

Robuust ontwerpen met meer rendement

Kansen benutten met de Observational Method

Erwin de Jong
VWS Geotechniek
Mede-trekker Werkgroep 10
Geo-Impuls



Inleiding

Het Geo-Impuls programma is een initiatief van Rijkswaterstaat, Dienst Infrastructuur (RWS-DI). Uit een interne analyse van RWS-DI was gebleken dat de faalkosten verbonden aan projecten in veel gevallen terug te voeren op de ondergrond. Om het percentage aan de ondergrond verbonden faalkosten met 50% te verlagen is samenwerking met de gehele sector noodzakelijk, mede omdat RWS tegenwoordig het markt-tenzij principe hanteert. Tijdens een startbijeenkomst in het LEF innovatiecentrum van Rijkswaterstaat te Utrecht hebben vertegenwoordigers van overheden, aannemers, ingenieursbureaus en kennisinstellingen hun medewerking toegezegd voor het realiseren van het geformuleerde doel.

Het programma Geo-Impuls bestaat uit 12 deelprojecten die gezamenlijk ervoor moeten zorgen dat de doelstelling wordt bereikt. De 12 deelprojecten zijn het resultaat van een aantal sessies die in het eerste halfjaar van 2009 zijn gehouden waarbij met behulp van deskundigen prioriteiten zijn vastgesteld. De deelprojecten zijn onder te verdelen naar 5 hoofdthema's:

- Geo-Engineering in contracten; Hoe krijgen geotechnische risico's een plaats in contracten, hoe worden deze risico's verdeeld tussen opdrachtgever (OG) en opdrachtnemer (ON) en hoe wordt de geotechnische expertise van de ON gewogen bij de besteding;
- Toepassen en delen van bestaande kennis en ervaring; Volgens van Tol [1] is in 60 tot 80% van de schadegevallen bij bouwputten sprake van het niet benutten van bestaande kennis;
- Kwaliteit van Ontwerp en Uitvoeringsprocessen; Uiteindelijk gaat het natuurlijk om kwaliteit, bij het ontwerp, in de uitvoering, maar vooral ook bij de interactie tussen ontwerp en uitvoering. In de traditionele verhoudingen van een (niet inhoudelijk deskundige) opdrachtgever, een extern ingenieursbureau en een aannemer is sprake van een wel haast niet te overbruggen kloof, zoals onder andere is vastgesteld in CUR rapport 227 *Leren van geotechnisch falen* [2];

- Nieuwe kennis voor Geo-Engineering in 2015; Ondanks het hoge percentage van schadegevallen waarbij de nadruk ligt op het niet benutten van bestaande kennis blijven er nog voldoende witte vlekken over in de Geotechniek. De nadruk ligt op kennis van de ondergrond, kennis van wat we in de grond maken en het lange termijn gedrag van constructies en ondergrond;
- Managen van verwachtingen; Het verbeteren van het imago van de geotechniek en het helder communiceren van geotechnische risico's met de omgeving / het publiek.

Werkgroep 10 draagt bij aan de ambitieuze doelstelling van Geo-Impuls door de ontwerpmethodologie *Observational Method* onder de aandacht te brengen van opdrachtgevers, ontwerpers en aannemers. Deze ontwerpmethodologie combineert risico gestuurd ontwerpen met een optimale monitoring tijdens de uitvoering, waardoor de kans op falen sterk wordt gereduceerd. Het streven van deze werkgroep is om in Nederland praktijkervaring met de methode op te doen door het uitvoeren van minimaal één voorbeeldproject.

De Observational Method

Bij de vertaling van EN-1997-1 *Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules* [3], is paragraaf 2.7 *Observational Method* vertaald met *Observatie methode*. Hoewel deze vertaling in letterlijke zin juist is dekt deze toch niet geheel de lading. De *Observational Method* is een ontwerpmethodologie waarbij de onzekerheid ten aanzien van gedrag en modellering van de ondergrond niet wordt gecompenseerd met de traditionele veiligheidsfactoren, maar met het monitoren van het gedrag gedurende de werkzaamheden. In combinatie met scenario denken, waarbij voor nagenoeg alle onzekere gebeurtenissen een reactiemaatregel is voorzien, kan bij toepassing van de *Observational Method* het gewenste betrouwbaarheidsniveau worden bereikt.

Aangezien uitsluitend die maatregelen worden genomen die op basis van de monitoring noodzakelijk blijken te zijn, is de *Observational Method*

niet alleen een betrouwbare methodiek, zij is bovendien kosteneffectief.

Indien de onzekerheid ten aanzien van gedrag en modellering groot is biedt de *Observational Method* de mogelijkheid het project te realiseren zonder dat vooraf de volledige benodigde veiligheid rekentechnisch (dus inclusief onzekerheden) is gewaarborgd. Natuurlijk moet wel worden aangetoond dat maatregelen zijn voorbereid die een te laag betrouwbaarheidsniveau compenseren als de monitoring hiertoe aanleiding geeft. Ook moeten de maatregelen snel genoeg kunnen worden geïmplementeerd. De *Observational Method* biedt dus kansen, zowel om projecten te realiseren die zich op de grens bevinden van wat wij geotechnici normaliter kunnen modelleren, als ook voor projecten die tegen lagere kosten gerealiseerd kunnen worden door de sterkte van de ondergrond optimaal en veilig te benutten.

Historisch overzicht

Zoals op basis van de vermelding in Eurocode 7 al geconcludeerd kan worden, is de *Observational Method* geen nieuwe methode. Algemeen wordt de Rankine-lezing van Ralph Peck in 1969 [4] gezien als de eerste keer dat het principe van deze ontwerpmethodologie is beschreven. Feitelijk is de methode veel ouder, wellicht is deze wijze van ontwerpen zelfs te beschrijven als de oervorm van het maken van ontwerpen. Een voorbeeld dat ons als Nederlanders wellicht het meest aanspreekt zijn de funderingsontwerpen uit de Gouden Eeuw.

Houten heipalen werden al toegepast door de Romeinen. De enorme boom in economische activiteit in de 16e eeuw resulteerde ook in een grotere behoefte aan betrouwbare funderingen, in dit geval de juiste lengte van de toe te passen houten palen. Zeker als lokale ervaring ontbrak was het de gewoonte om proefpalen van verschillende lengte te heien en op basis van de kalender vast te stellen wat de benodigde lengte van de palen was. Monitoring van het gedrag bij het heien van de proefpalen was dus essentieel voor het aantonen van de betrouwbaarheid van de funderingsconstructie. Een te lage kalender werd ge-

Samenvatting

In 2009 is door opdrachtgevers, opdrachtnemers, kennisinstellingen en ingenieursbureau's uit de gww sector het programma Geo-Impuls gestart dat de geotechnische faalkosten in het jaar 2015 met 50% moet reduceren. Eén van de initiatieven betreft het onder de aandacht brengen van de *Observational Method*, een ontwerpmethodede die het mogelijk maakt de kansen die de ondergrond biedt

op een verantwoorde wijze te benutten. Dit artikel geeft allereerst een eerste introductie van het Geo-Impuls programma, waarna dieper ingegaan zal worden op de *Observational Method*. Een uitgebreider achtergrondartikel over het programma als geheel zal gepubliceerd worden in een volgende *Geotechniek*.

compenseerd door een langere paal te gebruiken, bij een (te) hoge kalender werd het resterende deel van de paal afgezaagd en het heiwerk met kortere palen voortgezet. Zo werd ook het gebruik van te lange palen voorkomen en een economisch optimum bereikt.

De beschrijving van de methode die Peck gaf in 1969 gaat uit van 3 belangrijke principes:

- Het basis ontwerp dient gebaseerd te zijn op de meest waarschijnlijke omstandigheden, dat wil zeggen rekenen met gemiddelde en representatieve parameters;
- De methode mag alleen worden toegepast als er geen risico bestaat op bros bezwijken, met andere woorden het gedrag van de constructie moet gemonitord kunnen worden en er moet tijd zijn om mitigerende maatregelen te kunnen uitvoeren;
- Er moet gewerkt worden volgens een strikt aan te houden stappenplan; onvoorziene wijzigingen doorvoeren tijdens de uitvoering is in beginsel niet toegestaan.

Peck maakt ook onderscheid in projecten waarbij vanaf de start deze werkwijze gevolgd wordt en projecten waarin na de nodige problemen de *Observational Method* wordt toegepast om het werk succesvol te voltooien (best way out).

Tot in de jaren '90 blijft de aandacht voor de mogelijkheden van de *Observational Method* beperkt. De meest waarschijnlijk verklaring hiervoor is gelegen in het ontbreken van geavanceerde rekenmodellen en voldoende snel registrerende meetapparatuur. De ontwikkeling op het gebied van de automatisering van ontwerpberoeeningen en data processing leiden tot een hernieuwde interesse. Ten opzichte van de principes van Peck komt met name Powderham [5] met een aantal aanpassingen, waarbij het uitgangspunt van een basis ontwerp op basis van gemiddelde parameters wordt verlaten. Door uit te gaan van een basis ontwerp met parameters met een geaccepteerd risiconiveau wordt verondersteld dat de monitoringsresultaten vooral in een bijstelling in gunstige zin zullen resulteren. De nadruk komt daarbij te liggen op het realiseren van besparingen ten opzichte van het oorspronkelijk ontwerp, een methode die daarmee minder risicovol is. In *figuur 1* is het verschil in uitgangspunt voor het basis ontwerp grafisch weergegeven.

In 1999 is CIRIA rapport 185 [6] verschenen, waarin de volgende, Engelstalige, definitie van de *Observational Method* is opgenomen: 'The *Observational Method* in ground engineering is a continuous, managed, integrated, process of design, construction control, monitoring and review

that enables previously defined modifications to be incorporated during or after construction as appropriate. All these aspects have to be demonstrably robust. The objective is to achieve greater overall economy without compromising safety.' Dit principe blijken we in de praktijk regelmatig toe te passen, vaak zonder dat we het beseffen. De doelstelling van werkgroep 10 is deze aanpak breed in de bouw te kunnen toepassen. Ondanks dat duidelijke voordelen te behalen zijn gaat deze verbreding toch niet vanzelf. De werkgroep onderzocht de oorzaken hiervan door middel van een enquête.

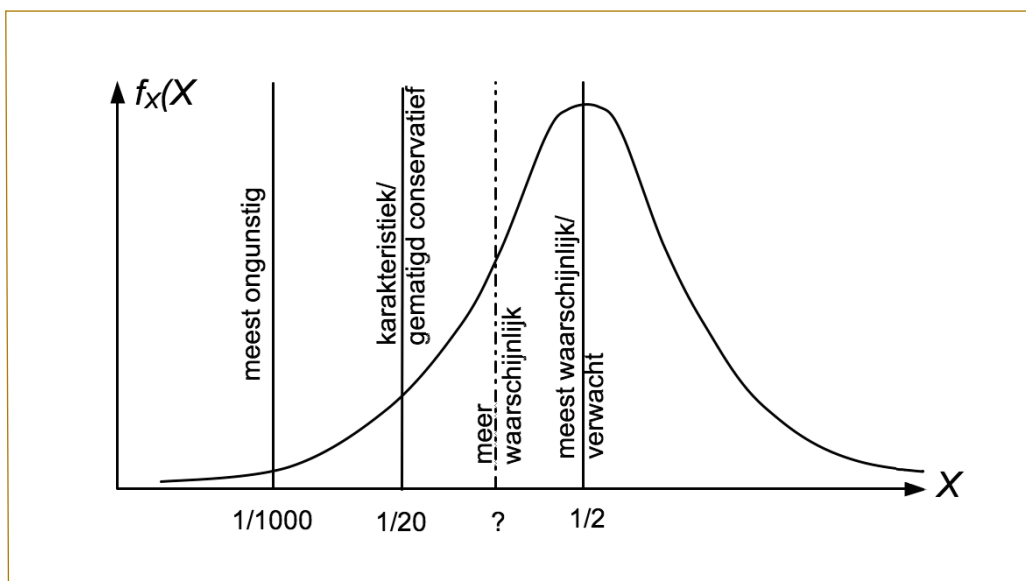
Enquête naar ervaringen met de *Observational Method*

In het kader van de hoofddoelstelling van Geo-Impuls ligt de nadruk van alle Geo-Impuls werkgroepen op de mogelijkheden om geotechnisch falen in projecten te reduceren. De werkgroep die zich bezighoudt met de *Observational Method* streeft dit doel na door middel van het propageren van deze ontwerpmethodede en het realiseren van projecten conform deze werkwijze.

De werkgroep is gestart met een enquête, naar de bekendheid van de *Observational Method* onder participanten van Geo-Impuls. Op de vraag 'Hoe bent u bekend met de *Observational Method*?' kwam de volgende respons:

- | | |
|---|-----|
| <input type="checkbox"/> Nooit van gehoord. | 0% |
| <input type="checkbox"/> Ik ken de term, maar heb er zelf niets mee te maken gehad. | 23% |
| <input type="checkbox"/> Ik ben met de methode vanuit de literatuur/tijdschriften bekend. | 60% |
| <input type="checkbox"/> Ik ben er goed mee bekend en heb ervaring met de toepassing. | 17% |

De ervaringen met de toepassing zijn dus nog weinig talrijk. Op zoek naar de oorzaak van het feit dat de *Observational Method* in Nederland nog maar mondjesmaat wordt toegepast blijkt dat onbekendheid met de methode een hoofdoorzaak is. Daarnaast worden problemen verwacht bij het verlenen van (bouw)vergunningen en ook bij de aanbesteding van projecten. Het gunnen van een opdracht op basis van prijs is per definitie niet te combineren met de toepassing van de *Observational Method* vanwege de onzekerheid van de uit-



Figuur 1 - Parameterkeuze bij toepassing *Observational Method*.

eindelijke wijze waarop het project gerealiseerd zal worden en de kosten die daarmee gemoeid zijn.

Vanuit het buitenland, met name het Verenigd Koninkrijk, zijn diverse cases beschreven waarin de *Observational Method* is toegepast. Het zwaartepunt in de toepassing ligt op projecten waarbij het voorspellen van het grondgedrag met bestaande modellen niet mogelijk was of grote onzekerheden met zich mee bracht. In Nederland wordt bij projecten met de *Observational Method* vaak verwezen naar de aanleg van een deel van de Betuweroute (Waardse Alliantie), het maken van de sandwich-wand onder het Amsterdamse Centraal Station en andere onderdelen van de Noord-Zuidlijn.

Zonder het als zodanig te benoemen passen we de *Observational Method* in de praktijk vaker toe dan we ons realiseren. Het interpreteren van zakbaken en waterspanningsmeters bij het uitvoeren van ophogingen en de aanleg van dijklichamen is niets anders dan het acteren op basis van monitoringsresultaten, waarbij de vergelijking plaats vindt met een ontwerp gebaseerd op gemiddelde grondparameters. Aanpassingen als het toepassen van extra overhoogte of het uitstellen van een volgende ophoogslag zijn de gebruikelijke mitigerende maatregelen waar niemand in de praktijk van op kijkt.

Ook bij het uitvoeren van bemalingen is het gebruikelijk de noodzakelijke pompcapaciteit in te regelen op basis van de verlaging die met behulp van peilbuizen wordt vastgesteld. Bij het uitvoeren van saneringen wordt het uiteindelijke ontgravingsniveau veelal op basis van zintuigelijke waarnemingen bepaald, aanvullend ondersteund met monsternamen en laboratoriumonderzoek.

Bij een optimale uitvoering volgens de *Observational Method* zal een project worden gerealiseerd met behulp van juist die maatregelen die noodzakelijk zijn om het project veilig en betrouwbaar, tegen minimale kosten te realiseren. Was de doelstelling van Geo-Impuls al ambitieus, voor 2015 legt werkgroep 10 de lat dus nog wat hoger. Daarvoor zijn projecten nodig die zich zowel inhoudelijk als qua organisatie lenen voor deze ontwerp-methode. Vanuit de werkgroep is ondersteuning beschikbaar om van een dergelijk project een Geo-Impuls voorbeeldproject te maken. Kijk op www.geonet.nl voor meer informatie.

Ook dan treden afwijkingen op in de verrekening van de kosten in vergelijking tot de oorspronkelijke aanneemsom.

Van het beperken van geotechnisch falen naar het benutten van kansen

De nadruk van het Geo-Impuls programma als geheel ligt op het beperken van geotechnisch falen. Deze nadruk op het voorkomen van falen is begrijpelijk gezien de gevolgen voor de betrokken partijen bij het falen van een constructie en de direct betrokken omgeving. De *Observational Method* heeft echter meer in zich dan uitsluitend het beperken van geotechnisch falen. Met behulp van deze ontwerp-methode is het immers mogelijk ook van verborgen sterktes van de ondergrond gebruik te maken bij het realiseren van constructies. We kunnen daarbij niet alleen denken aan sterkte eigenschappen, maar bijvoorbeeld ook aan een hogere of lagere doorlatendheid van grondlagen.

Dat bij toepassing van de *Observational Method* voor het ontwerpen van constructies een aannemer niet uitsluitend op prijs kan worden geselecteerd is eerder een aanbeveling dan een tekortkoming van deze ontwerp-methode. Door vóór de definitieve uitwerking te kiezen voor een contractvorm waarbij de opdrachtgever en de opdrachtnemer een alliantie aangaan kan worden gewaarborgd dat beide partijen hetzelfde belang nastreven en tot optimale oplossingen komen. Dat is uiteraard vooral van belang als tijdens de uitvoering op basis van monitoring wordt geconcludeerd dat de geplande mitigerende maatregelen ook daadwerkelijk noodzakelijk zijn.

Referenties

- [1] van Tol, A.F. Schadegevallen bij bouwputten, Cement 2007, nr. 7
- [2] CUR publicatie 227 *Leren van geotechnisch falen*, CUR Bouw & Infra, 2010
- [3] Eurocode 7: *Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels*, NEN maart 2005
- [4] Peck, R.B. (1969). *Ninth Rankine Lecture - Advantages and limitations of the Observational Method in applied soil mechanics*. Géotechnique 19 (2).
- [5] Powderham, A.J. (1998). *The Observational Method - application through progressive modification*. Civil Engineering Practice Fall/Winter, pp 87-110.
- [6] Nicholson, D., e.a. (1999). *The Observational Method in ground engineering: principles and applications*. Londen: CIRIA rapport 185.

Literatuur

- van de Kamp, R.A.J. (2003) *Observatiemethode voor diepe bouwputten, met voorbeeldstudie station Vijzelgracht*, Afstudeeronderzoek TU Delft, faculteit CITG.
- Morgenstern, N. R. (1994). *The Observational Method in environmental geotechnics*. In: *Proc. of 1st International Conference on Environmental Geotechnics*. Edmonton, pp 965-976.
- Muir Wood, A.M. (2000). *Tunnelling: management by design*. Londen: E & FN Spon, pp 65-69.
- Nicholson, D.P. en Powderham, A.J. (1996). *The Observational Method in geotechnical engineering*. Londen: Thomas Telford. Bevat o.a. de artikelenreeks uit Géotechnique 44 (1994).
- Powderham, A.J. & Tamaro, G.J. (1995). *Mansion house London: risk assessment and protection*. Journal of construction engineering and management september, pp 266-272.
- Schneider, H.R. (1999). *Determination of characteristic soil properties*. In: *Geotechnical Engineering for Transportation Infrastructure*. Rotterdam: Balkema.
- Tang, W. H. (1971). *A Bayesian evaluation of information for foundation engineering design*. In: *1st Int. Conf. on application of statistics and probability to soil and structural engineering*, Hong Kong, pp 174-185.
- Tang, W. H., e.a. (1994). *Probabilistic observation method for settlement-based design of a landfill cover*. In: *Vertical and horizontal deformations of foundations and embankments*. New York: ASCE Special Publication No. 40, pp 1573-1589. ●