



**Gemeente Rotterdam**

**Gemeentewerken**

Ingenieursbureau

# **IBIS brug**

## **Geotechnische aspecten**

**Projectcode**

2011-084-A

**Datum**

29 september 2011

**Versie**

Concept

**Opdrachtgever**

Afdeling Stad

**Paraaf Opdrachtgever:**

**Adviseur**

Ir. D. Wilschut

**Paraaf Adviseur:**

**Projectleider**

Ing. M.L. Kuipers

**Paraaf Projectleider:**

**Projectbegeleider**

Ir. G. Hannink

## **Inhoudsopgave**

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Projectomschrijving</b>               | <b>3</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Uitgangspunten</b>                    | <b>4</b>  |
| 2.1       | Documenten van opdrachtgever             | 4         |
| 2.2       | Vigerende voorschriften en normen        | 4         |
| 2.3       | Geometriegegevens                        | 4         |
| 2.4       | Belastingen en vervormingen              | 4         |
| <b>3.</b> | <b>Grond en grondwater</b>               | <b>5</b>  |
| 3.1       | Uitgevoerd onderzoek                     | 5         |
| 3.2       | Grondopbouw                              | 5         |
| 3.3       | Grondwater                               | 6         |
| <b>4.</b> | <b>Fundering</b>                         | <b>7</b>  |
| 4.1       | Keuze funderingstype                     | 7         |
| 4.2       | Rekenmethode en parameters               | 7         |
| 4.3       | Resultaten en advies                     | 8         |
| <b>5.</b> | <b>Horizontale belastingen</b>           | <b>9</b>  |
|           | <b>Bijlage 1 Situatie</b>                | <b>11</b> |
|           | <b>Bijlage 2 Boringen en sonderingen</b> | <b>12</b> |
|           | <b>Bijlage 3 Resultaat MFoundation</b>   | <b>17</b> |

# 1. Projectomschrijving

In opdracht van IGWR afdeling Civiele Constructies is een grondonderzoek uitgevoerd en geotechnisch advies opgesteld voor de bouw van een brug over de Scheepmakerhaven. Deze fiets en voetgangerbrug is opgelegd op 2 pijlers in de haven, terwijl de bestaande kadeconstructie als landhoofd zullen dienen.



**Figuur 1.1 Situatie**

Het geotechnisch onderzoek en advies is benodigd voor het funderen van de constructie. Deze rapportage is opgesteld ten behoeve van het opstellen van het bestek.

In dit rapport worden de werkzaamheden beschreven. Deze werkzaamheden bestonden uit de volgende onderdelen:

- Veldonderzoek;
- Laboratorium onderzoek;
- Geotechnisch advies.

## 2. Uitgangspunten

### 2.1 Documenten van opdrachtgever

- programma van eisen;
- tekeningen;
- rapporten;
- berekeningen.

### 2.2 Vigerende voorschriften en normen

Als basis voor de berekeningen dienen:

- NEN 6700:2005/Ontw. A1:2008 nl; Algemene Basiseisen;
- NEN 6702:2007 nl; Belastingen en vervormingen;
- NEN 6740-A1-1997 "TGB 1990 Geotechniek Basiseisen en belastingen; september 2007
- NEN 6743-A1-1997 "Paalfunderingen"; november 2006

### 2.3 Geometriegegevens

De situatietekening van de brug was nog niet in definitieve vorm beschikbaar. Datum en nummer zijn onbekend.

De belangrijke projectpeilen zijn:

- De bestaande hoogte van de aansluitende bestrating is NAP +2,5m tot NAP +2,6m;
- Het ontwerppeil van de bestrating rond de brug is NAP +2,75 m
- Het peilen in de Scheepmakershaven is variabel en is bij open sluizen gelijk aan het rivierpeil.

### 2.4 Belastingen en vervormingen

De brug heeft 2 pijlers. De hameipijler staat aan de zuidzijde bij de Hertekade. De oplegpijler is aan de noordzijde bij de Scheepmakerskade.

De door de constructeur opgegeven belastingen zijn:

Pijler 1 is de oplegpijler: 2 betonpalen 400\*400 mm met  $F_{s,rep,max} = 449$  kN en  $F_{s,d,max} = 637$  kN;

Pijler 2 is de hameipijler: 4 betonpalen 400\*400 mm met  $F_{s,rep,max} = 637$  kN en  $F_{s,d,max} = 845$  kN;

De horizontale belastingen zijn niet eenduidig opgegeven.

## 3. Grond en grondwater

### 3.1 Uitgevoerd onderzoek

Ten behoeve van het advies is een onderzoek uitgevoerd bestaande uit 2 sonderingen en 1 boring. De boring werd in het laboratorium beschreven, waarbij tevens per grondlaag de ongedraineerde schuifsterkte, het volumegewicht en het watergehalte werd gemeten.

De situatietekening van het onderzoek is toegevoegd als bijlage 1

**Tabel 3.1 Overzicht boringen en sonderingen**

| sondering | Bodem<br>[m NAP] | Diepte<br>[m NAP] |
|-----------|------------------|-------------------|
| B/HI86    | -2,60            | -18,0             |
| HI1105    | -2,90            | -30,3             |
| HI1106    | -2,60            | -30,2             |

De resultaten van het onderzoek zijn vermeld in bijlage 2

### 3.2 Grondopbouw

De bodem van de haven ligt ter plaatse van de sonderingen en boringen globaal op een hoogte van ca. NAP -2,7 m. Gezien de geringe schuifsterke in de bovenste kleilaag tot NAP 5,3 m moet worden geconcludeerd dat dit zeer slap materiaal is. Dit is aangeslibt in de afgelopen decennia. In Tabel 3.2 is de laagopbouw gegeven zoals gebruikt voor de berekeningen.

**Tabel 3.2 Globale laagopbouw (sondering CE18):**

| bk. Laag<br>m tov NAP | Grondsoort               | $\gamma_{nat}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Cu<br>[kPa] | $\phi_{2\%}'$<br>[°] | $c_{2\%}'$<br>[kPa] |
|-----------------------|--------------------------|--|-------------|----------------------|---------------------|
| -2,6                  | Klei sterk humeus (slib) | 13                                     | 4           | 20                   | 2                   |
| -5,3                  | Veen min arm             | 10                                     | 38          | 17,5                 | 8                   |
| -7,5                  | Klei                     | 13                                     | 29          | 22,5                 | 8                   |
| -7,8                  | Veen                     | 11                                     | 26          | 17,5                 | 8                   |
| -8,5                  | Klei                     | 13                                     | 22          | 22,5                 | 8                   |
| -9,0                  | Klei st Humeus           | 17                                     | 22          | 25                   | 10                  |
| -9,5                  | Klei                     | 14                                     | 23          | 22,5                 | 8                   |
| -13,8                 | Zand, st siltig gelaagd  | 19                                     |             | 27,5                 | 0                   |
| -15,4                 | Klei                     | 14                                     | 35          | 22,5                 | 8                   |
| -16,4                 | Zand                     | 20                                     |             | 32,5                 | 0                   |

De rekenwaarden van de grondparameters zijn afkomstig uit de proevenverzameling uit het Rotterdams Bodemarchief. Tevens is het eerdere onderzoek op de locatie meegenomen.



### **3.3 Grondwater**

De pijlers staan in de haven waar het getij duidelijk doorwerkt als de sluisdeuren open staan. Bij hogere rivierstanden worden de keersluizen gesloten en is de waterstand in de haven vast.

## 4. Fundering

### 4.1 Keuze funderingstype

Door de constructeur is gekozen voor een paalfundering met geprefabriceerde betonpalen 400\*400mm. Deze keuze is juist, omdat gezien de diepte van de vaste zandlaag een paalfundering noodzakelijk is.

Geheide betonpalen in het vrije water toepassen kan een verhoogd risico betekenen. Bij beschadiging door heien of door kettingen, ankers enz. kan de betondekking beschadigd raken. Als de wapening dan gaat roesten zal de sterkte van de palen verloren gaan. Dit risico moet door de hoofdconstructeur worden beoordeeld.

### 4.2 Rekenmethode en parameters

Het draagvermogen van de palen is bepaald met behulp van het computerprogramma MFoundation. In dit computerprogramma wordt het funderingsontwerp op de uiterste grenstoestand en de gebruikstoestand getoetst volgens NEN6740 en NEN6743.

Aan de hand van de deformatie eis van grenstoestand 1B kan de volgende formule voor de berekening van het netto draagvermogen bij een bepaald paalpuntniveau worden opgesteld:

$$F_{r;netto;d} = \xi \cdot \frac{F_{r;max;punt} + F_{r;max;schacht}}{\gamma_{m;b;4}} - F_{s;nk;d}$$

Het paalpuntniveau wordt zodanig gekozen dat wordt voldaan aan:

$$F_{s;d} \leq F_{r;netto;d}$$

waarin:

|                     |  |
|---------------------|--|
| $F_{s;d}$           | = de rekenwaarde van de belasting op de paalkop;       |
| $F_{s;nk;d}$        | = de rekenwaarde van de negatieve kleeft;              |
| $F_{r;netto;d}$     | = de rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal; |
| $F_{r;max;schacht}$ | = de maximale wrijvingskracht;                         |
| $F_{r;max;punt}$    | = de maximale puntweerstand;                           |
| $\xi$               | = een factor volgens tabel 1 van NEN 6743,             |
| $\gamma_{m;b;4}$    | = de materiaalfactor volgens tabel 3 van NEN6740       |

De berekening van negatieve kleeft is uitgevoerd volgens de slip-methode.

De negatieve kleeft wordt over de volledige hoogte van het holocene pakket meegenomen i.v.m. de te verwachten zettingen, waarbij rekening is gehouden met de locatie van de palen..

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

|                     |      |                                  |
|---------------------|------|----------------------------------|
| Paaltype            | :    | prefab betonpaal 400x400 mm      |
| $\gamma_{m;b;druk}$ | 1,20 | : materiaalfactor grond bij GT 1 |

|                   |                                |  |
|-------------------|--------------------------------|--|
| $\gamma_{m;eg}$   | 1,1                            | : materiaalfactor eigen gewicht bij GT1                      |
| $\alpha_p$        | 1,0                            | : de coëfficiënt paalpuntweerstand, paalklassefactor         |
| $\alpha_{s;zand}$ | 0,01                           | : de coëfficiënt schachtwrijving voor druk voor de betonpaal |
| E-modulus         | $3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ | : elasticiteitsmodulus van beton                             |
| $\beta$           | 1,0                            | : paalvoetvormfactor   |
| s                 | 1,0                            | : factor bij verhouding dwarsdoorsnede paal                  |
| $\xi$             | 0,80                           | : zie tabel 1 NEN 6743, bij M = 2 en N = 2                   |

Als rekenwaarde van de veerstijfheid van op drukbelaste palen in grenstoestand 2 ( BGT) wordt aangehouden:

$$k_{v,rep} = F_{s,rep} / w_{rep}$$

met:

$F_{s,rep}$  volgens opgave van constructeur

$w_d$  = zakking van de bovenkant van de fundering (GT2)

Voor  $k_{v,d}$  in GT1 (UGT) wordt aangehouden :  $k_{v,d} = k_{v,rep} / 1,3$

### 4.3 Resultaten en advies

Op basis van de berekeningen wordt geadviseerd de inheidiepte van de palen te kiezen op NAP - 18,5 m. Dit is weliswaar iets dieper dan theoretisch noodzakelijk maar het geeft tegen verwaarloosbare meerkosten meer veiligheid t.a.v. het draagvermogen van de constructie. In de Tabel 4.1 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.

**Tabel 4.1** Netto draagvermogen prefab betonpaal 400x400 mm.

| Sondering | Punt-niveau<br>[m NAP] | Druk            |                      |                       |                    |                         |
|-----------|------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|
|           |                        | $F_{r,schacht}$ | $F_{r,punt}$<br>[kN] | $F_{r,max;d}$<br>[kN] | $F_{s,nk}$<br>[kN] | $F_{r,netto;d}$<br>[kN] |
| IH1105    | -18,5                  | 321             | 1838                 | 1439                  | 83                 | 1356                    |
| IH1106    | -18,5                  | 313             | 1252                 | 1043                  | 84                 | 959                     |

Toets draagvermogen:

$$F_{s,d} = 845 \text{ kN}$$

$$F_{r,netto;d} = 959 \text{ kN}$$

$F_{s,d} < F_{r,netto;d}$  dus de fundering voldoet.



## 5. Horizontale belastingen

Voor de horizontale grondreactie bij een constructief rekenmodel zijn rekenparameters gevraagd. Deze zijn bepaald op basis van het uitgevoerde grondonderzoek. De beddingconstanten zijn bepaald voor palen met een diameter van 0,40 m. Hierbij is geen rekening gehouden met de reductie die nodig is i.v.m. paal-grond-paal interactie.

In Tabel 5.1 is tevens de maximale grondreactie weergegeven. Als deze grondreactie lokaal wordt overschreden, adviseer ik in een lineair elastisch model de beddingconstante te verlagen zodat de maximale grondreactie niet meer wordt overschreden.

Indien uit de berekening blijkt dat de constructie gevoelig is voor horizontale belastingen, wordt geadviseerd de fundering te laten doorrekenen met een geotechnisch funderingsmodel.

**Tabel 5.1 Horizontale belastingen**

| bk. Laag<br>m tov NAP | Grondsoort             | VG                | $q_c$ | $\lambda_p$ | k-paal            | $F_{h,max}$ |
|-----------------------|------------------------|-------------------|-------|-------------|-------------------|-------------|
|                       |                        | kN/m <sup>3</sup> | MPa   | -           | kN/m <sup>3</sup> | kN/m        |
| -2,6                  | Bodem                  |                   | 0,05  | 0,1         | 200               | 0,2         |
| -5,3                  | Veen min arm           | 10                | 0,3   | 1,5         | 4000              | 7,3         |
| -7,5                  | Klei st humeus         | 13                |       | 2           | 3300              | 10,3        |
| -7,8                  | Veen                   | 11                | 0,3   | 1,5         | 3000              | 8,4         |
| -8,5                  | Klei st. humeus        | 13                | 0,36  | 2           | 3300              | 12,5        |
| -9,0                  | Klei                   | 17                | 0,36  | 3           | 3300              | 23,3        |
| -9,5                  | Klei st humeus         | 14                |       | 2           | 3300              | 28,0        |
| -13,8                 | Zand,st siltig gelaagd | 19                | 4     | 4           | 13000             | 93,8        |
| -15,4                 | Klei m humeus          | 14                | 0,8   | 2           | 5770              | 58,0        |
| -16,4                 | Zand                   | 20                | 11    | 5           | 47000             | 182,4       |

## 6. Conclusies en aanbevelingen

Gekozen is voor een paalfundering met geprefabriceerde betonpalen 400\*400mm. Deze keuze is juist, omdat gezien de diepte van de vaste zandlaag een paalfundering noodzakelijk is.

Op basis van de berekeningen wordt geadviseerd de inheidiepte van de palen te kiezen op NAP - 18,5 m. Dit is weliswaar iets dieper dan theoretisch noodzakelijk maar het geeft tegen verwaarloosbare meerkosten meer veiligheid t.a.v. het draagvermogen van de constructie.

Geheide betonpalen in het vrije water toepassen kan een verhoogd risico betekenen. Bij beschadiging door heien of door kettingen, ankers enz. kan de betondekking beschadigd raken. Als de wapening dan gaat roesten zal de sterkte van de palen verloren gaan. Dit risico moet door de hoofdconstructeur worden beoordeeld.

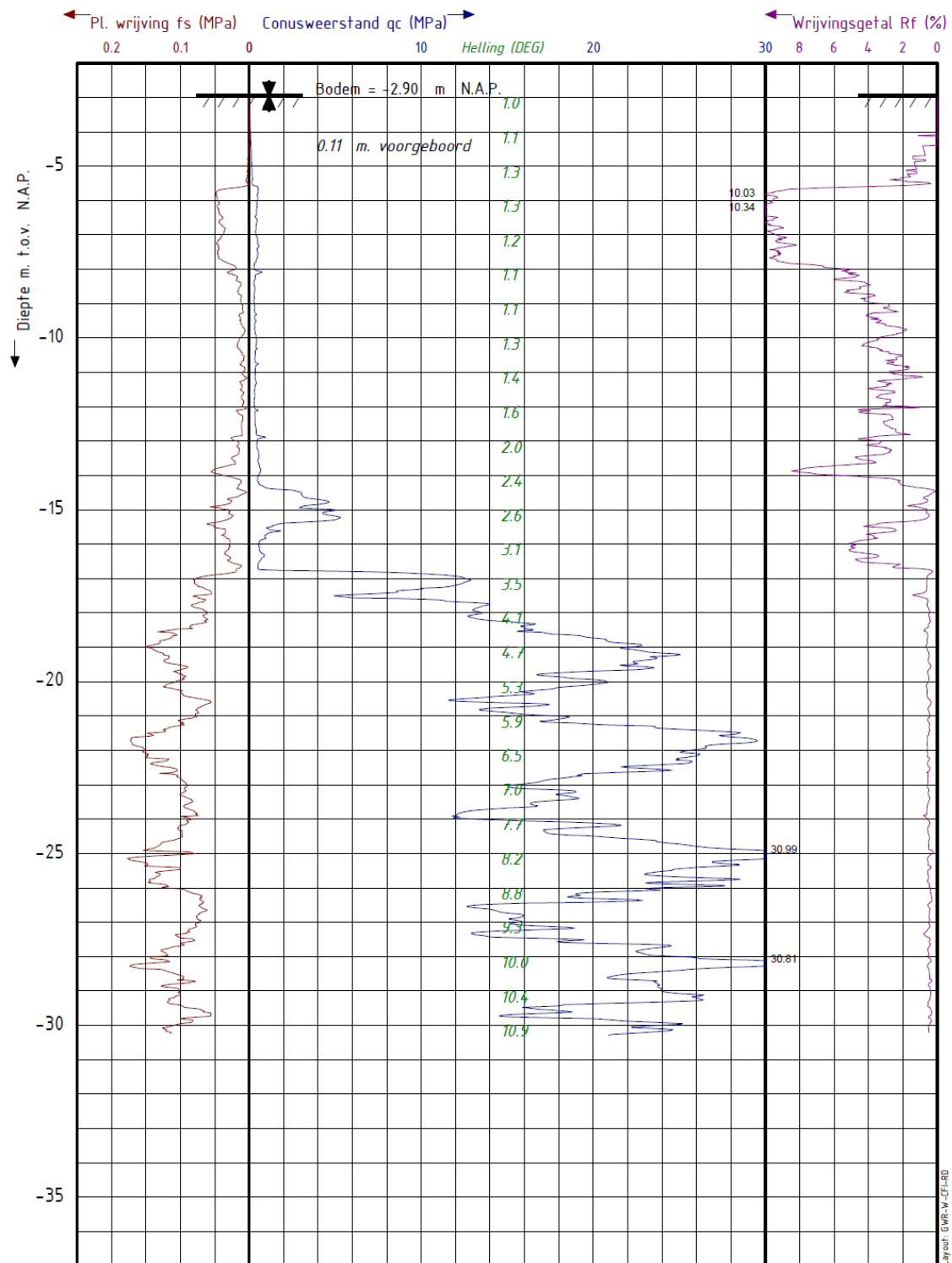
Indien uit de berekening blijkt dat de constructie gevoelig is voor horizontale belastingen, wordt geadviseerd de fundering te laten doorrekenen met een geotechnisch funderingsmodel.



## **Bijlage 1 Situatie**



## **Bijlage 2 Boringen en sonderingen**



Project : Ibisbrug  
Dossier : 2011-084  
Locatie : Rotterdam

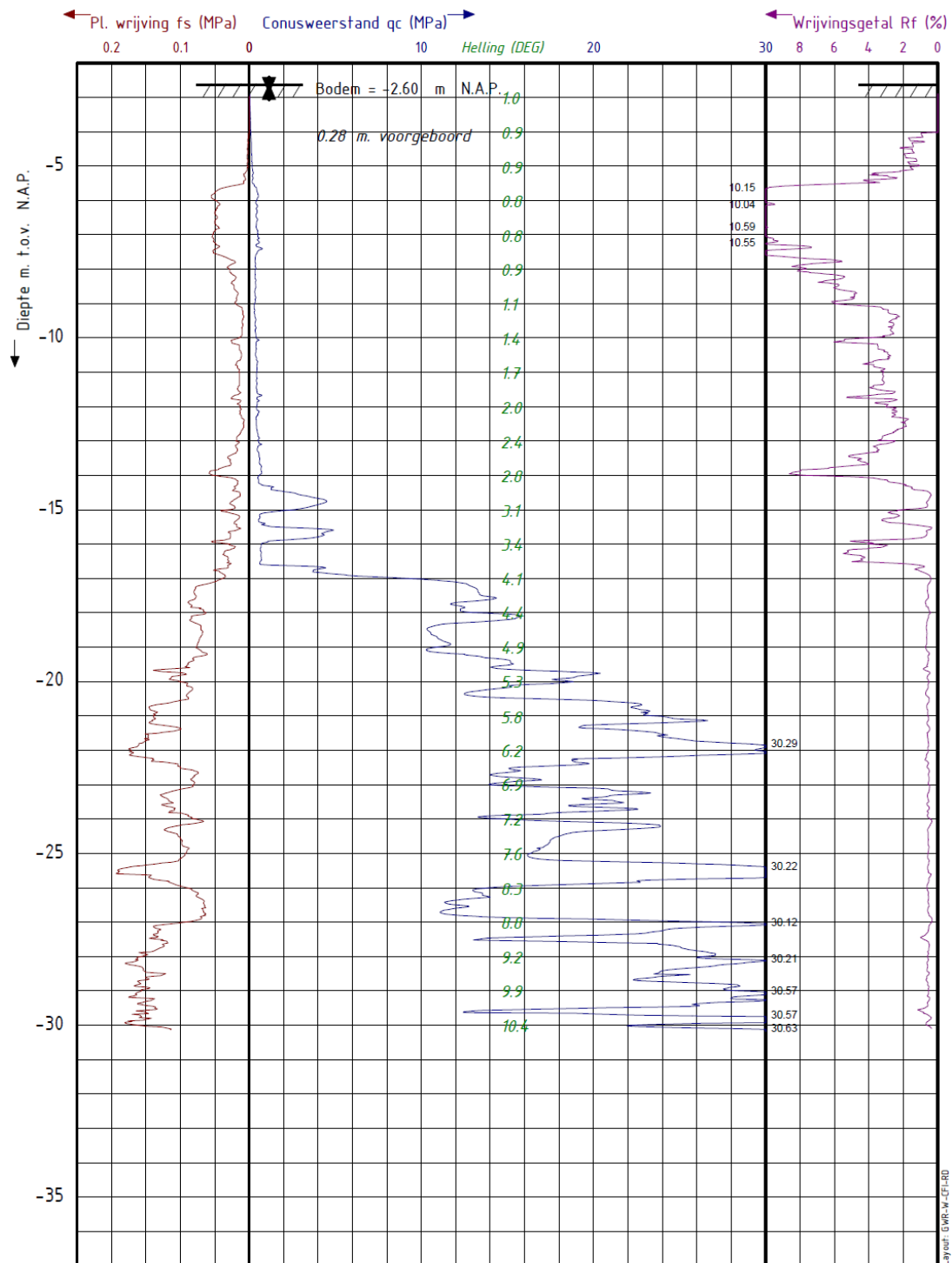
Paraaf 1:

Datum test : 7-9-2011  
Bodem hoogte : -2.9 m. t.o.v. N.A.P.  
coördinaten in RD-stelsel  
X : 93209.16 Y : 436856.06  
Opmerking 1:

SONDERING:

HI1105

Pagina 1/1



Project : Ibisbrug  
Dossier : 2011-084  
Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 7-9-2011  
Bodem hoogte : -2.6 m. t.o.v. N.A.P.  
coördinaten in RD-stelsel  
X : 93219.10    Y : 436843.82  
Opmerking 1:

SONDERING:

HI1106

Pagina 1/1

Conus type: I-CFY20-10    Nummer: 110108    Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam  
Gemeentewerken  
Ingenieursbureau



| BOOR- /STEEKMETHODE |  | MONSTERKLASSE |  | GEOTECHNISCHE MONSTERS |  | HOOGTE-<br>LIGGING [m]<br>T.O.V. |  | GRONDSOORTBESCHRIJVING |  | VOLUMIEK<br>GEWICHT<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |  | WATERGEHALTE [%] |  | PORIËNVOLUME [%] |  | PORIËNGETAL |  | VERZADIGINGS-<br>GRAAD [%] |  | ONGEDR. SCHUIFSTERKTE [kPa] |  |
|---------------------|--|---------------|--|------------------------|--|----------------------------------|--|------------------------|--|---|--|------------------|--|------------------|--|-------------|--|----------------------------|--|-----------------------------|--|
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  | B/HI86                 |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |
|                     |  |               |  |                        |  |                                  |  |                        |  |   |  |                  |  |                  |  |             |  |                            |  |                             |  |



| BOOR- /STEEKMETHODE                          | MONSTERKLASSE | GEOTECHNISCHE MONSTERS | HOOGTE-<br>LIGGING [m]<br>T.O.V. |        | GRONDSOORTBESCHRIJVING<br><br>B/HI86     | VOLUMIEK<br>GEWICHT<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |                       | WATERGEHALTE [%]           | PORIEVOLUME [%]      | PORIËNGETAL          | VERZADIGINGS-<br>GRAAD [%] | ONGEDR. SCHUIFSTERKTE [kPa] |
|--|---------------|------------------------|----------------------------------|--------|--|---|-----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
|  |               |                        | BODEM                            | N.A.P. |  | NAT   | DROOG                 |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -8                               |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -11                              |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -9                               |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -12                              |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -10                              |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -13                              |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -11                              |        | -13.15 Klei, zwak siltig, sterk humeus   | 12.3  | 4.6                   | 167.4                      |                      |                      |                            | 26                          |
|  |               |                        | -11                              |        | -13.50 Klei, zwak siltig, matig humeus   | 16.3  | 11.1                  | 46.8                       | 58.1                 | 1.39                 | 89.5                       | 31                          |
|  |               |                        | -14                              |        | -13.76 Zand(2), zwak siltig, zwak humeus |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -12                              |        | -14.49 Klei, zwak siltig, zwak humeus    | 18.3  | 14.0                  | 30.7                       | 47.2                 | 0.89                 | 91.2                       | 32                          |
|  |               |                        | -12                              |        | -14.66 Zand(2), zwak siltig, zwak humeus |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -15                              |        | -14.80 Klei, zwak siltig, zwak humeus    | 18.6  | 14.4                  | 29.2                       | 45.7                 | 0.84                 | 92.0                       | 31                          |
|  |               |                        | -15                              |        | -15.00 Zand(2), zwak siltig, zwak humeus |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -13                              |        | -15.43 Klei, zwak siltig, matig humeus   | 14.9<br>18.2<br>18.0                        | 8.7<br>13.4<br>12.7   | 71.3<br>35.8<br>41.7       | 67.2<br>49.4<br>52.1 | 2.05<br>0.98<br>1.09 | 92.3<br>97.1<br>101.8      | 38<br>37<br>29              |
|  |               |                        | -16                              |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -14                              |        | -16.40 Zand(2), zwak siltig, zwak humeus |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -17                              |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -15                              |        | -17.00 Zand(2), zwak siltig, zwak humeus |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -18                              |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        | -16                              |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
|  |               |                        |                                  |        | VERKLARING: ZIE LEGENDA BIJLAGE          | VOLGENS NEN 5104, 5119                      |                       | Uitwerkingsdatum: 16/09/11 |                      |                      |                            |                             |
| SCHAAL: 1: 50                                |               |                        |                                  |        |  |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
| OPDRACHTGEVER: D. WILSCHUT                   |               |                        |                                  |        |  | FOTO NR.:                                   | Bodem N.A.P. -2.60 m. |                            |                      |                      |                            |                             |
| LABORANT:                                    |               |                        |                                  |        | KOSTENDRAGER:                            | BLADNR.: 2/2                                |                       | BORING NR.: B/HI86         |                      |                      |                            |                             |
| TEAMLEIDER:                                  |               |                        |                                  |        | DATUM: 05/09/11                          | BIJL. NR.:                                  |                       | MAP NR.: 2011-084          |                      |                      |                            |                             |
| GEMEENTEWERKEN ROTTERDAM<br>INGENIEURSBUREAU |               |                        |                                  |        | PROJECT: IBIS-BRUG BOUWEN                |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |
| VELD- EN LABORATORIUMGROEP                   |               |                        |                                  |        | GRONDBESCHRIJVING                        |   |                       |                            |                      |                      |                            |                             |





## Bijlage 3 Resultaat MFoundation

| Level   | CPT<br>name | Fr;max;tip | Fr;max;shaft | Fr;max;d | Fs;nsf;d | Fr;net;d |
|---------|-------------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| [m NAP] |             | [kN]       | [kN]         | [kN]     | [kN]     | [kN]     |
| -17.50  | HI1106      | 1086       | 126          | 808      | 84       | 724      |
| -17.50  | HI1105      | 973        | 121          | 729      | 83       | 646      |
| -18.00  | HI1106      | 1183       | 222          | 937      | 84       | 853      |
| -18.00  | HI1105      | 1335       | 211          | 1031     | 83       | 948      |
| -18.50  | HI1106      | 1252       | 313          | 1043     | 84       | 959      |
| -18.50  | HI1105      | 1838       | 321          | 1439     | 83       | 1356     |
| -19.00  | HI1106      | 1445       | 401          | 1231     | 84       | 1147     |
| -19.00  | HI1105      | 1708       | 441          | 1433     | 83       | 1350     |
| -19.50  | HI1106      | 1778       | 495          | 1515     | 84       | 1431     |
| -19.50  | HI1105      | 1769       | 499          | 1512     | 83       | 1429     |