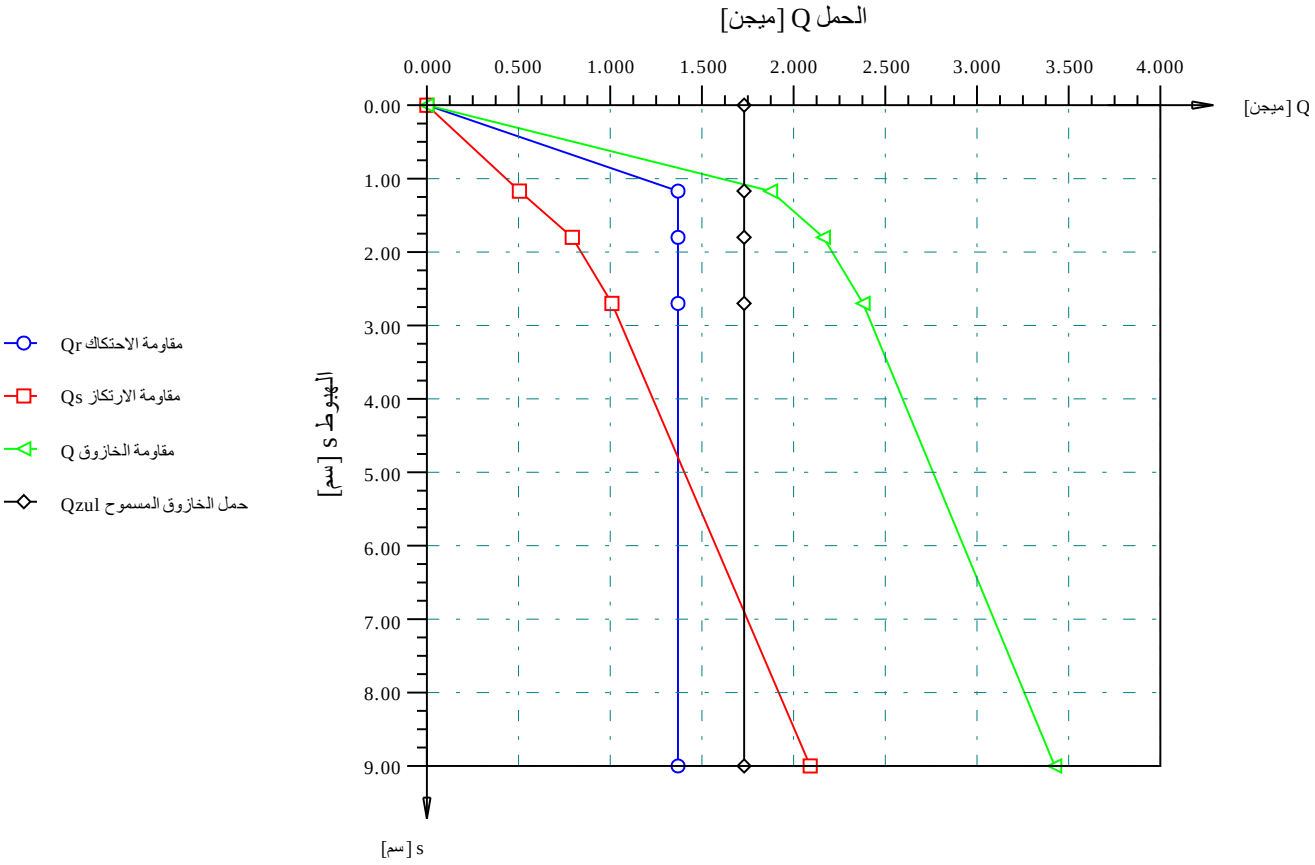
قدرة تحمل وهبوط الخازوق المفرد أو حائط الخوازيق

باستخدام برنامج *إلبلا- السريع*

اسم الخازوق: P1

رقم الخازوق: 1



منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014

مؤلف البرنامج: محمد الجندي

أمين الجندي

Copyright ©

GEOTEC Software Inc.

Canada

Tele.:+1(587) 332-3323

geotec@geotecsoftware.com

www.geotecsoftware.com

٢٠٢٢

جدول المحتويات

صفحة

١ مقدمة ٤

٢ قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المنشأة بالتثقيب طبقاً للكود المصري *ECP* ٥

٣ قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المنشأة بالتثقيب طبقاً للمواصفات الألمانية *DIN 4014* ٩

٣-١ قدرة تحمل و هبوط الخوازيق المفردة ٩

٣-٢ قدرة تحمل و هبوط حائط الخوازيق ١٣

٤ قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المنشأة بالتثقيب طبقاً للتوصيات الألمانية *EA-Piles* ١٥

٥ تعريف معطيات المشروع ٢٠

٥-١ بيانات المكتب ٢٠

٥-٢ نوع التحليل ٢٠

٥-٣ توصيف المشروع ٢٣

٥-٤ معطيات الاحتكاك على جذع الخازوق ٢٥

٥-٥ معطيات التربة أسفل كعب الخازوق ٢٧

٦ أمثلة ٢٩

٦-١ مثال ١: العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب *DIN 4014* ٢٩

٦-٢ مثال ٢: العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب *Simmer* (1999) ٤١

٦-٣ مثال ٣: العلاقة بين الحمل و الهبوط لحائط خوازيق ٥١

٦-٤ مثال ٤: العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب *EA-Piles* ٦٠

٦-١ مثال ٥: العلاقة بين الحمل و الهبوط لخازوق تثقيب طبقا للكود المصري ٧٤

٧ مراجع ٨١

١ مقدمة

يعتمد تصميم الخوازيق التي يزيد قطرها عن ٦٠سم و المنفذة بواسطة التثقيب الاعتيادي و المصبوبة في مكانها (bored piles) على مقدار الهبوط, حيث يتم تقدير علاقة الحمل مع الهبوط من نتائج تجربة تحميل. وفي حالة عدم توافر نتائج تجربة تحميل يمكن الرجوع إلى المواصفات المحلية أو العالمية التي تقدر هذه العلاقة من علاقات وضعية نتيجة الخبرة العملية والدراسات الإحصائية لتلك العلاقة من اختبارات عدة لظروف متعددة. وفي الغالب يكون الهبوط مقدراكنسبة من قطر كعب الخازوق. وتقسم هذه العلاقات للخوازيق في حالتين أساسيتين وهما الأولى عندما تكون الخوازيق مخترقة تربة متماسكة الحبيبات (طينية صرفه) والثانية في تربة مفككة الحبيبات (رملية صرفه).

في هذا الكتاب يتم عرض هذه العلاقة مقدرة في أثنين من المواصفات المحلية والعالمية بالإضافة غلى التوصيات الألمانية:

١– قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المنشأة بالتثقيب طبقاً للكود المصري [١]

٢– قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المنشأة بالتثقيب طبقاً للمواصفات الألمانية *DIN* 4014 [٢]

٣– قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المنشأة بالتثقيب طبقاً للتوصيات الألمانية *EA-Piles* [٣]

وذلك لفهم الفروق بينهما. تم في آخر هذا الكتاب وضع أمثلة محلولة يدويا وتم التحقق من النتائج باستخدام برنامج *ELPLA* [٤]

٢ قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المنشأة بالتثقيب طبقاً للكود المصري *ECP*

طبقاً للكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات [١]، يعتمد تصميم الخوازيق التي يزيد قطرها عن ٦٠سم والمنفذة بواسطة التثقيب الاعتيادي والمصبوبة في مكانها على مقدار الهبوط، حيث يتم تقدير علاقة الحمل مع الهبوط من نتائج تجربة تحميل. و في حالة عدم توافر نتائج تجربة تحميل تقدر العلاقة على النحو الوارد في شكل ١, فيتم حساب العلاقة *OBH* لحمل الارتكاز باعتبار النقطة *B* تناظر هبوطا مقداره ١٥ سم بالنسبة للتربة غير المتماسكة الحبيبات أو ٥٪ من قطر الخازوق بالنسبة للتربة المتماسكة، و العلاقة *OAG* للاحتكاك الجانبي على جذع الخازوق باعتبار أن النقطة *A* تناظر هبوطا يصل إلي حوالي ٠,٥–١,٠ سم (في حدود ١٪ من قطر الخازوق).

و بجمع العلاقتين تنتج العلاقة *OKCJ* للحمل الكلي على الخازوق، حيث يكون الحمل التصميمي المسموح به هو ذلك الحمل المناظر للهبوط المسموح به للخازوق المفرد باستخدام العلاقة *OKCJ* و يمكن عن طريق العلاقات *OBH*, *OAG* تحديد قيمة كل من حمل الارتكاز و حمل الاحتكاك الجانبي المناظران لقيمة الهبوط المسموح به, و يكون مجموعهما مساويا للحمل التصميمي للخازوق. يمكن تعيين العلاقة *OBH* لحمل الارتكاز مع الهبوط باستخدام جدول ١ للخوازيق المرتكزة على تربة غير متماسكة الحبيبات أو جدول ٢ للخوازيق المرتكزة على تربة طينية صرفه قوية التماسك، ويتم الحصول على قيم الحمل عند قيم الهبوط المختلفة بضرب قيمة مقاومة الارتكاز الموضحة في جدول ١ و جدول ٢ في مساحة مقطع كعب الخازوق.

أما العلاقة *OAG* لحمل الاحتكاك الجانبي مع الهبوط فيتم تعينها باستخدام جدول ٣ لأجزاء الخوازيق المارة في التربة الغير متماسكة الحبيبات أو جدول ٤ لأجزاء الخوازيق المارة خلال تربة طينية صرفة, و يتم الحصول على قيم الحمل الأقصى للأجزاء المختلفة بضرب قيمة إجهاد الاحتكاك الجانبي الموضحة في جدول ٣ و جدول ٤, في المساحة الجانبية للجزء المناظر من جذع الخازوق, و يكون حمل الاحتكاك الجانبي الكلي مساويا لمجموع أحمال الاحتكاك المحسوبة خلال الطبقات المختلفة, مع إهمال قيمة الاحتكاك خلال مسافة تساوي ٢ مترا أسفل هامة الخوازيق مباشرة و كذلك مسافة تساوي قطر الخازوق أعلى الكعب كما هو موضح في شكل ٢.

وبالإضافة إلى التحقق من أن قيمة الهبوط المناظرة للحمل التصميمي في حدود المسموح به فيجب التأكد من توافر معامل أمان لا يقل عن ٢ بالنسبة للحمل الأقصى الكلي (القيمة *CJ*)

و تجدر الإشارة إلى أن قيم إجهاد الاحتكاك الموضحة في جدول ٣ و جدول ٤ تنطبق على الخوازيق المنفذة باستخدام ماسورة مؤقتة، و في حالة استخدام معلق البنتونيت في سند جوانب الخازوق تستخدم ثلثي القيم الموضحة في جدول ٣ و جدول ٤.

جدول ١ علاقة جهد الارتكاز مع الهبوط للتربة غير متماسكة الحبيبات للخوازيق ذات القطر الكبير والمصبوبة في مكانها

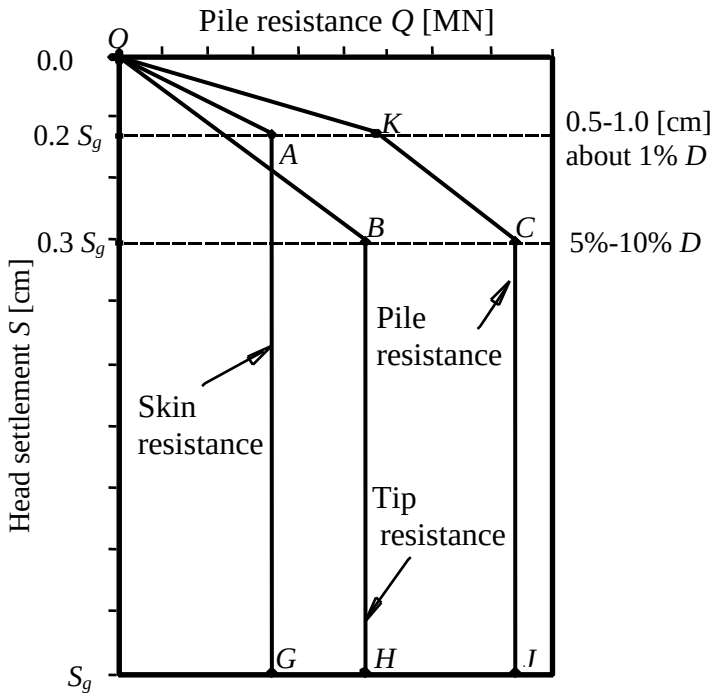
الهبوط [سم]	جهد الارتكاز [MN/m^2]	
	خوازيق ذات نهايات متسعة	خوازيق بدون نهايات متسعة
١	٠,٣٥	٠,٥
٢	٠,٦٥	٠,٨
٣	٠,٩٠	١,١
١٥*	٢,٤٠	٣,٤

* قيمة الهبوط المفترض عند حمل الارتكاز الأقصى

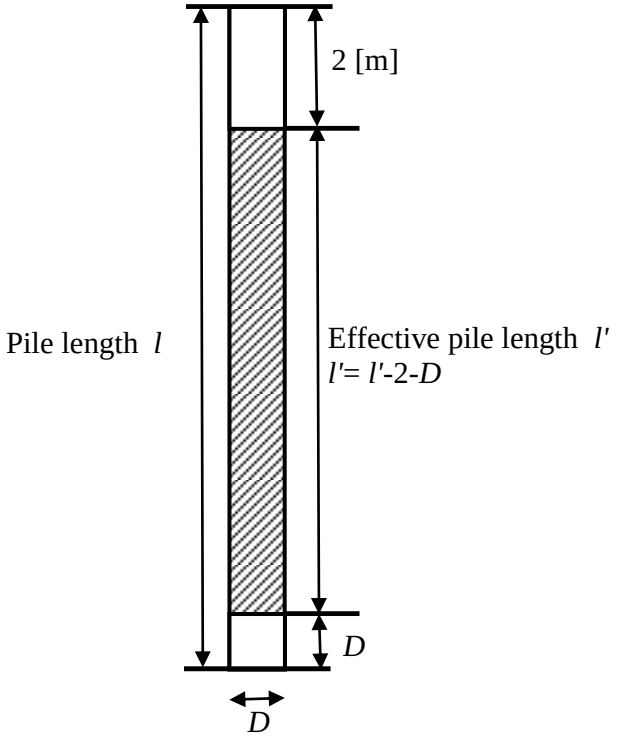
جدول ٢ علاقة جهد الارتكاز مع الهبوط للتربة المتماسكة للخوازيق ذات القطر الكبير والمصبوبة في مكانها

الهبوط [سم]	جهد الارتكاز [MN/m^2]
$s_g \times$ ٠,٢	٠,٥
$s_g \times$ ٠,٣	٠,٧
$*s_g$	١,٢

* قيمة الهبوط المفترض عند حمل الارتكاز الأقصى ويساوي ٥٪ من قطر ارتكاز الخازوق



شكل ١ العلاقة بين حمل الخازوق والهبوط طبقاً للكود المصري



شكل ٢ طول جذع الخازوق الفعال

وفي حالة التربة المكونة من طبقات متباينة متعددة يكون الحمل الأقصى للخازوق مساويا لمجموع جهود المقاومة التي ستبديها كل من الطبقات الحاملة للخازوق باستثناء الطبقات الضعيفة التي ستتضاغط وستتلاشى مقاومتها إزاء حركة جذع الخازوق أو سيتولد عنها إجهادات قص سالبة على جذع الخازوق.

جدول ٣ جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق في التربة غير متماسكة الحبيبات للخوازيق ذات القطر الكبير والمصبوبة في مكانها

عدد الدقات "N" من اختبار الاختراق القياسي SPT	العمق تحت سطح الأرض الطبيعية [متر]	جهد الاحتكاك الأقصى * $[kN/m^2]$
أقل من ١٠	–	صفر
٢٠–١٠	صفر–٢,٠	صفر
	٢,٠–٥,٠.	٣٠
	أكبر من ٥,٠	٥٠
٣٠–٢٠	صفر–٢,٠	صفر
	٢,٠–٧,٥	٤٥
	أكبر من ٧,٥	٧٥
أكبر من ٣٠	صفر–٢,٠	صفر
	٢,٠–١٠,٠	٦٠
	أكبر من ١٠,٠	١٠٠

* القيمة على أساس استخدام ماسورة مؤقتة في تنفيذ الخوازيق، وفي حالة استخدام معلق البنتونيت في سند جوانب الخوازيق، تستخدم ثلثي القيمة الموضحة لجهد الاحتكاك الأقصى.

جدول ٤ جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق للتربة المتماسكة للخوازيق ذات لقطر الكبير والمصبوبة في مكانها

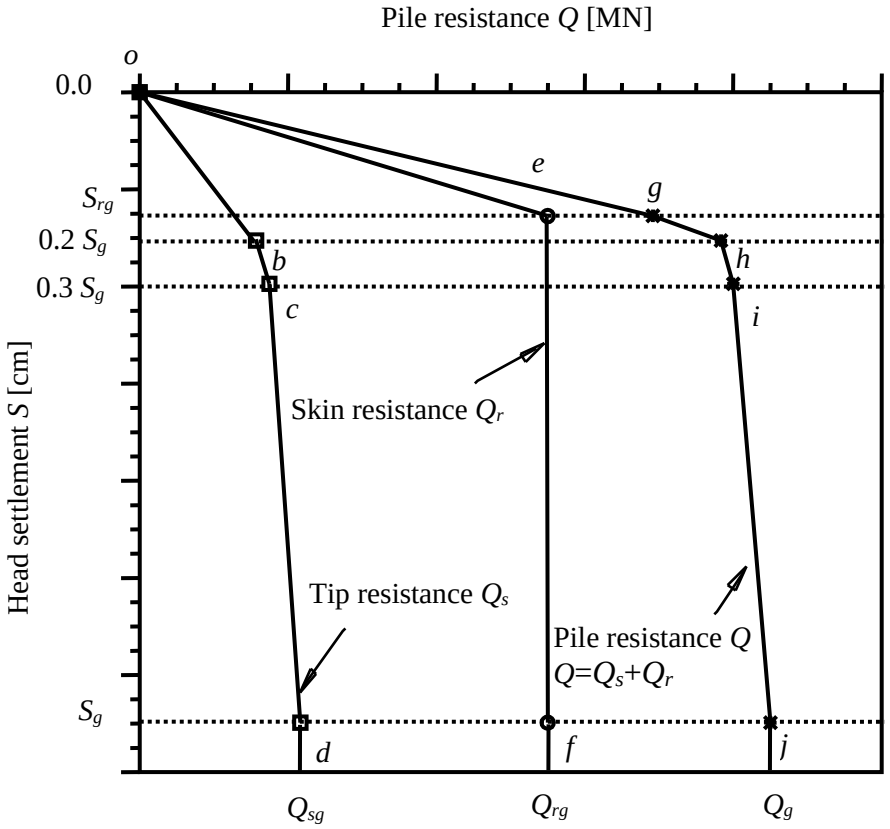
قيمة التماسك للتربة $[kN/m^2]$	جهد الاحتكاك الأقصى $[kN/m^2]$
صفر	صفر
٢٥	٢٥
١٠٠	٤٠
٢٠٠	٥٠

* في حالة عدم استخدام ماسورة مؤقتة في تنفيذ الخوازيق تستخدم ثلثي القيمة الموضحة للاحتكاك الأقصى.

٣ قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المنشأة بالتثقيب طبقاً للمواصفات الألمانية *DIN 4014*

٣–١ قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المفردة

طبقا للمواصفات الألمانية *DIN 4014* **[٢]** يعتمد تصميم الخوازيق التي يزيد قطرها عن ٦٠سم والمنفذة بواسطة التثقيب الاعتيادي والمصبوبة في مكانها على مقدار الهبوط، حيث يتم تقدير علاقة الحمل مع الهبوط من نتائج تجربة تحميل. وفي حالة عدم توافر نتائج تجربة تحميل تقدر العلاقة على النحو الوارد في شكل ٣.



شكل ٣ العلاقة بين حمل الخازوق و الهبوط طبقاً للمواصفات الألمانية *DIN 1045*

فيتم حساب العلاقة *obcd* من الحمل عند قاعدة ارتكاز الخازوق و الهبوط على اعتبار أن قيمة الهبوط المفترض S_g عند حمل الارتكاز الأقصى تصل إلى ١٠٪ من قطر كعب الخازوق D_f، أي أن $S_g = 0.1\ D_f$. كذلك فإن قيم الهبوط المتوسطة على منحنى العلاقة ما بين حمل الارتكاز والهبوط تكون نسبة في قطر كعب الخازوق على النحو التالي:

جدول ٥ قيم الهبوط نسبة من قطر كعب الخازوق

النقطة	الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق
b	$S_1 = 0.2\ S_g = 0.02\ D_f$
c	$S_2 = 0.3\ S_g = 0.03\ D_f$
d	$S_g = 0.1\ D_f$

ويتم تحديد العلاقة *oef* بين حمل الاحتكاك الجانبي على جذع الخازوق والهبوط باعتبار أن النقطة *e* تناظر هبوطا لا يتعدى $S_{rg} \leq 3$ [cm]. وبجمع العلاقتين تنتج العلاقة *oghij* للحمل الكلي على الخازوق. حيث يكون الحمل التصميمي المسموح به هو ذلك الحمل المناظر للهبوط المسموح به للخازوق المفرد باستخدام العلاقة *oghij*. ويكون الحمل الآمن المسموح به للخازوق Q_{zul} [MN] يساوي أقصى حمل للخازوق Q_g [MN] مقسوما على معامل آمـان $\eta = 2.0$، حيث:

$$Q_{zul} = \frac{Q_g}{\eta}$$

ويمكن عن طريق العلاقات *obcd* و *oef* تحديد قيمة كل من حمل الارتكاز و حمل الاحتكاك الجانبي المناظران لقيمة الهبوط المسموح به. ويكون مجموعهما مساويا للحمل التصميمي للخازوق. يمكن تعيين العلاقة *obcd* لحمل الارتكاز مع الهبوط باستخدام جدول ٦ للخوازيق المرتكزة على تربة غير متماسكة الحبيبات أو من جدول ٧ للخوازيق المرتكزة على تربة طينية صرفة قوية التماسك و ذلك إذا تم معرفة مقاومة التربة غير المتماسكة الحبيبات q_s أو قيمة التماسك الغير محصور للتربة الطينية c_u. يتم الحصول على قيم الحمل عند قيم الهبوط المختلفة بضرب قيمة مقاومة الارتكاز الموضحة في جدول ٦ و جدول ٧ في مساحة مقطع كعب الخازوق.

جدول ٦ علاقة جهد الارتكاز σ_s مع الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق للتربة غير المتماسكة الحبيبات

نسبة الهبوط من قطر كعب الخازوق $\frac{S}{D_f}$ [-]	جهد الارتكاز σ_s [MN/m^2]			
	مقاومة التربة من اختبار الاختراق بالمخروط CPT q_s [MN/m^2]			
	10	15	20	25
0.02	0.7	1.05	1.40	1.75
0.03	0.9	1.35	1.80	2.25
0.10	2.0	3.00	3.50	4.00
القيمة المتوسطة يمكن حسابها عن طريق الاستكمال الخطي.				
في حالة الخوازيق ذات القواعد المتسعة تخفض قيمة جهد الارتكاز ٢٥٪.				

جدول ٧ علاقة جهد الارتكاز σ_s مع الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق للتربة الطينية الصرفة المتماسكة الحبيبات

نسبة الهبوط من قطر كعب الخازوق $\frac{S}{D_f}$ [-]	جهد الارتكاز σ_s [MN/m^2]	
	قيمة التماسك الغير محصور c_u [MN/m^2]	
	0.1	0.2
0.02	0.35	0.9
0.03	0.45	1.1
0.10	0.80	1.5
القيمة المتوسطة يمكن حسابها عن طريق الاستكمال الخطي.		
في حالة الخوازيق ذات القواعد المتسعة تخفض قيمة جهد الارتكاز ٢٥٪.		

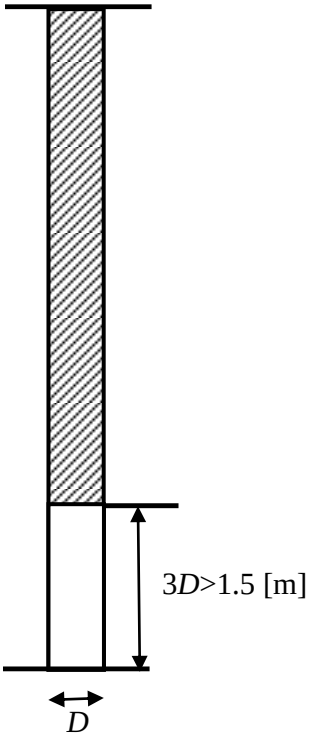
و يتم حساب مقاومة التربة q_s من اختبار الاختراق بالمخروط CPT طبقا للمواصفات الألمانية *DIN* 4014 أو من اختبار الاختراق القياسي *SPT* بعد ضرب هذه القيم في معامل حسابي. في حالة تطبيق اختبار الاختراق القياسي *SPT* لحساب قيم مقاومة التربة q_s فإنه يلزم ضرب هذه القيم في معامل حسابي كما هو موضح في جدول ٨. حيث N_{30} هي مقاومة التربة من اختبار الاختراق القياسي *SPT*.

جدول ٨ معامل حسابي بين قيم مقاومة التربة [MN/m^2] q_s من اختبار الاختراق بالمخروط CPT واختبار الاختراق القياسي N_{30} (CPT)

نوع التربة	$\frac{q_s}{N_{30}}$
رمل ناعم إلى متوسط أو رمل طفلي خفيف	0.3 – 0.4
رمل أو رمل مع بعض الزلط	0.5 – 0.6
رمل	0.5 – 1.0
زلط رملي أو زلط	0.8 – 1.0

الرقم ٣٠ يقصد به عدد الخبطات لكل ٣٠ سم اختراق في التربة

أما العلاقة *oef* لحمل الاحتكاك الجانبي مع الهبوط فيتم تعينها باستخدام جدول ٩ لأجزاء الخوازيق المارة في التربة غير متماسكة الحبيبات أو جدول ١٠ لأجزاء الخوازيق المارة خلال تربة طينية صرفة, و يتم الحصول على قيم الحمل الأقصى للأجزاء المختلفة بضرب قيمة إجهاد الاحتكاك الجانبي الموضحة في جدول ٩ و جدول ١٠ في المساحة الجانبية للجزء المناظر من جذع الخازوق و يكون حمل الاحتكاك الجانبي الكلي مساويا لمجموع أحمال الاحتكاك المحسوبة خلال الطبقات المختلفة. على أن تحسب مقاومة التربة من اختبار الاختراق أسفل كعب الخازوق لمسافة تعادل ثلاثة أمثال قطر كعب الخازوق ولا تقل عن ١,٥م كما هو موضح في شكل ٤.



شكل ٤ عمق التربة أسفل كعب الخازوق المطلوب لحساب مقاومة التربة المتوسطة أسفل كعب الخازوق

و تعيين العلاقة *oef* بفرض أن حمل الاحتكاك الأقصى المحسوب بالطريقة السابقة يناظر هبوطا S_{rg} يقدر من المعادلة:

$$S_{rg} = 0.5\ Q_{rg}\ (\text{in [MN]}) + 0.5 < 3\ [\text{cm}]$$

جدول ٩ جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf} على جذع الخازوق للتربة غير المتماسكة الحبيبات

مقاومة التربة من اختبار الاختراق بالمخروط CPT q_s [MN/m^2]	جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق τ_{mf} [MN/m^2]
0	0.00
5	0.04
10	0.08
15≥	0.12
القيم المتوسطة يسمح بحسابها عن طريق الاستكمال الخطي.	

جدول ١٠ جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf} على جذع الخازوق للتربة الطينية الصرفة المتماسكة الحبيبات

قيمة التماسك الغير محصور c_u [MN/m^2]	جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق τ_{mf} [MN/m^2]
0.025 0.100 ≥ 0.2	0.025 0.040 0.060
القيم المتوسطة يسمح بحسابها عن طريق الاستكمال الخطي	

٣-٢ قدرة تحمل وهبوط حائط الخوازيق

تحسب قدرة تحمل حائط الخوازيق طبقا للمواصفات الألمانية *DIN 4014* من تطبيق نفس المعادلات والجداول المستخدمة في حساب قدرة تحمل الخوازيق المفردة، ولكن مع استخدام معامل تخفيض لها عند حساب قدرة تحمل قاعدة تحمل الخازوق.

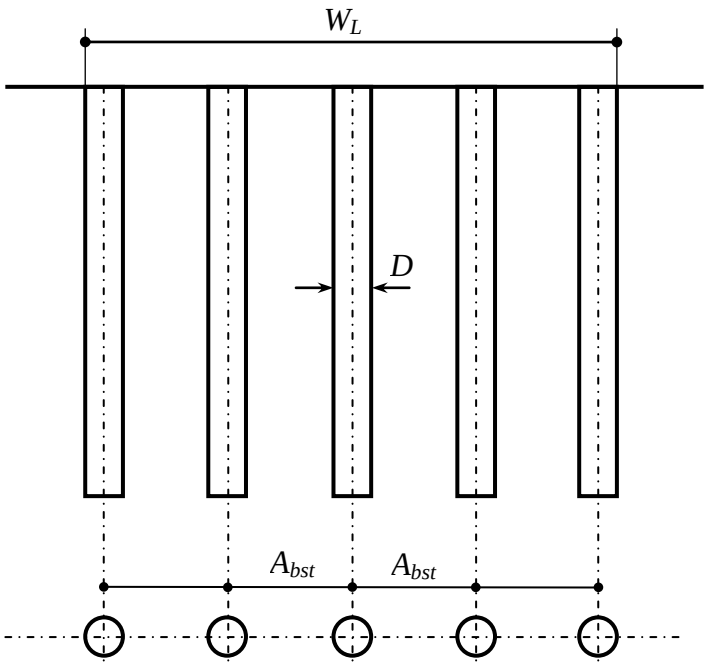
معامل التخفيض ν

تنص المواصفات الألمانية على أنه عند حساب الاحتكاك الجانبي على جذع خازوق لا يكون شكل مقطعه دائري مثلما هو الحال في الحوائط الخازوقية من جدول ٩ و جدول ١٠. بينما عند حساب الحمل عند قاعدة ارتكاز الخازوق تخفض القيم المستخدمة من جدول ٥ و جدول ٦ بواسطة معامل تخفيض ν يعتمد على نسبة بعدي مقطع الخازوق كما هو موضح في جدول ١١.

جدول ١١ معامل التخفيض ν لحساب قدرة تحمل ارتكاز الخازوق σ_s للخوازيق التي لا يكون شكل مقطعها دائري

نسبة بعدي مقطع الخازوق $\frac{W_L}{D}$ [−]	1	≥ 5
ν [−]	1	0.6
القيم المتوسطة لمعامل التخفيض يمكن حسابها عن طريق الاستكمال الخطي		

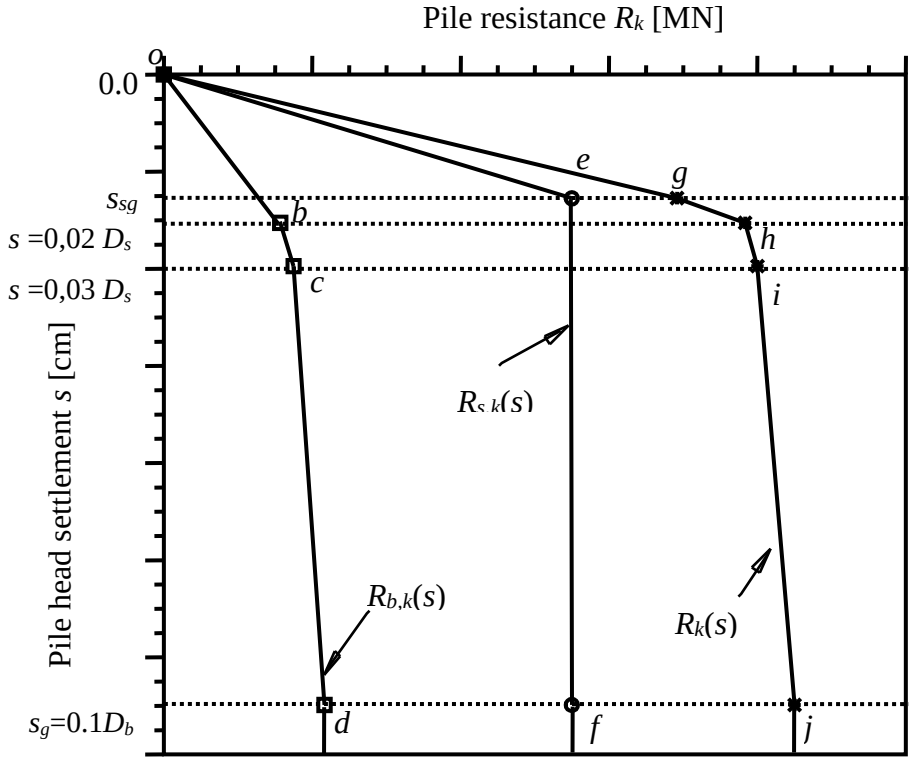
في حالة الخوازيق المحملة رأسيا تعتمد طريقة الحساب على اعتبار أن مساحة مقطع حائط الخوازيق تمثل المجموع الكلي لمساحة مقطع ارتكاز الخوازيق، وبالتالي فإن المساحة التي تغطي حائط الخوازيق يمكن اعتبارها مساحة الاحتكاك الجانبي. شكل ٥ يوضح حائط خوازيق طوله W_L مكون من خمسة خوازيق قطر كلا منها D ومسافة التقسيط بين الخوازيق هي A_{bst}.



شكل ٥ حائط خوازيق

٤ قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المنشأة بالتثقيب طبقاً للتوصيات الألمانية *EA-Piles*

طبقا للتوصيات الألمانية EA-Piles **[٣]** يعتمد تصميم الخوازيق التي يزيد قطرها عن ٦٠سم والمنفذة بواسطة التثقيب الاعتيادي والمصبوبة في مكانها على مقدار الهبوط، حيث يتم تقدير علاقة الحمل مع الهبوط من نتائج تجربة تحميل. وفي حالة عدم توافر نتائج تجربة تحميل تقدر العلاقة على النحو الوارد في شكل ٦.



شكل ٦ العلاقة بين حمل الخازوق والهبوط طبقاً للمواصفات الألمانية EA-Piles

فيتم حساب العلاقة *obcd* من الحمل عند قاعدة ارتكاز الخازوق و الهبوط على اعتبار أن قيمة الهبوط المفترض s_g عند حمل الارتكاز الأقصى $R_{b,k}$ تصل إلى ١٠٪ من قطر كعب الخازوق D_b، أي أن $s_g = 0.1\ D_b$. كذلك فإن قيم الهبوط المتوسطة على منحنى العلاقة ما بين حمل الارتكاز و الهبوط تكون نسبة في قطر كعب الخازوق على النحو التالي:

جدول ١٢ قيم الهبوط نسبة من قطر كعب الخازوق

النقطة	الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق
b	$s_1 = 0.2\ s_g = 0.02\ D_b$
c	$s_2 = 0.3\ s_g = 0.03\ D_b$
d	$s_g = 0.1\ D_b$

و يتم تحديد العلاقة *oef* بين حمل الاحتكاك الجانبي على جذع الخازوق $R_{s,k}$ و الهبوط باعتبار أن النقطة *e* تناظر هبوطا لا يتعدى $s_{sg} \leq 3$ [cm]. و تعيين العلاقة *oef* بفرض أن حمل الاحتكاك الأقصى المحسوب بالطريقة السابقة يناظر هبوطا s_{sg} يقدر من المعادلة:

$$s_{sg}\,[\text{cm}] = 0{,}5 \times R_{s,k}\,(s_{sg})\,[\text{MN}] + 0{,}5\,[\text{cm}] \leq 3\,[\text{cm}]$$

وبجمع العلاقتين تنتج العلاقة *oghij* للحمل الكلي على الخازوق:

$$R_{k(s)} = R_{b,k(s)} + R_{s,k(s)} = q_{b,k} \times A_b + \sum A_{qs,k,i} \times A_{s,i}$$

حيث:

A_b	مساحة قاعدة الخازوق، [m^2]
$A_{s,i}$	مساحة جذع الخازوق السطحية في الطبقة *i*، [m^2]
$q_{b,k}$	جهد الارتكاز، [kN/m^2]
$q_{s,k,i}$	جهد الاحتكاك على جذع الخازوق في الطبقة *i*، [kN/m^2]
$R_{k(s)}$	حمل الخازوق الأقصى، [kN]
$R_{b,k(s)}$	حمل الارتكاز، [kN]
$R_{s,k(s)}$	محصلة أحمال الاحتكاك الكلية على جذع الخازوق، [kN]

حيث يكون الحمل التصميمي المسموح به هو ذلك الحمل المناظر للهبوط المسموح به للخازوق المفرد باستخدام العلاقة *oghij*. ويكون الحمل الآمن المسموح به للخازوق Q_{zul} [MN] يساوي أقصى حمل للخازوق $R_{k(s)}$ مقسوما على معامل آمان $\eta = 2.0$، حيث:

$$Q_{zul} = \frac{R_{k(s)}}{\eta}$$

ويمكن عن طريق العلاقات *obcd* و *oef* تحديد قيمة كل من حمل الارتكاز و حمل الاحتكاك الجانبي المناظران لقيمة الهبوط المسموح به. ويكون مجموعهما مساويا للحمل التصميمي للخازوق. يمكن تعيين العلاقة *obcd* لجهد الارتكاز مع الهبوط باستخدام جدول ١٣ للخوازيق المرتكزة على تربة غير متماسكة الحبيبات أو من جدول ١٤ للخوازيق المرتكزة على تربة طينية صرفة قوية التماسك و ذلك إذا تم معرفة مقاومة التربة غير المتماسكة الحبيبات q_c من اختبار الاختراق بالمخروط CPT أو

قيمة التماسك الغير محصور للتربة الطينية $c_{u,k}$. يتم الحصول على قيم الحمل عند قيم الهبوط المختلفة بضرب قيمة جهد الارتكاز الموضحة في جدول ١٣ و جدول ١٤ في مساحة مقطع كعب الخازوق.

جدول ١٣ علاقة جهد الارتكاز $q_{b,k}$ مع الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق للتربة غير المتماسكة الحبيبات

نسبة الهبوط من قطر الخازوق $\frac{S}{D_b} or \frac{S}{D_s}$ [-]	جهد الارتكاز $q_{b,k}$ [kN/m^2]		
	مقاومة التربة من اختبار الاختراق بالمخروط CPT q_c [MN/m^2]		
	7.5	15	25
0.02	550–800	1 050–1 400	1 750–2 300
0.03	700–1 050	1 350–1 800	2 250–2 950
0.10	1 600–2 300	3 000–4 000	4 000–5 300
القيمة المتوسطة يمكن حسابها عن طريق الاستكمال الخطي.			
في حالة الخوازيق ذات القواعد المتسعة تخفض قيمة جهد الارتكاز ٢٥٪.			

جدول ١٤ علاقة جهد الارتكاز $q_{b,k}$ مع الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق للتربة الطينية الصرفة المتماسكة الحبيبات

نسبة الهبوط من قطر الخازوق $\frac{S}{D_b} or \frac{S}{D_s}$ [-]	جهد الارتكاز $q_{b,k}$ [kN/m^2]		
	قيمة التماسك الغير محصور $c_{u,k}$ [kN/m^2]		
	100	150	250
0.02	350–450	600–750	950–1 200
0.03	450–550	700–900	1.200–1 450
0.10	800–1 000	1 200–1 500	1 600–2 000
القيمة المتوسطة يمكن حسابها عن طريق الاستكمال الخطي.			
في حالة الخوازيق ذات القواعد المتسعة تخفض قيمة جهد الارتكاز ٢٥٪.			

أما العلاقة *oef* لجهد الاحتكاك الجانبي مع الهبوط فيتم تعينها باستخدام جدول ١٥ لأجزاء الخوازيق المارة في التربة غير متماسكة الحبيبات أو جدول ١٦ لأجزاء الخوازيق المارة خلال تربة طينية صرفة المتماسكة الحبيبات, و يتم الحصول على قيم الحمل الأقصى للأجزاء المختلفة بضرب قيمة إجهاد الاحتكاك الجانبي الموضحة في جدول ١٥ و جدول ١٦ في المساحة

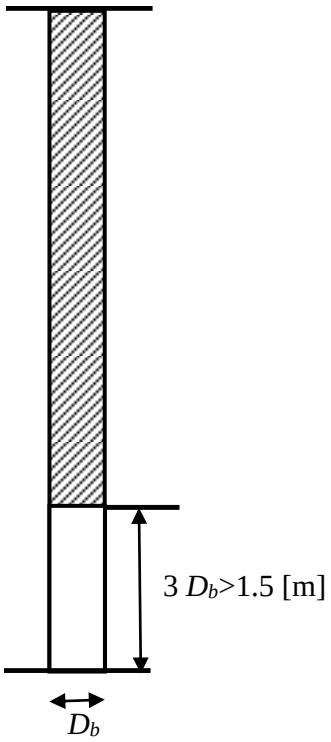
الجانبية للجزء المناظر من جذع الخازوق و يكون حمل الاحتكاك الجانبي الكلي مساويا لمجموع أحمال الاحتكاك المحسوبة خلال الطبقات المختلفة. على أن تحسب مقاومة التربة من اختبار الاختراق CPT أسفل كعب الخازوق لمسافة تعادل ثلاثة أمثال قطر كعب الخازوق ولا تقل عن ١,٥م كما هو موضح في جدول ١٥.

جدول ١٥ جهد الاحتكاك الأقصى $q_{s,k}$ على جذع الخازوق للتربة غير المتماسكة الحبيبات

مقاومة التربة من اختبار الاختراق بالمخروط CPT q_c [MN/m^2]	جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق $q_{s,k}$ [kN/m^2]
7,5	55–80
15	105–140
≥25	130–170
القيم المتوسطة يسمح بحسابها عن طريق الاستكمال الخطي	

جدول ١٦ جهد الاحتكاك الأقصى $q_{s,k}$ على جذع الخازوق للتربة الطينية الصرفة المتماسكة الحبيبات

قيمة التماسك الغير محصور $c_{u,k}$ [kN/m^2]	جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق $q_{s,k}$ [kN/m^2]
60	30–40
150	50–65
≥250	65–85
القيم المتوسطة يسمح بحسابها عن طريق الاستكمال الخطي	

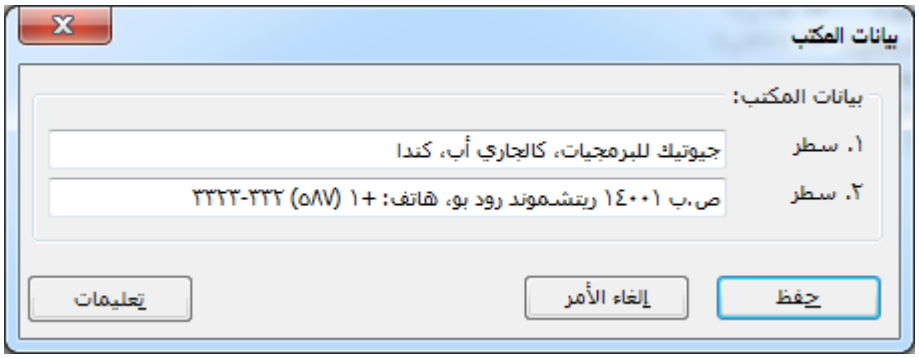


شكل ٧ عمق التربة أسفل كعب الخازوق المطلوب لحساب مقاومة التربة المتوسطة أسفل كعب الخازوق

٥ تعريف معطيات المشروع

٥–١ بيانات المكتب

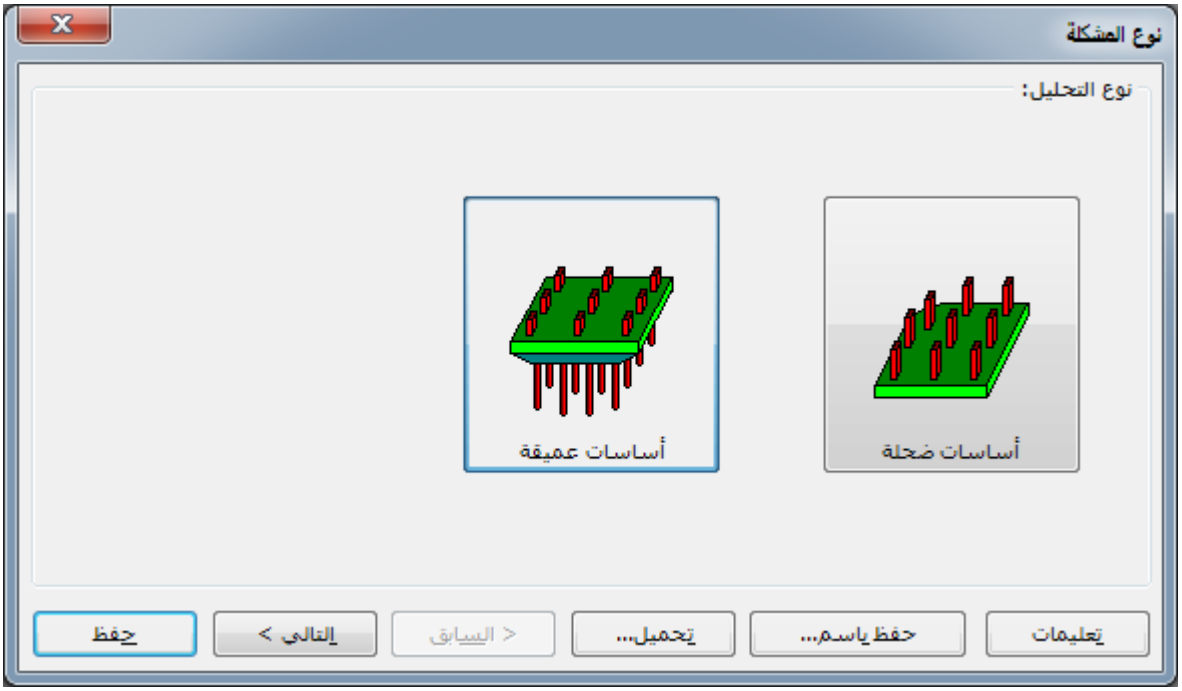
"بيانات المكتب" هي سطرين من النصوص لإعطاء معلومات عن مكتبك الهندسي، شركتك أو معهدك. تطبع تلك المعلومات كرأس صفحة أعلى الصفحات التي تحتوي على جداول بالمدخلات والمخرجات والمنشأة بواسطة *إلباڤ–السريع*. أيضا تطبع تلك المعلومات داخل مربع التوصيف لرسومات المدخلات والمخرجات، شكل ٨.



شكل ٨ بيانات المكتب

٥–٢ نوع التحليل

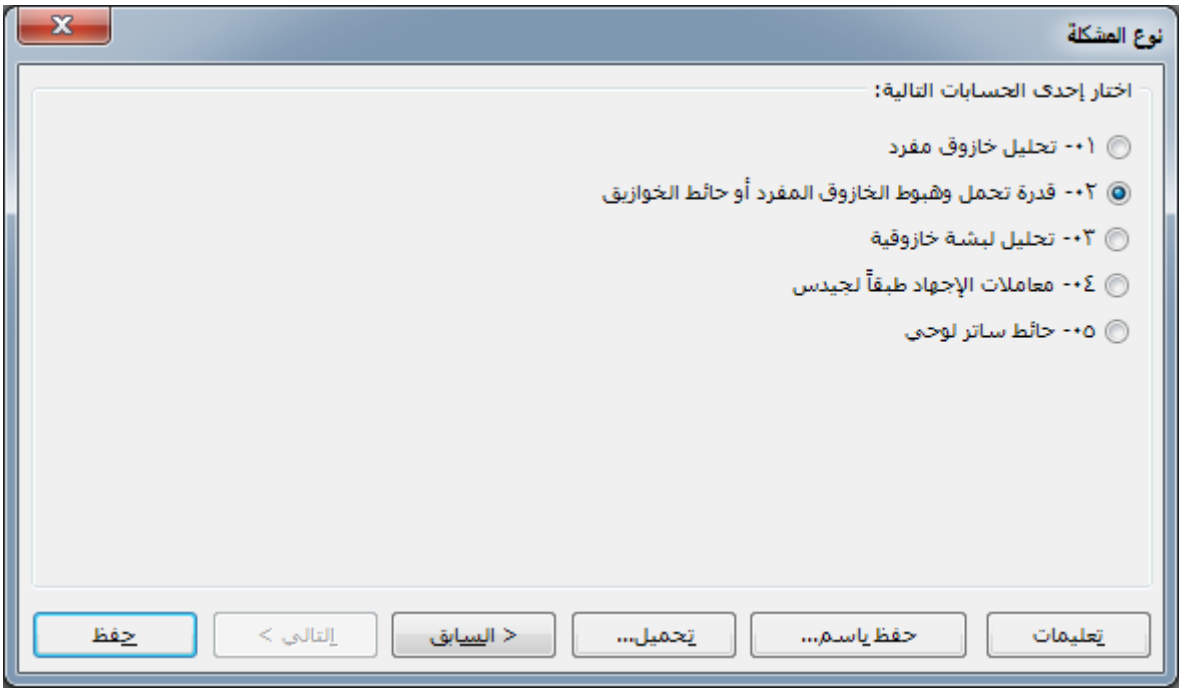
برنامج *إلباڤ–السريع* يمكنه تحليل مشاكل متعددة في الهندسة الجيوتقنية للأساسات الضحلة والأساسات العميقة، شكل ٩.



شكل ٩ نوع التحليل

طبقا للقائمة الرئيسية في شكل ١٠ يمكن تحليل المشاكل التالية للأساسات العميقة:

- تحليل خازوق مفرد
- قدرة تحمل وهبوط الخازوق المفرد أو حائط الخوازيق
- تحليل لبشة خازوقيه
- معاملات الإجهاد طبقاً لجيدس
- حائط ساتر لوحي
- تحليل بارت مفرد



شكل ١٠ نوع المشكلة

من القائمة في شكل ١٠ اختار الحساب التالي:

– قدرة تحمل وهبوط الخازوق المفرد أو حائط الخوازيق

الفقرة التالية تصف كيفية تحديد قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المفردة وحائط الخوازيق باستخدام برنامج *إلباڤ–السريع*. ويمكن تحديد قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المفردة وحائط الخوازيق للخوازيق المنفذة بالتثقيب وفقا لـ DIN 4014 أو EA piles. معطيات المدخلات هي أبعاد الخوازيق، و مقاومة التربة q_c من اختبار الاختراق بالمخروط CPT أو قيمة التماسك الغير محصور c_u لطبقات التربة. يمكن تحديد جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق τ_{mf} وفقا لـ DIN 4014 أو EA piles.

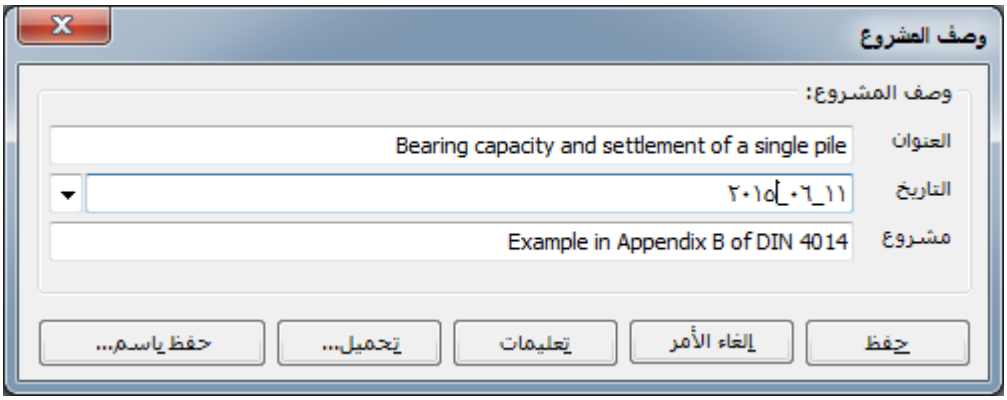
٣-٥ توصيف المشروع

في البرنامج يجب التمييز بين نوعين من المعطيات:

١ معطيات النظام (لتحديد المشروع الذي يتم إنشاؤه والمعلومات الإخراج للطابعة)

٢ معطيات التربة (خواص التربة الخ ..)

باستخدام أمر "توصيف المشروع"، يمكن تحديد المعلومات الخاصة بتوصيف كل مشروع، شكل ١١. تستخدم هذه المعلومات في طباعة النتائج والمعطيات. يمكن تحديد التاريخ من خلال تقويم الحاسب.



شكل ١١ وصف المشروع

معطيات نظام الخازوق

بعد النقر على أمر "قدرة تحمل وهبوط الخوازيق المفردة أو حائط الخوازيق" يتم تعريف معطيات نظام الخازوق التالية (شكل ١٢):

المهمة الحسابية:

- تحليل خازوق مفرد
- تحليل حائط خوازيق

ومنحنى الحمل الهبوط للخازوق طبقاً:

- DIN 4014
- EA-Piles للقيم الدنيا للجدول
- EA-Piles للقيم العظمى للجدول

معطيات نظام الخازوق:

D **قطر الخازوق** [m]

Pz **اسم الخازوق**

للخازوق المفرد

Ipf **رقم الخازوق**

Df **قطر كعب الخازوق** [m]

Qv **الحمل على رأس الخازوق** [MN]

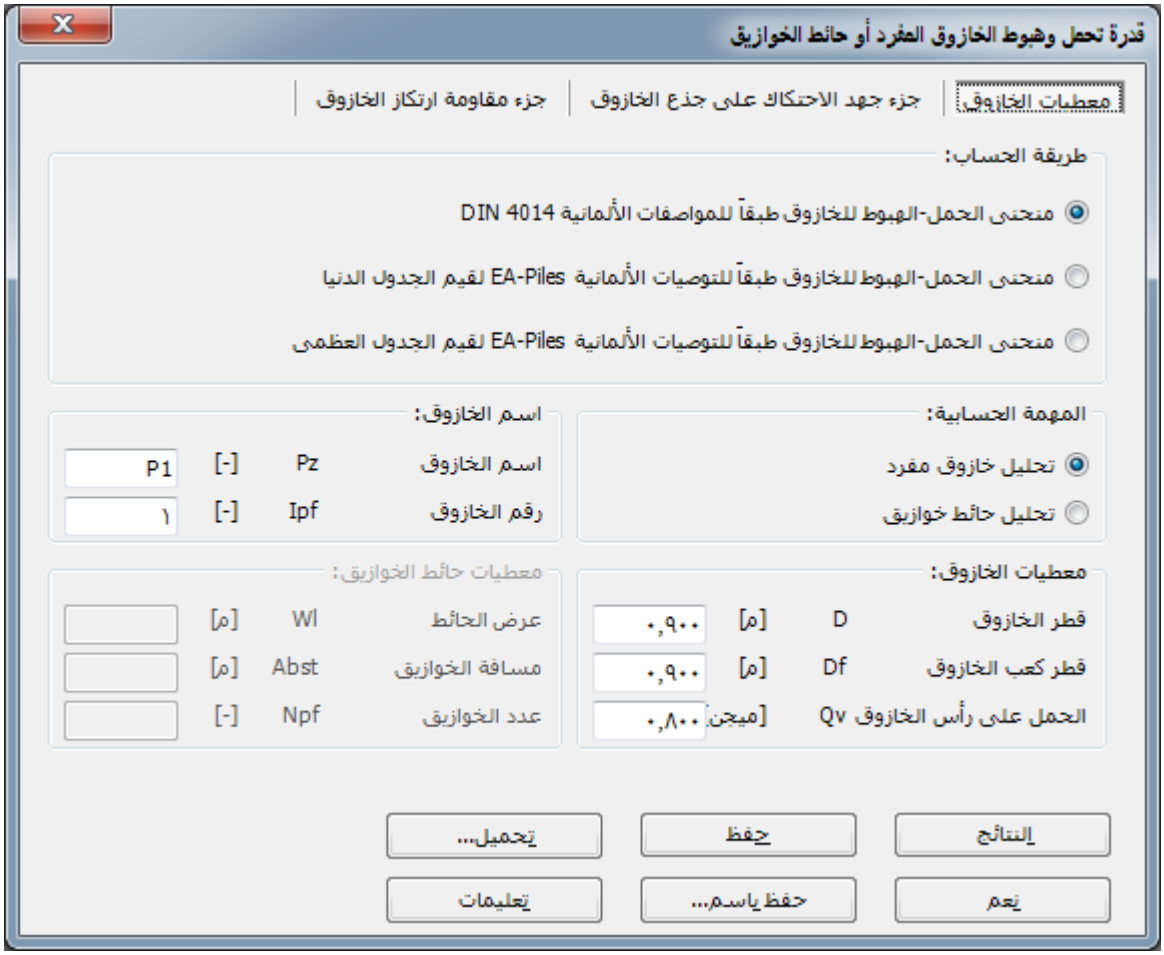
لحائط الخوازيق

Ipf **رقم الحائط**

Wl **عرض الحائط** [m]

Abst **مسافة الخوازيق** [m]

Npf **عدد الخوازيق**



شكل ١٢ معطيات الخازوق

٥-٤ معطيات الاحتكاك على جذع الخازوق

يتم تحديد طبيعة التربة أو الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق للتربة الغير متماسكة طبقا لـ جدول ٩ أو للتربة المتماسكة طبقا لـ جدول ١٠. التعريف الأول هو:

عدد طبقات التربة المارة بجذع الخازوق فوق كعب الخازوق ANSCH

يتم تعريف المعطيات عن الاحتكاك على جذع الخازوق لكل من الطبقات ANSCH. وهناك أيضا ثلاثة إمكانيات لذلك:

١ إدخال مباشر لقيمة الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق لكل طبقة $Tau\ (i)$

٢ إدخال مقاومة التربة $q_s\ (i)$ من اختبار الاختراق بالمخروط CPT لكل طبقة والتقييم التلقائي لقيمة $Tau\ (i)$ للتربة الغير متماسكة من جدول ٤ لـ DIN 4014

٣ إدخال قيمة التماسك الغير محصور $c_u\ (i)$ لكل طبقة والتقييم التلقائي لقيمة $Tau\ (i)$ للتربة المتماسكة من جدول ٥ لـ DIN 4014

في مربع الخيار الموجود في شكل ١٣، إذا تم تعليم الخيار "قيم الجدول ٤ أو ٥ من DIN 4014 يتم أخذها في الاعتبار"، سيقوم البرنامج بحساب قيمة $Tau\ (i)$ من الجدول ٤ أو ٥ من المواصفات DIN 4014 بواسطة الاستكمال الخطي من مقاومة التربة $q_s\ (i)$ من اختبار الاختراق بالمخروط CPT للتربة الغير متماسكة أو من قيمة التماسك الغير محصور $c_u\ (i)$ للتربة المتماسكة. وإذا لم يتم تحديد الخيار السابق، تعرف قيمة $Tau\ (i)$ [MN/m^2] لكل طبقة i.

يتم إدخال القيم التالية في مربعات الحوار الموجودة في شكل ١٣ للطبقات ANSCH كالتالي:

$L1(i)$ [m] سمك الطبقة i.

في حالة عدم أخذ قيم الجدول ٤ أو ٥ من DIN 4014 في الاعتبار يتم تعريف القيمة التالية:

$Tau\ (i)$ [MN/m^2] جهد الاحتكاك الأقصى على جذع الخازوق للطبقة i.

في حالة قيم الجدول ٤ أو ٥ من DIN 4014 يتم أخذها في الاعتبار يتم تعريف القيم التالية:

$q_s\ (i)$ [MN/m^2] مقاومة التربة من اختبار المخروط للتربة الغير متماسكة للطبقة i.

$c_u\ (i)$ [MN/m^2] التماسك الغير محصور للتربة المتماسكة للطبقة i.

شكل ١٣ معطيات التربة

٥–٥ معطيات التربة أسفل كعب الخازوق

يتم تعريف معطيات التربة أسفل كعب الخازوق كالتالي (شكل ١٤):

إدخال القيمة المتوسطة لمقاومة التربة q_s [MN/m^2] من اختبار الاختراق بالمخروط CPT للتربة الغير متماسكة لطبقة عمقها $3\ D$ أسفل كعب الخازوق.

أو

إدخال قيمة التماسك الغير محصور c_u [MN/m^2] أسفل كعب الخازوق للتربة المتماسكة.

في مربع الخيار الموجود في شكل ١٤، إذا تم تعليم الخيار "قيم الجدول ١ أو ٢ من DIN 4014 يتم أخذها في الاعتبار"، سيقوم البرنامج بحساب قيمة *Sigma-s* (*Sig*) من الجدول ١ أو ٢ من المواصفات الألمانية DIN 4014 بواسطة الاستكمال الخطي من الجدول ١ للتربة الغير المتماسكة أو من الجدول ٢ للتربة المتماسكة. وإذا لم يتم تحديد الخيار السابق، تعرف القيم الثلاث *Sig* المتعلقة بالنسبة *s/D* على النحو التالي:

جهد الارتكاز *Sig* [MN/m^2] المناظرة لنسبة هبوط $S/D_f = 0.02$

جهد الارتكاز *Sig1* [MN/m^2] المناظر لنسبة الهبوط $S/D_f = 0.03$

جهد الارتكاز *SigGr* [MN/m^2] المناظر لنسبة الهبوط $S/D_f = 0.10$

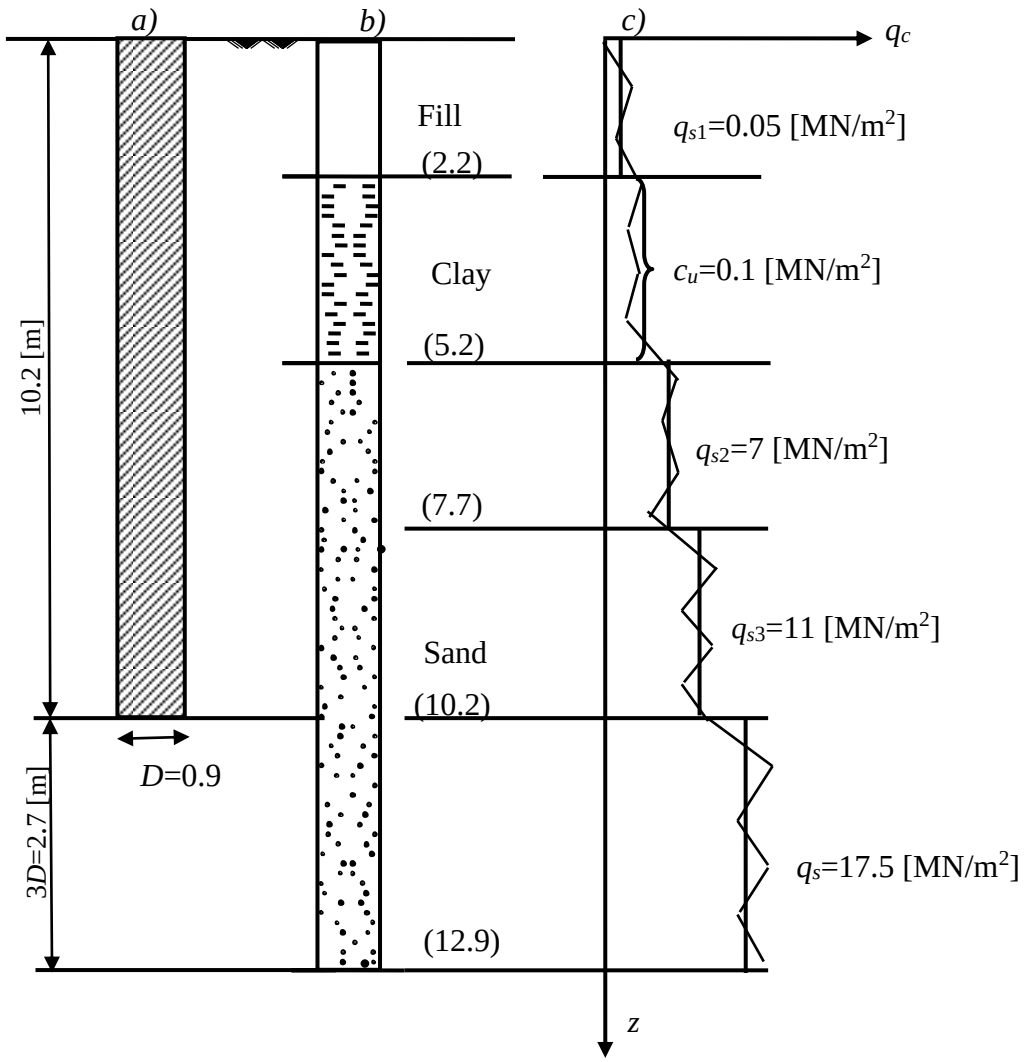
شكل ١٤ معطيات التربة أسفل كعب الخازوق

٦ أمثلة

يتم عرض إمكانيات التطبيق لبرنامج *إلباآ–السريع* أدناه في بعض الأمثلة العددية.

٦–١ مثال ١: العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب *DIN 4014*

للتحقق من العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب من قبل برنامج *إلباآ–السريع*، تم مقارنة معامل الآمان η المناظر لحمل مقداره Q_v = 1.5 [MN] به بواسطة *DIN 4014*، يتم اختيار المثال الموجود بملحق B من *DIN 4014*. يلخص شكل ١٥ و جدول ١٧ المعلومات المتعلقة بنوع التربة ومقاومة التربة وأبعاد الخازوق المطلوبة لتحديد قدرة تحمله النهائية $Q(s)$.



شكل ١٥ أ) أبعاد الخازوق ب) جسه في التربة ج) دياجرام اختبار الاختراق بالمخروط CPT

جدول ١٧ خواص التربة

رقم الطبقة	نوع التربة	سمك الطبقة $L_1(i)$ [m]	مقاومة التربة من اختبار الاختراق بالمخروط CPT $q_s(i)$ [MN/m]	قيمة التماسك الغير محصور $c_u(i)$ [MN/m^2]
1	ردم	2.2	0.05	- - -
2	طين	3.0	- - -	0.10
3	رمل	2,5	7.00	- - -
4	رمل	2,5	11.00	- - -
5 (أسفل قاعدة الخازوق)	رمل	$3 \times D_f = 2.7$	17.50	- - -

طريقة الحل

كما هو مبين في شكل ١٥ طبقة الردم السطحية، سمك الطبقة $L_1(1) = 2.2$ [m]**، مقاومة التربة** q_s **من اختبار الاختراق بالمخروط CPT لها ضعيفة جدا، لذلك يمكن إهمال مقاومتها.**

في طبقة الطين، سمك الطبقة $L_1(2) = 3$ [m]**، الممتدة من عمق من ٢,٢ [م] إلى ٥,٢ [م]، قيمة التماسك الغير المحصور لها هو** $c_u(2) = 0.1$ [MN/m^2]**، يمكن اعتبار جهد الاحتكاك الأقصى لهذه الطبقة هو** $\tau_{mf} = 0.04$ [MN/m] **وفقا لـ جدول ١٠.**

يتم التعبير عن مقاومة الاختراق في طبقة الرمل حتى عمق حوالي ١٢,٩ [م] في شكل المتوسطات q_{s2} ، q_{s3} **و** q_s **والتي تختص بالأعماق الموضحة في شكل ١٥.**

أولا: الحسابات اليدوية

تتم الحسابات اليدوية وفقا للخطوات التالية:

١– حساب أحمال الارتكاز المميزة $Qs(s)$

مساحة مقطع كعب الخازوق

$$A_f = \frac{\pi D_f^2}{4} = \frac{\pi(0.9)^2}{4} = 0.636[\mathrm{m}^2]$$

لحساب جهد الارتكاز σ_s يجب الأخذ في الاعتبار تحديد مقاومة التربة المتوسطة q_s عند عمق يعادل ثلاثة أمثال قطر كعب الخازوق ولا يقل عن ١,٥م.

$$Z > D_f > 1.5\ [\mathrm{m}]$$

في المثال هذا العمق يساوي $Z = 3 \times 0.9 = 2.7$ أسفل كعب الخازوق، ومقاومة التربة لهذا العمق هي $q_s = 17.5$ [$\mathrm{MN/m^2}$]. باستخدام جدول ٦ يتم تحديد قيم جهد الارتكاز σ المناظر لمقاومة تربة غير متماسكة مقدار مقاومتها q_s عند نسب هبوط $s/D_f = 0.02, 0.03, 0.10$. و حيث أن q_s هي قيمة متوسطة لقيم الجدول يحسب جهد الارتكاز باستخدام الاستكمال الخطي.

جهد الارتكاز σ المناظرة لنسبة هبوط $S/D_f = 0.02$

$$\sigma = 1.05 + (1.4 - 1.05)\frac{20 - 17.5}{20 - 15}$$
$$\sigma = 1.225[\mathrm{MN/m^2}]$$

جهد الارتكاز σ_1 المناظر لنسبة الهبوط $S/D_f = 0.03$

$$\sigma_1 = 1.35 + (1.8 - 1.35)\frac{20 - 17.5}{20 - 15}$$
$$\sigma_1 = 1.575[\mathrm{MN/m^2}]$$

جهد الارتكاز σ_{gr} المناظر لنسبة الهبوط $S/D_f = 0.10$

$$\sigma_{gr} = 3.0 + (3.5 - 3.0)\frac{20 - 178.5}{20 - 15}$$
$$\sigma_{gr} = 3.25[\mathrm{MN/m^2}]$$

وتكون أحمال الارتكاز المميزة عند قاعدة الخازوق $Q_s(s)$ كالآتي:

$$Q_s(s)_1 = \sigma \times A_f = 1.225 \times 0.636 = 0.779[\mathrm{MN}]$$
$$Q_s(s)_2 = \sigma_1 \times A_f = 1.575 \times 0.636 = 1.002[\mathrm{MN}]$$
$$Q_s(s)_3 = \sigma_{gr} \times A_f = 3.25 \times 0.636 = 2.067[\mathrm{MN}]$$

أما الهبوط المقابل لأحمال الارتكاز المميزة عند قاعدة الخازوق محسوبا كنسبة مئوية من قطر كعب الخازوق، فتحسب كالتالي:

$$S_1 = 0.02D_f = 0.02 \times 0.9 = 0.0018[\mathrm{m}] = 1.8[\mathrm{cm}]$$
$$S_2 = 0.03D_f = 0.03 \times 0.9 = 0.0027[\mathrm{m}] = 2.7[\mathrm{cm}]$$
$$S_3 = 0.10D_f = 0.10 \times 0.9 = 0.090[\mathrm{m}] = 9.0[\mathrm{cm}]$$

حيث الهبوط S_g يعتبر الهبوط الأقصى نتيجة حمل الارتكاز المميز. من قيم أحمال الارتكاز المميزة و الهبوط المناظر يتم رسم العلاقة $obcd$ بين حمل الارتكاز المميز عند قاعدة العمود و الهبوط المناظر لها.

ب– حساب قوة الاحتكاك المميزة Q_{rg}

مساحة الاحتكاك الجانبية لجذع الخازوق على المتر الطولي

$$A_m = \pi D_f \times 1.0 = 0.9\pi \times 1.0 = 2.827 \ [\mathrm{m^2/m}]$$

نظرا لضعف طبقة الردم العلوية يتم إهمالها عند حساب قوى الاحتكاك على جذع الخازوق.

قوة الاحتكاك القصوى لطبقة الطين Q_{rg1}

طول جذع الخازوق المار في طبقة الطين $L_1 = 3.0$ [m]

قوى التماسك الغير المحصورة $c_{u1} = 0.1$ [MN/m^2]

باستخدام جدول ١٠ يمكن حساب جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf1} لجذع الخازوق المار في التربة الطينية. من جدول ١٠ نجد أن جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf1} المناظر لقيمة التماسك $c_{u1} = 0.1$ [MN/m^2] هو:

$$\tau_{mf1} = 0.04 \ [\mathrm{MN/m^2}]$$

وبهذا تكون قوة الاحتكاك القصوى لطبقة الطين هي:

$$Q_{rg_1} = \tau_{mf1} \times A_m \times L_1 = 0.04 \times 2.827 \times 3.0 = 0.339 \ [\mathrm{MN}]$$

قوة الاحتكاك القصوى لطبقة الرمل الأولى أعلى قاعدة الخازوق Q_{rg2}

طول جذع الخازوق المار في طبقة الرمل الأولى $L_2 = 2.5$ [m]

مقاومة التربة المحسوبة من اختبار الاختراق CPT $q_{s2} = 7$ [MN/m^2]

باستخدام جدول ٩ يمكن حساب جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf2} على جذع الخازوق المار في التربة الغير متماسكة الحبيبات بدلالة مقاومة التربة المحسوبة من اختبار الاختراق q_{s2}.

من جدول ٩ نجد أن $q_{s2} = 7$ [MN/m^2] هي قيمة متوسطة لقيم الجدول لذلك يحسب جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf2} باستخدام الاستكمال الخطي.

$$\tau_{mf\,2} = 0.04 + (0.08 - 0.04)\frac{7-5}{10-5}$$
$$\tau_{mf\,2} = 0.056\,[\mathrm{MN/m^2}]$$

وبهذا تكون قوة الاحتكاك القصوى لطبقة الزلط هي:

$$Q_{rg\,2} = \tau_{mf\,2} \times A_m \times L_2 = 0.056 \times 2.827 \times 2.5 = 0.396\,[\mathrm{MN}]$$

قوة الاحتكاك القصوى لطبقة الرمل الثانية أعلى قاعدة الخازوق Q_{rg3}

طول جذع الخازوق المار في طبقة الرمل الثانية $L_2 = 2.5$ [m]

مقاومة التربة المحسوبة من اختبار الاختراق CPT $q_{s3} = 11$ [MN/m^2]

من جدول ٩ نجد أن $q_{s3} = 11$ [MN/m^2] هي قيمة متوسطة لقيم الجدول لذلك يحسب جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf3} باستخدام الاستكمال الخطي.

$$\tau_{mf\,3} = 0.08 + (0.12 - 0.08)\frac{11-10}{15-10}$$
$$\tau_{mf\,3} = 0.088\,[\mathrm{MN/m^2}]$$

وبهذا يكون قوة الاحتكاك القصوى لطبقة الرمل هو:

$$Q_{rg\,3} = \tau_{mf\,3} \times A_m \times L_3 = 0.088 \times 2.827 \times 2.5 = 0.622\,[\mathrm{MN}]$$

وتكون قوة الاحتكاك القصوى الكلية هي:

$$Q_{rg} = Q_{rg\,1} + Q_{rg\,2} + Q_{rg\,3} = 0.339 + 0.396 + 0.622 = 1.357\,[\mathrm{MN}]$$

قوى الاحتكاك على جذع الخازوق Q_{rg} يتم عرضها في جدول ١٨.

جدول ١٨ الاحتكاك على جذع الخازوق

قوة الاحتكاك Q_{rg} [MN]	الاحتكاك على جذع الخازوق τ_{mf} [MN/m^2]	قيمة التماسك الغير محصور c_u [MN/m^2]	مقاومة التربة من اختبار الاختراق بالمخروط CPT q_s [MN/m^2]	سمك الطبقة $L1$ [m]
0,339	0,040	0,1	-	3,0
0,396	0,056	-	7	2,5
0,622	0,088	-	11	2,5
1,357		مجموع قوى الاحتكاك Q_{rg}		

ويحسب الهبوط s_{rg} المناظر لحمل الاحتكاك الكلي Q_{rg} من العلاقة.

$$s_{rg} = 0.5Q_{rg}\,(\text{in [MN]}) + 0.5 < 3\,[\text{cm}]$$
$$s_{rg} = 0.5 \times 1.357 + 0.5 = 1.2\,[\text{cm}]$$

من قيم حمل الاحتكاك Q_{rg} والهبوط المناظر s_{rg} يتم رسم العلاقة oef بين حمل الاحتكاك على جذع الخازوق والهبوط المناظر له. بتجميع العلاقتين الناتجتين من حمل ارتكاز العمود و حمل الاحتكاك يلزم معرفة الحمل $Q_s(s)$ المناظر لهبوط مقداره = s_{rg} 1.2 [cm] على المنحنى $obcd$ حيث يمكن حسابه من

$$Q_s(s) = \frac{s_{rg}}{s_1} \times Q_s(s)_1$$
$$Q_s(s) = \frac{1.2}{1.8} \times 0.779 = 0.519\,[\text{MN}]$$

العلاقات بين حمل الارتكاز، حمل الاحتكاك، الحمل الكلي والهبوط موضحة في جدول ١٩.

جدول ١٩ مقاومة الخازوق اعتمادا على هبوط الخازوق

الحمل الكلي $Q(s)$ [MN]	مقاومة الاحتكاك $Q_r(s)$ [MN]	مقاومة الارتكاز $Q_s(s)$ [MN]	هبوط رأس الخازوق s [cm]	الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق $\frac{S}{D_f}$ [-]
1,876	1,357	0,519	1,20	0.013
2,136	1,357	0,779	1,80	0.02
2,359	1,357	1,002	2,70	0.03
3,424= Q_g	1,357	2,067	9,00	0.10 = S_g

الحمل الآمن للخازوق

من جدول ١٩ يكون الحمل الكلي الأقصى للخازوق هو :

$$Q_g = 3.424 \text{ [MN]}$$

و الحمل الآمن المسموح به للخازوق يمكن إيجاده بقسمة الحمل الكلي الأقصى على معامل آمان $\eta = 2.0$

$$Q_{zul} = \frac{Q_g}{\eta}$$

$$Q_{zul} = \frac{3.424}{2.0} = 1.712 \text{[MN]}$$

ويحسب الهبوط الآمن S_{zu1} المسموح به والمناظر للحمل الآمن من العلاقة الكلية بين الحمل و الهبوط في شكل (٢)

$$s_{zul} = s(1)\frac{Q_{zul}}{Q(1)}$$

$$s_{zul} = 1.2\frac{1.712}{1.876}$$

$$s_{zul} = 1.095 \text{[cm]}$$

ويحسب معامل الآمان η المناظر لحمل مقداره $Q_v = 3,1$ [MN] من منحنى العلاقة الكلية بين الحمل والهبوط كالتالي:

$$\eta = \frac{Q_{zul}}{Q_v} = \frac{1.712}{1.5}$$

$$\eta = 1.14$$

وهو أقل من المسموح به

ثانيا: الحل باستخدام *إلباآ –السريع*

يتم عرض بيانات المدخلات والنتائج من *إلباآ –السريع* على الصفحات التالية. صفحتان من بيانات المدخلات، والنتائج المتوسطة والنهائية، فضلا عن صفحة من الرسم البياني ملونة وذلك على سبيل المقارنة، يمكن للمرء أن يرى اتفاقا جيدا مع الحسابات اليدوية.

****

ألبلآ السريع

إصدار ١٠

تأليف Prof. M. El Gendy/ Dr. A. El Gendy

****

العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile

التاريخ: ١١_٠٦_٢٠١٥

مشروع: Example in Appendix B of DIN 4014

ملف: DIN 4014

قدرة تحمل وهبوط خازوق مفرد

منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014

معطيات:

قطر الخازوق	D_	[م]	= ٠,٩٠
قطر كعب الخازوق	Df_	[م]	= ٠,٩٠
طول الخازول	Lg_	[م]	= ٨,٠٠
اسم الخازوق	Pz_	[-]	= P1
رقم الخازوق	Ipf=_	[-]	= ١

ملخص النتائج

معطيات التربة أسفل ارتكاز الخازوق:

مقاومة التربة من اختبار المخروط أسفل ارتكاز الخازوق qs_ [ميجن/م ٢] = ١٧,٥٠

جهد ارتكاز الخازوق (طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014 جدول ١)

Sig	s/Df = 0.02_	[ميجن/م ٢] = ١,٢٣
s/Df = 0.03	Sig1_	[ميجن/م ٢] = ١,٥٨
SigGR	s/Df = 0.10_	[ميجن/م ٢] = ٣,٢٥

النتائج الوسيطة

جهد الاحتكاك على جذع الخازوق:

طبقة رقم ن [-]	سمك الطبقة L1 [م]	مقاومة التربة من اختبار المخروط qs [ميجن/م ٢]	تماسك التربة الغير محصور Cu [ميجن/م ٢]	الاحتكاك على جذع الخازوق Tau [ميجن/م ٢]	قوه الاحتكاك Qrg [ميجن]
١	٣,٠٠	----	٠,١٠٠	٠,٠٤	٠,٣٣٩
٢	٢,٥٠	٧,٠٠	-----	٠,٠٦	٠,٣٩٦
٣	٢,٥٠	١١,٠٠	-----	٠,٠٩	٠,٦٢٢

مجموع قوى الاحتكاك Qrf = ١,٣٥٧ [ميجن]

الحمل على رأس الخازوق Qv = Qma+Qsp = ٠,٨٠٠ [ميجن]

جزء مقاومة احتكاك جذع الخازوق من Qv Qma = ٠,٥٨١ [ميجن]

جزء مقاومة ارتكاز الخازوق من Qv Qsp = ٠,٢١٩ [ميجن]

الهبوط المتوقع sv = ٠,٥٠ [سم]

مقاومة الخازوق اعتماداً على هبوط الخازوق:

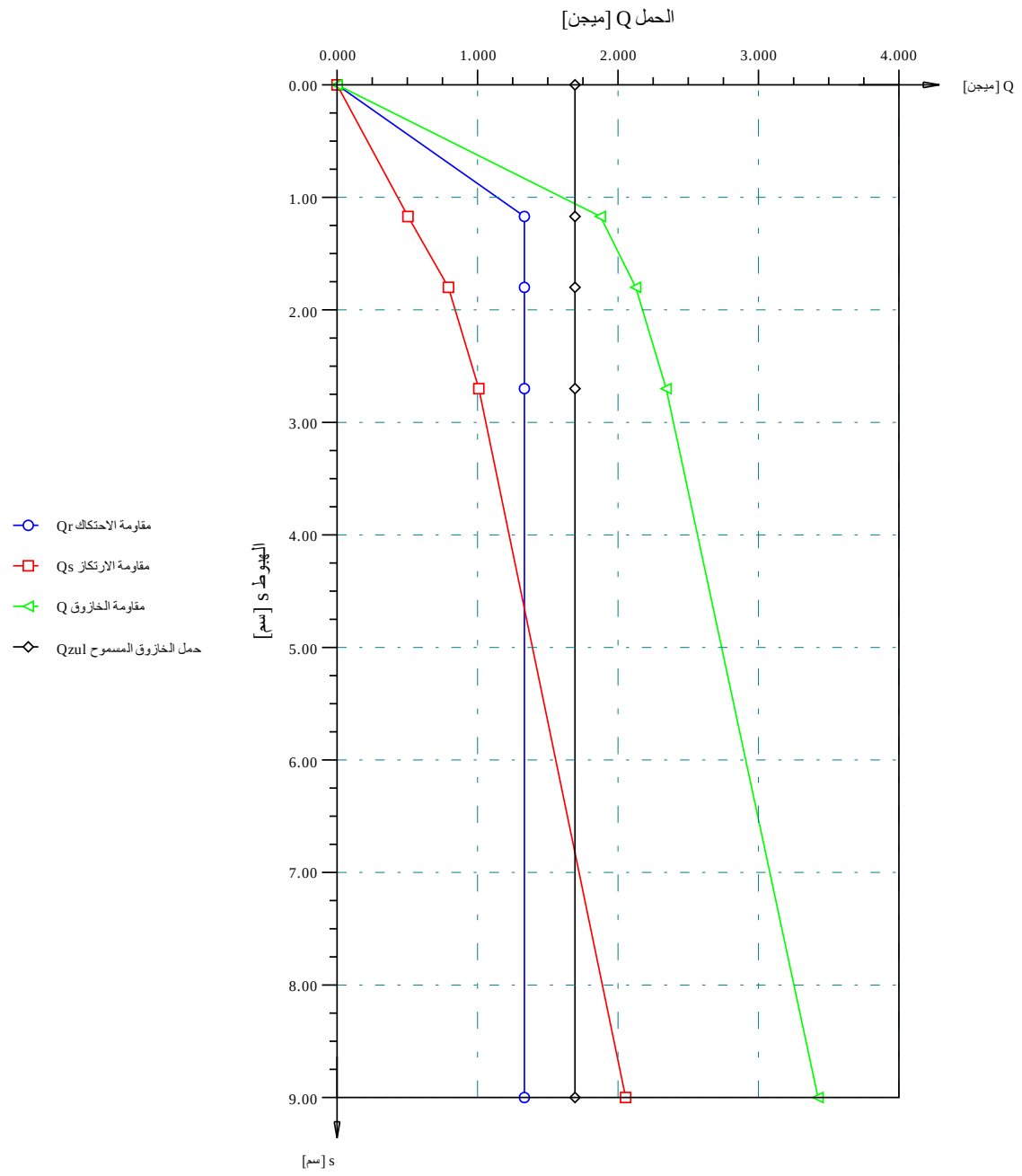
رقم ن [-]	اعتماداً على s/Df [-]	هبوط رأس الخازوق s [سم]	مقاومة احتكاك الخازوق Qr [ميجن]	مقاومة الارتكاز Qs [ميجن]	مقاومة الخازوق Q [ميجن]	
١	٠,٠١	١,١٨	١,٣٥٧	٠,٥١٠	١,٨٦٧	
٢	٠,٠٢	١,٨٠	١,٣٥٧	٠,٧٧٩	٢,١٣٦	
٣	٠,٠٣	٢,٧٠	١,٣٥٧	١,٠٠٢	٢,٣٥٩	
٤	٠,١٠	٩,٠٠	١,٣٥٧	٢,٠٦٨	٣,٤٢٥	Qg=2*Qzul =

النتائج النهائية:

الهبوط المسموح	Szul	[سم] = ١,٠٨
حمل الخازوق المسموح	Qzul = Qr+Qs	[ميجن] = ١,٧١٢
جزء مقاومة الاحتكاك على جذع الخازوق	Qr	[ميجن] = ١,٢٤٤
جزء مقاومة ارتكاز الخازوق	Qs	[ميجن] = ٠,٤٦٨
معامل الأمان	ETHA = Qzul/QV	[-] = ٢,١٤

اسم الخازوق: P1

رقم الخازوق: 1

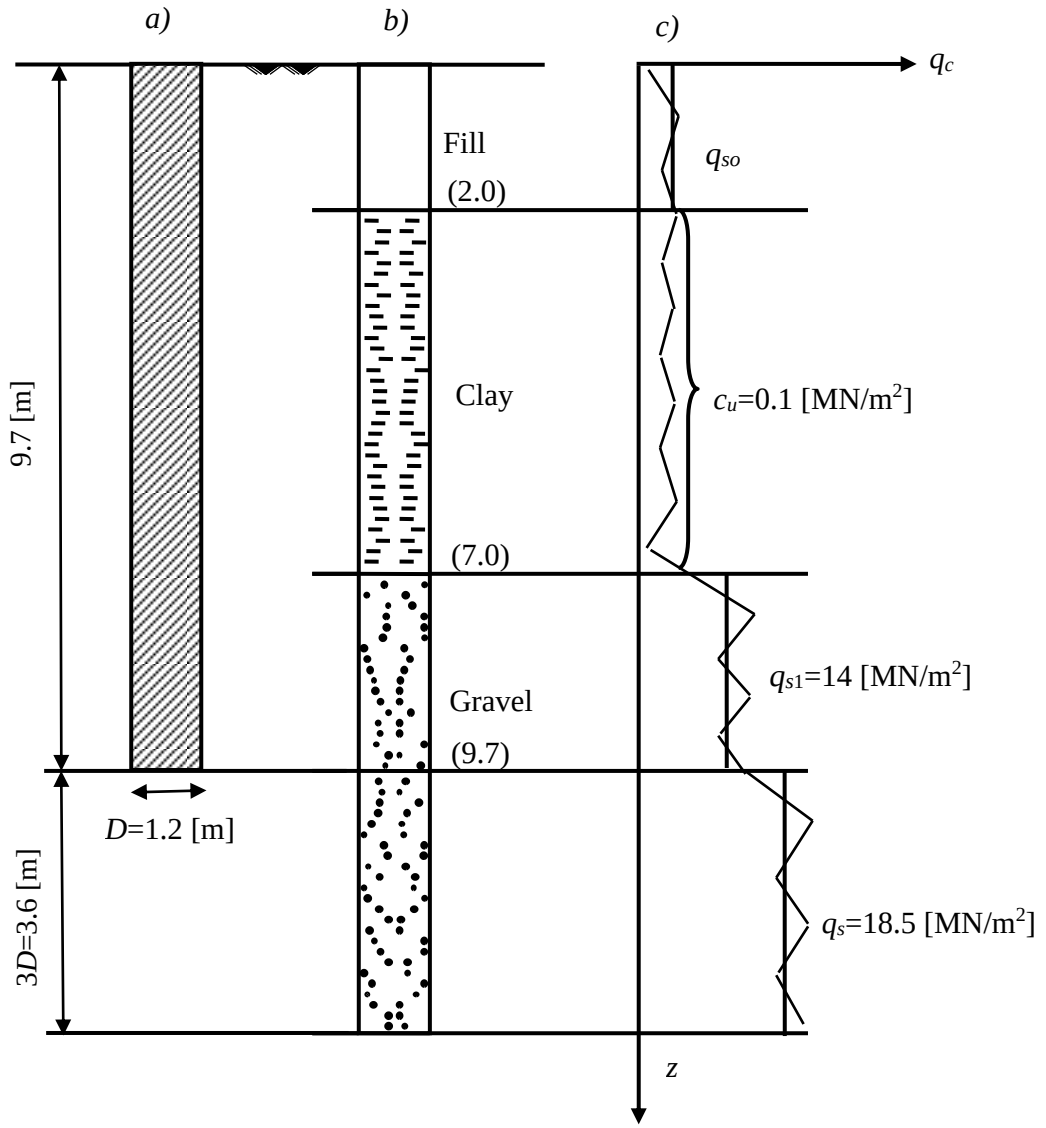


منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014

جيوتيك للبرمجيات، كالجاري أب، كندا	
ص.ب 14001 ريتشموند رود بو، هاتف: +1 (587) 332-3323	
مشروع: Example in Appendix B of DIN 4014	**مقياس الرسم: 36**
التاريخ: 2015_06_11	**ملف: DIN 4014**
العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile	**رقم الصفحة:**

٦–٢ مثال ٢: العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب (1999) *Simmer*

للتحقق من العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب، تم مقارنة الحمل المسموح به بواسطة (1999) *Simmer*، مثال ٢٣ بصفحة ٣٠٠، في حالة هبوط مناظر قيمته [cm] 2.0 =*S* بنتائج برنامج *إلباآ–السريع*. اختبارات التربة وأبعاد الخازوق موضحة في شكل ١٦ و جدول ٢٠.



شكل ١٦ أ) أبعاد الخازوق ب) جسه في التربة ج) دياجرام اختبار الاختراق بالمخروط

جدول ٢٠ خواص التربة

رقم الطبقة	نوع التربة	سمك الطبقة $L_1(i)$ [m]	مقاومة التربة من اختبار الاختراق بالمخروط CPT $q_s(i)$ [MN/m]	قيمة التماسك الغير محصور $c_u(i)$ [MN/m^2]
1	ردم	2.0	0.05	- - -
2	طين	5.0	- - -	0.10
3	زلط	9.7	14.0	- - -
٤ (أسفل قاعدة الخازوق)	زلط	$3 \times D_f = 3.6$	18.5	- - -

طريقة الحل

كما هو مبين في شكل ١٦ طبقة الردم السطحية، سمك الطبقة $L_1(1) = 2$ [m]**، مقاومة التربة** q_{so} **من اختبار الاختراق بالمخروط** CPT **لها ضعيفة جدا، لذلك يمكن إهمال مقاومتها.**

في طبقة الطين، سمك الطبقة $L_1(2) = 5$ [m]**، الممتدة من عمق من ٢ [م] إلى ٧ [م]، قيمة التماسك الغير المحصور لها هو** $c_u(2) = 0.1$ [MN/m^2]**، يمكن اعتبار جهد الاحتكاك لهذه الطبقة هو** $\tau_{mf} = 0.04$ [MN/m] **وفقا لـ جدول ١٠.**

يتم التعبير عن مقاومة الاختراق في طبقة الرمل حتى عمق حوالي ١٣,٣ [م] في شكل المتوسطات q_{s1} **و** q_s **والتي تختص بالأعماق الموضحة في شكل ١٦.**

أولا: الحسابات اليدوية

تتم الحسابات اليدوية وفقا للخطوات التالية:

١– حساب أحمال الارتكاز المميزة $Qs(s)$

مساحة مقطع كعب الخازوق

$$A_f = \frac{\pi D_f^2}{4} = \frac{\pi(1.2)^2}{4} = 1.13[\text{m}^2]$$

لحساب جهد الارتكاز σ_s يجب الأخذ في الاعتبار تحديد مقاومة التربة q_s عند عمق يعادل ثلاثة أمثال قطر كعب الخازوق ولا يقل عن ١,٥م.

$$Z > D_f > 1.5 \text{ [m]}$$

في المثال هذا العمق يساوي $Z = 3\times1.2 = 3.6$ [m] أسفل كعب الخازوق، ومقاومة التربة لهذا العمق هي $q_s = 18.5$ [MN/m^2]. باستخدام جدول ٦ يتم تحديد قيم جهد الارتكاز σ المناظر لمقاومة تربة غير متماسكة مقدار مقاومتها q_s عند نسب هبوط $s/D_f = 0.02, 0.03, 0.10$. و حيث أن q_s هي قيمة متوسطة لقيم الجدول يحسب جهد الارتكاز باستخدام الاستكمال الخطي.

جهد الارتكاز σ المناظرة لنسبة هبوط $S/D_f = 0.02$

$$\sigma = 1.05 + (1.4 - 1.05)\frac{20-18.5}{20-15}$$
$$\sigma = 1.30 [\text{MN/m}^2]$$

جهد الارتكاز σ_1 المناظر لنسبة الهبوط $S/D_f = 0.03$

$$\sigma_1 = 1.35 + (1.8 - 1.35)\frac{20-18.5}{20-15}$$
$$\sigma_1 = 1.67 [\text{MN/m}^2]$$

جهد الارتكاز σ_{gr} المناظر لنسبة الهبوط $S/D_f = 0.10$

$$\sigma_{gr} = 3.0 + (3.5 - 3.0)\frac{20-18.5}{20-15}$$
$$\sigma_{gr} = 3.35 [\text{MN/m}^2]$$

وتكون أحمال الارتكاز المميزة عند قاعدة الخازوق $Q_s(s)$ كالآتي:

$$Q_s(s)_1 = \sigma \times A_f = 1.30\times1.13 = 1.47 \text{ [MN]}$$
$$Q_s(s)_2 = \sigma_1 \times A_f = 1.67\times1.13 = 1.89 \text{ [MN]}$$
$$Q_s(s)_3 = \sigma_{gr} \times A_f = 3.35\times1.13 = 3.79 \text{ [MN]}$$

أما الهبوط المقابل لأحمال الارتكاز المميزة عند قاعدة الخازوق محسوبا كنسبة مئوية من قطر كعب الخازوق فيحسب كالتالي:

$$s_1 = 0.02D_f = 0.02\times1.2 = 0.0024 \text{ [m]} = 2.4 \text{ [cm]}$$
$$s_2 = 0.03D_f = 0.03\times1.2 = 0.0036 \text{ [m]} = 3.6 \text{ [cm]}$$
$$s_3 = 0.10D_f = 0.10\times1.2 = 0.1200 \text{ [m]} = 12.0 \text{ [cm]}$$

حيث الهبوط s_g يعتبر الهبوط الأقصى نتيجة حمل الارتكاز المميز. من قيم أحمال الارتكاز المميزة والهبوط المناظر يتم رسم العلاقة $obcd$ بين حمل الارتكاز عند قاعدة العمود والهبوط المناظر لها.

ب– حساب قوة الاحتكاك المميزة Q_{rg}

مساحة الاحتكاك الجانبية لجذع الخازوق على المتر الطولي

$$A_m = \pi D_f \times 1.0 = 1.2\pi \times 1.0 = 3.77\ [\mathrm{m^2/m}]$$

نظرا لضعف طبقة الردم العلوية يتم إهمالها عند حساب أحمال الاحتكاك على جذع الخازوق.

حمل الاحتكاك لطبقة الطين Q_{rg1}

طول جذع الخازوق المار في طبقة الطين $L_1 = 5.0\ [\mathrm{m}]$

قوى التماسك الغير المحصورة $c_{u1} = 0.1\ [\mathrm{MN/m^2}]$

باستخدام جدول ١٠ يمكن حساب جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf1} لجذع الخازوق المار في التربة الطينية. من جدول ١٠ نجد أن جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf1} المناظر لقيمة التماسك $c_{u1} = 0.1\ [\mathrm{MN/m^2}]$ **هو:**

$$\tau_{mf1} = 0.04\ [\mathrm{MN/m^2}]$$

وبهذا يكون حمل الاحتكاك الأقصى لطبقة الطين هو:

$$Q_{rg_1} = \tau_{mf1} \times A_m \times L_1 = 0.04 \times 3.77 \times 5.0 = 0.75\,[\mathrm{MN}]$$

حمل الاحتكاك لطبقة الزلط أعلى قاعدة الخازوق Q_{rg2}

طول جذع الخازوق المار في طبقة الزلط $L_2 = 2.70\ [\mathrm{m}]$

مقاومة التربة المحسوبة من اختبار الاختراق $q_{s2} = 14\ [\mathrm{MN/m^2}]$

باستخدام جدول ٩ يمكن حساب جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf2} على جذع الخازوق المار في التربة الغير متماسكة الحبيبات بدلالة مقاومة التربة المحسوبة من اختبار الاختراق q_{s2}. من جدول ٩ نجد أن $q_{s2} = 14\ [\mathrm{MN/m^2}]$ **هي قيمة متوسطة لقيم الجدول لذلك يحسب جهد الاحتكاك الأقصى باستخدام الاستكمال الخطي.**

$$\tau_{mf2} = 0.08 + (0.12 - 0.08)\frac{15-14}{15-10}$$

$$\tau_{mf2} = 0.112\,[\mathrm{MN/m^2}]$$

وبهذا يكون حمل الاحتكاك الأقصى لطبقة الزلط هو:

$$Q_{rg_2} = \tau_{mf2} \times A_m \times L_2 = 0.112 \times 3.77 \times 2.7 = 1.12\,[\mathrm{MN}]$$

ويكون حمل الاحتكاك الكلي هو:

$$Q_{rg} = Q_{rg\,2} + Q_{rg\,2} = 0.75 + 1.12 = 1.87\,[\mathrm{MN}]$$

ويحسب الهبوط S_{rg} المناظر لحمل الاحتكاك الكلي Q_{rg} من العلاقة.

$$s_{rg} = 0.5 Q_{rg}\,(\mathrm{in}\,[\mathrm{MN}]) + 0.5 < 3\,[\mathrm{cm}]$$
$$s_{rg} = 0.5 \times 1.87 + 0.5 = 1.4\,[\mathrm{cm}]$$

من قيم حمل الاحتكاك Q_{rg} والهبوط المناظر s_{rg} يتم رسم العلاقة oef بين حمل الاحتكاك على جذع الخازوق والهبوط المناظر له. بتجميع العلاقتين الناتجتين من حمل ارتكاز العمود و حمل الاحتكاك يلزم معرفة الحمل $Q_s(s)$ المناظر لهبوط مقداره 1.4 = s_{rg} [cm] على المنحنى $obcd$ حيث يمكن حسابه من

$$Q_s(s) = \frac{s_{rg}}{s_1} \times Q_s(s)_1$$
$$Q_s(s) = \frac{1.4}{2.4} \times 1.47 = 0.86\,[\mathrm{MN}]$$

العلاقات بين حمل الارتكاز، حمل الاحتكاك، الحمل الكلي والهبوط موضحة في جدول ٥ وكذلك في شكل (٢).

جدول ٢١ حمل الخازوق مع الهبوط المناظر

الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق $\frac{S}{D_f}$ [-]	هبوط رأس الخازوق S [cm]	حمل الارتكاز $Q_s(s)$ [MN]	حمل الاحتكاك $Q_r(s)$ [MN]	الحمل الكلي $Q(s)$ [MN]
0.012	1.40	0.86	1.87	2.73
0.02	2.40	1.47	1.87	3.34
0.03	3.60	1.89	1.87	3.76
0.10 = S_g	12.00	3.79	1.87	5.66 = Q_g

الحمل الآمن للخازوق

من جدول ٥ يكون الحمل الكلي الأقصى للخازوق هو:

$$Q_g = 5.66\ [\mathrm{MN}]$$

و الحمل الآمن المسموح به للخازوق يمكن إيجاده بقسمة الحمل الكلي الأقصى على معامل آمان $\eta = 2.0$

$$Q_{zul} = \frac{Q_g}{\eta}$$
$$Q_{zul} = \frac{5.66}{2.0} = 2.83\,[\mathrm{MN}]$$

ويحسب الهبوط الآمن S_{zu1} المسموح به والمناظر للحمل الآمن من العلاقة الكلية بين الحمل والهبوط في شكل (٢)

$$s_{zul} = s(1) + (Q_{zul} - Q(1))\frac{s(2) - s(1)}{Q(2) - Q(1)}$$

$$s_{zul} = 1.4 + (2.83 - 2.73)\frac{2.4 - 1.4}{3.34 - 2.73}$$

$$s_{zul} = 1.56\,[\text{cm}]$$

ويحسب الحمل المناظر لهبوط مقداره $S = 2.0$ [cm] من منحنى العلاقة الكلية بين الحمل والهبوط كالتالي:

$$Q_v = Q(1) + (Q(2) - Q(1))\frac{s - s(1)}{Q(2) - Q(1)}$$

$$Q_v = 2.73 + (3.34 - 2.73)\frac{2.0 - 1.4}{2.4 - 1.4}$$

$$Q_v = 3.10\,[\text{MN}] > Q_{zul}$$

وهو أكبر من الحمل المسموح به

ثانيا: الحل باستخدام *إلبلآ –السريع*

يتم عرض بيانات المدخلات والنتائج من *إلبلآ –السريع* على الصفحات التالية. صفحتان من بيانات المدخلات، والنتائج المتوسطة والنهائية، فضلا عن صفحة من الرسم البياني ملونة وذلك على سبيل المقارنة، يمكن للمرء أن يرى اتفاقا جيدا مع الحسابات اليدوية.

****

ألبلآ السريع

إصدار ١٠

تأليف Prof. M. El Gendy/ Dr. A. El Gendy

****

العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile

التاريخ: ١١_٠٦_٢٠١٥

مشروع: Grundbau Teil 2, Simmer (1999) Example 23, Page 300

ملف: Simmer (1999)

قدرة تحمل وهبوط خازوق مفرد

منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014

معطيات:

قطر الخازوق	D=	[م]	= ١,٢٠
قطر كعب الخازوق	Df=	[م]	= ١,٢٠
طول الخازول	Lg=	[م]	= ٧,٧٠
اسم الخازوق	Pz=	[-]	= P1
رقم الخازوق	Ipf=	[-]	= ١

ملخص النتائج

معطيات التربة أسفل ارتكاز الخازوق:

مقاومة التربة من اختبار المخروط أسفل ارتكاز الخازوق qs= [ميجن/م ٢] = ١٨,٥٠

جهد ارتكاز الخازوق (طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014 جدول ١)

Sig	s/Df = 0.02=	[ميجن/م ٢]	= ١,٣٠
Sig1	s/Df = 0.03=	[ميجن/م ٢]	= ١,٦٧
SigGR	s/Df = 0.10=	[ميجن/م ٢]	= ٣,٣٥

النتائج الوسيطة

الاحتكاك على جذع الخازوق:

طبقة	سمك	مقاومة التربة	تماسك	الاحتكاك	قوه

رقم الطبقة ن [-]	من اختبار المخروط _qs [ميجن/م ٢]	التربة الغير محصور _Cu [ميجن/م ٢]	على جذع الخازوق _Tau [ميجن/م ٢]	الاحتكاك _Qrg [ميجن]
١ ٥,٠٠	----	٠,١٠٠	٠,٠٤	٠,٨
٢ ٢,٧٠	١٤,٠٠	-----	٠,١١	١,١

مجموع قوى الاحتكاك _Qrf [ميجن] = ١,٩

الحمل على رأس الخازوق _Qma+Qsp = Qv [ميجن] = ٣,١
جزء مقاومة احتكاك جذع الخازوق من Qv _Qma [ميجن] = ١,٩
جزء مقاومة ارتكاز الخازوق من Qv _Qsp [ميجن] = ١,٢
الهبوط المتوقع _sv [سم] = ١,٩٨

مقاومة الخازوق اعتماداً على هبوط الخازوق:

رقم ن [-]	اعتماداً على _s/Df [-]	هبوط رأس الخازوق _s [سم]	مقاومة احتكاك الخازوق _Qr [ميجن]	مقاومة الارتكاز _Qs [ميجن]	مقاومة الخازوق _Q [ميجن]
١	٠,٠١	١,٤٥	١,٩	٠,٩	٢,٨
٢	٠,٠٢	٢,٤٠	١,٩	١,٥	٣,٤
٣	٠,٠٣	٣,٦٠	١,٩	١,٩	٣,٨
٤	٠,١٠	١٢,٠٠	١,٩	٣,٨	٥,٧ Qg=2*Qzul

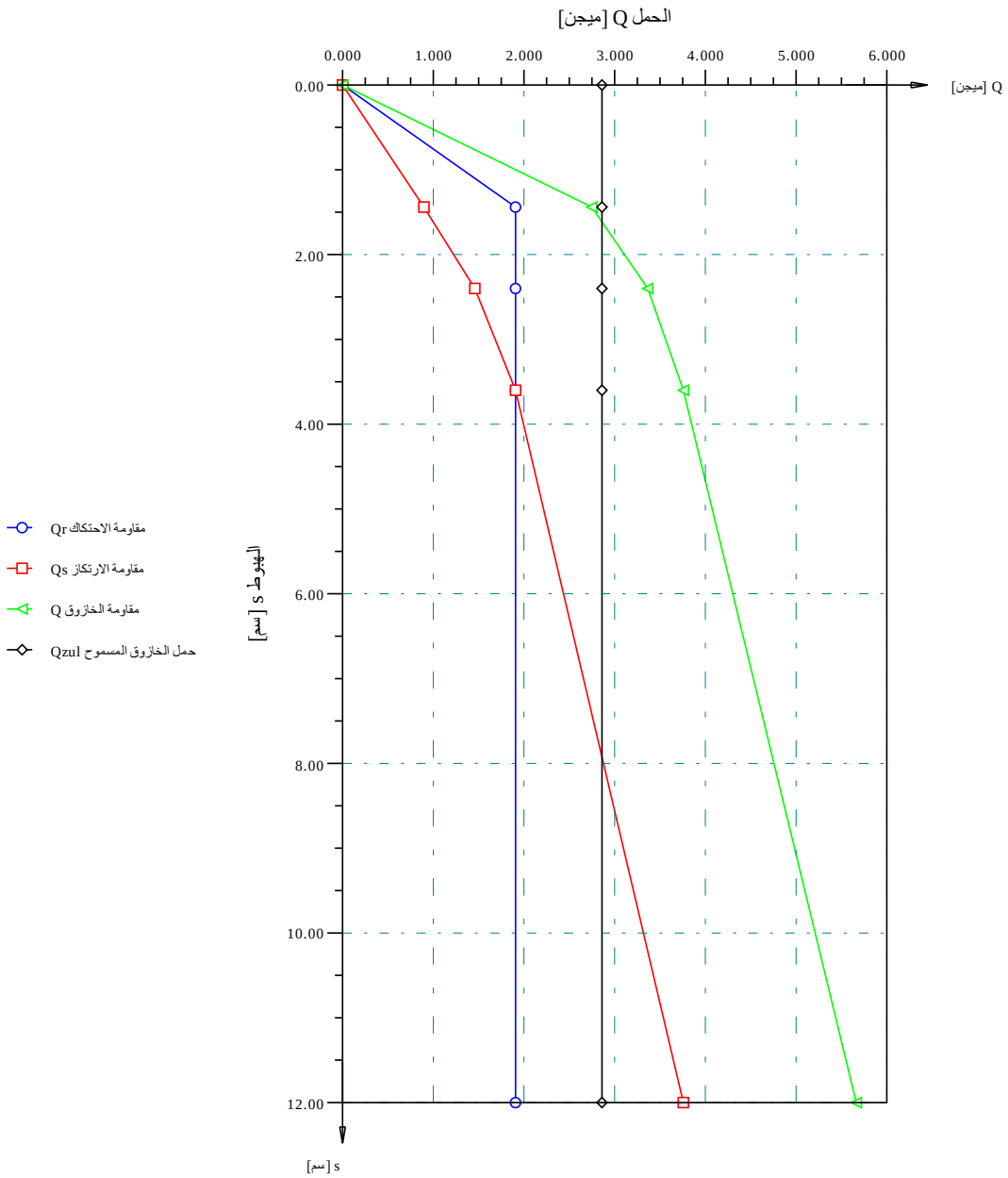
النتائج النهائية:

الهبوط المسموح _Szul [سم] = ١,٥٥
حمل الخازوق المسموح _Qr+Qs = Qzul [ميجن] = ٢,٨
جزء مقاومة الاحتكاك على جذع الخازوق _Qr [ميجن] = ١,٩

جزء مقاومة ارتكاز الخازوق _Qs [ميجن] = ٠,٩

معامل الأمان _Qzul/QV = ETHA [-] = ٠,٩٢

اسم الخازوق: P1
رقم الخازوق: 1



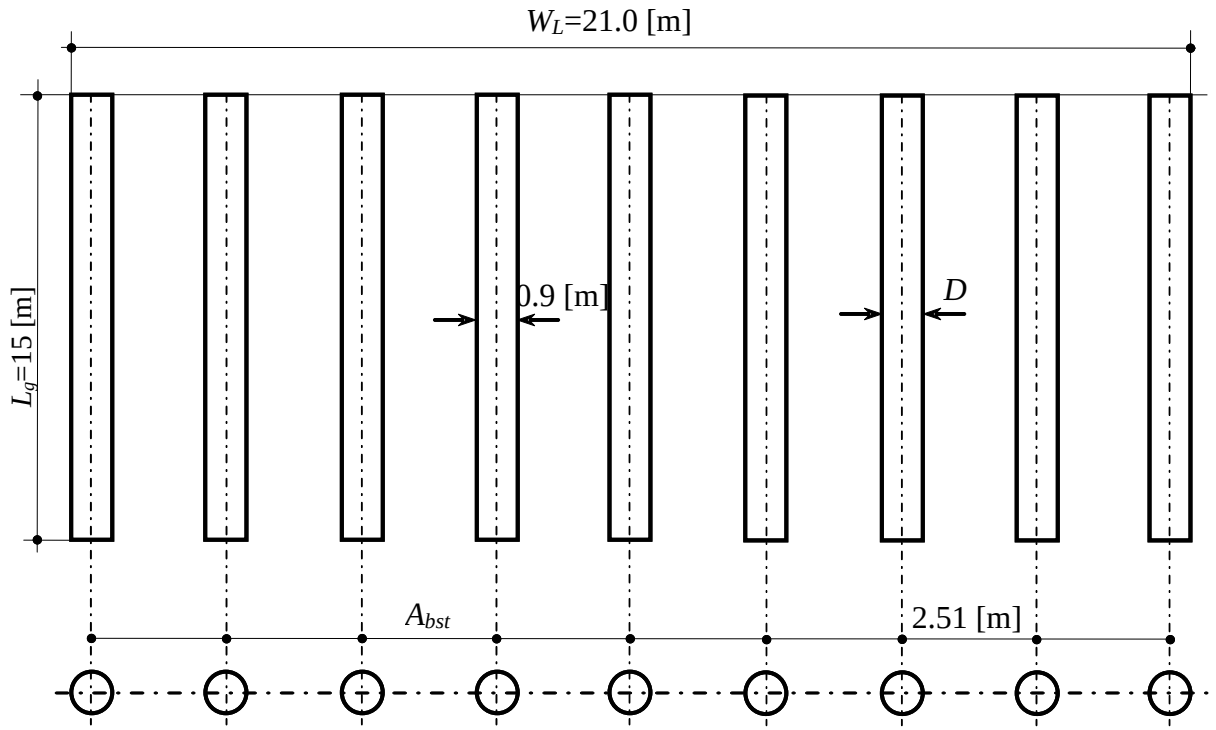
منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014

جيوتيك للبرمجيات، كالجاري أب، كندا ص.ب 14001 ريتشموند رود بو، هاتف: +1 (587) 332-3323	
مشروع: Grundbau Teil 2, Simmer (1999) Example 23, Page 300 التاريخ: 2015_06_11 العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile	مقياس الرسم: 56 ملف: (Simmer (1999 رقم الصفحة:

٦–٣ مثال ٣: العلاقة بين الحمل والهبوط لحائط خوازيق

المطلوب تحديد العلاقة بين الحمل و الهبوط لحائط خوازيق طوله W_L = 21.0 [m] لمجموعة من الخوازيق عددها N_{pf} = 9 طول الخازوق L_g = 15.0 [m] و قطره D = 0.9 [m]. الحمل المتوقع على الخازوق Q_v = 0.5 [MN].

تتكون التربة حتى عمق 18.0 [m] من الرمل المفكك. تم تحديد مقاومة التربة على طول جذع الخازوق من اختبار المخروط وكانت q_{s1} = 2.5 [MN/m^2] بينما كانت مقاومة التربة أسفل ارتكاز الخازوق q_{s2} = 8 [MN/m^2].



شكل ١٧ حائط خوازيق

أولا: الحسابات اليدوية

تتم الحسابات اليدوية وفقا للخطوات التالية:

ا– حساب أحمال الارتكاز المميزة $Qs(s)$

مساحة مقطع كعب الخازوق

$$A_f = \frac{\pi D_f^2}{4} = \frac{\pi(0.9)^2}{4} = 0.636[\mathrm{m}^2]$$

لحساب جهد الارتكاز σ_s **يجب الأخذ في الاعتبار تحديد مقاومة التربة** q_s **عند عمق يعادل ثلاثة أمثال قطر كعب الخازوق ولا يقل عن ١,٥م.**

$$Z > D_f > 1.5\ [\mathrm{m}]$$

في المثال هذا العمق يساوي $Z = 3\times0.9 = 2.7$ [m] **أسفل كعب الخازوق، ومقاومة التربة لهذا العمق هي** $q_{s2} = 8$ [$\mathrm{MN/m^2}$]. **باستخدام جدول ١ يتم تحديد قيم جهد الارتكاز** σ **المناظر لمقاومة تربة غير متماسكة مقدار مقاومتها** q_{s2} **عند نسب هبوط** $s/D_f = 0.02, 0.03, 0.10$. **و حيث أن** q_{s2} **هي قيمة متوسطة لقيم الجدول يحسب جهد الارتكاز باستخدام الاستكمال الخطي.**

جهد الارتكاز σ **المناظرة لنسبة هبوط** $S/D_f = 0.02$

$$\sigma = 0.7\times\frac{8}{10}$$
$$\sigma = 0.56[\mathrm{MN/m^2}]$$

جهد الارتكاز σ_1 **المناظر لنسبة الهبوط** $S/D_f = 0.03$

$$\sigma_1 = 0.9\times\frac{8}{10}$$
$$\sigma_1 = 0.72[\mathrm{MN/m^2}]$$

جهد الارتكاز σ_{gr} **المناظر لنسبة الهبوط** $S/D_f = 0.10$

$$\sigma_{gr} = 2.0\times\frac{8}{10}$$
$$\sigma_{gr} = 1.6[\mathrm{MN/m^2}]$$

معامل التخفيض

تنص المواصفات الألمانية على أنه عند حساب الحمل عند قاعدة ارتكاز الخازوق لا يكون شكل مقطعه دائري مثلما هو الحال في الحوائط الخازوقية تخفض القيم المستخدمة من جدول ٥ و جدول ٦ بواسطة معامل تخفيض ν يعتمد على نسبة بعدي مقطع الخازوق.

نسبة بعدي مقطع الخازوق

$$\frac{W_l}{D_f} = \frac{21}{0.9} = 23.33[-] > 5$$

من جدول ١١ فإن معامل التخفيض يكون

$$\nu = 0.6\ [-]$$

وتتكون إجهادات الارتكاز بعد التخفيض كالآتي:

$$\sigma = 0.6 \times 0.56 = 0.336[\mathrm{MN/m^2}]$$
$$\sigma_1 = 0.6 \times 0.72 = 0.432[\mathrm{MN/m^2}]$$
$$\sigma_{gr} = 0.6 \times 1.6 = 0.96[\mathrm{MN/m^2}]$$

وتكون أحمال الارتكاز عند قاعدة الخازوق $Q_s(s)$ كالآتي:

$$Q_s(s)_1 = \sigma \times A_f = 0.336 \times 0.636 = 0.214[\mathrm{MN}]$$
$$Q_s(s)_2 = \sigma_1 \times A_f = 0.432 \times 0.636 = 0.275[\mathrm{MN}]$$
$$Q_s(s)_3 = \sigma_{gr} \times A_f = 0.96 \times 0.636 = 0.611[\mathrm{MN}]$$

أما الهبوط المقابل لحمل الارتكاز عند قاعدة الخازوق محسوبا كنسبة مئوية من قطر كعب الخازوق فيحسب كالتالي:

$$s_1 = 0.02D_f = 0.02 \times 0.9 = 0.018[\mathrm{m}] = 1.80[\mathrm{cm}]$$
$$s_2 = 0.03D_f = 0.03 \times 0.9 = 0.027[\mathrm{m}] = 2.70[\mathrm{cm}]$$
$$s_3 = 0.10D_f = 0.10 \times 0.9 = 0.090[\mathrm{m}] = 9.00[\mathrm{cm}]$$

حيث الهبوط s_g يعتبر الهبوط الأقصى نتيجة حمل الارتكاز.

من قيم حمل الارتكاز والهبوط المناظر يتم رسم العلاقة *obcd* بين حمل الارتكاز عند قاعدة العمود والهبوط المناظر لها.

المساحة السطحية لجذع الخازوق على المتر الطولي

المساحة السطحية الكلية لحائط الخوازيق

$$u_w = (\pi\, D_f + (W_l - D_f) \times 2{,}0) \times 1{,}0$$
$$u_w = (0{,}9 \times \pi + (21 - 0{,}9) \times 2{,}0) \times 1{,}0 = 43.027\ [\mathrm{m^2/m}]$$

المساحة السطحية الفعالة لجذع الخازوق المفرد

$$u = \frac{u_w}{N_{pf}} = \frac{43.027}{9} = 4.781\left[\mathrm{m}^2\right]$$

وتكون مساحة الاحتكاك الجانبية لجذع الخازوق على المتر الطولي

$$Q_{rg} = \tau_{mf} \times A_m \times L = 0.02 \times 4.781 \times 15 = 1.4343\ [\mathrm{MN}]$$

حساب حمل الاحتكاك لطبقة الرمل Q_{rg}

طول جذع الخازوق المار في طبقة الرمل المفلك

$$L = 15.0\ [\mathrm{m}]$$

مقاومة التربة المحسوبة من اختبار الاختراق للمخروط

$$q_{s1} = 2.5\ [\mathrm{MN/m^2}]$$

باستخدام جدول ٩ يمكن حساب جهد الاحتكاك الأقصى τ_{mf} على جذع الخازوق المار في التربة الغير متماسكة الحبيبات بدلالة مقاومة التربة المحسوبة من اختبار الاختراق q_{s1}

من جدول ٩ نجد أن $q_{s1} = 2.5\ [\mathrm{MN/m^2}]$ هي قيمة متوسطة لقيم الجدول لذلك يحسب جهد الاحتكاك الأقصى باستخدام الاستكمال الخطي

$$\tau_{mf1} = 0.04 \times \frac{2.5}{5.0} = 0.02\left[\mathrm{MN/m^2}\right]$$

وبهذا يكون حمل الاحتكاك الأقصى لطبقة الرمل المفكك هو:

$$Q_{rg} = \tau_{mf}\ A_m\ L$$

$$Q_{rg} = 0.02 \times 4.781 \times 15 = 1.4343\ [\mathrm{MN}]$$

ويحسب الهبوط s_{rg} المناظر لحمل الاحتكاك Q_{rg} من العلاقة:

$$s_{rg} = 0.5Q_{rg}\ (\mathrm{in}\ [\mathrm{MN}]) + 0.5 < 3[\mathrm{cm}]$$

$$s_{rg} = 0.5 \times 1.4343 + 0.5 = 1.217\ [\mathrm{cm}]$$

من قيم حمل الاحتكاك Q_{rg} والهبوط المناظر s_{rg} يتم رسم العلاقة oef بين حمل الاحتكاك على جذع الخازوق والهبوط المناظر له.

بتجميع العلاقتين الناتجتين من حمل ارتكاز العمود وحمل الاحتكاك يلزم معرفة الحمل Q_{srg} المناظر لهبوط مقداره $s_{rg} = 1.217$ [cm] على المنحنى $obcd$ حيث يمكن حسابه من:

$$Q_{srg} = \frac{s_{rg}}{s_1} Q_s(s)_1$$

$$Q_{srg} = \frac{1.217}{1.8} \times 0.214 = 0.145[\text{MN}]$$

العلاقة بين حمل الارتكاز, حمل الاحتكاك, الحمل الكلي و الهبوط موضحة في جدول ٦ وكذلك في شكل (٢)

الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق s/D_f	هبوط رأس الخازوق s [cm]	حمل الارتكاز Q_s(s) [MN]	حمل الاحتكاك Q_r(s) [MN]	الحمل الكلي Q(s) [MN]
0.0135	1.217	0.145	1.4343	1.5793
0.02	1.80	0.214	1.4343	1.6483
0.03	2.70	0.275	1.4343	1.7093
$S_g = 0.10$	9.0	0.611	1.4343	$2.0453 = Q_g$

الحمل الآمن للخازوق

من جدول ٦ يكون الحمل الكلي الأقصى للخازوق هو:

$$Q_g = 2.0453 \text{ [MN]}$$

والحمل الآمن المسموح به للخازوق يمكن إيجاده بقسمة الحمل الكلي الأقصى على معامل الآمان $\eta = 2.0$

$$Q_{zul} = \frac{Q_g}{\eta} = \frac{2.0453}{2.0} = 1.023[\text{MN}]$$

ويحسب الهبوط الآمن s_{zul} المسموح به والمناظر للحمل الآمن من العلاقة الكلية بين الحمل والهبوط في شكل (٢)

$$s_{zul} = s(1) - \frac{Q(1) - Q_{zul}}{Q(1)} s(1)$$

$$s_{zul} = 1.217 - \frac{1.579 - 1.023}{1.579} \times 1.217$$

$$s_{zul} = 0.788[\text{cm}]$$

رتبة الآمان

$$\eta = \frac{Q_{zul}}{Q_u} = \frac{1.023}{0.5}$$

$$\eta = 2.046$$

ثانيا: الحل باستخدام *إلباآ* –*السريع*

يتم عرض بيانات المدخلات والنتائج من *إلباآ* –*السريع* على الصفحات التالية. صفحتان من بيانات المدخلات، والنتائج المتوسطة والنهائية، فضلا عن صفحة من الرسم البياني ملونة وذلك على سبيل المقارنة، يمكن للمرء أن يرى اتفاقا جيدا مع الحسابات اليدوية.

****

ألبلآ السريع

إصدار ١٠

تأليف Prof. M. El Gendy/ Dr. A. El Gendy

****

العنوان: Bearing capacity of pile wall

التاريخ: ٢٠١٧/٠٦/٢٧

مشروع: User's Manual

ملف: PileWall

قدرة تحمل وهبوط حائط الخوازيق

طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014

معطيات:

قطر الخازوق	D=	[م]	= ٠,٩
قطر كعب الخازوق	Df=	[م]	= ٠,٩
طول الخازول	Lg=	[م]	= ١٥,٠
عدد الخوازيق	Npf=	[-]	= ٩
عرض الحائط	Wl=	[م]	= ٢١,٠
مسافة الخوازيق	Abst=	[م]	= ٢,٥

ملخص النتائج

معطيات التربة أسفل ارتكاز الخازوق:

مقاومة التربة من اختبار المخروط أسفل ارتكاز الخازوق qs= [ميجن/م ٢] = ٨,٠٠

جهد ارتكاز الخازوق (طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014 جدول ١)

تخفض مقاومة ارتكاز الخازوق إلى Pabmin= [-] = ٠,٦٠٠

Sig	s/Df = 0.02=	[ميجن/م ٢] = ٠,٣٤
Sig1	s/Df = 0.03=	[ميجن/م ٢] = ٠,٤٣
SigGR	s/Df = 0.10=	[ميجن/م ٢] = ٠,٩٦

النتائج الوسيطة

جهد الاحتكاك على جذع الخازوق:

طبقة رقم ن [-]	سمك الطبقة L1 [م]	مقاومة اختراق الارتكاز qs [ميجن/م ٢]	تماسك التربة الغير محصور Cu [ميجن/م ٢]	جهد الاحتكاك على جذع الخازوق Tau [ميجن/م ٢]	قوه الاحتكاك Qrg [ميجن]
١	١٥,٠	٢,٥٠	----	٠,٠٢	١,٤٣

مجموع قوى الاحتكاك Qrf = ١,٤٣ [ميجن]

الحمل على رأس الخازوق Qv = Qma+Qsp = ٠,٥٠ [ميجن]

جزء مقاومة احتكاك جذع الخازوق من Qv Qma = ٠,٤٥ [ميجن]

جزء مقاومة ارتكاز الخازوق من Qv Qsp = ٠,٠٥ [ميجن]

الهبوط المتوقع sv = ٠,٣٩ [سم]

مقاومة الخازوق اعتماداً على هبوط الخازوق:

رقم ن [-]	اعتماداً على s/Df [-]	هبوط رأس الخازوق s [سم]	مقاومة احتكاك الخازوق Qr [ميجن]	مقاومة الارتكاز Qs [ميجن]	مقاومة الخازوق Q [ميجن]
١	٠,٠١٤	١,٢٢	١,٤٣	٠,١٤	١,٥٨
٢	٠,٠٢٠	١,٨٠	١,٤٣	٠,٢١	١,٦٥
٣	٠,٠٣٠	٢,٧٠	١,٤٣	٠,٢٧	١,٧١
٤	٠,١٠٠	٩,٠٠	١,٤٣	٠,٦١	٢,٠٤

Qg=2*Qzul = ٢,٠٤

النتائج النهائية:

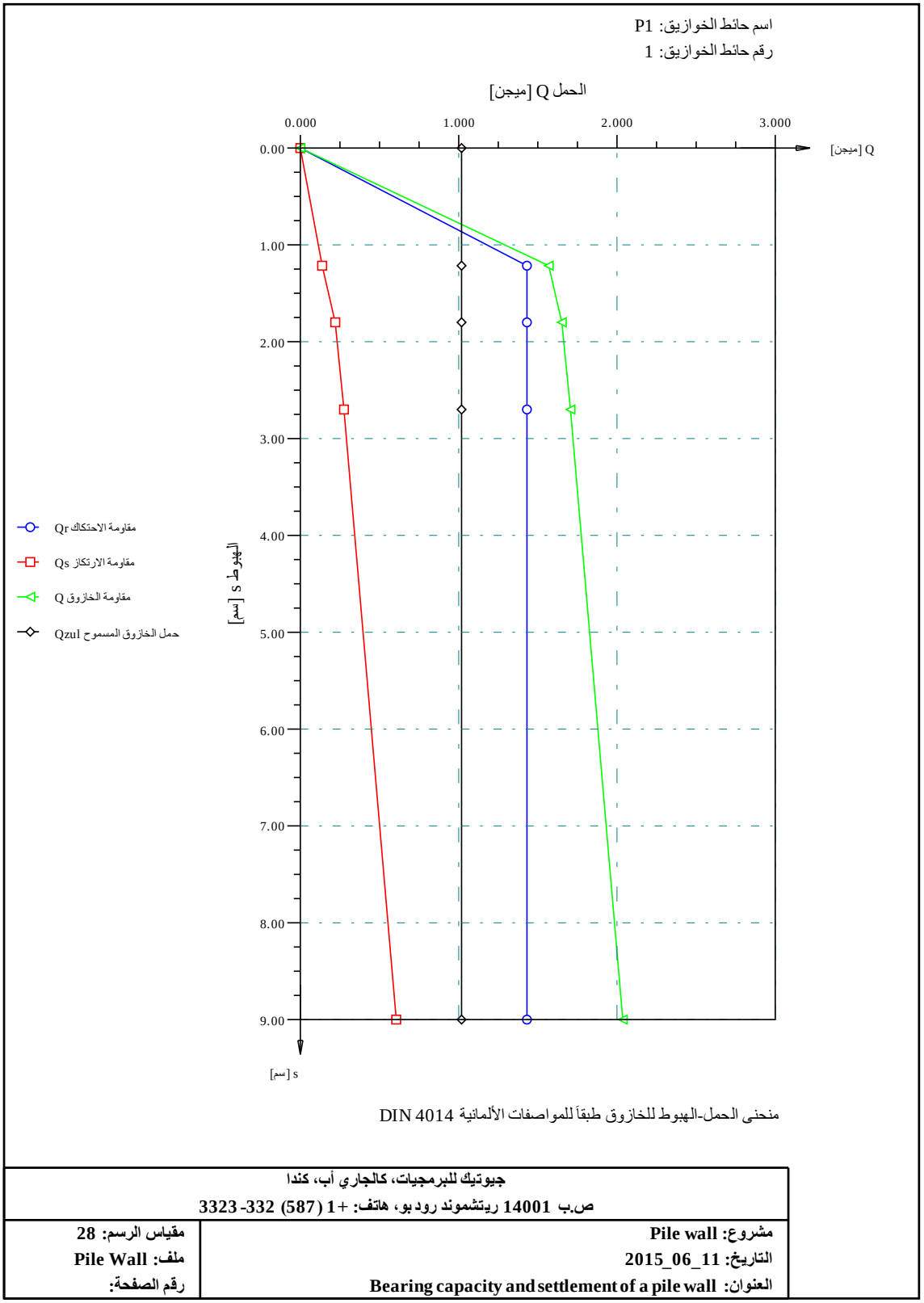
الهبوط المسموح Szul = ٠,٧٩ [سم]

حمل الخازوق المسموح Qzul = Qr+Qs = ١,٠٢ [ميجن]

جزء مقاومة الاحتكاك على جذع الخازوق Qr = ٠,٩٣ [ميجن]

جزء مقاومة ارتكاز الخازوق _Qs = [ميجن] = ٠,٠٩

معامل الأمان _Qzul/QV = ETHA [-] = ٢,٠٤٥

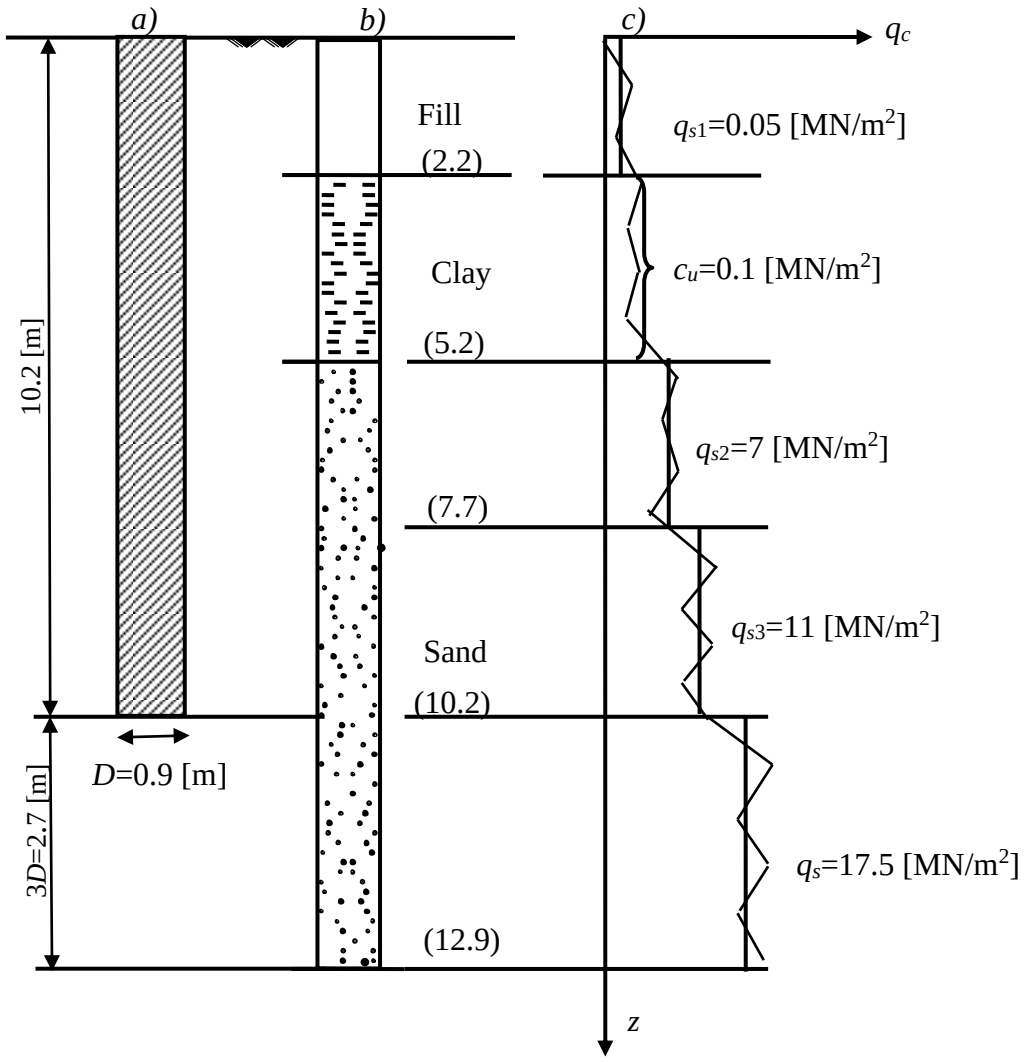


منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للمواصفات الألمانية DIN 4014

جيوتيك للبرمجيات، كالجاري أب، كندا ص.ب 14001 ريتشموند رود بو، هاتف: +1 (587) 332-3323	
مشروع: Pile wall التاريخ: 2015_06_11 العنوان: Bearing capacity and settlement of a pile wall	مقياس الرسم: 28 ملف: Pile Wall رقم الصفحة:

٦–٤ مثال ٤: العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب *EA-Piles*

للتحقق من العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب من قبل برنامج *إلباآ–السريع* طبقا للتوصيات الألمانية *EA-Piles*، يتم اختيار المثال الموجود بملحق B من *DIN 4014*. يلخص شكل ١٨ المعلومات المتعلقة بنوع التربة ومقاومة التربة وأبعاد الخازوق المطلوبة لتحديد قدرة تحمله النهائية $R_{c,k}(s)$.



شكل ١٨ أ) أبعاد الخازوق ب) جسه في التربة ج) دياجرام اختبار الاختراق بالمخروط

أولا: الحسابات اليدوية

تتم الحسابات اليدوية لتحديد منحنى المقاومة المميزة باستخدام بيانات الجدول بعد ٥,٤,٦ من "EA-Piles" (الجداول من ٥-١٢ إلى ٥-١٥).

الحسابات باستخدام قيم الجداول الدنيا والعظمى

ملاحظة: يشار إلى مبادئ التطبيق والقيود الواردة في ٥-٤-٣ من "EA-Piles"، ولا سيما فيما يتعلق بقيم الجدول العظمى. في المثال المعروض هنا يتم استخدام كل من قيم الجدول الدنيا والعظمى كأمثلة وليس كقاعدة.

حساب أحمال احتكاك الخازوق المميزة $R_{s,k}$

القيم النهائية لأحمال الاحتكاك للخازوق في طبقتي الرمل والطين يمكن الحصول عليها من الجدولين ٥-١٣ و ٥-١٥ في الفقرة ٥,٤,٦,٢ من "EA-Piles". من خلال اعتماد مناطق الاحتكاك على جذع الخازوق المرتبطة بها، يتم الحصول على مقاومات الاحتكاك $R_{s,k,i}$ الواردة في جدول ٢٢.

ويحسب الهبوط s_{sg} بوحدات [cm] من حمل الاحتكاك الكلي الأقصى $R_{s,k}$ بوحدات [MN] على النحو التالي:

$$s_{sg} = 0{,}50 \times R_{s,k} + 0{,}50$$

أي أن قيم الهبوط الدنيا والعظمى لرأس الخازوق هي:

$s_{sg} = 0{,}50 \times 1{,}243 + 0{,}50 = 1{,}1$ [cm] **للقيم الدنيا للجدول**

$s_{sg} = 0{,}50 \times 1{,}726 + 0{,}50 = 1{,}4$ [cm] **للقيم العظمى للجدول**

جدول ٢٢ حمل احتكاك الخازوق مع الهبوط المناظر للقيم الدنيا والعظمى معا

حمل الاحتكاك $R_{s,k,i}$ [MN]	جهد الاحتكاك $q_{s,k,i}$ [MN/m²]	مقاومة التربة من $q_{c,i}$ أو $c_{u,k,i}$ [MN/m²]	مساحة جذع الخازوق $A_{s,i}$ [m²]	رقم الطبقة [-]
0,331–0,432	0,039–0,051	0,10	8,48	2,20 - 5,20
0,361–0,530	0,051–0,075[a)]	7,00	7,07	5,20 - 7,70
0,551–0,764	0,078–0,108	11,00	7,07	7,70 - 10,20
$R_{s,k}$ = 1,243–1,726 [MN]	[a)] Extrapolated data			

حساب أحمال ارتكاز الخازوق المميزة $R_{b,k}$

يتم اعتماد متوسط قوة التربة في منطقة من $1\times D$ (0,9 m) أعلى قاعدة الخازوق و المنطقة $3\times D$ ($3\times D$=2,70 m) أسفل قاعدة الخازوق لتحديد مقاومة ارتكاز الخازوق $R_{b,k}$. في هذه المنطقة، متوسط مقاومة التربة من اختبار الاختراق بالمخروط CPT هو $q_{c,m}$=17,5 [MN/m²] كما هو موضح في شكل ١٨.

ويمكن حساب مقاومة ارتكاز الخازوق باعتماد القيم الواردة في الجدول ٥–١٢ في الفقرة ٥–٦–٦–٢ من "EA-Piles" طبقا للقيمة المحددة سابقا للقيمة المتوسطة لمقاومة التربة من اختبار الاختراق بالمخروط CPT هي $q_{c,m}$=17,5 [MN/m²]. الجدول التالي يعرض الحسابات المستنتجة:

جدول ٢٣ حمل ارتكاز الخازوق مع الهبوط المناظر للقيم الدنيا والعظمى معا

حمل الارتكاز $R_{b,k(s)}$ [MN]	جهد الارتكاز $q_{b,k}$ [MN/m²]	الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق s/D [-]
0,784–1,040	1,225–1,625	0,02
1,008–1,336	1,575–2,088	0,03
2,080–2,768	3,250–4,325	0,10

منحنى الحمل–الهبوط للخازوق

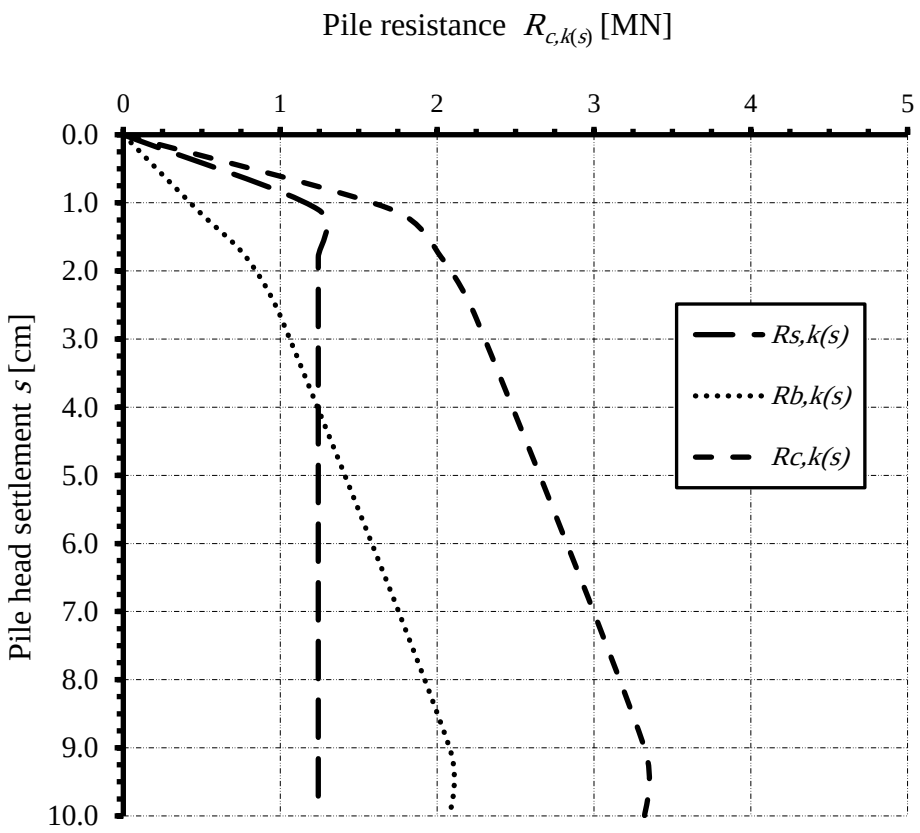
يتم عرض مقاومات الأحمال للخازوق المحسوبة لأحمال ارتكاز الخازوق والاحتكاك على جذع الخازوق في جدول ٢٤ و جدول ٢٥ مع الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق في حالتي القيم الدنيا والعظمى. بينما شكل ١٩ و شكل ٢٠ يوضحان منحنى الحمل–الهبوط للخازوق في الحالتين.

جدول ٢٤ أحمال الخازوق مع الهبوط المناظر (القيم الدنيا)

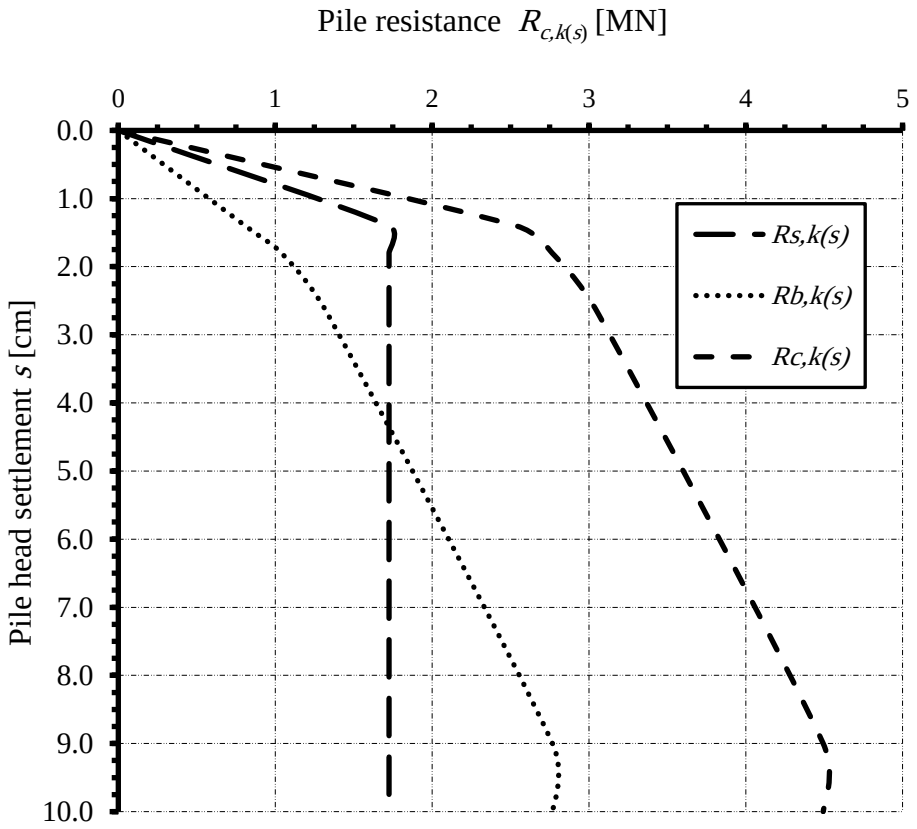
الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق s/D [-]	هبوط رأس الخازوق s [cm]	حمل الاحتكاك $R_{s,k(s)}$ [MN]	حمل الارتكاز $R_{b,k(s)}$ [MN]	الحمل الكلي $R_{c,k(s)}$ [MN]
s_{sg}	1,1	1,243	0,479	1,722
0,02	1,8	1,243	0,784	2,027
0,03	2,7	1,243	1,008	2,251
0,10	9,0	1,243	2,080	3,323

جدول ٢٥ احمال الخازوق مع الهبوط المناظر (القيم العظمى)

الهبوط كنسبة من قطر كعب الخازوق s/D [-]	هبوط رأس الخازوق s [cm]	حمل الاحتكاك $R_{s,k(s)}$ [MN]	حمل الارتكاز $R_{b,k(s)}$ [MN]	الحمل الكلي $R_{c,k(s)}$ [MN]
s_{sg}	1,4	1,726	0,809	2,535
0,02	1,8	1,726	1,040	2,766
0,03	2,7	1,726	1,336	3,062
0,10	9,0	1,726	2,768	4,494



شكل ١٩ منحنى الحمل–الهبوط (القيم الدنيا) لـ "EA-Piles"



شكل ٢٠ منحنى الحمل–الهبوط (القيم العظمى) لـ "EA-Piles"

ثانيا: الحل باستخدام *إلباآ–السريع*

يتم عرض بيانات المدخلات والنتائج من *إلباآ–السريع* على الصفحات التالية. صفحتان من بيانات المدخلات، والنتائج المتوسطة والنهائية، فضلا عن صفحة من الرسم البياني ملونة وذلك على سبيل المقارنة، يمكن للمرء أن يرى اتفاقا جيدا مع الحسابات اليدوية.

****

ألبلآ السريع

إصدار ١٠

تأليف Prof. M. El Gendy/ Dr. A. El Gendy

****

العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile

التاريخ: ١١_٠٦_٢٠١٥

مشروع: Example in Appendix B of DIN 4014 after EA-Piles

ملف: EA-Piles

قدرة تحمل وهبوط خازوق مفرد

منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للتوصيات الألمانية EA-Piles لقيم الجدول الدنيا

معطيات:

قطر الخازوق	D_	[م]	= ٠,٩٠٠
قطر كعب الخازوق	Df_	[م]	= ٠,٩٠٠
طول الخازول	Lg_	[م]	= ٨,٠٠٠
اسم الخازوق	Pz_	[-]	= P1
رقم الخازوق	Ipf=_	[-]	= ١

ملخص النتائج

معطيات التربة أسفل ارتكاز الخازوق:

مقاومة التربة من اختبار المخروط أسفل ارتكاز الخازوق qs_ [ميجن/م ٢] = ١٧,٥٠

جهد ارتكاز الخازوق (طبقاً للمواصفات الألمانية EA-Piles جدول ٥,١٢)

Sig	s/Df = 0.02_	[ميجن/م ٢]	= ١,٢٣
Sig1	s/Df = 0.03_	[ميجن/م ٢]	= ١,٥٨
SigGR	s/Df = 0.10_	[ميجن/م ٢]	= ٣,٢٥

النتائج الوسيطة

الاحتكاك على جذع الخازوق:

طبقة رقم ن [-]	سمك الطبقة L1 [م]	مقاومة التربة من اختبار المخروط qs [ميجن/م ٢]	تماسك التربة الغير محصور Cu [ميجن/م ٢]	الاحتكاك على جذع الخازوق Tau [ميجن/م ٢]	قوه الاحتكاك Qrg [ميجن]
١	٣,٠٠٠	----	٠,١٠٠	٠,٠٤	٠,٣٣٠
٢	٢,٥٠٠	٧,٠٠	-----	٠,٠٥	٠,٣٦٣
٣	٢,٥٠٠	١١,٠٠	-----	٠,٠٨	٠,٥٥٤

مجموع قوى الاحتكاك Qrf = [ميجن] ١,٢٤٦

الحمل على رأس الخازوق Qv = Qma+Qsp = [ميجن] ٠,٨٠٠

جزء مقاومة احتكاك جذع الخازوق من Qv Qma = [ميجن] ٠,٥٧٥

جزء مقاومة ارتكاز الخازوق من Qv Qsp = [ميجن] ٠,٢٢٥

الهبوط المتوقع sv = [سم] ٠,٥٢

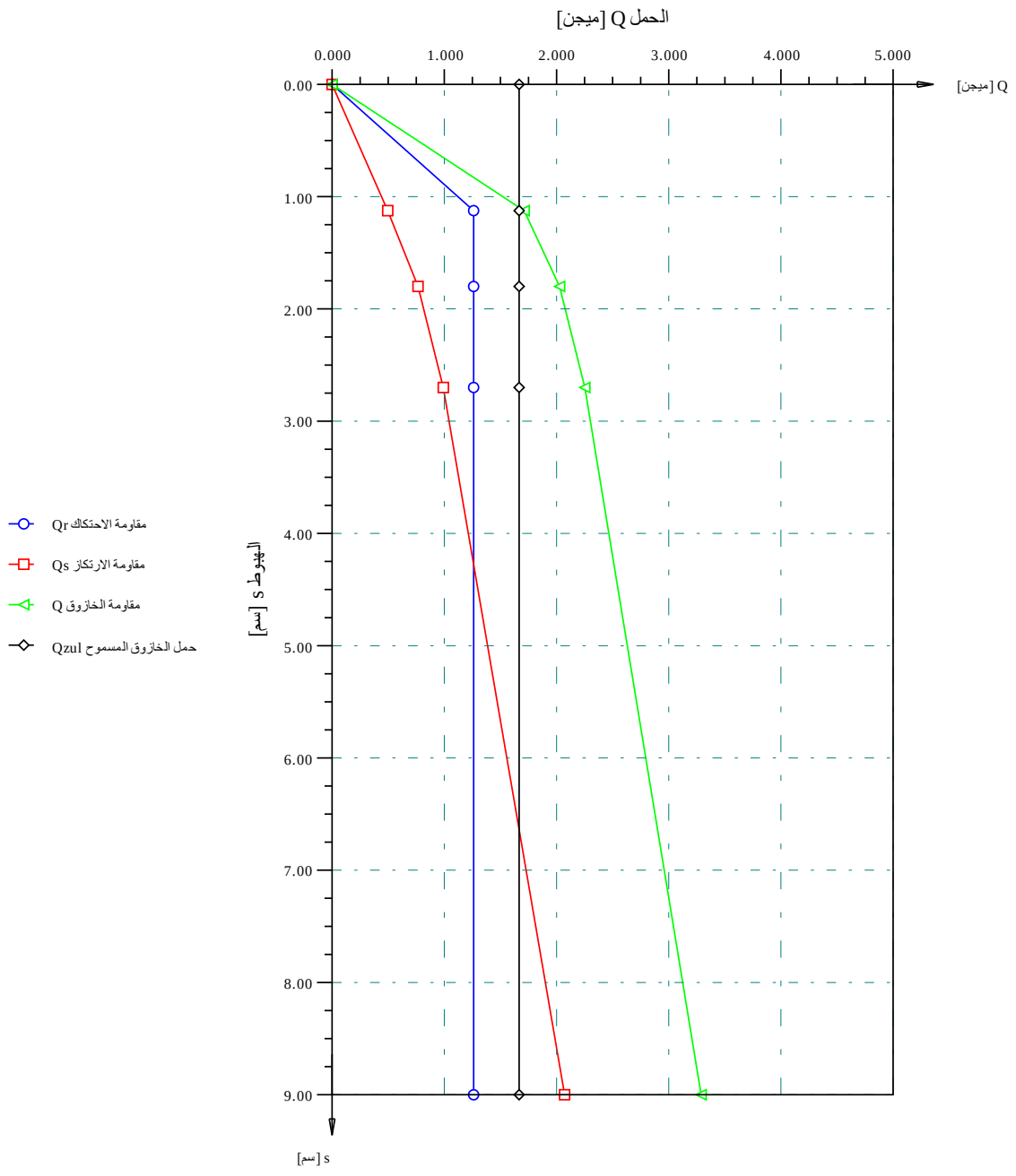
مقاومة الخازوق اعتماداً على هبوط الخازوق:

رقم اعتماداً على ن [-]	s/Df [-]	هبوط رأس الخازوق s [سم]	مقاومة احتكاك الخازوق Qr [ميجن]	مقاومة الارتكاز Qs [ميجن]	مقاومة الخازوق Q [ميجن]
١	٠,٠١٢	١,١٢	١,٢٤٦	٠,٤٨٦	١,٧٣٣
٢	٠,٠٢٠	١,٨٠	١,٢٤٦	٠,٧٧٩	٢,٠٢٦
٣	٠,٠٣٠	٢,٧٠	١,٢٤٦	١,٠٠٢	٢,٢٤٨
٤	٠,١٠٠	٩,٠٠	١,٢٤٦	٢,٠٦٨	Qg=2*Qzul = ٣,٣١٤

النتائج النهائية:

الهبوط المسموح	Szul_	[سم]	= ١,٠٧
حمل الخازوق المسموح	Qzul = Qr+Qs_	[ميجن]	= ١,٦٥٧
جزء جهد الاحتكاك على جذع الخازوق	Qr_	[ميجن]	= ١,١٩٢
جزء مقاومة ارتكاز الخازوق	Qs_	[ميجن]	= ٠,٤٦٥
معامل الأمان	ETHA = Qzul/QV_	[-]	= ٢,٠٧١

اسم الخازوق: P1
رقم الخازوق: 1



منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للتوصيات الألمانية EA-Piles لقيم الجدول الدنيا

جيوتيك للبرمجيات، كالجاري أب، كندا	
ص.ب 14001 ريتشموند رود بو، هاتف: +1 (587) 332-3323	
مشروع: Example in Appendix B of DIN 4014 after EA-Piles	**مقياس الرسم: 45**
التاريخ: 2015_06_11	**ملف: EA-Piles**
العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile	**رقم الصفحة:**

****

ألبلآ السريع

إصدار ١٠

تـأليف Prof. M. El Gendy/ Dr. A. El Gendy

****

العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile

التاريخ: ١١_٠٦_٢٠١٥

مشروع: Example in Appendix B of DIN 4014 after EA-Piles

ملف: EA-Piles

قدرة تحمل وهبوط خازوق مفرد

منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للتوصيات الألمانية EA-Piles لقيم الجدول العظمى

معطيات:

قطر الخازوق	D_	[م]	= ٠,٩٠٠
قطر كعب الخازوق	Df_	[م]	= ٠,٩٠٠
طول الخازول	Lg_	[م]	= ٨,٠٠٠
اسم الخازوق	Pz_	[-]	= P1
رقم الخازوق	Ipf=_	[-]	= ١

ملخص النتائج

معطيات التربة أسفل ارتكاز الخازوق:

مقاومة التربة من اختبار المخروط أسفل ارتكاز الخازوق qs_ [ميجن/م ٢] = ١٧,٥٠

جهد ارتكاز الخازوق (طبقاً للمواصفات الألمانية EA-Piles جدول ٥,١٢)

Sig	s/Df = 0.02_	[ميجن/م ٢]	= ١,٦٣
Sig1	s/Df = 0.03_	[ميجن/م ٢]	= ٢,٠٩
SigGR	s/Df = 0.10_	[ميجن/م ٢]	= ٤,٣٣

النتائج الوسيطة

الاحتكاك على جذع الخازوق:

طبقة رقم ن [-]	سمك الطبقة L1 [م]	مقاومة التربة من اختبار المخروط qs [ميجن/م ٢]	تماسك التربة الغير محصور Cu [ميجن/م ٢]	الاحتكاك على جذع الخازوق Tau [ميجن/م ٢]	قوه الاحتكاك Qrg [ميجن]
١	٣,٠٠٠	----	٠,١٠٠	٠,٠٥	٠,٤٣٤
٢	٢,٥٠٠	٧,٠٠	-----	٠,٠٧	٠,٥٢٨
٣	٢,٥٠٠	١١,٠٠	-----	٠,١١	٠,٧٦٣

مجموع قوى الاحتكاك Qrf [ميجن] = ١,٧٢٥

الحمل على رأس الخازوق Qv = Qma+Qsp [ميجن] = ٠,٨٠٠

جزء مقاومة احتكاك جذع الخازوق من Qv Qma [ميجن] = ٠,٥٥٠

جزء مقاومة ارتكاز الخازوق من Qv Qsp [ميجن] = ٠,٢٥٠

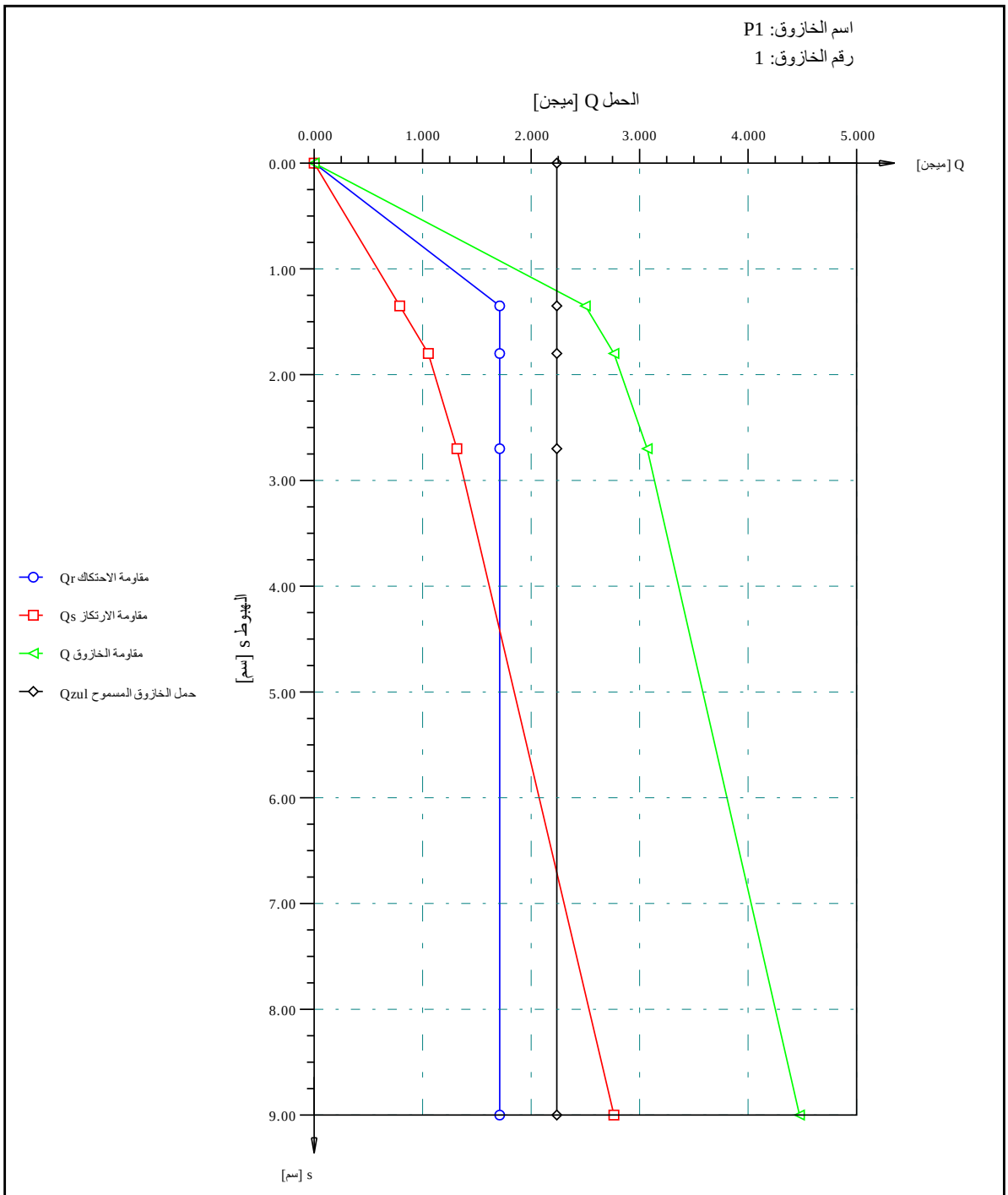
الهبوط المتوقع sv [سم] = ٠,٤٣

مقاومة الخازوق اعتماداً على هبوط الخازوق:

رقم اعتماداً على ن [-]	s/Df [-]	هبوط رأس الخازوق s [سم]	مقاومة احتكاك الخازوق Qr [ميجن]	مقاومة الارتكاز Qs [ميجن]	مقاومة الخازوق Q [ميجن]	
١	٠,٠١٥	١,٣٦	١,٧٢٥	٠,٧٨٢	٢,٥٠٧	
٢	٠,٠٢٠	١,٨٠	١,٧٢٥	١,٠٣٤	٢,٧٥٩	
٣	٠,٠٣٠	٢,٧٠	١,٧٢٥	١,٣٢٨	٣,٠٥٣	
٤	٠,١٠٠	٩,٠٠	١,٧٢٥	٢,٧٥١	٤,٤٧٦	Qg=2*Qzul =

النتائج النهائية:

الهبوط المسموح	Szul_	[سم]	= ١,٢٢
حمل الخازوق المسموح	Qzul = Qr+Qs_	[ميجن]	= ٢,٢٣٨
جزء جهد الاحتكاك على جذع الخازوق	Qr_	[ميجن]	= ١,٥٤٠
جزء مقاومة ارتكاز الخازوق	Qs_	[ميجن]	= ٠,٦٩٨
معامل الأمان	ETHA = Qzul/QV_	[-]	= ٢,٧٩٨



منحنى الحمل-الهبوط للخازوق طبقاً للتوصيات الألمانية EA-Piles لقيم الجدول العظمى

جيوتيك للبرمجيات، كالجاري أب، كندا ص.ب 14001 ريتشموند رود بو، هاتف: +1 (587) 332-3323	
مشروع: Example in Appendix B of DIN 4014 after EA-Piles التاريخ: 2015_06_11 العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile	مقياس الرسم: 44 ملف: EA-Piles رقم الصفحة:

٦–١ مثال ٥: العلاقة بين الحمل والهبوط لخازوق تثقيب طبقا للكود المصري

وصف المثال

المطلوب تحليل خازوق تثقيب مفرد يستخدم لدعم هامة خوازيق لجسر. تم تنفيذ تحليل خازوق التثقيب المفرد باستخدام برنامج *إلباآ–السريع*. اختيار قطر مناسب للخازوق يتم من خلال تقييم سلوك الحمل مع الهبوط للخازوق المفرد. وتحدد العلاقة بين الحمل والهبوط وفقا للكود المصري لميكانيكا التربة والأساسات ١٩٧ لسنة ١٩٩٥ لخوازيق التثقيب التي قطرها يزيد عن ٦٠ [سم].

خواص التربة

تتكون التربة في موقع الجسر من طبقات متغيرة من الرمل والطين مع خصائص مختلفة تصل إلى عمق ٢٥ [م] تحت مستوى قاع البحر. وترد في جدول ٢٦ بيانات التربة الرئيسية التي تم الحصول عليها من الجسات الموجودة في موقع الخوازيق.

جدول ٢٦ خواص التربة

Layer	Layer Depth Under the SBL [m]	Soil Type	Av. SPT N Value	Angle of Int. friction Φ [deg]	Undrainage cohesion *Cu* [kN/m2]
1	0.0-3.0	CL-ML	1	-	50
2	3.0-7.5	SM	30	35	-
3	7.5-12.0	GM	>100	38	-
4	12.0-15.0	SM	28	35	-
5	15.0-18.0	CL	38	-	150
6	18.0-22.5	SC-SM	48	31	-
7	22.5-25.0	CL	>100	-	250

اختيار قطر الخازوق والحمل التصميمي

تم اختيار خازوق قطره ١,٤ [م] وطوله ٢٨ [م]. الحمل التصميمي للخازوق المفرد طبقا للقطر المقترح يتم تحديده بحيث يوفي أقصى هبوط مقترح لهذا القطر مقداره ١,٠ [سم]. ويفضل في المشاريع العامة مثل الكباري استخدام خوازيق قطرها كبير لتقليل عدد الخوازيق الكلية أسفل الهامة وكذلك قدرة هذه الخوازيق الكبيرة على التحمل.

الحمل التصميمي للخازوق هو في حدود ٢٥٠٠ [كن] طبقا للحسابات. ومن المتوقع أن يكون الهبوط الفعلي للخازوق أكبر من ذلك في حالة دراسة رد الفعل التبادلي لمجموعة الخوازيق الكلية أسفل هامة الخوازيق.

أولا: الحسابات اليدوية

تتم الحسابات اليدوية وفقا للخطوات التالية:

حساب مقاومة الاحتكاك للخازوق

يتطلب لتقدير مقاومة الاحتكاك على جذع الخازوق طبق للكود المصري معرفة خواص التربة من أما من عدد الخبطات لاختبار *SPT* في حالة التربة الغير متماسكة أو من التماسك المحصور *Cu* في حالة التربة المتماسكة.

جدول ٢٧ يعرض تقدير لمقاومة الاحتكاك للتربة الغير المتماسكة، بينما جدول ٢٨ يعرض تلك للتربة المتماسكة.

جدول ٢٧ مقاومة الاحتكاك للخازوق للتربة غير المتماسكة

Layer	Soil Type	Layer Depth Under the SBL [m]	Av. *SPT* N Value	Values according ECP (1995)		
				depth	*SPT*	Skin friction τ [kN/m2]
2	SM	3.0-7.5	30	2.0-7.5	20.0-30.0	45
3	GM	7.5-12.0	>100	2.0-10.0	>30.0	60
4	SM	12.0-15.0	28	>7.5	20.0-30.0	75
6	SC-SM	18.0-22.5	48	>10.0	>30.0	100

جدول ٢٨ مقاومة الاحتكاك للخازوق للتربة الغير المتماسكة

Layer	Soil Type	Layer Depth Under the SBL [m]	Undrainage cohesion *Cu* [kN/m2	Av. SPT N Value	Values according ECP (1995)	
					Undrainage cohesion *Cu* [kN/m2	Skin friction τ [kN/m2]
1	CL-ML	0.0-3.0	50	1	50	35
5	CL	15.0-18.0	150	38	150	45
7	CL	22.5-25.0	250	>100	250	50

النتائج

يعرض جدول ٢٩ ملخص النتائج لتحليل خازوق مفرد. وترد قيم المدخلات والمخرجات من *إلباآ–السريع* في الصفحتين التاليتين بالإضافة إلى رسم بياني للعلاقة بين الحمل والهبوط للخازوق.

جدول ٢٩ حمل الخازوق والهبوط

Pile diameter *d* [m]	Pile length *Lp* [m]	Allowable pile load Q_{all} [MN]	Allowable pile settlement S_{all} [cm]	Design pile load Q_v [MN]	Expected settlement S_e [cm]
1.4	28	4.58	1.69	2.5	0.87

ثانيا: الحل باستخدام *إلباآ–السريع*

يتم عرض بيانات المدخلات والنتائج من *إلباآ–السريع* على الصفحات التالية. صفحتان من بيانات المدخلات، والنتائج المتوسطة والنهائية، فضلا عن صفحة من الرسم البياني ملونة وذلك على سبيل المقارنة، يمكن للمرء أن يرى اتفاقا جيدا مع الحسابات اليدوية.

****

ألبلآ السريع

إصدار ١٠

تأليف Prof. M. El Gendy/ Dr. A. El Gendy

****

العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile

التاريخ: ٢٠١٠/٠٩/٢٥

مشروع: Example carried out by ECP

ملف: ECP

قدرة تحمل وهبوط خازوق مفرد

منحنى الحمل-الهبوط للخازوق محدد بواسطة المستخدم

معطيات:

قطر الخازوق	D=	[م]	= ١,٤٠
قطر كعب الخازوق	Df=	[م]	= ١,٤٠
طول الخازول	Lg=	[م]	= ٢٨,٠٠
اسم الخازوق	Pz=	[-]	= P1
رقم الخازوق	Ipf=	[-]	= ١

ملخص النتائج

جهد ارتكاز الخازوق (معطى)

Sig	s/Df = 0.02 =	[ميجن/م ٢]	= ٠,٥٠
Sig1	s/Df = 0.03 =	[ميجن/م ٢]	= ٠,٧٠
SigGR	s/Df = 0.10 =	[ميجن/م ٢]	= ١,٢٠

النتائج الوسيطة

الاحتكاك على جذع الخازوق:

طبقة رقم ن [-]	سمك الطبقة _L1 [م]	مقاومة التربة من اختبار المخروط _qs [ميجن/م ٢]	تماسك التربة الغير محصور _Cu [ميجن/م ٢]	الاحتكاك على جذع الخازوق _Tau [ميجن/م ٢]	قوه الاحتكاك _Qrg [ميجن]
١	٣,٠٠	----	-----	٠,٠٤	٠,٤٦٢
٢	٤,٥٠	----	-----	٠,٠٥	٠,٨٩١
٣	٤,٥٠	----	-----	٠,٠٦	١,١٨٨
٤	٣,٠٠	----	-----	٠,٠٨	٠,٩٩٠
٥	٣,٠٠	----	-----	٠,٠٥	٠,٥٩٤
٦	٤,٥٠	----	-----	٠,١٠	١,٩٧٩
٧	٥,٥٠	----	-----	٠,٠٥	١,٢١٠

مجموع قوى الاحتكاك _Qrf [ميجن] = ٧,٣١٢

الحمل على رأس الخازوق _Qma+Qsp = Qv [ميجن] = ٢,٥٠٠

جزء مقاومة احتكاك جذع الخازوق من Qv _Qma [ميجن] = ٢,٢٦٢

جزء مقاومة ارتكاز الخازوق من Qv _Qsp [ميجن] = ٠,٢٣٨

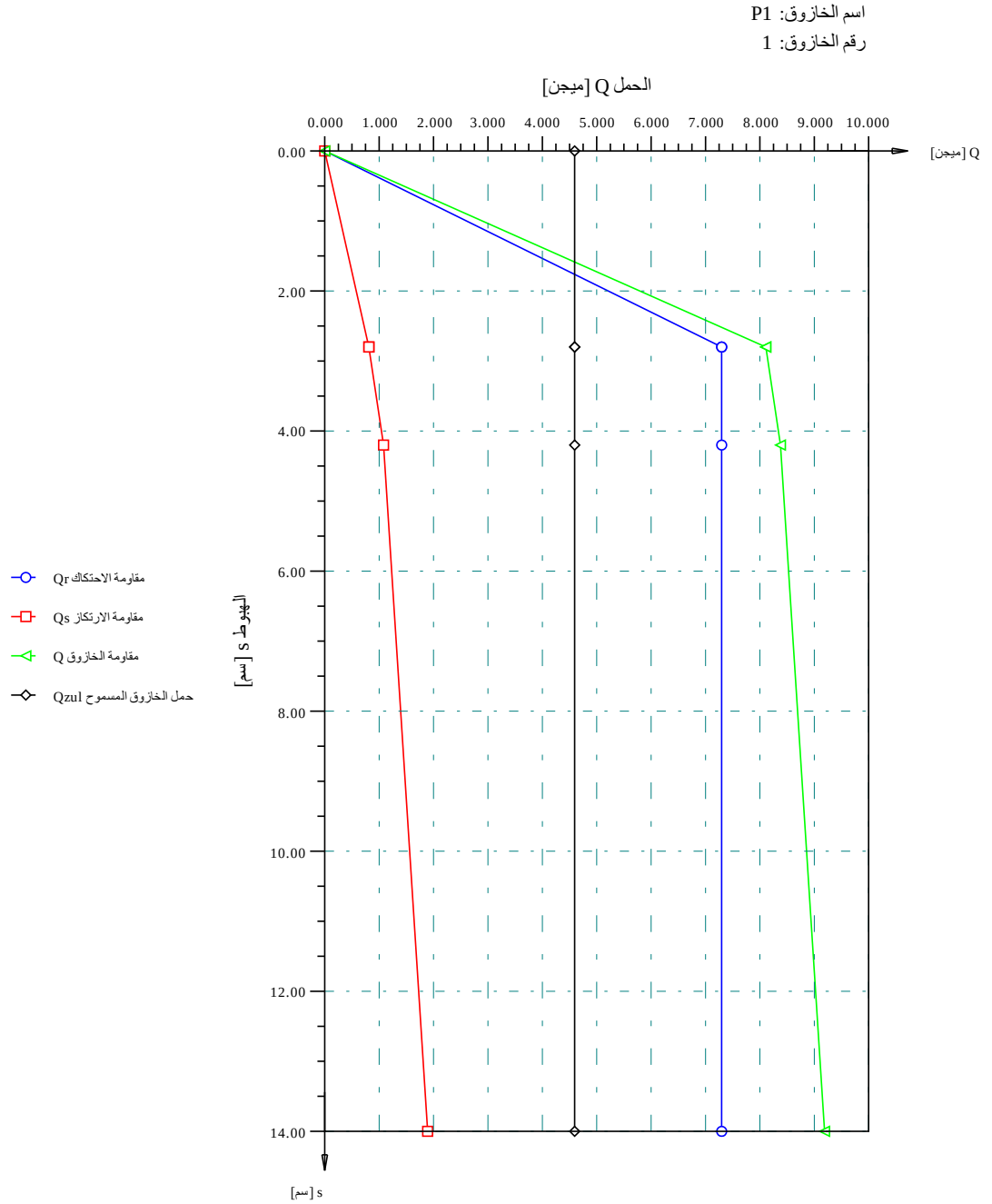
الهبوط المتوقع _sv [سم] = ٠,٨٧

مقاومة الخازوق اعتماداً على هبوط الخازوق:

رقم ن [-]	اعتماداً على s/Df [-]	هبوط رأس الخازوق s [سم]	مقاومة احتكاك الخازوق Qr [ميجن]	مقاومة الارتكاز Qs [ميجن]	مقاومة الخازوق Q [ميجن]
١	٠,٠٢	٢,٨٠	٧,٣١٢	٠,٧٧٠	٨,٠٨٢
٢	٠,٠٢	٢,٨٠	٧,٣١٢	٠,٧٧٠	٨,٠٨٢
٣	٠,٠٣	٤,٢٠	٧,٣١٢	١,٠٧٨	٨,٣٩٠
٤	٠,١٠	١٤,٠٠	٧,٣١٢	١,٨٤٧	٩,١٥٩ = Qg=2*Qzul

النتائج النهائية:

الهبوط المسموح	Szul	[سم] = ١,٥٩
حمل الخازوق المسموح	Qzul = Qr+Qs	[ميجن] = ٤,٥٨٠
جزء مقاومة الاحتكاك على جذع الخازوق	Qr	[ميجن] = ٤,١٤٣
جزء مقاومة ارتكاز الخازوق	Qs	[ميجن] = ٠,٤٣٦
معامل الأمان	ETHA = Qzul/QV	[-] = ١,٨٣



منحنى الحمل-الهبوط للخازوق محدد بواسطة المستخدم

جيوتيك للبرمجيات، كالجاري أب، كندا ص.ب 14001 ريتشموند رود بو، هاتف: +1 (587) 332-3323	
مشروع: Example carried out by ECP التاريخ: 25/09/2010 العنوان: Bearing capacity and settlement of a single pile	مقياس الرسم: 90 ملف: ECP رقم الصفحة:

٧ مراجع

[١] الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات الجزء الرابع: الأساسات العميقة ٢٠٠٧

[2] *DIN 4014* (1990): Bohrpfähle - Herstellung, Bemessung und Tragfähigkeit,
Ausgabe März, Deutsches Institut für Normung, Berlin.

[3] *EA-Pfähle* (2007): Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle" EA-Pfähle; Arbeitskreis Pfähle (AK 2,1) der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., 1. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin.

[4] ELPLA 11, Analysis and design of slab foundations by FE- method.
GEOTEC Software Inc., Canada 2017

[4] *Simmer , K.* (1999): Grundbau, Teil 2 Baugruben und Gründungen.
B. G. Teubner Stuttgart, Leipzig.