

DEL014 - Kwaliteit in de grond gevormde palen Seismic Tube

Victor Hopman en Paul Hölscher

tekst wikipages

1 Algemeen

Onbekendheid van het gedrag van de ondergrond in combinatie met daarin gemaakte funderingselementen zoals diepwanden en in de grond gevormde palen zorgt voor hoge onzekerheden en kosten voor bouwers van de gebouwde omgeving en infrastructuur.

Dit onderzoek richt zich op de mogelijkheden van kwaliteitsbepaling van in de grond gevormde palen met behulp van een meerkanaals akoestische systeem. Omdat er in funderingspalen te weinig ruimte aanwezig is, zijn cross-hole sonic loggers, die in diepwanden met succes worden toegepast niet praktisch. Nu wordt onderzoek gedaan of met single-hole sonic logging geschikte en betrouwbare metingen kunnen worden uitgevoerd. De relatief kleine diameter van een funderingspaal veroorzaakt dat er veel reflecties gegenereerd worden die bovendien met elkaar interfereren. Het ontrafelen van deze golfvelden is niet mogelijk met een enkele bron-ontvanger registratie, zoals de Single Hole Sonic Logger. Daarom richt dit onderzoek zich op de toepassing van een meerkanaals akoestisch systeem.

In het Geimpuls project is een prototype voor dit systeem gebouwd en in een proefpaal beproefd. De data die gegenereerd wordt laat een schat van informatie zien die nog ontrafeld dient te worden.

Met een aantal partijen die meegewerkt hebben aan het Geimpuls onderzoek wordt samengewerkt in een vervolgonderzoek waar de Seismic Tube tot een praktisch bruikbaar instrument wordt doorontwikkeld.

Deze partijen zijn:

Brem funderingsexpertise B.V., vertegenwoordigd door Erik de Bruin

Hektec BV, vertegenwoordigd door Patrick IJnsen

Volker Staal en Funderingen, vertegenwoordigd door Bartho Admiraal

Gebr. van't Hek BV, vertegenwoordigd door Patrick IJnsen

In 2019-2020 is Leiderdorp Instruments toegetreden tot het project, vertegenwoordigd door Hans Liefthing.

In het overleg is Bartho Admiraal vervangen door Gerard van Zwieten (Volker Staal en Funderingen). Daarnaast heeft Jan Hoogenboom (Hektec BV) deelgenomen aan de overleggen.

Deltares is in het overleg vertegenwoordigd door Paul Hölscher (projectleider) en Victor Hopman (reviewer)

2 Overzicht werkzaamheden

De seismic tube meetdata verzameld gedurende het Geimpuls project is geanalyseerd. Daaruit kwam naar voren dat er veel signalen door elkaar lopen en deze in een defecte paal moeilijk te onderscheiden zijn. Daarom wordt eerst op een aantal prefab-palen zonder defect getest.

Er zijn metingen met de seismic tube uitgevoerd op prefab-palen vierkant 250*250 en 450*450 bij de werf van gebr. van 't Hek in Middenbeemster. Er is één meting op elke 7.5 cm gedaan.

Er is ook onderzoek gedaan worden naar de bruikbaarheid van de Seismic Tube bij grondverbeteringstechnieken.

Er zijn 6 achthoekige prefab palen geplaatst met drie symmetrische en drie a-symmetrische verdunningen, met verschillende lengte van de verdunning.

Er is een interpretatie techniek ontwikkeld op basis van golfvoortplanting. Deze is geïmplementeerd in een grafische user interface.

De toepassing van de resultaten is geëvalueerd op bruikbaarheid en de potentie om tot een commercieel product uit te werken.

3 Belangrijkste bevindingen

3.1 Veldonderzoeken

De analyse van de data uit deze testpalen is eenvoudiger omdat de vorm en kwaliteit van de palen goed bekend is. Toch treden er relatief grote variaties op in de gemeten signalen. Daarom moet bij een vervolgmeting per niveau een aantal metingen worden uitgevoerd (zogenaamde stacking). Deze metingen tonen dat de signalen in een 250*250 en 450*450 paal weinig verschillen. De verschillen in deze palen ontstaan doordat de reflecties van de wand een andere grootte en aankomsttijd hebben. Deze zijn slecht waarneembaar in de metingen, te meer daar de metingen veel variatie hebben. Ook vanuit dit oogpunt is stacking wenselijk [3].

Numeriek is aangetoond dat het probleem voor een deel ontstaat door het grote verschil in impedantie tussen de vulling van de buis en het beton in de paal. Dit suggereert dat het testen bij voorkeur op een verse paal moet gebeuren. Tevens is een eerste seismische interpretatie van deze signalen uitgevoerd met standaard software. In deze seismische interpretatie worden de P-golf, de S-golf en de gereflecteerde golf wel zichtbaar.

Tijdens het project zijn de bronnen van de seismic tube herhaaldelijk defect geraakt en vervangen [1]. Uiteindelijk heeft alleen de bovenste bron tijdens dit onderzoek gewerkt.

De metingen die in 2015 in het kader Geolmpuls zijn uitgevoerd in het proefveld op het terrein van Deltares zijn uitgewerkt en geanalyseerd. Alle metingen worden integraal gepresenteerd. Twee mogelijke uitwerkingen worden op bruikbaarheid beoordeeld. Bij de verwerking van de metingen met de topbron actief als seismische meting moet rekening worden gehouden dat de afstand tussen de opnemers te groot is voor de overheersende golflengtes (aliasing). De energiebeschuwing die gebruikelijk is voor single hole seismic logging is wel bruikbaar. [2]

Er zijn twee veldproeven voorbereid: één met geprefabriceerde palen met insnoeringen en een tweede op een in de grond gevormde jetgrout paal. Deze zijn in de vervolgstudies zo nodig beoordeeld.

3.2 Vervolgstudies

In het eerste vervolgonderzoek is getracht om op basis van de seismische golftheorie en de beschikbare metingen een interpretatie techniek ontwikkelen. Hiervoor is een gebruikersvriendelijke interface gebouwd [4].

Bij het onderzoek bleek dat de afgelegde afstanden van de golven klein zijn en er interferentie van de golfaankomsten vindt plaats. Deze interferentiepatronen worden geanalyseerd en gebruikt voor golfinterpretatie van de metingen. De tijdstippen van de golfaankomsten worden door de gebruiker aangegeven. Deze tijdstippen worden gebruikt om de concrete eigenschappen van de paal.

De oppervlaktegolven worden gebruikt voor MASW-inversie en gereflecteerde lichaam golven worden geanalyseerd met seismische reflectietheorie. Terwijl MASW niet in staat bleek om de straal van de funderingspalen te bepalen, blijkt dit wel mogelijk met gereflecteerde golven.

Door alle bepaalde diameters te combineren zijn diepte profielen gemaakt van de funderingspalen. Uit de vergelijking van deze profielen met de bodemgesteldheid op de testlocatie van Deltares kan worden geconcludeerd dat de uitstulping in de palen samenhangen met de zachte lagen, voornamelijk turf, aanwezig in de ondergrond. De ontworpen insnoeringen waren te zien in de gegevens, maar de lengte van de seismische buis verhinderde detectie van de diepste delen van de palen. De ontworpen uitstulpingen worden ofwel over het hoofd gezien door een beperkt aantal gegevenspunten, of niet gevormd of gemaakt. De in de palen aangebrachte breuken geven geen duidelijke en karakteristieke reacties.

De gegevens die met de seismische buis zijn verkregen, kunnen worden gebruikt om diameterveranderingen in situ te detecteren funderingspalen gemaakt.

In het tweede vervolgonderzoek is nagegaan of het mogelijk is de methode van het akoestisch doormeten in de praktijk inzetbaar te maken. Dit onderzoek zich vooral gericht op het interpreteren van de signalen van de Seismic Tube, maar ook op het anderzijds inzetten van de akoestische methode [5].

Als eerste methode is getracht om de signalen van de Seismic Tube te interpreteren aan de hand van de simulatie en de kennis die over Seismische signalen beschikbaar zijn, gebruikmakend van de ontwikkelde software. Omdat de signalen echter niet goed te duiden zijn en de simulatie niet accuraat genoeg is om werkelijke meetsignalen na te bootsen, is deze aanpak in ene praktische situatie niet in staat om tot een diktebepaling te komen.

Een tweede methode is het nabootsen van de 'Pile Integrity Test', ook wel 'Hamertje Tik' genoemd. Door deze methode horizontaal toe te passen in de kern van de paal is theoretisch de tijd tot tussen het zenden en ontvangen gerelateerd aan de paaldikte. Deze methode bleek echter niet op deze manier inzetbaar met de gebruikte hardware; het uitzenden van de golf duurde dusdanig lang dat de reflectie tijdens het zenden binnen kwam.

De laatste methode die onderzocht is tijdens dit project is het verbeteren van het akoestische signaal. Hierbij is een ballon gebruikt om de directe golf tussen de zender en ontvanger te elimineren. De theorie hierbij is dat dit het signaal beter te interpreteren maakt doordat de eerst aankomende golf de reflectie of refractie van de paal betreft. Bij het bepalen van de eerst aankomende golf tegen de betondikte, horend bij het signaal, is echter geen correlatie vastgesteld. Ook bij deze methode bleek dat deze methode praktisch niet kan worden om een diktebepaling van de paal te doen.

4 Documenten

[1] Deltares: Testmeting seismic tube in laboratorium, kenmerk 1221134-000-BGS-0004

[2] Deltares: Analyse bestaande metingen proefveld Geoimpuls, kenmerk 1221134-000-BGS-0003

[3] Deltares: Meting testpalen van 't Hek, kenmerk 1221134-000-BGS-0010

[4] Veltmeijer, A., Seismic Properties of Foundation Piles Diameter determination of in-situ created foundation piles using the Seismic Tube, MSc thesis Idea leugue TU-Delft, augustus 2019

[5] Wolf, C., Funderingspalen doormeten met behulp van akoestiek, onderzoek naar seismische golf-interpretatie in in-situ funderingspalen, Afstudeerverslag Hogeschool Utrecht, 2020