


Geotechnische Laboratoriumproeven voor in de Praktijk

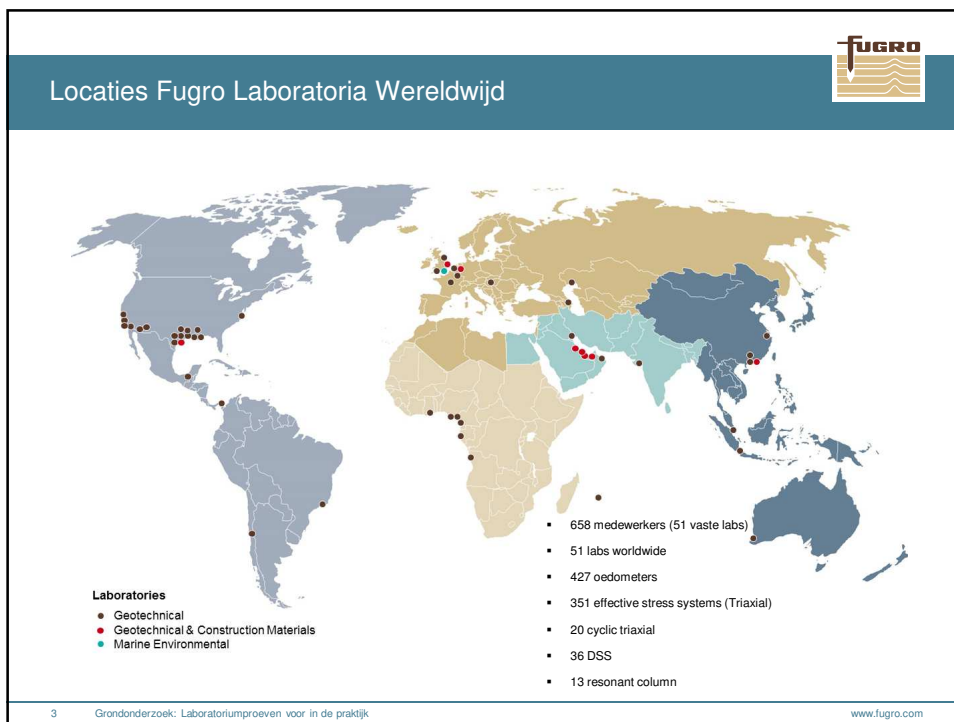
Elisabet Alink en Salvador Paz Noriega
Fugro NL Land B. V.



Overzicht

- Introductie Fugro Laboratoria
- Waarom laboratoriumonderzoek?
- Laboratoriumproeven en project management
- Case Studies
- Richtlijn Laboratoriumonderzoek
- Conclusies

2 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com



FUGRO

Geotechnische Laboratoriumproeven Fugro Nederland

Classificatie

- Korrelverdeling
- Plasticiteit
- Volumegewicht
- Doorlatendheid
- TV/PP
- Organische stof, etc.

Schuifsterkteproeven

- Isotroop Triaxiaal (CID, CIU)
- Anisotroop Triaxiaal (CAD, CAU)
- Quick Triaxiaal (UU)
- Direct Simple Shear (DSS)

Consolidatieproeven

- Samendrukkingsproef (IL-oedometer)
- Constant Rate of Strain (CRS)



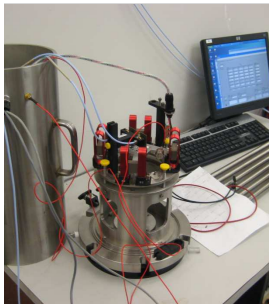




4 4 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com

fugro

Geotechnische Laboratoriumproeven Regio EUCA

<p>Resonant Column:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nanterre (FR) • Wallingford (UK) • Houston (US) • Singapore (SG) 	<p>Cyclische Triaxiaal / DSS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nanterre (FR) • Budapest (HU) • Wallingford (UK) • Houston (US) • Singapore (SG) 	<p>Specials:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bender Elements (Wallingford) • 300 mm Diameter Triaxiaal (Nanterre) • Rock Testing (Consett)
--	---	---

5 5 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk
www.fugro.com

fugro

Kwaliteitscontroles

<p>Verdichtingscontroles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ondergrond • Funderingslagen • Ophogingen • Dijken 	<p>Minerale afdichtingslagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zand/bentoniet • Trisoplast • Natuurlijke kleiafdichtingen 	<p>Dijken Team (Lab/WTB/Mon/BOL)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ontwerp • Uitvoeringsbegeleiding • Controleproeven • Monitoring en advies
---	--	--





6 6 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk
www.fugro.com

fugro

Bouwstoffen onderzoek

Asfalt

- PAK onderzoek (teer) Laagopbouw, PAK-marker, DLC.
- Opleveringscontroles bitumen gehalte, zeving, HR, laagdiktes, etc

Funderingsmaterialen

- Puingranulaten
- Zandcement stabilisatie
- (Lichte / alternatieve) ophoog- funderingsmaterialen

Beton

- Mengselontwerp
- Druk- en splijtsterkte,
- Activiteits-index
- Secundaire materialen
- Vloeistofindringing, carbonatatie, etc.





7 7 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk
www.fugro.com


fugro

Laboratoriumonderzoek... waarom?

- Inzicht in ondergrond materiaal
- Identificatie van geomechanisch gedrag door gestandaardiseerde procedures
- Kalibratie van grondgedrag voor numerieke analyses

Waarom niet...

- 'Geen budget'
- 'Niet nodig, grondgedrag softwarematig simuleren, afleiden van CPT beeld of halen uit NEN tabel'
- Doorlooptijd




8 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk
www.fugro.com



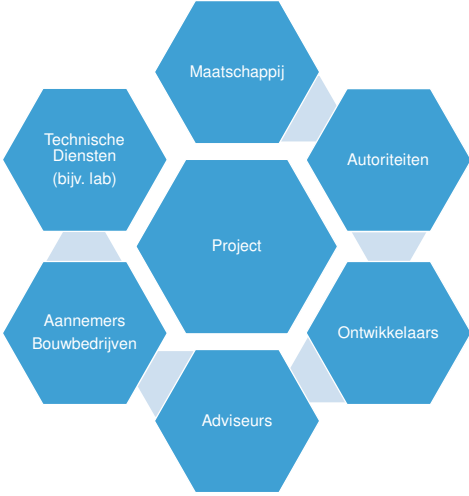
Lab
Onderzoek
en
Project
Management




9 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com








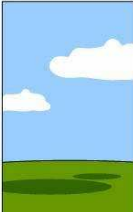


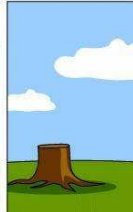

Laboratoriumproeven en projecten




10 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com



Same project, different expectations

 <p>How the customer explained it</p>	 <p>How the Project Leader understood it</p>	 <p>How the Analyst designed it</p>	 <p>How the Programmer wrote it</p>	 <p>How the Business Consultant described it</p>
 <p>How the project was documented</p>	 <p>What operations installed</p>	 <p>How the customer was billed</p>	 <p>How it was supported</p>	 <p>What the customer really needed</p>

11 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com



Case Studies



12 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com

Triaxiaalproeven



- Cilindrisch proefstuk met geconditioneerde spanningssituatie (horizontaal en verticaal).
- Beschikbare methoden:
 - Single Stage
 - Multi Stage
- Diameter proefstuk
 - 38 / 50 / 65 mm
- Type proefstuk:
 - Ongeroid
 - Geprepareerd
- Consolidatie:
 - Isotrop
 - Anisotrop
- Belasting:
 - Compressie
 - Extensie
- Drainage condities:
 - Gedraineerd
 - Ongedraineerd



13 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk

www.fugro.com

Triaxiaalproeven

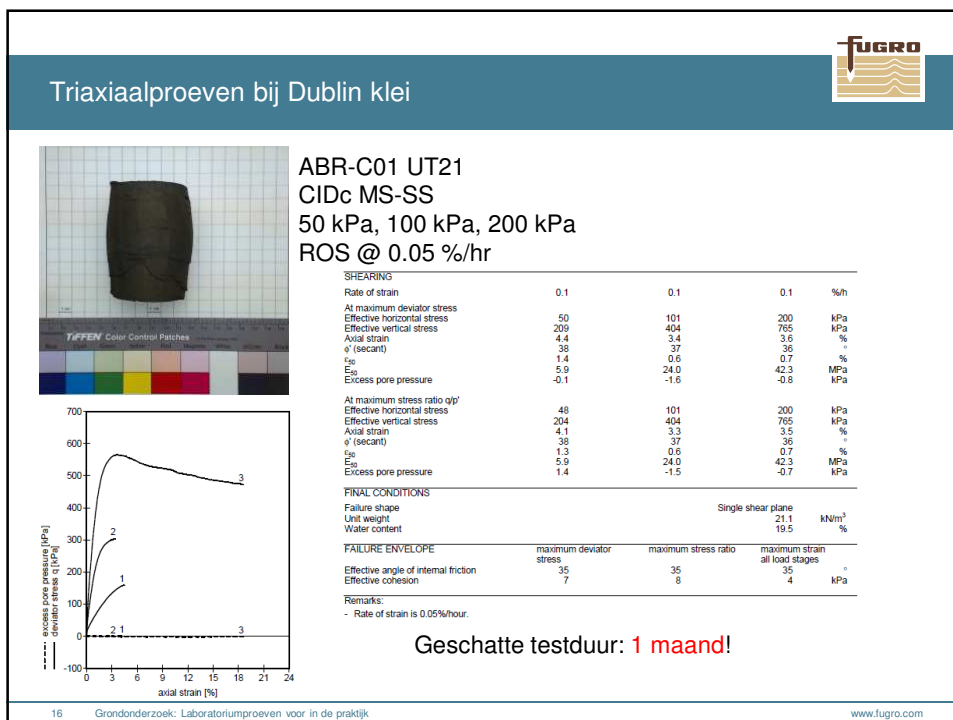
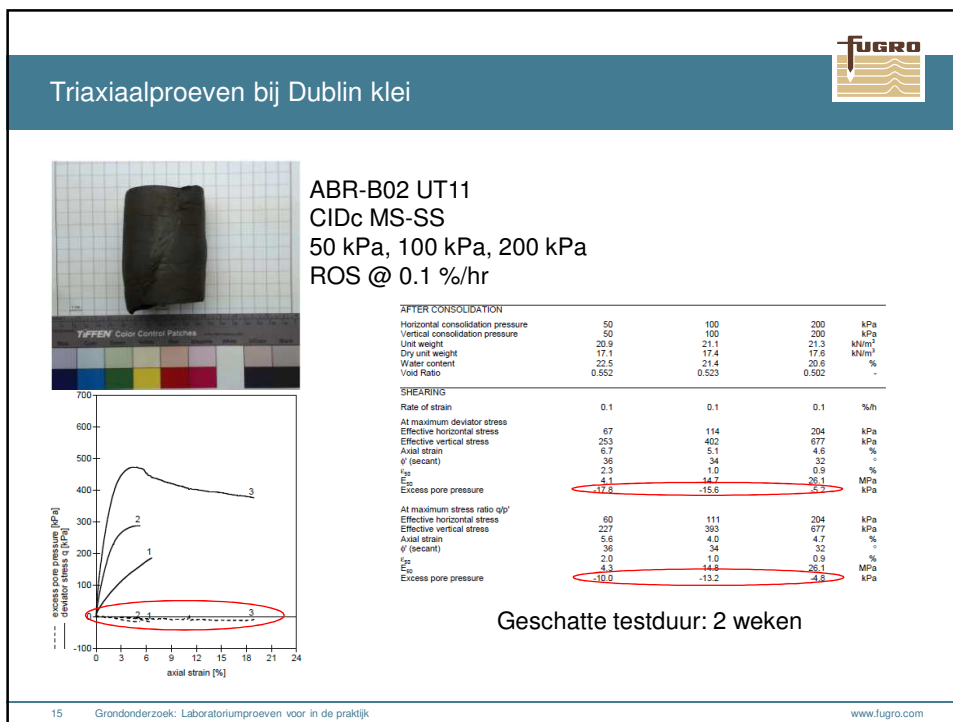


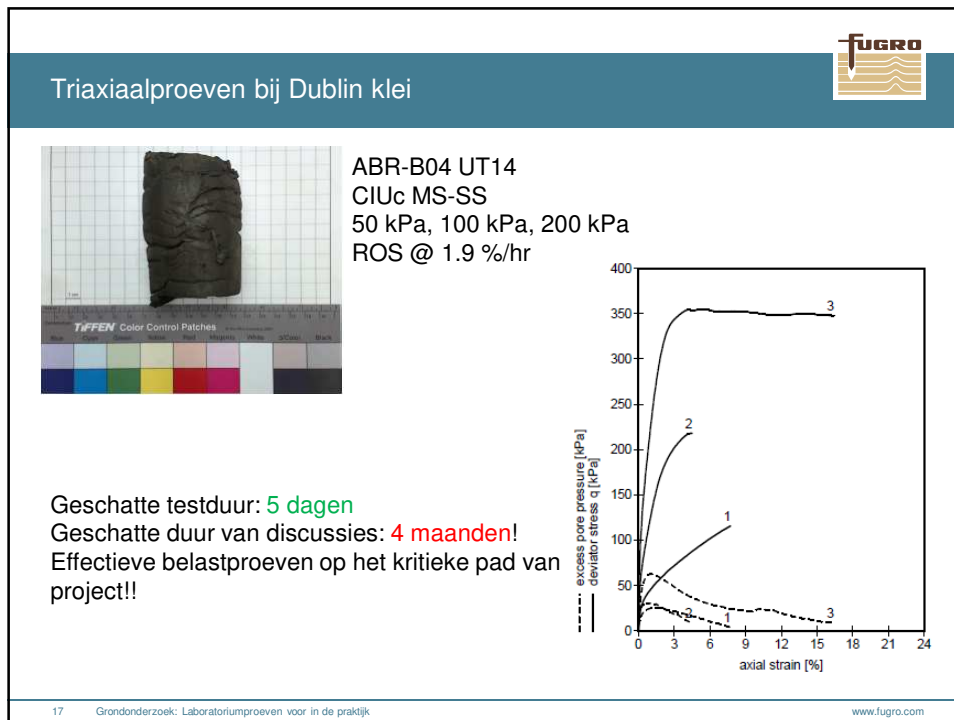
- Aandachtspunten:
 - Invloed van inbouwmethode
 - Rotatievaste of rotatievrije top caps?
 - Volumeverandering
 - Looptijd afhankelijk van type grond
 - Drukopnemers afstemmen op spanningsniveaus



14 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk

www.fugro.com






FUGRO

Direct Simple Shear (DSS)

- Alternatieve test voor bepaling van de schuifsterkteparameters
- Twee methoden voor uitvoering:
 - Constante hoogte (pseudo-ongedraineerd)
 - Constante bovenbelasting (gedraineerd)
- Regelmatig kalibreren van:
 - Weerstand membraan en ringstapel
 - Sledefrictie
- Met 3:3 proeven kunnen we Mohr-Coulomb ϕ' en c' bepalen.



18 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com

Direct Simple Shear (DSS)



- Aandachtspunten:
 - DSS = pseudo-ongedraineerd proef
 - Niet in de norm voorgeschreven, uitvoeringstechnische aspecten worden anders geïnterpreteerd door de verschillende Nederlandse laboratoria
 - Proeven bij lage spanningen en zwakke monsters leiden tot hogere controle- en nauwkeurigheidseisen



19

Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk

www.fugro.com

Standaard samendrukkingsproef en CRS-proef



- Beiden 1D samendrukkingsproeven
- Belasten per trap of rek-gecontroleerd
 - leidt tot verschillen in interpretatie



IL (Incremental Loading) Oedometer




CRS (Constant Rate of Strain) Oedometer

20

Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk

www.fugro.com



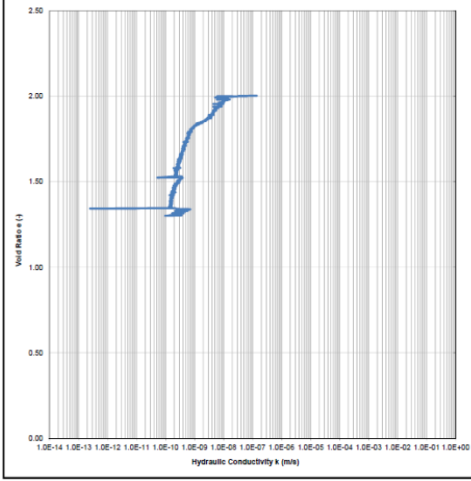
CRS-proef <> Standaard samendrukkingsproef

Voordelen CRS proef t.o.v. standaard samendrukkingsproef

- Continue meting van het primaire consolidatiegedrag
- Duidelijker beeld grensspanning
- Doorlatendheid als continue functie van rek of poriëngetal

Nadeel


- Geen directe bepaling van de kruip:
alternatieve werkwijze nodig



VISUAL DESCRIPTION

LEEM, zwak zandig, grijs

21 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com



Standaard samendrukkingsproef en CRS-proef

- Algemene aandachtspunten beide typen samendrukkingsproeven:
 - Spanningsgeschiedenis van bemonstering en uitdrukken van de monsters
 - Proefstukseisen (dimensies, monsterverstoring) → toepassen ontlast en herbelasttrap
 - Bepaling van dichtheid vaste gronddelen → e_0 voor humeuze monsters
 - Temperatuurschommelingen
 - Kalibraties van apparaten
 - Lineaire vs. Natuurlijke rekken → afvlakking zettingscurve

22 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com

Standaard samendrukkingsproef en CRS-proef



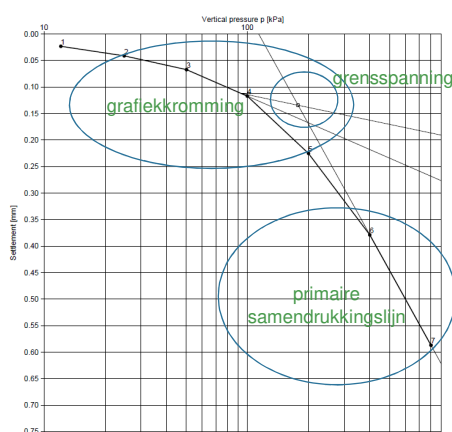
- Aandachtspunten standaard samendrukkingsproef:
 - Geen meting van waterspanning en bepaling van verzadigingsgraad
 - 2-zijdige afstroming
 - Invloed van eerste belasting en trappen
 - Looptijd van belastingtrappen

- Aandachtspunten CRS-proef:
 - Reksnelheid gedefinieerd door korrelverdeling en plasticiteit
 - R_u (*excess pore pressure ratio*) tussen 3% en 15%
 - 1-zijdige afstroming, meting waterspanning aan onderzijde monster

23 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk

www.fugro.com

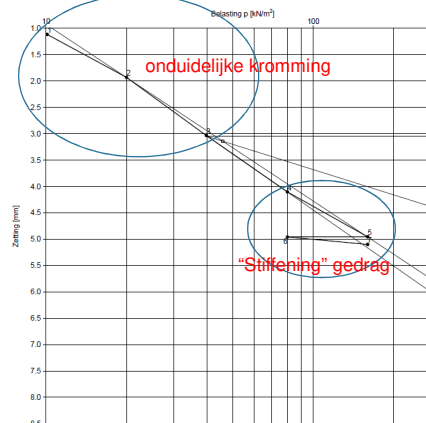
Standaard samendrukkingsproef



Borehole : ABR-C01
 Sample : UT14
 Diepte : 5.24 m
 Soil : CLAY

Preconsolidation pressure σ'_p = 178 kPa
 Primary compression ratio CR = 0.0030
 σ'_1 loads $< \sigma'_p$ = 0.0263
 Original Height = 19.1 mm
 Diameter = 50.0 mm

Unit weight : 20.4 kN/m³
 Dry unit weight : 16.5 kN/m³
 Water content : 23.7 % [m/m]



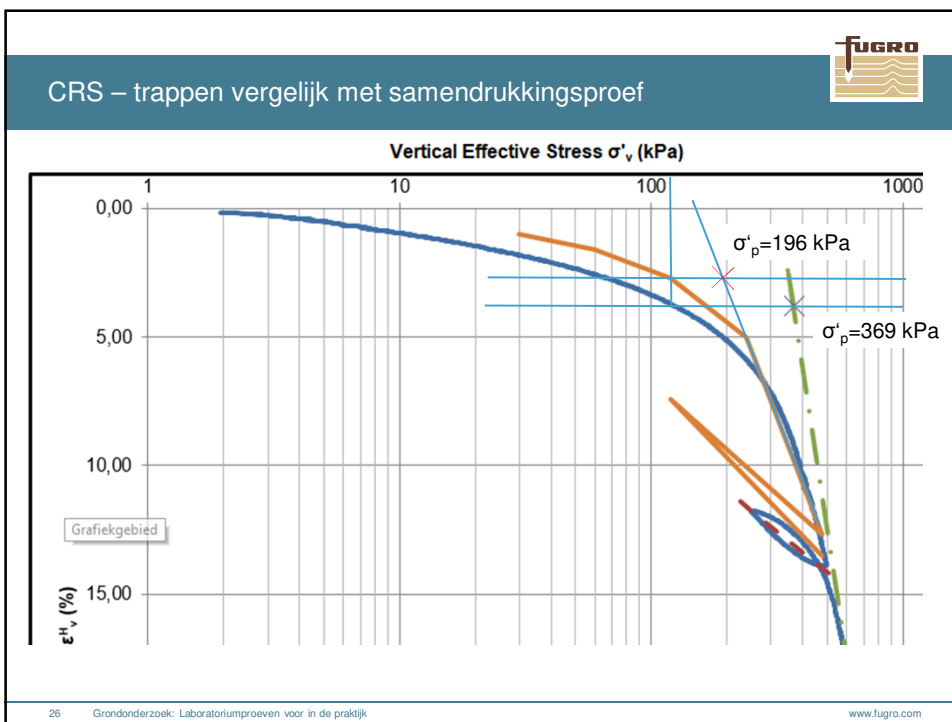
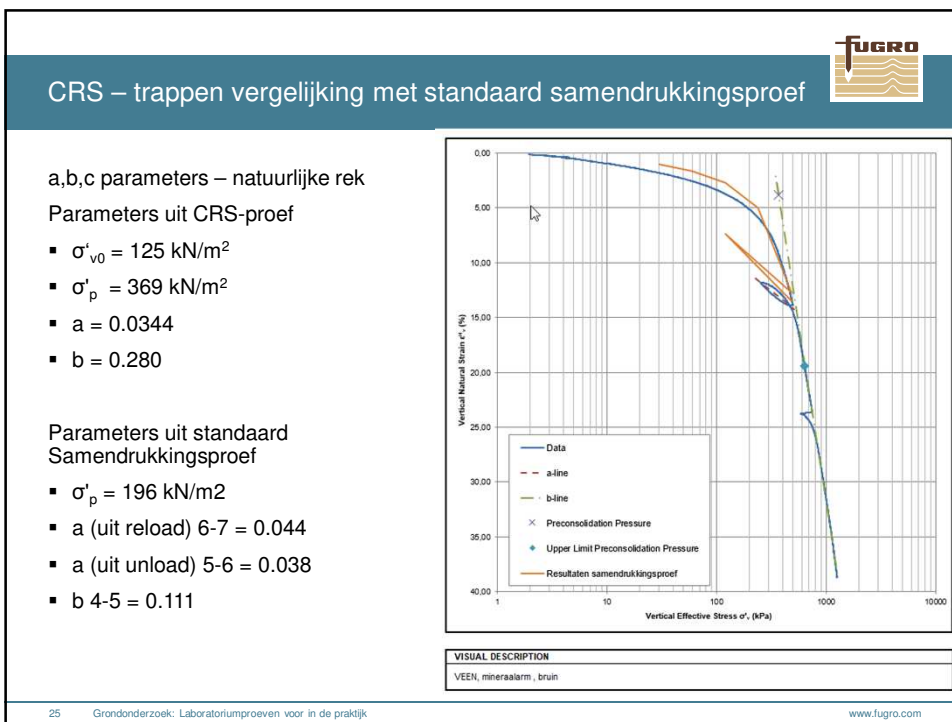
Boring : B01
 Monster : G11
 Diepte : 1.80 m t.o.v. N.A.P.
 Grondsoort : VEDN, steek kleiig, donker grijs

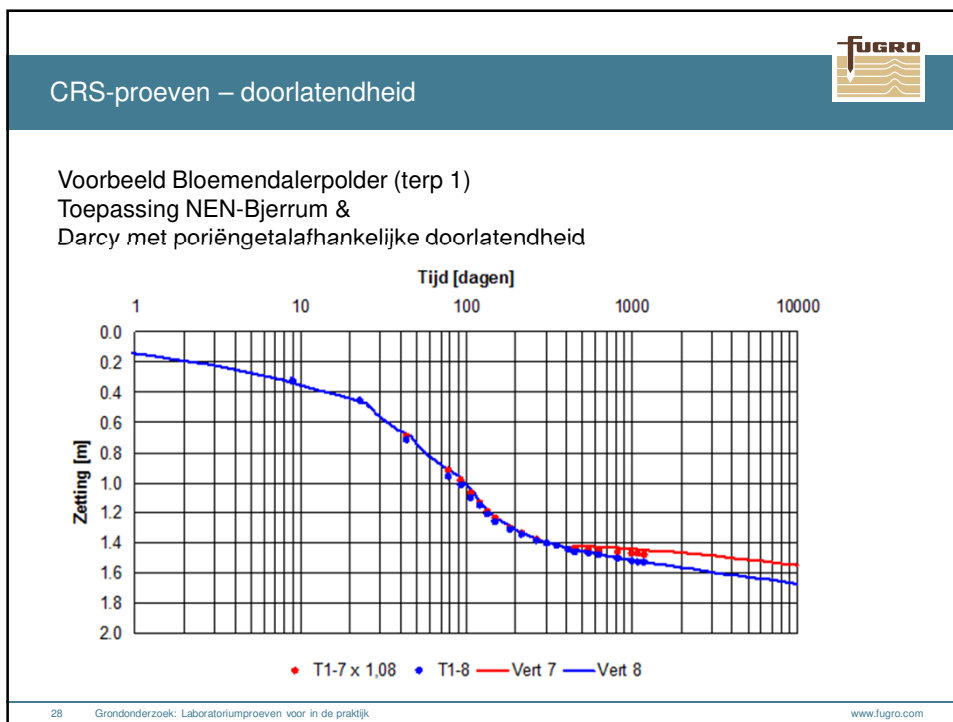
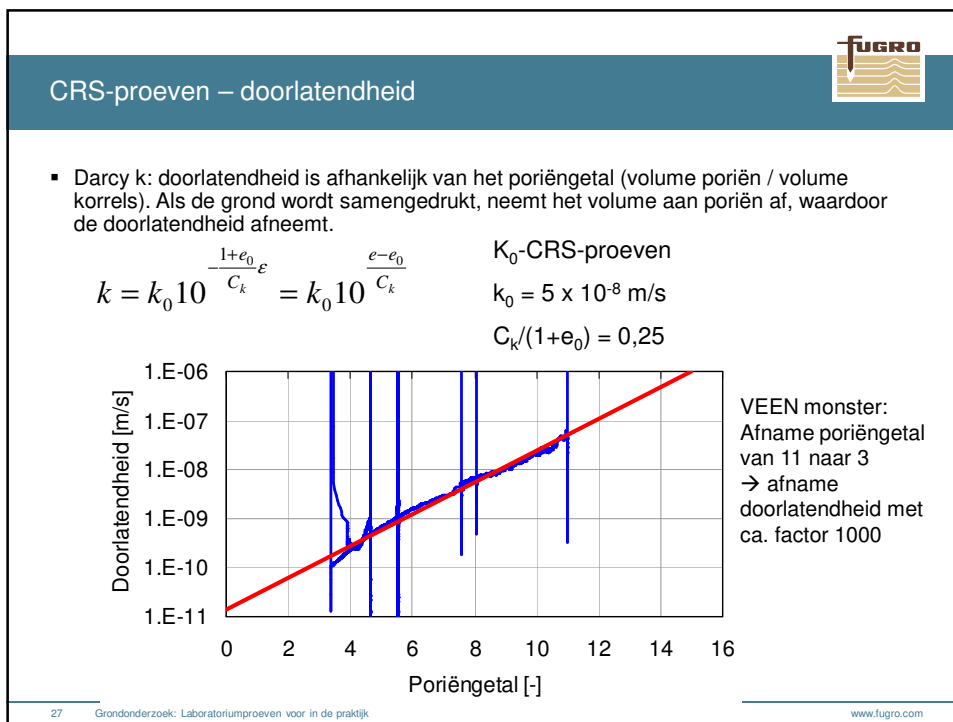
Grensspanning σ'_p = 44 kN/m²
 Primaire samendrukkings getal CR = 0.1416
 σ'_1 belasting $< \sigma'_p$ = 0.1727
 CR Zwelgetal "5" = 0.0055
 RR Hielbelastinggetal 6-7 = 0.0243
 H_c = 19.4 mm
 D_c = 50.0 mm

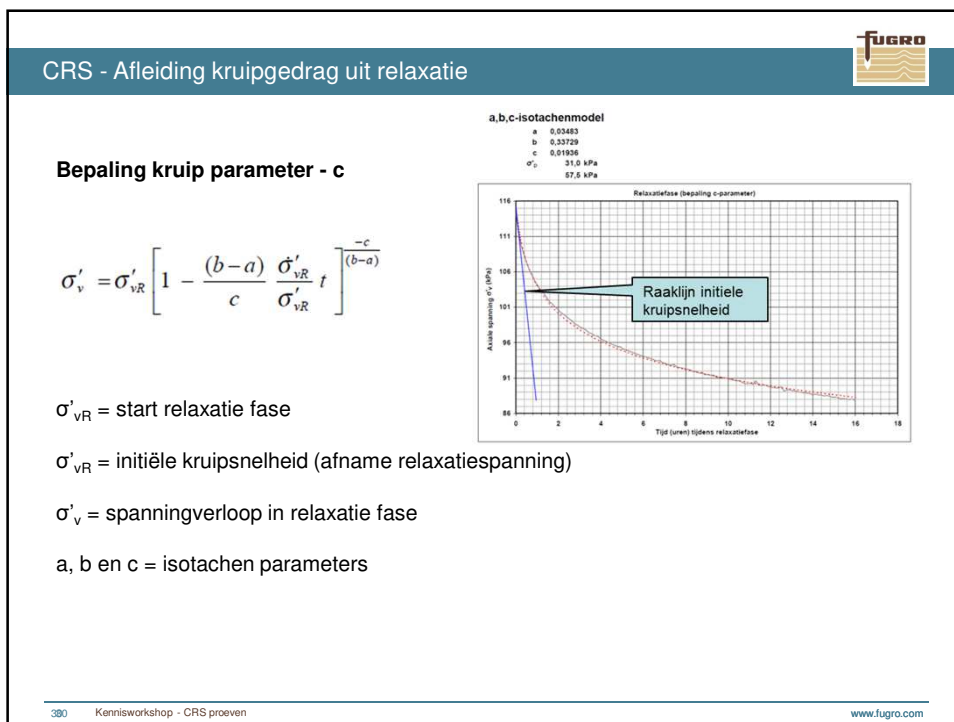
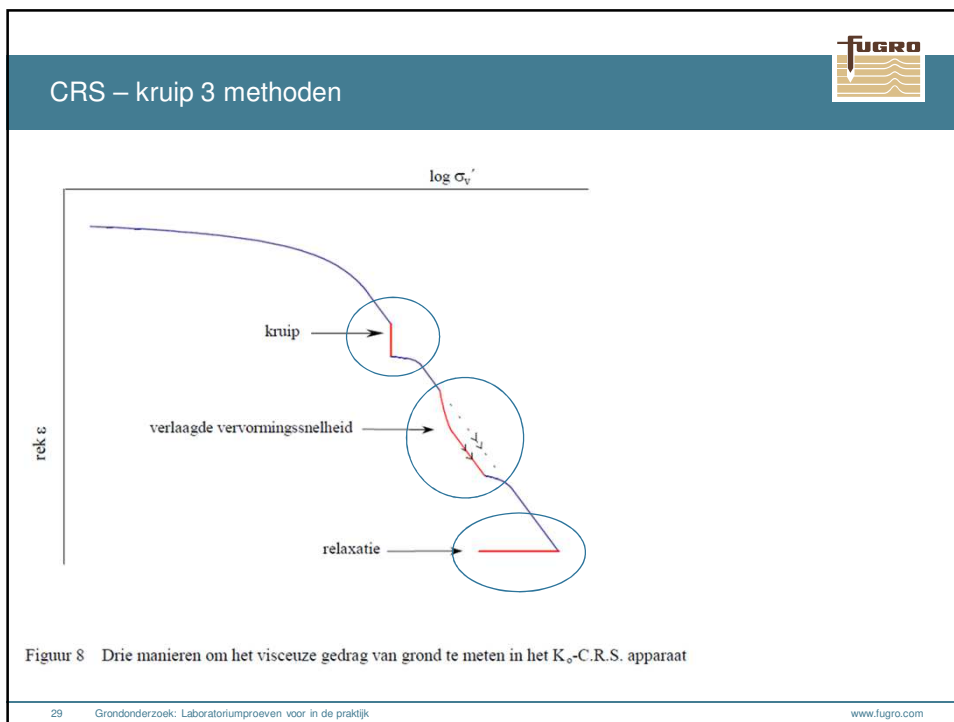
γ : 13.0 kN/m³
 γ_d : 8.3 kN/m³
 w : 104.4 % [m/m]

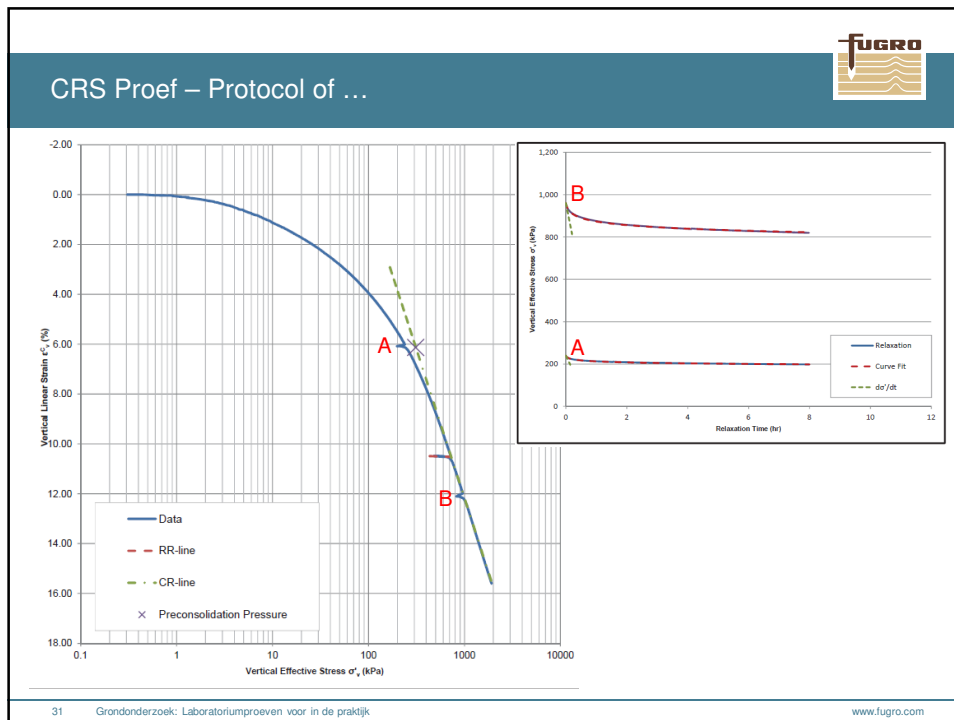
24 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk


www.fugro.com











Keuze voor een CRS of standaard samendrukkingsproef

- Keuze afhankelijk van toepassing, zoals bijvoorbeeld:
 - Consolidatieproces van een wegtracé → standaard samendrukkingsproef
 - Zettingen van diepe kleilaag onder hoogbouw → CRS proef
- Eventueel een combinatie van beide testen
- Beiden hebben voor- en nadelen

	Standaard samendrukkingsproef	CRS proef
Primair consolidatie gedrag	Goed af te leiden bij juiste keuze belastingtrappen en ontlast/herbelasttrap	Continue meting en toepassen van een ontlast/herbelasttrap
Secundair consolidatie-gedrag (kruip)	Per trap af te leiden	Indirecte afleiding, via relaxatiefase
Grensspanning	Juiste keuze van de belastingtrappen is essentieel	Duidelijker beeld door continue zettingscurve
Doorlatendheid	Minder betrouwbaar	Als continue functie van rek of poriëngetal

32 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com



SBRCURnet - Richtlijn laboratoriumonderzoek


Nieuwe richtlijn SBRCURnet:

**Richtlijn Geotechnisch
Laboratoriumonderzoek**

Beschikbaar: eind 2017




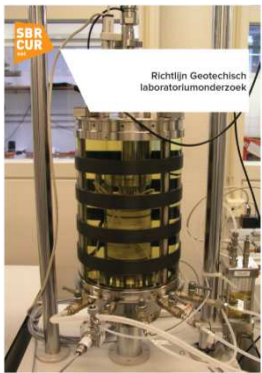

33 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk




SBRCURnet - Richtlijn laboratoriumonderzoek

- Doel van de richtlijn:
 - Overzicht gangbare geotechnische laboratoriumproeven
 - Meer kennis en begrip
 - Juiste specificatie voor het laboratorium
 - Wat kan je verwachten als proefresultaat

- Geen onderdeel van de richtlijn:
 - Benodigde typen en aantallen proeven voor een bepaald project
(zie CUR publicatie 247: "Risicogestuurd Grondonderzoek")
 - Detail uitvoering van een proef (betreffende normen)
 - Belastingtrappen / consolidatiespanning → afhankelijk van het doel van het project

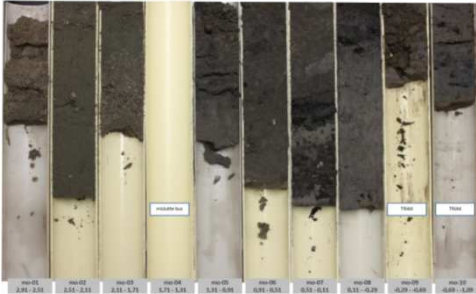



34 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com




SBRCURnet - Richtlijn laboratoriumonderzoek

- Onderverdeling in doel:
 - Classificatieproeven
 - Sterkte
 - Compressie
 - Doorlatendheid
 - Overige proeven



35 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com



SBRCURnet - Richtlijn laboratoriumonderzoek

Ontwikkeling van een richtlijn in samenwerking met:

- Overheden NL & B / Onderzoeksinstituten:
 - Rijkswaterstaat
 - Deltares
 - Dep. Mobiliteit en Openbare Werken
 - WTCB
- Geotechnische laboratoria:
 - Fugro NL Land
 - Gemeente Rotterdam
 - Inpijn Blokpoel
 - MOS Grondmechanica
 - Wiertsema & partners
- KIVI Geotechniek
- SBRCURnet
- Klankbordgroep (15 personen afkomstig uit bedrijfsleven en van overheden)

36 Grondonderzoek: Laboratoriumproeven voor in de praktijk www.fugro.com

References



- Den Haan, E. J.; The, B. H. P. A. M.; Van, M. A. (2001). De K0-C.R.S. samendrukkingsproef. *Geotechniek*, Oktober 2001
- Fugro NL Land B. V. (2016, 2017). Diverse projecten.

Proefterpen Bloemendalerpolder te Weesp

- <https://www.kivi.nl/afdelingen/geotechniek/geonet/geo-impuls/thema-techniek/langetermijnmetingen/pilotproject-proefterpen-bloemendalerpolder>