Branschsamverkan i Grunden

BIG - Branschsamverkan I Grunden Webbinarium 250613

Kalibrering av pelarsonderingen för djupstabilisering

Sölve Hov & Stefan Larsson

Kalkpelarmetoden introducerades i praktiken 1975 i Huddinge

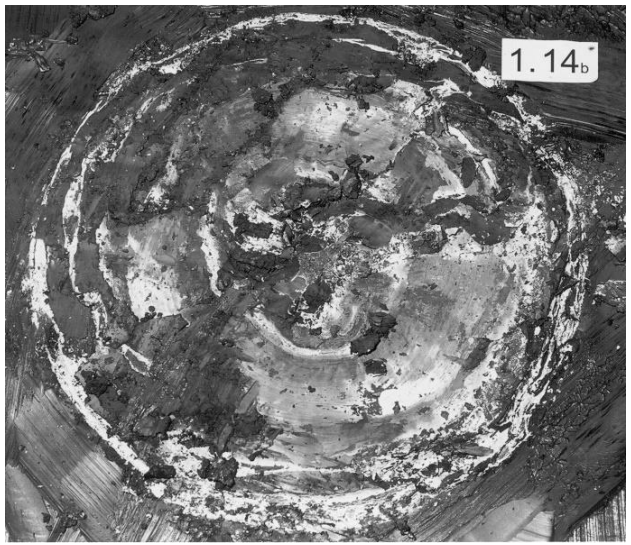


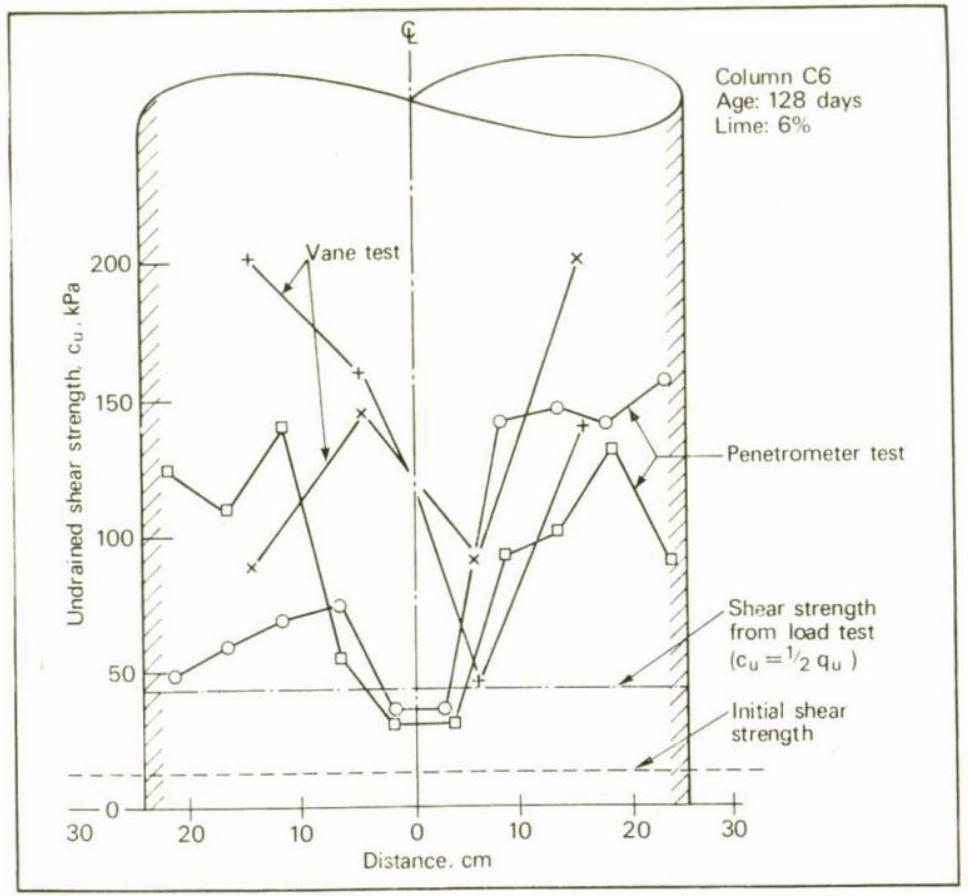


Fig. 3(a) (above). The Linden-Alimak LPS-3 tracked equipment, and (b) (right) detail showing the mixer tool

Man ville ha en kontrollmetod för verifiering och man testade ett antal vanliga metoder. Dock erfor man att pelarmaterialet var mycket heterogent så man behövde utveckla en metod som kan testa ett medelvärde för rel. stor del av ett pelartvärsnitt.

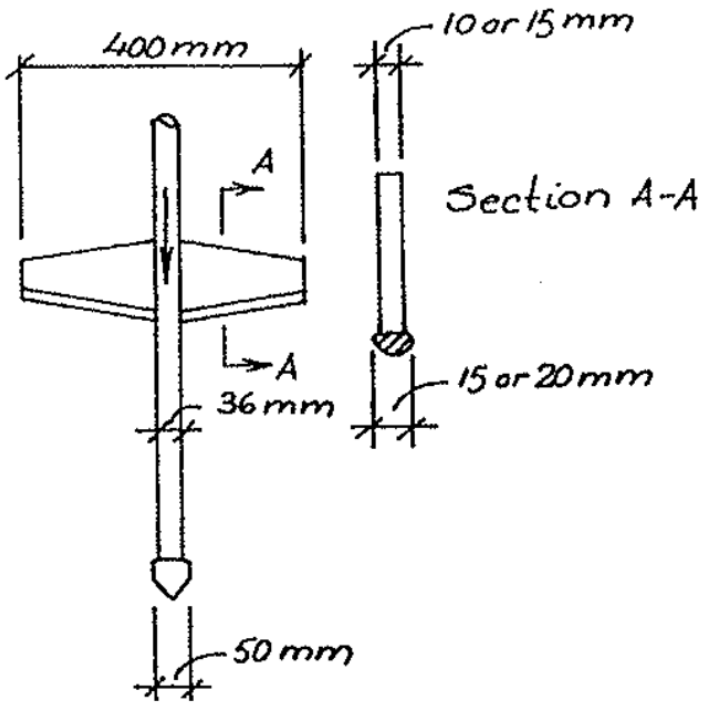






- Kalkpelarsonden utvecklades av Bengt-Arne Torstensson 1979. Sonden har inte utvecklats sedan dess utan ursprungsdesignen kvarstår.
- Det man tänkte sig utvärdera var en hållfasthet och eftersom testet utfördes snabbt antog man en odränerad skjuvhållfasthet.
- Allmänna bärighetsekvationen för odränerat tillstånd och man ansatte en bärighetsfaktor *N*=10 utifrån försök i lös lera under 1950-talet med SGI´s Iskymeter (Kallstenius 1961).

- <u>Det finns inga tester som kan anses som en kalibrering av pelarsonderingen</u>.



$$\tau_f = \frac{\sigma_i}{N} = \frac{P}{N \cdot A}$$

där
τ_f = skjuvhållfastheten hos jorden
σ_i = nettotrycket mot sonden
P = nettokraften vid sondering
N = bärighetsfaktor
A = sondens tvärsnittsarea i sonderingsriktningen

- I slutet av 1980-talet började man använda bindemedel som ger betydligt högre hållfasthet, sprött beteende. Man använder dock samma modell för utvärdering av hållfasthet från sonderingen. Några försök att kalibrera sonden mot en ”referensmetod” eller ett homogenare material har fortfarande inte utförts.
- Man har dock i ett antal oberoende nyare studier utvärderat bärighetsfaktorn *N* till intervallet 7-26, vilket gör en utvärdering med *N*=10 ytterst opålitlig.

  Detta har i praktiken kanske inte varit ett större problem då design varit mycket konservativ. Pelare testas normalt tidigt vilket innebär att pelarna har en högre hållfasthet då de senare belastas.
- Idag vill Trafikverket optimera konstruktioner och fullt ut utnyttja den hållfasthet som utvärderas, och dess tillväxt med tiden. För att kunna optimera bindemedelsmängder, välja nya bindemedel för att kraftigt minska miljöbelastningen och hushålla på statens resurser är det av vikt att hållfastheten kan utvärderas på ett korrekt sätt för att inte äventyra erforderlig säkerhet.

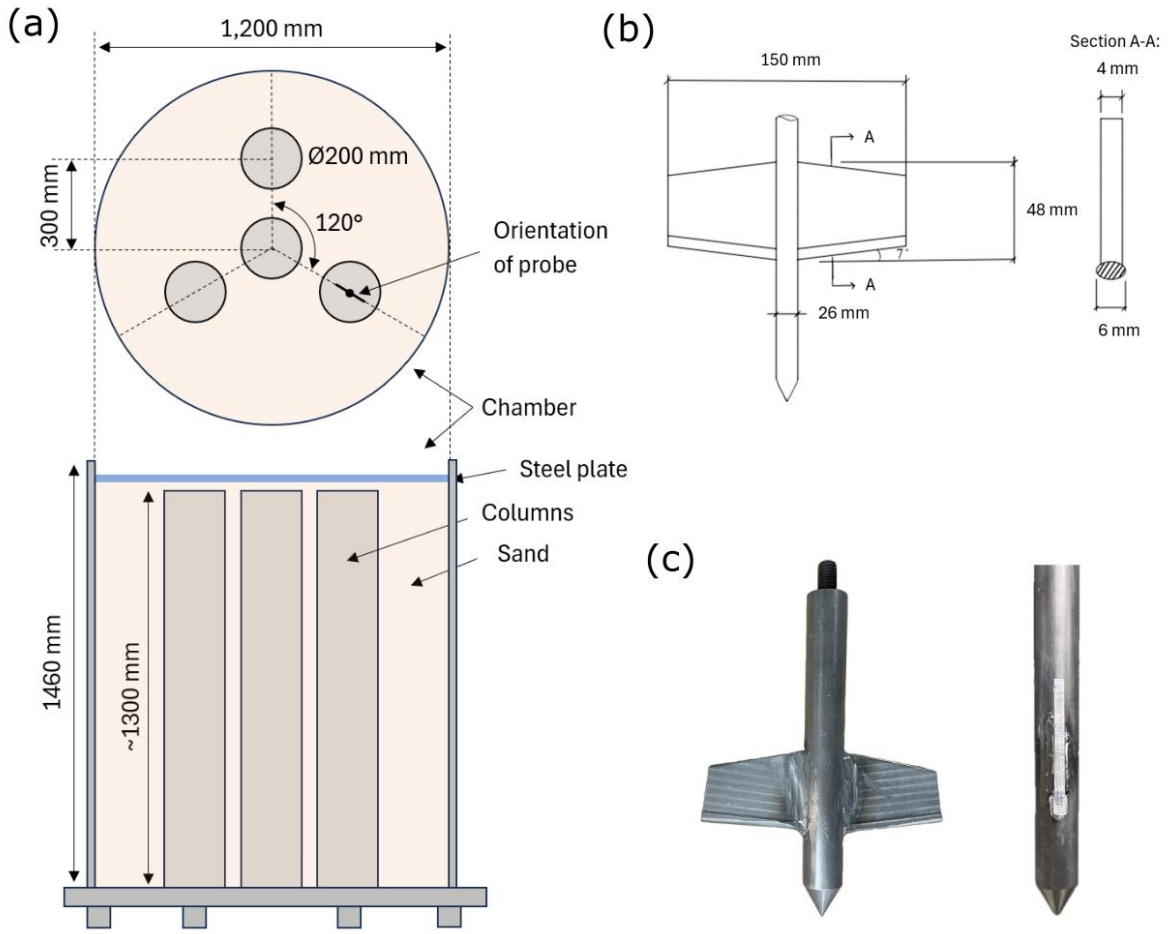
Projektet

- NTNUs betongringar för CPT
- Undersöka N-faktorn och vad den påverkas av
- Exjobb av Guro Haraldsen + Edvin Moe



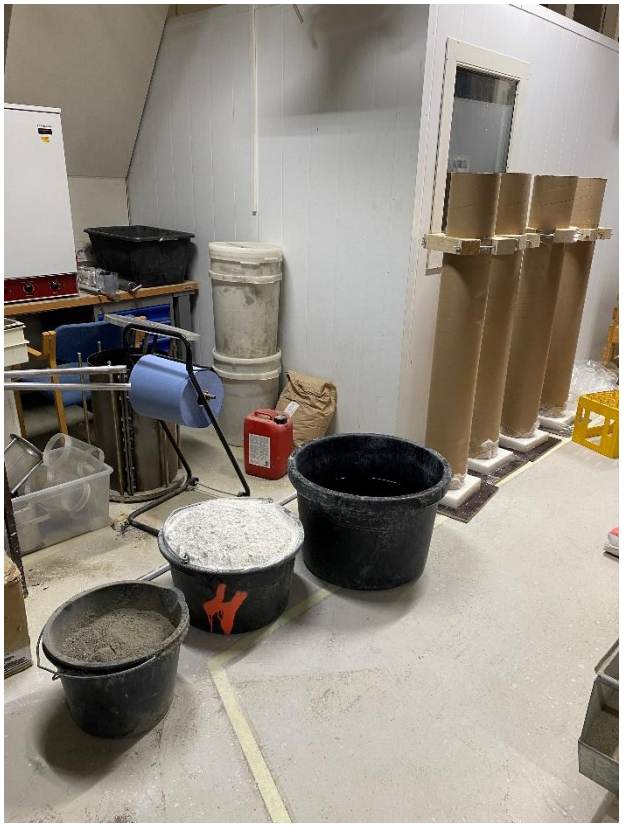


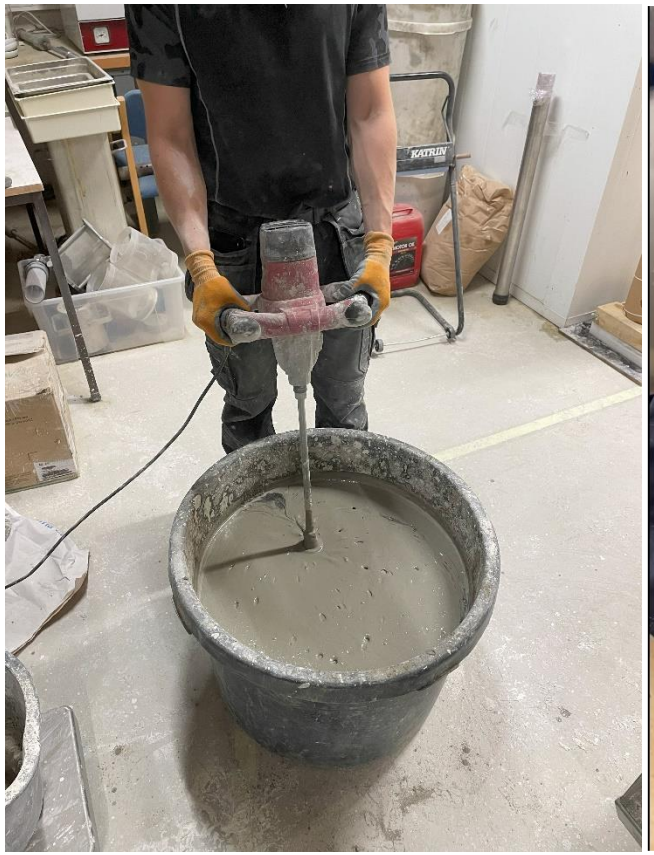
- Utförande
  - Kaolin
  - Cement
  - Vatten

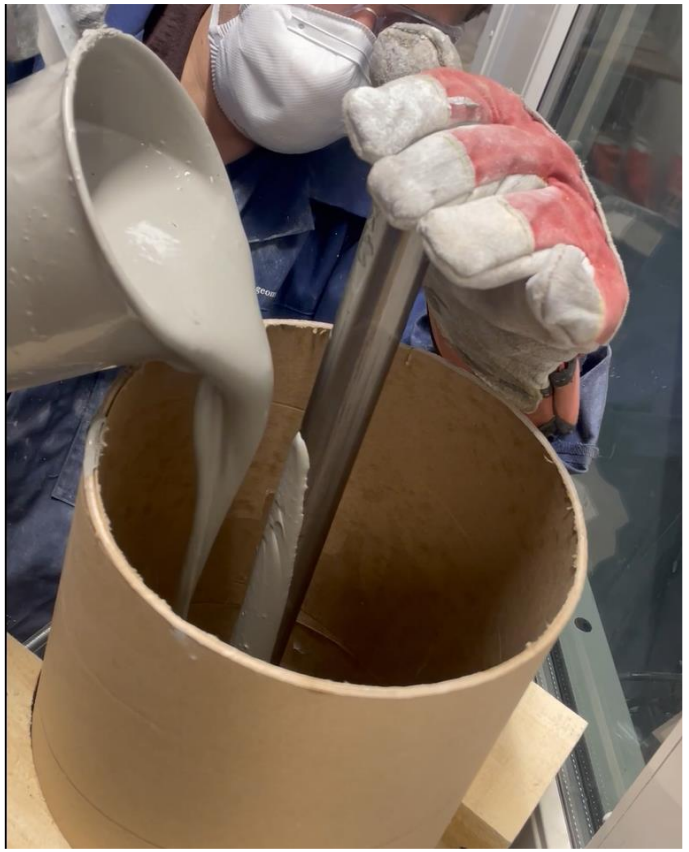




Tillverkning av pelarna









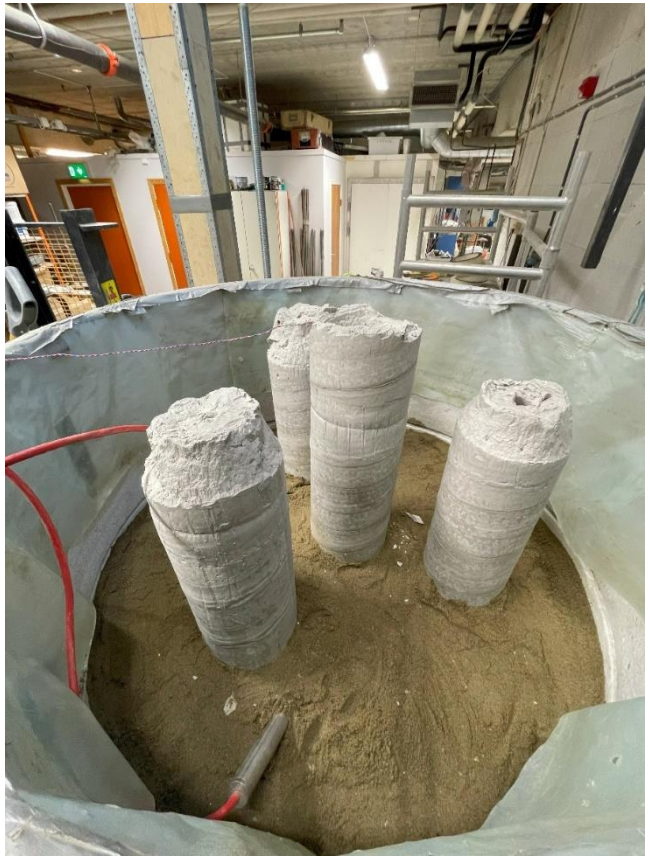
Tillverkning av pelarna







Utförande





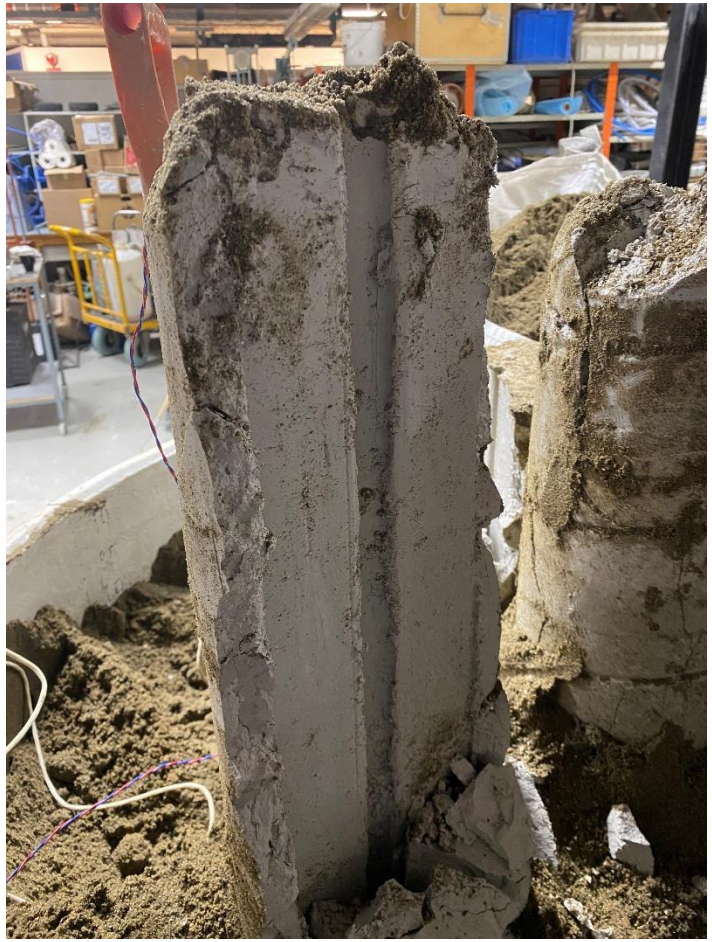






Utförande







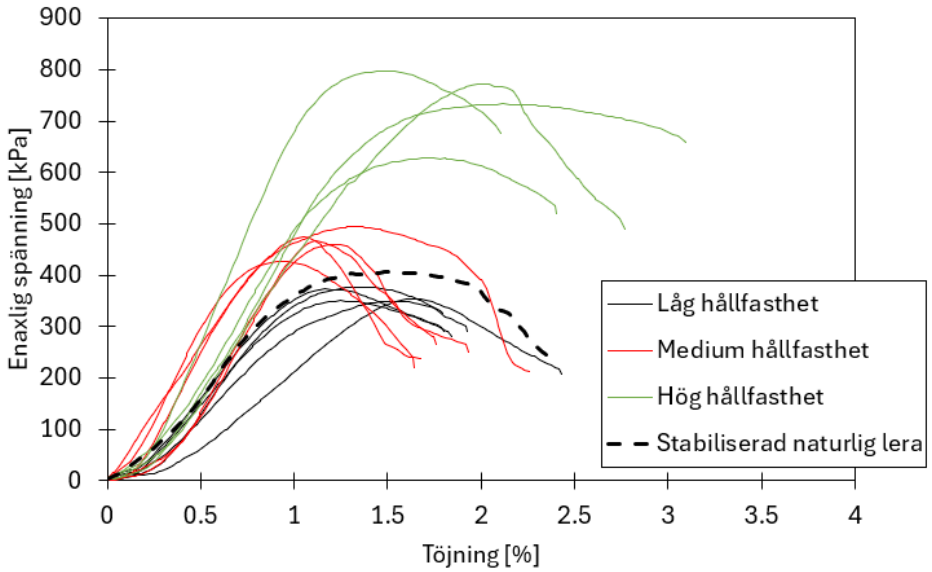
Egenskaper

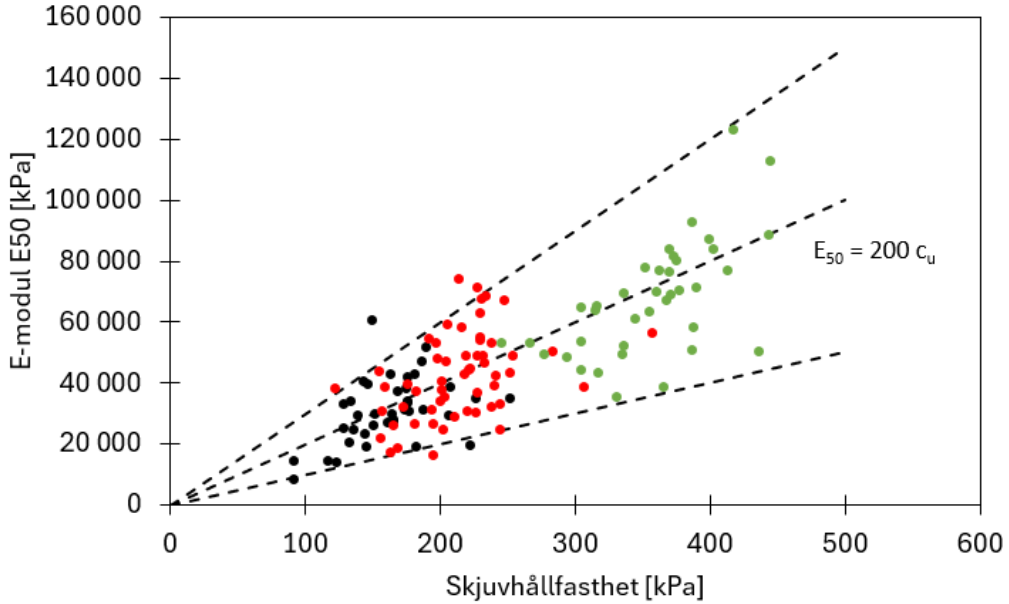
- Tryckförsök, triax, DS-försök, seismik, ödometer



Variations-koefficient: 8-10%

- Enaxliga tryckförsök:





Variabler

- Hållfasthet
- Omlagringstryck

- (F)KPS + CPT

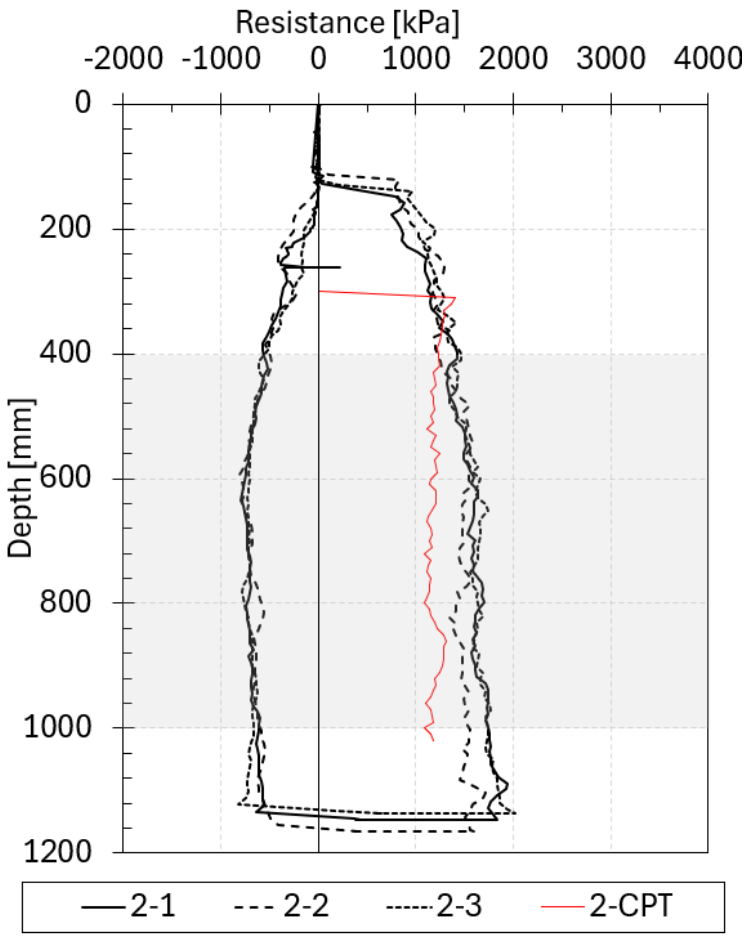


Hållfasthet	Omlagringstryck			
	A	B	C	D
	Löst lagrad sand	Packad sand	Packad sand + 50 kPa	I gjutrör
Låg (c_{UC} ≈ 170 kPa)	Omgång 1	Omgång 2	-	Omgång 7 + 7B
Medium (c_{UC} ≈ 215 kPa)	Omgång 3	Omgång 4	Omgång 6	Omgång 9
Hög (c_{UC} ≈ 375 kPa)	-	Omgång 5 + 8	-	-

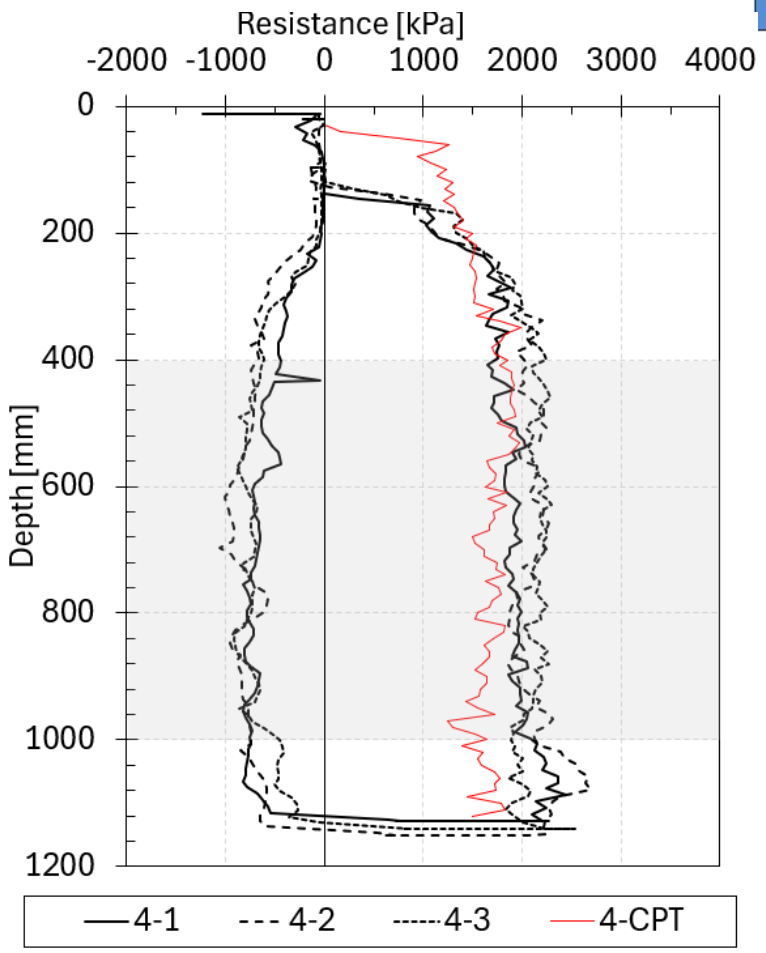
Resultat

Hållfasthet	Omlagringstryck A	B	C	D
	Löst lagrad sand	Packad sand	Packad sand + 50 kPa	I gjutrör
Låg (c_{UC} ≈ 170 kPa)	Omgång 1	Omgång 2	-	Omgång 7 + 7B
Medium (c_{UC} ≈ 215 kPa)	Omgång 3	Omgång 4	Omgång 6	Omgång 9
Hög (c_{UC} ≈ 375 kPa)	-	Omgång 5 + 8	-	-

Omgång 2



Omgång 4



Variationskoefficienter:

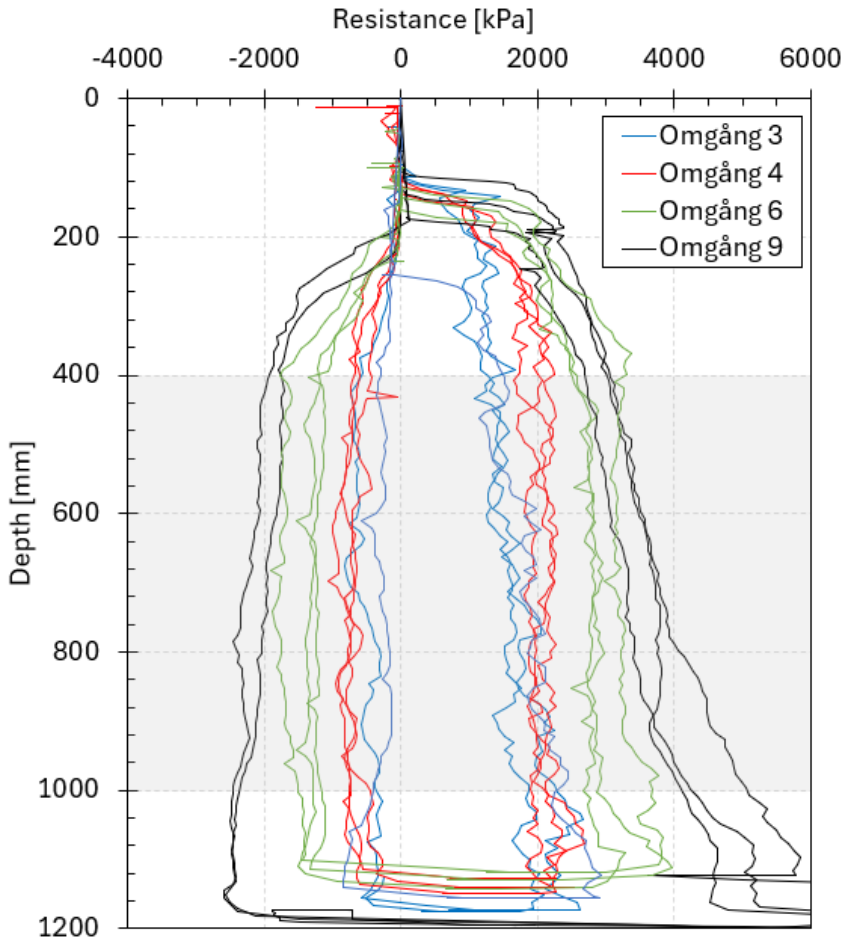
7,5-11%

(<17,5%)

Resultat

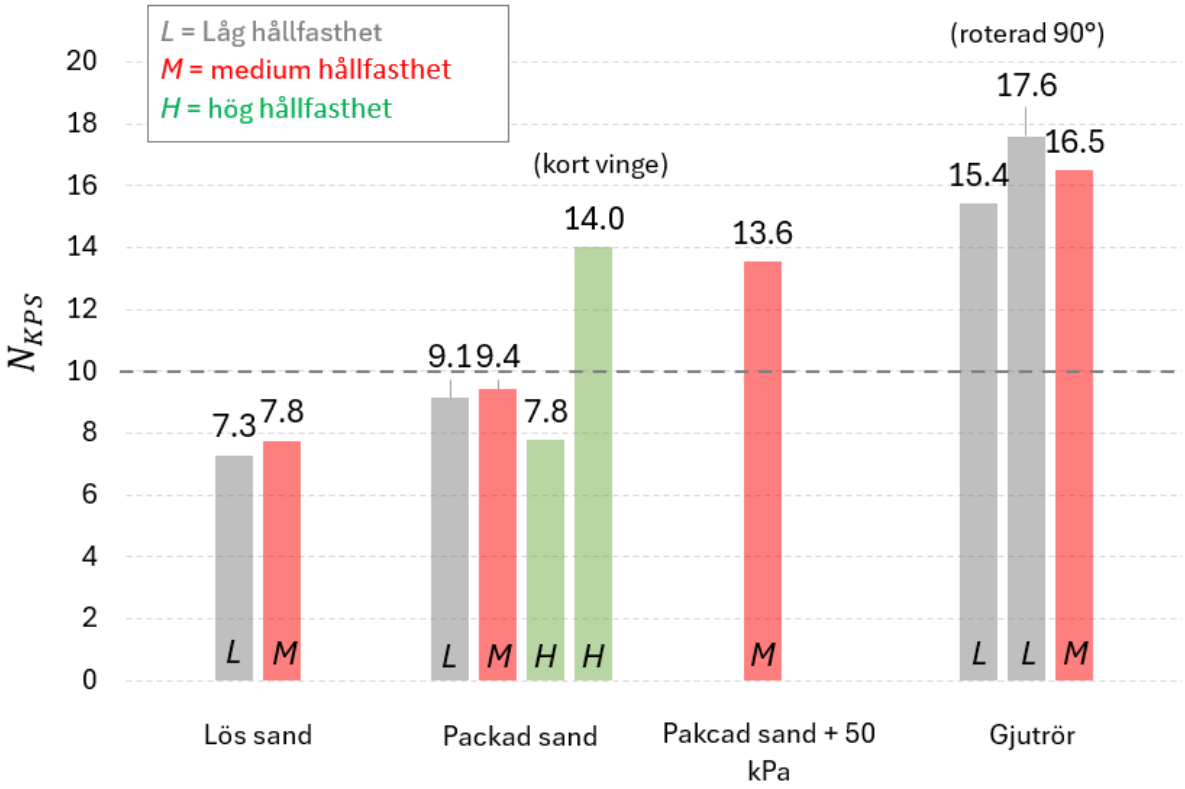
Effekt av omlagringstryck

Hållfasthet	Omlagringstryck A	B	C	D
	Löst lagrad sand	Packad sand	Packad sand + 50 kPa	I gjutrör
Låg (c_{UC} ≈ 170 kPa)	Omgång 1	Omgång 2	-	Omgång 7 + 7B
Medium (c_{UC} ≈ 215 kPa)	Omgång 3	Omgång 4	Omgång 6	Omgång 9
Hög (c_{UC} ≈ 375 kPa)	-	Omgång 5 + 8	-	-

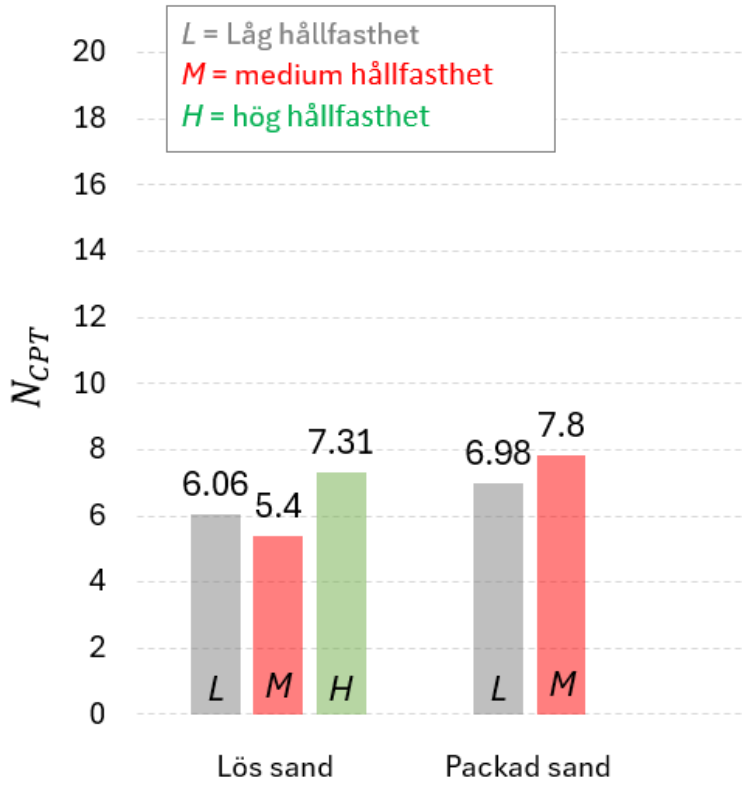


Resultat

KPS

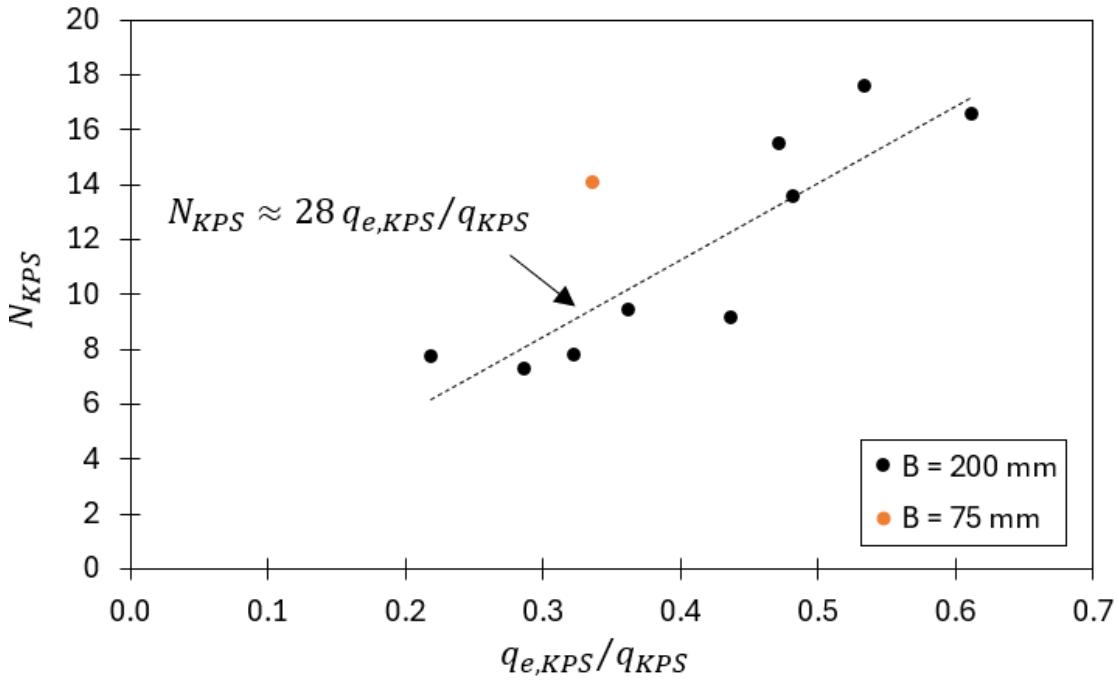


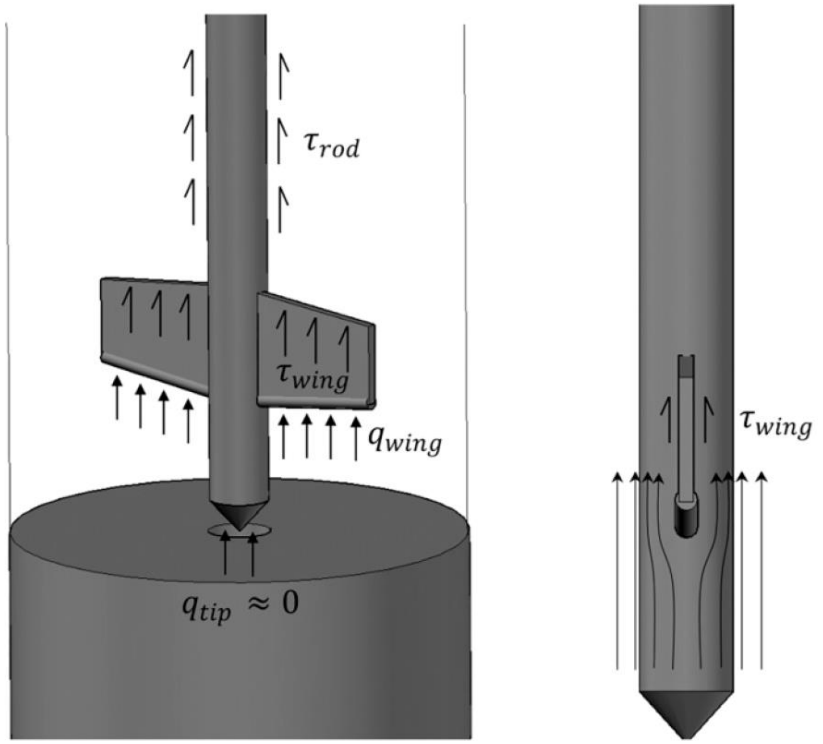
CPT (q_c)

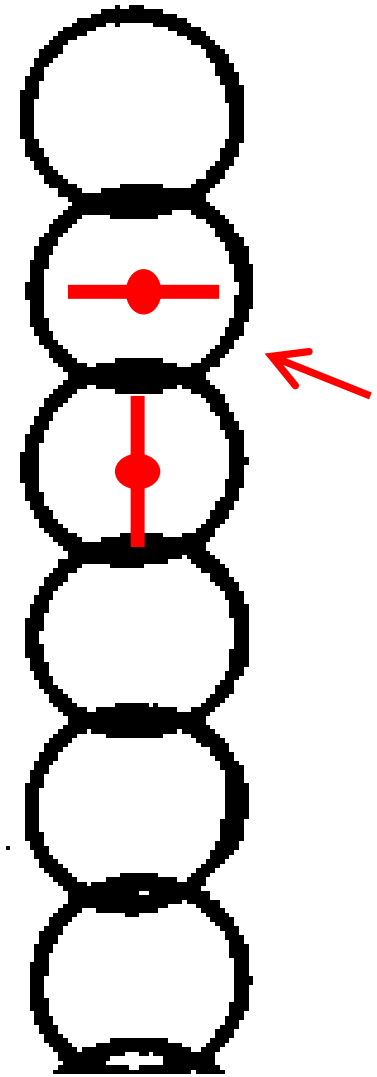


Resultat

Uppdragningsmotstånd







Praktiska spörsmål givet att det omgivande horisontella omlagringstrycket har signifikant inverkan på försöksresultaten

Har tex sondens riktning i en pelarskiva inverkan på sonderingsresultaten?

Man har i många projekt observerat att den mindre pelarsonden (b=250 mm) ger en högre utvärderad hållfasthet. Beror det på att det råder olika brottmekanismer i materialet?

Hur stor inverkan på det utvärderade resultatet har den omgivande jordens styvhet?

Dags för kompletterande sonderingar i fält och då med en modifierad pelarsond som kan registrera också dragkrafter vid uppdragning av sonden

Genomförs asap



Master's thesis

Edvin Moe
Guro Holte Haraldsen

Laboratory investigation of bearing capacity factors for lime-cement column penetration test

Master's thesis in Civil and Environmental Engineering
Supervisor: Priscilla Paniagua
Co-supervisor: Sølve Hov
June 2024

Canadian Geotechnical Journal

Research Article

Laboratory scale column penetration tests for deep mixing purposes

Sølve Hov[a], **Edvin Moe**[b], **Guro Holte Haraldsen**[b], **Priscilla Paniagua**[a], **and Stefan Larsson**[c]

[a]Norwegian Geotechnical Institute, Trondheim, Norway/Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway; [b]Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway; [c]KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden

Corresponding author: **Sølve Hov** (email: solve.hov@ngi.no)