

Fachveranstaltung „Baugrund-Bauwerk-Interaktion“  
Dienstag, 13. November 2012  
Swissôtel, Zürich-Oerlikon

# Pfahlfundationen

## Wo liegt das Optimierungspotential?

Dr. Rita Hermanns Stengele, FRIEDLIPARTNER AG, Zürich  
Philipp Köppel, Brunner Erben AG, Zürich



## Inhalt

- Bemessung Pfahlfundation nach SIA 267
- Bemessungswert Pfahlfundation
- Wahl des Pfahlsystems
- Optimierung Pfahlsystem
- Bauausführung
- Fazit

# Pfahlfundation



Quelle: www.jacbo.com

3

## Bemessung Pfahlfundation nach SIA 267

**Nachweis der Tragsicherheit allg.:  $E_d \leq R_d$**

Für Pfahlfundationen gilt:

- **Äusserer axialer Tragwiderstand  $R_a$** 
  - $R_a = \text{Pfahlfusswiderstand } R_b + \text{Pfahlmantelwiderstand } R_s$
- Innerer Tragwiderstand  $R_{i,d}$  (nach SIA 262 - 265)
- **Gebrauchstauglichkeit:  $E_d \leq C_d$**

4

# Bemessungswert Pfahlfundation

## Bemessungswert äusserer axialer Tragwiderstand

➤  $R_{a,d} = \eta_a R_{a,k} / \gamma_{M,a}$  (SIA 267)

mit

$\eta_a$  = Umrechnungsfaktor für den äusseren Tragwiderstand

$\gamma_{M,a}$  = Widerstandsbeiwert für den äusseren Tragwiderstand

➤ Druckpfähle:  $\gamma_{M,a} = 1.3$

➤ Zugpfähle:  $\gamma_{M,a} = 1.6$

Beachte: SIA 267 gibt keine Berechnung für  $R_{a,k}$  vor

5

## Statischer Pfahlbelastungsversuch

$$\eta_a \leq 1.0$$



Kriterien für die Wahl von  $\eta_a$  :

- Anzahl Versuche?
- Bruchkraft im Rahmen der Erfahrungswerte oder deutlich grösser?
- Verteilung von Pfahlmantel- und Pfahlfusswiderstand plausibel?
- Homogenität der Baugrundverhältnisse (Pfahlfusswiderstand)?
- Pfahlbruchlast im Versuch erreicht?

6

# Dynamischer Pfahlbelastungsversuch

$$\eta_a \leq 0.9$$

## Kriterien für die Wahl von $\eta_a$ :

- Anzahl Versuche?
- Auswertung (z.B. CAPWAP, CASE )?
- Bruchkraft im Rahmen der Erfahrungswerte oder deutlich grösser?
- Verteilung von Pfahlmantel- und Pfahlfusswiderstand plausibel?
- Undrainiertes Verhalten beim Test (Porenwasserüberdruck)?
- Homogenität der Baugrundverhältnisse (Pfahlfusswiderstand)?
- Pfahlbruchlast im Versuch erreicht?



Quelle: Ryser, 2012

7

# Übertragung Erfahrungswerte (1)

$$\eta_a \leq 0.9$$

**Bedingung: aussagekräftige Baugrunduntersuchung!**

- Mögliche Arten von Erfahrungswerten:
  - Regionale Erfahrungswerte / Angaben im geologischen Bericht (z.B.: Wie vorsichtig sind geschätzte Baugrundwerte)?
  - Direkte Übertragung von Versuchsergebnissen aus dem gleichen Baugrund
  - Korrelation ausgewerteter Pfahlversuche mit Baugrund-Sondierungen

Quelle: Ryser, 2012

8

# Übertragung Erfahrungswerte (2)

## Kriterien für die Wahl von $\eta_a$ :

- Qualität und Umfang der verwendeten Datenbasis?
- Welche Werte werden angegeben (zulässige Pfahllasten, Bemessungswerte, charakteristische Werte)?
- Berücksichtigung Pfahltyp?
- Vergleichbarkeit der Baugrundverhältnisse?
- Aussagekräftiges, projektbezogenes Baugrundmodell durch geeignete Wahl der Sondiermethode (SPT, CPT, etc.)?
- ausreichende Tiefe:  $z \geq l + 4 \cdot \varnothing_{\text{Pfahl}}$ ,  $l + \text{min. } 1.5 \text{ m}$  (Durchstanzen)

Quelle: nach Ryser, 2012

9

# Berechnung Tragwiderstand

$$\eta_a \leq 0.7$$

## Kriterien für die Wahl von $\eta_a$ :

- Erfahrung mit der verwendeten Berechnungsmethode für die vorliegenden Verhältnisse
- Vergleich mit Erfahrungswerten

**Es gibt keine allgemeine, zuverlässige und anerkannte Theorie zur Berechnung des Tragwiderstandes**

- Lang/Huder/Ammann/Puzrin (nur für überschlägige Dimensionierung)
- Empfehlungen des Arbeitskreises «Pfähle» (EA-Pfähle)
- Numerische Verfahren (z.B. FEM)

Quelle: nach Ryser, 2012

10

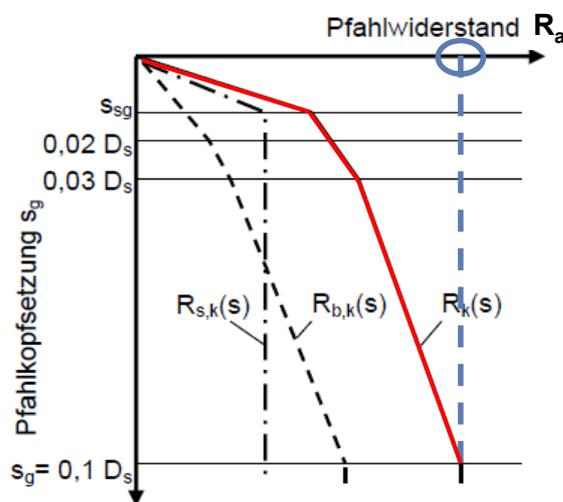
# Wahl des Pfahlsystems



Pfahltyp	Einsatzbereich	Nachteile
<b>Bohrpfähle</b>	In weichen und harten Böden einsetzbar, vor allem als Spitzendruckpfähle Durchbohren von Hindernissen möglich	Je nach Verfahren reduzierte Mantelreibung
<b>Vollverdrängungspfähle</b>	In weichen, feinkörnigen Böden einsetzbar, als Reibungs- und Spitzendruckpfahl	Durchbohren von Hindernissen, harten Schichten oder Einbinden in Fels kaum möglich
<b>Teilverdrängungspfähle</b>	In weichen bis harten Böden einsetzbar, härtere Schichten können durchfahren werden, als Reibungs- und Spitzendruckpfahl	Durchbohren von Hindernissen nicht möglich
<b>Rammpfähle</b>	In rambaren Böden einsetzbar, als Reibungs- und Spitzendruckpfahl	Durchbohren von Hindernissen nicht möglich
<b>Injektionsrammpfähle</b>	In rambaren Böden einsetzbar, als Reibungs- und Spitzendruckpfahl	Durchbohren von Hindernissen nicht möglich
<b>Vibrationspfähle</b>	In ramm- und vibrierbaren Böden einsetzbar, als Reibungs- und Spitzendruckpfahl	Bei harten Zwischenschichten evtl. Vorbohren
<b>Presspfähle</b>	In weichen Böden einsetzbar, als Reibungs- und Spitzendruckpfahl	Durchbohren von Hindernissen nicht möglich

11

## Optimierung Pfähle (Setzungen)



**Festlegen der Setzungen in Nutzungsvereinbarung!**

12

# Optimierung des Pfahlsystems

- Geeignetes System dem Baugrund angemessen
  - Bohrpfahl, Vollverdrängungspfahl, Rammpfahl
- Ist eine «klassische» Pfahlfundation nötig?
  - Variantenstudium möglicher Alternativen:
    - Kombiierte Pfahlplattengründung KPPG
    - Rüttelstopfsäulen
    - Mörtelstopfsäulen

13

## Bauausführung

- Einfluss auf Tragwiderstand minimieren bei Herstellung (Methode, Baugrundverhältnisse)
- Herstellung Pfähle abhängig von Unternehmer
- Unsicherheiten ausschalten durch Wahl des Unternehmers (Erfahrung)
- Frühzeitiges Einbeziehen des Unternehmers

14

# Fazit

- Nach SIA 267: Freiheit zur Berechnung
  - Ingenieurmässiges Denken nötig
  - Bemessung durch Pfahlbelastungsversuche
  - Bemessung mit Berechnungsverfahren (und Erfahrungswerten)
  - Auswahl des Unternehmers
  - Auswahl des Verfahrens
  - Optimierungspotential nutzen!
- ➡ Vortragsteil Philipp Köppel

15

# Hilfreiche Publikationen und Links

- SIA 267
- DGGT (2012) Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, 2. Auflage
- Witt, K. J. (2009) Grundbau-Taschenbuch, Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke, 7. Auflage
- Lang/Huder/Amann, Puzrin (2007) Bodenmechanik und Grundbau, 8. Auflage
- Handbuch EC 7-1 (2011) Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung, Band 1, 1. Auflage
- Handbuch EC 7-2 (2011) Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung, Band 2, 1. Auflage