

Vooronderzoek Diepe controle in de grond gevormde palen

**specificatie opnemer
management verslag**

dr. ir. P. Holscher

1204442-003

Titel

Vooronderzoek Diepe controle in de grond gevormde palen

Opdrachtgever

Eureka Deltares

Project

1204442-003

Kenmerk

1204442-003-OA-0001-jvm12

Pagina's**Trefwoorden**




Eureka project, palen, kwaliteitscontrole, pile Integrity testing, dynamica, akoestische controle

Samenvatting

In het kader van dit Eureka project is een opnemer gekozen en in het veld getest. Het betreft een zeer goedkope opnemer, die als verloren in een in de grond gevormde of geheide paal opgenomen kan worden en gebruikt kan worden voor ondersteuning bij de kwaliteitscontrole van de paal bij akoestische testen ('Hamertje tik').

Referenties

Eureka project 2010, ref. 1204442-003

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
01	jan. 2012	dr.ir. P. Hölcher		S. Paul M.Sc		Ing. A.T. Aantjes	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Keuze opnemer	3
2.1 Algemeen overzicht	3
2.2 Berekeningen van de te verwachten signalen	3
2.3 Keuze opnemer	4
2.4 Draadloze communicatie met sensor	4
3 Marktverkenning	5
3.1 Kennisbescherming	5
3.2 Businesscase	5
3.3 Inbrengen in Geo-impuls	5
4 Veldproef	7
4.1 Inbouwen opnemers	7
4.2 Veldproef	7
4.3 Postprocessing van één meting	7
4.4 Rapportage	8
5 Lessons learned voor ontwikkeling	9
6 Conclusie en vervolg	11
6.1 Conclusies	11
6.2 Vervolg	11
6.3 Spin-off	11

1 Inleiding

In de Eureka prijsvraag 2010 heeft het project Diepe controle in de grond gevormde palen gewonnen. Dit rapport bevat de stand aan het einde van het project. Het is opgesteld in januari 2012.

Om praktische redenen is de methode omgedoopt tot DAC, wat staat voor Deep Acoustic Check. Deze naam sluit goed aan bij de naam van andere methodes zoals PIT (Pile Integrity Testing), CHSL (Cross Hole Sonic Logging), SHSL (Single Hole Sonic Logging).

Het rapport beschrijft de zowel de technische bevindingen als de meer procedurele zaken. keuze van de opnemer.

2 Keuze opnemer

In dit hoofdstuk wordt eerst nagegaan welke technische specificatie voor de opnemer geldt. Ook worden andere niet technische eisen benoemd. Daarna wordt nagegaan welke signalen de opnemers moeten kunnen verwerken.

2.1 Algemeen overzicht

Specificatie technische eisen aan de opnemer

De belangrijkste eis is dat er een zinvolle meting gedaan kan worden. Dit wordt bepaald door de dynamische eigenschappen van de opnemer (snel kunnen meten) en de nauwkeurigheid (sterkte van het signaal is relevant voor fysische waarde).

Specificatie niet-technische eisen aan de opnemer

De belangrijkste eis voor de keuze is de prijs. Het moet een wegwerpproduct zijn, dus ook een wegwerpprijs.

Er kan nog onderscheid gemaakt worden tussen de specificatie voor het proefproject en voor een definitieve toepassing. De nadruk hier ligt op de eisen die in ieder geval voor het proefproject gelden. In dat geval wordt er voorzichtig met de opnemers omgegaan, kunnen we een reserve exemplaar plaatsen etc. Noodzakelijk is wel dat de opnemer in een waterdichte behuizing geplaatst wordt, want er zal vrijwel zeker vocht bij kunnen komen.

In een later stadium is een wat stevigere behuizing wenselijk, de bedrading moet goed zijn en wordt de voorkeur gegeven aan een draadloos systeem.

2.2 Berekningen van de te verwachten signalen

In eerste instantie is nagegaan of heianalyse software bruikbaar is voor deze analyse. Echter, deze "gebruikersvriendelijke" software eist dat er een heihamer (uit de beschikbare bibliotheek) op de paal gezet wordt. Het is daardoor onmogelijk een klap te geven, waarmee een akoestische metingen redelijker wijze beschreven kunnen worden.

Daarom is uitgeweken naar Plaxis. Dit lijkt een wat zware toepassing voor het probleem. Maar, de keuze is gemaakt op basis van de beschikbaarheid van de software en ervaring van de bediening op korte termijn.

Tot onze verbazing zijn de resultaten onbevredigend. Er treedt veel minder demping op dan in de praktijk waargenomen wordt. De rede van deze afwijking is momenteel niet bekend.

In getallen uitgedrukt: in de praktijk komt 5 tot maximaal 10% van de ingebrachte amplitude terug. Juist de zwakke reflecties waren de reden om het Eureka voorstel in te dienen. In onze berekeningen was dat ongeveer 70%. Het vermoeden bestaat wel dat dit effect ontstaat doordat er in werkelijkheid een behoorlijke ruimtelijke variatie in de paal- en grondeigenschappen bestaat, die in de vereenvoudigde som juist weggelaten wordt.

Als work-around is ervoor gekozen een ooit eens gemeten signaal in een vergelijkbare situatie te gebruiken (meting Stress Wave Conferentie 1992). Verondersteld is dat als dat signaal goed gemeten kan worden, dan is de opnemer bruikbaar.

De volgende specificatie is opgesteld:

Bij deze conferentie is in de grond naast de paal gemeten. Als speeltje hebben we ook gemeten tijdens de uitvoering van de PIT op de paal. De in de grond gemeten versnelling was 0.2 m/s². In de paal is deze ongeveer 4 maal zo groot, zodat de piekwaarde op 1 m/s² gesteld is. De duur van de puls is 1 ms, wat een belangrijkste frequentie van 500 H**Keuze opnemer**

Er is via internet een search gemaakt van de mogelijke opnemers.

De uiteindelijke keuze is gevallen op de LIS332AR opnemer. Deze meet tot maximaal 20 m/s². De resonantie frequentie ligt bij 2 kHz, waardoor de opnemer bruikbaar is tot 1500 Hz, wat voldoende is voor de voorziene toepassing.

De prijs van deze opnemer ligt in de range van 3-4 Euro (100 stuks zijn € 3.25 per stuk).

Er is dus een geschikte opnemer beschikbaar. Hiervan zijn er 20 gekocht.

2.4 Draadloze communicatie met sensor

De voorgestelde techniek zou veel flexibeler, en waarschijnlijk goedkoper, ingezet kunnen worden als de opnemer draadloos zou kunnen communiceren. Tijdens dit onderzoek is daarom (inventariserend) gekeken naar de mogelijkheden van ondergrondse draadloze communicatie of draadloze communicatie via constructiedelen (paal met betonijzer). Hieruit bleek dat bij de huidige stand der techniek er geen mogelijkheden zijn om informatie van de opnemer meer de enkele meters door de grond of constructiedeel te laten dringen.

3 Marktverkenning

In eerste instantie is er naar gestreefd een markt partij te vinden die deze ontwikkeling samen met ons wilde uitvoeren. Hierbij bleek een groot probleem te ontstaan met de geheimhouding en kennisbescherming. De aanpak is relatief simpel, zodat dit simpel naar buiten brengen een groot risico van verlies oplevert en voor een markt partij niet aantrekkelijk is om in te investeren.

3.1 Kennisbescherming

Er is uiteindelijk gekozen om met een geheimhoudingsverklaring te gaan werken voor de bedrijven die we wilden benaderen.

Alternatieve oplossingen:

- Octrooi aanvraag doen. Dit is een kostbare aangelegenheid, die wel optimale bescherming kan bieden. Het is wel een lastige en erg juridische weg.
- Een registratie van een onderhandse akte. Bij de belastingdienst kun je een onderhandse akte laten registreren. Dat geeft aan dat de akte op het moment van registratie bestond en hoe die er op dat moment uitzag: soort akte, namen van de ondertekenaars, aantal pagina's, aantal exemplaren en aantal renvoeien (wijzigingen doorhalingen ed.) Een dergelijke registratie voorkomt dat een ander octrooi aanvraagt of de kennis zich toeigent, want je kunt altijd hard maken dat jij het idee al eerder in een akte vastgelegd hebt.

Deze situatie heeft belemmerend gewerkt op de voortgang.

3.2 Businesscase

Er is nagegaan of de aanpak financieel aantrekkelijk is, en voor wie. Op basis van een aantal gegevens is uitgerekend hoeveel een test mag kosten, hoe groot de opbrengsten voor een opdrachtgever kunnen zijn, welke omzet een bedrijf uit deze aanpak mag verwachten en hoeveel de ontwikkeling dan mag kosten. Hieruit bleek dat er voor Deltares geen serieuze business case te ontwikkelen is, als de opbrengsten van de standaard toepassing niet aan Deltares toekomen. De businesscase is beschreven in memo 1204442-003-OA-0002-v1-m-Business cases en samenwerkingen voor diepe controle in de grond gevormde palen

3.3 Inbrengen in Geo-impuls

Tijdens de loop van het project zijn we betrokken geraakt bij het Geo-impuls project van Rijkswaterstaat. Dit is een SO project, waarin Rijkswaterstaat samen met marktpartijen nagaat hoe de faalkosten in de bouw verminderd kunnen worden.

Uiteindelijk is besloten het project onder te brengen in het Geo-impuls project. Bij deze beslissing speelde het imago van Deltares een doorslaggevende rol:

- 1 Als het DAC project slaagt, is het niet uit te leggen aan Rijkswaterstaat (de opdrachtgever voor Geo-impuls) dat Deltares te gelijkertijd op eigen kosten een concurrerende techniek ontwikkeld heeft.
- 2 Als het DAC project niet slaagt, is er een grote investering gedaan die uiteindelijk geen opbrengsten oplevert.

Met andere woorden: het project kan niet anders dan in Geo-impuls een succes worden.

4 Veldproef

De opnemers zijn in een veldproef getest.

4.1 Inbouwen opnemers

Voorafgaan aan de veldproef zijn twee van de 20 gekochte opnemers voorzien van een passend elektronisch systeem in een omhuizing ingebouwd. Dit systeem werkte goed, afgezien van het feit dat er een aarde probleem optrad. In het laboratorium was dit aarde probleem echter door een extra aarde draad aan te brengen oplosbaar.

4.2 Veldproef

De veldproef is uitgevoerd op de test site van de BAM in Horstwald, 60 km ten zuidoosten van Berlijn. Op deze locatie zijn drie palen beschikbaar met kunstmatig aangebrachte afwijkingen. Deze palen zijn voorzien van twee of drie buizen, waarin de opnemers neergelaten konden worden. De proef viel samen met het toepassen van de single hole sonic logging techniek voor het Geo-impuls project.

Er waren (naast de toepassing van de single hole sonic logging techniek) twee metingen voor DAC voorzien:

1. Met de hoge resolutie opnemers van Deltares.
2. Met de nieuwe opnemers.

De eerste meting kon niet doorgaan omdat de opnemers niet in de buizen pasten. Dit is ontstaan door het feit dat onze contactpersoon de verkeerde (te grote) diameter door gegeven had. Daardoor paste de hoge resolutie opnemer niet in de buis.

De tweede proef is wel uitgevoerd, maar was ernstig gehinderd door de optredende ruis, die in het veld niet verwijderd kon worden zodra de opnemer in het water dat in de buis staat zakte. Dit aspect was niet voorzien. Aangezien het binnen de beschikbare tijd niet mogelijk bleek de buizen droog te zetten, noch om het aardingsprobleem op te lossen, is er alleen een meting met een zware hamer gedaan. Tijdens de proef bestond geen inzicht in de kwaliteit van de signalen. Door deze problemen is overigens de sample frequentie te laag ingesteld blijven staan.

4.3 Postprocessing van één meting

De metingen zijn in kantoor nader beoordeeld. Visuele inspectie toont duidelijk aan dat de nieuwe opnemers de signalen wel duidelijk waarneemt, op het moment dat er een klap op de paal gegeven wordt is een duidelijke afwijking van het ruissignaal te zien.

Er blijkt sprake te zijn van een krachtige 50 Hz ruis, met een aantal boven tonen. Voor één meting zijn de frequenties handmatig verwijderd, door de stoorfrequenties volledig uit het signaal te verwijderen. Dan resteert het signaal uit Figure 4.1. De strakke blauwe lijn in de meting op de paalkop (met de hoge resolutie opnemer, prijs €1500 per stuk) de ruismetende lijn is de nieuwe opnemer (kosten voor het maken van deze opnemer €2500 per stuk; prijs in serie productie naar verwachting minder dan €15 per stuk). De conclusie is dat de opnemer in staat is dergelijke kleine signalen boven ruis niveau te registreren.

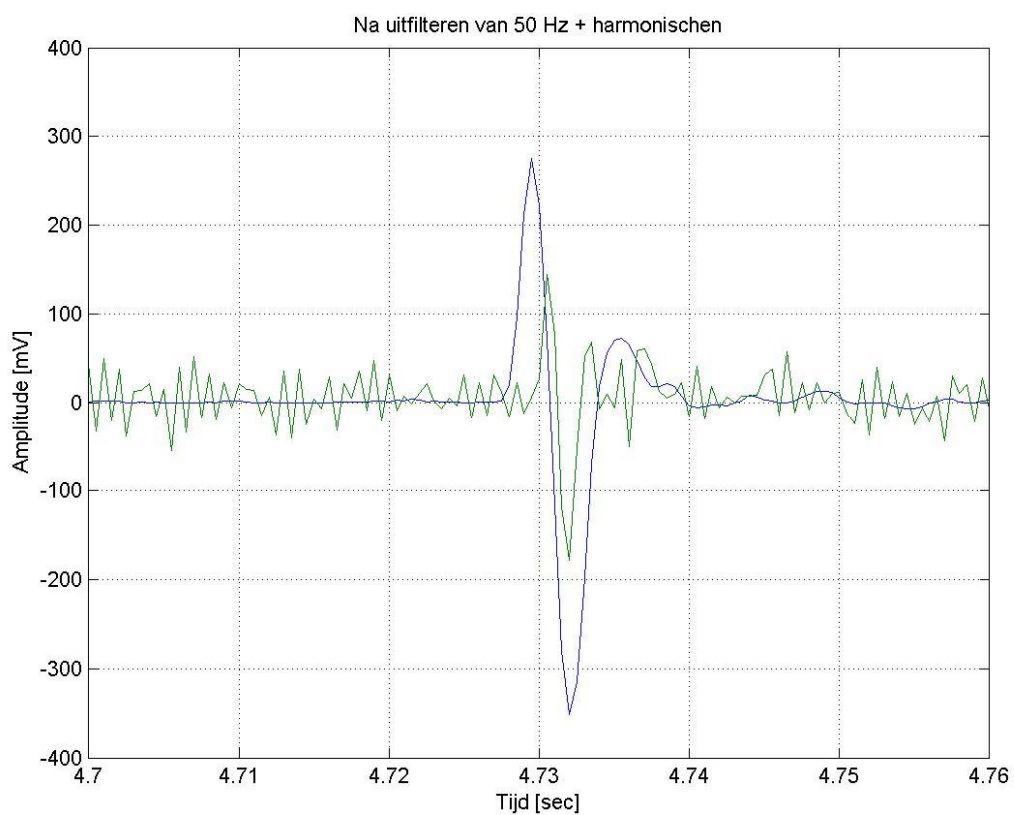


Figure 4.1 Processed result at pile head (blue, straight line) and pile toe (green noisy line)

Er is verder nog geen poging ondernomen de resultaten met meer geavanceerde technieken te verwerken om na te gaan of de kwaliteit van de signalen zodanig is dat uit de vorm een uitspraak over de paal afwijkingen gedaan kan worden.

4.4 Rapportage

De metingen in Horstwald zijn volledig gerapporteerd in rapport 1202249-005-geo-0004, Advanced pile integrity tests, Experimental results from Horstwald site.

5 Lessons learned voor ontwikkeling

Een van de doelen van Eureka is het opdoen van ervaring en kennis om tot een beter kennisondernemerschap te komen en daarmee de positie van Deltares als kennisinstituut te verstevigen. Dit hoofdstuk vat de belangrijkste bevindingen samen.

Een belangrijk struikelblok in dit project was de relatie met de marktpartijen en de mogelijke vermarkting van het idee. Door de businesscase uit te werken werd duidelijk dat het voor Deltares niet aantrekkelijk is in het product te investeren, omdat de verwachte omzet en bijbehorende opbrengsten niet door Deltares gerealiseerd zullen worden. Een alternatieve opzet, waarbij Deltares een betaling voor gebruik van het product krijgt ("met een Euro per paal worden we slapende rijk") blijkt niet haalbaar, want dit vereist een afdoende bescherming van kennis en product, bijvoorbeeld een octrooi. De bijbehorende kosten zijn zo hoog, dat dit een significante verhoging van de investeringskosten oplevert, waarvan het de vraag is of ze ooit terug verdiend zullen worden.

Het was duidelijk dat we één of meer marktpartijen bij deze ontwikkeling moeten betrekken. Dan zijn twee vragen van belang:

- Welke marktpartijen ga je vragen. Hierbij speelt ook de noodzakelijke onafhankelijkheid van Deltares een rol. Als het product een succes blijkt kunnen niet-gevraagde marktpartijen zich gepasseerd voelen, en de onafhankelijkheid van Deltares in twijfel trekken.
- Als je een marktpartij het voorstel in handen geeft, loop je het risico dat zij 'ermee aan de haal gaan'. Overwogen is dit te ondervangen door een vertrouwelijkheidverklaring te laten ondertekenen, maar de waarde daarvan is mogelijk beperkt en het legt wel een zware last op het gesprek en de relatie met de marktpartij.

Uiteindelijk is onze indruk dat je juist vertrouwen moet uitstralen ("dare to share") en het risico dat je het idee kwijt raakt, bewust moet accepteren.

In ons geval bracht het project Geo-impuls van Rijkswaterstaat uitkomst. Het voorstel paste goed in de doelstelling van dit project (betere kwaliteitsbeoordeling van funderingselementen) en het zal in dit kader verder uitgewerkt worden. Dat is ook de plaats waar Deltares dergelijke ontwikkelingen moet onderbrengen.

De achtergrond van deze problematiek ligt in het feit dat Deltares primair investeert in kennis en niet in standaard producten. Er kan natuurlijk wel in producten geïnvesteerd worden als zij nuttig of nodig zijn voor het verder ontwikkelen van kennis. Maar, ook dan blijft de kennis leidend. In dit kader moet Deltares dus investeren in die kennis, die de mogelijkheid biedt om de rekentechniek te ontwikkelen, een richtlijn op te stellen, de eerste toepassingen te begeleiden en second opinions op de eerste inzet van de techniek door marktpartijen te doen.

6 Conclusie en vervolg

6.1 Conclusies

Er zijn op de markt 3-D opnemers die aan benodigde specificaties voldoen. De kosten bedragen ongeveer 3€ per stuk.

Zonder de mogelijke opbrengsten van de exploitatie is het niet goed mogelijk een dergelijke ontwikkeling uit eigen middelen te betalen. Het aspect van kennisbescherming speelt bij een ontwikkeling op kosten van anderen een doorslaggevende rol:

De aangeschafte opnemers zijn ingebouwd in een elektronisch circuit en voorzien van een omhulsel. Deze zijn in een veldsituatie beproefd, waarbij aangetoond is de opnemers voldoen voor het doel waarvoor zij aangeschaft zijn.

Het is nu nog niet mogelijk om de opnemers draadloos uit te voeren.

6.2 Vervolg

De eerste twee stappen in het vervolg traject zijn:

- Een nadere analyse van de signalen uit de veldproef. In kader van Delft Cluster onderzoek hebben we geavanceerdere technieken gevonden om ruis uit meetsignalen te verwerken. Deze zouden toegepast kunnen worden. Daarna kan beoordeeld worden of de signalen informatie bevatten over de afwijkingen in de palen, maar ten gevolge van de lage sample frequentie wordt dat niet waarschijnlijk geacht.
- Het verbeteren van de elektronica. De ruis is vermoedelijk een technisch oplosbaar probleem. Dit moet uitgezocht worden. Momenteel is dit probleem als mogelijk afstudeer project aangemeld bij de studie elektronica van de Technische Hogeschool in Den Haag.

In het kader van Geo-impuls wordt momenteel gewerkt aan een proefpalenveld, waarin palen met afwijkingen geplaatst worden. Daarin zal het onderzoek naar deze methode geïntegreerd worden.

Daarnaast is een afstudeerder Martin Palm van de Universiteit in Stockholm binnen Deltares aan het afstuderen op de controle van in de grond gevormde elementen. Hij zal vermoedelijk deze of de Single Hole Sonic Logging techniek verder gaan uitwerken, de methode die hij niet kiest zal door Deltares verder uitgewerkt worden.

6.3 Spin-off

Het jonge bedrijf Allnamics (Den Haag) heeft interesse getoond om t.z.t. de apparatuur en /of techniek te vermarkten. Zij zijn bereid om hun 1-D software aan ons ter beschikking te stellen voor dit onderzoek.

Overwogen moet worden of deze 3-D opnemers niet meer technische toepassingsmogelijkheden hebben. Te denken valt aan een streng met een aantal die aan een pand of in de bodem bevestigd kunnen worden. Dan kan er op veel plaatsen te gelijk gemeten worden. Voor onderzoek is dit mogelijk interessant, waarbij veel meer verloren opnemers geplaatst kunnen worden. Te denken valt aan een responsie van paalfunderingen onder externe belastingen, waarbij zowel in de grond als in verschillende palen op veel dieptes de trillingen gemeten kunnen worden. Dit is relevant voor omgevingstrillingen (ten gevolge van bv. heien of spoorverkeer), maar ook voor aardbevingsanalyses.

Ook voor praktijk toepassingen (bijvoorbeeld bewaking trillingen in een gebouw tijdens heiwerkzaamheden) kan dit interessant zijn. Hierbij wordt wel opgemerkt dat de huidige SBR-richtlijn uitgaat van enkele opnemers op een pand. Dat zou dan wel anders kunnen worden.