

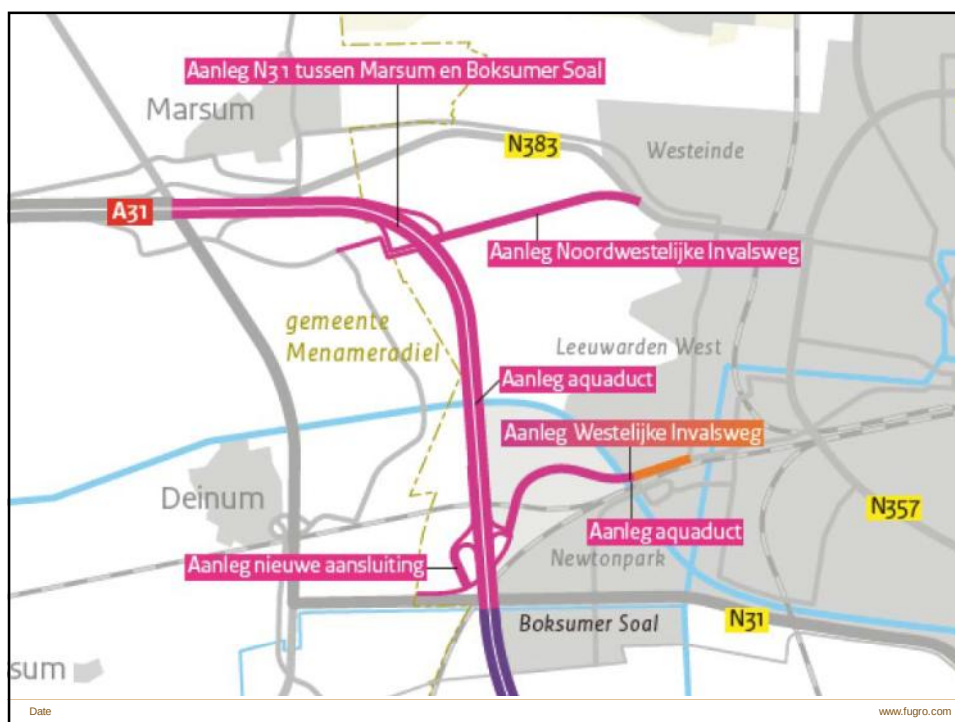


Polderconstructies cement- bentonietwanden / folieschermen - Aquaduct RW31

Ing. Onno Dijkstra, Fugro GeoServices BV
Ir. Klaas Siderius, Fugro GeoServices BV
Roel Atema, Boskalis BV/ MNO Vervat BV
10 oktober 2013



www.fugro.com



**Polderconstructies cement-bentonietwanden /
folieschermen - Aquaduct RW31**

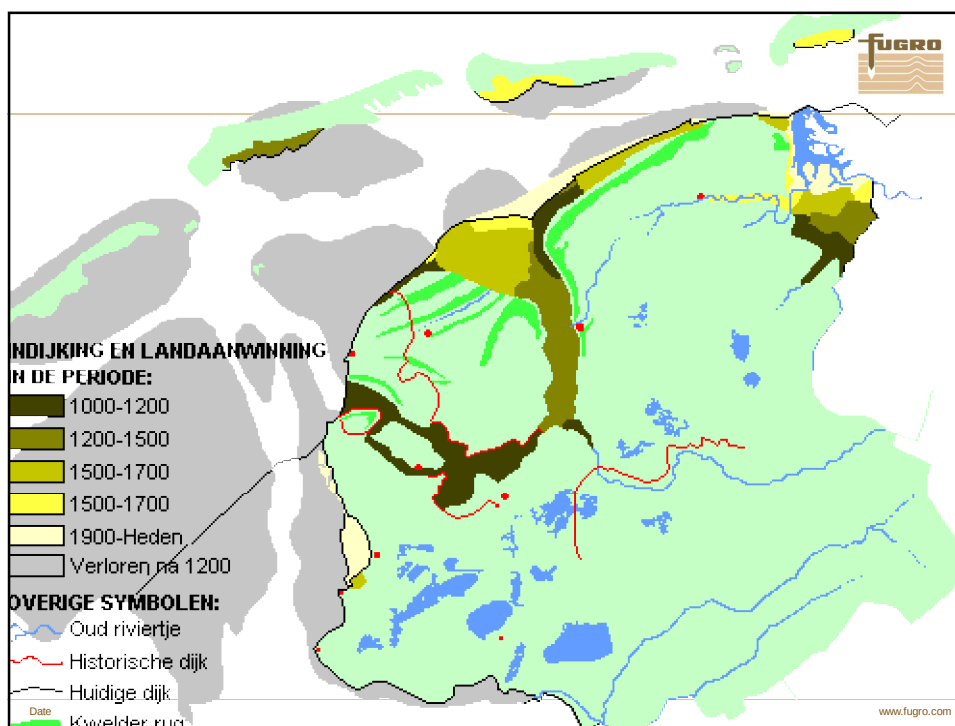


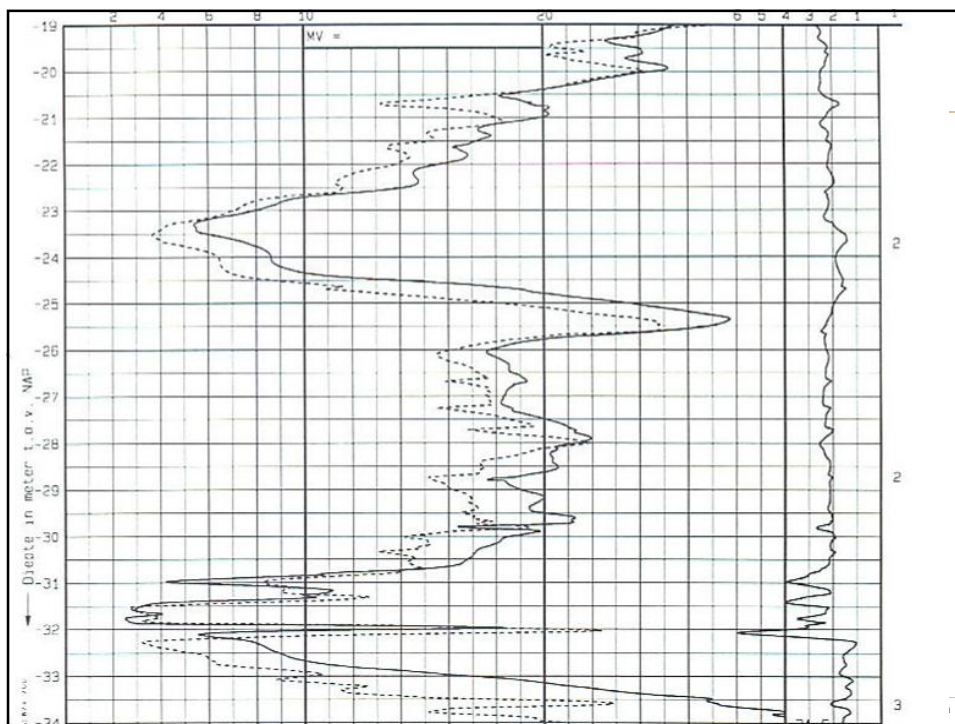
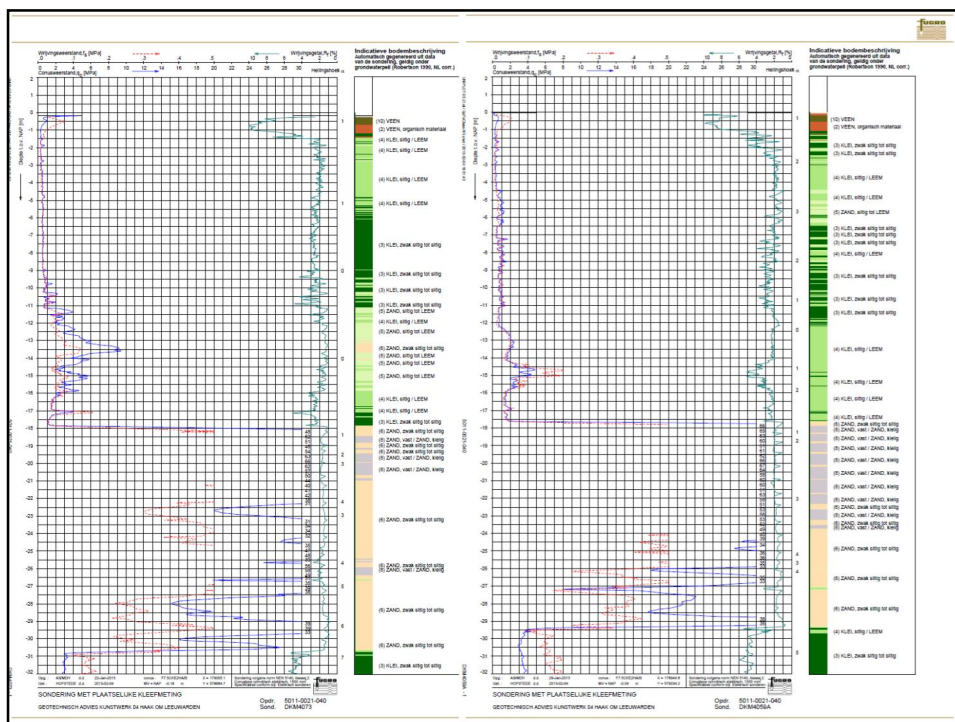
Ontwerpkeuzes polder:

- Landhoofd stalen damwand tot in potklei
- Optimaal gebruik maken van bodemlagen potklei, keileem en (zee-)klei
- Diepste polders CB-wanden in potklei
- Geen folie in CB-wanden
- Overige polders Geolock met voorboren tot onderin keileem resp. (zee-)klei

Date

www.fugro.com





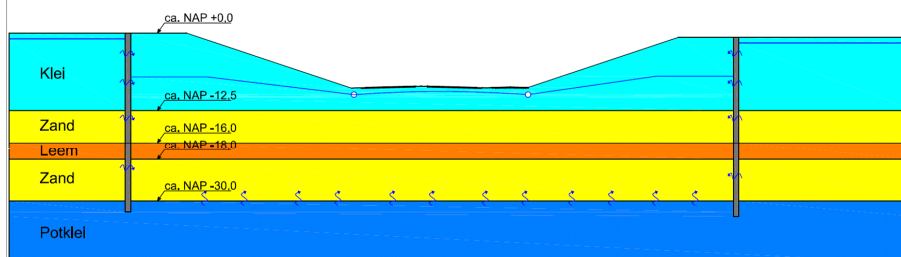
**Polderconstructies cement-bentonietwanden /
folieschermen - Aquaduct RW31**



- Strenge eisen gesteld door opdrachtgever → globaal lekdebiet van 1,2 l per m² wand- en vloeroppervlak/dag
- Hierdoor een beperkte verlaging direct buiten de wanden
- Nabij de belendingen geen invloed meer
- Doorlatendheid, naast pompproef, vaststellen op basis van labonderzoek, literatuur en ervaring
- Voor beter inzicht in doorlatendheid klei- en leemlagen 2 pompproeven in het veld op de noord- en zuidoever
- Zoute kwel toch niet in kanaal

www.fugro.com

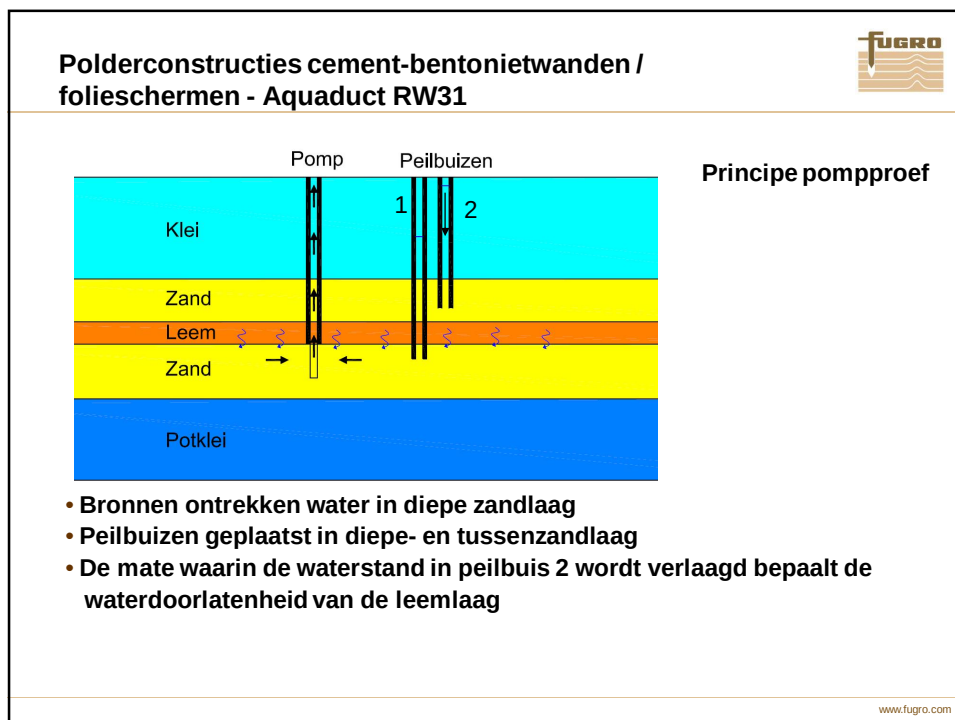
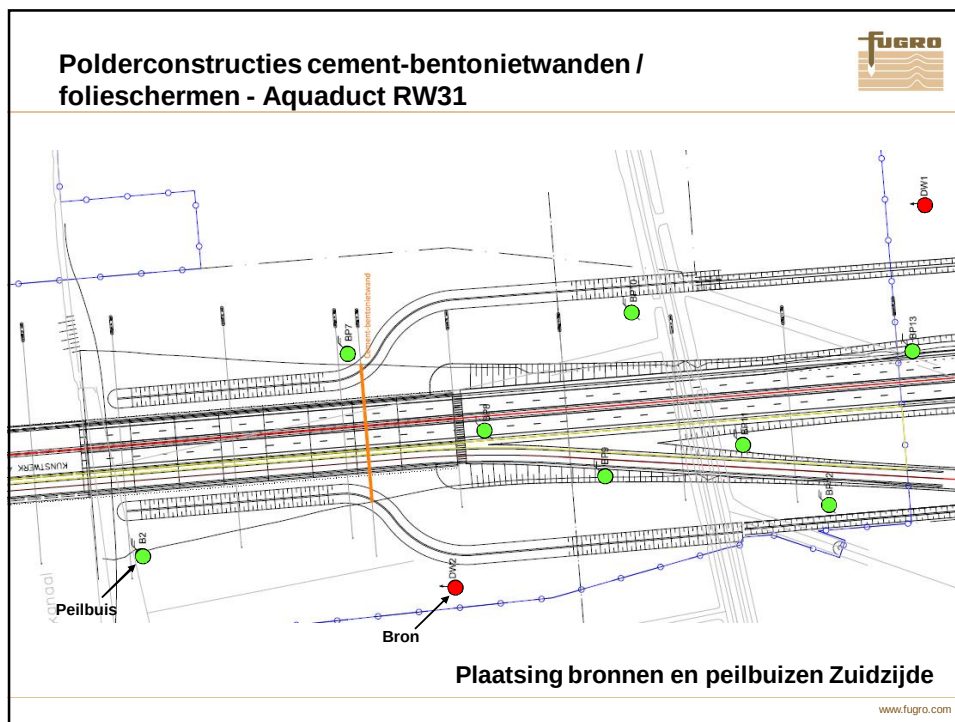
**Polderconstructies cement-bentonietwanden /
folieschermen - Aquaduct RW31**

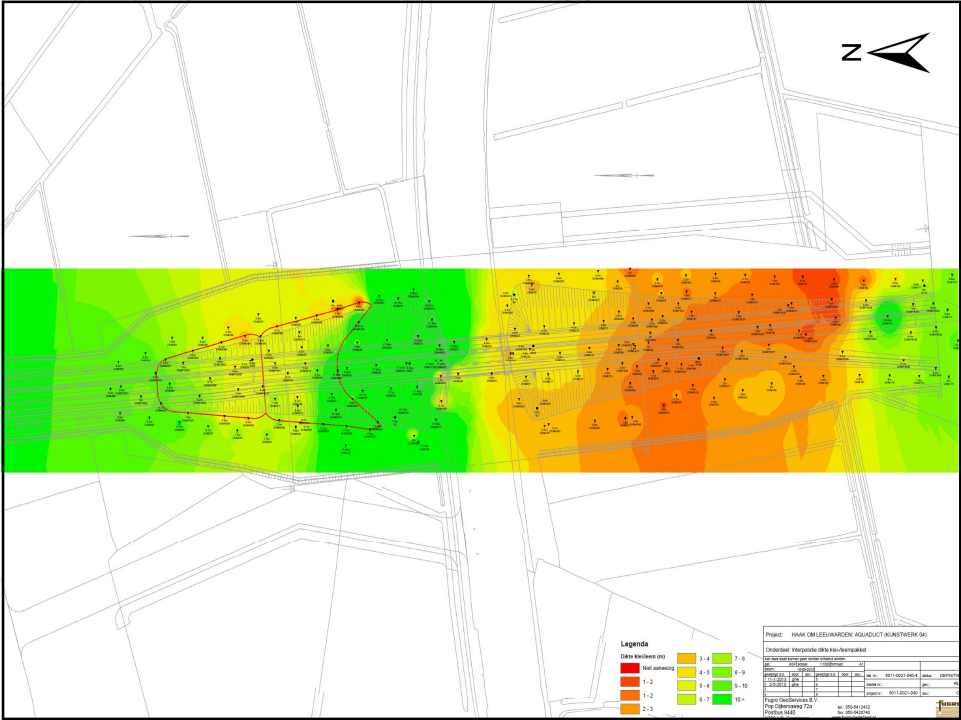
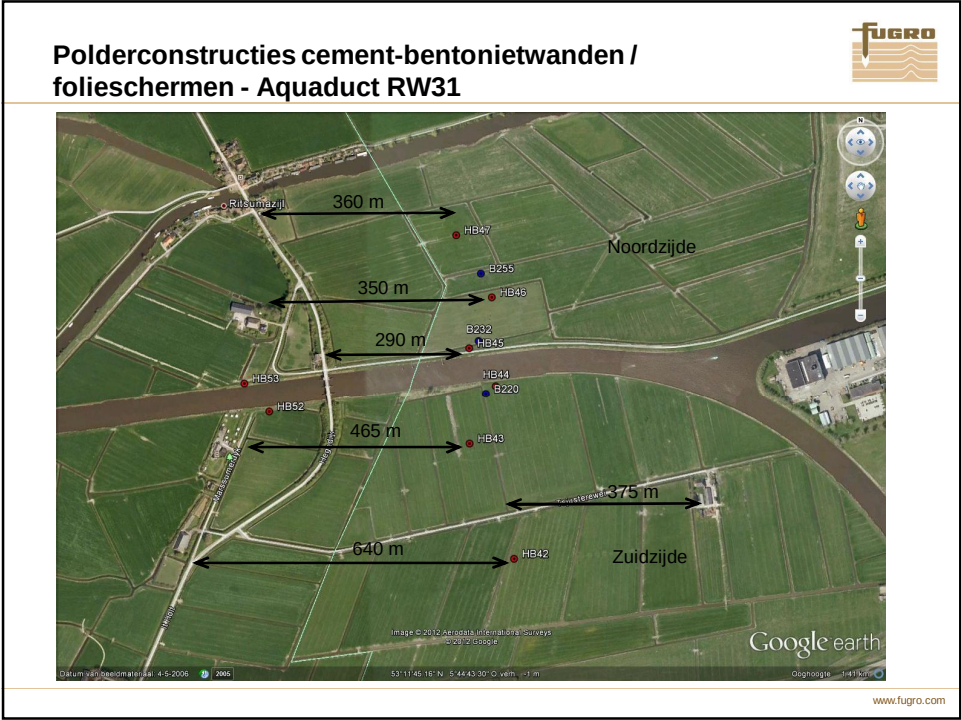


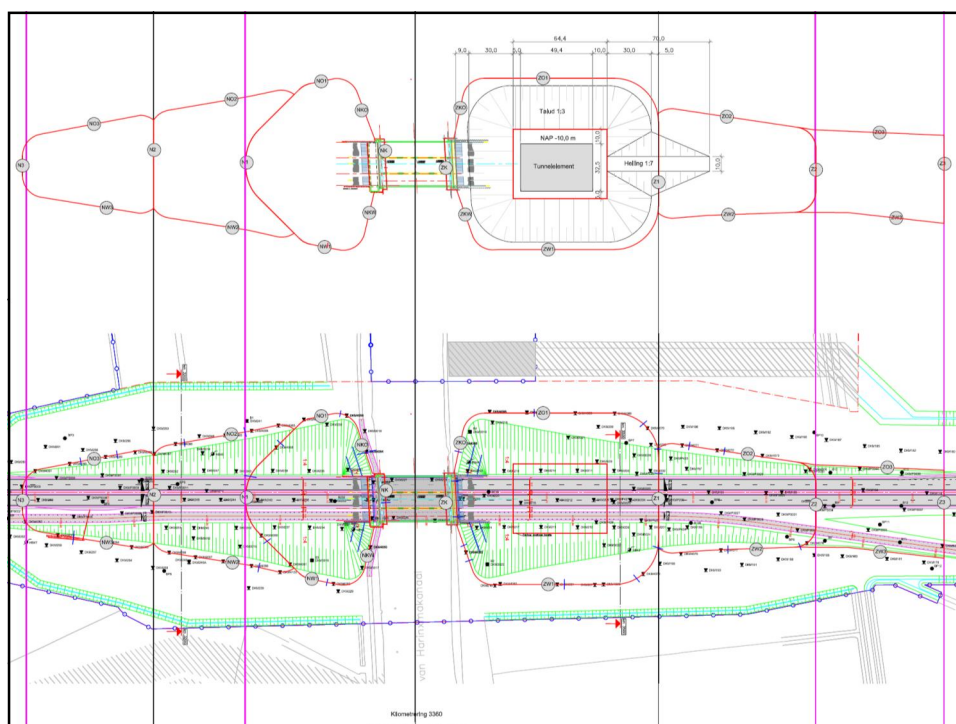
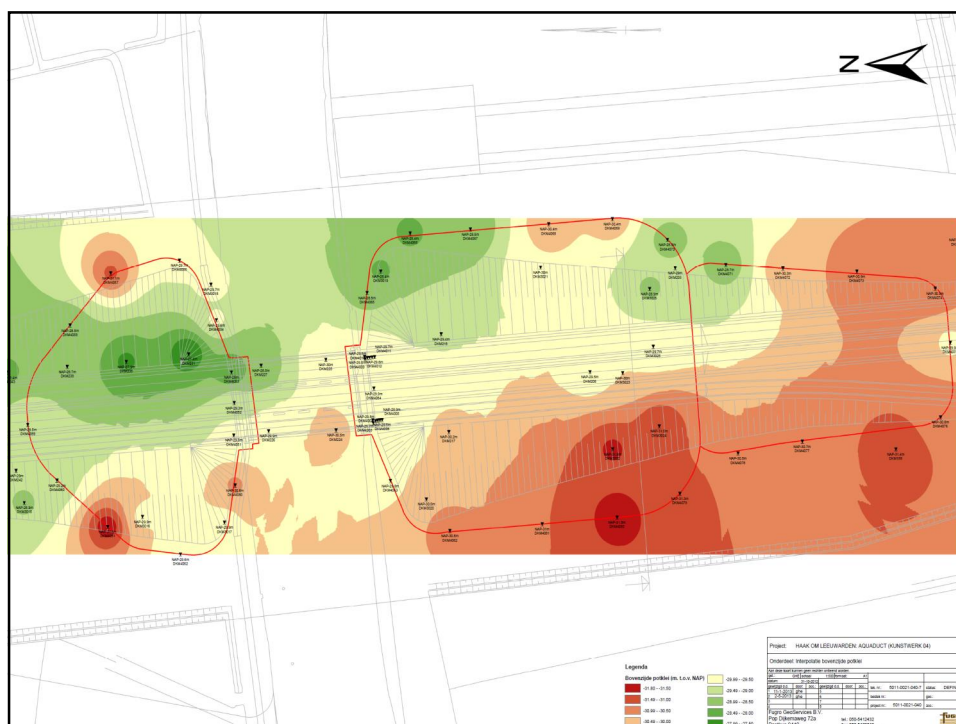
- Gebruik maken van de slecht waterdoorlatende lagen
- Wanden doorgezet tot in deze lagen (in illustratie de potkleilaag)
- Geen spanningsbemaling noodzakelijk in bouw- en eindfase
- Geen betonvloer in eindfase: flauwe taluds; open karakter
- Wanden en bodemlagen zijn sterk waterremmend. Wel drainage om kwel,- lek- (en regenwater) op te vangen
- Beperkt lekdebiet met geen noemenswaardige verlagingen in omgeving

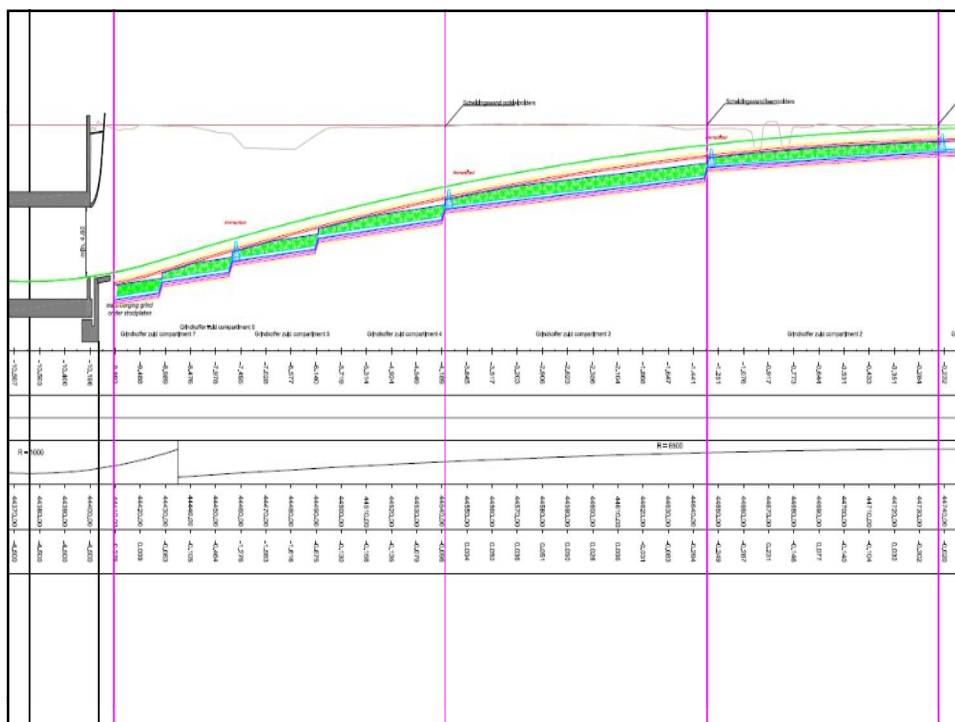
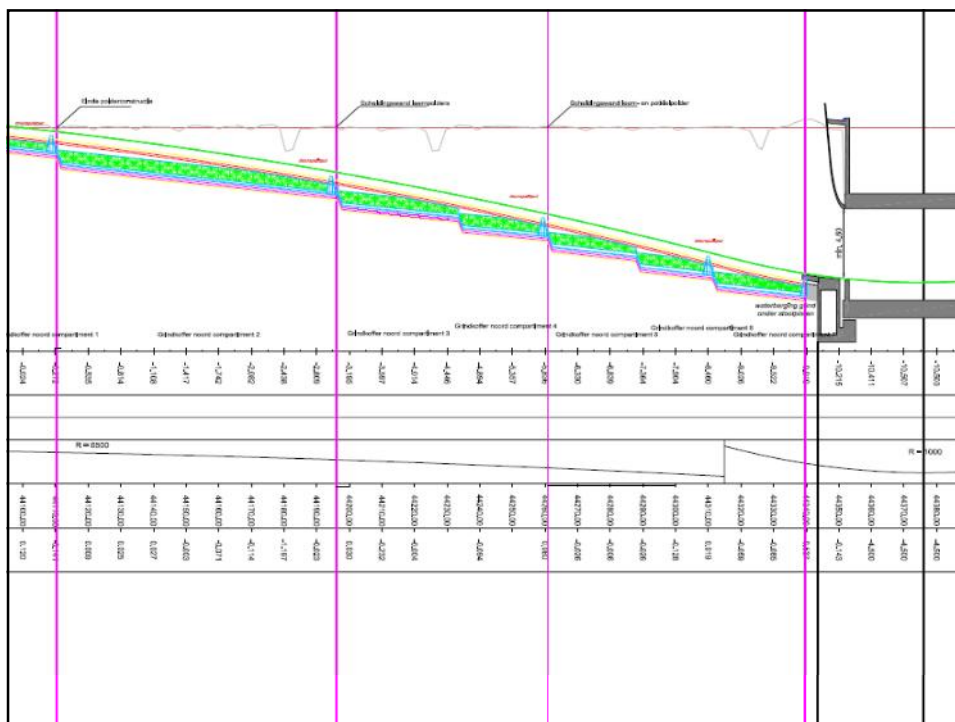
17 oktober 2012

www.fugro.com









Polderconstructies cement-bentonietwanden / folieschermen - Aquaduct RW31



Type wand	Doorlatendheids-coëfficiënt [m/s]	Dikte wand [m]	Weerstand (c-waarde) [dagen]	Bron
Cement-bentoniet	$1,0 \cdot 10^{-9}$	0,6	6.944	COB, "Bouwen vanaf het maaiveld"
Damwand	$1,0 \cdot 10^{-7*}$	n.v.t.	n.v.t.	"Lekdetectie in waterremmende constructies definitief", GeoDELFT, d.d. mei 2000
Damwand met slotafdichting	$1,0 \cdot 10^{-9*}$	n.v.t.	n.v.t.	"Lekdetectie in waterremmende constructies definitief", GeoDELFT, d.d. mei 2000
Cement-bentoniet i.c.m. damwand	$1,0 \cdot 10^{-10}$	0,6	69.444	Arbitrair gekozen. Uitgaande dat de damwand het waterremmend vermogen van de CB-wand zal vergroten en dat het risico dat beide systemen gelijktijdig falen nihil is.
Geolock	$9,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{d}^{**}$	n.v.t.	n.v.t.	Leverancier Cofra. Volgens opgave is het lekdebiet 3,6 liter per meter naadlengte per jaar. Dit is in het lab getest bij een druk van 10 kPa. De h.o.h. afstand van de naden bedraagt ca. 2,5 m.

* Inverse slotweerstand (per damwandslot) o.b.v.h.o.h. afstand van de sloten van 0,7 m

** Het betreft het lekdebiet per m naadlengte

www.fugro.com

Polderconstructies cement-bentonietwanden / folieschermen - Aquaduct RW31



Afsluitende laag	Waterremmend vermogen [dagen]
Kleipolder (zuidzijde)	812
Leempolders (noordzijde)	1.600
Potkleipolders (noord- en zuidzijde)	Ondoorlatend

www.fugro.com

Polderconstructies cement-bentonietwanden / folieschermen - Aquaduct RW31



Polder		Debiet o.b.v. stijghoogte NAP +0,57 m* [m³/dag]	Debiet o.b.v. stijghoogte NAP +0,82 m** [m³/dag]	Toelaatbaar debiet [m³/dag]
Zuidzijde	Kleipolder	13,57	14,52	7,41
	Potkleipolders	25,87	26,55	50,30
Noordzijde	Leempolders	30,96	32,39	21,09
	Potkleipolder	15,83	16,14	22,16
Totaal		86,23	89,60	100,95
Maximaal lokaal debiet kleipolder over 10 m³ [l/m²/dag]				3,09
Maximum lokaal debiet leempolder over 10 m³ [l/m²/dag]				3,88

* Stijghoogte BGT gebruiksfase (NAP +0,32 m) plus 50% van de zeespiegelstijging na 100 jaar (0,25 m).

** Stijghoogte BGT gebruiksfase (NAP +0,32 m) plus 100% van de zeespiegelstijging na 100 jaar (0,5 m).

www.fugro.com

Polderconstructies cement-bentonietwanden / folieschermen - Aquaduct RW31



Stalen damwanden

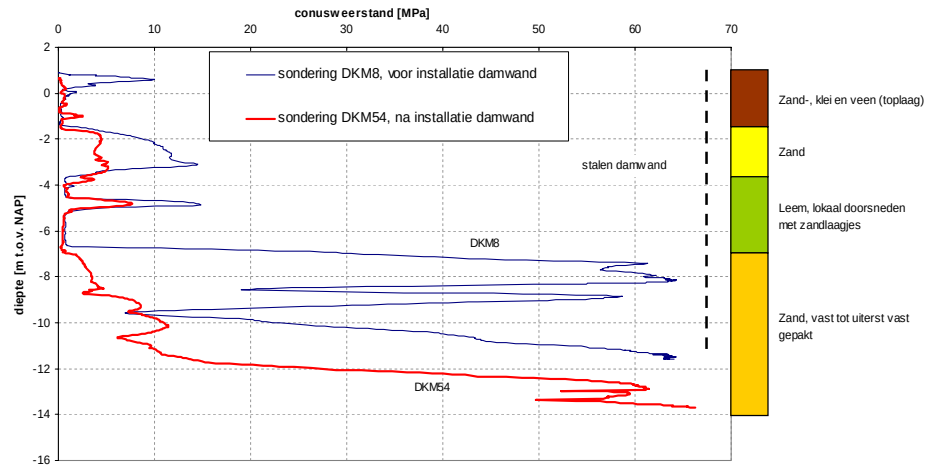
- Polderbegrenzing, grondkering en fundering
- Slotverklikker en slotafdichting
- Plaatsingsdiepte NAP-32 m; vast zand
- Voorboren of fluïderen
- Damwandproef

www.fugro.com

Polderconstructies cement-bentonietwanden / folieschermen - Aquaduct RW31



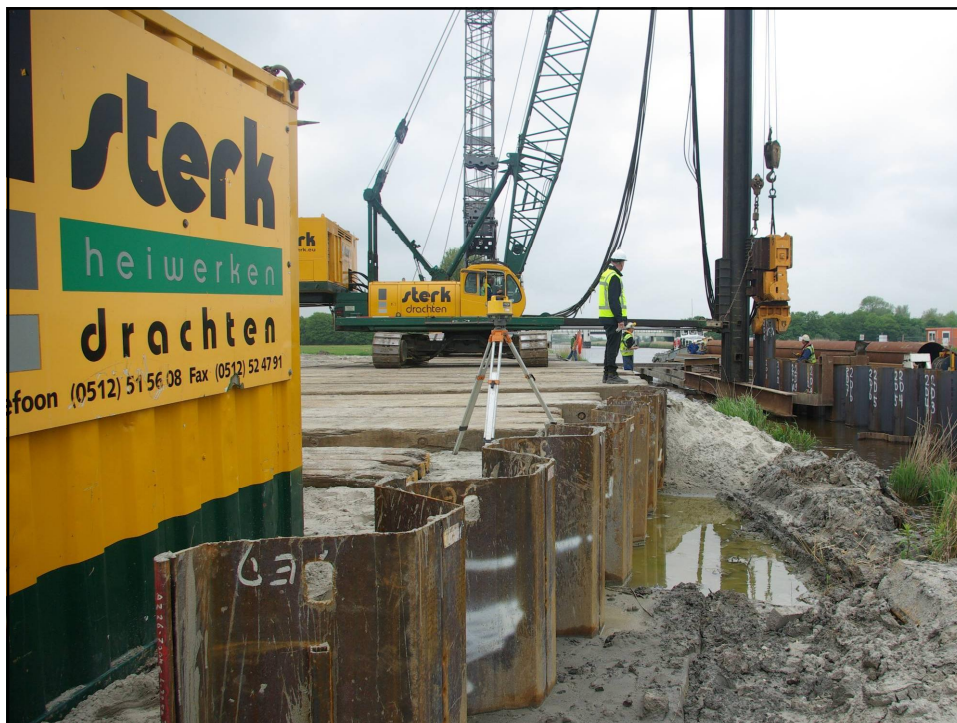
Geerts Willigenplein te Heerenveen
Effect voorboren en fluideren tijdens intrillen damwand tot NAP -11,3 m



Date

www.fugro.com







**Polderconstructies cement-bentonietwanden /
folieschermen - Aquaduct RW31**

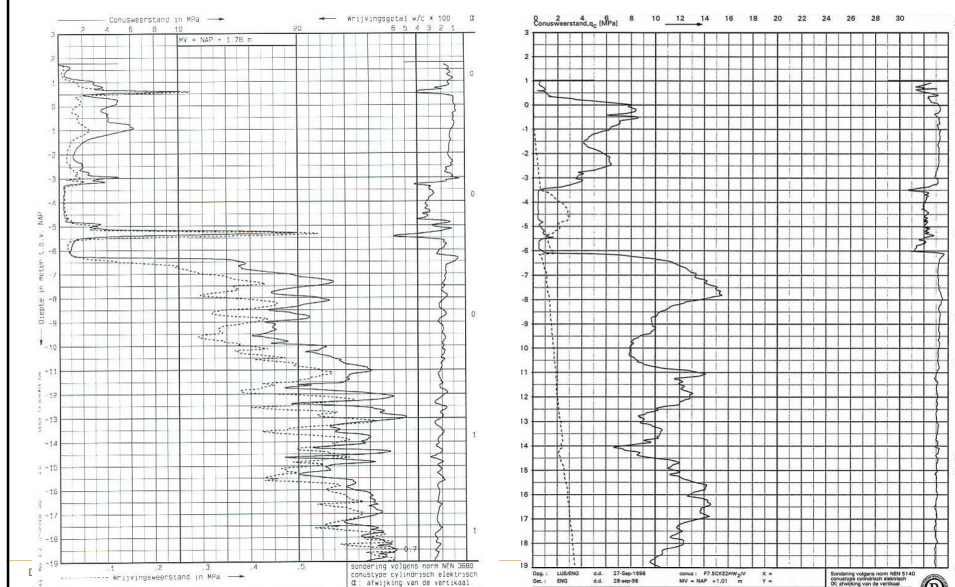


CB-wanden

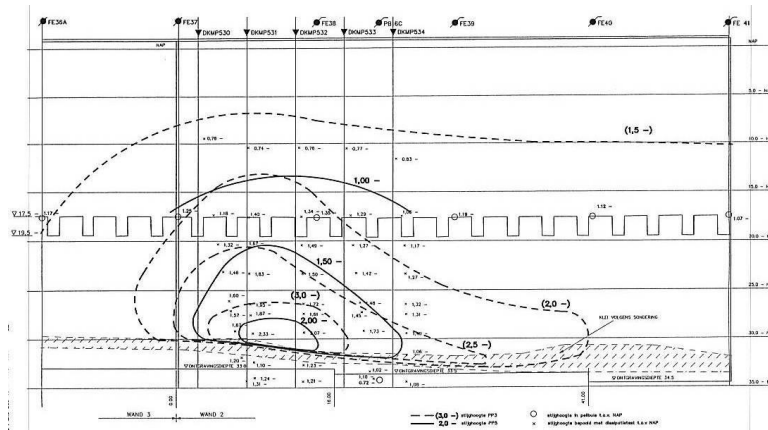
- 60 cm dik; 2 m in potklei (ca. NAP-32 m)
- Afstand houden van fundering
- Geen folie
- Taludhelling flauw en grondwaterstand laag houden
- Doorlatendheid 1×10^{-9} m/s
- Risico's: locale verstoringen, vervormingen/scheuren



Polderconstructies cement-bentonietwanden / folieschermen - Aquaduct RW31



Polderconstructies cement-bentonietwanden / folieschermen - Aquaduct RW31

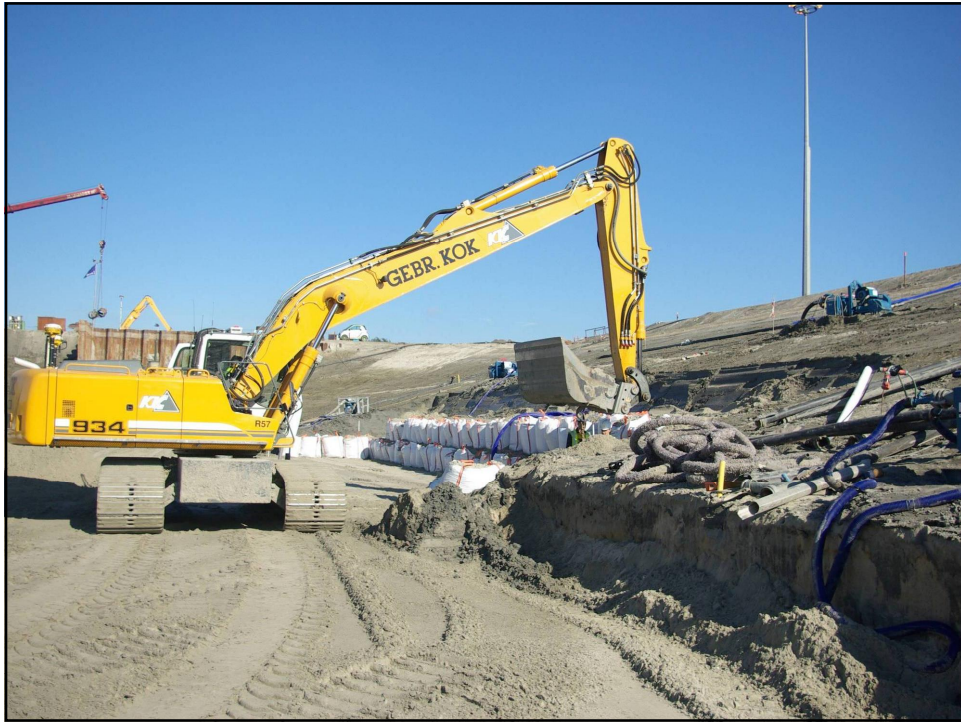


Date

www.fugro.com







Vervorming CB-wand en ontwerpaspecten

Klaas Siderius



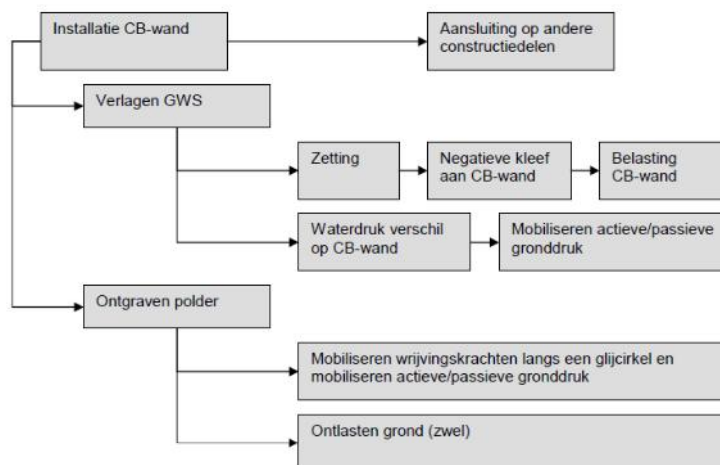
Ontwerpaspecten

- Hoeveel en hoe vervormt de CB-wand.
- Is het nodig om een waterkerendfolie in de wand op te nemen (Geolock) om de waterremmendheid van de wand te kunnen garanderen.

www.fugro.com



Ontwerpaspecten

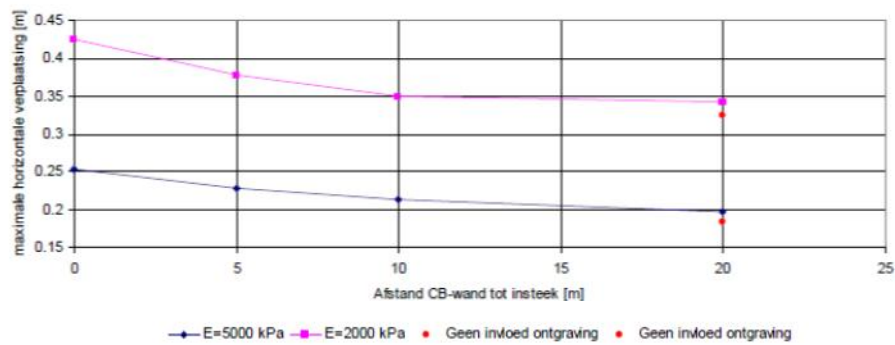
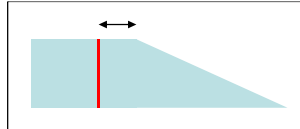
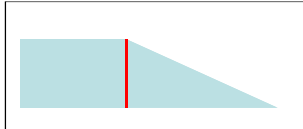


www.fugro.com

Gevoeligheidsanalyse



- Invloed afstand CB-wand tot insteek

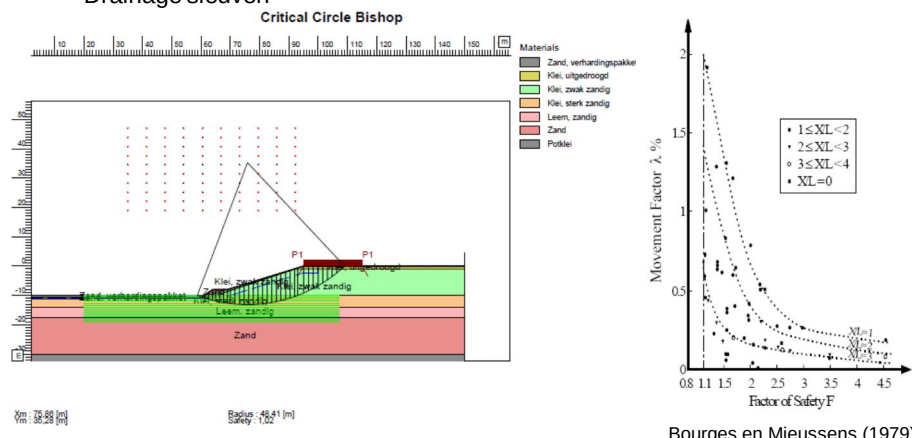


www.fugro.com

Gevoeligheidsanalyse



- Invloed waterlijn op stabiliteit talud
- Drainage sleuven

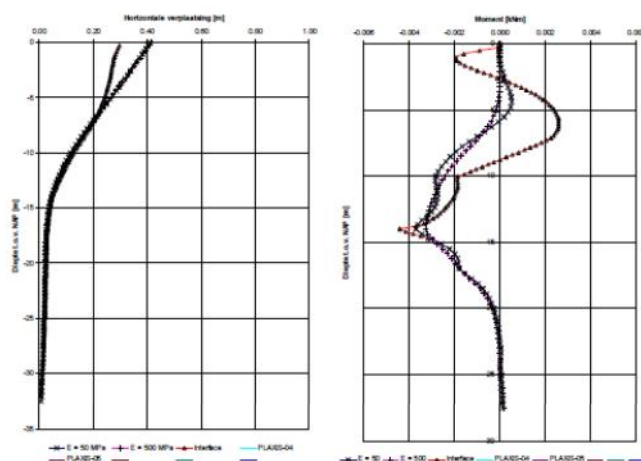


www.fugro.com

Gevoeligheidsanalyse



- Invloed stijfheid CB-wand op vervorming

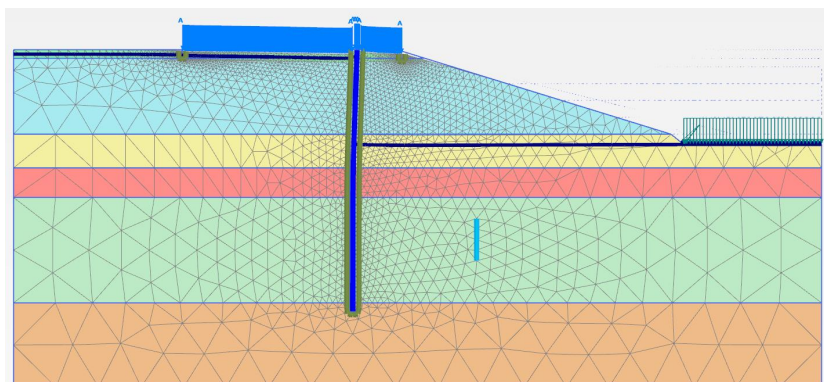


www.fugro.com

Modellerings CB-wand in Plaxis

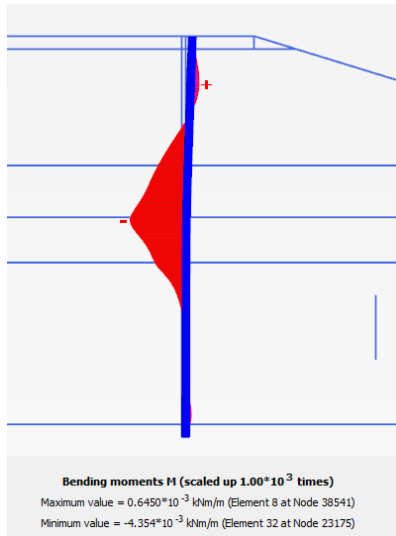


- Lineair Elastisch of Mohr-Coulomb model
 - Opgegeven trek sterkte (MC)
 - CB-wand met volume elementen en dummy beam
 - Fijn mesh nodig door hoge bovenbelasting op slappe klei (bezwijken grond aan rand bovenbelasting) en beschouwen spanningen in CB-wand



www.fugro.com

Kromming en spanning in CB-wand



Rek uiterste vezel
 $0,6/2 \cdot 4,354 \cdot 10^{-3} = 1,31 \cdot 10^{-3} [-]$

Spanning uiterste vezel
 $1,31 \cdot 10^{-3} \cdot 273 = 0,36 \text{ N/mm}^2$

Drukspanning door eigen gewicht en negatieve kleeft

Rekcapaciteit bij langzame vervorming

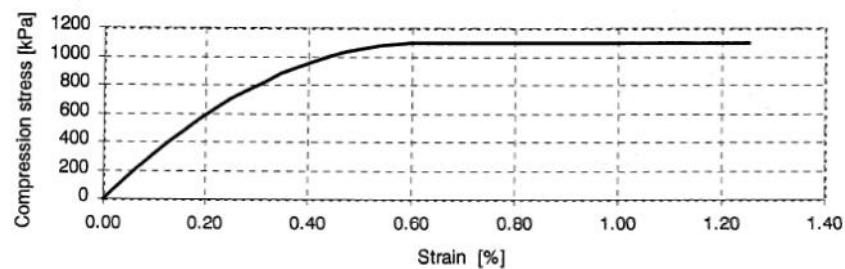
Rekcapaciteit na bereiken maximale spanning

www.fugro.com

Ontwerpaspecten



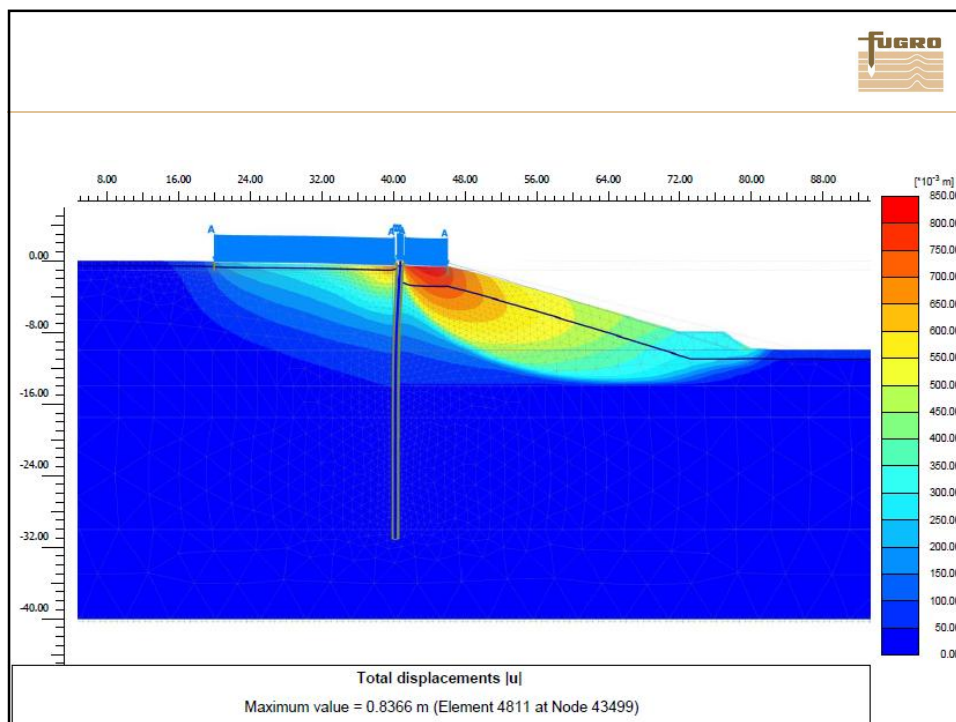
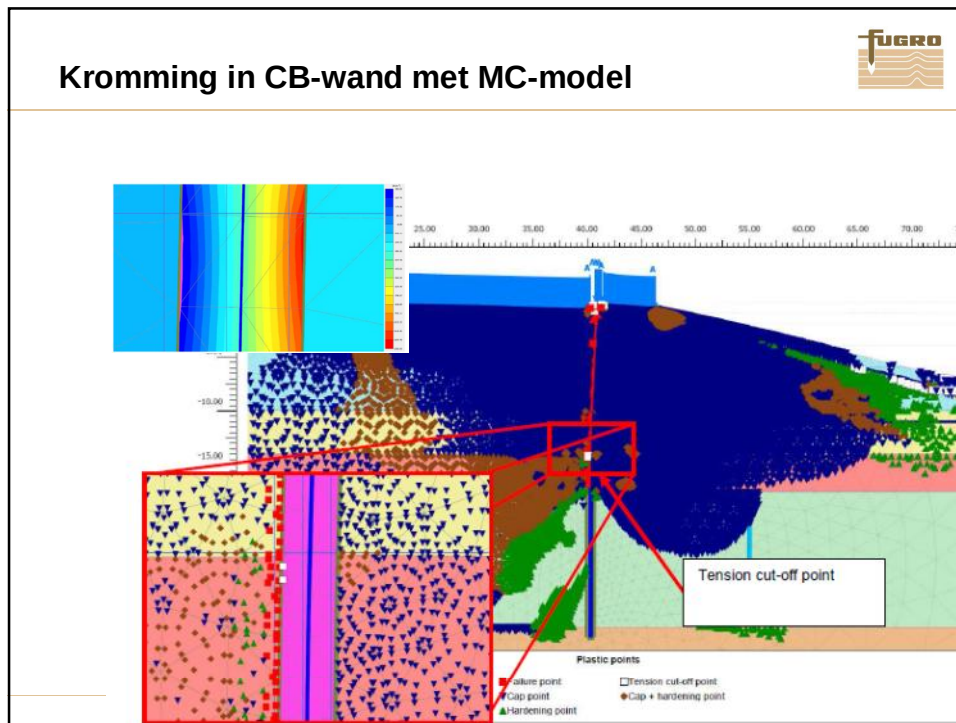
- Rekcapaciteit na bereiken maximale spanning
- Rekcapaciteit bij langzaam optredende vervorming 5 à 10 keer hoger dan bij snel belasten (CUR189 Cement Bentoniet Schermen)



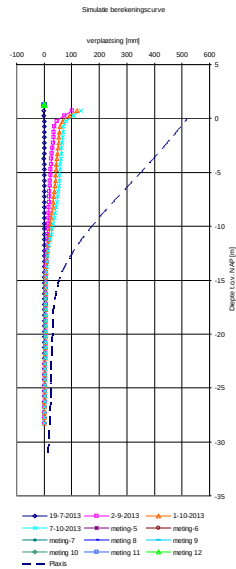
Leon A.M. Groenewegen
 Hollandsche Beton- en Waterbouw bv

Hans Niemeijer
 Arcadis Heidemij Advies bv

www.fugro.com



Gemeten vs berekend



- Gemeten verplaatsingen blijven achter bij berekende vervorming
- Constante aanwezigheid bovenbelasting van grote invloed op vervormingen
- Waterlijn in talud lager dan in berekening

www.fugro.com

Conclusies



- Kostenbesparing door optimaal gebruik te maken van natuurlijk afsluitende lagen.
- Aan de hand van beschouwing vervormingen en spanningen in de CB-wand geen folie toegepast.
- Praktijkproeven zijn essentieel bij ontwerpkeuzes.
 - Damwandproef
 - Folieproef
 - Pompproeven

www.fugro.com

