

West Blijdorpbrug

Balk onder taludbekleding

Funderingsadvies

GIS-BIS code 2012-072-A-
Projectcode LH12C023J

Datum
24 oktober 2012

Versie
definitief

Opdrachtgever
Onderhoud buitenruimte

Adviseur
S. Bardak-Hristov

Paraaf Adviseur:

Projectbegeleider
Ir. D. Wilschut

Paraaf Projectbegeleider:

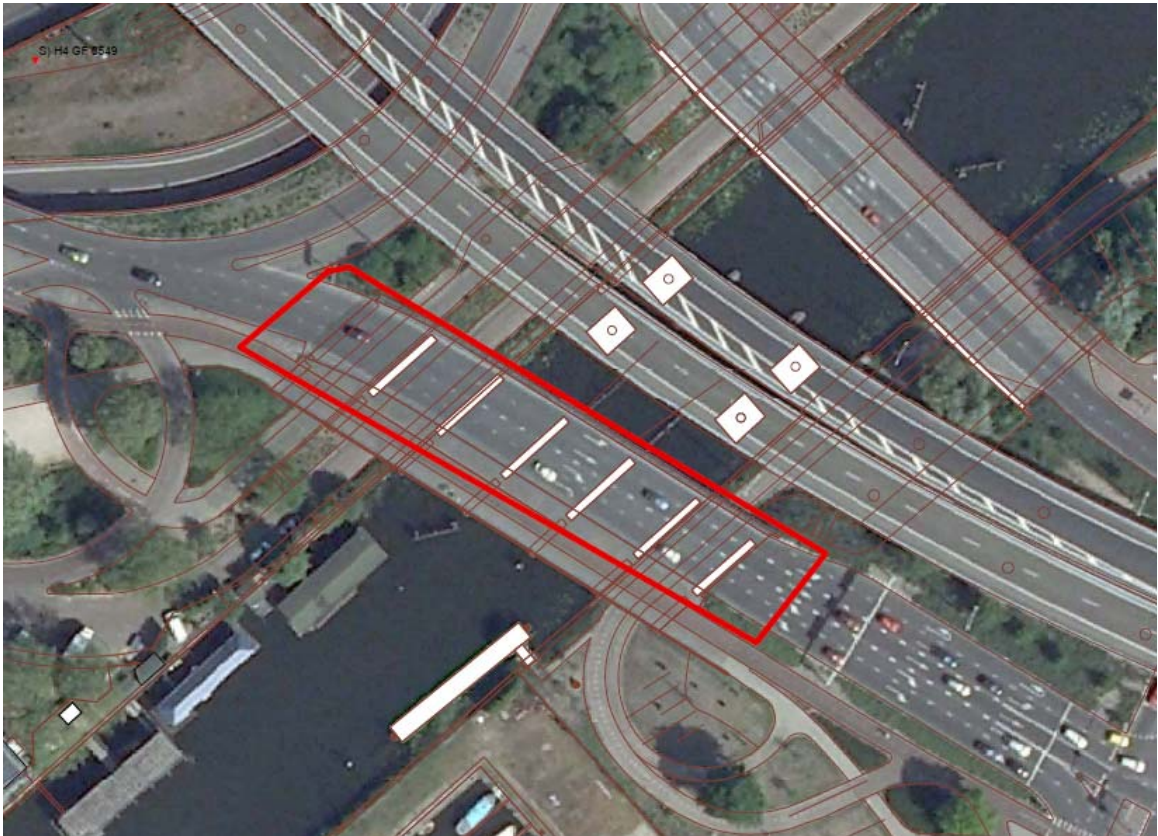


Inhoudsopgave

1.	Projectomschrijving	3
2.	Uitgangspunten	4
2.1	Documenten van opdrachtgever	4
2.2	Eerder uitgevoerde onderzoeken	4
2.3	Vigerende voorschriften en normen	4
2.4	Geometriegegevens	4
2.5	Belastingen en vervormingen	4
3.	Grond en grondwater	5
3.1	Uitgevoerd onderzoek	5
3.2	Grondopbouw	5
3.3	Grondwater	6
4.	Fundering	7
4.1	Geometrie en belastingen	7
4.2	Drukpalen	8
4.2.1	Rekenmethode en parameters	8
4.2.2	Uiterste draagkracht op druk gebaseerd op resultaten van grondonderzoek	8
4.2.3	Negatieve kleeft	9
4.2.4	Paaltype en berekeningsparameters	9
4.3	Paalberekningen	10
5.	Uitvoeringsaspecten	11
6.	Advies	12
	Bijlage 1: Situatietekening grondonderzoek	13
	Bijlage 2: Resultaten grondonderzoek	14
	Bijlage 3 : Paalberekening	17

1. Projectomschrijving

In opdracht van Onderhoud Buitenruimte heeft het ontwerpteam Civiele Constructie het cluster Geotechniek van MRO Bodem een geotechnisch advies gevraagd betreffende fundering van de balk onder de bedekking ondertalud van de West-Blijdorpbrug (verkeersbrug). Deze brug bestaat uit twee bruggen: de verkeersbrug uit 1956 en voetgangers-fietsbrug uit 1967. Onder de voetgangers-fietsbrug zijn ondertaluds afgedekt met betonplaten.



Figuur 1: Locatie van de West-Blijdorpbrug

Door de afdeling Civiele Constructies is gevraagd om een geotechnisch advies waarin opgenomen:

- De dimensionering van de palen (afmeting en inheinniveau bepalen).

In dit rapport worden de hierna volgende werkzaamheden beschreven:

- Historisch onderzoek;
- Veldonderzoek;
- Geotechnische berekeningen:
 - paalberekening;
- Conclusies en advies.

2. Uitgangspunten

De gehanteerde uitgangspunten voor de berekening en het advies zijn beschreven in paragraaf 2.1 t/m 2.5.

2.1 Documenten van opdrachtgever

De volgende tekeningen zijn ter beschikking gesteld:

“Bruggen Schie-Schiekanaal, Westelijke brug, Sonderingen, grondboringen, palenplan”, code R, blad nr. 20, d.d. 1956, Bestek Nr. 5140;

“Bruggen Schie-Schiekanaal w. zijde, Voetgangers-Wielrijdersbrug, Aanzichten-doorsneden-palenplan-sonderingen”, code R, nr. 103 en 104, d.d. 1967, Bestek 346/67.

2.2 Eerder uitgevoerde onderzoeken

Voor de beide bruggen is eerder grondonderzoek uitgevoerd. De locaties en de resultaten van het grondonderzoek is bijlagen gepresenteerd.

Er zijn twee geotechnische adviezen uitgebracht voor deze brug. Het betreft de notities:

- “Draagkracht palen Blijdorpbrug West”
- “West-Blijdorpbrug”, d.d. 10 mei 2012 van L.P. Hoogerwerf.

2.3 Vigerende voorschriften en normen

Als basis voor de berekeningen dienen:

- Eurocode 9997-1 “Geotechnisch ontwerp, hoofdstuk 7 Paalfunderingen”.

2.4 Geometriegegevens

De belangrijke projectpeilen zijn:

- Het maaiveld naast de balk ligt op NAP +0,35 m;
- Het paalkopniveau ligt op NAP -0,25 m;
- Het waterpeil in de Schie ligt op NAP -0,40 m;

2.5 Belastingen en vervormingen

De balk is berekend als een RC 1 (risicoklasse 1) constructie. Voor de berekening zijn belastingcombinaties volgens NEN-EN-1990 gehanteerd.

De toelaatbare zetting van het fietspad naast de balk is voor Rotterdamse omstandigheden gebruikelijke 0,30 m in 20 jaar. Daar is rekening mee gehouden bij het berekenen van de negatieve kleeft op palen.

3. Grond en grondwater

De onderdelen van het grondonderzoek- en waterstand zijn beschreven in paragraaf 3.1 t/m 3.3.

3.1 Uitgevoerd onderzoek

Voor de paalberekeringen is gebruik gemaakt van de, voor de oorspronkelijke bouw uitgevoerde, sonderingen: GF86, GF87, GF93, GF94, GF103 en GF133.

Ten behoeve van het advies zijn aanvullend vier boringen uitgevoerd, waarvan twee zijn afgewerkt met een peilbuis. De sondering is weergegeven in Tabel 3.1 en de boringen is weergegeven in Tabel 3.2.

De situatietekening van het grondonderzoek is weergegeven in bijlage 1 en de resultaten van het grondonderzoek zijn weergegeven in bijlage 2.

Tabel 3.1 Overzicht oude sonderingen

sondering	Maaiveld [m NAP]	Diepte [m NAP]	Opmerking
GF86	+1,70	-23,5	zuid
GF87	+0,97	-23,5	noord
GF93	+0,81	-23,5	zuid
GF94	+1,62	-23,5	zuid
GF103	+1,00	-23,5	noord

Tabel 3.2 Overzicht nieuwe boringen

Boring nr.	Maaiveld [m NAP]	Diepte [m NAP]	Opmerking
GF10	0,36	-4,64	met peilbuis
GF11	0,54	-4,46	met peilbuis
GF20	0,25	-4,75	
GF21	0,41	-4,59	

3.2 Grondopbouw

De grondopbouw is ontleend aan de nieuwe boringen (tab 3.2), de oude boringen (77B/106, 108, 109 en 110) en de sonderingen. Het niveau van het draagkrachtige zand ligt bij de noordelijke balk op ca. NAP -16,0 m en bij de zuidelijke balk op ca. NAP -17,50 m.

In Tabel 3.3 is de laagopbouw gegeven zoals gebruikt voor de berekeningen.

Tabel 3.3: Globale laagopbouw (Noord)

Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort	γ_{nat} [kN/m ³]
0,35	zand	20
-1,4	klei	16
-2,4	zand	20
-6,2	klei sterk humeus	13
-6,5	veen mineraal arm	10
-9,7	klei sterk humeus	13
-10,8	klei	15
-13,5	veen	11
-13,6	klei	16
-15,1	klei sterk humeus	13
-15,5 of lager	Pleistoceen	

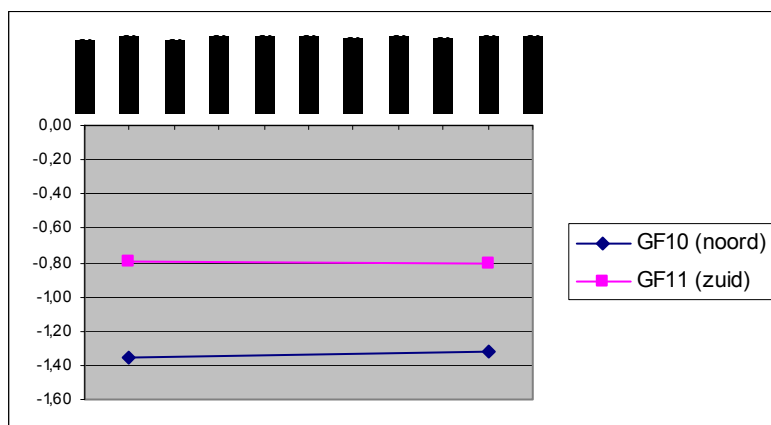
3.3 Grondwater

De hydrologische gegevens zijn ontleend aan het archief gegevens en de waarnemingen van twee peilbuizen ter plaatse van de boringen GF 10 en GF 11.

De uitgangspunten voor de berekeningen zijn gegeven in Tabel 3.4:

Tabel 3.4 Uitgangspunten grond- en oppervlaktewater

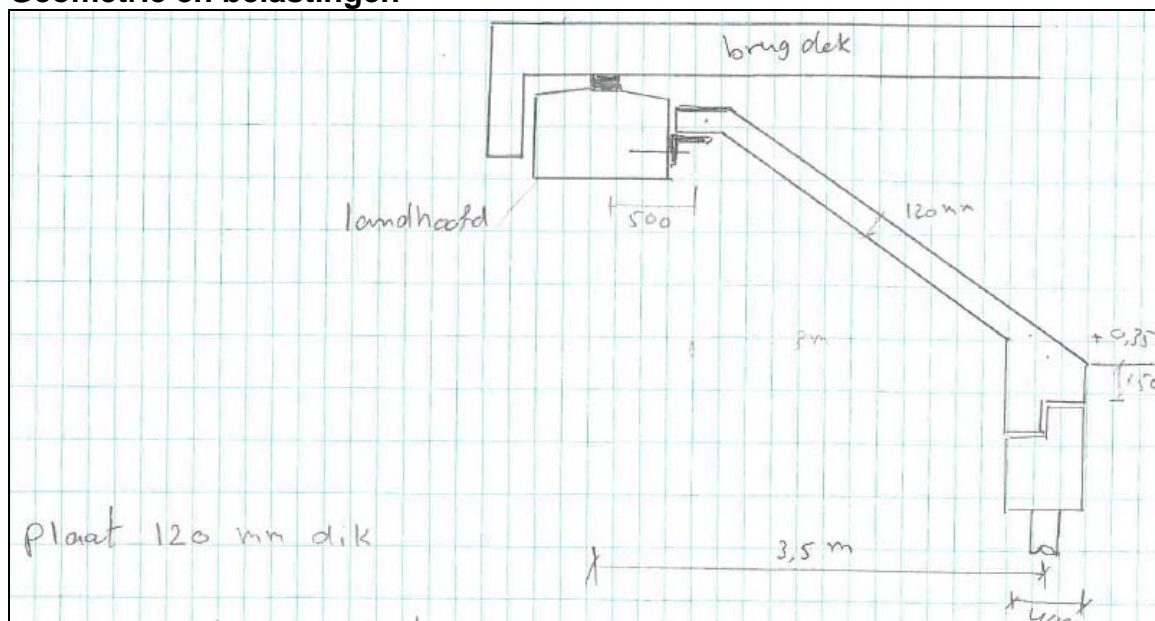
Onderdeel	Maatgevende potentiaal [m NAP]	Opmerking
Waterpeil Schie	-0,40	
Freatische grondwaterstand	-0,80 (noord) -1,34 (zuid)	gemiddeld gemeten
Eerste watervoerend pakket	-2,50	gemiddelde waarde


Figuur 3.1: Gemeten grondwaterstand in m tov NAP

4. Fundering

De constructie van de taludbekleding met de funderingsbalk is op de onderstaande figuur aangegeven. De paalbelasting is door de betonconstructeur bepaald. De balk wordt op vijf gesegmenteerde stalen buispalen gefundeerd.

4.1 Geometrie en belastingen



Figuur 4.1 Details taludbekleding en de balk

De paalbelastingen zijn weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Reken- en representatieve waarde van de maximale paalbelasting

Onderdeel	$F_{rep;druk}$ [kN / paal]	$F_{s;d;druk}$ [kN / paal]
Balk noord (diverse paalafstanden)	66	92
Balk zuid (h.o.h. palen 4,5 m)	66	89

4.2 Drukpalen

Door de constructeur is berekend dat de palen alleen op druk belast worden.

4.2.1 Rekenmethode en parameters

Het drukdraagvermogen van de palen $R_{b;cal}$ en $R_{s;cal}$ is bepaald met behulp van Excel sheet Paaldef met ontlasttak. Vervolgens is met een handberekening de uiterste grenstoestand en de gebruikstoestand getoetst volgens Eurocode 7-1, hoofdstuk 7 Paalfundering.

4.2.2 Uiterste draagkracht op druk gebaseerd op resultaten van grondonderzoek

De berekening van de draagkracht op druk op basis van beproeving van de grond (sonderingen) wordt berekend volgens NEN-EN 1997-1 met behulp van de volgende formules.

$$R_{c;k} = (R_{b;k} + R_{s;k}) = \frac{R_{b;cal} + R_{s;cal}}{\xi} = \frac{R_{c;cal}}{\xi} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;cal})_{gem}}{\xi_3}; \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

De rekenwaarde van de weerstand $R_{c;d}$ moet zijn bepaald uit:

$$R_{c;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{s;k} / \gamma_s$$

Het paalpuntniveau wordt zodanig gekozen dat wordt voldaan aan:

$$\text{Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. } F_{c;d} \leq R_{c;d} - F_{snk;d}$$

waarin:

$F_{c;d}$	= de rekenwaarde van de belasting op de paalkop
$F_{snk;d}$	= de rekenwaarde van de wrijvingskracht ten gevolge van de negatieve kleeft
R_c	= de weerstand op druk van de grond op een paal in de UGT
$R_{c;d}$	= de rekenwaarde van de R_c
$R_{c;cal}$	= de berekende waarde van de R_c
$R_{c;k}$	= de som van $R_{b;k}$ en $R_{s;k}$
$R_{b;k}$	= de karakteristieke waarde van de puntweerstand van een paal
$R_{b;cal}$	= de puntweerstand van een paal in de UGT, berekend uit de resultaten van grondproeven
$R_{b;d}$	= de rekenwaarde van de puntweerstand van een paal
$R_{s;k}$	= de karakteristieke waarde van de schachtweerstand van een paal
$R_{s;cal}$	= de schachtweerstand van een paal in de UGT, berekend uit de resultaten van grondproeven
$R_{s;d}$	= de rekenwaarde van de schachtweerstand van een paal
ξ	= de correlatiefactor
ξ_3, ξ_4	= de correlatiefactor bij de afleiding van de draagkracht van een paal uit de resultaten van grondonderzoek, anders dan paalbelastingsproeven
γ_b, γ_s	= de partiele factoren voor puntweerstand respectievelijk schachtwrijving

4.2.3 Negatieve kleef

De berekening van negatieve kleef is uitgevoerd volgens de slip-methode. De negatieve kleef wordt over de volledige hoogte van het holocene pakket meegenomen i.v.m. de te verwachten zettingen.

4.2.4 Paaltype en berekeningsparameters

Onderstaand zijn de berekeningsparameters aangegeven zoals deze voor de constructie zijn gehanteerd:

Paaltype	gesegmeteerd stalen buispaal rond 219 mm met gesloten punt	
$\gamma_{m;b;druk}$	1,20	: materiaalfactor grond bij GT1
$\gamma_{m;eg}$	1,1	: materiaalfactor eigen gewicht bij GT1
α_p	1,0	: de coëfficiënt paalpuntweerstand, paalklassefactor
$\alpha_{s;zand}$	0,01	: de coëfficiënt schachtwrijving voor druk voor de betonpaal
E-modulus	$2 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$: elasticiteitsmodulus van staal
β	1,0	: paalvoetvormfactor
s	1,0	: factor bij verhouding dwarsdoorsnede paal
ξ_3	1,39	: zie bijlage A van NEN 9997-1:2010, tabel A.10a, N = 1
ξ_4	1,39	: zie bijlage A van NEN 9997-1:2010, tabel A.10a, N = 1

In verband met de grote variaties in de draagkracht op hetzelfde paalpuntniveau zijn de sonderingen niet als een groep beschouwd.

4.3 Paalberekningen

In onderstaande tabellen zijn de resultaten van de drukdraagkracht berekeningen voor een stalen buispaal rond 219 mm met gesloten punt weergegeven.

Van deze berekeningen is de voorbeeld opgenomen in bijlage 3.

Tabel 4.1 Samenvatting berekende draagkracht per sondering voor verschillende PPN

Balk	Sondering	PPN [m NAP]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{s;nk}$ [kN]	$R_{r,netto;d}$ [kN]		V_d [kN]
Noord	GF 87	-17,5	45	386	431	258	158	100	>	92
	GF103	-18,0	292	129	421	252	158	94	>	92
Zuid	GF86	-21,5	339	222	561	336	219	117	>	89
	GF93	-21,5	267	237	504	302	190	112	>	89
	GF94	-20,0	297	234	531	318	201	117	>	89

1) $R_{c;cal} = R_{b;cal} + R_{s;cal}$

Op basis van de berekening wordt geadviseerd om een gesegmenteerde stalen buispaal met gesloten punt rond 219 mm met een paalpuntniveau op verschillende niveaus voor noordelijke en zuidelijke balk toe te passen.

5. Uitvoeringsaspecten

In verband met de beperkte werkhoogte komen voor dit project inwendig geheide gesegmenteerde stalen buispalen in aanmerking. De vast gelaste voetplaat mag niet meer dan 10 mm uitsteken buiten de paal. De buispalen worden gevuld met beton.

In verband met aanwezigheid van de kabels en leidingen in de nabijheid van de te installeren palen wordt geadviseerd voor te boren tot het onderkantniveau van de K&L.

Uit de revisietekening R20 van Bestek 5140 uit 1956 van de West-Blijdorpbrug is het gerealiseerde paalpuntniveau aangegeven. Onder het noordelijke landhoofd aan de kant waar de balk gefundeerd zal zijn, bevinden zich de paalpunten op een niveau tussen NAP -17,91 en NAP -19,03 m. De afstand tussen de as van het landhoofd en as van de balk bedraagt 3,5 m, zie Figuur 4.1.

Rekening houdend met de schoorstand van 8:1 komt de diepste paalpunt (op NAP -19,03 m) 2,66 m uit de as van het noordelijke landhoofd en 3,21 m (bij PPN op NAP -23,20 m) uit het zuidelijke landhoofd.

Om evt. conflict tussen de oude en de nieuwe palen in horizontale en in verticale vlak te vermijden wordt geadviseerd om de nieuwe palen tussen de bestaande palen te installeren en paalpunt van de nieuwe palen te kiezen boven het inheinniveau van de bestaande palen.

6. Advies

Dit geotechnisch advies is opgesteld ten behoeve van het funderen van de balk onder het ondertalud van de West-Blijdorobrug (verkeersbrug).

Voor de paalbelastingen vanuit de constructie, volgens opgave van de constructeur, kunnen gesegmenteerde stalen buispalen met gesloten voet worden toegepast.

Het paalpuntniveau dat vermeld is in tabel 6.1 dient te worden aangehouden.

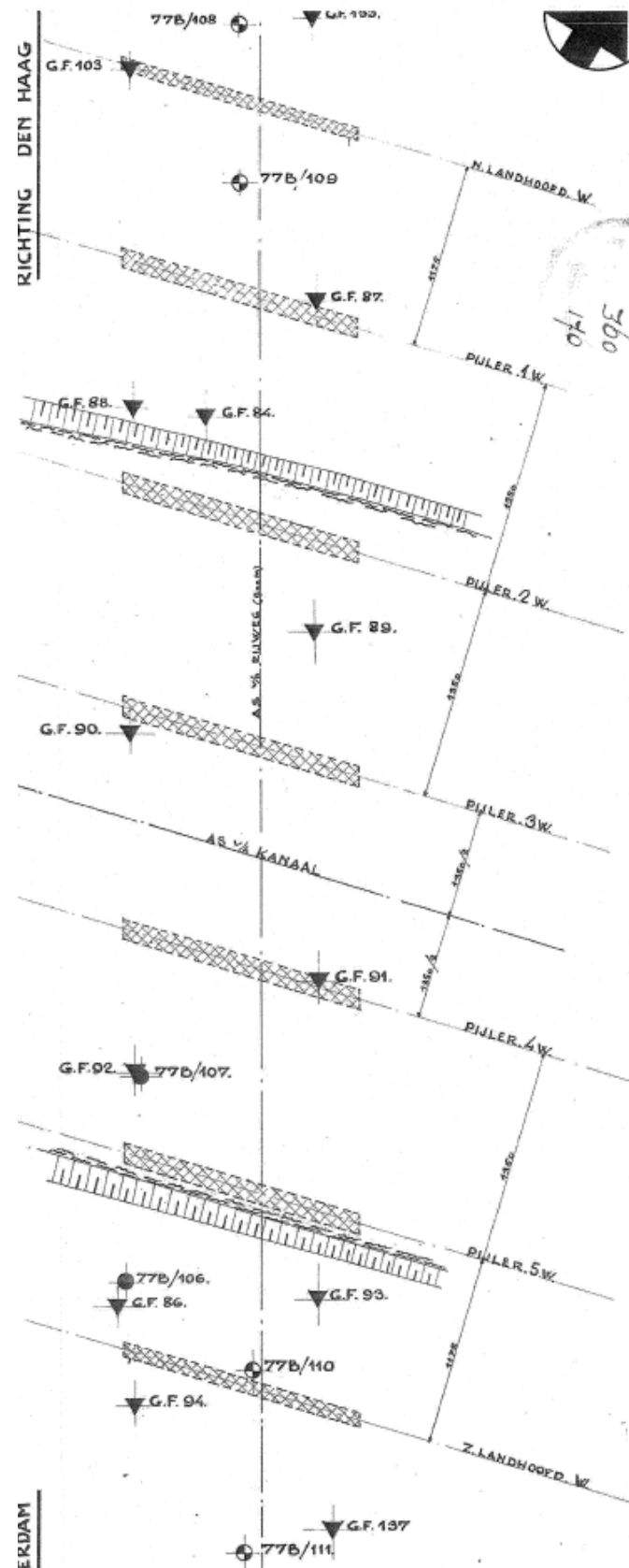
Tabel 6.1: Aan te houden paalpuntniveaus

Balk ondertalud	Inheidiepte [m NAP]	Aantal palen	Paalnummers	Paaltype	Paalafmeting [mm]
Noord	-18,0	5	1 t/m 5	gesegmenteerde stalen buispalen met gesloten voet	Ø 219 mm, wanddikte 7 mm
Zuid	-21,5	5	6 t/m 10	gesegmenteerde stalen buispalen met gesloten voet	Ø 219 mm, wanddikte 7 mm

Het lokale draagvermogen kan worden gecontroleerd op basis van het heigedrag. De palen dienen te worden gekalenderd vanaf een inheidiepte van NAP -14,0 m. Vooraf dient de minimum kalender te worden vastgesteld op basis van het gekozen heiblok en valhoogte. Blijkt de kalender te laag dan moet in overleg met de geotechnisch adviseur mogelijk de inheidiepte worden aangepast. Bij het gekozen paaltype is dit eenvoudig uitvoerbaar.

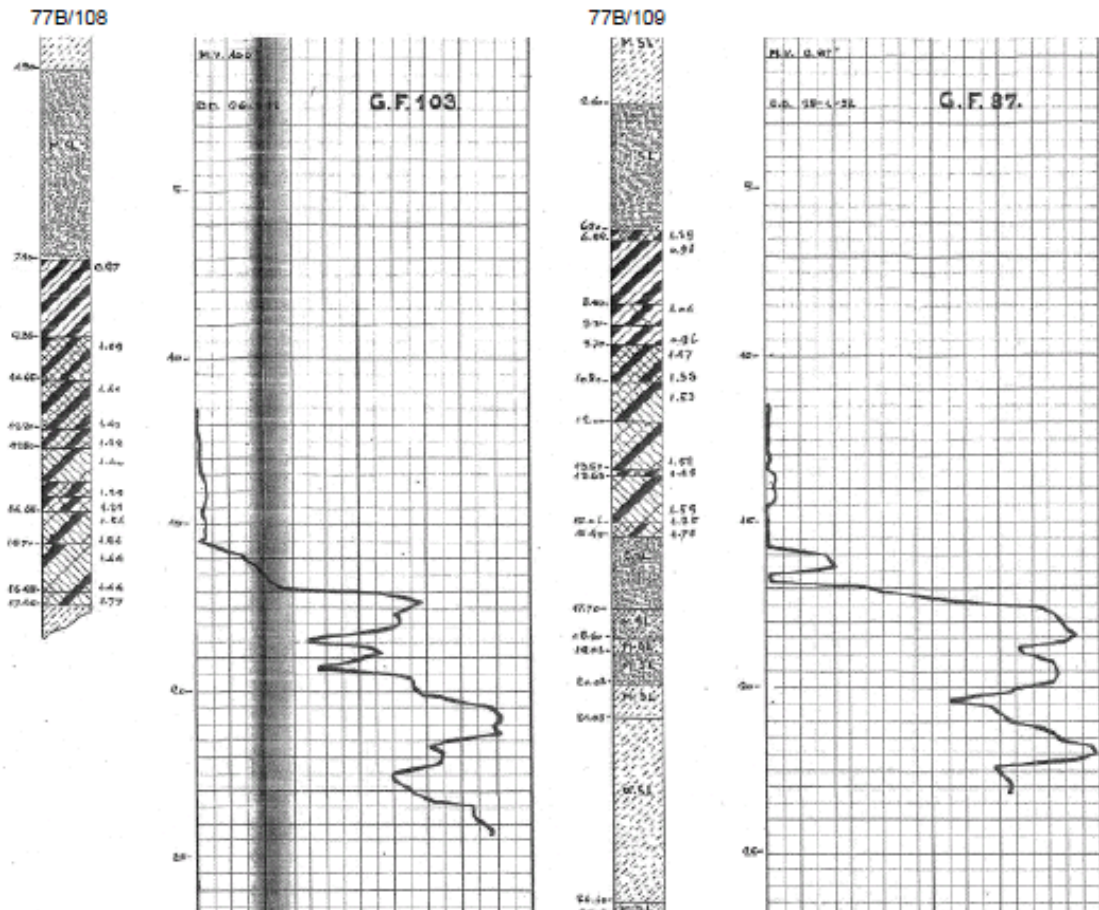
Nadat de heistelling door de aannemer gekozen is, wordt geadviseerd om contact met ons op te nemen, om de minimum heikalender te bepalen.

Bijlage 1: Situatietekening grondonderzoek

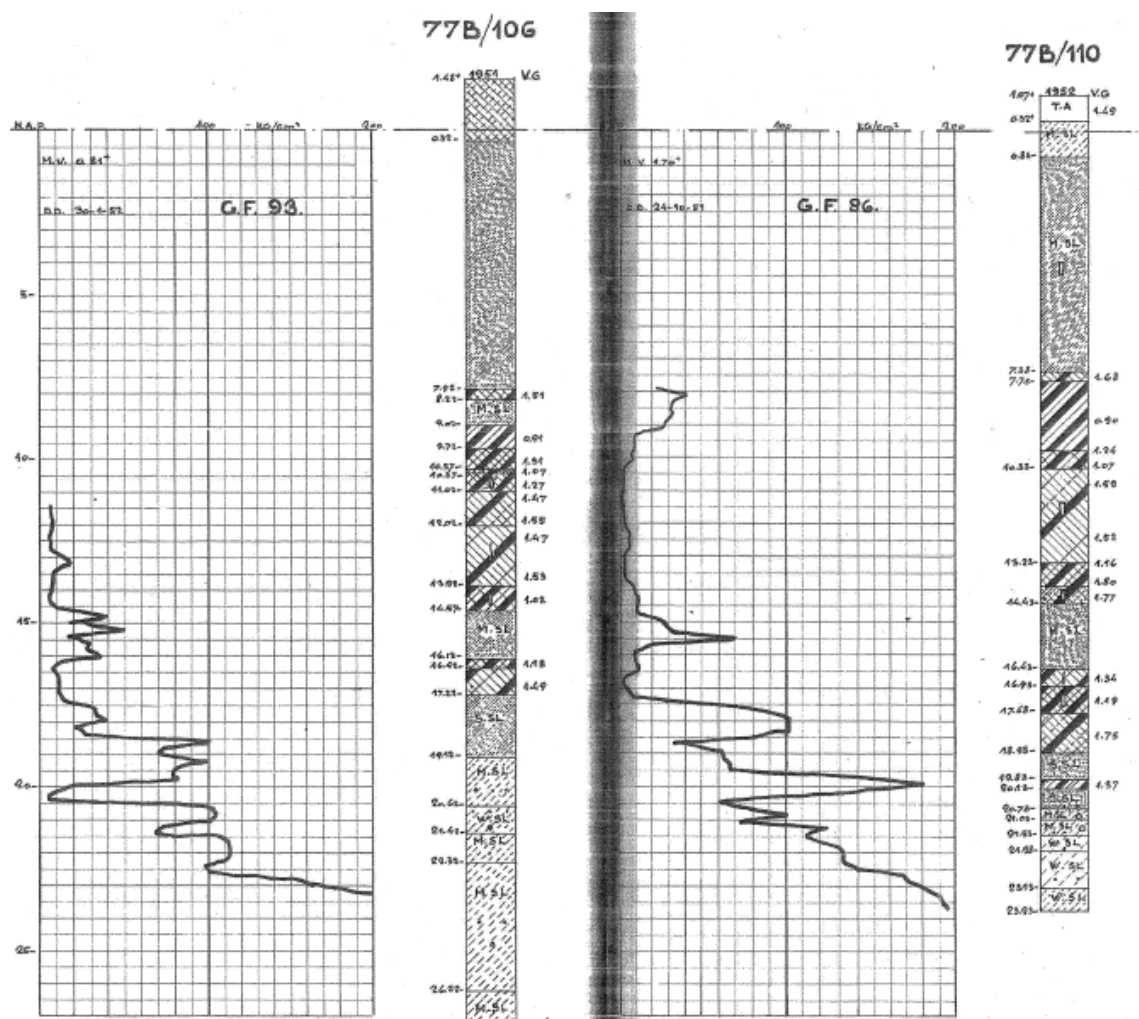


Bijlage 2: Resultaten grondonderzoek

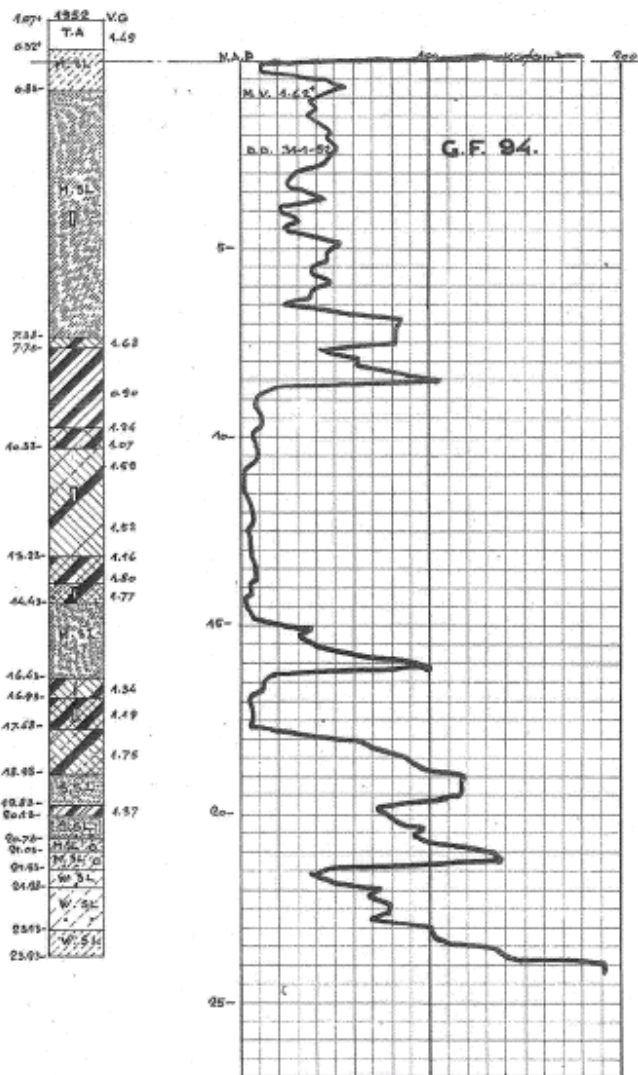
Grondonderzoek Noord 1



Grondonderzoek Zuid 1



77B/110



Bijlage 3 : Paalberekening



Gemeente Rotterdam
Gemeentewerken
Ingenieursbureau

PAALDEF versie 8.1

Berekening $F_{s,nk}$, $F_{r,schacht}$, $F_{r,schacht}$ en $w_{2;d}$

Project	West-Blijdorpbrug	DATUM :	23-okt-12
Dossier	2012-072	Tijd	18:07
Berekening	Fundering balkje Noord	Adviseur :	SBH
Sondering	GF103		

Maaiveld	0,36 m tov NAP	Paalomtrek	0,69 m
Freatisch vlak	-0,8 m tov NAP	Paalkop	-0,3 m tov NAP
		OK negatieve kleef	-15,5 m tov NAP
		BK positieve kleef	-15,5 m tov NAP
		Inheidiepte	-18,0 m tov NAP

Negatieve kleef							
Laag no	Ok-laag m tov NAP	Grondsoort	γ_w kN/m ³	ϕ -	$K_{tan}(\delta)$	σ'_{ok} kPa	$F_{s,nk;rep}$ kN
1	-0,4	Zand	18	30	0,25	13,68	0,2
2	-0,8	Klei	16	22,5	0,25	20,32	1,5
3	-1,4	Klei	15	22,5	0,25	23,32	3,7
4	-2,4	Klei	15	22,5	0,25	28,32	8,2
5	-6,2	Zand	20	30	0,25	65,92	38,6
6	-6,5	Klei st humeus	13	20	0,25	66,94	42,5
7	-8,5	Veen min arm	10	15	0,25	66,94	65,1
8	-9,1	Veen min arm	10	15	0,25	66,94	72,0
9	-9,7	Veen min arm	10	15	0,25	66,94	78,9
10	-10,8	Klei st humeus	13	20	0,25	70,24	91,9
11	-12,0	Klei	15	22,5	0,25	76,24	107,0
12	-13,5	Klei	15	22,5	0,25	83,74	127,6
13	-13,6	Veen siltig	11	17,5	0,25	83,84	129,1
14	-15,0	Klei	16	22,5	0,25	92,24	150,3
15	-15,5	Klei st humeus	13	20	0,25	93,74	158,3
Negatieve kleef			158,3	kN			

Schachtwrijving		Puntweerstand			
α_s	1,0 %	qc I	10 MPa	α_p	1,0
$q_{c,gem,schacht}$	7,5 Mpa	qc II	7 MPa	β	1,0
		qc III	7 MPa	s	1,0
		$q_{c,gem,punt}$	7,75 MPa	OCR	1,0
$F_{r,schacht;max}$	129 kN	$F_{r;punt;max}$	292 kN		