الجمهورية العربية السورية
نقابة المهندسين

الملحق رقم (5) للكود العربي السوري
لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة

تصميم وتنفيذ الأساسات

الطبعة الأولى

دمشق 2012

مقدمة

حرصاً من مجلس نقابة المهندسين السوريين على الاستمرار في تزويد الزملاء المهندسين بالمراجع والكتب المتخصصة، ونظراً للحاجة إلى نسخة جديدة من الملحق رقم (5) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة الخاص بـ «تصميم وتنفيذ الأساسات»، فإننا نعيد طباعة هذا الملحق لتأمين احتياجات الزملاء في كافة الفروع، آملين أن نحقق الغاية المرجوة.

مع تمنياتنا لكافة الزملاء بالنجاح والتوفيق.

نقيب المهندسين السوريين
المهندس محمد وليد غزال

تقديم

بعد صدور الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة في الجمهورية العربية السورية بصيغته المطورة (الطبعة الثالثة) في عام 2004، وبناء على خطة عمل لجنة تطوير الكود، وموافقة مجلس النقابة عليها، فقد قام الزملاء أعضاء اللجنة مشكورين بإعداد الصيغة النهائية من الملحق رقم (5) الخاص بالأساسات بعد إنجازهم الملحق رقم (1) الخاص بالأحمال عام 2006 والملحق رقم (2) الخاص بتصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل الذي صدر في عام 2005، والملحق رقم (3) الخاص بالرسومات والتفاصيل الذي صدر عام 2007. وقد تم في إعداد الملحق رقم (5) اعتماد المنهجية ذاتها التي جرى إتباعها في الكود الأساس و الملاحق أرقام (1) و (2) و (3)، والتي تم فيها الاتجاه نحو متابعة التطورات العالمية في مجال الكود وملاحقه، وبحيث يتم لحظ نقلها إلى الزملاء المهندسين بما يتوافق مع المتطلبات المحلية، من حيث مقاومات المواد وطرائق التنفيذ، بما يحقق أسس الدراسة والتنفيذ الصحيحين لجميع الأعمال الإنشائية لمشاريع الدولة ومشاريع القطاعين الخاص والمشترك. ويؤمن الملحق (5) الخاص بالأساسات المعلومات والخبرة اللازمة في مواضيع الأساسات من ناحيتي التصميم والتنفيذ، كما يعطي بعض المعلومات الضرورية حول التربة.

وقد ساهم في إنجاز هذا الملحق السادة الزملاء أعضاء لجنة الكود :

د.م. محمد كرامة بدورة	رئيساً
د.م. أسامة النحاس	عضواً
د.م. أحمد الحسن	عضواً
د.م. وهيب زين الدين	عضواً
د.م. محمد نزيه إيلوش	عضواً
د.م. حكمت إدوار زيربة	عضواً
د.م. محمد سمارة	عضواً
م. علي جعارة	عضواً
الجيولوجي رضا السبيناتي	عضواً

د.م. أحمد الغفري	مدققاً لغوياً
د.م. محمود وردة	عضواً
د.م. نادر نبيل أنيس	عضواً
م. محمد سمير بني مرجة	عضواً
د.م. حنا يني	عضواً
د.م. نافذ بشور	عضواً
د.م. بسام حويجة	عضواً
د.م. إبراهيم الطحان	عضواً

كما ساهم في إنجاز هذا الملحق الزميلان د. م. أدهم سرحان و د. م. زهير عامر والزملاء المختصون في ميكانيك التربة والهندسة الإنشائية من جامعات القطر ومؤسسات الدولة والمكاتب الهندسية الإستشارية.
تشكر نقابة المهندسين كل من ساهم في إنجاز هذا الملحق وتأمل من خلال التطوير العلمي المحتوى في هذا الملحق، مزيداً من التحديث في معالجة مواضيع الأساسات مع الإقرار بأن أي عمل لا يمكن أن يرقى إلى الكمال، مما يستدعي جهوداً مستقبلية مستمرة لإضفاء مزيد من التطوير المستمر على هذا العمل.

نقيب المهندسين السوريين
المهندس حسن ماجد علي

1 الباب الأول
المجال والغاية

1-1 مجال الملحق (5) للكود وتطبيقاته

1 – يحدد ملحق الكود هذا (رقم 5 الخاص بالأساسات) الأحكام والتوصيات التي يجب اتباعها في حساب جميع الأساسات المستعملة في المنشآت، من نواحي تصميمها وتنفيذها وتحقيقها، سواءً كانت منفذة من الخرسانة العادية أو المغموسة أو المسلحة.

2 – يُعد ملحق الكود هذا جزءاً من الكود العربي السوري المعتمد، ومن أنظمة البناء في الجمهورية العربية السورية.

3 – يُطبق ملحق الكود هذا على جميع أنواع الأساسات المستعملة، سواءً كانت منفردة أو مشتركة أو شريطية أو حصائر، أو كانت أساسات على أوتاد، أو أساسات عميقة بأشكالها كافة، أو أساسات مستندة على آبار اسكندرانية، أو أساسات كتلية أو ... إلخ.

4 – لا يشمل هذا الملحق للكود الاشتراطات الخاصة بالمنشآت الخاصة، وفي هذه الحالة يمكن الاستعانة بأي كود عالمي معتمد يحقق هذه المتطلبات الخاصة، ويطبق هذا الملحق على تلك المنشآت الخاصة بما لا يتعارض مع خواصها.

5 – تحدد الأفعال (القوى إلخارجية من أحمال وتراكيب هذه الأحمال ... إلخ) التي تؤثر على الأساسات، وتؤخذ أساساً للتصميم من الكود الأساس ومن الملحق رقم 1 (إلخاص بالأحمال)، وكذلك من أنظمة وقوانين البناء، ومن اشتراطات التصميم المعترف بها قانوناً، في حال وجودها، أو تعتمد نصوص ملحق الكود هذا.

6 – تؤخذ خواص المواد ومقاومتها وطرائق اختبارها من الكود الأساس ومن المواصفات القياسية والاشتراطات المعترف بها. وفي حال عدم وجودها، تعتمد نصوص هذا الملحق بصفه جزءاً لا يتجزأ من الكود العربي السوري.

7 – تحدد خصائص تربة التأسيس ومواصفاتها الهندسية من تقرير الجيوتكنيك وتوصياته والمعدّ من قبل اختصاصي في هذا المجال.

8 – يشترط أن يتولى مهندس مدني نقابي اختصاصي مسؤول أعمال التصميم والحسابات وإجراء التحريات والتجارب اللازمة والإشراف على التنفيذ والتحقق، وله أن يستعين بغيره على مسؤوليته، في أعمال التنفيذ.

2-1 أغراض الملحق رقم 5 للكود

تتلخص أغراض هذا الملحق رقم 5 للكود في أن تحقق الأساسات المستعملة متطلبات الاستثمار والتشغيل، التي أنشأت من أجلها طوال الفترة المفروضة لبقائها صالحة للاستثمار، مع توفير معامل أمان كافٍ ضد الانهيار وعدم الاتزان، وتوفير الديمومة المطلوبة، وعدم تجاوز الهبوط الكلي والتفاضلي المسموحين، وعدم تجاوز الاجهادات المطبقة على التربة للإجهادات المسموحة.

3-1 طرائق الحساب

يتم الحساب في هذا الكود وفق ما جاء في البند (1-2-2) من الكود العربي السوري لتصميم المنشآت بالخرسانة المسلحة- طبعة عام 2004 (والذي سيشار له بالكود الأساس) أو ما يصدر من تطوير له، ويضاف إلى ذلك الآتي:

1 – عندما يستعمل في الحساب إجهادات التربة المسموح بها (الصافية) تؤخذ الأحمال الاستثمارية غير المصعدة للأعمدة والجدران، دون إدخال وزن الأساس وأحمال الردم فوقه في تقدير الأحمال.

2 – أمَّا عندما يستعمل في الحساب إجهادات التربة المسموح بها (الكلية)، فتؤخذ الأحمال الاستثمارية غير المصعدة للأعمدة والجدران، مع إدخال وزن الأساس وأحمال الردم فوقه في تقدير الأحمال.

3 – يمكن تصميم الأساسات بإحدى الحالتين وهما: حالة حد الاستثمار أو حالة الحد الأقصى، باستثناء التصميم مع الأخذ بالحسبان أحمال الزلازل، فتصمم بحالة الحد الأقصى فقط.

4 – أمَّا في حالة حساب المنشآت لمقاومة الزلازل، فيمكن استعمال إحدى الطريقتين وفق ما هو وارد في الملحق رقم 2 للكود الخاص بالزلازل، وما يطرأ عليه من تطوير.

مرجع إضافي:

- الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني.
  كودة ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

2 الباب الثاني
التعاريف والمصطلحات

2-1 التعاريف

- **الأساسات:** تعرف الأساسات بأنها العنصر الإنشائي الذي يقوم بنقل الأحمال المطبقة عليه (في جميع حالات التحميل المحتملة) إلى تربة التأسيس محققاً متطلبات الاستقرار والمقاومة والهبوط المسموح به والاختيار الاقتصادي الملائم. وهي أول جزء من المنشأة إلخرسانية يتم صبه في الموقع، فوق تربة التأسيس مباشرةً، ويكون محاطاً بالتربة عادةً، وتكون مهمته نقل الأحمال من العناصر الحاملة إلى تربة التأسيس.
- **الأساسات الضحلة أو السطحية:** هي الأساسات التي تقل فيها نسبة عمق منسوب التأسيس تحت سطح الأرض إلى عرض الأساس عن 3، علماً بأن هذه القيمة، وما سيأتي من قيم، ليست إلزامية وإنما هي إصطلاحية يمكن زيادتها أو إنقاصها حسب الموقع ونوعية المنشأة، والغاية منها التفريق بين أنواع الأساسات.
- **الأساسات العميقة:** هي الأساسات التي لا تقل نسبة عمق منسوب التأسيس تحت سطح الأرض إلى عرض الأساس عن 3.
- **الأساس المنفرد:** هو أساس لعمود واحد (أو لجدار واحد)، ويعد بحكم العمود الواحد العمودان (أو أكثر) المتجاوران عندما يكون سمك الفاصل بينهما صغيراً جداً (حالة عمودين عند جانبي فاصل التمدد على سبيل المثال).
- **الأساس المشترك:** هو أساس مشترك تحت عمودين.
- **الأساس الشريطي (الأساس الخطي):** هو أساس مشترك تحت أكثر من عمودين واقعة على خط مستقيم واحد، أو تحت جدار.
- **الأساس رجل البطة:** هو أساس منفرد لعمود طرفي واحد يقع عند خط الملكية، بحيث لا يمكن مد الأساس (في أحد الاتجاهات على الأقل) خارج خط الملكية الواقع عند طرف العمود.
- **الأساس الكتلي:** هو أساس سطحي من الخرسانة العادية أو المغموسة.
- **الأساس الصلد:** هو الأساس الذي يؤمن توزعاً خطياً للإجهادات على تربة التأسيس تحته، أي الأساس الذي يؤمن هبوطاً خطياً تحت نعله.
- **الأساس اللين:** هو الأساس الذي لا يؤمن هبوطاً خطياً تحت نعله، و بالتالي لا يؤمن توزعاً خطياً للإجهادات على سطح تربة التأسيس تحته.
- **الآبار الاسكندرانية:** هي أساسات كتلية من الخرسانة العادية أو المغموسة، وتصنف بين الأساسات العميقة، وبالأحرى المتوسطة العمق، (حيث تكون نسبة عمق منسوب التأسيس تحت سطح الأرض إلى عرض الأساس أكبر من 3).

- **الأوتاد:** هي أساسات عميقة، وتكون من الخرسانة المسلحة أو من الفولاذ أو من الخشب. سيقتصر هذا الملحق للكود على الأوتاد الخرسانية المسلحة المصبوبة بالمكان.
- **القاعدة:** هي أساس لعمود، ليس بالضرورة أن تكون مستندة على تربة التأسيس، وليس من الضروري أن تكون مطمورة بالتربة. يمكن أن تكون قاعدة خرسانية مسلحة لعمود فولاذي.
- **جائز التقويم:** هو جائز يصل بين الأساس رجل البطة والأساس المنفرد الداخلي المجاور.
- **الحصيرة:** هي أساس لثلاثة أعمدة أو أكثر، غير واقعة على خط مستقيم واحد، ويمكن أن تكون تحت كامل مساحة المبنى، فتسمى حصيرة عامة، كما يمكن أن تكون تحت جزء من المبنى، وتسمى حينها حصيرة جزئية.
- **الحصيرة المفرغة:** هي أساس بشكل حصيرة (عامة أو جزئية) يتم فيه حذف البلاطة بالشرائح الوسطية بالاتجاهين بين الأعمدة، وبذلك يصبح مماثلاً لأساسات خطية (شريطية) بالاتجاهين وتكون الأعمدة عند نقط التقاطع.
- **مساحة الحصيرة:** هي مساحة التلامس (الاتصال) بين الحصيرة والتربة الحاملة.
- **رقبة الأساس:** هي الجزء من الأساس، المتصل مباشرة بالعمود أو بالجدار (والمطمور بالتربة)، ولكن بأبعاد أكبر من أبعاد العمود أو الجدار.
- **الشيناج:** هو جائز أرضي يربط بين الأساسات أو بين القواعد، ومهمته تحمل القوى الأفقية التي يمكن أن تحصل نتيجة لأي سبب، وكذلك حمل قواطع و جدران البلوك إن وجدت. كذلك يمكن أن يوجد الشيناج بمناسيب أعلى، ويعمل على منع تحنيب الأعمدة، إضافة لما سبق.
- **القبعة:** هي بلاطة خرسانية مصبوبة بالمكان، تربط بين مجموعة أوتاد في أعلاها، لتعمل هذه الأوتاد معاً كأساس.

2-2 المصطلحات

إضافة للمصطلحات الواردة في هذا الفصل، راجع المصطلحات الواردة في الملحق م6 (بآخر هذا الملحق للكود)، مع أصلها باللغة الانجليزية.

- **ضغط التلامس (إجهاد التماس) q:** هو الضغط المطبق على مساحة التماس بين نعل الأساس والتربة، والناتج من وزن الأساس وجميع القوى المطبقة عليه (واحدة القياس kg/cm^2 or MPa). يُشار له أحياناً بضغط التماس، أو بإجهاد التلامس.
- **معامل رد فعل التربة الشاقولي k_s حسب نظرية فنكلر:** هو النسبة بين الضغط الشاقولي المطبق على التربة q، وهبوط التربة الناتج عن هذا الضغط s أي: ($k_s = q / s$)، في تجربة يتم فيها تحميل بلاطة صلدة فولاذية بأبعاد 1 قدم × 1 قدم (305mm × 305mm)، وهو يتوقف على أبعاد نعل الأساس، و تقل قيمته مع إزدياد أبعاد الأساس. كما يمكن استنتاجه بعد حساب الهبوط في نقاط معينة لأجل إجهاد ناظمي معين مطبق تحت الأساس وبتطبيق العلاقة المذكورة أعلاه. (واحدة القياس

.(kgf/cm^3 or N/mm^3)

- **مساحة الأساس A:** هي مساحة التلامس (الاتصال أو التماس) بين الأساس وتربة التأسيس (مساحة نعل الأساس). (واحدة القياس cm^2 or m^2).
- **القوى القالبة Overturning Force:** هي المركبات الأفقية الناتجة من الأحمال المطبقة على المنشأة، والتي تنتج عزوماً تؤدي إلى دورانها حول المحور الأفقي (واحدة القياس t.m or kN.m).
- **الحافة المضغوطة:** هي حافة الأساس أو الحصيرة المطبق عليها أكبر ضغط على التربة، والذي يحدث تحت تأثير القوى القالبة.
- **معامل مرونة التربة E_s:** يمثل العلاقة بين الإجهاد والتشوه (الانفعال) لتربة التأسيس ($E_s = \sigma / \varepsilon$)؛ وذلك في المجال الخطي لهذه العلاقة (واحدة القياس kg/cm^2 or MPa).
- **ثابت مرونة التربة (ثابت النابض):** مقاومة التربة لواحدة الانتقال، وتساوي من أجل مساحة محدودة، جداء تلك المساحة بالمعامل k_s.
- **عامل الأمان ضد الانقلاب R_s:** هوالنسبة بين العزم المثبت M_s والعزم القالب M_o، ($R_s = M_s/M_o$).
- **ضغط الانتفاخ للتربة:** هو الضغط الواجب تطبيقه على التربة لاعادة قيمة الانتفاخ الحر إلى الصفر.

مرجع إضافي:

- الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني.
  كودة ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

3 الباب الثالث
الوحدات والرموز

1-3 الوحدات المستعملة في ملحق الكود هذا (الملحق 5)

هي الوحدات المقررة في المؤتمر العام للأوزان والمقاييس والمسماة بالنظام الدولي (SI). ويمكن استعمال وحدات النظام المتري التقليدي (MKS). ويبين الملحق (أ) في الكود العربي السوري الأساس، العلاقة بين وحدات النظام الدولي المعتمد في ملحق الكود هذا ووحدات النظام المتري التقليدي.

2-3 الرموز والدلالات

تركب الرموز بصورة عامة من الرموز المبينة في الباب الثالث من الكود العربي السوري الأساس، ويبين الجدول الوارد في البند (3-2) من الكود الأساس، أهم الرموز والدلالات، ويضاف إليها أهم الرموز والدلالات المتصلة بالأساسات في الجدول الآتي:

جدول الرموز والدلالات

الرمز	التعريف
A	مساحة المقطع العرضي للوتد عند نقطة الارتكاز
A_f	مساحة السطح الخارجي للوتد الملامس للتربة
B	البعد الأدنى للمسقط الأفقي للأساس
C	متوسط تماسك التربة حول قاعدة الوتد لمسافة شاقولية تساوي ثلاث مرات قطر الوتد
C_a	متوسط إجهاد التماسك (التلاصق) الحدي على سطح الوتد
C_c	قرينة الانضغاط
C_r	دليل إعادة الانضغاط
C_u	إجهاد التماسك في حالة القص غير المصرّف (المغلق).
d	سمك طبقة التأسيس المعرضة للانضغاط
e	لامركزية محصلة الأحمال
E_u	معامل المرونة لحساب الهبوط الفوري من تجربة القص بالمرونة
E_s	معامل مرونة التربة
EI_B	قساوة (صلادة) الأساس في واحدة العرض
$\sum EI_b$	مجموع قساوات (صلادات) الجوائز في واحدة العرض
$\sum Eth^3/12$	مجموع قساوات جدارن القص

f_1	معامل يساوي النسبة بين الضغط الأفقي والضغط الشاقولي الفعال
f_c'	المقاومة المميزة الأسطوانية للخرسانة
$\overline{f_a}$, $\overline{f_b}$	الإجهادات المسموح بها في الضغط الناتجة عن الضغط البسيط وعن ضغط الانحناء في الخرسانة
f_a , f_b	الإجهادات الفعلية في الضغط والانحناء
H	القوى الأفقية المؤثرة على الوتد
H_{ult}	أقصى حمل أفقي يمكن أن يتحمله الوتد دون انهيار التربة الجانبية
I	معامل تأثير يتوقف على: L/B , d/B
K_s	معامل رد فعل تربة التأسيس
K_o	معامل ضغط التربة الجانبي في حالة الراحة
K_a	معامل ضغط التربة الجانبي الإيجابي
K_p	معامل ضغط التربة الجانبي السلبي، أي الضغط المقاوم
K_r	معامل الصلادة
L	طول الأساس
M_o	العزم المركز على أعلى الوتد
M_S	مجموع العزوم المثبتة التي تسببها الأحمال الميتة (الدائمة) والمركبة الشاقولية الناتجة عن الأحمال الأفقية
M_{OT}	العزم القالب حول قاعدة الأساس الناتج عن قوى الرياح أو الزلازل أو القوى الجانبية المشابهة (OT = Over Turning)
M_p	عزم الانقلاب حول حرف قاعدة الأساس الذي تسببه المركبة الشاقولية الناتجة عن الأحمال الأفقية مضافاً إليه M_{OT} العزم القالب
N_2	عدد الدقات من اختبار الاختراق القياسيSPT بعد التصحيح نتيجة المياه الجوفية أوالعمق والضغط الطبيعي الفعال (مقاومة الاختراق حسب تجربة الاختراق القياسي)
N_C' N_q'	معاملات قدرة تحمل التربة
p_b	حمل الارتكاز عند أسفل الوتد
P_f	الحمل الناتج عن الاحتكاك على محيط الوتد
P_u	الحمل الأقصى الذي يتحمله الوتد
P_o	الضغط عند أسفل الوتد والمساوي للضغط الناتج عن عمود التربة بطول يساوي طول الوتد

P_z	قيمة الضغط الفعال عند العمق Z من عمق الوتد
q	ضغط التماس (إجهاد 4 التلامس)
q_u	قدرة التحمل الحدية للتربة، الناجمة عن مقاومة القص
R	نصف قطر الوتد
R_s	عامل أمان ضد الانقلاب
S	الهبوط
S_R	درجة الاستقرار ضد الانقلاب
SF	عامل الأمان
Δ	الانتقال
σ_1	الاجهاد الأكبر عند حافة الأساس
σ_2	الاجهاد الأصغر عند حافة الأساس
ε	التشوه النسبي (الانفعال strain)
ν	نسبة بواسون
δ	زاوية الاحتكاك بين الوتد والتربة، أو زاوية الاحتكاك بين السطح الخلفي للجدار الاستنادي والتربة
ϕ	زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة
γ	الوزن الفعال لوحدة الحجم من التربة

4 الباب الرابع
خواص المواد

تؤخذ خواص المواد من المواصفات والمقاييس المعترف بها قانوناً في الجمهورية العربية السورية. وفي حال عدم وجودها تعتمد النصوص الواردة في الباب الرابع من الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة (الكود الأساس)، ويضاف إليها الآتي:

4-1 الخرسانة العادية في الأساسات

تستعمل الخرسانة العادية في الأساسات الكتلية وما شابه، وهي تشبه مكونات الخرسانة المستعملة مع التسليح، ولكن مقاومتها الفعلية قد تكون أقل نسبياً، وتحدد مكوناتها من أجل الحصول على خلطة لدنة ذات تشغيل مناسب، وتحقق في الوقت ذاته خرسانة ذات مقاومة اسطوانية مميزة على الضغط f_c'، وبما يتناسب مع طبيعة الأساس المراد تنفيذه. يمكن بصورة عامة تصنيف درجات جودة الخرسانة والاستعمالات للأصناف المبينة في الجدولين الآتيين:

الجدول (4-1): أصناف الخرسانة العادية ومجالات استعمالاتها في الأساسات

صنف الخرسانة	المقاومة المميزة بالضغط f_c'		المقاومة المتوسطة بالضغط f_{cm}'		مجال الاستعمال
	N/mm^2	kgf/cm^2	N/mm^2	kgf/cm^2	
C8	8	80	9	90	نظافة تحت الأساسات
C10	10	100	11	110	نظافة، وخرسانة عادية
C12	12	120	13	130	خرسانة عادية

وتكون مقاومة الشد المميزة السابقة الذكر وفق الجدول الآتي:

الجدول (4-2): أصناف الخرسانة العادية ومقاوماتها المحتملة في الشد

صنف الخرسانة		C8	C10	C12
المقاومة المحتملة في الشد من الانعطاف	N/mm^2	1.2	1.4	1.5
	kgf/cm^2	12	14	15

4-2 الخرسانة المغموسة

1- هي خرسانة عادية الوزن ودون تسليح، وتتألف من الخرسانة العادية مع الأحجار الصغيرة (التي لا يزيد مقاسها الاعتباري الأعظمي على 150 mm) بنسبة حجمية (2 : 1) أي أن حجم الأحجار هوثلث الحجم الكلي للخرسانة المصبوبة.

2- يجب أن تكون الأحجار الصغيرة قاسية وحديثة الكسر من ثلاثة وجوه على الأقل، ونظيفة وخالية من جميع الشوائب والخرسانة، وأن يبل الحجر بالماء أثناء الصب.

3- يجب ألا يزيد أكبر بُعد للأحجار على ربع أصغر بعد يجري صبه بالخرسانة المغموسة، وألا يزيد على 150 mm أيهما أصغر.

4- تعتمد خصائص المقاومة للخرسانة المغموسة تماماً كما هومبين في البند (4-1) أعلاه للخرسانة العادية.

4-3 الخرسانة المسلحة

وهي مؤلفة من خرسانة من صنف لا يقل عن C15 (أي مقاومة مميزة بالضغط لا تقل عن $15N/mm^2$ أو $150kgf/cm^2$) وفولاذ تسليح، وتؤخذ كما وردت في الكود الأساس (الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة – الكود الأساس).

5 الباب الخامس
تقييم الأفعال

5-1 عام

تؤخذ الأفعال المطبقة على الأساسات تماماً كما هووارد في الباب إلخامس من الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة (الكود الأساس)، في حالة التصميم للزلازل وفق الطريقة الستاتيكية الأولى، وكما هووارد في الملحق رقم (2) للكود وإضافاته في حالة التصميم للزلازل بالطريقة الستاتيكية المكافئة الثانية، أو بإحدى الطرائق الديناميكية، إضافة إلى الشروط الواردة أدناه.

5-2 شروط حساب الأفعال

1- تؤخذ الأفعال كما جاء في الكود الأساس، سواء من الأفعال المباشرة أو غير المباشرة، وبإدخال تأثيرات الرياح أو الزلازل (أيهما أسوأ) كحالات تحميل لإعطاء التأثير الأسوأ، مع التنويه إلى أن الأحمال المنقولة من الأعمدة أو الجدران يجب أن يضاف لها وزن الأساس ذاته، ووزن التربة فوق الأساس، ووزن الأحمال الحية فوق الأساس من أجل الحصول على الإجهاد الكلي المطبق على تربة التأسيس.

2- عند حساب القوى والعزوم في الأساس، يُؤخذ الإجهاد الصافي المطبق على الأساس في التربة والذي يساوي الإجهاد الكلي المطبق على تربة التأسيس المحسوب كما سبق أعلاه، مطروحاً منه وزن الأساس ذاته، ووزن التربة فوق الأساس، ووزن الأحمال الحية فوق الأساس (إذا كانت قد حُسبت عند حساب الإجهاد الكلي المطبق على تربة التأسيس).

3- تعامل العناصر إلخرسانية للأساسات في التصميم، معاملة بقية عناصر المنشأة مع الأخذ بالحسبان (في حال وجود وسط مائي) تأمين عزل مائي جيد، وتحقيق المقاومة المستعملة في الحساب (أو الإجهادات المسموح بها) بما يتناسب مع الأقطار المستعملة للتسليح، كما في حالة المنشآت المطلوب فيها التحقيق لحد التشقق (إذا كان هناك احتمال وصول الماء لهذه الأساسات).

5-3 قوة رفع الماء (التعويم) Bouyance

في حال وجود مياه جوفية تغمر الأساس، أو توقع وجودها مستقبلاً، وكان الأساس بشكل حصيرة عامة مع جدران استنادية محيطية، وفي حالة وجود أقبية مطمورة كلياً أو جزئياً، يلزم أخذ قوة رفع الماء للأساس باتجاه الأعلى (التعويم- دافعة أرخميدس) عند حساب القوى المؤثرة على الأساس، وخاصة في مرحلة التشييد، لاحتمال أن تكون قوة دفع الماء للأعلى أكبر من الأوزان الذاتية للأساس والجدران الاستنادية، وهي الأوزان الموجودة قبل إكمال بقية هيكل المبنى.

6 الباب السادس
تعيين الأمان وتوزع الإجهادات على التربة تحت الأساسات

6-1 عام

تطبق اشتراطات الأمان على عناصر الأساسات تماماً كما هووارد في الباب السادس من الكود العربي السوري الأساس، ويضاف إلى ذلك الاشتراطات الآتية في حال التحقق من الأساسات لمقاومة الزلازل.

6-2 حالات التحميل

6-2/1 تقسم حالات التحميل المختلفة إلى ثلاث حالات وفقا لاحتمالات حدوثها ومدة تأثيرها ومعدل تكرارها، ويتم تعيين معامل الأمان لهذه الحالات على النحو الموضح فيما بعد في البند (6-3).

أ - **حالة التحميل رقم (1):** تشمل كل الأحمال الدائمة المؤثرة على الأساس الناتجة من الاستعمال اليومي العادي للمنشأة مثل وزن المنشأة ذاتها (الحمل الميت) والحمل الحي وضغط الماء وضغط التربة والأحمال المتحركة بصورة منتظمة ... إلخ.

ب- **حالة التحميل رقم (2):** تشمل الأحمال غير الدائمة المؤثرة على الأساس، مثل ضغط الرياح والأحمال المتحركة ... إلخ، سواء أثناء مرحلة الإنشاء أو خلال العمر الافتراضي للمنشأة، وذلك بالإضافة إلى الأحمال المذكورة في حالة التحميل رقم (1).

ت- **حالة التحميل رقم (3):** تشمل الأحمال النادرة الحدوث التي تنجم عن حوادث التشغيل والزلازل والكوارث الطبيعية، وذلك بالإضافة إلى حالة التحميل رقم (2). وتطبق حالة التحميل رقم (3) للمنشآت الهامة وذات الطبيعة الخاصة.

6-2/2 تُؤخذ تراكيب الأفعال في حالة الأحمال الاعتيادية (حالتي التحميل رقمي 1 و2) كما وردت في الكود الأساس في البند (6-3-2-1) للتراكيب الأساسية وفي البند (6-3-2-2) للتراكيب الثانوية التي تشمل تأثير الزلازل المحسوبة وفق الطريقة الستاتيكية المكافئة الأولى الواردة في الكود الأساس.

6-2/3 أما عند حساب تأثير الزلازل وفق الطريقة الستاتيكية المكافئة الثانية أو وفق الطريقة الديناميكية (الواردتين في الملحق رقم 2 إلخاص بالزلازل)، فتُؤخذ تراكيب الأحمال وفق المادة (3-12) من الملحق 2 للكود، وخاصة وفق البند (3-12-2-أ) للتراكيب الأساسية، ووفق البند (3-12-2-ب) لتراكيب الأحمال الأخرى، ووفق البند (3-12-3) للتراكيب الخاصة بالأحمال الزلزالية، وما أُعطي لها من توضيحات.

3-6 متطلبات الأمان اللازمة للتصميم

1/3-6 العمق الأدنى لمنسوب التأسيس

يجب ألا يقل عمق التأسيس عن 1.0 متر تحت منسوب سطح الأرض النهائى الدائم حول الأساس وذلك لضمان عدم تأثر التربة عند منسوب التأسيس بالعوامل الجوية. ويمكن أن يقل هذا العمق فى حالات التربة الصخرية السليمة والمباني المؤقتة أو الصغيرة مثل الأكشاك وبوابات الحراسة... إلخ. ويراعى زيادة عمق التأسيس لحماية الأساسات من الزيادة الحجمية للتربه والناتجة عن انخفاض درجة الحرارة تحت الصفر فى المناطق الجبلية أو نتيجة أى عامل خارجى آخر.

2/3-6 الأمان من الانقلاب Overturning

يتم اختيار أكبر عزم قالب M_{OT} ناتج من أحد تراكيب أحمال الاستثمار، وهو يمثل مجموع عزوم أحمال الاستثمار غير المصعدة التي يمكن أن تحدث بشكل متزامن والذي يتألف من:

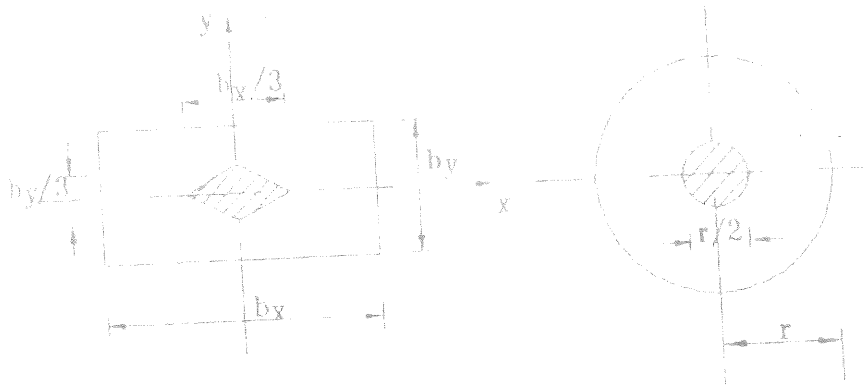
M_P: عزم الانقلاب حول حرف قاعدة الأساس والذي تسببه المركبة الشاقولية الناتجة عن الأحمال الأفقية مضافاً إليها M_{OT} عزم الانقلاب حول قاعدة الأساس، والذي تسببه قوى الرياح أو الزلازل، أو القوى الجانبية المشابهة.

M_S: مجموع العزوم المُثبتة، والتي تسببها الأحمال الميتة والمركبة الشاقولية الناجمة عن الأحمال الأفقية.

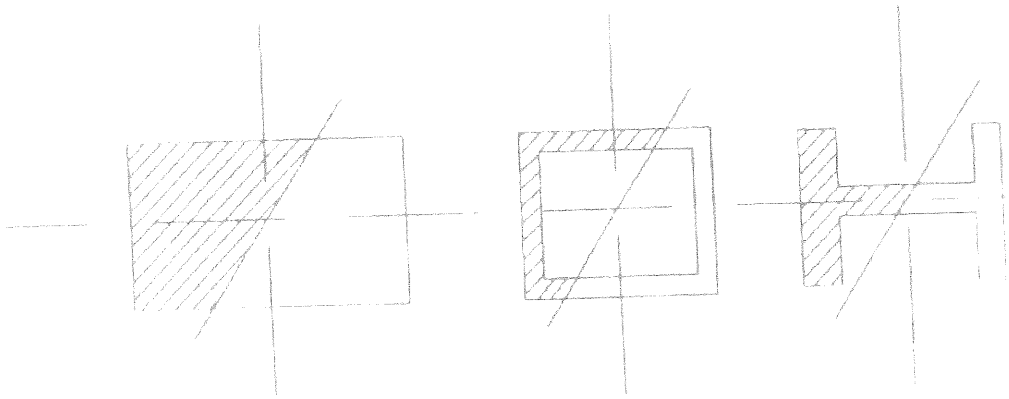
ومن ثم يتم تعيين درجة الاستقرار ضد الانقلاب $S_R = M_S / M_P$.

يتحقق الأمان من الانقلاب للأساسات الضحلة بالاحتفاظ بالمساحة الكلية لقاعدة الأساس أو جزء منها تحت إجهادات الضغط بفرض أن أحمال الأساس ينتج عنها توزيعا خطيا للإجهادات على التربة عند منسوب التأسيس كالآتي:

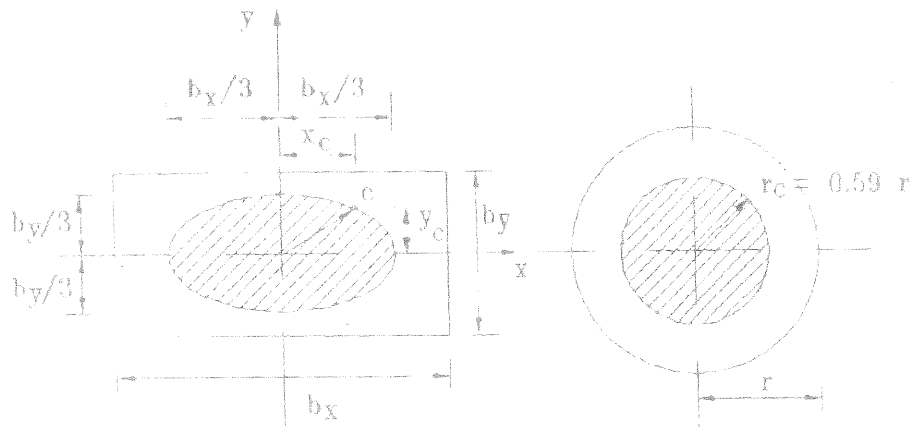
في حال تعرض الأساس للأحمال الميتة فقط، يجب أن تقع محصلة القوى المؤثرة عند منسوب التأسيس في نواة core مساحة الأساس كما هو موضح بالشكل (6-1). أما في حالة تعرض الأساس لأحمال ميتة وحية معاً، فمن الجائز السماح لجزء من المساحة الكلية للأساس بنقل إجهادات الضغط إلى التربة، بينما بقية مساحة الأساس لا تنقل أي إجهادات (سواءً شد أو ضغط). ويجب ألا تقل مساحة هذا الجزء عن 50% من المساحة الكلية في حالة الأساس المتماثل. ويجب مراعاة أن التربة لا تتحمل إجهادات شد. وتكون حدود هذا الجزء من مساحة الأساس محصورة بين حواف الاساسات وخط مستقيم يمر بالمركز الهندسي لشكل الأساس centroid كما هو موضح بالشكل (6-2). ولاستيفاء هذا الشرط يجب أن تقع نقطة تأثير محصلة القوى المؤثرة على الأساس في حدود المساحات المهشرة بالشكل (6-3).



الشكل (6-1): نواة الأساسات المستطيلة والدائرية



الشكل (6-2): الأجزاء من مساحات الأساسات التي تعمل في نقل الأحمال للتربة



الشكل (6-3): موقع تأثير محصلات القوى للأساسات المستطيلة والدائرية لتحقيق الأمان من الإنقلاب

ويمكن تعيين هذه المساحات في حالتي المستطيل والدائرة بالمعادلتين الآتيتين:

في حالة الأساسات المستطيلة:

$$\left(\frac{x_c}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{y_c}{b_y}\right)^2 = \frac{1}{9} \quad \ldots\ldots \quad (1\text{-}6)$$

في حالة الأساسات الدائرية:

$$\frac{r_c}{r} = 0.59 \quad \ldots\ldots \quad (2\text{-}6)$$

حيث:

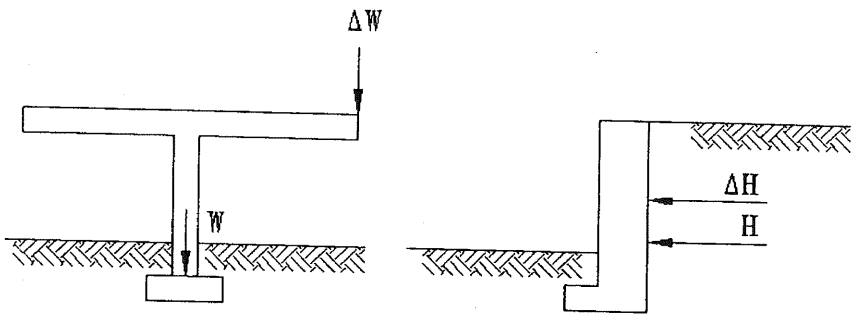
x_c, y_c إحداثيات حد المساحة التي يجب أن تقع بداخلها نقطة تأثير محصلة القوى (بالمتر).

b_x, b_y أبعاد مساحة الأساس المستطيل في اتجاهي x, y (بالمتر).

r_c نصف قطر المساحة والتي يجب أن تقع بداخلها نقطة تأثير محصلة القوى (بالمتر).

r نصف قطر الأساس الدائري (بالمتر).

ويجب إعطاء أهمية خاصة للأمان من الانقلاب في حالة الأساسات التي يمكن أن يؤدي أي تغيير طفيف في الأحمال إلى لامركزية eccentricity كبيرة في نقطة تأثير محصلة القوى المؤثرة على الأساس كما في حالة أساسات المنشآت ذات الأظفار المزدوجة double cantilever أو الحوائط الساندة (الجدران الاستنادية)، الشكل (6-4). وفي مثل هذه المنشآت يجب مراعاة الدقة التامة في حساب الأحمال المؤثرة عليها.



شكل (6-4) اساسات حساسة للانقلاب

6-3/3 الأمان من التعويم Bouancy

في حالات تعرض الأساسات لقوى دفع المياه إلى أعلى (الشكل 6-5)، يُعين معامل الأمان من التعويم من العلاقة الآتية:

$$F_U = \frac{Q}{U} \quad \ldots\ldots \quad (3\text{-}6)$$

حيث: F_U معامل الأمان من التعويم

Q الحمل الرأسي الكلي المؤثر إلى أسفل عند منسوب التأسيس (كيلونيوتن).

U قوى الدفع الكلية المؤثرة إلى أعلى عند منسوب التأسيس (كيلونيوتن).

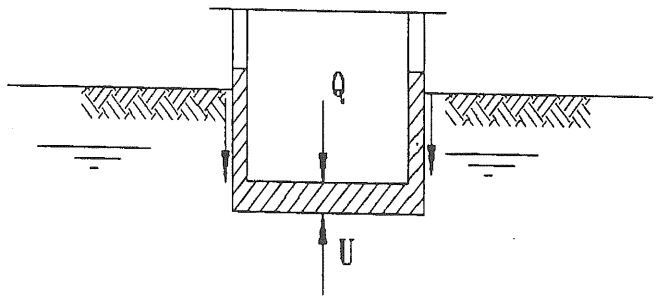
ويجب ألا يقل معامل الأمان من التعويم عن القيم المبينة في الجدول (6- 1).

الجدول (6- 1): معامل الأمان من التعويم

حالات التحميل*	١	٢	٣
معامل الأمان من التعويم	١,٣	١,٢	١,١

***أنظر بند رقم (6-2)**

وإذا أُخذ في الحسبان قيم مقاومة القص بين التربة وجوانب الأساس كقيمة إضافية للقوى الرأسية المؤثرة إلى أسفل فيجب أن تزداد القيم المذكورة سابقا لمعامل الأمان من التعويم بمقدار 2.0 وفي هذه الحالة يجب التأكد من عدم إزالة التربة طوال عمر المنشأة.



الشكل (6-5): أساسات حساسة للتعويم

4/3-6 الأمان من الانزلاق Sliding

يمكن حدوث الانزلاق في حالة تعرض الأساسات لأحمال جانبية كبيرة مع صغر عمق الأساس المدفون تحت سطح الأرض بالإضافة إلى صغر قيمة مقاومة القص للتربة الملامسة للأساس ويعرف معامل الأمان من الانزلاق طبقا للشكل (6-6) على النحوالآتي:

$$\frac{\text{مجموع القوى المقاومة للانزلاق}}{\text{مجموع القوى المسببة للانزلاق}} \qquad F_s = (H_s + E_p) / (E_a + H) \quad \ldots\ldots \quad (4-6)$$

حيث:

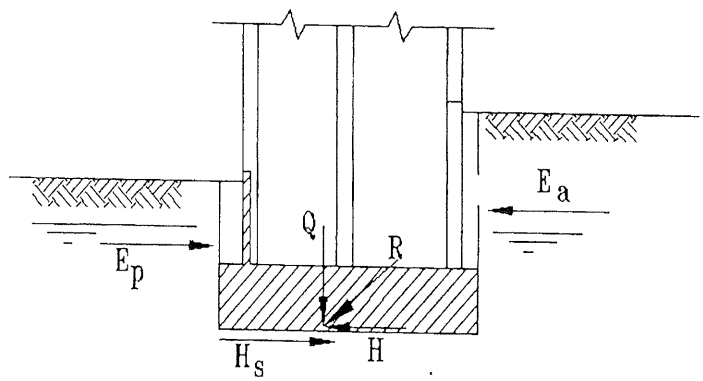
F_s معامل الأمان من الانزلاق.

H_s قوة مقاومة القص عند قاعدة الأساس. (كيلونيوتن)

H القوة الأفقية المنقولة من المنشأة عند قاعدة الأساس. (كيلونيوتن)

E_p محصلة ضغط التربة السلبي. (كيلونيوتن)

E_a محصلة ضغط التربة الايجابي. (كيلونيوتن)



الشكل (6-6): الأمان من الانزلاق

ويتم حساب قوة مقاومة القص (H_S) كالآتي:

$$H_S = Q \tan \delta + Ac_w \quad \ldots\ldots \quad (5-6)$$

في حالة التربة غير المتماسكة cohesionless يمكن إهمال الجزء(Ac_w) من المعادلة. وفي حالة التربة المتماسكة cohesive يمكن إهمال الجزء $Q \tan \delta$ من المعادلة السابقة.

حيث:

δ زاوية الاحتكاك بين الأساس والتربة وتؤخذ $\delta=2/3\ \phi$ (درجة).

ϕ زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة (درجة).

c_w إجهاد التماسك بين التربة والأساس. في حالة الطين الضعيف والمتوسط التماسك تؤخذ ($c_w = c_u$) وفي حالة الطين المتماسك وشديد التماسك والصلد تؤخذ ($c_w = 1/2\ c_u$) (كيلونيوتن/ م^2).

c_u قوة التماسك للتربة في الحالة غير المصرفة (كيلونيوتن/ م^2).

A مساحة الأساس المعرض للضغط (متر مربع).

Q محصلة القوى الرأسية المؤثرة عند منسوب الأساس بما فيها ضغط الماء عند القاعدة (إذا وجد) (كيلونيوتن).

وفي جميع الحالات، يجب ألا يقل معامل الأمان من الانزلاق عن القيم المبينة في الجدول (6- 2) لحالات التحميل المناظرة.

الجدول (6-2): معامل الأمان من الانزلاق

حالات التحميل*	١	٢	٣
معامل الأمان	١,٥	١,٣	١,١

* انظر البند رقم (6-2)

6-3/5 الأمان من انهيار (فشل) تربة التأسيس (تجاوز الإجهادات المسموح بها للتربة)

يتحقق الأمان من انهيار (Failure) تربة التأسيس إذا لم يتم تجاوز الإجهادات المسموح بها للتربة (المعينة من مهندس التربة) وذلك للأحمال الاعتيادية الاستثمارية (الحالة رقم 1 في 6-2 أعلاه). أما في حالة التحميل رقم 2 (أحمال الرياح إضافة للأحمال الاعتيادية)، حيث تُنتج تلك الأحمال قيماً غير متساوية لضغط التلامس بين التربة والأساس، فيمكن زيادة قيمة الإجهادات المسموح بها لتحمل التربة، بضربها بعامل تكبير وفقاً لما هو وارد في الجدول (6-3).

الجدول (6-3)

النسبة بين إجهادي حافتي الأساس σ_1, σ_2 من أحمال الاستثمار غير المصعدة	عامل التكبير
$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} < 2$	1.2
$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} \geq 2$	1.3

حيث: σ_1 : قيمة الإجهاد الأكبر؛

σ_2 : قيمة الإجهاد الأصغر عند حافتي الأساس.

أما في حالة الزلازل (حالة التحميل رقم 3 في الجدول 6-2 أعلاه)، وحيث يتم الحساب لحالة الحد الأقصى، (وفقاً للكود الأساس ولملحقه رقم 2 الخاص بالزلازل)، فيُحسب الاجهاد الأعظمي على التربة من حالات التحميل للأحمال الشاقولية مع أو بدون تأثير الزلازل وفقاً للتراكيب المُحددة في الكود الأساس (الطريقة الستاتيكية المكافئة الأولى) أو الملحق رقم2 للكود (الطريقة الستاتيكية المكافئة الثانية والطريقة الديناميكية)، ويُحسب الإجهاد الأعظمي المسموح به لحالة الحد الأقصى كما يلي:

إذا كانت: $(\sigma_1 / \sigma_2) < 2$ يُضرب الاجهاد المسموح به بعامل تكبير = 1.6 .

إذا كانت: $2 < (\sigma_1 / \sigma_2)$ يُضرب الاجهاد المسموح به بعامل تكبير = 2.0 .
على أنه يمكن أخذ قيمة متوسطة بين 1.6 و 2.0 حسب تغير النسبة σ_1 / σ_2 من 1 إلى 2 .

6/3-6 الأمان من الهبوط الزائد والهبوط المتفاوت (التفاضلي)

يحدث هبوط الأساس نتيجة لانتقال الأحمال إلى التربة. وعموما لا يسبب الهبوط المتساوي للأساسات أي أضرار بالمنشأة فيما يتعلق بسلامتها حيث لا تنتج عنه أي شروخ أو تصدعات بالمبنى. أما إذا كان الهبوط المتساوي كبيرا فقد يؤثر ذلك على سلامة وصلات المياه والمجاري وحسن أداء وظيفة المنشأ... إلخ. وينشأ الهبوط المتفاوت عموما نتيجة لاختلاف الأحمال المؤثرة على الأجزاء المختلفة للأساس أو نتيجة لاختلاف أعماق أو أبعاد أو أشكال الأساس وكذلك لاختلاف خواص التربة تحت المنشأ خاصة فيما يتعلق بقابليتها للإنضغاط. وفيما يلي بعض التوصيات الواجب اتخاذها للحد سواء من قيمة الهبوط الكلي أو الهبوط المتفاوت (التفاضلي) للأساسات الضحلة.

يتم تقييم الأحمال الصافية من تراكيب الأحمال الاستثمارية غير المصعدة، والتي تؤدي إلى أكبر هبوط أو تشوه للأساس. ويحدث هذا الهبوط خلال، أو بعد فترة وجيزة من تطبيق الأحمال (حالة التربة الرملية) ويمكن أن يحدث خلال وقت متأخر (حالة التربة الغضارية) وهذا يعتمد على نوع التربة تحت الأساس. ونميز بين نوعين من الهبوط:

الهبوط البدائي الذي يحدث خلال مراحل الإنشاء، والهبوط طويل الأمد الناتج من الانضغاطية (consolidation) مع الزمن لتربة التأسيس. إضافة لذلك فهناك هبوط ثانوي نتيجة الزحف أو السيلان (creep)، الذي يمكن إهماله أحياناً. أما الهبوط التفاضلي (المتفاوت) للأساسات فهو الفرق بين هبوطاتها الكلية، والهبوط التفاضلي المهم للأساسات الذي يمكن أن يؤثر عليها وعلى الجملة الإنشائية للمبنى أو المنشأة، هو فرق الهبوط الكلي بين الأساسين المتجاورين، وخاصة نسبة هذا الفرق للمجاز بينهما.

6-3/6/1 الهبوط الكلي ***Total Settlement***

يجب ألا تتجاوز قيم أقصى هبوط كلي للأساسات الضحلة القيم المذكورة في الجدول (6-4).

والقيم المذكورة في هذا الجدول تم التوصل إليها من واقع متابعة ورصد الهبوط لأنواع مختلفة من المباني. ولقد وجد عمليا أن هناك علاقة بين قيم الهبوط الكلي والهبوط المتفاوت الذي قد يلحق أضرارا بالمنشأ كما ذكر سابقا. وعموما فإن عدم تجاوز قيم الهبوط الكلي المذكورة في الجدول السابق من شأنه أن يكون كافيا لأن يتحمل المنشأ الهبوط المتفاوت بدون أضرار وذلك في حالة تمركز أحمال الأساس مع مركز ثقله وأن تكون تربة التأسيس متجانسة أسفل الأساس. ويجب التأكد من قدرة المبنى على تحمل قيم الهبوط المتوقعة عند تصميم المنشأة.

6-3/6/2 الهبوط المتفاوت (التفاضلي) ***Differential Settlement***

يوضح الجدول (6-5) قيم الهبوط المتفاوت المسموح به بدلالة زاوية الدوران وذلك للمنشآت المختلفة

(زاوية الدوران تساوي الهبوط المتفاوت بين عمودين على سبيل المثال مقسوما على المسافة بين هذين العمودين).

الجدول (6-4): أقصى هبوط كلي مسموح به للأساسات الضحلة

نوع الأساس	نوع التربة	أقصى هبوط (مم)
أساسات منفصلة	متماسكة (غضارية)	70
	غير متماسكة (رملية)	50
حصيرة	متماسكة	150
	غير متماسكة	100

الجدول (6-5): الهبوط التفاضلي (المتفاوت) المسموح به للمنشآت وغير المسموح به

الهبوط بدلالة ظل زاوية الدوران *	تصنيف الحالة	نوعية المنشأة
1:750	الحد المتوقع عنده وجود مشاكل للآلات الحساسة للهبوط التفاضلي.	منشآت محتوية على توربينات أو ما شابه.
1:600	الحد المتوقع عنده حدوث تشققات كبيرة في الإطارات من الخرسانة المسلحة غير المقررة استاتيكياً بدرجة كبيرة.	إطار خرساني متعدد الطوابق مشاد على أساس حصيرة.
1:500	الحد المطلوب للمنشآت العادية المراد خلوها من أية تشققات على وجه العموم.	إطار معدني أو من الخرسانة المسلحة ذوحساسية للهبوط التفاضلي.
1:300	الحد المتوقع عنده حدوث تشققات بالجدران في المباني الهيكلية وصعوبات في المنشآت المحتوية على روافع، والحد الذي يمكن عنده ملاحظة ميل المباني بالعين المجردة.	إطار معدني أو من الخرسانة المسلحة غير حساس للهبوط التفاضلي، المآذن، المداخن، إلخزانات، المياه العالية، ...، إلخ.
1:150	الحد المتوقع عنده حدوث تشققات كبيرة في حوائط المباني الهيكلية، أو الحد المتوقع عنده حدوث شروخ في الحوائط الحاملة من الطوب أو الحجر (نسبة ارتفاع الجدار إلى طوله أقل من 25%)، أو الحد الذي يحدث عنده أضرار في هيكل المنشأة.	غير مسموح.

* ظل زاوية الدوران يساوي الهبوط التفاضلي بين محوري عمودين متجاورين مقسوماً على المسافة بينهما

تم التوصل إلى القيم المذكورة في الجدولين السابقين (6-4 و 6-5) من واقع متابعة ورصد الهبوط لأنواع مختلفة من المباني ومن الكودات العالمية. ولقد وجد عملياً أن هناك علاقة بين الهبوط الكلي والهبوط التفاضلي الذي قد يلحق أضراراً بالمنشأة كما ذكر سابقاً. وعموماً فإن عدم تجاوز قيم الهبوط الكلي المذكورة في الجدول (6-4) من شأنه أن يكون كافياً في المنشآت العادية (تباعدات الأعمدة منتظمة تقريباً بالاتجاهين بتباين لا يتعدى 25% وتباعدات كلية لا تتعدى ستة أمتار)، لأن تتحمل المنشأة الهبوط التفاضلي بدون أضرار في حال وجود شيناجات قوية بالاتجاهين، وذلك في حالة تمركز أحمال الأساس مع مركز ثقله وأن تكون تربة التأسيس متجانسة أسفل الأساس. ويجب التأكد من قدرة المبنى على تحمل قيم الهبوط المتوقعة عند تصميم المنشأة.

6-3/7 المقاسات التي تكفل الأمان للأساس إنشائيا

يجب تصميم أي أساس ليتحمل الإجهادات الناتجة عن القوى المؤثرة عليه بما في ذلك ضغط التلامس. ويتم تصميم الأساس تبعا لهذه القوى طبقا للكودات المختلفة التي تحكم تصميم مواد البناء المختلفة. ويُرجع إلى الفصل (6-7) من هذا الملحق لمعرفة طرائق حساب توزيع ضغط التلامس.

6-3/8 القيم التقريبية لقدرة التحمل المسموح بها للتربة والصخور

يُبين الجدول (6-6) قدرة التحمل (الكلية الاستثمارية) المسموح بها لمختلف أنواع التربة والصخور الأكثر شيوعاً، اعتماداً على الخبرة المتوفرة في هذا المجال.

6-4 الأحمال وحالات التحميل للأساسات التي تحمل أكثر من عمود

6-4/1 عام

أ - إن ضغط التلامس المتبادل بين التربة والأساسات لأكثر من عمود، والإجهادات الداخلية الناتجة في التربة، يجب أن يتم تعيينها من إحدى تراكيب الأحمال المشار لها في البند (6-2) أعلاه، والتي ينتج عنها الإجهادات العظمى المطبقة على العنصر.

ب- ليس من الضروري حدوث العزم والقص الحديين الأعظميين بالترافق مع الأحمال العظمى المطبقة على كل الأعمدة في وقت واحد.

الجدول (6-6)

القيم التقريبية لقدرة التحمل المسموح بها لمختلف أنواع التربة والصخور

نوع التربة أو الصخر	الوصف	قدرة التحمل kN/m^2 (kgf/cm^2)	ملاحظات
تكونات كريستالية من الصخور النارية والمتحولة	صخور سليمة	5000 – 10000 (50 – 100)	
صخور رقائقية متحولة	صخور سليمة	2000 – 4000 (20 – 40)	
صخور رسوبية (حجر غضاري- حجر رملي- حجر جيري)	صخور سليمة	1000 – 3500 (10 – 35)	
الصخور المعرضة للعوامل الجوية والصخور الغضارية	صخور رخوة	500 – 1000 (5 – 10)	ما لم تكن تتأثر بالماء
بحص gravel- خليط من البحص والرمل [1]	عالي الدمك متوسط الدمك سائب	500-700 (5-7) 400-600 (4-6) 200-400 (2-4)	عرض الأساس لا يقل عن متر واحد
رمل sand خشن إلى متوسط أو رمل مع قليل من البحص[1]	كثيف جداً متوسط الكثافة إلى كثيف سائب	300-500 (3-5) 150-300 (1.5-3) 100-200 (1-2)	عرض الأساس لا يقل عن متر واحد
رمل ناعم إلى متوسط أو رمل متوسط إلى خشن سيلتي silt أو غضاري clay	كثيف جداً متوسط الكثافة إلى كثيف سائب	200-400 (2-4) 150-250 (1.5-2.5) 100-150 (1.0-1.5)	عرض الأساس لا يقل عن متر واحد
سلت غير عضوي non-organic silt أو سلت رملي		100 – 200 (1 – 2)	عمق التأسيس 1 – 1.5 m
غضار متجانس غير عضوي أو غضار رملي أو غضار سلتي أو سيلت غضاري[2]	صلد	> 400 (> 4.0)	هذه المجموعة عرضة للهبوط نتيجة التضاغط على المدى الطويل
	شديد التماسك	200-400 (2-4)	
	متماسك	100-200 (1-2)	
	متوسط التماسك	50-100 (0.5-1)	
	ضعيف التماسك	25-50 (0.25-0.5)	
	ضعيف التماسك جداً	< 25 (< 0.25)	

(1) تسري القيم الواردة في هذا الجدول في حالة التربة غير المغمورة و تُؤخذ نصف هذه القيمة في حالة ما إذا كانت التربة مغمورة أسفل منسوب المياه الأرضية ومنسوب التأسيس.

(2) تسري القيم الواردة في هذا الجدول في حالة التربة كاملة التشبع.

6-4/2 الأحمال المنقولة للأساسات

تتكون الأحمال المنقولة للأساسات من:

أ – الأحمال الميتة وتتألف من:

– وزن المنشأة العلوية.

– وزن الأساس.

– وزن الأحمال على سطح الأرض فوق الأساس.

– وزن الردم فوق الأساس.

ب – الأحمال الحية وتتألف من:

1) أحمال ثابتة أو متحركة، ويؤخذ بالحسبان في الحساب التخفيض المسموح في حالة الأبنية المتعددة الطوابق أو ذات المساحة الطابقية الكبيرة، وذلك طبقاً للبند (5-3-3) من الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة (الكود الأساس).

2) قوة مكافئة ساكنة، تعادل تأثير الأحمال الديناميكية، مثل أحمال الرياح والزلازل وقوى الصدم.

6-4/3 تراكيب الأحمال

يجب أن يتم تحليل الحالات الآتية وأخذها في الحسبان عند تصميم الأساسات المشتركة والحصائر.

6-4/3/1 تراكيب الأحمال من أجل تعيين ضغط التماس (إجهاد أو ضغط التلامس)

نختار من بين تراكيب أحمال الاستثمار غير المصعدة، الحالة التي ينتج عنها أكبر ضغط تماس على سطح القاعدة، ويقارن هذا الضغط مع الإجهاد المسموح به للتربة، والذي يُعينه المهندس الجيوتكنيكي (مهندس التربة)، ويجب أن لا تزيد قيمة ضغط التماس في أي حالة من حالات تراكيب الأحمال (في حالة حد الاستثمار) والتي تتضمن الأحمال الميتة والأحمال الحية وأحمال الزلازل (أو أحمال الرياح حيث لا يجوز الجمع بين أحمال الرياح وأحمال الزلازل) على قيمة الإجهاد المسموح به، والتي حددها المهندس الجيوتكنيكي، ويتم حساب الإجهادات من الزلازل في حالة الحد الأقصى، وتقارن مع الاجهاد الممسموح به بعد تصعيده حسب الكود الأساس (الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة) وملحق الزلازل والفقرة (6-4/3/2) من هذا الملحق.

6-4/3/2 تراكيب الأحمال من أجل تصميم مقاطع الأساس

على الرغم من أن تصميم مقاطع الأساس بطريقة الإجهادات المسموح بها يُعد مقبولاً، لكن من الأفضل تصميم مقاطع الأساسات والحصائر بالاعتماد على تصميم المقاطع وفق حالة الحد الأقصى لمقاومة القوى الناتجة من تراكيب الأحمال المنصوص عليها في الفصل (6-3) من الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة (الكود الأساس).

6-3/3/4 توزع إجهاد التلامس (ضغط التماس) المعتمد في التصميم

إن إيجاد توزع إجهاد التلامس بين الأساس والتربة، يُعد منطلقاً لحساب وتصميم الأساسات، ذلك أنه بمجرد معرفة هذا التوزع، يمكن حساب القوى الداخلية، وبالتالي تصميم مقاطع الأساس، سواء أكان هذا الأساس حصيرة أو أساساً مستمراً، وذلك استناداً إلى نظريات حساب الإنشاءات.

ولكن المشكلة تكمن في أن سلوك الأساس واستجابته لنقل الأحمال المطبقة عليه إلى التربة هو رد فعل متبادل بين الأساس ذاته والمنشأة فوقه والتربة. ويمكن أن يكون رد الفعل هذا متغيراً لفترة طويلة من الزمن، لحين حصول الاستقرار والتوازن النهائيين بين الأحمال إلخاضع لها الأساس ورد فعل التربة. وبما أنه لا توجد طريقة تحليلية عددية ودقيقة (يمكن أن ينصح بها لتقييم مختلف العوامل المتعلقة بمشكلة رد الفعل المتبادل بين التربة والمنشأة) تسمح بإيجاد قيمة دقيقة لضغط التلامس واستجابة التربة، لذلك لابد من القبول ببعض الافتراضات البسيطة التي تساعد على تصميم الأساسات المشتركة والحصائر. ويجب أن تتم درجة وثوقية هذه الافتراضات من خلال معرفة الآتي:

- نوع التربة أسفل الأساس مباشرة.
- أبعاد وشكل الأساس.
- لامركزية الأحمال.
- صلادة الأساس.
- صلادة المنشأة فوق الأساس.

6-5 تعيين معامل مرونة التربة تحت الأساس (E_S)

يحسب معامل المرونة E_S عند قيمة إجهاد معينة من العلاقة الآتية:

$$E_s = d\sigma / d\varepsilon \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6-6)$$

حيث: $d\sigma$ فرق الاجهاد (كيلو نيوتن / م^2، أو كيلو غرام / سم^2) بين اجهادين أحدهما أكبر والأخر أصغر من الاجهاد المراد حساب عامل المرونة عنده.

$d\varepsilon$ فرق التشوه النسبي عند الاجهادين المذكورين أعلاه (الانفعال strain).

و تعين قيمة معامل المرونة عن طريق الاختبارات المخبرية أو الحقلية (وتبين ملاحق هذا الكود بعض هذه الاختبارات)، كما يمكن تقدير قيمته من واقع الخبرة العملية. على سبيل المثال، يبين الجدول (6-7) قيماً تقديرية لمعامل المرونة (E_S) يمكن استعمالها في الحسابات الأولية فقط لتقدير الهبوط الكلي التقريبي للأساسات.

6-6 توزع رد فعل التربة أسفل الأساس

في الحالات العادية يمكن أن يُفترض توزع رد فعل التربة على نعل الأساس مباشرة، توزعاً خطياً، كما في حالة الأساسات الصلدة، كما سيرد في البند (6-1/6)، أو توزعاً مرناً غير خطي، وهو الذي يُعبر

عنه برد الفعل المرن.

1/6-6 توزع رد فعل التربة أسفل الأساسات الصلدة (ضغط التماس) تحت تأثير أحمال التشغيل

يتناول الفصل (6-7) والخاص بتوزيع ضغط التلامس تحت الأساسات الضحلة، الطرائق التفصيلية لتعيين ضغط التلامس تحت تأثير أحمال التشغيل. وسيتم هنا إعطاء طرائق مبسطة لحساب توزع ضغط التلامس.

الجدول (6-7): بعض القيم التقديرية لمعامل المرونة (E_S)

نوع التربة	الوصف	معامل المرونة E_S	
		ميجا نيوتن / م^2	كغ / سم^2
تربة غضارية	ضعيفة التماسك (طرية soft)	2 - 0.5	20 – 5
	متوسطة التماسك (متوسطة القساوة (medium stiff	6 – 1.5	60 – 15
	متماسكة (قاسية stiff)	10 – 2.5	100 – 25
	شديدة التماسك (عالية القساوة very stiff)	20 - 5	200 – 50
	صلدة (صلبة hard)	40 - 10	400 – 100
تربة رملية	سائبة (مخلخلة loose)	25 - 10	250 – 100
	متوسطة الكثافة (متوسطة التراص (medium dense	75 – 25	750 – 250
	كثيفة (متراصة dense)	150 – 75	1500 – 750
	كثيفة جداً (متراصة جداً very dense)	400 – 150	4000 – 1500
تربة بحصية		400 - 100	40000 – 1000
تربة عضوية		2 - 0.5	20 - 5

1/1/6-6 ارتباط توزع ضغط التماس بصلادة (جساءة) الأساس

وبوجه عام يعتمد توزيع ضغط التلامس على خواص التربة والأساس كما هو مبين بالشكل (6-7). وبالنسبة لخواص الأساس يعتمد توزيع ضغط التلامس على عرضه (B) ، والنسبة بين بعدي الجوانب L,B وسمكه d ومعامل مرونته E. أما فيما يتعلق بالتربة فان الخواص الحاكمة هي سمك الطبقة المنضغطة (d_S) ومعامل الانضغاط (E_S). وقد وجد أن الصلادة (الجساءة) النسبية بين التربة والأساس التي تُحسب من العلاقة (6-7) الآتية:

$$K_r = \frac{E}{E_s}\left(\frac{d}{B}\right)^3$$

..... (7-6)

هي العامل الرئيسي المؤثر على توزيع ضغط التلامس، وتبعا لهذه الصلادة النسبية يمكن تصنيف الأساسات المشتركة المستمرة أو الحصيرة العامة على أنها شديدة الصلادة، متوسطة الصلادة، أو لينة.

أ - ***الأساسات شديدة الصلادة*** $(K_r \geq 2)$ ***Very Rigid***

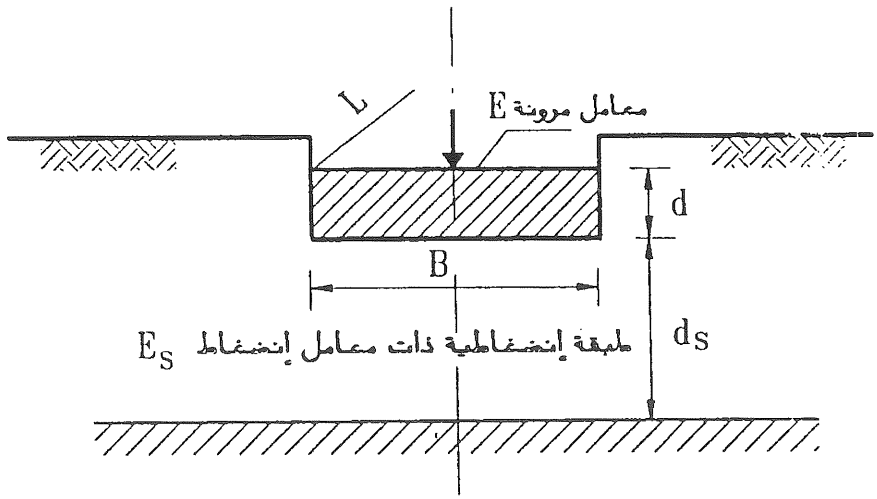
في حالة الأساسات شديدة الصلادة، تكون قيمة ضغط التلامس عند حواف الأساس أكبر من قيمته عند منتصف الأساس تحت تأثير حمل مركزي كما هو موضح بالشكل (6-8).

ب- ***الأساسات اللينة*** $(K_r \leq 0.005)$ ***Flexible***

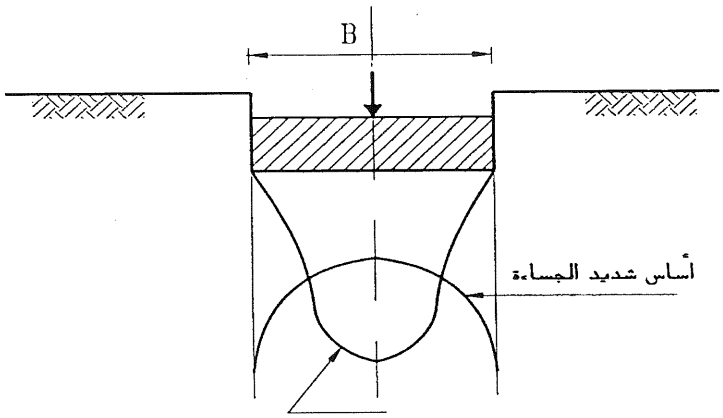
في حالة الأساسات اللينة (المرنة) يكون توزيع ضغط التلامس مركزا في منطقة التحميل كما هو موضح بالشكل (6-8).

ت- ***الأساسات متوسطة الصلادة*** $(0.005<K_r<2)$ ***Moderately Rigid***

في حالة الأساسات متوسطة الصلادة يأخذ ضغط التلامس توزيعا بين التوزيعين المذكورين في الحالتين السابقتين.



الشكل (6-7): خواص التربة وخواص الأساس المؤثرة على توزيع ضغط التلامس



الشكل (6-8): توزيع ضغط التلامس للأساسات المرنة (اللينة) والأساسات شديدة الجساءة (الصلادة)

6-2/1/6 حساب توزع ضغط التماس تحت الأساسات الصلدة

إذا كان الأساس صلداً، حيث قيم $K_r > 2$، فإن توزع رد فعل التربة أسفل الأساس (ضغط التلامس contact pressure) يمكن عده توزعاً خطياً، ويمكن أن نميز الحالتين الآتيتين:

أ - رد فعل التربة على كامل مساحة القاعدة (الأساس الخطي صلد)

إذا كانت محصلة جميع القوى تقع ضمن النواة المركزية للأساس، يمكن افتراض أن رد فعل التربة أسفل الأساس يتوزع بشكل خطي عند أي مقطع من الأساس، ويمكن حساب قيم إجهادات التلامس عند أي نقطة أسفل الأساس من العلاقة:

$$\sigma = \frac{\sum P}{B.L}\left(1 \pm \frac{6e}{L}\right) \quad \ldots\ldots \quad (8-6)$$

حيث: B عرض القاعدة، و L طول الأساس، و e لامركزية محصلة الأحمال. ويشترط عند تطبيق العلاقة أن تكون القاعدة مستطيلة، أن تكون محصلة القوى واقعة على محور الأساس الطولي. وفي حالة القواعد غير المستطيلة، يتم حساب الإجهادات تحتها باستعمال العلاقة العامة الآتية:

$$\sigma = \frac{\sum P}{A} \pm \frac{M_x * I_y - M_y * I_{xy}}{I_x * I_y - I_{xy}^{\,2}} * y \pm \frac{M_y * I_x - M_x * I_{xy}}{I_x * I_y - I_{xy}^{\,2}} * x \quad \ldots\ldots \quad (9-6)$$

حيث: P محصلة القوى الشاقولية؛

M_x محصلة العزوم المطبقة حول المحور x المار بمركز ثقل القاعدة؛

M_y محصلة العزوم المطبقة حول المحور y المار بمركز ثقل القاعدة؛

I_x عزم العطالة حول المحور x المار بمركز ثقل القاعدة؛

I_y عزم العطالة حول المحور y المار بمركز ثقل القاعدة؛

$I_{x,y}$ عزم العطالة القطبي حول المحورين x و y المارين بمركز ثقل القاعدة.

ب- رد فعل التربة على جزء من القاعدة لأساس خطي صلد

عندما تتجاوز قيمة لامركزية الأحمال سدس بعد الأساس (L/6) فإن ضغط التلامس بين التربة والأساس يفترض بشكل مثلثي، وبحيث يحقق التوازن كما في الشكل (6-9).

ولتحقيق التوازن يجب أن تتطابق محصلة ضغط التلامس مع لا مركزية مجموع الأحمال الخارجية، وهذا يعني تحقيق الشرطين الآتيين:

$$Z = 3(L/2 - e)$$

$$\sum P = \left(\sum \sigma \times B \times Z\right)/2 \qquad \text{.....} \qquad (10\text{-}6)$$

$$\sigma = \frac{2\sum P}{3B(L/2 - e)}$$

تفترض المعادلة (6-10) عدم وجود إجهاد شد بين الأساس والتربة.

6-2/6 شروط التباعدات بين الأعمدة والجدران في الأساسات الشريطية (الخطية) الصلدة

من أجل تصميم الأساسات الشريطية المحملة بأحمال من أعمدة (وجدران) متقاربة بافتراضها أساسات صلدة، يجب تحقق الشرطين الآتيين:

أ – النسبة بين المجازين المتجاورين لا تزيد على 1.25.

ب- يجب أن يقل كل من هذه التباعدات (L) أيضاً عن $1.75 / \lambda$ ، حيث قيمة λ معطاة بالعلاقة:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K_S * b}{4 Ec I}} \qquad \text{.....} \qquad (11\text{-}6)$$

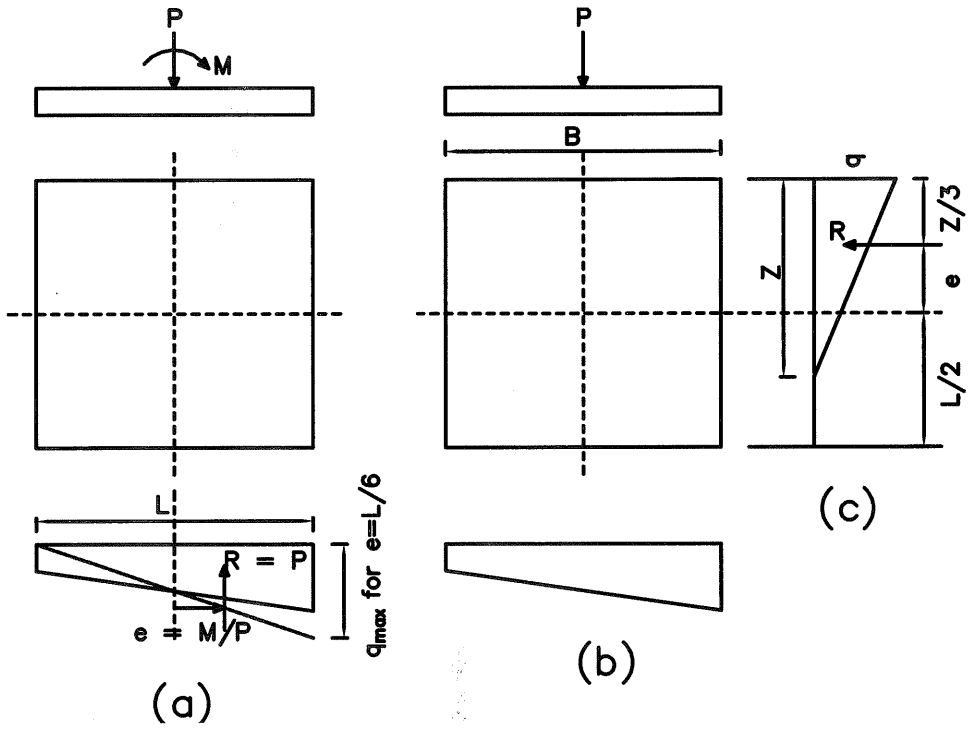
حيث: K_S = معامل رد فعل التربة تحت الأساس؛

b = عرض الأساس الخطي؛

E_c = معامل المرونة لخرسانة الأساس؛

I = عزم عطالة المقطع العرضي للأساس، ذي العرض b.

وفي حال عدم تحقق ما ورد أعلاه يتم تصميم الأساس بافتراضه أساساً لیناً (مرناً).



الشكل (6-9): يبين اللامركزية نتيجة الأحمال

3/6-6 شروط التباعدات بين الأعمدة والجدران في الحصائر الصلدة

أ – عندما تكون الحصيرة حاملة لأعمدة (وجدران) ذات مجازات متقاربة (لا يزيد الفرق بين المجازات المتجاورة على 25%) وذات أحمال متقاربة أيضاً (بحدود 25% أيضاً)، يمكن افتراض أن الحصيرة صلدة، إذا كان تباعد محاور الأعمدة L في أحد الاتجاهين محققاً للعلاقة: $L < 1.75 / \lambda$، حيث يُحسب العامل المميز λ من العلاقة (6-11) السابقة ذاتها، وحيث تُصبح:

b = عرض الشريحة من الحصيرة، ويساوي إلى التباعد بين محاور الأعمدة في الاتجاه المتعامد؛

I = عزم عطالة المقطع العرضي للحصيرة، ذي العرض b (ويؤخذ تأثير الجوائز والتسميكات في حال وجودها).

ب– عندما تكون تباعدات الأعمدة (والجدران) أو أحمالها غير متقاربة، وفق الفرضية المذكورة أعلاه، يمكن تطبيق العلاقة السابقة مع أخذ احتياط كافٍ في قيمة L، بحيث لا تزيد على نسبة معينة من القيمة المذكورة، حسب الاختلاف في تباعدات وأحمال الأعمدة.

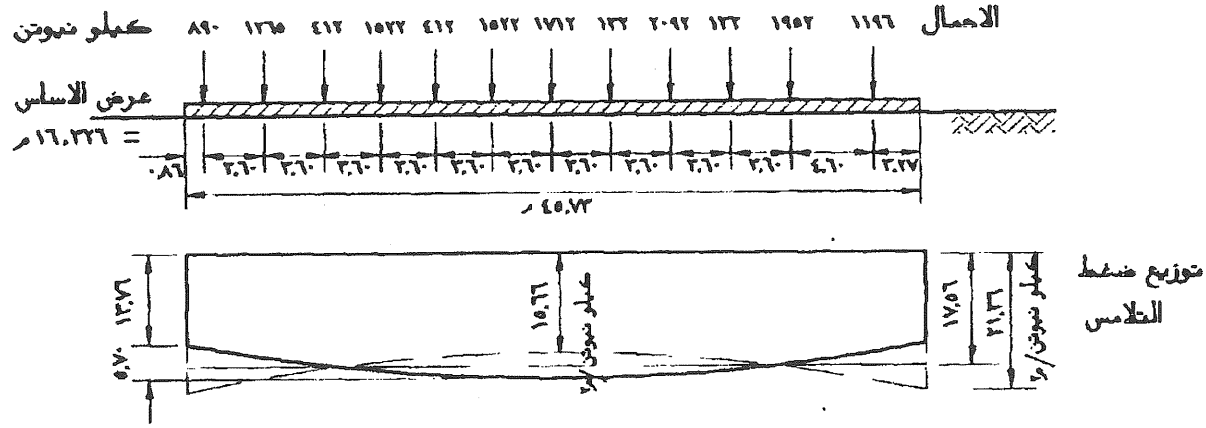
7-6 إيجاد توزع ضغط التلامس بين التربة والأساس في الأساسات اللينة

1/7-6 مقدمة

يُعد إيجاد توزع ضغط التلامس بين الأساس وتربة التأسيس من المتطلبات الرئيسية لتحليل وتصميم الأساسات السطحية. فبمعرفة الأحمال الواقعة على الأساس وتوزع ضغط التلامس أسفله، يمكن تحليل

الأساس وحساب القوى والعزوم الداخلية (اللازمة للتصميم) باستعمال قواعد حساب الإنشاءات.

ويتناول هذا البند بعض الطرائق المستعملة لحساب توزيع ضغط التلامس، والتي تشمل شروط التوازن والتوافق في التشوه بين التربة والأساس. ونظراً للحساسية الكبيرة في حساب عزوم الانحناء لبعض الحالات نتيجة للتغيّر البسيط في توزع ضغط التلامس (ضغط التماس أو إجهاد التلامس)، فإنه يوصى باختيار توزع ضغط التلامس الذي يمثل التصرف الفعلي للمنشأة قدر الإمكان، والذي يؤدي إلى أبعاد اقتصادية للأساس. وتُعد الطرائق التالية لحساب توزع ضغط التلامس تقريبية إلى حد ما، ولكنها كافية لتصميم الأنواع المختلفة من الأساسات الضحلة. ويوصى باستشارة خبير في هذا المجال، وذلك للحالات الخاصة أو المشكوك فيها. ويبين الشكل (6-10) الاحتمالات الممكنة لتوزع ضغط التلامس تحت الأساس، وينتج عن هذه التوزعات المختلفة للإجهادات مخططات عزوم مختلفة.



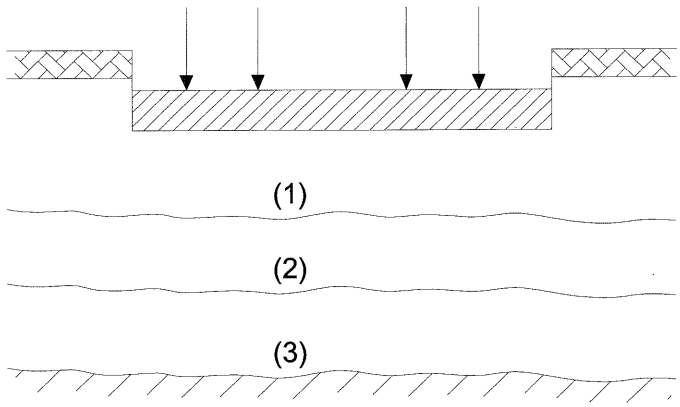
الشكل (6-10): الاحتمالات المختلفة لتوزع الإجهادات على التربة تحت أساس مشترك لمجموعة أعمدة

6-7/2 حدود التطبيق

تُستعمل الطرائق الآتية لحساب توزع (توزيع) ضغط التلامس أسفل الأساسات الضحلة المرتكزة على تربة متماسكة أو غير متماسكة. وهذه الأساسات تكون عموماً معرضة لأحمال ناظمية مثل حالات المباني السكنية والتجارية والصناعية والصوامع والخزانات.

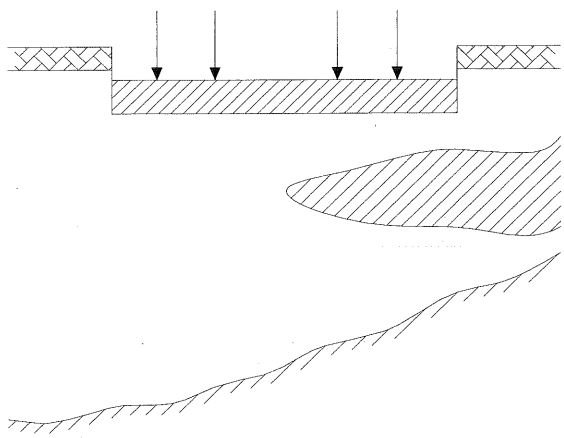
وتستعمل هذه الطرائق المقترحة إذا كانت تربة التأسيس مكونة من طبقة (أو طبقات) أفقية وذات خواص منتظمة من ناحية التغير في الشكل، كما هو مبين بالشكل (6-11 أ):

كما يجب أن تتوفر معلومات كافية عن الأساس وعن التربة أسفل منسوب التأسيس، بحيث يجب أن تُعين أبعاد الأساس والأحمال الواقعة عليه. كما يجب دراسة خصائص تربة التأسيس وأهم العوامل التي تؤثر في توزع ضغط التلامس ومعامل مرونة التربة E_S الذي يعبر عن العلاقة بين الإجهاد والتشوه. يبين الجدول (6-7) بعض القيم التقديرية لمعامل مرونة التربة حسب نوع التربة.



الشكل (6-11 أ): تربة التأسيس مكونة من أكثر من طبقة أفقية وذات خواص منتظمة

أما في حالة التربة ذات الخواص غير المتجانسة، فإنه يجب أن يُؤخذ في الحسبان التصرف غير المنتظم لهذه التربة في الاتجاهين الرأسي والأفقي (الشكل 6-11 ب):



الشكل (6-11 ب): تربة تأسيس مكونة من طبقات غير متجانسة

6-7/3 طرائق إيجاد توزع ضغط التماس (التلامس)

تعين الخواص الانضغاطية للتربة في العموم طريقة حساب توزيع ضغط التلامس وتتمثل الصعوبة عادة في عدم التأكد من المعاملات التي تحدد الخواص الانضغاطية لتربة التأسيس، ذلك أن تربة التأسيس في العموم مادة غير مرنة وغير متجانسة الخواص في جميع الاتجاهات. وبما أن استكشاف هذه الخواص لكل كتلة تربة التأسيس التي تؤثر في توزع ضغط التلامس يُعد مكلفاً جداً، فإنه يُكتفى عادة بدراسة خواص بعض العينات من كتلة تربة التأسيس.

وفيما يلي بعض طرائق إيجاد توزيع ضغط التلامس، وبعد إيجادها يمكن إيجاد القوى الداخلية اللازمة للتصميم، باستعمال القواعد الخاصة بحساب الإنشاءات ومقاومة المواد.

6-7/3/1 الطرائق المتطورة

تُعامل المنشأة والأساس وتربة التأسيس في هذه الطرائق كأنها وحدة واحدة بافتراضها كحالة إنشائية ثلاثية المحاور. ويمكن حل مثل هذه الحالات باستعمال برامج الحاسوب الآلي المعتمدة على قواعد التحليل العددي للهندسة الإنشائية. وعند استعمال هذه الطرائق يجب محاولة الأخذ في الحسبان العوامل التي تؤثر على تغير الشكل للمنشأة وتربة التأسيس وهي كما يلي:

أولاً: العوامل المؤثرة على تغير الشكل للمنشأة العلوية للأساس:

1 – التغير في القساوة لعناصر المنشأة تبعاً لأبعادها وتسليحها.

2 – العلاقة غير الخطية الحقيقية بين الإجهاد وتشوه الخرسانة.

3 – القوى الناظمية وقوى القص المؤثرة على المقطع.

4 – الانكماش والزحف في الخرسانة.

5 – قساوات جدران البلوك.

6 – مراحل التنفيذ المختلفة.

ثانياً: العوامل المؤثرة على تغير الشكل لتربة التأسيس:

1 – العلاقة غير الخطية بين الإجهاد والتشوه لعناصر التربة.

2 – عدم إمكانية تحمل التربة للإجهادات الشادة.

3 – عدم تجانس خواص التربة في الاتجاهات الثلاثة.

4 – التغير في الشكل نتيجة لانضغاطية تربة التأسيس.

5 – التغير في طبقات التربة في الاتجاهات الرأسية والأفقية.

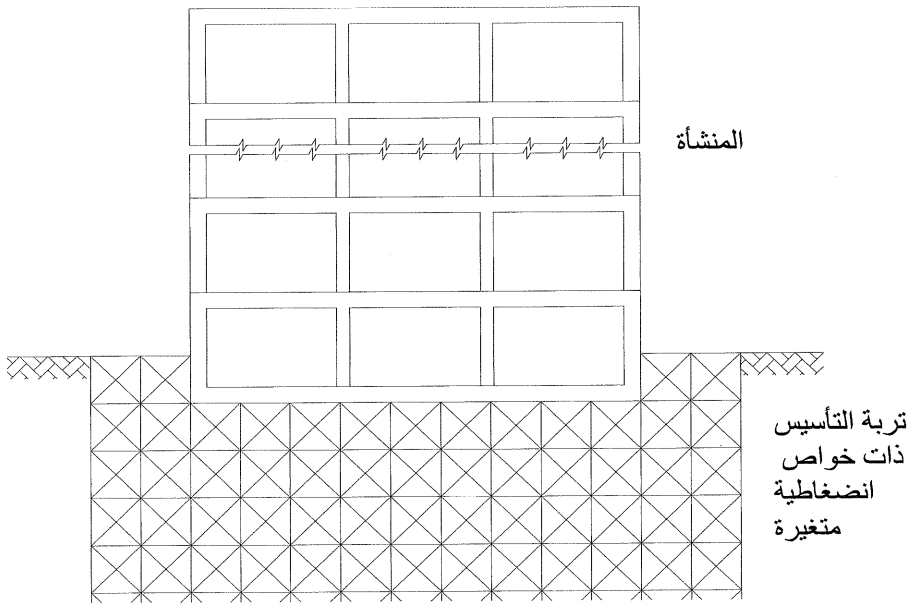
وتقسم عموماً تربة التأسيس المتصلة إلى عناصر محددة، كما هو مبين بالشكل (6-12).

كما يمكن كذلك أن تمثل تربة التأسيس المتصلة على شكل أضلاع مترابطة في الاتجاهات الثلاثة مع الأخذ في الحسبان أن مقاومة التربة لإجهادات الشد مساوية للصفر.

وهذه الطرائق المتطورة، في العموم، محدودة الاستعمال في الحالات العملية نظراً لصعوبتها، ولكثرة أبحاث التربة المطلوب توافرها، ويمكن استعمالها فقط في المنشآت الهامة. ويمكن إجراء بعض التبسيط على هذه الطريقة كما يلي:

أ – افتراض أن المنشأة فوق الأرض والأساس والتربة وحدة واحدة، ولكن مع عمل تبسيط في خصائص التغير في الشكل وذلك بفرض أن العلاقة بين الإجهاد والتشوه خطية لكل من مواد الإنشاء وتربة التأسيس.

ب– حل المنشأة على حدة، ثم نقل الأحمال الناتجة منها إلى الأساس. وتحسب الأساسات بعد ذلك على أنها مرتكزة على تربة التأسيس. وهذا باستعمال الطريقة المتطورة المذكورة سابقاً، أو بعد عمل تبسيط لخصائص التغير في شكل التربة، كافتراض أن العلاقة خطية بين الإجهاد والانفعال.



الشكل (6-12): نموذج تحليلي معقد للمنشأة ولتربة التأسيس

6-7/3/2 طريقة معامل المرونة

تُعد هذه الطريقة حالة خاصة من الطرائق المتطورة المذكورة سابقاً، وذلك بعد عمل تبسيط في علاقات التغير في الشكل لتربة التأسيس. ولحساب ضغط التلامس يمكن أن تعامل المنشأة والأساس كوحدة واحدة، أو تعامل الأساسات (بعد تعيين الأحمال الناتجة من المنشأة) على أنها ترتكز على طبقة انضغاطية، ويُعد الحل الأخير هو الأبسط والأكثر استعمالاً، ضمن الافتراضات الآتية:

أ – تفترض تربة التأسيس أنها مادة مرنة ذات معاملات متساوية في جميع الاتجاهات.

وهذه المعاملات هي معامل المرونة (E_S) ونسبة بواسون (ν). وللتبسيط يمكن افتراض أن نسبة بواسون مساوية الصفر.

ب– تحسب الإجهادات والتشوهات لكتلة التربة نتيجة لأحمال الأساس بافتراض كتلة التربة ذات حيز نصف لانهائي مرن متشابه في الخواص في جميع الاتجاهات.

ت– يفترض أن سطح التلامس بين تربة التأسيس والأساس أفقي.

ث– في حالة المباني الصناعية والمباني السكنية، حيث تكون القوى الأفقية إلخارجية صغيرة عامة بالنسبة للأحمال الرأسية، تُهمل عادة إجهادات القص التي بين الأساس وتربة التأسيس. وهذا يعني أن الأحمال الرأسية، وضغوط التلامس الناظمية، والتغيرات الناظمية في الشكل للأساس وتربة التأسيس، هي ذات الأهمية.

تعيين معامل المرونة

يمكن تعيين معامل المرونة (E_S) عن طريق التجارب المخبرية أو الحقلية (الملحق م1)، أو

عن طريق الخبرة لأنواع مشابهة من التربة (الجدول 6-6 من البند 6-5).

6-7/3/3 طريقة معامل رد فعل التربة

أ – تمهيد

يمكن افتراض أن هذه الطريقة حالة خاصة من طريقة معامل المرونة عندما يكون سمك الطبقة المعرضة للانضغاط صغيراً بالمقارنة مع أبعاد الأساس (العرض أو الطول). في هذه الحالة يُفترض عدم حدوث هبوط بالتربة خارج حدود الأساس، ويمكن تمثيل هذا الهبوط بهبوط نابض حر كما هو مبين في الشكل (6-13).

عند حساب ضغط التلامس، تعامل المنشأة والأساس استاتيكياً كوحدة واحدة، أو تعامل الأساسات فقط على أنها مرتكزة على مجموعة من النوابض الحرة (بعد معرفة الأحمال المؤثرة عليها من المنشأة)، وفي هذه الحالة تكون الحسابات أكثر سهولة.

ب– الافتراضات

تتصرف تربة التأسيس كأنها نابض مرن وفقاً لنظرية فنكلر "Winkler" التي تفترض وجود علاقة خطية بين ضغط التلامس والهبوط (العلاقة 6-12)، كما هو موضح بالشكل (6-14):

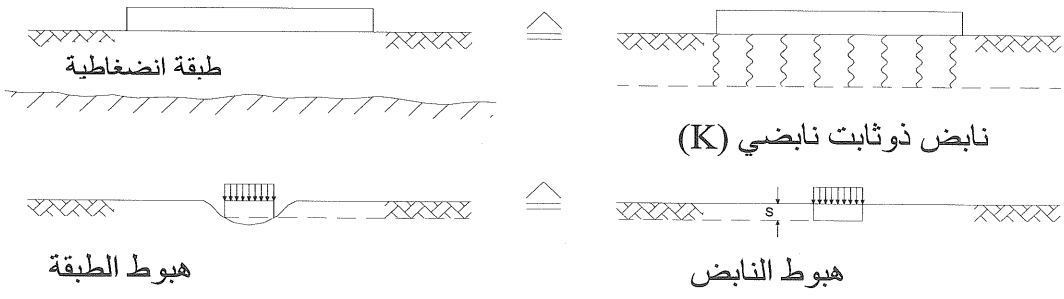
$$S = P/K \quad \ldots\ldots \quad (6-12)$$

حيث:

S: الهبوط (متر أو سنتيمتر في حالة الواحدات المترية).

P: ضغط التلامس (كيلونيوتن/متر^2 أو كيلوغرام/سم^2).

K: معامل رد فعل تربة التأسيس (ثابت النابض) (كيلونيوتن/متر^3 أو كيلوغرام/سم^3).



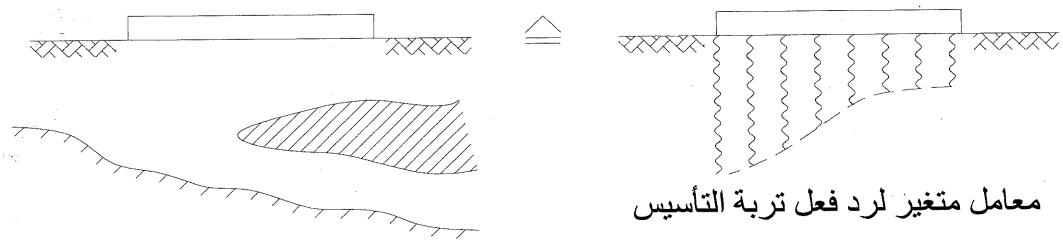
الشكل (6-13): مقارنة بين هبوط طبقة انضغاطية ذات عمق صغير وهبوط النابض

وهذا يعني أن خواص التغير في الشكل للتربة يعبر عنها فقط بالمعامل (K).

من الافتراض السابق، نجد أن ضغط التلامس (التماس) عند أي نقطة في الأساس، يتناسب مع الهبوط

في تربة التأسيس عند هذه النقطة، وفي اتجاه ضغوط التلامس. ويجب ملاحظة أنه من خلال هذا الفرض البسيط، فإن هذه الطريقة تستعمل كثيراً ليس فقط لحساب ضغوط التلامس لأساسات الحصيرة، بل إنها تستعمل لحساب ضغوط التلامس لبعض المنشآت الأخرى مثل الأوتاد المعرضة لأحمال أفقية.

في حالة اختلاف الخواص الانضغاطية للتربة تحت الأساس، يمكن حساب الهبوط باستعمال معامل متغير لرد فعل تربة التأسيس (تحت مساحة الأساس)، كما هو موضح بالشكل (6-14).



الشكل (6-14): حساب الهبوط باستعمال معامل متغير لرد فعل تربة التأسيس

مرجع إضافي:

- الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني.

كودة ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات – الجزء الثالث – الأساسات الضحلة.

الباب السابع 7
تصنيف الأساسات وحالات استعمالها واشتراطاتها

1-7 عام

تعرف الأساسات بأنها العنصر الإنشائي الذي يقوم بنقل الأحمال المطبقة عليه (في جميع حالات التحميل المحتملة) إلى تربة التأسيس، محققاً متطلبات الاستقرار والمقاومة والهبوط المسموح به والاختيار الاقتصادي الملائم.

وتصنف الأساسات عادة وفق عدة معايير، أهمها:

1/1-7 المعيار الأول: عمق التأسيس

وتصنف الأساسات وفق هذا المعيار إلى:

- أساسات سطحية أو ضحلة (منفردة، مشتركة، شريطية أو خطية، حصائر، ...، إلخ).
- أساسات عميقة (آبار اسكندرانية ، أوتاد ..... إلخ).

2/1-7 المعيار الثاني: السلوك المتوقع للأساس تبعاً لدرجة صلادته، التي تتعلق بخصائص الأساس وتربة تأسيسه

وتصنف الأساسات وفق هذا المعيار إلى:

- أساسات صلدة: يكون رد فعل التربة تحتها منتظماً أو متغيراً بشكل خطي.
- أساسات لينة (على وسط مرن): يكون رد فعل التربة تحتها متغيراً بصورة غير خطية.

يؤثر هذا المعيار في طبيعة توزع الإجهادات على التربة تحت نعل الأساس، فمن أجل معرفة توزع الإجهادات القريب من الواقع، على التربة تحت نعل الأساس، يتوجب مناقشة العوامل المؤثرة وأهمها:

- طبيعة تربة التأسيس.
- صلادة الأساس.

ولإيجاد معيار حسابي لتعيين صنف الأساس إن كان صلداً أو ليناً، لا بد من تعريف معامل رد فعل التربة، والذي يمثل شدة الضغط المطبق على التربة، مقسوماً على هبوط التربة.

$$K_s(kg/cm^3) = \frac{P\ (kg/cm^2)}{\Delta\ (cm)} \quad \ldots\ldots (1-7)$$

لقد جرى تقييم صلادة الأساس من خلال حساب عامل الصلادة K_r (في البند 6-2/5)، وسيتم مناقشة تقييم صلادة الأساس في الفقرة (7-4/1/3) بطريقة عملية تقريبية مبسطة.

2-7 مراحل اختيار الأساسات

يتم اختيار نوع الأساس الملائم وأبعاده الهندسية تبعاً للجملة الإنشائية العلوية المعتمدة، وطبيعة الأحمال وشداتها، والتباعد بين محاور الأعمدة، وكذلك طبيعة تربة التأسيس وتطبقها الجيولوجي ومتانتها وأعماقها، ومنسوب المياه الجوفية والعمق المناسب للتأسيس.

يقوم المهندس المصمم بعد دراسة التقرير الجيوتكنيكي لأرض المشروع والحل المعماري المعتمد للمشروع باتباع الخطوات الآتية في اختيار الأساسات الملائمة.

1/2-7 حساب الأحمال المحتمل تطبيقها على الأساسات

ويميز في هذا المجال بين حالتين من الأحمال:

الحالة الأولى: الأحمال الكلية وبضمنها أوزان الأساسات للتحقق من طاقة تحمل تربة التأسيس، أو التصميم وفق ذلك؛

الحالة الثانية: الأحمال الصافية على الأساسات لحساب الهبوط المتوقع لهذا الأساس.

2/2-7 إنجاز مقاطع التوضع الجيولوجي لطبقات التأسيس

ويجب ألا يقل عدد السبور عن ثلاثة، وأن لا تكون على خط مستقيم واحد، ويوضح على هذه المقاطع شكل تطبق تربة التأسيس وتصنيفها وسماكاتها، باستثناء الحالات التي يحتوي المشروع الواحد على مجموعة من الأبنية المتجاورة، الأمر الذي يمكننا من الاستئناس بالسبور المجاورة وربطها مع بعضها، ويعود تقدير عدد السبور في هذه الحالة لمهندس الجيوتكنيك، (راجع ملحق الجيوتكنيك أدناه).

3/2-7 تعيين المناسيب المختلفة للمياه الجوفية لتربة التأسيس

يجب ان يتم ذلك لجميع فصول العام، و خلال كامل العمر الاستثماري للمنشأة. يمكن الرجوع إلى مديريات الموارد المائية في محافظات القطر لجمع المعلومات اللازمة والاستعانة بمعلومات أبناء المناطق والمزارعين.

4/2-7 تعيين الأعماق الدنيا للتأسيس

تؤخذ العوامل الآتية بالحسبان عند تعيين الأعماق الدنيا للتأسيس:

أ - عدم تأسيس البناء على تربة عضوية أو ردميات عشوائية أو على أساسات قديمة مهجورة ... إلخ.

ب- إزالة التربة العضوية أو التربة ذات المقاومة غير الكافية تحت الأساسات واستبدالها بكتل مناسبة ومحسوبة من الخرسانة العادية أو الخرسانة المغموسة. وفي حالات خاصة جداً، وللمنشآت ذات الدرجة الثانية من الأهمية (كالمنشآت المؤقتة والمنشآت التي لا تتعدى ثلاثة طوابق) يمكن السماح بالتأسيس على ردميات أصولية مرصوصة ذات كثافة عالية ومقاومة كافية وسماكات مناسبة إذا كان تنفيذ هذه الردميات مضموناً بالتجارب والاختبارات التي تضمن سلامة وتجانس هذه الردميات، وعدم

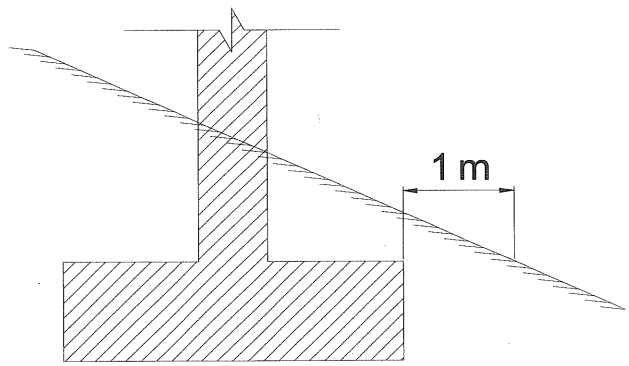
هبوطها مستقبلاً (مثل حالة استعمال بقايا المقالع في الردم) وفيما عدا ذلك يفضل عدم التأسيس على الردميات.

ت- يختار عمق التأسيس بحيث يكون أكبر من العمق الذي يمكن أن تتجمد به التربة، وفي الحالات العادية يجب ألا يقل عمق منسوب التأسيس عن 1.5 m تحت منسوب الرصيف المجاور. أمَّا في التربة الصخرية، فيمكن أن يكون عمق التأسيس أقل من ذلك، ويحدد من قبل المهندس المصمم.

ث- يجب أن لا يقل اختراق الأساس للتربة الطبيعية الأصلية (الأرض الحرة) عن 0.6m للتربة العادية وعن 0.3m للتربة الصخرية.

5/2-7 التأسيس على منحدر

في حال تأسيس المنشأة على منحدر، يتوجب ألاَّ تقل المسافة الأفقية بين طرف الأساس وحدود التربة الطبيعية عن 1 m لمنع تعري الأساس من التربة مع الزمن، كما هو مبين في الشكل (7-1).



الشكل (7 – 1): أساس على منحدر

6/2-7 الفرق بين منسوبي تأسيس أساسين متجاورين

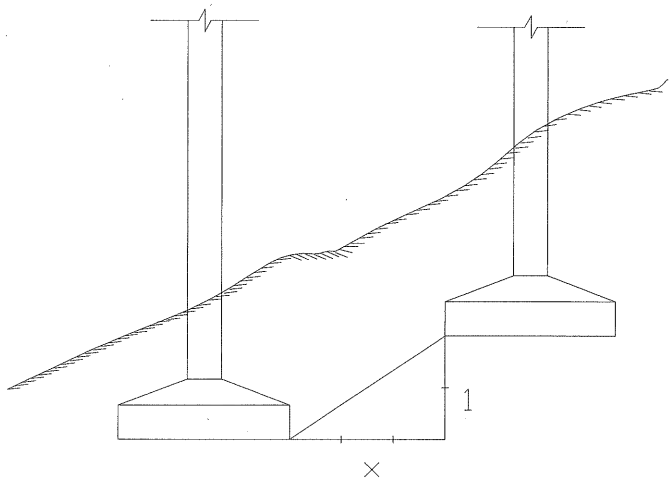
يجب ألاَّ يزيد فرق المنسوب بين أساسين متجاورين عن الحد المحدد في الشكل (7-2) لتجنب حدوث أي اضطراب في المنطقة المجهدة الفعَّالة تحت أي من الأساسين المتجاورين.

7/2-7 تعيين قدرة تحمل تربة التأسيس

تُعين قدرة تحمل تربة التأسيس تحت نعل الأساس من شرط المقاومة ومن شرط الهبوط المسموح به، وتعتمد القيمة الدنيا للإجهادات المسموح بها للتربة بينها في التصميم أو التحقيق.

8/2-7 تعيين أبعاد الأساسات

تعين أبعاد الأساسات (الطول والعرض) باعتماد الأحمال الشاقولية الكلية، وتقسيمها على قيمة الإجهاد المسموح به المعتمد.



الشكل (7– 2): العلاقة بين فرق منسوب التأسيس والمسافة الأفقية بين الأساسين المتجاورين.

أمثلة : $x = 0$ في حالة الصخر الأصم؛

$x = 1$ في حالة الكونغلوميرا المتماسكة؛

$x = 1.5$ في حالة التربة الرملية؛

$x = 2$ في حالة التربة الغضارية.

إذا كان هناك مياه جوفية أو تجمع مياه سطحية يلزم زيادة قيمة x عما ورد أعلاه.

7–9/2 حساب الهبوطات المتوقعة

تحسب الهبوطات المتوقعة تحت نعل الأساس وفق طريقة معتمدة، وتقارن مع قيم الهبوطات المسموح بها الواردة في الجدول (6–4) للهبوطات الكلية المسموح بها، وفي الجدول (6–5) للهبوطات التفاضلية المسموح بها، ويجب ألا تتجاوزها.

7–3 تصنيف الأساسات

7–1/3 تصنيف الأساسات الضحلة (السطحية)

7– 1/1/3 إن الصفة المميزة التي تفصل بين الأساسات الضحلة والأساسات العميقة هي نسبة عمق منسوب التأسيس إلى عرض الأساس. لا تتعدى هذه النسبة في الأساسات الضحلة القيمة 3 (قيمة افتراضية يمكن زيادتها أو إنقاصها حسب الظروف).

7–2/1/3 يتم نقل الأفعال جميعها من الأساسات الضحلة لتربة التأسيس تحتها بالتماس المباشر وبإجهادات الضغط فقط، أي لا يمكن أن يحصل شد بين الأساس الضحل والتربة. كذلك لا يوجد قوى احتكاك شاقولية بين الأساس الضحل والتربة المحيطة به.

7-3/1/3 تشمل الأساسات الضحلة الأساسات الآتية:

- الأساس الكتلي.
- الأساس المنفرد المركزي (لعمود واحد أو لجدار واحد).
- الأساس المنفرد الطرفي المجاور لخط الملكية (الأساس رجل البطة).
- الأساس المشترك لعمودين.
- الأساس الشريطي أو الخطي (مشترك لأكثر من عمودين على خط مستقيم واحد).
- الأساس بشكل حصيرة عامة أو حصيرة جزئية.
- الأساس بشكل حصيرة مفرغة عامة أو جزئية.

7-4/1/3 تكون الأساسات الضحلة صلدة نسبياً إذا تحقق فيها الآتي:

أ - يكون الأساس الكتلي صلداً دوماً.

ب- يكون الأساس المنفرد المركزي صلداً نسبياً إذا لم يقل سمكه عن نصف بروزه من طرف العمود.

ت- يكون الأساس المنفرد الطرفي عند خط الملكية صلداً نسبياً إذا لم يقل سمكه عن نصف بروزه من طرف العمود. وفي حال استعمال جائز تقويم، يجب أن لا يقل السمك عن نصف البروز من طرف العمود أو جائز التقويم أيهما الأعرض. أما جائز التقويم ذاته، فيجب أن لا يقل ارتفاعه عن المسافة بين الحافة الخارجية للعمود الطرفي ومركز أساسه، ولا عن ربع المسافة بين مركز الأساس للعمود الطرفي ومركز الأساس للعمود الداخلي المرتبط معه.

ث- لا يقل سمك بلاطة الأساس المشترك لعمودين عن نصف البروز بالاتجاه العرضي، ولا عن ثُمن المسافة بالضوء بين العمودين بالاتجاه الطولي في حالة عدم وجود جائز بارز. أما في حالة وجود جائز بارز، فلا يقل ارتفاع الجائز البارز عن رُبع المسافة بالضوء بين العمودين بالاتجاه الطولي.

ج- لا يقل سمك بلاطة الأساس الشريطي (الأساس الخطي أي المشترك لأكثر من عمودين) عن نصف البروز من طرف العمود بالاتجاه العرضي. ولا عن ثُمن أكبر مسافة بالضوء بين عمودين متجاورين بالاتجاه الطولي، في حال عدم وجود جائز بارز بالاتجاه الطولي. أما في حال وجود جائز بارز، فلا يقل ارتفاع هذا الجائز البارز عن خُمس أكبر مسافة بالضوء بين عمودين متجاورين.

ح- لا يقل سمك ظفر بلاطة الأساس الشريطي للجدار بالاتجاهين عن نصف البروز.

خ- لا يقل سمك بلاطة الأساس بشكل حصيرة عامة عن ثُمن أكبر مسافة بالضوء بين عمودين متجاورين في حال عدم وجود جوائز بارزة. أما في حال وجود جوائز بارزة فلا يقل سمك بلاطة الحصيرة عن ثُمن المسافة بالضوء بين الجائزين المتجاورين بالاتجاه القصير للبلاطة باتجاهين. وفي هذه الحالة لا يقل ارتفاع الجائز البارز ذاته عن خُمس أكبر مجاز من مجازاته.

د- لا يقل سمك بلاطة أساس الحصيرة المفرغة عن نصف بروزها من طرف الجائز البارز، كما لا يقل

ارتفاع الجائز البارز عن خُمس أكبر مجاز من مجازاته. وفي حال كانت الحصيرة المفرغة دون جوائز بارزة، فلا يقل سمكها عن ثُمن أكبر مسافة بالضوبين عمودين متجاورين بأي من الاتجاهين.

وفي جميع الأحوال، تُعين السماكة اللازمة بما يُحقق إجهادات الشد القطرية والمقاومة اللازمة.

7-3/2 تصنيف الأساسات العميقة

أ - تصنف الأساسات العميقة لأكثر من صنف، أهمها: الآبار الاسكندرانية والأوتاد. وتختلف عن الأساسات الضحلة بأن نسبة عمقها إلى قطرها (عرضها) لا تقل عن 3، وتكون عادة من مرتبة 5 في حالة الآبار الاسكندرانية، ومن مرتبة 10 وأكثر في حالة الأوتاد.

ب- تشبه الآبار الاسكندرانية من حيث عملها عمل الأساسات الكتلية، وهي دوماً أساسات صلدة بمعنى أن توزع الإجهادات على تربة التأسيس تحتها يكون خطياً دوماً.

ت- يمكن أخذ مقاومة الاحتكاك بين محيط البئر الاسكندرانية والتربة بالحسبان إذا تم صب الخرسانة في حفرة البئر ضمن تربة طبيعية، ودون قالب. أما إذا كانت التربة المحيطة ردمية و معرضة للهبوط وكانت قيمة هذا الهبوط أكبر من الهبوط المتوقع للوتد أو الركيزة، فيلزم أخذ قوى احتكاك سلبي على المحيط، نتيجةً لهبوط تربة الردم حول الوتد.

ث- أما الأوتاد فتصنف وفقاً لطريقة عملها إلى:

1) **أوتاد احتكاك:** وهي أوتاد توزع الأحمال توزيعاً شاقولياً عبر طول جسم الوتد بواسطة الاحتكاك بين التربة وجسم الوتد (الشكل (7-3 أ)). ويتميز هذا النوع من الأوتاد بقيم هبوط ملحوظة مقارنة مع أوتاد الارتكاز.

2) **أوتاد ارتكاز:** وهي أوتاد تنقل الأحمال بشكل مباشر إلى مساحة الارتكاز في أسفل الوتد، والتي تكون صخراً أو تربة قاسية (الشكل (7-3 ب)). ويتميز هذا النوع من الأوتاد بصغر قيم هبوط الوتد.

ج- يجب ملاحظة أن جميع الأوتاد تعمل فعلياً كأوتاد احتكاك وأوتاد ارتكاز معاً بنسب متفاوتة، باستثناء حالات اختراق الوتد لتربة ضعيفة جداً للوصول إلى تربة قاسية، عندها يكون الوتد وتد ارتكاز بشكل كامل، وقد يتطلب الوضع حساب تأثير الاحتكاك السلبي على الوتد.

ح- تصنف الأوتاد وفقاً لطريقة تنفيذها إلى:

1) **أوتاد مصبوبة في المكان:** وهي أوتاد يتم حفرها وصب الخرسانة فيها لاحقاً.

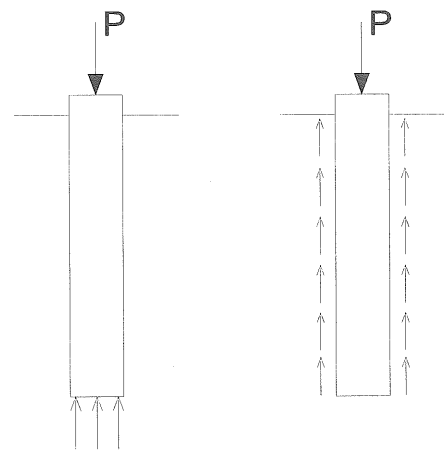
2) **أوتاد مدقوقة:** وهي أوتاد يجري دقها داخل التربة بوساطة مطارق خاصة أو بالاهتزاز، وتكون مادة الوتد من الخرسانة المسلحة أو الخرسانة المسلحة المسبقة الإجهاد والصنع، أو الفولاذ، أو الخشب.

3) **أوتاد منفذة بطريقة الحقن بالنفث (jet grouting):** ويمكن أن تكون مسلحة بقضبان أو قساطل

أو دون تسليح وبأقطار مختلفة.

4) **أوتاد دقيقة (micro pile)**: وهي أوتاد تنفذ وتصب وتجهز في الموقع بأقطار تتراوح بين $100-250\,mm$ وأحمال تشغيل من $100-600\,kN$ (10-60ton). وتكون هذه الأوتاد على الغالب أوتاد احتكاك، باستثناء الحالات التي يتم الوصول فيها إلى تربة صخرية. وهذا النوع من الأوتاد ملائم لتدعيم الأبنية القائمة.

وسيتم شرح التفاصيل المتعلقة بالأوتاد في الباب العاشر أدناه.



الشكل (7 – 3 أ) **الشكل (7– 3 ب)**

4-7 حالات استعمال الأساسات واشتراطاتها

يختار المهندس المصمم، في كل الحالات، صنف الأساس المناسب في ضوء توصيات مهندس التربة، وبعد مناقشته حولها، وبما يتوافق مع نوعية وسلوك المنشأة. وفيما يأتي بعض الإرشادات المفيدة التي تعين المهندس المصمم في حسن الاختيار.

1/4-7 استعمال الأساسات الضحلة (السطحية)

1/1/4-7 الأساس الكتلي

أ- يكون الأساس الكتلي من الخرسانة العادية أو المغموسة، ويستعمل في حالات خاصة يقدرها المهندس، منها على سبيل المثال: عندما تكون تربة التأسيس ضعيفة، فيستعمل الأساس الكتلي عوضاً أساساً من الخرسانة المسلحة مُصمماً لينفذ فوق تربة قوية (صخرية مثلاً).

ب- ينفذ الأساس الكتلي من الخرسانة العادية أو الخرسانة المغموسة، وذلك في حالات خاصة يقدرها المهندس، ويكون على شكل درج وبحيث يحقق المتطلبات الآتية الواردة في الجدول (7-1).

الجدول (7 -1)

قيمة شدة الإجهاد الفعلي تحت نعل الأساس kgf/cm^2	قيمة النسبة بين البعد الشاقولي للدرجة وبين البعد الأفقي
< 2	شاقولي 2 : 1 أفقي
$2 < q < 4$	1 : 1.5
$q > 4$	1 : 1

يتم التحقق من قيم إجهادات الشد عند وجه العمود (القطاع الحرج) حيث يجب ألاَّ تزيد إجهادات الشد على $0.4\sqrt{f'c}$ ($1.25\sqrt{f'c}$ بالواحدات المترية).

7-2/1/4 الأساس المنفرد المركزي

أ- يقصد بالأساس المنفرد المركزي، الأساس الذي يحمل عموداً واحداً (أو ما في حكمه مثل العمودين المتجاورين) أو جداراً واحداً في مركزه. يمكن أن يكون الأساس المنفرد المركزي داخلياً، كما يمكن أن يكون طرفياً، بشرط أن لا يكون مجاوراً لخط الملكية. ويعد في حكم العمود الواحد، الأعمدة المتجاورة القريبة من بعضها، مثل الأعمدة عند فاصل التمدد.

ب- يستعمل الأساس المنفرد المركزي في الحالات الآتية:

- الحمل المطبق على محور العمود (أو الجدار) قليل أو معتدل القيمة.
- لا تشغل مساحات الأساسات المنفردة المركزية في المسقط أكثر من ثلثي مساحة رقعة المبنى (أو ثلاثة أرباع في حالات يُقدرها المهندس).
- لا يوجد تداخل بين الأساسات المتجاورة.
- لا يوجد مياه جوفية في الموقع بمنسوب أعلى من منسوب أسفل الأرضية في المبنى أو المنشأة.
- يمكن أن تكون البروزات بالاتجاهات الأربعة للعمود متساوية، كما يمكن أن تكون البروزات في كل اتجاهين على مستقيم واحد فقط متساوية وتختلف عن البروزات بالاتجاهين الآخرين على المستقيم الآخر المتعامد. أما بالنسبة لأساسات الجدران، فينصح أن لا يتعدى البروز بالاتجاه الطويل للجدار، مقدار نصف البروز بالاتجاه العرضي.

ت- اختيار الأبعاد

يتم اختيار أبعاد الأساسات وفقاً لما ورد في الفقرة (7-10-2-1) من الكود الأساس، أما قواعد الأعمدة، فوفقاً لما ورد في الفقرة (7-10-2-2) من الكود الأساس. إضافة لذلك، يمكن أخذ الأمور الآتية بالحسبان:

- يتم اختيار الأبعاد في المسقط الأفقي من شرط التوازن الستاتيكي للأحمال الشاقولية ورد فعل التربة المساوي للإجهادات المسموح بها مضروباً بمساحة الأساس.
- يتم اختيار أبعاد الأساس (الطول والعرض والسمك) وفق المتطلبات الآتية:

* يفضل اختيار طول وعرض الأساس بحيث يحققان بروزاً متساوياً في جميع الجهات.
* يجب أن يكون الهبوط الكلي والهبوط التفاضلي محققين.
* يجب ألاَّ يقل سمك الأساس عن نصف سمك أكبر بروز في الأساس، وأن لا يقل عن 300mm (30cm).
* في حال اختيار أساس متغير الارتفاع يجب ألاَّ يقل ارتفاع الأساس عند الطرف عن نصف الارتفاع عند وجه العمود، مع ثبات سمك الأساس حول العمود لمسافة لا تقل عن 50mm (5cm)، ويفضل ألا يميل سطح الأساس بمقدار يزيد على 1 شاقولي : 4 أفقي، وذلك لضمان رص البيتون القريب من السطح.

ث – اختيار التسليح

– يجب الالتزام بما ورد في البندين (7–2/5) و(7–3/5) عند اختيار التسليح.

7–3/1/4 الأساس المنفرد الطرفي المجاور لخط الملكية (الأساس رجل البطة)

أ – عام

إن وجود أساس منفرد لعمود (أو لجدار) طرفي مجاور لخط ملكية الأرض، أو عند فاصل تمدد، يعني عدم إمكانية تنفيذ أي جزء من الأساس خارج خط الملكية، وبذلك سيكون الأساس من جهة واحدة من العمود (أو الجدار) وليس من الجهتين، وسيختل تناظر الأساس بالنسبة للعمود (أو للجدار)، (أي لا يكون العمود أو الجدار في مركز الأساس وإنما على طرفه)، ويسمى الأساس في هذه الحالة "**أساس رجل البطة**" للتشابه معها. تكون الإجهادات تحت الأساس الصلد بشكل مثلث (القيمة العظمى عند خط الملكية)، ولذا لا يمكن الاستفادة من عرض للأساس يتعدى مرة ونصف عرض العمود أو الجدار بالاتجاه ذاته (تُقاس الأبعاد على خط متعامد مع خط الملكية). وإذا لم تكف أبعاد الأساس المنفرد بشكل رجل البطة لنقل حمل العمود أو الجدار إلى التربة، ولزم تكبير الأبعاد، فهناك عدة حلول بديلة يمكن اعتمادها. على أنه يُفضل دوماً، ولتجنب حصول هبوطات غير متساوية تحت الأساس الطرفي، الاعتماد على أحد هذه الحلول البديلة:

– استعمال جائز تقويم لربط الأساس الطرفي المنفرد (رجل البطة) مع أول أساس مجاور لعمود داخلي.
– نقل العمود الطرفي (في المنطقة تحت الأرض) واستعمال أساس مركزي له، وسند العمود الطرفي على أساس ظفري.
– استعمال أساس مشترك للعمود الطرفي وأول عمود داخلي مجاور.
– استعمال أساس مشترك مع الأعمدة الطرفية المجاورة.

ب– أماكن الاستعمال

– يستعمل الأساس الطرفي المنفرد (رجل البطة) عندما يكون حمل العمود صغيراً أو عندما تكون تربة التأسيس قوية. وينصح بأن يكون الأساس بشكل شبه منحرف، ضلعه الطويل على خط الملكية. وبما أن الاشتراطات الزلزالية تتطلب ربط الأساسات بشيناجات في الاتجاهين، فيُنصح باستعمال الشيناج

(المرتبط مع الأساس رجل البطة) كجائز تقويم، أي تجنب استعمال الأساس رجل البطة المنفرد.

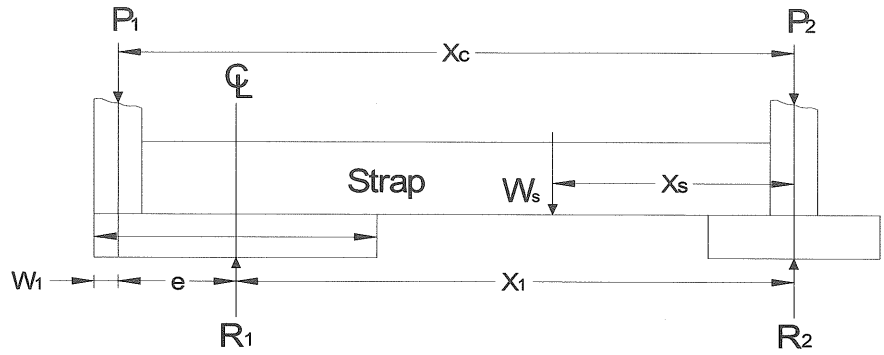
- يستعمل الأساس المشترك مع الأعمدة الطرفية المجاورة عندما يكون الحمل صغيراً أو متوسط القيمة، وتربة التأسيس قوية. ونظراً لضرورة ربط الأساسات بشيناجات عرضية لتحقيق الاشتراطات الزلزالية، يُنصح هنا أيضاً باستعمال هذه الشيناجات كجوائز تقويم.
- يتم نقل العمود الطرفي تحت الأرض للداخل، وسند العمود الأصلي على أساس ظفري، عندما يكون العمود الطرفي الأصلي عند فاصل تمدد، والأساس في الجهة الأخرى يمتد لما تحت العمود الطرفي.
- يمكن استعمال أساس مشترك للعمود الطرفي مع عمود داخلي، أو استعمال جائز التقويم (بربط الأساس الطرفي بجائز تقويم مع أساس لعمود داخلي) عندما يكون حمل العمود الطرفي كبيراً، بحيث لا يكفي الأساس الطرفي أو الأساس المشترك مع الأعمدة الطرفية المجاورة لمقاومة أحمال الأعمدة.
- عندما لا يُمكن إنشاء أساس مشترك (على الأقل بتوزع ضغط منتظم) حيث ($x < L/3$)، كأن يكون التباعد كبيراً بين العمودين، الأمر الذي قد تكون نتيجته أن هذا الأساس المشترك غير اقتصادي بسبب نشوء عزوم انحناء كبيرة بين الأعمدة، فيمكن استعمال الحل البديل المسمى بالأساس رجل بطة بجائز التقويم، وهو المبين في الشكل (7-4). أي من المناسب دوماً تجنب استعمال أساس رجل البطة المنفرد.

ت- جائز التقويم Strap Beam

- يستعمل هذا النوع من الأساس، بصورة أساسية، بشكل أساسات منفردة تحت الأعمدة، وجائز صلب يربط بين الأساسين لنقل قوى القص والعزم من الأساس (الطرفي) غير المتوازن ستاتيكياً إلى الأساس الآخر.
- ويستعمل غالباً عندما لا يمكن عمل أساس مشترك بين الأساس رجل البطة والأساس المجاور (بالاتجاه المتعامد على خط الملكية) بسبب البعد الكبير بين عمودي هذين الأساسين، الأمر الذي يجعل الأساس المشترك غير اقتصادي.
- يجب أن تكون صلادة جائز التقويم عالية نسبياً من أجل تأمين اتصال صلد بين الأساس الطرفي والأساس الداخلي، ويجب أن يكون هذا الجائز مستنداً على الأساسين، ولا يجوز أن يرتفع أسفله فوق ظهر أحد الأساسين.

نحصل على هذا الحل وفق الافتراضين الآتيين:

أولاً: إن ضغط التربة منتظم أسفل كلا الأساسين، وجائز التقويم الرابط بين الأساسين صلب، ويمكن إهمال وزن الجائز الرابط للتسهيل. كما يلزم أن لا يخضع هذا الجائز لرد فعل تربة شاقولي، ويتم ذلك بخلخلة التربة أسفله، بعد تصلب الخرسانة، أو إضافة قاعدة قالب (كوفراج) مؤقتة تزال لتترك مكانها فراغاً مفتوحاً، أو وضع طبقة من الستيريوبور بسمك 5 سم.



الشكل (7-4): أساس رجل بطة (بجائز تقويم رابط)

يتم تعيين أبعاد الأساس بجائز تقويم رابط وفق المراحل الآتية الشكل (7-4):

1- تعيين قيمة منطقية لنصف طول الأساس من أجل العمود (1) حيث تحسب لامركزية R_1 للعمود (1) وتكون: $e = x_c - x_1$.

أما طول الأساس L فيكون: $L = 2\,(e + w_1)$

2- يتم جمع العزوم حول مركز العمود (2) والحصول على رد فعل التربة R_1 تحت الأساس (1) كما يلي:

$$R_1 = \frac{P_1 x_c}{x_1} + W_s \frac{x_s}{x_1} \quad \ldots\ldots \quad (2\text{-}7)$$

تتضمن هذه المعادلة وزن الجائز الرابط (جائز التقويم)، والذي يجب أن يفرض في هذه المرحلة. وبشكل بديل، إذا كان الجائز الرابط قصيراً يمكن إهمال وزنه بخطأ بسيط.

3- يحسب مجموع القوى الشاقولية $\sum F_v = 0$ وتكون:

$$R_2 = P_1 + P_2 + W_s - R_1 \quad \ldots\ldots \quad (3\text{-}7)$$

4- يتم تعيين عرض الأساس (1) باستعمال ضغط التربة المسموح والأبعاد المفترضة في الخطوة (1) ويكون:

$$B_1 = \frac{R_1}{L_q} \quad \ldots\ldots \quad (4\text{-}7)$$

أما أبعاد الأساس (2) فيتم تعيينها بالطريقة العادية اعتماداً على رد الفعل R_2، مع النصح بإهمال قوة الرفع الشاقولية الناتجة عن رد فعل جائز التقويم على هذا المسند (أي إهمال القوة R_1 في العلاقة (7-3)).

وهكذا يتم الحصول على أبعاد مناسبة للتحكم بالهبوط.

- يجب أن يكون هذا الجائز مستنداً على الأساسين، ولا يجوز أن يرتفع أسفله فوق ظهر أحد الأساسين، أما أسفله فيمكن أن ينزل حتى 5 سم فوق أسفل الأساسين.

- يجب أن يستمر التسليح لجائز التقويم حتى محوري العمودين على الأقل.
- يجب أن تكون التربة مخلخلة تحت أسفل جائز التقويم، حتى لا يعمل هذا الجائز كأساس.
- يجب ألاَّ تقل نسبة التسليح في جائز التقويم عن نسب التسليح الدنيا في الجوائز.

7-4/1/4 الأساس المشترك لعمودين

آ- مجال الاستعمال

- عند تقارب أساسين منفردين مركزيين متجاورين بأحد الاتجاهات، بحيث يصل مجموع طوليهما إلى ما لا يقل عن ثلثي المسافة بين العمودين المتجاورين.
- عند الحاجة لربط عمود طرفي أو ركني مع عمود داخلي بأساس واحد لتجنب الأساس رجل البطة.
- عند عدم وجود مياه جوفية في الموقع بمنسوب أعلى من منسوب أسفل أرضية المبنى أو المنشأة.

ب- أشكال الأساس المشترك

- بلاطة مسطحة ذات سمك ثابت، وتستعمل في حالة العمودين المتقاربين بحملين متقاربين أيضاً.
- بلاطة مسطحة مع جائز مقلوب للأعلى، ويستعمل هذا الحل عندما يكون العمودان بعيدان أحدهما عن الآخر.

ت- اختيار الأبعاد

- يتم اختيار أبعاد الأساسات في المسقط بحيث ينطبق مركز ثقل الأساس مع مركز ثقل الأحمال.
- في حال كون الأساس المشترك ذا سماكة منتظمة، يجب ألاَّ يقل سمكه عن (L/5)، حيث L أكبر مجاز حسابي في الأساس المدروس.
- يكون بروز البلاطة (عن حرف العمود) بالاتجاه الطويل، من مرتبة نصف بروزها بالاتجاه القصير أو أقل.
- إذا كان الأساس المشترك مؤلفاً من نعل أساس (بلاطة) وجائز بارز إلى الأعلى، فيجب ألاَّ يقل سمك الجائز البارز عن خُمس (1/5) المجاز، ولا يقل سمك النعل عن نصف (1/2) البروز في الاتجاهين، ولا عن 300mm (30cm).
- يسمح بوجود لا مركزية في الأساسات الطرفية بين محصلة الأحمال ومركز ثقل مساحة الأساس، بحيث لا تزيد النسبة بين الضغط الأكبر والضغط الأصغر على 2 : 1 .
- أمَّا إذا كان الأساس يستند على تربة صخرية، فيمكن أن يسمح بضغط لا مركزي في أقصاه مثلثي، ولا يجوز السماح بإجهادات شد على التربة.
- في حالات اللامركزية الناتجة عن أحمال الزلازل، يسمح بأن يكون الضغط على جزء من أسفل الأساس فقط، لا يقل عن نصف مساحة الأساس، كما هو موضح في الملحق رقم 2 للكود والخاص بالزلازل.

- يجب أن يغلف الجائز البارز العمود من كل جهة بمسافة لا تقل عن 100mm (10cm).
- يجب أن لا يقل سمك طبقة التغطية إلخرسانية للتسليح عن 75mm.

ث – اختيار التسليح

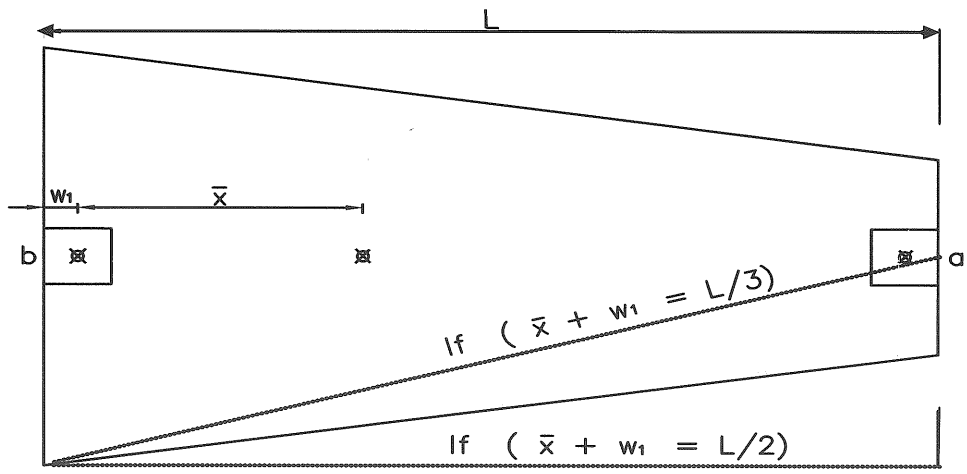
- ينطبق على الأساسات المشتركة نسب التسليح الدنيا والعظمى الواردة في الكود العربي السوري (الكود الأساس) للبلاطات والجوائز، حسب الحال.
- يجب ألاَّ يقل سمك طبقة التغطية عن 70 mm (7cm).
- يجب ألاَّ يقل قطر التسليح المستعمل في الأساسات عن 12 mm.
- يجب ألاَّ يزيد التباعد بين القضبان المتجاورة في أي اتجاه على 300 mm (30cm).

ج– الأساسات المشتركة بشكل شبه منحرف

في حالة وجود عمود خارجي ذي حمل أكبر من حمل عمود داخلي مجاور، وإذا كان من الضرورة لسبب ما ضم العمودين في أساس واحد فإن افتراض توزع منتظم تحت هذا الأساس سيؤدي لأساس شبه منحرف، وفق الشكل (7–5). يمكن أن نلاحظ أن الطول الأدنى للأساس هو بين الوجهين إلخارجيين للعمودين، وبتفحص الشكل المذكور نلاحظ ما يأتي:

1– لا يوجد حل إذا كان: $\bar{x}+w_1<\frac{L}{3}$ فهذه الحالة ستؤدي لأساس مثلثي الشكل يكون فيه العمود الداخلي مرتكزاً جزئياً على فراغ. وتحدث هذه الحالة إذا كانت المسافة بين العمودين كبيرة.

2– يصبح الحل هو الأساس المشترك المستطيل الشكل إذا كان : $\bar{x}+w_1=L/2$



الشكل(7–5): أساس شبه منحرف

3– يوجد حل أساس شبه منحرف في حال: $L/3<(\bar{x}+w_1)<L/2$

وبالعودة إلى الشكل (7–5) فإنه يتم الحصول على نسب أبعاد الأساس بأخذ عزوم أحمال الأعمدة حول مركز العمود اليساري /1/ لايجاد قيمة $\bar{x}$، وهنا ننوه إلى وجود حملين لعمودين فقط.

بجمع $\bar{x}$ مع نصف عرض العمود w_1 يتم اختيار طول الأساس الممكن عملياً لتحقيق الحل.

لنفرض أن: $x=\bar{x}+w_1$

ومن خواص شبه المنحرف يكون:

$$x=\frac{L}{3}\left(\frac{2b+a}{a+b}\right) \quad \text{.....} \quad (5-7)$$

$$qA=\sum P \quad \text{.....} \quad (6-7)$$

وبفرض أن ضغط التربة منتظم يكون:

$$A=\frac{(a+b)}{2}L \quad \text{.....} \quad (7-7)$$

وبحل المعادلات الثلاث أعلاه، يتم إيجاد الأبعاد المجهولة a ، b.

ومن ثم يتم تحويل الأحمال الاستثمارية إلى أحمال مصعدة، ويتم إيجاد q_{ult}، ويتم رسم مخططات العزوم والقص، ثم يتم التصميم بشكل مشابه للأساس المشترك المستطيل الشكل.

5/1/4-7 الأساس الشريطي أو الخطي (مشترك بين أكثر من عمودين على خط مستقيم واحد)

آ- مجال الاستعمال

- عند تقارب مجموعة أساسات منفردة مركزية متجاورة بأحد الاتجاهات، بحيث يصل مجموع أطوالها إلى ما لا يقل عن ثلثي مجموع المسافات بين الأعمدة المتجاورة المحمولة بهذه الأساسات.
- عندما تكون التربة تحت الأساسات غير متجانسة تماماً، ومطلوب الحد من الهبوط الكلي للأساسات والهبوط التفاضلي لها.
- عند عدم وجود مياه جوفية في الموقع بمنسوب أعلى من منسوب أسفل أرضية المبنى أو المنشأة.

ب- أشكال الأساسات الخطية

- بلاطة مسطحة ذات سمك ثابت، وتستعمل في حالة الأعمدة المتقاربة ذات الأحمال المتقاربة.
- بلاطة مسطحة ذات جائز مقلوب للأعلى، وتستعمل في حالة الأعمدة المتباعدة (خاصة عندما تكون التباعدات غير منتظمة) وذات الأحمال المتباعدة أيضاً.
- بلاطة مسطحة مع تنفيذ رقبات للأساسات تكون قواعد للأعمدة في أعلى البلاطة، وينصح باستعمال هذا الحل عندما تكون أوضاع الأعمدة (من حيث الأحمال والتباعدات) وسطاً بين الحالتين السابقتين.

ت- الأساس الشريطي (الخطي) المجاور لخط الملكية

يمكن أن يكون الأساس الشريطي (أو الخطي) مجاوراً أيضاً لخط الملكية، وينطبق عليه في هذه الحالة ما ينطبق على الأساس المنفرد الطرفي المجاور لخط الملكية من حيث أن عرض الأساس لا

يتعدى مرة ونصف عرض العمود، كما ينطبق عليه في الاتجاه الطولي ما ينطبق على الأساس الشريطي لمجموعة أعمدة مركزية مع الأساس، مع ضرورة الربط (بالاتجاه المتعامد) بشيناحات مع أساسات الأعمدة الداخلية.

ث- اشتراطات اختيار الأبعاد والتسليح

يطبق على الأساس الخطي في هذين المجالين ما يطبق على الأساس المشترك لعمودين.

ج- اشتراطات حساب القوى والعزوم الداخلية

- تحسب القوى والعزوم الداخلية في الأساس الخطي، بافتراض أن هذا الأساس هو جائز مقرر يتعرض لأحمال متوازنة من أوزان المنشأة من جهة ورد فعل تربة التأسيس من جهة أخرى، ويجب حساب رد فعل التربة بحيث يحقق هذا التوازن.
- من أجل التصميم الجيد (للحصول على إجهادت موزعة بانتظام تحت الأساس)، يلزم اختيار طول الأساس بحيث ينطبق مركز ثقل الأساس مع مركز ثقل أحمال الأعمدة المستندة على الأساس.
- إذا كان الأساس الخطي بشكل جائز بارز مع بلاطة من الجانبين، فيمكن افتراض أن البلاطة تستند على الجائز، وتعمل كظفر مزدوج معرض لضغط التربة الصافي (أي بعد حسم وزن الأساس ووزن التربة والأحمال الحية فوق الأساس). وإذا كانت البلاطة من جهة واحدة فقط (كما في حالة الأساس الخطي الطرفي المجاور لخط الملكية) فإن الجائز سيتعرض لعزم فتل ناتج عن عزم الانحناء المطبق على البلاطة الظفرية.

7-1/4/6 الأساس الشريطي المشترك للأعمدة الطرفية والجدار الاستنادي

في حالة وجود جدار استنادي في طرف المبنى (في القبو) يصل بين الأعمدة الطرفية النازلة من الجزء العلوي من المبنى، تُصمم الأساسات للأعمدة والجدار الاستنادي كأساس مشترك يتعرض لأحمال شاقولية ولضغط جانبي (أفقي) من التربة المسنودة بالجدار، على أنه يمكن أخذ عرض هذا الأساس متغيراً (بحيث يكون أعرض عند الأعمدة)، ولا يصح تصميم أساسات الأعمدة الطرفية وأساس الجدار الاستنادي كأساسات منفردة متجاورة. كما أنه من الضروري مد التسليح الأفقي للجدران ضمن الأعمدة، ويفضل صب الأعمدة والجدران مع بعضها بمرحلة واحدة.

7-1/4/7 الحصيرة

أ- مجال الاستعمال

- عندما تكون التربة ضعيفة بحيث يؤدي استعمال الأساسات المنفردة أو الخطية إلى هبوطات كبيرة نسبياً تؤثر على عناصر المنشأة، ويكون مطلوباً التقليل من الهبوط الكلي للأساسات أو الهبوط التفاضلي لها.
- عندما تكون الأحمال كبيرة وتحمل التربة المسموح به صغيراً بحيث أن مجموع المساحات اللازمة

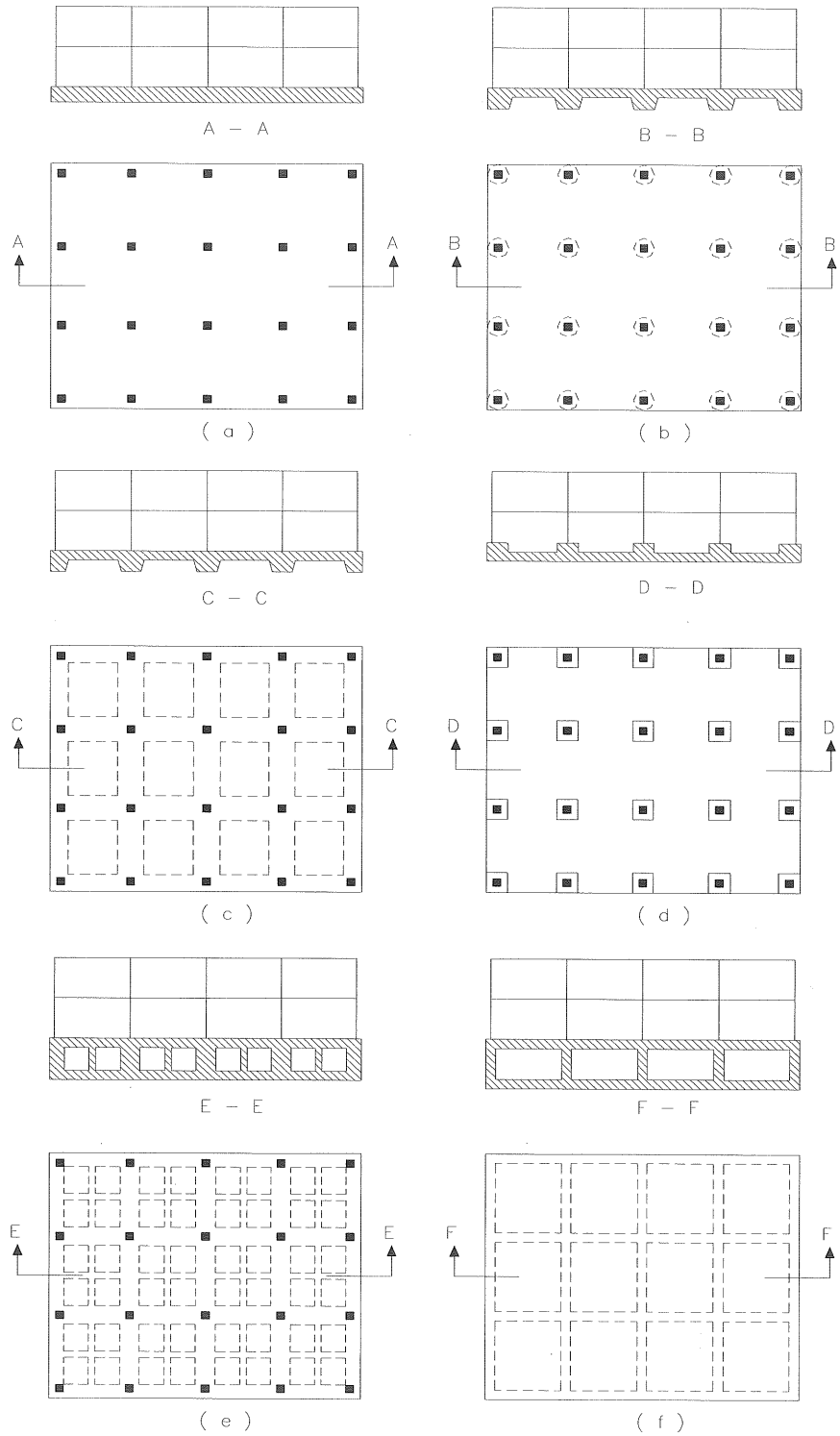
للأساسات المنفردة والشريطية (الخطية) والمشتركة يغطي أكثر من ثلثي رقعة المبنى أو المنشأة، وبالتالي فإن تحويل هذه الأساسات الجزئية إلى حصيرة عامة يخفض من قيمة الإجهادات المطبقة على التربة ويزيد في تحملها.

- عندما تكون التربة في موقع العقار غير متجانسة على كامل المساحة، أو عندما يكون القطاع الشاقولي يحتوي على عدسات أو كتل صخرية أو طرية جداً. أو عندما تكون الطبقات الكلسية للتربة حاوية على فراغات جزئية لا يمكن تتبع توضعها بشكل دقيق. وبالتالي تستعمل الحصيرة في هذه الحالات لتعمل كجسر ممتد فوق الفجوات الصغيرة ولتخفيف الهبوطات النسبية الناتجة عن عدم تجانس التربة.
- بشكل عام عندما تكون عناصر المنشأة أو التجهيزات المركبة فيها ذات تأثر كبير بالتشوهات النسبية، يتم استعمال الحصيرة للتقليل ما أمكن من التشوهات النسبية.
- عند وجود مياه جوفية أو سطحية أعلى من منسوب أرضية قبوالمبنى.
- في كثير من المنشآت الخاصة حيث يفرض شكلها أن تكون الحصيرة هي الحل الطبيعي لأساساتها مثل الصوامع والقواديس وخزانات المياه ذات الجدار الاسطواني الحامل والمداخن.

ومع أن الحصائر لها ميزات عديدة إلا أنه يجدر التنويه إلى أن تكاليف إنشاء الحصيرة تفوق عادةً تكاليف إنشاء الأساسات العادية، وبالتالي (قبل إقرار استعمال الحصيرة) لا بد من التأكد أولاً من عدم صلاحية استعمال الأساسات العادية سواء المنفردة أو الخطية بحيث لا تستعمل الحصيرة إلا في حالات الضرورة المذكورة أعلاه.

ب – أشكال الأساسات الحصيرية

- بلاطة مسطحة ذات سمك ثابت، وتستعمل في حال المنشآت ذات شبكة أعمدة منتظمة ومتقاربة وأحمال أعمدتها متقاربة الشكل (7-6 a).
- بلاطة مسطحة مع زيادة السمك (للأسفل) في المواقع المجاورة للأعمدة، (الشكل (7-6 b)).
- بلاطة باتجاهين تستند على جوائز أسفل البلاطة والأعمدة، وينصح باستعمال هذا الحل عندما تكون الأعمدة متباعدة عن بعضها بتباعدات غير منتظمة، وتتعرض لأحمال غير متقاربة، (الشكل (7-6 c)).
- بلاطة مسطحة مع تنفيذ قواعد للأعمدة في أعلى البلاطة،)الشكل (7-6 d)).
- بلاطة مفرغة تعمل كمنشأة صندوقية (الشكل (7-6 e)).
- بلاطة صلدة فراغياً، والعناصر الإنشائية فيها مؤلفة من بلاطة سفلية وجدران شاقولية باتجاه واحد أو باتجاهين، وبلاطة علوية، ويكون اتصال جميع العناصر اتصالاً صلداً. ويستعمل هذا النوع من البلاطات في الأحمال الكبيرة، ولتخفيف وزن الأساس والردم فوقه (الشكل (7-6 f)).



الشكل (7 – 6): أنواع الأساسات الحصيرية

a) بلاطة مسطحة (فطرية).
b) بلاطة مسطحة جرى تسميكها تحت الأعمدة من الأسفل.
c) بلاطة باتجاهين مع جوائز.
d) بلاطة مسطحة مع قواعد للأعمدة أعلى البلاطة.
e) أساس خلوي (صندوقي).
f) جدران الأقبية كأساسات إطارية.

ت – اشتراطات اختيار الأبعاد

- يُختار سمك الحصيرة بحيث لا يقل عن ثُمن (1/8) المجاز بين العمودين المتجاورين.
- يجب ألاَّ يقل سمك الحصيرة في جميع الأحوال عن 400mm (40 cm).
- يجب ألاَّ تقل سماكة جوائز الحصيرة البارزة عن خُمس (1/5) المجاز بين محوري العمودين المتجاورين.
- يجب أن يغلف الجائز البارز العمود من كل جهة بمسافة لا تقل عن 100 mm (10cm).
- يجب ألاَّ تقل سماكة خرسانة النظافة تحت الحصائر عن 150 mm (15cm).

ث – اشتراطات اختيار التسليح

- يجب ألاَّ يقل قطر قضبان التسليح في الحصائر عن 12 mm.
- يجب ألاَّ تزيد المسافة بين قضيبين متجاورين على 300 mm (30cm) في الاتجاهين.
- يجب أن تستعمل شبكة تسليح علوية وشبكة تسليح سفلية، وبالاتجاهين.
- يجب ألاَّ تقل نسبة التسليح الدنيا في بلاطة وجائز الحصيرة عن النسبة الدنيا في بلاطات وجوائز الأسقف.
- يجب ألاَّ تزيد نسبة التسليح العظمى في بلاطة وجائز الحصيرة عن النسبة العظمى في بلاطات وجوائز الأسقف.

ج – اشتراطات حساب القوى والعزوم الداخلية

تُحسب القوى والعزوم الداخلية في جوائز الحصيرة بافتراض أن هذه الجوائز ذات أحمال مُقررة تتعرض لأحمال متوازنة من أوزان المنشأة من جهة، ورد فعل تربة التأسيس من جهة أخرى، ويجب حساب رد فعل التربة تحت الحصيرة من التوازن العام للحصيرة، كما سيتم تفصيله في الباب الثامن.

أما البلاطات، فيمكن افتراض أنها مُستندة على الجوائز، وأنها مستمرة مع بعضها، ومُعرضة لضغط التربة الصافي (بعد حسم وزن الأساس ووزن التربة فوقه).

7-1/4/8 الحصيرة المفرغة من بلاطاتها

إذا كان ضغط التلامس بين الحصيرة العامة وتربة التأسيس يقل كثيراً عن الإجهاد المسموح به، ولا توجد مياه جوفية فوق منسوب أرضية القبو، يمكن تفريغ أجزاء من الحصيرة العامة (الواقعة في منطقة تقاطع الشرائح الوسطية بالاتجاهين)، وبذلك يمكن توفير بعض المواد. وتصبح الحصيرة في هذه الحالة عبارة عن شبكة من الأساسات الشريطية الخطية (أو الجوائز) في الاتجاهين.

7-1/4/9 الأساسات مع فتحات داخلية أو مع فتحات طرفية

قد يكون من الضروري تنفيذ الأساس مع فتحات لتثبيت آلات ميكانيكية. وفي حال تم العلم مسبقاً بهذا

الأمر فإنه من الممكن توضيع الأحمال على الأساس، بحيث تنطبق محصلة القوى على مركز مساحة الأساس، ويتم وفق ذلك تصميم الأساس على ضغط تربة يساوي $q = P/A$.

يُمكن أن تُخِل الفتحات الكبيرة في الأساس من صحة الافتراض نوعاً ما، ولكن المهم أن نقوم بافتراض الأساس الصلد.

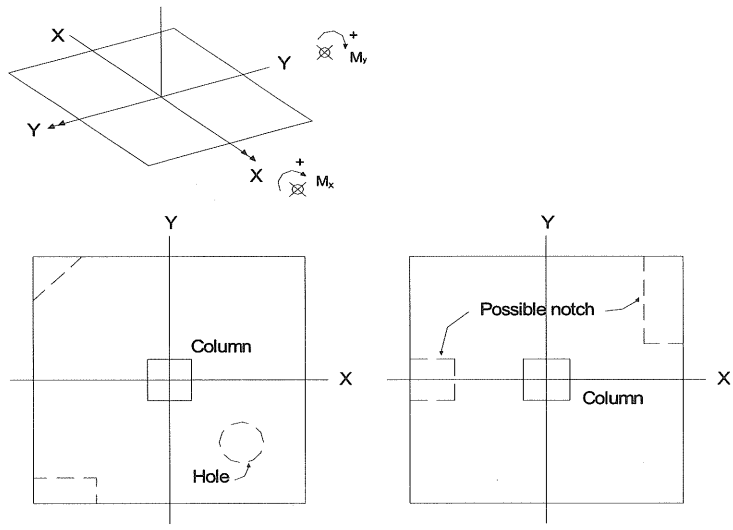
بعد أن يتم إنشاء الأساس، قد يكون من الضروري في وقت لاحق أن تتم إزالة أجزاء منه كما في الشكل (7-7)، كما قد يكون من المرغوب فيه أن نبني أساساً مع فتحات من البداية حيث يتم توضيع العمود مع افتراض مركز مساحة المقطع دون فتحات.

وفي كل حال، فإن ضغط التربة الناتج، يجب أن يُحسب لمعرفة فيما إذا تخطى الضغط القيمة المسموح بها، أو لمعرفة إمكانية حدوث اختلاف في الضغط، الأمر الذي يؤدي للأخذ بالحسبان دوران الأساس.

يمكن تحليل الأساس الصلد كما يلي:

يمكن أن يعبر عن المعادلة العامة للتغير الخطي للضغط على أية مساحة بالعلاقة الآتية:

$$q = ax + by + c \qquad (8-7)$$



يُشير الخط المتقطع إلى أماكن الفتحات الممكنة في أساسات محملة مركزياً.

الشكل (7-7): الأساس مع فتحات داخلية أو مع فتحات طرفية

إن إزالة هذه الأجزاء (أماكن الفتحات) تؤدي إلى أساسات محملة لا مركزياً وفق مركز المساحة الجديد.

بالإشارة إلى الشكل (7-7) لاتخاذ اشارات (استعمال قاعدة اليد اليسرى: مع الإشارة إلى اتجاه السهم

M+ تكون وفق الأصابع الممسكة بالمحور)

وتصبح المعادلة (7-8) على هذا الشكل:

$$\sigma = \frac{\sum P}{A} \pm \frac{M_x * I_y - M_y * I_{xy}}{I_x * I_y - I_{xy}^2} * y \pm \frac{M_y * I_x - M_x * I_{xy}}{I_x * I_y - I_{xy}^2} * x \quad \ldots\ldots \quad (9-7)$$

حيث:

I_{xy}: جداء العطالة وممكن أن يكون (+) أو (-)؛

M_x , M_y: العزوم كما عرفت في الشكل (7-7)؛

x , y: بعد النقطة المدروسة عن مركز المساحة حيث يحسب الضغط؛

σ: ضغط التربة، (+ موجب، - ضغط)؛

I_x , I_y: عزوم العطالة وفق المحاور y، x .

وننوه إلى أن قيمة سالبة لـ σ تدل على شد في التربة والمعادلة (7-9) تصبح خاطئة.

بالنسبة للمناطق غير الفعالة في الأساس، فإن على المصمم أن يقوم بإجراء تجريبي.

وفي كل الحالات، كما يمكن أن تكون هذه حالة منفردة، يمكن إعادة التصميم، على أن يكون الأساس فعالاً بالكامل، ومراعاة الإشارات.

7-2/4 استعمالات الأساسات العميقة واشتراطاتها

7-0/2/4 حالات استعمال الأساسات العميقة

يتم استعمال الأساسات العميقة عادة عندما تكون الطبقات الملائمة للتأسيس عند عمق كبير من سطح الأرض، وتكون جميع الطبقات التي تعلوها غير صالحة للتأسيس عليها لأنها لا تفي بمعاملات الأمان المطلوبة من ناحية الأمان للإجهادت أو الهبوط للمنشأة أو التجهيزات التي سيحويها. كما تُستعمل الأساسات العميقة عندما تتطلب الدراسات الاقتصادية ذلك، كما في حالة تعذر تنفيذ أساسات ضحلة لما سيتتبعه ذلك من ضرورة تخفيض منسوب المياه الأرضية لأعماق كبيرة وما يتبع ذلك من مشاكل، أيضاً لضمان سلامة اتزان المبنى في المستقبل في المواقع المعرضة طبقاتها العلوية للنحر (الحت) أو للتطهير أو الحفر. وقد تُستعمل الأساسات العميقة أيضاً لضمان سلامة وتوازن المباني المجاورة، وفي حالة المنشآت التي تحتاج في تصميمها لضغط تربة جانبي لتوازنها.

قبل اتخاذ قرار باستعمال أي نوع من الأساسات العميقة، يجب عمل دراسة شاملة للتأطد من أنه لا يمكن التأسيس على أي نوع من الأساسات الضحلة ذلك لأن تكاليف الأساسات العميقة غالباً ما تزيد على تكاليف الأساسات الضحلة، علاوة على الصعوبات التي تُصاحب تنفيذ الأساسات العميقة.

7-1/2/4 الأوتاد

- تُختار أوتاد الارتكاز عندما تكون طبقة التأسيس مؤلفة في القسم العلوي من تربة ضعيفة تليها تربة قاسية تعمل كطبقة ارتكاز. وفي هذه الحالة يجب أن يغرس الوتد في هذه الطبقة مسافة لا تقل عن أربعة أضعاف قطره.
- تُختار أوتاد الاحتكاك عندما تكون تربة التأسيس مؤلفة من تربة غير قوية وذات سماكة كبيرة، وعندما تكون الطبقة القاسية عميقة جداً. في هذه الحالة يتعلق اختيار وطول الوتد بخصائص تربة التأسيس وبحمل الوتد. وفي جميع الأحوال يمكن إجمال العوامل المؤثرة باختيار قطر وطول الوتد بما يأتي:
- نوع وحالة التربة.
- الأحمال المطبقة على الوتد.
- موقع الوتد بالنسبة للمنشآت المجاورة.
- مواصفات الموقع.
- الكلفة.

وفي كل الحالات تقع المسؤولية على المهندس المصمم في اختيار الحل الملائم. وعلى سبيل المثال لا الحصر، سيتم شرح هذه العوامل بالآتي:

أ - تأثير نوع وحالة التربة:

في الحالات العامة تكون التربة غير متجانسة، وطبقاتها ليست بالمواصفات ذاتها. ومن المهم أخذ النقاط الآتية بالحسبان. (القيم المبينة أدناه استرشادية وليست ملزمة).

- في التربة الغضارية المتوسطة التماسك، حيث q_u (قدرة تحمل التربة الناجمة عن القص غير المصرف) $50 < q_u < 100\ kN/m^2$ تكون الأوتاد المسبقة الصنع والأوتاد المصبوبة بالمكان (سواء المحفورة بالدق أو بالتفريغ) ملائمة.
- في حالة التربة الغضارية الضعيفة جداً ($q_u \leq 25\ kN/m^2$) فإن الأوتاد المصنوعة من الخرسانة المسبقة الصنع (الأوتاد المدقوقة) تكون الأكثر ملاءمة لتجنب انهيار التربة قبل تصلب الخرسانة فيما لو استعملت الأوتاد المصبوبة بالمكان، إلا إذا تم استعمال قمصان للأوتاد المصبوبة في المكان. وينوه لاحتمال عدم السماح بالدق (وبالتالي عدم امكانية استعمال الأوتاد المدقوقة) في بعض المواقع (كالموقع المحاط بمبانٍ قديمة مثلاً، أو الموقع الحاوي لأحجار تعيق اختراق الوتد للتربة). عندها يلزم استعمال الأوتاد المصبوبة بالمكان.
- في التربة الغضارية القاسية جداً (حيث: $q_u > 200\ kN/m^2$) ينصح بتجنب الأوتاد المدقوقة واستعمال الأوتاد المصبوبة بالمكان، وأن يتم حفرها دورانياً (augr).
- وفي حالة التربة المنتفخة swelling soil فإن الأوتاد المصبوبة بالمكان، المحفورة بالتثقيب، ذات الأقطار الكبيرة، هي الأنسب لتقليل مشاكل التنفيذ. وإذا كانت قابلية الانتفاخ عالية جداً، يتصح باستعمال قساطل (قمصان) دائمة.

- في التربة الرملية الكثيفة ($N > 30$): يصعب استعمال الأوتاد المدقوقة بسبب صعوبة دفعها الناجم عن تزايد الكثافة، الأمر الذي يؤدي إلى ظهور شقوق في الأوتاد المسبقة الصنع (الصب). لذا، يفضل في هذه الحالات استعمال الأوتاد المصبوبة في المكان.
- في التربة الرملية المتوسطة الكثافة (حيث: ($10 < N < 30$)) ذات العمق المستمر لمسافة كبيرة، يمكن استعمال الأوتاد المدقوقة أو المصبوبة بالمكان مع إجراء توسيع لقاعدة الارتكاز عند العمق المناسب.
- في حال التربة الرملية المفككة، لا يفيد استعمال البنتونيت في سند جوانب الحفرية قبل صبّ الخرسانة، حيث يكون صعباً تأمين هذا السند، وبالتالي يوصى باستعمال القمصان الفولاذية.
- إذا تبين من خلال التحليل الكيماوي للتربة أو المياه الموجودة فيها، زيادة تركيز الأملاح عن حد معيَّن محدد في المواصفات القياسية، فإن ذلك يتطلب استعمال نوع خاص من الاسمنت، أو استعمال إضافات خاصة للخلطة الخرسانية، أو استعمال أوتاد مسبقة الصنع مطلية بطبقة حماية سطحية. وفي حال استعمال الأوتاد المصبوبة، يجب اتخاذ إجراءات خاصة لمنع التأثير الضار للأملاح والمياه.
- عندما تكون تربة التأسيس مناسبة لأكثر من نوع من الأوتاد، تكون الأوتاد ذات القطر العادي (حتى 600 mm) هي الأكثر مناسبة للأحمال الخفيفة نسبياً والكثيرة العدد. وتكون الأوتاد ذات الأقطار الكبيرة نسبياً (أكبر من 600 mm) المصبوبة بالمكان هي الأنسب للأحمال الثقيلة نسبياً والقليلة العدد.

ب - تأثير الأحمال المطبقة على الوتد من الجزء العلوي للمنشأة

عندما تكون الأحمال المطبقة على الوتد كبيرة (أكبر من 3000 kN أو 300 طن) تكون الأوتاد المصبوبة في المكان أكثر ملاءمة، مع الأخذ بالحسبان الأثر الإيجابي للدق في الأوتاد المدقوقة في حالة التربة الرملية، والتي تؤدي إلى زيادة كثافة هذه التربة، وبالتالي زيادة تحمل الوتد. وفي جميع الأحوال تعد المقارنة الاقتصادية هي الحكم في اختيار نوع وقطر الوتد الأفضل. أما التباعد بين مراكز الأعمدة، فيُعد عاملاً مهماً في اختيار الوتد أيضاً بحيث يسمح ذلك الاختيار باستعمال قبعات الأوتاد المشتركة الاقتصادية.

- في حالة تنفيذ أوتاد مجاورة لمبانٍ قائمة، يفضل استعمال الأوتاد بأقطار كبيرة من أجل تخفيض عددها وتصغير المسافة بين مراكزها ومركز العمود، وذلك من أجل تخفيض اللامركزية. وفي حال الأحمال الخطية يمكننا اختيار قطر مناسب من أجل توزيع الأوتاد خطياً تحت الجدار المحمول. في هذه الحالة يمكن تجاوز شرط التباعد بين مراكز الأوتاد بأكثر من ثلاث مرات القطر بغية تخفيف التكلفة.
- نظراً لضرورة تصميم المنشآت لمقاومة الزلازل، يتوجب تسليح كامل طول الوتد، ويجب اختيار الأوتاد التي يمكن أن تؤمن قوى احتكاك مع التربة المجاورة، والتي تؤمن مقاومة قوة الشد المطبقة

بعامل أمان كافٍ، وكذلك مقاومة القوى الناتجة عن الزلازل. وتُؤخذ نسبة التسليح الدنيا في الوتد 0.006 من مساحة مقطع الوتد إذا كانت القوة المُطبقة على الوتد لا تقل عن نصف تحمله التصميمي من إجهادات التربة، وتزاد النسبة إلى 0.01 كحد أدنى عندما تصل القوة المُطبقة على الوتد إلى قوة التحمل التصميمية للوتد الناتجة عن حسابات التربة. وتُزاد نسبة التسليح على ما سبق. إذا تطلب التصميم ذلك، على أن لا تزيد هذه النسبة على 0.015 في جميع الأحوال، وعندها يلزم تكبير مقطع الوتد أو زيادة عدد الأوتاد، أو مزيج من الحلين. وعندما تُستعمل الأوتاد للعمل كجدار استنادي، أو كعنصر من جدار استنادي، فإنها تتعرض لعزوم انحناء من ضغط التربة الجانبي، فيُفضل عندها تكثيف حديد التسليح من جهة التربة ليكون التصميم أكثر اقتصادية.

ت - تأثير قرب الوتد من الجوار

عند تنفيذ الأوتاد قرب المنشآت القائمة، من المفضل استعمال آليات الحفر التي لا تسبب اهتزازات في هذه المنشآت، لذلك فإن الأوتاد المصبوبة في المكان تكون أكثر ملاءمة.

ث- تاثير مواصفات الموقع

يجب إجراء التحريات في الموقع الذي ستنفذ فيه الأوتاد، وكيف سيتم الوصول إلى الموقع لاختيار الوتد الملائم والطريقة التقنية الملائمة لتنفيذ الأوتاد في هذا الموقع.

ج- أثر الكلفة الاقتصادية

يُعد العامل التقني الأساس في اختيار نوع الوتد، لكن عند وجود عدة اختيارات تحقق العامل التقني، فيتم الاختيار اعتماداً على المتطلبات الآتية:

- كلفة تنفيذ القبعات.
- كلفة أعمال الحفر للوصول إلى منسوب تربة التأسيس.
- واقع المياه الجوفية في الموقع.

7-2/2/4 الآبار الاسكندرانية

- تُستعمل الآبار الاسكندرانية عندما تكون التربة الصالحة للتأسيس عميقة نسبياً (أي إنها ليست عميقة جداً، أي بين 3-7 متر عادةً).
- يمكن أن تكون الآبار الاسكندرانية قواعد لأساسات من الخرسانة المسلحة.
- تكون الآبار الاسكندرانية مناسبة كأساسات للآلات.

7-5 الاشتراطات العامة في تصميم الأساسات والقواعد والشيناجات

تطبق هذه الاشتراطات العامة للأساسات السطحية بجميع أنواعها، كما تطبق على المخدات (القبعات) فوق رؤوس الأوتاد، وفوق الآبار الاسكندرانية.

7-5/1 الاشتراطات البعدية للأساسات والقواعد والشيناجات

7-5/1/1 الأساسات

أ- لا يقل العمق الكلي للخرسانة في الأساس الملاصق لخرسانة النظافة مباشرة عن 250mm، كما لا يقل العمق الكلي لقبعة الأوتاد عن 400mm.

ب- لا يقل البعد الأصغر لمسقط أساسات الأعمدة عن 1000mm في التربة القوية (تحمل لا يقل عن 0.3MPa) وعن 1200mm في التربة الضعيفة (تحمل أقل من 0.3MPa).

ت- لا يقل عرض الأساس الشريطي عن 600mm في التربة القوية وعن 900mm في التربة الضعيفة، أما في التربة القاسية فيمكن اعتماد قيم أصغر من ذلك.

ث- من أجل تأمين جساءة (قساوة) مناسبة للأساسات المنفردة يجب أن لا يقل العمق الكلي للأساس عن نصف (1/2) مقدار بروز الأساس عن قاعدة العمود (أو عن العمود أو الجدار).

ج- يطبق الشرط السابق ذاته على الجزء البارز (الكابولي) من البلاطات في بقية أنواع الأساسات، أما في حالة الجائز (الكمرة) بشكل كابولي في أساسات الحصيرة، فيجب أن لا يقل العمق عن البروز من وجه القاعدة (أو العمود).

ح- لا تزيد نسبة المجاز (البحر) إلى العمق في جوائز (كمرات) الحصيرة عن 4 للجوائز البسيطة، وعن 5 للجوائز المستمرة.

خ- لا تزيد نسبة المجاز (البحر) إلى السمك في بلاطات الحصيرة المستندة على كامل محيطها عن 8 للبلاطات ذات الاتجاه الواحد، وعن 10 للبلاطات ذات الاتجاهين.

د- ينصح، في الأساسات المنفردة، بجعل بروزات الأساسات من أوجه القواعد (أو الأعمدة) متساوية قدر الإمكان.

ذ- بالنسبة للأساسات الكتلية من الخرسانة العادية يجب أن لا يقل عمق الأساس عن مرة ونصف (1.5) مقدار بروز الأساس من طرف القاعدة أو العمود.

ر- يمكن أن يكون السطح العلوي للأساس أفقياً، كما يمكن أن يكون مائلاً، ويشترط في الحالة الأخيرة ألا يزيد ميل سطح الأساس عن:

2 شاقولي : 2.5 أفقي للأساسات من الخرسانة المسلحة،

وعن 1 شاقولي : 1.4 أفقي للأساسات من الخرسانة العادية (الكتلية).

ز- يشترط في الأساسات ذات السطح العلوي المائل أن لا يقل سمك الأساس عند الطرف عن نصف (1/2) سمكه عند وجه القاعدة أو العمود.

7-5/1/2 القواعد

أ- لا يقل العمق الكلي للخرسانة في قاعدة العمود عن 250mm.

ب- لا يقل البعد الأصغر لقواعد الأعمدة عن 600mm.

7-5/1/3 الشيناجات

أ- لا يقل أي من بعدي المقطع العرضي للشيناج عن 200mm.

ب- إذا كان الشيناج حاملاً لجدار (من البلوك أو الآجر أو الحجر)، وكانت المسافة بين أساسات الأعمدة كبيرة، يمكن تخفيف أبعاد الشيناج بوضع أساس وسطي (أو أكثر) إضافي تحت الشيناج، من الخرسانة العادية بأبعاد لا تقل عن 0.6m×0.6m ويصل حتى تربة التأسيس المناسبة.

7-5/2 مساحات التسليح الدنيا والقصوى للأساسات والقواعد والشيناجات

1- لا تقل مساحات التسليح الدنيا للأساسات من الخرسانة المسلحة في كل من الاتجاهين عن $0.0012A'_c$ إذا كان التسليح من النوع المطاوع، ولا تقل عن $0.001A'_c$ إذا كان التسليح من النوع العالي المقاومة (حيث A'_c= مساحة القطاع الخرساني المتعامد مع التسليح)، أو لا تقل عن 1.33 مرة من مساحة التسليح اللازمة حسابياً، أيهما أقل.

2- لا تزيد مساحة التسليح القصوى عن 1/2 المساحة التوازنية ($0.5A_{sb}$) لقطاع الأساس العرضي.

3- تطبق على الشيناجات (الكمرات الأرضية) مساحات التسليح الدنيا والقصوى ذاتها المطبقة على الكمرات والواردة في البند (7-2-1-2) من الكود الأساس.

7-5/3 ترتيبات التسليح للأساسات والقواعد والشيناجات

1- لا يقل قطر قضبان التسليح المستعملة في تسليح الأساسات والشيناجات عن 12mm في حال الفولاذ (الصُلب) المطاوع، وعن 10mm في حال الفولاذ (الصلب) العالي المقاومة.

2- لا يقل قطر قضبان التسليح المستعملة عن 12mm في قواعد الأعمدة، وعن 10mm للتسليح الشاقولي، و8mm للتسليح الأفقي في قواعد الجدران.

3- لا يزيد تباعد قضبان التسليح في الأساسات على 200mm.

4- يتم نقل إجهادات التسليح الطولي في العمود أو القاعدة إلى القاعدة أو الأساس الحامل، إما بتمديد التسليح الطولي ضمن القاعدة أو الأساس الحامل أو بوساطة تشاريك.

5- في حال تمديد التسليح ضمن العنصر الحامل (بالأسفل) يجب تمديد هذا التسليح لمسافة كافية لنقل الحمل للخرسانة بالتلاصق.

6- في حال استعمال التشاريك، فإن مجموع مساحات القطاعات العرضية للتشاريك يجب أن لا يقل عن مجموع مساحات القطاعات العرضية للتسليح الطولي للعنصر الذي يتم نقل إجهادات تسليحه. ويجب ألا يقل عدد قضبان التشاريك في جميع الأحوال عن 4 لكل عنصر، كما يجب ألا يزيد قطر تسليح التشاريك على قطر تسليح العنصر الأساسي بأكثر من 3mm.

7- يجب أن يمتد طول قضبان التشاريك ضمن القاعدة أو العمود، مسافة لا تقل عن المسافة اللازمة لوصلة قضيب تسليح طولي في عمود، كما يجب أن تمتد ضمن الأساس لمسافة لا تقل عن المسافة

الكافية لنقل الحمل للخرسانة بواسطة التلاصق.

8- يتم تثبيت نهايات قضبان تسليح الشيناجات في رقبات الأعمدة أو الأساسات (حسب منسوبها) بصورة جيدة، وبصفتها معرضة لإجهادات شادة، طبقاً للمتطلبات الواردة في الباب الحادي عشر من الكود الأساس.

مرجع إضافي:

- الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني.

كودة ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات - الجزء الثالث - الأساسات الضحلة، والجزء الرابع - الأساسات العميقة.

8 الباب الثامن
الافتراضات الأساسية في حساب الإجهادات على التربة وفي تحليل الأساسات

8-1 طرائق التحليل

8-1/1 عام

يجري تحليل الأساسات بحساب القوى الداخلية (قوى محورية، عزوم انحناء، قوى خاصة، عزوم فتل ... إلخ) الناتجة في القطاعات عن التأثير الأعظمي للأفعال المختلفة التي يخضع لها الأساس. وتُحسب هذه القوى بالاعتماد على طرائق الحساب الإنشائية المعروفة، وذلك بافتراض أن الأساسات تعمل في مجال المرونة أو في مجال اللدونة أو في المجالين معاً، وهي طرائق مختلطة بين الاثنتين ومعدلة بشكل يناسب طبيعة سلوك مادة الخرسانة المسلحة. يمكن أن يكون الحساب يدوياً أو باستعمال البرامج الحاسوبية.

8-1/2 توجيهات عامة في تحليل الأساسات السطحية (الضحلة)

تُعد الأساسات السطحية دوماً منشآت مقررة سواءً كانت أساسات منفردة أو مشتركة أو حصيرة عامة أو ما بينها. ويلزم أولاً حساب إجهادات الضغط المطبقة على التربة من الأساسات، والواردة إليها من المنشأة الفوقية عبر الأعمدة والجدران. ويجب التأكد من توازن الأفعال مع ردود الأفعال التي تردّ بها التربة.

ومن أجل افتراض أن الإجهادات على التربة موزعة بشكل خطي (سواءً كانت موزعة بانتظام أو متغيرة خطياً)، فيجب التأكد أولاً من صلادة الأساسات.

في حال عدم كفاية صلادة الأساسات، من الضروري زيادة أبعادها (خاصة الارتفاع)، أو افتراض أن الأساسات لينة، وأن الإجهادات على التربة تتناسب مع هبوط التربة. في هذه الحالة، لا بديل عملياً عن استعمال البرامج الحاسوبية لأن الحسابات تصبح معقدة جداً، لدرجة يستحيل فيها (عملياً) التعامل معها بالوسائل اليدوية.

8-2 تحليل الأساسات الضحلة (السطحية)

8-2/1 تحليل الأساس الكتلي

أ- يعد القطاع الحرج في الانحناء، عند كل قطاع (في الاتجاه المدروس) تتغير فيه السماكة.

ب- يحسب عزم الانحناء عند القطاع الحرج (أو القطاعات الحرجة).

ت- يجب ألاّ تزيد إجهادات الشد في أقصى ليف مشدود في القطاع الحرج على القيم الآتية:

* في حالة حد الإجهادات المسموح بها $0.13\sqrt{fc'}$ ، ($0.4\sqrt{fc'}$ بالواحدات المترية).

* في حالة الحد الأقصى $0.23\sqrt{fc'}$ ، ($0.72\sqrt{fc'}$ بالواحدات المترية).

ث- لا توجد ضرورة للتحقق من إجهادات القص.

ج- يكون الأساس الكتلي محققاً للإجهادات، إذا كان الارتفاع يساوي ضعف البروز.

ح- في حالة الخرسانة تحت الأساس المسلح (خرسانة النظافة) التي لا يقل سُمكها عن بروزها من طرف الأساس المسلح، و لا يقل عن 20 سم، يمكن افتراض هذه الخرسانة كأساس كتلي تحت الأساس المسلح. يُفترض أن أبعاد الأساس الكتلي الأفقية تزيد على أبعاد الأساس المسلح بمقدار نصف البروز فقط من كل جهة. كما يُفترض أن قدرة التحمل المسموحة لإجهادات الضغط على الخرسانة الكتلية تتراوح بين 6 و 10 كغ/سم2، وفقاً لمقاومة الخرسانة الكتلية. ويجب أن لا تزيد الإجهادات على التربة تحت نعل الأساس على الإجهادات المسموح بها لهذه التربة.

8-2/2 تحليل الأساس المنفرد المركزي من الخرسانة المسلحة

أ - يعد القطاع عند وجه العمود هو القطاع الحرج للانحناء في الاتجاه المدروس.

ب- يعد القطاع على بعد d / 2 من وجه العمود في الاتجاه المدروس هو القطاع الحرج في القص.

ت- يتم اختيار التسليح والتحقق من الإجهادات في القطاعات الحرجة، كما هو وارد في الكود العربي السوري حسب حالة الحد المدروسة.

ث- يتم التحقق من أطوال التماسك لقضبان التسليح في الأساسات، كما هو وارد في الكود العربي السوري (الكود الأساس).

ج- عندما يكون الأساس المنفرد المركزي أساساً لجدار حامل، يُلحظ الآتي:

* يُعد العرض الفعال للظفر بالاتجاه الطولي مساوياً لعرض الجدار + 100mm.
* لا يقل التسليح السفلي بالاتجاه الطولي عن ثلث التسليح السفلي بالاتجاه العرضي.
* في حالة وجود فتحة في الجدار فوق الأساس مباشرة، يعامل الأساس في منطقة الفتحة، معاملة الجائز الموثوق النهايتين، الذي يتعرض لأحمال من التربة أسفله (باتجاه الأعلى).

8-2/3 تحليل الأساس المنفرد الطرفي المجاور لخط الملكية (الأساس رجل البطة)

أ - يتعرض الأساس المنفرد الطرفي، المجاور لخط الملكية، إلى عزم انحناء من جهة واحدة فقط من العمود (بالاتجاه المتعامد مع خط الملكية)، وبذلك تكون الإجهادات المطبقة على التربة بشكل مثلثي، ولا يساهم عرض الأساس الذي يزيد على مرة ونصف عرض العمود في الإجهادات على التربة.

ب- لا يزيد الإجهاد الأعظمي المطبق على التربة على 1.25 مرة الإجهاد المسموح به.

ت- إذا لم يكف عرض الأساس لمقاومة الأحمال من العمود، يتم اللجوء إلى استعمال جائز تقويم يصل بين الأساس الطرفي وأول أساس داخلي مجاور، أو إلى استعمال أساس مشترك للعمود الطرفي وأول عمود داخلي مجاور (بالاتجاه المتعامد مع خط الملكية).

8-2/4 تحليل الأساس المنفرد الطرفي المجاور لخط الملكية مع جائز التقويم

تطبق في هذه الحالة الافتراضات الآتية:

أ – تعد الإجهادات تحت الأساس الطرفي موزعة بانتظام.

ب– يعمل جائز التقويم كجائز بسيط مع ظفر، يحمل العمود الطرفي عند خط الملكية بنهاية الظفر.

ت– يستند جائز التقويم على أول عمود داخلي، وعلى مركز الأساس الطرفي، ويكون مجاز الظفر بين مركز الأساس الطرفي ومركز العمود الطرفي عند خط الملكية.

ث– يُرجع إلى الفقرة (7-3/1/4 ت) في بقية الأمور.

8-2/5 تحليل الأساس المشترك للعمود الطرفي مع الأعمدة الطرفية المجاورة لخط الملكية

أ – في الاتجاه الطولي، ينطبق على هذا الأساس ما ينطبق على الأساس المشترك لعمودين (في حالة وجود عمودين طرفيين فقط) أو ما ينطبق على الأساس الشريطي أو الخطي (في حالة وجود أكثر من عمودين طرفيين)، ويستعمل عادة (في هذه الحالة) جائز بارز للأعلى.

ب– أما في الاتجاه العرضي، فينطبق على هذا الأساس ما ينطبق على الأساس رجل البطة.

8-2/6 تحليل الأساس المشترك لعمودين

يلزم تحليل الأساس المشترك لعمودين باتجاهين: عرضي وطولي. تكون الجملة الإنشائية في الاتجاه العرضي بشكل ظفر مزدوج، أما الجملة الإنشائية في الاتجاه الطولي فتكون بشكل جائز بسيط مع ظفرين، وأحياناً مع ظفر من جهة واحدة، وربما تكون بشكل جائز بسيط دون أظفار. يلزم أخذ الآتي في الحسبان عند تحليل الأساس المشترك لعمودين:

أ – يجب انطباق مركز ثقل الأساس المشترك لعمودين مع مركز ثقل الأحمال المطبقة عليه، حتى تكون الإجهادات المطبقة على التربة موزعة بانتظام.

ب– في حالة عدم تطابق مركزي الثقل، تكون الإجهادات المطبقة على التربة موزعة خطياً (بفرض تحقق شروط الصلادة). ويمكن أن تزاد الإجهادات العظمى المطبقة على التربة لتصل 1.25 مرة الإجهادات المسموح بها، عندما يكون توزيع الإجهادات بشكل مثلثي. أما التوزيع بشكل شبه متحرف، فتؤخذ الإجهادات العظمى بالنسبة والتناسب.

ت– تحسب عزوم الانحناء وقوى القص المطبقة على الأساس بافتراضه منشأة مقررة تتوازن فيها القوى المطبقة من الأعلى مع تلك المطبقة من الأسفل (رد فعل التربة). وتكون قيمة عزم الانحناء أو قوة القص المطبقة على مقطعٍ ما هي ذاتها، سواء تم الحساب من جهة اليمين أم تم الحساب من جهة اليسار.

ث– ينطبق على تراكيب الأحمال المطبقة من الأعمدة على الأساس المشترك، ما ورد في الباب السادس من هذا الملحق للكود.

8-2/7 تحليل الأساس الشريطي (الخطي)

أ – يلزم أولاً تعيين مركز ثقل الأحمال، ثم يتم اختيار أبعاد الأساس بحيث ينطبق مركزه مع مركز ثقل الأحمال، حتى تكون الإجهادات تحت الأساس موزعة بانتظام. إذا لم يتم التمكن من ذلك، وكان لا بد من وجود لا مركزية، فيلزم أن تكون هذه اللامركزية أصغر ما يمكن، وتكون الإجهادات المطبقة على التربة تحت الأساس، في هذه الحالة خطية، بشكل شبه منحرف أو مثلث.

ب– يمكن أن يكون الأساس بشكل بلاطة ذات سماكة ثابتة، كما يمكن أن يكون بشكل جائز بارز للأعلى (جائز مقلوب)، مع بلاطة ظفرية بالاتجاهين العرضيين.

ت– يتم تحليل الأساس الشريطي (الخطي) بالاتجاه العرضي، وتكون جملته الإنشائية بشكل ظفر مزدوج.

ث– يتم تحليل الأساس الشريطي (الخطي) بالاتجاه الطولي وحساب مخطط عزوم الانحناء، ومخطط قوى القص، بافتراض أن الأساس هو منشأة مقررة، متوازنة بتأثير أحمال الأعمدة (و/أو الجدران) من الأعلى، وضغط التربة من الأسفل.

ج– يتم تعيين مواقع المقاطع العرضية المعرضة لعزوم الانحناء العظمى وتلك المعرضة لقوى القص العظمى (بالاتجاه الطولي) من مخططات عزوم الانحناء وقوى القص، على التوالي.

ح– يُعد العرض الفعال للظفر بالاتجاه الطولي (في حال كون الأساس بلاطة ذات سماكة ثابتة) مساوياً لعرض الجدار + 100mm.

خ– لا يقل التسليح السفلي بالاتجاه الطولي عن ثلث التسليح السفلي بالاتجاه العرضي.

د– لا يناقش هذا البند تصميم البلاطات المنفذة على الأرض الطبيعية أو على الردم المرصوص (Slabs on grade).

ذ– إذا كان الأساس ليناً (أي لا يحقق شرط الصلادة الوارد في البند 6-2/6 أعلاه)، فإن توزع الاجهادات تحت الأساسات لا تكون خطيةً، وإنما تتناسب الاجهادات المطبقة على التربة مع هبوط التربة. تسمى هذه الحالة بحالة الأساسات على مساند مرنة، ويلزم تحليل الأساسات اعتماداً على هذا المبدأ، ويُرجع للمراجع المختصة من أجل ذلك.

ر– في حالة التربة العادية، يُمكن أن يُعد رد فعل التربة على نعل الأساس الشريطي موزعاً بشكل خطي في حال كان توزع القوى الداخلية ضمن جسم الأساس، الناتج عن كل عمود بميل 1 : 1، يُغطي ما لا يقل عن (5\6) خمسة أسداس المسافة الحرة بين وجهي العمودين المتجاورين.

8-2/8 تحليل الأساس بشكل حصيرة عامة

توجد طريقتان رئيسيتان لحساب توزع الإجهادات أسفل الحصائر، هما:

8-2/8/1 الطريقة الصلدة Rigid Method

أ – تعتمد الطريقة الصلدة على الفرضيات الآتية:

1) إن الحصيرة صلدة بشكل لا متناهٍ بالمقارنة مع تربة التأسيس، وبالتالي تكون تشوهات الانحناء (الانعطاف) للحصيرة مهملة، ولا تغير من قيمة الإجهادات الناتجة على التربة.
2) تتوزع الإجهادات على التربة أسفل الحصيرة بشكل خطي في الاتجاهين. أي أن قيمة الإجهادات لها شكل سطحٍ مستوٍ أسفل الحصيرة، بحيث أن القوة التي تمثل محصلة الإجهادات تنطبق على محصلة الشاقولية المؤثرة على الحصيرة. وفي حال استناد الحصيرة على أوتاد، تكون القوى المنقولة إلى الأوتاد تحت الحصيرة أيضاً موزعة بشكل خطي في الاتجاهين، بحيث أن محصلتها الكلية تنطبق على محصلة القوى الشاقولية.

ب- تُعد الحصيرة صلدة إذا تحققت شروط التباعدات بين الأعمدة والجدران المستندة فوق الحصيرة التي سبق ذكرها في البند (6-6/3) أعلاه.

ت- يتم في هذه الطريقة تعيين توزع الإجهادات تحت الحصيرة وفقاً لنظرية توزع الإجهادات الناظمية في المقاطع الصلدة، أي من العلاقة (في حال وجود محور تناظر):

$$\sigma = N/A \pm M_x \cdot y/ I_x \pm M_y \cdot x/ I_y$$
$$= N/A \cdot (1 \pm e_x \cdot y/ i_x^2 \pm e_y \cdot x/ i_y^2)$$

..... (8-1)

أو من العلاقة العامة (6-5) في حالة عدم التناظر.

8-2/8/2 الطريقة المرنة Elastic Method

أ – يتم افتراض التربة، في هذه الطريقة، وكأنها مؤلفة من عدد لا نهائي من النوابض المرنة التي لا يتأثر بعضها ببعض.

ب- يمثل الثابت المرن للنوابض معامل رد فعل التربة المرن K (وفق طريقة فنكلر). ويعرف المعامل K لتربة معينة بأنه قيمة الإجهاد اللازم لإحداث هبوط في التربة مقداره الواحد.

$$K_s = P / y \quad \text{.....} \quad (8-2)$$

ت- أما في حالة الأوتاد، فيعد كل وتد عبارة عن نابض له ثابت مرن مساوٍ إلى: $K_s = EA/ L$،

حيث: E = معامل المرونة لمادة الوتد؛

A = المساحة المتوسطة لموقع الوتد؛

L = الطول الفعال للوتد، ويؤخذ مساوياً لطوله الكلي في حالة كونه من النوع الاستنادي عند نهايته، ويؤخذ نصف طوله الكلي في حالة كونه وتد احتكاك.

ث- يتطلب التحليل وفق هذه الطريقة حل معادلة تفاضلية جزئية من الدرجة الرابعة، ويمكن تبسيطها في بعض الحالات إلى حل معادلة تفاضلية من الدرجة الرابعة بمتغير واحد.

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = \frac{1}{D}(q - Kw) \quad (1) \quad \text{.....} \quad (8-3)$$

حيث: $D = Et^3/ 12(1-\nu^2)$

$$EI\,(d^4w/dx^4) = q - K_0.w \qquad (2) \quad \ldots\ldots \quad (4-8)$$

حيث: q = الحمل للمتر المربع في (1)، وللمتر الطولي في (2)؛

w = مقدار الهبوط؛

E = عامل مرونة مادة الأساس؛

t = سماكة الشريحة؛

ν = نسبة بواسون؛

$K_0 = K.b$ ؛

حيث: b = عرض الشريحة، و K = معامل رد فعل التربة تحت الأساس.

على أن حل هذه المعادلات يمكن في حالة الحصائر ذات القساوة الثابتة على كامل مساحتها، أما في حالة وجود تغيرات في سماكة الحصيرة، أو في حالة استعمال الحصيرة المفرغة، فيلزم لحلها اعتماد الطرائق العددية، مثل طريقة العناصر المحدودة Finite Element، وطريقة الفروق المحدودة Finite Difference، وكلاهما تعتمد على استعمال الحاسب الالكتروني. ولا يُلجأ عادة إلى هذه الطرائق التي تحتاج إلى حسابات معقدة وطويلة إلا عند الضرورة وحيث لا يمكن استعمال الطريقة الصلدة.

ج- تكون القيم التقريبية لمعامل رد فعل التربة (معامل الأساس) K ، وفقاً للتوصيف التقريبي للتربة كما هو مبين في الجدول (8-1).

الجدول (8-1): القيم التقريبية لمعامل رد فعل التربة

نوع التربة	المعامل K (مقدراً بالـ: kgf/cm^2)
طفـــل	0.5 – 1
ردم من البحص والرمل	1 – 2
غضار مبلل (طين)	2 – 3
غضار رطب	4 – 5
رمل خشن وقليل من البحص	8 – 10
بحص متوسط الحجم + رمل ناعم	10 – 12
بحص متوسط الحجم + رمل خشن	12 – 15
بحص كبير + رمل خشن	15 – 20

8-2/9 مراحل تحليل الحصيرة العامة وعناصرها

يتم تحليل عناصر الحصيرة العامة من بلاطات وجوائز على مرحلتين كالآتي:

أ – المرحلة الأولى:

يتم في هذه المرحلة حساب الإجهادات على التربة تحت الحصيرة، وكأن الحصيرة هي جسم صلب، وفق العلاقة (6–1) في حالة وجود تناظر في الأساسات والأحمال، أو من العلاقة (6–5) في حالة عدم وجود تناظر.

ثم تُحسب الأحمال الشاقولية المطبقة على البلاطات من الأسفل للأعلى (يمكن طرح وزن بلاطة الأساس والردم فوقها من إجهادات التربة تحت الأساس المتجهة من الأسفل للأعلى). تُحسب العزوم والقوى الداخلية في بلاطات الحصيرة بافتراضها بلاطات مستمرة، ويمكن استعمال العوامل المعطاة في الكود الأساس لتحليل هذه البلاطات، والتي تعتمد على توزيع الأحمال على الشرائح بالاتجاهين. تُحسب العزوم في هذه الشرائح، ثم تُصمم مقاطع البلاطات وفقاً لها، مع ملاحظة تخفيض إجهاد التسليح المسموح به (أو المقاومة المعتمدة في الحساب) بمقدار 10% - 20%، في حال وجود مياه جوفية أو رطوبة لا يمكن التخلص منها. ويؤخذ تسليح هذه البلاطات بشكل شبكة تسليح مستمرة علوية في الاتجاهين، وأخرى مستمرة سفلية في الاتجاهين أيضاً. يُضاف للشبكة السفلية تسليح سفلي عند المساند (التي هي الجوائز والجدران، أو الأعمدة في حالة الحصائر التي تعمل كبلاطة فطرية).

يتم حساب الأحمال المطبقة على الجوائز (من الأسفل للأعلى) من الأحمال المطبقة على البلاطات وفق نظرية خطوط الانكسار للبلاطات لتصبح بشكل مثلثات وأشباه منحرفة (أي بطريقة مماثلة لبلاطات الأسقف). هنا أيضاً تُؤخذ أحمال البلاطات الصافية (أي رد فعل التربة مطروح منه وزن البلاطة والردم فوقها)، وتحسب العزوم في الجوائز، بافتراضها جوائز مستمرة مستندة على الأعمدة والجدران، ويمكن استعمال العوامل التقريبية (الواردة في الكود الأساس للجوائز) في حال تقارب المجازات، أو أي طريقة أخرى من طرائق التحليل الإنشائي. ثم تُصمم المقاطع العرضية لجوائز الحصيرة، كما هو الحال في الجوائز العادية، حتى لوكانت جوائز عميقة، نظراً لأن الكود الأساس يسمح بذلك. أما بالنسبة للقص، فمعظم جوائز الحصيرة تحقق شروط الجوائز العميقة في القص الواردة في الكود الأساس. ويحسب تسليح القص فيها (من أساور عرضية وتسليح طولي)، بالعلاقات المعطاة بالكود الأساس لهذه الحالة، مع ملاحظة أن فعالية الأساور تكون محدودة في هذه الحالة، لذلك يجب أخذ تسليح القص الطولي اللازم، وتوزيعه على ارتفاع المقطع، بين التسليح العلوي والسطح العلوي لبلاطة الحصيرة. ويكون التباعد بين صفوف التسليح الطولي بحيث لا تزيد على 300 مم. أما الأساور، فتؤخذ ثابتة على كامل أطوال المجازات، وفقاً لما جاء في الكود الأساس، على أن القص الحرج يتم حسابه عند المقطع الحرج الواقع على مسافة 15% من المجاز عن وجه المسند. ويعمل تسليح القص الطولي في هذه الحالة بمثابة تسليح تقلص إضافة لكونه تسليح قص. يلزم مد تسليح القص الطولي على كامل أطوال المجازات، مع التراكبات اللازمة في حالة الحاجة لوصل القضبان. ويجب أيضاً مراعاة الملاحظة التي سبق ذكرها في تصميم البلاطات فيما يتعلق بتخفيض الإجهادات المعتمدة للتسليح في حال وجود مياه جوفية أو رطوبة.

تجدر الإشارة إلى أنه في حالة استناد الجدران الاستنادية في القبوعلى الحصيرة، فستعمل هذه الجدران كجوائز لبلاطات الحصيرة، وتصمم (في مستويها) وفق ذلك (أي تُصمم كجوائز عميقة في الاتجاه الطولي)، إضافة لتصميمها في الاتجاه العرضي لتتحمل ضغط التربة الجانبي.

ب- المرحة الثانية:

بعد الانتهاء من تصميم عناصر الحصيرة (من بلاطات وجوائز وجدران استنادية) وفق ما جرى ذكره أعلاه في المرحلة الأولى، يلزم التصميم (أو التحقق) من الحصيرة كجسم متكامل بما يتفق مع توازن القوى والعزوم إلخارجية والداخلية عند كل مقطع من المقاطع، وفي الاتجاهين.

يمكن أن يتم ما سبق، بافتراض أن الحصيرة كلها تعمل (بالاتجاه الطولي) كجائز واحد، طوله يساوي طول الحصيرة وعرضه يساوي عرض الحصيرة. يتعرض هذا الجائز إلى أحمال من الأسفل للأعلى تساوي رد فعل التربة على كامل عرض الحصيرة، كما أنه معرض من الأعلى لأحمال شاقولية (من الأعلى للأسفل) تساوي لكامل أحمال الأعمدة والجدران المرتبطة مع الحصيرة، بما في ذلك أوزان الحصيرة وجوائزها والتربة فوقها.

تُحسب العزوم لهذا الجائز (الممثل للحصيرة) عند مسافات معينة، يفضل ان تكون عند أوجه مساند الحصيرة (أي أوجه الأعمدة والجدران القصية والاستنادية)، نتيجة لتطبيق الأحمال على الحصيرة من الأعلى للأسفل (أوزان المبنى أو المنشأة عبر الأعمدة والجدران، إضافة للحصيرة والتربة فوقها)، ومن الأسفل للأعلى (رد فعل التربة الكلي). يمكن طرح أوزان الحصيرة والتربة فوقها مباشرة من رد فعل التربة الكلي، واستعمال الرد الصافي للتربة، والنتيجة واحدة للحالتين. يُرسم مخطط العزوم ومخطط قوى القص لهذه الحصيرة الجائز المؤلفة من شريحة واحدة. يتم التحقق (أو التصميم) من قدرة الحصيرة على تحمل العزوم العامة المقررة بتجميع مقاومات العناصر الموجودة في المقطع المدروس، وهي تمثل مجموع قدرات تحمل البلاطات والجوائز والجدران الاستنادية. وإذا مر المقطع المدروس في جدار قص، يُؤخذ ارتفاعه مساوياً لارتفاع الطابق المرتبط بالأساس مباشرة مع سماكة الأساس، أما الارتفاع الفعال فيكون 90% من الارتفاع المعتمد. فإذا لم يحقق مجموع مقاومات عناصر الحصيرة في المقطع المدروس للعزوم المطبقة على هذا المقطع، يجب زيادة تسليح العناصر الأكثر فعالية في تحمل العزوم (كالجدران الاستنادية والجوائز)، ويتم التحقق من مقاومة القص في المقطع المدروس بطريقة مماثلة.

تتم متابعة الحساب بالتحقق (أو التصميم) للحصيرة في الاتجاه القصير بافتراضها شريحة واحدة تعمل كجائز طوله يساوي عرض الحصيرة وعرضه يساوي طول الحصيرة، وبالخطوات السابقة ذاتها للاتجاه الطويل.

8-2-10/2 تحليل الأساس بشكل حصيرة مفرغة

يمكن استعمال ما سبق للحصيرة العامة تماماً لحالة الحصيرة المفرغة، مع الأخذ في الحسبان حذف

المساحات غير الموجودة في الحصيرة المفرغة عند حساب الخواص الهندسية لها (المساحة وعزوم العطالة).

3-8 تحليل الأساسات العميقة

يمكن القول، بصورة عامة، إن الأساسات العميقة هي بديلة عن التربة (في حالة كون التربة ضعيفة)، وتصل هذه الأساسات (بالعمق) حتى تربة قوية يمكن التأسيس عليها بأمان. ويجب استعمال أساسات مسلحة (من النوع المناسب من الأساسات السطحية) فوق الأساسات العميقة، تسمى القبعة. ينطبق على تحليل القبعة ما سبق ذكره عن الأساسات السطحية، أما الأوتاد ذاتها فسيتم التعرض لها بالتفصيل في الباب العاشر من هذا الملحق.

1/3-8 تحليل الآبار الاسكندرانية

أ – تنفذ الآبار الاسكندرانية من الخرسانة العادية أو المغموسة، وتصل حتى تربة التأسيس المناسبة.

ب– في حال تنفيذ الآبار الاسكندرانية ضمن تربة قابلة للهبوط (تربة ردمية مثلاً) يجب أخذ الاحتكاك السلبي على جدران الآبار في الحسبان.

ت– تتعرض الآبار الاسكندرانية لأحمال شاقولية أساساً، ويمكن أن تتعرض لقوى أفقية وعزوم انحناء.

ث– تحسب الإجهادات العظمى المطبقة على البئر الاسكندرانية، ويجب أن لا تتعدى الإجهادات المسموح بها للخرسانة العادية في الضغط.

ج – تُعد الآبار الاسكندارانية مشابهة للأساسات الكتلية، فهي بالتالي أساسات صلدة، ولا تحتاج عملياً لتحليل إنشائي لمعرفة القوى والعزوم المطبقة عليها. كما أنها لا تحتاج لتحقيق مقاطعها العرضية. ولكن يجب التحقق من الإجهادات المعرضة لها من الأساسات التي فوقها، ومن المناسب وضع تشاريك تسليح بين الآبار الاسكندرانية والأساسات السطحية التي فوقها.

2/3-8 تحليل الأوتاد

أ – يُفضل دوماً أن تكون الأوتاد مُعرضة لأحمال محورية، وتحسب قيم هذه الأحمال من واقع القوى والعزوم المطبقة على القبعة فوق الأوتاد. أما القوى الأفقية المطبقة على المبنى أو المنشأة (كأحمال الزلازل أو الرياح) فيمكن أن تتم مقاومتها بأوتاد مائلة (على المحيط مثلاً)، بحيث تكون المركبات الأفقية للقوى المحورية في هذه الأوتاد المائلة، مساوية للقوى الأفقية الكلية المعرض لها المبنى أو المنشأة (في جميع الاتجاهات).

ب– سيتم في الباب العاشر شرح موضوع الأوتاد بشكل تفصيلي.

مرجع إضافي:

– الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني.

كودة ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات – الجزء الثالث – الأساسات الضحلة، والجزء الرابع – الأساسات العميقة.

9 الباب التاسع
تصميم الأساسات

9-1 تصميم الأساسات السطحية (الضحلة)

يتم تصميم المقاطع العرضية للأساسات السطحية (بعد تحليل الأساس والتوصل للقوى والعزوم المطبقة على المقاطع العرضية) اعتماداً على القوانين والعلاقات المعتادة للخرسانة المسلحة (وفق ما ورد في الكود الأساس)، مع الأخذ في الحسبان زيادة سمك الغطاء الخرساني للتسليح المطلوبة في الكود الأساس. وفي هذا المجال، يجب الرجوع للفصل (7-5) من هذا الملحق، وتطبيق ما ورد فيه.

9-2 تصميم الأساسات العميقة

تشمل الأساسات العميقة الآبار الاسكنرانية والأوتاد. يتم تصميم الآبار الاسكندرانية عادة وفق ما ورد في الفقرة (7-2/2/4) والبند (8-1/3) من هذا الملحق. أما تصميم الأوتاد فيتم وفق ما سيتبع في هذا الباب، إضافة لما سيرد في الباب العاشر.

9-3 تصميم الأساسات الوتدية

9-1/3 تصميم قطاع الوتد

أ - تصمم الأوتاد عادة لتحمل قوى محورية ضاغطة ينجم عنها إجهادات ضغط في جسم الوتد، على أنه يمكن أن يتعرض الوتد في بعض الحالات إلى قوى أفقية أو عزوم انحناء تؤدي إلى خضوعه إلى قوى ناظمية وعزوم انحناء (انعطاف) وقوى قص. يعين الجدول (9-1) الإجهادات المسموح بها طبقاً لشروط وظروف عمل الوتد.

ب- تصمم الأوتاد في حال خضوعها إلى قوى محورية، وفق إحدى العلاقتين الآتيتين:

$$P_{all} = 0.33 .f_c^{'}.A_c^{'} + f_s . A_s$$ للأوتاد المطوقة التي تحوي أساور ..... (9-1)

$$P_{all} = 0.85(0.3.f_c^{'}.A_c^{'} + f_s . A_s)$$ للأوتاد غير المطوقة التي لا تحوي أساور ..... (9-2)

ت- في حال خضوع الوتد إلى عزوم انحناء وقوى محورية يتم تحقيق العلاقة التالية:

$$\frac{f_a}{\overline{f_a}} + \frac{f_b}{\overline{f_b}} \le 1$$ ..... (9-3)

حيث: $\overline{f_b}, \overline{f_a}$ الإجهادات المسموح بها الناتجة عن الضغط البسيط والإجهادات المسموح بها الناتجة عن ضغط الانحناء.

f_b, f_a الإجهادات الفعلية في الضغط البسيط وفي ضغط الانحناء.

الجدول (9-1): تعيين الإجهادات المسموح بها حسب نوع الوتد

الحـــالات		أوتاد دائمة	أوتاد مؤقتة
الإجهادات المسموح بها الناتجة عن الضغط			
الخرسانة	غير مطوقة	$0.30f_c'$	$0.44f_c'$
	مطوقة	$0.40f_c'$	$0.53f_c'$
الفولاذ	مقاطع دائرية أو صندوقية	$0.35f_y$	$0.47f_y$
	قضبان تسليح	$0.40f_y$	$0.53f_y$
	قلب فولاذي	$0.50f_y$	$0.67f_y$
الإجهادات المسموح بها الناتجة عن الشد			
الخرسانة	عادية	0	0
	مسلحة	0	—
	مسبقة الإجهاد	0	$9.5\sqrt{f_c'}$
الفولاذ	مقاطع دائرية أو صندوقية	$0.50f_y$	$0.67f_y$
	قضبان تسليح	$0.50f_y$	$0.67f_y$
	قلب فولاذي	$0.50f_y$	$0.67f_y$
الإجهادات المسموح بها الناتجة عن عزم الانحناء (الانعطاف)			
إجهادات الضغط المسموح بها الناتجة عن عزم الانحناء		$0.45f_c'$	$0.55f_c'$
إجهادات الشد المسموح بها الناتجة عن عزم الانحناء	خرسانة عادية	0	$5\sqrt{f_c'}$
	خرسانة مسلحة	—	—
	خرسانة مسبقة الإجهاد	0	$19\sqrt{f_c'}$

9-3/2 تعيين قدرة تحمل الوتد

يتم تعيين قدرة تحمل الوتد بالطريقة الأولى استناداً للحسابات التي تستند إلى التحريات الحقلية لتربة الموقع، أو بالطريقة الثانية التي تستند إلى تجارب التحميل في الموقع، وإلى طرائق ديناميكية تستند إلى معرفة الطاقة الحركية المعطاة للوتد أثناء عملية الاختراق بالنسبة للأوتاد المدقوقة. سيرد تفصيل ذلك في الباب العاشر الآتي.

مرجع إضافي:

- الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني.

كودة ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات – الجزء الثالث – الأساسات الضحلة، والجزء الرابع – الأساسات العميقة.

10 الباب العاشر
الأساسات العميقة

10-1 مقدمة

يتضمن هذا الباب الحد الأدنى لاشتراطات الأمان الواجب توافرها في الأساسات العميقة ولقد روعي في وضعه أن يغطي بالدرجة الأولى جميع الإنشاءات ذات الاستعمالات المدنية العادية في مجالات الإسكان والبنية الأساسية والصناعة وما إلى ذلك. ومن ثم فهذه الاشتراطات قد لا تغطي متطلبات التشغيل السليم أو الأمان في المنشأة ذات الطابع الخاص مثل منشأت الطاقة الذرية أو منشأت التحصين العسكري وما يماثلها، فيلزم من أجلها العودة لمراجع معتمدة. كذلك روعي في إعداد هذه الاشتراطات ملاءمتها لمعظم أنواع تراكيب التربة في سورية، وكذلك ملاءمتها لمستويات الاستيعاب والممارسة لتقنيات تنفيذ هذا النوع من الأساسات في الوقت الحالي.

ويقتضي الأمر في حالة التصدي لأحد أنواع المنشآت ذات الطابع الخاص أو لتراكيب غير عادية للتربة اتخاذ إجراءات الأمان التي تتطلبها هذه الحالات بالإضافة للاشتراطات الواردة في هذا الباب.

10-1/1 المجال

الأساسات العميقة هي الأساسات ذات العمق الكبير. ويقصد بعمق الأساس أدنى مسافة بين مستوى التأسيس والمنسوب النهائي لسطح الأرض. وفي حالة الأساسات العميقة تكون نسبة عمق الأساس إلى طول ضلعه الأصغر أكبرمن ثلاثة (> 3) ، وبحيث لايقل عمق الأساس عن 4 م. وعادة يختار المصمم هذا العمق الكبير للوصول إلى طبقات تأسيس قوية وغير قابلة للانضغاط بدرجة تؤثر على سلامة المنشأة. ويتناول هذا الباب التعريف بأنواع الأساسات العميقة ودواعي استعمالها، كما يتناول بالتفصيل معايير تحليلها وتصميمها وإعطاء متطلبات تنفيذها.

10-1/2 التعريفات

نورد فيما يلي تعريفات لبعض المصطلحات المستعملة في مجال الأساسات العميقة مبوبة طبقاً للحروف اللاتينية:

- ***فوران أو إنهيار هيدروليكي (أثناء تنفيذ الأساسات الوتدية)*** ***Boiling***

ظاهرة اندفاع حبيبات التربة داخل تجويف ماسورة التثقيب من أسفل إلى أعلى نتيجة لاندفاع الماء من التربة تحت تأثير وجود فرق في منسوب المياه خارج وداخل الماسورة.

- ***دليل*** ***Guide***

مقاطع حديدية تركب على قائم ماكينة الدق أو الحفر لتوجيه شاكوش الدق أو الوتد أو البريمة "*auger*" أثناء الدق.

- ***أثقال تحميل*** ***Kentledge***

هي أثقال تستعمل لإضافة حمل مؤقت لوحدات المنشأة، مثل الأثقال التي تستعمل أعلى القيسونات للمساعدة في تغويصها، أو كحمل ميت في اختبارات التحميل. وتكون عادة من كتل الحديد أو الخرسانة ...إلخ.

- ***قائم الآلة (قائد أو موجه الماكينة)*** ***Leader***

يتكون هذا القائم من قطاعات حديدية يثبت بها دليل الشاكوش أو الخازوق أو البريمة (auger) لتحديد مسارهم أثناء التنفيذ.

- ***اختراق*** ***Penetration***

المسافة التي تخترقها أداة الجس أو القيسون أو الأساس العميق... إلخ، مقاسة من منسوب سطح الأرض.

- ***قبعة الوتد أو الأوتاد (الخوازيق)*** ***Pile cap***

كتلة خرسانية مسلحة تصب فوق رأس الوتد أو مجموعة الأوتاد لتنقل الحمل من المنشأة (عن طريق العمود أو الجدار) إلى الوتد أو إلى مجموعة الأوتاد.

10-1/3 استعمال الأساسات العميقة

تستعمل هذه الأنواع من الأساسات عادة عندما تكون الطبقات الملائمة للتأسيس على عمق كبير من سطح الأرض، وتكون جميع الطبقات التي تعلوها غير صالحة للتأسيس عليها لأنها لاتفي بمعاملات الأمان المطلوبة من ناحية الإجهادات أو الهبوط للمنشأة أو التجهيزات التي ستحويه. كما تستعمل الأساسات العميقة عندما تتطلب الدراسات الاقتصادية ذلك، كما في حالة تعذر تنفيذ أساسات ضحلة لما يستتبعه ذلك من تخفيض منسوب المياه الارضية لأعماق كبيرة، وما يتبع ذلك من مشاكل، أيضا لضمان سلامة اتزان المبنى في المستقبل في المواقع المعرضة طبقاتها العلوية للنحر أو للتطهير أو الحفر. وقد تستعمل الأساسات العميقة أيضاً لضمان سلامة واتزان المباني المجاورة، وفي حالات المنشآت التي تحتاج في تصميمها لضغط تربة جانبي لاتزانها.

10-1/4 المفاضلة بين الأساسات العميقة والأساسات الضحلة

قبل اتخاذ قرار باستعمال أي من أنواع الأساسات العميقة يجب إجراء دراسة شاملة للتأكد من أنه لايمكن التأسيس على أي من أنواع الأساسات الضحلة ذلك لأن تكاليف الأساسات العميقة غالباً ماتزيد عن تكاليف الأساسات الضحلة، علاوة على الصعوبات التي تصاحب تنفيذ الأساسات العميقة.

10-2 أنواع الأساسات العميقة

تتضمن الأساسات العميقة النوعين الآتيين: الأوتاد- الآبار الاسكندرانية.

10-1/2 الأوتاد (الخوازيق) Piles

هي عناصر إنشائية نحيفة ذات كفاءة تحميل محوري عالية. عادة ما تزيد نسبة طولها إلى قطرها على نحو عشرة، وتتراوح أقطارها من 0.3 م إلى 1.5 م، أو أكثر، وأطوالها من 4 م فأكثر، وقد تصل في بعض الحالات الخاصة إلى 60 م. ويلزم لتنفيذها عادة معدات ميكانيكية مختلفة.

10-2/2 الآبار الاسكندرانية Caisons

هي عناصر إنشائية تنفذ تحت منسوب قاع القواعد المسلحة، وعادة ما تقل نسبة طولها إلى قطرها أو ما يكافئه عن حوالي عشر. تستعمل عادة في المناطق الجافة (عدم وجود مياه أرضية). ينفذ حفر البئر يدوياً ودون سند للجوانب إلا إذا دعت الحاجة.

يملأ جسم البئر باستعمال خرسانة عادية فقيرة (خرسانة ردمية أو خرسانة مغموسة أو حجر غمس) أو رمل مثبت أو طبقات مدكوكة من الرمل والبحص (ويمكن أن تتخللها طبقات من الخرسانة لإعطاء التماسك الكافي)، وعادة لا تقل أقطارها عن 1.0 م.

10-3/2 اختيار نوع الأساس العميق المناسب

عند ملاءمة حالة تربة التأسيس لأكثر من نوع من أنواع الأساسات، تكون المفاضلة عادة لاختيار النوع الأكثر اقتصاداً في التكاليف وفي مدة التنفيذ. وعموماً تكون الأساسات الوتدية ذات الأقطار العادية أي من 300 مم إلى 600 مم أكثر ملاءمة في حالات الأساسات ذات الأحمال الخفيفة نسبياً والكثيرة العدد، بينما يكون التأسيس على أوتاد التثقيب ذات الأقطار الكبيرة نسبياً (أقطارها أكبر من 600 مم، وتكون عادة بأقطار من 600 إلى 1100 مم) أو القيسونات أو الدعائم أكثر ملاءمة للأحمال العالية القيمة والقليلة العدد مثل منشأت المباني العالية والجسور (الكباري) الرئيسية ذات المجازات (البحور) الكبيرة.

10-3 الأساسات الوتدية (الخازوقية) Pile foundations

10-1/3 مقدمة

1) تطبق هذه الاشتراطات على جميع أنواع أوتاد الاختراق (الدق- الضغط- البرم) أو التثقيب (الحفر- التفريغ) بموادها المختلفة وطرائق تنفيذها المتعددة والمذكورة في هذا الباب. وفي حالة التعرض لاستعمال أنواع أخرى غير المذكورة في هذا الباب يجب أن يطبق عليها منها ما يلائمها قدر الإمكان.
2) الوظيفة الأساسية للأوتاد هي نقل الحمل إلى الطبقات السفلي القادرة على الحمل بمعامل أمانٍ كافٍ، وبحيث لا تخل قيم الهبوط المناظرة لحمل التشغيل بوظائف المنشأة. وتكتسب الأوتاد قدرتها على الحمل من تضامن مقاومة الاحتكاك على طول جوانبها مع مقاومة الارتكاز عند قواعدها أي نقط

ارتكازها. وتسود مقاومة الاحتكاك للأوتاد المنفذة في طبقات الغضار (الطين والطمي)، بينما تسود مقاومة الارتكاز للأوتاد التي تنتهي في أو ترتكز على طبقة قوية مثل البحص- الرمل الكثيف- الغضار الصلب- الصخر.

3) وفي بعض الأحوال، خلاف نقل الحمل إلى الطبقات السفلي، تستعمل أوتاد من البحص (مع أو دون رمل) وذلك بغرض زيادة قدرة تحمل التربة للتأسيس عليها بالأساسات الضحلة، أو بغرض الإسراع بانضغاطية التربة الغضارية، أو بغرض معالجة بعض أضرار التربة القابلة للانتفاخ. وتنفذ هذه الأوتاد عادة بعمل ثقب داخل الأرض وملئه بالبحص (مع أو دون رمل) ذي التدرج الحبي المناسب للغرض من استعمال الأوتاد.

10-2/3 الدراسة والفحص والعمل بالموقع

يجب أن يسبق عمليات تصميم وتنفيذ الأساسات الوتدية استكشاف شامل للموقع يتضمن ما يلي:

10-1/2/3 فحص الأرض

تتم عمليات فحص الأرض المخصصة للمشروع طبقاً للتوصيات الخاصة بدراسة الموقع والواردة في المراجع الجيوتكنيكية ويقوم بها متخصصون وذوو خبرة، مع إعداد تقرير خاص بذلك طبقاً للمصطلحات المعتمدة. تنفذ الأسبار (الجسات) في موقع العمل مع إلحاقها باختبارات الاختراق المناسبة كلما أمكن ذلك. كما يجب أن تتضمن السبور بيانات كافية لاستكشاف وتحديد طبيعة التربة حول وأسفل الأوتاد المقترحة، وخاصة بالنسبة للطبقات التي يبدوأنها تساهم بوضوح في تحديد سعة التحميل المأمون، وذلك لتوفير البيانات الآتية:

أ - قطاعات جيولوجية هندسية توضح مسار الطبقات الرئيسية، وما إذا كان هناك عوائق مدفونة داخل الطبقات.

ب- نتائج اختبارات كافية لتعيين مواصفات التربة الفيزيائية والميكانيكية.

ت- تعيين امتداد طبقة ارتكاز الوتد المحتملة إن وجدت. وفي حالة الطبقات الصخرية فإنه يجب التأكد من استمرارية الصخر لمسافة كافية أسفل نقط ارتكاز الأوتاد، وتعيين ما إذا كان سطح الصخر مستوياً أو مائلاً أو غير منتظم، وكذلك سمك طبقة الصخر الضعيفة التماسك، إن وجدت، والتي يجب أن تخترقها الأوتاد.

ث- تقدير مقاومة الارتكاز عند قاعدة الوتد أي نقطة ارتكازه، وكذلك مقاومة الاحتكاك على جوانب الوتد منفردتين، وعلى أعماق مختلفة في الموقع، وذلك عندما لاتسمح حالة التربة باستعمال وتد ارتكاز على عمق اقتصادي (انظر البند 10-6/3).

ج- تعيين حدود الطبقات المتتالية بدقة كافية في حالة أوتاد الارتكاز التي تنتهي في طبقة من الرمل الكثيف أو البحص.

ح- تعيين مناسيب المياه الارضية والطبقات المختلفة الحاملة لها، وإجراء التحاليل الكيميائية اللازمة لتعيين العناصر المضرة الموجودة في أي من المياه الأرضية أو التربة والتي قد تؤثر في مادة الوتد، وذلك لاتخاذ الاحتياطات الخاصة والواجبة في مثل هذه الظروف.

خ- أن يُعين بدقة تامة وجود أي خطوط رئيسية للغاز أو المياه أو كبلات الكهرباء أو أي نوع من الخدمات التي قد تضار أو تدمّر أو تسبب أخطاراً، أو وجود أي عوائق لعمليات تنفيذ الأوتاد مثل منشأت تحت الأرض أو أساسات قديمة، وذلك إما من المخططات الخاصة بهذه الخدمات، إن وجدت أو باتباع وسائل حفر مؤمنة (انظر الفصل 10-7).

د- فحص الموقع من حيث طبوغرافيته وحدوده وجيرانه وأقرب مصدر متاح للكهرباء أو الماء، والتي تعد من أهم العوامل التي تحدد أكثر الأنواع ملاءمة للموقع (انظر البند 10-3/4).

ذ- فحص الموقع من حيث ملاءمته للتخزين المطلوب للأنواع المقترحة من الأوتاد، إذ يجب تجنب تشوين معدات ثقيلة فوق تربة رخوة، أو استعمال معدات تحتاج إلى ارتفاع كبير في أماكن مسقوفة (محدودة الارتفاع).

10-3/2/2 فحص المنشآت المجاورة

يجب أن يتضمن الفحص المبدئي للموقع تقييماً وافياً لحالة المباني المجاورة، إذ إن اختيار أي نوع من أنواع الأوتاد قد يتحدد بالتأثيرات التي يمكن أن يحدثها تنفيذ هذا النوع على المباني المجاورة. ويتم هذا التقييم عادة بفحص المنشآت المجاورة ومعرفة نوعية أساساتها، وربما بدراسة السجلات الخاصة بها. وقد يستدعي الأمر عمل حفر تجريبية لاستكشاف طبيعة ونوعية تلك الأساسات، مع تسجيل كل إشارة عن حدوث هبوط أو انهيار (أو انزلاق) سابق، قد يكون وقع لها أو لأي منها لأهمية ذلك في تقييم الوضع.

10-3/2/3 أوتاد الاختبارات الأولية

في جميع المنشآت القبعة المقامة على أوتاد يجب تخطيط برنامج اختبارات أولية للأوتاد، يشمل اختبارات مقاومة الاختراق واختبارات التحميل (البند 10-3/6) بناءً على بيانات استكشاف وفحص الموقع السابق إجراؤه.

يجب أن تصنع أوتاد الاختبارات الأولية من المادة ذاتها، وبأبعاد أوتاد التشغيل ذاتها المزمع استعمالها، وبنفس وسائل ومعدات التنفيذ، وذلك لإمكانية استنتاج سلوك أوتاد التشغيل. كما يتبع في اختبارات تحميل الأوتاد الأولية، نفس الخطوات المتبعة في اختبارات تحميل أوتاد التشغيل والواردة في البند (10-3/9). وفي بعض الحالات قد يتطلب الأمر تحميل أوتاد الاختبار الأولية حتى حمل الانهيار.

10-3/2/4 العمل بالموقع

يجب إعداد خريطة مساحية مفصلة للموقع في المراحل المبكرة توضح عليها العوائق المختلفة، فوق أو تحت سطح الأرض (مثل: أساسات قديمة، قساطل (مواسير) مياه، كبلات كهرباء ... إلخ). بالإضافة إلى ذلك تعدّ خريطة طبوغرافية للموقع عند وجود تباين كبير في مناسيب سطح الأرض. وفي حالة وجود أي عوائق تتداخل مع العمل، يجب إزالتها إذا لم يكن تفاديها ممكناً.

قبل البدء في التنفيذ الفعلي للأساسات، يجب تقييم قدرة تحمل الطبقة السطحية من التربة- حيث يجب تدعيم الطبقة السطحية الضعيفة أو استبدالها بطبقة مناسبة ذات سمك كاف (من الأحجار المكسرة مثلا) حتى لاتسبب مشاكل أثناء عمل المعدات (انظر البند 10-3/8).

10-3/3 أنواع الأوتاد (الخوازيق) Types of piles

10-3/3/1 أوتاد الإزاحة المنفذة بالاختراق

10-3/3/1 (أ) الأوتاد الخرسانية المنشأة بالاختراق (أو المحفورة بالدق) ***Driven piles***

تكون الأوتاد الخرسانية إما مسبقة التجهيز (الصنع) أو مصبوبة في مكانها، ويجب الاعتناء بجودة الخرسانة وتكثيفها لإطالة عمر الوتد، خصوصاً عندما تكون التربة أو المياه الأرضية ذات خواص ضارة لجسم الوتد. فمثلاً عند احتوائها على أملاح الكبريتات بدرجة عالية، يجب أن يستعمل الأسمنت المقاوم للكبريتات0 كذلك يجب استعمال خرسانة كثيفة، لأنها تتميز بنفاذية قليلة تقاوم الأملاح الضارة، ولا سيما في حالة وجود الكلوريدات التي تكون عادة موجودة في مياه البحار وتهاجم حديد تسليح الوند. وأحياناً يكون من الأصلح دهان الوتد من الخارج، أو استعمال غلاف حول جسمه (انظر البند 10-3/5).

10-3/3/1 (أ-1) الأوتاد الخرسانية المصبوبة في مكانها والمحفورة بالدق ***(Driven cast-in-place piles)***

تنفذ هذه الأوتاد عادة بثقب الأرض بالعمق والقطر المطلوبين عن طريق دق مواسير (قساطل) من الحديد ثم ملء هذا الثقب بالخرسانة. وهذا النوع ينقسم إلى نوعين رئيسيين، تترك الماسورة في أحدهما في الأرض وتملأ بالخرسانة، والآخر تسحب فيه الماسورة خارجاً أثناء صب الخرسانة.

وعادة يتحدد طول الوتد من نتائج الجسات والاختبارات وتجارب الاختراق بالموقع والممانعات (في تجربة الـSPT) المسجلة عند الدق.

10-3/3/1 (أ-1/1) الأوتاد الخرسانية المصبوبة في مكانها باستعمال ماسورة مؤقتة

في هذا النوع يتم دق الماسورة (القسطل) التي تكون ذات نهاية مقفلة أو مفتوحة.

1- الماسورة المقفلة

تكون الماسورة مسدودة بكعب حديدي (مسطح أو مخروطي الشكل) يترك في الأرض عند سحب الماسورة (القسطل) والعمل على بقائها نظيفة من الأتربة والمياه. يتم الدق على الماسورة حتى تصل إلى العمق المطلوب ثم يبدأ في إنزال حديد التسليح (القفص الحديدي)، وتصب الخرسانة بينما تسحب الماسورة. ويتم تكثيف الخرسانة بأي طريقة مناسبة.

2- الماسورة المفتوحة

تكون سدادة داخل الماسورة (القسطل) من خليط من البحص والرمل والأسمنت المحتوي على نسبة قليلة جداً من الماء. ويتم إنزال الماسورة باستعمال دقاقة (مطرقة) على السدادة. وعند الوصول إلى عمق التأسيس، تدفع السدادة خارج الماسورة لتكون ركيزة متضخمة "enlarged base" أسفل الماسورة (القسطل)، ويتم ذلك بالدق الشديد على السدادة مع إضافة خرسانة جافة نسبياً. عندئذ يوضع القفص الحديدي الذي يلتحم بالركيزة السفلى بأن يوضع قليل من المونة تضغط بالدقاقة (المطرقة)، ثم تسحب الماسورة (القسطل) بينما تصب الخرسانة بداخلها. وأثناء الصب والسحب يجب ضغط الخرسانة بالدقاقة. وفي قليل من الأحيان تُدق الماسورة داخل الأرض بوساطة دقاقة، ويتم تفريغ التربة من داخلها، ثم تصب الخرسانة داخل الماسورة أثناء سحبها من الأرض.

10-3/3/1 (أ-1/2) الأوتاد الخرسانية المصبوبة في مكانها باستعمال ماسورة دائمة

تنفذ هذه الأوتاد عن طريق دفع ماسورة (قسطل) في تجويف منشأ مسبقاً، أو دق الماسورة في الأرض. ويمكن استعمال ماسورة مفتوحة في نهايتها و تدفع في الأرض بوساطة دقاقة تدفع الماسورة من أعلى. وفي هذه الحالة يجب أن تنظف الماسورة تماماً من التربة التي تملؤها. كما يمكن استعمال ماسورة مسدودة في نهايتها تدفع عادة بوساطة دقاقة تعمل داخل الماسورة بالدق على قاعدتها المصنوعة من حديد ذي سمك مناسب، يتحمل إجهادات الدق، مع ملاحظة ضرورة الاعتناء بتصميم الاتصال بين القاعدة وأسفل الماسورة لضمان عدم حدوث انفصال بين القاعدة وجسم الماسورة، أو تسرب المياه الأرضية داخل الماسورة.

تصنع الماسورة من أحجام وأشكال مختلفة مثل القطاع الثابت أو القطاع المتدرج المسلوب. ويمكن أن يصل طول الماسورة إلى 40 م حسب المعدات المستعملة. وفي حالة الحاجة إلى مواسير أطول من ذلك فإنه يمكن لحام أجزاء بعضها مع بعض، أو استعمال وصلات خاصة.

10-3/3/1(أ- 3/1) يراعى في الأوتاد الخرسانية المصبوبة في مكانها والمحفورة بالدق ما يلي:

1- عند عمل الأوتاد المصبوبة في مكانها باستعمال مواسير من الصلب مسدودة في أسفلها بكعب، يجب أن يصمم الكعب بحيث يستطيع مقاومة المواد الصلبة التي قد تعترضه، وأن يثبت في الماسورة بطريقة تضمن عدم انفصاله عنها أثناء الدق، وعدم تسرب المياه الأرضية إلى المواسير. ولا يجوز

الاستمرار في عمل الوتد إذا زاد تسرب المياه الأرضية داخل الماسورة عن الحد المبين في الفقرة (3/8/3-10)/(هـ)).

2- عند تنفيذ أوتاد مصبوبة في مكانها باستعمال مواسير من الحديد مفتوحة في نهايتها، يجب التأكد من عدم حدوث فوران للتربة قبل البدء في صب الخرسانة الخاصة بالأوتاد، وكذلك التأكد من نظافة الماسورة من الداخل.

3- يجب التأكد من ملء الخرسانة لكامل حجم الوتد خاصة في الأنواع التي تسحب فيها المواسير (القساطل)، وذلك بالملاحظة الدائمة أثناء التنفيذ لكمية الخرسانة المستعملة ومقارنتها بالحجم النظري لفراغ الوتد.

4- يجب أن يتم صب الخرسانة داخل المواسير بطريقة لا تنفصل بها مكونات الخرسانة. وقبل سحب الماسورة إلى أعلى يجب أن يكون ارتفاع الخرسانة داخلها كافياً لمنع دخول الأتربة والمياه الأرضية واختلاطها بالخرسانة.

5- الأوتاد المصبوبة بالمكان المنفذة بطريقة الدق، والتي ينتج عنها إزاحات حجمية كبيرة قد تسبب حركة رأسية لأعلى "heave" للأوتاد المجاورة. وفي مثل هذه الحالات يجب رصد منسوب أعلى الأوتاد التي تم تنفيذها دورياً، وإعادة الدق عليها، وإضافة أوتاد أخرى إذا تطلب الأمر ذلك.
كذلك يجب مراعاة عدم حفر بئر الوتد بطريقة الدق، على مقربة من وتد آخر لم تتصلب خرسانته بعد، لتلافي حدوث انبعاج في جسم الوتد السابق دقه وخروج الخرسانة منه للتربة. وتتوقف المسافة الآمنة بين الوتد الجاري حفره بالدق وأقرب وتد لم تتصلد خرسانته بعد على حجم التربة المزاحة أثناء تنفيذ الأوتاد. وكقاعدة عامة يفضل ألا تقل هذه المسافة عن 5 مرات قطر الوتد.

6- يجب ألا تقل كمية الأسمنت في الأوتاد عن 350 كغ في المتر المكعب من الخرسانة، وبحيث لا تقل المقاومة المميزة الإسطوانية للضغط بعد 28 يوماً في الموقع عن 18 ميجا نيوتن/م^2 (180كغ/سم^2).

7- يجب أن تكون للخرسانة قابلية تشغيل تناسب طريقة الصب والتكثيف وتكوين شكل الوتد وبحيث لا تتعارض مع نسبة الماء إلى الأسمنت في الخلطة الخرسانية (انظر الفقرة 10-3/8/3(هـ)).

8- يجب تسليح الأوتاد بكامل أطوالها (في المناطق المعرضة للزلازل) طبقاً للتصميم وخواص التربة (انظر الفقرة 10-4/3/3). وفي جميع الحالات، لا تقل نسبة التسليح عن 0.6% من مساحة مقطع الوتد، ولا تقل عن 1% عند مساهمة الوتد في تحمل القوى الأفقية من الزلازل أو الرياح. ويجب استعمال وسيلة مناسبة للاحتفاظ بحديد التسليح في مكانه أثناء الصب والاحتفاظ بالغطاء الخرساني المناسب الذي يكون عادة 70 مم ولا يقل عن 50 مم بأي حال. وكذلك عند عمل قفص فولاذ التسليح في الموقع يجب التأكد من أن أسياخ التسليح مربوطة بأساور ملحومة لا تقل المسافة بينها عن 150 مم حتى لا تعيق صب الخرسانة. ويستعمل عادة أساور حلزونية مع أساور إضافية كل 1 متر، كحلقات أفقية داخلية لتقوية هيكل التسليح أثناء الرفع والتثبيت.

9- يجب ألا يزيد الانحراف المسموح به للوتد عن مكانه التصميمي عن 50 مم أو عشر (10/1) القطر المكافئ، أيهما أكبر، مع مراجعة إجهادات الضغط المسموح بها في هذه الحالة. وإذا زاد الانحراف الفعلي عن ذلك يجب إعادة دراسة التصميم طبقاً للانحراف الفعلي، أو تنفيذ وتد إضافي للمجموعة.

10- يجب دق ماسورة الوتد الرأسي (الشاقولي) بعناية تامة ليحتفظ الوتد بمحوره رأسياً، وغير مسموح بزيادة الانحراف عن نسبة 1.0 : 100 بحيث لا يتعدى مقدار إزاحة كعب الوتد بالنسبة لرأسه عن نصف قطره، ويقاس الميل أثناء التنفيذ مرتين على الأقل، وفي حالة زيادة الميل عن هذه القيمة يعاد تنفيذ الوتد مع عمل التعديل اللازم في القاعدة والشدادات لرؤوس الأوتاد.

10-2/3/3 الأوتاد الخرسانية المنشأة بالتثقيب (بالتفريغ)

ينفذ هذا النوع من الأوتاد بعمل حفرة في الأرض للمنسوب المعين مسبقاً. ويشغل الوتد الفراغ الناتج عن التربة المستخرجة. ويجب مراعاة ما يلي:

(أ) أن تظل جدران الحفرة ثابتة غير منهارة ويتحقق ذلك إما بإنزال ماسورة مؤقتة أو دائمة، أو بملء الحفرة بمستحلب البنتونيت، أو بضخ الخرسانة أو المونة أثناء تفريغ التربة.

(ب) منع فوران التربة الرملية عند قاع الحفر، وذلك بملء الحفرة بالمياه في حالة استعمال ماسورة (قسطل حماية) "casing" دائمة أو مؤقتة، أو بملء الحفرة بمستحلب البنتونيت لمنسوب كاف يعلو منسوب المياه الأرضية لتوليد ضاغط مائى داخل الثقب يمنع الفوران بصفة دائمة. كما يجب في الوقت ذاته اتباع أسلوب للحفر لا يحدث تخلخلاً في تربة قاع الثقب.

(ج) في حالة استعمال طرائق أخرى مستحدثة في تنفيذ الحفرة يجب التأكد من فاعلية هذه الطرائق بالنسبة للمحافظة على ثبات جوانب وقاع الحفرة أثناء عملية الحفر وحتى الانتهاء من تنفيذ الوتد.

وتنفذ أوتاد التثقيب بأقطار تصل إلى 2 م، وأطوال قد تزيد على 50 م كما يمكن تقسيمها طبقاً لأسلوب الحفر والصب إلى النوعين المذكورين في البندين (10-2/3/3(أ)، 10-2/3/3 (ب)) الآتيين:

10-2/3/3 (أ) الأوتاد الخرسانية المنشأة بالحفر والتفريغ السابق للصب

في حالة التربة المسامية الحاملة للمياه أو التربة الرخوة يجب الاستعانة بماسورة مؤقتة أو دائمة لسند جوانب الحفر. ويتم إنزال الماسورة أثناء عملية الحفر، وذلك بلفها بحركة دائرية ترددية حول محورها "oscillating" مع استخراج التربة التي بداخلها بوساطة الصدفة (الكلاّب (الكباش))، أو بأي طريقة أخرى، وذلك في حالة إنزالها إلى أعماق كبيرة (أكثر من 30 م) أو للإسراع في معدلات التنفيذ. وبعد الوصول إلى منسوب التأسيس يتم إنزال التسليح (القفص الحديدي). وتصب الخرسانة بوساطة ماسورة مزودة بقمع "tremie pipe" ، يكون طرفها الأسفل مغموراً في الخرسانة لتفادي فصل الخرسانة أو غسيلها بالمياه الموجودة بالحفر. وتتكون الماسورة من أجزاء من 2 – 4 م طولياً، ويتم وصل الواحدة مع الأخرى بوساطة وصلات أو قمصان. ويجوز استعمال معلق البنتونيت لسند جوانب

حفر هذا النوع من الأوتاد، على ألا يقل معاير اللدونة "plasticity index" عن 250، أو البنتونيت الممزوج بالأسمنت. إلا أنه يجب العناية التامة في تحديد مكونات معلق البنتونيت المستعمل لأول مرة، وطريقة خلطه واختباره قبل صبه بالحفرة. وتكون مواصفاته كما يلي:

1- يجب أن تزيد اللزوجة المقيسة بوساطة قمع مارش على 35 ثانية/ لتر.

2- لا تقل الكثافة عن (1.02 طن/ م^3) ولا تزيد على (1.06 طن/ م^3) .

3- يجب ألا تزيد كثافة إلخليط فوق منسوب كعب الوتد قبل الصب على (1.20 طن/م^3).

4- يجب ألا يزيد سمك طبقة البنتونيت"mud cake" المكونة تحت ضغط 700 كيلونيوتن/م^2 (7 كغ/ سم^2) لمدة 30 دقيقة على 3 مم.

ويتم تنفيذ هذه التجربة مرتين على الأقل خلال مدة تنفيذ المشروع، على أن تكون إحداها عند بداية التنفيذ، والأخرى في منتصف العمل. كذلك تجرى هذه التجربة عند حدوث تغير غير عادي في الكثافة أو اللزوجة أو تغير نوع البنتونيت المستعمل أثناء التنفيذ.

طريقة استعماله:

1- يتم تجهيز إلخليط في خلاطات خاصة. ويتكون من البنتونيت بنسبة 3-10 % إلي المتر المكعب ماء محسوبة بالوزن، وتجمع في أحواض قبل أن يتم سحبها بالمضخات أثناء حفر الأوتاد.

2- يمكن إعادة استعمال إلخليط بعد الانتهاء من صب الأوتاد وذلك بتنقيته بعد تمريره على مناخل وهزازات لاستبعاد نسبة من الرمل منه، لأنه يجب ألا تزيد نسبة الرمل على 5 %، ولا تزيد كثافة الخليط عن (1.3 طن/ م^3) أثناء الحفر، وألا يزيد سمك طبقة البنتونيت المكونة تحت تأثير ضغط يساوي 700 كيلونيوتن/ م^2 (7 كغ/سم^2) لمدة 30 دقيقة عن 5 مم. كذلك يجب أن تتراوح اللزوجة المقيسة بجهاز مارش بين 35 و90 ثانية/ لتر.

ونظراً لزيادة نسبة فاقد معلق البنتونيت خلال طبقات التربة ذات المسامية العالية (معامل نفاذيتها أكبر من 0.02 م/ ثانية) فإنه من الصعب تنفيذ الأوتاد بهذه الطريقة، وبخاصة في حالة عدم وجود مياه جوفية.

ويجوز حفر الأوتاد دون استعمال ماسورة مؤقتة (قسطل حماية مؤقت) أو دون استعمال معلق البنتونيت في حالات خاصة إذا تحققت جميع الشروط الآتية:

أ - وجود طبقات تربة متحجرة أو متلاحمة "cemented" أو ذات تماسك عالٍ [q_u>200kN/m^2 (2kg/cm^2)] بكامل عمق الحفرة، مع عدم وجود مياه جوفية.

ب- ألا يقل قطر الثقب عن عشر (1\10) عمقه

ت- تسليح الوتد بكامل طوله.

ث- إتمام عمليات حفر الوتد وصب الخرسانة تحت مراقبة دقيقة.

ج- صب الخرسانة باستعمال ماسورة مزودة بقمع "tremie pipe" .

ح- قياس حجم الخرسانة المصبوبة ومقارنتها بحجم الثقب على مراحل أثناء تنفيذ الوتد.

10-3/3/2 (أ-1) يراعى في هذا النوع من الأوتاد، بالإضافة إلى ما سبق، ما يلي:

1- يجب صب الخرسانة بطريقة مناسبة تضمن عدم حدوث انفصال حبيبي لمكونات الخرسانة، وذلك باستعمال ماسورة وقمع مثلاً.

2- عند صب الخرسانة تحت الماء أو تحت مستحلب البنتونيت يجب مراعاة ما يلي:

(أ) إزالة التربة الضعيفة أو المفككة من قاع الحفرة.

(ب) أن تكون الخرسانة متماسكة وغنية بالأسمنت (لا تقل نسبة الأسمنت عن (400 كغ/م^3)).

(ج) يجب التأكد من عدم انهيار جوانب الحفرة واختلاط مكونات التربة بالخرسانة حتى إذا لزم الأمر استعمال ماسورة خاصة كغلاف دائم في الحالات الخاصة التي تتطلب ذلك.

(د) يجب التأكد من أن ماسورة صب الخرسانة والقمع المستعمل محكومين تماماً ومدفونين داخل الخرسانة لمسافة لاتقل عن 2 م بحيث تمنع دخول المياه أو البنتونيت في الماسورة لضمان عدم حدوث اختناق لجسم الوتد أو تكوّن فراغات فيه.

(هـ) يجب أن تكون ماسورة الصب ذات قطر كبير كاف لمرور مكونات الخرسانة بسهولة، فمثلاً لقطر حبيبات 20 مم يجب ألا يقل قطر الماسورة عن 150 مم.

(و) يجب ملء الوتد بكمية أولية كافية وبمعدل سريع لإعطاء عمق يكفي لعدم اختلاط الماء اومستحلب البنتونيت بالخرسانة، على أن يكون منسوب كعب ماسورة الصب "tremie pipe" على عمق لا يزيد عن 250 مم من قاع الوتد.

3- يجب تنفيذ الوتد الرأسي بعناية تامة ليحتفظ بمحوره رأسياً، وغير مسموح بزيادة ميل الوتد عن الرأسي على نسبة 1.0 : 100 بحيث لا يتعدى مقدار إزاحة كعب الوتد بالنسبة لرأسه عن نصف قطره، ويقاس الميل أثناء التنفيذ مرتين على الاقل. وفي حالة زيادة الميل عن هذه القيمة يعمل بديل له مع عمل التعديل اللازم في القاعدة والشدادات لرؤوس الأوتاد.

4- يجب ألا يزيد الانحراف المسموح به لرأس الوتد عن مكانه التصميمي عن 50 مم أو عشر (1\10) القطر المكافئ، أيهما أكبر، مع مراجعة إجهادات الضغط المسموح بها في هذه الحالة. وإذا زاد الانحراف على ذلك يجب إعادة دراسة التصميم طبقاً للانحراف الفعلي.

5- تراعى جميع المواصفات الواردة بالأوتاد الخرسانية المصبوبة بالموقع (أوتاد الحفر بالدق) الخاصة بحديد التسليح والخرسانة.

10-3/3/2 (ب) الأوتاد الخرسانية المنشأة بالحفر والتفريغ أثناء الصب (الحفر البريمي المستمر - Continuous flight auger)

ينفذ هذا النوع من الأوتاد باستعمال بريمة طويلة مكونة من وصلات يصل طولها إلى 6 م للوصلة الواحدة. تدار البريمة بوساطة محرك. وبداخل البريمة ماسورة مجوفة "hollow stem" بكامل طولها وبقطر لا يقل عن 75 مم في حالة استعمال مونة اسمنتية و150 مم في حالة استعمال الخرسانة. وعند وصول البريمة إلى عمق الحفر المقرر تضخ المونة أو الخرسانة بوساطة مضخة خلال

الماسورة المجوفة. ويتم سحب البريمة بالتربة التي تكون حول أسلحتها أثناء عملية الضخ. ويجب العناية والدقة أثناء التنفيذ لضمان الحصول على قطاع خرساني متجانس مستمر. وفي بعض الأحيان يتم عمل الثقب باستعمال بريمة مصمتة أولية لتفتيت التربة، ثم يتم استبدالها بالبريمة السابق ذكرها أعلاه ذات الماسورة المجوفة داخلها.

يتم إنزال تسليح الوتد (القفص الحديدي) بعد الانتهاء من عملية الضخ، وسحب البريمة بالكامل باستعمال هزاز أو دونه في حالة استعمال مونة. ويمكن تنفيذ هذا النوع من الأوتاد بأطوال تصل إلى 30 م وأقطار تصل إلى 1 م.

وفي حالة استعمال الخرسانة كجسم للوتد تطبق جميع الاشتراطات السابقة المذكورة في البنود (10-3/3/1(ج-1)، 10-3/3/2).

وفي حالة استعمال المونة في جسم الوتد، يجب ألا تقل نسبة الأسمنت عن 700 كغ للمتر المكعب من الرمل الجيد التدرج، وبإجهاد كسر لمكعبات المونة القياسية (50 × 50 مم) لا يقل عن 25 ميجا نيوتن/ م^2 (250 كغ/ سم^2)، وعلى ألا يقل معامل الأمان لإجهادات المونة عن 6.5 بعد 28 يوماً، وبشرط ضمان تجانس المونة مع إجراء اختبارات دورية للتأكد من درجة لزوجتها.

10-3/3/2 (ج) أنواع أخرى من أوتاد التثقيب

توجد بعض الأنواع الأخرى من أوتاد الحفر أقل شيوعاً من المذكورة في البندين السابقين، إنما تكون مفضلة في حالات التقوية للأساسات، ومنها ما يعتمد على الحقن على الجوانب أو تحت القاع لزيادة مقاومة الاحتكاك حول جذع الوتد أو الارتكاز عند القاعدة "grouted steel piles". ومنها الأنواع المعروفة باسم "micropiles " وهذه الأنواع يجب أن تستعمل عن طريق شركات متخصصة ولها الخبرة الكافية، كل في مجال تخصصه، ذلك أن الخبرة تلعب دوراً كبيراً في اختيار الضغوط والمحاليل المناسبة والمعدات التي يمكنها تنفيذ ذلك بكفاءة.

كما أن منها ما يعتمد علي الحفر المباشر باستعمال معدات يدوية أو نصف ميكانيكية. وهذه الأنواع تحتاج إلى إشراف دقيق ومتابعة طول الوقت نظراً لحدوث مشاكل عديدة أثناء التنفيذ، أهمها حدوث فوارات أسفل القاع عند الوصول لطبقة الرمال الحاملة للمياه. ولذلك فإن هذه الأنواع من الأوتاد لا يمكنها التعمق داخل طبقات الرمال تحت سطح الماء، الأمر الذي يؤثر على أحمالها. ومن هذه الأنواع ما يعرف باسم " أوتاد ستراوس ".

كما يمكن أن يدخل ضمن الأنواع الأخرى من أوتاد التثقيب مايعرف باسم "أوتاد البحص أو الحجر أو أوتاد التربة المستبدلة "، وهي تستعمل عادة في التربة الغضارية الطمييية. وهذه النوعية من الأساسات تحتاج إلى معدات خاصة وخبرة عملية طويلة لتحديد سلامة وقوة دمك هذه الأوتاد. ونورد فيما يلي بعض هذه الأنواع.

10-3/3/2 (ج-1) *الأوتاد الدقيقة (ذات الأقطار الصغيرة):* ***Micropiles***

10-2/3/3 (ج-1/1) ***عموميات***

تعرف الأوتاد الدقيقة (ذات الأقطار الصغيرة) من نوع "micropiles" أو "injected metal piles" بأنها أوتاد تنفذ وتصب وتحقن في الموقع بأقطار تتراوح من 100 - 250 مم وأحمال تشغيل من 150 - 600 كيلونيوتن (15 - 60 طن). ويمكن أن تصل أعماق هذه الأوتاد إلى 40 م وتنفذ شاقولية أو مائلة. وتعتمد هذه الأوتاد أساساً على التسليح. وتنقل الأحمال إلى التربة عن طريق الاحتكاك بين جسم الوتد والتربة المحيطة به. ولا تؤخذ في الحسبان مقاومة الارتكاز لقاعدة الوتد إلا في حالة الارتكاز في الصخر.

10-2/3/3 (ج-2/1) ***استعمالات الأوتاد الدقيقة (ذات الأقطار الصغيرة) "micropiles"***

نظرا لصغر معدات التنفيذ فان هذه الأوتاد تتميز بملاءمتها للتنفيذ في الظروف الآتية:

- داخل مبانٍ قائمة فعلاً بغرض تقوية الأساسات القديمة "underpinning"
- في المواقع الصغيرة أو العميقة أو التي يصعب الوصول إليها بمعدات التنفيذ التقليدية.
- للمنشآت ذات الأحمال الصغيرة.

وعموماً فإن هذه الأوتاد يمكن استعمالها لنقل أحمال أي منشأة سواء كانت استاتيكية أو ديناميكية، ويوضح الشكل (10-1) بعض الاستعمالات الخاصة لها.

10-2/3/3 (ج-3/1) ***أنواع الأوتاد الدقيقة (ذات الأقطار الصغيرة):***

توجد أنواع كثيرة، منها نوعان أكثر شيوعاً، هما:

أ - أوتاد منفذة باستعمال ضغوط منخفضة:

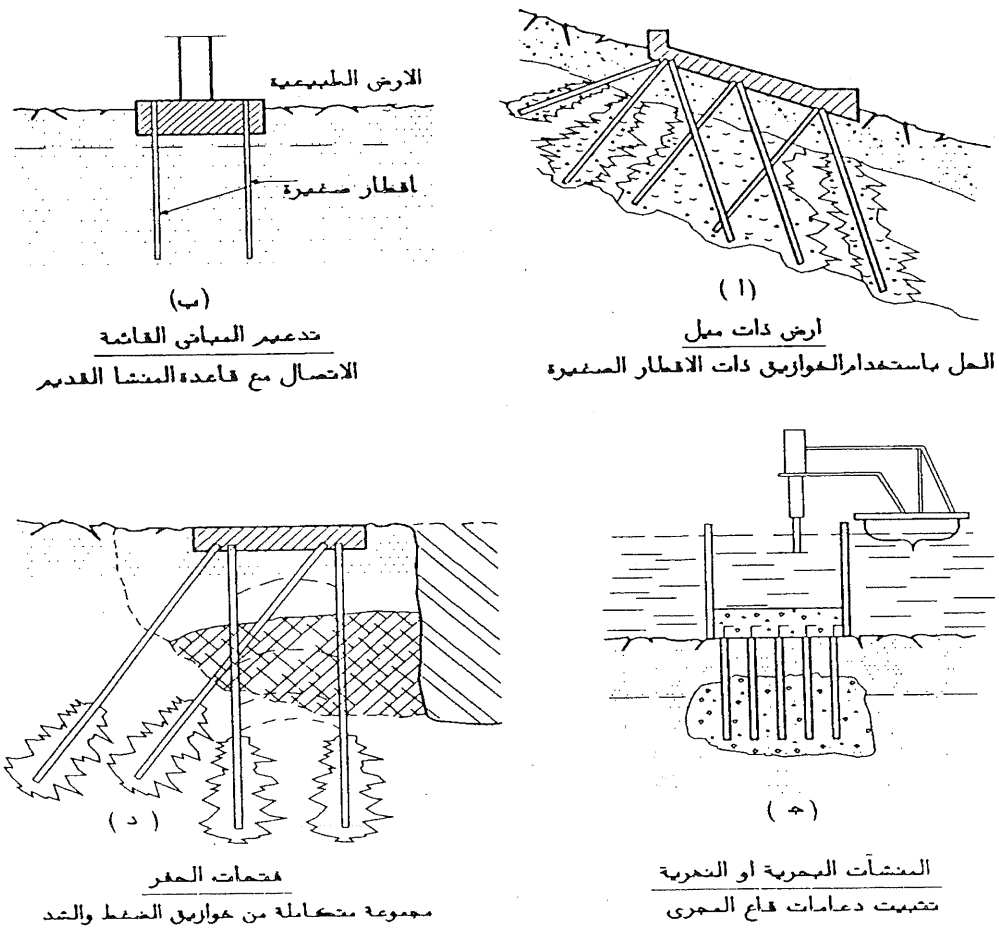
يبدأ التنفيذ بحقن ثقب قطره نحو 200 مم بالطول المطلوب، ثم يوضع التسليح المناسب سواء كان قفصاً حديدياً أو ماسورة أو أي مقطع حديدي مدرفل حسب التصميم، وتضخ المونة الأسمنتية تحت ضغوط منخفضة لاتزيد على ($25\,\overline{N}$) كيلونيوتن /م^2 ($\overline{N}/4$ كغ/سم^2) في حالة الرمل النظيف وعن ($10\,\overline{N}$) كيلونيوتن/م^2 ($\overline{N}/10$ كغ/ مم2) في حالة الرمل الطميي،

حيث: $\overline{N}$ = مقاومة الاختراق النظامي (S.P.T.) المتوسط للطبقة التي يتم فيها الحقن.

ب- أوتاد منفذة باستعمال ضغوط عالية:

تتبع الخطوات السابقة ذاتها، ولكن الحقن يكون على مراحل باستعمال حزّامات (سدادات) "packers" للحصول على أفضل نتائج لتلاحم الوتد مع التربة المحيطة. وتتراوح الضغوط في هذه الحالة بين 1 و 2 ميجا نيوتن /م^2 (10-20 كغ/سم^2) حسب طبيعة التربة. ويعتمد نقل الأحمال على تسليح الوتد فقط، ويحسب الحديد على أساس 50 % من جهد الخضوع "yield stress" أو عند استطالة 2%، وذلك في حالة الأحمال الدائمة، أما في حالة إضافة الأحمال الثانوية فيحسب الحديد على 66 % من جهد الخضوع. كما يؤخذ في الحسبان عند حساب الحديد النقص المحتمل في المساحة

نتيجة وجود أملاح أو أحماض ضارة. ويجب ألا يقل غطاء المونة عن 30 مم، ويبين الجدول (10-3) أقطار ومساحات الحديد للأحمال المختلفة للاسترشاد فقط.



الشكل (10-1): بعض الاستعمالات للأوتاد (للخوازيق) الدقيقة (ذات الأقطار الصغيرة) "Micropiles"

10-3/3/2 (ج-4/1) *خطوات تنفيذ الأوتاد الدقيقة (ذات الأقطار الصغيرة) "micropiles"*

توجد طرائق مختلفة كثيرة لتنفيذ هذا النوع من الأوتاد حسب نوع التربة وظروف الموقع. ويبين الشكل (10-2) المراحل المتبعة في التنفيذ لإحدى الطرائق الشائعة. وبشكل عام تتبع الخطوات الآتية:

1- إنشاء حفرة الوتد:

يتم ذلك بإحدى الطرائق المعروفة: تثقيب، إزاحة، دق دوار "roto percussion"، عادة دون غلاف خارجي ومع استعمال سائل حفر مثل معلق البنتونيت.

2- تكوين جسم الوتد:

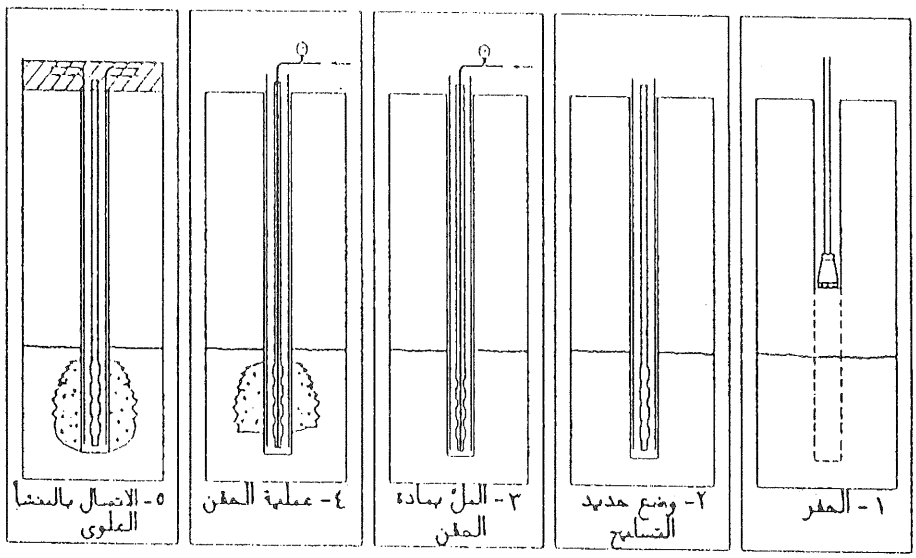
تملأ الحفرة بمونة اسمنتية تحل محل سائل الحفر (إن وجد)، ثم يتم إنزال التسليح المطلوب بكامل طول الوتد ومعه مواسير حقن. ويجب الانتظار مدة لا تقل عن 48 ساعة قبل البدء في عملية الحقن.

3- حقن الوتد:

يحقن الوتد على مرحلة واحدة أو عدة مراحل حسب طبيعة التربة والحمل المطلوب0 ويحدد ضغط الحقن حسب عمق الوتد وحجم الحبيبات ودرجة كثافة التربة. وفي جميع الحالات يجب ألايصل الضغط المستعمل في الحقن إلى قيمة الضغط القصوى "limiting pressure" التي تحدث انهياراً في طبقة التربة "hydrofracture" ويجب التأكد من قيمة الضغط القصوى في نهاية الحقن لكل طبقة0 ويتم الحقن باستعمال مونة اسمنتية تحدد كثافتها بحيث لا تزيد نسبة المياه إلى الأسمنت بالوزن على 0.50، ويمكن إضافة نسبة من الرمل في حالة التربة البحصية بحيث لا يقل جهد كسر مكعب المونة في هذه الحالة عن 25 ميجا نيوتن/م^2 (250 كغ /سم^2) بعد 28 يوماً. وعند إجراء الحقن يجب التأكد من وجود طبقة من التربة "overburden" لاتقل عن ثلاثة أمتار فوق المنسوب العلوي للحقن.

الجدول (10-3) أقطار وتسليح وأحمال أوتاد دقيقة "micropiles" (للاسترشاد)

الحمولة المقترحة		الخواص الهندسية			التسليح	
$\frac{1}{2}\sigma . s$ (ك. نيوتن)	$\frac{2}{3}\sigma . s$ (ك. نيوتن)	مساحة مقطع الحديد (سم٢)	القطر الادنى لفتحة الحفرة (مم)	جهد الخضوع σ (ميجانيوتن/م٢)	الابعاد (مم)	نوع التسليح
٢٣٠ ٣١٠	٣١٠ ٤٢٠	١٢	١٠٠	٣٩٠ ٥٣٠	قطر ٦٠/٤٦	مواسير
٤٥٠ ٦٢٠	٦٠٠ ٨٢٠	٢٣	١٢٠	٣٩٠ ٥٣٠	قطر ٨٩/٧٠	
٥٥٠ ٧٥٠	٧٣٠ ١٠٠	٢٨	١٥٠	٣٩٠ ٥٣٠	قطر ١١٤/٩٧	
٦٦٠ ٩٠٠	٨٨٠ ١٢٠٠	٣٤	١٧٠	٣٩٠ ٥٣٠	قطر ١٢٧/١٠٩	
٩٨٠ ١٣٢٠	١٣٠٠ ١٧٦٠	٥٠	٢٠٠	٣٩٠ ٥٣٠	قطر ١٧٨/١٥٧	
٦٠ ١٦٠ ٢٦٠	٨٠ ٢١٠ ٣٤٠	٣ ٨ ١٣	من٦٠-٢٥٠مم حسب عدد الاسياخ	٤٠٠ ٤٠٠ ٤٠٠	قطر ٢٠ قطر ٣٢ قطر ٤٠	اسياخ



الشكل (10-2): مراحل التنفيذ بالطريقة الاعتيادية

10-3/3/2 (ج-1/5) ***تجارب التحميل:***

يجب أن تجرى تجربة تحميل ابتدائية قبل تنفيذ الأوتاد العاملة لتحديد حمل التشغيل. وتتم التجربة كما في الأوتاد النمطية، وكما هوموضح في البند (10-3/9).

10-3/3/2 (ج-1/6) ***أسس التصميم للأوتاد الدقيقة (ذات الأقطار الصغيرة)***

1- التحقق من التصميم الإنشائي لجسم الوتد:

يحسب على أساس جهد مسموح به يساوي نصف جهد الخضوع للحديد (الفولاذ) في حالة الأحمال الدائمة ويساوي (2/3) ثلثي جهد الخضوع للحديد عند إضافة الأحمال الثانوية.

2- التحقق من تماسك مادة الحقن مع الحديد: "Grout- steel bond"

الحمل المطبق على الوتد applied load < جهد التماسك المسموح به allowable bond stress .

مساحة سطح حديد التسليح surface area لمادة حقن إجهادها 25 ميجا نيوتن/م 2 (250 كغ/سم2)

3- التحقق من تماسك مادة الحقن مع التربة المحيطة : "Grout - soil bond"

و تحسب من المعادلة:

$$q_f = c + n \tan \phi$$

حيث:

q_f وحدة الاحتكاك "unit friction" كغ /سم^2

c مقاومة التماسك للتربة "cohesion"

ϕ زاوية احتكاك التربة

n نسبة من ضغط الحقن "grouting pressure" تتراوح بين 10 % و 50 %، وتتوقف على نسبة الأسمنت المستعملة وطبيعة التربة وضغط الحقن. وهذه القيمة للاسترشاد فقط، إذ يجب أن تجرى تجارب تحميل حقلية قبل البدء في التنفيذ لتحديد قيمة n من المعادلة السابقة.

4- **التحقق من قيمة الحمل نتيجة الارتكاز: "End bearing"**

يؤخذ في الحسبان فقط في حالة الأوتاد المرتكزة على الصخر

5- **التحقق من مقاومة التحنيب: "Buckling"**

عند التحقق من التحنيب، يؤخذ في الحسبان ماسورة الحديد فقط، وذلك عند وجود تربة ضعيفة حول جسم الوتد لمسافة لا تقل عن 2 متراً، ويتم التحقق من مقاومة التحنيب وفقاً لسماكة التربة الضعيفة الموجودة حول الوتد.

6- **يجب ألا يزيد الانحراف المسموح به للوتد الدقيق عن مكانه التصميمي** على عشر (1\10) القطر المكافئ، مع مراجعة إجهادات الضغط المسموح بها في هذه الحالة. وإذا زاد الانحراف الفعلي عن ذلك، يجب إعادة دراسة التصميم طبقاً للانحراف الفعلي.

10-2/3/3 (ج-2) *أوتاد ستراوس*

10-2/3/3 (ج-1/2) *عموميات*

يتم تنفيذ أوتاد ستراوس يدويا أو ميكانيكيا (آلياً) باستعمال روافع (أوناش- ضواغط) تدار بالهواء المضغوط أو محركات الديزل. وتنفذ يدويا بأقطار من 300 - 400 ملليمتراً وأعماق تصل إلـى 15 م، وميكانيكيا بأقطار حتى 500 مم وأعماق تصل الى 20 م. ويختلف حمل تشغيل الوتد حسب قطره، وكذا تحمل طبقة التأسيس ويتراوح بين 100 و 450 كيلو نيوتن (10 و 45 طن) ويجب تسليح كامل طـول الوتد في المناطق المعرضة للزلازل.

10-2/3/3 (ج-2/2) *طريقة التنفيذ*

1- *الطريقة اليدوية*

يتم تغويص ماسورة بالقطر المطلوب حتى تصل إلى منسوب التأسيس، وتتكون من عدة وصلات من المواسير، طول الوصلة الواحدة نحو 3.0 م. و يربط إحداها بالأخرى بوساطة الجلب والقلاووظ. تغوص هذه المواسير بتفريغ مكان لها أولا بأول أثناء نزولها بوساطة بلف أو بريمة من داخل الماسورة، وعند الوصول إلى العمق المطلوب تملأ الماسورة من أسفل إلى أعلى بالخرسانة، ويدق على الخرسانة بالمندالة أثناء سحب الماسورة. تستمر هذه العملية حتى يتم ملء الماسورة بالخرسانة إلى منسوب أسفل التقفيصة (القفص الفولاذي)، ويتم إنزال التقفيصة وتعليقها في مكانها للاحتفاظ بمنسوبها أثناء تكملة صب خرسانة الوتد وسحب المواسير.

وفي حالة تنفيذ هذه الأوتاد تحت منسوب المياه يملأ الثقب دوماً بالمياه لمنسوب المياه الأرضية أو للمنسوب الذي يوازن الضغط الهيدروستاتيكي الواقع على الطبقة التحتية للتأسيس لمنع انسياب الطبقة

الغضارية أو فوران الرمل داخله، الأمر الذي قد يتسبب في خلخلة طبقة رمال التأسيس أو سحب الرمال التي ترتكز عليها الأوتاد السابق تنفيذها بجوار الوتد الجاري تنفيذه. يجب في جميع الحالات التأكد من عدم حدوث فوران للرمال أو انسياب الطين اللين عند منسوب التأسيس داخل ماسورة الحفر.

2- الطريقة الميكانيكية

(أ) تستعمل ضواغط وروافع الهواء، أو روافع (أوناش- ضواغط) الديزل في تغويص المواسير الخارجية بقطر حتى 500 مم، بتفريغ داخلها باستعمال المعدات المناسبة حتى تصل إلى منسوب التأسيس.

(ب) يتم إنزال ماسورة داخلية مزودة بقمع "tremie pipe" مع تثبيت طبة خاصة في نهايتها تمنع تسرب المياه الأرضية إلى داخلها حتى تصل إلى قاع الثقب على طبقة الارتكاز.

(ج) تصب الخرسانة داخل الماسورة الداخلية حتى يتم ملؤها.

(د) يتم رفع الماسورة الداخلية قليلاً وهزها باستعمال الرافعة فتنفصل الطبة المثبتة بأسفل الماسورة، وتندفع الخرسانة التي تزيح المياه الأرضية من داخل الماسورة الخارجية إلى أعلى دون أن تؤثر هذه المياه على خلطة الخرسانة التي ستكوّن جسم الوتد.

(هـ) عند ارتفاع منسوب الخرسانة داخل الماسورة الخارجية يتم سحب الماسورة الداخلية وتخليعها باهتزازات ميكانيكية باستعمال الرافعة. وتتوإلى عملية الهز لضمان تكثيف الخرسانة مع الاستمرار في ملء الماسورة الداخلية بالخرسانة بحيث يكون هز الخرسانة مستمراً دون خروج الماسورة الداخلية من الخرسانة المكونة للوتد.

(و) يستمر ملء الماسورة الخارجية بالخرسانة عن طريق صبها داخل الماسورة الداخلية، ثم ترفع الماسورة الخارجية تدريجياً بالهز المستمر باستعمال الرافعة الميكانيكية لضمان هز خرسانة الوتد وتكثيفها جيداً، ويتم إنزال تقفيصة (القفص الفولاذي) تسليح رأس الوتد بالطول المحدد، ويتم تعليقها لضمان عدم هروبها وبقائها في منسوبها، ثم يستكمل صب الوتد حتى الوصول إلى المنسوب العلوي المطلوب، وبذلك يتم ملء فراغ سمك الماسورة الخارجي بخرسانة مكثفة.

10-3/3/2 (ج-2/3) *اشتراطات التنفيذ*

تراعى جميع الاشتراطات المنصوص عليها للأوتاد الخرسانية المنشأة بالحفر والتفريغ السابق للصب (البند 4/3/3/2(أ)) على أن تكون الخرسانة المستعملة ذات درجة تشغيل عالية:

(slump = 100-150 mm).

10-3/3/2 (ج-2/4) *أسس التصميم لأوتاد ستراوس*

1- يصمم كوتد ارتكاز فقط مع إهمال مقاومة الاحتكاك.

2- يجب ألا يزيد الإجهاد على رأس الوتد على 1.5 ميجا نيوتن/م^2 (15 كغ/سم^2) في حالة التنفيذ اليدوي، وعلى 2.5 ميجا نيوتن/م^2 (25 كغ/سم^2) في حالة التنفيذ الميكانيكي.

3- يجب ألا يقل عدد تجارب التحميل عن تجربة لكل 100 وتد، بحيث لا يقل عدد التجارب عن تجربتين لكل موقع.

10-3/3/3 معامل الأمان لإجهادات الخرسانة للأوتاد المصبوبة في مكانها

لضمان الحصول على خرسانة عالية الجودة يجري تصميم للخلطة بالمعمل باستعمال المواد المحلية أو المتاحة و بضمن ذلك الإضافات الكيمياوية إن وجدت. ويجب أن تعطي الخلطة إجهادات بعد 28 يوماً أكبر من المطلوبة بمقدار 25% على الأقل، كما يجب أن يراعى في تصميم الخلطة درجة التشغيل المطلوبة "workability" حسب كل نوع من الأوتاد كما هو مذكور في البند (10-3/8)، ويقاس ذلك بمقدار الهبوط "slump" المناظر لكل منها.

وتعد قيمة الكسر بعد 28 يوماً هي المعيار الذي تحدد منه جودة الخرسانة. ويتم تصنيع الخرسانة بخلاطات ميكانيكية صغيرة أو ذاتية التشغيل أو خلاطات مركزية0 ولا يجوز السماح بالخلط اليدوي، كما يجب ألا تقل نسبة الأسمنت بأي حال من الأحوال عن (350 كغ/م^3) خرسانة. وتحدد قيم إجهادات التشغيل "working stresses" بالنسبة لجهد كسر الاسطوانات (مكعبات) المأخوذة بالموقع بعد 28 يوماً كالآتي:

1- في حالة الصب داخل مواسير مسدودة في نهايتها وجافة تماماً، يجب ألا يقل معامل الأمان عن 3.5 .

2- عند الصب داخل مواسير أو غلاف غير مسدود في نهايته ولكن في حالة جافة بوساطة مزراب "shoot" أو قمع "tremie" لا يقل معامل الأمان عن 4.0 .

3- عند الصب في وجود أو عدم وجود غلاف، ولكن تحت سطح الماء، وباستعمال قمع "tremie" ، لا يقل معامل الأمان عن 5.5 .

4- في حالة الصب بالمضخة، لا يقل معامل الأمان عن 4.5 .

ويتم اخذ اسطوانات (مكعبات) أثناء صب الخرسانة بالمعدلات الآتية أيها أكثر:

(أ) عدد 6 اسطوانات (مكعبات) كل 100 م^3 خرسانة.

(ب) عدد 6 اسطوانات (مكعبات) كل 15 وتداً.

(ت) عدد 6 اسطوانات (مكعبات) كل يوم عمل.

ويكون تكسير الاسطوانات (مكعبات) بواقع 3 اسطوانات (مكعبات) بعد 7 أيام، و3 اسطوانات (مكعبات) بعد 28 يوماً. ويسمح بتجاوز حدّه الأقصى 20% من جهد التشغيل المطلوب فيما لا يزيد على 2% من مجموع الأوتاد المنفذة، وفيما لا يزيد على 10% من الأوتاد المشتركة في القاعدة الواحدة.

أما في حالة استعمال المونة بدلاً من الخرسانة، كما في أوتاد الحفر البريمي المستمر، فلا يقل معامل الأمان عن 6.5 ، مع مراعاة ما هو وارد بالبند (10-3/3/2(ب)).

10-3/3/4 تسليح الأوتاد الخرسانية المصبوبة في مكانها

يسلح الوتد في حالة وجود إجهادات شد أو انحناء (انعطاف)، وتنشأ هذه الإجهادات في حالات منها:

(أ) عند تعرض الوتد لقوى شد مباشرة.

(ب) عدم تمركز الأحمال أو وجود قوى أفقية من الرياح أو الزلازل أو غيرها.

(ت) تنفيذ الأوتاد في تربة ضعيفة جداً أو في تربة انتفاخية.

(ث) إذا امتد الوتد فوق سطح الأرض، كما هو الحال في المنشآت البحرية "jetty- trestle" ويحسب الحديد إنشائياً مع الأخذ في الحسبان الإجهادات في كل حالة والتأثير المتبادل بين الوتـــــــــــــــــــــــــــــد والتربة "soil -pile interaction"، ويجب أن يمتد الحديد ليغطي الجزء من الوتد المعرض لهذه الإجهادات، وتسلح الأوتاد على كامل أطوالها في المناطق المعرضة للزلازل.

10-3/4 العوامل المؤثرة في اختيار نوع الأساسات الوتدية

تنقسم الأوتاد إلى نوعين رئيسيين، أوتاد إزاحة وأوتاد تثقيب. ولتنفيذ هذين النوعين استحدثت أنظمة كثيرة (البند 10-3/3) للوصول إلى أعلى درجة من كفاءة التنفيذ أو للتغلب على الصعوبات والمشاكل التي تصاحب التنفيذ. ولذلك فإنه عند وجود ظروف معينة أوغير طبيعية يكون اختيار النظام الأمثل للتنفيذ مطلبا ضروريا، ويعتمد هذا الاختيار على عوامل اقتصادية وفنية عديدة نذكر منها:

1- نوع وحالة التربة.
2- الأحمال المنقولة.
3- القرب من المباني أو المنشآت المجاورة وحالتها ونوعيتها.
4- مواصفات الموقع.
5- الكلفة الاقتصادية.

وحيث أن هذه العوامل متداخلة ومتشابكة وتؤدي أحيانا إلى اختيارات متعارضة، فإن الاختيار الأمثل يتطلب توافر خبرة واسعة في هذا المجال. ويجب أن نؤكد أن العامل الاقتصادي يدخل كعنصر مفاضلة فقط بعد تغطية النواحي الفنية، أي التأكد من أن النوع أو الأنواع المختارة ملائمة أو على الأقل لا تتعارض مع النواحي الفنية وموائمة لظروف التنفيذ المتاحة محلياً.

إن الشرح الوارد بهذا البند (البند 10-4/3) يعطى المختص أو الذي يعهد إليه التنفيذ إرشاداً، وليس إلزاماً، للأنظمة التي تلائم ظروف الأرض والتنفيذ لكل مشروع حسب الأحوال مع أخذ عامل الوقت والنواحي الاقتصادية لكل نظام في الحسبان.

10-3/4/1 نوع وحالة التربة

من المعروف أنه يندر أن نجد تربة ذات تكوينات متجانسة لها إلخواص ذاتها. ولذلك فإنه عند تنفيذ الأوتاد فإنها عادة تخترق طبقات تختلف في درجة ملاءمتها مع نظام التنفيذ المستعمل. ومن ثم فإن التوصيات الآتية تفترض أن الطبقة التي سوف تخترقها الأوتاد، والمشار إليها فيما بعد، هي إما الطبقة السائدة أو الطبقة التي تتطلب نظاماً معيناً للحصول على أفضل النتائج من حيث التنفيذ.

1- ففي التربة الغضارية ذات القوام المتوسط القساوة (medium stiff - $50 < q_u < 100kN/m^2$) يمكن استعمال معظم أوتاد الإزاحة والتثقيب. **حيث:** q_u هي المقاومة في الضغط وفق محور واحد (الضغط الحر unconfined compression).

2- وفي حالة التربة الغضارية الضعيفة جداً (أي ذات القوام الطري جداً- very soft $q_u \leq 25kN/m^2$) تكون الأوتاد سابقة الصب أو أوتاد الدق باستعمال ماسورة دائمة أكثر ملاءمة، لأنه يخشى من عدم استطاعة التربة سند الخرسانة قبل أن تتصلب في حالة استعمال أنواع الأوتاد الأخرى.

3- وإذ كانت التربة الغضارية شديدة التماسك (صلبة القوام hard) ($q_u > 200kN/m^2$) فإنها قد تسبب مشاكل لأوتاد الدق ولأوتاد الحفر على السواء ويفضل في هذه الحالة أوتاد التثقيب باستعمال بريمة 0

4- وإذا كانت التربة تتميز بخاصية القابلية العالية للانتفاخ "swelling" فإنه من المفضل استعمال أوتاد التثقيب ذات الأقطار الكبيرة لتقليل مشاكل التنفيذ، وفي حالة القابلية العالية للانتفاخ ينصح باستعمال ماسورة دائمة (قسطل حماية) أو بتسليح الوتد في حالة التربة المتوسطة القابلية للانتفاخ أو استعمال الأوتاد البحصية.

5- وفي التربة الرملية الكثيفة ($N > 30$) يصعب استعمال أوتاد الإزاحة إذ يتطلب ذلك دقاً شديداً "hard driving" الأمر الذي يؤدي إلي زيادة تكثيف التربة والذي بدوره يتطلب زيادة شدة الدق "over driving" . وينتج عن ذلك تفاوتاً كبيراً في أطوال الأوتاد وإتلاف للمعدات المستعملة، كما يؤدي إلى حدوث شروخ وتشققات في الأوتاد المسبقة الصب. وعليه يفضل في هذه الحالة استعمال أوتاد التثقيب0

6- وعند وجود طبقات رملية متوسطة الكثافة ($10 < N < 30$) ومستمرة إلى أعماق كبيرة يمكن الاستعانة بأوتاد إزاحة ذات قاعدة ارتكاز متسعة "enlarged base" وإنهاء الوتد عند أعماق مناسبة.

7- كما يجب ملاحظة أن أوتاد التثقيب التي تستعمل معلق البنتونيت في سند جوانب الحفرة قبل صب الخرسانة تصادف مشاكل عديدة عند تنفيذها في تربة رملية جافة متهايلة. وفي هذه الحالة تفضل أوتاد التثقيب التي تستعمل ماسورة مؤقتة "temporary casing" (قسطل حماية مؤقتة) أو استعمال نظام الحفر البريمي المستمر"continuous flight auger" .

8- وعند وجود طبقات اعتراضية متماسكة أو متحجرة أو أساسات قديمة مثلاً، يتوقف نوع الوتد على سمك وعمق هذه العوائق. ففي حالة وجودها على عمق قريب من سطح الأرض (نحو 5 م) وقت التنفيذ وبسمك حتى 3 م يمكن تطهيرها يدوياً، أو اختراقها إما بتفتيتها أو بتثقيبها "predrilling" قبل تنفيذ الوتد بالإزاحة. أما إذا وجدت هذه العوائق على أعماق كبيرة (أكبر أو تساوي 10 م) وبسمك صغير يصل إلى نحو 2 م، من الأنسب استعمال أوتاد التثقيب.

9- وإذا وجدت طبقة الارتكاز على أعماق كبيرة، يجب اختيار الآلة التي تمكن من الوصول إلى تلك الأعماق. ففي أوتاد الدق يجب أن يكون قائم الآلة "mast" بالطول المناسب، ويمكن إذا اقتضى الأمر عمل وصلات للماسورة أو للوتد سابق الصب. وعند استعمال ماسورة مؤقتة يجب التأكد من قدرة الآلة على سحبها سواء مباشرة بالروافع (الأوناش) أو بالدق العكسي "back hammering" أو بالهزاز الذي يثبت على رأس الماسورة. كذلك في حالة أوتاد التثقيب يجب اختيار القطر المناسب لقدرة الماكينة على الوصول إلى تلك الأعماق. وعموماً فإن معظم آلات التثقيب يمكنها الوصول إلى أعماق حتى 30م، أما آلات الدق فمعظمها يمكنه الوصول إلى أعماق حتى 25 م باستعمال وصلات إضافية وتقليل قطر الوتد ليتناسب مع قدرة الآلة على السحب. أما إذا زاد العمق على 30 م فإنه قد يتطلب استعمال آلات ذات مواصفات خاصة.

10- وفي حالة احتواء التربة أو المياه الأرضية على أملاح ضارة بدرجة تركيز كبيرة (البند 4-3/5) يتطلب الأمر استعمال أوتاد مسبقة الصب ذات نوعيات خاصة من الأسمنت أو إضافات كيميائية معينة أو أوتاد مسبقة الصب (مسبقة الصنع) معالجة بطبقة عازلة من الخارج. وفي حالة استعمال الأوتاد المصبوبة في مكانها يستعمل غطاء عازل من البلاستيك أو الحديد.

10-3/4/2 الأحمال المنقولة

1- عند وجود أحمال كبيرة مركزة (أكبر من 3 ميجا نيوتن (300 طن)) يفضل استعمال أوتاد ذات أحمال كبيرة (أكبر من 1.5 ميجا نيوتن (150 طن)). وعندئذ تكون أوتاد التثقيب أكثر ملاءمة، على أنه لا يمكن إغفال ما تحدثه أوتاد الإزاحة من تكثيف للتربة الرملية، وبالتالي تعمل على زيادة حمولة الأوتاد. كما يمكن استعمال أوتاد حديدية ذات قطاع (H) مثلاً، لما لها من قدرة على نقل الأحمال الكبيرة. ويتحكم في تحديد القطر المناسب للوتد العوامل الاقتصادية حتى لا تزيد الحمولة المسموح بها للأوتاد كثيراً على الحمولة الفعلية للمبنى. ومن العوامل التي تؤثر في اختيار قطر الوتد، المسافات بين الأعمدة ومدى إمكانية عمل قواعد (قبعات) مشتركة لتقليل عدد الأوتاد. على أن يؤخذ في الحسبان زيادة قطاعات الخرسانة المسلحة للقاعدة (القبعة) المشتركة بالمقارنة بالقواعد (القبعات) المنفصلة.

2- وفي حالة تنفيذ أوتاد ملاصقة لمبنى قائم يفضل تنفيذ أوتاد ذات قطر كبير لتقليل عددها، وبالتالي تقليل المسافة بين مركزي ثقل الأوتاد والعمود، أي تقليل اللامركزية "eccentricity". وعند وجود

حمل خطي "linear load" فإنه يمكن اختيار القطر المناسب لتوزيع الأوتاد خطياً تحت الحائط الحامل، ويمكن في هذه الحالة زيادة المسافات بين الأوتاد لأكثر من 3 مرات القطر بهدف خفض التكاليف.

3- في حالة تعرض الوتد لقوى شد، ولزم تسليح الوتد بكامل طوله، يجب اختيار أنواع الأوتاد التي يمكن تسليحها بكامل الطول والتي تعطي احتكاكاً مع التربة المجاورة "skin - friction" حتى يمكن نقل أحمال الشد إلى الوتد بمعامل أمان كبير. وفي حالة وجود أحمال أفقية كبيرة يتطلب تنفيذ أوتاد مائله "battered or raking piles" فتكون الأفضلية لأوتاد الإزاحة. كما يجب في حالة التربة الرملية المخلخلة ($N<10$) أو التربة الطرية جداً (الغضارية الضعيفة جداً very soft) ($q_u \leq 25kN/m^2$) استعمال أوتاد سابقة الصب أو ماسورة دائمة أو تقليل زاوية ميل الوتد.

10-3/4/3 القرب من المباني المجاورة

1- عند التنفيذ بالقرب من مبانٍ قائمة يفضل استعمال ماكينات لا تسبب اهتزازات شديدة لهذه المباني، وبالتالي تكون أوتاد التثقيب أكثر ملاءمة. على أنه يمكن تقليل الاهتزازات الناتجة عن أوتاد الإزاحة بحفر أو تثقيب الجزء العلوي بعمق 3-5 م، ثم تكملة تنفيذ الوتد بالدق باستعمال دقات ذات مشوار قصير0 وعند اختيار نوع الوتد يجب التأكد من ملاءمته لحالة المباني المجاورة ونوعيتها (حوائط حاملة أو هيكلية) وكذلك أساساتها (نوع الأساس ومنسوب التأسيس). كما يجب دراسة تأثير أساسات المباني المجاورة على أوتاد المبنى الجديد أو العكس.

2- وفي المناطق الآهله بالسكان يفضل استعمال معدات تحدث أقل إزعاج للسكان، وعادة تكون أوتاد التثقيب أقل إزعاجاً. وعموماً فإنه في حالة تنفيذ أوتاد بالإزاحة في المناطق الآهلة فان مطارق الهواء تكون أكثرها ضجيجاً، يليها التي تعمل بالديزل، ثم التي تعمل هيدروليكياً. كما أن نوع وسادة الدق له تأثير على الصوت الناتج، فالقبعة (الوسادة) الخشبية ينتج عنها صوت أقل. وفي حالة وجود مبانٍ ملاصقة لحدود المبنى الجاري العمل به، فإن اختيار نوع الوتد قد يتوقف على إمكانية الآلية من الاقتراب من حدود المبنى المجاور.

10-4/4/3 مواصفات الموقع

1- يجب معاينة الموقع المراد تنفيذ الأوتاد فيه ذلك أن ظروف الموقع وطريقة الوصول إليه وتوافر مصادر المياه والكهرباء والظواهر المحيطة به ... إلخ، تؤثر تأثيراً مباشراً في اختيار أنسب أساليب التنفيذ. ففي المواقع ذات مساحة التشغيل التي تقل عن 400 م^2 يكون من المفضل اختيار أنظمة لاتحتاج إلى معدات ذات حجم كبير أو إلى معدات تكميلية كثيرة أو إلى مناورة معقدة. كما أن طريقة الوصول للموقع تدخل في المفاضلة، فعندما يكون الوصول صعباً لضيق الشوارع وازدحامها يجب الاعتماد على التنفيذ ذاتياً داخل الموقع ونقل المواد ليلاً مثلاً. وفي هذه الحالة تكون الأوتاد ذات الأقطار الصغيرة هي الأنسب إلا إذا سمح بالعمل ليلاً ففي هذه الحالة تفضل الأنظمة السهلة التنفيذ.

2- وفي حالة التأسيس على منسوب أخفض كثيراً من منسوب الشارع، والتي تستعمل منحدراً لدخول المعدات والمواد فتكون الأنظمة التي لا تحتاج إلى توريد خرسانة جاهزة هي الأفضل.

3- أما في حالة العمل تحت مبانٍ قائمة بقصد تدعيمها "underpinning" فليس هناك مفر من استعمال معدات ذات قوائم قصيرة الارتفاع (عادة أقل من 3 م) ويمكن صب الخرسانة بالضخ، و تثبت المضخة خارج المبنى. وتنفذ الأوتاد في هذه الحالة إما بالتثقيب "boring" أو بالحقن "injection" أو بالضغط "jacking". وقد تعمل هذه الأوتاد بأقطار صغيرة وتنفذ ملاصقة للقاعدة القديمة، ثم يعمل قميص لهذه القاعدة ليشمل الأوتاد الجديدة.

4- وعند التنفيذ في مجرى مائى فتكون الأوتاد المسبقة الصب أحد الأنواع المفضلة. و في حالة الأحمال الكبيرة التي تستدعي تنفيذ أوتاد ذات أقطار كبيرة يمكن استعمال أوتاد تثقيب مع ترك مواسير دائمة أعلى منسوب القاع، وبعمق مدفون مناسب في حالة امتداد الأوتاد أعلى منسوب سطح المياه في المجرى، أو إنشاء جسر ترابي في المجرى تنفذ خلاله أوتاد التثقيب. كما يجب معرفة نوع أرض التشغيل التي ستعمل عليها الآلة، وهل هي عائمة حديدية "pontoon" أو دمسة مؤقتة، أو جسر ترابي مؤقت، إذ يتوقف عليها اختيار نوع المعدات والنظام المستعمل.

10-3/4/5 الكلفة الاقتصادية

عندما يكون أكثر من نوع من الأوتاد ملائماً للموقع يفاضل بين هذه الأنواع اقتصادياً، مع إدخال جميع العوامل المؤثرة في المفاضلة، مثل تكاليف قبعات الأوتاد وأعمال الحفر وتخفيض منسوب المياه الأرضية مع ما تتضمنه من مشكلة التخلص من المياه المنزوحة والتوقفات المحتملة، سواء كانت لأسباب فنية أو إدارية ... إلخ.

10-3/5 حماية الأوتاد الخرسانية من الأملاح والكيمياويات

1- يقصد بالأوتاد الخرسانية في هذا البند الأوتاد المصنعة من الخرسانة الأسمنتية أو مونة الأسمنت، ذلك أن الأوتاد تكون عادة ملامسة للتربة، وفي حالات كثيرة تكون محاطة بالمياه الجوفية و ما تتضمنه من أملاح وكيمياويات. إن هذه الأوتاد تكون عرضة للتأثير الضار لهذه المواد. ويمكن حسبان أن الكبريتات هي أكثر الأملاح المضرة بشكل مباشر بالخرسانة، إذ تتفاعل الكبريتات مع الأسمنت، الأمر الذي يفقده خواصه الأساسية، وبالتالي تفقد الخرسانة عنصر التماسك الرئيسي بين حبيبات الرمل والبحص، لذلك يوصى بألا تقل نسبة الأسمنت في الأوتاد بأي حال من الأحوال عن (350 كغ/ م^3) من الخرسانة في أوتاد الإزاحة، وعن (400 كغ/ م^3) من الخرسانة في أوتاد التثقيب.

2- ويجب ملاحظة أن هذه التوصيات تشترط أن يكون الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه الأرضية بين (6 و9)، وألا تكون المياه الأرضية أو التربة ملوثة بكبريتات غير اعتيادية مثل أملاح الأمونيوم، على سبيل المثال. كذلك فإنه يجب تعديل كمية الأسمنت في حالة اختلاف أقصى قطر للبحص المستعمل في

الخلطة على 20 مم. فعلى سبيل المثال، يجب زيادة كمية الأسمنت نحو (50 كغ/ م^3) إذا كان أقصى قطر للبحص نحو 10 مم. في حالة الأوتاد ذات المقاطع الرفيعة نسبياً، أو عند تغير منسوب المياه الأرضية حول الأوتاد، يجب تقليل نسبة المياه إلى الأسمنت قدر الإمكان، وزيادة كمية الأسمنت إذا تطلب الأمر ذلك.

3- وعلى الرغم من أن أملاح الكلوريدات ليس لها تأثير ضار مباشر على الخرسانة، مهما كان تركيزها، إلا أن اختراق أملاح الكلوريدات للغطاء الخرساني يساعد على صدأ حديد التسليح، الأمر الذي يسبب زيادة حجمية، لذلك يجب التأكيد على أهمية وجود غطاء خرساني سميك لا يقل عن 70 مم.

4- كذلك من الضروري التأكيد على أهمية خلو الرمل والبحص ومياه خلط الخرسانة من جميع الأملاح الضارة بالخرسانة وحديد التسليح. ويراعى أيضاً أن تكون نسبة الكلوريدات في المياه المستعملة في رش الأوتاد السابقة الصب أقل ما يمكن.

5- ويمكن الحصول على خرسانة مقاومة للأحماض ذات تركيز ضعيف بزيادة كثافة الخرسانة وتقليل نفاذيتها. إلا أنه يصعب الحصول على خرسانة ذات مقاومة مناسبة للأحماض عالية التركيز. ومن الجدير بالذكر أن مقاومة الأسمنت السوبر سلفات للأحماض الضعيفة التركيز أحسن من الأسمنت البورتلاندي العادي، إلا أنه يجب أخذ الاشتراطات المقترحة من الجهة المصنعة له في الحسبان

ويجب أن تكون خواص ومواصفات المواد المضافة موضحة بنشرة (كتالوغ) الشركة المصنعة. كما يجب التأكد من عدم احتواء هذه المواد على كلوريد الكالسيوم مع إجراء تحليل كيميائي للتأكد من البيانات المذكورة ومدة صلاحية هذه المواد في حالة الضرورة.

10-3/6 قدرة تحمل الأوتاد (الخوازيق)

10-3/6/1 عموميات

1- يتناول هذا الجزء الطرائق المختلفة المستعملة في تقدير قدرة تحمل الأوتاد. وتتوقف قدرة تحمل الأوتاد على عاملين هما: الإجهادات المسموح بها في داخل جسم الوتد، ومقدار مقاومة التربة لحمل الوتد. وعادة ما يكون العامل الأخير هو المحدد لقدرة تحمل الأوتاد. إلا أنه يجب التأكد من أن أقصى الإجهادات المتولدة بالأوتاد لا تتعدى الإجهادات المسموح بها بالنسبة لمادة الوتد، (يراجع البند 10-3/3) ومن استيفاء اشتراطات ضبط الجودة عند تجهيز وإنشاء الأوتاد. وفي حالة امتداد الأوتاد خارج مستوى سطح الأرض النهائي فإنه يجب تصميمها كأعمدة. وعلى أساس استيفاء شرط متانة جسم الوتد كغرض مبدئي سينحصر تناول الموضوع في هذا المقام فيما يلي، على عامل مقاومة التربة لحمل الوتد بحسبانه العنصر المحدد لقدرة تحمل الوتد.

2- لذلك يمكن القول إن قدرة تحمل الأوتاد تعتمد على طراز الوتد وشكله أبعاده، وعلى خواص التربة المحيطة والحاملة للوتد. كذلك تعرّف قدرة التحمل القصوى للوتد عادة بأنها الحمل الذي تبلغ عنده

مقاومة التربة للانهيار حدها الأقصى. وفي حالة زيادة الحمل على هذا المقدار تنهار التربة الحاملة للوتد بسبب تجاوز إجهادات القص المتولدة قدرة التربة لمقاومتها، وهو ما يعرف باسم انهيار القص العام. وحينئذ يخترق الوتد التربة، فيتغير عمقه أو اتجاهه أو كلاهما بمقادير ملحوظة. وقد تتغير أيضاً خواص التربة الحاملة للوتد. ومن ثم يكتسب الوتد صفات مغايرة لوضعه قبل الانهيار. ويختلف مقدار هبوط أو حركة الوتد المناظرة لتولد القدرة القصوى من حالة إلى أخرى، ذلك لأنها تعتمد على طبيعة التربة وعلى أبعاد الوتد. وفي أعمال التنفيذ من الممكن حسبان القدرة القصوى لتحمل الوتد بأنها الحمل الذي يحدث هبوطاً في الوتد قدره 10% من قطر الوتد، ذلك إن لم يتم تحديده بخاصية واضحة من منحني "حمل-هبوط " الوتد.

3- وقد يمكن حساب قدرة التحمل القصوى بصفة تقريبية بوساطة إحدى الصيغ الستاتيكية، والتي قد تعرف باسم الصيغ النظرية، والتي تعتمد على بيانات خواص التربة، وعلى الأخص معاملات قوى القص التي تحددها التجارب المعملية أو الحقلية أو كلاهما. وكذلك قد يمكن حسابها (في حالة أوتاد الدق) بإحدى الصيغ الديناميكية للوتد، كما قد يمكن تعيين قدرة التحمل القصوى للوتد من نتائج تجارب الاختراق الستاتيكية والديناميكية. وباستعمال إحدى الصيغ الستاتيكية فإن القيمة التقريبية المحسوبة للحمل الأقصى تعتمد دقتها على درجة الوثوق في الصيغة المستعملة، وعلى الدقة في بيانات خواص التربة الحاملة للوتد. ولكن بالنسبة لمواءمة القيمة المحسوبة لأي وتد آخر في الموقع فهذا يتوقف على مدى توافق أو اختلاف معاملات التربة الحاملة والمحيطة لهذا الوتد مع المعاملات المستعملة في الحساب. كذلك باستعمال إحدى الصيغ الديناميكية يمكن الحصول على تقدير تقريبي للحمل الأقصى لكل وتد بالموقع، وتعتمد دقة القيم التي نحصل عليها على درجة الوثوق في الصيغة المستعملة، وعلى الدقة في قياس البيانات الحقلية المستعملة في الحساب.

4- وفي حالة إجراء تجربة تحميل حتى الانهيار، فإنها تعطي القدرة القصوى لتحمل الوتد المختبر. ولإمكان تقدير تلك القدرة بالنسبة لباقي الأوتاد بالموقع، يلزم إجراء دراسة تفصيلية دقيقة لكامل الموقع لبيان مدى تماثل أو اختلاف خواص التربة على امتداد الموقع، واستعمال نتائج هذه الدراسة لاستنتاج قدرة تحمل باقي الأوتاد، أو إجراء عدة تجارب تحميل على عددٍ كافٍ من الأوتاد تغطي كامل الموقع، والإستعانة بإحدى الطرائق الإحصائية في تقدير التحمل للأوتاد الأخرى.

5- يجب تسجيل البيانات الحقلية الخاصة بتنفيذ جميع الأوتاد. ففي حالة أوتاد الإزاحة ترصد باستمرار مقاومة الاختراق التي تصادفها الأوتاد أثناء إنزالها داخل الأرض. وفي حالة أوتاد التثقيب تلاحظ عينات التربة المستخرجة أثناء التثقيب مع مقارنتها بأبحاث التربة السابق إجراؤها للموقع. وتتم دراسة هذه البيانات الحقلية في ضوء تقارير أبحاث التربة التي تم بناء عليها تصميم الأساسات. كما يجب مقارنة هذه البيانات بعضها مع بعض، وذلك للتأكد من تجانس تربة الموقع جميعه ومطابقته مع أبحاث التربة. وفي حالة ظهور تفاوت في هذه البيانات يلزم إجراء مزيد من الدراسة على الجزء أو الأجزاء

المتباينة الخصائص، وإجراء تعديل على تصميم الأساسات، إذا لزم الأمر، بما يكفل تلافي الأخطار التي قد تنتج عن هذا التفاوت.

6- وعادة يمكن للمختص- عن طريق إجراء مقارنة بين نتائج تجارب التحميل وبين بيانات عملية دق الأوتاد وبيانات التربة- الوصول إلى تقدير مقبول لقدرة تحمل الأوتاد.

7- وفي حالة المنشآت العادية يتم عادة اختيار نوع الأوتاد وتحديد أطوالها الأولية لإعداد المقايسات التقديرية للتكاليف أثناء مرحلة التصميم، بحساب قدرة تحمل الأوتاد من نتائج اختبارات خواص التربة للموقع، وبتطبيق إحدى الصيغ النظرية الستاتيكية.

8- وفي جميع أعمال تنفيذ أوتاد الدق تجرى أولاً اختبارات دق بالموقع لعدد مناسب، يوزع على أنحاء الموقع كافة0 ثم تتقرر الحاجة لإجراء المزيد من الاختبارات الحقلية حسب الحالة. ففي حالة المشروعات الكبيرة التي لا تتوافر معلومات كافية عن أعمال سابقة حولها يجب إجراء اختبارات تحميل على أوتاد اختبار قبل البدء في التنفيذ، والتي يستخلص منها قدرة التحميل كما هومبين بالبند (9/3-10). أما في حالة المشروعات الصغيرة التي تبين أبحاث التربة بها تماثلها مع المواقع المجاورة لها فقد لا يستدعي الأمر إجراء اختبارات تحميل أولية على الأوتاد.

2/6/3-10 حساب القدرة الابتدائية لتحمل الأوتاد باستعمال الصيغ النظرية

نظراً لأن هذه الصيغ النظرية تحتوي على معاملات يصعب تحديد قيمتها الحقيقية "الفعلية" بدقة كافية- كما سيتوضح فيما بعد- لهذا فإنه لا يجوز الاعتماد على نتائج هذه الصيغ وحدها، ويتحتم التحقق من هذه النتائج بإجراء تجارب تحميل في الموقع على بعض الأوتاد.

وتعتمد جميع الصيغ النظرية على معادلة الحمل الأقصى الذي يتحمله الوتد (Q_{ult})عند مستوى أسفل القبعات، مضافاً إليه وزن الوتد (P) بأقصى مقاومة تبديها التربة تجاه انهيار الوتد. وتشمل هذه المقاومة كلا من جهود القص الناشئة عن احتكاك أو التصاق التربة بالسطح الجانبي للوتد (Q_f) وجهود الضغط الفعالة على أسفل قاعدة ارتكاز الوتد (Q_b).

$$Q_{ult} + p = Q_f + Q_b \quad \ldots\ldots \quad (1-10)$$
$$= f A_s + q A_b$$

حيث:

f متوسط إجهاد الاحتكاك أو الالتصاق على وحدة المساحة الجانبية للوتد (مساحة سطح جذع الوتد) "pile shaft" وذلك في حالة أقصى مقاومة لانهيار الوتد.

A_s مساحة سطح جذع الوتد (المساحة الجانبية للوتد).

q متوسط إجهاد الضغط على وحدة مساحة المسقط الأفقي على التربة لقاعدة الوتد عند أقصى مقاومة لانهيار الوتد.

A_b مساحة المسقط الأفقي لقاعدة ارتكاز الوتد (مساحة مقطع الوتد).

وفي اغلب الحالات يستعاض عن وزن الوتد (P) بالقيمة $(A_b \times p_o)$. **حيث:**

p_o الإجهاد الناتج من وزن عمود التربة المقابل لحجم الوتد عند مستوى نقطة ارتكاز الوتد "overburden pressure".

ويكون هذا التعويض مقبولاً في كثير من الحالات إذا انطلقنا من أن متوسط وزن وحدة الحجوم لكل من الوتد والتربة متساويان.

وبذلك تصبح المعادلة السابقة على النحو الآتي:

$$Q_{ult} = f\,A_s + A_b(q - p_o) \quad \ldots\ldots \quad (2-10)$$

وتمثل هذه المعادلة الصيغة الأساسية لحساب قدرة تحمل الأوتاد نظرياً.

10-2/6/3/ (أ) التربة الغضارية الصرف

1- تأخذ الصيغة الأساسية المبينة بالبند (10-2/6/3) عدة صور، منها في حالة الأوتاد الدائرية المقطع، الشكل التالي (10-7):

$$Q_{ult} = c\,N_c \pi R^2 + C_a .2\pi\,R\,L$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{F.S} \quad \ldots\ldots \quad (3-10)$$

حيث:

F.S معامل أمان يساوي 3 في حالة الأحمال الاعتيادية (الحمل الميت والحي)، 2.5 في حالة أخذ الأحمال غير المستديمة مثل ضغط الرياح في الحسبان، 2 في حالة أخذ تأثير الزلازل أيضاً في الحسبان.

L طول الوتد.

R نصف قطر الوتد.

c متوسط تماسك التربة حول الطرف السفلي للوتد في المسافة (d_1).

C_a متوسط التصاق التربة على سطح الوتد.

N_c معامل قدرة التحميل وقيمته التي تساوي عادة 9 .

كذلك في حالة أوتاد الشد:

$$T_{ult} = C_a .2\,\pi\,R\,L + P \quad \ldots\ldots \quad (4-10)$$

ويكون حمل الشد المسموح به:

$$T_{all} = \frac{C_a .2\pi\,R\,L}{F.S.} + P \quad \ldots\ldots \quad (5-10)$$

حيث:

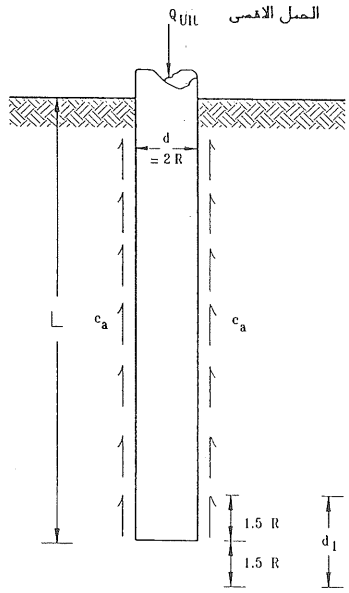
F.S. معامل أمان، ويؤخذ (3).

P وزن الوتد.

T_{ult} أقصى حمل سالب (حمل شد) يتحمله الوتد.

والصيغة المذكورة أعلاه تطبق بصرف النظر عن موضع مستوى الماء الأرضي، لكن لا يجوز استعمالها في حالة أوتاد الارتكاز في طبقات غضارية مشققة "fissured clay strata" إذ يجب تعديل عمق الوتد النظري بإلغاء الأجزاء المعرضة للتشققات "tension cracks &fissures".

2- يلاحظ أن القيمة القصوى لحمل وتد الشد (T_{ult}) تتأثر بوزن كتلة التربة المحيطة بالوتد التي تعمل ضد استخراجه من الأرض. كما أنه في حالة وجود قوى شد متواصلة "sustained pullout" فإن احتمال تحرك الأوتاد تدريجياً إلى أعلى قبل تولد الجهود القصوى للالتصاق يقلل من القيمة المسموح بها لحمل وتد الشد (T_{ult}). وعموماً يمكن تحديد قيمة كل من c، C_a من اختبارات تجرى على نماذج بالحجم الطبيعي للأوتاد، ولكن عادة تقدر قيمتها أو تستنتج من الاختبارات المعملية على عينات من التربة أو من الاختبارات الحقلية.



الشكل (10-7): قدرة تحمل الوتد في تربة غضارية صرفة

($\Phi = \emptyset$)

3- ويمكن استنتاج قيمة متوسط تماسك التربة " c" بوساطة اختبار الجس (السبر) العميق باستعمال أحد الأنواع المناسبة، مثل مجس المخروط الهولندي أو المجس الاستاتيكي، (انظر البند 10-4/6/3). وعموماً عند إجراء اختبارات الاختراق يجب أن تكون مصحوبة دائما بعملية تثقيب مع استخلاص عينات من طبقات التربة لإمكان تحديد نوع التربة، ومن تحليل نتائج اختبارات

الاختراق على أساسها. ومن المفضل دائماً مراجعة قدرة التحمل القـــصوى المستنتجة بهذه الوســيلة بإجراء اختبارات تحمــيل على بعـــض الأوتاد للــتأكد منها.

4- وفي حالة التربة الغضارية الضعيفة التماسك والضعيفة التماسك جداً يفضل استعمال اختبار القص المروحي لتقدير قيمة التماسك c للتربة.

10-3/6/2 (أ-1) يجب مراعاة النقاط التالية عند تقدير قيمة جهود الالتصاق:

1- بالنسبة لأوتاد التثقيب التي تصب خرسانتها في الموقع في اتصال مباشر بالتربة، وقد تمتص التربة جزءاً من مياه الخرسانة، ما قد يقلل من قيمة جهود الالتصاق الفعلية C_a، ويتوقف تأثرها على عوامل عدة منها مقدار تشرب التربة للمياه أثناء عملية صب الوتد، وعلى نوع التربة نفسها، وعلى الفترة الزمنية التي مرت على إنشاء الأوتاد.

2- في حالة استعمال نفاثات المياه "water jets" لدفع الأوتاد بالتربة تهمل جهود الالتصاق تماماً حتى الأعماق التي روبتها نفاثات المياه.

3- في حالة التربة العادية يجوز استعمال الجدول (10-4) لتقدير قيمة التصاق التربة C_a في حالة أوتاد الإزاحة في ضوء قيمة تماسك التربة c. أما في حالة أوتاد التثقيب فيمكن حسبان قيمة C_a تتراوح بين 0.3 و 0.4 من متوسط قيمة c بشرط ألا تزيد قيمة C_a على 100 كيلونيوتن/ م2 (1 كغ/سم2).

الجدول (10-4)

القيم المناسبة للالتصاق في حالة أوتاد الإزاحة المنشأة في تربة غضارية صرفة

نوع الوتد	قوام التربة	"* c " التماسك kN/m^2	" * C_a " إجهاد الالتصاق الأقصى kN/m^2
خشب أو خرسانة	ضعيف التماسك جداً	صفر - 12.5	صفر - 12.5
	ضعيف التماسك	12.5 - 25.0	12.5 - 24.0
	متوسط التماسك	25.0 - 50.0	24.0 - 37.5
	متماسك	50.0 - 100.0	37.5 - 47.5
	شديد التماسك	100.0 - 200.0	47.5 - 65.0
صلب (فولاذ)	ضعيف التماسك جداً	صفر - 12.5	صفر - 12.5
	ضعيف التماسك	12.5 - 25.0	12.5 - 23.0
	متوسط التماسك	25.0 - 50.0	23.0 - 35.0
	متماسك	50.0 - 100.0	35.0 - 36.0
	شديد التماسك	100.0 - 200.0	36.0 - 37.5

* القيم الصغرى والعليا لإجهاد الالتصاق " C_a " تناظر القيم الصغرى والعليا لإجهاد التماسك "c"

10-3/6/2 (ب) التربة غير متماسكة الحبيبات (المفككة)

1- تأخذ الصيغة الأساسية المبينة بالبند (10-3/6/2) عدة صور منها في حالة الأوتاد المستديرة المقطع (انظر الشكل (10-8)) الصور الآتية :

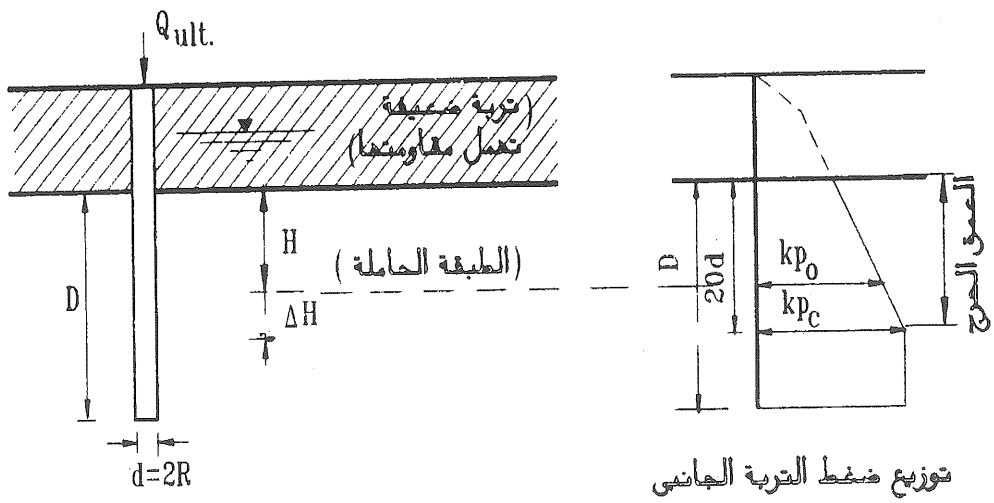
$$Q_{ult} = p_b\ N_q \pi\ R^2 + \sum_{H=O}^{H=D} K_{Hc} p_o \tan\ \delta .\ 2\pi\ R\ \Delta H \qquad \ldots\ldots \quad (6-10)$$

كذلك في حالة أوتاد الشد يكون:

$$T_{ult} = \sum_{H=O}^{H=D} K_{Hc} p_O \tan\ \delta\ 2\pi\ R.\Delta H + P \qquad \ldots\ldots \quad (7-10)$$

حيث:

p_b	الضغط الرأسي الفعال عند منسوب نقطة ارتكاز الوتد.
N_q	معامل قدرة تحمل التربة (انظر الجدول (10- 5)).
K_{HC} ، K_{HT}	النسبة بين الضغوط الأفقية إلى الرأسية الفعالة على جوانب الوتد في حالتي الضغط والشد على الترتيب. (انظر الجدول (10-6)).
p_o	الضغط الرأسي الفعال على الطول المدفون من الوتد داخل التربة غير المتماسكة.
δ	زاوية الاحتكاك بين الوتد والتربة (انظر الجدول (10-7)).
p	وزن الوتد.



توزيع ضغط التربة الجانبي

P_c هو ضغط التربة الرأسي عند العمق الحرج

$k = k_{HC}$ أو k_{HT}

الشكل (10-8) : قدرة تحمل وتد في تربة غير متماسكة الحبيبات

الجدول (10- 5) العلاقة بين قيم معامل قدرة التحميل (N_q) وقيم زاوية الاحتكاك الداخلي (ϕ) لتربة غير متماسكة الحبيبات

ϕ بالدرجات	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
Nq	١٥	٣٠	٧٥	١٥٠

حيث :

ϕ لخوازيق الازاحة = $\frac{\phi \text{ (قبل التنفيذ)} + ٤٠^{\circ}}{٢}$

ϕ لأوتاد (خوازيق) التثقيب العادية = ϕ (قبل التنفيذ)- 3

2- وقد تصل ϕ لبعض أوتاد التثقيب للقيم المناظرة لأوتاد الإزاحة، ولكن النتائج لا تعتمد في هذه الحالة إلا بعد إجراء تجارب تحميل مؤكدة.

الجدول (10-6): قيم المعاملات (K_{HC}) و (K_{HT})

نوع الخازوق	K_{HC}	K_{HT}
خازوق ذو قطاع H	١,٠ - ٠,٥	٠,٥ - ٠,٣
خازوق إزاحة	١,٥ - ١,٠	١,٠ - ٠,٦
خازوق إزاحة متغير القطاع	٢,٠ - ١,٥	١,٣ - ١,٠
خازوق إزاحة باستخدام النفاثات	٠,٩ - ٠,٤	٠,٦ - ٠,٣
خازوق تثقيب اعتيادى (قطر أقل من ٠,٦٠ متر)	١,٥٠-٠,٧	١,٠-٠,٤

الجدول (10-7): قيم زاويةالاحتكاك بين التربة وجسم الوتد (δ)

نوع الخازوق	δ (درجة)
حديد	٢٠
خرسانة	$\frac{٣}{٤}(\phi)$
خشب	$\frac{٣}{٤}(\phi)$

ϕ زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة

3- ولقد أوضح بعض نتائج الأبحاث وتجارب التحميل بالموقع أن كلاً من مقاومة ارتكاز الوتد والاحتكاك الجانبي يزيدان مع زيادة الضغط الرأسي الفعال حتى عمق داخل الطبقة الحاملة يطلق عليه العمق الحـــرج. (انظر الشكل (10-8)) وتتوقف قيمة هذا العمق الحرج على الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة ومنسوب المياه الأرضية، وتتراوح قيمته بين 10 و 40 مثل قطر الوتد. وفي حالة زيادة طول الوتد المدفون في التربة غير المتماسكة عن العمق الحرج فإن الزيادة في مقاومة الارتكاز تكون صغيرة جداً، في حين تتناسب الزيادة في محصلة الاحتكاك الجانبي مع المساحة الجانبية للوتد. ومن ثم فإنه عند حساب قدرة التحميل لأوتاد مدفونة داخل الطبقة الحاملة لمسافات كبيرة، فإنه يجب ألا يتجاوز العمق الحرج أكثر من 20 مثل قطر الوتد عند تقدير أي من (p_b ،p_o)، كما هوموضح بالشكل (10-8).

4- ونظراً لحساسية قيم المعامل (N_q) لقيمة زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة، والتي غالباً ما تتغير، بالنقص أو بالزيادة، وفقاً لنوع ونظام تنفيذ الأوتاد في الطبيعة، فإنه يجب الحرص الشديد عند اختيار القيمة التصميمية لهذه الزاوية.

5- ويراعى عند استعمال أوتاد الإزاحة مع استعمال النفاثات ألا تزيد القيمة التصميمية لزاوية الاحتكاك الداخلي على (28°) عند تحديد قيمة (N_q).

6- ومن الجدير بالذكر أن طريقة التصميم المذكورة أعلاه يمكن استعمالها لأوتاد لا يزيد قطرها على 600 مم. أما الأوتاد ذات الأقطار الأكبر فان تصميمها يعتمد أساساً على مقدار الهبوط، والذي يمكن تقدير قيمته بنحو نصف مقدار الهبوط الذي يحدث لقاعدة مكافئة ترتكز على سطح تربة مشابهة في الخواص للتربة الموجودة عند قاعدة ارتكاز الوتد.

10-3/6/2 (ج) الأوتاد ذات الأقطار الكبيرة المنفذة بالحفر والمصبوبة في مكانها

1- يعتمد تصميم الأوتاد التي يزيد قطرها على 600 مم، والمنفذة بالتثقيب الاعتيادي، والمصبوبة في مكانها على مقدار الهبوط ، إذ يتم تقدير علاقة الحمل مع الهبوط من نتائج تجربة تحميل. وفي حالة عدم توافر نتائج تجربة تحميل، تقدر العلاقة على النحو الوارد في الشكل (10-34)، فيتم حساب العلاقة OBH لحمل الارتكاز بحسبان أن النقطة B تناظر هبوطاً يصل لنحو 5% أو 10% من قطر الوتد، والعلاقة OAG للاحتكاك الجانبي على جذع الوتد بحسبان ان النقطة A تناظر هبوطاً يصل

إلى نحو 5 – 10 مم. وبجمع العلاقتين تنتج العلاقة OKCJ للحمل الكلي على الوتد، التي يكون الحمل التصميمي المسموح به فيها هو ذلك الحمل المناظر للهبوط المسموح به للوتد المفرد باستعمال العلاقة OKCJ. ويمكن عن طريق العلاقتين OBH ، OAG تحديد قيمة كل من حمل الارتكاز وحمل الاحتكاك الجانبي المناظرين لقيمة الهبوط المسموح به فيها، ويكون مجموعهما مساوياً للحمل التصميمي للوتد. يمكن تعيين العلاقة OBH لحمل الارتكاز مع الهبوط باستعمال الجدول (10–8) للأوتاد المرتكزة على تربة غير متماسكة الحبيبات أو الجدول (10–9) للأوتاد المرتكزة على تربة غضارية صرف قوية التماسك. ويتم الحصول على قيم الحمل عند قيم الهبوط المختلفة بضرب قيمة مقاومة الارتكاز الموضحة في الجدولين (10–8) و (10–9) في مساحة مقطع كعب الوتد.

2- أما العلاقة OAG لحمل الاحتكاك الجانبي مع الهبوط فيتم تعيينها باستعمال الجدول (10–10) لأجزاء الأوتاد المارة في التربة غير المتماسكة الحبيبات أو الجدول (10– 11) لأجزاء الأوتاد المارة خلال تربة غضارية صرف، ويتم الحصول على قيم الحمل الأقصى للأجزاء المختلفة بضرب قيمة إجهاد الاحتكاك الجانبي الموضحة في الجدولين (10–10) و (10–11) في المساحة الجانبية للجزء المناظر من جذع الوتد، ويكون حمل الاحتكاك الجانبي الكلي مساوياً لمجموع أحمال الاحتكاك المحسوبة خلال الطبقات المختلفة، مع إهمال قيمة الاحتكاك خلال مسافة تساوي 2 م أسفل قبعة الأوتاد مباشرة، وكذلك مسافة تساوي قطر الوتد أعلى الكعب. وتعين العلاقة OAG بافتراض أن حمل الاحتكاك الأقصى المحسوب بالطريقة السابقة يناظر هبوطاً مقداره 5 – 10 مم (نقطة A على المنحني المذكور).

3- وتجدر الإشارة إلى أن قيم إجهاد الاحتكاك الموضحة في الجدولين (10–10) و (10– 11) تنطبق على الأوتاد المنفذة باستعمال ماسورة مؤقتة، وفي حالة استعمال معلق البنتونيت في سند جوانب الوتد يستعمل ثلثا القيم الموضحة بالجدولين (10– 10) و (10– 11).

10-3/6/2 (د) التربة المكونة من طبقات متباينة متعددة

1- يكون الحمل الأقصى للوتد مساوياً لمجموع جهود المقاومة التي ستبديها كل من الطبقات الحاملة للوتد باستثناء الطبقات الضعيفة التي ستتضاغط وستتلاشى مقاومتها إزاء حركة جذع الوتد، أو سيتولد عنها إجهادات قص سالبة على جذع الوتد.

2- وللحصول على معلومات إضافية في حالة اختراق الوتد لطبقات متباينة ويستقر طرفه في طبقة ذات حبيبات غير متماسكة " granular " .انظر المراجع:

-Meyerhof & Hanna, "Ultimate bearing capacitiy of foundations on layered soil under inclined loads"

-NAVFAC,1982.

الجدول (10-8) علاقة جهد الارتكاز مع الهبوط للتربة غير المتماسكة الحبيبات للأوتاد ذات الأقطار الكبيرة والمصبوبة في مكانها

الهبوط	جـهـد الارتكاز "MN / m^2"	
« سم»	خوازيق ذات نهايات متسعة	خوازيق بدون نهايات متسعة
١	٠,٣٥	٠,٥٠
٢	٠,٦٥	٠,٨٠
٣	٠,٩٠	١,١٠
*١٥	٢,٤٠	٣,٤٠

* قيمة الهبوط المفترض عند حمل الارتكاز الأقصى

الجدول (10-9) علاقة جهد الارتكاز مع الهبوط للتربة المتماسكة للأوتاد ذات الأقطار الكبيرة والمصبوبة في مكانها

"الهبوط " " سم "	جـهـد الارتكاز "MN / m^2"
Sg ×٠,٢٠	٠,٥٠
Sg ×٠,٣٠	٠,٧٠
*Sg	١,٢٠

* قيمةالهبوط المفترض عند حمل الارتكاز الأقصى، ويساوي ٥ % من قطر ارتكاز الوتد

الجدول (10- 10) جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الوتد في التربة غير متماسكة الحبيبات للأوتاد ذات الأقطار الكبيرة والمصبوبة في مكانها

عدد الدقات " N " من اختبار الاختراق القياسي	العمق تحت سطح الأرض الطبيعة (متر)	جهد الاحتكاك الأقصى kN/m^2
أقل من 10	-	صفر
20-10	صفر - 2.00 5.00 - 2.00 أكبر من 5.00	صفر 30.0 50.0
30-20	صفر - 2.00 5.00 - 2.00 أكبر من 5.00	صفر 45.00 75.00
أكبر من 30	صفر - 2.00 10.00 - 2.00 أكبر من 10.00	صفر 60.00 100.00

* القيمة على أساس استعمال ماسورة مؤقتة في تنفيذ الأوتاد، وفي حالة استعمال معلق البنتونيت في سند جوانب الوتد، يستعمل ثلثا القيمة الموضحة لجهد الاحتكاك الأقصى.

الجدول (10- 11) جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الوتد للتربة المتماسكة للأوتاد ذات الأقطار الكبيرة والمصبوبة في مكانها

قيمة التماسك للتربة " kN/m^2 "	جهد الاحتكاك الاقصى " kN/m^2 "
25.00	25.00
100.00	40.00
200.00	50.00

* في حالة عدم استعمال ماسورة مؤقتة في تنفيذ الأوتاد تستعمل ثلثى القيمة الموضحة للاحتكاك الأقصى.

3/6/3/10 استعمال نتائج التجارب الحقلية

من التجارب الحقلية التي يمكن استعمالها كطرائق لحساب قدرات تحمل الأوتاد، يمكن عد طرائق الاختبارات الآتية: اختبار الاختراق القياسي، واختبار المخروط الاستاتيكي، واختبار مقياس الضغط. وتعد جميع هذه الطرائق تقريبية، ويتحتم التحقق منها بإجراء تجارب تحميل في الموقع على بعض الأوتاد.

3/6/3-10 (أ) اختبار الاختراق القياسي Standard penetration test (S.P.T.)

1- يمكن تقدير قدرة تحميل وتد إزاحة (حمل التشغيل) مرتكز في تربة غير متماسكة الحبيبات باستعمال نتائج تجربة الاختراق القياسي طبقا للعلاقة:

$$Q_{all} = 90\ N\ (\pi R^2) + \bar{N}\ (2\ \pi RL) \quad ..... \quad (kN) \qquad (10-10)$$

حيث:

Q_{all} حمل تشغيل الوتد (كيلونيوتن)، ويتضمن معامل أمان قدره 2.5 بالنسبة لمقاومة ارتكاز الوتد وقدره 2.0 بالنسبة لمقاومة الاحتكاك.

N القيمة المتوسطة لعدد الدقات في تجربة الاختراق القياسي في طبقة التربة المؤثرة على حمل الارتكاز والممتدة لمسافة (2R) أسفل قاعدة الوتد (6R) أعلى نقطة الارتكاز.

$\bar{N}$ متوسط عدد الدقات في تجربة الاختراق القياسي على طول الوتد داخل الطبقة أو الطبقات غير متماسكة الحبيبات .

R نصف قطر الوتد بالمتر.

L طول اختراق الوتد للطبقة غير المتماسكة الحبيبات بالمتر.

2- أما أوتاد الإزاحة المسلوبة ذات القطاع المتغير " tapered piles" بمعدل أكبر من 1% فيمكن زيادة الاحتكاك الجانبي إلى مرة ونصف المقدار المعطي بالعلاقة السابقة.

3- وفي حالة أوتاد التثقيب فإن قيم حمل تشغيل الوتد تتراوح بين 50% و100% من قيم حمل التشغيل المحسوبة من المعادلة المذكورة أعلاه، وذلك طبقا لنوعية الوتد وطريقة تنفيذه .

4- ونظرا للأخطاء الكثيرة التي قد تصاحب إجراء اختبار الاختراق القياسي في الطبيعة يجب حسبان القيم المحسوبة من هذه المعادلة قيماً تقديرية.

10-3/6/3 (ب) اختبار المخروط الاستاتيكي

1- يتميز هذا الاختبار بعدم وجود العيوب المصاحبة لاختبار الاختراق القياسي إلا أنه يجب مراعاة أن نتائج اختبار المخروط الاستاتيكي لا تعد دقيقة في حالة التربة الرملية الكثيفة جدا أو في الطبقات الرملية المحتوية على نسبة من الزلط . ويمكن تقدير قدرة تحميل وتد إزاحة مرتكز في رمل سائب إلى كثيف أو طمى غير لدن باستعمال نتائج تجربة المخروط الاستاتيكي طبقاً للعلاقة:

$$Q_{all} = \tfrac{1}{3}\ q_c\ (\pi R^2) + \tfrac{1}{2}\ F_c\ (2\ \pi R\ L) \quad ..... \quad (kN) \qquad (11-10)$$

حيث:

Q_{all} حمل تشغيل الوتد (كيلونيوتن)، ويتضمن معامل أمان قدره 3 بالنسبة لمقاومة ارتكاز الوتد، وقدره 2 بالنسبة لمقاومة الاحتكاك.

q_c المقاومة المتوسطة لاختراق المخروط الاستاتيكي في مسافة 6 مرات قطر الوتد أعلى منسوب الارتكاز و3 مرات هذا القطر أسفل منسوب الارتكاز.

F_c القيمة المتوسطة للاحتكاك الجانبي بطول الوتد المقيسة باستعمال المخروط الاستاتيكي بحيث لا تزيد على 100 كيلونيوتن / م ^{2}(1.0 كغ/ سم^2) ويمكن في حالة عدم قياسها تقديرها كنسبة تبلغ 0.005 من قيم q_c المناظرة.

2- وفي حالة أوتاد التثقيب المنفذة بطريقة الحفر فإن حمل تشغيل الوتد يتراوح بين 50% و 100% من القيمة المحسوبة بالمعادلة المذكورة أعلاه، وذلك طبقاً لنوعية وتد التثقيب المستعمل وطريقة تنفيذه.

10-3/6/3 (ج) اختبار مقياس الضغط *Pressuremeter test*

1- يمكن استعمال نتائج اختبار مقياس الضغط لتقدير قدرة تحمل الأوتاد. والطريقة المعطاة هنا يمكن استعمالها في حالة إجراء التجربة بجهاز "مينارد" الذي يتم فيه إنزال الجزء الحساس من الجهاز "probe" داخل حفرة حجمها الابتدائي "V_o" ، ويتم رفع الضغط على مراحل حتى يتضاعف حجم الحفرة عند ضغط أقصى "limit pressure" "p_1" انظر " Baguelin, et al.,1978 " ويمكن تقدير مقاومة الارتكاز القصوى للوتد طبقا للعلاقة:

$$q_f - q_o = K_q (p_1 - p_o) \quad \text{.....} \quad \textbf{(12-10)}$$

حيث:

q_f مقاومة الارتكاز القصوى عند طرف ارتكاز الوتد؛

q_o ضغط العبء الكلي على التربة " total overburden pressure "عند نقطة الارتكاز؛

p_1 الضغط الأقصى " limit pressure " المقيس عند منسوب نقطة الارتكاز في حالة التربة المتجانسة؛

p_o الضغط الأفقي الابتدائي الكلي المقيس عند منسوب نقطة الارتكاز؛

Kq معامل مقاومة الارتكاز، وهو يتبع نوع التربة والأبعاد الهندسية للوتد (طوله وقطره) ونوع الوتد.

2- وللحصول على مقاومة الارتكاز الآمنة فإنه يمكن استعمال معامل أمان قيمته 3 للجزء "$(Kq\ (p_1 - p_o))$" في العلاقة المذكورة. وفي حالة ارتكاز الوتد على تربة غير متجانسة إذ تتغير مقاومتها مع العمق يجب استعمال قيمة مكافئة للضغط الأقصى الصافي (p_{le}^*) بدلاً من ($p_1 - p_o$) في المعادلة السابقة.

3- ويمكن تعريف القيمة المكافئة للضغط الأقصى الصافي كما يلي:

$$p^*_{l_e} = \sqrt[3]{p_{l_1}^* \times p_{l_2}^* \times p_{l_3}^*} \quad \text{.....} \quad \textbf{(13-10)}$$

حيث:

p_{l1}^* الضغط الأقصى الصافي المقيس عند منسوب أعلى الأساس بمسافة مساوية لعرض الأساس أو عند سطح الأرض أيهما أقرب .

p_{l2}^* الضغط الأقصى الصافي المقيس عند منسوب التأسيس .

p_{l3}^* الضغط الأقصى الصافي أسفل منسوب التأسيس بمسافة قدرها عرض الأساس مع الأخذ في الحسبان أن:

$$p^*_{li} = p_{li} - p_{oi}$$

حيث:

p_{li} قيمة الضغط الأقصى المقيس عند منسوب"i "

P_{oi} قيمة الضغط الأفقي الابتدائي الكلي المقيس عند منسوب"i "

4- في حالة التربة المتجانسة يؤخذ عمق التأسيس من الأبعاد الهندسية الخاصة بالأساس مباشرة . أما في حالة التربة غير المتجانسة حيث تتغير مقاومة التربة مع العمق، فإنه يجب استعمال عمق مكافئ للأساس D_{fe} يعرف كالآتي:

$$D_{fe} = \frac{1}{p_{Ie}} \int^{D_f} p_l^* . z.dz \quad ..... \quad (14-10)$$

5- ولتعيين قيمة المعامل Kq يتم تصنيف التربة طبقا لنوعها وقيمة الضغط الأقصى المقيس إلى إحدى المجموعات الأربعة الموضحة في الجدول (10-14)، ومن ثم يمكن استعمال الشكل (10-16) لتعيين قيمة هذا المعامل طبقاً لنوع الوتد المستعمل.

6- أما الاحتكاك الجانبي على الوتد (f) فيمكن تقديره من نتائج اختبار مقياس الضغط طبقا لقيمة الضغط الأقصى المقيس (p_l) ونوع الوتد باستعمال الشكل (10-17) طبقاً للقواعد الآتية:

أ - في حالة الأساسات العميقة المنفذة في تربة متماسكة يمكن استعمال المنحني (A) مباشرة للأوتاد الخرسانية والخشبية، على أن تؤخذ 25 % من هذه القيمة في حالة الأوتاد الحديدية.

ب- في حالة الأساسات العميقة المنفذة في تربة غير متماسكة الحبيبات . يستعمل المنحني (A) لأوتاد الحفر الخرسانية وأوتاد الإزاحة الحديدية، على أن تؤخذ 50% من هذه القيمة في حاله أوتاد الحفر الحديدية.

ت- يستعمل المنحني (B) لأوتاد الإزاحة الخرسانية على ألا تزيد قيمة الاحتكاك الجانبي في أي حالة على 120 كيلونيوتن/ م^2 (1.20 كغ/ سم^2).

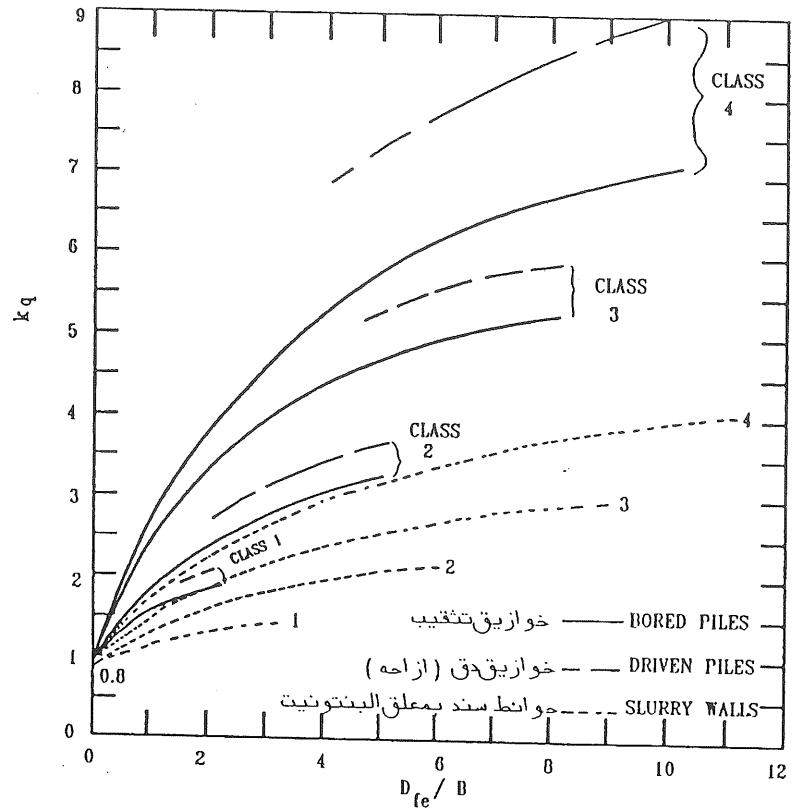
7- ويقترح استعمال معامل أمان قدره 3 لحساب قيمة مقاومة الارتكاز المسموح بها ومعامل أمان قدره 2 لحساب قيمة الاحتكاك الجانبي المسموح به في حالة اتباع الطريقة المذكورة أعلاه.

الجدول (10-14) تصنيف التربة Soil Classification

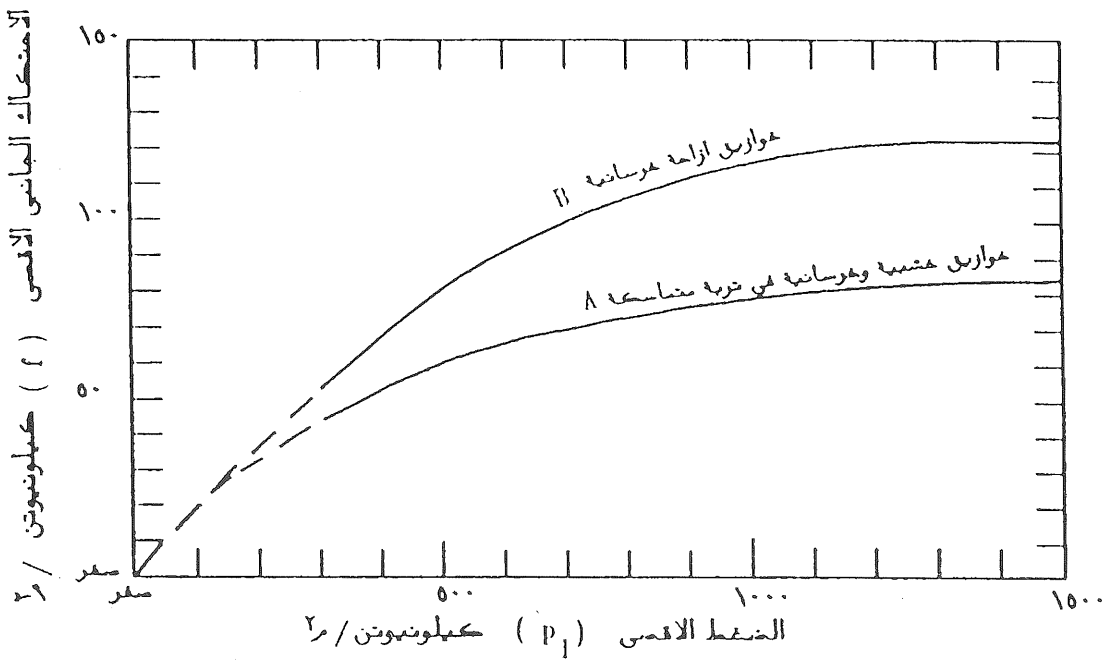
صنف Class	نوع التربة Soil Type	الضغط الأقصى الصافى $P_{l_e} = P_l - P_0$ (kN / m^2)
١	طين ضعيف إلى متوسط التماسك Soft to firm clays	صفر - ١٢٠٠
	طمى Silts	صفر - ٧٠٠
٢	طين متماسك Stiff clays	١٨٠٠ - ٤٠٠٠
	طمى كثيف Dense silts	١٢٠٠ - ٣٠٠٠
	رمل سائب Loose sand	٤٠٠ - ٨٠٠
	حجر منخفض المقاومة جداً Very low strength rock	١٠٠٠ - ٣٠٠٠
٣	رمل وزلط Sands and gravels	١٠٠٠ - ٢٠٠٠
	حجر منخفض المقاومة Low strength rock	٣٠٠٠ - ٦٠٠٠
٤	خليط من رمل وزلط منخفض الكثافة Low dense sands & gravels	٣٠٠٠ - ٦٠٠٠
	حجر متوسط إلى عالى المقاومة Rocks of medium to high strength	٦٠٠٠ - ١٠٠٠٠

· الرموز المذكورة خاصة بالبند (10/6/3/4(ج)).

8- وتعتمد نتائج اختبار مقياس الضغط إلى حد كبير على درجة جودة تنفيذ الحفرة التي يتم إنزال الجزء الحساس من جهاز القياس فيها. ويجب أن يكون استعمال مقياس الضغط وتحليل نتائجه مقصوراً على المتخصصين في ميكانيك التربة. ويفضل استعمال هذا الجهاز لأنواع التربة التي يصعب تعيين خواصها ومواصفاتها الطبيعية مثل الرمل والزلط (البحص) وبعض أنواع الصخور. وفي بعض الحالات يمكن اللجوء إلى جهاز مقياس الضغط ذي أجهزة الحفر الذاتية "self boring pressure meter" لتقليل تأثير القلقلة الناتجة عن الحفر على نتائج الاختبار.



الشكل (10-16) : معامل قدره التحمل للأساسات العميقة K_q



شكل (10-17): الاحتكاك الجانبي الأقصى (f)على الأوتاد

10-3/6/4 قدرة تحمل مجموعات الأوتاد

10-3/6/4 (أ) عموميات

1- عند استعمال مجموعة من الأوتاد "pile group " لتشكيل أساس لحمل معين يستوجب الأمر أن يؤخذ في الحسبان عند التصميم سلوك كل من مجموعة الأوتاد، كعنصر متحد، وسلوك الأوتاد كوحدات مستقلة . ومن المعلوم أنه ليس هناك علاقة بسيطة تربط بين سلوك الوتد المفرد وسلوك مجموعة من الأوتاد من النوع ذاته وفي التربة ذاتها، ذلك لأن تلك العلاقة تعتمد على عوامل عديدة منها أبعاد المجموعة وعدد وأحمال الأوتاد التي تتضمنها وطبيعة تربة التأسيس وترتيب طبقاتها... إلخ.

2- وتجدر الإشارة إلى أن حجم- وعلى الأخص عمق- المنطقة التي تتلقى جهوداً مؤثرة تحت مجموعة من الأوتاد يتوقف على حجم المجموعة وعلى أحمال الأوتاد التي بها. وإذا قارنّا المنطقة التي تتلقى جهوداً مؤثرة في حالة تحميل وتد واحد بمثيلتها عند تحميل مجموعة من الأوتاد المناظرة، نجد أن المنطقة المجهدة تحت المجموعة تكون أكبر بكثير، لأن تكامل الجهود الناتجة عن كل وتد من أوتاد المجموعة يرفع من قيمة الإجهادات المتولدة بالتربة، ومن ثم تزيد من أبعاد المنطقة المجهدة تحت مجموعة الأوتاد.

3- من المعلوم أن قدرة تحمل مجموعة الأوتاد "pile group " لا تساوي عادة حاصل جمع قدرات تحمل الأوتاد التي تضمها المجموعة بحسبانها وحدات مستقلة ويجب أخذ هذه الخاصية في الحسبان عند التصميم. ويطلق مسمى " كفاءة المجموعة "، "G_e " على النسبة بين قدرة تحمل مجموعة الأوتاد كوحدة واحدة إلى حاصل جمع قدرات تحمل أوتاد المجموعة كوحدات مستقلة للأطوال ذاتها وتكوين التربة. كذلك من الضرورى عند استعمال مجموعات الأوتاد أن يؤخذ في الحسبان مقدار الهبوط المنتظر للمجموعة.

10-3/6/4 (ب) المسافات البينية لأوتاد المجموعة

1- يتوقف اختيار المسافات البينية لأوتاد المجموعة على عدة عوامل أهمها التكلفة الإجمالية للأساس، وطبيعة تربة الموقع، وسلوك الأوتاد في المجموعة، وأسلوب تنفيذ الأوتاد بالتثقيب أو بالدق أو بالضغط أو بالبرم. ويجب أن تكون المسافات البينية كافية لمنع حدوث إزاحة لتربة الموقع، وأن تسمح بتنفيذ أوتاد المجموعة إلى الطبقة الحاملة دون إضرار ببعضها البعض أو بأي منشأة مجاورة.

2- وعادة لا يقل البعد بين مركزي أي وتدين متجاورين عن ثلاثة مرات قطر الوتد، وذلك في حالة أوتاد الاحتكاك. أما في حالة الأوتاد التي تعتمد أساساً على جهد الارتكاز، فلا يقل هذا البعد عن مرتين ونصف القطر المكافىء، ويسمح في الحالات الخاصة بأن يصل هذا البعد إلى ضعف القطر المكافئ لمقطع الوتد، مع مراعاة إمكانية التنفيذ. وعند استعمال أوتاد حلزونية " screw piles " يبلغ البعد الأدنى بين محاورها مرة ونصف القطر الخارجي للحلزون.

3- وفي حالة استعمال أوتاد ذات نهايات متسعة "enlarged bases" يجب أن يراعى في اختيار أبعاد محاورها احتمال حدوث تأثير متبادل للجهود كنتيجة لتقارب نهايات الأوتاد بعضها من بعض.

4- وتجدر الإشارة إلى أنه عندما تخترق مجموعة من أوتاد الاحتكاك طبقة عميقة منتظمة القوام لنقل حمل محدد في نطاق مساحة محددة، فإن استعمال عدد قليل من الأوتاد الطويلة يكون عادة أكثر فاعلية في نقل الحمل حيث سيكون الهبوط أقل.

10-4/6/3 (ج) مجموعات الأوتاد في الصخر

في حالة مجموعة الأوتاد المنشأة في/أو تستند على طبقة صخرية سليمة ذات سمك كبير تكون قدرة تحمل المجموعة مساوية لحاصل ضرب عدد الأوتاد بالمجموعة في قدرة تحمل الوتد المفرد بحسبانه وحدة مستقلة. ولكن في حالة ميل سطح الصخر أو عند وجود شقوق أو طبقات ضعيفة مائلة داخل الصخر فإنه يجب مراجعة الأمان من حدوث انهيار كلى للمجموعة "block failure"، ويقيم ذلك من واقع الدراسات الجيولوجية والاستكشافية للموقع.

10-4/6/3 (د) مجموعات الأوتاد بالتربة غير متماسكة الحبيبات

1- تعمل أوتاد المجموعة كوحدات مستقلة طالما كانت المسافات بين محاور الأوتاد تزيد على سبعة أمثال القطر المتوسط للأوتاد، وتعمل كمجموعة مشتركة عندما تقل عن ذلك. وطالما كانت الطبقة الحاملة للأوتاد لا تتلوها من أسفل طبقات أضعف منها، وكانت أحمال أوتاد المجموعة كوحدات مستقلة ذات معامل أمان مناسب ضد الانهيار، فإن احتمال انهيار المجموعة كوحدة واحدة "block failure " أمر غير وارد.

2- وفي حالة التكوينات الركلية أو الرملية البحصية السائبة "loose deposites" قد تزيد قدرة تجمل الوتد في المجموعة عنه كوتد مفرد نتيجة لتكثيف التربة أثناء دق الأوتاد، ولكن يتحتم عدم حسبان هذه الظاهرة أثناء التصميم.

2- وفي حالة تأسيس مجموعة من الأوتاد داخل طبقة كثيفة من التربة غير متماسكة الحبيبات محدودة السمك، يليها في العمق طبقة من تكوينات ضعيفة فإن قدرة تحمل مجموعة الأوتاد تؤخذ مساوية لأقل القيمتين الآتيتين:

(أ) مجموع قدرات تحمل أوتاد المجموعة كوحدات مستقلة.

(ب) قدرة تحمل دعامة " pier " مساحتها توازى مساحة مقطع أوتاد المجموعة والتربة الواقعة بينها، ويقع منسوب تأسيسها مع منسوب الأطراف السفلية لأوتاد المجموعة، آخذين في الحسبان الهبوط المحتمل لمجموعة الأوتاد، كما هومبين في الفقرة (10-6/6/3).

10-4/6/3 (هـ) مجموعات الأوتاد بالتربة الغضارية

تقدر القدرة القصوى لتحمل الأوتاد $Q_{ult.group}$ كما يلي: (انظر الشكل (10-18)).

$$Q_{ult.group} = n.\ Q_G = n.\ G_e.\ Q_{ult} \quad \ldots\ldots \quad (15\text{-}10)$$

n عدد الأوتاد في المجموعة P.

Q_G الحمل الأقصى الذي يتحمله الوتد الواحد عندما يعمل داخل المجموعة.

$Q_G / Q_{ult} = G_e$ تستنتج من الشكل (10-19)؛

Q_{ult} تحسب من الصيغة المبينة بالفقرة (10-2/6/3 (أ)).

10-3/6/4 (و) أحمال الشد على مجموعة الأوتاد

10-3/6/4 (و-1) حالة التربة غير المتماسكة الحبيبات

يؤخذ حمل الشد على المجموعة مساوياً لأقل القيمتين الآتيتين (1)، (2).

1- مجموع جهود الاحتكاك على جذوع أوتاد المجموعة، مع عدم تخفيض قيمتها في حالة الأوتاد المسلوبة، ومع أخذ معامل أمان = 3.

2- الوزن الفعال "effective weight" لكتلة التربة الواقعة داخلها أوتاد المجموعة، مع إضافة وزن منشور دائرى يمتد من أسفل نهايات الأوتاد إلى سطح التربة ويميل 4 (رأسي) : 1 (أفقي)، مع حسبان الوزن الذاتي للأوتاد مساوياً لكتلة التربة المكافئة لحجمها، ومع حسبان معامل أمان قدره 1.

10-3/6/4 (و- 2) حالة التربة الغضارية

يؤخذ الحمل المسموح به للشد على المجموعة مساوياً لأقل القيمتين الآتيتين (1)، (2).

1- مجموعة جهود الالتصاق على جذوع أوتاد المجموعة مقسوما على معامل الامان F.S.

2- قيمة T_{all} المبينة في المعادلة الآتية:

$$T_{all} = \frac{2L\ (B + A)c}{F.S.} + W_p \quad \ldots\ldots \quad (16\text{-}10)$$

حيث:

A طول المسقط الأفقي لمجموعة الأوتاد، (الشكل (10-18)).

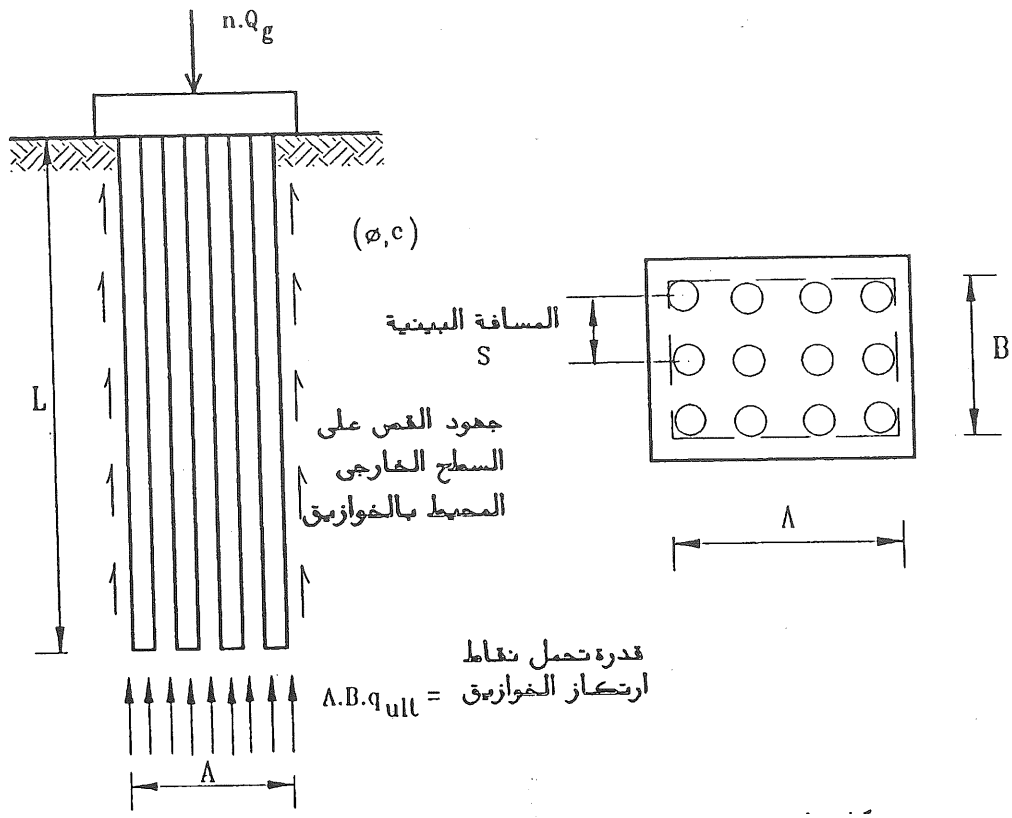
B عرض المسقط الأفقي لمجموعة الأوتاد.

L عمق كتلة التربة المبينة أسفل قبعة الأوتاد" pile cap ".

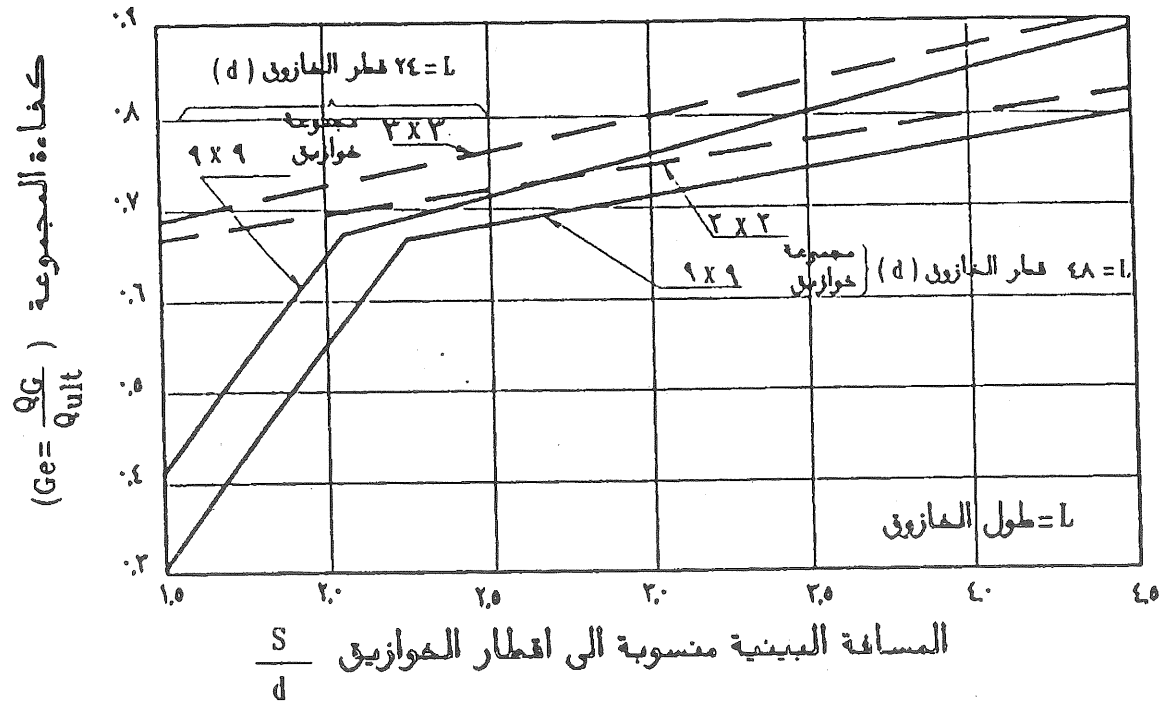
c القيمة المتوسطة لتماسك التربة الواقعة حول الأوتاد مقدرm من تجربة تعيين مقاومة القص غير المصرفة "undrained strength ".

Wp وزن الأوتاد + القبعة " pile cap " + وزن كتلة التربة المحصورة بين أوتاد المجموعة.

F.S. معامل الأمان يساوي 2 في حالة الأحمال التي تؤثر لحظياً، ويساوي 3 في حالة الأحمال التي تؤثر لفترات طويلة.



الشكل (10-18): قدرة تحمل مجموعة الأوتاد في التربة الغضارية



الشكل (10-19): كفاءة مجموعات الأوتاد (الخوازيق) في التربة الغضارية

10-3/6/5 هبوط الأوتاد

10-3/6/5 (أ) عموميات

1- من الممكن استعمال الأساليب النظرية الواردة في هذا الجزء لإجراء تقدير تقريبي لقيم هبوط الأساسات الوتدية. إلا أنه عادة يفضل الاعتماد على النتائج المستنتجة من تجارب التحميل على الأوتاد لأنها أكثر دقة من هذه الطرائق النظرية.

2- وتنطبق الطرائق المذكورة فيما يلي على الأوتاد التي لا يزيد قطرها على 600 مم، أما الأوتاد ذات الأقطار الأكبر والمصبوبة في مكانها فإنه يمكن تقدير الهبوط المتوقع لها على النحوالوارد في الفقرة (10-3/6/2 (ج)).

10-3/6/5 (ب) هبوط الوتد المفرد

يتم حسابه انطلاقاً من أن هبوط الوتد عند طرفه العلوي هوحاصل جمع ثلاثة مقادير هي:

ا - الهبوط نتيجة الانضغاط المرن (التشوه المرن بفعل الضغط) في جذع الوتد " elastic compression of pile shaft" تحت إجهادات التحميل وتقدر كما يلي:

$$S_s = (Q_b + \alpha_f . Q_f)\frac{L}{AE_P} \quad \ldots\ldots \quad (17-10)$$

حيث:

Q_b حمل الارتكاز المنقول للتربة عند طرف الوتد السفلي .

Q_f حمل الاحتكاك المنقول للتربة عن طريق جهود الاحتكاك على سطح جذع الوتد.

L طول الوتد .

A مساحة مقطع الوتد .

E_p معامل المرونة لمادة الوتد.

α_f معامل يتوقف على منحني توزيع جهود الاحتكاك على امتداد طول الوتد، ويؤخذ:

= 0.50 في حالة التوزيع المتساوي أو التوزيع المناظر للقطع المكافئ.

= 0.67 في حالة التوزيع المتدرج بدءاً من الصفر من أعلى حتى يصل إلى أقصاه عند نقطة الارتكاز.

= 0.33 في حالة التوزيع المتدرج بدءاً من أقصى قيمة من أعلى وحتى الصفر عند نقطة الارتكاز.

ويشترط لاستعمال هذه الصيغة أن تكون إجهادات الوتد في حدود إجهادات التشغيل المسموح بها.

2- الهبوط نتيجة لانتقال حمل الارتكاز إلى التربة S_{pp} ، ويقدر كما يلي:

$$S_{pp} = \frac{C_b Q_b}{d.q} \quad \text{.....} \quad (18-10)$$

حيث:

C_b معامل يعتمد على نوعية التربة وعلى أسلوب تنفيذ الوتد، (انظر الجدول (10-15)).

d قطر الوتد.

q قدرة التحمل الحدية في التربة عند نهاية الوتد "ultimate end bearing capacity"

الجدول (10- 15): قيم المعامل C_b لتقدير هبوط الوتد المفرد

نوع التربة	خوازيق الإزاحة	خوازيق التثقيب
رمال كثيفة إلى سائبة	٠,٠٢ إلى ٠,٠٤	٠,٠٩ إلى ٠,١٨
طين صلب إلى لين	٠,٠٢ إلى ٠,٠٣	٠,٠٣ إلى ٠,٠٦
طمى كثيف إلى سائب	٠,٠٣ إلى ٠,٠٥	٠,٠٩ إلى ٠,١٢

ويشترط أن تكون طبقة ارتكاز الوتد (الخازوق) ممتدة تحت طرف الوتد لمسافة تساوي عشرة أمثال قطره على الأقل، وأن تكون الطبقات التي تليها ذات مقاومة تتساوي مع أو تزيد على مقاومة الطبقات المنشأة بها الأوتاد.

3- هبوط الوتد نتيجة لانتقال حمل الاحتكاك من جذع الوتد إلى التربة S_{PS} وتقدر كما يلي:

$$S_{ps} = \frac{C_s\ Q_f}{L_o\ q} \quad \text{.....} \quad (19-10)$$

حيث: L_o طول جذع الوتد المدفون بالتربة

C_s معامل يساوي:

$$C_s = \left(0.93 + 0.16\sqrt{\frac{L_o}{d}}\right) C_b$$

ومن ثم يكون هبوط الوتد المفرد S_o كما يلي:

$$S_o = S_s + S_{pp} + S_{ps} \quad \text{.....} \quad (20-10)$$

10-3/6/5 (ج) هبوط مجموعات الأوتاد المنشأة بتربة غير متماسكة الحبيبات

يمكن تقدير هبوط مجموعة الأوتاد S_G في حالة أوتاد الارتكاز من الصيغة الآتية:

$$S_G = S_o \sqrt{\frac{B}{d}} \quad \text{.....} \quad (21-10)$$

حيث:

B القياس الأدنى (الطول الأصغر) لمجموعة الأوتاد بالمسقط الأفقي؛

d قطر الوتد المفرد؛

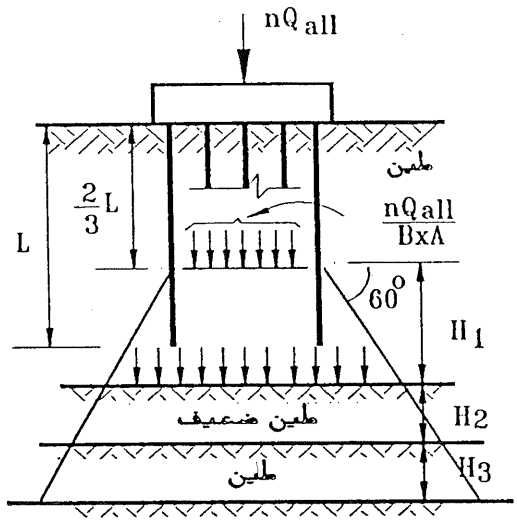
S_o مقدار هبوط الوتد المفرد مقدرة من الصيغة السابق ذكرها، أو المعينة من تجارب التحميل.

10-3/6/5 (د) هبوط مجموعات الأوتاد في تربة تحتوي على طبقات مشبعة متماسكة الحبيبات

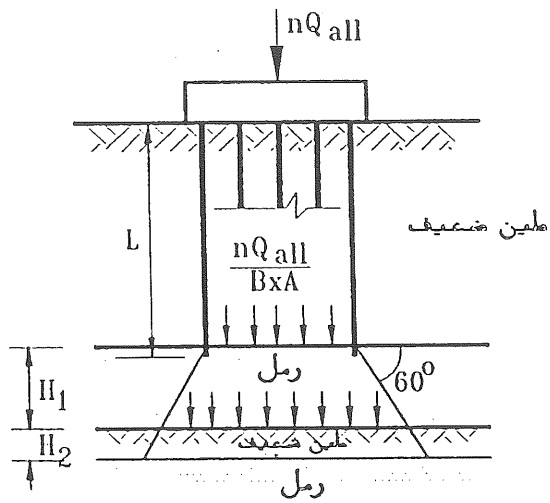
1- يحسب انضغاط الطبقات وفقاً للطرائق المعتمدة في الهندسة الجيوتكنيكية، وعادة يفترض أن جهود أحمال الأوتاد ذات القبعات الصلدة (الجاسئة) نسبياً تنتشر داخل التربة كما هومبين في الشكلين (10-20) و (10-21).

2- أما في حالة القبعات اللينة (غير الصلبة) أو في حالة مجموعة ذات قبعات منفصلة، فإن جهود الضغط الناشئة عنها تتوزع داخل التربة وفقاً لنظرية توزيع الإجهادات داخل الوسط المرن، ومع حسبان أن حمل المجموعة يؤثر على التربة عند المناسيب المبينة بالأشكال ذاتها.

3- ويلاحظ أن (A) ، (B) في الأشكال هي الأبعاد الخارجية لمجموعة الأوتاد بالمسقط الأفقي، وأن (n)هوعدد أوتاد المجموعة. ويعد هبوط المجموعة مساوياً لانضغاط الطبقات الغضارية (الطينية) تحت تأثير الأحمال المبينة بالأشكال بعد توزيعها.



شكل رقم (10-20): مجموعة أوتاد الاحتكاك في تربة مكونة من طبقات غضارية (طينية)



الشكل (10-21): مجموعة أوتاد الارتكاز مع وجود طبقة غضارية (طينية) أسفلها

10-3/7 المتانة الإنشائية للأوتاد

10-3/7/1 عموميات

يجب أن يتحمل الوتد، كعضو إنشائي، بأمان الإجهادات التي سيتعرض لها سواء أثناء الإنشاء أو عند التشغيل ، كما يجب نقل الأحمال من الأوتاد إلى التربة مع وجود معامل أمان كاف ضد انهيار التربة، وكذلك يجب أن يكون هبوط الأوتاد بحيث لا يسبب أضراراً للمنشأة.

10-3/7/2 إجهادات ما قبل تشغيل الوتد

يجب العناية بدراسة الإجهادات التي تتولد في الأوتاد أثناء إنشائها لأنها قد تتحكم في تصميم بعض أنواع الأوتاد، ولاسيما الأوتاد الخرسانية السابقة الصب التي يجب أن يحدد لها مواضع النقط التي تحمل منها أثناء نقلها من مكان لآخر، كما يجب التأكد من تحملها لإجهادات الدق . يمكن اختيار المطرقة المناسبة والقبعة (الوسادة) الملائمة ومسافة سقوط المطرقة بحسبان أن الدق يولد موجات إجهادية تنتقل بطول الوتد وتتزايد عند أعلى وأسفل الوتد. تكون إجهادات الضغط عالية في أسفل الوتد في حالات الدق الشديد، إلا أنه من الممكن تولد شد في أسفل الوتد أثناء دقه إذا كانت مقاومة التربة منخفضة أو إذا حدث ارتداد للمطرقة (في حالة استعمال مطرقة خفيفة مع وسادة جاسئة) ويفضل حساب الإجهادات المتوقعة بالوتد نتيجة عمليات الدق باستعمال الطرائق الرقمية لحل المعادلة الموجيّة. في حالة عدم حساب إجهادات الدق في الأوتاد الخرسانية السابقة الصب تستعمل كانات على مسافات نحو 50 مم لتسليح مسافة تبلغ ثلاثة أمثال قطر الوتد في أعلاه، ومثلها في أسفله، بحيث يبلغ حجم الكانات 0.6 % من حجم الجزء المسلح. بالنسبة لباقي الوتد تستعمل كانات بحجم 0.25 % من حجم هذا الجزء، وعلى مسافات لا تزيد على قطر الوتد، ولا عن 200 مم ولا عن 15 مرة قطر حديد التسليح الطولي في الوتد.

10-3/7/3 الأوتاد المحملة محورياً

لا تتعرض الأوتاد ذات الأبعاد العادية والموجودة بأكملها أسفل التربة للتحنيب. يجب أخذ التحنيب في الحسبان فقط في حالة التربة الشديدة الليونة (التي يقل تحملها في الضغط الحر- أحادي المحور) عن نحو 25 كيلونيوتن/ م^2 (0.25 كغ/سم^2). وفي حالة الأوتاد النحيفة والطويلة خصوصاً، إذا امتدت لمسافات كبيرة فوق مستوى سطح الأرض يصمم الوتد كعمود. ويتوقف الطول الفعال الذي يؤخذ في حساب حمل التحنيب بمعادلة "Euler" على قيمة الحمل الأفقي (إن وجد)، وعلى نوع التربة، وجساءة المبنى والأوتاد. من الممكن حسبان أن الوتد مثبت عند نقطة على عمق (I_f) تحت سطح الأرض، حيث:

$$I_f = 1.4 \sqrt[4]{\frac{EI}{K_h.B}} \quad \ldots\ldots \quad (22-10)$$

في حالة التربة التي يثبت فيها قيمة معامل رد فعل التربة الأفقي K_h (كيلونيوتن/ م^3) مع العمـــق مثل التربة الغضارية المسبقة الانضغاط المفرط "heavily over consolidated" ، والتي تتراوح قيمة $K_h.B$ لها بين 35 و 70 مرة قيمة مقاومة القص غير المصرفة في حالة عدم السماح بتسرب المياه من العينات.

$$I_f = 1.8 \sqrt[5]{\frac{EI}{n}} \quad \ldots\ldots \quad (23-10)$$

في حالة التربة التي يتزايد فيها معامل رد فعل التربة الأفقي على نحو خطي مع العمق (حسب ترزاكي) يعطى ثابت رد فعل التربة الأفقي بالعلاقة الآتية:

$$K_h = \frac{n.Z}{d}$$

حيث: E معامل المرونة لمادة الوتد

I العزم الاستاتيكي الثاني لمساحة مقطع الوتد

d عرض (قطر) الوتد

Z عمق القطاع المدروس من سطح الأرض الطبيعية.

ويمكن فرض n كما يلي:

للتربة الغضارية أو السلتية:

الضغط الحر (أحادي المحور) (كيلونيوتن/ م2)	25	50	100
n (كيلونيوتن / م3)	600	1600	3700

للتربة الرملية:

الكثافة النسبية (%)	35	65	85	100
n (كيلونيوتن/ م3)	4300	12300	18000	22200

مع ملاحظة أن غمر التربة الرملية يقلل قيم (n) السابقة إلى النصف.

كما يمكن اعتماد أي من العلاقات الآتية حسب DIN 4014:

من أجل قطر وتد اقل من 1 متر $K_h = Es / d$

من أجل قطر وتد أكبر من 1 متر $K_h = E_s / 1$

E_s معامل مرونة التربة

d قطر الوتد، حيث تصلح العلاقتين الأخيرتين من أجل انزياح افقي لا يتعدى 20 مم أو 0.03d حيث تعتمد القيمة الأصغر في الحساب.

10-3/7/4 الأوتاد المحملة جانبياً

1- قد تتعرض الأوتاد الرأسية لأحمال جانبية نتيجة تأثير ضغوط ترابية على المنشأة، أو نتيجة تعرض المنشأة للرياح أو الزلازل أو صدمات السفن أو لفرملة القطارات أو السيارات على الجسور (الكباري)، أو لغير ذلك من الأسباب. وبصفة عامة فإن مقاومة الأوتاد الرأسية للأحمال الجانبية محدودة. وإذا زادت القوة الأفقية عند مستوى سطح الأرض على وتد خرساني بقطر 450 مم على نحو 20 كيلونيوتن (2 طن) في التربة الغضارية المتوسطة القوام، أو 30 كيلونيوتن (3 طن) في التربة الرملية المتوسطة الكثافة، فيجب إما استعمال أوتاد مائلة، أو التأكد من أن الأوتاد الرأسية يمكنها تحمل الحمل الأفقي بأمان. لتصميم الأوتاد الرأسية في هذه الحالة لا بد من تحقيق ثلاثة اشتراطات، أولها وجود معامل أمان كاف ضد الانهيار في جسم الوتد، وثانيها وجود معامل أمان كاف ضد انهيار التربة الجانبية، وثالثها أن تكون الإزاحات الأفقية للوتد تحت الحمل الجانبي في حدود المسموح به. ويمكن تصميم الأوتاد المحملة أفقياً، إما باستعمال معامل رد فعل التربة، وسنعرض له في الفقرات الآتية، وإما بحسبان التربة وسطاً مرناً، ويمكن الرجوع إلى المرجع الآتي:

Poulos H.G & Davis, L. H., " Pile Foundation Analysis and Design", John Wiley & Sons.

10-3/7/4 (أ) تصميم الأوتاد الرأسية المعرضة لأحمال جانبية

1- يمكن تصميم الأوتاد الرأسية المحملة بأحمال جانبية باستعمال طريقة معامل رد فعل التربة الأفقي على النحوالآتي:

أ - تحسب قيمة K_h أو n طبقاً لنوع التربة على النحوالمبين في الفقرة (10-3/7/3).

ب- تحسب القساوة (الجساءة- الصلابة) النسبية " للوتد/ التربة " بدلالة ما يسمى بالطول المرن من إحدى المعادلتين الآتيتين:

(1) في حالة ثبات قيمة K_h مع العمق:

$$l_o = \sqrt[4]{\frac{4\ E\ I}{K_h.d}} \quad \ldots\ldots \quad (24-10)$$

(2) في حالة تغير K_h مع العمق على النحو التالي:

$$K_h = \frac{n.Z}{d}$$

$$t = \sqrt[5]{\frac{E\ I}{n}} \quad \ldots\ldots \quad (25-10)$$

ت- تستعمل معادلات هيتني في حساب الإزاحات والإجهادات على التربة وعزوم الانحناء المتوقعة بالوتد.

ث- يعدّ الوتد عالي الصلابة (القساوة- الجساءة) إذا تحقق أحد الشرطين الآتيين:

$$\frac{L}{I_o} \le 1 \qquad \text{or} \qquad \frac{L}{t} < 2$$

ويعدّ الوتد عالي الليونة إذا تحقق أحد الشرطين الآتيين:

$$\frac{L}{I_o} \ge 3 \qquad \text{or} \qquad \frac{L}{t} > 4$$

ج- في حالة الأوتاد العالية الليونة يمكن حساب الإزاحات القصوى وعزوم الانحناء المتوقعة بالوتد، بشكل تقريبي، من الجدولين الآتيين:

أولاً: في حالة الأوتاد المثبتة الرأس

	K_h ثابت مع العمق	متغير مع العمق $K_h = n.Z / d$
الإزاحة القصوى	$\frac{H}{l_o K_h d}$	$\frac{0.88\ Ht^3}{E\ I}$
عزم الإنحناء الأقصى	$\frac{-H l_o}{2}$	$0.85\ H\ t$

ثانياً: في حالة الأوتاد الحرة الرأس

	K_h ثابت مع العمق	متغير مع العمق $K_h = n.Z / d$
الإزاحة القصوى	$\frac{2H}{l_o K_h d} + \frac{2M_o}{l_o^2 K_h d}$	$2.4 \frac{Ht^3}{EI} + \frac{1.55 M_o t^2}{EI}$
عزم الإنحناء الأقصى	$0.32 Hl_o + 0.64 M_o$ أو Mo أيهما أكبر	$0.77 (Ht + M_o)$ أو Mo أيهما أكبر

حيث: H القوى الجانبية المؤثرة على الوتد؛

M_o العزم المركز على رأس الوتد؛

d عرض أو قطر الوتد.

10-3/7/4 (ب) تقدير أقصى حمل أفقي يتحمله وتد رأسي

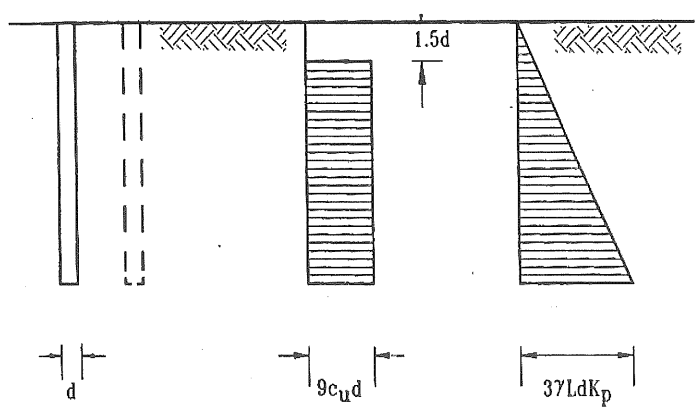
1- بالنسبة للأوتاد الرأسية القصيرة الصلدة (الجاسئة) المثبتة الرأس يكون أقصى حمل أفقي "H_{ult} " يمكن أن يتحمله الوتد دون انهيار التربة الجانبية (الشكل (10-22)) كما يلي:

للتربة الرملية:

$$H_{ult.} = 1.5\gamma L^2 d K_p \quad \ldots\ldots \quad (26-10)$$

وللتربة الغضارية:

$$H_{ult.} = 9c_u d(L - 1.5d) \quad \ldots\ldots \quad (27-10)$$



الشكل (10-22): أقصى ضغوط جانبية على أوتاد قصيرة مثبتة الرأس في تربة رملية أو غضارية

حيث: γ الوزن الفعال لوحدة الحجم من التربة؛

L طول الوتد.

d قطر الوتد.

c_u مقاومة القص غير المصرفة للطين.

K_p معامل ضغط التربة الرملية السلبي. $K_p = (1+\sin\phi) / (1- \sin\phi)$

ϕ زاوية الاحتكاك الداخلي للرمل.

2- في حالة الأوتاد الطويلة المثبتة الرأس، فإن أقصى قوة أفقية يتحملها الوتد تتوقف على عزم الانهيار M_r لقطاع الوتد.

يرجع لبحوث " Broms , 1964" لتقدير أقصى تحمل للأوتاد الطويلة والأوتاد الحرة الرأس.

-Broms, B.B. (1964). " Lateral resistance of piles in cohesive soils" ASCE Journal of Soil Mech. And Found. Div., pp 27-63

-Broms, B.B. (1964). "Lateral resistance of piles in cohesionless Soils", ASCE, Journal of Soil Mech. And Found. Div., pp 123-156.

10-3/7/4 (ج) توصيات عامة

ا- في الأعمال المؤقتة يمكن زيادة قيم K_h بنسبة 25 % .

2- في حالة الأوتاد غير المتصلة بقبعات يراعى تخفيض قيم K_h المقترحة بنسبة 50 % عند سطح الأرض، وتقل نسبة التخفيض هذه خطياً مع العمق، وذلك حتى عمق يساوي مرتين عرض الوتد أو قطره. أي يمكن كتابة معامل تخفيض K_h على النحوالآتي:

$$\frac{1}{2}(1+\frac{Z}{2d})$$

3- في حالة تعرض الأوتاد المنفذة في الجسر لأحمال جانبية في اتجاه جانبي الجسر، يلزم تخفيض قيم K_h بنسب كبيرة.

4- تخفيض قيم K_h إلى ربع قيمتها في حالة تحميل مجموعة من الأوتاد جانبياً، إذا كانت المسافة بينها في اتجاه التحميل مساوية لثلاث مرات عرض الوتد أو قطره. وتستعمل قيم K_h دون تخفيض إذا كانت المسافة بين الأوتاد في اتجاه التحميل مساوية لثماني مرات عرض الوتد أو قطره، وتحسب قيم التخفيض بين هاتين القيمتين بالنسبة والتناسب.

5- في حالة المشاريع ذات الأهمية الكبرى يجب إجراء تجارب تحميل أفقية على الأوتاد.

6- في حالة تكوينات التربة الحساسة "sensitive soil" يلزم عمل تجارب حقلية لقياس قيم K_h.

7- يراعى تسليح الأوتاد بكامل أطوالها في المناطق المعرضة للزلازل.

10-3/7/5 مجموعة الأوتاد الرأسية المعرضة لأحمال مائلة لا مركزية

يمكن تقدير الحمل الرأسي P_v على أي وتد في مجموعة أوتاد رأسية معرضة لحمل مائل لامركزي (الشكل (10-23)) باستعمال المعادلة:

$$P_v = \frac{V}{n} + \frac{V.e_x.x}{\Sigma x^2} + \frac{V.e_y.y}{\Sigma y^2} \quad \ldots\ldots \quad (28-10)$$

حيث: V الحمل الرأسي الكلي على المجموعة؛

e_x البعد الأفقي للمحصلة عن مركز مجموعة الأوتاد في اتجاه x.

e_y البعد الأفقي للمحصلة عن مركز مجموعة الأوتاد في اتجاه y.

x,y إحداثيات مركز الوتد بالنسبة للمحورين المركزيين الرئيسيين لمجموعة الأوتاد.

n كما سبق تعريفها أعلاه.

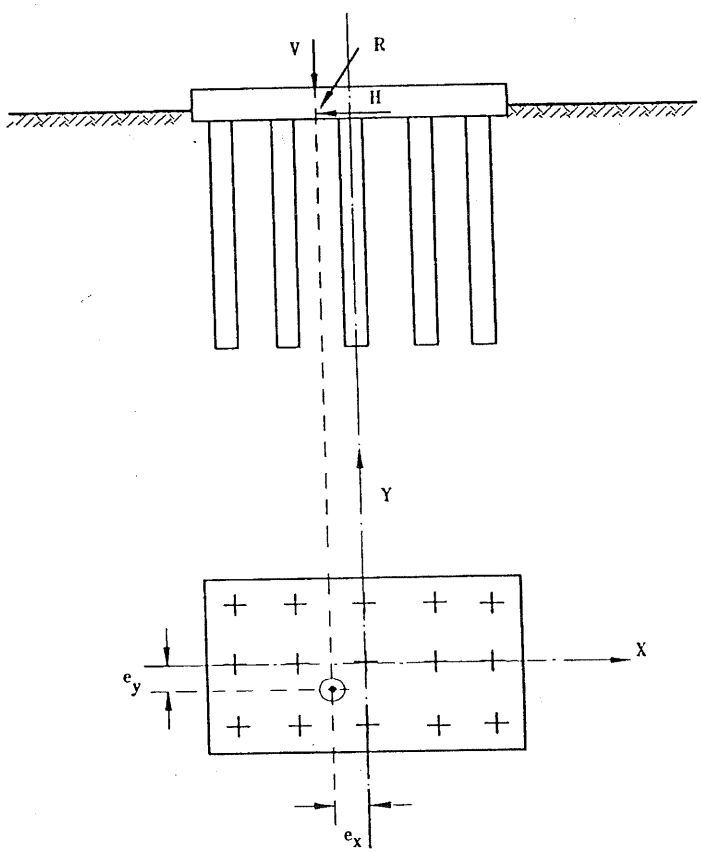
تعطي هذه المعادلة قيماً تقريبية للحمل الرأسي" Pv " بحسبان أن القبعة فوق الأوتاد جاسئة والمركبة الأفقية H للقوى المؤثرة صغيرة، ويمكن تحملها بأمان بالأوتاد الرأسية.

10-3/7/6 الأوتاد المائلة

تستعمل الأوتاد المائلة أساسا إذا كانت القوى الأفقية كبيرة، ولا يمكن تحملها بطريقة اقتصادية باستعمال الأوتاد الرأسية والقبعة (الوسادة). يمكن تصميم الأوتاد المائلة بحسبانها محملة محورياً، مع إيجاد توزيع الأحمال عليها وعلى الأوتاد الرأسية باستعمال الطرائق البيانية أو الحسابية. انظر المرجع الآتي:

"Subsurface Analysis and Design "by Andresen & Ronald,1956.

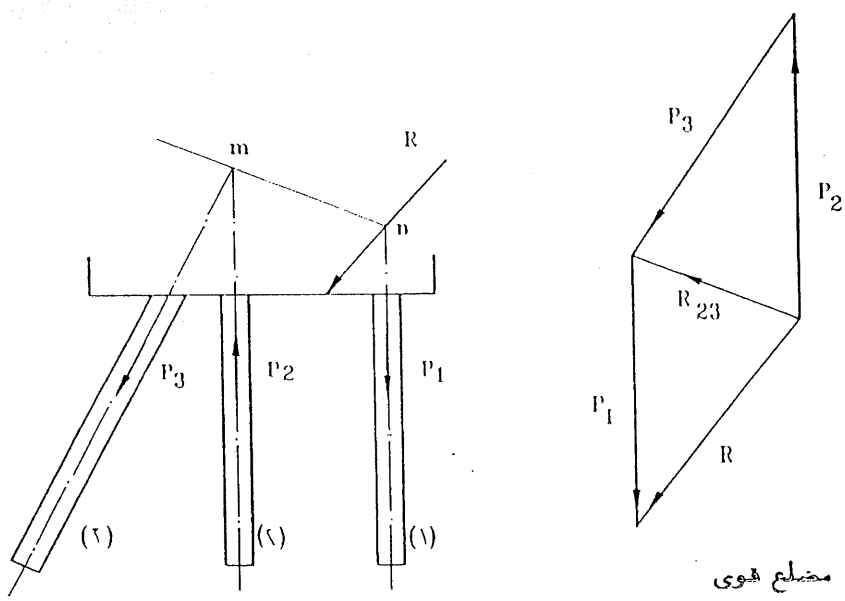
أو باستعمال التحليل بالحاسوب مع أخذ رد فعل التربة الأفقي بالعامل K.



الشكل (10-23): مجموعة أوتاد رأسية معرضة لحمل مائل لا مركزي

أمثلة للطرائق التقريبية المستملة لتحليل الأوتاد المائلة:

1- طريقة كولمان Culmann لأوتاد محاورها في ثلاثة اتجاهات غير متوازية وغير متلاقية في نقطة.



الشكل (10-24): طريقة كولمان لتحليل الأوتاد المائلة

أوجد نقطة n، حيث تتلاقى محصلة القوى R مع محور المجموعة (1) من الأوتاد، ونقطة m حيث يتلاقى محورا مجموعتي الأوتاد (2) و (3). حلل R إلى القوة P_1 في اتجاه المجموعة (1) + R_{23} في اتجاه mn، حيث R_{23} هي محصلة القوتين P_2 و P_3 في المجموعتين (2) و (3). حلل R_{23} إلى القوتين P_2 ، في اتجاه المجموعة (2) و P_3 في اتجاه المجموعة (3). لاحظ أنه في الشكل (10-24) تمثل P_1 ، P_3 قوتي ضغط، أما P_2 فتمثل قوة شد.

2- يمكن استعمال المعادلة (10-28) لإيجاد المركبة الرأسية للحمل في كل وتد، وبحسبان الأوتاد محملة محورياً تحسب المركبة الأفقية للحمل في كل وتد. يقبل هذا الحل إذا كان الفرق بين الحمل الأفقي H المؤثر على مجموعة الأوتاد ومحصلة المركبات الأفقية للقوى المحورية للأوتاد صغيراً يمكن للأوتاد تحمله.

يلاحظ أن التحميل الحقيقي للوتد ليس محورياً، وإنما سينشأ في الوتد عزوم انعطاف وقوى قص، لاسيما إذا ثبت في قبعة صلدة (وسادة جاسئة). يرجع إلى المتخصصين لتحليل مثل هذه الحالات.

10-3/7/7 الأوتاد المحملة بحمل رأسي لا محوري

تتعرض الأوتاد، نتيجة لطبيعة الأحمال المعرضة لها، أو نتيجة لترحيلات غير متوقعة في مواقع الأوتاد، إلى أحمال لا محورية قد تسبب إجهادات مرتفعة في مقاطع الأوتاد، خصوصاً إذا كانت القاعدة محملة على وتد واحد أو وتدين. تتوقف أهمية هذه اللامركزية في الحمل على قطر الوتد ومعامل الأمان ضد الانهيار، إلا أنه في الحالات العادية، لقواعد مرتكزة على وتد أو وتدين، يجب ربط القبعة (الوسادة) بشدادات صلدة (جاسئة) إلى الوسائد المجاورة حتى يمكن مقاومة عزوم الانحناء (الانعطاف) الناشئة عن عدم مركزية الحمل.

10-3/7/8 وتد مفرد تحت القاعدة " Mono pile "

يفضل تجنب استعمال وتد واحد تحت العمود، وخصوصاً في الأوتاد ذات الأحمال الكبيرة. ولكن إذا اقتضت الضرورة ذلك لأسباب فنية أو اقتصادية يجوز استعمال الوتد الواحد بالشروط الآتية:

1- أخذ جميع الاحتياطات المطلوبة لضمان دقة التنفيذ.

2- تخفيض إجهادات الضغط للخرسانة بقيم معامل الأمان المذكورة في الفقرة (10-3/3/3)، وكذلك الإجهادات على التربة بحيث لا تتعدى 75 % من الإجهادات المسموح بها.

3- يسمح بزحزحة في مكان الوتد لا تتعدى 0.1 القطر المكافئ للوتد، ويؤخذ تأثير ذلك في تصميم الوتد والقاعدة والشدادات.

4- يتم تربيط الوتد في جميع الاتجاهات، إذا أمكن، بميدات ذات فساوة (جساءة) عالية (على الأقل باتجاهين متعامدين).

5- إجراء تجارب تحميل بواقع تجربة لكل 50 وتداً مفرداً "mono pile" ، وبحد أدنى تجربتين.

6- يجرى اختبار لجذع الوتد (غير إتلافي) "nondestructive " على جميع الأوتاد المفردة.

10-3/7/9 الاحتكاك السلبي بين التربة والأوتاد

1- إذا اخترقت أوتاد الارتكاز طبقات ردم حديثة أو تربة غضارية ضعيفة جداً لم يتم تدعيمها بالكامل، فإن حركة الردم لأسفل أو انضغاط التربة الغضارية، تسبب حملاً إضافيا على الأوتاد. قد ينشأ هذا الاحتكاك السلبي أيضا نتيجة لتعرض التربة حول الأوتاد لأحمال إضافية تؤدي لهبوطها أو نتيجة لعجن الغضار بسبب دق الأوتاد، أو نتيجة لانخفاض منسوب المياه الجوفية.

2- يمكن تقدير الحمل الإضافي الواقع على مجموعة الأوتاد بضرب مساحة السطح الجانبي للمجموعة في جهد الاحتكاك أو الالتصاق بينها وبين التربة الهابطة، بالإضافة إلى وزن التربة بين مجموعة الأوتاد، وبحيث لا يزيد الحمل الإضافي على الوتد الواحد عن حاصل ضرب مساحته الجانبية في جهد الاحتكاك أو الالتصاق بينه وبين التربة، ويجب أخذ ذلك الاحتكاك السلبي في الحسبان عند تقدير الحمل المسموح به للوتد.

10-3/7/10 قبعات الأوتاد

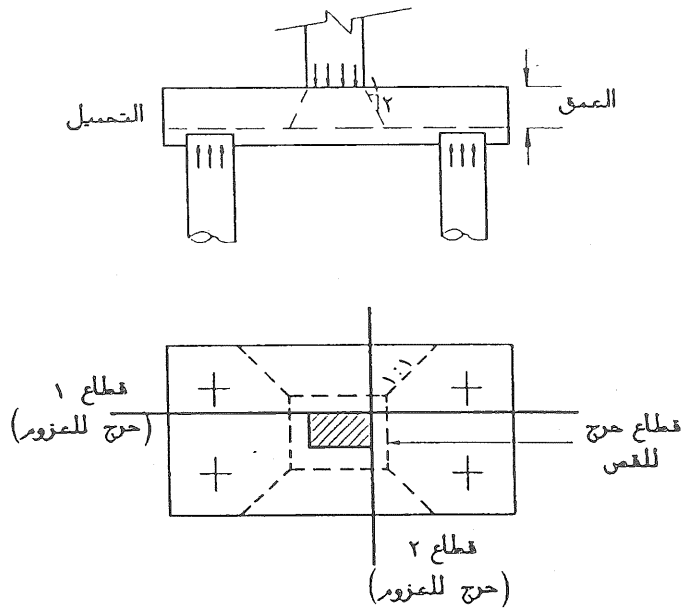
1- تعدّ القبعة بمثابة قاعدة تنقل حمل العمود إلى مجموعة الأوتاد، مع إهمال الحمل الذي قد ينتقل إلى التربة أسفل القبعة. يجب أن يمتد تسليح الأوتاد داخل القبعة لمسافة لا تقل عن 600 مم (أو 50Φ أيهما أكبر)، وذلك لضمان نقل القوى بالتماسك bond بين حديد التسليح والخرسانة.

2- يمكن تصميم القبعة بدراسة عزم الانحناء على قطاعين مماسين لسطح العمود، وبدراسة الشد القطري على مستويات تبعد عن سطح العمود بمسافة تساوي نصف العمق الفعال للقبعة (انظر الشكل (10-25)). في حساب قوى القص يؤخذ حمل الوتد بالكامل، إذا كان مركز الوتد على بعد خارج القطاع الحرج لا يقل عن نصف قطر الوتد، ويهمل إذا كان مركز الوتد على بعد لا يقل عن نصف قطر الوتد داخل القطاع الحرج. ويمكن أخذ نسب من حمل الوتد تتراوح خطياً بين 100 % لحالة بعد مركز الوتد خارج القطاع الحرج بمسافة تساوي نصف قطر الوتد، وصفر % لحالة وجود مركز الوتد على بعد يساوي نصف قطر الوتد داخل القطاع الحرج. ويجب أيضاً التأكد من أن عمق القبعة يكفي لمقاومة اختراقها بالتثقيب سواء عند العمود أو الأوتاد الطرفية.

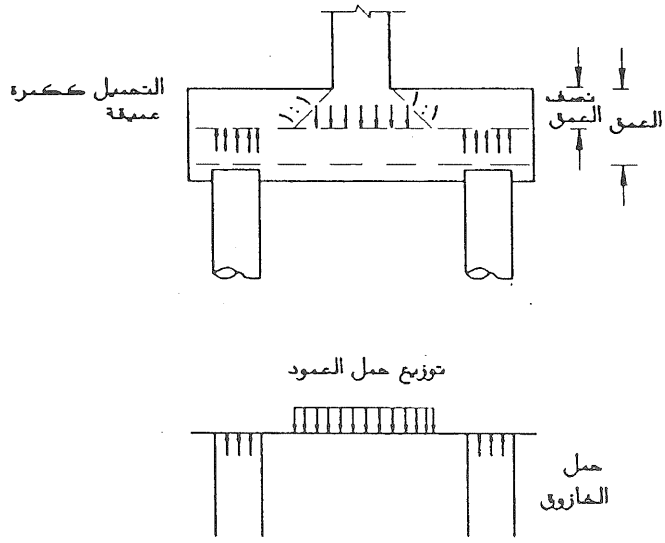
3- يمكن أيضاً تصميم القبعة كجائز عميق قاسٍ (جاسئ- stiff) يقاوم التثقيب، ويصمم لمقاومة أقصى عزوم وقوى قص، وذلك بفرض أن حمل العمود يوزع بميول 1 : 1 حتى المستوى الأفقي عند منتصف العمق الفعال للقبعة. (انظر الشكل (10-26)).

4- يمكن أيضاً، في الحالات التي تكون فيها الأوتاد موزعة على محيط شكل منتظم حول العمود، تصميم القبعة بحسبان أن الحمل تقاومه مجموعة من الجمالونات التخيلية بداخل القبعة، بحيث يوضع حديد تسليح لمقاومة قوى الشد.

5- ويراعى في حالة القواعد المنشأة على وتدين ربط القبعات في الاتجاه العمودي على الخط الواصل بين الوتدين بميدات ذات جساءة عالية لمقاومة العزوم الناشئة عن القوى الأفقية.



الشكل (10-25): إحدى الطرائق الثلاث المسموح بها لتحليل قبعة الأوتاد



الشكل (10-26): تحليل القبعة كجائز عميق قاسٍ (كمرة عميقة جاسئة).

10-3/7/11 معاملات الأمان

عند استعمال الأساسات الوتدية تطبق مجموعة من معاملات الأمان كما يلي:

1- معامل أمان لمادة الوتد يستعمل في تصميم الأوتاد كعناصر إنشائية.

2- معامل أمان لضمان أن حمل التشغيل للوتد المنفرد لا يتعدى نسبة معينة من حمل انهياره. يجب اختيار هذا المعامل بحيث يؤخذ في الحسبان طبيعة التربة ومدى تجانسها في حدود الموقع، وكذلك درجة الثقة في الطريقة التي قدر بها حمل الانهيار للوتد.

يحدد حمل الانهيار للوتد بإجراء تجارب تحميل، وإذا تم اختبار نسبة كافية من الأوتاد، يمكن استعمال نتائج تجارب التحميل لتعديل المعاملات المستعملة في الطرائق الأخرى لتقدير حمل الانهيار، و يعد الحمل المحسوب بهذه الطريقة موثوقاً به. بصفة عامة إنه يمكن أخذ معامل الأمان للوتد المنفرد = 2 إذا تم تحديد حمل الانهيار بطريقة موثوق بها، وقد يزيد هذا المعامل فيصبح 3 ، وقد يزيد على ذلك في بعض الحالات مثل حالات استعمال بعض الصيغ الديناميكية. يمكن خفض معامل الأمان في حالات تحديد حمل الانهيار بطريقة موثوق بها ليصبح 1.5 إذا كان الحمل التصميمي للوتد يتضمن الأحمال الناتجة من الزلازل وغير ذلك من الأحمال غير الاعتيادية.

3- في حالة الأوتاد الكبيرة التي يتم إنشاؤها بالحفر، يستحسن استعمال معامل أمان ضد انهيار القاعدة يزيد عن ذلك المستعمل بالنسبة لحمل الاحتكاك الأقصى لجسم الوتد، ذلك أن العلاقة بين الحمل والهبوط تختلف لطرف الوتد السفلي ولمساحته الجانبية.

4- يجب التأكد من قدرة المنشأة على تحمل الهبوط النسبي تحت أحمال التشغيل، وفي الحالات التي لا يكون فيها هذا الهبوط حرجاً يمكن خفض معاملات الأمان عما جاء بالفقرة (2) السابقة.

5- إذا كان المبنى سيتعرض لأحمال ديناميكية كبيرة، لم تؤخذ في حساب الحمل التصميمي للوتد، يجب استعمال معاملات أمان تزيد عما جاء بالفقرة (2) السابقة.

6- يجب أن يؤخذ في الحسبان تأثير وجود الوتد ضمن مجموعة من الأوتاد لأن هذا يمكن أن يؤثر في الحمل على الوتد وفي هبوطه.

10-3/8 تنفيذ الأساسات الوتدية (الخازوقية)

10-3/8/1 عموميات

تنفذ الأوتاد عادة إما بالدق أو بالتثقيب أو بالهز أو بالجمع بين هذه الطرائق الأساسية في التنفيذ. ويمكن لتسهيل التنفيذ اللجوء إلى الحفر المسبق للطبقات الصعبة الاختراق أو ضخ مياه تحت ضغط. وعموماً فإن تنفيذ الأوتاد يجب أن يحقق سلامة جسم الوتد، ويؤكد نقله للأحمال المؤثرة إلى التربة دون أن يسبب أي إضعاف لهذه التربة. وسيتم فيما يلي تفصيل طريقة تنفيذ الأوتاد بالتثقيب.

10-3/8/2 معدات التنفيذ

تشمل معدات التنفيذ، أو أجزاؤها المذكورة فيما بعد، تلك التي لها تأثير مباشر على متابعة دقة التنفيذ. ولا يتسع المجال هنا لسرد جميع هذه المعدات، وإنما تم التركيز على المعدات التي لها درجة أكبر من الأهمية أو الأكثر شيوعاً. ويمكن اللجوء إلى كتالوجات الشركات المصنعة للحصول على بيانات مفصلة.

10-3/8/2 (أ) ماكينات الحفر

يتم الحفر إما بوساطة صينية دوارة " rotary table " كما في معظم أنواع الأوتاد مثل أوتاد الحفر البريمي المستمر (C. F. A.) ، أو الحفر الدوار" rotary drilling " التي تستعمل فيها مادة البنتونيت ، أو التي يستعمل فيها ماسورة مؤقتة على وصلات، أو الحفر بكباش، أو الحفر بوساطة بلف ساقط لتجميع التربة" percussion " كما في أوتاد ستراوس.

10-3/8/2 (أ- 1) الصينية الدوارة "Rotary table"

تعمل الصينية الدوارة على إحداث حركة دائرية في مستوى عمودى على محور الوتد. ويسبب هذه الحركة عادة محرك هـــيدروليكى تتصل به مجـــموعة مخفضات للـــسرعة " speed reducer " أو بوساطة " torque converter ".

10-3/8/2 (أ-2) أداة الحفر

يكون الحفر بوساطة بريمة "auger " أو بلف. وفي كلا الحالتين يتم تزويدهما بحوافر أو أظافر " teeth" لتسهيل عملية الحفر. وتتـــآكل هذه الأظافر بمرور الوقت وحسب نوع التربة . ولذلك يجب فحصها من حين لآخر لأكثر من سبب، أهمها أنها تعطى القطر الخارجي للوتد. ولذا يعوض هذا التآكل باللحام المباشر أو لحام سيخ للحافة الخارجية للظفر. وتنزلق البريمة " auger" على قائم " mast" الماكينة في حالة نظام الحفر البريمي المستمر (C. F. A.)، وعندئذ يجب التأكد من جساءة القائم لتحمل الناتج عن مقاومة التربة، ويمكن إنزال البريمة أو البلف بوساطة عامود تلسكوبى "telescopic kelly " وذلك في حالة أنظمة الحفر الأخرى.

10-3/8/3 تنفيذ الأوتاد

10-3/8/3 (أ) حفر الأوتاد

1- عند إجراء تجارب التربة في حالة أوتاد الحفر، يجب إجراء عدد مناسب من الجسات (السبور)، كما يجب الاعتماد على التجارب الحقلية مثل تجارب الاختراق القياسي أو المخروط الهولندي ....، إلخ. ويستحسن استعمال أكثر من طريقة لمقارنة النتائج، ذلك أن تجارب التربة هي الوسيلة الوحيدة لتحديد طول الوتد وتحمله. على أنه في بعض المعدات الحديثة أجهزة لقياس الجهود الناتجة أثناء عملية الحفر والتي يمكن أن تكون مؤشراً للوصول إلى طبقات التأسيس المناسبة.

2- ويتوقف نجاح عملية الحفر على المعدات المستعملة، أي نظام عملها ومدى ملاءمته لنوع التربة. فمثلاً في حالة التربة الرملية الجافة وغير المتماسكة تكون الأنظمة التي تعتمد على المياه أو البنتونيت فقط غير ملائمة. وفي هذه الحالة يجب الاستعانة بغلاف مؤقت أو بالخرسانة لسند جوانب الحفرة. كذلك في حالة احتواء التربة على أحجار كبيرة " boulders" فإن الحفر بطريقة البريمة غير عملي. وفي هذه الحالة يستعمل خطاف (كباش " grab") لسحب الأحجار أو كاسور"percussion rod " لتفتيتها.

ويجب اختيار الأظافر "bits" المناسبة لنوع التربة. ففي حالة الطبقات المتحجرة أو الصخرية يجب استعمال أظافر مصنوعة من مادة الكاربورندم "carborundum bit ". وعند استعمال البريمة في الحفر فإن المسافة بين أسلحة البريمة "pitch" ودرجة ميلها تختلف حسب نوع التربة. ففي حالة التربة الغضارية تكون المسافة أكبر ودرجة الميل أكبر عما هي في حالة التربة الرملية. ويجب أن تكون قدرة الحفر "applied torque" مناسبة لقطر الوتد وطوله ونوع التربة والنظام المستعمل. ففي حالة استعمال نظام الحفر البريمي المستمر "continuous flight auger " يتطلب ذلك قدرة أعلى من الحفر بنظام الكلاّب (الكباش "grab" أو "bucket "). مما تقدم يتضح أن اختيار نظام الحفر الملائم لنوع التربة وقطر الوتد وطوله يجب أن يتحدد بدقة، ويعتمد في المقام الأول على الخبرة ومدى إمكانية التغيير من نظام إلى آخر بنفس المعدات، أو بتغيير بسيط في المعدات المساعدة أو الوصلات. وفي أحيان كثيرة يتطلب ذلك إجراء تجارب حفر مسبقة قبل بدء العمل.

10-3/8/3 (ب) صب الخرسانة

قبل صب الخرسانة في جميع أنواع الأوتاد يجب التأكد من خلوفراغ الوتد من أي مواد غريبة . ويجب أن يكون البحص والرمل المستعملان خاليين من الشوائب والأتربة والمواد الجيرية أو أي مواد أخرى تؤثر على جودة الخرسانة. ويمكن في أضيق الحدود، في حالة عدم الحصول على النوعية المطلوبة بسبب ظروف مكان العمل وغيرها، استعمال المواد المحلية المتاحة بعد اختبارها وعمل تصميم الخلطة المناسبة في أحد المعامل المعتمدة مع كتابة تقرير عن ذلك.

10-3/8/3 (ب-1) أوتاد ذات غلاف مسدود

1- تصب الخرسانة عادة من أعلى الوتد، ونظراً لوجود كعب "shoe " أسفل الغلاف فإن الصب يتم في وسط جاف تماماً، ولا يسمح بوجود مياه مرتفعة أكثر من 150 مم داخل الغلاف أو الماسورة (القسطل). وفي حالة وجود مياه أكثر من ذلك حتى 500 مم، يوقف الصب، وتتم مراقبة منسوب المياه. فإذا لم ترتفع خلال فترة 10 دقائق يتم نزح المياه من داخل الماسورة حتى ارتفاع 150 مم، ثم يسمح بالصب بعد زيادة نسبة الأسمنت في أول نصف متر مكعب من الخرسانة. أما إذا زاد ارتفاع المياه على 500 مم، فيجب سحب الوتد وإعادة دقه بعد ملء التجويف بالتربة المناسبة. ويجب أن تكون الخرسانة متجانسة وذات سيولة تسمح بتدفقها "flowing ". ذلك أن الخرسانة التي تميل إلى الجفاف " low slump" تؤدي إلى وجود تعشيش في جسم الوتد " honey comb "بالإضافة إلى احتمال حدوث تكهف "arching"، مما يؤدي إلى عدم انتظام في مقطع الوتد، أي ظاهرة الاختناق "necking ". وللتغلب على ذلك يستعمل الدق على الماسورة أثناء سحبها بضربات سريعة قصيرة، أو باستعمال هزاز داخلي أو خارجي. كما أن هذه المشاكل يمكن تجنبها إذا كانت الخرسانة ذات "slump " = 150 مم ± 25 مم.

ويجب ألا يقل ارتفاع الخرسانة داخل الماسورة عند بدء سحبها عن 4 م، أو ما يعادل الضغط الاستاتيكي للمياه الأرضية، أيهما أكبر لمنع الماء والتربة من الدخول في الماسورة، كما يجب زيادة الخرسانة أثناء السحب لتعويض سمك الماسورة.

إذا زاد طول الماسورة على 15 م يجب زيادة نسبة الأسمنت بمقدار 50 كغ في أول نصف متر مكعب من الخرسانة لضمان عدم حدوث أي انفصال، ولو جزئي.

10-3/8/3 (ب-2) أوتاد ذات غلاف مفتوح

1- وفي حالة الغلاف المفتوح يتم الصب من أعلى بوساطة مزراب " shoot " إذا كان الغلاف جافاً . أي أن منسوب المياه الأرضية أكثر عمقاً من كعب الوتد ، وتكون الخرسانة ذات " slump " (150 ± 25مم) . وفي أحوال الصب الصعبة، مثل وجود حديد كثيف أو أطوال أوتاد كبيرة أو أوتاد ذات ميول كبيرة، يجب استعمال خلطة خاصة تقل فيها كمية البحص الكبير، وتزيد بالتبعية كمية البحص الصغيروالرمل والأسمنت وذات هبوط مخروط " Slump": (175 ± 25 مم).

2- وفي حالة صب الخرسانة داخل الماء أو معلق البنتونيت يجب استعمال ماسورة قطرها نحو 150 مم ذات قمع في أعلاها "tremie pipe" ، وتكون نهاية الماسورة دائماً مغموسة في الخرسانة مسافة لا تقل عن 2 م لضمان عدم غسل الخرسانة بالماء الموجود داخل الغلاف . ويجب سحب المياه أو البنتونيت أثناء إزاحتها بالخرسانة بوساطة مضخة . ويفضل عدم هز الخرسانة حتى نتجنب حدوث سيولة "bleeding". وعند سحب الغلاف تكون الخرسانة دائماً أعلى كثيراً من أسفل الغلاف الذي يسحب بوساطة الشد المباشر أو الهز أو بوساطة " oscillator ". ويجب أن تكون الخرسانة ذات هبوط مخروط "Slump" يساوي (175 ± 25 مم).

10-3/8/3 (ب-3) أوتاد محفورة بوساطة بريمة Continuous flight auger

يتم صب الخرسانة بضخها بمضخة ذات ضغطٍ كافٍ يمكن التحكم فيه. ولضمان تدفق الخرسانة يجب أن تكون ذات هبوط مخروط "Slump" يساوي (175 ± 25 مم)، ويفضل إضافة مواد لتأخير التصلب الابتدائي "retarders" ومواد زيادة اللدونة "plasticizers". وقبل بدء الضخ ترتفع البريمة قليلاً 200-300 مم للسماح بطرد سدادة ماسورة البريمة.

10-4/8/3 الاحتياطات الواجب مراعاتها أثناء التنفيذ

10-4/8/3 (أ) عموميات

معظم أنواع الأوتاد معرضة بعض الشيء لحدوث تلف بها أثناء التنفيذ، على أنه باستعمال المعدات الحديثة وطرائق التنفيذ المناسبة يمكن تلافي هذا التلف أو تقليله. ويجب أن نشير إلى أن التنفيذ الجيد لا يعني عدم حدوث تلف للوتد فحسب، ولكن أيضاً يؤكد سلامة جسم الوتد وقدرته لتحمل الإجهادات الناتجة

أثناء التنفيذ. وفي بعض الأحيان يتطلب الأمر إجراء دراسات تربة على درجة عالية من الدقة والكفاءة لتفادي حدوث تلف للأوتاد أثناء تنفيذها.

10-4/8/3 (ب) أوتاد التثقيب

10-4/8/3 (ب-1) أوتاد تستعمل فيها ماسورة دائمة أو مؤقتة

تشمل مشاكل التنفيذ لهذا النوع من الأوتاد:

- احتمال فوران التربة الرملية عند قاع الحفر.
- وجود تربة سائبة أو متهايلة عند قاع الوتد.
- نقص في قطر الوتد "necking" .
- تداخل التربة مع خرسانة الوتد.
- وجود فجوات أو فصل كامل في جسم الوتد.

ففي حالة وجود تربة غير متماسكة القوام مثل التربة الرملية المخلخلة "loose sand" أو العضوية "organic" أو الطميية أو الغضارية، خصوصاً الموجودة تحت منسوب المياه، يجب استعمال غلاف "steel casing" لمنع تهايل جدران الحفرة أثناء التنفيذ. كما يمكن الاستعاضة عن ذلك في بعض الحالات باستعمال معلق البنتونيت، ولكن يجب العناية باختيار نوع عالي الجودة، وبالنسب التي تفي بالغرض حسب كل حالة. وعموماً من الأفضل إجراء اختبار حقلي لاختيار أنسب الطرائق.

وعند صب الخرسانة في حالة استعمال غلاف مؤقت يجب التأكد من بقاء سطح الخرسانة أعلى دائماً من نهاية الغلاف أثناء سحبه. ويجب عدم استعمال خرسانة قليلة المياه "low slump" لما لها من أضرار سبق الإشارة إليها في البند (10-3/8/3(هـ-2)). ويجب التأكد من عدم صب الخرسانة مباشرة في الحفرة. ففي حالة الحفرة الجافة يمكن استعمال ماسورة قصيرة مزودة بقمع، وتكون متمركزة مع قطر الحفرة. أما في حالة وجود معلق البنتونيت فتصب الخرسانة باستعمال ماسورة طويلة مزودة بقمع قطرها 150مليم "tremie pipe" وتكون الماسورة دائماً مغموسة داخل الخرسانة لمسافة لا تقل عن 2.0م.

ويجب تكملة الصب بهذه الطريقة حتى تملأ الخرسانة الحفرة بالكامل ، طاردة معلق البنتونيت أو معلق الأسمنت أو أي مواد أخرى عالقة.

10-4/8/3 (ب-2) أوتاد الحفر البريمي المستمر Continuous flight auger

1- يمكن أن تؤدي عدم دقة التنفيذ لهذا النوع من الأوتاد إلى وجود مقطع طولي غير منتظم. ويأخذ ذلك عدة صور:

أ - وجود فجوات في المقطع الخرساني يمكن أن تملأ بالتربة.

ب- نقص في مقطع الوتد (اختناق "necking").

ت- حدوث فصل كامل في جسم الوتد.

2- قبل التنفيذ يجب التأكد من عدم وجود عوائق تحت الأرض، مثل الأساسات القديمة أو الحجارة الكبيرة أو التكوينات الصخرية غير المستمرة. يبدأ الحفر بدوران البريمة في اتجاه عقرب الساعة. ويجب أن يوقف الدوران عند الوصول إلى طبقة التأسيس لتفادي السحب الزائد للتربة لما له من تأثير ضار سواء على الوتد المنفذ أو على الأوتاد المجاورة. وقبل البدء بضخ الخرسانة ترفع البريمة نحو 300 مم للسماح بفتح السدادة واندفاع الخرسانة. ويستمر الضخ دون سحب حتى يزداد الضغط أسفل البريمة. ويفضل أن تنزل إلى موضعها الأول قبل السحب. وعند سحب البريمة أثناء ضخ الخرسانة أو المونة، يجب أن يكون معدل الضخ أكبر من السحب لتفادي حدوث انفصال في جسم الوتد أو نقص في مقطعه. ويجب ألا يتوقف الضخ أثناء السحب. وفي حالة حدوث ذلك يوقف السحب فوراً. وعند استئناف الضخ مرة أخرى يجب أن تنزل البريمة مسافة 200 - 300 مم قبل بدء السحب الذي يجب أن يكون بطريقة متصلة سلسة "smooth continuous" وفي اتجاه عقرب الساعة. ولا يسمح بالدوران العكسي أثناء الضخ.

3- ويراعى قياس الضغط بوساطة أجهزة، توضع أعلى البريمة، ويمكن قراءتها على مؤشر أمام عامل تشغيل الآلة (الماكينة) حتى يمكنه التحكم في معدل سحب البريمة. وتزود بعض الأجهزة بتوصيلات لتسجيل العمق أثناء الحفر أو السحب، كما يمكن إخراج هذه النتائج مطبوعة بوساطة "printer" حتى يمكن الرجوع إليها عند الحاجة.

4- ويجب أن يكون ضغط الضخ أكبر من الضغوط الجانبية للتربة. على أنه يجب خفض الضغط إلى أقل درجة في حالة التربة الغضارية الضعيفة جداً ($q_u<25\ kN/m^2$) لتفادي فقد الخرسانة أو التأثير الضار على الأوتاد المجاورة التي لم تتصلب خرسانتها بعد. ولذلك يفضل ألا تقل المسافة بين وتدين متتاليين أثناء التنفيذ عن 5 مرات القطر. ويجب أن تكون كمية الخرسانة المضخوخة أكبر من المكعب النظري للوتد بنحو 10 - 15 % . على أنه إذا زادت الكمية كثيراً عن ذلك يجب بحث هذا الأمر ومعرفة الأسباب قبل البدء في التنفيذ مرة أخرى. كما يجب ملاحظة الوتد الذي انتهي تنفيذه ولم تتصلب خرسانته بعد، حيث انه في بعض الحالات يحدث اتصال بين هذا الوتد والوتد الجاري تنفيذه، الأمر الذي يسبب فقداً لخرسانة ذلك الوتد، ولذلك يوقف التنفيذ فوراً لفترة ½ - 1 ساعة لإعطاء وقت للخرسانة في الوتد السابق كي تتماسك مع ملاحظته جيداً أثناء التنفيذ. وإذا استمر الهبوط بعد ذلك يجب تفريغ هذا الوتد وإعادة تنفيذه مرة أخرى.

5- تقاس كمية الخرسانة المضخوخة بإحدى الطريقتين الآتيتين:

أ - معايرة المضخة (م3/ الضخة الواحدة)، ومنه يحدد معدل سحب البريمة بعد الأخذ في الحسبان معامل أمان كاف حسب نوع التربة.

ب- وساطة أجهزة توضع أعلى البريمة، وتقيس كمية الخرسانة بطريقة إلكترونية، ويسجل ذلك على المؤشر الموضوع أمام عامل الماكينة. وكما في قياس الضغط يمكن طبع نتائج كمية الخرسانة أثناء السحب.

6- وبعد إتمام عملية الضخ وسحب البريمة يبدأ إنزال القفص الحديدي الذي يجب أن يكون مستقيماً تماماً أثناء إنزاله، وذلك بتقويته بعمل أطواق قطر 16 مم على مسافات 1.0 - 1.25 م ملحومة مع الحديد الرئيسي، كما تلحم الكانات. ويفضل وضع تخانات "spacers" لضمان تمركز القفص مع جسم الوتد ويجب ألا يقل الغطاء الخرساني عن 70 مم.

10-3/8/4 (ج) بعض المشاكل العامة التي تصاحب التنفيذ

10-3/8/4 (ج-1) العوائق الأرضية *Subsurface obstructions*

1- تأخذ العوائق تحت سطح الأرض أشكالاً عديدة مثل الأساسات القديمة والأحجار الكبيرة "boulders" والعدسات الصخرية "rock lenses" . وعموماً يسبب وجود هذه العوائق مشاكل أثناء تنفيذ كل أنواع الأوتاد دون استثناء. وبالرغم من أهمية أبحاث التربة قبل بدء التنفيذ إلا أنها في بعض الأحيان لا يمكنها تحديد نوع وحجم العائق ومدى انتشاره.

2- ففي حالة وجود هذه العوائق على أعماق قريبة من سطح الأرض (1-2 م)، يمكن التخلص منها بالحفر اليدوي أو الميكانيكي "pre – excavation" مع الأخذ في الحسبان احتمال وجود المياه. وإذا كانت العوائق على أعماق أكبر من ذلك (3-5 م) فإنه يمكن التعامل معها بالحفر المسبق "predrilling"أو بتفتيتها "percussion" كما أنه يمكن اختراقها أثناء التنفيذ بالدق أو بالتثقيب إذا سمحت درجة تصلدها بذلك. وفي بعض الأحيان يمكن إزاحة العائق جانبيا أثناء التنفيذ، على أنه في هذه الحالة يجب الأخذ في الحسبان احتمال إتلاف أجسام الأوتاد المنفذة دون غلاف والتي لم تتصلد بعد بدرجة كافية. أما في حالة تنفيذ الأوتاد بغلاف خارجي فإنه يمكن فحص الغلاف من الداخل لتقدير صلاحيته قبل صب الخرسانة.

3- وعند وجود هذه العوائق على أعماق كبيرة (أكبر من 10 م) يمكن التخلص منها بالحفر المسبق باختيار نوع المعدات المناسبة لنوع العائق. ففي حالة الأحجام الكبيرة يكون الحفر بالكلاّب (الكباش) مناسباً أكثر. كما يمكن في بعض الأحيان دق ماسورة مفتوحة في نهايتها لاحتواء العائق ثم تفرغ بعد ذلك. وإذا كانت هناك تكوينات صخرية فإن الحفر بالبريمة باستعمال حوافر كاربورندم "carborundum bits" يمكن أن يؤدي إلى نتائج أفضل. وفي بعض الحالات المستعصية تكون إزاحة العائق أو تفتيته بالتفجير المحدود "controlled blasting"، إذا سمحت الظروف بذلك، وعند الوصول إلى هذه المرحلة من صعوبة التخلص من العائق، قد يكون من الأفضل اقتصادياً تغيير أماكن الأوتاد.

10-3/8/4 (ج-2) ارتفاع أرض الموقع *Ground heave*

1- تظهر هذه المشكلة عند تنفيذ أوتاد في تربة لا تنضغط بسهولة مثل التربة الغضارية المتماسكة المشبعة بالمياه، أو التربة الرملية الكثيفة. وينتج عن هذه الظاهرة تولد ضغوط شديدة في التربة تؤدي إلى:

أ – تحرك الأوتاد إلى أعلى، الأمر الذي يكون له تأثير سلبي، على حمل التشغيل، خصوصاً إذا كانت أوتاد ارتكاز. كما يمكن أن يؤدي ذلك إلي حدوث فصل أو اختناق للأوتاد، وعلى الأخص تلك التي دون غلاف أو تسليح مستمر.

ب– تحرّك إلى أعلى في الطبقة الحاملة، ويحدث ذلك لأوتاد الإزاحة الممتدة حتى الصخر غير السليم أو الرمل الشديد الكثافة. وهذا النوع من حركة التربة إلى أعلى لا يسبب عادة أضراراً للأوتاد.

2– ويمكن التحقق من هذه الظاهرة برصد الأوتاد التي انتهي تنفيذها أثناء تنفيذ الوتد المجاور لها. ويمكن معالجة تلك الأوتاد بإعادة دقها إلى مكانها الأصلي، وذلك في حالة أوتاد الارتكاز، وإلى أعمق من ذلك في حالة أوتاد الاحتكاك.

3– ويمكن منع أو تقليل حدوث هذه الظاهرة باتباع الطرائق الآتية:

أ – يجب أن يكون تتابع الدق من الداخل إلى الخارج كما يمكن أيضاً زيادة المسافات بين الأوتاد.

ب– عمل حفر مسبق "pre-drilling, pre-excavation" للوتد قبل تنفيذه. وفي هذه الحالة إما أن تترك الحفرة دون ردم أو تردم بتربة قابلة للانضغاط. ويفضل أن ينتهي الدق أسفل منسوب الحفر إذا أمكن. وفي بعض حالات التربة الشديدة التماسك يبدأ التنفيذ بالحفر على مسافات متساوية في الاتجاهين ثم تدق الأوتاد بعد خلخلة الأرض وتقليل كثافتها.

10-3/8/4 (ج-3) رص (دمك) التربة *Ground compaction*

أثناء تتالي عملية الدق ينضغط معظم التربة الحبيبية، وتزيد كثافتها كثيراً عن الكثافة الابتدائية. ويظهر ذلك عند تنفيذ كل أوتاد الإزاحة بما في ذلك الأوتاد التي تستعمل فيها مواسير مفتوحة في نهايتها، إذ تتكون سدادة سواء داخل الماسورة أو في نهاية المقطع الحديدي حول العصب. وبالرغم من أن زيادة كثافة التربة تعدّ تحسيناً لخواصها، وبالتالي تزيد من معامل أمان الأوتاد إلا أنه من ناحية أخرى يمكن أن يؤدي دمك التربة وزيادة تكثيفها إلى انحرافات في مسار الأوتاد أثناء تنفيذها، كما ينتج تفاوتاً كبيراً في أطوال الأوتاد مع احتمال عدم وصولها إلى الطبقة الحاملة. ويمكن التغلب على هذه الظاهرة باتباع التوصيات ذاتها التي ذكرت في المشكلة السابقة الخاصة بارتفاع أرض الموقع.

10-3/8/4 (ج-4) انحراف الوتد أثناء التنفيذ *misalignment*

1– يقصد بذلك انحراف الوتد عن المحور التصميمي. ويكون ذلك إما بميل محور الوتد بالكامل مع بقائه مستقيماً، أو بانحراف جزء منه عن الخط الواصل بين رأس الوتد ونهايته ويأخذ في هذه الحالة مساراً على شكل قوس.

2– والأسباب التي تؤدي إلى هذه المشكلة كثيرة، نذكر منها:

أ – وجود عيب فني في الآلة مثل عدم استقامة قائم الآلة "mast" أو تحركه أثناء التنفيذ.

ب– ميل في الماسورة أو وجود تعرجات في سطحها الخارجي، مما يؤدي إلى صعوبة في ضبط الرأسية.

ت- وجود عوائق أرضية "subsurface obstructions" أو تربة صعبة.

ث- قابلية الوتد أو الماسورة للإنحناء بسبب صغر المقطع بالنسبة للطول، أو قلة سمك جدار الماسورة.

3- ولتفادى حدوث هذه الظاهرة يجب أن يكون سطح الأرض الذي تقف عليه الآلة صلباً ومستوياً. وأن تكون الآلة على درجة عالية من الصلادة (الجساءة) والاستقامة، وأن يعتنى باتصال كل من الماسورة والشاكوش مع برج الآلة، فلا يسمح لهما بالحركة الجانبية إلا في أضيق الحدود. كما يجب أن يكون الشاكوش متمركزاً مع الماسورة أثناء الدق.

4- وفي حالة عمل وصلات يجب التأكد من أن الوصلة قادرة على مقاومة الانحناءات أثناء التنفيذ، وأن تكون متمركزة وعلى نفس المحور مع الوتد. وعموما فإن شدة الدق، لوجود عوائق مثلاً، هي أحد الأسباب الرئيسية لانحراف الوتد. ويمكن تفادي ذلك بالحفر المسبق. وعند تنفيذ أوتاد بالتثقيب في أرض جافة ودون استعمال محلول البنتونيت يمكن التأكد من الشاقولية قبل صب الخرسانة. كما أن قياس الشاقولية بعد انتهاء الدق لجزء من الوتد أو الماسورة لا يمكن أن يعطي صورة مؤكدة عن مقدار الانحراف. وتؤخذ قياسات الشاقولية على كل من البرج والماسورة مرتين على الأقل أثناء التنفيذ بوساطة ميزان لا يقل طوله عن 400 مم.

5- وعموما فإن قدرة الأوتاد السابقة الصب أكثر تأثراً من الأوتاد المصبوبة في مكانها من ظاهرة ميل الأوتاد. وعند حدوث انحرافات في الأوتاد فإن نهاياتها تتقارب أو تتباعد. ويؤدي تقاربها إلى تزايد الإجهادات على طبقة الارتكاز.

6- ويجب تسليح الجزء العلوي من الأوتاد لمسافة مناسبة ذلك أن هذا الجزء يكون أكثر الأجزاء تعرضا لجهود الانحناء الناتجة عن الانحراف، كما أنه أقل الأجزاء سنداً بالتربة. وإذا كانت المنطقة معرضة للزلازل، يجب تسليح كامل طول الوتد.

10-3/8/4 (ج-5) انزياح الأوتاد أثناء التنفيذ (انحراف مقدمة الوتد)

يجب العناية بتوقيع أماكن الأوتاد، وذلك باستعمال أجهزة مساحية حساسة، و يراعى معايرتها من حين لآخر. كما يجب إجراء الاختبارات بالموقع للتأكد من عدم وجود أي خطأ فيها. كما يجب أن تكون أركان الموقع والنقط الثابتة موقعة في أماكن بعيداً عن سير المعدات ويسهل الرجوع إليها. وعند البدء في الدق أوالحفر يجب ملاحظة تنفيذ الأمتار إلخمسة الأولى حتى لا يأخذ الوتد مساراً مخالفا لمساره الأصلي بسبب وجود عوائق أرضية أو وجود طبقات متحجرة مائلة... إلخ. ويمكن تصحيح موقع الوتد بشده أو دفعه إلى موقعه الأصلي إذا كانت مسافة انزياح الوتد صغيرة. ومن العوامل التي تؤخذ في الحسبان في هذه الحالة نوع التربة، وطول الجزء الحر من الوتد، وأماكن تثبيت الوتد في قائم الآلة.

10-3/8/4 (ج-6) التنفيذ في تربة ضعيفة

1- يشمل ذلك التربة العضوية "organic" ، أو الغضارية الضعيفة جداً، أو التربة الرملية السائبة (المخلخلة) خصوصاً إذا كانت تحت الماء. وتسبب هذه الأنواع من التربة مشاكل عديدة أثناء التنفيذ، مثل فقد كميات كبيرة من الخرسانة أو احتمال حدوث اختناق في جسم الوتد "necking" أو فصل كامل. وفي هذه الحالة يفضل استعمال ماسورة دائمة.

2- وفي حالة عدم استعمال ماسورة دائمة يجب ترك مسافة أثناء التنفيذ لا تقل عن 5 مرات قطر الوتد. كما يجب التأكد من وجود الخرسانة دائماً داخل الماسورة أثناء سحبها. وعند استعمال أوتاد الحفر البريمي المستمر يجب عدم زيادة ضغط الضخ عن 25 - 30 كيلونيوتن/ م 2 (0.25 – 0.30 كغ/سم2) عند أعلى البريمة حتى لا تؤدي زيادة الضغط إلى انهيار التربة المحيطة وفقد الخرسانة. وعموما يجب تسليح الوتد في المناطق التي بها هذه التربة.

10-3/9 اختبارات الأوتاد

10-3/9/1 اختبارات تحميل الأوتاد

10-3/9/1(أ) عموميات

تجرى تجارب تحميل الأوتاد لمعرفة تجاوب الوتد مع الأحمال المؤثرة عليه، وبالتالي يمكن مقارنة ذلك بالفروض التصميمية ومعرفة مدى سلامة التنفيذ. و تعدّ تجارب التحميل هي الأساس في تعيين قدرة تحمل الوتد. ويتركز الشرح اللاحق على المواضيع الآتية:

1- نوع تجارب التحميل من حيث إجراؤها قبل أو أثناء أو بعد الانتهاء من التنفيذ.

2- تجهيز التجربة، ويشمل الوتد والأرض المحيطة به، وطريقة تأثير الأحمال على الوتد.

3- إجراء التجربة، ويشمل قياس الهبوط والحمل وتدوين النتائج.

4- استخلاص البيانات المطلوبة من نتائج التجربة.

10-3/9/1(ب) نوع تجارب التحميل

10-3/9/1(ب -1) تجارب قبل التعاقد *Pre-contract tests*

يجرى هذا النوع من التجارب قبل تنفيذ الأوتاد العاملة على أوتاد تنفذ خصيصاً بهدف تأكيد فروض التصميم. ولهذا تستمر إضافة الأحمال حتى حمل الانهيار، كلما أمكن ذلك. ويمكن تجهيز الأوتاد بأجهزة إضافية لإمكان قياس الجزء من الحمل المأخوذ بالاحتكاك والآخر المأخوذ بالارتكاز. ويمكن إجراء هذه التجارب لاختيار أنسب الأنظمة المستعملة ويكون ذلك قبل إسناد الأعمال أو التعاقد. ويجرى هذا النوع من التجارب في المشاريع الكبيرة أو في الأراضي الصعبة، وتجرى عادة أكثر من تجربة.

10-3/9/1(ب-2) تجارب أولية *Preliminary tests*

تجرى هذه التجارب داخل إطار التعاقد، وقبل تنفيذ الأوتاد العاملة. ومنها يمكن استنتاج معاملات التربة "soil parameters " من واقع سلوك الوتد أثناء التحميل. كما تحدد هذه التجارب على وجه إلخصوص هبوط الوتد تحت الأحمال المطلوبة وبذلك يمكن تعيين الهبوط المسموح به للأوتاد العاملة ومقدار السماح في هذه القيم.

وعادة تجرى أكثر من تجربة حتى يمكن مقارنة نتائجها بالتجارب على الأوتاد العاملة. وفي حالة عدم إجراء تجارب قبل التعاقد "Pre-contract tests" من المفيد زيادة الأحمال حتى حمل الانهيار حتى يمكن تحديد معامل الأمان بدقة. وعموماً فإن هذا النوع من التجارب يجرى في المشاريع الكبيرة. ويتوقف ما إذا كان المشروع كبيراً أو صغيراً على درجة أهميته وتكلفته وحساسيته للهبوط بالنسبة للغرض من استعماله وقيم أحماله. ويخضع كل ذلك لتقدير المهندس الاستشاري.

10-3/9/1 (ب-3) تجارب على الأوتادالعاملة *Contract piles' tests*

1- تجرى هذه التجارب في جميع المشاريع الكبيرة والصغيرة. وتعطي نتائجها المؤشر والضمان لسلامة التصميم والتنفيذ. وفي هذه الحالة لا تحمل أوتادالتجارب حتى حمل الانهيار، وإنما حتى أحمال تزيد على الحمل التصميمي من 50 %- 100 %. وبمكن اختيار وتد أو أوتاد التجارب أثناء أو بعد الانتهاء من التنفيذ. ولا يقل عدد تجارب التحميل عن تجربة واحدة لكل 200 وتد، وبحيث لا تقل في الموقع الواحد عن تجربة، فيما عدا أوتاد ستراوس التي يجب ألا تقل عن تجربة لكل 100 وتد، وبحيث لا يقل العدد عن تجربتين لكل موقع، مع مراعاة ما ذكر بالنسبة للأوتاد المفرد ة (الفقرة (10-3/7/8)).

2- ويمكن إجراء التجربة على وتد واحد في حالة أوتاد الارتكاز. أما في حالة أوتاد الاحتكاك فتجرى التجربة على مجموعة من وتدين أو أكثر.

10-3/9/1 (ج) تجهيز التجربة

يشمل تجهيز التجربة الآتي:

1- تجهيز الوتد.

2- تجهيز الأرض المحيطة بالوتد.

3- تجهيز وسيلة رد الفعل.

4- تجهيز وسيلة نقل الأحمال.

5- تجهيز وسيلة قراءة الهبوط.

10-3/9/1 (ج- 1) تجهيز الوتد المصبوب في المكان

يحفر حول الوتد حتى يظهر منه نحو 0.5 – 1.0 م. ويتم تكسير الجزء العلوي منه حتى تظهر الخرسانة الصلدة وحديد التقفيصة. ويجب ألا يقل مقدار التكسير عن 500 مم. وينظف أعلى الوتد وحوله قبل عمل وسادة التحميل، ويدخل الوتد داخل القبعة (الوسادة) مسافة نحو 100 مم. ويكون سطحه مستوياً إلى حد ما. كما يجب أن تكون القبعة (الوسادة) متمركزة مع الوتد تماماً. وفي حالة إجراء التجربة على مجموعة من الأوتاد، يجب أن تكون القبعة (الوسادة) متمركزة مع مركز ثقل المجموعة. وعادة تسلح القبعة (الوسادة) لضمان نقل الأحمال إلى الوتد بانتظام. ويجب العناية التامة بسطح القبعة (الوسادة) العلوي الذي يجب أن يكون مستوياً وأفقياً وليس به أي بروزات أو نتوءات. ويمكن أن يثبت به أسياخ في أركانه الأربعة بقطر لا يقل عن 13 مم تستعمل في ربط عدادات الهبوط اللازمة لقياس الهبوط. ويجب تجنب سير المعدات على القبعة (الوسادة) مده تسمح بتصلد الخرسانة، وتفك الشدة بعد ذلك. ويجب الحفر حول وأسفل القبعة (الوسادة) حتى تمنع انتقال أي جزء من الحمل إلى التربة المحيطة.

10-3/9/1(ج-2) تجهيز الأرض المحيطة بالوتد

يجب إخلاء الأرض المحيطة بالوتد من العوائق الظاهرة فوق سطح الأرض، ويجب أن تكون الأرض متماسكة بدرجة كافية حتى لا تهبط الركائز الحاملة للمنصة (الطبلية "platform") الموضوع فوقها الحمل عندما يكون رد الفعل بوساطة الأحمال "kentledge". وفي حالة عمل فرشة خرسانية أسفل الركائز يجب التأكد التام من عدم اتصالها بالكمرات الحاملة لأجهزة الرصد "reference beams" . وعندما تكون هناك عوائق لا يمكن إزالتها، مثل سور أو أرض مجاورة أو أي منشأت على الرصيف للخدمات العامة، يمكن اللجوء إلى استعمال رد الفعل بوساطة أوتاد شد أو شدادات "tension piles anchors" إذ إنها تحتاج إلى حيز أقل، وإلا فيتم اختيار وتد آخر. كما يفضل أن يكون مستوى الأرض متقارباً مع مستوى القبعة (الوسادة) ذلك أن انخفاض مستوى القبعة (الوسادة) يؤدي إلى صعوبة في رصد القراءات، وارتفاعها يؤدي إلى صعوبة في تجهيز الجوائز (الكمرات) الحاملة أو رص الأحمال.

10-3/9/1 (ج-3) تجهيز وسيلة رد الفعل

هناك طريقتان لرد الفعل:

- رد الفعل بوساطة الأحمال.
- رد الفعل بوساطة أوتاد الشد أو الشدادات.

10-3/9/1 (ج-1/3) رد الفعل بوساطة الأحمال (الأثقال) Kentledge

يتكون الحمل عادة من مكعبات خرسانية أو حديدية أو أكياس (شكاير) رمل. وترتكز هذه الأحمال على طبلية (منصة) مكونة من كمرة رئيسية أو أكثر "main beam (s)" ، يرتكز فوقها جوائز عرضية "cross beams"، ثم يرص فوقها جوائز ثانوية "sleepers". ويمكن أن تغطي المسافة بينها بألواح خشبية، إذا لزم الأمر، قبل وضع الأحمال. ويجب التأكد ألا تنتقل الأحمال مباشرة إلى الوتد أثناء رصها. لذلك يجب العناية التامة بالركائز الموضوعة على الأرض، والتي ترتكز فوقها الجوائز الرئيسية

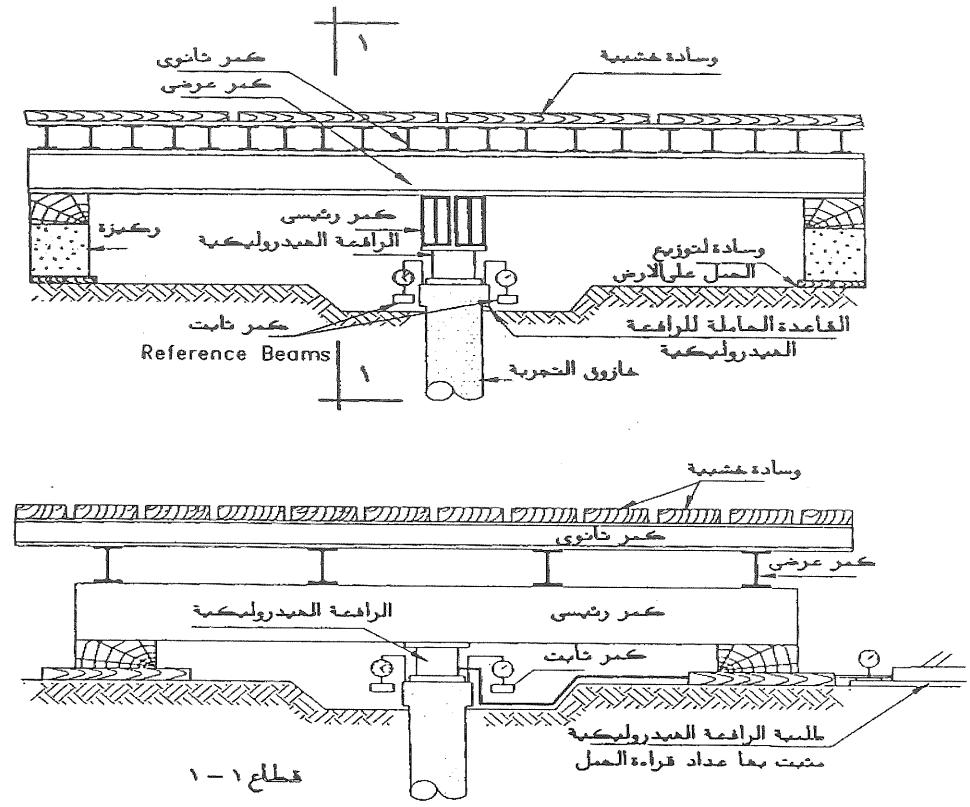
والعرضية. كما يجب ملاحظة أي هبوط في هذه الركائز (المساند) حتى لا تلامس الجوائز الرئيسية الرافعة الهيدروليكية "hydraulic jack" . كذلك يجب أن تكون الركائز وفوقها المنصة (الطبلية) في مستوى أفقي قبل وضع الأحمال. ويجب ملاحظتها جيداً أثناء رص الأحمال. وإذا لوحظ وجود ميل فيجب إيقاف الرص ومعالجته، وإلا يتم إنزال الأحمال وتقوية أسفل الركائز التي هبطت. ويوضح الشكل (10-27) طريقة إعداد الجوائز (الكمرات) والركائز (المساند). وعادة تكون الأحمال الموضوعة ذات وزن أكثر من الحمل الأقصى للتجربة بنحو 25 %. وعند وضع الرافعة الهيدروليكية فوق قاعدة الوتد، يجب التأكد من تمركزها مع القاعدة، والتي بدورها تكون متمركزه على الوتد. ولضمان توزيع رد الفعل على القاعدة، يجب وضع شريحة حديدية "steel plate" بسمك لا يقل عن 30 مم تحت الرافعة تكون مساحتها ضعف مساحة قاعدة الرافعة. كما يفضل وضع شريحة أخرى أعلى الرافعة، خصوصاً في حالة وجود أكثر من كمرة (جائز) رئيسية واحدة.

10-3/9/1(ج-2/3) رد الفعل بوساطة أوتاد الشد أو الشدادات Tension piles anchors

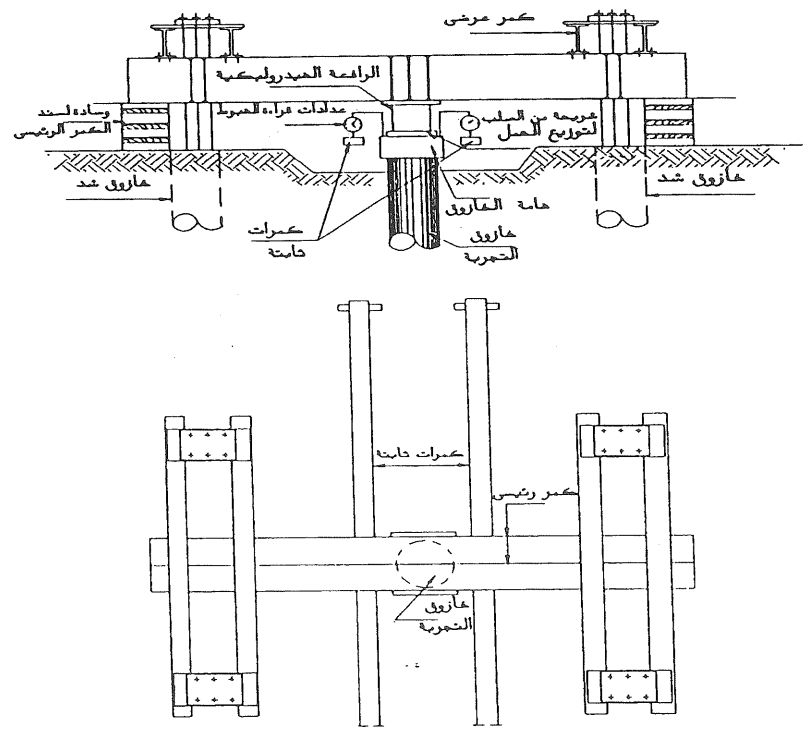
1- تنفذ أوتاد شد خصيصًا لأخذ رد الفعل المناظر لحمل التجربة. ويجب عدم استعمال الأوتاد العاملة لهذا الغرض. ولضمان اتزان مجموعة الكمرات ينفذ عادة أربعة أوتاد شد كل اثنين منهما على جانبي وتد التجربة. وتتكون مجموعة نقل الحمل من جائز (أو جائزين) رئيسي "main beam" وجائزين عرضيين "cross beams" ، يثبت في طرفيهما الأسياخ المتصلة بحديد تسليح أوتاد الشد. ويأخذ التثبيت أشكالاً وطرائق مختلفة، مثل التثبيت باللحام أو العزقات "lock nuts" أو الخوابير-cone" shaped wedge".

2- ويوضح الشكل (10-28) طريقة وضع الجوائز في تجربة تحميل، بحمل رأسي ضاغط باستعمال أوتاد شد. أما الشكلان (10-29 أ، ب) فيوضحان الأبعاد المطلوب الالتزام بهـا عند تجهيز تجارب التحميل. ويجب التأكد من المسافات الموضحة في الشكل (10-29 ب) كي لا يحدث تأثير من التربة المحيطة بأوتاد الشد على نتائج التجربة مع ملاحظة متابعة حركة أوتاد الشد إلى أعلى أثناء إجراء التجربة.

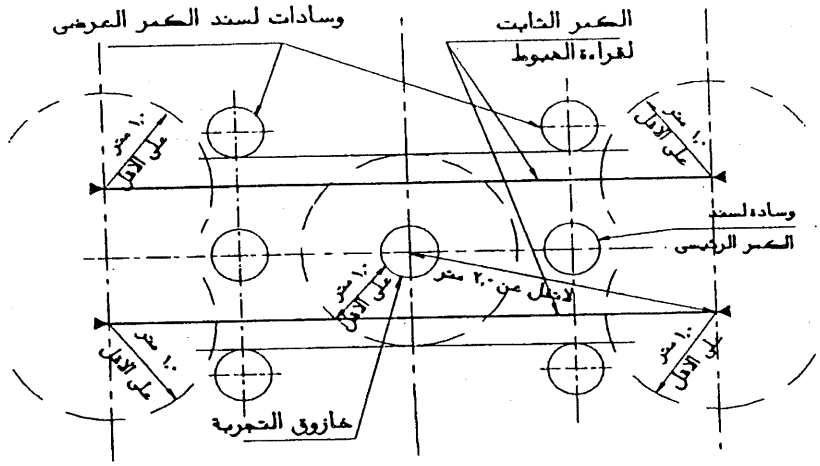
3- ويجب تسليح وتد الشد بكامل الطول. وتحدد المسافات بين الأسياخ حسب طريقة التثبيت المستعملة. ويفضل عدم اللحام أو وصل الصلب العالي المقاومة. ويمكن استعمال شدادات أرضية في حالة وجود طبقة من الصخر أو الرمال الكثيفة على أعماق قريبة نسبياً (30 م). وتوضع أربعة شدادات، كل اثنين عند نهاية الجائز الرئيسي، وتثبت أسلاك الشدادات في الجائز العرضي بوساطة خوابير أو أي طريقة أخرى مناسبة تضمن عدم انزلاق الجوائز العرضية بالنسبة للأسلاك. ويتبع عند تنفيذ الشدادات الملاحظات ذاتها الخاصة بالأبعاد المذكورة في أوتاد الشد (الشكل (10-29 ب)).



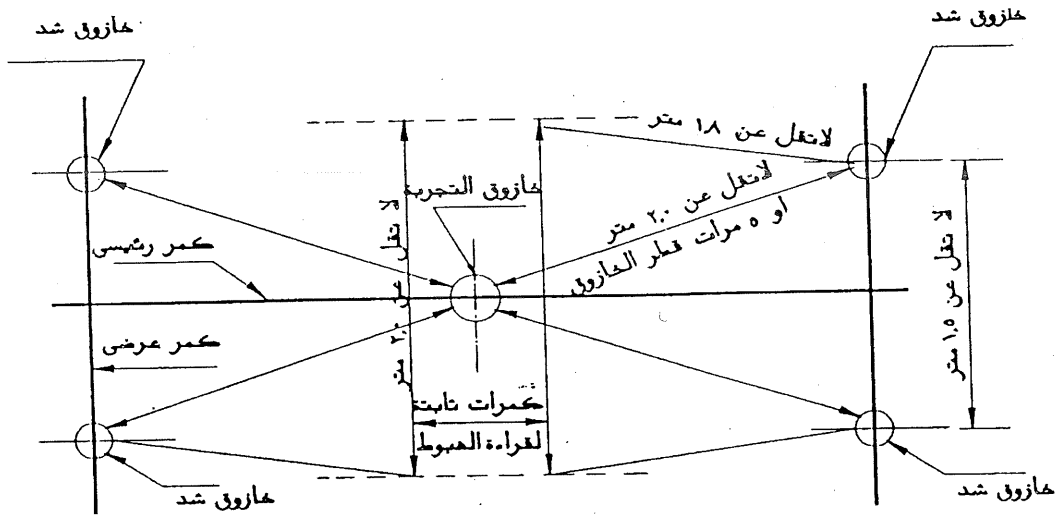
الشكل (10–27): تجربة اختبار حمل رأسي ضاغط على وتد مفرد



الشكل (10–28): تجربة اختبار حمل رأسي ضاغط باستعمال أوتاد شد



الشكل (10–29 أ): الأبعاد المطلوب الالتزام بها عند تجهيز تجربة حمل ضاغط باستعمال الأحمال الثابتة (Kentledge)



الشكل (10–29 ب): الأبعاد المطلوب الالتزام بها عند تجهيز تجربة حمل ضاغط باستعمال أوتاد شد

10–3/9/1 (ج–4) تجهيز وسيلة نقل الأحمال

1– تنقل الأحمال المذكورة في البند 10–3/9/1 (ج–3) إلى الوتد بوساطة رافعة هيدروليكية ذات سعة أكبر من حمل التجربة بمقدار 25 % على الأقل. كما يكون شوط (مشوار) مكبس الرافعة أكبر من 10 % قطر الوتد المختبر. يضاف إلى ذلك 25 مم على الأقل نتيجة تقوس الجوائز الحاملة أو استطالة

أسياخ أو أسلاك الشد. وتوضع متمركزة تماماً مع الوتد وقاعدته، وكذلك مع الجائز الرئيسي. ويجب وضع شريحة حديدية "steel plate" أسفل قاعدة الرافعة بمساحة ضعف مساحة قاعدة الرافعة، وبسمك لا يقل عن 30 مم. كما يفضل وضع شريحة أخرى أعلى الرافعة عند التقائها بالجائز الرئيسي.

2- ويجب التأكد من ترك مسافة كافية بين قاعدة الوتد وأسفل الجائز الرئيسي لتسمح بوضع الرافعة والشرائح الحديدية آخذين في الحسبان الترييح الممكن حدوثه للدعامات (الركائز) المتمركزة فوقها مجموعة الجوائز. وتوصل الرافعة بخرطوم (خراطيم في حالة double acting) إلي المضخة المثبت بها عداد الضغط أو الحمل. وعند تحويل الضغوط إلى أحمال يجب التأكد من مساحة المكبس الداخلية حسب نشرة (كتالوج) الشركة المصنعة، مع إجراء معايرة لبيان الأحمال المناظرة للضغوط في العداد. ويجب أن تكون معايرة عداد الضغط صالحة وقت إجراء التجربة. وتحدد صلاحية المعايرة وفقا لما يلي:

أ - تاريخ المعايرة لا يزيد عن ثلاثة أشهر من وقت إجراء التجربة.

ب- إذا حدث أي تغير في مكونات الرافعة.

ت- إذا رأي المشرف ما يستدعي إجراء معايرة جديدة.

3- وتكون دقة عداد الضغط في حدود ± 2 % ويجب أن يكون خزان المضخة (الطلمبة) مملوءاً بالزيت، كما يجب وجود كميات أخرى إضافية من الزيت لتعويض المسافة التي ارتفعها المكبس.

4- ويمكن استعمال جهاز أحمال عياري "calibrated load cell column" يوضع فوق الرافعة. وفي هذه الحالة يستغنى عن عداد الضغط المثبت في المضخة. ولكن يجب الأخذ في الحسبان ارتفاع الجهاز عند تقدير المسافة بين قاعدة الوتد وأسفل الجائز الرئيسي.

5- ويمكن تزويد الرافعة بجهاز لتثبيت الحمل يعمل أوتوماتيكيا. ويستفاد من هذا الجهاز عند تثبيت الحمل لفترات طويلة، أو عند حدوث تغير كبير في درجات الحرارة.

10-3/9/1 (ج-5) تجهيز وسيلة قراءة الهبوط

1- تتكون مجموعة قراءة الهبوط من جائزين من الحديد بمقطع مجراية (U) أو صندوق عمق 100 - 150 مم. ويوضع كل جائز على أحد جانبي قاعدة الوتد. وترتكز الجوائز في نهاياتها على أسياخ مدقوقة في الأرض بعمق 1.0 م على الأقل، أو تثبّت النهايات بالخرسانة. ويجب أن يكون كل جائز حر الحركة عند إحدى نهايتيه ليسمح بالتمدد والانكماش نتيجة تغيّر درجات الحرارة أثناء التجربة. ويجب ألا تقل المسافة بين نقط الارتكاز هذه ومركز الوتد المختبر عن 2 م بأي حال من الأحوال. وتزيد هذه المسافة في حالة الأوتاد ذوات القطر الأكبر من 1 م. ويجب التأكد من عدم وجود أي اتصال بين نقاط ارتكاز الجوائز وكل من قاعدة الوتد والدعامات المرتكز فوقها مجموعة جوائز نقل الأحمال. يوضح الشكل (10-29) وضع الجائزين بالنسبة للوتد والدعامات.

2- ويقاس الهبوط عادة بإحدى الطرائق الآتية:

أ - عدادات هبوط.

ب- ميزان رصد.

3- وتوجد طرائق أخرى أقل شيوعا مثل السلك المشدود على مقياس والطرائق الضوئية.

10-3-9/1 (ج- 1/5) عدادات الهبوط

1- تثبت عادة أربعة عدادات على مسافات متساوية إما على الكمرات أو على قاعدة الوتد. ويجب أن تكون العدادات في وضع رأسي ومثبتة تماماً حتى لا تنزلق أو تهتز، الأمر الذي يؤثر على قيم الهبوط المسجلة. ويجب أن يكون السطح المرتكز عليه نهاية ساق العداد نظيفاً ومستوياً وخالياً من أي شوائب أو صدأ... إلخ. كما يجب التأكيد على عدم استعمال الشريحة الحديدية أسفل الرافعة لتثبيت أو ارتكاز العدادات، وعادة تكون حساسية القراءات 0.01 مم. كما يفضل أن يكون شوط (مشوار) ساق العداد 50 مم، ولا يقل بأي حال من الأحوال عن 25 مم.

2- ويجب العناية بالعدادات بعد الانتهاء من التجربة والتأكد من حرية حركة الساق، وذلك بمسحها بالقماش الجاف، وعدم استعمال أي سوائل مثل الماء أو البنزين أو الزيت.... إلخ في تنظيفها.

3- ويجب ملاحظة أي تغيير في معدل الهبوط بين العدادات لأن ذلك قد يكون مؤشراً على حدوث انحناء في رأس الوتد أو حركة غير عادية في الجوائز مثل الفتل (اللي) أو الانحناء.

4- وميزة هذه الطريقة هي الدقة في القياس خصوصاً في فترة ثبات الأحمال. كما إنها تستعمل دون سواها عند إجراء تجربة تحميل بطريقة معدل الهبوط الثابت "constant rate of penetration test: CRP".

10-3-9/1(ج-2/5) ميزان رصد

1- يثبت الميزان على أرض صلدة بعيداً عن مكان التجربة، ويبقى كذلك طوال فترة إجراء التجربة. ويفضل أن تكون هناك نقطتا مقارنة ثابتتين على ثوابت، مثل حائط أو مبنى قائم أو ما شابه ذلك، بعيداً عن التجربة، وتختار نقط المقارنة بحيث يمكن رؤيتها أثناء الرصد دون نقل الميزان. ويثبت على قاعدة الوتد ثلاثة مقاييس على الأقل لرصد هبوط الوتد.

2- ويجب أن تكون المقاييس المثبتة على الوتد ونقط المقارنة ذات حساسية 1 مم ويجب أن تكون الموازين مزودة بورنية (بيكوليس) لتسمح بالقراءة بدقة 0.1 مم على الأقل.

3- وميزة هذه الطريقة أنها بعيدة عن المؤثرات الممكن حدوثها بالقرب من مكان التجربة وكذلك في الجوائز الحاملة لأجهزة الرصد.

4- ويفضل الجمع بين الطريقتين عند إجراء التجربة إذا تيسر ذلك.

10-3-9/1 (د) إجراء التجربة

يشمل ذلك إضافة (أو إزالة) الأحمال وتسجيل قراءات الهبوط (أو الارتداد) ثم وضع الرسومات البيانية التي توضح سلوك الوتد أثناء التجربة، وأخيراً وضع التوصيات الخاصة بالحدود المسموح بها لحمل التشغيل والهبوط المناظر له.

10-3/9/1 (د- 1) إضافة الأحمال وتسجيل القراءات

1- قبل إضافة الأحمال تؤخذ قراءة المؤشرات (العدادات) الابتدائية، أي عند صفر الحمل، ثم يبدأ في إضافة الأحمال على مراحل بحيث لا تزيد سعة كل مرحلة على 25 % من الحمل التصميمي. وتكون فترة مكوث الحمل في كل مرحلة كما هومبين بالجدول (10-17)، بحيث لا يزيد معدل الهبوط عند نهاية كل مرحلة تحميل عن 0.1 مم/20 دقيقة، وبشرط أن يكون معدل الهبوط متناقصاً أو ثابتاً لثلاث قراءات متتالية. وتؤخذ القراءات في كل مرحلة بعد 1-5-10-20-40-60 دقيقة، ثم بعد ذلك كل 30 دقيقة. وفي حالة مكوث الحمل 12 ساعة يمكن زيادة الفترة بين القراءات إلى 60-120 دقيقة، وذلك بعد ساعتين من تناقص معدل الهبوط عما جاء أعلاه. وأثناء أخذ القراءات يجب التأكد من ثبوت الحمل. وإذا انخفض الحمل أكثر من 5% من الحمل عند أي مرحلة يجب زيادته إلى الحمل المطلوب. أما إذا كانت قيمة الانخفاض أقل من 5 % فيفضل عدم زيادة الحمل، ويكتفى بتسجيل قيمة الانخفاض، ويؤخذ ذلك في الحسبان في المرحلة التالية وعند وضع الرسومات البيانية.

الجدول (10-17)

الحمل كنسبة من الحمل التصميمي	فترة مكوث الحمل
%25	1 ساعة
%50	1 ساعة
%75	1 ساعة
%100	3 ساعة
%125	3 ساعة
%150	12 ساعة
%125	15 دقيقة
%100	15 دقيقة
%75	15 دقيقة
%50	15 دقيقة
%25	15 دقيقة
صفر	4 ساعة

2- ويجب الأخذ في الحسبان أن انخفاض الحمل ثم زيادته يؤدي إلى هبوط إضافي للوتد، يرجع إلى التكون الحبيبى للتربة ولا يمثل الهبوط المناظر للحمل. وعموماً فإنه من الصعب ثبوت الأحمال الكبيرة لفترة زمنية طويلة، لذلك يفضل وجود مشرفين طوال فترة إجراء التجربة. وتسمى هذه الطريقة بتجربة الحمل على مراحل "incremental or maintained load test ML". ويمكن زيادة الأحمال بطريقة معدل الهبوط الثابت "constant rate of penetration test CRP".

3- وتكـــون زيادة الأحمـــال بحيث يدفـــع الوتد داخل الأرض بمـــعدل ثابت نحو 0.4 مم/ دقيقة في حالة أوتاد الاحتكاك في تربة غضارية. أما في حالة أوتاد الارتكاز في تربة رملية فيكون المعدل نحو 2 مم/ دقيقة. وعموماً فان معدل 1 دقيقة يعدّ مناسباً في معظم الأحوال. ولكن يجب بقاء المعدل ثابتاً طوال إجراء التجربة.

4- ويجب استعمال رافعة هيدروليكية مزودة بجهاز كهربائى لزيادة الأحمال ذلك أن الرافعة اليدوية لا تتناسب مع هذه الطريقة. كما يفضل إعداد رسم بياني يوضح الهبوط مع الزمن قبل إجراء التجربة لكي يمكن ملاحظة أي تغيير في معدل الهبوط وتصحيحه أثناء التجربة.

5- وتجرى هذه التجربة فقط عندما يكون المطلوب إيجاد الحمل الأقصى، ذلك أنه يمكن إجراء التجربة في زمن قصير (نحو ساعة). ولكن هذه الطريقة تسبب هبوطاً أكبر كثيراً من الهبوط المناظر في تجربة التحميل على مراحل (ML). ويكون ذلك إحدى مشاكل إجراء التجربة إذ يتطلب توافر مؤشرات (عدادات) هبوط ذات شوط كبير.

6- وهناك بعض التجارب الخاصة، وان كانت أقل شيوعاً من التجارب المذكورة أعلاه، مثل تجارب التحميل الأفقي "lateral load tests" وتجارب الشد "uplift tests" ، كما هوموضح في الشكلين (10- 30) و (10- 31).

10-3/9/1 (د-2) تقديم النتائج

يشمل ذلك:

أولاً: جميع البيانات الخاصة بالوتد المختبر كما هوموضح فيما بعد:

بيانات عامة: الشركة المنفذة- المقاول العام- الاستشاري- الموقع.

التواريخ: تاريخ تنفيذ الأوتاد- تاريخ إجراء التجربة.

الوتد: رقم الوتد- القطر- الطول- التسليح- أي بيانات أخرى.

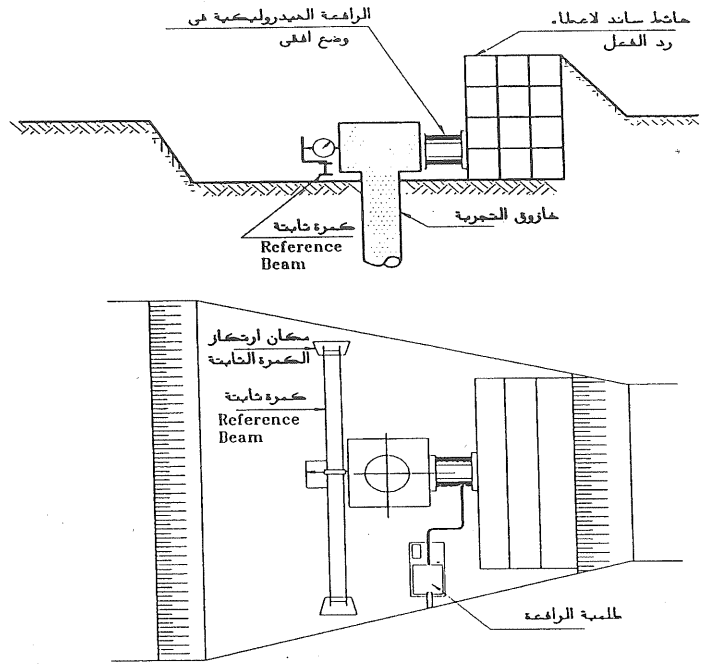
الطريقة: نظام التنفيذ- طريقة التحميل.

المناسيب: منسوب رأس ونهاية الوتد.

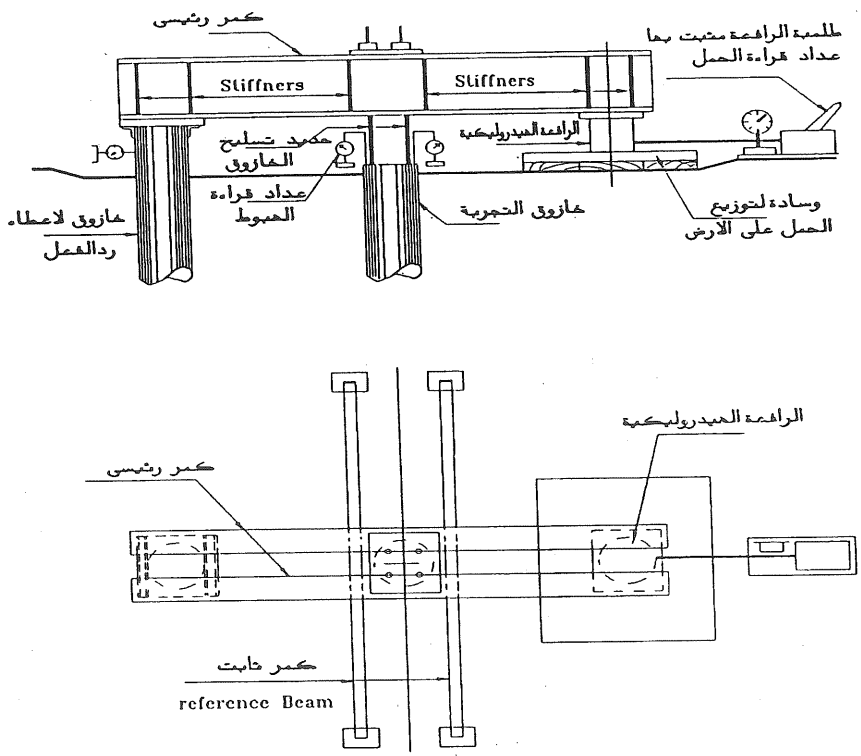
الأحمال: حمل التشغيل- حمل التجربة.

ملاحظات: أثناء التنفيذ- أثناء التجربة- الجو- التربة.

كما يفضل أن يرفق مع النتائج أي بيانات عن التربة أو التجارب الحقلية التي أجريت في الموقع.



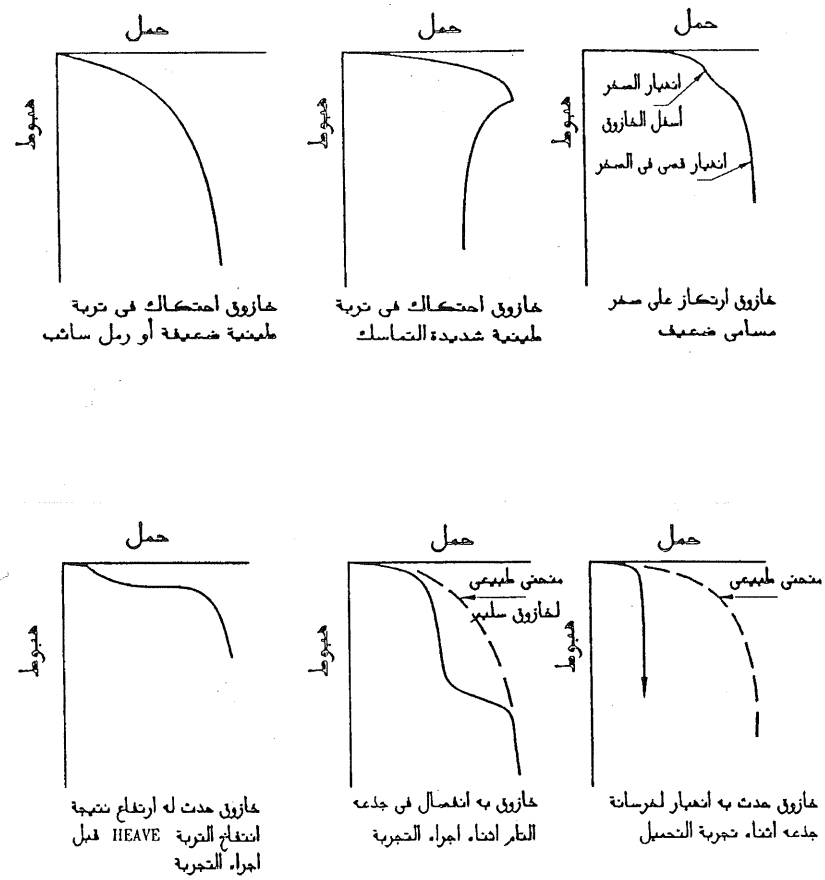
الشكل (10-30): تجربة اختبار حمل أفقي على وتد مفرد



الشكل (10-31) : تجربة اختبار شد على وتد مفرد

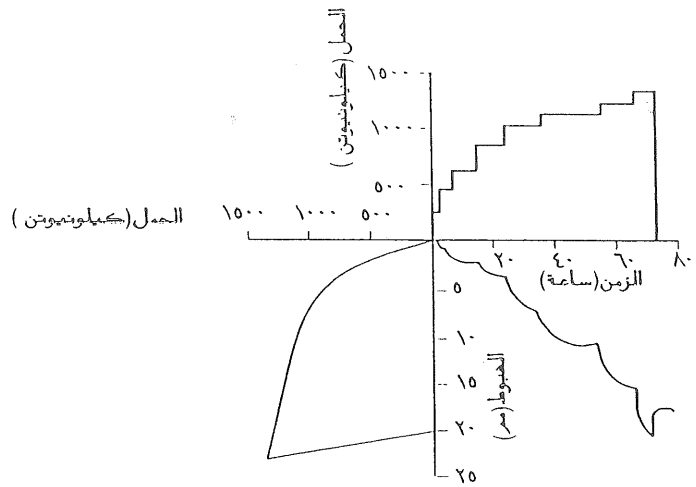
ثانياً: نتائج الرصد:

يجب تقديم رسم بياني يوضح العلاقة بين الحمل والهبوط. ويجب الأخذ في الحسبان أن اختيار مقياس الرسم للمحورين يؤثر على شكل المنحني، الأمر الذي قد يؤدي إلى تفسير خاطىء للنتائج، انظر الشكل (10-35) . وتكمن أهمية شكل منحني الحمل/ الهبوط في أنه في كثير من الأحوال يمكن منه استنتاج سبب انهيار الوتد، كما هوموضح في الشكل (10-32) الذي يعطي تفسيراً لبعض الأشكال المختلفة لمنحنيات الهبوط. و تعدّ هذه الأشكال مرشداً فقط، إذ يجب دراسة العوامل المؤثرة على كل تجربة على حدة.



الشكل (10-32) : نماذج لمنحنيات (الحمل/الهبوط) الناتجة عن اختبارات تحميل الأوتاد (الخوازيق) بالضغط

ويمكن إعداد منحنيات الهبوط / الزمن- الحمل/ الزمن، كما هوموضح في الشكل (10-33). ويستدل منها على الزمن المناظر لكل حمل، ومدى تأثير ذلك على الهبوط ، وتظهر أهمية هذه النقطة في حالة مكوث الحمل لفترة طويلة.



الشكل (10-33): رسم مركب يوضح العلاقة بين الحمل والزمن والهبوط

10-3/9/1 (هـ) تحليل النتائج

10-3/9/1 (هـ-1) عموميات

الغرض من تجارب التحميل هوتحديد وتأكيد حمل تشغيل الوتد مع الأخذ في الحسبان الهبوط المسموح به. و يعدّ تحليل النتائج من أعقد المواضيع المثارة في مجال الأوتاد. وكما توجد أنواع وطرق مـختلفة للتجارب فان كل نوع أو طريقة تعطي معلومات مختلفة تفيد في التحليل. فمثلاً طريقة معدل الهبوط الثابت يستخلص منهـا الحمل الأقصى. بينما تعطي طريقة التحميل على مراحل قيم هبوط مناظرة للحمل بصورة أدق. وكذلك إجراء التجربة بعمل دورات تعطي بيانات عن الهبوط الدائم والهبوط المرن، الأمر الذي يكون له دلالة عند تقييم تجاوب الوتد مع الحمل. وسنتناول فيما بعد موضوعين هما:

(1) استنتاج الحمل الأقصى للوتد.

(2) هبوط الوتد المسموح به في تجربة التحميل.

10-3/9/1(هـ-2) طريقة نقل الأحمال

يمثل منحني الهبوط العلاقة بين محصلة الحمل والهبوط لكل من جذع الوتد وقاعدة ارتكازه. وعموماً فعند الأحمال الأولى، وحتى حمل التشغيل، تكون معظم مقاومة الوتد للهبوط نتيجة للاحتكاك أو الالتصاق بين جسم الوتد والتربة المحيطة، ويستثنى من ذلك الأوتاد القصيرة و/ أو عندما تكون التربة المحيطة بجذع الوتد ضعيفة جداً. وتستمر مقاومة جذع الوتد للأحمال حتى يظهر انحراف بسيط في منحني الهبوط. وتمثل هذه المرحلة عادة التعبئة الكاملة لجهود مقاومة جذع الوتد مسبباً هبوطاً قد يصل إلى 10 مم. وتتوقف قيمة هذا الهبوط على حالة التربة وأبعاد الوتد وبالأخص طوله. وبزيادة الأحمال تنتقل إلى قاعدة ارتكاز الوتد. ويتأثر الهبوط في المقام الأول عندئذ بمساحة القاعدة. ويبين الشكل (10-34) تجاوباً مثالياً "idealised behaviour" لزيادة مقاومة جذع الوتد وقاعدته والهبوط المناظر. وهنا يجب تذكر

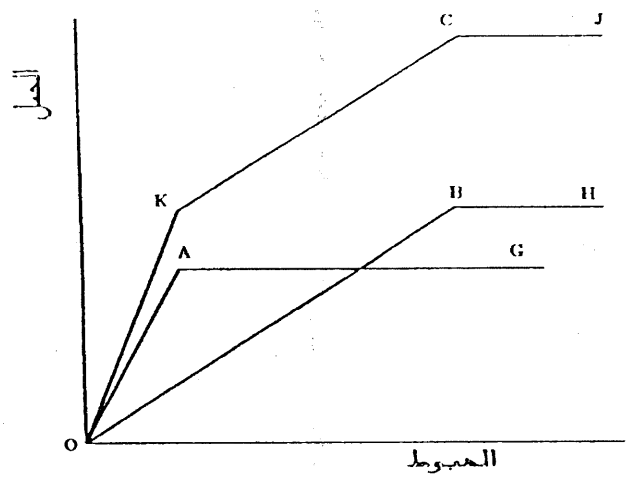
أنه يمكن فصل مقاومة جذع الوتد عن مقاومة قاعدة ارتكازه باستعمال الهبوط الإجمإلى من تجربة التحميل وخواص التربة المحددة من التجارب الحقلية والمعملية، ولكن ذلك يتطلب خبرة واسعة وممارسة طويلة.

10-3/9/1(هـ-3) طرائق تقدير الحمل الأقصى (حمل الانهيار) *Ultimate load*

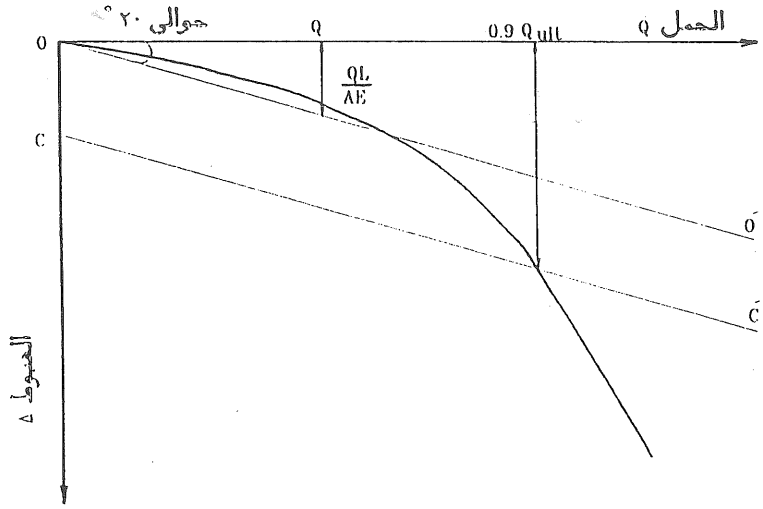
يعرف الحمل الأقصى عادة بأنه الحمل الذي يسبب هبوطاً للوتد يساوي 10% من قطره، وحيث أن تجربة التحميل حتى الحمل الأقصى غير متيسرة من الناحية العملية في معظم الأحوال، خصوصاً في حالة أوتاد الارتكاز في تربة رملية متوسطة أو عالية الكثافة، وكذلك في حالة الأوتاد ذات الأقطار الكبيرة، فإن العديد من الطرائق المتعارف عليها حالياً تستعمل منحني "الحمل- الهبوط" لتجربة التحميل حتى 1.5 أو 2 مرة حمل التشغيل لتقدير الحمل الأقصى. ومن هذه الطرائق:

10-3/9/1 (هـ -1/3) طريقة دافيسون 1972 (Davisson 1972) المعدلة:

ترسم العلاقة بين الحمل والهبوط (الشكل (10-35)) مع اختيار مقياس رسم مناسب بحيث يكون الخط (oo')، الذي يمثل العلاقة بين الحمل والانضغاط لعمود حر مرن محمل محورياً، طوله L، ومساحة مقطعه A، ومعامل المرونة لمادته E ، يشكل زاوية نحو 20^5 مع محور الحمل. تؤخذ المسافة oc تساوي (dx 0.08+3.8) مم، حيث: d = قطر الوتد (سم) ويرسم cc' موازياً للخط oo'. يحدد تقاطع cc' مع منحني " الحمل- الهبوط " للوتد قيمة 90 % من الحمل الاقصى Q_{ult}. يلاحظ أن هذه الطريقة تتطلب تحميل الوتد إلى الحد الذي يمكن من الحصول على تقاطع الخط cc' مع المنحني. وهذا لا يتيسر من الناحية العملية في كثير من الأحوال.



الشكل (10-34): شكل يوضح العلاقة بين الهبوط وكل من: الحمل عند قاعدة إرتكاز الوتد OBH؛ الاحتكاك الجانبي على جذع الوتد OAG ؛ الحمل الكلي على الوتد OKCJ



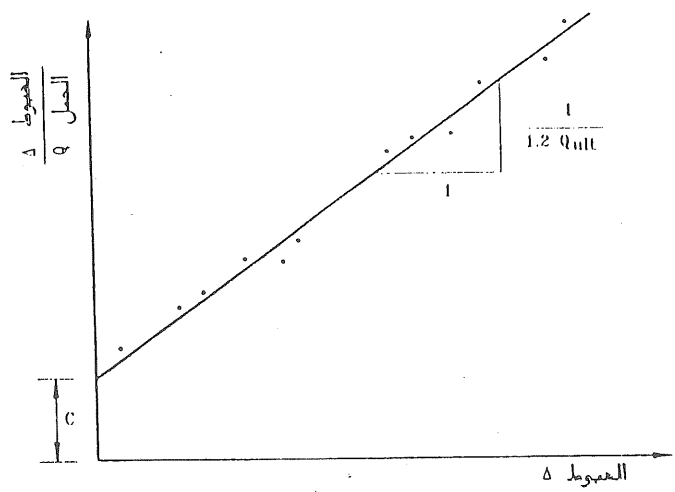
الشكل (10-35): تعيين الحمل الأقصى للوتد بطريقة دافيسون المعدلة
(Modified Davisson)

10-3/9/1 (هـ-2/3) طريقة تشين 0 198 (Chin 1980) المعدلة:

1- ترسم العلاقة بين قيم هبوط الوتد Δ، ونسبة هذا الهبوط إلى الحمل المناظر (Δ/Q) (الشكل (10-36)). وتمثل هذه العلاقة في العادة خطاً مستقيماً باستثناء القيم المناظرة لبدايات تجربة التحميل.

2- يحدد Q_{ult} من ميل الخط الناتج.

3- يعد الحمل الأقصى هوذلك المعين بطريقة دافيسون المعدلة، إلا إذا لم يتقاطع الخط cc' مع منحني التحميل (الشكل (10-35)) فيعين الحمل الأقصى بطريقة تشين المعدلة.

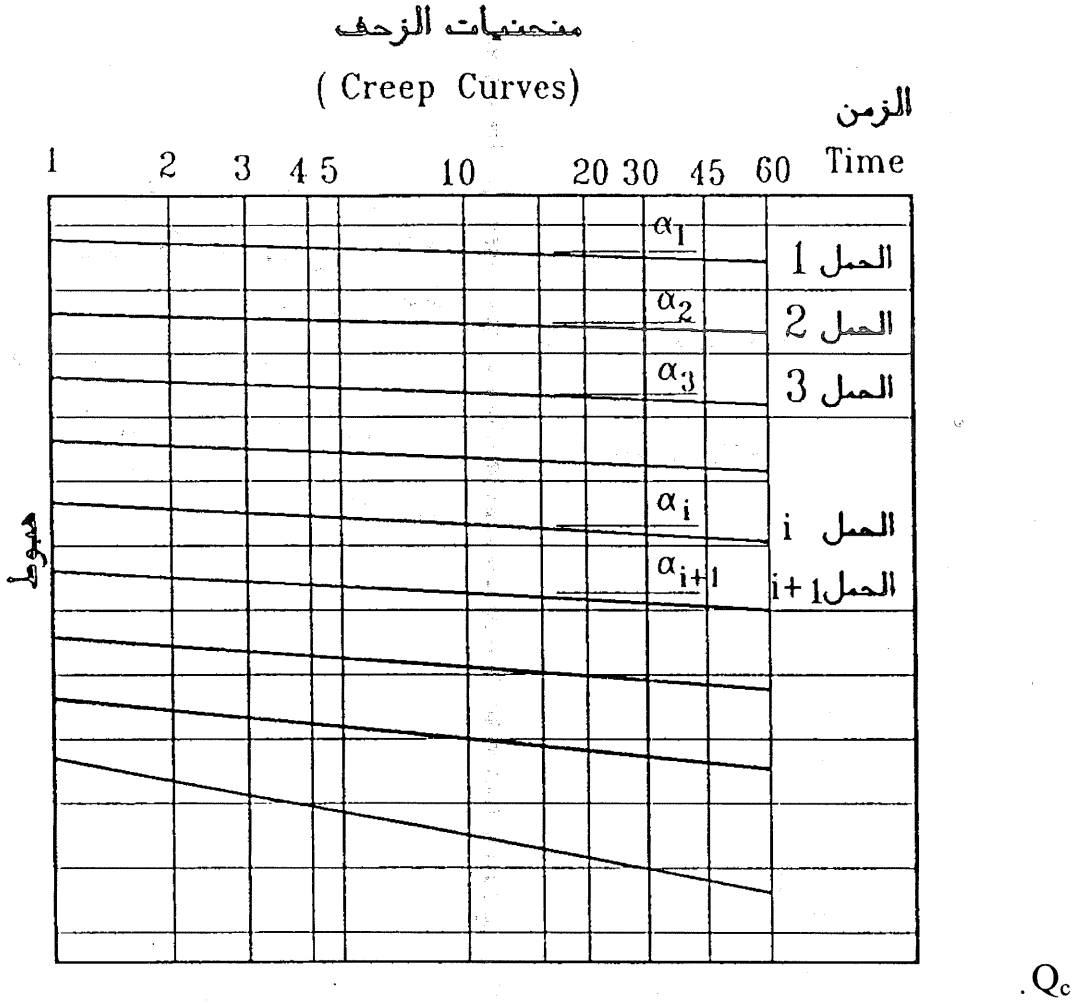


الشكل (10-36): تعيين الحمل الأقصى للوتد بطريقة تشين المعدلة
(Modified Chin)

10-3/9/1 (هـ-3/3) تقدير الحمل الحرج Critical load (الطريقة الفرنسية):

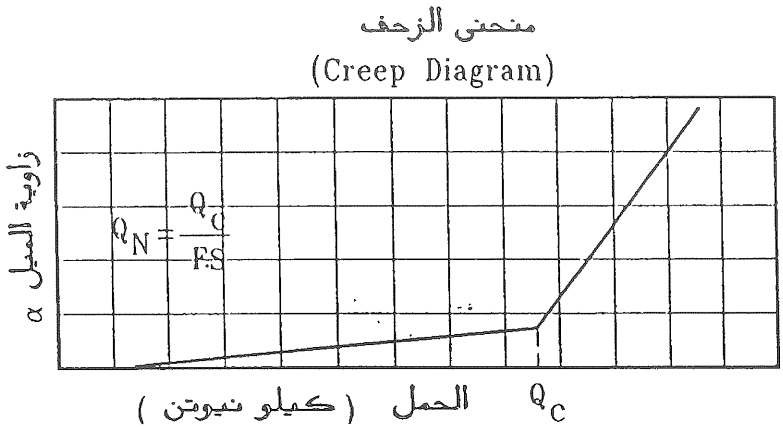
1- الحمل الحرج هو الحمل الذي يبدأ عنده هبوط السيلان (الزحف) "creep" وهوهبوط الوتد تحت حمل ثابت، في تغيير معدله، وزيادة هذا المعدل. لتحديد هذا الحمل نلجأ إلى إدخال تعديل في طريقة التحميل لتجربة تحميل الوتد بحيث يثبت زمن كل مرحلة من مراحل التحميل، فيكون لمدة ساعة تؤخذ في أثنائها قراءات متعددة للهبوط. يحدد الحمل الحرج عن طريق رسم مجموعة من الخطوط تمثل معدل هبوط الوتد أثناء كل مرحلة من مراحل التحميل (الشكل (10-37)) (هبوط الوتد- لوغاريتم الزمن بالدقيقة). ثم تقاس زوايا ميل هذه الخطوط، وترسم علاقة بين زاوية الميل المقيسة لكل حمل وقيمة الحمل المناظرة (الشكل (10-38)).

2- بصفة عامة تمثل هذه العـــلاقة بخطين مستقيمين يتقـــاطعان عند حمل يساوي الحمل الحرج.



Q_c.

الشكل (10-37): مجموعة منحنيات توضيحية تمثل معدل هبوط الوتد أثناء مراحل التحميل



الشكل (10-38) : العلاقة بين زاوية الميل المقيسة لكل حمل وقيم الحمل المقابلة لها. (طريقة تقدير الحمل الحرج)

10-3/9/1 (و) تحديد الحمل المسموح به للوتد من نتائج تجارب التحميل

يجب ان تتوافر الشروط الثلاثة التالية معا في الحمل التصميمي المسموح به للوتد:

1- ألا يقل الحمل الأقصى عن ضعف الحمل التصميمي المسموح به (نتيجة الأحمال الحية والميتة)، وعن 1.75 الحمل التصميمي المسموح به (نتيجة الأحمال الحية والميتة والرياح)، وعلى ألا يقل عن مرة ونصف الحمل التصميمي المسموح به في حالة أخذ تأثير الزلازل أيضاً في الحسبان.

2- ألا يزيد الهبوط عند حمل يساوي 1.25 مرة الحمل التصميمي المسموح به عن مرة ونصف الهبوط عند الحمل التصميمي المسموح به.

$$\frac{S \text{ at } 1.25\ Q_{all}}{S \text{ at } Q_{all}} > 1.5 \quad \ldots\ldots \quad (29-10)$$

حيث: Q_{all} الحمل التصميمي المسوح به للوتد.

2- ألا يزيد الهبوط بعد 12 ساعة من وضع مرة ونصف الحمل التصميمي المسموح به (سواء كان إجراء تجربة التحميل حتى مرة ونصف حمل التشغيل أو أكثر من ذلك) عن 2% من قطر الوتد مضافاً إليه الهبوط المرن.

$$S_{all} = 0.02d + 0.5QL / AE \quad \ldots\ldots \quad (30-10)$$

حيث: d قطر الوتد.

Q حمل التجربة.

L طول الوتد.

A مساحة مقطع الوتد.

E معامل المرونة لمادة الوتد.

4- يمكن أيضاً تعيين الحمل المسموح به للوتد من الحمل الحرج Q_c في حالة إجراء التجربة بالمواصفات اللازمة لذلك. في هذه الحالة يكون الحمل المسموح به لايتعدى الحمل الحرج مقسوما على 1.40

$$Q_{all.} = \frac{Q_c}{1.4} \quad \ldots\ldots \quad (31-10)$$

10-3/9/2 اختبارات غير متلفة للأوتاد **Non destructive tests**

10-3/9/2 (أ) اختبار سلامة جسم الوتد ***Integrity test***

في المشاريع الكبرى، أو في حالة عدم التأكد من جودة تنفيذ بعض الأوتاد، يمكن استعمال بعض هذه التجارب للتأكد من تنفيذ الأوتاد بالأطوال والأقطار التصميمية، وللتأكد من جودة الخرسانة المنفذة. وقد يحتاج بعض هذه التجارب إلى إدخال خلايا في الوتد أثناء إنشائه حتى يمكن إجراء التجربة بعد صب الوتد كما في طريقة "Sonic coring" ، إلا أنه يمكن إجراء بعض التجارب مثل طريقة التذبذب "Vibration" أو الدق والصدى "Pulse – Echo" على الأوتاد دون اختيار مسبق لها. وعموماً يحتاج إجراء هذه التجارب وتحليل نتائجها إلى متخصصين، ولكنها مفيدة لاختبار عدد كبير من الأوتاد بسرعة والتأكد من جودتها. كما أنها تمكن من تحديد الأوتاد التي يتم بعد ذلك تحميلها. وتجدر الإشارة إلى أن هذه التجارب لا تغني عن إجراء تجارب تحميل للأوتاد لتعيين العلاقة بين الحمل والهبوط.

10-3/9/2 (ب) اختبار التحميل الديناميكي للأوتاد

1- تتلخص هذه الطريقة في إسقاط كتلة حديدية، سقوطاً حراً على رأس الوتد بحيث يكون السقوط محدد المسار، كما توضع وسادة "cushion" فوق رأس الوتد للمحافظة عليه أثناء إجراء التجربة. وتكون كل مرة تسقط فيها الكتلة الحديدية بمثابة تجربة تحميل سريعة. ولذلك يجب أن تكون الكتلة ذات وزن كاف لإحداث تحرك داخل الأرض "permanent set" وتقاس عجلة تحرك الوتد بوساطة جهاز "Accelerometers". وكما في تجارب التحميل العادية يحسب مقدار القوة والحركة عند رأس الوتد باستعمال معامل المرونة لخرسانة الوتد والذي تؤخذ قيمته من تجارب الاختبار الديناميكي أثناء إجراء التجربة.

2- وتجرى هذه التجربة على الوتد بعد الانتهاء من تنفيذه سواء كان وتد إزاحة أو حفر. ويجب اختبار وزن الكتلة المناسب لقطر الوتد وقد استخدمت أوزان حتى 20 طناً لأوتاد مصممة لتتحمل 3000 طن.

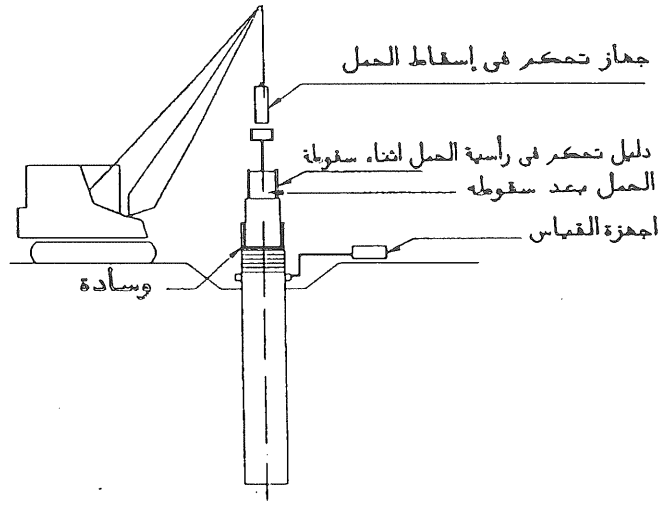
3- ويمكن عرض النتائج على "Oscilloscope" أو تجميعها على جهاز التسجيل "recorder Tape" وتعطي التجربة البيانات الآتية:

أ - منحني الحمل- الهبوط .

ب- قيمة الحمل الأقصى " Q_{ult}".

ت- تكامل الوتد "Integrity" .

4- وتمتاز هذه التجربة بالسرعة وكمية البيانات المعطاة، بالإضافة إلى قلة تكلفتها بالمقارنة مع تجارب التحميل النمطية. ولكنها تتطلب خبرة وتدريباً على إجراء التجربة واستخراج وتفسير النتائج. ويجب معايرة الأجهزة على فترات متقاربة للتأكد من البيانات المعطاة. و يعطي الشكل (10-39) وصفاً لتجهيزات التجربة. وبمقارنة قيمة الحمل الأقصى هذه مع نظيرتها من تجربة التحميل النمطية تبين أن الاختلاف يكون في حدود 6 % - 15 %، وعادة يكون Q_{ult} من الاختبار الديناميكي أقل.



الشكل (10-39): تجهيزات الاختبار الديناميكي

10-4 الآبار الاسكندرانية

10-4/1 عموميات

1- هي إحدى أنواع الأساسات العميقة والقادرة على نقل الأحمال (أحمال الضغط) إلى طبقات التربة الصالحة للتأسيس. والآبار الاسكندرانية مشابهة لأوتاد التثقيب من حيث طريقة الحفر والصب، إلا أنها تنفذ أعلى منسوب المياه الأرضية فقط. وهي ذات أقطار كبيرة تتراوح بين 1 متر و 4.5 متر، وهي إما مستديرة أو مربعة المقطع، وتصل أطوالها في بعض الأحيان إلى 20 م أو أكثر. وعادة تنفذ الآبار الاسكندرانية بالحفر اليدوي، وفي بعض الأحيان بالحفر الميكانيكي. وتتسع أقطارها المكافئة بحيث تسمح بنزول العمال داخلها، وتنفذ غالباً دون سند جوانب الحفر، وفي بعض الأحيان يتم سند جوانب الحفر طبقاً لطريقة التنفيذ واحتمالات انهيار الجوانب.

2- و تملأ حفر الآبار الاسكندرانية بالخرسانة العادية، وفي بعض الأحيان الخاصة قد يسمح بملئها بتربة رملية أو بحصية (زلطية) أو أحجار مكسرة شريطة دمكها إلى أقصى كثافة جافة. وتوضع القواعد

الخرسانية المسلحة للأساسات مباشرة على سطح الآبار الاسكندرانية مع وجوب وضع تشاريك (أشاير) فولاذية رابطة بينهما (بين الآبار والقواعد) وذلك لمنع الحركة الأفقية.

10-4/2 قدرات تحمل الآبار الاسكندرانية

تعتمد قدرات تحمل الآبار الاسكندرانية عادة على مقاومة التربة الحاملة للارتكاز عند قواعد الآبار، أما مقاومة الاحتكاك على الجوانب (حول جسم البئر) فلا تؤخذ في الحسبان. ويجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمقاومة القوى الرأسية التي قد تنشأ عن وجود تربة انتفاخية حول جسم البئر، وذلك بوضع تربة رملية حول جسم البئر بسمك نحو 250 – 500 مم لتقليل تأثير هذه القوى الشاقولية (الرأسية) إن وجدت. ويؤخذ معامل أمان عند حساب قدرة تحمل (ارتكاز) التربة أسفل قواعد الآبار لا يقل عن 10 على ألا يتجاوز الهبوط القيم التي تتحملها المنشأة.

10-4/3 النقاط الواجب مراعاتها في تنفيذ الآبار الاسكندرانية

يجب الأخذ في الحسبان جميع الاحتياطات اللازمة من حيث خطر الانهيارات داخل الحفر، وكذلك صب الخرسانة من حيث الجودة وعدم انفصال الحبيبات، مع التوصية باستعمال خرسانة بها نسبة مياة عالية (slump = 100 - 150 مم) مع وجوب ملاحظة جسم البئر أثناء الصب لمراعاة عدم حدوث اختناقات أو انهيارات للتربة داخل أجسام الآبار.

10-5 احتياطات الأمان للأساسات العميقة

10-5/1 احتياطات الأمان العامة في أعمال التنفيذ

يجب قبل البدء في أعمال الأساسات العميقة وضع احتياطات أمان تكفل الأمان بالموقع من حيث استعمال المعدات، وتهيئة ظروف عمل يراعى فيها أمان الأفراد والمعدات. كذلك يجب أن يؤخذ في الحسبان سلامة المباني المجاورة للموقع وكذلك تجهيزات المرافق المارة بالموقع وما حوله، من شبكات التيار الكهربائي والمياه والصرف الصحي والهاتف. ومراعاة عدم الإخلال بكل ما ورد في كود السلامة العامة مع التركيز على مراعاة الآتي:

10-5/2 احتياطات الأمان الخاصة بالموقع

10-5/2/1 اختيار طاقم المنفذين

يكون الاعتماد كثيراً عند إنشاء الأساسات العميقة على اختيار المنفذين الأكفاء ذوي الخبرة، الذين يكون لديهم القدرة على اتخاذ الإجراءات اللازمة لمواجهة أي ظروف غير منتظرة تطرأ في الموقع أثناء سير العمل تشكل خطورة على العاملين أو المعدات، مثل ظهور غازات ضارة أو خطرة أو انهيار

جوانب الحفر.

10-2/2/5 فحص الموقع قبل بدء العمل

يجب إجراء فحص مبدئي قبل بدء العمل في الموقع للتعرف على طبيعة الأرض بالنسبة لاحتمالات الأخطار التي قد تنتج أثناء الإنشاء. كذلك يجب الحصول على المعلومات اللازمة عن أماكن الخدمات والتوصيلات الموجودة تحت سطح أرض الموقع وما حوله، وذلك لتجنب الإضرار بها والأخطار التي قد تنتج عنها. كما يجب التأكد من أن الموقع خال من العوائق غير المرغوب فيها كناتج الحفر وهالك أسياخ التسليح وألواح الخشب التي بها مسامير والحبال وغيرها. كما يجب عدم ترك كبلات أو أسلاك كهربائية على الأرض في طريق المعدات المتحركة والأفراد، مع أخذ الاحتياطات اللازمة عند استعمال أو تخزين المواد القابلة للاشتعال ومراعاة قواعد الأمن الصناعي الخاصة بها.

10-3/2/5 المواقع ذات الحالات الخاصة

1- يجب عدم الاقتراب من خطوط كهرباء الضغط العالي لمسافة لا تقل عن 5 أمتار، كذلك يجب الاحتياط عند العمل على مقربة من أبراج هذه الكبلات. وعموماً يجب أخذ التصاريح بالنسبة للعمل في مسافة أقل من 5.0 أمتار من خطوط الضغط العالي أو 20 م من أبراجها.

2- إذا كان الموقع داخل الماء، يجب على العاملين ارتداء سترة للنجاة من الغرق وأحزمة متصلة بحبال بالمركب المرافقة لهم. وإذا كان موقع العمل على بعدٍ كبيرٍ من الشاطىء يجب أن تكون هذه المراكب مزودة بأجهزة تثبيت "anchors" وروافع ذات أحجام مناسبة للمساعدة في العمل.

3- إذا كان مكان العمل في وسط مجرى مائى فلابد من توفير مراكب صغيرة للإنقاذ ووسيلة اتصال بالشاطىء مثل أجهزة اللاسلكي. وإذا تطلب العمل غطاسين فيجب مراعاة احتياطات الأمان الخاصة بالغطس. ويتطلب العمل أيضاً أن يكون قائد المركب ذا خبرة كذلك باستعمال الإشارات الضوئية الملاحية المتعارف عليها في حالة ما إذا كان العمل يسير داخل خط ملاحي، وإذا كان العمل مستمراً في ساعات الليل فلابد من استعمال إضاءة جيدة.

4- عند تنفيذ أوتاد تجاورها ميول طبيعية أو صناعية يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لضمان اتزان هذه الميول أثناء العمل.

5- وفي حالة العمل في أماكن يحتمل وجود ألغام بها فمن الضروري الحصول على تصريح من الجهات العسكرية المختصة لضمان خلوها من أي أخطار وكذلك الطرق المؤدية إليها.

10-3/5 احتياطات الأمان الخاصة بالعاملين في الموقع

1- يجب أن توجد في كل موقع صناديق إسعافات أولية. كما يجب تكليف شخص مدرب على الإسعافات الأولية في المواقع التي يعمل بها أكثر من 50 عاملاً.

2- يجب توفير إلخوذات للعاملين في المواقع التي يوجد بها روافع، كما يجب توفير أحذية مطاطية برقبة للعاملين في حالة المواقع المبتلة، ويفضل تزويدها بمقدمة صلب معزولة. كما يجب تزويد العمال بقفازات واقية عند استعمال حبال من الصلب. ويجب أيضاً توفير أحزمة أمان عند تسلق قائم الآلة.

4- لمنع تعرض العمال للخطر، يجب وضع حواجز وأسوار على الأجزاء المتحركة للآلات.

5- لوانتهت أوتاد التثقيب عند منسوب سطح الأرض ولم تصب فور الانتهاء من دقها، أو صبت الخرسانة إلى منسوب أسفل منسوب سطح الأرض، فيجب عمل أغطية مناسبة لها حتى لا يتعرض العاملون بالموقع لخطر السقوط داخلها.

6- قبل قيام العمال بالحفر داخل حفرة يجب التطهير حولها لمسافة لا تقل عن 1 م، كما يجب ألا تزيد فترة بقاء العامل في الحفرة في المرة الواحدة عن ساعة. وفي حالة العمل داخل بئر صغيرة القطر يجب أن يظل العامل مربوطاً بأحزمة نجاة متصلة برافعة خارجية، مع تأمين ملاحظة بصفة دائمة عند السطح للمتابعة وسرعة الإنقاذ إذا استدعى الأمر ذلك.

7- يجب سند جوانب الحفر بالعمق المناسب لضمان سلامة العمال والحفرة، وفي الحالات التي يرى فيها المقاول إمكانية الحفر دون سند الجوانب فيجب الرجوع إلى الاستشاري مع اتخاذ الاحتياطات اللازمة، ومع عدم السماح بنزول العمال داخل حفر غير مصلوبة الجوانب بعد 12 ساعة من بدء الحفر، ولا بعد 3 ساعات من الانتهاء من الحفر، كما يجب فحصها دورياً أثناء سير العمل.

8- عند الإنارة بالكهرباء يفضل استعمال جهد منخفض، وإذا كان هناك احتمال لوجود غازات قابلة للاشتعال داخل البئر يجب ألا يزيد الجهد المستعمل عن 24 فولت، وفي حالة استعمال الغاز للإنارة يجب وضع الاسطوانات في مكان مقابل لاتجاه الهواء بالنسبة لمكان الحفرة. وفي حالة استعمال مصابيح (فوانيس) للإنارة يجب إبعادها عن فتحة البئر خصوصا إذا كان هناك احتمال لوجود غازات قابلة للاشتعال داخل البئر.

9- للحصول على جوصالح للتنفس، يجب توصيل الهواء إلى قاع البئر باستعمال مكابس وخراطيم بواقع 25 لتراً/ ثانية (1.5 م^3/ دقيقة).

المرجع الأساس للباب العاشر:

- الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني.

كودة ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات - الجزء الرابع – الأساسات العميقة.

REFERENCES

1-ANDERSEN, P (1956), "Substructure Analysis and Design". The Ronald Press Company, p336

2-BAGUELIN, F., JEZEQUEL, J.F. & SHIELDS, D.H. (1978), "The Pressuremeter and Foundation Engineering", Trans Tech. Publications, p.617.

3-BROMS, B.B (1964), "Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils" ASCE, Journal of Soil Mech. and Found. Div., Vol. 90 SM2,pp.27-63.

4-BROMS, B.B (1964), "Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils". ASCE Journal of Soil Mech. and Found. Div. Vol .90, pp 123-156.

5-BS 5573 (1978), "British Standard Code of Practice for Safety Precautions in the Construction of Large Diameter Boreholes for Piling and Other Purposes ", British Standard Institution.

6 - CANADIAN MANUAL ON FOUNDATION ENGINEERING (1982)

7-COMMITTEE ON DEEP FOUNDATIONS (1984). "Practical Guidelines for the Selection, Design and Instalation of Piles", ASCE, Geotechnical Engineering Division, New York

8-CP 2004 (1972), "Code of Practice for Foundations, Safety, .Precautions, Pile Foundations", British Standard Instituion.

9-DIN 4014 - PART2, Bored Piles, Large Bored Piles Manufacture, Design and Permissible Loading pp. 1-19.

10-ELSON, K. & GREENWOOD, D.A. (1986) "Miscellaneous Foundation Problem, Chapter II, pp.885-972, The Design and Construction of Engineering Foundations": Edited by F.O.C .Henry, Chapman & Hall.

11-LEE, S.L., CHOW Y.K. KARUNAIATNE G.P.& WONG K.Y (1988), "Rational Wave Equation Model for Pile Driving Analysis", J.Geotechnical Engineering, March, Vol.114, No.3, pp. 306-325.

12-MEYERHOF, G.G. & HANNA, A.M. (1978), "Ultimate Bearing Capacity of Foundation on Layered Soil under Inclined Loads". Canadian Geotechnical Journal, Vol. 15 No. 4.

13-NAVFAC,DM-7.2(1982), "Foundations and Earth Structures", Design Manual, Dept. of the Navy, USA.

14-POULOS, H.G. & DAVIS, E.H., (1980), "Pile Foundation Analysis and Design", John Wiley & Sons, p. 397.

15-SMITH, E.A.L.(1960), "Pile Driving Analysis by the Wave Equation", J.Soil Mech. & Found. Div., ASCE, Vol.86 SM4 pp.36-61.

16-SWATEK, E.P. (1975), "Pneumatic Caissons, Foundation ,Engineering Handbook", Editors: H.F. Winterkorn & H.Y. Fang .Chapter 21, Van Nostrand Reinhold.

17-TERZAGHI, K.& PECK, R.B. (1967), "Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wily & Sons. Inc., New York.

11 الباب الحادي عشر
أساسات الآلات

11-1 مقدمة

يتوجب عند تصميم أساسات الآلات (Machine Foundations) الأخذ بالحسبان لجملة المؤثرات المختلفة الناجمة عن تشغيل هذه الآلات (استاتيكية وديناميكية)، واعتماد طريقة نقل الحمل من الآلة إلى التربة، وكذلك معالجة المسائل الأخرى المرتبطة بالسلوك الديناميكي لكل من الأساس والتربة الواقعة تحته (دراسة العلاقة المتبادلة بين قوى التحريض وترددها، وكتلة الآلة، ومجموعات الاستناد المرنة، وكتلة الأساس، بالإضافة إلى رد فعل تربة التأسيس). ويتم التقريب الأمثل لهذه المسألة بافتراض أن الأساس والآلة والتربة تشكل مجتمعة جملة مهتزة، تُجرى عليها الحسابات اللازمة. تقع على مسؤولية المهندس المصمم لأساس آلة ما، عملية تحويل الطاقة المؤثرة وامتصاصها عن طريق عطالة الأساس أو مجموعات النوابض وأجهزة التخامد لتبقى الآلة تعمل بشكل جيد، وأن تكون مؤثرات الاهتزاز واقعة ضمن المجالات المسموح بها للمواد أو للتربة أو للإنسان.

تتلخص أسباب الاهتزاز في نقل الطاقة بوساطة القوى المتغيرة (الثقب، الكسر والدق) أو الدورية (مكابس، عنفات أو آلات دورانية). ويعرّف دور الحركة بأنه الزمن الذي تقوم فيه الحركة بدورة اهتزاز كاملة أو بذبذبة كاملة. أما تردد الاهتزاز فهو عدد الأدوار في واحدة الزمن. ويعرّف التردد الدائري للاهتزاز بأنه عدد الأدوار مضروباً في (2π). ونشير أيضاً إلى وجود خواص أخرى كسعة الاهتزاز التي تعرف بالمسافة التي يقطعها الجسم المهتز (على الجانبين) ابتداءً من وضع الراحة، وكذلك مفهومي سرعة وتسارع هذا الجسم المهتز. استناداً لمعايير تصميم الأساسات، يمكن تصنيف الآلات كالآتي:

- آلات مولدة لقوى صدم: مطرقة الحفر، مكابس ....
- آلات مولدة لقوى دورية: المحركات الترددية، الضواغط.
- آلات عالية السرعة كالتوربينات والضواغط الدورانية.
- آلات أخرى متنوعة الأغراض.

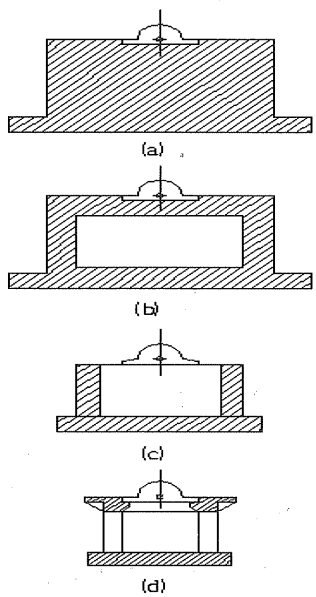
ويمكن تصنيف أساسات الآلات وفقاً لشكلها الإنشائي (الشكل 11-1):

- أساس على هيئة كتلة مليئة من الخرسانة، توضع عليه الآلة: لحالة السرعات المنخفضة.
- أساس على هيئة قيسون أو صندوق من البلوك الخرساني المفرغ الذي تستند عليه الآلة عند القمة، وذلك للسرعات المتوسطة.
- أساس مكون من جدارين من الخرسانة المسلحة تستند عليهما الآلة، للسرعات الأعلى من العادية.
- أساس على هيئة إطار مؤلف من أعمدة شاقولية، حاملة عند أعلاها جوائز أفقية، تشكل إطارين تحمل الآلات المولدة لقوى ترددية بسرعات عالية.

ويمكن تثبيت الآلات بأرضيات خرسانية مسلحة، ودون أساس خاص، عندما تكون القوى الدينامكية قليلة، وعلى سبيل المثال: المخارط وغيرها ...

وكذلك تصنف الآلات وفقاً للترددات العملية (التشغيل)، والتي تحدد نوع الأساس المناسب كالآتي:

- ترددات منخفضة إلى متوسطة: 0-500 rpm : محركات ترددية، مكابس، تعتمد أساسات من بلوكات مليئة من الخرسانة بسطح تماس كبير مع التربة.
- ترددات متوسطة إلى عالية : 300-1000 rpm : محركات الغاز أو الديزل، تعتمد أساسات على هيئة بلوكات مليئة من الخرسانة، مستندة على نوابض أو على مخدات مرنة مناسبة بهدف الحفاظ على الترددات الطبيعية للأساس أقل من تردد التشغيل.
- ترددات عالية جداً: 1000 rpm < : محركات بسرعات كبيرة: يتم استعمال أساسات بسطوح اتصال صغيرة ووجود نظام عزل فعال لتخفيض الترددات: أساسات إطارية مع تجهيزات خاصة لنظام الربط بين الأعمدة.



(a) – كتلة خرسانية
(b) – أساس صندوقي
(c) – أساس جداري
(d) – أساس إطاري

الشكل (11-1): أنواع أساسات الآلات

11-2 المتطلبات العامة لأساسات الآلات

11-2/1 المتطلبات التصميمية

أ - يجب أن يقاوم الأساس الأحمال المتراكمة دون حصول انهيار بالقص أو بالانهراس (السحق).

ب- أن تكون الهبوطات ضمن الحدود المسموح بها، و يُراعى عند اختيار موقع قاعدة الأساس بأن لايكون الخط المائل الواصل بين قواعد الأساسات المتجاورة مائلاً عن الأفق بزاوية أكبر من نصف الانحدار الطبيعي للتربة أو بزاوية ($\alpha \leq 25°$) أيهما أقل، وذلك لتلافي أخطار فروق الهبوط.

ت- أن يكون مركز الثقل المشترك للآلة والأساس، قدر الإمكان، واقعاً على الخط الشاقولي المار

بمركز ثقل سطح القاعدة.

ث- تجنب حصول ظاهرة الطنين، ويكون ذلك عن طريق تحقيق تردد طبيعي ذاتي لجملة التربة والأساس كبير جداً أو صغير جداً مقارنة بتردد التشغيل الخاص بالآلة. من أجل الآلات ذات السرعات المنخفضة يجب أن يكون التردد الطبيعي كبيراً والعكس بالعكس.

ج- يجب أن تكون قيم السعات (المطالات) الناجمة عن الاستثمار أقل من الحدود المسموح بها التي يُحددها الـمُصنّع للآلة.

ح- يجب أن تخفف كافة الأجزاء الدوارة أو الترددية للآلة من القوى والعزوم المسببة لحالة عدم التوازن، وهذا من مسؤولية المهندس الميكانيكي.

خ- دراسة إمكانية تغير قيمة التردد الطبيعي للأساس عن طريق تغيير أبعاد القاعدة أو كتلة الأساس عند الضرورة (إمكان حصول ترددات لاحقة جديدة).

11-2/2 المتطلبات التنفيذية

أ - أن يكون منسوب المياه الجوفية منخفضاً قدر الإمكان، وأعمق بمقدار لا يقل عن ربع عرض الأساس تحت منسوب القاعدة، وهذا يحد من انتشار الاهتزازات. وعندما لا يتحقق ما ورد أعلاه يُلجأ إلى تصميم الأساس على نوابض رخوة، ذلك أن المياه الجوفية ناقل جيد لأمواج الاهتزازات ولمسافات بعيدة دون تخامد. وإذا لم يكف خيار الاستناد النابضي، يتم اعتماد طرائق أخرى أكثر فاعلية.

ب- يجب فصل أساسات الآلات عن البناء عن طريق فواصل حركية.

ت- يجب تأمين عزل فعال لأنابيب الهواء الساخن أو البخار الواقعة ضمن الأساسات.

ث- يجب حماية أساسات الآلات من زيوت الآلات باستعمال دهانات خاصة مقاومة للأحماض، أو عن طريق معالجة خاصة تعتمد على تبطين الأساس بصفائح مقاومة للمواد الكيميائية.

ج- يجب تنفيذ أساسات الآلات بمنسوب أقل من أساسات الأبنية المجاورة.

ح- تثبيت الآلات على الأساسات بوساطة البراغي والصواميل (العزقات) التي يُحدد إرساؤها وفقاً لشروط التصميم.

11-3 الاشتراطات البعدية

أ - تُحدد أبعاد أساسات الآلات وفقاً لمتطلبات تشغيل الآلة، وتقوم الجهات الصانعة للآلات بتزويد الأبعاد الأولية للأساسات (الحدود). وعندما يتعين للمصمم اختيار الأبعاد الأولية، فإنه من الأفضل اختيار أقل الأبعاد الممكنة والمحققة لمعايير التصميم.

ب- في حالة أبعاد مفروضة لأساس في موقع خاص ما، فإنه يتوجب على المصمم التحقق من التردد الذاتي لجملة التربة – الأساس، وسعات الحركة مقارنة مع ظروف التشغيل.

ت- عندما لا نستطيع تأمين المتطلبات السابقة، يجب على المصمم اقتراح حلول أخرى لتلك المقترحة من المصنع، والحصول على موافقة المهندس الميكانيكي المعني.

4-11 معطيات التصميم

أ - مخططات التحميل التي تُوضح قيم ومواقع الأحمال الستاتكية والديناميكية التي تؤثر بها الآلة على الأساس.

ب- استطاعة المحرك وسرعته التشغيلية.

ت- مخطط يوضح الأجزاء المطمورة، والفتحات، والأخاديد (غمد) الخاصة ببراغي الأساس .....

ث- طبيعة التربة وخواصها الستاتيكية والديناميكية التي تتطلبها حسابات التصميم.

5-11 الأحمال الديناميكية المؤثرة على أساسات الآلات

أ - أفعال ذات نمط دفعي أو على شكل صدمة تحدث بفترات منتظمة (مطارق - مكابس).

ب- أفعال مستمرة متغيرة مع الزمن وفقاً لقانون جيبي (آلات دوارة أو ترددية).

وتقوم الجهات الصانعة للآلات بالتزويد بالمعطيات الخاصة بالقوى غير التوازنية لهذه الآلات. ويمكن حساب هذه القوى لبعض الأنواع من التجهيزات، وهي موضحة في المراجع المختصة.

6-11 السعات الاهتزازية المسموح بها

أ - توصّف الجهات الصانعة عادةً السعات المسموح بها، وهي مرتبطة بأهمية الآلة وبحساسية المنشآت المجاورة للاهتزاز.

ب- عندما لا تتوفر معلومات عن هذه السعات المسموح بها من الجهات الصانعة للآلة، يمكن اعتماد القيم الآتية عند الدراسات الأولية.

الرقم	نوع الآلة			السعة المسموح بها (cm)
1	آليات بسرعات منخفضة (500 rpm)			0.02 – 0.025
2	أساسات آليات الطرق (الدق)			0.1 – 0.12
3	آليات عالية السرعة	3000 rpm	اهتزازية شاقولية	0.002 – 0.003
			اهتزازية أفقية	0.004 – 0.005
		1500 rpm	اهتزازية شاقولية	0.004 – 0.006
			اهتزازية أفقية	0.007 – 0.009

7-11 قدرة التحمل المسموح بها

- بشكل عام، إن مقاومة المادة في حالة الاهتزاز (المقاومة الديناميكية) هي أقل من مقاومتها الستاتيكية نتيجة تعب المادة عند استمرار إجهادها الديناميكي. ويمكن تحديد قيمة عامل التعب لمختلف الإجهادات من الجدول الآتي:

عامل التعب	محرض الاهتزازات	إجهاد الاهتزاز
3.0	آلات دائمة الحركة	دائم
2.0	صدمات الرياح تكرر حدوث قوى اهتزاز أعظمي	متقطع مع الزمن
1.0-1.5	حصول قوى نابذة استثنائية نتيجة أعطال الآلات	نادر

- **التربة:** يجب استكشاف التربة، وتحديد قدرة التحمل أو الضغط المسموح به على التربة اعتماداً على نتائج اختبارات دقيقة تتوافق مع المواصفات المرتبطة بهذا الموضوع. ويؤثر تعرض التربة للاهتزازات تأثيراً غير ملائم على عوامل الأمان، وتزداد فرصة حدوث الانزلاقات والدورانات، إذ ترتص التربة المفككة تحت تأثير الاهتزازات، أما التربة المترابطة فإن الاهتزازات تسرع في عملية هبوطها لأن النفاذية تتزايد بفعل المؤثرات الديناميكية. وعندما يطول زمن تأثير الاهتزازات ذات السعات الكبيرة، يكون احتمال انزلاق تربة القاعدة أمر وارد للتربة المفككة (نتيجة فقدان الاحتكاك الداخلي) أو المترابطة (تشدد التربة، وبالتالي الزحف تحت تأثير الإجهادات).
- **الخشب والمواد الأخرى:** تُزود من الجهة الصانعة.

8-11 بارامترات (متغيرات) التصميم

1/8-11 تصنيف بارامترات التصميم

تُصنف البارامترات المؤثرة على تصميم الأساس كالآتي:

أ – الخواص الهندسية لجملة أساس الآلة: مركز الثقل، عزم عطالة القاعدة وعزم العطالة الكتلي.

ب– الخواص الفيزيائية للقاعدة المرنة للأساس: القساوة الفعلية لمسند القاعدة والتخامد.

2/8-11 تعيين قساوة التربة

يمكن تعيين القساوة الفعلية للتربة الواقعة تحت أساس آلة ما بإحدى الطريقتين الآتيتين:

أ – نظرية نصف الفراغ المرن تتطلب تحديد عامل القص (G) وعامل بواسون (υ) للتربة عن طريق تجارب ديناميكية في الموقع، أو:

ب- النظرية القائمة على دراسة نابض خطي غير متخامد: تعمل على تحديد جملة من العوامل كتابع لنوع التربة، وأبعاد وشكل الأساس.

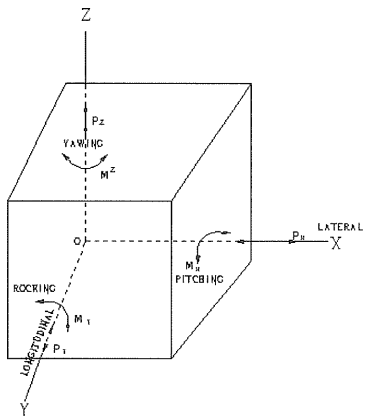
3/8-11 مساند مرنة مختلفة

تُستعمل تحت أساسات الآلات مساند مرنة مثل: مخدات مطاطية، رقائق من الفلين، نوابض ... إلخ.

9-11 تحليل وتصميم الأساسات

1/9-11 أنماط اهتزاز الأساس

يملك الأساس ست درجات من الحرية، وبالتالي توجد ستة ترددات ذاتية، وثلاثة أنماط انتقالية على طول المحاور الرئيسية، وثلاثة أنماط دورانية حول هذه المحاور، كما هو مبين في الشكل (11-2). واعتماداً على موقع مركز الثقل للأساس والمحور المار من مركز سطح القاعدة، يمكن لأنماط الاهتزاز أن تكون متقاربة أو غير متقاربة، وفي هذه الحالة يتم تحديد قيمة التردد الذاتي لكل نمط ومقارنته مع تردد التشغيل للآلة، من خلال التحليل الديناميكي المناسب لجملة الأساسات.



الشكل (11-2): أنماط اهتزاز أساسات الآلات

2/9-11 طرائق التحليل الديناميكي

أ - طرائق تجريبية: توجد علاقات وتعابير رياضية مستندة على معطيات تجريبية مجمعة من الواقع العملي تقوم على ضبط التردد الذاتي مع مساحة تماس أساس الآلة.

ب- طرائق تعتمد على افتراض أن التربة جسم صلب مرن نصف لامتناه.

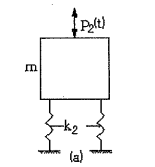
ت- طرائق تنطلق من أن التربة نابض.

ث- طريقة باراكان: تعطي هذه الطريقة مجموعة من التعابير التي تحدد الترددات الذاتية والسعات لأنماط الاهتزاز المختلفة (الشكل 11-3):

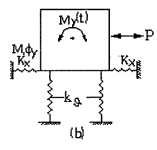
- انتقال شاقولي (Z).

- انزلاق ودوران في المستوي (XZ).
- انزلاق ودوران في المستوي (YZ).
- فتل حول المحور (Z) .

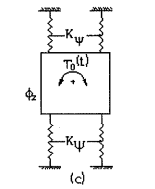
شاقولي : Vertical



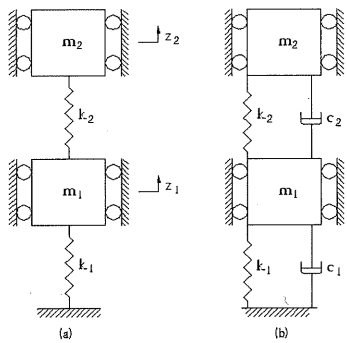
انزلاق ودوران:
Coupled Sliding & Rocking



فتل: Torsional

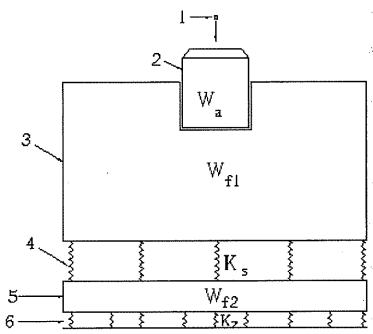


أنماط الاهتزاز



مع تخامد دون تخامد

نظام بدرجتي حرية



(1) – مطرقة
(2) – سندان
(3) – البلوكة العلوية للأساس
(4) – طبقة النوابض
(5) – البلوكة السفلية للأساس
(6) طبقة نوابض التربة

نمذجة أساس مطرقة مستند على نوابض

الشكل (11-3): التحليل الديناميكي للأساس

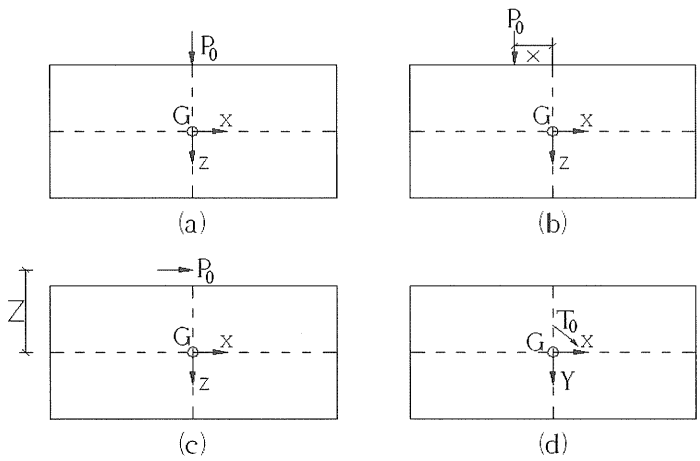
11-3/9 القوى المؤثرة على الأساس

عند تصميم أساس آلة ما، يتوجب أن تُؤخذ في الحسبان للقوى الآتية التي تبقي الأساس في حالة استقرار:

أ – القوى والعزوم المحرضة (الشكل 11–4) مضروبة بعامل التعب.

ب– قوى العطالة.

ت– القوى الديناميكية.



الشكل (11–4): القوى المحرضة باتجاهات مختلفة

يمكن إيجاد طرائق حساب وتحديد هذه القوى في المراجع المختصة لأنواع مختلفة من المحركات.

وللتبسيط يمكن اعتماد الآتي:

- قيمة عامل التعب $(\xi = 3)$.
- يمكن الاستغناء عن حساب وتوزيع قوى العطالة عندما تكون قيمة التردد الذاتي للأساس (f_n) أكبر بكثير من تردد تشغيل الآلة (f_m)، وإذ ذاك يُهمل تأثير هذه القوى، بالتالي يمكن افتراض الأساس في حالة استقرار تحت تأثير القوى المحرضة مضروبة بعامل التعب (ξ) والقوى الديناميكية فقط.
- بالمقابل عندما يكون $(f_n << f_m)$ يتم إهمال تأثير القوى الديناميكية .

11–10 العزل الاهتزازي Vibration Isolation

يمكن تخفيض الحركة الاهتزازية لآلة ما عن طريق وثقها جيداً بأرضية خرسانية، وفي هذه الحالة ستكون الاهتزازات المنتقلة عبر هذه الأرضية كبيرة. وبالمقابل عندما يكون الاستناد رخواً (ليناً) سواءً تحت الآلة أو تحت أساسها فإن الاهتزازات المنتقلة تنخفض انخفاضاً كبيراً، ولكن يمكن أن تسبب حركة قوية على الآلة نفسها خلال التشغيل أو خلال مرحلتي الإقلاع أو التوقف. من هنا نلاحظ ضرورة التوفيق بين هذين الحلين، والتصميم العملي يتم من خلال اختيار مناسب لقيمة تردد أساس الآلة الذي يرتبط أصلاً بظروف الموقع والوسط المحيط.

تحدد درجة العزل عن طريق مفهوم عامل التردد الذي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\left(\eta = \frac{f_m}{f_n}\right)$$

حيث: f_m : تردد تشغيل الآلة.

f_n : التردد الذاتي للأساس.

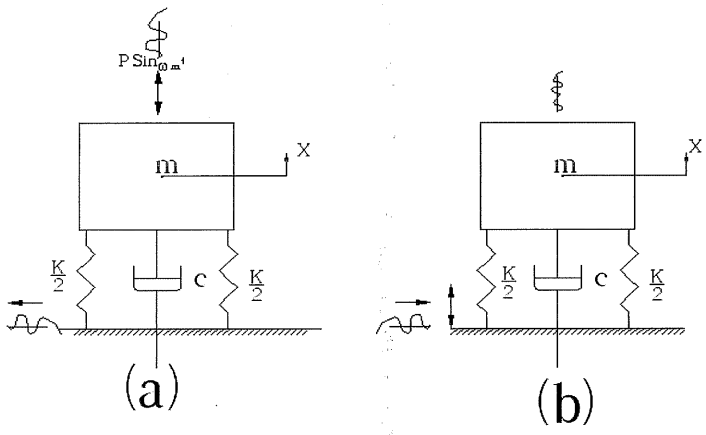
1/10-11 العوامل الهامة لتجنب الاهتزازات المفرطة للآلة

أ – اختيار الموقع: يجب اختيار موقع بعيد عن المناطق الحاوية على أشغال حساسة.

ب– موازنة القوى الديناميكية: يجب أن تكون الآلة متوازنة ديناميكية للحد من القوى غير التوازنية الناجمة عن التشغيل.

ت– اختيار أساسات مناسبة: يجب تصميم الأساس باستخدام معايير مقبولة.

ث– تنفيذ العزل الاهتزازي: يتوجب تأمين فصل كامل بين أساسات الآلة والأرضيات، وكذلك أجزاء البناء عن طريق تأمين طبقات عزل مناسبة بين بعضها البعض (الشكل 11-5).



(b) العزل المعاكس (a) العزل الفعال

الشكل (11-5): العزل الاهتزازي Vibration Isolation

2/10-11 أنواع العزل الاهتزازي

يمكن التمييز بين نوعين من العزل الاهتزازي:

أ – العزل الفعال: يتم اعتماده لمعالجة الاهتزازات الناجمة عن الآلة ذاتها، وبالتالي يُصمم الأساس بحيث نعمل على تخفيض الاهتزازات المنتقلة إلى الوسط المحيط إلى الحد المسموح به.

ب– العزل المعاكس (السلبي): يعتمد في حالات الآلات الدقيقة والحساسة للاهتزازات المنتقلة عبر الأرضيات، والناجمة عن منابع حركة مزعجة في الوسط المحيط.

11-3/10 المنقولية (قابلية النقل)

تعرف المنقولية بأنها النسبة بين القوة المنقولة إلى الأساس وقوة الاهتزاز المتولدة من الآلة ذاتها (حالة العزل الفعال)، أو النسبة بين سعة اهتزاز الآلة الحساسة إلى سعة اهتزاز القاعدة في حالة العزل السالب (المعاكس).

اعتماداً على نظرية الاهتزازات يمكن تحديد المنقولية بالعلاقة:

$$T = \sqrt{\frac{1+4\eta^2\xi^2}{(1-\eta^2)^2+4\eta^2\xi^2}}$$

η :عامل التردد

ξ :عامل التخامد

وبالتالي، من أجل تأمين عزل فعال، يجب تأمين قيم كبيرة لعامل التردد، وهذا يعود إلى البحث عن قيم صغيرة للتردد الذاتي لنظام التخميد بالمقارنة مع القوى المؤثرة.

وفي كل الأحوال ينصح بألا يقل عامل التردد عن اثنين $\eta \geq 2$ في حالات العزل الاهتزازي.

11-4/10 طرائق عزل أساسات الآلات

لتأمين عزل فعال يجب تحقيق دراسة معتمدة على نظرية المنقولية (درجة النقل) التي تم شرحها سابقاً.

ويمكن أن يتوفر في السوق أشكال مختلفة للعزل:

- حاضنات من السجاد المطاطي.
- نوابض لولبية من الفولاذ.

11-11 معالجة أساسات الآلات القائمة

11-1/11 ظاهرة الطنين

إن حدوث ظاهرة الطنين، وما تسببه من زيادة في السعات الاهتزازية، يكون غالباً المصدر الأساسي لتضرر أساسات الآلات، وهذا ناجم عن الآتي:

أ – تصميم ناقص معتمد على تقدير غير موفق لبارامترات (متغيرات) التصميم، مثل صلادة الاستناد والقوى غير التوازنية في الآلة.

ب– ارتفاع منسوب سطح المياه الجوفية الذي يسبب انتشاراً كبيراً للاهتزازات.

11-2/11 المعالجة عن طريق موازنة الأحمال المؤثرة

تتمثل أفضل الطرائق المستعملة في تخفيض الاهتزازات بمعالجة المصدر ذاته. ففي الآليات ذات النمط الدوراني من الممكن موازنة القوى المؤثرة بشكل كامل باتجاه حركة المكبس (البستون piston)، وتعتمد فعالية هذه الطريقة على نوع المحرك وطبيعة الاهتزازات. ويقوم بمعالجة هذا الموضوع مهندس الميكانيك.

11-3/11 المعالجة بتأمين استقرار التربة

أ – يزيد استقرار التربة من صلادة القاعدة، وبالتالي يزيد من قيمة التردد الذاتي للأساس المستند مباشر عليها، ويمكن تأمين استقرار التربة الرملية باعتماد طرق كيمائية أو بالاسمنت.

ب– يجب تحسين المناطق القريبة من أطراف الأساس بمسافة لا تقل عن 2m في الأساسات الخاضعة لاهتزازات دورانية.

11-4/11 استعمال بدائل إنشائية

11-1/4/11 زيادة في سطح القاعدة أو كتلة الأساس

أ – عندما تقل قيمة تردد التشغيل عن التردد الذاتي نعمل على تحقيق زيادة واضحة للتردد الذاتي للأساس عن طريق توسيع مساحة استناد الأساس، وفي الحالة المعاكسة نعمل على زيادة كتلة الأساس دون حصول زيادة تذكر لسطح الاستناد مع التربة.

ب–عندما يكون لدينا أساس خاضع لاهتزاز ما، متوضع بالقرب من أساس آخر فإنه من المفيد وصل الأساسين بهدف زيادة صلادة الجملة.

11-2/4/11 تنفيذ بلاطات وصل بالأساس

يتم اختيار أبعاد البلاطات التي ستضاف للأساس بحيث تؤدي إلى تخفيض السعة الاهتزازية في حالة النمط الدوراني للجملة (أساس – بلاطة) إلى الحد المطلوب.

11-3/4/11 استعمال مجموعات مساعدة (نابض – كتلة)

أ – مُحيّدات اهتزاز (كتلة– نابض):

يتم تخفيض الاهتزازات الزائدة لأساس آلة ما عن طريق ربطه بكتلة مساعدة مدروسة بشكل جيد (m_2) عن طريق نابض صلابته (K2)، راجع الشكل (11-6). وانطلاقاً من أن كتلة الأساس (m_1) المغموسة في التربة ذات الصلادة (القساوة) (K_1) تسلك كجملة بدرجة حرية واحدة، وتقع في حالة طنين مع سرعة الآلة التي يحملها الأساس، يكون لدينا: $\omega_m = \sqrt{\frac{K_1}{m_1}}$، ويمكن اختيار قيم بارامترات (متغيرات) الجملة المساعدة (m_2, K_2) بحيث يتم إقصاء اهتزاز الجملة الأساس بشكل كامل. ويمكن تحقيق هذا الأمر عندما يكون تردد التشغيل ثابتاً ($\omega_m = cte$). وعندما تكون الجملة المساعدة ملحقة بالجملة الأساس يتشكل نظام بدرجتي حرية، وتكون انتقالات الجملة الأساس معدومة عندما يكون: $\varpi_{n2} = \sqrt{\frac{K_2}{m_2}} = \omega_m$. وتحدد سعة الاهتزاز للكتلة بالعلاقة: $a_2 = \frac{P_0}{m_2 \omega_m^{\ 2}}$ ، وتكون الصلادة: $k_2 = m_2 \omega_m^{\ 2}$. ولتصميم الجملة المساعدة نتبع الخطوات الآتية:

- نختار m_2 بحيث تقع قيمة a_2 ضمن الحدود المقبولة انطلاقاً من الحيز المتاح للحركة.

- نحدد $k_2 = m_2\omega_m{}^2$.
- بمعرفة $\omega_m, m_2 \& k_2$ ، يمكن تصميم الجملة المساعدة المناسبة (كتلة – نابض)، مع الإشارة إلى أنه يمكن اعتماد الخطوات السابقة لجميع أنماط الاهتزاز (انتقالية أو دورانية).

ب- مخمدات اهتزاز:

يمكن إبقاء حركة الجملة الأساس ضمن الحدود المسموح بها باستعمال مخمدات اهتزاز في الجملة المساعدة، وإن حل هذه المسألة بسيط وموجود في المراجع المختصة التي تُعنى بالديناميك. ونبين فيما يلي العلاقات الهامة الخاصة بهذا الموضوع:

✓ يحسب تردد الجملة المساعدة بالعلاقة : $\varpi_{n2} = \sqrt{\frac{k_2}{m_2}} = \frac{1}{1+\alpha}\sqrt{\frac{k_1}{m_1}}$

✓ تحدد قيمة التخامد الأمثل للجملة المساعدة بالعلاقة: $\zeta = \frac{c}{c_c} = \sqrt{\frac{3\alpha}{8(1+\alpha)^3}}$ ، حيث:

$$c_c = 2\sqrt{k_2 m_2} \quad \text{و} \quad \alpha = \frac{m_2}{m_1}$$

✓ ويكون الانتقال الأعظم للجملة الأساس معادلاً: $a_{\max} = a_{st}\sqrt{\frac{1+2}{\alpha}}$ ، حيث: $a_{st} = \frac{P_0}{k_1}$

✓ ونعتمد المنهجية الآتية عند تصميم المخمد: نختار الكتلة المساعدة m_2 بحيث تكون الانتقالات الأعظمية للأساس $a_{\max}$ ضمن الحدود المسموح بها، وبالتالي نحسب صلادة (قساوة) النابض k_2 والتخامد ζ ، ومن ثم نؤمن التخامد المطلوب بوساطة نظام لزج (مخمد) موافق لعامل اللزوجة c .

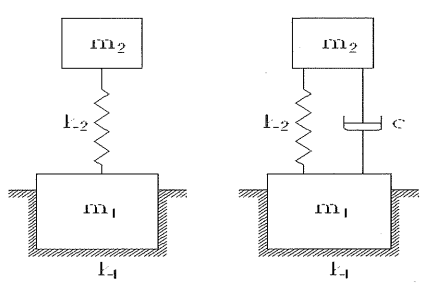
ت- العزل عن طريق خنادق محيطة:

يتم تخفيض الاهتزازات المنتقلة عن طريق تنفيذ خنادق محيطة بالأساس لا يقل عمقها عن ثلث طول موجة الاهتزاز. وبينت التجربة أن الخنادق المملوءة بطين البنتونيت أبدت خواصاً جيدة وعزلاً أكثر فعالية.

ث- العزل في الأبنية:

يساعد الفصل الشاقولي بين أجزاء البناء في منع الاهتزازات الناجمة عن الآلات المتوضعة في أحد أجزاء البناء من إحداث اضطرابات في مكان آخر.

ويمكن تخفيض الاهتزازات الموضعية من خلال تأمين صلادات إضافية للبلاطات شرط التحقق من أن التردد الذاتي للبلاطة أكبر فعلاً من تردد تشغيل الآلة المتوضعة عليها.



(b) مع تخميد (a) دون تخميد

الشكل (11-6): استعمال الجمل المساعدة في العزل الاهتزازي

12-11 تفصيلات إنشائية لأساسات الآلات

1/12-11 صب الخرسانة

أ – يجب ألا تقل المقاومة المميزة للخرسانة المستعملة عن $200kg/cm^2$. ويفضل صب العناصر دون انقطاع.

ب– يختار المصمم الفواصل الإنشائية بشكل مدروس، وتنفذ بشكل متقن، ويتم ذلك عن طريق زرع أو تنفيذ جملة مناسبة من التشاريك عبر الفاصل وتزويد السطح بمفاتيح قص (سن المنشار)، مع مراقبة فعالة أثناء الصب.

ت– تأمين أفضل تلاصق بين الخرسانة القديم والجديد، نعمل على تجهيز السطح العلوي ليصبح شبيهاً بقرص العسل، ومن ثم ينظف بفرشاة معدنية لتنفيذ طبقة من المونة الأسمنتية الغنية على السطح القديم قبل صب الخرسانة الجديد. ويمكن استعمال الطرائق الحديثة لتأمين التلاحم الجيد (مواد إيبوكسية...).

ث– يجب استعمال مونة حقن أسمنتية (غراوت) غير قابلة للانكماش تحت الصفيحة القاعدية للآلة وفي ثقوب براغي التثبيت.

2/12-11 التسليح

أ – يجب استعمال التسليح عند جميع الأسطح وحول الفتحات المنفذة في جسم الأساس (متطلبات ميكانيكية).

ب– يجب أن يتم التسليح في الاتجاهات الثلاثة.

ت– يجب أن لا تقل كمية التسليح في الأساس عن $25kg/m^3$.

ث– ينفذ التسليح بأقطار تتراوح بين 16-25 mm بتباعد بين $20-30cm$ بالاتجاهين، وكذلك عند الأوجه الجانبية للأساس.

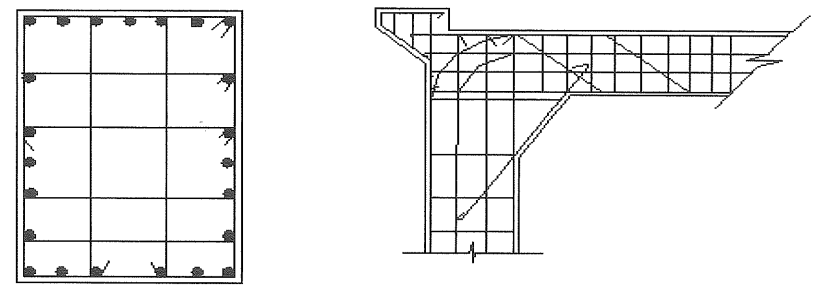
ج– لا يقل سمك الغطاء الخرساني عن $75mm$ في الأسفل و $50mm$ عند الأوجه والقمة.

ح– يفضل أن تكون كمية التسليح في البلاطة القاعدية للأساسات الإطارية قريبة من $50kg/m^3$.

خ– من أجل الفتحات الدائرية يمتد طول التراكب للتسليح بمسافة لا تقل عن 50ϕ، أو يمتد بطول لا يقل عن 40ϕ من نقطة التقاطع (ϕ قطر قضيب التسليح).

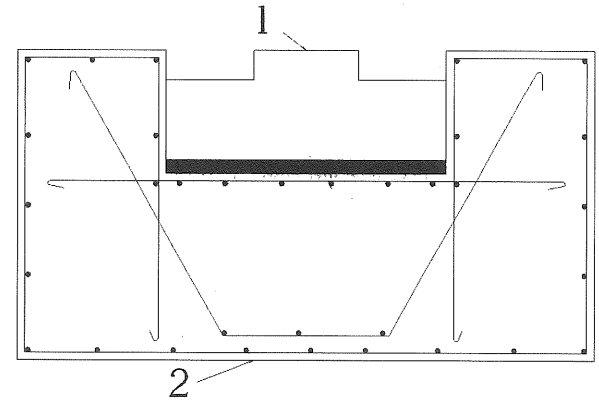
د- تتراوح نسبة التسليح حول الفتحة المزود بها الأساس بين %(0.75 – 0.5) من مساحة الفتحة، وهذا التسليح يكون على شكل قفص كما هو مبين.

وتبين الأشكال الآتية بعض التفصيلات النموذجية المعتمدة في تسليح الأساسات.



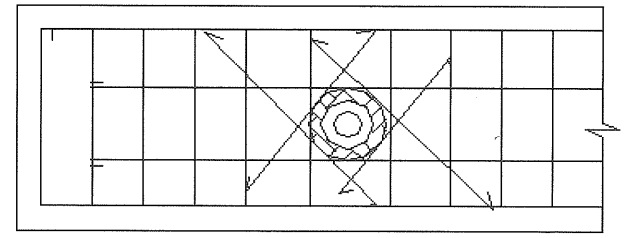
(b) تسليح عقدة عمود-جائز (a) تسليح عمود

الشكل (11-7): ترتيبات التسليح في العمود والعقدة

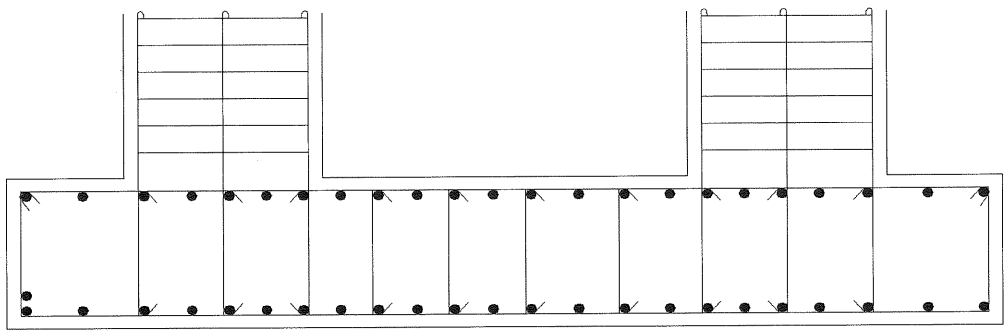


(1) كتلة السندان (2) أساس من الخرسانة المسلحة

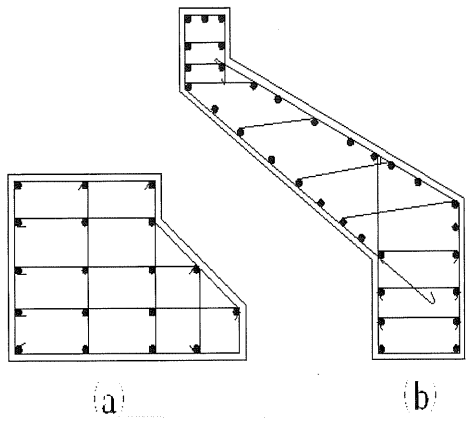
الشكل (11-8): تسليح نموذجي لأساس مطرقة



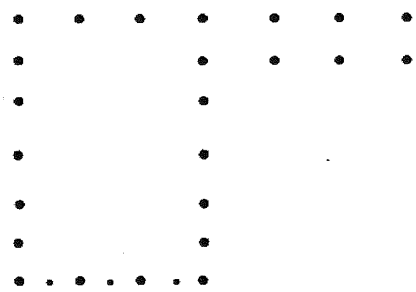
الشكل (11-9): تسليح نموذجي حول فتحة في أساس آلة ما



الشكل (11-10): تسليح نموذجي لبلاطة القاعدة في أساس إطاري لآلة ما



الشكل (11-11): تسليح جائز عرضي نموذجي في أساس إطاري



الشكل (11-12): تسليح نموذجي لجائز طولي مع ظفر في أساس إطاري

11-12/3 فواصل التمدد

أ - يجب فصل أساسات الآلات عن العناصر الإنشائية المجاورة بهدف منع انتقال الاهتزازات.

ب- يجب أن تكون هذه الفواصل خالية تماماً من الأنقاض والكتل.

ت- عندما لا يمكن تأمين الفاصل في مناطق معينة يجب استخدام طبقتين من اللباد أو حشوات مرنة عند الأوجه.

4/12-11 عناصر الوصل

أ – يتم تثبيت الآلات بالأساسات عبر صفائح القاعدة وبراغي التثبيت، وبالتالي يجب أن يتوقف صب الخرسانة عند منسوب صفيحة القاعدة ، وتملأ الفجوات المتشكلة بالمونة العديمة الانكماش بعد عملية التسوية.

ب- من أجل صفائح قاعدة بعرض يتراوح من $(20-30cm)$ يكون عادة سماكة الملء $(2-3cm)$، ومن أجل الصفائح الأوسع يبلغ السمك حتى $(5cm)$.

ت- تتم معايرة أو تسوية صفيحة القاعدة عن طريق أسافين أو مرافع لولبية تمكن من تركيب الآلة بشكل دقيق.

ث- تثبت صفيحة القاعدة بالأساس ببراغي تثبيت متوضعة بشكل دقيق في الأساس بما يتوافق مع ثقوب الصفيحة ذاتها. ومن المستحسن تنفيذ ثقوب البراغي بوساطة قوالب معايرة أفقية، وتثبت جميع البراغي بقوالب المعايرة في مواقعها عن طريق عزقات تزال لاحقاً بعد تصلب الخرسانة.

ج- يمكن تأمين الثقوب في الخرسانة مسبقاً، ومن ثم يتم ملؤها بالمونة بعد تركيب الصفيحة القاعدية ووضع البراغي في محاورها. ويجب أن تفتح ثقوب البراغي في الأسفل عبر قناة أفقية ممتدة حتى السطح الخارجي للأساس، أو يمكن أن تستمر هذه الثقوب عبر سماكة الأساس وهذا العمل يسهل تنظيف الثقوب قبل الصب، ويؤمن حرية أكثر أثناء التثبيت.

ح- يجب ألا تكون ثقوب البراغي (في الخرسانة) واسعة جداً، وعادة تكون الأبعاد $(15\times15cm)$ كافية.

خ- يتراوح طول الإرساء في الخرسانة لبراغي التثبيت من $\phi(30-40)$، وعندما لا يسمح سمك الأساس بتحقيق هذا الطول نلجأ إلى تزويد نهاية البرغي بوصلات خاصة تؤمن التثبيت الملائم.

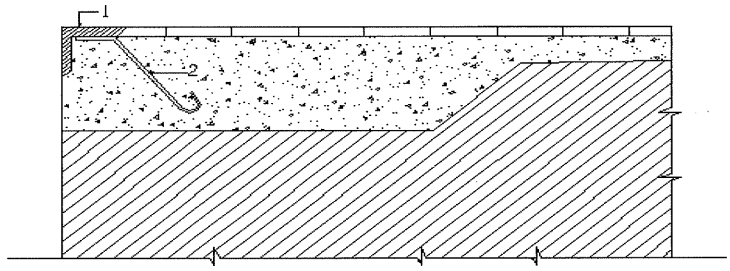
د – تحدد مواقع ثقوب البراغي انطلاقاً من محاور الآلة المحددة بدقة، ويجب عدم اعتماد عناصر الأساس من جوائز وأعمدة في تحديد مواقع الثقوب.

ذ – لتجنب الانتقال المفرط للاهتزازات إلى الأساس عبر براغي التثبيت، يتم تثبيت الصفيحة القاعدية على وسط مخمد للاهتزاز.

ر – يتم تركيب البراغي وملء فراغاتها بعد التحقق من انتهاء مفعول الانكماش للخرسانة.

ز – يجب أن يتم صب الفراغات الواقعة تحت الآلات بعناية فائقة باستخدام مونة غنية /1:2/ دون توقف، ويفضل استعمال الحقن. يجب عدم تشغيل الآلات لمدة لا تقل عن 15 يوماً بعد الملء أو الحقن.

س- يجب حماية أطراف الأساسات عن طريق تزويدها بزوايا فولاذية $(75\times75*8mm)$، مع شناكل بقطر $12mm$ وتباعد $50cm$، كما هو مبين في الشكل (11-13).



(1) زاوية فولاذية $(75\times75*8mm)$ (2) شنكل تثبيت $\phi12mm$

الشكل (11-13): تفصيلة نموذجية لطرف أساس

11-12/5 أنماط عزل أساسات الآلات

يوجد نوعان من النوابض المستخدمة في العزل: جمل استناد، وجمل معلقة.

11-12/5/1 جملة نوابض الاستناد Supported Systems

عندما تكون الآلات متوازنة، أو عندما تكون قوى التحريض مهملة، فإن النظام الحاضن لا يحتاج إلى كتل ثقيلة فوق النوابض. في هذه الحالة تُركّب الآلات مباشرة على إطار معدني صلب يستند على جملة نوابض متوضعة في أماكن مناسبة.

أ- عندما تتولد قوى غير متوازنة، موافقة لسرعة تشغيل عالية، فإنه بالإمكان زيادة ثقل الكتل المتوضعة على النوابض بإضافة قطع خرسانية.

فيما يلي نبين المراحل الرئيسة في إنشاء نظام نوابض الاستناد في أساسات الآلات:

- تستند بلاطة قاعدة الأساس التي سمكها $(0.2-1m)$ مباشرة على سطح تربة التأسيس، وتحدد أبعادها استناداً لنوع وأبعاد المحرك، وكذلك لخواص التربة. ويجب أن نلاحظ وجود الجدران الجانبية المشكلة للمعبر حول الأساس، وتصمم وفقاً للقوى المؤثرة.
- بعد تصلب خرسانة القاعدة، يغطى سطحها العلوي برقائق بيتومينية أو مطاطية، أو من أنواع خشب البلي وود، بهدف منع الاحتكاك المباشر بين بلاطة القاعدة والبلاطة العلوية التي ستصب لاحقاً فوقها.
- توضع الصفائح السفلية للنوابض في أماكنها المحددة.
- يتم تركيب الإطارات المعدنية المسبقة الصنع فوق هذه الصفائح.
- يتم إعداد القالب وبالتالي صب الأساس العلوي على أن يتم تأمين تجاويف خاصة لتسهيل عملية الوصول إلى النوابض وتأمين المراقبة الدورية.
- بعد تصلب خرسانة الأساس العلوي توضع النوابض في الصفائح السفلية، وتتم تغطية هذه النوابض بصفائح أخرى عند القمة تثبت بدورها جيداً بالهيكل بالبراغي.

- في المرحلة الأخيرة يركب برغي التثبيت الذي يسمح برفع الكتلة فوق النوابض بطريقة منتظمة وهادئة عن طريق أداة تسوية ما.

11-12/5/2 جملة النوابض المعلقة Suspended Systems

يفضل استعمال هذا النوع من العزل عند إمكانية تأمين ممرات سهلة إلى مواقع النوابض، ويختلف هذا النوع عن جملة النوابض الاستنادية بطول برغي التثبيت الذي يمر عبر جملة النابض، وتكون النهاية السفلية لهذا البرغي متصلة بالجائز المعدني الظفري أو الخارج من الأساس العلوي، وتتوضع النوابض في النهاية العلوية للأساس قريباً من مستوى الأرضية.

11-12/6 التدابير الاحتياطية

أ- عندما تكون معطيات التصميم غير دقيقة، أو عندما لا تتمكن من تحقيق عامل الأمان المطلوب في مرحلة التصميم لدرء الطنين، فإنه من الواجب أخذ الاحتياطات اللازمة لاستدراك هذا النقص في مرحلة الإنشاء النهائية، ويتم ذلك عن طريق تغيير التردد الذاتي لجملة التأسيس.

ب- إن زيادة سطح الاستناد تولد زيادة في الصلادة مع تغيير طفيف في الكتلة، وهذا يزيد من قيمة التردد الذاتي.

ت- وعندما نريد تخفيض قيمة هذا الدور فإن زيادة الوزن لنفس سطح الاستناد ستكون ملائمة. وبالتالي فإن الاحتياطات الواجب أخذها تكون فعالة أثناء عملية الإنشاء، خارج مجال الطنين:

$$0.7 f_m > f_n > 1.3 f_m$$

ملاحق خاصة بالدراسة الجيوتكنيكية

جرى تضمين هذا الملحق من أجل الاستئناس فقط، ويمكن لمهندس الجيوتكنيك اعتماده أو اعتماد طرائق أخرى معتمدة في كودات أخرى حسب تقديره الهندسي. وبالتالي فإن ما سيرد في هذه الملاحق غير ملزم وغير ضروري الأخذ به.

الملحق م (1)

م1 تعيين معامل مرونة التربة تحت الأساس من التجارب المخبرية والحقلية

م1-1 باستعمال الاختبار الثلاثي المحاور

يتم أخذ عينة ممثلة للطبقة القابلة للانضغاط كما هو موضح في الشكل (م1-1). تُعرّض العينة في جهاز الاختبار الثلاثي المحاور إلى إجهاد شاقولي $(\sigma`_{10})$ يكون مساوياً للضغط الشاقولي الفعال $(\sigma`_{10}=\gamma'.Z)$ وإجهاد عرضي $(\sigma`_{30})$ مساوٍ لضغط التربة في حالة الراحة، (أي $\sigma'_{30}=K_O\sigma'_{10}$، حيث k_O معامل ضغط التربة في حالة الراحة modulus of earth pressure at rest). يسمح بتصريف المياه تحت تأثير الإجهادات السابقة إذ تُضغط العينة في ظروف التربة الطبيعية بالموقع. بعد ذلك تُعرّض العينة إلى الإجهاد الشاقولي (σ_1) والإجهاد العرضي (σ_3) الناتجين عن أحمال الأساس، كما هو مبين بالشكل (م1-1)، مع عدم السماح بتصريف المياه، ويمثل التشوه النسبي للعينة $(\varepsilon=\Delta h/h)$ في هذه الحالة، الانضغاط الفوري مع عدم حدوث تغير في الحجم كما هو مبين بالشكل (م1-2). ويمكن حساب معامل المرونة في هذه الحالة، الخاص بحساب الهبوط الفوري من الإجهاد الشاقولي (σ_1) والتشوه النسبي المقاس (الانفعال ε). بعد ذلك يسمح بتصريف المياه والعينة معرضة للإجهادات السابقة، وبعد تمام الانضغاط، يكون التشوه النسبي المقاس ممثلاً للتقلص الناتج عن الانضغاطية (consolidation). ويمكن حساب معامل المرونة الخاص بالهبوط نتيجة للانضغاطية من الإجهاد الشاقولي (σ_1) والتشوه النسبي (الانفعال) المقاس أثناء الانضغاطية.

ويمكن رسم منحنى (الإجهاد – التشوه النسبي (الانفعال ε)) للعينة كما هو موضح بالشكل (م1-3)، وحساب معامل المرونة (E_S) من علاقة (الإجهاد – التشوه النسبي (الانفعال ε))، مع مراعاة أن هذا المعامل يمثل الهبوط الفوري إذا تم إجراء التجربة دون تصريف المياه، ويمثل الهبوط الناتج من الانضغاطية إذا تم إجراء التجربة مع السماح بتصريف المياه. ويوصى باستعمال معامل التماس الابتدائي أو معامل القاطع عند إجهاد:

$$(\sigma_1) = \{\sigma_{1(max)}\} \times (0.5 \rightarrow 0.3)$$

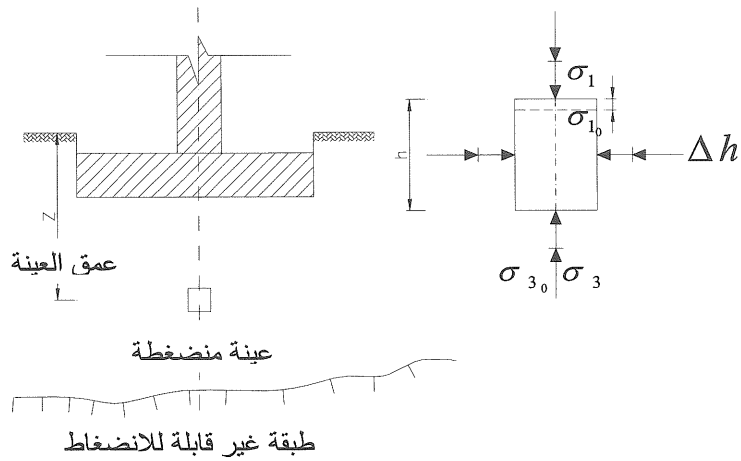
م1-2 باستعمال اختبار الانضغاطية بوساطة الأيدومتر (oedometer)

يُعد الاختبار بهذا الجهاز حالة خاصة من الاختبار الثلاثي المحاور، إذ يكون الإجهاد العرضي (σ_1) مساوياً ($K_O \cdot \sigma_1$)، كما هو مبين بالشكل (م1-4 أ). ومن هذا الشكل يتضح أن معامل المرونة (E_S) الناتج يعتمد على قيمة الإجهاد الشاقولي.

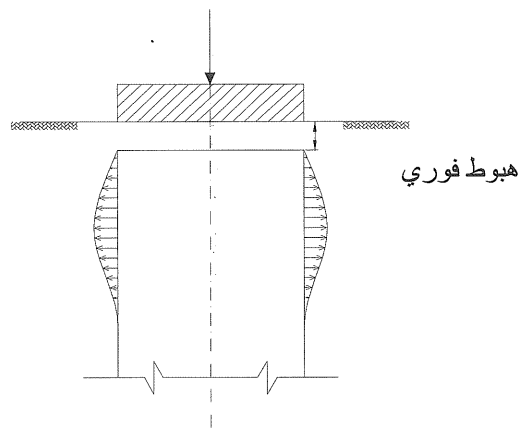
يمكن توقيع نتائج هذه التجربة على شكل علاقة بين الإجهاد (σ) ونسبة الفراغات (e) كما هو موضح بالشكل (م1-4 ب). ومن هذه العلاقة يمكن إيجاد المعامل (E_S) كما يلي:

$$E_S = \frac{1}{m_v} = \Delta\sigma\left(\frac{1+e_o}{\Delta_c}\right)$$

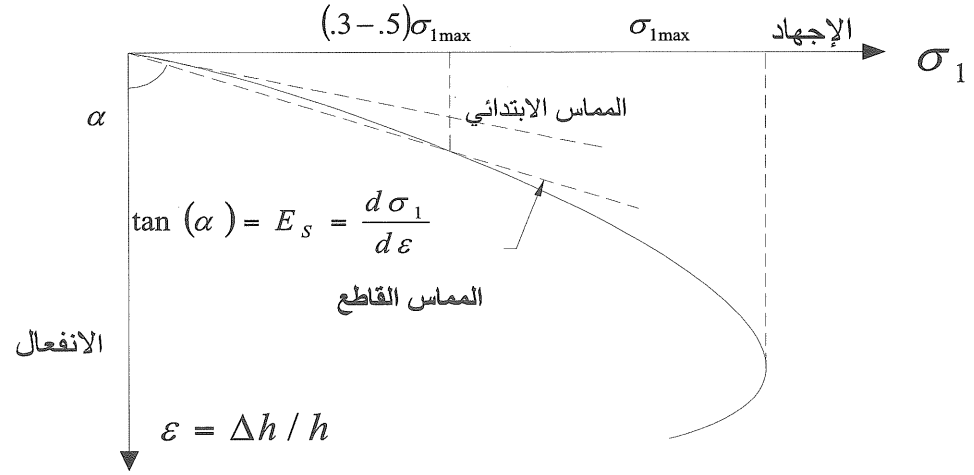
(م1-1) .....



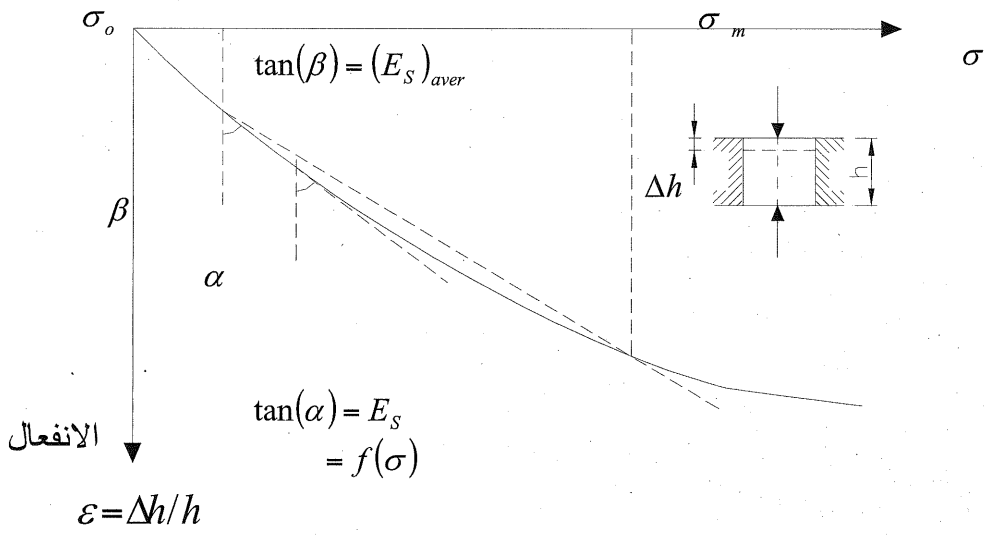
الشكل (م1-1): تعيين معامل المرونة من اختبار الضغط ثلاثي المحاور



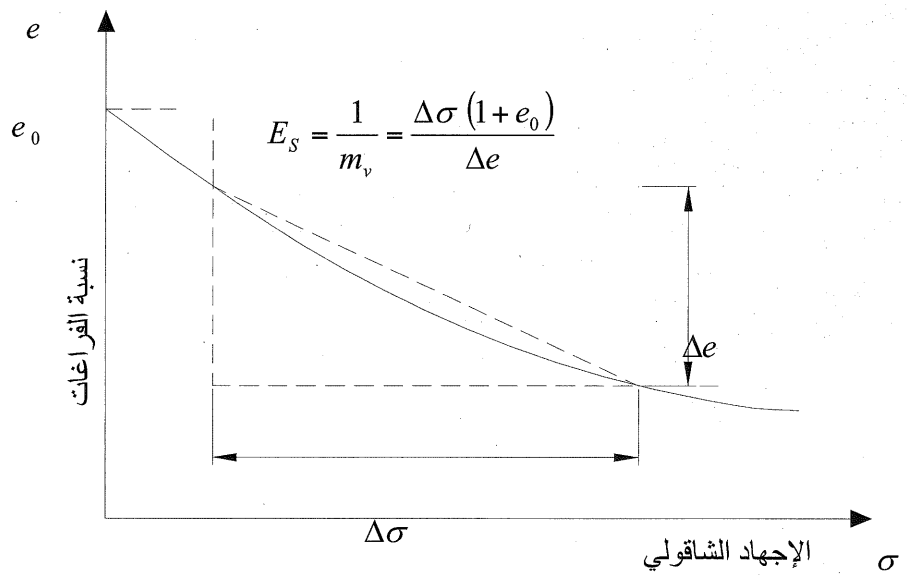
الشكل (م1-2): الهبوط الفوري مع عدم حدوث تغير في الحجم



الشكل (م1-3): علاقة الإجهاد – التشوه النسبي (الانفعال) الناتجة من اختبار الضغط ثلاثي المحاور

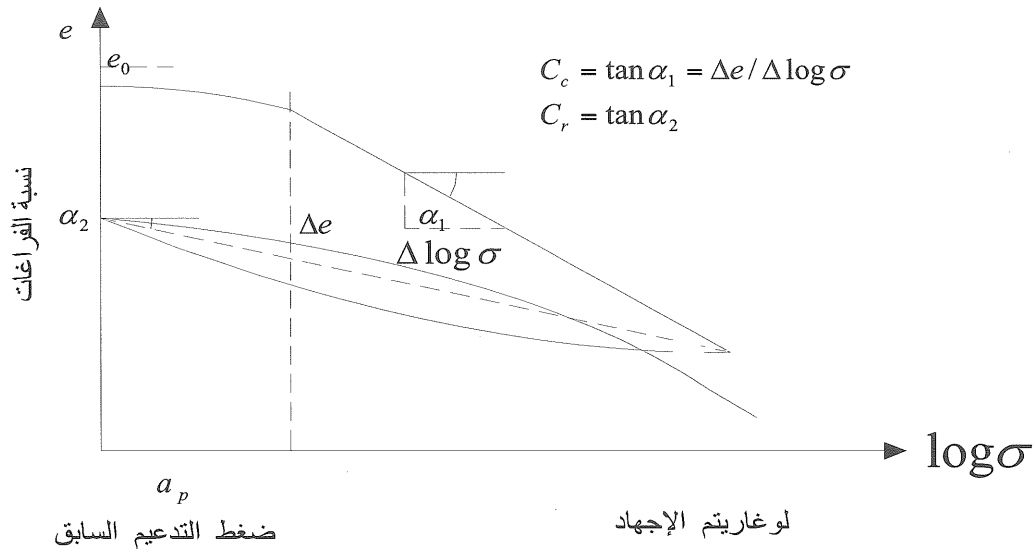


الشكل (م1-4 أ): علاقة الإجهاد – التشوه النسبي (الانفعال) من اختبار الاودومتر



الشكل (م1-4 ب): علاقة الإجهاد – نسبة الفراغات الناتجة من اختبار الاودومتر مرسومة على شكل العلاقة بين الإجهاد (σ) ونسبة الفراغات (e)

كما يمكن توقيع نتائج هذه التجربة على شكل علاقة بين لوغاريتم الإجهاد (log σ) ونسبة الفراغات (e) كما هـو موضح بالشكل (م1-5)، وذلك لحساب قرينة الانضغاط (C_C) ودليل إعادة الانضغاط (C_r).



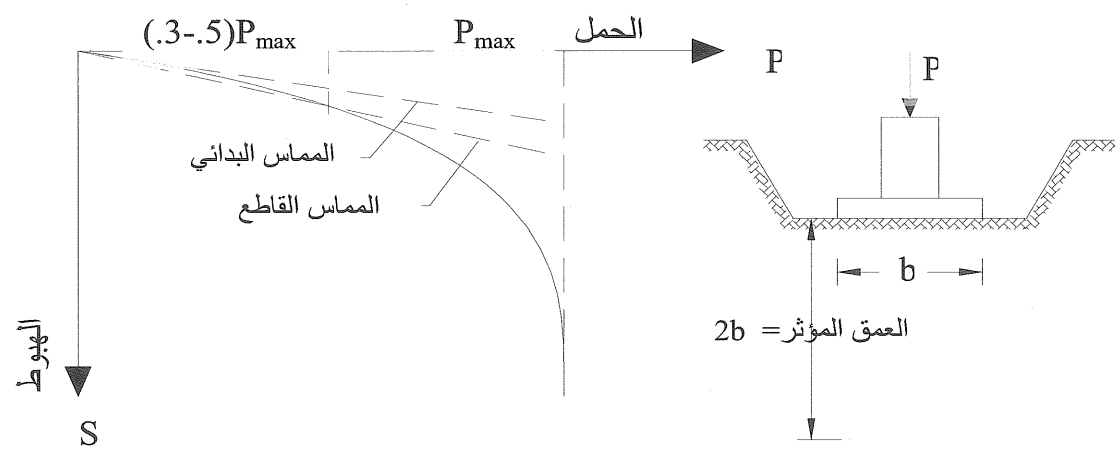
الشكل (م1-5): علاقة الإجهاد – نسبة الفراغات من اختبار الاودومتر لحساب دليل الانضغاط (c_c) ودليل إعادة الانضغاط (c_r).

م1-3 تعيين معامل المرونة من التجارب الحقلية

نستعمل التجارب الحقلية لتقدير معامل مرونة التربة، وعندها يجب تنفيذ عدد كاف من السبور بأعماق مناسبة بالموقع. وفيما يلي بعض التجارب الحقلية التي تستعمل لتقدير معامل المرونة:

م1-3/1 تجربة صفيحة التحميل

يمكن إيجاد معامل المرونة من العلاقة بين الحمل- الهبوط لهذه التجربة. ويوصى باستعمال المماس الابتدائي أو القاطع، كما هو مبين بالشكل (م1-6). ويجب التنويه إلى أن معامل المرونة الناتج من هذه التجربة يمثل التربة إلى عمق يساوي تقريباً ضعف عرض الصفيحة المستعملة، كذلك فإن نتائج هذه التجربة لا تعطى تقديراً للهبوط الناتج عن الانضغاطية الكلية (أي الطويلة الأمد) في حالة التربة الغضارية، وإنما تعطى تقديراً للهبوط الفوري نظراً لقصر الوقت النسبي الذي تستغرقه هذه التجربة.



الشكل (م1-6): اختبار صفيحة التحميل

م1-3/2 تجربة الاختراق القياسية

يمكن تقدير معامل المرونة (E_s) لحساب الهبوط الكلي التقريبي في حالة التربة غير المتماسكة من العلاقة (م1-2) مع عدد الدقات (N) بعد تصحيحها كما يأتي:

$$E_s = (4\text{-}12)\, N_2 \quad \ldots\ldots \quad (م1\text{-}2)$$

حيث: N_2 عدد الدقات من اختبار الاختراق القياسي SPT، بعد التصحيح نتيجة المياه الجوفية والضغط الفعال.

م1-3/3 تجربة المخروط الاستاتيكي

يمكن تقدير معامل المرونة (E_s) لحساب الهبوط الكلي التقريبي من واقع نتائج تجربة المخروط الاستاتيكي باستعمال العلاقات الموضحة بالجدول (م1-1) الآتي:

الجدول (م1-1): تقدير معامل الانضغاط (E_s) من تجربة المخروط الاستاتيكي

نوع التربة	معامل الانضغاط
طمي ورمل	$E_s = 1.5\ q_{cone}$
رمل متوسط الكثافة	$= 2\ q_{cone}$
رمل كثيف	$= 3\ q_{cone}$
رمل وبحص	$= 4\ q_{cone}$
غضار	$E_s = (3\text{-}8)\ q_{cone}$

م1-3/4 تجربة القص بالمروحة

يمكن تقدير معامل الانضغاط (E_U) لحساب الهبوط الفوري للتربة الغضارية بمعرفة قوة التماسك (c_u) بوساطة تجربة القص بالمروحة كما يلي:

غضار ضعيف التماسك $E_U = 50\ (c_u)$

غضار متوسط التماسك إلى متماسك $E_U = 100\ (c_u)$

غضار شديد التماسك $E_U = 150\ (c_u)$

الملحق م (2)

م2 | تعيين قيمة معامل رد الفعل لتربة التأسيس

يجب ملاحظة أن معامل رد فعل تربة التأسيس لا يعتمد فقط على الخواص الانضغاطية للتربة، بل يعتمد أيضاً على أبعاد الأساس. وتعين الخواص الانضغاطية لتربة التأسيس من الاختبارات المخبرية والتجارب الحقلية، أومن الخبرة العملية لأنواع مشابهة لتربة التأسيس.

يمكن تعيين معامل رد فعل تربة التأسيس عند معرفة الهبوط وأبعاد الأساس كما يأتي:

م2-1 تربة غير منتظمة الخواص

في هذه الحالة (الشكل م2-1) يحسب الهبوط لحالة حمل متوسط موزع بانتظام على الأساس مساوياً (P). ثم يحسب معامل رد الفعل المتغير لتربة التأسيس من العلاقة الآتية:

$$K = P/S \quad ..... \quad (م2-1)$$

حيث:

K: معامل رد الفعل لتربة التأسيس (كيلونيوتن/م^3 أو كيلوغرام/سم^3 في حالة الواحدات المترية).

S: الهبوط المحسوب (متر أو سنتيمتر في حالة الواحدات المترية).

P: حمل موزع بانتظام على الأساس (كيلونيوتن/م^2 أو كغ/سم^2).

م2-2 تربة منتظمة الخواص

في هذه الحالة (الشكل م2-2)، يُحسب رد فعل تربة التأسيس من واقع حساب الهبوط للنقطة المميزة للأساس، كما يلي:

$$S = (P.B/ E_s) . I \quad ..... \quad (م2-2)$$

$$K = P/S = E_s/ B.I \quad ..... \quad (م2-3)$$

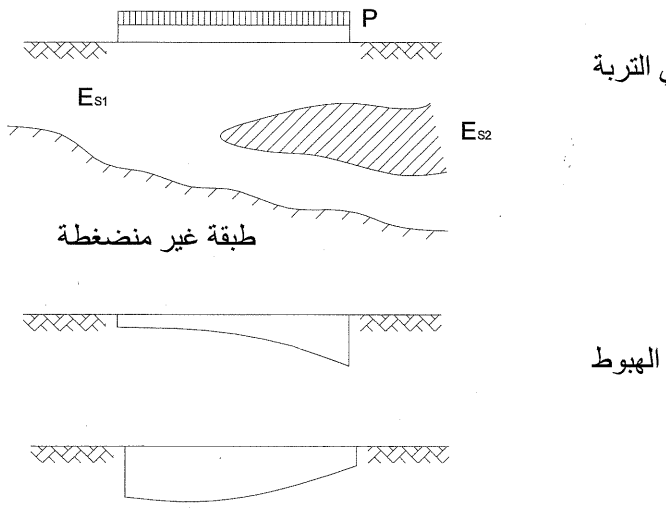
حيث: B: أصغر مقاس للأساس (متر)؛

E_s: معامل المرونة للطبقة المعرضة للانضغاط (كيلونيوتن/متر^2).

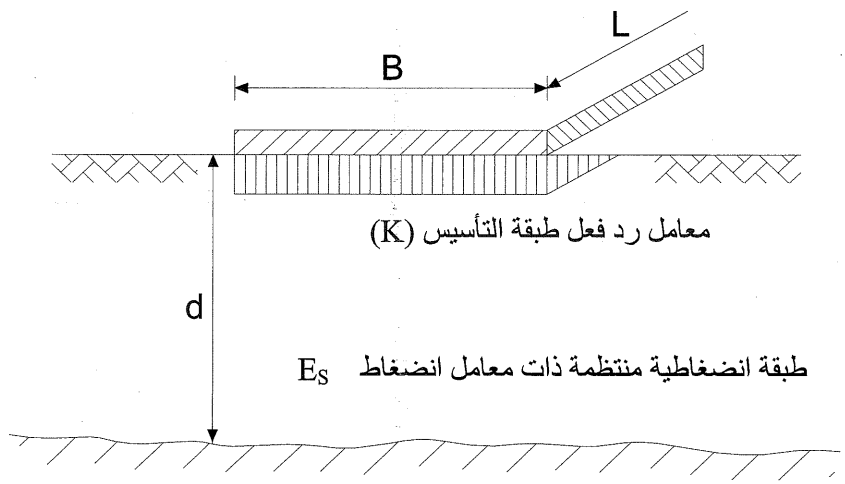
I: معامل تأثير يتوقف على النسبتين (d/B, L/B) انظر الجدول (م2-1).

L: أكبر مقاس للأساس (متر).

d: سمك طبقة التأسيس المعرضة للانضغاط (متر).



الشكل (م2-1): معامل رد فعل طبقة التأسيس لتربة غير منتظمة الخواص



الشكل (م2-2): معامل رد فعل تربة التأسيس لتربة منتظمة الخواص

الجدول (م2-1): قيم معامل التأثير (I)

$\frac{d}{B}$	L / B						
	١	١٫٥	٢	٣	٥	١٠	∞
٠,٢	٠,١٧٦٤	٠,١٨١٦	٠,١٨٤٢	٠,١٨٦٥	٠,١٨٧٠	٠,١٨٧٠	٠,١٨٧٠
٠,٤	٠,٢٨٩١	٠,٣٠٧٢	٠,٣٢٠٣	٠,٣٢٨٨	٠,٣٣٤٠	٠,٣٣٥٤	٠,٣٣٥٤
٠,٦	٠,٣٧١١	٠,٣٩٩٧	٠,٤٢١٣	٠,٤٤٠١	٠,٤٥٤٥	٠,٤٦٠٤	٠,٤٦١٨
٠,٨	٠,٤٣٦١	٠,٤٧٣٧	٠,٥٠٢٣	٠,٥٣٠٧	٠,٥٥٦٣	٠,٥٦٩٦	٠,٥٧٣٣
١,٠	٠,٤٨٨١	٠,٥٣٤٧	٠,٥٦٩٣	٠,٦٠٦٦	٠,٦٤٣٠	٠,٦٦٥٦	٠,٦٧٢٣
١,٥	٠,٥٧٩٦	٠,٦٤٧٢	٠,٦٩٦٣	٠,٧٥٠٥	٠,٨٠٧٣	٠,٨٥٩٦	٠,٨٧٧٩
٢,٠	٠,٦٣٨١	٠,٧٢٤٢	٠,٧٨٤٨	٠,٨٥٣٠	٠,٩٢٨٠	١,٠٠٤١	١,٠٤٠٣
٣,٠	٠,٧٠٣١	٠,٨١٩٢	٠,٨٩٤٨	٠,٩٨٦٠	١,٠٨٩	١,١٩٧١	١,٢٨٠٨
٤,٠	٠,٧٤٠٦	٠,٨٧١٧	٠,٩٥٧٣	١,٠٧١٠	١,١٩٤٠	١,٣٢٨١	١,٤٥٥٣
٥,٠	٠,٧٦٣١	٠,٩٠٤٢	٠,٩٩٨٣	١,١٣٠٥	١,٢٦٩٥	١,٤٢٥١	١,٥٩٢٣
٦,٠	٠,٧٧٩١	٠,٩٢٦٧	١,٠٢٦٨	١,١٧٣٥	١,٣٢٥٥	١,٥٠٠٦	١,٧٠٥٨
٨,٠	٠,٨٠١١	٠,٩٥٤٧	١,٠٦٤٨	١,٢٣٠٥	١,٤٠٤٥	١,٦٠٨٦	١,٨٨٨٨
١٠,٠	٠,٨١٠١	٠,٩٧٠٧	١,٠٩٠٨	١,٢٦٤٥	١,٤٤٨٥	١,٦٨٢٦	٢,٠٣٤٨
١٤,٠	٠,٨١٥١	٠,٩٧٨٧	١,١١١٨	١,٢٩٣٥	١,٥٠٤٥	١,٧٨٦٦	٢,٢٤٥٨
٢٠,٠	٠,٨١٥١	٠,٩٨٠٧	١,١١٥٨	١,٣٢٣٥	١,٥٧٠٥	١,٨٩٢٦	٢,٤٧٥٨

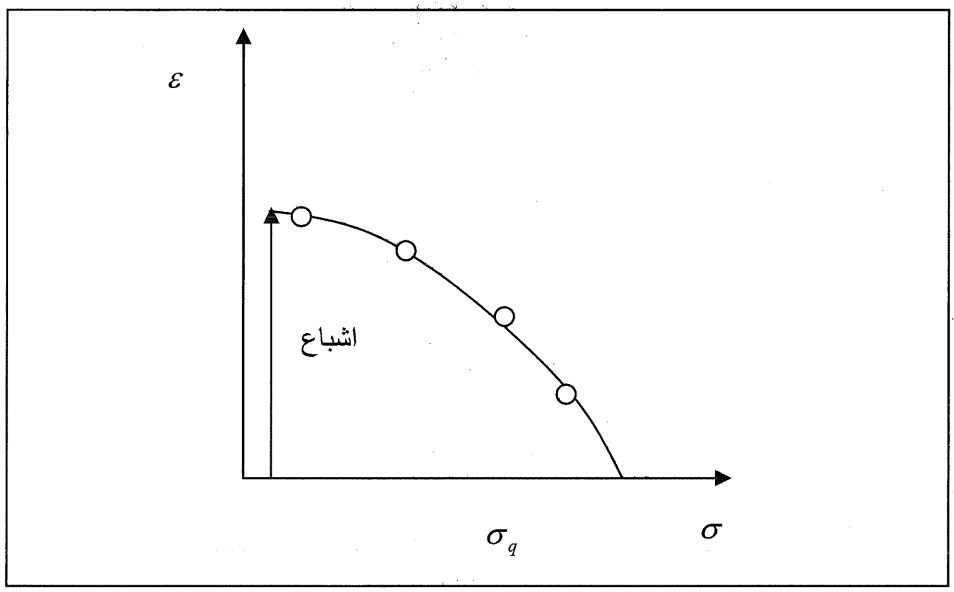
الملحق م (3)

م3 | التربة المنتفخة

م3-1 تعيين قيمة ضغط الانتفاخ في التربة

هنا تغمر العينة بالماء فور وضعها في خلية الأدومتر حتى نهاية الانتفاخ . تحمل العينة بعد ذلك وهي تحت الماء بالتدريج وهي مغمورة بالماء حتى يعود ارتفاعها لما كان عليه تحت الماء ويعتبر الضغط اللازم لذلك مساوياً لضغط الانتفاخ.

استعملت هذه الطريقة لأول مرة من قبل RANGANATHAN& SATRYRIARAYANA عام 1965



يبين الشكل سير تجربة تعيين ضغط الانتفاخ حسب Henkel and Kaiser

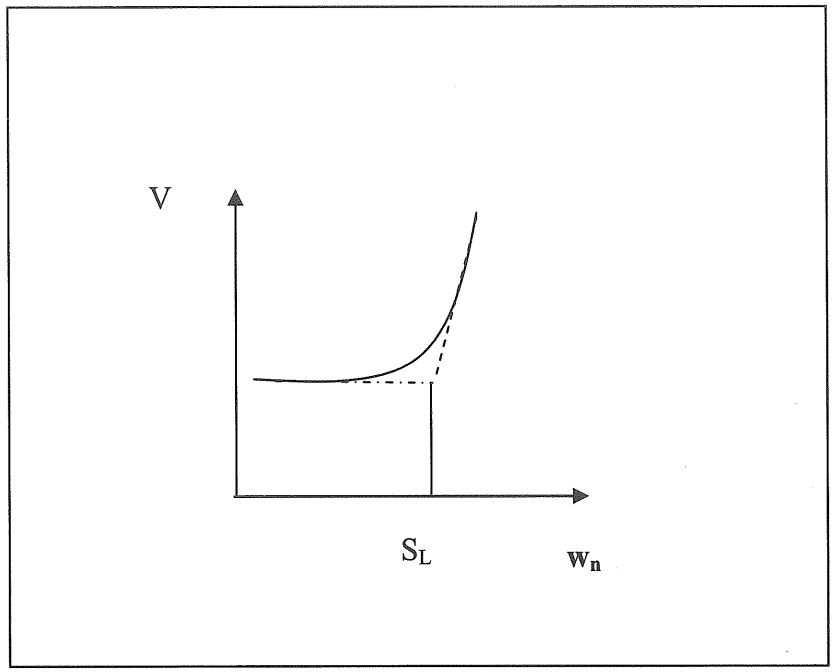
م3-2 تعيين قيمة الانتفاخ النسبي الحر

وهو النسبة بين قيمة انتفاخ التربة والارتفاع الأصلي للعينة قبل إضافة الماء وانتفاخها

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} \cdot 100 \quad [\%]$$

م3-3 تعيين حد التقلص S_L

حد التقلص هو نسبة الرطوبة التي إذا نقصت عنها رطوبة التربة حافظت العينة على حجمها. ويتم تعيينها عن طريق القياس المتكرر للحجم والرطوبة المتغيرين للتربة نتيجة تجفيفها بالهواء ثم يتم تمثيل ذلك بيانياً. لتستنتج القيمة كما في الشكل.



تُعدّ التربة شديدة وذات قدرة عالية على التقلص إذا ازدادت هذه القيمة فوق 12%.

م3-4 تعيين الأعماق الدنيا للتأسيس في حالة التربة المنتفخة

إضافة لما ورد في الباب السابع، يجب أن يتحقق الآتي:

أ - يجب أن لا يقع الأساس أعلى من أو ضمن منطقة تغير الرطوبة (المنطقة الفعالة) في حال التأسيس على الأتربة ذات القدرة العالية على تغيير حجمها انتفاخاً أو تقلصاً تبعاً لزيادة أو نقصان الرطوبة ويقع هذا العمق بين 3 إلى 4 متر أسفل مستوي سطح الأرض تبعاً لتصنيف التربة على الانتفاخ التالي لتقييم التربة من حيث قدرتها على الانتفاخ.

ب- يُراعي أن يزيد الإجهاد المطبق تحت نعل الأساس على قيمة ضغط الانتفاخ بمراعاة قدرة التحمل المسموح بها للتربة وكذلك الهبوطات الكلية وفروق الهبوطات. غير أن ذلك يصبح صعب التحقيق في التربة ذات ضغط الانتفاخ العالي (أكبر من $200\ kN/m^2$)

م3-5 تصنيف التربة القابلة للانتفاخ

يمكن اعتماد التصنيف الآتي للتربة لبيان قابلية التربة الغضارية للانتفاخ. حسب GEHEN 1988

نسبة الحبيبات ذات القطر الأقل من $74\ \mu m$ ميكرون (%)	حد السيولة L_L (%)	ضغط الانتفاخ MP_a	القدرة على الانتفاخ
95 <	60 <	1	عالية جداً
95-60	60-40	0,5-0,25	عالية
60-30	40-30	0,25-0,15	متوسطة
30 >	30 >	0,05 >	ضعيفة

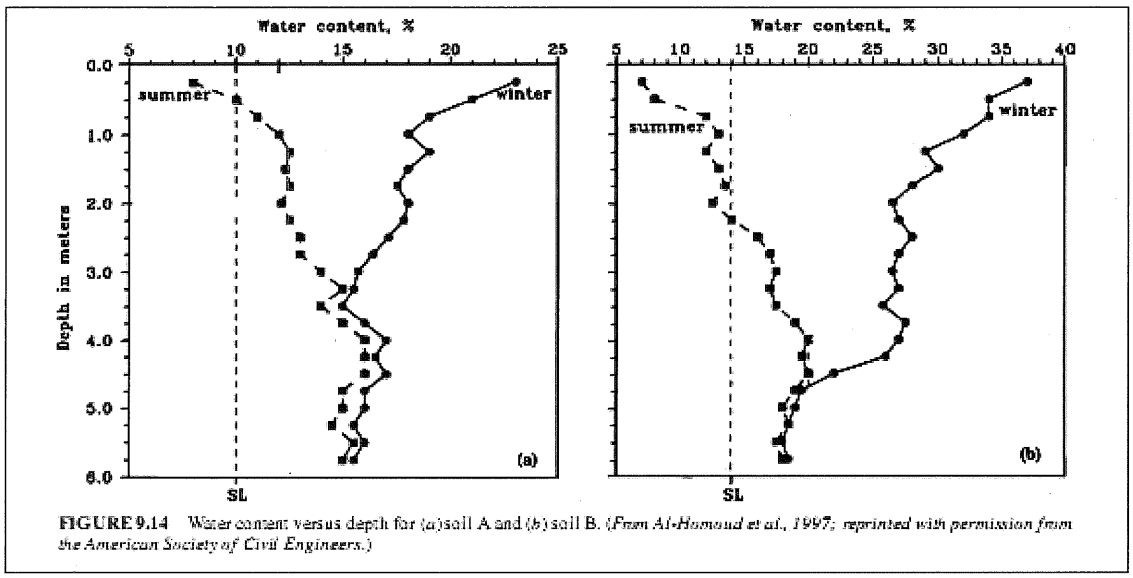


FIGURE 9.14 Water content versus depth for (a) soil A and (b) soil B. (*From Al-Homoud et al., 1997; reprinted with permission from the American Society of Civil Engineers.*)

الشكل (م3-1): يبين تغير الرطوبة لنوعين من التربة الغضارية في جنوبي سوريا ضمن المنطقة الفعالة في فصلي الصيف والشتاء.

م3-6 تأثير جذور الأشجار

تؤدي جذور الأشجار إلى امتصاص الرطوبة من التربة (الشكل (م3-2)) مما يؤدي على تقلص التربة في الحدود الخارجية من المبنى. بسبب ذلك ينصح بزراعة الأشجار على مسافة تساوي ضعفي الارتفاع المتوقع للشجرة.

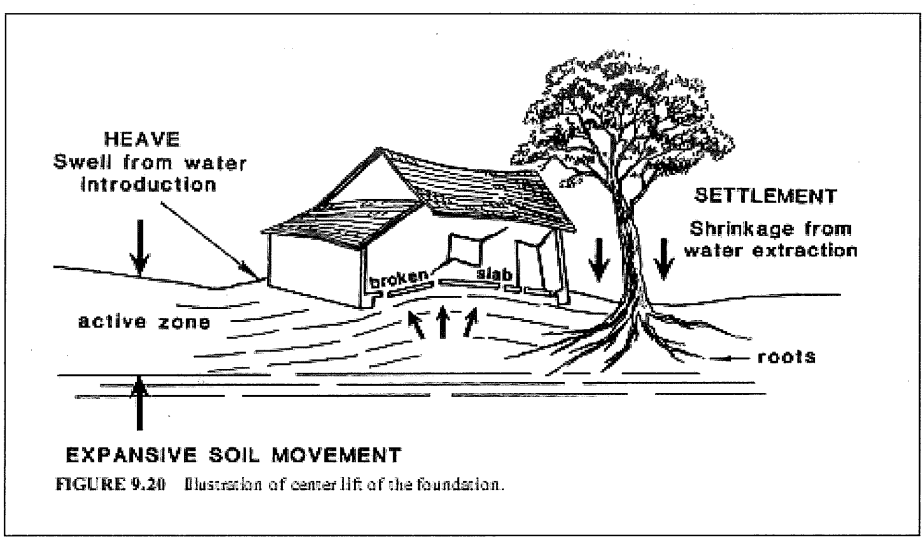


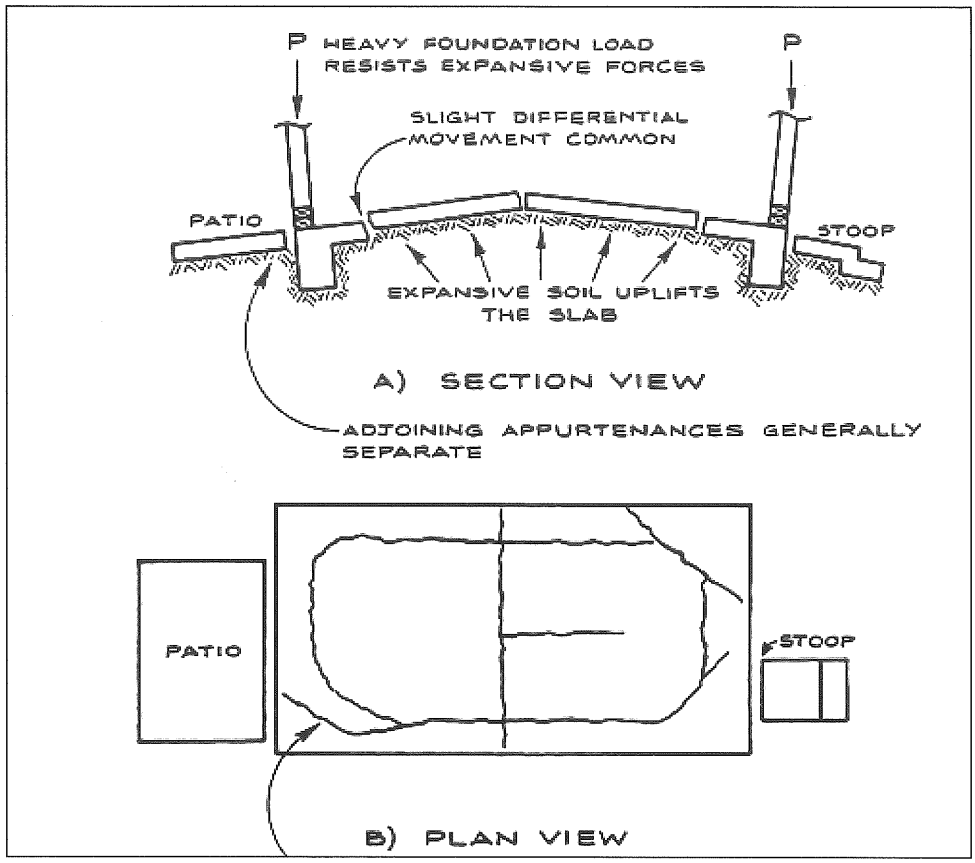
FIGURE 9.20 Illustration of center lift of the foundation.

الشكل (م3-2): تأثير جذور الأشجار على المباني المجاورة لها

م3-7 تأثير أرضيات المباني

تشكل أرضيات المباني حاجزاً يمنع تبخر الماء الصاعد للأعلى بالخاصة الشعرية عند ارتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف مما يرفع الرطوبة بتقدم الوقت في وسط المبنى ويؤدي إلى ارتفاع أرضية المبنى، حيث الأحمال المنخفضة. لذلك يفضل عموماً فصل أرضية المبنى الأساسي عن أرصفة الحماية المجاورة بفاصل حركة. السبب الأخر الذي يجعل الماء يتوجه إلى وسط المبنى هو الميل الحراري، حيث تبين أنه إذا كانت درجة حرارة الماء أعلى من حرارة

محيطها فان الماء ينتقل ضمن التربة من الوسط المنخفض الحرارة ليحقق التوازن الحراري. في الصيف تكون درجة الحرارة تحت البلاطة في وسط المبنى اقل بكثير من الأطراف. لا تظهر عملية الرفع في المنطقة فوراً، وإنما تحتاج إلى سنوات عديدة.



الشكل (م3-3): يبين طريقة رفع مركز البلاطة وكذلك شكل التشققات في الأرضيات حيث تقل الانتفاخات تحت الأساسات بسبب الأحمال وتزداد في الوسط تحت بلاطة الأرضية

م3-8 ضغط الانتفاخ الجانبي

إذا كانت التربة المتوضعة خلف الجدران الاستنادية أو جدران الأقبية الخ غضاراً بحيث أنه قد جرى رصها عند رطوبة اقل من الرطوبة المثالية أدى تسرب المياه أليها إلى توليد ضغط تربة جانبي يزداد حتى يبلغ بعض الأحيان قيمة ضغط التربة بحالة الراحة كما تبين أن قيمة الضغط تصل إلى قيم قد تقترب من 400 kPa. لذلك يُنصح بردم تربة خشنة خلف الجدران الإستنادية وعزلها عن المياه السطحية لاحقاً. من الإجراءات الشائعة التي يتوجب إتباعها قبل التأسيس على التربة الانتفاخية:

م3-8/1 الإزالة والاستبدال

وفي حال استخدام تربة مفككة كالحصى، يلزم اتخاذ احتياطات مناسبة لمنع تجمع المياه الراشحة في الطبقة البديلة. توفر التربة البديلة سطحاً آمناً لبناء البلاطات المسلحة. من المفيد للأتربة البديلة أن تكون أقل قابلية للانتفاخ وذات كثافة جافة عالية، ومحتوى رطوبة متدني وحبيبات متكسرة.

يمكن حفر وإزالة الأتربة الانتفاخية حتى مستوى مدروس حيث تتم معالجة سطحها بمواد عازلة.

م3-8/2 الرص والتحسين بالكلس

يمكن معالجة الأتربة ذات قابلية الامتصاص العالية للماء بالكلس المهدرج، حيث ترص التربة بعد خلطها بـــالكلس حيـــث تزداد قساوتها في حال "التفاعل مع الكلس". على أنه يلزم عزل الأساسات لحمايتها من تأثير الكلس الحر.

في حال عدم إضافة الكلس تتدنى قدرة تحمل التربة، وذلك عند رص التربة برطوبة أعلى من الرطوبة المثالية

إذا كانت سماكة المنطقة الفعالة عميقة، فيجب إعطاء أهمية بالغة للصرف المائي.

كما يجب المحافظة على كثافة التربة ورطوبتها لحين المباشرة بأعمال البناء ويجب التأكد منها قبل المباشرة بأعمال البناء.

م3-8/3 زيادة حمل التغطية

عندما تكون الأتربة ذات ضغط انتفاخ منخفض ويسمح للمنشأ بتشوهات بسيطة عندها يمكن لإجهادات ناظميـــة خارجيـــة مطبقة قليلة أن تخفف من قيمة الانتفاخ أو أن تمنعه.

يجب تنظيم برنامج لفحص الأتربة وتحديد عمق المنطقة الفعالة فيها لمعرفة قيمة ضغط الانتفاخ الأعظمي الواجب تطبيقـــه من أجل معاكسته.

عند تطبيق الأحمال الشاقولية يجب الاهتمام بسير عملية تصريف الماء من التربة ومراقبة الرطوبـــة بالاتجـــاهين الأفقـــي والشاقولي.

م3-8/4 الترطيب الصناعي المسبق

إن عملية ترطيب المنطقة الفعالة قد تأخذ فترة زمنية تصل إلى سنة أو أكثر. يمكن أن يتم ذلك بحفر آبار تملـــئ بالرمـــل موزعة بشكل شطرنجي. يجب أن تصل رطوبة التربة إلى قيمة أعلى بـــ (2-3%) من حد اللدونة على الأقل.

قد تكون عملية الترطيب المسبقة صعبة التحقيق في الغضار الخالي من الشقوق والعالي الكثافة. فقد يؤدي الماء الزائد فـــي الجزء العلوي من الطبقة إلى انتفاخ التربة في الجزء الأدنى منها في وقت بعيد من الصعب معرفته أحياناً.

عملية ترطيب التربة ممكن أن تكون أفضل اقتصادياً من طرق أخرى، ولكن يجب المباشرة بترطيب التربة بوقت ســـابق قبل البدء بالمشروع بشكل كافي.

إن معالجة سطوح الأتربة بالكلس بعد الترطيب مفيد لزيادة قدرة تحمل التربة وتأمين سطح آمن ومناسب لتنفيذ المـــشروع واستخدام الآليات. إذا لم تتم معالجة التربة بالكلس انخفضت مقاومة التربة على القص بسبب زيادة رطوبتها. كما أن التربة الغضارية الرطبة قد تخلق صعوبات للآليات التي تسير في أرض المشروع. يجب معالجة السطح من تبخر المياه والتشرب السطحي. كما أنه يجب أجراء التجارب اللازمة للتحقق من دقة التنفيذ.

م3-8/5 المعالجة بالأسمنت

إن إضافة الأسمنت البورتلاندي نسبة (4-6)% تخفض من تغيير حجم التربة، والنتائج شبيهة بالخلط بالكلس. في التربـــة العالية البلاستيكية يكون المعالجة بالإسمنت البورتلاندي أقل فعالية من الكلس.

يكون الأسمنت البورتلاندي فعالاً في التربة صعبة التفاعل مع الكلس. المقاومات الناتجة عن المعالجة بالأسمنت تكون أكبر من المقاومات للتربة المعالجة بالكلس. تكون التربة المعالجة بالأسمنت قابلة للتشقق، ويجب تقييم ذلك قبل الاستخدام.

م3-9 تأسيس المنشآت في التربة المنتفخة

م3-9/1 الأساسات العميقة والجوائز الصلدة

يمكن بناء ركائز عميقة (آبار اسكندرانية مثلاً) بحيث يتجاوز منسوب تأسيسها عمق المنطقة الفعالة.

يستند على الجوائز بلاطات أرضية تكون عادةً مرفوعة عن سطح الأرض.

تبين نتيجة الاختبارات أن قوة دفع التربة المنتفخة للركيزة تساوي إلى قوة الشد اللازمة لإخراج هذه الوتد من التربة وتعطى بالعلاقة:

$$T_u=C_a.2.\pi.R.Z_a \quad \ldots\ldots \quad (1-3م)$$

T_u قوة الرفع الناتجة عن انتفاخ التربة.

حيث: C_A التلاصق بين التربة والوتد لواحدة السطح

R نصف قطر الوتد ينصح بأن لا يتجاوز 15 سم.

Z_aعمق المنطقة المتأثرة بتغيير الرطوبة ويساوي عادةً لعمق المنطقة الفعالة

أما التلاصق بين التربة والخرسانة فيؤخذ من جداول خاصة حسب نوع التربة (انظر الجدول (م3-1)).

يمكن الإقلال من قوة التلاصق بين التربة والخرسانة بترك فراغ بين التربة والخرسانة أو بملء هذا الفراغ بمواد قابلة للتشوه. هذا بالنسبة لقوة الدفع المطبقة على الوتد أما بالنسبة للركيزة فيجب أن تصمم بحيث تتحمل قوى الدفع مع أخذ درجة الآمان اللازمة بالحسبان.

القوة المقاومة للركيزة هي: $$T_r=p+C_a.2.\pi.R.Z_{na} \quad \ldots\ldots \quad (2-3م)$$

T_r قوة الممانعة الكلية للركيزة أو الوتد ضد الرفع

حيث: P الحمولة الميتة المطبقة على الوتد بما فيها وزن الوتد الذاتي

Z_{na} طول الجزء من الوتد الواقعة تحت منسوب الحد الأدنى للطبقة الفعالة. أما الطول الكلي للركيزة فيبلغ عند ذلك .Za+Zna

الجدول (م3-1): القيم المناسبة للالتصاق في حالة أوتاد الإزاحة المنشأة في تربة غضارية صرف

نوع الوتد	قوام التربة	" التماسك c" * kN/m^2	" إجهاد الالتصاق C_a"* الأقصى(kN/m^2)
خشب أو خرسانة	ضعيف التماسك جداً	5،0 – 12 صفر	5،0 – 12 صفر
	ضعيف التماسك	12،25 – 5،0	12،5 – 24،0
	متوسط التماسك	25،50 – 0،0	24،0 – 37،5
	متماسك	50،100 – 0،0	37،5 – 47،5
	شديد التماسك	100،200 – 0،0	47،5 – 65،0
صلب	ضعيف التماسك جداً	5،0 – 12 صفر	5،0 – 12 صفر
	ضعيف التماسك	12،25 – 5،0	12،5 – 23،0
	متوسط التماسك	25،50 – 0،0	23،0 – 35،0
	متماسك	50،100 – 0،0	35،0 – 36،0
	شديد التماسك	100،200 – 0،0	36،0 – 37،5

* "c" تناظر القيم الصغرى والعليا لإجهاد التماسك "C_a القيم الصغرى والعليا لإجهاد الالتصاق"

بحل المعادلتين (م3-1) و (م3-2) بالتساوي بينهما نستطيع الحصول على قيمة Z_{na}.

بضرب Z_{na} بعامل أمان قدره 1.5 نوجد عمق التأسيس المطلوب تحت الحد الأدنى للطبقة الفعالة.

كبديل عن هذا الحل يمكن اعتبار أن عمق التأسيس المطلوب يزيد بمقدار مرة ونصف عن العمق الذي يتساوى به ضغط الانتفاخ مع قيمة الحمل المطبق (David and Komornik 1980).

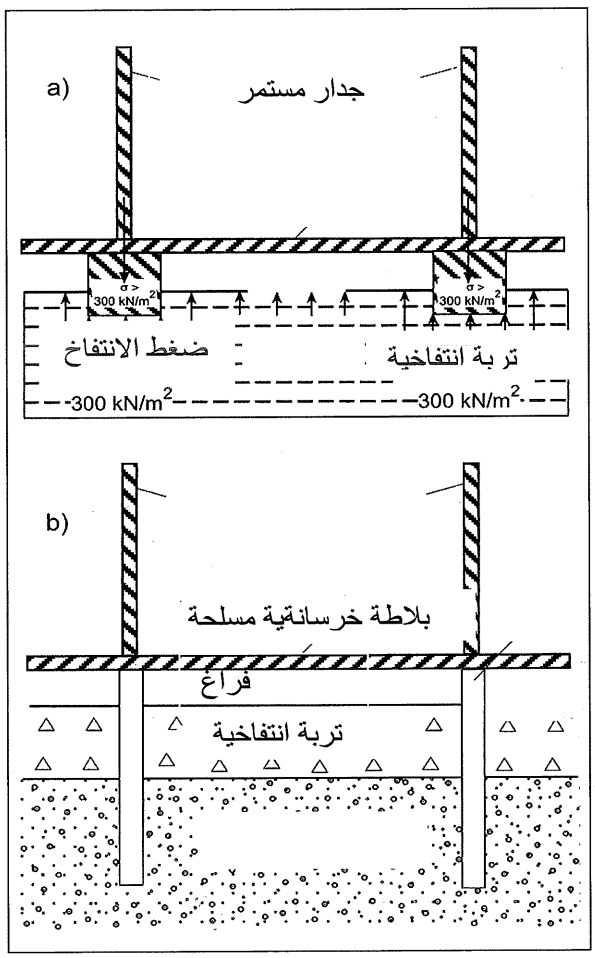
أما بالنسبة لأقطار الركائز أو الأوتاد المقاومة للانتفاخ فإنه ينصح بأن تكون الأقطار صغيرة وذلك من أجل أن تكون الضغوط الموجودة أسفل الوتد والناتجة عن الحمولات الميتة أكبر ما يمكن. من أجل ذلك تكبر الفتحات أيضاً بين الركائز. جرت العادة أن تنفذ أوتاد بقطر حوالي 30 سم.

أما بالنسبة للركائز فيفضل أن تكون مسلحة لتقاوم قوى الشد الناتجة عن الانتفاخ.

يتوجب إزالة بقايا الحفر أو الوحل من أسفل حفرية الوتد وذلك نظراً لأن الركائز معرضة عادة لحمولات كبيرة.

كما يتوجب أن تملئ الفراغات بين الجوائز الحاملة والتربة بمواد تسمح بالتشوه بحيث تستطيع التربة أن تنتفخ دون أن تحدث ضغطاً عالياً على الجسور.

م3-2/9 الأساسات المفردة



الشكل (م3-2): يبين طريقة التأسيس عند اعتماد الأساسات المنفردة حيث يساوي الإجهاد المطبق على التربة تحت الأساس لضغط الانتفاخ في الحالة b نظراً لارتفاع قيمة ضغط الانتفاخ تنقل الأحمال إلى الطبقات العميقة. في كلتا الحالتين ترفع بلاطة الأرضية عن التربة الانتفاخية

م3-3/9 البلاطات المسلحة المعصبة

تُنفذ البلاطات المسلحة مع جدران تأسيس داخلية وخارجية.

يجري صب خرسانة جدران التأسيس بالوقت ذاته الذي تُصب به خرسانة البلاطة وذلك لتشكيل جسم كتلي عالي الصلادة. في هذا النوع من البلاطات يقدم مهندس التربة التفصيلات الواجب تحققها أكثر من المهندس الإنشائي. يشترط نجاح البلاطات هذه أن يتم بناء جوائز تأسيس خارجية أعمق من المنطقة المتأثرة بتناوب حركتي التقلص والانتفاخ وأن ترطب التربة تحت المحيط للتقليل من الانتفاخ المتقدم بمرور الزمن تحت مركز الأساس.

أن الغاية من هذه البلاطات التي تعتمد على بناء الجوائز العميقة هي الآتي:

- زيادة مقاومة البلاطات لمقاومة القوى التي تنتج عن فروق التشوهات بسبب الانتفاخ والتقلص
- التقليل من قيمة الانتفاخ الممكن الحدوث

بما أن التصميم الإنشائي يتم عادة اعتماداً على الخبرة المتوفرة فإن الأضرار الممكنة الحدوث تنشأ للأسباب الآتية:

- أن تكون أعماق تأسيس الجوائز الخارجية غير كافية ولا تغطي كامل منطقة الانتفاخ والتقلص
- أن تكون عملية الترطيب المسبق غير كافية أو أنها لم تجرى إطلاقاً(التربة غير مشبعة) مما يؤدي لانتفاخ التربة تحت مركز الحصيرة بتقدم الزمن.

على مهندس التربة أن يعطي فروق الانتفاخ المتوقع y_m بين مركز الحصيرة والمسافة الأفقية التي تفصل بين الحدود الخارجية للمنطقة المتحركة والمنطقة الثابتة سواءً لحالة الانتفاخ أو الهبوط.

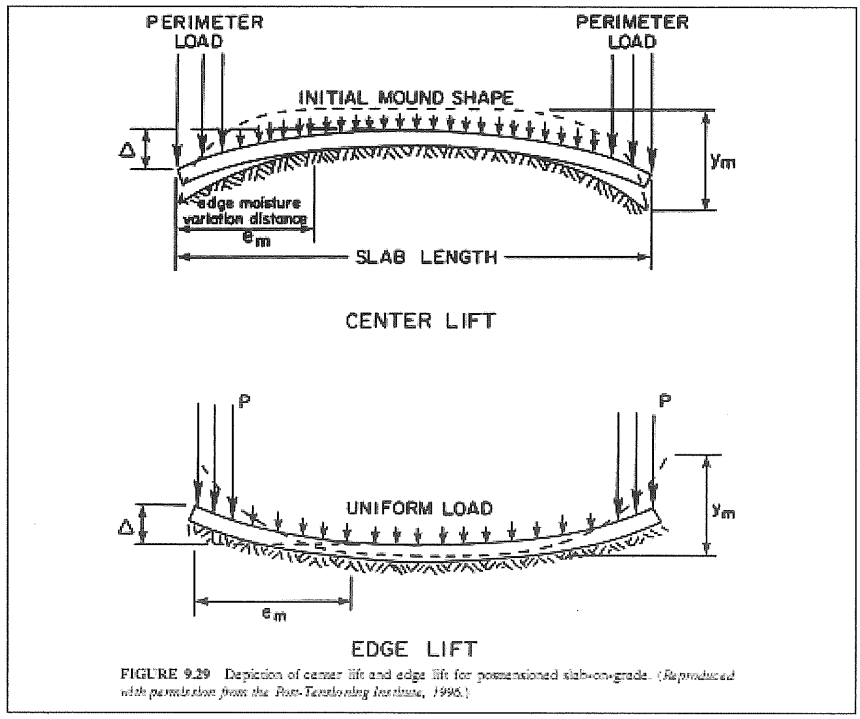


FIGURE 9.29 Depiction of center lift and edge lift for postensioned slab-on-grade. (Reproduced with permission from the Post-Tensioning Institute, 1996.)

الشكل (م3-3): يبين التشوهات الممكن حصولها تحت الحصير بسبب تقلص التربة في جوانب البناء أو انتفاخها في وسط الحصيرة

م3-10 التأسيس على التربة المتغيرة المقاومة في القص والانضغاطية بتأثير تغير الرطوبة

في حال وجود تربة تفقد الكثير من مقاومتها أثناء التعرض لتأثير المياه مثل (الحجر الغضاري أو الحجر الكلسي المسمى بالكدان) فيتوجب أخذ المقاومات الأدنى لهذه التربة بعين الاعتبار عند حساب قدرة تحمل التربة والهبوطات الكلية

وفروق الهبوطات) علماً أن انخفاض مقاومة القص للتربة وكذلك عامل التشوه الخطي للتربة يحدث عادةً تحت جزء من المبنى دون غيره مما يؤدي لنشوء فروق الهبوطات العالية القيمة بين الأساسات. يُلجأ عادةً في هذه الأنواع من التربة إلى استخدام الأساسات الخطية الصلدة أو الحصائر أو حتى التأسيس العميق.

المرجع:

Day, Robert W.
Foundation engineering handbook : design and construction with the 2006 international building code / Robert W. Day. p. cm.

الملحق م (4)

م4 | التأسيس على منحدر

م4-1 مقدمة

قبل الشروع في تصميم الأساسات فانه يتوجب على الدارس القيام بزيارة موقع تشييد البناء وملاحظة المؤشرات الآتية التي تبين حالة المنحدر:

- وجود انتفاخات في جسم المنحدر
- وجود انزلاقات سابقة
- وجود ميلان للأشجار أو الأعمدة
- تشققات للتربة في كتف المنحدر أو على المصاطب المختلفة للمنحدر سواً منه الموازية لكتف المنحدر أو العموديه عليه.
- حالة الأبنية المقامة على جسم المنحدر (وجود تشققات أو ميلان ....، إلخ).

م4-2 التحريات المطلوبة للتربة

ثم يلي ذلك إجراء تحريات كافية للتربة تصل تحت مستوي الانهيار المتوقع للتربة وتركز على النقاط الآتية:

- مقطع طبوغرافي محملاً عليه سماكة طبقات التربة المختلفة وتموضعها بعضها مع بعض.
- موقع البناء المزمع دراسته على جسم المنحدر
- الأحمال الحية المؤثرة على المنحدر
- شكل سطوح الانهيار المتوقعة للمنحدر
- الوزن الحجمي الطبيعي أو المغمور(حال وجود ماء يرشح أو ماء سطحي) في وأمام المنحدر
- أوزان أجسام الانزلاق
- أحمال إضافية حية أو ميته متوقعة
- عوامل القص على الانهيار لطبقات التربة المختلفة مثل زاوية الاحتكاك الداخلية والتماسك الفعالين.
- الضاغط المائي على مستوي الانهيار المتوقع نتيجة رشح الماء.

م4-3 حالات التحميل التي يتوجب دراسة المنحدر عليها

يتوجب أن يتم دراسة المنحدر ككل بما فيه الحمولات الخارجية المؤثرة على جسم المنحدر ضد الانزلاق ثم دراسة قدرة تحمل التربة باعتبار أن الأساسات موجودة على طرف المنحدر. بعد ذلك يمكن تحديد نوعية الأساسات والإجهادات المسموح بنقلها إلى التربة بتحقيق أمان التربة ضد الانهيار على القص تحت الأساسات وكذلك لكامل جسم المنحدر.

تحسب عوامل الأمان لاستقرار المنحدر على الانزلاق تبعاً لطريقة الحساب لأجل حالات التحميل المختلفة المبينة في الجدول (م4-1).

الجدول (م4-1): عوامل أمان استقرار المنحدر على الانزلاق

حالة التحميل	عامل الأمان المطلوب عند الحساب بطريقة الشرائح	عامل الأمان المطلوب عند الحساب دون الشرائح
1	1.4	1.3
2	1.3	1.2
3	1.2	1.1

حالة التحميل 1: تشمل الأحمال الميتة والأحمال الحية المتكررة التأثير

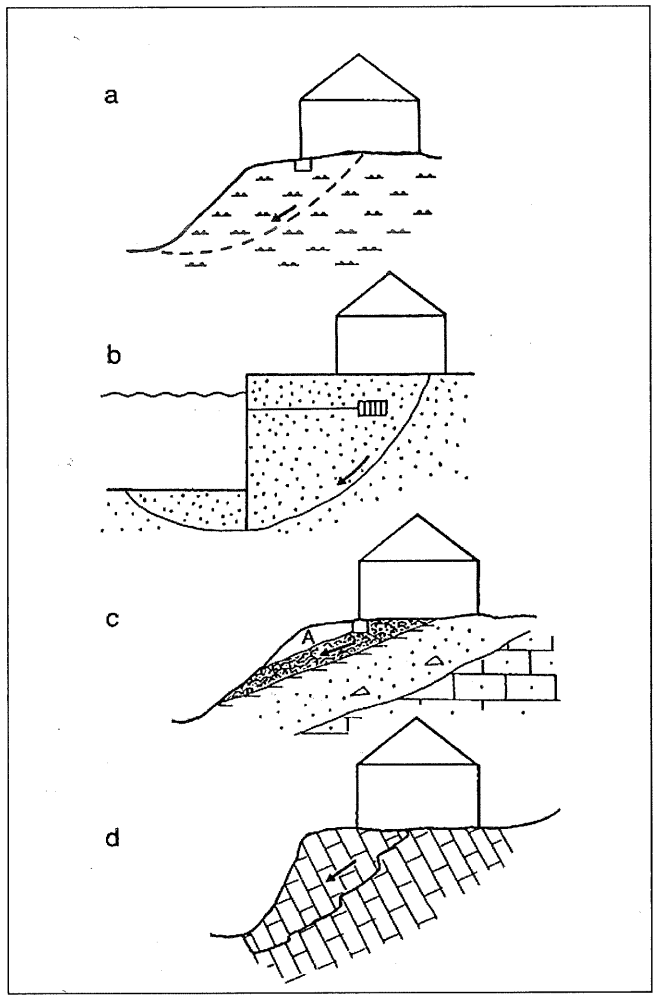
حالة التحميل 2: عدا عن أحمال الحالة السابقة، بنفس الوقت أحمال حية كبيرة أو أحمال لا تظهر إلا أثناء أعمال التشييد.

حالة التحميل 3: عدا عن حمولات الحالة الثانية حمولات حية مؤثرة بنفس الوقت وخارجه عن المألوف (حمل الهزات الأرضية مثلاً)

المرجع: DIN 4084 Baugrund, Gelände- und Böschungsbruchberechnung

م4-4 أشكال الانهيار المتوقعة

يبين الشكل (م4-1) نماذج من أشكال الانهيار المتوقعة للمنحدرات التي يتم عليها تشييد المنشآت.



الشكل (م4-1): أشكال الانهيار المحتملة للمنحدر بوجود أحمال المباني

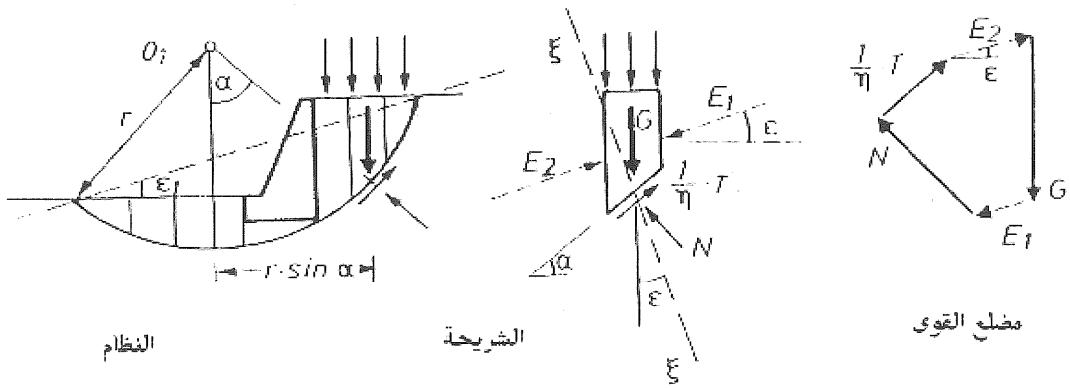
a-b سطوح انزلاق دائرية الشكل في تربة متجانسة متماسكة.

c سطح انزلاق مستوي مائل في طبقة مائلة متجانسة d سطح انزلاق متكسر في مناطق التعرية والتخريب في طبقة صخرية.

المرجع: Dachroth handbuch der baugelogie und Geotechnik 3, erweitterte und überarbeitete Auflage springer Verlag, Seite 413

م4-5 طريقة حساب عوامل الأمان

تُحسب عوامل الأمان في تربة متجانسة بالتجريب المتكرر لدوائر انزلاق مختلفة بعدة طرائق، أكثرها رواجاً طريقة franke and spencer وكذلك طريقة BISHOP. نشرح هنا مبدأ الحساب بطريقة franke and spencer. نفترض أن سطح الانهيار دائري الشكل، ثم يتم تقسيم محيط قوس الدائرة إلى شرائح، أما قوى الضغط على الشرائح فهي موازية لبعض وتميل بالزاوية ε على الأفق والتي يتم تقديرها في البداية ثم تحسن قيمها بإعادة عملية الحساب لعدة مرات. في البداية يمكن افتراض الميل ε_1 الموازي لوتر جسم الانزلاق. يتم بعد تطبق القوى N و T عند قدم كل شريحة وتقسم على عامل الأمان η. أن افتراضات Spencer و Franke تقود إلى أفضل نتيجة إنشائية وذلك لأنه يمكن تمييز خط الإسناد ذو الميل $\varepsilon = const.$ على نحو واضح. في النهاية فإن الفروقات الحسابية مع طريقة Bishop تُعدّ صغيرة جداً.



الشكل (م4-2): تشكل سطح الانهيار

قانون القص :
$$T = N \cdot \tan\varphi + c \cdot l$$

مضلع القوى :
$$\Sigma P(\xi) = 0: \quad G \cdot \cos\varepsilon + N \cdot \cos(\alpha - \varepsilon) - T \cdot 1/\eta \cdot \sin(\alpha - \varepsilon) = 0$$

القوة الناظمية :
$$G \cdot \cos\varepsilon + N \cdot \cos(\alpha - \varepsilon) - N \cdot 1/\eta \cdot \sin(\alpha - \varepsilon) \cdot \tan\varphi - c \cdot l \cdot 1/\eta \cdot \sin(\alpha - \varepsilon) = 0$$

$$N = \frac{G \cdot \cos\varepsilon - c \cdot l \cdot 1/\eta \cdot \sin(\alpha - \varepsilon)}{1/\eta \cdot \sin(\alpha - \varepsilon) \cdot \tan\varphi + \cos(\alpha - \varepsilon)}$$

N في T
$$T = \left(\frac{G \cdot \cos\varepsilon - c \cdot l \cdot 1/\eta \cdot \sin(\alpha - \varepsilon)}{1/\eta \cdot \sin(\alpha - \varepsilon) \cdot \tan\varphi + \cos(\alpha - \varepsilon)} \right) \cdot \tan\varphi + c \cdot l$$

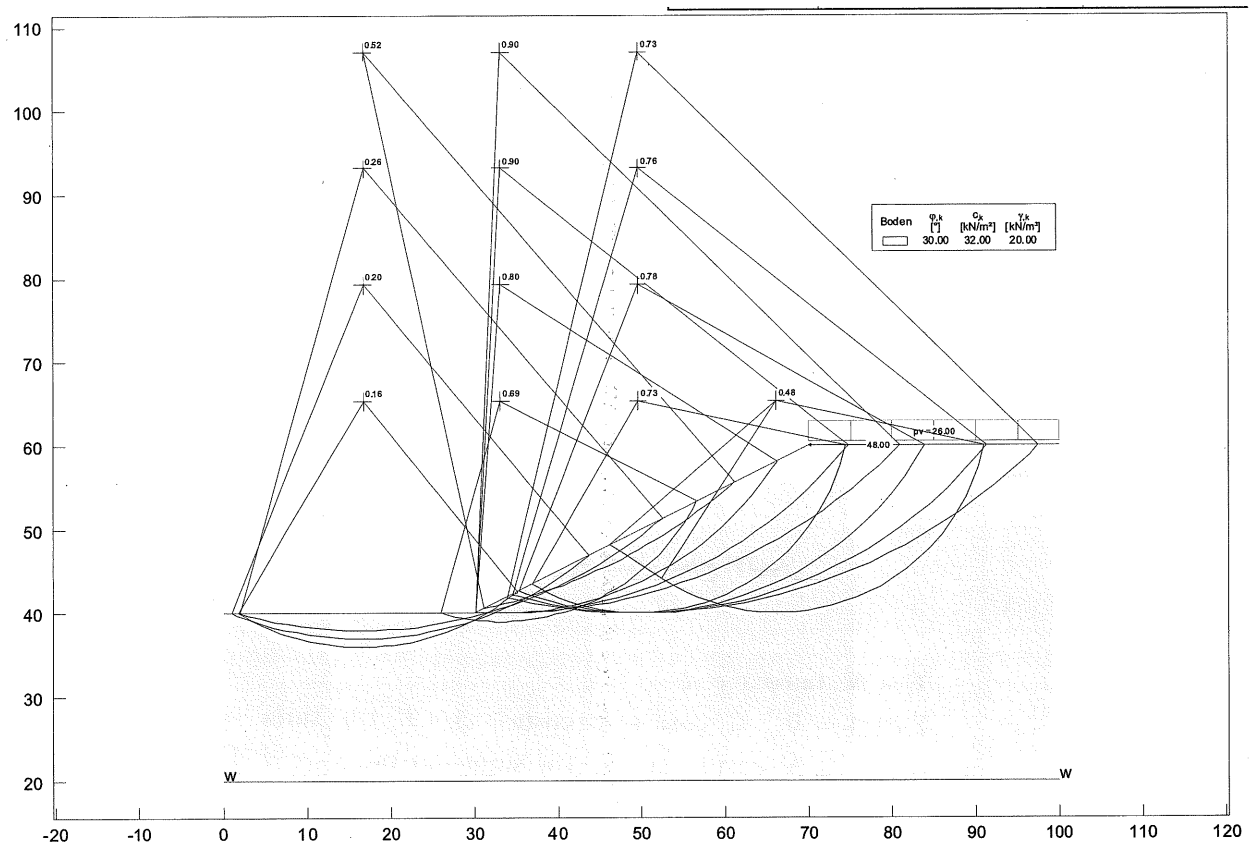
$$= \frac{G \cdot \cos\varepsilon \cdot \tan\varphi + c \cdot b \cdot \frac{\cos(\alpha - \varepsilon)}{\cos\alpha}}{1/\eta \cdot \sin(\alpha - \varepsilon) \cdot \tan\varphi + \cos(\alpha - \varepsilon)}$$

أما من أجل عامل الأمان فيمكن إيجاده بمقارنة العزوم المثبته مع القالبة حول النقطة O1 كما في العلاقة الآتية:

$$\eta = \frac{\sum \left(\frac{G \cdot \cos\varepsilon \cdot \tan\varphi + c \cdot b \cdot \frac{\cos(\alpha - \varepsilon)}{\cos\alpha}}{\frac{1}{\eta} \cdot \sin(\alpha - \varepsilon) \cdot \tan\varphi + \cos(\alpha - \varepsilon)} \right) \cdot r}{\Sigma G \cdot r \cdot \sin\alpha + \Sigma M(SK)}$$

يعني الرمز SK القوى الخاصة مثل الدفع الأفقي بتأثير هزة أرضية أو قوى الصدم ....، إلخ.

من خلال إدخال كامل قوة الضغط المائلة E يمكن على الشريحة أن تحدد نقطة تقاطع كامل قوى القطع والوصول بذلك إلى حالة التوازن. بذلك يختلف خطأ الإغلاق لكامل النظام. من الناحية العملية يكفي أن تكون $\varepsilon_1 = const$ وتساوي إلى ميل الوتر دون إجراء تقريب متتالي.



الشكل (م4-3): يبين مجموعة من دوائر الانزلاق التي حسبت بحثا عن عامل الأمان الأدنى.

الملحق م (5)

م5 | إنجاز مقاطع التوضع الجيولوجي لطبقات التأسيس

م5-1 عدد السبور والمعلومات المطلوبة حولها

يجب ألا يقل عدد السبور عن ثلاثة، وأن لا تكون على خط مستقيم واحد، ويوضح على هذه المقاطع الآتي:

- اسم السبر وتاريخ تنفيذه.
- منسوب سطح الأرض.
- منسوب الحد الأدنى لكل طبقة أو عمق الحد الأدنى للطبقة عن سطح الأرض (منسوب الصفر الافتراضي)؛
- قوام أو درجة تراص التربة.
- وصف التربة الحسي.
- تصنيف التربة.
- أماكن أخذ العينات المضطربة وغير المضطربة مع التسمية الخاصة بها.
- مستوي الماء الجوفي أثناء السبر مع ذكر تاريخ القياس بجوار المنسوب، وكذلك التأرجح المحتمل لمنسوب الماء حسب المعطيات المتوفرة من مديريات الموارد المائية في المحافظات.
- صعوبة الحفر.
- كما يتوجب أن يرفق مع ذلك مسقطاً أفقياً يبين عليه مواقع أخذ السبور، أو احداثياتها بالنسبة للمنشأة المزمع تشييدها.

م5-2 الأعماق المطلوبة للسبور

1- تكون الأعماق المطلوبة للسبور في حالة الأساسات المنفردة أو الخطية السطحية مساويةً ثلاثة أضعاف عرض الأساس أو ستة أمتار ابتداءً من منسوب التأسيس أيهما أكبر.

2- من أجل الحصائر أو حال وجود منشآت بأجسام تأسيس مختلفة الأنواع وذات عمق تأثير أكبر مما في حالة الأساسات المنفردة أو الخطية السابقة الذكر، فيصبح العمق مساوياً لمرة ونصف من عرض الحصيرة.

3- للأقنية ومسارات النواقل 2 متر أو تساوي مرة ونصف المرة لعرض الحفرية المطلوبة لأعمال الإنشاء وذلك اعتباراً من منسوب التأسيس.

4- لأعمال تدعيم الحفريات يتم تحديد عمق السبر ابتداءً من أسفل الحفرية باعتماد إحدى الحالتين التاليتين:

أ - المياه الجوفية أو الضاغط المائي تحت مستوي اسفل الحفرية حيث $Z_a \geq 0.4h$ أو $Z_a \geq t + 2.0m$ أيهما أكبر

ب_ المياه الجوفية أو الضاغط المائي فوق مستوي أسفل الحفرية، حيث $Z_a \geq H + 2{,}0m$ أو $Z_a \geq t + 2m$ أيهما أكبر حيث t عمق إرساء العناصر الشاقولية للتدعيم في التربة(أوتاد، ستائر ....، إلخ) و h هو عمق الحفرية أما H فهو ارتفاع الماء فوق أسفل الحفرية.

5- لأساسات الأوتاد $Z_a = b_g$ أو $10{,}0m \geq Z_a \geq 4{,}0m$ أو $Z_a \geq 3.D_f$

حيث Z_a عمق السبر ابتداءً من المنسوب المتوقع لأسفل الوتد، b_g عرض مجموعة الأوتاد D_f قطر أجاصة الوتد (في حال كون القاعدة ذات قطر أكبر من ساق الوتد).

الملحق م (6)

م6 | الاصطلاحات الإضافية الخاصة بالأساسات وبالتربة

إضافة إلى جدول المصطلحات الخاصة بالكود الأساس مع معادلاتها بالإنكليزية والفرنسية، تضاف المصطلحات الخاصة الآتية المتعلقة بالأساسات وبالتربة.

A

- abrasion
  - تآكل، بري، المسح والاهتراء خاصة التآكل البري لسطوح الصخر بسب الاحتكاك أو الاصطدام.
- abrasive
  - مادة حاكة أو حاتة: أي صخر أو معدن أو مادة أخرى والتي تكون، بسبب علو صلابتها أو تماسكها أو خواصها الأخرى، مناسبة للشحذ (التجليخ) grinding أو القطع أو الصقل أو الجلي scouring أو ما شابه ذلك.
- absorbed water
  - ماء، مشرب، ممتص، ماء متشرب: ماء محتجز ميكانيكيا في كتلة تربة وله خواص فيزيائية لا تختلف عن الماء العادي في درجتي الحرارة والضغط ذاتهما.
- absorption
  - تشرب: استيعاب السوائل ضمن التشققات والفراغات
- active earth pressure
  - ضغط التربة الفعال: انظر ضغط التربة (earth pressure)
- active state of plastic equilibrium
  - الحالة الفعالة: انظر التوازن اللدن plastic equilibrium
- additive
  - مادة مضافة: أي مادة مغايرة للمواد الداخلة في نظام الحقن
- adhesion
  - الالتصاق، الالتحام: مقاومة القص بين التربة ومادة أخرى تحت ضغط مطبق خارجي يساوي الصفر.
- admixture
  - إضافات: هي أي مادة غير الماء، الحصويات أو الأسمنت، وتستعمل كأحد مكونات أنظمة الحقن الأسمنتي.
- adsorbed water
  - ماء الامتزاز، الماء الممتز (ماء مدمص): ماء في كتلة التربة، محتجز بقوى فيزيائية – كيميائية وله خواص فيزيائية قد تختلف عن الماء الممتص كيماوياً، عند درجات الحرارة والضغط ذاتهما، بسبب تبدل توزع الجزيئات، ولا يتضمن هذا المصطلح الماء المتحد كيماوياً combined ضمن معادن الغضار.
- adsorption
  - الادمصاص: تعلق جزيئات المياه أو أيوناتها على سطوح جزيئات التربة.
- aggregate
  - حصويات: ومنها الناعمة fine aggregate وهي تمر من مهزة بمقاس 5.0mm والخشنة coarse aggregate وهي لا تمر من المهزة المذكورة.
- air space ratio, G_a (D)
  - نسبة الفراغ والهواء: نسبة: 1: 2 (حجم الماء الذي يمكن تصريفه من تربة أو صخر مشبعين بفعل الثقالة).

air void ratio, G_v (D)

- نسبة الهواء والفراغ : نسبة : 1: 2 (حجم الفراغ الهوائي : الحجم الكلي للفراغات في كتلة التربة أو الصخر).

allowable bearing value, allowable soil pressure , q_a , p_a (FL^{-2})

- قيمة التحميل المسموح بها (ضغط التربة المسموح به): الضغط الأعظمي المسموح به على تربة أساس، مع أخذ كل العوامل المتعلقة بها، مع أمان مناسب ضد تصدع كتلة التربة أو تحرك الأساس بمقدار يضر بالمنشأة.

allowable pile bearing load Q_a, P_a, (F)

- الحمل المسموح به للوتد: الحمل الأقصى الذي يمكن السماح به لوتد مع أمان مناسب ضد حركة بمقدار يعرض المنشأة للخطر.

alluvium

- طمي، غرين: رواسب نهرية، تربة انتقلت مركباتها كمعلق بالمياه الجارية، ثم تراكمت بالترسيب. غرين: مصطلح يطلق بصورة رئيسية على مواد البحص والرمل والسيلت والغضار المحمولة بمياه الأنهار، والتي تملأ قعر الوديان وتشكل سهول الفيضان، بسبب طريقة تشكلها، فقد تتداخل أحواض الخث مع المواد الخشبية detrital. غالباً ما تستعمل هذه الكلمة بشكل حر مع الرسوبيات النهرية الأخرى، مثل مصاطب البحص على منحدرات الوديان فوق مستوى سهول الفيضان، كما تستعمل مع رسوبيات الدلتا والمصاطب البحرية (مثل الشواطئ المرتفعة raised beaches).

amplification factor

- عامل التضخيم: نسبة الانتقال أو السرعة أو التسارع الديناميكي إلى الستاتيكي.

amorphous peat

- الخث غير المتبلور، انظر aspic peat

amplitude (L, LT^{-1} ,LT^{-2})

- مطال، سعة، قيمة الذروة، سعة الذبذبة: الانحراف الأقصى عن الخط الوسطي أو المركزي للموجة.

angle of external friction, (angle of wall friction)

- زاوية الاحتكاك الخارجي (زاوية احتكاك الجدار): الزاوية بين فاصلة ومماس المنحني الممثل لعلاقة مقاومة القص بالإجهاد الناظمي العامل بين التربة وسطح مادة أخرى.

angle of friction (angle of friction between solid bodies),Φ s (degrees)

- زاوية الاحتكاك (زاوية الاحتكاك بين الأجسام الصلبة): درجات الزاوية التي مماسها هو النسبة بين القيمة العظمى لإجهاد القص الذي يقاوم الانزلاق بين جسمين صلبين في حالة الراحة، أحدهما بالنسبة للآخر، وبين الإجهاد الناظمي عبر سطوح التماس.

angle of internal friction, (angle of shear resistance) Φ

- زاوية الاحتكاك الداخلي (درجة): الزاوية بين محور الإجهاد الناظمي والمماس لمغلف مور (Mohr) في نقطة تمثل حالة "انفعال – إجهاد" stress-strain معطاة لمادة صلبة.

angle of obliquity,α , B, Φ ,Ψ

- زاوية الانحراف (درجة): الزاوية بين اتجاه محصلة الإجهادات أو القوى العاملة فوق سطح معطى والناظم على هذا السطح.

angle of repose, α

- زاوية الارتياح، زاوية الراحة (درجة): الزاوية بين الأفق والميل الأعظمي الذي تشغله تربة خلال عمليات طبيعية. إن تأثير ارتفاع المنحدر مهمل بالنسبة للترب الحبيبية الجافة، بينما للترب المتماسكة cohesive فإن تأثير ارتفاع المنحدر كبير لدرجة أن زاوية الارتياح تصبح دون معنى.

angle of shear resistance

- زاوية مقاومة القص: انظر زاوية الاحتكاك الداخلي angle of internal friction – زاوية احتكاك الجدار angle of wall friction، انظر زاوية الاحتكاك الخارجي angle of external friction .

angular aggregate

- حصويات زاوية: حصويات ذات زوايا حادة

apparent cohesion, cohesion

- التلاصق الظاهري

arching

- تقنطر، تقوس: نقل الإجهاد من قسم (خاضع) متأثر بالحمل yielding part من تربة إلى أجزاء مجاورة من الكتلة أقل خضوعاً أو مقيدة الحركة.

area grouting

- الحقن السطحي: وهو حقن منطقة سطحية في مساحة معينة باستعمال ثقوب موزعة بشكل نموذجي أو شبكي.

ash content

- نسبة الرماد: هي النسبة المئوية بالوزن الجاف للمادة المتبقية بعد الحرق وفق طريقة موصوفة لتربة عضوية أو خث مجففين في فرن.

ASTM cement types

- أنواع الاسمنت البورتلاندي بحسب ASTM

attenuation

- توهين، تخفيف، تلطيف، تلاشي أو تناقص مطال أو تغير في شكل الموجة بسبب تبدد الطاقة أو المسافة مع الزمن.

B

ballast

- **فرشة:** مواد تستعمل لجعل عنصر طاف buoyant مستقراً (غلاف أو قميص casing ضمن حفرة سبر مملوءة بالمياه (قد تستخدم حصويات لهذا الغرض)).

barometric efficiency

- الفعالية البارومترية: هي نسبة التغيّر في عمق المياه في بئر إلى مقلوب تغير منسوب الماء في الضغط البارومتري، مقدراً بطول مائي.

base

- مادة أساس: هي المادة الأساسية في أنظمة الحقن

base course (base)

- طبقة الأساس، طبقة القاعدة، طبقة من مواد محددة أو منتخبة بسمك مقرر. تُبنى (تُشيّد) فوق الطابق الترابي أو ما تحت القاعدة (sub-base, sub-grade) بغرض خدمة وظيفة واحدة أو أكثر، مثل توزيع الحمل وتأمين الصرف والتقليل من فعل الصقيع ... إلخ.

batch

- دفعة: في أنظمة الحقن، هي كمية مادة الحقن المخلوطة دفعة واحدة

batch method

- طريقة الدفعة: في أنظمة الحقن هي نسب المواد الداخلة في مادة الحقن والمخلوطة أو المحفزة catalyzed في الوقت ذاته قبل الحقن.

batch mixer

- **الخلاط:** في أنظمة الحقن هو الخلاط الذي يمزج دفعة الحقن، وهو مختلف عن الخلاط العادي المستمر العمل.

bearing capacity (of a pile)

- طاقة تحمل وتد: حمولة الوتد اللازمة للوصول إلى حالة انهيار فيه.

bedding

- تطبيق: تنطبق هذه التسمية على الصخور الناتجة من تشديد الرسوبيات وإظهار سطوح انفصال (سطوح التطبـــق) بين طبقات من المادة ذاتها أو مواد مختلفة، والتي هي الطين الصفحي shale أو الحجارة السيلتية أو الحجـــارة الرملية أو الحجارة الجيرية ... الخ.

bedrock

- الصخر القاعدي: الجسم الصخري المستمر قليلاً أو كثيراً، والذي يحمل التربة السطحية، overburden soil.

bedrock (ledge)

- الصخر القاعدي: صخر ذو سمك وامتداد عظيمين نسبياً في موضعه الأصلي.

bench

- مصطبة: 1- الصخر غير المحفور الذي له سطح أفقي تقريباً والذي يتبقى بعد إجراء التسوية العلوية،
2- ميلان في منحدر مشكل من سطح أفقي وسطح يميل بزاوية أشد من زاوية المنحدر كله

bending

- الانحناء: عملية تغير ناظمية على محور عضو إنشائي متطاول عندما يطبق عزم ناظمي على محوره الطويل.

bentonite clay

- غضار البنتونيت: غضار ذو احتواء عال من معدن المونتموريللونيت يتميز عادة بالانتفاخ العالي عند ترطبه.

berm

- مصطبة، حافة ناتئة: رف أو مصطبة تكسر استمرارية منحدر.

biaxial compression

- الانضغاط الثنائي المحاور: انضغاط يسببه تطبيق إجهادات ناظمية باتجاهين متعامدين .

bit

- لقمة: رأس الحفر: أي أداة يمكن ربطها إلى قضيب حفر أو تشكل جزءاً متكاملاً معه، وتستعمل كوسيلة قطع لحفر أو اختراق الصخر أو المواد الأخرى.

blanket grouting

- الحقن على شكل فرشة: طريقة حقن يتم فيها حفر شبكة من الثقوب السطحية وحقنها بمادة الحقن وذلك على مساحة معينة بهدف جعل الجزء العلوي من الطبقة الصخرية أقوى وأقل نفوذية.

bleeding

- النز: في أنظمة الحقن نزوح الماء من خلطة مادة الحقن الحديثة الصب، بسبب هبوط أو انزياح الأجزاء الصلبة في الكتلة.

bleeding rate

- معدل النز: في أنظمة الحقن هو نسبة نزوح المياه من مادة الحقن بالنز.

blocking

- تثبيت، ربط: حشر كتل خشبية موضوعة بين السطح المحفور لنفق أو بئر وبين هيكل التربيط الرئيس .

blow in

- التدفق إلى الداخل: تدفق المياه الجوفية والمواد غير المترابطة إلى حفرة السبر أو الغلاف (القميص) بسبب ضاغط هيدروليكي تفاضلي، ويسببه وجود الضاغط الهيدروليكي خارج وداخل حفرة السبر أو الغلاف أكبر مما هو موجود في الداخل.

blowout

- التدفق إلى الخارج: تدفق عنيف أو مفاجئ، دون إمكانية تحكم للسوائل أو الغازات أو كليهما من حفرة السبر.

borehole

- حفرة السبر: حفرة دائرية المقطع العرضي في التربة أو الصخر يتم إنشاؤها عادة بالحفر، دون سائل حفر.

borehole log

- سجل السبر: وهو سجل بالوحدات الجيولوجية المخترقة أثناء تقدم الحفر مع ذكر العمق، ومنسوب الماء والعينات والحجوم وأنواع المواد المستعملة ... إلخ.

boulders

- الحجارة: شظية صخرية مدورة عادة بالتجوية (weathering) أو بالبري ببعد متوسط قدره 12 in (305 mm) أو أكثر.

breakwater stone

- حجر حاجز الموج: حجر مكسر الأمواج (عادة بين ثلاثة وعشرين طناً وزناً)، حجر ناتج من النسف (الكسر) أو القطع أو وسائل أخرى للحصول على صخر ثقيل. من اللازم تناول القطع الإفرادية بوسائط ميكانيكية.

budding pressure

- الضغط الفقاعي: شفط هواء كاف لتتكسر عنده السطوح الهلالية للماء لقطعة مسامية لأخذه عينات بالمص بحيث يخرج الهواء.

buckling

- تحنيب، التواء: حالة انتفاخ أو انعطاف أو انحناء أو فتل (tilt) أو تموج تظهر في الصفائح أو الألواح أو الأعمدة أو الجوائز بالإجهادات الانضغاطية.

bulk density

- الكثافة الحجمية: هي كتلة حجم صلب مقسمة على الحجم الكلي.

bulkhead

- حاجز إنشائي: منشأة شاقولية أو مائلة تدعم حاجزاً ترابياً طبيعياً أو اصطناعياً.

bunker

- خزان مخروطي: مرادف لـ bin، وأحياناً يُفهم على أنه bin دون أو فقط مع جزء شاقولي أو مع جزء صغير عند أعلى القمع (hopper).

buoyant unit weight

- الوزن الحجمي الطافي: (الوزن الحجمي المغمور submerged unit weight)، انظر الوزن الحجمي (unit weight).

burden

- عبء، ثقل: في النسف بالمتفجرات، المسافة بين الشحنة والسطح الحر للمادة المراد نسفها.

- مفردات إضافية

borrow, borrow pit

- حفرة استعارة.

behavior

- سلوك

brittle

- هش، قصيف

C

capillary action (capillarity)

- الفعل الشعري (الجاذبية الشعرية): ارتفاع أو تحرك الماء في فراغات التربة بسبب القوى الشعرية.

casing

- القميص (الغلاف): هو غلاف أنبوبي مؤقت أو دائم يتوضع داخل الحفر ولمتابعة العمل في السبر، وذلك لعزل الحفرة ومراقبتها.

casing, protective

- قميص الحماية: أنبوب بمقطع أكبر يتوضع على النهاية العليا لغلاف الحفر بقطر أصغر لتزويد أنبوب مراقبة البئر أو القميص بالحماية الإنشائية اللازمة، ويمنع أي اقتراب غير مسموح به من البئر.

catalyst

- محفز كيماوي

cavity

- فجوة، كهف: فتحة باطنية طبيعية يمكن أن تكون صغيرة أو كبيرة.

chamber

- حجرة: غرفة كبيرة محفورة تحت الأرض لمحطة طاقة أو محطة ضخ أو للتخزين مثلاً .

channeling

- تشكل الأقنية: تشكل كهف شاقولي في أعمال اسمنتية خاطئة .

chemical grout

- ملاط كيماوي: هو أي مادة حقن تتميز بأنها محلول حقيقي دون جزيئات معلقة فيه، انظر أيضاً particulate grout.

chemical grout system

- نظام حقن كيماوي: أي مزيج من المواد التي تُستعمل لأغراض الحقن وكافة عناصر المجموعة فيها هي محلول حقيقي (دون جزيئات معلقة).

chip

- كسرة: شظية مكسورة من الصخر ذات زوايا، بحجم أصغر من عدة سنتيمترات.

chisel

- الإزميل: الأداة القاطعة الفولاذية المستعملة في الحفر بالدق .

clay (clay soil)

- غضار (تربة غضارية): تربة ناعمة الحبيبات، أو جزء الحبيبات الناعمة للتربة، والذي يمكن أن يبدي لدونة (خصائص مثل المعجونة putty-like) ضمن مجال معين بحسب احتوائه للمياه، والذي يبدي قوة معتبرة عندما يجفف بالهواء.

clay size

- قياس الغضار: الجزء من التربة الأنعم من 0.002 mm (0.005 mm في بعض الحالات).
(انظر أيضاً الغضار CLAY).

clay soil

- التربة الغضارية: انظر الغضار CLAY.

cobble (cobblestone)

- زلط (حجارة زلطية): شظية صخرية، مدورة عادة أو نصف مدورة، ببعد متوسط 3-12 inch (75-305mm).

coefficient of absolute viscosity

- معامل اللزوجة المطلقة: انظر معامل اللزوجة coefficient of viscosity.

coefficient of active earth pressure

- معامل ضغط التربة الفعال: انظر معامل ضغط التربة coefficient of earth pressure.

coefficient of compressibility (coefficient of compression) $\alpha_v(L^2F^{-1})$

- معامل الإنضغاطية (معامل الانضغاط): ميل القاطع secant slope، مقابل زيادة معطاة في الضغط، لمنحني الضغط – نسبة الفراغ، عند استعمال منحني الإجهاد – الانفعال، فإن ميل هذا المنحني يساوي $\alpha_v/(1+e)$.

coefficient of consolidation, c_v (L^2F^{-1})

- معامل التشديد: أمثال مستعملة في نظرية التشديد، يحتوي الثوابت الفيزيائية لتربة والتي تؤثر في معدل التغير الحجمي للتربة: $C_v = K(1+e)/\alpha_v \gamma_w$

حيث:

K = معامل النفوذية LT^{-1}

E = نسبة الفراغ D

α_v = معامل الانضغاطية $L^2 F^{-1}$

γ_w = الوزن الحجمي للماء FL^{-3}

coefficient of earth pressure, active, K_A (D)

- معامل ضغط التربة، الفعال : النسبة الدنيا للإجهاد الرئيسي الأصغري إلى الإجهاد الرئيسي الأعظمي، وهذا يمكن تطبيقه حيث تكون التربة قد خضعت لدرجة كافية لتتولد فيها قيمة حدية دنيا من الإجهاد الرئيسي الأصغري.

coefficient of earth pressure, at rest, K_o

- معامل ضغط التربة، في حالة الراحة: نسبة الإجهاد الرئيسي الأصغري إلى الإجهاد الرئيسي الأعظمي، وهذا يمكن تطبيقه عندما تكون كتلة التربة في حالتها الطبيعية دون أن يسمح لها بالخضوع ودون أن يسمح لها بالانضغاط.

coefficient of earth pressure, passive, K_p (D)

- معامل ضغط التربة، المنفعل: النسبة العظمى للإجهاد الرئيسي الأعظمي إلى الإجهاد الرئيسي الأصغري، وهذا يمكن تطبيقه عندما تكون التربة قد انضغطت لدرجة كافية لتولد فيها قيمة حدية عليا للإجهاد الرئيسي الأعظمي.

coefficient of friction (coefficient of friction between solid bodies)

- معامل الاحتكاك: (معامل الاحتكاك بين الأجسام الصلبة) النسبة بين القيمة القصوى لإجهاد القص الذي يقاوم الانزلاق بين جسمين صلبين أحدهما بالنسبة للآخر، والإجهاد الناظمي عبر سطوح التماس أي مماس زاوية الاحتكاك.

coefficient of friction

- معامل الاحتكاك: عامل تناسب ثابت، يربط الإجهاد الناظمي وإجهاد القص الحرج المقابل الذي يبدأ عند الانزلاق بين سطحين $T = \mu$.

coefficient of internal friction, (D)

- معامل الاحتكاك الداخلي: مماس زاوية الاحتكاك الداخلي (زاوية مقاومة القص) (انظر الاحتكاك الداخلي internal friction).

coefficient of permeability (permeability) K (LT^{-1})

- معامل النفوذية (النفوذية): معدل تصريف الماء تحت شرط التصريف النظامي خلال وحدة سطح المقطع العرضي لوسط مسامي تحت تأثير التدرج المائي الواحدي، وشروط حرارية معيارية (عادة 20° مئوية).

coefficient of shear resistance, coefficient of internal friction

- معامل مقاومة القص، انظر معامل الاحتكاك الداخلي.

coefficient of sub-grade reaction (modulus of sub-grade reaction) K , K_s (FL^{-3})

- معامل رد فعل الطابق الترابي (معامل رد فعل الطابق الترابي) نسبة: حمل بوحدة المساحة لسطح أفقي لكتلة تربة إلى الهبوط المقابل لهذا السطح، ويحدد على أنه ميل للقاطع المرسوم بين النقطة المقابلة للهبوط الصفري ونقطة الهبوط 0.005 in (1.3 mm) ، من منحني الحمل–الهبوط الذي نحصل عليه من اختبار صفيحة التحميل على التربة، مستعملين صفيحة تحميل بقطر 30 in (762 mm) أو أكبر. يستعمل لتصميم الرصف الخرساني

concrete pavement بطريقة ويسترغارد.

coefficient of volume transmissibility (modulus of volume change), m_v (L^2F^{-1})

- معامل الانضغاطية الحجمية (معاير التغير الحجمي): انضغاط طبقة تربة بوحدة السماكة الأصلية بسبب ازدياد واحدي معطى بالضغط، وهو عددياً يساوي معامل الانضغاطية مقسوماً على واحد زائد نسبة الفراغ الأصلية أو: $\alpha_v / (1 + e)$.

cohesion, c (FL^{-2})

- تماسك: تلاصق جزء قوة القص لتربة الذي يدل عليه المصطلح c في معادلة كولومب $S = c + P \tan$. انظر قوة القص الذاتية Intrinsic shear strength.

apparent cohesion

- التماسك الظاهري: التماسك في التربة الحبيبية بسبب القوى الشعرية.

cohesion less soil

- تربة غير متماسكة: تربة إذا كانت غير محصورة تكون قوتها ضئيلة أو معدومة، وذلك عندما تكون مجففة بالهواء، لها تماسك ضئيل أو معلوم عندما تكون مغمورة.

cohesive soil

- تربة متماسكة: تربة لها قوة هامة إذا كانت غير محصورة عندما تكون مجففة بالهواء ولها تماسك هام عندما تكون مغمورة.

collar

- طوق: في أنظمة الحقن هي الفتحة السطحية في سبر.

colloidal grout

- مادة حقن غروية: في أنظمة الحقن هي حقن فيه الأجزاء الصلبة معلقة (colloids).

communication

الاتصال: في أنظمة الحقن هو حركة تحت سطحية لمادة الحقن من فتحة الحقن injection hole إلى ثقب أو فتحة أخرى.

compaction

- الرص: تكثيف تربة بالمعالجة الميكانيكية.

compaction curve (proctor curve) (moisture-density curve)

- منحني الرص: (منحني بروكتور) (منحني الرطوبة – الكثافة) المنحني الذي يظهر العلاقة بين الوزن الحجمي الجاف (الكثافة) واحتواء الرطوبة لتربة من أجل رص معطى.

compressibility

- الانضغاطية: خاصة التربة أو الصخر المتعلقة بسرعة حساسيته (قابليته) لتناقص الحجم عندما يخضع لحمل.

compression curve Pressure-void ratio curve

- منحني الانضغاط

compressive strength (unconfined or uni-axial compressive strength) P_c, q_u, C_o(FL^{-2})

- قوة الانضغاط: (قوة الانضغاط غير المحصورة أو الوحيدة المحور) الحمولة بوحدة المساحة التي تتصدع عندها عينة غير محصورة اسطوانية من تربة أو صخر في اختبار الانضغاط البسيط.

compressive stress

- إجهاد الانضغاط: الإجهاد الناظمي الذي يميل لتقصير الجسم بالاتجاه الذي يعمل فيه.

concentration factor, n

- عامل التمركز: وسيط يستعمل لتعديل معادلات بوسينيسك لوصف التوزعات المختلفة للإجهاد الشاقولي.

consistency

- قوام أنظمة الحقن: هو الإمكانية النسبية للتدفق لخلطة الحقن، وتقاس بالهبوط للخلطات الجامدة والـدفق للخلطـات السائلة.

consolidated-drained test (slow test)

- اختبار مشدد مفتوح: (اختبار بطيء) يتم فيه تشديد كامل تحت الضغط الجانبي، ثم يتبعه إجهاد محوري إضافي أو قص يطبق بطريقة أنه حتى التربة المشبعة تماماً ذات النفوذية البطيئة يمكن أن تكيف نفسها بصورة كاملة (تتـشدد تماماً) لتغيرات بالإجهاد بسبب الإجهاد المحوري الإضافي أو القص.

consolidated un-drained test(consolidated quick test)

- اختبار مغلق مشدد: (اختبار سريع مشدد) اختبار تربة يتم فيه تشديد كامل تحت الحمل الشاقولي (في اختبار القص المباشر) أو تحت الضغط الجانبي (في اختبار ثلاثي المحاور) ثم يتبعه قص عند احتواء رطوبة ثابت.

consolidation

- التشديد: التناقص التدريجي في حجم كتلة تربة ناتج من زيادة إجهاد الانضغاط (زيادة الضغط الفعال).

initial consolidation (initial compression)

- الانضغاط الأولي (التشديد الأولي) تناقص مفاجئ نسبياً بالحجم لكتلة تربة تحت حمل مطبـق، ويعـزى بـصورة رئيسية لطرد أو انضغاط الغاز في مسامات التربة ويسبق التشديد البدائي.

primary consolidation (primary compression) (primary time effect)

- التشديد البدائي (الانضغاط البدائي) (تأثير الزمن البدائي): تناقص حجم كتلة تربة بسبب من تطبيق حمل دائم علـى الكتلة. ويعزى بصورة رئيسية إلى رشح (عصر) الماء من فراغات الكتلة. ويصاحب ذلك نقل الحمـل مـن مـاء التربة إلى الهيكل الصلب للتربة soil solids.

secondary consolidation (secondary compression) (secondary time effect)

- التشديد الثانوي (الانضغاط الثانوي) (تأثير الزمن الثانوي): تناقص حجم كتلة تربة مسبب من تطبيق حمل دائم على الكتلة، ويعزى بصورة رئيسية إلى إعادة ضبط البنية الداخلية لكتلة التربة بعد أن انتقل معظم الحمل من ماء التربة إلى الهيكل الصلب للتربة.

consolidation curve Consolidation time curve

- منحني التشديد: انظر منحني زمن التشديد.

consolidation grouting

- التشديد بالحقن (حقن التشديد): وهو عملية مادة حقن سائلة غالباً، رمل واسمنت بورتلندي، في كتلـة تربـة قابلـة للانضغاط بهدف إنشاء هيكلية غراوتية (محقونة) داعمة.

ملاحظة: في الصخور يستخدم الحقن لتقوية الصخر بملء التصدعات المفتوحة وللتقليل من أسباب الهبوط.

consolidation test

- اختبار التشديد (الانضغاط مع الزمن): اختبار تكون فيه العينة محصورة جانبياً في حلقة، وتضغط بين صـفيحتين مساميتين.

contact pressure, P (FL^{-2})

- ضغط التماس (الاستناد): وحدة الضغط التي تعمل على سطح التماس بين المنشأة وكتلة التربة أو الصخر التحتيين.

core

- لب (قلب): عينة اسطوانية من مادة الحقن المتصلب، الخرسانة، الصخر، طبقات من مادة الحقن مأخوذة بوسـاطة الحفر.

core drilling, diamond drilling

- حفر عينات القلب (اللباب): حفر آبار برؤوس ألماس. أسلوب حفر آبار دوراني يستعمل الألماس في رؤوس القطع

التي تقطع عينات صخرية اسطوانية.

core recovery

- استرداد عينات اللباب: نسبة طول عينة اللباب المستخرجة إلى طول الثقب، يؤخذ عادة بالنسبة المئوية.

cover

- تغطية: المسافة العمودية من أي نقطة في سقف فتحة باطنية إلى سطح الأرض

crack

- شق: كسر صغير، أي أنه صغير بالنسبة لمقياس التشكيل الذي يحدث فيه.

creep

- زحف: تحرك بطيء لركام صخري أو تربة لا يمكن الإحساس به عادة، عدا بالنسبة لملاحظات ذات مدى طويل. الانفعال المعتمد على الزمن مثلا انفعال (تشوه نسبي) مستمر بإجهاد دائم.

critical slope

- الميل الحرج: الزاوية العظمى مع الأفق التي سيستقر عندها رصيف مائل من التربة أو الصخر دون تدعيم بارتفاع معطى.

curing retarder

- مؤخر التصلب: مادة تضاف للاسمنت لزيادة الزمن اللازم للتصلب مثال كلوريد الصوديوم في تركيزات عالية.

curtain grouting

- ستارة حقن (الحقن على شكل ستارة): وهو حاجز من مادة الحقن يشكل بالحقن في التربة التحشية لمعاكسة تدفق المياه.

D

damping

- تخامد : تبدد الطاقة مع الزمن أو المسافة.

degree of saturation

- درجة الإشباع: المدى أو الدرجة التي تحتوي بها مسامات الصخر سائلاً (ماء أو غاز أو زيت). يعبر عنها عادة بنسبة مئوية مرتبطة بالحجم الكلي للمسامات أو الحجم المسامي.

density , p (ML^{-3}) kg / m^3

- الكثافة: الكتلة بوحدة الحجم.

differential settlement

- الهبوط التفاضلي: هبوط يختلف بالمعدل وبالمقدار، أو بكليهما، من مكان إلى مكان عبر المنشأة.

direct shear test

- اختبار القص المباشر: اختبار قص يتم فيه إجهاد تربة أو صخر، خاضع لحمل ناظمي مطبق، حتى تتصدع بتحريك قسم من العينة أو وعاء العينة (صندوق القص) بالنسبة إلى القسم الآخر.

dispersion

- تشتت: ظاهرة اختلاف سرعة انتقالات الموجات بالاعتماد على ترددها.

displacement

- انزياح، انتقال: تغير في مكان نقطة مادية.

distortion

- تشوه: تغير في شكل جسم صلب.

drain

- مصرف: وسيلة أو طريقة لقطع ونقل وإزالة (تصريف) المياه.

drainage curtain

- ستارة التصريف: في أنظمة الحقن هي صف من الثقوب المفتوحة محفورة موازية وباتجاه التيار، ابتداءً من ستارة

الحقن لسد بغرض التقليل من الضغوط الرافعة.

ملاحظة: العمق عادةً يقارب ثلث إلى نصف عمق ستارة الحقن.

drill

- حفارة: أداة للحفر لاختراق تشكيلات الصخور أو الأرض.

drill cuttings

- نواتج الحفر: أجزاء fragments أو كسرات particles من تربة أو صخر، وتكون مع أو دون مياه، وتنتج عن أعمال الحفر.

drilling fluid

- سائل الحفر: وهو سائل (مائع أو غاز) يستعمل في أعمال الحفر، ويقوم برفع نواتج الحفر من حفرة السبر، وينظف ويبرد رأس الحفر كما يحافظ على تكامل integrity السبر أثناء الحفر.

ductility

- المطاوعة، المطواعية: قابلية السحب والتطريق، الحالة التي تستطيع فيها المادة أن تتحمل تشوهاً دائماً دون أن تفقد قابليتها لمقاومة الأحمال .

E

active earth pressure, P_A, p_A

- ضغط التربة الفعال، دفع التربة الفعال: القيمة الدنيا لضغط التربة. تظهر هذه الحالة عندما يسمح لكتلة تربة أن تخضع لدرجة كافية بحيث تسبب تعبئة (mobilization) كاملة لمقاومتها الداخلية على القص على سطح تصدع محتمل.

earth pressure at rest, P_O, p_O

- ضغط (دفع) التربة في حالة الراحة: قيمة ضغط التربة عندما تكون كتلة التربة في حالتها الطبيعية دون أن يسمح لها بالخضوع أو دون أن تنضغط.

passive earth pressure, P_A, p_A

- ضغط التربة المنفعل: القيمة القصوى لضغط التربة. توجد هذه الحالة عندما تنضغط كتلة تربة لدرجة كافية بحيث تسبب تعبئة كاملة لمقاومتها الداخلية للقص على سطح تصدع محتمل.

elasticity

- المرونة: خاصة تعود بها المادة إلى شكلها أو حالتها الأصليين بعد رفع القوة المطبقة.

elastic limit

- حد المرونة: نقطة على منحني الإجهاد – التشوه النسبي (الانفعال)، يحدث عندها انتقال من السلوك المرن إلى السلوك غير المرن.

elastic state of equilibrium

- توازن الحالة المرنة: حالة إجهاد ضمن كتلة تربة عندما لا تكون المقاومة الداخلية للكتلة قد عُبِئَتْ بصورة كاملة.

elastic strain energy

- طاقة التشوه المرن: الطاقة الكامنة المخزونة في جسم صلب متشوه والمساوية للعمل المبذول في تشويه الجسم الصلب من حالته غير المشوهة محسوماً منها أية طاقة مبددة بالتشوه غير المرن inelastic deformation.

epoxy

- ايبوكسي: مادة حقن راتينجية متعددة المواد الداخلة في تركيبه، ويتميز بمقاومة شد وضغط والتصاق عالية جداً.

equipotential line

- خط الطاقة المتساوية: هو خط يصل بين نقاط ذات ضاغط هيدروليكي متساوٍ، و يُعدّ كخط كونتور ضمن مجموعة لتشكيل سطح متساوي الطاقة (potentio-metric surface).

equivalent diameter (equivalent size) D (L)

- القطر المكافئ (الحجم المكافئ): قطر كرة افتراضية تتألف من مادة لها الوزن النوعي ذاته والخاصة بجزيء تربة حقيقي، ولها حجم يجعلها تترسب في سائل معطى بالسرعة الحدية ذاتها مثل جزيء التربة الحقيقي.

F

fabric

- نسيج: الترتيب (التوجيه) بالفراغ للعناصر المكونة لمادة الصخر.

facing

- ظهارة: الطبقة العليا من التكسية.

failure (in rocks)

- تصدع (في الصخور): تجاوز القوى القصوى لصخر، أو تجاوز متطلبات الإجهاد أو الانفعال لتصميم معين.

failure (of a bulk solid)

- الانهيار (لجسم صلب): التشوه اللدن لكتلة صلبة زائدة التشدد خاضعة للقص، الأمر الذي يُضعف قوتها.

fault

- صدع: انكسار أو منطقة انكسار حصل فيها انتقال لطرفيها بالنسبة لبعضهما بعضاً مواز للانكسار (يمكن أن يكون هذا الانتقال عدة سنتيمترات أو كثيراً من الكيلومترات) (انظر أيضاً مجموعة صدع مفصلي (joint fault set) أو (joint fault system)).

fill

- ردم: تراكمات صنعية من تربة طبيعية أو نواتج صخرية أو مواد النفايات.

filling

- حشوة، مادة التعبئة: بصورة عامة هي المادة التي تشغل الفراغ بين سطوح الفواصل أو الصدوع أو الانقطاعات الصخرية الأخرى. يمكن أن تكون مادة الحشو من الغضار أو طين الصدوع أو عوامل ترابط مختلفة أو نواتج تغير الصخر المجاور.

fineness modulus

- معامل النعومة: هو معامل تجريبي نحصل عليه من جمع النسب المئوية الكلية لعينة حصوية محجوزة على كل من مهزة في مجموعة محددة من المهزات، ومن ثم تقسيم المجموع على 100. أما المواصفات القياسية الأمريكية لقياسات المهزات فهي:

No. 100 (149 μm), No. 50 (297 μm), No. 30 (590 μm), No. 16 (1,90 μm), No. 8 (2,380 μm), and No.4(4,760 μm) and⅜ in. (9.5 mm), ¾ in. (19 mm), 1½ in. (38 mm), 3 in. (76 mm), and 6 in. (150 mm).

fire clay

- الغضار الناري: هو غضار سيليسي غني بسيليكات الألمنيوم hychous aluminum silicates

fly ash

- الرماد المتطاير (الهوائي): المادة المتبقية المجزأة بنعومة، وينتج من احتراق الأرض أو الفحم المسحوق الذي ينتقل من بيت النار (firebox) عبر المرجل مع غازات المداخن (flue gases).

fold

- طية: انعطاف في الطبقات أو البنيات المستوية ضمن كتلة التربة.

footing

- قاعدة: الجزء من أساس منشأة الذي ينقل الأحمال مباشرة إلى التربة.

forced vibration (forced oscillation)

- اهتزازات قسرية (ذبذبة قسرية): الاهتزازات التي تحدث إذا فرضت الاستجابة بالإثارة، إذا كانت الإثارة دورية ومستمرة فإن الذبذبة تكون بحالة مستقرة state–steady.

foundation

- الأساس: الجزء السفلي من منشأة والذي ينقل الأحمال إلى التربة أو الصخر.

foundation soil

- تربة التأسيس: الجزء العلوي من كتلة تربة تحمل أحمال المنشأة.

fracture

- كسر، مكسر، سطح انكسار: المصطلح العام لأي انقطاع ميكانيكي في الصخر، وهو بذلك المصطلح المشترك للفواصل والصدوع والشقوق ... إلخ.

frost action

- فعل الصقيع: تجمد وذوبان الرطوبة في المواد والتأثير الناتج على هذه المواد وعلى المنشآت التي تشكل جزءاً منها أو هي على تماس معها.

G

gravel

- بحص: جزيئات مدورة أو نصف مدورة تمر من منخل العيار الاميركي inch (76.2 mm)، وتحجز على المنخل رقم 4 (4.75 mm).

ground arch

- قوس الأرض: القوس الصخري المستقر النظري الذي يتولد على مسافة ما خلف سطح الفتحة، ويدعم هذه الفتحة.

ground water

- المياه الجوفية: الماء الجوفي والموجود في المنطقة المشبعة.

ملاحظة: بصورة شاملة هي كل أنواع المياه التحتية (subsurface water) بالتميز عن المياه السطحية surface water.

grout

- مادة حقن، ملاط: في أنظمة حقن التربة أو الصخر، هي مادة تحقن في تشكيل التربة أو الصخر لتغيير خواصها الفيزيائية.

groutability

- قابلية الحقن: إمكانية قبول التشكيل لأعمال الحقن.

grout mix

- مزيج الحقن: نسب ومقادير، يعبر عنها وزناً أو حجماً، المواد المختلفة المستعملة في الحقن (يجب تحديد النسبة كنسبة وزنية وحجمية عند الإشارة لنسب المواد).

grout system

- نظام الحقن: هو مجموعة المواد الداخلة في الحقن وفق مواصفات محددة.

H

hardener

- مصلِّب: في أنظمة الحقن، في حالة المركبين الإيبوكسي والراتينج، المركب الذي يسبب تصلب المادة الأساسية.

hardness

- صلابة: مقاومة مادة للخرق والخدش.

hardpan

- الطين الصلد: طبقة صلبة غير نافذة، تتألف بصورة رئيسية من الغضار، وتترابط بمواد غير منحلة نسبياً، ولا تصبح لدنة عند مزجها بالماء، وتقيد بصورة واضحة تحرك الماء والجذور نحو الأسفل.

head

- ضاغط: الضغط عند نقطة في سائل، ويعبر عنه بدلالة المسافة الشاقولية للنقطة تحت سطح السائل.

hydration

- إماهة: تشكل مركّب (a compound) باتحاد الماء مع مواد أخرى.

hydrostatic pressure, u_O (FL^{-2})

- الضغط الهدروستاتيكي: الحالة الإجهادية التي تكون فيها كل الإجهادات الرئيسية متساوية (وليس هناك إجهاد قص)، كما في حالة سائل في حالة الاستقرار. جداء الوزن الحجمي للسائل بفرق المنسوب بين نقطة معطاة ومنسوب الماء الحر.

hysteretic

- متبقي (تخلف، تخلفي): استعادة غير كاملة للتشوه أثناء دورة رفع الأحمال بسبب استهلاك الطاقة.

I

inelastic deformation

- التشوه غير المرن: جزء التشوه تحت الإجهاد والذي لا يُلغى برفع الإجهاد.

inert

- خامل كيماوياً: لا يشارك ولا بأية طريقة في التفاعلات الكيماوية.

in situ

- في المكان: يطبق على (تشكل أو اختبار) الصخور أو التربة عندما يحدث في المكان الذي تشكلت أو ترسبت فيه بصورة طبيعية.

isotropic material

- مادة متساوية الخواص: مادة لا تختلف خواصها مع الاتجاهات.

- **مفردات إضافية**

interaction

- قوة الفعل المتبادل Force فعل متبادل

isobar

- خط الضغط المتساوي

injection

- حقن

J

jet grouting

- الحقن بالنافورة، الحفر تحت ضغط عال جداً: تقنية استخدام رأس حفر خاص مع نافورة مياه ذات سرعة عالية أفقياً وعمودياً لحفر الرسوبيات النهرية (alluvial soils) وإنتاج أعمدة (أو أوتاد) غير نفوذة بضخ مادة الحقن خلال فوهات (nozzles) أفقية بحيث تتبثق المادة بقوة وتختلط مع مواد الأساس أثناء انسحاب رأس الحفر.

jetting

- نفث: عندما تطبق كطريقة حفر يتم نفث الماء خلال غلاف الحفر، وعند خروج الماء يحمل معه بقايا الحفر، انظر أيضاً well screen jetting.

jetty

- حائل أمواج، رصيف معتمد بالبحر: عقبة اصطناعية متطاولة تبرز في جسم من الماء من ضفة أو شاطئ للتحكم بتشكل المناطق الضحلة والجرف (shoaling and scour) بحرف قوة التيارات والأمواج.

joint

- فاصل: انكسار ذو أصل جيولوجي في استمرارية جسم من الصخر، ويحدث إما منفـردا أو غالبـاً علـى شـكل مجموعة، ولكن لا يرافق ذلك حركة مرئية موازية لسطح الانقطاع.

K

kaolin

- الكاؤولين: نوع من الغضار يحوي نسبة عالية من الكاولينيت.

Kaolinite

- كاؤولينيت: معدن غضار شائع له الصيغة التالية $Al_2 (Si_2O_4) (OH_4)$ ، وهو المكون الرئيسي فـي غـضار الكاؤولين.

Karst

- كارست: وضعية جيولوجية تتولد فيها الكهوف في طبقات الحجارة الكلسية (الجيرية) الكتلية نتيجة الإذابة بالميـاه الجارية، تنتج كهوفاً وحتى أقنية أنهار باطنية ترشح على شكل مصارف سطحية (surface runoff drains) في الأرض الجافة والقاحلة نسبياً.

L

Leaching

- غسل التربة، تصويل التربة (بالماء): الإزالة بالماء وحل المواد الأكثر ذوباناً بالمياه الراشحة أو المتحركة.

leakage, n

- التسرب: جريان السائل من إحدى الوحدات الهيدرولوجية إلى أخرى.

leakage, n (T^{-1})

- التسرب: هي النسبة $\frac{K'}{b'}$ ، حيث K' و b' هي بالترتيب الموصلية الهيدروليكية الشاقولية والسماكة للحـوض المائي المكتنف.

lime

- الكلس: هو بالتحديد أكسيد الكالسيوم $Ca\ O_2$، ويمكن أن يرمز به أيضاً لعدة مركبات فيزيائية وكيميائية كـالكلس الحي (quick lime) الكلس المميه (hydrated lime).

line of seepage (seepage line)

- خط التسرب (خط المياه الجوفية) سطح الماء الحر العلوي لمنطقة التسرب.

liquefaction

- تسيّل، تميّع: عملية تحول أي تربة من حالة صلبة إلى حالة سائلة، وعادة بسبب ضغط مسامي متزايد ومقاومـة قص متناقصة.

liquefaction potential

- إمكانية التربة على التميّع.

loam

- طين رملي، تربة طفلية: مزيج من الرمل أو السيلت، أو مجموعة من أي من المواد المذكورة، مع مادة عضوية. تدعى أحياناً بالتربة السطحية (top-soils) بالتقابل مع التربة التحتية (sub-soils) التي تحتوي قليلاً من المـادة العضوية أو لا تحتوي إطلاقاً.

lubricity

- التزليق: في أنظمة الحقن، الخاصة الفيزيائية الكيميائية التي تمتلكها مادة حقن تسيل ضمن تربة أو صخر، وهـي معاكسة للاحتكاك الداخلي لمواد التربة أو الصخر. تقارن بالتبلل (wetness).

M

macro porosity

- المسامية الكبيرة: مسامية كبيرة بين الحبيبات، وتشمل التشققات ومسامات الفطريات melodic porosity وجحور الحيوانات (animal burrows) وعدة أنواع من الفراغات.

marl

- مارل: غضار كلسي يحتوي عادة (35-65)% المارل من كربونات الكالسيوم

marsh

- سبخة، مستنقع: أرض رطبة تتميز بسطح عشبي مع النباتات التي غالباً ما تتناثر فيما بينها المياه المفتوحة وقبة مغلقة (a closed canopy) من الأعشاب والبردي (sedges) النباتات العشبية (herbaceous plants) الأخرى.

matrix

- الملاط: في أنظمة الحقن، هو مادة تنطمر فيها الجزيئات، أي مثلاً معجونة الاسمنت التي تنطمر فيها جزيئات الحصويات الناعمة بمادة حقن.

micro porosity

- المسامية الميكروية: مسامية ضمن الحبيبات (intragranular porosity) ومسامية دقيقة بين الحبيبات (microscopic intragranular porosity) مع حناجر مسامية تحت الدقيقة (submicroscopic pore throats).

modulus of elasticity (modulus of deformation) E, $M(FL^{-2})$

- معامل المرونة: (معامل التشوه): هو نسبة الإجهاد إلى الانفعال (التشوه النسبي) لمادة تحت شروط تحميل معطاة، رقمياً تساوي ميل مماس أو قاطع منحني الإجهاد– الانفعال. إن استعمال مصطلح معامل المرونة (modulus of elasticity) يوصى به للمواد التي تتشوه بحسب قانون هوك، بينما يستعمل مصطلح معامل التشوه (modulus of deformation) للمواد التي تتغير خلاف ذلك.

modulus of sub-grade reaction

- معامل رد فعل التربة التحتية: انظر رد فعل التربة coefficient of sub grade reaction

Mohr circle

- دائرة مور: تمثيل تخطيطي للإجهادات العاملة على السطوح المختلفة عند نقطة.

Mohr circle stress (strain)

- دائرة مور للإجهاد (الانفعال– التشوه النسبي) تمثيل تخطيط لمركبات الإجهاد (الانفعال) العامل عبر سطوح مختلفة عند نقطة ما، مرسومة بالرجوع إلى محاور الإجهاد (الانفعال) الناظمي وإجهاد (الانفعال) القص.

Mohr envelope

- مغلف مور: مغلف لتتابع من دوائر مور التي تمثل شروط الإجهاد وحتى الانهيار لمادة معينة.

moisture content

- احتواء الرطوبة: النسبة المئوية وزناً للماء الذي تحتويه مسامات صخر أو تربة بالنسبة لوزن المادة الصلبة.

field moisture equivalent, FME

- مكافئ الرطوبة الحقلي: احتواء الرطوبة الأدنى معبراً عنه كنسبة مئوية من وزن التربة المجففة بالفرن، والتي عندها إذا وضعت قطرة من الماء على سطح ناعم (منعم) من التربة فلن تمتصها التربة مباشرة، بل سوف تنتشر على سطحها لتُعطيه مظهراً لامعاً.

mud

- طين: مزيج من التربة والماء بحالة سائلة أو حالة صلبة ضعيفة جداً.

N

natural frequency

- التردد الطبيعي: التردد الذي يهز بحسبه جسم أو مجموعة عندما لا يكونان مقيدين بقوى خارجية.

neat cement grout

- مزيج من اسمنت هيدروليكي والماء دون إضافة حصويات أو مواد ملء. كما يمكن أن يحوي أولا يحوي إضافات.

O

open cut

- قطع مكشوف: حفرية عبر صخر أو تربة، تنفذ خلال تلة أو خلال معلم طبوغرافي آخر لتسهيل مرور طريق أو سكة حديد أو مجرى مائي على طول تراصف مختلف بالبروز الطبوغرافي. ويمكن أن يتضمن القطع المكشوف منحدراً وحيداً أو منحدرات متعددة، أو منحدرات متعددة ومصاطب أفقية أو كليهما معاً.

organic clay

- الغضار العضوي: غضار ذو احتواء عضوي عالٍ.

organic silt

- السيلت العضوي: سيلت ذو احتواء عضوي عالٍ.

organic soil

- تربة عضوية: تربة ذات احتواء عضوي عال. بصورة عامة تكون التربة العضوية قابلة للانضغاط بشكل كبير ولها خواص دعم للأحمال سيئة.

organic terrain

- أرض عضوية: انظر أرض الخث (peat land).

overburden

- غطاء ترابي (سطحي) علوي: التربة السائبة أو الرمل أو السيلت أو الغضار الذي يعلو طبقة الصخر القاعدي. في بعض الاستعمالات تشير إلى كل المادة التي تعلو النقطة موضوع الاهتمام (تاج النفق tunnel crown) والتي هي التغطية الكلية للتربة والصخر التي تعلو حفرية باطنية.

over consolidated soil deposit

- ركام التربة الزائدة التشديد: ركام ترابي كان خاضعاً لضغط فعال أعظم من ضغط الطابق الترابي فوقه.

P

packer

- حشوة (بطانة) تقوية: في أنظمة الحقن، هي جهاز يدخل في الحفرة التي سيتم فيها حقن مادة الحقن أو الماء ليمنع عودة المادة المحقونة حول أنبوب الحقن، ويكون عادةً قابلاً للتوسع، ويعمل على مبدأ ميكانيكي أو هيدروليكي أو هوائي.

parent material

- المادة الأم، الصخر الأصلي: المادة التي اشتقت منها التربة.

peat

- الخث: كتلة ليفية من مادة عضوية في مراحل مختلفة من التفسخ، وبصورة عامة بلون بني قاتم إلى أسود وبقوام اسفنجي.

penetration resistance (standard penetration resistance) (proctor penetration resistance)

- مقاومة الاختراق (مقاومة الاختراق المعيارية) (مقاومة الاختراق بروكتور).
أ) العدد اللازم من ضربات مطرقة بوزن معين تسقط مسافة محددة لإنتاج اختراق محدد في تربة وتد أو قميص أو أنبوب أخذ عينات.
ب) الوزن الواحدي اللازم للمحافظة على معدل اختراق ثابت في تربة سبر أو أداة.
ت) الوزن الواحدي اللازم لإنتاج اختراق معين في تربة بمعدل محدد لمسبر أو أداة. بالنسبة لإبرة بروكتور فإن الاختراق المحدد هو 2½ in (63.5 mm) والمعدل هو ½ in (12.7 mm/sec).

percent compaction

- نسبة الرص: نسبة، معبر عنها كنسبة مئوية: الوزن الحجمي الجاف لتربة إلى الوزن الحجمي الأقصى الذي تحصل عليه في اختبار الرص المخبري.

perforation

- التثقيب: شق أو ثقب في قميص البئر ينفذ لتواصل السائل ما بين البئر والفراغ الحلقي حوله.

period

- دور: الفترة الزمنية التي تشغلها دورة واحدة.

permanent strain

- التشوه الدائم: (الاستطالة النسبية الدائمة) التشوه المتبقي في جسم صلب بالنسبة لحالته الأولية بعد تطبيق ورفع إجهاد أكبر من إجهاد الخضوع (يسمى عادة الانفعال المتبقي "residual " strain).

permeability

- النفوذية: طاقة الصخر لتوصيل السائل أو الغاز، وتقاس كثابت تناسب K بين سرعة الجريان v والتدرج المائي I حيث: $v = K . I.$.

pH, pH (D)

- الرقم الهيدروجيني: دليل حموضة أو قلوية تربة بدلالة لوغاريتم معكوس تركيز شاردة الهيدروجين.

piezometer

- مقياس الضاغط: أداة لقياس الضاغط عند نقطة في التربة التحتية.

pile

- وتد : عنصر إنشائي نحيف نسبياً، يغرس أو يتم إدخاله في التربة، بغرض تأمين دعم شاقولي أو جانبي.

pillar

- عمود، دعامة: صخر بالموقع بين فتحتين تحت الأرض أو أكثر، مثل الدعائم التاجية (crown pillars) أو الدعائم الحاجزة)(barrier pillars أو الدعائم المضلعة (rib pillars) أو الدعائم بشكل عتبة (sill pillars) أو الدعائم بشكل سلسلة (chain pillars) ... إلخ.

piping

- تشكل الأنابيب، تكهف: تشكل الأقنية بالإزالة التدريجية لجزيئات تربة من كتلة بالماء الراشح، والذي يؤدي لتشكل الأقنية.

pit

- حفرة: حفرة في سطح الأرض، نحصل منها على الفلز، كما في تعدين الحفر السطحية الكبيرة، أو كما في الحفر المنفذ لأغراض الاختبار، ويسمى حفرة اختبار test pit.

plasticity

- اللدونة: خاصة للتربة أو الصخر، تسمح بتشوهها إلى ما وراء نقطة الاسترداد دون تشقق أو تغير حجمي مهم.

poisson's ratio, (ν)

- نسبة بواسون: النسبة بين تغيري تشوه خطين، أحدهما عمودي على تغير إجهادي وحيد المحور معطى، والآخر

باتجاه هذا التغير الإجهادي.

- pore-liquid
  - السائل المسامي: هو السائل الذي يحتل الفراغ بين جزيئات التربة الصلبة.
- pore pressure (pore water pressure)
  - الضغط المسامي (ضغط الماء المسامي): انظر الإجهاد الحيادي (neutral stress) تحت بند الإجهاد.
- porosity, n (D)
  - المسامية: نسبة، يعبر عنها عادة كنسبة مئوية: حجم الفراغات لكتلة تربة أو صخر معطاة إلى الحجم الكلي لكتلة التربة أو الصخر.
- Portal
  - بوابة، مدخل، باب: المدخل السطحي لنفق.
- powder
  - صفة جزيئات الصخر الناعمة.
- pozzolan
  - بوزولان: مادة سيليسية أو سيليسية مع ألمنيوم، تمتلك بحدّ ذاتها خواص أسمنتية قليلة جداً، ولكن في حال طحنها ومع وجود الرطوبة تتفاعل مع هيدروكسايد الكالسيوم في درجة الحرارة العادية لتتحول إلى مركب يمتلك صفات أسمنتية.
- pressure, p (FL^{-2})
  - الضغط: الحمل مقسوماً على المساحة التي يعمل فوقها.
- pressure bulb
  - بصلة الإجهاد: منطقة في كتلة تربة أو صخر محملة، ومحدودة بخط تساوي إجهاد isobar stress منتخب بصورة كيفية.
- pressure head
  - ضاغط الماء: ضاغط الماء عند نقطة ما في منطقة مسامية، ويكون سالباً إذا كانت هذه المنطقة غير مشبعة. عددياً هو ضغط الماء مقسماً على الوزن النوعي للماء.
- pressure testing
  - اختبار الضغط: هو اختبار النفوذية بضخ الماء أو مادة الحقن في عمق الحفرة تحت الضغط.
- pressure washing
  - الغسل بالضغط: هو غسل التربة أو الصخر بحقن الماء أو الهواء أو سوائل أخرى تحت الضغط.
- proctor compaction curve
  - منحني رص بروكتور: انظر (compaction curve) منحني الرص

Q

- quality assurance / quality control (QA/QC)
  - ضمان الجودة / إدارة الجودة: الجهود المبذولة لتقييم دقة أخذ العينات وإجراء التجارب أو كليهما.
- quarry
  - مقلع: حفرة في سطح الأرض نحصل منها على حجر من أجل صخور مكسرة أو أحجار البناء.
- quick test
  - اختبار سريع: انظر اختبار مغلق غير مشدد (Unconsolidated un drained test).

R

- Rayleigh wave, V_R (LT^{-1})
  - موجة ريلي: موجة سطحية تبددية (dispersive) يكون فيها للعنصر مداراً بشكل قطع ناقص تقهقري

retrograding بمركبة شاقولية رئيسية وأخرى أفقية ثانوية، كلاهما في مستوى سرعة الانتشار، مع افتراض:
$0.25 < V < 0.5$، من أجل: $0.910 < \alpha < 0.995$

reactant

- متفاعلة: صفة المواد التي تتفاعل كيماوياً مع المركب الأساسي لمجموعة مادة حقن.

refusal

- رفض: في أنظمة الحقن عندما تكون نسبة دفعة الحقن (grout take) منخفضة أو معدومة عند ضغط معطى.

relative consistency, I_c, C_r (D)

- القوام النسبي: نسبة: (1) حد السيولة ناقص احتواء الرطوبة الطبيعي إلى (2) دليل اللدونة.

relative density, D_d, I_D (D)

- الكثافة النسبية: نسبة: الفرق بين نسبة الفراغ لتربة حبيبية في أكثر حالاتها تسيباً، وأي نسبة فراغ معطى إلى الفرق بين نسبتي الفراغ في الحالتين الأكثر تسيباً والأكثر كثافة.

residual soil

- التربة المتبقية: التربة المشتقة بالمكان بالتجوية (weathering) التي تتعرض لها المادة التحتية.

residual strain

- التشوه المتبقي: التشوه في جسم صلب المرافق بحالة إجهاد متبقٍ.

resin

- راتينج: في أنظمة الحقن، هو المركب الأساسي في أنظمة الحقن العضوية.

resin grout

- نظام الحقن بالراتينجات: هو نظام حقن يتألف بشكل جوهري من مواد راتينجية كالايبوكسي والبوليستر واليوريثات.

ملاحظة: في أوربا يرمز بهذا المصطلح لأي نظام غراوت كيماوي بغض النظر عن منشئه الكيماوي.

resonance

- الطنين: الاهتزاز المقوى (reinforced) لجسم معرض للاهتزاز بتردد مقارب لتردد جسم آخر.

response

- استجابة: الحركة (أو خرج آخر) في جهاز أو مجموعة تنتج من تحريض (حافز stimulus) تحت شروط محددة.

revetment

- جدار احتجاز، تكسية من الاسمنت: حماية شاطئية بالتصفيح، أي بتكسية الشاطئ أو الحاجز الترابي بمادة مقاومة للحت (resistant material – erosion).

rock

- صخر: مادة معدنية صلبة طبيعية تكون بشكل كتل أو شظايا كبيرة.

rock anchor

- مرساة الأرض الصخر، مرساة الصخر: قضيب أو كبل فولاذي مركب في ثقب في الصخر. من حيث المبدأ يماثل مسمار الصخر، ولكنه يستعمل لقضبان أطول من نحو أربعة أمتار.

rock mechanics

- ميكانيك الصخور: تطبيق المعرفة الخاصة بالسلوك الميكانيكي لصخر على المسائل الهندسية التي تعالج الصخر بتداخل ميكانيك الصخور مع الجيولوجيا الإنشائية والجيوفيزياء وميكانيك التربة.

roof

- السقف: قمة حفرية أو فتحة باطنية، تنطبق خاصة على صخور متطبقة، حيث يكون السطح العلوي للفتحة

منبسطاً بدلاً من أن يكون مقوساً.

rotary drilling

- الحفر الدوراني: هو نوع من الحفر، يتم الحفر فيه عن طريق دوران رأس الحفر بضغط ثابت دون دق.

rupture

- تمزق، فتق، تصدع: هي المرحلة من توليد كسر (fracture) حيث يحدث عدم الاستقرار (instability) لا يوصى باستعمال مصطلح تمزق (rupture) في ميكانيك الصخور كمرادف لكسر fracture.

S

sample

- عينة، كمية من التربة مختارة بوساطة الإجراءات المحددة لأخذ العينات.

sand

- الرمل: جزيئات صخرية تمر عبر المنخل المعياري الأمريكي رقم 4 (4.75 mm)، وتحجز على المنخل رقم 200 (75 micron).

sand equivalent

- المكافئ الرملي: قياس كمية شوائب السيلت أوالغضار الموجودة في حصويات ناعمة بحسب الاختبار(D2419)

sanded grout

- مادة الحقن الرملية: هي مادة حقن تحتوي على رمل.

sapric peat

- خث فاسد: خث يحتوي على ألياف متحللة (نسبة الألياف 33 %).

secant modulus

- معامل القاطع: ميل الخط الواصل بين مبدأ الإحداثيات ونقطة معطاة على منحني الإجهاد والتشوه.

secondary consolidation (secondary compression) (secondary time effect)

- التشديد الثانوي (الانضغاط الثانوي) (التأثير الزمني الثانوي) انظر التشديد Consolidation

sediment basin

- حوض ترسيب: بنية مشكلة من إنشاء حاجز أو بنية شبيهة بسد صغير عبر مجرى مائي أو من حفر حوض أو من الاثنين معاً لاصطياد أو احتجاز الترسبات.

seepage force

- قوة الرشح: الجر الاحتكاكي (the frictional drag) للماء الجاري عبر الفراغات أو الفرجات في الصخر مسبباً زيادة الضغط ما بين الذرات، أي أنه القوة الهيدروليكية بوحدة الحجم من التربة أو الصخر، والتي تنتج من جريان الماء والتي تعمل باتجاه الجريان.

segregation

- فصل المكونات: في أعمال الحقن هو اختلاف تركيز الحصويات في كتلة الحقن الخليط.

sensitivity

- حساسية: تأثير عملية الجبل (remolding) على قوام الترب المتماسكة.

series grouting

- عملية الحقن التسلسلية: تماثل (stage grouting) أعمال الحقن عبر مراحل، وتخالفها في أن كل منطقة تالية يتم حقنها بحفر جديد، المر الذي يقلل الحاجة إلى إزالة الحقن قبل حفر الحفرة إلى الأعمق.

set

- الأخذ (التصلب – الشك): في أعمال الحقن، هو فقدان اللدونة للعجينة الأسمنتية أو مادة الحقن، و تُقاس عادةً بمقاومة الاختراق أو التشوه فالأخذ الأولي (initial set)، وهو التصلب الأولي. أما الأخذ النهائي (final set)، فهو الحصول على الصلابة المعتبرة.

setting shrinkage

- تقلص الأخذ (التصلب): في أعمال الحقن، هو التناقص في حجم مادة الحقن قبل الأخذ النهائي (final set)، وذلك بسبب عمليات التفاعل.

set time

- زمن التصلب: هو زمن التصلب للأسمنت البورتلاندي، أو الـ (gel time) زمن البقاء بالحالة الهلاميـة لمـادة الحقن.

shaft

- بئر، مدخنة: حفرة شاقولية عامة أو شبه شاقولية تساق نحو الأسفل من السطح للدخول إلى الأنفاق أو الحجـرات أو الأشغال الباطنية الأخرى.

shear failure (failure by rupture)

- التصدع بالقص: تصدع تكون فيه الحركة المسببة من إجهادات القص في كتلة تربة أو صخر بمقدار كاف لتحطم البنية أو تجعلها في حالة خطرة.

shear force

- قوة القص: قوة متجهة بالتوازي مع العنصر السطحي الذي تعمل عبره.

shear strain

- انفعال القص: تغير الشكل، ويعبر عنه بالتغير النسبي للزوايا القائمة في زوايا (أركان) الشكل الذي كان في الحالة قبل التغيير مستطيلاً أو مكعباً متناهي الصغر.

sieve analysis

- التحليل الحبي: هو تحديد نسب الجزيئات وفق حجومها في مادة حبيبية، وذلك بفصلها على مهزات ذات فتحـات مختلفة القياس.

silo

- صومعة (سيلو): منشأة تخزين تتكون من مجموعة خلايا (bins).

skin friction, f (FL^{-2})

- الاحتكاك السطحي: المقاومة الاحتكاكية المتولدة بين التربة وعنصر من منشأة.

sliding

- انزلاق: انزياح نسبي لجسمين على سطح، دون ضياع التماس بينهما.

slope

- ميل، منحدر: سطح الصخر المحفور المائل على الشاقول أو على الأفق أو على كليهما، كما في القطع المكشوف (open-cut).

sludge

- الحمأة، الوحل: توضعات رسوبية مشحونة بالمياه.

ملاحظة: يمكن أن تحتوي التوضعات الرسوبية المشكلة بالمياه جميع الأجزاء الصلبة العالقة والمـواد المحلولـة بالماء. كما أن الوحل (sludge) لا يحافظ على شكل متماسك عند محاولة إزالته بالوسائط الميكانيكية.

slump

- هبوط: قياس قوام الخرسانة (البيتون) المخلوطة حديثاً، انظر تجربة slump test.

slurry grout

- مونة حقن: هو مزيج سائل من المواد الصلبة، كأسمنت الرمل أو الغضار في الماء.

soil (earth)

- تربة: رسوبيات أو تراكمات غير مشددة أخرى من جزيئات صلبة ناتجة من تفكك الصخور فيزيائياً وكيميائياً، أو التي قد تحتوي أو لا تحتوي على مادة عضوية.

soil stabilization

- تثبيت التربة: معالجة كيميائية أو ميكانيكية مصممة لزيادة أو للمحافظة على توازن كتلة التربة أو لتحسين خواصها الهندسية.

soil structure

- بنية التربة: (النسيج + القوى ما بين الذرات) ترتيب وحالة تجمع جزيئات التربة في كتلة تربة.

honeycomb structure

- بنية نخروبية، بنية قرص العسل: ترتيب جزيئات تربة له بنية مستقرة، سائبة نسبياً، تشابه قرص العسل.

soil suspension

- معلق التربة: مزيج عالي الانتشار من التربة والماء.

specimen

- عينة: هي مقادير مأخوذة أو محضرة من عينة (sample) بهدف إجراء الاختبار.

stability factor (stability number), N_s (D)

- عامل الاستقرار (رقم الاستقرار): رقم

بحث يستعمل في تحليل استقرار الحواجز (السدود) الترابية، ويعرف بالمعادلة: $N_s = H_c \gamma_e / c$

حيث: H_c = الارتفاع الحرج للجانب المنحدر.

γ_e = الوزن الحجمي الفعال للتربة.

c = تماسك التربة.

ملاحظة: إن "رقم التوازن" لتيلور Tylor هو معكوس " رقم التوازن" لترزاكي.

stabilization

- تثبيت، استقرار: انظر تثبيت التربة soil stabilization.

stage

- مرحلة: في أعمال الحقن التتابعي، هي طول الحفرة المحقونة دفعة واحدة. انظر أيضاً (stage grouting).

standard penetration resistance

- مقاومة الاختراق المعيارية: انظر مقاومة الاختراق (penetration resistance).

static water level

- منسوب الماء الستاتيكي: منسوب عمود الماء في بئر مراقبة أو بيزوميتر، والذي لا يتأثر بالضخ أو بعوامل أخرى.

strain, (D)

- تشوه: التغير بالطول، بوحدة الطول، باتجاه معطى.

strength

- قوة: الإجهاد الاعظمي الذي تستطيع مادة مقاومته دون تصدع لأي نوع معطى من التحميل .

stress, σ, p.f (FL^{-2})

- الإجهاد: القوة بوحدة المساحة والتي تعمل ضمن كتلة تربة.

structure

- بنية: إحدى الملامح الكبرى في كتلة صخرية، مثل التطبق أو التورق أو تشكل الفواصل أو الانفصام أو تشكل صخر مؤلف من شظايا (brecciation)، وهي أيضاً مجموع كل هذه الملامح بالتقابل مع المظهر الخارجي (texture). وهي أيضاً بمفهوم أعم، تشير إلى الملامح الإنشائية لمساحة مثل الطية المحدبة (anticline) أو الطيات المقعرة (syncline).

sub-base

- طبقة ما تحت القاعدة (ما تحت الأساس): طبقة تستعمل في نظام أرضية بين الطابق الترابي (sub-grad) وطبقة القاعدة (base) أو ما بين الطابق الترابي وأرضية خرسانة الأسمنت البورتلندي.

sub-grade

- الطابق الترابي: التربة المحضّرة والمرصوصة لدعم منشأة أو نظام أرضية.

T

tangential stress

- إجهاد مماسي: انظر الإجهاد (stress).

tensile strength (unconfined or uni-axial tensile strength),T_o (FL^{-2})

- قوة الشد (قوة الشد غير المحصورة أو الوحيدة المحور): الحمل بواحدة المساحة التي ستتصدع عندها عينة غير محصورة اسطوانية باختبار الشد البسيط (سحب pull).

tensile stress

- إجهاد الشد: اجهاد ناظمي يميل لتطويل جسم بالاتجاه الذي يعمل فيه.

test bit

- حفرة اختبار: حفر سطحي يهدف لمعرفة خواص التربة التحتية.

texture

- المظهر: الترتيب الفراغي لمركبات جسم صخري والحدود بين هذه المركبات.

trench

- خندق: مجرى طويل ضيق عادة، بجوانب شاقولية تقريباً، في الصخر أو التربة، مشابه لما يتم عمله لخطوط المرافق.

tri-axial compression

- الانضغاط الثلاثي: انضغاط يسببه تطبيق إجهادات ناظمية باتجاهات ثلاثة متعامدة.

tri-axial shear test (tri-axial compression test)

- اختبار القص الثلاثي (اختبار الانضغاط الثلاثي): اختبار يتم فيه إخضاع عينة اسطوانية من التربة أو الصخر محفوظة في غشاء غير نافذ إلى ضغط حصر، ثم يجري تحميلها محورياً حتى التصدع (الانهيار).

tunnel

- نفق: ممر باطني من إنشاء بشري، دون إزالة الطبقة العلوية من الصخر أو التربة. بصورة عامة، تكون الأنفاق أفقية تقريباً بالمقارنة مع البئر (shaft)، الذي يكون تقريباً شاقولياً.

U

unconfined compressive strength

- قوة الانضغاط غير المحصور: الحمل بوحدة المساحة الذي تنهار عنده عينة موشورية أو اسطوانية باختبار الضغط البسيط دون حصر جانبي.

unconfined yield strength, f_c

- قوة الخضوع غير المحصور: الإجهاد الرئيسي الأعظمي (Major principal stress) في دائرة مور والمماس للـ (minor principal) مساوياً للصفر، وهو مرادف لقوة الانضغاط (compressive strength).

uni-axial (unconfined) compression

- انضغاط وحيد المحور (غير محصور): انضغاط يسببه تطبيق إجهاد ناظمي باتجاه وحيد.

unit weight, γ (FL^{-3})

- الوزن الحجمي: الوزن بواحدة الحجم، أينما ورد في تعريفات الوزن الحجمي فإن تعبير وزن (weight) يعني

قوة (force).

- dry unit weight (unit dry weight), γ_d, γ_e (FL^{-3})
  - الوزن الحجمي الجاف (الوزن الجاف الحجمي): وزن الجزيئات الصلبة لتربة أو صخر بوحدة الحجم الكلي لكتلة تربة أو صخر.
- effective unit weight, γ_e (FL^{-3})
  - الوزن الحجمي الفعال: الوزن الحجمي لتربة أو صخر، عندما يضرب بارتفاع العمود العلوي من التربة أو الصخر يعطي الضغط الفعال من وزن الطابق الترابي.
- maximum unit weight, γ_{max} (FL^{-3})
  - الوزن الحجمي الأعظمي: الوزن الحجمي الجاف المحدد بقمة منحني الرص.
- saturated unit weight, γ_G, γ_{sat} (FL^{-3})
  - الوزن الحجمي المشبع: الوزن الحجمي الرطب لكتلة تربة عندما تكون مشبعة.
- submerged unit weight (buoyant unit weight) , γ_m, γ', γ_{sub} (FL^{-3})
  - الوزن الحجمي المغمور(الوزن الحجمي الطافي): وزن الجزيئات الصلبة في الهواء ناقصاً منها وزن الماء المزاح بالجزيئات الصلبة، بوحدة حجم كتلة تربة أو صخر. الوزن الحجمي المشبع ناقصاً منها الوزن الحجمي للماء.
- uplift
  - الرفع، الدفع العلوي: ضغط الماء نحو الأعلى المطبق على منشأة.

V

- vacuum
  - درجة الضغط: الخلخلة (الخلاء – الفراغ) تحت الضغط الجوي (الضغط السلبي).
- vane shear test
  - اختبار القص بالمروحة (بالريشة): اختبار قص بالمكان، يتم فيه غرس قضيب بطرفه ريش قطرية رقيقة في التربة، وتحدد المقاومة لدورة هذا القضيب.
- vibration
  - اهتزاز: تذبذب تكون فيه الكمية هي البارامتر (الوسيط – المتغير) الذي يمدد حركة مجموعة ميكانيكية (انظر تذبذب (oscillation)).
- visco-elasticity
  - المرونة اللزجة: خاصة المواد التي تنفعل تحت تأثير الإجهاد جزئياً بصورة مرنة وجزئياً بصورة لزجة، وهذا الانفعال الأخير يعتمد جزئياً على الزمن وعلى شدة الإجهاد.
- viscous damping
  - التخامد اللزج: تبدد الطاقة الذي يحدث عندما تتم مقاومة جزيء في مجموعة مهتزة بقوة لها شدة متناسبة مع شدة سرعة الجزيء واتجاه معاكس لاتجاه الجزيء.
- volumetric shrinkage (volumetric change), V_s (D)
  - التقلص الحجمي (التغير الحجمي): تناقص الحجم، معبراً عنه كنسبة مئوية من كتلة التربة عندما تجف، لكتلة تربة عندما يتناقص احتواء الرطوبة من نسبة معطاة إلى حد التقلص.

W

- wall friction, f' (FL^{-2})
  - احتكاك الجدار: مقاومة احتكاكية تهيج بين جدار وتربة أو صخر على تماس مع الجدار.
- water-cement ratio
  - نسبة الماء للاسمنت: هي نسبة الماء للاسمنت وزناً في المحقون الإسمنتي أو الخلطة الخرسانية (البيتونية).

water content, w (D)

- احتواء الرطوبة: نسبة كتلة الماء المحتوى في الفراغ المسامي لمادة التربة أو الصخر إلى كتلة الجزيئات الصلبة في التربة معبراً عنها بنسبة مئوية.

water table (free water elevation)

- طاولة الماء (منضدة الماء).

wave

- موجة: تشوش منتشر في وسط بطريقة أنه في أي نقطة منه يكون المطال تابعاً للزمن، بينما في كل لحظة يكون الانزياح في كل نقطة تابعاً لمكان هذه النقطة.

weep hole

- ثقب الرشح، دماعات: ثقب بقطر صغير (in 1/4 عادة) يحفر في قميص الحماية فوق سطح الأرض، ويستعمل كثقب تصريف للماء الذي يمكن أن يدخل حلقة قميص الحماية.

- مفردة إضافية

weathering

- تجوية، تعرية حجرية.

Y

yielding arch

- قوس الخضوع، قوس المطاوعة: نوع من الاستناد بشكل قوسي.

yield stress

- إجهاد الخضوع: الإجهاد الذي لا يتم فوقه الإلغاء الكامل للتشوهات الناتجة بعد رفع كامل الإجهاد (de-stressing).

Young's modulus

- معامل يونغ: نسبة ازدياد الإجهاد في اختبار عينة إلى ازدياد التشوه الناتج تحت إجهاد عرضاني ثابت للمواد التي تبدي علاقة خطية بين الإجهاد والتشوه على مجال تحميل محدد. يُدعى أيضاً معاير المرونة (elastic modulus).

Z

zone of saturation

- منطقة الإشباع: منطقة هيدرولوجية تكون فيها جميع الفراغات والفواصل والتشققات وأقنية الانحلال في وحدة صخر متشدد مملوءة بالماء بضغط أكبر من الضغط الجوي.

zero air voids curve (saturation curve)

- منحني الفراغات الهوائية المساوية للصفر (منحني الإشباع): المنحني الذي يظهر الوزن الحجمي ذا الفراغات الهوائية المساوية للصفر، كتابع لاحتواء الرطوبة.

جدول محتويات الملحق الخامس للكود والخاص بالأساسات

الباب- الفصل/البند/ الفقرة/الفقرة الفرعية	العنوان	الصفحة
	الباب الأول: المجال والغاية	
1-1	مجال الملحق 5 للكود وتطبيقه	4
2-1	أغراض الملحق 5 للكود	4
3-1	طرائق الحساب	4
	الباب الثاني: التعاريف والمصطلحات	
1-2	التعاريف	6
2-2	المصطلحات	7
	الباب الثالث: الوحدات والرموز	
1-3	الوحدات المستعملة في ملحق الكود هذا (الملحق 5)	9
2-3	الرموز والدلالات	9
	الباب الرابع: خواص المواد	
1-4	الخرسانة العادية في الأساسات	12
2-4	الخرسانة المغموسة	12
3-4	الخرسانة المسلحة	13
	الباب الخامس: تقييم الأفعال	
1-5	عام	14
2-5	شروط حساب الأفعال	14
3-5	قوة رفع الماء (التعويم)	14
	الباب السادس: تعيين الأمان وتوزع الإجهادات على التربة تحت الأساسات	
1-6	**عام**	15
2-6	**حالات التحميل**	15
3-6	**متطلبات الأمان اللازمة للتصميم**	16
1/3-6	العمق الأدنى لمنسوب التأسيس	16
2/3-6	الأمان من الانقلاب	16
3/3-6	الأمان من التعويم	18
4/3-6	الأمان من الانزلاق	19
5/3-6	الأمان من انهيار (فشل) تربة التأسيس (تجاوز الاجهادات المسموح بها للتربة)	21
6/3-6	الأمان من الهبوط الزائد والهبوط المتفاوت (التفاضلي)	22
1/6/3-6	الهبوط الكلي	22
2/6/3-6	الهبوط المتفاوت (التفاضلي)	22
7/3-6	المقاسات التي تكفل الأمان للأساس إنشائياً	24
8/3-6	القيم التقريبية لقدرة التحمل المسموح بها للتربة وللصخور	24
4-6	**الأحمال وحالات التحميل للأساسات التي تحمل أكثر من عمودين**	24
1/4-6	عام	24
2/4-6	الأحمال المنقولة للأساسات	26
3/4-6	تراكيب الأحمال	26
1/3/4-6	تراكيب الأحمال من أجل تعيين ضغط التلامس (التماس)	26
2/3/4-6	تراكيب الأحمال من أجل تصميم مقاطع الأساس	26
3/3/4-6	توزع إجهاد التلامس (التماس) المعتمد في التصميم	27

5-6	تعيين معامل مرونة التربة تحت الأساس (E_s)	27
6-6	**توزع رد فعل التربة أسفل الأساس**	27
1/6-6	توزع رد فعل التربة أسفل الأساسات الصلدة (ضغط التماس) تحت تأثير أحمال التشغيل	28
1/1/6-6	ارتباط توزع ضغط التلامس بصلادة (جساءة) الأساس	28
2/1/6-6	حساب توزع ضغط التماس تحت الأساسات الصلدة	30
2/6-6	شروط التباعدات بين الأعمدة والجدران في الأساسات الشريطية (الخطية) الصلدة	31
3/6-6	شروط التباعدات بين الأعمدة والجدران في الحصائر الصلدة	32
7-6	**إيجاد توزع ضغط التلامس بين التربة والأساس في الأساسات اللينة**	32
1/7-6	مقدمة	32
2/7-6	حدود التطبيق	33
3/7-6	طرائق إيجاد توزع ضغط التماس (إجهاد التلامس)	34
1/3/7-6	الطرائق المتطورة	35
2/3/7-6	طريقة معامل المرونة	36
3/3/7-6	طريقة معامل رد فعل التربة	37
الباب السابع: تصنيف الأساسات وحالات استعمالها واشتراطاتها		
1-7	**عام**	39
2/1-7	المعيار الأول: عمق التأسيس	39
2/1-7	المعيار الثاني: السلوك المتوقع للأساس تبعاً لدرجة صلادته التي تتعلق بخصائص الأساس وتربة تأسيسه	39
2-7	**مراحل اختيار الأساسات**	40
1/2-7	حساب الأحمال المحتمل تطبيقها على الأساسات	40
2/2-7	إنجاز مقاطع التوضع الجيولوجي لطبقات التأسيس	40
3/2-7	تعيين المناسيب المختلفة للمياه الجوفية لتربة التأسيس	40
4/2-7	تعيين الأعماق الدنيا للتأسيس	40
5/2-7	التأسيس على منحدر	41
6/2-7	الفرق بين منسوبي تأسيس أساسين متجاورين	41
7/2-7	تعيين قدرة تحمل تربة التأسيس	41
8/2-7	تعيين أبعاد الأساسات	41
9/2-7	حساب الهبوطات المتوقعة	42
3-7	**تصنيف الأساسات**	42
1/3-7	تصنيف الأساسات الضحلة (السطحية)	42
2/3-7	تصنيف الأساسات العميقة	44
4-7	**حالات استعمال الأساسات واشتراطاتها**	45
1/4-7	استعمال الأساسات الضحلة (السطحية)	45
1/1/4-7	الأساس الكتلي	45
2/1/4-7	الأساس المنفرد المركزي	46
3/1/4-7	الأساس المنفرد الطرفي المجاور لخط الملكية (الأساس رجل البطة)	47
4/1/4-7	الأساس المشترك لعمودين	50
5/1/4-7	الأساس الشريطي أو الخطي (مشترك بين أكثر من عمودين واقعين على خط مستقيم واحد)	52
6/1/4-7	الأساس الشريطي المشترك للأعمدة الطرفية والجدار الاستنادي	53
7/1/4-7	الأساس الحصيرة	53

8/1/4-7	الأساس الحصيرة المفرغة من بلاطاتها	56
9/1/4-7	الأساسات مع فتحات داخلية أو مع فتحات طرفية	56
2/4-7	استعمال الأساسات العميقة واشتراطاتها	58
0/2/4-7	حالات استعمال الأساسات العميقة	58
1/2/4-7	الأوتاد	58
2/2/4-7	الآبار الاسكندرانية	61
5-7	**الاشتراطات العامة في تصميم الأساسات والقواعد والشيناجات**	61
1/5-7	الاشتراطات البعدية للأساسات والقواعد والشيناجات	62
1/1/5-7	الأساسات	62
2/1/5-7	القواعد	62
3/1/5-7	الشيناجات	63
2/5-7	مساحات التسليح الدنيا والقصوى للأساسات والقواعد والشيناجات	63
3/5-7	ترتيبات التسليح للأساسات والقواعد والشيناجات	63
الباب الثامن: الافتراضات الأساسية في حساب الإجهادات على التربة وفي تحليل الأساسات		
1-8	**طرائق التحليل**	65
1/1-8	عام	65
2/1-8	توجيهات عامة في تحليل الأساسات السطحية (الضحلة)	65
2-8	**تحليل الأساسات الضحلة (السطحية)**	65
1/2-8	تحليل الأساس الكتلي	65
2/2-8	تحليل الأساس المنفرد المركزي من الخرسانة المسلحة	66
3/2-8	تحليل الأساس المنفرد الطرفي المجاور لخط الملكية (الأساس رجل البطة)	66
4/2-8	تحليل الأساس المنفرد الطرفي المجاور لخط الملكية مع جائز التقويم	67
5/2-8	تحليل الأساس المشترك للعمود الطرفي مع الأعمدة الطرفية المجاورة لخط الملكية	67
6/2-8	تحليل الأساس المشترك لعمودين	67
7/2-8	تحليل الأساس الشريطي (الخطي)	68
8/2-8	تحليل الأساس بشكل حصيرة عامة	68
1/8/2-8	الطريقة الصلدة	68
2/8/2-8	الطريقة المرنة	69
9/8/2-8	مراحل تحليل الحصيرة العامة وعناصرها	70
10/2-8	تحليل الأساس بشكل حصيرة مفرغة	72
3-8	**تحليل الأساسات العميقة**	76
1/3-8	تحليل الآبار الاسكندرانية	76
2/3-8	تحليل الأوتاد	76
الباب التاسع: تصميم الأساسات		
1-9	**تصميم الأساسات السطحية (الضحلة)**	75
2-9	**تصميم الأساسات العميقة**	75
3-9	**تصميم الأساسات الوتدية**	75
1/3-9	تصميم قطاع الوتد	75
2/3-9	تعيين قدرة تحمل الوتد	76
الباب العاشر: الأساسات العميقة		
1-10	**مقدمة**	77
1/1-10	المجال	77
2/1-10	التعريفات	77

3/1-10	استعمال الأساسات العميقة	78
4/1-10	المفاضلة بين الأساسات العميقة والأساسات الضحلة	78
2-10	**أنواع الأساسات العميقة**	78
1/2-10	الأوتاد (الخوازيق)	79
2/2-10	الآبار الاسكندرانية	79
3/2-10	اختيار نوع الأساس العميق المناسب	79
3-10	**الأساسات الوتدية (الخازوقية)**	79
1/3-10	مقدمة	79
2/3-10	الدراسة والفحص والعمل بالموقع	80
1/2/3-10	فحص الأرض	80
2/2/3-10	فحص المنشآت المجاورة	81
3/2/3-10	أوتاد الاختبارات الأولية	81
4/2/3-10	العمل بالموقع	82
3/3-10	أنواع الأوتاد (الخوازيق)	82
1/3/3-10	أوتاد الإزاحة المنفذة بالاختراق	82
2/3/3-10	الأوتاد الخرسانية المنشأه بالتثقيب (بالتفريغ)	85
3/3/3-10	معامل الأمان لإجهادات الخرسانة للأوتاد المصبوبة في مكانها	95
4/3/3-10	تسليح الأوتاد الخرسانية المصبوبة في مكانها	96
4/3-10	العوامل المؤثرة في اختيار نوع الأساسات الوتدية	96
1/4/3-10	نوع وحالة التربة	97
2/4/3-10	الأحمال المنقولة	98
3/4/3-10	القرب من المباني المجاورة	99
4/4/3-10	مواصفات الموقع	99
5/4/3-10	الكلفة الاقتصادية	100
5/3-10	حماية الأوتاد الخرسانية من الأملاح والكيمياويات	100
6/3-10	قدرة تحمل الأوتاد (الخوازيق)	101
1/6/3-10	عموميات	101
2/6/3-10	حساب القدرة الابتدائية لتحمل الأوتاد باستعمال الصيغ النظرية	103
3/6/3-10	استعمال نتائج التجارب الحقلية	112
4/6/3-10	قدرات تحمل مجموعات الأوتاد	118
5/6/3-10	هبوط الأوتاد	122
7/3-10	المتانة الإنشائية للأوتاد	125
1/7/3-10	عموميات	125
2/7/3-10	إجهادات ما قبل تشغيل الوتد	125
3/7/3-10	الأوتاد المحملة محورياً	126
4/7/3-10	الأوتاد المحملة جانبياً	127
5/7/3-10	مجموعة الأوتاد الرأسية المعرضة لأحمال مائلة لا مركزية	131
6/7/3-10	الأوتاد المائلة	131
7/7/3-10	الأوتاد المحملة بحمل رأسي لا محوري	133
8/7/3-10	وتد مفرد تحت القاعدة	133
9/7/3-10	الاحتكاك السلبي بين التربة والأوتاد	134
10/7/3-10	قبعات الأوتاد	134
11/7/3-10	معاملات الأمان	135
8/3-10	تنفيذ الأساسات الوتدية (الخازوقية)	136

1/8/3-10	عموميات	136
2/8/3-10	معدات التنفيذ	136
3/8/3-10	تنفيذ الأوتاد	137
4/8/3-10	الاحتياطات الواجب مراعاتها أثناء التنفيذ	139
9/3-10	اختبارات الأوتاد	145
1/9/3-10	اختبارات تحميل الأوتاد	145
2/9/3-10	اختبارات غير متلفة للأوتاد	162
4-10	**الآبار الاسكندرانية**	163
1/4-10	عموميات	163
2/4-10	قدرات تحمل الآبار الاسكندرانية	164
3/4-10	النقاط الواجب مراعاتها في تنفيذ الآبار الاسكندرانية	164
5-10	**احتياطات الأمان للأساسات العميقة**	164
1/5-10	احتياطات الأمان العامة في أعمال التنفيذ	164
2/5-10	احتياطات الأمان الخاصة بالموقع	164
1/2/5-10	اختيار طاقم المنفذين	164
2/2/5-10	فحص الموقع قبل بدء العمل	165
3/2/5-10	المواقع ذات الحالات الخاصة	165
3/5-10	احتياطات الأمان الخاصة بالعاملين في الموقع	165
	الباب الحادي عشر: أساسات الآلات	
1-11	**المقدمة**	168
2-11	**المتطلبات العامة لأساسات الآلات**	169
1/2-11	المتطلبات التصميمية	169
2/2-11	المتطلبات التنفيذية	170
3-11	**الاشتراطات البعدية**	170
4-11	**معطيات التصميم**	171
5-11	**الأحمال الديناميكية المؤثرة على أساسات الآلات**	171
6-11	**السعات الاهتزازية المسموح بها**	171
7-11	**قدرة التحمل المسموح بها**	172
8-11	**بارامترات التصميم**	172
1/8-11	تصنيف بارامترات التصميم	172
2/8-11	تعيين قساوة التربة	172
3/8-11	مساند مرنة مختلفة	173
9-11	**تحليل وتصميم الأساسات**	173
1/9-11	أنماط اهتزاز الأساس	173
2/9-11	طرائق التحليل الديناميكي	173
3/9-11	القوى المؤثرة على الأساس	174
10-11	**العزل الاهتزازي**	175
1/10-11	العوامل الهامة لتجنب الاهتزازات المفرطة للآلة	176
2/10-11	أنواع العزل الاهتزازي	176
3/10-11	المنقولية (قابلية النقل)	177
4/10-11	طرائق عزل الأساسات	177
11-11	**معالجة أساسات الآلات القائمة**	177
1/11-11	ظاهرة الطنين	177
2/11-11	المعالجة عن طريق موازنة الأحمال المؤثرة	177

3/11-11	المعالجة بتأمين استقرار التربة	178
4/11-11	استعمال بدائل إنشائية	178
1/4/11-11	زيادة في سطح القاعدة أو كتلة الأساس	178
2/4/11-11	تنفيذ بلاطات وصل بالأساس	178
3/4/11-11	استعمال مجموعات مساعدة (نابض- كتلة)	178
12-11	**تفصيلات إنشائية لأساسات الآلات**	180
1/12-11	صب الخرسانة	180
2/12-11	التسليح	180
3/12-11	فواصل التمدد	182
4/12-11	عناصر الوصل	183
5/12-11	أنماط عزل أساسات الآلات	184
1/5/12-11	جملة نوابض الاستناد	184
2/5/12-11	جملة النوابض المعلقة	185
6/12-11	التدابير الاحتياطية	185
	ملاحق خاصة بالدراسة الجيوتكنيكية	
الملحق م1	**تعيين معامل مرونة التربة تحت الأساس من التجارب المخبرية**	186
م1-1	باستعمال الاختبار الثلاثي المحاور	186
م1-2	باستعمال اختبار الانضغاطية بوساطة الايدومتر (oedometer)	186
م1-3	تعيين معامل المرونة من التجارب الحقلية	189
م1-1/3	تجربة صفيحة التحميل	189
م1-2/3	تجربة الاختراق القياسية	190
م1-3/3	تجربة المخروط الاستاتيكي	190
م1-4/3	تجربة القص بالمروحة	190
الملحق م2	**تعيين قيمة معامل رد الفعل لتربة التأسيس**	191
م2-1	تربة غير منتظمة الخواص	191
م2-2	تربة منتظمة الخواص	191
الملحق م3	**التربة المنتفخة**	194
م3-1	تعيين قيمة ضغط الانتفاخ في التربة	194
م3-2	تعيين قيمة الانتفاخ النسبي الحر	194
م3-3	تعيين حد التقلص	194
م3-4	تعيين الأعماق الدنيا للتأسيس في حالة التربة المنتفخة	195
م3-5	تصنيف التربة القابلة للانتفاخ	195
م3-6	تأثير جذور الأشجار	196
م3-7	تأثير أرضيات المباني	196
م3-8	ضغط الانتفاخ الجانبي	197
م3-1/8	الإزالة والاستبدال	197
م3-2/8	الرص والتحسين بالكلس	198
م3-3/8	زيادة حمل التغطية	198
م3-4/8	الترطيب الصناعي المسبق	198
م3-5/8	المعالجة بالأسمنت	198
م3-9	تأسيس المنشآت في التربة المنتفخة	198
م3-1/9	الأساسات العميقة والجوائز الصلدة	198
م3-2/9	الأساسات المنفردة	200
م3-3/9	البلاطات المسلحة المعصبة	201

م3-10	التأسيس على التربة المتغيرة المقاومة في القص والانضغاطية بتأثير تغير الرطوبة	201
الملحق م4	**التأسيس على منحدر**	203
م4-1	مقدمة	203
م4-2	التحريات المطلوبة للتربة	203
م4-3	حالات التحميل التي يتوجب دراسة المنحدر عليها	203
م4-4	أشكال الانهيار المتوقعة	204
م4-5	طريقة حساب عوامل الأمان	205
الملحق م5	**إنجاز مقاطع التوضع الجيولوجي لطبقات التأسيس**	207
م5-1	عدد السبور والمعلومات المطلوبة حولها	207
م5-2	الأعماق المطلوبة للسبور	207
الملحق م6	**ملحق الاصطلاحات الإضافية الخاصة بالأساسات وبالتربة**	208
	جدول محتويات الملحق الخامس للكود، الخاص بالأساسات	234