الفصل السادس : الترب الانتفاخية

1.6 تعريف

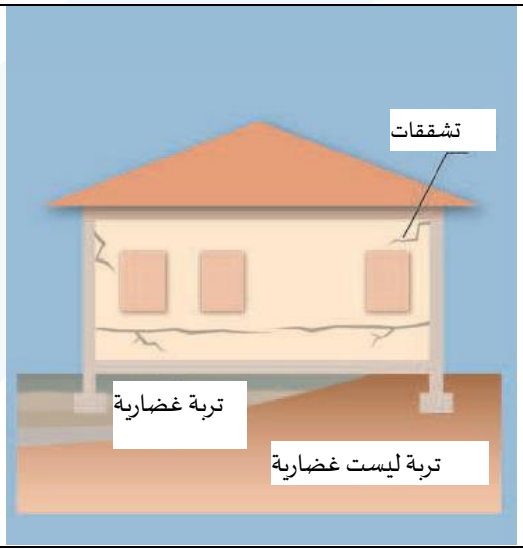
تعرف الترب الانتفاخية بأنها ترب غضارية تخضع لتغير كبير في الحجم مع تغير رطوبتها, حيث تخضع هذه الترب لزيادة في الحجم مع زيادة الرطوبة بينما يؤدي نقصان الرطوبة إلى نقصان حجم هذه الترب.

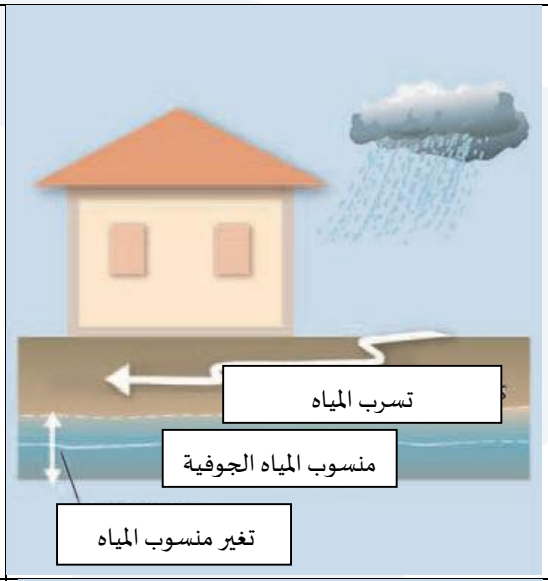
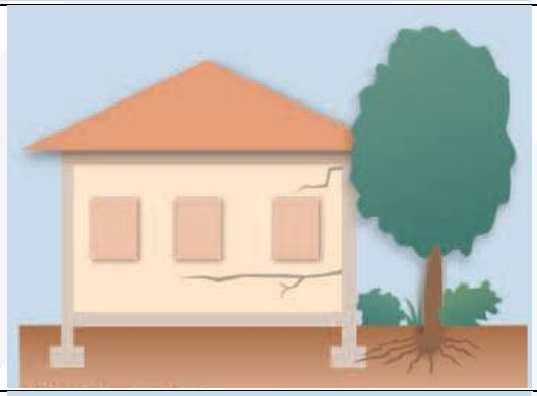
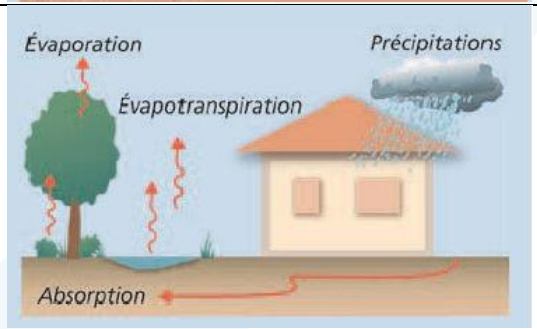
2.6 العوامل المؤثرة على الانتفاخ

تملك الترب الغضارية خاصية تغير قوامها بحسب رطوبتها, فهي قاسية وقابلة للكسر عندما تجف, ويمكن لنسبة ضئيلة من الرطوبة أن تحولها إلى جسم لدن. يمكن أن يترافق تغير قوام الترب الغضارية مع تغير حجمي متفاوت القيمة.

يمكن ربط إمكانية الانتفاخ بعوامل داخلية تتعلق بطبيعة التربة الغضارية وتحدد قابلية التربة للانتفاخ والتقلص وأهم هذه العوامل التركيب الميزالي للغضار حيث يلاحظ أن الكاولونايت يبدي تغيراً حجمياً أصغر بكثير من المونموريونايت. كما تؤثرالعوامل الخارجية كالظروف البيئية أيضاً على مقدار التغير الحجمي للترب الغضارية وتساهم في انطلاق هذه الظاهرة, فالمناطق الأكثر تضرراً من انتفاخ الترب الغضارية هي المناطق التي تتعرض للجفاف لفترة طويلة من الزمن ثم تتعرض لفترة قصيرة من الأمطار الغزيرة. يسبب تناوب الجفاف والترطيب تشكل شقوق قد تمتد لعمق عدة أمتار, وفي فترة الأمطار تتغلغل مياه الأمطار ضمن هذه الشقوق مسببة انتفاخ هذه التربة. يسبب تناوب الانتفاخ والتقلص للترب الغضاري الانتفاخية أضراراً كبيرة للأساسات والطرق والجدران الاستنادية وغيرها من المنشآت.

يمكن تلخيص أهم العوامل المؤثرة على انتفاخ وتقلص الترب الغضارية بالجدول التالي :

العامل		
طبيعة التربة		قابلة التغير الحجمي تتعلق بـ: 1- نسبة الغضار في تربة الموقع 2- التركيب الميزالي للغضار 3- سماكة وعمق التربة الغضارية الانتفاخية 4- عدم التجانس: يساهم بشكل سلبي حيث أن وجود الترب النفوذة يساهم في ترطيب السطوح الفاصلة مع التربة الغضارية

الظروف الهيدرولوجية		أحد العوامل البيئية الأساسية, ويزداد الأمر سوءاً في الحالتين التاليتين : 1- وجود المياه الجوفية بالقرب من السطح 2- وجود جريان تحت أرضي للمياه على عمق صغير نسبياً
التشجير		تمتص الجذور المياه, وبالتالي ففي فترة الهطولات الضعيفة تكون كمية المياه الممتصة من قبل الجذور أكبر من كمية المياه الواردة فتحصل هجرة للمياه تتمثل بتشجيع التغير الحجمي للتربة
الشروط المناخية		تأثيره كبير في المناطق التي تتعرض للجفاف لفترة طويلة من الزمن ثم تتعرض لفترة قصيرة من الأمطار الغزيرة

يحصل الانتفاخ عادة ضمن المنطقة القريبة من سطح الأرض والممتدة لعمق بضعة أمتار وذلك نتيجة لتغيرات الطقس. تدعى هذه المنطقة بالمنطقة النشطة, ويمكن تحديد هذه المنطقة عن طريق رسم تغير رطوبة التربة مع العمق لعينات التربة المأخوذة في فصل الأمطار وللعينات المأخوذة في فصل الجفاف, وتكون نهاية هذه المنطقة عند العمق الذي تستقر عنده رطوبة التربة.

تعتبر المنطقة النشطة عاملاً هاماً في تصميم الأساسات, ففي حالة الأساسات السطحية يمكن أن تطبق التربة ضمن هذه المنطقة ضغوطاً هامة على الأساسات, وفي حالة الأساسات العميقة يمكن أن لا يتم الاستفادة من كامل مقاومة الاحتكاك

بين التربة الانتفاخية والأساس العميق وذلك لأن تعاقب الانتفاخ والتقلص يمكن أن يضعف اتصال هذه الترب مع الأساس العميق.

3.6 طرق تحديد انتفاخية الترب الغضارية مخبرياً

تهدف الدراسة المخبرية للترب الانتفاخية إلى وصف التغير الحجمي لهذه الترب، ويمكن أن يتم ذلك بعدة طرق :

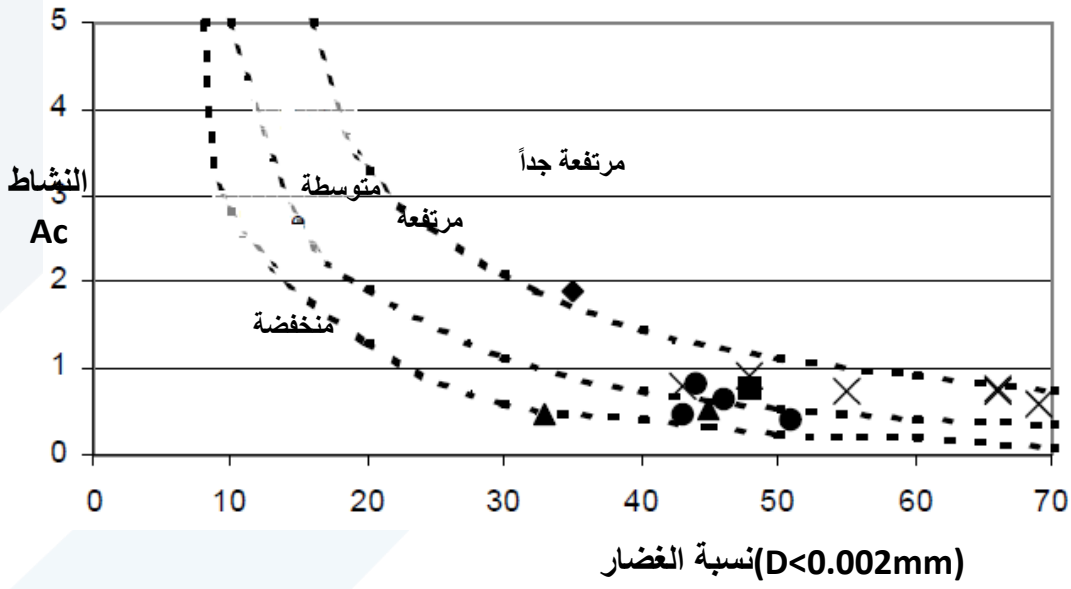
أ- طرق غير مباشرة :

يمكن توصيف الترب الانتفاخية عن طريق تحديد مجموعة من الخواص الأساسية والخواص الفيزيائية وخاصة حدود أتربرغ والتركيب الحبي وذلك بهدف تصنيف التربة والاستعانة بجداول أو منحنيات خاصة تحدد درجة الانتفاخ و ضغط الانتفاخ اعتماداً على الخواص الفيزيائية المحددة مخبرياً

هناك عدة طرق معتمدة عالمياً للتعرف على الترب الانتفاخية وغالباً ما تعتمد هذه الطرق على حدود أتربرغ وعلى فعالية للتربة Ac.

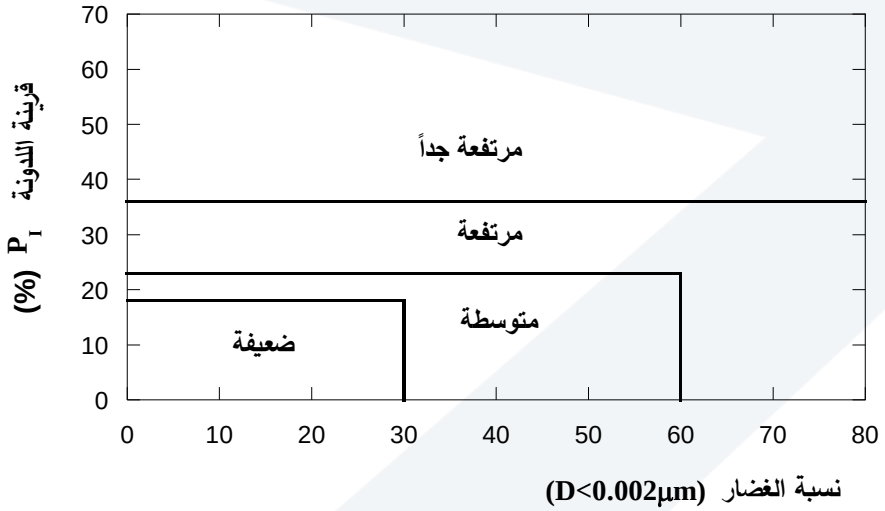
بشكل عام, تعتبر الترب غير انتفاخية إذا كانت قرينة لدونتها أصغر من 15%. أما إذا تجاوزت قرينة اللدونة هذه القيمة فيتوجب تحديد نسبة الغضار في التربة إضافة إلى حدود أتربرغ وذلك من أجل تحديد قيمة نشاط للتربة Ac

يبين الشكل 1-6 إمكانية الانتفاخ وعلاقتها بنسبة الغضار وبنشاط التربة.



الشكل 1-6 علاقة انتفاخ التربة بنسبة الغضار وبنشاط التربة.

كما يبين الشكل 2-6 إمكانية الانتفاخ للترب المشكلة مخبرياً وعلاقتها بقرينة اللدونة وبنسبة الغضار في التربة



الشكل 2-6 : قابلية الانتفاخ بدلالة قرينة اللدونة ونسبة الغضار (BRE 1980)

ب- طرق مباشرة

عن طريق قياس الانتفاخ الحر وضغط الانتفاخ مخبرياً , ويمكن أن يتم ذلك بعدة طرق نعرض منها ما يلي :

1- اختبارات الانتفاخ الحر Free swell Test(درجة الانتفاخ):

تنص التجربة على وضع 10 سم^3 من التربة المجففة في مخبار مدرج (100 cm^3) يحتوي على حجم معلوم من الماء (الشكل 3-6)، وعند ثبات حجم العينة وبدون إضافة أية أحمال خارجية نعين الزيادة في الحجم ويحسب الانتفاخ الحر على أنه النسبة المئوية بين الزيادة في الحجم والحجم الجاف.

$$s_{w(free)}(\%) = \frac{V_f - V_0}{V_0}(100)$$

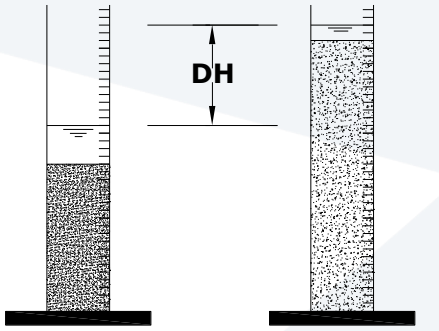
حيث V_f & V_0 هما الحجم البدائي والنهائي على الترتيب

ويمكن استخدام العلاقة التالية.

$$s_{w(free)}(\%) = \frac{\Delta H}{H}(100)$$

ويمكن الاستعانة ببعض القيم الاسترشادية للانتفاخ الحر كما يلي :

- < 50% لايتوقع مشاكل.
- 50 % - 100% يحتمل حدوث مشاكل.
- > 100% إجراء تجارب أكثر دقة لتحديد الخواص الانتفاخية.



الشكل 3-6 : تجربة الانتفاخ الحر

أو وفق الكود العربي الموحد, كما يلي :

١- يصب حوالي ٣٠ مللتر من التربة الجافة المارة من منخل مقاس فتحته ٠,٤٢٥ مم في المخبار المدرج سعة ١٠٠ مللتر وذلك باستعمال القمع الزجاجي ويحدد حجم التربة الجافة وليكن (V_1) .

٢- يضاف الماء إلى التربة في المخبار من زجاجة الغسيل المحتوية على الماء المقطر بحرص وبيطء بحيث يسمح بخروج الهواء من التربة حتى يتم تشبعها بالماء المقطر ويغطى الماء سطحها ثم يستكمل ملء المخبار بالماء حتى ١٠٠ مللتر.

٣- يترك المخبار لمدة ٢٤ ساعة ثم يحدد حجم التربة وليكن هذا الحجم(V_2) .

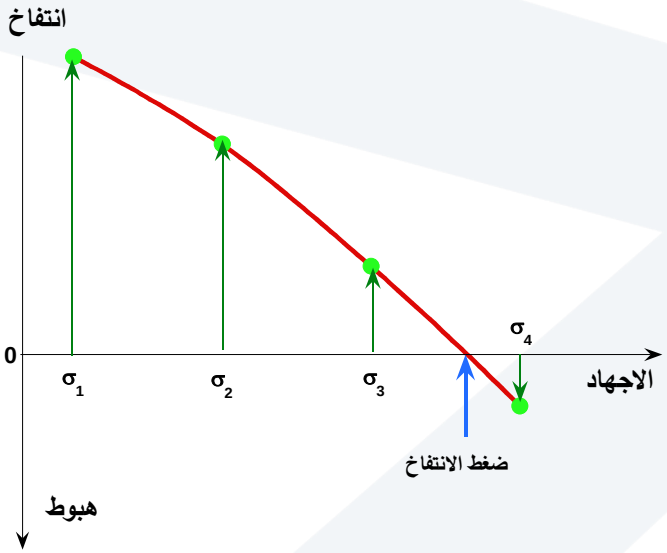
٤- يكرر الاختبار لعدد ثلاث مرات لنفس نوع التربة وتحسب نسبة الإنتفاش وتسجل النتائج في جدول مثل جدول (٢-١٥-٢) فيكون هو نسبة الإنتفاخ الحر للتربة.

2- اختبارات ضغط الانتفاخ

يمكن قياس ضغط الانتفاخ بعدة طرق نعرض منها ما يلي :

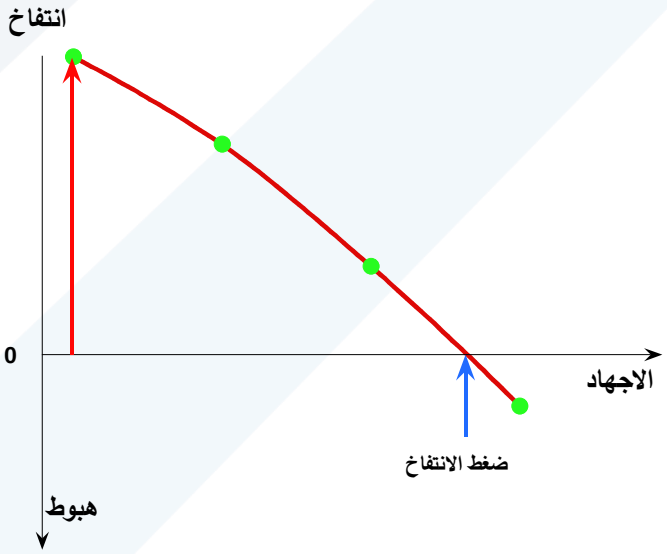
1- طريقة الاجهادات المختلفةDifferent Pressures Method(ضغط الانتفاخ):

يعرف ضغط الانتفاخ في هذه الطريقة بالاجهاد اللازم للاحتفاظ بحجم عينة من التربة ثابت بعد تشبعها تماما بالماء تحت هذا الاجهاد, وفي هذه الطريقة يتم تحضير ثلاث عينات متماثلة أو أكثر, ويطبق على كل عينة إجهاد مختلف ثم ترطب العينات وتترك حتى تتوقف الزيادة في الحجم. نرسم منحني العلاقة بين نسبة الانتفاخ النهائي وبين الاجهاد المؤثر كما هو موضح في الشكل. ويمكن مد المنحني للحصول على الاجهاد المقابل لنسبة انتفاخ تساوي الصفر. ويفضل زيادة عدد النقاط بحيث نحصل على نقطة سالبة تحت المحور الأفقي للحصول على الدقة المطلوبة. ونظرا لأن هذه الطريقة هي أقرب الطرق تمثيلا لما يحدث في الطبيعة كما أثبتت الابحاث فإنه يفضل استخدامها لتعيين ضغط الانتفاخ.



2- طريقة الانتفاخ المسبق Preswelled Method(ضغط الانتفاخ):

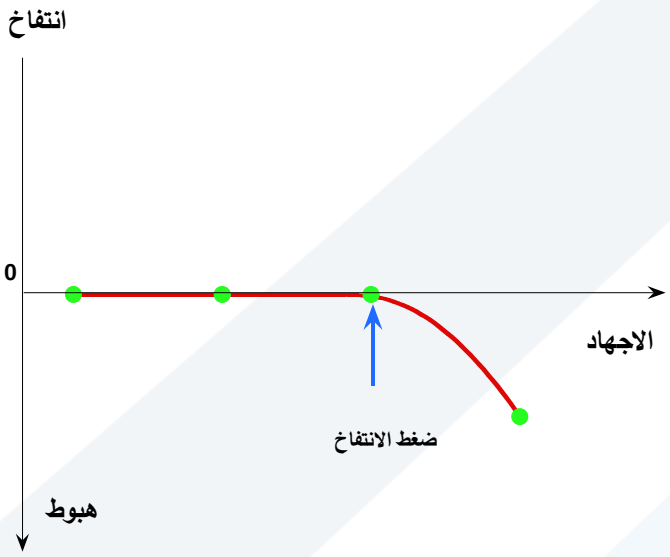
يعرف ضغط الانتفاخ في هذه الطريقة بأنه الاجهاد الخارجي الذي يجب التأثير به على عينة منتفخة حتى تعود إلى حجمها الابتدائي.وفي هذه الطريقة يسمح للعينة بالانتفاخ تحت تأثير إجهاد ذو قيمة صغيرة ثم يتم التأثير على العينة بإجهاد خارجي يتزايد حتى تنضغط العينة وتعود إلى حجمها الأصلي ويكون هذا الاجهاد هو ضغط الانتفاخ كما هو موضح في الشكل. هذه الطريقة تعتبر من الطرق السهلة كما أنها تحتاج إلى عينة واحدة فقط ولكن في بعض الأحيان قد تعطي نتائج لضغط الانتفاخ أعلى من القيم المستنتجة من الطرق الأخرى.



3- طريقة الانتفاخ المثبت (باستخدام الأدومتر) (ضغط الانتفاخ):

يعرف ضغط الانتفاخ في هذه الطريقة بأنه الاجهاد الخارجي الذي يجب التأثير به على عينة ممنوعة من التغير الحجمي ومشبعة تماماً بالماء حتى تبدأ العينة بالهبوط.

يتم تثبيت الأدومترولايسمح بتشوه العينة نحو الأعلى (انتفاخ العينة) عند غمرها بالماء , بعد ذلك يحمل الأدومتر بحمولات متتالية , ويكون ضغط الانتفاخ هو الاجهاد المطبق الذي تبدأ عنده العينة بالهبوط.

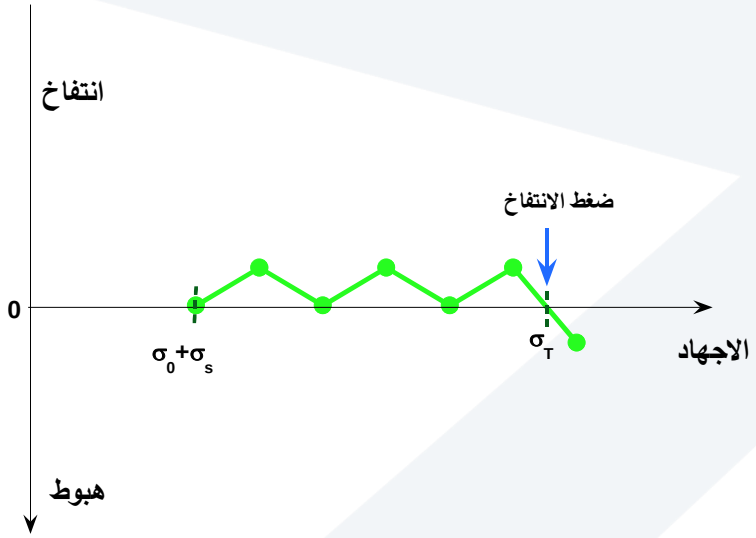


4- طريقة الانتفاخ مع المحافظة على حجم ثابت للعينة

يعرف ضغط الانتفاخ في هذه الطريقة بأنه الاجهاد الكلي المطبق على عينة مشبعة بالماء تحت تأثير الاجهاد الناتج عن مجموع وزن التربة والوزن الميت للمنشأ، بحيث يتم المحافظة على حجم العينة ثابتاً.

يمكن تلخيص هذه الطريقة بالتالي :

1- يتم تجهيز عينة التربة ووضعها ضمن جهاز الأدومتر.
2- يتم إخضاع العينة إلى إجهادين أساسيين هما:
   أ- σ_o: إجهاد وزن التربة الأساسي
   ب- σ_s: وهو الإجهاد الإضافي الدائم المنقول من الأساس
3- يتم إشباع العينة بالماء.
4- نقوم بمراقبة العينة بشكل مستمر ويتم إضافة أوزان صغيرة تقاوم ضغط الانتفاخ , حيث أن مجموع هذه الأوزان هو σ_g.
5- يكون لدينا ضغط الانتفاخ النهائي (σ_T) مساويا إلى: $\sigma_T = \sigma_0 + \sigma_s + \sigma_g$



طرق تخفيض التغير الحجمي للترب الانتفاخية

هناك طرق عديدة لتخفيض انتفاخ التربة نذكر منها :

1- استبدال التربة الانتفاخية

2- تطبيق اجهادات إضافية على التربة

3- منع وصول الماء إلى التربة (التخفيف من تغير رطوبة التربة)

4- ترطيب التربة

5- تثبيت التربة كيميائياً

6- تثبيت التربة ميكانيكياً

1. استبدال التربة الانتفاخية

إذا كانت سماكة الطبقة الانتفاخية قليلة فإنه يمكن استبدال هذه الطبقة, إلا أن هذه الحالة نادرة الحدوث. أما إذا كانت سماكة الطبقة الانتفاخية كبيرة فإنه يتم استبدال التربة حتى العمق الذي يصبح عنده الانتفاخ مسموحاً, إلا أن اختيار تربة الاستبدال حساس جداً فالبعض ينصح باستخدام تربة كتيمة وذلك لمنع وصول الماء إلى التربة الانتفاخية, والبعض الآخرينصح باستخدام بحص أو بحص ورمل قليل الارتصاص حيث أن انتفاخ الغضار يضغط طبقة البحص ويؤدي هذا الانضغاط إلى امتصاص جزء كبير من ضغط الانتفاخ .

2. **تطبيق اجهادات إضافية على التربة**

تستخدم هذه الطريقة تحت الأبنية بحيث تتجاوز الاجهادات الناتجة عن الحمولات الميتة ضغط الانتفاخ بينما لا تستخدم في الطرق وذلك لأن الحمولات صغيرة

3. **منع وصول الماء إلى التربة (التخفيف من تغير رطوبة التربة)**

تعتبر المياه المصدر الأساسي لانتفاخ التربة ولذلك يتم إبعاد المياه عن أساسات المنشأ كما يمكن اصطياد المياه الجارية القادمة إلى تربة التأسيس وتحويل مجراها بحيث يتم إبعادها عن أساسات المنشأ.

4. **ترطيب التربة**

تتم بحفر آبار ضمن الموقع المراد ترطيب تربته, ثم تكتيم الآبار وضخ الماء المضغوط بالآبار لعدة أيام وأحياناً لعدة أشهر , ويمكن معالجة السطح بالكلس وذلك لمنع جفاف السطح.

5. **تثبيت التربة كيميائياً**

يمكن تثبيت التربة كيميائياً بعدة طرق (الكلس – الاسمنت – الاسفلت – الكيروسين– كلوريد الصوديوم والمغنيزيوم, ... الخ)

6. **تثبيت التربة ميكانيكياً**

يتم تثبيت التربة ميكانيكياً بواسطة الرص لكن زيادة الكثافة من أجل أي رطوبة يمكن أن تؤدي إلى زيادة الانتفاخ كما أن زيادة الرطوبة من أجل أي كثافة تؤدي إلى نقصان الانتفاخ ولذلك يفضل بشكل عام رص الترب الانتفاخية في الجزء الرطب من منحني الرص .