



Over limietwaarden en de paalpuntweerstand in zand

Onderzoek in een kalibratiekamer

Dirk de Lange (Deltares)

Geotechniekdag 2023

Opzet van de presentatie

- Achtergrond
- Proefopzet
- Resultaten
- Discussie



Geotechniekdag 2023

TKI-project Axial Capacity of Piles in Sand



• Kader: ontwerpmethoden op basis van sonderingen

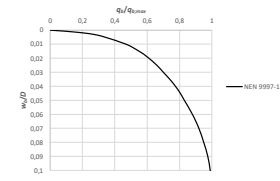
- Zijn α_p - en α_s -factoren correct?
- Hoe zit het met *pale ageing*?
- Zijn limietwaarden nodig?
- Wat is de beste middelingsmethode?
- Kunnen we blind varen op sonderingen?



• Doel: wegnemen van verborgen veiligheden

Geotechniekdag 2023

Hoe staat het in NEN 9997-1?



$$q_{b,max} = \min\{\alpha_p * q_{c,avg}; 15 \text{ MPa}\}$$

Geotechniekdag 2023



Waar komt het vandaan?

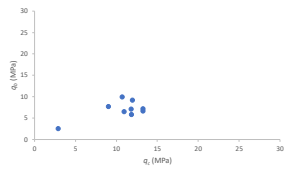


- W.G. te Kamp (1977):
 - De term *limietwaarde* komt van Meyerhof
 - In principe is de limietwaarde gelijk aan q_c
 - Hoogste gemeten puntweerstand is echter ca. 15 MPa
 - Hoge horizontale spanningen kunnen afnemen door heien
 - Lagere limietwaarden voor niet-verdringende palen
 - > 15 MPa is alleen van belang voor stalen palen



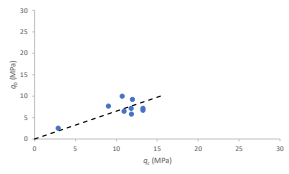
Geotechniekdag 2023

Van meting naar ontwerpmethodede (I)



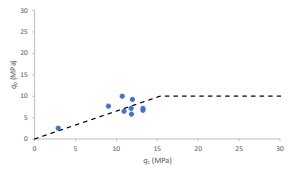
Geotechniekdag 2023

Van meting naar ontwerpmethodede (II)



Geotechniekdag 2023

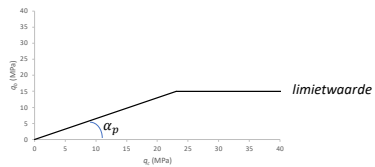
Van meting naar ontwerpmethodede (III)



Geotechniekdag 2023



Van meting naar ontwerpmethode (IV)



Geotechniekdag 2023

Wat zegt Van Dale?

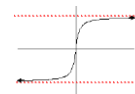


Betekenis 'limiet'

Je hebt gezocht op het woord: limiet.

li·miet (de; v(m); meervoud: *limieten*)

- 1 (uiterste) grens: *tijds*limiet, (*sport*) aan een limiet moeten voldoen een bep. tijd moeten realiseren om te mogen deelnemen
- 2 (*wiskunde*) constante grootte waartoe een veranderlijke grootte nadert zonder er ooit gelijk aan te worden



Geotechniekdag 2023

Wat zegt Van Tol?



- Hij herhaalt wat Te Kamp zegt over hoge horizontale spanningen, maar voegt daar nog iets aan toe:

“Met deze limietwaarden beperkt men tevens de kans dat zandkorrels verbrijzelen waardoor de puntweerstand aanzienlijk zou afnemen.”

Geotechniekdag 2023

Dus wat te onderzoeken?

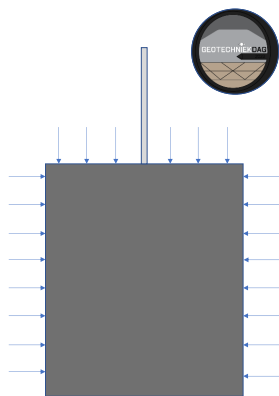


- Verhouding q_b en q_c
- Invloed hoge horizontale spanningen
- Invloed verbrijzeling

Geotechniekdag 2023

Modelvorming

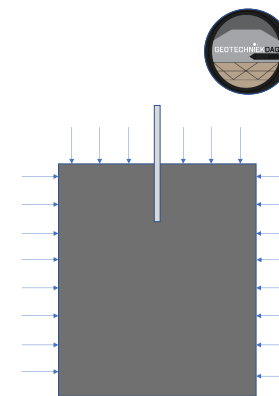
- Wat is het verschil tussen een sondering en een proefbelasting?
 - Vorm en afmeting
 - **Installatiemethode**
 - Wijze van belasten



Geotechniekdag 2023

Modelvorming

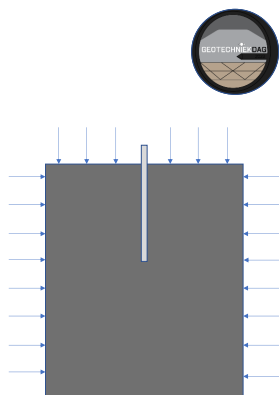
- Wat is het verschil tussen een sondering en een proefbelasting?
 - Vorm en afmeting
 - **Installatiemethode**
 - Wijze van belasten



Geotechniekdag 2023

Modelvorming

- Wat is het verschil tussen een sondering en een proefbelasting?
 - Vorm en afmeting
 - **Installatiemethode**
 - Wijze van belasten

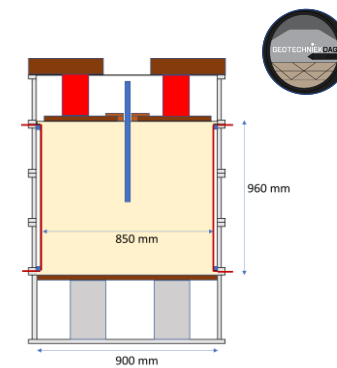


Geotechniekdag 2023

Kalibratiekamer

- Variaties:
 - Spanningsniveaus
 - 50 / 25 kPa
 - 100 / 50 kPa
 - 200 / 100 kPa
 - OCR (1 en 2)
 - Dichtheid (60% en 80%)

- Tijdens de test heeft membraan functie van een sensor



Geotechniekdag 2023



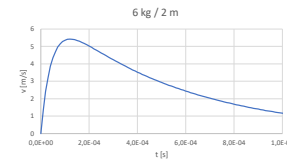
Modelpaal en instrumentatie



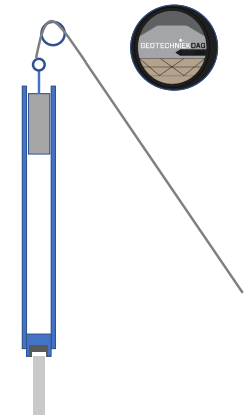
Geotechniekdag 2023



Heien



Geotechniekdag 2023

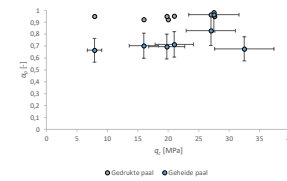


18

Filmpje?



Eerste analyse



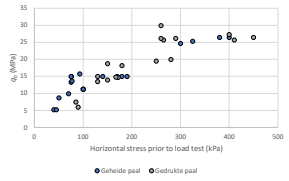
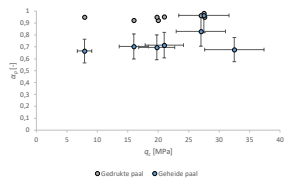
Geotechniekdag 2023

Geotechniekdag 2023



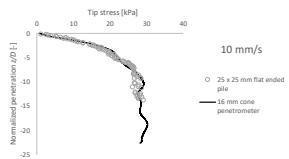


Eerste analyse



Geotechniekdag 2023

Invloed vorm en afmetingen

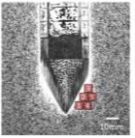


Geotechniekdag 2023

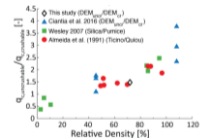
Verbrijzeling



- Eerste gedachte: meer kruip tijdens proefbelasting
- Tijdens heien op MV2: "Zou het niet nu al verbrijzelen?"
- Literatuur: ook crushing tijdens een CPT

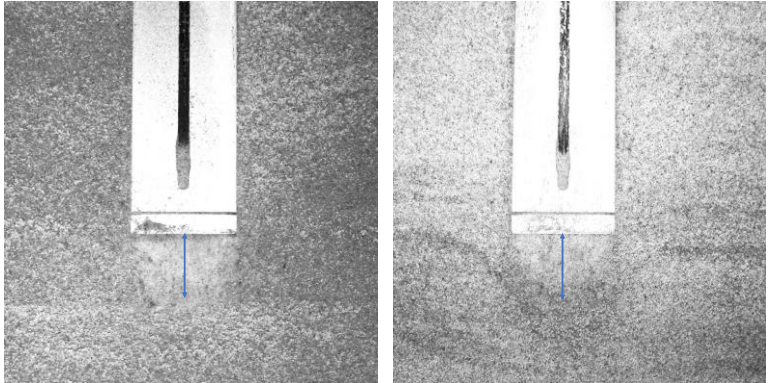


(Ganju et al, 2020)



(Ciantia et al, 2016)

Geotechniekdag 2023



Geotechniekdag 2023



Conclusies



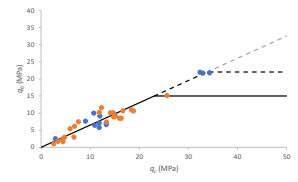
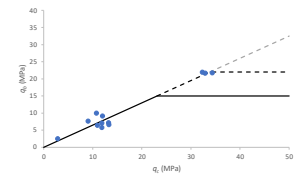
- Effecten proefbelasting: $\alpha_p < 1$
- Effecten vorm en afmetingen lijken beperkt
- Effecten installatiemethode
 - Lagere α_p voor heipaal dan bij drukpaal
 - Relatie opspanning na paalinstallatie en α_p
- Geen afname van α_p gevonden bij:
 - Hogere q_c -waarden
 - Hogere OCR-waarden
 - Glauconiethoudend (10 a 15%) zand

Geotechniekdag 2023

Discussie (I)



- Resultaten Amaliahaven (2019) + internationale database

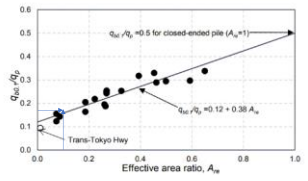
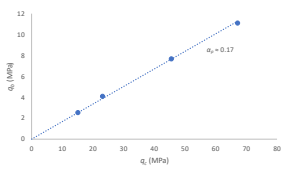


Geotechniekdag 2023

Discussie (II)



- Open stalen buispaalen MV2:



Geotechniekdag 2023

Discussie (III)



- Deze uitkomsten kunnen niet zomaar één-op-één worden overgenomen voor alle paaltypen, denk aan schroefpalen met grout-injectie...
- Voorzichtiger zijn met palen met verloren punt (i.v.m. het lossen van de punt)
- En er zijn wel meer uitzonderingen te bedenken...

Geotechniekdag 2023