DAMWANDBEREKENING T.B.V. 5-TAL LOCATIES LANGS HET NOORDHOLLANDSCH KANAAL

Rapport: 2010-1732; rev. 0

Opdrachtgever: Lankelma Ingenieursbureau
Postbus 712
1440 AS Purmerend

Rapport nummer: 2010-1732; rev. 0, dd 25-05-2010

Rapport opgesteld door: Ir. J.B. Ponte

Status: Definitief

Datum: 25 mei 2010

Document: 2010-1732.R0

INHOUDSOPGAVE

Hoofdstuk Pagina:

SAMENVATTING DAMWANDBEREKENINGEN 3

1.0 INLEIDING 4

2.0 TER BESCHIKKING GESTELDE GEGEVENS EN GRONDONDERZOEK 4

3.0 DAMWANDBEREKENING 5
3.1 Uitgangspunten t.b.v. damwandberekeningen 5

4.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 1 5
4.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen 5
4.2 Verankerde stalen damwand 6

5.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 2 9
5.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen 9
5.2 Onverankerde stalen damwand 9

6.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 3 11
6.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen 11
6.2 Onverankerde stalen damwand 12

7.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 4 14
7.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen 14
7.2 Verankerde stalen damwand 15

8.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 5 17
8.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen 17
8.2 Verankerde stalen damwand 17

9.0 INTRILLEN DAMWANDEN 19

Bijlagen:

Bijlage 1 Ter beschikking gestelde gegevens
Bijlage 2 Damwandberekeningen

SAMENVATTING DAMWANDBEREKENINGEN

Tabel 1. Samenvatting damwandberekeningen

Locatie	Houten damwand	Stalen onverankerde damwand	Stalen verankerde damwand
1	Niet mogelijk	Vervormt te veel Vervormt te veel	km 4.000 t/m 4.200: lengte 13,0 m (beneden 1,5 m-NAP) ok damwand:14,5 m-NAP profiel AZ 26 of gelijkwaardig Vervorming: 72 mm km 4.300 t/m 4.600: lengte 9,5 m (beneden 1,5 m-NAP) ok damwand:11,0 m-NAP Staffeling: om de 2,52 1 dubbele plank tot 14,0 m_NAP. profiel AZ 18 of gelijkwaardig Vervorming: 62 mm
2	n.v.t.	bodemprofiel 1: lengte 11 m (beneden 0,2 m+NAP) ok damwand: 10,8 m-NAP profiel AZ 26 of gelijkwaardig Vervorming: 78 mm.	n.v.t.
3	Niet mogelijk	bodemprofiel 1: lengte 9,7 m (beneden 0,6 m-NAP) ok damwand: 10,3 m-NAP profiel AZ 26 of gelijkwaardig Vervorming: 56 mm. bodemprofiel 2: lengte 10,2 m (beneden 0,6 m-NAP) ok damwand: 10,8 m-NAP profiel AZ 26 of gelijkwaardig Vervorming: 44 mm.	n.v.t.
4	Niet mogelijk	Vervormt te veel	bodemprofiel 1: lengte 9,5 m (beneden 0,6 m-NAP) ok damwand:10,1 m-NAP profiel AZ 26 of gelijkwaardig Vervorming: 85 mm bodemprofiel 2: lengte 9,4 m (beneden 0,6 m-NAP) ok damwand: 10,0 m-NAP profiel AZ 26 of gelijkwaardig Vervorming: 85 mm
5	Niet mogelijk	Vervormt te veel	bodemprofiel 1: lengte 10,45 m (beneden 0,6 m-NAP) ok damwand:11,05 m-NAP profiel AZ 26 of gelijkwaardig vervorming 82 mm

1.0 INLEIDING

In opdracht van Lankelma Ingenieursbureau te Zuidoostbeemster heeft Ingenieursbureau Ponte B.V. damwandberekeningen uitgevoerd ten behoeve van een 5-tal locaties langs het Noordhollandsch Kanaal in de Provincie Noord-Holland.

In dit rapport worden de resultaten van de damwandberekeningen weergegeven.

2.0 TER BESCHIKKING GESTELDE GEGEVENS EN GRONDONDERZOEK

Door de opdrachtgever werd ter beschikking gesteld het rapport met bijlagen:

- *Rapport "Grondonderzoek oevers Noord Hollandsch Kanaal Amsterdan Noord, Graftdijk, Burgervlotbrug, 't Zand", dd 30-11-2009.*

De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische kleefmantelconus, waarbij tevens de plaatselijke kleef is gemeten. Bij deze sondering is tevens het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving/conusweerstand in %) berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een goed beeld van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In onderstaande tabel zijn voor de gladde elektrische kleefmantelconus enige indicatieve waarden van het wrijvingsgetal aangegeven.

grondsoort	**wrijvingsgetal in %**
grind, grof zand	0,2 - 0,6
zand	0,6 - 1,2
silt, leem, löss	1,2 - 4,0
klei	3,0 - 5,0
potklei	5,0 - 7,0
veen	5,0 - 10,0

Gesondeerd is volgens NEN 5140, klasse 2 (elektrische sondering).
De resultaten zijn opgenomen in bijlage 1.

3.0 DAMWANDBEREKENING

3.1 Uitgangspunten t.b.v. damwandberekeningen

- Veiligheidsklasse II (Locaties 1 t/m 3).
  Veiligheidsklasse I (Locaties 4 en 5).

- Bovenbelasting: 5 kN/m^2. Daar waar wegen aanwezig zijn 20 kN/m^2.

- In de damwandberekeningen is een waterniveau aan de lage zijde aangehouden van:
  Kanaalpeil in het Noordhollandsch kanaal is 0,5 m-NAP resp. 1,5 m-NAP (locatie 1).
  Grondwaterstand hoge zijde: 0,40 m-NAP resp. 1,4 m-NAP (locatie 1).

- Voor de waterdiepte in het Noordhollandsch kanaal geldt:
  Een waterdiepte incl. overdiepte van 3,95 m, d.w.z. bodem 5,45 m-NAP (locatie 1)
  Een waterdiepte incl. overdiepte van 3,95 m, d.w.z. bodem 4,45 m-NAP (locaties 2 t/m 5)

- er is gerekend op toepassing van Z-profielen, geen reductiefactor voor I en W.

- Er is rekening gehouden met een corrosie van 0,012 mm/jaar en een levensduur van 100 jaar.
  De hiervoor berekende correctiefactor voor I en W= 0,86 (AZ 18)
  De hiervoor berekende correctiefactor voor I en W= 0,77 (AZ 26)

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd met behulp van Technosoft / damwanden, een computerprogramma met elasto-plastisch grondgedrag (verenmodel). Berekeningen zijn uitgevoerd volgens CUR-166 (5^e druk).

4.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 1

Dit betreft NHK km 04.000 – km 04.600 rechteroever Buikslotermeerdijk.

Gemiddeld huidig bodemniveau kanaal: 3,95 m-NAP (afgeleid uit profielen)

Beschouwd zijn:

Houten verankerde damwand:	niet mogelijk.
Stalen onverankerde damwand:	niet verder uitgewerkt i.v.m. vereiste damwandlengte en te grote vervormingen.

Stalen verankerde damwand.

4.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen

Op basis van de sondeerresultaten zijn de volgende representatieve waarden voor de bodemparameters aangehouden t.b.v. de damwandberekeningen, zie tabel 2.

Tabel 2. Representatieve waarden bodemparameters.

B.k. laag	**O.k. laag**	**Omschrijving**	**γ/γsat**	**c'**	**ϕ'**	**k**
m tov NAP	m tov NAP		[kN/m^3]	[kN/m^2]	[graden]	[kN/m^3]
mv	-2,50	**Zand**	17,0/17,0	0	30,0°	5.000
-2,50	-5,50	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-5,50	-8,00	**Klei**	15,0/15,0	3	17,5°	800
-8,00	-10,5	**Klei, silth.**	16,0/16,0	2	20,0°	1.000
-10,5	-12,5	**Zand**	19,0/20,0	0	30,0°	10.000
-12,5	-15,0	**Zand**	20,0/20,0	0	35,0°	20.000

Hierin is:

γ_{sat} = volumieke gewicht van verzadigde grond
γ = volumieke gewicht van de grond
c' = effectieve cohesie
ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving
k = horizontale beddingsconstante

Als wandwijvingshoek is δ = 2/3 ϕ aangehouden, m.u.v. de veenlaag waarvoor δ = 0° is aangehouden.

4.2 Verankerde stalen damwand

Aangehouden faseringen t.b.v. de damwandberekeningen:

-Fase 1 (onverankerd):

Damwand ingebracht.
Bodemniveau lage zijde 3,95 m-NAP
Bodemniveau hoge zijde 0,65 m+NAP (km 4.000 t/m 4.200) resp. 0,43 m-NAP (km 4.300 t/m 4.600).
Waterniveau aan lage zijde 1,50 m-NAP en aan hoge zijde 1,50 m-NAP.
Geen bovenbelasting.

-Fase 2 (verankerd):

Verankering op 1,6 m-NAP incl. voorspanning aangebracht.

-Fase 3 (verankerd):

Bodemniveau lage zijde 4,15 m-NAP
Bodemniveau hoge zijde 0,65 m+NAP (km 4.000 t/m 4.200) resp. 0,43 m-NAP (km 4.300 t/m 4.600).
Waterniveau aan lage zijde 1,50 m-NAP en aan hoge zijde 1,40 m-NAP.
Bovenbelasting 20 kN/m^2 (km 4.000 t/ m 4.200 vanaf 6 m uit de damwand)
resp. 20 kN/m^2 (km 4.300 t/ m 4.600 vanaf 2,1 m uit de damwand)
werkzaam.

De resultaten zijn weergegeven in bijlage 2 en samengevat in tabel 3 en 4.

Tabel 3. Resultaten damwandberekeningen- km 4.000 t/m 4.200

Sonde-ring	Fase	UGT Moment $M_{s;d}$	UGT Ankerkracht horizontaal $F_{a;max}$	BGT Moment $M_{s;rep}$	BGT Ankerkracht $F_{a;rep}$	BGT Vervorming δ
		[kNm]	[kN/m']	[kNm]	[kN/m']	[mm]
4000 t/m 4200	1	-228,1	-	-	-	72,4
	2	-220,4	-48,5	-	-	65,4
	3	**-229,2**	-47,3	-	-	66,9

Opmerking: Vervormingen zijn gebaseerd op profiel AZ 26 (gekozen ter beperking van de vervormingen,AZ 18 geeft te veel vervorming). De vereiste damwandlengte en de vervormingen worden met name bepaald door fase 1. Van belang is dat in deze fase aangehouden uitgangspunten m.b.t. het maaiveldverloop niet worden overschreden.

Tabel 4. Resultaten damwandberekeningen- km 4.300 t/m 4.600

Sonde-ring	Fase	UGT Moment $M_{s;d}$	UGT Ankerkracht horizontaal $F_{a;max}$	BGT Moment $M_{s;rep}$	BGT Ankerkracht $F_{a;rep}$	BGT Vervorming δ
		[kNm]	[kN/m']	[kNm]	[kN/m']	[mm]
4300 t/m 4600	1	-93,13	-	-	-	62,3
	2	-86,31	-48,5	-	-	54,9
	3	-73,04	-52,2			56,9

Opmerking: Vervormingen zijn gebaseerd op profiel AZ18
De vereiste damwandlengte en de vervormingen worden met name bepaald door fase 1. Van belang is dat in deze fase aangehouden uitgangspunten m.b.t. het maaiveldverloop niet worden overschreden.

Conclusies:

km 4.000 t/m 4.200

Vereiste damwandlengte: 13 m (beneden 1,5 m-NAP)
Onderkant damwand: 14,5 m-NAP
Een profiel AZ 26 met W= 2600 cm^3 (of gelijkwaardig) voldoet
$F_{a;max}$= 48,5 kN/m
Berekende vervorming: max. 72 mm.

Controle verticale draagkracht.
De draagkracht is berekend op basis van de maatgevende sondering 4100:
Van -12,5 tot -14,5 m NAP: 2 m met gemiddelde conusweerstand 15,0 MPa
Positieve kleef: 2 * 2,82 * 15000 * 0,006 = 508 kN
Randweerstand: 1,41* 0,0122 * 10000 = 172 kN
Totaal 680 kN
Per m': $F_{r;d}$= 680*0,72/1,2 = 408 kN
De neerwaardse component van de ankerkracht bedraagt 48,5 kN/m
48,5 < 408 $\Rightarrow$ draagkracht voldoet.

km 4.300 t/m 4.600

Vereiste damwandlengte: 9,5 m (beneden 1,5 m-NAP)
Onderkant damwand: 11,0 m-NAP
Een profiel AZ 18 met W= 1800 cm^3 (of gelijkwaardig) voldoet
$F_{a;max}$= 52,2 kN/m
Berekende vervorming: max. 62 mm.

Staffeling:
I.v.m de afdracht van verticale component dient per 2,52 m 1 dubbele plank dieper te worden doorgezet tot 14,0 m-NAP.
De draagkracht is berekend op basis van de maatgevende sondering 4400:
Van -13 tot -14 m NAP: 1 m met gemiddelde conusweerstand 7,5 MPa

Positieve kleef:	1 * 3,42 * 7500 * 0,006 =	154 kN
Randweerstand:	1,4 * 0,0095 * 8000 =	106 kN
Totaal		260 kN

$F_{r;d}$= 270*0,72/1,2 = 156 kN
Per m': $F_{r;d}$= 156/2,52 = 61,9 kN/m
De neerwaardse component van de ankerkracht bedraagt 52,2 kN/m
52,2 < 61,9 $\Rightarrow$ draagkracht voldoet.

Controle ankerstaal
T.b.v. de berekening van het ankerstaal dient te worden uitgegaan van:
$F_{s;A;st;d} = 1,25 * F_{a;max}$

Controle grondmechanische draagkracht ankers
T.b.v. de berekening van de grondmechanische draagkracht van de ankers dient te worden uitgegaan van:
$F_{s;A;d} = 1,1 * F_{a;max}$

5.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 2

Dit betreft NHK km 26.000 – km 26.600 rechteroever Oost-Graftdijk.

Gemiddeld huidig bodemniveau kanaal: 3,31 m-NAP (afgeleid uit profielen)
Bovenkant damwand: 0,20 m+NAP (0,7 m boven de waterspiegel).

Beschouwd is:
Stalen onverankerde damwand.

5.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen

Op basis van de sondeer- en boorresultaten zijn de volgende representatieve waarden voor de bodemparameters aangehouden t.b.v. de damwandberekeningen, zie tabel 5.

Tabel 5. Representatieve waarden bodemparameters

B.k. laag	**O.k. laag**	**Omschrijving**	**γ/γsat**	**c'**	**ϕ'**	**k**
m tov NAP	m tov NAP		[kN/m^3]	[kN/m^2]	[graden]	[kN/m^3]
+0,15	-1,00	**Zand**	17,0/17,0	0	27,5°	5.000
-1,00	-4,00	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-4,00	-5,00	**Klei**	15,0/15,0	3	17,5°	800
-5,00	-10,5	**Zand**	19,0/20,0	0	30,0°	10.000

Hierin is:
γ_{sat} = volumieke gewicht van verzadigde grond
γ = volumieke gewicht van de grond
c' = effectieve cohesie
ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving
k = horizontale beddingsconstante

Als wandwijvingshoek is δ = 2/3 ϕ aangehouden, m.u.v. de veenlaag waarvoor δ = 0° is aangehouden.

5.2 Onverankerde stalen damwand

Aangehouden faseringen t.b.v. de damwandberekeningen:

-Fase 1 (onverankerd):
Damwand ingebracht.
Bodemniveau lage zijde 3,31 m-NAP en aan hoge zijde 0,15 m+NAP.
Waterniveau aan lage zijde 0,50 m-NAP en aan hoge zijde 0,50 m-NAP.
Geen bovenbelasting.

-Fase 2 (onverankerd):
Als fase 1 maar met
Waterniveau aan lage zijde 0,50 m-NAP en aan hoge zijde 0,40 m-NAP.
Bovenbelasting 5 kN/m^2 resp. 20 kN/m^2 (parkeren) werkzaam.

De resultaten zijn weergegeven in bijlage 2 en samengevat in tabel 6.

Tabel 6. Resultaten damwandberekeningen.

Sonde-ring	Fase	UGT Moment $M_{s;d}$	UGT Ankerkracht $F_{a;max}$	BGT Moment $M_{s;rep}$	BGT Ankerkracht $F_{a;rep}$	BGT Vervorming δ
		[kNm]	[kN/m']	[kNm]	[kN/m']	[mm]
26000 t/m 26600	1	-98,79	-	-	-	19,5
	2	**-342,21**	-	-	-	78,0

Opm: vervormingen zijn gebaseerd op profiel AZ 26 (gekozen ter beperking van de vervormingen).

Conclusies:

Vereiste damwandlengte: 11 m (beneden 0,2 m+NAP)
Onderkant damwand: 10,8 m-NAP.
Een profiel AZ 26 met W=2600 cm^3voldoet.
Berekende vervorming: max. 78 mm.

6.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 3

Dit betreft km 27.100 – km 28.400 rechter oever West-Graftdijk (Kanaaldijk).

- gemiddelde huidig bodemniveau: 2,81 m-NAP (afgeleid uit profielen)
- Bovenkant damwand: 0,60 m-NAP (0,1 m beneden de waterspiegel).
- Bovenbelasting: I.v.m. weg 20 kN/m^2 op 1,9 m afstand uit de damwand.

Beschouwd is:
Houten verankerde damwand: niet mogelijk. Niet verder uitgewerkt i.v.m. vereiste damwandlengte en te grote vervormingen.
Stalen verankerde damwand.

6.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen

Op basis van de sondeer- en boorresultaten zijn de volgende representatieve waarden voor de bodemparameters aangehouden t.b.v. de damwandberekeningen, zie tabel 7 en 8.

Bodemprofiel 1: km 27.100 t/m 27.700 en km 28.400
Bodemprofiel 2: km 27.800 t/m 28.300

Tabel 7. Representatieve waarden bodemparameters – bodemprofiel 1.

B.k. laag	**O.k. laag**	**Omschrijving**	**γ/γsat**	**c'**	**ϕ'**	**k**
m tov NAP	m tov NAP		[kN/m^3]	[kN/m^2]	[graden]	[kN/m^3]
+0,10	-1,00	**Zand**	17,0/17,0	0	27,5°	5.000
-1,00	-2,50	**Klei**	15,0/15,0	3	17,5°	800
-2,50	-4,00	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-4,00	-5,00	**Klei**	16,0/16,0	3	17,5°	800
-5,00	-10,0	**Zand**	19,0/20,0	0	30,0°	10.000

Tabel 8. Representatieve waarden bodemparameters – bodemprofiel 2.

B.k. laag	**O.k. laag**	**Omschrijving**	**γ/γsat**	**c'**	**ϕ'**	**k**
m tov NAP	m tov NAP		[kN/m^3]	[kN/m^2]	[graden]	[kN/m^3]
+0,10	-1,00	**Zand**	17,0/17,0	0	27,5°	5.000
-1,00	-2,50	**Klei**	15,0/15,0	3	17,5°	800
-2,50	-4,00	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-4,00	-5,00	**Klei**	16,0/16,0	3	17,5°	800
-5,00	-7,0	**Zand**	19,0/20,0	0	30,0°	10.000
-7,00	-10,0	**Zand, kleih.**	19,0/20,0	0	27,5°	7.5000

Hierin is:
γ_{sat} = volumieke gewicht van verzadigde grond
γ = volumieke gewicht van de grond
c' = effectieve cohesie
ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving
k = horizontale beddingsconstante
Als wandwijvingshoek is δ = 2/3 ϕ aangehouden, m.u.v. de veenlaag waarvoor δ = 0° is

aangehouden.

6.2 Onverankerde stalen damwand

Aangehouden faseringen t.b.v. de damwandberekeningen:

-Fase 1 (onverankerd):

Damwand ingebracht.
Bodemniveau lage zijde 2,81 m-NAP en aan hoge zijde 0,10 m+NAP.
Waterniveau aan lage zijde 0,50 m-NAP en aan hoge zijde 0,50 m-NAP.
Geen bovenbelasting.

-Fase 2 (onverankerd):

Als fase 1 maar met
Bodemniveau 4,15 m-NAP
Waterniveau aan lage zijde 0,50 m-NAP en aan hoge zijde 0,40 m-NAP.
Bovenbelasting 20 kN/m^2 werkzaam.

De resultaten zijn weergegeven in bijlage 2 en samengevat in tabel 9 en 10.

Tabel 9. Resultaten damwandberekeningen - bodemprofiel 1

Bodem-profiel	Fase	UGT Moment $M_{s;d}$	UGT Ankerkracht $F_{a;max}$	BGT Moment $M_{s;rep}$	BGT Ankerkracht $F_{a;rep}$	BGT Vervorming δ
		[kNm]	[kN/m']	[kNm]	[kN/m']	[mm]
1	1	-98,94	-	-	-	19,9
1	2	**-275,2**	-	-	-	56,0

Opm: vervormingen zijn gebaseerd op profiel AZ 26.

Conclusies:
Vereiste damwandlengte: 10,5 m (beneden 0,2 m+NAP).
Vereiste damwandlengte: 9,7 m (beneden 0,6 m-NAP).
Onderkant damwand: 10,3 m-NAP.
Een profiel AZ 26 met W=2600 cm^3 voldoet.
Berekende vervorming: max. 56 mm.

Tabel 10. Resultaten damwandberekeningen - bodemprofiel 2

Bodem-profiel	Fase	UGT Moment $M_{s;d}$	UGT Ankerkracht $F_{a;max}$	BGT Moment $M_{s;rep}$	BGT Ankerkracht $F_{a;rep}$	BGT Vervorming δ
		[kNm]	[kN/m']	[kNm]	[kN/m']	[mm]
2	1	-97,70	-	-	-	19,8
2	2	**-229,89**	-	-	-	43,7

Opm: vervormingen zijn gebaseerd op profiel AZ 26.

Conclusies:
Vereiste damwandlengte: 11,0 m (beneden 0,2 m+NAP).
Vereiste damwandlengte: 10,2 m (beneden 0,6 m-NAP).
Onderkant damwand: 10,8 m-NAP.
Een profiel AZ 26 met W=2600 cm^3 voldoet.
Berekende vervorming: max. 44 mm.

7.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 4

Dit betreft km 55.500 – km 58.400 Burgervlotbrug - St-Maartensvlotbrug.

- gemiddeld huidig bodemniveau: 3,82 m-NAP (afgeleid uit profielen)
- Bovenkant damwand: 0,60 m-NAP (0,1 m beneden de waterspiegel).
- Bovenbelasting: 5 kN/m^2 (afstand tot N9 is ca. 20 m uit de damwand).

Beschouwd is:
Houten verankerde damwand: niet mogelijk. niet verder uitgewerkt i.v.m. vereiste damwandlengte en te grote vervormingen.
Stalen verankerde damwand.
Stalen onverankerde damwand: vervormt te veel.

7.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen

Op basis van de sondeer- en boorresultaten zijn de volgende representatieve waarden voor de bodemparameters aangehouden t.b.v. de damwandberekeningen, zie tabel 11 en 12.

Bodemprofiel 1: km 55.500 t/m 56.600
Bodemprofiel 2: km 56.600 t/m 58.000

Tabel 11. Representatieve waarden bodemparameters – bodemprofiel 1.

B.k. laag	**O.k. laag**	**Omschrijving**	**γ/γsat**	**c'**	**ϕ'**	**k**
m tov NAP	m tov NAP		[kN/m^3]	[kN/m^2]	[graden]	[kN/m^3]
+0,10	-1,50	**Zand, kleih.**	17,0/17,0	0	25,0°	2.500
-1,50	-3,00	**Klei**	15,0/15,0	3	17,5°	800
-3,00	-4,00	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-4,00	-6,00	**Klei**	16,0/16,0	3	17,5°	800
-6,00	-8,0	**Klei, zandh.**	17,0/17,0	2	20,0°	1.000
-8,00	-9,0	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-9,00	-12,0	**Zand**	19,0/20,0	0	30,0°	12.500

Tabel 12. Representatieve waarden bodemparameters – bodemprofiel 2.

B.k. laag	**O.k. laag**	**Omschrijving**	**γ/γsat**	**c'**	**ϕ'**	**k**
m tov NAP	m tov NAP		[kN/m^3]	[kN/m^2]	[graden]	[kN/m^3]
+0,10	-1,50	**Zand, kleih**	17,0/17,0	0	25,0°	2.500
-1,50	-2,50	**Klei**	15,0/15,0	3	17,5°	800
-2,50	-4,00	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-4,00	-5,00	**Klei**	16,0/16,0	3	17,5°	800
-5,00	-7,0	**Klei, zandh.**	17,0/17,0	2	20,0°	1.000
-7,00	-8,00	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-8,00	-12,0	**Zand**	19,0/20,0	0	30,0°	12.500

Hierin is:
γ_{sat} = volumieke gewicht van verzadigde grond
γ = volumieke gewicht van de grond
c' = effectieve cohesie

ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving
k = horizontale beddingsconstante

Als wandwijvingshoek is δ = 2/3 ϕ aangehouden, m.u.v. de veenlaag waarvoor δ = 0° is aangehouden.

7.2 Verankerde stalen damwand

Aangehouden faseringen t.b.v. de damwandberekeningen:

-Fase 1 (onverankerd):

Damwand ingebracht.
Bodemniveau lage zijde 3,01 m-NAP en aan hoge zijde 0,40 m+NAP resp. 0,7 m+NAP.
Waterniveau aan lage zijde 0,50 m-NAP en aan hoge zijde 0,50 m-NAP.
Geen bovenbelasting.

-Fase 2 (verankerd):

Als fase 1 maar met
Horizontaal anker aangebracht op 0,70 m-NAP.
Bodemniveau lage zijde 4,25 m-NAP.
Waterniveau aan lage zijde 0,50 m-NAP en aan hoge zijde 0,40 m-NAP.
Bovenbelasting 5 kN/m^2 werkzaam.

De resultaten zijn weergegeven in bijlage 2 en samengevat in tabel 13 en 14.

Tabel 13. Resultaten damwandberekeningen - bodemprofiel 1

Bodem-profiel	Fase	UGT Moment $M_{s;d}$	UGT Ankerkracht $F_{a;max}$	BGT Moment $M_{s;rep}$	BGT Ankerkracht $F_{a;rep}$	BGT Vervorming δ
		[kNm]	[kN/m']	[kNm]	[kN/m']	[mm]
1	1	**-80,45**	-	-	-	84,5
1	2	-51,96	-23,05	-	-	84,7

Opm: vervormingen zijn gebaseerd op profiel AZ 26.

Tabel 14. Resultaten damwandberekeningen - bodemprofiel 2

Bodem-profiel	Fase	UGT Moment $M_{s;d}$	UGT Ankerkracht $F_{a;max}$	BGT Moment $M_{s;rep}$	BGT Ankerkracht $F_{a;rep}$	BGT Vervorming δ
		[kNm]	[kN/m']	[kNm]	[kN/m']	[mm]
2	1	**-89,92**	-	-	-	75,5
2	2	-79,58	-18,85	-	-	75,7

Opm: vervormingen zijn gebaseerd op profiel AZ 26.

Conclusies:

Bodemprofiel 1: km 55.500 t/m 56.600
Vereiste damwandlengte: 10,5 m (beneden 0,4 m+NAP) bodemprofiel 1.
9,5 m (beneden 0,6 m-NAP) bodemprofiel 1.
Onderkant damwand: 10,1 m-NAP bodemprofiel 1.
Een profiel AZ 26 met W=2600 cm^3 (of gelijkwaardig) voldoet.
$F_{a;max}$= 23,05 kN/m
Berekende vervorming: max. 85 mm.

Bodemprofiel 2: km 56.600 t/m 58.000
Vereiste damwandlengte: 10,4 m (beneden 0,4 m+NAP) bodemprofiel 2.
9,4 m (beneden 0,6 m-NAP) bodemprofiel 2.
Onderkant damwand: 10,0 m-NAP bodemprofiel 2.
Een profiel AZ 26 met W=2600 cm^3 (of gelijkwaardig) voldoet.
$F_{a;max}$= 18,85 kN/m
Berekende vervorming: max. 76 mm.

Controle ankerstaal
T.b.v. de berekening van het ankerstaal dient te worden uitgegaan van:
$F_{s;A;st;d} = 1,25 * F_{a;max}$

Controle grondmechanische draagkracht ankers
T.b.v. de berekening van de grondmechanische draagkracht van de ankers dient te worden uitgegaan van:
$F_{s;A;d} = 1,1 * F_{a;max}$

8.0 DAMWANDBEREKENINGEN LOCATIE 5

Dit betreft km 66.500 – km 67.000 linkeroever 't Zand.

- gemiddeld huidig bodemniveau: 3,78 m-NAP (afgeleid uit profielen)
- Bovenkant damwand: 0,60 m-NAP (0,1 m beneden de waterspiegel).
- Bovenbelasting: 5 kN/m^2 (afstand tot N9 is ca. 10 m uit de damwand).

Beschouwd is:
Houten verankerde damwand: niet mogelijk. niet verder uitgewerkt i.v.m. vereiste damwandlengte en te grote vervormingen.
Stalen verankerde damwand.
Stalen onverankerde damwand: vervormt te veel.

8.1 Bodemparameters t.b.v. damwandberekeningen

Op basis van de sondeer- en boorresultaten zijn de volgende representatieve waarden voor de bodemparameters.aangehouden t.b.v. de damwandberekeningen, zie tabel 15.

Bodemprofiel 1: km 66.500 t/m 67.000

Tabel 15. Representatieve waarden bodemparameters – bodemprofiel 1.

B.k. laag	**O.k. laag**	**Omschrijving**	**γ/γsat**	**c'**	**ϕ'**	**k**
m tov NAP	m tov NAP		[kN/m^3]	[kN/m^2]	[graden]	[kN/m^3]
+0,45	-3,00	**Klei, zandh.**	17,0/17,0	2	20,0°	800
-3,00	-4,00	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-4,00	-6,00	**Klei**	15,5/15,5	3	17,5°	800
-6,00	-8,00	**Klei, zandh**	17,0/17,0	2	20,0°	1.000
-8,00	-8,50	**Veen**	10,3/10,3	2	15,0°	500
-8,50	-13,0	**Zand**	19,0/20,0	0	30,0°	12.500

Hierin is:
γ_{sat} = volumieke gewicht van verzadigde grond
γ = volumieke gewicht van de grond
c' = effectieve cohesie
ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving
k = horizontale beddingsconstante

Als wandwijvingshoek is δ = 2/3 ϕ aangehouden, m.u.v. de veenlaag waarvoor δ = 0° is aangehouden.

8.2 Verankerde stalen damwand

Aangehouden faseringen t.b.v. de damwandberekeningen:

-Fase 1 (onverankerd):
Damwand ingebracht.
Bodemniveau lage zijde 3,80 m-NAP en aan hoge zijde 0,40 m+NAP resp. 0,79 m+NAP.
Waterniveau aan lage zijde 0,50 m-NAP en aan hoge zijde 0,50 m-NAP.

Geen bovenbelasting.

-Fase 2 (verankerd):

Als fase 1 maar met
Horizontaal anker aangebracht op 0,70 m-NAP.
Bodemniveau lage zijde 4,25 m-NAP.
Waterniveau aan lage zijde 0,50 m-NAP en aan hoge zijde 0,40 m-NAP.
Bovenbelasting 5 kN/m^2 werkzaam.

De resultaten zijn weergegeven in bijlage 2 en samengevat in tabel 16.

Tabel 16. Resultaten damwandberekeningen - bodemprofiel 1

Bodem-profiel	Fase	UGT Moment $M_{s;d}$	UGT Ankerkracht $F_{a;max}$	BGT Moment $M_{s;rep}$	BGT Ankerkracht $F_{a;rep}$	BGT Vervorming δ
		[kNm]	[kN/m']	[kNm]	[kN/m']	[mm]
1	1	**-125,57**	-	-	-	81,6
1	2	-122,97	-13,56	-	-	81,8

Opm: vervormingen zijn gebaseerd op profiel AZ 26.

Conclusies:
Vereiste damwandlengte: 11,45 m (beneden 0,40 m+NAP) bodemprofiel 1.
10,45 m (beneden 0,6 m-NAP) bodemprofiel 1.
Onderkant damwand: 11,05 m-NAP bodemprofiel 1.
Een profiel AZ 26 met W=2600 cm^3 (of gelijkwaardig) voldoet.
$F_{a;max}$= 13,56 kN/m
Berekende vervorming: max. 82 mm.

Controle ankerstaal
T.b.v. de berekening van het ankerstaal dient te worden uitgegaan van:
$F_{s;A;st;d} = 1,25 * F_{a;max}$

Controle grondmechanische draagkracht ankers
T.b.v. de berekening van de grondmechanische draagkracht van de ankers dient te worden uitgegaan van:
$F_{s;A;d} = 1,1 * F_{a;max}$

9.0 INTRILLEN STATISCH DRUKKEN DAMWANDEN

Intrillen damwanden

Op de locaties 1, 3 (tussen 27.09 en 27.5), 4 en 5 zullen de damwanden d.m.v. hoogfrequent trillen op diepte worden gebracht.

Hiervoor is een trilbaarheidsanalyse uitgevoerd waarbij m.b.v. het programma trilblok wordt nagegaan of het vermogen van een hoogfrequent trilblok toereikend is om een damwandplank op de gewenste diepte in de bodem te brengen.

Hierbij wordt uitgegaan van demping, een dynamische schachtwrijving en puntweerstand (meestal aangenomen op 1/10 van de statische waarde) en slotwrijving en waarbij in dit geval van intrillen van een dubbel damwandprofiel is uitgegaan.
Door het programma wordt o.a. de amplitude en de trilbaarheidsfactor berekend.
Per locatie is van een maatgevende sondering uitgegaan, op basis waarvan de dynamische schachtwrijving en puntweerstand is berekend.

Op de voornoemde locaties bleek (met aannames van gangbare trilblokken) de berekende amplitude toereikend te zijn en de berekende trilbaarheidsfactor [1)] ruim boven de 1 te liggen, hetgeen een indicatie is dat het d.m.v. trilllen mogelijk moet zijn om de gewenste diepte te bereiken.

[1)] Trilbaarheidsfactor = (F_{dyn}+(totaal gewicht +paalgewicht)*g)/ ($F_{schacht}$ +F_{punt} +slotwrijving)

Verder is m.b.v. de grafieken van de NVAF (grafiek 030) nagegaan of bij het hoogfrequent trillen van de dubbele planken schade voor de damwanden verwacht kan worden. De combinaties van W, planklengtes en slagkracht liggen in het gebied van “geen schadeverwachting”.

Indrukken van damwanden

Op het overige deel van locatie 3 en op locatie 2 zullen de damwanden d.m.v. statisch drukken op diepte worden gebracht. Op basis van de sondeerresultaten en NVAF (grafiek 17 en 18) wordt verwacht dat dit zonder schade voor de damwanden realiseerbaar is.

BIJLAGE 1

Ter beschikking gestelde gegevens en
Resultaten grondonderzoek

BIJLAGE 2

Damwandberekeningen