

### Nachweis eines Mikropfahlfundaments

Programm:	Pfahlgruppe
Datei:	Demo_manual_36.gsp

Ziel dieses Ingenieurhandbuchs ist es, die Verwendung des GEO5-Programms - PFAHLGRUPPE für den Nachweis eines Mikropfahlfundaments zu erläutern.

### Eingabe der Aufgabe:

Bewerten Sie das Mikropfahlfundament unter dem Turmkran gemäß *EN 1997 - DA2*. Der Grundriss des Fundaments ist in Abb. 1 gezeigt. Die Koordinaten der Mikropfahlköpfe sind in Tabelle 1 angegeben. Die Mikropfähle werden durch ein *TK 108 x 20*-Profil (Stahl S355) gebildet. Ihre Gesamtlänge beträgt 7,0 m, von denen 3,0 m verpresst sind mit einem Durchmesser von 0,30 m, 3,0 m beträgt die freie Länge des Mikropfahls und 1,0 m ist der Fuß für die Realisierung einer starren Verbindung einbetoniert. Die Zusammensetzung des geologischen Profils unter dem Fundamentfuß ist in Tabelle 2 anführt. Grundwasser wird nicht betrachtet. Zur Berechnung der vertikalen Federn auf dem Mantel der Verpresskörper wird der "Schermodul der Reaktion  $k_v = 45,00 \ MN/m^{3"}$ , eingegeben, der über die gesamte Höhe der Verpresskörper konstant ist und die Steifigkeit "Federn am Fuß  $k_p = 5,00 \ MN/m^{"}$ . Die "durchschnittliche Grenzmantelreibung" für die Beurteilung der Verpresskörper wurde durch eine geologische Untersuchung auf  $q_{sav} = 350,00 \ kPa$  bestimmt.



Abb. 1 Grundriss des Mikropfahlfundaments



Nummer des	X	Ŷ	Neigung von der Mitte der Gründung
Mikropfahls	[m]	[m]	[°]
1	-0,77	-1,57	0,00
2	0,77	-1,57	0,00
3	-1,57	-0,77	0,00
4	0,00	-0,92	0,00
5	1,57	-0,77	0,00
6	-0,92	0,00	0,00
7	0,92	0,00	0,00
8	-1,57	0,77	0,00
9	0,00	0,92	0,00
10	1,57	0,77	0,00
11	-0,77	1,57	0,00
12	0,77	1,57	0,00
13	-1,57	-1,57	15,00
14	1,57	-1,57	15,00
15	1,57	1,57	15,00
16	-1,57	1,57	15,00

Tabelle	1	Grundriss	der	Mikro	pfähle
rabene	-	or arrarioo	0.01		pjanie

Bodenklassse	Profil [m]	γ [kN/m³]	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	ν [-]	E <sub>def</sub> [MPa]
F6/CL, CI Starre Konsistenz	0,00 – 1,90	21,00	19,00	30,00	0,40	10,00
F5/ML, MI Starre Konsistenz	1,90 - 3,10	20,00	21,00	12,00	0,40	4,00
G3/G-F verdichtete	3,10 – 4,90	19,00	35,50	0,00	0,25	95,00
G2/GP verdichtete	4,90 – 6,50	20,00	38,50	0,00	0,20	210,00
F8/CH, CV, CE Starre Konsistenz	> 6,50	20,50	15,00	5,00	0,42	3,00

Tabelle 1 Geologisches Profil

### **GE05**

Die Betriebsbelastung zur Berechnung der Drehung und der Setzung sind in Tabelle 3 angegeben. Die Bemessungslast vom Fundamentfuß ist in der Tabelle 4 angegeben. Die Belastungen werden in der oberen Ebene des Fundamentfußes betrachtet. Das Programm berechnet die Belastung automatisch aus dem Eigengewicht des Fußes mit den Abmessungen von 4,0 m x 4,0 m x 1,2 m mit einem Volumengewicht  $\gamma_c = 23,00 \ kN/m^3$  auf den Bemessungswert gemäß dem in "Berechnungseinstellung" ausgewählten Standard.

Belastung	N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	H <sub>x</sub>	H <sub>y</sub>
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Wert	609,00	2111,00	2111,00	47,00	47,00

Tabelle 2 Nutzlast

Belastung	N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Н <sub>х</sub>	H <sub>y</sub>
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Wert	822,00	2850,00	2850,00	63,00	63,00

Tabelle 3 Betriebslast in der oberen Ebene der Fundamentfuge

### Lösung:

Um diese Aufgabe zu lösen, werden wir das Programm GEO5 - Pfahlgruppe benutzen. Wir werden die Auswirkung der Belastung auf einzelne Mikropfähle in der Gruppe analysieren und dann den am stärksten belasteten Mikropfahl bewerten. Im folgenden Text werden wir die Lösung dieser Aufgabe Schritt für Schritt beschreiben.

Wir werden die Mikropfahlgruppe mit der so genannten Federmethode berechnen, bei der einzelne Mikropfähle als Balken auf einem elastischen Untergrund modelliert werden. Jeder Mikropfahl ist intern in zehn Abschnitte unterteilt, für die die Werte der horizontalen und vertikalen Federn berechnet werden. Die Grundplatte gilt als unendlich steif. Die Lösung selbst wird mit der Verformungsvariante der Finite-Elemente-Methode durchgeführt.

**Im Fenster "Einstellung"** klicken wir auf die Schaltfläche "Einstellungsliste" und wählen dann die Berechnungseinstellungen "Standard - EN 1997 - DA2" und bestätigen mit der Schaltfläche "OK".



Nummer	Name	Gültigkeit	
1	Standard-Sicherheitsfaktoren	Alle	
2	Standard-Traglasten	Alle	
3	Standard - EN 1997 - DA1	Alle	
	Standard - EN 1997 - DA2	Alle	
5	Standard - EN 1997 - DA3	Alle	
6	Standard - LRFD 2003	Alle	
7	Standard - ohne Reduktion	Alle	
8	Tschechische Republik - ursprüngliche Standards ČSN (73 10	Alle	
10	Slowakei - EN 1997	Alle	
31	USA - Sicherheitsfaktor	Alle	
32	USA - LRFD 2003	Alle	
33	USA - LRFD	Alle	
U 8	Standard - EN 1997 - DA2 - water load = 1.0	Alle	
			🖌 ОК

Dialogbox "Berechnungseinstellungen"

Weiterhin werden wir in diesem Fenster die Art der Berechnung, die Methode zum Verbinden des Mikropfahls mit dem Fundamentfuß in Abhängigkeit von der Ausführung der Mikropfähle und dem Bettungsmodul einstellen. Im rechten Teil wählen wir "Federmethode - Mikropfähle" als Berechnungsart, wir betrachten die Verbindung des Mikropfahls mit dem Fundamentfuß als "starr" und den Bettungsmodul, der das Verhalten des Mikropfahls in horizontaler Richtung charakterisiert, wählen wir als "linear" (wird nach Bowles berechnet). Weitere Informationen zur Berechnung des Elastizitätsmoduls finden Sie unter HILFE (F1).



Fenster "Einstellung"



**Im Fenster "Konstruktion**" wählen wir die Option zur Eingabe der "allgemeinen Form" von Grundriss. Wir setzen die Überlappung der Platte auf den Wert "o = 0,38 m" und können dann einzelne Mikropfähle über die Schaltfläche "Hinzufügen" eingeben.



Fenster "Konstruktion"

Hinweis: Die Überlappung der "o" -Platte ist der Abstand von der Außenkante des Mikropfahls zur Kante

### des Fundaments.

Nachdem Sie auf die Schaltfläche "Hinzufügen" geklickt haben, wird die Dialogbox "Neuer Punkt" angezeigt, in dem Sie die Position des eingegebenen Mikropfahls anhand der x- und y-Koordinaten oder seiner Neigung festlegen. Das Hinzufügen des Mikropfahls wird mit der Schaltfläche "Hinzufügen" bestätigt. Die Grundrissposition der einzelnen Mikropfähle ist in Tabelle 1 angegeben.

Neuer Punkt		×
Position: x =	-1,57	[m]
y =	1,57	[m]
Neigung : α =	15,00	[°]
Eingabetype :	senkrecht zur M	itte 🔻
🕂 Hinz	ufügen 🗙 Ab	brechen

Dialogbox "Neuer Punkt" (für Mikropfahl Nr. 16)

Um den Querschnitt einzugeben, drücken Sie die Taste für "Querschnittskatalog" im Dialogfeld "Querschnittskatalog". Wählen Sie im Abschnitt "Profilklasse" "nahtlose Rohre mit kreisförmigem Querschnitt" und wählen Sie das "Profil" gemäß der Aufgabenzuordnung *TK 108 x 20*.





Dialogbox "Querschnittskatalog"

Im Fenster "Geometrie" geben wir nach und nach "Fundamenttiefe  $h_z = 0,00 m$ ", "Dicke der Grundplatte t = 1,20 m", "Mikropfahllänge l = 6,00 m", "Verpresskörperdurchmesser  $d_r = 0,30 m$ ", "," Verpresskörperlänge  $l_r = 3,00 m$ " ein. Am Ende ist es möglich, den "Widerstand des Gründungsbodens" einzugeben. In diesem Fall wird das Fundamentfuß als neu realisierte Konstruktion betrachtet und alle Belastungen werden durch Mikropfähle auf den Gründungsboden verteilt. Daher betrachten wir den "Widerstand des Gründungsbodens R = 0,00 kPa".



Fenster "Geometrie"

## **GE05**

Hinweis: Der Widerstand des Gründungsbodens ist sehr wichtig und beeinflusst die Ergebnisse der Berechnung erheblich. Die Größe des Widerstands des Gründungsbodens hängt vom Gründungsboden, der Bauweise der Konstruktion (ob es sich um eine neu errichtete Konstruktion oder eine Sanierung handelt) und dem Verfahren zum Aufbringen der Last ab. Der resultierende Effekt des Bodenwiderstands des Fundaments ist eine Verringerung der Vertikalkraft der angegebenen Last um den Wert  $N_R = A_{Fundament} \cdot R$ 

Im Fenster "Material" geben wir die Materialeigenschaften von Fundamentfuß ein -Volumengewicht  $\gamma = 23,00 \ kN/m^3$  und weiter die Parameter für die Dimensionierung - Betonklasse *C20/25* und Baustahlklasse *EN 10210 – 1 : S355*. Materialklassen sind über die Schaltfläche "*Katalog*" verfügbar.



Fenster "Material"

**Im Fenster "Belastung"** wird die in der Tabelle 3 angegebene Nutzlast (Betriebslast) über die Schaltfläche "Hinzufügen" hinzugefügt und die in der Tabelle 4 angeführte Bemessungslast (Berechnungslast). Die Belastungsart wird unten in der Dialogbox angegeben.





Fenster "Belastung"

Das geologische Profil der gelösten Aufgabe wird über die Fenster "Profil", "Böden" und "Zuordnung" eingegeben. Im Fenster "Profil" wird die Schnittstelle der einzelnen Schichten des geologischen Profils eingestellt, dann werden im Fenster "Böden" die Eigenschaften für einzelne Böden zugewiesen und am Ende im Fenster "Zuordnung" werden einzelne Böden den angegebenen Schichten des Profils zugeordnet. Das geologische Profil wird gemäß Tabelle 2 betrachtet.

In der Dialogbox "*Neue Böden hinzufügen*" müssen neben den Eigenschaften aus der Tabelle 2 auch die Werte zur Bestimmung des Bettungsmoduls eingegeben werden. Orientierungswerte zur Bestimmung des "*Koeffizienten k*" und der Beziehung zur Bestimmung des "*Streuwinkels*  $\theta$ " finden Sie in der Hilfe (F1) unter dem Thema "Linearer Verlauf des Bettungsmoduls".

Edit soil parameters						
- Identification -					— Draw —	
Name :	Soil 3 (G-F)				Pattern ca	tegory :
Gravel wi	th trace of fines	(G-F), dense			GEO	
— Basic data ——					Search :	
Unit weight :	γ =	19,00 [	[kN/m <sup>3</sup> ]	19,0	Subcate	egory :
Angle of internal fricti	on: φ <sub>ef</sub> =	35,50 [	[*]	33 - 38	Soils (1 - 16)	
Cohesion of soil :	Caf =	00.0	kPa]	0	Patte	rn :
— Settlement - oed	dometric modu	ulus				
Poisson's ratio :	v =	0,25 [	-]	0,25		
Settlement analysis :	insert Edef		•		12 Grav	/el
Deformation modulus	s: E <sub>def</sub> =	95,00 [	[MPa]	90 - 100	Cole	or:
— Uplift pressure –						
Calc. mode of uplift :	standard		•		Backgro	ound :
Saturated unit weight	: γ <sub>sat</sub> =	19,00 [	kN/m³]		automatic Saturation <10 - 90> :	50 [%]
— Determining mo	dulus of subso	oil reaction —			_	
Coefficient :	k =	250,00 [	[MN/m <sup>3</sup> ]			
Angle of dispersion :	β =	12,75 [	"]			
Classify	Clear			OK + 🔶	OK + 👆 🖌 OK	🗶 Cancel

Dialogbox "Neue Böden hinzufügen"





### Fenster "Zuordnung"

Das Verhalten des Mikropfahls in vertikaler Richtung wird im **Fenster "Vertikale Federn**" definiert. Die Lastübertragung vom Mikropfahl auf den umgebenden Boden wird durch den Fuß und den Mantel der Verpresskörper sichergestellt.



Fenster "Vertikale Federn"

# **GEO5**

Im **Fenster "Berechnung"** wird die Berechnung durchgeführt und die Ergebnisse für die Mikropfahlgruppe angezeigt. Das gelöste Modell wird in 3D mit den erforderlichen Parametern angezeigt. Die Ergebnisse können auf allen oder nur auf einem ausgewählten Mikropfahl angezeigt werden. Der rechte Teil des Fensters zeigt die Ergebnisse für die maximalen inneren Kräfte aus aller Belastungen und die maximalen Verformungen der Nutzlasten (Betriebslasten). Die folgende Abbildung zeigt die Biegemomente in *X*- und *Y*-Richtung für den Mikropfahl 16 und die Normalkraft. Die Verformungen sind für die *Bemessungslast* gezeichnet.

🗑 6605 2020 - Plahigruppe (Demoversion) [C:\Uters\Public\Documents\Finel\GEOS 2020 Piklady\Demo_manual_36.gsp ']	- 🗆 ×
Datei Bearbeitungen Eingabe Berechnung Ausgabe Einstellung Hilfe	
	Modi _ Projekt & Einstellung Einstruktion III Commercial Determine Determine Zoordnung III Vesser A. Vertikalfeder P Beschnung Dimensionierung Timensionierung Timensionierung
Beechnung  Ergebnisse: Zatlien NArchové Ergebnisse anzeigen: Pida 16  Goden  Konstruktion  Konstruktin  Konstruktion  Konstruktion  Konstrukt	Ausgabe (C) Bild hinzufügen Brechnung: 0 Gesant: 1 (C) Abbildungsvezichnis (C) Abbildungsvezichnis (C) Abbildungsvezichnis (C) Abbildungsvezichnis (C) Abbildungsvezichnis

#### Fenster "Berechnung"

Für die angegebene Berechnungseinstellung werden die Ergebnisse der maximalen Verformungen (für die Nutzlast) wie folgt berechnet:

- Maximale Setzung	7.9 mm
- Maximale horizont. Verschiebung der Platte	10 <i>mm</i>
- Maximale Drehung der Platte	1.4E - 01 °

**Das Fenster "Dimensionierung**" zeigt die inneren Kräfte der Mikropfähle von der ausgewählten Belastung oder die Umhüllende aller Lastfälle. Die Ergebnisse können für jeden einzelnen Mikropfahl gezeichnet werden. Die gesamten inneren Kräfte auf die Mikropfähle sind gleich dem Ergebnis, das aus den Spannungskomponenten in *X*- und *Y*-Richtung berechnet wird. Die folgende Abbildung zeigt die inneren Kräfte aus der Umhüllende der eingegebenen Lastfälle für alle Mikropfähle.





Fenster "Dimensionierung"

Nach dem Klicken auf "**Tragfähigkei**t" wird ein separates Programm "Mikropfahl" gestartet. Die Daten des gelösten Beispiels werden automatisch in die Eingabe hochgeladen, einschließlich der Lastkombinationen, die aus den Berechnungsergebnissen erstellt werden.

Um den Querschnitt zu beurteilen, klicken Sie auf das Fenster "Querschnittsberechnung". Das Fenster zeigt sofort die Ergebnisse für die automatisch ausgewählten ungünstigsten Lastfälle an. Die beurteilte Belastung kann auch manuell ausgewählt werden. Es ist möglich, den Korrosionseinfluss zu berücksichtigen, dies wird in diesem Beispiel jedoch nicht berücksichtigt, da es sich um eine temporäre Konstruktion handelt.

Stabilitätsnachweis:

 $N_{crd} = 3646,39 \ kN \ge N_{max} = 481,39 \ kN$ Innere Stabilität des Mikropfahlquerschnitts GENÜGT

Nachweis der Tragfähigkeit des Verbundquerschnitts:

 $f_{y,d} = 236,67 \ MPa \ge \sigma_s = 141,44 \ MPa$ Verbundquerschnitt des Mikropfahls GENÜGT



Image: Mikropfahl (Demoversion) - Pfahlgruppe (Demoversion)   Date: Basthetungen Einstellung   Image:			×
	5.00		Modi ■ Projekt ♦ Einstellung ♦ Einstellung ■ Material ■ Profit ■ Boden ■ Zuerdnung ♥ OVSp - Untergrund Ø OVSp - Untergrund Ø Presenistellung ■ Berechnung Querschnitt ♥ Berechnung Wurzel
Berechnung: 🔁 🖂 [1]		Ek Defamiert	
Maxima automaticha suovahlen ▼   — Einfluss von Korrosion Filt   Echorten Kuttangsdauer: t =   Einflusskoeff. der Verbindung : Filt   Bodenart: Böden in natürlicher Lagerung   Bettungsmodul : E =   Einflusskoeff. E =   Indexense in automaticher Lagerung ▼	Overschnittsachweis 1 Die Berechnung wurde mit dem automatischen Auswahl der günstigsten Latifälle durchgeführt. Keiner der Auswahl der Guerschnitts geometrische Günsche Normaltraft Nucg = 364539 NM Marinale Normaltraft Nucg = 24727 NM Innenstabilität der Mikropfahlquerschnitts GENDOT Kachweis der Tragflähigkeit des Verbundquerschnitts: Der Queschnitt wird meistens für den Belastungsfall Nr. 1 verwendet	×	Ausgabe - (B) Bith instrudygen Berchnung Querschnitt : 0 Gesantt : 0 (B) Abbildungsverzeichnis (B) Abbildungsverzeichnis (

Fenster "Querschnittsberechnung"

Die Überprüfung für die Pfahlwurzel finden Sie im Fenster "Berechnung Querschnitt". Die Methode zur Berechnung der Tragfähigkeit erfolgt nach der Lizzi-Theorie.

Hinweis: Die Methode zur Bewertung der Verpresskörper von Mikropfählen kann im Fenster "Einstellung" des Programms "Pfahlgruppe" geändert werden, indem die Berechnungseinstellung für Mikropfähle angepasst werden.

Nachweis des Druckpfahles:

 $R_s = 5\ 791,65\ kN \ge N_{max}$  - Manteltragfähigkeit des Mikropfahls  $R_d = 527,79\ kN \ge N_{max}$  - Tragfähigkeit der Pfahlwurzel

Tragfähigkeit des Druckpfahls GENÜGT

Nachweis des Zugpfahles:

 $R_s = 791,68 \ kN \ge N_{max}$  - Manteltragfähigkeit des Mikropfahls

 $R_d = 527,79 \ kN \ge N_{max}$  - Tragfähigkeit der Pfahlwurzel

Tragfähigkeit des Zugpfahls GENÜGT



The This optimi - Philipuppe Xugabe Enstellung Hilfe	
	Modi _   □ Projekt ◆   ✓ Einstellung *   ** Geometrie   □ Material □   □ Profii □   □ Boden □   □ WSp - Untergrund □   □ WSp - Untergrund □   □ Obsencientellung ●   ● Beschnung Queschnitt ▶   ▶ Berchnung Wurzel ■
Recolumn @ [11]	
Manteleibung am Wurzel Machteleibung am Wurzel Machteleibung am Wurzel Machteleibung am Wurzel Machteleibung am Wurzel   Durchschnittlich Grezonsteteleibung - Kimmer Kallen Beitung Fast Mitteleibung am Wurzel Machteleibung am Wurzel   Nammer + Ximmer Ximmer Fast Mitteleibung am Wurzel Machteleibung am Wurzel Machteleibung am Wurzel   Tragdhägkeit des Mitorpfahlmartels R.g. = 791,68 kN Berechnungstragdhägkeit des Mitorpfahlwurzels R.g. = 791,68 kN   Berechnungstragdhägkeit des Mitorpfahlmartels R.g. = 791,68 kN Berechnungstragdhägkeit des Mitorpfahlwurzels R.g. = 227,75 kN   Maximale Zuginiter Gestionstragdhägkeit des Mitorpfahlwurzels R.g. = 227,75 kN Machteleibung Machteleibun	Ausgabe - Image: Abbildungsverzeichnis Image: Abbildungsverzeic

Fenster "Wurzelnachweis"

Der letzte Schritt besteht darin, die Ergebnisse für die Überprüfung des Mikropfahls zu speichern, indem Sie auf die Schaltfläche "Beenden und übertragen" klicken (siehe vorherige Abbildung).

#### Schlussfolgerung:

Die Werte der maximalen Setzung, horizontalen Verschiebungen und der Drehung von Fundamentfuß liegen innerhalb der zulässigen Werte.

Das vorgeschlagene Profil des Mikropfahls *TK 108/20* aus Stahl der Klasse *EN 10210-1: S355* und seiner Wurzel ist für alle durchgeführten Bewertungen geeignet.