

Hans-Lorenz-Symposium 2012

Dynamische Pfahlprobebelastung, EC7/Normenhandbuch, und Offshore Rammfähle

Dr.-Ing. Oswald Klingmüller

GSP

Gesellschaft für Schwingungsuntersuchungen und dynamische Prüfmethode mbH Mannheim
www.gsp-mannheim.de ok@gsp-mannheim.de

Power Point Präsentation : ©GSP 2012 – Schutzrechte nach ISO 16016 beachten

DIN 1054 - 1976

Sinngemäß:

Bei der Bemessung von Pfählen auf der Grundlage einer Probebelastung ist ein Sicherheitsfaktor von 2 anzuwenden, bei mehreren Probebelastungen 1,75

DIN 1054 - 2005

8.4.3 Axiale Pfahlwiderstände aus dynamischen Pfahlprobebelastungen

Die Probebelastungen sind an mindestens zwei Pfählen je Pfahltyp und einheitlichen Baugrundverhältnissen auszuführen.

Streuungsfaktoren in Abhängigkeit der Variationskoeffizienten

Zuschläge für Auswertungsverfahren vergleichbar EC7

Zuschläge für Vergleichbarkeit mit statischen Probebelastungen

Rammformeln nur in Ausnahmefällen

EC7

7.4.1 Design methods

(1)P The design shall be based on one of the following approaches:

...

- the results of dynamic load tests whose **validity has been demonstrated** by static load tests in comparable situations;

...

Normenhandbuch

7.4.1 Entwurfs- und Bemessungsverfahren

(1)P Entwurf und Bemessung müssen auf einem der folgenden Verfahren beruhen:

...

- Ergebnisse dynamischer Probelastungen, deren Gültigkeit durch statische Probelastungen unter vergleichbaren Umständen nachgewiesen worden ist;

...

EC7

7.5.3 Dynamic load tests
7.5.3 Dynamische Probelastungen

7.6.2.4 Ultimate compressive resistance from dynamic impact tests
7.6.2.4 Grenzwert des Druckwiderstands aus Stoßversuchen bzw.
dynamischen Probelastungen

7.6.2.5 Ultimate compressive resistance by applying pile driving formulae
7.6.2.5 Grenzwert des Druckwiderstands durch Anwendung von
Rammformeln

7.6.2.6 Ultimate compressive resistance from wave equation analysis
7.6.2.6 Grenzwert des Druckwiderstands mittels Analyse der
Wellengleichung

Table A.11 - Correlation factors ξ to derive characteristic values from dynamic impact tests^{a, b, c, d, e} (n - number of tested piles)

ξ for $n =$	≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20
ξ_S	1,60	1,50	1,45	1,42	1,40
ξ_{S^*}	1,50	1,35	1,30	1,25	1,25

- ^a The ξ -values in the table are valid for dynamic impact tests.
- ^b The ξ -values may be multiplied with a model factor of 0,85 when using dynamic impact tests with signal matching.
- ^c The ξ -values should be multiplied with a model factor of 1,10 when using a pile driving formula with measurement of the quasi-elastic pile head displacement during the impact.
- ^d The ξ -values shall be multiplied with a model factor of 1,20 when using a pile driving formula without measurement of the quasi-elastic pile head displacement during the impact.
- ^e If different piles exist in the foundation, groups of similar piles should be considered separately when selecting the number n of test piles.

Hierarchie der Zuverlässigkeit nach Tabelle A7.2

Stoßversuche

- 1) Auswertung durch einfache Rammformeln:
Modellfaktor $\eta_d = 1,2$
- 2) Auswertung durch verbesserte Rammformeln mit gemessener maximaler elastischer Verformung am Pfahlkopf,
Modellfaktor $\eta_d = 1,1$
- 3) Auswertung durch Wellengleichungsverfahren:
Modellfaktor $\eta_d = 1,05$ (Normenhandbuch)

Dynamische Pfahlprobebelastung

- 4) Dynamische Pfahlprobebelastungen mit Auswertungen nach dem direkten Verfahren
Modellfaktor $\eta_d = 1,0$
- 5) Dynamische Pfahlprobebelastungen mit Auswertungen mit vollständiger Modellbildung
Ergebnis: Widerstands-Setzungs-Linie und Verteilung von Pfahlmantel- und Pfahlfußwiderstand.
Modellfaktor $\eta_d = 0,85$

Normenhandbuch

Korrelationsfaktor: $\xi_i = (\xi_{0,i} + \Delta\xi) \cdot \eta_D$

Korrelationsfaktoren $\xi_{0,i}$ und Modellfaktoren η_D nach Tabelle A7.2

Kalibrierungszuschlag $\Delta\xi$ nach A7.2 :

- $\Delta\xi = 0$: Kalibrierung an statischen Tests derselben Baustelle;
- $\Delta\xi = 0,10$: Kalibrierung an statischen Tests einer vergleichbaren Baustelle;;
- $\Delta\xi = 0,40$ Kalibrierung aus allgemeiner Erfahrung – nur bei Auswertung mit vollständiger Modellbildung zulässig

Äquivalente globale Sicherheitsfaktoren bei Auswertung mit vollständiger Modellbildung

Lastfaktor : 1,35 für ständige Belastung, 1,5 für variable Bel.
Zusammen für 70% ständige Last 1,4

Widerstandsfaktor $\gamma_R = 1,1$ nach Tabellen A6 bis A8

Minimum

$$\gamma = (1,25 + 0,0) * 0,85 * 1,1 * 1,4 = 1,63$$

Maximum

$$\gamma = (1,60 + 0,4) * 0,85 * 1,1 * 1,4 = 2,62$$

Offshore – Wind Energie

- *erster Einsatz 2005*
- *Tests nicht vorgeschrieben*
- *Tests wegen Schlechtwetter nicht ausgeführt*



Dynamische Pfahlprobebelastung Für Offshore Wind Energieanlagen

Vorgeschrieben vom BSH seit 2011

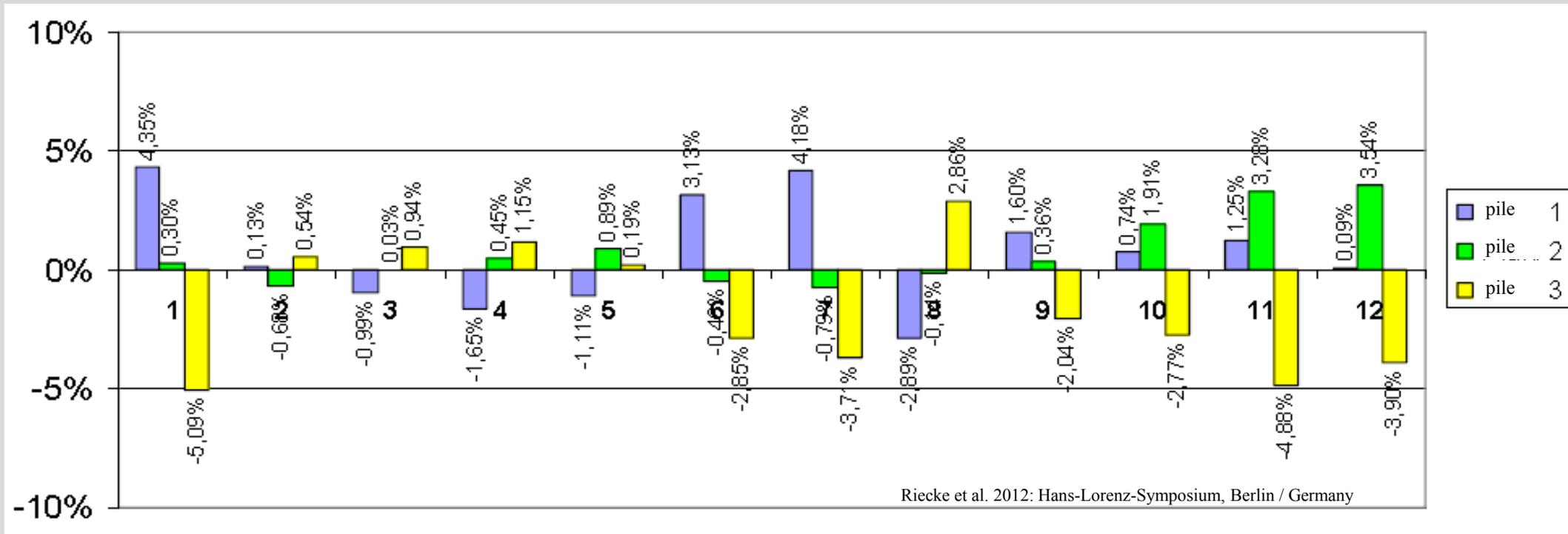
Kalibrierung an statischen Tests nicht möglich

$\Delta\xi = 0,1$ da umfangreiche Erfahrung mit der Rammung in
eiszeitlich verdichtetem Sand im nordeutschen Tiefland
vorliegen

Monopiles: Durchführung nur zur begleitenden
Qualitätssicherung – Energiemessung

Spannungsnachweis wie in DIN EN 12699 gefordert?

Abweichung der Tagfähigkeiten von den jeweiligen Mittelwerten der dreier-Standorte



Offshore wind park „BARD Offshore 1“

Nachrammungen



Sensormontage vom Mannkorb



- 1 Pfahl : 7 Tage Standzeit
- 6 Pfähle : 50 Tage
- 3 Pfähle : 80 Tage
- 3 Pfähle : nur Nachrammung

Vorschlag zur Vereinfachung des EC7/Normenhandbuch

1.

Die Tragfähigkeit von Pfählen kann mit der Dynamischen Pfahlprobebelastung (Messung der zeitabhängigen Kraft und Geschwindigkeit am Pfahlkopf bei Stoßbelastung) bestimmt werden, wenn die Auswertung mit Vollständiger Modellbildung erfolgt und die Vergleichbarkeit zur Tragfähigkeiten aus einer statischen Probebelastung nachgewiesen ist.

Vorschlag zur Vereinfachung des EC7/Normenhandbuch

2. Ingenieurmäßiges Sicherheitskonzept

Je mehr Pfahlprobebelastungen (statisch oder dynamisch) durchgeführt werden, um so kleiner kann der Sicherheitsfaktor sein.

In Anlehnung an:

AASHTO FACTORS of SAFETY (15th Ed. 1992) – code for bridges

F.S. = 3.50 Subsurface+ Static Analysis+Dyn Formula

= 2.75 Ss +SA +Wave Equation

= 2.25 Ss +SA +WE + Dyn. Testing (CAPWAP)

= 2.00 Ss +SA +WE + Static Load Test

= 1.90 Ss +SA +WE + Dyn. Test +SLT

Vorschlag für EC7/Normenhandbuch

Korrelationsfaktoren bei statischen Vergleichsprüfungen **auf derselben Baustelle**

Anzahl statischer Tests	1	2	3	4	≥ 5
mean ξ_1	1,35	1,25	1,15	1,05	1,00
min ξ_2	1,35	1,15	1,00	1,00	1,00

Korrelationsfaktoren bei statischen Vergleichsprüfungen **von anderen Baustellen**

$0 \leq \Delta\xi \leq 0,4$ Zuschlag je nach Zuverlässigkeit der Übereinstimmung

Statisch Pfahlprobebelastung – dynamische Pfahlprobebelastung

Mit Modellfaktor für Anwendung der vollständigen Modellbildung 0,85

Anzahl dynam. Tests	≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20
mean ξ_5	1,36	1,28	1,23	1,21	1,19
min ξ_6	1,28	1,15	1,11	1,06	1,06



Fragen ?

Jetzt gleich oder :

www.gsp-mannheim.de • ok@gsp-mannheim.de

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

