

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والأنشاءات

انواع الترب بالعراق مشاكلها وطرق معالجتها

باشراف

م.د. زينه وليد صموئيل

2011/10/11

اعداد

ليلي مهدي ناصر

مشروع سنوي مقدم الى قسم هندسة البناء والأنشاءات كجزء
من متطلبات نيل شهادة البكلوريوس في علوم هندسة البناء
والانشاءات

٢

الاسم

الأصدقاء

الى بحر المحبة ورياض العنان...

الى سيده السبر ونبوع الوفاء...

الى روعي التي تسكن بين جنبي...

أمي الحبيبة

الى من فرش أيام عمره طريقاً لا يسالي...

الى من جاهد وناضل تحقيقاً لأعالي...

الى مثلي الأعلى وقدوتني في حياتي...

والذي رحمه الله

الى الضمعة التي اخاءت لي الطريق...

الى من تسرولته برداء التفاني...

أختي الغالية

الى الورود الزاهية في بستان حياتي...

الى من نور معرفتهم اخاء طريقتي...

الى أعمز وأعتلى ما أمداني الله...

أختي الأعمز

الفهرست

الموضوع
مقدمة
الفصل الاول
التربة المنتفخة
مقدمة
ميكانيكية الانتفاخ
توزيع الترب المنتفخة في العالم
توزيع الترب المنتفخة في العراق
طرق تمييز التربة المنتفخة
مشاكل الترب الانتفاخية
تحسين ومعالجة التربة الانتفاخية
الخلاصة
الفصل الثاني
التربة الجبسية
المقدمة
توزيع التربة الجبسية في العالم ونشأتها
توزيع التربة الجبسية في العراق
الخواص الفيزيائية للتربة الجبسية
تأثير الجبس على الخواص الهندسية
مشاكل التربة الجبسية
معالجة مشاكل التربة الجبسية
الخلاصة
الفصل الثالث
التربة الطينية
المقدمة
توزيع التربة الطينية في العالم
توزيع التربة الطينية في العراق
طرق تمييز التربة الطينية الرخوة

الخواص الاساسية للطين الرخو
الخواص الجيوتكنيكية لتربة الطينية الرخوة
مشاكل التربة الطينية
الاسس المعتمدة لتحسين التربة الطينية
الخلاصة
الفصل الرابع
المصادر

المقدمة

التربة مزيج غير مربوط او غير مربوط بصورة ضعيفة او قوية بواسطة التماسك والاحتكاك الموجودين بين الحبيبات ،وان التربة بالطبيعة تتكون من حبيبات صلبة وفراغات ،واذا كانت الفراغات مملوءة بالماء فتسمى عندئذ بالتربة المشبعة (**Fully Saturated Soil**) اما اذا كانت الفراغات مملوءة جزئيا بالماء فتسمى بالتربة المشبعة جزئيا (**Partiuly Saturated Soil**).

ان كل المنشآت المدنية تكون محمولة على التربة بصورة مباشرة لذا يجب القيام بتحريات واسعة وطرق حسابات مضبوطة لدراسة التربة وعليه نختار ونصمم افضل الاسس التي يستند عليها المنشأ حتى نحقيه من الانهيار او التهدم.

عموما تتنوع التربة في العراق من تربة جيسية الى انتفاخية وطينية ولكل نوع من الانواع مشاكل خاصة بها وطرق لمعالجتها تم دراستها في هذا المشروع.

1- ٢ ميكانيكية الانتفاخ

تعد ظاهرة الانتفاخ من الظواهر الميكانيكية المعقدة التي حاول العديد من الباحثين دراستها وتفسيرها حيث بين كلا من (Chen 1975, amb1975) إن لمعادن الأطيان ذات الطبقة الثنائية (Double-layer) تأثير أساسي في ميكانيكية الانتفاخ، أما عملية تكون الطبقة الثنائية فقد بينها (Al- Ashou,1991) وبالشكل الآتي:

ان جسيمات التربة الطينية محاطة بشحنات كهربائية عادة تكون سالبة ومن اجل حصول الاتزان فانها تقوم بجذب او امتزاز المعادن ذات الشحنات الموجبة المتواجدة في محلول الماء المتسامي. وبسبب التجاذب بين الايونات الموجودة على جسيمات الطين والشحنات الموجبة الموجودة على سطح المعادن وحيث ان كل منها محاط بطبقة مائية تمنعها من التماس المباشر، لذلك تتكون طبقة مائية كثيفة الايونات قرب سطح جسيمات الطين يقل تركيزها تدريجيا بالابتعاد عن السطح.

تعرف طبقة انتشار الشحنات الموجبة مع الطبقة السطحية للايونات بطبقة الانتشار المزدوجة ويعتمد سمك هذه الطبقة على التركيب الكيميائي للجسيمات وعلى تكافؤ الايونات وبتراوح سمكها في المحاليل قليلة التركيز بين (0.1-1) مايكرون .

عند تقرب جزيئه ثنائية الطبقة من أخرى بمسافة معينة يبدأ ظهور التأثير بينهما بقوة تنافر (R) (Repulsive force) التي تؤدي الى زيادة الحجم ، مع وجود قوة أخرى في جزيئة الطين هي قوة التجاذب (A) (Attractive force) ناتجة عن قوة تسمى (London- Vander Waals secondary force) .

لكن لوحظ ان قوة التنافر (R) اكبر من قوة التجاذب (A) لذلك تظهر ظاهرة الانتفاخ في التراب التي لا تتمكن من المحافظة على حجم ثابت والتي تتطلب بذل قوة اضافية معادلة لقوة التنافر المتولدة بين جزيئات التربة الطينية نتيجة لتولد ثنائي الطبقة.

1-3 توزيع الترب المنتفخة في العالم.-

يمكن ان تتواجد الترب المنتفخة في معظم دول العالم حيث ممكن ان تتواجد في الدول (الارجنتين،استراليا،كندا،كوبا،اثيوبيا،ايران،الهند،غانا،اسبانيا،المكسيك، المغرب،روسيا،جنوب افريقيا، امريكا،تركيا ،وفنزويلا،السعودية ،السودان) وتوزيعها حول العالم حيث يلاحظ انها تتركز في الجزء الشرقي (المناطق الشرقية للملكة العربية السعودية) ،وفي المناطق الشرقية لاسبانيا.

٤-١ توزيع التربة المنتجة في العراق :-

الموقع	المنطقة	سمك الطبقة	L.L	منسوب المياه الجوفية	S.P.T	قابلية الانتفاخ
بغداد	زيونة- كراة حي النيل قرب الجامعة المستصرية، ساحة الاندلس	٦ م	% ٤٥-٦			متوسطة الى عالية
-	ساحة الطيران- ش الجمهورية، ش السعدون	٦-٢ م	% ٤٥-٦٠			عالية
النجف	الجزء الواقع شرق نهر الفرات (منطقة السهل الرسوبي) ناحية الحري و ابو صخير	١٣-٢ م		٨-٢،٢ م	٢٨-١٢	واظنة الى معتدلة
كربلاء	الجزء الشمالي الشرقي (كربلاء الحر)	٣٠-١٠ م	% ٤٢-٦٠	٤-٣،٣ م	٢٥-٧	معتدلة الى عالية
بابل	الجزء الشمالي (قضاء المسيب وسدة الهندية	٥-٢ م	% ٣١-٣٤	٦٥-٤٠،٤ م	٣٠-٢٤	واظنة الى معتدلة
	الجزء الوسطي لقضاء الطما والنواحي التابعة له	٢٣-٢ م	% ٣٤-٥٢		٣٠-١٨	عالية الى معتدلة
واسط	قضاء الكوت المركز وقضاء الصويرة وقضاء النعمانية	٥-٨،٥ م	% ٣٠-٥١	٦-٥،٥ م	٦٠-٩	واظنة الى معتدلة
القادسية	الجزء الوسطي قضاء الديوانية	٢٤-٤ م	% ٣٠-٦٩	٥،٥-٤،٥ م	٣٠-١١	معتدلة وواظنة احياناً
ديالى	الجزء الشرقي (قضاء خانقين، قضاء مندلي	٧-٢ م	% ٢٦-٣٩		٦٠-٢٨	واظنة الى معتدلة
	بعقوبة وقضاء الخالص	٣٠-١٠ م	% ٣٤-٤٩	٣٥-٢،٢ م	٥٠-٢٢	معتدلة الى عالية
صلاح الدين	تكريت وبيجي من المناطق البعيدة عن مركز المحافظة		% ٤٤-٧٥		٥٠-٣٦	معتدلة الى عالية
الانبار	الجزء الوسطي الشرقي (قضاء الرمادي وقضاء الفلوجة.	١٠-١ م	% ٥٤-٢٩	١٠-٥،٥ م	٦٠-٩	واظنة الى معتدلة واحياناً عالية
	الجزء الغربي قضاء القائم قضاء عانة ناحية الحبالية	١٠-٣ م	% ٣٠-٣٩		٥٠-٣٢	واظنة الى معتدلة

٥-١ طرق تمييز التربة المنتفخة:

١-٥-١ الامتلاء والمعاينة:- يمكن الاستدلال على وجود ترب منتفخة في موقع ما عن طريق استطلاع المنطقة وجمع كافة المعلومات عن طبيعة التربة وعن أنواع النباتات والأشجار المتوفرة فيها. هناك بعض المؤشرات التي يمكن من خلالها التعرف على وجود الترب المنتفخة والتي تتميز عادة بكونها قوية وذات لمعان زجاجي عندما تكون جافة ولدنة وطرية وذات قابلية التصاق عالية عند ترطيبها بالماء وكذلك تتصف المناطق التي توجد فيها الترب المنتفخة بوجود تشققات عريضة وعميقة على سطح التربة الجافة كما يمكن التعرف على وجود الترب المنتفخة من نوعية بعض الأشجار ففي ولاية تكساس مثلا تكون الترب الموجودة في منطقة تكثر فيها أشجار ذات قابلية انتفاخ عالية اما المناطق التي توجد فيها أشجار البلوط فتكون تربتها ذات قابلية انتفاخ واطنة. اما في المناطق التي توجد فيها نباتات ذات جذور قصيرة نسبيا قريبة من سطح الأرض فتسبب مثل هذه النباتات جفاف التربة في الطبقة العليا وعند إزالة هذه النباتات لغرض بناء منشأ معين تبدأ التربة بامتصاص الماء لغرض الوصول الى محتوى رطوبة متوازن وتكون هذه العملية مصحوبة بانتفاخ التربة والتي تنعكس على شكل اجهادات عالية تؤثر على المنشأ.

١-٥-٢ الطرق المختبرية لتمييز (التعرض) على الترب المنتفخة:-

أ- طريقة حيود اشعةX:-

تستخدم لتحديد نسبة المعادن المختلفة الموجودة في الطين القلوي وتتضمن بالاساس مقارنة نسب شدة الخطوط المنحرفة في المعادن المختلفة مع شدة الخطوط المنحرفة عن مادة قياسية.

ب- التحليلات التفاضلية الحرارية:-

لقد استخدمت اساسا كتقنية للسيطرة على المعادن التي تتعرض للتغيرات في الخواص عند التعرض للحرارة وهذه التقنية غير دقيقة دائما.

ج- امتزاز الصبغة:-

استخدمت المواد الصبغية وغيرها من الكواشف التي تبرز الألوان التمييزية عند امتصاصها من الطين للتعرف على الطين حيث يمكن تحديد وجود

المعدن montmorillonite اذا كان مقداره (10% - 15) ولهذه الطريقة اسلوب فحص بسيط لتحديد طبيعة التشاكلية ولإظهار أصل وموقع الشحنة على الطبقة الشبكية.

د- التحليل الكيماوية

وهي إضافة نوعية للطرق الأخرى للتعرف على الأطيان مثل تحليلات أشعة x يمكن استخدام التحليلات الكيماوية في مجموعة المعادن الطبيعية montmorillonite لتحديد طبيعة التشاكلية ولإظهار أصل الشحنة على الطبقة الشبكية.

هـ - التحليل المايكروسكوبي الالكتروني:-

توفر هذه الطريقة رصد مباشر للمعدن تستخدم لتحديد وبصورة اساسية التركيب المعدني البنية التركيب الداخلي تظهر الأطيان غير المنتفخة كصفائح مستوية ومتجانسة ويظهر فيها montmorillonite لبنية متجعدة متشابهة لتخاريب النحل الصلدة.

1-5-3 الفحوصات المختبرية:-

هناك بعض الفحوصات البسيطة التي يمكن بواسطتها تقويم قابلية التربة على الانتفاخ حيث تعد حدود اتركب (حد السيولة والحد اللدن وحد الانكماش) مؤشرات عملية يمكن الاعتماد عليها لمعرفة بعض خواص الانتفاخ للتربة الطينية فمثلا الترب الطبيعية التي يزيد حد سيولتها على 40% ومؤشر لدونتها على 15 تتصف بكونها تربة ذات قابلية انتفاخ عالية . اما التربة التي يكون حد سيولتها اقل من 30% ومؤشر لدونتها اقل من 15 فيمكن اعتبارها تربة ذات قابلية انتفاخ واطنة.

وهناك فحوصات اخرى تعطي تفاصيل اوضح وادق عن قابلية التربة للانتفاخ كفحوصات حيود الاشعة السينية وقابلية التبادل الايوني. حيث يمكن بواسطته هذه الفحوصات معرفة طبيعة المعادن الطينية ونسبة وجودها في التربة والتي لها علاقة مباشرة بقابلية الانتفاخ. بالاعتماد على الفحوصات المختبرية كترب مختلفة تم تقسيم قابلية التربة للانتفاخ الى مايلي:-

الانتفاخ	درجة الحر	مؤشر اللدونة
	واطنة	صفر-١٥
	وسطية	١٠-٣٥
	عالية	٢٠-٥٥
	عالية جدا	اكبر من ٣٥

الانتفاخ	مؤشر الاتكماش
قليلة	صفر-٢٠
وسطية	٢٠-٣٠
عالية	٣٠-٦٠
عالية جدا	اكثر من ٦٠

١-٥-٤ طبيعة المناخ:-

تتأثر قابلية انتفاخ التربة تأثرا مباشرا بطبيعة المناخ ، ففي المناطق التي تتعرض الى فترة جفاف طويلة نسبيا تعقبها فترات امطار غزيرة تكون تربتها اكثر عرضة للانتفاخ وكذلك الترب التي يكون مستوى المياه الجوفية فيها بعيدا عن مستوى الارض الطبيعية فيتأثر محتوى رطوبتها بحالة التوازن بين كمية الامطار الساقطة وكمية الماء المتبخرة. وفي هذه الحالة يمكن الاعتماد على معامل ثورنثويت لبيان تأثير المناخ على قابلية الانتفاخ التربة ويعرف معامل رطوبة ثورنثويت انه الفرق بين المعدل السنوي لكمية الامطار الساقطة بالانجات وكمية الماء المتبخرة بالانجات والتي تعود ثانية الى الجو . ففي المناطق التي تكون قيم معامل رطوبة ثورنثويت بين +٢٠ الى -٢٠ تكون تربتها اكثر عرضة لمشكلات الانتفاخ.

٦-١ مشاكل التربة الانتفاخية.-

لا تنحصر المشاكل التي تعاني منها المنشآت المشيدة على تربة انتفاخية في بلد دون اخر حيث تعتبر الانتفاخ في التربة من المشكلات الهندسية العالمية تاخذ اضرار المنشآت المشيدة على تربة انتفاخية اشكالا عديدة مثل ظهور التشققات في الابنية، تشوه الاسس والارضيات وكذلك الاضرار الناتجة في بطانة الخزانات والقنوات الاروانية مما يؤثر على تصرف المنشأ هندسيا وبالتالي على ديمومة المنشأ . ذكر (Gromko , 1974) ان تكاليف الاضرار السنوية للمنشآت في الولايات المتحدة الامريكية نتيجة الانتفاخ يصل الى 2.3 بليون دولار وبما يعادل ضعف التكاليف الناتجة عن الاضرار التي تحدثها التي تحدثها مؤثرات اخرى كالهزات الارضية .

• العوامل المؤثرة على التربة المنتفخة:

العوامل الفيزيائية

وتشمل تواجد المعادن الطينية والتي تؤثر على انتفاخ التربة والتي يمكن تقسيمها الى ثلاث مجموعات:

٦-١-٦-١-٦-١ المجموعة المونتموريلونايت

وتكون طبيعة الترابط بين جسيمات هذا النوع ضعيفة جدا وذلك لتشابه الشحنات الكهربائية بين السطوح المتجاورة للمعادن مما يتيح الفرصة امام الماء للدخول بسهولة بين الجزئيات وهذا يؤدي الى تباعدها عن بعضها ومن هنا تأتي القابلية الكبيرة على الانتفاخ مع تغير كمية الرطوبة حيث يعد المونتموريلونايت اكثر انواع الطين انتفاخا وتمتلك لزوجة عالية عندما يكون رطبا بينما ينقلص الى درجة كبيرة عند الجفاف وتظهر الشقوق واضحة على سطح التربة ، حيث ان التربة الحاوية على المونتموريلونايت لها قابلية كبيرة على الانتفاخ في حالات نقية تكون التربة لها القابلية (15) مرة على الانتفاخ بقدر حجمها عندما تتحول من الحالة الجافة الى الحالة المشبعة ولحسن الحظ هو عدم وجود مادة المونتموريلونايت بصورة نقية في الطبيعة ولكن عادة تكون كخليط من أنواع أخرى من التربة الطينية والرملية والغرينية.

٦-١- ٢ الحاؤولينات:

ان الترابط بين صفائح هذا النوع من المعادن يتم خلال اواصر كهربائية قوية وبهذا تكون ذا هيكل قوي جدا وان الصيغة الكيماوية لهذا المعدن $(OH)_8AL_4SiO_4O_{10}$ وتكون غير فعالة وعادة تكون قابليتها على الانتفاخ قليلة .

٦-١- ٣ الالايته:-

ان تركيب هذا النوع يشبه تركيب المونتمورلوناييت مع اختلاف البسيط وان صفائح المعادن المتجاورة تربط مع بعضها بايونات وكاسيبيد والصيغة الكيماوية لهذا المعدن $(OH)_{4ty}Si_8AL_4mg Fe_4 Fe_6$ وان التربة الحاوية على هذا المعدن تكون قابليتها على الانتفاخ متوسطة.

٦-١- ٤ ومن العوامل الفيزيائية المؤثرة ايضا:

المحتوى الرطوبي والاختلاف في هذا المحتوى أثناء مواسم السنة والذي يؤدي الى الانتفاخ وأيضا كثافة التربة ودرجة التشبع والحمل المسلط على التربة.

٦-١- ٥ العوامل الجوية البيئية:-

(المناخ والانخفاض والارتفاع في درجة الحرارة الرياح والامطار) التربة الصحراوية التي تتعرض الى تغيرات حرارية كبيرة خلل مواسم السنة وكذلك مواقع التشجير والتي يكون فيها امتصاص المياه عالي من قبل الاشجار من التربة مما يسبب تغير في المحتوى المائي ويؤدي الى جفاف التربة ويسبب هذا التغير الانتفاخ.

٦-١- ٦ محتوى الرطوبة الاولى :-

لا تبدي الترب المنتفخة اي تغير في حجمها مالم يزداد محتوى رطوبتها كما ان الترب التي يكون رطوبتها قليلا تبدي انتفاخا اكثر من الترب التي يكون محتوى رطوبتها اقل من 15% تمتص كمية ماء كبيرة وبذلك تبدي قابلية انتفاخ عالية قد يتغير محتوى رطوبة التربة لاسباب عديدة منها مثلا تساقط الامطار الغزيرة او نتيجة لتنفيذ مشاريع اروائية معينة او قلع الاشجار الكثيفة الجذور والقريبة من سطح الارض وغيرها.

1-6-7 الكثافة الجافة الأولية:-

تؤثر الكثافة الجافة الأولية بصورة مباشرة على خصائص التربة المنتفخة حيث يزداد الانتفاخ الحر وضغط الانتفاخ بزيادة الكثافة الجافة للنموذج عند تثبيت المتغيرات الأخرى . ان التربة التي تكون كثافتها الجافة أكثر من (17) كيلو نيوتن/م مكعب تبدي قابلية انتفاخ عالية ويعزى سبب ذلك لتقارب جزيئات التربة وزيادة المساحة السطحية ، فعند غمر مثل هذه الترب بالماء فانها ستمتص كمية ماء كبيرة مقارنة بتلك التي تكون كثافتها الجافة واطنة مما يزيد من مقدار الانتفاخ الحر وبالتالي الى زيادة ضغط الانتفاخ .

1-6-8 الزمن الحائلي للوصول الى حالة الانتفاخ الأقصى:-

يعتمد الزمن اللازم للوصول الى حالة الاستقرار النهائي للانتفاخ على عدة عوامل منها مثلا (نفذية التربة ومحتوى الرطوبة الأولي عالية وكذلك عند امتصاص النموذج للماء من كلا الاتجاهين العلوي والسفلي ان النماذج المرصوفة تستغرق وقتا اقل من النماذج غير المخلخلة للوصول الى حالة الاستقرار.

1-6-9 خواص المائل المحيط بالتربة المنتفخة:-

ان زيادة تركيز الاملاح المذابة بالماء تقلل من مقدار الانتفاخ الحر لذا فان النموذج المغمور بالماء المقطر يبدي انتفاخا حرا اعلى من النموذج المغمور بالماء الطبيعي وذلك بسبب حرية حركة الايونات فيه.

1-6-10 الاحمال المائية:-

لقد بين ان النماذج المعرضة لاحمال سابقة تبدي انتفاخا اقل من تلك التي لم تتعرض لمثل هذه الاحمال كما ان بقاء مثل هذه الاحمال لفترة طويلة يقلل من مقدار انتفاخ التربة.

انواع الاضرار التي تسببها التربة الانتفاخية

- 1- الحركة المتفاوتة تحت المنشأ الواحد من مكان الى اخر.
- 2- تغيير منسوب الترب في المكان الواحد الى اعلى والى اسفل تبعا للتغيرات الموسمية لمحتوى الرطوبة ومستوى المياه الجوفية والتربة تتعرض لهذه الحركة الرأسية الموسمية حتى اعماق تصل الى حوالي مترين.

في حالة اقامة منشأ على مساحة كبيرة نسبيا (مبنى ضخم او طريق) فان التغيرات الموسمية في محتوى الرطوبة بسبب الامطار سوف تتوقف عن الحدوث تحت وسط المنشأ ولكنها سوف تستمر بالحدوث حول اطراف ومحيط المنشأ. وهذا يؤدي الى هبوط اطراف المنشأ بالنسبة لوسطه في مواسم الجفاف وهذه الظاهرة تسمى تقبب التربة تحت المنشأ وعلى العكس من ذلك في مواسم الامطار فان اطراف المنشأ ترتفع بالنسبة لوسطه ويحدث ما يسمى تقعر التربة .

1-7-1-1 تحسين ومعالجة التربة الانتفاخية:-

يمكن تثبيت التربة بإضافة المضافات وهي مواد كالنورة والسمنت الى التربة واجراء فحوصات الانتفاخ عليها وبيان تأثير هذه المضافات على قيم الانتفاخ وضغط الانتفاخ ولقد بينت الدراسات السابقة بأن السمنت يقلل من فعالية المعادن الطينية activity clay وبالتالي تقلل من قيمة الانتفاخ الحر وضغط الانتفاخ. وتتلخص عملية تثبيت التربة بعدة خطوات هي:-

أ- اختيار نوع المثبت

ب- تحديد كمية المثبت

ت- توصيل المثبت الى التربة

ث- تحديد عمق الطبقة المراد تثبيتها

وبصورة عامة يمكن تقسيم طرق المعالجة الى مايلي:-

1-7-2 تعديل التربة المنتفخة،- ويعتمد هذا الاجراء على حجم التربة المنتفخة في الموقع والتي تؤثر من الناحية الاقتصادية ويفصل استبدال التربة المنتفخة بتراب ذات خواص جيدة بالتربة الحبيبية مع مراعاة وجود التربة البديلة بصورة جيدة.

1-7-5 الرص:- ان قابلية التربة على الانتفاخ تقل بصورة ملموسة عندما يتم رصها بمحتوى رطوبة عالي وذلك لان وجود الماء في التربة يؤدي الى ترطيب الحبيبات فعند تسليط اي حمل عليها فان الحبيبات تتحرك بسهولة على بعضها نتيجة لنقصان الاحتكاك وقلة الترابط بينها وبالتالي فان الحبيبات تتداخل بجهد اقل مما لو كانت جافة ونرص التربة في الموقع على شكل طبقات وبحدود (20-25cm) ثم ترص تلك الطبقة باستخدام مكائن الرص ثم تفرش باقي الطبقات وترص كالسابقة . لحين الحصول على السمك المطلوب ويلاحظ ان الماء المضاف للتربة يرش عليها بعد فرشها ثم تبدأ مكائن الرص بالعمل وتكون كمية الرطوبة المضافة مساوية الى الرطوبة المثلى المحدودة مسبقا في فحصها المختبري وتزداد تلك الكمية بمقدار (2-3) % لتلافي الظروف الموقعية حيث تؤثر حرارة الشمس ، على التربة كما ان كمية العمل في الموقع كبيرة جدا ولا يمكن مقارنتها بعينة صغيرة كالتي رصت في المختبر وان سمك الطبقة قبل الرص بحدود (2/3) من أعظم خلط للحجم او المجموع للتربة maximum aggregate ان كفاءة هذه الطريقة محدودة وتستخدم لتقليل الانتفاخ ويجب السيطرة على اتجاه الرص وبحيث تصحيح قابلية الامتصاص اقل مما يمكن minimum suction وهذه الطريقة مرغوبة في الاستعمال في المواقع التي يكون فيها الانتفاخ اكبر من 35m .

I-7-6 الترتيب قبل الإنشاء-

ويكون بزيادة المحتوى المائي للتربة وبالتالي حصول الانتفاخ قبل عملية الإنشاء ومن مساوئ هذه الطريقة أنها تأخذ وقتاً طويلاً لبطئ نفاذ الماء في التربة الطبقية المنتفخة وكما يفضل أن يتم عملية غمر التربة بالماء خلط الطبقة العليا من التربة بالجير المطفاً لغرض تقليل لدونه التربة وزيادة قابلية التشغيل.

الخلاصة

مما تقدم من عرض للمعلومات في الفصل السابق يمكن استنتاج ما يلي:-

١- إن وجود الترب الانتفاخية تحت أسس البنايات تعد واحدة من الإخطار التي تهدد المنشآت بالفشل وبالتالي فان دراسة هذا النوع من الترب من حيث تركيبها المعدني والية الانتفاخ والانكماش وأساليب المعالجة يعد من العوامل الرئيسية في التقليل والحد من الكلف المرصودة لإعمال إعادة التأهيل.

٢- ان الترب الانتفاخية هي تلك الاطيان التي تمتلك فعلا متعكسة (انتفاخ وانكماش) كنتيجة لتغيير المحتوى الرطوبي لها بفعل العوامل المختلفة.

٣- تعتبر مشكلة الانتفاخ اخطر على المنشأ من مشكلة الانكماش.

٤- ان الفعل الحقيقي للترب الانتفاخية هي دورات من الانتفاخ والانكماش نتيجة تغير المحتوى الرطوبي مع الزمن.

٥- تتداخل العوامل الميكانيكية والفيزيائية في التأثير على خواص الانتفاخ والانكماش للترب الانتفاخية.

٦- تنقسم طرق معالجة الترب الانتفاخية الى طرق ميكانيكية اهمها:

أ- استبدال التربة الانتفاخية.

ب- التحكم بعملية رص التربة.

ت- الترطيب المسبق.

ث- المحافظة على محتوى رطوبي ثابت.

ج- تسليح التربة الانتفاخية.

والى طرق كيميائية تشمل اضافة مواد كيميائية لتقليل قابلية انتفاخ التربة مثل هذه المواد كلوريد البوتاسيوم ، كلوريد الكالسيوم ، النورة ، السمنت ، غبار السمنت الخ.

اضافة الى الطرق اعلاه تستعمل طريقة التناضح الكهربائي لمعالجة الترب الانتفاخية لكنها تعتبر طريقة معقدة ومكلفة في نفس الوقت .

الفصل الثاني

التربة الجبسية تعريفها ومشاكلها

وطرق المعالجة

عند إنشاء المشاريع الكبيرة في العراق ظهرت بعد فترة زمنية مشاكل في تربة المنشأ حيث ظهرت التشققات والتسرب والنضوح والميلان مما يؤدي بعد حين إلى انهيار المنشأ بأكمله . وعند فحص سبب التشوهات الحاصلة في المنشأ ظهر ان المنشأ بني على طبقة جسيه من الأرض او على تربة تحوي نسبة معينة من الجبس , وتعرف مثل هذه الترب بالترب الانهيارية التي يمكنها ان تتحمل اجهادات عالية نسبيا مع قيمة هبوط منخفضة عندما تكون نسبة الرطوبة الطبيعية منخفضة جدا وكثافة جافة منخفضة نسبيا . وعندما تتعرض هذه التربة لكمية رطوبة مرتفعة فأنها سرعان ماتعطي قيمة هبوط مرتفعة مصحوبة بانهيار في تكوين التربة الداخلي وتتكون هذه التربة في معظمها من الرمل والطيني مع نسبة صغيرة من الطين مع وجود بعض الأنواع المختلفة من المواد اللاحمة .

ويمكن تعريف التربة القابلة للانهار بطريقة أخرى على أنها التربة التي ينقص حجمها الكلي عند وصول الماء إليها مما ينتج عنه هبوط في سطح الأرض ويرجع ذلك إلى الزيادة في نسبة الرطوبة في التربة وقد يحدث هذا الهبوط عندما تتعرض التربة للاهتزاز بعد تشبعها بالماء وتتواجد التربة القابلة للانهار في المناطق الجافة والمتوسطة الجفاف حيث يسود النقص في نسبة الرطوبة.

تتحمل التربة القابلة للانهار أحمالا كبيرة في حالتها الطبيعية مع حدوث هبوط كبير بشرط عدم زيادة نسبة الرطوبة , وعند زيادة نسبة الرطوبة يحدث هبوط كبير مسببا اضرارا جسيمة بالمنشآت المقامة على هذه التربة , ولكي يحدث الانهيار في التربة لابد من تحقق شرطين أساسيين هما:

- يكون تركيب التربة محتويا على نسبة فراغات كبيرة نسبيا.
- ان تكون نسبة الرطوبة ضئيلة واقل بكثير من درجة التشبع.

يتأثر كل مقدار ومعدل الانهيار بمحتوى الطين في التربة والتركيب المعدني والمواد المكونة للتربة وشكل حبيبات التربة والتوزيع الحجمي لهذه الحبيبات ونسبة الرطوبة الطبيعية ونسبة الفراغات وحجم وشكل الفراغات في التربة وتركيز الأيونات. والمواد الرابطة التي قد تشكل الجبس و كربونات الكالسيوم والاملاح و اكاسيد الحديد والمواد الطينية.

٢-٢ التركيب الكيميائي للجبس: -

هو عبارة عن كبريتات الكالسيوم المائية ويتواجد أيضا بحالة حبيبات مترسبة ومنتشرة بصورة واسعة مرتبطاً مع الصخور الرملية او الصخور الكربونية.

الصيغة الكيميائية للجبس هي. ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

ويكون على عدة أنواع النقي منها يحتوي على ماء متحد بنسبة %٢٠,٩ وثلاثي اوكسيد الكبريت بنسبة %٤٦,٦ وأوكسيد الكالسيوم بنسبة %٣٢,٢ ويكون وزنه النوعي واطى بحدود ٢,٣٢ . يعتبر الجبس من الأملاح القابلة للذوبان في الماء وقابلية ذوبانه في الماء النقي بدرجة حرارة ٢٠ درجة مئوية تصل الى ٢,٦ غم لكل لتر وتتغير هذه القابلية مع وجود أملاح أخرى بالماء ومع درجة الحرارة.

٣-٢ توزيع التربة الجبسية في العالم ونشأتها:-

توجد عادة في المناطق الجافة وشبه الجافة مثل الصومال، والجزائر، تونس، الولايات المتحدة الأمريكية، وإيران، وسوريا.

حيث تكون الصخور الجبسية ورواسبها كبيرة وتكون معدلات الأمطار قليلة جدا مما يتعذر حصول عملية غسل للتربة الطبيعية، ان الجبس قد نشأ من مصدرين او هو يكون على نوعين:

النوع الأول :- يسمى بالجبس الابتدائي primary Gypsum ويوجد في التراكيب العميقة على شكل صخور جبسية.

النوع الثاني :- يسمى بالجبس الثانوي Secondary وهو اقرب الى السطح او يكون على السطح وقد تشكل هذا الاخير كالاتي:-

١- عن طريق ذوبان الصخور الجبسية في المياه ثم ترسيبها في تربة او تراكيب احدث من ناحية التكون.

٢- يتطاير بفعل الرياح من الصحاري الحاوية على تربة جبسية ثم يترسب في مناطق أخرى.

٣- يترسب من مياه الإرواء والسقي في المزارع بعد تبخر تلك المياه او امتصاصها من قبل النباتات.

٤- من التفاعلات الكيميائية للتربة نفسها كما في تفاعل الكبريت الموجود في التربة مع كربونات الكالسيوم بوجود الرطوبة.

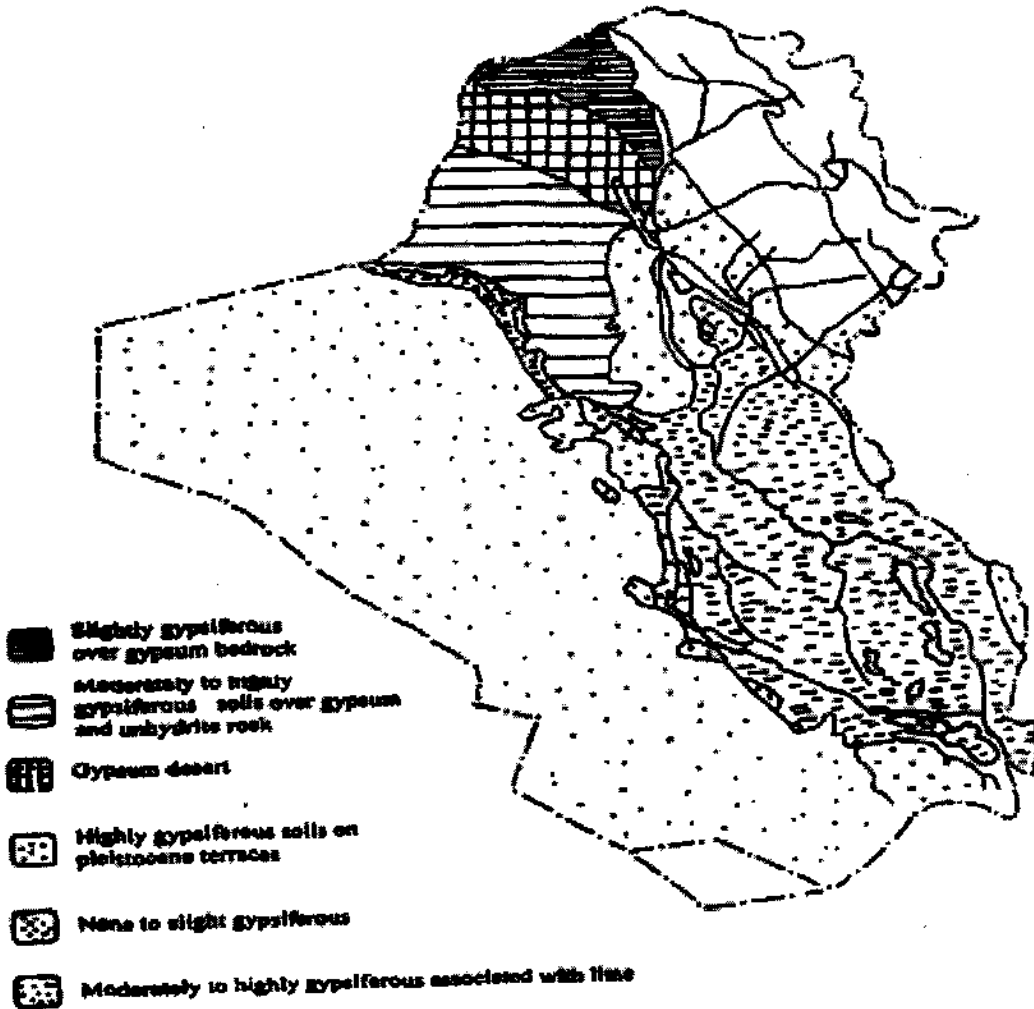
٥- من تبخر المياه الجوفية في المناطق الحارة مما يؤدي الى تجمع الجبس.

٦- من أحلال ايونات الكالسيوم الموجبة الموجودة في التربة محل ايونات الصوديوم او المغنيسيوم الموجودة في الكبريتات داخل المياه الجوفية مما يؤدي الى تكوين الجبس.

٢-٤ توزيع التربة الجبسية في العراق:-

التربة الجبسية توجد بشكل واسع في المناطق الجافة وشبه الجافة وتعتبر هذه التربة من التربة ذات المشاكل وتبدي تصرف متقلب ومن الممكن ان تسبب مشاكل كبيرة للاعمال المدنية .

هذه التربة ممكن ان توجد في حوضنهر العراق وتغطي تقريبا ٢٠% من مساحة العراق كما وتوجد هذه التربة في منطقة الجزيرة والانبار والموصل والنجف وسامراء والاجزاء الوسطى والعلوية من نهري دجلة والفرات.(كما في شكل ١)



٢-٥-٥ درجة الحرارة :-

ان ثابت معدل الذوبان للجبس يزداد بمقدار ٣.٢٥ مرة عندما ترتفع درجة الحرارة من ٥ درجة مئوية الى ٢٣ درجة مئوية.

٢-٥-٦ تركيز الاملاح في التربة :-

ان التركيب الكيميائي للماء ممكن ان يكون له تأثير قوي على ذوبان الجبس وان ذوبان الجبس يزداد عند تواجد $NaCl_2$ و $MgCl_2$ في المحلول الذائب اذا أصبح تركيز كلوريد الصوديوم مايقارب الى ١٠٠) غم / لتر (يقل ذوبان الجبس وهذا التأثير نفسه يسببه كلوريد الكالسيوم وفوسفات الصوديوم او المغنيسيوم .

٢-٥-٧ سرعة جريان الماء :-

ان سرعة الجريان الاكبر من ١٠متر / ثانية تسبب ذوبان كبير للجبس وتؤدي الى حصول ذوبان في سنوات قليلة , كما ان معدل الذوبان للجبس يزداد خطياً كلما زادت سرعة الجريان من ٠,٧ م / ثا.

ان سرعة الجريان تزداد في محلول rock sand بحيث أن معدل الذوبان للصخرة يزداد وبهذا يتوسع مجال الجريان في نظام تعجيلي.

٢-٥-٨ النفاذية :-

يمكن تعريف النفاذية بأنها خاصية المواد المسامية والتي تسمح بمرور أو نضوح الماء أو السوائل الاخرى خلال الفراغات الداخلية المترابطة . والمادة التي تحتوي على فجوات مستمرة تسمى نفاذة, كلما تزداد النفاذية يزداد معدل ذوبان الجبس.

٢-٦-٢ تأثير الجبس على المنشآت:-

في اغلب الأحيان يحتوي كل من التربة والماء على مواد كيميائية مثل الجبس والذي يؤثر على مواد البناء في المنشآت الهندسية ويمكن ان يسبب لها مشاكل خطيرة.

على اي حال فإن تأثير الجبس يظهر فقط عندما يذوب في المياه الجوفية ويكون على اتصال مباشر مع بعض العناصر الهيكلية, عامل التآكل للجبس يتأثر بعدد من العوامل مثل درجة الحرارة ونمط الاتصال.

٢-٦-٣ تأثير الجبس على الخرسانة:-

من أهم العوامل المسببة لانهدار الخرسانة هو المحتوى العالي للكبريتات في التربة والذي يكون بشكل محلول مائي من الحامض الكبريتي أو انواع من أملاح الحامض الكبريتي والذي يكون من اكثرها خطورة هو الجبس, حيث أن التمدد الحجمي للجبس يؤدي الى ظهور التشققات في الخرسانة.

٢-٦-٤ تأثير الجبس على التربة:-

بما ان الجبس قابل للذوبان في الماء وقابلية ذوبانه تصنف على أنها متوسطة فإن الترب الجبسية تتأثر بشكل كبير عندما تتعرض لتغيرات في محتوى الماء الناتج عن تغير منسوب المياه الجوفية أو بسبب نفاذ الماء والذي يسبب ذوبان الجبس الموجود في التربة ويترك مسامات في التربة وهذا سوف يؤدي الى هبوط مقاومة التربة تحت الأحمال المسلطة.

مقاومة القص تقل نتيجة هذه العملية خصوصا في الترب الطينية فإن التشققات في المنشآت تظهر وتصبح أكثر وضوحا عندما يرتفع المحتوى المائي للتربة فوق المنسوب السائد في الموقع .

٢-٧ مشاكل التربة الجبسية

ان المشكلة الحقيقية التي تواجه المنشآت المقامة على تربة جبسية هي ذوبان الجبس عند تعرضه للماء مسببا قلقا في الهيكل الجبسي للتربة لذا يمكن تلخيص مشاكل التربة الجبسية بالنقاط التالية:-

٢-٧-١ التربة الجبسية ذات قابلية كبيرة للانتفاخ:-

أصل هذه التربة صخر يتكون من حبيبات الجبس اللامائية والذي عند تعرضه للبل يتحول الى الجبس المائي ويصاحب هذا التحول زيادة كبيرة في الحجم (انتفاخ) وان نسبة الانتفاخ قد تصل او تتجاوز (١٥%) في حالة عدم وجود أثقاب تذكر عليها وبحسب موقع النموذج من السطح اذ كلما اقتربت المسافة من السطح قل الانتفاخ وهذه الظاهرة تشير إلى عدم صواب الأسلوب المتبع حاليا في حفر الأسس في مناطق الترب الجبسية والتي يفضلها الكثيرون لسهولة وسرعته ورخص كلفته والمتضمنة غمر الموقع بالماء تمهيدا لحفر مواقع الأسس السبب في هذا يعود الى ان الغمر يسبب ارتفاعا في مستوى قاع حفرة ولذا فان الأساس الذي ينشأ بعد فترة وجيزة سيكون معرضا لهبوط يعادل مقدار الانتفاخ مضافا إليها الهبوط أو (الانضغاط الاعتيادي).

٢-٧-٢ أوجود أنفاق وكهوف صغيرة قريبة من سطح التربة الجبسية:-

ان وجود أنفاق وكهوف صغيرة قريبة من السطح والتي حفرتها مياه الأمطار والسيول او الارواء غير المنظم تحت سطح التربة والغير ظاهرة للعيان يشكل مشكلة يجب التحري عنها اضافة لما تسببه بعض القوارض والحشرات من أنفاق قبل البدء الفعلي باعمال الهندسة المدنية لذا فان استخدام الطرق الجيوفيزيائية يكون ضروريا قبل البدء في العمل فهي طرق فعالة ومفيدة ورخيصة الكلفة نسبيا لما توفره من المعلومات عن الترب الجبسية.

قياسها عادة بواسطة فحص نسبة التحمل (CBR) ومن الأمثلة في العراق طرق كثيرة في تكريت وسامراء.

٢-٧-٦ مخاطر نتيجة مهاجمة الكبريتات للكونكريت:-

الكبريتات والتي هي المكون الأساس للجبس تعتبر مادة مضرّة جداً بالخرسانة ومن أهم العوامل التي تشمل تأثير الكبريتات على الخرسانة:-

أ- كمية وطبيعة الكبريتات الموجودة :- الخرسانة لا تتأثر مباشرة بجزيئات املاح الكبريتات الذائبة ولكن فقط من خلال ذوبانها في الماء والذي هو عبارة عن كمية الكبريتات الذائبة في المياه الجوفية, لذا فإن ذوبان الكبريتات يعتمد على معدل جريان الماء خلال التربة وكذلك ظروف البزل الموجودة.

ب- مستوى المياه الجوفية وتغيرها الموسمي وحركتها :- عموماً الخرسانة موجودة فوق مستوى المياه الجوفية ولكن هناك أماكن لجريان المياه السطحية خلال الأسس وهذا هو المهم , يجب ان يكون هناك تعويض للكبريتات تحت مستوى المياه والذي يعني وجود حركة للمياه الجوفية هذه الحركة قد تكون أفقية او عمودية بالاعتماد على التغيرات الموسمية والبيئية

ج- نوعية وجودة الخرسانة :- تقاوم الخرسانة ذات النفاذية القليلة (اي الخرسانة الكثيفة) الكبريتات بصورة أفضل كذلك فإن نوع الأسمنت المستعمل مهم جداً فالأسمنت المقاوم للكبريتات أفضل من الأسمنت البورتلاندي الاعتيادي وكذلك إضافة (Pozzolana) يحسن من خواص مقاومة الكبريتات ومن الملاحظ أن الأسمنت المقاوم للكبريتات يحتوي على نسبة واطئة من (C3A) والذي يعزى إليها مقاومة الكبريتات.

د - طريقة الإنشاء :- الخرسانة الجاهزة المسبقة الصب مفضلة وذلك بسبب القدرة على السيطرة على نوع الخرسانة وفي العراق تظهر مشكلة مهاجمة الكبريتات للكونكريت في أبنية مقامة في الحبانية , اللطيفية وفي بيجي .

٢-٧-٧ التشققات الحاملة على سطح التربة الجبسية:-

إضافة الى المشاكل المذكورة سابقا يمكن ان نضيف تعرض التربة الجبسية الرطبة الى حرارة الشمس بسبب ترسب الجبس على الطبقات القريبة من سطح التربة بسبب تبخر الماء الصاعد بالخاصية الشعرية قرب السطح والحاوي على الجبس الذائب اصلا وبالتالي فإن هذه الظاهرة تؤدي عادة الى تشققات في التربة السطحية بسبب الضغوط الداخلية التي يسببها ترسب الجبس في فجوات التربة.

٢-٧-٨ مشاكل التربة الجبسية في العراق:-

المشاكل المتعلقة بالترب يمكن تقسيمها الى النقاط الآتية:

- تناقضات كبيرة على الأجزاء الرطبة.
- تزايد كبير ومفاجئ في الانظماطية على الجزء الرطب.
- استمرار التشوهات والانهيار على مناطق النضوج نتيجة حركة المياه.
- تواجد التشققات نتيجة التغيرات الفصلية.

هناك عدة أمثلة على الأضرار للكثير من المنشآت المقامة على التربة الجبسية:

١. فندق سامراء السياحي : الترب تحت جزء الأساس تم فحصها بسبب نضوج الماء من فتحة الحريق.
٢. مركز تدريب تكريت : تشقق الجدار نتيجة الهبوط الذي استمر لفترة طويلة.
٣. خزان ماء تكريت : تكسرات وانفصال للأجزاء التي تأثرت مما جعل المجهز خارج الخدمة.
٤. خزان ماء كربلاء المتدرج : حدث ميلان للخزان ادى الى سقوطه فيما بعد نتيجة التسرب الكبير للماء من خلال أنبوب ماء ناضج.
٥. مركز اتصالات الدجيل : حدث انحراف للمنشأة يمكن ملاحظته بالعين المجردة.

٦. سد الموصل : ذوبان الجبس في أساسات سد الموصل في مدينة الموصل والذي سبب نزوح غير مرغوب فيه ولهذا فإنه يحتاج إلى حقن مستمر بالكونكريت للتعويض من النقص المفقود.

٢-٨ معالجة مشاكل التربة الجبسية :-

أن معالجة التربة الجبسية مهم للسيطرة وتقليل تأثير الماء على التربة لتأمين وضمان السلامة والاستقرارية للمنشآت الهندسية . ان تحسين التربة عامة هو إجراء لاستقرارية التربة في حالتها الطبيعية , بصورة خاصة فهو التغيير الذي يطرأ على اي خاصية من خواص التربة من شأنه ان يحسن من مظهرها الهندسي مثلا تقليل الانضغاطية .

أن معالجة التربة ممكن ان يكون قياس مؤقت لإنشاء الخدمات او قياس دائمى لتحسين الأداء والمظهر للخدمات المتكاملة . أما تحسين ومعالجة مشاكل التربة الجبسية فمن الممكن ان يكون فيزياوي او كيميائي.

٢-٨-١ المعالجة الفيزيائية:-

ويطلق عليها ايضا المعالجة الميكانيكية والتي تعني ان خواص التربة يمكن تحسينها باستخدام الطرق الميكانيكية بدون استخدام اي مضافات ومن هذه الطرق الرص , الترطيب المسبق او تجنب الترطيب , الرص الاهتزازي التعويضي والذي ينقل الحمل الى تربة اكثر استقرارية والى غيرها من التربة . تؤثر التربة على المعالجة بالشكل الاتي:

أ- منع حركة الماء : أن ابعاد الماء يتم بكل الوسائل الممكنة ومنها تكبير عرض الممشي حول المبنى الى اقصى حد ممكن وعمل جدار ساند للماشي يمتد الى يمتد الى عمق الاسس الاصلية للمبنى ويفضل ان يمنع الماء اما بطبقة فلانكوت وان يكون الجدار بورقتين يحويان القير بينهما وبهذا يمكن ايضا منع اتصال الماء مباشرة مع الكونكريت (عن طريق طلاء الكونكريت بمادة مانعة للرطوبة مثل القير).

ب- استبدال التربة:- اذا كان بالامكان استبدال التربة باعماق تصل الى الحد الذي يقل فيه تأثير الاجهادات المتتالية من المنشأ بتربة غير جبسية فذلك افضل

ويجب ان تصمم خلطة هذه التربة المستبدلة بطريقة عملية لتحقيق نجاحا في ثلاثة اتجاهات على الاقل وهي الحصول على قابلية نفاذية قليلقدر الامكان لتقليل حركة الماء) مما يعني حتما وجود الماء في الخلطة. (وعلى قابلية تحمل عالية لتحمل احمال المنشأ وتقليل الاحمال المنتقلة الى التربة في الطبقات السفلى وكذلك التأكد من كون هذه التربة الجديدة مستقرة ولا تعاني من ثغرات حجمية عالية بسبب تعرضها للماء والجفاف وتقبل الحدل بشكل جيد.

ج- منع هجرة الجبس :- وذلك بتعريض المماشي والارضيات.

٢-٨-٢ المعالجة الكيميائية :-

من الممكن ان تتم هذه العملية باستخدام مواد كيميائية لتحسين الخواص الهندسية للترب الجبسية ولتقليل ذوبان الجبس في كتلة التربة بتقليل تأثير الماء, وبعض هذه المواد هو الاسمنت, النورة الحية, البنتونايت , الإسفلت . ان المعالجة الكيميائية باستخدام بعض المضافات قد استخدمت لتحسين الخواص الهندسية للترب الجبسية وتقليل تأثيرها تغلغل الماء على هذا النوع من الترب . حيث تم التحري عن ملائمة النورة (lime) لتثبيت التربة الحاوية على نسب مختلفة من الجبس وقد تبين من ذلك أن إضافة النورة (Lime) الى هذه الترب يحسن من معاملات المقاومة لها.

وفي دراسة عن الترب الحاوية على كميات مختلفة من الجبس والمعالجة بسيلكات الصوديوم سوف تتحسن مقاومة تلك الترب وتقلل من قابلية انهيارها وتقليل النفاذية لتلك الترب وكذلك تقلل من كمية الأملاح الكلية القابلة للذوبان (T.S.S) (Total Sloubal Salts) للترب الجبسية.

أما تأثير الغسل (Leaching) على الترب الجبسية وعن معالجتها بكلوريد الكالسيوم المائي ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) حيث تؤثر المعالجة على التربة بالآتي :-

• يقل معامل النفاذية بصورة واضحة عندما تمت المعالجة بكلوريد الكالسيوم المائي بنسبة (٢.٥%) منه ,ومن جانب آخر فان معامل النفاذية عندما تكون نسبة كلوريد الكالسيوم المائي (٥%) سوف يقل عند الاحمال المماثلة وتزداد القيمة المناسبة لتحميل KO.

• المعالجة بكلوريد الكالسيوم المائي ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) بنسبة (٢.٥%) منه سببت نقصا في نسبة الجبس الذائب نتيجة الغسل ,علاوة على ذلك فان التربة المعالجة غير المغسولة سوف تظهر نقصا في خصائص الانضغاطية.

٢-٨-٣ طرق المعالجة الاخرى:-

أ- تثبيت التربة :- التربة المتواجدة في موقع الانشاء لايمكن ان تكون مناسبة دائما لاسناد المنشآت المقامة عليها ومثال على الطرق والجسور والسدود يتضمن تثبيت التربة او تطوير لخواصها بحيث ينمها مقاومة الاحمال المسلطة عليها وعلى هذا الاساس يمكن تعريف التثبيت على انه :-
اي عملية معالجة من شأنها ان تحسن خواص التربة بتقليل حساسيتها للماء او التأثير الماء . ان العملية ينتج عنها تربة اكثر ملائمة واستقرارية ان تحسين الاداء للتربة يتم اما قبل التسليط الاحمال عليها او قبل انشاء المنشأ.

ان تحسين التربة يتم لغرض :-

- ١- تقليل هبوط المنشآت.
- ٢- تحسين مقاومة القص التربة وبهذا نزيد BEARING CAPACITY وللاساسات الضحلة (قليل العمق)
- ٣- زيادة معامل الامان لفشل الميل او للتعلية (الدفن)
- ٤- تقليل التقلص والانتفاخ للتربة .

هناك العديد من الطرق لتثبيت التربة استعملت في المواقع الحقلية لتقليل مشاكل الترب منها .

- ١- طرق ميكانيكية مثل الرص .
- ٢- طريقة الانضغاط المسبق وهذه طريقة ابتدائية لتقليل الهبوط المستقبلي ولكن ممكن استخدامها ايضا لزيادة مقاومة القص.
- ٣- تصريف المياه باستخدام غطاء رملي وهذه العملية تستخدم لتسريع الهبوط تحت اعاده التحميل ولكن يمكن زيادة مقاومة القص .

- ٤- التكتيف:- زيادة الكثافة للتربة باستخدام هزازات وتستخدم بصورة خاصة في رواسب الرمل والرمل الغريني والرمل الحصى .
- ٥- حقن الاساسات :-الحقن هي عملية تقنية الغرض منها حشو وازادة بعض العوامل المثبتة بين اوالى كتلة التربة تحت الضغط .

ب-التحسين بالمضافات: تتم هذه العملية باستخدام المضافات وهذه المضافات لا يتم استخامها الا في حقل تثبيت الترب اي في موقع العمل وبخاصة الترب ذات الحبات الناعمة وفي معظم الاحيان تكون هذه المضافات من الجبس او الرماد المتطاير مع الجبس او الاسمنت مع الاسفلت .

الخلاصة

تبين مما تقدم ان المنشآت المقامة على تربة جيسية تعاني من مشاكل هندسية عند الانشاء او اثناء استعمال المنشأ وهذه المشاكل تظهر على شكل تشققات في الابنية او ميلان الابنية وفي بعض الاحيان قد يحدث انهيار في بعض المنشآت , وبصورة عامة فالمنشآت المقامة على تربة جيسية تعاني من هبوط غير متجانس يحدث بصورة سريعة نسبياً اذا ما تعرضت التربة للمياه .

فاذا كانت المياه في تماس مستمر مع خرسانة الاسس مباشرة وخاصة ان لم يتم اخذ الحيطة في استعمال نوع الاسمنت ونسبة الخلط المناسبة ودرجة كثافة الخرسانة وان لم تؤخذ الحيطة من وصول المياه الجوفية والمشبعة بالجبس الى الخرسانة واستمر مستوى هذه المياه بالصعود والنزول وكانت درجات حرارتها متأثرة بدرجة كبيرة بحرارة الجو مما يسبب تاكلها وتفتتها بسرعة .

لذا فان استعمال المواد الكيميائية في تثبيت التربة الجيسية وتقليل نوبان الترب الجيسية في المياه الجوفية قدر الامكان وذلك برص التربة والتي قد تكون للاتقال المتحركة والهزارة دور ملموس في تحسينها .

وكذلك ابعاد المياه قدر الامكان باخذ الاحتياطات اللازمة عند الاسس والتربة المحيطة بها هي افضل الحلول العملية في الوقت الحاضر ان كان لامناس من تنفيذ المشروع او المنشأ على تربة جيسية .

الفصل الثالث

التربة الطينية تعريفها ومشاكلها

وطرق المعالجة

٣- المقدمة

تعتبر الترب الطينية من الترب الغير صالحة للاستخدام كاساسات للطرق او المطارات او السكك الحديدية او غيرها من المنشآت ويعود ذلك الى صفاتها التي لاتفي بالمواصفات المناسبة لهذه الاغراض حيث انها تتميز بالصفات التالية:-

- ١- قلة استقراريتها
- ٢- قابليتها العالية للانضغاط
- ٣- ليست لها قوة تحمل انية
- ٤- قابليتها العالية على التغيير في الحجم تحت الظروف البيية والمناخية(الانتفاخ والانكماش)
- ٥- تكون ذات نفاذية واطنة
- ٦- مقاومتها لقوة القص قليلة
- ٧- صعوبة الرص

ويعود ذلك الى عدة اسباب منها:

أ- التغيير في الخواص الفيزيائية مثل الكثافة والانتفاخ وغيرها.

ب- التغيير في الخواص الكيميائية.

ج- التغيير في مستوى المياه الجوفية

ونظرا لاهمية هذه الطبقة كطبقة اساس في هذه المشاريع اصبح من الضروري العمل على تثبيت وتحسين خواصها لتصبح طبقة ملائمة لهذه المشاريع وذلك باتباع مختلف الطرق والوسائل كالطرق الميكانيكية او المضافات وغيرها،

وأن ارتفاع تكلفه إنشاء أسس ملائمة لتلك الترب واتساع عمليات التشييد شجع العديد من المهندسين باتجاه تطوير وابتكار تقنية جديدة لتحسين التربة الطينية الضعيفة حيث إن اختيار الطريقة المناسبة لتحسين تلك الترب يعتمد على حالة التربة ، نوع المنشأ ، الهبوط المتوقع ، إضافة الى اعتبارات أخرى .

٣-٢ توزيع التربة الطينية في العالم:-

ان إنشاء الأبنية ، طرق ، الجسور ، الموانئ وسكك الحديد على التربة الطينية يكون مرتبطا مع مشاكل استقرارية وهبوط تلك التربة . ان تلك التربة متواجدة في أنحاء مختلفة من العالم.

ومن اهم مناطق تواجدها هي الدول الاسكندنافية ما عدا (الدنمارك) , كندا ، وأمريكا الشمالية (شيكاجو وبوسطن) حيث تصل أعماق تلك التربة لحد حوالي ١٠٠m هناك مناطق أخرى من العالم تتواجد بها التربة الطينية لأعماق عميقة في مدينة مكسيك (تربة بركانية) شواطئ النيل ، الميسيسيبي ، ومدينة هامبورغ في ألمانيا. وحول نهري دجلة والفرات في العراق وكذلك حول منطقة شنغهاي في الصين. ان ان صفات التربة الجيوتكنية تختلف من مكان الى اخر لتلك التربة. من ناحية النفاذية تعتبر التربة الطينية الرخوة ذات معامل قليل 10^{-9} m/s والنفاذية بالاتجاه الأفقي اكبر من النفاذية بالاتجاه العمودي .

ايضا تمتاز بارتفاع منسوب الماء الجوفي W.T إلى عمق يصل إلى حوالي (٠.٥+٠) ٢m أسفل .N.G.L.

٣-٣ توزيع التربة الطينية في العراق

هناك عدد من التقارير التي تم التحقق منها تشير الى ان هناك طين طري في بعض من مناطق العراق , وان اغلب تلك المناطق مركزة في الاجزاء الوسطى والجنوبية من العراق.

كما تم جمع بيانات عشوائية من عدة تقارير تم التحقق منها عرضت قيمة قوة القص الغير جافة باقل من (30) kpa في محافظة البصرة واقل من (40) kpa في ميسان والناصرية وابلغت عن قياس مؤشرات الضغط بارتفاع (0.3)

ان قوام تلك التربة تشمل تربة الغرين المخصبة الطينية والتربة الغرينية والتربة الطينية تزداد بنسبة 50-70% .

اما العالمان **Kamon & Bergado (1991)** فقد توصلوا الى انه يمكن تعريف التربة الطينية بالاعتماد على (undrained strength) او بواسطة (unconfined compression strength, q_u)

ومن ناحية اخرى تستعمل القيم **SPT- N** لتعريف قوام الأرض وكثافتها النسبية .

Table 2-3: Outlines the identification of soft ground (After Kamon and bergado, 1991, as cited by Bergado et al.,1996).

الابنية	حالة التربة	رقم التقييس (SPT)	q_u (kpa)	q_c (kpa)	محتوى الماء (%)
الطرق	ا- رخوة جدا ب- رخوة ج- متوسطة	اقل من 2 2 الى 4 4 الى 8	اقل من 25 25 الى 50 50 الى 100	اقل من 125 125 الى 250 250 الى 500	
الطرق السريعة	ا- ب- تربة طينية ج- تربة رملية	اقل من 4 اقل من 4 اقل من 10	---		اكثر من 100 اكثر من 50 اكثر من 30
سكك الحديد	سكك الطبقة الطينية اكثر من 2 م اكثر من 5 م اكثر من 10 م	0 اقل من 2 م اقل من 5 م			
قطار	ا- ب-	اقل من 2 2 الى 5			
سد نهري		اقل من 3 اقل من 10	اقل من 60		اكثر من 40

٣-٦-٣ قوة القص، غير معرفة وقليلة جداً وحسب تعريف Terzaghi لان الترب الرخوة هي الترب التي قوة القص غير المصرفة تكون اقل من ٢٥ kpa ..

- مؤشر اللدونه (P.I) يتراوح بين (٤٥-٦٠ %)

٣-٦-٤- مؤخر الانضغاط (Cc) :-

يتراوح مؤشر الانضغاط بين (٠.٨ - ١.٢) ويزداد مع حد السيولة (L.L) ان الترب بصورة عامة تكون طبيعية الانضمام الا في حالات قليلة تكون مسبقة الانضمام وسببه (O . C . R) يتراوح من (١.١ - ١.٣)

$$Cc = 0.009 (L.L - 10\%)$$

٣-٦-٥ معامل الانضمام (Cv)

ان معامل الانضمام يتراوح (٠.٥ - ١.٥) $m^2 / year$

$$Cv = \frac{K}{mv * \gamma_w}$$

معامل النفاذية : K

معامل تغيير الحجم : MV

كثافة الماء : γ_w

ان معامل الانضمام الافقي تتراوح بين :

$$Cv = (2 \rightarrow 4)$$

٣-٦-٦ معامل النفاذية (K)

يكون قليل جدا وقيمته تكون اقل من $10 \frac{m}{sec}$

-ان معامل النفاذية بالاتجاه الافقي

$$K_h = (4 \rightarrow 8) kv$$

٣-٦-٧ يتكون مستوى المياه الجوفية قريب من سطح الارض الضعيفة بحدود من $(0.5-2) m$ عن الارض الضعيفة.

٣-٧ مشاكل التربة الطينية:-

هنالك تصاميم ابنية مثل : العمارات, الصهاريج, الجدران, الطرق, مدارج المطارات , فنادق, مواقف المسافرين وطرق السكك الحديدية التي تنشأ على أساسات رخوة- لينة في هكذا حالات سوف تسلط هذه البنايات ضغط او حمولة عالية لا يستهان بها على مساحة كبيرة مما يولد مشاكل.

من هذه المشاكل هي : مشاكل تتعلق بفشل قدرة تحمل البناية وحدث هطول في التربة وضغوط جانبية كبيرة وفشل في استقرارية الانحدارات بعض المشاكل التي تحدث في التربة الطينية الرخوة تتمثل بالجدول 1-2 :

٣-٨-١ الأسس المعتمدة لتحسين التربة الطينية

ان الاختيار المناسب لتحسين التربة يعتمد على عدة عوامل مهمة ومن اجل الحصول على الطريقة المناسبة يجب الاعتماد على تحريات التربة المضبوطة مع الاخذ بنظر الاعتبار التكلفة الاقتصادية وهناك عدة اقتراحات يمكن تلخيصها بثلاث نقاط رئيسية:

١ / قبول التربة كما هي وتصميم المنشآت المستقبلية بحيث تكون ضمن الحدود المقبولة لتعمل التربة او دق الركائز (piles) لكا منشأ مستقبلي وحسب الحاجة.

٢ / تبديل تربة الموقع (soft clay) بتربة افضل وذلك افضل وذلك بقلع حوالي ٣٠٠٠,٠٠٠ متر مربع التربة الطينية في ظروف سيئة نتيجة ارتفاع وانخفاض منسوب البحر وابدالها بتراب رملية جيدة وبحجم حوالي ٧٠٠,٠٠٠ متر مكعب والفارق بين الحجمين ناتج عن ارتفاع مستوى الارض المطلوب انشاء المخازن عليها.

٣ / تحسين خواص التربة الرخوة هناك عدة طرق متبعة لتحسين التربة الضعيفة ومن هذه الطرق :

الطرق الفيزيائية والكيميائية:

٣-٨-١ اعمدة الاسمنت او الكلس :-

يمكن تقليل انضمام التربة باعمدة الكلس والاسمنت، حيث يتم مزج التربة مع (Cao) او بالاسمنت باستخدام اله بشكل مازج عملاق ذات اجنحة مثلثة يتم تدوير اله المزج وادخالها الى الاسفل للوصول الى العمق المطلوب ومن ثم عكس اتجاه الدوران وسحب الاله ببطء بينما يتم حقن الاسمنت او الكلس في التربة بواسطة الهواء المضغوط . قطر الركيزة يكون بين (٠.٥m- ٠.٧m).

٣-٨-٢ التناضح الكهربائي

ان معدل انضمام التربة الغرينية الرخوة يمكن ان يزداد مع التناضح الكهربائي حيث يتم تمرير تيار كهربائي خلال التربة بين صفيين من القضبان موضوعين في

التربة وعندما يمر التيار الكهربائي خلال التربة يحصل تبادل ايونات بالاضافة الى تقليل محتوى الماء عندما ينسحب الماء باتجاه الكاثود والذي ينتج عنه زيادة القص وان الماء الذي يجري باتجاه الكاثود يتم تصريفه بواسطة الضخ لزيادة الكفاءة.

٣-٨-٣ التجميد

يمكن جعل التربة الطينية مستقرة على الاقل مؤقتا بواسطة التجميد ويتم استخدام الطريقة في بناء الانفاق تحت مستوى سطح الماء , هذه الطريقة تعتبر مكلفة.

٢. الطريقة الميكانيكية:

٣-٨-٤ إعادة التعميل:

تعتبر طريقة اعادة التعميل من اكثر الطرق الاقتصادية لزيادة قابلية التحمل وتقليل هطول التربة الرخوة بالمقارنة مع طرق معالجة التربة الاخرى (وخاصة عندما تكون المصروفات الرملية غير مطلوبة لتقليل الوقت اللازم للانضمام).

تعتبر هذه الطريقة طريقة قديمة وتم استخدامها لأول مره في انكلترا عام ١٨١٠ يتم تطبيق هذه الطرق غالبا للابنية الخفيفة مثل المستودعات والخزانات. ويتم اختيار الحمل المسبق (اي وزن مائي) ليكون مطابقا او اكبر من قبل وزن الهيكل المستقبلي . سوف لم يتم ازالة المائي بصورة طبيعية حتى يتوقف الهطول او يقل (حصول الاستقرار).

٣-٨-٥ إعادة الكلس:

يمكن استخدام الكلس السريع لانضمام التربة الطينية الرخوة حيث يتم وضع الكلس الجاهز في حفرة او ادخال انبوب ذو نهاية مسدودة مع (باب افقي) ومطرقة حيث تفتح الباب الافقية عند سحب الانبوب ويتم اخراج الكلس خارج الانبوب باستخدام الهواء المضغوط يبلغ حجم الفجوة او الفراغ %٨٠ من قطر دعامة الكلس والمقرب $0.4m$ خلال ذلك يتم زيادة الضغط الجانبي في التربة بين الدعامات (الفراغات بين دعامات الكلس مقداره بين (١.٥-٠.٩)).

التربة وعندما يمر التيار الكهربائي خلال التربة يحصل تبادل ايونات بالاضافة الى تقليل محتوى الماء عندما ينسحب الماء باتجاه الكاثود والذي ينتج عنه زيادة القصر وان الماء الذي يجري باتجاه الكاثود يتم تصريفه بواسطة الضخ لزيادة الكفاءة.

٣-٨-٣ التجميد

يمكن جعل التربة الطينية مستقرة على الاقل مؤقتا بواسطة التجميد ويتم استخدام الطريقة في بناء الانفاق تحت مستوى سطح الماء , هذه الطريقة تعتبر مكلفة.

٢. الطريقة الميكانيكية:

٣-٨-٤ إعادة التحميل:

تعتبر طريقة اعادة التحميل من اكثر الطرق الاقتصادية لزيادة قابلية التحمل وتقليل هطول التربة الرخوة بالمقارنة مع طرق معالجة التربة الاخرى (وخاصة عندما تكون المصروفات الرملية غير مطلوبة لتقليل الوقت اللازم للانضمام).

تعتبر هذه الطريقة طريقة قديمة وتم استخدامها لأول مره في انكلترا عام ١٨١٠ يتم تطبيق هذه الطرق غالبا للابنية الخفيفة مثل المستودعات والخزانات. ويتم اختيار الحمل المسبق (اي وزن مائي) ليكون مطابقا او اكبر من قبل وزن الهيكل المستقبلي . سوف لم يتم ازالة المائي بصورة طبيعية حتى يتوقف الهطول او يقل (حصول الاستقرار).

٣-٨-٥ إعادة الكلس:

يمكن استخدام الكلس السريع لانضمام التربة الطينية الرخوة حيث يتم وضع الكلس الجاهز في حفرة او ادخال انبوب ذو نهاية مسدودة مع (باب افقي) ومطرقة حيث تفتح الباب الافقية عند سحب الانبوب ويتم اخراج الكلس خارج الانبوب باستخدام الهواء المضغوط يبلغ حجم الفجوة او الفراغ %٨٠ من قطر دعامة الكلس والمقرب $0.6m$ خلال ذلك يتم زيادة الضغط الجانبي في التربة بين الدعامات (الفراغات بين دعامات الكلس مقداره بين (١.٥-٠.٩)).

-ان زيادة قوة القص تنتج عن انضمام التربة الطينية الرخوة ويمكن حسابها من خلال تقليل المحتوى المائي الناتج عن التمدد ويتم الافتراض بان تقليل محتوى الماء يكون مطابقا لحجم تمدد الكلس.

-ان زيادة الحجم النظري هو ٠.٠٦٣ والتي توافق التقليل في حجم التربة بين الدعامات الكلسية بنسبة ٦.٣%

-يمكن حساب الزيادة في قوة القص من مؤشر اللدونة للتربة غير المستقرة حيث ان التغير في محتوى الماء المرافق لمؤشر اللدانة سوف يزيد من قوة القص بحوالي ١٠٠ مرة أي من ١.٤ عند (L.L) حد السيولة الى ١٤٠ Kpa عند (P.L) (schofield&worth, ١٩٦٨) لذلك فان اعمدة الكلس تكون فعالة في الترب الغرينية مع مؤشر لدانة واطيء.

٣- الطريقة الانحائية:

٣-٨-٦ الحفر والامتداد:-

هنالك طريقة اخرى لزيادة قوة تحمل وتقليل الانضمام في التربة وهي حفر التربة الضعيفة واستبدالها بالرمل, الحصى, الحجارة.

يجب جمع التربة بصورة دقيقة بطبقات لغرض تقليل الهطول المستقبلي, يتم استخدام هذه الطريقة في الترب الطينية الرخوة عندما يكون سمك الطبقة المنظغة اقل من (٤m-٣.٥m).

-يجب ان لايزيد محتوى الطين او الغرين للماء عن ١٠% والقطر يكون اصغر او مساوي ٠.٠٧٤mm لتوفير تعريف ملائم للماء.

-يتم استخدام مرشح رمل بسمك ٠.٥m او طبقة من الياف تسليح تحت المائي لمنع التربة من اختراق المائي.

-الزيادة في قوة القص تكون بسبب تقليل المحتوى المائي وبسبب التبادل الايوني يكون محتوى الكلس الامثل عادة من (٩-٦)% (على اساس الوزن الجاف) اما الاسمنت يكون عادة من (٢٥-١٥)% من الوزن الجاف.

٧-٨-٣ الانضمام الديناميكي:-

الانضمام الديناميكي (DC) والازاحة الديناميكية (DR) والاستبدال الديناميكي (DRm) لقد تم تطوير (DC) من قبل مينارد عام ١٩٧٢ حيث تم اسقاط وزن ثقيل من ($100-10$) طن لبضعة مرات من علو (m) (٤٠-١٠) .

٨-٨-٣ حقن التربة:-

يتم استخدام مضخة ضغط نفائفة ($2.0 MPa$) لاستبدال التربة او المزيج مع الاسمنت حيث يقطع الضغط العالي حوالي (m) (١.٥-٢) قطر الفجوة في التربة الطينية الرخوة والتي تكونت بعد ذلك مملوءة بالاسمنت .

٩-٨-٣ استخدام الحمصة الرمل والحصى والحجارة:

يمكن استخدامه في الترب الخشنة والترب الناعمة . احد اساليب التنفيذ هو من دفع انبوب مجوف (مغلق البداية) الى العمق المطلوب ثم تفتح الفتحة السفلى ويسكب الرمل او الحصى داخل الانبوب ويرص بينما يتم سحب الانبوب تدريجياً للخارج .

يحصل تحسين في كثافة التربة المعالجة من جانبيين الاول نتيجة دفع التربة بسبب نزول الانبوب والثاني نتيجة وضع مادة مسيطر على كثافتها وخواصها بدلا من التربة .

١٠- ٨-٣ ثقب وتثبيت التربة:

تتم باستخدام الركائز القصيرة لزيادة الاستقرار حيث يتم وضع الركائز في القعر الخاص بالحفرة وتحميلها بواسطة الشد ويتم وضع اجزاء مصفوفة من الحديد في جوانب الحفرة لزيادة الاستقرار بالنسبة لمعظم المشاريع فان الوقت الكافي لا يكون متوفرا للتحميل المسبق ولهذا فانه يمكن زيادة معدل الانضمام بوجود المصرفات الرملية العمودية. يتم المصرفات بخط مثلث او مستطيل وبطول ٣٠م وبسمك (٠.٥-٠.٢) ولقد تم استخدام هذه الطريقة لأول مرة في عام ١٩٣٤ من قبل *Parker* ومن ثم عام ١٩٤٨ من قبل *Kjellman* ولقد تم ادخال ركيزة قياسية لتنصيب المصرفات

الرملية مع إدخال أنبوب مصنوع من الحديد ذو قطر واسع مغلق بواسطة بوابة أفقية
وبعد ملئ الغطاء بالماء وهو الرمل ذو درجة مناسبة حتى يعمل كمرشح ومن ثم يتم
إزالته .

الخلاصة

تبين مما تقدمه ان المنخات المقاومة على تربة طينية تعاني من مشاكل هندسية عند الانهاء او بعد فترة من الزمن او اثناء استعمال المنخا حيث تظهر تأثير هذه المشاكل على التربة تحت الامامات التي سوف تعاني من المطول.

لذا فان رس التربة يؤدي الى تقليل الفراغات السوانية الموجودة في التربة وكذلك تقليل النفاذية بحيث تصبح جزيئات التربة متقاربة من بعضها البعض وكذلك تقليل المطول وبالتالي يؤدي الى زيادة مقاومة التربة للقص وزيادة تحملها للاحمال.

وان اخافة الاسمنت الى التربة الضعيفة يؤدي الى زيادة قوتها وزيادة حدة التحمل والمقاومة وكذلك ترحبات العتانة كما ان استخدام الاسمنت في تثبيت التربة يؤدي الى زيادة في قيمة (O.M.C) وزيادة في النفاذية لكنه يقلل اللدونة.

اما عند اخافة النور الى التربة الضعيفة فانه يؤدي الى تحسين خواصها حيث تضاف كميات متفق عليها لزيادة قوة تحمل التربة حيث تؤثر النورة على محتوى اللدونة اي ثقله واذا كانت التربة ذات محتوى لدونة واطى فان النورة تعمل على زيادة اللدونة. وكذلك تؤثر النورة على الكثافة الجافة للتربة بحيث تؤدي الى تقليلها وزيادة المحتوى الرطوبي. وبسورة عامة فان اخافة النورة الى التربة تؤدي الى زيادة قوة تحملها ونقصان في الانضغاطية لهذه التربة.

الفصل الرابع

المصادر

.....المصادر 1-4

Balaam, N.P, Booker, J.R. and pouks H.G(1977) settlement analysis of a soft clays reinforced with agranular piles.

- 1- Balaam, N.P, Booker, J.R. and ponlos H.G(1981) analysis of rigid raft supported by granular piles .
- 2- Datye, K.P, and Magarju, s.s., (1981) Design approach and field control for stone column
- 3- Engelhardt, K. and G. olding, H.C(1975). field testing to evaluate stone column performance in seismic area.
- 4- Green wood, D.A., (1970) Mechanical improvement of soil matrix interaction under vertical load.
- 5- Hughes, J.M.O and withers, N.j. (1974) Reinforcing of soft cohesive soil with stone columns.
- 6- Mitchell, J.K, and Huber, T.R. (1985) Performance of stone column foundation .
- 7- Peck, R.B, W.E., Hansen , and T.H. thomburn (1974) foundation Engineering 2nd .ed. wiley, newyork.
- 8- Robertson , P.K., and R.G. Campanella (1983a) "Interpretation of cone penetration tests 'part 1, sand Canadian geotechnical Journal, vo1.20, No.4 pp.718-733.
- 9- Suitability of soil improvement methods to soft soil at Basrah area Kaalid Fattan (B.Sc) 1996
- 10- Geotechnic America Inc, 2002, Email. info@geotechnics.com
- 11- Zakariya, W.A.S (2001), "soil improvement using stabilized and non stabilized stone column with different

reinforced configuration, "Building and construction department university of technology.

- 12- Stone column Geotechnical America Inc(2002)internet.Http://tel/poly.equ/vc.htmlt.(2002).
- 13- المركز القومي للمختبرات الانشائية(مركز بحوث البناء)
- 14-Barazanji, K.K.H. (1984). "Infiltration rate characteristics of gypsifereous soils in northen Iraq(jazira area)".
- 15-Nashat, I.H.(1990), "engineering characteristics of some gypseous soils in Iraq'.
- 16-Alphen,J.G.V. and Romero, F.D.E. (1917), "gypsifereous soils".
- 17-Barden, L., me gown, a. and Collins
- 18-Clemence, S.P. and Fin bar , A.O. (1981), " Design consideration for collapse soils".
- 19-Al-Qaissy, F.F.(1989). "Effect of Gypsum content and it is migration on compressibility and shear strength of the soil".
- 20-Shewnim N.m. SELEAM(1988). "geotechnical characteristics of gypseous sandy soil including the effect of contamination with some oil products".

- ٢١- مشاكل التربة الانتفاخية تحت الاساسيات ..د. مصطفى كمال عاشور
- ٢٢- التربة ذات مؤشرات اللدونة العالية وطرق معالجتها - د.م. مازن الحلبي_ كلية الهندسة المدنية_ جامعة دمشق
- ٢٣- حصر وتقييم موارد التربة والأراضي في تخطيط مشاريع التنمية_ فليح حسن الطائي.

٢٤- Al-Layla m.t and Al-ashou m.o (Swelling properties of mousol clay)

٢٤- jones,d,e and Holtz W.G (Expansive soils- The Hidden Disaster)
civin Engineering asce vol ٤٣ no.

٢٥- Al- Layla m.t and Al-ashou m.o (Swelling properties of mousol clay)

c.٦- Abbawi, Z.W., (2010), "Evaluation of Improvement Techniques for Railway Ballast Model Resting on Soft Clay", Ph.D. Thesis, Univ. of Technology, Iraq.