

جمهورية العراق

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

وزارة الإعمار والإسكان

والبلديات والأشغال العامة

دائرة المباني

مدونة الاسس والجدران الساندة

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٣٠٢

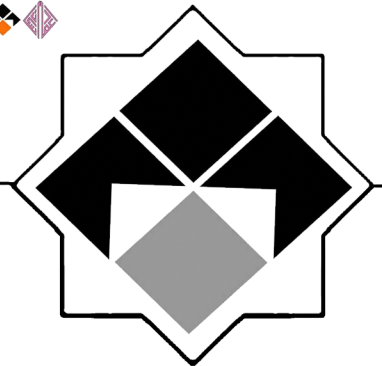
إن هذه المدونة معتمدة رسمياً وملزمة بموجب قانون الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ومنشورة في جريدة الوقائع العراقية في اصدارها ذي العدد ٤٣٦١ في ٢٠١٥/٤/٢٠ وجميع ما تحويه من اشتراطات ملزمة الاتباع والتطبيق من قبل الجهات الحكومية والقطاع الخاص لجميع المشاريع الانشائية وقطاع التشييد في جمهورية العراق وكل نسخة غير مختومة بختم الوزارة صاحبة حقوق الطبع والنشر والتوزيع تعتبر مزورة.

وزارة الاعمار والاسكان
والبلديات والأشغال العامة



الطبعة الاولى

٢٠١٥م-١٤٣٦هـ



فريق إعداد مدونة الأسس والجدران الساندة

الاستاذ المساعد الدكتور/ حسام علي محمد

الاستاذ المساعد الدكتور/ مكي جعفر الوائلي

الاستاذ المساعد الدكتور/ محمد يوسف فتاح

فريق تدقيق المدونة

الاستاذ / نائل كامل دلالي

الاستاذ المساعد الدكتور/ عادل حميد مجيد

المدرس الدكتور/ مدحت شاكر مدحت

اللجنة الفنية للمشروع

سعد عبد الوهاب عبد القادر / رئيس اللجنة
الدكتور المهندس عماد حمزة محمد حسين
الدكتور المهندس علي عبد الحسين مجبّل
الدكتور المهندس خالد احمد جودي
الدكتور المهندس رائد رمزي العمري
الدكتور المهندس ليث خالد كامل
الدكتور المهندس محمد صلاح سلمان
الدكتور المهندس خالد عبد الوهاب مصطفى
الدكتور المهندس رائد حسن عبود
الدكتور المهندس مقdad حيدر الجودي
الدكتور المهندس منقذ سلّيم داود
ر.مهندسين أقدم حسين محمد علي
الخبير المهندس نهاد قاسم محمد
ر.مهندسين أقدم جنان رضا محمد

اللجنة الادارية للمشروع

الخبير المهندس حسين مجيد حسين / مدير المشروع
الدكتور المهندس رائد حسن عبود
رئيس مهندسين الهام ابراهيم عبد الرزاق
م. أقدم حيدر علاوي صالح
م.مهندس نور عبد الصاحب عبد الرزاق

لجنة متابعة المدونة

الخبير المهندس جبار حمزة لطيف / رئيس اللجنة
رئيس مهندسين هناء عزيز

تقديم

بسم الله الرحمن الرحيم

تستمر وزارة الاعمار والاسكان والبلديات والأشغال العامة على نهجها ودأبها وسعيها في رفد المكتبة الهندسية العراقية بما تحتاجه من مراجع تُعين المهندس في عمله، مصمماً أو منفذاً. فبعد إصداريتها الأولى من الخمس عشرة مدونة من مدونات متطلبات الحيز الفضائي في المباني، ومدونة السقالات، ومدونة التأسيسات المائية في المباني، ومدونة الإنارة الداخلية، ومدونة التأريض و الوقاية من الصواعق، ومدونة المصاعد، ومدونة التدفئة المركزية، ومدونة التهوية الميكانيكية، ومدونة حماية الأبنية من الحريق، ومدونة منظومات الكشف والإنذار بالحريق، ومدونة العزل الحراري، ومدونة العزل المائي، ومدونة الصوتيات، ومدونة التهوية الطبيعية والأصول الصحية، ومدونة الإنارة الطبيعية، وما تلاها من إصدار كل من الطبعة الثانية من دليل المهندس المقيم للمشاريع الانشائية، و الدليل القياسي لتحليل الأسعار لقطاع البناء والانشاءات بجزأيه (الأعمال المدنية وأعمال الخدمات الصحية والكهربائية والميكانيكية)، وكراس توصيف عناوين المهن والحرف والمؤهلات والإنتاجية للعاملين في قطاع التشييد والبناء، تأتي هذه المجموعة الجديدة من مدونات البناء لتُقدّم للمهندس الحاذق ما يجعله على بينة من دقائق حرفته التي يجب أن يُجهد نفسه في سبيل تحقيق شرائطها.

فقد عازمت الوزارة على أن تُمضي نيتها على ذلك ولن تدخر دون ذلك سعيًا. فهذه الاصدارية من المدونات وما تشتمل عليه من مدونة النفايات، ومدونة السلامة العامة في تنفيذ المشاريع الإنشائية، ومدونة الملاحي، ومدونة التبريد، ومدونة الإنشاءات الفولاذية، ومدونة التثليج، ومدونة الأسس والجدران الساندة، والمواصفات الفنية للأعمال الصحية، والمواصفات الفنية للأعمال الكهربائية، والمواصفات الفنية لأعمال تكييف الهواء ومنظومات التثليج، ومدونة الأحمال والقوى، ومدونة متطلبات البناء الخاص بذوي الاحتياجات الخاصة، ومدونة التأسيسات الكهربائية، كلها تُقدّم للمهندس أجود ما يُحكم به عمله. وحيث أن بيان العمل بالمدونات قد ألزم الجميع بالرجوع إليها في جميع أمورها فعلى الله التكلان في نيل النفع الجزيل الذي سيتحقق من العمل بهذه المدونات. وذلك ليس أمراً بعيد المرام، بل يسير المنال.

وعلى الله قصد السبيل

طارق الخيكاني

وزير الإعمار والإسكان والبلديات والأشغال العامة

رئيس اللجنة العليا

لمشروع المدونات والمواصفات العراقية

مقدمة فريق الاعداد

بسم الله الرحمن الرحيم

" أفمن أسس بنيانه على تقوى من الله ورضوان خير أم من أسس بنيانه على شفا جرف هار فانهار به في نار جهنم والله لا يهدي القوم الظالمين " ، سورة التوبة (الآية 9)

نظراً لما يمر به بلدنا العزيز من حملة اعمار واسعة تشمل جميع نواحي الحياة من خدمات في كافة المجالات ولصلة هذه الحملة بأعمال الهندسة المدنية التي تغطي جميع مفردات هذه الحملة تقريباً والتي تشمل من بين ما تشتمل عليه أعمال الأسس، وأعمال الطرق والجسور، وإنشاء شبكات إسالة المياه والصرف الصحي، وأعمال شبكات الري والبزل وغيرها، وللتطور الهائل في أساليب وطرائق التشييد، وحيث ان الحاجة تدعو الى تنظيم هذه الاعمال ضمن قوانين وتشريعات محلية حاكمية، جاءت فكرة المشروع الوطني الرائد وهو مشروع مدونات البناء العراقية. واذا قدر ان يرى هذا المشروع المتكامل النور بجميع مدوناته فسنكون قد حققنا حلماً كبيراً كنا نسعى لتحقيقه منذ زمن طويل وكتبنا لأول مرة مدونة بناء بلغة عربية وروح عراقية. ولا يخفى على احد ما للأسس من أهمية قصوى لجميع اعضاء وفقرات البناء. ولقد جاء تكليفنا باعداد مدونة الأسس والجدران الساندة، بمثابة شرف عظيم ومهمة جسيمة. ندعو الله العلي القدير اننا قد وفينا بواجب هذا التكليف. لا ندعي وكذلك لا يدعي غيرنا من معدي ومدقي المدونات اننا وصلنا الى المرحلة النهائية من تحقيق حلمنا الكبير او بلغنا درجة الكمال او الاكتمال ولكننا وضعنا خطوة كبيرة على الطريق لنكون بذلك قد خدمنا الوطن وشريحة العاملين في حقل الهندسة المدنية من مختصين ومهندسين وفنيين ومقاولي البناء.

تتألف مدونة الأسس والجدران الساندة من ستة ابواب وهي مقدمة عامة اهتمت بمجال المدونة والتعاريف المستعملة فيها، في حين كان هدف الباب الثاني هو اعطاء فكرة شاملة عن الاعتبارات التصميمية للأسس. ولقد طرح الباب الثالث أهم أنواع الاسس وهي الأسس السطحية وتصميمها، في حين ناقش الباب الرابع موضوع الأسس العميقة، وانصب الجهد في الباب الخامس على الجدران الساندة، وكانت نهاية المطاف في الباب السادس الذي تناول مواضيع الحفريات والردم والتدعيم وتقوية الأسس.

نرجو ان ينال جهدنا المتواضع اهتمام المختصين من الباحثين والمهندسين... والله من وراء القصد.

أ.م.د. حسام علي محمد
رئيس فريق الاعداد

المحتوى

الباب الأول المجال والتعاريف		
التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
1-1	مقدمة عامة	1/1
2-1	دراسة تربة الأساس	1/1
3-1	مجالات المدونة	2/1
4-1	تعاريف ومصطلحات	2/1
1/4-1	تعاريف ومصطلحات عامة	2/1
2/4-1	تعاريف ومصطلحات خاصة بالأسس السطحية	4/1
3/4-1	تعاريف ومصطلحات خاصة بأسس الركائز	5/1

الباب الثاني اعتبارات تصميمية عامة		
التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
1-2	أنواع الأسس - عام	1/2
1/1-2	اشتراطات	1/2
2-2	الأسس على أنواع مختلفة من التربة	2/2
1/2-2	عام	2/2
2/2-2	الأسس على تربة غير متماسكة (j - soil)	2/2
3/2-2	الأسس على تربة متماسكة (c - soil)	3/2
4/2-2	الأسس على الردم (Fill)	4/2
5/2-2	الأسس على تربة قابلة للانتفاخ والانكماش	6/2
6/2-2	التنفيذ على تربة عضوية	8/2
7/2-2	التنفيذ على طبقات مختلفة السمك	8/2
8/2-2	التنفيذ على طبقات من التربة الرخوة	9/2

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
3-2	القيم القصوى المفترضة لضغط التحميل المسموح به للصخور	10/2
4-2	حالات التحميل	12/2
5-2	معامل الأمان	12/2
1/5-2	تعريف	12/2
2/5-2	العوامل المؤثرة على تحديد معامل الأمان	14/2
3/5-2	اختيار معامل الأمان	14/2
4/5-2	متطلبات الأمان اللازمة للتصميم	14/2
6-2	الهبوط (Settlement)	20/2
1/6-2	عام	20/2
2/6-2	هبوط الأسس في التربة غير المتماسكة	21/2
3/6-2	هبوط الأسس في التربة المتماسكة	22/2
4/6-2	الهبوط المتفاوت (Differential Settlement)	22/2
7-2	معايير رد فعل التربة (Modulus of Subgrade Reaction)	24/2
1/7-2	عام	24/2
2/7-2	حساب المعايير (Ks) بالاستناد الى نتائج الفحوص الحقلية	25/2
3/7-2	حساب المعايير (Ks) بالاستناد الى نتائج الفحوص المختبرية	25/2
4/7-2	حساب المعايير (Ks) بالاستناد الى ضغط التحميل المسموح به	26/2
5/7-2	القيم المفترضة لمعايير رد فعل التربة (Ks)	26/2
6/7-2	التفاعل بين الأساس والتربة وعلاقته بجساءة الأساس	27/2
7/7-2	علاقة الهبوط بمعايير رد فعل التربة	27/2
8-2	اعتبارات التصميم الإنشائي	28/2
1/8-2	عام	28/2
2/8-2	التوافق بين المنشآت التحتانية والفوقانية وتربة الأساس	28/2
3/8-2	الهبوط المتفاوت	28/2

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
4/8-2	التغير في ظروف التربة	28/2
5/8-2	أحمال الأسس	29/2
9-2	اعتبارات التصميم المتعلقة بالإنشاء	32/2
1/9-2	عام	32/2
2/9-2	متانة المنشآت المنفذة جزئياً	32/2
3/9-2	السبك الأدنى للغطاء الخرساني	32/2
10-2	التأسيس على الترب الجبسية	33/2
1/10-2	مقدمة عامة	33/2
2/10-2	الخصائص الانهيارية للترب الجبسية	33/2
3/10-2	طرائق معالجة وتحسين خواص الترب الجبسية	34/2

الباب الثالث		
الأسس السطحية		
التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
1-3	الأسس السطحية	1/3
1/1-3	أسس الأعمدة (Pad or Column Footings)	1/3
2/1-3	الأسس المشتركة (Combined Footings)	1/3
3/1-3	الأسس الطولية أو الشريطية (Strip Foundations)	2/3
4/1-3	الأساس الناتيء (Cantilever Footing)	4/3
5/1-3	الأساس الحصري (Raft Foundation)	4/3
2-3	تحديد قابلية التحمل القصوى للأسس السطحية	5/3
1/2-3	منحنيات الحمل - الهبوط	5/3
2/2-3	حساب قابلية التحمل القصوى للأسس السطحية على التربة	5/3
3/2-3	تأثير المياه الجوفية	6/3
4/2-3	تأثير لامركزية التحميل على قابلية التحمل القصوى	8/3
5/2-3	تأثير نوع الفشل في التربة	10/3

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
6/2-3	تأثير عمق وميل الأساس وميل سطح التربة وميل الحمل المسلط	11/3
3-3	اعتبارات تصميم الأسس السطحية	11/3
1/3-3	عام	11/3
2/3-3	ضغط التحميل المسموح به	11/3
3/3-3	اختيار نوع الأساس السطحي	12/3
4/3-3	تأثير تغيرات الطقس الفصلية	12/3
5/3-3	تأثير السخونة	13/3
6/3-3	توزيع الاجهادات تحت الأساس المحملة لامركزيا	13/3
4-3	اعتبارات تصميم الأسس المشتركة والأسس الطولية المستمرة وأسس الحصىرة	14/3
1/4-3	عام	14/3
2/4-3	توزيع ردود أفعال التربة	15/3
3/4-3	الأسس ذات العمودين	15/3
4/4-3	تصميم الأسس المنفصلة	17/3
5/4-3	تصميم أسس الحصىرة	21/3
5-3	حماية الأسس السطحية	23/3
1/5-3	حماية الأسس من تأثير المواد الكيميائية الضارة	23/3
2/5-3	عزل الأسس	24/3
6-3	بعض أسباب فشل الأسس السطحية	25/3
7-3	تسلم الأسس	26/3
1/7-3	دراسة تقرير التربة ومراجعة لوائح التسلم	26/3
2/7-3	اختيار نوع طبقات التربة للتخلص من تأثيرات المياه الجوفية	26/3
3/7-3	تفتيش أعمال قوالب الأسس	26/3

الباب الرابع الأسس العميقة		
رقم الصفحة	الموضوع	التسلسل
1/4	الأسس العميقة (Deep Foundations)	1-4
1/4	استعمالات الأسس العميقة	1/1-4
2/4	أنواع الأسس العميقة	2/1-4
3/4	تحديد قابلية التحمل للأسس العميقة	2-4
3/4	تحديد قابلية التحمل القصوى للأسس العميقة باستعمال المعادلات	1/2-4
7/4	تحديد قابلية التحمل للأسس العميقة القصوى باستعمال فحوص التحميل	2/2-4
9/4	تحديد قابلية التحمل القصوى لمجموعة الركائز في التربة المتماسكة	3-4
10/4	تحديد قابلية التحمل القصوى لأسس الدعام	4-4
11/4	العوامل المؤثرة في اختيار نوع الركيزة المناسب	5-4
11/4	اسلوب تنفيذ الركائز استنادا الى نوع وحالة التربة	1/5-4
12/4	الاحمال المنقولة	2/5-4
13/4	القرب من المباني المجاورة وحالتها ونوعيتها	3/5-4
13/4	مواصفات الموقع	4/5-4
14/4	الكلفة الاقتصادية	5/5-4
14/4	اعتبارات تصميم الأسس الركائزية	6-4
14/4	عام	1/6-4
15/4	أنواع الركائز	2/6-4
15/4	مقاومة الركائز	3/6-4
16/4	مجموعة الركائز	4/6-4
18/4	قبعة الركائز	5/6-4
19/4	اعتبارات تصميم أسس الدعام (Piers)	7-4

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
1/7-4	عام	19/4
2/7-4	أنواع أسس الدعام	20/4
3/7-4	استطلاع الموقع وخصائص التربة	20/4
4/7-4	الأحمال الجانبية وعزوم الانحناء	21/4
5/7-4	تصميم أسس الدعام لمقاومة الأحمال الجانبية	21/4
6/7-4	شكل أساس الدعام	21/4
7/7-4	اعتبارات اضافية لتصميم أسس الدعام	22/4
8-4	إحتياجات الأمان للأسس العميقة	23/4
1/8-4	احتياجات الأمان العمومية في أعمال التنفيذ	23/4

الباب الخامس		
الجدران السائدة		
التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
1-5	عام	1/5
1/1-5	تعريف	1/5
2/1-5	أنواع الجدران السائدة	1/5
3/1-5	قابلية التحمل القصوى وضغط التحميل المسموح به وضغط التحميل المفترض	2/5
2-5	الهبوط	2/5
3-5	ضغط التربة الجانبي	2/5
1/3-5	عام	2/5
2/3-5	ضغط التربة الجانبي الساكن (Earth Pressure at Rest)	2/5
3/3-5	ضغط التربة الجانبي الدافع الفعال (Active Earth Pressure)	3/5
4/3-5	ضغط التربة الجانبي المانع او غير الفعال (Passive Earth Pressure)	4/5
5/3-5	نظريات وطرائق حساب ضغط التربة الجانبي	4/5
6/3-5	أثر المياه على ضغط التربة الجانبي	6/5

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
4-5	ثبات الجدار الساند	7/5
1/4-5	القوى المؤثرة على الجدار الساند بموجب نظرية رانكن	7/5
2/4-5	تصريف المياه	9/5
3/4-5	تأثير الزلازل على الجدران الساندة	11/5

الباب السادس		
الحفريات والردم والتدعيم وتقوية الأسس		
التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
1-6	الحفريات	1/6
1/1-6	شروط عامة للحفريات	1/6
2/1-6	استطلاع الموقع	1/6
3/1-6	تأثير الحفريات على تصميم الأسس	1/6
4/1-6	تصريف المياه	1/6
5/1-6	إعداد قاع الحفر والميول الجانبية	1/6
6/1-6	حفريات الأسس	2/6
7/1-6	حفريات الخنادق للخدمات العامة	2/6
8/1-6	أعمال الردم حول الأسس	2/6
9/1-6	المواد التي يحظر استعمالها في أعمال الردم	3/6
10/1-6	تدعيم جوانب الحفر	3/6
2-6	تدعيم المباني	3/6
1/2-6	التصميم	3/6
2/2-6	التنفيذ	3/6
3-6	تدعيم الأسس (underpinning)	4/6

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
1/3-6	عام	4/6
2/3-6	الظروف الأرضية	4/6
3/3-6	ثبات المنشأ	4/6
4/3-6	تقليل الأحمال	4/6
5/3-6	الحفريات	4/6
6/3-6	رصد أعمال تدعيم الأسس	5/6
7/3-6	التنفيذ	5/6

الباب الأول

المجال والتعاريف

1-1 مقدمة عامة

الأسس هي الجزء السفلي لمنشأ هندسي أو بناء، ومهمتها نقل احمال البناء إلى التربة وضمان ارتكازه على الأرض ارتكازاً ثابتاً. وتكون الاسس في العادة مدفونة في الأرض على عمق مناسب للاساس يختار تبعاً لنوع المنشأ وأسلوب التصميم وقدرة تحمل التربة. ويجب أن تتوفر في تربة الأساس الشروط الأربعة التالية: المتانة (Durability) كي لا يحدث فيها فشل بتأثير أحمال المنشأ المنقولة إليها بالاسس، والتوازن (Equilibrium)، كي لا تحدث فيها انزلاقات نتيجة إزاحة طبقات التربة أو انهيارها عندما لا تكون مستقرة، والثبات (Toughness)، كي لا تحدث فيها انجرافات أو فجوات داخلية بتأثير التعرية (Erosions) بسبب وجود المياه فيها، والاستقرار (Stability)، لئلا تحدث فيها تغيرات وتشوهات كبيرة في حجمها بتأثير الرطوبة والحرارة.

ويتطلب ضمان هذه الشروط في تربة الأساس النزول أحياناً بمستوى الأساس إلى أعماق كبيرة جداً، أو يتطلب معالجة خاصة للتربة ببنيتها أو عزلها عن الرطوبة، أو يتطلب أحياناً اختيار نوع خاص للأسس. ومن هنا فإن دراسة التربة المراد وضع الأساس عليها، لتحديد خواصها ومواصفاتها بالتحريات الحقلية، عملية ضرورية لا غنى عنها قبل تحديد نوع الأساس وتصميمه للأبنية والمنشآت الضخمة. أما الأبنية العادية فتصمم اسسها مسبقاً، وتوضع شروط ومواصفات لتربة الأساس يتحقق من توافرها بالبحث عن العمق الذي يؤكد ذلك، وكل هذا يجعل تصميم الاسس وتنفيذها مرتبطين ارتباطاً وثيقاً بعلم ميكانيك التربة الذي يعنى بخواص التربة ومواصفاتها.

1-2 دراسة تربة الأساس

تدرس التربة بالتحريات الحقلية للكشف عن طبيعتها وترتيب طبقاتها وسمكها، ومستوى المياه الجوفية فيها، وتحديد أماكن عدم التجانس في بنيتها، لتحديد على وفق هذه الدراسة، طبقة التربة التي يمكن أن تتوفر فيها شروط المتانة والتوازن والثبات والاستقرار. وبسبب تعقيد طبيعة التربة لا توجد طريقة واحدة مناسبة لتحري جميع حالاتها. ولكن أكثر الطرائق ملائمة وشيوعاً هي إجراء حفر اختبارية استطلاعية في مناطق مختلفة من موقع المنشأ تؤخذ منها عينات لتجرى عليها في المختبر التجارب اللازمة. ومن ثم تصنف وتحفظ، ويوضع ما استخلص منها من نتائج في تقرير دراسة التربة. وتنفذ الحفر الاختبارية (Boreholes) بطرائق مختلفة منها بالمتقب اليدوي أو الآلي أو بالحفارة المائية أو بالدق،

أو بالحفر الدوراني للتراب الصلبة. ولإجراء الحفر الاختبارية في التراب المغمورة بالماء يستعان بآلات أخرى معدة لهذه الغاية.

وفي المواقع التي تتوفر فيها معطيات عن طبيعة التربة وخواصها يتحقق، فقط، من هذه الخواص بالكشف عن تربة الأساس بمثابة مختلفة الشكل. وتنفذ أعمال الحفر الاختبارية في العادة إلى عمق يساوي ثلاثة أمثال أكبر بعد من أبعاد قاعدة الأساس، ويكون العمق من 6م إلى 15 م كافياً للأسس العادية والحصيرية. أما الركائز (Piles) فيستحسن النزول بالحفر عندها إلى عمق 10 م تحت أسفل قاعدة الركيزة أو النزول إلى سطح الطبقة الصخرية إذا أمكن ذلك، ولل منشآت الهامة يجب النزول على الأقل حتى الطبقات الصخرية وبعـمق من 1.5 م وإلى 3 م [1]. وتحدد مواقع الحفر الاختبارية وعددها تحديداً يشمل كامل الموقع. وتوزع الحفر الاختبارية في العادة تبعاً لطبيعة المنشآت بمعدل 15 متراً بين كل حفرة وأخرى للأبنية العادية. وفي الأماكن التي يظهر فيها عدم تجانس التربة تزداد أعداد الحفر الاختبارية لتصبح المسافة بينها بمعدل من 7 إلى 10 أمتار. وتستخلص من معطيات الحفر الاختبارية الخصائص الميكانيكية للتربة التي تكون في العادة إما حبيبية أو طينية. وأهم هذه الخصائص: مقاومة التربة لقوى القص، وزاوية الاحتكاك الداخلية للتربة، وتماسك التربة، لغرض تحديد قابليتها للتحمل (Bearing capacity) ومعاملات انضغاط التربة لغرض تخمين الهبوط (Settlement)، بالإضافة إلى الخصائص الكيميائية مثل نسبة الاملاح وخصوصاً املاح الكبريتات والكلوريدات والجبس. وتحدد في المنشآت الكبيرة المهمة خصائص إضافية للتربة مثل معامل النفاذية وضغط ماء المسام [pore water pressure (pwp)] وخصائص الإجهاد والانفعال وتأثيراتها في استقرار التربة وتوازنها وثباتها.

3-1 مجالات المدونة

تغطي هذه المدونة المتطلبات الدنيا الواجب توافرها في أسس المباني والمنشآت والجدران الساندة، وأساليب تصميم وإنشاء تلك الأسس بالإضافة إلى شروط تنفيذ الحفريات وأعمال الردم وتدعيم المباني وتقوية الأسس.

4-1 تعاريف ومصطلحات

1-1/4 تعاريف ومصطلحات عامة

1-1/4-1 أحمال المنشأ (Loads on structures)

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

1- 2/1/4 الأساس (Foundation)

هو ذلك الجزء الإنشائي الواقع اعتيادياً تحت مستوى سطح الأرض والذي ينقل أحمال المنشأ إلى تربة الأساس.

1- 3/1/4 المنشآت تحت السطحية (Substructures)

هي تلك المنشآت أو أجزائها الواقعة تحت مستوى سطح الأرض المحيطة به.

1- 4/1/4 التربة مفرطة الانضغاط (Overconsolidated Soil)

هي التربة المعرضة حالياً لضغط تحميل فعال ذي قيمة معينة وسبق لها أن تعرضت لضغط تحميل فعال آخر ذي قيمة أكبر.

1- 5/1/4 ضغط التحميل الكلي (Gross Load Intensity)

هو الضغط الرأسي المؤثر عند مستوى الأساس والناجم من أحمال المنشأ، شاملاً وزن الأساس.

1- 6/1/4 ضغط التحميل الصافي (Net Load Intensity)

هو الضغط الرأسي الإضافي المؤثر عند مستوى الأساس والناجم من أحمال المنشأ نفسه وغيرها من الأحمال الإضافية (كأحمال الزلازل والأعمال الترابية فوق مستوى الأرض الأصلي)، ويساوي الفرق بين ضغط التحميل الكلي عند مستوى الأساس قبل الحفر وبعد انتهاء أعمال الإنشاء بكامل أحمالها أي يساوي ضغط التحميل الكلي مطروحاً منه ضغط التربة عند مستوى الأساس في الوضع الأصلي للموقع قبل الحفر ومباشرة الأعمال الإنشائية.

1- 7/1/4 ضغط التحميل المسموح (q_n) (Allowable Bearing Pressure)

هو أقصى ضغط تحميل مسموح به عند مستوى الأساس، ويحدد بناءً على الاعتبارات التالية :-

1- 1/7/1/4 قابلية التحمل القصوى.

1- 2/7/1/4 مقدار الهبوط المتوقع ونوعه.

1- 3/7/1/4 قابلية المبنى على التكيف مع الهبوط المتوقع.

1- 4/7/1/4 معامل الأمان.

1- 8/1/4 ضغط التحميل المفترض (Presumed Bearing Pressure)

هو ضغط التحميل الذي تسمح بافتراضه هذه المدونة لأغراض التصميم الابتدائي والمناسب لنوع معين من التربة. ويعتمد فرض قيمته على الخبرة أو على حسابات مستمدة من اختبارات مقاومة القص للتربة أو اختبارات تحميل موقعية مع استعمال معامل أمان ضد الفشل بالقص.

1- 9/1/4 طبقة الأساس (Foundation layer)

هي الطبقة التي تتلقى الأحمال من الأسس.

1-10/4/10 عمق الأساس (D_f)

هو الفرق بين مستوى سطح الأرض الطبيعية NGL ومستوى سطح القاعدة الخرسانية السفلى للأساس.

1-11/4/11 قابلية التحمل القصوى (q_u) (Ultimate Bearing Capacity)

هي ضغط التحميل الأقصى الكلي الذي تفشل عنده التربة أو الصخر بالقص.

1-12/4/12 قابلية التحمل القصوى الصافية (q_{un}) (Net Ultimate Bearing Capacity)

هي ضغط التحميل الأقصى الصافي لأساس معين الذي تفشل عنده التربة أو الصخر بالقص. وتحدد قيمته من فحوص مقاومة القص على عينات سليمة من التربة أو الصخر أو باختبارات تحميل مساحات في الموقع، ويساوي قابلية التحمل القصوى مطروحا منها ضغط التربة فوق مستوى الأساس في الوضع الأصلي للموقع قبل الحفر ومباشرة الأعمال الإنشائية.

1-13/4/13 مساحة الأساس المحملة (Bearing Area of Foundation)

هي مساحة التماس بين السطح السفلي للأساس وطبقة الأساس .

1-14/4/14 معايير رد فعل التربة (K_s) (Modulus of Subgrade Reaction)

هو النسبة بين الضغط المؤثر على التربة والهبوط المرن الناتج من ذلك.

1-15/4/15 دليل اللدونة (PI) (Plasticity Index)

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

$$PI = LL - PL \quad (1-1/4)$$

1-2/4/2 تعاريف ومصطلحات خاصة بالأسس السطحية

1-1/2/4/1 الأسس الشريطية (Strip Foundations)

هي أسس مستمرة لاسناد أحمال خطية كالجدران مثلا، أو لإسناد أعمدة تقع على خط واحد ومتقاربة مع بعضها، أو لاسناد ضغط منتظم طوليا.

1-2/2/4/2 أساس حصيرة (Raft Foundation)

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

1-3/2/4/3 أرافدة الأرضية (Ground Beam)

هي رافدة (beam) في منشأ تحت سطح الأرض تنقل الأحمال إلى قاعدة عمود أو إلى ركيزة أو إلى أي نوع آخر من الأسس.

1-4/2/4/4 قاعدة عمود (Isolated Foundation)

هو أساس منفصل لتوزيع حمل مركز مثلا لإسناد أعمدة.

1- 3/4 تعاريف ومصطلحات خاصة بأسس الركائز

1- 1/3/4 الحشوة (Packing)

وسادة مرنة توضع ما بين الخوذة (Helmet) والطرف العلوي للركيزة الخرسانية للتقليل من تلف قمتهما في أثناء الدق.

1- 2/3/4 حمل الصمود (Proof Load)

هو الحمل الذي يؤثر على ركيزة معينة للتأكد من عدم تجاوز قيمة هبوطها للحد المسموح به. ولا يتجاوز حمل الصمود عادة (150) بالمائة من حمل الركيزة المسموح به (حمل التشغيل).

1- 3/3/4 الحمل المسموح به للركيزة (حمل التشغيل) (Allowable Pile Load (Working Load)

هو أقصى حمل تشغيلي مسموح به يؤثر على الركيزة. وتحدد قيمته بناءً على قابلية التحمل الأقصى للركيزة، والاحتكاك السطحي السالب، ومسافة التباعد بين محاور الركائز، وقابلية تحمل التربة أسفل مجموعات الركائز، والهبوط المسموح به، ومعامل الأمان.

1- 4/3/4 ركيزة ابتدائية (Preliminary Pile)

هي ركيزة تنفذ قبل تنفيذ ركائز المنشأ الرئيسة للتأكد من ملائمة نوع الركيزة للتصميم الانشائي من حيث الأبعاد وقابلية التحمل.

1- 5/3/4 ركيزة احتكاك (Friction Pile)

هي ركيزة تعتمد بصورة رئيسة في تحملها للأحمال على الاحتكاك بينها وبين طبقة أو طبقات التربة المحيطة بها.

1- 6/3/4 ركيزة ارتكاز (Bearing Pile)

هي ركيزة تعتمد بصورة رئيسة في تحملها للأحمال على ارتكاز قاعدتها أو طرفها النهائي على طبقة الارتكاز.

1- 7/3/4 ركيزة أنبوبية (Pipe Pile)

هي ركيزة تتكون من أنبوب فولاذي مفتوح الطرفين يدق في الأرض كما هو أو بعد تجهيز أحد طرفيه بمخروط معدني مدبب (Shoe). يملأ الأنبوب الفولاذي بالخرسانة كاملاً أو جزءاً منه.

1- 8/3/4 ركيزة حفر (Bored Pile)

هي ركيزة لا يقل قطرها عن (600) ملمتر، تحفر بحفارات ميكانيكية ثاقبة، أو بحفارات ميكانيكية ذات كباشات.

1- 9/3/4 ركيزة دق (Driven Pile)

هي ركيزة تدفع في الأرض بالدق بمطرقة أو بواسطة هزاز (Vibrator) أو كليهما .

1- 10/3/4 ركيزة تجريبية (Test Pile)

هي ركيزة تنفذ وتحمل لأغراض دراسة العلاقة بين الحمل والهبوط.

1- 11/3/4 ركيزة مسبقة الصب (Precast Pile)

هي ركيزة من الخرسانة المسلحة أو مسبقة الإجهاد تصب قبل دقها.

1- 12/3/4 ركيزة شد (Tension Pile)

هي ركيزة تصمم لمقاومة قوى سحب.

1- 13/3/4 ركيزة على شكل حرف (H) (H – Pile)

عبارة عن عمود يصنع عادة من الفولاذ المغلن (Galvanized) على شكل الحرف (H)، ذي شفاه عريضة، يكون سمك الجناح (Flange) فيها مساوياً لسمك الجذع (Web).

1- 14/3/4 ركيزة مائلة (Raking Pile – Batter Pile)

هي ركيزة دق باتجاه يميل عن الشاقول بزاوية ما لتفي بمتطلبات إنشائية معينة.

1- 15/3/4 ركيزة مغلقة (Cased Pile)

هي ركيزة ذات غلاف دائم يملأ بالخرسانة في الموقع.

1- 16/3/4 ركيزة حفر مصبوبة موقعياً (Bored Cast-in-Place Pile)

هي ركيزة تنفذ في الموقع بحفر التربة حتى مستوى طبقة الارتكاز، ثم تصب خرسانة عادية أو مسلحة ضمن الحفرة.

1- 17/3/4 ركيزة دق مصبوبة موقعياً (Driven Cast-in-Place Pile)

هي ركيزة تنفذ بدق غلاف (Casing) دائم أو مؤقت في الأرض ومن ثم يملأ بالخرسانة العادية أو المسلحة.

1- 18/3/4 ركائز صفيحية (Sheet Piles)

هي الواح فولاذية أو خرسانية أو خشبية تدق في الأرض بعضها بجوار بعض لتكون حاجزاً مستمراً. وتصمم لمقاومة القوى الجانبية وللتنقليل من تسرب الماء. وهي إما أن تكون شاقولية أو مائلة على الشاقول بزاوية ما.

1- 19/3/4 الخوذة (Helmet)

هي قلنسوة فولاذية توضع مؤقتاً على قمة الركيزة الخرسانية مسبقة الصب للحد من تلف قمة تلك الركيزة في أثناء الدق.

1- 20/3/4 قبعة الركيزة (Pile Cap)

هي قاعدة من الخرسانة ترتكز على النهاية العلوية لمجموعة من الركائز تقوم بنقل الأحمال وتوزيعها بانتظام من عمود أو أكثر إلى مجموعة الركائز.

1- 21/3/4 قابلية التحمل القصوى للركيزة (Ultimate Bearing Capacity of a Pile)

هو الحمل الأقصى المؤثر على الركيزة الذي تقبل عنده التربة أو الركيزة.

1- 22/3/4 مجموعة الركائز (Group of Piles)

هي مجموعة من الركائز لا يقل عددها عن اثنتين.

1- 23/3/4 معامل الأمان للركيزة (Factor of Safety)

هي النسبة بين قابلية التحمل القصوى للركيزة والحمل المسموح به للركيزة.

مراجع الباب الأول

- [1] السعيد، حامد، "هندسة التربة وتطبيقاتها"، جامعة البصرة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، 1981.
- [2] الشافعي، اسامة مصطفى، "الأساسات"، الجزء الاول، دار الراتب الجامعية، بيروت، الطبعة الاولى، 1986.
- [3] القسبي، السيد عبد الفتاح، "هندسة الأساسات"، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، الطبعة الثالثة، 2010.
- [4] العشو، محمد عمر، "مبادئ ميكانيك التربة"، جامعة الموصل، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، 1991.
- [5] سنغ، ب. و براكاش، ش.، "ميكانيك التربة وهندسة الاسس"، جامعة الموصل، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، 1986.
- [6] عبد العزيز، الشريف محمد عبد، "أساسيات ميكانيكا التربة والاساسات"، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، الطبعة الاولى، 2007.

الباب الثاني

اعتبارات تصميمية عامة

1-2 أنواع الأسس - عام

اختيار نوع الأسس يعتمد بشكل أساسي على نوع طبقات التربة وآلية نقل وتوزيع الأحمال.

1-1/2 اشتراطات

يجب أن يتوافر في الأساس ما يلي :-

1-1/1-2 أن ينقل بأمان جميع الأحمال إلى تربة الأساس من دون حدوث فشل التربة أو هبوط يؤثر سلباً على ثبات المنشأ أو استقراره أو أية منشآت مجاورة.

2-1/1-2 أن يتجاوز مستوى الأساس جميع الطبقات التي قد تتأثر بعوامل الجو أو الصقيع أو التغيرات الفصلية في نسبة الرطوبة.

3-1/1-2 أن يكون مقاوماً لتأثيرات المواد المتلفة في التربة مثل الكبريتات وغيرها.

2-1/2 أنواع الأسس

1-2/1-2 تقسم الأسس بحسب عمق مستوى الأساس مقاساً من أدنى مستوى لسطح الأرض المحيطة بعد الإنشاء إلى :-

1-1/2/1-2 أسس سطحية.

2-1/2/1-2 أسس عميقة.

2-2/1-2 يعتبر الأساس سطحياً إذا حقق الشرط التالي :

$$\frac{D_f}{B} \leq 4 \quad (1-1-2)$$

حيث ان :

D_f = عمق الأساس (متر).

B = عرض الأساس (متر).

وفي جميع الحالات يعتبر الأساس سطحياً إذا كان عمقه اقل من (3) امتار.

3-2/1-2 يعتبر الأساس عميقاً إذا حقق الشرط التالي :-

$$\frac{D_f}{B} > 5 \quad (2-1-2)$$

4-2/1-2 يعتمد تحديد نوع الأساس (سطحياً كان أو عميقاً) للحالات التي يقع فيها عمق مستوى الأساس ما بين (B) و $(5B)$ على طبيعة التربة وشكل الأساس واحتمال حدوث حفريات في المستقبل حول الأساس.

2-2 الأسس على أنواع مختلفة من التربة

2-2/1 عام

يمكن تمييز ثلاثة أنواع من الترب بحسب نظام التصنيف المعتمد من قبل مواصفة الجمعية الأمريكية لفحوص المواد (ASTM) للأغراض الإنشائية (ASTM-D2487) ويمكن إيجازها كالآتي:-

2-2/1/1 التربة خشنة الحبيبات (Coarse-grained soils)

إذا كانت نسبة المتبقي من نموذج التربة على المنخل المرقم 200 الذي مقاس فتحاته يساوي 0.075 ملم أكبر من أو تساوي 50% فإن التربة تكون حصوية (Gravel) أو رملية (Sand). وهذه التربة تعتمد في مقاومتها لقوى القص على زاوية الاحتكاك بين دقائقها أي (f) بالدرجة الأساس، لعدم وجود قوى التماسك (c) أو ضعفها، لذلك تدعى بالتربة غير المتماسكة أو باختصار (f soil).

2-2/1/2 التربة ناعمة الحبيبات (Fine-grained soil)

إذا كانت نسبة المتبقي من نموذج التربة على المنخل المرقم 200 (0.075) ملم أقل من 50% فإن التربة تكون إما (غرينية) (Silt) أو طينية (Clay) أو غرينية طينية. وهذه التربة تعتمد في مقاومتها لقوى القص على قوى التماسك (c) بين دقائقها بالدرجة الأساس لان قيمة زاوية الاحتكاك (f) فيها تكون قليلة أو معدومة، لذلك تدعى بالتربة المتماسكة أو باختصار (c -soil).

2-2/1/3 إذا اعتمدت التربة في مقاومتها للقص على كل من زاوية الاحتكاك (f) بين دقائقها أي (j) وقوى التماسك (c) فإنها تدعى بالتربة المتماسكة الاحتكاكية ($c-j$ soil).

2-2/2 الأسس على تربة غير متماسكة (f -soil)

2-2/2/1 تستعمل العلاقات الموصى بها في الفصل (2-3) مع اعتبار قيمة تماسك التربة (c) مساوية للصفر.

2-2/2/2 تحدد زاوية الاحتكاك للتربة غير المتماسكة (f) وكذلك كثافتها النسبية R_D بناء على فحوص مخبرية وحقلية.

2-2/2/3 يمكن الاسترشاد بقيم عدد الضربات N في فحص الاختراق القياسي المنصوص عليها في الجدول (2-2/1) لأغراض تحديد الكثافة النسبية وزاوية الاحتكاك (f) بشكل مبدئي.

2-2/2/4 ان قيم هذا الجدول هي قيم استرشادية وهي لا تمثل الواقع تماما ولا ينصح باستعمال قيمه وخصوصا المتداخلة منها للحكم على وصف التربة بشكل نهائي وبالإمكان اجراء فحوص اخرى للحكم على التوصيف الدقيق للتربة عند الحصول على قيم متداخلة بين وصفين.

الجدول 2-1/2: الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة وزاوية الاحتكاك f المناظرة [19]

الوصف	الكثافة النسبية R_D	زاوية الاحتكاك (f)	عدد الضربات (N) في فحص الاختراق القياسي المسبب لاختراق قدره (300) ملمتر
مفككة جدا	صفر - 0.15	27 - 30	صفر - 4
مفككة	0.15 - 0.35	30 - 32	4 - 10
متوسطة الكثافة	0.35 - 0.65	32 - 36	10 - 30
كثيفة	0.65 - 0.85	36 - 40	30 - 50
كثيفة جدا	اكبر من 0.85	اكبر من 40	اكبر من 50

2-2/3 الأسس على تربة متماسكة (c-soil)

تستعمل العلاقات الموصى بها في الفصل (2-3) لحساب قابلية التحمل القصوى.

2-2/3/1 تحدد قيمة تماسك التربة (c) وزاوية الاحتكاك (f) في التربة المتماسكة بالاستناد الى فحوص مختبرية وحقلية تتناسب مع سرعة تحميل التربة ، مع مراعاة أن التحميل السريع للتربة المتماسكة المشبعة بالماء يجعل زاوية الاحتكاك (f) مساوية للصفر تقريبا. ويمكن الاسترشاد بقيم عدد الضربات N في فحص الاختراق القياسي لغرض استنتاج قيمة مقاومة الانضغاط اللامحصور (Unconfined compression strength، q_u) للتربة المتماسكة المشبعة كما في الجدول (2-2/2).

2-2/3/2 إن قيم الجدول (2-2/2) هي قيم استرشادية وهي لا تمثل الواقع تماما ولا ينصح باستعمال قيمه وخصوصا المتداخلة منها للحكم على وصف التربة بشكل نهائي مالم يشفع بفحوص أخرى.

الجدول 2-2/2: العلاقة بين N وتماسك الطين [1]

الوصف	مقاومة الانضغاط اللامحصور (kPa, q_u)	عدد الضربات (N) في فحص الاختراق القياسي المسبب لاختراق قدره (300) ملمتر
رخو جدا (Very soft)	$25 >$	0 - 2
رخو (Soft)	25 - 50	3 - 5
متوسط (Medium)	50 - 100	6 - 9
متماسك (Stiff)	100 - 200	10 - 16
متماسك جدا (Very stiff)	200 - 400	17 - 30
صلد (Hard)	$400 <$	$30 <$

2-3/3/2 الأسس على تربة متماسكة - احتكاكية (c- ϕ soil)

2-3/3/2-1 يشمل هذا النوع من التربة كلا من الطين الرملّي والغرين الرملّي والطين الحصى والغرين الحصى.

2-3/3/2-2 تستعمل العلاقات الموصى بها في الفصل (3-2) لحساب قابلية التحمل القصوى.

2-3/3/2-3 تحدد قيمة تماسك التربة (c) وكثافتها (g) وزاوية مقاومتها للقص (f) بناء على فحوص مختبرية تجرى على عينات ممثلة لتربة الموقع تحت مستوى الأساس، على أن يراعى أن هذه التربة بحكم طبيعتها معرضة إلى تغير لا يمكن إغفاله في تماسكها في الموقع الواحد ، مما يستلزم ضرورة تحديد قيمة التماسك بناء على تقدير لذلك التغير الطبيعي واعتبارات مقدار تمثيل العينة للواقع.

2-4/2 الأسس على الردم (Fill)

2-4/2-1 يجب عدم تأسيس المنشآت الهندسية على طبقات من الردم أو منطقة مكونة من نفايات متجمعة في مناطق طرح النفايات قديمة.

2-4/2-2 يجب عدم التأسيس على الردم ، أما إذا اقتضت الضرورة ذلك فيشترط إجراء تحريات شاملة للموقع لتحديد قابلية تحمل التربة ومقدار الهبوط المتوقع، على أن تنفذ اعمال الردم بالأسلوب التالي:-

2-4/2-1/2 يجب أن تكون جميع الأتربة التي تستعمل للرمد - أتربة نظيفة خالية من المواد الصلبة والمواد العضوية مثل الحشائش أو جذور الأشجار أو الطبقة العليا من الأرض الزراعية وكذلك أية مواد معدنية قابلة للصدأ أو التحلل.

2-4/2-2/2 يجب تفكيك القطع الكبيرة قبل استعمالها للرمد ، كما يجب عدم استعمال مخلفات البناء أو كسر الطابوق أو الحجارة في أعمال الردم.

2-4/2-3/2 في حالة استعمال التربة الطبيعية (Subgrade) كمادة ردم يجب أن تكون خالية من الجذور النباتية والمواد العضوية والقمامة والأنقاض وخالية من الأحجار ذات مقاس أكبر من ٥٠ مم أو القطع الخرسانية أو الطابوق أو المخلفات أو أية مواد ضارة أخرى وتكون مماثلة لطبقة التربة الصالحة للزراعة وأية مواد ضارة أخرى.

2-4/2-4/2 يوضع الردم من التربة الطبيعية في طبقات رقيقة أفقية لا يزيد سمكها على (200) ملمتراً، وتحدل كل طبقة منها على حدة بحيث لا تقل كثافة الردم الجافة عن (95) بالمائة من كثافته القصوى الجافة المحددة في المختبر بفحص بروكتر القياسي بحسب المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM-D1557) ولا تقل قيمة نسبة التحمل الكالفورني (CBR) عن 4% بحسب المواصفة الأمريكية (ASTM D1883).

2- 5/2/4/2 في حالة الحفر يجب تخزين التربة الطبيعية احتياطياً بحسب النوعية المناسبة وعند الحاجة إليها في أعمال الدفن، أو نقلها خارج الموقع إذا ثبت عدم صلاحيتها أو بحسب توجيهات المهندس.

2- 6/2/4/2 يجب أن تكون مواد الحفر المستعملة في ردم المنشآت المكتملة خالية من القطع والكتل كما يجب أن تكون قيمة الرقم الهيدروجيني pH للردم الترابي من 6.5 الى 8.5 ولا يزيد محتوى الأملاح الذائبة في مستخلص التربة المشبعة على 1500 جزء في المليون (ppm)، والنسبة المئوية للصدويم القابل للمبادلة (E.S.P) لا تزيد على 10%.

2- 3/4/2 عندما تكون الأرض الطبيعية عبارة عن جزء ردم وجزء آخر حفر أو تربة طبيعية، فانه يجب قشط الحفر أو جزء التربة الطبيعية لعمق 300 ملم ودكه كما هو محدد بأعمال الردم المجاورة. وعندما تكون التربة ضعيفة أو متآكلة بفعل الفيضان أو بسبب عوامل جوية سيئة، فانه يجب إزالة جميع المسطحات التالفة واستبدالها وإعادة ردمها ورصها.

2- 4/4/2 في حالة طبقات تحت الأساس (Sub base) يجب الإيفاء بالمتطلبات التالية:

2- 1/4/4/2 قيمة حد السيولة (Liquid limit) لا تزيد على 25 %.

2- 2/4/4/2 قيمة دليل اللدونة لا تزيد على 6 %.

2- 3/4/4/2 لا يزيد محتوى المواد العضوية على 2 %.

2- 4/4/4/2 لا يزيد محتوى الكبريتات على 5 %.

2- 5/4/4/2 لا يزيد محتوى الجبس على 10.75 %.

2- 6/4/4/2 لا تقل نسبة الحدل عن 95 % بحسب فحص بروكتر المعدل.

2- 7/4/4/2 قيمة نسبة التحمل الكاليفورني (CBR) لا تقل عن 35 %.

2- 8/4/4/2 لا يزيد سمك الطبقة الواحدة على 200 ملم.

2- 9/4/4/2 يجب أن يكون التدرج بحسب المواصفات الفنية للطرق والجسور العراقية (م.ب.ع. 105)

2- 5/4/2 لا يسمح بالتأسيس مباشرة على ردم قديم غير مستوف للشروط المنصوص عليها في الفقرة 2- 2/4/2 إلا ان يجرى فحص لطبقات التربة بواسطة الحفر الاختبارية (Boreholes)، واخذ رأي خبير التربة بعد تحديد نوع المنشأ. وبعد تحقق الشروط التالية:-

2- 1/5/4/2 إزالة طبقات الردم السيئة أو المكونة من مواد عضوية وإحلال ردم جديد محلها مستوف للشروط المنصوص عليها في الفقرة (2- 2/4/2).

2- 2/5/4/2 أن تكون المنشآت خفيفة بقدر الإمكان.

2- 3/5/4/2 أن تكون المنشآت الهيكلية مرنة (Flexible) للسماح بهبوط متفاوت بدون حدوث أضرار كبيرة لها.

2-4/5/4/2 أن تعمل مفاصل حركة (Movement Joints) في المنشآت الممتدة أفقياً، تسمح بهبوط حر لوحات إنشائية منفصلة فيها بشكل يضمن عدم تضررها بشكل كبير.

2-5/5/4/2 أن تتحقق حماية تربة الأساس من التأثير بالمياه (الأمر الذي قد يؤدي إلى هبوطها)، وذلك بتصريف مياه الأمطار المتجمعة على سطح المبنى وتلك التي يتعرض لها الموقع بعيداً عن تربة الأساس، ويكون تصميم وتنفيذ تمديدات المياه والمجاري بأسلوب يحد بدرجة كبيرة من احتمال تسرب المياه منها إلى تربة الأساس[1].

2-5/2 الأساس على تربة قابلة للانتفاخ والانكماش

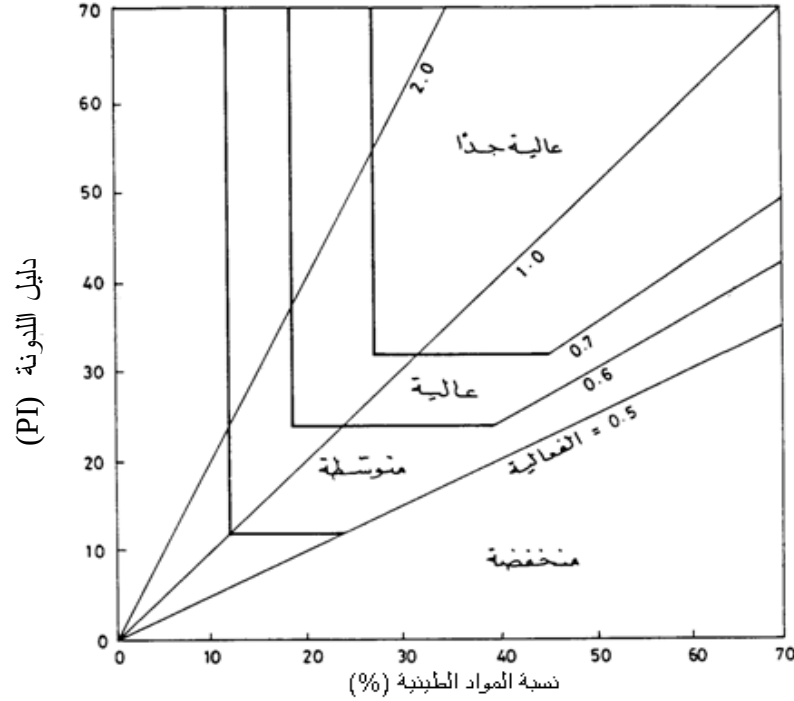
2-1/5/2 تعرف التربة القابلة للانتفاخ والانكماش بأنها نوع من أنواع من التربة الطينية يحتوي على نسب عالية من المعادن ذات القابلية العالية للانتفاخ والانكماش مثل مجموعة السمكتايت (Smectite Group) التي تحتوي على معادن المونت موريلونايت (Montmorillonite) واللايت (Illite)، حيث يتغير حجمها بصورة واضحة أو كبيرة بتغير محتوى الماء فيها فتزداد في الحجم بزيادة محتوى الماء ، ويصحب ذلك ضغط إلى أعلى على الأسس المقامة عليها ، كما يقل حجمها عند جفافها، لأن كل الترب الطينية يتغير حجمها بتغير محتواها الرطوبي.

2-2/5/2 تعتمد قابلية التغير الحجمي في التربة الطينية على نسب المواد التي يقل مقاسها عن 0.002 ملمتر وعلى نوع المعدن المكون للمواد الطينية وعلى دليل لدونتها (Plasticity Index). وتصنف قابلية التربة للانتفاخ والانكماش بأنها عالية جداً أو عالية أو متوسطة أو منخفضة استناداً إلى نسبة المواد الطينية بحسب الشكل (2-1/2).

2-3/5/2 تحدد قيمة الفعالية (Activity) (A) بحسب العلاقة التالية

$$\text{الفعالية (A)} = \frac{\text{دليل اللدونة}}{(2-1/2)} \\ \text{النسبة المئوية لحبيبات التربة التي يقل مقاسها عن 0.002 ملم}$$

2-4/5/2 يحسب ضغط الانتفاخ للتربة الطينية بناءً على نتائج فحوص مختبرية بحسب المواصفة القياسية البريطانية (BS-1377) أو المواصفة القياسية الأميركية (ASTM-D2435).



الشكل 2-1/2: قابلية التغير الحجمي في التربة الطينية وعلاقتها بدليل اللدونة ونسبة المواد الطينية.

2-5/5/2 تتبع واحدة أو أكثر من الوسائل التالية للتغلب على مشاكل التنفيذ في تربة قابلة للانتفاخ والانكماش:-

2-1/5/5/2 اختيار مستوى الأساس على عمق يكون فيه التغير الفصلي في محتوى الرطوبة قليلا جدا.

2-2/5/5/2 تغطية الأسس ذات السطوح الجانبية الخشنة الممتدة في المنطقة المعرضة للتغير الفصلي (كالركائز وأسس الدعائم) بمادة ملساء أو ذات معامل احتكاك صغير كرقائق البوليثلين (Polythene) أو غيرها للحد من قوى الدفع إلى أعلى الناجمة عن انتفاخ التربة.

2-3/5/5/2 عدم تعريض حفر الأسس إلى الشمس لفترة طويلة لتجنب جفاف التربة، والإسراع في الإنشاء بحيث تحمل الأسس بأحمالها التصميمية كاملة وبخاصة إذا تم الإنشاء في فترة الجفاف (Drought)، لان سقوط الأمطار بغزارة بعد ذلك يؤدي إلى تضرر الأسس الطويلة غير المحملة بأحمالها التصميمية الكاملة بسبب انتفاخ التربة.

2-4/5/5/2 فصل الروافد والروافد الأرضية (Beams & Ground Beams) عن حركة التربة الطينية القابلة للانتفاخ والانكماش التي قد تولد ضغط انتفاخ من أسفل إلى أعلى يزيد على الضغط المؤثر على الأسس من أعلى إلى أسفل.

2-5/5/5/2 فصل بلاطات الأرضيات عن حركة التربة الطينية القابلة للانتفاخ والانكماش. ويتحقق ذلك باستعمال نظام من البلاطات المعلقة وترك مسافة بينها وبين التربة.

2-2/5/6 عمل مفاصل حركة (Movement Joints) في المنشآت الممتدة أفقياً تسمح بهبوط حر لوحداث إنشائية منفصلة فيها بشكل يضمن عدم تضررها.

2-2/5/7 تكون وصلات تمديدات الخدمات مانعة لتسرب الماء ومرنة بدرجة تسمح بحركة نسبية للأنابيب.

2-2/5/8 تتبع واحدة أو أكثر من الوسائل التالية للحد من التغير الفصلي في محتوى رطوبة التربة الطينية القابلة للانتفاخ والانكماش:-

(أ) إنشاء رصيف غير منفذ للماء حول المبنى بعرض مترين يميل الى الخارج ، لحماية الطبقة الطينية المجاورة للمبنى من المياه السطحية، على أن يفصل هذا الرصيف عن المبنى بمفصل انزلاق رأسي مانع لتسرب الماء شريطة أن يكون الرصيف جاسئاً من ناحية التصميم الإنشائي، وأن تجرى صيانة دورية للمفصل الرأسي وعند حدوث تشققات به.

(ب) تجنب زراعة الأشجار ذات الجذور العميقة بجوار المبنى، ويوصى بشكل عام بالآ يقل بعد تلك الأشجار عن المبنى عن نصف ارتفاع اقرب شجرة مكتملة النمو.

(ت) تجهيز المبنى بنظام لصرف مياه الأمطار التي تسقط عليه بعيداً عنه.

(ث) يوصى بأن تكون حفر نزع الماء (Dewatering Borehole) غير منفذة للماء.

2-2/6 التنفيذ على تربة عضوية [2]

التربة العضوية هي التربة التي تكونت بفعل تفسخ النباتات والمواد العضوية. وتتصف بنسبة الفراغات والمحتوى الرطوبي العالين جداً، حيث ان الترب العضوية لها قابلية عالية على الانضغاطية والاحتفاظ بالماء وكذلك تتميز بوزن نوعي واطيء ونفاذية متوسطة الى واطئة لذلك تعتبر من الترب ذات المشاكل ولا يوصى بتنفيذ الأساس على هذا النوع من الترب على الإطلاق، لقابليتها للانضغاط والهبوط طويل الأمد (Long Term Settlement) حتى عند تحميلها بأحمال خفيفة.

2-2/7 التنفيذ على طبقات مختلفة السمك (Variable Thickness)

تزداد قيم الهبوط المتفاوت بوجود طبقات مختلفة السمك تحت الأسس. لذا يجب عند تنفيذ الأساس على تلك الطبقات الأخذ في الاعتبار قيم الهبوط المتفاوت، وتأثيرها على المبنى، واختيار التصميم المناسب لذلك.

2- 8/2 التنفيذ على طبقات من التربة الرخوة

عند وجود طبقات رقيقة من الترب الرخوة (Soft) بين طبقات ذات قابلية تحمل عالية يفضل بشكل عام أن تصمم الأسس على وفق قابلية تحمل الطبقة الرقيقة من المواد الرخوة. ويمكن إتباع الطرائق التالية لمعالجة خواص الترب الرخوة لغرض زيادة قابلية تحملها أو تقليل الهبوط الحاصل فيها نتيجة تسليط الاحمال أو الرجوع الى مصادر اكثر تخصصا.

2- 1/8/2 معالجة الترب الرخوة

2- 1/1/8/2 عام

في معظم المواقع في العراق وخصوصا في المنطقتين الوسطى والجنوبية منه تتواجد الترب المتماسكة بدءا من سطح الأرض وحتى اعماق تتراوح بين (2 - 6) أمتار. واغلب هذه الترب تُصنف تربا رخوة لان مقاومة القص فيها اقل من 75 كيلو نيوتن على المتر المربع (بحسب المواصفة البريطانية، BS 8004). ونتيجة التطور السريع والتحضر أصبحت أكثر مشاريع البنية التحتية تنشأ تدريجيا في هذه التربة الضعيفة. تكون التربة غير المعالجة (untreated soils) في حالتها البكر (virgin state) غير صالحة لأنشطة البناء القصيرة منها أو طويلة الأجل لذا يجب تحسين خواصها قبل الاستعمال. على وجه الخصوص، تحتوي العديد من المناطق الوسطى والجنوبية طبقات سميكة من الطين المنضغط (compressible clay) المتخلف أصلا من الترسيب (sedimentation) من الأنهار. هذه التربة الرخوة (soft) لها قابلية تحمل قليلة (bearing capacity) وتكون معرضة إلى هبوط مفرط (excessive settlement) نتيجة التحميل.

2- 2/1/8/2 طرائق معالجة وتحسين خواص الترب الرخوة

هنالك طرائق عديدة لتعديل وتحسين خواص التربة متوافرة الآن في جميع أنحاء العالم ، بما في ذلك نزع الماء (dewatering)، والحدل (compaction)، والتحميل المسبق (preloading) مع المبالز العمودية (vertical drains) أو بدونها، والحشو أو الحقن (grouting)، والخلط العميق (deep mixing)، بالإضافة الى التكتيف العميق (deep densification) وتسليح التربة (soil reinforcement). وقد استعملت العديد من هذه التقنيات، مثل نزع الماء ، والحدل، والحقن والتحميل المسبق بفعالية لسنوات عديدة. ومع ذلك ، فقد حصل في السنوات الأخيرة تقدم سريع في مجالات التكتيف العميق (الحدل الاهتزازي (vibro-compaction)، والحدل الديناميكي العميق (deep dynamic compaction)، والركائز المحدولة (compaction piles)، والحدل بالمتفجرات (explosive densification)، والحقن (Jetting) والحشو المحدول (compaction grouting)، والخلط العميق، والاهتزاز المترافق مع الاستبدال (vibro-replacement)، والاهتزاز والإزاحة (vibro-displacement). لقد أصبحت هذه الطرائق بدائل عملية واقتصادية بالنسبة للعديد من اساليب تحسين التربة.

من بين العديد من التقنيات المتبعة لتحسين خواص التربة اكتسبت طريقة الأعمدة الحجرية قبولا واسعا منذ أن تم توثيقها بدقة في منتصف القرن الماضي. وقد أثبتت تلك التقنيات وخصوصا الأخيرة منها النجاح في ما يلي:

- (أ) تحسين استقرار المنحدرات (slop stability) في كل السداد الترابية (embankments) والمنحدرات الطبيعية (natural slopes)
- (ب) زيادة قابلية تحمل التربة
- (ج) تقليل الهبوط الكلي والمتفاوت
- (د) تقليل جهد التسييل (liquefaction potential)
- (هـ) زيادة المعدل الزمني للهبوط (time rate of settlement)

2-3 القيم القصوى المفترضة لضغط التحميل المسموح به للصخور

2-3/1 تحسب قيمة ضغط التحميل المسموح به للصخور بالاعتماد على مقاومة الضغط ذات المحورين (العمودي والأفقي) (Uniaxial compressive strength) لعينة أسطوانية من الصخر لا يقل قطرها عن (50) ملمترا وتكون نسبة طولها إلى قطرها (2.0). وتعادل قيمة مقاومة الضغط ذات المحورين لعينة الصخر الاسطوانية اذا كانت نسبة طولها إلى قطرها أقل من (2.0) بحسب ما نصت عليه المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM-D2938) باستعمال العلاقة التالية [3] :-

$$s_c^a = \frac{s_c}{0.88 + 0.24 * \frac{D}{L}} \quad (1/3-2)$$

حيث :

s_c = مقاومة الضغط ذات المحورين لعينة من الصخر تبلغ نسبة طولها إلى قطرها (2.0) (نيوتن/ملمتر مربع).

s_c^a = مقاومة الضغط ذات المحورين لعينة من الصخر (نيوتن/ملمتر مربع)

المكافئة إلى تلك التي تبلغ نسبة طولها إلى قطرها أقل من (2.0).

D = قطر العينة (ملمتر).

L = طول العينة (ملمتر).

وفي حالة عدم توافر عينات اسطوانية بالأبعاد المطلوبة فيمكن اعتماد قيمة مقاومة الضغط ذات المحورين المحسوبة من فحص حمل النقطة (Point load Test).

2-3/2 تعتمد قيمة كل من مقاومة الضغط ذات المحورين (Uniaxial compressive strength) وقيمة مؤشر مقاومة حمل النقطة (Point load strength index) للصخور على القيمة النوعية للصخور (Rock quality designation) (RQD) وهي تمثل نسبة مجموع أطوال قطع الصخور التي يزيد طولها على 100 ملم إلى طول القالب الكلي المستخرج. ويمكن

وصف نوعية الصخور من خلال معرفة RQD كما هو مبين بالجدول (2-1/3). والجدول (2-2/3) يبين العلاقة بين RQD وبين كل من مقاومة الضغط ذات المحورين ومؤشر مقاومة حمل النقطة .

الجدول 2-1/3: العلاقة بين القيمة النوعية للصخور (RQD) ووصف نوعيتها [4]

وصف نوعية الصخور	قيمة RQD (%)
صخور ضعيفة جدا	0 - 25
صخور ضعيفة	25 - 50
صخور معتدلة	50 - 75
صخور جيدة	75 - 90
صخور ممتازة	90 - 100

الجدول 2-2/3: العلاقة بين القيمة النوعية للصخور (RQD)

وبين مقاومة الضغط ذات المحورين وبين مؤشر مقاومة حمل النقطة للصخور [5]

قيمة RQD (%)	مقاومة الضغط ذات المحورين	مؤشر مقاومة حمل النقطة (MPa)
90 - 100	أكبر من 200	أكبر من 8
75 - 90	من 100 إلى 200	من 4 إلى 8
50 - 75	من 50 إلى 100	من 2 إلى 4
25 - 50	من 25 إلى 50	من 1 إلى 2
أقل من 25	من 1 إلى 25	يفضل الاعتماد على فحص حمل النقطة

2-3/3 تحسب قيمة ضغط التحميل المسموح به لصخر ذي قيمة نوعية (RQD) تتراوح بين 25% و 75% بطريقة الاستكمال الخطي (Linear Interpolation).

2-4/3 لغرض حساب ضغط التحميل المسموح به للصخور يعتمد المتوسط الحسابي لقيم نوعية الصخور تحت مستوى الأساس حتى عمق يساوي عرض الأساس على أن تكون هذه القيم متقاربة من بعضها، وفي حالة تدني قيمة نوعية الصخور تحت الأساس مباشرة بمقدار يتجاوز (50) بالمائة من المتوسط الحسابي لقيم نوعيات الصخور تحت الأساس فتعتمد هذه القيمة الدنيا لأغراض التصميم.

2-5/3 تستعمل العلاقة السابقة (2-1/3) لحساب ضغط التحميل المسموح به للطبقات الصخرية التي لا تحتوي على كهوف أو قنوات إذابة أو مفاصل يزيد عرضها على (5) ملمترات أو التي لم تتعرض الى إزاحة أو اضطراب شديدين. كما تستعمل هذه الطريقة في حالات التحميل الرأسي الساكن على طبقات صخرية أفقية أو ذات ميل قليلة، وفي حالة عدم تداخل ترب أو مواد ضعيفة قابلة للانضغاط بين الطبقات الصخرية. وفيما عدا ذلك تدرس كل

حالة على حدة مع اعتبار عدم تعرض الأسس إلى هبوط غير مقبول أو انهيار بالقص أو اختراق للصخور أو أي نوع من الفشل ناجم عن تلك التداخلات الضعيفة.

2-4 حالات التحميل

تقسم حالات التحميل المختلفة إلى ثلاث حالات على وفق احتمالية حدوثها ومدة تأثيرها ومعدل تكرارها. وتحدد قيمة معامل الأمان لهذه الحالات على النحو الموضح في الفصل (2-5).

2-4/1 حالة التحميل (1): تشمل كلا من الأحمال الدائمة المؤثرة على الأساس الناتجة من تأثيرات الأحمال الاعتيادية للمنشأ مثل وزن المنشأ نفسه (الحمل الميت) والحمل الحي وضغط الماء وضغط التربة والأحمال المتحركة بصورة منتظمة... الخ.

2-4/2 حالة التحميل (2): تشمل الأحمال المذكورة في حالة التحميل (1) مضافا إليها الأحمال غير الدائمة المؤثرة على الأساس مثل ضغط الرياح والأحمال المتحركة... الخ سواء في أثناء مرحلة الإنشاء أو خلال العمر الافتراضي للمنشأ.

2-4/3 حالة التحميل (3): تشمل الأحمال المذكورة في حالة التحميل (1) مضافا إليها الأحمال النادرة الحدوث التي تتجم عن حوادث التشغيل والزلازل والكوارث الطبيعية. و تطبق حالة التحميل (3) للمنشآت الهامة وذات الطبيعة الخاصة.

2-5 معامل الأمان

2-5/1 تعريف

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

$$F = \frac{q_{un}}{q_{an}} \quad (2-5/1)$$

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

$$q_a = q_{an} + g D_f \quad (2-5/2)$$

حيث :-

g = كثافة التربة فوق مستوى الأساس (كيلونيوتن/مترمكعب).

D_f = عمق الأساس (متر).

يبين الجدول (2- 1/5) القيم الافتراضية لقابلية التحمل المسموح بها لأنواع مختلفة من الصخور والتربة ويجب أن تعتمد فقط في التصميم الأولي [6].

الجدول 2-1/5: القيم الافتراضية لقابلية التحمل المسموح بها لأنواع مختلفة من الصخور والتربة [6]

الصف	نوع التربة	قابلية التحمل المسموح بها (kPa)	الملاحظات
صخور	صخور نارية قوية وصخور صوان في حالة الثبات	1000	أخذت هذه القيم على أساس أن الصخور غير معرضة لعوامل الجو.
	أحجار كلسية قوية وأحجار رملية قوية	4000	
	شست و اردواز	3000	
	إردواز قوي و أحجار طينية قوية وأحجار غرينية قوية	2000	
ترب غير متماسكة	حصى كثيف او رمل وحصى كثيف	اكبر من 600	1- يجب أن لا يقل عرض الأساس (B) عن متر واحد. 2- يجب ان يكون مستوى الماء الجوفي يبعد مسافة لا تقل عن عرض الأساس (B) من قاعدة الأساس.
	حصى متوسط الكثافة أو رمل وحصى متوسط الكثافة	600-200	
	حصى مفكك او رمل وحصى مفكك	اقل من 200	
	رمل محدول	اكبر من 300	
	رمل متوسط الكثافة	300-100	
	رمل مفكك	اقل من 100	
ترب متماسكة	جلمود طيني شديد التماسك وطين صلد	600-300	يكون الأساس معرضا للهبوط طويلا الأمد
	طين متماسك	300-150	
	طين متوسط التماسك	150-75	
	طين و غرين رخوان	اقل من 75	
	طين و غرين رخوان جدا	-	

2-5/2 العوامل المؤثرة على تحديد معامل الأمان

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

2-5/2-1 نوع المنشأ وأهميته وموقعه والعمر المتوقع له.

2-5/2-2 الاعتبارات الاقتصادية.

2-5/2-3 مقدار الهبوط المتوقع ونوعه وقدرة المبنى على التكيف مع هذا الهبوط.

2-5/2-4 سلوك التربة تحت تأثير الأحمال مع الزمن واحتمال التغير في خصائصها.

2-5/2-5 دقة تحديد قابلية التحمل القصوى.

2-5/2-6 احتمال نقص قابلية تحمل التربة في أثناء أو بعد انتهاء الإنشاء بسبب تغير محتوى رطوبتها أو غير ذلك من العوامل.

2-5/2-7 مقدار انتظام تربة الموقع أفقياً ورأسياً ومقدار الاختلاف في خصائصها.

2-5/2-8 مقدار تمثيل العينات المفحوصة للتربة.

2-5/2-9 احتمال تغير ظروف التربة المحيطة بالأسس الأمر الذي قد يؤدي إلى تغير قابلية تحمل طبقة الأساس نتيجة لعوامل طبيعية أو بفعل الإنسان مثل تخفيض مستوى سطح الأرض أو عمل حفر أو قنوات في مناطق قريبة من الأسس .

2-5/2-10 الخبرة المتوافرة لمنشآت مماثلة مقامة على طبقات تربة مشابهة.

2-5/2-11 قيم معاملات الأمان الضمنية الناتجة أحياناً من بعض الافتراضات المتحفظة في حساب قابلية التحمل القصوى للتربة.

2-5/2-12 احتمال تغير الاحمال عن تلك التي صمم المنشأ من أجلها.

2-3/5 اختيار معامل الأمان

يعتمد اختيار معامل الأمان بالدرجة الأولى على الخبرة والقناعة بناء على دراسة للعوامل المؤثرة على تحديد معامل الأمان بحسب ما هو مذكور في البند السابق، على ألا تقل قيمة معامل الأمان بأي حال من الأحوال عن (3.0) للمنشآت الدائمة وعن (2.0) للمنشآت المؤقتة.

2-4/5 متطلبات الأمان اللازمة للتصميم

2-4/5-1 العمق الأدنى لمستوى الأساس

يجب ألا يقل عمق الأساس عن 0.5 متر في البنايات ذات الطابق الواحد أو الطابقين، ولا عن 0.8 متر في المنشآت الثقيلة (Heavy construction) تحت مستوى سطح الأرض النهائي الدائم حول الأساس وذلك لضمان عدم تأثر التربة عند مستوى الأساس بالعوامل الجوية. ويمكن أن يقل هذا العمق في حالات التربة الصخرية السليمة والمباني المؤقتة أو الصغيرة مثل الأكشاك وبوابات الحراسة... الخ. ويراعى

زيادة عمق الأساس لحماية الأسس من الزيادة الحجمية للتربة والناجمة من انخفاض درجة الحرارة تحت الصفر في المناطق الجبلية أو نتيجة أي عامل خارجي آخر [7].

2-4/5-2 الأمان من الانقلاب

يتحقق الأمان من الانقلاب للأسس الضحلة بالاحتفاظ بالمساحة الكلية لقاعدة الأساس أو جزء منها تحت إجهادات الضغط بفرض أن أحمال الأساس ينتج منها توزيع خطي للإجهادات على التربة عند مستوى قاعدة الأساس كالآتي:

في حالة تعرض الأساس للأحمال الميتة فقط يجب أن تقع محصلة القوى المؤثرة عند مستوى قاعدة الأساس في قلب مساحة الأساس كما هو موضح بالشكل (2-1/5). أما في حالة تعرض الأساس لأحمال ميتة وحية معا فمن الجائز السماح لجزء من المساحة الكلية للأساس بنقل إجهادات الضغط إلى التربة. ويجب ألا تقل مساحة هذا الجزء عن 50% من المساحة الكلية في حالات الأساس المتماثل. ويجب مراعاة أن التربة لا تتحمل إجهادات شد. وتكون حدود هذا الجزء من مساحة الأساس محصورة بين حافات الأساس وخط مستقيم يمر بالمركز الهندسي لشكل الأساس كما هو موضح بالشكل (2-2/5). ولاستيفاء هذا الشرط يجب أن تقع نقطة تأثير محصلة القوى المؤثرة على الأساس في حدود المساحات المظللة بالشكل (2-3/5). ويمكن تحديد هذه المساحات في حالتي المستطيل والدائرة بالمعادلتين الآتيتين [8]:

في حالة الأسس المستطيلة

$$\left(\frac{x_c}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{y_c}{b_y}\right)^2 = \frac{1}{9} \quad (1/5-2)$$

في حالة الأسس الدائرية

$$\frac{r_c}{r} = 0.59 \quad (2/5-2)$$

حيث أن:

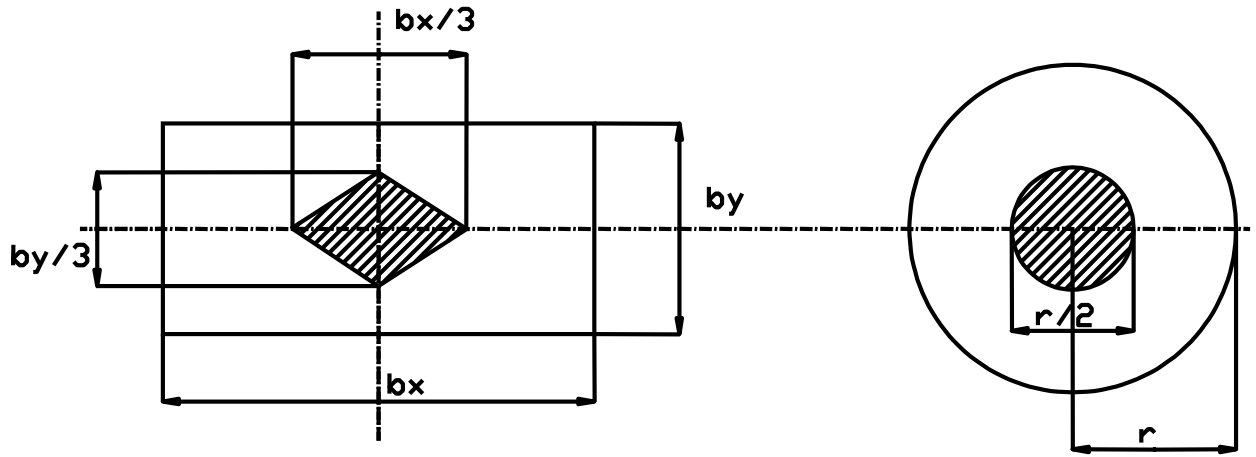
x_c, y_c = إحداثيات حد المساحة التي يجب أن تقع بداخلها نقطة تأثير محصلة القوى (بالمتر)

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

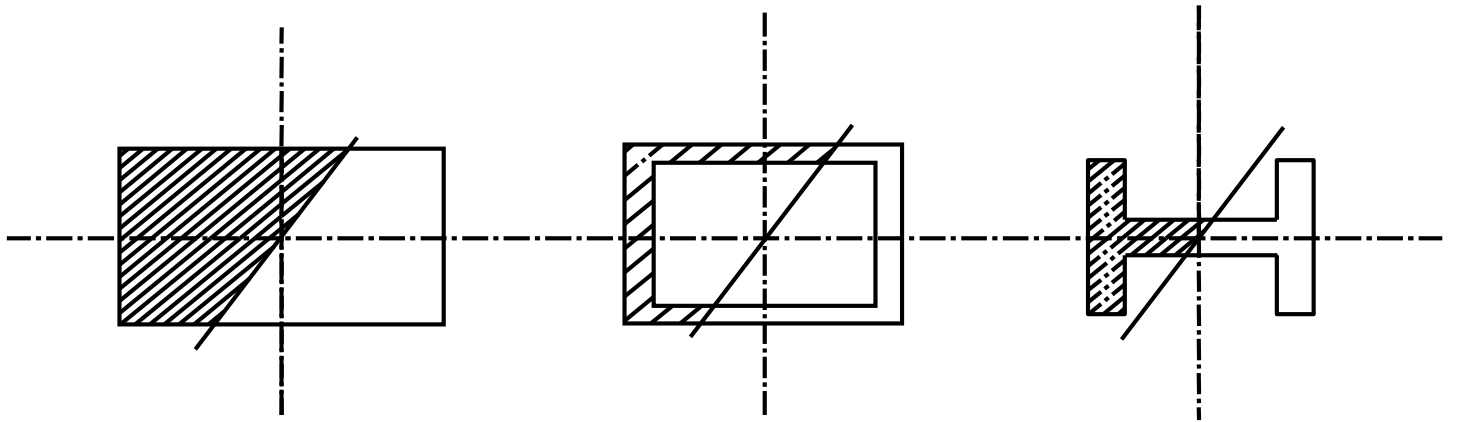
r_c = نصف قطر المساحة التي يجب أن تقع بداخلها نقطة تأثير محصلة القوى (بالمتر)

r = نصف قطر الأساس الدائري (بالمتر)

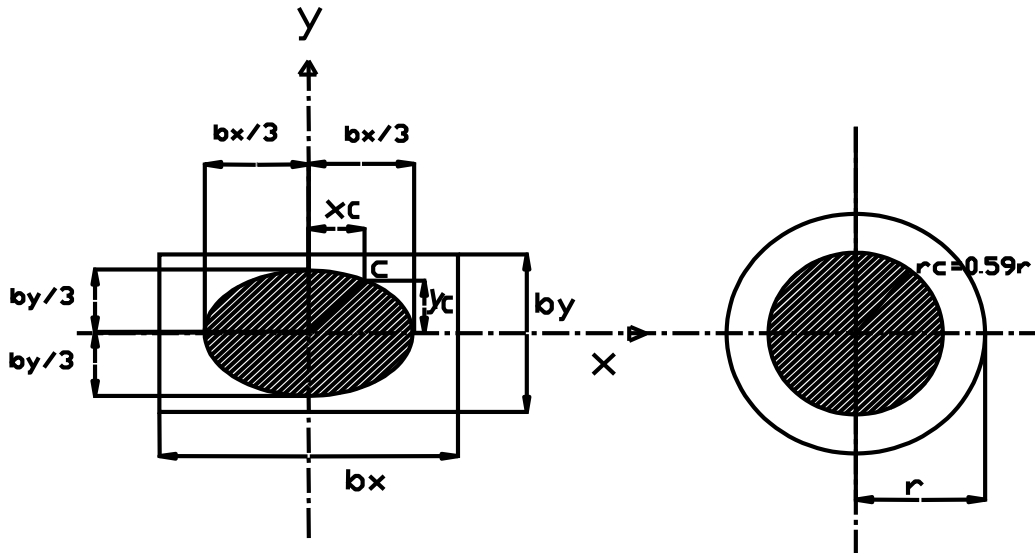
ويجب إعطاء أهمية خاصة للأمان من الانقلاب في حالة الأسس التي يمكن أن يؤدي أي تغيير طفيف في الأحمال إلى ترحيل كبير في نقطة تأثير محصلة القوى المؤثرة على الأساس، كما في حالة أسس المنشآت الناتئة المزدوجة أو الجدران الساندة كما في الشكل (2-4/5). وفي مثل هذه المنشآت يجب مراعاة الدقة التامة في حساب الأحمال المؤثرة عليها [8].



الشكل 2-1/5: قلب الأسس المستطيلة و الدائرية.



الشكل 2-2/5: الأجزاء الدنيا من مساحة الأسس التي تعمل على نقل الأحمال للتربة



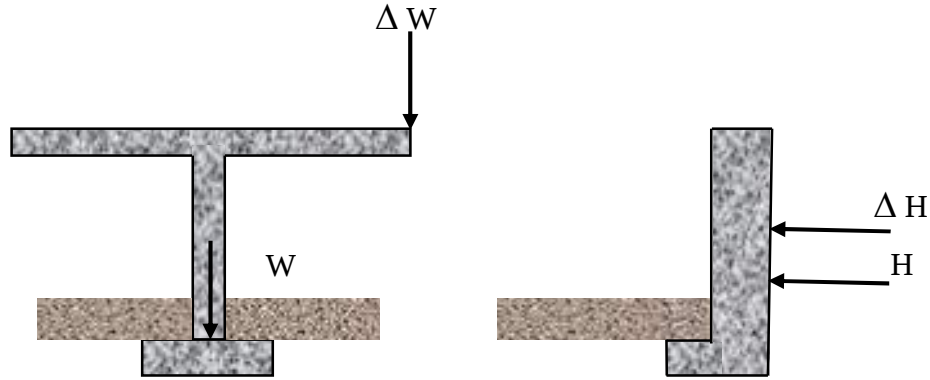
الشكل 2-3/5: موقع تأثير محصلات القوى للأسس المستطيلة والدائرية لتحقيق الأمان من الانقلاب

H : أحمال مؤثرة أفقية محسوبة

ΔH : أحمال إضافية أفقية تؤدي إلى الانقلاب

W : أحمال مؤثرة رأسية محسوبة

ΔW : أحمال إضافية عمودية تؤدي إلى الانقلاب



الشكل 2-4/5: أسس حساسة للانقلاب.

3/4/5-2 الأمان من التعويم Floating

في حالات تعرض الأسس لقوى دفع المياه الى الأعلى (الشكل 2-5/5)، يحدد معامل الأمان من التعويم من العلاقة التالية:

$$F_u = \frac{Q}{U} \quad (2-3/5)$$

حيث ان:

F_u = معامل الأمان من التعويم للأساس

Q = الحمل الرأسى الكلى المؤثر الى أسفل عند مستوى الأساس، (كيلو نيوتن)

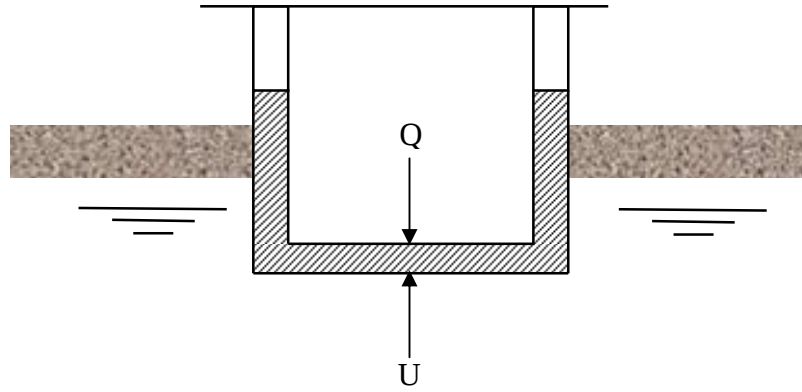
U = قوى الدفع الكلية المؤثرة الى أعلى عند مستوى الأساس، (كيلو نيوتن)

ويجب ألا يقل معامل الأمان من التعويم عن القيم المبينة في الجدول (2-2/5).

الجدول 2-2/5 : معامل الأمان من التعويم [8]

3	2	1	حالة التحميل *
1.1	1.2	1.3	معامل الأمان

* إشارة الى الفصل (2-4)



الشكل 2-5/5: أسس حساسة للتعويم.

وإذا اخذ في الاعتبار قيم مقاومة الاحتكاك بين التربة وجوانب الأساس كقيمة إضافية للقوى الرأسية المؤثرة إلى أسفل فيجب أن تزداد القيم المذكورة سابقا لمعامل الأمان من التعويم بمقدار 0.2 وفي هذه الحالة يجب التأكد من عدم إزالة التربة طوال عمر المنشأ.

2-4/4/5 الأمان من الانزلاق

يمكن حدوث الانزلاق في حالة تعرض الأسس لأحمال جانبية كبيرة مع صغر عمق الأساس المدفون تحت سطح الأرض بالإضافة إلى صغر قيمة مقاومة الاحتكاك للتربة المماسية للأساس ويعرف معامل الأمان من الانزلاق بحسب الشكل (2-6/5) على النحو التالي:

مجموع القوى المقاومة للانزلاق / مجموع القوى المسببة للانزلاق او

$$F_s = \frac{H_s + E_p}{E_a + H} \quad (2-4/5)$$

حيث ان:

F_s = معامل الأمان من الانزلاق

H_s = قوة مقاومة الاحتكاك عند قاعدة الأساس، (كيلو نيوتن).

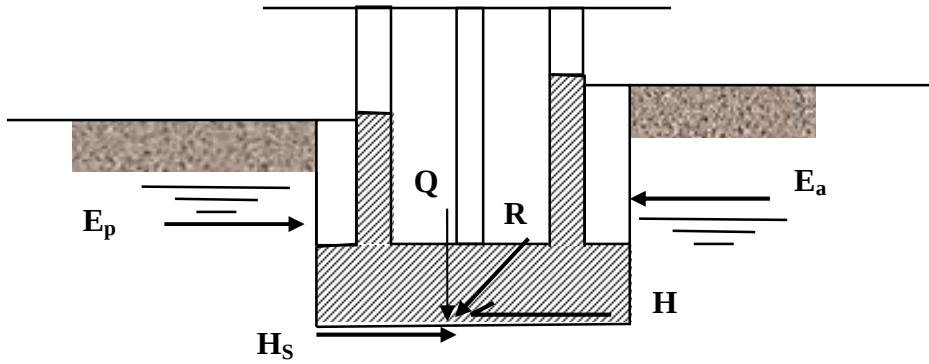
E_p = قوة ضغط التربة المانع غير الفعال Passive Force، (كيلو نيوتن).

E_a = قوة ضغط التربة الجانبي الدافع Active Force، (كيلو نيوتن).

Q = احمال رأسية مسلطة على قاعدة الاساس، (كيلو نيوتن).

H = احمال جانبية مسلطة على قاعدة الاساس، (كيلو نيوتن).

R = محصلة الاحمال المسلطة على قاعدة الاساس، (كيلو نيوتن).



الشكل 2-6/5: الأمان من الانزلاق.

وتحسب قوة مقاومة الاحتكاك (H_s) كالآتي:

$$H_s = Q \tan d + A c_w \quad (5/5-2)$$

في حالة التربة غير المتماسكة يمكن إهمال الجزء ($A c_w$) من المعادلة.
وفي حالة التربة المتماسكة يمكن إهمال الجزء ($Q \tan \delta$) من المعادلة.

حيث:

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

f = زاوية مقاومة الاحتكاك (القص) Soil Angle of shearing resistance، (درجة).

c_w = مقاومة الالتصاق Adhesion بين التربة والأساس. في حالة الطين الضعيف أو متوسط التماسك تؤخذ ($c_w = c_u$) وفي حالة الطين المتماسك وشديد التماسك والصلد

تؤخذ ($c_w = 0.5 c_u$) (كيلو نيوتن/م²)

c_u = مقاومة التماسك (cohesion) للتربة في الحالة غير المبزولة، (كيلو نيوتن/م²).

A = مساحة الأساس المعرضة للضغط، (متر مربع).

Q = محصلة القوى الرأسية المؤثرة عند مستوى قاعدة الأساس بما فيها ضغط الماء عند قاعدة الأساس (إذا وجد)، (كيلو نيوتن).

وفي جميع الحالات، يجب ألا يقل معامل الأمان من الانزلاق عن القيم المبينة في الجدول (3/5-2) لحالات التحميل المناظرة.

الجدول 2-3/5 : معامل الأمان من الانزلاق [8]

حالة التحميل *	1	2	3
معامل الأمان	1.5	1.3	1.15

* إشارة إلى الفصل (4-2)

2-5/4/5 الأمان من فشل التربة بالقص [8]

يمكن تعريف معامل الأمان من فشل التربة بالقص على النحو التالي:

$$F.S = \frac{R_u}{S_a} \quad (6/5-2)$$

حيث أن:

$F.S$ = معامل الأمان من فشل التربة بالقص

R_u = المقاومة القصوى للتربة عند مستوى الأساس، (كيلو نيوتن).

S_a = محصلة القوى المؤثرة عند مستوى الأساس، (كيلو نيوتن).

ويجب ألا يقل معامل الأمان من فشل التربة بالقص عن القيم المبينة في الجدول (2-4/5).

الجدول 2-4/5: معامل الأمان من فشل التربة بالقص [8]

حالة التحميل*	1	2	3
معامل الأمان من فشل التربة	2.5	2.0	1.8

* إشارة إلى الفصل (2-4)

2-6/4/5 الأمان من الهبوط الزائد والهبوط المتفاوت

يحدث هبوط الأساس نتيجة لانتقال الأحمال إلى التربة. بشكل عام، لا يسبب الهبوط المتساوي للأسس أي أضرار بالمنشأ فيما يتعلق بسلامته حيث لا تنتج منه أي شقوق أو تصدعات بالمبنى. أما إذا كان الهبوط المتساوي كبيراً فقد يؤثر ذلك على سلامة وصلات المياه والمجارى وحسن أداء وظيفة المنشأ... الخ. وينشأ الهبوط المتفاوت عموماً نتيجة لاختلاف الأحمال المؤثرة على الأجزاء المختلفة للأساس أو نتيجة لاختلاف أعماق أو أبعاد أو أشكال الأساس وكذلك لاختلاف في خواص التربة تحت المنشأ، خاصة فيما يتعلق بقابليتها للانضغاط.

2-6 الهبوط (Settlement)

2-6/1 عام

2-6/1/1 يجب تقدير هبوط الأسس المتوقع بأكبر قدر ممكن من الدقة لمعظم الإنشاءات من أبنية وجسور وأبراج وغيرها، إلا أنه من الصعب حساب الهبوط بدقة وذلك لارتباطه بخصائص المرونة واللدونة للتربة التي يصعب الحصول عليها بشكل دقيق. وبسبب ذلك فإنه من المقبول حساب الهبوط الآني باعتبار التربة مادة مرنة ذات خصائص متجانسة موحدة في جميع الجهات (Homogeneous and Isotropic).

2- 2/1/6 أنواع الهبوط

يقسم الهبوط بشكل عام الى نوعين وكما يلي : -

2- 1/2/1/6 هبوط مرن (الهبوط الآني) (Immediate Settlement)

وهو هبوط يحدث فور تأثير الأحمال على التربة وخلال بضعة أيام وينتج من تشوه التربة الحاصل بدون أن يطرأ تغير يذكر على محتوى الماء فيها.

2- 2/2/1/6 هبوط الانضمام (Consolidation Settlement)

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

(أ) انضمام أولي (Primary Consolidation)

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

(ب) انضمام ثانوي (Secondary Consolidation)

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

2- 3/1/6 ينتهي هبوط كل من التربة الحصوية والتربة الرملية على الأغلب عند انتهاء أعمال الإنشاء أي يحدث فيها هبوط آني (Immediate Settlement).

2- 4/1/6 يعتمد هبوط الأسس بعد انتقال أحمال المنشآت اليها على قابلية تضغط التربة، ويستمر الهبوط الناتج من الانضمام الأولي في التربة قليلة النفاذية كالغرين والطين لفترة طويلة بعد انتهاء الإنشاء، وقد يليه في بعض الأحيان تضغط ناتج من الانضمام الأولي على صورة زحف طويل الأمد (Long-Term Creep).

2- 5/1/6 يستمر هبوط الأسس المقامة على تربة عضوية الى أجل غير محدود نتيجة للانضمام الثانوي ، ويجب أخذ هذا التضغط في الاعتبار عند تصميم الأسس على تربة من هذا النوع.

2- 6/1/6 يكون الهبوط الكلي هو مجموع الهبوط المرن وهبوط الانضمام.

2- 2/6 هبوط الأسس في التربة غير المتماسكة

2- 1/2/6 يعتمد هبوط الأسس في التربة غير المتماسكة على ضغط التحميل، وعمق مستوى الأساس، وأبعاد الأساس وشكله وجساعته، ومثانة التربة والأساس. وتعامل التربة غير المتماسكة نظريا على أساس كونها مادة مرنة، ولكن الأدق أن يحسب الهبوط بموجب معادلات خاصة.

2-2/6/2 يسمح بحساب هبوط الأسس المقامة على تربة غير متماسكة باستعمال علاقات وضعية تربط بين مقدار الهبوط وعرض الأساس والكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة [6].

2-3/6/2 هبوط الأسس في التربة المتماسكة

2-1/3/6/2 يعتمد الهبوط التضاعطي للأسس في التربة المتماسكة الناتج من الانضمام على العوامل نفسها المذكورة في الفقرة (2-1/2/6).

2-2/3/6/2 في حالة زيادة قيم الهبوط على القيم المسموح بها أو على تلك التي يتحملها المنشأ، يقلل ضغط التحميل المسموح به، أو يزداد عمق الأساس، أو يوضع الأساس على طبقة أكثر قوة.

2-3/3/6/2 يعين مقدار الهبوط في التربة المتماسكة بفحوص مختبرية تحدد الخصائص الانضمامية للتربة (Consolidation Characteristics) ومعايير مرونتها (Young's Modulus) ونسبة بواسون (Poisson's Ratio). كما تشير إليه المراجع [3-1].

2-4/3/6/2 وفي بعض المشاريع الاستراتيجية المهمة عند تحديد معدل الهبوط التضاعطي في تربة متماسكة بجهاز الاودوميتر (Oedometer)، يفضل تحديد معامل نفاذيتها في كل من الاتجاهين الأفقي والرأسي. فقد تبين أن نتائج ذلك الفحص تكون غير صحيحة إذا كان معامل النفاذية في الاتجاه الأفقي أكبر منه في الاتجاه الرأسي، وفي مثل هذه الحالة يجب إجراء فحوص مختبرية مفصلة، مع تحليل انضمام التربة في ثلاثة اتجاهات [4،5].

2-4/6/2 الهبوط المتفاوت (Differential Settlement)

2-1/4/6/2 أسباب الهبوط المتفاوت:

2-1/1/4/6/2 وقوع جزء أو أجزاء من أسس المنشأ فوق طبقة من التربة قابلة للانضغاط (Compressible Soil)، ووقوع الجزء الآخر من الأسس فوق طبقة من التربة غير قابلة للانضغاط، أو ذات انضغاط قليل، أو وقوع الأسس على طبقة قابلة للانضغاط ذات سمك متغير.

2-2/1/4/6/2 وجود تفاوت كبير في قيم الاحمال المؤثرة على الأسس، مثل هدم أجزاء من المبنى والإبقاء على أجزاء أخرى منه، أو إقامة مبنى مكون من قسمين أحدهما بالغ الارتفاع بالنسبة إلى القسم الآخر، أو إقامة مبان متلاصقة ذات تفاوت كبير في ارتفاعاتها، أو إقامة أجزاء المبنى المتلاصقة على فترات زمنية متباعدة.

2-3/1/4/6/2 التحميل على أسس مرنة ذات مساحات كبيرة.

2-2/4/6 وسائل التقليل من قيم الهبوط المتفاوت الكبيرة

تتخذ الوسائل التالية للتقليل من قيم الهبوط المتفاوت الكبيرة:

- 2-1/2/4/6 أن تكون اسس المنشآت الواقعة فوق سطح الأرض، أو تلك الواقعة تحت سطح الأرض، أو كلا النوعين جاسئة (Rigid). هذا ويعتبر أساس الحصيرة جاسئاً إذا كان ذا بلاطة خرسانية سميكة، أو ذا روافد عميقة، ويفضل الرجوع الى مصادر متخصصة في هذا المجال.
- 2-2/2/4/6 إنشاء طبقات تسوية لخفض ضغط التحميل الصافي المؤثر على طبقة التأسيس.
- 2-3/2/4/6 النزول بمستوى قاعدة الأساس حتى طبقات الأرض القوية باستعمال الركائز، أو أسس الدعائم.

2-4/2/4/6 وضع أوزان إضافية على أجزاء المنشأ المحملة تحميلاً خفيفاً.

2-5/2/4/6 تقسيم المنشأ الى عدد من الوحدات المستقلة الصغيرة.

2-6/2/4/6 تجنب المنشآت المستمرة المقامة على تربة ضعيفة.

2-3/4/6 القيم المسموح بها لكل من الهبوط الكلي ، والهبوط المتفاوت

- 2-1/3/4/6 تكون القيم القصوى لكل من التشوه الزاوي (Angular Distortion) والهبوط الكلي والهبوط المتفاوت للأسس بحسب ما هو منصوص عليه في الجدول (2-1/6).
- 2-2/3/4/6 أخذت هذه القيم باعتبار قيمة معامل الأمان تساوي 1.25 [9].

الجدول 2-1/6: القيم القصوى للهبوط الكلي والمتفاوت للأسس المقامة على الترب الطينية والرملية [9]

نوع الهبوط	نوع التربة	نوع الأسس	القيم المسموحة	الوحدة
تشوه زاوي، b_{max}			300\1	-
الهبوط الكلي الأقصى، $S_{T(max)}$	طين	اسس سطحية	45	مم
	رمل	اسس سطحية	32	مم
الهبوط المتفاوت الأقصى، $DS_{T(max)}$	طين	أسس	76	مم
	رمل	منفصلة	51	مم
	طين	أسس	127-76	مم
	رمل	حصيرية	76-51	مم

2-7 معايير رد فعل التربة (Modulus of Subgrade Reaction)

2-7/1 عام

2-7/1/1 يعرف معايير رد فعل التربة بأنه النسبة بين الضغط المؤثر على التربة والهبوط المرن الناتج بسببه. ويعبر عنه بالعلاقة التالية :-

$$K_s = \frac{q}{D} \quad (2-7/1)$$

حيث إن :

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

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

Δ = معدل الهبوط (متر).

2-7/1/2 يعين معايير رد فعل التربة بإجراء اختبار التحميل الرأسي ورسم منحنى العلاقة بين (q) و (Δ).

2-7/1/3 يوصى في الحالات التي يستعمل فيها قرص تحميل قطره (450) ملمترا أو (600) ملمترا أو (750) ملمترا برص أقراص فوق بعضها وذلك لضمان التوزيع المنتظم للاجهادات والهبوط تحت القرص ، ويستحصل على المنحنى برسم العلاقة بين الضغط المؤثر على التربة (المحسوب بقسمة الحمل على مساحة القرص) وبين معدل هبوط القرص.

2-7/1/4 يراعى أن هبوط قرص التحميل تحت تأثير الحمل ليس خطيا كما تدل على ذلك المعادلة (2-7/1)، إلا أنه يسمح لأغراض التحليل الإنشائي بافتراض علاقة مرنة عن طريق الاعتماد على معايير التماس (Tangent) والقاطع (Secant).

2-7/1/5 هناك ارتباط بين قيمة معايير رد فعل التربة (K_s) وبين حجم وشكل وجساءة قرص التحميل بالإضافة الى عمق تأثير الاجهادات في التربة، وعليه يجب تعديل قيم المعايير (K_s) الذي يستحصل 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.

2-7-2 حساب المعايير (K_s) بالاستناد الى نتائج الفحوص الحقلية [7]

2-7-2/1 يمكن حساب قيمة معايير رد فعل التربة (K_s) بالاستناد الى نتائج اختبار التحميل الرأسي الذي يجرى باستعمال صفيحة تحميل معدنية مربعة الشكل (فحص تحميل الصفيحة) مقاسها (0.3×0.3) متر مربع (بدلاً من قرص التحميل) باستعمال العلاقة التالية:-

$$K_s = SK'_s \quad (2-7/2)$$

حيث ان:

K_s = معرف سابقاً.

K'_s = معايير رد فعل التربة لصفحة فحص التحميل وهي صفحة مربعة الشكل مقاسها (0.3 متر × 0.3 متر) (كيلونيوتن/متر مربع/متر).
 S = معامل الشكل للأساس.

ويمكن التعويض عن معامل الشكل للأساس (S) بحسب نوع التربة وكما في العلاقات الوضعية التالية:

2-7-2/1/1 يحسب معايير رد فعل التربة الرملية (K_s) من العلاقة التالية :-

$$K_s = \left(\frac{b + 0.3}{2b} \right) K'_s \quad (2-7/3)$$

حيث ان:

$$S = \left(\frac{b + 0.3}{2b} \right) \quad (2-7/4)$$

b = طول ضلع صفيحة التحميل، (متر).

2-7-2/1/2 يحسب معايير رد فعل التربة الطينية (K_s) من العلاقة التالية :-

$$K_s = \left(\frac{0.3}{b} \right) K'_s \quad (2-7/5)$$

حيث ان:

$$S = \left(\frac{0.3}{b} \right) \quad (2-7/6)$$

2-7-3 حساب المعايير (K_s) بالاستناد إلى نتائج الفحوص المختبرية [7]

يسمح بحساب معايير رد فعل التربة باستعمال معايير المرونة المستنتج من فحوص مختبرية بتطبيق العلاقة التالية :-

$$K_s = \frac{0.65E_s}{B(1-u)} \sqrt[12]{\frac{E_s B^4}{E_f I_f}} \quad (2-7/7)$$

حيث ان :

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

E_f = معاير مرونة قاعدة الصفيحة، (كيلو نيوتن/متر مربع).

B = طول ضلع قاعدة صفيحة التحميل المختبرية، (متر).

I_f = عزم القصور الذاتي لمقطع قاعدة الصفيحة الرأسي، (M^4).

n = نسبة بواسون للتربة.

ويسمح في معظم الحالات وللأغراض العملية بتبسيط العلاقة (2-7/7) لتصبح كما يلي :-

$$K_s = \frac{E_s}{B(1-u^2)} \quad (2-7/8)$$

2-7/4 حساب المعايير (K_s) بالاستناد الى ضغط التحميل المسموح به [1]

يسمح في الحالات التي لا تتوافر فيها معلومات أكثر دقة بحساب معاير رد فعل التربة من

ضغط التحميل المسموح به (q_a) بتطبيق العلاقة التالية :-

$$K_s = 40 (F) q_a \quad (2-7/9)$$

حيث :-

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

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

F = معامل الأمان

على أن يتحقق من قيمة معاير رد فعل التربة (K_s) بفحوص حقلية قبل مباشرة تنفيذ الأسس في حالة المنشآت الهامة والحساسة.

2-7/5 القيم المفترضة لمعاير رد فعل التربة (K_s)

تكون القيم المفترضة لمعاير رد فعل التربة العمودي (k_s) بحسب الجدول (2-7/1).

الجدول 2-1/7: القيم المفترضة لمعايير رد فعل التربة العمودي [10]

نوع التربة	قيمة معايير رد فعل التربة العمودي (K_s) (MN/m ² /m)
ترب حبيبية (غير متماسكة) (رطبة او جافة)	
مفككة	20-5
رمل محدود	60-20
كثيفة	160-60
كثيفة جدا	300-160
ترب متماسكة	
لينة	اقل من 5
متوسطة	10-5
صلبة	30-10
صلبة جدا	80-30
صلدة	200-80

2-6/7 التفاعل بين الأساس والتربة وعلاقته بجساءة الأساس [7]

2-1/6/7 يراعى في معظم الأحيان أن العامل الرئيس في التفاعل بين الأساس والتربة هو جساءة الانحناء (Flexural Rigidity, EI) لذلك الأساس، في حين يكون تأثير التغير في معايير رد فعل التربة (K_s) ذا أهمية أقل، إذ لا تسبب الزيادة الكبيرة في قيمة هذا المعايير زيادة كبيرة مناظرة في قيمة انحراف (Deflection) الأساس، وعليه فلا ضرورة في معظم الأحيان لتحديد قيمة هذا المعايير بدقة عالية.

2-2/6/7 يسمح باستعمال قيمة ثابتة للمعايير (K_s)، أي بافتراض سلوك تام المرونة للتفاعل بين التربة والاساس بحسب ما هو منصوص عليه في هذا البند للأسس السطحية بأنواعها كافة لكون جساءة الانحناء لهذه الأسس عالية نسبيا ولمشاركة المنشأ الفوقاني (Superstructure) في رفع جساءة الأساس. أما في الحالات التي تكون فيها جساءة الأساس صغيرة نسبيا ومشاركة المنشأ الفوقاني في هذه الجساءة ضئيلة فيجب الأخذ في الاعتبار أن قيمة المعايير (K_s) ليست ثابتة وتقل مع زيادة الحمل (كمثال على ذلك خزانات المياه المقامة على الارض).

2-7/7 علاقة الهبوط بمعايير رد فعل التربة

يجب توخي الحذر عند استعمال معايير رد فعل التربة في حساب قيمة الهبوط حيث أن الدقة في قيمة الهبوط المحسوبة تعتمد بشكل أساسي على الدقة في تحديد قيمة المعايير (K_s).

2-8 اعتبارات التصميم الإنشائي

2-8/1 عام

يرتبط تصميم كل من المنشآت الفوقانية (Superstructures) والمنشآت التحتانية (Substructures) مع خواص تربة الأساس ارتباطاً وثيقاً. ويعتمد اختيار نوع الأساس على عدة عوامل مرتبطة بطبيعة التربة وطبيعة المنشأ واستعماله، والقيود الطبيعية والقانونية الخاصة باستعمال الموقع، والموارد المادية المتوافرة. هذا وتهبط الأسس تحت تأثير الأحمال المؤثرة عليها، كما تهبط تحت تأثير واحد أو أكثر من الأسباب التالية :-

2-8/1/1 انتفاخ وانكماش التربة الطينية بسبب التغيرات الفصلية، وتأثير المزلزلات.

2-8/1/2 تأثر التربة الداعمة للأسس بحرارة أو برودة صناعية.

2-8/1/3 التغير في مستوى المياه الجوفية أو في محتوى رطوبة التربة.

2-8/1/4 الاهتزازات بما فيها الهزات الأرضية، أو تلك الناشئة عن دوران الآلات أو مرور المركبات.

2-8/1/5 تلف طبقات الردم المقامة عليها الأسس .

2-8/1/6 حركة أرضية ناشئة عن حفريات قريبة أو أعمال تحت سطح الأرض.

2-8/1/7 التعرية تحت السطحية (Subsurface Erosion or Piping Erosion) للتربة الناتجة من تأثير قوى التسرب (Seepage Forces)، أو ضخ الماء.
2-8/1/8 تفتت وتعرية التربة بسبب حركة الماء.

2-8/2 التوافق بين المنشآت التحتانية والفوقانية وتربة الأساس

2-8/2/1 يجب دراسة كل من المنشآت التحتانية والفوقانية وتربة الأساس كوحدة واحدة، وذلك للوصول الى أفضل الحلول الإنشائية من الناحية الاقتصادية.

2-8/2/2 يجب عند تصميم المنشآت المهمة دراسة جساتها الكلية، وجساءة المنشآت التحتانية، وعلاقة ذلك بهبوط الأسس.

2-8/3 الهبوط المتفاوت

2-8/3/1 يراعى ما ذكر في البند (2-4/6).

2-8/3/2 يراعى ما ذكر في الفقرتين (2-1/2/6) و (2-1/3/6).

2-8/4 التغير في ظروف التربة

يجب دراسة أية تغيرات في صفات وخواص طبقات تربة الأساس افقياً ورأسياً، وكذلك التغير في أسماك هذه الطبقات، أو محتواها المائي، أو التغير في مستوى المياه الجوفية، على أن تراعى الدراسة

إمكانية احتواء طبقات التربة على أخاديد أو جيوب من مواد ناعمة أو عضوية أو أملاح قابلة للذوبان. هذا ويجب مراعاة ما يلي:-

2-1/4/8 تجنب البناء في مواقع غير مستقرة أو قابلة للانزلاق.

2-2/4/8 تغيير اتجاه تسرب المياه الطبيعي بعيدا عن أسس أي مبنى.

2-3/4/8 تجنب عمل حفريات بجوار المباني الى عمق أكبر من اعماق أسسها بدون إسناد جوانب الحفر.

2-5/8 أحمال الأسس

2-1/5/8 عام

2-1/1/5/8 يعتبر الحمل الأقصى (Ultimate Load) المؤثر على الأسس بأنه مجموع الحمل الميت (D.L) والحمل الحي (L.D) وحمل الرياح (Wind Load) وحمل الزلازل (Earthquake Load) وخلافها من الأحمال المنصوص عليها في مدونة الأحمال والقوى من مدونات البناء العراقية (م.ب.ع. 301) وبالتجميع والتوزيع المنصوص عليهما في المدونة التي يصمم المنشأ بمقتضاها وما هو مذكور في الفقرة (2-2/5/8) من هذه المدونة.

2-2/1/5/8 يعتمد ضغط التحميل الكلي على توزيع الحمل واتجاهه ولا مركزيته.

2-3/1/5/8 يراعى ما تنص عليه مدونة الأحمال والقوى من مدونات البناء العراقية (م.ب.ع. 301) بالنسبة لتعاريف أنواع الأحمال وأساليب حسابها.

2-2/5/8 تجميع الأحمال المؤثرة والنسب المسموح بها في زيادة ضغط التحميل

2-1/2/5/8 يجب ألا يزيد ضغط التحميل الناتج من مجموع الأحمال الميتة والأحمال الحية على قابلية التحميل المسموح بها في الجدول (2-1/5).

2-2/2/5/8 يجب ألا يزيد ضغط التحميل الناتج من مجموع الأحمال الميتة والأحمال الحية وأحمال الرياح مضروبا في المعامل (1.25) على ضغط التحميل المسموح به.

2-3/2/5/8 يجب ألا يزيد ضغط التحميل الناتج من مجموع الأحمال الميتة والأحمال الحية وأحمال الزلازل مضروبا في المعامل (1.3) على ضغط التحميل المسموح به.

2-4/2/5/8 لأغراض هذه المدونة تعتبر الأحمال الناتجة من ضغط التربة والسوائل أحمالا ميتة. أما الأحمال الساكنة المكافئة للأحمال الديناميكية فتعتبر أحمالا حية.

2-5/2/5/8 يراعى أن الأحمال المذكورة في هذه المدونة هي الأحمال التشغيلية وليست الأحمال التصميمية (أي أنها ليست تلك المضروبة في معامل أمان).

2-3/5/8 الحمل اللامركزي

2-1/3/5/8 هو الحمل الذي يؤثر في نقطة خارج مركز الشكل الهندسي لسطح الأساس.

2-2/3/5/8 يجب ألا يزيد الضغط الأقصى الناتج من التحميل اللامركزي على ضغط التحميل المسموح به للتربة.

2-4/5/8 الحمل المائل

2-1/4/5/8 هو حمل يؤثر على الأساس بقوتين عمودية وأفقية، لأنه يعتبر محصلة قوة وعند تحليلها تتحلل الى مركبتين عمودية وأفقية.

2-2/4/5/8 يسمح باستعمال العلاقة المبسطة التالية لتصميم أساس يؤثر عليه حمل مائل (Inclined load):

$$\frac{V}{P_v} + \frac{H}{P_h} < 1 \quad (1/8-2)$$

حيث ان :-

V = المركبة الرأسية للحمل المائل.

H = المركبة الأفقية للحمل المائل.

P_v = الحمل الرأسي المسموح به، ويعتمد في حسابه على قابلية تحمل التربة القصوى مع الأخذ بنظر الاعتبار معامل الأمان.

P_h = الحمل الأفقي المسموح به ويعتمد في حسابه على مجموع المقاومة المانعة الأفقية للتربة المماسية للأساس مع الأخذ بنظر الاعتبار معامل الأمان.

2-3/4/5/8 يجب ألا تزيد المركبة الأفقية للحمل على مجموع المقاومة المانعة الأفقية الناتجة من الضغط غير الفعال (Passive Resistance) للتربة الملامسة للوجه الرأسي للقاعدة ومقاومة الاحتكاك على سطح القاعدة السفلي الأفقي مع أخذ عامل أمان لا يقل عن (2.0).

2-4/4/5/8 يجب مراعاة أن تكون النسبة المحسوبة في العلاقة (2-1/8) أكثر تحفظاً للأسس السطحية المقامة على تربة غير متماسكة ، حيث تكون النسبة بين عمق الأساس (D_f) إلى عرض الأساس (B) قليلة وذلك في الحالات التي تكون فيها المركبة الأفقية للحمل المائل كبيرة بالمقارنة مع المركبة الرأسية.

2-5/5/8 الأحمال الديناميكية

2-1/5/5/8 عام

(أ) تشمل الأحمال الديناميكية كلا من الأحمال اللحظية والأحمال المتذبذبة التي تتميز بوجود فترة زمنية قصيرة بين كل حمل وآخر بدرجة تكفي لإحداث استجابة اهتزازية في المنشأ وقواعده.

(ب) تتأثر التربة التي يقع عليها الأساس بالأحمال الديناميكية، إذ قد تؤدي تلك الأحمال إلى انفعالات تتزايد تراكمياً ولا تعود التربة إلى حالتها الأولى بعد زوال تلك الأحمال، إذ تهبط التربة غير المتماسكة المفككة، أو متوسطة الكثافة عند تعرضها للأحمال الديناميكية بسبب انضغاطها. كما قد يؤدي وجود الماء فيها وتعرضها إلى تلك الأحمال إلى عدم ثباتها بسبب الزيادة في ضغط الماء المسامي (Pore Pressure). وكذلك تتعرض التربة ضعيفة الترابط إلى التفكك عند تعرضها لتلك الأحمال. أما الطين مفرط الانضغاط (Overconsolidated) فقد يلين عند تعرضه إلى أحمال متذبذبة، وتظهر الليونة عند إزالة الحمل المتذبذب (Pulsative)، إذ تمتص التربة الطينية الماء بعد زوال تأثير هذا الحمل [11].

2-5/5/8-2 تحديد سلوك التربة

(أ) لمعرفة سلوك التربة تحت تأثير الأحمال الديناميكية يجب تحديد كثافتها النسبية، وخواصها الفيزيائية مثل كثافتها الكلية (Bulk Density)، ومحتوى رطوبتها، وتدرجها الحبيبي.

(ب) يعد تعيين الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة أكثر أهمية من تعيين كثافتها في الحقل، وقد يتطلب ذلك فحوصاً مختبرية على عينات منها لتحديد كثافتها العظمى والدنيا، ويجب أن تكون العينات من تربة الموقع. ولكن يمكن تحديد الكثافة النسبية للتربة بإجراء اختبارات في الموقع.

(ج) يجب تحديد عدد من الخواص الديناميكية للتربة المرنة مثل معايير القص الديناميكي (G) (Dynamic Shear Modulus) ومعايير المرونة الديناميكي (E) (Dynamic Elastic Modulus)، ونسبة بواسون (ν) (Poisson Ratio)، ويجب الرجوع في ذلك إلى مراجع أكثر تخصصاً.

2-3/5/5/8-2 اعتبارات التصميم

(أ) عند تصميم أسس معرضة لأحمال ديناميكية يجب ضمان عدم حدوث رنين (Resonance) بين تردد الحمل المتذبذب والتردد الطبيعي (Natural Frequency) للتربة والاساس معاً.

(ب) حتى في الحالات التي لا يظهر فيها الرنين فإنه من الضروري الإقلال من سعة الذبذبات (Amplitude) إلى الحد الذي تتحمله كل من الآلة والاساس. وعلى الرغم من الحفاظ على مستوى مقبول لاهتزاز كل من الآلة والتربة من حيث مقدار الهبوط المسموح به، فإنه قد يحدث الرنين في عدد من أجزاء المنشأ كالنوافذ والأبواب والقواطع (Partitions). لذا يجب تقليل سعة ذبذبات مسببات الاهتزاز أو عزلها.

(ت) إذا تبين من الدراسات الأولية للتصميم أن التردد الطبيعي للأساس قريب جداً من تردد التشغيل، فإنه يمكن اتخاذ الإجراءات التالية :-

(اولاً) زيادة التردد الطبيعي للأساس في حالة كون تردد التشغيل أقل من التردد الطبيعي للأساس، كما هو الحال في المحركات الترددية (Reciprocating Engines) ويكون ذلك بزيادة مساحة تماس الأساس مع

التربة وزيادة عزم القصور الذاتي لتلك المساحة، كما يمكن زيادة التردد الطبيعي للأساس بزيادة جساءة الأساس مع التربة كنظام أو مجموعة (Foundation-Soil System) بحقق تربة الأساس أو باستعمال الركائز.

(ثانيا) تقليل التردد الطبيعي للأساس في حالة كون تردد التشغيل أكبر من التردد الطبيعي للأساس. ويكون ذلك بزيادة كتلة الأساس بدون أية زيادة في مساحة تماسه مع التربة، الأمر الذي يترتب عليه زيادة ضغط التحميل على التربة، على ألا يزيد على ضغط التحميل المسموح به.

(ثالثا) يجب وضع وسائد مانعة للاهتزاز (Anti-Vibration Pad) بين الآلات الترددية والأساس.

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

(ج) بشكل عام يجب فصل أسس الآلات عن أسس المنشأ المحيطة بها.

(ح) تستعمل وسائد مانعة للاهتزاز إذا تبين من الدراسات الأولية لتصميم الأسس أنه لا يمكن خفض فترة اهتزاز الذبذبات الى الحدود المسموح بها بدون زيادة غير اقتصادية في حجم الأسس.

2-9 اعتبارات التصميم المتعلقة بالإشياء

2-9/1 عام

يجب أن يراعى في التصميم الإنشائي للأسس طرائق الإنشاء، لذا فإنه يجب الأخذ بعين الاعتبار ما قد ينجم عن الخطوات الإنشائية اللازمة لذلك كأعمال القالب الخشبية (Formworks)، وتدعيم جوانب الحفر، وأنظمة تصريف المياه.

2-9/2 متانة المنشآت المنفذة جزئيا

2-9/2/1 يكون معامل الأمان المستعمل لتصميم الأسس والمنشآت تحت السطحية كافيا لمجابهة جميع الظروف التي قد تنشأ في أثناء التنفيذ.

2-9/2/2 يجب اتخاذ جميع التدابير اللازمة للحيلولة دون تعرض متانة وثبات المنشآت المنفذة جزئيا للانهيال بسبب عمليات الحفر أو الردم أو نضح الماء.

2-9/2/3 يجب أن تكون المنشآت المنفذة جزئيا متينة بدرجة كافية لمقاومة الأحمال المؤثرة عليها.

2-9/3 السمك الأدنى للغطاء الخرساني

يجب ان لا يقل سمك الغطاء الخرساني لقضبان تسليح الأسس عما يلي، بشرط استعمال طبقة من النايلون السميك بحيث تكون توضع فوق التربة طبقة من الحصى الخابط او باستعمال طبقة عازلة من الخرسانة التعديلية (Blinding Concrete) بسمك 10 سم.:-

2-9/3/1 75 ملمترا للسطح السفلي للأساس عند الصب على التربة مباشرة.

2-9/3/2 40 ملمترا للسطح السفلي للأساس عند صب الخرسانة التعديلية (Blinding Concrete).

2-3/3/9 75 ملمترا لجوانب الأساس عند الصب ضمن الحفريات مع مراعاة أنه في حالة عدم انتظام أوجه جوانب الحفر تتم زيادة سمك الغطاء لضمان عدم نقصه عن هذه القيمة عند أي مقطع.

2-4/3/9 40 ملمترا لجوانب الأساس عند صب الخرسانة التعديلية (Blinding concrete)، مع استعمال القوالب الجانبية.

2-10 التأسيس على الترب الجبسية

يعتبر التأسيس على الترب الجبسية من المشاكل الشائعة في العالم والعراق الذي تشكل الترب الجبسية حوالي 20% من مساحته وفي مناطق متنوعة منه [12].

2-10/1 مقدمة عامة

هناك ثلاثة مصادر لمشاكل الترب الجبسية؛ أولها هو ذوبان الجبس وانتقاله خلال التربة مسببا فقدان المستمر لكتلة التربة وزيادة فراغاتها بما يؤدي الى النقصان الكبير في مقاومة القص للتربة وزيادة الانضغاطية. المصدر الثاني هو تغير مقاومة القص والانضغاطية للتربة نتيجة الترطيب والتشبع. المصدر الثالث هو التغير الحجمي المرافق لتفاعلات الجبس.

ويتواجد الجبس بثلاثة اشكال هي

جبس مائي ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Gypsum)، و جبس نصف مائي ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, Bassanite)، و جبس لامائي (CaSO_4 , anhydrate).

ويمكن تصنيف الترب الجبسية بحسب محتواها بحسب الجدول (2-10/1).

الجدول 2-10/1: تصنيف الترب الجبسية بحسب محتواها المعتمد من قبل المركز الوطني للمختبرات

والبحوث الإنشائية NCCL والمقترح من قبل Nashat(1990) [13]

محتوى الجبس (%)	التصنيف
0 - 10	تربة تحوي الجبس الى حد ما (Slightly)
10 - 25	تربة معتدلة الجبس (Moderately)
25 - 50	تربة عالية الجبس (Highly)
اكثر من 50	تربة جبسية (Gypseous)

2-10/2 الخصائص الانهيارية للترب الجبسية

التربة الانهيارية (Collapsing soil) هي التربة التي تعاني من الانهيار الإنشائي (structural collapse) عندما تكون مشبعة بالماء تحت الحمل المسلط والذي يؤدي الى الهبوط الهائل. تصنف الترب الجبسية (Gypseous soils) عادة كترب انهيارية وهذا ناتج من حقيقة ان وجود الجبس في التربة وهي جافة يقوم بعمل على ربط مكوناتها من الحبيبات لكن عند مهاجمة الماء للتربة فان الجبس يلين او يذوب ويؤدي بالتالي الى سلسلة من الانهيارات الإنشائية.

اقترح نايت (Knight، 1963) فحصا مختبريا لغرض حساب الانهيارية وهو فحص شبيه بفحص الانضمام، حيث توضع عينة تربة بمحتوى رطوبتها الطبيعي ويسلط الحمل بشكل تدريجي حتى الوصول الى قيمة 200 kPa . عند نهاية التحميل يضاف الماء الى العينة لمدة 24 ساعة ويسجل التغير الحجمي في أثناء ذلك. ثم يستمر الفحص لحين الوصول الى الضغط المحدد. كما يمكن الاطلاع على المصادر الاكثر تخصصا [15].

ويمكن تعريف قابلية الانهيار (Potential of Collapsibility) كالآتي

$$C_p = \Delta H_o / H_o = \Delta e_o / (1 + e_o) \quad (1/10-2)$$

حيث ان

ΔH_o = هو الفرق في ارتفاع العينة حتى نهاية عملية الترطيب.

H_o = الارتفاع الاول للعينة.

Δe_o = هو الفرق في نسبة الفراغات حتى نهاية عملية الترطيب.

e_o = نسبة الفراغات الطبيعية للعينة.

واقترح جننز ونايت (Jennings and Knight (1957) فحصا للتنبؤ بالهبوط الانهيارى لاجراض تصميم الأسس يدعى بفحص الاويدوميتر المزدوج Double Oedometer . ثم اقترحا بعض القيم لجهد الانهيار والتي بدورها أعطت تحديدا لنوع المشكلة . والجدول (2/10-2) يبين هذه القيم.

الجدول 2/10-2: قيم قابلية الانهيار [13]

خطورة المشكلة	قابلية الانهيار (C_p , %)
لا مشكلة	1-0
مشكلة معتدلة	5-1
مشكلة	10-5
مشكلة كبيرة	20-10
مشكلة كبيرة جدا	20

2-3/10 طرائق معالجة وتحسين خواص الترب الجبسية

الترب الجبسية ترب قوية في حالتها الصلبة الا أنها تفقد تماسكها وقوتها عند تعرضها الى الماء مما يسبب تشوهات كبيرة وانهيارها نتيجة تكسر الأواصر التي تربط جزيئات التربة نتيجة ذوبان هذه الجبس الذي يعمل كمادة رابطة.

بسبب كون التربة الجبسية انهيارية، وتؤدي الى حصول تشوهات كبيرة وخطيرة في الأبنية المشيدة عليها، تستعمل طرائق عديدة لتجنب اضرارها، مثل استبدال التربة الجبسية او المعالجات الفيزيائية او

الكيميائية أو الحقن. يعد تسليح التربة واحداً من المعالجات الفيزيائية لتحسين خواصها. اما المعالجات الكيميائية فتكون بالنورة أو المنتجات النفطية مثل مستحلب الاسفلت اواملاح الكلوريدات مثل كلوريد الباريوم الذي يعمل على تحسين خواصها بدرجة كبيرة. ولحقن التربة الجبسية تستعمل مواد مثل السمنت، أو البنتونايت، أو مستحلب الإسفلت، اوسيليكاات الصوديوم التي وجد انها تقلل من ذوبان الجبس وتحسن خواص التربة الجبسية بتقليل انهيارتها ونفاذيتها.

يعتبر الحقن واحداً من الطرائق الشائعة المستعملة لتحسين مقاومة التربة، والوظيفة الرئيسة للحقن (Grout) أو مادة الحقن توفير ربط تماسكي بين حبيبات التربة وتوفير غطاء مانع للرطوبة أو الماء حول حبيبات الترب الجبسية. إن نجاح مادة الحقن في تحسين خواص التربة الجبسية يعتمد على عوامل عديدة منها ضغط الحقن وخواص التربة ونوع الحقن واللزوجة والحرارة والزمن. وقد جربت عدة مواد حقن من مصادر محلية في العراق. ويمكن أن يفضل الحقن بهذه المواد بشكل عام من خلال تأثيره في تقليل ذوبان الترب الجبسية على أعماق مختلفة حيث يعمل الحقن كمادة رابطة تعزز استقرارية كتلة التربة وتعزل حبيبات التربة الجبسية من التماس مع الماء [18-16].

مراجع الباب الثاني

- [1] Bowels, Joseph E., "Foundation Analysis and Design", McGraw-Hill, 5th Edition, 1997.
- [2] Sing, W. L.; Hashim, R and Ali, H.A., "Engineering Behavior of Stabilized Peat Soil", *European Journal of Scientific Research*, Issn 1450-216x Vol.21 No.4, 581-591, 2008.
- [3] ASTM D 2938– 95, " Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens ", 2002.
- [4] Luis A. Prieto-Portar, " 300 Solved Problems Soil / Rock Mechanics And Foundations Engineering", Copyright By L. Prieto-Portar, October, 2009.
- [5] Sabatini, P.J.; Bachus, R.C.; Mayne, P.W. ; J.A.Schneider & Zettler, T.E., "Evaluation of Soil and Rock Properties", *FHWA-IF-02-034*, Washington, DC., 2002.
- [6] B.S.2008, "British Standard Code of Practice CP 2004 Foundations", 1986.
- [7] Rao, N. S. V. Kameswara, "Foundation Design ,Theory and Practice", John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, 1st Ed., 2011.
- [8] مركز بحوث الاسكان والبناء، "الكود المصري لميكانيكا التربة وتنفيذ الاساسات"، جمهورية مصر العربية، الطبعة السادسة-التحديث الثاني، 2001.
- [9] Skempton, A. W. and Macdonald, D. H., "The Allowable Settlement of Buildings", *Proceeding of Institution of Civil Engineers*, London, Part III Vol.5, pp.727 –768, 1956.
- [10] Canadian Geotechnical Society, "Canadian Foundation Engineering Manual", 2006.
- [11] Das, B. M. & G.V. Ramana, "Principles of Soil Dynamics", Cengage Learning, Usa, 2nd Ed., 2011.
- [12] Majeed , A. H., "Engineering characteristics of Gypseous soils ".Ph .D. Thesis. University of Baghdad, Department of Civil Engineering, 2000.
- [13] Nashat, I. H., "Engineering Characteristics of Some Gypseous Soils in Iraq", Ph .D. Thesis, University of Baghdad, Department of Civil Engineering, 1990.
- [14] Knight K., "The Origin and Occurrence of Collapsing Soils", *Proceedings of the 3rd Regional Conference of Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering* Vol.1, pp.127-130, 1963.

- [15] Jennings, J. E. and Knight K.: "The additional settlement of foundations due to a collapse of structure of sandy sub- soils on wetting", *Proceeding of 4th Int. Conf. Soil Meth. Found. Eng.* Vol. 1, pp. 316-319, 1957.
- [16] Saleam, S .N. M., "*Geotechnical characteristics of gypseous sandy soils including the effect of contamination with some oil products* ", M.Sc. Thesis, University of Technology, Department of building and construction ,Baghdad, 1988.
- [17] Razouki , S. S ; Al-Omari, R.R ; Nashaat, I. H. and Razouki, H. F. ; Khalid, S., "The Problem of Gypsiferous Soils in Iraq", *Symposium On Gypsiferous Soils*, NCCL, 1994.
- [18] الحلو، كريم هادي ابراهيم، "تحسين انضغاطية الترب الجبسية" ، المجلة العراقية للهندسة المدنية، العدد الثاني عشر، 2008.
- [19] القصبى، السيد عبد الفتاح، " هندسة الأساسات"، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، الطبعة الثالثة، 2010.

الباب الثالث

الأسس السطحية

3-1 الأسس السطحية

تكون الأسس السطحية أو الضحلة ملائمة لمعظم المنشآت التي تستند إلى تربة صخرية حيث إن قابلية تحمل التربة تكون عالية نسبياً. ومن هذا المبدأ يمكن استحصال أسس أكثر اقتصادية. مع مراعاة نوعية الطبقات الصخرية لتحديد أسلوب التعامل معها وكذلك الأخذ بعين الاعتبار رفع كامل الطبقات اللينة أو الضعيفة التي تغطي طبقات الأساس القوية.

الأسس السطحية تكون مناسبة أيضاً للمنشآت التي تستند إلى طبقات كرمال كثيفة أو طبقات رملية مستقرة فوق مستوى المياه الجوفية، أو طبقات طينية صلبة مستقرة.

يمكن استعمال الأسس السطحية أو الضحلة عند وجود طبقة من التربة ذات قابلية تحمل مناسبة قريبة من سطح الأرض، مع عدم وجود طبقات شديدة الانضغاط على أعماق قريبة من مستوى الأساس حتى يكون الهبوط المحسوب للأساس في حدود المسموح به. والأسس السطحية هي الأسس المنفصلة أو أسس الأعمدة والأسس المشتركة والأسس الشريطية المستمرة والأسس الحصرية. لاحظ الشكل (3-1/1).

3-1/1 أسس الأعمدة (Pad or Column Footings)

3-1/1/1 هي أسس من الخرسانة العادية أو المسلحة لا يقل سمكها عن 250 ملمترا، تقوم بنقل الأحمال المركزة من الأعمدة إلى طبقة الأساس.

3-1/1/2 تكون أسس الأعمدة مربعة أو مستطيلة أو دائرية الشكل. وقد تكون ثابتة السمك أو ذات سطح علوي مائل أو متدرج على ألا تزيد نسبة الميلان أو التدرج على 2 أفقي إلى 1 رأسي.

3-1/1/3 يتوزع الحمل خلال الأساس بدءاً من أوجه العمود وعند خطوط تقاطعها مع القاعدة بزواوية مقدارها 45 درجة مع خط الأفق للأسس الخرسانية المسلحة بحلقات مغلقة، و 60 درجة مع خط الأفق للأسس من الخرسانة العادية.

3-2/1 الأسس المشتركة (Combined Footings)

3-2/1/1 هي أسس من الخرسانة المسلحة لا يقل سمكها عن 300 ملمترا ، تستعمل كقاعدة لعمودين أو أكثر وذلك في الحالات التالية -

3-2/1/1/1 إذا تعرض أحد الأعمدة إلى حمل أكبر من الحمل الذي تتعرض له الأعمدة الأخرى مما قد يسبب هبوطاً متفاوتاً تحتها أو دوران أي منها.

3-2/1/2/1 إذا كانت المسافة بين الأساسين المنفصلين لعمودين متجاورين أقل من البعد الأصغر لأي من الأساسين، أي سيحصل تداخل في العمل والتأثير بين أساسي العمودين.

3-3/1/2/1 لتفادي التوزيع غير المنتظم للضغط على التربة الناتج من العمود المقام على حدود الملكية.

3-2/2/1 تكون الأسس المشتركة مستطيلة الشكل أو بأي شكل آخر ينتج منه ضغط منتظم من الأساس على التربة.

3-3/1 الأسس الطولية أو الشريطية (Strip Foundations)

3-1/3/1 هي أسس من الخرسانة العادية أو المسلحة لا يقل سمكها عن 250 ملمترا، تقوم بنقل الأحمال المركزة أو الموزعة عليها إلى طبقة الأساس.

3-2/3/1 تكون الأسس الطولية مستطيلة الشكل وقد تكون ثابتة السمك أو ذات سطح علوي مائل أو متدرج على ألا تزيد نسبة الميلان أو التدرج على 2 أفقي إلى 1 رأسي ، وقد تكون أيضا على شكل قصات (أي تتدرج مع الانحدار نحو مستوى الأساس).

3-3/3/1 تقسم الأسس الطولية إلى ما يلي -

3-1/3/3/1 أسس الجدران (Wall Footings) هي أسس طولية ترتكز عليها جدران يتطابق محورها الطولي مع المحور الطولي للأساس.

3-2/3/3/1 الأسس الطولية للأحمال المتحركة (Strip Footings for Moving Loads) هي أسس طولية ترتكز عليها أحمال متحركة كعجلات الرافعات (Crane).

3-3/3/3/1 الأسس المستمرة (Continuous Footings) هي أسس طولية يرتكز عليها أكثر من عمودين بحيث يتطابق المحور الطولي لخط امتداد الأعمدة مع المحور الطولي للأساس.

3-4/3/1 يتوزع الحمل خلال الأساس بدءا من وجه الجدار أو العمود عند خط تقاطعه مع الأساس أو بدءاً من حافة الحمل المتحرك، بزاوية مقدارها 45 درجة مع خط الأفق للخرسانة المسلحة بحلقات مغلقة و 60 درجة مع خط الأفق للخرسانة العادية.

3-5/3/1 يسمح باستعمال الخرسانة العادية في أسس الجدران على أن يتوافر فيها ما يلي -

3-1/5/3/1 أن يتطابق محور الأساس مع محور الجدار.

3-2/5/3/1 ألا يقام الأساس على تراب الردم غير المعالج هندسياً.

3-3/5/3/1 ألا يكون هناك تغير كبير في خصائص التربة الحاملة على طول الجدار أو في قابلية تحملها، فمثلا لا يسمح بأن يقع جزء من الأساس على صخر والجزء الآخر منه على تربة.

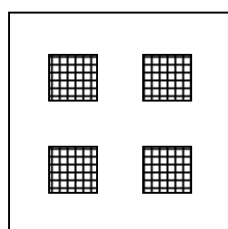
3-4/5/3/1 ألا يقل عرض الأساس عن سمك الجدار مضافا إليه 100 ملمتر.

3-5/5/3/1 ان تجهز أسس الجدران من الخرسانة العادية بأعتاب ربط من الخرسانة المسلحة تقع فوق الأسس وتحت الجدران أو ضمنها بحسب ما هو منصوص عليه في مدونة الخرسانة العادية والمسلحة من مدونات البناء العراقية (م.ب.ع. 304).

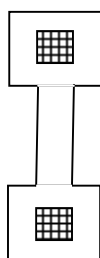
3-1/5/6 ألا يقل سمك الأساس عن 1.75 مرة من مسافة بروزه عن الجدار على ألا يقل عن 300 ملمتر.

3-1/5/7 ألا يقل بعد التراكب في القصات عن المقدار الأكبر مما يلي [يراعى الشكل (3-1/1):-]

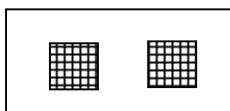
- سمك الأساس.
- ضعف ارتفاع القصة.



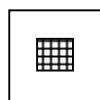
أساس حصيري



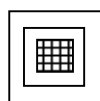
أساس متواصل



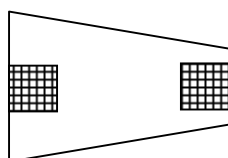
اساس مشترك
مستطيل



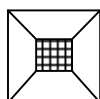
أساس مربع



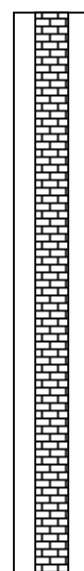
أساس متدرج



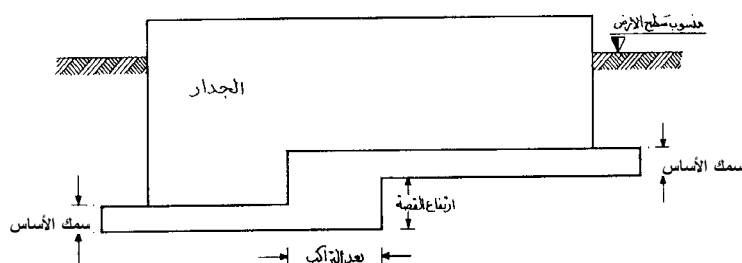
اساس مشترك
شبه منحرف



أساس مائل

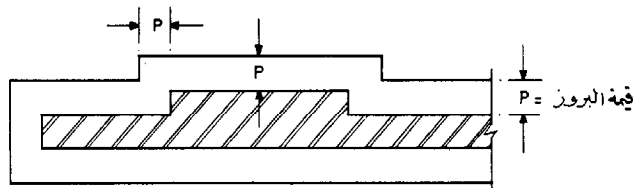


أساس شريطي



الشكل 3-1/1: أنواع الأسس السطحية مع مقطع طولي في أساس جداري

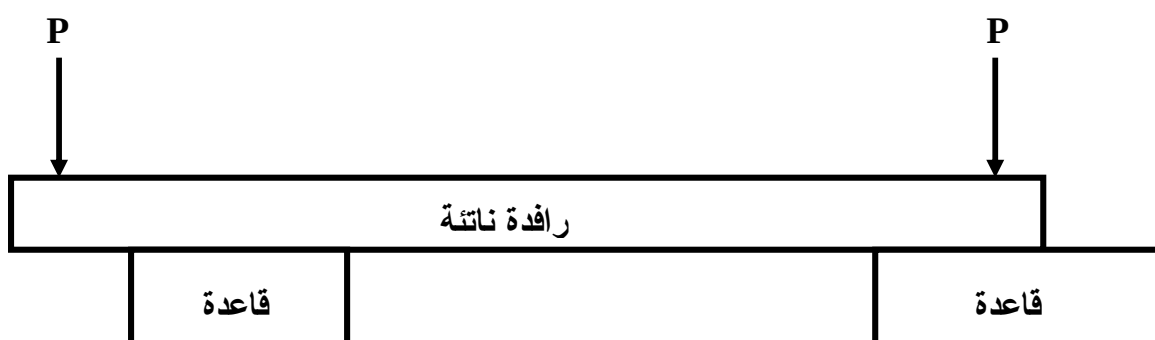
3-8/5/3/1 في حالة الزيادة في سمك الجدار يزداد عرض الأساس بحيث تكون مسافة بروز الأساس عن وجه الجدار ثابتة كما هو مبين في الشكل (3-2/1).



الشكل 3-2/1: جزء من المسقط العلوي لأساس جداري

3-4/1 الأساس النائيء (Cantilever Footing)

3-1/4/1 هو أساس يتألف من قاعدتين ورافدة ناتئة ترتكز على القاعدتين وتبرز من إحداهما ليتحمل حملاً مركزاً على الطرف النائيء يوازنه حمل مركز على الطرف الآخر [انظر الشكل (3-3/1)].



الشكل 3-3/1: أساس نائيء

3-5/1 الأساس الحصري (Raft Foundation)

3-1/5/1 هي بلاطة من الخرسانة المسلحة تعمل على توزيع القوى والعزوم المنقولة إليها من مجموعة من الأعمدة والجدران على طبقة الأساس وتكون عادة ذات مساحة لا تقل عن مساحة المسقط العلوي للبناء.

3-2/5/1 تستعمل أسس الحصري في الحالات التالية -

3-1/2/5/1 إقامة منشآت خفيفة على تربة طرية أو ردم، أو على طبقة تحتوي على جيوب ضعيفة أو فجوات.

3-2/2/5/1 التقليل من الهبوط المتفاوت، أو في الحالات التي لا تقل فيها المساحة الكلية للأسس المنفصلة للأعمدة أو الأسس المشتركة عن 65 بالمائة تقريباً من مساحة المسقط العلوي للبناء عند مستوى الأساس.

3-1/2/5/3 تتوزع الأحمال خلال أساس الحصىرة بحسب التفاعل بين الأساس وترتبة الأساس والذي يعتمد على جساءة الأساس والخواص الميكانيكية لتلك التربة باستعمال معايير رد فعل التربة (K_s) المذكور في الفصل (2-7) من هذه المدونة.

3-2 تحديد قابلية التحمل القصوى للأسس السطحية

يتناول هذا الفصل كيفية حساب قابلية التحمل القصوى (Ultimate Bearing Capacity) للأسس السطحية أو الضحلة سواء كانت أسساً منفصلة أو مستمرة أو أسساً حصىرية لأنواع التحميل المختلفة. كما يوضح هذا الفصل علاقة توزيع ضغط التماس بقابلية التحمل القصوى لهذه الأسس. ويهدف هذا الفصل إلى إعطاء أسس موحدة لحساب قابلية التحمل القصوى للأسس السطحية ومعامل الأمان الواجب استعماله في حالات التحميل المختلفة. كما يستعرض الطرائق المختلفة المستعملة في حساب الإجهاد الأقصى الذي تتحمله التربة عند مستوى الأساس، وطرائق تحديد قابلية التحمل باستعمال نتائج الاختبارات الحقلية، وكذلك قابلية تحمل الصخور.

3-1/2 منحنيات الحمل - الهبوط

3-1/2/1 تهبط الأسس تحت تأثير الأحمال على وفق علاقة تشابه واحداً من منحنيات الحمل-الهبوط. وتكون نسبة الهبوط صغيرة في مراحل التحميل الأولية بشكل يسمح باعتباره هبوطاً مرناً، وبزيادة الأحمال يتزايد الهبوط تراكمياً إلى أن تصبح نسبة الزيادة في الهبوط كبيرة جداً بالمقارنة مع الزيادة في الحمل.

3-1/2/2 يوصى بتحديد قابلية التحمل القصوى عند أول نقطة يصبح فيها ميل المنحنى ذا قيمة صغرى منتظمة أو تساوي الصفر تقريباً، كما يوصى باستعمال طريقة بديلة حيث تحدد فيها قابلية التحمل القصوى عند أول انعطاف لمنحنى الحمل-الهبوط المرسوم على مقياس لوغاريتمي.

3-2/2 حساب قابلية التحمل القصوى للأسس السطحية على التربة

يتضمن هذا البند الطرائق النظرية التي يمكن استعمالها في تعيين قابلية التحمل القصوى للتربة تحت الأساس. ويمكن بعدها الحصول على قابلية التحمل المسموح بها بقسمة قابلية التحمل القصوى على معامل أمان مناسب، مع مراعاة ألا يتعدى هبوط الأساس القيم المسموح بها والبالغة (32 ملم) كأقصى هبوط للمنشأ المرتكز على أسس سطحية تستند إلى تربة رملية وكذلك كأقصى هبوط (45 ملم) للمنشآت التي تستند أسسها السطحية إلى تربة طينية [1].

في بعض الأحيان يتطلب تعيين قابلية تحمل التربة استعمال طرائق حسابية دقيقة غالباً ما تكون معقدة مثل دراسة شكل انهيار التربة باستعمال نظريات اللدونة (Plasticity Theories) وفي بعض الحالات الخاصة يجب استشارة خبير في ميكانيك التربة.

وكذلك يمكن استعمال طرائق نظرية نصف بيانية تقوم على افتراض اشكال مختلفة لسطح الانزلاق عند فشل التربة. ويجب أن تحسب قابلية التحمل القصوى اللازمة لتحقيق شروط اتزان كتلة التربة لكل سطح

انزلاق. وكذلك يجب ملاحظة ان سطح الانزلاق عند فشل التربة قد يأخذ شكل منحنٍ او خطوط مستقيمة او قد يتكون من الاثنين معا.

3-1/2/2 يراعى ما ذكر في الفقرتين (1-8/1/4) و (1-9/1/4).

3-2/2/2 يوصى باستعمال معادلة ترزاكي المعدلة (Modified Terzaghi Equation) لحساب قابلية التحمل القصوى للأسس السطحية التي تعتبر الفشل الذي سوف يحصل في الأساس من النوع العام (General Shear failure) ، والتي تأخذ في الاعتبار تأثير شكل الأساس، وهي [2] -

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}gBN_g \quad (1/2-3) \quad (\text{أساس مستمر})$$

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4gBN_g \quad (2/2-3) \quad (\text{أساس مربع})$$

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3gBN_g \quad (3/2-3) \quad (\text{أساس دائري})$$

$$q_u = cN_c \left(1 + 0.3 \frac{B}{L} \right) + qN_q + 0.4gBN_g \quad (4/2-3) \quad (\text{أساس مستطيل})$$

$$q_{un} = q_u - gD_f \quad (5/2-3)$$

حيث ان

قابلية التحمل القصوى، (كيلونيوتن/متر مربع).	=	q_u
قابلية التحمل القصوى الصافية، (كيلونيوتن/متر مربع).	=	q_{un}
تماسك التربة، (كيلونيوتن/متر مربع).	=	c
الضغط المسلط على التربة عند مستوى الأساس، (كيلونيوتن/مترمربع)	=	q
ويساوي $(q = g \cdot D_f)$.		
كثافة التربة تحت مستوى الأساس، (كيلونيوتن/م ³).	=	g
معاملات قدرة تحمل التربة، يسمح بتحديددها من الجدول (3-1/2)	=	N_c, N_q, N_g
بالاعتماد زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة (j) .		
عرض الأساس، (متر).	=	B
عمق مستوى الأساس، (متر).	=	D_f
طول الأساس، (متر).	=	L

3-3/2 تأثير المياه الجوفية

يؤثر تغير مستوى المياه الجوفية على قابلية التحمل القصوى للتربة بحسب الحالات الثلاث التالية والمبينة بالشكل (3-1/2).

3-1/3/2 الحالة الأولى

إذا كان مستوى المياه الجوفية يقع ضمن عمق الأساس او $0 \leq D_1 \leq D_f$ فان المقطع الثاني في معادلة قابلية التحمل يصبح كالتالي [2]:

$$q = D_1 g + D_2 (g_{sat} - g_w) \quad (6/2-3)$$

حيث ان:

$$= g_{sat} \quad \text{وحدة وزن التربة المشبعة تحت مستوى الأساس، (كيلونيوتن/متر مكعب).}$$

$$= g_w \quad \text{وحدة وزن الماء، (كيلونيوتن/متر مكعب).}$$

وتحل وحدة الوزن الفاعلة $g' = (g_{sat} - g_w)$ محل وحدة وزن التربة g المستعملة بالمقطع الثالث في معادلة التحمل.

3-2/2 الحالة الثانية

إذا كان مستوى المياه الجوفية يقع تحت مستوى الأساس والى عمق اقل او يساوي عرض الأساس او $0 \leq d \leq B$ فان المقطع الثاني في معادلة قابلية التحمل يبقى كما هو، وتحل وحدة وزن المكافئة للتربة $\bar{g}$ محل وحدة وزن التربة g المستعملة بالمقطع الثالث في معادلة قابلية التحمل كما في الصيغة التالية [2]:

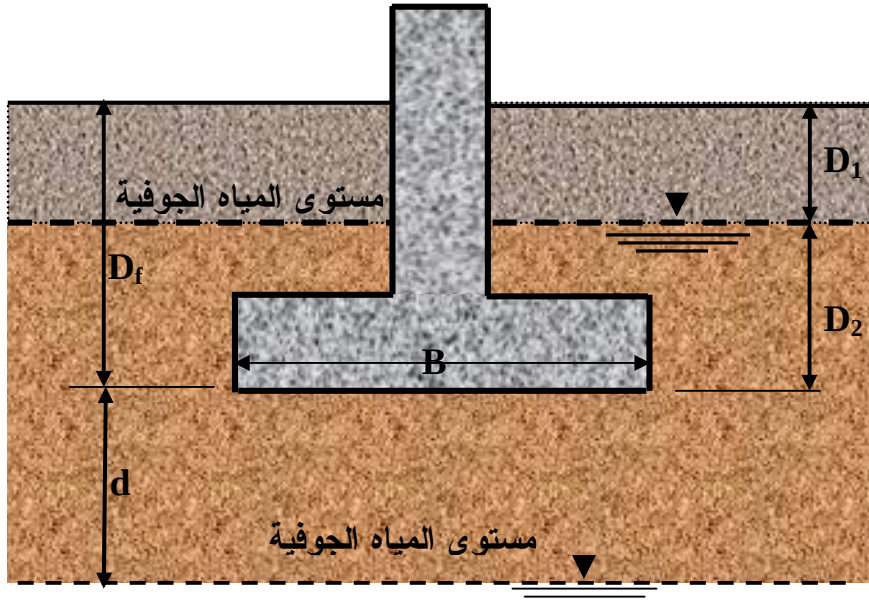
$$\bar{g} = g' + \frac{d}{B} (g - g') \quad (7/2-3)$$

3-2/3 الحالة الثالثة

إذا كان مستوى المياه الجوفية يقع تحت مستوى الأساس والى عمق اكبر من عرض الأساس او $d > B$ فان ذلك لا يؤثر على قابلية التحمل [2].

حيث ان:

$$d = \text{هي المسافة بين مستوى المياه الجوفية والسطح السفلي للأساس.}$$



الشكل 3-1/2: تأثير مستوى المياه الجوفية على قابلية التحمل

3-4/2 تأثير لامركزية التحميل على قابلية التحمل القصوى

3-4/2/1 عند حساب قابلية التحمل القصوى للأسس السطحية يجب أخذ تأثير لامركزية التحميل على قيمتها في الاعتبار. ولأغراض هذه المدونة يسمح باحتساب هذا التأثير بشكل تقريبي بأن يحل البعدان الفعالان محل البعدين الحقيقيين لقاعدة الأساس لها كما موضح بالشكل (3-2/2) :-

$$B' = B - 2e_y \quad (8/2-3)$$

$$L' = L - 2e_x \quad (9/2-3)$$

$$e_y = \frac{M_x}{P} \quad (10/2-3)$$

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad (11/2-3)$$

حيث إن

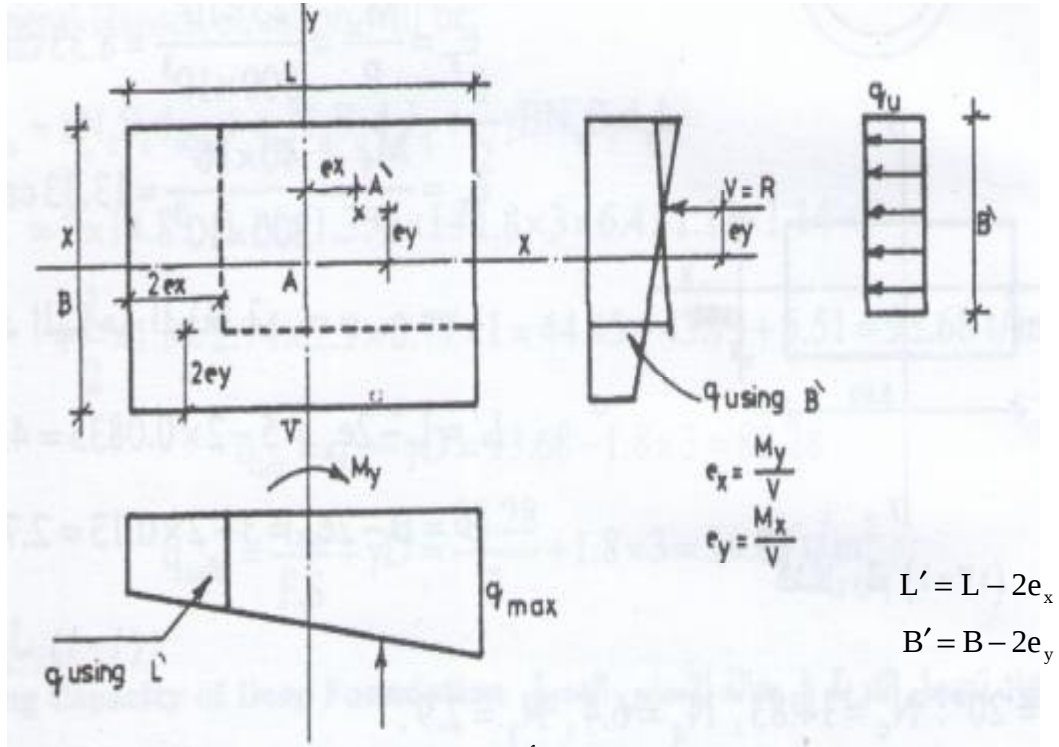
B'	=	العرض الفعال للأساس، (متر).
B	=	العرض الحقيقي للأساس، (متر).
e_y	=	اللامركزية باتجاه المحور y ، (متر).
L'	=	العرض الفعال للأساس، (متر).
L	=	الطول الحقيقي للأساس، (متر).
e_x	=	اللامركزية باتجاه المحور x ، (متر).
M_x	=	محصلة مجموع العزوم باتجاه المحور الأفقي x ، (كيلو نيوتن. متر).
M_y	=	محصلة مجموع العزوم باتجاه المحور العمودي y ، (كيلو نيوتن. متر).
P	=	محصلة القوى الشاقولية، (كيلو نيوتن).

ونستعمل الأبعاد الفعالة أو المخفضة للأساس لاستخراج الحمل الكلي المسلط (P_u) عليها كما يلي

$$P_u = q_u (B'L') \quad (12/2-3)$$

3-4/2/2 يوصى ألا تزيد قيمة لامركزية التحميل للأسس السطحية عن سدس اصغر بعد للأساس، أي

$$e \leq \frac{B}{6} \quad \text{ان قيمة}$$



الشكل 3-2/2: تأثير اللامركزية على قابلية التحمل

الجدول 3-1/2: معاملات قابلية تحمل التربة [3]

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00
1	5.38	1.09	0.07
2	5.63	1.20	0.15
3	5.90	1.31	0.24
4	6.19	1.43	0.34
5	6.49	1.57	0.45
6	6.81	1.72	0.57
7	7.16	1.88	0.71
8	7.53	2.06	0.86
9	7.92	2.25	1.03
10	8.34	2.47	1.22
11	8.80	2.71	1.44
12	9.28	2.97	1.69
13	9.81	3.26	1.97
14	10.37	3.59	2.29
15	10.98	3.94	2.65
16	11.63	4.34	3.06
17	12.34	4.77	3.53
18	13.10	5.26	4.07
19	13.93	5.80	4.68
20	14.83	6.40	5.39
21	15.81	7.07	6.20
22	16.88	7.82	7.13
23	18.05	8.66	8.20
24	19.32	9.60	9.44
25	20.72	10.66	10.88
26	22.25	11.85	12.54
27	23.94	13.20	14.47
28	25.80	14.72	16.72
29	27.86	16.44	19.34
30	30.14	18.40	22.40
31	32.67	20.63	25.99
32	35.49	23.18	30.21
33	38.64	26.09	35.19
34	42.16	29.44	41.06
35	46.12	33.30	48.03
36	50.59	37.75	56.31
37	55.63	42.92	66.19
38	61.35	48.93	78.02
39	67.87	55.96	92.25
40	75.31	64.20	109.41
41	83.86	73.90	130.21
42	93.71	85.37	155.54
43	105.11	99.01	186.53
44	118.37	115.31	224.63
45	133.87	134.87	271.75
46	152.10	158.50	330.34
47	173.64	187.21	403.65
48	199.26	222.30	496.00
49	229.92	265.50	613.14
50	266.88	319.06	762.86

ϕ = زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة

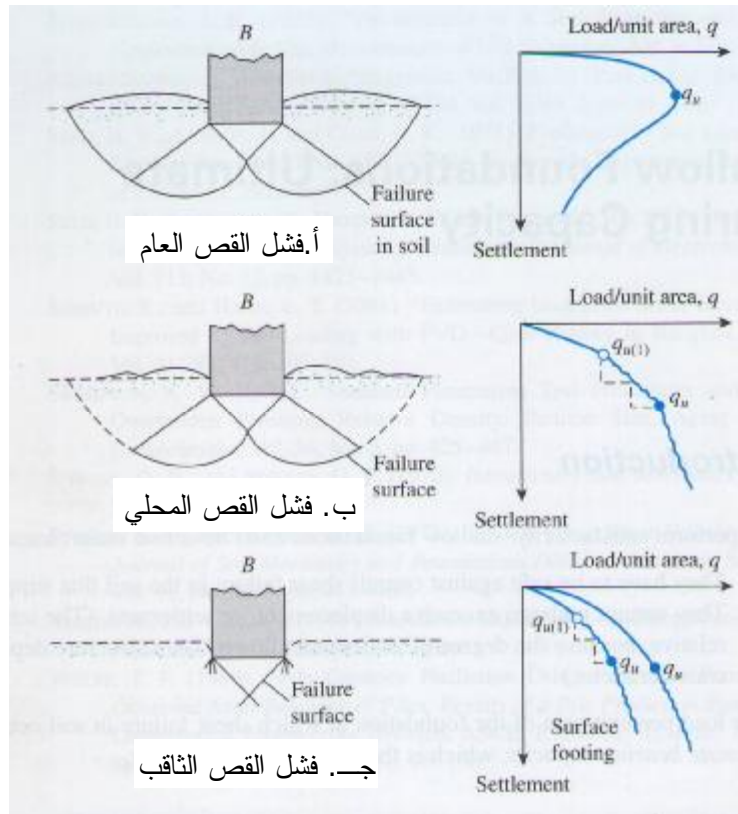
3-5/2 تأثير نوع الفشل في التربة [2]

هنالك ثلاثة أنواع من فشل (انهيار) التربة في القص نتيجة تجاوز قابلية التحمل للتربة بسبب الحمل المسلط عليها وهي:

3-1/5/2 فشل القص العام، ويحدث في الترب الرملية الكثيفة أو الترب الطينية القوية. وفيه تكون الانفعالات قبل الفشل قليلة نسبياً، حيث أن التربة تقاوم الحمل مع حدوث هبوط قليل. ويحدث هذا النوع من الفشل فجأة. ويمكن تحديد قابلية التحمل القصوى بشكل جيد. ويمتاز بأن الفشل في سطح التربة سوف يمتد إلى مستوى الأرض الطبيعية. يلاحظ الشكل (3-1/3/أ).

3-2/5/2 فشل القص المحلي، ويحدث في الترب الرملية أو الطينية متوسطة الحدة. وفيه ستكون التشوهات قبل الفشل كبيرة نسبياً ويحدث تدريجياً عند زيادة الحمل والذي يؤدي بدوره إلى زيادة ملحوظة في الهبوط وفي هذه الحالة فإن سطح الفشل في التربة سوف يمتد إلى خارج الأساس. يلاحظ الشكل (3-2/3/ب).

3-3/5/2 فشل القص الثاقب، ويحدث في الترب الرملية المفككة والترب غير المحدولة. إن الفشل في التربة في هذه الحالة سوف لا يمتد إلى سطح التربة. يلاحظ الشكل (3-3/3/ج).



الشكل 3-2/3: تأثير نوع الفشل على قابلية التحمل

يمكن حساب قابلية التحمل القصوى للأسس السطحية المقامة في حالة كون الفشل من النوع المحلي (Local failure) وذلك باستعمال العلاقات من (3-1/2) الى (3-4/2)، مع تعديل كل من قيمة تماسك التربة (c) وزاوية مقاومة القص (f) كما يلي [5]:

$$c' = 0.67c \quad (13/2-3)$$

$$\tan f' = 0.67 \tan f \quad (14/2-3)$$

حيث

c' = القيمة المعدلة لتماسك التربة (c)، (كيلونيوتن/متر مربع).

f' = القيمة المعدلة لزاوية مقاومة القص (f)، (درجة).

3-6/2 تأثير عمق وميل الأساس وميل سطح التربة وميل الحمل المسلط

يحدد تأثير عمق الأساس وميل الأساس وميل سطح التربة وميل الحمل المسلط على قابلية تحمل التربة بالرجوع إلى مراجع أكثر تخصصاً [4].

3-3 اعتبارات تصميم الأسس السطحية

3-1/3 عام

3-1/1/3 يعتمد عمق الأسس السطحية على ما يلي:

3-1/1/1/3 عمق طبقة الأساس الملائمة.

3-2/1/1/3 العمق الواجب الوصول إليه في التربة الطينية القابلة للانتفاخ والانكماش لتجاوز المنطقة

التي تنتفخ وتنكمش بسبب تغيرات الجو الفصلية ، أو بسبب الأشجار والشجيرات.

3-3/1/1/3 العمق الواجب الوصول إليه لتجاوز المنطقة التي قد تتأثر بالصقيع.

3-4/1/1/3 العمق الذي لا يتأثر بالحرارة أو البرودة المنقولة من المبنى إلى طبقة الأساس.

3-5/1/1/3 العمق الواجب الوصول إليه لتجاوز نطاق انجراف التربة.

3-2/1/3 يجب ألا يقل عمق الأسس عما تنص عليه الفقرة (2-1/4/5).

3-2/3 ضغط التحميل المسموح به

3-1/2/3 يراعى جميع ما نص عليه الباب الثالث من هذه المدونة.

3-2/2/3 يوصى بأن يتطابق مركز ثقل مساحة الأساس مع مركز ثقل الأحمال المؤثرة عليه، وإن تعذر

ذلك فيجب ألا تزيد قيمة لامركزية الأحمال على سدس اصغر بعد للأساس اي ان $(e \leq B/6)$ في كلا الاتجاهين.

3-3/2/3 يجب اختيار أبعاد الأسس بحيث يقلل الهبوط المتفاوت إلى الحد الأدنى الممكن.

3-3/3 اختيار نوع الأساس السطحي

3-3/3/1 يراعى ما ذكر في الفصلين (1-2) و (1-3) من هذه المدونة.

3-3/3/2 يجب ألا يزيد ضغط التحميل عند مستوى الأساس على ضغط التحميل المسموح به للتربة عند هذا المستوى.

3-3/4 تأثير تغيرات الطقس الفصلية

انتفاخ وانكماش التربة الطينية

3-3/4/1 تتعرض التربة الطينية في الفصول غير الممطرة إلى انخفاض في محتوى رطوبتها ، مما يسبب انكماشاً في حجمها يصاحبه ظهور تشققات. وتتوقف نسبة الرطوبة في التربة على طول فترة انحباس الأمطار، وحرارة وجفاف الجو، وتسرب المياه إلى التربة من تمديدات المياه والمجاري ومستودعات الماء الأرضية (Aquifers) والينابيع، وتركيز الحياة النباتية.

3-3/4/2 تنتفخ التربة الطينية في الفصول الممطرة، وتميل التشققات الموجودة بالتربة إلى الانغلاق.

3-3/4/3 يؤخذ في الاعتبار تأثير التغيرات الحجمية والاجهادات المصاحبة لها في الطبقات الطينية عند تصميم عناصر المنشأ المتماسة معها أو الواقعة ضمنها على عمق يقل عن العمق الأدنى لمستوى الأساس المسموح به الذي تحدده الفقرة (1/4/5/2).

3-3/4/4 يزداد انكماش الطين بسبب وجود الأشجار أو الشجيرات، ويتوقف مقدار ذلك الانكماش على نوع وحجم وعدد تلك الأشجار أو الشجيرات. هذا ويستنزف الماء بصورة دائمة من الأجزاء القريبة جداً من الأشجار، وقد يمتد العمق الذي يستنزف منه الماء بالقرب من الأشجار تامة النمو إلى (5) أمتار.

3-3/4/5 يجب إبعاد الأسس التي لا يتجاوز عمقها (1.5) متر والواقعة على تربة طينية قابلة للانتفاخ والانكماش عن جميع الأشجار بمسافة لا تقل عن نصف ارتفاع اقرب شجرة تامة النمو، هذا ويراعى زيادة تلك المسافة إذا كانت الأشجار في صفوف. كما يجب مراعاة ما تنص عليه هذه الفقرة عند زراعة الأشجار بعد إتمام البناء.

3-3/4/6 يؤخذ بعين الاعتبار أن للشجيرات تأثيراً متلفاً على الأسس السطحية يعادل تأثير الأشجار على تلك الأسس.

3-3/4/7 يراعى ما مبين في البند (2-5/2).

3-5/3 تأثير سخونة

3-5/3-1 يتسبب تركيب المراحل والأفران فوق الأرض مباشرة ، وغيرها من مصادر الحرارة الصناعية في انكماش الطين الواقع تحتها بالجفاف ، وقد يمتد هذا الجفاف إلى عمق كبير في التربة. 3-5/3-2 تعزل مصادر الحرارة العالية عن التربة والأسس بوسيلة مناسبة كاستعمال مواد عازلة. أما إذا كانت كمية الحرارة المنبعثة من المصدر كبيرة فيوصى باستعمال نظام للتهوية أو التبريد بدفع الهواء أو الماء.

3-6/3 توزيع الاجهادات تحت الأسس المحملة لامركزيا

3-6/3-1 قد تتعرض أسس المنشآت إلى عزوم بالإضافة إلى أحمال محورية ، ويترتب على ذلك عدم انطباق خط عمل محصلة الضغط على التربة مع مركز المسقط العلوي للأساس. 3-6/3-2 يوصى بالألا تزيد لامركزية التحميل (e) على سدس أصغر بعد للأساس اي ان $(e \leq B/6)$. 3-6/3-3 يسمح بافتراض شكل توزيع الاجهادات في مساحة التماس بين الأساس وتربة الأساس باستعمال نظرية المرونة وذلك للاجهادات التي تقل عن ضغط التحميل المسموح به. وتحسب الاجهادات تحت أساس جاسئ محمل لامركزيا بحسب العلاقة التالية -

$$q = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x y}{I_x} \pm \frac{M_y x}{I_y} \quad (1/3-3)$$

حيث -

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

P = محصلة الحمل الرأسى، (كيلونيوتن).

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

$$M_x = P e_y \quad (2/3-3)$$

A = مساحة الأساس (متر مربع)

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

$$M_y = P e_x \quad (3/3-3)$$

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

y = المسافة المقاسة من المحور (x) إلى النقطة موضع الدراسة، (متر).

I_x = عزم القصور الذاتي للمسقط العلوي للأساس حول المحور (x)، (م⁴).

I_y = عزم القصور الذاتي للمسقط العلوي للأساس حول المحور (Y)، (م⁴).

3-4/6/3 إن مقدار التلاصق بين الأساس والتربة ضعيف جدا في مقاومة إجهاد الشد ، وعليه تعتبر قيمة ذلك الإجهاد مساوية للصفر ولا يسمح باستعمال العلاقة (3-1/3) إذا وقعت محصلة القوى المؤثرة على الأساس خارج ثلثه الأوسط.

3-4 اعتبارات تصميم الأسس المشتركة والأسس الطولية المستمرة وأسس الحصيرة

3-1/4 عام

3-1/1/4 لعدم وجود طريقة حسابية دقيقة تأخذ في الاعتبار جميع العوامل المؤثرة في التصميم وتسمح بحساب الاجهادات على التربة تحت الأسس (Contact Pressure) بدقة، فإنه يسمح باستعمال فرضيات مبسطة بناء على معرفة واعية لتفاعل عناصر المنشأ المختلفة بعضها مع بعض وكذلك مع التربة.

3-2/1/4 يجب أخذ العوامل التالية في الاعتبار عند حساب الاجهادات على التربة تحت الأسس.

3-1/2/1/4 نوع التربة تحت الأساس

يجب أن تعتمد أية طريقة للتحليل الإنشائي للأسس المشتركة والأسس الطولية المستمرة وأسس الحصيرة على تحديد الخصائص الميكانيكية للتربة الواقعة تحتها مباشرة، على أن يؤخذ في الاعتبار زيادة قيم الاجهادات تحت الأساس على طول حافته الخارجية بالنسبة لقيمتها تحت منتصفه وذلك للأسس الجاسئة المقامة على تربة متماسكة. أما بالنسبة للأسس الجاسئة المقامة على تربة غير متماسكة فتزيد قيم الاجهادات تحت منتصف الأساس بالنسبة لقيمتها تحت الحافات.

3-2/2/1/4 انضمام التربة العميقة تحت مستوى الأساس

يجب أن يتضمن التحليل الإنشائي للأسس المشتركة والأسس الطولية المستمرة وأسس الحصيرة اعتبارات الانضمام طويل الأمد لطبقات التربة الواقعة تحت مستوى الأساس وحتى العمق الذي يؤثر عنده انضمامها على سلامة المنشأ أو حسن أدائه. إذ يجب أن يتضمن التحليل الإنشائي للأسس المقامة على تربة طينية قابلة للانضمام تحليلا للاجهادات بعد الإنشاء مباشرة، وتحليلا آخر بعد اكتمال الانضمام طويل الأمد.

3-3/2/1/4 لامركزية التحميل

يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تصميم الأسس التغير في توزيع الاجهادات المؤثرة على التربة تحت الأساس الناتج من التحميل اللامركزي وبحسب البند (3-6/3).

3-4/2/1/4 التفاعل الإنشائي بين الأساس والتربة

تتفاعل الأسس المشتركة والشريطية وأسس الحصيرة إنشائيا مع التربة تحت تأثير الأحمال حيث يكون التشوه الحاصل في الأساس عند أي نقطة ضمن مساحته مساويا لهبوط التربة عند تلك النقطة. وتعتمد قيمة التشوه في الأساس على جساعته وجساءة المنشأ المقام عليه من ناحية ومعايير رد فعل التربة من ناحية أخرى.

3-2/4 توزيع ردود أفعال التربة

3-1/2/4 عام

3-1/1/2/4 يعتمد توزيع الاجهادات على التربة تحت الأساس المشترك أو الشريطي أو أساس الحاصرة على رد فعل التربة (Subgrade Reaction). ويسمح بافتراض توزيع خطي للاجهادات عندما تبرز جساءة الأساس وتفاعله مع التربة ذلك. وفي جميع الحالات يجب أن تكون كل من محصلة الاجهادات على التربة ومحصلة الأحمال المؤثرة متساوية ومتعاكسة وواقعة على خط الفعل نفسه.

3-2/1/2/4 يجب ألا تتجاوز قيمة الإجهاد المسموح به على التربة ، الحد الذي يسبب هبوطا أكبر من القيم المسموح بها.

3-2/2/4 التوزيع الخطي لضغط التربة

3-1/2/2/4 يسمح بافتراض توزيع خطي للاجهادات على التربة عندما يكون الأساس ذا جساءة كافية بحسب ما تنص عليه الفقرة (3-1/5/4).

3-2/2/2/4 تعتمد جساءة الأساس على عزم القصور الذاتي لمقطعه ومعامل مرونته والتباعد بين الأعمدة وجساءة المنشأ المقام عليه.

3-3/2/4 حساب الاجهادات على التربة المستند إلى ردود أفعالها [6]

3-1/3/2/4 يعتمد تصميم الأسس المشتركة والشريطية والأسس الحاصرة للمبنى على نظريات رد فعل التربة المرنة المستندة إلى تبسيط العلاقة المعقدة بين الإجهاد والهبوط في التربة.

3-2/3/2/4 يجرى هذا التحليل باستعمال معايير رد فعل التربة (K_s) بحسب ما ذكر في الفصل (2-7) من هذه المدونة.

3-3/3/2/4 باستعمال هذه الطريقة يمكن الحصول على نتائج ذات دقة مقبولة عند تطبيقها على تربة يكون من خصائصها اقتصار الهبوط الناتج من الأحمال على منطقة التحميل وهذه الدقة محددة بالحالة التي تقل فيها الاجهادات على التربة عن نصف قابلية التحمل القصوى لها.

3-4/2/4 أحمال الأسس وتجميعاتها والنسب المسموح بها في زيادة ضغط التحميل

يراعى ما ذكر في الفقرتين (2-1/5/8) و (2-2/5/8) من هذه المدونة.

3-3/4 الأسس ذات العمودين

3-1/3/4 الأسس مستطيلة الشكل

3-1/1/3/4 تكون أبعاد هذا النوع من الأسس بحيث لا تتجاوز الاجهادات على التربة الواقعة تحتها في أي موضع ضغط التحميل المسموح به.

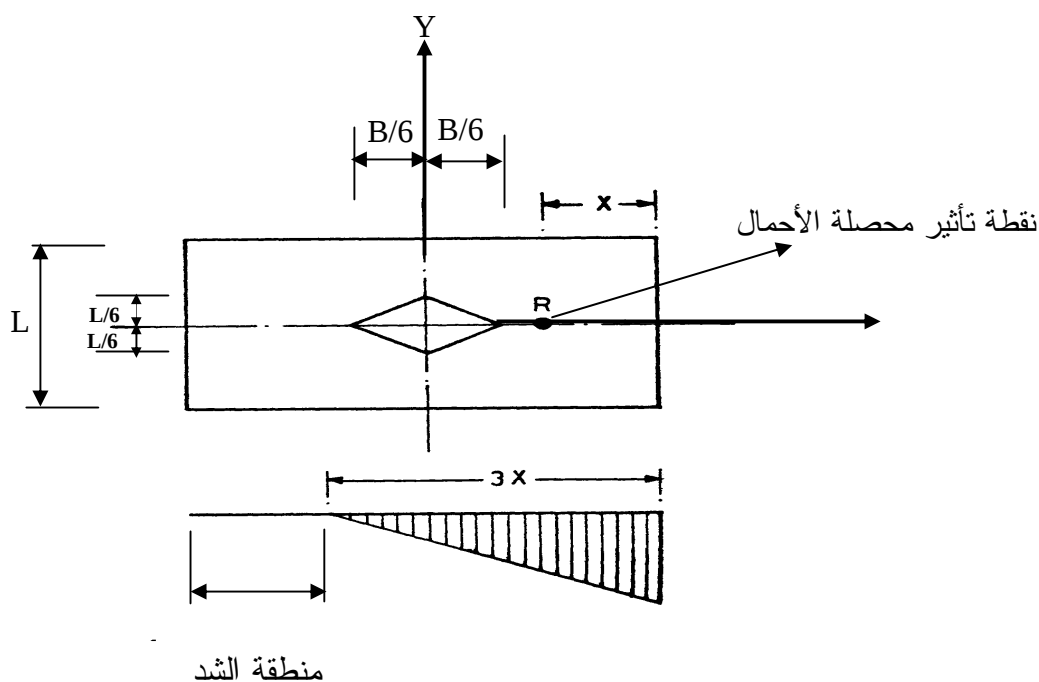
3-2/1/3/4 تعتبر الأسس المستطيلة المشتركة لعمودين ذات جساءة كافية تسمح بافتراض توزيع خطي للاجهادات على التربة تحتها كما هو مذكور في هذا البند، باستثناء الحالات التي تكون فيها مسافة تباعد العمودين كبيرة وسمك الأساس صغيرا نسبيا حيث يحسب توزيع الاجهادات على التربة تحت الأساس باستعمال طرائق الحساب الخاصة بالأسس المرنة.

3-3/1/3/4 تحسب جميع العزوم المؤثرة على القاعدة حول مركز مساحة الأساس وعلى السطح السفلي لها.

3-4/1/3/4 تعتبر الاجهادات على التربة الواقعة تحت الأساس منتظمة التوزيع عندما يتطابق مركز مساحة الأساس مع محصلة الأحمال المنقولة من العمودين والمشتتة على عزوم الانحناء.

3-5/1/3/4 يحسب توزيع الاجهادات على التربة الواقعة تحت الأساس بحسب ما ذكر في البند (3-6/3) من هذه المدونة عندما تقع محصلة الأحمال المنقولة من العمودين ضمن الثلث الأوسط للأساس.

3-6/1/3/4 يوصى بعدم وقوع محصلة الأحمال المنقولة من العمودين خارج الثلث الأوسط للأساس. أما في الحالات الخاصة التي لا يمكن تفاديها فيحسب توزيع الاجهادات على التربة بحيث تكون ذات قيمة قصوى عند الحافة المضغوطة من الأساس وصفرًا عند نقطة تبعد عن حافة الأساس المضغوطة مسافة تساوي (3) أمثال البعد بين نقطة تأثير محصلة الأحمال وتلك الحافة المضغوطة وتوزيع خطي [انظر الشكل (3-1/4)].



الشكل 3-1/4: توزيع الاجهادات على التربة عند وقوع محصلة الأحمال خارج الثلث الأوسط للأساس

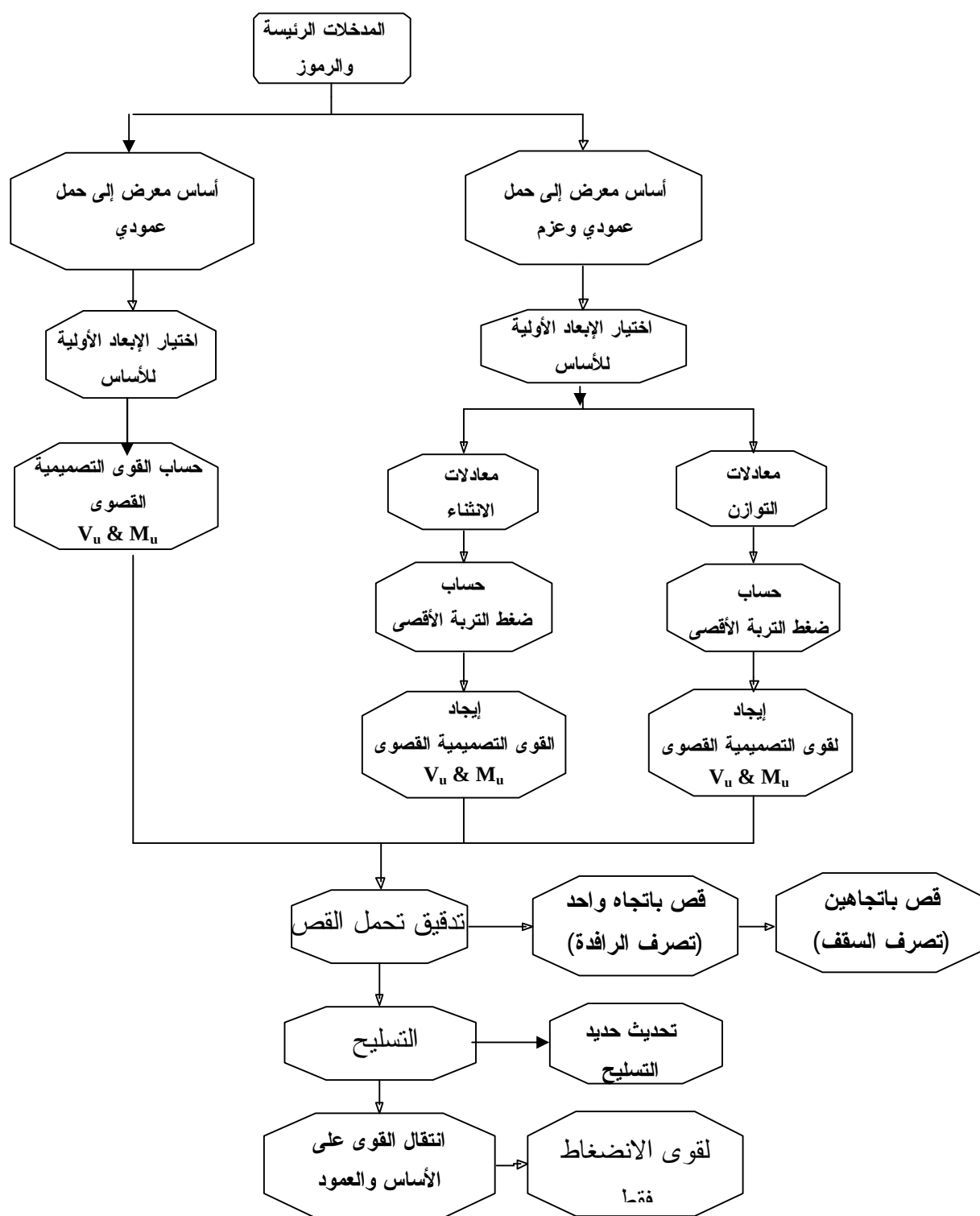
3-2/3/4 الأسس ذات الشكل شبه المنحرف أو الأشكال غير المنتظمة

3-1/2/3/4 تستعمل الأسس ذات الشكل شبه المنحرف أو الأشكال غير المنتظمة لتقليل أو إلغاء لامركزية التحميل حيث يسمح بافتراض توزيع خطي للاجهادات على التربة بحسب ما تنص عليه العبارة (3-2/1/3/4).

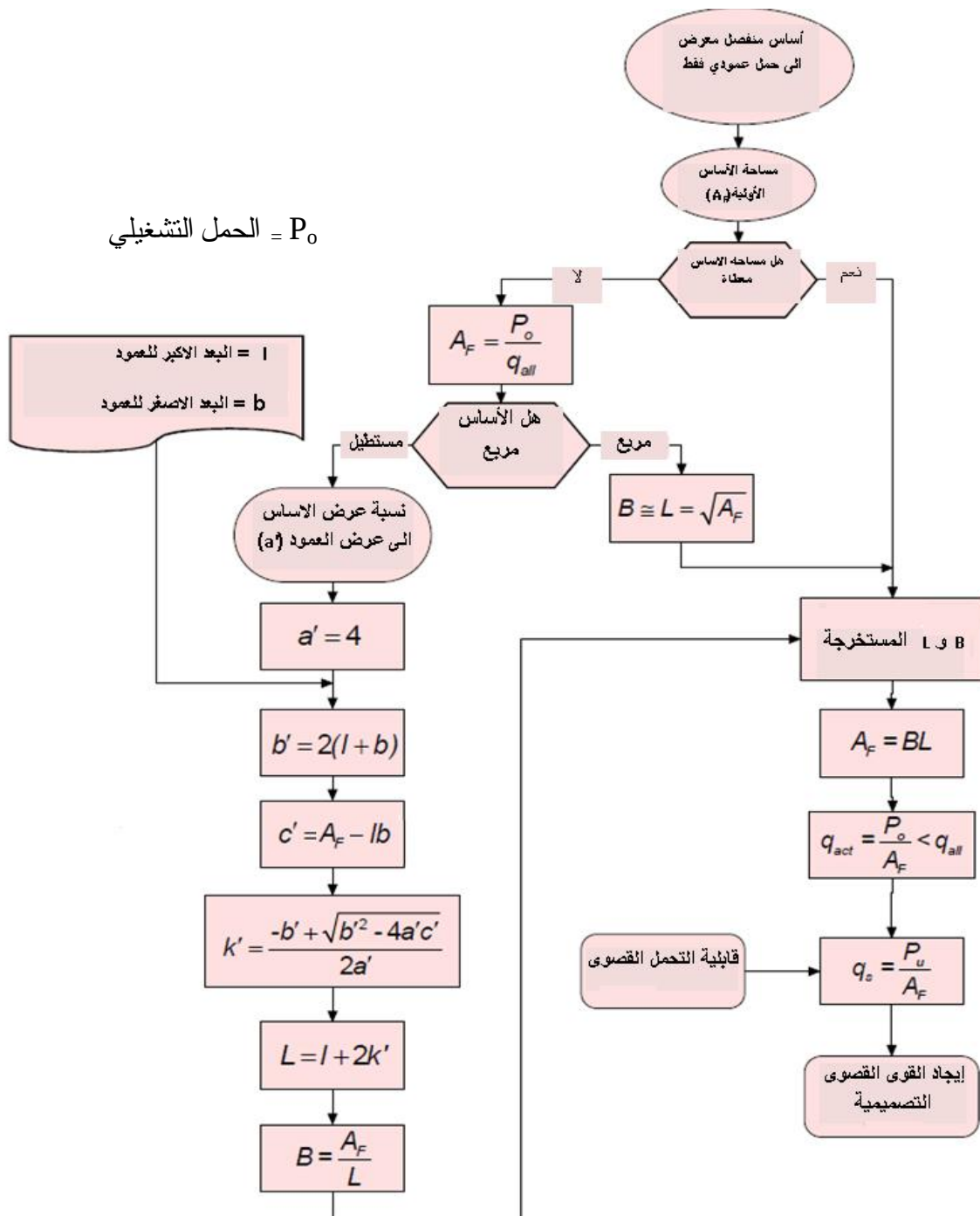
3-2/2/3/4 يحسب توزيع الاجهادات على التربة الواقعة تحت الأساس بحسب ما ينص عليه البند (3-3/6) من هذه المدونة.

3-4/4 تصميم الأسس المنفصلة [7]

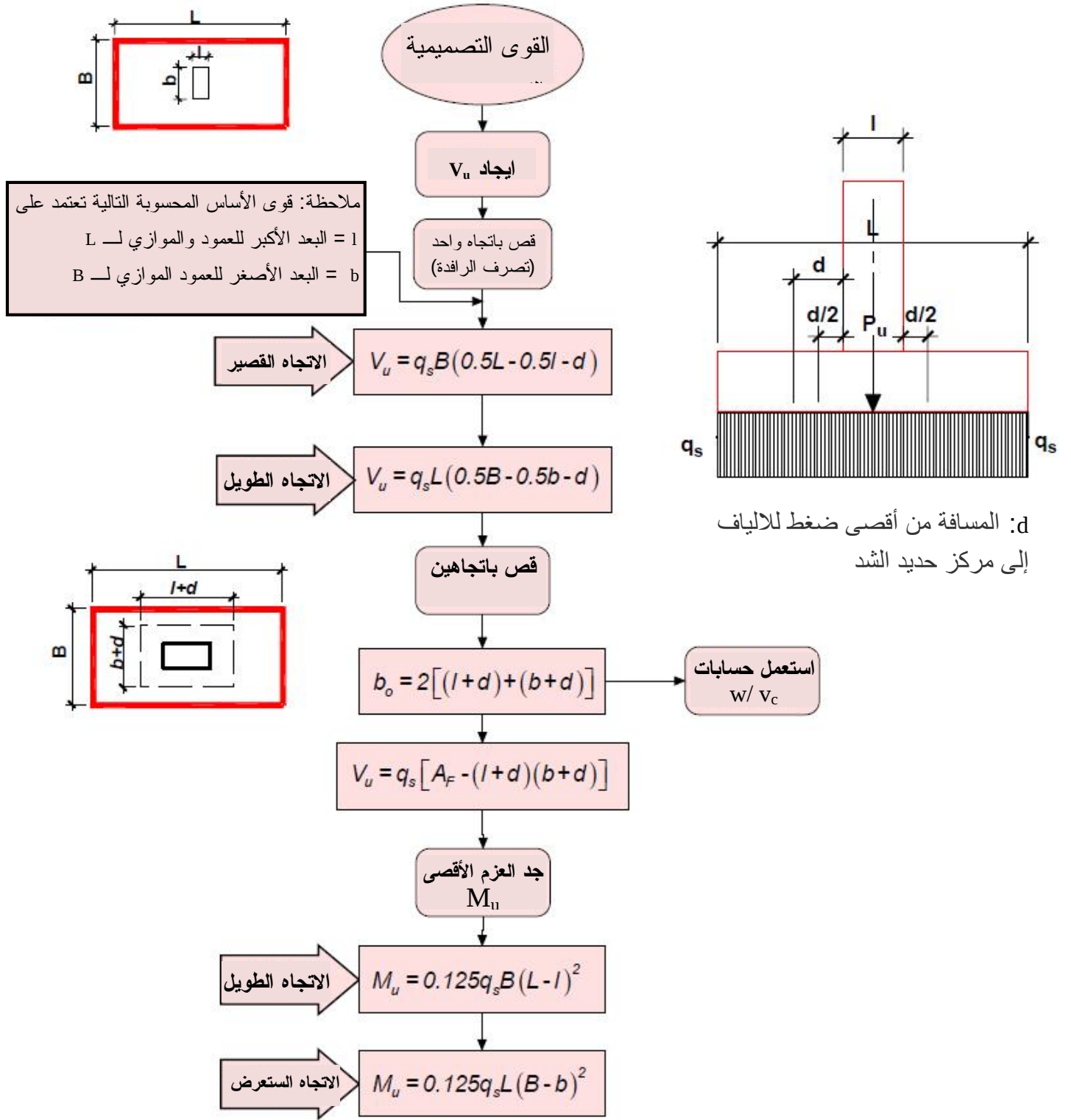
تصمم الأسس المنفصلة (Spread footing) باتباع متطلبات مدونة البناء الأمريكية للمنشآت الخرسانية (American Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI 318-11). ويمكن تلخيص الخطوات بحسب المخططات الانسيابية في الاشكال (3-2/4) و (3-3/4) و (3-4/4).



الشكل 3-2/4: المخطط الرئيس لتحليل وتصميم الأسس المنفصلة



الشكل 3-3/4: مخطط لإيجاد الأبعاد الأولية للأسس



الشكل 3-4/4: مخطط لإيجاد القوى المؤثرة على للأسس المنفصلة

3-4/5 تصميم أسس الحصىرة

3-4/5/1 الطريقة الجاسئة في تصميم الأسس الحصىرة

تعتبر الطريقة الجاسئة (Rigid method) هي الطريقة الشائعة في تصميم أسس الحصىرة وتعتمد على الفرضيات التالية [8]:

3-4/5/1/1 يعتبر الأساس الحصىري جاسئاً جداً بالنسبة الى التربة التي تسنده ولذلك لا يغير انحراف الأساس (Deflection of foundation) توزيع ضغط التربة عليه.

3-4/5/1/2 إن ضغط التربة ورد الفعل من الركائز يكون ذا توزيع مستوٍ (Planar distribution) على الأساس بحيث أن مركز قوى ضغط التربة ينطبق مع مركز الأساس في حالة عد وجود تحميل لا مركزي. ان ضغط التربة (q) في هذه الحالة يساوي

$$q = \frac{\sum P}{A} \quad (3-4/1)$$

حيث ان

q = ضغط التربة على الأساس

$\sum P$ = مجموع الأحمال التي تنقلها الأعمدة + وزن الأساس

A = مساحة الأساس الحصىري

وفي وجود تحميل لا مركزي (Eccentric loading) يحسب ضغط التربة من المعادلة (3-3/1) مع المعادلتين (3-3/2) و (3-3/3).

3-4/5/1/3 يمكن ايجاز الخطوات المتبعة في تصميم الأسس الحصىرية باتتباع الطريقة الشائعة والمسماة الطريقة الجاسئة (Rigid method) كما يلي:
(أ) تختار أبعاد الأساس.

(ب) إيجاد موقع محصلة القوى $\sum P$ بالنسبة للمحورين X و Y وإيجاد مقدار العزوم M_x و M_y

(ت) حساب ضغط التربة عند نقاط مختلفة من الأساس الحصىري.

(ث) تقسيم الأساس إلى شرائط مستمرة (Continuous strips) وفي الاتجاهين ومن منتصف المسافة بين مراكز الأعمدة.

(ج) تحويل الأحمال إلى الأحمال القصوى. ثم تحول ضغوط (ردود أفعال) التربة في النقاط المختلفة التي تم إيجادها في (ت) إلى ضغوط قصوى.

$$q_u = q \cdot \frac{\sum U}{\sum P} \quad (3-4/2)$$

حيث ان

q_u = ضغط التربة الأقصى.

q = ضغط التربة الاعتيادي.

$\sum U$ = مجموع الأحمال القصوى.

$$\sum P = \text{مجموع الأحمال الاعتيادية}$$

(ح) يرسم منحنى القص (Shear Diagram) وعزم الانحناء (bending Moment Diagrams) لكل شريط من اشرطة الأساس وذلك كما في الأسس المتصلة اما لعزم الانحناء فيمكن استعمال معاملات الرافدة لعزم الانحناء (beam moment coefficients).

(خ) يحسب سمك الأساس من متطلبات القص. ويؤخذ اعلى سمك لاشروط الأساس كسمك عام او ثابت للأساس الحصري من الناحية العملية.

(د) إيجاد مساحة حديد التسليح في الاتجاهين
(Cross sectional area of reinforcement in each direction)

3-2/5/4 تصميم أسس الحصيرة المرنة في حالات انتظام الأحمال والفضاءات

3-2/5/4-1 يسمح بإجراء التحليل الإنشائي لأساس الحصيرة كأساس طولي إذا لم يتجاوز التفاوت في أحمال الأعمدة وأطوال الفضاءات بأكثر من (20) بالمائة.

3-2/5/4-2 لتحليل أساس الحصيرة كأساس طولي يتبع ما يلي -

(أ) يقسم أساس الحصيرة إلى شرائح طولية عرض كل منها يساوي المسافة بين منتصفات الفضاءات المتجاورة.

(ب) تعتبر كل شريحة طولية وحدة مستقلة يجب تحليلها باستعمال الأحمال الكلية للأعمدة وفي كلا الاتجاهين.

(ت) تحسب قيم عزوم الانحناء وقوى القص.

(ث) يعتبر الضغط على التربة تحت الأساس ضمن المساحات المشتركة للشرائح المتعامدة مساويا لمتوسط الضغط المحسوب من كل شريحة في كل اتجاه.

3-3/5/4 الطريقة العامة لتصميم الأسس الحصيرية المرنة

تصمم الأسس الحصيرية المرنة ذات الأعمدة غير منتظمة التوزيع أو غير منتظمة الأحمال بالاستناد إلى نظرية معايير رد فعل التربة أو باستعمال طريقة البلاطة أو الصفيحة المرنة (Elastic Plate Method) أو طريقة الفروق المحدودة (Finite Difference Method) أو طريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method) ويرجع في ذلك إلى مراجع أكثر تخصصاً [6،4].

5-3 حماية الأسس السطحية

يجب أخذ الاحتياطات الضرورية لحماية الأسس من التأثيرات الضارة للأملاح وبعض المواد الكيميائية التي قد توجد في المياه الجوفية أو التربة. وعند القيام باستكشاف الموقع يجب تحليل عينات من التربة أو المياه الجوفية أو كليهما تحليلًا كيميائيًا لاستخراج نسب الاملاح الكلية الذائبة في التربة (TSS%) وثلاثي اوكسيد الكبريتات (SO₃) ونسبة الكلوريدات (Cl%) ونسبة الجبس (CaSO₄ . 2H₂O·Gypsum %) بالإضافة الى نسبة المواد العضوية (Organic content).

3-1/5 حماية الأسس من تأثير المواد الكيميائية الضارة

تعتبر الكبريتات التي توجد بالتربة والمياه الجوفية وكذلك الحوامض الموجودة في التربة العضوية من أكثر المواد الكيميائية الضارة بخرسانة الأسس. وكقاعدة عامة فإن الأسس يمكن أن تقاوم التأثير الضار لهذه المواد الكيميائية في حالة ما إذا كانت الخرسانة المستعملة في الأسس عالية الكثافة، ذات محتوى سمّتي غني، مع زيادة سمك الغطاء الخرساني لحديد التسليح، ويوضح الجدول (3-1/5) التوصيات والاحتياطات الواجب مراعاتها في تصميم الخلطات الخرسانية المسلحة للأسس لمقاومة الكبريتات.

الجدول 3-1/5: الاحتياطات اللازمة لحماية الخرسانة من الكبريتات المهاجمة [9]

خرسانة جيدة الرص				الكبريتات على هيئة SO ₃			الحالة	
اكبر نسبة ماء/سمنت مسموح بها	اقل محتوى للسمنت (كغم/م ³)		نوع السمنت	المياه الجوفية	التربة			
				SO ₃ جزء من مليون (ppm)	SO ₃ محلول 1ترية : 2ماء (غم/لتر)	SO ₃ الكلي (%)		
	10ملم	20ملم		40ملم	اقل من 200	-		اقل من 0.2
0.55	330	280	240	سمنت بورتلاندي مقاوم للكبريتات	اقل من 200	-	1	
0.5	380	330	290	سمنت مقاوم للكبريتات	1200-200	-	0.5-0.2	
0.55	330	280	240					
0.50	380	330	290	سمنت مقاوم للكبريتات	2500-1200	3.1-1.9	1-0.5	3
0.45	420	370	320	سمنت مقاوم للكبريتات	5000-2500	5.6-3.1	2-1	4
مثل الحالة 4 تحقق بمادة خاملة لا تذوب في الماء لتكون طبقة حامية مثل الاسفلت او القير مستحلب.				أكثر من 5000	أكثر من 5.6	أكثر من 2	5	

- 1- اذا زادت نسبة ثلاثي اوكسيد الكبريتات المذابة بالحامض (الكبريتات الكلية) في عينة التربة على 0.5 % يجب تعيين نسبة الكبريتات الذائبة في الماء على هيئة ثلاثي اوكسيد الكبريتات، حيث ان التربة الجبسية المحتوية على عروق من الجبس تحتوي على كبريتات لا تذوب في الماء في الظروف العادية وتعتبر غير ضارة اذا ما احتفظ الوسط المحيط بها بدون تغيير يساعد على ذوبانها. ووجود مثل هذه العروق الجبسية هو الذي يؤدي الى زيادة نسبة ثلاثي اوكسيد الكبريتات الى الحد الضار.
- 2- في أسس الركائز تزداد نسبة السمنت في الخرسانة على الموضحة بالجدول بمقدار 100 كغم بحسب نوع الركيزة.

ولاستعمال هذا الجدول يجب الأخذ في الاعتبار النقاط التالية:

- 1- التوصيات المذكورة بالجدول تشترط أن يكون مقياس الحموضة القلوية (pH) للمياه الجوفية بين 6 الى 9 وألا تكون التربة أو المياه الجوفية ملوثة بكبريتات غير طبيعية مثل أملاح الأمونيوم على سبيل المثال.
- 2- يجب عدم استعمال الخرسانة المجهزة من السمنت البورتلاندى العادي في الترب الحامضية ($pH < 6$) وانما تستعمل الخرسانة الملائمة لهذه الظروف وبعد اخذ موافقة استشاري التربة. ويمكن الحصول على خرسانة مقاومة الحوامض ذات التركيز الضعيف بزيادة كثافة الخرسانة وتقليل نفاذيتها إلا انه يصعب الحصول على خرسانة ذات مقاومة مناسبة للحوامض عالية التركيز. وتعتبر مقاومة السمنت عالي المحتوى من الكبريتات للحوامض التركيز أحسن من السمنت البورتلاندى العادي إلا أنه يجب الأخذ في الاعتبار الحدود المقترحة من الجهة المصنعة لهذا النوع من السمنت.
- 3- عند وجود منشآت خرسانية رفيعة أو منشآت معرضة لضغط هيدروستاتيكي على جانب واحد فقط، أو منشآت خرسانية مغمورة جزئياً فانه يجب تقليل نسبة ماء الخلط إلى السمنت أو زيادة كمية السمنت.
- 4- على الرغم من أن أملاح الكلوريدات ليس لها تأثير ضار مباشر على الخرسانة مهما كان تركيزها إلا إن اختراق أملاح الكلوريدات للغطاء الخرساني يساعد على صدأ حديد التسليح. ولذلك يجب التأكيد على أهمية أن تكون الخرسانة كثيفة وسمك الغطاء الخرساني لا يقل عن 75 ملمتراً وذلك في حالة زيادة كمية الكلوريدات على 3000 جزء في المليون مع وضع غطاء عازل مثل الاسفلت أو المستحلب القيري أو تغليف الأساس بمادة غير منفذة للمياه.

3-2/5 عزل الأسس

ان عزل الأسس يعتبر من المتطلبات الهامة لعناصره حيث أنه يحقق المزيد من الحماية لخرسانة الأساس عند التعرض للمياه الجوفية الموجودة أو مياه الرش. ويكون للعزل أهمية خاصة بالنسبة للمنشآت المحتوية على فضاءات تحت مستوى سطح الأرض كالمرائب تحت الأرض. في هذه الحالة تكون مهمة العزل منع تسرب المياه الجوفية من الشقوق المحتملة في الخرسانة إلى داخل الفضاءات الأرضية. وينفذ العزل بحسب الغرض المراد منه. فتستعمل دهانات المستحلب القيري لحماية أجزاء

الأسس المعرضة للمياه الجوفية في حين تستعمل الرقائق العازلة بالإضافة للدهانات لمنع تسرب المياه إلى الفضاءات تحت الأرضية. وفي كل الحالات يجب أن ينفذ العزل بحسب متطلبات مدونة العزل المائي العراقية (م.ب.ع. 502) والمواصفات الفنية للأعمال المدنية (م.ب.ع. 300) وتحت إشراف هندسي ذي خبرة.

3-6 بعض أسباب فشل الأسس السطحية

- كثيراً ما يرجع السبب في حدوث التصدعات أو انهيار المنشآت إلى تصدع أو فشل الأسس. وفيما يلي بعض الأسباب التي تؤدي إلى فشل الأسس السطحية والواجب أخذها في الاعتبار لضرورة تلافيها.
- 3-6/1 عدم القيام بدراسة الموقع أو إجراء استكشاف غير سليم للموقع من حيث عدد الحفر الاختبارية وأعماقها ونوع التنقيب المستعمل.
- 3-6/2 التوصيف الخاطئ للتربة.
- 3-6/3 عدم الدقة في تحديد خواص التربة.
- 3-6/4 التغير في خواص التربة ومستوى المياه الجوفية.
- 3-6/5 عدم إجراء تحليل كيميائي للتربة والمياه الجوفية.
- 3-6/6 الحفر لعمق يزيد على أعماق أسس المنشآت المجاورة بدون عمل الدراسات والاحتياطات اللازمة.
- 3-6/7 استعمال طريقة غير مناسبة لنزح المياه الجوفية.
- 3-6/8 وجود مصدر لاهتزازات زائدة.
- 3-6/9 عدم اتزان القوى الأفقية.
- 3-6/10 ضغط التحميل الزائد على التربة.
- 3-6/11 الهبوط المتفاوت الزائد.
- 3-6/12 استعمال أنواع غير مناسبة من الأسس.
- 3-6/13 تأسيس الأجزاء المختلفة لنفس المنشأ على طبقات مختلفة من التربة.
- 3-6/14 التعرية.
- 3-6/15 انتفاخ التربة عند انخفاض الحرارة إلى درجة التجمد.
- 3-6/16 وجود جذور الأشجار أو النباتات بالقرب من الأسس.
- 3-6/17 التأسيس بطريقة غير مناسبة على تربة انهيارية أو تربة انتفاخية.

3-7/1 دراسة تقرير التربة ومراجعة لوائح التسلم

يجب اعداد تقرير تربة يوضح المعالم الأساسية للعمل مثل اجهاد التربة المسموح، ومستوى المياه الجوفية، وطبيعة التربة (صخرية ، رملية ، طينية ، الخ)، والأملاح الضارة، وبالتالي نوع السمنت وفحوص مواد الخرسانة، واستعمال طبقات احلال. وقد ينشأ عن ذلك التقرير تعديل أو قد يصل الأمر أحيانا لاعادة تصميم الأسس بالكامل. ويجب التأكد من مستوى التربة السليمة ومراعاة ازالة طبقات الردم تماما مع مراجعة المخططات الإنشائية ومطابقتها بالمخططات المعمارية والميكانيكية والكهربائية والصحية، فقد تؤثر طريقة أعمال تغذية المشروع بالمياه والكهرباء ونظام الصرف الصحي وبعض أنظمة التكيف على مستويات الأسس أو الروافد الارضية. كما يجب دراسة مستوى الإنهاء لأرضية المبنى (F.F.L) وعلاقته بمستويات الطرق المجاورة حتى لا يحدث فرق في المستوى بين المنشآت الذي يؤدي إلى اختلاف مناسيب الأسس.

3-7/2 اختيار نوع طبقات التربة للتخلص من تأثيرات المياه الجوفية

للتخلص من تأثيرات المياه الجوفية هناك عدة اساليب تتوقف على طبيعة الموقع والمباني المجاورة ومستوى المياه الجوفية وطبيعة التربة ومعدلات انجاز العمل. ويجب استعمال الترب الحصوية او الجلود كطبقة إحلال توضع بالتوالي مع أعمال الحفر، بمعنى أن تجهز كميات تربة احلال بديلة عن الطبقات المرفوعة بحيث ترمى في الحفر عند بلوغ مستوى معين من الحفر في مساحة مناسبة قرب الحفر لكي ترمى تربة طبقة الاحلال مع تقدم أعمال الحفر حتى لا يتأثر قاع الحفر وخصوصا في حالة التربة الطينية المغمورة في المياه لان الطبقات الجديدة ستعمل كمصفاء تمنع وجود مواد عالقة بالمياه الجوفية تضر بحالة مضخات نزع المياه. ويستعمل الجلود في الطبقات السفلى من الأسس وصولا الى مستوى المياه الجوفية للسماح بحركة الماء وتصريفه، ومن ثم يستعمل الحصى الخابط فوق مستوى المياه الجوفية لتجنب صعود الماء بواسطة الخاصية الشعرية.

3-7/3 تفتيش أعمال قوالب الأسس

يجب أولا معاينة العمل بشكل عام والتأكد من مطابقة عدد الأسس واتجاهات الطول والعرض على كل محور طولي وعرضي، وكذلك جودة الخشب المستعمل وجودة عمل قوالب الخشب مثل زوايا وشاقولية جوانب الأسس وتقوية الأسس ومن ثم قياس طول وعرض كل أساس ومراجعة محوري الأساس بالنسبة لمحاور الاعمدة. ويجب النظر الى القوالب في الاتجاهين والتأكد من وقوع الأساس على محوريه، ومن ثم تسقيط وتدقيق موضع الأساس على خيوط المحاور في ثلاثة اتجاهات على الاقل وذلك بتهيئة مسمار على موضع المحور على كل جانب للأساس. وقد تستلزم بعض الأسس الكبيرة سواء المنفصلة أو المشتركة او الأساس الحصري عمل صبة طولية من الخرسانة العادية بسمك الغطاء الخرساني المطلوب وبالعرض والعدد المناسب وباتجاه عمودي على اتجاه امتداد التسليح القصير قبل

البدء في أعمال وضع حديد التسليح لعدم جدوى الكراسي في رفع حديد التسليح بوزنه الكبير. ويجب التأكد من سمك الغطاء الخرساني المطلوب تماماً والتأكد من أعداد واقطار حديد التسليح لكل أساس.

مراجع الباب الثالث

- [1] Skempton, A. W. and Macdonald, D. H., " The Allowable Settlement of Buildings", Proceedings of Institution of Civil Engineers, London, Part Iii, Vol.5, 727 –768, 1956.
- [2] Das, Braja M., "Principle of Foundation Engineering", CENGAGE Learning, USA, 7th Edition, 2011.
- [3] Simons, N. E. And Menzies, B. K., " Short Course in Foundation Engineering", Thomas Telford , 2nd Ed., 2001.
- [4] Bowels, Joseph E., "Foundation Analysis and Design", McGraw-Hill, 5th Edition, 1997.
- [5] Griag , R.F., "Griag's Soil Mechanics", Spon Press, Taylor & Francis Group, London, 7th Ed., 2004.
- [6] Rao, N. S. V. Kameswara, "Foundation Design ,Theory and Practice", John Wiley & Sons,(Asia) Pte Ltd, 1st Ed., 2011.
- [7] American Concrete Institute, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary", 2011.
- [8] الشكرجي، يوسف والمحمدي، نوري، "هندسة الأسس"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، الطبعة الاولى، 1985.
- [9] مركز بحوث الاسكان والبناء، "الكود المصري لميكانيكا التربة وتنفيذ الأساسات"، جمهورية مصر العربية، الطبعة السادسة-التحديث الثاني ، 2001.

الباب الرابع

الأسس العميقة

1-4 الأسس العميقة (Deep Foundations)

تكون الأسس العميقة (deep foundation) مطلوبة عندما تعجز التربة في الأعماق الضحلة (shallow depth) عن حمل الأحمال المنقولة إليها، إذ ستحتاج إلى أسس ضحلة بأحجام كبيرة وهذا يصبح غير اقتصادي وغير ملائم لذلك يلجأ إلى استعمال الأسس العميقة [1].

الأسس العميقة هي الأسس ذات العمق الكبير، ويقصد بعمق الأساس أدنى مسافة بين مستوى قاعدة الأساس و المستوى النهائي لسطح الأرض. وفي حالة الأسس العميقة تكون نسبة عمق الأساس إلى طول ضلعه الأصغر أكبر من أربعة، وبحيث لا يقل عمق الأساس عن 4 أمتار. وعادة يختار المصمم هذا العمق الكبير للوصول إلى طبقات من التربة أو الصخر القوية وغير قابلة للانضغاط بدرجة تؤثر على سلامة المنشأ. و يتناول هذا الجزء من المدونة التعريف بأنواع الأسس العميقة ودواعي استعمالها، كما يتناول بالتفصيل معايير تصميمها وإعطاء متطلبات تنفيذها.

1/1-4 استعمالات الأسس العميقة

قبل اتخاذ قرار باستعمال أي من أنواع الأسس العميقة يجب عمل دراسة شاملة للتأكد من أنه لا يمكن استعمال أي من أنواع الأسس السطحية وذلك لأن تكاليف الأسس العميقة غالباً ما تزيد عن تكاليف الأسس السطحية، علاوة على الصعوبات التي تصاحب تنفيذ الأسس العميقة.

تستعمل الأسس العميقة عادة عندما تكون الطبقات الملائمة للأسس على عمق كبير من سطح الأرض وتكون جميع الطبقات التي تعلوها غير صالحة للتأسيس عليها لأنها لا تفي بمعاملات الأمان المطلوبة من ناحية الأجهادات أو هبوط المنشأ أو التجهيزات التي سيحويها. كما تستعمل الأسس العميقة عندما تتطلب الدراسات الاقتصادية ذلك، كما في حالة تعذر تنفيذ أسس سطحية لما يستتبعه من الحاجة إلى تقليل مستوى المياه الجوفية لأعماق كبيرة وما يتبع ذلك من مشاكل، وكذلك لضمان سلامة اتزان المبنى في المستقبل في المواقع المعرضة طبقاتها العلوية للتعرية أو الحفر. وقد تستعمل الأسس العميقة لضمان سلامة و اتزان المباني المجاورة، وفي حالات المنشآت التي تحتاج في تصميمها لضغط تربة جانبي لاتزانها. ويمكن أن تستعمل لمقاومة أحمال الرفع (Uplift load) لإسناد المنشآت العالية المعرضة لقوى الانقلاب (Overturning forces) من الرياح. وتستعمل الركائز في المنشآت البحرية المعرضة للقوى الأفقية الناتجة من صدمات السفن عند الرسو ومن الأمواج.

4-2/1 أنواع الأسس العميقة

تتضمن الأسس العميقة المستعملة في العراق الأنواع الآتية:

4-1/2/1 أسس الدعائم (Piers)

4-1/2/1/1 هي أسس مصمتة أو مجوفة، من الخرسانة العادية أو المسلحة تنقل الأحمال المؤثرة عليها إلى طبقات الأساس بواسطة الارتكاز أو الاحتكاك أو بواسطة الارتكاز والاحتكاك معا.

4-1/2/1/2 يجب أن يسلم الجزء العلوي من أساس الدعامة لغرض ربطه بقاعدة العمود الواقعة فوقه .

4-1/2/1/3 يجب أن يكون سطح التماس بين أساس الدعامة وقاعدة العمود الواقعة فوقه أفقياً.

4-2/2/1 أسس الركائز (Pile Foundations)

هي عناصر إنشائية نحيفة ذات فعالية تحميل محوري عالية. عادة ما تزيد نسبة طولها إلى قطرها عن حوالي عشرة، وتتراوح أقطارها في العادة من 0.3 متر إلى 1.5 متر أو أكثر وأطوالها من 4 أمتار فأكثر وقد تصل في بعض الحالات الخاصة إلى حوالي 60 متراً. ويلزم تنفيذها عادة آلات ميكانيكية مختلفة.

4-2/2/1/1 تستعمل الركائز لنقل أحمال الضغط أو الشد أو الأحمال الأفقية طبقاً لمتطلبات المنشأ، ومن أهم وظائفها تقليل التشكل (هبوط أو تحرك أفقي). وقد تستعمل الركائز لزيادة كثافة التربة الرملية و / أو لتغيير قيمة التردد الطبيعي للتربة تحت أسس الآلات أو لتدعيم أسس مبانٍ قائمة (underpinning).

4-2/2/1/2 هي أسس من الخرسانة العادية أو المسلحة أو من الفولاذ أو الخشب، تعلوها قبعة من الخرسانة المسلحة بغرض توزيع الحمل من العمود إلى مجموعة الركائز.

4-2/2/1/3 تنتقل الأحمال من الركيزة إلى طبقات التربة بواسطة الارتكاز أو الاحتكاك أو بواسطة الارتكاز والاحتكاك معا.

4-4/2/2 أنواع الأسس الركائزية الرئيسية هي كما يلي :-

(أ) الركائز الخرسانية المسلحة مسبقة الصب (Precast Reinforced Concrete Piles).

(ب) ركائز الدق المصبوبة موقعياً (Driven Cast-in-place Piles).

(ت) ركائز الحفر المصبوبة موقعياً (Bored Cast-in-place Piles).

(ث) الركائز الفولاذية (Steel Piles).

4-5/2/2/1 يراعى في تصميم الركائز الخرسانية مسبقة الصب أن تقاوم الاجهادات الناشئة عن نقلها ومناولتها ودقها بدون وقوع أية أضرار لها.

4-6/2/2/1 يراعى عند صب الخرسانة في كل من ركائز الدق و الحفر المصبوبة موقعياً عدم حدوث انفصال حبيبي بين مونة السمنت والركام.

4-7/2/2/1 يجب حماية الركائز الفولاذية من التآكل.

4-8/2/2/1 يراعى الالتزام بما يلي عند تنفيذ الركائز الرأسية :-

(أ) يجب ألا تزيد لامركزية الركيزة (وهي البعد الأفقي لمحور الركيزة عن الموقع المحدد له عند التصميم) عن 75 ملمترا.

(ب) يجب ألا يزيد الانحراف في شاقولية الركيزة عن (1 : 75).

4-2 تحديد قابلية التحمل للأسس العميقة

4-2/1 تحديد قابلية التحمل القصوى للأسس العميقة باستعمال المعادلات

4-2/1/1 تحديد قابلية التحمل القصوى للأسس العميقة باستعمال المعادلة العامة [2]

4-2/1/1/1 يوصى باستعمال المعادلة العامة التالية لحساب الحمل الأقصى للأسس العميقة المنفردة (Q_u)، إلا أن القيم المستنتجة من هذه المعادلة تعتبر تقريبية ويجب التحقق منها باختبارات تحميل كما هو منصوص عليه في البند (4-2/2).

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (4-2/1)$$

حيث أن :

Q_b = قابلية التحمل الأقصى الناتج من الارتكاز في نهاية الركيزة (Ultimate base resistance)

Q_s = قابلية التحمل الأقصى الناتج من الاحتكاك السطحي أو التلاصق (Ultimate skin resistance)

4-2/1/1/2 في الترب المتماسكة (cohesive soil) تحسب قيمة التحميل الأقصى الناتج من الارتكاز (Q_b) بتطبيق معادلة مايرهوف (1951) وهي [3]

$$Q_b = N_c \cdot c_u \cdot A_b \quad (4-2/2)$$

حيث أن:

N_c = معامل قابلية التحمل (تستعمل قيمة 9.0 في حالة القص غير المبزول $f = 0$)

c_u = مقاومة القص غير المبزولة (Undrained shear strength) لعينة التربة غير المشوشة عند قاعدة الركيزة.

A_b = مساحة قاعدة الركيزة.

وتحسب قابلية التحميل الأقصى الناتج من الاحتكاك السطحي والتلاصق (Q_s) بتطبيق العلاقة التالية:

$$Q_s = a \cdot c_u \cdot A_s \quad (4-2/3)$$

a = معامل التلاصق، وقيمته للأطيان الرخوة تساوي 1 أو أكبر. وبالنسبة للأطيان مفرطة الانضمام فقيمته تكون بين 0.3 إلى 0.6 وتأخذ قيمته 0.45 عند التصميم

c_u = معدل مقاومة القص غير المبزولة للتربة المحيطة بالركيزة.

A_s = المساحة السطحية للجزء المدفون من الركيزة.

(3) في الترب غير المتماسكة : التي يفرض فيها استعمال قيمة زاوية الاحتكاك غير المبزولة f' وقيمة مقاومة القص غير المبزولة c' مساوية الى الصفر .

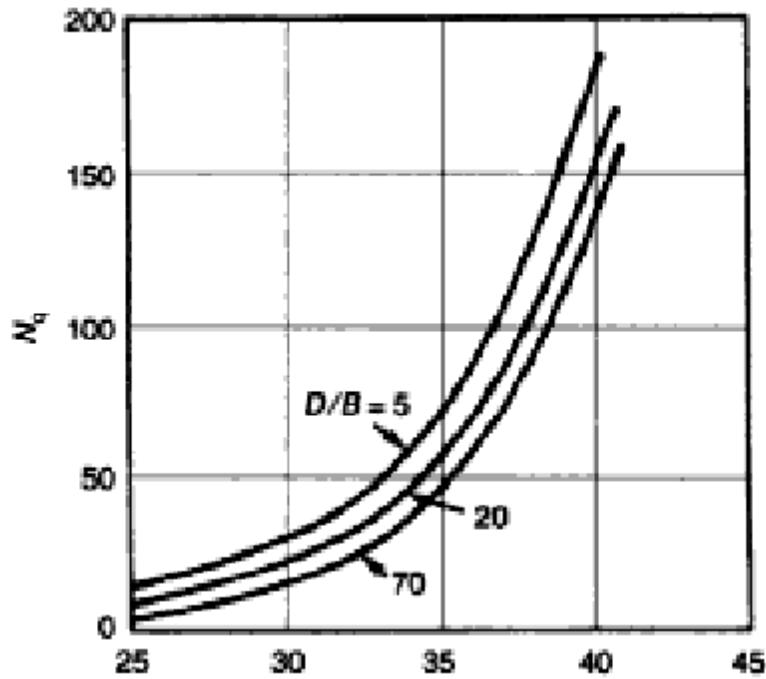
$$Q_b = q_b \cdot A_b = s'_v \cdot N_q \cdot A_b \quad (4/2-4)$$

حيث ان :

s'_v = ضغط التنقيط (Overburden pressure) المؤثر عند قاعدة الركيزة .

N_q و A_b معرفتان سابقاً .

ويمكن استخراج قيمة N_q من الشكل (4-1/2) المقترح من قبل Berezantzev et al [4] .



زاوية مقاومة القص (f)

الشكل 4-1/2: العلاقة بين زاوية مقاومة القص (f) و (N_q) [4]

لغرض الحصول على قابلية التحمل الأقصى الناتج من الاحتكاك السطحي، نفرض ان كتلة التربة المنقولة (removed) او المستبدلة (displaced) تساوي كتلة الركيزة التي احتلت مكان التربة.

$$Q_s = f_s \cdot A_s \quad (5/2-4)$$

حيث

f_s = معدل قيمة الاحتكاك السطحي الأقصى على الطول المدفون للركيزة، (kN/m^2).

A_s = معرفة سابقاً.

اقترح مايرهوف العلاقة التالية للحصول على معدل الاحتكاك السطحي الأقصى [5]:

$$f_s = K.s'_v \cdot \tan d \quad (6/2-4)$$

حيث:

=K معامل ضغط التربة الجانبي للتربة (coefficient of earth pressure)

s'_v = معدل ضغط التثقل للتربة (effective overburden pressure) المؤثر على الطول المدفون للركيزة.

d = زاوية الاحتكاك بين الركيزة والتربة (Angle of wall friction).

لذلك

$$Q_s = K.s'_v \cdot \tan d . A_s \quad (7/2-4)$$

و

$$Q_u = s'_v . N_q . A_b + K.s'_v \cdot \tan d . A_s \quad (8/2-4)$$

ويمكن استخراج القيم المثالية لكل من معامل ضغط التربة الجانبي K وزاوية الاحتكاك الداخلي بين الركيزة والتربة d المقترحة من قبل برومز (Broms) كما مبين في الجدول (4-1/2) [6].

الجدول 4-1/2: القيم المثالية لكل من K و d [6]

K		d	مادة الركيزة
الكثافة النسبية للتربة*		زاوية الاحتكاك بين الركيزة والتربة	
كثيفة	مفككة		
1.0	0.5	20°	فولاذ
2.0	1.0	$0.75 f'$	خرسانة
3.0	1.5	$0.67 f'$	خشب

* بموجب الجدول (2-1/2)

ويمكن استعمال العلاقة التالية المستنبطة من قبل فيزك (Vesic) لاستخراج قيمة معدل الاحتكاك السطحي الأقصى [7].

$$f_s = 0.08(10)^{1.5(Dr)^4} \quad (9/2-4)$$

حيث ان

D_r = الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة.

علما بأنه في التنفيذ تؤخذ قيمة f_s مساوية لـ 100 kN/m^2 اذا كانت قيمة f_s المحسوبة

بالمعادلة (4-9/2) ذات قيمة أعلى [2].

4-2/1/2 تحديد قابلية التحمل القصوى للأسس العميقة باستعمال نتائج فحص الاختراق القياسي من الممكن تخمين قيم كل من q_b و f_s في التربة غير المتماسكة من نتائج فحص الاختراق القياسي الحقلية (in situ standard penetration). حيث اقترح مايرهوف العلاقات التالية [8] :

4-1/2/1/2 ركائز الدق (Driven piles) [2]

في الرمل والحصى

$$q_b \approx \frac{40ND}{B} \leq 400N(kN / m^2) \quad (10/2-4)$$

حيث:-

N = عدد الضربات في فحص الاختراق القياسي غير المصححة.

D = الطول المدفون من الركيزة في الطبقة النهائية الحاملة

B = عرض او قطر الركيزة

في الغرين

$$q_b \approx \frac{40ND}{B} \leq 300N(kN / m^2) \quad (11/2-4)$$

4-2/2/1/2 ركائز الحفر (Bored piles) [2]

لاي نوع من التربة الحبيبية

$$q_b \approx \frac{14ND^2}{B} \quad (12/2-4)$$

4-3/1/2 المعادلات الديناميكية ENF

وتستعمل المعادلات الديناميكية للركائز (Dynamic pile formulas) بكثرة لتعيين قابلية تحمل

الركيزة. ان المعادلة الديناميكية الأكثر شيوعا هي معادلة انجنيرنك نيوز (Engineering News Formulas)

ENF وهي [9]:

$$Q_u = \frac{2WH}{S + C} \quad (14/2 - 4)$$

حيث:

Q_u = حمل الركيزة المسموح، kg.

W = وزن المطرقة، kg.

H = مسافة الهبوط للمطرقة، متر.

S = مسافة الاختراق للركيزة لكل ضربة، mm.

C = ثابت يعتمد على الخسارة في الطاقة ويساوي 25.4 mm في المطارق الساقطة (Drop hammer)

ويساوي 2.54 في المطارق البخارية (Steam hammer).

علما بان معامل الأمان المستعمل في هذه المعادلة يساوي 6 .

4-2/2 تحديد قابلية التحمل للأسس العميقة القصوى باستعمال فحوص التحميل

4-2/2/1 تعتبر قيمة الحمل الاقصى المحسوب بحسب ما نص عليه البند (4-1/2) تقريبية ويجب التحقق منها باختبار تحميل الركيزة التجريبية في الموقع في جميع المشاريع الصغيرة والكبيرة. ويجب ان تحمل الركيزة باحمال تزيد عن الحمل التصميمي بـ 50% إلى 100%. ويمكن إجراء الفحص قبل وبعد التنفيذ. و لا تقل فحوص التحميل عن فحص واحد لكل 200 ركيزة. كما يتم إجراء اختبارات تحميل لركائز تجريبية إضافية في حالات التغير في طبقات وخواص التربة بشكل يستدعي التحقق.

4-2/2/2 تجرى فحوص الحمل الستاتيكية لتحديد حمل الفشل الاقصى للركيزة وتحديد قدرة الركيزة في تحمل الاحمال من دون هبوط مفرط او مستمر. ان الغرض من هذه الفحوص هو التحقق من أن الأحمال المسموح بها والمستعملة في تصميم الركيزة مناسبة وان إجراءات التثبيت مرضية. ان فحوص الحمل الستاتيكية تسمح أيضا باستعمال أقل معامل امان و تصميم أكثر "واقعية" للركائز.

4-2/2/3 يوصى بإجراء فحوص التحميل الستاتيكية عندما تثبت أسس الركائز في مواقع أو باستعمال أنواع محددة من التربة حيث تكون الأساليب التقليدية لتحديد الحمل الامين للركيزة غير موثوق بها. وينصح بإجرائها في كثير من الأحيان عند استعمال الركائز المصبوبة في الموقع داخل الانابيب ((Cast-In-Drilled-Hole (CIDH) في تربة غير معروفة التكوينات. يتم أيضا تنفيذ فحوص التحميل الستاتيكية لإثبات أنه بالإمكان التحميل الآمن لركائز الاحتكاك باحمال اكبر من التي تم الحصول عليها من تطبيق معادلة انجنيرنك نيوز (ENF). كذلك يوصى بإجراء فحوص التحميل الستاتيكية في فحوص تحميل الركائز المصممة لتحمل الأحمال في حالة الشد، وبخاصة أسس الركائز المستعملة في مشاريع المناطق ذات الطبيعة الزلزالية.

4-2/2/4 تجرى الفحوص الديناميكية على ركائز الدق لغرض التحقق او التنبؤ بقابلية تحملها بالإضافة للحصول على المعلومات المفيدة المختلفة في أثناء تثبيت ركائز الدق.

4-2/2/5 ان الحصول على أساس ركيزة ناجح، يحقق أهداف التصميم، يعتمد إلى حد كبير على ربط نتائج تحليل فحوص التحميل الستاتيكية لغرض التخطيط لتنفيذ الفحوص الديناميكية في الحقل.

4-2/2/6 يتم إجراء فحوص التحميل الستاتيكية للركيزة باستعمال أسلوب رد الفعل (reaction method). ان إجراء الفحص يتضمن تسليط حمل محوري على الجزء العلوي من ركيزة فحص مع استعمال واحدة أو أكثر من الرافعات الهيدروليكية (Hydraulic Jack). ويتم توفير قوة رد فعل بإخضاع الركائز الى قوتين (شد او ضغط) حيث يتم تسليط قوة شد على الركائز في فحص التحميل في حالة الضغط، أو عن طريق إخضاع الركائز الى قوة ضغط، في فحص التحميل في حالة الشد. يتم تثبيت أشكال مختلفة من الأجهزة في الفحص مع ركائز التثبيت لقياس الإزاحة للركيزة الفحص. وتستعمل برامج خاصة لضمان الدقة في القياسات المختلفة. وتستعمل مجموعة من خمس ركائز فحص (أربع ركائز تثبيت وركيزة فحص واحدة) لجميع فحوص التحميل الستاتيكية في حالة الضغط و معظم فحوص الشد. ولكن

في بعض الأحيان، قد تستعمل مجموعة من ثلاث ركائز في فحوص الشد (ركيزتين للتثبيت وركيزة واحدة للفحص).

4-7/2/2 يتم تسليط الأحمال، بمقادير متساوية تكون مساوية عادة إلى 10% من الحمل التصميمي. كل مقدار من الحمل يبقى مثبتاً لفترة زمنية محددة سلفاً. ويتم تسليط الزيادات في الحمل حتى بلوغ الحمل الذي يؤدي بالركيزة الى الانهيار (plunge)، أو الى النقطة حيث تكون قدرة نظام الفحص فيها قد انتهت. ان نقطة الانهيار مهمة حيث ان الركيزة عندها تحتاج إلى حمل إضافي ضئيل أو معدوم للتسبب في ازاحة الركيزة.

4-8/2/2 بشكل عام تعتبر الركيزة فاشلة عندما تتجاوز الإزاحة الإجمالية 12 ملم تحت الحمل. تعتبر الركيزة مقبولة اذا وصلت إلى ضعف الحمل التصميمي بدون ان تتجاوز الإزاحة العظمى.

4-9/2/2 إن الغرض من فحص التحميل الستاتيكي للركيزة هو لاحتداث فشل على طول السطح البيئي بين التربة والركيزة. هذا الفشل يحدث عادة بشكل واضح قبل أن يتم الوصول الى قابلية التحمل الإنشائية للركيزة، و عند اكتمال الفحص يتم إرجاع الركيزة إلى حالة عدم التحميل. وينتج عن فحص التحميل هبوط ثابت للركيزة. ويمكن تحقيق نفس التأثير في حال استعمال مطرقة للركيزة تقوم بسوق الركيزة الى مسافة إضافية.

4-10/2/2 وبمجرد الانتهاء من فحص التحمل للركيزة، تقوم مجموعة متخصصة بجمع ومراجعة بيانات فحص التحميل ومن ثم تستعمل بيانات الفحص لرسم العلاقة بين الحمل والإزاحة. وبعد ذلك يتم الحصول على قابلية تحمل الركيزة اما من الرسم او عن طريق تحليل نتائج الفحوص. ويرسل بعد ذلك تقرير موجز إلى المصمم الإنشائي جنباً إلى جنب مع أية تغييرات أو تعديلات موصى بها، إذا كان ذلك ضرورياً [10].

4-11/2/2 يجرى فحص التحميل الستاتيكي، وهو الشائع، بطريقتين معروفتين وهما:

4-1/11/2/2 طريقة التحميل على مراحل او مداومة التحميل (MLT) (Maintained Load Test)

في هذه الطريقة تحمل الركيزة على مراحل، حيث يحافظ على ثبات الحمل حتى يصبح الهبوط الناتج للركيزة قليلاً جداً، ومن ثم تحمل الركيزة بحمل آخر وهكذا حتى بلوغ الحمل العملي. وبعدئذ يتم تقليل الحمل حتى يتوقف الصعود او الارتداد (Rebound) فعلياً. ومن ثم يعاد التحميل الى الحمل الاعظم. هذا وان تقليل حمل الركيزة الاعظم غالباً ما يتم على مراحل مع التوقف عند كل مرحلة حتى يتوقف الارتداد فعلياً قبل التقليل التالي في الحمل.

4-2/11/2/2 طريقة معدل الهبوط الثابت (CRP) (Constant Rate of Penetration Test)

وفي هذه الطريقة يتم تسليط حمل معين على الركيزة بحيث يكون اختراقها في التربة مع قياس الحمل بصورة مستمرة. ان الغرض الرئيس من هذا الفحص يكون عادة لتحديد قابلية التحمل القصوى من خلال رسم العلاقة بين الحمل المسلط والاختراق .

4-12/2/2 هنالك عدة قواعد وضعية تستعمل لتحديد حمل الفشل، وبالإمكان إتباع إحداها وهي :

4-1/12/2/2 حمل الفشل هو الحمل الذي يسبب هبوطاً مساوياً 10% من قطر الركيزة.

4-2/12/2/2 حمل الفشل هو الحمل الذي عنده يستمر معدل الهبوط بالازدياد مع ثبات الحمل ما لم يكن هذا المعدل بطيئاً بالشكل الذي يبين أن الهبوط قد يكون ناتجاً من انضمام التربة، فإذا تحققت هذه الحالة، يحدد حمل الفشل برسم مماسين لمنحنى الهبوط-الحمل، الأول عند الجزء الأعلى من منحنى الهبوط-الحمل والثاني عند الجزء الأسفل منه وتمثل نقط تقاطع المماسين موضع حمل الفشل.

لغرض الحصول على الحمل الآمن نقسم حمل الفشل على معامل أمان مقداره 1.5 أو 2 [11].

4-13/2/2 يتم إجراء اختبار تحميل الركيزة التجريبي في الموقع بحسب ما تنص عليه المواصفتان القياسيتان الأمريكية (ASTM – D 1143) بالنسبة لفحص الركيزة في حالة الانضغاط (Compression) و (ASTM- D3689) بالنسبة لفحص الركيزة في حالة الشد (Tension). علماً بأن كلا الفحصين يحتاج إلى 4 - 8 ساعات لغرض اكماله [11،12].

4-14/2/2 أما فحص التحميل الديناميكي فهو يعتمد على رصد استجابة الركيزة المعرضة لضربات مطرقة موجهة إلى رأسها مباشرة. إن فحص التحميل الديناميكي للركائز المصبوبة في الموقع يستعمل لغرض التنبؤ بمقاومة التربة الستاتيكية وتصرف الحمل مع الهبوط. إن طريقة الفحص الديناميكي شبيهة بالطريقة المستعملة لركائز الدق مع مراقبة دقات المطرقة ومن ثم تحليل استجابة الركيزة لانتشار موجة الإجهاد. يتم في هذا الفحص جلب مطرقة منفصلة لتسليط حمل ديناميكي (Dynamic load) على الركائز المصبوبة في الموقع (cast in place). ونتيجة للمعدل الكبير في تسليط الحمل الديناميكي فإن هذا الفحص لا يأخذ بنظر الاعتبار التأثيرات المرتبطة بالزمن مثل الانضمام أو الزحف وغيرها. لذلك إن كلفة هذا الفحص تعتبر أقل من الفحص الستاتيكي. إن الزمن المثالي المستغرق في هذا الفحص هو 15 دقيقة بالنسبة لركائز الخرسانة مسبقة الصب و 30 دقيقة في ركائز الحفر المصبوبة في الموقع والتي تتطلب مطرقة منفصلة. إن أعظم وزن للمطرقة المستعملة في هذا الفحص هو 3MN ويمكن أن يستعمل وزن أكبر [13].

إن القياسات الديناميكية تستعمل لغرض تقييم فعالية نظام المطرقة والسوق (driving)، واجهاد السوق للركيزة، والسلامة الإنشائية لها بالإضافة إلى استخراج قابلية التحمل للركيزة. ويستعمل جهاز تحليل سوق الركيزة (Pile Driving Analyzer PDA) مع الفحص الديناميكي بحسب المواصفة ASTM D 4945. ويمكن ربط نتائج الفحوص الستاتيكية والديناميكية لغرض الحصول على الحمل التصميمي للركيزة [14،15].

4-3 تحديد قابلية التحمل القصوى لمجموعة الركائز في التربة المتماسكة

4-1/3 يسمح بافتراض أن كتلة التربة الواقعة ضمن مجموعة الركائز تعمل مع مجموعة الركائز ككتلة واحدة وجاسئة تقوم بنقل الأحمال إلى التربة.

4-2/3 تطبق العلاقة التالية لحساب قابلية التحميل القصوى لمجموعة الركائز (Q_u group) في تربة متماسكة [2].

$$Q_{u(\text{group})} = 2D (B+L) c_{u_a} + 1.3 c_u N_c BL \quad (1/3-4)$$

حيث ان :-

D = عمق الاختراق للركيزة (الشكل 4-1/3)

L = طول مجموعة الركائز (الشكل 4-1/3)

B = عرض مجموعة الركائز (الشكل 4-1/3)

N_c = معامل قابلية التحميل ويؤخذ في الغالب 9.0 .

c_{u_a} و c_u معرفان سابقاً

تصح هذه العلاقة إذا كان التباعد بين مركز ركيزة وأخرى (S) بقيمة 2 إلى 3 أمثال قطر الركيزة (d) وفي هذه الحالة يمكن الحصول على قابلية التحمل القصوى لمجموعة الركائز بتطبيق الصيغة التالية:

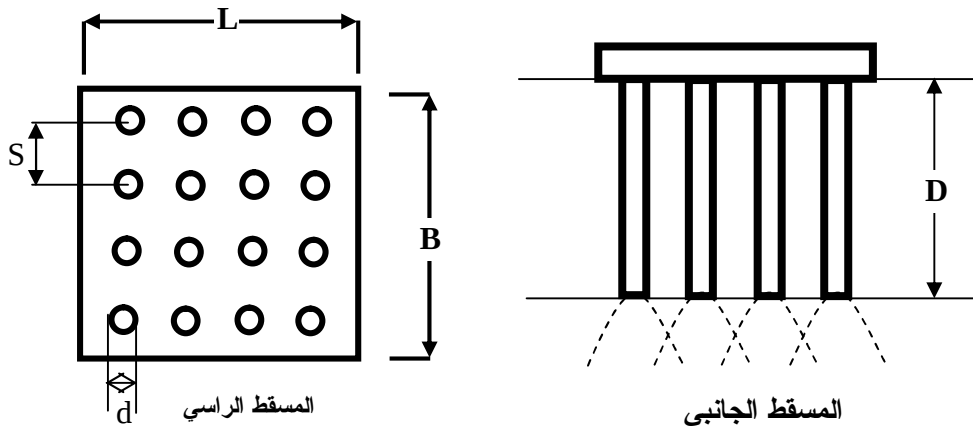
$$Q_{u(\text{group})} = E n Q_{up} \quad (2/3-4)$$

حيث :

E = فعالية مجموعة الركائز وتساوي 0.7 في حالة التباعد $S=(2-3)d$

Q_{up} = قابلية التحمل القصوى للركيزة المفردة.

n = عدد الركائز في المجموعة.



الشكل 4-1/3: مجموعة الركائز

4-4 تحديد قابلية التحمل القصوى لأسس الدعام

4-4/1 تطبق العلاقة (4-2/2) لحساب التحمل الأقصى لأسس الدعام.

4-4/2 لا يعتبر الاحتكاك السطحي (f_s) عنصراً مشاركاً في تحديد قابلية تحمل أساس الدعام في الحالات التالية :-

- 4-1/2/4 إذا كان عمق أساس الدعامة أقل من أدنى عرض له.
- 4-2/2/4 إذا تعرضت التربة فوق مستوى التأسيس للانجراف (Scour).
- 4-3/2/4 إذا كانت التربة المحيطة بأساس الدعامة من طين رخو القوام (Soft)، أو من ردم.
- 4-4/2/4 إذا كانت التربة المحيطة بأساس الدعامة قابلة للانفخاخ والانكماش.

4-5 العوامل المؤثرة في اختيار نوع الركيزة المناسب

تنقسم الركائز إلى نوعين رئيسيين، ركائز إزاحة (ركائز دق) وركائز حفر. ولتنفيذ هذين النوعين استحدثت أنظمة كثيرة للوصول إلى أعلى درجة من فعالية التنفيذ أو للتغلب على الصعوبات والمشاكل التي تصاحب التنفيذ ولذلك فإنه عند تواجد ظروف معينة أو غير طبيعية يكون اختيار النظام الأمثل للتنفيذ مطلباً ضرورياً، ويعتمد هذا الاختيار على عوامل اقتصادية وفنية عديدة نذكر منها:

4-1/5 أسلوب تنفيذ الركائز استناداً إلى نوع وحالة التربة

من المعروف أنه يندر أن نجد تربة ذات تكوينات متجانسة لها نفس الخواص ولذلك فإنه عند تنفيذ الركائز فإنها تخترق عادةً طبقات تختلف في درجة ملاءمتها مع نظام التنفيذ المتبع. ومن ثم فإن التوصيات التالية تقترح أن الطبقة التي سوف تخترقها الركائز والمشار إليها فيما بعد هي إما الطبقة الساندة أو الطبقة التي تتطلب نظاماً معيناً للحصول على أفضل النتائج من حيث التنفيذ.

ففي التربة الطينية متوسطة التماسك ($50 < c_u < 100 \text{ kN/m}^2$) يمكن استعمال معظم ركائز الدق والحفر. وفي حالة التربة الطينية الضعيفة جداً ($c_u < 25 \text{ kN/m}^2$) تكون الركائز مسبقة الصب أو ركائز الدق باستعمال أنبوب دائمي أكثر ملاءمة، حيث يخشى من عدم استطاعة التربة اسناد الخرسانة قبل أن تتصلب في حالة استعمال أنواع الركائز الأخرى.

وإذا كانت التربة الطينية شديدة التماسك ($c_u > 200 \text{ kN/m}^2$) فإنها قد تسبب مشاكل لركائز الدق ولركائز الحفر على السواء ويفضل في هذه الحالة ركائز الحفر باستعمال بريمة.

وإذا كانت التربة تتميز بخاصية القابلية للانفخاخ فإنه من الأفضل استعمال ركائز الحفر ذات الأقطار الكبيرة لتقليل مشاكل التنفيذ، وفي حالة القابلية العالية للانفخاخ ينصح باستعمال أنبوب دائمي أو بتسليح الركيزة في حالة التربة متوسطة القابلية للانفخاخ.

وفي التربة الرملية الكثيفة ($N > 30$) يصعب استعمال ركائز الدق لأن سوقها يتطلب دقاً شديداً مما يؤدي إلى زيادة تكثيف التربة والذي بدوره يتطلب زيادة شدة الدق وينتج من ذلك تفاوت كبير في أطوال الركائز وإتلاف للآلات المستعملة، كما يؤدي إلى حدوث تشققات في الركائز سابقة الصب وعليه فيفضل في هذه الحالة استعمال ركائز الحفر.

وعند وجود طبقات رملية متوسطة الكثافة ($10 < N < 30$) ومستمرة إلى أعماق كبيرة فيمكن الاستعانة بركائز دق ذات قاعدة ارتكاز متسعة وإنهاء الركيزة عند أعماق مناسبة.

كما يجب ملاحظة أن ركائز الحفر التي تستعمل معلق البنتونايت في اسناد جوانب الحفرة قبل صب الخرسانة تصادف مشاكل عديدة عند تنفيذها في تربة رملية جافة مفككة وفي هذه الحالة تفضل ركائز الحفر التي تستعمل انبوباً معدنياً مؤقتاً أو نظام الحفر البريمي المستمر.

وعند وجود طبقات إعتراضية متماسكة أو متحجرة أو أسس قديمة مثلاً يتوقف نوع الركيزة المناسبة على سمك وعمق هذه العوائق. ففي حالة وجودها على عمق قريب من سطح الأرض (حوالي 5 أمتار) وقت التنفيذ وبسمك 3 أمتار، فيمكن تطهيرها يدوياً أو اختراقها إما بتفتيتها أو بتفتيقها قبل تنفيذ الركيزة بالإزاحة. إما إذا تواجدت هذه العوائق على أعماق كبيرة (10 أمتار أو أكثر) وبسمك قليل لا يتجاوز مترين فمن الأنسب استعمال ركائز الحفر.

وإذا تواجدت طبقة الارتكاز على أعماق كبيرة فيجب اختيار الآلة التي تمكن من الوصول إلى تلك الأعماق، ففي ركائز الدق يجب أن يكون قائم الآلة بالطول المناسب، ويمكن إذا اقتضى الأمر عمل وصلات سواء للانبوب أو للركيزة مسبقة الصب. وعند استعمال انبوب مؤقت يجب التأكد من قدرة الآلة على سحبه سواء مباشرة بالرافعات أو بالدق العكسي أو بالهزاز الذي يثبت على رأس الانبوب. كذلك في حالة ركائز الحفر يجب إختيار القطر المناسب لقدرة الآلة للوصول إلى تلك الأعماق. وعموماً فإن معظم آلات الحفر يمكنها الوصول إلى عمق 30 متراً، أما آلات الدق فمعظمها يمكنه الوصول إلى عمق 25 متراً باستعمال وصلات إضافية مع تقليل قطر الركيزة ليتناسب مع قدرة الآلة على السحب. إما إذا زاد العمق عن 30 متراً فإنه قد يتطلب استعمال آلات ذات مواصفات خاصة.

وفي حالة احتواء التربة أو المياه الجوفية على أملاح ضارة بدرجة تركيز كبيرة يتطلب الأمر إما استعمال ركائز مسبقة الصب ذات نوعيات خاصة من السمنت أو مضافات كيميائية معينة أو ركائز مسبقة الصب معالجة بطبقة عازلة من الخارج. وفي حالة استعمال الركائز المصبوبة في مكانها يستعمل غطاء عازل من البلاستيك أو الحديد.

4-2/5 الاحمال المنقولة

عند وجود أحمال كبيرة مركزة (أكبر من 3 ميكا نيوتن (306 طن)) فيفضل استعمال ركائز ذات قابلية تحمل كبيرة (أكبر من 1.5 ميكا نيوتن (150 طناً)) وعندئذ تكون ركائز الحفر أكثر ملائمة، على أنه لا يمكن إغفال ما تحدثه ركائز الدق من تكثيف للتربة الرملية وبالتالي تعمل على زيادة تحمل الركائز. كما يمكن استعمال ركائز حديدية ذات مقطع H، لما لها من قابلية على نقل الأحمال الكبيرة. ويتحكم في تحديد القطر المناسب للركيزة العوامل الاقتصادية حتى لا يزيد التحمل المسموح به للركيزة كثيراً عن الأحمال الفعلية للمبنى. ومن العوامل التي تؤثر في اختيار قطر الركيزة D المسافات بين الأعمدة وإمكانية عمل قواعد (قبعات) مشتركة لتقليل عدد الركائز. على أن يؤخذ في الاعتبار زيادة سمك الأعضاء الخرسانية المسلحة للأساس (القبة) المشترك بالمقارنة بالأسس المنفصلة.

وفي حالة تنفيذ ركائز ملاصقة لمبنى قائم فيفضل تنفيذ ركائز ذات قطر كبير لتقليل عددها وبالتالي المسافة بين مركزي ثقل الركائز والعمود، أي تقليل لامركزية الحمل، وعند وجود حمل خطي فإنه يمكن

اختيار القطر المناسب لتوزيع الركائز خطيا تحت الحائط الحامل ويمكن في هذه الحالة زيادة المسافات بين الركائز لأكثر من 3 مرات القطر بهدف خفض التكاليف.

في حالة تعرض الركيزة لقوى شد مع لزوم تسليح الركيزة بكامل طولها فيجب اختيار أنواع الركائز التي يمكن تسليحها بكامل الطول والتي تعطى إحتكاكا مع التربة المجاورة حتى يمكن نقل أحمال الشد الى الركيزة بمعامل أمان كبير. وفي حالة وجود أحمال أفقية كبيرة يستلزم عمل ركائز مائلة فتكون الأفضل لركائز الدق. كما يجب في حالة التربة الرملية السائبة ($N < 10$) أو التربة الطينية الضعيفة جداً ($cu < 25 \text{ kN/m}^2$) استعمال ركائز مسبقة الصب أو ذات انبوب دائم أو تقليل زاوية ميل الركيزة.

4-3/5 القرب من المباني المجاورة وحالتها ونوعيتها

عند التنفيذ بالقرب من مبانٍ قائمة يفضل استعمال آلات لا تسبب اهتزازات شديدة لهذه المباني، وبالتالي تكون ركائز الحفر أكثر ملاءمة، على إنه يمكن تقليل الاهتزازات الناتجة من ركائز الدق بحفر أو تنقيب الجزء العلوي بعمق 3-5 امتار، ثم تكملة تنفيذ الركيزة بالدق باستعمال دقات ذات معدل زمني قصير. وعند إختيار نوع الركيزة يجب التأكد من ملاءمته لحالة المباني المجاورة ونوعيتها (جدران حاملة أو هيكلية) وكذلك أسسها (نوع الأساس ومستوى الأساس). كما يجب دراسة تأثير أسس المباني المجاورة على ركائز المبنى الجديد أو العكس. وفي المناطق الآهلة بالسكان يفضل استعمال آلات تحدث أقل ازعاج للسكان وعادة تكون ركائز الحفر أقل ازعاجاً. وعموما فإنه في حالة تنفيذ ركائز بالإزاحة في المناطق الآهلة فإن مطارق الهواء تكون أكثرها ضجيجا تليها التي تعمل بالديزل ثم التي تعمل هيدروليكيًا. كما أن نوع وسادة الدق له تأثير على الصوت الناتج فالوسادة الخشبية ينتج منها صوت أقل. وفي حالة وجود مبانٍ ملاصقة لحدود المبنى الجاري العمل به فإن إختيار نوع الركيزة قد يتوقف على إمكانية الآلة من الاقتراب من حدود المبنى المجاور.

4-4/5 مواصفات الموقع

يجب معاينة الموقع المراد تنفيذ الركائز فيه حيث أن ظروف الموقع وطريقة الوصول اليه وتوافر مصادر المياه والكهرباء والظواهر المحيطة به... الخ، تؤثر تأثيرا مباشرا في اختيار أفضل أساليب التنفيذ. ففي المواقع ذات مساحة تشغيل أقل من 400 م² يكون من المفضل اختيار أنظمة لا تحتاج الى آلات ذات حجم كبير أو الى مستلزمات تكميلية كثيرة أو الى مناورة معقدة. كما أن طريقة الوصول للموقع تدخل في المفاضلة، فعندما يكون الوصول صعباً لضيق الشوارع وازدحامها فيجب الاعتماد على التنفيذ ذاتيا داخل الموقع ونقل الآلات ليلاً مثلاً، وفي هذه الحالة تكون الركائز ذات الأقطار الصغيرة هي الأنسب إلا إذا سمح بالعمل ليلاً ففي هذه الحالة تفضل الأنظمة سهلة التنفيذ.

وفي حالة التأسيس على مستوى أو طاً كثيراً من مستوى الشارع مما يلزم استعمال منحدر لدخول الآلات فتكون الأنظمة التي لا تحتاج الى توريد خرسانة جاهزة هي الأفضل.

أما في حالة العمل تحت مبانٍ قائمة بقصد تدعيمها فليس هناك مفر من استعمال آلات ذات قوائم قليلة الارتفاع (عادة أقل من 3 أمتار) لاجل ان يسهل صب الخرسانة بواسطة الضخ حيث تثبت المضخة خارج المبنى. وتنفذ الركائز في هذه الحالة إما بالحفر أو بالحقن أو بالضغط وقد تعمل هذه الركائز بأقطار صغيرة وتنفذ ملاصقة للأساس القديم ثم يعمل ربط لهذا الأساس ليشمل الركائز الجديدة.

وعند التنفيذ في مجرى مائي تكون الركائز مسبقة الصب إحدى الأنواع المفضلة. على انه في حالة الأحمال الكبيرة التي تستدعي تنفيذ ركائز ذات أقطار كبيرة فيمكن استعمال ركائز حفر مع ترك انابيب دائمة أعلى من مستوى القاع وبعمر مدفون مناسب في حالة امتداد الركائز أعلى من مستوى سطح المياه في المجرى، أو إنشاء جسر ترابي في المجرى تنفذ خلاله ركائز الحفر. كما يجب معرفة نوع أرضية التشغيل التي ستعمل عليها الآلة وهل هي عائمة حديدية أو جسر ترابي مؤقت حيث يتوقف عليها اختيار نوع الآلات والنظام المستعمل.

وقد تستعمل الركائز الخشبية في المنشآت المائية المؤقتة، وتعالج تلك الركائز كيميائياً إذا تطلب الامر ذلك. ويمكن سحب الركائز الخشبية بعد انتفاء الغرض منها وإعادة استعمالها مرة أخرى.

4-5/5 الكلفة الاقتصادية

عندما يكون أكثر من نوع من الركائز ملائماً للموقع يفاضل بينها إقتصادياً مع إدخال جميع العوامل المؤثرة في المفاضلة مثل تكاليف قبعات الركائز وأعمال الحفر وتقليل مستوى المياه الجوفية مع ما تتضمنه من مشكلة التخلص من المياه المنزوحة والتوقعات المحتملة سواء كانت لأسباب فنية أو إدارية... الخ.

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

ونوجه النظر أن الشرح المنصوص عليه بهذا البند يعطى المختص أو الذي يعهد اليه التنفيذ ارشاداً وليس الزاماً، للأنظمة التي تلائم ظروف الأرض والتنفيذ لكل مشروع بحسب الأحوال مع الأخذ في الاعتبار عامل الوقت والنواحي الاقتصادية لكل نظام.

4-6 اعتبارات تصميم الأسس الركائزية

4-6/1 عام

4-6/1/1 يقتضي تصميم الأسس الركائزية معرفة متخصصة وفهما لطبيعة الأرض وخواص الأنواع المختلفة من الركائز والعيوب المتوقعة لكل نوع منها والآثار المترتبة على ذلك بالنسبة الى المنشأ وتأثير

دق الركائز بعضها بجوار بعض. ويجب قبل اختيار الأسس الركائزية كأسس للمنشأ إجراء استطلاع دقيق للموقع المزمع إقامة المنشأ عليه ومعرفة تتابع طبقاته وخصائص كل منها.

4-2/1/6 يجب أن يفي تصميم الأسس الركائزية بما يلي :-

4-2/1/6-1 أن تكون معاملات الأمان ضد انهيار التربة الحاملة أو انهيار بنية الأساس مناسبة.

4-2/2/1/6-2 أن يكون الهبوط تحت تأثير حمل التشغيل (Working Load) ضمن القيم المسموح بها.

4-2/6 أنواع الركائز

4-2/6-1 ركائز ذات إزاحة كبيرة منفذة بالدق

تشمل جميع الركائز المصممة كالحشبية والخرسانية سابقة الصب والفولاذية والأنابيب الخرسانية المسدودة من نهايتها بمخروط معدني مدبب (Shoe) أو سدادة (Plug).

4-2/2/6-2 ركائز ذات إزاحة صغيرة منفذة بالدق

تشمل المقاطع الفولاذية المدلفنة والأنابيب مفتوحة الطرفين والمقاطع المعدنية المفرغة والركائز اللولبية.

4-3/2/6-3 ركائز عديمة الإزاحة منفذة بالتثقيب

تشمل جميع الركائز التي يتم تنفيذها بالحفر وملء الحفرة بالخرسانة.

4-3/6 مقاومة الركائز

4-1/3/6-1 الاجهادات الناشئة عن الدق

يراعى عند تصميم الركيزة الاجهادات المتولدة فيها في أثناء الدق وبخاصة الركائز مسبقة الصب من الخرسانة المسلحة، أو الخرسانة مسبقة الإجهاد. وتكون هذه الاجهادات العالية التي قد تسبب تلف الركيزة ناتجة مما يلي:

4-1/1/3/6-1 عدم تعامد السطح العلوي للركيزة مع اتجاه ضربات المطرقة مما يسبب تولد قوى أفقية واجهادات جانبية الى جانب الاجهادات العمودية.

4-2/1/3/6-2 صغر المساحة السطحية لرأس الركيزة التي تتلقى ضربات المطرقة مما يسبب تهشيم مادة رأس الركيزة. ويحدث هذا على الأغلب في الركائز المعدنية أو الخشبية التي تدق بدون خوذة (Helmet). كما يؤدي التركيب السيء للخوذة أو الحشو لرؤوس الركائز الخرسانية الذي لا يغطي مساحة رأس الركيزة كاملة الى تهشيم رأس الركيزة.

4-3/1/3/6-3 تولد اجهادات دق عالية في رأس الركيزة في اثناء الطرق المتوالي عليه لتمكين الركيزة من اختراق طبقة علوية من تربة صلدة أو محدولة للوصول الى الطبقة السفلية الداعمة للاحمال.

4-2/3/6-2 الركائز المحملة محوريا

4-1/2/3/6-1 يسمح باعتبار الركائز ذات النحافة العادية المدفونة بالكامل في التربة بأنها غير معرضة للانبعاج (Bulking). أما في الحالات الخاصة التي تكون فيها الركائز ذات نحافة عالية مدفونة في تربة

ضعيفة جدا تقل مقاومتها للقص عن (20) كيلونيوتن/متر مربع فيجب أخذ العزوم الإضافية التي قد تؤثر على الركيزة نتيجة للانبعاج بعين الاعتبار ، حيث يتم تصميمها كأعمدة نحيفة مدعومة جانبيًا بالتربة المحيطة ويتم ذلك بالرجوع الى مراجع أكثر تخصصا [16].

4-2/2/3/6 تصميم الأسس الركائزية المحملة محوريا لمقاومة العزوم الإضافية الناشئة عن كل مما يلي :-

(أ) لامركزية تحميل اسمية تساوي (75) ملمترا أو (5) بالمائة من البعد الأكبر لمقطع الركيزة ، أيهما أكبر.

(ب) انحراف في الشاقولية لا يقل عن (75:1).

4-3/3/6 الركائز المحملة جانبيا

يتم الرجوع في ذلك الى مراجع أكثر تخصصا [16].

4-4/3/6 الركائز المائلة

4-1/4/3/6 تستعمل الركائز المائلة عندما تكون الركائز الرأسية غير قادرة على مقاومة القوى الجانبية.

4-2/4/3/6 تصميم الركائز المائلة بحيث تؤخذ في الاعتبار الأحمال المؤثرة على الركيزة في الاتجاه العمودي والاتجاه الافقي.

4-3/4/3/6 يتم توزيع الأحمال بين الركائز الرأسية والركائز المائلة الواقعة ضمن المجموعة الواحدة باستعمال الطرائق البيانية أو الطرائق التحليلية.

4-4/6 مجموعة الركائز

4-1/4/6 الدق

4-1/1/4/6 يجب دراسة تأثير دق مجموعة من الركائز على التربة ، والتباعد فيما بين محاور تلك الركائز للتقليل من انتفاخ سطح التربة (Heave) وحركتها الجانبية الى أدنى مستوى. وصولا الى اختيار النوع المناسب من الركائز.

4-2/1/4/6 يؤدي دق مجموعة من الركائز ذات إزاحة كبيرة أو صغيرة في تربة من الرمل المفكك أو الردم الى حذل تلك التربة بحيث يتعذر دق ركائز أخرى، كما تنشأ صعوبات مماثلة عند دق تلك الركائز في تربة مدموكة من الطين الصلد أو الرمل أو الحصى.

4-3/1/4/6 يتم التغلب على تلك الصعوبة بالبداية بدق الركائز الوسطى أولا ثم الاتجاه منها الى دق الركائز الخارجية، أو البدء بدق الركائز من إحدى جهات القبعة ومن ثم تدق بقية الركائز في المجموعة، أو القيام بحفر جزئي للتربة في الموضع المراد دق الركيزة فيه وتكرار الدق إن أمكن ذلك.

4-2/4/6 التباعد بين محاور الركائز

4-1/2/4/6 يراعى عند اختيار مسافة التباعد بين محاور الركائز حركة التربة الرأسية أو حـدلها، إذ يجب أن تكون تلك المسافة كبيرة بدرجة كافية لدق العدد المطلوب من الركائز الى العمق المطلوب بدون تلف المنشآت المجاورة أو تلف الركائز.

4-2/2/4/6 يفضل الا تقل مسافة التباعد بين محاور الركائز عما هو مبين في الجدول (4-1/6) .

الجدول 4-1/6: اقل مسافة مسموح بها للتباعد بين محاور الركائز [2]

طول الركيزة (متر)	ركائز احتكاك في الرمل والحصي	ركائز احتكاك في الطين	ركائز ارتكاز
أقل من 12	3D	4D	3D
12 - 24	4D	5D	4D
أكبر من 24	5D	6D	5D

4-3/4/6 تأثير مجموعة الركائز

4-1/3/4/6 يراعى عند تصميم الأسس الركائزية دراسة سلوك مجموعة الركائز المكونة للأساس كوحدة واحدة ، وكذلك سلوك الركيزة الواحدة.

4-2/3/4/6 يمتد تأثير الاجهادات الناتجة من الأسس الركائزية في الطبقات التحتانية من التربة الى عمق كبير. ويجب دراسة هذا التأثير الى الأعماق التالية:

(أ) الى عمق لا يقل عن (1.5) مرة من عرض المساحة المحملة، مقاسا ابتداء من عمق يساوي ثلثي طول الركيزة وذلك لركائز الاحتكاك.

(ب) الى عمق لا يقل عن عرض المساحة المحملة لركائز الارتكاز مقاسا من مستوى ارتكاز الركيزة.

(جـ) الى عمق لا يقل عن (3) أمتار في الطبقة الصخرية المصمتة مقاسا من مستوى ارتكاز الركيزة.

تعتمد معادلة بوسينسك (Boussinesq) لأغراض تحديد هذه الاجهادات. ويمكن اعتبار أن الحمل من مجموعة الركائز ينتشر مع العمق بنسبة (2 رأسي: 1 افقي). وبالنسبة للركائز الطرفية أو الارتكازية فيمكن اعتبار أن الحمل ينتشر في نهاية أسفل مجموعة الركائز وبنفس الأسلوب (1:2).

4-4/4/6 هبوط مجموعة الركائز

يكون هبوط مجموعة الركائز المكونة من عدد معين من الركائز أكبر من هبوط مجموعة ذات عدد أقل من الركائز تحت تأثير الحمل نفسه للركيزة الواحدة. كما يكون هبوط هذه المجموعة الأصغر أكبر من هبوط ركيزة واحدة تحت الحمل نفسه. وتطبق هذه الظاهرة بالنسبة لنوعي الهبوط الآني وهبوط

الانضمام (راجع 2-2/1/6). ولا تعتبر هذه الظاهرة ذات أهمية لمجموعات الركائز المرتكزة على صخر أو على تربة ذات انضغاط محدود نسبياً.

4-4/5/6 قابلية التحمل القصوى لمجموعة الركائز

4-4/5/6-1 تقل قابلية التحمل القصوى لمجموعة الركائز عن قابلية التحمل القصوى لركيزة واحدة مضروبة في عدد الركائز، إلا أن هناك حالات تكون فيها قابلية التحمل القصوى لمجموعة الركائز أكبر من قابلية التحمل القصوى للركيزة الواحدة مضروبة في عدد الركائز، مثل الحالة التي ينجم عن دق الركائز فيها حدل للتربة.

4-4/5/6-2 تعتبر قابلية التحمل القصوى لمجموعة الركائز الارتكازية مساوية لقدرة التحمل القصوى للركيزة الواحدة مضروبة في عدد الركائز، بشرط ارتكازها على صخر أو رمل محدود أو حصي.

4-4/5/6-3 تكون قابلية التحمل القصوى لمجموعة الركائز الاحتكاكية المدفوقة في طبقة عميقة من تربة متماسكة أقل بكثير من قدرة التحمل القصوى للركيزة الواحدة مضروبة في عدد الركائز. ويتناسب مقدار النقص في قابلية التحمل القصوى طردياً مع مسافة التباعد بين محاور الركائز، وعكسياً مع طول الركيزة، وعدد الركائز في المجموعة، ومقدار مشاركة قبعة الركيزة في نقل الأحمال إلى التربة. هذا ويكون مقدار النقص في قدرة التحمل القصوى لمجموعة الركائز بما لا يقل عن ربع قابلية التحمل القصوى للركيزة الواحدة مضروبة في عدد الركائز بشرط عدم تحمل التربة الواقعة تحت القبعة مباشرة أي قدر من الأحمال، وأن يكون التباعد بين كل ركيزة وآخر بحسب ما تنص عليه الفقرة (4-4/5/6-2)، والا يقل عدد الركائز في كل مجموعة عن تسع ركائز. أما إذا وقعت القبعة على طبقة متماسكة، واخترقتها الركائز فعلى المصمم الرجوع إلى المرجع [16].

4-4/5/6 قبعة الركائز

4-4/5/6-1 تكون قبعة الركائز من الخرسانة المسلحة وذات سمك كافٍ لمقاومة قوى القص العالية.

4-4/5/6-2 يجب أن يمتد حديد تسليح ركائز من الخرسانة المسلحة داخل القبعة لمسافة لا تقل عن (0.75م).

4-4/5/6-3 تجهز الركائز الفولاذية بوسائل تثبيت (Cleats) مناسبة لنقل الأحمال بين الركيزة والقبعة وذلك إذا كان الطول المطمور من الركيزة في القبعة صغيراً. ويراعى أن تكون وسيلة الربط هذه كافية لنقل القوى الأفقية، كما يراعى أن يكون سمك القبعة كافياً لمقاومة قص الاختراق (Punching Shear) أو تستعمل بروزات (projections) تلحم أو تربط برأس الركيزة الفولاذية لتجنب أي زيادة غير اقتصادية في سمك القبعة.

4-4/5/6-4 في المجموعة التي يقل عدد ركائزها عن ثلاث يتم تقييد كل قبعة بطريقة فعالة تمنع حركتها الجانبية والدورانية (مثل استعمال عتبات ربط) تقاوم العزوم الناتجة من اللامركزية الاسمية للركائز والمبينة في الفقرة (4-4/5/6-2).

4-7 اعتبارات تصميم أسس الدعام (Piers)

4-7/1 عام

4-7/1/1 تقتصر اعتبارات التصميم المنصوص عليها في هذه الفصل على أسس الدعام من الخرسانة العادية أو المسلحة التي لا يقل قطرها عن (0.75) متر والتي يتم إنشاؤها بالحفر يدويا أو ميكانيكيا أو بالتقريب.

4-7/1/2 ينقل أساس الدعامة الأحمال المحورية والجانبية وعزوم الانحناء الى طبقة التربة التي يرتكز عليها الأساس وكذلك الى الطبقات المحيطة به، ويتم ذلك بتفاعل إنشائي (Structural Interaction) بين الأساس وبين كل من طبقة الارتكاز والطبقات المحيطة به من جهة، وبين الأساس وبين المنشأ الفوقاني من جهة أخرى.

4-7/1/3 تتأثر كل من طريقتي الإنشاء والتصميم بتتابع طبقات التربة وظروف المياه الجوفية وعمق وسمك وطبيعة الطبقة القوية أو غيره من المواد التي تشكل طبقة الأساس، إذ يحدد ضغط التحميل المسموح به لتربة الأساس قيمة المساحة السفلية لأساس الدعام. وتعتمد إمكانية إنشاء قاعدة جرسية الشكل (Bell Shape) بدون استعمال ملاط رقيق القوام (Slurry) على خصائص المواد الواقعة فوق مستوى أسفل الركيزة ، وتأثير الاضطراب الناجم عن عملية الإنشاء. وتتأثر طريقة صب الخرسانة بخاصية النفاذية للتربة التي تحدد بدورها الحاجة الى استعمال التغليف (Casing) أو ضرورة نزع الماء حتى يتسنى صب الخرسانة. وتحدد مقاومة القص وخصائص تشوه التربة إمكانية اعتبار مقاومة الاحتكاك عاملا من عوامل التصميم.

4-7/1/4 يجب التأكد من صحة الفرضيات المتبعة في التصميم والمستندة الى نتائج فحص عينات من الحفر الاختبارية (Bore holes) وذلك بالتقصي المستمر في أثناء التنفيذ.

4-7/1/5 يجب أن يحسب المصمم القوى الرأسية والجانبية وعزوم الانحناء المؤثرة على أساس الدعام، كما يجب تحديد طول أساس الدعام وشكل مقطعه وتوزيع الحمل على قاعدته ومقاومة الاحتكاك الجانبي استنادا الى الأحمال وظروف التربة التحتانية. هذا ويجب اختيار معاملات الأحمال ونوعية الخرسانة والتسليح بما يضمن الحصول على السلوك المطلوب للنظام الإنشائي المشترك لكل من المنشأ الفوقاني والأساس والتربة.

4-2/7 أنواع أسس الدعام

4-2/7/1 تنقسم أسس الدعام الى أنواع تعتمد على أسلوب انتقال الأحمال المحورية الى التربة وتبعاً لاستجابة الأساس للحمل الجانبي، هذا بالإضافة الى خصائص التربة المحيطة بأساس الدعامه وعند مستوى قاعدته وطبيعة سطح التماس بين الأساس والتربة والطول المدفون من الأساس.

4-2/7/2 هناك ثلاثة أنواع من أسس الدعام هي :-

4-2/7/2/1 أساس دعامة ارتكازي : هو أساس دعامة يخترق طبقات ضعيفة من التربة ليرتكز على طبقة ذات قدرة تحمل مناسبة. وقد تتم زيادة المساحة التي يرتكز عليها أساس الدعامة بجعل نهايته السفلية جرسية الشكل شريطة أن تكون التربة ذات تماسك كاف يسمح بحفرها وبقائها بدون انهيار حتى يتم صب الخرسانة، وفي حالة تعذر ذلك يتم تدعيم جوانب الحفر.

4-2/7/2/2 أساس دعامة احتكاكي : هو أساس دعامة يخترق طبقات من التربة بحيث ينتقل الحمل المحوري كله اليها بواسطة الاحتكاك على جوانب الأساس.

4-2/7/2/3 أساس دعامة ارتكازي احتكاكي : هو أساس دعامة يخترق طبقات من التربة بحيث ينتقل جزء من الحمل المحوري اليها بواسطة الاحتكاك على جوانب الأساس وينتقل الجزء المتبقي من الحمل المحوري الى طبقة التربة التي ترتكز عليها الدعامة.

4-3/7 استطلاع الموقع وخصائص التربة

4-1/3/7 عام

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

4-2/3/7 عدد الحفر الاختبارية

يجب أن يكون عدد الحفر الاختبارية كافياً لوضع تصور على قدر مقبول من الدقة عن تتابع طبقات التربة ومستوى المياه الجوفية (إن وجد) في الموقع. إذا ارتكزت أسس الدعامة على طبقة صخرية فيجب وضع تصور على قدر مقبول من الدقة عن شكل سطح تلك الطبقة الصخرية وسمكها ونوعها.

4-3/3/7 عمق الحفر الاختبارية

يجب أن يكون عمق الحفر الاختبارية في جميع الحالات كافياً لدراسة الهبوط، على أن يصل عمق الحفر في واحد على الأقل من الحفر الاختبارية الى طبقة الصخر إن أمكن ذلك.

4-4/3/7 مستوى المياه الجوفية ونزح الماء

إذا وقع مستوى المياه الجوفية ضمن ذلك الجزء من التربة التي يخترقها أساس الدعامة، فيجب عندئذ أن يتضمن استكشاف الموقع معلومات محددة عن ذلك الماء الجوفي ونظام نزح الماء المناسب على أن تتضمن تلك المعلومات كحد أدنى ما يلي :-

- مستوى المياه الجوفية والتذبذب المتوقع فيها.

- معلومات عن نفاذية التربة.
- نسبة الأملاح الذائبة في المياه الجوفية.

4-5/3/7 أسس الدعام الممتدة الى طبقات صخرية

في الحالات التي يخترق فيها أساس دعامة ارتكازي طبقات صخرية يجب أن تمتد الحفر الاختبارية في تلك الطبقة الى عمق لا يقل عن ضعف قطر مساحة الارتكاز ولا يقل عن (3) أمتار مقاسا من مستوى الارتكاز، وذلك لتحديد قوة الصخر وحالته (متشقق ، مصمت...الخ) ولدراسة احتمال وجود فجوات في الصخر. ويفضل أن يكون الحفر بالثقب اللبي (Core Barrel) إن أمكن.

4-6/3/7 قابلية تحمل التربة

تحتسب قابلية التحمل القصوى للتربة بحسبما نص عليه الفصل (4-4) من هذه المدونة.

4-4/7 الأحمال الجانبية وعزوم الانحناء

عندما يكون ضغط التربة غير الفعال (Passive Earth Pressure) على جدران المنشأ الواقعة تحت سطح الأرض (Substructure) غير كاف لمقاومة الأحمال الجانبية المؤثرة على المنشأ الفوقي (Superstructure) فإن مقاومة الأحمال الجانبية يجب أن تتحقق بواسطة الأسس. وفي تلك الحالة فإن الطرف العلوي لأساس الدعامة سيتعرض الى قوى جانبية إضافة الى عزوم انحناء وقوى محورية.

4-5/7 تصميم أساس الدعام لمقاومة الأحمال الجانبية [4]

4-1/5/7 يعتمد توزيع الاجهادات الجانبية في التربة المؤثرة على ارتفاع أساس الدعامة المقاوم للأحمال الجانبية بأكمله على رد فعل التربة الجانبي، ويتم حساب هذا التوزيع بالاستناد الى نظرية المرونة ونظرية معامل رد فعل التربة.

4-2/5/7 يجب إهمال قوى الاحتكاك المؤثرة على قاع القبعة عند التصميم لان تضاعف التربة تحت القبعة بأي مقدار يؤدي الى زوال ذلك الاحتكاك. كما يجب إهمال ضغط التربة المانع على القبعة في جميع الحالات التي يتوقع فيها القيام بأعمال حفر لأغراض صيانة أو استبدال التمديدات الأرضية وما شابهها.

4-6/7 شكل أساس الدعامة

4-1/6/7 الجرس (Bell)

يجب ألا تقل زاوية ميل جوانب الجرس عن الأفق عن (55) درجة. كما يجب ألا يقل سمك القاعدة التي يرتكز عليها الجرس عن (150) ملمتر، وألا يزيد قطر قاعدة الجرس عن (3) أمثال قطر الأساس.

4-2/6/7 القبعة (Cap)

يجب أن يزيد قطر القبعة عن قطر الأساس بمقدار لا يقل عن (150) ملمترا. ويجب أن يكون سمك القبعة كافياً لاحتواء ذلك الطول من قضبان التسليح الممتد من الأساس بطول التداخل (overlap) المطلوب وكذلك الدواسر (Dowels) أو مسامير التثبيت (Anchor Bolts) من الأعمدة.

4-3/6/7 المفاصل

4-1/3/6/7 يجب تفادي المفاصل الإنشائية في أساس الدعامة بقدر الامكان. وفي الحالات التي لا يمكن فيها تفادي تلك المفاصل فإنه يجب أن يكون سطح خرسانة الفاصل خشنا وأن تستعمل دواسر (Dowels) من قضبان تسليح بطول تثبيت (Anchorage Length) كاف على جانبي المفصل، على ألا تقل مساحة مقطع تلك القضبان عن (0.4) بالمائة من مساحة مقطع أساس الدعامة. هذا، ولا حاجة الى وضع قضبان التسليح في المفاصل الانشائية في الحالات التي تزيد فيها نسبة التسليح للمقطع عن (0.4) بالمائة.

4-2/3/6/7 في المناطق المعرضة الى زلازل شديدة تتعرض القبة والجزء العلوي من أساس الدعامة الى عزوم وقوى قص كبيرة مما يتطلب عناية خاصة في ترتيب التسليح الرأسي عند موضع اتصال أساس الدعامة بالقبة والقبة بالعمود.

4-4/6/7 الغطاء الخرساني لقضبان التسليح

يجب الا يقل سمك الغطاء الخرساني لقضبان التسليح عن (50) ملمترا أو (1.5) مرة بقدر قطر أكبر مقاس للركام المستعمل، أيهما أكبر، وذلك في حالات تغليف خرسانة الأساس بغلاف دائم. أما في الحالات التي لا تغلف فيها خرسانة الأساس بغلاف دائم وتترك خرسانته متماسة التربة فيجب أن يكون سمك الغطاء الخرساني التصميمي لقضبان التسليح (150) ملمترا.

4-7/7 اعتبارات اضافية لتصميم أسس الدعائم

4-1/7/7 يسمح بتنفيذ أسس الدعائم من الخرسانة العادية إذا توافرت الشروط التالية:-

4-1/1/7/7 أن لا تزيد لامركزية التحميل مقاسة من محور أساس الدعامة عن سدس ارتفاعها أو عشر أصغر بعد عرضي لها.

4-2/1/7/7 ألا يزيد ارتفاع أساس الدعامة عن (12D).

4-2/7/7 تصمم أسس الدعائم التي لا يزيد ارتفاعها عن (6D) بحيث لا يزيد إجهاد الضغط المسموح به للأحمال التشغيلية عن $(0.2 f_{cu})$.

4-3/7/7 تصمم أسس الدعائم التي يتراوح ارتفاعها ما بين (6D) و (12D) بحيث لا يزيد إجهاد الضغط المسموح به للأحمال التشغيلية عن القيمة التالية :-

$$q \leq 0.2 f_{cu} \left(1.3 - \frac{H}{20D}\right) \quad (1/7-4)$$

حيث :-

H = ارتفاع أساس الدعامة، (ملمتر).

D = أقل بعد عرضي لأساس الدعامة، (ملمتر).

f_{cu} = المقاومة المميزة لمكعبات الخرسانة، (نيوتن/ملمتر مربع).

4-4/7/7 تصميم أسس الدعام المنفذة من الخرسانة المسلحة بحسب طريقة تصميم الأعمدة الخرسانية المسلحة المنصوص عليها في مدونة الخرسانة العادية والمسلحة من المدونات العراقية (م.ب.ع.304) وذلك لأسس الدعام التي لا تزيد نحافتها (نسبة ارتفاعها الى أقل بعد عرضي لها) عن (18.0).

4-4/7/7 تتعرض أسس الدعام المنفذة في تربة لها قابلية على الانتفاخ والانكماش (Expansive Soil) الى اجهادات شد ناتجة من حركة التربة الى أعلى الأمر الذي قد يسبب كسرا في خرسانة الأساس إذا كان منفذا من الخرسانة العادية، ويعالج هذا الأمر بتقليل الاحتكاك والتداخل بين مادة الركييزة والتربة المحيطة الى أدنى قيمة ممكنة وذلك بجعل سطوح الأساس ملساء أو تغطيتها بطبقتين من لفائف البوليثين أو بطبقة من البوليثين، أو بتسليح الأساس في المنطقة المعرضة الى اجهادات الشد.

4-8 احتياطات الأمان للأسس العميقة

4-8/1 احتياطات الأمان العمومية في أعمال التنفيذ

يجب ان تتبع جميع اجراءات الحماية التي تنص عليها مدونة السلامة العامة في تنفيذ المشاريع الانشائية (م.ب.ع.206). وقبل البدء في أعمال الأسس العميقة يجب وضع احتياطات تكفل الأمان بالموقع من حيث استعمال الآلات وتهيئة ظروف عمل يراعى فيها أمان الأفراد والأجهزة. كذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار سلامة المباني المجاورة للموقع وكذلك تجهيزات الخدمات المارة بالموقع وما حوله من شبكات التيار الكهربائي والمياه والصرف الصحي والهواتف. مع التركيز على مراعاة ما يلي:

4-8/1/1 احتياطات الأمان الخاصة بالموقع

4-8/1/1/1 اختيار طاقم المنفذين

يكون الاعتماد كبيرا عند إنشاء الأسس العميقة على اختيار المنفذين الأكفاء ذوي الخبرة، الذين يكون لديهم القدرة على اتخاذ الإجراءات اللازمة لمواجهة أي ظروف غير منتظرة تطرأ في الموقع في أثناء سير العمل تمثل خطورة على العاملين أو الآلات، مثل ظهور غازات ضارة أو خطرة أو انهيار جوانب الحفر.

4-8/1/1/2 فحص الموقع قبل بدء العمل

يجب عمل فحص مبدئي قبل بدء العمل في الموقع للتعرف على طبيعة الأرض بالنسبة لاحتمالات الأخطار التي قد تنتج في أثناء الإنشاء. كذلك يجب الحصول على المعلومات اللازمة عن أماكن الخدمات والتوصيلات الموجودة تحت سطح ارض الموقع وما حوله. وذلك لتجنب الأضرار بها والأخطار التي قد تنتج منها. كما يجب التأكد من أن الموقع خال من العوائق غير المرغوب فيها كنواتج الحفر وبقايا حديد التسليح والواح الخشب التي بها مسامير والحبال وغيرها، كما يجب عدم ترك قابلات أو أسلاك كهربائية على الأرض في طريق الآلات المتحركة والأفراد، مع اخذ الاحتياطات اللازمة عند استعمال أو تخزين المواد القابلة للاشتعال ومراعاة قواعد الأمان الصناعي الخاصة بها.

4-3/1/1/8 المواقع ذات الحالات الخاصة

يجب الابتعاد عن خطوط كهرباء الضغط العالي لمسافة لا تقل عن 5 أمتار، كذلك يجب الاحتياط عند العمل على مقربة من أبراج هذه الخطوط. وعموماً يجب أخذ التصاريح في حالة العمل عند مسافات تقل من 5 أمتار من خطوط الضغط العالي أو 20 متراً من أبراجها.

إذا كان الموقع داخل الماء، يجب على العاملين لبس سترات للنجاة من الغرق مع أحزمة متصلة بحبال بالمركب المرافق لهم. وإذا كان موقع العمل على بعد كبير من الشاطئ فيجب أن تكون هذه المراكب مجهزة بوسائل تثبيت (Cleat) ورافعات ذات أحجام مناسبة للمساعدة في العمل. إذا كان مكان العمل في وسط مجرى مائي فلا بد من تدبير مراكب صغيرة للإنقاذ ووسيلة اتصال بالشاطئ، مثل أجهزة اللاسلكي، وإذا تطلب العمل غطاسين فيجب مراعاة احتياطات الأمان الخاصة بالغطس. يتطلب العمل أيضاً أن يكون قائد المركب ذا خبرة كذلك باستعمال الإشارات الضوئية الملاحية المتعارف عليها في حالة ما إذا كان العمل يسير داخل خط ملاحي، وإذا كان العمل مستمراً في ساعات الليل فلا بد من استعمال إضاءة جيدة.

عند تنفيذ ركائز تجاوزها ميول طبيعية أو صناعية يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لضمان اتزان هذه الميول في أثناء العمل.

وفي حالة العمل في أماكن يحتمل وجود الغام بها فيتحتم الأمر الحصول على تصريح من الجهات العسكرية المختصة لضمان خلوها من أي أخطار وكذلك الطرق المؤدية إليها.

4-2/1/8 احتياطات الأمان الخاصة بالآلات

4-1/2/1/8 يجب عمل فحص شامل كل ثلاثة شهور على الأكثر لآلات الرفع كالرافعات وأبراج الركائز والروافع على وفق تعليمات الأمان الصناعي وتوصيات الشركات المصنعة لها. كذلك يجب ملاحظة حالة إطارات القلابات والحفارات لتلافى الانزلاق.

4-2/2/1/8 يجب تنظيف المطارق التي تعمل بالديزل دورياً لمنع تراكم الزيت مما يؤدي إلى احتراقه. كما يجب فحص خرطوم الهواء المضغوط والزيت المضغوط وتوصيلاتها، وكذلك تنظيف خلاطات الخرسانة.

4-3/2/1/8 يجب إصلاح أو استبدال حبال الفولاذ ذات الأطراف المفككة ووصلات الربط المتآكلة وكذلك المسامير.

4-4/2/1/8 يجب عدم السماح بوجود عقد في الحبال أو السلاسل.

4-3/1/8 احتياطات الأمان الخاصة بالعاملين في الموقع

4-1/3/1/8 يجب أن يوجد في كل موقع صندوق إسعافات أولية. كما يجب تكليف شخص مدرب على الإسعافات الأولية في كل موقع يعمل فيه أكثر من 50 عاملاً.

4-2/3/1/8 يجب وضع الخوذات من قبل العاملين في المواقع التي يوجد بها رافعات، كما يجب عليهم لبس أحذية برقبة في حالة المواقع المبتلة، ويفضل أن تكون بمقدمة من الفولاذ معزولة. كما يجب تجهيز

العمال بقفازات واقية عند استعمال حبال من الفولاذ. ويجب أيضا وجود أحزمة أمان عند تسلق قائم الآلة.
4-3/3/1/8 يجب تجهيز العاملين بواقيات السمع عند تواجدهم بجوار آلات دق الركائز في حالة تعذر الوصول بمستويات ضغط الصوت الى الحدود المسموح بها.

4-4/3/1/8 لمنع تعرض العمال للخطر، يجب وضع حواجز وأسوار على الأجزاء المتحركة للآلات.
4-5/3/1/8 لو انتهت ركائز التثبيت عند مستوى سطح الأرض ولم تصب فور الانتهاء من دقها أو صببت الخرسانة الى مستوى أسفل مستوى سطح الأرض، فيجب عمل أغطية مناسبة لها حتى لا يتعرض العاملون بالموقع لخطر السقوط داخلها.

4-6/3/1/8 قبل قيام العمال بالحفر داخل حفرة يجب إخلاء مساحة حولها لمسافة لا تقل عن متر واحد، كما يجب ألا تزيد فترة بقاء العامل في الحفرة في المرة الواحدة عن ساعة. وفي حالة العمل داخل بئر صغيرة القطر يجب أن يظل العامل مربوطا بحزام نجاة متصل برافعة خارجية، مع تواجد مراقب بصفة دائمة عند السطح للمتابعة وسرعة الإنقاذ إذا استدعى الأمر ذلك.

4-7/3/1/8 يجب اسناد جوانب الحفر بالعمق المناسب لضمان سلامة العمال والحفرة، وفي الحالات التي يرى فيها المقاول إمكانية الحفر بدون اسناد الجوانب فيجب الرجوع الى الاستشاري مع اتخاذ الاحتياطات اللازمة، مع عدم السماح بنزول العمال داخل الحفر غير مسندة الجوانب بعد 12 ساعة من بدء الحفر ولا بعد 3 ساعات من الانتهاء من الحفر، كما يجب فحصها دوريا في أثناء سير العمل، ويجب ان يحمل العامل جهاز اتصال عند النزول في الحفرة.

4-8/3/1/8 عند الإنارة بالكهرباء يفضل استعمال جهد منخفض ولو كان هناك احتمال لوجود غازات قابلة للاشتعال داخل البئر يجب ألا يزيد الجهد المستعمل عن 24 فولت ، وفي حالة استعمال الغاز للإنارة يجب وضع الاسطوانات في موضع يجعل حركة الهواء لا تنقل الغاز نحو الحفرة. وفي حالة استعمال فوانيس للإنارة فيجب إبعادها عن فتحة البئر خصوصا لو كان هناك احتمال لوجود غازات قابلة للاشتعال داخل البئر.

4-9/3/1/8 للحصول على جو صالح للتنفس، يجب توصيل الهواء الى قاع البئر باستعمال مكابس وخرطوم بواقع 25 لتراً / ثانية (1.5 متر مكعب/دقيقة).

- [1] Rao, N. S. V. Kameswara, “*Foundation Design ,Theory and Practice*”, John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, 1st, 2011.
- [2] Smith, G. N. and Smith, Ian G. N., “*Elements of Soil Mechanics*”, Blackwell Science, 6th Edition, 1990.
- [3] Meyerhof, G.G., “ *The Ultimate Bearing Capacity of Foundation*”, Geotechnique, 1,(4),pp.301-302, 1951.
- [4] Berezantev, V.G., Kharistorforov, V and Golubkov, V., “ *Load Bearing Capacity and Deformation of Piled Foundation*”, Proc. 5th Int.Conf. ISSMFE,2, pp.11-15, Paris, 1961.
- [5] Meyerhof, G.G.,“*Compaction of sands and bearing capacity of Piles*”, Proc., ASCE, Jour. Soil Mech. and Found. Div., 85, (SM6), pp.1-30, 1959.
- [6] Broms, B.B.,” *Methods of calculating the Bearing Capacity of Piles, a Summary*”, Sols-Soil, 5,(18 and 19), pp. 21-31, 1966.
- [7] Vesic, A. S., “*Tests on Instructed Piles, Ogeechee River Site*”, Jour. Soil Mech. and Found. Div., ASCE, 96, (SM2), pp.561-584., 1970.
- [8] Meyerhof, G.G., “ *Bearing Capacity and the Settlement of Pile Foundation*”, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.102, No. GT3, pp.197-228, 1976.
- [10] Federation of Piling Specialists, " *Handbook of Pile Load Testing*", UK, 2006.
- [11] ASTM D 1143 – 81, “*Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load*”, (Reapproved 1994).
- [12] ASTM D 3689 – 90, “*Standard Test Method for Individual Piles Under Static Axial Tensile Load*”, (Reapproved 1995).
- [13] الشكرجي، يوسف و المحمدي، نوري "هندسة الأسس"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، الطبعة الاولى، 1985.
- [14] Shlash, K. T. & Hussein, H. H., “A Correlation Between Dynamic and Static Pile Load Test Results”, Eng.. and Tec. Journal, Vol.27., No.15, 2009.
- [15] ASTM D4945-00 “*Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations*”, 2000.
- [16] Bowels, J. E., ”*Foundation Analysis and Design*”, McGraw-Hill, 5th Edition, 1997.
- [17] Poulos, H. G. and Davis, E. H., “ *Pile Foundation Analysis and Design*”, John Wiley & Sons, New York, 1980.

الباب الخامس

الجدران الساندة

5-1 عام

5-1/1 تعريف

الجدران الساندة هي عناصر إنشائية وظيفتها حجز التربة خلفها والمحافظة على فرق المستوى بين سطحي التربة أمامها وخلفها، ومنعها من الانهيار، كما أنها تستعمل كحاجز ضد المياه على ضفاف الأنهار بالإضافة إلى استعمالها على طول مناطق الحفر والردم، وقد تصادف أشكال متعددة للجدران الساندة بحسب طبيعة الموقع وطبيعة المواد المستعملة في إنشائها.

5-2/1 أنواع الجدران الساندة

تقسم الجدران الساندة إلى خمسة أنواع بحسب أسلوب تحقيق ثباتها ومقاومة القوى الجانبية المؤثرة عليها وهي :-

5-1/2/1 جدار ثقلي (Gravity Wall) : هو جدار يعتمد بشكل أساسي على وزنه لتحقيق ثباته ومقاومة القوى الجانبية المؤثرة عليه.

5-2/2/1 جدار ناتئ (Cantilever Wall) : هو جدار يكون عادة من الخرسانة المسلحة يعتمد على فعل الجزء الناتئ (Cantilever Action) لمقاومة ضغط التربة الواقعة خلفه ، ويتحقق ثبات الجدار الناتئ جزئيا من وزن التربة الواقع فوق البلاطة الخلفية لقاعدته.

5-3/2/1 جدار ساند ذو أكتاف خلفية (Counterfort Retaining Wall) : هو جدار من الخرسانة المسلحة مجهز بأكتاف من الجهة الخلفية (جهة التربة) تربط الجزء المرتفع من الجدار مع قاعدته. ويستعمل هذا الجدار في الحالات التي يكون فيها ارتفاع الجزء المرتفع كبيرا ، أو التي يكون فيها الضغط الجانبي للتربة كبيرا.

5-4/2/1 جدار ساند ذو أكتاف أمامية (Buttressed Retaining Wall) : هو جدار من الخرسانة المسلحة مجهز بأكتاف من الجهة الأمامية (الجهة المخالفة للتربة).

5-5/2/1 جدار ساند من التربة المسلحة (Reinforced Soil Retaining Wall) : هو جدار يتكون بصورة عامة من تربة وعناصر تسليح، عناصر التسليح عبارة عن مواد مرنة تتحمل إجهادات شد عالية. تنفذ هذه المنشآت عن طريق ردم التربة المستعملة فوق عناصر التسليح وبشكل طبقات أفقية، وبحيث تبقى عناصر التسليح مغطاة من أسفلها وأعلاها بطبقات من التربة. تستعمل هذه الطريقة لبناء منشآت مثل : الجدران الاستنادية وركائز الجسور وإنشاء المنحدرات شبة القائمة وذلك باستعمال عناصر التسليح والتربة فقط ويمكن التوصل بذلك إلى بلوغ عامل أمان كبير في هذه الأنواع من المنشآت.

3/1/5 قابلية التحمل القصوى وضغط التحميل المسموح به وضغط التحميل المفترض
يراعي ما نصت عليه الفصول (2-3) و (2-4) و (3-4).

2-5 الهبوط

1/2-5 عام

يراعى مانصت عليه البنود (1/6-2) و (2/6-2) و (3/6-2) والفقرة (1/4/6-2).

2/2-5 الهبوط المتفاوت

تتخذ الوسائل التالية لمنع حدوث الهبوط المتفاوت بمقادير كبيرة :-

1/2/2-5 احلال التربة القوية بدل التربة الضعيفة وحملها.

2/2/2-5 تثبيت التربة باستعمال السمنت أو الجير.

3/2/2-5 زيادة عرض قاعدة الجدار الساند.

4/2/2-5 عمل مفاصل رأسية في الجدار الساند على مسافات لا تزيد على (30) متراً.

3-5 ضغط التربة الجانبي

1/3-5 عام

1/1/3-5 يتطلب التصميم الإنشائي للجدران الساندة حساب قيم ضغط التربة الجانبي المؤثر على عناصرها الإنشائية.

2/1/3-5 تعد طريقة الاتزان اللدن من أكثر الطرائق استعمالاً في تحليل مسائل الضغط الجانبي وتحديد قيمتي ضغط التربة الدافع أو الفعال (Active) وضغط التربة المانع أو غير الفعال (Passive). أما في الحالات الخاصة فتستعمل طرائق أكثر تفصيلاً كطريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method).

2/3-5 ضغط التربة الجانبي الساكن (Earth Pressure at Rest)

1/2/3-5 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 بعيداً عن التربة أو نحوها ولا يحدث فيه أي أود (انحراف) (Deflection) أو تشوه (Deformation).

2/2/3-5 يسمح بحساب معامل ضغط التربة الجانبي الساكن (K_0) للتربة المتماسكة وغير المتماسكة من الجدول (1/3-5).

الجدول 5-1/3 : معامل ضغط التربة الجانبي الساكن (K_0) [1]

K_0	نوع التربة
$1 - \sin f$	جميع أنواع التربة المعرضة حالياً لضغط انضغاط ولم يسبق لها أن تعرضت لضغط انضغاط آخر أكبر منه (Normally Consolidated)
1 إلى 2.0	طين محدود يدويًا
2 إلى 6.0	طين محدود ميكانيكياً
1 إلى 4.0	طين مفرط الانضمام (Over Consolidated)
0.5	رمل غير محدود
1 إلى 1.5	رمل محدود

5-3/2/3 يجب الأخذ بعين الاعتبار تأثير انتفاخ وانكماش التربة القابلة للانتفاخ والانكماش على قيمة ضغط التربة الجانبي الساكن.

5-3/3 ضغط التربة الجانبي الدافع الفعال (Active Earth Pressure)

5-3/3/1 يعرف ضغط التربة الجانبي الدافع بأنه أدنى ضغط جانبي للتربة يؤثر على جدار ساند عند حركته بعيداً عنها، حيث تصل إجهادات القص على سطح أو سطوح الانزلاق في كتلة التربة حدها الأقصى.

5-3/3/2 يعطي الجدول (5-3/2) فكرة عن قيم حركة الجدار الساند بعيداً عن التربة التي تتسبب في تولد ضغط التربة الجانبي الدافع وذلك لأنواع مختلفة من التربة.

5-3/3/3 يكون ميل مستويات الانزلاق تحت تأثير ضغط التربة الجانبي $(45 + \frac{f}{2})$ بالنسبة للأفق حيث (f) هي زاوية مقاومة القص للتربة وذلك لجدار رأسي أملس و سطح أفقي لتربة مسندة بالجدار متجانسة ومتناظرة.

الجدول 5-2/3: مقدار حركة قمة الجدار الساند المتسببة للضغط الجانبي الدافع الفعال للتربة [2]

نوع التربة وكثافتها / قوامها	مقدار حركة قمة الجدار
تربة غير متماسكة كثيفة	من $0.001H$ إلى $0.002H$
تربة غير متماسكة مفككة	من $0.002H$ إلى $0.004H$
تربة متماسكة صلبة	من $0.01H$ إلى $0.02H$
تربة متماسكة ضعيفة	من $0.02H$ إلى $0.05H$

حيث (H) هو ارتفاع الجدار

5-4/3 ضغط التربة الجانبي المانع أو غير الفعال (Passive Earth Pressure)

5-4/3/1 يعرف ضغط التربة الجانبي المانع أو غير الفعال بأنه أقصى ضغط جانبي للتربة يؤثر على جدار ساند عند حركته نحوها، حيث تصل إجهادات القص على سطح أو سطوح الانزلاق في كتلة التربة حدها الأقصى.

5-4/3/2 يكون ميل مستويات الانزلاق تحت تأثير ضغط التربة الجانبي المانع $(45 - \frac{f}{2})$ بالنسبة للأفق حيث (f) هي زاوية مقاومة القص للتربة وذلك لجدار رأسي أملس و سطح أفقي لتربة مسندة بالجدار متجانسة ومتناظرة.

5-5 نظريات وطرائق حساب ضغط التربة الجانبي

5-5/3/1 عام

5-5/3/1/1 يحسب ضغط التربة الجانبي المؤثر على جدار ساند بإتباع طرائق حسابية أو بيانية مستندة إلى فرضيات نظرية. ومن النظريات والطرائق المتبعة في حساب ضغط التربة الجانبي ما يلي :

(أ) نظرية رانكن (Rankine Theory).

(ب) نظرية كولوم (Coulomb Theory).

(ج) الطرائق التخطيطية (Graphical Methods).

5-5/3/2 لا تلزم هذه المدونة إتباع أي من النظريات أو الطرائق المذكورة آنفاً أو غيرها لأغراض حساب ضغط التربة الجانبي، وإنما تترك ذلك لاختيار المصمم وذلك يتوقف على نوع التربة وميل سطحها وخشونة سطح الجدار الساند المماس لها وطبيعة الأحمال المؤثرة عليها.

5-5/3/3 تستعمل نظرية رانكن (Rankine) عادة لسهولة تطبيقها في حساب ضغط التربة الجانبي الدافع أو الفعال والمانع أو غير الفعال.

5-3/2/5 ضغط التربة الجانبي الدافع والمانع بموجب نظرية رانكن

5-3/2/5/1 ضغط التربة الجانبي للتربة غير المتماسكة

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

$$f = ghK \quad (1/3-5)$$

حيث :-

$$\begin{aligned} f &= \text{ضغط التربة الجانبي، (كيلونيوتن/متر مربع).} \\ K &= \text{معامل ضغط التربة الجانبي.} \\ g &= \text{وزن وحدة الحجم من التربة، (كيلونيوتن/متر مكعب).} \\ h &= \text{عمق المستوى الذي يحسب عنده ضغط التربة الجانبي، (متر).} \end{aligned}$$

5-3/2/5/2 معامل الضغط الجانبي للتربة غير المتماسكة

يحسب معامل ضغط التربة الجانبي الدافع (K_a) والمانع (K_p) للتربة غير المتماسكة من العلاقتين

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \quad (2/3-5)$$

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \quad (3/3-5)$$

حيث :-

$$\begin{aligned} K_a &= \text{معامل ضغط التربة الجانبي الدافع.} \\ K_p &= \text{معامل ضغط التربة الجانبي المانع.} \\ \beta &= \text{زاوية ميل سطح التربة خلف الجدار الساند مع الأفق (درجة).} \\ \phi &= \text{زاوية مقاومة القص للتربة (درجة).} \end{aligned}$$

وفي الحالة التي يكون فيها سطح التربة أفقياً ($b = 0$) فإن العلاقتين (2/3-5) و (3/3-5) تؤولان على الترتيب إلى ما يلي :-

$$K_a = \frac{1 - \sin f}{1 + \sin f} = \tan^2 \left(45 - \frac{f}{2}\right) \quad (4/3-5)$$

$$K_p = \frac{1 + \sin f}{1 - \sin f} = \tan^2 \left(45 + \frac{f}{2}\right) \quad (5/3-5)$$

3/2/5/3-5 ضغط التربة الجانبي للتربة المتماسكة

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

$$f_a = K_a gh - 2c\sqrt{K_a} \quad (6/3-5)$$

$$f_p = K_p gh + 2c\sqrt{K_p} \quad (7/3-5)$$

حيث: -

$$\begin{aligned} f_a &= \text{ضغط التربة الجانبي الدافع، (كيلونيوتن/متر مربع).} \\ f_p &= \text{ضغط التربة الجانبي المانع، (كيلونيوتن/متر مربع).} \\ c &= \text{تماسك التربة، (كيلونيوتن/متر مربع).} \end{aligned}$$

6/3-5 أثر المياه على ضغط التربة الجانبي

1/6/3-5 أثر المياه السطحية على ضغط التربة الجانبي

1/1/6/3-5 قد تتسبب الأمطار الغزيرة أو أي مصادر أخرى للمياه السطحية في تشبع التربة الواقعة خلف الجدار الساند.

2/1/6/3-5 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.

3/1/6/3-5 يتزايد ضغط الماء الجانبي على الجدار الساند خطياً مع العمق ، ويحسب ضغط الماء الجانبي الدافع والمانع عند أي عمق (h) من العلاقة التالية :-

$$f_w = g_w h \quad (7/3-5)$$

حيث :

$$\begin{aligned} f_w &= \text{ضغط الماء الجانبي، (كيلونيوتن/متر مربع).} \\ g_w &= \text{وزن وحدة الحجم من الماء، (كيلونيوتن/متر مكعب) ،} \\ &= 9.81 \text{ كيلونيوتن/متر مكعب.} \\ h &= \text{عمق المستوى الذي يحسب عنده ضغط الماء الجانبي مقاساً من مستوى التشبع بمياه الأمطار، (متر).} \end{aligned}$$

2/6/3-5 أثر المياه الجوفية على ضغط التربة الجانبي

1/2/6/3-5 يحسب الضغط الجانبي للمياه الجوفية باتباع الأسلوب المبين في (3/1/6/3-5) مع قياس قيمة (h) من مستوى المياه الجوفية.

2/2/6/3-5 يراعى ضرورة دراسة احتمال تشبع التربة الواقعة فوق مستوى المياه الجوفية نتيجة لهطول الأمطار أو أي مصادر أخرى للمياه السطحية.

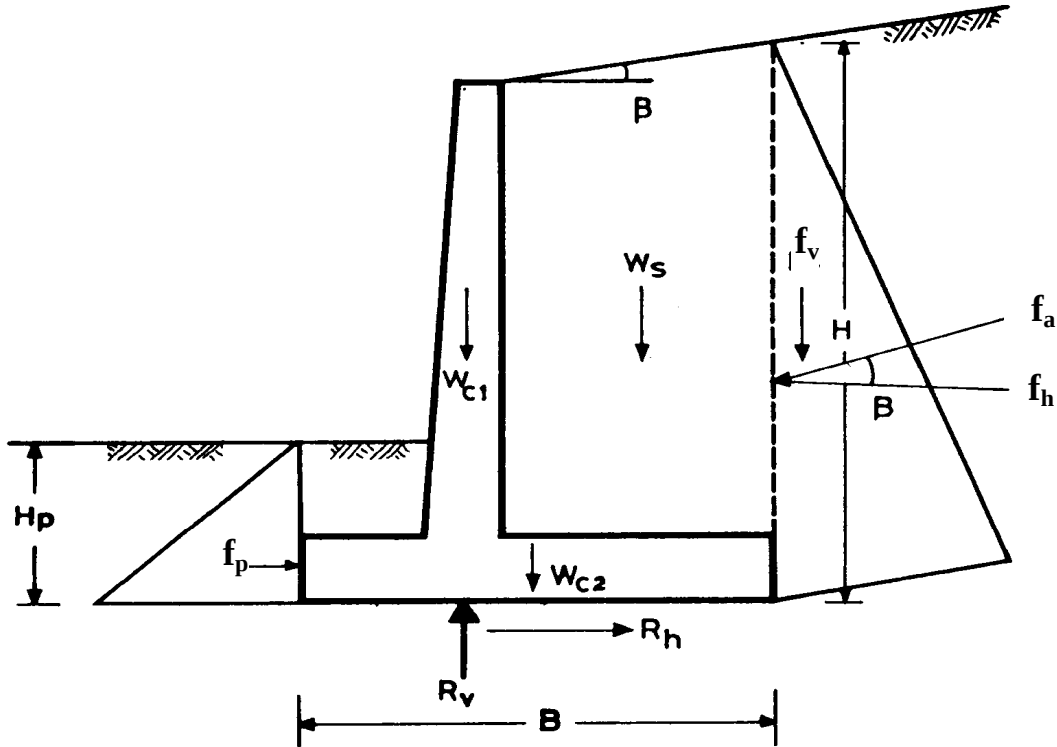
4-5 ثبات الجدار الساند

1/4-5 القوى المؤثرة على الجدار الساند بموجب نظرية رانكن

1/1/4-5 يبين الشكل (1/4-5) القوى المؤثرة على الجدار الساند بموجب نظرية رانكن حيث تحسب القوى المؤثرة عليه للتربة غير المتماسكة باستعمال العلاقات التالية :-

$$f_a = \frac{1}{2} g H^2 K_a \quad (1/4-5)$$

$$f_h = f_a \cos b \quad (2/4-5)$$



الشكل 1/4-5: القوى المؤثرة على الجدار الساند

$$f_v = f_a \sin b \quad (3/4-5)$$

$$f_p = \frac{1}{2} g H_p^2 K_p \quad (4/4-5)$$

$$R_v = f_v + W_{c1} + W_{c2} + W_s \quad (5/4-5)$$

$$R_h = aR_v + c_a B + f_p \quad (6/4-5)$$

حيث:-

$$b = \text{زاوية ميل سطح التربة}$$

$$f_a = \text{القوة الجانبية الدافعة المؤثرة على الجدار الساند، (كيلونيوتن/ متر).}$$

$$f_v = \text{مركبة الرأسية، (f}_a\text{) الرأسية، (كيلونيوتن/ متر).}$$

$$f_h = \text{مركبة الأفقية، (f}_a\text{) الأفقية، (كيلونيوتن/ متر).}$$

$$f_p = \text{القوة الجانبية المانعة المؤثرة على الجدار الساند، (كيلونيوتن/ متر).}$$

$$W_s = \text{القوة الناتجة من وزن التربة المسندة الواقعة فوق قاعدة الجدار الساند، (كيلونيوتن/ متر).}$$

$$W_{c1} = \text{القوة الناتجة من وزن ساق الجدار الساند، (كيلونيوتن/ متر).}$$

$$W_{c2} = \text{القوة الناتجة من وزن قاعدة الجدار الساند، (كيلونيوتن/ متر).}$$

$$R_v = \text{المركبة الرأسية لمحصلة جميع قوى الضغط في التربة تحت القاعدة الأفقية للجدار الساند، (كيلونيوتن/ متر).}$$

$$a = \text{معامل احتكاك مادة قاعدة الجدار الساند مع التربة.}$$

$$R_h = \text{القوة المقاومة لانزلاق الجدار الساند وتشمل الاحتكاك والتلاصق بين التربة وقاعدة الجدار الساند وضغط التربة المانع، (كيلونيوتن/ متر).}$$

$$c_a = \text{تلاصق التربة مع قاعدة الجدار الساند، (كيلونيوتن/ مترمربع).}$$

$$H = \text{ارتفاع التربة خلف الجدار الساند مقاسا عند المستوى الرأسي المار بالنهاية الخلفية للجدار، (متر).}$$

$$H_p = \text{ارتفاع التربة أمام الجدار الساند مقاسا عند المستوى الرأسي المار بالنهاية الأمامية للجدار، (متر).}$$

5-2/1/4 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.

5-3/1/4 يكون معامل احتكاك مادة قاعدة الجدار الساند مع التربة بحسب ما هو مبين في الجدول (5-1/4).

5-4/1/4 يكون تلاصق التربة مع قاعدة الجدار الساند (c_a) بحسب ما هو مبين في الجدول (5-1/4).

5-5/1/4 لا يقل معامل الامان ضد الانزلاق للتربة غير المتماسكة عن (1.5)، وللتربة المتماسكة عن (2.0).

5-6/1/4 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).

5-8/4 معامل الامان ضد الانقلاب = $\frac{\text{مجموع القوى المقاومة للانقلاب}}{\text{مجموع القوى المسببة للانقلاب}} = \frac{R_v \cdot e}{f_a \cdot \frac{H}{3}}$ (5-8/4)
 1436 هـ / 2015 م م.ب.ع. 302 8/5

e = اللامركزية، (متر)

5-7/1/4 عند إقامة جدار ساند على منحدر يراعى ضرورة دراسة ثبات المنحدر والجدار الساند وما يسند ذلك الجدار.

5-8/1/4 يسمح بتقليل معاملات الامان المنصوص عليها في هذا البند بنسبة تقليل لا تزيد على (20) بالمائة عند حساب التأثير المشترك للضغط الجانبي الناتج من كل من مياه الأمطار الموسمية والترربة غير المشبعة بالماء ، وذلك في الحالات التي يكون إشباع التربة بالماء فيها موسميا ولفترات زمنية محدودة نسبيا.

5-9/1/4 يجب التحقق من عدم تجاوز قيمة الضغط التحميل الصافي الناتج من أحمال الجدار الساند وغيرها من أحمال اضافية قيمة ضغط التحميل المسموح به (q_a).

5-10/1/4 عند إدخال تأثير ضغط التربة الجانبي المانع (f_p) في دراسة ثبات الجدار الساند فإنه يؤخذ في الاعتبار ارتفاع التربة الموجودة بصفة دائمة ، ويوصى بأخذ نصف القيمة المحسوبة فقط.

5-2/4 تصريف المياه

5-1/2/4 يفضل تصريف المياه المتجمعة خلف الجدار الساند عند تصميم الجدار الساند لمقاومة كل من ضغط التربة وضغط الماء. وحتى في الحالات التي يحصل فيها تصريف المياه فإنه يجب الاخذ في عين الاعتبار تأثير ضغط جانبي إضافي مؤقت ناجم عن سقوط أمطار غزيرة أو تصريف مياه تحت سطحية، وتؤخذ قيمة هذا الضغط الجانبي الإضافي المؤقت بنسبة تتراوح بين (20) بالمائة و (40) بالمائة من الضغط الجانبي الدافع تبعا لنوعية مادة الدفن خلف الجدار وكمية المياه المتجمعة خلفه.

5-2/2/4 يمكن تصريف المياه المتجمعة خلف الجدار الساند إما باستعمال فتحات تصريف للمياه (Weepholes) في الجدار الساند أو باستعمال أنابيب تصريف طولية على طول الجانب الخلفي من الجدار الساند [انظر الشكل (5-2/4)].

5-3/2/4 يجب إحاطة فتحات تصريف المياه في الجدار الساند أو فتحات أنابيب التصريف الطولية بمرشح يمنع مرور المواد الناعمة وانسداد الفتحات ، ويتحقق هذا الغرض بإحاطة تلك الفتحات بمادة حبيبية ذات تدرج مناسب.

5-4/2/4 يجب ألا يقل قطر فتحة تصريف المياه في الجدار الساند عن (100) ملمتر، وألا تزيد المسافة الأفقية والرأسية بين فتحات التصريف على (1.5) متر.

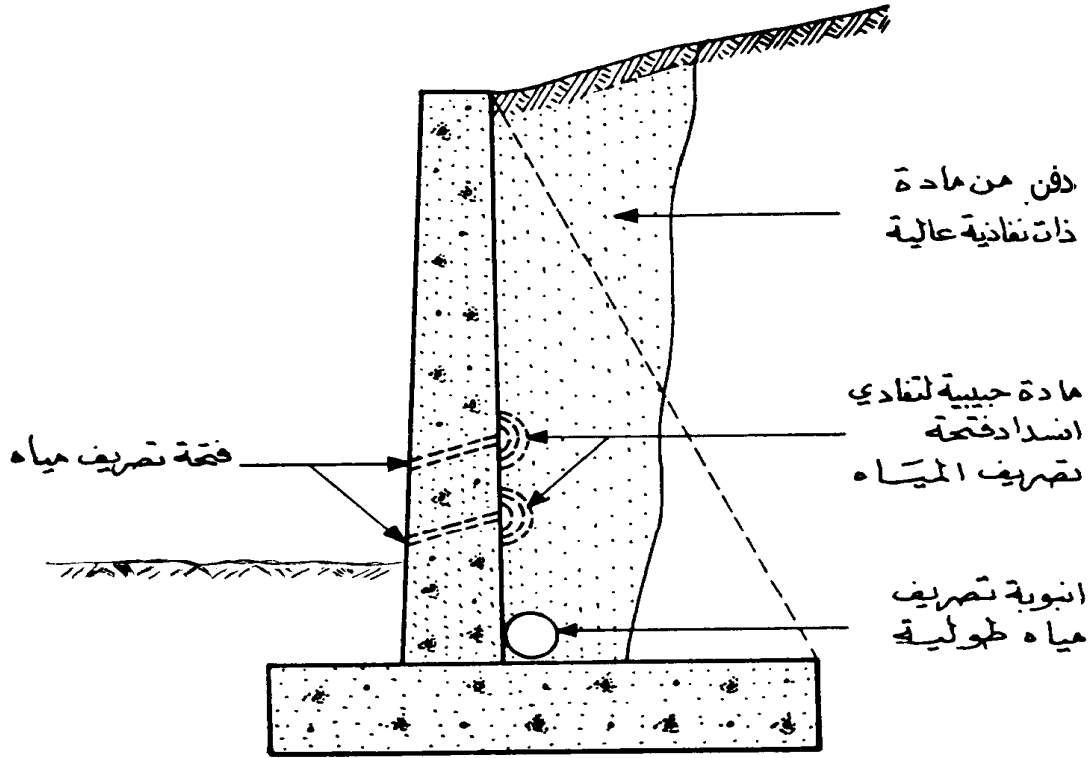
الجدول 5-1/4: معامل الاحتكاك ومعامل التلاصق لمواد مختلفة [3]

المواد	معامل الاحتكاك *	التلاصق ** (ن/ملم2)
قاعدة خرسانية لجدار ساند واقعة على مواد التأسيس التالية:-		
صخر قوي	0.70	
حصى محدولة-خليط محدول من الحصى والرمل - رمل خشن محدول.	0.60 – 0.55	
رمل محدول متوسط النعومة إلى ناعم - رمل متوسط النعومة إلى خشن-حصى غريني أو طيني.	0.55 – 0.45	
رمل محدول وناعم - رمل غريني أو طيني ناعم إلى متوسط النعومة.	0.45 – 0.35	
طين صلد جدا خشن السطح.	0.50 – 0.40	
طين متوسط الصلادة إلى صلد - طين غريني متوسط الصلادة إلى صلد.	0.35 – 0.30	
ركائز لوحية من الفولاذ تحتك أو تلتصق مع التربة التالية:-		
حصى محدول - خليط مدكوك من الحصى والرمل - دفن محدول من قطع صخرية جيدة التدرج.	0.40	
رمل محدول - خليط غريني من الرمل والحصى-دفن محدول من قطع صخرية قوية ذات مقاس واحد.	0.30	
رمل غريني - حصى أو رمل مختلط مع غرين أو طين.	0.25	
غرين رملي ناعم - غرين غير لدن	0.20	
طين طري - غرين طيني طري.		0.030 – 0.005
طين صلد خشن السطح - غرين طيني صلد خشن السطح.		0.060 – 0.030
خرسانة أو ركائز لوحية خرسانية تحتك أو تلتصق مع التربة التالية:-		
حصى محدول -خليط محدول من الحصى والرمل-دفن محدول من قطع صخرية جيدة التدرج.	0.50 – 0.40	
رمل محدول - خليط غرين من الرمل والحصى - دفن محدول من قطع صخرية قوية ذات مقاس واحد.	0.40 – 0.30	
رمل غريني - حصى أو رمل مختلط مع غرين أو طين.	0.30	
غرين رملي ناعم - غرين غير لدن.	0.25	
طين طري - غرين طيني طري.		0.035 – 0.010
طين صلد خشن السطح - غرين طيني صلد خشن السطح.		0.060 – 0.035

* قيم معامل الاحتكاك والتلاصق هي القيم القصوى، ويتطلب الوصول إليها حصول حركة بقدر كاف للجدار الساند.

** حيثما جاء ذكر معامل الاحتكاك لوحده فإن تأثير التلاصق يدخل ضمن معامل الاحتكاك.

$$R_h = R_v \tan d + c_a \quad (9/4-5)$$



الشكل 5-2/4: تصريف المياه في الجدران الساندة

3/4-5 تأثير الزلازل على الجدران الساندة

1/3/4-5 عام

1/1/3/4-5 تعتمد قيمة ضغط التربة الجانبي الديناميكي للزلازل المؤثر على الجدار الساندة على ما يلي:-

(أ) الجساءة النسبية للجدار الساند.

(ب) نوع التربة.

(ج) شدة الزلزال.

(2) تتحدد الجساءة النسبية للجدار الساند تبعاً 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 تبعاً لتقسيم المناطق في العراق ، وبحسبما هو منصوص عليه في مدونة الزلازل من مدونات البناء العراقية (م.ب.ع.303).

5-2/3/4 حساب ضغط التربة

5-1/2/3/4 يجب تحديد أثر الأفعال الديناميكية الجانبية الناشئة عن الزلازل المؤثرة على الجدران الساندة بالرجوع إلى مراجع أكثر تخصصاً.

5-2/2/3/4 في الحالات العادية، وكطريقة مبسطة، يسمح بتصميم الجدران الساندة لمقاومة أحمال جانبية ساكنة مكافئة لأفعال الزلازل.

5-3/2/3/4 يحسب الحمل الجانبي الساكن المكافئ لأفعال الزلازل والمؤثر على الجدار الساند باستعمال العلاقات نفسها المنصوص عليها في البند (5-5/3) لحساب ضغط التربة الجانبي، على أن تقلل قيمة زاوية مقاومة القص للتربة. ويعتمد مقدار التقليل على تقسيم المناطق في العراق وشدة الزلازل المتوقعة، وبالاسترشاد بالجدول (5-2/4).

الجدول 5-2/4: قيم التقليل في زاوية مقاومة القص (f)

المنطقة	شدة الزلزال بحسب مقياس ميركالي	قيمة التقليل في الزاوية (f) (درجة)
أ	أكثر من 8	5
ب	6 إلى 8	4
ج	4 إلى 6	2
د	أقل من 4	1

مراجع الباب الخامس

[1] Bowels, J. E., "Foundation Analysis and Design", McGraw-Hill, 5th Edition, 1997.

[2] مركز بحوث الاسكان والبناء، "الكود المصري لميكانيكا التربة وتنفيذ الاساسات"، جمهورية مصر العربية، الطبعة السادسة-التحديث الثاني، 2001.

[3] Rao, N. S. V. K., "Foundation Design : Theory and Practice", John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, 1st Ed, 2011.

الباب السادس

الحفريات والردم والتدعيم وتقوية الاسس

1-6 الحفريات

1/1-6 شروط عامة للحفريات

1/1/1-6 يجب التأكد من تنفيذ الاسس على طبقة تتحمل الاجهادات التصميمية.

2/1/1-6 تزال جميع نواتج الحفر من موقع البناء إذا كانت تحول دون استمرار العمل، وتنتقل وتطرح 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.

3/1/1-6 يراعى تقليل حركة الآليات والمركبات بالقرب من أماكن الحفريات.

4/1/1-6 يراعى قبل مباشرة أعمال 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 الأضرار التي قد تنشأ عن أعمال الحفر أو عن تأثير العوامل الجوية كالأمطار والصقيع والرياح.

5/1/1-6 يجب على المقاول اتخاذ جميع إجراءات السلامة العامة بحسب ما تنص عليه مدونة السلامة العامة في تنفيذ المشاريع الانشائية (م.ب.ع.306).

2/1-6 استطلاع الموقع

يجب قبل البدء في أعمال الحفريات إجراء استطلاع للموقع، باتباع ما تنص عليه مدونة استطلاع الموقع (م.ب.ع.1/302).

3/1-6 تأثير الحفريات على تصميم الاسس

1/3/1-6 يجب مراعاة تأثير ظروف الموقع ومشاكل الإنشاء وكذلك دراسة أسس المباني المجاورة ووسائل تدعيم جوانب الحفر أو المباني المجاورة أو كليهما على تصميم الأسس.

2/3/1-6 يوضح تتابع أعمال الحفر على مخططات معدة خصيصا لهذا الغرض، أو في مواصفات المشروع الخاصة، أو في كليهما وذلك في حالات الإنشاء التي تتطلب ذلك.

4/1-6 تصريف المياه

يجب اتخاذ جميع التدابير والإجراءات اللازمة لتصريف المياه بعيدا عن موقع الحفر، ونزح أو تصريف المياه المتجمعة بدون الإضرار بثبات جوانب الحفر.

5/1-6 إعداد قاع الحفر والميول الجانبية

1/5/1-6 يوصى بتغطية قاع الحفر في التربة المتماسكة بعد الوصول الى مستوى تربة الاساس بأغطية بلاستيكية أو غيرها لتحول دون تغير محتوى الرطوبة فيها.

6-2/5/1 تغطى الميول الجانبية بأغطية بلاستيكية أو تدعيمها بألواح خشبية، أو أي وسيلة تدعيم أخرى مناسبة إذا لزم الأمر.

6-3/5/1 يحفر آخر (150) ملمترا باستعمال طرائق الحفر اليدوية وذلك في حالات استعمال اجهزة الحفر الآلية، ويستثنى من ذلك حالات الصخر الصلب.

6-4/5/1 يسوى قاع الحفر وحدله جيدا وإزالة أية أنقاض أو أتربة أو مياه متجمعة أو قاذورات وخلافها قبل البدء في أعمال تنفيذ الاسس.

6-5/5/1 يجب أن يكون سطح تربة الأساس بمستوى أفقي واحد، ويسمح في حالة الضرورة بعمل تدرجات مستوية أفقية.

6-6/1 حفريات الاسس

6-1/6/1 يراعى التقيد - قدر الإمكان - بأبعاد حفريات الأسس المبينة على المخططات وتجنب أي زيادة فيها.

6-2/6/1 تعدل أبعاد الأسس في الحالات التي تتطلبها طبيعة التربة وبعد إجراء الكشف عليها للتأكد من قدرة طبقة الأساس على تحمل الاجهادات التصميمية.

6-3/6/1 يسمح في حالة زيادة أبعاد حفريات الاسس، بسبب الخطأ، بتعبئة الأبعاد الأفقية الزائدة بمواد ترابية مختارة تحدل على طبقات لا يزيد سمكها على (200) ملمتر. أما العمق الزائد من الحفريات فيدفن بمادة الحصى الخابط على شكل طبقات مع الحدل والفحص بموجب المواصفات وصولا الى المستوى المطلوب[1].

6-7/1 حفريات الخنادق للخدمات العامة

6-1/7/1 تنفذ حفريات الخنادق لتمديد أنابيب المجاري أو أنابيب المياه الصالحة للشرب أو أية تمديدات أخرى للخدمات العامة بحسب الأبعاد المبينة على المخططات.

6-2/7/1 يجب اتخاذ تدابير خاصة عند حفر خنادق الخدمات العامة المجاورة للمباني وذلك عندما تقل المسافة بين جانب الخندق وطرف الأساس القريب عن مرة ونصف من عمق الخندق مقاسا من مستوى أساس المبنى المجاور. ويستثنى من هذا الشرط الحالات التي يكون الأساس فيها على صخر صلب، حيث تتحدد المسافة الدنيا بين جانب الحفر وطرف الأساس بحسب طبيعة الصخر ونوعيته.

6-8/1 أعمال الردم حول الاسس

6-1/8/1 تكون المواد المختارة لأعمال الردم حول الاسس أو لأعمال التسوية خالية من أية مواد ضارة أو قطع خشبية، أما الحجارة والكتل الخرسانية فيجب ألا يزيد مقاسها على (100) ملمتر.

6-2/8/1 ينفذ الردم حول الاسس ولأغراض التسوية على طبقات لا يزيد سمكها عن (200) ملمتر، ترش بالماء ثم تحدل ميكانيكيا، ويسمح باستعمال الحادلات اليدوية الخاصة للاماكن التي لا يمكن استعمال الحادلات الميكانيكية فيها لضيق المكان أو لأسباب أخرى، على ألا يقل وزن الحادلة اليدوية عن (150)

نيوتن. ويجب أن يكون الحدل كافيا لتصل كل المواد المحدولة إلى كثافة جافة تساوي (95) بالمائة من الكثافة الجافة القصوى كما يحددها المختبر باستعمال فحص بروكتور القياسي.

6-8/3 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 الحدل إلا بعد التأكد من أن محتوى الرطوبة لتلك الطبقات قد أصبح بالقدر المطلوب ومقاربا لنسبة الرطوبة المطلوبة للحدل.

6-8/4 يجب تنفيذ أعمال الردم حول الجدران والاسس بالتناوب والتساوي من الداخل والخارج وذلك لضمان ثبات تلك الإنشاءات[1].

6-9/1 المواد التي يحظر استعمالها في أعمال الردم

يحظر استعمال المواد التالية في أعمال الردم :-

6-9/1-1 المواد المستخرجة من قاع المستنقعات.

6-9/1-2 جذوع الأشجار والأعشاب وغيرها من المواد العضوية.

6-9/1-3 المواد المحتوية على حجارة أو كسر صخور أو مواد حصوية يزيد مقاسها على (100) ملمتر.

6-9/1-4 التربة التي يزيد دليل لدونتها (PI) على (20)، كتلك التي لها قابلية عالية أو مفرطة لاحتواء الماء، أو التي لها قابلية عالية للانفخاخ عند زيادة محتوى الرطوبة، والتربة التي تذوب في الماء وتسبب حدوث كهوف في منطقة الدفن.

6-9/1-5 أنقاض الأبنية.

6-9/1-6 التربة التي تحتوي على نسبة عالية من الأملاح القابلة للذوبان أو تلك المحتوية على مواد ضارة أخرى.

6-10/1 تدعيم جوانب الحفر

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

6-2 تدعيم المباني

6-1/2 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 ألا يشكل ذلك خطورة على تلك المباني.

6-2/2 التنفيذ

يجب أن تنفذ أعمال التدعيم مباشرة بعد القيام بأعمال الحفر أو خلال أعمال الحفر وبالطرائق وللأعماق المطلوبة لتحقيق الدعم الكافي للمنشآت القائمة المجاورة مع توجيه عناية خاصة للأركان (الزوايا) الخارجية للمباني القائمة، على أن تترك أعمال الدعم في مواضعها لأطول فترة ممكنة. ويفضل

استعمال الدعائم المعدنية، كما يجب في جميع الحالات الكشف على اعمال التدعيم ونظام التدعيم بشكل دوري للتأكد من سلامته.

6-3 تدعيم الاسس (Underpinning)

6-3/1 عام

6-3/1/1 الجدوى من تقوية الأسس

6-3/1/1/1 قبل اللجوء إلى تقوية الأسس يجب إجراء دراسة مستفيضة من قبل جهة مؤهلة وذات خبرة في هذا المجال، وذلك لتحديد فعالية تقوية الأسس وصولاً إلى الهدف المطلوب.

6-3/1/1/2 تهدف تقوية الأسس إما إلى نقل الأحمال المؤثرة على الأسس من مستوى تربة الأساس إلى مستوى جديد على عمق أكبر أو إلى زيادة عرض الأساس عند المستوى نفسه وذلك للأسباب التالية:-
(أ) الحد من هبوط الأسس.

(ب) زيادة قدرة تحمل الاسس.

(ج) السماح بخفض مستوى الأرض المجاورة بدون تعريض المنشأ إلى ضرر.

(د) الوصول إلى مستوى أساس لا تتأثر تربته بالتغيرات الفصلية.

6-3/2 الظروف الأرضية

يجب قبل البدء في أعمال تقوية الأسس إجراء استطلاع لأرض الموقع لمعرفة المناسب مما يلي :-
6-3/2/1 أسباب الهبوط، وأسلوب التقوية المناسب.

6-3/2/2 الطبيعة العامة للأرض، خاصة إذا اقتضت الظروف خفض مستوى الارض المجاورة.

6-3/2/3 قدرة تحمل التربة عند الاعماق المختلفة.

6-3/3 ثبات المنشأ

يجب فحص المنشأ المراد تقوية اسسه بعناية، لمعرفة مستوى تربة الأساس وأبعاد الأسس والكشف عن أي شقوق في عناصره الإنشائية، كما يجب التأكد فيما إذا كان المنشأ بحاجة إلى تدعيم مؤقت في أثناء تنفيذ أعمال التقوية بسبب ضعف قد يظهر في المنشأ نفسه[1].

6-3/4 تقليل الأحمال

يجب قبل البدء في أعمال الحفر تقليل كل أنواع الأحمال المؤثرة على الاسس أو المنشأ بقدر الامكان.

6-3/5 الحفريات

يجب تدعيم جوانب الحفر بالتدعيم اللازم لأعمال تقوية الاسس، أو اتخاذ وسائل اخرى لمنع تحرك التربة.

6-3/6 رصد أعمال تدعيم الأسس

يجب القيام بأعمال رصد دورية لحركة الجدران بشكل مستمر في أثناء تنفيذ أعمال تقوية الاسس، كأن تؤخذ قراءات للحركة الجانبية باستعمال الشاقول المعلق من أعلى المنشأ في عدة نقاط بما فيها الأركان، بالإضافة إلى مراقبة مستويات عدد من النقاط على الجدار بالاعتماد على نقطة اسناد مرجعية (Benchmark) بعيدة لا تتأثر بأعمال التدعيم.

7/3-6 التنفيذ

1/7/3-6 عام

تنفذ أعمال التقوية على مراحل وبأطوال محددة، بحيث يتحدد طول كل مرحلة ينجز فيها الحفر تحت الأساس القائم ودعمه مؤقتا في أثناء تنفيذ الأساس الجديد مع مراقبة الحركات بحسب طبيعة المنشأ وحالته وضغط التحميل وطبيعة التربة.

2/7/3-6 الفترة الزمنية

يجب مباشرة تنفيذ الأساس الجديد تحت الأساس 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.

3/7/3-6 صب خرسانة الأساس الجديد

1/3/7/3-6 يجب تنظيف السطح السفلي للأساس القديم تماما وإزالة الأتربة والمواد المفككة.

2/3/7/3-6 يصب الأساس الجديد من خرسانة تحشية ذات محتوى رطوبة منخفض وذلك حتى مستوى يقل عن مستوى السطح السفلي للأساس القديم بمقدار (100) ملمتر، وتترك الخرسانة المصبوبة فترة زمنية كافية لتمام رصها، ومن ثم يحشى الفراغ بخرسانة جافة مع حدها بقوة لضمان تعبئة جميع الفراغات، وإذا لم يكن بالإمكان تحشية الفراغ بخرسانة جافة مرصوصة جيدا فتكون التحشية بخرسانة ذات مضافات تعطي خاصية التمدد للخلطة الخرسانية المستعملة لتنفيذ طبقة التحشية، ويفضل استعمال المضخة الخرسانية لأعمال التحشية لغرض الحصول على خرسانة كثيفة خالية من الفراغات.

3/3/7/3-6 لا يسمح بتنفيذ المرحلة التالية في موضع مجاور إلا بعد تصلب الخرسانة بالقدر الذي يمكنها من تحمل الأوزان الواقعة عليها[1].

- [1] مركز بحوث الاسكان والبناء، "الكود المصري لميكانيكا التربة وتنفيذ الاساسات"، جمهورية مصر العربية، الطبعة السادسة-التحديث الثاني، 2001.
- [2] القصبي، السيد عبد الفتاح، "هندسة الأساسات"، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، الطبعة الثالثة، 2010.
- [3] الشافعي، اسامة مصطفى، "الأساسات"، الجزء الاول، دار الراتب الجامعية، بيروت، الطبعة الأولى، 1986.
- [4] Rao, N. S. V. Kameswara, "Foundation Design ,Theory and Practice", John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, 1st Ed., 2011.

الملحق (أ)
المصطلحات الفنية

	(أ)
Plastic Equilibrium	اتزان لدن
Elastic Equilibrium	اتزان مرن
Stress	إجهاد
Friction	احتكاك
Internal Friction	احتكاك داخلي
Surface Friction	احتكاك سطحي
Load Test	اختبار (فحص) تحميل
Bearing	تحمل او ارتكاز
Displacement	إزاحة
Small Displacement	إزاحة صغيرة
Large Displacement	إزاحة كبيرة
Foundation	أساس
Wall Footing	أساس جداري
Raft Foundation	أساس حصيرة
Pile Foundation	أساس ركيزة
Shallow Foundation	أساس سطحي أو ضحل
Strip Foundation	أساس طولي
Pad Foundation – Column Foundation	أساس عمود
Deep Foundation	أساس عميق
Pier	أساس دعامة
Continuous footing	أساس مستمر
Combined Footing	أساس متصل
Cantilever Footing	أساس ناتئ
Horizontal	أفقي
Illite	إللايت
Buckling	إنبعاج
Strain	إنفعال

Shrinkage	انكماش
Consolidation	إنضمام
Primary Consolidation	إنضمام رئيس
Secondary Consolidation	إنضمام ثانوي
Defelction	أود (إنحراف)

(ب)

Boring	بئر اختباري
Polythene	بوليثين

(ت)

Dissipation	تبدد
Overconsolidated Soil	تربة مفرطة الانضمام
Organic Soil	تربة عضوية
Cohesionless Soil	تربة غير متماسكة
Compressible Soil	تربة قابلة للانضغاط
Expansive Soil	تربة قابلة للانتفاخ والانكماش
Cohesive Soil	تربة متماسكة
Frequency	تردد
Deformation	تشوه
Angular Distortion	تشوه زاوي
Plastic Deformation	تشوه لدن
Elastic Deformation	تشوه مرن
Floating	تعويم
Casing	تغليف
Structural Interaction	تفاعل إنشائي
Adhesion	تلاصق
underpinning	تدعيم (تقوية) الأسس
Cohesion	تماسك

(ج)

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 ناتئ
Web	جذع
Bell	جرس
Rigidity	جساءة
Flexural Rigidity	جساءة الانحناء
Relative Rigidity	جساءة نسبية
Drought	جفاف
Flange	جناح

(ح)

Packing	حشو
Ultimate Load	حمل أقصى
Working Load	حمل التشغيل
Live Load	حمل حي
Lateral Load	حمل جانبي
Allowable Pile Load	حمل الركيزة المسموح به
Dynamic Load	حمل ديناميكي
Wind Load	حمل الرياح
Earthquake Load	حمل الزلازل
Non – vertical Load	حمل مائل
Moving Load	حمل متحرك
Dead Load	حمل ميت

Consolidation Characteristics	(خ) خصائص الانضمام
Helmet	قبعة (خوذة)
Dowel	(د) دسار
Piers	دعائم
Plasticity Index	دليل اللدونة
Vertical	(ر) رأسي
Beam	رافدة
Ground Beam	رافدة ارضية
Soft	رخو
Subgrade Reaction	رد فعل التربة
Resonance	رنين
Pile	ركيزة
Preliminary Pile	ركيزة ابتدائية
Friction Pile	ركيزة احتكاك
Bearing Pile	ركيزة ارتكاز
Pipe Pile	ركيزة أنبوبية
Large Diameter Bored Pile	ركيزة حفر كبيرة القطر
Driven Pile	ركيزة دق
Test Pile	ركيزة تجريبية
Precast Pile	ركيزة مسبقة الصب
Tension Pile	ركيزة شد
H – Pile	ركيزة على شكل الحرف H
Sheet Pile	ركيزة لوحية
Raking Pile – Batter Pile	ركيزة مائلة
Bored Cast-in-place Pile	ركيزة حفر مصبوبة في الموقع

Driven Cast-in-place Pile
Cased Pile

ركيزة دق مصبوبة في الموقع
ركيزة مغلفة

Angle

(ز)
زاوية

Angle of Friction

زاوية الاحتكاك

Angle of Shear Resistance

زاوية مقاومة القص

Long-term Creep

زحف طويل الأمد

Behaviour

(س)
سلوك

Thickness

سمك

Very Stiff

(ص)
صلد جدا

Net Loading Intensity

(ض)
ضغط التحميل الصافي

Gross Loading Intensity

ضغط التحميل الكلي

Allowable Bearing Pressure

ضغط التحميل المسموح به

Presumed Bearing Capacity

قابلية التحميل المفروضة

Earth Pressure

ضغط التربة

Active Earth Pressure

ضغط التربة الجانبي الفعال

Passive Earth Pressure

ضغط التربة الجانبي غير الفعال

Earth Pressure at Rest

ضغط تربة الساكن

Effective Soil Pressure

ضغط التربة الفعال

Pore Water Pressure

ضغط ماء المسام

	(ط)
Layer	طبقة
Foundation Layer	طبقة الأساس
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

	(ف)
Weephole	فتحة تصريف مياه
Cantilever Action	فعل ناتيء

	(ق)
Soldier	قائمة
Ultimate Bearing Capacity	قابلية التحمل القصوى
Ultimate Bearing Capacity of a Pile	قابلية التحمل القصوى لركيزة
Net Ultimate Bearing Capacity	قابلية التحمل القصوى الصافية
Bearing Plate	قرص تحميل
Shear	قص
Cap	قبعة
Pile Cap	قبعة الركيزة
Consistency	قوام
Force	قوة
Seepage Force	قوة تسرب

	(ك)
Relative Density	كثافة نسبية
Dense	كثيف
Very Dense	كثيف جدا

	(ل)
Eccentricity	لامركزية
Soft	لين او رخو

	(م)
Ground Water	ماء جوفي
Pore Water	ماء المسام
Elastic Material	مادة مرنة
Owner	مالك
Pulsative	متذبذب
Homogenous	متجانس
Pile Group	مجموعة ركائز
Smectite Group	مجموعة السمكتايت
Resultant	محصلة
Galvanized	المغلول
Joint	مفصل
Overconsolidated	مفرطة الانضمام
Boiler	مرجل
Horizontal Component	مركبة أفقية
Vertical Component	مركبة رأسية
Flexible-Elastic	مرن
Bearing Area of Foundation	مساحة الأساس المحملة
Contact Area	مساحة تماس
Porosity	مسامية
Aquifer	مستودع ماء أرضي

Factor-Coefficient	معامل
Factor of Safety	معامل الأمان
Shape Factor	معامل الشكل
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 جداً
Strength	مقاومة
Shear Strength	مقاومة القص
Slurry	ملاط رقيق القوام
Montmorillonite	مونت موريلونايت
Foundation Level	مستوي الأساس
Substructure	منشأ تحتاني
Superstructure	منشأ فوقاني
Rake	ميل
Isotropic	موحد الخواص

	(ن)
Slenderness	نحافة
Dewatering	نزع الماء - خفض الماء الجوفي
Void Ratio	نسبة الفراغات
Substructure System	نظام إنشائي تحتاني
Drainage System	نظام تصريف

	(هـ)
Settlement	هبوط
Consolidation Settlement	هبوط الانضمام
Free Settlement	هبوط حر
Long Term Settlement	هبوط طويل الأمد
Immediate Settlement	هبوط آني
Short Term Settlement	هبوط قصير الأمد
Differential Settlement	هبوط متفاوت

	(و)
Cleat	وسيلة تثبيت



دائرة المباتي

مشروع المدونات و المواصفات العراقية

www.codat.imariskhan.gov.iq

E.mail:moch.codat@codat.imariskhan.gov.iq

moch.codat@yahoo.com

moch.codat@gmail.com