

EEMdijkproef en doorkijk PHD Research

- Allrisk User Meeting
- Performance-based design of sheet-pile strengthened levees



Inhoudsopgave

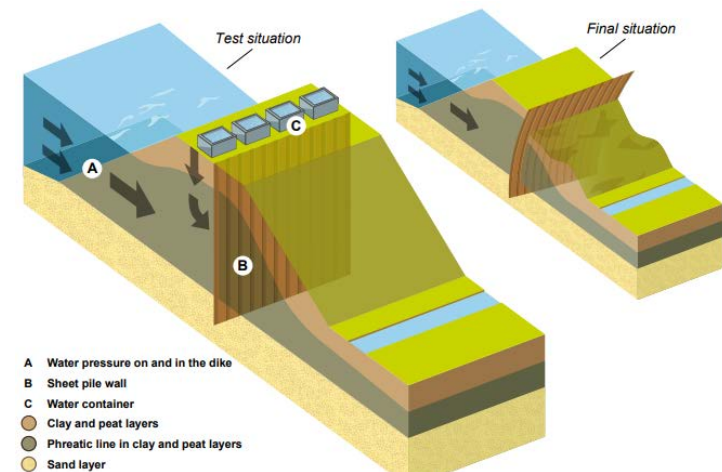
- EEMdijkproef

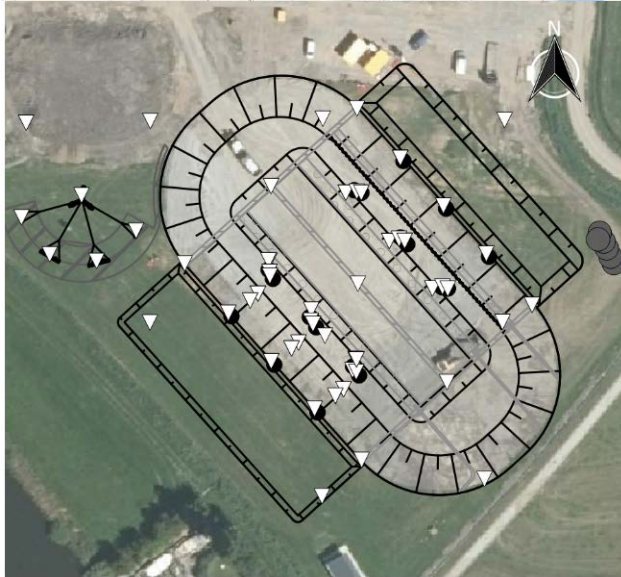
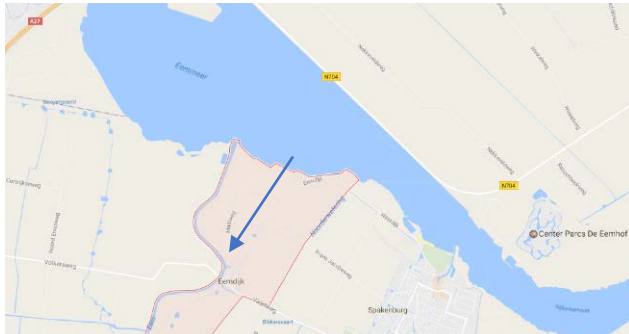
- POVM
 - Proeflocatie
 - Grondonderzoek
 - Monitoring
 - Bouwfase
 - Proevenprogramma
 - POT
 - FST fasering
 - FST groen (grondrijk)
 - FST blauwe (dijk met damwand)
-



POVM

- **Waarom een proef?**
- Huidige richtlijn en praktijk:
 - Locatie-specifiek
 - Conservatief (door ontbreken validatie)
 - Pragmatisch
- EEMdijkproef:
 - Full-scale proef die aansluit bij reële belastingsituatie
 - Validatie case van dijk met en zonder damwand
 - Betrouwbaar het sterkte- en vervormingsgedrag tot na bezwijken onderzoeken
 - Basis voor nieuwe richtlijn voor EEM-toepassing (PPE)

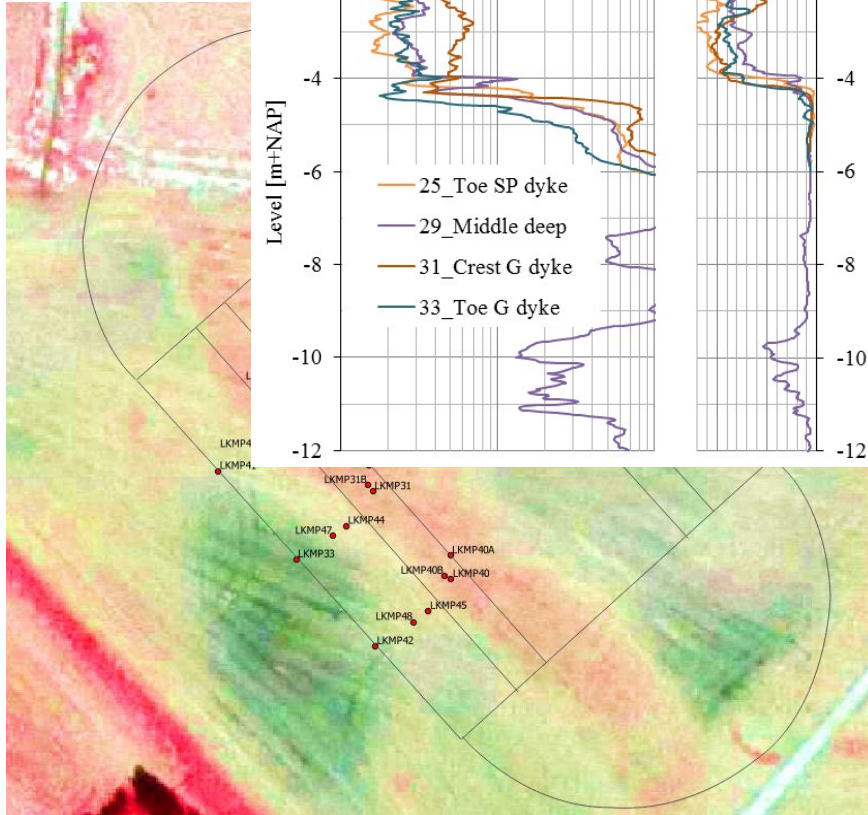




▽ CPT ● Borehole ● DLDS

Proeflocatie

- EEMdijkproef
- Eemdijk, depot terrein naast de Eem met aanlegsteiger.
- Slappe lagen pakket van 4.5m en uniforme grond.
- Verkenning gaf aan:
 - opbouw in korte termijn mogelijk (grond voldoende sterk)
 - bezwijkproef van dijk met damwand mogelijk (grond voldoende slap)



Grondonderzoek

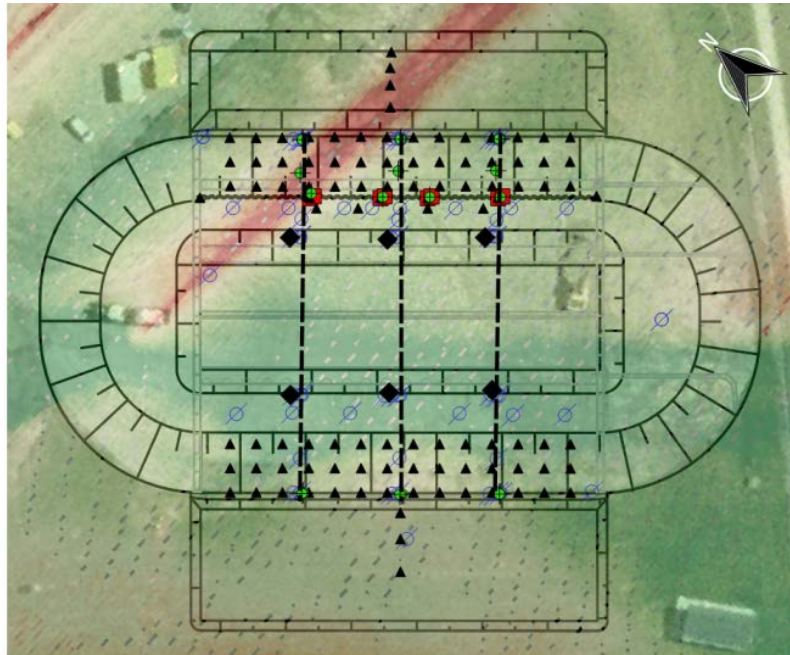
- Toegevoegde waarde goed grondonderzoek
- Toch variatie na uitvoeren Klasse 1 sonderingen.
- AHN en infrarood geven contour aan
- Ligging oude zomer kade (rood)
- Locale slappe kleilaag (groen)

Research questions PHD part 1

- Improve the characterisation of organic soils and peats based on laboratory tests and correlation to in-situ cone penetration tests (CPT's).
- What is the correlation between the Unit Weight and CPT measurements for organic soils and peats?
- What is the correlation between the Undrained Shear Strength, Pre-consolidation stress and CPT measurements?
- Which other parameters can be correlated to the CPT measurements and Organic Content?

Research questions PHD part 2

- Relate the SHANSEP Critical State (CS) parameters of limit equilibrium models (LEM) to effective stress constitutive models (FEM) based on the CS-concept.
- What is the relation between effective stress/strength parameters and SHANSEP parameters based on the Critical State Model?
- What are the key soil and state parameters, key relations and key ranges for the relevant constitutive FEM models?
- How can this be effectively used in a probabilistic analysis?
- Why no soiltest on your smartphone? <https://youtu.be/8-6pLxWo0qE>



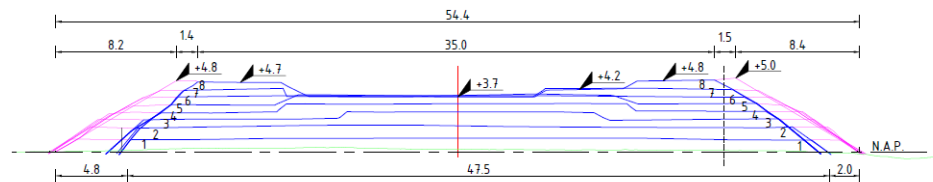
- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| ◆ Subsurface settlement plate | ▲ Prism |
| --- Settlement cable | ⊗ Piezometer |
| ⊕ SAAF | ■ Glass Fibre Strain Gauge |

Monitoring

- Instrumentatie
- Bouw
 - Zakbakens maaiveld en verdiept en zettingsmeetslang
 - Waterspanningsmeters
 - Inclinometers
- Proef
 - Prisma's op talud
 - Glasvezel rekmetingen

Ophoogfasering

- Observational method
- Ophoogslagen o.b.v. gemeten waterspanningen en zettingen en berekende stabiliteit.
- Eerst elke maand 1m ophoging, daarna 0.5m.
- Eindzetting max ca 0.6m en 1.1m.
- Horizontale vervorming max ca 0.4m.

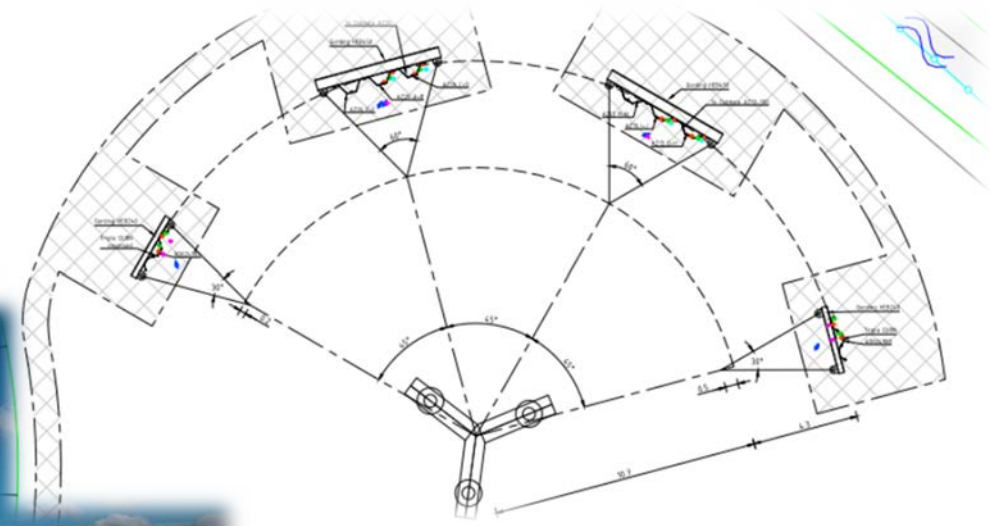


Research questions PHD part 3

- Investigate the actual behaviour to and beyond failure of the levee based on the Eemdijk Full-scale test (FST) results and validate the FEM constitutive models.
- What is the actual deformation behaviour and strength mobilisation of an earthen levee from initial loading up to and beyond failure?
- What is the difference in behaviour between these levees?
- What is the performance in terms of strength and deformations of the available constitutive FEM models?
- What is the maximum (plastic) capacity based on the tests and how does this relate to the Eurocode?
- What can be concluded on SSI such as edge effects for sheet-pile panels?

POT

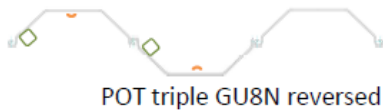
- Pullover test



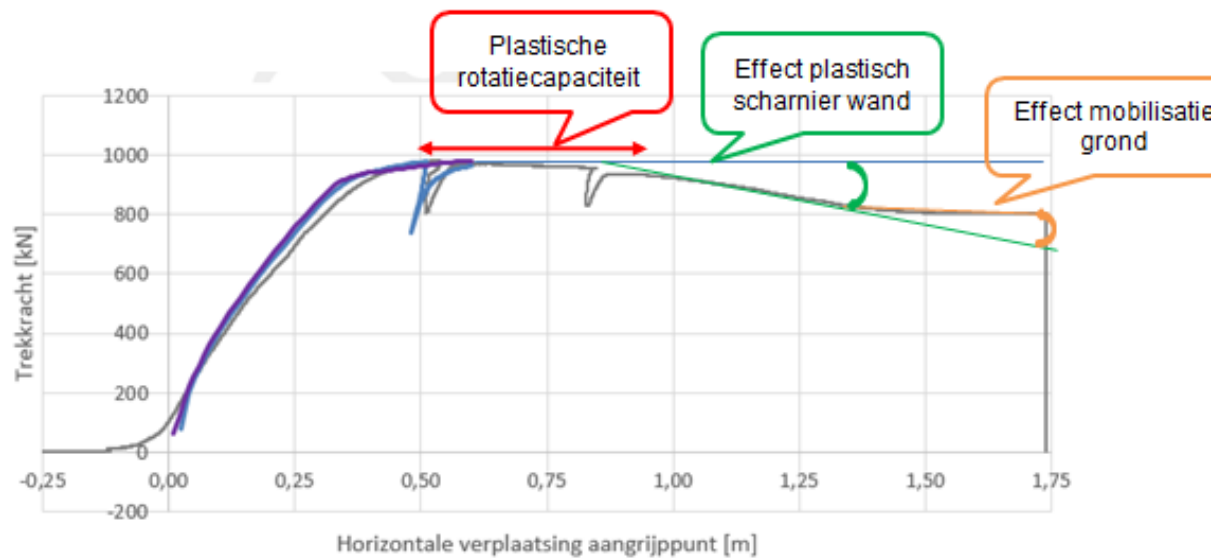
POT

- Type damwanden

- Triple GU8N -> slapste profiel
- Triple GU8N reversed
- 3 double AZ13-700 paneel -> klasse 3
- 3 double AZ26 paneel -> klasse 2



POT



Figuur 3.33: Bezwijkgedrag drie dubbele AZ26 configuratie

6.5.2. AZ13-700

The displacement, curvature and moment are shown in figure 6.41.

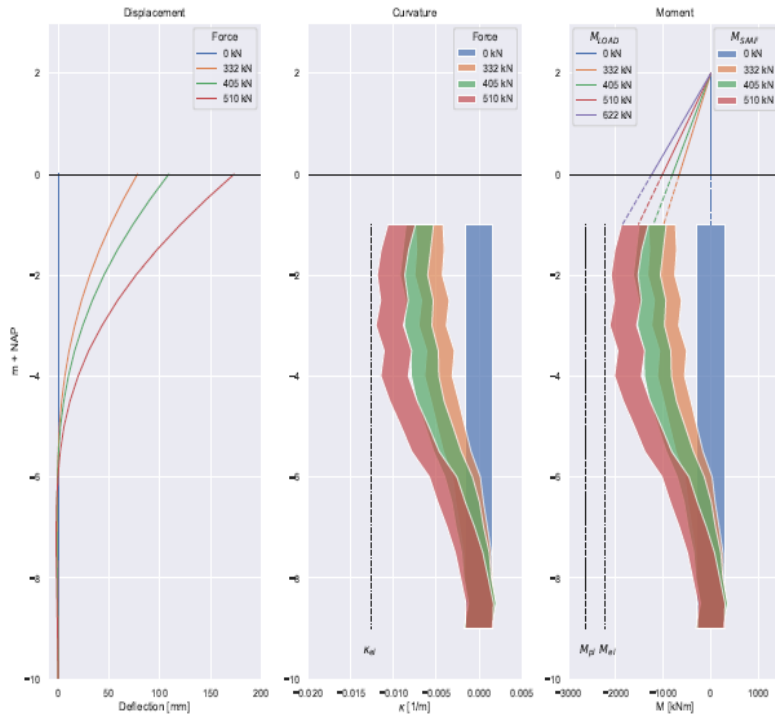


Figure 6.41: AZ13-700-mid: Displacement, curvature and moment

Bending moment from SAAF

- DIANA FEM simulation 4-point bending test

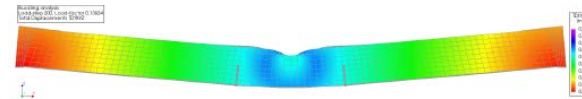


Figure 6.14: Deformed shape AZ13

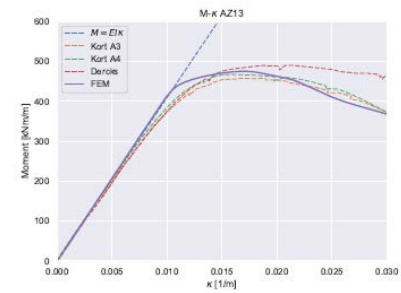


Figure 6.15: M-κ AZ13

POT

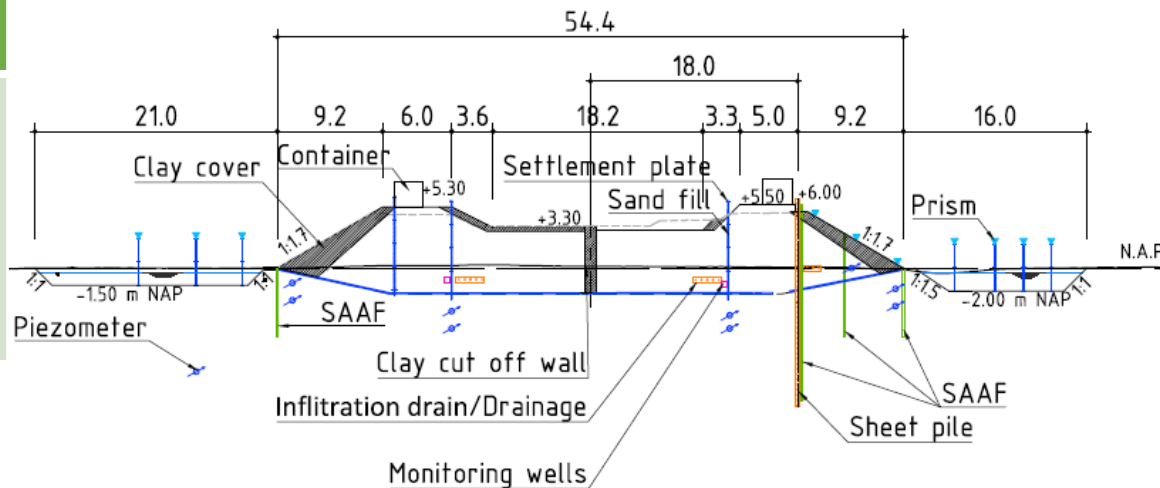
- Conclusies
- Duidelijk onderscheid in klasse 2 en 3 profielen.
- Maximaal moment van klasse 3 $M_e < M < M_p$.
- Alle planken hebben uiteindelijk lokale plooi ondergaan.
- Bij panelen geen nadelig randeffect waargenomen.
- Aanbevelingen PPE/PPL:
 - Klasse 2 profielen rekenen met M_p conform EN1993-5.
 - Geen reductie voor randplanken bij panelen (vanaf 3 dubbel of meer).

FST

- Full-scale test monitoring instrumentatie
- monitoring instrumentatie

Groene dijk

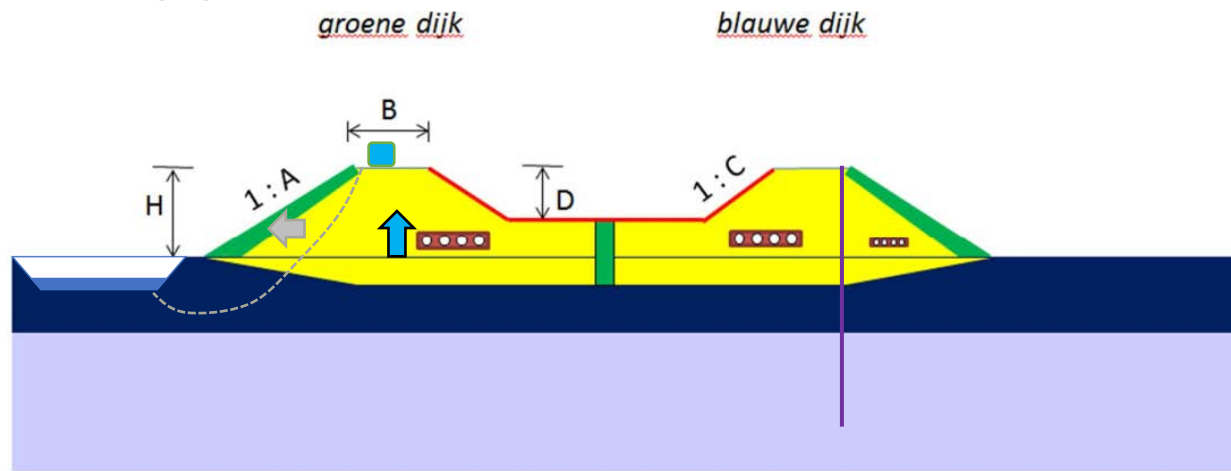
24 WSM in holoceen
6 wsm in zandophoging
2 wsm's in zandlaag
1 wsm in ontgraving
8 wsm's in container
Ca 40 meetprisma's
3 saaf's in teen van dijk



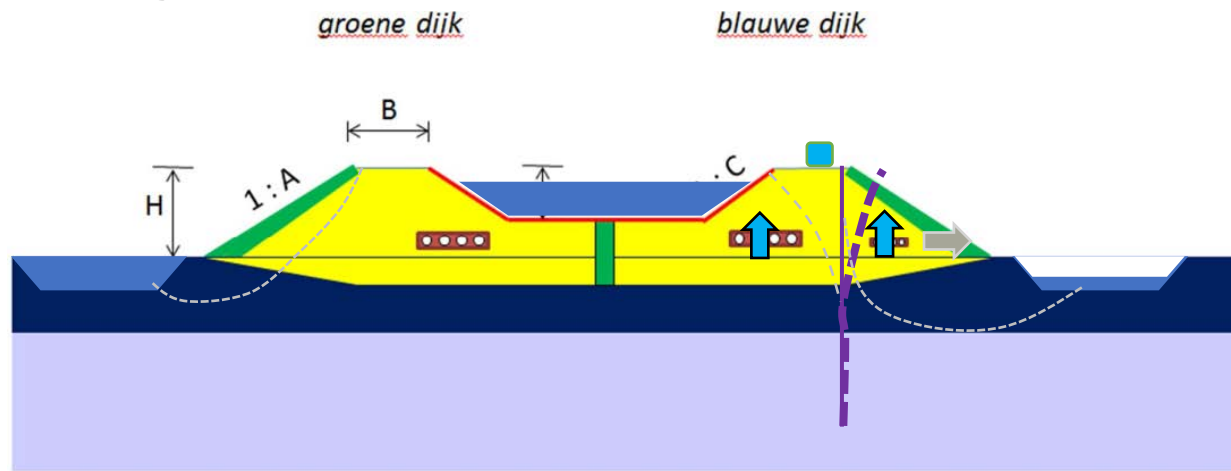
Blauwe dijk

24 WSM in holoceen
6 wsm in zandophoging
2 wsm's in zandlaag
1 wsm in ontgraving
8 wsm's in container
Ca 40 meetprisma's
3 saaf's in teen van dijk
3 saaf's in talud
4 saaf's op damwand
Rekmetingen op 4 planken

FST fasering groen



FST fasering blauw



Falen FST groen

- Grondrijk



FST groen

- Conclusies grondrijk
- Er is sprake geweest van een significant 3D-effect.
- Rekenmodellen en CSM-SHANSEP presteren goed op sterkte, maar vervorming werden overschat.
- Vervorming aan de teen voorafgaand aan bezwijken is beperkt: U_x ca 0,1m bij een maximale waterstand van +2,8m NAP.
- Vervorming aan de kruin voorafgaand aan bezwijken nauwelijks waarneembaar.
- Afschuifvlak zoekt duidelijke de slappe laag op en dat is niet altijd veen!
- Optimalisatie uitvoering FST blauw en tevens benchmark.

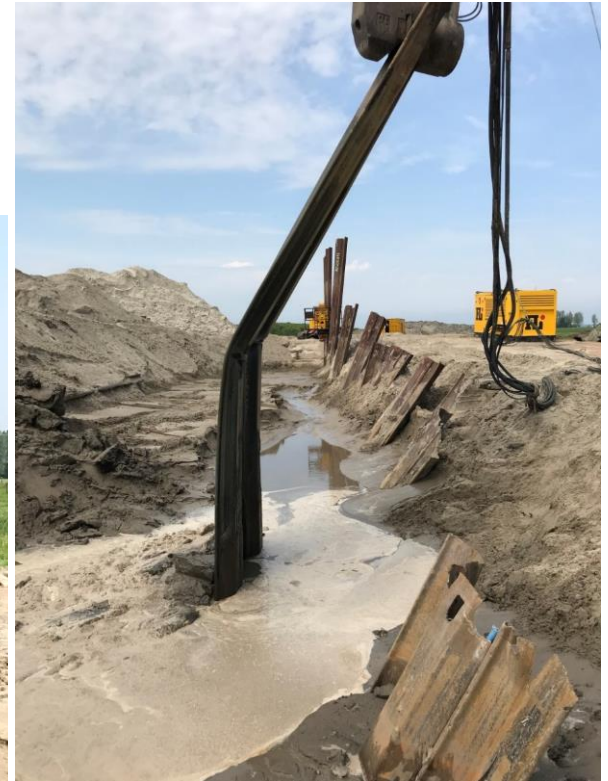
Falen FST blauw

- Dijk met damwand



FST blauw

- Conclusies dijk met damwand
- Sterk verbeterd inzicht in grond-constructie-interactie door uitgebreide metingen.
- Ongedraineerde rekenmodel (CSM-SHANSEP) reproduceert zowel de vervormingen en moment van falen goed. Hiermee geldt de Eemdijkproef als een validatie voor het nieuwe PPE/PPL!
- Vervorming aan de teen voorafgaand aan bezwijken is beperkt: U_x ca 0,1m bij een maximale waterstand van +5,0m NAP.
- Vervorming aan de kruin voorafgaand aan bezwijken juist goed waarneembaar!
- Damwand is over hele lengte bezweken (lokale plooi)



FST blauw

- Overige bevindingen en aanbevelingen voor onderzoek
- De vervormingen van de dijk zijn zeer gering (tot ca 80% van de maatgevende waterstand) en lager dan uit de rekenmodellen volgt. In de huidige ontwerppraktijk is de vervorming toets veelal maatgevend boven de sterkte toets en leidt dit tot onnodige verzwaring.
- De onverankerde doorgaande damwand vervormt niet doorgaand na bezwijken (van zowel de damwand als het binnentalud). De vervorming wordt beperkt door membraamwerking in lengterichting en steun van het binnentalud. Korte glijvlakken (<50m) zoals bij gronddijken worden hiermee voorkomen, waardoor de lengte-effectfactor ook gunstiger is.
- De onverankerde doorgaande damwand heeft ook na bezwijken (van zowel de damwand als het binnentalud) een zeker waterkerende vermogen. De damwand fungeert in feite als een overlaat en bij voldoende kleibekleding zal de erosie beperkt zijn en voorkomen worden dat er een doorgaande bres ontstaat.

Research questions PHD part 4

- Define how this research can be used in Reliability-Based-Design and in Performance-Based-Design.
- How can we improve the Reliability-Based-Design based on this research?
- What can be concluded based on the Eemdijk test and validation of the use of deformation criteria for Performance-Based-design?

Bedankt, vragen?

