كودة القواعد والاساسات والجدران الساندة

وضعت من قبل

الجمعية العلمية الملكية

وكز بحوث البناء

لصالح مجلس البناء الوطني الأردني

إعداد

الدكتور داود جبجي

المهندس كامل مجدي صالح

بمشاركة

المهندس عبد المنعم النهار

الفريق العامل على إعداد كودات البناء الوطني الأردني

الدكتور داود جبجي

المهندس خضر عكاوي

المهندس حسن عكور

المهندس فارس الداود

المهندس كامل مجدي صالح

المهندس محمود الشيشاني

المهندس مقدر عكروش

المهندس عبد المنعم النهار

الفريق المشارك في إعداد كودات البناء الوطني الأردني

الدكتور وليد الريملوي

المهندس حاتم غنيم

المهندس غسان غانم

المهندس محمد عجور

الدكتور سميح قاقيش

المهندس اكرم عباسي

الدكتور أسامه ماضي

الدكتور رزق شعبان

المهندسة شادية بركات

الدكتور فيصل الصياغ

المهندس كريم خماش

تحرير لغوي

المهندس صالح الجيتاوي

- صادرة وفق أحكام قانون البناء الوطني الأردني رقم 31 لسنة 1989
- قرار مجلس البناء الوطني الأردني رقم 3 لسنة 1991
- قرار مجلس الوزراء الموقر رقم 454 لسنة 1992
- نشرت في عدد الجريدة الرسمية رقم 3804 لسنة 1992
- نافذة المفعول اعتبارا من تاريخ 4 /3/ 1992 .

المملكة الأردنية الهاشمية

وزارة الأشغال العامة والإسكان

مجلس البناء الوطني الأردني

1- وزير الأشغال العامة والإسكان	رئيسا
2- وزير الشؤون البلدية والقروية والبيئة	نائبا للرئيس
3- وزير الطاقة والثروة المعدنية	عضوا
4- أمين عمان الكبرى	عضوا
5- رئيس الجمعية العلمية الملكية	عضوا

اللجنة الفنية لكودات البناء الوطني الأردني

1- أمين عام وزارة الأشغال العامة المهندس رشدان الرشدان	رئيسا
2- أمين عام وزارة الشؤون البلدية والقروية والبيئة الدكتور محمد بني هاني	نائبا للرئيس
3- مدير عام دائرة المواصفات والمقاييس المهندس حسان السعودي	عضوا

6- مدير عام مؤسسة الإسكان عضوا

7- عميد كلية الهندسة في الجامعة الأردنية عضوا

8- نقيب المهندسين عضوا

9- نقيب المقاولين عضوا

-

اللجنة الفرعية المتخصصة

1- الدكتور عبد الله اسعد

2- الدكتور يوسف مسنات

3- الدكتور عمر عبد الهادي

4- الدكتور وضاح عبد الله

5- المهندس قصي عبد الرزاق

6- الدكتور أمجد البرغوثي

4- مدير وكز بحوث البناء في الجمعية العلمية الملكية عضوا

الدكتور سيف الدين معاذ

5- ممثل وزارة الأشغال العامة والإسكان عضوا

المهندس هيثم مريش

6- ممثل سلطة المياه عضوا

المهندس ايمن توفيق حدادين

7- ممثل سلطة الكهرباء عضوا

المهندس عادل مرعي

8- ممثل القوات المسلحة الأردنية عضوا

المهندس أسامه مدانات

9- ممثل مديرية الدفاع المدني عضوا

المهندس عدنان عنابي

10- الدكتور فاروق يغمور عضوا

11- الدكتور اسامه العناني عضو

12- الدكتور فوزي الريان عضوا

13- المهندس احمد الكيلاني عضوا

مقدمة

تنظيما لاعمال دراسات المباني وتصميمها وتنفيذها وفق أسس وقواعد ومبادئ هندسية سليمة وموحدة وملزمة ، ولتسهيل متابعة أعمال الأعمار وتمكين المختصين من أداء عملهم على اكمل وجه ، وتنفيذا لاحكام قانون البناء الوطني الأردني رقم 31 لسنة 1989 الذي يتم بموجبه إصدار كودات البناء التي تشكل في مجموعها القواعد والشروط والمتطلبات الفنية لاعمال الاعمار ، فقد اصدر مجلس البناء الوطني الأردني هذه الكودات بعد استيفائها لاعمال الأعداد والمراجعة والتطوير من اللجان المتخصصة وكافة الإجراءات القانونية الأصولية من عرض وموافقات.

إن الهيكلية المكونة لمجلس البناء الوطني الأردني وللجنة الفنية لكودات البناء الوطني الأردني ، مبينة في مطلع هذه الكودة ، لتكون بالإضافة

لفرق الإعداد والمراجعة ، مرجعا يمكن الاستعانة به عند الحاجة.

وبمناسبة إصدار هذه الكودة فان مجلس البناء الوطني الأردني إذ يتقدم بالشكر والتقدير لكل من عمل وقدم جهده وخبرته لاخراجها ، وانه إذ يضعها بين أيدي المعنيين والمهتمين ليرجو منهم الالتزام بما ورد فيها للوصول الى الهدف المنشود وتطوير صناعة البناء في الأردن.

والله ولي التوفيق ،

وزير الأشغال العامة والإسكان

رئيس مجلس البناء الوطني الأردني

المهندس سعد هايل السرور

جدول المحتويات

الباب الأول : **المجال والتعريفات**

1/1 المجال .....(6)

2 /1 تعريفات ومصطلحات .....(6)

1/2/1 تعريفات ومصطلحات عامة

1/2/2 تعريفات ومصطلحات خاصة بالاساسات السطحية

1/2/3 تعريفات ومصطلحات خاصة بالاساسات الخازوقية

الباب الثاني : **أنواع الاساسات**

2/1 عام .....(13)

2/1/1 اشتراطات

2/1/2 أنواع الأساسات

2/2 الاساسات السطحية ..... (14)

2/2/1 قواعد الأعمدة
2/2/2 الاساسات المشتركة
2/2/3 الاساسات الطولية
2/2/4 الاساسات المعتلية
2/2/5 أساس الحصيرة
2/3 الاساسات العميقة .....(19)
2/3/1 اساسات الغروز
2/3/2 الاساسات الخازوقية
2/4 الجدران الساندة .....(20)
2/4/1 تعريف
2/4/2 أنواع الجدران الساندة

الباب الثالث : طبقة التأسيس

3/1 عام ..... (22)
3/2 تحديد قدرة التحمل القصوى للاساسات السطحية ..... (22)
3/2/1 منحنيات الحمل – الهبوط
3/2/2 حساب قدرة التحمل القصوى للاساسات السطحية على التربة
3/2/3 تأثير لامركزية التحميل على قدرة التحمل القصوى
3/2/4 تأثير تضاغط التربة
3/2/5 تأثير التحميل المائل
3/3 تحديد قدرة التحمل للاساسات العميقة .....(27)
3/3/1 تحديد قدرة التحمل القصوى للاساسات العميقة باستخدام المعادلات
3/3/2 تحديد قدرة التحمل القصوى للاساسات العميقة باستخدام اختبارات التحميل
3 / 4 تحديد قدرة التحمل القصوى لمجموعة الخوازيق

في التربة المتماسكة .....(32)

3/5 تحديد قدرة التحمل القصوى لاساسات الغوز.....(34)

3/6 التأسيس على أنواع مختلفة من التربة.....(34)

3/6/1 التأسيس على تربة غير متماسكة

3/6/2 التأسيس على تربة متماسكة

3/6/3 التأسيس على تربة ذات تماسك وزاوية مقاومة قص

3/6/4 التأسيس على طمم

3/6/5 التأسيس على تربة قابلة للانتفاخ والانكماش

3/6/6 التأسيس على تربة عضوية

3/6/7 التأسيس على طبقات مختلفة السماكات

3/6/8 التأسيس على طبقات من مواد طرية

3/7 القيم القصوى المفترضة لضغط التحميل المسموح به للصخور.....(41)

3/8 معامل الامان .....(43)

3/8/1 تعريف

3/8/2 العوامل المؤثرة على تحديد معامل الامان

3/8/3 اختيار معامل الامان

3/9 الهبوط .....(45)

3/9/1 عام

3/9/2 هبوط الاساسات في التربة غير المتماسكة

3/9/3 هبوط الاساسات في التربة المتماسكة

3/9/4 الهبوط المتفاوت

3/10 معايير رد فعل التربة .....(50)

3/10/1 عام

3/10/2 حساب المعايير بالاستناد إلى نتائج الفحوص الحقلية (K_s)

3/10/3 حساب المعايير بالاستناد إلى نتائج الفحوص المخبرية (K_s)

3/10/4 حساب المعايير بالاستناد إلى ضغط التحميل المسموح به (K_s)

3/10/5 القيم المفترضة لمعايير رد فعل التربة (K_s)

3/10/6 التفاعل بين الأساس والتربة وعلاقته بجساءة الاساس

3/10/7 علاقة الهبوط بمعايير رد فعل التربة

3/10/8 معايير رد فعل التربة الجانبي

3/11 الجدران الساندة .....(56)

3/11/1 قدرة التحمل القصوى وضغط التحميل المسموح به وضغط التحميل المفترض

3/11/2 الهبوط

الباب الرابع : تصميم الاساسات

4/1 اعتبارات التصميم الإنشائي .....(57)

4/1/1 عـام

4/1/2 التوافق بين المنشآت التحتية والفوقية وتربة التأسيس

4/1/3 الهبوط المتفاوت

4/1/4 التغير في الظروف الأرضية

4/1/5 أحمال الاساسات

4/2 اعتبارات التصميم المتعلقة بالإنشاء .....(63)

4/2/1 عـام

4/2/2 دعومة المنشآت المنفذة جزئيا

4/2/3 السماكة الدنيا للغطاء الخرساني

4/3 اعتبارات تصميم الاساسات السطحية .....(64)

4/3/1 عـام

4/3/2 ضغط التحميل المسموح به

4/3/3 اختيار نوع الاساس السطحي

4/3/4 تأثير تغيرات الجو الفصلية

4/3/5 تأثير السخونة

4/3/6 توزيع الاجهادات تحت القواعد المحملة لامركزيا

4/4 اعتبارات تصميم الاساسات المشتركة والاساسات الطولية

المستمرة واساسات الحصيرة .....(69)

4/4/1 عـــام

4/4/2 توزيع ردود أفعال التربة

4/4/3 الاساسات ذات العمودين

4/4/4 الاساسات الطولية المستمرة

4/4/5 اساسات الحصيرة

4/5 اعتبارات تصميم الاساسات الخازوقية .....(82)

4/5/1 عـام

4/5/2 أنواع الخوازيق

4/5/3 مقاومة الخوازيق

4/5/4 مجموعة الخوازيق

4/5/5 قلنسوة الخوازيق

4/6 اعتبارات تصميم اساسات الغوز .....(88)

4/6/1 عـــام

4/6/2 أنواع اساسات الغوز

4/6/3 استطلاع الموقع وخصائص التربة

4/6/4 الاحمال الجانبية وعزوم الانحناء

4/6/5 تصميم اساسات الغوز لمقاومة الاحمال الجانبية

4/6/6 شكل أساس الغوز

4/6/7 اعتبارات اضافية لتصميم اساسات الغوز

4/7 ضغط التربة الجانبي .....(94)

4/7/1 عـــام

4/7/2 ضغط التربة الجانبي الساكن

4/7/3 ضغط التربة الجانبي الدافع

4/7/4 ضغط التربة الجانبي المانع

4/7/5 نظريات وطرق حساب ضغط التربة الجانبي

4/7/6 اثر المياه على ضغط التربة الجانبي

4/8 ثبات الجدار الساند .....(101)

4/8/1 القوى المؤثرة على الجدار الساند بموجب نظرية رانكن

4/8/2 تصريف المياه

4/8/3 تأثير الزلازل على الجدران الساندة

الباب الخامس : الحفريات والردم – التدعيم – تقوية الاساسات

5/1 الحفريات .....(108)

5/1/1 شروط عامة للحفريات

5/1/2 استطلاع الموقع

5/1/3 تأثير الحفريات على تصميم الاساسات

5/1/4 تصريف المياه

5/1/5 اعداد قاع الحفر والميول الجانبية

5/1/6 حفريات الاساسات

5/1/7 حفريات الخنادق للخدمات العامة

5/1/8 أعمال الردم حول الاساسات

5/1/9 المواد التي يحظر استعمالها في اعمال الردم

5/1/10 تدعيم جوانب الحفر

5/2 تدعيم المباني ..... (112)

5/2/1 التصميم

5/2/2 التنفيذ

5/3 تقوية الاساسات .....(113)

5/3/1 عام

5/3/2 التنفيذ

ملحق (أ) المصطلحات الفنية .....(116)

المصادر .....(124)

المراجع .....(125)

الباب ال أول

المجال والتعريفات

1/1 المجال

تتعرض هذه الكودة الى المتطلبات الدنيا الواجب توفرها في اساسات المباني والمنشآت والجدران الساندة ، والى أساليب تصميم وإنشاء تلك الاساسات ، بالإضافة الى شروط تنفيذ الحفريات واعمال الردم وتدعيم المباني وتقوية الاساسات.

2 /1 تعريفات ومصطلحات

1/2/1 تعريفات ومصطلحات عامة :

(أ) **أحمال المنشأ (Loads on structures) :**

هي الاحمال المؤثرة على المنشأ ، وتشمل الاحمال الميتة والحية واحمال الرياح والزلازل وغير ذلك من الاحمال التي يتعرض لها المنشأ خلال عمره التشغيلي.

(ب) **الأساس (Foundation) :**

هو ذلك الجزء الإنشائي الواقع تحت منسوب سطح الأرض الذي ينقل أحمال المنشأ الى طبقة التأسيس.

(ج) **الإنشاءات تحت السطحية (Substructures) :**

هي تلك الاجزاء من المنشأ الواقعة تحت منسوب سطح الأرض المحيطة به.

(د) **التربة سابقة التضاغط (Overconsolidated Soil) :**

هي التربة المعرضة حاليا لضغط تحميل فعال ذي قيمة معينة وسبق لها أن تعرضت لضغط تحميل فعال آخر ذي قيمة اكبر.

(هـ) **ضغط التحميل الكلي (Gross Loading Intensity) :**

هو الضغط الرأسي المؤثر عند منسوب التأسيس والناتج عن أحمال المنشأ.

(و) **ضغط التحميل الصافي (Net Loading Intensity)** :

هو الضغط الرأسي الإضافي المؤثر عند منسوب التأسيس والناتج عن احمال المنشأ ذاته وغيرها من الاحمال الإضافية (كأحمال الزلازل والأعمال الترابية فوق منسوب الأرض الأصلي) ، ويساوي الفرق بين ضغط التحميل الكلي عند منسوب التأسيس قبل الحفر وبعد انتهاء اعمال الانشاء بكامل أحمالها.

(ز) **ضغط التحميل المسموح به** (q_a)

(Allowable Bearing Pressure) :

هو أقصى ضغط تحميل مسموح به عند منسوب التأسيس ، ويتم تحديده بناء على الاعتبارات التالية :-

* قدرة التحمل القصوى.
* مقدار الهبوط المتوقع ونوعه.
* قدرة المبنى على التكيف مع الهبوط المتوقع.
* معامل الأمان.

(ح) **ضغط التحميل المفترض (Presumed Bearing Pressure)** :

هو ضغط التحميل الذي تسمح بافتراضه هذه الكودة لاغراض التصميم الابتدائي والمناسب لوع معين من التربة ، ويعتمد فرض قيمته على الخبرة او على حسابات مستمدة من اختبارات القوة او اختبارات تحميل مع استخدام معامل امان ضد الفشل بالقص.

(ط) **طبقة التأسيس (Foundation layer)** :

هي الارض التي تتلقى الاحمال من الاساسات.

(ي) **عمق التأسيس** (D_f)

هو الفرق بين منسوب سطح الارض النهائي ومنسوب مستوى سطح القاعدة الخرسانية السفلى.

(ك) **قدرة التحمل القصوى** (q_u) **(Ultimate Bearing Capacity) :**

هي ضغط التحميل الاقصى الكلي الذي تفشل عنده التربة او الصخر بالقص.

(ل) **قدرة التحمل القصوى الصافية** (q_{un})

(Net Ultimate Bearing Capacity)

:

هي ضغط التحميل الاقصى الصافي لاساس معين الذي تفشل عنده التربة او الصخر بالقص. ويتم تحديده من فحوص القوة على عينات سليمة من التربة او الصخر او باختبارات تحميل مساحات في الموقع ، ويساوي قدرة التحمل القصوى مطروحا منها ضغط التربة فوق منسوب التأسيس في الوضع الأصلي للموقع قبل الحفر والمباشرة بالأعمال الإنشائية.

(م) **مساحة الأساس المحملة (Bearing Area of Foundation)** :

هي مساحة التماس بين السطح السفلي للأساس وطبقة التأسيس .

(ن) **معاير رد فعل التربة (k_s) (Modulus of Subgrade Reaction)** :

هو النسبة بين الضغط المؤثر على التربة والهبوط الناتج عن ذلك.

(س) **معامل اللدونة (PI)(Plasticity Index)** :

هو الفرق بين حد السيولة (LL)(Liquid Limit) وحد اللدونـة (PL) (Plastic Limit)

$$PI = LL - PL \qquad (1)$$

1/2/2 تعريفات ومصطلحات خاصة بالاساسات السطحية :

(أ) **أساسات طولية (Strip Foundations)** :

هي اساسات مستمرة لتوزيع احمال خطية.

(ب) **اساس حصيرة (Raft Foundation)** :

هو اساس ممتد في اتجاهين يغطي عادة مساحة لا تقل عن مساحة قاعدة المنشأ.

(ج) **جائز أرضي (Ground Beam)** :

هو جائز في منشأ تحت سطح الارض ينقل الاحمال الى قاعدة عمود أو الى خازوق أو الى أي نوع آخر من الاساسات.

(د) **قاعدة عمود (Pad Foundation)** :

هو اساس منفصل لتوزيع حمل وكز.

1/2/3 تعريفات ومصطلحات خاصة بالاساسات الخازوقية :

(أ) **الحشو (Packing)** :

هو وسادة من مادة مرنة توضع ما بين الخوذة والطرف العلوي لخازوق من الخرسانة المسلحة للتقليل من تلف قمته اثناء الدق.

(ب) **حمل الصمود (Proof Load)** :

هو الحمل الذي يؤثر على خازوق معين للتأكد من عدم تجاوز قيمة هبوطه للحد المسموح به. ولا يتجاوز حمل الصمود عادة (150) بالمائة من حمل الخازوق المسموح به (حمل التشغيل).

(ج) **الحمل المسموح به للخازوق (حمل التشغيل)**

[Allowable Pile Load (Working Load)] :

هو اقصى حمل تشغيلي مسموح به يؤثر على الخازوق. ويتم تحديده بناء على قدرة التحمل القصوى للخازوق ، والاحتكاك السطحي السالب ، ومسافة التباعد بين محاور الخوازيق ، وقدرة تحمل التربة اسفل مجموعات الخوازيق ، والهبوط المسموح به ، ومعامل الامان.

(د) **خازوق ابتدائي (Preliminary Pile)** :

هو خازوق يتم تنفيذه قبل تنفيذ خوازيق المنشأ الرئيسية للتأكد من ملاءمة نوع الخازوق للتصميم الانشائي من حيث الأبعاد وقدرة التحمل.

(هـ) **خازوق احتكاك (Friction Pile)** :

هو خازوق يعتمد بصورة رئيسية في مقاومته للاحمال على الاحتكاك بينه وبين طبقة أو طبقات التربة المحيطة به.

(و) **خازوق ارتكاز (Bearing Pile)** :

هو خازوق يعتمد بصورة رئيسية في مقاومته للاحمال على ارتكاز قاعدته او طرفه المدبب على طبقة التأسيس.

(ز) **خازوق أنبوبي (Pipe Pile)** :

هو خازوق يتكون من أنبوب فولاذي مفتوح الطرفين يدق في الارض كما هو او بعد تزويد أحد طرفيه بمخروط معدني مدبب (Shoe). يملأ الأنبوب الفولاذي بالخرسانة ثم يسحب من الارض او يبقى فيها.

(ح) **خازوق بالتثقيب كبير القطر (Large Diameter Bored Pile)** :

هو خازوق لا يقل قطره عن (600) ملمتر ، يحفر بحفارات ميكانيكية ثاقبة ، او بحفارات ميكانيكية ذات كباشات.

(ط) **خازوق بالدق (Driven Pile)** :

هو خازوق يدفع في الارض بالدق بمطرقة او بوساطة رجاج (Vibrator) او كليهما .

(ي) **خازوق تجريبي (Test Pile)** :

هو خازوق يتم تنفيذه وتحميله لاغراض دراسة العلاقة بين الحمل والهبوط.

(ك) **خازوق سابق الصب (Precast Pile)** :

هو خازوق من الخرسانة المسلحة او سابقة الإجهاد يتم صبه قبل دقه.

(ل) **خازوق شد (Tension Pile)** :

هو خازوق مصمم لمقاومة قوى تؤثر الى أعلى.

(م) **خازوق على شكل حرف (H) (H – Pile)** :

هو عامود يصنع عادة من الفولاذ المدلفن على شكل حرف (H) ، ذو شفاه عريضه ، تكون سماكة الجناح (Flange) فيه مساوية لسماكة الجذع (Web).

(ن) **خازوق مائل (Raking Pile – Batter Pile)** :

هو خازوق يدق مائلا عن الرأسي بزاوية ما ليفي بمتطلبات انشائية معينة.

(س) **خازوق مغلف (Cased Pile)** :

هو خازوق ذو غلاف دائم يملأ بالخرسانة في الموقع.

(ع) **خازوق مصبوب في الموقع ومحفور له بالتثقيب**

(Bored Cast-in-Place Pile) :

هو خازوق ينفذ في الموقع بحفر التربة حتى منسوب طبقة التأسيس ، ثم تصب خرسانة عادية او مسلحة ضمن الحفر.

(ف) **خازوق مصبوب في الموقع ومحفور له بالدق**

(Driven Cast-in-Place Pile) :

هو خازوق ينفذ بدق غلاف دائم او مؤقت في الارض ومن ثم يملأ بالخرسانة العادية او المسلحة.

(ص) خوازيق لوحية (Sheet Piles) :

هي الواح فولاذية تدق في الأرض بعضها بجوار بعض لتكون حائطا مستمرا. وتصمم لمقاومة القوى الجانبية وللتقليل من تسرب الماء. وهي إما أن تكون رأسية او مائلة على الرأسي بزاوية ما.

(ق) الخوذة (Helmet) :

هي قلنسوة فولاذية توضع مؤقتا على قمة الخازوق الخرساني سابق الصب للحد من تلف قمة ذلك الخازوق اثناء دقه.

(ر) قلنسوة الخازوق (Pile Cap) :

هي قاعدة من الخرسانة ترتكز على النهاية العلوية لمجموعة من الخوازيق تقوم بنقل الاحمال و توزيعها بانتظام من عمود او اكثر الى مجموعة الخوازيق.

(ش) قدرة التحمل القصوى لخـازوق

(Ultimate Bearing Capacity of a Pile) :

هو الحمل الاقصى المؤثر على الخازوق الذي تفشل عنده التربة او الخازوق.

(ت) مجموعة الخوازيق (Group of Piles) :

هي مجموعة من الخوازيق لا يقل عددها عن ثلاثة.

(ث) معامل الامان (Factor of Safety) :

هو النسبة بين قدرة التحمل القصوى للخازوق والحمل المسموح به للخازوق.

الباب الثاني

أنواع الاساسات

2/1 عام

2/1/1 اشتراطات :

يجب ان يتوفر في الاساس ما يلي :-

(أ) ان ينقل بأمان جميع الاحمال الى طبقة التأسيس دون حدوث فشل التربة او هبوط يؤثر سلبيا على ثبات المنشأ او استقراره او أية منشآت مجاورة.

(ب) ان يتجاوز منسوب التأسيس جميع الطبقات التي قد تتأثر بعوامل التجوية او الصقيع او التغيرات الفصلية في نسبة الرطوبة.

(ج) أن يكون مقاوما لتأثيرات المواد المتلفة في التربة مثل الكبريتات وغيرها.

2/1/2 أنواع الاساسات :

(أ) تقسم الاساسات حسب عمق منسوب التأسيس مقاسا من ادنى منسوب لسطح الارض المحيطة بعد الانشاء الى :-

* أساسات سطحية.
* أساسات عميقة.

(ب) يعتبر الأساس سطحيا إذا حقق الشرط التالي :-

$$D_f ? B$$

حيث :-

D_f = عمق التأسيس (متر)

B = عرض الأساس (متر).

وفي جميع الحالات يعتبر الاساس سطحيا اذا كان عمق منسوب التأسيس اقل من (3) متر.

(ج) يعتبر الأساس عميقا اذا حقق الشرط التالي :-

$$D_f > 5B$$

حيث

D_f = عمق التأسيس (متر)

B = عرض الأساس (متر).

(د) يعتمد تحديد نوع الاساس (سطحيا كان او عميقا) للحالات التي يقع فيها عمق منسوب التأسيس ما بين (B) و $(5B)$ على طبيعة التربة وشكل الاساس واحتمال حدوث حفريات في المستقبل حول الاساس.

2/2 الاساسات السطحية

2/2/1 قواعد الأعمدة (Pad or Column Footings) :

(أ) هي قواعد من الخرسانة العادية أو المسلحة لا تقل سماكتها عن (250) ملمتر ، تقوم بنقل الاحمال المركزة من الأعمدة الى طبقة التأسيس.

(ب) تكون قواعد الأعمدة مربعة او مستطيلة أو دائرية الشكل. وقد تكون ثابتة العمق أو ذات سطح علوي مائل أو متدرج على ألا تزيد نسبة الميلان أو التدرج عن (2) أفقي إلى (1) رأسي.

(ج) يتوزع الحمل خلال الاساس بدءا من وجه العمود وعند خطوط تقاطعها مع القاعدة بزاوية مقدارها (45) درجة على الأفقي للقواعد الخرسانية المسلحة بكانات مغلقة و (60) درجة على الأفقي للقواعد من الخرسانة العادية.

2/2/2 الاساسات المشتركة (Combined Footings) :

(أ) هي أساسات من الخرسانة المسلحة لا تقل سماكتها عن (300) ملمتر ، تستخدم كقاعدة لعمودين او أكثر وذلك في الحالات التالية :-

* اذا تعرض أحد الأعمدة الى حمل اكبر من الحمل الذي تتعرض له الأعمدة الأخرى مما قد يسبب هبوطا متفاوتا تحتها او دوران أي منها.

* اذا كانت المسافة بين قاعدتي عمودين متجاورين اقل من البعد الأصغر لأي من تلك القاعدتين.

* لتفادي التوزيع غير المنتظم للضغط على التربة الناتج عن العمود المقام على حد الملكية.

(ب) تكون الاساسات المشتركة مستطيلة الشكل أو بأي شكل أخر ينتج عنه ضغط منتظم من الاساس على التربة.

2/2/3 الاساسات الطولية (Strip Foundations) :

(أ) هي أساسات من الخرسانة العادية أو المسلحة لا تقل سماكتها عن (250) ملمتر ، تقوم بنقل الاحمال المركزة أو الموزعة عليها إلى طبقة التأسيس.

(ب) تكون الاساسات الطولية مستطيلة الشكل وقد تكون ثابتة السماكة أو ذات سطح علوي مائل أو متدرج على ألا تزيد نسبة الميلان أو التدرج عن (2) أفقي إلى (1) رأسي ، وقد تكون أيضا على شكل قصات (أي تتدرج مع انحدار منسوب طبقة التأسيس).

(ج) تقسم الاساسات الطولية الى ما يلي :-

* أساسات الجدران (Wall Footings) :

هي أساسات طولية ترتكز عليها جدران يتطابق محورها الطولي مع المحور الطولي للأساس.

* أساسات طولية للأحمال المتحركة
(Strip Footings for Moving Loads) :

هي أساسات طولية ترتكز عليها أحمال متحركة كعجلات الرافعات (Crane).

* أساسات مستمرة (Continuous Footings) :

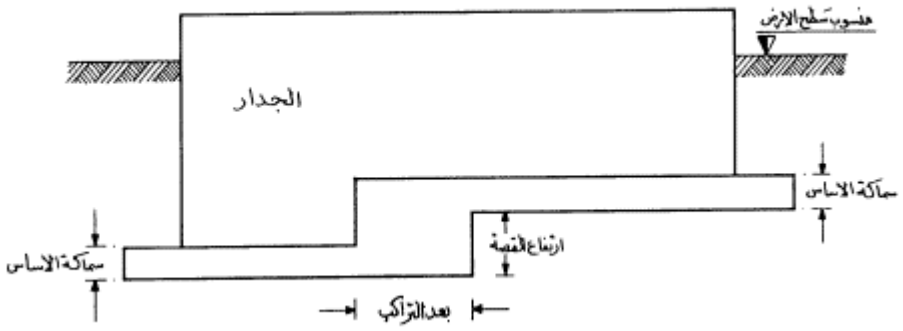
هي أساسات طولية يرتكز عليها اكثر من عمودين بحيث يتطابق المحور الطولي لمسطح الأعمدة مع المحور الطولي للأساس.

(د) يتوزع الحمل خلال الأساس بدءا من وجه الجدار أو العمود عند خط تقاطعه مع الأساس او بدءا من حافة الحمل المتحرك ، بزاوية مقدارها (45) درجة على الأفقي للخرسانة المسلحة بكانات مغلقة و(60) درجة على الأفقي للخرسانة العادية.

(هـ) يسمح باستخدام الخرسانة العادية في أساسات الجدران على أن يتوفر فيها ما يلي :-

* أن يتطابق محور الاساس مع محور الجدار.
* ألا يقام الاساس على طمم.
* ألا يكون هناك تغير كبير في خصائص التربة الحاملة على طول الجدار أو في قدرة تحملها ، فمثلا لا يسمح بأن يقع جزء من الاساس على صخر والجزء الآخر منه على تربة.
* الا يقل عرض الأساس عن سماكة الجدار مضافا اليها (100) ملمتر.
* ان تزود أساسات الجدران من الخرسانة العادية بزنانير ربط من الخرسانة المسلحة تقع فوق الأساسات وتحت الجدران او ضمنها حسبما هو منصوص عليه في كودة الخرسانة العادية والمسلحة من كودات البناء الوطني الأردني .
* ألا تقل المقاومة المميزة للخرسانة عن (12) نيوتن/متر مربع.

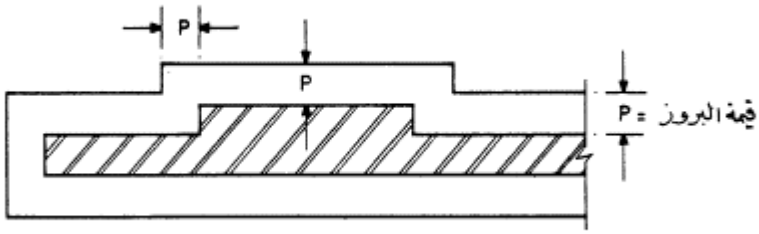
* ألا تقل سماكة الأساس عن (1.75) مرة من مسافة بروزه عن الجدار على ألا تقل عن (300) ملمتر.
* ألا يقل بعد التراكب في القصات عن المقدار الأكبر مما يلي [يراعى الشكل رقم (1)] :-
  - سماكة الاساس.
  - مثليّ لرتفاع القصة.



شكل رقم (1)

مقطع طولي في أساس جدار

* في حالة الزيادة في سماكة الجدار يزاد عرض الاساس بحيث تكون مسافة بروز الاساس عن وجه الجدار ثابتة كما هو مبين في الشكل رقم (2).

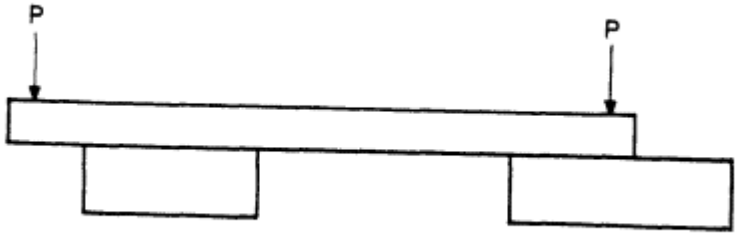


شكل رقم (2)

جزء من مسطح اساس جدار

2/2/4 الأساس المعتلي (Cantilever Footing) :

(أ) هو اساس يتألف من قاعدتين وجائز معتلي يرتكز على القاعدتين ويبرز عن إحداهما ليحمل حملا وكزا على طرف المعتل يوازنه حمل وكز على الطرف الآخر [انظر الشكل رقم (3)].



شكل رقم (3)

2/2/5 أساس الحصيرة (Raft Foundation) :

(أ) هي بلاطة من الخرسانة المسلحة تعمل على توزيع القوى والعزوم المنقولة إليها من مجموعة من الأعمدة والجدران على طبقة التأسيس وتكون عادة ذات مساحة لا تقل عن مساحة مسطح البناء.

(ب) تستخدم أساسات الحصيرة في الحالات التالية :-

* إقامة منشآت خفيفة على تربة طرية أو طمم ، أو على طبقة تأسيس تحتوي على جيوب ضعيفة أو فجوات.
* التقليل من الهبوط المتفاوت ، أو في الحالات التي تساوي فيها المساحة الكلية لقواعد الأعمدة أو الاساسات المشتركة (65) بالمائة تقريبا من مساحة مسطح البناء عند منسوب التأسيس.

(ج) يتم توزيع الأحمال خلال أساس الحصيرة حسب التفاعل بين الأساس وتربة التأسيس والذي يعتمد على جساءة الأساس والخواص الميكانيكية لتلك التربة. ويمكن استخدام رد فعل معاير التربة (K_s) الوارد ذكره في المادة (3/10) من هذه الكودة.

2/3 الاساسات العميقة (Deep Foundations)

2/3/1 أساسات الغروز (Piers) :

(أ) هي أساسات مصمتة أو مجوفة ، من الخرسانة العادية أو المسلحة تنقل الاحمال المؤثرة عليها الى طبقات التأسيس بوساطة الارتكاز أو الاحتكاك أو بوساطة الارتكاز والاحتكاك معا.

(ب) يجب أن يسلح الجزء العلوي من أساس الغروز لغرض ربطه بقاعدة العمود الواقعة فوقه .

(ج) يجب أن يكون سطح التماس بين أساس الغروز وقاعدة العمود الواقعة فوقه أفقيا.

2/3/2 الاساسات الخازوقية (Pile Foundations) :

(أ) هي أساسات من الخرسانة العادية أو المسلحة أو من الفولاذ ، تعلوها قلنسوة من الخرسانة المسلحة بغرض توزيع

الحمل من العمود الى مجموعة الخوازيق.

(ب) تنتقل الاحمال من الخازوق الى طبقات التربة بوساطة الارتكاز أو الاحتكاك أو بوساطة الارتكاز والاحتكاك معا.

(ج) أنواع الاساسات الخازوقية هي كما يلي :-

* الخوازيق الخرسانية المسلحة سابقة الصب (Precast Reinforced Concrete Piles).

* الخوازيق المصبوبة في الموقع والمحفور لها بالدق (Driven Cast-in-place Piles).

* الخوازيق المصبوبة في الموقع والمحفور لها بالتثقيب (Bored Cast-in-place Piles).

* الخوازيق الفولاذية (Steel Piles).

(د) يراعى في تصميم الخوازيق الخرسانية سابقة الصب أن تقاوم الاجهادات الناشئة عن نقلها ومناولتها ودقها دون وقوع أية أضرار لها.

(هـ) يراعى عند صب الخرسانة في كل من الخوازيق المصبوبة في الموقع المحفور لها بالدق أو المحفور لها بالتثقيب عدم حدوث انفصال حبيبي بين مونة الإسمنت والإكام.

(و) يجب حماية الخوازيق الفولاذية من التآكل.

(ز) يراعى الالتزام بما يلي عند تنفيذ الخوازيق الرأسية :-

* لامركزية الخازوق :وهي البعد الأفقي لمحور الخازوق عن الموقع المحدد له عند التصميم ، ويجب الا يزيد عن (75) ملمتر.

* الانحراف في شاقولية الخازوق : ويجب ألا يزيد هذا الانحراف عن (1:75).

2/4 الجدران الساندة (Retaining Walls)

4/1/2 تعريف :

الجدران الساندة هي منشآت مصممة لسند التربة وتوفير الثبات لها أو لأي مادة أخرى لها لا تسمح ظروف الانشاء لها بأن تأخذ ميلها الطبيعي.

2/4/2 أنواع الجدران الساندة :

تقسم الجدران الساندة الى أربعة أنواع تبعا لأسلوب تحقيق ثباتها ومقاومة القوى الجانبية المؤثرة عليها وهي :-

* جدار ثقلي (Gravity Wall) :

هو جدار يعتمد بشكل أساسي على وزنه لتحقيق ثباته ومقاومة القوى الجانبية المؤثرة عليه.

* جدار معتلي (Cantilever Wall) :

هو جدار يكون عادة من الخرسانة المسلحة يعتمد على الفعل المعتلي (Cantilever Action) لمقاومة ضغط التربة الواقعة خلفه ، ويتحقق ثبات الجدار المعتلي جزئيا من وزن التربة الواقع فوق البلاطة الخلفية لقاعدته.

* جدار ساند ذو أكتاف خلفية

(Counterfort Retaining Wall) :

هو جدار من الخرسانة المسلحة مزود بأكتاف من الجهة الخلفية (جهة التربة) تربط الجزء المعتلي من الجدار مع قاعدته. ويستخدم هذا الجدار في الحالات التي يكون فيها لرتفاع الجزء المعتلي كبيرا ، أو التي يكون فيها الضغط الجانبي للتربة كبيرا.

* جدار ساند ذو أكتاف أمامية

(Buttressed Retaining Wall) :

هو جدار من الخرسانة المسلحة مزود بأكتاف من الجهة الأمامية (البعيدة عن التربة).

الباب الثالث

طبقة التأسيس

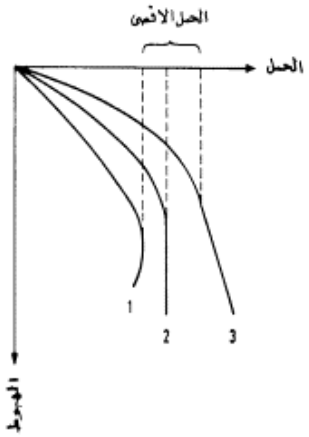
3/1 عام

تصمم الاساسات بأنواعها وأشكالها المختلفة لنقل الاحمال من المنشأ الى طبقة التأسيس بضغط تحميل صاف لا يزيد عن ضغط التحميل المسموح به لتلك الطبقة.

3/2 تحديد قدرة التحمل القصوى للاساسات السطحية

3/2/1 منحنيات الحمل – الهبوط :

(أ) تهبط الاساسات تحت تأثير الاحمال وفقا لعلاقة تشابه واحدا من منحنيات الحمل-الهبوط المبينة في الشكل رقم (4). وتكون نسبة الهبوط صغيرة في مراحل التحميل الأولية بشكل يسمح باعتباره هبوطا مرنا ، وبزيادة الاحمال يتزايد الهبوط تراكميا الى أن تصبح نسبة الزيادة في الهبوط كبيرة جدا بالمقارنة مع الزيادة في الحمل.



شكل رقم (٤)
العلاقة بين الحمل والهبوط في التربة

(ب) يوصى بتحديد قدرة التحمل القصوى عند أول نقطة يصبح فيها ميل المنحنى ذا قيمة صغرى منتظمة أو تساوي الصفر تقريبا ، كما ويوصى باستخدام طريقة بديلة حيث تحدد قدرة التحمل القصوى عند أول انعطاف منحنى الحمل-الهبوط المرسوم على مقياس لوغاريثمي.

3/2/2 حساب قدرة التحمل القصوى للاساسات السطحية على التربة :

(أ) يراعى ما ورد في البندين الفرعيين (1/2/1ح) و (1/2/1ط).

(ب) يوصى باستخدام معادلة ترزاجي المطورة (Modified Terzaghi) لحساب قدرة التحمل القصوى للاساسات السطحية ، والتي تأخذ في الاعتبار تأثير شكل الاساس وهي :-

$$q_u = c\,S_c\,N_c + P_e\;S_q\,N_q + \frac{1}{2}S_\gamma\,\gamma\,B N_\gamma \qquad (2)$$

$$q_{um} = q_u - ?_0 D \qquad (3)$$

حيث :-

q_u = قدرة التحمل القصوى (كيلونيوتن/متر مربع).

q_{um} = قدرة التحمل القصوى الصافية (كيلونيوتن/متر مربع).

c = تماسك التربة (كيلونيوتن/متر مربع).

P_e = الضغط الفعال للتربة عند منسوب التأسيس (كيلونيوتن/ مترمربع).

ويساوي الضغط الكلي الناتج عن وزن التربة مطروحا منه ضغط الماء المسامي (Pore Water Pressure) ان وجد.

γ = وحدة الوزن للتربة تحت منسوب التأسيس

(كيلونيوتن/متر مربع).

وفي حالة وجود منسوب الماء الارضي تحت منسوب التأسيس بعمق يساوي عرض الاساس (B) أو أقل ، تؤخذ وحدة الوزن(γ) مساوية لقيمة (γ_w) حيث :-

$$\gamma_w = \frac{1}{B}\left[\gamma\,D_w + \gamma_b\;(B - D_w)\right] \qquad (4)$$

γ_b = وحدة وزن التربة المغمورة (كيلونيوتن/متر مكعب).

وتحسب من الفرق بين وحدة وزن التربة المشبعة بالماء ووحدة وزن الماء الارضي.

γ_o = وحدة الوزن للتربة فوق منسوب التأسيس (كيلونيوتن/متر مكعب).

D_w = عمق مستوى الماء تحت منسوب التأسيس (متر).

S_γ, S_q, S_c = معاملات تعتمد على شكل الاساس ، يسمح بتحديدها من الجدول رقم (2)

N_γ, N_q, N_c = معاملات قدرة تحمل التربة ، يسمح بتحديدها من الجدول رقم (1).

B = عرض الاساس (متر).

D = عمق منسوب التأسيس (متر).

L = طول الاساس (متر).

3/2/3 تأثير لاوكزية التحميل على قدرة التحمل القصوى :

(أ) عند حساب قدرة التحمل القصوى للاساسات السطحية يجب أخذ تأثير لاوكزية التحميل على قيمتها في الاعتبار. ولأغراض هذه الكودة يسمح باحتساب هذا التأثير بشكل تقريبي بأن يستبدل بعد فعال بالبعد الحقيقي للقاعدة كما يلي :-

(5) $B? = B - 2e$

B? = البعد الفعال (متر).

B = البعد الحقيقي للقاعدة (متر).

e = اللاوكزية (متر).

(ب) يوصى بالا تزيد قيمة لاوكزية التحميل للاساسات السطحية عن سدس بعد القاعدة.

جدول رقم (1)

معاملات قدرة تحمل التربة

$N\gamma$	Nq	N_c	ϕ	N_γ	N_c	ϕ
12.54	11.85	22.25	26	000	5.14	0
14.47	13.20	23.94	27	0.07	5.38	1
16.72	14.72	25.80	28	0.15	5.63	2
19.34	16.44	27.86	29	0.24	5.90	3
22.40	18.40	30.14	30	0.34	6.19	4
25.99	20.63	32.67	31	0.45	6.49	5
30.22	23.18	35.49	32	0.57	6.81	6
35.19	26.09	38.64	33	0.71	7.16	7
41.06	29.44	42.16	34	0.86	7.53	8
48.03	33.30	46.12	35	1.03	7.92	9
56.31	37.75	50.59	36	1.22	8.35	10
66.19	42.92	55.63	37	1.44	8.80	11
78.03	48.93	61.35	38	1.69	9.28	12
						13

92.25	55.95	67.87	39	1.97	9.81	14
109.41	64.20	75.31	40	2.29	10.37	15
130.22	73.90	83.86	41	2.65	10.98	16
155.55	85.38	93.71	42	3.06	11.63	17
186.54	99.02	105.11	43	3.53	12.34	18
224.64	115.31	118.37	44	4.07	13.10	19
271.76	134.88	133.88	45	4.68	13.93	20
330.35	158.51	152.10	46	5.39	14.83	21
403.67	187.21	173.64	47	6.20	15.82	22
496.01	222.31	199.26	48	7.13	16.88	23
613.16	265.51	229.93	49	8.20	18.05	24
762.89	319.07	266.89	50	9.44	19.32	25
				10.88	20.72	

جدول رقم (2)

قيم معاملات الشكل للاساسات السطحية

شكل الأساس	S_c	S_q	S_γ
طولي	1.00	1.00	1.00
مستطيل	$1+\left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{N_q}{N_\gamma}\right)$	$1+\left(\frac{B}{L}\right)\tan\phi$	$1-0.4\left(\frac{B}{L}\right)$
مستدير او مربع	$1+\frac{N_q}{N_c}$	$1+\tan\phi$	0.6

3/2/4 تأثير تضاغط التربة :

(أ) يمكن حساب قدرة التحمل القصوى للاساسات السطحية المقامة على تربة قابلة للانضغاط (Compressible Soil) باستخدام العلاقتين رقم (2) ورقم (3) ، مع تعديل كل من قيم تماسك التربة(c) وزاوية مقاومة القص (Φ) كما يلي :-

(6) $$c^* = 0.67\,c$$

(7) $$\Phi^* = \tan^{-1}(0.67\tan\phi)$$

حيث :

C^* = القيمة المعدلة لتماسك التربة (c) (كيلونيوتن/متر مربع).

Φ^* = القيمة المعدلة لزاوية مقاومة القص (Φ) (درجة).

3/2/5 تأثير التحميل المائل :

يحدد تأثير التحميل المائل على قدرة تحمل التربة بالرجوع الى مراجع أكثر تخصصا.

3/3 تحديد قدرة التحمل للاساسات العميقة

3/3/1 تحديد قدرة التحمل القصوى للاساسات العميقة باستخدام المعادلات :

(أ) **المعادلة العامة :**

(1) يوصى باستخدام المعادلة العامة التالية لحساب الحمل الاقصى للاساسات الدائرية العميقة المنفردة (Q_u) ، الا أن القيم المستنتجة من هذه المعادلة تعتبر تقريبية ويجب التحقق منها باختبارات تحميل كما هو وارد في البند (3/3/2).

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (8)$$

حيث :-

Q_b = الحمل الاقصى الناتج عن الارتكاز (كيلونيوتن).

Q_s = الحمل الاقصى الناتج عن الاحتكاك السطحي أو التلاصق (كيلونيوتن).

(2) تحسب قيمة الحمل الاقصى الناتج عن الارتكاز (Q_b) ، والحمل الأقصى الناتج عن الاحتكاك السطحي والتلاصق (Q_s) بتطبيق العلاقتين التاليتين:

$$Q_b = f_b A_b \quad (9)$$

$$Q_s = \Sigma f_s A_s \quad (10)$$

حيث :-

f_b = الإجهاد الناتج عن التحميل بالارتكاز (كيلونيوتن/متر مربع).

A_b = مساحة التحميل بالارتكاز (متر مربع).

f_s = القيمة المتوسطة لمقاومة الاحتكاك السطحي أو التلاصق بين الخازوق والتربة ضمن الطبقة موضع الدراسة (كيلونيوتن/متر مربع).

A_s = المساحة السطحية للخازوق ضمن الطبقة موضع الدراسة (متر مربع).

(3) تحسب قيمة الإجهاد الناتج عن التحميل بالارتكاز (f_b) والقيمة المتوسطة للاحتكاك السطحي أو التلاصق بين الخازوق والتربة (f_s) وفقا لنوع التربة وطريقة تنفيذ الخازوق حسبما يلي :-

* التربة المتماسكة $(\Phi = o)$

(11) $$f_b = cN_c$$

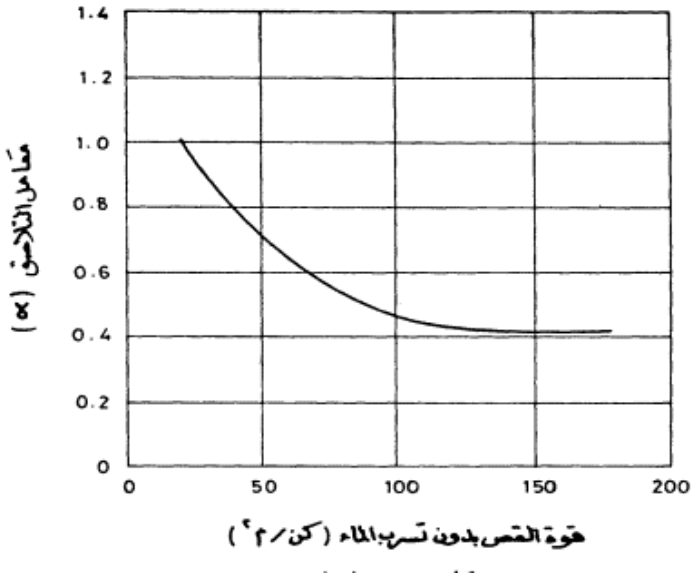
(12) $$f_s = \alpha c \; ? \; 100 \; KN/m^2$$

حيث :-

c = تماسك التربة (كيلونيوتن/متر مربع)

N_c = معامل قدرة تحمل التربة ويؤخذ مساويا (9.0).

α = معامل التلاصق [ويحسب من الشكل رقم (5)] وبحد اقصى قدره الوحدة للخوازيق المدقوقة (Driven) ، وتعتبر قيمته دائما مساوية (0.45) وذلك للخوازيق المحفورة (Bored).



شكل رقم (5)

قيم معامل التلاصق (α) بين التربة وسطح الخازوق

* التربة غير المتماسكة $(c = o)$:

(13) $$f_b = P_t N_q \; ? \; 10\,000 \; KN/m^2$$

(14) $$f_s = K \; P_e \; \tan \delta \; ? \; 100 \; KN/m^2$$

حيث :-

P_t = الضغط الفعال في التربة عند الطرف السفلي للخازوق (كيلونيوتن/ مترمربع). على الا تزيد قيمته عن $(50 \tan \Phi)$ (كيلونيوتن/ مترمربع) حيث (Φ)هي زاوية مقاومة القص للتربة عند طرف الخازوق.

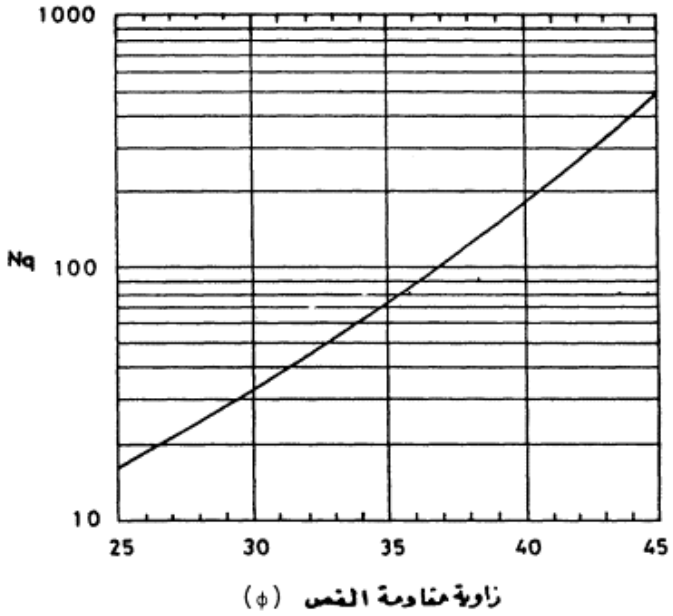
N_q = معامل قدرة تحمل التربة [ويحسب من الشكل رقم (6)].

K = معامل يعتمد على الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة [يحسب من الجدول رقم (3)].

P_e = الضغط الفعال في التربة عند المستوى الذي تحسب عنده (f_s) (كيلونيوتن/ مترمربع). مع مراعاة تزايد قيمة (P_e)وحتى عمق (10) أمثال قطر الخازوق اذا كانت الكثافة النسبية اقل من (30) بالمائة ، وتزايد قيمه (P_e) وحتى عمق (20) مرة قطر الخازوق اذا كانت الكثافة النسبية أعلى من (70) بالمائة. أما بالنسبة لقيم الكثافة النسبية الواقعة بين (30) و (70) بالمائة فيتم تحديد عمق الخازوق الذي تحسب عنده (P_e) بالنسبة والتناسب.

δ = زاوية الاحتكاك بين التربة وسطح الأساس العميق (درجة).

وتحدد قيمة $(\tan \delta)$ من الجدول رقم (4).



شكل رقم (6)

العلاقة بين زاوية مقاومة القص (Φ) و (N_q)

جدول رقم (3)

قيم المعامل (k) المناظرة للكثافة النسبية

نوع الخازوق	الكثافة النسبية	K
خازوق محفور	اقل من (30) بالمائة	1.0
	أكبر من (70) بالمائة	2.5
خازوق مدقوق	أقل من (30) بالمائة	1.5
	اكبر من (70) بالمائة	3.5

جدول رقم (4)

قيم $(\tan \delta)$ المناظرة لنوع مادة الخازوق

مادة الخازوق	$\tan \delta$
	$\tan \Phi$
خرسانة خشنة	0.35
خرسانة ملساء	0.30

فولاذ

$\tan \Phi$

قشرة فولاذية موجة

كبديل للطريقة السابقة يسمح في التربة غير المتماسكة بحساب الإجهاد الناتج عن التحميل بالارتكاز (f_b)والاحتكاك السطحي أو التلاصق بين الخازوق والتربة (f_s) وفقا لما يلي:-

الخوازيق المدقوقة :-

$$F_b = 400\,N\frac{H}{D} \;?\; 400\,KN/m^2 \quad (15)$$

$$F_s = 2N \quad (16)$$

حيث:-

N = عدد الضربات في اختبار الاختراق القياسي.

H = طول الخازوق (متر).

D = قطر الخازوق (متر).

الخوازيق المحفورة :-

$$f_b = 14\frac{N}{D} \quad (17)$$

$$f_s = 0.67\,N \quad (18)$$

حيث :-

(N) و (H) و (D) كما هي معرفة أعلاه.

(ب) المعادلات الديناميكية :

يسمح باستخدام المعادلات الديناميكية لتحديد الحمل الاقصى النهائي للخوازيق المنفذة بالدق حسب المعلومات التي يتم الحصول عليها أثناء الدق من حيث الاختراق والشغل المبذول ، ويتم الرجوع في هذا الصدد الى مراجع اكثر تخصصا.

3/3/2 تحديد قدرة التحمل للاساسات العميقة القصوى باستخدام اختبارات التحميل:

(أ) تعتبر قيمة الحمل الاقصى المحسوب حسبما ورد في البند (3/3/1) تقريبية ويجب التحقق منها باختبار تحميل لخازوق التجريبي في الموقع. كما يتم إجراء اختبارات تحميل لخوازيق تجريبية اضافية في حالات التغير في طبقات وخواص التربة

بشكل يستدعي التحقق.

(ب) يتم إجراء اختبار تحميل الخازوق التجريبي في الموقع حسبما ورد في المواصفات القياسية الأميركية (ASTM – D 1143).

3/ 4 تحديد قدرة التحمل القصوى لمجموعة الخوازيق في التربة المتماسكة

3/4/1 يسمح بافتراض أن كتلة التربة الواقعة ضمن مجموعة الخوازيق تعمل مع مجموعة الخوازيق ككتلة واحدة وجاسئة تقوم بنقل الاحمال الى التربة.

3/4/2 تطبق العلاقة التالية لحساب الحمل الاقصى لمجموعة الخوازيق (Qu. group) في تربة متماسكة.

$$Qu.\ groub = abc_1 Nc + 2\ell e\,(a+b)\,c_2 \quad (19)$$

حيث :-

b,a = طول وعرض الخطوط المماسة للمحيط الخارجي لمجموعة الخوازيق (متر).

N_c = معامل قدرة تحمل التربة [يسمح بتحديدها من الشكل رقم (1)]

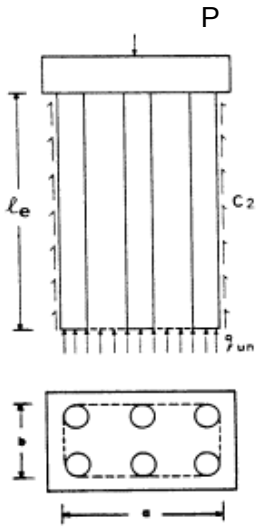
c_1 = مقاومة القص (تحت ظروف عدم التصريف) عند قاعدة الخازوق (كيلونيوتن/متر مربع).

c_2 = معدل مقاومة القص (تحت ظروف عدم التصريف)على طول الخازوق (كيلونيوتن/متر مربع).

ℓ_e = الطول الفعال لمجموعة الخوازيق (متر).

ويساوي الطول الكلي لمجموعة الخوازيق مطروحا منه عمق التربة المتأثر بالتغيرات الفصلية أو المعرض لعوامل التعرية.

هذا ويوصى باستخدام معامل امان $(F=3)$ عند تطبيق هذه العلاقة.



شكل رقم (7)

مجموعة الخوازيق

3/4/3 تهمل قيمة الاحتكاك السطحي على طول الخوازيق الارتكازية كاملة لصغر هذه القيمة.

4/4/3 يراعى ما هو وارد في البند (4/5/4).

5/3 تحديد قدرة التحمل القصوى لاساسات الغروز

5/1/3 تطبق العلاقة رقم (8) لحساب الحمل الاقصى لاساسات الغروز.

5/2/3 لا يعتبر الاحتكاك السطحي (f_s) عنصرا مشاركا في تحديد قدرة تحمل اساس الغروز في الحالات التالية :-

* اذا كان عمق اساس الغروز اقل من أدنى عرض له.
* اذا تعرضت التربة فوق منسوب التأسيس للحت (Scour).
* اذا كانت التربة المحيطة بأساس الغروز من طين طري القوام (Soft) ، أو من طمم.
* اذا كانت التربة المحيطة بأساس الغروز قابلة للانتفاخ والانكماش.

3/6 التأسيس على أنواع مختلفة من التربة

6/1/3 التأسيس على تربة غير متماسكة:

(أ) تستخدم العلاقات الموصى بها في المادة (3/2) مع اعتبار قيمة تماسك التربة (c) مساوية للصفر.

(ب) تحدد زاوية مقاومة القص للتربة غير المتماسكة (Φ) وكذلك كثافتها النسبية بناء على فحوص مخبرية وميدانية.

(ج) يمكن الاسترشاد بقيم الكثافة النسبية الواردة في الجدول رقم (5) لاغراض تحديد زاوية مقاومة القص (Φ) بشكل مبدئي.

جدول رقم (5)

الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة

وزاوية مقاومة القص المناظرة

الوصف	الكثافة النسبية	زاوية مقاومة القص (Φ)	عدد الضربات في فحص الاختراق القياسي المسبب لاختراق قدرة (300) ملمتر
مفككة جدا	20 – 0	30 – 25	04 – 00
مفككة	40 – 20	32 – 27	10 – 04
متوسطة الكثافة	60 – 40	35 – 30	30 – 10
كثيفة	80 – 60	40 – 35	50 – 30
كثيفة جدا	100 – 80	43 – 38	اكبر من 50

3/6/2 التأسيس على تربة متماسكة :

تحدد قيمة تماسك التربة (c) وزاوية مقاومة القص (Φ) في التربة المتماسكة بالاستناد الى فحوص مخبرية وميدانية تتناسب مع سرعة تحميل التربة ، مع مراعاة أن التحميل السريع للتربة المتماسكة المشبعة بالماء يجعل زاوية مقاومة القص (Φ) مساوية للصفر تقريبا.

3/6/3 التأسيس على تربة ذات تماسك وزاوية مقاومة قص :
(Foundations on c-Φ Soil)

(أ) يشمل هذا الوع من التربة كلا من الطين الرملي والطمي الرملي والطين الحصوي والطمي الحصوي.

(ب) تستخدم العلاقات الموصى بها في المادة (3/2) لحساب قدرة التحمل القصوى.

(ج) تحدد قيمة تماسك التربة (c) وكثافتها (γ) وزاوية مقاومتها للقص (Φ) بناء على فحوص مخبرية تجرى على عينات ممثلة لتربة الموقع تحت منسوب التأسيس ، على أن يراعى أن هذه التربة بحكم طبيعتها معرضة الى تغير لا يمكن إغفاله في تماسكها في الموقع الواحد ، مما يستلزم ضرورة تحديد قيمة التماسك بناء على تقييم لذلك التغير الطبيعي واعتبارات مدى تمثيل العينة للواقع.

3/6/4 التأسيس على طمم :

(أ) يجب عدم تأسيس المنشآت على طبقات من طمم مكون من نفايات متجمعة في مناطق طرح نفايات قديمة.

(ب) يجب عدم التأسيس على طمم ، أما اذا اقتضت الضرورة ذلك فيشترط إجراء تحريات شاملة للموقع لتحديد قوة تحمل التربة ومقدار الهبوط المتوقع حسب ما ورد في كودة استطلاع الموقع من كودات البناء الوطني الأردني على أن يتم تنفيذ اعمال الطمم بالأسلوب التالي:-

* تكون مادة الطمم من تربة حبيبية جيدة التدوج يضاف إليها نسبة قليلة من الطين كمادة رابطة.
* يوضع الطمم في طبقات رقيقة أفقية لا تزيد سماكتها عن (200) ملمتر ، وتدمك كل طبقة منها على حدة بحيث لا تقل كثافة الطمم الجافة عن(95) بالمائة من كثافته القصوى الجافة المحددة في المختبر بفحص الدمك المعدل حسب المواصفات القياسية الأميركية $(ASTM - D1557)$.

(ج) يسمح في بعض الحالات بالتأسيس مباشرة على طمم قديم غير مستوف للشروط المنصوص عليها في البند الفرعي (3/6/4ب) على أن يراعى ما يلي :-

* إزالة طبقات الطمم السيئة أو المكونة من مواد عضوية واستبدالها بطمم جديد مستوف للشروط المنصوص عليها في البند الفرعي (3/6/4ب).
* اعتبار ضغط التحميل المسموح به لاغراض التأسيس على طمم (40) كيلونيوتن/متر مربع كحد أقصى ، ما لم تجر دراسة شاملة للموقع وتربة الطمم بجميع طبقاته.
* أن تكون المنشآت خفيفة بقدر الإمكان.
* أن تكون المنشآت الهيكلية مرنه (Flexible) للسماح بهبوط متفاوت دون حدوث أضرار كبيرة لها.

(Movement Joints)

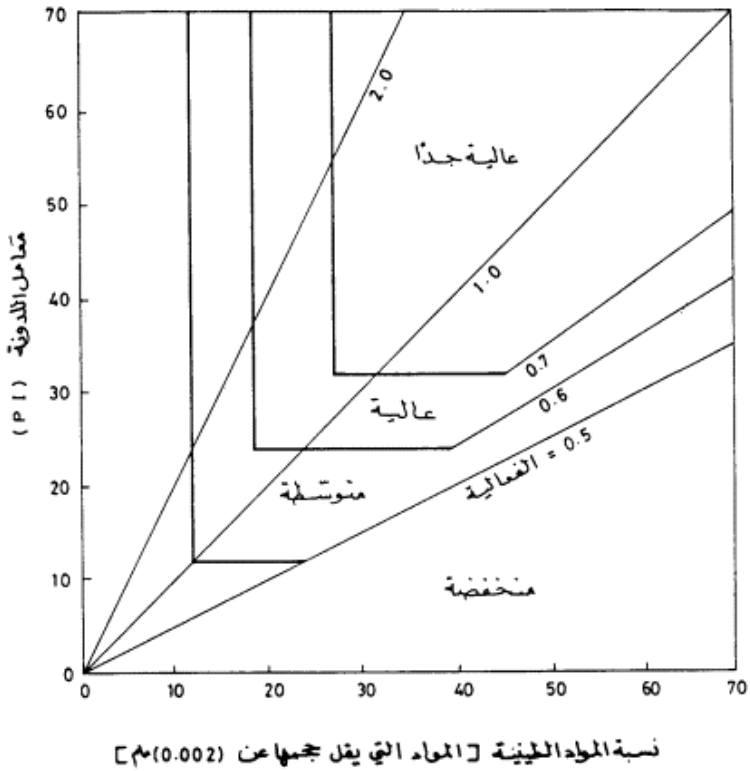
* أن تعمل فواصل حركة في المنشآت الممتدة افقيا تسمح بهبوط حر لوحدات إنشائية منفصلة فيها بشكل يضمن عدم تضررها بشكل كبير.

* حماية تربة التأسيس من التأثر بالمياه (الأمر الذي قد يؤدي الى هبوطها) ، وذلك بتصريف مياه الأمطار المتجمعة على سطح المبنى وتلك التي يتعرض لها الموقع بعيدا عن تربة التأسيس ، وتصميم وتنفيذ تمديدات المياه والمجاري بأسلوب يحد بدرجة كبيرة من احتمال تسرب المياه منها الى تربة التأسيس.

3/6/5 التأسيس على تربة قابلة للانتفاخ والانكماش :

(أ) تعرف التربة القابلة للانتفاخ والانكماش بأنها أنواع من التربة الطينية تحتوي على نسب عالية من المعادن ذات القابلية العالية للانتفاخ والانكماش مثل مجموعة السمكتايت (Smectite Group) التي تحتوي على معادن المنتموريلونايت (Montmorillonite) والاليت (Illite)، حيث يتغير حجمها بتغير محتوى الماء فيها فتزداد في الحجم بزيادة محتوى الماء ، ويصحب ذلك ضغطا الى أعلى على الاساسات المقامة عليها ، كما يقل حجمها عند جفافها.

(ب) تعتمد قابلية التغير الحجمي في التربة الطينية على نسب المواد التي يقل مقاسها عن (0.002) ملمتر وعلى نوع المعدن المكون للمواد الطينية وعلى معامل للدونتها (Plasticity Index). وتصنف قابلية التربة للانتفاخ والانكماش بأنها عالية جدا أو عالية أو متوسطة أو منخفضة حسب الشكل رقم (8).



شكل رقم (8)

قابلية التغير الحجمي في التربة الطينية

وعلاقتها بمعامل اللدونة ونسبة المواد الطينية

(ج) تحدد قيمة الفعالية (A)(Activity) حسب العلاقة التالية :-

$$\text{الفعالية} = \frac{\text{معامل اللدونة}}{\text{النسبة المئوية للمواد الطينية}} \qquad (20)$$

(د) يحسب ضغط الانتفاخ للتربة الطينية بناء على نتائج فحوص مخبرية حسب المواصفات القياسية البريطانية $(BS1377)$ أو المواصفات القياسية الأميركية $(ASTM-D2435)$.

(هـ) تتبع واحدة أو أكثر من الوسائل التالية للتغلب على مشكلة التأسيس على تربة قابلة للانتفاخ والانكماش:-

* اختيار منسوب التأسيس على عمق يكون فيه التغير الفصلي في محتوى الرطوبة قليلا جدا ، على الا يقل عمق منسوب التأسيس عما هو وارد في الجدول رقم (10).

* تغطية الاساسات ذات السطوح الجانبية الخشنة الممتدة في المنطقة المعرضة للتغير الفصلي (كالخوازيق واساسات الغروز) بمادة ملساء أو ذات معامل احتكاك صغير كرقائق البوليثين (Polythene) أو غيرها للحد من قوى الدفع الى أعلى الناجمة عن انتفاخ التربة.

* عدم تعويض حفر الاساسات الى الشمس لفترة طويلة لتفادي جفاف التربة ، والإسراع في الانشاء بحيث يتم تحميل الاساسات بأحمالها التصميمية كاملة وبخاصة اذا تم الانشاء في فترة الجفاف ، لان سقوط الأمطار بغزارة بعد ذلك يؤدي الى تضرر الاساسات الطولية غير المحملة بأحمالها التصميمية كاملة بسبب انتفاخ التربة.

* فصل الجيزان وزنانير الربط الأرضية عن حركة التربة الطينية القابلة للانتفاخ والانكماش التي قد تولد ضغط انتفاخ من اسفل الى اعلى يزيد عن الضغط المؤثر على الاساسات من أعلى الى أسفل. ويتم ذلك برفع تلك الجيزان أو الزنانير عن سطح التربة بمسافة تسمح بانتفاخها ، وتعبئة ذلك الفراغ بمادة قابلة للانضغاط مثل البوليسترين الممدد أو غير ذلك مما يحقق الغرض ذاته.

* فصل بلاطات الارضيات عن حركة التربة الطينية القابلة للانتفاخ والانكماش. ويتم ذلك باستخدام نظام من البلاطات المعلقة وترك مسافة بينها وبين التربة.

* عمل فواصل حركة (Movement Joints) في المنشآت الممتدة افقيا تسمح بهبوط حر لوحدات انشائية منفصلة فيها بشكل يضمن عدم تضررها.

* تكون وصلات تمديدات الخدمات مانعة لتسرب الماء ومرنة بدرجة تسمح بحركة نسبية للانانيب.

(و) تتبع واحدة أو أكثر من الوسائل التالية للحد من التغير الفصلي في محتوى رطوبة التربة الطينية القابلة للانتفاخ والانكماش:-

* إنشاء رصيف غير منفذ للماء حول المبنى بعرض (2)متر يميل الى الخارج ، لحماية الطبقة الطينية المجاورة للمبنى من المياه السطحية ، على أن يتم فصل هذا الرصيف عن المبنى بفاصل انزلاق رأسي مانع لتسرب الماء شريطة أن يكون الرصيف جاسئا من ناحية التصميم الانشائي ، وأن يتم إجراء صيانة دورية للفاصل الرأسي وعند حدوث تشققات به.

* تجنب زراعة الأشجار ذات الجذور العميقة بجوار المبنى ، ويوصى بشكل عام بالا يقل بعد تلك الأشجار عن المبنى عن نصف ارتفاع الشجرة المكتملة النمو.

* تزويد المبنى بنظام لصرف مياه الأمطار التي تسقط عليه بعيدا عنه.

* يوصى بأن تكون الحفر الامتصاصية غير منفذة للماء.

3/6/6 التأسيس على تربة عضوية :

لا يوصى بالتأسيس على هذا النوع من التربة على الاطلاق ، وذلك لقابليتها للانضغاط والهبوط طويل الأمد (Long Term Settlement) حتى عند تحميلها بأحمال خفيفة.

3/6/7 التأسيس على طبقات مختلفة السماكات :

تزداد قيم الهبوط المتفاوت بوجود طبقات مختلفة السماكات تحت الاساسات. هذا ويجب عند التأسيس على تلك الطبقات الأخذ في الاعتبار قيم الهبوط المتفاوت ، وتأثيرها على المبنى ، واختيار التصميم المناسب لذلك.

3/6/8 التأسيس على طبقات من مواد طرية :

عند وجود طبقات رقيقة من مواد طرية بين طبقات ذات قدرة تحمل عالية يفضل بشكل عام أن تصمم الاساسات وفقا لقدرة تحمل الطبقة الرقيقة من المواد الطرية.

3/7 القيم القصوى المفترضة لضغط التحميل المسموح به للصخور

3/7/1

تحسب قيمة ضغط التحميل المسموح به للصخور كنسبة من قوة الضغط اللامحصور لعينة أسطوانية من الصخر لا يقل قطرها عن (50)ملمتر وتكون نسبة ارتفاعها الى قطرها (2.0). ويتم تعديل قيمة قوة الضغط اللامحصور لعينة الصخر الاسطوانية اذا كانت نسبة ارتفاعها الى قطرها أقل من (2.0)حسبما ورد في المواصفة القياسية الأميركية (ASTM D-2938)باستخدام العلاقة التالية :-

$$C = C_a / \left(0.88 + 0.24 \frac{b}{h}\right) \quad (21)$$

حيث :-

C = قوة الضغط اللامحصور لعينة من الصخر مكافئة لتلك التي تبلغ نسبة ارتفاعها الى قطرها (2.0) (نيوتن/ملمتر مربع).

C_a = قوة الضغط اللامحصور لعينة من الصخر (نيوتن/ملمتر مربع).

b

= قطر العينة (ملمتر).

h = لرتفاع العينة (ملمتر).

وفي حالة عدم توفر عينات اسطوانية بالأبعاد المطلوبة فيمكن اعتماد قيمة قوة الضغط اللامحصور المحسوبة من فحص التحميل النقطي.

7/2/3 تبلغ النسبة المذكورة أعلاه (5) بالمائة للصخور ذات درجة نوعية (RQD) مساوية أو أقل من (25) بالمائة ، وتبلغ تلك النسبة (20) بالمائة للصخور ذات درجة نوعية (RQD) مساوية أو أكبر من (75) بالمائة ، على ألا تتجاوز القيمة العليا لضغط التحميل المسموح به للصخور الرسوبية والصخور المتحولة الصفحية عن (1000) كيلونيوتن/متر مربع وعن (1500) كيلونيوتن/ متر مربع للصخور النارية والصخور المتحولة غير الصفحية ، ولا تقل القيمة الدنيا لضغط التحميل المسموح به عن (200) كيلونيوتن/متر مربع (الا في حالات خاصة تستوجب التعليل).

3/7/3 تحسب قيمة ضغط التحميل المسموح به لصخر ذو درجة نوعية (RQD) تتراوح بين (25) بالمائة و (75) بالمائة بطريقة الاستكمال الخطي (Linear Interpolation)

3/7/4 لغايات حساب ضغط التحميل المسموح به للصخور تعتمد القيمة المتوسطة لدرجات نوعية الصخور تحت منسوب التأسيس الى عمق يساوي عرض الاساس على أن تكون هذه القيم متقاربة من بعضها ، وفي حالة تدني درجة نوعية الصخور تحت الاساس مباشرة بقيمة تتجاوز (50) بالمائة من القيمة المتوسطة لدرجات نوعية الصخور فتعتمد هذه القيمة الدنيا لاغراض التصميم.

3/7/5 تستخدم الطريقة المبينة اعلاه لحساب ضغط التحميل المسموح به للطبقات الصخرية التي لا تحتوي على كهوف أو قنوات إذابة أو فواصل يزيد عرضها عن (5) ملمتر أو التي لم تتعرض الى إزاحة أو اضطراب

شديدين. كما تستخدم هذه الطريقة في حالات التحميل الرأسي الاستاتيكي على طبقات صخرية أفقية أو ذات ميول قليلة ، وفي حالة عدم تداخل أتربة أو مواد ضعيفة قابلة للانضغاط بين الطبقات الصخرية. وفيما عدا ذلك يتم دراسة كل حالة على حدة مع اعتبار عدم تعرض الاساسات الى هبوط غير مقبول أو انهيار بالقص أو اختراق للصخور أو أي نوع من الفشل ناجم عن تلك التداخلات الضعيفة.

3/8 معامل الأمان

3/8/1 تعريف :

يعرف معامل الامان (F) بأنه النسبة بين قدرة التحمل القصوى الصافية (q_{un}) وضغط التحميل الصافي المسموح به (q_{an}).

$$F = \frac{q_{un}}{q_{an}} \qquad (22)$$

أما ضغط التحميل المسموح به (q_a) فيحسب من العلاقة التالية :-

$$q_a = q_{an} + \gamma_0 D \qquad (23)$$

حيث :-

γ_0 = وحدة الوزن للتربة فوق منسوب التأسيس (كيلونيوتن/مترمكعب).

D = عمق منسوب التأسيس (متر).

3/8/2 العوامل المؤثرة على تحديد معامل الامان :

يعتمد اختيار قيمة معامل الامان (F) الواجب استخدامها في حساب ضغط التحميل المسموح به (q_a) على عوامل عديدة أهمها :-

* نوع المنشأ وأهميته وموقعه والعمر المتوقع له.
* الاعتبارات الاقتصادية.
* مقدار الهبوط المتوقع ونوعه وقدرة المبنى على التكيف مع هذا الهبوط.
* سلوك التربة تحت تأثير الاحمال مع الزمن واحتمال التغير في خصائصها.
* دقة تحديد قدرة التحمل القصوى.
* احتمال نقص قدرة تحمل التربة اثناء أو بعد انتهاء الانشاء بسبب تغير محتوى رطوبة التربة أو غير ذلك من العوامل.
* مدى انتظام تربة الموقع افقيا ورأسيا ومدى الاختلاف في خصائصها.
* مدى تمثيل العينات المفحوصة للتربة.
* احتمال تغير ظروف التربة المحيطة بالاساسات الأمر الذي قد يؤدي الى تغير قدرة تحمل طبقة التأسيس نتيجة لعوامل طبيعية أو بفعل الإنسان مثل تخفيض منسوب سطح الارض أو عمل حفر أو قنوات في مناطق قريبة من الاساسات.
* الخبرة المتوفرة لمنشآت مماثلة مقامه على طبقات تربة مشابهة.

* قيم معاملات الامان الضمنية الناتجة أحيانا عن بعض الافتراضات المتحفظة في حساب قدرة التحمل القصوى للتربة.

3/8/3 اختيار معامل الامان :

يعتمد اختيار معامل الامان بالدرجة الأولى على الخبرة والقناعة بناء على دراسة للعوامل المؤثرة على تحديد معامل الامان حسبما هو ورد في البند (3/8/2) ، على ألا تقل قيمة معامل الامان بأي حال من الأحوال عن (3.0) للمنشآت الدائمة وعن (2.0) للمنشآت المؤقتة.

3/9 الهبوط (Settlement)

3/9/1 عام :

(أ) يجب تقييم هبوط الاساسات المتوقع بأكبر قدر ممكن من الدقة لمعظم الإنشاءات من أبنية وجسور وأبراج وخلافها ، الا أنه من الصعب حساب الهبوط بدقة وذلك لارتباطه بخصائص المرونة واللدونة للتربة ولصعوبة الحصول على خصائص اللدونة للتربة بشكل دقيق. وعلى الرغم من هذه الصعوبات فإنه من المقبول حساب الهبوط باعتبار التربة مادة مرنة ذات خصائص موحدة (Homogeneous and Isotropic).

(ب) أنواع الهبوط :

يقسم الهبوط بشكل عام الى نوعين وكما يلي : -

* هبوط فوري (Immediate Settlement) :

وهو هبوط يحدث فور تأثير الاحمال على التربة وخلال بضعة أيام وينتج عن تشوه التربة دون أن يطرأ تغير يذكر على محتوى الماء فيها.

* هبوط تضاغطي (Consolidation Settlement) :

وهو هبوط يحدث مع الزمن نتيجة لنقص نسبة الفراغات في التربة تحت تأثير الاجهادات ويصنف عادة الى نوعين هما :-

- تضاغط رئيسي (Primary Consolidation) :

ويعني النقص في نسبة الفراغات بسبب خروج الماء من طبقة التربة المتضاغطة والذي يحدث أثناء الفترة الزمنية التي يوجد فيها ضغط مائي مسامي ضمن تلك الطبقة ناجم عن تحميل خارجي.

- تضاغط ثانوي(Secondary Consolidation) :

ويعني التغير الإضافي في نسبة الفراغات الذي يحدث بعد تبدد (Dissipation) الضغط المسامي الزائد بصورة أساسية. هذا ويستمر التضاغط الثانوي لفترة زمنية طويلة بعد انتهاء التضاغط الرئيسي.

(ج) ينتهي هبوط كل من التربة الحصوية والتربة الرملية على الأغلب عند انتهاء أعمال الانشاء.

(د) يعتمد هبوط الاساسات بعد انتقال احمال المنشآت إليها على قابلية تضاغط التربة ويستمر الهبوط التضاغطي الرئيسي في التربة قليلة النفاذية كالطمي والطين لفترة طويلة بعد انتهاء الانشاء وقد يليه في بعض الأحيان تضاغط ثانوي على صورة زحف طويل الأمد (Long-Term Creep).

(هـ) يستمر هبوط الاساسات المقامة على تربة عضوية الى اجل غير محدود نتيجة للتضاغط الثانوي ، ويجب أخذ هذا التضاغط في الاعتبار عند تصميم الاساسات على تربة من هذا النوع.

3/9/2 هبوط الاساسات في التربة غير المتماسكة :

(أ) يعتمد هبوط الاساسات في التربة غير المتماسكة على ضغط التحميل ، وعمق منسوب التأسيس ، وأبعاد الاساس وشكله وجساءته ، ومتانة التربة والأساس.

(ب) يسمح بحساب هبوط الاساسات المقامة على تربة غير متماسكة باستخدام علاقات وضعية تربط بين مقدار الهبوط وعرض الاساس والكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة [انظر المرجع رقم (1)].

3/9/3 هبوط الاساسات في التربة المتماسكة :

(أ) يعتمد الهبوط التضاغطي للاساسات في التربة المتماسكة على العوامل نفسها الواردة في البند الفرعي (3/9/2أ).

(ب) في حالة زيادة قيم الهبوط عن القيم المسموح بها أو عن تلك التي يتحملها المنشأ ، يخفض ضغط التحميل المسموح به ، أو يزاد عمق التأسيس ، أو يوضع الاساس على طبقة أكثر قوة.

(ج) يعين مقدار الهبوط في التربة المتماسكة بفحوص مخبرية تحدد خصائص تضاغط التربة (Consolidation Characteristics) ومعايير مرونتها (Young's Modulus)ونسبة بواسون (Poisson's Ratio) [انظر المراجع(3,2,1)]. هذا ويفضل استنتاج هذه المعاملات من اختبارات حقلية.

(د) عند تحديد معدل الهبوط التضاغطي في تربة متماسكة باستخدام جهاز الاودوميتر (Oedometer) ، يتعين تحديد معامل نفاذيتها في كل من الاتجاهين الأفقي والرأسي ، فقد تبين أن نتائج ذلك الفحص تكون غير صحيحة اذا كان معامل النفاذية في الاتجاه الأفقي أكبر منه في الاتجاه الرأسي ، وفي مثل هذه الحالة يجب إجراء فحوص مخبرية مفصلة ، وتحليل

تضاغط التربة في ثلاثة اتجاهات [انظر المرجعين(5),(4)].

3/9/4 الهبوط المتفاوت (Differential Settlement):

(أ) أسباب الهبوط المتفاوت:

(1) وقوع جزء أو أجزاء من اساسات المنشأ فوق طبقة من التربة قابلة للانضغاط ، ووقوع الجزء الآخر من الاساسات فوق طبقة من التربة غير قابلة للانضغاط ، أو ذات انضغاط قليل ، أو وقوع الاساسات على طبقة قابلة للانضغاط ذات سماكات مختلفة.

(2) وجود تفاوت كبير في قيم الاحمال المؤثرة على الاساسات ، مثل هدم أجزاء من المبنى والإبقاء على أجزاء أخرى منه ، أو إقامة مبنى مكون من قسمين أحدهما بالغ الارتفاع بالنسبة الى القسم الآخر ، أو إقامة مبان متلاصقة ذات تفاوت كبير في ارتفاعاتها ، أو إقامة أجزاء المبنى المتلاصقة على فترات زمنية متباعدة.

(3) التحميل على أساسات مرنة ذات مساحات كبيرة.

(ب) وسائل التقليل من قيم الهبوط المتفاوت الكبيرة :

تتخذ الوسائل التالية للتقليل من قيم الهبوط المتفاوت الكبيرة:-

* أن تكون المنشآت الواقعة فوق سطح الارض ، أو تلك الواقعة تحت سطح الارض ، أو كلا النوعين جاسئة (Rigid). هذا ويعتبر أساس الحصيرة جاسئا اذا كان ذا بلاطة خرسانية سميكة ، أو ذا جيزان عميقة.
* انشاء طوابق تسوية لخفض ضغط التحميل الصافي المؤثر على طبقة التأسيس.
* خفض منسوب التأسيس الى طبقات الارض القوية باستخدام الخوازيق ، أو اساسات الغروز.
* وضع اوزان اضافية على اجزاء المنشأ المحملة تحميلا خفيفا.
* تقسيم المنشأ الى عدد من الوحدات المستقلة الصغيرة.
* تفادي المنشآت المستمرة المقامة على تربة ضعيفة.

(ج) القيم المسموح بها لكل من الهبوط المتفاوت ، والهبوط النهائي :

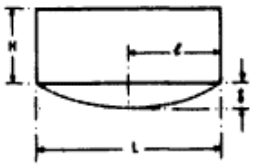
(1) تكون القيم القصوى لكل من التشوه الزاوي (Angular Distortion) والهبوط المتفاوت وهبوط الاساسات حسبما هو وارد في الجدولين رقم (6) و رقم (7).

(2) تؤخذ صغرى القيمتين المستنتجتين من الجدولين رقم (6) و رقم (7) على أنها قيمة الهبوط المتفاوت المسموح بها.

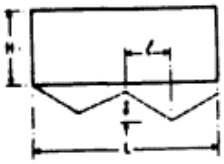
جدول رقم (6)

القيم القصوى المسموح بها للتشوه الزاوي

نوع المبنى	$\frac{L}{H}$	$\frac{\delta}{L}$
هيكل خرساني متعدد الطوابق مقام على اساس حصيرة سماكته (1.2) متر	–	0.001 5
هيكل من الفولاذ ذو جوانب قابلة للحركة	–	0.008
هيكل من الفولاذ أو الخرسانة المسلحة ذو إنهاء داخلي أو خارجي غير حساس للهبوط المتفاوت مثل الزجاج أو الألواح المتحركة.	–	0.003–0.002
هيكل من الفولاذ أو الخرسانة المسلحة ذو إنهاء داخلي أو خارجي حساس للهبوط المتفاوت مثل الملاط والطوب وحجر الزينة	? 5 ? 3	0.002 0.001
جدران حاملة من الطوب أو الخرسانة العادية	? 5 ? 3	0.000 8 0.000 4
منشآت نحيفة طويلة كالصوامع وخزانات الماء المقامة على اساس حصيرة جاسئ	–	0.002
خزانات دائرية من الفولاذ ذات غطاء مثبت ومقامة على قاعدة مرنة	–	0.008
خزانات دائرية من الفولاذ ذات غطاء قابل للحركة ومقامة على قاعدة مرنة	–	0.003–0.002
انابيب خرسانية جاسئة متصلة ببعضها	–	0.015
قبضان السكة التي تتحرك عليها رافعة علوية	–	0.003



هبوط منتظم



هبوط غير منتظم

حيث:–

H = ارتفاع المنشأ كاملا (متر).
L = البعد الافقي للمنشأ (متر).
ℓ = المسافة بين نقطتي الهبوط الاقصى والادنى (متر).
δ = قيمة الهبوط المتفاوت (متر).

جدول رقم (7)

القيم القصوى المسموح بها للهبوط والهبوط المتفاوت

	أساسات منفصلة (ملم)	حصائر (ملم)
الهبوط المتفاوت الاقصى		
طين	38	38
رمل	25	25
الهبوط الاقصى		
طين	64	102 – 64
رمل	38	64 – 38

3/10 معاير رد فعل التربة (Modulus of Subgrade Reaction)

3/10/1 عام :

(أ) يعرف معاير رد فعل التربة بأنه النسبة بين الضغط المؤثر على التربة والهبوط الناتج عن ذلك. ويعبر عنه بالعلاقة التالية :-

$$K_s = \frac{q}{\Delta} \qquad (24)$$

حيث :-

K_s = معاير رد فعل التربة (كيلونيوتن/متر مربع/متر).

q = ضغط التحميل المؤثر على التربة (كيلونيوتن/متر مربع).

Δ = معدل الهبوط (متر).

(ب) يعين معاير رد فعل التربة بإجراء اختبار التحميل الرأسي [راجع البند (6/21/6) من كودة استطلاع الموقع من كودات البناء الوطني الأردني] ورسم منحنى العلاقة بين (q) و (Δ).

(ج) يوصى في الحالات التي يستخدم فيها قرص تحميل قطره (450)ملمتر أو (600)ملمتر أو (750)ملمتر برص أقراص فوق بعضها وذلك لضمان التوزيع المنتظم للاجهادات والهبوط تحت القرص ، ويتم الحصول على المنحنى برسم العلاقة بين الضغط المؤثر على التربة (المحسوب بقسمة الحمل على مساحة القرص) وبين معدل هبوط القرص.

(د) يراعى أن هبوط قرص التحميل تحت تأثير الحمل ليس خطيا كما تدل على ذلك العلاقة رقم [24] الا أنه يسمح لاغراض التحليل الانشائي بافتراض علاقة مرنة.

(هـ) هناك ارتباط بين قيمة معاير رد فعل التربة (K_s) وبين حجم وشكل وجساءة قرص التحميل بالإضافة الى عمق تأثير

الاجهادات في التربة ، وعليه يجب تعديل قيم المعاير (K_s)الذي يتم الحصول عليه من اختبار التحميل الرأسي بما يعكس تأثير حجم وشكل وجساءة الأساس بالإضافة الى الزيادة في الهبوط نتيجة لازدياد عمق تأثير الاجهادات واحتمال التغير في خواص التربة عند هذا العمق.

3/10/2 حساب المعاير (K_s) بالاستناد الى نتائج الفحوص الحقلية :

(أ) يمكن حساب قيمة معاير رد فعل التربة (K_s)بالاستناد الى نتائج اختبار التحميل الرأسي الذي

يتم إجراؤه باستخدام صفيحة تحميل معدنية مربعة الشكل مقاسها $(0.3?0.3)$متر مربع (بدلا من قرص التحميل) باستخدام العلاقة التالية :-

$$K_s = SK?_? \quad (25)$$

حيث :-

K_s = معاير رد فعل التربة (كيلونيوتن/متر مربع/متر).

$K?_?$ = معاير رد فعل التربة لصفيحة تحميل معدنية مربعة الشكل مقاسها $(0.3?0.3)$متر مربع (كيلونيوتن/متر مربع/متر).

S = معامل الشكل للاساس.

(ب) يحسب معاير رد فعل التربة الرملية (K_s) من العلاقة التالية :-

$$K_s = ?_?\frac{b+0.3}{2b}?_?K?_? \quad (26)$$

(ج) يحسب معاير رد فعل التربة الطينية (K_s) من العلاقة التالية :-

$$K_s = ?_?\frac{0.3}{b}?_?K?_? \quad (27)$$

(د) يحسب معاير رد فعل التربة الطينية (K_s) للجزان المقامة عليها من العلاقة التالية :-

$$K_s = \left(\frac{L+0.15}{1.5bL}\right)K \quad (28)$$

حيث :-

L = طول الجائز (متر).

b = عرض الجائز (متر).

3/10/3 حساب المعاير (K_s) بالاستناد الى نتائج الفحوص المخبرية :

يسمح بحساب معاير رد فعل التربة باستخدام معاير المرونة المستنتج من فحوص مخبرية وتطبيق العلاقة التالية :-

$$K_s = 0.65\frac{E_s}{1-\nu^2}\sqrt[12]{\frac{E_s B^4}{E_f I_f}} \quad (29)$$

حيث :-

E_s = معاير مرونة التربة (كيلو نيوتن/متر مربع).

E_f = معاير مرونة القاعدة (كيلو نيوتن/متر مربع).

B = عرض القاعدة (متر).

I_f = عزم القصور الذاتي لمقطع القاعدة الرأسي (متر).

ν = نسبة بواسون للتربة.

ويسمح في معظم الحالات وللاغراض العملية بتبسيط العلاقة رقم [29] لتصبح كما يلي :-

$$K_s = \frac{E_s}{B\left(1-\nu^2\right)} \quad (30)$$

3/10/4 حساب المعاير (K_s) بالاستناد الى ضغط التحميل المسموح به :

يسمح في الحالات التي لا تتوفر فيها معلومات أكثر دقة بحساب معاير رد فعل التربة من ضغط التحميل المسموح به (q_a) بتطبيق العلاقة التالية :-

$$K_s = 120\, q_a \quad (31)$$

حيث :-

K_s = معاير رد فعل التربة (كيلونيوتن/متر مربع/متر).

q_a = ضغط التحميل المسموح به للتربة (كيلونيوتن/متر مربع).

على أن يتم التحقق من قيمة معاير رد فعل التربة (K_s) بفحوص حقلية قبل المباشرة بتنفيذ الاساسات في حالة المنشآت الهامة

والحساسة.

3/10/5 القيم المفترضة لمعاير رد فعل التربة (K_s):

تكون القيم المفترضة لمعاير رد فعل التربة (K_s) حسب الجدولين رقم (8) و رقم (9).

جدول رقم (8)

القيم المفترضة لمعاير رد فعل التربة الرملية (K_s)

الكثافة النسبية	مفككة	متوسطة الكثافة	كثيفة
	اقل من 10	30 – 10	اكبر من 30
القياسي (K_s) للتربة الرملية الجافة أو الرطبة (كن/م2/م)	15 000	45 000	175 000
(K_s) للتربة الرملية المغمورة (كن/م2/م)	10 000	30 000	100 000

جدول رقم (9)

القيم المفترضة لمعاير رد فعل التربة الطينية الصلدة (K_s)

القوام	صلدة	صلدة جدا	قاسة
	215 – 105	430 – 215	اكبر من 430
تماسك التربة المستنتج من فحص الضغط اللامحصور (كن/م2) (K_s) (كن/م2/م)	25 000	50 000	100 000

3/10/6 التفاعل بين الاساس والتربة وعلاقته بجساءة الاساس :

(أ) يراعى في معظم الأحيان أن العامل الرئيسي في التفاعل بين الاساس والتربة هو جساءة الانحناء (Flexural Rigidity EI) لذلك الاساس ، بينما يكون تأثير التغير في معاير رد فعل التربة (K_s) ذا أهمية أقل ، إذ لا تسبب الزيادة الكبيرة في قيمة هذا المعامل زيادة كبيرة مناظرة في قيمة تزخيم الاساس ، وعليه فلا ضرورة في معظم الأحيان لتحديد قيمة هذا المعاير بدقة عالية.

(ب) يسمح باستخدام قيمة ثابتة للمعاير (K_s) ، أي بافتراض سلوك تام المرونة للتفاعل بين التربة والاساس حسبما هو وارد في هذا البند للقواعد والاساسات السطحية بأنواعها كافة لكون جساءة الانحناء لهذه الاساسات عالية نسبيا ولمشاكة المنشأ الفوقي (Superstructure) في رفع جساءة الاساس. أما في الحالات التي تكون فيها جساءة الاساس صغيرة نسبيا ومشاكة المنشأ الفوقي في هذه الجساءة ضئيلة فيجب الأخذ في الاعتبار أن قيمة المعاير (K_s) ليست ثابتة وتقل مع زيادة الحمل (كمثال على ذلك خزانات المياه المقامة على الارض).

3/10/7 علاقة الهبوط بمعاير رد فعل التربة :

يجب الحذر عند استخدام معاير رد فعل التربة في حساب قيمة الهبوط حيث أن الدقة في قيمة الهبوط المحسوبة تعتمد بشكل أساسي على الدقة في تحديد قيمة المعاير (K_s).

3/10/8 معاير رد فعل التربة الجانبي :
(Lateral Modulus of Subgrade Reaction)

يحسب معاير رد فعل التربة الجانبي (K_{sh}) من العلاقة التالية:-

$$K_{sh} = 80\, q_a \qquad (32)$$

حيث :-

K_{sh} = معاير رد فعل التربة الجانبي (كيلونيوتن/متر مربع/متر).

q_a = ضغط التحميل المسموح به للتربة (كيلونيوتن/متر مربع).

3/11 الجدران الساندة

11/1/3 قدرة التحمل القصوى وضغط التحميل

المسموح به وضغط التحميل المفترض :

يراعي ما ورد في المواد (3/2) و (3/3) و (3/4).

3/11/2 الهبوط :

(أ) عام :

يراعى ما ورد في البنود (3/9/1) و (3/9/2) و (3/9/3) و البند الفرعي (3/9/4أ).

(ب) الهبوط المتفاوت :

تتخذ الوسائل التالية لمنع حدوث الهبوط المتفاوت بمقادير كبيرة :-

* وضع تربة قوية بدلا من التربة الضعيفة ، ودمكها.
* تثبيت التربة باستخدام الإسمنت أو الجير.
* زيادة عرض الجدار الساند الملامس لطبقة التأسيس.
* عمل فواصل رأسية في الجدار الساند على مسافات لا تزيد عن (30)متر.

الباب الرابع

تصميم الاساسات

4/1 اعتبارات التصميم الانشائي

1/1/4 عام :

يرتبط تصميم كل من المنشآت الفوقية (Superstructures) والمنشآت التحتية (Substructures) مع خواص طبقة التأسيس لرتباطا وثيقا. ويعتمد اختيار نوع الاساس على عدة عوامل مرتبطة بطبيعة التربة وطبيعة المنشأ واستعماله ، والقيود الطبيعية والقانونية الخاصة باستعمال الموقع ، والموارد المادية المتوفرة. هذا ، وتهبط الاساسات تحت تأثير الاحمال المؤثرة عليها ، كما تهبط تحت تأثير واحد أو أكثر من الأسباب التالية :-

* انتفاخ وانكماش التربة الطينية بسبب التغيرات الفصلية ، وتأثير المزروعات.
* تأثر التربة الداعمة للاساسات بحرارة أو برودة صناعية.
* التغير في منسوب المياه الأرضية أو في محتوى رطوبة التربة.
* الاهتزازات بما فيها الهزات الأرضية ، أو تلك الناشئة عن دوران الآلات أو مرور المركبات.
* تلف طبقات الطمم المقام عليها الاساسات.
* حركة أرضية ناشئة عن حفريات قريبة أو أعمال تحت أرضية.
* التعرية تحت السطحية (Subsurface Erosion or Piping Erosion) للتربة الناتجة عن تأثير قوى التسرب(Seepage Forces) ، أو ضخ الماء.
* تفتت وحت التربة بسبب حركة الماء.

4/1/2 التوافق بين المنشآت التحتية والفوقية وتربة التأسيس :

(أ) يجب دراسة كل من المنشآت التحتية والفوقية وتربة التأسيس كوحدة واحدة ، وذلك للوصول الى افضل الحلول

الإنشائية من الناحية الاقتصادية.

(ب) يجب عند تصميم المنشآت المهمة دراسة صلابتها الكلية ، وصلابة المنشآت التحتية ، وعلاقة ذلك بهبوط الاساسات.

4/1/3 الهبوط المتفاوت :

(أ) يراعى ما ورد في البند (3/9/4).

(ب) يراعى ما ورد في البندين الفرعيين (3/9/2أ) و (3/9/3أ).

4/1/4 التغير في الظروف الأرضية :

يجب دراسة أية تغيرات في صفات وخواص طبقات التأسيس افقيا ورأسيا ، وكذلك التغير في سماكة هذه الطبقات ، أو محتواها المائي ، أو التغير في منسوب المياه الأرضية ، على أن تراعي الدراسة إمكانية احتواء طبقات الارض على مغر أو جيوب من مواد ناعمة أو عضوية أو أملاح قابلة للذوبان. هذا ويجب مراعاة ما يلي :-

* تفادي البناء في مواقع غير مستقرة أو قابلة للانزلاق.
* تغيير اتجاه تسرب المياه الطبيعي بعيدا عن اساسات أي مبنى.
* تجنب عمل حفريات بجوار المباني الى عمق أكبر من مناسيب تأسيسها دون سند جوانب الحفر.

4/1/5 أحمال الاساسات :

(1) عام :

(1) يعتبر الحمل الأقصى المؤثر على الاساسات بأنه مجموع الحمل الميت والحمل الحي

وحمل الرياح وحمل الزلازل وخلافها من الاحمال المنصوص عليها في كودة الأحمال والقوى من كودات البناء الوطني الأردني وبالتجميع والتوزيع المنصوص عليهما في الكودة التي يتم تصميم المنشأ بمقتضاها وما هو وارد في البند الفرعي (4/1/5ب) من هذه الكودة.

(2) يعتمد ضغط التحميل الكلي على توزيع الحمل واتجاهه ولامركزيته.

(3) يراعى ما ورد في كودة الأحمال والقوى من كودات البناء الوطني الأردني بالنسبة لتعريفات أنواع

الاحمال وأساليب حسابها.

(ب) تجميع الاحمال المؤثرة والنسب المسموح بها في زيادة ضغط التحميل :

(1) يجب ألا يزيد ضغط التحميل الناتج عن مجموع الاحمال الميتة والأحمال الحية عن ضغط التحميل المسموح به.

(2) يجب ألا يزيد ضغط التحميل الناتج عن مجموع الاحمال الميتة والأحمال الحية وأحمال الرياح عن ضغط التحميل المسموح به مضروبا في المعامل (1.25).

(3) يجب ألا يزيد ضغط التحميل الناتج عن مجموع الاحمال الميتة والأحمال الحية واحمال الزلازل عن ضغط التحميل المسموح به مضروبا في المعامل (1.3).

(4) لأغراض هذه الكودة تعتبر الاحمال الناتجة عن ضغط التربة والسوائل أحمالا ميتة. أما الاحمال الاستاتيكية المكافئة للاحمال الديناميكية فتعتبر أحمالا حية.

(5) يراعى أن الاحمال الوارد ذكرها في هذه الكودة هي الاحمال المميزة وليست الاحمال التصميمية (أي أنها ليست تلك المضروبة في معامل امان).

(ج) الحمل اللاموكزي :

(1) هو حمل لا يؤثر في موكز مسطح الاساس.

(2) يجب ألا يزيد الضغط الاقصى الناتج عن التحميل اللاموكزي عن ضغط التحميل المسموح به للتربة.

(د) الحمل المائل :

(1) هو حمل غير شاقولي يؤثر على الاساس الافقي.

(2) يسمح باستخدام العلاقة المبسطة التالية لتصميم أساس يؤثر عليه حمل مائل :-

$$\frac{v}{p_v}+\frac{H}{p_h}<1 \qquad (33)$$

حيث :-

v = المركبة الرأسية للحمل المائل.

H = لإكبة الأفقية للحمل المائل.

P_v = الحمل الرأسي المسموح به.

P_h = الحمل الافقي المسموح به.

(3) يجب ألا تزيد لإكبة الأفقية للحمل عن مجموع المقاومة المانعة (Passive Resistance) في التربة الملامسة للوجه الرأسي للقاعدة ومقاومة الاحتكاك على سطح القاعدة السفلي الافقي مع أخذ عامل أمان لا يقل عن .(2.0)

(4) يجب مراعاة أن تكون النسبة الواردة في العلاقة رقم (33)أكثر تحفظا للاساسات السطحية المقامة على تربة غير متماسكة ، حيث تكون النسبة بين عمق التأسيس (D) وعرض الاساس(B) قليلة وذلك في الحالات التي تكون فيها لإكبة الأفقية للحمل المائل كبيرة بالمقارنة مع لإكبة الرأسية.

(هـ) الاحمال الديناميكية :

(1) عام :

* تشمل الاحمال الديناميكية كل من الاحمال اللحظية والأحمال المتذبذبة التي تتميز بوجود فترة زمنية قصيرة بين كل حمل وآخر بدرجة تكفي لأحداث استجابة اهتزازيه في المنشأ وقواعده.

* تتأثر تربة التأسيس بالأحمال الديناميكية ، إذ قد تؤدي تلك الاحمال الى انفعالات تتزايد تراكميا لا تعود التربة الى حالتها الأولى بعد زوال تلك الاحمال ، فتهبط التربة غير المتماسكة المفككة ، أو متوسطة الكثافة عند تعرضها للاحمال الديناميكية بسبب انضغاطها ، كما قد يؤدي وجود الماء فيها وتعرضها الى تلك الاحمال الى عدم ثباتها بسبب الزيادة في ضغط الماء المسامي(Pore Pressure) ، كما تتعرض التربة ضعيفة الترابط الى التفكك عند تعرضها لتلك الاحمال. أما الطين سابق التضاغط (Overconsolidated) فقد يلين عند تعرضه الى احمال متذبذبة ، وتظهر الليونة عند إزالة الحمل المتذبذب ، إذ تمتص التربة الماء بعد زوال تأثير هذا الحمل (مثل حالة التربة الواقعة تحت الجائز العرضي لقضبان السكك الحديدية).

(2) تحديد سلوك التربة :

* لمعرفة سلوك التربة تحت تأثير الاحمال الديناميكية يجب تحديد كثافتها النسبية ، وخواصها الفيزيائية مثل كثافتها الكلية (Bulk Density) ، ومحتوى رطوبتها ، وتدرجها الحبيبي.
* يعد تعيين الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة أكثر أهمية من تعيين كثافتها في الحقل ، وقد يتطلب ذلك فحوصا مخبرية على عينات منها لتحديد كثافتيها العظمى والدنيا ، على أن يراعى أن تكون تلك العينات ممثلة بقدر الامكان لتربة الموقع ، ويمكن تحديد الكثافة النسبية للتربة بإجراء اختبارات في الموقع.
* يجب تحديد عدد من خواص التربة المرنة الديناميكية مثل معاير القص الديناميكي (G) (Dynamic Shear Modulus) ومعاير المرونة (E) (Elastic Modulus) ، ونسبة بواسون (Poisson Ratio) (٧) ، ويتم الرجوع في ذلك الى مراجع اكثر تخصصا.

(3) اعتبارات التصميم :

* عند تصميم أساسات معرضة لاحمال ديناميكية يجب ضمان عدم حدوث رنين (Resonance) بين تردد الحمل المتذبذب والتردد الحرج (Critical Frequency) للتربة والاساس معا.
* حتى في الحالات التي لا يظهر فيها الرنين فإنه من الضروري الإقلال من سعة الذبذبات (Amplitude) الى الحد الذي تتحمله كل من الالة والاساس. وعلى الرغم من الحفاظ على مستوى مقبول لاهتزاز كل من الالة والتربة من حيث مقدار الهبوط المسموح به ، فإنه قد يحدث الرنين في عدد من أجزاء المنشأ كالنوافذ والأبواب والقسامات. لذا يجب تخفيض سعة ذبذبات مسببات الاهتزاز أو عزلها.
* اذا تبين من الدراسات الأولية للتصميم أن التردد الحرج للاساس قريب جدا من تردد التشغيل ، فإنه يمكن اتخاذ الإجراءات التالية :-

- زيادة التردد الطبيعي للاساس في حالة كون تردد التشغيل أقل من التردد الحرج للأساس ، كما هو الحال في المحركات الترددية (Reciprocating Engines) ويكون ذلك

بزيادة مساحة تلامس الاساس مع التربة وزيادة عزم القصور الذاتي لتلك المساحة ، كما يمكن زيادة التردد الطبيعي للاساس بزيادة جساءة نظام التأسيس (Foundation-Soil System) بحقن تربة التأسيس أو باستخدام الخوازيق.

- خفض التردد الطبيعي للاساس في حالة كون تردد التشغيل أكبر من التردد الحرج للاساس. ويكون ذلك بزيادة كتلة الاساس دون أية زيادة في مساحة تلامسه مع التربة ، الأمر الذي يترتب عليه زيادة ضغط التحميل على التربة ، على ألا يزيد عن ضغط التحميل المسموح به.
- يجب وضع وسائد مانعة للاهتزاز (Anti-Vibration Mountings) بين الآلات الترددية والاساس.

* يصعب حساب التأثير المتراكب الناشئ عن أكثر من مصدر واحد للاهتزاز ، ولهذا يفضل تفادي هذه التأثيرات المتراكبة قدر الامكان وذلك بتثبيت تلك المصادر على أساس مشترك (Combined) ذي جساءة عالية وبحيث يكون التشوه الحاصل في الاساس المشترك صغيرا بالمقارنة مع سعة الاهتزاز.

* بشكل عام يجب عدم الربط بين اساسات الماكينات و أساسات المنشأ المحيطة بها.

* تستخدم وسائد مانعة للاهتزاز اذا تبين من الدراسات الأولية لتصميم الاساسات أنه لا يمكن خفض فترة اهتزاز الذبذبات الى الحدود المسموح بها دون زيادة غير اقتصادية في حجم الاساسات.

4/2 اعتبارات التصميم المتعلقة بالإنشاء

4/2/1 عام :

يجب أن يراعى التصميم الانشائي للاساسات طرق الانشاء ، لذا فإنه يجب الأخذ بعين الاعتبار ما قد ينجم عن الخطوات الإنشائية اللازمة لذلك كالطوبار ، وتدعيم جوانب الحفر ، وأنظمة تصريف المياه.

4/2/2 متانة المنشآت المنفذة جزئيا :

(أ) يكون معامل الامان المستخدم لتصميم الاساسات والمنشآت تحت السطحية كافيا لمجابهة جميع الظروف التي قد تنشأ أثناء التنفيذ.

(ب) يجب اتخاذ جميع التدابير اللازمة للحيلولة دون تعرض متانة ثبات المنشآت المنفذة جزئيا للانهيار بسبب عمليات الحفر أو الردم أو نضح الماء.

(ج) يجب أن تكون المنشآت المنفذة جزئيا متينة بدرجة كافية لمقاومة الاحمال المؤثرة عليها.

4/2/3 السماكة الدنيا للغطاء الخرساني :

يجب الا تقل سماكة الغطاء الخرساني لقضبان تسليح الاساسات عما يلي :-

* (75)ملمتر للسطح السفلي للاساس عند الصب على التربة مباشرة.
* (40)ملمتر للسطح السفلي للاساس عند الصب على خرسانة نظافة.
* (75)ملمتر لجوانب الاساس عند الصب ضمن الحفريات مع مراعاة أنه في حالة عدم انتظام سطوح جوانب الحفر تتم زيادة سماكة الغطاء لضمان عدم نقصه عن هذه القيمة عند أي مقطع.
* (40)ملمتر لجوانب الاساس عند الصب على الطوبار.

4/3 اعتبارات تصميم الاساسات السطحية

4/3/1 عام :

(أ) **يعتمد عمق التأسيس للاساسات السطحية على ما يلي :-**

* عمق طبقة التأسيس الملائمة.
* العمق الواجب الوصول إليه في التربة الطينية القابلة للانتفاخ والانكماش لتجاوز المنطقة التي تنتفخ وتنكمش بسبب تغيرات الجو الفصلية ، أو بسبب الاشجار والشجيرات.
* العمق الواجب الوصول إليه لتجاوز المنطقة التي قد تتأثر بالصقيع.
* العمق الذي لا يتأثر بالحرارة أو البرودة المنقولة من المبنى الى طبقة التأسيس.

* العمق الواجب الوصول إليه لتجاوز نطاق انجراف التربة.

(ب) **يجب ألا يقل عمق التأسيس عما هو وارد في الجدول رقم (10).**

4/3/2 ضغط التحميل المسموح به :

(أ) يراعى ما ورد في الباب الثالث من هذه الكودة.

(ب) يوصى بأن يتطابق وكز ثقل مساحة الاساس مع وكز ثقل الاحمال المؤثرة عليه ، وأن تعذر ذلك فيجب ألا تزيد قيمة لاوكزية الاحمال عن (1/6)مقاس الاساس في كلا الاتجاهين.

(ج) يجب اختيار أبعاد الاساسات بحيث يتم تقليل الهبوط المتفاوت الى الحد الأدنى الممكن [انظر الجدول رقم (6)].

4/3/3 اختيار نوع الاساس السطحي :

(أ) يراعى ما ورد في المواد (2/1) و (2/2) من هذه الكودة.

(ب) يجب ألا يزيد ضغط التحميل عند منسوب التأسيس عن ضغط التحميل المسموح به للتربة عند هذا المنسوب.

4/3/4 تأثير تغيرات الجو الفصلية :

انتفاخ وانكماش التربة الطينية :

(1) تتعرض التربة الطينية في الفصول غير الماطرة الى انخفاض في محتوى رطوبتها ، مما يسبب انكماشا في حجمها يصاحبه ظهور تشققات. ويتوقف مدى وعمق جفاف التربة على طول فترة انحباس الأمطار ، وحرارة وجفاف الجو ، وتسرب المياه الى التربة من تمديدات المياه والمجاري ومستودعات الماء الأرضية(Aquifers) والينابيع ، وتركيز الحياة النباتية.

(2) تنتفخ التربة الطينية في الفصول الماطرة ، وتميل التشققات الموجودة بالتربة الى الانغلاق ،

جدول رقم (10)

العمق الأدنى لمنسوب التأسيس المسموح به

تحت المنسوب النهائي للأرض المحيطة بالمنشأ

تربـــة	صخـــر*
تربة	

خشنة	تربة ناعمه							
تربة طمييه	تربـة طينيـة			ضعيف جدا	متوسط الضعف	قوي		
قابلية الانتفاخ والانكماش				الى ضعيف	الى متوسط القوة	الى قوي جدا		
منخفضة	متوسطة	عالية	عالية جدا					
(م)	(م)	(م)	(م)	(م)	(م)	(م)	(م)	(م)
1.2	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0	1.2	0.8	0.6

* يراعى ما ورد في الجدول رقم (19) من كودة استطلاع الموقع من كودات البناء الوطني الأردني لمصطلحات الصخر من حيث القوة.

ويستكمل جزئيا نقص الماء الحادث في التربة أثناء فترة الجفاف.هذا وعلى الرغم من غزارة مياه الأمطار وكفايتها لسد نقص الماء في التربة ، إلا أن تدني معامل نفاذية التربة الطينية قد يترك المنطقة تحت السطحية غير مشبعة تماما لفترة زمنية طويلة.

(3) يؤخذ في الاعتبار تأثير التغيرات الحجمية والاجهادات المصاحبة لها في الطبقات الطينية على تصميم عناصر المنشأ الملامسة لها أو الواقعة ضمنها على عمق يقل عن العمق الأدنى لمنسوب التأسيس المسموح به الوارد في الجدول رقم (10).

(4) يزداد انكماش الطين بسبب وجود الاشجار أو الشجيرات ، ويتوقف مدى ذلك الانكماش على نوع وحجم وعدد تلك الاشجار أو الشجيرات. هذا ويستنزف الماء بصورة دائمة من الاجزاء القريبة جدا من الاشجار ، وقد يمتد العمق الذي يستنزف منه الماء بالقرب من الاشجار تامة النمو الى (5) متر.

(5) يجب أبعاد الاساسات التي لا يتجاوز عمقها (1.5) متر والواقعة على تربة طينية قابلة للانتفاخ والانكماش عن جميع الاشجار بمسافة لا تقل عن نصف طول الشجرة تامة النمو ، هذا ويراعى زيادة تلك المسافة اذا كانت الاشجار في صفوف. كما يجب مراعاة ما ورد في هذه الفقرة عند زراعة الاشجار بعد إتمام البناء.

(6) يؤخذ بعين الاعتبار ان للشجيرات تأثيرا متلفا على الاساسات السطحية يعادل تأثير الاشجار على تلك الاساسات.

(7) يراعى ما ورد في البند (3/6/5).

4/3/5 تأثير السخونة :

(أ) يتسبب تركيب المراجل والأفران والكبول تحت الأرضية ، وغيرها من مصادر الحرارة الصناعية في انكماش الطين الواقع تحتها بالجفاف ، هذا وقد يمتد هذا الجفاف الى عمق كبير في التربة.

(ب) تعزل مصادر الحرارة العالية عن التربة والاساسات بوسيلة مناسبة كاستعمال مواد عازلة. أما

إذا كانت كمية الحرارة المنبعثة من المصدر كبيرة فيوصى باستخدام نظام للتهوية أو التبريد بدفع الهواء أو الماء [انظر المرجع رقم (6)].

4/3/6 توزيع الاجهادات تحت القواعد المحملة لاوكزيا :

(أ) قد تتعرض قواعد المنشآت الى عزوم بالإضافة الى أحمال محورية ، ويترتب على ذلك عدم انطباق خط عمل محصلة الضغط على التربة مع وكز مسطح القاعدة.

(ب) لا يوصى بأن تزيد لاوكزية التحميل (e) عن (1/6) مقاس القاعدة.

(ج) يسمح بافتراض شكل توزيع الاجهادات في مساحة التلامس بين الاساس وتربة التأسيس باستخدام نظرية المرونة وذلك للاجهادات التي تقل عن ضغط التحميل المسموح به. وتحسب الاجهادات تحت أساس جاسئ محمل لاوكزيا حسب العلاقة التالية :-

$$q = \frac{P}{A} ? \frac{M_x . y}{I_x} ? \frac{M_y . X}{I_y} \quad (34)$$

حيث:-

q = الإجهاد تحت القاعدة عند النقطة موضع الدراسة (كيلونيوتن/ مترمربع).

P = محصلة الحمل الرأسي (كيلونيوتن).

M_x = العزم حول المحور (X) (كيلونيوتن.متر) ويحسب من العلاقة التالية:-

$$M_x = P e_y \quad (35)$$

M_y = العزم حول المحور (Y) (كيلونيوتن.متر) ويحسب من العلاقة التالية:-

$$M_y = P e_x \quad (36)$$

x = المسافة المقاسة من المحور (Y) الى النقطة موضع الدراسة (متر).

Y = المسافة المقاسة من المحور (X) الى النقطة موضع الدراسة (متر).

I_x = عزم القصور الذاتي لمسطح القاعدة حول المحور (X) (متر4).

I_y = عزم القصور الذاتي لمسطح القاعدة حول المحور (Y) (متر4).

e_x = مقدار اللاوكزية باتجاه المحور (X) (متر).

e_y = مقدار اللاوكزية باتجاه المحور (Y) (متر).

(هـ) إن مقدار التلاصق بين الاساس والتربة ضعيف جدا في مقاومة إجهاد الشد ، وعليه تعتبر قيمة ذلك الإجهاد مساوية للصفر ولا يسمح باستخدام العلاقة رقم (36) اذا وقعت محصلة القوى المؤثرة على الاساس خارج ثلثه الأوسط.

4/4 اعتبارات تصميم الاساسات المشتركة والاساسات الطولية المستمرة وأساسات الحصيرة

4/1/4 عام :

(أ) لعدم وجود طريقة حسابية دقيقة تأخذ في الاعتبار جميع العوامل المؤثرة في التصميم وتسمح بحساب الاجهادات (Contact Pressure)

على التربة تحت الاساسات بدقة ، فإنه يسمح باستخدام فرضيات مبسطة بناء على معرفة واعية لتفاعل عناصر المنشأ المختلفة بعضها مع بعض وكذلك مع التربة.

(ب) يجب أخذ العوامل التالية في الاعتبار عند حساب الاجهادات على التربة تحت الاساسات :-

* **نوع التربة تحت الاساس :**

يجب أن تعتمد أية طريقة للتحليل الانشائي للاساسات المشتركة والاساسات الطولية المستمرة وأساسات الحصيرة على تحديد الخصائص الميكانيكية للتربة الواقعة تحتها مباشرة ، على أن يؤخذ في الاعتبار زيادة قيم الاجهادات تحت الاساس على طول حوافه الخارجية بالنسبة لقيمتها تحت منتصفه وذلك للاساسات الجاسئة المقامة على تربة متماسكة.أما بالنسبة للاساسات الجاسئة المقامة على تربة غير متماسكة فتزيد قيم الاجهادات تحت منتصف الاساس بالنسبة لقيمها تحت الحواف.

* **تضاغط التربة العميقة تحت منسوب التأسيس:**

يجب أن يتضمن التحليل الانشائي للاساسات المشتركة والاساسات الطولية المستمرة وأساسات الحصيرة اعتبارات التضاغط طويل الأمد لطبقات التربة الواقعة تحت منسوب التأسيس وحتى العمق الذي يؤثر عنده تضاغطها على سلامة المنشأ أو حسن أدائه. إذ يجب أن يتضمن التحليل الانشائي للاساسات المقامة على تربة طينية قابلة للتضاغط تحليلا للاجهادات بعد الانشاء مباشرة ، وتحليلا آخر بعد اكتمال التضاغط طويل الأمد.

* **لاوكرية التحميل :**

يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تصميم الاساسات التغير في توزيع الاجهادات المؤثرة على التربة تحت الاساس الناتج عن التحميل اللاوكري وحسب البند (4/3/6).

* **التفاعل الانشائي بين الاساس والتربة :**

تتفاعل الاساسات المشتركة والطولية المستمرة وأساسات الحصيرة إنشائيا مع التربة تحت تأثير الاحمال حيث يكون الترخيم الحاصل في الاساس عند أي نقطة ضمن مساحته مساويا لهبوط التربة عند تلك

النقطة. وتعتمد قيمة الترخيم في الاساس على جساءته وجساءة المنشأ المقام عليه من ناحية ومعاير رد فعل التربة من ناحية أخرى.

4/4/2 توزيع ردود أفعال التربة :

(أ) عام

(1) يعتمد توزيع الاجهادات على التربة تحت الاساس المشترك أو الطولي المستمر أو أساس الحصيرة على رد فعل التربة (Subgrade Reaction).ويسمح بافتراض توزيع خطي للاجهادات عندما تبرر جساءة الاساس وتفاعله مع التربة ذلك. وفي جميع الحالات يجب أن تكون كل من محصلة الاجهادات على التربة ومحصلة الاحمال المؤثرة متساوية ومتعاكسة وواقعة على خط العمل ذاته.

(2) يجب ألا تتجاوز قيمة الإجهاد على التربة ، الحد الذي يسبب هبوطا أكبر من القيم المسموح بها.

(ب) التوزيع الخطي لضغط التربة :

(1) يسمح بافتراض توزيع خطي للاجهادات على التربة عندما يكون الاساس ذا جساءة كافية حسبما هو ولرد في البندين الفرعيين (4/4/4أ) و (4/4/5أ).

(2) تعتمد جساءة الأساس على عزم القصور الذاتي لمقطعه ومعامل مرونته والتباعد بين الأعمدة وجساءة المنشأ المقام عليه.

(ج) حساب الاجهادات على التربة المستند الى ردود أفعالها.:

(1) يعتمد تصميم الاساسات المشتركة والطولية المستمرة وأساسات الحصيرة للمبنى على نظريات رد فعل التربة المرن المستندة الى تبسيط العلاقة المعقدة بين الإجهاد والهبوط في التربة.

(2) يتم إجراء هذا التحليل باستخدام معاير رد فعل التربة (K_s)حسبما ورد في المادة (3/10) من هذه الكودة.

(3) باستخدام هذه الطريقة يمكن الحصول على نتائج ذات دقة مقبولة عند تطبيقها على تربة يكون من خصائصها اقتصار الهبوط الناتج عن الاحمال على منطقة التحميل وعندما تقل الاجهادات على التربة عن نصف قدرة التحمل القصوى لها.

(د) أحمال الاساسات وتجميعاتها والنسب المسموح بها في زيادة ضغط التحميل:

يراعى ما ورد في البند الفرعي (4/1/5أ) و البند الفرعي (4/1/5ب) من هذه الكودة.

4/4/3 الاساسات ذات العمودين :

(أ) الاساسات مستطيلة الشكل :

(1) تكون أبعاد هذا الوع من الاساسات بحيث لا تتجاوز الاجهادات على التربة الواقعة تحتها في أي موضع ضغط التحميل المسموح به.

(2) تعتبر الاساسات المستطيلة المشتركة لعمودين ذات جساءة كافية تسمح بافتراض توزيع خطي للاجهادات على التربة تحتها كما هو وارد في هذا البند باستثناء الحالات التي تكون فيها مسافة تباعد العمودين كبيرة وسماكة الاساس صغيرة نسبيا حيث يجب حساب توزيع الاجهادات على التربة تحت الاساس باستخدام طرق الحساب الخاصة بالاساسات المرنة.

(3) تحسب جميع العزوم المؤثرة على القاعدة حول وكز مساحة الاساس وعلى السطح السفلي لها.

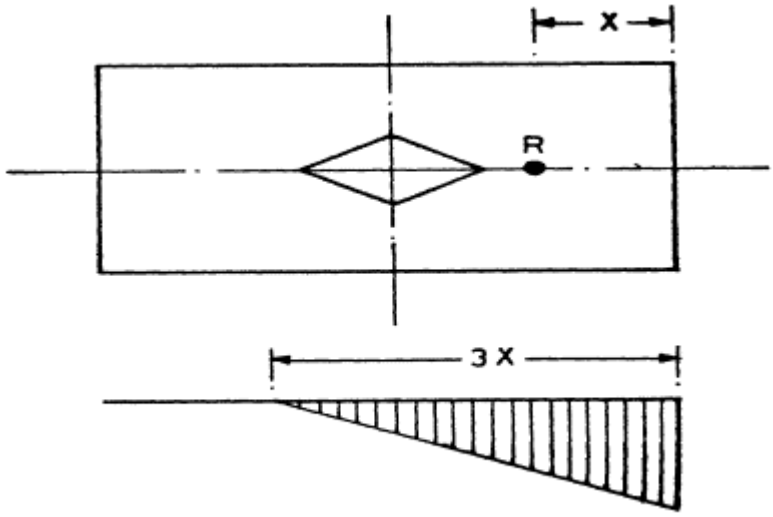
(4) تعتبر الاجهادات على التربة الواقعة تحت الاساس منتظمة التوزيع عندما يتطابق وكز مساحة الاساس مع محصلة الاحمال المنقولة من العمودين والمشتملة على عزوم الانحناء.

(5) يتم حساب توزيع الاجهادات على التربة الواقعة تحت الاساس حسبما ورد في البند (4/3/6) من هذه الكودة عندما تقع محصلة الاحمال المنقولة من العمودين ضمن الثلث الأوسط للاساس.

(6) يوصى بالا تقع محصلة الاحمال المنقولة من العمودين خارج الثلث الأوسط للاساس. أما في الحالات الخاصة التي لا يمكن تفاديها فيحسب توزيع الاجهادات على التربة

بحيث تكون ذات قيمة قصوى عند الحافة المضغوطة من الاساس وصفرا عند نقطة تبعد عن حافة الاساس المضغوطة مسافة تساوي (3) أمثال البعد بين نقطة تأثير محصلة الاحمال وتلك الحافة المضغوطة

وبتوزيع خطي [انظر الشكل رقم (9)].



شكل رقم (9)

توزيع الاجهادات على التربة عند وقوع محصلة الاحمال

خارج الثلث الأوسط للاساس

(ب) الاساسات ذات الشكل شبه المنحرف أو الأشكال غير المنتظمة :

(1) تستخدم الاساسات ذات الشكل شبه المنحرف أو الأشكال غير المنتظمة لتقليل أو إلغاء لاوكرية التحميل حيث يسمح بافتراض توزيع خطى للاجهادات على التربة حسبما ورد في الفقرة (2) من البند الفرعي (4/4/3أ).

(2) يتم حساب توزيع الاجهادات على التربة الواقعة تحت الاساس حسبما ورد في البند (4/3/6) من هذه الكودة.

4/4/4 الاساسات الطولية المستمرة :

(أ) أساسات المنشآت الجاسئة:

(1) تصمم الاساسات الطولية المستمرة كأساسات جاسئة معرضة لضغط تربة ذي توزيع خطي اذا كانت المنشآت المقامة عليها ذات جساءة لا تسمح بهبوط متفاوت لكل عمود عن الآخر.

(2) لأغراض تحديد الجساءة التقريبية للاساسات الطولية المستمرة وامكانية اعتبارها أساسات جاسئة ، يتم حساب الجساءة المشتركة لكل من الاساس وعناصر هيكل المنشأ والجدران المقامة على الاساس ومقارنتها بجساءة التربة ، حيث تحسب نسبة جساءة المنشأ الى جساءة التربة باستخدام العلاقة التالية :-

$$K_r = \frac{EI_B}{E_s B^3} \qquad (37)$$

حيث :-

K_r = الجساءة النسبية.

E = معاير مرونة المواد المستخدمة في المنشأ (كيلونيوتن/ متر مربع).

I_B = عزم القصور الذاتي للمنشأ لكل وحدة طول (متر مكعب).

E_S = معاير مرونة التربة (كيلونيوتن/متر مربع).

B = عرض الاساس (متر).

(3) يمكن حساب قيمة تقريبية للمقدار (EI_B) لكل وحدة طول من المبنى بجمع الجساءة الانحنائية (Flexural Rigidity) للقاعدة $(E_f I_f)$ و الجساءة الانحنائية لكل عنصر في الهيكل (EI_b) والجساءة الانحنائية لجدران القص $\left(E\frac{ah^3}{12}\right)$ كما يلي :-

$$EI_B = E_f I_f + \Sigma EI_b + \Sigma E\frac{ah^3}{12} \qquad (38)$$

حيث :

I_b = عزم القصور الذاتي لأي عنصر في المنشأ (متر).

I_f = عزم القصور الذاتي للقاعدة (متر).

E_f = معاير مرونة الاساس (كيلونيوتن/متر مربع).

a = سماكة الجدار (متر).

h = ارتفاع الجدار (متر).

(4) يعتبر الاساس جاسئا اذا كانت الجساءة النسبية (K_r) أكبر من (0.5) ويعتبر مرنا اذا كانت الجساءة النسبية أقل من (0.5).

(ب) التباعد بين الأعمدة :

يعتبر الاساس الطولي جاسئا اذا كانت قيمة المتوسط الحسابي لبحرين متجاورين $(\bar{\ell})$ أقل من $(1.75/\lambda)$ شريطة ألا يتجاوز التباين في طوليهما أو في قيم الاحمال المؤثرة عليهما (20) بالمائة من القيمة الأكبر للبحر أو الحمل. أما إذا تجاوزت قيمة المتوسط الحسابي لهذين البحرين القيمة $(1.75/\lambda)$ فيتم عندئذ تصميم الاساس وفقا لنظريات معاير رد فعل التربة. وتحسب قيمة (λ) من العلاقة التالية:-

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k_s B}{4 E_f I_f}}$$

حيث :-

λ = الطول المميز (متر).

K_s = معامل رد فعل التربة الرأسي (كيلونيوتن/متر مكعب)

[راجع المادة (3/10) من هذه الكودة].

(ج) تصميم الاساسات الطولية المستمرة المرنة :

تصمم الاساسات الطولية المستمرة المرنة بالاستناد الى نظرية معاير رد فعل التربة ويستعمل الحاسوب لهذا الغرض أو يتم استخدام المعادلات الخاصة التي يمكن الحصول عليها بالرجوع الى مراجع أكثر تخصصا [المرجع رقم (7)].

(د) الطريقة المبسطة لتصميم الاساسات الطولية المستمرة المرنة :

(1) يمكن حساب قوى القص وعزوم الانحناء في أساس طولي مستمر حسب الطريقة المبينة في هذا البند

الفرعي بشرط توفر الشروط التالية:-

* ألا يقل عدد البحور فيما بين الأعمدة عن ثلاثة.
* ألا يزيد التفاوت في الأحمال المؤثرة على الأعمدة المتجاورة عن (20) بالمائة.
* ألا يزيد التفاوت في أطوال البحور المتجاورة عن (20) بالمائة.
* أن يقع المتوسط الحسابي للبحور المتجاورة بين القيمتين $(1.75/\lambda)$ و $(3.50/\lambda)$

(2) إذا تحققت الشروط المذكورة أعلاه فإنه يمكن افتراض أن ضغط التربة تحت الاساس يتغير خطيا حيث تكون قيمته القصوى تحت الأعمدة وقيمته الدنيا في منتصف كل بحر.

(3) تطبق العلاقة التالية لحساب عزم الانحناء عند العمود الداخلي رقم (i) [انظر الشكل رقم (10)]:-

$$M_i = -\frac{P_i}{4\lambda}\left(0.24\ \lambda\ \bar{\ell} + 0.16\right) \qquad (40)$$

حيث :-

$(\bar{\ell})$ = المتوسط الحسابي للبحور المتجاورة (متر).

P_i = حمل العمود رقم (i) المطلوب إيجاد قيمة عزم الانحناء عنده (كيلونيوتن).

λ = الطول المميز المحسوب من العلاقة رقم (39) (متر-1).

E_f = معاير مرونة الاساس (كيلونيوتن/متر مربع).

(4) يحسب الضغط على التربة تحت الاساس على عرضه كله عند العمود الداخلي رقم (i) من العلاقة التالية [انظر الشكل رقم (10)]:-

$$q_i = \frac{5p_i}{\bar{\ell}} + \frac{48\,M_i}{\bar{\ell}^2} \qquad (41)$$

كما يحسب الضغط على التربة تحت الاساس على عرضه كله في منتصف البحر بين عمودين من

العلاقتين التاليتين [انظر الشكل رقم (10)] :-

$$q_{m\ell} = 2P_i \frac{\ell_r}{\ell_\ell \bar{\ell}} - q_i \frac{\bar{\ell}}{\ell_\ell} \qquad (42)$$

$$q_{mr} = 2P_i \frac{\ell_\ell}{\ell_r \bar{\ell}} - q_i \frac{\bar{\ell}}{\ell_r} \qquad (43)$$

حيث :-

$q_{m\ell}$ = ضغط التربة عند منتصف البحر الواقع على يسار العمود رقم (i) (كيلونيوتن/متر).

q_{mr} = ضغط التربة عند منتصف البحر الواقع على يمين العمود رقم (i) (كيلونيوتن/متر).

ℓ_ℓ = طول البحر الواقع على يسار العمود رقم (i) (متر).

ℓ_r = طول البحر الواقع على يمين العمود رقم (i) (متر)

(5) للبحور المتساوية وأحمال الأعمدة المتساوية تصبح العلاقة :-

$$q_m = -\frac{48\ M_i}{\ell^2} - \frac{3P_i}{\ell} \qquad (44)$$

حيث :-

q_m = ضغط التربة عند متصف البحر(كيلونيوتن/متر).

ℓ = طول البحر (متر).

(6) أما للاساسات ذات البحور أو الاحمال غير المتساوية فإن حساب قيمة ضغط التربة عند منتصف أي من البحور الداخلية بتطبيق العلاقتين رقم (42) و(43)قد يترتب عليه أن تكون قيمة ضغط التربة عند منتصف البحر المحسوبة لحمل العمود الواقع على يمينه غير مساوية لتلك المحسوبة لحمل العمود الواقع على يساره. وفي تلك الحالة يسمح باعتبار قيمة الضغط عند منتصف البحر مساوية لمعدل تلك القيميتين [انظر الشكل رقم (11)].

(7) تطبق العلاقتين التاليتين لحساب عزم الاساس عند العمود الخارجي وتؤخذ القيمة الأصغر منهما [انظر الشكل رقم (12)]:-

$$M_e = -\frac{P_e}{4\lambda}(0.13\,\lambda\,\ell_e + 1.06\,\lambda\,\ell_c - 0.5) \qquad (45)$$

$$M_e = -\left(\frac{4P_e - q_m\,\ell_e}{4\ell_c + \ell_e}\right)\frac{\ell_c^2}{2} \qquad (46)$$

حيث :-

P_e = حمل العمود الخارجي المطلوب إيجاد عزم الانحناء عنده (كيلونيوتن).

ℓ_e = طول البحر الخارجي من الاساس الطولي المستمر (متر).

ℓ_c = طول البحر المعتلي البارز عن العمود الخارجي (متر).

(8) إذا حددت قيمة (M_e) من العلاقة رقم (45) يحسب الضغط على التربة تحت الاساس على عرضه كله عند العمود الخارجي من العلاقة التالية [انظر الشكل رقم (12)]:-

$$q_e = \frac{4P_e + \frac{6M_e}{\ell_c} + q_m \ell_e}{\ell_c + \ell_e} \qquad (47)$$

$$q_e = -\frac{3M_e}{\ell_c^2} - \frac{q_e}{2} \qquad (48)$$

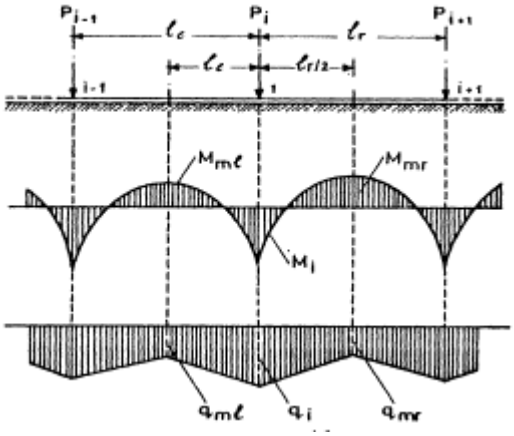
حيث :-

q_e = الضغط على التربة عند العمود الخارجي (كيلونيوتن/متر مربع).

q_c = الضغط على التربة عند نهاية البحر المعتلي (كيلونيوتن/متر مربع).

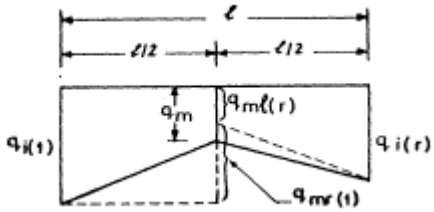
أما إذا حددت قيمة (M_e) من العلاقة رقم (46) فيحسب الضغط على التربة تحت الأساس وعلى عرضه كله عند العمود الخارجي من العلاقة التالية :-

$$q_e = q_c = \frac{4P_e - q_m \ell_e}{4\ell_c + \ell_e} \qquad (49)$$



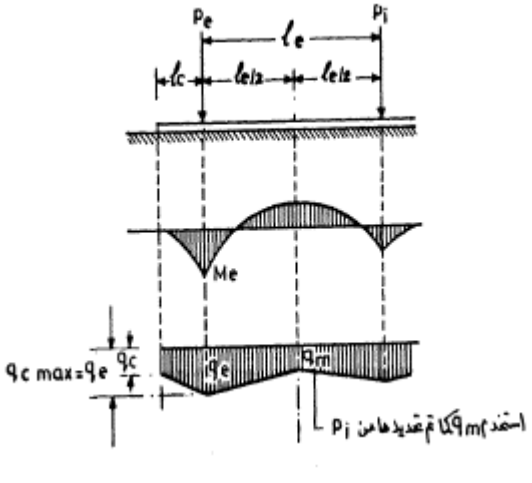
شكل رقم (10)

العزم وتوزيع الضغط عند عمود داخلي



شكل رقم (11)

توزيع الضغط على طول بحر داخلي



شكل رقم (12)

العزم وتوزيع الضغط عند عمود خارجي

4/5/4 أساسات الحصيرة :

(أ) التصميم باعتبار الاساس جاسئا :

(1) تصمم أساسات الحصيرة كأساسات جاسئة معرضة لضغط تربة ذي توزيع خطي اذا كان أي من الاساس أو المنشأ المقام عليه أو كليهما ذا جساءة لا تسمح بهبوط متفاوت لكل عمود عن الآخر.

(2) تعتبر أساسات الحصيرة جاسئة اذا توفر أي من الشرطين التاليين:-

* اذا كانت الجساءة النسبية (K_r) أكبر من (0.5).
* إذا كانت مسافة التباعد بين الأعمدة أقل من $(1.75/\lambda)$.

حيث يتم حساب الجساءة النسبية كما ورد في البند الفرعي (4/4/4أ) ويتم حساب الطول المميز (λ) كما ورد في البند الفرعي (4/4/4ب).

(ب) تصميم أساسات الحصيرة المرنة في حالات انتظام الاحمال والبحور:

(1) يسمح بإجراء التحليل الإنشائي لاساس الحصيرة كأساسات طولية بدلا من اتباع الأسلوب الوارد في البند (4/4/4ج) إذا لم يتجاوز التفاوت في أحمال الأعمدة وأطوال البحور بأكثر من (20) بالمائة حسبما ورد في البند الفرعي (4/4/4د).

(2) لتحليل أساس الحصيرة كأساس طولي يتبع ما يلي :-

* يقسم اساس الحصيرة الى شرائح طولية عرض كل منها يساوي المسافة بين منتصفات البحور المتجاورة.
* تعتبر كل شريحة طولية وحدة مستقلة يجب تحليلها باستخدام الاحمال الكلية للأعمدة وفي كلا الاتجاهين.

* تستخدم أي من الطريقتين الواردتين في البندين الفرعيين (4/4/4ج) و(4/4/4د) لحساب قيم عزوم الانحناء وقوى القص.
* يعتبر الضغط على التربة تحت الاساس ضمن المساحات المشتركة للشرائح المتعامدة مساويا لمتوسط الضغط المحسوب من كل شريحة في كل اتجاه.

(ج) الطريقة العامة لتصميم أساسات الحصيرة المرنة:-

تصمم اساسات الحصيرة المرنة ذات الأعمدة غير منتظمة التوزيع أو غير منتظمة الاحمال بالاستناد الى نظرية معاير رد فعل التربة أو باستخدام طريقة البلاطة المرنة (Elastic Plate Method) أو طريقة الفرق المحدود (Finite Difference Method) أو طريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method) ويتم الرجوع في ذلك الى مراجع أكثر تخصصا.

4/5 اعتبارات تصميم الاساسات الخازوقية

4/5/1 عام :

(أ) يقتضي تصميم الاساسات الخازوقية معرفة متخصصة وفهما لطبيعة الارض وخواص الأنواع المختلفة من الخوازيق والعيوب المتوقعة لكل نوع منها والآثار المترتبة على ذلك بالنسبة الى المنشأ وتأثير دق الخوازيق بعضها بجوار بعض. ويجب قبل اختيار الاساسات الخازوقية كأساسات للمنشأ إجراء استطلاع دقيق للموقع المزمع إقامة المنشأ عليه ومعرفة تتابع طبقاته وخصائص كل منها.

(ب) يجب أن يفي تصميم الاساسات الخازوقية بما يلي :-

* أن تكون معاملات الامان ضد انهيار التربة الحاملة أو انهيار بنية الاساس مناسبة.
* أن يكون الهبوط تحت تأثير حمل التشغيل ضمن القيم المسموح بها.

4/5/2 أنواع الخوازيق :

(أ) **خوازيق ذات إزاحة كبيرة منفذة بالدق :**

تشمل جميع الخوازيق المصمتة كالخشبية والخرسانية سابقة الصب والفولاذية والانانيب الخرسانية المسدودة من نهايتها بمخروط معدني مدبب (Shoe) أو سدادة (Plug).

(ب) **خوازيق ذات إزاحة صغيرة منفذة بالدق :**

تشمل المقاطع الفولاذية المدلفنة والانانيب مفتوحة الطرفين والمقاطع المعدنية المفرغة والخوازيق اللولبية.

(ج) **خوازيق عديمة الإزاحة منفذة بالتثقيب :**

تشمل جميع الخوازيق التي يتم تنفيذها بالتثقيب وملء الثقب بالخرسانة.

4/5/3 مقاومة الخوازيق :

(أ) **الاجهادات الناشئة عن الدق :**

يراعى عند تصميم الخازوق الاجهادات المتولدة فيه اثناء الدق وبخاصة الخوازيق سابقة الصب من الخرسانة المسلحة ، أو الخرسانة سابقة الإجهاد. وتكون هذه الاجهادات العالية التي قد تسبب تلف الخازوق ناتجة عما يلي:

* عدم تعامد السطح العلوي للخازوق مع اتجاه ضربات المطرقة مما يسبب تولد قوى أفقية واجهادات حانية إلى جانب الاجهادات العمودية.

* صغر المساحة السطحية لرأس الخازوق التي تتلقى ضربات المطرقة مما يسبب تهشيم مادة رأس الخازوق. ويحدث هذا على الأغلب في الخوازيق المعدنية أو الخشبية التي تدق دون خوذة. كما يؤدي التركيب السيء للخوذة أو الحشو لرؤوس الخوازيق الخرسانية الذي لا يغطي مساحة رأس الخازوق كاملة الى تهشيم رأس الخازوق.

* تولد اجهادات دق عالية في رأس الخازوق اثناء الطرق المتوالي عليه لتمكين الخازوق من اختراق طبقة علوية من تربة صلدة أو مدموكة للوصول الى الطبقة السفلية الداعمة للاحمال.

(ب) الخوازيق المحملة محوريا :

(1) يسمح باعتبار الخوازيق ذات النحافة العادية المدفونة بالكامل في التربة بأنها غير معرضة للانبعاج. أما في الحالات الخاصة التي تكون فيها خوازيق ذات نحافة عالية مدفونة في تربة ضعيفة جدا تقل مقاومتها للقص عن (20) كيلونيوتن/متر مربع فيجب أخذ العزوم الإضافية التي قد تؤثر على الخازوق نتيجة للانبعاج بعين الاعتبار ، حيث يتم تصميمها كأعمدة نحيفة مدعومة جانبيا بالتربة المحيطة ويتم ذلك بالرجوع الى مراجع أكثر تخصصا.

(2) تصمم الاساسات الخازوقية المحملة محوريا لمقاومة العزوم الإضافية الناشئة عن كل مما يلي :-

* لامركزية تحميل اسمية تساوي (75)ملمتر أو (5)بالمائة من البعد الأكبر لمقطع الخازوق ، أيهما أكبر.
* انحراف في الشاقولية لا يقل عن (1:75)

(ج) الخوازيق المحملة جانبيا :

يتم الرجوع في ذلك الى مراجع أكثر تخصصا.

(د) الخوازيق المائلة :

(1) تستخدم الخوازيق المائلة عندما تكون الخوازيق الرأسية غير قادرة على مقاومة القوى الجانبية.

(2) تصمم الخوازيق المائلة بحيث تؤخذ في الاعتبار الاحمال المؤثرة على الخازوق في الاتجاه المحوري والاتجاه

العمودي عليه.

(3) يتم توزيع الاحمال بين الخوازيق الرأسية والخوازيق المائلة الواقعة ضمن المجموعة الواحدة باستخدام الطرق البيانية أو الطرق التحليلية.

4/5/4 مجموعة الخوازيق :

(أ) الدق :

(1) يجب دراسة تأثير دق مجموعة من الخوازيق على التربة واختيار النوع المناسب منها ، والتباعد فيما بين محاور الخوازيق وذلك للتقليل من انتفاخ سطح التربة (Heave) وحركتها الجانبية الى أدنى مستوى.

(2) يؤدي دق مجموعة من الخوازيق ذات إزاحة كبيرة أو صغيرة في تربة من الرمل المفكك أو الطمم الى دمك تلك التربة بحيث يتعذر دق خوازيق أخرى ، كما تنشأ صعوبات مماثلة عند دق تلك الخوازيق في تربة مدموكة من الطين الصلد أو الرمل أو الحصى.

(3) يتم التغلب على تلك الصعوبة بالبدء بدق الخوازيق الوسطى أولا ثم الاتجاه منها الى دق الخوازيق الخارجية. أو البدء بدق الخوازيق من إحدى جهات القلنسوة والاتجاه منها لدق الخوازيق عبر المجموعة ، أو بحفر جزئي للتربة في الموضع المنوي دق الخازوق فيه ومعاودة الدق إن أمكن ذلك.

(ب) التباعد بين محاور الخوازيق :

(1) يراعى عند اختيار مسافة التباعد بين محاور الخوازيق حركة التربة الرأسية أو دمكها ، ويجب أن تكون تلك المسافة كبيرة بدرجة كافية لدق العدد المطلوب من الخوازيق الى العمق المطلوب دون تلف المنشآت المجاورة أو تلف الخوازيق.

(2) يجب ألا تقل مسافة التباعد بين محاور الخوازيق عما هو وارد في الجدول رقم (11).

(ج) تأثير حجم مجموعة الخوازيق :

(1) يراعى عند تصميم الاساسات الخازوقية دراسة سلوك مجموعة الخوازيق المكونة للأساس كوحدة واحدة ، وكذلك سلوك الخازوق الواحد.

جدول رقم (11)

مسافة التباعد بين محاور الخوازيق

طول الخازوق (متر)	خوازيق احتكاك في الرمل والحصى	خوازيق احتكاك في الطيـن	خوازيق ارتكاز
أقل من 12	3D	4D	3D
24 – 12	4D	5D	4D
أكبر من 24	5D	6D	5D

(2) يمتد تأثير الاجهادات الناتجة عن الاساسات الخازوقية في الطبقات التحتية من التربة الى عمق كبير. ويجب دراسة هذا التأثير الى عمق لا يقل عن (1.5) مرة من عرض المساحة المحملة ، مقاسا ابتداء من عمق يساوي ثلثي طول الخازوق وذلك لخوازيق الاحتكاك ، والى عمق لا يقل عن عرض المساحة المحملة لخوازيق الارتكاز مقاسا من منسوب ارتكاز الخازوق ، والى عمق لا يقل عن (3) أمتار في الطبقة الصخرية المصمتة مقاسا من منسوب ارتكاز الخازوق. تعتمد معادلة بوسينسك (Boussinesq) لأغراض تحديد هذه الاجهادات حسبما ورد في المادة (6/8) من كودة استطلاع الموقع من كودات البناء الوطني الأردني.

(د) هبوط مجموعة الخوازيق :

يكون هبوط مجموعة الخوازيق المكونة من عدد معين من الخوازيق تحت تأثير حمل محدد للخازوق الواحد أكبر من هبوط مجموعة ذات عدد أقل من الخوازيق تحت تأثير الحمل ذاته للخازوق الواحد. كما يكون هبوط هذه المجموعة الأصغر أكبر من هبوط خازوق واحد تحت الحمل نفسه. وتنطبق هذه الظاهرة بالنسبة لنوعي الهبوط الفوري والتضاغطي (راجع 3/9/1ب) ولا تعتبر هذه الظاهرة ذات أهمية لمجموعات الخوازيق المرتكزة على صخر أو على تربة ذات انضغاط محدود نسبيا.

(هـ) **قدرة التحمل القصوى لمجموعة الخوازيق :**

(1) تقل عادة قدرة التحمل القصوى لمجموعة الخوازيق عن قدرة التحمل القصوى لخازوق واحد مضروبة في عدد الخوازيق ، إلا أن هناك حالات تكون فيها قدرة التحمل القصوى لمجموعة الخوازيق أكبر من قدرة التحمل القصوى للخازوق الواحد مضروبة في عدد الخوازيق ، مثل الحالة التي ينجم فيها عن دق الخوازيق دمك للتربة [انظر المرجع رقم (8)].

(2) تعتبر قدرة التحمل القصوى لمجموعة الخوازيق الارتكازية مساوية لقدرة التحمل القصوى للخازوق الواحد مضروبة في عدد الخوازيق ، بشرط ارتكازها على صخر أو رمل مدموك أو حصى.

(3) تكون قدرة التحمل القصوى لمجموعة الخوازيق الاحتكاكية المدقوقة في طبقة عميقة من تربة متماسكة أقل بكثير من قدرة التحمل القصوى للخازوق الواحد مضروبة في عدد الخوازيق. ويتوقف مقدار النقص في قدرة التحمل القصوى على مسافة التباعد بين محاور الخوازيق ، وطول الخازوق ، وعدد الخوازيق في المجموعة ، ومدى مشاركة قلنسوة الخازوق في نقل الاحمال الى التربة [انظر المرجعين (9) و(10)].هذا ويكون مقدار النقص في قدرة التحمل القصوى لمجموعة الخوازيق بما لا يقل عن ربع قدرة التحمل القصوى للخازوق الواحد مضروبة في عدد الخوازيق بشرط عدم قدرة التربة الواقعة تحت القلنسوة مباشرة على تحمل أي قدر من الاحمال ، وأن يكون التباعد بين كل خازوق وآخر حسبما ورد في البند الفرعي (4/5/4ب) ، وألا يقل عدد الخوازيق في كل مجموعة عن تسعة خوازيق [انظر المرجع رقم (9)]. أما إذا وقعت القلنسوة على طبقة متماسكة ، واخترقتها الخوازيق فعلى المصمم الرجوع الى المرجعين (9) و (11).

4/5/5 قلنسوة الخوازيق :

(أ) تكون قلنسوة الخوازيق من الخرسانة المسلحة وذات سماكة كافية لمقاومة قوى القص العالية.

(ب) يجب أن يمتد تسليح الخوازيق من الخرسانة المسلحة داخل القلنسوة لمسافة لا تقل عن (0.75).

(ج) تزود الخوازيق الفولاذية بوسائل تثبيت (Cleats) مناسبة لنقل الاحمال بين الخازوق والقلنسوة وذلك إذا كان الطول المدفون من الخازوق في القلنسوة صغيرا. هذا ويراعى أن تكون وسيلة الربط هذه كافية لنقل القوى الأفقية

، كما يراعى أن تكون سماكة القلنسوة كافية لمقاومة القص الثاقب (Punching Shear).

(د) في المجموعة التي يقل عدد خوازيقها عن ثلاثة يتم تقييد كل قلنسوة بطريقة فعالة تمنع حركتها الجانبية و الدورانية (مثل استخدام زنانير ربط) تقاوم العزوم الناتجة عن اللامركزية الاسمية للخوازيق والواردة في البند الفرعي (4/5/3ب).

4/6 اعتبارات تصميم أساسات الغروز (Piers) :

4/6/1 عام :

(أ) تقتصر اعتبارات التصميم الواردة في هذه المادة على اساسات الغروز من الخرسانة العادية أو المسلحة التي لا يقل قطرها عن (0.75)متر والتي يتم إنشاؤها بالحفر يدويا أو ميكانيكيا أو بالتثقيب ، ومن ثم صب الخرسانة.

(ب) ينقل أساس الغروز الاحمال المحورية والجانبية وعزوم الانحناء الى طبقة التأسيس التي يرتكز عليها الاساس وكذلك الى الطبقات المحيطة به ، ويتم ذلك بتفاعل إنشائي بين الاساس وبين كل من طبقة التأسيس والطبقات المحيطة به من جهة ، وبين الاساس وبين المنشأ الفوقي من جهة أخرى.

(ج) تتأثر كل من طريقتي الانشاء والتصميم بتتابع طبقات التربة وظروف المياه الأرضية وعمق وسماكة وطبيعة الصخر أو غيره من المواد التي تشكل طبقة التأسيس ، إذ يحدد ضغط التحميل المسموح به لتربة التأسيس قيمة المساحة السفلية لاساس الغروز. وتعتمد إمكانية إنشاء قاعدة جرسية الشكل (Bell Shape) دون استخدام طوبار أو ملاط رقيق القوام (Slurry) على

خصائص المواد الواقعة فوق منسوب التأسيس ، وتأثير الاضطراب الناجم عن عملية الانشاء. وتتأثر طريقة صب الخرسانة بخاصية النفاذية للتربة التي تحدد بدورها الحاجة إلى استخدام التغليف (Casing) أو ضرورة نزح الماء حتى يتسنى صب الخرسانة. وتحدد مقاومة القص وخصائص تشوه التربة إمكانية اعتبار مقاومة الاحتكاك عاملا من عوامل التصميم.

(د) يجب التأكد من صحة الفرضيات المستخدمة في التصميم والمستندة الى نتائج فحص عينات من آبار السبر وذلك بالتقصي المستمر أثناء التنفيذ.

(هـ) يجب ان يقوم المصمم بحساب القوى الرأسية والجانبية وعزوم الانحناء المؤثرة على اساس الغروز ، كما يجب تحديد

طول أساس الغروز وشكل مقطعه وتوزيع الحمل على قاعدته ومقاومة الاحتكاك الجانبي استنادا الى الاحمال وظروف التربة التحتية ، هذا ويجب اختيار معاملات الأحمال ونوعية الخرسانة والتسليح بما يضمن الحصول على السلوك المطلوب للنظام الانشائي المشترك لكل من المنشأ الفوقي والاساس والتربة.

4/6/2 أنواع اساسات الغروز :

(أ) تنقسم أساسات الغروز الى أنواع تعتمد على أسلوب انتقال الاحمال المحورية الى التربة وتبعا لاستجابة الاساس للحمل الجانبي ، هذا بالإضافة الى خصائص التربة المحيطة بأساس الغروز وعند منسوب قاعدته وطبيعة سطح التلامس بين الاساس والتربة أو الصخر والطول المدفون من الاساس.

(ب) هناك ثلاثة أنواع من أساسات الغروز هي :-

* **أساس غروز ارتكازي :**

هو اساس غروز يخترق طبقات ضعيفة من التربة ليرتكز على طبقة ذات قدرة تحمل مناسبة. وقد تتم زيادة المساحة التي يرتكز عليها أساس الغروز بجعل نهايته السفلية جرسية الشكل شريطة أن تكون التربة ذات تماسك كاف يسمح بحفرها وبقائها دون انهيار حتى يتم صب الخرسانة ، وفي حالة تعذر ذلك يتم تدعيم جوانب الحفر.

* **أساس غروز احتكاكي :**

هو أساس غروز يخترق طبقات من التربة بحيث ينتقل الحمل المحوري كله إليها بوساطة الاحتكاك على جوانب الاساس.

* **أساس غروز ارتكازي احتكاكي :**

هو اساس غروز يخترق طبقات من التربة بحيث ينتقل جزء من الحمل المحوري إليها بوساطة الاحتكاك على جوانب الاساس وينتقل الجزء المتبقي من الحمل المحوري الى طبقة التأسيس بالارتكاز.

4/6/3 استطلاع الموقع وخصائص التربة :

(أ) **عام :**

يجب أن تتوفر لكل من المصمم والمنفذ معلومات كافية عن ظروف التربة في الموقع حتى يمكن اختيار نظام إنشائي تحتي يمكن تنفيذه ، ويتسنى وضع تصميم مناسب له.

(ب) عدد آبار السبر :

يجب أن يكون عدد آبار السبر كافيا لوضع تصور على قدر مقبول من الدقة عن تتابع طبقات التربة ومنسوب المياه الأرضية (إن وجد) في الموقع. إذا ارتكزت أساسات الغروز على طبقة صخرية فيجب وضع تصور على قدر مقبول من الدقة عن شكل سطح تلك الطبقة الصخرية.

(ج) عمق آبار السبر :

يجب أن يكون عمق السبر في جميع الحالات كافيا للراسة الهبوط على أن يصل عمق السبر في واحد على الأقل من آبار السبر الى طبقة الصخر إن أمكن ذلك.

(د) منسوب الماء الارضي ونزح الماء :

إذا وقع منسوب الماء الارضي ضمن ذلك الجزء من التربة التي يخترقها أساس الغروز ، فيجب عندئذ إن يتضمن استكشاف الموقع معلومات محددة عن ذلك الماء الارضي ونظام نزح الماء المناسب على أن تتضمن تلك المعلومات كحد أدنى ما يلي :-

* منسوب/مناسيب الماء الارضي والتذبذب المتوقع فيها.
* معلومات عن نفاذية التربة.

(هـ) أساسات الغروز الممتدة الى صخر القاعدة :

في الحالات التي يخترق فيها أساس غروز ارتكازي صخر القاعدة يجب أن تمتد ثقوب السبر في ذلك الصخر إلى عمق لا يقل عن مثلي قطر مساحة الارتكاز ولا يقل عن (3)متر مقاسا من منسوب الارتكاز ، وذلك لتحديد قوة الصخر وحالته (متشقق ، مصمت...الخ) وللراسة احتمال وجود فجوات في الصخر. ويفضل أن يكون السبر بالثقب اللبي إن أمكن.

(و) قدرة تحمل التربة :

تحسب قدرة التحمل القصوى للتربة حسبما ورد في المادة (3/5) من هذه الكودة.

4/6/4 الاحمال الجانبية وعزوم الانحناء :

عندما يكون ضغط التربة المانع (Passive Earth Pressure) على جدران المنشأ الواقعة تحت سطح الارض غير كاف لمقاومة الاحمال الجانبية المؤثرة على المنشأ الفوقي فإن مقاومة الأحمال الجانبية يجب أن تتم بوساطة الاساسات. وفي تلك الحالة يؤثر على الطرف العلوي لاساس الغروز قوى جانبية بالإضافة الى عزوم انحناء وقوى محورية.

4/6/5 تصميم أساسات الغروز لمقاومة الاحمال الجانبية :

(أ) يعتمد توزيع الاجهادات الجانبية في التربة المؤثرة على إرتفاع أساسات الغروز المقاومة للاحمال الجانبية بأكمله على رد فعل التربة الجانبي ، ويتم حساب هذا التوزيع بالاستناد الى نظرية المرونة ونظرية معامل رد فعل التربة.

(ب) يجب إهمال قوى الاحتكاك المؤثرة على قاع القلنسوة عند التصميم لان تضاغط التربة تحت القلنسوة بأي مقدار يؤدي الى زوال ذلك الاحتكاك. كما يجب إهمال ضغط التربة المانع على القلنسوة في جميع الحالات التي يتوقع فيها القيام بأعمال حفر لاغراض صيانة أو استبدال التمديدات الأرضية وما شابهها.

4/6/6 شكل أساس الغروز :

(أ) **الجرس (Bell):**

يجب ألا تقل زاوية ميل جوانب الجرس على الافقي عن (55) درجة. كما يجب ألا تقل سماكة القاعدة التي يرتكز عليها الجرس عن (150) ملمتر ، وألا يزيد قطر قاعدة الجرس عن (3)أمثال قطر الاساس.

(ب) **القلنسوة (Cap) :**

يجب أن يزيد قطر القلنسوة عن قطر الاساس بمقدار لا يقل عن (150) ملمتر. ويجب أن تكون سماكة القلنسوة كافية لاحتواء ذلك الطول من قضبان التسليح الممتد من الاساس بطول التشريك المطلوب وكذلك الأوتاد (Dowels) أو مسامير التثبيت (Anchor Bolts) من الأعمدة.

(ج) **الفواصل :**

(1) يجب تفادي فواصل الإنشاء في أساس الغروز بقدر الامكان. وفي الحالات التي لا يمكن فيها تفادي تلك الفواصل فإنه يجب أن يكون سطح خرسانة الفاصل خشنا وأن تستخدم أوتاد (Dowels) من قضبان تسليح بطول تثبيت (Anchorage Length) كاف على جانبي الفاصل ، على ألا تقل مساحة مقطع تلك الأوتاد عن (0.4)بالمائة من مساحة مقطع أساس الغروز. هذا ، ولا حاجة الى وضع أوتاد في فواصل الانشاء في الحالات التي تزيد فيها نسبة التسليح للمقطع عن (0.4) بالمائة.

(2) في المناطق المعرضة إلى زلازل شديدة تتعرض القلنسوة والجزء العلوي من أساس الغروز إلى عزوم وقوى قص كبيرة مما يتطلب عناية خاصة في ترتيب التسليح الرأسي عند موضع اتصال اساس الغروز بالقلنسوة والقلنسوة بالعمود.

(د) الغطاء الخرساني لقضبان التسليح :

يجب ألا تقل سماكة الغطاء الخرساني لقضبان التسليح عن (50) ملمتر أو (1.5) مرة من قطر أكبر مقاس للإكام المستخدم ، أيهما أكبر ، وذلك في حالات تغليف خرسانة الاساس بغلاف دائم.

أما في الحالات التي لا تغلف فيها خرسانة الاساس بغلاف دائم وتلامس خرسانته التربة فيجب أن تكون سماكة الغطاء الخرساني التصميمي لقضبان التسليح (150) ملمتر وذلك لعدم انتظام جوانب الحفر.

4/6/7 اعتبارات اضافية لتصميم أساسات الغروز :

(أ) يسمح بتنفيذ أساسات الغروز من الخرسانة العادية إذا توفرت الشروط التالية:-

* ألا تزيد لامركزية التحميل مقاسة من محور أساس الغروز عن (1/6) ارتفاعه أو (1/10) أصغر بعد عرضي له.
* ألا يزيد ارتفاع أساس الغروز عن $(12\,D)$.

(ب) تصمم أساسات الغروز التي لا يزيد ارتفاعها عن $(6\,D)$ بحيث لا يزيد إجهاد الضغط المسموح به للأحمال التشغيلية عن $(0.2\ f_{cu})$.

(ج) تصمم أساسات الغروز التي يتراوح ارتفاعها ما بين $(6\,D)$ و $(12\,D)$ بحيث لا يزيد إجهاد الضغط المسموح به للأحمال التشغيلية عن القيمة التالية :-

$$0.2 f_{cu} \left(1.3 - \frac{H}{20D}\right) \qquad (50)$$

حيث :-

H = طول أساس الغروز (ملمتر).

D = اقل بعد عرضي لاساس الغروز (ملمتر).

f_{cu} = المقاومة المميزة للخرسانة (نيوتن/ملمتر مربع).

(د) تصمم أساسات الغروز المنفذة من الخرسانة المسلحة حسب طريقة تصميم الأعمدة الخرسانية المسلحة الواردة في كودة الخرسانة العادية والمسلحة من كودات البناء الوطني الأردني وذلك لاساسات الغروز التي لا تزيد نحافتها (نسبة ارتفاعها الى أقل بعد عرضي لها) عن (18.0)

(هـ) تتعرض أساسات الغروز المنفذة في تربة قابلة للانتفاخ والانكماش الى اجهادات شد ناتجة عن حركة التربة إلى أعلى الأمر الذي قد يسبب كسرا في خرسانة الاساس إذا كان منفذا من الخرسانة العادية ، ويعالج هذا الأمر بتقليل الاحتكاك والتداخل بين مادة الخازوق والتربة المحيطة الى أدنى قيمة ممكنة وذلك بجعل سطوح الاساس ملساء أو تغطيتها بطبقتين من لفائف البوليثين أو بطبقة من البوليسترين ، أو بتسليح الاساس في المنطقة المعرضة إلى اجهادات الشد.

4/7 ضغط التربة الجانبي

4/7/1 عام

(أ) يتطلب التصميم الانشائي للجدران الساندة وجدران طوابق التسوية وغيرها حساب قيم ضغط التربة الجانبي المؤثر على عناصرها الإنشائية.

(ب) تعد طريقة الاتزان اللدن من أكثر الطرق استعمالا في تحليل مسائل الضغط الجانبي وتحديد قيمتي ضغط التربة الدافع والمانع. أما في الحالات الخاصة فتستخدم طرق أكثر تفصيلا كطريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method).

4/7/2 ضغط التربة الجانبي الساكن (Earth Pressure at Rest) :

(أ) يعرف ضغط التربة الجانبي الساكن بأنه ذلك الضغط الذي تؤثر به التربة على الجدار الساند لها عندما تكون التربة في حالة من الاتزان المرن (Elastic Equilibrium) ، ويكون ذلك عندما لا يطرأ على الجدار الساند أي حركة بعيدا عن التربة أو نحوها ولا يحدث فيه أي توخيم أو تشوه.

(ب) يسمح بحساب معامل ضغط التربة الجانبي (K_o) للتربة المتماسكة وغير المتماسكة من الجدول رقم (12).

جدول رقم (12)

معامل ضغط التربة الجانبي الساكن (K_o)

نوع التربة	K_o $1-\sin\phi$
جميع أنواع التربة المعوضة حاليا لضغط تحميل و لم يسبق لها أن تعرضت لضغط تحميل آخر اكبر منه (Normally Consolidated)	
طين مدموك يدويا	1 الى 2.0
طين مدموك ميكانيكيا	2 الى 6.0
طين سابق التضاغط	1 الى 4.0
رمل غير مدموك	0.5
رمل مدموك	1 الى 1.5

(ج) يجب الأخذ بعين الاعتبار تأثير انتفاخ وانكماش التربة القابلة للانتفاخ والانكماش على قيمة ضغط التربة الجانبي الساكن.

4/7/3 ضغط التربة الجانبي الدافع (Active Earth Pressure) :

(أ) يعرف ضغط التربة الجانبي الدافع بأنه أدنى ضغط جانبي للتربة يؤثر على جدار ساند عند حركته بعيدا عنها حيث

تصل اجهادات القص على سطح أو سطوح الانزلاق في كتلة التربة حدها الاقصى.

(ب) يعطي الجدول رقم (13) فكرة عن قيم حركة الجدار الساند بعيدا عن التي تتسبب في تولد ضغط التربة الجانبي الدافع وذلك لأنواع مختلفة من التربة.

جدول رقم (13)

مقدار حركة قمة الجدار الساند المسببة

للضغط الجانبي الدافع للتربة

نوع التربة وكثافتها / قوامها	مقدار حركة قمة الجدار
تربة غير متماسكة كثيفة	من $0.001H$ الى $0.002H$
تربة غير متماسكة مفككة	من $0.002H$ الى $0.004H$
تربة متماسكة راسخة	من $0.01H$ الى $0.02H$
تربة متماسكة طرية	من $0.02H$ الى $0.05H$

حيث(H) هو ارتفاع الجدار

(ج) يكون ميل مستويات الانزلاق تحت تأثير ضغط التربة الجانبي $(45+0.5\phi)$ بالنسبة للأفق حيث (ϕ)هي زاوية مقاومة القص للتربة وذلك لجدار رأسي أملس وسطح أفقي للتربة المسنودة ولتربة متجانسة ومتناظرة.

4/7/4 ضغط التربة الجانبي المانع (Passive Earth Pressure) :

(أ) يعرف ضغط التربة الجانبي المانع بأنه أقصى ضغط جانبي للتربة يؤثر على جدار ساند عند حركته نحوها حيث تصل اجهادات القص على سطح أو سطوح الانزلاق في كتلة التربة حدها الاقصى.

(ب) يكون ميل مستويات الانزلاق تحت تأثير ضغط التربة الجانبي المانع $\left(45-\frac{\phi}{2}\right)$ بالنسبة للأفق حيث (ϕ) هي زاوية مقاومة القص للتربة وذلك لجدار رأسي أملس وسطح أفقي للتربة المسنود ولتربة متجانسة ومتناظرة.

7/5/4 نظريات وطرق حساب ضغط التربة الجانبي :

(أ) **عام :**

(1) يحسب ضغط التربة الجانبي المؤثر على جدار ساند باتباع طرق حسابية أو بيانية مستندة إلى فرضيات نظرية. ومن النظريات والطرق المستخدمة في حساب ضغط التربة الجانبي ما يلي :

* نظرية رانكن (Rankine Theory).
* نظرية كولوم (Coulomb Theory).
* الطرق البيانية (Graphical Methods).

(2) لا تلزم هذه الكودة اتباع أي من النظريات أو الطرق سالفة الذكر أو غيرها لأغراض حساب ضغط التربة الجانبي ، و إنما تترك ذلك لاختيار المصمم وذلك يتوقف على نوع التربة وميل سطحها وخشونة سطح الجدار الساند والملامس لها وطبيعة الاحمال المؤثرة عليها.

(3) تستخدم عادة نظرية رانكن (Rankine) لسهولة تطبيقها في حساب ضغط التربة الجانبي الدافع والمانع.

(ب) **ضغط التربة الجانبي الدافع والمانع بموجب نظرية رانكن:**

(1) **ضغط التربة الجانبي للتربة غير المتماسكة :**

يفترض أن الضغط الجانبي للتربة غير المتماسكة يتزايد خطيا مع العمق. ويحسب كل من ضغط التربة الجانبي الدافع والمانع عند أي عمق (h) من العلاقة التالية :-

$$p = K\gamma h \qquad (51)$$

حيث :-

p = ضغط التربة الجانبي (كيلونيوتن/متر مربع).

K = معامل ضغط التربة الجانبي.

γ = وزن وحدة الحجوم من التربة (كيلونيوتن/متر

مكعب).

h = عمق المستوى الذي يحسب عنده ضغط التربة الجانبي (متر).

(2) معاملا الضغط الجانبي للتربة غير المتماسكة :

يحسب معاملا ضغط التربة الجانبي الدافع (K_a) والمانع (K_p) للتربة غير المتماسكة من العلاقتين التاليتين :

$$K_a = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \quad (52)$$

$$K_p = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \quad (53)$$

حيث :-

K_a = معامل ضغط التربة الجانبي الدافع.

K_p = معامل ضغط التربة الجانبي المانع.

β = زاوية ميل سطح التربة خلف الجدار الساند مع الأفق (درجة).

ϕ = زاوية مقاومة القص للتربة (درجة).

وفي الحالة التي يكون فيها سطح التربة أفقيا فإن العلاقتين رقم (52) ورقم (53) تؤولا على الترتيب الى ما يلي :-

$$K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} \quad (54)$$

$$K_p = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \quad (55)$$

(3) **ضغط التربة الجانبي للتربة المتماسكة :**

يحسب ضغط التربة الجانبي الدافع والمانع للتربة المتماسكة عند أي عمق (h) باستخدام العلاقتين التاليتين :-

(56) $$P_a = K_a \gamma h - 2c\sqrt{K_a}$$

(57) $$P_p = K_p \, ? \, h + 2c\, K_p$$

حيث:-

P_a = ضغط التربة الجانبي الدافع (كيلونيوتن/متر مربع).

P_p = ضغط التربة الجانبي المانع (كيلونيوتن/متر مربع).

c = تماسك التربة (كيلونيوتن/متر مربع).

4/7/6 أثر المياه على ضغط التربة الجانبي :

(أ) **أثر المياه السطحية على ضغط التربة الجانبي :**

(1) قد تتسبب الأمطار الغزيرة أو أي مصادر أخرى للمياه السطحية في تشبع التربة الواقعة خلف الجدار الساند.

(2) في الحالات التي لا تتخذ فيها الاحتياطات اللازمة لصرف مياه الأمطار المتجمعة خلف الجدار الساند أو في الحالات التي لا يمكن فيها تفادي تجمع المياه فإنه يجب تصميم الجدار الساند لمقاومة الضغط الجانبي الناشئ عن مياه الأمطار المتجمعة خلفه.

(3) يتزايد ضغط الماء الجانبي على الجدار الساند خطيا مع العمق ، ويحسب ضغط الماء الجانبي الدافع والمانع عند أي عمق (h) من العلاقة التالية :-

(58) $$P_w = \gamma_w h$$

حيث :

P_w = ضغط الماء الجانبي (كيلونيوتن/ مترمربع).

γ_w = وزن وحدة الحجوم من الماء (كيلونيوتن/متر مكعب) ،

= 10 كيلونيوتن/متر مكعب.

h = عمق المستوى الذي يحسب عنده ضغط الماء الجانبي مقاسا من منسوب التشبع بمياه الأمطار (متر).

(ب) أثر المياه الجوفية على ضغط التربة الجانبي :

(1) تعتبر الحالات التي تتطلب دراسة تأثير الضغط الجانبي للمياه الجوفية على الجدران الساندة حالات محدودة في المملكة وذلك لوقوع منسوب المياه الجوفية على أعماق كبيرة.

(2) يحسب الضغط الجانبي للمياه الجوفية باتباع الأسلوب الوارد في (4/7/6أ) مع قياس قيمة (h) من منسوب المياه الجوفية.

(3) يراعى ضرورة دراسة احتمال تشبع التربة الواقعة فوق منسوب المياه الجوفية نتيجة لهطول الأمطار أو أي مصادر أخرى للمياه السطحية.

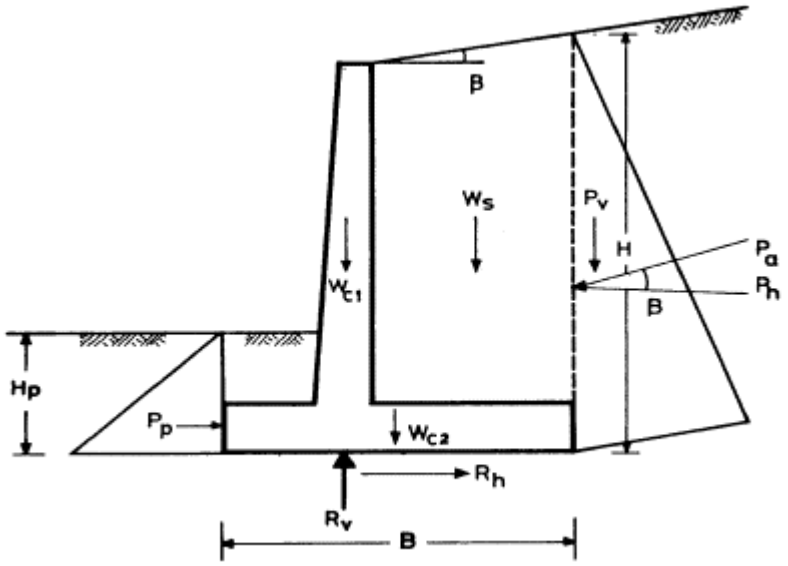
4/8 ثبات الجدار الساند

4/8/1 القوى المؤثرة على الجدار الساند بموجب نظرية رانكن :

(أ) يبين الشكل رقم (13) القوى المؤثرة على الجدار الساند بموجب نظرية رانكن حيث تحسب القوى المؤثرة عليه للتربة غير المتماسكة باستخدام العلاقات التالية :-

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a \qquad (59)$$

$$P_h = P_a \cos\beta \qquad (60)$$



الشكل رقم (13)

القوى المؤثرة على الجدار الساند

(61) $$P_v = P_a \sin \beta$$

(62) $$P_p = \frac{1}{2} \gamma H_p^2 K_p$$

(63) $$R_v = P_v + W_{c1} + W_{c2} + W_s$$

(64) $$R_h = f R_v + c_a B + P_p$$

حيث:-

P_a = القوة الجانبية الدافعة المؤثرة على الجدار الساند (كيلونيوتن/متر).

P_v = مركبة (P_a) الرأسية (كيلونيوتن/متر).

P_h = مركبة (P_a) الأفقية (كيلونيوتن/متر).

P_p = القوة الجانبية المانعة المؤثرة على الجدار الساند (كيلونيوتن/متر).

W_s = وزن التربة المسنودة الواقعة فوق قاعدة الجدار الساند (كيلونيوتن/متر).

W_{c1}

= وزن ساق الجدار الساند (كيلونيوتن/متر).

W_{c2} = وزن قاعدة الجدار الساند (كيلونيوتن/متر).

R_v = لمركبة الرأسية لمحصلة جميع قوى الضغط في التربة تحت القاعدة الأفقية للجدار الساند (كيلونيوتن/متر).

f = معامل احتكاك مادة قاعدة الجدار الساند مع التربة.

R_h = القوة المقاومة لانزلاق الجدار الساند وتشمل الاحتكاك والتلاصق بين التربة وقاعدة الجدار الساند وضغط التربة المانع (كيلونيوتن/متر).

C_a = تلاصق التربة مع قاعدة الجدار الساند (كيلونيوتن/ مترمربع).

H = لرتفاع التربة خلف الجدار الساند مقاسا عند المستوى الرأسي المار بالنهاية الخلفية للجدار (متر).

H_p = لرتفاع التربة أمام الجدار الساند مقاسا عند المستوى الرأسي المار بالنهاية الأمامية للجدار (متر).

e = اللاوكزية (متر).

(ب) تحسب القوى المؤثرة على الجدار الساند لتربة متماسكة من مبادئ علم الاستاتيكا وبإهمال قوى الشد المتولدة في منطقة الشد (Tension Zone) المتكونة خلف الجدار الساند لتلك التربة المتماسكة.

(ج) يكون معامل احتكاك مادة قاعدة الجدار الساند مع التربة حسبما هو مبين في الجدول رقم (14).

(د) يكون تلاصق التربة مع قاعدة الجدار الساند (C_a) حسبما هو مبين في الجدول رقم (14).

(هـ) لا يقل معامل الامان ضد الانزلاق للتربة غير المتماسكة عن (1.5)، وللتربة المتماسكة عن (2.0)

$$\text{معامل الامان ضد الانزلاق} = \frac{\text{مجموع القوى المقاومة للانزلاق}}{\text{مجموع القوى المسببة للانزلاق}}$$

(و) لا يقل معامل الامان ضد الانقلاب عند طرف الجدار الساند عن (1.5) للتربة غير المتماسكة ، ولا يقل ذلك المعامل للتربة المتماسكة عن (2.0)

معامل الامان ضد الانقلاب = مجموع العزوم المقاومة للانقلاب / مجموع العزوم المسببة للانقلاب

(ز) عند إقامة جدار ساند على منحدر يراعى ضرورة دراسة ثبات المنحدر والجدار الساند وما يسنده ذلك الجدار.

جدول رقم (14)

معامل الاحتكاك ومعامل التلاصق لمواد مختلفة

المـواد	معامل الاحتكاك	التلاصق (ن/ملم2)
قاعدة خرسانية لجدار ساند واقعة على مواد التأسيس التالية:-		
صخر قوي	0.70	
حصى مدموكة-خليط مدموك من الحصى والرمل - رمل خشن مدموك.	0.60 – 0.55	
رمل مدموك متوسط النعومة الى ناعم - رمل متوسط النعومة الى خشن-حصى طميي أو طيني.	0.55 – 0.45	
رمل مدموك وناعم - رمل طميي أو طيني ناعم الى متوسط النعومة.	0.45 – 0.35	
طين صلد جدا خشن السطح.	0.50 – 0.40	
طين متوسط الصلادة الى صلد – طين طميي متوسط الصلادة الى صلد.	0.35 – 0.30	
خوازيق لوحية من الفولاذ تحتك أو تلتصق مع التربة التالية:-0		
حصى مدموكة – خليط مدكوك من الحصى والرمل - طمم مدموك من قطع صخرية جيدة التلوج.	0.40	
رمل مدموك – خليط طميي من الرمل والحصى-طمم مدموك من قطع صخرية قوية ذات مقاس واحد.	0.30	
رمل طميي – حصى أو رمل مختلط مع طمي أو طين.	0.25	
طمي رملي ناعم - طمي غير لدن	0.20	
طين طري – طمي طيني طري.		0.030 – 0.005
طين صلد خشن السطح – طمي طيني صلد خشن السطح.		0.060 – 0.030
خرسانة أو خوازيق لوحية خرسانية تحتك أو تلتصق مع التربة التالية:-		
حصى مدموكة -خليط مدموك من الحصى والرمل-طمم مدموك من قطع صخرية جيدة التلوج.	0.50 – 0.40	
رمل مدموك – خليط طمي من الرمل والحصى - طمم مدموك من قطع صخرية قوية ذات مقاس واحد.	0.40 – 0.30	
رمل طميي – حصى أو رمل مختلط مع طمي أو طين.	0.30	
طمي رملي ناعم - طمي غير لدن.	0.25	

$0.035 - 0.010$

$0.060 - 0.035$

طين طري – طمي طيني طري.

طين صلد خشن السطح – طمي طيني صلد خشن السطح.

* قيم معامل الاحتكاك والتلاصق هي القيم القصوى ، ويتطلب الوصول اليها حركة بقدر كاف.
* حيثما ورد فقط معامل الاحتكاك فإن تأثير التلاصق يدخل ضمن معامل الاحتكاك.

(ح) يسمح بتخفيض معاملات الامان المنصوص عليها في هذا البند بنسبة تخفيض لا تزيد عن (20) بالمائة عند حساب التأثير المشترك للضغط الجانبي الناتج عن كل من مياه الأمطار الموسمية والتربة غير المشبعة بالماء ، وذلك في الحالات التي يكون إشباع التربة بالماء فيها موسميا ولفترات زمنية محدودة نسبيا.

(ط) يجب التحقق من عدم تجاوز قيمة الضغط التحميل الصافي الناتج عن أحمال الجدار الساند وغيرها من أحمال اضافية قيمة ضغط التحميل المسموح به (q_a) مع مراعاة ما ورد في البند الفرعي (1/2/1ي).

(ي) عند إدخال تأثير ضغط التربة الجانبي المانع (P_p) في دراسة ثبات الجدار الساند فإنه يؤخذ في الاعتبار ارتفاع التربة الموجودة بصفة دائمة ، ويوصى بأخذ نصف القيمة المحسوبة فقط.

4/8/2 تصريف المياه :

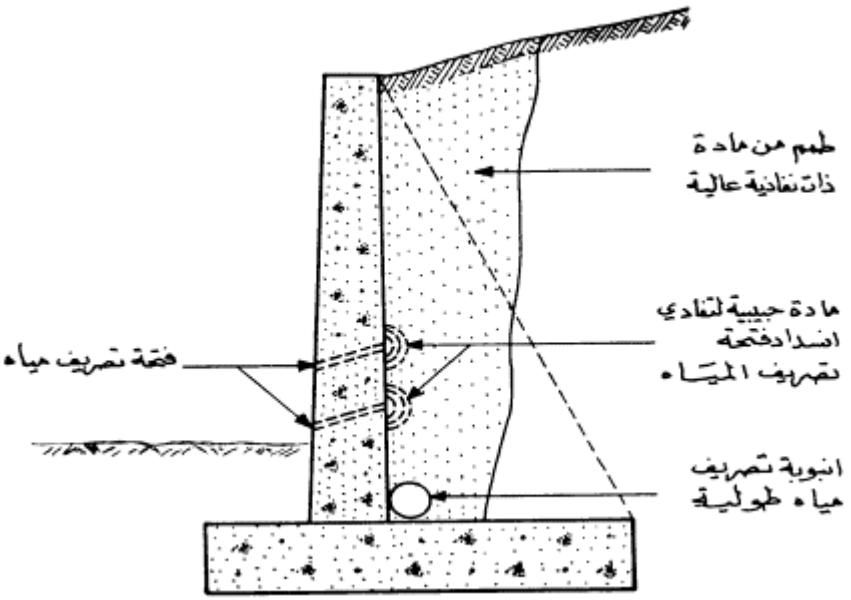
(أ) يفضل تصريف المياه المتجمعة خلف الجدار الساند على تصميم الجدار الساند لمقاومة كل من ضغط التربة وضغط الماء وحتى في الحالات التي يتم فيها تصريف المياه فإنه يجب اعتبار تأثير ضغط جانبي إضافي مؤقت ناجم عن سقوط أمطار غزيرة أو تصريف مياه تحت سطحية ، و تؤخذ قيمة هذا الضغط الجانبي الإضافي المؤقت بنسبة تتراوح بين (20) بالمائة و (40) بالمائة من الضغط الجانبي الدافع تبعا لنوعية مادة الطمم خلف الجدار وكمية المياه المتجمعة خلفه.

(ب) يتم تصريف المياه المتجمعة خلف الجدار الساند إما باستخدام فتحات تصريف للمياه (Weepholes) في الجدار الساند أو باستخدام أنابيب تصريف طولية على طول الجانب الخلفي من الجدار الساند [انظر الشكل رقم (14)].

(ج) يجب إحاطة فتحات تصريف المياه في الجدار الساند أو فتحات أنابيب التصريف الطولية بمرشح يمنع مرور المواد

الناعمة وانسداد الفتحات ، و يتحقق هذا الغرض بإحاطة تلك الفتحات بمادة حبيبية ذات تلوج مناسب.

(د) يجب ألا يقل قطر فتحة تصريف المياه في الجدار الساند عن (100) ملمتر ، وألا تزيد المسافة الأفقية والرأسية بين فتحات التصريف عن (1.5) متر.



شكل رقم (14)

تصريف المياه في الجدران الساندة

4/8/3 تأثير الزلازل على الجدران الساندة :

(أ) **عام :**

(1) تعتمد قيمة ضغط التربة الجانبي الديناميكي للزلزال المؤثر على الجدار الساند على ما يلي :-

* الجساءة النسبية للجدار الساند.
* نوع التربة.
* شدة الزلزال.

(2) تتحدد الجساءة النسبية للجدار الساند تبعا لمقدار حركته ، حيث تزداد الجساءة النسبية للجدار بانخفاض

قيمة حركته.

(3) تتأثر حركة الجدار الساند بنوع التربة وكثافتها النسبية أو قوامها.

(4) تتحدد قيم معامل شدة الزلزال تبعا لتقسيم المناطق في المملكة ، وحسبما هو منصوص عليه في كودة الأحمال والقوى من كودات البناء الوطني الأردني.

(ب) حساب ضغط التربة :

(1) يتم تحديد أثر الأفعال الديناميكية الجانبية الناشئة عن الزلازل المؤثرة على الجدران الساندة بالرجوع الى مراجع أكثر تخصصا.

(2) في الحالات العادية ، وكطريقة مبسطة ، يسمح بتصميم الجدران الساندة لمقاومة أحمال جانبية ساكنة مكافئة لافعال الزلازل.

(3) يتم حساب الحمل الجانبي الساكن المكافئ لافعال الزلازل والمؤثر على الجدار الساند باستخدام العلاقات ذاتها الواردة في (4/7/5) لحساب ضغط التربة الجانبي ، على أن تخفض قيمة زاوية مقاومة القص للتربة. ويعتمد مقدار التخفيض على تقسيم المناطق في المملكة وشدة الزلزال المتوقعة ، وحسب الجدول رقم (15).

جدول رقم (15)

قيم التخفيض في زاوية مقاومة القص (ϕ)

المنطقة	شدة الزلزال حسب مقياس ميركالي	قيمة التخفيض في الزاوية (ϕ) (درجة)
أ	أكثر من 8	5
ب	6 الى 8	4
ج	4 الى 6	2
د	أقل من 4	1

الباب الخامس

الحفريات والردم – التدعيم –تقوية الاساسات

5/1 الحفريات

5/1/1 شروط عامة للحفريات :

(أ) يجب التأكد من تنفيذ الاساسات على طبقة تتحمل الاجهادات التصميمية.

(ب) تتم إزالة جميع نواتج الحفر من موقع البناء إذا كانت تحول دون استمرار العمل ، ويتم نقلها وطرحها في الأماكن المخصصة لذلك من قبل الجهة الرسمية المختصة ، ويحظر نقلها وطرحها ولو لفترة مؤقتة في أرض تعود للملكية العامة أو الخاصة ، أو إزاحتها إلى أرض مجاورة تعود ملكيتها للغير.

(ج) يراعى تقليل حركة الآليات والمركبات بالقرب من أماكن الحفريات.

(د) يراعى قبل المباشرة بأعمال الحفريات بفترة كافية إبلاغ الملاك المجاورين والجهات الرسمية المختصة ، إذا لزم الأمر ، عن طبيعة الحفريات وعمقها ، وأن تتخذ جميع الإجراءات والتدابير اللازمة لحماية المباني والمنشآت المجاورة وتلافي الأخطار التي قد تنشأ عن أعمال الحفر أو عن تأثير العوامل الجوية كالأمطار والصقيع والرياح.

(هـ) يجب على المقاول اتخاذ جميع إجراءات السلامة العامة المنصوص عليها في كودة السلامة العامة في تنفيذ المشاريع الإنشائية من كودات البناء الوطني الأردني.

5/1/2 استطلاع الموقع :

يجب قبل البدء في أعمال الحفريات إجراء استطلاع للموقع حسبما ورد في كودة استطلاع الموقع من كودات البناء الوطني الأردني.

5/1/3 تأثير الحفريات على تصميم الاساسات :

(أ) يجب مراعاة تأثير ظروف الموقع ومشاكل الانشاء على تصميم الاساسات ، كما يجب دراسة أساسات المباني

المجاورة ووسائل تدعيم جوانب الحفر أو المباني المجاورة أو كليهما.

(ب) يتم توضيح تتابع أعمال الحفر على مخططات معدة خصيصا لهذا الغرض ، أو في مواصفات المشروع الخاصة ، أو في كليهما وذلك في حالات الانشاء التي تتطلب ذلك.

5/1/4 تصريف المياه :

يتم اتخاذ جميع التدابير والإجراءات اللازمة لتصريف المياه بعيدا عن موقع الحفر ، ونضح تلك المتجمعة في القاع دون الإضرار بثبات جوانب الحفر.

5/1/5 اعداد قاع الحفر والميول الجانبية :

(أ) يوصى بتغطية قاع الحفر في التربة المتماسكة بعد الوصول الى طبقة التأسيس بأغطية بلاستيكية أو غيرها لتحول دون تغير محتوى الرطوبة فيها.

(ب) يتم تغطية الميول الجانبية بأغطية بلاستيكية أو تدعيمها بألواح خشبية ، أو أي وسيلة تدعيم أخرى مناسبة إذا لزم الأمر.

(ج) يتم حفر آخر (150)ملمتر باستخدام طرق الحفر اليدوية وذلك في حالات استعمال معدات الحفر الآلية ، ويستثنى من ذلك حالات الصخر الصلب.

(د) تتم تسوية قاع الحفر و دمكه جيدا و إزالة أية أنقاض أو أتربة أو مياه متجمعة أو قاذورات وخلافها قبل البدء في أعمال تنفيذ الاساسات.

(هـ) يجب أن يكون سطح طبقة التأسيس بمنسوب أفقي واحد ، ويسمح في حالة الضرورة بعمل تدرجات مستوية أفقية.

5/1/6 حفريات الاساسات :

(أ) يراعى التقيد – قدر الامكان – بإبعاد حفريات الاساسات المبينة على المخططات وتجنب أي زيادة فيها.

(ب) يتم تعديل ابعاد الأساسات في الحالات التي تتطلبها طبيعة التربة وبعد إجراء الكشف عليها للتأكد من قدرة طبقة التأسيس على تحمل الاجهادات التصميمية.

(ج) يسمح في حالة زيادة حفريات الاساسات عن طريق الخطأ بتعبئة الأبعاد الأفقية الزائدة بمواد ترابية مختارة تدمك على طبقات لا تزيد سماكاتها عن (200) ملمتر. أما العمق الزائد فتتم تعبئته بالخرسانة العادية أو الخرسانة مع الدبش.

1/7/5 حفريات الخنادق للخدمات العامة :

(أ) تتم حفريات الخنادق لتمديد مواسير المجاري أو أنانيب المياه الصالحة للشرب أو أية تمديدات أخرى للخدمات العامة حسب الأبعاد المبينة على المخططات.

(ب) يجب اتخاذ تدابير خاصة عند حفر خنادق الخدمات العامة المجاورة للمباني وذلك عندما تقل المسافة بين جانب الخندق وطرف الاساس القريب عن مرة ونصف من عمق الخندق مقاسا من منسوب التأسيس للمبنى المجاور. ويستثنى من هذا الشرط الحالات التي يكون التأسيس فيها على صخر صلب ، حيث تتحدد المسافة الدنيا بين جانب الحفر وطرف الاساس حسب طبيعة الصخر و نوعيته.

5/1/8 أعمال الردم حول الاساسات :

(أ) تكون المواد المختارة لاعمال الردم حول الاساسات أو لاعمال التسوية خالية من أية مواد ضارة أو قطع خشبية ، أما الحجارة والكتل الخرسانية فيجب ألا يزيد مقاسها عن (100) ملمتر.

(ب) يتم الردم حول الاساسات و لاغراض التسوية على طبقات لا تزيد سماكاتها (200) ملمتر ترش بالماء ثم تدك ميكانيكا ، و يسمح باستعمال المنادل اليدوية الخاصة للاماكن التي لا يمكن

استعمال الرجاجات الميكانيكية فيها لضيق المكان أو لاسباب أخرى ، على ألا يقل وزن المندالة عن (150) نيوتن. ويجب أن يكون الدمك كافيا لتصل كل المواد المدموكة الى كثافة جافة تساوي (95) بالمائة من الكثافة الجافة القصوى كما يحددها المختبر باستخدام فحص بروكتور القياسي.

(ج) لا يسمح بإغراق طبقات الردم سابقة الذكر بالماء ، وإذا حدث ذلك فيجب إعطاء تلك الطبقات الفرصة الكافية لصرف ما فيها من مياه. ولا يسمح بإجراء عملية الدمك إلا بعد التأكد من أن محتوى الرطوبة لتلك الطبقات قد أصبح بالقدر المطلوب ومقاربا لنسبة الرطوبة الأصولية.

(د) يجب تنفيذ أعمال الردم حول الجدران والاساسات بالتناوب والتسلوي من الداخل والخارج وذلك لضمان ثبات تلك الإنشاءات.

5/1/9 المواد التي يحظر استعمالها في أعمال الردم :

يحظر استخدام المواد التالية في أعمال الردم :-

* المواد المستخرجة من قاع المستنقعات و السبخات.
* جذوع الأشجار و الأعشاب وغيرها من المواد العضوية.
* المواد المحتوية على حجارة أو كسر صخور أو مواد حصوية يزيد مقاسها عن (100) ملمتر.
* التربة التي يزيد معامل لدونتها عن (20)، كتلك التي لها قابلية عالية أو مفرطة لاحتواء الماء أو التي لها قابلية عالية للانتفاخ عند زيادة محتوى الرطوبة.
* أنقاض الأبنية.
* التربة التي تحتوي على نسبة عالية من الأملاح القابلة للذوبان أو تلك المحتوية على مواد ضارة أخرى.

5/1/10 تدعيم جوانب الحفر :

يجب دراسة ثبات الحفريات التي تزيد أعماقها عن (1.5) متر ، وتصميم الميول الجانبية أو أعمال الدعم المناسبة ، ووضع المخططات التنفيذية اللازمة قبل القيام بالحفريات.

5/2 تدعيم المباني

5/2/1 التصميم :

يجب تصميم أعمال التدعيم من قبل مهندس مؤهل لذلك ، والحصول على موافقة الجهة الرسمية المختصة أو موافقة الغير من ذوي العلاقة إذا اقتضى الأمر ذلك. ويسمح بارتكاز أنظمة تدعيم المنشآت على المباني المجاورة لها شريطة الا يشكل ذلك خطورة على تلك المباني.

5/2/2 التنفيذ :

يجب أن تنفذ أعمال التدعيم في أقرب فرصة ممكنة بعد المباشرة بأعمال الحفريات وبالطرق وللأعماق المطلوبة لتوفير الدعم الكافي للمنشآت القائمة المجاورة مع توجيه عناية خاصة للأركان (الزوايا) الخارجية للمباني القائمة ، على أن تترك أعمال الدعم في مواضعها لاطول فترة ممكنة. ويفضل استخدام الدعائم المعدنية ، كما يجب في جميع الحالات الكشف على نظام الدعم بشكل دوري للتأكد من سلامته.

5/3 تقوية الاساسات :

5/3/1 عام :

(أ) **الجدوى من تقوية الاساسات :**

(1) يجب قبل اللجوء إلى تقوية الاساسات إجراء دراسة مستفيضة ، من قبل جهة مؤهلة وذات خبرة في هذا المجال ، وذلك لتحديد مدى فعالية تقوية الاساسات لتحقيق الهدف المطلوب.

(2) تهدف تقوية الاساسات إما الى نقل الاحمال المؤثرة على الاساسات من منسوب تأسيس الى منسوب تأسيس جديد على عمق أكبر أو الى زيادة عرض الاساس عند المنسوب نفسه وذلك للأسباب التالية:-

الحد من هبوط الاساسات.

* زيادة قدرة تحمل الاساسات.
* السماح بخفض منسوب الارض المجاورة دون تعريض المنشأ الى ضرر.
* الوصول الى مستوى تأسيس لا تتأثر تربته بالتغيرات الفصلية.

(ب) **الظروف الأرضية :**

يجب قبل البدء في أعمال تقوية الاساسات إجراء استطلاع لارض الموقع لمعرفة المناسب مما يلي :-

* أسباب الهبوط ، و أسلوب التقوية المناسب.
* الطبيعة العامة للأرض ، خاصة إذا اقتضت الظروف خفض منسوب الارض المجاورة.
* قدرة تحمل التربة على المناسيب المختلفة.

(ج) **ثبات المنشأ :**

يجب فحص المنشأ المراد تقوية اساساته بعناية ، لمعرفة منسوب التأسيس وأبعاد الاساسات والكشف عن أي تشرخات في عناصره الإنشائية ، كما يجب التأكد فيما إذا كان المنشأ بحاجة إلى تدعيم مؤقت أثناء تنفيذ أعمال التقوية بسبب ضعف ذاتي قد يظهر فيه.

(د) **خفض الاحمال :**

يجب قبل البدء في أعمال الحفر خفض الاحمال المؤثرة على الاساسات أو المنشأ بقدر الامكان.

(هـ) **الحفريات :**

يجب تدعيم جوانب الحفر بالتدعيم اللازم لاعمال تقوية الاساسات ، أو اتخاذ غير ذلك من الوسائل لمنع تحرك التربة.

(و) **التحكم :**

يجب القيام بأعمال رصد دورية لحركة الجدران بشكل مستمر أثناء تنفيذ أعمال تقوية الاساسات ، كأن تأخذ قراءات للحركة الجانبية باستخدام الشاقول المعلق من أعلى المنشأ في عدة نقاط بما فيها الأركان ، بالإضافة الى أخذ قراءات لمناسيب عدد من النقاط على الجدار بالنسبة لمنسوب إسناد بعيد لا يتأثر بأعمال التقوية.

5/3/2 التنفيذ :

(أ) **عام :**

يتم تنفيذ أعمال التقوية على مراحل وبأطوال محددة ، بحيث يتحدد طول كل مرحلة يتم فيها الحفر تحت الاساس القائم ودعمه مؤقتا أثناء تنفيذ الاساس الجديد حسب طبيعة المنشأ وحالته وضغط التحميل وطبيعة التربة.

(ب) **الفترة الزمنية :**

يجب المباشرة بتنفيذ الاساس الجديد تحت الاساس القديم فور الانتهاء من أعمال الحفر تحته

وإنجاز العمل بالسرعة الممكنة.وفي جميع الحالات يجب حماية التربة التي قد تتأثر خصائصها نتيجة لتغير محتوى الرطوبة فيها.

(ج) **صب خرسانة الاساس الجديد :**

(1) يجب تنظيف السطح السفلي للاساس القديم تماما و إزالة الأتربة والمواد المفككة.

(2) يتم صب الاساس الجديد من خرسانة ذات محتوى رطوبة منخفض وذلك حتى منسوب يقل عن منسوب السطح السفلي للاساس القديم بمقدار (100) ملمتر ، وتترك الخرسانة المصبوبة فترة زمنية كافية لتمام شكها ، ومن ثم يتم تحشية الفراغ بخرسانة جافة مع دمكها بقوة لضمان تعبئة جميع الفراغات ، وإذا لم يكن بالإمكان تحشية الفراغ بخرسانة جافة مدموكة جيدا فتتم التحشية بخرسانة مع مضافات تعطي خاصية التمدد للخلطة الخرسانية المستخدمة لتنفيذ طبقة التحشية.

(3) لا يسمح بتنفيذ المرحلة التالية في موضع مجاور الا بعد تصلد الخرسانة بالقدر الذي يمكنها من تحمل الأوزان الواقعة عليها.

ملحق (أ)

المصطلحات الفنية

(أ)

اتزان لدن	Plastic Equilibrium
اتزان مرن	Elastic Equilibrium
إجهاد	Stress
احتكاك	Friction
احتكاك داخلي	Internal Friction
احتكاك سطحي	Surface Friction
	Load Test

اختبار تحميل	
ارتكاز	Bearing
إزاحة	Displacement
إزاحة صغيرة	Small Displacement
إزاحة كبيرة	Large Displacement
اساس	Foundation
اساس جدار	Wall Footing
اساس حصيرة	Raft Foundation
أساس خازوقي	Pile Foundation
أساس سطحي	Shallow Foundation
أساس طولي	Strip Foundation
اساس عميق	Deep Foundation
أساس غروز	Pier
أساس مستمر	Continuous footing
أساس مشترك	Combined Footing
أساس معتلي	Cantilever Footing
اعتبار	Consideration
أفقي	Horizontal
اليت	I llite
انبعاج	Buckling
انفعال	Strain
انكماش	Shrinkage
(ب)	
بئر سبر	Boring
بوليثين	Polythene

بوليسترين ممدد	Expanded Polystyrene
(ت)	
تبدد	Dissipation
تدعيم	Shoring
	Overconsolidated Soil

Organic Soil	تربة سابقة التضاغط
Cohesionless Soil	تربة عضوية
Compressible Soil	تربة غير متماسكة
Expansive Soil	تربة قابلة للانضغاط
Cohesive Soil	تربة قابلة للانتفاخ والانكماش
Deflection	تربة متماسكة
Frequency	ترخيم
Critical Frequency	تردد
Deformation	تردد حرج
Angular Distortion	تشوه
Plastic Deformation	تشوه زاوي
Elastic Deformation	تشوه لدن
Consolidation	تشوه مرن
Primary Consolidation	تضاغط
Secondary Consolidation	تضاغط رئيسي
Subsurface Erosion-piping Erosion	تضاغط ثانوي
Casing	تعوية تحت سطحية
Seasonal Change	تغليف
Structural Interaction	تغير فصلي
Adhesion	تفاعل إنشائي
Cohesion	تلاصق
	تماسك

(ج)

Beam	جائز
Ground Beam	جائز لرضي
Rigid	جاسئ
Lateral	جانبي
Wall	جدار
Gravity Wall	جدار ثقلي
Retaining Wall	جدار ساند

Buttressed Retaining Wall	جدار ساند ذو أكتاف أمامية
Counterfort Retaining Wall	جدار ساند ذو أكتاف خلفية
Cantilever Wall	جدار معتلي
Web	جذع
Bell	جرس
Rigidity	جساءة
Flexural Rigidity	جساءة الانحناء
Relative Rigidity	جساءة نسبية
Drought	جفاف
Flange	جناح

(ح)

Scour	حت
Packing	حشو
Ultimate Load	حمل أقصى
Working Load	حمل التشغيل
Service Load	حمل تشغيلي
Lateral Load	حمل جانبي
Live Load – Imposed Load	حمل حي
Allowable Pile Load	حمل الخازوق المسموح به
Dynamic Load	حمل ديناميكي
Wind Load	حمل الرياح
Earthquake Load	حمل الزلازل
Proof Load	حمل الصمود
Non – vertical Load	حمل مائل
Moving Load	حمل متحرك
Dead Load	حمل ميت

(خ)

Wedge	خابور
Pile	خازوق
Preliminary Pile	خازوق ابتدائي
Friction Pile	خازوق احتكاك
Bearing Pile	خازوق ارتكاز
Steel Bearing Pile	خازوق ارتكاز فولاذي

Pipe Pile	خازوق انبوبي
Large Diameter Bored Pile	خازوق بالتثقيب كبير القطر
Driven Pile	خازوق بالدق
Test Pile	خازوق تجريبي
Precasteinforced Concrete Pile	خازوق خرساني مسلح سابق الصب
Precast Pile	خازوق سابق الصب
Tension Pile	خازوق شد
H – Pile	خازوق على شكل حرف H
Sheet Pile	خازوق لوحي
Raking Pile – Batter Pile	خازوق مائل
Bored Cast-in-place Pile	خازوق مصبوب في الموقع ومحفور له بالتثقيب
Driven Cast-in-place Pile	خازوق مصبوب في الموقع ومحفور له بالدق
Cased Pile	خازوق مغلف
Consolidation Characteristics	خصائص تضاغط
Helmet	خوذة
	(ر)
Vertical	رأسي
Subgrade Reaction	رد فعل التربة
Resonance	رنين
	(ز)
Angle	زاوية
Angle of Friction	زاوية الاحتكاك
Angle of Shear Resistance	زاوية مقاومة القص
Long-term Creep	زحف طويل الأمد
	(س)
Overconsolidated	سابق التضاغط
Plug	سدادة
Behaviour	سلوك

Thickness	سماكة
	(ص)
Very Stiff	صلد جدا
	(ض)
Net Loading Intensity	ضغط التحميل الصافي
Gross Loading Intensity	ضغط التحميل الكلي
Allowable Bearing Pressure	ضغط التحميل المسموح به
Presumed Bearing Capacity	ضغط التحميل المفترض
Earth Pressure	ضغط تربة
Active Earth Pressure	ضغط تربة جانبي دافع
Passive Earth Pressure	ضغط تربة جانبي مانع
Earth Pressure at Rest	ضغط تربة ساكن
Effective Soil Pressure	ضغط التربة الفعال
Excessive Pore Pressure	ضغط مسامي زائد
Pore Water Pressure	ضغط الماء المسامي
	(ط)
Stratum	طبقة
Foundation Layer	طبقة تأسيس
Soft	طري
Finite Element Method	طريقة العناصر المحدودة
Finite Difference Method	طريقة الفرق المحدود
Elastic Plate Method	طريقة البلاطة المرنة
Anchorage Length	طول تثبيت
	(ع)
Width	عرض
	(غ)
Concrete Cover	غطاء خرساني

Piers	غروز
	(ف)
Joint	فاصل
Slip Joint	فاصل انزلاق
Movement Joint	فاصل حركة
Weephole	فتحة تصريف مياه
Cantilever Action	فعل معتلي
	(ق)
Soldier	قائمة
Pad Foundation – Column Foundation	قاعدة عمود
Ultimate Bearing Capacity	قدرة التحمل القصوى
Ultimate Bearing Capacity Of a Pile	قدرة التحمل القصوى لخازوق
Net Ultimate Bearing Capacity	قدرة التحمل القصوى الصافية
Bearing Plate	قرص تحميل
Shear	قص
Punching Shear	قص ثاقب
Cap	قلنسوة
Pile Cap	قلنسوة الخازوق
Consistency	قوام
Force	قوة
Seepage Force	قوة تسرب
	(ك)
Stirrup	كانة
Relative Density	كثافة نسبية
Dense	كثيف
Very Dense	كثيف جدا
	(ل)
Eccentricity	لامركزية

(م)

Ground Water	ماء أرضي
Pore Water	ماء مسامي
Elastic Material	مادة مرنة
Owner	مالك
Building Owner	مالك المبنى
Adjoining Owner	مالك مجاور
Pulsative	متذبذب
Homogenous	متماثل – متجانس
Pile Group	مجموعة خوازيق
Smectite Group	مجموعة السمكتايت
Reciprocating Engine	محرك ترددي
Resultant	محصلة
Boiler	مرجل
Horizontal Component	مركبة أفقية
Vertical Component	مركبة رأسية
Flexible-Elastic	مرن
Bearing Area of Foundation	مساحة الاساس المحملة
Contact Area	مساحة تلامس
Porosity	مسامية
Aquifer	مستودع ماء أرضي
Anchor Bolt	مسمار تثبيت
Factor-Coefficient	معامل
Factor of Safety	معامل الامان
Shape Factor	معامل الشكل
Plasticity Index	معامل اللدونة
Modulus	معاير
Modulus of Subgrade Reaction	معاير رد فعل التربة
Dynamic Shear Modulus	معاير القص الديناميكي
Elastic Modulus	معاير المرونة

Permeability Coefficient	معاير نفاذية التربة
Submerged	مغمور
Presumed	مفترض
Loose	مفكك

Very Loose	مفكك جدا
Strength	مقاومة
Shear Strength	مقاومة القص
Slurry	ملاط رقيق القوام
Montmorillonite	منتموريلونايت
Foundation Level	منسوب التأسيس
Substructure	منشأ تحتي
Superstructure	منشأ فوقي
Temporary Structure	منشأ مؤقت
Rake	ميل
Isotropic	موحد الخواص
	(ن)
Slenderness	نحافة
Dewatering	نزح الماء–نضح الماء
Void Ratio	نسبة الفراغات
Substructure System	نظام إنشائي تحتي
Drainage System	نظام تصريف
	(هـ)
Settlement	هبوط
Consolidation Settlement	هبوط تضاغطي
Free Settlement	هبوط حر
Long Term Settlement	هبوط طويل الأمد
Immediate Settlement	هبوط فوري
Short Term Settlement	هبوط قصير الأمد
Differential Settlement	هبوط متفاوت

(و)	
وتد	Dowel
وسادة مانعة للاهتزاز	Anti-vibration Mounting
وسيلة تثبيت	Cleat

المصادر

1. BRITISH STANDARD CODE OF PRACTICE CP 2004 : 1972 FOUNDATIONS.

2. NATIONAL BUILDING CODE OF CANDA, 1972.

3. TOMLINSON, M.J. “FOUNDATION DESIGN AND CONSTRUCTION”, PITMAN PUBLISHING LIMITED, 3 RD EDITION, 1975.

4. BOWELS, JOSEPH E.”FOUDATION ANALYSIS AND DESIGN.”, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, SECOND EDITION, 1977

5. DUNHAM, CLARENCE E. “FOUNDATION OF STRUCTURE.”

6. WINTERKORN, HANS F.AND FANG, HSAI-YANG “FOUNDATION ENGINEERING HANDBOOK.” VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY.

7. SEMINAR ON “BUILDINGS ON CLAY SOIL IN JORDAN” HELD AT THE ROYAL SCIENTIFIC SOCIETY, AMMAN, FEBRUARY 1983.

8. ACI COMMITTEE 436, “SUGGESTED DESIGN PROCEDURES FOR COMBINED FOOTINGS AND MATS” (ACI 336-2R-66)” AMERICAN CONCRETE INSTITUTE,” DETROIT, 1972.

9. ACI COMMITTEE 366,“SUGGESTED DESIGN AND CONSTRUCTION PROCEDURES FOR PIER FOUNDATIONS.” (ACI 336. 3 R-72) “AMERICAN CONCRETE INSTITUTE,”DETRIOT,1972.

10. DUNCAN J.M. AND BUCHIGNANI A.L. “AN ENGINEERING MANUAL FOR SETTLEMENT STUDIES, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY,JUNE 1976.

11. NAVFAC DM – 7 “DESIGN MANUAL OF SOIL MECHANICS, FOUNDATION AND EARTH STRUCTURES.” DEPARTMENT OF THE NAVY,MARCH 1971.

12. SOWERS G.B AND SOWERS G.F. “INTRODUCTORY SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS.” MCMILLAN PUBLISHING CO. NEW YORK, THIRD EDITION.

المراجع

1. TERZAGHI K. AND PECK R.B. “SOIL MECHANICS IN ENGINEERING PRACTICE.” SECOND EDITION 1976 NEW YORK, WILEY.

2. SKEMPTON A.W. AND BJERRUM L.A “CONTRIBUTION TO THE SETTLEMENT ANALYSIS OF FOUNDATION ON CLAY.” GEOTECHNIQUE 1957 7 168 - 78.

3. TERZAGHI K. “THEORETICAL SOIL MECHANICS.” 1943, NEW YORK, WILEY.

4. GIBSON R.E. AND LUMB P. “NUMERICAL SOLUTION OF SOME PROBLEMS IN THE CONSOLIDATION OF CLAY.” PROC. INSTN CIV. ENGRS 1953 2 Pt. 1 182 98.

5. SCHIFFMAN R.L.,CHEN A.T.H. AND JORDAN J.C. “AN ANALYSIS OF CONSOLIDTION THEORIES” J. SOIL MECH. FNDNS DIV. AM. SOC. CIV ENGRS 1969 95 SMI 285 - 321.

6. COX R.L. AND GOLLIN G.J. “The PROTECTION OF BOILER HOUSE FLOORS.” INSTN HEAT. VENT. ENGRS. 1966 34 146 – 53.

7. HETENYI, M.,”BEAMS ON ELASTIC FOUNDATION.” UNIVERSITY OF MICHIGAN PRESS, 1946.

8. KEZDI A. “BEARING CAPACITY OF PILES AND PILE GROUPS.” PROC.4 TH INT. CONF. SOIL MECH. 1957 2 46 – 51.

9. WHITAKER T. EXPERIMENTS WITH MODEL PILES IN GROUP. GEOTECHNIQUE 1957 7 147 – 67.

10. WHITAKER T.” SOME EXPERIMENTS ON MODEL PILED FOUNDATION IN CLAY.” BUILDING RESEARCH CURRENT PAPER.

وحدات النظام الدولي (SI Units)

و الوحدات المستعملة معها

الكمية	الوحدة	الرمز الدولي	الرمز العربي
الطول	متر	m	م
	سنتمتر	cm	سم
	ملمتر	mm	ملم
	كيلومتر	km	كم
الكتلة	غرام	g	غم
	كيلو غرام	kg	كغم
	طن	t	طن
	ميليغرام	mg	ملغم
الزمن	ثانية	s	ثانية
	دقيقة	min	دقيقة
	ساعة	h	ساعة
	يوم	d	يوم
زاوية مستوية	درجة	°	درجة
	دقيقة	‘	دقيقة
	ثانية	“	ثانية
الحجم	لتر	L	لتر
	ميللتر	mL	مللتر
	متر مكعب	m^3	م3
المساحة	متر مربع	m^2	م2
	مليمتر مربع	mm^2	ملم2
القوة	نيوتن	N	ن
	كيلونيوتن	kN	كن
الإجهاد	نيوتن/ملمتر مربع	N/mm^2	ن/ملم2
	كيلونيوتن/متر مربع	kN/m^2	كن/م2
درجة الحرارة	درجة مئوية	°C	°س

معاملات التحويل من النظام المتري الى النظام الدولي

	نظام متري			نظام دولي
	كيلو غرام قوة	=	9,81	نيوتن
	كيلو غرام قوة . متر	=	9,81	نيوتن. متر
	كيلو غرام قوة / متر	=	9,81	نيوتن/ متر
	كيلو غرام قوة / سنتمتر مربع	=	0,0981	نيوتن/ ملمتر مربع
	كيلو غرام قوة / متر مربع	=	9,81	نيوتن/ متر مربع
	كيلو غرام قوة / متر مكعب	=	9,81	نيوتن/ متر مكعب
0,102	كيلو غرام قوة	=	1	نيوتن
0,102	كيلو غرام قوة .متر	=	1	نيوتن.متر
0,102	كيلو غرام قوة /متر	=	1	نيوتن/ متر
10,20	كيلو غرام قوة/ سنتمتر مربع	=	1	نيوتن/ ملمتر مربع
0,102	كيلو غرام قوة/ متر مربع	=	1	نيوتن/ متر مربع
0,101	كيلو غرام قوة/ متر مكعب	=	1	نيوتن/ متر مكعب

الأسس المتبعة في تبويب وترقيم
كودات البناء الوطني الاردني

أولا : قسمت كودات البناء الوطني الاردني وحسب موضوع البحث الى عدة كودات مختلفة العناوين ، وقد أعطيت كل كودة رقما متسلسلا يميزها عن غيرها من الكودات.

ثانيا : تم تقسيم الكودة الواحدة الى عدة أبواب رئيسية و أعطي كل باب رقما متسلسلا ضمن الكودة يميزه عن غيره من الأبواب.

ثالثا : قسم كل باب من الأبواب المختلفة لكل كودة وبترتيب تنازلي الى ما يلي :-

المـادة : ويرمز اليها برقمين مختلفين تفصل بينهما إشارة(/). ويمثل الرقم الذي على اليمين رقم الباب

الذي تفرعت عنه هذه المادة بينما يمثل الرقم الذي على اليسار رقم المادة نفسها.

البنـــد : ويرمز إليه بثلاثة أرقام مختلفة تفصل بين كل اثنين منها إشارة (/)و يمثل الرقم الذي على اليمين رقم الباب ، ويمثل الرقم الأوسط رقم المادة التي تفوع منها هذا البند بينما يمثل الرقم الذي على اليسار رقم البند نفسه.

البند الفرعـي: ويرمز إليه بحرف أبجدي موضوع بين قوسين ويكون متفرعا عن البند ويرجع إليه برمز البند مضافا إليه رمز البند الفرعي نفسه.

الفقـرة : ويرمز اليها برقم موضوع بين قوسين وتكون الفقرة متفرعة عن البند الفرعي ويرجع اليها بذكر رقم الفقرة نفسها ورمز البند الفرعي التابع لها.