

# Europese uitvoeringsnorm grondankers (NEN-EN 1537) nader belicht

## Inleiding

Recent is Eurocode 7 (NEN-EN 1997: 'Geotechnisch Ontwerp' [1] officieel van kracht geworden. Naast nieuwe normering met betrekking tot het geotechnisch ontwerp voorziet de Eurocode in kwaliteitsborging door middel van zogenaamde uitvoeringsnormen. Deze uitvoeringsnormen, waarvan nog lang niet iedereen het bestaan, laat staan de inhoud kent, zijn in de afgelopen 10 jaar opgesteld door de Europese Technische Commissie 288, waarin overheid en bedrijfsleven vertegenwoordigd zijn. In dit artikel wordt ingegaan op de Europese uitvoeringsnorm voor grondankers NEN-EN 1537 [2]. Het blijkt namelijk nog niet zo eenvoudig om een grondkerende constructie met verankering compleet volgens de Eurocode te ontwerpen en uit te voeren.

## Positionering van NEN-EN 1537 binnen de Eurocode-reeks

In EC 7 wordt o.a. het geotechnisch ontwerp van grondkerende constructies beschreven. In combinatie met de uitgangspunten van EC 0 (NEN-EN 1990: 'Basiseisen' [3]) en EC 1 (NEN-EN 1991: 'Belastingen' [4]) kan een constructieve berekening worden uitgevoerd volgens één van de drie ontwerp benaderingen. Hiermee kan de krachtsverdeling in een grondkerende wand op eenduidige wijze worden bepaald. De benodigde constructieafmetingen worden vervolgens met behulp van de materiaal gebonden ontwerp-

normen bepaald. Voor de materiaaltechnische toetsing van stalen damwanden dient bijvoorbeeld EC 3 deel 5 (NEN-EN 1993-5: 'Damwanden' [5]) te worden gebruikt, voor een diepwand Eurocode 2 deel 3 (NEN-EN 1992-3: 'Betonfunderingen' [6]). Voor het ontwerp en de uitvoering van een verankering wordt verwezen naar de uitvoeringsnorm NEN-EN 1537 'Grondankers'.

## Toepassingsgebied van NEN-EN 1537

De uitvoeringsnorm voor grondankers is van toepassing voor permanente en tijdelijke grondankers waarvan de draagkracht wordt beproefd. De norm definieert een anker als een element dat bestaat uit een ankerkop, een vrij ankerdeel en een ankerlichaam dat door middel van grout met de grond is verbonden.

Gesteld wordt letterlijk dat de norm niet van toepassing is op alternatieve verankeringsystemen zoals trekpalen, schroefankers, mechanische ankers, grondvernageling, en expansieankers. Gezien de huidige stand van zaken in de branche wordt echter verwacht dat de norm in Nederland wel degelijk gebruikt gaat worden voor dergelijke systemen. Aangezien er behoorlijke verschillen zijn in de wijze van aanbrengen en functioneren is het echter wel noodzakelijk om aanvullende eisen op te stellen voor de ankertypes waarvoor NEN-EN 1537 officieel niet

## Samenvatting

Eurocode 7 'Geotechnisch Ontwerp' voorziet onder meer in kwaliteitsborging door middel van uitvoeringsnormen. Voor grondankers bestaat er een Europese uitvoeringsnorm NEN-EN 1537, maar het blijkt nog niet zo eenvoudig om een grondkerende constructie met verankering op basis hiervan compleet te ontwerpen en uit te voeren. Met name de beschrijving van de beproevingsprocedure en de interpretatie van de resultaten daarvan komen niet uit de verf. Vooral nog wordt in de nationale aanvullende bepalingen NEN 9097 verwezen naar CUR 166.

In de Europese TC 288 is een traject opgestart voor revisie van NEN-EN 1537, ofwel door de beproevingsprocedures te laten vervallen ofwel door ze adequaat te beschrijven.

van toepassing is. Hierbij kan worden gedacht aan zaken als corrosietoelagen voor onbeschermde ankertypes, aangepaste criteria voor kruip en fictief ankerpunt, uitvoeringsrichtlijnen, etc.

## Stand van zaken ankertechniek

De ankertechniek kan op dit moment in Nederland worden onderverdeeld in vier hoofdgroepen.

### 1. Traditionele groutankers (Figuur 1)

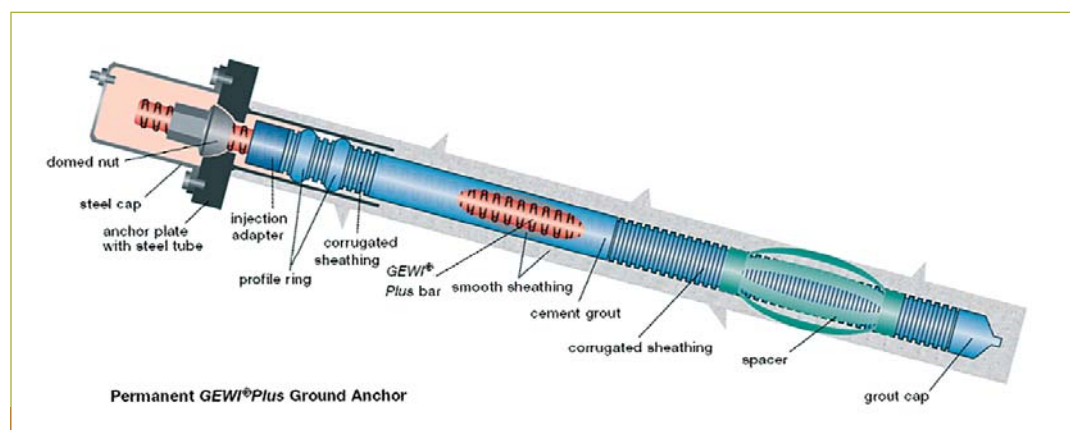
Dit betreft alle traditionele ankers die volledig grondverdringend worden aangebracht met behulp van een boorbuis (ca. 100 mm diameter), waarin na het inboren een hoogwaardig stalen element (Dywidag- / Gewistaven of voorspanstrengen) wordt geplaatst en waarbij tijdens het trekken van de boorbuis onder hoge druk (ca. 10 à 15 bar) grout geïnjecteerd wordt.

### 2. Schroefinjectieankers (Figuur 2)

Dit betreft ankers die zijn opgebouwd uit holle stalen secties die door middel van moffen aan elkaar worden gekoppeld. De voorste sectie is voorzien van een schroefblad (ca. 250 mm). Deze ankers worden vooruitborend onder het injecteren van grout onder lage druk (2 à 5 bar) ingebracht. Eenmaal op diepte wordt getracht de groutdruk te verhogen (afpersen) om betere aanhechtings-eigenschappen te krijgen.

### 3. Zelfborende ankers (Figuur 3)

Dit betreft eveneens ankers die zijn opgebouwd uit holle stalen secties. In plaats van een schroefblad is de voorste sectie voorzien van een spoel/



**Figuur 1** Traditionele groutankers

boorkop. Ook deze ankers worden vooruitborend onder het injecteren van grout onder lage druk ingebracht. Eenmaal op diepte wordt getracht de groutdruk te verhogen (afpersen) om betere aanhechteigenschappen te krijgen.

#### 4. Mechanische (klap)ankers (Figuur 4)

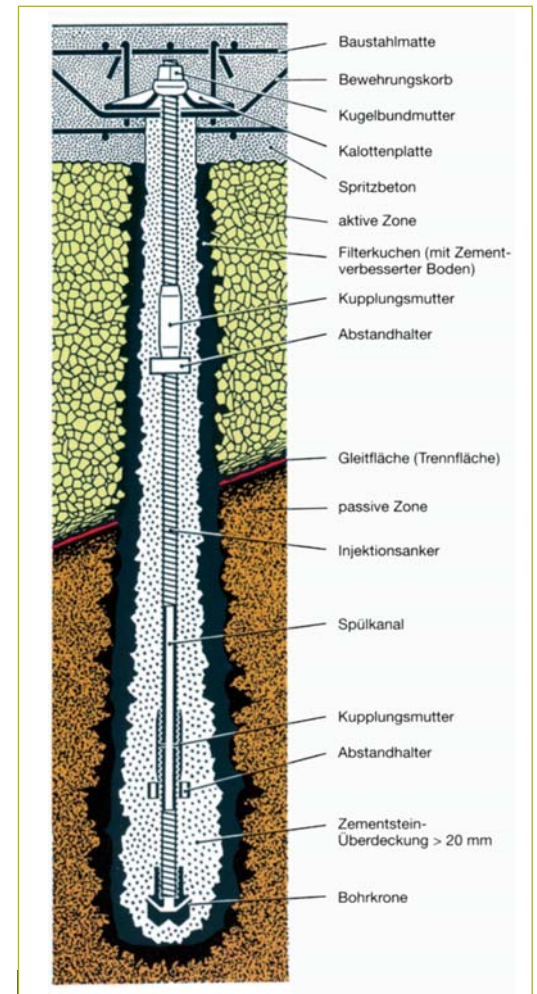
Dit betreft een recente ontwikkeling waarbij een Gewi-staaf, waarop een uitklapbaar element is gemonteerd, statisch de grond in wordt gedrukt. Wanneer de gewenste diepte is bereikt, wordt aan de staaf getrokken en zet het uitklapbare element zich vast in de grond. Het principe bestaat al langer, maar de toepassing als damwandverankering is nieuw.

#### De huidige ontwerpmethodede in Nederland

In de huidige ontwerpmethodede volgens CUR 166 [7] volgt, nadat het stappenplan is doorlopen, uit de berekening van de uiterste grenstoestand (voor de van toepassing zijnde veiligheidsklasse) een maximale ankerkracht  $F_{A,max}$ . In deze belasting zit impliciet een deel partiële veiligheid verwerkt. Naarmate de veiligheidsklasse hoger is zit er in het resultaat meer veiligheid

door een groter verschil tussen de uitkomst in de bruikbaarheids grenstoestand (BGT) en de uiterste grenstoestand (UGT).

Om voor een damwandconstructie op het gewenste betrouwbaarheidsniveau uit te komen is destijds met behulp van calibratie-berekeningen bepaald dat voor de geotechnische toetsing de rekenwaarde voor de ankerkracht met een belastingfactor van 1,10 dient te worden verhoogd en voor de toetsing van het stalen trekelement met een belastingfactor van 1,25. Deze rekenwaarde van de belasting dient te worden getoetst aan de rekenwaarde van de geotechnische draagkracht van de grond en de rekenwaarde van de sterkte van de ankerstaaf. De rekenwaarde van de sterkte tenslotte wordt gevonden door de karakteristieke sterkte te verlagen met een materiaalfactor van 1,25 voor de geotechnische draagkracht en 1,40 voor de sterkte van de staaf. Door deze werkwijze te volgen is het gewenste betrouwbaarheidsniveau voor de gekozen veiligheidsklasse (I, II of III) gewaarborgd. In *figuur 5* is in een stroomschema de huidige werkwijze samengevat. Het bepalen van de geotechnische draagkracht behelst in de praktijk feitelijk de bepaling van

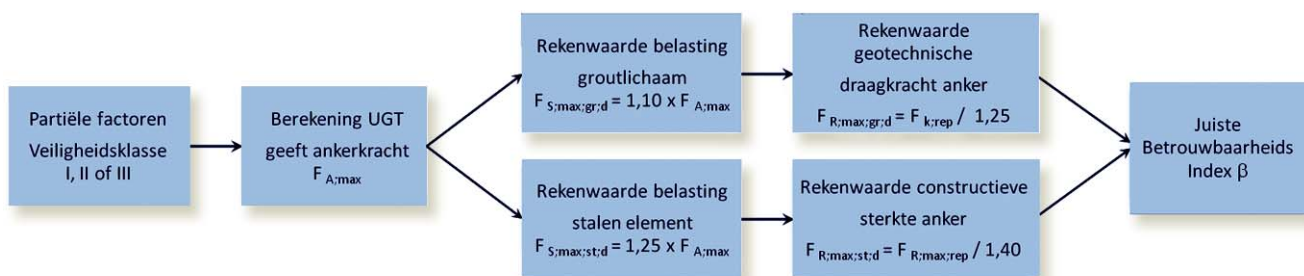


**Figuur 3** Zelborende ankers

**Figuur 2**  
Schroefinjectie-ankers



**Figuur 4** Klapanker



**Figuur 5** Stroomschema ankerontwerp volgens CUR 166



de benodigde verankeringslengte in de bodem, wat in Nederland wordt gedaan op basis van empirische relaties met de gemiddelde conusweerstand. In de berekeningswijze volgens CUR 166 moet de geotechnische draagkracht van ieder individueel anker worden aangetoond door middel van een controleproef (duur ca. 15 minuten), waarbij in stappen belast moet worden tot  $1,0 \times F_{A,max;gr;d}$ . Voor deze proeven zijn criteria gesteld aan de toelaatbare kruip tijdens de proef. Ook moet op basis van het gemeten elastisch gedrag tijdens de proef worden aangetoond dat het anker op de juiste diepte in de ondergrond zijn belasting afdraagt (bepaling fictief ankerpunt).

Op een aantal ankers in het werk wordt aanvullend vaak voorgesteld om een geschiktheidsproef (duur ca. 5 uur) uit te voeren, waarmee op niet-destructieve wijze meer informatie wordt verkregen over de bezwijkdraagkracht van het anker. Volgens CUR 166 dient hierbij in stappen te worden belast tot  $1,2 \times F_{A,max;gr;d}$ . In *figuur 6* is een voorbeeld weergegeven van een proefopstelling.

### Inhoud van de uitvoeringsnorm NEN-EN 1537

Alle uitvoeringsnormen zijn opgesteld volgens een standaard hoofdstukindeling. Er wordt een onderscheid gemaakt in een *normatief* deel (hfs. 1 t/m 11) en een *informatief* deel (bijlagen). Met *normatief* wordt bedoeld dat een normartikel een *verplichting* inhoudt. Met *informatief* wordt bedoeld dat het een *advies* betreft.

Ankers worden in de praktijk voor veel verschillende doeleinden gebruikt. Als horizontale verankering van een damwandconstructie, maar ook als verticale verankering tegen opdrijven. Het ankerontwerp maakt hierbij een wezenlijk onderdeel uit van het constructief ontwerp. Hierbij kan sprake zijn van een constructie die bestaat uit beton, staal, hout of grond.

De uitvoeringsnorm kent dan ook een groot aantal normatieve vertakkingen naar algemene en materiaalspecifieke normen en blinkt hierdoor niet uit in duidelijkheid en eenduidigheid. Toch bevat deze norm wel degelijk veel nuttige regels en informatie met betrekking tot het ontwerp en de uitvoering van verankerings. Zo worden zaken als de benodigde informatie over het terrein, aanbrenghethodes, corrosiebeschermingssystemen, kopafwerking en materiaalspecificaties zeer uitgebreid beschreven. De beschrijving van de beproevingsprocedures en de interpretatie van de resultaten hiervan

komen helaas minder goed uit de verf.

### Uitwerking van een verankeringsontwerp volgens Eurocode

Wanneer de Eurocode wordt gebruikt, dan volgt uit een willekeurige damwandberekening voor de gekozen veiligheidsklasse een rekenwaarde voor de ankerkracht ( $P_d$ ). Eurocode 7 geeft vervolgens geen belastingfactoren voor de bepaling van de rekenwaarde van de ankerkracht, zoals wel in de CUR 166 systematiek gebeurt (factoren van respectievelijk 1,10 en 1,25). Dit is nogal vreemd, omdat voor de verschillende ontwerpbenaderingen verschillende partiële factoren gelden (in ontwerp benadering 2 zijn de partiële factoren voor een damwandberekening bijvoorbeeld allemaal gelijk aan 1,0 en de factoren voor ontwerpbenadering 1 en 3 verschillen significant).

In de praktijk betekent dit dat wanneer dezelfde constructie in dezelfde veiligheidsklasse, maar volgens drie verschillende ontwerp benaderingen wordt uitgerekend, de rekenwaarde van de ankerkracht  $P_d$  drie verschillende waarden heeft. De betrouwbaarheidsindex  $\beta$  van de verankerde damwandconstructie zal hierdoor per ontwerp benadering verschillend uitkomen.

Ieder Europees land is verplicht om een keuze te maken in de ontwerpbenadering die nationaal wordt gehanteerd.

Voor Nederland is ontwerpbenadering 3 gekozen. De bijbehorende partiële factoren zijn gegeven in de Nationale Bijlage van NEN-EN 1990 en NEN-EN 1997. De hoogte van de partiële veiligheidsfactoren voor een damwandberekening binnen de gekozen ontwerpbenadering

mogen echter nationaal worden vastgelegd en kunnen dus per land verschillen! Ieder land dient in feite zelf te bepalen hoe hoog de belastingfactoren op de geotechnische draagkracht en de constructieve sterkte van het stalen anker-element moeten zijn om de gewenste betrouwbaarheidsindex  $\beta$  te garanderen.

Wanneer we ervan uitgaan dat het door aanpassing van de normen op termijn mogelijk wordt om voor iedere ontwerpbenadering de rekenwaarde van de belasting voor toetsing van de geotechnische draagkracht ( $P_{d;OB X;gr;d}$ ) en de sterkte van het stalen element ( $P_{d;OB X;st;d}$ ) te bepalen, dan moet hiermee volgens EN 1997-1, hfs. 8 worden voldaan aan de bekende twee voorwaarden, namelijk dat de rekenwaarde van de geotechnische draagkracht ( $R_{a;d}$ ) niet wordt overschreden en dat de rekenwaarde van de sterkte van de ankerstaaf ( $R_{t;d}$ ) niet wordt overschreden. In *figuur 7* is in een stroomschema de te volgen werkwijze volgens Eurocode samengevat.

### Toelichting

Voor de bepaling van  $R_{t;d}$  wordt verwezen naar NEN-EN 1993-5, ontwerp van damwanden. Volgens paragraaf 6.2.3 van NEN-EN 1993-5 bedraagt de rekenwaarde van de sterkte van de staaf:

$$R_{t,d} = 0,80 \times f_{ua} \times A_s / \gamma_{Mb}$$

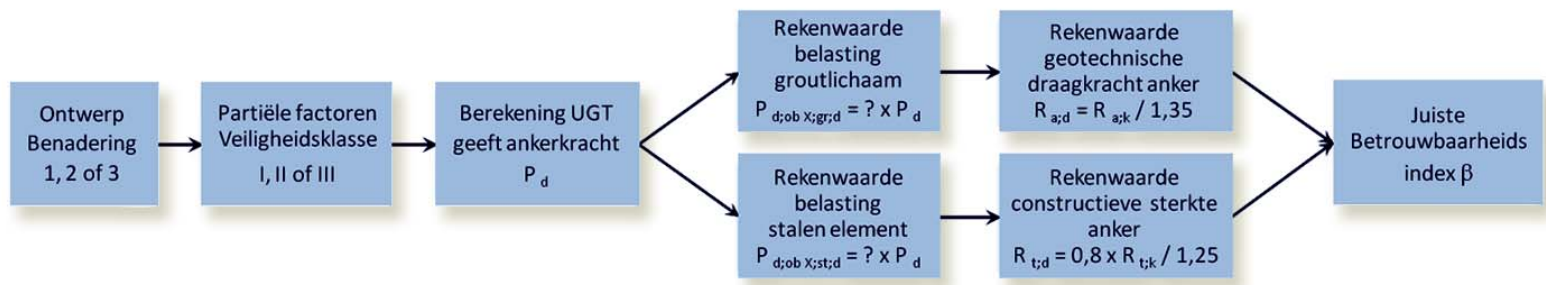
Waarin:

- $f_{ua}$  = breuksterkte ankermateriaal
- $A_s$  = maatgevend oppervlak
- $\gamma_{Mb}$  = 1,25

Voor de bepaling van  $R_{a;d}$  wordt verwezen naar NEN-EN 1537. Het is echter niet mogelijk om deze op eenduidige wijze te bepalen. In een



**Figuur 6**  
Meetopstelling  
t.b.v. beproeving  
vertikaal anker



**Figuur 7** Stroomschema ankerontwerp volgens Eurocode

normatieve annex (D5), wat op zichzelf in een uitvoeringsnorm zeer ongebruikelijk is, wordt gesteld dat  $R_{a;d}$  kan worden bepaald uit:

$$R_{a;d} = R_{a;k} / \gamma_R$$

Waarin:

$R_{a;d}$  = laagste waarde van de karakteristieke ankerweerstand (op basis van proeven of empirie)

$\gamma_R$  = partiële factor voor ankerweerstand (1,35 voor permanent, 1,25 voor tijdelijk)

Voor de verificatie van  $R_{a;k}$  is het noodzakelijk om controleproeven uit te voeren. In NEN-EN 1997, noch in NEN-EN 1537 is echter vastgelegd op welk belastingniveau deze proeven moeten worden uitgevoerd. Een koppeling tussen de rekenwaarde van de ankerkracht ( $P_d$ ) en de hoogte van de testbelasting ( $P_d$ ) ontbreekt (in de CUR 166 systematiek is vastgelegd dat een controleproef op 100 % en een geschiktheidsproef op 120 % van de rekenwaarde van ankerkracht ( $F_{S,max;gr;d}$ ) moet worden uitgevoerd). Hierdoor kan de benodigde verankeringslengte in de grond dus eigenlijk niet worden bepaald. Het ligt voor de hand om de hoogte van de testbelasting te relateren aan de rekenwaarde van de belasting voor toetsing van de geotechnische draagkracht  $P_{d;ob}; X_{gr;d}$ . Dit is in de Eurocode echter niet geregeld.

In NEN-EN 1537 worden in een informatieve annex weliswaar eisen gesteld aan de maximaal toelaatbare kruip voor verschillende proeven (onderzoeks-, geschiktheids- of controleproef) en verschillende toepassingen (tijdelijke ankers < 2 jaar of permanente ankers > 2 jaar), maar zolang er geen koppeling tussen rekenwaarde van de ankerkracht en de hoogte van de test-

belasting is, zijn de eisen niet compleet.

### Besluit

Geconcludeerd wordt dat het momenteel niet mogelijk is om op basis van de Eurocode een gedetailleerd ankerontwerp te maken. In NEN 9097 'aanvullende bepalingen voor het geotechnisch ontwerp [8]' hoofdstuk 8.5, die begin 2008 als groene versie verschijnt, wordt dan ook verwezen naar de methode volgens CUR 166. Voorlopig kan voor het ontwerp van een verankering in Nederland deze methode nog worden gebruikt.

Omdat de beproevingsmethode voor ankers in NEN-EN 1537 nogal slecht uit de verf is gekomen, is eerder in een andere Europese Technische Commissie (TC 341, Werkgroep 4 'Uitvoering van testen op geotechnische constructies') al getracht om door middel van het uitbrengen van EN(V) 22477-5 'Uitvoering van testen op geotechnische constructies, Groutankers' [9]) meer eenduidigheid en duidelijkheid te scheppen. Zonder aanpassing van de tekst van NEN-EN 1537 is de status van EN(V) 22477-5 echter onduidelijk. De belangrijkste zaken die getracht zijn te verbeteren zijn:

- Een concrete definitie van de hoogte van de testbelasting door deze uit te drukken als percentage van de rekenwaarde van de ankerkracht uit het ontwerp, nl:
  - Geschiktheidsproef:  $1,25 P_d$  voor permanente ankers,  $1,15 P_d$  voor tijdelijke ankers;
  - Controleproef:  $1,00 P_d$  voor tijdelijke en permanente ankers.
- Een duidelijker definitie van de door te voeren belastingtrappen voor de verschillende soorten beproevingen en de bijbehorende beoordelingscriteria van het bezwijkgedrag.
- Het duidelijk definiëren dat tijdens de

beproeving de spanning in het ankerstaal onder de 95 % van de vloeigrens (of 0,1 % rekgrens) van het materiaal blijft of ongevallen tijdens de beproevingsprocedure te voorkomen.

Recent is besloten om binnen TC 288 een traject op te starten om NEN-EN 1537 te reviseren. Besloten moet nog worden of de beproevingsprocedures uit de uitvoeringsnorm verdwijnen, of dat deze procedures sterk zullen worden verbeterd. In het laatste geval komt EN(V) 22477-5 te vervallen. Naar alle waarschijnlijkheid zal ook (de normatieve) bijlage D 'Ontwerp en berekening van grondankers' uit NEN-EN 1537 worden verwijderd. ■

*Reacties op dit artikel kunnen tot 1 april 2008 naar de uitgever worden gestuurd.*

### Literatuurlijst

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| [1] NEN-EN 1997       | Geotechnisch Ontwerp  |
| [2] NEN-EN 1537       | Grondankers   |
| [3] NEN-EN 1990       | Basiseisen  |
| [4] NEN-EN 1991       | Belastingen   |
| [5] NEN-EN 1993-5     | Damwanden   |
| [6] NEN-EN 1992-3     | Betonfunderingen  |
| [7] CUR Richtlijn 166 | Damwandconstructies, 4e druk                                      |
| [8] NEN 9097          | Aanvullende bepalingen voor het geotechnisch ontwerp              |
| [9] EN(V) 22477-5     | Uitvoering van testen op geotechnische constructies – Groutankers |