

Funderingsadvies

Vlaardingen

In opdracht van
Buro Hoogstraat

Verantwoording

Titel : Funderingsadvies te Vlaardingen - Mortelschroefpaal

Datum : 24 januari 2025

Status : Definitief

Versie : 2.0

Projectnummer : B0013

Opdrachtgever : Buro Hoogstraat

Projectnummer opdrachtgever : P05267

Referentie : VWB/B0013/25/ALG/2066

Opsteller
R. Schipper

A blue ink signature of R. Schipper, written in a cursive style.

Gecontroleerd
N. van der Zouw

A blue ink signature of N. van der Zouw, written in a cursive style.

VWB Bodem B.V.
Van der Landeweg 9
7418 HG Deventer

Tel. : 085-0701300

E-Mail : geotechniek@vwb.nl

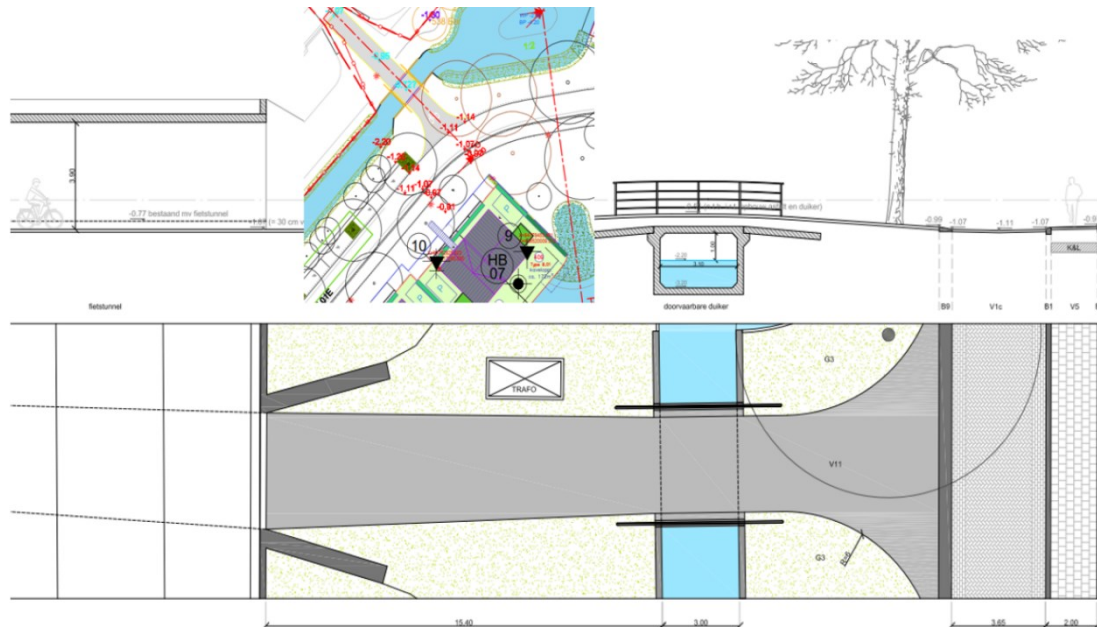
Internet : www.vwb.nl

Inhoudsopgave

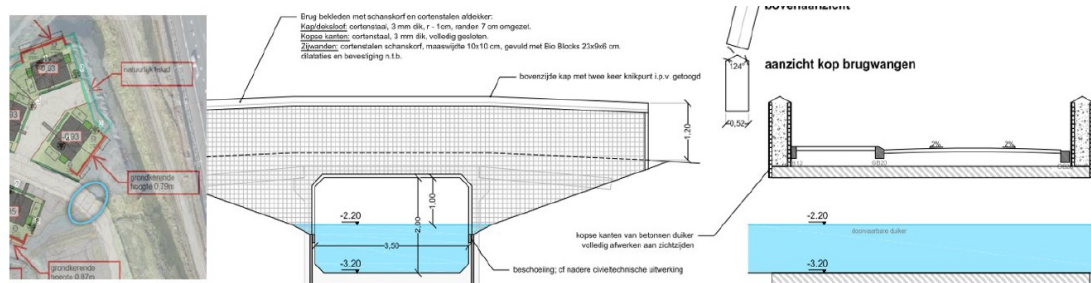
1	Inleiding	2
2	Basisinformatie	3
2.1	Normen en richtlijnen	3
3	Grondonderzoek en bodemopbouw	4
3.1	Algemeen.....	4
3.2	Bodemopbouw en grondwaterstand	5
3.2.1	Grondwaterstand.....	5
4	Funderingsadvies	6
4.1	Belastingen	6
4.2	Uitgangspunten paalfundering	7
4.3	Paalpuntniveau en draagkracht	7
4.4	Paalkopzakking en veerstijfheid palen	8
4.4.1	Drukbelasting.....	8
5	Conclusies en aanbevelingen	10
Bijlage 1	Resultaten grondonderzoek	11
Bijlage 2	Berekeningsresultaten drukbelasting.....	12
Bijlage 3	Uitdraaien geadviseerde paalpuntniveaus	14

1 Inleiding

Ter plaatse van de nieuwbouwwijk Vijfsluizen te Vlaardingen worden twee nieuwe duikerbruggen beoogd. Hierbij is een geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd in het verleden door Fugro, Inpijn-Blokpoel en Geonius. De locaties van beide duikerbruggen zijn onderstaand opgenomen.



Figuur 1: Locatie duikerbrug D8



Figuur 2: Locatie duikerbrug D29

In het voorliggend document wordt in opdracht van Buro Hoogstraat de fundering van de duikerbruggen uitgewerkt op basis van de beschikbare informatie.

2 Basisinformatie

Dit hoofdstuk bevat de opsomming van de gebruikte documenten en online gegevens.

2.1 Normen en richtlijnen

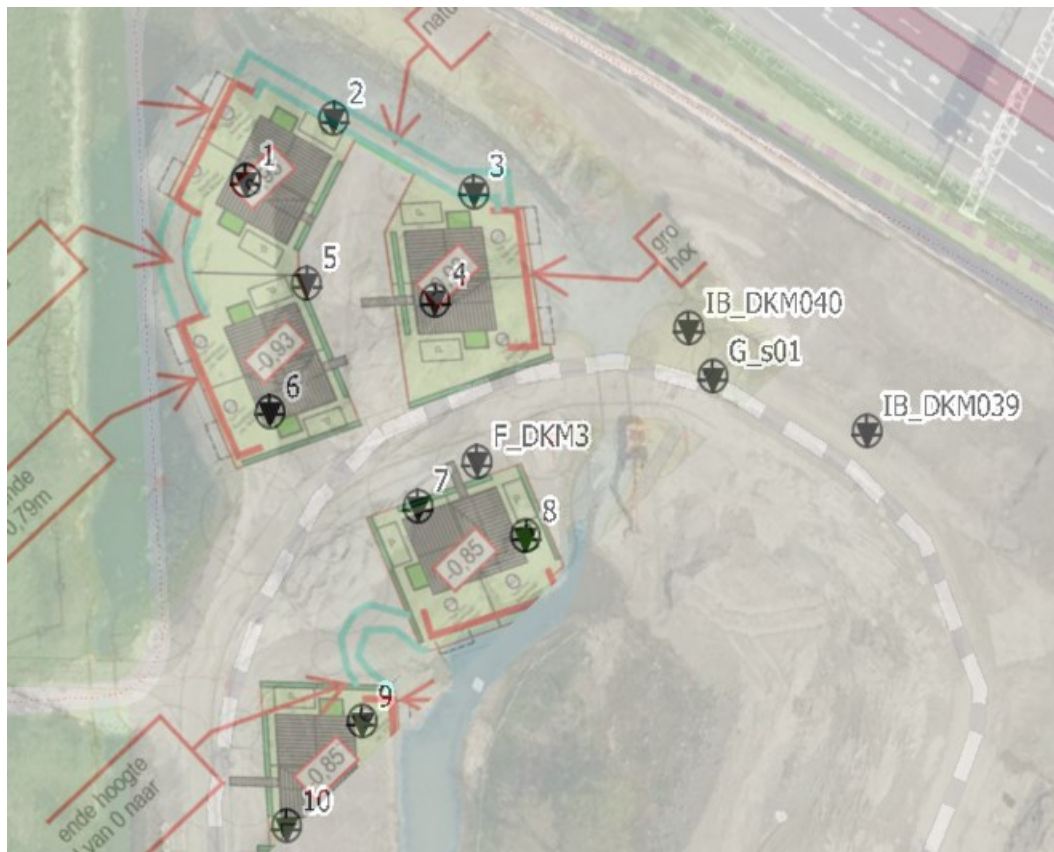
In de uitwerking van dit advies is gebruik gemaakt van Normeringen, leidraden, online gegevens en documenten die de opdrachtgever heeft verstrekt. De volgende bronnen zijn gebruikt:

- [01] NEN 9997-1:2017: Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels.
- [02] CUR 162: Handboek Construeren met grond.
- [03] Ingemeten maaiveldhoogtes, bestand “2210_V7-BS_Situ - M00002307-2210.pdf”..
- [04] Geotechnische zettingsberekeningen bouwrijp maken door GeoRisQ, bestand “191210 1324 Vijfsluizen GR0058-MEM-002 v1.0 (ondertekend).pdf”.
- [05] Geïnstalleerde verticale drainage overzicht, bestand “NL.953 Heijmans Infra Vlaardingen Vijfsluizen , tekening diepte verticale Key-plan.pdf”.
- [06] Detail duikerbrug D29, bestand “NL.Vla.01_Details DOIP_D29_duikerbrug.pdf”.
- [07] Detail duikerbrug D 8, bestand “NL.Vla.01_Profielen VOIP_8.pdf”.
- [08] Uitwerking en berekening oeverbescherming Heijmans, bestand “VIJFSLUIZEN-MEM-001_2-0.pdf”.
- [09] Grondonderzoek door Fugro, bestand “BIJ 07 9017-0533-000_21_KR01_20170412-GEO.pdf”.
- [10] Grondonderzoek door Geonius, bestand “GA211769.R01.V1.0.pdf”.
- [11] Voorbelastingstekening door Arcadis, bestand “VSN-ARC-SI-00-M2-CE-TO-2240-VB_Boven - M00002301-2243.pdf”.
- [12] Voorbelasting dwarsprofielen door Arcadis, bestand “VSN-ARC-SI-00-M2-CE-TO-2250-Profielen - M00002313-2250.pdf”.
- [13] Zettingsprognose door Arcadis, bestand “Zettingsprognose Vijfsluizen - D10056504.pdf”.
- [14] Actuele luchtfoto's: <https://www.pdok.nl>.
- [15] Actueel Hoogtebestand Nederland: ahn.nl

3 Grondonderzoek en bodemopbouw

3.1 Algemeen

Het beschikbare grondonderzoek is afkomstig uit documenten [08], [09] en [10]. Onderstaand zijn de relevante sondeerlocaties inzichtelijk gemaakt.



Figuur 3: Sondeerlocaties van Inpijn Blokhoel (IB), Fugro (F), Geonius (G) en IJB geotechniek

Hieruit volgt dat de afstand tussen sondeerlocaties en te realiseren fiets duikerbrug D8 te ver verwijderd is. Voor een fundatieberekening is strikt genomen een aanvullende sondering nodig. Daarnaast is ook de uitgevoerde diepte van de sondering onvoldoende om hierop een paalfundatieberekening te baseren. Derhalve wordt geadviseerd om ter plaatse van duikerbrug D8 een aanvullende sondering uit te voeren.

Voor de verkeers-duikerbrug D29 zijn de sonderingen van Inpijn blokhoel [08] en Geonius [10] representatief. De afstand tot de duiker is maximaal 10 meter voor sonderingen IB_DKM40 en G_s01. De grondopbouw uit de sonderingen is vergelijkbaar, de sondering van Inpijn-Blokhoel (IB_DKM40) is aangehouden in de uitwerking.

3.2 Bodemopbouw en grondwaterstand

Uit het uitgevoerde grondonderzoek blijkt een bodemopbouw die bestaat uit grondverbetering of antropogene pakketten vanaf het maaiveld van NAP +0,1 m à NAP -0,4 m tot een diepte van circa NAP -2,6 m à NAP -3,0 m. Onderliggend hieraan worden kleiige pakketten aangetroffen tot een diepte van circa NAP -6,3 m. Op deze diepte wordt een pakket veen aangetroffen met een dikte van circa 1,5 m à 2 m tot een diepte van NAP -7,8 m à NAP -8,8 m. Onderliggend hieraan wordt tot een diepte van circa NAP -16,0 m à NAP -17,5 m klei aangetroffen met in een enkele sondering op een diepte van NAP -13,0 m een pakket veen met een dikte van grofweg 0,5 m. Vanaf NAP -16,0 m à NAP -17,5 m worden zandige pakketten aangetroffen die variërend zijn in pakkingsdichtheid en lokaal zeer siltig of kleihoudend lijken te zijn.

De sonderingen die in het verleden zijn uitgevoerd zijn niet middels .GEF bestanden gedeeld. Vandaar dat de sondeerprofielen gedigitaliseerd zijn uit de sondeergrafieken van de onderzoeksrapportages. Opgemerkt dient te worden dat door het digitaliseren van de sonderingen verschillen kunnen ontstaan ten opzichte van de werkelijk uitgevoerde sonderingen.

3.2.1 Grondwaterstand

De grondwaterstand is in de verschillende onderzoeksrapportages gerapporteerd op een diepte van NAP -0,9 m à NAP -2,7 m.

De grondwaterstand wordt gehanteerd op het open waterpeil, NAP -2,2 m.

4 Funderingsadvies

Gezien de bodemgesteldheid ter plaatse van de duikerbruggen wordt een fundatie op mortelschroefpalen uitgewerkt. Het funderingsadvies wordt uitgewerkt op basis van de gedigitaliseerde sonderingen uit de grondonderzoeken waarbij sondering IB_DKM40 is aangehouden voor duikerbrug D29.

De dieptes van de sonderingen S10 ter plaatse van duikerbrug D8 en G_S01 ter plaatse van duikerbrug D29 zijn onvoldoende om hiervoor een paalberekening op te stellen. Vandaar dat in de huidige rapportage het profiel van sondering IB_DKM40 wordt gehanteerd. De bodemopbouw tussen de profielen vertoont slechts kleine verschillen, waardoor dit een redelijke aanname is. Ter plaatse van duikerbrug D8 dient een aanvullende sondering uitgevoerd te worden ter controle.

4.1 Belastingen

Door de opdrachtgever is geen uitwerking voorzien van de geldende belastingen. Voor het opstellen van deze rapportage is derhalve een aanname gemaakt in de belastingen. Deze aanname dient gecontroleerd te worden alvorens de conclusies van deze rapportage worden gehanteerd.

De weg betreft een ontsluitingsweg in 2 rijrichtingen met een voetpad. Er kunnen 2 auto's gelijktijdig op de brug aanwezig zijn. De brug wordt langs de taluds met schanskorven bekleed, daarnaast lijkt uit het dwarsprofiel sprake te zijn van een betonnen wand. Voor de afleiding van de belastingen wordt een aanname gemaakt in gewicht van de betonnen vleugelwanden, het gewicht van het kokerprofiel, de belasting vanuit de schanskorven en de verkeersbelastingen. Voor de verkeersbelastingen wordt uitgegaan van de maximaal toegestane aslast voor vrachtverkeer met een eigen gewicht van 50 ton.

De belastingen zijn onderstaand indicatief uitgewerkt.

Tabel 1: Afleiding belastingen

Belasting vanuit duikerconstructie											
Verticale wanden			Horizontale wanden			Leuning			Schanskorven		
Hoogte	2	m	Hoogte	4,1	m	Hoogte	4,1	m	Hoogte	2	m
Breedte	7,5	m	Breedte	7,5	m	Breedte	2,1	m	Breedte	3,5	m
Wanddikte	0,3	m	Wanddikte	0,3	m	Wanddikte	0,52	m	Wanddikte	0,52	m
Aantal	2	-	Aantal	2	-	Aantal	2	-	Aantal	2	-
Gewicht	221	kN	Gewicht	452	kN	Gewicht	220	kN	Gewicht	107	kN
Bestrating											
Dikte	0,1	m									
Lengte	3	m									
Breedte	3,5	m									
Gewicht	25	kN									
Totaal										1025	kN

Belasting vanuit verkeerslast		
Gewicht	50	ton
Belasting	490,5	kN
Totaal	490,5	kN

Totale belastingen		
Fv;kar	1515	kN
Fv;d	2120	kN

Op basis van de bovenstaande aannames en uitwerking wordt een rekenwaarde van de verticale belasting van totaal 2120 kN per duikerprofiel afgeleid. Voor het uitwerken van het funderingsadvies wordt uitgegaan van de toepassing van 4 palen per constructie, resulterend in een rekenwaarde van de paalbelasting van circa 530 kN. De paalbelasting is op basis van gelijk verdeelde belastingen aangehouden, hierin is geen rekening gehouden met eventuele dynamische effecten. Derhalve zijn deze belastingen een inschatting. De werkelijke belastingen dienen door de opdrachtgever nader beschouwd en aangeleverd te worden.

4.2 Uitgangspunten paalfundering

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van grenstoestand 1B volgens Eurocode 7 deel 1 (NEN 9997-1+C2:2017) zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De draagkracht van verticaal centrisch op druk belaste funderingspalen is bepaald. Momenten en horizontale belastingen zijn niet beschouwd.
- Het project/bouwwerk is ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).
- De maximale draagkracht van de drukpalen is berekend conform NEN 9997-1+C2:2017 hoofdstuk 7 'Paalfunderingen'.
- Er is uitgegaan van mortelschroefpalen met een diameter van 400 en 450 mm.
- De factoren $\xi_{3:N}$ en $\xi_{4:N}$ volgens tabel A.10a (NEN 9997-1+C2:2017/bijlage A) zijn gehanteerd op 1,39.
- De partiële materiaalfactor γ_b & γ_s (bepaald uit sonderingen) is volgens tabel A.8 (NEN 9997-1+C2:2017/bijlage A) vastgesteld op 1,20 voor drukbelasting.
- De te verwachten maaiveldzakking na installatie van de palen is vermoedelijk groter dan 11 centimeter met als gevolg dat negatieve kleeft in rekening gebracht wordt.
- Het positieve kleeftniveau is vanaf de zandige lagen van NAP -17,7 m gehanteerd.
- De paalvoetfactor "s" conform art. 7.6.2.3 (h) = 1,0 (r = 1).
- Voor de paal worden de volgende materiaal-, paal- en draagkrachtfactoren conform NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3 (tabellen 7.c, 7.d en figuur 7.i) gehanteerd:
 - α_p = 0,56;
 - β = 1,0;
 - α_s (zand) = 0,006;
- Een paalkophoogte is aangehouden op NAP -3,0 m.
- Dimensionering van de wapening valt buiten het kader van dit rapport.
- Milieukundige en technische aspecten, met name de consequenties van eventueel te verplaatsen of af te voeren grond of rotten van de paalkoppen, zijn buiten beschouwing gelaten in dit rapport.
- Er wordt uitgegaan van een alleenstaande paal waarbij geen sprake is van groepswerking.

4.3 Paalpuntniveau en draagkracht

De bepaling van de maximale waarde van de draagkracht van de paalfundering is gebaseerd op de draagkrachtbepaling conform de normen geotechniek NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2. De toetsing volgens grenstoestand 1B houdt in dat voldaan moet worden aan; $F_{c;d} + F_{nk;d} \leq R_{c;d}$. Hiermee is tevens voldaan aan grenstoestand 1A.

Hierin is:

$F_{s;d}$ = rekenwaarde van de paalbelasting
 $F_{nk;d}$ = rekenwaarde van de negatieve kleeft op de paal
 $R_{c;d}$ = rekenwaarde van de paal draagkracht

De vervormingsgrenstoestanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de palen onder invloed van de belasting, niet maatgevend.

Voor het funderingsadvies is voor diverse schachtafmetingen op geadviseerde paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald.

Per sondering is voor grenstoestand 1A en 1B het netto paal draagvermogen berekend op verschillende dieptes voor de beschikbare sonderingen. De resultaten van deze berekeningen zijn opgenomen in

Bijlage 2. In de onderstaande tabel zijn voor beide diameters de geadviseerde paalpuntniveaus opgenomen inclusief de rekenwaarde van de draagkracht.

Tabel 2 Paalpuntniveaus en rekenwaarde van de netto paal draagkracht

Sondering nr.	Duikerbrug	Geadviseerde paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{C,netto,d} in [kN] Mortelschroefpalen	
			400 mm	450 mm
IB_DKM40	D29	-26,0	560	N.V.T.
		-24,0	N.V.T.	590

Opmerking:

R_{C,netto,d} Rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met
 = negatieve kleef (R_{C,d} - F_{NK,d}).
 De kleurweergave is voor gelijke paalpuntniveau's.

De in Tabel 2 gepresenteerde waarden voor de paal draagkracht betreffen grondmechanische waarden. Door de constructeur dient te worden gecontroleerd of de bijbehorende paalschachtspanningen toelaatbaar zijn.

4.4 Paalkopzakking en veerstijfheid palen

Voor de uiterste grenstoestand type 1B (UGT) en bruikbaarheidsgrenstoestand 2 (BGT) zijn in de norm (NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9) eisen gesteld aan de maximaal toegestane vervormingen. In de regel zal de bruikbaarheidsgrenstoestand 2 bepalend zijn.

Voor een alleenstaande paal is ter indicatie in de uiterste grenstoestand (UGT) en in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT), de te verwachten paalkopzakking berekend volgens NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.4.2, zie ook Bijlage 2 en **Error! Reference source not found..** De resultaten van de bruikbaarheidsgrenstoestand zijn in tabel 3 weergegeven. In de berekening is uitgegaan van een elasticiteitsmodulus van het toe te passen beton van 20.000 N/mm².

4.4.1 Drukbelasting

In de onderstaande tabel zijn de paalkopzakkingen en veerstijfheden berekend voor de verschillende paaldiameters. Hierbij is uitgegaan van een rekenwaarde van de belastingen van de palen van 530kN en een BGT belasting van 400kN.

Tabel 3 - Paalkopzakkingen en statische veerstijfheid palen - drukbelasting (BGT - SLS)

Sondering	Paalaftmeting [mm]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	BGT belasting inclusief negatieve kleef F _{S,rep} in [kN]	Paalkopzakking S1+S2 [mm]	Veerstijfheid K _{v,d} [kN/m ¹]
IBM_DKM40	400 mm	-26,0	614	17	36 000
IBM_DKM40	450 mm	-24,0	641	19	34 000

N.B. conform NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.4.2 (k) is sprake van een vrijstaande paal wanneer de hart op hart afstand meer dan tienmaal de paalvoetaftmeting bedraagt; indien de palen dichter bij elkaar staan, dient de paalkopzakking vermeerderd te worden met de zakking s₂ welke de samendrukking van de bodemlagen onder de paalvoet in rekening brengt; de veerstijfheden worden navenant kleiner. Bij een min of meer uniforme zakking s₂ ten gevolge van de samendrukking van de grond onder het niveau van de paalpuntten van een groep of groepen palen, zal deze over het algemeen niet of nauwelijks van belang zijn bij de toetsing van de grenstoestanden.

Naar aanleiding van NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9 wordt gesteld dat de uiterste grenstoestand type 1B en de bruikbaarheidsgrenstoestand type 2 (BGT) feitelijk niet door de geotechnisch ontwerper getoetst kunnen worden. Dit wordt daarom aan de constructeur over gelaten.

Als eis voor de uiterste grenstoestand (UGT) type B wordt vaak een relatieve rotatie (β) tussen twee afzonderlijke fundamente van een bouwwerk van maximaal 1:100 aangehouden. Voor bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) geldt in het algemeen voor woonfuncties en woongebouwen een maximale toelaatbare scheefstand en/of relatieve rotatie van 1:300.

5 Conclusies en aanbevelingen

De voorliggende rapportage geeft een beschouwing van de fundatie van de duikerbruggen in de wijk Vijfsluizen te Vlaardingen. Hierbij is gebruik gemaakt van het onderzoek dat in het verleden is uitgevoerd. De sonderingen die in het verleden zijn uitgevoerd zijn niet middels .GEF bestanden gedeeld. Vandaar dat de sondeerprofielen gedigitaliseerd zijn uit de sondeergrafieken van de onderzoeksrapportages. Opgemerkt dient te worden dat door het digitaliseren van de sonderingen verschillen kunnen ontstaan ten opzichte van de werkelijk uitgevoerde sonderingen. Dit paalfundatieadvies moet gezien worden als indicatief. De in rekening gebrachte belastingen betreffen een inschatting op basis van gegeven tekeningen. De werkelijke belastingen dienen door de opdrachtgever nader beschouwd en aangeleverd te worden. Ook dient een aanvullende sondering ter plaatse ter plaatse van duikerbrug D8 uitgevoerd te worden alvorens een definitief paalfundatieadvies gerealiseerd kan worden

Duikerbrug D8

Uit de onderzoeksrapportages blijkt dat ter plaatse van duikerbrug D8 één sondering is uitgevoerd die onvoldoende diepte heeft bereikt om hierop het advies te baseren. Aanbevolen wordt om ter plaatse van duikerbrug D8 een aanvullende sondering uit te voeren en hierop een fundatie advies te baseren.

Wegens overeenkomstig grondprofiel is vooralsnog het berekende paal draagvermogen van duikerbrug D29 aan te houden.

Bij duikerbrug D8 is mogelijk aanvullend ook een kleine ophoging in het maaiveld van toepassing, gezien het opbollende lengteprofiel. Omdat de huidige situatie onbekend is wordt er in deze fase geen rekening mee gehouden.

Duikerbrug D29

Ter plaatse van duikerbrug D29 is gebruik gemaakt van het geotechnisch onderzoek dat in het verleden is uitgevoerd door Inpijn Blokpoel, sondering IB_DKM40. Deze sondering toont een gelijksoortig profiel als de sondering die is uitgevoerd door Geonius onder G_S01. Gezien de te geringe diepte van de sondering G_S01 is het fundatie advies derhalve uitgewerkt voor de sondering IB_DKM40. Opgemerkt wordt dat deze sondering zich op een afstand van tenminste 10 m van de duikerbrug bevindt. Derhalve bestaat de mogelijkheid dat de lokale grondslag afwijkt van het sondeerprofiel. Indien het risico op afwijkende grondsoorten geminimaliseerd dient te worden, wordt geadviseerd om ook hier een aanvullende sondering uit te voeren.

Op basis van een inschatting van de eigen gewichten en de geldende verkeersbelastingen is hierin een afleiding gemaakt van de te verwachten rekenwaardes van de paalbelastingen. Geadviseerd wordt om alvorens de conclusies van deze rapportage toe te passen de geldende belastingen door een constructeur te laten bepalen. Op basis van de inschatting wordt een globale verticale belasting van 2.120 kN. Wanneer deze belasting wordt gespreid over 4 palen wordt een rekenwaarde van de paalbelasting van 530kN afgeleid.

Uitgaande van de toepassing van mortelschroefpalen zijn voor deze paalbelasting voor een drietal paaldiameters de benodigde paalpuntniveaus afgeleid. Dit resulteert in een paalpuntniveau van -26,0 voor rond 400 mm en -24,0 voor rond 450 mm.

Bijlage 1 Resultaten grondonderzoek

Bijlage 2 Berekeningsresultaten drukbelasting

Uitwerking conform NEN 9997-1:2017

Paaltype en diameter: **Mortelschroefpalen 400 mm**

Sondering	Maaiveldniveau	Paalpuntniveau		Paal draagkracht	
		Berekening	Advies	$R_{c,net;d}$ [kN]	Opmerking
IB_DKM40	-0,83	-23.00	-26,00	255	Niet geadviseerd
		-23.25		250	
		-23.50		245	
		-23.75		300	
		-24.00		500	
		-24.25		465	
		-24.50		465	
		-24.75		480	
		-25.00		490	
		-25.25		480	
		-25.50		485	
		-25.75		505	
		-26.00		560	
		-26.25		560	
		-26.50		570	
		-26.75		555	
		-27.00		580	

Uitwerking conform NEN 9997-1:2017

Paaltype en diameter: **Mortelschroefpalen 450 mm**

Sondering	Maaiveldniveau	Paalpuntniveau		Paaldraagkracht	
		Berekening	Advies	$R_{c,net;d}$ [kN]	Opmerking
IB_DKM40	-0,83	-23.00	-24,00	330	Niet geadviseerd
		-23.25		320	
		-23.50		315	
		-23.75		400	
		-24.00		590	
		-24.25		565	
		-24.50		580	
		-24.75		600	
		-25.00		610	
		-25.25		595	
		-25.50		600	
		-25.75		635	
		-26.00		680	
		-26.25		685	
		-26.50		695	
		-26.75		675	
		-27.00		710	

Bijlage 3 Uitdraaien geadviseerde paalpuntniveaus