



Ing. M-P. Rooduijn
Senior Adviseur Geotechniek
Fugro Ingenieursbureau BV

Samenvatting

Voor de bouw van een 2-laags parkeergarage onder het gebouw 'Le Carrefour' naast het NS-station te Leiden is door Visser & Smit Bouw bv een bouwkuip ontworpen en gemaakt. Deformatie- en trillingsanalyses wezen uit dat door de korte afstand van de werkzaamheden tot de sporen een verhoogde kans op schade en zakking te verwachten was. Teneinde deze risico's beter beheersbaar te houden, is een intensief monitoringsplan opgezet en zijn beheersmaatregelen voor de uitvoering getroffen. Uit toetsing van de trillingsniveaus bleek dat door het heien van de palen en het trillen van de damwanden nauwelijks overschrijdingen van de grenswaarden zijn opgetreden. Ook de gemeten deformaties van de keerconstructie en de sporen waren kleiner waren dan voorspeld. Teneinde een verklaring te vinden voor de verschillen tussen de prognoses en de metingen, zijn de analyses nader beschouwd. Geconcludeerd kan worden dat de verwachtingswaarden van de maaiveldzakkingen uit de trillingsprognoses beter aansluiten bij de gemeten zakkingen en dat de deformatieanalyses met Small Strain parameters beter stroken met de gemeten deformaties.

Evaluatie van deformatiemetingen en analyses



Figuur 1a Artist impression gebouw 'Le Carrefour' zicht vanaf Schipholweg (bron: VVKH Architecten).

Bouwkuip van project Le Carrefour te Leiden

Inleiding

In het eerste deel van het artikel worden de belangrijkste kenmerken van het project beschreven en wordt nader ingegaan op het ontwerp van de bouwput, de uitwerking van de trillings- en deformatieanalyses en de beheersmaatregelen voor de uitvoering.

In het tweede deel van het artikel worden de trillings- en deformatiemetingen behandeld en vergeleken met de prognoses. Aan de hand van deze evaluatie zijn nadere deformatieanalyses met Small Strain parameters uitgevoerd en kunnen voor dit project conclusies worden getrokken.

Projectbeschrijving

De projectlocatie is gelegen ter plaatse van de Dellaertweg / Schipholweg aan de zuidoostzijde van het NS-station Leiden Centraal. Het project 'Le Carrefour' betreft de bouw van een kantoorgebouw met een 2-laags ondergrondse parkeergarage voor 340 auto's. Het kantoorgebouw telt 10 bouwlagen boven maaiveld en bestaat uit vijf stabiliteitskernen die met een glijbekisting worden gebouwd. De kernen verzorgen de stabiliteit in samenwerking met de dragende constructie in staal.

Uiteindelijk zal de Dellaertweg deels onder de nieuwbouw doorlopen. Het gebouw boven de Dellaertweg wordt ondersteund door 12 boomvormige kolommen. Deze 'bomen' dragen de tweede verdieping. Op de tweede verdieping



Figuur 1b Artist impression gebouw Le Carrefour zicht vanaf spoor-zijde
Bron: VVKH Architecten



Figuur 2 Hooggelegen perron en sporen
(Bron: Fugro Ingenieurs-bureau BV).

lopen de takken van de 'bomen' over in de vakwerkconstructie die de 3e tot en met de 8e verdieping draagt. *Figuur 1* geeft een indruk van het zicht vanaf de spoorzijde en de Schipholweg.

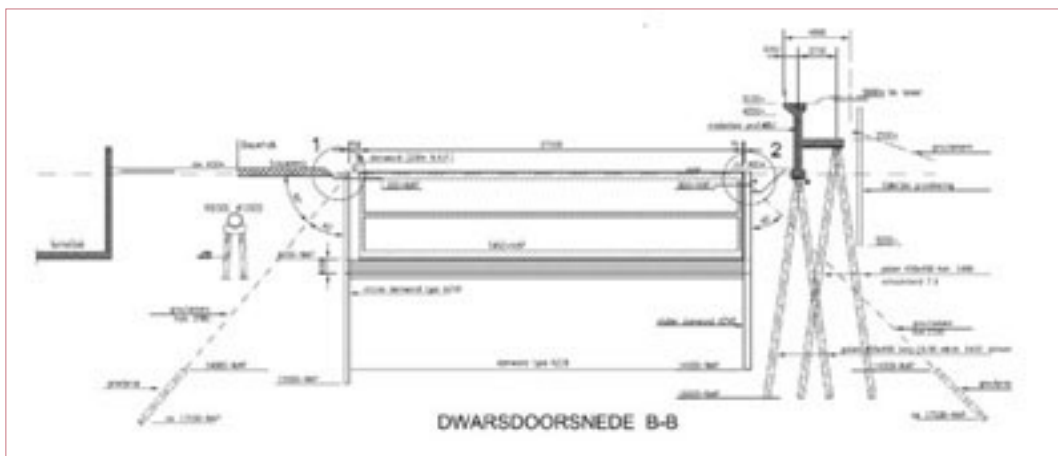
De beperkte werkruimte maakt de logistiek en de uitvoering complex. De bouwlocatie is ingeklemd tussen de verlegde Dellaertweg aan de zuidzijde en de verhoogde perron's en sporen aan de noordzijde.

Het hoogteverschil van ca. 5 m tot de sporen wordt overbrugd door een onderheide keerconstructie op een afstand van minimaal ca. 2,5 à 3,0 m van de bouwactiviteiten. *Zie figuur 2*.

De afstand van de nieuwbouw tot het dichtstbijzijnde spoor is ca. 8 m. Het volgende spoor ligt op ca. 13 m afstand.

De nieuwbouw is gefundeerd op Vibro combinatiepalen Ø 600/670 mm met een paalpuntniveau op ca. 22 m beneden maaiveld.

Voor de bouw van de parkeergarage is een



Figuur 3 Principe doorsnede westelijke compartiment bouwkuip (bron: Visser & Smit Bouw bv).

gecompartimenteerde bouwkuip gemaakt. De gehele bouwkuip heeft de afmetingen van ca. 30 m x 180 m en is opgebouwd uit verankerde stalen damwanden. De ontgravingdiepte is ca. 7,5 m beneden maaiveld. De verankering is uitgevoerd met groutankers. De bouwkuip is in de periode december 2007 - april 2008 gerealiseerd. In *figuur 3* is de dwarsdoorsnede over het westelijke compartiment weergegeven.

Bodemopbouw op de bouwlocatie

Over het algemeen bestaat de bodemopbouw uit een vaste zandlaag met hierop het basisveen en een kleilig zandpakket gevolg door zandige kleilagen, doorsneden met een veenlaag. Het baanlichaam onder de sporen bestaat uit matig vast gepakt zand.

Bouwputontwerp

De ontwerpberekeningen voor de damwanden zijn uitgevoerd met het verenmodel MSheet en

getoetst conform CUR publicatie 166.

Op basis van de ontwerpberekeningen zijn aan de spoorzijde damwandprofielen AZ26twestep met een inbeddingdiepte van NAP 14,0 m toegepast. Aan de overige zijden van de bouwput zijn AZ18 profielen toegepast.

De twostep configuratie is alternatief ontwerp van de aannemer en bestaat uit AZ26 profielen. Met de AZ26twestep configuratie wordt een buigstijfheid bereikt die vergelijkbaar is met een 'normale' opbouw uit AZ48 profielen. Op *figuur 4* is de damwandconfiguratie AZ26twestep weergegeven.

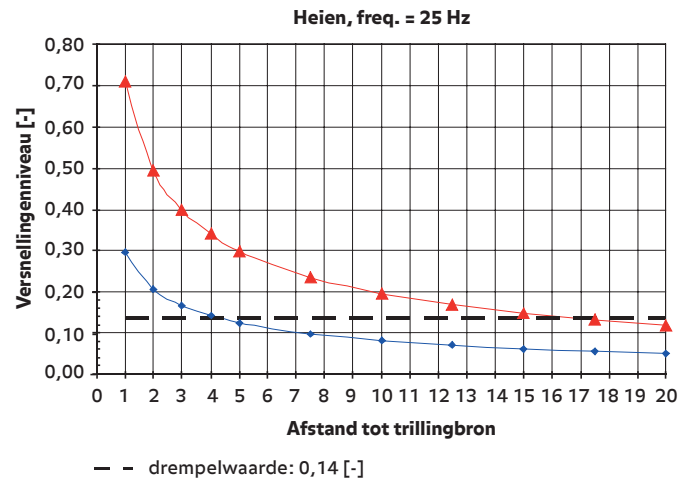
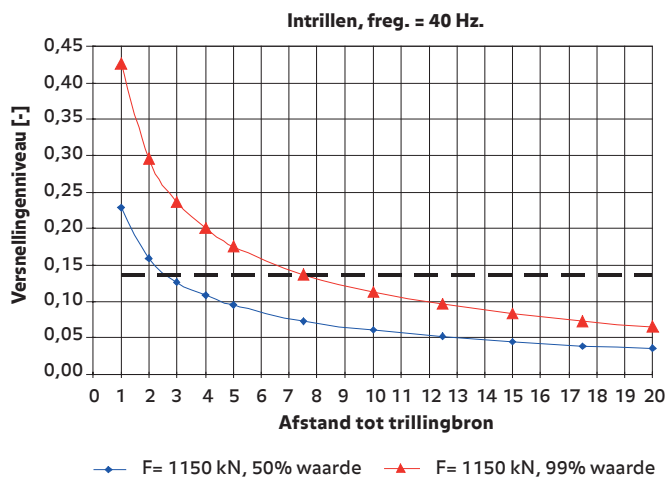
Trillingen en maaiveldzakking

Om inzicht te krijgen in de risico's op schade en zakking door het heien van de palen en het intrillen van damwanden, zijn aan de hand van methode Hergarden [1] en Barkan [2] trillingsprognoses en zakkinganalyses uitgevoerd. De predictiemethode is opgenomen in CUR-publicatie 166 [3].

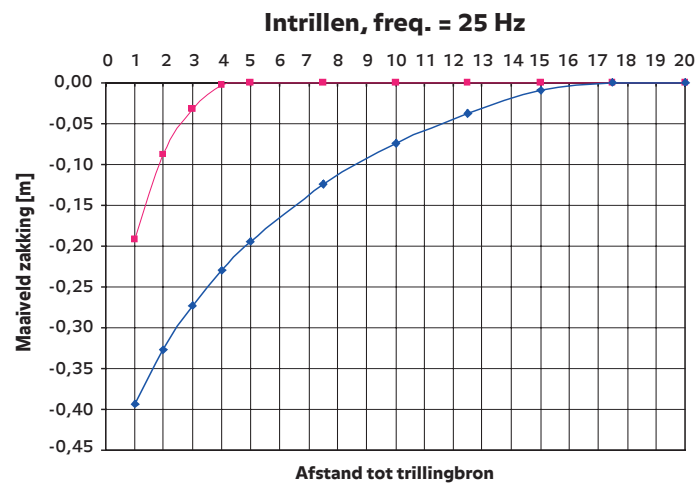
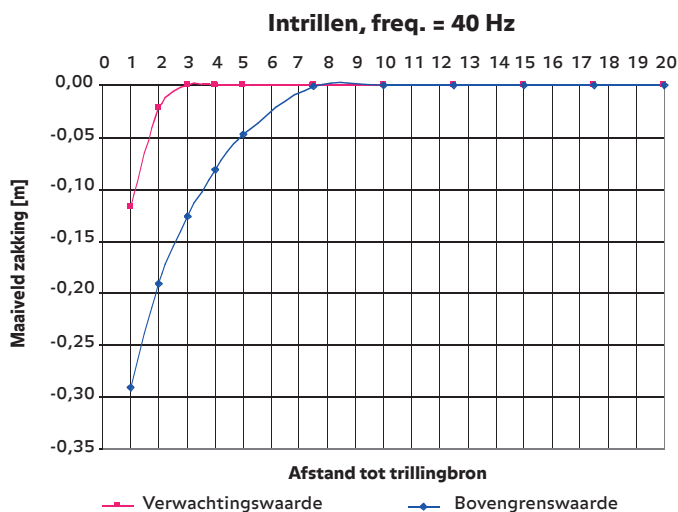


Figuur 4
Hoekverbinding
damwandprofiel
AZ26 twostep
spoorzijde met
AZ18 overige
zijden.

Bron:
Fugro Ingenieurs-
bureau BV



Figuur 5 Schatting invloedgebied voor de kans op maaiveldzakking door trillingen.



Figuur 6 Schatting van maaiveldzakking v.s. afstand tot trillingbron.

Aan de hand van een schatting voor de 50% (verwachtingswaarden) en 1% overschrijdingskans (bovengrenswaarde) voor de trillingsversnelling is het invloedgebied bepaald, waarbinnen een kans op maaiveldzakking door verdichting aanwezig is. Hierbij is het principe aangehouden dat los gepakte zandpakketten alleen verdichten als de trillingsintensiteiten groter zijn dan de voor dat pakket geldende drempelwaarde. Voor dit project is een drempelwaarde voor het versnellingsniveau van 0,14g bepaald. De drempelwaarde heeft, volgens de methode van Hergarden en Barkan, een relatie met de initiële dichtheid, het korrelspanningsniveau en de conusweerstand, alsmede met de schuifsterkte en de relatieve dichtheid van het zandpakket. Deze parameters zijn ingeschat aan de hand van een sondering in het baanlichaam. Uit de prognoses blijkt dat het invloedgebied bij het intrillen van damwanden varieert van 2,5 m

tot 8,0 m en bij het heien van palen varieert van 4,0 m tot 16,0 m. Zie *figuur 5*.

In *figuur 6* is de prognose weergegeven van de maaiveldzakking als functie van de afstand tot de trillingsbron. De sporen vallen buiten het invloedgebied van het intrillen van damwanden, maar binnen het invloedgebied van het heien. Door het heien van de eerste palenrij op een afstand van ca. 8 m en 13 m tot de sporen, worden maximale maaiveldzakkingen (bovengrenswaarden van het versnellingsniveau) verwacht van respectievelijk ca. 120 mm en 30 mm. Dit is een conservatieve benadering. Uitgaande van de verwachtingswaarden van het versnellingsniveau zijn de maaiveldzakkingen op deze afstanden nihil.

De keerconstructie valt binnen het invloed-

gebied voor trillen en heien. Voor de keerconstructie is een toetsing op schade uitgevoerd. Uit de voorspellingen van trillingsnelheden en toetsing hiervan aan de grenswaarden voor uit SBR-A blijkt, dat de kans op schade aan de keerconstructie (categorie 1) aanvaardbaar klein is (overschrijdingskans <1%). Voor meer informatie over de berekeningswijze en toetsing wordt verwezen naar [4] en [5].

Deformatieanalyses

Naast schade en maaiveldzakking door trillingen zijn ook deformaties te verwachten door het ontgraven en leegpompen van de bouwkuip. Teneinde inzicht te krijgen in de te verwachten deformaties van de damwand, de keerconstructie en de sporen, zijn berekeningen met PLAXIS uitgevoerd. Als grondmodel is het Hardening-Soil model [6] gebruikt.

De bouwfaserings voor de PLAXIS berekeningen bestaat uit:

- A. Bouwen van de keerconstructie naast het bestaande baanlichaam (spannings-geschiedenis);
- B. Maken van de bouwkuip, bestaande uit:
 - bouwfase 1: installeren damwand, aanbrengen en voorspannen ankers, waterstand in bouwput opzetten. Berekeningsstap 157 t/m 195;
 - bouwfase 2: nat ontgraven. Berekeningsstap 196 t/m 203;
 - bouwfase 3: grind aanbrengen en onderwater beton storten. Berekeningsstap 204 t/m 207;
 - bouwfase 4: bouwkuip leegpompen. Berekeningsstap 204 t/m 207;

De berekende deformaties (dx en dz) voor de damwand, de keerconstructie en de sporen zijn weergegeven in *figuur 7 t/m 9*.

De totaal berekende deformaties van de sporen in horizontale en verticale richting zijn gegeven in *Tabel 1*. Teneinde de voorspellingen te kunnen vergelijken met de metingen zijn de berekende maaiveldzakkingen (w) als gevolg van het trillen van de damwanden en het heien van de palen opgeteld bij de berekende verticale deformaties (dz) door ontgraven en leegpompen van de bouwkuip. De berekende maaiveldzakkingen (w) is een schatting op basis van de risicoanalyses.

veldzakkingen (w) als gevolg van het trillen van de damwanden en het heien van de palen opgeteld bij de berekende verticale deformaties (dz) door ontgraven en leegpompen van de bouwkuip. De berekende maaiveldzakkingen (w) is een schatting op basis van de risicoanalyses.

Aanvullende beheersmaatregelen

Uit de prognoses is gebleken dat een verhoogd risico op onacceptabele deformaties bestaat. Teneinde het risico tijdens de uitvoering van de bouwkuip te beperken, is in overleg met Prorail besloten om de volgende maatregelen te treffen:

- de damwand aan de spoorzijde uit te voeren als een permanente damwand;
- de bouwkuip te splitsen in 2 compartimenten (west en oost);
- de vibro combinatiepalen binnen een zone van 20 m vanaf het spoor voor te boren;
- het trillingsniveau en de deformatie van de damwand aan de spoorzijde, de keerconstructie en de spoorzone op verschillende locaties te monitoren aan de hand van een uitgebreid monitoringsplan.

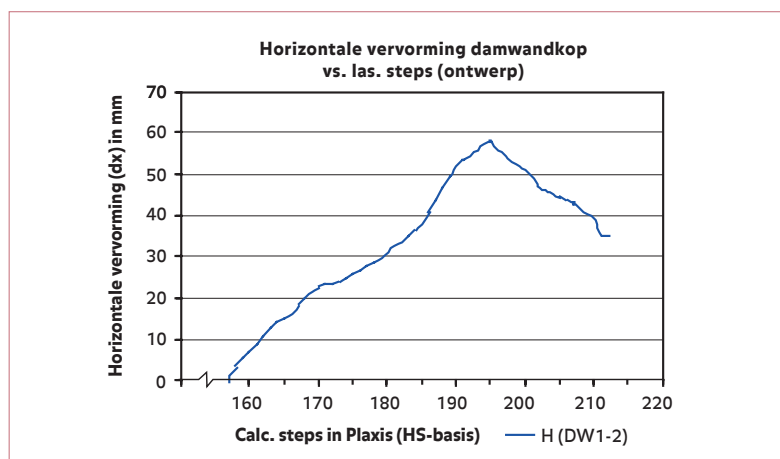
Bij het ontwerp is al rekening gehouden met de volgende maatregelen:

- ontgraven in 'den natte' en toepassing van een onderwater betonvloer;
- het waterpeil in de bouwkuip een 0,5 m op zetten.

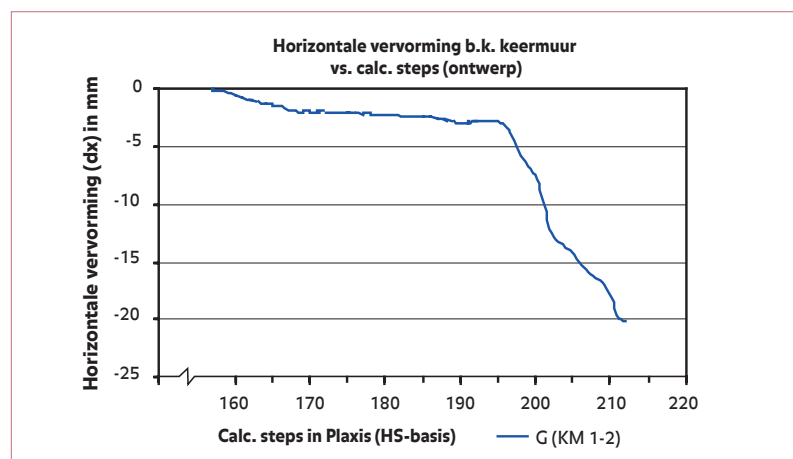
Literatuur

[1] Hergarden, van Tol, 2001, Hergarden, H.R, van Tol, A.F, *Zakkingen tijdens het trillend trekken van damwanden*, *Geotechniek* juli 2001.
 [2] Barkan D, *Dynamics of bases and foundations*, New York McGraw-Hill book Cy Inc., 1962.
 [3] CUR 166, *Damwandconstructies*, 4e druk deel 1 en 2, CUR Gouda, 2005.
 [4] T.K. Muller, Meten, *Beoordelen en voorspellen van trillingen in de bouw*, *Geotechniek*, okt. 2007.
 [5] Meet- en beoordelingsrichtlijnen SBR deel A *Schade aan gebouwen*.
 [6] *Material Models Manual, Plaxis 2D version 8*, Plaxis b.v., 2006. ■

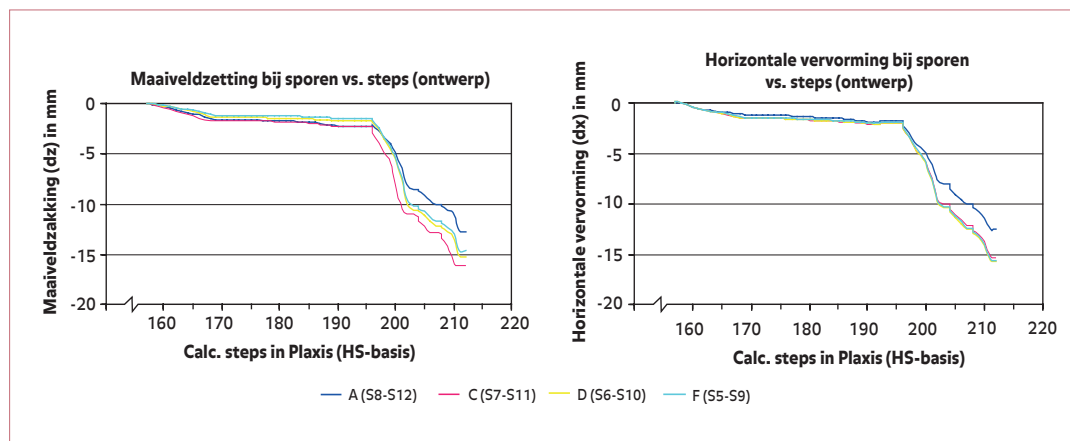
Reageren op dit artikel? Stuur dan uw reactie vóór 31 oktober 2009 naar info@uitgeverijeducom.nl.



Figuur 7 Deformaties bovenzijde damwand horizontaal vs. berekeningsstappen. (+dx = in de richting van het spoor/ -dx = richting de bouwput).



Figuur 8 Deformaties bovenzijde keermuur horizontaal vs. berekeningsstappen.



Figuur 9 Deformaties sporen horizontaal en verticaal vs berekeningsstappen. (A en C = 1e spoor / D en F = 2e spoor).

Bouwfase	dx	cum. dx	w + dz	cum. w + dz
Installeren damwanden (trillingsanalyse)	-	-	5	5
Heien palen (trillingsanalyse)	-	-	55	60
Nat ontgraven (PLAXIS)	10	10	9	69
Storten grind + o.w. beton (PLAXIS)	3	13	2	71
Leeg pompen bouwput (PLAXIS)	3	16	2	73

Tabel 1 Berekende deformaties van de sporen.