد التربة أو القواعد الترابية تحت تأثير الأحمال الناجمة عن الإنشاءات الأمر الذي يعتمد ليس على وضع الحلول الأكثر سلامة فحسب، بل وعلى الحلول الأكثر اقتصادية أيضا. وفي المستقبل ستزداد أهمية علم ميكانيكا التربة في الأعمال الهندسية وذلك بمساعدته في الحصول على أوسع وأحسن استفادة من المنجزات العلمية لهذا العلم في التطبيقات الإنشائية الهندسية.

2.2 تحسين التربة :

إن مصطلح تحسين التربة يطلق علي كافة التقنيات المستخدمة في تحسين خواص التربة وسلوكها الهندسية غير المرغوب بها وجعلها ذات خواص محددة ومطلوبة وذلك بإجراء تعديلات فيزيائية وكيميائية علي التربة نفسها . فاختيار أية طريقة لتحسين تربة معينة يعتمد بشكل رئيسي على الخواص الجديدة المطلوبة للتربة بعد عملية التحسين والتي يعتمد عليها المنشأ المقترح تنفيذه، كما أنه بالإضافة إلي ذلك فإن أي من هذه الطرق يعتمد بشكل كبير على نتائج التحريات الأولية للتربة الموقع المطلوب تحسينها وكذلك على عدد مرات الاختبارات المعملية لمعرفة مقدار التقدم في تحسن خواص التربة خلال سير عملية التحسين.

3.2 أهداف تحسين التربة

غالبا ما يكون الهدف من عملية تحسين التربة هو تحسين خاصية واحدة أو أكثر من خواصها. عموماً فإن عمليات تحسين التربة تستهدف جملة من الخواص تتلخص فيما يلي :

أ. زيادة قوة تحمل التربة (Strength) .
ب. تقليل الإنضغاطية (Compressibility) .
ت. تقليل النفاذية (Permeability) .
ث. تحسين الاستقرارية (Stability) .
ج. تقليل الزيادة في حجم التربة المتسببة عن الانجماد أو الانتفاخ (Soil Improvement)

4.2 تقنيات طرق تحسين التربة Soil Improvement Techniques

إن تصنيف تقنيات تحسين التربة تعتمد بشكل رئيسي علي طبيعة العمليات المستخدمة في التحسين، وأهم هذه التقنيات هي :

أ. تربة الردم و استبدال التربة غير الملائمة .
ب. الدمك باستخدام الطرق الميكانيكية (للتربة المتماسكة) .
ج. التحميل المسبق للتربة (للتربة المتماسكة) وتصريف الماء منها.
د. سحب الماء من التربة .
ه. تسليح التربة

وفي هذا البحث سنتطرق الى الدمك كونكه أحد اهم طرق تحسين الخواص الميكانيكية للتربة.

5.2 الخواص الأساسية للتربة

انضغاطية التربة : تتلخص هذه الخاصية في قابلية التربة (إلى درجة كبيرة أحيانا) لتغيير بنيتها تحت تأثير المؤثرات الخارجية إلى بنية أكثر دموجا أو تراصا على حساب تقليل مسامية التربة.

<u>ويرتبط بهذه الخاصية قانون مهم هو قانون الدموج أو التراص</u>

نفاذية التربة للماء : الخاصية الثانية للتربة هي خاصية نفاذية الماء، أي قابلية ترشيح الماء والترشيح في التربة يعتمد على درجة التشديد أو التراص للتربة، وفي الغضار عالي اللدونة وشبه الصلب يعتمد الترشيح على وجود التدرج الابتدائي للضغط، الذي تبدأ حركة الماء عند التغلب عليه فقط.

ويرتبط بهذه الخاصية قانون الترشيح الطبقي.

مقاومة التربة للقص أو الزحزحة : تحت تأثير الحمل الخارجي، يمكن للضغوط القعالة في بعض النقاط أن تتفوق على الأربطة الداخلية بين دقائق التربة، وتنشأ انزلاقات (زحزحات) لبعض الدقائق ويمكن هنا أن يختل اتصال التربة في إحدى المناطق أي يتم التغلب على مقاومة التربة في تلك المنطقة.

إن المقاومة الداخلية، المعارضة أو المانعة لإزاحة أو زحزحة الدقائق الصلبة في الأجسام السائبة المثالية تكمن فقط في الاحتكاك الناشئ في نقاط تلامس أو اتصال الدقائق، اما في التربة المتماسكة المثالية مثل الأطيان اللزجة ستقوم بقاومة زحزحة الدقائق فيها الأربطة البنيوية الداخلية ولزوجة ألغلفة الغروانية المائية للدقائق فقط وليس في الاحتكاك الناشئ في نقاط تلامس أو اتصال الدقائق.

1.5.2 تشكل التربة Soil Geformation :

عند تعرض التربة الى قوى وضغوطات خارجية على هيئة اجهادات ينتج عن ذلك اعادة ترتيب للحبيبات تتقارب الى بعضها وتكون النتيجة نقصان الحجم وهبوط التربة او زيادة في الحجم وانتفاخ التربة .

هذا التغير في حجم التربة قد يكون مرنا او لدناً حسب نوعية وحالة التربة وهذا التشكل يمكن وصفه بالانفعال strain تختلف العلاقة بين الاجهاد والانفعال حسب نوع التربة ..

6.2 الخواص الميكانيكية للتربة :

عند تعرض التربة لحمولات او ضغوطات خارجية تعمل على مقاومة او تحمل هذه الضغوطات في شكل تشكلات وتغيرات مختلفة وتتأثر بسلوكيات التربه تجاه هذه الضغوط بعوامل كثيرة منها:

الحمل المؤثر كثافة التربة المحتوى المائي نوع التربة

هنالك بعض المصطلحات تستخدم للشرح ظاهرة التشكل والتغير الحجمي للتربة نذكر منها :

1- الانضغاط compression :

النقصان الحجمي نتيجة حمل خارجي ساكن وثابت لفترة من الزمن .

2- التصلب consolidation :

النقصان في الحجم يحت تحته تأثير حمل مع مرور الزمن.

3- الانكماش Shrinkage :

النقصان في الحجم ناتج من الضغوط الشعرية اثناء تجفيف التربة.

4- الدمك Compaction :

النقصان في الحجم ناتج من حمل صناعي مؤقت مثل احمال التحرجه ، الدك، الاهتزاز.

5- الارتداد Rebound :

عكس الانضغاط – ازدياد في الحجم بعد رفع الحمل الساكن .

6- التمدد Expansion :

هو زيادة في الحجم مع مرور الوقت.

1.6.2 خواص التربة ذات الأهمية الهندسية :

<u>تشمل خواص التربة التي تعد ذات أهمية هندسية ما يأتي:</u>

1- وسائط القوة (معامل الإجهاد والتشوه، نسبة بواسون، التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي).

2- دلائل الانضغاطية (من أجل تقدير التشوه والهبوط).

3- قابلية المياه للنفوذ.

4- المعطيات الوزنية والحجمية (الوزن الحجمي، الوزن النوعي، نسبة الفراغ، احتواء الرطوبة وغير ذلك)

إن بعض المعرفة حول هذه الخواص الهندسية للتربة يسمح بتقدير ما يأتي:

1- قدرة تحمل تربة التأسيس.

2- الهبوطات في التربة، بما في ذلك مقدارها ومعدلها.

3- ضغوط التربة (الشاقولية والجانبية).

4- الضغوط المسامية وكميات نزح المياه dewatering.

2.6.2 المعلومات المطلوبة لدراسة تربة تحت منشأة

يجب التعرف على التربة ووصفها واختبارها في الحقل واستخراج عينات منها لدراسة خواصها الفيزيائية والميكانيكية في المخبر ولتحديد قدرة تحملها المسموحة ومقدار الهبوط المتوقع حصوله فيها تحت قواعد الأساسات، بحيث يمكن تصميم أساسات اقتصادية وآمنة في مدة استثمار المنشأة.

- **وصف التربة**

إن تعرُّف التربة أثناء الأعمال الحقلية يستلزم إجراء عملية وصف للعينات، ويتم ذلك بلغة مناسبة لكل مسألة هندسية، ولما كانت الخواص الهندسية للتربة محكومة إلى حد كبير بخواصها وسلوكها الفيزيائي، لذلك كان يمكن الحصول على التقييم الأولي لهذه التربة من فحص بصري لطبيعتها وتركيبها بمساعدة بعض التجارب الأولية، ويقدم الوصف المنهجي معلومات أساسية وفق مصطلحات محددة، ويمكن أن تشكل هذه المعلومات صورة عقلانية لدى القارئ كما يمكن أن تستخرج منها معلومات مناسبة.

يمكن أن تجزأ التربة إلى أنواع بحسب تركيب حبيباتها رئيسية كما يأتي:

آ - **الترب الخشنة جداً:** وتكون أبعاد الحبيبات فيها من 60 مم أو أكثر وتصنف كحجارة (حتى 200 مم) أو حصى.

ب - **الترب الخشنة:** وتكون أبعاد الحبيبات من 0.06-60 مم وترى جزيئاتها إفرادياً بالعين المجردة وتضم البحص والرمل، ونسبة هذه المواد الخشنة، بعد استبعاد الأجزاء الخشنة جداً، تزيد على50٪.

ج - **الترب الناعمة:** وهى السيلت إضافة إلى معادن الغضار، ولا ترى جزيئاتها بالعين المجردة، ويلتصق بعضها مع بعض لتكون قطعاً كاللدائن تتحكم فيها قوى الشد السطحي ما بين الذرات.

د ـ المواد العضوية: وتنتج من تفسخ النباتات عموماً.

هـ ـ مواد الردميات: وهى الترب المشكلة صناعياً وتعالج كحالة خاصة.

7.2 تثبيت التربه

هناك بعض المواد التى تستخدم لتثبيت التربه مثل الاسمنت والجير والرماد المتطاير والبيوتومين

1.7.2 تثبيت التربه بالاسمنت:

يستخدم الاسمنت لتقويه التربه الطمييه والطينيه تحت الطرق والسدود الترابيه.

ماء الاسمنت:

1- يزيد مقاومه القص للتربه.

2 -يقلل حاله السيوله.

3 -يزيد معامل اللدونه والتشغيليه.

يكون الاسمنت اكثر تأثيرا اذا كان حد السيوله اقل من 0.5 ومعامل اللدونه اقل من 25

يحقن الاسمنت فى صوره مستحلب يتكون من اسمنت+ماء بنسب من (0.5-5) ويتم اولا حقن التربه بالماء لترطيب مساحات التربه حتى لاتمتص الماء من المحلول الاسمنتى ثم يحقن المحلول بواسطه ابر الحقن تحت ضغط (0.25-1) ضغط جوى.

2.7.2 التثبيت بالجير:

حجم الجير من 5الى 10% من حجم التربه.

يستخدم الكالسيوم على صوره الجير الحى او المطفىء لتحسين التربه الناعمه بكميه تتراوح من 5-10% من حجم التربه ويحسن الكالسيوم من خواص التربه فيقلل حد السيوله ويزيد معامل اللدونه وكذلك مقاومه القص.

طرق تثبيت التربه فى الموقع:

1- الخلط مع الجير والدمك بعد رش الماء.

2 -تخلط التربه بالجير والماء خارج الموقع ثم يتم ارجاعها مع الدمك.

3 -محلول الجير يحقن تحت ضغط وتصل الاعماق من 4 الى 5 امتار.

كدا نكون انتهينا من الجزء الاول فى تثبيت التربه

3.7.2التثبيت باستخدام البيوتومين

يستخدم البيوتومين فى تثبيت التربه فى مجال الطرق وتكون المعالجه اما بالحقن بالبيوتومين المنصهر او المستحلب البيوتومينى ويتكون المستحلب من 60% بيوتومين و 40% ماء ويحقن تحت ضغط 30-35 ضغط جوى ونسبه البيوتومين فى الخلط من 4-14% من وزن التربه.

4.7.2 التثبيت باستخدام السيليكات:

تستخدم سيليكات الصوديوم فى تقويه التربه بالحقن تحت ضغط 15 ضغط جوى ثم يحقن كلوريد الكالسيوم تحت نفس الضغط وينتج من التفاعل اكسيد الكالسيوم الكلوريدى الذى تقوم جزيئاته بربط التربه ببعضها ونسبه سيليكات الصوديوم الى كلوريد الصوديوم من 2.5 الى 3 مع تسخين سيليكات الصوديوم حتى درجه حراره 60-80 درجه مئويه.

5.7.2 التثبيت باستخدام الرماد المتطاير :

وهو مخلف من مخلفات حرق الفحم ويتكون من السيليكا والامونيا وله نفس الصفات الاسمنتيه ويستخدم بمفرده او مع الجير ليعطى منتجا اسمنتيا بنسب خلط 10-30% من الرماد و 2-10% جير وعاده مايخلط مركب الرماد المتطاير مع التربه ثم يدمك مع المحتوى المائى الامثل للحصول على التربه المحسنه.

6.7.2 تثبيت التربه بالتدعيم بالشبكات :

يمكن تدعيم التربه باستخدام شرائح الشبكات المعدنيه أو الشبكات البلاستيكيه وتصنع الشبكات البلاستيكيه هذه من منتجات البترول مثل البولى إيثيلين حيث من المؤكد أن تزيد هذه الشبكات من ترابط التربه وتهويتها وستتواجد بنوعين احاديه وثنائيه والمسافه بينها 25-150مم وتستتخدم فى المجالات الاتيه:

-1 تدعيم التربه تحت أساسات الطرق.

-2 تستخدم فى الحوائط الساند.

-3 تستخدم فى أرصفه الموانىء.

8.2 احلال التربة :

بناءا على تقرير التربة المعد للمشروع يتم تحديد جهد التربة الصافى وعليه يتم تحديد نوع الاساسات المستخدمة وكذلك عمق الحفر (عمق التاسيس) .

بعض الاحيان يكون جهد التربة ضعيف جدا وبالتالى نلجألعمل استبدال للتربه لتحسين جهد التربة .

فمثلا :

فبناءا على تقرير التربة نجد ان جهد التربة0.6 كجم/سم2 فيتم رفع جهد التربة الى 1.2 كجم/سم2 باستبدال التربه ويتم وضع الملاحظات فى لوحة الاساسات والخاصة بجهد التربه الصافى وكذلك نوع وسمك تربة الاستبدال (الاحلال) .

أنواع تربة الاحلال :

1- تربة احلال من الرمل :

تكون من الرمل النظيف المتدرج المورد من المحاجر المعتمدة ويتم دمك تربة الاحلال على طبقات كل منها 25سم ويتم الرش بالمياه والدمك بهراس لا يقل وزنه عن 10 طن .

2-تربط احلال من الزلط والرمل النظيف بنسبة 1:1 او بنسبة 2:1 او بنسبة 2:1 :

يتم خلط تربة الاحلال بالنسب المطلوبة جيدا قبل ردم تربة الاحلال على ان تدمك التربة على طبقات كل منها 25سم ويتم الرش بالمياه والدمك بهراس لا يقل وزنة عن 10 طن .

ولا يسمح بصب الخرسانة العادية للاساسات الا بعد اجراء الاختبارات اللازمة لطبقات التربة المدموكة طبقا للمواصفات وتقرير التربة الواردة للمشروع على الا تقل عدد الاختبارات عن اختبار واحد لكل 100م مسطح لكل طبقة مدموكة من تربة الاحلال .

3- تربة احلال من التربة الزلطية قطع حجر :

ايضا يتم دمك التربة على طبقات كل منها 25سم مع الرش بالمياه والدمك بهراس لا يقل وزنه عن 10 طن مع عمل الاختبارات اللازمة لدمك التربة .

4- تربة احلال من الزلط المتدرج :

أيضا يتم الدمج على طبقات والرش والدمك .

5-تربة احلال من الرمل ومضاف اليه اسمنت بروتلاندى عادى بنسبة 100 او 150 كجم /م3 رمل :

يتم خلط الاسمنت مع الرمل قبل ردم تربة الاحلال على ان تدمك التربه على طبقات سمك كل 25سم ويتم الرش بالمياه والدمك بهراس لا يقل وزنه عن 10 طن .

ولا يسمح يسمح بصب الخرسانة العادية بالاساسات الا بعد اجراء الاختبارات اللازمة لطبقات التربه المدموكة طبقا لمواصفات وتقرير التربه الوارده للمشروع .

9.2 معالجـــة وتـدعيـــم الـتـربـــــة

نستعرض في هذا الموضوع أبرز الطرق لمعالجة وتدعيم التربة :

1- تثبيت واسناد التربة بالخرسانة المرشوشة (Shot Concrete)

تستخدم طريقة الخرسانة المرشوشة لتطبيقات عديدة ومن أهمها:

- تثبيت جدران الحفريات اثناء الحفر من الانهيارات.
- تثبيت تربة المنحدرات الضعيفة .
- انشاء جدران واسقف خرسانية مسلحة في الانفاق .

ويتم تطبيقها على نوعين:

• التطبيق الرطب: وهو خلط الاسمنت والرمل والماء في الماكنة وضخ الخلطة من منفذ واحد

• التطبيق الجاف: وهو خلط الاسمنت والرمل فقط في الماكنة وضخ الخلطة لتمتزج مع الماء عند فوهة الخرطوم المشعبة.

2- معالجة التربة بالحقن (Soil Injection)

حقن التربة

هو حقنها بمواد تزيد من صلابتها لتتحمل الاوزان و تثبيت طبقات التربة اسفل المبنى عند حدوث ميول بالمبنى نتيجة زيادة الاحمال وعدم دراسة التربة او عمل الجسات لها قبل الانشاء ثم تفاجأبعد ذالك بأنهيار التربة تحت المبنى او حدوث ميل للمبى وبمعاينة الاستشارى للهبوط يوصى بعمل حقن للتربة اسفل المبنى وذالك لتثبيت التربة كتاب جميل جدا لطرق تثبيت التربه

• تستخدم هذه الطريقة لملئ الفراغات والتكهفات الموجودة في الصخور او المسامات في التربة الحبيبية التي تسمح للمياه بالتدفق من خلالها الامر

والتي تؤدي الى ضعف التربة والتقليل من صلابتها وقدرة تحملها ،فان الحقن بالاسمنت بالإضافة الى الماء والرمل .

• ويتم تطبيق هذه الطريقة من خلال منافذ تخترق طبقات التربة المتضررة حتى الوصول الى طبقة سليمة ذات صلابة وقدرة تحمل عالية (يتم تحديد ذلك من خلال تأثيرها على آلية الحفر)

حيث يتم حقن المواد من اسفل نقطة مع سحب انبوب الحفر تدريجيا للأعلى اثناء الحقن ليتم تعبئة جميع الفجوات والفراغات على عدة مستويات حتى الوصول إلى أعلى نقطة .

• تعتبر طريقة حقن التربة بالاسمنت طريقة اقتصادية مقارنة مع الطرق التقليدية مثل الازالة والاستبدال او حتى طرق التدعيم بالركائز حيث انها لا تقتصر على مساحات محدودة

كما يمكن استخدامها للاماكن التي يصعب الوصول إليها عن طريق حفر المنافذ بشكل قطري او ما شابه.

3- تدعيم واسناد المنشآت بالأوتاد الدقيقة (Micro Piles)

وهي عبارة عن ركائز بأقطار وأطوال مختلفة تستخدم لتعزيز وتقوية العناصر الانشائية بالإضافة الى استخدامها لغايات أخرى مثل تحسين التربة او تقويتها .

في حال كانت التربة تحت الاساسات ضعيفة او تعرضت لعوامل تغير من خصائصها فستقل قدرتها على استقبال الاحمال من العناصر الإنشائية

الامر الذي يؤدي الى انضغاطها والسماح للعناصر الانشائية بالهبوط معها مثل (القواعد) .

وفي الغالب تحدث هذه المشاكل في التربة التي تتعرض الى المياه سواء كانت من الامطار او من مياه خدمات المنازل مثل التهريب من خزانات المياه او البيارات او من غرف التفتيش.

يحدث هذا الهبوط في العناصر الانشائية القريبة من هذه التربة الضعيفة بينما تكون العناصر الاخرى في مناطق التربة السليمة ثابتة لم يحدث لها أي تغيير في منسوبها.

وهو ما يسمى بالهبوط التفاضلي الذي ينتج عنه تصدعات في الجدران وانفصال بين الجدران وبعض العناصر الانشائية مثل الكمرات والأعمدة.

من الحلول التي تعالج هذه المشاكل استخدام الخوازيق الدقيقة لنقل احمال هذه العناصر الى الصخور او الى تربة تسمح باستقبال هذه الاحمال.

استخدام الخوازيق الدقيقة في تدعيم المنشآت:

- تستخدم الخوازيق الدقيقة في تدعيم المنشآت لأغراض عديدة:
- تستخدم كركائز لنقل الأحمال الى طبقات اعمق.
- لتقوية وتعزيز العناصر الانشائية العميقة او القريبة من سطح الارض.
- تقوية وزيادة قدرة التربة على استقبال الاحمال من العناصر الخرسانية.
- لتعديل ومعالجة العناصر الانشائية.
- تقلل من ضغط التربة على جوانب الحفر وتمنع الانهيارات .
- حماية من تسرب المياه والعوامل المؤثرة على العناصر الانشائية العميقة.

1.9.2 طرق معالجة وتحسين التربة :

وفقا لطريقة معالجة التربة، وطرق تحسين التربة ويمكن تلخيصها على النحو الاصطناعي الفئات الأربع:

1- كثيفة الميكانيكية: تطبق على التربة معينة ثابتة أو متغيرة، وزيادة درجة الدمك للتربة، وبالتالي تقليل الانضغاطية وزيادة مقاومته للتلف. أساليب وأدوات لمجموعة متنوعة من كثافة الميكانيكية، وتنقسم الى أسلوب ثابت وأسلوب ديناميكي. ويطبق أساسا في التربة، في حين انه عادة صالحة فقط للتربة غير متماسكة. أنه ينتمي إلى تأثير الضغط من متماسكة طريقة رص

التربة الضحلة للالتكثيف هو وسيلة فعالة، والمتداول في الجهاز هزاز المرفقة، ثم كل من ثابت واهتزاز تأثيرين على انضغاط التربة غير متماسكة ويمكن الحصول على نتائج جيدة.

2- الصرف: محتوى الرطوبة عالية من التربة من أجل تحسين الاتساق من الماء تفريغها دولة متماسكة، وبالتالي تقليل الانضغاطية وتحسين قوتها، أو أي إفرازات المشبعة الطين في الماء لزيادة قوتها أو أن ذلك لن يحدث في دور فضفاضة تسييل. الاستخدام العام للمصارف والآبار والمناجم وغيرها من الهياكل ممر أو نحو ذلك ركزت على استبعاد مياه التربة بعد تسريب. لالطين، ويمكن مبدأ التناضح الكهربائي أيضا أن تستخدم لتسريع عملية تصريف لها.

3- مواد الخلط: سيتم إضافة بعض المواد إلى التربة، فإنه يصبح أحد مكونات التربة لتقليل نفاذية التربة وتحسين خواصها الميكانيكية. طريقة خلط وفقا لهذه الطريقة يمكن تقسيمها إلى نوعين من خلطات ونضح. الأسلوب هو كمية معينة من المواد الصلبة المختلطة (التي تستخدم عادة هي الجير والأسمنت والأسفلت، وغيرها) في مزيج التربة. مواد التربة وفقا الحاجة مختلطة مع بعض حجم الجسيمات جعله في الموسم الجاف والرطب يمكن أن تبقى نسبيا أفضل أداء، وأفضل المعروفة باسم التربة متدرج. منذ مزج الأسلوب يمكن أن تتعامل فقط مع التربة الضحلة، وأنها تميل إلى أن تستخدم لتحسين الطريق أو الجسر يتكون من الطين أو الرمل. ويتم إنجاز نضح من خلال حفر تحت ضغط بعض المواد (مثل الطين والاسمنت والاسفلت والزجاج المياه، الخ) سكب في الطين من التربة، وبعد التصلب من الطين والاسمنت الجسيمات ملء المسام. هذا الأسلوب هو جيد للحد من آثار نفاذية التربة، وتحسين درجة الخواص الميكانيكية للتربة، مع مواد مختلفة تختلف. ويستخدم هذا الأسلوب للتعامل مع جزء أعمق من الجسم غير الطين.

4- **المجمدة**: خفض درجة حرارة التربة، بحيث تجميد الماء المسام من أجل تحسين قوة التربة وتقليل نفاذية المياه. في بناء نفق الحفر والبناء، وهذه الطريقة فعالة جدا لتدفق مواقع البناء لمنع الرمال أو المياه الجوفية.

تأثير مختلف جوانب طرق تحسين التربة، ومختلفة، وينبغي أن تستند ظروف نطاق والتكلفة والتقنية على متطلبات البناء، ونوع التربة، والظروف الهيدرولوجية موقع (لنضح وتجميد الطريقة أهمية خاصة)، فضلا عن التقنية الاحتمالات والعقلانية الاقتصادية للاختيار.

الفصل الثالث

طرق تحسين الخواص الميكانيكية للتربة

1.3 مقدمة :

إن غاية علم ميكانيكا التربة هي الوصول إلى طرائق لحساب وتصميم وتنفيذ جزء المنشأة ذي التماس المباشر مع الأرض، مع تحقيق شروط المتانة والاقتصاد والجودة لتحقيق شروط الاستثمار، ويهتم ميكانيك التربة بما يأتي:

ـ تحديد الخواص الميكانيكية للتربة، مثل الانضغاط والرشح والاحتكاك الداخلي والتماسك والتشوه.

ـ بحث حالة الإجهاد ـ التشوه في القاعدة الترابية من تأثير الحمولات الخارجية وتحديد متانة التربة وقدرة تحملها وتوازن الكتل الترابية والمنحدرات وضغط التربة على الحواجز، وطرق حساب هبوط القواعد الترابية وتطور هذا الهبوط مع الزمن.

إن أهم المسائل التي تعالج في ميكانيك التربة هي:

ـ عمق سبور استكشاف التربة.

ـ الخواص الميكانيكية (احتكاك وتماسك) التي تضمن استقرار أساس أو منحدر.

ـ الحمل الآمن على التربة وشدة الإجهادات المحرضة منه وتوزيعها في التربة، ومن ثم قدرة تحمل التربة على أعماق مختلفة.

ـ مشاكل هبوط التربة المسببة من وزن المنشآت، أو من تخفيض منسوب المياه الجوفية أو من الاهتزازات أو من فتح الأنفاق أو من حفر المناجم.

ـ الوزن المضاد لمقاومة الحركة الجانبية لكتل التربة

ـ عمق اختراق الصقيع والرفع والذوبان الناتجين منه.

ـ مقدار انتفاخ التربة أو تقلصها بتأثير المياه والمعالجة.

2.3 مقاومة التربة للإجهادات الكلية والفعالة

يمكن القول إن التربة قد انهارت، إذا انضغطت أو انتفخت لمقدار يسبب أضراراً للمنشأة، وبمقياس مقاومة المواد فإن انهيار تربة يعني أن حالة الإجهاد فيها قد وصلت إلى درجة التغلب على مقاومة القص، وأن انتقالاً نسبياً مهماً قد حدث بين جزئين منها. إذا أمكن قياس مقاومة القص shear resistance أو قوة القص shear strength للتربة، أو أمكن التنبؤ بها فسيكون المهندس قادراً على دراسة مسائل استقرار كتل التربة، وتقدير عوامل الأمان من حدوث انهيار بالقص ضمنها.

يصعب تحديد قوة القص في الترب بدقة لأنها مواد غير مثالية، تحدث التغيرات فيها بانزلاق slippage جزيئاتها المفردة، ونتيجة لذلك فإن علاقة الحمولة ـ التغيرات تنحرف عن الوضع المثالي،

حين يحدث الانزلاق بين جزيئات التربة، فقد يكون ذلك من طبيعة عامة تحت قاعدة مثلاً، أو قد تكون التغيرات موضعية على طول سطح في نطاق محدود، مثلاً حالة انهيار منحدر. وحين دراسة عنصر من سطح انزلاق لتربة، فإن مستوي الانهيار failure plane يكون كما في الشكل 2 وإن معدل إجهاد القص على مستوي الانهيار عندما يحدث الانهيار هو مقاومة القص.

قوة القص هي أكبر إجهاد قص يمكن أن تتحمله التربة، إذ تنهار بعد ذلك، وتعطى سطح انزلاق واضحاً. إن أحد الأهداف الرئيسية لميكانيك التربة هو حماية المنشآت من الانهيار بسبب الهبوط المفرط في التربة أو بسبب وضع حمولة كبيرة جداً فوق الأرض الساندة للمنشأ.

يختلف قياس قوة القص تبعاً للطبيعة المعقدة لتشكيلات التربة من طبقة إلى آخرى، ويختلف في أي مكان مع اتجاه قياس القوة. إن نسيج الطبقات fabric of lamination أو الشقوق fissures أو أية عيوب أخرى، هي التي تقرر سلوك الترب، ومن الضروري اختبار كتل كبيرة بغية الحصول على قيمة ممثلة للقوة، ويجب التفريق بين نوعين من الانهيار الأول هش brittle للتربة الرملية والثاني مطاوع للتربة الغضارية كما في الشكل 3، وخاصة حين نتعامل مع ترب متطبقة layered soils حيث تمر سطوح الانزلاق عبر الطبقات الإفرادية. وللطبقات خواص حمولة ـ تشوه مختلفة، ومن ثمّ فقد تظهر مشاكل بخصوص تحديد متى سيحدث الانهيار.

يمكن تحديدها، وغالباً ما يجرى الحساب على مساحات محدودة ودراسة معدل الإجهادات المطبقة عليها. إن السطوح المتعامدة التي تكون عليها قيمة إجهادات القص مساوية للصفر تعرف بأنها السطوح الرئيسية، والإجهادات الناظمية عليها، وهي متعامدة أيضاً، هي الإجهادات الرئيسية، وتعد في مصطلحات ميكانيك التربة هذه الإجهادات موجبة إذا كانت ضاغطة، وأكبر هذه الإجهادات هو الإجهاد الرئيسي الأعظمي، وأصغرها هو الإجهاد الرئيسي الأصغري، وللتبسيط يمكن معالجة كثير من المسائل بصورة مستوية.

الإجهاد الناظمي هو إجهاد مباشر (قوة على وحدة السطح) يعمل ناظمياً (ضاغطاً) على أي مستو معطى، وإجهاد القص هو القوة في واحدة السطح التي تعمل مماسية على مستو معطى في اتجاه محدد.

لمعرفة قوة قص تربة تحت منشأة، يجب دراسة الآلية المحتملة للانهيار ضمن كتلة التربة، إضافة إلى دراسة خصائص هذه التربة، إذ تنهار التربة تحت قاعدة بناء على شكل إسفين بمقطع مثلثي يسبب دفع أو إزاحة موشور على شكل منحن إلى سطح الأرض ، ويمكن أن تنهار التربة خلف جدار استنادي بانفصال موشور مثلثي يدفع الجدار إلى الجهة الأخرى. كما يمكن أن تنهار كتلة مرتفعة من التربة على شكل منحدر بأن ينفصل جزء منها باتجاه الجهة المنخفضة، مما يعني أن آليات الانهيار النموذجية تشمل دوماً فعل قص بين سطحين في منطقة الانزلاق.

3.3 طرق تحسين الخواص الميكانيكية للتربة :

1.3.3. التثبيت الميكانيكي (الدمك) Compaction of soil

عرف دمك التربة منذ القدم حينما بدأ الإنسان في بناء السدود القديمة حيث كانت تتم عملية دمك التربة بتمرير أعداد كبيرة من العمال والحيوانات علي التربة المفككة مرات متعددة. وكانت جسور السكك الحديد في البداية تدمك بترك تربتها عدة سنوات لتدمك تحت تأثير وزنها قبل وضع طبقة الزلط فوقها. وكانت الأساليب المستخدمة قديماً في دمك التربة وسائل تقريبية إلي أن قدم بركتور Proctor أبحاثه عام 1923 فأدخل الأسلوب العلمي في هذا المجال .

أ. تعريف الدمك Compaction

الدمك هو إعادة ترتيب حبيبات التربة بطرد الهواء فقط من فراغات التربة ويتم ذلك باستخدام وسائل ميكانيكية وينتج عن ذلك نقص في حجم فراغات الهواء وزيادة في كثافة التربة .

ويختلف الدمك عن التصلب consolidation بأن الأخير هو طرد تدريجي للمياه من التربة المشبعة باستخدام إجهاد مستمر ويصاحب ذلك نقص في الحجم .

ب. أهمية الدمك كتطبيق هندسي :

1. في مجال السدود الترابية فإن دمك تربة الردم في السد تزيد مناعته لنفاذ الماء مما يقلل كمية الماء المتسربة منه. كما أن قوة القص لردم مدموك جيداً تساعد علي ثبات هذا الردم ومقاومته للانزلاق .
2. وفي مجال الطرق والمطارات فإن هذه الأعمال الهندسية تزيد سعتها للأحمال إذا أنشئت على أساس مدموك جيداً .
3. الدمك من أهم العمليات اللازمة لتثبيت التربة سواء أضيفت مادة تثبيت أو لم تضاف .

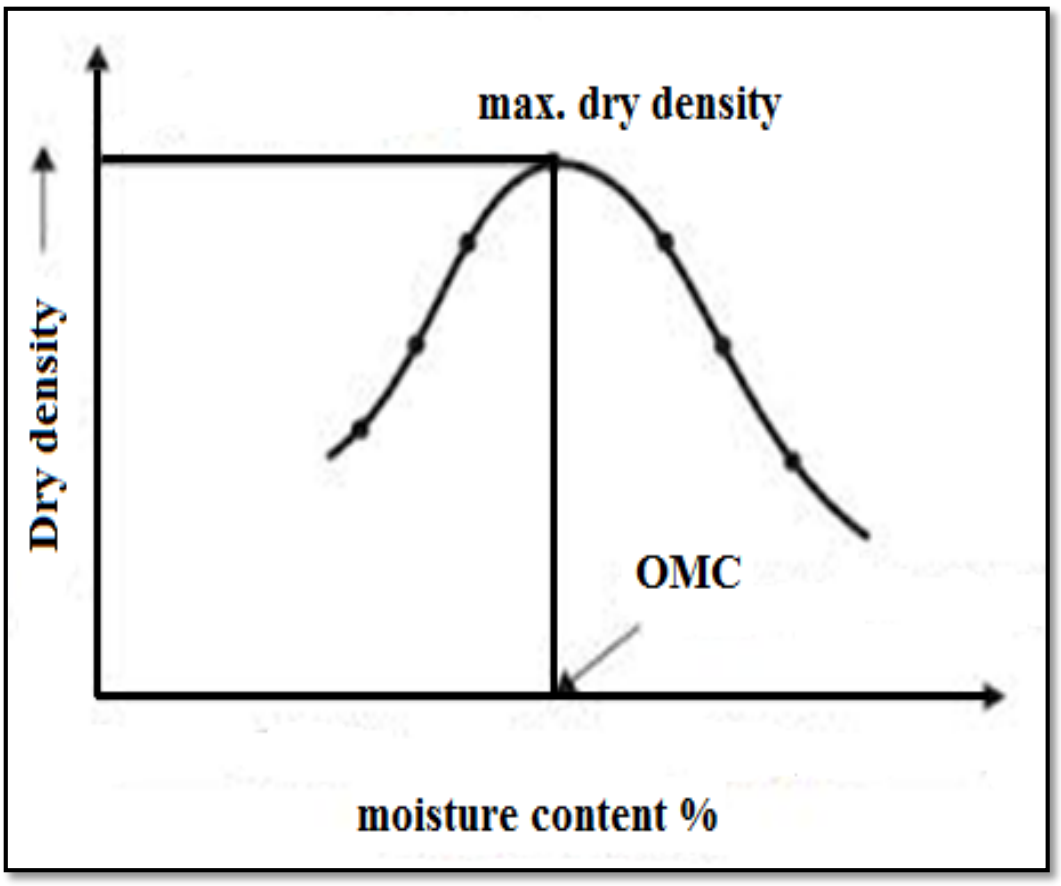
ج. العوامل المؤثرة على الدمك :

1. المحتوي المائي : تزيد الكثافة الجافة بزيادة المحتوي المائي إلي أن تصل التربة بمحتواها المائي إلى القيمة القصوى OMC ثم بعدها تتناقص الكثافة الجافة بزيادة المحتوى المائي.

2. كمية الدمك : لكل تربة نوع معين مناسب لها من الدمك ، وزيادة طاقة الدمك تزيد من قيمة الكثافة الجافة القصوى ويخفض المحتوى المائي الأمثل OMC . وعامة فإن زيادة جهد الدمك أو طاقة الدمك تجعل منحي العلاقة γd-w يتحرك شمالاً لأعلى .

3. نوع التربة : الكثافة الجافة القصوى تعتمد على نوع التربة. والتربة ذات الحبيبات الخشنة المتدرجة يكون لها كثافة جافة قصوى أكبر من تلك التربة ذات الحبيبات الناعمة. والطين له أقل كثافة قصوى .

4. طريقة الدمك : طريقة الدمك تؤثر على قيم الدمك وهي الكثافة الجافة العظمى للتربة والمحتوى المائي الأمثل (OMC، γd max) وتشمل طريقة الدمك سواء المعملية أو الحقلية على وزن المطارق وكيفية الدمك (ديناميكي أو إستاتيكي، عجن أو هرس) و زمن الدمك والمساحة المعرضة للدمك .



شكل 1.3 منحنى الدمك

د. تأثير الدمك على خواص التربة :

i. يزيد الدمك من مقاومة القص للتربة .

ii. يزيد قدرة تحمل التربة .

iii. يخفض من انضغاطية التربة وبذلك يقل الهبوط .

iv. يقلل الدمك من نفاذية التربة وبالتالي تنخفض قدرتها علي تسرب المياه .

شكل 2.3 الدمك ألموقعي للتربة

طرق الدمك في الموقع:

دمك التربة ينفذ في الموقع بإحدى الطرق الآتيـة: أ- الدمك بالهراسات: يوجد من الآلات الهرس عدة أنواع:

هراسات العجل الناعم: وهي المعروفة بهراسات العجلات الثلاث ويوجد منها أوزان مختلفة.

هراسات ذات الإطارات المنفوخة تحت ضغط: وهي هراسات تتركب منـة عدة عجلات صـغيرة ذات إطـارات منفوخـة ويـزن الثقيل منهـا حـوالي 200طـن ويتوقف عدد مـرور هـذه الهراسـات والضغط الذي تحدثه على التربة على درجة الدمك المطلوبة وسمك التربة.

هراسات قدم الغنم: وهي تتركب من اسطوانات صـلب مفرغـة ذات أقدام منشورية موزعـة علـى سطح الاسطوانات ويمكن تغيير وزن الاسطوانات عن طريق ملئها بالمياه.

ب- الدمك بالمطارق: يتم الدمك عن طريق الدق بمطارق ويتراوح وزن المطرقة من 30 إلى 150 كلغ ومنها ما يصل وزنه إلى واحد طن.

ج- الدمك بالهز: يتم دمك التربة باستخدام أجهزة محدثة للاهتزازات. ومنها ما هو يدوي للأعمال الصغير ومنها ما هو ضخم. ومن هذه الأجهزة ما يسمى بالتعويم الاهتزازي والذي يحتوي على اسطوانة اهتزازية طولها 2 م وقطرها الخارجي 43 سم وتنزل الاسطوانة الاهتزازية تفي التربة عن طريق دفع المياه من أسفلها ثم تعرض الاسطوانة للاهتزاز فتدمك التربة حولها وعندما يتم الدمك تضاف تربة أخرى حول الاسطوانة ثم ترفع الاسطوانة بمقدار 30سم ثم تكرر العملية مرة أخرى. ويستخدم هذا النوع لدمك أعماق تصل إلى تسعة متر.

تجارب الدمك العملية:

تهدف تجارب الدمك العملية إلى إيجاد وضع قياسي يكون أساسا واسترشادا لإجراء عملية الدمك في الموقع، ويوجد العديد من التجارب العملية التي تعتمد على طريقة ونوع الدمك، وينقسم الدمك إلى الأنواع الأتية:

الدمك الديناميكي: حيث يتم الدمك بواسطة دق بمطرقة تسقط من ارتفاع معين.

الدمك بالعجن: حيث يتم الدمك بواسطة اختراق وافر للتربة ثم يحدث بعض العجن في التربة أثناء الدمك.

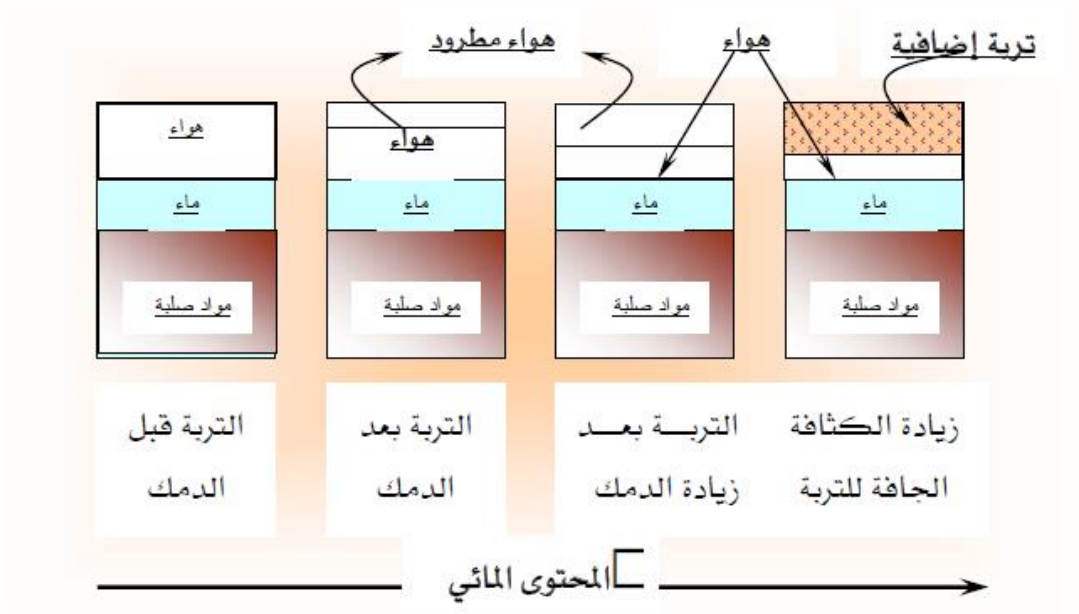
الدمك بحمل ستاتيكي: حيث تدمك التربة في قالب تحت حمل ستاتيكي.

الدمك بالهز: حيث يتم دمك التربة بتعريضها للاهتزاز.

نظرية الدمك

تبين من نتائج اختبارات الدمك أن الكثافة الجافة تزيد عند دمك تربة مع زيادة نسبة الرطوبة تحت أي جهد دمك إلى أن تبلغ العينة الرطوبة القصوى ثم تنخفض الكثافة الجافة بعد الزيادة في الرطوبة عند الحد الأقصى. وهناك نظريات كثيرة لتفسير ذلك منها أنه إذا كانت الرطوبة في تربة ما منخفضة فإن حبيباتها تتغلف بطبقة رقيقة من الماء والهواء الذي يفصل هذه الحبيبات يكتسب ضغطا جويا حيث يكون الهواء في بادئ الأمر متصل بالجو. فإذا دمكت الحبيبات مع

بعضها بحيث يمتنع اتصال الهواء الموجود في الفراغات بالجو فإن ضغط الهواء المحبوس في الفراغات يزيد عن الضغط الجوي بمقدار يتوقف على درجة تقارب الحبيبات من بعضها وحجم الهواء المحبوس في الجيوب الناتجة من تقارب الحبيبات. وكلما كان حجم الهواء المحبوس كبيرا كلما كان ضغطه صغيرا والعكس صحيح.



شكل () مراحل زيادة الكثافة الجافة للتربة

وعندما تزيد الرطوبة عن أقصى محتوى فإن الجزء الأكبر من جهد الدمك يستنفذ للتغلب على الزيادة في ضغط الهواء المحبوس والذي يبدوا أنه أكبر من الضغط في حالة نسبة الرطوبة القصوى مما ينتج انخفاض في نسبة الهواء المحبوس أما الجزء المتبقي من جهد الدمك فإنه يفشل حتى في التغلب على مقاومة الاحتكاك الصغيرة بين الحبيبات مما ينتج عنه زيادة في نسبة المسام وبالتالي في انخفاض في الكثافة الجافة وتستمر هذه العملية مع زيادة الرطوبة إلى أن تصل رطوبة تكون عندها نسبة الفراغات الهوائية أقل ما يمكن.

وإذا زادت الرطوبة عن هذا الحد فإن الهواء المحبوس يكون أكبر من جهد الدمك الذي يفشل في ضغط الهواء المحبوس أو التغلب على الاحتكاك بين الحبيبات. وعلى هذا تكون النتيجة انخفاض في كثافة التربة الجافة وزيادة في المسام ونسبة الفراغات الهوائية.

ومما سبق يمكن استنتاج أن الضغط المتوالد في الفراغات الهوائية خلال علمية الدمك هو الذي يلعب دورا كبيرا في تشكيل منحنى الدمك.

الفصل الرابع

التجارب المستخدمة لتحسين الخواص الميكانيكية

التجارب الميكانيكية: تنفذ هذه التجارب لتحديد وسائط التربة المستخدمة في حساب قدرة تحمل التربة والهبوط المتوقع فيها، وتضم التجارب الرئيسية الآتية:

1 ـ تجربة القص ثلاثي المحاور triaxial لدراسة سلوك الحمولة ـ التشوه لعينة تربة، وتتم في جهاز الانضغاط الثلاثي إذ تخضع عينة أسطوانية من التربة مغلفة في غشاء مطاطي وموضوعة في خلية مملوءة بالسائل (الماء الذى يوفر الضغط الجانبي) لضغط 3 σ أي حالة إجهاد هو الضغط الهيدروستاتيكي 3 σ، بينما يطبق محورياً إجهاد شاقولي إضافي (3 σ-1 σ) يدعى إجهاد الفرق deviator stress، وتستخرج منها أيضا تماسك التربة C وزاوية احتكاكها الداخلي لحساب قدرة تحمل التربة.

2ـ تجربة القص المباشر: بسبب صعوبة استعمال جهاز الاختبار الثلاثي لاختبار عينات الترب غير المتماسكة يستعمل لها اختبار القص المباشر، ويتألف من نصفي علبة أبعادها الأفقية هى 6×6سم وارتفاعها 2سم ويتباعد النصفان مسافة صغيرة ويطبق الإجهاد الناظمي عن طريق حامل hanger ويطبق إجهاد القص T ليسبب انهيار العينة على سطح أفقي، ومن عيوب هذا الاختبار ـ تركيزات الإجهاد ـ عدم معرفة قيمة 2 σ صعوبة التحكم بالصرف، التعرف السيئ على حالة الإجهاد أثناء الاختبار، عدم تناظر الجهاز عند حدوث تشوهات كبيرة. بإنجاز ثلاثة اختبارات أو أكثر على ضغوط ناظمية مختلفة يمكن استخراج مغلف لقوة القص نستطيع منه أن نقيم زاوية مقاومة القص. إن هذا الاختبار في الواقع هو اختبار «زاوية الاحتكاك angle of friction»، يستعمل هذا الاختبار في أبسط أشكاله لقياس زاوية مقاومة القص للرمال النظيفة، ويمكن منه معرفة تماسك التربة C وزاوية الاحتكاك الداخلى Φ ومن هذين الوسيطين وباستعمال عدد من العلاقات الهندسية المعروفة (تيرزاكي مثلا أو مايرهوف) يمكننا حساب قدرة تحمل التربة إضافة إلى حساب عامل مرونتها E.

3 ـ تجربة الضغط البسيط unconfined compression test: تنفذ هذه التجربة على جميع أنواع الترب بقص عينة ارتفاعها ضعف قطرها بتطبيق ضغط محوري ونحصل منها على قوة قص التربة q التي يمكن منها أيضاً، باستعمال بعض العلاقات، استخراج قدرة تحمل التربة.

4 ـ تجربة الانضغاط مع الزمن (التشديد) consolidation: يتم في هذه التجربة صرف قليل من الماء الموجود في المسامات بين الجزيئات الصلبة للتربة بتأثير تطبيق الضغط المستمر، ويتناقص حجم التربة تدريجياً من إعادة تنظيم جزيئاتها عندما ينتقل تدريجياً تطبيق الحمولة من

الماء المسامي إلى الهيكل الصلب لجزيئات التربة وتستمر هذه العملية إلى أن يصير ضغط الماء المسامي مساوياً للصفر.

تنفذ التجربة على الترب الغضارية بوجه رئيسي إذ يُلاحظ التغير الحجمي لعينة تربة عند إخضاعها لحمولات متزايدة بين حجرين مساميين مع قياس الحركة الشاقولية، وتستعمل ثوابت التربة المستخرجة منها، مثلاً دليل الانضغاطية compressibility index Cc، في حساب الهبوط المتوقع للأبنية.

المراجع

1) Berry, P.L. and Reid, D., “AN INTRODUCTION TO SOIL MECHANICS”, McGraw-Hill, 1987.

2) Bowles, J.E., "Foundation Analysi"

3) Dunn, I.S, Anderson, L.R., and Kiefer, F.W. " Fundamentals of Geotechnical Analysis" John Wiley & Sons, 1980

4) Bunn, I.S., “FUNDAMENTALS OF GEOTECHNICAL ANALYSIS- for civil & mining Engineers”.

5) Holtz, R.D. and Kovacs, W.D., “AN INTRODUCTION TO GEOTECHNICAL ENGINEERING”, Prentice Hall, 1981.

6) Smith, G.N., “ELEMENTS OF SOIL MECHANICS”.

7) Sowers, G.F., “INTRODUCTORY SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS : GEOTECHNICAL ENGINEERING”, 4 th Edition, Macmillan Publishing Co., 1979.

8) Das, B. M., "Principles of Geotechnical Engineering"