



memo

Veiligheid tegen opdrijven van objecten met hetzelfde type verankering als de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel - Plan van Aanpak

CONCEPT

**Rijkswaterstaat
Grote Projecten en
Onderhoud**

Griffioenlaan 2
3526 LA Utrecht
Postbus 2232
3500 GE Utrecht
T 088-797 2111
www.rijkswaterstaat.nl

Contactpersoon

[Redacted]
T [Redacted] 5.1.2.e
[Redacted]@rws.nl

Datum

24 maart 2023

Bijlage(n)

3

I. Inleiding

In deze memo wordt een Plan van Aanpak gepresenteerd, voor het beheersen van het risico van opdrijven van objecten met hetzelfde type verankering als de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel. Het betreft nu een plan op hoofdlijnen omdat het niet mogelijk is in een korte tijd alle onderdelen tot in detail uit te werken. Voor de discussie intern RWS is de detailuitwerking ook nog niet nodig.

II. Afbakening

Na het optreden van de calamiteit met de Vlaketunnel in 2010, is een inventarisatie gemaakt van de door RWS aangelegde kunstwerken met hetzelfde paaltype. Naar aanleiding van het opdrijven van een moot in de toerit van Prinses Margriettunnel op 14 december 2022, is die inventarisatie gecontroleerd en aangevuld (zie bijlage 1).

Zoals blijkt uit bijlage 1, gaat het om een specifiek paaltype voor de verankering van betonvloeren, dat is toegepast bij kunstwerken die zijn geopend in de periode 1966-1988. Dit paaltype werd destijds door RWS in een RAW-bestek voorgeschreven en was dus een ontwerp van RWS en niet van een bepaalde leverancier.

Kenmerkend voor dit paaltype is dat er een vibro-paal werd gemaakt. Dit is een in de grond gemaakte betonpaal met een diameter van bijv. 45 cm, door eerst een stalen buis (casing) met een afsluiting (losse voetplaat) aan de onderzijde tot een gewenste diepte in de grond te heien. Vervolgens wordt een wapeningskorf ingebracht en wordt de buis volgestort met beton en wordt de buis getrokken, waarbij de voetplaat achterblijft in de grond.

In het geval van het type paal zoals dat is toegepast bij de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel, is er echter geen wapeningskorf aangebracht, maar een stalen staaf met afstandhouders. De staaf wordt vaak aangeduid als "Dywidagstaaf" omdat de firma DSI (Dywidag Systems International) een bekende leverancier is van deze staven. De staaf werd omhuld door zogenaamd Densoband (een koud verwerkbaar vetbandage voor bescherming van metaal tegen corrosie).

Die bandage was ook nodig om aanhechting tussen het staal en de beton te voorkomen. Het staal moest immers worden voorgespannen en mocht dus niet 'hechten' aan de beton. Na het verharden van de beton werd deze staaf voorgespannen. Er moest dan ook een hoge staalkwaliteit worden gebruikt, geschikt om voor te spannen.

Uiteraard kon dit type paal alleen worden uitgevoerd in een droge bouwput. Deze droge bouwputten vereisten echter een grootschalige bemaling van het grondwater met de nodige schade aan belendingen. Sinds de jaren 80 van de vorige eeuw werd er dan ook steeds vaker gekozen om niet te bemalen en de fundering en de vloer van een verdiepte ligging "in den natte" aan te brengen. Daarvoor werden andere paaltypen toegepast: eerst vooral prefab betonnen palen en later vooral de, inmiddels veel toegepaste, GEWI-ankers. Deze konden wel onder water worden toegepast.

Om die reden is het paaltypen van de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel dan ook na de jaren 80 van de vorige eeuw vrijwel niet meer toegepast. De laatste objecten met dit type werden, voor zover bekend, gebouwd in 1984 en 1988 (zie bijlage 1). Toen was al sprake van een verbeterde versie van dit type paal: het Densoband was vervangen door een polyethyleen slang. Achteraf een zeer goede verbetering, omdat uit het onderzoek van de calamiteit bij de Vlaketunnel in 2010, o.a. bleek dat Densoband geen duurzame bescherming kan bieden tegen invloeden vanuit de omgeving van de paal die tot corrosie kunnen leiden.

Omdat de staaf in de vibropaal na verharding van de beton moest worden voorgespannen, was er sprake van een hoge staalkwaliteit die voldoende trekbelasting kon opnemen maar tegelijk gevoelig is voor corrosie. Er werd gebruik gemaakt van een andere staalsoort als later werd gebruikt voor bijvoorbeeld de huidige GEWI-ankers. Die ankers worden, in de bekende combinatie met een onderwaterbetonvloer, uiteraard niet voorgespannen omdat dat niet mogelijk is onder water.

Op basis van deze verschillen kan worden gesteld dat het paaltypen van de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel, meer risico oplevert ten aanzien van bezwijken als gevolg van corrosie dan de huidige GEWI-ankers en andere stalen ankers die van een meer recente datum zijn. Om die reden wordt nu voorgesteld om in de eerste plaats een vervolgonderzoek in te stellen naar die objecten met het paaltypen van de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel (zie bijlage 1). De onderbouwing daarvan moet in een verdiepend extern onderzoek worden geleverd. Vandaar het volgende voorstel:

Voorstel 1: *beperk een vervolgonderzoek op het onderzoek bij de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel, in eerste instantie tot objecten met hetzelfde paaltypen. In een apart op te stellen technische memo moet deze keuze nader worden onderbouwd door dieper in te gaan op de verschillen in staalkwaliteit, de wijze van belasten en de specifieke omstandigheden van het staal in het paaltypen van de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel en latere andersoortige stalen verankeringen voor civiele kunstwerken (droog en nat).*

III. Nader onderzoek bij andere objecten met risicovolle paaltype

Uitgangspunt voor dit nader onderzoek is dat we beginnen met het monitoren van de vervormingen en de grondwaterstanden van de meest risicovolle objecten. Parallel worden herberekeningen gemaakt van de objecten waarbij monitoring plaats zal vinden. Deze herberekeningen zijn erop gericht om een indruk te krijgen van de belasting van de aanwezige trekpalen onder de constructie en daarmee van het risico op bezwijken.

Voor de monitoring van de vervormingen lijken InSAR-metingen veelbelovend. Volgens de CIV zijn er goede resultaten verkregen bij het analyseren van de metingen die beschikbaar zijn voor de Prinses Margrietunnel. Deze resultaten zijn op dit moment (24 maart) nog niet gedeeld met GPO. Interessant is wel dat ook ProRail met dit InSAR-metingen wil starten voor de Hemspoortunnel. Dit bleek uit recent overleg tussen GPO en ProRail. Afsproken is om in ieder geval samen op te trekken wat betreft dit type metingen en resultaten te gaan delen.

Wat betreft de te monitoren objecten, waarvoor dus ook herberekeningen zullen worden gemaakt, is het niet nodig om direct alle objecten te gaan monitoren die in bijlage 1 zijn opgenomen. We beperken ons als RWS tot die objecten die in beheer zijn bij RWS. Daarnaast zijn de trekpalen bij twee objecten al bezwiken. Van de resterende objecten zijn de meest risicovolle: 1^e Schipholtunnel, 1^e Heinenoordtunnel, Tunnelbak Kleinpolderplein bij Rotterdam, verdiepte ligging A28 bij Zeist (Vollenhovetunnel). Deze objecten zijn immers gelegen in belangrijke autosnelwegen.

De Taxandriatunnel onder de A2 bij Den Bosch heeft een veel minder belangrijke functie, omdat het gaat om een verbinding voor lokaal verkeer. De noodzaak om hier direct monitoring te starten is dan ook minder groot. Eventueel bezwijken van trekpalen onder een toerit van deze tunnel zal geen invloed hebben op de A2 zelf.

De 1^e Schipholtunnel heeft wel het risicovolle paaltype, maar is vrijwel volledig bedekt door de taxibanen van Schiphol en dus vrijwel niet zichtbaar voor een satelliet. InSAR-metingen zijn hier dan ook wellicht niet zinvol. De zichtbare toerit is erg kort (ondiepe landtunnel) en daar zullen waarschijnlijk nog weinig trekpalen zijn toegepast. Bovendien is het zeer goed mogelijk dat de palen die onder deze tunnel zitten niet op trek worden belast, vanwege het gewicht van die taxibanen (alleen in de bouwfase was er dan een trekbelasting). Dit moet worden gecontroleerd met een herberekening, na het verzamelen van de benodigde gegevens van de constructie en de aanwezige grondwaterstanden.

Tenslotte worden er in bijlage 1 nog twee onderdoorgangen vermeld in de A1 bij Hengelo ('t Schilttunnel en Noorkeveld). Opvallend bij deze beide onderdoorgangen is, dat de Dywidagstaven zijn omhuld door een polyethyleen slang met een dikte van 3,5 mm. Dit biedt een veel betere bescherming tegen corrosie van het staal dan het Densoband dat bij eerdere projecten met hetzelfde paalttype werd toegepast. Om die reden worden deze twee objecten vooralsnog niet beschouwd als erg risicovol en dus nu nog niet betrokken in het nadere onderzoek zoals bovenstaand is beschreven.

Voorstel 2: start op een zo kort mogelijke termijn een nader 1^e fase onderzoek bij de volgende objecten: 1^e Schipholtunnel, 1^e Heinenoordtunnel, Tunnelbak Kleinpolderplein bij Rotterdam, verdiepte ligging A28 bij Zeist (Vollenhovetunnel). Dit 1^e fase onderzoek moet bestaan uit: InSAR-metingen om deformaties van de kunstwerken in beeld te krijgen, grondwatermonitoring en herberekeningen van de fundering. In deze fase worden dus nog geen metingen gedaan aan de paalkoppen van de palen zelf! Dit komt pas in beeld als uit het 1^e fase onderzoek blijkt dat er wel degelijk sprake is van een kritieke situatie wat betreft de constructieve veiligheid van de trekpalen.

NB1 Voor de 1^e Schipholtunnel blijkt wellicht uit het 1^e fase onderzoek dat er zoveel gewicht op deze tunnel ligt dat er geen gevaar is voor opdrijven.

NB2 Dat er in het kader van de renovatie van de 1^e Heinenoordtunnel trekproeven zijn gedaan op trekpalen waarbij de palen nog bleken te functioneren, is onvoldoende aanleiding om nu voor de toekomst geen aandacht meer aan dit object te geven. Het betrof een momentopname en onbekend is hoeveel reservecapaciteit deze trekpalen nog hebben. Ook gezien de leeftijd van deze fundering (ca. 55 jaar) en de relevantie van deze tunnel in het HWN, is het wenselijk om de toeritten van deze tunnel mee te nemen in het genoemde 1^e fase onderzoek.

NB3 Het 1^e fase onderzoek zal minimaal een complete zomer-winter cyclus moeten bestrijken vanwege het temperatuureffect op betonnen kunstwerken en de natuurlijke variatie van de grondwaterstand in deze cyclus. De hiervoor benodigde tijd zal ook nodig zijn voor archief onderzoek en herberekeningen van de genoemde objecten.

IV. Praktische uitwerking van voorstel 1 en 2

Voorstel 1:

Er moet een technische memo worden opgesteld, waarin nader wordt ingegaan op verschillen in staalkwaliteit, de wijze van belasten en de specifieke omstandigheden van het staal in het paalttype van de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel in vergelijking met andersoortige ankerpalen van een latere datum, zoals de huidige GEWI-ankers. Het doel hiervan is om aan te tonen dat het paalttype van de Vlaketunnel en de Prinses Margriettunnel als het meest risicovol kan worden beschouwd in vergelijking met ander paalttypen.

Dit onderzoek kan het beste uitgevoerd worden door TNO in combinatie met het bedrijf C-Cube. Beiden zijn nu ook betrokken bij het onderzoek dat wordt uitgevoerd bij de Prinses Margriettunnel. TNO was eerder ook betrokken bij het onderzoek dat is uitgevoerd bij de Vlaketunnel. TNO zal optreden als penvoerder en rapporteur. De reden om hiervoor TNO en C-Cube te kiezen is dat deze het meest deskundig zijn op dit gebied (in Nederland) en dus een memo opleveren met voldoende autoriteit.

Op basis van de memo van TNO en C-Cube zou een werkstudent aan de slag kunnen gaan met een verdiepend archief onderzoek, waarin wordt gezocht naar objecten met vergelijkbare paalttypen die als risicovol kunnen worden beschouwd gezien leeftijd, specifieke kenmerken van de verankering en de gebruikte staalsoort.

NB Bij deze uitwerking beperken we ons in eerste instantie tot ankerpalen, ofwel verticale verankeringen van vloeren van civiele kunstwerken, zowel nat als droog (verdiepte liggingen, sluisvloeren, vloeren van tunneltoeritten etc.) omdat we nu het faalmechanisme "opdrijven" beschouwen.

De constructieve veiligheid van horizontale verankeringen van damwanden en keermuren is uiteraard een onderwerp dat raakvlakken heeft met de veiligheid van verticale verankeringen, maar is toch een ander onderwerp met inhoudelijk andere aspecten en moet dan ook in een separaat onderzoektraject worden ondergebracht. Het verdient aanbeveling om eerst de noodzaak hiertoe nader te onderzoeken (wellicht een onderwerp voor een afstudeerder).

Voorstel 2:

1^e InSAR-metingen: voor de genoemde objecten, ligt het zwaartepunt van de werkzaamheden voor deze metingen bij de CIV. Zij moeten InSAR-metingen laten analyseren en daartoe opdracht geven aan gespecialiseerde bedrijven. Er is al contact met CIV over dit onderwerp en het is nodig om hiervoor een gezamenlijk project te starten (onder de vlag van De Werf). Het delen van onze kennis en ervaring met ProRail, die deze metingen ook gaat doen, kan voor beide partijen winst opleveren. Contact met ProRail is al gelegd.

Indien blijkt dat de InSAR-metingen niet voldoende inzicht geven in het deformatiegedrag van de genoemde objecten of indien er behoefte is aan een controle van de InSAR-metingen middels andere monitoringstechnieken, wordt aanbevolen hiervoor een continue monitoring te gaan uitvoeren met beproefde technieken (zie bijlage 2 voor een toelichting op InSAR-metingen en enkele andere technieken; NB er zijn nog meer technieken mogelijk dan in deze bijlage worden beschreven).

2^e Grondwatermonitoring: voor deze metingen moet een opdracht worden verstrekt aan een geotechnisch bureau. Het gaat om het installeren van peilbuizen met dataloggers voor het continue registreren van de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in een eerste watervoerend pakket, dat doorgaans bepalend is voor de waterdruk onder de vloer van een toerit of verdiepte ligging.

Bij WVL loopt al een onderzoek naar grondwaterstanden bij verdiepte liggingen en daar kan goed op aangesloten worden. In dat kader worden bij enkele tunnels al voorzieningen geplaatst voor grondwatermonitoring. Contactpersoon hiervoor is Tristan Bergsma, adviseur geohydrologie bij de directie Leefomgeving van WVL. Uiteraard moet per object worden nagegaan welke informatie reeds uit bestaande peilbuizen kan worden verkregen en wat aanvullend aan grondwatermonitoring nodig is.

Het doel van deze monitoring is om een actueel beeld te krijgen van de opwaartse belasting door het grondwater onder de verdiept aangelegde constructie. Dit dient minimaal gedurende twee seizoenen te worden voortgezet, zodat ook een duidelijk beeld wordt verkregen van de seizoensinvloed op de grondwaterstanden

3^e Herberekeningen: een ingenieursbureau met ervaring in de civiele techniek kan de benodigde herberekeningen maken. Het is dan ook mogelijk om deze opdracht middels de huidige Raamovereenkomst Ingenieursdiensten in de markt te zetten. Het werk zal bestaan uit archiefonderzoek en het inschatten van benodigde parameters voor de herberekeningen. Door de grondwatermonitoring tijdig te starten kan de belangrijkste randvoorwaarde wat betreft de belasting, de opwaartse waterdruk, goed worden bepaald. Bij deze herberekening dient uit te worden gegaan van de ROK/RBK en de huidige Eurocodes.

Het doel van deze herberekeningen is een betrouwbaar beeld te krijgen van de belasting op de aanwezige trekpalen onder de constructie en daarmee van het risico op bezwijken, rekening houdend met factoren die bepalend zijn voor de conditie van deze palen en mogelijke aantasting door corrosie.

V. Benodigde capaciteit en financiële middelen

Beide gepresenteerde voorstellen vereisen de inzet van technisch deskundige adviseurs en inkoopadviseurs. De eerstgenoemden zullen de opdrachtverlening voorbereiden en vervolgens de uitvoering begeleiden.

Bij voorstel 1 kan vanuit het onderzoeksprogramma V&R een opdracht worden verstrekt aan TNO. Dit kan via de recent afgesloten Raamovereenkomst met TNO voor V&R-vragen ten aanzien van "einde levensduur".

Bij voorstel 2 worden drie sporen onderscheiden:

- 1^e InSAR-metingen die CIV gaat trekken in overleg met GPO en in afstemming met ProRail. Onduidelijk is nog hoe dit gefinancierd gaat worden. Indien nodig moeten marktpartijen worden ingeschakeld voor andere vormen van monitoring. GPO en CIV moeten hiervoor capaciteit leveren. CIV heeft aangegeven ook een rol te willen en kunnen spelen bij het beheersen van de data stromen die ontstaan door monitoring.
- 2^e Grondwatermonitoring waarvoor in samenwerking met WVL marktpartijen worden ingeschakeld. Financiering vanuit het onderzoeksprogramma V&R lijkt logisch. Dit vereist capaciteit vanuit WVL en GPO, zowel voor technische adviseurs als een inkoop adviseur.
- 3^e Herberekeningen waarvoor marktpartijen via de Raamovereenkomst Ingenieursdiensten kunne worden benaderd. Ook dit zou vanuit het onderzoeksprogramma V&R gefinancierd moeten worden. Dit vereist capaciteit vanuit GPO, zowel voor technische adviseurs als een inkoop adviseur.

Indien er voldoende draagvlak is intern RWS voor de genoemde onderzoeken, moet in overleg met het lijnmanagement verder invulling worden gegeven aan een overzicht met de benodigde capaciteit en de vereiste financiële middelen. Dit hoofdstuk zal daarna verder worden uitgebreid. Voorgesteld wordt om een aparte bijlage op te nemen met namen van medewerkers en benodigde budgetten. Ook kunnen dan nog nadere afspraken worden gemaakt over de aansturing van het onderzoek en de verantwoording van de inzet van capaciteit en geld.

Literatuur

1. Evaluatie Levensduur Grondankers,
C-Cube International bv, Project: 17-0451
Rapport: R17-04251-4, Datum: 03 Juli 2017
Auteur: ing. J van Tienhoven Review: ir. G. Coolegem

Bijlagen

1. Overzicht van objecten met hetzelfde paaltype als Vlaketunnel en Prinses Margriet tunnel.
2. Toelichting op InSAR-metingen en enkele andere monitoringstechnieken voor deformaties (niet uitputtend).
3. (nog toe te voegen: inzet medewerkers en benodigd budget per onderdeel)