



**Jan van Dalen**  
 Promovendus TU-Delft  
 Geotechnisch adviseur Strukton Engineering



Nieuwe ervaringen vragen om nieuwe inzichten

## Samenvatting

Diepwandtechniek werd in Nederland tot voor kort gezien als 'Beproefde techniek'. Recente ervaringen met bouwputten in de grote steden leren echter dat er risico's zijn. Wat is er aan de hand? Zijn we de in de jaren '70 en '80 opgedane kennis vergeten of moet er kennis worden ontwikkeld? Aan beide aspecten wordt momenteel gewerkt: In CUR/COB verband wordt een 'state of the art'-rapport over ontwerp en uitvoering van diepwanden geschreven en bovendien vindt er wetenschappelijk onderzoek plaats naar de kritische procesparameters tijdens het maken van diepwanden.

**Figuur 1** Parkeergarage Kruisplein, Rotterdam. Bron: Besix

# Diepwandtechniek opnieuw onder de loep

## Inleiding

Bij projecten in stedelijk gebied, waar trillingshinder, geluidsoverlast gepaard gaan met de wens tot grote diepte een bouwput te maken en waarbij bovendien hoge eisen worden gesteld aan de stijfheid van de kerende wand vormt de diepwand een niet meer weg te denken variant. De diepwandtechniek biedt ook voor de toekomst goede kansen om te komen tot economisch haalbaar ondergronds ruimtegebruik.

Tot voor enkele jaren werd de toepassing van diepwanden beschouwd als 'beproefde techniek', gepaard gaande met een laag risico. Ervaringen met enkele projecten van de laatste jaren hebben anders laten zien. Vooral het voorkomen van lekkages heeft in de pers nogal de aandacht getrokken vanwege de gevolgen die in zandgrond groot zijn gebleken.

Daarnaast wordt de diepwandtechniek momenteel volop gebruikt voor zowel projecten die reeds in uitvoering zijn zoals de parkeergarage Kruisplein te Rotterdam, de parkeergarage Houtwal te Harderwijk als voor bijvoorbeeld de Spoortunnel Delft die zich nu in de ontwerp-

fase bevindt.

Naar aanleiding van de schadegevallen zijn, mede met het oog op de kansen voor de toekomst, recent zowel een CUR/COB commissie, als promotieonderzoek gestart. Gedachte hierbij is dat zowel moet worden ingezet op herontdekking en bundeling van bestaande kennis, als op nieuwe kennis. Het uiteindelijke doel hiervan is om te komen tot een situatie waarbij het toepassen van diepwanden in Nederland weer wordt gezien als beproefde en betrouwbare techniek.

## CUR /COB commissie

In juni 2009 is een gezamenlijke CUR/COB commissie (diepwanden) van start gegaan. De doelen van deze commissie zijn:

1. Realiseren van een 'state-of-the-art' rapport waarin alle bestaande kennis en ervaring m.b.t. ontwerp en uitvoering wordt opgenomen.
2. Voorbereiden van de uitvoering van een praktijkonderzoek, zo mogelijk bij de te bouwen spoortunnel Delft.

## State of-the-art rapport

Aanpak bij het opstellen van dit rapport is de

bestaande literatuur en praktijkervaring in kaart te brengen en te bundelen in één publicatie. Aan de hand van het state of the art rapport kunnen partijen die zich richten op ontwerp en of uitvoering hun kennisniveau optimaliseren.

Bij diepwanden kunnen ontwerp en uitvoering niet los van elkaar worden gezien. Dit blijkt uit aspecten als:

- het ontwerp van het wapeningsnet, bij voorbeeld in verband met:
  - de doorstroombaarheid hiervan tijdens het betonneren,
  - de benodigde stijfheid tijdens transport en inhijzen van de korf in de diepwandsleuf;
- eigenschappen van het bentoniet in relatie tot zowel optimale sleufstabiliteit als verdringing door de vloeibare beton;
- betonsamenstelling in relatie tot zowel de gewenste betonkwaliteit in de eindfase als de (rheologische) eigenschappen tijdens betonneren van de panelen;
- ontwerp en uitvoeringswijze van de voegen in relatie tot risico's en waterdichtheid.

Binnen de commissie zijn deze raakvlakken

tussen ontwerp en uitvoering onderkend. Om deze reden is besloten om in de uit te brengen publicatie naast ontwerp en uitvoering ook de relatie tussen beiden te beschrijven. Daarnaast zal ook aan aspecten als monitoring en invloed op de omgeving aandacht worden geschonken en heeft de commissie zich tot doel gesteld een hoofdstuk 'Geleerde lessen in de praktijk' op te nemen.

De gewenste inhoud heeft zijn weerslag gehad op de samenstelling van de commissie. Uitvoerende partijen (aannemers), Ingenieursbureau's, Opdrachtgevers als Prorail en RWS, Deltares en de TU Delft zijn vertegenwoordigd. Maar ook de beton- en bentonietindustrie zodat ook de kennis van deze materialen optimaal kan worden ingebracht.

Het schrijven van een state of the art verhaal impliceert dat dit voornamelijk gebaseerd is op bestaande kennis. Beschikbare Nederlandse literatuur zijn paragraaf 4.3 uit het handboek 'Ondergronds Bouwen' uit 1997, waarin bondig is ingegaan op zowel ontwerp- als uitvoeringsaspecten. Daarnaast is in 2001 CUR aanbeveling 76 'Rekenregels voor Diepwanden' verschenen, waarin vooral relaties worden gelegd met de NEN 6720 (VBC19950 'Voorschriften Beton' en met NEN-EN 1538 'Uitvoering Bijzonder Geotechnisch werk, Diepwanden'. Recent is de NEN-EN 1538 overigens nog op enkele punten aangepast.

Overige Nederlandse literatuur betreft voornamelijk artikelen die veelal gerelateerd zijn aan uitgevoerde projecten of aan tijdens de uitvoering van deze projecten geconstateerde aspecten. Ook in buitenlandse literatuur zijn veel projectbeschrijvingen te vinden en daarnaast ook normen. Met name de DIN 4126 'Cast in-situ Diaphragm walls' biedt een compleet overzicht van diverse ontwerpaspecten.

De commissie heeft zich tot doel gesteld de kennis anno 2009 met betrekking tot uitvoering en ontwerp van diepwanden zo goed mogelijk te verzamelen en in beeld te brengen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van wat in literatuur is terug te vinden en de kennis en ervaring bij personen werkzaam in de branche.

Het werk in de commissie vordert gestaag. Ten tijde van het schrijven van dit artikel (september 2009) was het eerste concepthoofdstuk met ontwerpaspecten en -berekeningen besproken in de commissie en was er tevens een eerste aanzet tot het hoofdstuk over de raakvlakken tussen

ontwerp en uitvoering.

Betreffende ontwerp en ontwerpberekeningen is gebleken dat er belangrijke discussiepunten liggen op het gebied van:

- de in rekening te brengen wandwrijvingshoek;
- de juistheid van de toepassing van een verenmodel voor diepwanden onder alle omstandigheden.

De wandwrijvingshoek is mede afhankelijk van – voor zover aanwezig – de wrijvingseigenschappen van een laagje bentonietcake tussen beton en grond. Voor de situatie ter plaatse van de stations in de Noord-Zuidlijn is deze beproefd; echter er wordt nog gezocht naar meer meetgegevens.

Betreffende gebruik van een verenmodel ten opzichte van een EEM model zijn er tot op heden 2 overwegingen door de commissie onderkend:

- Eventuele verticale boogwerking wordt niet meegenomen in een verenmodel; het optreden hiervan kan weliswaar onder bepaalde omstandigheden de wand ontlasten, doch de stempelkrachten doen toenemen.
- De meeste verenmodellen zijn erop gebaseerd dat aan de actieve zijde neerwaartse- en aan de passieve zijde opwaartse wandwrijving optreedt. Bij verticale deformatie van de wand – onder invloed van verticale belasting – zou, gelet op de grote buigstijfheid van de wand deze wrijvingsrichting anders kunnen zijn, hetgeen directe invloed heeft op de grootte van de horizontale gronddrukken; in een EEM model kunnen deze aspecten reeds worden meegenomen in de berekening.

In de commissie is vastgesteld dat er voor dient te worden gewaarschuwd dat een verenmodel niet onder alle omstandigheden zonder meer kan worden toegepast (b.v. bij plaatselijke bovenbelastingen).

Volgens de huidige planning zou eind 2009 een eerste concept en in de eerste helft van 2010 de definitieve versie van het complete State of the art rapport over ontwerp en uitvoering van diep wandpanelen beschikbaar moeten zijn.

### Gewenst praktijkonderzoek

De exacte inhoud van een praktijkonderzoek is momenteel (september 2009) nog niet vastgesteld. Eén van de onderwerpen waarop het onderzoek zich vermoedelijk zal richten, is op het kunnen detecteren van niet-beton insluitingen in een reeds gemaakt diep wandpaneel, voorafgaand aan ontgraven.

Volgens planning zal vanaf november 2009 een

promovendus aan de TU Delft onderzoek gaan doen naar mogelijke detectie technieken, waarbij het project Spoortunnel Delft mogelijk kan worden benut om hiermee praktijkervaring op te doen. De promotor voor dit onderzoek is prof. Frits van Tol. Momenteel worden voor dit onderzoek fondsen geworven in Geo-impuls verband.

### Kritische procesparameters bij de uitvoering van diep wandpanelen

Sinds juni 2009 vindt tevens promotieonderzoek aan de TU Delft plaats naar de kritische procesparameters bij het maken van diep wandpanelen in met name slappe West-Nederlandse gronden.

Het onderzoek richt zich vooralsnog vooral op mechanismen rond het ontstaan en het al dan niet weer verdwijnen van een afpleisterend laagje bentonietcake op de overgang van sleuf naar omringende grond, maar ook ter plaatse van voegovergangen. Diverse aspecten moeten in dit kader beter in beeld worden gebracht. Hierbij wordt onder meer gedacht aan:

- invloed van grondsamenstelling op het bentoniet;
- gevolgen voor het ontstaan en de eigenschappen van de filtercake;
- In hoeverre blijft de filtercake intact tijdens het verversen en/ of regenereren van de bentoniet;
- in welke mate blijft de filtercake intact tijdens het betonneren van de sleuf;
- in welke mate wordt het betonneren beïnvloed door obstakels in de diep wand sleuf (zoals de wapening).

Momenteel worden proevenseries uitgevoerd die zich vooral richten op de vorming van de cake. Tevens is er inmiddels een deelonderzoek gestart naar de stroming van beton binnen de sleuf in de fase van betonneren.

Het uiteindelijke doel van dit onderzoek is in kaart te brengen welke factoren van invloed zijn op de kwaliteit van de uiteindelijke gerealiseerde diep wand en op de voegen tussen de diep wand panelen in slappe gronden zoals die voorkomen in West-Nederland. Tevens is het doel deze factoren dusdanig te optimaliseren dat ontgravingen binnen diepwanden in de toekomst, in de genoemde slappe gronden, zonder noemenswaardige risico's op lekkage kunnen worden toegepast. ■

*Het laatstgenoemde promotieonderzoek wordt door de auteur uitgevoerd aan de TU-Delft, bij de leerstoel van de hoogleraar Ondergronds Bouwen, Johan Bosch.*