جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات
كود رقم ٢٠٢ - ٢٠٠١
ECP 202 - 2001

الجزء الرابع : ٤/٢٠٢
الأساسات العميقة

اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

طبعة ٢٠٠٧

قرار وزارى
رقم (١٣٩) لسنة ٢٠٠١
فى شأن الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

- بعد الإطلاع على القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ بشأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٠٩٧ لسنة ١٩٦٩ فى شأن تحديد أسس تصميم وشروط استكشاف الموقع وتحديد خواص التربة واختباراتها .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٠٩٧ لسنة ١٩٦٩ فى شأن أسس وشروط وتحديد إجهادات التحميل المسموح بها فى حالة الأساسات العادية .
- وعلى قرار السيد رئيس الجمهورية رقم ٤٦ لسنة ١٩٧٧ بشأن مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٤٨ لسنة ١٩٨٦ فى شأن تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصرى للأساسات .
- وعلى القرار الوزارى رقم ٤٩٢ لسنة ١٩٩٦ بتشكيل اللجنة الرئيسية لأسس التصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى القرار الوزارى رقم ٤٩٤ لسنة ١٩٩٦ فى شأن تشكيل اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ الاساسات وميكانيكا التربة .

- وعلى قرارات وزير الإسكان والمرافق أرقام ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣ لسنة ١٩٩٥ في شأن أجزاء الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات .
- وعلى مذكرة السيد أ.د/ رئيس اللجنة الدائمة للكود والسيدة أ.د. / رئيس مركز بحوث الإسكان والبناء بشأن إصدار القرار الوزارى بنشر الكود .

قـــــرر

مادة (١): يستبدل الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات بأجزائه العشر الصادرة بقرار وزير الإسكان والمرافق أرقام١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣ لسنة ١٩٩٥ وذلك بالكود المرفق لهذا القرار بأجزائه العشر والمتضمنة تعديل وتطوير وتحديث الأجزاء الصادرة بالقرارات الوزارية المشار إليها .

مادة (٢): تلتزم الجهات المعنية والمذكورة فى القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ بتنفيذ ما جاء بهذا الكود .

مادة (٣): تتولى اللجنة الدائمة للكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات اقتراح التعديلات التى تراها لازمة بهدف التحديث كلما دعت الحاجة لذلك . وتعتبر التعديلات بعد إصدارها جزءا لا يتجزأ من الكود .

مادة (٤): يتولى مركز بحوث الإسكان والبناء المشار إليه العمل على نشر ما جاء بهذا الكود والتعريف به والتدريب عليه .

مادة (٥): ينشر هذا القرار فى الوقائع المصرية ويعتبر نافذا من تاريخ النشر .

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

استاذ دكتور مهندس / محمد ابراهيم سليمان

٤/ الأساسات العميقة

١/٤ مقدمة

يتضمن هذا الجزء الحد الأدنى لاشتراطات الأمان الواجب توافرها فى الأساسات العميقة ولقد روعى فى وضعه أن يغطى بالدرجة الأولى جميع الإنشاءات ذات الإستخدامات المدنية العادية فى مجالات الإسكان والبنية الأساسية والصناعة وما إلى ذلك . ومن ثم فهذه الإشتراطات قد لا تغطى متطلبات التشغيل السليم أو الأمان فى المنشآت ذات الطابع الخاص مثل منشآت الطاقة الذرية أو منشآت التحصين العسكرى وما يماثلها . كذلك روعى فى إعداد هذه الإشتراطات ملاءمتها لمعظم أنواع تراكيب التربة فى مصر والمنطقة العربية المجاورة وكذلك ملاءمتها لمستويات الإستيعاب والممارسة لتقنيات تنفيذ هذا النوع من الأساسات فى هذه المنطقة فى الوقت الحالى .

ويقتضى الأمر فى حالة التصدى لأحد أنواع المنشآت أو الأساسات ذات الطابع الخاص أولتراكيب غير عادية للتربة ،إتخاذ إجراءات الأمان الخاصة التى تتطلبها هذه الحالات بالإستعانة بما ورد فى الكودات العالمية المتخصصة بالإضافة للإشتراطات الواردة فى هذا الجزء.

١/١/٤ المجال

الأساسات العميقة هى الأساسات ذات العمق الكبير، ويقصد بعمق الأساس أدنى مسافة بين مستوى التأسيس والمنسوب النهائى لسطح الأرض . وفى حالة الأساسات العميقة تكون نسبة عمق الأساس إلى طول ضلعه الأصغر أكبرمن ثلاثة (> ٣) ، وبحيث لا يقل عمق الأساس عن ٤,٠٠ متراً. وعادة يختار المصمم هذا العمق الكبير للوصول الى طبقات تأسيس من التربة أو الصخر قوية وغير قابلة للإنضغاط بدرجة تؤثر على سلامة المنشأ . ويتناول هذا الجزء من الكود التعريف بأنواع الأساسات العميقة ودواعى إستخداماتها، كما يتناول بالتفصيل معايير تحليلها وتصميمها وإعطاء متطلبات تنفيذها .

٢/١/٤ أنواع الأساسات العميقة

تتضمن الأساسات العميقة المستخدمة فى مصر الأنواع التالية:

الخوازيق- القايسونات- الدعائم- الآبار الإسكندرانى.

الخوازيق

هى عناصر إنشائية نحيفة ذات كفاءة تحميل محورى عالية ، عادة ما تزيد نسبة طولها إلى قطرها عن حوالى عشرة، وتتراوح أقطارها فى العادة من ٠,٣ متراً إلى ١,٥ متراً أو أكثر وأطوالها من ٤,٠ متراً فأكثر وقد تصل فى بعض الحالات الخاصة إلى حوالى ٦٠,٠ متراً . ويلزم لتنفيذها عادة معدات ميكانيكية مختلفة . والخوازيق إما سابقة التصنيع تثبت فى التربة بالإختراق (دق برم- ضغط) أو تنفذ فى مكانها بوسائل الحفر والتفريغ أو الدق .

تستخدم الخوازيق لنقل أحمال الضغط أو الشد أو الأحمال الأفقية طبقاً لمتطلبات المنشأ، ومن أهم وظائفها تقليل التشكل (هبوط أو تحرك أفقى). وقد تستخدم الخوازيق لزيادة كثافة التربة الرملية و/ أو لتغيير قيمة التردد الطبيعى للتربة تحت أساسات الماكينات أو لتدعيم أساسات مبانى قائمة.

القايسونات

هى أساسات أسطوانية أو صندوقية ذات خلية واحدة أو عدة خلايا تتميز بمقاساتها الكبيرة. تصنع جزئيا أو كليا خارج مكان التأسيس وتثبت فى مكانها بالتغويص والحفر . ترتكز عادة تحت منسوب المياه الجوفية أو تحت قاع المسطحات المائية . ويتم الحفر وتنفيذ أجسام هذه القايسونات داخل غرف مفتوحة أو مغلقة قد تكون مزودة بإمكانية التحكم فى ضغط الهواء داخلها.

الدعائم

أساسات لها مقاسات كبيرة تنفذ بالحفر اليدوى أو الميكانيكى ولكن بدون تغويص وتكون بغلاف أو بدونه (خوازيق حفر ذات أقطار كبيرة)، قد يجفف المكان حولها وتنفذ داخل شدات كما فى دعامات الكبارى . تصنع من كتل حجرية قوية أو خرسانة عادية ذات كفاءة خاصة أو خرسانة مسلحة .

الآبار الاسكندرانى

هى عناصر إنشائية تنفذ تحت منسوب قاع القواعد المسلحة وعادة ما تقل نسبة طولها إلى قطرها أو ما يكافئه عن حوالى عشرة . تستعمل محليا عادة فى المناطق الجافة (عدم وجود مياه أرضية). ينفذ حفر البئر يدويا وبدون سند للجوانب إلا نادراً .

يملأ جسم البئر بإستعمال خرسانة عادية فقيرة أو رمل مثبت أو طبقات مدكوكة من الرمل والزلط وعادة لا تقل أقطارها عن ١,٥ متراً وبشرط أن تزيد عن أبعاد القاعدة المسلحة فوقها.

٣/١/٤ إستخدامات الأساسات العميقة

قبل اتخاذ قرار باستخدام أى من أنواع الأساسات العميقة يجب عمل دراسة شاملة للتأكد من أنه لا يمكن التأسيس على أى من أنواع الأساسات الضحلة ذلك لأن تكاليف الأساسات العميقة غالبا ماتزيد عن تكاليف الأساسات الضحلة علاوة على الصعوبات التى تصاحب تنفيذ الأساسات العميقة .

تستخدم هذه الأنواع من الأساسات عادة عندما تكون الطبقات الملائمة للتأسيس على عمق كبير من سطح الأرض وتكون جميع الطبقات التى تعلوها غير صالحة للتأسيس عليها لأنها لاتفى بمعاملات الأمان المطلوبة من ناحية الإجهادات أو الهبوط للمنشأ أو التجهيزات التى سيحويها، كما تستخدم الأساسات العميقة عندما تتطلب الدراسات الإقتصادية ذلك ، كما فى حالة تعذر تنفيذ أساسات ضحلة لما يستتبعه ذلك من تخفيض منسوب المياه الأرضية لأعماق كبيرة وما يتبع ذلك من مشاكل، أيضا لضمان سلامة اتزان المبنى فى المستقبل فى المواقع المعرضة طبقاتها العلوية للنحر أو للتطهير أو الحفر ، وقد تستخدم الأساسات العميقة أيضا لضمان سلامة واتزان المبانى المجاورة ، وفى حالات المنشآت التى تحتاج فى تصميمها لضغط تربة جانبى لاتزانها .

عند ملاءمة حالة تربة التأسيس لأكثر من نوع من الأنواع المذكورة فى البند ٢/١/٤ من هذه الإشتراطات، تكون المفاضلة عادة لأختيار النوع الأكثر إقتصادا فى التكاليف وفى فترة التنفيذ. وعموما تكون الأساسات الخازوقية ذات الأقطار العادية أى من ٣٠٠ ملليمتراً الى ٦٠٠ ملليمتراً أكثر ملاءمة فى حالات الأساسات ذات الحمولات الخفيفة نسبيا والكثيرة العدد، بينما يكون التأسيس على خوازيق التثقيب (الحفر – التفريغ)ذات الأقطار الكبيرة (أقطارها أكبر من ٦٠٠ ملليمتراً) أو الخوازيق الشريطية أو القايسونات أو الدعائم أكثر ملاءمة للحمولات العالية القيمة والقليلة العدد مثل منشآت الكبارى الرئيسية ذات البحور الكبيرة.

٤/١/٤ تعريفات

نورد فيما يلى تعريفات لبعض المصطلحات المستخدمة فى مجال الأساسات العميقة مبوبة طبقا لتسلسلها بالحروف اللاتينية:

Air lock

• هويس هوائى

حجرة إنتقال تستعمل فى أعمال الهواء المضغوط (أنظر القايسونات) ، لهذه الحجرة بابان واحد يفتح على الهواء الطلق وآخر متصل بفراغ الهواء المضغوط، وقد تملأ الحجرة بالهواء

المضغوط أو يخفض هذا الضغط حتى يماثل الضغط الجوى العادى ليسمح بمرور العمال والمواد إلى أو من فراغ الهواء المضغوط مع الحفاظ على قيمة الضغط فى هذا الفراغ الأخير .

• ستدان **Anvil**

الجزء الذى يتلقى دقات المطرقة (الشاكوش) المدارة بالطاقة وينقله إلى الخازوق .

• فوران (أثناء تنفيذ الخازوق) **Boiling**

ظاهرة إندفاع حبيبات التربة داخل تجويف ماسورة التثقيب من أسفل إلى أعلا نتيجة لإندفاع الماء من التربة تحت تأثير وجود فرق فى منسوب المياه خارج وداخل الماسورة.

• وسادة المطرقة (الشاكوش) **Dolly, Hammer cushion**

وسادة من خشب صلد أو مادة أخرى مناسبة توضع فوق أو داخل طربوش الدق driving cap أو الخوذة helmet لتلقى ضربات المطرقة(شاكوش الدق) .

• طربوش الدق أو الخوذة **Driving cap or Helmet**

خوذة حديد مؤقتة توضع فوق رأس الخازوق الحديد أو ماسورة الدق أو الخازوق سابق الصب لتوزيع طاقة الدق ولتقليل التلف الحادث لرأس الخازوق أو الماسورة أثناء الدق.

• سقوط أو مشوار **Drop or stroke**

مسافة بسقوط الدقاق ram .

• مطرقة (شاكوش) حرة السقوط **Drop hammer**

معدة تحتوى على ثقل عادة معدنى، يرفع بونش أو بوسائل هيدروليكية ويسمح بسقوطه حراً (تحت تأثير الجاذبية فقط).

• دليل **Guide**

قطاعات حديدية تركب على قائم ماكينة الدق أو الحفر لتوجيه مطرقة (شاكوش) الدق أو الخازوق أو البريمة.

• أثقال تحميل **Kentledge**

أثقال تستعمل لإضافة حمل مؤقت لوحدات المنشأ. مثل الأثقال التى تستخدم أعلا القايسونات للمساعدة فى تغويصها، أو كحمل ميت فى إختبارات التحميل وتكون عادة من كتل الحديد أوالخرسانة ..... إلخ .

• قالم الماكينة **Leader, Mast**

يتكون من قطاعات حديدية يثبت بها دليل المطرقة (الشاكوش)أو الخازوق أو البريمة لتحديد المسار أثناء التنفيذ .

• حشو(وسادة الخازوق) **Packing, Pile cushion**

وسادة من مادة مرنة (قادرة على إمتصاص الصدمات والعودة إلى شكلها الأصلى) محتواه بين الخوذة helmet ورأس الخازوق لتقليل الإتلاف المحتمل حدوثه لرأس الخازوق أثناء الدق.

• إختـــراق **Penetration**

المسافة التى تخترقها أداة الجس أو القايسون أو الأساس العميق ....إلخ، مقاسة من منسوب سطح الأرض .

• هامة الخازوق أو الخوازيق **Pile cap**

كتلة خرسانية مسلحة تصب فوق رأس الخازوق أو مجموعة الخوازيق لتنقل الحمل من المنشأ إلى الخازوق أو مجموعة الخوازيق .

• دقاق- مطرقة **Ram**

جزء المطرقة (الشاكوش)المتحرك صعوداً وهبوطاً لإحداث الجهود الديناميكية للدق.

• هبوط مناعة (إختراق) **Set (refusal)**

المسافة الصافية التى يخترقها الخازوق داخل الأرض مقابل دقة واحدة من دقات المطرقة (الشاكوش) .

• **كعب الخازوق** **Shoe**

قطعة من الحديد تصنع عادة من الصلب أو الحديد الزهر، وتثبت فى الطرف السفلى للخازوق أو ماسورة الدق لتسهيل اختراق الخازوق أو الماسورة للأرض.

٢/٤ الخوازيق

١/٢/٤ مقدمة

• تطبق هذه الإشتراطات على جميع أنواع خوازيق الإختراق (الدق- الضغط- البرم) أو التثقيب (الحفر - التفريغ) بموادها المختلفة وطرق تنفيذها المتعددة والمذكورة فى هذه الإشتراطات. وفى حالة التعرض لاستعمال أنواع أخرى غير المذكورة فى هذه الإشتراطات فيجب أن يطبق عليها ما يلائمها من هذه الإشتراطات بقدر الإمكان ،مع الإعتماد أساسا على نتائج إختبارات التحميل لهذه الخوازيق .

• الوظيفة الأساسية للخوازيق هى نقل الحمل إلى الطبقات السفلى القادرة على الحمل بمعامل أمان كاف، وبحيث لا تخل قيم الهبوط المناظرة لحمل التشغيل بوظائف المنشأ. وتكتسب الخوازيق قدرتها على الحمل من تضامن مقاومة الإحتكاك على طول جوانبها مع مقاومة الإرتكاز عند قواعدها أى نقط إرتكازها.

• وفى بعض الأحوال خلاف نقل الحمل إلى الطبقات السفلى- تستخدم خوازيق من الرمل أو الزلط وذلك بغرض زيادة قدرة تحمل التربة للتأسيس عليها بالأساسات الضحلة أو بغرض الإسراع بانضغاطية التربة الطينية أو بغرض معالجة بعض أضرار التربة القابلة للإنتفاش . وتنفذ هذه الخوازيق عادة بعمل ثقب داخل الأرض وملئه برمل أو زلط ذى تدرج مناسب للغرض من استخدام الخوازيق.

٢/٢/٤ إستكشاف وإعداد الموقع

يجب أن يسبق عمليات تصميم وتنفيذ الخوازيق استكشاف شامل للموقع يتضمن مايلى:

١/٢/٢/٤ فحص الأرض

تتم عمليات فحص الأرض المخصصة للمشروع طبقا للتوصيات الخاصة بدراسة الموقع والواردة فى الجزء الأول من هذا الكود بواسطة متخصصين وذوى خبرة مع إعداد تقرير خاص بذلك طبقا للمصطلحات المعتمدة . تؤخذ الجسات فى موقع العمل مع إلحاقها باختبارات الاختراق المناسبة

• **كعب الخازوق** **Shoe**

قطعة من الحديد تصنع عادة من الصلب أو الحديد الزهر، وتثبت فى الطرف السفلى للخازوق أو ماسورة الدق لتسهيل اختراق الخازوق أو الماسورة للأرض.

٢/٤ الخوازيق

١/٢/٤ مقدمة

• تطبق هذه الإشتراطات على جميع أنواع خوازيق الإختراق (الدق- الضغط- البرم) أو التثقيب (الحفر - التفريغ) بموادها المختلفة وطرق تنفيذها المتعددة والمذكورة فى هذه الإشتراطات. وفى حالة التعرض لاستعمال أنواع أخرى غير المذكورة فى هذه الإشتراطات فيجب أن يطبق عليها ما يلائمها من هذه الإشتراطات بقدر الإمكان ،مع الإعتماد أساسا على نتائج إختبارات التحميل لهذه الخوازيق .

• الوظيفة الأساسية للخوازيق هى نقل الحمل إلى الطبقات السفلى القادرة على الحمل بمعامل أمان كاف، وبحيث لا تخل قيم الهبوط المناظرة لحمل التشغيل بوظائف المنشأ. وتكتسب الخوازيق قدرتها على الحمل من تضامن مقاومة الإحتكاك على طول جوانبها مع مقاومة الإرتكاز عند قواعدها أى نقط إرتكازها.

• وفى بعض الأحوال خلاف نقل الحمل إلى الطبقات السفلى- تستخدم خوازيق من الرمل أو الزلط وذلك بغرض زيادة قدرة تحمل التربة للتأسيس عليها بالأساسات الضحلة أو بغرض الإسراع بانضغاطية التربة الطينية أو بغرض معالجة بعض أضرار التربة القابلة للإنتفاش . وتنفذ هذه الخوازيق عادة بعمل ثقب داخل الأرض وملئه برمل أو زلط ذى تدرج مناسب للغرض من استخدام الخوازيق.

٢/٢/٤ إستكشاف وإعداد الموقع

يجب أن يسبق عمليات تصميم وتنفيذ الخوازيق استكشاف شامل للموقع يتضمن مايلى:

١/٢/٢/٤ فحص الأرض

تتم عمليات فحص الأرض المخصصة للمشروع طبقا للتوصيات الخاصة بدراسة الموقع والواردة فى الجزء الأول من هذا الكود بواسطة متخصصين وذوى خبرة مع إعداد تقرير خاص بذلك طبقا للمصطلحات المعتمدة . تؤخذ الجسات فى موقع العمل مع إلحاقها باختبارات الاختراق المناسبة

كلما أمكن ذلك . كما يجب أن تتضمن الجسات بيانات كافية لاستكشاف وتحديد طبيعة التربة حول وأسفل الخوازيق المقترحة- وخاصة بالنسبة للطبقات التى يبدو أنها تساهم بوضوح فى تحديد سعة التحميل المأمون والهبوط المسموح وذلك لتوفير البيانات التالية:

- قطاعات جيولوجية توضح مسار الطبقات الرئيسية وما إذا كان هناك عوائق مدفونة داخل الطبقات .
- نتائج اختبارات كافية لتقدير معاملات المقاومة القصوى للقص والتضاغط للطبقات الرئيسية للتربة .
- تحديد إمتداد طبقة إرتكاز الخازوق المحتملة إن وجدت . وفى حالة الطبقات الصخرية فإنه يجب تحديد نوع الصخر والتأكد من استمرارية الصخر السليم وعدم وجود فجوات لمسافة كافية أسفل نقط إرتكاز الخوازيق، وتحديد ما إذا كان سطح الصخر مستويا أو مائلا أو غير منتظم وكذلك سمك طبقة الصخر ضعيفة التماسك إن وجدت والتى يجب أن تخترقها الخوازيق.
- تقدير مقاومة الإرتكاز عند قاعدة الخازوق أى نقطة ارتكازه ، وكذلك مقاومة الإحتكاك على جوانب الخازوق منفردتين وعلى أعماق مختلفة فى الموقع- وذلك عندما لاتسمح حالة التربة باستعمال خازوق ارتكاز على عمق اقتصادى (انظر بند ٦/٢/٤).
- يجب تعيين حدود الطبقات المتتالية بدقة كافية فى حالة خوازيق الإرتكاز التى تنتهى فى طبقة من الرمل الكثيف أو الزلط .
- تحديد مناسيب المياه الأرضية والطبقات المختلفة الحاملة لها وإجراء التحاليل الكيميائية اللازمة لتعيين العناصر المضرة الموجودة فى أى من المياه الأرضية أو التربة والتى قد تؤثر فى مادة الخازوق وذلك لعمل الإحتياطات الخاصة والواجبة فى مثل هذه الظروف (أنظر بند ٤/٢/ ٤)
- أن يحدد بعناية تامة وجود أى خطوط رئيسية للغاز أو المياه أو كابلات الكهرباء أو أى نوع من الخدمات التى قد تضار أو تدمر أو تسبب أخطارا أو وجود أى عوائق لعمليات تنفيذ الخوازيق مثل منشآت تحت الأرض أو أساسات قديمة- وذلك إما من الخرائط الخاصة بهذه الخدمات إن وجدت أو باتباع وسائل حفر مؤمنة (أنظر بند ٦/٤).
- فحص الموقع من حيث طبوغرافيته- حدوده- جيرانه- أقرب مصدر متاح للكهرباء أو الماء والتى تعتبر من أهم العوامل التى تحدد أكثر أنواع الخوازيق ملاءمة للموقع (أنظر بند ٥/٢/٤)

- فحص الموقع من حيث ملاءمته للتشوينات المطلوبة للأنواع المقترحة من الخوازيق ٠ حيث يجب تجنب تشوين معدات ثقيلة فوق تربة رخوة أو استعمال معدات تحتاج إلى إرتفاع كبير فى أماكن مسقوفة (محدودة الإرتفاع).

٢/٢/٢/٤ فحص المنشآت المجاورة

يجب أن يتضمن الفحص المبدئى للموقع تقييما وافيا لحالة المبانى المجاورة- إذ أن إختيار أى نوع من أنواع الخوازيق قد يتحدد بالتأثيرات التى يمكن أن يحدثها تنفيذ هذا النوع على المبانى المجاورة ٠ ويتم هذا التقييم عادة بفحص المنشآت المجاورة ومعرفة نوعية أساساتها وربما بدراسة السجلات الخاصة بها. وقد يستدعى الأمر عمل حفر تجريبية لاستكشاف طبيعة ونوعية تلك الأساسات مع تسجيل أى إشارة عن حدوث هبوط أو انهيار أو إنزلاق سابق قد يكون حدث لها أو لأى منها لأهمية ذلك فى تقييم الوضع ٠

٣/٢/٢/٤ إعداد الموقع

يجب إعداد خريطة مساحية مفصلة للموقع فى المراحل المبكرة موضحا عليها العوائق المختلفة فوق أو تحت سطح الأرض (مثل: أساسات قديمة- مواسير مياه- كابلات كهرباء٠٠٠٠ الخ)٠ بالإضافة إلى ذلك تعد خريطة طبوغرافية أو ميزانية شبكية للموقع عند وجود تباين كبير فى مناسيب سطح الأرض٠ وفى حالة وجود أى عوائق تتداخل مع العمل يجب إزالتها إن لم يمكن تفاديها ٠

قبل البداية فى التنفيذ الفعلى للأساسات يجب عمل إختبار لقدرة تحمل الطبقة السطحية من التربة- حيث يجب تدعيم الطبقة السطحية الضعيفة أو استبدالها بطبقة مناسبة ذات سمك كاف (من الدقشوم مثلا) حتى لا تسبب مشاكل أثناء عمل المعدات (انظر بند ٤/٨/٢/٤) .

٤/٢/٢/٤ خوازيق الإختبارات الأولية

فى كافة المنشآت الهامة المقامة على خوازيق يجب تخطيط برنامج اختبارات أولية للخوازيق يشمل اختبارات مقاومة الإختراق واختبارات التحميل (بند ٩/٢/٤) بناء على بيانات استكشاف وفحص الموقع السابق إجراؤه ٠

يجب أن تصنع خوازيق الإختبارات الأولية من نفس المادة وبنفس أبعاد خوازيق التشغيل المزمع استخدامها وبنفس وسائل ومعدات التنفيذ وذلك لإمكانية استنتاج سلوك خوازيق التشغيل٠ كما يتبع

فى اختبارات تحميل الخوازيق الأولية نفس الخطوات المتبعة فى اختبارات تحميل خوازيق التشغيل والواردة فى بند (٩/٢/٤) ٠ وفى بعض الحالات قد يتطلب الأمر تحميل خوازيق الإختبار الأولية حتى حمل الإنهيار.

٣/٢/٤ أنواع الخوازيق

تصنع الخوازيق غالبا من الخرسانة أو الحديد أو الخشب وقد تحتوى قطاعاتها أو أطوالها على أكثر من مادة من المواد السابقة. وتنقل الخوازيق الأحمال المنقولة إليها من المنشأ إلى التربة بواسطة الإحتكاك حول جسم الخازوق أو الإرتكاز أسفله أو فى معظم الأحيان بواسطة الإثنين معاً ٠ وهناك طريقتان تقليديتان للتنفيذ:

١- طريقة الإزاحة بالإختراق (بالدق- بالضغط- بالبرم) وتشمل خوازيق إزاحة (خوازيق مصمتة أو مجوفة ومغلقة بسدادة أو كعب) ٠ وخوازيق إزاحة جزئية (قطاعات صلب مدرفلة- مواسير أو قطاعات مجوفة مفتوحة الطرفين) التى تتيح للتربة الدخول بحرية داخل تجويف الخازوق أثناء عملية الإختراق ٠

٢- طريقة الحفر (التثقيب - التفريغ) التى لا تحدث فى معظم الأحوال أى إزاحة للتربة. وعادة تقسم أنواع الخوازيق من واقع طريقة تنفيذها كما هو مبين بالجدول رقم (٤-١).

١/٣/٢/٤ خوازيق الإزاحة المنفذة بالاختراق (بالدق أو بالضغط أو بالبرم)

١/٣/٢/٤ (أ) الخوازيق الخشبية

يندر استعمال الخوازيق الخشبية كأساسات للمبانى فى مصر حاليا ولكن قد تستخدم فى أعمال الدمسات أو كدعامات لحماية المنشآت المائية ٠ وعادة تصنع من قطاعات مربعة أو مستديرة وقد يكون القطاع منتظماً أو مسلوباً ٠

ويجب أن يكون جسم الخازوق خاليا من جميع العيوب التى يمكن أن تؤثر على متانة الخازوق وتحمله ٠ ويتوقف عمر الخازوق على الوسط الذى يخترقه، ففى حالة اختراقه لتربة ويكون كامل طول الخازوق تحت منسوب المياه العذبة فإنه يعيش لسنين طويلة، أما فى حالة امتداد الخازوق فوق سطح المياه فإنه يكون عرضة للتآكل ويجب معالجته حتى لا يقل عمره عن عمر المنشأ الذى يحمله أو يحميه ٠

وفى حالة إستعمال الخوازيق فى المنشآت المائية فإن جسم الخازوق يكون معرضا للتلف من

فى اختبارات تحميل الخوازيق الأولية نفس الخطوات المتبعة فى اختبارات تحميل خوازيق التشغيل والواردة فى بند (٩/٢/٤) ٠ وفى بعض الحالات قد يتطلب الأمر تحميل خوازيق الإختبار الأولية حتى حمل الإنهيار.

٣/٢/٤ أنواع الخوازيق

تصنع الخوازيق غالبا من الخرسانة أو الحديد أو الخشب وقد تحتوى قطاعاتها أو أطوالها على أكثر من مادة من المواد السابقة. وتنقل الخوازيق الأحمال المنقولة إليها من المنشأ إلى التربة بواسطة الإحتكاك حول جسم الخازوق أو الإرتكاز أسفله أو فى معظم الأحيان بواسطة الإثنين معاً ٠ وهناك طريقتان تقليديتان للتنفيذ:

١- طريقة الإزاحة بالإختراق (بالدق- بالضغط- بالبرم) وتشمل خوازيق إزاحة (خوازيق مصمتة أو مجوفة ومغلقة بسدادة أو كعب) ٠ وخوازيق إزاحة جزئية (قطاعات صلب مدرفلة- مواسير أو قطاعات مجوفة مفتوحة الطرفين) التى تتيح للتربة الدخول بحرية داخل تجويف الخازوق أثناء عملية الإختراق ٠

٢- طريقة الحفر (التثقيب - التفريغ) التى لا تحدث فى معظم الأحوال أى إزاحة للتربة. وعادة تقسم أنواع الخوازيق من واقع طريقة تنفيذها كما هو مبين بالجدول رقم (٤-١).

١/٣/٢/٤ خوازيق الإزاحة المنفذة بالاختراق (بالدق أو بالضغط أو بالبرم)

١/٣/٢/٤ (أ) الخوازيق الخشبية

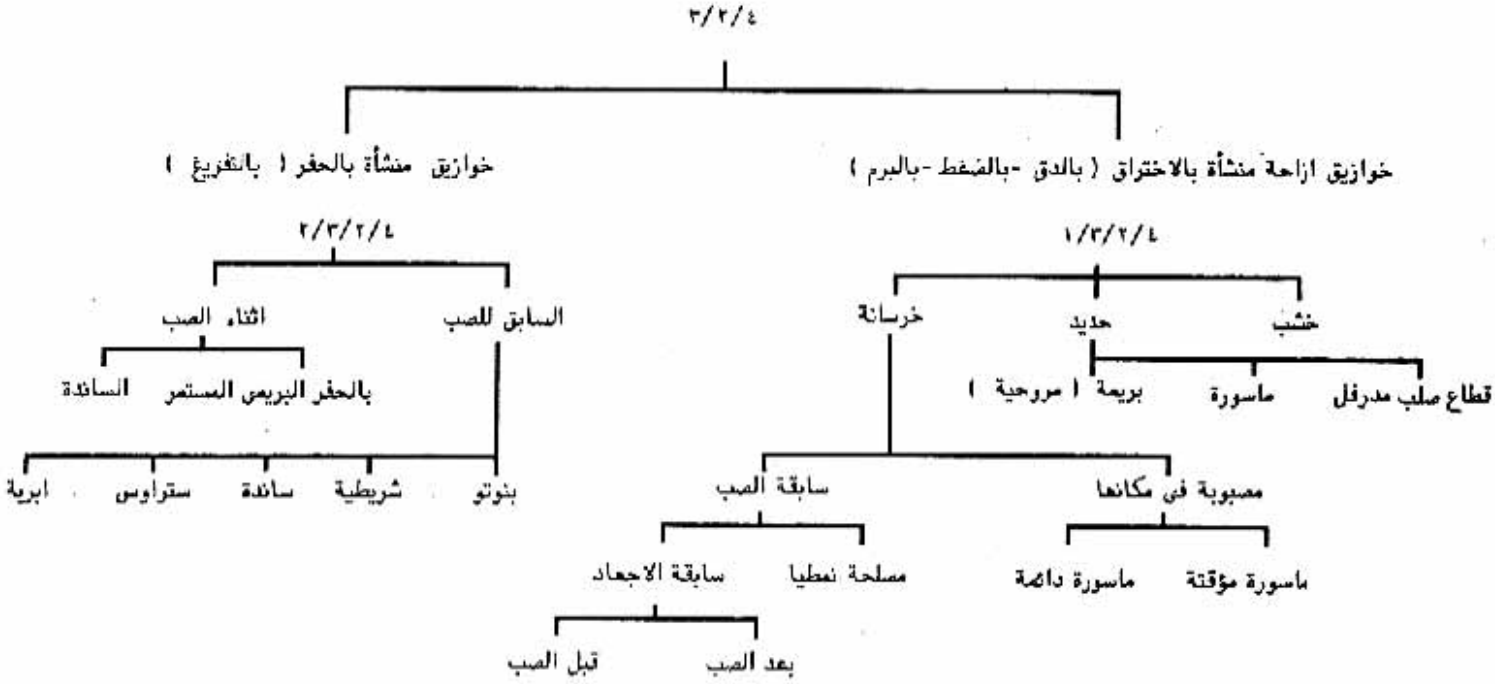
يندر استعمال الخوازيق الخشبية كأساسات للمبانى فى مصر حاليا ولكن قد تستخدم فى أعمال الدمسات أو كدعامات لحماية المنشآت المائية ٠ وعادة تصنع من قطاعات مربعة أو مستديرة وقد يكون القطاع منتظماً أو مسلوباً ٠

ويجب أن يكون جسم الخازوق خاليا من جميع العيوب التى يمكن أن تؤثر على متانة الخازوق وتحمله ٠ ويتوقف عمر الخازوق على الوسط الذى يخترقه، ففى حالة اختراقه لتربة ويكون كامل طول الخازوق تحت منسوب المياه العذبة فإنه يعيش لسنين طويلة، أما فى حالة امتداد الخازوق فوق سطح المياه فإنه يكون عرضة للتآكل ويجب معالجته حتى لا يقل عمره عن عمر المنشأ الذى يحمله أو يحميه ٠

وفى حالة إستعمال الخوازيق فى المنشآت المائية فإن جسم الخازوق يكون معرضا للتلف من

جدول رقم (٤-١)

انواع الخوازيق



جراء تعرضه لهجوم الأحياء المائية أو الحريق ولذا يجب حمايته بالمعالجة المناسبة بالدهان أو الحقن ٠

فإذا تمت المعالجة جيدا فإن عمر الخازوق يزيد إلى عشرات السنين ٠ ويجب فحص الخوازيق الخشبية عند اختبارها وقبل معالجتها واستبعاد الخوازيق التي يظهر بها عيوب، كما يفضل ألا تقل نسبة الرطوبة بها عن ٢٠% وألا تزيد عن ٥٠% وفي حالة صعوبة الدق في الأراضي الصلبة، فيمكن عمل حفر مسبقة لتسهيل عملية الدق. ولا يجوز استعمال الخوازيق الخشبية تحت منشآت تنبعث منها الحرارة الشديدة مثل الأفران حيث أن عمر الخوازيق الخشبية حساس للحرارة.

٤/٢/٣/١(أ-١) النقاط الواجب مراعاتها في الخوازيق الخشبية:

١- أن يتراوح أبعاد قطاعاتها من ١٥٠ ملليمتراً إلى ٥٠٠ ملليمتراً (قطر الدائرة أو الضلع للمربع) وقد يصل طول الخازوق منها إلى ٢٠ متراً ٠ ويكون قطاعها منتظما أو مسلوبا ٠ إذا كانت الخوازيق دائرية المقطع وجب ألا يقل قطرها عن ١٥٠ ملليمتراً عند أسفلها وعن ٢٨٠ ملليمتراً على بعد ٦٠٠ ملليمتراً من قمتها بعد إزالة الأجزاء الزائدة منها بعد دقها ٠ أما إذا كانت الخوازيق مربعة المقطع وجب ألا يقل مقطعها عن ٢٥٠ x ٢٥٠ ملليمتراً في كامل طولها ٠

٢- أن يكون خشب الخوازيق من النوع الجيد مثل الخشب العزيزي وبحيث يقاوم المؤثرات التي قد يتعرض لها ٠

٣- يجب ألا تتعدى الإجهادات في مقطع الخازوق الناتجة عن الدق أو عن التحميل جهد التشغيل المسموح به لنوع الخشب المستعمل وفقا للجدول التالي ، مع مراعاة تأثير خاصية الإنبعاج إن وجدت. أنظر جدول رقم (٤-٢).

نوع الخشب المستعمل كخازوق	جهد التشغيل المسموح به في الضغط في اتجاه الالياف	
	ميجانيوتن / م ٢	(كجم / سم ٢)
العزيزي pitch pinc او ما يماثله	٤,٠	(٤٠)
البلوط oak او ما يماثله	٥,٤	(٥٤)

جدول رقم (٤-٢)

تأثير خاصية الإنبعاج buckling على الحمل المسموح به للخوازيق التى تعمل كأعمدة

نسبة الطول الفعال إلى أقل نصف قطر عزم قصور ذاتى $\frac{\text{effective length}}{\text{radius of gyration (r)}}$	معامل تخفيض الحمل المسموح به* نتيجة لانبعاج الخوازيق التى تعمل كأعمدة			
	خشب	خرسانة مسلحة	صلب ٣٧	صلب٥٢
صفر	١,٠٠	–	١,٠٠	١,٠٠٠
١٠	٠,٩٨	–	٠,٩٥	٠,٩٤٠
٢٠	٠,٩٥		٠,٨٩	٠,٨٧٥
٣٠	٠,٩٣	–	٠,٨٤	٠,٨١٥
٤٠	٠,٨٩	–	٠,٧٨	٠,٧٥٠
٥٠	٠,٨٢	١,٠٠	٠,٧٣	٠,٦٨٥
٦٠	٠,٧٢	٠,٨٨	٠,٦٨	٠,٦٢٥
٧٠	٠,٦١	٠,٧٦	٠,٦٢	٠,٥٦٥
٨٠	٠,٥٠	٠,٦٧	٠,٥٧	٠,٥٠٠
٩٠	٠,٤١	٠,٥٩	٠,٥١	٠,٤٣٥
١٠٠	٠,٣٤	٠,٥٢	٠,٤٦	٠,٣٧٥
١١٠	٠,٢٨	–	٠,٤١	٠,٣٢٥
١٢٠	٠,٢٤	–	٠,٣٦	٠,٢٨٠
١٣٠	٠,٢١	–	٠,٣٢	٠,٢٤٥

*الحمل المسموح به= معامل الإنبعاجxالجهد المسموح به بإهمال الإنبعاجxمساحة مقطع الخازوق

I= عزم القصور الذاتى حول المحور الاطول (العزم الأصغر) لمقطع الخازوق.

A= مساحة مقطع الخازوق

r = نصف قطر عزم القصور الذاتى= $\sqrt{I/A}$

٤- تورد الخوازيق للموقع بأطوال تزيد على الأطوال المقدرة على ضوء الجسات وخوازيق التجربة بما لايقل عن ٥٠٠ ملليمتراً . وبعد دقها تزال منها الأطوال الزائدة أو التى تكون قد تأثرت بالدق .

٥- يجب أن يزود أسفل الخازوق بكعب مدبب من الحديد أو الصلب وأن يوضع طوق من الصلب حول رأس الخازوق للمحافظة عليه أثناء الدق .

٦- يمكن زيادة طول الخازوق الخشبى بوصله بأطوال أخرى من نفس المقطع على أن تعمل الوصلة من قطاعات معدنية أو خشبية بمقاسات مناسبة بحيث تتحمل الإجهادات التى تتعرض لها بأمان .

١/٣/٢/٤ (ب) الخوازيق الحديدية

تشمل الخوازيق التى يكون قطاعها المنقول إليه الأحمال من الحديد فقط مثال ذلك قطاع H - القطاع المستدير (ماسورة مفتوحة أو مسدودة من نهايتها السفلى)- القضبان - القطاع المربع أو المستطيل .... الخ . وتشمل كذلك الخوازيق البريمية . ولهذه الخوازيق متانة إنشائية عالية ويمكن لحامها قبل أو أثناء التنفيذ والوصول بأطوالها إلى قيم كبيرة . ولكن من عيوبها أنها تتعرض للصدأ ومن ثم للتآكل خصوصا الجزء من الخازوق الذى يلى الهامة مباشرة عندما تكون التربة مفككة غير متماسكة ، أو فى الجزء من التربة قرب الحد الفاصل بين الماء والهواء.

١/٣/٢/٤(ب-١) أنواع الخوازيق الحديدية :

خوازيق الصلب المدرفلة

تكون قطاعات هذه الخوازيق إما مسحوبة rolled أو مركبة (خوازيق صندوقية - box piles) ومصنوعة خصيصا لتستعمل كخوازيق حاملة . وغالبا ما يكون القطاع المستخدم على شكل H حيث يكون طول وسمك كل من الشفة flange أو العصب web متماثلين . ويجب العناية أثناء نقل الخوازيق وتخزينها خصوصا فى الخوازيق الطويلة ذات القطاع الصغير . وكذلك أثناء الدق فإن الخوازيق ذات القطاع H يمكن أن تنثنى وتأخذ مسارات مغايرة لمسارها النظرى وعليه فإنه من الأحوط أن تقوى نهاية الخازوق السفلى لتمنع كسرها أو تغيير مسارها أثناء الدق فى الأرض شديدة الصلابة .

خوازيق ذات قطاع مستدير (ماسورة)

يشمل هذا النوع الخوازيق ذات القطاع المستدير. وتصنع هذه الخوازيق بأقطار وتخانات متعددة ويمكن أن يصل قطر الماسورة في الخوازيق ذات القطاع المفتوح إلى ٣ متراً وسمك جدارها الى ٧٥ ملليمتراً عندما تستعمل في المنشآت المائية كدعائم .

الخوازيق البريمية

هي خوازيق ذات قطاع مستدير مزود بحلزون من لوح صلب ملحوم حول أسفل الماسورة وتستخدم في أنواع التربة الضعيفة . والغرض من الحلزون هو زيادة مساحة التحميل بما يزيد من سعة تحميل الخازوق .

٤/٢/٣/١(ب-٢) النقاط الواجب مراعاتها في الخوازيق الحديدية

١- إذا كان من المحتمل أن يتعرض الخازوق لتآكل شديد نتيجة لتأثير التربة أو بفعل المياه الأرضية وجب إما حمايته بطلاء واق مناسب أو زيادة مساحة المقطع لتعويض ما ينتظر أن يفقده بالتآكل .

٢- إذا كان من المحتمل أن تتعرض الخوازيق لتآكل نتيجة لتأثير تيارات كهربائية وجب حمايتها إما بالتأثير عليها بتيارسالب (معاكس) cathodic protection أو بزيادة المقطع لتعويض الفقد فيه .

٣- إذا كانت الخوازيق ذات مقطع دائرى مفرغ، وجب ملؤها بالخرسانة بعد إدخالها فى الأرض.

٤- يجب ألا تتعدى الإجهادات فى مقطع الخازوق الناتجة عن الدق أو عن التحميل جهد التشغيل المسموح به لنوع الحديد المستعمل وفقا للكود المصرى للمنشآت والكبارى المعدنية مع مراعاة تأثير خاصية الإنبعاج إن وجدت . انظر جدول رقم (٤-٢) .

٥- يمكن زيادة طول الخازوق الحديد بوصله بأطوال أخرى من نفس المقطع على أن تصمم الوصلة بحيث تتحمل إجهادات الرفع والنقل والدق والأحمال النهائية بأمان.

٦- عندما تشترك الخرسانة المصبوبة داخل قطاعات الحديد فى مقاومة الأحمال يجب ألا تقل نسبة الأسمنت بها عن (٣٥٠ كجم/ م٣) وتراعى جميع الإشتراطات الواردة فى الخوازيق الخرسانية .

٧- بالإضافة إلى ما سبق يراعى فى الخوازيق البريمية ما يلى:

- تحسب قوة تحمل الخوازيق البريمية عن طريق الإرتكاز فقط.

- يجب أن تصنع البريمة من الحديد الزهر أو الصلب الملحوم. ويمكن تصنيع جسم الخازوق من الصلب الطرى وطبقا للمواصفات الخاصة لكل نوع .
- عند استخدام الخرسانة المسلحة فى الخوازيق البريمية يجب مراعاة الإشتراطات الخاصة بالخرسانة الواردة تحت بند الخوازيق الخرسانية .

٤/٢/٣/١ (ج) الخوازيق الخرسانية المنشأة بالإختراق

الخوازيق الخرسانية المنشأه بالإختراق driven piles تكون إما سابقة الصب أو مصبوبة فى مكانها بعد إنشاء الثقب بالإختراق باستخدام ماسوره دائمة أو مؤقتة. ويجب الإعتناء بجودة الخرسانة وتكثيفها لإطالة عمر الخازوق خصوصا عندما تكون التربة أو المياه الأرضية ذات خواص ضارة لجسم الخازوق، فمثلا عند إحتوائها على أملاح الكبريتات بدرجة عالية يجب أن يستعمل الأسمنت المقاوم للكبريتات. كذلك يجب استخدام خرسانة مكثفة حيث أنها تتميز بنفاذية قليلة تقاوم الأملاح الضارة ولا سيما فى حالة وجود الكلوريدات التى تكون عادة موجودة فى مياه البحار وتهاجم حديد تسليح الخازوق. وأحيانا يكون من الأصلح دهان الخازوق من الخارج أو استعمال غلاف حول جسمه (انظر بند ٤/٢/٤) .

٤/٢/٣/١/(ج-١) الخوازيق الخرسانية سابقة الصب

تكون هذه الخوازيق إما مسلحة تسليحا نمطيا أو مصنوعة من خرسانة سابقة الإجهاد وتكون قطاعاتها الدارجة هى المربع والدائرى والسداسى والثمانى . وتتميز هذه الخوازيق بإمكان تصنيعها فى أطوال طويلة بشرط توافر المعدات اللازمة لرفعها ونقلها ودقها. كما يمكن الحصول على خوازيق طويلة عن طريق وصل أطوال قصيرة مع بعضها splicing . وهناك أنواع عديدة من طرق الإدماج مثل وصلات بالإحاطة(القمصان) sleeves أو الوصلات الملحومة welded joints أو الوصلات الميكانيكية أو وصلات الأشابر. ويجب أن تكون هذه الوصلات قادرة على تحمل إجهادات الدق والأحمال المنقولة إليها بما فى ذلك إجهادات الشد والإنحناء. وتصنع هذه الخوازيق بمختلف الطرق مثل الصب الأفقى والصب الرأسى والشدات المنزلقة . ويمكن أن تزود بمواسير مدفونة لضخ المياه لتسهيل الدق أو للتفتيش عليها فى حالة وجود ما يستدعى ذلك .

١/٣/٢/٤ (ج-١-١) الخوازيق الخرسانية سابقة الصب والمسلحة نمطيا

تصنع هذه الخوازيق من الخرسانة وتسلح بواسطة قفص حديد مكون من أسياخ طولية محاطة بكانات دائرية أو حلزونية. ويجب تكثيف الحديد فى نهايتى الخازوق ليقاوم إجهادات الدق.

ويجب الإعتناء بتصميم وتنفيذ وتخزين ونقل ودق هذه الخوازيق لتفادى حدوث شروخ غير مقبولة حيث أن الشروخ البسيطة لا يمكن تفاديها ، وعموما فإن الشروخ التى يقل إتساعها عن ٠,١٥ ملليمتراً تُعتبر مقبولة.

١/٣/٢/٤(ج-١-٢) الخوازيق الخرسانية سابقة الصب وسابقة الإجهاد

فى هذا النوع من الخوازيق يستعاض عن حديد التسليح النمطى بقوائم حديدية أو أسلاك مشدودة، ويكون هذا التسليح مشدودا قبل أو بعد صب الخرسانة- ويؤدى شد الحديد إلى زيادة مقاومة الخرسانة لتحمل اجهادات النقل والدق ، ويجب العناية بقياس مقاومة الخرسانة ومقاومة شد الحديد أثناء تصنيع الخازوق حيث أن هذه العوامل تؤثر تأثيرا جذريا على سلوك الخازوق فيما بعد ، وعموما فإن وضع الخرسانة تحت قوى ضغط مستمرة يجعل الشروخ الشعرية دائما مقفولة ، مما يؤدى إلى إطالة عمر هذا النوع من الخوازيق. ويجب استعمال الطرق والمعدات الحديثة عند تصنيع هذا النوع من الخوازيق حيث أنه يمكن حدوث تشققات أو تكسير لأحرفها إذا لم يعتن بذلك ،كذلك فان سلوك الخازوق باعتباره عموداً طويلا يعتبر ممتازا مما يؤدى إلى قوة تحمل الخازوق للإجهادات المركبة للضغط والانحناء، كما إنه أقل نفاذية للمياه من الخوازيق الأخرى وهو ما يزيد من فاعليته عند استعماله فى وسط به مياه بحرية ،

١- الخوازيق الخرسانية سابقة الإجهاد بطريقة الشد اللاحق

تصنع هذه الخوازيق من أجزاء تجمع فيما بعد لتكون الطول المطلوب. ويتم صب الخرسانة بتعرضها لقوى طرد وهز . وتكون الخرسانة شديدة الجفاف almost zero slump مما يجعلها عالية الكثافة وغير منفذة للمياه. وقبل صب الخرسانة يجب تخليق ثقوب طويلة بكامل الطول ويمرر بها الكابلات الحديدية التى ستتعرض للشد بعد اتمام الصب post-tensioned ويجب ان تدهن القطاعات عند الوصلات بمادة خاصة لاحكام عدم نفاذية المياه وعندئذ تثبت الكابلات عند إحدى النهايات وتشد من الطرف الآخر ثم تحقن الثقوب بالمونة تحت ضغط بينما الكابلات مشدودة ،

٢- الخوازيق الخرسانية سابقة الإجهاد بطريقة الشد المسبق

هذا النوع أكثر شيوعا من النوع السابق ويبدأ تصنيعه بوضع الحديد مكانه وشده قبل صب الخرسانة pre-tensioned مما يستلزم تجهيز قوالب أفقية خاصة لضمان بقاء قوة الشد و استقامة الخازوق أثناء تماسك الخرسانة . ويمكن قطع الخوازيق إلى الأطوال المطلوبة بدون أن تفقد خاصية سبق الشد بشرط أن يكون الحديد متماسكا مع الخرسانة .

١/٣/٢/٤(ج-١-٣) النقاط الواجب مراعاتها فى الخوازيق الخرسانية سابقة الصب:

١- يجب ان يكون تصميم مقطع الخازوق وتسليحه بحيث يقاوم بأمان الجهود الناشئة عن المناولة والدق والتحميل والإنبعاج .

٢- يتراوح القطر المكافئ للقطاع المستعمل من ٢٥٠ ملليمتراً إلى ٥٠٠ ملليمتراً . وفى الخوازيق التى يزيد مساحة مقطعها عن ٤٠٠ x ٤٠٠ ملليمتراً يفضل عملها ثمانية الشكل، كما يفضل عمل زاوية مشطوفة فى أركان الخوازيق المربعة .

٣- يجب ألا تقل مساحة حديد التسليح الطولى للخازوق (صلب طرى عادى) بالنسبة إلى مساحة مقطعه عما يلى:

١,٢٥% إذا لم يتعد طول الخازوق ٣٠ مرة القطر .

١,٥٠% إذا كان طول الخازوق يتراوح بين ٣٠ الى ٤٠ مرة القطر .

٢,٠٠ % إذا زاد طول الخازوق على ٤٠ مرة القطر .

٤- يجب أن تكون أسياخ حديد التسليح فى الخازوق موزعة على المقطع بانتظام ومتساوية فى الطول وأن تمتد داخل كعب الخازوق وأن تكون نهاياتها العليا فى مستوى واحد عمودى على محور الخازوق على ألا تقل أقطارها عن ١٦ ملليمتراً.

٥- يكون سيخ التسليح الطولى من الكعب للرأس قطعة واحدة فإذا لزم عمل وصلات يجب أن تكون طبقا لأسس تصميم وشروط تنفيذ الخرسانة المسلحة .

٦- يجب أن يربط التسليح الطولى للخازوق بتسليح عرضى بحيث يكون كل سيخ مربوطا بكانات طبقا لما يلى:

أ- يجب ألا يقل الحجم الكلى للتسليح العرضى عن ٠,٢٥% من حجم الخازوق.

ب- ألا تزيد المسافة بين الكانات على أصغر القيم التالية:

- نصف قطر مقطع الخازوق المكافئ .

- عشرين سنتيمتراً .

ج- لمقاومة جهود الدق يجب أن تتقارب الكانات عند كل من رأس الخازوق وكعبه لمسافة لا تقل عن ثلاثة أمثال قطر الخازوق بحيث يكون حجم التسليح العرضى فى كل من الطرفين مساويا ٠,٦٠% من حجم الجزء الذى يشغله ثم تزداد المسافة بين الكانات تدريجيا فى طول يساوى ثلاثة أمثال قطر الخازوق حتى تصل إلى المسافات المذكورة فى الفقره السابقة.

٧- يجب ألا يقل غطاء التسليح عن ٤٠ ملليمتراً فى الأحوال العادية وعن ٧٠ ملليمتراً إذا تعرضت الخوازيق لمياه ملحية أو لمؤثرات ضارة بالخرسانة ويعمل المقطع بمساحة كافية تراعى فيها أسس تصميم وشروط تنفيذ الخرسانة المسلحة .

٨- يجب أن يزود طرف الخازوق السفلى بكعب معدنى مخروطى عند دق الخوازيق فى الصخر أو الزلط الخشن أو طين مخلوط بحصى أو أى نوع من التربة بسبب إضرارا بخرسانة نقطة الإرتكاز للخوازيق.

٩- يجب أن يضاف إلى الطول المحسوب للخازوق طول آخر مساو لما سوف يكسر من الخرسانة فى الجزء العلوى الذى يتعرض للتشقق بفعل الدق أو لما يتطلبه من ربط حديد تسليح الخازوق بالهامة على ألا يقل هذا الطول عن ٨٠٠ ملليمتراً أو ٥٠ مرة قطر أسياخ التسليح الطولى أيهما أكبر .

١٠- يجب دق الخازوق الرأسى بعناية تامة ليحتفظ بمحوره رأسيا وغير مسموح بزيادة إنحراف الخازوق عن الرأسى عن نسبة ١,٥ : ١٠٠ ، بحيث لا يتعدى مقدار إزاحة كعب الخازوق بالنسبة لرأسه عن نصف قطره . ويقاس الميل أثناء التنفيذ مرتين على الأقل. وفى حالة زيادة الميل عن هذه القيمة يلغى الخازوق ويعمل بديل له مع عمل التعديل اللازم فى الهامة والشدادات لرؤوس الخوازيق .

١١- يجب ألا يزيد الترحيل المسموح به لرأس الخازوق عن مكانه التصميمى عن ٥٠ ملليمتراً مع مراجعة إجهادات الضغط المسموح بها فى هذه الحالة وإذا زاد الترحيل عن ذلك فيجب إعادة دراسة التصميم طبقا للترحيل الفعلى.

١٢- يجب رصد مناسيب رؤوس الخوازيق المنفذة لاحتمال ارتفاع الخازوق من مكانه أثناء دق الخوازيق المجاورة. وإذا حدث إرتفاع لخازوق يجب إعادة دقه لتعويض مسافة إرتفاعه وللوصول إلى العمق المناسب فى التربة المقاومة.

١٣- يراعى فى الخرسانة المستعملة فى الخوازيق سابقة التصنيع ما يلى:

أ- أن تكون الخرسانة المستعملة فى صنع الخوازيق ذات كثافة عالية .

ب- يجب إستعمال الهزازات الميكانيكية أثناء الصب ويحسن أن يكون الهز على الفرم. ويجب ألا تقل نسبة الأسمنت فى الخلطة الخرسانية عن (٤٠٠ كجم/ م٣)، ولا يقل الإجهاد الأدنى لمكعب الخرسانة القياسى بعد ٢٨ يوما عن ٣٠ ميجانيوتن/ م٢ (٣٠٠ كجم/ سم٢). يراعى استخدام مقدار ونوع الأسمنت المناسب لنسب الأملاح الضارة الموجودة بالمياه الأرضية أو التربة . (أنظر بند رقم (٤/٢/٤))

ج- أن تكون نسبة المياه للأسمنت أقل ما يمكن على أن تعطى خرسانة قابلة للتشغيل.

د- أن تكون الطبالى والفرم التى تصب فيها الخوازيق ثابتة طوال مدة الصب حتى تمام تصلدها. كما يجب إتخاذ الإحتياطات اللازمة لمنع التصاق الفرم بالخوازيق.

هـ- أن تحفظ الخوازيق المصبوبة مبللة أو مغمورة بالماء لمدة لا تقل عن سبعة ايام أيا كان نوع الأسمنت المستعمل .

و- ألا يدق الخازوق المصبوب بأسمنت بورتلاندى عادى قبل مضى أربعة أسابيع من تاريخ الصب، والخازوق المصبوب بأسمنت سريع التصلد قبل مضى أسبوع من تاريخ الصب. يجب كتابة تاريخ الصب ومكان التصنيع على الخازوق.

ز- يجب عمل خوازيق أولية خاصة ذات طول كاف مصممة لتتحمل دقا عنيفا وذلك لتحديد أطوال مبدئية للخوازيق.

ح- إذا اقتضى الأمر عمل وصلة لخازوق خرسانى سابق الصب يجب تكسير رأس الخازوق المعرض لأضرار الدق و لطول لا يقل عن واحد متراً . ويتم وصل حديد التسليح الطولى باللحام. وفى هذه الحالة يطبق على الجزء المضاف للخازوق كل ما سبق النص عليه بالنسبة لرأس الخازوق .ولا يجوز أن يعاد الدق على الخازوق الموصول قبل مضى المدة المحددة بالفقرة السابقة (و).

ط- أقصى جهد تحميل مسموح به للخرسانة هو ٧ ميجا نيوتن/م٢ (٧٠ كجم/سم٢) وأقصى جهد مسموح به عند رأس الخازوق أثناء الدق فقط هو ضعف هذه القيمة . وعندما تزيد نسبة طول الخازوق إلى أقل ضلع عن ٥٠ يقل هذا الجهد طبقا للجدول رقم (٤- ٢) .

١/٣/٢/٤ (ج- ٢)الخوازيق الخرسانية المنشأه بالإختراق والمصبوبة فى مكانها

تنفذ هذه الخوازيق driven cast-in-place piles عادة بثقب الأرض بالعمق والقطر المطلوبين

بواسطة دق مواسير من الحديد ثم ملء هذا الثقب بالخرسانة . وهذا النوع ينقسم إلى نوعين رئيسيين، تترك الماسورة فى أحدهما فى الأرض وتملأ بالخرسانة، والآخر تسحب فيه الماسورة خارجا أثناء صب الخرسانة أو بعد صبها.

وعادة يتحدد طول الخازوق من نتائج الجسات والإختبارات وتجارب الإختراق بالموقع والمناعات المسجلة عند الدق .

٤/٢/٣/١(ج-٢-١) خوازيق الإختراق الخرسانية المصبوبة فى مكانها باستعمال ماسورة مؤقتة

فى هذا النوع يتم دق الماسورة التى تكون ذات نهاية مقفلة أو مفتوحة .

١- ماسورة مقفلة

تكون الماسورة مسدودة بكعب حديدى (مسطح أو مخروطى الشكل) يترك فى الأرض عند سحب الماسورة ويعمل على بقاء الماسورة نظيفة من التربة والمياه . يتم الدق على الماسورة حتى تصل إلى العمق المطلوب ثم يبدأ فى إنزال حديد التسليح (التقفيصة الحديدية) وتصب الخرسانة بينما تسحب الماسورة. ويتم تكثيف الخرسانة بأى طريقة مناسبة .

٢- ماسورة مفتوحة

تكون سدادة داخل الماسورة من خليط من الزلط و الرمل والأسمنت المحتوى على نسبة قليلة جدا من الماء. ويتم إنزال الماسورة باستعمال مطرقة (دقاق) على السدادة . وعند الوصول إلى عمق التأسيس تدفع السدادة خارج الماسورة لتكون ركيزة متضخمة enlarged base أسفل الماسورة ويتم ذلك بالدق الشديد على السدادة مع إضافة خرسانة جافة نسبيا . عندئذ يوضع القفص الحديدى الذى يلتحم بالركيزة السفلى بأن يوضع قليل من المونة تضغط بالدقاق ، ثم يتم سحب الماسورة بينما تصب الخرسانة بداخلها . وأثناء الصب والسحب يجب ضغط الخرسانة بالدقاق . وفى قليل من الأحيان تدق الماسورة داخل الأرض بواسطة دقاق ويتم تفريغ التربة من داخلها ثم تصب الخرسانة داخل الماسورة أثناء سحبها من الأرض.

٤/٢/٣/١(ج-٢-٢) خوازيق الإختراق الخرسانية المصبوبة فى مكانها باستعمال ماسورة دائمة

تنفذ هذه الخوازيق بواسطة دق الماسورة فى الأرض. ويمكن استعمال ماسورة مفتوحة فى نهايتها والتى تدفع فى الأرض بواسطة دقاق يدفع الماسورة من أعلا، وفى هذه الحالة يجب أن تنظف

الماسورة تماما من التربة التى تملؤها . كما يمكن إستعمال ماسورة مسدودة فى نهايتها تدفع عادة بواسطة دقاق يعمل داخل الماسورة بالدق على قاعدتها المصنوعة من حديد ذى سمك مناسب يتحمل إجهادات الدق مع ملاحظة ضرورة الإعتناء بتصميم الإتصال بين القاعدة وأسفل الماسورة لضمان عدم حدوث انفصال بين القاعدة وجسم الماسورة أوتسرب المياه الأرضية داخل الماسورة .

وتصنع الماسورة من أحجام وأشكال مختلفة مثل القطاع الثابت أو القطاع المتدرج المسلوب. ويمكن أن يصل طول الماسورة إلى ٤٠,٠ متراً حسب المعدة المستعملة. وفى حالة الحاجة إلى مواسير أطول من ذلك فإنه يمكن لحام أجزاء مع بعضها أو استعمال وصلات خاصة.

١/٣/٣/٤(ج- ٢-٣) النقاط الواجب مراعاتها فى خوازيق الإختراق الخرسانية المصبوبة فى مكانها:

١- عند تنفيذ خوازيق الإختراق المصبوبة فى مكانها باستعمال مواسير من الصلب مسدودة فى أسفلها بكعب- يجب أن يصمم الكعب بحيث يستطيع مقاومة المواد الصلبة التى قد تعترضه وأن يثبت فى الماسورة بطريقة تضمن عدم إنفصاله عنها أثناء الدق وعدم تسرب المياه الأرضية إلى المواسير. ولا يجوز الإستمرار فى تنفيذ الخازوق إذا زاد تسرب المياه الأرضية داخل الماسورة عن الحد المبين فى بند (٣/٨/٢/٤(هـ)) .

٢- عند تنفيذ خوازيق إختراق مصبوبة فى مكانها باستعمال مواسير من الحديد مفتوحة فى نهايتها يجب التأكد من عدم حدوث فوران للتربة قبل البدء فى صب الخرسانة الخاصة بالخوازيق، وكذلك التأكد من نظافة الماسورة من الداخل .

٣- يجب التأكد من ملء الخرسانة لكامل حجم الخازوق خاصة فى الأنواع التى تسحب فيها المواسير وذلك بالملاحظة الدائمة أثناء التنفيذ لكمية الخرسانة المستعملة ومقارنتها بالحجم النظرى لفراغ الخازوق .

٤- يجب أن يتم صب الخرسانة داخل المواسير بطريقة لا تنفصل بها مكونات الخرسانة. وقبل سحب الماسورة الى أعلا يجب أن يكون إرتفاع الخرسانة داخلها كافيا لمنع دخول التربة والمياه الارضية واختلاطها بالخرسانة .

٥- الخوازيق المنفذة بطريقة الدق والتى ينتج عنها إزاحات حجمية كبيرة قد تسبب حركة رأسية لأعلا heave للخوازيق المجاورة . وفى مثل هذه الحالات يجب رصد منسوب أعلا الخوازيق

التى تم تنفيذها دوريا وإعادة الدق عليها وإضافة خوازيق أخرى إذا تطلب الأمر ذلك٠كذلك يجب مراعاة عدم دق خازوق على مقربة من خازوق آخر لم تتصلد خرسانته بعد لتلافى حدوث انبعاج فى جسم الخازوق السابق دقه وخروج خرسانة منه للتربة ٠ وتتوقف المسافة الآمنة بين الخازوق الجارى دقه وأقرب خازوق لم تتصلد خرسانته بعد على حجم التربة المزاحة أثناء تنفيذ الخوازيق. وكقاعدة عامة يفضل الا تقل هذه المسافة عن ٥ مرات قطر الخازوق.

٦- يجب ألا تقل كمية الأسمنت فى الخوازيق عن (٣٥٠ كجم) فى المترالمكعب من الخرسانة وبحيث ألا تقل مقاومة المكعب القياسى للضغط بعد ٢٨ يوما فى الموقع عن ٢٢,٥ ميجانيوتن/م٢ (٢٢٥كجم/ سم ٢)٠

٧- يجب أن تكون للخرسانة قابلية تشغيل تناسب طريقة الصب والتكثيف وتكوين شكل الخازوق وبحيث لا تتعارض مع نسبة الماء إلى الأسمنت فى الخلطة الخرسانية (أنظر بند ٢/٨/٢/٤(ج))٠

٨- يجب تسليح الجزء العلوى من الخوازيق أو تسلح بكامل طولها طبقا للتصميم وخواص التربة (أنظر بند ٢/٣/٢/٤(ج))٠ وفى جميع الحالات يسلح الجزء العلوى من الخازوق بطول لا يقل عن ستة أمتار أو ثلاثة أمثال القطر أيهما أطول بخلاف طول الخازوق الواقع أعلا سطح الأرض- على ألا تقل نسبة الحديد عن ٠,٦ % من مساحة مقطع الخازوق ٠ ويجب إستخدام وسيلة مناسبة للإحتفاظ بحديد التسليح فى مكانه أثناء الصب والإحتفاظ بالغطاء الخرسانى المناسب الذى يكون عادة ٧٠ ملليمتراً ولا يقل عن ٥٠ ملليمتراً بأى حال ٠ وكذلك يجب عند عمل تقفيصة الحديد فى الموقع التأكد من أن أسياخ الحديد مربوطة بكانات ملحومة لا تقل المسافة بينها عن ١٥٠ ملليمتراً حتى لا تعوق صب الخرسانة ٠

٩- يجب ألا يزيد الترحيل المسموح به للخازوق عن مكانه التصميمى عن ٥٠ ملليمتراً أو عشر (١٠/١) القطر المكافئ أيهما أكبر- مع مراجعة إجهادات الضغط المسموح بها فى هذه الحالة ٠ وإذا زاد الترحيل الفعلى عن ذلك فيجب إعادة دراسة التصميم طبقا للترحيل الفعلى ٠

١٠- يجب دق ماسورة الخازوق الرأسى بعناية تامة ليحتفظ الخازوق بمحوره رأسيا وغير مسموح بزيادة الإنحراف عن نسبة ١,٥ : ١٠٠ بحيث لا يتعدى مقدار إزاحة كعب الخازوق بالنسبة لرأسه عن نصف قطره، ويقاس الميل أثناء التنفيذ مرتين على الأقل. وفى حالة زيادة الميل عن هذه القيمة فيعاد تنفيذ الخازوق مع عمل التعديل اللازم فى القاعدة والشدادات لرؤوس الخوازيق ٠

٢/٣/٢/٤ الخوازيق الخرسانية المنشأه بالحفر (التثقيب – التفريغ)

ينفذ هذا النوع من الخوازيق بعمل حفرة فى الأرض للمنسوب المحدد من قبل ٠ ويشغل الخازوق الفراغ الناتج عن التربة المستخرجة ٠ ويجب مراعاة ما يلى:

أ- أن تظل جدران الحفرة ثابتة غير منهارة ويتحقق ذلك إما بإنزال ماسورة مؤقتة أو دائمة، أو بملء الحفرة بمعلق البنتونيت ، أو بضخ الخرسانة أو المونة أثناء تفريغ التربة٠

ب- منع فوران التربة الرملية عند قاع الحفر وذلك بملء الحفرة بالمياه فى حالة إستعمال ماسورة casing دائمة أو مؤقتة أو بملء الحفرة بمعلق البنتونيت لمنسوب كاف يعلو منسوب المياه الأرضية لتوليد ضاغط مائى داخل الثقب يمنع الفوران بصفة دائمة. كما يجب فى نفس الوقت إتباع أسلوب للحفر لا يحدث تخلخلا فى تربة قاع الثقب ٠

ج- فى حالة استخدام طرق أخرى مستحدثة فى عمل الحفرة فيجب التأكد من فاعلية هذه الطرق بالنسبة للمحافظة على ثبات جوانب وقاع الحفرة أثناء عملية الحفر وحتى الإنتهاء من تنفيذ الخازوق ٠

وتنفذ خوازيق التثقيب بأقطار تصل إلى ٢,٠ متراً وأطوال قد تزيد عن ٥٠,٠ متراً ويذكر منها الأنواع الواردة فى البندين (٢/٣/٢/٤(أ) ، ٢/٣/٢/٤ (ب)) التاليين:

٢/٣/٢/٤(أ) الخوازيق الخرسانية المنشأة بالحفر والتفريغ السابق للصب

ومنها على سبيل المثال:

٢/٣/٢/٤ (أ-١) خوازيق بنوتو

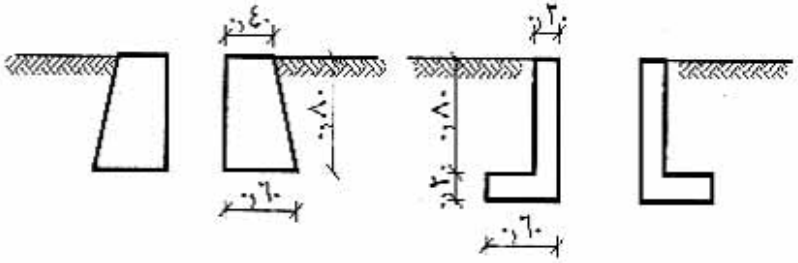
فى حالة التربة المسامية الحاملة للمياه أوالتربة الرخوة فيجب الإستعانة بماسورة سواء مؤقتة أو دائمة لسند جوانب الحفر٠ ويتم إنزال الماسورة أثناء عملية الحفر- بلف الماسورة بحركة دائرية ترددية حول محورها oscillating مع إستخراج التربة التى بداخلها بواسطة الكباش أو أى طريقة أخرى ، وذلك فى حالة إنزالها إلى أعماق كبيرة (أكثر من ٣٠ متراً) أو للإسراع فى معدلات التنفيذ. وبعد الوصول إلى منسوب التأسيس يتم إنزال التسليح (التقفيصة الحديدية)٠ وتصب الخرسانة بواسطة ماسورة مزودة بقمع tremie pipe بحيث يكون طرفها الأسفل مغمورا فى الخرسانة لتفادى فصل الخرسانة أو غسيلها بالمياه الموجودة بالحفر ٠ وتكون الماسورة فى أجزاء من ٢,٠-٤,٠ متراً طوليا ويتم وصل الواحدة مع الأخرى بواسطة وصلات

أو قمصان . ويجوز إستعمال معلق البنتونيت لسند جوانب حفر هذا النوع من الخوازيق.يعـرف هذا النوع بخوازيق بنوتو Benoto.

٢/٣/٢/٤ (أ-٢) الخوازيق الشريطية

هي خوازيق مستطيلة تنفذ باستعمال جراب حفر ويمكن أن تأخذ أشكالا عدة : حرف I – حرف T – حرف H ويكون أقل طول لها هو أقصى فتحة للجراب وهى ٢,٥٠ إلى ٤,٠٠ متراً، وأقصى طول لها هو ٧,٠٠ إلى ١١,٠٠ متراً، ويتراوح سمك الحائط من ٠,٤٠ إلى ١,٢٠ متراً.

ويجب عمل حوائط دليلية قبل حفر الخازوق وهى عبارة عن حائط خرسانى مسلح يحصر داخله مكان الخازوق المراد حفره، والغرض من هذا الحائط ضمان عدم إزاحة الخازوق عـن مكانـه وكذلك عدم تهايل التربة فى الجزء العلوى من الحفر. وتأخذ هذه الحوائط أشكالا عديدة منها مـا هو مبين بالشكل رقم (٤-١) ويمكن أن تختلف أبعاد الحوائط حسب طبيعة التربة العلوية و مدي تماسكها.



شكل رقم (٤-١) نماذج من أشكال الحوائط الدليلية

وخطوات تنفيذ هذا النوع من الخوازيق تتلخص فى :

- تنفيذ الحوائط الدليلية
- تجهيز معلق البنتونيت
- حفر مكان الخازوق
- فصل الرمال وتجارب البنتونيت
- ثم إنزال التقفيصة وصب الخرسانة.

٢/٣/٢/٤ (أ-٣) الخوازيق الساندة

تستعمل الخوازيق الساندة فى بعض حالات سند جوانب الحفر وسع المحافظة على المرافق أو المنشآت المجاورة للحفر، ويتم تعريف الخوازيق الساندة طبقاً للمسافات بين محاورها كالآتى:

٢/٣/٢/٤ (أ-٣-١) أنواع الخوازيق الساندة

خوازيق متجاورة

وهى خوازيق متجاورة adjacent piles من الخرسانة المسلحة تستعمل عادة فى حالة سند تربة طينية متماسكة الى شديدة التماسك أو تربة رملية متلاحمة ويكون فيها منسوب المياه الأرضية أسفل منسوب الحفر المراد سنده. وعادة لا تزيد المسافة البينية بين محاور هذه الخوازيق عن ثلاثة أمثال قطر الخازوق المستعمل فى أعمال السند.

خوازيق متلاصقة

وهى خوازيق متلاصقة contiguous piles من الخرسانة المسلحة تستعمل عادة فى حالة سند تربة طينية ضعيفة التماسك أو تربة غير متماسكة، ويكون فيها منسوب المياه الأرضية أسفل أو مع منسوب الحفر المراد سنده. والمسافة بين محاورها تزيد قليلا عن قطر الخازوق (فى حدود ١٠سم) وبحيث يمكن تنفيذ الخوازيق المجاورة للمنفذة فعلاً دون انحراف.

خوازيق متقاطعة

تتكون الخوازيق المتقاطعة secant piles من خوازيق غير مسلحة (خوازيق مونة) يتقاطع معها خوازيق من الخرسانة المسلحة وتستعمل عادة فى حالة التربة الطينية الضعيفة أو فى حالة التربة غير المتماسكة والتى يكون فيها منسوب المياه الأرضية أعلا من منسوب الحفر الذى سيتم تجفيفه. وخوازيق المونة مكونة عادة من الأسمنت والرمل والبنتونيت والمياه. تنفذ على مسافات أقل من ضعف قطر الخوازيق الخرسانية المسلحة التى سيتم تنفيذها بعد خوازيق المونة وتكون متقاطعة معها لتكون حائطاً مستمراً ساناداً مانعاً لتسرب المياه، وتحل فى بعض الحالات محل الحوائط اللوحية diaphragm walls.

عمليا يتم تنفيذ مجموعة من خوازيق المونة المتباعدة أولا بإستخدام خلطة تحقق إجهاد كسر مناسب بعد فترة تتراوح عادة من ٥ إلى ١٥ يوماً ويتوقف ذلك على الفترة المطلوبة لتنفيذ خوازيق الخرسانة المسلحة المتقاطعة معها حتى تتاح الفرصة لتنفيذ الخوازيق المسلحة بسهولة نسبياً. كما

يجب أن تكون الخلطة ذات نفاذية ضعيفة، ويمكن الإسترشاد بالخلطة التالية لإنتاج واحد متر مكعب تقريباً من المونة :

من	٢٠٠	إلي ٣٠٠	كجم أسمنت
من	٩٠٠	إلي ١١٠٠	كجم رمل متدرج ناعم
من	٥٠	إلي ١٠٠	كجم بنتونيت (حسب نوع البنتونيت)

نسبة المياه :

من	١,٢	إلى ١,٣	من وزن الأسمنت

وقد تستخدم فى بعض الحالات خلطة بدون رمل وذلك فى حالة الإحتياج لزيادة الفترة المطلوبة لتنفيذ الخوازيق المسلحة.

ويراعى أن تتراوح إجهادات الكسر لمكعبات المونة بعد ١٥ يوماً من ١٥ الى ٣٥ كجم/سم٢، ومعامل النفاذية من ١×١٠$^{-٥}$ إلى ١ × ١٠$^{-٦}$ سم/ثانية . وعموماً يجب عمل خلطة تجريبية فى المعمل وإختبارها للتأكد من تحقيقها لإجهاد الكسر والنفاذية المطلوبين. وفى حالات قليلة حسب المتطلبات التصميمية والتنفيذية لبعض المشاريع يمكن عمل خوازيق ساندة متقاطعة تكون جميعها من الخوازيق الخرسانية المسلحة مع مراعاة مقاس قطر القفص الحديدى أو كمرات التسليح المطلوبة لتسليح هذه الخوازيق- ويتم تنفيذ ذلك باستعمال ماكينات خاصة مزودة بأدوات الحفر اللازمة التى لها القدرة على القطع فى الخرسانة المصبوبة بالخوازيق المتقاطعة معها.

٢/٣/٢/٤ (أ-٣-٢) أسس التصميم

تعتمد أطوال وأقطار وتسليح الخوازيق الساندة على عمق الحفر ونوع طبقات التربة المتتابعة المنفذة فيها ومناسيب المياه الأرضية وطبيعة وأهمية المنشآت أو المرافق المجاورة للحفر – وتحسب القوى المؤثرة عليها طبقاً للطرق المعروفة لحساب ضغط التربة الجانبى بمراعاة الأحمال ونوعها التى تؤثر على التربة المحيطة بالخوازيق الساندة – ويمكن زيادة أقطار الخوازيق وتسليحها حسب مقدار زيادة الإجهادات المؤثرة عليها ويتم تصميمها على أساس أنها إحدى الحالات التالية:

١- خوازيق كابولية.

٢ – خوازيق ذات شدادات خلفية tie backs – صف واحد أو أكثر.

٣ – خوازيق ذات دعامة (دقار) داخلية strut – صف واحد أو أكثر.

(أنظر الكود المصرى لميكانيكا التربة لتصميم وتنفيذ الأساسات الجزء السابع – المنشآت الساندة)

٢/٣/٢/٤ (أ-٣-٣) طرق التنفيذ

يمكن تنفيذ الخوازيق الساندة سواء المتجاورة أو المتلاصقة بالطرق المعروفة لتنفيذ الخوازيق سواء بالإزاحة أو بالتفريغ يدوياً أو ميكانيكياً، ويتم إختيار أنسب الطرق حسب أقطار وأطوال الخوازيق الخرسانية وتسليحها ونوع التربة المنفذة فيها. أما فى حالة الخوازيق المتقاطعة فإن الخوازيق الخرسانية المسلحة يتم تنفيذها بالتفريغ (يدويا أو ميكانيكيا) حسب الأحوال. وعموماً فأنة يجب مراعاة الحفاظ على مكان ورأسية أدوات التشغيل أثناء حفر الخوازيق الخرسانية المسلحة والتأكد من عدم ميلها أو تحركها أثناء حفرها حتى لا ينحرف مسارها أثناء التنفيذ خارج جسم خوازيق المونة – على ألا يزيد الميل أو الترحيل عن الحدود المسموح بها لأنواع الخوازيق الأخرى. ولا يقل تداخل خوازيق الخرسانة المسلحة مع خوازيق المونة عن ١٥ سم من كل جانب مع مراعاة أن الحائط يحقق عدم النفاذية المطلوبة.

٢/٣/٢/٤ (أ- ٤) خوازيق ستراوس

يتم تنفيذ خوازيق ستراوس يدويا أو ميكانيكيا بإستخدام أوناش تدار بالهواء المضغوط أو محركات الديزل. وتنفذ يدويا بأقطار من ٣٠٠- ٤٠٠ ملليمتراً وأعماق تصل إلى ١٥,٠متراً، وميكانيكيا بأقطار حتى ٥٠٠ مم وأعماق تصل الى ٢٠,٠ متراً . ويختلف حمل تشغيل الخازوق حسب قطره وكذا تحمل طبقة التأسيس ويتراوح بين ١٠٠ و ٤٥٠ كيلونيوتن (١٠ و ٤٥ طن) . ويجب تسليح الجزء العلوى من الخازوق بطول لايقل عن ٦,٠ متراً. ويراعى أن تكون الخرسانة المستخدمة فى هذا النوع ذات درجة تشغيل عالية (slump=150-200mm) . وهذه الأنواع تحتاج إلي إشراف دقيق ومتابعة طول الوقت نظرا لحدوث مشاكل عديدة أثناء التنفيذ أهمها حدوث فوران أسفل القاع عند الوصول لطبقة الرمال الحاملة للمياه . ولذلك فإن هذه الأنواع من الخوازيق لا يمكنها التعمق داخل طبقات الرمال تحت سطح الماء مما يؤثر على حمولاتها .

٢/٣/٢/٤ (أ-٤-١) طرق التنفيذ

١- الطريقة اليدوية:

يتم تغويص ماسورة بالقطر المطلوب حتى تصل إلى منسوب التأسيس، وتتكون من عدة وصلات من المواسير طول الوصلة الواحدة حوالى ٣,٠ متراً ،وتربط فى بعضها بواسطة الجلب

والقلاوظ . تغوص هذه المواسير بتفريغ مكان لها أولا بأول أثناء نزولها بواسطة بلف أو بريمة من داخل الماسورة، وعند الوصول إلى العمق المطلوب تملأ الماسورة من أسفل إلى أعلا بالخرسانة، ويدق على الخرسانة بالمندالة أثناء سحب الماسورة. تستمر هذه العملية حتى يتم ملء الماسورة بالخرسانة إلى منسوب أسفل التقفيصة حيث يتم إنزال التقفيصة وتعليقها فى مكانها للإحتفاظ بمنسوبها أثناء تكملة صب خرسانة الخازوق وسحب المواسير.

وفى حالة تنفيذ هذه الخوازيق تحت منسوب المياه يملأ الثقب دوماً بالمياه لمنسوب المياه الأرضية أو للمنسوب الذى يوازن الضغط الهيدروستاتيكى الواقع على الطبقة التحتية للتأسيس لمنع إنسياب الطبقة الطينية أو فوران الرمل داخله مما قد يتسبب فى خلخلة طبقة رمال التأسيس أو سحب الرمال التى يرتكز عليها الخوازيق السابق تنفيذها بجوار الخازوق الجارى تنفيذه . يجب فى جميع الحالات التأكد من عدم حدوث فوران للرمال أو إنسياب الطين اللين عند منسوب التأسيس داخل ماسورة الحفر.

٢- الطريقة الميكانيكية:

أ- تستخدم ضواغط وأوناش الهواء أو أوناش الديزل فى تغويص المواسير الخارجية بقطر حتى ٥٠٠ مم بتفريغ داخلها باستخدام المعدات المناسبة حتى تصل إلى منسوب التأسيس.

ب- يتم إنزال ماسورة داخلية مزودة بقمع tremie pipe مع تثبيت طبة خاصة فى نهايتها تمنع تسرب المياه الأرضية إلى داخلها حتى تصل إلى قاع الثقب على طبقة الإرتكاز.

ج- تصب الخرسانة داخل الماسورة الداخلية حتى يتم ملؤها.

د- يتم رفع الماسورة الداخلية قليلاً وهزها بإستخدام الونش فتنفصل الطبة المثبتة بأسفل الماسورة، وتندفع الخرسانة التى تزيح المياه الأرضية من داخل الماسورة الخارجية إلى أعلا دون أن تؤثر هذه المياه على خلطة الخرسانة التى ستكون جسم الخازوق .

هـ- عند إرتفاع منسوب الخرسانة داخل الماسورة الخارجية يتم سحب الماسورة الداخلية وتخليعها باهتزازات ميكانيكية باستعمال الونش . وتتوالى عملية الهز لضمان تكثيف الخرسانة مع الإستمرار فى ملء الماسورة الداخلية بالخرسانة بحيث يكون هز الخرسانة مستمرا دون خروج الماسورة الداخلية من الخرسانة المكونة للخازوق .

و- يستمر ملء الماسورة الخارجية بالخرسانة عن طريق صبها داخل الماسورة الداخلية، ثم ترفع الماسورة الخارجية تدريجيا بالهز المستمر باستعمال الونش الميكانيكى لضمان هز خرسانة الخازوق وتكثيفها جيدا، ويتم إنزال تقفيصة تسليح رأس الخازوق بالطول المحدد ويتم تعليقها

لضمان عدم هروبها وبقائها فى منسوبها، ثم يستكمل صب الخازوق حتى الوصول إلى المنسوب العلوى المطلوب ، وبذلك يتم ملء فراغ سمك الماسورة الخارجى بخرسانة مكثفة ٠

٢/٣/٢/٤(أ-٤-٢) أسس التصميم

١- يصمم كخازوق إرتكاز فقط مع إهمال مقاومة الإحتكاك ٠

٢- يجب ألا يزيد الإجهاد على رأس الخازوق عن ١,٥٠ ميجانيوتن/م٢ (١٥كجم/سم٢) فى حالة التنفيذ اليدوى، وعن ٢,٥٠ ميجانيوتن/م٢(٢٥كجم/سم٢) فى حالة التنفيذ الميكانيكى ٠

٣- يجب ألا يقل عدد تجارب التحميل عن تجربة لكل ١٠٠ خازوق بحيث لايقل العدد للتجارب عن تجربتين لكل موقع ٠

٢/٣/٢/٤ (أ-٥) الخوازيق صغيرة الأقطار (الخوازيق الإبرية):

هذه الأنواع من خوازيق الحفرقد تعتمد على الحقن على الجوانب أو تحت القاع لزيادة إما مقاومة الإحتكاك حول جذع الخازوق أو قدرة الإرتكاز عند قاعدته (أنظر شكل رقم (٤-٢)) ويجب أن تنفذ هذه الأنواع بواسطة شركات متخصصة لها الخبرة الكافية في إختيار الضغوط والمحاليل المناسبة للحقن والمعدات التي يمكنها تنفيذ ذلك بكفاءة ٠

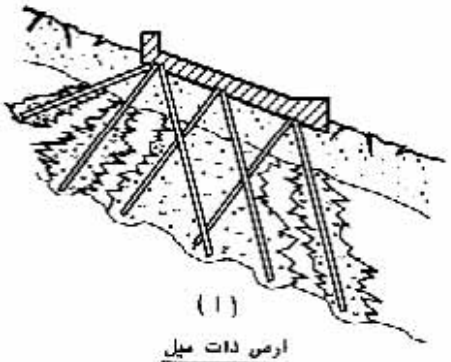
تعرف الخوازيق صغيرة الأقطار من نوع micropiles أو injected metal piles بأنها خوازيق تنفذ وتصب وتحقن فى الموقع بأقطار تتراوح من ١٠٠ -٢٥٠ ملليمتراً وأحمال تشغيل من ١٥٠- ٦٠٠ كيلو نيوتن(١٥-٦٠طن)٠ ويمكن أن تصل أعماق هذه الخوازيق إلى ٤٠,٠ متراً وتنفذ رأسية أو مائلة. وتعتمد هذه الخوازيق أنشائيا على التسليح. وتنقل الأحمال إلى التربة عن طريق الإحتكاك بين جسم الخازوق والتربة المحيطة به٠ ولا تؤخذ فى الإعتبار مقاومة الإرتكاز لقاعدة الخازوق إلا فى حالة الإرتكاز فى الصخر.

٢/٣/٢/٤(أ-٥-١) إستعمالات الخوازيق صغيرة الأقطار

نظرا لصغر معدات التنفيذ فإن هذه الخوازيق تتميز بملاءمتها للتنفيذ فى الظروف التالية:

- داخل مبانى قائمة فعلا بغرض تقوية الأساسات القديمة underpinning ٠
- فى المواقع الصغيرة أو العميقة أو التى يصعب الوصول إليها بمعدات التنفيذ التقليدية ٠
- للمنشآت ذات الأحمال الصغيرة.

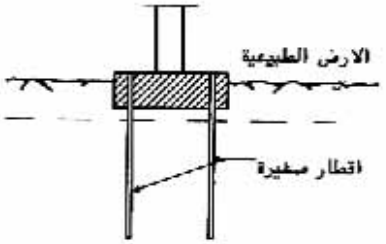
وعموما فإن هذه الخوازيق يمكن إستعمالها لنقل أحمال أي منشـأ سـواء كانـت اسـتاتيكية أو ديناميكية ويوضح شكل رقم (٤-٢) بعض الإستعمالات الخاصة لها .



(أ)

ارض ذات ميل

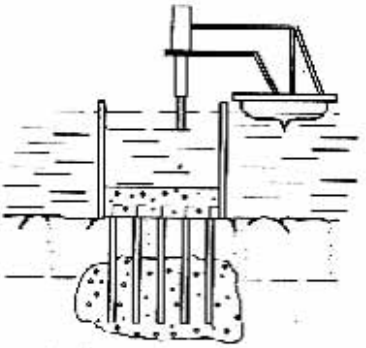
الحل باستخدام الخوازيق ذات الاقطار الصغيرة



(ب)

تدعيم المباني القائمة

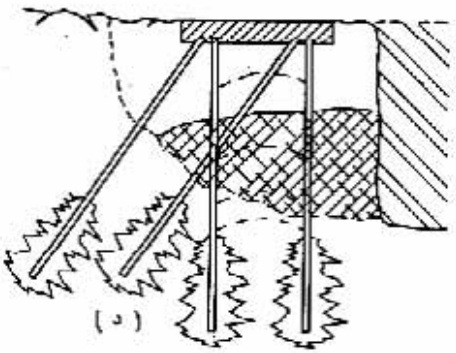
الاتصال مع قاعدة المنشأ القديم



(ج)

المنشآت البحرية او النهرية

تثبيت دعامات قاع المجرى



(د)

قدمات الحفر

مجموعة متكاملة من خوازيق الضغط والشد

شكل رقم (٤-٢): بعض الإستعمالات للخوازيق صغيرة الأقطار (الابرية)

٢/٣/٢/٤ (أ-٥-٢) أنواع الخوازيق صغيرة الأقطار:

توجد أنواع كثيرة منها نوعان أكثر شيوعا هما:

١- خوازيق منفذة باستعمال ضغوط منخفضة

يبدأ التنفيذ بحفر ثقب قطره حوالى ٢٠٠ ملليمتراً بالطول المطلوب ثم يوضع التسليح المناسب سواء كان قفصا حديديا أو ماسورة أو أى قطاع حديدى مدرفل حسب التصميم، وتضخ المونة الأسمنتية تحت ضغوط منخفضة لاتزيد عن 25N كيلونيوتن/م٢ (N/4 كجم/سم٢) فى حالة الرمل النظيف وعن 10 N كيلونيوتن/م٢ (N /10 كجم/ سم٢) فى حالة الرمل الطمي ، حيث N = الإختراق القياسى المتوسط للطبقة التى يتم فيها الحفر.

٢- خوازيق منفذة باستعمال ضغوط عالية

تتبع نفس الخطوات السابقة ولكن الحفر يكون على مراحل باستخدام مانشتات packers للحصول على أفضل نتائج لتلاحم الخازوق مع التربة المحيطة ، ويتراوح الضغط فى هذه الحالة من ١-٢ ميجانيوتن /م٢ (١٠-٢٠ كجم/سم٢) حسب طبيعة التربة.

٢/٣/٢/٤(أ-٥-٣) خطوات تنفيذ خوازيق الحفر صغيرة الأقطار

توجد طرق مختلفة كثيرة لتنفيذ هذا النوع من الخوازيق حسب نوع التربة وظروف الموقع ، ويبين شكل رقم (٤-٣) المراحل المتبعة فى التنفيذ لإحدى الطرق الشائعة ، وبشكل عام تتبع الخطوات التالية:

١- إنشاء حفرة الخازوق:

يتم ذلك بإحدى الطرق المعروفة: (تثقيب حفر -إزاحة - دق دوار roto percussion)، عادة بدون غلاف خارجي ومع استخدام سائل حفر مثل معلق البنتونيت ،

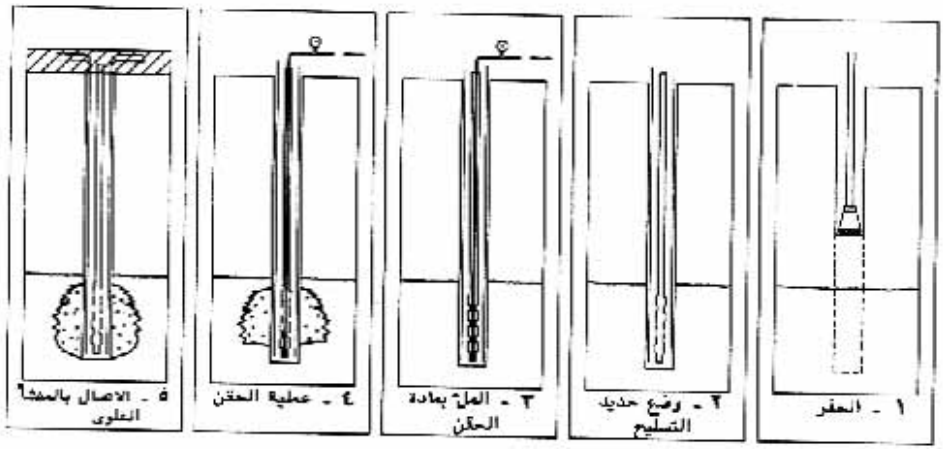
٢- تكوين جسم الخازوق:

تملأ الحفرة بمونة أسمنتية تحل محل سائل الحفر (إن وجد) ثم يتم إنزال التسليح المطلوب بكامل طول الخازوق ومعه مواسير حقن ، ويجب الإنتظار مدة لا تقل عن ٤٨ ساعة قبل البدء فى عملية الحقن ،

٣- حقن الخازوق:

يحقن الخازوق على مرحلة واحدة أو عدة مراحل حسب طبيعة التربة والحمل المطلوب ،ويحدد ضغط الحقن حسب عمق الخازوق وحجم الحبيبات ودرجة كثافة التربة. وفى جميع الحالات يجب ألا يصل الضغط المستخدم فى الحقن إلى قيمة الضغط القصوى limiting pressure التى تحدث انهيارا فى طبقة التربة hydrofracture ،ويجب التأكد من قيمة الضغط القصوى فى

نهاية الحقن لكل طبقة ٠ ويتم الحقن باستخدام مونة أسمنتية تحدد كثافتها بحيث لا تزيد نسبة المياه إلى الأسمنت بالوزن عن ٠,٥٠ ويمكن إضافة نسبة من الرمل فى حالة التربة الزلطية بحيث لا يقل جهد كسر مكعب المونة فى هذه الحالة عن ٢٥ ميجانيوتن/م٢ (٢٥٠ كجم /سم٢) بعد ٢٨ يوما. وعند عمل الحقن يجب التأكد من وجود طبقة من التربة overburden لا تقل عن ثلاثة أمتار فوق المنسوب العلوى للحقن.



شكل رقم (٤-٣) : مراحل التنفيذ لإحدى الطرق الشائعة

٢/٣/٢/٤ (أ- ٥-٤) أسس التصميم

يعتمد نقل الأحمال على تسليح الخازوق فقط، ويحسب الحديد علي أساس ٥٠ % من جهد الخضوع yield stress أو عند استطالة ٢ % وذلك فى حالة الأحمال الدائمة، أما فى حالة إضافة الأحمال الثانوية فيحسب الحديد على ٦٦ % من جهد الخضوع. كما يؤخذ فى الإعتبار عند حساب الحديد النقص المحتمل فى المساحة نتيجة وجود أملاح أو أحماض ضارة. ويجب ألا يقل غطاء المونة عن ٣٠ ملليمتراً، ويبين الجدول رقم (٤-٣) اقطار ومساحة الحديد للحمولات المختلفة للأسترشاد فقط ٠ويتم التصميم طبقاً للخطوات التالية:

١- التحقق من التصميم الإنشائى لجسم الخازوق:

تحسب على أساس جهد مسموح به يساوى نصف جهد الخضوع للحديد أو عند استطالة ٢% فى حالة الأحمال الدائمة ويساوى ثلثى جهد الخضوع للحديد عند إضافة الأحمال الثانوية ٠

٢- التحقق من تماسك مادة الحقن مع الحديد grout- steel bond

جدول رقم (٤-٣) أقطار وتسليح وحمولات الخوازيق صغيرة الأقطار (للإسترشاد)

حمولة التشغيل*		الخواص الهندسية			التسليح	
½ σ s (ك.نيوتن)+	¾ σ s (ك.نيوتن)-	مساحة مقطع الحديد A_s (سم٢)	القطر الأدنى لفتحة الحفرة (مم)	جهد الخضوع σ s (ميجانيوتن/م٢)++	القطر (مم)	نوع التسليح
٢٣٠	٣١٠	١٢	١٠٠	٣٩٠	٦٠/٤٦	مواسير
٣١٠	٤٢٠			٥٣٠		
٤٥٠	٦٠٠	٢٣	١٢٠	٣٩٠	٨٩/٧٠	
٦٢٠	٨٢٠			٥٣٠		
٥٥٠	٧٣٠	٢٨	١٥٠	٣٩٠	١١٤/٩٧	
٧٥٠	١٠٠٠			٥٣٠		
٦٦٠	٨٨٠	٣٤	١٧٠	٣٩٠	١٢٧/١٠٩	
٩٠٠	١٢٠٠			٥٣٠		
٩٨٠	١٣٠٠	٥٠	٢٠٠	٣٩٠	١٧٨/١٥٧	
١٣٢٠	١٧٦٠			٥٣٠		
٦٠	٨٠	٣	٦٠-٢٥٠	٤٠٠	٢٠	أسياخ
١٦٠	٢١٠	٨	حسب عدد	٤٠٠	٣٢	
٢٦٠	٣٤٠	١٣	الأسياخ	٤٠٠	٤٠	

*بشرط إستيفاء كافة أسس التصميم المذكورة في بند رقم ٤/٢/٣/٢(أ-٥-٤) مع ضرورة عمل تجربة تحميل ابتدائية .

+ ١٠ ك . نيوتن ≃ ١ طن

++ ١ ميجانيوتن/م٢ ≃ ١٠ كجم / سم٢

الحمل على الخازوق applied load / مساحة سطح حديد التسليح surface area ≤ جهد التماسك المسموح به allowable bond stress لمادة حقن اجهادها ٢٥ ميجانيوتن/م٢ (٢٥٠كجم/سم٢)

٣ - التحقق من تماسك مادة الحقن مع التربة المحيطة grout - soil bond

وتحسب من المعادلة:

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

حيث:

q_f وحدة الاحتكاك unit friction كجم /سم٢

c مقاومة التماسك للتربة cohesion

ϕ زاوية إحتكاك التربة

n نسبة من ضغط الحقن grouting pressure تتراوح بين ١٠%- ٥٠% وتتوقف على نسبة الأسمنت المستعملة وطبيعة التربة وضغط الحقن. وهذه القيمة للإسترشاد فقط حيث يجب أن تجرى تجارب تحميل حقلية قبل البدء فى التنفيذ لتحديد قيمة n من المعادلة السابقة ٠

٤ - التحقق من قيمة الحمل نتيجة الإرتكاز: end bearing ويؤخذ فى الإعتبار فقط فى حالة الخوازيق المرتكزة على الصخر ٠

٥- التحقق من مقاومة الإنبعاج: buckling

عند التحقق يؤخذ فى الإعتبار الحديد فقط وذلك عند تواجد تربة ضعيفة حول جسم الخازوق لمسافة لا تقل عن ٢,٠متراً ٠

٦- يجب ألا يزيد الترحيل المسموح به للخازوق عن مكانه التصميمى عن عشر (١٠/١) القطر المكافئ، مع مراجعة إجهادات الضغط المسموح بها فى هذه الحالة ٠ وإذا زاد الترحيل الفعلى عن ذلك فيجب إعادة دراسة التصميم طبقا للترحيل الفعلى.

٧- يجب أن تعمل تجربة تحميل ابتدائية قبل تنفيذ الخوازيق العاملة لتحديد حمل التشغيل. وتتم التجربة كما فى الخوازيق النمطية، وكما هو موضح فى بند ٩/٢/٤.

٢/٣/٢/٤ (أ-٦) معلق البنتونيت :

يستخدم مسحوق البنتونيت مع الماء لتكوين المعلق لما له من خاصية إنتفاش عالية جداً حيث يجب ألايقل معايير اللدونة له plasticity index عن ٢٥٠ % كما يجب العناية التامة فى تحديد مكونات معلق البنتونيت المستخدم لأول مرة وطريقة خلطه وإختباره قبل صبه بالحفرة ليحقق المواصفات المطلوبة وهى كالتالى :

١- تتراوح اللزوجة المقاسة بواسطة قمع مارش من ٣٢ : ٣٥ ثانية/لتر

٢- لا تقل الكثافة عن (١,٠٢ طن/ م٣) ولا تزيد عن (١,٠٦ طن/ م٣) .

٣- يجب ألا تزيد كثافة الخليط فوق منسوب كعب الخازوق قبل الصب عن (١,٢٠طن/ م٣).

٤- قيمة الأس الهيدروجيني pH للمحلول لاتقل عن ٧ ولاتزيد عن ٧,٥.

٥-يجب ألا يزيد سمك طبقة البنتونيت mud cake المكونة تحت ضغط ٧٠٠ كيلونيوتن/م^{٢} (٧ كجم/ سم٢) لمدة ٣٠ دقيقة عن ٣ ملليمتراً .

ويتم تنفيذ هذه التجربة الأخيرة مرتين على الأقل خلال مدة تنفيذ المشروع، على أن تكون إحداها عند بداية التنفيذ و الأخرى في منتصف العمل. كذلك تجرى هذه التجربة عند حدوث تغير غير عادى فى الكثافة أو اللزوجة أو تغيير نوع البنتونيت المستخدم أثناء التنفيذ.

طريقة إستعماله

١- يتم تجهيز الخليط في خلاطات خاصة سعتها من ١-٣م^{٣} مزودة بطلمبة طفلة. ويتكون من البنتونيت بنسبة ٣-١٠ % إلي المتر المكعب من ماء صالح للشرب محسوبة بالوزن . يتم الخلط لمدة ١٠ دقائق ويجمع الخليط فى أحواض أو خزانات أو حفرة فى الأرض، ويترك لعدة ساعات حتى ينتفش قبل أن يتم سحبه بواسطة الطلمبات أثناء حفر الخوازيق. وأحيانا يكون البنتونيت معالجا أثناء التصنيع وبذلك لايحتاج وقتا للإنتفاش.

٢- يمكن إعادة استعمال الخليط بعد الانتهاء من صب الخازوق وذلك بتنقيته بعد تمريره على مناخل وهزازات (فاصل للرمال desander) لاستبعاد نسبة من الرمل منه، حيث يجب فى هذه الحالة ألا تزيد نسبة الرمل عن ٥ % ولا تزيد كثافة الخليط عن (١,٣٠ طن/ م٣) أثناء الحفر، وألا يزيد سمك طبقة البنتونيت (كعكة الوحل-mud cake) المكونة تحت تأثير ضغط يساوى ٧٠٠ كيلو نيوتن/ م٢ (٧ كجم/سم٢) لمدة ٣٠ دقيقة عن ٥ مم. كذلك يجب أن تتراوح اللزوجة المقاسة بجهاز مارش بين ٣٥ و ٦٠ ثانية/ لتر، وقيمة الأس الهيدروجينيpH من ٧ الى ١٠. تستخدم طلمبات سطحية لدفع الخليط من وإلى الحفرة ، وطلمبات غاطسة لتقليب وسحب البنتونيت من الحفرة ودفعه إلى فاصل الرمال ، كما يمكن استعمال نظام السحب بالهواء airlift. ونظرا لزيادة نسبة فاقد معلق البنتونيت خلال طبقات التربة ذات المسامية العالية (معامل نفاذيتها أكبر من ٠,٠٢ متراً/ ثانية) فإنه من الصعب تنفيذ الخوازيق بهذه الطريقة فى هذا النوع من التربة خاصة فى حالة عدم وجود مياه جوفية. إلا أنه مع ذلك قد يستخدم معلق البنتونيت مع تغيير الحدود المذكورة عاليه فى حالات : تربه ذات مسامية عالية أو صخرية بها فواصل او

إرتفاع منسوب المياه الأرضية أو وجود ضغط إرتوازىartesian pressure أو تربة ضعيفة جدا ؛ أو تربة شديدة الملوحة .

ويجوز حفر الخوازيق بدون استخدام ماسورة مؤقتة أو بدون استخدام معلق البنتونيت فى حالات خاصة إذا تحققت جميع الشروط التالية:

- وجود طبقات تربة متحجرة أو متلاحمة cemented أو ذات تماسك عالى [q_u>200kN/m^2(2kg/cm^2)] بكامل عمق الحفرة مع عدم وجود مياه جوفية.
- ألا يقل قطر الثقب عن عشر (١/١٠) عمقه.
- تسليح الخازوق بكامل طوله.
- إتمام عمليات حفر الخازوق وصب الخرسانة تحت مراقبة دقيقة.
- صب الخرسانة باستخدام ماسورة مزودة بقمع tremie pipe .
- قياس حجم الخرسانة المصبوبة ومقارنتها بحجم الثقب على مراحل أثناء تنفيذ الخازوق.

٤/٢/٣/٢(أ-٧) النقاط الواجب مراعاتها فى الخوازيق الخرسانية الملتأة بالحفر السابق للصب:

بالإضافة إلى ما سبق يجب مراعاة ما يلى :

١- يجب صب الخرسانة بطريقة مناسبة تضمن عدم حدوث انفصال حبيبى لمكونات الخرسانة وذلك باستخدام ماسورة وقمع مثلا.

٢- قبل صب الخرسانة تحت الماء أو تحت مستحلب البنتونيت يجب مراعاة ما يلي:

أ- إزالة التربة الضعيفة أو المفككة فى قاع الحفرة.

ب- أن تكون الخرسانة متماسكة وغنية بالأسمنت (لا تقل نسبة الأسمنت عن ٤٠٠ كجم/م٣).

ج- يجب التأكد من عدم إنهيار جوانب الحفرة واختلاط مكونات التربة بالخرسانة حتى إذا لزم الأمر استخدام ماسورة خاصة كغلاف دائم فى الحالات الخاصة التى تتطلب ذلك.

د- يجب التأكد من أن ماسورة صب الخرسانة والقمع المستخدم محكومة تماما ومدفونة داخل الخرسانة لمسافة لا تقل عن ٢,٠متراً بحيث تمنع دخول المياه أو البنتونيت فى الماسورة لضمان عدم حدوث اختناق لجسم الخازوق أو تكون فراغات به .

هـ- يجب أن تكون ماسورة الصب ذات قطر كبير كاف لمرور مكونات الخرسانة بسهولة فمثلا لقطر حبيبات ٢٠ ملليمتراً يجب ألا يقل قطر الماسورة عن ١٥٠ ملليمتراً .

و- يجب ملء الخازوق بكمية أولية كافية وبمعدل سريع لإعطاء عمق يكفى لعدم اختلاط الماء أو معلق البنتونيت بالخرسانة ، على أن يكون منسوب كعب ماسورة الصب tremie pipe على عمق لا يزيد عن ٥٠٠ ملليمتراً من قاع الخازوق .

٣- يجب تنفيذ الخازوق الرأسى بعناية تامة ليحتفظ بمحوره رأسيا وغير مسموح بزيادة ميل الخازوق عن الرأسى عن نسبة ١,٥: ١٠٠ بحيث لا تتعدى مقدار إزاحة كعب الخازوق بالنسبة لرأسه عن نصف قطره، ويقاس الميل أثناء التنفيذ مرتين على الأقل. وفى حالة زيادة الميل عن هذه القيمة يعمل بديل له مع عمل التعديل اللازم فى القاعدة والشدادات لرؤوس الخوازيق .

٤- يجب ألا يزيد الترحيل المسموح به لرأس الخازوق عن مكانه التصميمى عن ٥٠ ملليمتراً أو عشر (١٠/١) القطر المكافئ أيهما أكبر مع مراجعة إجهادات الضغط المسموح بها فى هذه الحالة. وإذا زاد الترحيل عن ذلك فيجب إعادة دراسة التصميم طبقا للترحيل الفعلى.

٥- تراعى جميع المواصفات الواردة بالخوازيق الخرسانية المصبوبة بالموقع (خوازيق الدق) الخاصة بحديد التسليح والخرسانة .

٢/٣/٢/٤ (ب) الخوازيق الخرسانية أو المونة المنشأة بالحفر والتفريغ أثناء الصب

يعرف هذا النوع بخوازيق الحفر البريمى المستمر continuous flight auger وينفذ باستعمال بريمة طويلة مكونة من وصلات يصل طولها إلى ٦,٠ متراً للوصلة الواحدة. تدار البريمة بواسطة موتور ، بداخل البريمة ماسورة مجوفة hollow stem بكامل طولها وبقطر لا يقل عن ٧٥ ملليمتراً فى حالة استخدام مونة أسمنتية و ١٥٠ ملليمتراً فى حالة استخدام الخرسانة. وعند وصول البريمة إلى عمق الحفر المقرر تضخ المونة أو الخرسانة بواسطة طلمبة الضخ خلال الماسورة المجوفة . ويتم سحب البريمة بالتربة التى تكون حول أسلحتها أثناء عملية الضخ. ويجب العناية والدقة أثناء التنفيذ لضمان الحصول على قطاع خرسانى متجانس مستمر.وفى بعض الأحيان يتم عمل الثقب باستعمال بريمة مصمتة أولية لتفتيت التربة ثم يتم استبدالها بالبريمة ذات الماسورة المجوفة داخلها السابق ذكرها عاليه. ويمكن تنفيذ هذا النوع من الخوازيق بأطوال تصل إلى ٣٠,٠ متراً وأقطار تصل إلى ١,٠ متراً.

يتم إنزال تسليح الخازوق (التقفيصة الحديدية) بعد الإنتهاء من عملية الضخ وسحب البريمة بالكامل باستعمال هزاز أو بدون فى حالة استعمال مونة.

و- يجب ملء الخازوق بكمية أولية كافية وبمعدل سريع لإعطاء عمق يكفى لعدم اختلاط الماء أو معلق البنتونيت بالخرسانة ، على أن يكون منسوب كعب ماسورة الصب tremie pipe على عمق لا يزيد عن ٥٠٠ ملليمتراً من قاع الخازوق .

٣- يجب تنفيذ الخازوق الرأسى بعناية تامة ليحتفظ بمحوره رأسيا وغير مسموح بزيادة ميل الخازوق عن الرأسى عن نسبة ١,٥: ١٠٠ بحيث لا تتعدى مقدار إزاحة كعب الخازوق بالنسبة لرأسه عن نصف قطره، ويقاس الميل أثناء التنفيذ مرتين على الأقل. وفى حالة زيادة الميل عن هذه القيمة يعمل بديل له مع عمل التعديل اللازم فى القاعدة والشدادات لرؤوس الخوازيق .

٤- يجب ألا يزيد الترحيل المسموح به لرأس الخازوق عن مكانه التصميمى عن ٥٠ ملليمتراً أو عشر (١٠/١) القطر المكافئ أيهما أكبر مع مراجعة إجهادات الضغط المسموح بها فى هذه الحالة. وإذا زاد الترحيل عن ذلك فيجب إعادة دراسة التصميم طبقا للترحيل الفعلى.

٥- تراعى جميع المواصفات الواردة بالخوازيق الخرسانية المصبوبة بالموقع (خوازيق الدق) الخاصة بحديد التسليح والخرسانة .

٢/٣/٢/٤ (ب) الخوازيق الخرسانية أو المونة المنشأة بالحفر والتفريغ أثناء الصب

يعرف هذا النوع بخوازيق الحفر البريمى المستمر continuous flight auger وينفذ باستعمال بريمة طويلة مكونة من وصلات يصل طولها إلى ٦,٠ متراً للوصلة الواحدة. تدار البريمة بواسطة موتور ، بداخل البريمة ماسورة مجوفة hollow stem بكامل طولها وبقطر لا يقل عن ٧٥ ملليمتراً فى حالة استخدام مونة أسمنتية و ١٥٠ ملليمتراً فى حالة استخدام الخرسانة. وعند وصول البريمة إلى عمق الحفر المقرر تضخ المونة أو الخرسانة بواسطة طلمبة الضخ خلال الماسورة المجوفة . ويتم سحب البريمة بالتربة التى تكون حول أسلحتها أثناء عملية الضخ. ويجب العناية والدقة أثناء التنفيذ لضمان الحصول على قطاع خرسانى متجانس مستمر.وفى بعض الأحيان يتم عمل الثقب باستعمال بريمة مصمتة أولية لتفتيت التربة ثم يتم استبدالها بالبريمة ذات الماسورة المجوفة داخلها السابق ذكرها عاليه. ويمكن تنفيذ هذا النوع من الخوازيق بأطوال تصل إلى ٣٠,٠ متراً وأقطار تصل إلى ١,٠ متراً.

يتم إنزال تسليح الخازوق (التقفيصة الحديدية) بعد الإنتهاء من عملية الضخ وسحب البريمة بالكامل باستعمال هزاز أو بدون فى حالة استعمال مونة.

وفى حالة استعمال الخرسانة كجسم للخازوق تطبق جميع الإشتراطات السابقة المذكورة فى البنود (٤/٢/٣/١(ج-٢-٣) ، ٤/٢/٣/٢(أ ٧)) .

وفى حالة استعمال المونة فى جسم الخوازيق يجب ألا تقل نسبة الأسمنت عن ٧٠٠ كجم للمتر المكعب من الرمل السليسي جيد التدرج، وبإجهاد كسر لمكعبات المونة القياسية (٥٠×٥٠×٥٠ ملليمتراً) لا يقل عن ٢٥ ميجا نيوتن/ م ٢ (٢٥٠ كجم/ سم ٢)، على ألا يقل معامل الأمان لإجهادات المونة عن ٦,٥ بعد ٢٨ يوما وبشرط ضمان تجانس المونة . مع إجراء إختبارات دورية للتأكد من درجة لزوجتها.

٤/٢/٣/٢(ج) تصنيع الخرسانة – معاملات الأمان – التسليح

٤/٢/٣/٢(ج -١) تصنيع الخرسانة للخوازيق المصبوبة فى مكانها

يجب العناية بتصنيع الخرسانة حيث أنها المكون الرئيسى للخازوق ويكون ذلك باستخدام معدات ميكانيكية ويحظر تماما الخلط اليدوى. كما يجب التأكد من مطابقة المواد المستخدمة (أسمنت – زلط – رمل) للمواصفات وملاءمتها للتربة المنفذ فيها الخازوق حيث :

- يجب مطابقة الأسمنت للمواصفات القياسية المصرية ES 371 للأسمنت البورتلاندى العادى و ES 583 للأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات ، وفى المشاريع الكبيرة يجب إجراء تجارب ٣ أيام ، ٧ أيام على الأسمنت قبل استعماله أثناء عمل الخلطة التصميمية ويجب تخزين الأسمنت جيدا لحمايته من الرطوبة والمطر.
- يستعمل الزلط جيد التدرج الخالى من الشوائب والمواد الضارة بالخرسانة ويكون الحد الأقصى لحجم الزلط ٣٠مم، ويمكن إستعمال كسر الصخور (المسن) مقاس ٦-٢٥مم وفى جميع الحالات يجب إجراء الإختبارات اللازمة للتأكد من صلاحيته و ذلك طبقا للمواصفات القياسية المصرية.
- يستعمل الرمل السليسى النظيف الحرش الخالى من الشوائب والتجمعات المتكلسة وأى مواد ضارة بالخرسانة.
- يستعمل الماء النظيف الصالح للشرب وفى حالة إستعمال مياه من مصادر أخرى يجب إختبارها للتأكد من صلاحيتها.
- يمكن إستخدام الإضافات الكيميائية لتأخير زمن الشك أو زيادة درجة التشغيلworkability وفقاً للكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية، وتكون إضافة

تلك المواد حسب توصيات الشركة المصنعة ، ويجب إجراء تجارب على الخلطة الخرسانية لبيان مدى فاعلية الإضافات حسب المطلوب منها.

- يتم الخلط بإضافة مكونات الزلط والرمل مع المياه ثم الأسمنت بالوزن أو بالحجم حسب ما هو مذكور فى الخلطة التصميمية ثم تضاف الإضافات الكيميائية بعد ذلك. ويكون الخلط إما داخل حلة الخلاطة المركزية أو الخلاطة الميكانيكية سعة ٣/١ (ثلث) متر مكعب على الأقل لمدة لا تقل عن ٢ دقيقة أو يتم الخلط داخل حلة الخلاطة المتحركة transit mixer حيث يتم نقل مكونات الزلط والرمل بواسطة سير ناقل، ويكون زمن الخلط ١٠ دقائق على الأقل لكل ٦ متر مكعب. كما يجب التأكد من تجانس الخلطة قبل بدء عملية الصب ويمكن زيادة كمية الإضافات بحيث لا تتعدى الحدود المذكورة فى كتالوج الشركة المصنعة وذلك للحصول على درجة التشغيل المطلوبة.
- فى حالة ارتفاع درجة الحرارة يراعى تغطية الخلاطة المتحركة بالخيش المبلول ويمكن وضع ثلج داخل الحلة للإحتفاظ بدرجة حرارة فى حدود المسموح بها.

٢/٣/٢/٤(ج – ٢) معاملات الأمان لإجهادات الخرسانة للخوازيق المصبوبة فى مكانها

لضمان الحصول على خرسانة عالية الجودة يعمل تصميم للخلطة بالمعمل باستعمال المواد المحلية أو المتاحة بما فى ذلك الإضافات الكيمياوية إن وجدت ، ويجب أن تعطى الخلطة إجهادات بعد ٢٨ يوما أكبر من المطلوبة بمقدار ٢٥ % على الأقل، كما يجب أن يراعى فى تصميم الخلطة درجة التشغيل المطلوبة workability حسب كل نوع من الخوازيق كما هو مذكور فى بند (٨/٢/٤) ، ويقاس ذلك بمقدار الهبوط slump المناظر لكل منها.

وتعتبر قيمة الكسر بعد ٢٨ يوما هى المعيار الذى تحدد منه جودة الخرسانة ويتم تصنيع الخرسانة بواسطة خلاطات ميكانيكية صغيرة أو ذاتية التشغيل أو خلاطات مركزية ، ولا يجب السماح بالخلط اليدوى كما يجب ألا تقل نسبة الأسمنت بأى حال من الأحوال عن (٣٥٠ كجم/م٣) خرسانة. وتحدد قيم إجهادات التشغيل working stresses بالنسبة لإجهاد كسر المكعبات المأخوذة بالموقع بعد ٢٨ يوما كالأتى:

- ١- فى حالة الصب داخل مواسير مسدودة فى نهايتها وجافة تماما يجب ألا يقل معامل الأمان عن ٣,٥.

٢- عند الصب داخل مواسير أو غلاف غير مسدود فى نهايته ولكن فى حالة جافة بواسطة مزراب shoot أو قمع tremie -لا يقل معامل الأمان عن ٤,٠

٣- عند الصب سواء فى وجود أو عدم وجود غلاف ولكن تحت سطح الماء وباستعمال قمعtremie - لا يقل معامل الأمان عن ٥,٥٠

٤- فى حالة الصب بواسطة طلمبة ضخ- لا يقل معامل الأمان عن ٤,٥ ٠

ويتم أخذ مكعبات أثناء سبب الخرسانة بالمعدلات التالية أيها أكثر:

أ - عدد ٦ مكعبات كل ١٠٠ م ٣ خرسانة ٠

ب - عدد ٦ مكعبات كل ١٥ خازوق ٠

ج- عدد ٦ مكعبات كل يوم عمل.

ويكون تكسير المكعبات بواقع ٣ مكعبات بعد ٧ أيام و ٣ مكعبات بعد ٢٨ يوما ٠ ويسمح بتجاوز بحد أقصى ٢٠% من جهد التشغيل المطلوب فيما لا يزيد عن ٢% من مجموع الخوازيق المنفذة وفيما لا يزيد عن ١٠% من الخوازيق المشتركة فى القاعدة الواحدة ٠

أما فى حالة استعمال العونة بدلا من الخرسانة كما فى خوازيق الحفر البريمى المستمر فلا يقل معامل الأمان عن ٦,٥، مع مراعاة ما هو وارد بالبند (٢/٣/٢/٤(ب)) ٠

٢/٣/٢/٤ (ج - ٣) تسليح الخوازيق الخرسانية المصبوبة فى مكانها

يسلح الخازوق فى حالة وجود إجهادات شد أو إنحناء ، وتنشأ هذه الاجهادات فى حالات منها:

أ - عند تعرض الخازوق لقوى شد مباشرة ٠

ب - عدم تمركز الأحمال أو وجود قوى أفقية.

ج- تنفيذ الخوازيق فى تربة ضعيفة جدا أو فى تربة انتفاشية ٠

د - إذا امتد الخازوق فوق سطح الأرض كما هو الحال فى المنشآت البحرية jetty- trestle ويحسب الحديد إنشائيا مع الأخذ فى الإعتبار الإجهادات فى كل حالة والتأثير المتبادل بين الخازوق و التربة soil-pile interaction ، ويجب ان يمتد الحديد ليغطى الجزء من الخازوق المعرض لهذه الإجهادات ٠

أما إذا لم تتواجد هذه الإجهادات فإنه من الناحية النظرية لا يلزم تسليح الخازوق إلا فى الستة أمتار العليا أو ثلاثة أمتال القطر أيهما أطول لربطه بالقاعدة ولا يقل التسليح فى هذه الحالة عن

٢- عند الصب داخل مواسير أو غلاف غير مسدود فى نهايته ولكن فى حالة جافة بواسطة مزراب shoot أو قمع tremie -لا يقل معامل الأمان عن ٤,٠

٣- عند الصب سواء فى وجود أو عدم وجود غلاف ولكن تحت سطح الماء وباستعمال قمعtremie - لا يقل معامل الأمان عن ٥,٥٠

٤- فى حالة الصب بواسطة طلمبة ضخ- لا يقل معامل الأمان عن ٤,٥ ٠

ويتم أخذ مكعبات أثناء سبب الخرسانة بالمعدلات التالية أيها أكثر:

أ - عدد ٦ مكعبات كل ١٠٠ م ٣ خرسانة ٠

ب - عدد ٦ مكعبات كل ١٥ خازوق ٠

ج- عدد ٦ مكعبات كل يوم عمل.

ويكون تكسير المكعبات بواقع ٣ مكعبات بعد ٧ أيام و ٣ مكعبات بعد ٢٨ يوما ٠ ويسمح بتجاوز بحد أقصى ٢٠% من جهد التشغيل المطلوب فيما لا يزيد عن ٢% من مجموع الخوازيق المنفذة وفيما لا يزيد عن ١٠% من الخوازيق المشتركة فى القاعدة الواحدة ٠

أما فى حالة استعمال العونة بدلا من الخرسانة كما فى خوازيق الحفر البريمى المستمر فلا يقل معامل الأمان عن ٦,٥، مع مراعاة ما هو وارد بالبند (٢/٣/٢/٤(ب)) ٠

٢/٣/٢/٤ (ج - ٣) تسليح الخوازيق الخرسانية المصبوبة فى مكانها

يسلح الخازوق فى حالة وجود إجهادات شد أو إنحناء ، وتنشأ هذه الاجهادات فى حالات منها:

أ - عند تعرض الخازوق لقوى شد مباشرة ٠

ب - عدم تمركز الأحمال أو وجود قوى أفقية.

ج- تنفيذ الخوازيق فى تربة ضعيفة جدا أو فى تربة انتفاشية ٠

د - إذا امتد الخازوق فوق سطح الأرض كما هو الحال فى المنشآت البحرية jetty- trestle ويحسب الحديد إنشائيا مع الأخذ فى الإعتبار الإجهادات فى كل حالة والتأثير المتبادل بين الخازوق و التربة soil-pile interaction ، ويجب ان يمتد الحديد ليغطى الجزء من الخازوق المعرض لهذه الإجهادات ٠

أما إذا لم تتواجد هذه الإجهادات فإنه من الناحية النظرية لا يلزم تسليح الخازوق إلا فى الستة أمتار العليا أو ثلاثة أمتال القطر أيهما أطول لربطه بالقاعدة ولا يقل التسليح فى هذه الحالة عن

٠,٦٠% من مساحة مقطع الخازوق ،وعموماً يسلح الخازوق بما يعرف بالتقفيصة الحديدية وتتكون من :

- الأسياخ الرأسية وهى المكون الأساسى للتقفيصة.
- الأسياخ الحلزونية التى تلف حول الأسياخ الرأسية.
- الأطواق الحديدية التى يثبت على محيطها الخارجى الأسياخ الرأسية.

وتصنع التقفيصة بعمل الأطواق من حديد ٣٧ أولا وتكون المسافات بينها من ١,٠٠-٣,٠٠ مترا حسب نوع الخازوق ويفضل ألا يقل قطر حديد الأطواق عن ١٦ مم ، ثم يرص الحديد الرئيسى حولها ويتم تثبيته باللحام على مسافات متساوية بحيث لا تقل المسافة بين الأسياخ عن ١٥ سم ، ثم تلف الأسياخ الحلزونية حول الأسياخ الرأسية بحيث لا تقل الخطوة pitch عن ١٥ سم ويتراوح قطر الأسياخ الحلزونية من ٨ مم إلى ١٠ مم .

فى حالة القفص الحديدى الطويل (> ١٢ متر) يستدعى تصنيعه عمل وصلات فى الأسياخ الرأسية ، ويحدد طول ركوب الوصلة إما بعمل تجربة شد على عدد ٢ سيخ ملحومين من الجهتين بطول ٢٠ سم ويكون اللحام متصلا بكامل طول الوصلة أو يكون طول الوصلة ٢٠ مرة قطر السيخ وفى هذه الحالة يكون طول اللحام من الجهتين ١٠ سم كل ٢٠ سم من طول الوصلة وبحيث لايقل فى مجموعه عن ٢٠ سم .ويمكن عمل وصلات جميع الأسياخ الطولية للتقفيصة فى قطاع واحد .

٣/٣/٢/٤ أنواع أخرى من الخوازيق

كما يمكن أن يدخل ضمن الأنواع الأخرى من خوازيق التثقيب ما يعرف باسم "خوازيق الدمك" وتستخدم فى تدعيم التربة الرملية و "خوازيق الزلط أو الحجر أو خوازيق التربة المستبدلة" ، وهى تستخدم عادة فى التربة الطينية الطمية ،أو "خوازيق التربة المدعمة بالجير" وتستخدم فى التربة الطينية الضعيفة وهذه النوعية من الأساسات تحتاج إلى معدات خاصة وخبرة عملية طويلة لتنفيذها بكفاءة ، ونورد فيما يلى بعض هذه الأنواع.

خوازيق من تربة مدموكة أو مستبدلة

هذا النوع من الأساسات يدخل ضمن نطاق الطرق المختلفة لتحسين خواص التربة الضعيفة جدا والتى يكون التأسيس السطحى عليها مكلفا للغاية وهى تعتمد أساسا على: إما دمك التربة الرملية أو خلط التربة الطينية أو الطمية بالزلط أو كسر الحجر لتحسين خواصها الميكانيكية، وذلك عن

٠,٦٠% من مساحة مقطع الخازوق ،وعموماً يسلح الخازوق بما يعرف بالتقفيصة الحديدية وتتكون من :

- الأسياخ الرأسية وهى المكون الأساسى للتقفيصة.
- الأسياخ الحلزونية التى تلف حول الأسياخ الرأسية.
- الأطواق الحديدية التى يثبت على محيطها الخارجى الأسياخ الرأسية.

وتصنع التقفيصة بعمل الأطواق من حديد ٣٧ أولا وتكون المسافات بينها من ١,٠٠-٣,٠٠ مترا حسب نوع الخازوق ويفضل ألا يقل قطر حديد الأطواق عن ١٦ مم ، ثم يرص الحديد الرئيسى حولها ويتم تثبيته باللحام على مسافات متساوية بحيث لا تقل المسافة بين الأسياخ عن ١٥ سم ، ثم تلف الأسياخ الحلزونية حول الأسياخ الرأسية بحيث لا تقل الخطوة pitch عن ١٥ سم ويتراوح قطر الأسياخ الحلزونية من ٨ مم إلى ١٠ مم .

فى حالة القفص الحديدى الطويل (> ١٢ متر) يستدعى تصنيعه عمل وصلات فى الأسياخ الرأسية ، ويحدد طول ركوب الوصلة إما بعمل تجربة شد على عدد ٢ سيخ ملحومين من الجهتين بطول ٢٠ سم ويكون اللحام متصلا بكامل طول الوصلة أو يكون طول الوصلة ٢٠ مرة قطر السيخ وفى هذه الحالة يكون طول اللحام من الجهتين ١٠ سم كل ٢٠ سم من طول الوصلة وبحيث لايقل فى مجموعه عن ٢٠ سم .ويمكن عمل وصلات جميع الأسياخ الطولية للتقفيصة فى قطاع واحد .

٣/٣/٢/٤ أنواع أخرى من الخوازيق

كما يمكن أن يدخل ضمن الأنواع الأخرى من خوازيق التثقيب ما يعرف باسم "خوازيق الدمك" وتستخدم فى تدعيم التربة الرملية و "خوازيق الزلط أو الحجر أو خوازيق التربة المستبدلة" ، وهى تستخدم عادة فى التربة الطينية الطمية ،أو "خوازيق التربة المدعمة بالجير" وتستخدم فى التربة الطينية الضعيفة وهذه النوعية من الأساسات تحتاج إلى معدات خاصة وخبرة عملية طويلة لتنفيذها بكفاءة ، ونورد فيما يلى بعض هذه الأنواع.

خوازيق من تربة مدموكة أو مستبدلة

هذا النوع من الأساسات يدخل ضمن نطاق الطرق المختلفة لتحسين خواص التربة الضعيفة جدا والتى يكون التأسيس السطحى عليها مكلفا للغاية وهى تعتمد أساسا على: إما دمك التربة الرملية أو خلط التربة الطينية أو الطمية بالزلط أو كسر الحجر لتحسين خواصها الميكانيكية، وذلك عن

طريق اسطوانة حديدية رأسيه تخترق طبقات التربة الضعيفة حتى أعماق كبيرة وتتولد منها اهتزازات يندمج عندها إما دمك عمود من التربة الرملية حولها أثناء سحبها إلى أعلا أو عمل عامود من خليط من طبقة التربة الطينية أو الطميية الضعيفة والزلط وكسر الحجر اللذين يتم إضافتهما من أعلا أثناء سحب الماسورة ، وهذه الطريقة تعرف بـــ vibro compaction بالنسبة للتربة الرملية وvibro replacement بالنسبة للتربة الطينية أو الطميية.

المعدات

يلزم لتنفيذ هذه الطريقة إستخدام أسطوانة من الصلب ذات قطر يتراوح بين ٢٠٠ ملليمتراً و ٤٠٠ ملليمتراً وبأطوال تتراوح بين ٤,٥ متراً و ٥,٠ متراً ، يثبت بداخلها كتلة تدور حول محور الإسطوانة الرأسي وبحيث لا ينطبق مركز ثقل الكتلة مع محور الدوران مما ينتج عنه اهتزاز الإسطوانة مع دوران الكتلة (شكل رقم (٤-٤))، ويلاحظ إنه يمكن زيادة طول أعمدة التربة إذا لزم الأمر باضافة وصلات- بنفس المقاييس السابقة تقريبا- إلى الأسطوانة الأصلية. ويبدأ العمل باستخدام هذه الطريقة بتثبيت الإسطوانة فى رافعة crane وتنزيلها رأسيا داخل التربة تحت تأثير وزنها وبمساعدة تيار من المياه أو الهواء المضغوط يتم ضخه من أسفل الماسورة وهذا التيار من المياه أو الهواء المضغوط يساعد على سند جوانب الحفر.

وعادة تتراوح سرعة دوران المحرك المستخدم فى إحداث الإهتزازات بين ١٨٠٠ و ٣٠٠٠ لفة فى الدقيقة . وبطاقة تتراوح بين ٣٥ و ٥٠ كيلووات . ويتراوح وزن الإسطوانة بين ٢٧ و ٥٣ كيلونيوتن (٢,٧٠ و ٥,٣٠ طن) .

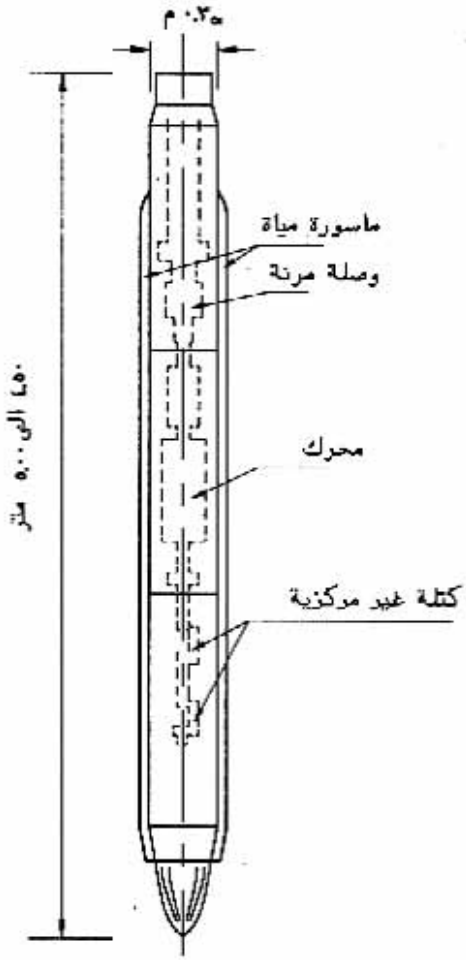
طريقة التنفيذ

تنقسم هذه الطريقة طبقا لنوعية التربة بالموقع إلى نوعين:

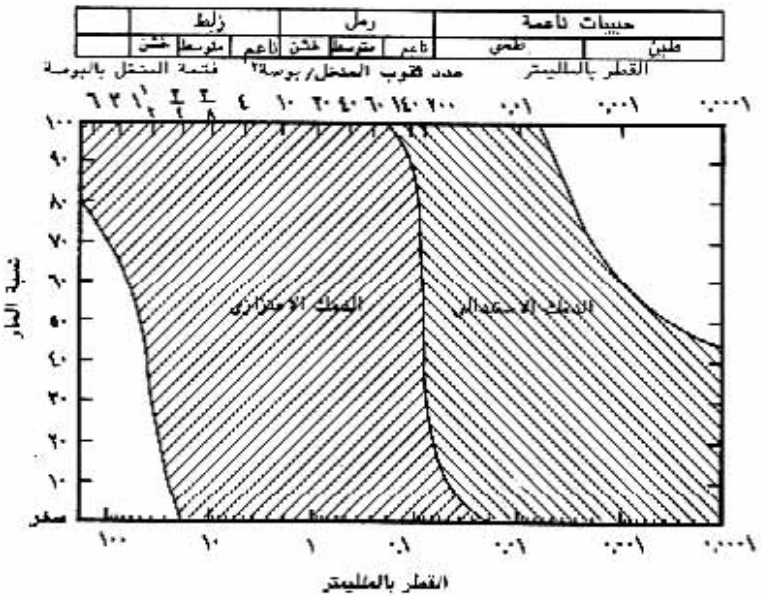
١ - الدمك الإهتزازى vibro compaction للتربة الرملية.

٢- الإستبدال الإهتزازى (أو أعمدة الحجارة) vibro replacement وذلك فى التربة الطينية أو الطميية .

والشكل رقم (٤-٥) يبين مجال إستخدام كل من هذين البندين في تكوينات التربة المختلفة طبقا لمقاس حبيبات التربة بالموقع .



شكل رقم (٤-٤) : رسم تخطيطى للهزاز المستعمل فى عمليات الدمك



شكل رقم (٤-٥) : مجال استخدام طريقتى الدمك الإهتزازى و الإستبدال الإهتزازي

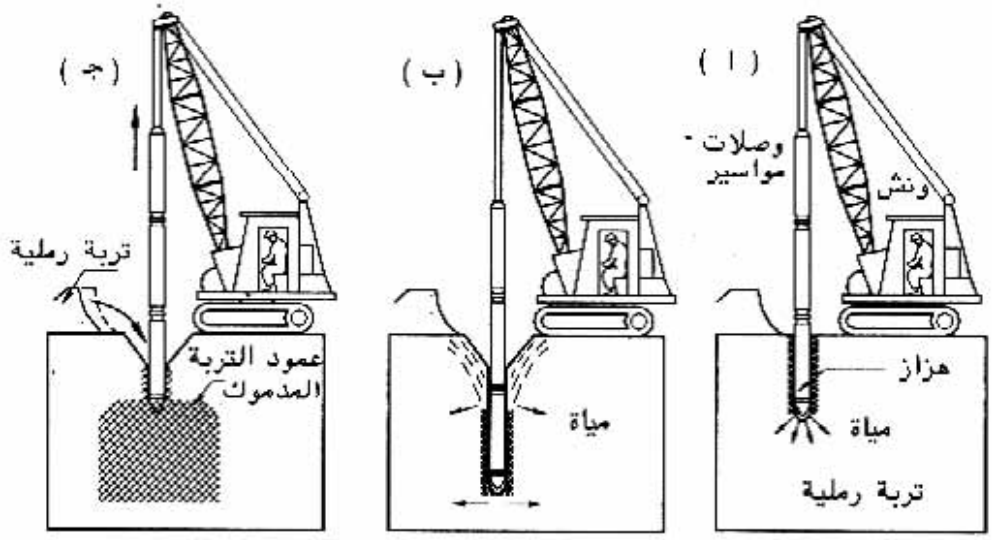
٣/٣/٢/٤ (أ) خوازيق الدمك الأهتزازى في التربة الرملية المفككة

يتم التنفيذ بدمك عمود من التربة بعد وصول الأسطوانة إلى المنسوب المطلوب عن طريق إضعاف تيار المياه المتدفق من نهايتها والبدء فى سحب الإسطوانة إلى أعلا ببطء بخبطات صغيرة منتظمة للتأكد من تجانس دمك التربة بكامل إرتفاع الطبقة، عادة ما يؤدى إستخدام هذه الطريقة إلى خفض حجم التربة الأصلى بمقدار ١٠% تقريبا مما يؤدى إلى انخفاض كبير فى سطح الأرض بالموقع، ويمكن تلافى ذلك بإضافة تربة رملية موردة من الخارج حول الاسطوانة أثناء رفعها مما يؤدى إلى خلط هذه التربة الجديدة بالتربة الأصلية بالموقع أثناء الدمك. شكل رقم (٤-٦) يوضح خطوات تنفيذ الدمك الإهتزازى للتربة الرملية ،

فى حالة التربة الرملية جيدة التدرج فانه يمكن الوصول بها إلى كثافة نسبية تساوى ٧٠% باستخدام هذه الطريقة على أبعاد تتراوح بين ٣,٠ متراً و ٣,٥ متراً، وفى حالة تقليل المسافات عن ذلك فانه يمكن الوصول إلى كثافة نسبية قد تصل الى ٩٠% ، أما فى حالة وجود طبقات من الرمل الناعم يلاحظ أنه يلزم تقليل المسافة بين نقاط الدمك ،

ويلاحظ بصفة عامة أن المدة اللازمة لدمك التربة عند كل مستوى تتراوح بين دقيقتين وخمس دقائق ،

وتصلح هذه الطريقة لتحسين خواص التربة الرملية التى لا تزيد نسبة المواد الناعمة بها (الطين والطمى أو نسبة المار من المنخل رقم ٢٠٠) عن ١٥%.

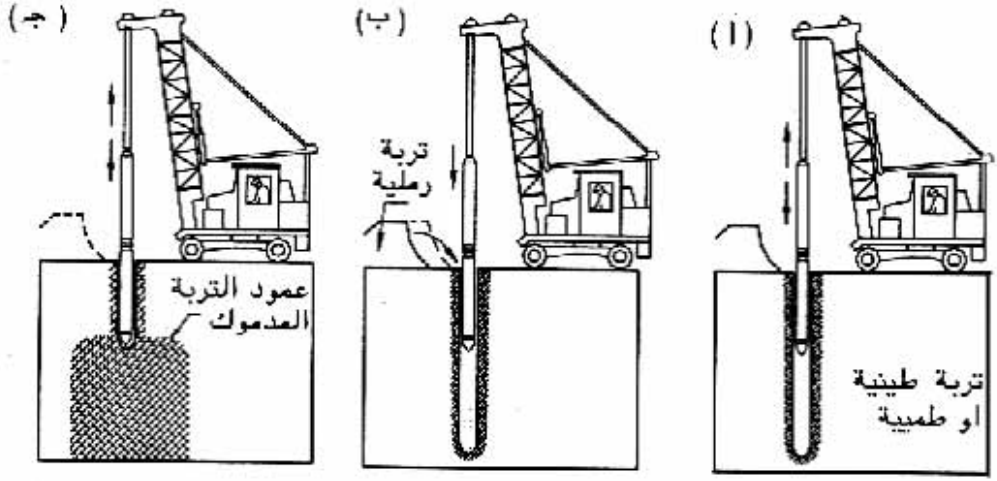


شكل رقم (٤-٦) : رسم تخطيطى يوضح خطوات تنفيذ الدمك الإهتزازى

٣/٣/٢/٤ (ب) خوازيق الإستبدال الإهتزازى للتربة الطينية والطمية

تستخدم فى هذه الطريقة نفس المعدات المشار إليها عاليه ويتم تغويص الأسطوانة إلى العمق المطلوب مع ضخ المياه أو الهواء من أسفل. وعادة ماتستخدم المياه فى طبقات التربة المشبعة تماما والهواء المضغوط فى التربة المشبعة جزئيا مع ملاحظة أن يكون منسوب المياه داخل الحفر أعلا دائما من منسوب المياه الأرضية بالموقع. بعد الوصول إلى المنسوب المطلوب تكون أبعاد الخازوق الناتج أكبر قليلا من أبعاد الأسطوانة، ويتم إضافة كميات من الزلط أو كسر الحجر من أعلا على دفعات بمقاس يتراوح بين ١٠ و ٨٠ ملليمتراً . مع كل دفعة يتم تنزيل ورفع الأسطوانة المهتزة ببطء حتى يتم التداخل التام بين الزلط المضاف والتربة بالموقع عند كل منسوب حتى نحصل فى النهاية على عامود دائرى (غير منتظم المقطع) مكون من خليط من تربة الموقع والزلط المضاف . وعادة ما يتراوح قطر هذا العامود بين ٠,٦متراً و ١,٠ متراً وذلك طبقا لنوعية التربة بالموقع وزمن دمك و إزاحة الزلط المضاف. (انظر شكل رقم ٤-٧). أعمدة الحجارة أو الزلط هذه يتم تنفيذها عادة فى توزيع منتظم مثلثى الشكل أو فى مربعات.

البعد بين كل عامود وآخر يتراوح بين ١,٠متراً و ٣,٠ متراً، وذلك طبقا لمتطلبات التصميم من حيث تقليل الهبوط أو زيادة مقاومة التربة.



شكل رقم (٤-٧) : رسم تخطيطى يوضح خطوات تنفيذ الدمك الإستبدالى للتربة الطينية والطمبية

ويمكن حساب الهبوط المنتظر ومقاومة أعمدة الحجر عن طريق دراسة إتزان عامود الحجر تحت تأثير الحمل الراسى وضغط التربة السلبى على جوانبه . وفى حالة توزيع الأحمال على مساحة كبيرة من التربة (ليشه من الخرسانة) فانه يمكن تحليل الإجهادات والهبوط عن طريق مشابه لتحليل الخرسانة المسلحة باعتبار أن التربة الأصلية بالموقع لهامعامل مرونة يمكن قياسه معمليا. والأعمدة الحجرية تعتبر بمثابة تسليح للتربة ذات معامل مرونة مختلف يمكن تحديده باختبارات حقلية .

ويراعى بالنسبة لكل من الدمك الإهتزازى أو الإستبدال الإهتزازى إجراء عدد كاف من الإختبارات الحقلية اثناء وبعد التنفيذ للتأكد من الوصول إلى الخواص المطلوبة للتربة المحسنة طبقا لمتطلبات التصميم .ويرجع فى التصميم إلى المراجع المتخصصة ومنها:

(Elson & Greenwood, 1986).

٤/٢/٤ حماية الخوازيق الخرسانية من الأملاح والكيمياويات

يقصد بالخوازيق الخرسانية فى هذا البند الخوازيق المصنعة من الخرسانة الأسمنتية أو مونة الأسمنت، و حيث أن الخوازيق تكون عادة ملامسة للتربة وفى حالات كثيرة تكون محاطة بالمياه الجوفية بما فيها من أملاح وكيمياويات وبالتالي تكون عرضة للتأثير الضار لهذه المواد ، ويمكن اعتبار أن الكبريتات هى أكثر الأملاح المضرة بشكل مباشر بالخرسانة حيث تتفاعل الكبريتات مع الأسمنت مما يفقده خواصه الأساسية وبالتالى تفقد الخرسانة عنصر التماسك الرئيسى بين حبيبات الرمل والزلط ، لذلك يوصى بألا تقل نسبة الأسمنت فى الخوازيق بأى حال من الأحوال عن (٣٥٠ كجم/ م ٣) من الخرسانة فى خوازيق الإزاحة، وعن (٤٠٠ كجم/ م ٣) من الخرسانة فى خوازيق التثقيب .

ويمكن تقسيم الاقتراحات التى يوصى باتباعها فى تصميم خلطة الخرسانة لمقاومة الكبريتات إلى خمسة مجموعات طبقا لتركيز أملاح الكبريتات الطبيعية فى المياه الأرضية والتربة كما هو موضح فى بند رقم (٥/١٢/١) من الجزء الأول الخاص بدراسة الموقع. على أن يراعى زيادة الحد الأدنى فى خرسانة الخوازيق عن المنصوص عليه بالجدول رقم (١ -٣٠) من البند المذكور بمقدار (٧٠ كجم /م٣) فى حالة خوازيق الإزاحة، وبمقدار (١٠٠ كجم/ م٣) فى حالة خوازيق التثقيب . مع حظر استخدام الأسمنت الحديدى فى خرسانة الخوازيق .

ويجب ملاحظة أن هذه التوصيات تشترط أن يكون الأس الهيدروجينى pH للمياه الأرضية بين (٦، ٩)، وألا تكون المياه الأرضية أو التربة ملوثة بكبريتات غير معتادة مثل أملاح الأمونيوم على سبيل المثال. كذلك فأنه يجب تعديل كمية الأسمنت فى حالة اختلاف أقصى قطر للزلط المستخدم فى الخلطة عن ٢٠ ملليمتراً . فعلى سبيل المثال يجب زيادة كمية الأسمنت بحوالى (٥٠ كجم/ م ٣) إذا كان أقصى قطر للزلط حوالى ١٠ ملليمتراً . فى حالة الخوازيق ذات القطاعات الرفيعة نسبيا أو عند تغير منسوب المياه الأرضية حول الخوازيق فيجب تقليل نسبة المياه إلى الأسمنت بقدر الإمكان وزيادة كمية الأسمنت إذا تطلب الأمر ذلك .

وعلى الرغم من أن أملاح الكلوريدات ليس لها تأثير ضار مباشر على الخرسانة مهما كان تركيزها إلا أن إختراق أملاح الكلوريدات للغطاء الخرسانى يساعد على صدأ حديد التسليح مما يسبب زيادة حجمية . لذلك فيجب التأكيد على أهمية وجود غطاء خرسانى سميك لا يقل عن ٧٠ ملليمتراً ، كما يوصى بإستخدام الأسمنت البورتلاندى العادى فى حالة إرتفاع نسبة الكلوريدات . حتى فى حالة إرتفاع نسبة الكبريتات.

كذلك فمن الضرورى التأكيد على أهمية خلو الرمل والزلط ومياه خلط الخرسانة من جميع الأملاح الضارة بالخرسانة وحديد التسليح. ويراعى أيضا أن تكون نسبة الكلوريدات فى المياه المستخدمة فى رش الخوازيق سابقة الصب أقل ما يمكن .

ويمكن الحصول على خرسانة مقاومة للأحماض ذات التركيز الضعيف بزيادة كثافة الخرسانة وتقليل نفاذيتها . إلا أنه يصعب الحصول على خرسانة ذات مقاومة مناسبة للاحماض عالية التركيز . ومن الجدير بالذكر أن مقاومة الأسمنت السوبر سلفات للأحماض ضعيفة التركيز أحسن من الأسمنت البورتلاندى العادى إلا أنه يجب الأخذ فى الإعتبار الإشتراطات المقترحة من الجهة المصنعة له .

ويجب أن تكون خواص ومواصفات المواد المضافة موضحة بكتالوج الشركة المصنعة . كما يجب التأكد من عدم إحتواء هذه المواد على كلوريد الكالسيوم مع عمل تحليل كيميائى للتأكد من البيانات المذكورة ومدة صلاحية هذه المواد فى حالة الضرورة .

٤/٢/٥ العوامل المؤثرة فى إختيار نوع الخازوق المناسب

تنقسم الخوازيق إلى نوعين رئيسيين، خوازيق إزاحة وخوازيق تثقيب ولتنفيذ هذين النوعين إستحدثت أنظمة كثيرة (بند ٤/٢/٣) للوصول إلى أعلى درجة من كفاءة التنفيذ أو للتغلب على الصعوبات والمشاكل التى تصاحب التنفيذ ولذلك فإنه عند تواجد ظروف معينة أو غير طبيعية يكون إختيار النظام الأمثل للتنفيذ مطلبا ضروريا ، ويعتمد هذا الإختيار على عوامل اقتصادية وفنية عديدة نذكر منها:

- نوع وحالة التربة.
- الأحمال المنقولة.
- القرب من المبانى أو المنشآت المجاورة وحالتها ونوعها.
- مواصفات الموقع.
- التكلفة الاقتصادية .

وحيث أن هذه العوامل متداخلة ومتشابكة وأحيانا تؤدى إلى اختيارات متعارضة فإن الإختيار الأمثل يتطلب توافر خبرة واسعة فى هذا المجال . ويجب أن نؤكد أن العامل الاقتصادى يدخل كعنصر مفاضلة فقط بعد تغطية النواحى الفنية ، أى التأكد من أن النوع أو الأنواع المختارة ملائمة أو على الأقل لا تتعارض مع النواحى الفنية وموائمة لظروف التنفيذ المتاحة محليا .

كذلك فمن الضرورى التأكيد على أهمية خلو الرمل والزلط ومياه خلط الخرسانة من جميع الأملاح الضارة بالخرسانة وحديد التسليح. ويراعى أيضا أن تكون نسبة الكلوريدات فى المياه المستخدمة فى رش الخوازيق سابقة الصب أقل ما يمكن .

ويمكن الحصول على خرسانة مقاومة للأحماض ذات التركيز الضعيف بزيادة كثافة الخرسانة وتقليل نفاذيتها . إلا أنه يصعب الحصول على خرسانة ذات مقاومة مناسبة للاحماض عالية التركيز . ومن الجدير بالذكر أن مقاومة الأسمنت السوبر سلفات للأحماض ضعيفة التركيز أحسن من الأسمنت البورتلاندى العادى إلا أنه يجب الأخذ فى الإعتبار الإشتراطات المقترحة من الجهة المصنعة له .

ويجب أن تكون خواص ومواصفات المواد المضافة موضحة بكتالوج الشركة المصنعة . كما يجب التأكد من عدم إحتواء هذه المواد على كلوريد الكالسيوم مع عمل تحليل كيميائى للتأكد من البيانات المذكورة ومدة صلاحية هذه المواد فى حالة الضرورة .

٤/٢/٥ العوامل المؤثرة فى إختيار نوع الخازوق المناسب

تنقسم الخوازيق إلى نوعين رئيسيين، خوازيق إزاحة وخوازيق تثقيب ولتنفيذ هذين النوعين إستحدثت أنظمة كثيرة (بند ٤/٢/٣) للوصول إلى أعلى درجة من كفاءة التنفيذ أو للتغلب على الصعوبات والمشاكل التى تصاحب التنفيذ ولذلك فإنه عند تواجد ظروف معينة أو غير طبيعية يكون إختيار النظام الأمثل للتنفيذ مطلبا ضروريا ، ويعتمد هذا الإختيار على عوامل اقتصادية وفنية عديدة نذكر منها:

- نوع وحالة التربة.
- الأحمال المنقولة.
- القرب من المبانى أو المنشآت المجاورة وحالتها ونوعها.
- مواصفات الموقع.
- التكلفة الاقتصادية .

وحيث أن هذه العوامل متداخلة ومتشابكة وأحيانا تؤدى إلى اختيارات متعارضة فإن الإختيار الأمثل يتطلب توافر خبرة واسعة فى هذا المجال . ويجب أن نؤكد أن العامل الاقتصادى يدخل كعنصر مفاضلة فقط بعد تغطية النواحى الفنية ، أى التأكد من أن النوع أو الأنواع المختارة ملائمة أو على الأقل لا تتعارض مع النواحى الفنية وموائمة لظروف التنفيذ المتاحة محليا .

ونوجه النظر أن الشرح الوارد بهذا البند (بند ٥/٢/٤) يعطى المختص أو الذى يعهد إليه التنفيذ إرشادا- وليس إلزاما- للأنظمة التى تلائم ظروف الأرض والتنفيذ لكل مشروع حسب الأحوال مع الأخذ فى الإعتبار عامل الوقت والنواحى الإقتصادية لكل نظام ٠

١/٥/٢/٤ نوع وحالة التربة

من المعروف أنه بمصر- فى مصر- أن نجد تربة ذات تكوينات متجانسة لها نفس الخواص ٠ ولذلك فإنه عند تنفيذ الخوازيق فإنها عادة تخترق طبقات تختلف فى درجة ملاءمتها مع نظام التنفيذ المستخدم ٠ ومن ثم فإن التوصيات التالية تفترض أن الطبقة التى سوف تخترقها الخوازيق والمشار إليها فيما بعد هى إما الطبقة السائدة أو الطبقة التى تتطلب نظاما معينا للحصول على أفضل النتائج من حيث التنفيذ ٠

ففى التربة الطينية متوسطة التماسك ($50<q_u<100kN/m^2$) يمكن استعمال معظم خوازيق الإزاحة والتثقيب ٠

وفى حالة التربة الطينية الضعيفة جدا ($q_u\leq25kN/m^2$) تكون الخوازيق سابقة الصب أو خوازيق الدق باستعمال ماسورة دائمة أكثر ملاءمة، حيث يخشى من عدم استطاعة التربة سند الخرسانة قبل أن تشك فى حالة استعمال أنواع الخوازيق الأخرى ٠

وإذا كانت التربة الطينية شديدة التماسك ($q_u>200kN/m^2$) فإنها قد تسبب مشاكل لخوازيق الدق ولخوازيق الحفر على السواء ويفضل فى هذه الحالة خوازيق التثقيب باستعمال بريمة ٠

وإذا كانت التربة تتميز بخاصية القابلية للإنتفاش swelling فإنه من المفضل إستخدام خوازيق التثقيب ذات الأقطار الكبيرة لتقليل مشاكل التنفيذ ، وفى حالة القابلية العالية للإنتفاش ينصح باستعمال ماسورة دائمة أو بتسليح الخازوق فى حالة التربة متوسطة القابلية للإنتفاش أو إستعمال الخوازيق الزلطية ٠

وفى التربة الرملية الكثيفة ($N>30$) يصعب استعمال خوازيق الإزاحة حيث يتطلب ذلك دقا شديداhard driving مما يؤدى إلى زيادة تكثيف التربة والذى بدوره يتطلب زيادة شدة الدق over driving ٠ وينتج عن ذلك تفاوت كبير فى أطوال الخوازيق وإتلاف للمعدات المستعملة، كما يؤدى إلى حدوث شروخ وتشققات فى الخوازيق سابقة الصب وعليه فيفضل فى هذه الحالة إستخدام خوازيق التثقيب ٠

وعند وجود طبقات رملية متوسطة الكثافة (10 < N < 30) ومستمرة إلى أعماق كبيرة فيمكن الإستعانة بخوازيق إزاحة ذات قاعدة إرتكاز متسعة enlarged base وإنهاء الخازوق عند أعماق مناسبة.

كما يجب ملاحظة أن خوازيق التثقيب التى تستخدم معلق البنتونيت فى سند جوانب الحفرة قبل صب الخرسانة تصادف مشاكل عديدة عند تنفيذها فى تربة رملية جافة متهايلة وفى هذه الحالة يفضل خوازيق التثقيب التى تستخدم ماسورة مؤقتة temporary casing أو استخدام نظام الحفر البريمى المستمر continuous flight auger ٠

وعند وجود طبقات إعتراضية متماسكة أو متحجرة أو أساسات قديمة مثلا يتوقف نوع الخازوق على سمك وعمق هذه العوائق ٠ ففى حالة وجودها على عمق قريب من سطح الأرض (حوالى ٥,٠ متراً) وقت التنفيذ وبسمك حتى ٣,٠ متراً فيمكن تطهيرها يدويا أو اختراقها إما بتفتيتها أو بتثقيبها predrilling قبل تنفيذ الخازوق بالإزاحة . إما إذا تواجدت هذه العوائق على أعماق كبيرة (أكبر أو تساوى ١٠,٠ متراً) وبسمك صغير يصل إلى حوالى ٢,٠ متراً فمن الأنسب استعمال خوازيق التثقيب.

وإذا تواجدت طبقة الإرتكاز على أعماق كبيرة فيجب اختيار الماكينة التى تمكن من الوصول إلى تلك الأعماق، ففى خوازيق الدق يجب أن يكون قائم الماكينة mast بالطول المناسب، ويمكن إذا اقتضى الأمر عمل وصلات سواء للماسورة أو للخازوق سابق الصب ٠ وعند إستعمال ماسورة مؤقتة يجب التأكد من قدرة الماكينة على سحبها سواء مباشرة بالأوناش أو بالدق العكسى back hammering أو بالهزاز الذى يثبت على رأس الماسورة. كذلك فى حالة خوازيق التثقيب يجب إختيار القطر المناسب لقدرة الماكينة للوصول إلى تلك الأعماق ٠ وعموما فإن معظم ماكينات التثقيب يمكنها الوصول إلى أعماق حتى ٣٠,٠ متراً، أما ماكينات الدق فمعظمها يمكنه الوصول إلى أعماق حتى ٢٥,٠ متراً باستعمال وصلات إضافية وتقليل قطر الخازوق ليتناسب مع قدرة الماكينة على السحب ٠ إما إذا زاد العمق عن ٣٠,٠ متراً فإنه قد يتطلب إستعمال ماكينات ذات مواصفات خاصة ٠

وفى حالة إحتواء التربة أو المياه الأرضية على أملاح ضارة بدرجة تركيز كبيرة (بند ٤/٢/٤) يتطلب الأمر إما إستخدام خوازيق سابقة الصب ذات نوعيات خاصة من الأسمنت أو إضافات كيميائية معينة أو خوازيق سابقة الصب معالجة بطبقة عازلة من الخارج ٠ وفى حالة استخدام الخوازيق المصبوبة فى مكانها يستخدم غطاء عازل من البلاستيك أو الحديد.

٢/٥/٢/٤ الأحمال المنقولة

عند وجود أحمال كبيرة مركزة (أكبر من ٣ ميجانيوتن (٣٠٠ طن)) فيفضل إستعمال خوازيق ذات حمولات كبيرة (أكبر من ١,٥٠ ميجانيوتن (١٥٠ طن)) وعندئذ تكون خوازيق التثقيب أكثر ملاءمة ، على أنه لا يمكن إغفال ما تحدثه خوازيق الإزاحة من تكثيف للتربة الرملية وبالتالى تعمل على زيادة حمولة الخوازيق ٠ كما يمكن إستعمال خوازيق حديدية قطاع H مثلا ، لما لها من قدرة على نقل الأحمال الكبيرة ٠ ويتحكم فى تحديد القطر المناسب للخوازيق العوامل الإقتصادية حتى لا تزيد الحمولة المسموح بها للخوازيق كثيرا عن الحمولة الفعلية للمبنى ٠ ومن العوامل التى تؤثر فى إختيار قطر الخازوق- المسافات بين الأعمدة ومدى إمكانية عمل قواعد (هامات) مشتركة لتقليل عدد الخوازيق ٠ على أن يؤخذ فى الإعتبار زيادة قطاعات الخرسانة المسلحة للقاعدة (الهامة) المشتركة بالمقارنة بالقواعد (الهامات) المنفصلة ٠

وفى حالة تنفيذ خوازيق ملاصقة لمبنى قائم فيفضل تنفيذ خوازيق ذات قطر كبير لتقليل عددها وبالتالى المسافة بين مركزى ثقل الخوازيق والعمود أى تقليل eccentricity ، وعند وجود حمل خطى line load فانه يمكن اختيار القطر المناسب لتوزيع الخوازيق خطيا تحت الحائط الحامل ويمكن فى هذه الحالة زيادة المسافات بين الخوازيق لأكثر من ٣ مرات القطر بهدف خفض التكاليف ٠

فى حالة تعرض الخازوق لقوى شد ولزم تسليح الخازوق بكامل طوله فيجب إختيار أنواع الخوازيق التى يمكن تسليحها بكامل الطول والتى تعطى إحتكاكا مع التربة المجاورة skin - friction حتى يمكن نقل أحمال الشد إلى الخازوق بمعامل أمان كبير ٠ وفى حالة وجود أحمال أفقية كبيرة يستلزم عمل خوازيق مائلة battered or raking piles فتكون الأفضلية لخوازيق الإزاحة ٠ كما يجب فى حالة التربة الرملية السائبة ($N<10$) أو التربة الطينية الضعيفة جدا ($q_u \leq 25 kN/m^2$) استعمال خوازيق سابقة الصب أو ماسورة دائمة أو تقليل زاوية ميل الخازوق.

٣/٥/٢/٤ القرب من المبانى المجاورة وحالتها ونوعها

عند التنفيذ بالقرب من مبانى قائمة يفضل استعمال ماكينات لا تسبب اهتزازات شديدة لهذه المبانى، وبالتالى تكون خوازيق التثقيب أكثر ملاءمة، على إنه يمكن تقليل الإهتزازات الناتجة عن خوازيق الإزاحة بحفر أو تثقيب الجزء العلوى بعمق ٣,٠-٥,٠ متراً، ثم تكملة تنفيذ

الخازوق بالدق باستعمال دقات ذات مشوار قصير • وعند إختيار نوع الخازوق يجب التأكد من ملاءمته لحالة المبانى المجاورة ونوعيتها (حوائط حاملة أو هيكلية) وكذلك أساساتها (نوع الأساس ومنسوب التأسيس) • كما يجب دراسة تأثير أساسات المبانى المجاورة على خوازيق المبنى الجديد أو العكس •

وفى المناطق الآهله بالسكان يفضل إستخدام معدات تحدث أقل إزعاج للسكان وعادة تكون خوازيق التثقيب أقل إزعاجا • وعموما فإنه فى حالة تنفيذ خوازيق بالإزاحة فى المناطق الآهلة فإن شواكيش الهواء تكون أكثرها ضجيجا يليها التى تعمل بالديزل ثم التى تعمل هيدروليكيا •كما أن نوع وسادة الدق له تأثير على الصوت الناتج فالوسادة الخشبية ينتج عنها صوت أقل •

وفى حالة وجود مبانى ملاصقة لحدود المبنى الجارى العمل به فإن إختيار نوع الخازوق قد يتوقف على إمكانية المعدة من الإقتراب من حدود المبنى المجاور •

٤/٥/٢/٤ مواصفات الموقع

يجب معاينة الموقع المراد تنفيذ الخوازيق به حيث أن ظروف الموقع وطريقة الوصول إليه وتوافر مصادر المياه والكهرباء والظواهر المحيطة به ..... إلخ ، تؤثر تأثيرا مباشرا فى اختيار أنسب أساليب التنفيذ. ففى المواقع ذات مساحة تشغيل أقل من ٤٠٠ م٢ يكون من المفضل اختيار أنظمة لاتحتاج إلى معدات ذات حجم كبير أو إلى معدات تكميلية كثيرة أو إلى مناورة معقدة • كما أن طريقة الوصول للموقع تدخل فى المفاضلة، فعندما يكون الوصول صعبا لضيق الشوارع وازدحامها فيجب الإعتماد على التنفيذ ذاتيا داخل الموقع ونقل التشوينات ليلا مثلا، وفى هذه الحالة تكون الخوازيق ذات الأقطار الصغيرة هى الأنسب إلا إذا سمح بالعمل ليلا ففى هذه الحالة يفضل الأنظمة سهلة التنفيذ •

وفى حالة التأسيس على منسوب أوطى كثيرا من منسوب الشارع والتى تستخدم منحدرا لدخول المعدات والتشوينات فتكون الأنظمة التى لا تحتاج إلى توريد خرسانة جاهزة هى الأفضل •

إما فى حالة العمل تحت مبانى قائمة بقصد تدعيمها underpinning فليس هناك مفر من استعمال معدات ذات قوائم قليلة الإرتفاع (عادة أقل من ٣,٠ متراً) ويمكن صب الخرسانة بواسطة الضخ حيث تثبت المضخة خارج المبنى • وتنفذ الخوازيق فى هذه الحالة إما بالتثقيب boring أو بالحقن injection أو بالضغط jacking وقد تعمل هذه الخوازيق بأقطار صغيرة وتنفذ ملاصقة للقاعدة القديمة ثم يعمل قميص لهذه القاعدة ليشمل الخوازيق الجديدة.

وعند التنفيذ فى مجرى مائى فتكون الخوازيق سابقة الصب إحدى الأنواع المفضلة ، على انه فى حالة الأحمال الكبيرة التى تستدعى تنفيذ خوازيق ذات أقطار كبيرة فيمكن استعمال خوازيق تنقيب مع ترك مواسير دائمة أعلا منسوب القاع وبعمق مدفون مناسب فى حالة امتداد الخوازيق أعلا منسوب سطح المياه فى المجرى، أو إنشاء جسر ترابى فى المجرى تنفذ خلاله خوازيق التنقيب . كما يجب معرفة نوع أرضية التشغيل التى ستعمل عليها الماكينة وهل هى عائمة حديدية pontoon أو دعسة مؤقتة أو جسر ترابى مؤقت حيث يتوقف عليها اختيار نوع المعدات والنظام المستعمل .

وقد تستعمل الخوازيق الخشبية فى المنشآت المائية المؤقتة، وتعالج تلك الخوازيق كيميائيا إذا تطلب الأمر ذلك . ويمكن سحب الخوازيق الخشبية بعد استيفاء الغرض منها وإعادة استعمالها مرة أخرى .

٤/٢/٥/٥ التكلفة الاقتصادية

عندما يكون أكثر من نوع من الخوازيق ملائما للموقع يفاضل بينهم إقتصاديا مع إدخال جميع العوامل المؤثرة فى المفاضلة مثل تكاليف هامات الخوازيق وأعمال الحفر وتخفيض منسوب المياه الأرضية مع ما تتضمنه من مشكلة التخلص من المياه المنزوحة والتوقفات المحتملة سواء كانت لأسباب فنية أو إدارية ..... إلخ.

٤/٢/٦ قدرة تحمل الخوازيق

يتناول هذا الجزء الطرق المختلفة المستخدمة فى تقدير قدرة تحمل الخوازيق بالإضافة إلى العوامل المؤثرة عليها. وتتوقف قدرة تحمل الخوازيق على مقدار مقاومة التربة لحمل الخازوق وهبوط الخازوق على ألا تتعدى الإجهادات المؤثرة على جسم الخازوق قيمة الإجهادات المسموح بها لمادة الخازوق (يراجع بند ٤/٢/٣). فى حالة إمتداد الخوازيق خارج مستوى سطح الأرض النهائى فإنه يجب مراجعة تصميمها كأعمدة وسوف ينحصر تناول الموضوع فى هذا الجزء على حساب مقاومة التربة للحمل المؤثر على الخازوق.

تعتمد قدرة تحمل الخوازيق على طراز وشكل ومقاس الخازوق وطريقة التنفيذ ودقتها وخواص التربة المحيطة والحاملة للخازوق . وتعرف قدرة التحمل القصوى للخازوق بأنها الحمل الذى يؤثر عند رأس الخازوق ويؤدى إلى حدوث إنهيار قصى عام للتربة حول الخازوق وعند كعب الخازوق وأسفله، ومن ثم يكتسب الخازوق صفات مغايرة لوضعه قبل الإنهيار . ويختلف مقدار

وعند التنفيذ فى مجرى مائى فتكون الخوازيق سابقة الصب إحدى الأنواع المفضلة ، على انه فى حالة الأحمال الكبيرة التى تستدعى تنفيذ خوازيق ذات أقطار كبيرة فيمكن استعمال خوازيق تنقيب مع ترك مواسير دائمة أعلا منسوب القاع وبعمق مدفون مناسب فى حالة امتداد الخوازيق أعلا منسوب سطح المياه فى المجرى، أو إنشاء جسر ترابى فى المجرى تنفذ خلاله خوازيق التنقيب . كما يجب معرفة نوع أرضية التشغيل التى ستعمل عليها الماكينة وهل هى عائمة حديدية pontoon أو دعسة مؤقتة أو جسر ترابى مؤقت حيث يتوقف عليها اختيار نوع المعدات والنظام المستعمل .

وقد تستعمل الخوازيق الخشبية فى المنشآت المائية المؤقتة، وتعالج تلك الخوازيق كيميائيا إذا تطلب الأمر ذلك . ويمكن سحب الخوازيق الخشبية بعد استيفاء الغرض منها وإعادة استعمالها مرة أخرى .

٤/٢/٥/٥ التكلفة الاقتصادية

عندما يكون أكثر من نوع من الخوازيق ملائما للموقع يفاضل بينهم إقتصاديا مع إدخال جميع العوامل المؤثرة فى المفاضلة مثل تكاليف هامات الخوازيق وأعمال الحفر وتخفيض منسوب المياه الأرضية مع ما تتضمنه من مشكلة التخلص من المياه المنزوحة والتوقفات المحتملة سواء كانت لأسباب فنية أو إدارية ..... إلخ.

٤/٢/٦ قدرة تحمل الخوازيق

يتناول هذا الجزء الطرق المختلفة المستخدمة فى تقدير قدرة تحمل الخوازيق بالإضافة إلى العوامل المؤثرة عليها. وتتوقف قدرة تحمل الخوازيق على مقدار مقاومة التربة لحمل الخازوق وهبوط الخازوق على ألا تتعدى الإجهادات المؤثرة على جسم الخازوق قيمة الإجهادات المسموح بها لمادة الخازوق (يراجع بند ٤/٢/٣). فى حالة إمتداد الخوازيق خارج مستوى سطح الأرض النهائى فإنه يجب مراجعة تصميمها كأعمدة وسوف ينحصر تناول الموضوع فى هذا الجزء على حساب مقاومة التربة للحمل المؤثر على الخازوق.

تعتمد قدرة تحمل الخوازيق على طراز وشكل ومقاس الخازوق وطريقة التنفيذ ودقتها وخواص التربة المحيطة والحاملة للخازوق . وتعرف قدرة التحمل القصوى للخازوق بأنها الحمل الذى يؤثر عند رأس الخازوق ويؤدى إلى حدوث إنهيار قصى عام للتربة حول الخازوق وعند كعب الخازوق وأسفله، ومن ثم يكتسب الخازوق صفات مغايرة لوضعه قبل الإنهيار . ويختلف مقدار

هبوط أو حركة الخازوق المناظرة لتوليد القدرة القصوى من حالة إلى أخرى حيث أنهـا تعتمـد على طبيعة التربة وطبقاتها وعلى مقاسات ونوع ودقة تنفيذ الخازوق.

ولما كان مدلول الإنهيار القصى هو إستمرار هبوط الخازوق تحت الحمل الأقصى دون زيادة فى الحمل، ومن الناحية العملية يصعب حدوث ذلك بالوضوح الكافي لـذلك يمكـن تحديـد القـدرة القصوى التقريبية لتحمل الخازوق عن طريق تجربة التحميل بقيمة الحمل الذى يحـدث هبوطـاً لرأس الخازوق مقداره يتراوح بين ٥% ، ١٠% من قطر الخازوق على ألا تزيد عن القيمة التى تحدد بالطرق الموضحة بالبند (٩/٢/٤) .

يمكن حساب قدرة التحمل القصوى نظرياً وبصفة تقديرية بواسطة إحدى الصيغ الإستاتيكية والتى تعتمد على مقاسات الخازوق وخواص التربة وعلى الأخص معاملات قوى القص التى تحدد من التجارب المعملية أو الحقلية أو كليهما. ولا توجد معادلات إستاتيكية تربط بين الحمـل الأقصـى للخازوق وقيمة هبوط رأس الخازوق. كما يمكن إستخدام الصيغ الديناميكية لتحديد قدرة التحمـل القصوى للخوازيق التى يتم تنفيذها بالدق دون إمكان حساب الهبوط لرأس الخازوق تحت تـأثير الأحمال الإستاتيكية.

إستخدام إحدى الصيغ الإستاتيكية أو الديناميكية لإيجاد القيمة التقريبية للحمل الأقصى تعتمد دقتها على درجة الوثوق فى الصيغة المستخدمة ودقة البيانات المدخلة للمعادلة سواء كانت معمليـة أو حقلية.

يمكن تقدير وتحديد القدرة القصوى لتحمل الخازوق عن طريق تجربة التحميل (بند ١/٩/٢/٤). ولإمكان إستنتاج تلك القدرة بالنسبة لباقى الخوازيق بالموقع فيلزم إما عمل دراسة تفصيلية دقيقة لكامل الموقع لبيان مدى تماثل أو إختلاف خواص التربة على إمتداد الموقع وإمكانية إسـتخدام نتائج هذه الدراسة لإستنتاج قدرة تحمل باقى الخوازيق،أو يمكن إجراء عدة تجارب تحميل علـى عدد كاف من الخوازيق تغطى كامل الموقع والإستعانة بإحدى الطرق الإحصائية فى تقدير قدرة التحمل للخوازيق الأخرى.

يجب تسجيل البيانات الحقلية الخاصة بتنفيذ جميع الخوازيق . ففى حالة خوازيق الإزاحة ترصد بإستمرار مقاومة الإختراق التى تصادفها الخوازيق أثناء إختراقها للتربـة. كمـا يجـب رصـد الإرتداد مساحياً إن وجد للخوازيق السابق تنفيذها وإتباع كافة التعليمـات الـواردة فـى البنـد (١/٣/٢/٤) والبنود الأخـرى المتعلقـة بضـبط وتأكيـد الجـودة وتشـمل ضـبط الجـودة quality control (QC) أثناء التنفيذ ، والتحقق من الجودة quality assurance (QA) بعـد

التنفيذ . أما بالنسبة لخوازيق التثقيب فيجب ملاحظة عينات التربة المستخرجة أثناء التثقيب لكل مجموعة خوازيق مع مقارنتها بأبحاث التربة السابق إجرازها للموقع، ويتم مقارنة النتائج مع بعضها البعض لتحديد مدى تجانس التربة بالموقع وتطابقها مع دراسات أبحاث التربة السابقة للتنفيذ لإمكان الوصول إلى تقدير مقبول لقدرة تحمل الخوازيق. وفى حالة ظهور تفاوت فى هذه البيانات يلزم إجراء المزيد من الدراسة على الجزء أو الأجزاء المتابينة الخصائص وإجراء تعديل على تصميم الأساسات إذا لزم الأمر بما يكفل تلافى الأخطار التى قد تنتج عن هذا التفاوت.

المقارنة بين نتائج عمليات الدق وبيانات قطاع التربة فى الموقع ونتائج تجارب التحميل تمكن عادة المختص من الوصول إلى تقدير مقبول لقدرة تحمل الخوازيق بالموقع.

مدى أهمية المنشأ ودرجة حساسيته للهبوط هى التى تحدد الأسلوب اللازم اتخاذه لتحديد قدرة تحمل الخوازيق. ففى المنشآت العادية التقليدية التى لا تتأثر تأثيرا ملموسا بقيمة الهبوط الكلى أو فارق الهبوط يتم عادة إختيار نوع الخازوق وطوله وقدرة تحمله من نتائج إختبارات خواص التربة بالموقع وبتطبيق إحدى الصيغ النظرية الإستاتيكية أو المعادلات التقريبية المعتمدة على نتائج الإختبارات الحقلية، وذلك لإعداد الدراسات والمقايسات التقديرية اللازمة للعطاء فقط. إلا أنه بعد رسو العطاء يجب تأكيد هذه النتائج عن طريق تجارب الدق فى خوازيق الإزاحة ونتائج تجارب التحميل فى خوازيق الإزاحة والتثقيب. ويجب على المختص مراجعة هذه النتائج وتحديد مدى صلاحية الإقتراحات الأولى من عدمه والتعديل فى أطوال أو قدرة تحمل الخوازيق أو النوع المقترح إذا لزم الأمر، كما يمكن إجراء هذه التجارب أثناء التنفيذ. أما فى المنشآت ذات الحساسية الإستاتيكية (الحساسة للهبوط الكلى وفرق الهبوط) فيجب إجراء هذه التجارب والإختبارات بعد رسو العطاء وقبل البدء فى التنفيذ على خوازيق الإختبار الأولية.

١/٦/٢/٤ حساب القدرة القصوى لتحمل الخوازيق بإستخدام الصيغ النظرية الإستاتيكية

تحتوى هذه الصيغ على معاملات تعتمد على خواص التربة التى يتم تعينها معملياً أو حقلياً أو بالطريقتين. وتعتبر نتائج هذه الصيغ تقريبية ولا يجوز الإعتماد عليها إلا بصفة تقريبية، مع مراعاة أن مقدار الهبوط هو الذي يحدد أساسا الحمل المسوح به للخوازيق ذات الأقطار أكبر من ٦٠٠ مم ويجب التحقق من نتائجها بإجراء تجارب تحميل فى الموقع على بعض الخوازيق.

كما يجب التنويه بأن هذه المعادلات لا تعطى العلاقة بين الهبوط للخازوق والحمل المؤثر عليه ولا تعطى إلا الحمل الأقصى النظرى المتوقع عند حدوث إنهيار قصى للتربة عند كعب الخازوق

وحول جذع الخازوق انظر شكل رقم (٤-٨) ويتم وضع المعادلة الخاصة بالحمل الأقصى للخازوق فى الصورة العامة الآتية :

$$Q_{ult} + P = Q_f + Q_b \qquad (١-٤)$$

$$Q_{ult} = fA_s + A_b(q-p_o) \qquad (٢-٤)$$

حيث :

Q_f قيمة أقصى مقاومة للإحتكاك بين جذع الخازوق والتربة.

Q_b قيمة أقصى مقاومة للإرتكاز عند كعب الخازوق.

f متوسط إجهاد الإحتكاك أو الإلتصاق على وحدة المساحة الجانبية للخازوق (مساحة سطح جذع الخازوق) pile shaft وذلك فى حالة أقصى مقاومة قصية بين التربة وجذع الخازوق عند حدوث إنهيار قصي لها.

A_s مساحة سطح جذع الخازوق.

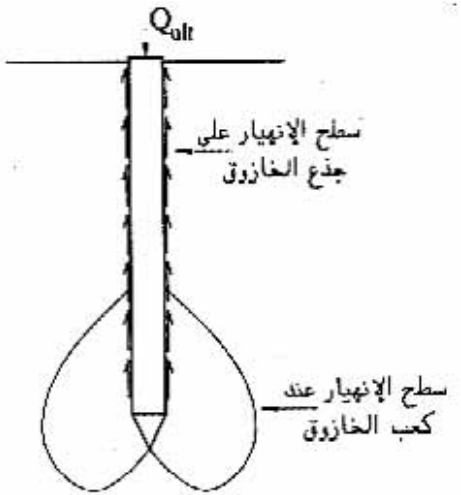
q متوسط إجهاد الضغط على وحدة مساحة المسقط الأفقى لكعب الخازوق عند أقصى مقاومة للإنهيار القصي للتربة عند كعب الخازوق.

A_b مساحة المسقط الأفقى لقاعدة إرتكاز الخازوق.

p_o الإجهاد الناتج من وزن الخازوق أو عمود التربة المقابل لحجم الخازوق عند مستوى نقطة إرتكاز الخازوق بإعتبار أن متوسط وزن وحدة الحجوم لكل من الخازوق والتربة متساويا.

تعتبر المعادلة (٤-٢) الصيغة النظرية العامة لحساب قدرة تحمل الخوازيق. كما يلزم التنويه بأنه فى كثير من الأحيان حين يتضاءل وزن الخازوق بالنسبة لقيمة الحمل الأقصى يتم إعتبار p_o مساويا للصفر.

يجب أن يراعي في إختيار الحمل المأمون للخازوق وجود معامل أمان كافي ضد إحتمال حدوث إنهيار قصي للتربة، وكذلك أمان الخازوق كعنصر إنشائي مع التأكد من أن هبوط مجموعة الخوازيق لن يؤدي إلي هبوط كلي أو فارق هبوط يؤثر علي سلامة أو إستخدام المنشأ.



شكل رقم (٤-٨) أسطح الإنهيار للخازوق

١/٦/٢/٤ (أ) قدرة تحمل الخازوق فى التربة الطينية الصرفة

تأخذ الصيغة الأساسية المبينة بالبند (١/٦/٢/٤) عدة صور منها فى حالة الخوازيق المستديرة المقطع التى تتعرض لقوى ضغط (شكل رقم (٤-٩)) الصورة التالية :-

$$Q_{ult} = cN_c\pi R^2 + C_a 2\pi RL \qquad (٤-٣)$$

$$Q_{all} = Qult/F.S.$$

حيث :

L طول الخازوق.

R نصف قطر الخازوق.

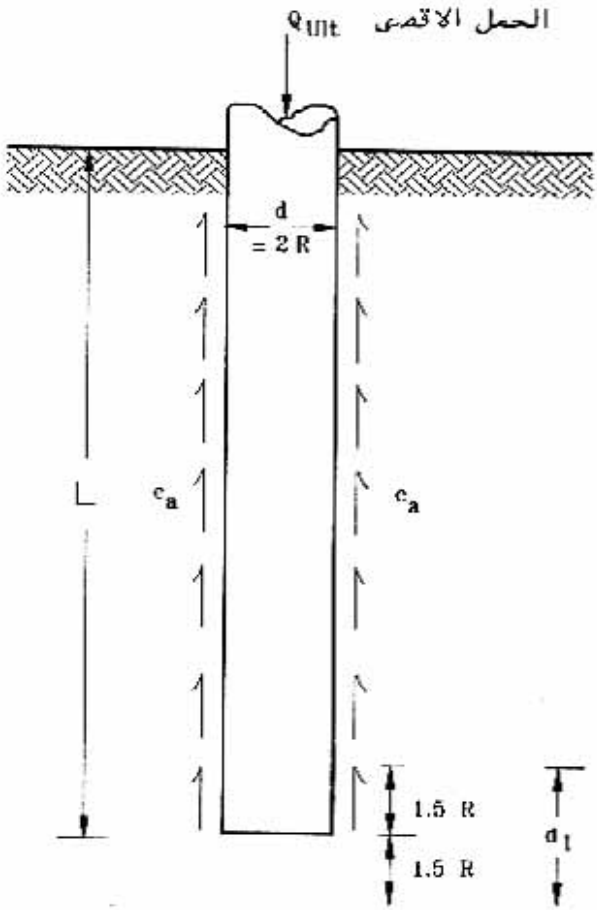
c متوسط تماسك التربة حول الطرف السفلى للخازوق فى المسافة(d_1) .

C_a متوسط إلتصاق التربة على سطح الخازوق.

N_c معامل قدرة التحميل وقيمته عادة تساوى ٩.

Q_{all} حمل الأمان للخازوق.

F.S معامل الأمان الذى يؤكد عدم إحتمال حدوث إنهيار للتربة بالقص ولا يجـوز أن يقـل معامل الأمان عن ٣ فى حالة الأحمال الإعتيادية (الحمل الميت والحمل الحى) أو عن ٢,٥ فى حالة أخذ الأحمال غير المستديمة مثل ضغط الرياح فى الإعتبار . كما يجب ألا يقل عن ٢ إذا أخذت احمال الزلازل المتوقعة في الاعتبار.



شكل رقم (٤-٩) : قدرة تحمل الخازوق فى تربة طينية صرفة (ϕ=0)

في حالة أحمال الشد

إذا تعرضت الخوازيق إلى قوى شد فيتم حساب القيمة القصوى لقوة الشد بإستخدام الصيغة النظرية التالية :-

$$T_{ult} = C_a 2\pi RL + P \qquad (٤-٤)$$

$$T_{all} = C_a 2\pi RL/F.S. + P \qquad (٥-٤)$$

حيث :

T_{ult} أقصى حمل شد يتحمله الخازوق (مع إهمال وزن كتلة التربة المتحركة مع الخازوق و تعمل ضد إستخراجه).

T_{all} حمل الشد الآمن الذى يتحمله الخازوق.

P وزن الخازوق.

$F.S.$ معامل الأمان ولا يقل عن ٣,٠ بشرط ألا تؤثر حركة الخازوق أو مجموعة الخوازيق على سلامة المنشأ الذى يعتمد فى إتزانه على خوازيق الشد.

القيمة القصوى لحمل خازوق الشد T_{ult} تتأثر بوزن كتلة التربة المحيطة بالخازوق التى تعمل ضد إستخراجه من الأرض. كما أنه فى حالة وجود قوى شد متواصلة ومستمرة تحدث حركة للخوازيق قد تؤثر على متانة المنشأ المرتبط بهذه الخوازيق.

لا يجوز إستخدام الصيغة الواردة فى المعادلة (٤-٤) فى حالة وجود طبقات مشققة إلا بعد أخذ تأثير التشققات على قيمة الشد المسموح بها.

يفضل عمل تجارب شد على الخوازيق وتحديد العلاقة بين الشد والحركة والقيمة القصوى للشد وذلك قبل البدء فى التنفيذ أو أثناء التنفيذ وذلك طبقا لأهمية المنشأ ومدى إعتماد اتزانه على خوازيق الشد وعلاقة حمل الخازوق المفرد بحمل مجموعة الخوازيق.

يجب تحديد قيمة كل من C_a،c عن طريق التجارب المعملية والحقلية. وللمنشآت الهامة يجب أن تجرى إختبارات على نماذج بالحجم الطبيعى.

كما يجب مراعاة النقاط التالية عند تقدير قيمة إجهاد التلاصق:

أ - نظرا لما تحدثه عملية دق الخوازيق من إعادة لتشكيل الهيكل البنائى للجزيئات المكونة للتربة الطينية فى المناطق الواقعة حول الخازوق فإن إجهاد التلاصق C_a بين جذع الخازوق والتربة تقل تبعا لذلك، ويتوقف مقدار تأثرها على مادة الخازوق ونوع وقوام التربة وعلى الفترة

الزمنية عقب عملية دق الخوازيق. ففي التربة الطينية ضعيفة التماسك والتربة ذات الحساسيةsensitive clays تقل قدرة التلاصق ، ثم تعود وتتزايد مع الوقت في حالة الخوازيق الخشبية والخرسانية، أما مع الخوازيق الصلب فإن تزايدها يكون بمعدل أبطأ وبمقادير أقل . وفي التربة الطينية المتماسكة وشديدة التماسك فقد لا تتزايدC_a ثانية مع الوقت حتى في بعض الأحوال التي تستعيد فيها التربة بعضا من قوة تماسكها c.

بالنسبة لخوازيق التثقيب التي تصب خرسانتها في الموقع في اتصال مباشر بالتربة وقد تمتص التربة جزءا من مياه الخرسانة مما قد يقلل من قيمة إجهاد التلاصق C_a الفعلية ويتوقف تأثيرها على عدة عوامل منها مقدار تشرب التربة للمياه أثناء عملية صب الخازوق، وعلى نوع التربة نفسها ، وعلى الفترة الزمنية التي مرت على إنشاء الخوازيق.

ب – في حالة استخدام نفاثات المياه water jets لدفع الخوازيق بالتربة يهمل إجهاد التلاصق تماما حتى الأعماق التي روبتها نفاثات المياه.

ج _ في حالة التربة العادية يجوز استخدام جدول رقم (٤-٤) لتقدير قيمة تلاصق التربة C_a في حالة خوازيق الإزاحة على ضوء قيمة تماسك التربة c . أما في حالة خوازيق التثقيب فيمكن اعتبار قيمة C_a تتراوح بين ٠,٣ و ٠,٤ من متوسط قيمة c بشرط ألا تزيد قيمة C_a عن ١٠٠ كيلو نيوتن / م٢ (١ كجم/سم٢).

١/٦/٢/٤ (ب) قدرة تحمل الخازوق في التربة غير متماسكة الحبيبات

تأخذ الصيغة الأساسية المبينة بالبند (١/٦/٢/٤) عدة صور منها في حالة الخوازيق المستديرة المقطع (أنظر الشكل رقم (٤-١٠)) الصور التالية:

$$Q_{ult} = p_b\ N_q \pi\ R^2 + \sum_{H=O}^{H=D} K_{Hc} p_o \tan\ \delta.\ 2\pi\ R\ \Delta H \qquad (٦-٤)$$

كذلك في حالة خوازيق الشد يكون

$$T_{ult} = \sum_{H=O}^{H=D} K_{Hc} p_O \tan\ \delta\ 2\pi\ R.\Delta H + P \qquad (٧-٤)$$

مع إهمال وزن كتلة التربة المتحركة مع الخازوق و تعمل ضد إستخراجه

حيث:

p_b الضغط الرأسي الفعال عند منسوب نقطة ارتكاز الخازوق ٠

N_q معامل قدرة تحمل التربة (انظر جدول رقم (٤- ٥)) .

K_{HC} ، K_{HT} النسبة بين الضغوط الأفقية إلى الرأسية الفعالة على جوانب الخازوق فيحالتى الضغط والشد على الترتيب ٠ (انظر جدول رقم (٤-٦)) ٠

p_o الضغط الرأسى الفعال على الطول المدفون من الخازوق داخل التربة غير المتماسكة ٠

δ زاويةالاحتكاك بين الخازوق والتربة (انظرجدول رقم (٤-٧))٠

P وزن الخازوق

لإيجاد قيم الأحمال المسموح بها في حالتي الضغط (Q_{all}) والشد (T_{all}) تستخدم معاملات الأمان المذكورة في بند ٤/٢/٦/١(أ).

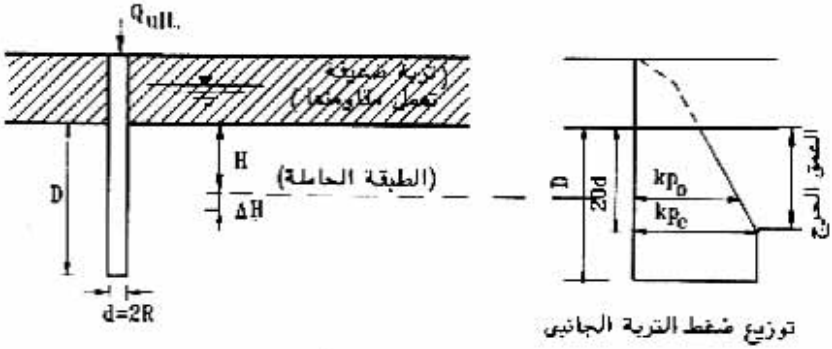
جدول رقم (٤-٤)

القيم العناسبة للالتصاق فى حالة خوازيق الإزاحة المنشأة فى تربة طينية صرفة

نوع الخازوق	قوام التربة	إجهاد التماسك c * kN/m^2	إجهاد التلاصق C_a * kN/m^2الأقصى
خشب أو خرسانة	ضعيف التماسك جدا	١٢,٥ -٠,٠	١٢,٥ -٠,٠
	ضعيف التماسك	٢٥,٠-١٢,٥	٢٤,٠ - ١٢,٥
	متوسط التماسك	٥٠,٠-٢٥,٠	٣٧,٥-٢٤,٠
	متماسك	١٠٠,٠-٥٠,٠	٤٧,٥-٣٧,٥
	شديد التماسك	٢٠٠,٠-١٠٠,٠	٦٥,٠-٤٧,٥
صلب	ضعيف التماسك جدا	١٢,٥ -٠,٠	١٢,٥ -٠,٠
	ضعيف التماسك	٢٥,٠-١٢,٥	٢٣,٠-١٢,٥
	متوسط التماسك	٥٠,٠-٢٥,٠	٣٥,٠-٢٣,٠
	متماسك	١٠٠,٠-٥٠,٠	٣٦,٠-٣٥,٠
	شديد التماسك	٢٠٠,٠-١٠٠,٠	٣٧,٥-٣٦,٠

* القيم الصغرى والعليا لإجهاد التلاصق C_a تناظر القيم الصغرى والعليا لإجهاد التماسك c

١ كجم / سم^2 ≃ ١٠٠ ك . نيوتن/م^2



توزيع ضغط التربة الجانبي

P_c هو ضغط التربة الرأسى عند العمق الحرج

$k = k_{BT}$ او k_{BC}

شكل رقم (٤-١٠) : قدرة تحمل خازوق فى تربة غير متماسكة الحبيبات

جدول رقم (٤- ٥) العلاقة بين قيم معامل قدرة التحميل (Nq) وقيم زاوية الإحتكاك الداخلى(ϕ) لتربة غير متماسكة الحبيبات

ϕ بالدرجات	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
Nq	١٥	٣٠	٧٥	١٥٠

- ϕ لخوازيق الازاحة = (ϕ (قبل التنفيذ)+ ٤٠°)/٢
- ϕ لخوازيق التثقيب العادية = ϕ (قبل التنفيذ)- ٣°

وقد تصل ϕ لبعض خوازيق التثقيب للقيم المناظرة لخوازيق الإزاحة ولكن لا تعتمد النتائج فى هذه الحالة إلا بعد إجراء تجارب تحميل مؤكدة.

جدول رقم (٤-٦): قيم المعاملات (K_{HC}) و(K_{HT})

نوع الخازوق	K_{HC}	K_{HT}
خازوق ذو قطاع H	١,٠-٠,٥	٠,٥-٠,٣
خازوق ازاحة	١,٥-١,٠	١,٠-٠,٦
خازوق ازاحة متغير القطاع	٢,٠-١,٥	١,٣-١,٠
خازوق ازاحة باستخدام النفاثات	٠,٩-٠,٤	٠,٦-٠,٣
خازوق تثقيب اعتيادى(قطر اقل من٠,٦٠متر)	١,٥-٠,٧	١,٠-٠,٤

جدول رقم (٤-٧) : قيم زاويةالإحتكاك بين التربة وجزع الخازوق (δ)

نوع الخازوق	δ (درجة)
حديد	٢٠
خرسانة	(ϕ) ٠,٧٥
خشب	(ϕ) ٠,٧٥

ϕ زا وية الاحتكاك الداخلى للتربة

ولقد أوضحت بعض نتائج الابحاث وتجارب التحميل بالموقع أن كلا من مقاومة إرتكاز الخازوق والإحتكاك الجانبى يزيدان مع زيادة الضغط الرأسى الفعال حتى عمق داخل الطبقة الحاملة يطلق عليه العمق الحرج (أنظر شكل رقم (٤-١٠)). وتتوقف قيمة هذا العمق الحرج على الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة ومنسوب المياه الأرضية وتتراوح قيمته بين ١٠ إلى ٤٠ مثل قطر الخازوق. وفى حالة زيادة طول الخازوق المدفون فى التربة غير المتماسكة عن العمق الحرج فإن الزيادة فى مقاومة الإرتكاز تكون صغيرة جدا فى حين تتناسب الزيادة فى محصلة الاحتكاك الجانبى مع المساحة الجانبية للخازوق.

ومن ثم فإنه عند حساب قدرة التحميل لخوازيق مدفونة داخل الطبقة الحاملة لمسافات كبيرة فإنه يجب ألا يتجاوز العمق الحرج أكثر من ٢٠ مثل قطر الخازوق عند تقدير أى من (p_o،p_b) كما هو موضح بالشكل رقم (٤-١٠).

ونظراً لحساسية قيم المعامل (N_q) لقيمة زاوية الإحتكاك الداخلى للتربة ، والتى غالبا ما تتغير بالنقص أو بالزيادة وفقاً لنوع ونظام تنفيذ الخوازيق فى الطبيعة ، فيجب الحرص الشديد عند اختيار القيمة التصميمية لهذه الزاوية.

ويراعى عند استخدام خوازيق الإزاحة مع إستعمال النفاثات ألا تزيد القيمة التصميمية لزاوية الإحتكاك الداخلى عن (٢٨°) عند تحديد قيمة (N_q).

ومن الجدير بالذكر أن طريقة التصميم المذكورة أعلاه يمكن استخدامها لخوازيق لا يزيد قطرها عن ٦٠٠ ملليمترا. أما الخوازيق ذات الأقطار الأكبر فان تصميمها يعتمد اساسا على مقدار الهبوط وذلك طبقاً للبند ١/٦/٢/٤ (ج) التالى .

١/٦/٢/٤ (ج) قدرة تحمل الخازوق كبير القطر المنفذ بالحفر و المصبوب فى مكانه

يعتمد تصميم الخوازيق التى يزيد قطرها عن ٦٠٠ مم والمنفذة بواسطة التنقيب الإعتيادى و المصبوبة فى مكانها على مقدار الهبوط ، حيث يتم تقدير علاقة الحمل مع الهبوط من نتائج تجربة تحميل فى مرحلة التصميم. وفى حالة عدم توافر نتائج تجربة تحميل فى مرحلة التصميم تقدر العلاقة على النحو الوارد فى شكل رقم (٤-٣٨) ، فيتم حساب العلاقة OBH لحمل الإرتكاز باعتبار أن النقطة B تناظر هبوطا مقدارة ١٥سم بالنسبة للتربة غير متماسكة الحبيبات او ٥% من قطر الخازوق بالنسبة للتربة المتماسكة، والعلاقة OAG للإحتكاك الجانبى على جذع الخازوق باعتبار أن النقطة A تناظر هبوطا يصل الى حوالى ٥- ١٠ ملليمتراً (في حدود ١% من قطر الخازوق)، وبجمع العلاقتين تنتج العلاقة OKCJ للحمل الكلى على الخازوق ، حيث يكون الحمل التصميمى المسموح به هو ذلك الحمل المناظر للهبوط المسموح به للخازوق المفرد باستخدام العلاقة OKCJ ، ويمكن عن طريق العلاقات OBH ، OAG تحديد قيمة كل من حمل الإرتكاز وحمل الإحتكاك الجانبى المناظرين لقيمة الهبوط المسموح به ، ويكون مجموعهما مساويا للحمل التصميمى للخازوق . يمكن تعيين العلاقة OBH لحمل الإرتكاز مع الهبوط باستخدام الجدول رقم (٤-٨) للخوازيق المرتكزة على تربة غير متماسكة الحبيبات أو الجدول رقم (٤-٩) للخوازيق المرتكزة على تربة طينية صرفة قوية التماسك ، ويتم الحصول على قيم الحمل عند قيم الهبوط المختلفة بضرب قيمة مقاومة الإرتكاز الموضحة فى الجدولين رقمى (٤-٨) ، (٤-٩) فى مساحة مقطع كعب الخازوق .

جدول رقم (٤-٨) علاقة إجهاد الإرتكاز مع الهبوط للتربة غير متماسكة الحبيبات للخوازيق ذات القطر الكبير و المصبوبة فى مكانها

الهبوط	إجهاد الإرتكاز	(MN/m^2)
(سم)	للخوازيق ذات نهايات متسعة	للخوازيق بدون نهايات متسعة
١	٠,٣٥	٠,٥٠
٢	٠,٦٥	٠,٨٠
٣	٠,٩٠	١,١٠
*١٥	٢,٤٠	٣,٤٠

* قيمة الهبوط المفترض عند حمل الإرتكاز الأقصى

جدول رقم (٤-٩) علاقة إجهاد الإرتكاز مع الهبوط للتربة المتماسكة
للخوازيق ذات القطر الكبير و المصبوبة فى مكانها

الهبوط (سم)	إجهاد الإرتكاز (MN / m^2)
Sg x٠,٢٠	٠,٥٠
Sg x ٠,٣٠	٠,٧٠
*Sg	١,٢

* قيمة الهبوط المفترض عند حمل الإرتكاز الأقصى و يساوى ٥% من قطر ارتكاز الخازوق (١ ميجانيوتن/م^2 = ١٠ كجم / سم^2)

أما العلاقة OAG لحمل الإحتكاك الجانبى مع الهبوط فيتم تعيينها بإستخدام الجدول رقم(٤-١٠) لأجزاء الخوازيق المارة فى التربة غير متماسكة الحبيبات أو الجدول رقم (٤- ١١) لأجزاء الخوازيق السارة خلال تربة طينية سرفة ، ويتم الحصول على قيم الحمل الأقصى للأجزاء المختلفة بضرب قيمة إجهاد الإحتكاك الجانبى الموضحة فى الجدولين رقمى (٤-١٠)، (٤-١١) فى المساحة الجانبية للجزء المناظر من جذع الخازوق ، ويكون حمل الإحتكاك الجانبى الكلى مساويا لمجموع أحمال الإحتكاك المحسوبة خلال الطبقات المختلفة ، مع إهمال قيمة الإحتكاك خلال مسافة تساوى ٢,٠ متراً أسفل سطح الأرض الطبيعية مباشرة وكذلك مسافة تساوى قطر الخازوق أعلا الكعب. و تعين العلاقة OAG بافتراض أن حمل الإحتكاك الأقصى المحسوب بالطريقة السابقة يناظر هبوطا مقداره ١% من قطر الخازوق(نقطة A على المنحنى المذكور).

وبالاضافة الى التحقق من إن قيمة الهبوط المناظرة للحمل التصميمى فى حدود المسموح به فيجب التأكد من توافر معامل أمان لا يقل عن ٢,٠ بالنسبة للحمل الاقصى الكلى (القيمة C J بالشكل رقم (٤-٣٨)) .

١/٦/٢/٤ (د) قدرة تحمل الخازوق فى التربة المكونة من طبقات متباينة متعددة

يكون الحمل الأقصى للخازوق مساويا لمجموع جهود المقاومة التى ستبديها كل من الطبقات

الحاملة للخازوق باستثناء الطبقات الضعيفة التى ستتضاغط وستتلاشى مقاومتها إزاء حركة جذع الخازوق أو سيتولد عنها إجهادات قص سالبة على جذع الخازوق ٠

وللحصول على معلومات إضافية فى حالة اختراق الخازوق لطبقات متباينة ويستقر طرفه فى طبقة ذات حبيبات غير متماسكة granular .أنظر المراجع التالية :

Meyerhof & Hanna, 1978 and Navfac,1982.

جدول رقم (٤-١٠) إجهاد الإحتكاك على جذع الخازوق فى التربة غير متماسكة الحبيبات للخوازيق ذات القطر الكبير والمصبوبة فى مكانها

عدد الدقات N من اختبار الاختراق القياسى	العمق تحت سطح الارض الطبيعية (متر)	إجهاد الإحتكاك الاقصى* kN/m^2
أقل من ١٠	-	صفر
١٠-٢٠	صفر-٢,٠	صفر
	٢,٠-٥,٠	٣٠
	أكبر من ٥,٠	٥٠
٢٠-٣٠	صفر-٢,٠	صفر
	٢,٠-٧,٥	٤٥
	أكبر من ٥,٠	٧٥
أكبر من ٣٠	صفر-٢,٠	صفر
	٢,٠-١٠,٠	٦٠
	أكبر من ١٠,٠	١٠٠

١ كجم / سم^2 = ١٠٠ ك. نيوتن / م^2

جدول رقم (٤-١١) إجهاد الإحتكاك على جذع الخازوق للتربة المتماسكة للخوازيق ذات القطر الكبير والمصبوبة فى مكانها

قيمة التماسك للتربة kN/m^2 *	إجهاد الإحتكاك الأقصى kN/m^2
صفر	صفر
٢٥	٢٥
١٠٠	٤٠
٢٠٠	٥٠

*١ كجم / سم^2 ≃ ١٠٠ ك. نيوتن / م^2

١/٦/٢/٤ (هـ) قدرة تحمل الخازوق المنفذ فى الصخر

تنتقل الأحمال المؤثرة على رأس الخازوق عن طريق مقاومة الإرتكاز عند الكعب بالإضافة إلى مقاومة الإحتكاك على جوانب مسافة الإختراق داخل الصخر rock socket. وعلى الرغم من انتقال بعض الأحمال عن طريق الإحتكاك الجانبى بين الخازوق والتربة أعلى الصخر ، فإن هذه الأحمال تكون ذات قيمة صغيرة نسبيا وبالتالى يتم إهمالها.

ويعتمد توزيع الحمل بين كعب الخازوق وجوانب مسافة الإختراق على الخصائص الهندسية لهذه المسافة، ومنها خشونة سطح الصخر الملامس للخازوق، الجساءة النسبية للكتلة الصخرية بالنسبة لمادة الخازوق، بالإضافة إلى مقدار الهبوط المسموح به. وفى حالة القيم الصغيرة لهبوط الخازوق (أقل من ١٠مم) فإن الحمل ينتقل أساسا عن طريق الإحتكاك، بينما يبدأ الحمل فى الإنتقال عن طريق الإرتكاز إذا زاد مقدار الهبوط عن هذه القيمة. ونظرا لأن القيمة المسموح بها للهبوط تكون عادة صغيرة فإنه يوصى بحساب قدرة تحمل الخازوق عن طريق الإحتكاك الجانبى داخل الصخر فقط، أما إذا زاد هبوط الخازوق عن ١٠مم، فيتم احتساب قدرة التحمل على أساس مقاومة الإرتكاز فقط، حيث أن مقاومة الإحتكاك فى هذه الحالة ستقل كثيرا.

وتجدر الإشارة إلى أنه بالنسبة للخوازيق المنفذة بالدق حتى الوصول إلى صخر قوى، فإن المقاومة تحدث تقريبا على سطح ذلك الصخر، وفى هذه الحالة تحدد قدرة التحمل فى الأغلب بدلالة المقاومة الأنشائية لمادة الخازوق ، أما فى حالات الصخر الضعيف الذى يمكن إختراقه بالدق (مثل الطباشير) ، فإن كثيرا من العوامل مثل المساحة الملامسة للصخر ، وعمق اختراق الطبقات الصخرية ، بالإضافة إلى نوعية الصخر وتأثرها بعمليات الدق، تكون غير محددة،

وبالتالى فإن قدرة تحمل الخازوق يتم تحديدها عن طريق إختبارات التحميل والمقارنة مع إختبارات الدق بالموقع.

أما بالنسبة للخوازيق المنفذة بالتفريغ والمصبوبة فى مكانها، فإن العوامل السابقة يمكن الكشف عنها بسهولة ، وبالتالى يمكن حساب قدرة تحمل الخازوق باستخدام طرق التصميم المختلفة. وفى هذه الحالة فان الحمل التصميمى المسموح به للخازوق ذي المقطع الدائرى ونصف قطره (r) عن طريق الإرتكاز فقط $(Q_{all})_b$ يمكن حسابه عن طريق المعادلة التالية:

$$(Q_{all})_b = q_{un} K_{sp} f_d \ \pi r^2 \qquad (٤-٨)$$

حيث :

q_{un} القيمة المتوسطة لمقاومة الضغط غير المحاط لعينات قلوب الصخر.

K_{sp} عامل يتم الحصول عليه من الشكل رقم (٤-١١) ويعتمد على خصائص الصخر(وجود فواصل) وقطر الخازوق ، ويدخل فى قيمته معامل أمان مقداره ٣,٠.

f_d معامل العمق ويساوى $(1+0.4\ L_s/B_s)$ على الا تزيد قيمة f_d عن ٣,٠.

حيث :

L_s عمق الإختراق داخل طبقة الصخر.

B_s قطر مسافة الإختراق فى الصخر rock socket.

أما الحمل التصميمى للخازوق عن طريق الإحتكاك فقط $(Q_{all})_f$ فيمكن حسابه عن طريق المعادلة التالية :

$$(Q_{all})_f = \frac{\alpha\beta\, q_{un}\, \pi\, B_s L_s}{F.S} \qquad (٤-٩)$$

حيث :

α معامل يعتمد على مقاومة الضغط غير المحاط للصخر (جدول رقم ٤-١٢).

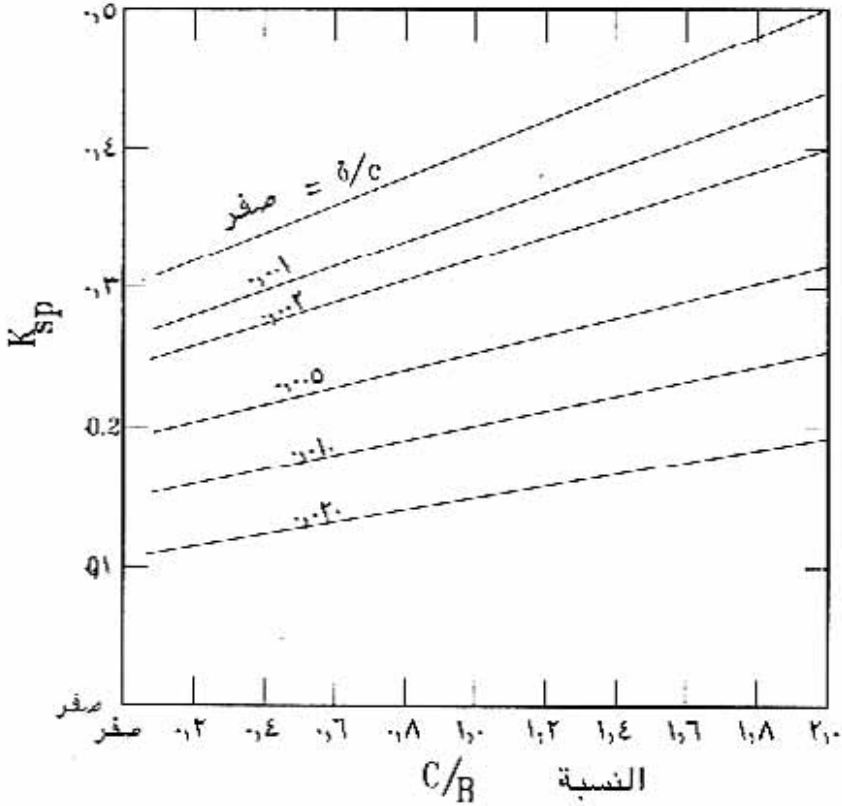
β معامل يعتمد على معامل جودة الصخر RQD (جدول رقم ٤-١٣).

q_{un} القيمة المتوسط للضغط غير المحاط لعينات قلوب الصخر.

B_s قطر مسافة الإختراق socket

L_s عمق الإختراق داخل طبقة الصخر.

F.S معامل أمان لا تقل قيمته عن ٢,٠.



$$K_{sp} = \frac{3 + c / B}{10\sqrt{1+300\delta/c}}$$

المعادلة صالحة للقيم

$$٠,٠٥ < \frac{c}{B} < ٢,٠$$

$$صفر < \frac{\delta}{c} < ٠,٠٢$$

حيث

c المسافة بين الفواصل

δ اتساع الفواصل

B قطر الخازوق

شكل رقم (٤-١١) : تعيين قيم المعامل Ksp لخازوق منفذ فى الصخر

جدول رقم (٤-١٢) قيمة المعامل α بدلالة مقاومة الضغط غير المحاط للصخر

q_{un} (Kg/cm^2)	α
أقل من ١٠	٠,٣٠
٢٠-١٠	٠,٢٥
٥٠-٢٠	٠,١٨
١٠٠-٥٠	٠,١٣
٢٠٠-١٠٠	٠,١٠
أكبر من ٢٠٠	٠,٠٥

جدول رقم (٤-١٣) قيمة المعامل β بدلاله معامل جودة الصخر RQD

معامل جودة الصخر RQD	β
أقل من ٥٠%	٠,٦٥
٥٠% - ٧٥%	٠,٧٣
٧٥% - ٩٠%	٠,٨٨
٩٠% - ١٠٠%	١,٠٠

وفى حالة الخوازيق المعرضة لأحمال الشد فإنه تهمل تماما المعادلة (٤-٨) ويتم تقليل القيمة المحسوبة بواسطة المعادلة (٤-٩) بمقدار ٣٠% مع إهمال وزن كتلة التربة المتحركة مع الخازوق و تعمل ضد إستخراجه. وتجدر الإشارة إلى أن مسافة إختراق الخازوق للطبقات الصخرية تتراوح عادة بين مرة إلى ثلاث مرات قطر الخازوق ، إلا أنه إذا ما سمحت حالة الصخر ، فيمكن زيادة مسافة الإختراق عن ذلك لتحقيق الحمل التصميمى المسموح به المطلوب للخازوق بما يتناسب مع قدرة تحمله الإنشائية والهبوط المسموح به.

كما تجدر الإشارة أيضا إلى أنه للتأكد من الحصول على القيم الموصى بها للحمل التصميمى فى هذا البند يجب التأكد سواء فى مرحلة استكشاف الموقع أو عند تنفيذ الخوازيق من عدد من العوامل الهامة مثل إمكانية تواجد فجوات فى الصخور الجيرية أو إحتمالات إنكماش الخرسانة

وانفصالها عن جوانب الخازوق إلى غير ذلك من العوامل التى من الممكن أن تؤثر على كفـاءة نقل الأحمال من الخازوق إلى الصخر .

٢/٦/٢/٤ حساب قدرة تحمل الخازوق من بيانات الدق

تحسب قدرة تحمل الخازوق من بيانات الدق بإحدى الطرق التالية إما باستخدام الصيغ الديناميكية أو عن طريق تطبيق المعادلة الموجية .

٢/٦/٢/٤ (أ) استخدام الصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق

هذه طريقة تقريبية لحساب قدرة تحمل الخوازيق المنشأة بالدق فى التربة غير متماسكة الحبيبات مثل الرمال والحصى والزلط . ولا يجوز الإعتماد عليها وحدها فى تحديد الحمـل التصـميمى للخوازيق دون مضاهاتها مع نتائج إختبارات تربة الموقع واختبارات التحميل أو الخبرة المحليـة كما سبق وأوردنا من قبل (بند ١/٦/٢/٤).

أما فى حالة التربة متماسكة الحبيبات مثل الطينية أو الطباشيرية أو الحصية (marl)* أو فـى حالة التربة الطمـيية المشبعة بالمياه فإنه لايجوز استخدام هذه الطريقة معها . كذلك يجب الحذر عند تطبيق هذه الصيغ فى حالات التربة التى تظهر مقاومة أقل لاختراق الخازوق عنـد إعـادة الدق عليه بعد فترة توقف حوالى ساعتين .

ومعلوم أن جميع الصيغ الديناميكية على تعددها تعتمد على فرضين أساسيين كلاهما تقريبى و لا ينطبق في كثير من الحالات وهما:

١- أن قدرة التحمل الإستاتيكية القصوى للخازوق تساوى مقاومة التربة الديناميكيـة لاختـراق الخازوق .

٢- وأن مقاومة التربة الديناميكية لإختراق الخازوق يمكن حسـابها مـن الطاقـة الكيناماتيكيـة لمطرقة الدق ومقدار غز الخازوق فى التربة set .

وتتنوع الصيغ الديناميكية للخوازيق وفقا للفروض الموضوعة لكل منها فى تقدير نسبة الفاقد فى طاقة المطرقة التى تحدث الإنفعالات المرنة فى التربة والخـازوق والوسـادة ..... إلـخ، وموجات الإهتزاز بالخازوق وما إلى ذلك إبان عملية دق الخوازيق .

وقد أظهر التحليل الإحصائى أنه لا توجد صيغة ديناميكية تعطى نتائج موثوق بها تماما وأنه فى أحسن ظروف التطبيق عندما تكون الخوازيق مرتكزة داخل طبقات من الرمال أو الزلط أو

* (marl) عبارة عن حجر جيرى في مرحلة التكوين قابل للعجن و التشكل

وانفصالها عن جوانب الخازوق إلى غير ذلك من العوامل التى من الممكن أن تؤثر على كفـاءة نقل الأحمال من الخازوق إلى الصخر .

٢/٦/٢/٤ حساب قدرة تحمل الخازوق من بيانات الدق

تحسب قدرة تحمل الخازوق من بيانات الدق بإحدى الطرق التالية إما باستخدام الصيغ الديناميكية أو عن طريق تطبيق المعادلة الموجية .

٢/٦/٢/٤ (أ) استخدام الصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق

هذه طريقة تقريبية لحساب قدرة تحمل الخوازيق المنشأة بالدق فى التربة غير متماسكة الحبيبات مثل الرمال والحصى والزلط . ولا يجوز الإعتماد عليها وحدها فى تحديد الحمـل التصـميمى للخوازيق دون مضاهاتها مع نتائج إختبارات تربة الموقع واختبارات التحميل أو الخبرة المحليـة كما سبق وأوردنا من قبل (بند ١/٦/٢/٤).

أما فى حالة التربة متماسكة الحبيبات مثل الطينية أو الطباشيرية أو الحصية (marl)* أو فـى حالة التربة الطمـيية المشبعة بالمياه فإنه لايجوز استخدام هذه الطريقة معها . كذلك يجب الحذر عند تطبيق هذه الصيغ فى حالات التربة التى تظهر مقاومة أقل لاختراق الخازوق عنـد إعـادة الدق عليه بعد فترة توقف حوالى ساعتين .

ومعلوم أن جميع الصيغ الديناميكية على تعددها تعتمد على فرضين أساسيين كلاهما تقريبى و لا ينطبق في كثير من الحالات وهما:

١- أن قدرة التحمل الإستاتيكية القصوى للخازوق تساوى مقاومة التربة الديناميكيـة لاختـراق الخازوق .

٢- وأن مقاومة التربة الديناميكية لإختراق الخازوق يمكن حسـابها مـن الطاقـة الكيناماتيكيـة لمطرقة الدق ومقدار غز الخازوق فى التربة set .

وتتنوع الصيغ الديناميكية للخوازيق وفقا للفروض الموضوعة لكل منها فى تقدير نسبة الفاقد فى طاقة المطرقة التى تحدث الإنفعالات المرنة فى التربة والخـازوق والوسـادة ..... إلـخ، وموجات الإهتزاز بالخازوق وما إلى ذلك إبان عملية دق الخوازيق .

وقد أظهر التحليل الإحصائى أنه لا توجد صيغة ديناميكية تعطى نتائج موثوق بها تماما وأنه فى أحسن ظروف التطبيق عندما تكون الخوازيق مرتكزة داخل طبقات من الرمال أو الزلط أو

* (marl) عبارة عن حجر جيرى في مرحلة التكوين قابل للعجن و التشكل

الحصى أو ما شاكل ذلك من الحبيبات غير المتماسكة فإن الإستخدام الأمثل للصيغ الديناميكية يعطى قيما محسوبة تتراوح بين ٤٠% ، ١٣٠% من قدرة التحمل العظمى التى تعطيها إختبارات التحميل . ونورد فيما يلى إحدى الصيغ الشائع استخدامها فى مصر وهى صيغة هايلى Hiley formula وتعتبر الصيغة الأعم حيث تعتمد على القوانين التى تحكم الاصطدام بالأجسام المرنة، وتستخدم هذه الصيغة فقط لخوازيق الدق المرتكزة فى الرمل أو الزلط أو الصخر ولا تستخدم فى الخوازيق المرتكزة فى التربة الطينية أو الطميية . كما لا يوصى بإستخدام هذه الصيغة فى حالة خوازيق الإزاحة التى يتم دفعها بالدق على كعب الخازوق.

ويمكن تأكيد صلاحية استخدام صيغة هايلى لتكوين جيولوجى معين بإعادة الدق على خازوق الإزاحة بعد فترة سكون، ومقارنة مقدار الهبوط المناظر لدقة واحدة set قبل وبعد إعادة الدق. وعموما فإذا كان الهبوط بعد إعادة الدق يختلف عنه فى مرحلة الدق الأولى فان ذلك يعتبر مؤشرا لعدم الإطمئنان لإستعمال هذه الصيغة كما يلى:

١- إذا كان الهبوط بعد إعادة الدق أكبر فيجب عدم استخدام هذه الصيغة تحت ظروف الموقع ونوع الخازوق المستخدم .

٢- إذا كان الهبوط بعد إعادة الدق أصغر فان هذه الصيغة ستعطى قيما قد تكون بالغة التحفظ.

ويعبر عن هذه الصيغة كما يلى:

$$R_u = \frac{W.h}{S + \frac{C}{2}} . \eta \qquad (١٠-٤)$$

حيث:

R_u أقصى مقاومة للدق بالكيلو نيوتن

W وزن المطرقة ram وهى الجزء المتحرك من الشاكوش بالكيلو نيوتن

h الإرتفاع المؤثر لسقوط المطرقة بالملليمتر ويساوى=K x الارتفاع الحقيقى لسقوط المطرقة.

حيث:

K معامل يعتمد على نوع الشاكوش. أنظر جدول رقم (٤-١٤).

W.h تمثل الطاقة المؤثرة عن الدقة الواحدة. وفى حالة حساب طاقة الدق بطريقة مغـايرة لحاصل ضرب وزن وإرتفاع المطرقة يجب تقديم الحسابات الدالة على قيمة الطاقة الفعلية للدقة .

η كفاءة الدق وتعتمد على e والنسبة P/W (انظر جدول رقم(٤-١٥) وشكل رقم (٤-١٢)).

e معامل الإرتداد ..... انظر جدول رقم(٤-١٥).

P وزن الخازوق بالإضافة إلى وزن الخوذة أو طربوش الدق والوسادة والحشو.

S مقدار اختراق الخازوق لكل دقة بالمليمتر .

C مجموع الإنضغاط المؤقت ($C_c + C_p + C_q$) بالمليمتر

حيث:

C_c الإنضغاط المؤقت للوسادة والحشو أو رأس الخازوق الخشبى بالمليمتر. انظر شكل رقم (٤-١٣).

C_p الإنضغاط المؤقت للخازوق بالمليمتر:

١- خازوق خرسانة ..... انظر شكل رقم (٤- ١٤).

٢- خازوق حديد ..... انظر شكل رقم (٤- ١٥).

٣- خازوق خشب..... انظر شكل رقم (٤-١٦).

C_q الإنضغاط المؤقت للتربة بالمليمتر..... انظر شكل رقم (٤-١٧).

ويمكن حساب حمل التشغيل الأقصى للخازوق R_w كما يلى:

$$R_w = \frac{R_u}{F} \qquad (١١-٤)$$

حيث :

F هو معامل الأمان ويؤخذ مساويا (١,٥) فى الصخر، وفى حالة التربة الرملية والزلطية يتراوح (من ٢,٠ إلى ٣,٠) حسب الوثوق فى قيم معاملات الإنضغاط C_p ، C_q المستخدمتين . ويفضل فى جميع الأحوال إيجاد معاملات الإنضغاط C_p ، C_q من تجارب الإختراق بالموقع باستعمال نفس الشاكوش ونفس الماسورة والكعب المستعملين فى دق الخوازيق.

كما تستخدم الصيغة المذكورة عاليه فى أغلب الأحيان فى تحديد مقاومة الإختراق set=S المطلوبة المناظرة لحمل التشغيل .

جدول رقم (٤- ١٤) معامل الشاكوش K

نوع الشاكوش	K
شاكوش ساقط يعمل بالونش	٠,٨
شاكوش احادى التشغيل يعمل بالهواء المضغوط او بالبخار	٠,٩
شاكوش ثنائى التشغيل يعمل بالهواء المضغوط او بالبخار	*١,٠
شاكوش ديزل (وزن المطرقة فقط)	*١,٠

*يتم استبدال قيمة (W.h) فى معادلة هايلى بمقدار الطاقة المعدلة أثناء الهبوط النهائى final set طبقا لكتالوج الشركة المصنعة للشاكوش المستخدم

٤/٦/٢/٤ (ب) إستخدام المعادلة الموجية لتحليل بيانات دق الخوازيق

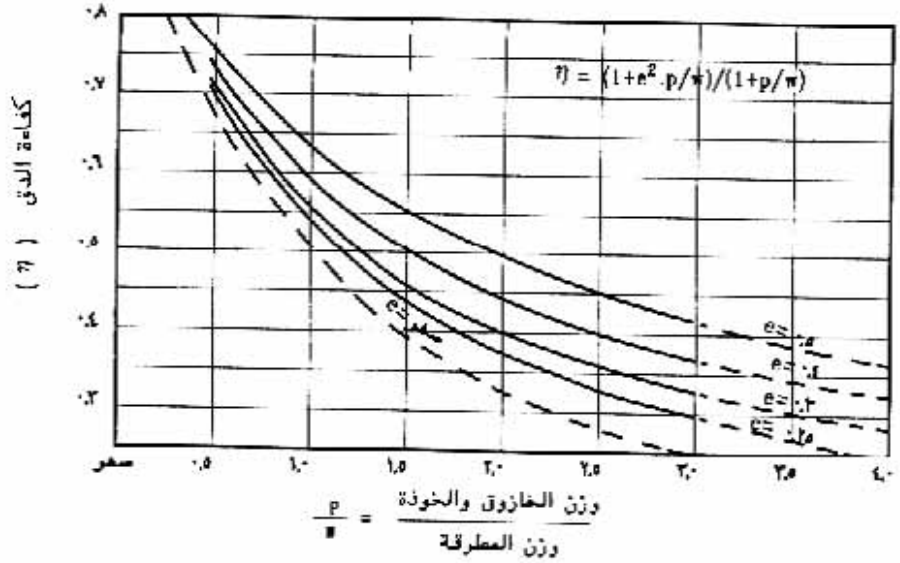
تعتمد المعادلة الموجية على تحليل إنتقال الموجات الطولية فى الخازوق أثناء الدق حيث يتم تقسيم كل من مجموعة الدق (الشاكوش ، الهامة ، الوسادة ..... إلخ) والخازوق إلى مجموعة من الكتل الجاسئة و الزنبركات متصلة مع بعضها على التوالى كما يتم عمل نموذج للتربة من الزنبركات و ماصات إندفاع dash pots متصلة على التوازى مع بعضها وعلى التوالى مع جذع الخازوق . و يتم حل المعادلة التفاضلية من الدرجة الثانية عن طريق الحاسب الآلى باستخدام إحدى الطرق العددية مثل العناصر المحددة finite elements أو الفروق المحددة finite differences

وتعتبر المعادلة الموجية أحسن الطرق الديناميكية ومن أدق الطرق المستخدمة فى تحليل خوازيق الدق حيث تستعمل فى تحليل القدرة القصوى لتحمل خوازيق الدق و كذلك فى تقدير قيمة إختراق خوازيق الدق للتربة أثناء التنفيذ set والناتج عن دقة واحدة للشاكوش، وبالتالى فإنه عن طريق عدة قراءات للإختراق مع قدرة التحمل القصوى المناظرة يمكن رسم ما يسمى ببياني قدرة التحمل . بالإضافة إلى ذلك ، فإن المعادلة الموجية تستخدم بنجاح وبدقة فى تقدير قيم الإجهادات المتولدة فى الأجزاء المختلفة من جسم الخازوق أثناء الدق وبالتالى يمكن تحديد قيم إجهادات

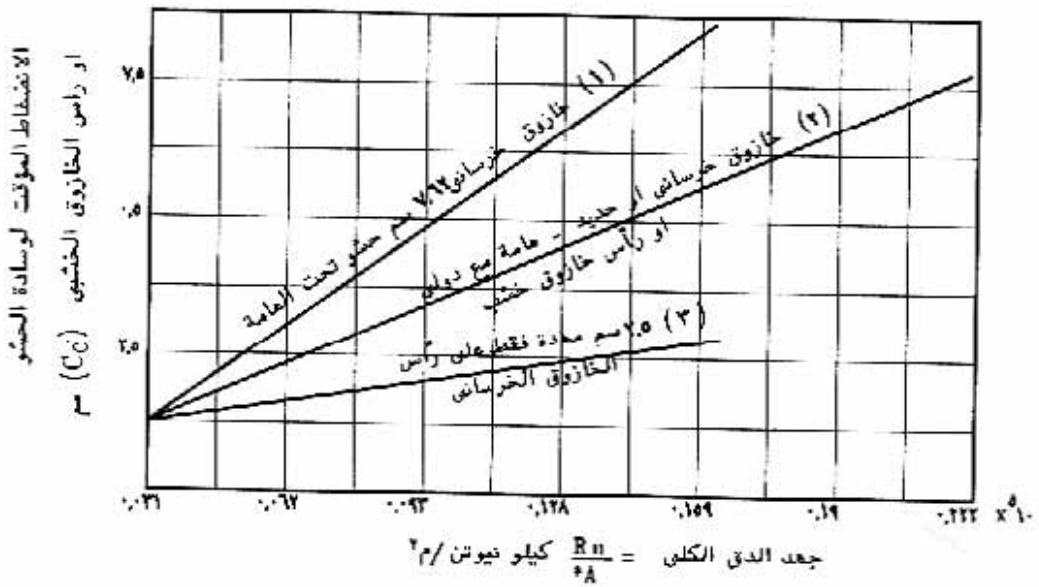
الضغط والشد القصوى بدقة بما فى ذلك المكان الذى يتعرض لأقصى إجهادات بالإضافة إلى وقت حدوثها منذ الدق على رأس الخازوق . كذلك فإن إستخدام المعادلة الموجية يعطى القدرة على الحكم على تلاؤم مجموعة الدق مع الخازوق المنفذ فى نوعية معينة من التربة ، وهل يمكن عن طريق هذه المجموعة الوصول إلى قدرة التحمل المطلوبة أم أن ذلك يحتاج إلى تغيير خواص معدات الدق .

جدول رقم (٤-١٥): قيم معامل الارتداد e

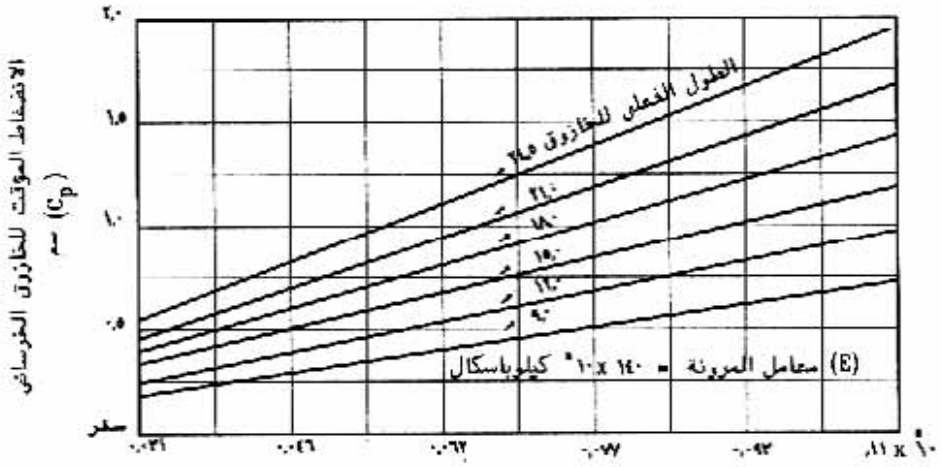
نوع الخازوق	نوع غطاء رأس الخازوق أثناء الدق	أحادى التشغيل مطرقة ديزل أو مطرقة حرة	ثنائى التشغيل
خازوق خرسانة سابق الصب	أ- خوذة helmet ذات وسادة dolly من البلاستيك أو خشب green heart مع استخدم حشو على رأس الخازوق .	٠,٤	٠,٥
	ب- خوذة ذات وسادة من خشب صلد وحشو على رأس الخازوق	٠,٢٥	٠,٤
	جـ- الدق مباشرة على الخازوق باستخدام وسادة فقط	-	٠,٥
خازوق حديدى	ا- طربوش دق driving cap ذو وسادة dolly من البلاستيك أو خشب green heart مع استخدام حشو على رأس الخازوق .	٠,٥	٠,٥
	ب-طربوش دق مع استخدام حشو على رأس الخازوق .	٠,٣	٠,٣
	جـ - الدق مباشرة على الخازوق باستخدام وسادة فقط .	-	٠,٥
خازوق خشبى	الدق مباشرة على الخازوق	٠,٢٥	٠,٤



شكل رقم (٤-١٢)

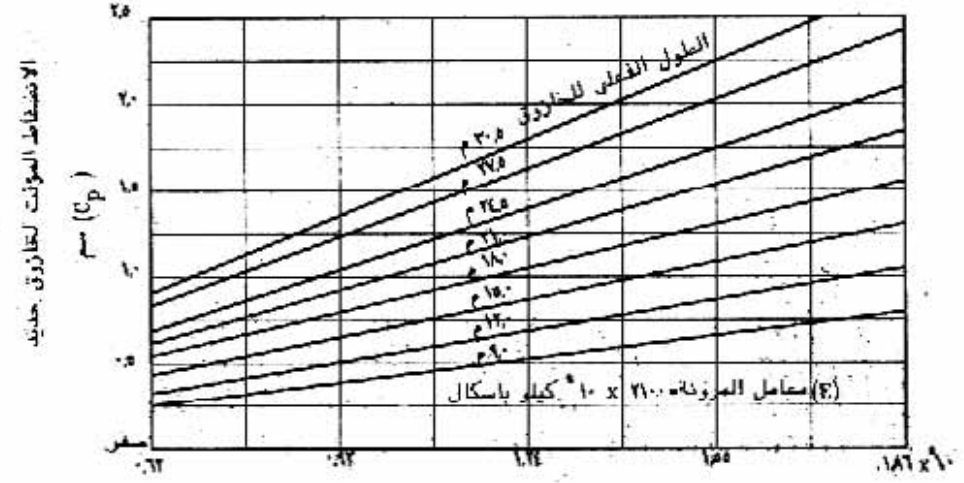


شكل رقم (٤-١٣)



جهد الدق الفعلي = $\frac{R_u}{*_a}$ كيلو نيوتن/م^2

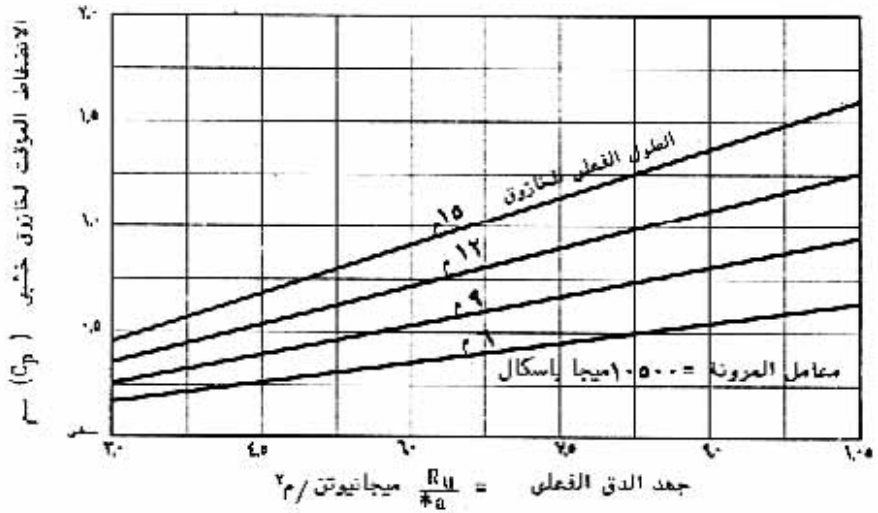
شكل رقم (٤-١٤)



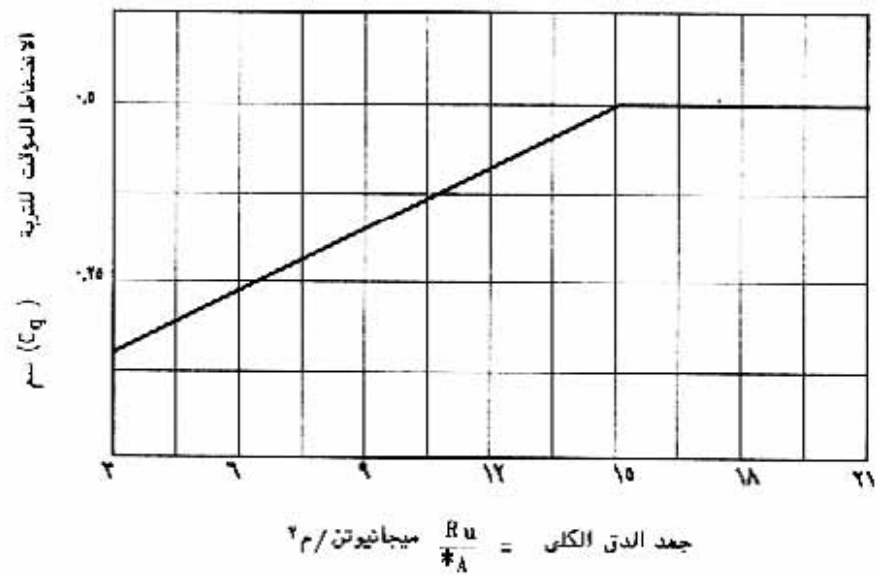
جهد الدق الفعلي = $\frac{R_u}{*_a}$ كيلو نيوتن/م^2

شكل رقم (٤-١٥)

* انظر شكل (٤-١٨)



شكل رقم (٤-١٦)



شكل رقم (٤-١٧)

* انظر شكل (٤- ١٨)

		خازوق خرسانة أو خشب	خازوق خرسانة	خازوق خرسانة أو صلب (ماسورة)	خازوق صلب قطاع (H)	خازوق صلب قطاع صندوقى
مساحة قطاع الخازوق الكلية Overall area	A					
المساحة الفعلية لمقطع مادة الخازوق Actual area	a					

شكل رقم (٤-١٨) : رسم توضيحى يبين مساحة مقطع الخازوق الكلية A والمساحة الفعلية لمقطع مادة الخازوق a - انظر الأشكال (٤-١٣) إلى (٤-١٧) .

وجدير بالذكر أنه يوجد أكثر من برنامج جاهز على الحاسب الآلى لإستخدام المعادلة الموجية حيث يختلف برنامج عن آخر فى إدخال تفاصيل أكثر بالنسبة لمعدات الدق مثلا وكفاءة كل من مكوناتها . وفى الآونة الأخيرة فقد امكن التوصل إلى نماذج محسنة للتربة للإستخدام فى المعادلة الموجية بحيث تكون أكثر تعبيرا عن الخواص الطبيعية والمحسوسة للتربة ، حيث كان هذا من العيوب الأساسية الموجودة سابقا . ولمزيد من التفاصيل يمكن الرجوع إلى أحد المراجع التالية:
Smith, E.A.L., 1960, and Lee, S.L., et. al. 1988.

٣/٦/٢/٤ قدرة تحمل الخازوق باستخدام نتائج التجارب الحقلية

يرجع إلى باب رقم (١) فى الإشتراطات العامة للأساسات والخاص بدراسة الموقع فيما يخص التجارب الحقلية من حيث الأجهزة المستخدمة وخطوات إجراء التجارب . ومن هذه الطرق إختبار الإختراق القياسى واختبار المخروط الإستاتيكى وإختبار مقياس الضغط . وتعتبر جميع

* انظر شكل (٤-١٨)

		خازوق خرسانة أو خشب	خازوق خرسانة	خازوق خرسانة أو صلب (ماسورة)	خازوق صلب قطاع (H)	خازوق صلب قطاع صندوقى
مساحة قطاع الخازوق الكلية Overall area	A					
المساحة الفعلية لمقطع مادة الخازوق Actual area	a					

شكل رقم (٤-١٨) : رسم توضيحى يبين مساحة مقطع الخازوق الكلية A والمساحة الفعلية لمقطع مادة الخازوق a - انظر الأشكال (٤-١٣) إلى (٤-١٧) .

وجدير بالذكر أنه يوجد أكثر من برنامج جاهز على الحاسب الآلى لإستخدام المعادلة الموجية حيث يختلف برنامج عن آخر فى إدخال تفاصيل أكثر بالنسبة لمعدات الدق مثلا وكفاءة كل من مكوناتها . وفى الآونة الأخيرة فقد امكن التوصل إلى نماذج محسنة للتربة للإستخدام فى المعادلة الموجية بحيث تكون أكثر تعبيرا عن الخواص الطبيعية والمحسوسة للتربة ، حيث كان هذا من العيوب الأساسية الموجودة سابقا . ولمزيد من التفاصيل يمكن الرجوع إلى أحد المراجع التالية:
Smith, E.A.L., 1960, and Lee, S.L., et. al. 1988.

٣/٦/٢/٤ قدرة تحمل الخازوق باستخدام نتائج التجارب الحقلية

يرجع إلى باب رقم (١) فى الإشتراطات العامة للأساسات والخاص بدراسة الموقع فيما يخص التجارب الحقلية من حيث الأجهزة المستخدمة وخطوات إجراء التجارب . ومن هذه الطرق إختبار الإختراق القياسى واختبار المخروط الإستاتيكى وإختبار مقياس الضغط . وتعتبر جميع

* انظر شكل (٤-١٨)

هذه الطرق تقريبية ويتحتم التحقق منها بإجراء تجارب تحميل فى الموقع على بعض الخوازيق مع مراعاة أن مقدار الهبوط هو الذي يحدد أساسا الحمل المسموح به و لاسيما للخوازيق ذات الأقطار أكبر من ٦٠٠ مم.

٣/٦/٢/٤ (أ) استخدام إختبار الإختراق القياسى

يمكن تقدير حمل التشغيل لخازوق إزاحة مرتكز فى تربة غير متماسكة الحبيبات باستخدام نتائج تجربة الإختراق القياسى **standard penetration test (SPT)** طبقا للعلاقة التالية:

$$Q_{all} = 90N(\pi R^2) + \bar{N}(2\pi RL) \quad .....(kN) \qquad (١٢-٤)$$

حيث:

Q_{all} حمل تشغيل الخازوق (كيلو نيوتن) ويتضمن معامل أمان قدره ٢,٥ بالنسبة لمقاومة إرتكاز الخازوق وقدره ٢,٠ بالنسبة لمقاومة الإحتكاك .

N القيمة المتوسطة لعدد الدقات فى تجربة الإختراق القياسى فى طبقة التربة المؤثرة على حمل الإرتكاز والممتدة لمسافة (2R) اسفل قاعدة الخازوق و (6R)أعلا نقطة الإرتكازبحيث لا تزيد عن ٥٠ دقة/قدم.

$\bar{N}$ متوسط عدد الدقات فى تجربة الإختراق القياسى على طول الخازوق داخل الطبقة أو الطبقات غير متماسكة الحبيبات .

R نصف قطر الخازوق بالمتر.

L طول إختراق الخازوق للطبقة غير متماسكة الحبيبات بالمتر .

أما خوازيق الإزاحة المسلوبة ذات القطاع المتغير tapered piles بمعدل أكبر من ١% فيمكن زيادة الإحتكاك الجانبى إلى مرة ونصف المعطاة بالعلاقة السابقة .

وفى حالة خوازيق التنقيب فإن قيم حمل تشغيل الخازوق تتراوح بين ٥٠% و ١٠٠% من قيم حمل التشغيل المحسوبة من المعادلة المذكورة أعلاه وذلك طبقا لنوعية الخازوق وطريقة تنفيذه . ونظرا للأخطاء الكثيرة التى قد تصاحب إجراء اختبار الإختراق القياسى فى الطبيعة فيجب إعتبار القيم المحسوبة من هذه المعادلة قيما تقديرية .

٣/٦/٢/٤ (ب) إستخدام إختبار المخروط الإستاتيكى

يتميز هذا الإختبار بعدم وجود العيوب المصاحبة لاختبار الإختراق القياسى الا انة يجب مراعاة أن نتائج إختبار المخروط الاستاتيكى cone penetration test (CPT) لا تعتبر دقيقة فى حالة التربة الرملية الكثيفة جدا أو فى الطبقات الرملية المحتوية على نسبة من الزلط . ويمكن تقدير قدرة تحميل خازوق إزاحة مرتكز فى رمل سائب إلى كثيف أو طمى غير لدن بإستخدام نتائج تجربة المخروط الإستاتيكى طبقا للعلاقة التالية:

$$Q_{all} = \frac{1}{3}\alpha q_c(\pi R^2) + \frac{1}{2}f_c(2\pi RL)....(kN) \qquad (١٣-٤)$$

حيث :

Q_{all} حمل تشغيل الخازوق (كيلو نيوتن) ويتضمن معامل أمان قدره ٣,٠ بالنسبة لمقاومة إرتكاز الخازوق، وقدره ٢,٠ بالنسبة لمقاومة الإحتكاك .

q_c المقاومة المتوسطة لإختراق المخروط الإستاتيكى فى مسافة ٦ مرات قطر الخازوق أعلا منسوب الإرتكاز و ٣ مرات هذا القطر أسفل منسوب الإرتكاز. بحيث لا تزيد قيمة q_c عن ١٥٠ كجم/سم^2

α معامل يعتمد على نسبة قطر الخازوق إلى قطر المخروط وعوامل أخرى ويمكن إفتراضه حوالى ٠,٧

f_c القيمة المتوسطة المقاسة للإحتكاك الجانبى بطول الخازوق بحيث لا تزيد عن ١٠٠ كيلو نيوتن / م^2 (١,٠ كجم/ سم^2) و يمكن فى حالة عدم قياسها تقديرها كنسبة تبلغ ٠,٠٠٥ من قيم q_c المناظرة.

وفى حالة خوازيق التثقيب المنفذة بطريقة الحفر فإن حمل تشغيل الخازوق يتراوح بين ٥٠ % و ١٠٠% من القيمة المحسوبة بالمعادلة المذكورة أعلاه وذلك طبقا لنوعية خازوق التثقيب المستخدم وطريقة تنفيذه .

٣/٦/٢/٤ (ج) إستخدام إختبار مقياس الضغط

يمكن استخدام نتائج إختبار مقياس الضغط PMT pressuremeter test لتقدير قدرة تحمل الخوازيق . والطريقة المعطاه هنا يمكن إستخدامها فى حالة إجراء التجربة بجهاز مينارد والذى يتم فيه إنزال الجزء الحساس من الجهاز probe داخل حفرة حجمها الإبتدائى V_o

ويتم رفع الضغط على مراحل حتى يتضاعف حجم الحفرة عند ضغط أقصى p_c انظـر (Baguelin, et al., 1978) ويمكن تقدير مقاومة الإرتكاز القصوى لخـازوق طبقـا للعلاقـة التالية:

$$q_f - q_o = K_q (P_c - p_o) \qquad (١٤-٤)$$

حيث:

q_f مقاومة الإرتكاز القصوى عند طرف إرتكاز الخازوق .

q_o ضغط العبء الكلى على التربة total overburden pressure عند نقطة الإرتكاز.

P_c الضغط الأقصى limit pressure المقاس عند منسوب نقطة الإرتكاز فى حالة التربة المتجانسة.

p_o الضغط الأفقي الإبتدائى الكلى المقاس عند منسوب نقطة الإرتكاز.

K_q معامل مقاومة الإرتكاز وهو دالة فى نوع التربة والأبعاد الهندسـية للخـازوق (طولـه وقطره) ونوع الخازوق .

وللحصول على مقاومة الإرتكاز الأمنة فإنه يمكن إستخدام معامـل أمـان قيمتـه ٣,٠ للجـزء K_q ($p_l - p_o$) فى العلاقة المذكورة . وفى حالة إرتكاز الأساس على تربة غير متجانسـة حيث تتغير مقاومتها مع العمق فيجب إستخدام قيمة مكافئة للضغط الأقصـى الصـافى (p^*_{le}) بدلا من (p_l p_o) فى المعادلة السابقة .

ويمكن تعريف القيمة المكافئة للضغط الأقصى الصافى كما يلى:-

$$p^*_{le} = \sqrt[3]{p^*_{l1} \times p^*_{l2} \times p^*_{l3}} \qquad (١٥-٤)$$

حيث :

p^*_{l1} الضغط الأقصى الصافى المقاس عند منسوب أعـلا الأسـاس بمسـافة مسـاوية لعرض الأساس أو عند سطح الأرض أيهما أقرب .

p^*_{l2} الضغط الأقصى الصافى المقاس عند منسوب التأسيس .

p^*_{l3} الضغط الأقصى الصافى أسفل منسوب التأسيس بمسافة قدرها عرض الأساس

مع الأخذ فى الإعتبار أن

$$p^{*}_{li} = p_{li} - p_{oi}$$

حيث:

p_{li} قيمة الضغط الأقصى المقاس عند منسوب" i "

p_{oi} قيمة الضغط الأفقى الإبتدائى الكلى المقاس عند منسوب" i

فى حالة التربة المتجانسة يؤخذ عمق التأسيس من الأبعاد الهندسية الخاصة بالأساس مباشرة . أما فى حالة التربة غير المتجانسة حيث تتغير مقاومة التربة مع العمق، فإنه يجب إستخدام عمق مكافئ للأساس D_{fe} يعرف كالاتى:

$$D_{fe} = \frac{1}{p_{le}} \int_{0}^{D_f} p^{*}_{l} \cdot z.dz \qquad (١٦-٤)$$

ولتحديد قيمة المعامل Kq يتم تصنيف التربة طبقا لنوعها وقيمة الضغط الأقصى المقاس إلى إحدى المجموعات الأربعة الموضحة فى جدول رقم (٤-١٦)، ومن ثم يمكن إستخدام شكل رقم (٤-١٩) لتحديد قيمة هذا المعامل طبقا لنوع الخازوق المستخدم

أما الإحتكاك الجانبى على الخازوق f فيمكن تقديره من نتائج إختبار مقياس الضغط طبقا لقيمة الضغط الأقصى المقاس p_l ونوع الخازوق بإستخدام شكل رقم (٤-٢٠) طبقا للقواعد التالية:

١- فى حالة الأساسات العميقة المنفذة فى تربة متماسكة يمكن إستخدام المنحنى A مباشرة للخوازيق الخرسانية والخشبية على أن تؤخذ ٢٥ % من هذه القيمة فى حالة الخوازيق الحديدية.

٢- فى حالة الأساسات العميقة المنفذة فى تربة غير متماسكة الحبيبات . يستخدم المنحنى A لخوازيق الحفر الخرسانية و خوازيق الإزاحة الحديدية على أن تؤخذ ٥٠ % من هذه القيمة فى حالة خوازيق الحفر الحديدية .

٣-يستخدم المنحنىB لخوازيق الإزاحة الخرسانية على ألا تزيد قيمة الإحتكاك الجانبى فى أى حالة على ١٢٠ كيلو نيوتن/م^{٢} (١,٢٠ كجم/ سم ٢) .

ويقترح استخدام معامل أمان قدره ٣,٠ لحساب قيمة مقاومة الإرتكاز المسموح بها ومعامل أمان قدره ٢,٠ لحساب قيمة الإحتكاك الجانبى المسموح به فى حالة إتباع الطريقة المذكورة أعلاه.

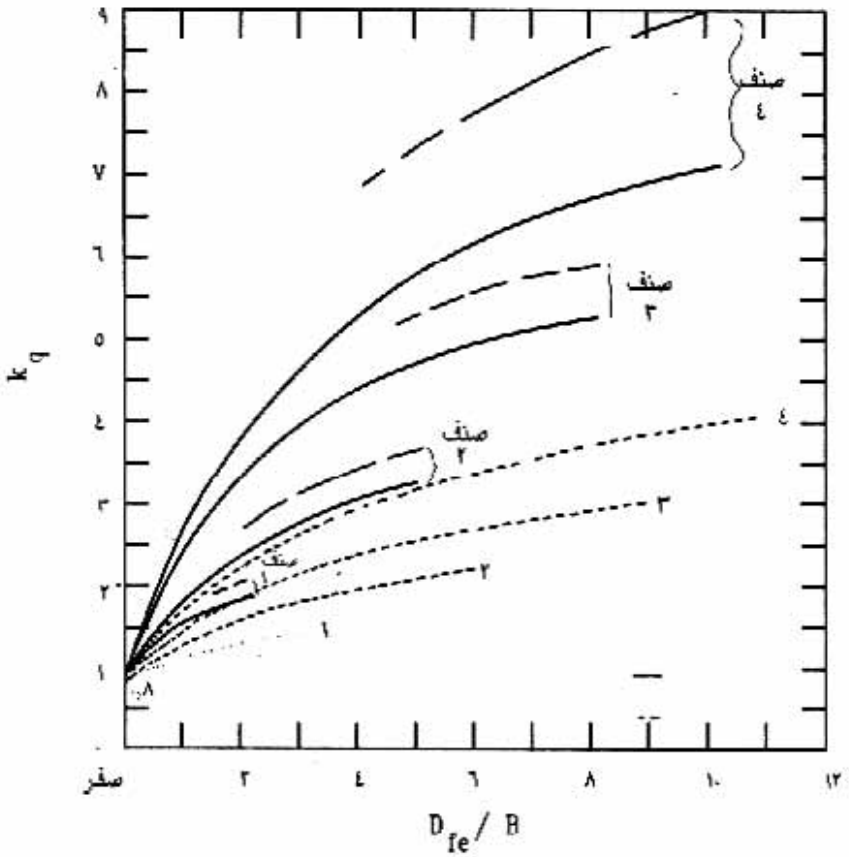
وتعتمد نتائج اختبار مقياس الضغط إلى حد كبير على درجة جودة تنفيذ الحفرة التى يتم إنزال الجزء الحساس من جهاز القياس فيها. ويجب أن يكون إستخدام مقياس الضغط وتحليل نتائجه مقصورا على المتخصصين فى ميكانيكا التربة . ويفضل إستخدام هذا الجهاز لأنواع التربة التى يصعب استكشافها مثل الرمل والزلط وبعض أنواع الصخور . وفى بعض الحالات يمكن اللجوء إلى جهاز مقياس الضغط ذى أجهزة الحفر الذاتية. self boring pressuremeter لتقليل تأثير القلقلة الناتجة عن الحفر على نتائج الإختبار .

جدول رقم (٤-١٦) تصنيف التربة Soil Classification

صنف Class	نوع التربة Soil Type	الضغط الاقصى الصافى $P^*_{1e}=P_1-P_o$ $(kN/m^2)^+$
١	طين ضعيف الى متوسط التماسك Soft to firm clays	صفر-١٢٠٠
	طمى Silts	صفر-٧٠٠
	طين متماسك Stiff clays	١٨٠٠-٤٠٠٠
٢	طمى كثيف Dense silts	١٢٠٠-٣٠٠٠
	رمل سائب Loose sand	٤٠٠-٨٠٠
	حجر منخفض المقاومة جدا Very low strength rock	١٠٠٠-٣٠٠٠
	رمل و زلط Sands and gravels	١٠٠٠-٢٠٠٠
	حجر منخفض المقاومة Low strength rock	٣٠٠٠-٦٠٠٠
٣	خليط من رمل و زلط Low dense sands &	٣٠٠٠-٦٠٠٠
٤	منخفض المقاومة gravels	
	حجر متوسط الى عالى Rocks of medium to	٦٠٠٠-١٠٠٠٠
	المقاومة high strength	

• الرموز المذكورة خاصة بالبند (٤/٢/٦/٣(ج))

+ ١ كجم / سم^2 = ١٠٠ ك. نيوتن / م^2

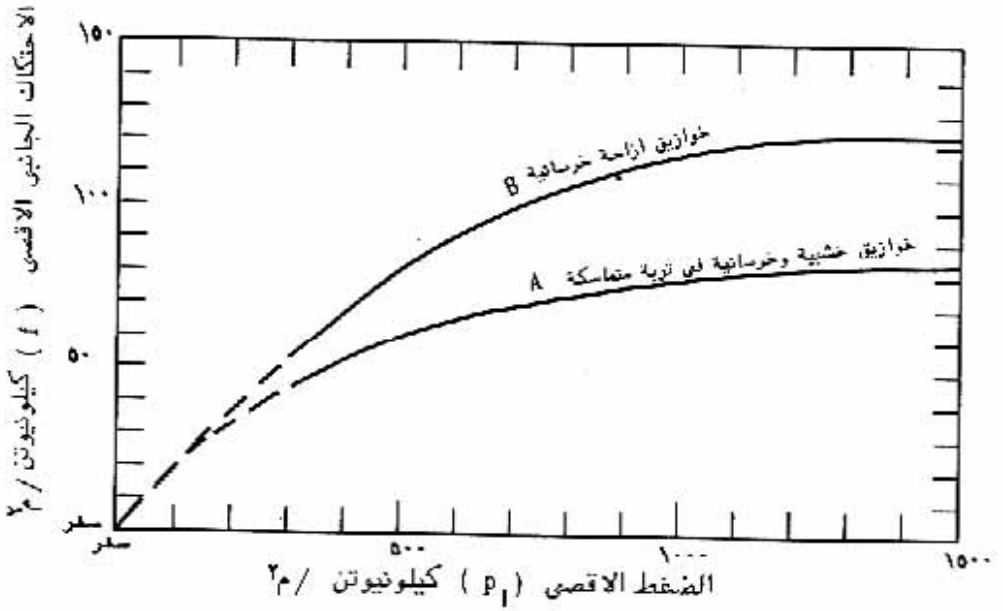


خوازيق تثقيب ——— BORED PILES

خوازيق دق (ازاحة) — — — — DRIVEN PILES

حوائط سند بمعلق البنتونيت - - - - - - - - SLURRY WALLS

شكل رقم (٤-١٩) : معامل قدرة التحمل للأساسات العميقة K_q



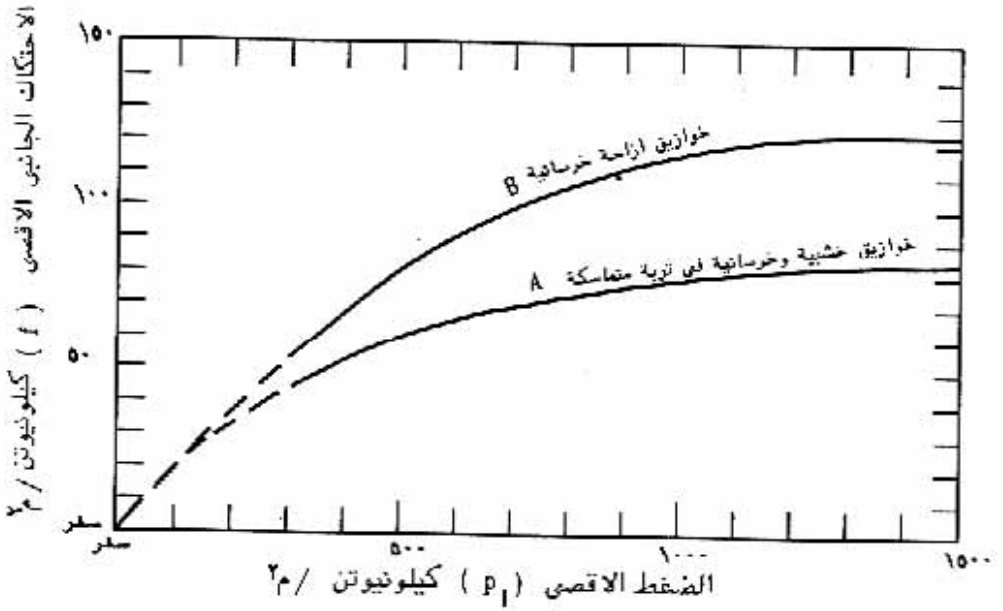
شكل (٤-٢٠) : الإحتكاك الجانبى الأقصى f على الخوازيق

٤/٦/٢/٣ (د) إستخدام إختبارات تحميل الخوازيق

تعتبر هذه التجارب المرجع الأساسى لتقييم سلوك الأساسات الخازوقية مع تحديد قدرة تحملهـا . أنظر بند (٤/٢/٩) لتفاصيل تجربة تحميل الخوازيق وتحليل نتائجها.

٤/٦/٢/٤ قدرة تحمل مجموعات الخوازيق

عند إستخدام مجموعة من الخوازيق pile group لتشكيل أساس لحمل معين يستوجب الأمر أن يؤخذ فى الإعتبار عند التصميم سلوك كل من مجموعة الخوازيق كعنصر متحد وسلوك الخوازيق كوحدات مستقلة . ومن المعلوم أنه ليس هناك علاقة بسيطة تربط بين سلوك الخـازوق المفـرد وسلوك مجموعة من الخوازيق من نفس الطراز وفى نفس التربة ذلك لان تلك العلاقة تعتمد على



شكل (٤-٢٠) : الإحتكاك الجانبى الأقصى f على الخوازيق

٤/٦/٢/٣ (د) إستخدام إختبارات تحميل الخوازيق

تعتبر هذه التجارب المرجع الأساسى لتقييم سلوك الأساسات الخازوقية مع تحديد قدرة تحملهـا . أنظر بند (٤/٢/٩) لتفاصيل تجربة تحميل الخوازيق وتحليل نتائجها.

٤/٦/٢/٤ قدرة تحمل مجموعات الخوازيق

عند إستخدام مجموعة من الخوازيق pile group لتشكيل أساس لحمل معين يستوجب الأمر أن يؤخذ فى الإعتبار عند التصميم سلوك كل من مجموعة الخوازيق كعنصر متحد وسلوك الخوازيق كوحدات مستقلة . ومن المعلوم أنه ليس هناك علاقة بسيطة تربط بين سلوك الخـازوق المفـرد وسلوك مجموعة من الخوازيق من نفس الطراز وفى نفس التربة ذلك لان تلك العلاقة تعتمد على

عوامل عديدة منها مقاس المجموعة وعدد وأحمال الخوازيق التى تتضمنها وطبيعة تربة التأسيس وترتيب طبقاتها ٠٠٠٠إلخ .

وتجدر الاشارة إلى أن حجم- وعلى الأخص عمق- المنطقة التى تتلقى جهودا مؤثرة تحت مجموعة من الخوازيق يتوقف على حجم المجموعة وعلى أحمال الخوازيق التى بها . وإذا قارنا المنطقة التى تتلقى جهودا مؤثرة فى حالة تحميل خازوق واحد بمثيلتها عند تحميل مجموعة من الخوازيق المناظرة ، نجد أن المنطقة المجهدة تحت المجموعة تكون أكبر بكثير, ذلك لأن تكامل الجهود الناتجة عن كل خازوق من خوازيق المجموعة يرفع من قيمة الإجهادات المتولدة بالتربة ومن ثم تزيد من أبعاد المنطقة المجهدة تحت مجموعة الخوازيق .

من المعلوم أن قدرة تحمل مجموعة الخوازيق pile group لا تساوى عادة حاصل جمع قدرات تحمل الخوازيق التى تضمها المجموعة بإعتبارها وحدات مستقلة ويجب أخذ هذه الخاصية فى الإعتبار عند التصميم . ويطلق مسمى كفاءة المجموعة G_e على النسبة بين قدرة تحمل مجموعة الخوازيق كوحدة واحدة إلى حاصل جمع قدرات تحمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة لنفس الاطوال وتكوين التربة . كذلك من الضرورى عند إستخدام مجموعات الخوازيق أن يؤخذ فى الإعتبار مقدار الهبوط المنتظر للمجموعة .

٤/٦/٢/٤ (أ) المسافات البينية لخوازيق المجموعة

يتوقف إختيار المسافات البينية لخوازيق المجموعة على عدة عوامل أهمها التكلفة الإجمالية للأساس، وطبيعة تربة الموقع ، وسلوك الخوازيق فى المجموعة ، وأسلوب تنفيذ الخوازيق بالتنقيب أو بالدق أو بالضغط أو بالبرم ، ويجب أن تكون المسافات البينية كافية لعدم حدوث إزاحة لتربة الموقع ، وأن تسمح بتنفيذ خوازيق المجموعة إلى الطبقة الحاملة دون إضرار ببعضها البعض أو بأى منشأ مجاور .

وعادة لا يقل البعد بين مركزى أى خازوقين متجاورين عن ثلاثة مرات قطر الخازوق وذلك فى حالة خوازيق الإحتكاك . أما فى حالة الخوازيق التى تعتمد أساسا على جهد الإرتكاز فلا يقل هذا البعد عن مرتين ونصف القطر المكافىء ، ويسمح فى الحالات الخاصة أن يصل هذا البعد إلى ضعف القطر المكافئ لمقطع الخازوق ، مع مراعاة إمكانية التنفيذ . وعند استخدام خوازيق حلزونية screw piles فيبلغ البعد الادنى بين محاورها مرة ونصف القطر الخارجى للحلزون.

وفى حالة استخدام خوازيق ذات نهايات متسعة enlarged bases فيجب أن يراعى فى إختيار أبعاد محاورها احتمال حدوث تأثير متبادل للجهود كنتيجة لتقارب نهايات الخوازيق مع بعضها البعض .

وتجدر الإشارة إلى أنه عندما تخترق مجموعة من خوازيق الإحتكاك طبقة عميقة منتظمة القوام لنقل حمل محدد فى نطاق مساحة محددة- فان استعمال عدد قليل من الخوازيق الطويلة يكون عادة أكثر فاعلية فى نقل الحمل حيث سيكون الهبوط أقل .

٤/٦/٢/٤ (ب) مجموعات الخوازيق بالتربة الطينية

تقدر القدرة القصوى لتحمل الخوازيق $Q_{ult,group}$ كما يلى:

أنظر شكل رقم (٤-٢١) .

$$Q_{ult,group} = n.\ Q_G = n.\ G_e.\ Q_{ult} \qquad (١٧-٤)$$

حيث :

n	عدد الخوازيق فى المجموعة .
Q_G	الحمل الأقصى الذى يتحمله الخازوق الواحد عندما يعمل داخل المجموعة
G_e	كفاءة المجموعة $= Q_G / Q_{ult}$ وتستنتج من الشكل رقم (٤-٢٢)
Q_{ult}	تحسب من الصيغة المبينة بالبند رقم (٤/٦/٢/١(أ)).

أما فى حالة تعرض مجموعة الخوازيق لأحمال الشد :

يؤخذ الحمل المسموح به للشد على المجموعة مساويا لأقل القيمتين التاليتين (١) ، (٢) .

١- مجموع قوي التلاصق على جذوع خوازيق المجموعة مقسوما على معامل الأمان F.S.

٢- - قيمة T_{all} المبينة فى المعادلة التالية:

$$T_{all} = \frac{2L\ (B+A)c}{F.S.} + W_p \qquad (١٨-٤)$$

حيث:

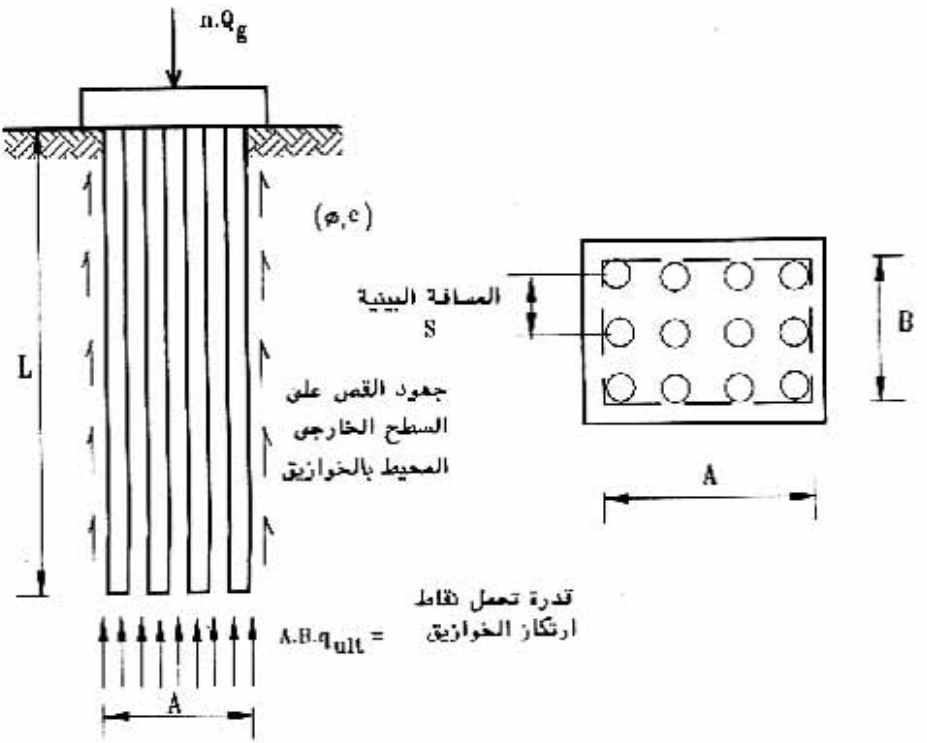
A	طول المستطيل الأفقي لمجموعة الخوازيق . (شكل رقم (٤-٢١))
B	عرض المستطيل الأفقي لمجموعة الخوازيق .

L عمق كتلة التربة المبينة أسفل هامة الخوازيق pile cap .

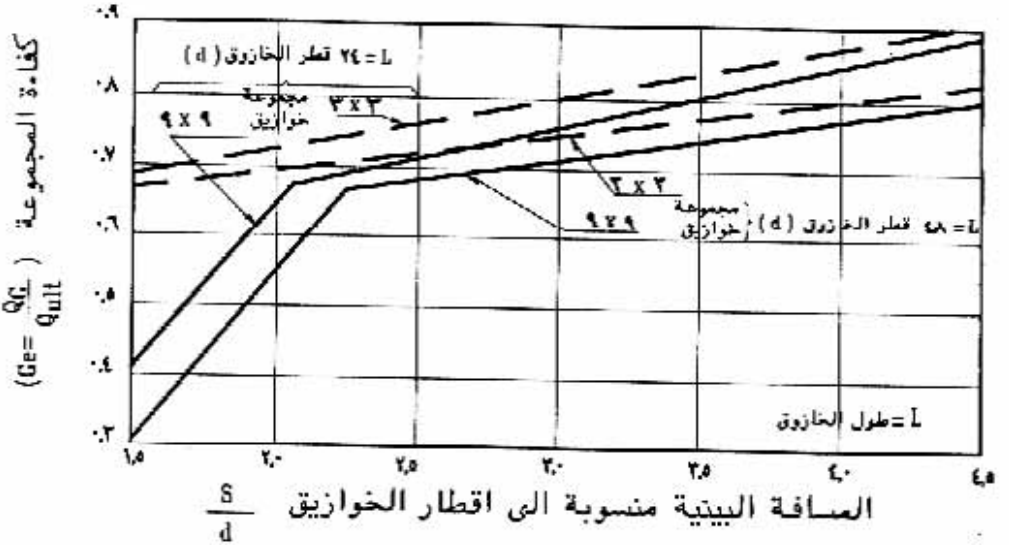
c القيمة المتوسطة لتماسك التربة الواقعة حول الخوازيق مقدرا من تجربة تعيين مقاومة القص غير المصرفة undrained strength .

Wp وزن الخوازيق+ الهامة pile cap + وزن كتلة التربة المحصورة بين خوازيق المجموعة .

F.S. معامل الأمان يساوى ٢,٠ فى حالة الأحمال التى تؤثر لحظيا ويساوى ٣,٠ فى حالة الأحمال التى تؤثر لفترات طويلة .



شكل رقم (٤-٢١): قدرة تحمل مجموعة الخوازيق بالتربة الطينية



شكل رقم (٤-٢٢): كفاءة مجموعات الخوازيق فى التربة الطينية

٤/٦/٢/٤ (ج) مجموعات الخوازيق بالتربة غير متماسكة الحبيبات

تعمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة طالما كانت المسافات بين محاور الخوازيق تزيد عن سبعة أمثال القطر المتوسط للخوازيق، وتعمل كمجموعة مشتركة عندما تقل عن ذلك . وطالما كانت الطبقة الحاملة للخوازيق لا تتلوها من أسفل طبقات أضعف منها ، وكانت أحمال خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة ذات معامل أمان مناسب ضد الإنهيار فإن إحتمال انهيار المجموعة كوحدة واحدة block failure أمر غير وارد .

وفى حالة التكوينات الرملية أو الرملية الزلطية السائبة loose deposits قد تزيد قدرة تحمل الخازوق فى المجموعة عنه كخازوق مفرد نتيجة لتكثيف التربة إبان دق الخوازيق، ولكن يتحتم عدم إعتبار هذه الظاهرة عند التصميم .

وفى حالة تأسيس مجموعة من الخوازيق داخل طبقة كثيفة من التربة غير متماسكة الحبيبات محدودة السمك ، يليها فى العمق طبقة من تكوينات ضعيفة فإن قدرة تحمل مجموعة الخوازيق تؤخذ مساوية لأقل القيمتين التاليتين:

١- مجموع قدرات تحمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة .

٢- قدرة تحمل دعامة pier مساحتها توازى مساحة مقطع خوازيق المجموعة والتربة الواقعة بينها ، ويقع منسوب تأسيسها مع منسوب الأطراف السفلية لخوازيق المجموعة آخذين فى الإعتبار الهبوط المحتمل لمجموعة الخوازيق كما هو مبين فى بند ٤/٦/٢/٥ .

أحمال الشد:

فى حالة تعرض مجموعة الخوازيق لأحمال الشد يؤخذ حمل الشد على المجموعة مساويا لأقل القيمتين التاليتين :

١- مجموع جهود الإحتكاك على جذوع خوازيق المجموعة مع عدم تخفيض قيمتها فى حالة الخوازيق المسلوبة ومع أخذ معامل أمان= ٣,٠.

٢-الوزن الفعال effective weight لكتلة التربة الواقعة داخلها خوازيق المجموعة مع إضافة وزن كتلة من التربة تمتد من أسفل نهايات الخوازيق إلى سطح التربة ويميل سطحها الخارجي بميل ٤(رأسى) : ١ (أفقى) . مع إعتبار الوزن الذاتى للخوازيق مساويا لكتلة التربة المكافئة لحجمها ومع إعتبار معامل أمان قدره ١,٠.

٤/٦/٢/٤ (د) مجموعات الخوازيق فى الصخر

فى حالة مجموعة الخوازيق المنشأة فى أو تستند على طبقة صخرية سليمة ذات سمك كبير تكون قدرة تحمل المجموعة توازى حاصل ضرب عدد الخوازيق بالمجموعة فى قدرة تحمل الخازوق المفرد بإعتباره وحدة مستقلة. ولكن فى حالة ميل سطح الصخر أو عند وجود شقوق أو طبقات ضعيفة مائلة داخل الصخر فإنه يجب مراجعة الأمان من حدوث إنهيار كلى للمجموعة block failure ، ويقيم ذلك من واقع الدراسات الجيولوجية والإستكشافية للموقع.

٥/٦/٢/٤ هبوط الخوازيق

من الممكن إستخدام الأساليب النظرية الواردة فى هذا الجزء لإجراء تقدير تقريبى لقيم هبوط الأساسات الخازوقية . إلا أنه عادة يفضل الاعتماد على النتائج المستنتجة من تجارب التحميل على الخوازيق لإعتبارها اكثر دقة من هذه الطرق النظرية.

وتنطبق الطرق المذكورة فيما يلى فى البند ٥/٦/٢/٤ (أ) على الخوازيق المفردة التى لا يزيد قطرها عن ٦٠٠ مم ، أما الخوازيق المفردة ذات الأقطار الأكبر و المصبوبة فى مكانها فإنه

٢- قدرة تحمل دعامة pier مساحتها توازى مساحة مقطع خوازيق المجموعة والتربة الواقعة بينها ، ويقع منسوب تأسيسها مع منسوب الأطراف السفلية لخوازيق المجموعة آخذين فى الإعتبار الهبوط المحتمل لمجموعة الخوازيق كما هو مبين فى بند ٤/٦/٢/٥ .

أحمال الشد:

فى حالة تعرض مجموعة الخوازيق لأحمال الشد يؤخذ حمل الشد على المجموعة مساويا لأقل القيمتين التاليتين :

١- مجموع جهود الإحتكاك على جذوع خوازيق المجموعة مع عدم تخفيض قيمتها فى حالة الخوازيق المسلوبة ومع أخذ معامل أمان= ٣,٠.

٢-الوزن الفعال effective weight لكتلة التربة الواقعة داخلها خوازيق المجموعة مع إضافة وزن كتلة من التربة تمتد من أسفل نهايات الخوازيق إلى سطح التربة ويميل سطحها الخارجي بميل ٤(رأسى) : ١ (أفقى) . مع إعتبار الوزن الذاتى للخوازيق مساويا لكتلة التربة المكافئة لحجمها ومع إعتبار معامل أمان قدره ١,٠.

٤/٦/٢/٤ (د) مجموعات الخوازيق فى الصخر

فى حالة مجموعة الخوازيق المنشأة فى أو تستند على طبقة صخرية سليمة ذات سمك كبير تكون قدرة تحمل المجموعة توازى حاصل ضرب عدد الخوازيق بالمجموعة فى قدرة تحمل الخازوق المفرد بإعتباره وحدة مستقلة. ولكن فى حالة ميل سطح الصخر أو عند وجود شقوق أو طبقات ضعيفة مائلة داخل الصخر فإنه يجب مراجعة الأمان من حدوث إنهيار كلى للمجموعة block failure ، ويقيم ذلك من واقع الدراسات الجيولوجية والإستكشافية للموقع.

٥/٦/٢/٤ هبوط الخوازيق

من الممكن إستخدام الأساليب النظرية الواردة فى هذا الجزء لإجراء تقدير تقريبى لقيم هبوط الأساسات الخازوقية . إلا أنه عادة يفضل الاعتماد على النتائج المستنتجة من تجارب التحميل على الخوازيق لإعتبارها اكثر دقة من هذه الطرق النظرية.

وتنطبق الطرق المذكورة فيما يلى فى البند ٥/٦/٢/٤ (أ) على الخوازيق المفردة التى لا يزيد قطرها عن ٦٠٠ مم ، أما الخوازيق المفردة ذات الأقطار الأكبر و المصبوبة فى مكانها فإنه

يمكن تقدير الهبوط المتوقع لها على النحو الوارد فى البند رقم ١/٦/٢/٤(ج) وتستخدم الطرق الموضحة فى البند رقم ٥/٦/٢/٤ (ب) لتقدير هبوط مجموعات الخوازيق من جميع الأقطار.

٥/٦/٢/٤ (أ) هبوط الخازوق المفرد

يتم حسابه باعتبار هبوط الخازوق عند طرفه العلوى هو حاصل جمع ثلاثة مقادير هى:

١ - الهبوط نتيجة لإنفعال جذع الخازوق elastic compression of pile shaft تحت إجهادات التحميل وتقدر كما يلى:

$$S_s = (Q_b + \alpha_f . Q_f)\frac{L}{AE_P} \qquad (١٩-٤)$$

حيث:

Q_b حمل الإرتكاز المنقول للتربة عند طرف الخازوق السفلى .

Q_f حمل الإحتكاك المنقول للتربة عن طريق جهود الإحتكاك على سطح جذع الخازوق.

L طول الخازوق .

A مساحة مقطع الخازوق .

E_p معامل المرونة لمادة الخازوق .

α_f معامل يتوقف على منحنى توزيع جهود الإحتكاك على إمتداد طول الخازوق ويؤخذ

- ٠,٥ فى حالة التوزيع المتساوى أو التوزيع المناظر للقطع المكافئ.
- ٠,٦٧ فى حالة التوزيع المتدرج بدءا من الصفر من أعلا حتى يصل إلى أقصاه عند نقطة الإرتكاز .
- ٠,٣٣ فى حالة التوزيع المتدرج بدءا من أقصى قيمة من أعلا وحتى الصفر عند نقطة الإرتكاز .

ويشترط لإستخدام هذه الصيغة ان تكون إجهادات الخازوق فى حدود جهود التشغيل المسموح بها.

٢- الهبوط نتيجة لإنتقال حمل الإرتكاز Q_b إلى التربة S_{pp} وتقدر كما يلى:

$$S_{pp} = \frac{C_b\, Q_b}{d.q} \qquad (٢٠-٤)$$

حيث:

C_b معامل يعتمد على نوعية التربة وعلى أسلوب تنفيذ الخازوق(أنظر الجدول رقم (٤-١٧))

d قطر الخازوق.

q الجهد الأقصى لسعة التحميل عند نهاية الخازوق ultimate end bearing capacity

ويشترط أن تكون طبقة إرتكاز الخازوق ممتدة تحت طرف الخازوق لمسافة تساوى عشرة أمثال قطره على الأقل وأن تكون الطبقات التى تليها ذات مقاومة تتساوى مع أو تزيد عن مقاومة الطبقات المنشأة بها الخوازيق .

جدول رقم (٤- ١٧)

قيم المعامل C_b لتقدير هبوط الخازوق المفرد

نوع التربة	خوازيق الازاحة	خوازيق التثقيب
رمال كثيفة الي سائبة	٠,٠٢ الى ٠,٠٤	٠,٠٩ الى ٠,١٨
طين صلد الي ضعيف التماسك جدا	٠,٠٢ الى ٠,٠٣	٠,٠٣ الى ٠,٠٦
طمى كثيف الى سائب	٠,٠٣ الى ٠,٠٥	٠,٠٩ الى ٠,١٢

٣- هبوط الخازوق نتيجة لإنتقال حمل الإحتكاك Q_f من جذع الخازوق إلى التربة S_{ps} وتقدر كما يلى:

$$S_{ps} = \frac{C_s \; Q_f}{L_o \; q} \qquad (٤-٢١)$$

حيث:

L_o طول جذع الخازوق المدفون بالتربة

C_s معامل ويساوى

$$C_s = \left(0.93 + 0.16\sqrt{\frac{L_o}{d}}\right) C_b \qquad (٤-٢٢)$$

ومن ثم يكون هبوط الخازوق المفرد S_o كما يلى:

$$S_o = S_s + S_{pp} + S_{ps} \qquad (٢٣-٤)$$

٤/٢/٦/٥ (ب) هبوط مجموعات الخوازيق

٤/٢/٦/٥ (ب-١) هبوط مجموعات الخوازيق فى تربة تحتوى على طبقات مشبعة متماسكة الحبيبات

يحسب إنضغاط الطبقات وفقا للطرق المذكورة بالجزء الثالث من الكود المصرى للاساسات وعادة يفترض أن جهود أحمال الخوازيق ذات الهامات الجاسئة نسبيا تنتشر داخل التربة كما هو مبين بالأشكال رقم (٤-٢٣) ورقم (٤-٢٤).

أما فى حالة الهامات المرنة أو فى حالة مجموعة ذات هامات منفصلة ، فان جهود الضغط الناشئة عنها تتوزع داخل التربة وفقا للنظرية توزيع الإجهادات داخل الوسط المرن ومع إعتبار أن حمل المجموعة يؤثر على التربة عند المناسيب المبينة بنفس الأشكال .

ويلاحظ ان B , A بالأشكال هى الأبعاد الخارجية لمجموعة الخوازيق بالمسقط الأفقى، وأن (n) هو عدد خوازيق المجموعة .

ويعتبر هبوط المجموعة مساويا لإنضغاط الطبقات الطينية تحت تأثير الأحمال المبينة بالأشكال بعد توزيعها.

٤/٢/٦/٥ (ب-٢) هبوط مجموعات الخوازيق المنشأة فى تربة غير متماسكة الحبيبات

يمكن تقدير هبوط مجموعة الخوازيق S_G فى حالة خوزايق الإرتكاز من الصيغة التالية:

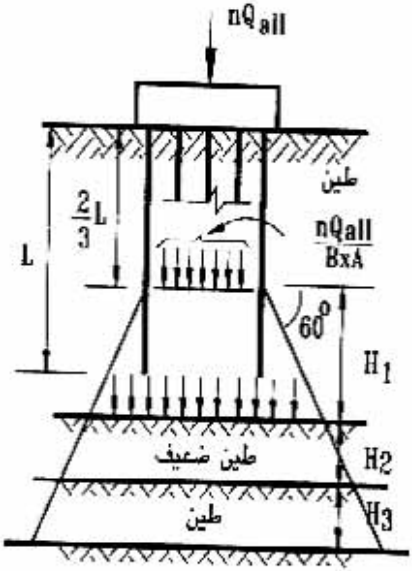
$$S_G = S_o \sqrt{\frac{B}{d}} \qquad (٢٤-٤)$$

حيث :

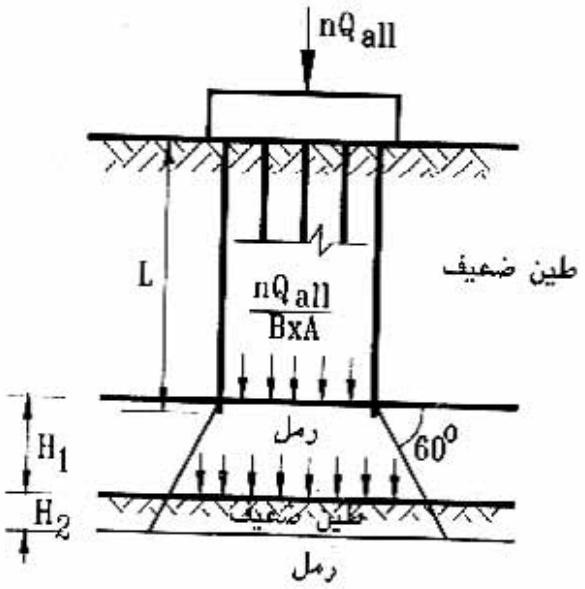
B المقاس الأدنى (الطول الأصغر) لمجموعة الخوازيق بالمسقط الأفقى

d قطر الخازوق المفرد .

S_o مقدار هبوط الخازوق المفرد مقدرة من الصيغة السابق ذكرها أو المحددة من تجارب التحميل .



شكل رقم (٤-٢٣) : مجموعة خوازيق الإحتكاك فى تربة مكونة من طبقات طينية



شكل رقم (٤-٢٤) : مجموعة خوازيق الإرتكاز مع وجود طبقة طينية أسفلها

٤/٢/٧ المتانة الإنشائية للخوازيق

يجب على الخازوق كعضو إنشائي أن يتحمل بأمان الإجهادات التى سيتعرض لها سواء أثناء الإنشاء أو عند التشغيل ، كما يجب نقل الأحمال من الخوازيق إلى التربة مع وجود معامل أمان كاف ضد إنهيار التربة وكذلك يجب أن يكون هبوط الخوازيق بحيث لا يسبب أضرارا للمنشأ .

٤/٢/٧/١ إجهادات ما قبل تشغيل الخازوق

يجب العناية بدراسة الإجهادات التى تتولد فى الخوازيق أثناء إنشائها لأنها قد تتحكم فى تصميم بعض أنواع الخوازيق ، ولاسيما الخوازيق الخرسانية سابقة الصب التى يجب أن يحدد لها مواضع النقط التى تحمل منها أثناء نقلها من مكان لآخر . كما يجب التأكد من تحملها لإجهادات الدق . يمكن اختيار المطرقة المناسبة والوسادة الملائمة ومسافة سقوط المطرقة بإعتبار أن الدق يولد موجات إجهادية تنتقل بطول الخازوق وتتزايد عند أعلا واسفل الخازوق . تكون إجهادات الضغط عالية فى أسفل الخازوق فى حالات الدق الشديد ، إلا أنه من الممكن تولد شد فى أسفل الخازوق أثناء دقه إذا كانت مقاومة التربة منخفضة أو إذا حدث ارتداد للمطرقة (فى حالة استعمال مطرقة خفيفة مع وسادة جاسئة) ويفضل حساب الإجهادات المتوقعة بالخازوق نتيجة عمليات الدق باستخدام الطرق الرقمية لحل المعادلة الموجية . فى حالة عدم حساب إجهادات الدق فى الخوازيق الخرسانية سابقة الصب فيرجع للبند (٤/٢/٣/١(ج-١-٣)-فقرة ٦)

٤/٢/٧/٢ الخوازيق المحملة محوريا

لا تتعرض الخوازيق العادية المقاسات والموجودة بأكملها أسفل التربة للإنبعاج . يجب أخذ الإنبعاج فى الإعتبار فقط فى حالة التربة شديدة الليونة (التى تقل قوتها فى الضغط غير المحاط عن حوالي ٢٥ كيلو نيوتن/ م ٢ (٢٥,٠كجم/سم^{٢})، وفى حالة الخوازيق النحيفة والطويلة خصوصا إذا امتدت لمسافات كبيرة فوق مستوى سطح الأرض فيصمم الخازوق كعمود، ويتوقف الطول الفعال الذى يؤخذ فى حساب حمل الإنبعاج بمعادلة Euler على قيمة الحمل الأفقى (إن وجد)، وعلى نوع التربة، وجساءة المبنى والخوازيق.

٤/٢/٧/٣ الخوازيق المحملة جانبيا

قد تتعرض الخوازيق الرأسية لأحمال جانبية نتيجة تأثير ضغوط ترابية على المنشأ أو نتيجة تعرض المنشأ للرياح أو الزلازل أو صدمات السفن أو لفرملة القطارات أو السيارات على

الكبارى أو لغير ذلك من الأسباب . وبصفة عامة فإن مقاومة الخوازيق الرأسية للأحمال الجانبية محدودة، وفي حالة تعرض الخوازيق لقوي أفقية كبيرة، فيلزم إما استخدام خوازيق مائلة أو التأكد من أن الخوازيق الرأسية يمكنها تحمل الحمل الأفقى بأمان. لتصميم الخوازيق الرأسية فى هذه الحالة يلزم تحقيق ثلاثة اشتراطات أولها وجود معامل أمان كاف ضد الإنهيار فى جسم الخازوق، وثانيها وجود معامل أمان كاف ضد انهيار التربة الجانبية، وثالثها أن تكون الإزاحات الأفقية للخازوق تحت الحمل الجانبى فى حدود المسموح به، ويمكن تصميم الخوازيق المحملة أفقيا إما باستخدام معامل رد فعل التربة الأفقي وإما باعتبار التربة وسطا مرنا.

٤/٢/٧/ ٣ (أ) تصميم الخوازيق الرأسية المعرضة لأحمال جانبية

الطريقة الأولى : طريقة معامل رد فعل التربة الأفقى :

في هذه الطريقة يتم تصميم الخوازيق على النحو التالى:

١-تحسب قيمة معامل رد فعل التربة الأفقى K_h أو n طبقا لنوع التربة على النحو المبين فيما يلي:

أ - فى حالة التربة التى يثبت فيها قيمة K_h (كيلو نيوتن/ متر مكعب) مع العمق مثل التربة الطينية سابقة التدعيم over consolidated clays . يتراوح قيمة $K_h.d$ لها بين ٣٥ و ٧٠ مرة قيمة مقاومة القص غير المصرفة فى حالة عدم السماح بتسرب المياه من العينات.

ب - فى حالة التربة التى يتزايد فيها معامل رد فعل التربة الأفقى مع العمق تحت سطح الأرض تستخدم العلاقة: $\left(K_h = \frac{n.Z}{d}\right)$.

ويمكن فرض n كما يلي:

للتربة الطينية أو الطميية:

الضغط غير المحاط (كيلونيوتن/ م٢)	٢٥	٥٠	١٠٠	
n (كيلونيوتن/ م٣)	٦٠٠	١٦٠٠	٣٧٠٠	
للتربة الرملية:				
الكثافة النسبية (%)	٣٥	٦٥	٨٥	١٠٠
n (كيلونيوتن/ م ٣)	٤٣٠٠	١٢٣٠٠	١٨٠٠٠	٢٢٢٠٠

مع ملاحظة أن غمر التربة الرملية بالماء يقلل قيم n السابقة إلى النصف .

٢- تحسب الجساءة النسبية للخازوق/ التربة بدلالة ما يسمى بالطول المرن من إحدى المعادلتين الآتيتين:

أ- فى حالة ثبات قيمة K_h مع العمق:

$$l_o = \sqrt[4]{\frac{4\ E\ I}{K_h . d}} \qquad (٢٥-٤)$$

ب- فى حالة تغير K_h خطيا مع العمق :

$$t = \sqrt[5]{\frac{E\ I}{n}} \qquad (٢٦-٤)$$

حيث:

E معامل المرونة لمادة الخازوق

I العزم الاستاتيكى الثانى لمساحة مقطع الخازوق ٠

d عرض (قطر) الخازوق ٠

٣- تستخدم معادلات هيتينى Hetenyi, 1946 فى حساب الإزاحات والإجهادات على التربة وعزوم الإنحناء المتوقعة بالخازوق ٠

٤- يعتبر الخازوق عالى الجساءة إذا تحقق أحد الشرطين الآتيين:

$$\frac{L}{l_O} \leq 1 \quad \text{or} \quad \frac{L}{t} < 2$$

ويعتبر الخازوق عالى المرونة إذا تحقق أحد الشرطين الآتيين:

$$\frac{L}{l_O} \geq 3 \quad \text{or} \quad \frac{L}{t} > 4$$

حيث L = طول الخازوق.

٥- فى حالة الخوازيق عالية المرونة يمكن حساب الإزاحات القصوى وعزوم الإنحناء المتوقعة بالخازوق من الجدولين التاليين:

أولا: فى حالة الخوازيق مثبتة الرأس

	ثابت مع العمق K_h	متغير مع العمق $K_h = n.Z / d$
الإزاحة القصوى	$\frac{H}{l_o K_h d}$	$\frac{0.88\ Ht^3}{EI}$
عزم الإنحناء الأقصى	$\frac{-H l_o}{2}$	$0.85\ Ht$

ثانيا: فى حالة الخوازيق حرة الرأس

	ثابت مع العمق K_h	متغير مع العمق $K_h = n.Z / d$
الإزاحة القصوى	$\frac{2H}{l_o K_h d} + \frac{2M_o}{l_o^2 K_h d}$	$2.4 \frac{Ht^3}{EI} + \frac{1.55\ M_o t^2}{EI}$
عزم الإنحناء الأقصى	$0.32\ Hl_o + 0.64\ M_o$ أو Mo أيهما أكبر	$0.77\ (Ht + M_o)$ أو Mo أيهما أكبر

حيث:

H هى القوى الجانبية المؤثرة على الخازوق

M_o هو العزم المركز على الخازوق عند سطح الأرض

d عرض أو قطر الخازوق

٦- في حالة الخوازيق عالية الجساءة يمكن حساب الإزاحات القصوي و عزوم الإنحناء بإستخدام معادلات Barber, E.S., 1953.

٧- في حالة الخوازيق ذات الجساءة المتوسطة يمكن الرجوع إلي المرجع التالي:
Duncan, J.M. & Ooi, P.S.K., 1994

الطريقة الثانية : إعتبار التربة وسطاً مرناً :

يصمم الخازوق المعرض لحمل أفقي في هذه الطريقة باستخدام طريقة Poulos&Hull 1989 والتي يتم بها تصميم الخازوق المرن والجاسىء طبقا لحالة التحميل وحالة رأس الخازوق. ويتم تصنيف الخازوق مرنا أو جاسئا تبعا للطول الحرج Lc ويحسب للتربة المتجانسة ذات معامل المرونة Es المتساوي على طول عمق الخازوق كما يلى :

$$L_c = 4.44 \sqrt[4]{\frac{EI}{E_s}} \qquad (٢٧-٤أ)$$

ويحسب للتربة غير المتجانسة (جبسون) والتى فيها يتزايد معامل المرونة Es خطيا مع العمق كما يلى :

$$L_c = 3.3 \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}} \qquad (٢٧-٤ب)$$

حيث :

E_s معامل المرونة للتربة .

n_h معدل زيادة معامل المرونة Es مع العمق

يحسب معامل المرونة للتربة Es و كذلك معدل تغيرها مع العمق n_h من بعض التجارب الحقلية (تجارب التحميل) أو من بعض التجارب المعملية وخصوصا فى حالة التربة الحساسة sensitive soil . ويمكن إستخدام المعادلة التالية للتربة الطينية كقيمة تقريبية:

$$E_s = 15c_u \text{ to } 95\ c_u \qquad (٢٨-٤)$$

حيث : c_u = قوة القص غير المصرفة للطين

للتربة الرملية يتزايد معامل المرونة مع العمق وتسمى بتربة جيسون و تؤخذ قيم Es كقيم تقريبية (Poulos, 1971) كما يلى :

كثافة الرمل	تربة مفككة	تربة متوسطة الكثافة	تربة كثيفة
الكثافة النسبية Dr	< ٠,٤	٠,٤ – ٠,٦	> ٠,٦
قيمةEs (كيلو نيوتن / متر٢)	٨٨٤ – ٢٠٤٠	٢٠٤٠ – ٤٠٨٠	٤٠٨٠ – ٩٥٢٠

يعتبر الخازوق مرنا إذا زاد طوله عن الطول الحرج Lc < L ، ويكون الخازوق غير مـــرن إذا قل طولـــه عن ثلث الطول الحرج L < Lc/3 . وعلى فرض أن العلاقة خطية بين الإجهـــاد والإنفعال يمكن إيجاد العلاقات التالية:

(أ) خازوق مثبت الرأس (أنظر شكل رقم ٤(-٢٥أ))

الإزاحة الأفقية ρ للخازوق عند سطح الأرض:

$$\rho = \frac{H.I_4}{E_e.L_e} \qquad (٢٩-٤)$$

ويكون العزم الناتج عن تثبيت رأس الخازوق M_{fe} كما يلى :

$$M_{fe} = -H.L_e.I_5 \qquad (٣٠-٤)$$

(ب) خازوق حر الرأس (أنظر شكل رقم (٤-٢٥ب))

الإزاحة الأفقية ρ للخازوق عند سطح الأرض:

$$\rho = \frac{H.I_1}{E_e.L_e} + \frac{M_o.I_2}{E_e.L_e^2} \qquad (٣١-٤)$$

زاوية الدوران θ للخازوق عند سطح الأرض:

$$\theta = \frac{H.I_2}{E_e.L_e^2} + \frac{M_o.I_3}{E_e.L_e^3} \qquad (٣٢-٤)$$

حيث :

H الحمل الأفقى عند سطح الأرض

M_o العزم المؤثر على الخازوق عند سطح الأرض

E_e معامل المرونة للتربة خلال عمق مساو للطول الفعال للخازوق

L_e الطول الفعال للخازوق

I_1 - I_5 معاملات تعتمد قيمتها على نسبة الطول الفعال للخازوق / قطر الخازوق كما هو مبين بالجدول التالى:

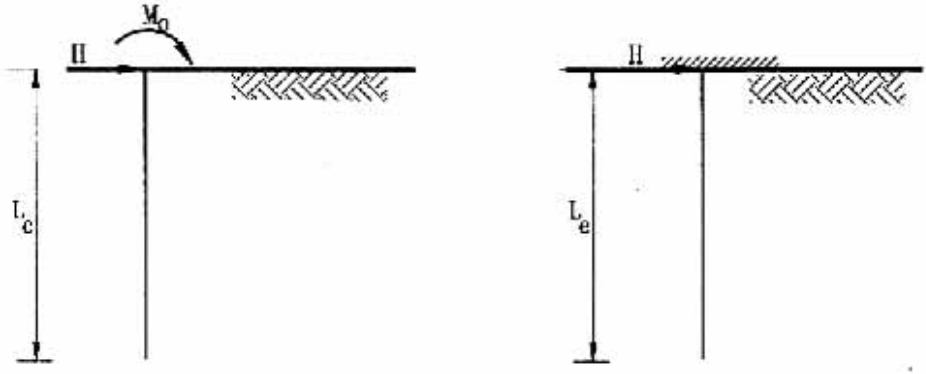
معاملات لحساب الإزاحة والعزوم لخوازيق محملة جانبيا ومنشأه فى تربة متجانسة أو غير متجانسة (نسبة بواسون=٠,٥٠)

حالة الخازوق	المعامل	تربة متجانسة		تربة غير متجانسة(جبسون)	
		A	B	A	B
خازوق مرن	I_1	١,٦٤٦	٣,٣٩٥	١٣,١٠٠	١١,٠٩٠
	I_2	٥,٥٢٠	٩,٠٨٢	٣٤,٦٣٠	١٨,٠٣٠
	I_3	٦٤,٩٨٠	٣٧,٩٥٠	١٥٦,١٠٠	٣٧,١٤٠
	I_4	١,٣٢٦	١,٦٤١	٥,٦٥٩	٤,١٣٩
	I_5	٠,٠٩٨	٠,٠٤٢	٠,٢٢٨	٠٠,٠٤٠
خازوق غير مرن (جاسىء)	I_1	٠,٠٩٨	٢,١٩٦	٣,١٨١	٩,٧٠١
	I_2	٠,٧٠١	٣,٢٢٥	٢,٤٠٩	١٢,٧١٠
	I_3	١,٠٧٦	٦,٢٩٢	١,٨٤٤	١٨,٦٥٠
	I_4	٠,٥٣٩	٠,٥٤٥	٠,٧٧٣	١,٠٨١
	I_5	٠,٥٤٧	٠,٠١٤-	٠,٧٦٤	٠,٣٤٧-

$I = A + B \log (L_e/d)$

فى الخوازيق التى يبلغ طولها L حيث ($Lc/3<L<Lc$) تكون متوسطة بين الخازوق المـــرن وغير المرن يمكن استنتاج قيمة المعاملات كقيمة متوسطة من الجدول المذكور.

فى حالة الخازوق المرن يكون الطول الفعال Le مساويا للطول الحرج، وفي حالـــة الخـــازوق غير المرن يكون الطول الفعال مساويا لطول الخازوق. كمـــا يمكـــن كـــذلك إســـتخدام طريقـــة (Poulos & Davis, 1980).



(ا) خازوق مثبت الرأس (ب) خازوق حر الرأس

شكل رقم (٤-٢٥) خوازيق رأسية معرضة لاحمال جانبية

٣/٧/٢/٤ (ب) تقدير أقصى حمل أفقى يتحمله خازوق رأسى

بالنسبة للخوازيق الرأسية القصيرة الجاسئة مثبتة الرأس فأن أقصى حمل أفقى H_{ult} يمكن ان يتحمله الخازوق بدون إنهيار التربة الجانبية (شكل رقم (٤-٢٦)) يكون كما يلى:-

للتربة الرملية:

$$H_{ult.} = 1.5\gamma\ L^2 d\ K_p \qquad (٣٣-٤)$$

وللتربة الطينية:

$$H_{ult.} = 9c_u d(L - 1.5d) \qquad (٣٤-٤)$$

حيث:

γ الوزن الفعال لوحدة الحجم من التربة

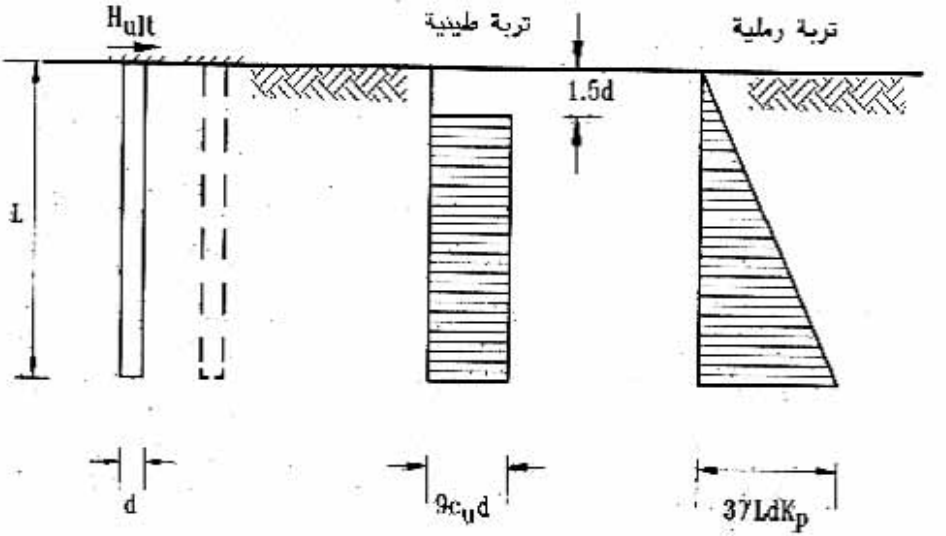
L طول الخازوق

d قطر الخازوق

c_u مقاومة القص غير المصرفة للطين

K_p معامل ضغط التربة الرملية المقاوم $= \dfrac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi}$

ϕ زاوية الإحتكاك الداخلي للرمل



شكل رقم (٤-٢٦) : أقصى ضغوط جانبية على خوازيق قصيرة مثبتة الرأس فى تربة رملية أو طينية

فى حالة الخوازيق الطويلة مثبتة الرأس فإن أقصى قوة أفقية يتحملها الخازوق تتوقف على عزم الانهيارMr لقطاع الخازوق .

يرجع لبحوث (Broms , 1964) لتقدير أقصى تحمل للخوازيق الطويلة والخوازيق حرة الرأس.

فى حالة التربة المكونة من خليط رمل وطين c-ϕ soil يمكن إستخدام طريقة(Brinch, Hansen, 1961).

٣/٧/٢/٤ (ج) توصيات عامة

١- فى الأعمال المؤقتة يمكن زيادة قيم K_h بنسبة ٢٥% .

٢- فى حالة الخوازيق غير المتصلة بهامات يراعى تخفيض قيم K_h المقترحة بنسبة ٥٠% عند سطح الأرض ،وتقل نسبة التخفيض هذه خطيا مع العمق وذلك حتى عمق يساوى مرتين عرض الخازوق أو قطره . أى يمكن كتابة معامل تخفيض K_h على النحو التالى: $\frac{1}{2}(1+\frac{Z}{2d})$

٣- فى حالة تعرض الخوازيق المنفذة فى جسور لأحمال جانبية فى إتجاه جانبى الجسر فإنه يلزم تخفيض قيم K_h بنسب كبيرة .

٤- تخفيض قيم K_h الى ربع قيمتها فى حالة تحميل مجموعة من الخوازيق جانبيا إذا كانت المسافة بينها فى إتجاه التحميل مساوية لثلاث مرات عرض الخازوق أو قطره . وتستخدم قيم K_h بدون أى تخفيض إذا كانت المسافة بين الخوازيق فى إتجاه التحميل مساوية لثمان مرات عرض الخازوق أو قطره، وتحسب قيم التخفيض بين هاتين القيمتين بالنسبة والتناسب .

٥- فى حالة المشاريع ذات الأهمية الكبرى يلزم عمل تجارب تحميل أفقية على الخوازيق لتعيين قيم المعاملات المستخدمة في التصميم.

٦-فى حالة تكوينات التربة الحساسة sensitive soil يلزم عمل تجارب حقلية لقياس قيم K_h.

٧- يراعى تسليح الخوازيق بطول لا يقل عن (3 Io) أو (4t) حسب نوع التربة المنفذة بها الخوازيق (أنظر المعادلة رقم (٤-٢٥) والمعادلة رقم(٤-٢٦)).

٨ – فى حالة مجموعات الخوازيق الرأسية المعرضة لأحمال جانبية يمكن الإسترشاد بطريقة (Duncan & Ooi., 1994) بشرط ألا يزيد عدد خوازيق المجموعة عن ٩ ، وأن تكون الخوازيق موزعة فى شكل مستطيل أو مربع وليس دائرة.

٤/٧/٢/٤ مجموعة الخوازيق الرأسية المعرضة لأحمال مائلة لامركزية

يمكن تقدير الحمل الرأسى P_v على أى خازوق فى مجموعة خوازيق رأسية معرضة لحمل مائل لامركزى (شكل رقم(٤-٢٧)) باستخدام المعادلة:

$$P_v = \frac{V}{n} + \frac{V.e_x.x}{\Sigma x^2} + \frac{V.e_y.y}{\Sigma y^2} \qquad (٤-٣٥)$$

حيث:

V الحمل الرأسى الكلى على المجموعة

e_x البعد الأفقى للمحصلة عن مركز مجموعة الخوازيق فى إتجاه X

e_y البعد الأفقى للمحصلة عن مركز مجموعة الخوازيق فى إتجاه Y

x,y إحداثيات مركز الخازوق بالنسبة للمحورين المركزيين الرئيسيين لمجموعة الخوازيق.

هذه المعادلة تعطى قيما تقريبية للحمل الرأسى P_v باعتبار أن الهامة فوق الخوازيق جاسئة والمركبة الأفقية H للقوى المؤثرة صغيرة وممكن تحملها بأمان بالخوازيق الرأسية.

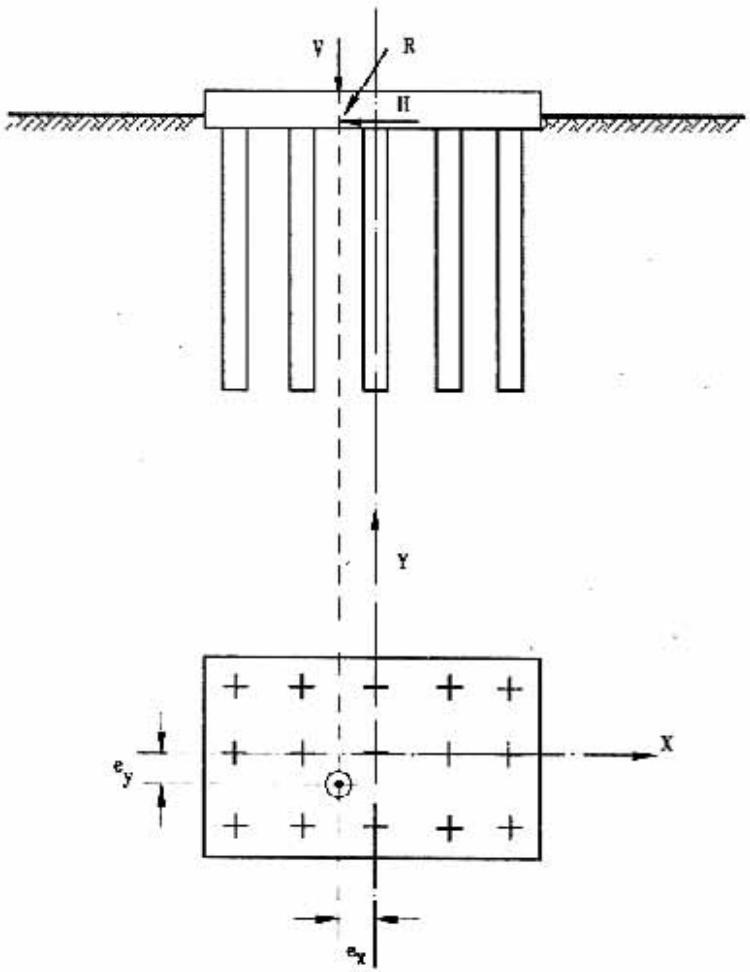
٥/٧/٢/٤ الخوازيق المائلة

تستخدم الخوازيق المائلة أساسا إذا كانت القوى الأفقية كبيرة ولا يمكن تحملها بطريقة إقتصادية باستخدام الخوازيق الرأسية والوسادة. يمكن تصميم الخوازيق المائلة باعتبارها محملة محوريا مع ايجاد توزيع الأحمال عليها وعلى الخوازيق الرأسية باستخدام الطرق البيانية أو الحسابية. (أنظر المرجع:.Andresen, P.,1956)

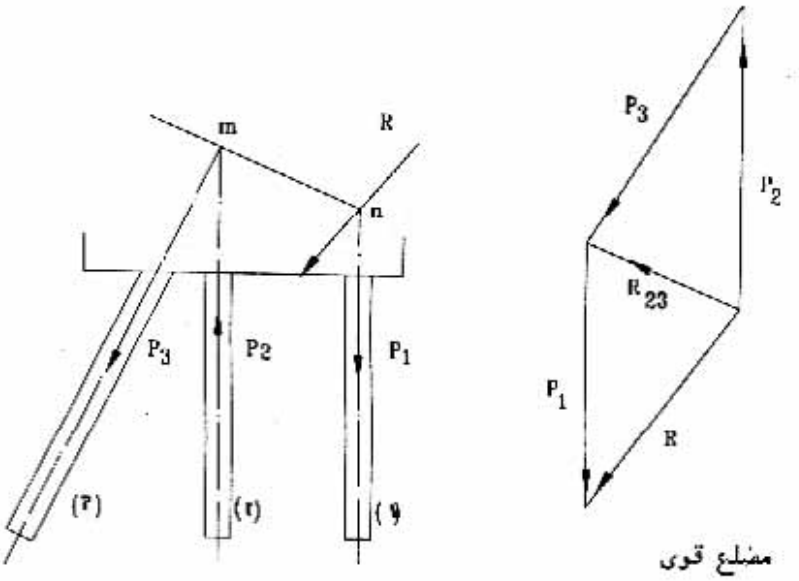
أمثلة للطرق التقريبية المستخدمة لتحليل الخوازيق المائلة:

١- طريقة كولمان Culmann لخوازيق محاورها فى ثلاث إتجاهات غير متوازية وغير متلاقية فى نقطة. انظر شكل رقم (٤-٢٨)

أوجد نقطة n حيث تتلاقى محصلة القوى R مع محور المجموعة ١ من الخوازيق ونقطة m حيث يتلاقى محورا مجموعتي الخوازيق (٢) ، (٣). حلل R الى القوة P_1 فى إتجاه المجموعة (١) + R_{23} فى إتجاه mn حيث R_{23} هى محصلة القوتين P_2 ، P_3 فى المجموعتين (٢) ، (٣). حلل R_{23} إلى القوتين P فى إتجاه المجموعة (٢) ، P_3 فى إتجاه المجموعة (٣). لاحظ أنه فى شكل رقم (٤-٢٨) فإن P_1 ، P_3 يمثلان قوتى ضغط أما P_2 فتمثل قوة شد.



شكل رقم (٤-٢٧) : مجموعة خوازيق رأسية معرضة لحمل مائل لا مركزى



شكل رقم (٤-٢٨) : طريقة كولمان لتحليل الخوازيق المائلة

٢- يمكن إستخدام المعادلة (٤-٣٥) لإيجاد المركبة الرأسية للحمل فى كل خازوق وباعتبار الخوازيق محملة محوريا تحسب المركبة الأفقية للحمل فى كل خازوق. يقبل هذا الحل إذا كان الفرق بين الحمل الأفقي H المؤثر على مجموعة الخوازيق ومحصلة المركبات الأفقية للقوى المحورية للخوازيق صغيرا يمكن للخوازيق تحمله.

يلاحظ أن التحميل الحقيقى للخازوق ليس محوريا وإنما سينشأ فى الخازوق عزوم وقوى قص لاسيما إذا ثبت فى وسادة جاسئة. يرجع إلى المتخصصين لتحليل مثل هذه الحالات.

٦/٧/٢/٤ الخوازيق المحملة بحمل رأسى لا محورى

تتعرض الخوازيق، نتيجة لطبيعة الأحمال المعرضة لها أو نتيجة لترحيلات غير متوقعة فى مواقع الخوازيق، إلى أحمال لا محورية قد تسبب إجهادات مرتفعة فى قطاعات الخوازيق ، خصوصا إذا كانت القاعدة محملة على خازوق واحد أو خازوقين. تتوقف أهمية هذه اللامركزية

فى الحمل على قطر الخازوق ومعامل الأمان ضد الانهيار، إلا أنه فى الحالات العادية لقواعد مرتكزة على خازوق أو خازوقين يلزم ربط الوسادة بشدادات جاسئة الى الوسائد المجاورة حتى يمكن مقاومة عزوم الإنحناء الناشئة عن عدم مركزية الحمل.

٧/٧/٢/٤ خازوق مفرد تحت القاعدة

يفضل تجنب استعمال خازوق واحد تحت العمود mono pile وخصوصا فى الخوازيق ذات الأحمال الكبيرة ولكن إذا اقتضت الضرورة ذلك لأسباب فنية أو اقتصادية فيجوز إستعمال الخازوق الواحد بالشروط التالية:

١- أخذ جميع الإحتياطات المطلوبة لضمان دقة التنفيذ.

٢- تخفيض إجهادات الضغط للخرسانة بقيم معامل الأمان المذكورة فى بند (٢/٣/٢/٤(ج)) و كذلك الإجهادات على التربة بحيث لا تتعدى ٧٥ % من الإجهادات المسموح بها.

٣- يسمح بزحزحة فى مكان الخازوق لا تتعدى ٠,١ القطر المكافئ للخازوق ويؤخذ تأثير ذلك فى تصميم الخازوق والقاعدة والشدادات.

٤- يتم تربيط الخازوق فى جميع الإتجاهات إذا أمكن بميدات ذات جساءة عالية.

٥- إجراء تجارب تحميل بواقع تجربة لكل ٥٠ خازوق مفرد وبحد أدنى تجربتين.

٦- يجرى إختبار غير إتلافى nondestructive لجذع الخازوق على جميع الخوازيق المفردة.

٨/٧/٢/٤ الإحتكاك السلبى بين التربة والخوازيق

إذا اخترقت خوازيق الإرتكاز طبقات ردم جافة حديثة أو تربة طينية ضعيفة جدا لم يتم تدعيمها بالكامل فإن حركة الردم لأسفل أو تضاغط التربة الطينية تسبب حملا إضافيا على الخوازيق. قد ينشأ هذا الإحتكاك السلبى أيضا نتيجة لتعرض التربة حول الخوازيق لأحمال إضافية أو نتيجة لعجن الطينة بسبب دق الخوازيق أو نتيجة لإنخفاض منسوب المياه الأرضية.

يمكن تقدير الحمل الإضافي الواقع على مجموعة الخوازيق بضرب مساحة السطح الجانبى للمجموعة فى جهد الإحتكاك أو التلاصق بينها وبين التربة الهابطة بالإضافة إلى وزن التربة بين مجموعة الخوازيق، وبحيث لا يزيد الحمل الإضافى على الخازوق الواحد عن حاصل ضرب مساحته الجانبية فى جهد الإحتكاك أو التلاصق بينه وبين التربة، ويجب أخذ ذلك الإحتكاك السلبى فى الإعتبار عند تقدير الحمل المسموح به للخازوق.

٤/٢/٧/٩ هامات الخوازيق

تعتبر الهامة بمثابة قاعدة تنقل حمل العمود إلى مجموعة الخوازيق مع إهمال الحمل الذى قد ينتقل إلى التربة أسفل الهامة. يجب أن يمتد تسليح الخوازيق داخل الهامة لمسافة لا تقل عن ٦٠٠ ملليمتراً، لضمان نقل القوى بالتماسك bond بين حديد التسليح والخرسانة.

يمكن تصميم الهامة بدراسة عزم الإنحناء على قطاعين مماسين لسطح العمود وبدراسة الشد القطرى على مستويات تبعد عن سطح العمود بمسافة تساوى نصف العمق الفعال للهامة (أنظر شكل رقم(٤-٢٩)) . فى حساب قوى القص يؤخذ حمل الخازوق بالكامل إذا كان مركز الخازوق على بعد خارج القطاع الحرج لا يقل عن نصف قطر الخازوق ، ويهمل إذا كان مركز الخازوق على بعد لا يقل عن نصف قطر الخازوق داخل القطاع الحرج . ويمكن أخذ نسب من حمل الخازوق تتراوح خطيا بين ١٠٠% لحالة بعد مركز الخازوق خارج القطاع الحرج بمسافة تساوى نصف قطر الخازوق، وصفر% لحالة وجود مركز الخازوق على بعد يساوى نصف قطر الخازوق داخل القطاع الحرج. ويجب أيضا التأكد من أن عمق الهامة يكفى لمقاومة إختراقها بالتثقيب سواء عند العمود أو الخوازيق الطرفية.

يمكن أيضا تصميم الهامة ككمرة عميقة جاسئة تقاوم التثقيب وتصمم لمقاومة أقصى عزوم وقوى قص وذلك بفرض أن حمل العمود يوزع بميول ١:١ حتى المستوى الأفقى عند منتصف العمق الفعال للهامة. (أنظر شكل رقم (٤ – ٣٠)) .

يمكن أيضا فى الحالات التى تكون فيها الخوازيق موزعة على محيط شكل منتظم حول العمود، تصميم الهامة باعتبار أن الحمل تقاومه مجموعة من الجمالونات التخيلية بداخل الهامة بحيث يوضع حديد تسليح لمقاومة قوى الشد.

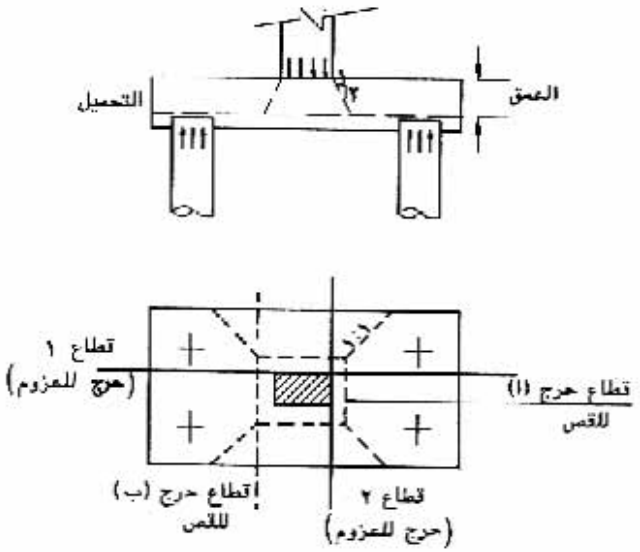
ويراعى فى حالة القواعد المنشأة على خازوقين ربط الهامات فى الإتجاه العمودى على الخط الواصل بين الخازوقين بميدات ذات جساءة عالية لمقاومة العزوم الناشئة عن القوى الأفقية.

٤/٢/٧/١٠ معاملات الأمان

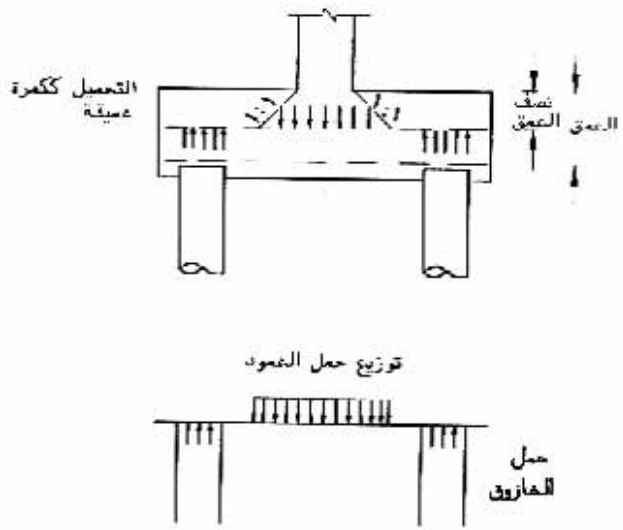
عند استعمال الأساسات الخازوقية تطبق مجموعة من معاملات الأمان كما يلى:

١- معامل أمان لمادة الخازوق يستخدم فى تصميم الخوازيق كعناصر إنشائية.

٢- معامل أمان لضمان أن حمل التشغيل للخازوق المنفرد لا يتعدى نسبة معينة من حمل انهياره. يجب اختيار هذا المعامل بحيث يؤخذ فى الإعتبار طبيعة التربة ومدى تجانسها فى حدود



شكل رقم (٤-٢٩) : أحد الطرق الثلاثة المسموح بها لتحليل هامة الخوازيق



شكل رقم (٤-٣٠): تحليل الهامة ككمرة عميقة جاسئة

الموقع، وكذلك درجة الثقة فى الطريقة التى قدر بها حمل الإنهيار للخازوق.
يحدد حمل الإنهيار للخازوق بإجراء تجارب تحميل ، وإذا تم اختبار نسبة كافية من الخوازيق فيمكن إستخدام نتائج تجارب التحميل لتعديل المعاملات المستخدمة فى الطرق الأخرى لتقدير حمل الإنهيار، ويعتبر الحمل المحسوب بهذه الطريقة موثوقا به. بصفة عامة فأنه يمكن أخذ معامل الأمان للخازوق المنفرد = ٢,٠ إذا تم تحديد حمل الإنهيار بطريقة موثوق بها ، وقد يزيد هذا المعامل فيصبح ٣,٠ وقد يزيد عن ذلك فى بعض الحالات مثل حالات استخدام بعض الصيغ الديناميكية. يمكن خفض معامل الأمان فى حالات تحديد حمل الإنهيار بطريقة موثوق بها ليصبح ١,٥ إذا كان الحمل التصميمى للخازوق يتضمن الأحمال الناتجة من الزلازل وغير ذلك من الأحمال غير الإعتيادية.
٣- فى حالة الخوازيق الكبيرة التى يتم إنشاؤها بالحفر، يستحسن إستعمال معامل أمان ضد إنهيار قاعدة الخازوق يزيد عن ذلك المستعمل بالنسبة لحمل الإحتكاك الأقصى لجسم الخازوق إذا لم تؤخذ علاقة الحمل و الهبوط في الإعتبار، حيث أن العلاقة بين الحمل والهبوط تختلف لطرف الخازوق السفلى ولمساحته الجانبية.
٤- يجب التأكد من قدرة المنشأ على تحمل الهبوط النسبى تحت أحمال التشغيل ، وفى الحالات التى لا يكون فيها هذا الهبوط حرجا قد يمكن خفض معاملات الأمان عما جاء بالفقرة رقم (٢) السابقة.
٥-إذا كان المبنى سيتعرض لأحمال ديناميكية كبيرة لم تؤخذ فى حساب الحمل التصميمى للخازوق فيجب إستعمال معاملات أمان تزيد عما جاء بالفقرة رقم (٢) السابقة.
٦- يجب أن يؤخذ فى الإعتبار تأثير وجود الخازوق ضمن مجموعة من الخوازيق حيث أن هذا يمكن أن يؤثر فى الحمل على الخازوق وفى هبوطه.

٨/٢/٤ تنفيذ الخوازيق

تنفذ الخوازيق عادة إما بالدق أو بالتثقيب أو بالهز أو بألجمع بين هذه الطرق الأساسية فى التنفيذ. ويمكن لتسهيل التنفيذ اللجوء إلى الحفر المسبق للطبقات صعبة الإختراق أو ضخ مياه تحت ضغط. وعموما فإن تنفيذ الخوازيق يجب أن يحقق سلامة جسم الخازوق ويؤكد نقله للأحمال المؤثرة إلى التربة بدون أن يسبب أى إضعاف لهذه التربة.

الموقع، وكذلك درجة الثقة فى الطريقة التى قدر بها حمل الإنهيار للخازوق.
يحدد حمل الإنهيار للخازوق بإجراء تجارب تحميل ، وإذا تم اختبار نسبة كافية من الخوازيق فيمكن إستخدام نتائج تجارب التحميل لتعديل المعاملات المستخدمة فى الطرق الأخرى لتقدير حمل الإنهيار، ويعتبر الحمل المحسوب بهذه الطريقة موثوقا به. بصفة عامة فأنه يمكن أخذ معامل الأمان للخازوق المنفرد = ٢,٠ إذا تم تحديد حمل الإنهيار بطريقة موثوق بها ، وقد يزيد هذا المعامل فيصبح ٣,٠ وقد يزيد عن ذلك فى بعض الحالات مثل حالات استخدام بعض الصيغ الديناميكية. يمكن خفض معامل الأمان فى حالات تحديد حمل الإنهيار بطريقة موثوق بها ليصبح ١,٥ إذا كان الحمل التصميمى للخازوق يتضمن الأحمال الناتجة من الزلازل وغير ذلك من الأحمال غير الإعتيادية.
٣- فى حالة الخوازيق الكبيرة التى يتم إنشاؤها بالحفر، يستحسن إستعمال معامل أمان ضد إنهيار قاعدة الخازوق يزيد عن ذلك المستعمل بالنسبة لحمل الإحتكاك الأقصى لجسم الخازوق إذا لم تؤخذ علاقة الحمل و الهبوط في الإعتبار، حيث أن العلاقة بين الحمل والهبوط تختلف لطرف الخازوق السفلى ولمساحته الجانبية.
٤- يجب التأكد من قدرة المنشأ على تحمل الهبوط النسبى تحت أحمال التشغيل ، وفى الحالات التى لا يكون فيها هذا الهبوط حرجا قد يمكن خفض معاملات الأمان عما جاء بالفقرة رقم (٢) السابقة.
٥-إذا كان المبنى سيتعرض لأحمال ديناميكية كبيرة لم تؤخذ فى حساب الحمل التصميمى للخازوق فيجب إستعمال معاملات أمان تزيد عما جاء بالفقرة رقم (٢) السابقة.
٦- يجب أن يؤخذ فى الإعتبار تأثير وجود الخازوق ضمن مجموعة من الخوازيق حيث أن هذا يمكن أن يؤثر فى الحمل على الخازوق وفى هبوطه.

٨/٢/٤ تنفيذ الخوازيق

تنفذ الخوازيق عادة إما بالدق أو بالتثقيب أو بالهز أو بألجمع بين هذه الطرق الأساسية فى التنفيذ. ويمكن لتسهيل التنفيذ اللجوء إلى الحفر المسبق للطبقات صعبة الإختراق أو ضخ مياه تحت ضغط. وعموما فإن تنفيذ الخوازيق يجب أن يحقق سلامة جسم الخازوق ويؤكد نقله للأحمال المؤثرة إلى التربة بدون أن يسبب أى إضعاف لهذه التربة.

١/٨/٢/٤ المعدات

تشمل معدات التنفيذ أو أجزاؤها المذكورة فيما بعد، تلك التى لها تأثير مباشر على متابعة دقة التنفيذ. ولا يتسع المجال هنا لسرد جميع هذه المعدات ولكن تم التركيز على المعدات التى لها درجة أكبر من الأهمية أو الأكثر شيوعا ويمكن اللجوء إلى كتالوجات الشركات المصنعة للحصول على بيانات مفصلة.

١/٨/٢/٤ (أ) مطارق (شواكيش) الدق

هناك أنواع كثيرة من شواكيش الدق pile driving hammers التى تستخدم فى دق أو دفع الخوازيق أو المواسير المستخدمة فى التنفيذ داخل التربة. وتكون الطاقة الأساسية المؤثرة ناتجة عن سقوط الثقل حرا فوق جسم الخازوق، ويمكن زيادة هذه الطاقة فى بعض الشواكيش كما سيوضح فيما بعد. ولكن يجب الأخذ فى الإعتبار تخفيض هذه الطاقة المحسوبة نظريا نتيجة الإحتكاك داخل النظام الخاص بالشاكوش. وعموما فأن العوامل التى تؤثر على تخفيض هذه الطاقة هى نوع الشاكوش، وحالته الفنية، وطريقة تشغيله. وبناء على ذلك فإن الطاقة الفعلية المؤثرة أثناء الدق تتراوح بين ٣٠، ٩٥ فى المائة من الطاقة النظرية والمقننة والمذكورة فى كتالوج الشركة المصنعة.

١ – مطرقة (شاكوش) حرة السقوط

الشاكوش حر السقوط drop hammer هو عباره عن كتلة ثقيلة من المعدن غالبا حديد صلب، يرفع ثم يسقط حرا تحت تأثير الجاذبية. ويكون الرفع بواسطة كابل من الصلب فى أسطوانة الونش . وينزلق الشاكوش على قائم ماكينة الدق mast or leader ويتم التحكم فى مساره بواسطة دليل hammer guide أو أكثر مثبت فى القائم . ويجب العناية بهذا الدليل حتى يكون سقوط الثقل رأسيا ومتمركزا مع محور الخازوق أو الماسورة.

وتتأثر الطاقة المؤثرة بالعوامل التالية:

١ – الإحتكاك بين دليل الشاكوش وقائم الماكينة.

٢ – عدم تمركز الشاكوش مع محور الخازوق أو الماسورة.

٣ – كفاءة عامل التشغيل وطريقة جذبه وتركه لكابل الرفع.

٢ -مطرقة (شاكوش)أحادية التشغيل

يستعمل الشاكوش أحادي التشغيل single acting hammer البخار أو الهواء المضغوط لرفع الجزء المؤثر من الشاكوش (المطرقة أو الدقاق ram) والذى يسقط بعد ذلك حرا تحت تأثير الجاذبية. وتسمى المسافة التى يسقطها الشاكوش حرا بالمشوار stroke ، ويختلف حسب الشاكوش المستعمل والطاقة المؤثرة. وعموما يتراوح المشوار بين ٠,٩٠ . - ١,٣٥ متراً ويمكن التحكم فى المشوار بواسطة أجهزة لتثبيت الطاقة المؤثرة. وتتراوح سرعة المطرقة بين ٢٥ -٤٠ دقة فى الدقيقة. ويتوقف إختيار المشوار وسرعة الدق على نوع التربة وحالة المعدات المستعملة.

٣ - مطرقة (شاكوش) ثنائية التشغيل

يختلف الشاكوش ثنائي التشغيل double acting hammer عن السابق ذكره فى (أحادي التشغيل) فى أن البخار أو الهواء المضغوط يستخدم فى زيادة طاقة الدق أثناء هبوط المطرقة بالإضافة إلى وزنها. وبناء على ذلك فأن هذه القوة المؤثرة هى مجموع وزن المطرقة (الدقاق ram) بالإضافة إلى قوة البخار أو الهواء المضغوط الدافعة الى اسفل . ويتميز هذا النوع من المعدالات عن المعدالة أحادية التشغيل بالوزن الأخف للمطرقة وقصر المشوار وسرعة الدق.

٤ - مطرقة (شاكوش) تعمل بالديزل

يعمل هذا الشاكوش diesel hammer وفقا لنظام الإحتراق الداخلى الذى يتولد تحت ضغط داخل حجرة الإحتراق. ويبدأ تشغيل الشاكوش برفع الأسطوانة الداخلية piston hammer إلى أعلا ثم تركها لتسقط، وعندما تقترب الاسطوانة من نهاية المشوار يدفع الوقود (الديزل) فى الحيز المخصص له والذى يتكمش بدوره نتيجة هبوط الأسطوانة وبذلك ينضغط مزيج السائل والهواء وتزيد درجة حرارته بمجرد ارتطام الاسطوانة بنهاية الشاكوش، وعندئذ يحدث انفجار فيدفع الأسطوانة إلى أعلا ويعمل هذا الشاكوش كأحادي التشغيل SA أو ثنائى التشغيل DA. ويجب التنويه هنا إلى أن الطاقة المقننة التى تذكر فى كتالوج الشركة المصنعة يمكن أن تختلف كثيرا عن الطاقة الفعلية المؤثرة نتيجة عوامل كثيرة هى:

أ الطاقة الناتجة عن سقوط الأسطوانة الداخلية متغيرة حسب المقاومة الناتجة من التربة أثناء الدق .

ب- يوجد فاقد كبير فى الطاقة المتولدة من الإنفجار نتيجة الحرارة والإحتكاك وتسرب السوائل. ولذلك فإن الطاقة المقننة rated energy فى كتالوج الشركة المصنعة قد تكون ضعف أو ثلاثة أضعاف الطاقة الفعلية المؤثرة ويتوقف ذلك على الحالة الفنية التى عليها الشاكوش. ويتميز هذا الشاكوش بطاقة كبيرة وسرعة دق عالية تتراوح بين ٤٠- ٦٠ دقة فى الدقيقة. وتكون هذه السرعة العالية عاملا مؤثرا فى حجم الطاقة المؤثرة . ويمكن التحكم فى سرعة الشاكوش عن طريق جرعة سائل الديزل الذى يدفع داخل حجرة الاحتراق . كذلك فأن هذه الطاقة تتأثر بالإحتراق غير الكامل أو السابق لأوانه . ولهذا كله يجب التأكد من الطاقة الفعلية لهذا الشاكوش عند استعمالها .

و يوصى فى المشروعات ذات الأهمية الكبيرة باستخدام الطرق الحديثة فى قياس الطاقة الفعلية الناتجة عن الشاكوش و بالتالى تحديد كفاءتها فى الدقhammer monitoring .

٥ - مطارق (شواكيش) أخرى

هناك أنواع اخرى من الشواكيش ولكن أقل استعمالا من المذكورة عاليه نذكر منها:

- شاكوش اهتزازى vibratory hammer
- شاكوش مركب compound hammer
- شاكوش هيدروليكى hydraulic hammer .

يراعى فى اختيار المطرقة المناسبة أن تكون ذات وزن كاف للحصول على كفاءة عالية لاختراق الخازوق للتربة تحت تأثير ضرباتها. كما يجب ألا تقل كفاءة الدق عن حوالى ٣٠ % ويفضل ألا يقل عن ٥٠% محسوبة باستعمال احدى المعادلات الديناميكية المناسبة . ويجب ألا يزيد المشوار عن ١,٣٥ متراً فى حالة المطرقة حرة السقوط . ولكفاءة الدق توجد علاقة بين وزن المطرقة ووزن الخازوق كما هو مبين على سبيل الإسترشاد فى الجدول رقم (٤-١٨) . وعلى العموم فمن الأفضل إستعمال مطرقة ثقيلة مع سقوط قليل حتى لا تتسبب جهود الدق المتولدة فى رأس الخازوق فى تفتيتها.

جدول رقم (٤-١٨)*

نوع الخازوق	وزن المطرقة الساقطة	وزن المطرقة البخارية
خشبى	لا يقل عن ضعف وزن الخازوق	لا يقل عن وزن الخازوق
صلب أو خرسانة	لا يقل عن وزن الخازوق	لا يقل عن ثلثى وزن الخازوق
ستائر حديدية	لا يقل عن ٢,٢٥ وزن الستارة	لا يقل عن ٢,٢٥ وزن الستارة
ستائر خشبية	لا يقل عن ٢,٢٥ وزن الستارة	
ستائر خرسانية	ما بين وزن الستارة و٠,٦ من وزنها	

* على أن يراعى أنه إذا كان الدق فى أرض سهلة وجب ألا يقل وزن المطرقة عن ١,٥ وزن الستارة . كما يجب ألا يزيد مشوار المطرقة على٠,٩ متراً فقط .

٦ - وسادة المطرقة(الشاكوش)

تثبت هذه الوسادة hammer cushion, dolly فى خوذة helmet أو طربوش الدق driving cap لتوزيع الإجهادات أثناء الدق بغرض حماية الخازوق أو الماسورة وكذلك الشاكوش . ويجب أن تكون الوسادة مصنوعة من مادة خاصة تسمح بنقل الطاقة إلى الخازوق بدون فاقد كبير . والمواد المستعملة الشائعة هى:

١ - قطعة واحدة أو اكثر من الخشب الصلد hard wood بسمك لا يقل عن ١٥٠ ملليمتراً وبحيث تكون الألياف فى إتجاه مواز لمحور الخازوق . ويثبت الخشب داخل طربوش الدق بدون ترك فراغات. وعيوب هذه المادة هو كسرها بسبب الضغط أو احتراقها كما أنها تمتص جزءا كبيرا من الطاقة المؤثرة.

٢- اسطوانة من الألومينيوم ولها ميزة نقل طاقة أكبر كثيرا من الخشب الصلد كما انها تنضغط انضغاطا مرنا تحت تأثير ضربة المندالة ولها عمر كبير. وبالتالى فان ذلك يؤدى إلى نقل منتظم للطاقة إلى الخازوق أثناء الدق ، مما يؤدى إلى زيادة الثقة فى كفاءة الخازوق عن طريق التحكم فى الطاقة المؤثرة .

٣- أسطوانة من البلاستيك (فيبرا) وتماثل فى خواصها مادة الألومينيوم السابقة من حيث الكفاءة حيث أنها تعطى معامل رجوع coefficient of restitution أكبر كثيرا مما للخشب .
ويمكن إضافة مواد أخرى إلى المواد الرئيسية المذكورة سابقا مثل حبال النايلون أو الحرير أو الصلب التى تلف حول نفسها وتكون اسطوانة توضع أسفل الأسطوانات السابقة كذلك يمكن عمل طبقات متتابعة من هذه المواد . وعموما فأن اختيار المادة أو المواد للوسادة يتوقف على نوع التربة وتوافر هذه المواد وتكلفتها.

٧ - وسادة الخازوق

تستعمل وسادة الخازوق pile cushion , packing فى حالة الخوازيق سابقة الصب فقط فتوضع بين الخازوق والخوذة وتكون المادة المستعملة عادة من الخشب الطرى .

٨ - قائم الماكينة

اهمية قائم الماكينة leader or mast هو تثبيت الخازوق أو الماسورة.... إلخ ، والشاكوش ويكون التثبيت عن طريق دليل أو أكثر. ويجب فحص القائم جيدا قبل التنفيذ للتأكد من رأسيته وعدم وجود أى إنحناءات أو إنتفاخات به ، وكذلك يكون القائم ذا حساءة عالية ليتحمل الإجهادات الناتجة عن الدق أو السحب . ويتم إصلاح القائم فورا عند حدوث أى أعطاب حتى لا تتراكم ويكون إصلاحها صعبا ، وحتى لا يؤثر ذلك على دقة التنفيذ .

١/٨/٢/٤ (ب) ماكينات الحفر

يتم الحفر إما بواسطة صينية دوارة rotary table كما فى معظم أنواع الخوازيق مثل خوازيق الحفر البريمى المستمر CFA ، أو الحفر الدوار rotary drilling التى تستعمل فيها مادة البنتونيت ، أو التى يستعمل فيها ماسورة مؤقتة على وصلات أو الحفر بكباش أو يتم الحفر بواسطة بلف ساقط لتجميع التربة percussion كما فى خوازيق ستراوس أو بواسطة جراب كما فى حالة الخوازيق الشريطية.

١- الصينية الدوارة

تعمل الصينية الدوارة rotary table على إحداث حركة دائرية فى مستوى عمودى على محور الخازوق. ويسبب هذه الحركة عادة موتور هيدروليكى متصل به مجموعة مخفضات للسرعة speed reducer أو بواسطة torque converter .

٢- مصدر القوى

يتكون مصدر القوي power pack من موتور diesel engine و طلمبة زيت hydraulic pump تدفع الزيت إلى الموتور الهيدروليكى أو torque converter لاحداث الحركة . ويمكن استعمال مصدر طاقة واحد لحركة الصينية الدوارة بالإضافة إلى حركة الونش . ويجب التأكد من أن طاقة مصدر القوى applied torque تتناسب مع المقاومة أثناء الحفر والتى تعتمد على نظام الحفر وقطر الخازوق وطوله .

٣- أداة الحفر

يكون الحفر بواسطة بريمة أو بلف وفى كلا الحالتين يتم تزويدهما بحوافر أو أظافر teeth لتسهيل عملية الحفر. وتتآكل هذه الأظافر بمرور الوقت وحسب نوع التربة . ولذلك يجب فحصها من حين لآخر لأكثر من سبب أهمها أنها تعطى القطر الخارجى للخازوق . ولذا يعوض هذا التآكل باللحام المباشر أو لحام سيخ للحرف الخارجى للظفر. تنزلق البريمة auger على قائم الماكينة mast فى حالة نظام الحفر البريمى المستمر CFA ، وعندئذ يجب التأكد من جساءة القائم لتحمل اللى الناتج عن مقاومة التربة . ويمكن إنزال البريمة أو البلف بواسطة عامود تلسكوبى telescopic kelly وذلك فى حالة أنظمة الحفر الأخرى .

وفى حالة الخوازيق الشريطية يكون الحفر بواسطة جراب وهو عبارة عن جسم حديدى ويوجد منه أنواع؛ الجراب الميكانيكى وفيه يتم فتح الجراب ونقله بواسطة وايرات تتحرك على مفصلات وجلب نحاس. والجراب الهيدروليكى وفيه يفتح الجراب ويقفل بواسطة بستم هيدروليكى متصل بوحدة قوى power pack مثبتة فى مؤخرة الحفار crane ؛ والطاحونة الهيدروليكية حيث يتم الحفر بواسطة أسطوانتين تدوران حول محور أفقى كل فى إتجاه معاكس للأخرى وتزودان بأظافر لتقطيع التربة ومزجها بالبنتونيت ، وتكون الطاحونة مزودة بطلمبة مركزية centrifugal وظيفتها رفع التربة الممزوجة بالبنتونيت إلى وحدة فصل الرمال.

٢/٨/٢/٤ أعمال التنفيذ

الطرق الشائعة للتنفيذ هى الدق والحفر ، وهناك طرق أخرى أقل شيوعا مثل التنفيذ بالإهتزاز أو دفع المياه تحت ضغط أو البرم . ويمكن استخدام أكثر من طريقة فى التنفيذ . ويشمل التنفيذ المناولة والتخزين ثم إختيار أنسب المعدات واستعمال طرق خاصة بقصد الوصول إلى كفاءة أو جودة عالية أو تقليل المشاكل المتعلقة بالتنفيذ .

٢/٨/٢/٤ (أ) المناولة والتخزين

عند مناولة أو تخزين الخوازيق مثل سابقة الصب أو خوازيق حرف H الطويلة أو الخوازيق الخشبية يجب العناية تماما بحيث لا يسبب ذلك تكسيرا أو إعوجاجا لجسم الخازوق . فيجب تزويد جسم الخازوق بعدد من النقط الكافية لرفعه أو نقله . وتكون هذه النقط خصوصا فى الخوازيق سابقة الصب محددة مسبقا بواسطة الحسابات الاستاتيكية، كذلك يجب تجنب وقوع الخوازيق عند رصها أو نقلها .

وبالنسبة للخوازيق الخشبية بالإضافة إلى ما سبق فيجب الاحتراس الشديد حتى لا تتسبب معدات النقل والتستيف فى عمل خدوش أو تشققات فى السطح الخارجى المعالج لجسم الخازوق. كذلك يجب تحديد نقط الإرتكاز أثناء التخزين حتى نتجنب الإنحناءات الدائمة.

٢/٨/٢/٤ (ب) إختيار المطرقة (الشاكوش)

يتوقف إختيار المندالة على عدة عوامل:

١ الحمولة المأمونة للخازوق . ففى حالة الحمولات الكبيرة يجب الإستعانة بشاكوش ذى طاقة عالية.

٢- نوع التربة وتتابع الطبقات المختلفة فعند تواجد طبقات ضعيفة أو رخوة فتكون المندالة ذات الطاقة الصغيرة مناسبة , وتكون دقات المندالة متتابعة ذات مشوار قصير.

٣- طول الخازوق أو الماسورة ومنها يحسب وزن المطرقة المناسبة ويفضل ألا تقل كفاءة الدق عن ٠,٥ وتحسب الكفاءة من معادلة هايلى بند (٢/٦/٢/٤) . ويمكن الرجوع إلى كتالوج الشركة المصنعة لحساب الكفاءة فى حالة الشاكوش ثنائى التشغيل DA أو المندالة التى تعمل بالديزل أو خلافه .

٤-سمك الوسادة المستخدم ونوع المادة المصنوع منها وذلك لقدرتها على امتصاص الطاقة المؤثرة.

٥- نوع الخازوق حتى لا تتسبب زيادة الدق فى الحاق الضرر بالخازوق كما هو الحال فى حالة الخوازيق سابقة الصب .

ومن المفيد جدا إجراء التحليل الرقمى لعملية دق الخوازيق باستخدام معادلة الموجة عند المفاضلة بين شواكيش مختلفة لدق الخوازيق فى ظروف تربة معينة.

٢/٨/٢/٤ (ج) دق الخوازيق

قبل البدء فى دق الخوازيق الحاملة يجب عمل إختبارات التربة اللازمة للتأكد من طبيعة الأرض وخواصها ، ومنها يمكن معرفة عمق التأسيس التقريبى ، وبذلك يمكن تحديد طول الماسورة المستعملة أو طول الخازوق فى حالة الخوازيق سابقة الصب . ثم تعمل تجربة الدق لتحديد المناعات المناسبة لحمل التشغيل على الأعماق المختلفة الصالحة للتأسيس . وتحسب المناعات بإستعمال أحدى المعادلات الديناميكية المعروفة. وفى حالة تكثيف التربة نتيجة عملية الدق فيمكن عمل اكثر من تجربة دق أثناء التنفيذ لتحديد المناعات الجديدة .

ويجب التأكد من رأسية الخازوق أو الماسورة قبل و أثناء الدق بواسطة ميزان مياه طوله لا يقل عن ١٥٠ ملليمتراً ويسمح بتجاوز فى ميل الماسورة أو الخازوق قدره ١,٥٠% وتؤخذ المناعات عند منسوب التأسيس ٣ مرات على الأقل . ويجب أن تكون قيمة تلك المناعات متناقصة أو على الأقل ثابتة .

ويمكن تسهيل عملية الدق خصوصا فى الأراضى الرملية و الزلطية بواسطة ضخ المياه تحت ضغط إما قبل الدق أو أثناءه مع ضرورة التأكد من عدم تأثير ضخ المياه على قدرة تحمل الخازوق الجارى تنفيذه أو الخوازيق المجاورة . ففي حالة الضخ قبل الدق يجب التأكد من عدم فقد التربة حول أركان المبانى المجاورة أو الخوازيق التى سبق دقها. كذلك فى حالة وجود أحجار أو زلط كبير فى التربة فان الضخ يعمل على تجميع هذه الأحجار فى نهاية الثقب المضخوخ presetting / jetting while driving مما يجعل الدق بعد ذلك صعبا إن لم يكن مستحيلا . وفى حالة الضخ أثناء الدق فيجب العناية بتوزيع الضخ فى نهاية أو حول جسم الخازوق حتى يكون متجانسا حيث أن عدم تجانس الضخ يمكن أن يؤدى إلى انحناء فى الخازوق وقد يؤدى ذلك إلى كسره، ويجب أن يكون لكل مخرج مياه jet مأخذ مستقل للمياه. ويجب تحديد قوة الضخ حتى لا يؤثر ذلك على المبانى أو الخوازيق المجاورة . وبعد الضخ يجب استكمال الدق إلى منسوب أعمق من المنطقة المتأثرة بالضخ .

وتوجد طريقة أخرى لمساعدة الدق وهى عبارة عن دق ماسورة مفتوحة فى نهايتها السفلى لاختراق الطبقات الصعبة ثم تسحب الماسورة المحتوية على التربة وتنظف الماسورة بعد ذلك بمعاونة المياه تحت ضغط إذا لزم الأمر . وهذه الطريقة تستلزم أن تكون التربة بها بعض اللدونة أو التماسك حتى لا تتساقط من الماسورة أثناء سحبها.

ويمكن تسهيل عملية الدق أيضا بالحفر المسبق predrilling وهى عملية يمكن التحكم فيها عن الطريقة السابقة jetting حيث أن تأثيرها الضار على الخوازيق والمبانى المجاورة أو على قدرة الخازوق لتحمل الأحمال أقل كثيرا . والحفر المسبق ينجح فى معظم أنواع التربة على أنه يمكن الإستعانة بالبنتونيت أو الماء لضمان بقاء الحفرة مفتوحة بعد الانتهاء من الحفر. وفى جميع الأحوال فان عملية الحفر المسبق تحتاج إلى معدات إضافية للحفر والضخ وإلى خبرة فنية لاختيار أداة الحفر وضغوط الماء المناسبة سواء كان الضخ بطريقة الدورة المباشرة direct circulation أو الدوره العكسية reverse circulation

٢/٨/٢/٤ (د) حفر الخوازيق

عند عمل أبحاث التربة فى حالة خوازيق الحفر يجب عمل عدد مناسب من الجسات كما يجب الإعتماد على التجارب الحقلية مثل تجارب الإختراق القياسى أو المخروط الإستاتيكي..... إلخ. ويستحسن إستخدام أكثر من طريقة لمقارنة النتائج حيث أن ابحاث التربة هى الوسيلة الوحيدة لتحديد طول الخازوق وتحمله ، على انه فى بعض المعدات الحديثة أجهزة لقياس الجهود الناتجة أثناء عملية الحفر و التى يمكن أن تكون مؤشرا للوصول إلى طبقات التأسيس المناسبة.

ويتوقف نجاح عملية الحفر على المعدة المستعملة، أى نظام عملها ومدى ملاءمته لنوع التربة- فمثلا فى حالة التربة الرملية الجافة وغير المتماسكة تكون الأنظمة التى تعتمد على المياه أو البنتونيت فقط غير ملائمة وفى هذه الحالة يجب الإستعانة بغلاف مؤقت أو بالخرسانة لسند حوائب الحفرة . كذلك فى حالة احتواء التربة على أحجار كبيرة boulders فان الحفر بطريقة البريمة غير عملى . وفى هذه الحالة يستخدم كباش grab لسحب الأحجار أو كاسور percussion rod لتفتيتها . ويجب إختيار الأظافر bits المناسبة لنوع التربة. ففى حالة الطبقات المتحجرة أو الصخرية يجب إستخدام أظافر مصنوعة من مادة الكاربورندم carborundum bit . وعند استخدام البريمة فى الحفر فإن المسافة بين أسلحة البريمة pitch و درجة ميلها تختلف حسب نوع التربة ففى حالة التربة الطينية تكون المسافة أكبر

ودرجة الميل أكبر عنها في حالة التربة الرملية . ويجب أن تكون قدرة الحفر applied torque مناسبة لقطر الخازوق وطوله ونوع التربة والنظام المستعمل . ففي حالة استخدام نظام الحفر البريمي المستمر continuous flight auger يتطلب ذلك قدرة أعلا من الحفر بنظام الكباش grab أو bucket . مما تقدم يتضح أن اختيار نظام الحفر الملائم لنوع التربة وقطر الخازوق وطوله يجب أن يتحدد بدقة ويعتمد في المقام الأول على الخبرة ومدى امكانية التغيير من نظام إلى آخر بنفس المعدة أو بتغيير بسيط في المعدات المساعدة أو الوصلات. وفي أحيان كثيرة يتطلب ذلك عمل تجارب حفر مسبقة قبل بدء العمل.

وفي حالة إستعمال البنتونيت أثناء الحفر كما هو متبع في نظام الحفر الدوار أو الخوازيق الشريطية فيجب أن تكون الحفرة مملوءة بالبنتونيت طول الوقت، ويجب تزويد الحفرة بالبنتونيت لتعويض الفاقد أثناء عملية الحفر وبعد إتمام عملية الحفر والوصول إلى العمق المطلوب يجب تطهير الحفرة. بعد إتمام عملية فصل الرمال وقبل إنزال القفص الحديدي. تتم عملية فصل الرمال بعد إتمام مرحلة الحفر بواسطة طلمبة غاطسة أو الدفع إلى أعلا بالهواء air lift حيث يتم ضخ البنتونيت إلى أعلا حتى فاصل الرمال. ويتم تعويض البنتونيت المضخوخ إلى أعلا بواسطة بنتونيت خارج من الخزانات. وتستمر هذه العملية حتى الوصول إلى حدود الخواص المطلوبة للبنتونيت المستعمل. ويفضل عدم ترك الحفرة طويلا بعد إتمام عملية فصل الرمال وقبل صب الخرسانة. وعموماً يجب تطهير الحفرة إذا اتضح من قياسات العمق أنه حدث ترسيب للرمال أو إنهيارات محدودة لجدران الحفرة.

٢/٨/٢/٤ (هـ) صب الخرسانة

قبل صب الخرسانة في جميع أنواع الخوازيق يجب التأكد من خلو فراغ الخازوق من أي مواد غريبة . ويجب أن يكون الزلط والرمل المستخدم خاليا من الشوائب والأتربة والمواد الجيرية أو أي مواد أخرى تؤثر على جودة الخرسانة. ويمكن في أضيق الحدود في حالة عدم الحصول على النوعية المطلوبة بسبب ظروف مكان العمل أو خلافه استعمال المواد المحلية المتاحة بعد اختبارها وعمل تصميم الخلطة المناسبة في أحد المعامل المعتمدة مع كتابة تقرير عن ذلك.

١- خوازيق ذات غلاف مسدود

تصب الخرسانة عادة من أعلا الخازوق. ونظرا لوجود كعب shoe أسفل الغلاف فإن الصب يتم في وسط جاف تماما ولا يسمح بوجود اكثر من ١٥٠ ملليمتراً إرتفاع من المياه داخل الغلاف

أو الماسورة . وفى حالة وجود مياه أكثر من ذلك حتى ٥٠٠ ملليمتراً فيوقف الصب وتتم ملاحظة منسوب المياه . فإذا لم ترتفع خلال فترة ١٠ دقائق فيتم نزح المياه من داخل الماسورة حتى ارتفاع ١٥٠ ملليمتراً ثم يسمح بالصب بعد زيادة نسبة الاسمنت فى أول نصف متر مكعب خرسانة . إما إذا زاد ارتفاع المياه عن ٥٠٠ ملليمتراً فيجب سحب وإعادة دق الخازوق بعد ملء التجويف بالتربة المناسبة . ويجب أن تكون الخرسانة متجانسة وذات سيولة تسمح بتدفقها flowing .حيث أن الخرسانة التى تميل إلى الجفاف low slump تؤدى إلى وجود تعشيش فى جسم الخازوق honey comb بالإضافة إلى إحتمال حدوث تكهف arching ، مما يؤدى إلى عدم إنتظام فى قطاع الخازوق أى ظاهرة الاختناق necking وللتغلب على ذلك يستعمل الدق على الماسورة أثناء سحبها بضربات سريعة قصيرة أو باستعمال هزاز داخلى أو خارجى . كما أن هذه المشاكل يمكن تجنبها إذا كانت الخرسانة ذات slump =١٥٠ مم ± ٢٥مم.

ويجب ألا يقل ارتفاع الخرسانة داخل الماسورة عند بدء سحبها عن ٤,٠ متراً أو ما يعادل الضغط الاستاتيكى للمياه الأرضية أيهما أكبر لمنع الماء والتربة من الدخول فى الماسورة كما يجب زيادة الخرسانة أثناء السحب لتعويض تخانة الماسورة.

إذا زاد طول الماسورة عن ١٥,٠ متراً فيجب زيادة نسبة الأسمنت بمقدار ٥٠ كيلو جرام فى أول نصف متر مكعب خرسانة لضمان عدم حدوث أى انفصال ولو جزئى .

٢- خوازيق ذات غلاف مفتوح

وفى حالة الغلاف المفتوح يتم الصب من أعلا بواسطة مزراب shoot إذا كان الغلاف جافا. أى أن منسوب المياه الأرضية أكثر عمقا من كعب الخازوق ، وتكون الخرسانة ذات slump = ١٥٠±٢٥مم . وفى أحوال الصب الصعبة مثل وجود حديد كثيف أو أطوال خوازيق كبيرة أو خوازيق ذات ميول كبيرة فيجب إستعمال خلطة خاصة تقل فيها كمية الزلط الكبير وتزيد بالتبعية كمية الزلط الرفيع والرمل والأسمنت وذات: Slump = ١٧٥± ٢٥مم.

وفى حالة صب الخرسانة داخل الماء أو معلق البنتونيت فيجب إستعمال ماسورة قطرها حوالى ١٥٠ ملليمتراً ذات قمع فى أعلاها tremie pipe وتكون نهاية الماسورة دائما مغموسة فى الخرسانة مسافة لا تقل عن ٢,٠ متراً لضمان عدم غسل الخرسانة بالماء الموجود داخل الغلاف. ويجب سحب المياه أو البنتونيت أثناء إزاحتها بالخرسانة بواسطة طلمبة . ويفضل عدم

هز الخرسانة حتى نتجنب حدوث سيولة bleeding . وعند سحب الغلاف تكون الخرسانة دائما أعلا كثيرا من أسفل الغلاف الذى يسحب بواسطة الشد المباشر أو الهز أو بواسطة oscillator ويجب أن تكون الخرسانة ذات Slump =٢٠٠مم±٢٥مم.

٣- خوازيق محفورة بواسطة بريمة

في هذا النوع من الخوازيق CFA يتم صب الخرسانة بضخها بطلمبة ذات ضغط كاف يمكن التحكم فيه . ولضمان تدفق الخرسانة يجب أن تكون ذات : slump = ١٧٥± ٢٥مم ، ويفضل إضافة مواد لتأخير الشك الابتدائي retarders ومواد زيادة اللدونة plasticizers . وقبل بدء الضخ ترتفع البريمة قليلا ٢٠٠- ٣٠٠ ملليمتراً للسماح بطرد سدادة ماسورة البريمة.

٣/٨/٢/٤ الإحتياطات الواجب مراعاتها أثناء تنفيذ الخوازيق

معظم أنواع الخوازيق معرضة بعض الشيء لحدوث تلفيات بها أثناء التنفيذ ،على أنه باستعمال المعدات الحديثة وطرق التنفيذ المناسبة يمكن تلافى هذه التلفيات أو تقليلها. ويجب أن نشير إلى أن التنفيذ الجيد لا يعنى عدم حدوث تلفيات للخازوق فحسب ، ولكن أيضا يؤكد سلامة جسم الخازوق وقدرته لتحمل الإجهادات الناتجة أثناء التنفيذ. وفى بعض الأحيان يتطلب الأمر عمل أبحاث تربة على درجة عالية من الدقة والكفاءة لتفادى حدوث تلفيات للخوازيق أثناء تنفيذها.

٣/٨/٢/٤ (أ) في الخوازيق الخشبية

لتلافى حدوث تلفيات بمقدمة الخازوق tip يجب عدم الدق فى الأراضى التى توجد بها عوائق كثيرة أو التى تسبب مقاومة شديدة أثناء الدق. وعموما فإنه من الأفضل تزويد الخوازيق الخشبية بمقدمة حديدية لحماية مقدمة الخازوق خصوصا للخوازيق التى تعتمد أساسا على الإرتكاز وتكون هذه المقدمة مسطحة وتغطى المقدمة بالكامل. ويجب ملاحظة تتابع نزول الخازوق أثناء الدق. فعند انخفاض مقاومة الأرض فجأة أى سرعة نزول الخازوق يكون ذلك مؤشرا لاحتمال حدوث كسر فى الخازوق ويمكن فى هذه الحالة سحبه وفحصه أو دق خازوق بدلا منه. كذلك عند زيادة المقاومة فجأة يجب التوقف عن الدق حيث أن شدة الدق overdriving هى أهم الأسباب التى تؤدى إلى كسر الخوازيق الخشبية، وعموما فإن مقاومة الارض التى تعادل ٢٥ ملليمتراً اختراق لكل ٥ دقات باستعمال شاكوش ذو طاقة ٢٥ كيلو نيوتن.متر (٢,٥٠ طن. متر) تعتبر الحد الذى عنده يتوقف الدق لخازوق مقطعه حوالى ٣٠٠ x ٣٠٠ ملليمتراً.

هز الخرسانة حتى نتجنب حدوث سيولة bleeding . وعند سحب الغلاف تكون الخرسانة دائما أعلا كثيرا من أسفل الغلاف الذى يسحب بواسطة الشد المباشر أو الهز أو بواسطة oscillator ويجب أن تكون الخرسانة ذات Slump =٢٠٠مم±٢٥مم.

٣- خوازيق محفورة بواسطة بريمة

في هذا النوع من الخوازيق CFA يتم صب الخرسانة بضخها بطلمبة ذات ضغط كاف يمكن التحكم فيه . ولضمان تدفق الخرسانة يجب أن تكون ذات : slump = ١٧٥± ٢٥مم ، ويفضل إضافة مواد لتأخير الشك الابتدائي retarders ومواد زيادة اللدونة plasticizers . وقبل بدء الضخ ترتفع البريمة قليلا ٢٠٠- ٣٠٠ ملليمتراً للسماح بطرد سدادة ماسورة البريمة.

٣/٨/٢/٤ الإحتياطات الواجب مراعاتها أثناء تنفيذ الخوازيق

معظم أنواع الخوازيق معرضة بعض الشيء لحدوث تلفيات بها أثناء التنفيذ ،على أنه باستعمال المعدات الحديثة وطرق التنفيذ المناسبة يمكن تلافى هذه التلفيات أو تقليلها. ويجب أن نشير إلى أن التنفيذ الجيد لا يعنى عدم حدوث تلفيات للخازوق فحسب ، ولكن أيضا يؤكد سلامة جسم الخازوق وقدرته لتحمل الإجهادات الناتجة أثناء التنفيذ. وفى بعض الأحيان يتطلب الأمر عمل أبحاث تربة على درجة عالية من الدقة والكفاءة لتفادى حدوث تلفيات للخوازيق أثناء تنفيذها.

٣/٨/٢/٤ (أ) في الخوازيق الخشبية

لتلافى حدوث تلفيات بمقدمة الخازوق tip يجب عدم الدق فى الأراضى التى توجد بها عوائق كثيرة أو التى تسبب مقاومة شديدة أثناء الدق. وعموما فإنه من الأفضل تزويد الخوازيق الخشبية بمقدمة حديدية لحماية مقدمة الخازوق خصوصا للخوازيق التى تعتمد أساسا على الإرتكاز وتكون هذه المقدمة مسطحة وتغطى المقدمة بالكامل. ويجب ملاحظة تتابع نزول الخازوق أثناء الدق. فعند انخفاض مقاومة الأرض فجأة أى سرعة نزول الخازوق يكون ذلك مؤشرا لاحتمال حدوث كسر فى الخازوق ويمكن فى هذه الحالة سحبه وفحصه أو دق خازوق بدلا منه. كذلك عند زيادة المقاومة فجأة يجب التوقف عن الدق حيث أن شدة الدق overdriving هى أهم الأسباب التى تؤدى إلى كسر الخوازيق الخشبية، وعموما فإن مقاومة الارض التى تعادل ٢٥ ملليمتراً اختراق لكل ٥ دقات باستعمال شاكوش ذو طاقة ٢٥ كيلو نيوتن.متر (٢,٥٠ طن. متر) تعتبر الحد الذى عنده يتوقف الدق لخازوق مقطعه حوالى ٣٠٠ x ٣٠٠ ملليمتراً.

٣/٨/٢/٤ (ب) في الخوازيق الحديدية

هذه الخوازيق تكون عادة ذات قطاع H قابلة للثنى. ولذلك فإن الخوازيق الطويلة منها يكون من الأفضل سندها على مسافات بطول قائم الماكينة mast لمنع انبعاجها buckling أثناء الدق. ويجب التأكد من عدم وجود عوائق تحت سطح الأرض حيث يؤدى ذلك إلى تهشم مقدمة الخازوق. ويمكن تلافى ذلك بتزويد المقدمة بالتقويات المناسبة. ونظرا لصغر القطاع بالنسبة للطول فإن هذه الخوازيق لها قابلية للإنحراف عن مكانها خصوصا عند مقابلتها لطبقات صخرية مائلة. ويمكن زيادة جساءة الخازوق أو عمل حفر مسبق لتقليل الإنحراف. وفى الحالات التى يستدعى فيها رصد هذا الإنحراف يكون ذلك بتزويد الخازوق بمواسير فحص تعمل بداخلها أجهزة الرصد inclinometers . ويجب التأكد قبل الدق من أن القطاع التصميمى يتحمل إجهادات الدق للوصول إلى الأعماق المطلوبة مع الأخذ فى الإعتبار نوع الأرض التى سيخترقها.

٣/٨/٢/٤(ج) في الخوازيق الخرسانية سابقة الصب

المشاكل التى تصاحب دق هذا النوع من الخوازيق يمكن تلخيصها كالاتى:

١- تهشم جزئى spalling

٢- تشققات cracking

٣- كسر breaking

ويحدث التهشم الجزئى إما عند نهاية الخازوق pile tip أو عند الرأس pile head أو عند زوايا جسمه. ومن العوامل التى تؤدى إلى ذلك:

أ- شدة مقاومة الأرض للدق،

ب- ضعف وسادة الدق،

ج- عدم تمركز الشاكوش مع الخازوق أثناء الدق،

د- عدم الدقة أثناء تصنيع الخازوق كأن يكون السطح الأفقى لرأس الخازوق غير متعامد مع المحور الرأسى، أو أن يكون حديد التسليح مكشوفا عند الرأس، أو عدم وجود كانات كافية عند رأس الخازوق أو نهايته،

هـ- عدم شطف الزوايا فى حالة الخوازيق المربعة.

وتحدث التشققات على طول جسم الخازوق بسبب زيادة الإجهادات الناتجة عن الضغط أو الشد أو اللى نتيجة شدة مقاومة الأرض ، أو حدوث انحناء فى جسم الخازوق. وعندما تزيد هذه الإجهادات بدرجة كبيرة يؤدى ذلك إلى كسر الخازوق.

ولمنع حدوث التهشم الجزئى فى نهاية الخازوق يجب تفادى شدة الدق خصوصا عند وجود عوائق أو عند الدق حتى الطبقة الصخرية. كما أن العناية بوسادة الدق والتأكد من تمركز الشاكوش مع الخازوق يمنع حدوث التهشم الجزئى عند رأس الخازوق. ويمكن تقليل إحتمال حدوث التشققات خصوصا فى حالة الخوازيق الطويلة ذات القطاع الصغير إذا زود قائم الماكينة mast بدلائل guides على مسافات لتفادى الإنبعاج أثناء الدق. وتكون هذه الدلائل مهمة فى حالة الخوازيق المائلة لتفادى الإنحناء نتيجة وزن الخازوق.

وعندما يقابل الخازوق مقاومة ضعيفة أثناء الدق يجب تقليل الدق حتى لا يؤدى ذلك إلى حدوث قوى شد tensile forces والتى بدورها تحدث تشققات. ويستمر تقليل الطاقة حتى تزداد المقاومة أى رد الفعل. وتحدث قوى الشد أيضا إذا لم تقابل موجات الإجهادات المنعكسة من أسفل إلى أعلى الوزن والتركيبة المناسبة pile cushion system لوسادة الدق والتى يجب أن تعمل على عدم انعكاسها مره أخرى إلى أسفل كموجة شد tensile wave . ويمكن تقليل قوى اللى torsion إذا استعمل طربوش دق helmet or driving cap بحيث يسمح بدوران الخازوق أثناء الدق. وعموما فإن معظم المشاكل التى تصاحب الدق يمكن تقليلها بصورة فعالة إذا اعتنى بتركيبة الوسادة مع الطربوش.

وفى حالة عمل وصلات يجب التأكد من استقامة الوصلات مع الخازوق الأصلى لتفادى الإنحناء والإنبعاج عند الوصلات. حيث أن ذلك يمكن أن يؤدى إلى شرخ أو كسر الخازوق. كما يجب أن تكون هذه الوصلات مصممة بحيث يمكنها نقل طاقة الدق وتحمل كل الاجهادات الناشئة عن الدق والمناولة والتخزين.... الخ.

وعند التنفيذ فى المياه يجب حماية الخوازيق من الإنحناءات الزائدة excessive bending نتيجة الأمواج والتيارات المائية ووزن الخازوق والصدمات. ويكون ذلك بعمل شكالات مؤقتة temporary bracing إلى أن يتم ربط الخوازيق فى المنشأ. وفى حالة الخوازيق المائلة batter المدقوقة فى المياه يجب ربط رؤوس الخوازيق بشكالات مؤقتة قبل فكها من قائم الماكينة.

٣/٨/٢/٤ (د) في خوازيق الدق الخرسانية المصبوبة فى مكانها

١- بدون استعمال ماسورة دائمة :

تنفذ هذه الخوازيق بدون استعمال ماسورة دائمة ولذلك يجب تفادى حدوث تحرك جانبى للتربة أو أى عوائق موجودة بها فى إتجاه الخازوق الذى انتهى صبه، أو تحرك التربة رأسيا بسبب زيادة تكثيفها أثناء الدق. أو تولد ضغوط فى التربة غير القابلة نوعا ما للإنضغاط. وعليه فإن هذا النوع من الخوازيق معرض للمشاكل التالية: مثل النقص فى القطاع الخرسانى أو تداخل التربة مع الخرسانة، أو الإنفصال الكامل.

لذلك يجب الإحتياط عند تنفيذ هذه الخوازيق بأن توضع خطة مسبقة لتتابع الدق. وعموما فإنه فى جميع الأحوال يكون الدق من الداخل إلى الخارج ويفضل ألا تقل المسافة بين محورى الخازوق المدقوق الحديث الصب والخازوق الذى يليه عن حوالى ٢,٥ متراً أو ٥ مرات قطر الخازوق أيهما أكبر. ويجب ملاحظة السطح العلوى للخرسانة فى الخازوق الذى انتهى تنفيذه أثناء العمل فى الخازوق الذى يليه. فإذا ارتفعت الخرسانة أو انخفضت بصورة واضحة فيجب إيقاف الدق فورا ومعرفة السبب قبل البدء فى التنفيذ مرة أخرى إما بتكملة الدق فى نفس الخازوق أو بتنفيذ خازوق آخر بديل.

ويجب الإحتياط لمنع حدوث ظاهرة arching فى الخرسانة التى تملأ الماسورة، حيث أن هذا يمكن أن يؤدي إلى حدوث نقص فى قطاع الخازوق أو إنفصال كامل فى جسمه. ولهذا يجب أن تكون الخرسانة ذات slump كاف (١٥٠ ± ٢٥ مم)، أو باستعمال هزاز داخلى أو خارجى أو بالدق الخفيف على الماسورة أثناء سحبها. كما يجب العناية بإبقاء الماسورة نظيفة من الداخل لمنع تراكم اللبانى watery concrete وذلك بغسيل الماسورة يوميا عند نهاية العمل.

وقبل سحب الماسورة يجب التأكد من أن إرتفاع الخرسانة داخلها لا يقل عن ٤,٠ متراً كما يجب الأخذ فى الإعتبار إضافة خرسانة لتعويض تخانة الجزء المسحوب من الماسورة. وعموما فانه يفضل أن تكون الماسورة أطول من الخازوق ٢,٠ متراً مثلا بحيث تملأ بالخرسانة أعلا من سطح الأرض ثم تسحب بعد ذلك. وأثناء سحبها يجب التأكد من منسوب الخرسانة داخلها إما بالدق عليها أو بإنزال الدليل داخلها.

ويجب ان يكون حديد التسليح مستقيما وعلى مسافات متساوية ويتم ذلك باستخدام أطواق حديدية تثبت الأسياخ عليها باللحام. ويجب ألا يقل الغطاء الخرسانى عن ٥٠ ملليمتراً ،ويراعى فى حالة تعرض الخازوق لجهود إنحناءات أو شد ان توضع تخانات حول الأسياخ أو الكانات لضمان

تمركز الحديد مع القطاع الخرسانى. ويجب أن تكون الماسورة المستعملة ذات تخانة مناسبة لجهود الدق المعرضة لها لا تقل عن ٦ ملليمتراً حتى لا يتسبب ذلك فى حدوث إنحناء فى الماسورة وبالتالى فى جسم الخازوق. كما يجب ان تكون نهاية الماسورة المرتكزة على الزنبة مستوية وليس بها أى تعرجات تسمح بدخول المياه. كما يجب أن تكون جدران الزنبة ملحومة جيدا فى قاعها حتى لا يحدث إنفصال بينهم أثناء الدق ، كما يجب أن يكون القاع ذا تخانة تتناسب مع قطر الخازوق ولا تقل عن ١٠ ملليمتراً.

٢-خوازيق إزاحة بماسورة دائمة وباستعمال مندالة داخلية

في حالة استخدام هذا النوع من الخوازيق mandrel driven cased piles يجب التأكد من عدم وجود عوائق تحت سطح الأرض مثل الحجارة الكبيرة والأساسات القديمة... إلخ أثناء التنفيذ، حيث أنها تؤدى إلى الإضرار بالماسورة. كما أنه فى بعض الأحيان تؤدى الضغوط المتولدة فى التربة نتيجة الدق الشديد إلى الإنبعاج وإنحناء جدران الماسورة للداخل بعد خروج المندالة.

ويمكن التغلب على ذلك بالحفر المسبق predrilling . أو باستعمال ماسورة ذات تخانة أكبر أو باستعمال ماسورة معرجة corrigated . وعند التأكد من قدرة الماسورة على تحمل ضغوط التربة الجانبية فيمكن ترك الماسورة مفتوحة من أعلا ، ثم تصب الخرسانة فى وقت لاحق، ولزيادة الإحتياط يترك داخل الماسورة مندالة غير عاملة dummy mandrel أو تملأ الماسورة بالمياه لمعادلة تلك الضغوط. وعموما فإنه قبل صب الخرسانة يجب فحص داخل الماسورة جيدا للتأكد من خلوها من إى إنحناءات أو تمزق لجدرانها.

٣/٨/٢/٤ (هـ) في خوازيق التثقيب

١- خوازيق تستعمل فيها ماسورة دائمة أو مؤقتة

مشاكل التنفيذ لهذا النوع من الخوازيق تشمل:

- إحتمال فوران التربة الرملية عند قاع الحفر.
- وجود تربة سائبة أو متهايلة عند قاع الخازوق،
- نقص فى قطر الخازوق necking ،
- تداخل التربة مع خرسانة الخازوق.
- وجود فجوات أو فصل كامل فى جسم الخازوق.

ففى حالة وجود تربة غير متماسكة القوام مثل التربة الرملية السائبة loose sand أو العضوية organic أو الطمية أو الطينية خصوصا المتواجدة تحت منسوب المياه- يجب استعمال غلاف steel casing لمنع تهايل جدران الحفرة أثناء التنفيذ. كما يمكن الاستعاضة عن ذلك فى بعض الحالات بأستعمال معلق البنتونيت ولكن يجب العناية باختيار النوع عالى الجودة وبالنسب التى تفى بالغرض حسب كل حالة. وعموما يكون من الأفضل إجراء إختبار حقلى لاختيار أنسب الطرق.

وعند صب الخرسانة فى حالة استعمال غلاف مؤقت يجب التأكد من بقاء سطح الخرسانة أعلا دائما من نهاية الغلاف أثناء سحبه. ويجب عدم استعمال خرسانة قليلة المياه low slump لما لها من اضرار سبق الإشارة إليها فى البند (٢/٨/٢/٤(هـ)). ويجب التأكد من عدم صب الخرسانة مباشرة فى الحفرة. ففى حالة الحفرة الجافة يمكن استعمال ماسورة قصيرة مزودة بقمع وتكون متمركزة مع قطر الحفرة. أما فى حالة وجود معلق البنتونيت فتصب الخرسانة باستعمال ماسورة طويلة مزودة بقمع قطرها ١٥٠مليمتراً tremie pipe وتكون الماسورة دائما مغموسة داخل الخرسانة مسافة لا تقل عن ٢,٠ متراً. ويجب تكملة الصب بهذه الطريقة حتى تملأ الخرسانة الحفرة بالكامل ، طاردة معلق البنتونيت أو معلق الأسمنت (لبانى) أو أى مواد أخرى عالقة. وتكون الماسورة مكونة من وصلات بأطوال ١-٣ مترا ويكون تجميعها بواسطة فلاووظ أو بواسطة فتيل، ويجب غسيل المواسير بعد الإستعمال وتشحيم مكان التجميع (نهاية الوصلات) ثم حفظها فى حامل مصمم خصيصا لهذا الغرض.

٢- الخوازيق الشريطية

يجب ملاحظة الوابرات ملاحظة دقيقة وتغييرها فورا إذا ظهر أى قطع بها (رايش). وعموما فأنه يمكن تحديد ساعات العمل بهذة الوابرات حسب نوعها وصعوبة الحفر وحساسية السائق .. إلخ، بحيث يتم تغييرها حتى بدون ظهور أى تقطيع بها.

ويجب العناية بتشحيم الجراب والبكر المتصل بالخراطيم وكذلك الوابرات. كما يجب ملاحظة أى تسريب للزيت والضغوط على مانومترات وحدة القوى. ويجب أن تكون الخراطيم مشدودة وتتحرك على البكر صعودا ونزولا بانتظام وليس بها أى ترخيم حيث يمكن أن يؤدى ذلك إلى إنحشارها فى الحائط الدليلى وقطعها أثناء سحب الجراب إلى أعلا.

ويجب العناية التامة برأسية الحفر باستعمال الميزان ذي الفقاعة ووضع علامات على الحائط الدليلى كذلك يجب لف الجراب أثناء الحفر ١٨٠ درجة حيث أن أظافر الجراب غير متساوية فى العدد على جانبى الفكين.

٣- خوازيق الحفر البريمى المستمر

عدم دقة التنفيذ لهذا النوع من الخوازيق CFA يمكن أن تؤدي إلى وجود قطاع طولى غير منتظم ويأخذ ذلك عدة صور:

أ - وجود فجوات فى القطاع الخرسانى والتى يمكن أن تملأ بالتربة.

ب - نقص فى مقطع الخازوق necking .

ج - حدوث فصل كامل فى جسم الخازوق.

قبل التنفيذ يجب التأكد من عدم وجود عوائق تحت الأرض مثل الأساسات القديمة أو الحجارة الكبيرة أو التكوينات الصخرية غير المستمرة. يبدأ الحفر بدوران البريمة فى إتجاه عقرب الساعة. ويجب أن يوقف الدوران عند الوصول إلى طبقة التأسيس لتفادى السحب الزائد للتربة لما له من تأثير ضار سواء على الخازوق المنفذ أو الخوازيق المجاورة. وقبل البدء فى ضخ الخرسانة ترفع البريمة حوالى ٣٠٠ ملليمتراً للسماح بفتح السدادة واندفاع الخرسانة. ويستمر الضخ بدون سحب حتى يزداد الضغط أسفل البريمة. ويفضل أن تنزل إلى موضعها الأول قبل السحب. وعند سحب البريمة أثناء ضخ الخرسانة أو المونة يجب أن يكون معدل الضخ أكبر من السحب لتفادى حدوث انفصال فى جسم الخازوق أو نقص فى مقطعه. ويجب ألا يتوقف الضخ أثناء السحب. وفى حالة حدوث ذلك يتوقف السحب فورا. وعند استئناف الضخ مرة أخرى يجب أن تنزل البريمة مسافة ٢٠٠-٣٠٠ ملليمتراً قبل بدء السحب الذى يجب أن يكون بطريقة متصلة سلسة smooth continuous وفى إتجاه عقرب الساعة. ولا يسمح بالدوران العكسي أثناء الضخ.

ويراعى قياس الضغط بواسطة أجهزة توضع أعلا البريمة ويمكن قراءتها على مبين أمام عامل تشغيل الماكينة حتى يمكنه التحكم فى معدل سحب البريمة. وتزود بعض الأجهزة بتوصيلات لتسجيل العمق أثناء الحفر أو السحب، كما يمكن إخراج هذه النتائج مطبوعة بواسطة printer حتى يسكن الرجوع إليها عند الحاجة.

ويجب أن يكون ضغط الضخ أكبر من الضغوط الجانبية للتربة. على أنه يجب خفض الضغط إلى أقل درجة فى حالة التربة الطينية الضعيفة جدا (q_u<25 kN/m^2) لتفادى فقد الخرسانة أو التأثير الضار على الخوازيق المجاورة التى لم تشك خرسانتها بعد. ولذلك يفضل ألا تقل المسافة بين خازوقين متتالين أثناء التنفيذ عن ٥ مرات القطر. ويجب أن تكون كمية الخرسانة المضخوخة أكبر من المكعب النظرى للخازوق بحوالى ١٠-١٥% . على أنه إذا زادت الكمية كثيرا عن ذلك فيجب بحث هذا الأمر ومعرفة الأسباب قبل البدء فى التنفيذ مرة أخرى. كما يجب ملاحظة الخازوق الذي انتهى تنفيذه ولم تشك خرسانته بعد. حيث أنه فى بعض الحالات يحدث اتصال بين هذا الخازوق والخازوق الجارى تنفيذه مما يسبب فقدا لخرسانة ذلك الخازوق، ولذلك يوقف التنفيذ فورا لفترة ١/٢ – ١ ساعة لإعطاء وقت للخرسانة فى الخازوق السابق أن تتماسك مع ملاحظته جيدا أثناء التنفيذ. وإذا استمر الهبوط بعد ذلك فيجب تفريغ هذا الخازوق وإعادة تنفيذه مرة أخرى.

تقاس كمية الخرسانة المضخوخة بإحدى الطريقتين التاليتين:

١- بمعايرة طلمبة الضخ (م ٣/ الضخة الواحدة) ومنه يحدد معدل سحب البريمة بعد الأخذ فى الإعتبار معامل أمان كاف حسب نوع التربة.

٢- بواسطة أجهزة توضع أعلا البريمة وتقيس كمية الخرسانة بطريقة الكترونية ويسجل ذلك على المبين الموضوع أمام عامل الماكينة. وكما فى قياس الضغط يمكن طبع نتائج كمية الخرسانة أثناء السحب.

وبعد إتمام عملية الضخ وسحب البريمة يبدأ فى إنزال القفص الحديدى والذى يجب أن يكون مستقيما تماما أثناء إنزاله وذلك بتقويته بعمل أطواق قطر ١٦ ملليمتراً على مسافات ١,٠-١,٥ متراً ملحومة مع الحديد الرئيسى كما تلحم الكانات. ويفضل وضع تخانات spacers لضمان تمركز القفص مع جسم الخازوق ويجب ألا يقل الغطاء الخرسانى عن ٥٠ ملليمتراً.

٤- خوازيق ذات ركيزة متضخمة

عند تنفيذ هذا النوع من الخوازيق يجب العناية عند تكوين الإتصال بين قاعدة إرتكاز الخازوق المتضخمة bulb وجسم الخازوق. فمثلا يجب التأكد من عدم خروج السدادة الخرسانية concrete plug أسفل الماسورة، ولذلك يجب تثبيت علامة واضحة على الشداد السلب الحامل للمندالة مع تثبيت الماسورة فى مكانها، وتلاحظ تلك العلامة بالنسبة للماسورة أثناء دقها. ولا

تستخدم هذه الخوازيق فى الأراضي المكونة من مواد عضوية أو تربة طينية ضعيفة جدا حيث أنها تعتمد فى المقام الأول فى نقلها للأحمال على التكوين السليم لقاعدة ارتكاز الخازوق وتكثيف التربة المحيطة. وتعتبر مرحلة تكوين قاعدة الإرتكاز المتضخمة هى أدق مراحل التنفيذ ولذا تسجل بيانات تنفيذ هذه المرحلة بعناية لتفادى أى فصل أعلا قاعدة الإرتكاز، وللتأكد من أن كل الطاقة الناتجة عن الدق قد وصلت قاعدة الإرتكاز وأن حجم الخرسانة يكافىء الحجم اللازم لقاعدة الإرتكاز المتضخمة.

وفى حالة تسليح الخازوق بقفص حديدى فان المندالة تعمل داخل هذا القفص ولذا يجب العناية أثناء سقوط المندالة وسحبها حتى لا تحتك بالحديد مما قد يؤدى إلى إنفصاله وثنيه ويكون لحام القفص الحديدى ضروريا فى هذه الحالة. ويجب ملاحظة الأرض المحيطة بالخازوق الجارى تنفيذه فإذا تلاحظ حدوث إرتفاع لسطح الارض heave فقد يكون ذلك مؤشرا لحدوث فصل فى جسم الخازوق المجاور . وفى هذه الحالة لا يستكمل الخازوق ويعمل بديل له. ويمكن التغلب على هذه المشكلة بالحفر المسبق predrilling .

٣/٨/٢/٤ (و) في وصل الخوازيق

يفضل عادة تنفيذ الخوازيق بكامل طولها بدون عمل وصلات pile splicing على أنه فى بعض الأحوال لا يمكن تفادى ذلك ،وأهم الإحتياطات التى يجب التأكيد عليها عند عمل وصلات هى:

١- أن تكون الوصلة متمركزة مع الخازوق المدفون وعلى استقامته ولو أن هذا صعب تحقيقه خصوصا فى الخوازيق ذات القطاع H . حيث أن الخازوق المدفون ممكن أن يأخذ مسارا غير المسار الابتدائي والذى يمكن معرفته أحيانا من قياس رأسية برج الماكينة. وعموما فإنه فى حالة حدوث تغيير كبير فى مسار الخازوق المدفون، فيفضل عمل الوصلة لتأخذ نفس المسار بدلا من تغييره لتلافى حدوث إنحناءات حادة عند الوصلة.

٢- يجب أن تتحمل الوصلة جميع الجهود التصميمية ويشمل ذلك جهود الضغط والإنحناء والشد والقص، ولذلك يجب أن تكون الوصلة فى نفس قوة الخازوق الأصلى.

٤/٨/٢/٤ بعض المشاكل العامة التى تصاحب تنفيذ الخوازيق

٤/٨/٢/٤ (أ) العوائق الأرضية

تأخذ العوائق تحت سطح الأرض subsurface obstructions أشكالا عديدة مثل الأساسات القديمة والأحجار الكبيرة boulders والعدسات الصخرية rock lenses . وعموما فإن وجود هذه العوائق يسبب مشاكل أثناء تنفيذ كل أنواع الخوازيق بدون استثناء. وبالرغم من أهمية أبحاث التربة قبل بدء التنفيذ إلا أنها فى بعض الأحيان لا يمكنها تحديد نوع وحجم العائق ومدى إنتشاره.

ففى حالة وجود هذه العوائق على أعماق قريبة من سطح الأرض (١-٢ متراً) فإنه يمكن التخلص منها بالحفر إليدوى أو الميكانيكى pre – excavation مع الأخذ فى الإعتبار احتمال تواجد المياه. وإذا تواجدت العوائق على أعماق أكبر من ذلك (٣-٥ متراً) فإنه يمكن التعامل معها أما بالحفر المسبق predrilling أو بتفتيتها percussion كما أنه قد يمكن إختراقها أثناء التنفيذ بالدق أو بالتثقيب إذا سمحت درجة تصلدها بذلك. وفى بعض الأحيان يمكن إزاحة العائق جانبيا أثناء التنفيذ، على أنه فى هذه الحالة يجب الأخذ فى الإعتبار احتمال إتلاف أجسام الخوازيق المنفذة بدون غلاف والتى لم تتصلد بعد بدرجة كافية. أما فى حالة تنفيذ الخوازيق بغلاف خارجى فإنه يمكن فحص الغلاف من الداخل لتقدير صلاحيته قبل صب الخرسانة.

وعند وجود هذه العوائق على أعماق كبيرة أكبر من ١٠ متراً فيمكن التخلص منها بالحفر المسبق باختيار نوع المعدة المناسب لنوع العائق. ففى حالة الأحجام الكبيرة يكون الحفر بالكباش أكثر مناسبة. كما يمكن فى بعض الأحيان دق ماسورة مفتوحة فى نهايتها لاحتواء العائق ثم تفرغ بعد ذلك. إذا تواجدت تكوينات صخرية فإن الحفر بالبريمة باستخدام حوافر كاربورندم carborundum bits يمكن أن يؤدى إلى نتائج أفضل. وفى بعض الحالات المستعصية تكون إزاحة العائق أو تفتيته بواسطة التفجير المحدود controlled blasting . وعند الوصول إلى هذه المرحلة من صعوبة التخلص من العائق قد يكون من الأفضل اقتصاديا تغيير أماكن الخوازيق.

يجب التأكد هنا أن الخوازيق الخشبية أو الحديدية قطاع H أو الخرسانية سابقة الصب لا تصلح عادة فى الأراضي التى بها عوائق بالرغم من تقوية نهايتها. ففى الخوازيق الخشبية وسابقة الصب يمكن أن يؤدى وجود العوائق إلى كسر الخوازيق نتيجة شدة الدق وبالنسبة للحديدية فانه يؤدى إلى الانحناء واللي للقطاع.

٤/٨/٢/٤ (ب) إرتفاع (قبيان) أرض الموقع

تظهر هذه المشكلة ground heave عند تنفيذ خوازيق فى تربة لا تنضغط بسهولة مثل التربة الطينية المتماسكة المشبعة بالمياه أو التربة الرملية الكثيفة وينتج عن هذه الظاهرة تولد ضغوط شديدة فى التربة تؤدى إلى:

١- تحرك الخوازيق إلى أعلا مما يكون له تأثير سلبى على حمل التشغيل خصوصا إذا كانت خوازيق ارتكاز. كما يمكن أن يؤدى ذلك إلى حدوث فصل أو اختناق للخوازيق بالأخص التى بدون غلاف أو تسليح مستمر.

٢-تحرك إلى أعلا فى الطبقة الحاملة ويحدث ذلك لخوازيق الإزاحة الممتدة حتى الصخر غير السليم أو الرمل شديد الكثافة، وهذا النوع من حركة التربة إلى أعلا لا يسبب عادة إضرارا للخوازيق.

ويمكن التحقق من هذه الظاهرة برصد الخوازيق التى انتهى تنفيذها أثناء تنفيذ الخازوق المجاور لها. ويمكن معالجة تلك الخوازيق بإعادة دقها إلى مكانها الأصلي، وذلك فى حالة خوازيق الإرتكاز، وإلى أعمق من ذلك فى حالة خوازيق الإحتكاك.

ويمكن منع أو تقليل حدوث هذه الظاهرة باتباع الطرق التالية:

١- يجب أن يكون تتابع الدق من الداخل إلى الخارج كما يمكن أيضا زيادة المسافات بين الخوازيق.

٢- عمل حفر مسبق pre-drilling, pre-excavation للخازوق قبل تنفيذه. وفى هذه الحالة إما أن تترك الحفرة بدون ردم أو تردم بتربة قابلة للإنضغاط. ويفضل أن ينتهى الدق أسفل منسوب الحفر إذا أمكن. وفى بعض حالات التربة شديدة التماسك يبدأ التنفيذ بالحفر على مسافات متساوية فى الإتجاهين ثم تدق الخوازيق بعد خلخلة الأرض وتقليل كثافتها.

٤/٨/٢/٤ (ج) دمك التربة

أثناء توالى عملية الدق تنضغط معظم التربة الحبيبية ground compaction وتزيد كثافتها كثيرا عن الكثافة الإبتدائية. ويظهر ذلك عند تنفيذ كل خوازيق الإزاحة بما فى ذلك الخوازيق المستعمل فيها مواسير مفتوحة فى نهايتها وكذلك الخوازيق ذات القطاع الحديدىH . حيث تتكون سدادة سواء داخل الماسورة أو فى نهاية القطاع الحديدى حول العضب. وبالرغم من أن زيادة كثافة التربة تعتبر تحسينا لخواصها وبالتالى تزيد من معامل أمان الخوازيق، الا انه على الجانب

الآخر يمكن ان يؤدى دمك التربة وزيادة تكثيفها إلى إنحرافات فى مسار الخوازيق أثناء تنفيذها. كذلك ينتج تفاوتا كبيرا فى أطوال الخوازيق مع إحتمال عدم وصولها إلى الطبقة الحاملة. ويمكن التغلب على هذه الظاهرة باتباع نفس التوصيات التى ذكرت فى المشكلة السابقة الخاصة بارتفاع أرض الموقع.

٤/٨/٢/٤(د) إنحراف الخازوق أثناء التنفيذ

يقصد بذلك انحراف الخازوق عن المحور التصميمى pile misalignment . ويكون ذلك إما بميل محور الخازوق بالكامل مع بقائه مستقيما أو بانحراف جزء منه عن الخط الواصل بين رأس ونهاية الخازوق حيث يأخذ مسارا فى هذه الحالة على شكل قوس.

والأسباب التى تؤدى إلى هذه المشكلة كثيرة نذكر منها ما يلى:

١- وجود عيب فنى فى الماكينة مثل عدم استقامة قائم الماكينة mast أو تحركه أثناء التنفيذ.

٢- ميل فى الماسورة أو وجود تعرجات بسطحها الخارجى مما يؤدى إلى صعوبة فى ضبط الرأسية.

٣- وجود عوائق أرضية subsurface obstructions أو تربة صعبة.

٤- قابلية الخازوق أو الماسورة للانحناء بسبب صغر القطاع بالنسبة للطول أو قلة سمك جدار الماسورة.

ولتفادى حدوث هذه الظاهرة يجب أن يكون سطح الأرض الذى تقف عليه الماكينة صلبا ومستويا. وأن تكون الماكينة على درجة عالية من الجساءة والإستقامة، وأن يعتنى باتصال كل من الماسورة والشاكوش مع برج الماكينة فلا يسمح لهما بالحركة الجانبية إلا فى أضيق الحدود. كما يجب أن يكون الشاكوش متمركزا مع الماسورة أثناء الدق.

وفى حالة عمل وصلات يجب التأكد من أن الوصلة قادرة على مقاومة الإنحناءات أثناء التنفيذ، وأن تكون متمركزة وعلى نفس المحور مع الخازوق. وعموما فإن شدة الدق لوجود عوائق مثلا هى إحدى الأسباب الرئيسية لانحراف الخازوق. ويمكن تفادى ذلك بالحفر المسبق. وعند تنفيذ خوازيق بالتثقيب فى أرض جافة وبدون استعمال محلول البنتونيت يمكن التأكد من الرأسية قبل صب الخرسانة. كما أن قياس الرأسية بعد انتهاء الدق لجزء من الخازوق أو الماسورة لا يمكن ان يعطى صورة مؤكدة على مقدار الانحراف. وتؤخذ قياسات الرأسية على كل من البرج والماسورة مرتين على الأقل أثناء التنفيذ بواسطة ميزان لا يقل طوله عن ٤٠٠ ملليمتراً.

وعموما فإن قدرة الخوازيق سابقة الصب أكثر تأثرا من الخوازيق المصبوبة فى مكانها من تأثير ظاهرة ميل الخوازيق. وعند حدوث إنحرافات فى الخوازيق فإن نهاياتها تتقارب أو تتباعد. ويؤدى تقاربها إلى تزايد الاجهادات على طبقة الإرتكاز. ولذلك فإنه فى حالة الخوازيق الطويلة والمعرضة للإنحراف مثل الحديدية على شكل H فيجب تقويتها لزيادة جساءتها وزيادة المسافات بينها.

ويجب تسليح الجزء العلوى من الخوازيق لمسافة مناسبة حيث ان هذا الجزء يكون اكثر الأجزاء تعرضا لجهود الإنحناء الناتجة عن الانحراف كما أنه أقل الأجزاء سندا بالتربة.

٤/٨/٢/٤ (هـ) إزاحة الخوازيق أثناء التنفيذ

(إنحراف مقدمة الخازوق)

يجب العناية بتوقيع أماكن الخوازيق وذلك باستخدام أجهزة مساحية حساسة ويراعى معايرتها من حين لأخر كما يجب عمل الاختبارات بالموقع للتأكد من عدم وجود أى خطأ بها. كما يجب أن تكون أركان الموقع والنقط الثابتة موقعة فى أماكن بعيدا عن سير المعدات ويسهل الرجوع إليها. وعند البدء فى الدق أو الحفر يجب ملاحظة تنفيذ الأمتار الخمسة الأولى حتى لا يأخذ الخازوق مسارا مخالفا لمساره الأصلى بسبب وجود عوائق أرضية أو وجود طبقات متحجرة مائلة... إلخ. ويمكن تصحيح موقع الخازوق بواسطة شده أو دفعه إلى موقعه الأصلى إذا كانت المسافة التى تحركها الخازوق صغيرة. وفى هذه الحالة يجب التأكد من مقدار القوة المؤثرة حتى لا يتسبب ذلك فى انحناء الخازوق فى حالة الخوازيق ذات القطاع H ، أو كسرها فى حالة الخوازيق سابقة الصب أو الخوازيق الخشبية. ومن العوامل التى تؤخذ فى الإعتبار فى هذه الحالة نوع التربة وطول الجزء الحر من الخازوق وأماكن تثبيت الخازوق فى قائم الماكينة.

٤/٨/٢/٤ (و) التنفيذ فى تربة ضعيفة

ويشمل ذلك التربة العضوية organic أو الطينية الضعيفة جدا أو التربة الرملية السائبة خصوصا إذا كانت تحت الماء. وتسبب هذه الأنواع من التربة مشاكل عديدة أثناء التنفيذ مثل فقد كميات كبيرة من الخرسانة أو احتمال حدوث اختناق فى جسم الخازوق necking أو فصل كامل. وفى هذه الحالة يفضل استعمال ماسورة دائمة.

وفى حالة عدم إستعمال ماسورة دائمة يجب ترك مسافة أثناء التنفيذ لا تقل عن ٥ مرات قطر الخازوق. كما يجب التأكد من وجود الخرسانة دائما داخل الماسورة أثناء سحبها. وعند إستعمال

خوازيق الحفر البريمي المستمر يجب عدم زيادة ضغط الضخ عن ٢٥-٣٠ كيلو نيوتن/م٢(٠,٢٥-٠,٣٠ كجم/ سم٢) عند أعلا البريمة حتى لا تؤدى زيادة الضغط إلى انهيار التربة المحيطة وفقد الخرسانة. وعموما يجب تسليح الخازوق فى المناطق التى بها هذه التربة.

٤/٨/٢/٤ (ز) إرتفاع (قبيان) القفص الحديدى أثناء الصب

يجب ملاحظة القفص الحديدى أثناء الصب فإذا تلاحظ حدوث قبيان له فيوقف الصب وتتبع الخطوات التالية:

١- التأكد من أن درجة سيولة الخرسانة slump = ٢٠ -٢٢ سم مقاسة بالمخروط.

٢- التأكد من أن انغماس ماسورة الصب tremie داخل الخرسانة لا يزيد عن ٣م.

٣- تحريك ماسورة الصب tremie صعودا وهبوطا داخل الخرسانة فى حركات سريعة متتالية وذلك لتكسير التصاق الخرسانة بالأسياخ. ويمكن تقليل هذه الظاهرة بثنى الأسياخ الرأسية فى نهايتها السفلى كلها أو بعضها لتكون قاعدة ولكن تسمح بمرور الخرسانة إلى قاع الخازوق.

وفى حالة حدوث هذه الظاهرة فيتوقف الصب لفترة زمنية ١٥-٣٠ دقيقة مع أخذ الإحتياطات السابقة وذلك قبل إستئناف الصب.

٩/٢/٤ إختبارات الخوازيق

١/٩/٢/٤ إختبارات تحميل الخوازيق

تجرى تجارب تحميل الخوازيق لمعرفة تجاوب الخازوق مع الأحمال المؤثرة عليه وبالتالى يمكن مقارنة ذلك بالفروض التصميمية ومعرفة مدى سلامة التنفيذ، وتعتبر تجارب التحميل هى الأساس فى تحديد قدرة تحمل الخازوق ويتركز الشرح اللاحق على المواضيع التالية:

١- نوع تجارب التحميل من حيث إجرائها قبل أو أثناء أو بعد الإنتهاء من التنفيذ.

٢- تجهيز التجربة ويشمل الخازوق والأرض المحيطة به وطريقة تأثير الأحمال على الخازوق.

٣- إجراء التجربة ويشمل قياس الهبوط والحمل وتدوين النتائج.

٤- إستخلاص البيانات المطلوبة من نتائج التجربة.

خوازيق الحفر البريمي المستمر يجب عدم زيادة ضغط الضخ عن ٢٥-٣٠ كيلو نيوتن/م٢(٠,٢٥-٠,٣٠ كجم/ سم٢) عند أعلا البريمة حتى لا تؤدى زيادة الضغط إلى انهيار التربة المحيطة وفقد الخرسانة. وعموما يجب تسليح الخازوق فى المناطق التى بها هذه التربة.

٤/٨/٢/٤ (ز) إرتفاع (قبيان) القفص الحديدى أثناء الصب

يجب ملاحظة القفص الحديدى أثناء الصب فإذا تلاحظ حدوث قبيان له فيوقف الصب وتتبع الخطوات التالية:

١- التأكد من أن درجة سيولة الخرسانة slump = ٢٠ -٢٢ سم مقاسة بالمخروط.

٢- التأكد من أن انغماس ماسورة الصب tremie داخل الخرسانة لا يزيد عن ٣م.

٣- تحريك ماسورة الصب tremie صعودا وهبوطا داخل الخرسانة فى حركات سريعة متتالية وذلك لتكسير التصاق الخرسانة بالأسياخ. ويمكن تقليل هذه الظاهرة بثنى الأسياخ الرأسية فى نهايتها السفلى كلها أو بعضها لتكون قاعدة ولكن تسمح بمرور الخرسانة إلى قاع الخازوق.

وفى حالة حدوث هذه الظاهرة فيتوقف الصب لفترة زمنية ١٥-٣٠ دقيقة مع أخذ الإحتياطات السابقة وذلك قبل إستئناف الصب.

٩/٢/٤ إختبارات الخوازيق

١/٩/٢/٤ إختبارات تحميل الخوازيق

تجرى تجارب تحميل الخوازيق لمعرفة تجاوب الخازوق مع الأحمال المؤثرة عليه وبالتالى يمكن مقارنة ذلك بالفروض التصميمية ومعرفة مدى سلامة التنفيذ، وتعتبر تجارب التحميل هى الأساس فى تحديد قدرة تحمل الخازوق ويتركز الشرح اللاحق على المواضيع التالية:

١- نوع تجارب التحميل من حيث إجرائها قبل أو أثناء أو بعد الإنتهاء من التنفيذ.

٢- تجهيز التجربة ويشمل الخازوق والأرض المحيطة به وطريقة تأثير الأحمال على الخازوق.

٣- إجراء التجربة ويشمل قياس الهبوط والحمل وتدوين النتائج.

٤- إستخلاص البيانات المطلوبة من نتائج التجربة.

٤/٢/٩/١(أ) أنواع إختبارات التحميل

٤/٣/٩/١(أ -١) إختبارات قبل التعاقد

يجرى إختبارات قبل التعاقد pre-contract tests قبل تنفيذ الخوازيق العاملة على خوازيق تنفذ خصيصا بهدف تأكيد فروض التصميم. ولهذا يستمر إضافة الأحمال حتى حمل الإنهيار كلما أمكن ذلك. ويمكن تجهيز الخوازيق بأجهزة إضافية لإمكان قياس الجزء من الحمل المأخوذ بالإحتكاك والآخر المأخوذ بالإرتكاز. ويمكن إجراء هذه التجارب لاختيار أنسب الأنظمة المستعملة ويكون ذلك قبل إسناد الأعمال أو التعاقد. ويجرى هذا النوع من التجارب فى المشاريع الكبيرة أو فى الأراضى الصعبة وتجرى عادة أكثر من تجربة.

٤/٢/٩/١ (أ-٢) إختبارات فى إطار التعاقد

١- إختبارات أولية

تجرى إختبارات اولية preliminary tests داخل إطار التعاقد وقبل تنفيذ الخوازيق العاملة ومنها يمكن استنتاج معاملات التربة soil parameters من واقع سلوك الخازوق أثناء التحميل. كما تحدد هذه التجارب على وجه الخصوص هبوط الخازوق تحت الأحمال المطلوبة وبذلك يمكن تحديد الهبوط المسموح للخوازيق العاملة ومقدار السماح فى هذه القيم.

وعادة تجرى أكثر من تجربة حتى يمكن مقارنة نتائجها بالتجارب على الخوازيق العاملة وفى حالة عدم إجراء تجارب قبل التنفيذ pre-contract tests فيكون من المفيد زيادة الأحمال حتى حمل الإنهيار حتى يمكن تحديد معامل الأمان بدقة. وعموماً فإن هذا النوع من التجارب يجرى فى المشاريع الكبيرة. ويتوقف ما إذا كان المشروع كبيراً أو صغيراً على درجة أهميته وتكلفته وحساسيته للهبوط بالنسبة للغرض من إستخدامه وقيم أحماله. ويخضع كل ذلك لتقدير المهندس الإستشارى.

٢- إختبارات على الخوازيق العاملة

تجرى هذه الإختبارات contract piles' tests فى جميع المشاريع سواء كبيرة أو صغيرة و تدخل في نطاق التعاقد. وتعطى نتائجها المؤشر والضمان لسلامة التصميم والتنفيذ. وفى هذه الحالة لا تحمل خوازيق التجارب حتى حمل الإنهيار ولكن حتى أحمال تزيد على الحمل التصميمى من ٥٠%- ١٠٠% ويمكن إختيار خازوق أو خوازيق التجارب أثناء أو بعد الإنتهاء من التنفيذ. ولا يقل عدد تجارب التحميل عن تجربة واحدة لكل ٢٠٠ خازوق وبحيث لا

تقل فى الموقع الواحد عن تجربة، فيما عدا خوازيق ستراوس حيث يجب ألا يقل عن تجربة لكل ١٠٠ خازوق وبحيث لا يقل العدد عن تجربتين لكل موقع مع مراعاة ما ذكر بالنسبة للخوازيق المفردة (بند ٧/٧/٢/٤).

ويمكن إجراء التجربة على خازوق واحد فى حالة خوازيق الإرتكاز. أما فى حالة خوازيق الإحتكاك فتجرى التجربة على مجموعة من خازوقين أو أكثر.

١/٩/٢/٤ (ب) تجهيز الإختبار

يشمل تجهيز التجربة تجهيز الخازوق،تجهيز الأرض المحيطة بالخازوق، تجهيز وسيلة رد الفعل، تجهيز وسيلة نقل الأحمال، وتجهيز وسيلة قراءة الهبوط.

١/٩/٢/٤ (ب- ١) تجهيز الخازوق

يحفر حول الخازوق حتى يظهر منه حوالى ٠,٥ إلى ١,٠ متراً. ويتم تكسير الجزء العلوى منه حتى تظهر الخرسانة الصلدة وحديد التقفيصة. ويجب ألا يقل مقدار التكسير عن ٥٠٠ ملليمتراً. وينظف أعلا الخازوق وحوله قبل عمل وسادة التحميل، ويدخل الخازوق داخل الوسادة مسافة حوالى ١٠٠ ملليمتراً. ويكون سطحه مستويا إلى حد ما. كما يجب أن تكون الوسادة متمركزة مع الخازوق تماما. وفى حالة عمل التجربة على مجموعة من الخوازيق فيجب أن تكون الوسادة متمركزة مع مركز ثقل المجموعة. وعادة تسلح الوسادة لضمان نقل الأحمال إلى الخازوق بانتظام. ويجب العناية التامة بسطح الوسادة العلوى الذى يجب أن يكون مستويا وأفقيا وليست به اى بروزات أو نتوءات. ويمكن أن يثبت به أسياخ فى أركانه الأربعة بقطر لا يقل عن١٣ ملليمتراً تستعمل فى ربط عدادات الهبوط اللازمة لقياس الهبوط. ويجب تجنب سير المعدات على الوسادة مده تسمح بتصلد الخرسانة ، وتفك الشدة بعد ذلك. ويجب الحفر حول وأسفل الوسادة حتى تمنع انتقال أى جزء من الحمل إلى التربة المحيطة.

١/٩/٢/٤(ب-٢) تجهيز الأرض المحيطة بالخازوق

يجب إخلاء الأرض المحيطة بالخازوق من العوائق الظاهرة فوق سطح الأرض، ويجب أن تكون الأرض متماسكة بدرجة كافية حتى لا تهبط الركائز الحاملة للطبلية platform الموضوع فوقها الحمل عندما يكون رد الفعل بواسطة الأحمال kentledge . وفى حالة عمل فرشة خرسانية أسفل الركائز يجب التأكد التام من عدم إتصالها بالكمرات الحاملة لأجهزة الرصد reference

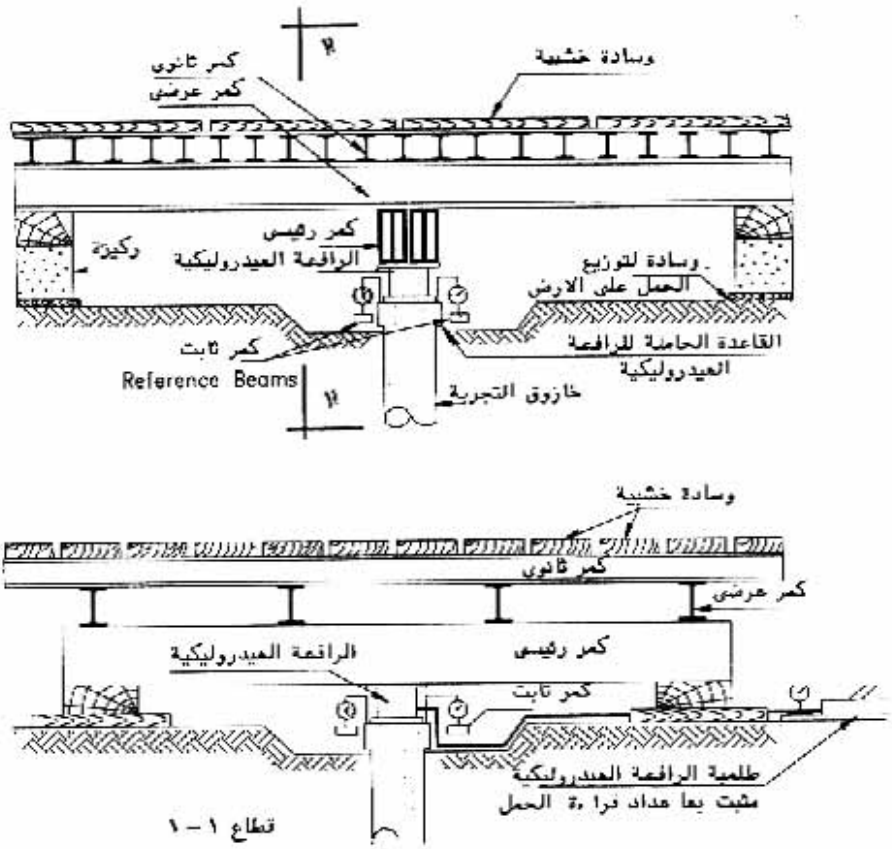
beams . وعندما تكون هناك عوائق لا يمكن إزالتها مثل سور أو أرض مجاورة أو أى منشآت على الرصيف للخدمات العامة- ففى هذه الحالة يمكن اللجوء إلى استخدام رد الفعل بواسطة خوازيق شد أو شدادات tension piles anchors حيث أنها تحتاج إلى حيز أقل، وإلا فيتم إختيار خازوق آخر. كما يفضل أن يكون مستوى الأرض متقاربا مع مستوى الوسادة حيث أن إنخفاض مستوى الوسادة يؤدى إلى صعوبة فى رصد القراءات، وارتفاعها يؤدى إلى صعوبة فى تجهيز الكمرات الحاملة أو رص الأحمال.

٤/٢/٩/١(ب-٣) تجهيز وسيلة رد الفعل

هناك طريقتان لرد الفعل: رد الفعل بواسطة الأحمال، رد الفعل بواسطة خوازيق الشد أو الشدادات.

١- رد الفعل بواسطة الأحمال

يتكون الحمل عادة من مكعبات خرسانية أو حديدية أو شكاير رمل. وترتكز هذه الأحمال على طبلية kentledge مكونة من كمرة أو أكثر رئيسية main beam (s) ، يرتكز فوقها كمرات عرضية cross beams ، يرص فوقها كمرات ثانوية sleepers . ويمكن أن تغطى المسافة بينها بألواح خشبية إذا لزم الأمر قبل وضع الأحمال. ويجب التأكد ألا تنتقل الأحمال مباشرة إلى الخازوق أثناء رصها لذلك يجب العناية التامة بالركائز الموضوعة على الأرض- والتى ترتكز فوقها الكمرات الرئيسية والعرضية. كما يجب ملاحظة أى هبوط فى هذه الركائز حتى لا تلامس الكمرات الرئيسية الرافعة الهيدروليكية hydraulic jack . كذلك يجب أن تكون الركائز وفوقها الطبلية فى مستوى أفقى قبل وضع الأحمال. ويجب ملاحظتها جيدا أثناء رص الأحمال. وإذا تلاحظ وجود ميل فيجب إيقاف الرص ومعالجته، وإلا يتم إنزال الأحمال وتقوية أسفل الركائز التي هبطت. ويوضح شكل رقم(٤-٣١) طريقة إعداد الكمرات والركائز. وعادة تكون الأحمال الموضوعة ذات وزن أكثر من الحمل الأقصى للتجربة حوالى ٢٥ %. وعند وضع الرافعة الهيدروليكية فوق قاعدة الخازوق يجب التأكد من تمركزها مع القاعدة والتى بدورها تكون متمركزة على الخازوق. ولضمان توزيع رد الفعل على القاعدة يجب وضع شريحة حديدية steel plate بسمك لا يقل عن ٣٠ ملليمتراً تحت الرافعة تكون مساحتها ضعف مساحة قاعدة الرافعة كما يفضل وضع شريحة أخرى أعلا الرافعة خصوصا فى حالة وجود أكثر من كمرة رئيسية واحدة.

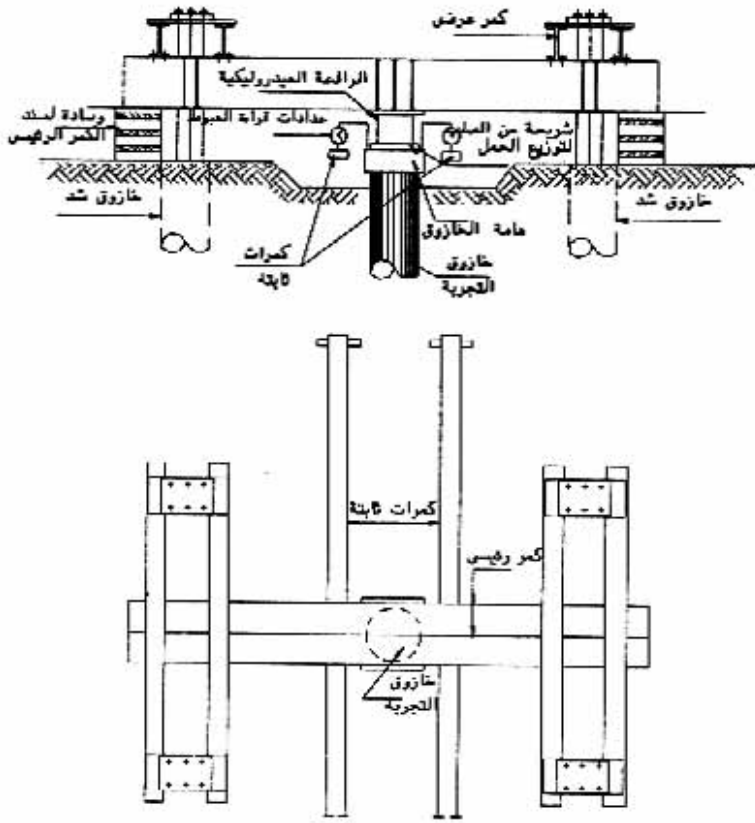


شكل رقم (٤-٣١) : تجربة إختبار حمل رأسى ضاغط على خازوق مفرد

٢- رد الفعل بواسطة خوازيق الشد أو الشدادات

تنفذ خوازيق شد tension piles anchors خصيصا لأخذ رد الفعل المناظر لحمل التجربة ويجب عدم استعمال الخوازيق العاملة لهذا الغرض. ولضمان إتزان مجموعة الكمرات ينفذ عادة أربع خوازيق شد كل اثنين منهما على جانبى خازوق التجربة. وتتكون مجموعة نقل الحمل من كمرة رئيسية main beam (أو كمرتين) وكمرتين عرضيتين cross beams يثبت فى طرفيهما الأسياخ المتصلة بحديد تسليح خوازيق الشد. ويأخذ التثبيت أشكالا وطرقا مختلفة مثل التثبيت باللحام أو الصواميل lock nuts أو الخوابير cone-shaped wedge .

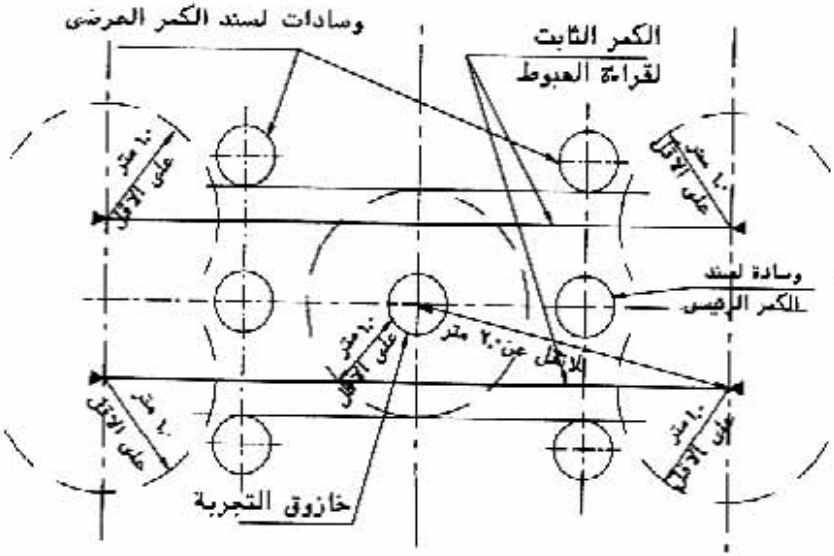
ويوضح الشكل رقم (٤-٣٢) طريقة وضع الكمرات فى تجربة تحميل بحمل رأسى ضاغط باستعمال خوازيق شد.



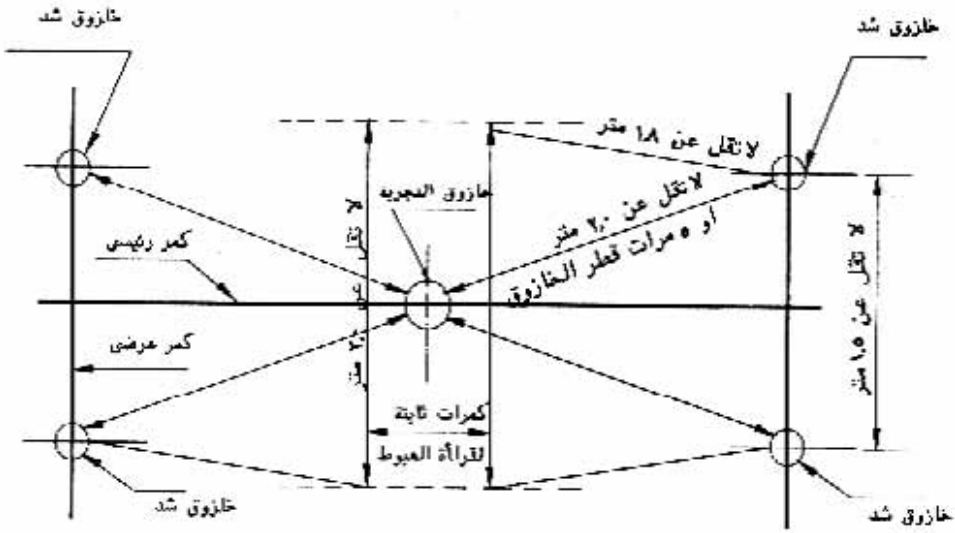
شكل رقم (٤-٣٢) : تجربة إختبار حمل رأسى ضاغط باستعمال خوازيق شد

أما الشكلان رقم (٤-٣٣ أ، ب) فيوضحان الأبعاد المطلوب الإلتزام بها عند تجهيز تجارب التحميل. ويجب التأكد من المسافات الموضحة فى الشكل رقم (٤-٣٣ ب) حتى لا يحدث تأثير من التربة المحيطة بخوازيق الشد على نتائج التجربة مع ملاحظة متابعة حركة خوازيق الشد إلى أعلا أثناء إجراء التجربة.

ويجب تسليح خازوق الشد بكامل الطول. وتحدد المسافات بين الأسياخ حسب طريقة التثبيت المستعملة، ويفضل عدم اللحام أو وصل الصلب عالى المقاومة. ويمكن استعمال شدادات أرضية فى حالة وجود طبقة من الصخر أو الرمال الكثيفة على أعماق قريبة نسبيا (٣٠,٠ متراً). وتعمل أربع شدادات كل إثنين عند نهاية الكمرة الرئيسية، وتثبت أسلاك الشدادات فى الكمر العرضى بواسطة خوابير أو أى طريقة أخرى مناسبة تضمن عدم إنزلاق الكمرات العرضية بالنسبة للأسلاك. ويتبع عند تنفيذ الشدادات نفس الملاحظات الخاصة بالأبعاد المذكورة فى خوازيق الشد (شكل رقم (٤-٣٣ ب)).



شكل رقم (٤-٣٣ أ) يوضح الأبعاد المطلوب الإلتزام بها عند تجهيز تجربة حمل ضاغط باستعمال الأحمال الثابتةKentledge



شكل رقم (٤-٣٣ ب): يوضح الأبعاد المطلوب الإلتزام بها عند تجهيز تجربة حمل ضاغط باستخدام خوازيق شد

١/٩/٢/٤ (ب-٤) تجهيز وسيلة نقل الأحمال

تنقل الأحمال المذكورة فى البند السابق إلى الخازوق بواسطة رافعة هيدروليكية ذات سعة أكبر من حمل التجربة بمقدار ٢٥ % على الأقل. كما يكون مشوار مكبس الرافعة أكبر من ١٠% قطر الخازوق المختبر يضاف إلى ذلك٢٥ ملليمتراً على الأقل نتيجة تقوس الكمرات الحاملة أو إستطالة أسياخ أو أسلاك الشد. وتوضع متمركزة تماما مع الخازوق وقاعدته وكذلك مع الكمرة الرئيسية. ويجب وضع شريحة حديدية steel plate أسفل قاعدة الرافعة بمساحة ضعف مساحة قاعدة الرافعة وبسمك لا يقل عن ٣٠ ملليمتراً. كما يفضل وضع شريحة أخرى أعلا الرافعة عند التقائها بالكمرة الرئيسية.

ويجب التأكد من ترك مسافة كافية بين قاعدة الخازوق وأسفل الكمرة الرئيسية لتسمح بوضع الرافعة والشرائح الحديدية آخذين فى الإعتبار التربيح الممكن حدوثه للدعامات (الركائز) المتمركز فوقها مجموعة الكمرات. وتوصل الرافعة بخرطوم(خراطيم) فى حالة double acting

إلى طلمبة الضخ المثبت بها عداد الضغط أو الحمل. وعند تحويل الضغوط إلى أحمال يجب التأكد من مساحة المكبس الداخلية حسب كتالوج الشركة المصنعة، مع عمل معايرة لبيان الأحمال المناظرة للضغوط فى العداد. ويجب أن تكون معايرة عداد الضغط صالحة وقت إجراء التجربة. وتحدد صلاحية المعايرة وفقا لما يلي:

- تاريخ المعايرة لا يزيد عن ثلاثة أشهر من وقت إجراء التجربة.
- إذا حدث أي تغير في مكونات الرافعة.
- إذا رأي المشرف ما يستدعي عمل معايرة جديدة.

وتكون دقة عداد الضغط فى حدود ± ٢%. ويجب أن يكون خزان الطلمبة مملوءا بالزيت، كما يجب تواجد كميات أخرى إضافية من الزيت لتعويض المسافة التى ارتفعها المكبس.

ويمكن استعمال جهاز أحمال عيارى calibrated load cell column يوضع فوق الرافعة. وفى هذه الحالة يستغنى عن عداد الضغط المثبت فى طلمبة الضخ. ولكن يجب الأخذ فى الإعتبار إرتفاع الجهاز عند تقدير المسافة بين قاعدة الخازوق وأسفل الكمرة الرئيسية.

ويمكن تزويد الرافعة بجهاز لتثبيت الحمل يعمل أوتوماتيكيا. ويستفاد من هذا الجهاز عند تثبيت الحمل لفترات طويلة أو عند حدوث تغير كبير فى درجات الحرارة.

١/٩/٢/٤(ب-٥) تجهيز وسيلة قراءة الهبوط

تتكون مجموعة قراءة الهبوط من كمرتين من الحديد قطاع مجرى أو صندوق عمق ١٠٠-١٥٠ملليمتراً. وتوضع كل كمرة على أحد جانبى قاعدة الخازوق. وترتكز الكمرات فى نهايتها على أسياخ منقوقة فى الأرض بعمق ١,٠ متراً على الأقل أو تثبيت النهايات بالخرسانة. ويجب أن تكون كل كمرة حرة الحركة عند إحدى نهايتيها لتسمح بالتمدد والإنكماش نتيجة تغيير درجات الحرارة أثناء التجربة. ويجب ألا تقل المسافة بين نقط الإرتكاز هذه ومركز الخازوق المختبر عن ٢,٠ متراً بأى حال من الأحوال. وتزيد هذه المسافة فى حالة الخوازيق ذات القطر أكبر من ١,٠ متراً. ويجب التأكد من عدم وجود أى اتصال بين نقط إرتكاز الكمرات وكل من قاعدة الخازوق والدعامات المرتكز فوقها مجموعة كمرات نقل الأحمال. ويوضح الشكل رقم (٤-٣٣) وضع الكمرتين بالنسبة للخازوق والدعامات.

ويقاس الهبوط عادة بإستخدام عدادات هبوط أو ميزان رصد،.كما توجد طرق أخرى أقل شيوعا مثل السلك المشدود على مقياس والطرق الضوئية.

عدادات الهبوط

تثبت عادة أربع عدادات على مسافات متساوية إما على الكمرات أو على قاعدة الخازوق. ويجب أن تكون العدادات فى وضع رأسى ومثبتة تماما حتى لا تنزلق أو تهتز مما يؤثر على قيم الهبوط المسجلة. ويجب أن يكون السطح المرتكز عليه نهاية ساق العداد نظيفا ومستويا وخاليا من أى شوائب أو صدأ.... إلخ. كما يجب التأكيد على عدم إستعمال الشريحة الحديدية أسفل الرافعة لتثبيت أو ارتكاز العدادات، وعادة تكون حساسية القراءات ٠,٠١ ملليمتراً. كما يفضل أن يكون مشوار ساق العداد ٥٠ ملليمتراً ولا يقل بأى حال من الأحوال عن ٢٥ ملليمتراً.

ويجب العناية بالعدادات بعد الانتهاء من التجربة والتأكد من حرية حركة الساق وذلك بمسحها بالقماش الجاف وعدم إستعمال أى سوائل مثل الماء أو البنزين أو الزيت.... إلخ فى تنظيفها. ويجب ملاحظة أى تغيير فى معدل الهبوط بين العدادات لأن ذلك قد يكون مؤشرا على حدوث إنحناء فى رأس الخازوق أو حركة غير عادية فى الكمرات مثل اللى أو الإنحناء. وميزة هذه الطريقة هى الدقة فى القياس خصوصا فى فترة ثبوت الأحمال. كما أنها تستخدم دون سواها عند إجراء تجربة تحميل بطريقة معدل الهبوط الثابت

constant rate of penetration test: CRP

ميزان الرصد

يثبت الميزان على أرض صلدة بعيدا عن مكان التجربة ويبقى كذلك طوال فترة إجراء التجربة. ويفضل أن تكون هناك نقطتا مقارنة ثابتتان على ثوابت مثل حائط أو مبنى قائم أو ما شابه ذلك بعيدا عن التجربة، وتختار نقط المقارنة بحيث يمكن رؤيتها أثناء الرصد بدون نقل الميزان. ويثبت على قاعدة الخازوق ثلاثة مقاييس على الأقل لرصد هبوط الخازوق.

ويجب أن تكون المقاييس المثبتة على الخازوق ونقط المقارنة ذات حساسية ١,٠ ملليمتراً ويجب أن تكون الموازين مزودة بورنية لتسمح بالقراءة بدقة ٠,١ ملليمتراً على الأقل.

وميزة هذه الطريقة أنها بعيدة عن المؤثرات الممكن حدوثها بالقرب من مكان التجربة وكذلك فى الكمرات الحاملة لأجهزة الرصد.

ويفضل الجمع بين الطريقتين عند إجراء التجربة إذا تيسر ذلك.

١/٩/٢/٤ (ج) إجراء الإختبار

يشمل ذلك إضافة (أو إزالة) الأحمال وتسجيل قراءات الهبوط (أو الإرتداد) ثم عمل الرسومات البيانية التى توضح سلوك الخازوق أثناء التجربة وأخيراً وضع التوصيات الخاصة بالحدود المسموح بها لحمل التشغيل والهبوط المناظر له.

١/٩/٢/٤ (ج-١) إضافة الأحمال وتسجيل القراءات

قبل إضافة الأحمال تؤخذ قراءة العدادت الإبتدائية أى عند صفر الحمل، ثم يبدأ فى إضافة الأحمال على مراحل بحيث لا تزيد سعة كل مرحلة عن ٢٥ % من الحمل التصميمى. وتكون فترة مكوث الحمل فى كل مرحلة كما هو مبين بالجدول رقم (٤-١٩) وبحيث لا يزيد معدل الهبوط عند نهاية كل مرحلة تحميل عن ٠,١٠ مم/٢٠ دقيقة وبشرط أن يكون معدل الهبوط متناقصا أو ثابتا لثلاث قراءات متتالية. وتؤخذ القراءات فى كل مرحلة بعد ١-٥-١٠-٢٠-٤٠-٦٠دقيقة ثم بعد ذلك كل ٣٠ دقيقة. وفى حالة مكوث الحمل ١٢ ساعة فيمكن زيادة الفترة بين القراءات إلى ٦٠-١٢٠دقيقة ، وذلك بعد ساعتين من تناقص معدل الهبوط عما جاء بعالية. وأثناء أخذ القراءات يجب التأكد من ثبوت الحمل. وإذا انخفض الحمل أكثر من ٥% من الحمل عند أى مرحلة فيزاد إلى الحمل المطلوب. إما إذا كانت قيمة الانخفاض أقل من ٥% فيفضل عدم زيادة الحمل ويكتفى بتسجيل قيمة الإنخفاض ويؤخذ ذلك فى الإعتبار فى المرحلة التالية وعند عمل الرسومات البيانية.

ويجب الأخذ فى الإعتبار أن إنخفاض الحمل ثم زيادته يؤدى إلى هبوط إضافي للخازوق يرجع إلى التكون الحبيبى للتربة ولا يمثل الهبوط المناظر للحمل. وعموما فإنه من الصعب ثبوت الأحمال الكبيرة لفترة زمنية طويلة ولذلك يفضل تواجد مشرفين طوال فترة إجراء التجربة.

وتسمى هذه الطريقة بتجربة الحمل على مراحل incremental or maintained load test ML . ويمكن زيادة الأحمال بطريقة معدل الهبوط الثابت constant rate of penetration test CRP .

وتكون زيادة الأحمال بحيث يدفع الخازوق داخل الأرض بمعدل ثابت حوالى ٠,٤ مم/ دقيقة فى حالة خوازيق الإحتكاك فى تربة طينية. أما فى حالة خوازيق الإرتكاز فى تربة رملية فيكون المعدل حوالى ٢مم/ دقيقة، ويجب بقاء المعدل ثابتا طوال إجراء التجربة.

جدول رقم (٤-١٩)

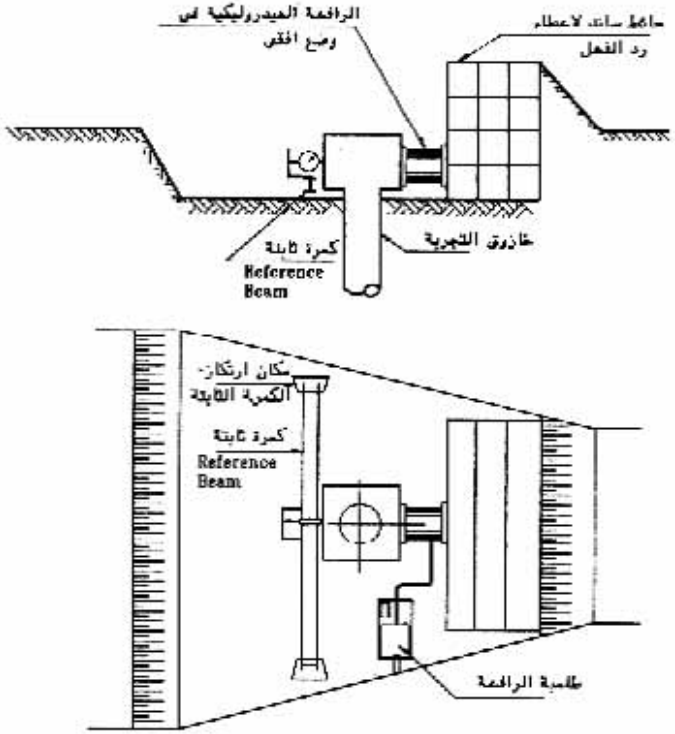
الحمل كنسبة من الحمل التصميمي	فترة مكوث الحمل
% ٢٥	١ ساعة
% ٥٠	١ ساعة
% ٧٥	١ ساعة
% ١٠٠	٣ ساعة
% ١٢٥	٣ ساعة
% ١٥٠ *	١٢ ساعة
% ١٢٥	١٥ دقيقة
% ١٠٠	١٥ دقيقة
% ٧٥	١٥ دقيقة
% ٥٠	١٥ دقيقة
% ٢٥	١٥ دقيقة
صفر	٤ ساعة

*في حالة الإختبارات الأولية، يتم الوصول إلى ٢٠٠% أو أكثر من الحمل التصميمي و ذلك لفترة ١٢ ساعة، ويتم الوصول إلى ذلك الحمل على مراحل كل منها ٢٥% من قيمة الحمل التصميمي لمدة ٣ ساعات مكوث لكل مرحلة.

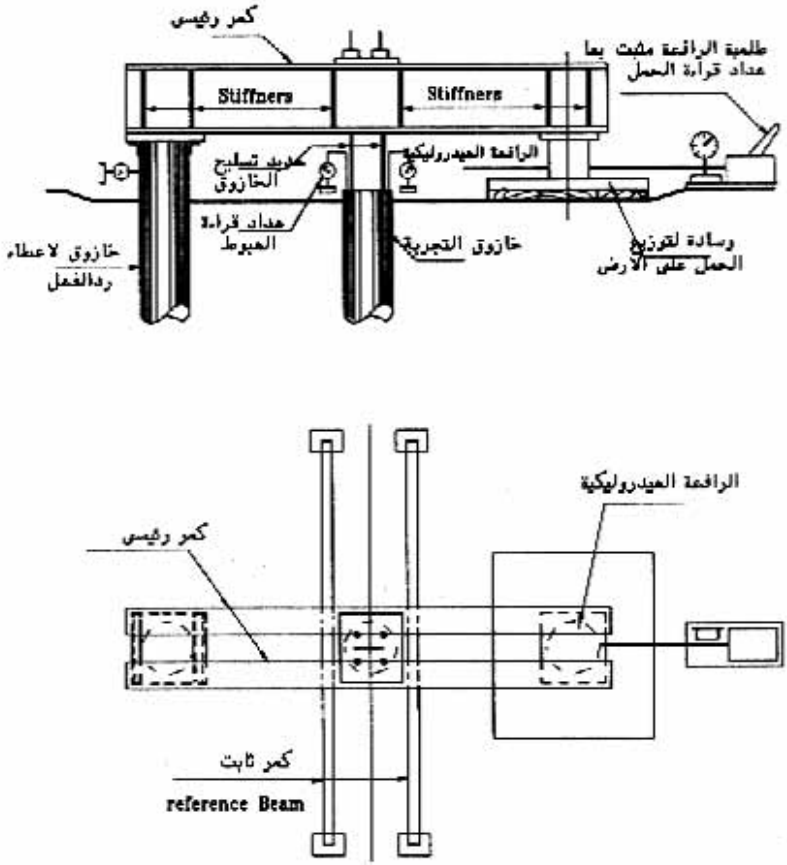
ويجب إستعمال رافعة هيدروليكية مزودة بجهاز كهربائى لزيادة الأحمال حيث أن الرافعة اليدوية لا تتناسب مع هذه الطريقة. كما يفضل إعداد رسم بيانى يوضح الهبوط مع الزمن قبل إجراء التجربة حتى يمكن ملاحظة أي تغيير فى معدل الهبوط وتصحيحه أثناء التجربة.

وتجرى هذه التجربة فقط عندما يكون المطلوب إيجاد الحمل الأقصى. حيث أنه يمكن إجراء التجربة فى زمن قصير (حوالى ساعة). ولكن هذه الطريقة تسبب هبوطا أكبر كثيرا من الهبوط المناظر فى تجربة التحميل على مراحل ML . ويكون ذلك إحدى مشاكل إجراء التجربة حيث يتطلب توافر عدادات هبوط ذات مشوار كبير.

وهناك بعض التجارب الخاصة وإن كانت أقل شيوعا من التجارب المذكورة بعاليه مثل تجـــارب التحميل الأفقي lateral load tests وتجارب الشد uplift tests كما هو موضح فى الشكلين رقم (٤- ٣٤) ورقم (٤- ٣٥).



شكل رقم (٤-٣٤): تجربة إختبار حمل أفقى على خازوق مفرد



شكل رقم (٤-٣٥) : تجربة إختبار شد على خازوق مفرد

٤/٢/٩/١ (ج-٢) تقديم النتائج

بيانات خاصة بالخازوق المختبر:

بيانات عامة: الشركة المنفذة- المقاول العام- الإستشارى- الموقع.

التواريخ: تاريخ تنفيذ الخوازيق- تاريخ إجراء التجربة.

الخازوق: رقم الخازوق- القطر- الطول- التسليح- أى بيانات أخرى.

الطريقة: نظام التنفيذ- طريقة التحميل.

المناسيب: منسوب رأس ونهاية الخازوق.

الأحمال: حمل التشغيل- حمل التجربة.

ملاحظات: أثناء التنفيذ- أثناء التجربة- الجو- التربة.

و يرفق مع النتائج أى بيانات عن التربة أو التجارب الحقلية التى أجريت قريبة من موقع الخازوق المختبر.

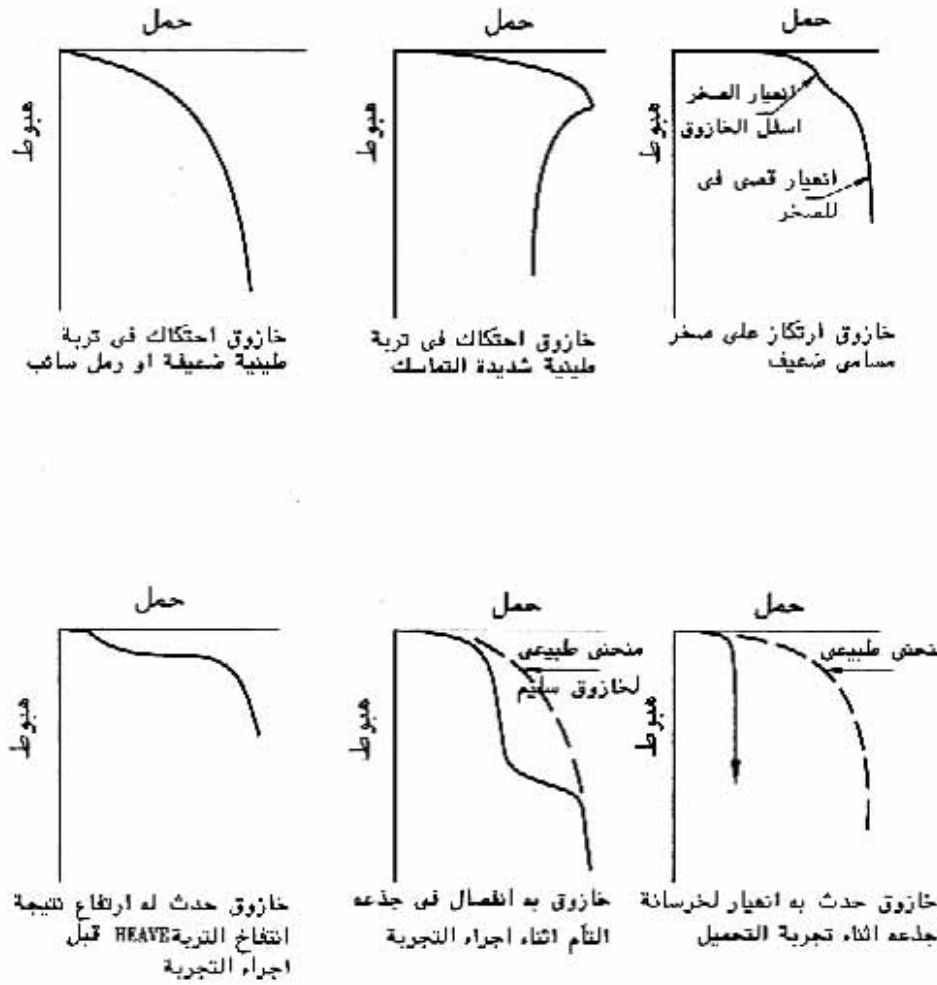
١/٩/٢/٤ (ج -٣)نتائج الرصد:

يجب تقديم رسم بيانى يوضح العلاقة بين الحمل والهبوط. ويجب الأخذ فى الإعتبار أن إختيار مقياس الرسم للمحورين يؤثر على شكل المنحنى مما قد يؤدى إلى تفسير خاطىء للنتائج. وتكمن أهمية شكل منحنى الحمل/ الهبوط فى أنه فى كثير من الأحوال يمكن منه استنتاج سبب إنهيار الخازوق كما هو موضح فى شكل رقم (٤-٣٦) الذي يعطى تفسيرا لبعض الأشكال المختلفة لمنحنيات الهبوط. وتعتبر هذه الأشكال مرشدا فقط- إذ يجب دراسة العوامل المؤثرة على كل تجربة على حدة.

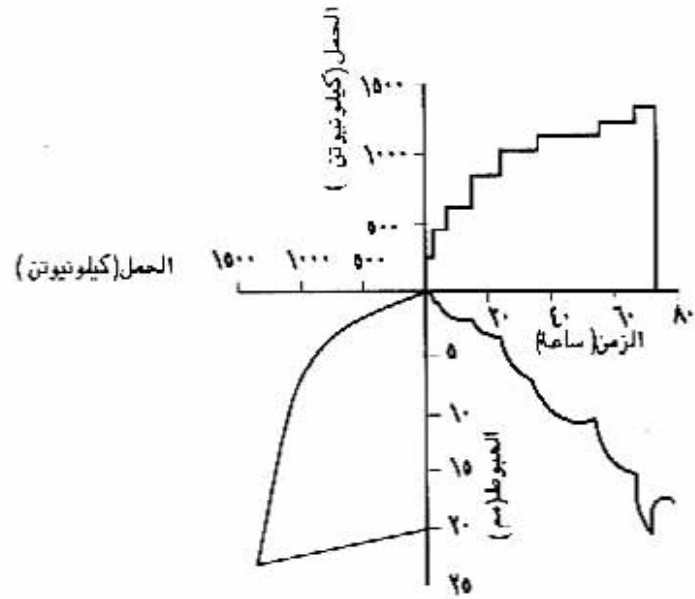
١/٩/٢/٤ (د) تحليل النتائج

ويمكن إعداد منحنيات الهبوط / الزمن- الحمل/ الزمن كما هو موضح فى شكل رقم (٤-٣٧) ويستدل منها على الزمن المناظر لكل حمل ومدى تأثير ذلك على الهبوط ، وتظهر أهمية هذه النقطة فى حالة مكوث الحمل لفترة طويلة.

الغرض من تجارب التحميل هو تحديد وتأكيد حمل تشغيل الخازوق مع الأخذ فى الإعتبار الهبوط المسموح به. ويعتبر تحليل النتائج من أعقد المواضيع المثارة فى مجال الخوازيق. وكما توجد أنواع وطرق مختلفة للتجارب فإن كل نوع أو طريقة تعطى معلومات مختلفة تفيد فى التحليل. فمثلا طريقة معدل الهبوط الثابت يستخلص منها الحمل الأقصى. بينما طريقة التحميل على مراحل تعطى قيم هبوط مناظره للحمل بصورة أدق. كذلك إجراء التجربة بعمل دورات تعطى بيانات عن الهبوط الدائم والهبوط المرن مما يكون له دلالة عند تقييم تجاوب الخازوق مع الحمل. وسنتناول فيما بعد بندين أساسيين هما: استنتاج الحمل الأقصى للخازوق، حمل وهبوط الخازوق المسموح بهما فى تجربة التحميل.



شكل رقم (٤-٣٦) : نماذج لمنحنيات (الحمل/الهبوط) الناتجة عن إختبارات تحميل الخوازيق بالضغط

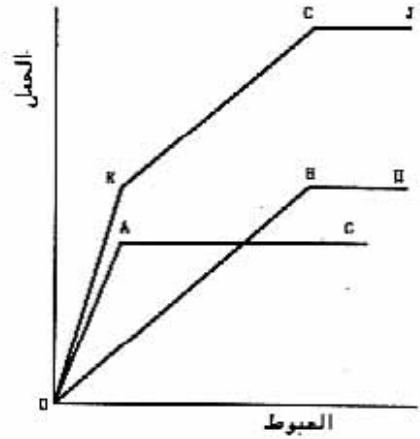


شكل رقم (٤-٣٧): رسم مركب يوضح العلاقة بين الحمل والزمن والهبوط

٤/٢/٩/١(د-١) طريقة نقل الأحمال

يمثل منحنى الهبوط العلاقة بين محصلة الحمل والهبوط لكل من جذع الخازوق وقاعدة إرتكازه. وعموما فعند الأحمال الأولى وحتى حمل التشغيل تكون معظم مقاومة الخازوق للهبوط نتيجة للإحتكاك أو التلاصق بين جسم الخازوق والتربة المحيطة، ويستثنى من ذلك الخوازيق القصيرة و/ أو عندما تكون التربة المحيطة بجذع الخازوق ضعيفة جداً. وتستمر مقاومة جذع الخازوق للأحمال حتى يظهر إنحراف بسيط في منحنى الهبوط. وتمثل هذه المرحلة عادة التعبئة الكاملة لجهود مقاومة جذع الخازوق مسببا هبوطا قد يصل إلى ١٠ ملليمتراً. وتتوقف قيمة هذا الهبوط على حالة التربة وأبعاد الخازوق وبالأخص طوله. وبزيادة الأحمال تنتقل إلى قاعدة إرتكاز الخازوق. ويتأثر الهبوط في المقام الأول عندئذ بمساحة القاعدة، ويبين شكل رقم (٤-٣٨) تجاوباً مثالياً idealised behaviour لزيادة مقاومة جذع الخازوق وقاعدته والهبوط المناظر. وهنا يجب تذكر أنه يمكن فصل مقاومة جذع الخازوق عن مقاومة قاعدة إرتكازه باستخدام الهبوط

الإجمالى من تجربة التحميل وخواص التربة المحددة من التجارب الحقلية والمعملية، ولكن يتطلب ذلك خبرة واسعة وممارسة طويلة.



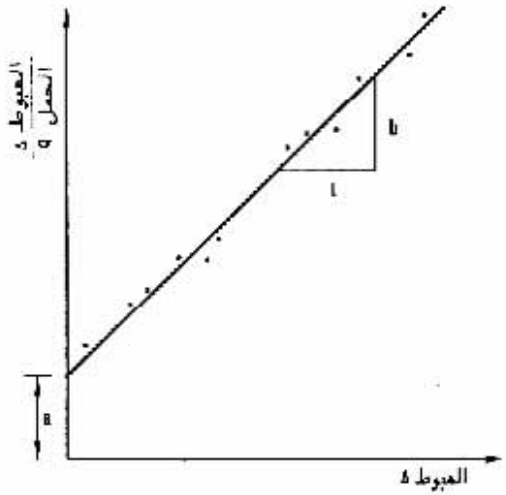
شكل رقم(٤-٣٨): شكل يوضح العلاقة بين الهبوط وكل من: الحمل عند قاعدة إرتكاز الخازوق OBH ؛ الإحتكاك الجانبى على جذع الخازوق OAG ؛ الحمل الكلى على الخازوق OKCJ.

٤/٢/٩/١(د-٢) الطرق المقترحة لتقدير الحمل الأقصى (حمل الإنهيار)

عادة يعرف الحمل الأقصى ultimate load بأنه الحمل الذى يسبب هبوطا للخازوق يساوى ١٠% من قطره، وحيث أن تجربة التحميل حتى الحمل الأقصى غير متيسرة من الناحية العملية فى معظم الأحوال خصوصا فى حالة خوازيق الإرتكاز فى تربة رملية متوسطة أو عالية الكثافة وكذلك فى حالة الخوازيق ذات الأقطار الكبيرة فإن العديد من الطرق المتعارف عليها حاليا تستخدم منحنى (الحمل- الهبوط) لتجربة التحميل حتى ١,٥ أو ٢ مرة حمل التشغيل لتقدير الحمل الأقصى، ومن هذه الطرق:

١- طريقة تشين ١٩٧٠ المعدلة:

ترسم العلاقة في هذه الطريقة modified Chin 1970 بين قيم هبوط الخازوق Δ ونسبة هذا الهبوط إلى الحمل المناظر (Δ/Q) (شكل رقم (٤-٣٩)) وتمثل هذه العلاقة فى العادة خطا مستقيما باستثناء القيم المناظرة لبدايات تجربة التحميل.



شكل رقم (٤-٣٩): تعيين الحمل الأقصى للخازوق بطريقة تشين المعدلة (Modified Chin)

يحدد Q_{ult} من ميل الخط الناتج(b) كما هو مبين في المعادلة التالية:

$$Q_{ult}=\frac{1}{1.2b} \qquad (٤-٣٦)$$

٢- طريقة برنك هانسن ١٩٦٣

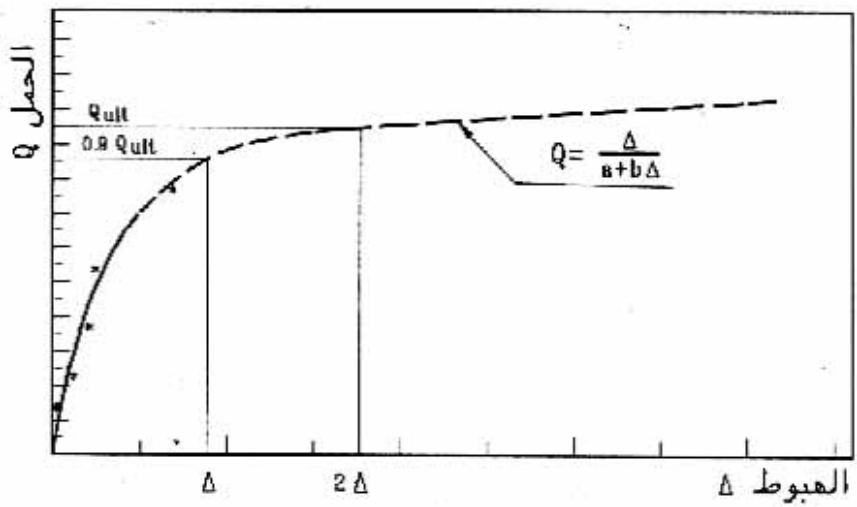
في هذه الطريقة(Brinch Hansen, 1963) يتم رسم علاقة مباشرة بين الحمل Q والهبوط Δ المقاسين من تجربة التحميل وذلك لإستنتاج حمل الإنهيار. يتم إستخدام (hyperbolic model) لرسم العلاقة المبينة بالشكل (٤-٤٠) طبقا للعلاقة التالية:

$$Q=\Delta/(a+b\Delta) \qquad (٤-٣٧)$$

حيث:

a,b ثوابت مبينة بالشكل (٤-٣٩).

تتم عمل محاولات لتعيين الحمل الأقصي للتجربة Q_{ult} بحيث يكون الهبوط عنده يساوي ضعف الهبوط المناظر لحمل يبلغ $0.9Q_{ult}$ فيكون حينئذ حمل الإنهيار مساويا لقيمة Q_{ult}



شكل رقم (٤-٤٠) تعيين الحمل الأقصى للخازوق بطريقة برنك هانسن (١٩٦٣)

١/٩/٢/٤ (د-٣) تحديد الحمل والهبوط المسموح به للخازوق من نتائج تجارب التحميل

يجب أن يتوافر الشرطان التاليان معا فى تقدير الحمل التصميمى المسموح به للخازوق:

١- ألا يقل الحمل الأقصى عن ضعف الحمل التصميمى المسموح به (نتيجة الأحمال الحية والميتة)، وعن ١,٧٥ الحمل التصميمى المسموح به (نتيجة الأحمال الحية والميتة و الرياح)، وعلى ألا يقل عن مرة ونصف الحمل التصميمى المسموح به فى حالة أخذ تأثير الزلازل فى الحساب. وفي حالة عدم حدوث إنهيار واضح يقدر الحمل الأقصي كمتوسط القيمتين المتحصل عليهما من طريقتي تشين المعدلة١٩٧٠ و برينك هانسن ١٩٦٣.

٢-ألا يزيد الهبوط بعد ١٢ ساعة من وضع مرة ونصف الحمل التصميمى المسموح به S_Q عن ٢% من قطر الخازوق مضافاً إليه الهبوط المرن كما هو موضح بالمعادلة التالية:

$$S_Q=0.02d+0.5QL/AE \qquad (٤-٣٨)$$

على ألا يتعارض ذلك مع قيمة الهبوط وفارق الهبوط المسموح بهما للمنشأ.

حيث: d قطر الخازوق، Q مرة و نصف الحمل التصميمى، L طول الخازوق، A مساحة مقطع الخازوق و E معامل المرونة لمادة الخازوق وتحدد قيمته للخوازيق سابقة الصب طبقاً للكود

المصرى للخرسانة $E=14000\sqrt{f_{cu}}$ kg/cm^2 حيث f_{cu} هي مقاوم الضغط المميزة للخرسانة. أما بالنسبة للخوازيق الخرسانية المصبوبة فى مكانها فيؤخذ ١٤٠ طن/ سم٢.
ولا تسرى المعادلة رقم (٤-٣٨) على الخوازيق الخاصة مثل الخوازيق صغيرة الأقطار والخوازيق الشريطية.

٢/٩/٢/٤ إختبارات غير متلفة للخوازيق

٢/٩/٢/٤ (أ) إختبار سلامة جسم الخازوق

فى المشاريع الهامة أو فى حالة عدم التأكد من جودة تنفيذ بعض الخوازيق يمكن استعمال بعض الإختبارات غير المتلفة للخوازيق non destructive tests و منها ما يعرف باختبار سلامة او تكامل integrity test لجسم الخازوق. هذه التجارب تجرى للتأكد من تنفيذ الخوازيق بالأطوال والأقطار التصميمية وللتأكد من جودة الخرسانة المنفذة. وقد تحتاج بعض هذه التجارب إلي إدخال خلايا في الخازوق أثناء انشائه حتي يمكن عمل التجربة بعد صب الخازوق كما في طريقة sonic coring ، إلا أنه يمكن إجراء بعض التجارب مثل طريقة التنبنب vibration أو الدق و الصدى pulse – echo على الخوازيق بدون إختيار مسبق لها. وعموما يحتاج إجراء هذه التجارب وتحليل نتائجها إلي متخصصين ولكنها مفيدة لإختبار عدد كبير من الخوازيق بسرعة والتأكد من جودتها. كما أنها تمكن من تحديد الخوازيق التي يتم بعد ذلك تحميلها. ويجدر الإشارة إلي أن هذه التجارب لا تغني عن إجراء تجارب تحميل للخوازيق لتعيين العلاقة بين الحمل والهبوط.

٢/٩/٢/٤ (ب) إختبار التحميل الديناميكى للخوازيق

تتلخص هذه الطريقة فى إسقاط كتلة حديدية سقوطا حرا على رأس الخازوق بحيث يكون السقوط محدد المسار ، كما توضع وسادة cushion فوق رأس الخازوق للمحافظة عليه أثناء إجراء التجربة. وتكون كل مرة تسقط فيها الكتلة الحديدية بمثابة تجربة تحميل سريعة ولذلك يجب أن تكون الكتلة ذات وزن كاف لإحداث تحرك داخل الأرض permanent set وتقاس عجلة تحرك الخازوق بواسطة accelerometers . وكما فى تجارب التحميل العادية يحسب مقدار القوة والحركة عند رأس الخازوق باستخدام معامل المرونة لخرسانة الخازوق والذى تؤخذ قيمته من تجارب الإختبار الديناميكى أثناء إجراء التجربة.

وتجرى هذه التجربة على الخازوق بعد الإنتهاء من تنفيذه سواء كان خازوق إزاحة أو حفر. ويجب إختبار وزن الكتلة المناسب لقطر الخازوق وقد استخدمت أوزان حتى ٢٠ طن لخوازيق مصممة لتتحمل ٣٠٠٠ طن.

ويمكن عرض النتائج على oscilloscope بإستخدام طرق تقريبية أو تجميعها على جهاز التسجيل tape recorder لإجراء تحليلات مكتبية أكثر دقة وتعطى التجربة البيانات التالية:

١- قيمة الحمل الأقصى Q_{ult} .

٢- سلامة الخازوق Integrity .

٣- منحنى الحمل- الهبوط (في حالة التحليل المكتبي).

٤- توزيع الحمل علي جزع الخازوق (إحتكاك-إرتكاز) في حالة التحليل المكتبي.

٥- الإجهادات الواقعة علي رأس الخازوق نتيجة الدق.

وتمتاز هذه التجربة بالسرعة وكمية البيانات المعطاة بالاضافة الى قلة تكلفتها بالمقارنة الى تجارب التحميل النمطية. ولكنها تتطلب خبرة وتدريبا على اجراء التجربة واستخراج وتفسير النتائج. ويجب معايرة الاجهزة على فترات متقاربة للتأكد من البيانات المعطاة. ويعطى الشكل رقم (٤-٤١) وصفا لتجهيز التجربة. وبمقارنة قيمة الحمل الاقصى هذه مع نظيرتها من تجربة التحميل النمطية وجد أن الإختلاف يكون فى حدود ٦% -١٥ % وعادة يكون Q_{ult} من الاختبار الديناميكى اقل.

١٠/٢/٤ ضبط الجودة

المراقبة والإشراف:

نظرا لكثرة العناصر غير المعلومة الخاصة بالتربة وعلاقتها بطرق التنفيذ المختلفة للخوازيق فيجب أن تكون المراقبة والإشراف بواسطة مهندس متخصص في هذه الأعمال ويكون ذلك بصورة دائمة ومتصلة. وبالرغم من تعدد أنظمة التنفيذ سيكون التركيز هنا على طريقتى التنفيذ النمطيتين : الإختراق والحفر و يجب أن يعد المهندس المسئول تقارير واضحة و موجزة و دقيقة تحتوي علي التفاصيل الأتية:

- معدات التنفيذ

وتجرى هذه التجربة على الخازوق بعد الإنتهاء من تنفيذه سواء كان خازوق إزاحة أو حفر. ويجب إختبار وزن الكتلة المناسب لقطر الخازوق وقد استخدمت أوزان حتى ٢٠ طن لخوازيق مصممة لتتحمل ٣٠٠٠ طن.

ويمكن عرض النتائج على oscilloscope بإستخدام طرق تقريبية أو تجميعها على جهاز التسجيل tape recorder لإجراء تحليلات مكتبية أكثر دقة وتعطى التجربة البيانات التالية:

١- قيمة الحمل الأقصى Q_{ult} .

٢- سلامة الخازوق Integrity .

٣- منحنى الحمل- الهبوط (في حالة التحليل المكتبي).

٤- توزيع الحمل علي جزع الخازوق (إحتكاك-إرتكاز) في حالة التحليل المكتبي.

٥- الإجهادات الواقعة علي رأس الخازوق نتيجة الدق.

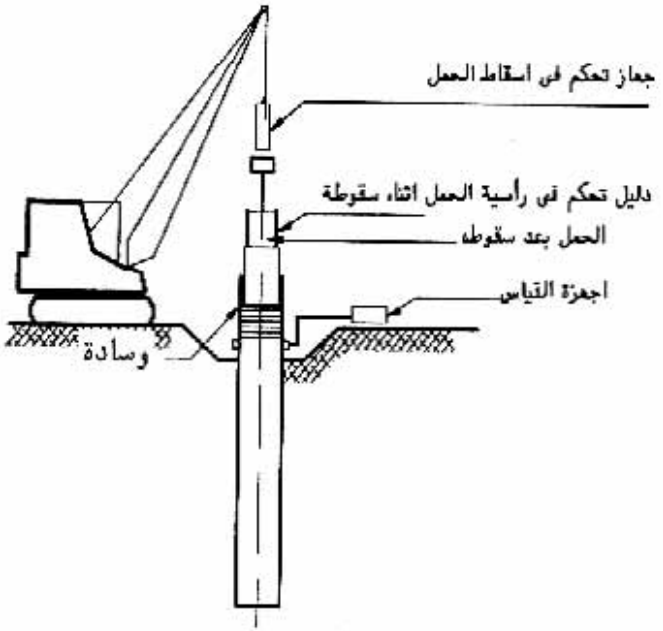
وتمتاز هذه التجربة بالسرعة وكمية البيانات المعطاة بالاضافة الى قلة تكلفتها بالمقارنة الى تجارب التحميل النمطية. ولكنها تتطلب خبرة وتدريبا على اجراء التجربة واستخراج وتفسير النتائج. ويجب معايرة الاجهزة على فترات متقاربة للتأكد من البيانات المعطاة. ويعطى الشكل رقم (٤-٤١) وصفا لتجهيز التجربة. وبمقارنة قيمة الحمل الاقصى هذه مع نظيرتها من تجربة التحميل النمطية وجد أن الإختلاف يكون فى حدود ٦% -١٥ % وعادة يكون Q_{ult} من الاختبار الديناميكى اقل.

١٠/٢/٤ ضبط الجودة

المراقبة والإشراف:

نظرا لكثرة العناصر غير المعلومة الخاصة بالتربة وعلاقتها بطرق التنفيذ المختلفة للخوازيق فيجب أن تكون المراقبة والإشراف بواسطة مهندس متخصص في هذه الأعمال ويكون ذلك بصورة دائمة ومتصلة. وبالرغم من تعدد أنظمة التنفيذ سيكون التركيز هنا على طريقتى التنفيذ النمطيتين : الإختراق والحفر و يجب أن يعد المهندس المسئول تقارير واضحة و موجزة و دقيقة تحتوي علي التفاصيل الأتية:

- معدات التنفيذ



- مكونات الخازوق أو المادة المصنوع منها الخازوق
- طريقة التنفيذ ومتابعته

شكل رقم (٤-٤١) تجهيزات الإختبار الديناميكى

- تجارب التحميل

ويكون ذلك على النحو التالى:

١- عموميات :

- إسم المشروع وموقعه
- نوع المبنى
- المالك
- المهندس المصمم
- المقاول
- تاريخ بدء التنفيذ وعمل التجارب
- إسم المهندس المشرف

٢- الموقع :

- طبيعة سطح الموقع

- أبحاث التربة
- منسوب الأرض والمياه
- النقاط الثابتة
- حالة الطقس
- وجود مبانى مجاورة

٣- المعدات :

أ -الإختراق

- نوع الماكينة
- قائم الماكينة و الوصلات المضافة extensions
- نوع الشاكوش وحجمه وقدرته
- الأجزاء الإضافية : الوسادة – الطربوش – طلمبات الضخ jetting (فى حالة بعض الخوازيق سابقة الصب) – ماسورة الدق.

ب- الحفر :

- نوع الماكينة
- قدره الماكينة وملحقاتها
- معدات خلط البنتونيت
- نوع وقدره طلمبة ضخ الخرسانة

٤- المادة المصنوع منها الخازوق:

الإختراق والحفر:

- شدادات خوزايق سابقة الصب
- تصميم الخلطة الخرسانية
- التسليح : العدد والقطر واللحامات والمسافات بين الأسياخ واستقامة الحديد الرئيسى وخلوه من الصدأ أو أى مادة ضارة.
- المواد الإضافية: نوعها و كميتها/للمتر المكعب خرسانة.
- محطة خلط الخرسانة : المعايرة – زمن الخلط – سيارات خلط ونقل الخرسانة.
- تجربة slump
- مكعبات الخرسانة المأخوذة للتجارب.

- ٥- التنفيذ :

أ – عموميات

- ترقيم الخوازيق
- لوحة توزيع الخوازيق
- مواصفات الخوازيق
- النقاط الثابتة و المحاور الرئيسية
- أبحاث التربة
- انتظام التنفيذ أو أسباب التوقف
- العوائق الأرضية وطرق التعامل معها
- منسوب رأس الخازوق ومنسوب نهايته
- طول الخازوق المحاسب عليه
- رأسية الخازوق وترحيله الأفقى

ب – خوازيق الإزاحة بالدق

- زمن : الدق – التسليح – الخرسانة – تخليع الماسورة
- مناعات الدق
- هبوط الخرسانة بعد التخليع

ج – خوازيق الحفر الدوار

- زمن : الحفر – تطهير القاع – التقفيصة – الخرسانة
- فصل الرمال
- الماسورة المؤقتة

د – خوازيق البريمة المستمرة

- زمن : الحفر – ضخ الخرسانة – التقفيصة
- ضغوط الخرسانة
- مكعب الخرسانة الفعلى ونسبة الزيادة عن النظرى
- هبوط الخرسانة بعد إنزال التسليح

٦- تجارب التحميل :

- نوع التجربة

- الأجهزة المستخدمة وأرقامها
- المعايرة للرافعة الهيدروليكية
- بيانات الخازوق : قطره – طولـه – الخرسانة – التسليح – تاريخ الصب – تاريخ التجربة
- حمولة الخازوق وحمل التجربة
- بيانات التنفيذ – أبحاث التربة

٣/٤ القايسونات

١/٣/٤عموميات

القايسونات caissons أساسات عميقة ذات مقاسات كبيرة تتكون من خلية واحدة أو عدة خلايـا اسطوانية أو صندوقية، ذات حوائط من الخرسانة المسلحة أو الصلب أو الحديد الزهر. وتستخدم القايسونات عادة وسط المسطحات المائية، أو تحت منسوب المياه الارضية لنقل الاحمال الكبيـرة من الكبارى والمنشآت المشابهة الى طبقات التربة أو الصخر الصالح للتأسـيس. وتمـلأ خلايـا القايسون كليا أو جزئيا بالخرسانة بعد الوصول الى منسوب التأسيس المطلوب.

وعادة يتم عمل جسة أو اكثر فى المكان المقترح للقايسون وذلك لتحديد طبقات التربة وخواصها (خاصة مقاومة القص والنفاذية) على المناسيب المختلفة، وتعيـين منسـوب الميـاه الارضـية وإحتمالات تغيره. وتستخدم هذه البيانات فى اختيار الطريقة المثلى للتنفيذ والتنبؤ بأى مشكلات أو معوقات أثناء الحفر والتغويص.

ويمكن تقسيم القايسونات طبقا لتكوينها الانشائى وطريقة تنفيذها الى ثلاثة أنواع:

القايسونات المفتوحة، قايسونات الهواء المضغوط، القايسونات الصندوقية.

ويتم إختيار نوع القايسون المناسب طبقا لنوعية المنشأ وطبيعة التربة ومقدار الفارق بين منسوب التأسيس ومنسوب المياه الأرضية.

٢/٣/٤ القايسونات المفتوحة

يوضح شكل رقم (٤- ٤٢) كروكيات لحالات مختلفة من القايسونات المفتوحةopen caissons ويلاحظ ان كعب هذه القايسونات يزود عادة بحافة قاطعة cutting edge . ويتم الحفر عـادة تحت منسوب المياه الارضية باستخدام الكباشات أو بالتجريف. ويتم التغويص تحت تـأثير وزن القايسون فقط أو بتحميله بأوزان اضافية kentledge . وقد يتطلب الامر استخدام نفاثـات مياه عند الحافة القاطعة لتسهيل حركة القايسون لاسفل. ويتم بناء حلقات اضافية أعلا القايسـون

- الأجهزة المستخدمة وأرقامها
- المعايرة للرافعة الهيدروليكية
- بيانات الخازوق : قطره – طولـه – الخرسانة – التسليح – تاريخ الصب – تاريخ التجربة
- حمولة الخازوق وحمل التجربة
- بيانات التنفيذ – أبحاث التربة

٣/٤ القايسونات

١/٣/٤عموميات

القايسونات caissons أساسات عميقة ذات مقاسات كبيرة تتكون من خلية واحدة أو عدة خلايـا اسطوانية أو صندوقية، ذات حوائط من الخرسانة المسلحة أو الصلب أو الحديد الزهر. وتستخدم القايسونات عادة وسط المسطحات المائية، أو تحت منسوب المياه الارضية لنقل الاحمال الكبيـرة من الكبارى والمنشآت المشابهة الى طبقات التربة أو الصخر الصالح للتأسـيس. وتمـلأ خلايـا القايسون كليا أو جزئيا بالخرسانة بعد الوصول الى منسوب التأسيس المطلوب.

وعادة يتم عمل جسة أو اكثر فى المكان المقترح للقايسون وذلك لتحديد طبقات التربة وخواصها (خاصة مقاومة القص والنفاذية) على المناسيب المختلفة، وتعيـين منسـوب الميـاه الارضـية وإحتمالات تغيره. وتستخدم هذه البيانات فى اختيار الطريقة المثلى للتنفيذ والتنبؤ بأى مشكلات أو معوقات أثناء الحفر والتغويص.

ويمكن تقسيم القايسونات طبقا لتكوينها الانشائى وطريقة تنفيذها الى ثلاثة أنواع:

القايسونات المفتوحة، قايسونات الهواء المضغوط، القايسونات الصندوقية.

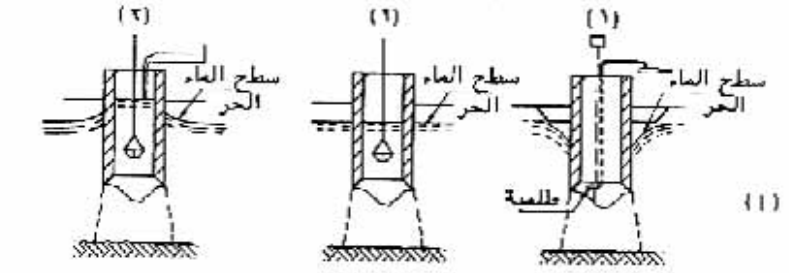
ويتم إختيار نوع القايسون المناسب طبقا لنوعية المنشأ وطبيعة التربة ومقدار الفارق بين منسوب التأسيس ومنسوب المياه الأرضية.

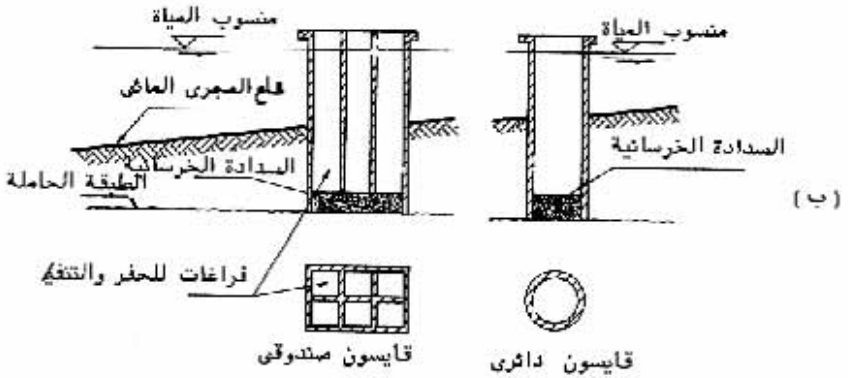
٢/٣/٤ القايسونات المفتوحة

يوضح شكل رقم (٤- ٤٢) كروكيات لحالات مختلفة من القايسونات المفتوحةopen caissons ويلاحظ ان كعب هذه القايسونات يزود عادة بحافة قاطعة cutting edge . ويتم الحفر عـادة تحت منسوب المياه الارضية باستخدام الكباشات أو بالتجريف. ويتم التغويص تحت تـأثير وزن القايسون فقط أو بتحميله بأوزان اضافية kentledge . وقد يتطلب الامر استخدام نفاثـات مياه عند الحافة القاطعة لتسهيل حركة القايسون لاسفل. ويتم بناء حلقات اضافية أعلا القايسـون

مع تقدم عملية التغويص حتى تصل الحافة القاطعة الى منسوب التأسيس المطلوب. وعندئذ يتم صب السدادة الخرسانية اسفل القايسون بصب الخرسانة خلال مواسير ذات قمع علوى tremie pipe أو اى وسيلة اخرى تضمن عدم انفصال مكونات الخرسانة أو قطاع الخرسانة.

ويفضل استخدام هذا النوع من القايسونات لاعماق لاتتعدى ٢٠ متراً. ويجب التنويه إلى أن عملية الحفر بجوار الحافة القاطعة قد تتطلب فى بعض الحالات الاستعانة بالحفر اليدوى بواسطة غطاسين. كذلك فقد يتسبب وجود قطع من الصخر فى ابطاء عملية الحفر. ويلاحظ انه فى كثير من الحالات يصعب تنظيف و/أو اختبار التربة عند منسوب التأسيس قبل صب خرسانة السدادة. كذلك فان عملية صب الخرسانة تحت الماء يجعل عملية التأكد من كفاءة السدادة ونوعية خرسانتها مهمة صعبة.

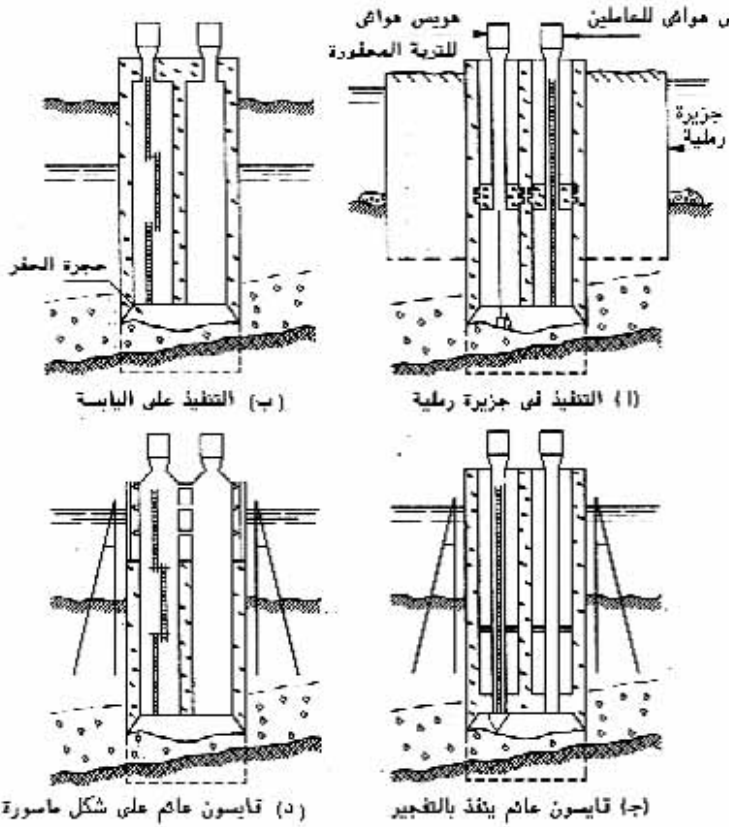




شكل رقم (٤-٤٢) : كروكيات لحالات مختلفة من القايسونات المفتوحة

٣/٣/٤ قايسونات الهواء المضغوط

يوضح شكل رقم (٤-٤٣) اربعة حالات مختلفة لاستخدامات هذا النوع من القايسونات. ويلاحظ أن الشكل العام لقايسونات الهواء المضغوطpneumatic caissons مشابه للقايسونات المفتوحة الا ان عملية الحفر تتم على الجاف فى حجرة خاصة working chamber فى قاع القايسون ، حيث يتم طرد المياه الأرضية، وبالتالى منع ترويب التربة عند منسوب الحفر باستخدام الهواء المضغوط. لذلك فان كل قايسون هواء مضغوط مزود بهويس هوائى air lock أو اكثر لنقل العمال من والى داخل القايسون، وهويس هوائى أو اكثر لنقل المواد والمعدات .....الخ.



شكل رقم (٤-٤٣): كروكيات لأربع حالات لاستخدامات قايسونات الهواء المضغوط

ويجب على العمال البقاء فى هذا الهويس فترات محددة أثناء عمليات رفع وخفض الضغط compression & decompression لتلافى اصابتهم بمرض القايسونات بتكون فقاعات هواء تحت الجلد bends . لذلك فان عدد الساعات المسموح للعمال العمل خلالها داخل القايسون تتوقف على مقدار ضغط الهواء، وقد لاتتعدى ساعة واحدة فقط كل ٢٤ ساعة إذا وصل ضغط الهواء الى (٥٠ رطل على البوصة المربعة) ٣٥٠ كيلو نيوتن/ م ٢ (٣,٥٠ كجم/سم٢)، جدول رقم (٤-٢٠) يبين عدد ساعات العمل المناسبة للضغوط المختلفة داخل القايسون. ويتم تحديد ضغط الهواء بأقل قيمة تكفى لاتزان التربة ومنع تسرب المياه الى داخل الحفر.

جدول رقم (٤-٢٠) عدد ساعات العمل داخل قايسونات الهواء المضغوط

قيمة ضغط الهواء			عدد ساعات العمل اليومى
كيلونيوتن/م٢	(رطل /بوصة مربعة)	ارتفاع عمود الماء (متر)	
حتى ١٥٥	(حتى ٢٢)	حتى ١٥,٥	٦
٢١٠-١٥٥	(٣٠-٢٢)	٢١,٠-١٥,٥	٤
٢٤٥-٢١٠	(٣٥-٣٠)	٢٤,٥-٢١,٠	٣
٢٨٠-٢٤٥	(٤٠-٣٥)	٢٨,٠-٢٤,٥	٢
٣١٥-٢٨٠	(٤٥-٤٠)	٣١,٥-٢٨,٠	١,٥
٣٥٠-٣١٥	(٥٠-٤٥)	٣٥,٠-٣١,٥	١

وفى حالة التغويص فى اليابسة بعيدا عن المجارى المائية يستخدم ضغط هواء مساو للضغط الهيدروستاتيكى للمياه الأرضية عند منسوب قاع الحفر على الا يتعدى هذا الضغط ٥٠ رطل على البوصة المربعة وهو مايناظر ضغط عمود مياه ارتفاعه حوالى ٣٥ متراً. وعند الوصول الى منسوب التأسيس المطلوب يتم تنظيف قاعدة القايسون وتصب الخرسانة على الناشف.

ويلاحظ ان تنفيذ القايسونات بطريقة الهواء المضغوط عالية التكاليف نظرا لاستخدام ضغط الهواء وتحديد نوعية العمالة القادرة على العمل تحت تأثير الهواء المضغوط، كذلك تحديد عدد ساعات العمل تحت هذه الظروف.

٤/٣/٤ القايسونات الصندوقية

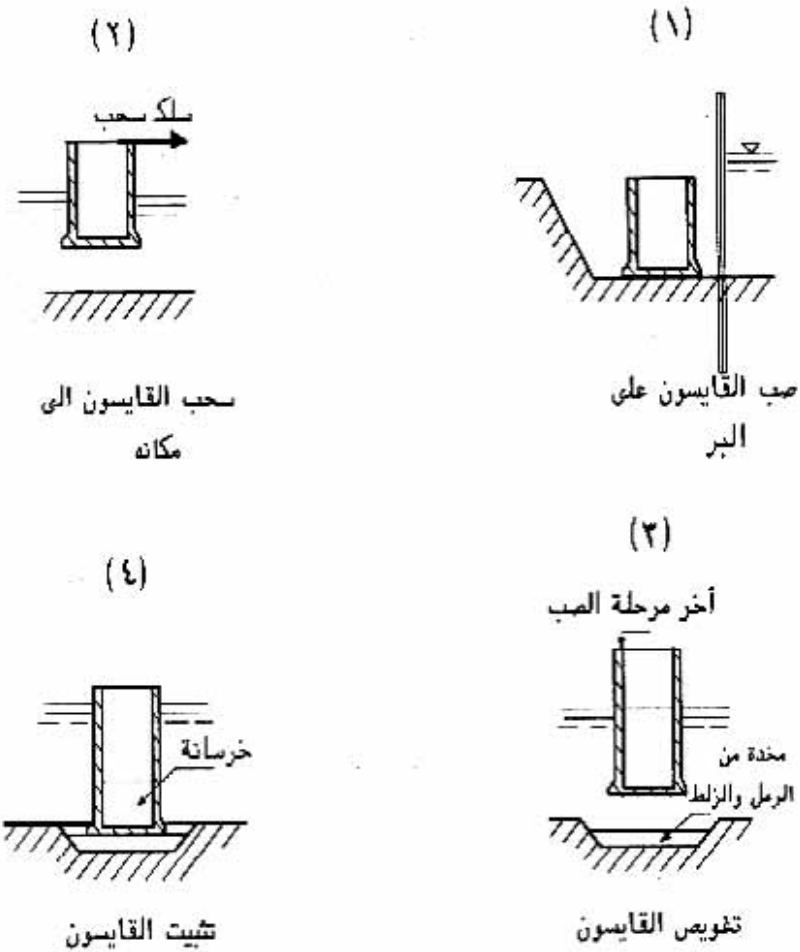
تستخدم القايسونات الصندوقية box caissons عادة كأساس للمنشآت المقامة فى المسطحات المائية عندما تكون طبقة التربة القوية قريبة من قاع المسطح المائى. وكما يوضح شكل رقم (٤-٤٤) يتم بناء جسم القايسون على البر من الخرسانة المسلحة أو اى مادة اخرى مناسبة. ويسحب القايسون طافيا على سطح المياه حتى مكان التأسيس المقترح ، وذلك بعد تجهيز التربة عند منسوب التأسيس بتسويتها ووضع طبقات من الرمل والزلط والتى تحتاج لدمك تحت سطح المياه. ويتم تغويص القايسون بملئه بالخرسانة أو اى مادة اخرى مناسبة. ويراعى استخدام الاحتياطات اللازمة لحماية القايسون ضد النحر وتأثير التيارات المائية حوله.

٥/٣/٤ أسس تصميم القايسونات

١- تتوقف مقاومة الإحتكاك الجانبى المطلوب التغلب عليها أثناء عملية تغويص القايسونات المفتوحة وذات الهواء المضغوط على نوع التربة. ويمكن استخدام القيم الموضحة فى الجدول رقم (٤-٢١) على سبيل الإسترشاد:

جدول رقم (٤- ٢١)

نوع التربة	الاحتكاك الجانبى	
	كيلو نيوتن /م٢	كجم /سم٢
طمي و طين ضعيف	٣٠-٥	٠,٣-٠,٠٥
طين شديد التماسك	٢٠٠-٥٠	٢,٠٠-٠,٥
رمل سائب	٣٥-١٠	٠,٣٥-٠,١
رمل كثيف	٧٠-٣٥	٠,٧-٠,٣٥
زلط كثيف	١٠٠-٥٠	١,٠-٠,٥



شكل رقم (٤-٤٤): كروكي لمراحل تنفيذ القايسونات الصندوقية

٢- يصمم الحد القاطع لحوائط القايسونات بارتفاع حوالى ثلاثة أمتار فى حين يكون ارتفاع حجرة التشغيل فى قايسونات الهواء المضغوط حوالى ٢,٠-٢,٥ متراً. وشكل رقم (٤-٤٥) يوضح أمثلة لتفصيلة الحد القاطع للقايسونات المنشأة فى المسطحات المائية أو على اليابسة.

٣- تصمم القايسونات كأساسات عميقة مرتكزه على طبقات قوية من الصخر أو التربة غير المتماسكة الحبيبات. ويمكن حساب قدرة التحمل القصوى للقايسون المرتكز على الرمل والزلط باستخدام المعادلة التالية:

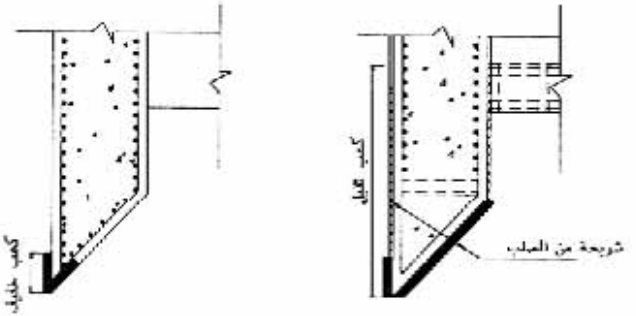
$$Q_{ult} = p_b \cdot N_{q_c} \cdot A_b \qquad (٣٩-٤)$$

حيث:

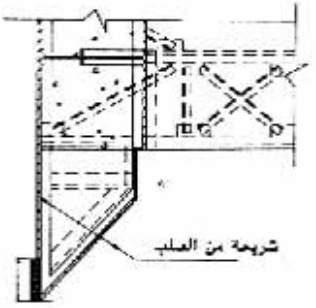
p_b الضغط الرأسى الفعال عند منسوب إرتكاز القايسون.

N_{qc} معامل قدرة تحمل التربة للقايسونات (انظر جدول رقم (٤- ٢٢)) .

A_b مساحة المسقط الأفقى لقاعدة إرتكاز القايسون



الحد القاطع لقايسون على اليابسة (land shoe)



الحد القاطع لقايسون في المسطحات المائية (floating caisson shoe)

شكل رقم (٤-٤٥) : أمثلة لتفصيلة الحد القاطع للقايسونات المنشأة فى اليابسة أو فى المسطحات المائية

جدول رقم (٤- ٢٢) قيمة معامل قدرة تحمل التربة N_{qc} للقايسونات

∅ بالدرجات	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥
N_{qc}	٢٥	٥٠	١٥٠	٤٠٠	٢٠٠٠

٤- تهمل مقاومة الإحتكاك الجانبى النهائى المؤثرة على حوائط القايسونات الخارجية عند حساب قدرة التحمل القصوى نظرا لقلقلة التربة بدرجات متفاوتة أثناء عملية التغويص.

٥- يحسب الحمل المسموح به للقايسون باستخدام معامل أمان يتراوح بين ٢,٠-٣,٠.

٦- يقدر الهبوط المتوقع حدوثه للقايسون بحوالى نصف مقدار الهبوط الذى يحدث لقاعدة مكافئة جاسئة ترتكز على سطح تربة مشابهة فى الخواص للتربة الموجودة عند قاعدة إرتكاز القايسون. أنظر المرجع : Terzaghi, Peck & Mesri, 1996 .

٤/٤ الدعائم

١/٤/٤ عموميات

الدعائم piers إحدى أنواع الأساسات العميقة القادرة على نقل أحمال الضغط كبيرة القيمة والمركزة. ويمكن تصميمها وتنفيذها لتصبح قادرة على مقاومة القوى الافقية والاحمال الرأسية غير المركزية. وتمثل الدعائم مرحلة متوسطة بين خوازيق التثقيب والقايسونات، فتعامل معاملة خوازيق التثقيب إذا قل قطرها المكافئ عن ١,٥ متراً، وتختلف الدعائم عن القايسونات فى طريقة تنفيذها، فتنفذ الدعائم بالحفر فقط وسند الجوانب إذا لزم الامر. وعادة يسمح اتساع قطر الدعامة بوضع العمود عليها مباشرة دون استخدام هامة cap فوقها.

يتم انشاء الدعامة بعمل ثقب فى الارض يصل الى الطبقة الحاملة بوسائل الحفر اليدوى أو الميكانيكى. وقد يتم توسيع قاعدة الثقب عند الوصول الى الطبقة الحاملة الى حوالى ثلاثة امثال قطر الدعامة pier with enlarged base وذلك بهدف رفع كفاءة التحميل للدعامة أو لتقليل جهود التماس على الطبقة الحاملة. بعد التأكد من نظافة الثقب والقاع يملأ فراغ الثقب بالخرسانة العادية. وقد يتم تسليحها بالكامل أو تسليح الجزء العلوى منها أو بوضع قطاع من الصلب داخل خرسانتها، حسب ظروف التربة المحيطة وطبيعة الاحمال المنقولة ومتطلبات المنشأ وظروف الانشاء.

جدول رقم (٤- ٢٢) قيمة معامل قدرة تحمل التربة N_{qc} للقايسونات

∅ بالدرجات	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥
N_{qc}	٢٥	٥٠	١٥٠	٤٠٠	٢٠٠٠

٤- تهمل مقاومة الإحتكاك الجانبى النهائى المؤثرة على حوائط القايسونات الخارجية عند حساب قدرة التحمل القصوى نظرا لقلقلة التربة بدرجات متفاوتة أثناء عملية التغويص.

٥- يحسب الحمل المسموح به للقايسون باستخدام معامل أمان يتراوح بين ٢,٠-٣,٠.

٦- يقدر الهبوط المتوقع حدوثه للقايسون بحوالى نصف مقدار الهبوط الذى يحدث لقاعدة مكافئة جاسئة ترتكز على سطح تربة مشابهة فى الخواص للتربة الموجودة عند قاعدة إرتكاز القايسون. أنظر المرجع : Terzaghi, Peck & Mesri, 1996 .

٤/٤ الدعائم

١/٤/٤ عموميات

الدعائم piers إحدى أنواع الأساسات العميقة القادرة على نقل أحمال الضغط كبيرة القيمة والمركزة. ويمكن تصميمها وتنفيذها لتصبح قادرة على مقاومة القوى الافقية والاحمال الرأسية غير المركزية. وتمثل الدعائم مرحلة متوسطة بين خوازيق التثقيب والقايسونات، فتعامل معاملة خوازيق التثقيب إذا قل قطرها المكافئ عن ١,٥ متراً، وتختلف الدعائم عن القايسونات فى طريقة تنفيذها، فتنفذ الدعائم بالحفر فقط وسند الجوانب إذا لزم الامر. وعادة يسمح اتساع قطر الدعامة بوضع العمود عليها مباشرة دون استخدام هامة cap فوقها.

يتم انشاء الدعامة بعمل ثقب فى الارض يصل الى الطبقة الحاملة بوسائل الحفر اليدوى أو الميكانيكى. وقد يتم توسيع قاعدة الثقب عند الوصول الى الطبقة الحاملة الى حوالى ثلاثة امثال قطر الدعامة pier with enlarged base وذلك بهدف رفع كفاءة التحميل للدعامة أو لتقليل جهود التماس على الطبقة الحاملة. بعد التأكد من نظافة الثقب والقاع يملأ فراغ الثقب بالخرسانة العادية. وقد يتم تسليحها بالكامل أو تسليح الجزء العلوى منها أو بوضع قطاع من الصلب داخل خرسانتها، حسب ظروف التربة المحيطة وطبيعة الاحمال المنقولة ومتطلبات المنشأ وظروف الانشاء.

عندما يكون هناك احتمالات قوية لحدوث انهيارات أو تداخلات من جوانب الحفر، أو رشح داخل فراغ الدعامة، فانه يكون من الضرورى سند جوانب الحفر بغلاف دائم أو مؤقت أو باستخدام سوائل الحفر.

٢/٤/٤ أنواع الدعائم

يمكن انشاء الدعائم فى اليابسة أو فى وسط مائى

١/٢/٤/٤ دعائم فى اليابسة

١/٢/٤/٤ (أ) دعائم منشأة بالحفر اليدوى:

قد تسند فيها جوانب الحفر بأنواع من الخشب (طريقة شيكاغو-Chicago method) ، ولا يقل القطر فيها عن حوالى ٠,٩ متراً. أو يتم سند جوانب الحفر بأجزاء اسطوانية من الصلب تكون فى النهاية شكلا تلسكوبيا للدعامة (طريقة جاو Gow method). ويقل قطر كل جزء عن الجزء الذى يعلوه بحوالى ٥٠ مم على الا يقل أصغر قطر عن حوالى ١,٢ متراً. وفى حالة اختراق تربة ضعيفة أو متهايلة ، يتم دق الغلاف قبل تفريغ الثقب.

١/٢/٤/٤ (ب) دعائم منشأة بالحفر الميكانيكى:

يتم الحفر باستخدام معدات الحفر المختلفة مثل البريمة auger أو الكباش bucket أو اظافر التفتيت chopping bits أو كباش التفتيت chopping bucket . تستعمل معدات التفتيت للطبقات الصلبة أو المحتوية على احجار أو رجام boulders ، كما تستعمل آلة بنوتو Benoto machine للحفر فى الأحوال الصعبة أو الشاقة.

٢/٢/٤/٤ دعائم فى وسط مائى (دعائم الكبارى والمنشآت البحرية):

يتم انشاؤها فى المجرى المائى أو البحر داخل حواجز cofferdams بإحدى الطريقتين التاليتين:

٢/٢/٤/٤ (أ) إنشاء الدعامة بالحفر فى وسط جاف:

- يتم دق الحاجز حتى بلوغ الطبقة الحاملة اسفل قاع النهر أو البحر مع تنفيذ المراحل الأولى للسند تحت الماء. يعقب ذلك تخفيض منسوب المياه داخل الحاجز ، ثم الحفر واستكمال مراحل السند مع تقدم الحفر حتى بلوغ الطبقة الحاملة فى وسط جاف تماما.

- يتم تنفيذ اساس الدعامة و جسمها مع المحافظة على جفاف الموقع أثناء التنفيذ (انظر شكل رقم (٤-٤٦ أ)).

٤/٢/٤/٢ (ب) إنشاء الدعامة بالحفر تحت الماء:

- يتم دق الحاجز حتى بلوغ الطبقة الحاملة وتنفيذ جميع اعمال الحفر والسند تحت الماء.
- يتم سد القاع بصب فرشة خرسانية tremie mat seal تحت الماء ذات وزن كاف لمقاومة الدفع الهيدروستاتيكى الى اعلا.
- يتم ضخ الماء من داخل الحاجز ثم تنفيذ الدعامة فى وسط جاف (انظر شكل رقم (٤-٤٦ ب)) .

هذا النوع من التأسيس أكثر اقتصادا من القايسونات إذا كان عمق التأسيس اقل من حوالى ١٢,٠٠ متراً تحت الماء. ولكن من عيوبه احتياجه لتنفيذ برنامج لسحب الماء باستمرار أثناء فترة الانشاء أو تنفيذ فرشة خرسانية ذات وزن كاف لمقاومة ضغط الرشح الى اعلا.

٤/٤/٣ قدرة التحمل للدعامة

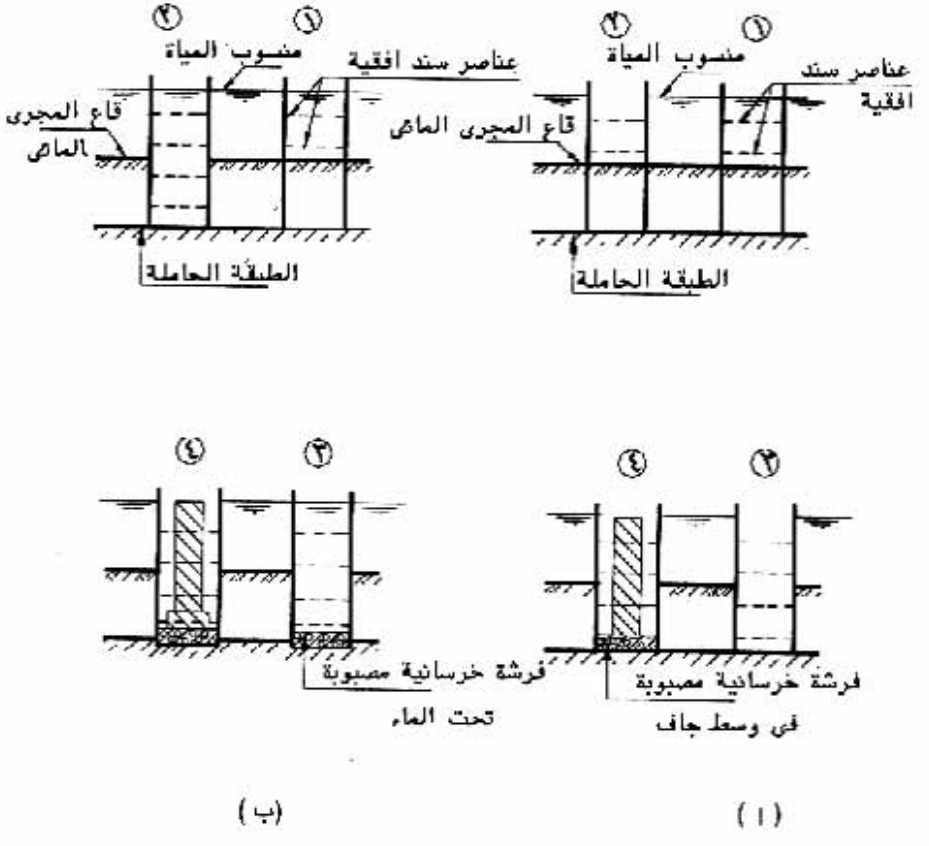
تستمد الدعامة قدرتها على الحمل أساسا من مقاومة الإرتكاز عند قاعدتها عندما ترتكز على أو فى رمل كثيف، رمل وزلط، أو صخر. وقد تمثل مقاومة الإحتكاك على الجوانب جانبا هاما فى بعض الحالات. كما يجب مراعاة تأثير الإحتكاك السلبى على الجوانب على قدرة تحمل الدعامة عندما تسبب الظروف المحيطة توليده. وعموما يجب اخذ عينات من التربة مع تقدم حفر الدعامة وحتى منسوب قاع الدعامة للتأكد من الوصول الى طبقة الإرتكاز المطلوبة. كما يجب الا يقل معامل الامان بالنسبة لقدرة تحمل الدعامة عن ٣,٠ ومع ذلك فان قيم الهبوط المسموح به للدعامة يعتبر العامل الحاكم للتصميم وليست قدرة التحمل.

أما فى حالة التأسيس على سطح الصخر أو بداخل طبقة صخرية فيتم الرجوع إلي البند ٤/٢/٦/١(هـ) لحساب قدرة تحمل الدعامة.

٤/٤/٤ النقاط الواجب مراعاتها فى تصميم وتنفيذ الدعائم:

١- تصمم الدعامة كعمود قصير.

٢- فى جميع الاحوال يجب تسليح الجزء العلوى من الدعامة بتسليح رأسى بطول لايقل عن ٦,٠٠ متراً، وبما لا يقل عن٠,٥٠ % من مساحة مقطع الدعامة. كما يجب مد التسليح بكامل سمك الطبقات الضعيفة ان وجدت.



شكل رقم (٤-٤٦) : رسم توضيحى لمراحل تنفيذ دعامات الكبارى والمنشآت البحرية

٣- فى حالة وضع الاعمدة مباشرة على الدعائم مع الاستغناء عن الهامة يجب تزويدها بشبكة حديد افقى قادرة على مقاومة مالايقل عن ١٠% من الحمل الرأسى لمقاومة قوى الشد الافقية splitting forces .

٤- عند حساب قدرة تحمل قطاع الدعامة ذات الغلاف الدائم يخفض سمك الغلاف بالقدر المحتمل فقده بالتآكل (حوالى ٣ ملليمتراً).

٥- لايسمح بترحيل فى محور الدعامة عن مكانه التصميمى بما يزيد عن ٧٥ ملليمتراً، ولا بميل يزيد عن ١% مع اخذ هذا السماح فى الإعتبار عند التصميم.

٦- يجب التاكد من نظافة قاع الحفر قبل صب الخرسانة.

٧- فى حالة اللجوء الى الدعائم ذات القواعد المتسعة يجب مراعاة استمرارية الصب بين القاعدة وجسم الدعامة وعدم السماح بتكون فاصل بينهما.

٨- يجب دراسة احتمالات حدوث هبوط للمنشآت المجاورة نتيجة لتسرب التربة بسبب التهايل و/ أو سحب المياه. و إذا كان ذلك الهبوط يسبب خطورة يجب اتباع اسلوب آخر للتأسيس.

٩- تهز الخرسانة لتكثيفها فى الثلاثة امتار العلوية من الدعامة.

١٠- يجب التأكد عند صب الخرسانة من عدم حدوث انفصال لمكونات الخرسانة وعدم حدوث تكهفات أو اختناقات فى جسم الدعامة.

١١- فى حالة انسياب أو رشح المياه بكميات كبيرة يسمح للماء بالانسياب داخل الثقب حتى يصل الى منسوب الاتزان static level ، ثم تصب الخرسانة داخل ماسورة ذات قمع tremie pipe يتم انزالها حتى قاع الثقب. وفى هذه الحالة يجب ان يظل سطح الخرسانة أعلا من قاع القمع بما لايقل عن ١,٥ متراً.

١٢- يجب ان تكون الخرسانة المستعملة فى صب الدعامة ذات slump =١٢٥-١٧٥ ملليمتراً.

٥/٤/٤ إحتياطات الأمان

بالاضافة الى جميع احتياطات الامان الخاصة بأعمال التنفيذ يجب حماية العمال ضد خطر التهايلات و الإنهيارات بالعناية بسند جوانب الحفر. كذلك حمايتهم ضد اخطار تفجر جيوب الغاز التى تؤدى الى الاختناق أو حدوث حرائق. وتقل خطورة الاختناق إذا استعمل الهواء المضغوط فى ادارة آلات الحفر اليدوى. كذلك يجب اتخاذ احتياطات الامان الخاصة بالعمل داخل الانهار والبحار فى حالة تنفيذ دعامات الكبارى، كما يجب تزويد الموقع بامدادات الطوارئ إذا كان الموقع خارج المدينة.

٤/٥ الآبار الإسكندراني

٤/٥/١عموميات

هى احدى أنواع الأساسات العميقة والقادرة على نقل الاحمال (احمال الضغط) الى طبقات التربة الصالحة للتأسيس. وتعتبر الآبار الاسكندراني مشابهة لخوازيق التثقيب من حيث طريقة الحفر والصب الا انها تنفذ أعلا منسوب المياه الارضية فقط. وهى ذات اقطار كبيرة تتراوح بين ١,٥متراً الى ٤,٥ متراً، وهى اما مستديرة أو مربعة المقطع وتصل اطوالها فى بعض الاحيان الى ٢٠,٠ متراً. وعادة تنفذ الآبار الاسكندراني بالحفر اليدوى وفى بعض الاحيان بالحفر الميكانيكى. وتتسع اقطارها المكافئة بحيث تسمح بنزول العمال داخلها، وتنفذ غالبا دون سند حوائب الحفر وفى بعض الاحيان يتم سند جوانب الحفر طبقا لطريقة التنفيذ واحتمالات انهيار الجوانب.

وتملأ حفر الآبار الاسكندراني بالخرسانة العادية وفى بعض الاحيان الخاصة قد يسمح بملئها بتربة رملية أو زلطية أو نقشوم بشرط دمكها الى اقصى كثافة جافة. هذا وتوضع القواعد الخرسانية المسلحة للاساسات مباشرة على سطح الآبار الاسكندراني مع وجوب وضع اشاير حديد رابطة بينهما (بين الآبار والقواعد) وذلك لمنع الحركة الافقية.

٤/٥/٢ قدرة تحمل الآبار

تعتمد قدرة تحمل الآبار الاسكندراني عادة على مقاومة التربة الحاملة للارتكاز عند قواعد الآبار، أما مقاومة الإحتكاك على الجوانب (حول جسم البئر) فلا تؤخذ فى الاعتبار. هذا ويجب عمل الاحتياطات اللازمة لمقاومة القوى الرأسية التى قد تنشأ من وجود تربة انتفاشية حول جسم البئر، وذلك بوضع تربة رملية حول جسم البئر بسمك حوالى ٢٥٠-٥٠٠ ملليمتراً لتقليل تأثير هذه القوى الرأسية ان وجدت. ويؤخذ معامل امان عند حساب قدرة تحمل (ارتكاز) التربة أسفل قواعد الآبار لايقل عن ١٠ على الا يتجاوز الهبوط القيم التى يتحملها المنشأ.

٤/٥/٣ النقاط الواجب مراعاتها فى تنفيذ الآبار الإسكندراني

يجب الاخذ فى الإعتبار جميع الاحتياطات اللازمة من حيث خطر الانهيارات داخل الحفر، وكذلك صب الخرسانة من حيث الجودة وعدم انفصال الحبيبات، مع التوصية باستعمال خرسانة بها نسبة مياة عالية (slump =١٠٠-١٥٠ ملليمتراً) مع وجوب ملاحظة جسم البئر أثناء الصب لمراعاة عدم حدوث اختناقات أو انهيارات للتربة داخل اجسام الآبار.

٤/٦ إحتياطات الأمان للأساسات العميقة

٤/٦/١ إحتياطات الأمان العمومية فى أعمال التنفيذ

يجب قبل البدء فى أعمال الأساسات العميقة وضع احتياطات أمان تكفل الأمان بالموقع من حيث استخدام المعدات وتهيئة ظروف عمل يراعى فيها أمان الأفراد والمعدات. كذلك يجب أن يؤخذ فى الإعتبار سلامة المبانى المجاورة للموقع وكذلك تجهيزات الخدمات المارة بالموقع وما حوله من شبكات التيار الكهربى والمياه والصرف الصحى والتليفونات. ومراعاة عدم الإخلال بكل ما ورد فى كود السلامة العامة مع التركيز على مراعاة ما يلى:-

٤/٦/٢ إحتياطات الأمان الخاصة بالموقع

٤/٦/٢/١ إختيار طاقم المنفذين

يكون الاعتماد كبيرا عند إنشاء الأساسات العميقة على اختيار المنفذين الأكفاء ذوى الخبرة، الذين يكون لديهم القدرة على اتخاذ الإجراءات اللازمة لمواجهة اى ظروف غير منتظرة تطرأ فى الموقع أثناء سير العمل تمثل خطورة على العاملين أو المعدات، مثل ظهور غازات ضارة أو خطرة أو انهيار جوانب الحفر.

٤/٦/٢/٢ فحص الموقع قبل بدء العمل

يجب عمل فحص مبدئى قبل بدء العمل فى الموقع للتعرف على طبيعة الأرض بالنسبة لاحتمالات الأخطار التى قد تنتج أثناء الإنشاء. كذلك يجب الحصول على المعلومات اللازمة عن أماكن الخدمات والتوصيلات الموجودة تحت سطح ارض الموقع وما حوله. وذلك لتجنب الإضرار بها والأخطار التى قد تنتج عنها. كما يجب التأكد من أن الموقع خال من العوائق غير المرغوب فيها كناتج الحفر وهالك أسياخ التسليح وألواح الخشب التى بها مسامير والحبال وغيرها من المهمات، كما يجب عدم ترك كابلات أو أسلاك كهربائية على الأرض فى طريق المعدات المتحركة والأفراد ، مع اخذ الاحتياطات اللازمة عند استعمال أو تخزين المواد القابلة للاشتعال ومراعاة قواعد الأمن الصناعى الخاصة بها.

٣/٢/٦/٤ المواقع ذات الحالات الخاصة

يجب عدم الإقتراب من خطوط كهرباء الضغط العالى لمسافة لا تقل عن ٥,٠ أمتار ، كذلك يجب الاحتياط عند العمل على مقربة من أبراج هذه الكابلات. وعموما يجب أخذ التصاريح بالنسبة للعمل فى مسافة اقل من ٥,٠امتار من خطوط الضغط العالى أو ٢٠,٠ متراً من أبراجها.

إذا كان الموقع داخل الماء، يجب على العاملين لبس سترة للنجاة من الغرق وأحزمة متصلة بحبال بالمركب المرافقة لهم. و إذا كان موقع العمل على بعد كبير من الشاطىء فيجب ان تكون هذه المراكب مزودة بأجهزة تثبيت anchors وأوناش ذات أحجام مناسبة للمساعدة فى العمل.

إذا كان مكان العمل فى وسط مجرى مائى فلابد من تدبير مراكب صغيرة للإنقاذ ووسيلة اتصال بالشاطىء مثل أجهزة اللاسلكى ،وإذا تطلب العمل غطاسين فيجب مراعاة احتياطات الأمان الخاصة بالغطس. أيضا يتطلب العمل أن يكون قائد المركب ذا خبرة كذلك باستخدام الإشارات الضوئية الملاحية المتعارف عليها فى حالة ما إذا كان العمل يسير داخل خط ملاحى و إذا كان العمل مستمرا فى ساعات الليل فلابد من استعمال إضاءة جيده.

عند تنفيذ خوازيق تجاورها ميول طبيعية أو صناعية يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لضمان اتزان هذه الميول أثناء العمل.

وفى حالة العمل فى أماكن يحتمل وجود الغام بها فيتحتم الأمر الحصول على تصريح من الجهات العسكرية المختصة لضمان خلوها من اى أخطار وكذلك الطرق المؤدية إليها.

٣/٦/٤ إحتياطات الأمان الخاصة بالمعدات

١- يجب عمل فحص شامل كل ثلاث شهور على الأكثر لماكينات الرفع كالأوناش وأبراج الخوازيق piling frames والروافع وفقا لتعليمات الأمن الصناعى وتوصيات الشركات المصنعة لها. كذلك يجب ملاحظة حالة إطارات القلابات والحفارات لتلافى الإنزلاق.

٢- يجب تنظيف الشواكيش التى تعمل بالديزل دوريا لمنع تراكم الزيت مما يؤدى إلى حرائق. كما يجب فحص خراطيم الهواء المضغوط والزيت المضغوط وتوصيلاتها ، وكذلك تنظيف خلاطات الخرسانة.

٣- يجب إصلاح أو استبدال حبال الصلب steel ropes ذات الأطراف المفككة ووصلات الربط shakles المتآكلة وكذلك المسامير.

٤- يجب عدم السماح بوجود عقد فى الحبال أو السلاسل.

٥- تفحص الخوذ والطرابيش المستخدمة فى دق الخوازيق دوريا (لكل ١٠٠٠ دقة) وذلك لاستبدالها فى حالة إنضغاطها.

٤/٦/٤ إحتياطات الأمان الخاصة بالعاملين فى الموقع

١- يجب أن توجد فى كل موقع صناديق إسعافات أولية. كما يجب تكليف شخص مدرب على الإسعافات الأولية فى المواقع التى يعمل بها اكثر من ٥٠ عامل.

٢- يجب توفير الخوذات للعاملين فى المواقع التى يوجد بها أوناش أو روافع كما يجب توفير أحذية كاوتش برقبة للعاملين فى حالة المواقع المبتلة، ويفضل تزويدها بمقدمة صلب معزولة. كما يجب تزويد العمال بقفازات واقية عند استعمال حبال من الصلب. ويجب أيضا توفير أحزمة أمان عند تسلق قائم الماكينة.

٣- يجب تزويد العاملين بواقيات السمع عند تواجدهم بجوار ماكينات دق الخوازيق فى حالة تعذر الوصول بمستويات ضغط الصوت إلى الحدود المسموح بها.

٤- لمنع تعرض العمال للخطر، يجب وضع حواجز وأسوار على الأجزاء المتحركة للماكينات

٥- لو انتهت خوازيق التثقيب عند منسوب سطح الأرض ولم تصب فور الانتهاء من دقها أو صبت الخرسانة إلى منسوب اسفل منسوب سطح الارض، فيجب عمل أغطية مناسبة لها حتى لا يتعرض العاملون بالموقع لخطر السقوط داخلها.

٦- قبل قيام العمال بالحفر داخل حفرة يجب التطهير حولها لمسافة لا تقل عن ١,٠ متراً، كما يجب ألا تزيد فترة بقاء العامل فى الحفرة فى المرة الواحدة عن ساعة. وفى حالة العمل داخل بئر صغير القطر يجب أن يظل العامل مربوطا بأحزمة نجاة متصلة برافعة خارجية، مع تواجد ملاحظة بصفة دائمة عند السطح للمتابعة وسرعة الإنقاذ إذا استدعى الأمر ذلك.

٧- يجب سند جوانب الحفر بالعمق المناسب لضمان سلامة العمال والحفرة، وفى الحالات التى يرى فيها المقاول إمكانية الحفر بدون سند الجوانب فيجب الرجوع الى الإستشارى مع إتخاذ الاحتياطات اللازمة، ومع عدم السماح بنزول العمال داخل الحفر غير مصلوبة الجوانب بعد ١٢ ساعة من بدء الحفر ولا بعد ٣ ساعات من الانتهاء من الحفر، كما يجب فحصها دوريا أثناء سير العمل.

٨- عند الإنارة بالكهرباء يفضل استخدام جهد منخفض ولو كان هناك احتمال لوجود غازات قابلة للاشتعال داخل البئر يجب ألا يزيد الجهد المستخدم عن ٢٤ فولت ، وفى حالة استخدام الغاز

للإنارة يجب وضع الاسطوانات في مكان مقابل لإتجاه الهواء بالنسبة لمكان الحفرة. وفى حالة استخدام فوانيس للإنارة فيجب إبعادها عن فتحة البئر خصوصا لو كان هناك احتمال لوجود غازات قابلة للاشتعال داخل البئر.

٩- للحصول على جو صالح للتنفس، يجب توصيل الهواء إلى قاع البئر باستخدام مكابس وخراطيم بواقع ٢٥ لتر/ ثانية (١,٥ مترمكعب/ دقيقة).

١٠- بالنسبة للقايسونات يجب التأكد من خلو الهواء عند قاع القايسون من الغازات الضارة كما يجب فحص العاملين الذين يعملون تحت ضغط الهواء دوريا. يجب وجود مصدر للتهوية منفصل عن ممر نزول العمال ،ويجب أن تكون صمامات التحكم الموصلة بين غرف التشغيل والضغط فوق سطح الماء مع ملاحظة أن كمية الهواء اللازمة للفرد توازى ٠,٣ مترمكعب/ دقيقة محسوبة تحت تأثير ضغط هواء غرفة التشغيل وليس الضغط الجوى. فى حالة القيام بعمليات اللحام والقطع فى القايسونات الحديد يجب الانتظار لفترة كافية للتخلص من الأبخرة. كما يجب عند استعمال المتفجرات مراعاة اللوائح والاحتياطات اللازمة لها.

References

المراجع

1-Andersen, P. 1956, Substructure Analysis and Design . The Ronald Press Company, 336p.

2-Baguelin, F., Jezequel, J.F. & Shields, D.H., 1978, The Pressuremeter and Foundation Engineering , Trans. Tech. Publications, 617p.

3-Barber, E.S. 1953, Discussion To Paper by S.M. Glesser , ASTM, STP154 : pp. 96-99.

4-Brinch Hansen, 1961, The Ultimate Resistance of Rigid Piles against Transversal Forces , Danish Geotechnique Institute.

5- Brinch Hansen, 1963

6-Broms, B.B., 1964, Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils ASCE, Journal of Soil Mech. and Found. Div., Vol. 90 SM2,pp.27-63.

7-Broms, B.B., 1964, Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils ASCE Journal of Soil Mech. and Found. Div. Vol. .90, pp 123-156.

8-BS 5573, 1978, British Standard Code of Practice for Safety Precautions in the Construction of Large Diameter Boreholes for Piling and Other Purposes , British Standard Institution.

9-Canadian Manual on Foundation Engineering 1982 & 1992.

10-Chin, F.K.,1970, Evaluation of the Load of Piles not Carried to Failure , Proc., 2nd S.E. Asia Conf., pp. 81-90.

11-Committee on Deep Foundations , 1984, Practical Guidelines for the Selection, Design and Instalation of Piles , ASCE, Geotechnical Engineering Division, New York

12-CP 2004, 1972, Code of Practice for Foundations, Safety .Precautions, Pile Foundations , British Standard Instituion.

13-DIN 4014 - PART2, 1990, Bored Piles, Large Bored Piles Manufacture, Design and Permissible Loading pp. 1-19.

14- Duncan J.M. & Ooi , P.S.K., 1994, Lateral Load Analysis of Groups of Piles and Drilled shafts , Journal of Geotechnical Engineering, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol.120, No.6, June 1994.

15-Elson, K. & Greenwood, D.A., 1986, Miscellaneous Foundation Problem, Chapter II, pp.885-972, The Design and Construction of Engineering Foundations : Edited by F.O.C .Henry, Chapman & Hall.

16-Fellenius, D.H., 1980, The Analysis of Results from Routine Pile Load Tests , Ground Engineering Journal., Sept. pp. 19-31.

17-Fleming, W.K., Weltman, A.J., Randolph, M.F. and Elson, W.K., 1985, Piling Engineering , Surry University Press, 380p.

18-Hetenyi, 1946, Beams on Elastic Foundations , Ann Arbor, Michigan,Univ .of Michigan. Press, 255p.

19-Lee, S.L., Chow Y.K., Karunaiatne G.P.& Wong K.Y., 1988, Rational Wave Equation Model for Pile Driving Analysis , Journal of Geotechnical Engineering, March, Vol.114, No.3, pp. 306-325.

20-Meyerhof, G.G. & Hanna, A.M. 1978, Ultimate Bearing Capacity of Foundation on Layered .Soil under Inclined Loads , Canadian Geotechnical Journal, Vol. 15 No. 4.

21-NAVFAC,DM-7.2, 1982, Foundations and Earth Structures , Design Manual, Dept. of the Navy, USA.

22-Poulos, H.G., 1971, Behavior of Laterally Loaded Piles: II-Pile Groups , Journal of Soil Mechanics and Foundation Devision, ASCE, Vol.97,No.SMS, pp. 733-751.

23-Poulos, H.G. & Davis, E.H., 1980, Pile Foundation Analysis and Design , John Wiley & Sons, 397p.

24- Poulos, H.G. & Hall, T.S., 1989, The Role of Analytical Geomechanics In Foundation Engineering , Foundation Engineering: Current Principles and Practices, (GSP22), Vol.2, Ed. F.H. Kulhawy, Proc. Of the American Society of Civil Engineering, New York, pp. 1575-1606.

25-Smith, E.A.L., 1960, Pile Driving Analysis by the Wave Equation , Journal of Soil Mech. & Found. Div., ASCE, Vol.86 SM4 pp.36-61.

26-Swatek, E.P., 1975, Pneumatic Caissons, Foundation ,Engineering Handbook , Editors: H.F. Winterkorn & H.Y. Fang .Chapter 21, Van Nostrand Reinhold.

27-Terzaghi, K., Peck, R.B. & Mesri, G. 1996, Soil Mechanics in

Engineering Practice , John Wiley & Sons. Inc., New York, 3rd Edition.

28-Tomlinson, M.J.T., 1977, Pile Design and Construction Practice A View Point Publication, 414p.

29-Whitaker, T., 1976, The Design of Piled Foundations Pergamon International Library, 2nd Edition, 218p.

قاموس مصطلحات

A	
accelerometer	مقياس العجلة
adhesion	تلاصق
adjacent(piles)	مجاور ، متجاور(خوازيق)
air lock	هويس هوائي
anchor (v, n)	ربط - رباط
anvil	سندان
arching	تقبية
artesian	إرتوازي
auger	بريمة
B	
back hammering	طرق عكسي
batter	مائل
bearing	تحمل ، ركيزة
bending	إنحناء
bends	فقاعات هواء تحت الجلد
bit(n).	لقمة ،ظفر
blast (v)	نسف – فجر
bleed (v)	نضح
block failure	فشل كتلي
boiling (sand,soil)	فوران
bond	ترابط ، تماسك
bore (v)	ثقب، حفر ن فرع
bored pile	خازوق تثقيب ، حفر، تقريغ
boulders	رجام
bracing	تصليب (شدالات)، تقوية
bucket	غراف
buckling	إنبعاج
C	
caisson	قايسون
calibration	معايرة
cap	هامة
capacity	قدرة ، سعة
carborundum	مادة الكاربورندم
casing	غلاف ، تغليف
cathodic protection	تيار كهربي سالب
cement	أسمنت
cement (v)	لصق ، لحم
cementation	تلاصق-تلاحم
circulation	دورة
chopping	تخريط
coefficient	معامل
cofferdam	سد محيط-حاجز مؤقت
cohesion	تماسك (الحبيبات)

Compaction	دمك
compression	ضغط
cone penetration-test (CPT)	إختبار المخروط الاستاتيكى
continuous flight auger (CFA)	بريمة حفر مستمر
contiguous(piles)	متلامس ، متلاصق
corrigated	معرج –متعرج
cross beam	كمرة عرضية
crack(n)	شق ، شرخ
crane	رافعة ، ونش
cushion	وسادة (الخازوق،المطرقة)

D

dash pot	ماص للإندفاع أو للدفع
damper	ماص صدمات (خوازيق)
decompression	خفض الضغط
deposit (v , n)	رسب–راسب
diaphragm wall	حائط لوحى
dolly	وسادة المطرقه
driven pile	خازوق دق
driving helmet, driving cap	خوذة الدق، طربوش الدق
drop hammer,	مطرقة حرة السقوط
dummy mandrel	مطروقة داخلية

E

eccentricity	لامركزية ،الحيود عن المركز
effective	مؤثر ، فعال
end bearing	لرتكاز طرفي
enlarged base	ركيزة متضخمة أو متسعة

F

factor	معامل
final set	الهبوط النهائى الناتج عن دقة واحدة (خازوق)
finite	محدد ، محدود
flange	شفة
friction	إحتكاك

G

grab	كباش
granular	حبيبى
green heart	وسادة لينة مرنة
guide	دليل ، موجه
grout (v, n)	سقى ، حقن

H

hammer	مطرقة ، شاكوش
hard driving	دقا شديدا
hard wood	خشب صلد
heave (v,n)	قب، قبيان ،إرتفاع
helmet	خوذة

hollow stem	جزع مجوف
honey comb	تعشيش (خرسانة)
hydrofracture	تشقق هيدروليكى (حقن)
I	
inclinometers	مقياس ميل
increment	زيادة ضئيلة، زيادة جزئية
injection	حقن
integrity test	إختبار تكامل ،تجانس (جسم الخازوق)
interaction	تأثير متبادل
J	
jack	رافعة أو دافعة هيدروليكية
jet(v, n)	نفث ، نافثة
joint	وصلة
K	
kentledge	أثقال تحميل
L	
lateral	عرضى ، جانبى
leader, mast	دليل ، قائم ، صارى
lens	عدسة
limit pressure	ضغط حدى ،أقصى
line load	حمل خطى
lock nut	صامولة زنق، قفل
loose	سائب مفكك(رمل)
M	
marl	مرل (مارل) حجر جيرى طينى
mast, leader	قائم ، دليل (ماكينة دق الخوازيق)
micropiles	خوازيق ابرية، صغيرة القطر
monopile	خازوق مفرد
mud cake	كعكة الوحل (البنتونيت)
N	
necking	إختناق
non-destructive	غير متلف
O	
oak	خشب بلوط
organic	عضوى
oscillating	ترددى
oscilloscope	مقياس التردد
overburden	عبء التربة
overconsolidated	زائد التدعيم
over driving	زيادة شد الدق
P	
parameter	معامل ، متغير ، عنصر
packing,pile cushion	حشو، وسادة الخازوق
penetration	إختراق

percussion	تكسير
percussion rod	كاسور
pier	ركيزة ، دعامة(بغلة)
pier foundation	أساس ركائزى
pile	خازوق
pile driving formula	معادلة دق الخازوق
pile driving resistance	مقاومة الدق للخازوق
pile foundation	أساس خازوقى
pile group	مجموعة خوازيق
pile shaft	جذع الخازوق
piling frame; pile driving frame	إطار يحدد مواقع دق الخازوق (شبلونة)
piling rig	معدات تنفيذ الخازوق
pitch	خطوة منتظمة
pitch pine	خشب عزيزى
plasticity index	دليل اللدونة
plasticizers	ملدنات
plate	لوح
platform	منصة،طبلية-رصيف
plug	سدادة
pontoon	رصيف عائم
post-tensioned	لاحق الشد
power pack	مصدر قوى، طاقة
pre-contract	قبل التعاقد
predrilling	تثقيب مسبق
Preliminary	أولى
pressure meter	مقياس الضغط
pre-excavation	حفر مسبق
pre-tensioned	سابق الشد
pulse-echo	الطرق -الصدى
Q	
quality assurance	التحقق من الجودة(بعد التنفيذ)
quality control	ضبط جوده(أثناء التنفيذ)
R	
radius of gyration	نصف قطر عزم القصور الذاتى
raked	مائل
ram	دقاق
rated energy	الطاقة المقننة(الطاقة النسبية)
reference	مرجع
refusal	إمتناع
restituion	إرتداد
retarder	مؤخر
reverse	يعكس ، عكس
rolled pile	خازوق مسحوب (صلب)
rotary table	صينية دوارة
roto percussion	تكسير دوار
S	
safety	أمان

set (refuse)	هبوط الناتج عن الدق (امتناع)
screw pile	خازوق حلزونى (لولبى)
shakle(bracing)	وصلة ربط
shoe (pile)	كعب (الخازوق)
shoot	مزراب (صب خرسانة)
skin friction	إحتكاك سطحى
sleeve	غلاف (خوازيق)
spalling	تقشير ، تقشر
splitting force	قوة التفليق
static level	منسوب إستاتيكى
strip pile, barrette	خازوق شريطى
stroke	مشوار
T	
tapered	مسلوب
teleseopic kelly	عامود تلسكوبى
tensile	شد
tip	كعب-قاعدة(خازوق)
torsion	إلتواء، لىّ
torque converter	محول اللى، الالتواء
tremie pipe	ماسوره صب (خرسانة)
tie back	شداد ، رباط خلفى
U	
ultimate	أقصى
underpinning	تدعيم سفلى
under-reamed piles	خازوق ذو رکيزة متسعة
undrained	غير مصرف
uplift	رفع
V	
vibro-compaction	دمك إهتزازى
vibration	إهتزاز
vibro-replacewent	إحلال أهتزازى
W	
water jets	نافثات المياه
watery concrete	خرسانة لبانى
wave	موجة
web	عصب
weld	يلحم
workability	قابلية التشغيل
working stress	إجهاد التشغيل
Y	
yield stress	إجهاد الخضوع