

Trillingshinder effectief verminderd door trillingsscherm



Foto 1 Toegepast scherm naast de weg

Zowel passerende (goederen)treinen als wegverkeer veroorzaken trillingen in de grond. Hiervan wordt door omwonenden in toenemende mate trillingshinder ondervonden. Met het toepassen van een trillingsscherm in de grond is bij een aantal door Fugro uitgevoerde projecten de trillingsoverlast zeer sterk verminderd. Met metingen is aangetoond dat het trillingsscherm zeer effectief werkt en reducties van wel 50 tot 70 procent zijn verkregen.

Bij trillingen is sprake van een trillingsbron (bijvoorbeeld een trein of vrachtauto), een medium (grond) dat de trillingen doorgeeft en een ontvanger (woning). Als verkeer (trillingsbron) over

een ruw (spoor)wegdek of verkeersdremmel rijdt, worden verschillende trillingsgolven in de grond opgewekt. De drukgolven (horizontale groundbeweging) zijn te vergelijken met het file rijden op een



Foto 2 Passerende trein



Foto 3 Passerende vrachtauto



Foto 4 Toegepast scherm naast fundering

drukke snelweg, waarbij het verkeer afwisselend optrekt en moet afremmen. Bij schuifgolven bewegen de gronddeeltjes verticaal. Door interactie van de golven ondergaan de gronddeeltjes uiteindelijk een cirkelbeweging (Rayleigh oppervlaktegolven).

De oppervlaktegolf is maatgevend en geeft circa 90 procent van de geïntroduceerde energie door. Als de trillingssgolven de woning (ontvanger) bereiken, wordt de fundering aangestoten en geeft deze de trilling door naar onder andere vloeren waar deze gevoeld worden. Afhankelijk van de bouwconstructie kunnen de trillingen dusdanig worden

versterkt c.q. opgeslingerd, dat deze zeer goed voelbaar worden en hinder geven (bijvoorbeeld rammelende kopjes).

Maatregelen

Om de hinder te verminderen, kunnen zowel maatregelen bij de bron, in de grond als bij de woning worden getroffen. Afhankelijk van de ernst van de overschrijdingen wordt bepaald welke trillingsreducerende maatregel nodig is. Vanuit economisch oogpunt zijn maatregelen bij de woning (ontvanger) meestal niet haalbaar. Omdat in de regel de trillingsbron een gegeven is, wordt de oplossing voor de reductie gezocht in een maatregel in de grond. Hierbij is het van belang dat de transmissie van de trilling doorbroken wordt. Dit kan gerealiseerd worden door de funderingsconstructie van de weg aan te passen of in de grond een trillingsscherm aan te brengen.

Een trillingsscherm met voldoende dikte, met een voldoende stijfheidsverschil tussen grond/scherm en massaverschil, kan zeer effectief werken. Het principe is hetzelfde als bij een geluidsscherm, dat door reflectie en absorptie de trillingsintensiteit achter het scherm vermindert. Hierbij zijn de karakteristieken van de trilling in de grond (amplitude en frequentie) sterk van invloed. Deze tezamen, met de demping in de grond, worden met trillingsmetingen (versnellingsopnemers) inzichtelijk gemaakt. Met de metingen wordt de afdracht (demping)/overdracht van de trilling naar de ontvanger bepaald.

Trillingsmetingen

Door Fugro worden trillingsmetingen uitgevoerd waarbij versnellingsopnemers worden toegepast (foto 5 en 6). Voor de correlaties tussen de meetpunten, moeten de signalen in de verschillende meetpunten (per meetpunt in X-, Y- en Z-richting) simultaan en synchroon gesampled worden (foto 7). Meetresultaten van stand alone opnemers volstaan niet, vanwege de mogelijke tijdswaarnemingsverschillen. De meting wordt zowel bij de bron (drempel/weg) als op maaiveld (in de grond) tussen de bron en de gevel, als aan de gevel en op de vloer(en) in de woning uitgevoerd. Uit de meetresultaten zijn zowel de afdrachtfuncties door de grond (versus de afstand) als de overdrachtsfactoren van grond naar de draagconstructie en van draagconstruc-



Foto 5 Versnellingsmeetpunten op het maaiveld

tie naar de vloeren te herleiden. Door de meetresultaten te toetsen aan de grens- en streefwaarden conform SBR richtlijnen A en B, is theoretisch de ernst van de overlast te bepalen en tevens de mate van de benodigde reductie om te kunnen voldoen aan de eisen. De waarden aan de draagconstructie worden getoetst aan de grenswaarden uit SBR A 'Schade aan gebouwen' en de waarden op de vloer aan de streefwaarden uit SBR B 'Hinder voor personen'.



Foto 6 Versnellingsmeetpunten bij een woning

Ontwerp

Op basis van de meetresultaten valt te herleiden hoeveel de trillingen in de constructie gereduceerd moeten worden. De aspecten die invloed hebben op de mate van demping zijn de dimensies en de locatie van het scherm. Het grootste reducerende effect wordt verkregen naast de gevel of naast de weg. De dimensies (dikte/diepte) van het scherm worden bepaald door het stijfheidsverschil tussen grond en scherm, de afstand van het

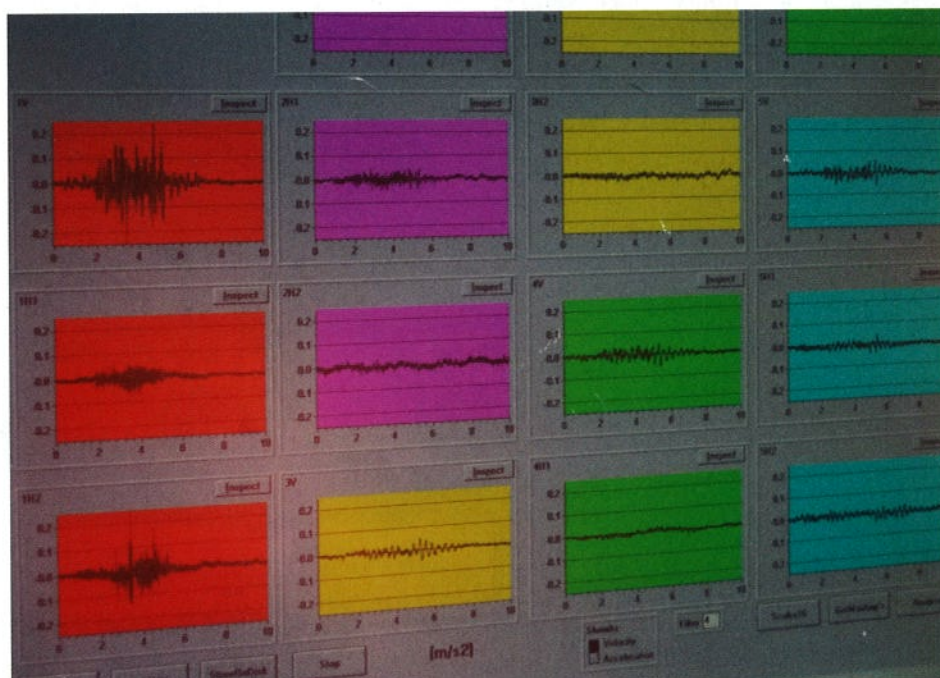


Foto 7 Beeldscherm versnellingenmeetresultaat per kleur van 1 meetpunt (XYZ)

scherm tot de woning en het benodigde reductiepercentage. De dimensies zijn door middel van empirische rekenregels globaal te bepalen: Met Eindige Elementen Analyses (PLAXIS) zijn bij de opgegeven dimensies (en locatie) van het scherm de spreiding en de mate van de reductie in de grond beter inzichtelijk te krijgen.

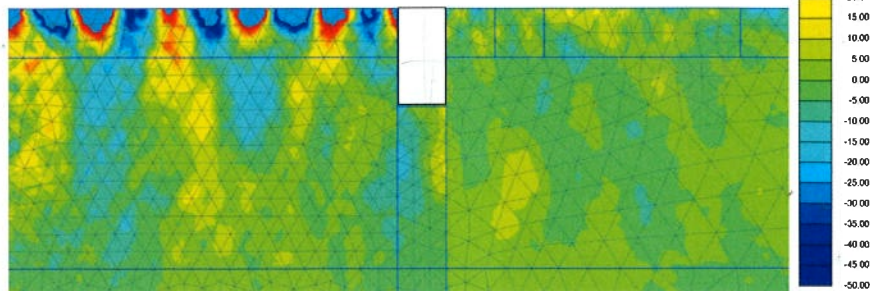
In figuur 1 geldt de donkerblauwe kleur voor een versnelling van nul (minimale versnelling), de rode kleur voor de maximale versnelling. Als trillingsbron is een periodiek signaal (versnelling tegen tijd) aangebracht. Direct achter het scherm is de trillingintensiteit lager en doordat het scherm de trilling absorbeert en reflecteert wordt de trillingintensiteit 'de diepte in gedrukt'. Een 'restant' van de trilling kruipt onder het scherm door. Bij plaatsing van het scherm naast de fundering wordt de constructie minder aangestoten en is de overlast binnen minder.

Praktijkvoorbeelden

In de omgeving van Nieuwegein, direct naast een (voormalige) bouwplaats, werd als gevolg van bouwverkeer door de omwonenden schade en hinder geclaimd. Om de overlast te minimaliseren is over een lengte van 60 meter, op een afstand van circa 5 meter uit de woningen, een polystyreen (PS) trillingsscherm aangebracht. Het scherm (0,35 m dik) is tot een diepte van circa 2 m onder het maaiveld aangebracht. Het effect (de verkregen reductie) is met trillingsmetingen bepaald, zowel voor als achter het scherm als in de woningen.

Het scherm heeft een reductie van circa 50 tot 70 procent opgeleverd. De trillingen zijn in de woning vrijwel niet meer voelbaar.

In de omgeving van Amsterdam werd door bewoners van woningen die op een talud staan (veendijk) overlast gemeld



Figuur 1 Berekening van de reductie

van trillingen door passerend (zwaar) verkeer over de weg op de veendijk (de bestaande situatie). De weg stond op nominatie opgewaardeerd te worden tot ontsluitingsweg van een nieuwe woonwijk en bedrijventerrein, wat een toename zal geven van de verkeersintensiteit met onder andere meer zwaar verkeer. Door het waterschap was aangegeven dat de hoogte van de veendijk te laag was en dat de beschoeiing niet meer afdoende functioneerde. Voorafgaand aan de ophoogactiviteiten en de reconstructie van de weg en de beschoeiing, zijn in 2012 door Fugro aan twee woningen trillingsmetingen met versnellingsopnemers uitgevoerd. Op basis van de meetresultaten zijn geotechnische adviezen opgesteld, waarbij is geadviseerd om bij de verhoging van de veendijk onder het wegedeelte een licht ophoogmateriaal, bijvoorbeeld polystyreen (PS), toe te passen. Ter reductie van de trillingen is direct naast de weg een polystyreen trillingsscherm aangebracht. Na aanleg van de constructies zijn in 2014 herhalingsmetingen uitgevoerd. In 2012 was er volgens de meetgegevens een risico op schade en ernstige hinder, in 2014 waren de metingen onder het risiconiveau. Het scherm heeft tot reducties van 85 procent van de oorspronkelijke trillingen geleid.

In de omgeving van Middelburg werd als gevolg van passerend verkeer in woningen trillingsoverlast veroorzaakt. Met

trillingsmetingen waarbij versnellingsopnemers zijn gebruikt is de afdracht/overdracht van trillingen in de grond en in de woningen inzichtelijk gemaakt. Onder het tussenliggende fietspad is per woning over een afstand van circa 20 meter een polystyreen trillingsscherm van 0,35 m dik tot 1,35 meter diepte aangebracht. Met herhalingsmetingen is aangetoond dat reducties van circa 50 procent zijn verkregen. De bewoners gaven aan dat de trillingen na het aanbrengen van de voorzieningen in het voorhuis minder te voelen zijn.

Resumé

In veel gevallen waarbij (verkeers-) trillingen tot overlast leiden, kan een polystyreen (PS) trillingsscherm de trillingsoverlast sterk verminderen. In de literatuur zijn nagenoeg geen ontwerpregels voor een trillingsscherm te vinden. Met het uitvoeren van trillingsmetingen met versnellingsopnemers, waarbij de meetpunten onderling gecorreleerd zijn, is de afdracht/overdracht in grond en woning van optredende trillingsintensiteiten te registreren. Uit de meetresultaten is een benodigde reductie te herleiden, waarna de dimensies (dikte, diepte, strekking) van het trillingsscherm te bepalen zijn met empirische rekenregels. Met Eindige Elementen Analyses zijn berekeningen uit te voeren waarbij de effecten van het scherm nader te bepalen zijn (onder de woning doorkruipen van de trilling/reflectie op diepere grondlagen). Met herhalingsmetingen is aangetoond dat reducties van circa 50 tot 85 procent mogelijk zijn. Bewoners ervaren de trillingen na plaatsen meestal niet meer als hinderlijk. ■

A.J. Snethlage, Senior Geotechnical Consultant bij Fugro, B. Schoenmaker, Geotechnical Consultant bij Fugro, A. de Prouw, Bouwkundig Adviseur bij Constructiebureau De Prouw, Bunnik

Foto 1 t/m 7, Fugro, A.J. Snethlage

