

**Analyse bestaande metingen
proefveld Geolimpuls**

Factual report

concept



Analyse bestaande metingen proefveld Geolimpuls

Factual report

dr.ir. P. Holscher

1221134-000

Titel

Analyse bestaande metingen proefveld GeolImpuls

Opdrachtgever

TKI

Project

1221134-000

Kenmerk

1221134-000-BGS-0003-
jjjm

Pagina's

13

Trefwoorden




Seismic tube, funderingspaal, kwaliteitscontrole, veldproef, seismische meting, dynamica

Samenvatting

De metingen die in 2015 in het kader GeolImpuls 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 energiebeschouwing die gebruikelijk is voor single hole seismic logging is wel bruikbaar.

Referenties

TKI project Del014 Kwaliteit in de grond gevormde palen seismic tube, dd. 10-12-2015

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	juni 2018	dr.ir. P. Holscher		dr. R.P. Noorlandt - Austen		R. Talens	

Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Omschrijving van de proeven	2
2.1	Algemeen	2
2.2	Uitwerking specifieke case	2
3	Uitwerking topbron actief	4
3.1	Uitwerking van één meting BH10: top bron actief	4
3.2	Beoordeling in het frequentie domein	5
3.2.1	Beoordeling in het golfgetal frequentie domein	5
3.2.2	Nadere beoordeling in frequentie domein	6
3.2.3	Fasehoek en golfsnelheid	8
4	Uitwerking van een meting: midden bron actief	10
5	Conclusies en aanbevelingen	12
	Bijlage(n)	
A	Bijlage figuren van de metingen	A-1

1 Inleiding

In het proefveld op het Deltares terrein zijn in 2014 20 proefpalen met verschillende kunstmatige defecten geplaatst. De kwaliteit van deze palen is vervolgens met verschillende apparatuur doorgemeten, zie 0. Een van deze meetmethodes betrof de seismic tube. De metingen met de seismic tube zijn in dit rapport opnieuw verwerkt en geanalyseerd.

Het rapport geeft een overzicht van de uitgevoerde metingen in hoofdstuk 2 en alle meetresultaten in de bijlagen. Vervolgens worden voor één paal twee metingen verder uitgewerkt. De eerste meting betreft een meting met de topbron actief (hoofdstuk 3) en de tweede meting betreft een meting met de middenbron actief (hoofdstuk 4). Hoofdstuk 5 bevat de eindconclusie en de aanbevelingen.

2 Omschrijving van de proeven

2.1 Algemeen

Alle palen zijn op dezelfde manier doorgemeten. Er is begonnen hoog in de paal, waarbij de middenbron van de seismic tube actief is. De tube is met stappen van 1 m in de paal gezakt tot de bodem. Hierdoor is er elke meter een meting uitgevoerd. Dit proces is in elke paal herhaald met de topbron actief.

In de bijlage van dit rapport zijn alle metingen getoond. Per paal is een bijlage gemaakt (A voor paal 01, B voor paal 02 etc.). De eerste pagina geeft schetsmatig de meetvolgorde en dieptes weer. Daarna volgt voor elke meting (elk niveau) een bijlage die oploopt met een nummer op basis van de volgorde van meten. Elke pagina van de bijlage bevat twee of drie figuren afhankelijk van welke bron actief is:

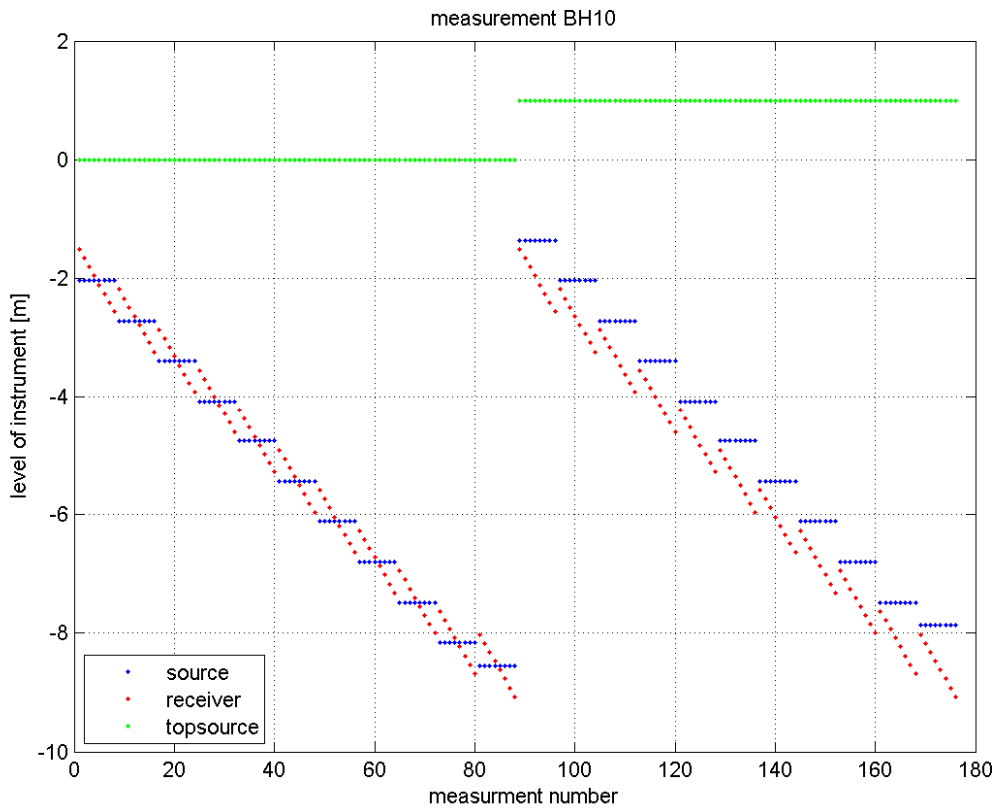
- Voor de middenbron actief worden de meetsignalen getoond in een seismogram als functie van de afstand. De symmetrie is hierbij gebruikt. Daaronder wordt de energie in het signaal weergegeven op een vergelijkbare manier.
- Voor de topbron zijn de twee bovenste figuren identiek, maar er is geen sprake van symmetrie. In de onderste figuur zijn de frequentie golfgetal figuren weergegeven. Dit is een in de seismiek gebruikelijke weergave om de overbrengingseigenschappen van een systeem te beoordelen.

De energie wordt vaak gebruikt in de praktijk van de single hole sonic logging. Deze wordt verkregen door de absolute waarde van de trilling te kwadrateren en dit resultaat cumulatief te sommeren. Mogelijk zijn er andere technieken uit de seismiek beter bruikbaar.

2.2 Uitwerking specifieke case

In dit rapport bekijken we eerst de metingen aan paal BH10. Figuur 2.1 geeft een overzicht van de uitgevoerde metingen in de paal. Er zijn eerst elf metingen uitgevoerd met de middelste bron actief, daarna elf metingen met de bovenste bron actief. De blauwe puntjes geven het niveau van de actieve bron, de rode puntjes in de figuur geven het niveau van de ontvangers.

Boven de figuur staat de gebruikte bron weergegeven: De variabele topsource kan twee waarden hebben: 1 (true) dan wordt de topbron gebruikt en 0 (false) dan wordt de middenbron gebruikt (en staat de topbron dus niet aan)

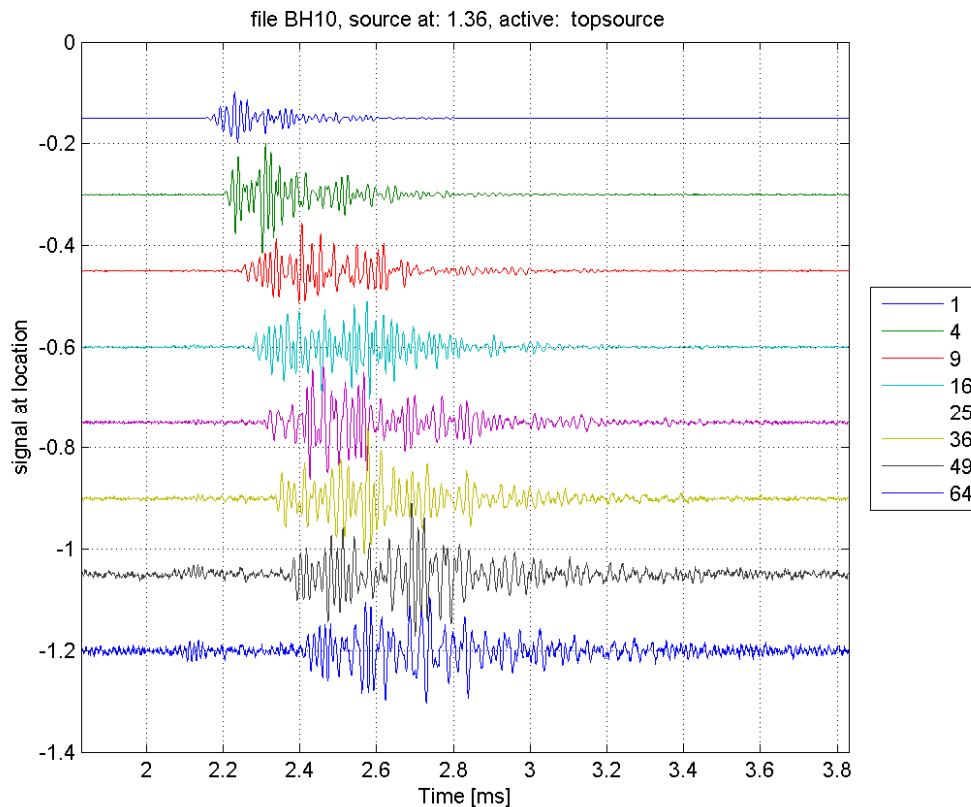


Figuur 2.1 Overzicht van de metingen uitgevoerd in paal 10.

3 Uitwerking topbron actief

3.1 Uitwerking van één meting BH10: top bron actief

Meting nummer 12, dat is de eerste meting met de bovenste bron actief, is verder uitgewerkt. *Figuur 3.1* toont het resultaat als functie van de tijd. De signalen zijn vermenigvuldigd met het kwadraat van het ontvangernummer (wat evenredig is met de afstand tot de bron). De gebruikte factor staat in de legenda. Aangezien de getekende signalen met afstand min of meer gelijk blijven, geeft dit aan dat de werkelijke signalen afnemen met het kwadraat van de afstand. Een consequentie hiervan is dat in de signalen in de opnemers op grotere afstand aanzienlijk meer ruis zichtbaar is.



Figuur 3.1 Gemeten signalen als functie van de tijd voor paal 10 meting 12

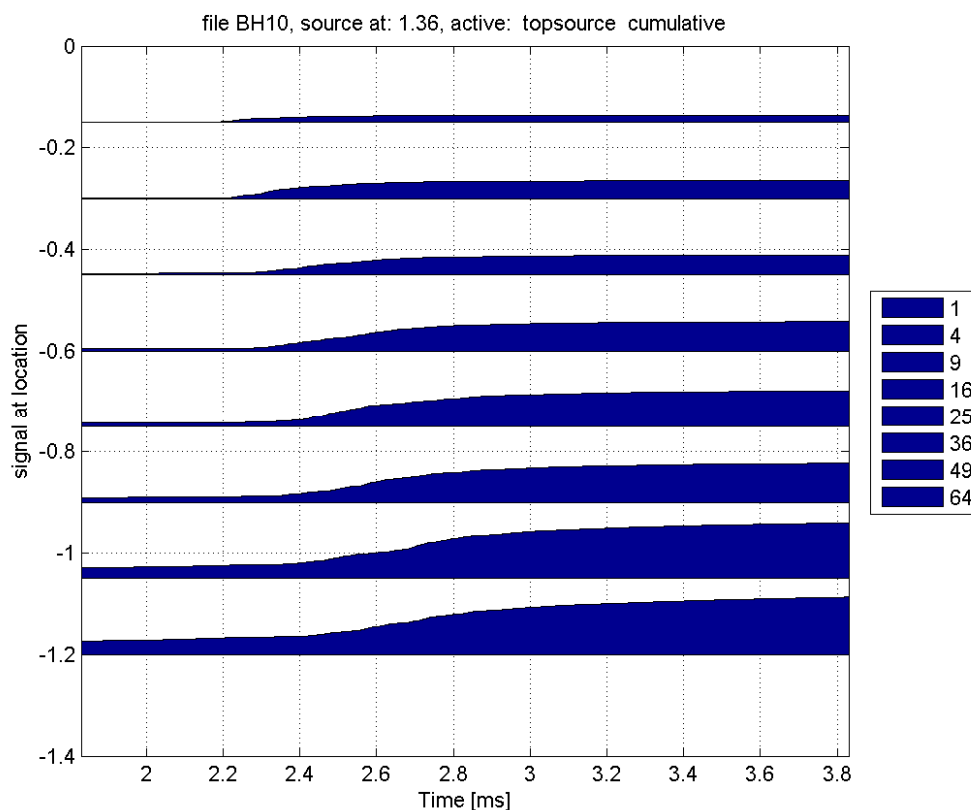
Figuur 3.1 laat duidelijk zien dat de signalen langer duren als de afstand tot de bron toeneemt en dat het enige tijd duurt voordat de signalen de volgende bron bereiken. De eerste aankomst in de eerste opnemer is op $t = 2.18$ ms, de aankomst in de verste opnemer is op ongeveer 2.42 ms. De looptijd over de afstand van $7 \cdot 0.15 = 1.05$ m is dus 0.24 ms. Dit geeft een golfsnelheid van ongeveer 4400 m/s. Voor beton is dit een realistische eerste schatting.

In de praktijk van de single hole sonic logging wordt vaak de energie in de golven gebruikt. Deze wordt verkregen door de absolute waarde van de trilling te kwadrateren en dit resultaat

cumulatief te sommeren. *Figuur 3.2* toont het resultaat. Duidelijk zichtbaar is dat bij de optredende golven de 'energie' snel toeneemt.

Opvallend detail is dat de onderste signalen niet op nul beginnen. Dit ontstaat doordat de versterking van de ruis zo groot wordt, dat dit al zichtbaar wordt. De vergelijking moet dus gebeuren ten opzichte van de waarde vlak voor de golven passeren. Voor betere interpretatie kan worden overwogen of een hoogfrequent ruisfilter wenselijk is.

Ook is zichtbaar dat de kwadratische vermenigvuldiging eigenlijk te veel is. Energie lijkt een goede indicator om aan te geven welke factor daadwerkelijk gebruikt moet worden. Dit suggereert om de verwerking met automatic gain control (die gebaseerd is op energie) te gaan toepassen op de metingen.

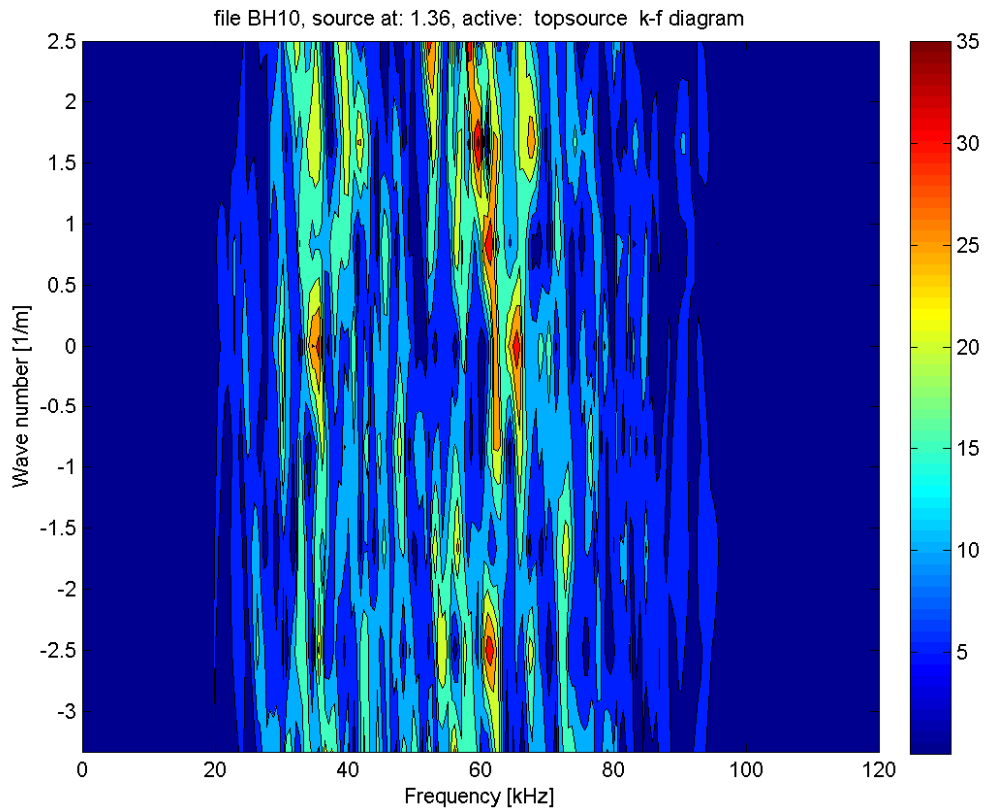


Figuur 3.2 Cumulatief signaal voor paal 10 meting 12.

3.2 Boordeling in het frequentie domein

3.2.1 Beoordeling in het golfgetal frequentie domein

Figuur 3.3 geeft de representatie in het golfgetal frequentie domein. Deze techniek is bekend uit de seismiek en het idee achter de seismic tube is deze techniek mogelijk te maken. Deze grafiek is lastig te interpreteren.

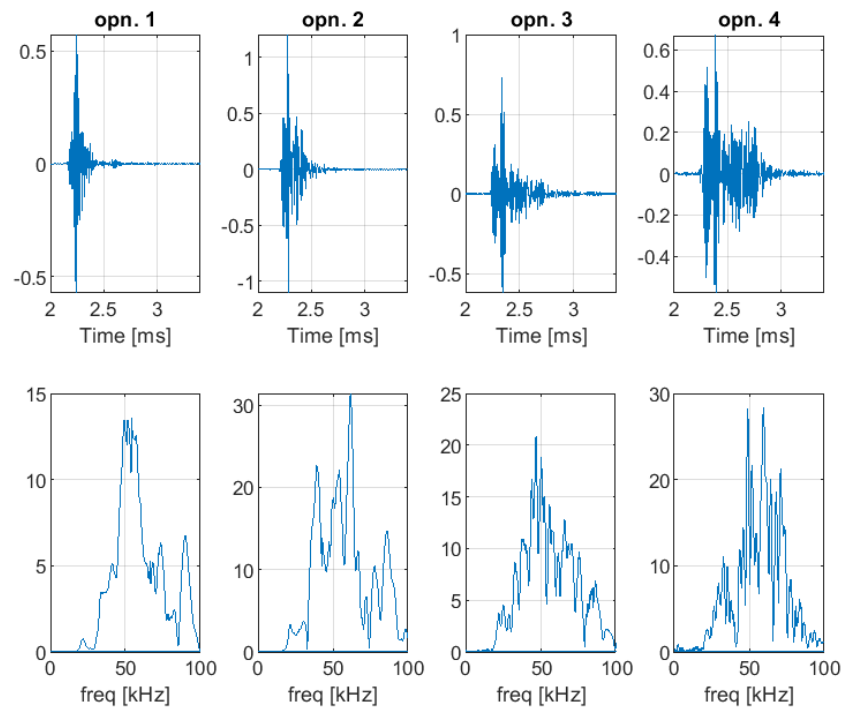


Figuur 3.3 Golfgetal frequentie representatie voor paal 10 meting 12

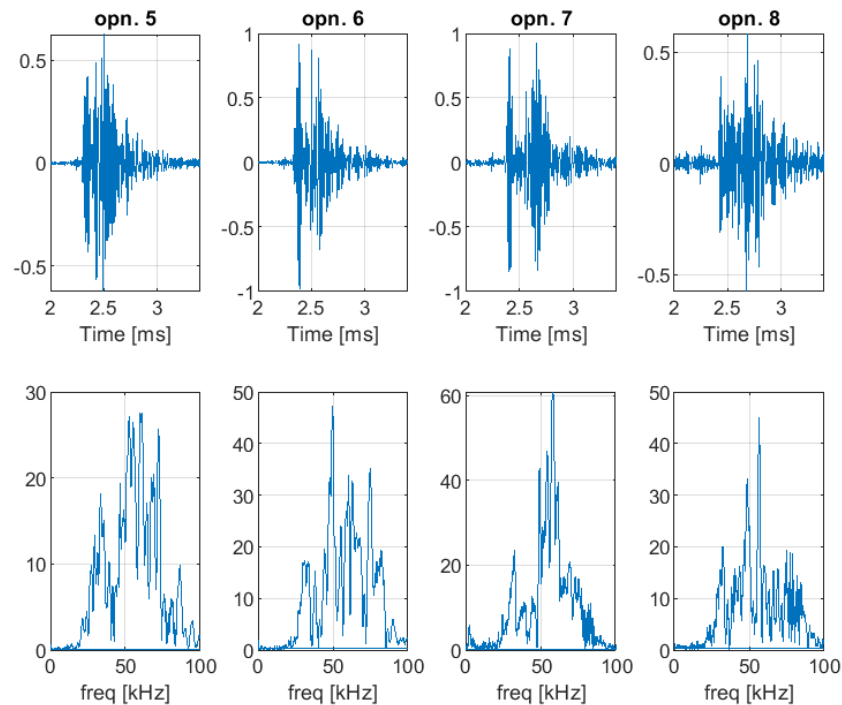
3.2.2 Nadere beoordeling in frequentie domein

Het resultaat in de meting in paragraaf 3.2.1 is onverwacht. Om het resultaat beter te begrijpen wordt hier voor één meting de frequentie analyse bekeken.

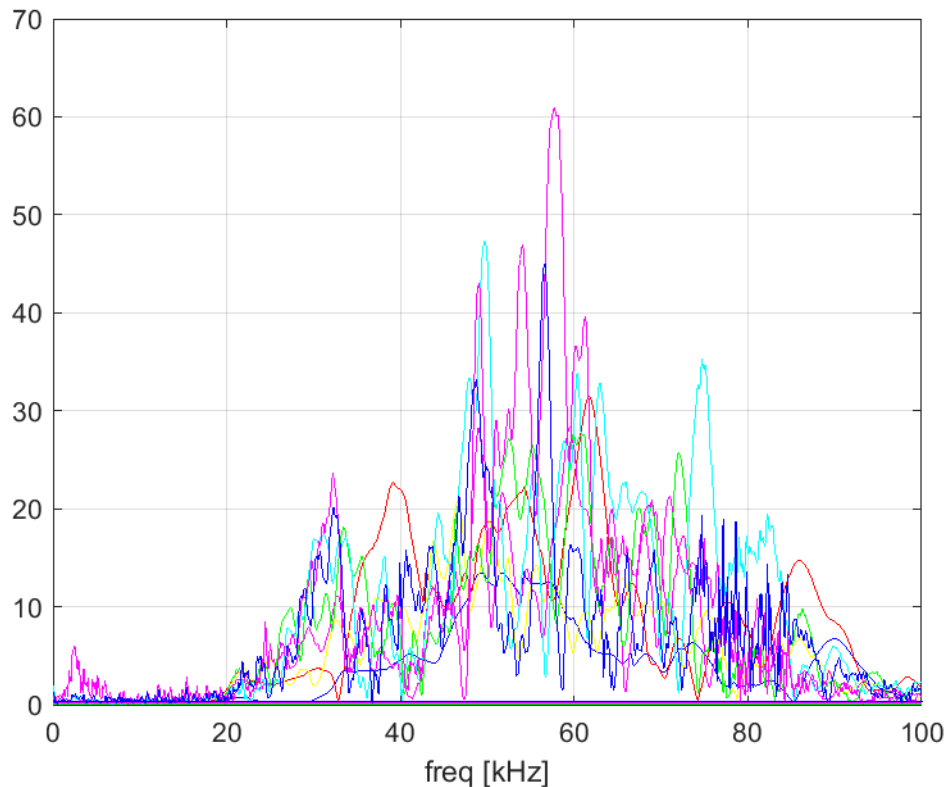
Figuur 3.4 en Figuur 3.5 tonen de gemeten resultaten als functie van de tijd (bovenste rij) en de bijbehorende Fourier analyse (onderste rij). Figuur 3.6 verzamelt alle resultaten in het frequentiedomein in één figuur.



Figuur 3.4 Paal 10, laatste klap tijd functie en frequentie analyse eerste vier opnemers



Figuur 3.5 Paal 10, laatste klap tijd functie en frequentie analyse laatste vier opnemers



Figuur 3.6 Paal 10, laatste meting, alle frequentie resultaten uit Figuur 3.4 en Figuur 3.5

Figuur 3.6 suggereert al dat er weinig lijn in de frequentie-inhoud te zien is. Het lijkt dus niet vreemd dat met een beperkt aantal opnemers in de lengte van de seismic tube de situatie niet veel beter wordt. Om de techniek in het golfgetal-frequentie domein efficiënt toe te passen is een dichtere sampling in de ruimte wenselijk, te meer daar de opnemers in een betonnen paal relatief dicht bij de bron zitten.

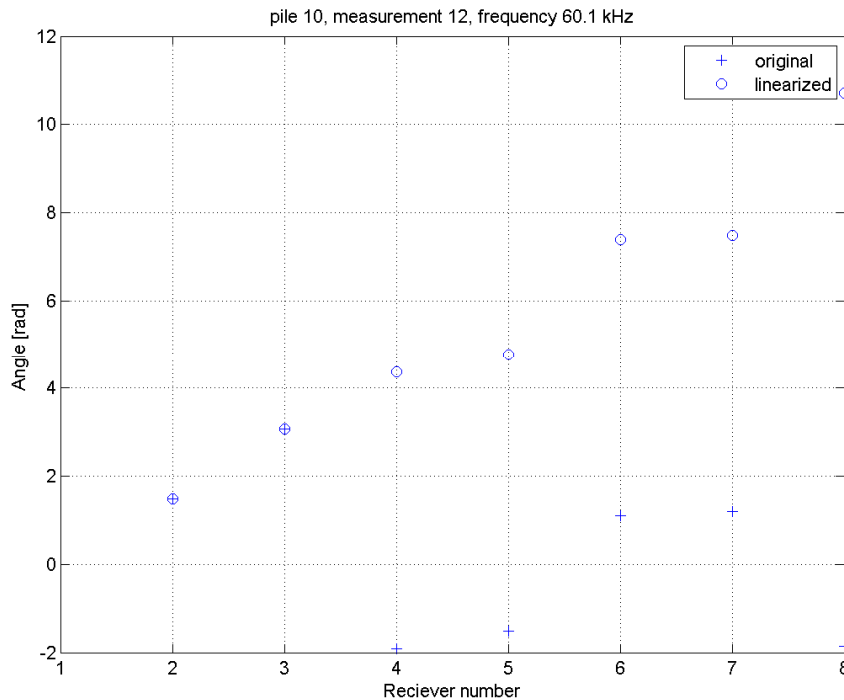
3.2.3 Fasehoek en golfsnelheid

Figuur 3.7 toont één frequentie de fasehoek als functie van de afstand. De plusjes '+' zijn de berekende waarden. Er is een gelineariseerde waarde getekend (met rondjes) onder de aanname dat de fasehoek alleen maar toeneemt met de afstand. Daaruit volgt dat de fasehoek toeneemt tot 10.5 rad over een afstand van 1.05 m.

Deze helingshoek is een maat voor de golfsnelheid. De afstand waarover de fasehoek toeneemt van 0 tot 2π is de golflengte, in dit geval ongeveer 0.63 m. De bij behorende golfsnelheid is dan λ_f (golflengte maal frequentie) dus in dit geval $0.63 \cdot 60E3 = 38\ 000$ m/s. Dit is veel te hoog.

Dit verschijnsel heet aliasing: De snelste golf in het tijdsdomein is ongeveer 4400 m/s. Bij de frequentie 60 kHz geeft dit een golflengte $\lambda = c / f = 4400 / 60E3 = 0.088\text{ m} = 8.8\text{ cm}$. Dit is de helft van de afstand tussen de ontvangers. Het gevolg is dat tussen de ontvangers minimaal 2π moet zitten. De grootte van de stap is overigens frequentie afhankelijk, want bij een lagere frequentie is de golflengte langer. Bij 30 kHz is de golflengte ongeveer 0.15 m en wordt dus een toename van de fasehoek van ongeveer 2π verwacht, bij 90 kHz is de

golfenlengte ongeveer 0.05 m en passen er drie golven tussen twee opeenvolgende opnemers. De verwachte toename van de fasehoek is dan 6π .



Figuur 3.7 Fase hoek voor 60.1 kHz

Op basis van de snelste golf in het tijdsdiagram kan de golfsnelheid in het materiaal worden geschat. Voor elke frequentie kan de golflengte worden bepaald. Het minimaal aantal golven volgt dan uit

$$N_{\min} = \frac{D_r}{\lambda} = \frac{D_r f}{c_0} \quad (3.1)$$

met

- c_0 de hoogste golfsnelheid in het plaats tijd diagram [m/s]
- D_r de afstand tussen de ontvangers [0.15 m]
- f de beschouwde frequentie [Hz]

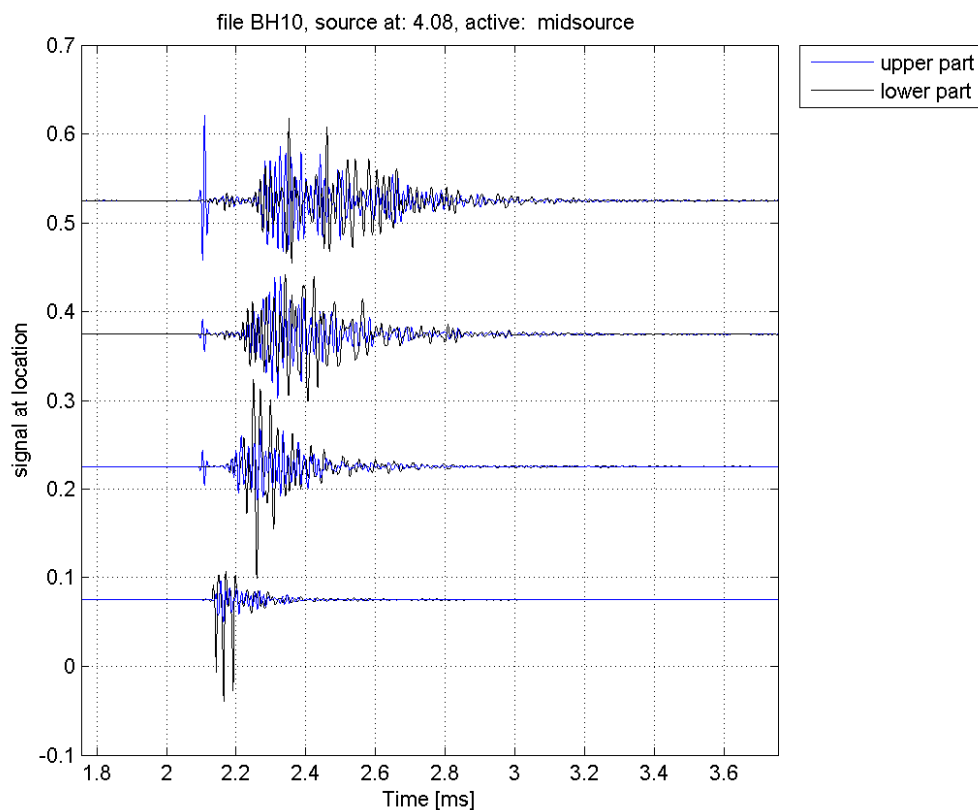
Om een seismische interpretatie mogelijk te maken moet met een aanzienlijk lagere belastingsfrequentie worden gemeten of een interpretatietechniek worden toegepast die minder gevoelig is voor aliasing. In de palen is de waargenomen golfsnelheid orde 4400 m/s. De frequentie van de meting moet dan onder de 30 kHz komen. Het nadeel van een lagere frequentie is dat de kleinste onregelmatigheden die zichtbaar worden groter worden: heel globaal kun je iets dat kleiner is dan een golflengte slecht zien. Aanpassing van de frequentie van 50 kHz naar 25 kHz maakt oneffenheden van 9 cm onzichtbaar, het kleinste wat zichtbaar wordt is dan 18 cm.

Een alternatieve aanpak ontstaat door rekening te houden met de loopsnelheid in het tijdsdiagram. Dan moet je bij alle fase hoeken een waarde optellen.

4 Uitwerking van een meting: midden bron actief

Figuur 4.1 toont de gemeten signalen in een seismogram als functie van de afstand tot de bron. Omdat de opnemers symmetrisch liggen t.o.v. de bron is elk signaal tweemaal gemeten. De signalen zijn weer versterkt met het kwadraat van de afstand tot de bron. Aangezien de signalen niet wijzigen met de afstand is dit weer een bevestiging van de fysische afname met $1/\text{afstand}$ in het kwadraat.

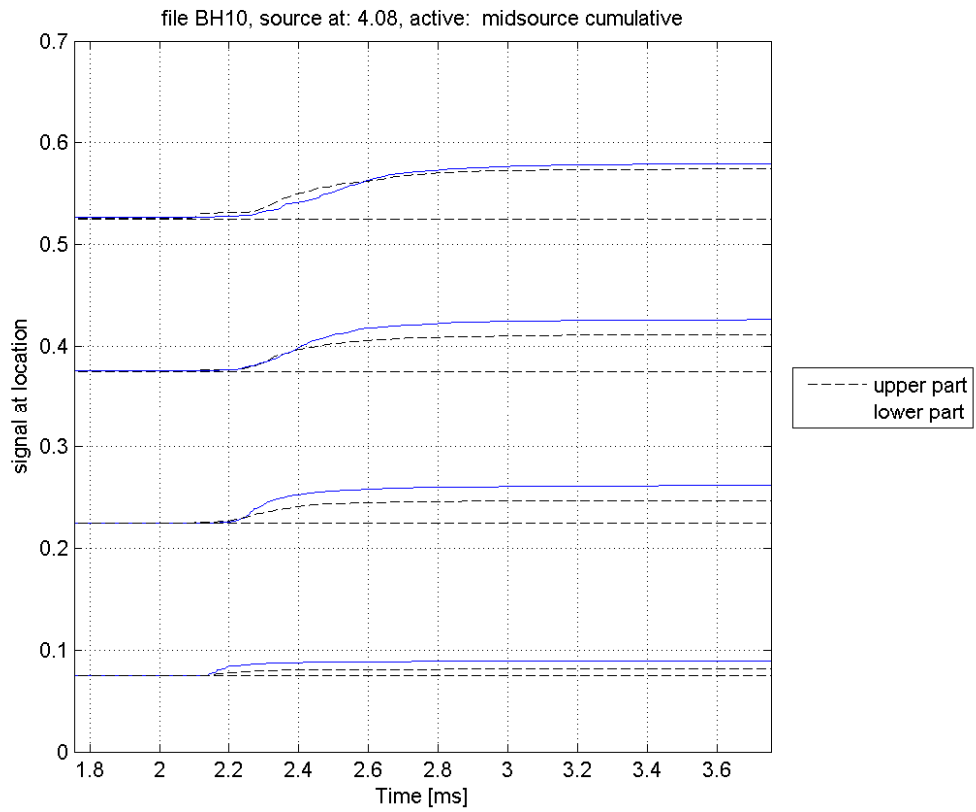
Duidelijk blijkt is de loopsnelheid van de golf zichtbaar. In de bovenste opnemer is een snel signaal zichtbaar op 2.1 ms. Dit signaal neemt toe met de afstand. Het is duidelijk dat dit geen mechanisch signaal is: het is de passage van de puls voor de bron excitatie (deze wordt geëxciteerd met 150 V, dus dat lijkt wel invloed te hebben).



Figuur 4.1 Gemeten signalen bij midden-bron actief

Figuur 4.2 geeft de energie weer, ditmaal als twee lijnen (getrokken en gestreept, de nullijn is ook gestreept). De ruis heeft bij deze afstand nog relatief weinig invloed. Hoewel de signalen in het tijdsdomein op het eerste gezicht aanzienlijk verschillen, lopen de energie lijnen redelijk gelijk op.

Deze resultaten bieden een goede optie om snel een paal te beoordelen: als de signalen naar boven en naar beneden van energie gaan verschillen is er op die hoogte iets aan de hand en is een nadere studie van de signalen in de tijd op het frequentiedomein wenselijk.



Figuur 4.2 *Energie bij midden-bron actief*

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusie beoordeling proef uit 2014

- 1 De meetresultaten uit 2014 geven aan dat er duidelijk een golfverschijnsel zichtbaar is.
- 2 De amplitude neemt meer dan lineair en minder dan kwadratisch af met de afstand, wat voor de situatie in het nabije veld niet onlogisch is.
- 3 Het gebruik van de midden-bron biedt goed perspectief om verschillen in opwaartse richting en neerwaartse richting te zien. Voor paalcontrole is dat een interessante optie, omdat dit een uitvoerbare en snelle interpretatie optie biedt.
- 4 Het gebruik van de top-bron lijkt voor een seismische interpretatie de beste optie. Hierbij moet of met een lagere frequentie worden gemeten of een correctie voor aliasing worden uitgevoerd.

5.2 Verdere analyse is mogelijk

Alle metingen in de 20 palen van het Deltares testveld zijn uitgetekend op de manier als getoond in dit hoofdstuk. Het betreft ongeveer 22 metingen per paal, 11 met de top-bron en 11 met de midden-bron. Deze zijn digitaal beschikbaar (in pdf formaat) voor verdere analyses.

De eerste stap zal zijn of ter plaatse van de aangebrachte defecten significante afwijkingen zichtbaar zijn. Met daarbij de vraag of deze gecorreleerd kunnen worden met het aangebrachte defect. Een probleem hierbij is dat de meting elke meter uitgevoerd is. Dit heeft waarschijnlijk tot gevolg dat de meeste defecten worden gemist. Dan is een herhaling van de meting op basis van een veel groter aantal metingen per paal (op veel meer niveaus) noodzakelijk.

Referenties

Deltares rapport "Opzet testlocatie voor in de grond gevormde palen, Installatie meetfaciliteit defecte palen" door V. Hopman, dd. januari 2016, kenmerk 1209345-002-GEO-000

A Bijlage figuren van de metingen