



OMEGAM



**AANVULLEND ANKERSYSTEEM
EMK-TERREIN
te Krimpen a/d IJssel**

RAPPORT

Project: (12)10.905

Projectleider : ir. H.E.M. Temmink
Opgesteld door : H.H. Gutter M.Sc.
Opdrachtgever : Stichting Nazorg Afvalverwijderingsinrichtingen
en aanverwante locaties
Datum : 29 mei 1997

INHOUDSOPGAVE

		1
1.	INLEIDING	1
2.	BENADERING	1
2.1.	Algemeen	1
2.2.	Grondprofiel en grondeigenschappen	2
2.3.	Bestaande ankers	2
2.4.	Nieuwe ankers	3
2.5.	Rekenfasering	4
3.	REKENRESULTATEN	5
4.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	10
5.	KOSTENRAMING AANVULLEND ANKERSYSTEEM	11
6.	BIJLAGE	12

1. INLEIDING

Het ernstig verontreinigde voormalige EMK-terrein, gelegen ten zuiden van de kruising van de Hollandse IJssel en de Sliksloot te Krimpen a/d IJssel, is in de periode 1988 - 1990 gesaneerd. Deze IBC-sanering is uitgevoerd met behulp van stalen damwandschermen, cementbentoniet-schermen en een asfaltverharding aan de bovenzijde. De schermen reiken tot een niveau van circa NAP - 24 m, dat wil zeggen tot in een slecht waterdoorlatende kleilaag. In de loop van de tijd is een overbelasting van met name de stalen damwandschermen geconstateerd als gevolg van het binnendringen van water in dit systeem.

De Provincie Zuid-Holland heeft na overleg met de Stichting Nazorg Afvalverwijderingsinrichtingen en aanverwante lokaties (SNA) besloten OMEGAM-Geotechniek een onderzoek te laten uitvoeren ter beoordeling van de sterkte en stabiliteit van de constructies (OMEGAM rapport (12)10.692 Doc.1, "Grondmechanisch onderzoek EMK-terrein", februari 1997.)

Uit het onderzoek kwam onder andere naar voren dat (volgens de methodiek zoals geschetst in de CUR publicatie 166) voor het maatgevende gebied de constructie niet voldoende veiligheid heeft met betrekking tot het veldmoment in de hoofdamwand, met betrekking tot de kracht in de ankerstangen, en met betrekking tot de stabiliteit zoals bepaald met de methode Kranz.

Dit 'tekort' aan veiligheid manifesteert zich met name wanneer de grondwaterstand binnen de constructie stijgt tot waarden boven ongeveer NAP + 1,5 m, hetgeen in het verleden ook is gebeurd. (In het genoemde onderzoek is een waarschuwingspeil en een alarmpeil van respectievelijk NAP + 1,5 m en NAP + 2,0 m gesteld.) In het rapport werd aanbevolen om de reeds geruime tijd functionerende bronnering in stand te houden om te voorkomen dat de grondwaterstand tot boven dit niveau van NAP + 1,5 m stijgt.

Daarnaast zal een aanvullend ankersysteem extra veiligheid bieden (met betrekking tot de standzekerheid van de stalen damwandschermen), aangezien blijkt dat het moeilijk is om de grondwaterstand beneden een niveau van ongeveer NAP + 1,0 m af te malen c.q. te onderhouden, en aangezien het bronneringssysteem in principe niet onfeilbaar is.

SNA heeft derhalve OMEGAM verzocht een aanvullende ankersysteem te dimensioneren. In het onderhavige rapport zijn de uitgangspunten alsmede de rekenresultaten ten behoeve van dit aanvullende systeem weergegeven. In het laatste hoofdstuk is de kostenraming van het aanvullende ankersysteem, zoals uitgevoerd door het Ingenieursbureau Amsterdam, weergegeven.

2. BENADERING

2.1. Algemeen

Er is uitgegaan van schroefinjectieankers, dit vanwege technische en financiële overwegingen. Ook komt er bij het inbrengen van de schroefankers relatief weinig grond vrij (in de orde van 2 m³/ 180 ankers).

De dimensionering is uitgevoerd voor de noordelijke hoek van het terrein langs de Sliksloot (het maatgevende gebied), waarbij een onderwaterberm aanwezig is.

De damwanden zijn door middel van trekstangen, die aangrijpen op een diepte van NAP + 2,0 m, verankerd aan het ankerscherm dat op ongeveer 20 m achter de damwand is gesitueerd.

Er is aangenomen dat de ankers op de damwand aangrijpen op een (praktisch) niveau van NAP + 1,0 m. Dit in verband met enerzijds de uitvoering (de fluctuerende waterstand), en anderzijds de wens om de ankers lager te laten aangrijpen dan de bestaande verankering, een en ander in verband met de resulterende

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu <i>AB</i>	Rapport	(12)10.905/V02
P.l./Te <i>lvt</i>	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.1 van 12

momenten-reductie (bij maatgevende omstandigheden) in de hoofdamwand. Er is gerekend met een effectieve buitenwaterstand van NAP - 1,0 m.

De dimensionering heeft plaatsgevonden met behulp van de methodiek, zoals beschreven in de CUR publicatie 166, met dien verstande dat de huidige situatie is bepaald met representatieve waarden voor de relevante grondparameters en met het huidige ankersysteem.

Vervolgens is het aanvullende ankersysteem berekend met grondparameters waarbij partiële veiligheidsfactoren zijn gehanteerd. Hierbij is een reële (rekentechnische) inschatting gedaan van de samenwerking van de twee ankersystemen. Gestreefd is naar een dimensionering waarmee de constructie aan alle gestelde veiligheidsdoelstellingen voldoet bij een maximale grondwaterstand van NAP + 4,0 m.

In overleg met de opdrachtgever is er uitgegaan van klasse II en van de grondparameters zoals die bepaald zijn bij 2% rek. Geen bovenbelasting is in de berekening aangehouden. De verdere uitgangspunten voor zover van toepassing zijn weergegeven in figuur 6.3 van het eerder genoemde rapport.

2.2. Grondprofiel en grondeigenschappen

Het aangehouden grondprofiel is weergegeven in de tabel van bijlage (12)10.692 Doc.160, pagina 3 van het eerder genoemde rapport en is eveneens als bijlage toegevoegd aan dit rapport. In deze bijlage zijn de parameters weergegeven voor boor- en sondeerlocatie 403. Deze locatie is maatgevend gebleken op basis van het voorgaande onderzoek.

Uit het onderzoek is voorts gebleken dat in alle rekenfasen de berekening met lage beddingsconstanten in plaats van hoge beddingsconstanten maatgevend is voor het momentenverloop alsmede voor de ankerkrachten. In het voorgaande onderzoek is een partiële factor van 1,5 toegepast voor alle toetsingsfasen (in plaats van 1,3 zoals in CUR 166 aangegeven) voor de berekening met lage beddingsconstanten, dit in verband met de extra onzekerheid met betrekking tot het effect van de cement-bentoniet palen. In de onderhavige berekeningen zijn de aangehouden lage representatieve waarden van de beddingsconstanten weergegeven in genoemde tabel verkregen door deling met een factor 1,15 (=1,5/1,3; de beddingsconstanten "laag" in de genoemde tabel is nog niet aangepast voor het effect van de cement-bentoniet palen), voor de representatieve toestand. Voor de toetsingsfase zijn de beddingsconstanten "laag" (weergegeven in genoemde tabel) gedeeld door 1,5.

2.3. Bestaande ankers

Indien een aanvullend ankersysteem is aangebracht zullen zowel het oude systeem als het nieuwe systeem krachten kunnen opnemen. Echter, het oude systeem zal zich gedragen als een slappe veer terwijl het nieuwe systeem als een stijve veer zal reageren. (De bestaande ankers in het voorgaande onderzoek zijn "slap" ingevoerd om rekening te houden met de bestaande situatie van de damwand, dat wil zeggen circa 0,20 à 0,25 m horizontale verplaatsing aan de bovenkant van de damwand. Hierbij is een pseudo-ankerlengte van 150 m in de berekening ingevoerd om deze verplaatsingen te simuleren.)

Aangezien de bestaande ankers in de huidige situatie daadwerkelijk ankerkrachten opleveren lijkt het redelijk deze te betrekken bij de nieuwe opstelling.

Een drietal mechanismen dienen te worden gecontroleerd bij het bepalen van de maximale trekkracht, (zie het eerder genoemde rapport):

- de maximale trekkracht in de ankerstangen,
- de maximale uittrekkracht van de ankerschermen,
- de Kranz-stabiliteit.

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu <i>AB</i>	Rapport	(12)10.905/V02
P.I./Te <i>AT</i>	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.2 van 12

Uit het eerder uitgevoerde onderzoek blijkt dat de Kranz-stabiliteit maatgevend is ten aanzien van de maximale opleverbare ankerkracht.

Teneinde rekening te houden met de maximale opleverbare ankerkracht uit oogpunt van een Kranz-beschouwing (bij een grondwaterstand van NAP + 4,0 m) zijn na de opbouwfase tot aan de huidige toestand (grondwaterstand NAP + 1,0 m) de bestaande ankers vervangen door een horizontale kracht op de damwand aangrijpend op een niveau van NAP + 2,0 m.

Hierbij is een maximale kracht van 160 kN/m¹ verondersteld, de representatieve maximale trekkracht bij een grondwaterstand van NAP + 4,0 m op basis van een Kranz-berekening (in bijlage 10.692 Doc.174 van het genoemde rapport). Deze maximale kracht is geldig voor het grondprofiel ter plaatse van boring 403 zonder onderwaterberm. In verband met de aanwezige onderwaterberm is arbitrair de waarde van 160 kN/m¹ verhoogd met 10%. (Deze orde van grootte van de ankerkrachten komen redelijk overeen met die welke met het eindige elementen computermodel PLAXIS zijn berekend, uitgaande van verwachtingswaarden van de grondparameters. Indien karakteristieke waarden zouden worden aangehouden in het model is het waarschijnlijk dat er grotere ankerkrachten zullen worden berekend, echter de verplaatsingen zullen aanzienlijk zijn toegenomen. Indien dan de resulterende ankerkrachten zouden worden bepaald bij de feitelijke opgetreden verplaatsingen is het aannemelijk dat de ankerkrachten weinig hoger zullen zijn de genoemde waarde van 160 kN/m¹.)

Derhalve is in de huidige berekening rekening gehouden met de maximale trekkracht van 176 kN/m¹ in de toekomstige maatgevende fase (deze trekkracht bevindt zich ruim onder de vloeikracht van het anker en de uittrekkrachten van de ankerschermen). In de toetsingsfase is deze trekkracht gedeeld door een factor 1,2 om de onzekerheid van deze kracht tot uiting te brengen.

Andere beschouwingen (op basis van de Kranz-stabiliteit) aangaande de maximale opleverbare trekkracht kunnen mogelijk hogere krachten opleveren. Op basis van 'engineering judgement' wordt deze maximale trekkracht als een verantwoorde keuze beschouwd en wordt een hogere waarde onverstandig geacht, dit mede omdat het eerder genoemde EMK-onderzoek heeft plaatsgevonden in hoofdzaak juist naar aanleiding van onvoldoende stabiliteit van het bestaande ankersysteem.

In paragraaf 2.5 is de aangehouden rekenfasering aangegeven waarbij de bovengenoemde kracht is ingevoerd.



2.4. Nieuwe ankers

Voor het nieuwe ankersysteem is uitgegaan van het 'Leeuwanker'-schroefinjectiesysteem.

Dit uitgangspunt is gekozen in verband met de goede ervaringen met dit systeem alsmede in verband met de concurrerende kosten ten opzichte van andere systemen.

Bij het ontwerp dient goede aandacht te worden besteedt aan corrosieaspecten van het aanvullende ankersysteem.

De volgende ankertypen zijn mogelijk, zie tabel 1. Deze gegevens zijn ontleend aan beschikbare informatie over het 'Leeuwanker'.

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu 	Rapport	(12)10.905/V02
P.l./Te 	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.3 van 12

Tabel 1 - Beschikbare Leeuwankers

Gebruiksbelasting kN	Diameter ankerbuis mm	Wanddikte buis mm	Staalsoort ¹⁾
250	48,0	12,5	52-3
350	51,0	14,2	52-3
450	52,0	14,2	MW450
675	60,3	17,5	MW450
1000	82,0	22,0	MW450

1) volgens firma Gebr. de Leeuw is de vloeispanning $2/3$ van $450 \text{ N/mm}^2 = 300 \text{ N/mm}^2$ voor staalsoort MW450

In de berekening zijn de nieuwe ankers aangenomen met een hoek van 45 of 30 graden (gemeten vanaf een horizontale lijn). De pleistocene zandlaag bevindt zich ongeveer tussen NAP - 15,5 m en NAP - 22,5 m.

Uitgaande van een effectieve ankerpunt in het hart van de laag (d.w.z. NAP - 19,0 m) bedraagt de theoretische ankerlengte circa 28,3 m voor een anker onder een hoek van 45 graden en 40,0 m voor een anker onder een hoek van 30 graden. Een aansluitniveau van NAP + 1,0 m is in de berekening aangehouden. De daadwerkelijke ankerlengten zullen afhankelijk zijn van de feitelijke penetratie in de pleistocene zandlaag en bedragen 33,3 m (45 graden) en 47,0 m (30 graden) indien de ankers volledig de zandlaag penetreren tot onderkant zandlaag (NAP - 22,5 m)

Ter indicatie van het effect van een voorspanning in de anker zijn voorspanningen van 20% en 80% van de gebruiksbelasting gesimuleerd. (Een hogere voorspanning zal de toekomstige verplaatsingen verder beperken.) De berekening is uitgevoerd voor de ankers met een gebruiksbelasting van 450, 675 en 1000 kN.

Er is uitgegaan van een hart-op-hart ankerafstand van 2,4 m ten einde te kunnen aansluiten bij de bestaande constructie.

De daadwerkelijke aansluiting van de bestaande verankering vindt plaats op elke tweede dubbele plank (hart-op-hart ankerafstand van 2,4 m) door middel van stalen platen op de ankerstangen aan de voorkant van de damwand. Vermoedelijk is de bestaande gording aan de achterkant van de damwand aangebracht in hoofdzaak om de eventuele horizontale kopse krachten van de tussenliggende dubbele planken (via een koppeling aan de gording) over te brengen naar de bestaande ankerstangen alsmede om een dwarsverband tussen de damwandplanken te creëren.

Met betrekking tot de aansluiting van het aanvullende ankersysteem zal deze eveneens met stalen platen op de nieuwe ankerstangen kunnen worden aangebracht op elke tweede dubbele plank.

Bij deze nieuwe opstelling zal elke dubbele plank zijn verankerd, om en om het oude systeem met het nieuwe systeem, zodat in eerste instantie verondersteld wordt dat geen nieuwe gordingconstructie dient te worden ontworpen.

2.5. Rekenfasering

De volgende rekenfasering is aangehouden, zie tabel 2.

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu <i>AB</i>	Rapport	(12)10.905/V02
P.l./Te <i>HT</i>	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.4 van 12

Tabel 2 - Aangehouden rekenfasering

Rekenfase	Grondwaterstand binnen damwand m t.o.v. NAP	Waterstand buiten damwand m t.o.v. NAP	Bestaande ankers	Nieuwe ankers	Sterkte/stijfheid
1	-2,0	-1,0	veer	geen	representatief
2	+1,0	-1,0	veer	geen	representatief
3	+4,0	-1,0	veer	geen	representatief
4	+1,0	-1,0	veer	geen	representatief
5	+1,0	-1,0	lijnlast1	geen	representatief
6	+1,0	-1,0	lijnlast1	ja	representatief
7	+4,0	-1,0	lijnlast1	ja	representatief
8	+4,0	-1,0	lijnlast2	ja	klasse II (toetsing)

1) lijnlast1 = 176 kN/m¹, lijnlast2 = 176/1,2 = 147 kN/m¹

3. REKENRESULTATEN

De resultaten van de berekening uitgaande van representatieve waarden, dat wil zeggen rekenfase 7, zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3 - Resultaten damwandberekening, representatieve waarden

Geval ¹⁾	Nominale trekkracht per anker kN	Ankerhoek graden	Voor- spanning ²⁾ kN/m ¹	Veld- moment kN.m/m ¹	Inklemmings- moment kN.m/m ¹	Trekkracht bestaand anker kN/m ¹	Trekkracht nieuw anker kN/m ¹
0	-	-	-	+242	-1030	176	-
1	1000	-45	333	+434	-261	176	345
2	1000	-45	83	+423	-260	176	102
3	675	-45	225	+429	-260	176	235
4	675	-45	56	+409	-259	176	94
5	450	-45	150	+426	-260	176	156
6	450	-45	38	+403	-260	176	91
7	1000	-30	333	+437	-261	176	345
8	1000	-30	83	+424	-261	176	96
9	675	-30	225	+431	-261	176	232
10	675	-30	56	+413	-259	176	78
11	450	-30	150	+427	-260	176	155
12	450	-30	38	+405	-260	176	75
13 ³⁾	450	-30	0	+400	-265	176	73

1) Geval 0 is het geval zonder aanvullend anker in de rekenfasen 6, 7 en 8

2) Hart-op-hart afstand tussen de ankers is 2,4 m; voorspanning is tot 20% of 80% van de nominale waarde

3) Extra geval ter illustratie van het effect zonder voorspanning

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu <i>dk</i>	Rapport	(12)10.905/V02
P.I./Te <i>VA</i>	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.5 van 12

De resultaten van de toetsingsfase (rekenfase 8) zijn in tabel 4 weergegeven.

Tabel 4 - Resultaten damwandberekening, toetsingswaarden

Geval ¹⁾	Nominale trekkracht per anker kN	Ankerhoek graden	Voor- spanning ²⁾ kN/m ¹	Veld- moment kN.m/m ¹	Inklemmings- moment kN.m/m ¹	Trekkracht bestaand anker kN/m ¹	Trekkracht nieuw anker kN/m ¹
0	-	-	-	+150	-2230	147	-
1	1000	-45	333	+423	-300	147	360
2	1000	-45	83	+481	-330	147	197
3	675	-45	225	+443	-310	147	254
4	675	-45	56	+483	-342	147	191
5	450	-45	150	+480	-329	147	199
6	450	-45	38	+480	-352	147	189
7	1000	-30	333	+425	-299	147	353
8	1000	-30	83	+475	-326	147	167
9	675	-30	225	+429	-303	147	242
10	675	-30	56	+484	-339	147	156
11	450	-30	150	+463	-320	147	179
12	450	-30	38	+481	-349	147	155
13 ³⁾	450	-30	0	+478	-358	147	154

- 1) Geval 0 is het geval zonder aanvullend anker voor de fasen 6, 7 en 8
- 2) Hart-op-hart afstand tussen de ankers is 2,4 m; voorspanning is tot 20% of 80% van de nominale waarde
- 3) Extra geval ter illustratie van het effect zonder voorspanning

In tabel 5 zijn de te toetsen ankerkrachten omgerekend naar een benodigde trekkracht per anker. Volgens de CUR-166 dienen voor de berekende ankerkrachten (rekenwaarden):

- met 1,1 te worden vermenigvuldigd voor de toetsing van het groutlichaam,
- met 1,25 te worden vermenigvuldigd voor de toetsing van de ankerstaaf.

Tabel 5 - Toetsingswaarden groutlichaam en ankerstaaf

Geval ¹⁾	Nominale trekkracht per anker kN	Anker- hoek graden	Voor- spanning ²⁾ kN/m ¹	Trek- kracht nieuwe anker kN/m ¹	Trek- kracht per nieuwe anker kN	Benodigde trekkracht per grout- lichaam ⁴⁾ kN	Toetsings- waarde anker- staaf ⁵⁾ kN	Vloei- kracht anker- staaf kN
1	1000	-45	333	360	864	950	1080	1244
2	1000	-45	83	197	473	520	591	1244
3	675	-45	225	254	610	671	763	706
4	675	-45	56	191	458	504	573	706
5	450	-45	150	199	478	526	598	510
6	450	-45	38	189	454	499	568	510
7	1000	-30	333	353	847	932	1059	1244
8	1000	-30	83	167	401	441	501	1244
9	675	-30	225	242	484	532	605	706
10	675	-30	56	156	374	411	468	706
11	450	-30	150	179	430	473	538	510
12	450	-30	38	155	372	409	465	510
13 ³⁾	450	-30	0	154	370	407	463	510

- 1) Geval 0 is geval zonder aanvullend anker voor de fasen 6, 7 en 8
- 2) Hart-op-hart afstand tussen de ankers is 2,4 m; voorspanning is tot 20% of 80% van de nominale waarde
- 3) Extra geval ter illustratie van het effect zonder voorspanning
- 4) 1,1 x berekende trekkracht per nieuw anker
- 5) 1,25 x berekende trekkracht per nieuw anker

In tabel 6 zijn voor de verschillende gevallen de toetsingen opgenomen.

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu <i>g/b</i>	Rapport	(12)10.905/V02
P.I./Te <i>lt</i>	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.7 van 12

Tabel 6 - Toetsingen groutlichaam en ankerstaaf

Geval	Anker- hoek graden	Voor- spanning per anker kN	Toetsing groutlichaam			Toetsing ankerstaaf		
			Benodigde trekkracht per grout- lichaam kN	Nominale trekkracht per anker ¹⁾ kN	Toetsing grout- lichaam	Benodigde trekkracht anker- staaf kN	Vloei- kracht anker- staaf kN	Toetsing anker- staaf
1	-45	800	950	1000	voldoet	1080	1244	voldoet
2	-45	200	520	1000	voldoet	591	1244	voldoet
3	-45	540	671	675	voldoet	763	706	voldoet niet
4	-45	135	504	675	voldoet	573	706	voldoet
5	-45	360	526	450	voldoet niet	598	510	voldoet niet
6	-45	90	499	450	voldoet niet	568	510	voldoet niet
7	-30	800	932	1000	voldoet	1059	1244	voldoet
8	-30	200	441	1000	voldoet	501	1244	voldoet
9	-30	540	532	675	voldoet	605	706	voldoet
10	-30	135	411	675	voldoet	468	706	voldoet
11	-30	360	473	450	voldoet niet	538	510	voldoet niet
12	-30	90	409	450	voldoet	465	510	voldoet
13	-30	0	407	450	voldoet	463	510	voldoet

1) De feitelijke opleverbare trekkracht is afhankelijk van de pakking van het zand ter plaatse

Aan de hand van deze resultaten blijkt dat indien het lichtste anker van 450 kN wordt gekozen een ankerhoek van 30 graden dient te worden aangehouden. Hierbij zal de voorspanning van 360 kN moeten worden verlaagd tot circa 225 kN om aan de toetsing van groutlichaam en ankerstaaf te voldoen.

In verband met het sondeerbeeld van de maatgevende sondering 403 is het waarschijnlijk dat een ankertype zwaarder dan 450 kN niet voldoende weerstand in de grond zal kunnen opbouwen.

Door de extra staalspanningen in de damwanden ten gevolge van de extra verticale krachten die uit de ankerkrachten volgen zal de toetsingswaarde voor de buigende momenten afnemen. Gecontroleerd is of de extra staalspanningen door de damwandconstructie kunnen worden opgenomen. Het vloei-moment M_{vl} (toetsingsmoment) is berekend met de volgende formule:

$$M_{vl} = w_{red} (\sigma_{vl} - (kr_{vert}/opp_{st}))$$

waar: w_{red} = gereduceerde weerstandsmoment = $2500 \text{ cm}^3/\text{m}^1 \times 0,85$

σ_{vl} = vloeispanning staal Fe44 = $265 \text{ N}/\text{mm}^2$

kr_{vert} = verticale kracht in damwand ten gevolge van ankerkrachten

opp_{st} = staaloppervlakte = $20300 \text{ mm}^2/\text{m}^1$

In tabel 7 zijn de berekende toetsingswaarden van het buigende moment weergegeven.

Uit de resultaten blijkt dat de afname van het toetsingsmoment betrekkelijk gering is.

In alle gevallen (behalve geval 0) blijkt dat de rekenwaarden van de momenten kleiner zijn dan de toetsingswaarden. Derhalve zullen de extra staalspanningen in de damwand kunnen worden opgenomen.

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu <i>de</i>	Rapport	(12)10.905/V02
P.I./Te <i>HA</i>	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.8 van 12

Tabel 7 - Toetsing buigende momenten hoofdamwand

Geval	Nominale trekkracht per anker kN	Ankerhoek graden	Trekkracht nieuw anker kN/m ¹	Verticale component trekkracht kN/m ¹	Toetsingswaarde buigend moment kN/m ¹	Veld- moment kN.m/m ¹	Inklemmings- moment kN.m/m ¹
0	-	-	-	-	563	+150	-2230
1	1000	-45	360	-255	536	+423	-300
2	1000	-45	197	-139	549	+481	-330
3	675	-45	254	-180	544	+443	-310
4	675	-45	191	-135	549	+483	-342
5	450	-45	199	-141	548	+480	-329
6	450	-45	189	-134	549	+480	-352
7	1000	-30	353	-177	545	+425	-299
8	1000	-30	167	-84	554	+475	-326
9	675	-30	242	-121	550	+429	-303
10	675	-30	156	-78	555	+484	-339
11	450	-30	179	-90	554	+463	-320
12	450	-30	155	-78	555	+481	-349
13	450	-30	154	-77	555	+478	-358

In tabel 8 zijn de rekenverplaatsingen van de laatste 4 fasen weergegeven, een en ander ter indicatie van de toename van de reken-verplaatsingen (vanaf de bestaande toestand tot aan een toestand met een waterstand van NAP + 4,0 m binnen de damwanden) bij de verschillende gevallen. In het algemeen is de toename geringer.

Tabel 8 - Berekende horizontale verplaatsingen bovenkant damwand

Geval	Nominale trekkkracht per anker kN	Ankerhoek graden	Voorspanning per anker kN	Reken-fase 5 mm	Reken-fase 6 mm	Reken-fase 7 mm	Reken-fase 8 mm
0	-	-	-	181	181	1461	4107
1	1000	-45	800	181	179	179	176
2	1000	-45	200	181	181	181	179
3	675	-45	540	181	180	180	176
4	675	-45	135	181	181	191	195
5	450	-45	360	181	180	180	178
6	450	-45	90	181	181	201	215
7	1000	-30	800	181	178	178	174
8	1000	-30	200	181	181	181	177
9	675	-30	540	181	179	179	176
10	675	-30	135	181	181	186	190
11	450	-30	360	181	180	180	177
12	450	-30	90	181	181	197	209
13	450	-30	0	181	181	213	225

Uit de resultaten zoals die zijn weergegeven in de tabellen 5 ... 8 blijkt het volgende:

- a. Op basis van de gekozen uitgangspunten voor de rekenfasering blijkt dat de damwand onstabiel is in de maatgevende situatie indien geen aanvullend ankersysteem wordt toegepast.
- b. Het toepassen van een ankertype met een gebruiksbelasting van 450 kN met een ankerhoek van 30 graden alsmede een voorspanning van ongeveer 50% (dat wil zeggen tussen 20% en 80%) van de gebruikswaarde zal voldoen aan alle toetsingen indien een gebruiksbelasting per groutlichaam van circa 450 kN kan worden toegelaten.

Noot: Volgens de firma gebr. de Leeuw zal deze belasting aan de hand van de maatgevende sondering 403 waarschijnlijk net haalbaar zijn. Indien dit niet het geval blijkt te zijn dient opnieuw een berekening te worden uitgevoerd.

4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Aan de hand van de berekeningen blijkt dat een schroefanker type Leeuwanker 450 kN onder een ankerhoek van 30 graden met een voorspanning van circa 225 kN kan worden toegepast. (In de praktijk dienen de ankers te worden beproefd tot circa 150% van de nominale waarde; hierna kunnen de

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu <i>AB</i>	Rapport	(12)10.905/V02
P.1./Te <i>HT</i>	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.10 van 12

ankerkrachten tot 50% van de nominale waarde worden verminderd).

De ankerlengte, tot aan het hart van de diepe zandlaag, bedraagt dan 40 m. Uitgaande van een extra penetratie tot nabij de bodem van de zandlaag kan in eerste instantie worden uitgegaan van een totale lengte van 45 m.

De detaillering van de aansluiting van de ankers op NAP + 1,0 m dient verder te worden uitgewerkt en gecontroleerd in relatie tot de bestaande gordingconstructie. De noodzaak van een nieuwe gording dient te worden beoordeeld.

Bij het verder dimensioneren van het ontwerp dienen aanvullende controle-sonderingen te worden uitgevoerd langs het traject alwaar het groutlichaam zal worden aangebracht. Daarna kan aan de hand van de aanvullende sonderingen in overleg met de aannemer de feitelijke toe te passen ankerlengte worden vastgesteld waarbij een definitieve kostenraming kan worden opgesteld.

Tevens dient met de aannemer overleg plaats te vinden aangaande de uitvoering onder andere in verband met de volgende punten:

- langs de Hollandsche IJssel bevindt zich een oude bestaande damwand achter de zichtbare L64-profielen; de haalbaarheid van het doorboren van deze damwand dient te worden ingeschat, (volgens de firma Gebr. de Leeuw zou dit in principe zonder problemen moeten kunnen worden uitgevoerd),
- langs de Slikslootzijde kunnen basaltblokken achter de bestaande damwand (L64-profielen) aanwezig zijn; de haalbaarheid van het passeren c.q. doorboren van deze blokken dient te worden ingeschat,
- de verankering is gepland op een niveau van NAP + 1,0 m. Uitvoeringsaspecten c.q. vertragingen met betrekking tot dit niveau in relatie tot de getij-bewegingen dienen te worden beoordeeld.

5. KOSTENRAMING AANVULLEND ANKERSYSTEEM

De volgende raming is opgesteld door het Ingenieursbureau Amsterdam. In deze raming is uitgegaan van de 450 kN ankers, met een lengte van 40 m, zie de volgende tabel 9.

Uit de raming blijkt dat de kosten van het aanvullende verankeringsysteem circa f 1.003.750,- zullen bedragen. Indien een ankerlengte van 45 m wordt toegepast (dat wil zeggen, ankers onder een hoek van 30 graden en een volledige penetratie van de funderingslaag) zal dit een verhoging van de kosten met circa 10% inhouden.

Het verdient aanbeveling (zie hoofdstuk 4) aanvullende sonderingen uit te voeren ter bepaling en optimalisering van de feitelijke toe te passen ankerlengten.

Bij de raming zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- de ankers worden vanaf de buitenzijde van de damwanden onder een hoek van 30 graden aangebracht,
- de ankers zijn thermisch verzinkt,
- de ankerschoenen zullen worden dichtgelast,
- langs de Hollandse IJssel dient de in onbruik zijnde damwand (op circa 2 m afstand) doorboord te worden,
- er is geen rekening gehouden met basaltglooiingen in de ondergrond,
- het prijspeil is van het eerste kwartaal 1997,
- de prijzen zijn exclusief BTW,
- de raming is exclusief engineering en aanvullend grondonderzoek.

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu <i>DB</i>	Rapport	(12)10.905/V02
P.I./Te <i>DB</i>	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.11 van 12

Met betrekking tot de in tabel 9 weergegeven kosten wordt opgemerkt dat door de leverancier, op basis van de globale omvang van het onderhouds project, een prijs voor de ankers is opgegeven per strekkende meter (f 125,-/m'). Er is een goede kans dat de schroefankers (op basis van de aanvullende sonderingen) onder 45 graden aangebracht kunnen worden, en/of dat de funderingslaag niet volledig behoeft te worden gepenetreerd.

In dat geval kunnen ankerlengten van bijvoorbeeld 33 m worden toegepast en kan op de in de tabel weergegeven ankerkosten worden bespaard.

Tabel 9 - Kostenraming schroefankers EMK-terrein

Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs/eenh.	Bedrag f
Sliksloothavenzijde 300 m ^l aanbrengen ankers 450 kN ankerlengte 40 m ^l h.o.h. 2,4 m	125	stuk	5.000,-	625.000,-
Zijde Hollandsche IJssel 130 m ^l aanbrengen ankers 450 kN ankerlengte 40 m ^l h.o.h. 2,4 m	55	stuk	5.000,-	275.000,-
Doorboren 2 ^e damwand	55	stuk	200,-	11.000,-
Afvoer vervuilde grond	2	m ³	750,-	1.500,-
Kosten				912.500,-
Onvoorzien 10% x 912.500,-				91.250,-
Totale geraamde kosten				1.003.750,-



6. BIJLAGE

(12)10.692 Doc.160 p.3 van 5 - Schematisatie lagenopbouw t.p.v. boorlocatie 403

Sector I,
Hoofd Geotechniek,



ing. G.T. Visser

1997-05-29/Gu/LC	Aanvullend ankersysteem EMK-terrein	
Controle/Gu 	Rapport	(12)10.905/V02
P.l./Tc 	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.12 van 12

Boor- en sondeerlocatie 403

Laag-nummer	Omschrijving laag	Bron representatieve waarden NEN6740: Tabel 1 uit NEN 6740 T.A.: Triaxiaalonderzoek 2%		Bovenkant laag m t.o.v. NAP	Representatieve waarde wrijvingshoek ϕ' graden	Representatieve waarde cohesie c' kN/m ²	Verwachtingswaarde Volume-gewicht boven/onder GWS kN/m ³	Beddingsconstante "laag" kN/m ³
1	ophoogzand	NEN6740	zand, zwak siltig	+4,0	27,0	0,0	19/21	10000
2	ophoogzand met kleilaagjes en puin	NEN6740	zand, kleilig	-0,8	25,0	0,0	18/20	3500
3	zandhoudende ophoogklei	NEN6740	klei, zwak zandig	-2,8	22,5	10,0	17,4	2500
4a	veenhoudende klei	T.A.	veen en humeuze klei	-5,1	12,4	17,8	12,5	1000
4b	veen	T.A.	veen en humeuze klei	-6,0	12,4	17,8	12,5	750
5a	klei	T.A.	klei en zandige klei	-7,25	27,0	6,4	15,6	3000
5b	veenhoudende klei	T.A.	veen en humeuze klei	-8,5	12,4	17,8	12,5	1000
6	veen	T.A.	veen en humeuze klei	-10,4	12,4	17,8	11,5	750
7	zandhoudende klei	T.A.	klei en zandige klei	-11,7	27,0	6,4	17	3000
8	pleistocene zand	NEN6740	zand, los	-15,5	30,0	0,0	17/19	6000
9	leem	NEN6740	leem, zwak zandig, vast	-22,7	27,5	0,0	21	5000

Afsluitende laag aangehouden tussen NAP - 2,8 m en NAP - 15,5 m