

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

η_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 η_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 η_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 η_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 η_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

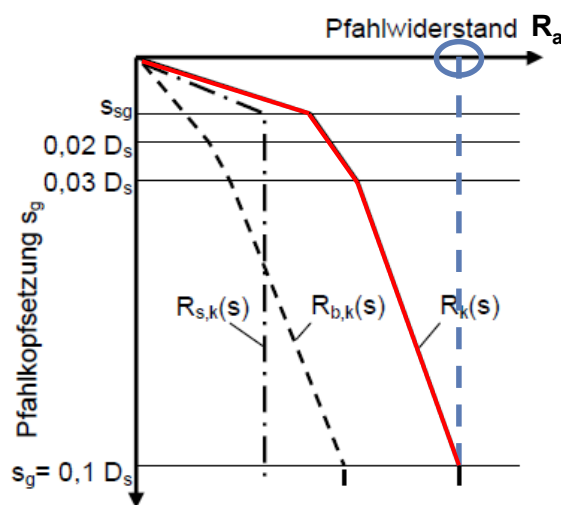
Wahl des Pfahlsystems



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

11

Optimierung Pfähle (Setzungen)



Quelle: DIN 1054, 2005

Festlegen der Setzungen in Nutzungsvereinbarung!

12

Optimierung des Pfahlsystems

- Geeignetes System dem Baugrund angemessen
 - Bohrpfahl, Vollverdrängungspfahl, Ramppfahl
- 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