

CUR-richtlijn 236 'Ankerpalen', een beproeving?

ir. Ad Vriend
Rapporteur CUR commissie C152
Acécon adviesbureau voor
funderingstechnieken bv



ing. Erwin de Jong
Geobest bv



Figuur 1 – Onderwaterbetonvloer voorzien van ankerpalen.

Inleiding

De laatste jaren worden in toenemende mate zogenoemde ankerpalen toegepast. Met name als verticaal verankerings-element onder onderwaterbetonvloeren in bouwputten (figuur 1). Er is ruime ervaring met deze funderingselementen als schuin ingeboorde gegroete ankers ten behoeve van zijdelingse steun van grondkerende damwanden. Toch blijken in de ontwerp- en adviespraktijk van deze zelfde elementen, maar dan als verticale ankerpaal, kennisleemtes of onduidelijkheden aanwezig te zijn. Dat speelt met name op het gebied van de bepaling van de draagkracht en de axiale stijfheid. Daarnaast is er een sterke behoefte aan een gedegen kwaliteitsborging bij de uitvoering [1].

Een praktijkgeval van een ware beproeving

Het aanbrengen van de eerste ankerpaal voor de toeritten van de Hubertustunnel duurde 2 dagen, waar op maximaal 2 uur was gerekend. Een tegen-

valler, maar na een paar kleine wijzigingen aan de kop van de schroefgoutpaal werd vol goede moed begonnen met paal 2. En het ging inderdaad iets sneller, binnen één dag was ook de tweede paal op diepte. Een uitzondering vormt de hierboven beschreven gebeurtenis helaas niet. In de funderingswereld is nog een hoog gehalte aan trial and error 'normaal' in de uitvoering van speciale funderingstechnieken.

Misschien is 'geaccepteerd' een nog betere benaming dan 'normaal', aangezien ook de uitvoerende funderingsbedrijven er echt niet op uit zijn om een nieuw werk op een dergelijke wijze te starten. Vaak ontstaan problemen tijdens de uitvoering al in de ontwerpfase, waar door ontwerpers en aannemers het toepassingsgebied van funderingstechnieken wordt opgerekt en soms ook overschat. Op de grenzen van het ervaringsgebied met bepaalde funderingstechnieken ontstaan problemen, die feitelijk alleen met proeven vooraf voldoende onderkend en voorkomen kunnen worden.

De Hubertustunnel vormde hierop geen uitzondering. De betrokken aannemers hadden ruime ervaring met het betreffende paalsysteem en zelfs de uitvoering vanaf pontons was niet nieuw. Ervaring met de lokale bodemopbouw in combinatie met het paaltype ontbrak echter en de lengte van de palen was groter dan binnen het ervaringsgebied van de aannemers lag. Proefpalen om de installatiemogelijkheden te verifiëren, of proefpalen om de draagkracht van de palen aan te tonen waren anno 2005 niet gebruikelijk in de Nederlandse funderingspraktijk.

Toen na 2 weken tobben het installeren van de palen inmiddels 'dagelijks werk' begon te worden waren de vraagtekens bij aannemer en opdrachtgever omtrent de eigenschappen van de gemaakte palen niet weggenomen. De enige methode om duidelijkheid te krijgen over de draagkracht van de palen was het proefbelasten van de palen in de bouwkuip. Niet alleen waren de kosten op dat moment hoger dan wanneer vooraf proeven waren gedaan, het was ook duidelijk dat de te testen palen niet langer bruikbaar zouden zijn voor de constructie en dus sowieso moesten worden vervangen.

Het resultaat van de uitgevoerde proeven bleek dramatisch. De geteste palen bleken slechts 30 tot 60% van de ontwerp trekkracht te kunnen leveren, waarna werd besloten om van paaltype en uiteindelijk ook van funderingsaannemer te wisselen. De lessen die inmiddels waren getrokken uit de uitvoering van de eerste ankerpalen resulteerden in een soepeler verlopen uitvoering bij de tweede fase van het aanbrengen van funderingspalen, al moet gezegd dat ook toen de draagkracht van de palen minder was dan vooraf, op basis van ervaringsgetallen voor de wrijvingseigenschappen, door de ontwerpers was voorzien.

Samenvatting

De afgelopen 5 jaar heeft CUR commissie C152 gewerkt aan het project 'Ontwerp-richtlijn voor slanke niet geheide verankeringsystemen onder onderwaterbetonvloeren'. De werkzaamheden hebben nu geresulteerd in de eerste druk van CUR-publicatie 236 'Ankerpalen'. Naast uitgangspunten en rekenregels voor het bepalen van de grondmechanische draagkracht en axiale veerstijfheid van deze

funderingselementen, is de kracht van deze CUR-richtlijn voornamelijk gelegen in een eenduidige procesgang voor de kwaliteitsborging. Aangevoerd moet worden of een gekozen paalsysteem wel geschikt is voor toepassing in gegeven project-specifieke omstandigheden, op welke wrijvings eigenschappen in die situatie gerekend mag worden en hoe om te gaan met de duurzaamheid.

Verder was een belangrijke conclusie dat het toezicht op de uitvoering van de palen niet heeft gefaald. Op basis van de waarnemingen van zowel de aannemer als de opdrachtgever is besloten een aantal palen alsnog te testen en zijn ontwerp- en uitvoeringswijzigingen doorgevoerd. Er is door deze handelswijze nimmer sprake geweest van onveilige situaties en er was evenmin sprake van het optreden van een calamiteit. Toch is sprake van geotechnisch falen, immers de problemen met de funderingspalen hebben geleid tot een 'schade' bedrag van circa 2,5% van de totale aanneemsom. Samenvattend waren de lessen uit het project Hubertustunnel de volgende:

- Onderzoek vooraf of het gewenste paaltype te installeren is in de specifieke grondgesteldheid op locatie en bij voorkeur in de maatgevende uitvoeringssituatie.
- Onderzoek of de wrijvings eigenschappen die zijn aangehouden in het ontwerp ook daadwerkelijk op locatie met het betreffende paalsysteem kunnen worden gehaald.
- Doe bovenstaande vooral als het ervaringsgebied met een bepaalde techniek wordt opgerekt.

Doel van de CUR-richtlijn 236 'Ankerpalen'

De doelstelling van deze richtlijn is duidelijkheid te scheppen in de aanpak bij het ontwerp en uitvoering van ankerpalen [2]. De CUR-richtlijn bevat daarom eenduidige rekenregels en stelt eisen aan de duurzaamheid, het proefbelasten en de uitvoeringscontrole. Op hoofdlijnen vallen er vier deelonderwerpen te onderscheiden:

1. Grondmechanische draagkracht van in de grond gevormde ankerpalen, waarbij van belang zijn:
 - invulling van de veiligheidsbeschouwing met betrekking tot de in de grond gevormde ankerpalen die wel uitvoeringsgevoelig zijn maar slechts in beperkt aantal beproefd kunnen worden;
 - vaststelling van de (projectspecifiek) toe te passen paalklasse factoren α_t , α_s en α_p voor de bepaling van de draagkracht van ankerpalen voor trek en druk met behulp van sondeerresultaten.
2. Bepaling van de axiale stijfheid van de ankerpalen.
3. Constructieve sterkte en duurzaamheid van de paalschacht.

4. Uitvoeringsprotocol waarin, vanwege de uitvoeringsgevoeligheid van deze in de grond gevormde verankeringsystemen, afspraken zijn vastgelegd voor:

- het tot bezwijken proefbelasten van verloren testpalen vooraf, en het uitvoeren van geschiktheids- en controleproeven achteraf op productiepalen in de bouwkuip ter verificatie van draagkracht en veerstijfheid;
- registratie en beoordeling van relevante uitvoeringsparameters tijdens de uitvoering van de ankerpalen.

Ankerpaal systemen

De meeste van de beschikbare ankerpaal systemen zijn feitelijk een verticale variant van de toepassing als schuin ingeboorde gegroute ankers ter verankering van damwanden en diepwanden, maar ook zijn er recente ontwikkelingen waarbij verticale ankerpalen door middel van hoogfre-

quent trillen worden aangebracht.

Al deze ankerpalen hebben met elkaar gemeen dat ze een in de grond met grout gevormd verankeringslichaam hebben, in staat zijn om hoge axiale belastingen op te nemen, economisch aantrekkelijk zijn en vaak met betrekkelijk klein materieel worden aangebracht. Paalschachten hebben een relatief geringe diameter van ongeveer 150 mm tot 300 mm, maar afhankelijk van het specifieke systeem zijn ook grotere diameters mogelijk. Om de krachten uit de constructie op de ankerpaal over te dragen hebben deze over de volledige lengte een enkele centrale massieve stalen staaf of buis.

Het installeren van ankerpalen vindt plaats vanaf bestaand maaiveld, vanuit de (deels) ontgraven bouwkuip, of boven de nat ontgraven bouwkuip vanaf dragline schotten, ponton (figuur 2) of traverse. Afhankelijk van het ankerpaal systeem en de lokale grondgesteldheid kunnen paalpunt niveaus



Figuur 2 – Installeren van ankerpalen vanaf ponton.

van 40 m à 50 m beneden maaiveld of dieper worden gerealiseerd.

Hoewel dergelijke ankerpalen vrijwel altijd worden toegepast om trekbelastingen tot 1000 kN of meer naar de diepere ondergrond over te dragen, worden ze in toenemende mate ook als drukpaal toegepast. Deze ankerpalen zijn ondanks hun

slankheid in staat om hoge drukkrachten tot 1000 kN of meer op te nemen, waarbij naast de grondmechanische draagkracht ook de stabiliteit van de slanke paalschacht tegen zijdelings uitknikken een rol speelt [3].

Een belangrijk aspect is dat alle in deze CUR-richtlijn beschouwde ankerpaal systemen in de grond worden gevormd en sterk uitvoeringsgevoelig zijn. Ieder systeem kent haar eigen kritieke uitvoeringsparameters om een kwalitatief goede paal te kunnen maken. Behalve een verschillende wijze van installatie, zoals spoelboren, zelfborend, schroeven of hoogfrequent trillen en het al of niet op- en neerhalen van de boorbuis, zijn per installatiewijze en per leverancier ook weer varianten te onderscheiden. Zie tabel 1 voor de beschouwde systemen.

Veiligheidsbeschouwing

Ondanks een ogenschijnlijke gelijkenis, is het ontwerp van schuin ingeboorde gegroute ankers volgens de ontwerprichtlijnen CUR-publicatie 166 enerzijds en ankerpalen volgens CUR-rapport 2001-4 anderzijds gebaseerd op een fundamenteel verschillend veiligheidsconcept.

Een schuin ingeboord gegroot anker dient na installatie in beginsel altijd beproefd te worden, waardoor ondanks een sterke uitvoeringsgevoeligheid met een relatief lage overall veiligheidsfactor kan worden volstaan.

Bij toepassing van ankerpalen, zoals in onderhavige richtlijn beschouwd, treedt de complicatie op dat ondanks de uitvoeringsgevoeligheid deze zelden allemaal beproefd (kunnen) worden. Het beproeven betreft vaak slechts een gering percentage van het totale aantal geïnstalleerde ankerpalen, terwijl er situaties zijn waarin deze helemaal niet beproefd (kunnen) worden. Dit geeft derhalve een naar verhouding grote onzekerheid in de aanwezige veiligheid. Enerzijds kan de CUR-publicatie 166 dus niet worden gevolgd, terwijl anderzijds het veiligheidsniveau volgens CUR-rapport 2001-4 niet zondermeer toereikend is. Daarbij dient gerealiseerd te worden dat anders dan bij een funderingselement op druk belast, de op trek belaste ankerpalen een progressief bezwijkgedrag vertonen en de daarop dragende constructies veelal minder gelegenheid tot herverdeling kennen.

Uitgangspunten voor ontwerp en uitvoering

De berekening van de trek- en/of drukweerstand van ankerpalen dient plaats te vinden volgens de rekenregels, zoals opgenomen in de Nederlandse norm NEN 9997-1. Voor het bepalen van de axiale veerstijfheid geeft de CUR-richtlijn rekenregels. Bij het ontwerp van ankerpalen kunnen ter bepaling van de grondmechanische draagkracht en axiale veerstijfheid twee verschillende wegen worden bewandeld (zie ter illustratie tabel 2):

Tabel 1. Ankerpaal systemen

Indeling naar wijze van installatie	Benaming ankerpaal systeem
A met dubbele boorbuis inwendig gespoelboorde ankerpalen	GEWI-paal
B met enkele boorbuis buitenom gespoelboorde ankerpalen	GEWI-paal
C zelfborende ankerpalen	Jetmix groutinjectiepaal De Vries groutinjectiepaal Dywi Drill ankers
D geschroefde ankerpalen	Schroefgrout-injectiepaal Leeuwankerpaal Fundex trekankerpaal
E hoogfrequent ingetrilde ankerpalen	GEWI-paal

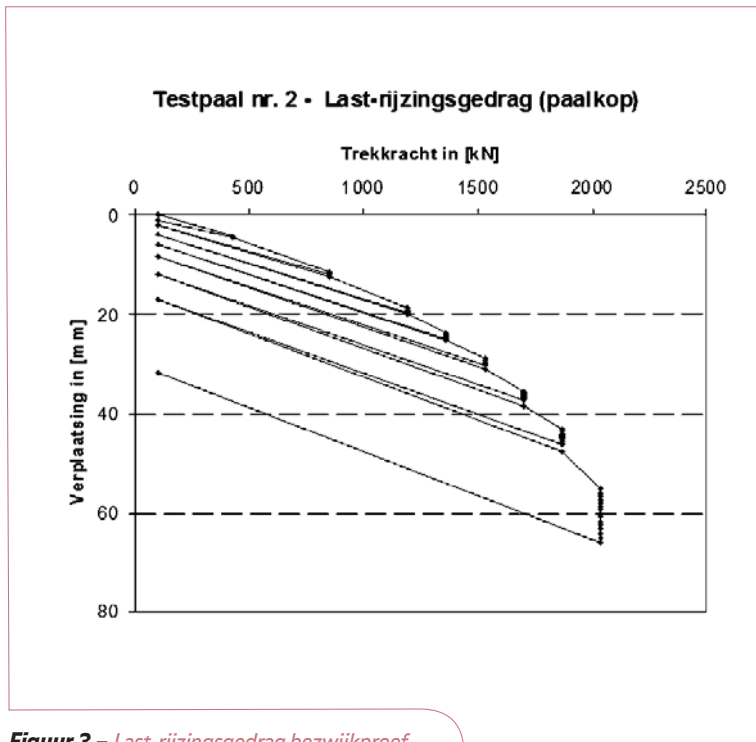
Tabel 2. Paalklasse factor α_t voor trek in zand en grindhoudend zand

Ankerpaal type	Wijze van installatie	Afsnuiten qc [MPa]	Rekendiameter paalschacht D_{reken} [mm]	Range van paalschacht diameter waar van toepassing $D_{min}-D_{max}$ [mm]	Paalklasse factor α_t Ondergrenswaarden Geen in-situ testen * $\alpha_{t,min}$ [-]	Verwachtingswaarden Wel in-situ testen * $\alpha_{t,verw}$ [-]
A	gespoelboorde ankerpalen, verbuisd ingeboord	20	$D_{boorbuis} + 20$	180 - 200	0,011 (0,008)	0,017 (0,012)
B	gespoelboorde ankerpalen, met enkele buis ingeboord	20	$D_{boorkroon} + 20$	180 - 200	0,011 (0,008)	0,017 (0,012)
C	zelfborende ankerpalen	20	$D_{boorpunt} + 20$	180 - 380	0,008	0,012
D	schroefinjectiepalen	15	$D_{schroefblad}$	180 - 350	0,008	0,012
E**	ingetrilde ankerpalen	15	D_{buis}	ca. 200	0,006	-

* De bij type A en B tussen haakjes vermelde waarden zijn van toepassing indien de verankeringslichamen niet over de volledige lengte onder verhoogde druk worden afgeperst. In de meeste gevallen zal wel onder verhoogde druk worden afgeperst, maar de leverancier dient dit te bevestigen en bij uitvoering na te leven.

** Ingetrilde ankerpalen: betreft een recente ontwikkeling die bij het samenstel-

len van deze richtlijn buiten inhoudelijke beschouwing is gebleven, maar vanwege de aard van dit type paal wel binnen dit kader behoren. Bij toepassing van dit type ankerpaal zullen altijd proefbelastingen (bezwijk-, geschiktheids- en controleproeven) nodig zijn om de geschiktheid voor toepassing en de projectspecifieke paalklasse factor aan te tonen.



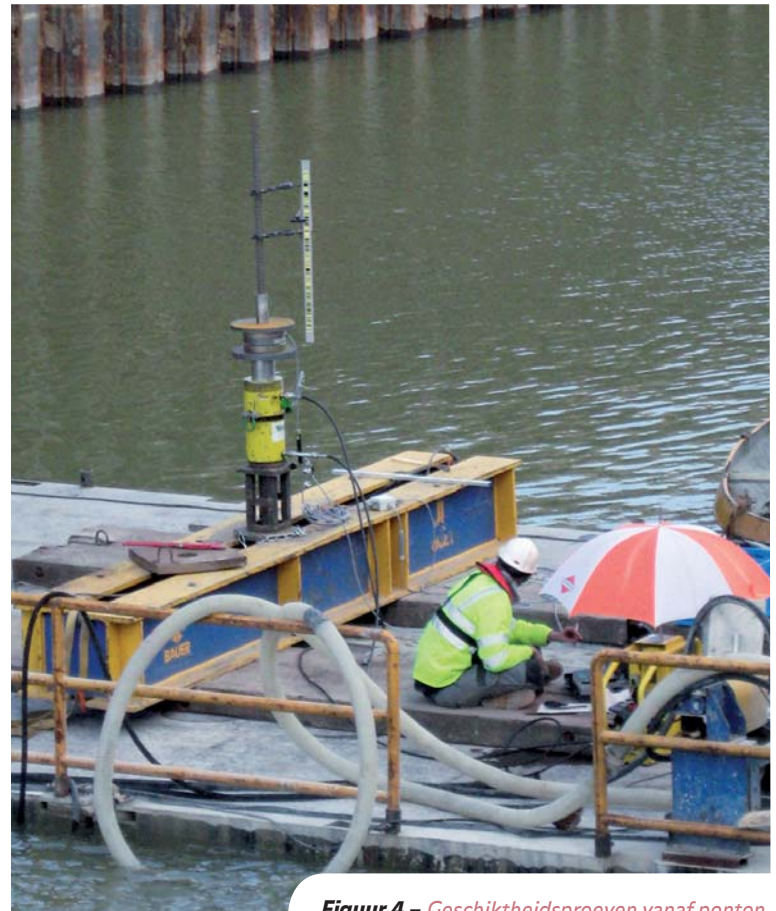
Figuur 3 – Last-rijzingsgedrag bezwijkproef.

1. Toepassen van de in de richtlijn aangegeven conservatieve uitgangspunten, waarbij géén verplichting tot beproeven geldt.
2. Toepassen van hogere geoptimaliseerde uitgangspunten, mits aan ieder van de volgende twee voorwaarden wordt voldaan:
 - a. bezwijkproeven op verloren testpalen vooraf (figuur 3) en geschiktheids- en controleproeven op productiepalen achteraf (figuur 4);
 - b. uitgebreide uitvoeringscontrole op testpalen en productiepalen.

Zolang de vereiste bezwijkproeven nog niet zijn uitgevoerd, is het toegestaan om de in de richtlijn aangegeven verwachtingswaarden te gebruiken, welke in een uitvoeringsontwerp verder geoptimaliseerd kunnen als de testresultaten gunstiger blijken (andersom geldt dat uiteraard ook als de testresultaten tegenvallen).

In de praktijk zal het erop neer komen dat bij kleinere aantallen aan te brengen ankerpalen veelal de eerste weg, dus met veilige uitgangspunten en zonder beproeven, gevolgd zal worden. Bij grotere werken met grofweg meer dan 100 à 150 palen zal het al snel lonend worden om de tweede weg te volgen. Door het beproeven zullen gunstigere wrijvings eigenschappen aangetoond kunnen worden, waarmee paallengte valt te besparen zonder dat de veiligheid in het geding komt.

In situaties met een relatief hoog risicogehalte zal in beginsel altijd getest moeten worden, ook als het om kleinere aantallen palen gaat. Het is de taak van de opdrachtgever om daar eisen aan te stellen.



Figuur 4 – Geschiktheidsproeven vanaf ponton.

Ook indien er twijfel bestaat aan de geschiktheid van een bepaald type ankerpaal om in een vast zand- of grindpakket de gewenste diepte te kunnen bereiken, is het bijzonder nuttig om vooraf verloren testpalen te installeren en deze vervolgens tot bezwijken te testen. Dat geldt ook als er op basis van geologische informatie het vermoeden bestaat dat de grondlaag waarin de verankering lichamen worden geformeerd, minder draagkrachtig is dan uit de sonderingen valt op te maken. Dat kan bijvoorbeeld het geval zijn als het om duin- of stuifzand afzettingen gaat [4].

Omdat er slechts een klein percentage (minimaal 3%) van de productiepalen zal worden getest, is juist een gedegen uitvoeringscontrole van groot belang. De combinatie van registreren en beoordelen van de voor het toegepaste type ankerpaal relevante uitvoeringsparameters is tenslotte dé sleutel om ook van alle palen die niet worden getest de gewenste kwaliteit aan te kunnen tonen.

Rol van de opdrachtgever

In het kader van de beoogde veiligheid en duurzaamheid in relatie tot het ontwerp van ankerpalen, heeft ook de opdrachtgever een belang-

rijke rol en verantwoordelijkheid. De opdrachtgever is verantwoordelijk voor het formuleren van de uitgangspunten waaraan de te maken constructie dient te voldoen. Deze uitgangspunten komen bovenop de minimale eisen conform de nationale regelgeving.

Verder komt zijn verantwoordelijkheid met name tot uitdrukking bij het van toepassing verklaren van de CUR richtlijn 236 'Ankerpalen', het aangeven van het aantal of het percentage te beproeven palen en het stellen van eisen ten aanzien van onafhankelijke en deskundige supervisie op het werk en de beoordeling van de geregistreerde uitvoeringsparameters.

Mentaliteitsverandering

Het beperken van geotechnisch falen was niet direct de aanleiding voor het opstarten van CUR-commissie C152 'Ankerpalen'. De publieke aandacht voor geotechnisch falen dateert feitelijk van 2009 met de start van Geo-Impuls, en toen was C152 al drie jaar onderweg. Het werk van de commissie past echter wel naadloos in de tijdgeest waarin opdrachtgevers, ontwerpers, kennisinstellingen en opdrachtnemers samen een inspanning leveren om geotechnisch falen te beperken. Het

resultaat van de commissie is een richtlijn voor de toepassing van Ankerpalen, een mentaliteitsverandering bij de betrokken partijen in het bouwproces, een toename van de kennis omtrent deze funderingssystemen en een uitstekende basis om in de toekomst de resterende onzekerheden bij deze paalsystemen verder te beperken.

Platform Ankerpalen

Gedurende een periode van 3 jaar na publicatie van deze richtlijn zullen de opgedane ervaringen centraal worden verzameld en geëvalueerd. Deze dienen vervolgens als basis voor een verdere aanvulling van de richtlijn in de vorm van een dan samen te stellen revisie.

Hiertoe wordt momenteel gewerkt aan het oprichten van een onafhankelijk Platform Ankerpalen, bestaande uit deskundigen vanuit de opdrachtgevers, ingenieursbureaus en aannemerij. CUR-NET zal als centraal verzamelpunt van de vergaarde informatie fungeren. Dit Platform zal tevens fungeren als klankbord voor vragen, onduidelijkheden en zorg dragen voor eventueel benodigde tussentijdse correcties.

CUR-richtlijn 236 'Ankerpalen', een beproeving?

De kern en ook de kracht van deze richtlijn is de focus op de borging van de gewenste kwaliteit van de ankerpalen. Er worden allerlei eisen gesteld en er zijn vele 'mitsen en maren' aan verbonden. Maar is het interpreteren en toepassen van deze richtlijn daarmee nu een beproeving op zich?

Nee hoor, dat valt allemaal wel mee. Inmiddels wordt er in de huidige praktijk bij grotere projecten feitelijk al volgens de nu beschreven aanpak gewerkt. Daarmee is deze richtlijn voor een groot deel niet meer en niet minder dan het schriftelijk vastleggen van deze huidige praktijk. De winst is evenwel dat de spelregels nu eenduidig zijn en ook bindend (kunnen) worden voorgeschreven.

Een beproeving in letterlijke zin uiteraard wel: een beproeving is pure noodzaak. De aloude spreuk 'meten is weten' vormt de kern van de richtlijn. Bovendien zal er aanmerkelijk meer aandacht aan de uitvoeringscontrole besteed moeten worden.

Literatuur

- [1] Aukema, E.J., *Ankerpalen voor de toeritten van de Hubertustunnel in Den Haag*. Geotechniek, oktober 2006.
- [2] Aukema, E.J.; De Jong, E., *Betrouwbare ankerpalen, meten is weten*. Cement, nummer 6, 2007
- [3] Meinhardt, G.; Vriend, A.C., *Knikstabiliteit Ankerpalen*. Cement, nummer 6, 2009
- [4] Vriend, A.C., *Design guideline for non-driven tension piles underneath under water concrete slabs*. Proceedings International Symposium Ground Anchors, Brussels Belgium, BBRI & BGGG-GBMS, May 2008. ●

APTS

AnkerPaal Test Services

- opstellen protocollen ten behoeve van proefbelastingen
- bezwijkproeven op verloren testpalen
- geschiktheids- en controleproeven op productiepalen in het werk
- supervisie bij proefbelasten
- analyse en rapportage van de testresultaten
- uitvoeringscontrole, inclusief beoordeling van de relevante uitvoeringsparameters







Limaweg 17
2743 CB Waddinxveen

Tel. 0182 - 637 994
Fax 0182 - 646 654

www.ankerpaaltestservices.nl
info@ankerpaaltestservices.nl

