

Ophaalbrug in de Buitenhaven te Alblasserdam

Beoordeling van het noordelijke landhoofd en advies voor herstel

29 oktober 2012

Projectgegevens

project **Ophaalbrug in de Buitenhaven te Alblasserdam**

onderdeel **beoordeling van het noordelijke landhoofd en advies voor herstel**

code **V12133-003**

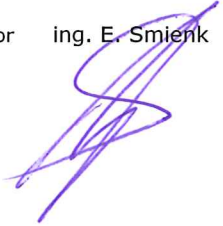
datum **29 oktober 2012**

samengesteld door **ir. R.P. van der Putten**

opdrachtgever **Gemeente Alblasserdam**

eindverantwoording ABT bv
Arnhemsestraatweg 358 Velp
Postbus 82 6800 AB Arnhem

geautoriseerd door ing. E. Smienk

paraaf 

datum	versie	omschrijving	verificatie
29-10-2012	A	Interne verificatie	vnb 

Inhoudsopgave

1.	Projectgegevens	1
1.1.	Inleiding	1
1.2.	Gegevens monitoring	1
1.3.	Locatiebezoek 28 augustus 2012	2
1.4.	Beschikbare tekeningen	4
1.5.	Terrein en omgeving	5
1.6.	Bodemgesteldheid	7
2.	Opbouw model en toetsing fundament noordelijke landhoofd	8
2.1.	Algemeen	8
2.2.	Geprefabriceerde betonpalen, damwanden en verankering	8
2.3.	Landhoofd	9
2.4.	Waterbodem en omgeving	9
2.5.	Bouwfaserings	11
2.6.	Berekeningsresultaten	11
2.7.	Conclusie	16
3.	Herstelplan	17
3.1.	Controleren damwandlengte	17
3.2.	Verhinderen horizontale verplaatsing noordelijke landhoofd	17
3.3.	Herstellen schade aan paalkoppen	17
3.4.	Kostenraming	18

lijst van bijlagen

- A. beschikbaar grondonderzoek
- B. parameters Plaxis model
- C. herstel paalkoppen

1. Projectgegevens

1.1. Inleiding

In 2003 is de ophaalbrug buiten gebruik genomen. Eind 2010 is gestart met het renoveren van de brug, tegelijkertijd met de realisatie van het werk Albasserwerf.

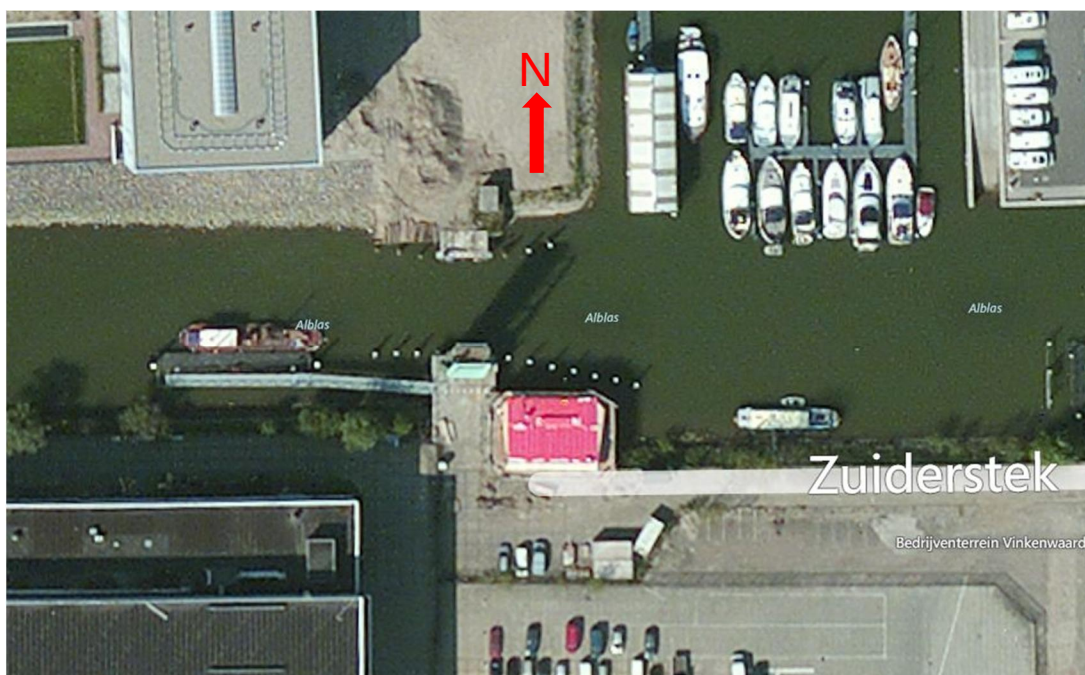
In mei 2012 bleek de val van de ophaalbrug klem te komen zitten. De afstand tussen de landhoofden is dus kleiner geworden en blijkbaar is beweging in één of beide landhoofden aanwezig.

Naar aanleiding van het klem lopen van de brug is door Iv-Infra een meetprogramma opgesteld. Uit dit meetprogramma blijkt dat inderdaad doorgaande beweging in de landhoofden aanwezig is. Aan ABT is gevraagd om de veiligheid van de landhoofden te beschouwen en zonodig een plan van aanpak voor herstel te presenteren.

1.2. Gegevens monitoring

Door Iv-infra b.v. is een meetprogramma opgesteld waarbij de beweging van de beide landhoofden en het bij het noordelijke landhoofd aanwezige damwandscherm wordt gemonitord.

Uit de monitoring blijkt dat de damwand en het noordelijke landhoofd zich in de richting van het water (zuidelijk) plus in oostelijke richting te bewegen. De beweging van het westelijke punt op het landhoofd (punt 1A) is groter dan van het oostelijke punt (punt B). Het zuidelijke landhoofd beweegt zich eveneens in zuidelijke en in oostelijke richting, echter de beweging is kleiner dan van het noordelijke landhoofd, zodat de ruimte tussen de landhoofden inderdaad kleiner wordt.



Figuur: ligging brug in omgeving (bron: Bing Maps)

Uit de 5^{de} herhalingsmeting van 29 augustus 2012 blijkt dat de beschikbare ruimte 4,1 mm aan de westelijke zijde en 8,6 mm aan de oostelijke zijde bedraagt. Bij het gangbaar maken van de brug is het aanslagijzer aan de westelijke zijde verwijderd.

De beweging van het noordelijke landhoofd in de richting van het water is aan de westelijke zijde beduidend groter dan aan de oostelijke zijde.

1.3.

Locatiebezoek 28 augustus 2012

In het rapport van Iv-Infra b.v. is aangegeven dat diverse betonschades aan de betonnen heipalen zijn waargenomen, maar dat een logisch verband tussen de waargenomen verplaatsingen en de schade ontbreekt. In het rapport wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen oude beschadigingen en recente scheurvorming. Op 28 augustus 2012 is door ABT de locatie bezocht.

Bij veel paalkoppen is geroeste wapening in combinatie met afgedrukte betonschollen (betonrot) waargenomen. De betondekking was in principe weer hersteld, zij het dat op diverse plaatsen het beton wederom is losgedrukt. Dit betreft oude schade. Bij de 2 westelijke palen onder het noordelijke landhoofd is echter nieuwe scheurvorming waargenomen.



Figuur: betonrot aan paal noordelijk landhoofd + herstel dekking



Figuur: nieuwe scheurvorming (horizontaal)



Figuur: nieuwe afgedrukte betonschil (links)

Het betreffen geprefabriceerde betonpalen 380x380mm². De schade aan de paalkoppen was bij het noordelijke landhoofd beduidend groter dan bij het zuidelijke landhoofd. Bij het zuidelijke landhoofd was ook geen nieuwe schade aangetroffen. Op basis van deze waarneming wordt geadviseerd om enkel de overall veiligheid van (onderdelen van het) het noordelijke landhoofd te bepalen.

Er is geen verbinding tussen de damwand en het noordelijke landhoofd waargenomen. De damwand aan zuidelijke en oostelijke zijde bestaat uit een Unimetal IIIS. Aan de westelijke zijde is een Krupp KIII aanwezig. De conditie van de Unimetal IIIS is goed. De conditie van de Krupp KIII is redelijk.

Op een drietal punten bij het noordelijk landhoofd is de ligging van de waterbodem gepeild. De diepteligging van de waterbodem varieert van NAP -2,85 m tot NAP -1,70 m. Er is een duidelijk verloop van de waterbodem geconstateerd, welke aan de westelijke zijde beduidend dieper is gelegen dan aan de oostelijke zijde.

De vrij ruimte tussen dek en landhoofd is aan de westzijde duidelijk kleiner dan aan de oostelijke zijde.



Figuur: waargenomen vrije ruimte

1.4.

Beschikbare tekeningen

In het gemeentelijk archief waren van de brug de volgende tekeningen aanwezig:

Nr. 3988/2 "Plattegronden, aanzichten, doorsnede en situatie"

Nr. 3988/8 "Plattegrond landhoofden en platform"

Nr. 3988/10 "Balk 1, 2, 3 en 4"

Nr. 3988/11 "Balk 5, 6 en 7"

De tekeningen zijn opgesteld door Aronsohn in 1978. De complete set tekeningen is in het archief van Aronsohn nog aanwezig.

ZIE OOK 4052	
BRUG TUSSEN TERREIN VSA EN	
ENA TE ALBLASSERDAM	3988
1	
2 PL. GROND, AANZ., DOORSN. EN SITUATIE	B 30.8.78
3 PL. GRONDEN, GEVELS EN DOORSNEDEN	C 30.10.78
4 PL. GR., DOORSN., LANDHOOFDEN EN PLATFORM	A 27.9.78
5 HEIPLAN BOTONNENPALEN EN HOUTEN	
REMMINGWERKPALEN	E 6.11.78
6 DETAILS HOUTEN REMMINGWERK	C 21.11.78
7 PL. GROND LANDHOOFDEN EN PLATFORM	A 16.10.78
8 " " " " " "	B 8.2.79
9 IN TE STORTEN VOORZ. ANKERS, L-STAAL ETC.	C 29.11.78
10 BALK 1-2-3 EN 4	A 27.11.78
11 BALK 5-6 EN 7	A 27.11.78
12 ZIJNER T.B.V. DOORVOER KABELS E.D.	
DOOR HAVEN	A 22.11.78

Figuur: tekeningenlijst archief Aronsohn

De archivaris van Aronsohn geeft aan niet in het bezit te zijn van tekeningen met de paalwapening. De palen zouden zijn geleverd door Schokindustrie. Schokindustrie heeft de tekeningen met paalwapening niet kunnen vinden in hun archief, mede doordat de aannemer die destijds de brug heeft gebouwd onbekend is.

Uit de tekeningen blijkt dat de aanwezige damwand een destijds bestaande damwand betrof. Meer informatie wordt niet verstrekt op de tekeningen.

1.5.

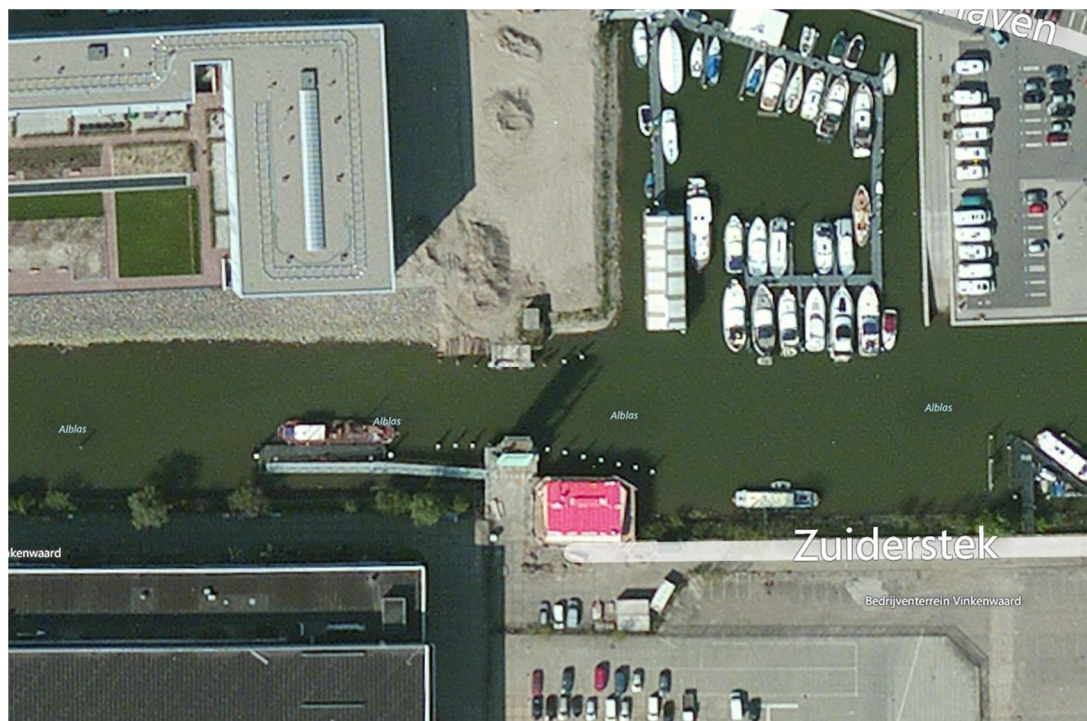
Terrein en omgeving

In het verleden was aan de noordzijde een scheepswerf aanwezig met scheepshellingen naar de Noord. De kadeconstructie langs de Alblas verkeerde echter in slechte staat. Bij de realisatie van het plan Alblasserwerf zijn de damwanden onder de waterlijn afgebrand en is de kadeconstructie vervangen door een steenbestorting.

Het terrein aan de noordzijde is opnieuw gestraat, waarbij het maaiveld (in beperkte mate) met behulp van keerwandjes is verhoogd tot aan het niveau van de brug (NAP +3,0 m).



Figuur: oude situatie



Figuur: nieuwe situatie



Figuur: nieuwe situatie ter plaatse van noordelijk landhoofd

1.6.

Bodemgesteldheid

Aan de hand van grondonderzoek dat voor de realisatie van het plan Ablasserwerf is uitgevoerd, is het volgende bodemprofiel opgesteld. Voor het relevante grondonderzoek wordt verwezen naar bijlage A.

Tabel: schematisch bodemprofiel met bijbehorende grondparameters

laag [nr.]	van / tot [NAP + m]	grondsoort	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]
1	3,0 / -0,5	zand (ophoging)	18,0 / 20,0	31,0	1
2	-0,5 / -1,5	klei, humeus	14,5 / 14,5	20,0	2
3	-1,5 / -7,5	klei, siltig	16,0 / 16,0	22,5	3
4	-7,5 / -12,0	zand, kleilenzen	18,0 / 20,0	30,0	0
5	-12,0 / -13,0	klei	17,0 / 17,0	22,5	5
6	-13,0 / -15,5	zand, kleilenzen	18,0 / 20,0	30,0	0
7	-15,5 / -16,5	klei	17,0 / 17,0	22,5	10
8	-16,5 / -25,0	zand, vast	18,5 / 20,5	32,5	0

grondwaterstand: NAP +0,0 m

2. Opbouw model en toetsing fundament noordelijke landhoofd

2.1. Algemeen

De meest kritische onderdelen van het landhoofd zijn:

- de funderingspalen, met name de optredende paalkopmomenten
- de verankering van de stalen damwand.

Om deze onderdelen te kunnen toetsen is een eindige elementenberekening uitgevoerd met Plaxis 3D. Dit model is opgesteld aan de hand van de beschikbare gegevens, zoals vermeld in hoofdstuk 1.

Ontbrekende gegevens zijn aan de hand van foto's (met name maatvoering) en engineering judgement (paalpuntniveau, damwandverankering, en dergelijke) aangevuld.

De berekening is uitgevoerd aan de hand van representatieve parameters. De berekeningsresultaten zijn derhalve eveneens representatief, dus exclusief veiligheidsfactoren.

2.2. Geprefabriceerde betonpalen, damwanden en verankering

Het paalpuntniveau van de geprefabriceerde betonpalen is onbekend. De verplaatsing van het noordelijke landhoofd lijkt niet te worden veroorzaakt door onvoldoende verticaal draagvermogen.

Aan de hand van het sondeerbeeld wordt een paalpuntniveau van NAP -17,5 m verondersteld, zodat de palen in ieder geval voldoende draagvermogen hebben.

Bij dit paalpuntniveau bedraagt de representatieve waarde van het puntdraagvermogen circa 1600 kN en het schachtdraagvermogen circa 700 kN.

De positie van de damwanden en het type damwandprofiel is bekend. De damwandlengte is echter onbekend. Omdat de damwanden reeds aanwezig waren op het moment dat het landhoofd werd gerealiseerd is ook geen informatie over de damwand aanwezig op de tekeningen van Aronsohn. Voor het plan Alblasserwerf zijn enkele magnetosonderingen uitgevoerd om de lengte van de damwanden te achterhalen. Hieruit bleek dat de damwandsectie meest dicht tegen het landhoofd waarschijnlijk met zijn teen niet in het zand staat.

Uit de inmetingen van de damwand van Iv-Infra blijkt dat de damwandplanken voornamelijk voorover hellen, dus in de richting van het water. Alleen bij het landhoofd zelf staan de planken iets achterover, mogelijk dat de vervorming iets wordt verhinderd door het landhoofd. Omdat de damwanden veelal in de richting van het water hellen wordt aangenomen dat de teen van de damwand redelijk goed wordt gefixeerd. Aan de hand van het sondeerbeeld wordt verondersteld dat de onderkant van de damwand zich op NAP -9,0 m bevindt, circa 1,0 m in de zandlaag.

Het verdient de aanbeveling om een tweetal magnetosonderingen uit te laten voeren om de damwandlengte te achterhalen (zie ook hoofdstuk 3 herstelplan).

Van het werk Alblasserwerf is bekend dat de damwanden veelal zijn verankerd door middel van ankerschermen. De diameter van de ankerstangen bedraagt 30 mm. De ankers zijn bevestigd h.o.h. 1,0 m.

De damwanden zijn ten minste 35 jaar in de grond aanwezig. Volgens tabel 9.3 van CUR 166, deel 1 bedraagt de aantasting van damwanden in zoet water (rond de waterlijn) 0,7 mm in deze periode.

Voor de aantasting aan de andere zijde (bodem) wordt dezelfde waarde aangehouden.

De totale afname in staaldikte komt dan overeen met 1,4 mm. Deze mate van aantasting komt goed overeen met de waarnemingen van het werk Alblasserwerf.

Voor de afname van de staaldikte van de ankerstangen wordt 2,0 mm aangehouden.

In onderstaande tabel zijn de eigenschappen van de damwanden en ankerstangen weergegeven.

onderdeel	h mm	b mm	e mm	a mm	W cm ³ /m'	I cm ⁴ /m'	A cm ² /m'	W _{corr} cm ³ /m'	I _{corr} cm ⁴ /m'	A _{corr} cm ² /m'
Unimetal IIIS	380	1000	14,1	10,0	2000	38000	201	1800	34200	175
Krupp KIII	240	800	10,5	9,0	1600	19200	198	1380	16640	169
stang 30 mm							7,1			5,3

h = hoogte dubbele damwandplank

b = breedte dubbele damwandplank (tevens h.o.h.-afstand ankers)

e = flensdikte

a = lijfdikte

W = weerstandsmoment per m¹ damwandplank

I = buigstijfheid per m¹ damwandplank

A = staaldoorsnede per m¹ damwandplank

corr = waarde na verrekening van corrosie (0,7 mm per zijde)

In het met Plaxis 3D opgestelde model wordt verondersteld dat de beide zijwanden onderling zijn gekoppeld. In principe is de Krupp KIII aan de westzijde het ankerscherm van de Unimetal IIIS aan de oostzijde.

De frontwand (Unimetal IIIS) is verankerd met een ankerscherm (hiervoor is een Krupp KIII aangehouden) op een onderlinge afstand van 15,0 m. Deze afstand is zodanig gekozen dat het passieve glijvlak van het ankerscherm het actieve glijvlak van de frontwand elkaar niet kruisen.

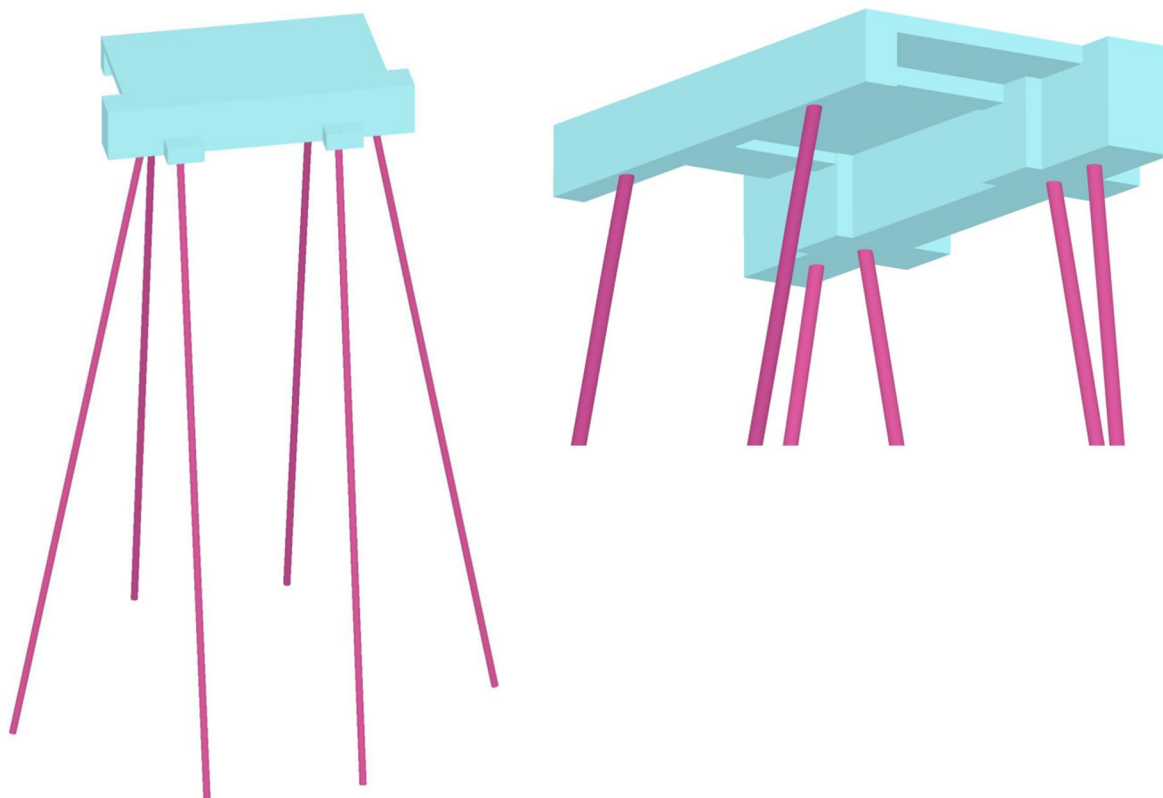
De ankerstangen bevinden zich op een niveau van NAP +1,0 m.

2.3.

Landhoofd

Aan de hand van de beschikbare tekeningen is een model gemaakt van het landhoofd. In onderstaande figuren is het model weergegeven.

Voor het beton is een E van 20.000 N/mm² aangehouden.

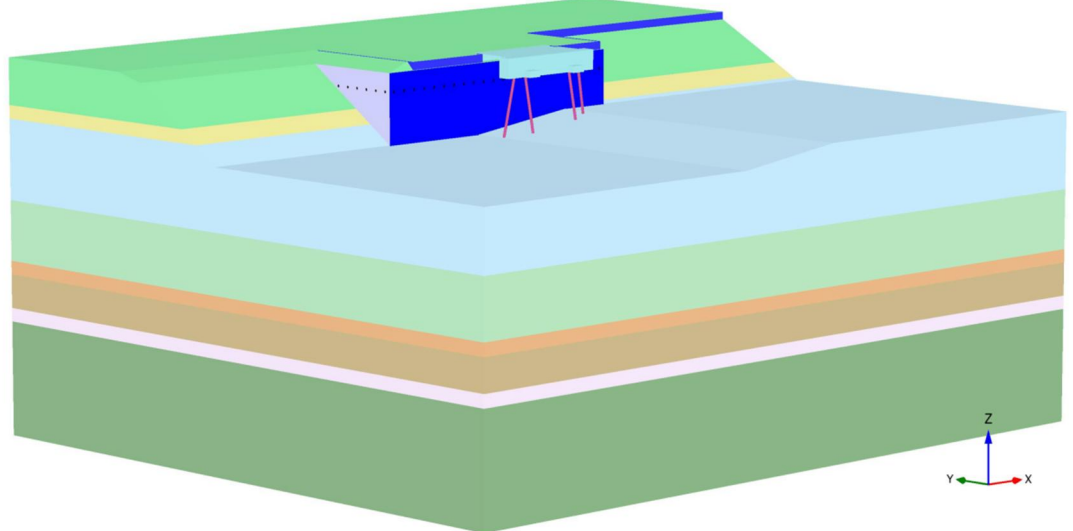


2.4.

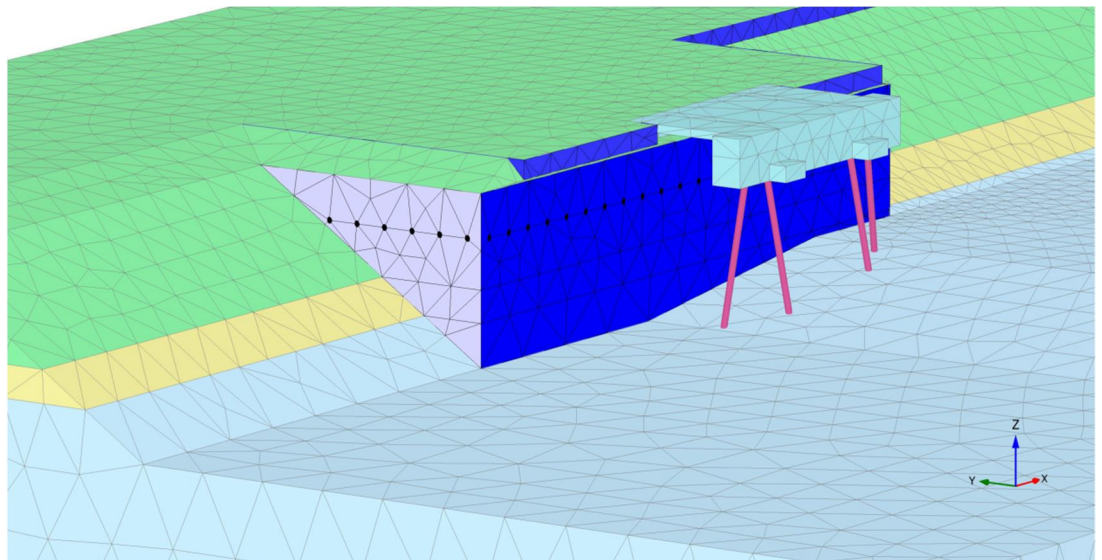
Waterbodem en omgeving

In onderstaande figuren is het verloop van de waterbodem, steenbestorting en maaiveld weergegeven. Het verloop van de waterbodem is gebaseerd op de metingen ter plaatse van het landhoofd en verloopt van NAP -2,85 m aan de westzijde tot NAP -1,70 m aan de oostzijde. Het verdere verloop van de bodem is onbekend en is in het model horizontaal aangenomen.

De taludhellingen zijn niet exact bekend, maar zijn bepaald aan de hand van de genomen foto's en zijn naar verwachting redelijk accuraat. De laag steenbestorting als materiaal zodanig is niet gemodelleerd. In het model is het natuurlijke bodemmateriaal gehanteerd.



Het maaiveldniveau is gelijk gehouden aan het niveau van het brugdek, zijnde NAP +3,0 m. De verschillen in maaiveldniveau zijn gerealiseerd met kleine L-wanden, op de locaties waar deze ook werkelijk zijn toegepast.



Voor de ondergrond is de lagenopbouw aangehouden zoals weergegeven in paragraaf 1.6. De grond is gemodelleerd met het Hardening-Soil model. Voor de gehanteerde elasticiteitsmoduli wordt verwezen naar bijlage B.

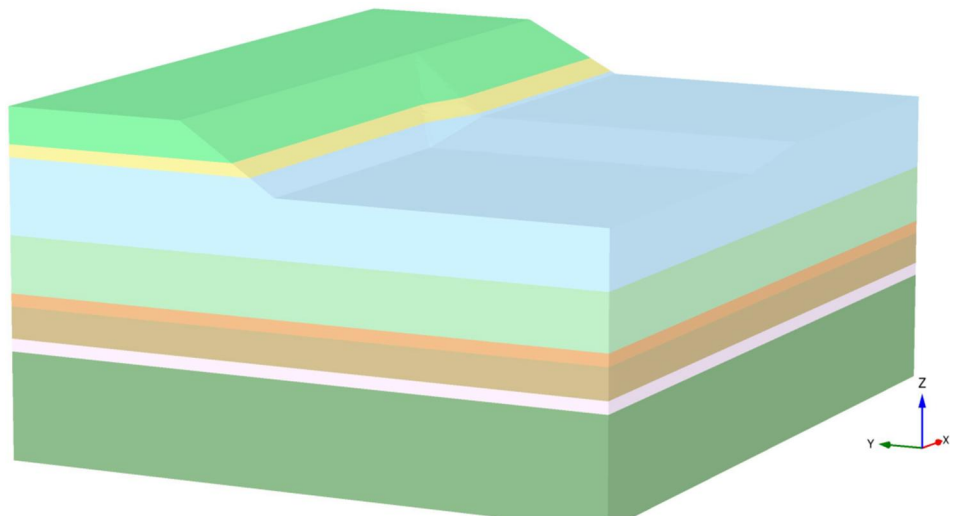
Op het maaiveld zijn geen bovenbelastingen aangebracht. Gezien de inrichting van het terrein en het feit dat het hier een fiets- en voetgangersbrug betreft, zijn ook geen significante bovenbelastingen aanwezig.

2.5.

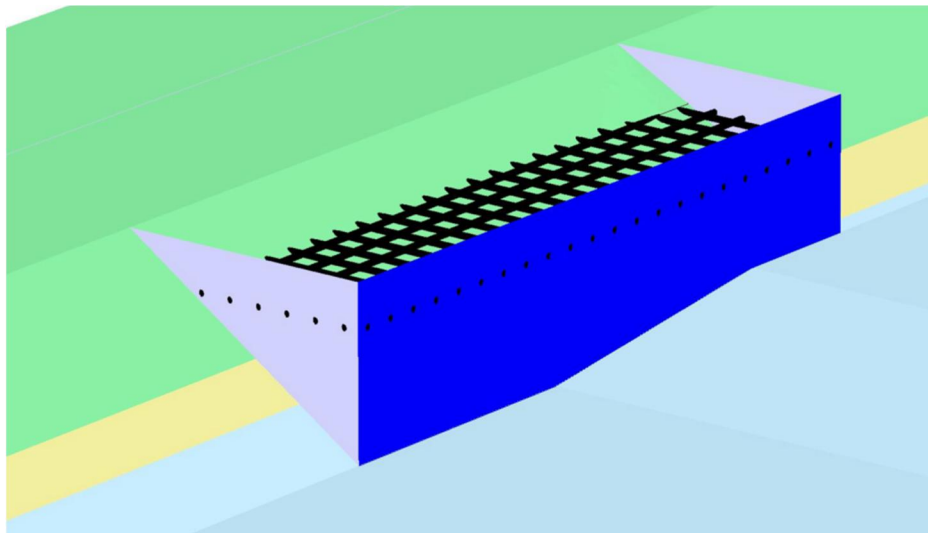
Bouwfasering

De exacte bouwfasering ter realisatie van het landhoofd plus alle aanpassingen die in de loop der jaren in de directe omgeving hebben plaatsgevonden zijn uiteraard niet in voldoende detail bekend. Om tot de huidige situatie te komen is de volgende (sterk vereenvoudigde) bouwfasering gehanteerd.

1. Oorspronkelijk situatie met enkel de Alblas (hierin wordt reeds het huidige niveau van waterbodem en taludhellingen aan weerszijden aanhouden).



2. Installatie van alle damwandschermen inclusief verankering



3. Aanvullen met grond achter damwand
4. Realiseren landhoofd
5. Inrichten huidige situatie (aanbrengen L-wanden en maaiveld naar NAP +3,0 m)

2.6.

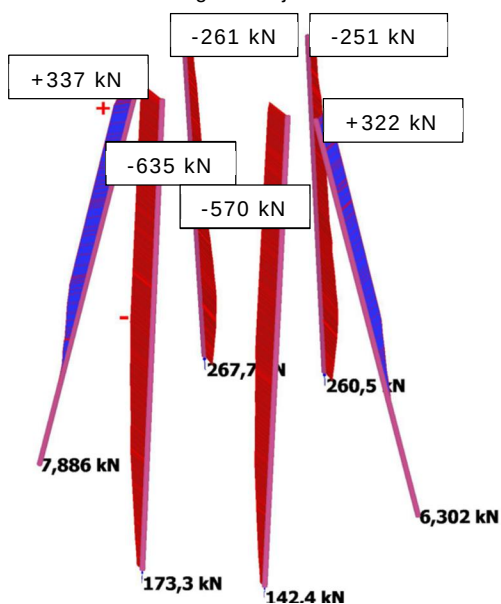
Berekeningsresultaten

Uit de berekening blijkt dat het buigende moment in de frontwand maximaal 225 kNm/m^1 bedraagt. Met een weerstandsmoment van $1800 \text{ cm}^3/\text{m}^1$ (incl. corrosie) bedraagt de staalspanning 125 N/mm^2 . De staalkwaliteit bedraagt ten minste S235, zodat een overall veiligheid op de staalspanning van circa 1,8 aanwezig zal zijn. Deze veiligheid is voldoende. Het maximale buigende moment in de westelijke zijwand (Krupp KIII) en oostelijke zijwand (Unimetal IIIS) bedraagt respectievelijk 221 kNm/m^1 en 189 kNm/m^1 . Met een weerstandsmoment

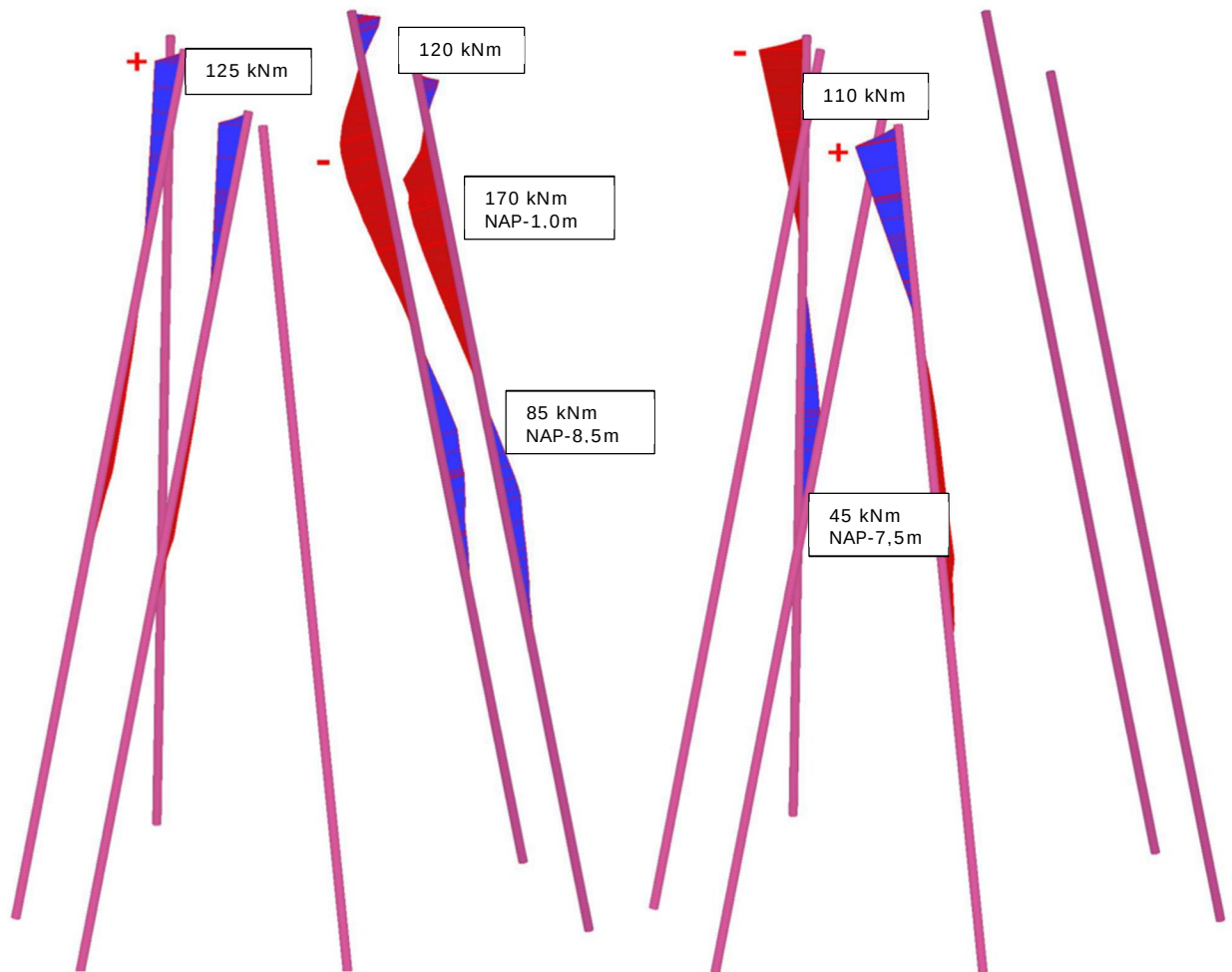
van respectievelijk $1380 \text{ cm}^3/\text{m}^1$ en $1800 \text{ cm}^3/\text{m}^1$ (incl. corrosie) bedraagt de staalspanning 160 en 105 N/mm^2 . De staalkwaliteit bedraagt ten minste S235, zodat een overall veiligheid op de staalspanning van circa 1,5 en 2,2 aanwezig zal zijn. Deze veiligheid is voldoende.

De maximale kracht in een ankerstang bedraagt 56 kN. Bij een staaldoorsnede van $5,3 \text{ cm}^2$ bedraagt de staalspanning 105 N/mm^2 . De staalkwaliteit bedraagt ten minste S235, zodat een overall veiligheid op de staalspanning van circa 2,2 aanwezig zal zijn. Deze veiligheid is voldoende.

In onderstaande figuren zijn de krachten in de funderingspalen weergegeven.



Figuur: axiale belasting in funderingspalen (- = druk, + = trek)



Figuur: momenten in funderingspalen (in beide hoofdrichtingen)

Eind jaren '70 werden de palen ontworpen als zijnde pendels. Er werd normaliter niet gerekend aan ingeklemde paalkoppen en belasting op buiging. Verondersteld mag worden dat de palen derhalve niet berekend zijn op deze momenten en dat geen zware kopwapening is aangebracht.

Voor de toetsing van de geprefabriceerde betonpalen zijn de volgens aannamen gedaan:

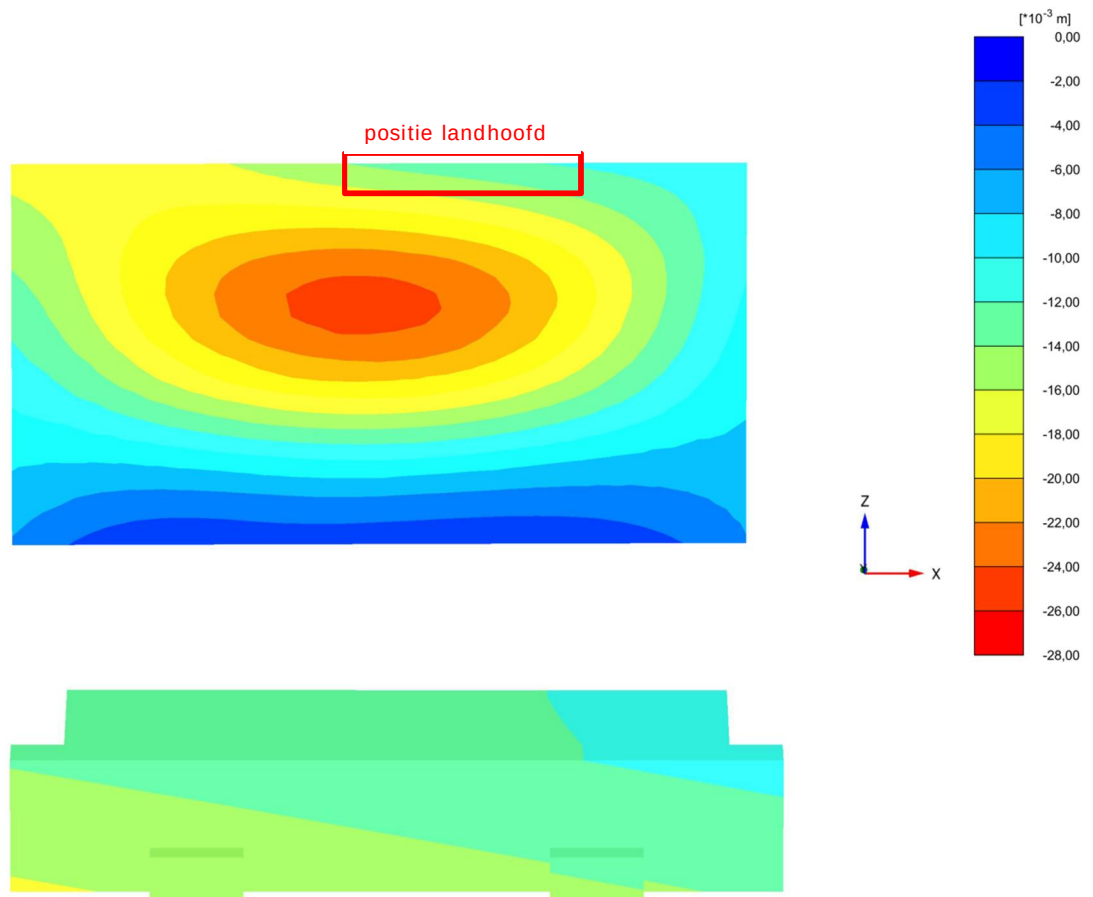
- Wapening: 8 Ø16 (1608 mm²) met staalkwaliteit FeB400
- Voorspanning: 4 N/mm²

Het maximaal opneembare kopmoment (M_u) bedraagt circa 95 kNm.

Het maximaal opneembare schachtmoment (M_u) bedraagt circa 120 kNm.

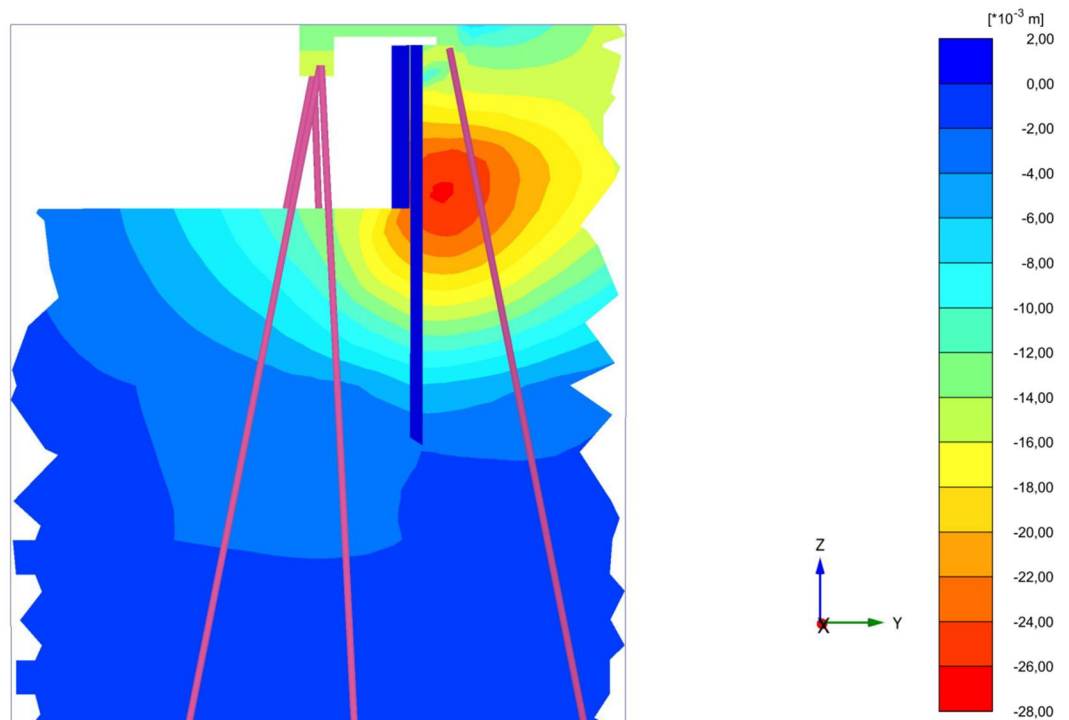
De berekende kopmomenten zijn groter dan het maximaal opneembare moment. Het staal zal derhalve vloeien en scheurvorming moet dan zichtbaar zijn. Scheurvorming is inderdaad aangetroffen. Ten gevolge van het vloeien van het wapeningsstaal zal het kopmoment wel afnemen. Ondanks enige scheurvorming zijn de palen nog steeds in staat om drukbelastingen op te nemen. Bij de palen aan de landzijde wordt niet alleen het kopmoment, maar ook het schachtmoment overschreden. Dit betekent dat niet alleen bij de paalkop, maar ook omstreeks een diepte van circa NAP -1,0 m wellicht scheurvorming in de paalschacht is opgetreden. Ook hiervoor geldt dat deze palen wel nog in staat zijn om drukbelastingen op te nemen.

In onderstaande figuur is de verplaatsing in de richting van de Alblas (Y-richting) weergegeven voor zowel de damwand als het landhoofd. Dit zijn de verplaatsingen die voortkomen uit de laatste bouwphase (ophogen maaiveld). Uit de figuur kan worden opgemaakt dat de damwand aan de westzijde meer vervormt door aan de oostzijde. Dit wordt veroorzaakt door de diepere ligging van de waterbodem aan de westzijde. De vervorming van de damwand is het grootst op een diepte van circa NAP -2,0 m (circa 0,85 m boven de waterbodem). De bovenkant van het damwandscherm vervormt van 17 mm aan de westzijde tot 11 mm aan de oostzijde.



Figuur: horizontale vervormingen (in Y-richting) van damwand (boven) en landhoofd (onder)

De vervorming van het landhoofd in de richting van de Alblas bedraagt (ter hoogte van het val) bedraagt 14 mm aan de westzijde tot 12 mm aan de oostzijde. De vervorming van het landhoofd is gelijk aan de vervorming van de damwand, ondanks dat deze niet fysiek met elkaar zijn verbonden. In de volgende figuur is dwarsdoorsnede over het landhoofd, inclusief damwandscherm weergegeven met de berekende vervormingen in y-richting ten gevolge van de laatste bouwphase (inrichting maaiveld tot huidige situatie).



Figuur: horizontale vervormingen (in Y-richting) in dwarsdoorsnede

De gemeten verplaatsing van het landhoofd in de richting van het water (niet kunnen sluiten val plus de daarna gemeten verplaatsingen) in vergelijking met de berekende verplaatsingen zijn in dezelfde orde grootte. Hieruit zou men kunnen concluderen dat de te verwachten vervormingen grotendeels zijn opgetreden.

Echter deze verplaatsing van de damwand en het landhoofd is niet alleen afhankelijk van wijzigingen op maaiveldniveau, maar is ook afhankelijk van:

- gedrag verankering (uitgangspunt is een vrij zwaar ankerscherm op 15,0 m afstand) en dat alle ankers nog functioneren
- wijzingen waterbodem (uitgangspunt is dat deze recentelijk niet is gewijzigd, maar mogelijk is het aangetroffen verschil in de ligging van de waterbodem veroorzaakt door het werk Ablasserwerf of recente baggerwerkzaamheden)

In werkelijkheid is er een groter verschil in vervorming tussen de west- en oostzijde van de frontwand gemeten, dan is berekend. Dit zou kunnen betekenen dat:

- enkele ankers aan de westzijde niet meer functioneren
- het verschil in ligging van de waterbodem recent is veroorzaakt
- de waterbodem aan de westzijde ligt dieper (geen horizontaal verloop vanaf het landhoofd)
- aan de westzijde meer grond is aangebracht om het maaiveld op het huidige niveau te krijgen dan aan de oostzijde
- het aanbrengen van stortsteen aan de westzijde meer verstoring heeft veroorzaakt dan berekend.

2.7.

Conclusie

Aan de hand van het locatiebezoek en de berekeningsresultaten kunnen enkele conclusies worden getrokken met betrekking tot de algehele veiligheid van de constructie. Aan de hand hiervan zijn uitgangspunten geformuleerd voor het herstelplan.

Bij het locatiebezoek is geconstateerd dat de paalkoppen van het noordelijk landhoofd worden aangetast door wapeningscorrosie (paalrot). Herstel van de paalkoppen op korte termijn is noodzakelijk. Het zichtbare deel van het beton van het landhoofd was in goede staat. De staat van de stalen damwand (frontwand) was redelijk.

De staat de funderingspalen van het zuidelijke landhoofd waren in een beduidend betere staat en behoeven geen herstel.

Uit de berekeningen blijkt dat de bovenkant van damwand naar verwachting 11 tot 17 mm beweegt in de richting van het water en dat het landhoofd deze beweging 1 op 1 volgt. De fundering van het landhoofd is niet in staat om veel weerstand te bieden aan deze vervorming. Ten gevolge van deze verplaatsing van damwand en landhoofd treden grote momenten in de paalkoppen op, en bij de palen aan de landzijde, ook in de paalschacht. De momenten zijn zodanig groot dat vloeien van het wapeningsstaal moet worden verwacht, waardoor scheurvorming optreedt. De momenten nemen hierdoor weer af, maar de scheurvorming leidt tot aantasting van het wapeningsstaal, en moet worden hersteld. Ondanks het mogelijke vloeien van het wapeningsstaal zullen de palen wel in staat zijn om de belastingen van het landhoofd op te nemen, mits doorgaande aantasting van de palen door betonrot wordt voorkomen. Herstel van de paalbeschadigingen is noodzakelijk.

Omdat het landhoofd de vervorming van het landhoofd 1 op 1 volgt, waarbij grote momenten in de palen ontstaan, is het van belang dat de horizontale vervormingen niet meer toenemen. De berekening met Plaxis laat zien dat de vervormingen van de damwand beperkt zijn, maar de berekeningsresultaten komen niet volledig overeen met de metingen. Uit de metingen Iv-Infra volgt dat het noordelijke landhoofd zich nog steeds verplaatst en dat met name de verplaatsing in de westzijde groter is dan hetgeen volgt uit de berekening (landhoofd roteert meer).

In deze berekening zijn enkele belangrijke aannames gedaan die in een vervolgtraject moeten worden geverifieerd, namelijk:

- bevindt de teen van de damwand zich in het zand
- functioneert de verankering nog (met name aan de westzijde, omdat hier meer verplaatsing wordt gemeten dan berekend)
- hoe is het verloop van de waterbodem

De verplaatsing van de damwand en daarmee de verplaatsing van het landhoofd kan worden gestopt door de ankers aan te spannen (en tevens te controleren of ze nog functioneren), onder voorwaarde dat de damwand met de teen in het zand.

De momenten in de damwandplanken zijn beperkt en kunnen worden opgenomen. Bij de toetsing is rekening gehouden met aantasting door corrosie. De veiligheid is voldoende.

3. Herstelplan

Het herstelplan bestaat uit drie onderdelen:

1. Bepalen van de lengte van de damwanden
2. Het verhinderen van de horizontale verplaatsing van het noordelijke landhoofd
3. Herstellen van de paalkoppen en bij de palen aan de landzijde eveneens de paalschacht

3.1. *Controleren damwandlengte*

In dit advies is ervan uitgegaan van de teen van de damwand in het zand staat. Dit uitgangspunt moet worden geverifieerd. Immers als de teen niet in het zand staat is het risico aanwezig dat de teen gaat wandelen en daardoor het landhoofd ook beweegt.

Geadviseerd wordt om een 2-tal magnetosonderingen op korte afstand van de damwand uit te voeren om de lengte te kunnen achterhalen.

Mocht uit de sonderingen blijken dat de teen van de damwand niet in het zand staat dan wordt geadviseerd om stortsteen aan te brengen tegen de damwand (in de zone tussen de damwand van het landhoofd en de aanvaarbescherming).

3.2. *Verhinderen horizontale verplaatsing noordelijke landhoofd*

De recente wijziging in maaiveldniveau en de aanpassingen aan de kadeconstructie ter plaatse van de Alblasserwerf hebben ertoe geleid er een verstoring is opgetreden in het horizontale evenwicht. Deze verstoring leidt tot een verplaatsing van damwand en landhoofd. Uiteindelijk zal een nieuw evenwicht worden gevonden. Het is echter lastig te voorspellen bij welke verplaatsing dit evenwicht wordt bereikt, omdat de mate van verstoring niet volledig bekend is (met hoeveel decimeter is het maaiveld opgehoogd, is de waterbodem recent nog gewijzigd bijvoorbeeld door uitbaggeren). Verder is bij het plan Alblasserwerf geconstateerd dat de kwaliteit van verankering slecht was. Diverse ankers bleken niet meer te functioneren. In hoofdstuk 2.2 is bij het bepalen van de ankerdoornede uitgegaan van 2 mm corrosie. Dit betreft echter niet putcorrosie of galvanische corrosie (treedt op bij verschillende staalsoorten). Als meerdere ankers zijn uitgevallen, wordt het twijfelachtig of de verankering nu en in de toekomst nog in staat is om de damwand op zijn plek te houden.

Geadviseerd wordt om alle ankers proef te belasten. Dit kan door de ankerstangen iets te verlengen en vervolgens met een vijzel proef te belasten. Uitgaande van een ankerstang met een diameter van 26 mm (incl. 2 mm corrosie) en een staalkwaliteit S235 moet een stang in staat zijn om een belasting van 125 kN op te nemen. Geadviseerd wordt om de ankers te belasten tot 80% van deze waarde, ofwel tot 100 kN. Na het testen kan het ankers worden afgelaten tot een definitieve belasting van 80 kN.

Mocht een anker bezwijken, dan kan men:

1. De ankerstang vervangen waarbij deze wordt bevestigd aan het oude ankerscherm (positie, type en staat onbekend) of aan een nieuw ankerscherm
2. Installatie van een nieuw anker (bijvoorbeeld groutanker of klapanker) met het ankerlichaam in het vaste zandpakket

Geadviseerd wordt om in overleg met een aannemer hiervoor een plan van aanpak te maken, waarbij men in staat is om relatief snel de defecte ankers te vervangen door nieuwe exemplaren. ABT kan hierbij assisteren door het plan van aanpak te toetsen aan bovenstaande aanbevelingen.

3.3. *Herstellen schade aan paalkoppen*

Aan de paalkoppen is schade in de vorm van corrosie aan de wapening geconstateerd, waarbij stukken beton (ook na herstel) worden afgedrukt. Uit de berekening blijkt dat ten gevolge van de horizontale verplaatsing een paalkopmoment optreedt dat hoger is dan de momentcapaciteit van de palen. Hierdoor ontstaat nieuwe scheurvorming en worden de uitgevoerde reparaties opnieuw afgedrukt.

Geadviseerd wordt om de paalkoppen (na het controleren van de verankering van de damwand) opnieuw te herstellen:

1. Losse betondelen verwijderen, corrosie zoveel mogelijk verwijderen
2. het aanbrengen van een stalen mof rondom de paalkoppen en de manchets verankeren in het beton (zie bijlage C)
3. ruimte tussen manchets en paal injecteren met kunsthars

Hierbij moeten ook de paalkoppen van de palen aan de landzijde worden vrij gegraven en zonodig (indien betonrot wordt geconstateerd) worden voorzien van manchetten. Als schade aan de paalkoppen bij de palen aan landzijde wordt geconstateerd, wordt geadviseerd om de paalschacht vrij te graven tot circa NAP -1,5 m om te controleren of schade aan de paalschacht aanwezig is. Bij schade dient ook hier een manchets te worden aangebracht en te worden geïnjecteerd met kunsthars.

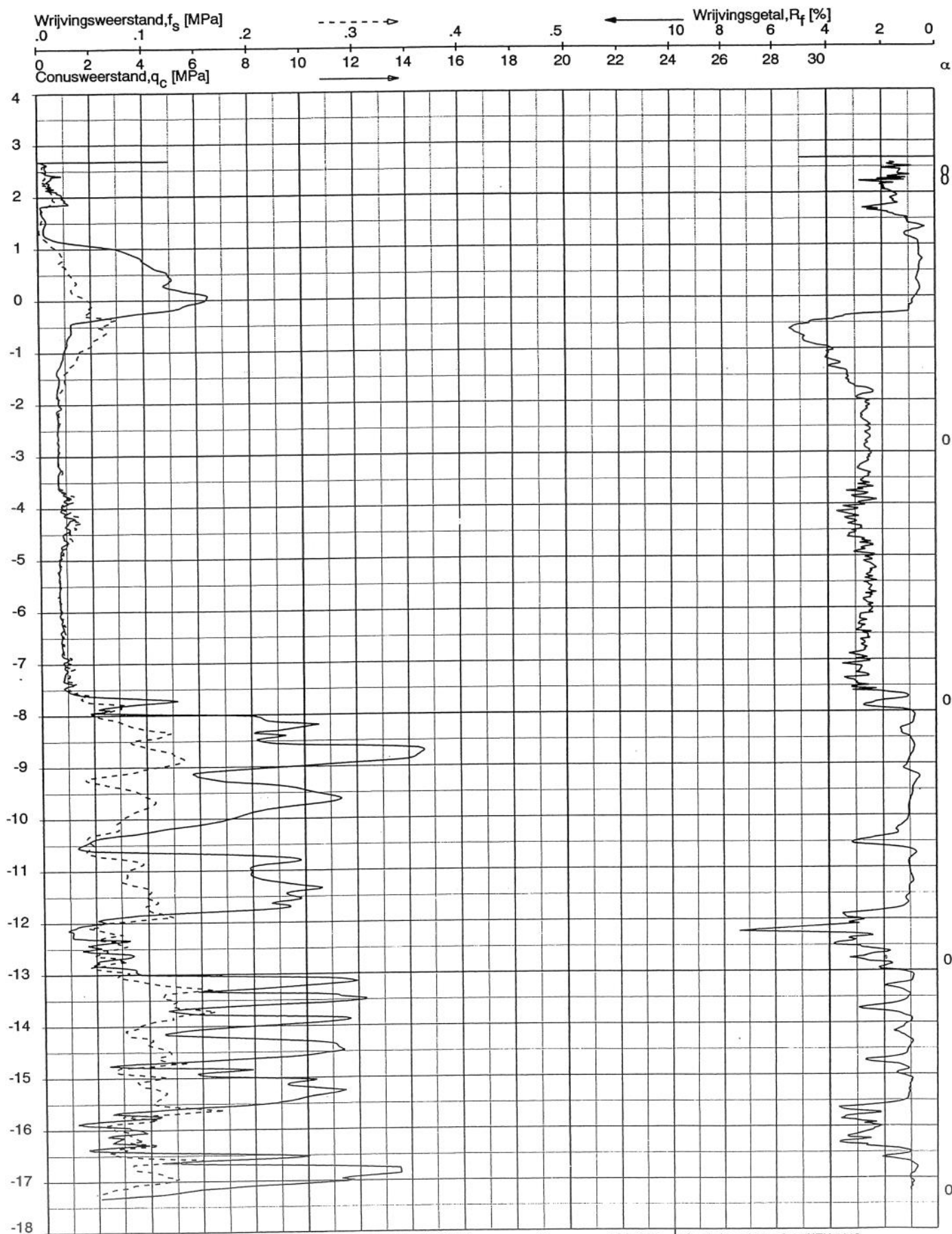
3.4.

Kostenraming

Voor het schadeherstel is een kostenraming opgesteld. De raming is opgenomen in bijlage D. Het aanbrengen van stortsteen tegen de damwand wordt vooralsnog niet nodig geacht en is in de raming niet meegenomen.

Bijlage A

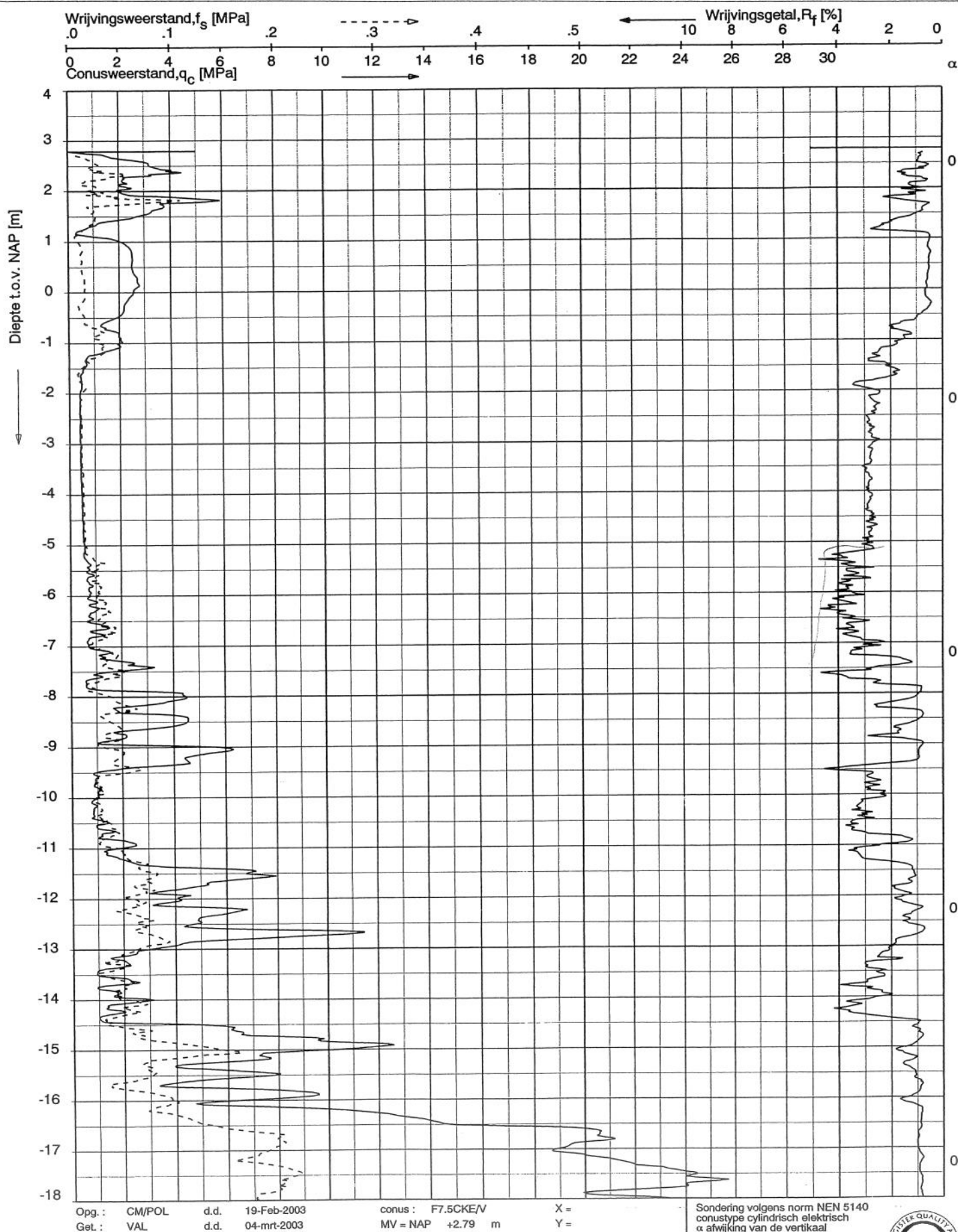
Beschikbaar grondonderzoek



Sondering volgens norm NEN 5140
conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal

Opdr. 106448000
Sond. DKM1



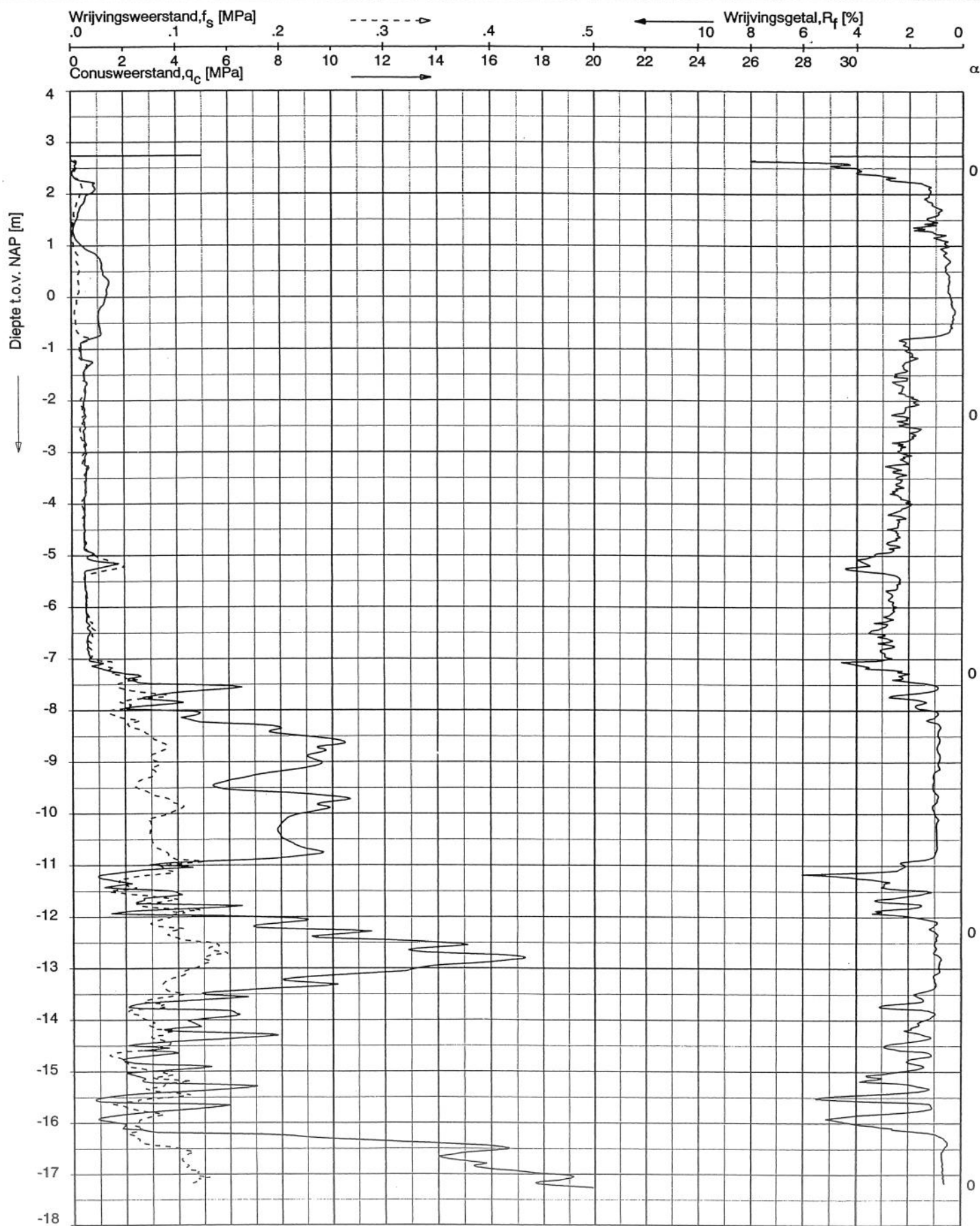


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

"DE WERVEN" AAN DE CORTGENE TE ALBLASSERDAM

Opdr. 106448000
 Sond. DKM3





Opg.: CM/POL d.d. 18-Feb-2003
Get.: VAL d.d. 04-mrt-2003

conus: F7.5CKE/V X =
MV = NAP +2.74 m Y =

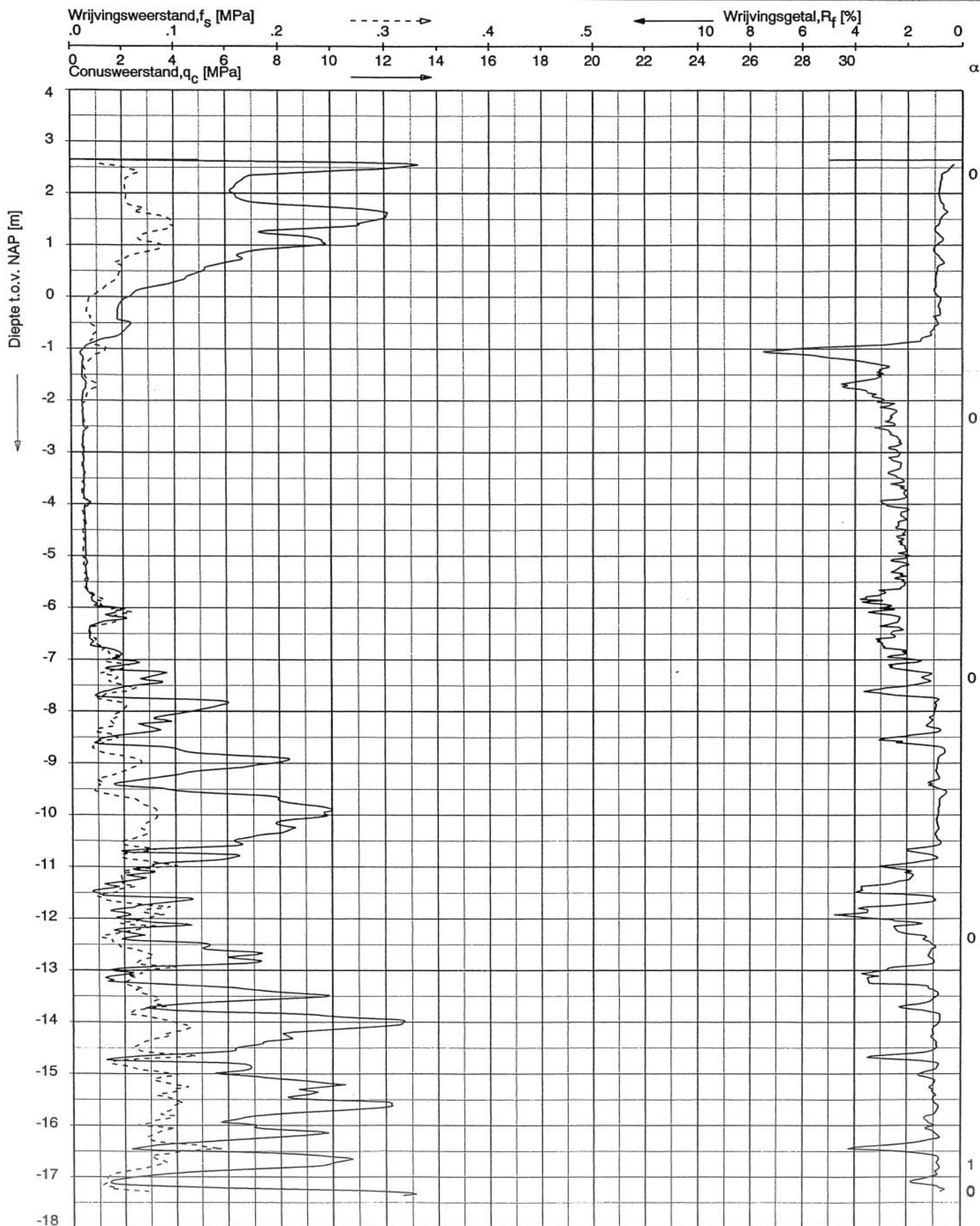
Sondering volgens norm NEN 5140
conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

"DE WERVEN" AAN DE CORTGENE TE ALBLASSERDAM

Opdr. I06448000
Sond. DKM2





Opg.: CM/POL d.d. 19-Feb-2003 conus: F7.5CKE/V X =
 Get.: VAL d.d. 04-mrt-2003 MV = NAP +2.65 m Y =

Sondering volgens norm NEN 5140
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

"DE WERVEN" AAN DE CORTGENE TE ALBLASSERDAM

Opdr. I06448000
 Sond. DKM4



Bijlage B

Parameters Plaxis model

Project description	: Ophaalbrug Alblasserdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Alblasserdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 1

Material set				
Identification number	2	3	4	5
Identification	1 Zand (ophoging)	2 Klei, humeus	3 Klei, siltig	4 Zand
Material model	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour	RGB 134, 234, 162	RGB 236, 232, 156	RGB 195, 229, 249	RGB 182, 226, 190
Comments				
General properties				
γ_{unsat}	18,00	14,50	16,00	18,00
γ_{sat}	20,00	14,50	16,00	20,00

Project description	: Ophaalbrug Ablasserdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Ablasserdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 2

Identification	1 Zand (ophoging)	2 Klei, humeus	3 Klei, siltig	4 Zand
Advanced				
Void ratio				
Dilatancy cut-off	No	No	No	No
e_{init}	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
e_{min}	0,000	0,000	0,000	0,000
e_{max}	999,0	999,0	999,0	999,0
Damping				
Rayleigh α	0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh β	0,000	0,000	0,000	0,000
Stiffness				
E_{50}^{ref}	75,66E3 kN/m ²	3000	5031	25,00E3
E_{oed}^{ref}	60,53E3 kN/m ²	2000	4025	20,00E3
E_{ur}^{ref}	159,2E3 kN/m ²	9000	15,09E3	77,63E3
power (m)	1,000	0,8000	1,000	1,000

Project description	: Ophaalbrug Alblasserdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Alblasserdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 3

Identification	1 Zand (ophoging)	2 Klei, humeus	3 Klei, siltig	4 Zand
Alternatives				
Use alternatives	No	No	No	No
C_c	5,700E-3	0,2013	0,1000	0,01725
C_s	1,950E-3	0,04025	0,02400	4,000E-3
e_{init}	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
Strength				
C_{ref}	KN/m^2 1,000	3,000	2,000	0,1000
φ (phi)	$^\circ$ 31,00	20,00	22,50	30,00
ψ (psi)	$^\circ$ 1,000	0,000	0,000	0,000

Project description	: Ophaalbrug Alblasserdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Alblasserdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 4

Identification	1 Zand (ophoging)	2 Klei, humeus	3 Klei, siltig	4 Zand
Advanced				
Set to default values	Yes	Yes	Yes	Yes
Stiffness				
v_{ur}	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
p_{ref}	kN/m^2	100,0	100,0	100,0
K_0^{nc}	0,4850	0,6580	0,6173	0,5000
Strength				
c_{inc}	$\text{kN/m}^2/\text{m}$	0,000	0,000	0,000
z_{ref}	m	0,000	0,000	0,000
R_f	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Tension cut-off	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m^2	0,000	0,000	0,000
Strength				
Strength	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
R_{inter}	1,000	1,000	1,000	1,000
Real interface thickness				
δ_{inter}	0,000	0,000	0,000	0,000

Project description	: Ophaalbrug Alblasterdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Alblasterdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 5

Identification	1 Zand (ophoging)	2 Klei, humeus	3 Klei, siltig	4 Zand
K0 settings				
K ₀ determination	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
K _{0,x} = K _{0,y}	Yes	Yes	Yes	Yes
K _{0,x}	0,4850	0,6580	0,6173	0,5000
K _{0,y}	0,4850	0,6580	0,6173	0,5000
Overconsolidation				
OCR	1,000	1,000	1,000	1,000
POP	0,000	0,000	0,000	0,000
Parameters				
k _x	0,000	0,000	0,000	0,000
k _y	0,000	0,000	0,000	0,000
k _z	0,000	0,000	0,000	0,000
e _{init}	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
Change of permeability				
c _k	1,000E15	1,000E15	1,000E15	1,000E15

Project description	: Ophaalbrug Ablasserdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Ablasserdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 6

Material set				
Identification number	6	7	8	9
Identification	5 Klei	6 Zand	7 Klei	8 Zand, vast
Material model	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour	RGB 230, 181, 132	RGB 200, 182, 137	RGB 241, 228, 246	RGB 136, 178, 133
Comments				
General properties				
γ_{unsat}	kN/m ³	18,00	17,00	18,50
γ_{sat}	kN/m ³	20,00	17,00	20,50

Project description	: Ophaalbrug Alblasserdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Alblasserdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 7

Identification	5 Klei	6 Zand	7 Klei	8 Zand, vast
Advanced				
Void ratio				
Dilatancy cut-off	No	No	No	No
e_{init}	0,7000	0,5000	0,7000	0,5000
e_{min}	0,000	0,000	0,000	0,000
e_{max}	999,0	999,0	999,0	999,0
Damping				
Rayleigh α	0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh β	0,000	0,000	0,000	0,000
Stiffness				
E_{50}^{ref}	6982	25,00E3	6982	75,66E3
E_{oed}^{ref}	5586	20,00E3	5586	60,53E3
E_{ur}^{ref}	20,70E3	77,63E3	20,70E3	238,8E3
power (m)	1,000	1,000	1,000	1,000

Project description	: Ophaalbrug Alblasserdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Alblasserdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 8

Identification	5 Klei	6 Zand	7 Klei	8 Zand, vast
Alternatives				
Use alternatives	No	No	No	No
C_c	0,07000	0,01725	0,07000	5,700E-3
C_s	0,01700	4,000E-3	0,01700	1,300E-3
e_{init}	0,7000	0,5000	0,7000	0,5000
Strength				
C_{ref}	KN/m^2 5,000	0,1000	10,00	0,1000
φ (phi)	$^\circ$ 22,50	30,00	22,50	32,50
ψ (psi)	$^\circ$ 0,000	0,000	0,000	2,500

Project description	: Ophaalbrug Alblaserdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Alblaserdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 9

Identification	5 Klei	6 Zand	7 Klei	8 Zand, vast
Advanced				
Set to default values	Yes	Yes	Yes	Yes
Stiffness				
v_{ur}	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
p_{ref}	100,0	100,0	100,0	100,0
K_0^{nc}	0,6173	0,5000	0,6173	0,4627
Strength				
c_{inc}	0,000	0,000	0,000	0,000
z_{ref}	0,000	0,000	0,000	0,000
R_f	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Tension cut-off	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	0,000	0,000	0,000	0,000
Strength				
Strength	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
R_{inter}	1,000	1,000	1,000	1,000
Real interface thickness				
δ_{inter}	0,000	0,000	0,000	0,000

Project description	: Ophaalbrug Alblasserdam	Output Version 2012.0.8698.7564
User name	: ABT bv	
Project filename	: Ophaalbrug Alblasserdam	Date : 22-10-2012
Output	: Materials	Page : 10

Identification	5 Klei	6 Zand	7 Klei	8 Zand, vast
K0 settings				
K ₀ determination	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
K _{0,x} = K _{0,y}	Yes	Yes	Yes	Yes
K _{0,x}	0,6173	0,5000	0,6173	0,4627
K _{0,y}	0,6173	0,5000	0,6173	0,4627
Overconsolidation				
OCR	1,000	1,000	1,000	1,000
POP	0,000	0,000	0,000	0,000
Parameters				
k _x	0,000	0,000	0,000	0,000
k _y	0,000	0,000	0,000	0,000
k _z	0,000	0,000	0,000	0,000
e _{init}	0,7000	0,5000	0,7000	0,5000
Change of permeability				
c _k	1,000E15	1,000E15	1,000E15	1,000E15

Material set	
Identification number	1
Identification	Beton
Material model	Mohr-Coulomb
Drainage type	Non-porous
Colour	RGB 161, 226, 232
Comments	
General properties	
γ_{unsat}	kN/m ³ 24,00
γ_{sat}	kN/m ³ 24,00

Project description : Ophaalbrug Alblaserdam
 User name : ABT bv
 Project filename : Ophaalbrug Alblaserdam
 Output : Materials

Output Version 2012.0.8698.7564

Date : 22-10-2012
 Page : 2

Identification	Beton	
Advanced		
Void ratio		
Dilatancy cut-off	No	
e_{init}		0,5000
e_{min}		0,000
e_{max}		999,0
Damping		
Rayleigh α		0,000
Rayleigh β		0,000
Stiffness		
E	kN/m ²	20,00E6
ν (nu)		0,1500
Alternatives		
G	kN/m ²	8,696E6
E_{oed}	kN/m ²	21,12E6

Identification	Beton
Strength	
c_{ref}	kN/m ² 15,00E3
φ (phi)	° 0,000
ψ (psi)	° 0,000
Velocities	
V_s	m/s 1884
V_p	m/s 2937

Project description : Ophaalbrug Alblasserdam
 User name : ABT bv
 Project filename : Ophaalbrug Alblasserdam
 Output : Materials

Output Version 2012.0.8698.7564

Date : 22-10-2012
 Page : 4

Identification	Beton
Advanced	
Set to default values	No
Stiffness	
E_{inc}	$\text{kN/m}^2/\text{m}$ 0,000
Z_{ref}	m 0,000
Strength	
c_{inc}	$\text{kN/m}^2/\text{m}$ 0,000
Z_{ref}	m 0,000
Tension cut-off	Yes
Tensile strength	kN/m^2 15,00E3
Strength	
Strength	Rigid
R_{inter}	1,000
Real interface thickness	
δ_{inter}	0,000

Project description : Ophaalbrug Alblasserdam
 User name : ABT bv
 Project filename : Ophaalbrug Alblasserdam
 Output : Materials

Output Version 2012.0.8698.7564

Date : 22-10-2012
 Page : 5

Identification	Beton
K0 settings	
K ₀ determination	Automatic
K _{0,x} = K _{0,y}	Yes
K _{0,x}	1,000
K _{0,y}	1,000
Parameters	
k _x	m/day 0,000
k _y	m/day 0,000
k _z	m/day 0,000
e _{init}	0,5000
Change of permeability	
c _k	1,000E15

Project description : Ophaalbrug Alblasserdam
 User name : ABT bv
 Project filename : Ophaalbrug Alblasserdam
 Output : Materials

Output Version 2012.0.8698.7564

Date : 22-10-2012
 Page : 1

Material set		1	2	3	4
Identification number					
Identification		Unimetal IIIS	Krupp KIII	Keermuur wand	Keermuur voet
Comments		corrosie 2 x 0,7 mm	corrosie 2 x 0,7 mm		
Colour		RGB 0, 0, 255	RGB 204, 204, 245	RGB 53, 53, 255	RGB 37, 86, 254
Properties					
d	m	0,3800	0,2400	0,08000	0,1200
γ	kN/m ³	3,615	5,528	24,00	24,00
Linear		Yes	Yes	Yes	Yes
Isotropic		No	No	Yes	Yes
E ₁	kN/m ²	15,71E6	30,33E6	20,00E6	20,00E6
E ₂	kN/m ²	785,3E3	1,517E6	20,00E6	20,00E6
ν_{12}		0,000	0,000	0,1500	0,1500
G ₁₂	kN/m ²	785,3E3	1,517E6	8,696E6	8,696E6
G ₁₃	kN/m ²	1,612E6	2,465E6	8,696E6	8,696E6
G ₂₃	kN/m ²	483,6E3	739,4E3	8,696E6	8,696E6
Rayleigh α		0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh β		0,000	0,000	0,000	0,000

Project description

: Ophaalbrug Alblasserdam

User name

: ABT bv

Project filename

: Ophaalbrug Alblasserdam

Output

: Materials

Output Version 2012.0.8698.7564

Date : 22-10-2012

Page : 1

Material set	
Identification number	1
Identification	Ankerstang
Comments	
Colour	RGB 0, 0, 0
Material type	Elastoplastic
Properties	
EA	kN 111,5E3
F _{max,tens}	kN 265,0
F _{max,comp}	kN 265,0

Project description : Ophaalbrug Alblaserdam
 User name : ABT bv
 Project filename : Ophaalbrug Alblaserdam
 Output : Materials

Output Version 2012.0.8698.7564

Date : 22-10-2012
 Page : 1

Material set	
Identification number	1 2
Identification	Prefab 380x380 voorkant Prefab 380x380 achterzijde
Comments	
Colour	RGB 199, 82, 143 RGB 179, 72, 133
Properties	
E	kN/m ² 15,00E6 15,00E6
γ	kN/m ³ 24,00 24,00
Pile type	Predefined Predefined
Predefined pile type	Massive square pile Massive square pile
Width	m 0,3800 0,3800
A	m ² 0,1444 0,1444
I ₃	m ⁴ 1,738E-3 1,738E-3
I ₂	m ⁴ 1,738E-3 1,738E-3
Rayleigh α	0,000 0,000
Rayleigh β	0,000 0,000

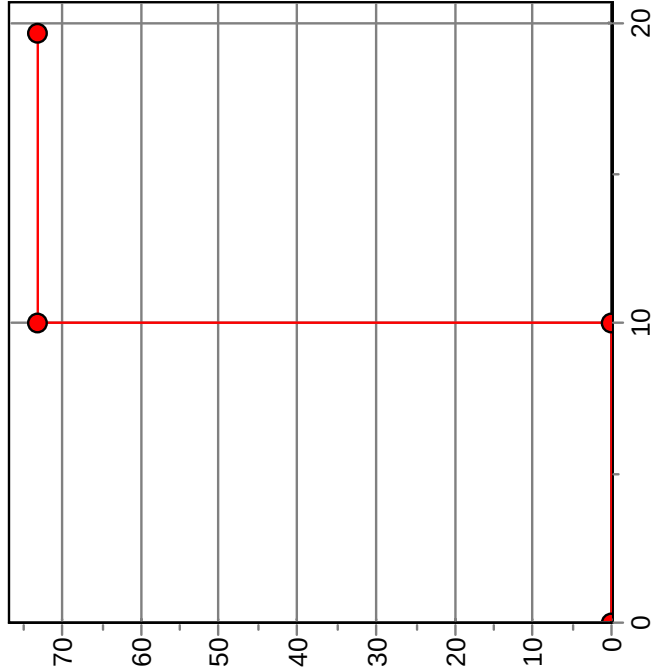
Identification	Prefab 380x380 voorkant	Prefab 380x380 achterzijde
Skin resistance		
Skin resistance	Multi-linear	Multi-linear
T _{top, max}	kN/m0,000	0,000
T _{bot, max}	kN/m0,000	0,000
T _{max}	kN/m0,000	0,000
Base resistance		
F _{max}	kN1600	1600

Project description : Ophaalbrug Ablasserdam
User name : ABT bv
Project filename : Ophaalbrug Ablasserdam
Output : Materials

Output Version 2012.0.8698.7564

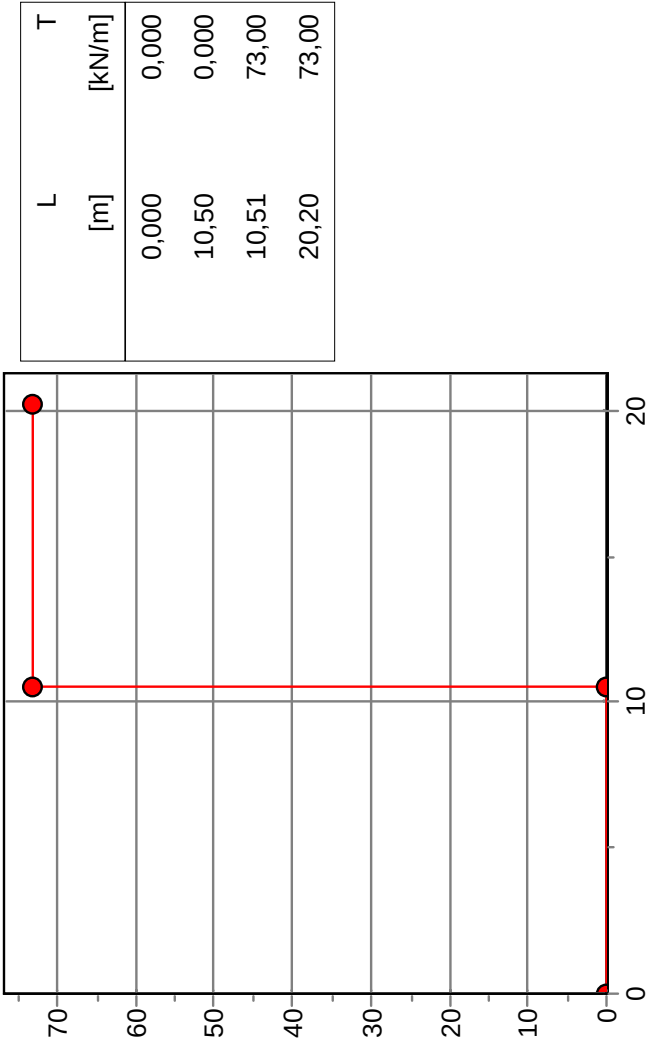
Date : 22-10-2012
Page : 3

Prefab 380x380 voorkant: Multi-linear skin resistance



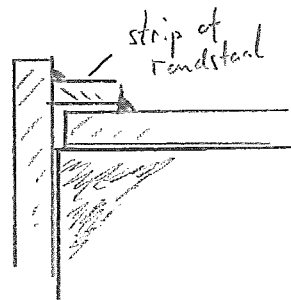
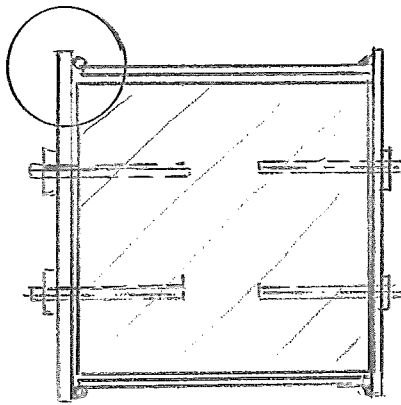
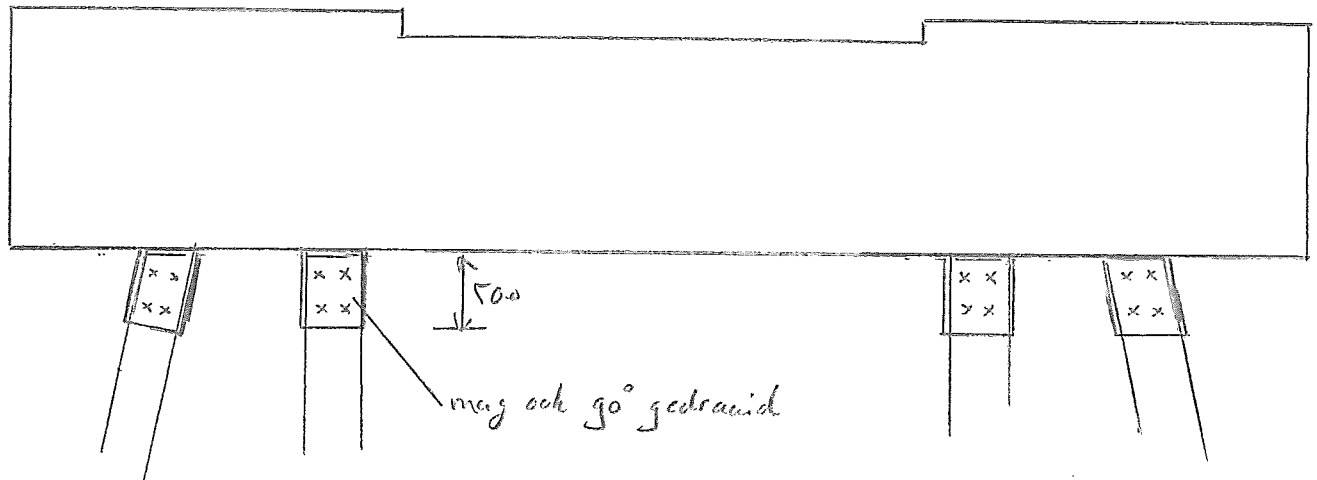
L	T
[m]	[kN/m]
0,000	0,000
9,990	0,000
10,00	73,00
19,69	73,00

Prefab 380x380 achterzijde: Multi-linear skin resistance

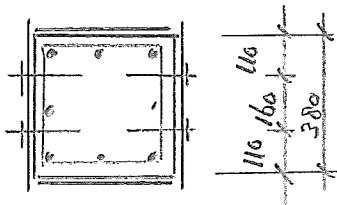


Bijlage C

Herstel paalkoppen



Paalkoppen repesceren en
voorzien van stalen mof



2 x 4 M16, 150 mm in boren + verlengen
ext. door en door boren.