

Proefbelasting op 57 jaar oude trekpalen

Lennart Stelling
Ilona Schrijver
Theo Broeken
Rodiaan Spruit
Henk Brassinga

Witteveen+Bos
Witteveen+Bos
Havenbedrijf Rotterdam
Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam
Havenbedrijf Rotterdam



Introductie

- Renovatie kademuur (bouwjaar 1968)
- Levensduur verlengende maatregel
- Extra capaciteit verankering
- Beproeven oude ankerpalen



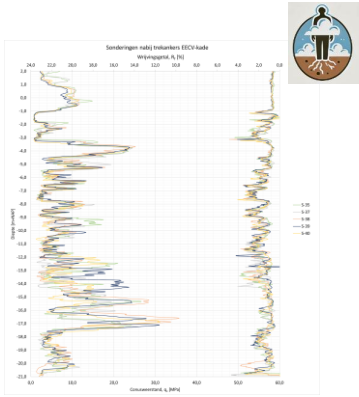
Doel

- Rekenkundig onvoldoende capaciteit:
 - Conform EC7 1.123 kN ($\alpha_t = 0,004$)
 - Oude documentatie 1.400-1.750 kN
- Inschatting: beproeven is haalbaar en zinvol
- Aantonen werkelijke houdkracht



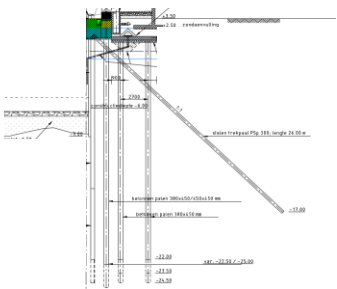
Locatie

- EECV - Haven van Rotterdam
- Voor eventuele uitbreiding 4 extra trekpalen
- Afwisseling losgepakte, matiggepakte en siltige zandlagen



Kadeopbouw

- Verankerde Peinerwand met betonnen deksloof
- Verankering:
 - PSP 300 profielen
 - Ruim 24 m lang
 - Inclinatie 1:1
 - h.o.h. 2,5 m
- 4 losstaande ankers:
 - Verificatie magnetoconus
 - Laboratorium testen sectie

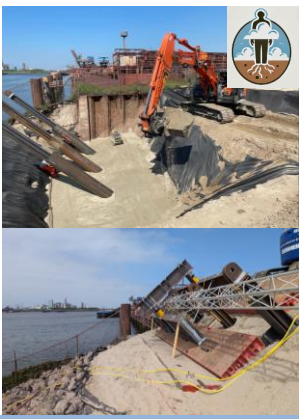
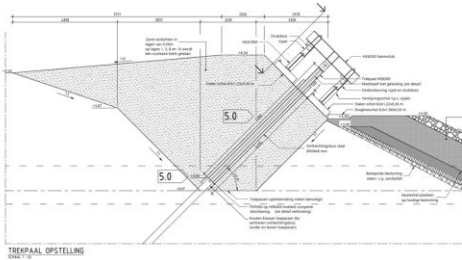


Proefopstelling

- Opbouw proefopstelling:
 - Vrij graven palen
 - Aanbrengen verplaatsingssensor
 - Oplengen en onthechtingsbuis
 - Aanbrengen 1:1 talud
 - Plaatsen stalen schotten in lengte richting met HEA1000 profielen
 - Vijzels en hamerstuk



Proefopstelling



Fasering en belastingstappen

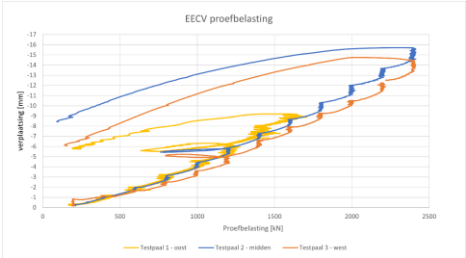
- Beproeven 3 ankerpalen
- Maximale testbelasting bepaald door staalcapaciteit: **2400 kN**
- Belastingstappen: **200 kN**
- Conform CUR 236: Geotechnisch bezwijken bij bereiken kruipmaat **2,0 mm**
- Kruipmaat over tweede helft elke belastingstap
- Ontlast- herbelast stap bij verwachte geotechnische houdkracht (**1200 kN**)
- Ankerproef testpaal 1 (oost) vroegtijdig afgebroken wegens significante verplaatsingen testframe

$$k_s = \frac{u_2 - u_1}{\log(t_2/t_1)}$$



Resultaten: last-verplaatsing

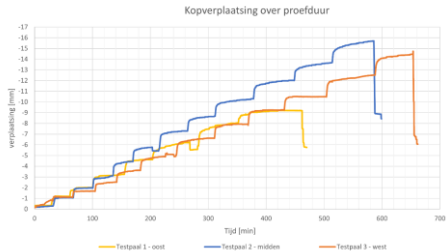
- Testpaal 1 tot 1.600 kN
- Testpaal 2 en 3 tot 2.400 kN
- Maximale verplaatsing ca. 16 mm originele paalkop



Resultaten: kruipmaat

- Veel gelijkenis resultaten
- Bij geen van allen geotechnisch bezwijken! ($k_s < 2,0$ mm)

Trekpaal	Kruipmaat bij belastingstap	
	1.600 kN	2.400 kN
1 (oost)	0,41 [mm]	-
2 (midden)	0,44 [mm]	0,93 [mm]
3 (west)	0,16 [mm]	0,66 [mm]



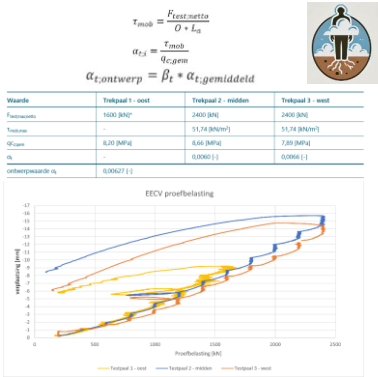
Interpretatie: fictieve ankerlengte

- Fictieve ankerlengte ter controle resultaten
 - Afstand tussen kop en fictieve ankerpunt: aangrijpingspunt resultante van τ .
 - Bij ontlasten anker
 - Sensoren originele paalkop
- Zelfde beeld als kruipmaat: geen volledige mobilisatie

Waarde	Trekpaal 1 - oost	Trekpaal 2 - midden	Trekpaal 3 - west
Δl	5,4 [mm]	7,4 [mm]	6,5 [mm]
P_t	230 [kN]	97 [kN]	156 [kN]
P_u	1600 [kN]	2400 [kN]	2400 [kN]
L_{app}	5,4 [m]	6,9 [m]	6,1 [m]

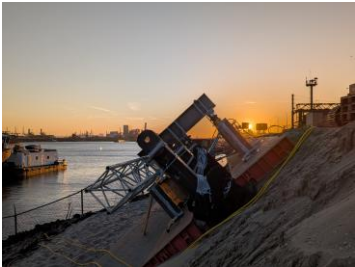
Interpretatie: α_t

- Maximale houddracht dus **minimaal 2.400 kN**
 - Ca. 1.100 kN rekenkundig
 - 1.400 – 1.750 kN oude documentatie
- Proef trekpaal 1 beschouwd als geslaagd
 - 3 geslaagde proeven:
 - $\beta_t = 1,0 \rightarrow \alpha_t = 0,0063$
 - 2 geslaagde proeven:
 - $\beta_t = 0,9 \rightarrow \alpha_t = 0,0056$
- Resultaten als ware testpaal 1 tot 2.400 kN belast: $\alpha_t = 0,0063$



Conclusie

- Geen geotechnisch bezwijken geconstateerd
- Maximaal bereikte houdkracht significant hoger dan voorspeld
- Ontwerpwaarde $\alpha_t = 0,006$ i.p.v. 0,004 uit EC7
- Beproeven geeft vertrouwen in renovatie zonder aanvullende maatregelen



Discussie

- Verklaring hoge houdkracht: ageing
- Tijdsafhankelijke toename van schachtwrijving:
 1. Corrosie en fysicochemische reacties
 2. Spanning-herverdeling na installatie
 3. Herstructurering op korrelniveau



Fig. 15. Photographs of cemented sand crust adhered to pile S6 following extraction: (a) cemented sand crust on pile with distinct layers; (b) difficulty removing layer 1



Meer weten?

Lennart.stelling@witteveenbos.com
Ilona.schrijver@witteveenbos.com
t.broeken@portofrotterdam.com
f.spruit@rotterdam.nl
he.brassinga@portofrotterdam.com

Witteveen - Bos

Port of Rotterdam

Gemeente Rotterdam