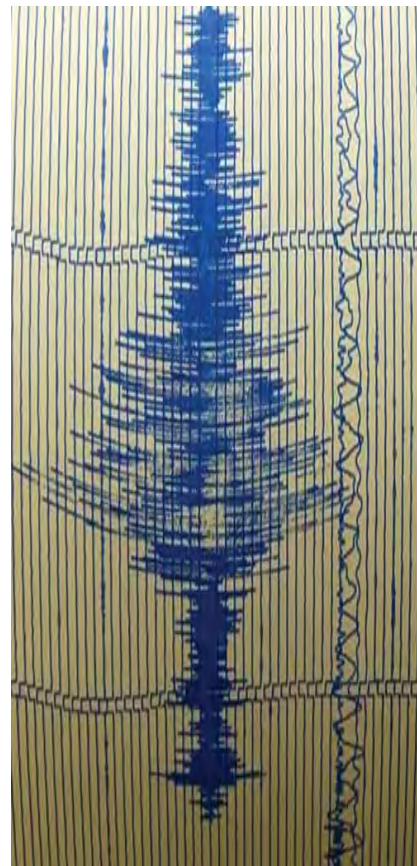




Nederland – Vlaanderen

VERSTERKING VAN FUNDERINGEN EN MONUMENTEN IN VERBAND MET BEWEGINGEN IN DE ONDERGROND



Amersfoort 2016

VERSTERKING VAN FUNDERINGEN EN MONUMENTEN IN VERBAND MET BEWEGINGEN IN DE ONDERGROND



Amersfoort, 22 april 2016

Editor:
Michiel van Hunen
Bert van Bommel
Els Verstrynge

NEDERLAND

TU Delft – Faculteit Bouwkunde t.a.v. Wido Quist | Postbus 5043 | NL-2600 GA Delft
T: +31 (0)639251159 | E: w.i.quist@tudelft.nl
Bank: NL31ABNA0427726158

VLAANDEREN

KULeuven t.a.v. Kristine Loonbeek | Kasteelpark Arenberg 40 bus 2448 | B-3001 Heverlee
T: +32 (0)16321654 E: Kristine.Loonbeek@bwk.kuleuven.be
Bank: BE52738027352709

PROGRAMMA

- 09.15 Ontvangst en registratie.**
- 09.45 Welkom en opening.**
Rob van Hees, Voorzitter WTA Nederland-Vlaanderen
Paul Schaap, Rijksdienst voor het Cultureel erfgoed, dagvoorzitter
- 10.00 Traditionele versterkingsmaatregelen voor aardbevingsschade in aardbevingsschade landen.**
Mischa Falger en Mark Spanenburg, BAM Advies & Engineering
- 10.30 Effect van (verkeers)trillingen op gebouwen.**
A.J. Snethlage en J. Vosdingh Bessem, Fugro GeoServices B.V.
- 11.00 Koffiepauze.**
- 11.15 Onderzoek en modellering van aardbevingsschade in metselwerk.**
Joop Paul, TU Delft en Arup, Pepijn Vermolen en Erik Siemer, Arup
- 12.15 Afsluiting ochtend.**
- 12.30 Lunch.**
- 13.30 Funderingstechniek en het opvijzelen van gebouwen.**
Jan-Willem Oome, TM Techniek en Methode
- 14.00 Versteving en herstel van funderingen: enkele praktijkvoorbeelden.**
Yannick Stevens, Denys N.V.
- 14.30 Koffiepauze.**
- 15.00 Monitoring van zettingen bij werkzaamheden.**
Peter Heymans, Geomodus
- 15.30 Bouwkundig versterken: een winnend concept**
*Paul Hooijschuur, Pieters Bouwtechniek, Jan Zuidema, Remmers
Bouwchemie en Eric Duijverman, Thor Helical Benelux*
- 16.00 Discussieronde.**
- 16.30-17.30 Afsluitende receptie.**

VOORWOORD

Bewegingen in de ondergrond als gevolg van bouwwerkzaamheden, zwaar verkeer, mijnbouw of aardbevingen blijken met regelmaat schade te veroorzaken aan monumentale gebouwen. Ook het verplaatsen van een gebouw kan reden zijn om een fundering te vernieuwen of het gebouw constructief te versterken. Het spreekt voor zich dat elke aanleiding om in te grijpen een eigen voortraject en specifieke maatregelen vraagt. Ondanks grote verschillen zijn er qua aanpak en werkzaamheden ook veel overeenkomsten.

Zo zijn in de voorbereidingsfase vaak uitvoerige meetprogramma's nodig om bodem, gebouw, zettingen of belasting te karakteriseren. Vervolgens is het meestal noodzakelijk om het gebouw inclusief fundering en de belastingen te modeleren en door te rekenen. Ook het ontwerp en aanbrengen van een nieuwe fundering of funderingsversterking is vaak aan de orde, zoals bij het aanbrengen van base isolation of bij het verplaatsen van een gebouw.

Voor veel monumenteigenaren, beheerders, architecten en ambtenaren is de problematiek moeilijk grijpbaar. De specialistische kennis, rekenmodellen en uitvoeringstechnieken zijn lastig te doorgronden waardoor de uitkomsten en voorgestelde maatregelen vaak een voldongen feit zijn; voor die betrokkenen kan het daardoor lastig zijn om gefundeerde keuzen te maken.

In het geval van de aardbevingsproblematiek in Groningen is het ook voor wetenschappers en gespecialiseerde ingenieurbureaus nog volop zoeken naar kennis, uitgangspunten, rekenmethoden en passende versterkingsmaatregelen. Bij historische gebouwen spelen bij keuzen ook de 'zachte' cultuurhistorische waarden een belangrijke rol die lastig zijn af te wegen tegen de 'harde' technische feiten. Kortom, genoeg redenen om hierover een studiedag te organiseren en kennis uit te wisselen.

Deze studiedag is een vervolg op de voorgaande WTA studiedag "schade aan bouwkundig erfgoed door bewegingen in de ondergrond", die op 20 November 2015 in Antwerpen plaatsvond. Tijdens die dag lag het accent op het ontstaan en de gevolgen van door steenkool- en gaswinning geïnduceerde zettingen en bevingen. Bij de huidige studiedag ligt de nadruk meer op de praktische en technische uitvoeringsaspecten van herstel- of verstevigingswerkzaamheden aan gebouw, fundering of bodem.

Op de studiedag wordt aandacht besteed aan het effect van en maatregelen tegen (verkeers)trillingen op gebouwen en aan het monitoren van zettingen. Ook funderingstechnieken, het opvijzelen en rechtzetten of verplaatsen van historische gebouwen komen, mede aan de hand van casuïstiek, aan de orde. In Nederland lopen momenteel aanzienlijke versterkingsprogramma's om huizen in de provincie Groningen veiliger te maken. Op de studiedag wordt een overzicht gegeven van maatregelen die in "traditionele" aardbevingslanden worden getroffen en wordt uitvoerig ingegaan op onderzoek naar gedrag van metselwerk, modellering en versterkingsmaatregelen.

De studiedag is interessant voor iedereen die verantwoordelijk is voor of betrokken is bij constructieve problemen of opgaven waarbij de bodem onder of naast het gebouw een bijzondere rol speelt. De studiedag werd voorbereid door het bestuur van WTA Nederland-Vlaanderen en vindt plaats bij de Rijksdienst voor het Cultuur Erfgoed in Amersfoort. Het wetenschappelijk programma werd uitgewerkt door de bijzondere werkgroep, bestaande uit Michiel van Hunen, Bert van Bommel, Els Verstrynge en Kris Brosens. Dagvoorzitter Paul Schaap, programmaleider Monumenten & Aardbevingen bij de Rijksdienst, leidt de dag in goede banen.

Amersfoort, 22 april 2016
Michiel van Hunen

INHOUDSOPGAVE

Mischa Falger
Mark Spanenburg

**Traditionele versterkingsmaatregelen voor
aardbevingsschade in aardbevingslanden.**

Snethlage A.J.
Jasper Vosding Bessem

Effect van (verkeers)trillingen op gebouwen.

Joop Paul
Pepijn Vermolen
Erik Siemer

**Onderzoek en modellering van aardbevingsschade in
metselwerk.**

Jan-Willem Oome

Funderingstechniek en het opvijzelen van gebouwen.

Yannick Stevens

**Versteving en herstel van funderingen: enkele
praktijkvoorbeelden.**

Peter Heymans

Monitoring van zettingen bij werkzaamheden.

Paul Hooijschuur
Jan Zuidema
Eric Duijverman

Bouwkundig versterken: een winnend concept

TRADITIONELE VERSTERKINGSMAATREGELEN VOOR AARDBEVINGSSCHADE IN AARDBEVINGSLANDEN

Mischa Falger en Mark Spanenburg
BAM Advies & Engineering

Het omgaan met aardbevingen voor monumenten is anders dan voor nieuwbouw. BAM heeft een brede ervaring in het herstellen van monumenten (Schakel en Schrale) en met aardbevingen (kenniscentrum aardbevingen van BAM Advies & Engineering).

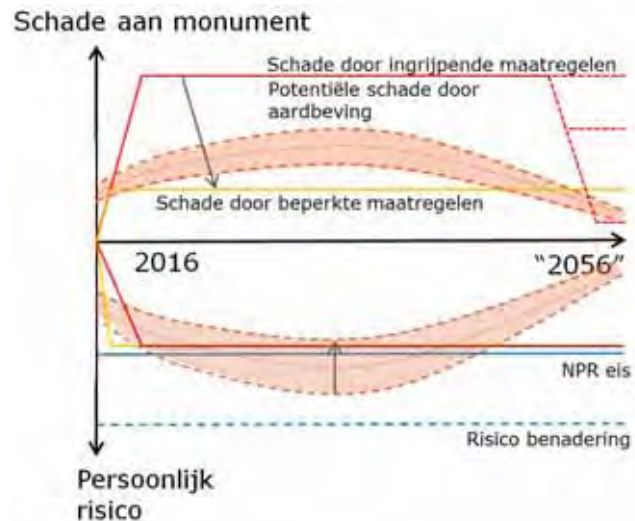
De berekening van bouwwerken op aardbevingen in Groningen heeft met de NPR 9998 in combinatie met de Eurocodes goede handvatten gekregen. Vanuit de witte NPR worden eisen gesteld aan nieuwbouw en verbouw. Echter, er wordt voor nieuwbouw meer vastgelegd dan voor verbouw. Voor bestaande panden wordt er vanuit de NPR alleen geëist dat deze niet instort, het zogenaamde Near Collapse criterium. Mensen kunnen na een aardbeving het pand nog veilig verlaten, maar het vastgoed is afgeschreven.

Voor het ontwerpen en berekenen van aardbevingsbelasting kan ook uitgegaan worden van de grenstoestand schadebeperking (Damage Limitation). Voor nieuwbouw worden hier aardbevingsbelastingen voor gegeven, maar voor verbouw niet. Dit dient met de opdrachtgever overeengekomen te worden. Dit biedt kansen voor de opdrachtgever en het monument.

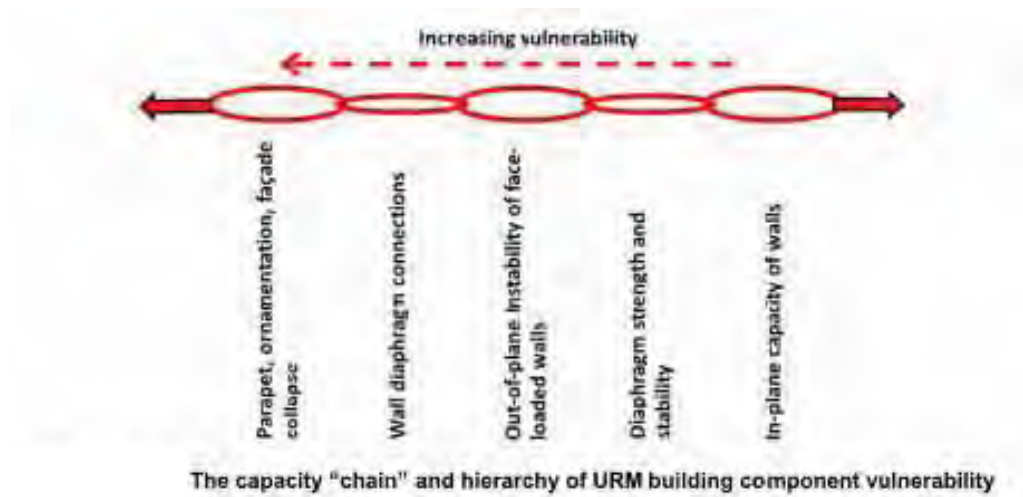


Essentieel bij monumenten is dat de monumentale waarde behouden blijft. Dit betekent dat sommige onderdelen zeer belangrijk zijn en onaangetaast moeten blijven in tegenstelling tot mogelijk andere onderdelen. Onaangetaast door de aardbeving, maar ook door ingrijpende versterkingsmaatregelen. Deze kunnen namelijk ook tot schade leiden. In de beschouwing voor risicobeperking, dient de schade als gevolg van maatregelen afgewogen te worden tegen de aardbevings schade, waarbij het gehele monument in ogenschouw moet zijn genomen. Belangrijke vragen die men zich bij de keuze tot versterken en de bijbehorende maatregelen moet stellen zijn:

1. Wat bepaalt de monumentale waarde?
2. Welke benadering is acceptabel: grof of fijn?
3. Hoe verhoudt zich dat tot de kosten?
4. Wat zijn de eisen: schade beperken of voorkomen instorting?
5. Wat zijn de zwakste elementen en welke risico's hangen hiermee samen? Risico blijft uiteraard leidend.
6. Aardbevingen in Groningen zijn tijdelijk. Oplossingen kunnen ook van tijdelijke aard zijn.



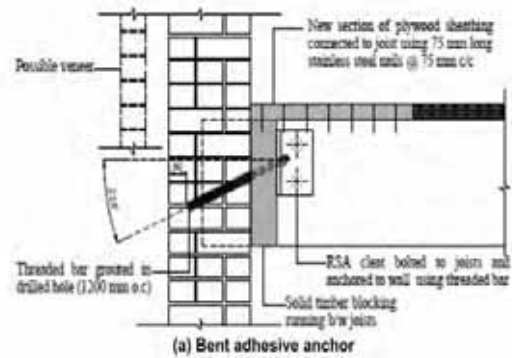
Bij het versterken zijn risico's, of omgekeerd kwetsbaarheid, leidend. De volgorde van kwetsbaarheid is borstweringen op daken, ornamenten, wand-vloer aansluitingen, uit het vlak belaste wanden, schijfwerking van vloeren en in het vlak belaste wanden. Bij monumenten verdient het aanbeveling alle problemen in één "behandeling" aan te pakken.



Gangbare versterkingsmaatregelen zijn:

- Vloer / wand aansluitingen
- Wand en uit het vlak steunen
- Schijfwerking herstellen
- Metselwerk voorspannen (inwendig / uitwendig, evt. tijdelijk).
- FRP – zichtbaar of onzichtbaar
- Afspellen, versterken, terugbrengen
- Inwendige constructie aanbrengen
- Lokaal constructie verwijderen en versterkt terugbrengen.
- Base Isolation.

Seismische degelijke vloer-wand aansluitingen zijn essentieel voor de samenhang van het gebouw. Deze zorgen ervoor dat wanden niet uit het vlak van het gebouw af kunnen bewegen en koppelen wand en vloerschijven tot een stijvere doos (afhankelijk van het aantal gevel en vloeropeningen). Het uitvoeren van deze maatregelen is relatief eenvoudig en de winst is groot.



Een ander kwetsbaar mechanisme is het bezwijken van wanden uit het vlak. Deze dienen gestabiliseerd te worden, waarvoor een legio aan maatregelen bestaan.

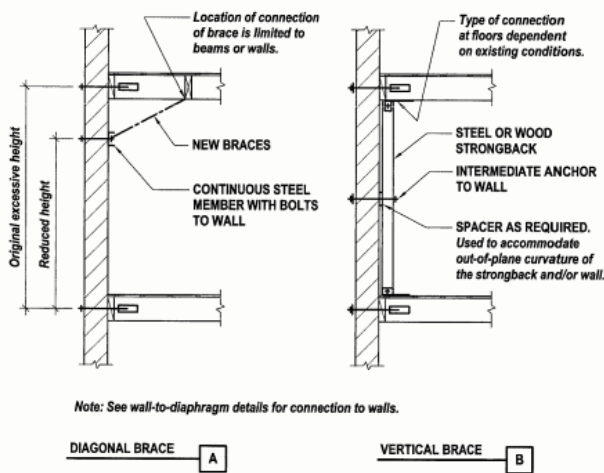


Figure 21.4.3-1: Exposed Out-of-Plane Wall Bracing

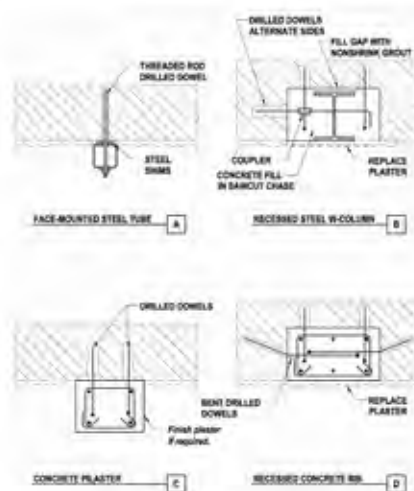


Figure 21.4.3-2: Vertical Bracing Alternatives

Versterkingen kunnen zowel inwendig als uitwendig worden aangebracht, zie hieronder.

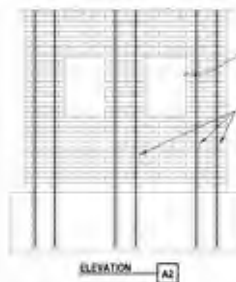
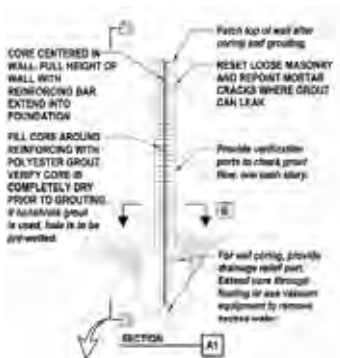


Figure 21.4.4-1A: Reinforced Core

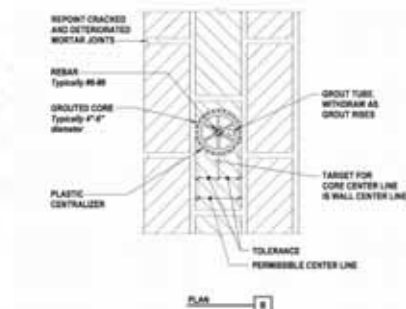
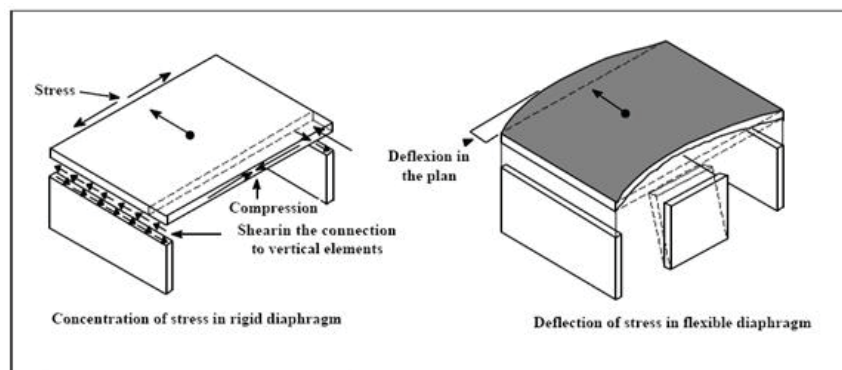


Figure 21.4.4-1B: Plan Detail of Reinforced Core in Masonry Wall

Wanneer de vloeren en wanden met elkaar samenwerken, is het vervolgens van belang dat deze voldoende stijfheid hebben. Met name voor de vloerschijf is dit van belang, omdat deze vervorming tot een extra uitbuiging in de wand leidt (zie plaatje b in de figuur hieronder).



Het verhogen van de stijfheid kan door nieuwe houten platen aan de bestaande vloerdelen te nagelen of indien de schijf in zijn geheel ontbreekt deze herstellen (bijv. met staal). Wat meer bijzondere versterkingstechnieken zijn metselwerk voorspannen of FRP toepassen. Bij voorspannen wordt een extra drukkracht op het metselwerk aangebracht zodat de capaciteit aanzienlijk toeneemt. Daarnaast neemt de kans op schade en/of scheurvorming ook in grote mate af. Voorspanning kan uitwendig aangebracht worden, zonder dat het enorm in het oog springt, zie onderstaande foto. Inwendig voorspannen is ook een optie.



De andere bijzondere techniek is FRP. Dit kan door doorzichtige doeken tegen metselwerk aan te lijmen. Een andere nieuwe ontwikkeling is Quake Shield, wat ondoorzichtig is, maar extra capaciteit levert door de in te frezen lamellen. Aandacht bij FRP dient altijd uitgegaan te worden naar de aansluitingen, omdat FRP in basis alleen het metselwerk versterkt. De aansluiting worden hiermee dus de zwakke schakel en dienen met andere methoden (bijv. mechanisch) versterkt te worden.

Daarnaast kunnen constructies versterkt worden een inwendige constructie aan te brengen, of door deze lokaal te verwijderen en versterkt terug te brengen.

Ten slotte bestaat er nog de mogelijkheid om base isolation toe te passen. Het gebouw wordt hierbij geïsoleerd van de bron (grond / aardbeving) en kan de trilling daardoor maar beperkt aan het gebouw doorgeven. Voordelen zijn schadebeperking, voorkomen / beperken van scheurvorming en in geval van paalfunderingen een enorme reductie op de horizontale paalbelasting. Laatstgenoemde kan oude fundaties voor nogal wat problemen zorgen.

Al met al dient vooraf goed inventariseert te worden wat de monumentale waarde van het pand bepaald, waar de risico's liggen en welke eisen er gesteld worden. Bij het toepassen van versterkingsmaatregelen, dienen deze vaak tot een minimum beperkt te worden om schade door het versterken op zich te voorkomen. Geavanceerde rekenmethodieken zoals Pushover analyses en Time history berekeningen kunnen hierbij helpen, maar er dient dan wel rekening gehouden te worden met complexe modellen en lange reken- en beoordelingstijden. Kortom, bezint eer ge begint!

Neem gerust contact met ons op voor vragen.

Mischa Falger (06-15879661) en Mark Spanenburg (06-52826951) van BAM Advies & Engineering

EFFECT VAN (VERKEERS)TRILLINGEN OP GEBOUWEN

A.J. Snethlage en J. Vosdingh Bessem
Fugro GeoServices B.V.

1. Inleiding

Op het moment dat een gebouw onderhevig is aan verzakkingen kan schade optreden. Scheurvorming treedt in dit soort statische gevallen op als gevolg van een ongelijkmatige verplaatsing van het funderingselement. Als gevolg van een dynamische belasting b.v. een trilling als gevolg van bouwactiviteiten, door passages van (rail)verkeer of aardbevingen, ondergaat het gebouw een beweging die tot schade kan leiden.



Fig. 1: Schadebeelden als gevolg van trillingen

Trillingen worden beoordeeld conform de Stichting Bouw Research (SBR) richtlijnen A, B en/of C. Om een beoordeling te kunnen maken dienen de trillingen gemeten / gemonitord te zijn. Op het moment dat geconcludeerd wordt dat de trillingen ontoelaatbaar zijn (er is risico op schade / hinder), dienen maatregelen genomen te worden. De uitgebreidheid van de monitoring is afhankelijk van het doel van de meting. Voor enkel het uitvoeren van een beoordeling kan volstaan worden met een standalone meetsysteem (gefoon) geplaatst aan de gevel en/of op de vloer. Voor beoordeling tezamen met adviezen voor reducerende maatregelen dient zowel inzicht verkregen te zijn in afdracht in de grond (damping) als overdracht naar gevel en vloeren. Hiertoe dient een versnellingen meetsysteem gehanteerd te worden waarbij een onderlinge correlatie tussen de meetpunten verkregen wordt.

Trillingsreducerende maatregelen kunnen worden toegepast bij de bron, in de grond (trillingscherm) en bij het gebouw. Afhankelijk van de benodigde reductie kunnen meerdere maatregelen toegepast moeten worden, bijvoorbeeld de funderingsdikte van de weg vergroten in combinatie met het wapenen van de weg en het toepassen van een trillingscherm.



Fig. 2: Trillingsbronnen: verkeer, aardbeving, bouwactiviteiten

2. Mechanisme van de trillingen

Bij trillingen is altijd sprake van een trillingsbron, een medium (in dit geval grond) dat de trillingen doorgeeft en een ontvanger (woning / persoon / apparaat). Bij de bron worden de trillingen in de grond opgewekt, het gebouw/object “ervaart” de trilling op funderingsniveau (funderingsstroken of palen). Het verkeer of het trillen van damwanden dan wel het heien van palen is doorgaans de trillingsbron.

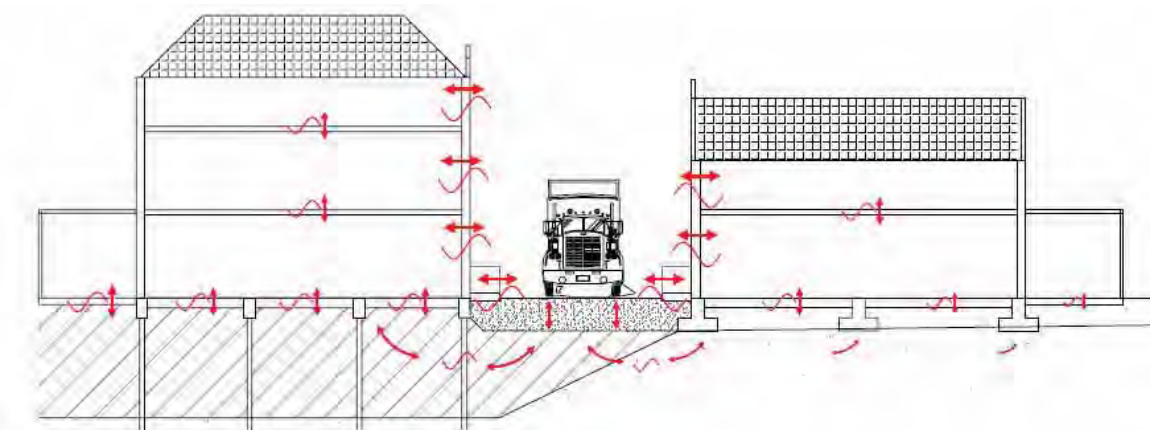
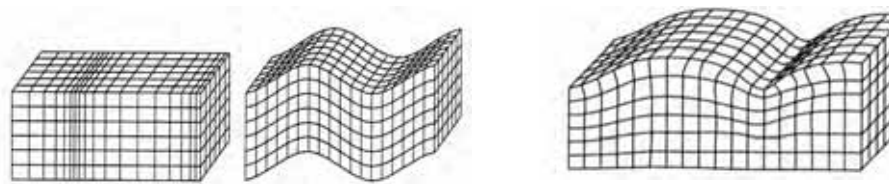


Fig. 3: Interactie tussen trillingsbron en ontvanger

De trillingen veroorzaken in de grond zowel plastische als elastische (grond)vervormingen. Er ontstaan trillingsgolven, zoals de druk-, afschuif- en Rayleighgolf, zie figuur 4. De golven planten zich in alle richtingen voort, waarbij de golven aan de oppervlakte, bij een laagovergang of bij een bouwwerk, een reflectie en omzetting van de trillingsgolven (refractie) ondergaan. Een interferentiepatroon van bodembewegingen ontstaat.



Druk golf (links) schuifgolf (rechts)

Rayleigh golf

Fig. 4: Verschillende trillingsgolven

De grootte van de beweging op het maaiveld (of op diepte) wordt bepaald door de aanstootkracht van de bron, door de bodemopbouw en de afstand tot de bron. Circa 10% van de oorspronkelijk ingebrachte energie wordt opgenomen door de snelste golf, de drukgolf, 25% wordt door de schuifgolf en 65% wordt door de langzaamste golf, de Rayleighgolf opgenomen. De beweging van een gronddeeltje is zowel horizontaal als verticaal, in de vorm van een ellips en kan vergeleken worden met de beweging van een watergolf. De maximale amplitude van de beweging (golf) neemt af met een toenemende afstand tot de bron en door materiaaldemping.

De golfvoortplanting in een zachte / slappe bodemopbouw is laag (grote demping), terwijl de golfvoortplanting in een harde / stijve bodem juist snel is (lage demping), zie figuur 6.

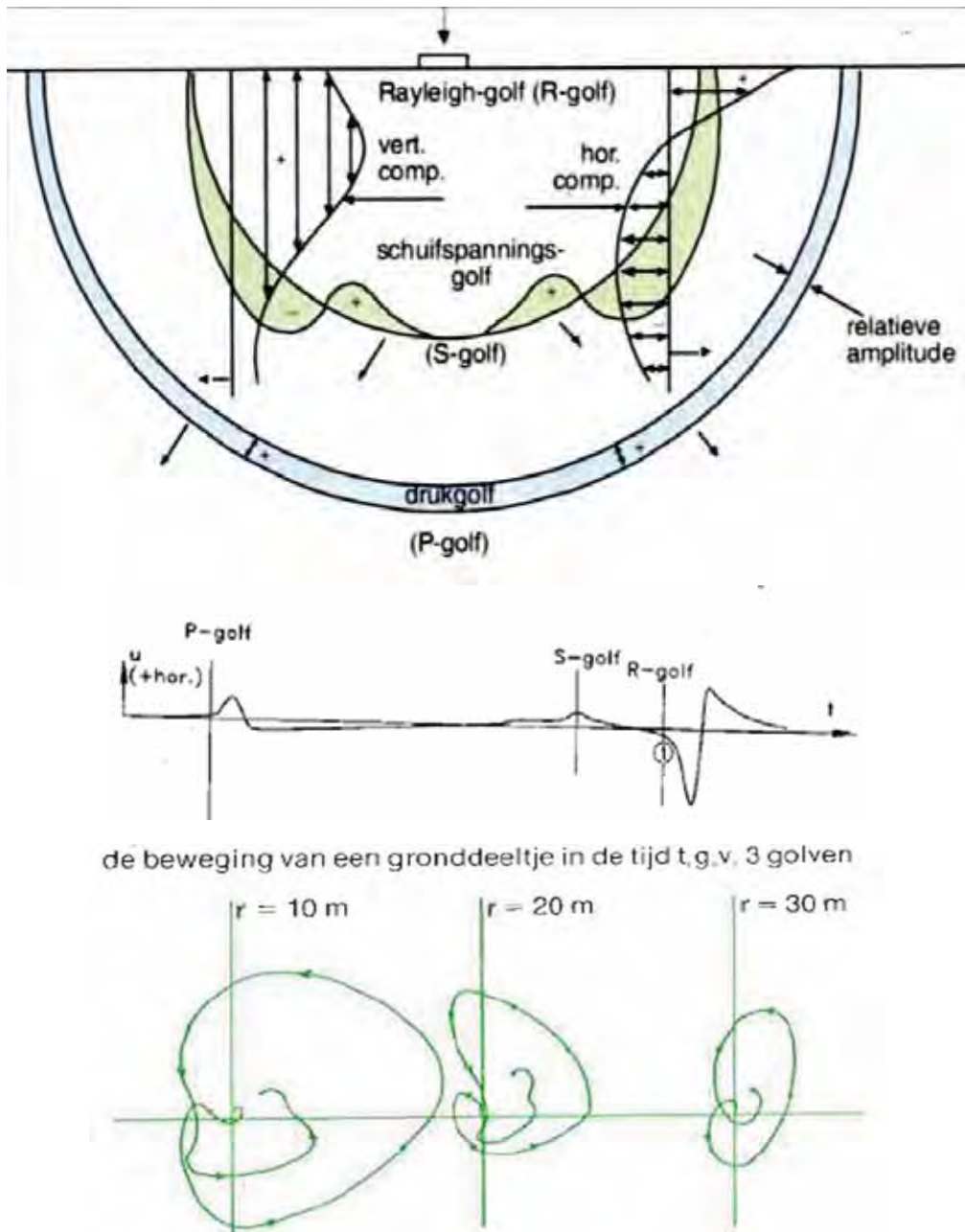


Fig. 5: Golffront, aankomst golven en beweging gronddeeltje

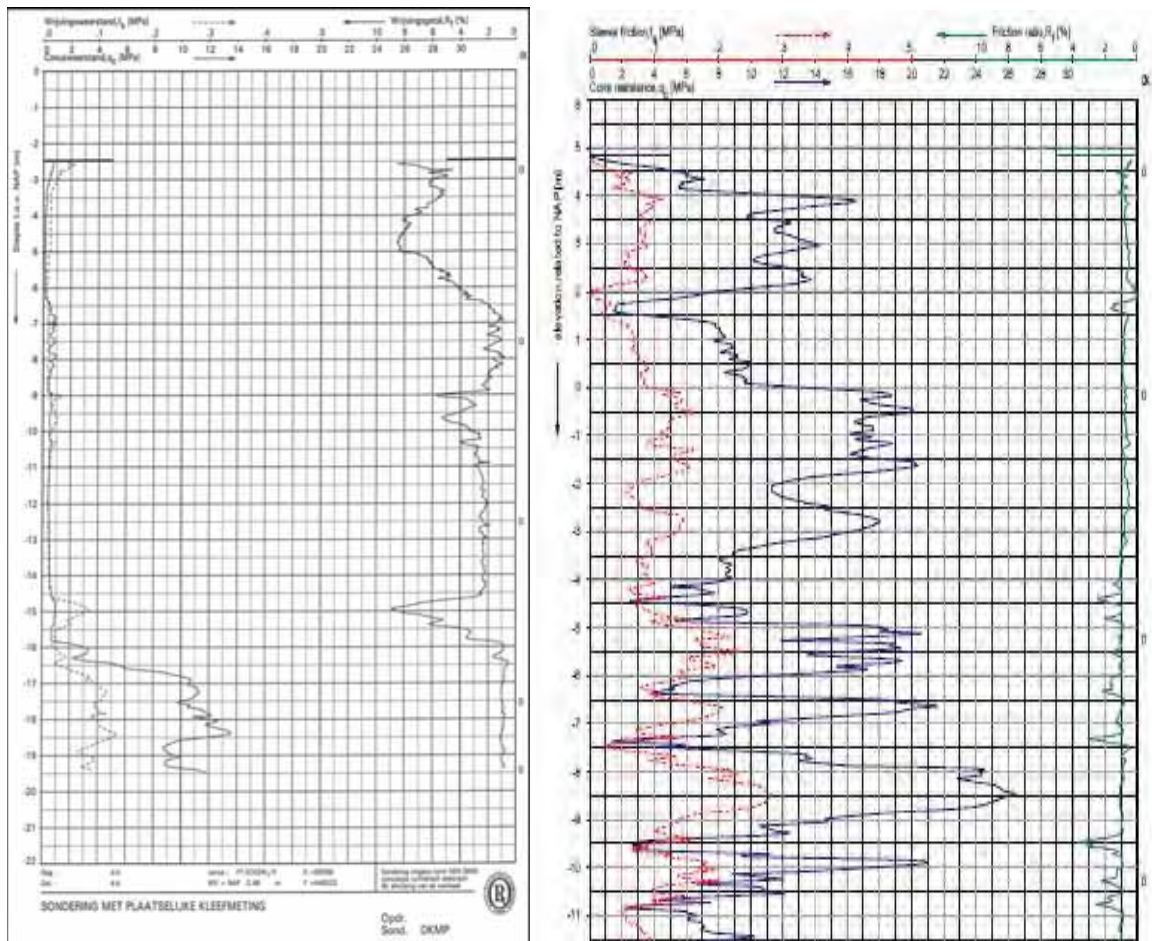


Fig. 6: Grondonderzoek, sonderingen, slappe ondergrond (links) harde ondergrond (rechts)

De sondeergrafieken uit figuur 6 worden verkregen door een sondeerconus met een constante snelheid (2 cm/s) in de grond te drukken. De weerstand om deze conus in de grond te drukken heet de conusweerstand.

In slappe bodemlagen zoals klei en veen zal de sondeerconus weinig kracht nodig hebben om door deze lagen te drukken (lage conusweerstand). In vaste bodemlagen zoals zand is aanmerkelijk meer kracht nodig om door deze lagen te drukken (hoge conusweerstand). Met deze methode wordt een grafiek verkregen over de kracht die nodig is om door de grond te drukken. Deze grafieken geven informatie over de vastheid van de grond, waarop onder andere het draagvermogen van de grond kan worden bepaald, maar ook de mate waarin trillingen worden doorgegeven of gedempt.

3. Karakteristieken van een trilling

De trilling karakteriseert zich als een amplitude tezamen met een frequentie. De amplitude geeft de grootte of sterkte van de trilling aan, en wordt uitgedrukt in versnelling [m/s^2], snelheid [mm/s] of verplaatsing [μm]. De (dominante) frequentie f [Hz] wordt bepaald door het aantal wisselingen per seconde en verhoudt zich als $f = 1/T$, waarbij T de periode is, de tijdsduur van 1 zo'n 'wisseling'.

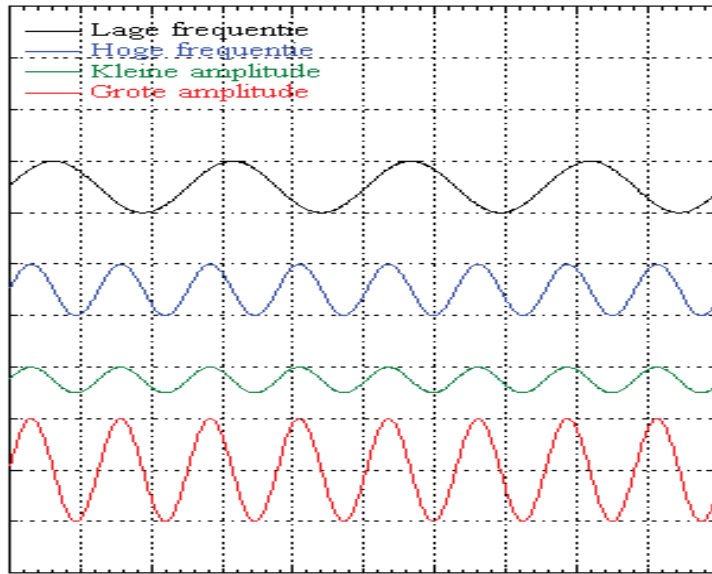


Fig. 7: Karakteristieken trilling

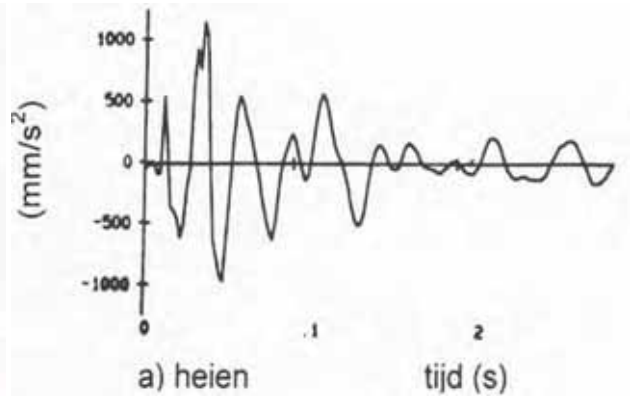
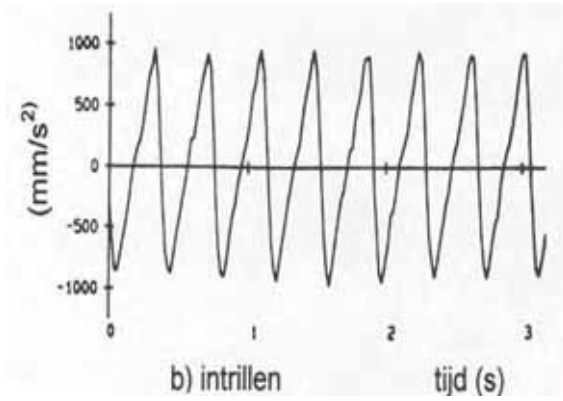


Fig. 8: Harmonische trilling, damwanden

herhaald kortdurende trilling, heien

4. Toetsingskader Trillingen

Trillingsintensiteiten worden getoetst aan de grenswaarden uit de SBR richtlijnen uit september 2006, uitgegeven door Stichting Bouw Research, Rotterdam. De Raad van State erkent de richtlijnen als uitgangspunt voor jurisprudentie. De huidige richtlijnen zijn ontstaan / ontwikkeld uit de beoordelingsmethodieken uit CUR 57 en de Duitse DIN 4150. In totaal zijn er 3 SBR-richtlijnen, namelijk:

- Richtlijn A: “Schade aan gebouwen”;
- Richtlijn B: “Hinder voor personen in gebouwen”;
- Richtlijn C: “Storing aan apparatuur”.

Naast de drie SBR richtlijnen voor beoordelen van schade door “directe trillingen”, is sprake van schade door “indirecte trillingen”. Door verdichting van los gepakt zand door trillingen, kan verschilzakking optreden. In het CUR 166 handboek “Damwandconstructies” is een methodiek ter bepaling van de drempelwaarde voor zand opgenomen. Op het moment dat de trillingsintensiteit hoger is dan de drempelwaarde treedt verdichting op. De beoordeling op “indirecte trillingen” is analoog aan de beoordeling op (verschil)zakkingen van funderings-elementen.

4.1. Grenswaarde SBR A “schade aan gebouwen”

De grenswaarde voor schade aan de draagconstructie en/of voor trillingsgevoelige funderingen (beoordelingsgrootte trillingsnelheid [mm/s]), wordt bepaald op basis van het type trillingsbron, de constructie- en funderingswijze van de bebouwing (categorie indeling) en de dominante frequentie. Volgens de richtlijn is de kans op schade aanvaardbaar klein (kleiner dan 1%) indien de rekenwaarde van de grenswaarden niet overschreden wordt. De volgende categorie-indeling geldt:

- categorie 1: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout;
- categorie 2: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk of uit brosse steenachtige materialen;
- categorie 3: onderdelen van oude en/of monumentale panden met grote cultuurhistorische waarde en/of in slechte staat verkerende gebouwen bestaande uit metselwerk.

Funderingen op staal worden over het algemeen als trillingsgevoelig aangemerkt. De reken-grenswaarde wordt verkregen door de karakteristieke waarde te delen door een partiële veiligheidsfactor voor de soort meting (uitgebreidheid van de meting). De grootte van de partiële factor varieert van een “indicatieve” (=1,6), een “bepaalde” (=1,4) tot een “uitgebreide” meting (=1,0). Conform SBR richtlijn A dienen de meetresultaten vermenigvuldigd te worden met deze factor. In de praktijk wordt bij het programmeren van de meters, de grenswaarde gedeeld door deze factor.

De rekenwaarden van de grenswaarden zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 1: Grenswaarden [mm/s] conform SBR - richtlijn A 'Schade aan gebouwen'

Dominante frequentie [Hz]	Karakteristieke waarden			Partiële veiligheidsfactor		Rekenwaarde grenswaarde trillingssnelheid ¹⁾			
	Cat. 1 [mm/s]	Cat. 2 [mm/s]	Cat. 3 [mm/s]	Heien / Trillen [-]	Fundering [-]	Cat. 1 [mm/s]	Cat. 2 [mm/s]	Cat. 3 [mm/s]	Fundering [mm/s]
10	20,0	5,0	3,0	1,5 / -	1,0	13,3 / 8,3	3,3 / 2,1	2,0 / 1,3	15,9
15	22,5	6,3	3,6	1,5 / -	1,0	15,0 / 9,4	4,2 / 2,6	2,4 / 1,5	10,6
20	25,0	7,5	4,3	1,5 / -	1,0	16,7 / 10,4	5,0 / 3,1	2,8 / 1,8	8,0
25	27,5	8,8	4,9	1,5 / -	1,0	18,3 / 11,5	5,8 / 3,6	3,2 / 2,0	6,4
30	30,0	10,0	5,5	- / 2,5	1,0	12,0 / 7,5	4,0 / 2,5	2,2 / 1,4	5,3
35	32,5	11,3	6,1	- / 2,5	1,0	13,0 / 8,1	4,5 / 2,8	2,4 / 1,5	4,6
40	35,0	12,5	6,8	- / 2,5	1,0	14,0 / 8,8	5,0 / 3,1	2,7 / 1,7	4,0

1) *excl. / incl. partiële veiligheidsfactor soort meting*

Bij heien van betonpalen of passages van verkeer geldt een frequentie van 10 Hz tot 15Hz. Bij het trillen van damwandplanken geldt een frequentie van 30 tot 40 Hz.

4.2. Streefwaarde SBR B "Hinder voor personen in gebouwen"

De streefwaarden voor hinder (beoordelingsgroottheid $v_{eff,max}$ [-] en v_{per} [-]), worden bepaald door de periode van de dag, de gebruikersfunctie van de beschouwde ruimten, de omstandigheid (type trillingsbron), het soort situatie (bestaand / huidig of toekomstig) en het aantal maal dat de trilling zich voordoet. Indien de trillingssnelheid beneden de streefwaarde blijft, mag verwacht worden dat geen hinder voor personen zal optreden. Voor passerend verkeer zijn de streefwaarden niet frequentie-afhankelijk en zijn voor de functie wonen en een lange duurperiode in onderstaande (bestaande situatie) opgenomen.



Tabel 2: Streefwaarden trillingssnelheid [-], voor bestaande situatie, functie wonen

Beoordelingsperiode	Streefwaarde A1 [-]	Streefwaarde A2 [-]	Streefwaarde A3 [-]
Dag en avond	0,10	0,40	0,05
Nacht	0,10	0,20	0,05

De streefwaarden zijn dimensie loos en worden getoetst aan $v_{eff,max}$ en v_{per} waarde (beide eveneens dimensie loos). De $v_{eff,max}$ / v_{per} waarde volgt uit de meetwaarde op de vloer in mm/s vermenigvuldigd met een wegingsfactor.

Toetsingsprocedure

De procedure is tweeledig. Indien de maximale effectieve waarde van de trillingssnelheid ($v_{eff,max}$) kleiner is dan streefwaarde A1, mag verwacht worden dat geen hinderbeleving optreedt. Indien streefwaarde A1 overschreden wordt, maar niet streefwaarde A2, dan treedt hinderbeleving op als de gemiddelde effectieve waarde van de trillingssnelheid (v_{per}) groter is dan streefwaarde A3. Indien streefwaarde A2 noch A3 overschreden wordt, is hinderbeleving niet aannemelijk.

Voelbaarheid en acceptatie trillingen

SBR B stelt dat *aanvullend* gebruik gemaakt kan worden van de navolgende kwalificatie van de hinder.

Tabel 3: Hinderkwalificatie(perceptie)

$V_{\text{eff,max}}$	Hinderkwalificatie
< 0,1	Geen hinder
0,1-0,2	Weinig hinder (bestaande situaties)
0,2-0,8	Matige hinder
0,8-3,2	Hinder
>3,2	Ernstige hinder

SBR richtlijn B vermeldt:

“Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin de trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.”

4.3. Streefwaarde SBR C “Storing aan apparatuur”

Omdat de diversiteit in trillingsgevoelige apparatuur groot is, geeft SBR richtlijn C geen directe toetswaarden voor apparatuur. Wel wordt een handreiking gegeven hoe de toetsing uit te voeren. Van belang is de locatie van de opgestelde apparatuur ten opzichte van het werk.

Gebaseerd op praktijkervaring kan uitgegaan worden van een toetswaarde van 0,05 g (g is in dit geval de valversnelling) tot 0,15 g. 0,05 g is een waarde die vaak bij medische optische apparatuur gehanteerd wordt, 0,15 g is een gangbare waarde voor reguliere computer-apparatuur en servers.



5. Trillingsreducerende maatregelen

Omdat schade dan wel hinderbeleving aan de orde kan zijn, dienen trillingsreducerende maatregelen uitgevoerd te worden. De maatregelen zijn aan de bron, in de grond of bij het pand uit te voeren (onderstaande tabel).

5.1. Maatregel bij de bron

Het verlagen van de rijsnelheid heeft de grootste invloed op de amplitude van de trillingen. Beperking van de verkeersintensiteit resulteert niet direct in een afname van de trillingen, echter wel in de beleving ervan. De aanstoot treedt immers minder vaak op.

Tabel 4: Trillingsreducerende maatregelen

Maatregel	Toepasbaar?	Hoe?
<u>Bij de Bron:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Snelheidsreductie • Verlaging verkeersintensiteit • Beperken tonnage 	ja nee nee	Max. snelheid 15 km/u Verkeer weren Lager tonnage verkeer
<u>In het Medium:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Afstand vergroten • Aanpassen wegconstructie • Trillingscherm 	nee ja ja	Dikker funderingspakket, Gladder maken wegconstructie, Opsluiten wegconstructie, Wegversmallingen Piepschuim (b.v. 0,5 x 2 m) direct naast weg of pand
<u>Bij de Ontvanger:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Aanpassen fundering • Aanpassen skelet • Trillingscherm 	nee nee ja	Piepschuim (b.v. 0,5 x 2 m) direct naast weg of pand

5.2. Maatregel in het medium

Door geometrische demping en materiaal demping zal bij toenemende afstand de trillingssnelheid afnemen. Op het moment dat asfalt (i.p.v. klinkers) wordt toegepast of de geometrie van de verkeersdrempel (als deze er ligt) wordt aangepast, zal de trilling afnemen.

Daarnaast heeft de dikte van het funderingspakket een zeer grote invloed op de trillingsamplitude. Bij toenemende funderingsdikte neemt de amplitude van de trilling sterk af.

Op het moment dat de granulaire funderingsdikte opgesloten wordt (gewapend met geogrid, zie figuur 9), wordt de dynamische stijfheid verhoogd en daarmee de beleving van de trilling verminderd. Dit in combinatie met een scheidend EPS constructie tussen weg en bebouwing, zal de beleving van het pand sterk verminderen. Met het scherm wordt de wegconstructie (aanstoot) geïsoleerd van de omgeving.



Te gebruiken bij o.a. ophogingen met de "omslagmethode"



Te gebruiken in o.a. wegen



Fig. 9: Voorbeeld geogrids en toepassing in de weg

De reflectie door het trillingscherm tussen de weg en het pand wordt gerealiseerd door voldoende stijfheidsverschil over voldoende dikte te creëren. De golflengte van de oppervlakte golven kan erg lang zijn (> 10 m). Vaak loopt een substantieel deel van de golfenergie ongehinderd door. Omdat de ruimte naast het gebouw vaak te beperkt is (of particulier terrein), wordt het scherm direct naast de weg aangebracht. Daarnaast kan bij de fundering geotechnische problemen optreden (instabiliteit fundering op staal).

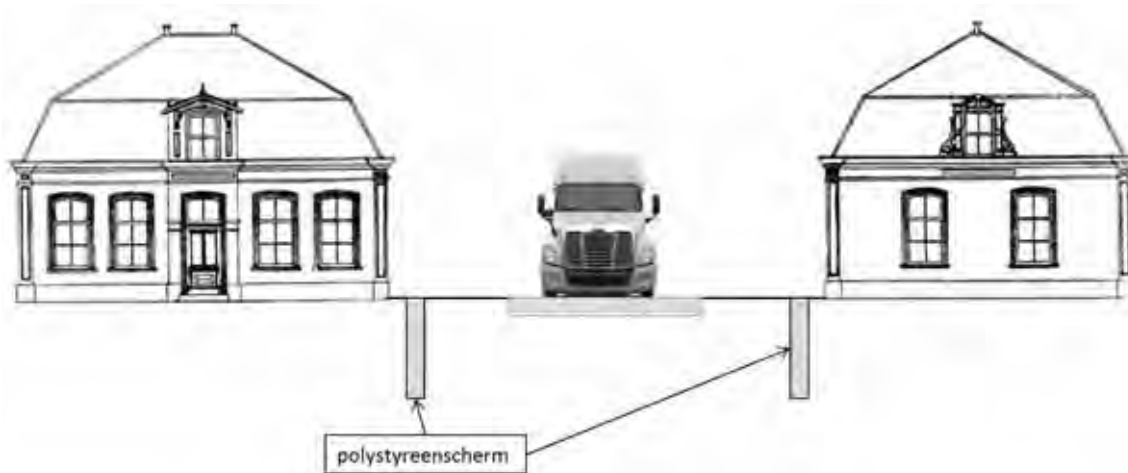


Fig. 10: Voorbeeld plaatsing scherm tussen weg en pand

6. Dimensionering maatregelen

Voor de bouwactiviteiten heien en trillen wordt de prognosemethodiek zoals deze is opgenomen in CUR - publicatie 166 "*Damwandconstructies*" gehanteerd. Bij de methodiek wordt onderscheid gemaakt in verschillende bodemkarakteristieken, verschillende wijzen van inbrengen en verschillende dimensies van het te installeren materieel. Met overdrachtsfactoren is de trillingsintensiteit aan de draagconstructie / op vloeren te bepalen.

Op basis van een bronwaarde en een demping van de grond (referentie afstand 5 m) wordt een intensiteit versus afstand bepaald. Afhankelijk van de grenswaarde voor schade of streefwaarde voor hinder, volgt een grootte van het invloedsgebied waarbinnen de waarde wordt overschreden. Binnen deze afstand zijn maatregelen benodigd.

Voor passerend (bouw)verkeer wordt het door TNO ontwikkelde prognoseprogramma VP-drempel gehanteerd. Op basis van 6 voor Nederland kenmerkende basis grondprofielen en een geometrie van een "verkeersdrempel" zijn met het programma de effecten van genoemde maatregelen te beschouwen. Voor het bepalen van de effectiviteit van de maatregel dient het model geijkt te worden met meetresultaten.

Met zowel VP-drempel als het CUR 166 prognosemodel is het niet mogelijk een trillingscherm te dimensioneren. Voor eenvoudige geometrische omstandigheden is een globale analytische beschouwing te doen, waarbij een benodigd reductiepercentage van belang is. Voor complexe geometrische situaties dient het geavanceerde eindig elementen rekenmodel PLAXIS gehanteerd te worden. PLAXIS bevat een dynamische module waarmee de effecten inzichtelijk te maken zijn. Het PLAXIS model dient geijkt te worden / zijn met meetwaarden uit het veld.

7. Metingen / iken prognosemodel

Trillingsmetingen worden doorgaans uitgevoerd ter beoordeling op schade (SBR A) of hinder (SBR B). Daarbij wordt gebruik gemaakt van standalone meetsystemen, waarop een gefoon als opnemer is aangesloten. Er wordt in drie orthogonaal op elkaar staande richtingen gemeten (XYZ), waarbij per ingestelde sampleperiode een meetwaarde wordt opgeslagen.

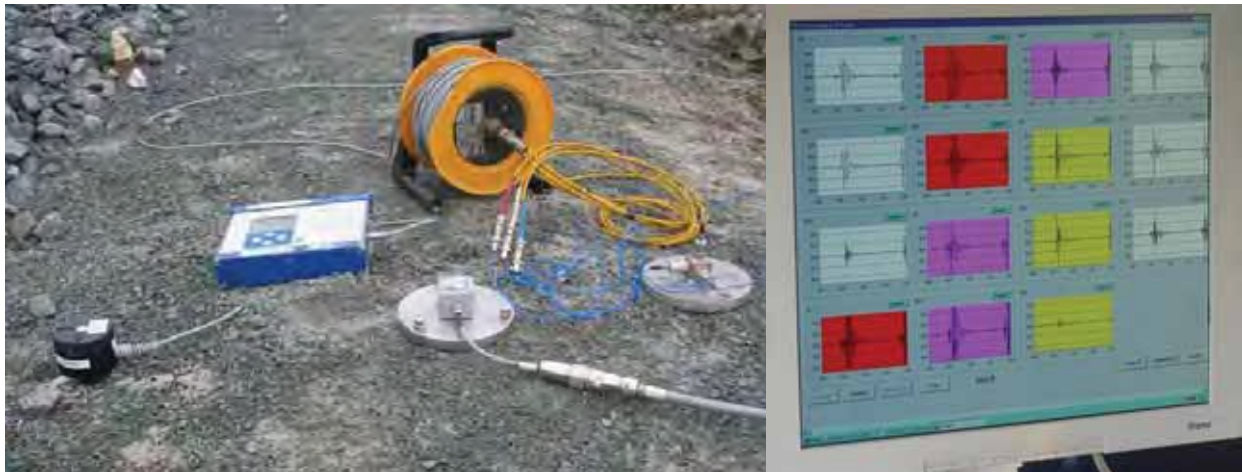


Fig. 11: Verscheidene trillingsmeetopnemers

Een standalone meetsysteem is niet afdoende om inzicht te krijgen in afdracht en overdracht van trillingen in grond en woning. Hiertoe dienen trillingsmetingen met versnellingsopnemers uitgevoerd te worden in meetpunten die aan elkaar gecorreleerd zijn, zowel in de grond, aan de draagconstructie als op vloeren. Het volledige trillingsbeeld is van belang. Van een passage van een voertuig wordt over een sampleperiode van 10 tot 20 sec van ieder meetpunt (XYZ) simultaan het volledige trillingsbeeld hoogfrequent opgeslagen.

Per meetpunt, per opgeslagen meetsignaal, wordt de data geanalyseerd naar versnelling (in de grond), naar snelheid (aan de draagconstructie) en naar effectieve waarde op de vloer. Omdat bekend is waar de meetpunten hebben gestaan is de analyse te maken van de meetwaarden versus de afstand. Omdat het karakteristieke trillingsbeeld van een passage van een voertuig sterk vergelijkbaar is met dat van een herhaald kortdurende trilling (b.v. heien) is de prognosemethodiek uit CUR 166 te gebruiken bij de analyses. Met een slimme meetuitvoering kunnen de overdrachtsfactoren in grond en woning herleid worden.



Meetpunten aan de gevel en op maaiveld voor de gevel (versnellingsopnemers XYZ)

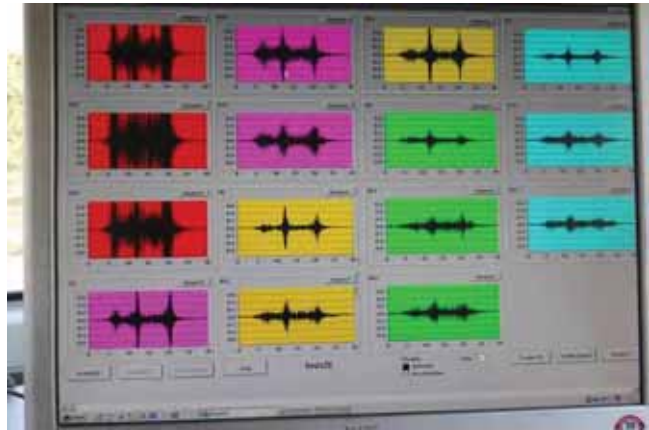


Meetpunten aan de gevel en op maaiveld voor de gevel (versnellingsopnemers XYZ)

Figuur 12

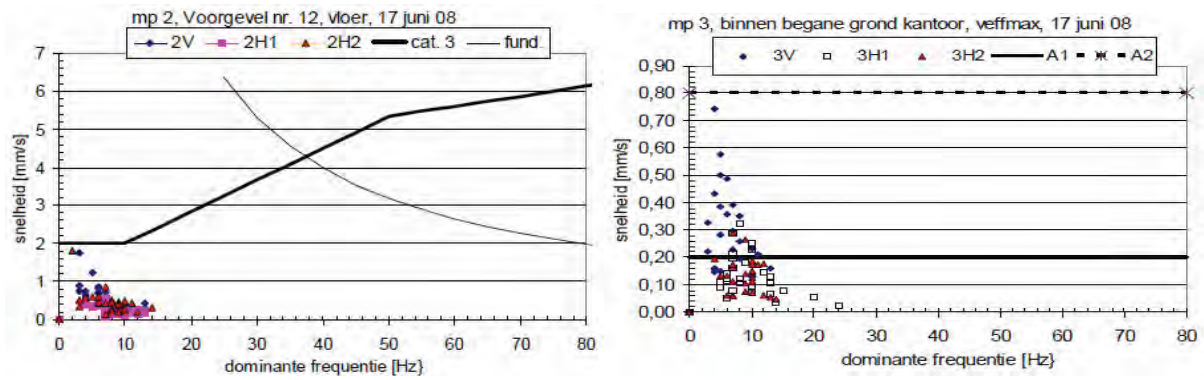


Meetsystemen: Standalone trillingsmeter (gefoon)



Meetsystemen: Onderling gecorreleerd meet-systeem (versnellingsopnemers), per kleur een meetpunt XYZ

Figuur 13



Analyse en beoordeling meetpunt aan de gevel (SBR A) Analyse en beoordeling meetpunt op de vloer (SBR B)

Figuur 14

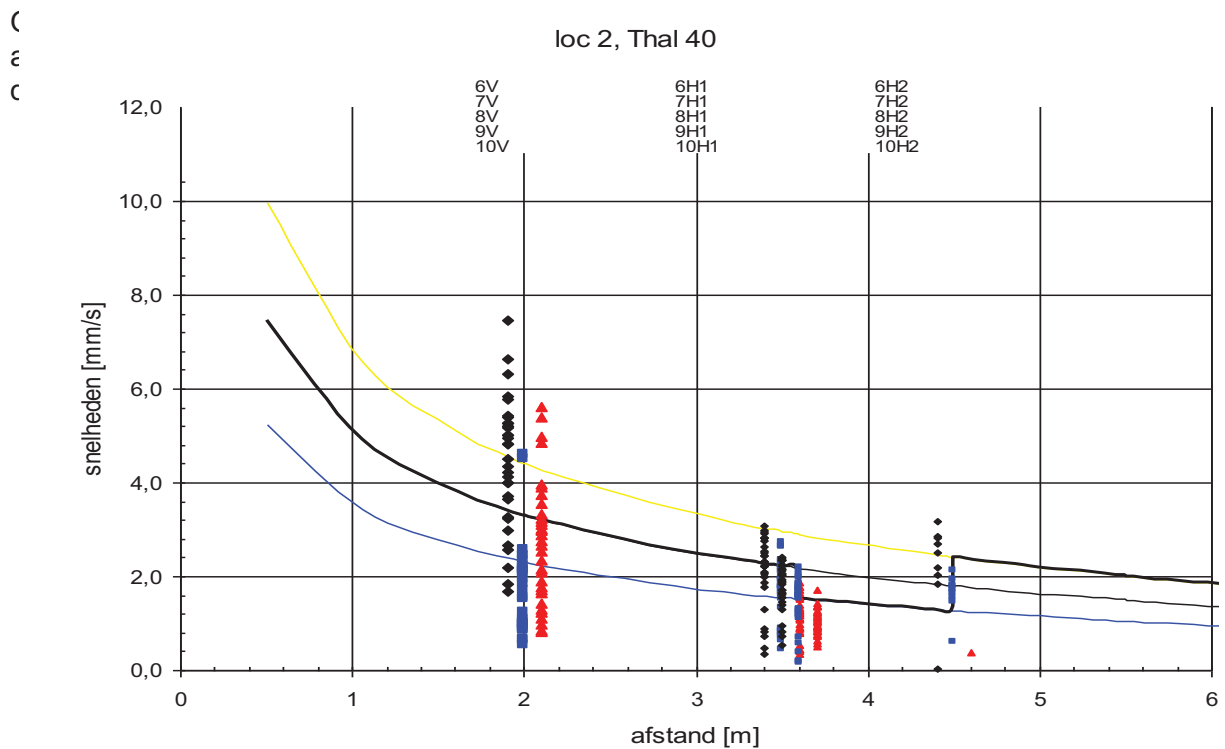


Fig. 15: Analyse meetresultaten versus de afstand, CUR 166 prognosemethodiek, overdrachtsfactoren

8. Trillingscherm (Polystyreenscherm)

Omdat de maatregelen aan de bron en aan de ontvanger (woning) vaak niet haalbaar of achterhaald zijn, wordt vaak de oplossing om de trillingen te reduceren gezocht in het toepassen van het trillingscherm. Momenteel zijn met toepassen van een polystyreenscherm op diverse locaties in Nederland reductiepercentages van 70% tot 80% bereikt. In veel gevallen wordt door de bewoners aangegeven dat zij de trillingen niet meer of enkel

sporadisch voelen. Voorafgaand werden de trillingen als goed tot zeer goed voelbaar gekarakteriseerd en daarmee als hinderlijk ervaren.



Fig. 16: Polystyreen scherm naast de weg - Polystyreen scherm onder de weg

9. Metingen in waterkeringen (waterbouw)

Steeds meer wordt in of nabij waterkering gebouwd. Omdat de met de bouwwerkzaamheden opgewekte trillingen grote invloed op de waterkering (stabiliteit) kunnen hebben, worden tijdens de bouwactiviteiten in waterkering zowel waterspanningsmetingen als trillingsmetingen uitgevoerd. Door de trillingen worden wateroverspanningen gegenereerd die tot verlaagde korrelspanningen leiden. Instabiliteit van de waterkering treedt op indien de korrelspanningen (lees: weerstand van de kering) in combinatie met de trillingen (lees: belasting op de kering) te laag worden.



Hoogfrequent waterspanningsmetingen

Opstelling meetbus met trillings- en waterspanningsmetingen (bewaken stabiliteit kering)

Figuur 17

10. Naslagwerken

- Stichting Bouw Research (SBR), Meet- en beoordelingsrichtlijn: Trillingen, delen A t/m C, september 2006, ISBN 978-905367-428-4
- CUR-publicatie 166 (6^e herziene druk) "Damwandconstructies", Stichting CURNET, Gouda, juli 2012, ISBN 90 3760 063 8 (deel 1) en 90 3760 073 5 (deel 2)

ONDERZOEK EN MODELLERING VAN AARDBEVINGSSCHADE IN METSSELWERK

Joop Paul, TU Delft en Arup
Pepijn Vermolen en Erik Siemer, Arup

De beoordeling van seismische prestaties van bestaande gebouwen met eenvoudige rekenmethoden geeft inzicht in waarschijnlijke tekortkomingen, maar is vaak conservatief en kan leiden tot onnodige uitgaven. Met meer gedetailleerde (eindige-elementen)berekeningen is het mogelijk het gedrag van gebouwen nauwkeuriger te voorspellen, ook als het gedrag bepaald wordt door details of de interactie tussen meerdere elementen. Deze gedetailleerde berekeningen zijn arbeidsintensiever, maar lenen zich ook goed voor het beoordelen van historische gebouwen.

De toenemende belangstelling voor het beoordelen van de seismische capaciteit van bestaande gebouwen heeft behalve met constructieve veiligheid uiteraard ook te maken met het vaststellen van de financiële risico's en een kosten-batenanalyse van de te nemen maatregelen, zoals versterken of het aanbrengen van seismische isolatie bij de fundering (base isolation). Een niet-lineaire tijdsdomeinanalyse is uitgevoerd om nauwkeurig de seismische kwetsbaarheid te bepalen van gebouwen met ongewapend metselwerk in de regio Groningen.

1. Expliciete tijdsintegratie

LS-DYNA is een driedimensionaal, niet-lineair eindige-elementen-analyseprogramma. Initieel werd het programma ontworpen voor het modelleren van kortdurende gebeurtenissen, zoals stootbelastingen en explosies op militair en werktuigbouwkundig gebied. Inmiddels is het programma uitgebreid naar andere toepassingen als bouwconstructies, interactie tussen bodem en constructie en belasting door een aardbeving of langdurige gebeurtenissen, zoals grondzakkingen door bouwwerkzaamheden.

De in LS-DYNA toegepaste expliciete tijdsintegratietechniek is goed bruikbaar voor niet-lineaire seismische analyses, vooral wanneer de materiaalsterkte afneemt onder wisselende belasting. Een voordeel van LS-DYNA is de korte rekentijd, ook voor grote en complexe modellen. Dit wordt bewerkstelligd doordat LS-DYNA gebruik kan maken van een gedistribueerde geheugenmethode, waardoor gelijktijdig gebruik kan worden gemaakt van meerdere processors (via een Message Passing Interface communicatieprotocol (MPI)).

2. Eindige-elementenmodellering

Er zijn meerdere typen modellen mogelijk. In de meest geavanceerde modellen kan een gebouw worden gemodelleerd met een steen-voor-steen-methode, waarin de afzonderlijke bakstenen worden gemodelleerd met 3D-elementen, terwijl de voegen tussen de bakstenen worden gemodelleerd met 'interfaces' met vooraf gedefinieerde trek- en schuifsterkte en taaiheid (Fig. 1). Met de juiste keuze van materiaalmodellen en -eigenschappen voor de 3D-elementen kan dit model de verschillende vervormingen in- en uit-het-vlak en de bezwijkingsmechanismen die kunnen optreden in metselwerk gebouwen realistisch voorspellen, zoals weergegeven in de vergelijking tussen test en simulatie in figuur 2. De benodigde inspanning voor het genereren van het model en de benodigde rekenkracht is echter omvangrijk. Zo kost het met de meest efficiënte procedure, gelijktijdig draaiend op zestien processoren, zeven dagen om het model in figuur 1 te analyseren op een seismische beweging van de ondergrond van 10 seconden. Het is praktischer om metselwerk gebouwen te modelleren met grotere 2D-schaalelementen, zoals in figuur 3. De afzonderlijke bakstenen

en mortelvoegen worden hierbij niet expliciet weergegeven. In plaats daarvan worden speciale materiaalmodellen gebruikt, die effecten zoals het opengaan van lintvoegen of het schuiven van het metselwerk kunnen beschrijven. Voor zo een rekenmodel is ongeveer twintig keer minder rekestijd nodig dan voor de steen-voor-steen-modellen. Een analyse van hetzelfde model met 2D-schaalelementen kan, met zestien processoren, binnen één dag worden gedaan waarbij vergelijkbare resultaten worden gevonden (Fig. 4).

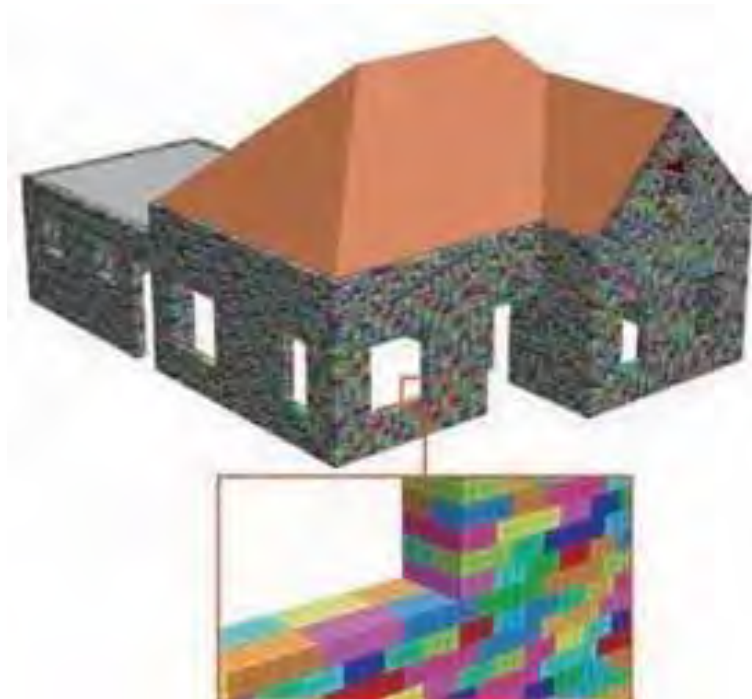


Fig. 1: Gebouw gemodelleerd met de steen-voor-steen methode

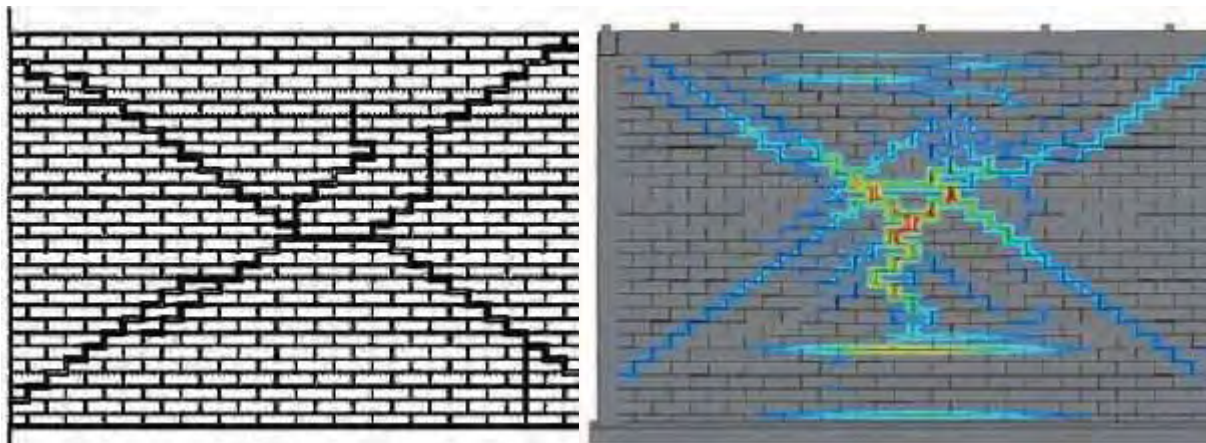


Fig. 2a en b: Steen-voor-steen software-model van een benchmarktest uitgevoerd om modelleertechnieken te valideren voor een muur [3, 5]. Figuur 2a laat het geobserveerde scheurpatroon van de muur zien; figuur 2b toont het voorspelde, gesimuleerde scheurpatroon met een eindige-elementenmethode.

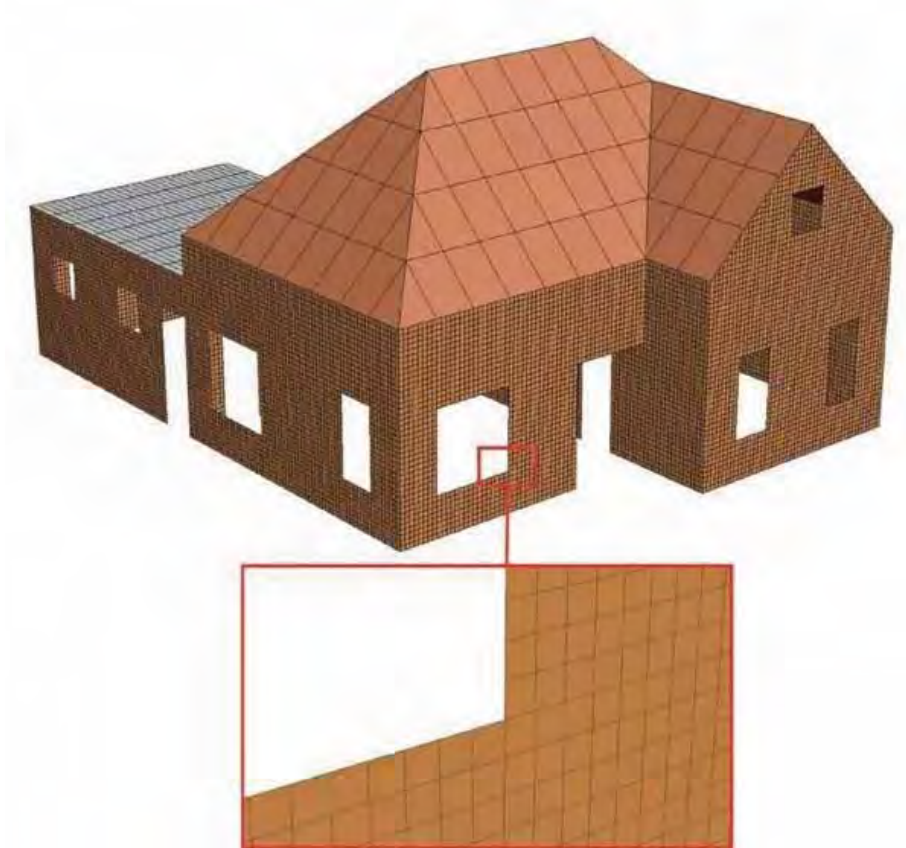


Fig. 3: Gebouw gemodelleerd met 2D-schaalelementen



Fig. 4: Details van monotone pushover-analyses van hetzelfde gebouw (fig. 3), gemodelleerd met de steen-voor-steen methode (links) en de 2D-schaalmethode (rechts). Vervormingen zijn vergroot.

De formulering van de materiaaleigenschappen is verfijnd voor het realistisch vastleggen van de verschillende (anisotrope) eigenschappen, inclusief scheurrichtingen, onderlinge hechting ('interlock') van de bakstenen in aangrenzende lagen en de achteruitgang van de sterkte en stijfheid met toenemende monotone en cyclische vervorming. Bezwijkingsmechanismen van het metselwerk uit-het-vlak kunnen ook nauwkeurig worden voorspeld.

3. Modelling vloer en dak

Hoewel de muren van ongewapend metselwerk vaak de kritische elementen zijn voor het bezwijkgedrag van een gebouw, moeten andere elementen binnen de constructie voldoende representatief worden weergegeven in het model. Gewapende betonvloeren worden gemodelleerd met gelaagde schaalementen, zodat de wapening correct in de doorsnede kan worden gepositioneerd. Het in LS-DYNA aangehouden materiaalmodel voor betonnen vloeren houdt rekening met mogelijk scheuren en samendrukken van het beton en het cyclische gedrag van het wapeningstaal. Houten vloeren en daken zijn relatief flexibel en vaak slecht verbonden met het metselwerk; deze karakteristieke eigenschappen moeten adequaat worden gemodelleerd voor een representatief gedrag van het gehele model.

4. Modelling verbindingen

Niet-bevingsbestendige constructies hebben over het algemeen verbindingen tussen elementen die niet of slecht in staat zijn om significante horizontale krachten over te brengen. Dit is een belangrijk kwetsbaar punt in gebouwen. Zo zijn houten vloeren meestal niet verbonden met alle wanden, maar worden ze alleen gedragen door de wanden waarin de dragende vloerbalken zijn opgelegd, waarbij, als er geen ankers zijn aangebracht, wrijving het enige mechanisme is dat horizontale krachten kan overbrengen. Veelal zijn de verbindingen in gebouwen van ongewapend metselwerk niet ontworpen tegen seismische krachten. In eindige-elementenmodellen zijn constructie-elementen vaak verbonden via niet-lineaire balk-elementen, veer-elementen of wrijvingscontacten. Figuur 5 is een voorbeeld van een voorspelling van bezwijken door de tekortkomingen van verbindingen – in dit geval het bezwijken van de spouwankers.

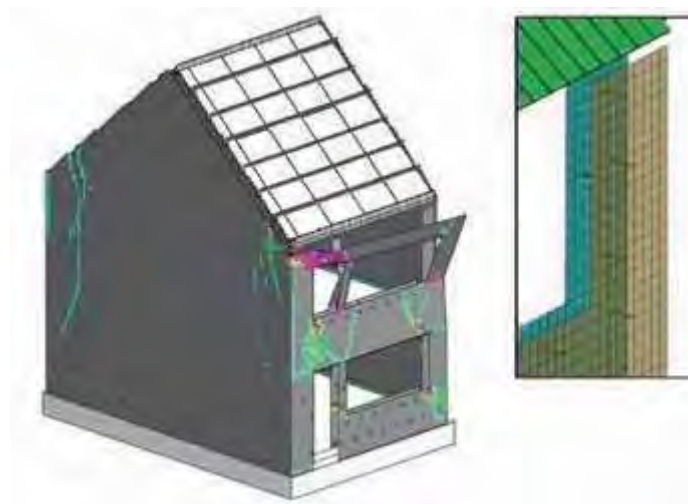


Fig. 5: Bezwijken van een buitenspouwblad door onvoldoende capaciteit van spouwankers. In het kader een detail met binnen- en buitenspouwbladen verbonden door spouwankers.

5. Interactie ondergronden

De traditionele benadering van een seismisch ontwerp gaat uit van een vaste oplegging bij de funderingen. Bij de analyse wordt meestal aangenomen dat de verwachte beweging van het 'vrije veld' ondergrondoppervlak wordt toegepast op de fundering. Bij een zachte ondergrond kan de massa van het gebouw van invloed zijn op de reactie van de ondergrond. Bovendien kunnen de vervormingen van de fundering en/of ondergrond aanzienlijk zijn in vergelijking tot

de vervormingen van de constructie zelf. 'Plaatselijk' kantelen en (verschil)zakkingen zijn reële gevolgen. Om deze redenen wordt vaak een deel van de ondergrond meegenomen in de seismische analyses (fig. 6). LS-DYNA is in staat om de niet-lineaire dynamische respons van de ondergrond te modelleren en te simuleren. Heipalen of andere details kunnen hierbij worden opgenomen in de analyse.

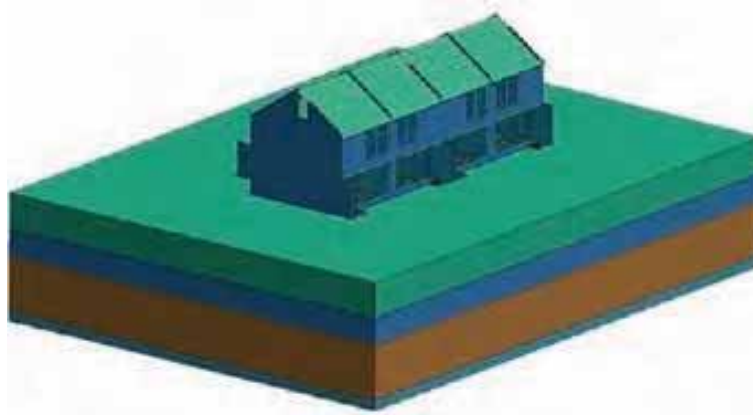


Fig. 6: LS-DYNA-model van gebouw met een blok van de ondergrond

6. Validatie

Geen enkele computersimulatiemethode is geloofwaardig, tenzij zorgvuldig gevalideerd. Validatie wordt waar mogelijk uitgevoerd met proeven, experimenten op schaalmodellen en modellen op ware grootte en vergelijkingen met andere rekenprogramma's. Met betrekking tot ongewapend metselwerk zijn in dit geval tientallen simulaties uitgevoerd van laboratoriumproeven uit de literatuur (fig. 7). Het metselwerk-materiaalmodel kan de verschillende bezwijkmechanismen van wanden onderhevig aan dynamische belastingen, zoals buiging/kantelen, afschuiving, diagonale trekscheuren en uit-het-vlak bezwijken, nauwkeurig voorspellen. Het materiaalmodel is gevalideerd met testen, maar laat nog niet de volledige energieabsorptie zien die is waargenomen in laboratoriumtesten. Het validatiewerk wordt voortgezet.

7. Meer NLTH-analyses nodig

Met geavanceerde rekenmodellen kunnen de bezwijkmechanismen onder aardbevingsbelastingen van gebouwen die oorspronkelijk niet hierop zijn ontworpen nauwkeurig worden voorspeld. Met een gedegen analysemethode kan een betrouwbare inschatting van de capaciteit worden gemaakt. Dit kan niet met eenvoudige rekenmodellen, omdat deze niet alle maatgevende bezwijkmechanismen kunnen voorspellen, en dus de capaciteit onnauwkeurig inschatten. Momenteel is een inschatting gemaakt voor slechts enkele typen rijtjeswoningen. Gezien de variatie van het woningbestand in Groningen betekent dit dat nog meer NLTH-analyses nodig zullen zijn om meer inzicht te krijgen in de capaciteit van het hele gebouwbestand.

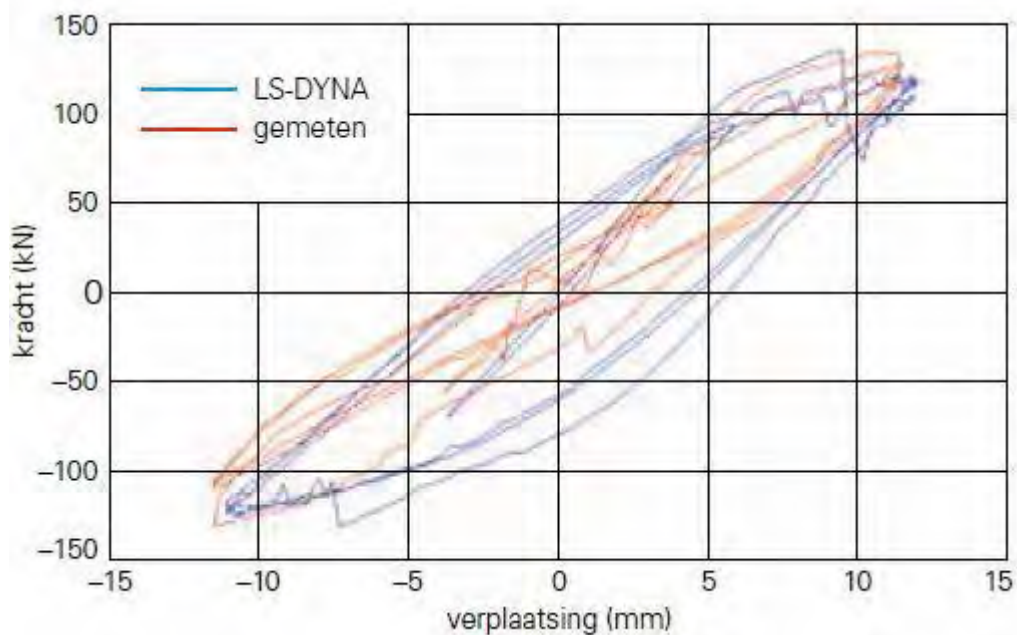
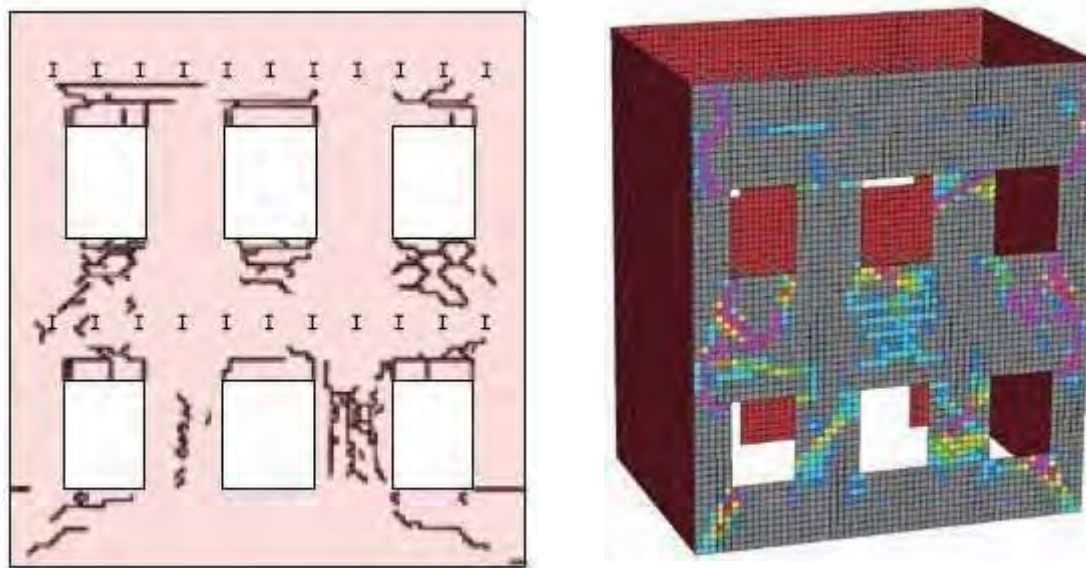


Fig. 7a t/m c: Schaal-elementmodel van een benchmarktest om modelleertechnieken, aannames en materiaalmodellen te testen [3, 5]. Het gebouw is getest aan de Universiteit van Pavia, Italië. Fig. 7a: In het lab geobserveerd scheurpatroon van een gevel met ramen; fig. 7b: voorspeld scheurpatroon gesimuleerd in LS-DYNA, met een eindige elementenmethode. fig. 7c: De relatie tussen krachtsverplaatsing op de tweede verdieping van een gevel met ramen gedurende een grondbeweging, waargenomen in het lab (rode curve) en voorspeld in het LS-DYNA-model (blauwe curve).

8. Literatuur

1. M.C. Griffith en J. Vaculik, 'Out-of-plane flexural strength of unreinforced clay brick masonry walls', *TMS Journal* 25(1) (2007), p.53-68.
2. M.C. Griffith, J. Vaculik, N.T.K. Lam, J. Wilson en E. Lumantarna, 'Cyclic testing of unreinforced masonry walls in two way bending', *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 36(6) (2007), p. 801-821.
3. L. Binda, C. Tiraboschi, G. Mirabella Roberti, G. Baronio en G. Cardani, *Measuring masonry material properties: detailed results from an extensive experimental research, Part I: Tests on masonry components*, Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano (IT) 1996.
4. G. Magenes, G.R. Kingsley en G.M. Calvi, *Seismic testing of a full-scale, two-story masonry building: Test procedure and measured experimental response*, Consiglio nazionale delle ricerche, Gruppo nazionale per la Difesa dai terremoti, 1995
5. J. van Elk en D. Doornbos, *Groningen Earthquakes – Structural Upgrading URM Modelling and Analysis Cross-Validation*, Arup, Amsterdam 2015.

Dit artikel is gebaseerd op het artikel "Niet-lineaire tijdsdomeinanalyse" dat eerder is verschenen in Bouwen met Staal 248, Special Aardbevingsbestendig Ontwerpen, december 2015. Het is aangepast voor de WTA NL/VL studiedag.

FUNDERINGSTECHNIEK: DE BASIS OM EEN OBJECT TE VERPLAATSSEN.
Technische oplossingen voor het verplaatsen (horizontaal en/of verticaal) van gebouwen. Wat is nodig om een gebouw te verplaatsen? Wat zijn de mogelijkheden? Hoe voorkom je schade aan het gebouw ?

Ing. Jan-Willem Oome
Techniek en Methode

Samenvatting

Maatschappelijke ontwikkelingen, zoals gebiedsuitbreiding en -aanpassingen maar ook veranderde wensen qua benutting van objecten, zorgen met regelmaat voor discussie over de locatie of verticale positie van monumentale panden. Hoewel het adagium bij monumenten nog steeds behoud of verbetering van bestaande gebouwen of bouwdelen op de oorspronkelijk locatie is, wordt de optie van verplaatsen met regelmaat aangestipt. De eventuele mogelijkheid van verplaatsen staat of valt bij de kwaliteit van de fundering.

Het borgen en verbeteren van funderingen van (historische) objecten is een randvoorwaardelijke stap voordat tot verplaatsen kan worden over gegaan. Deze funderingsmaatregelen zorgen ervoor dat het historische object weer gedurende langere tijd kan voortbestaan. Indien objecten in aardbevingsgevoelige gebieden staan betekent borgen en verbeteren dat maatregelen worden genomen om de impact van trillingen naar een acceptabel niveau af te vangen.

In onderstaande “stripverhaal” worden de basistechnieken inzake het verplaatsen (horizontaal en/of verticaal) van een object in een aardbevingsgevoelige omgeving uiteengezet. Als deze basistechnieken juist worden uitgevoerd, zowel technisch als in de tijd, is de kans op schade aan het te verplaatsen object minimaal.

Bij restauratiewerkzaamheden dient vooraf een uitgebreide risicoanalyse te worden uitgevoerd van problemen die tijdens de uitvoering kunnen optreden. Bij de aanpak van funderingen is zo'n risicoanalyse absoluut noodzakelijk. Immers, pas nadat de complete fundering is vrij gegraven kan definitief de beginsituatie worden geïnventariseerd en de finale oplossingsmethode worden uitgewerkt.

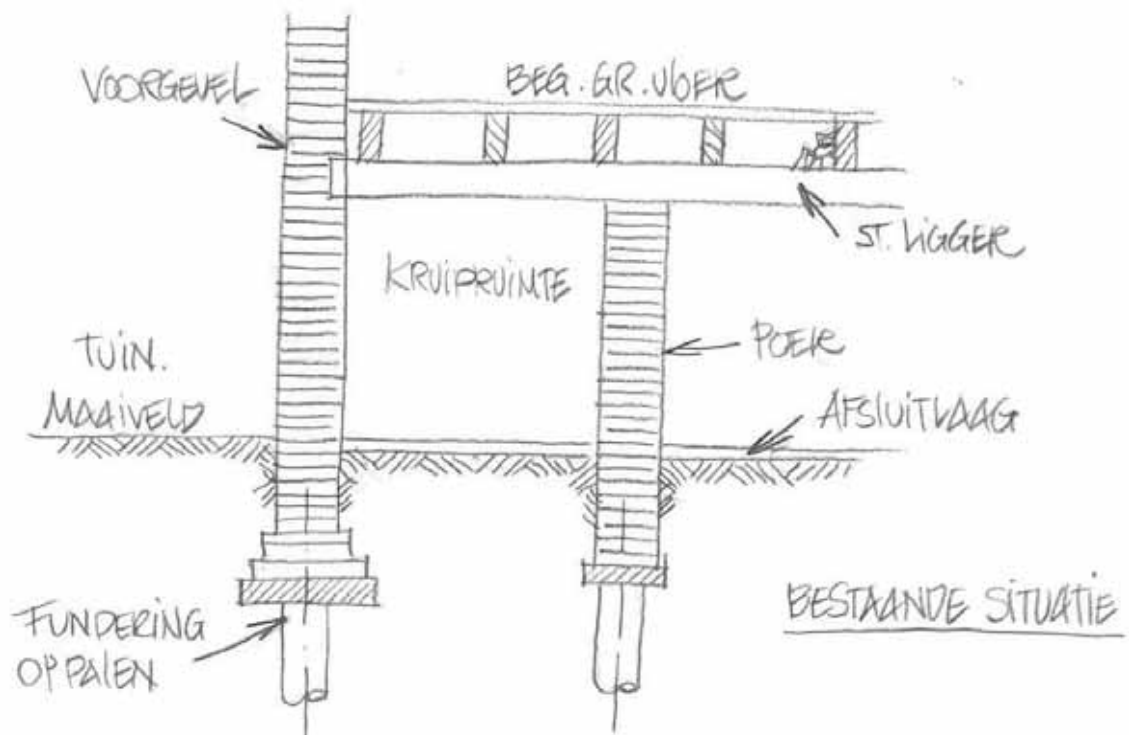
Kortom degene die het project uitvoeren dienen altijd over een gedegen “plan B” (en vaak ook C, D etc.) te beschikken omdat men tijdens de uitvoering voor verrassingen kan komen te staan. Door op voorhand deze alternatieve plannen beschikbaar te hebben, kan er op de werkvloer snel geschakeld worden en is de tijd dat het pand zich in de “risico zone” bevindt minimaal.

Vervolgens staat onder het stripverhaal een kleine greep uit de door ons uitgewerkte verplaatsingen waarbij de nadruk is gelegd op monumentale objecten. Bij de uitvoering van deze diverse projecten hebben we meerdere malen moeten doorpakken naar een “plan B, C of D”; door een goede samenwerking met alle partijen zijn de verplaatsingen altijd tot een goed einde gebracht en is het monumentale object behouden voor de toekomst.

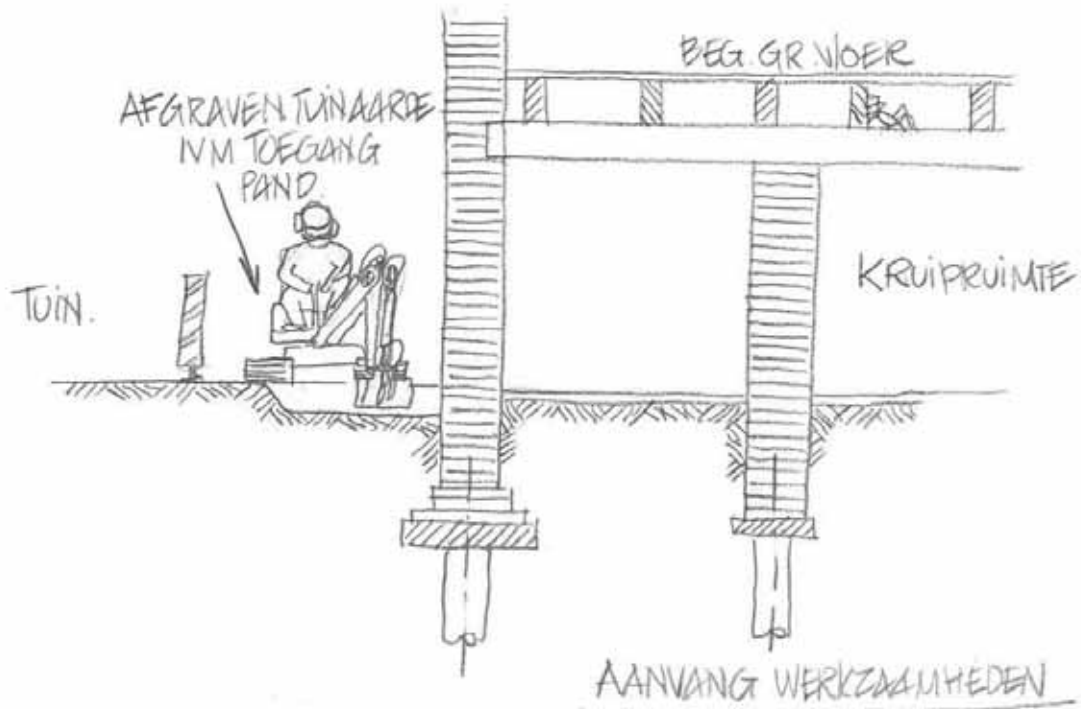
1. Object t.b.v. werkmethodek



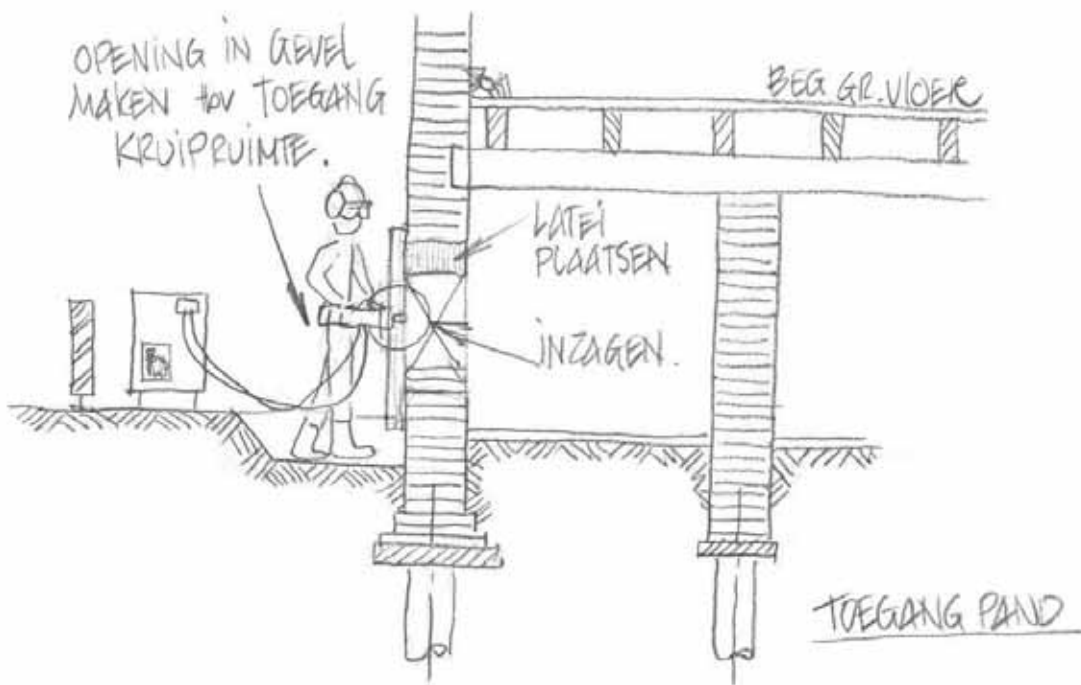
2. Bestaande situatie



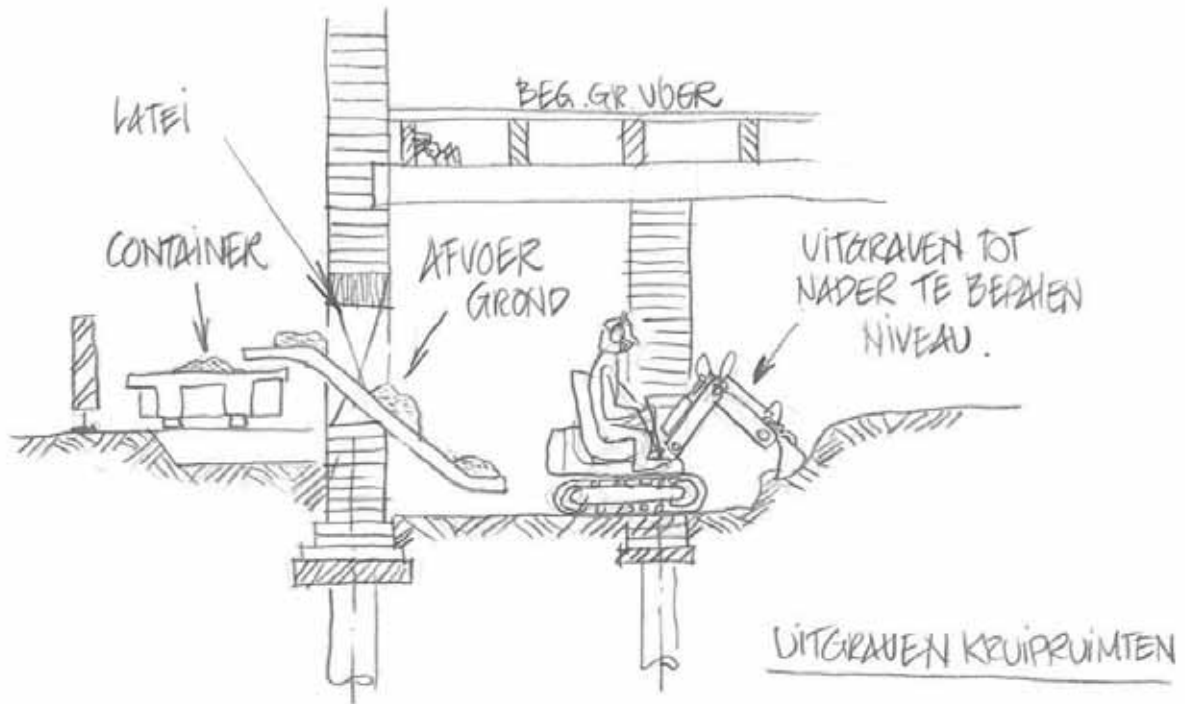
3. Aanvang werkzaamheden



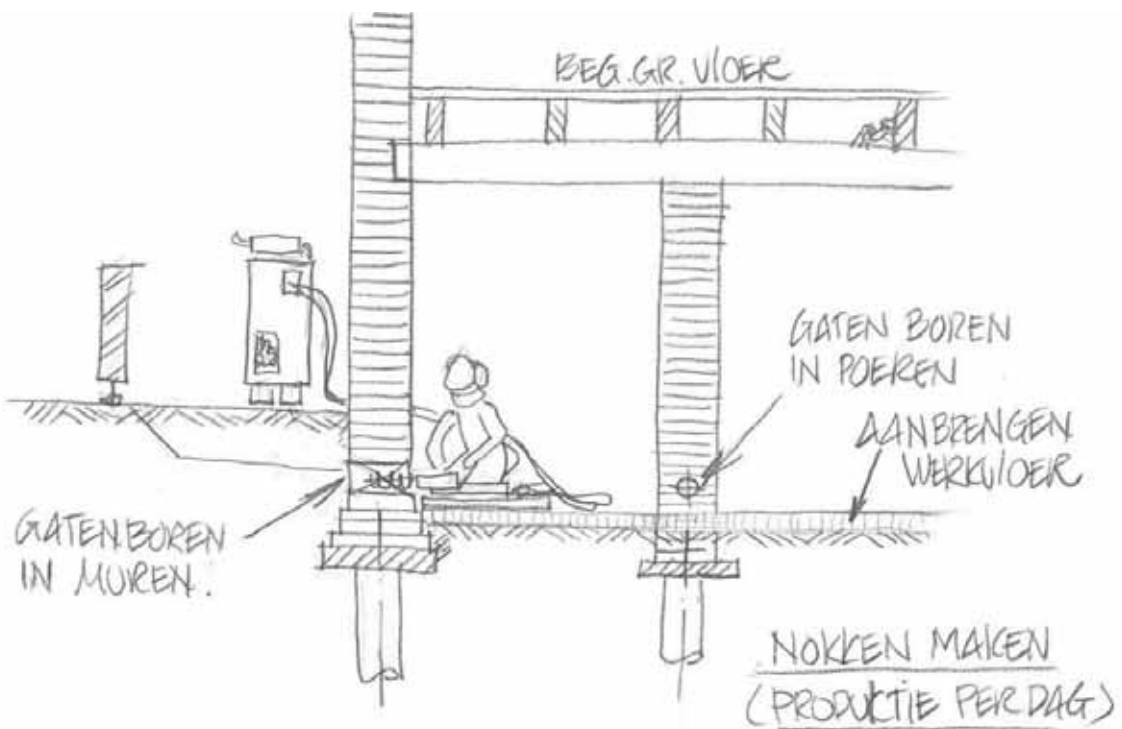
4. Toegang tot het pand



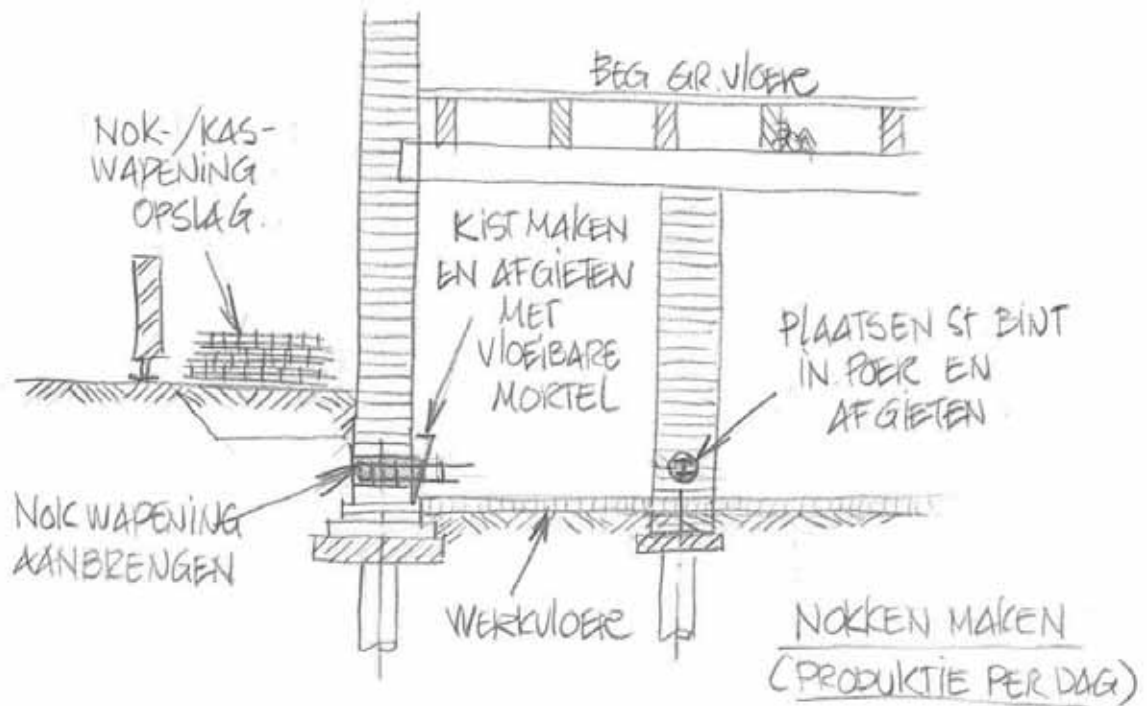
5. Uitgraven kruipruimte



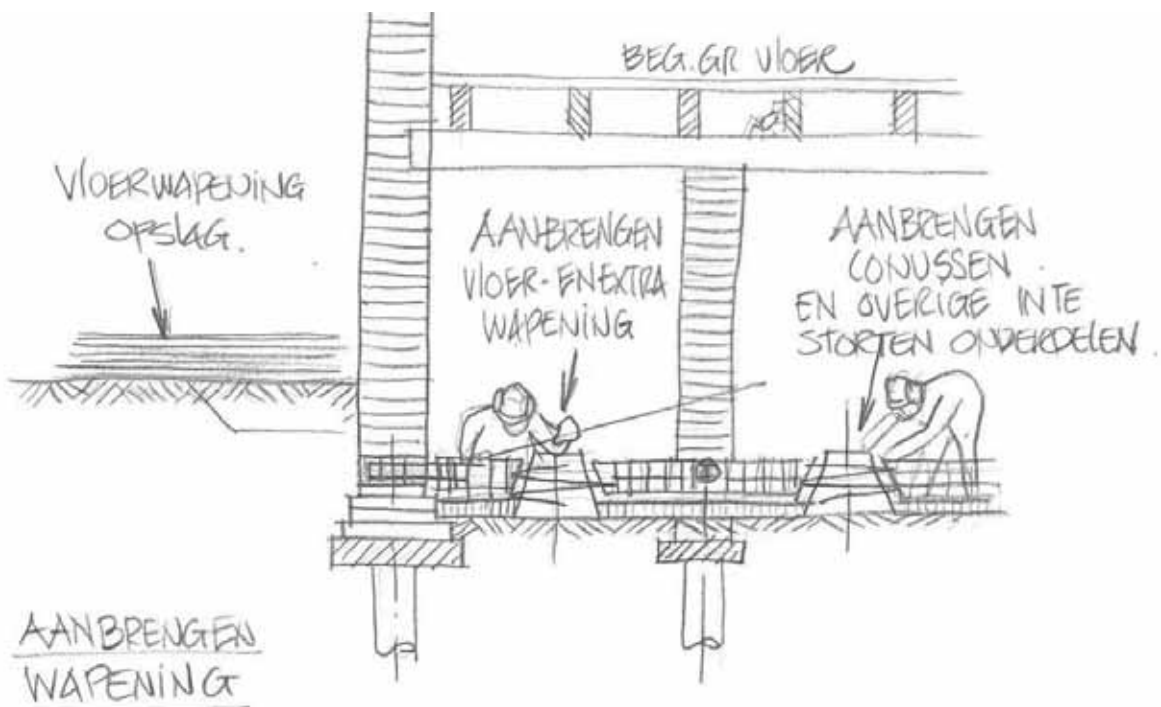
6. Nokken maken



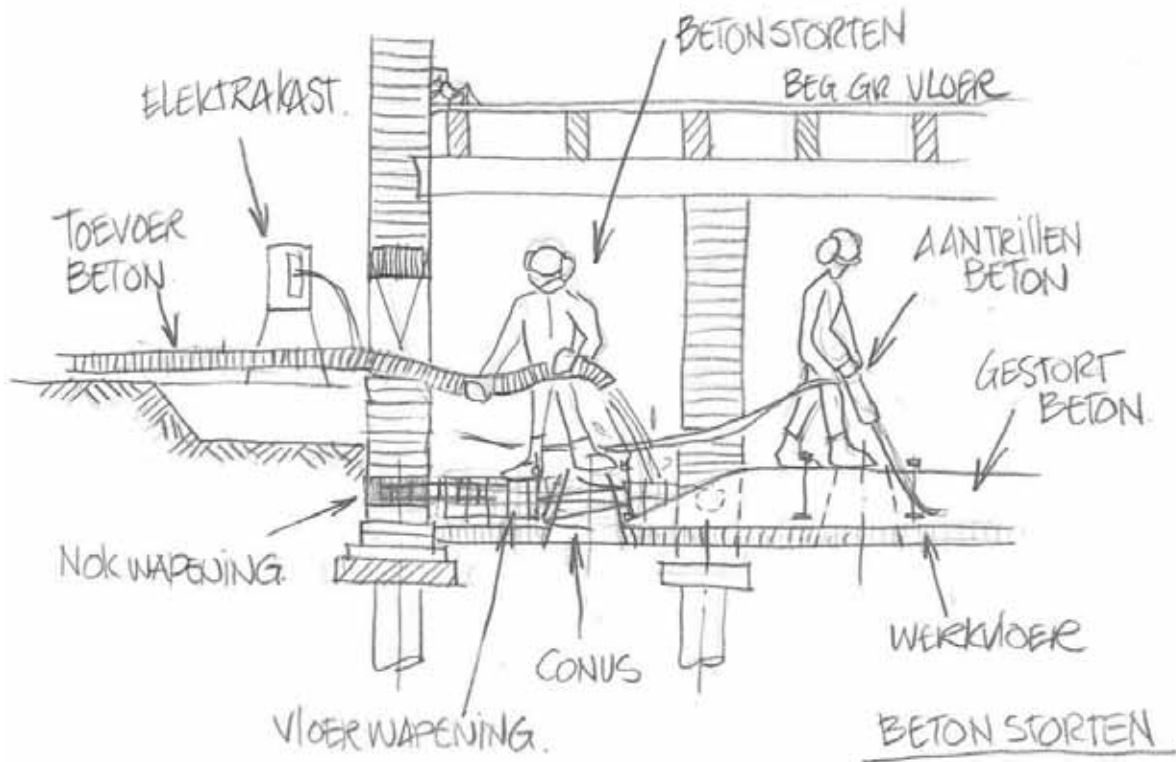
7. Nokken maken



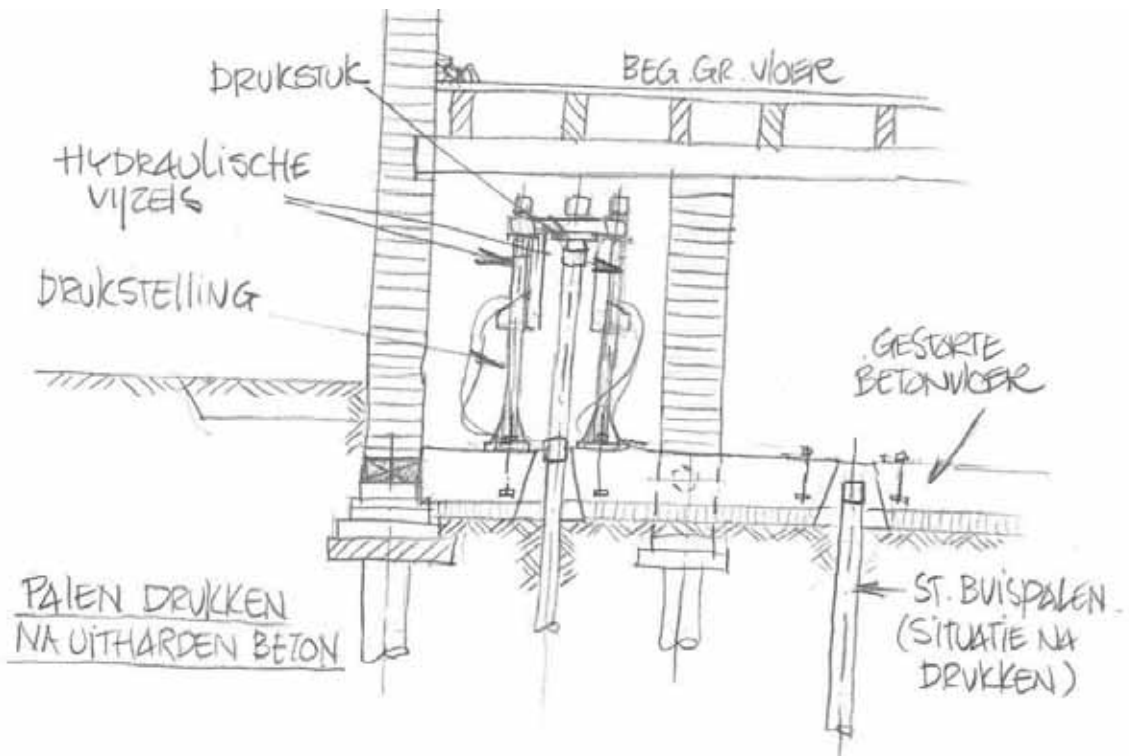
8. Aanbrengen wapening



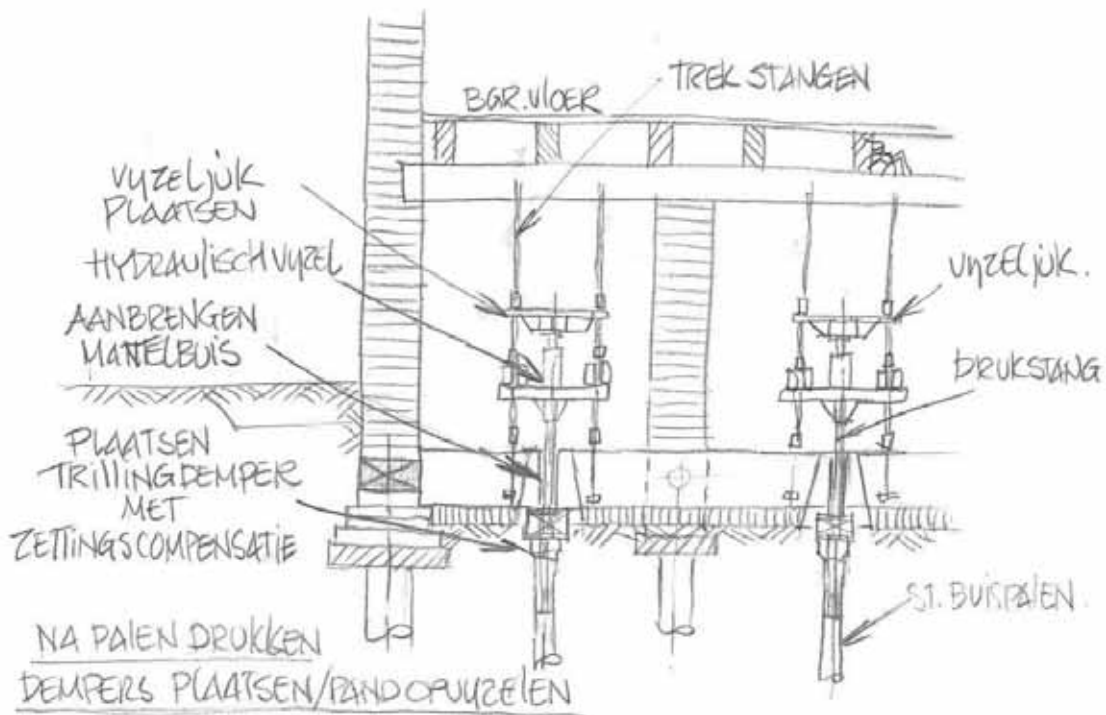
9. Beton storten



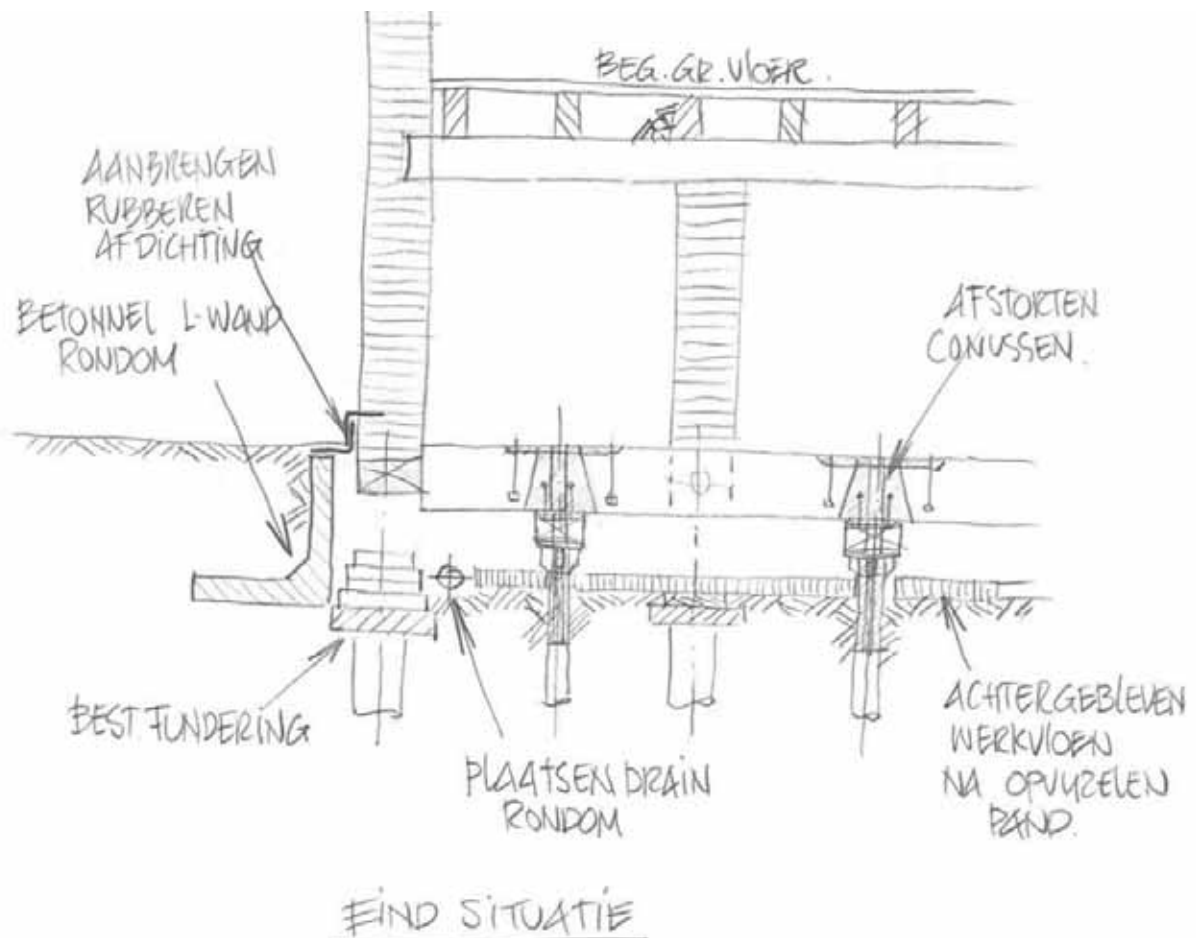
10. Aanbrengen palen



11. Plaatsen vijzelconstructie en opvijzelen

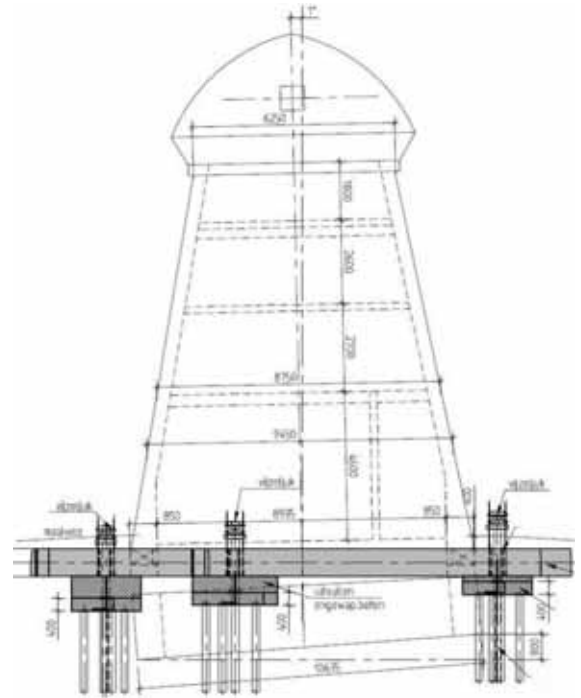
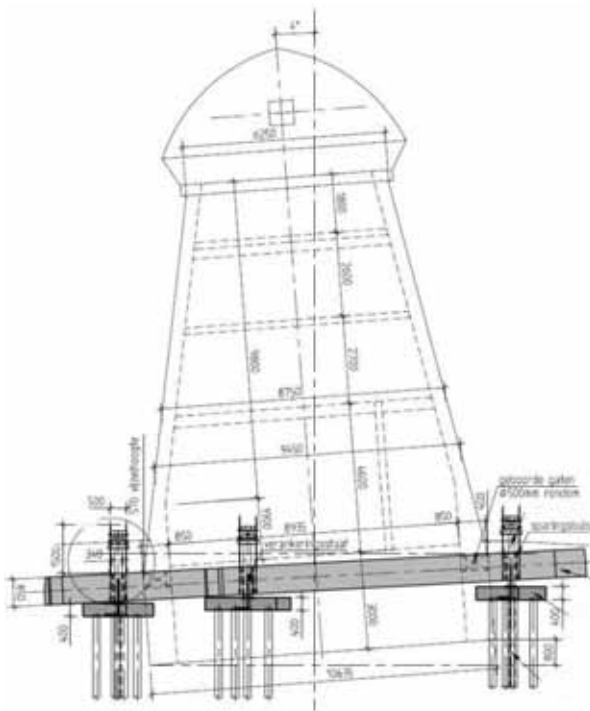


12. Afwerken naar eindsituatie



Windmolen, Kinderdijk

- Unesco Wereld erfgoed (Kinderdijk)
- Herfunderen en gedeeltelijk rechtzetten
- Afmetingen 13x12x15m / Gewicht 480ton



Koetshuis Drents Museum, Assen

- Rijksmonument
- Horizontaal verplaatsen naar een tijdelijke locatie
- Terugplaatsen op nieuw gemaakte kelder
- Uiteindelijk entree van het vernieuwde museum geworden
- Afmetingen 18x11x10m / Gewicht 300ton



Seinhuis, Roosendaal

- Rijksmonument
- Horizontaal verplaatsen over circa 1.5km binnen een buitendienststelling van 72uur
- Afmetingen 6x11x12m / Gewicht 250ton



Vechthoeve, Muiden

- Unesco Wereld Erfgoed (linie van Amsterdam)
- Horizontaal verplaatsen over water
- Afmetingen 22x12x12m / Gewicht 425ton



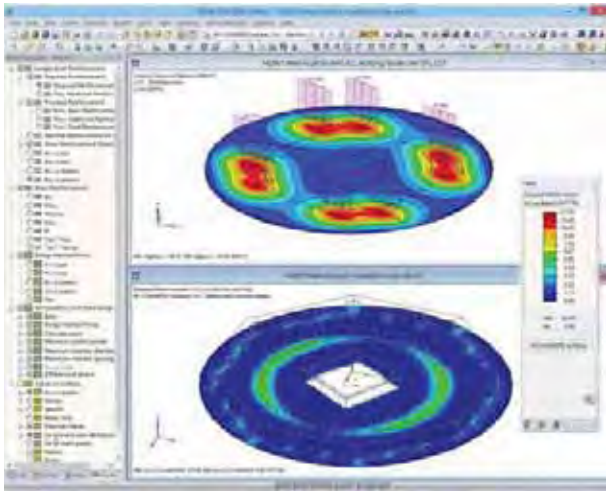
Fuzulistreet, Baku - Azerbaidjan

- Monumentaal appartementencomplex
- Horizontaal verplaatsen t.b.v. aanleggen van een weg
- Afmetingen 54x30x22m / Gewicht 18000ton



Moskee, Jeddah – Saoedi Arabië

- Moskee op een ziekenhuis complex
- Horizontaal verplaatsen over 100m
- Afmetingen 16x16x21m / Gewicht 2400ton



VERSTEVIGING EN HERSTEL VAN FUNDERINGEN: ENKELE PRAKTIJKVOORBEELDEN

Yannick Stevens
Denys nv

Abstract

Bij de verwezenlijking van een bouwproject komt de aannemer vaak als laatste voor in het rijtje van betrokken partijen. Zeker in verband met stabiliteitsproblemen zijn er soms meerdere oplossingen voor het probleem mogelijk. Het is belangrijk dat ook de aannemer nog kan en mag meedenken om tot de beste uitvoeringsprocedure te komen met respect voor de te restaureren constructie. De veelheid aan technieken, met voor elke techniek een aantal voor- en nadelen, in combinatie met de specifieke randvoorwaarden die de verschillende technieken met zich meebrengen zorgt ervoor dat er voor één probleem vaak meerdere oplossingen mogelijk lijken te zijn. Bovendien dient er vaak bijgestuurd te worden op basis van de waarnemingen die tijdens de uitvoering naar voor komen.

1. Inleiding

Funderingsherstel, al dan niet genoodzaakt door bewegingen in de ondergrond, is op verschillende manieren onder te verdelen, al naar gelang van het beoogde doel. Een eenvoudige onderverdeling kan de volgende zijn. We maken onderscheid tussen preventieve versteviging en correctieve, curatieve versteviging. Met preventieve versteviging bedoelen we maatregelen die de impact van de te verwachten bewegingen in de ondergrond zal moeten beperken. Met curatieve versteviging bedoelen we maatregelen die opgetreden schade consolideren of remediëren. Daarnaast kunnen sommige maatregelen beide functies combineren.

Een preventieve versteviging doet vragen opkomen zoals:

- Welke schade is er te verwachten als er geen maatregelen worden genomen.
- Wat is de toelaatbare vervorming van de structuur.
- Wat is de opneembare (trek)spanning van de onderdelen.

Een curatieve versteviging werpt dan weer vragen op zoals:

- Welke toestand na herstel wordt nagestreefd.
- Hoe zit het met de huidige krachtswerking en de krachtswerking na funderingsversteviging.
- Wat met de onzichtbare of ongekennde schade.

Los van de hierboven beschreven onderverdeling zijn er ook nog een veelheid aan randvoorwaarden die horen bij de verschillende technieken die toegepast kunnen worden. De veelheid aan vragen geeft aan dat een grondige voorafgaandelijke analyse in combinatie met voorafgaandelijk onderzoek een must is. Maar zelfs dan is het niet uitgesloten dat, tijdens uitvoering van de werken, de visie moet bijgesteld worden. Met enkele praktijkvoorbeelden hierna zal dit duidelijk gemaakt worden.

2. Stabilisatie Kluiswanden binnenstad - Utrecht

2.1. Bewegingen in de ondergrond: de kip of het ei?

Op een bepaald moment wordt schade vastgesteld aan constructies. Aansluitend begint de zoektocht naar de oorzaak van de schade. En niet vaak wordt gesteld (in het Vlaams) 'het ligt aan de ondergrond, dat zijn verzakkingen'. Soms is de oorzaak duidelijk aanwijsbaar en snel gevonden en kan er een gepaste remediëring opgesteld worden voorafgaandelijk aan de

werken, dat is goed. Heel af en toe moeten we ook vaststellen dat de oorzaak niet gekend is bij de start van de herstelwerken en dat er toch maar begonnen wordt met de herstelwerken. Maar vaak moeten we vaststellen dat er verschillende oorzaken zijn en die verschillende oorzaken niet volledig gekend zijn bij de start van de herstelwerken. Soms worden oorzaak en gevolg omgewisseld. Een typisch voorbeeld hier is een lek in een ondergrondse leiding. Is het lek in de leiding het gevolg van een beweging in de ondergrond, of is het lek in de leiding de oorzaak van de beweging in de ondergrond? De gevolgen zijn in beide gevallen dezelfde: een beweging in de ondergrond die zich reflecteert naar de bovengrond en daar schade veroorzaakt. In dit eenvoudige voorbeeld is er in het ene geval één, duidelijke, oorzaak en in het andere geval een dieperliggende oorzaak. Om de beste manier van oplossen te kennen, is het dus zaak het volledige plaatje in beeld te hebben én ook tijdens uitvoering open te staan voor alle vaststellingen die bijkomende info zouden kunnen opleveren om de vooropgestelde hypothese en gekozen methodes blijvend kritisch te toetsen..

2.2. Omschrijving van het project

Kenmerkend aan de binnenstad van Utrecht zijn de vele historische wal- en kluismuren langs de binnenkanalen die door de stad lopen. Bij ieder perceel langs het water, hoorde een aparte wal- of kluismuur. De voorbije 700 jaar maakte elke perceeleigenaar deze 'kluis' naar wens en budget. De huidige kluismuur, een aaneenschakeling van kluizen, bestaat hierdoor uit verschillende steensoorten. Het bovendeel van de muur dat boven het water uitsteekt, is steeds vernieuwd en bestaat uit baksteenmetselwerk. Het onderwatergedeelte bestaat grotendeels uit natuursteenmetselwerk. Onderhoud aan de stenen onder water was veel lastiger en ondermeer daarom zijn de oorspronkelijke historische stenen bewaard gebleven. Deze van oorsprong middeleeuwse walmuren verkeren in slechte staat. In 2011 is de Stad Utrecht begonnen met de restauratie van de wal- en kluismuren. Het ontwerp is gemaakt door IBU. In het kader van deze werken heeft de firma Denys een gedeelte van deze kluismuren, Rak 6 en Rak 7 onder handen genomen. De werkzaamheden betroffen onder andere:

- Het vervangen van de oude, aangetaste houten paalfundering door een fundering uit jetgroutkolommen;
- Het restaureren van de natuursteenfundering onder de waterlijn.

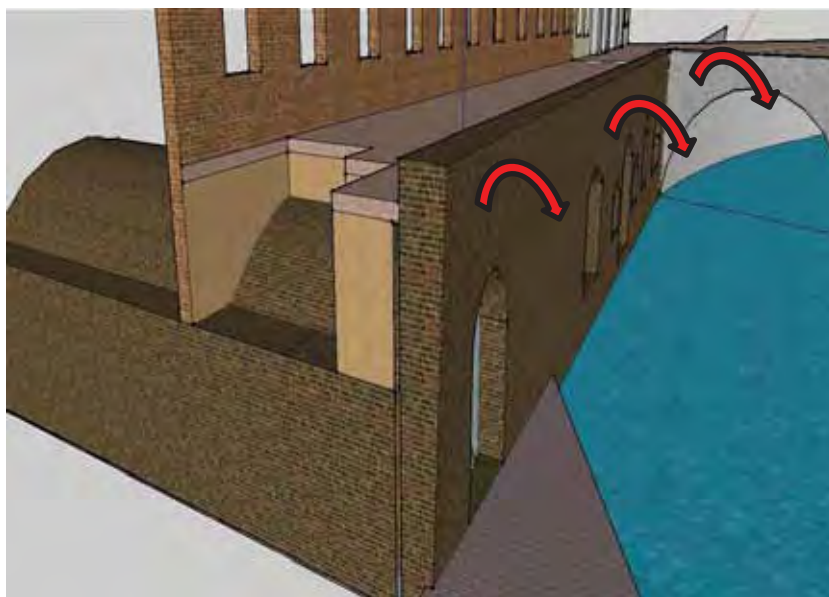


Fig. 1: Aanduiding van de vastgestelde bewegingen

Deze ingrepen waren niet enkel preventief, maar vooral curatief. Er was, voor aanvang van de werf, duidelijke schade te zien. Het gaat over bewegingen van een tiental centimeter in zowel X- als Y-richting (zie figuur 1).

Door de ontwerpers van IBU werd een duidelijke herstel- en verstevigingsmethode voorgesteld. Er worden VHP-palen (jetgroutpalen) voorzien als ondervanging van de structuur. Het principe is te zien in figuur 2.

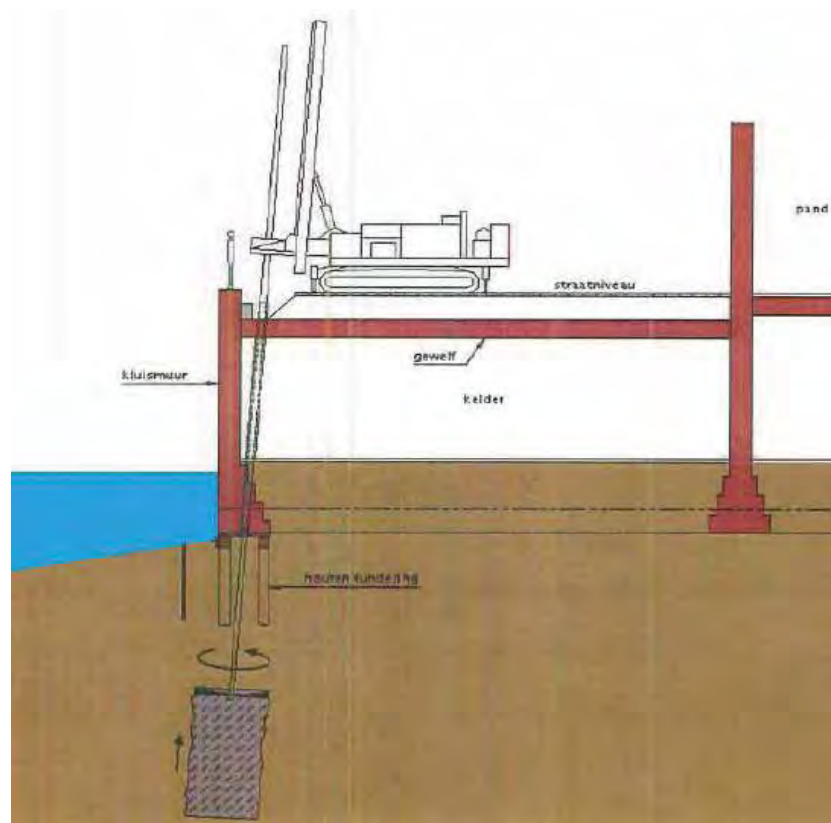


Fig. 2: Aanduiding van de vastgestelde bewegingen (bron: IBU)

2.3. Uitdagingen voor de start van de werken

Bij aanvang van de werken waren reeds een aantal van de uitdagingen gekend. Zo was het niet mogelijk om de jetgroutpalen uit te voeren vanaf het kelderniveau omdat de ondergrondse kelders te klein waren voor de te gebruiken apparatuur. Er werd dus geopteerd om te werken vanaf het bovenliggende niveau, het straatniveau. Hiervoor werd de bestrating verwijderd en werd de bovenzijde van de gewelven afgegraven. Op deze gewelven werden geleidingsbuizen geplaatst tot op het straatniveau. Na heraanvulling bovenop de gewelven werden in deze geleidingsbuizen boringen uitgevoerd doorheen de baksteen gewelven tot aan het aanzetpeil van de funderingen. Door deze uitsparing kon bij het uitvoeren van de jetgroutkolommen de boorstangen worden neergelaten.

De 12^{de} eeuwse natuursteenfundering onder het waterpeil diende gerestaureerd te worden zonder het scheepsverkeer te hinderen. Er werd geopteerd om een smalle bouwkuip te maken langs de natuursteenfundering door middel van damplanken. Gezien geen trillingen worden toegestaan in de historische binnenstad, is er geopteerd om te werken met een gedrukte damwand. Na het realiseren van de nieuwe paalfundering werd het water in deze bouwkuip ongeveer 2 m verlaagd zodat de natuursteenfundering toegankelijk was voor de restauratiewerken.

Het uitvoeren van de nieuwe paalfundering onder dit bouwwerk diende te gebeuren door het aanbrengen van jetgroutkolommen. Doordat er gewerkt werd in een historische, toeristische

en populaire buurt, mocht het geluidsniveau van de werkzaamheden de 65 dBA niet overschrijden. Gezien de jetgroutinstallatie in normale omstandigheden \pm 85 dBA produceert dienden uitvoerige bijkomende maatregelen te worden genomen. Er zijn bijzondere maatregelen genomen om het geluidsemissieniveau van de rupsboormachine, de hogedrukpomp en menginstallatie te reduceren. Hierdoor kon net aan deze strenge eis worden voldaan.

2.4. Verloop van de werken

Voor aanvang van de werken werd door Denys een vooronderzoek uitgevoerd naar het aanzetpeil en de staat van de funderingen zodoende een optimaal palenplan te ontwerpen. Waar de aannames van het aanzetpeil en de vorm van de funderingen bleken te kloppen bleek de toestand van de funderingen vele malen erger dan ingeschat:

- De muur aan de waterkant was volledig losgescheurd (50 mm) van de achterliggende structuur en helde over naar de waterkant.
- Bij het maken van proefsleuven bleek dat er zich op sommige plaatsen water (geen grond) onder de fundering bevond. Bij nader onderzoek bleek dat de walmuren tot anderhalve meter ver onderspoeld waren, vermoedelijk door het gewoel veroorzaakt door de scheepsschroeven. De constructie hing bijgevolg lokaal in het 'ijle'.

In het licht van deze povere resultaten werd beslist onmiddellijk actie te ondernemen. De muur aan de waterzijde werd, in afwachting van de definitieve restauratie, gestabiliseerd door deze 4 meter verder naar de achterliggende constructie te verankeren. Aangezien dit een historische muur betrof die niet vlak was, kon deze niet conventioneel geschoord worden. Steunbalken zijn aangebracht waar vlakke stukken metselwerk konden worden gevonden. Hierdoor stonden deze balken schuin en ogenschijnlijk willekeurig geplaatst. Om de doeltreffendheid van deze tijdelijke schoring te beoordelen werd de muur 3 maal daags ingemeten op een 20-tal punten.

Eenmaal de tijdelijke schoring was geplaatst werd de uitvoeringsprocedure voor het uitvoeren van de jetgroutkolommen herwerkt, rekening houdend met de resultaten die aan het licht waren gekomen bij het vooronderzoek: Gezien de fundering van de muur was weggespoeld is beslist een tijdelijke wand te plaatsen aan de waterzijde. De holtes onder de structuur werden aan de binnenkant opgevuld met zand. Deze tijdelijke opvulling was vereist om te voorkomen dat de retourstroming van het jetgrouten (verwijderde grond gemengd met cement) in het vaarwater terecht zou komen. Deze zou het reeds ondiepe vaarwater ontoegankelijk kunnen maken voor het scheepsverkeer. Als secundaire buffer werd beslist reeds de damwand in het water voor de constructie te plaatsen.

Na deze werken werd gestart met de realisatie van de groutpalen onder de constructie. Kort na het opstarten van de groutwerkzaamheden werden problemen vastgesteld met de retourstroming van de boormodder. Deze boormodder kwam niet terug naar de oppervlakte waardoor het risico op overdruk in de ondergrond kon bestaan. Zoals de code van goede praktijk dicteert werden de groutwerkzaamheden gestaakt en werd de oorzaak onderzocht. Na verwijderen van de boorstang bleek een beperkte hoeveelheid boormodder naar boven te komen waarin zich tientallen botresten bevonden. De botresten konden op het eerste zicht niet worden geïdentificeerd dus werd een forensisch expert geraadpleegd. Het goede nieuws was dat het geen menselijke resten betrof, maar wel dierlijke resten waren, dit tot grote interesse van de archeologische dienst. Achteraf bleek dat dit middeleeuwse botresten waren afkomstig van een slachthuis welke zich in de buurt had bevonden. Ondertussen waren we tot de vaststelling gekomen dat het soortelijk gewicht van de botresten kleiner was dan dit van de boormodder waardoor deze de neiging hadden om naar boven te drijven in het groutbad. Door de beperkte ruimte rondom de boorstang (zo weinig mogelijk schade toebrengen aan het historische erfgoed) verstopten deze het boorgat waardoor de retourstroming verhinderd werd.

Terug aan het grouten bleek alles vrij vlot te verlopen. Er waren echter een 3-tal locaties waar nog steeds geen restourstroming werd waargenomen. Terug werden de

groutwerkzaamheden gestaakt en werd op onderzoek uitgegaan. Hieruit bleek dat onder de keldervloeren er zich middeleeuwse drainagekanalen (uit metselwerk) bevonden die het achterliggende middeleeuwse moeraslandschap moesten draineren. Na nieuw overleg met de archeologen werd er beslist deze kanalen af te dichten door middel van een zand/cementmengeling via de boorgaten in de drainagekanalen te pompen waardoor deze afgedicht werden.



Fig. 3: Rupsboormachine tijdens uitvoering

Na uitvoering van de groutpalen werd de historische fundering drooggelegd en vervangen. Daar de beschikbare ruimte binnen de bouwkuip zeer beperkt was diende dit manueel te gebeuren. De historische fundering werd verwijderd voor restauratie en de constructie werd tijdelijk opgevangen door middel van stempels. Na restauratie werden deze oude (en nieuwe) natuursteen blokken terug manueel ingebracht.

3. Ondergrondse spoorverbinding Schuman – Josaphat - Brussel

3.1. Tunnelconstructie en bewegingen in de ondergrond

Bij de verwezenlijking van tunnels heeft men in de geschiedenis met “schade en schande” geleerd dat er een karakteristieke invloedzone “boven” de tunnel bestaat waar de grond ontspant (zie figuur 4). Hoe heterogener de bodemopbouw en/of hoe slapper de grond, hoe groter het risico op zettingen aan het oppervlak. Voor bepaalde grondsoorten is er nauwelijks sprake van enige samenhang (cohesie). Grond heeft het in elk geval erg lastig met het opnemen van trekspanningen. Deze kennis indachtig moet, bij iedere tunnelconstructie en bij uitbreiding iedere ondergrondse constructie dus aandacht geschonken worden aan de bescherming van de gebouwen en constructies binnen de invloedzone.

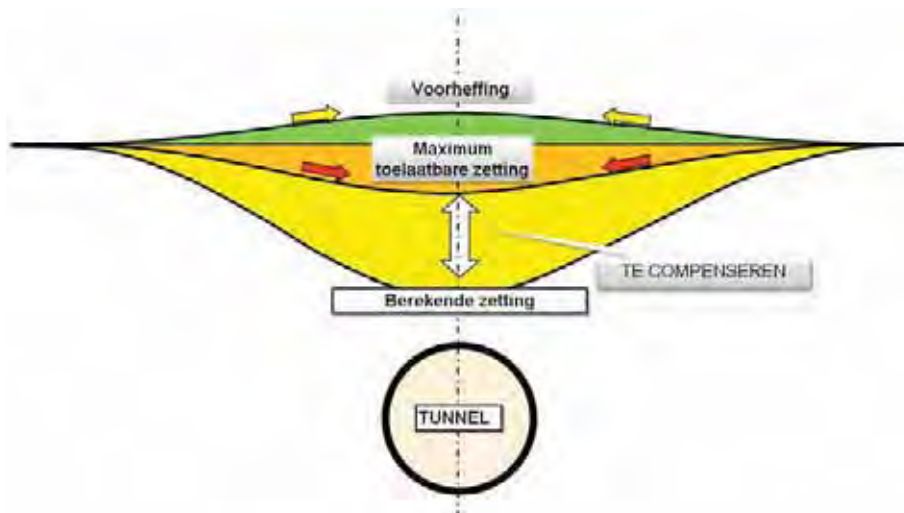


Fig. 4: Principe compensation grouting

Een individuele aanpak voor elk van de constructies binnen de invloedzone is niet altijd mogelijk en vaak ook niet wenselijk. Dit is een projectspecifieke afweging. Bij tunnels met een beperkte diameter (bijvoorbeeld een afvalwatercollector met een diameter van 1200 mm) kan overwogen worden om een bovenliggende (zettingsgevoelige) constructie te beschermen door lokaal de fundering te verstevigen of de zettingen te compenseren. Bij grotere tunnels kan een systeem op grotere schaal voorzien worden, bijvoorbeeld 'compensation grouting'.

3.2. Omschrijving van het project

In het hart van de Europese wijk in Brussel is in het kader van het gewestelijk expresnet (GEN) rond Brussel een nieuwe spoortunnel aangelegd tussen het station Brussel-Schuman en Josaphat (Meiser). Het is een gezamenlijk project van de instellingen Beliris en Infrabel. Het studiebureau van de opdrachtgever is een combinatie Infrabel/Grontmij.

Een kwart van de spoortunnel is gemaakt door middel van twee evenwijdige, langse, buisdoorpersingen diameter 3 m waartussen dwarsverbindingen van circa 15 m lengte worden gerealiseerd die het dak vormen van de toekomstige spoortunnel. Vanuit diezelfde langse persbuizen worden zogenaamde beschoeide sleuven gegraven die de wanden vormen van de spoortunnel. Uiteindelijk is de ingesloten ruimte tussen de wanden (beschoeide sleuven) en het dak (2 langse buizenstrengen met dwarsverbindingen) uitgegraven om zo de spoortunnel te realiseren (zie figuur 5).

3.3. Compensation grouting

De werken situeren zich onder het hart van de Europese wijk in Brussel, een sterk verstedelijkt gebied. Het traçé loopt grotendeels onder de openbare weg. Tussen de Emile-Maxlaan en de Plaskyiaan loopt de tunnel op 5 meter diepte onder een huizeiland van residentiële woningen uit de jaren 1890 -1920. Het risico op zettingen van, en de eventueel daaruit volgende scheurvorming in en scheefstanden van de huizen is bij werken op een dergelijke beperkte diepte onder de funderingen aanzienlijk. Om de bewoners van de huizen dit onheil te besparen had het bouwbestuur bij aanbesteding een bepaald injectiesysteem voorzien in combinatie met vijzeltechnieken.

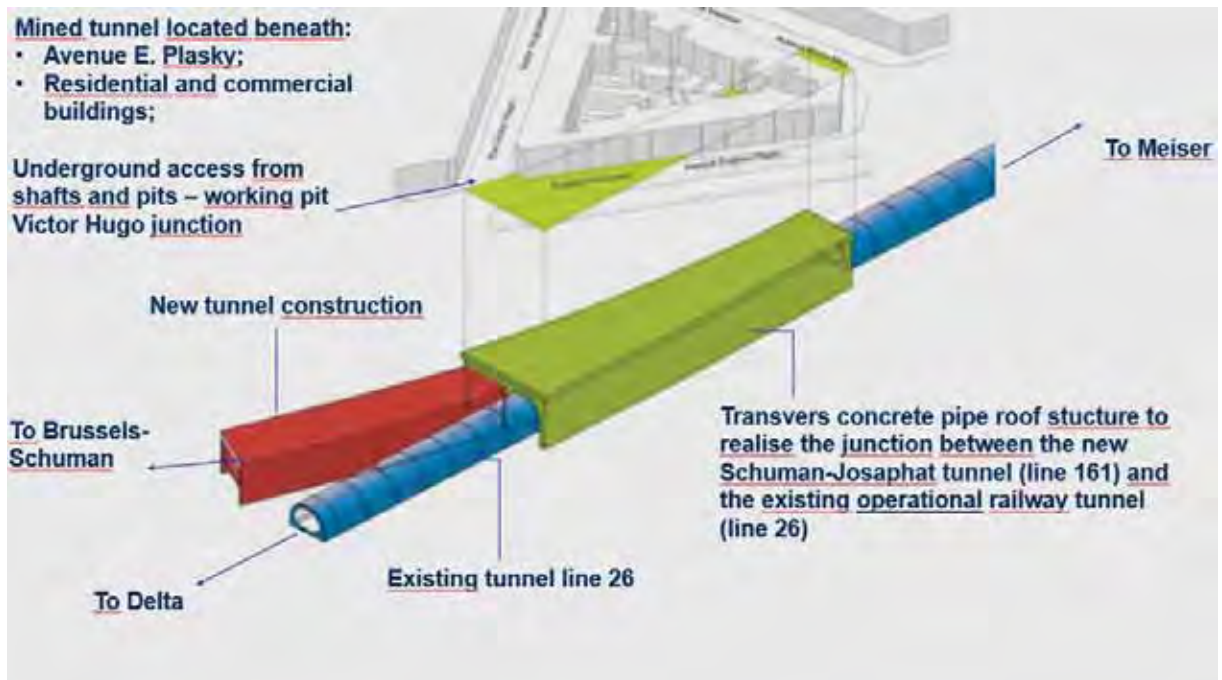


Fig. 5: Principetekening van de tunnel onder het huizeneiland

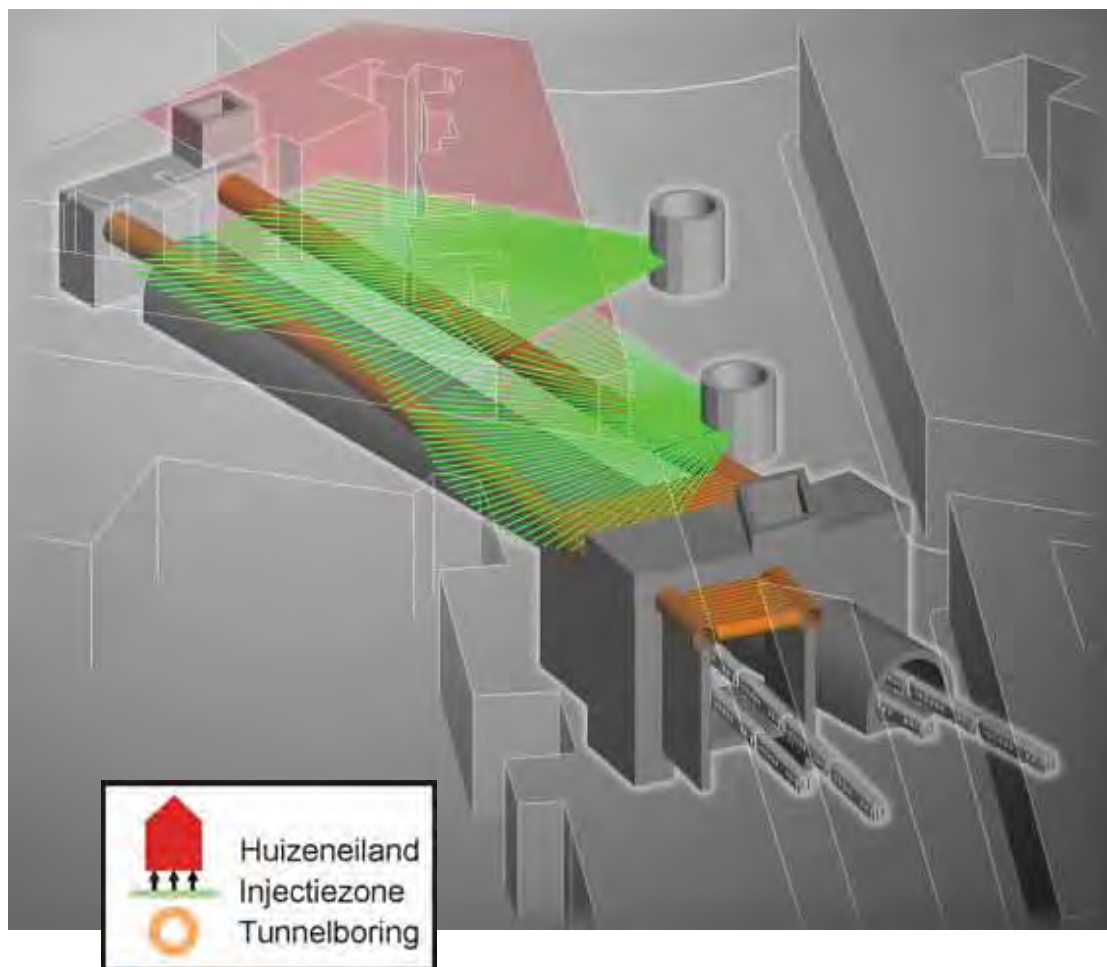


Fig. 6: Compensation grouting onder huizeneiland – 3D-beeld

Na de aanbesteding heeft de hoofdaannemer in samenspraak met de gespecialiseerde onderaannemer voor het buizendak en het adviesbureau van laatstgenoemde (bvba Jan Maertens) bijkomend grondonderzoek laten uitvoeren. Hieruit bleek dat de in het bestek voorgeschreven injectietechnieken niet haalbaar waren gezien de grondkarakteristieken. Als alternatief werd ruim beargumenteerd een systeem van "compensation grouting" voorgesteld en aanvaard (zie figuur 6).

Vanuit twee bouwputten in de straat naast het huizeneiland waaronder de uiteindelijke tunnel wordt gerealiseerd, worden horizontaal twee waaiers van stalen buizen ($\text{\O} 2''$) op een diepte van 2,5 m onder de kelders van de huizen (en dus 2,5 m boven de toekomstige tunnel) geboord. In de kelders van de huizen (figuur 7) worden sensoren geïnstalleerd die de op- en neerwaartse bewegingen van de huizen met een nauwkeurigheid van 0,1 millimeter registreren. De metingen worden continu en volautomatisch geregistreerd en kunnen online gevolgd worden door de hoofdaannemer en de finale klant(en). Naast de sensoren in de kelders worden op de gevels spiegelkruisen aangebracht. Deze worden zo goed als continu opgemeten door een gemotoriseerde lasertheodoliet. Bij het bereiken van een voorafgaandelijk vastgelegd alarmpeil zullen 'compenserende injecties' uitgevoerd worden. Via een systeem van kleine openingen (manchettes) in de buizenwaaier kan er zeer lokaal en precies cement geïnjecteed worden in de grond omheen de buizen. Door deze injecties kan de grond onder de fundering van de huizen op discrete goed gekozen punten terug naar boven worden 'gepompt' over het vereiste aantal millimeter. Door de grote nauwkeurigheid van het meetsysteem kunnen de injecties uitgevoerd worden alvorens met het blote oog zichtbare scheuren en zettingen ontstaan.

Zulke compenserende systemen zijn voor de meeste restauratieprojecten niet van toepassing maar het is duidelijk dat een stukje van de know-how wel aangewend zou kunnen worden. Bovendien gaat het er bij restauraties om dat scheuren en scheefstanden eerder geconsolideerd worden dan dat ze ongedaan worden gemaakt (cfr. Campanile Pisa – figuur 8). Kortom, elke techniek heeft zijn toepassingen en het is de kunst van de juiste techniek te vinden voor een gesteld stabiliteitsprobleem. En ten opzichte van andere projecten zijn de randvoorwaarden bij restauraties gewoonlijk nog net iets stringenter. Technologisch advies en overleg is dus aan de orde maar om tot een goed concept te komen is meten en registreren van primordiaal belang.

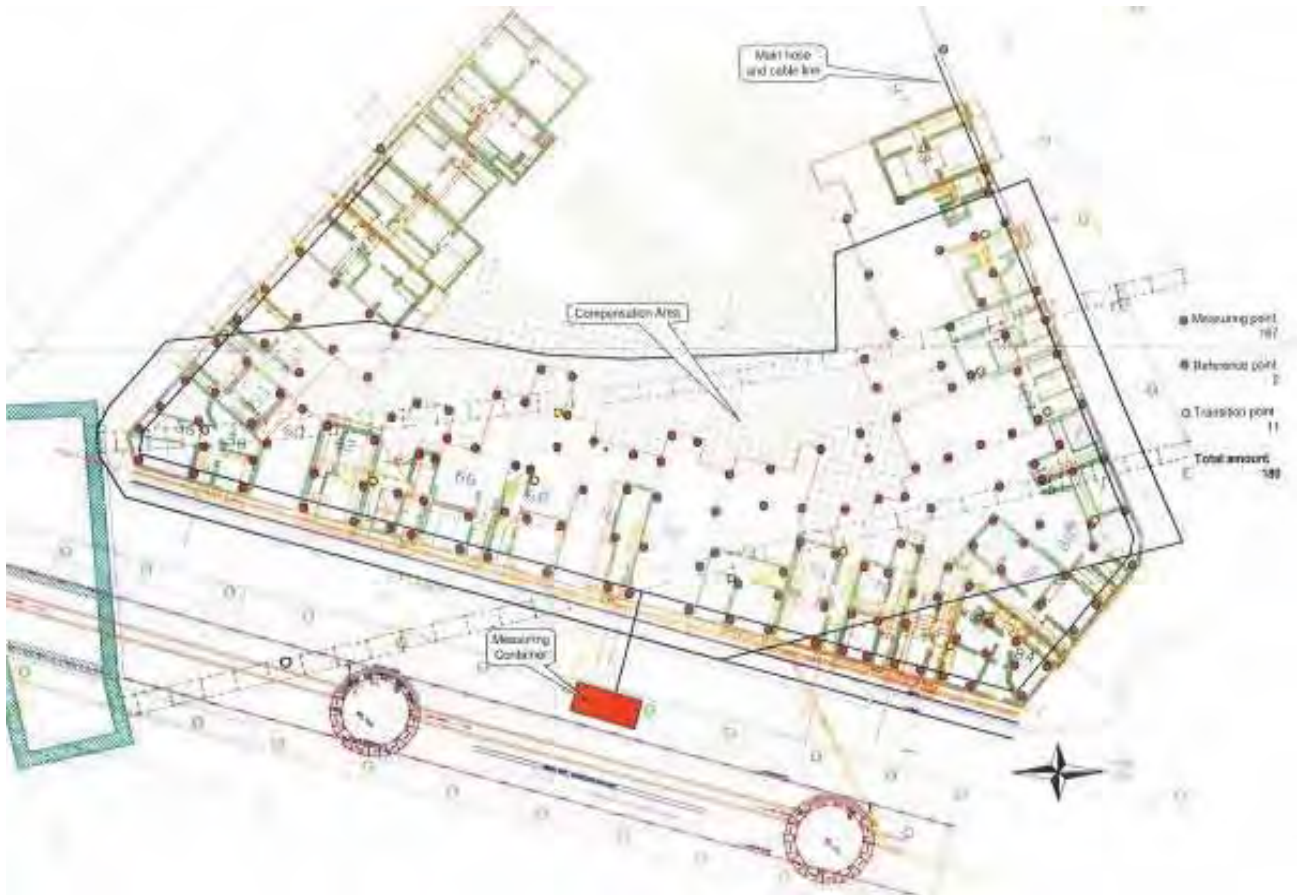


Fig. 7: Compensation grouting - uitvoeringsdetails

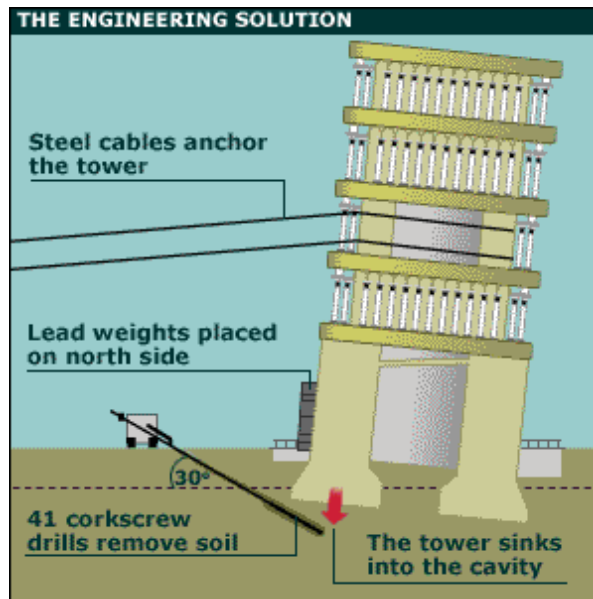


Fig. 8: Campanile Pisa

4. Koninklijk Museum voor Midden-Afrika (KMMA) - Tervuren

4.1. Uitbreiding van historische gebouwen en bewegingen in de ondergrond

Herbestemming, wijzigend wetgevend kader, bijkomende wensen van de gebruikers, in historische gebouwen is het vaak een klus om alle randvoorwaarden met elkaar te verzoenen. Vaak is daarvoor bijkomend bouwvolume nodig. De ondergrond is dan een logische keuze. Een logische keuze die bovendien een minimale visuele impact op de bestaande constructie heeft. Het KMMA is een project waar het volume, bijna 'onzichtbaar' verdubbeld wordt. En met 'onzichtbaar' wordt ook bedoeld 'zonder enig scheurtje'. De funderingsversterking combineert hier een preventieve functie (zonder enig scheurtje) met een actieve functie (de wanden van de nieuwe kelder).

4.2. Omschrijving van het project

In 1957 werd een olifant geveld op Domaine de la chasse de la Bushimaie in Zuid-Kasaï. De huid werd bewerkt en gedroogd en via Londen naar Brussel gestuurd. Samen met de slagstanden en het gebit kwam de huid hier een jaar later aan, net op tijd voor de Wereldtentoonstelling van 1958. Het grote, opgezette dier was één van de blikvangers in het faunapaviljoen van het toenmalige Belgisch-Congo. Na de tentoonstelling kreeg de olifant een laatste rustplaats in het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, dat zelf ontstaan was uit het koloniale luik van de Wereldtentoonstelling van 1897. Die tentoonstelling lokte toen zodanig veel bezoekers naar de Afrikaanse paviljoenen op die locatie, dat Leopold II besliste om er een permanent museum van te maken. De oorspronkelijke opdracht van het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika was om tegelijkertijd museum en onderzoekscentrum te zijn. Het gebouw werd afgewerkt in 1910 en wordt momenteel, in opdracht van de Regie der Gebouwen gerenoveerd en gerestaureerd. Een multidisciplinair team met onder andere Stéphane Beel Architects en Origin Architecture en Engineering staat in voor het ontwerp. Denys staat in voor de uitvoering.



Fig. 8: Zicht op het KMMA met links op de foto het nieuwe inkompaviljoen (bron: www.denys.com)

Er wordt momenteel een verdubbeling van het bestaande volume gerealiseerd. De uitbreiding van het volume gebeurt grotendeels ondergronds. Daar wordt een constructie gerealiseerd over een uitgravingsdiepte van 9 m. Dit ondergronds volume wordt, samen met het nieuwe inkompaviljoen de 'nieuwbouw' genoemd. Een planzicht van het geheel is te zien in figuur 10. De uitdagingen, relevant voor het onderwerp 'beweging in de ondergrond', die hier naar voren komen zijn duidelijk:

- Constructie van een relatief diepe bouwput naast een bestaand gebouw;
- Verdiepen van de kelder van het bestaande gebouw;
- Verbinding van de nieuwbouw met de oudbouw.

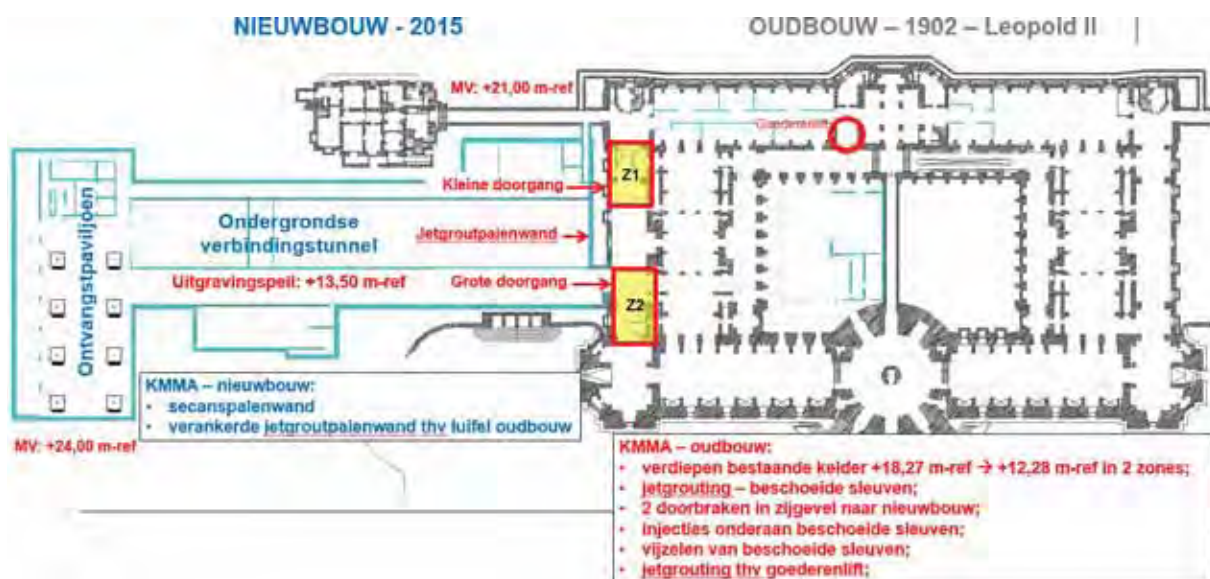


Fig. 10: Footprint van de oudbouw en de nieuwbouw

4.3. Bouwput en beschoeiing

Het is duidelijk dat de oudbouw binnen de invloedszone van de werken van de nieuwbouw ligt. Belangrijk is dus om, zowel bij het ontwerp als bij de keuze van de beschoeiingstechniek weloverwogen te werk te gaan. Voor dit project is gekozen voor twee beschoeiingstechnieken: een verankerde secanspalenwand en een verankerde jetgroutwand. De techniek van de secanspalen is door de ontwerpers vooropgesteld. Een belangrijk voordeel, zeker in de

nabijheid van bestaande constructies, is dat het uitvoeren van de onderlinge elementen (palen) in kleinere fase gebeurt dan bijvoorbeeld bij soilmixpanelen.

Lokaal, ter plaatse van de luifel, wordt de jetgrouttechniek (VHP) toegepast. Deze techniek is duurder dan de secanspalentechniek, maar heeft als voordeel dat er kan gewerkt worden met kleiner materieel. Materieel dat, in dit geval, onder de luifel kan opereren. Ook bij het jetgrouten, worden de onderlinge elementen gefaseerd uitgevoerd, waardoor grondontspanning, en dus de bewegingen in de ondergrond, tot een minimum beperkt wordt. In figuur 11 is de grondopbouw zichtbaar. Onder meer de afwezigheid van grondwater laat in principe toe verschillende technieken te kiezen om de bouwput te beschoeien: afgraving in talud, berlinerwand, damwand, secanspalen, soilmixwanden, etc. Echter de randvoorwaarden (beperking van invloed op de oudbouw) zorgen ervoor dat het aantal keuzes uiteindelijk beperkt werd. Niet onbelangrijk is, dat na de keuze van de techniek, het aan de ontwerpers en de uitvoerders is om zich te houden aan de regels van goede praktijk.

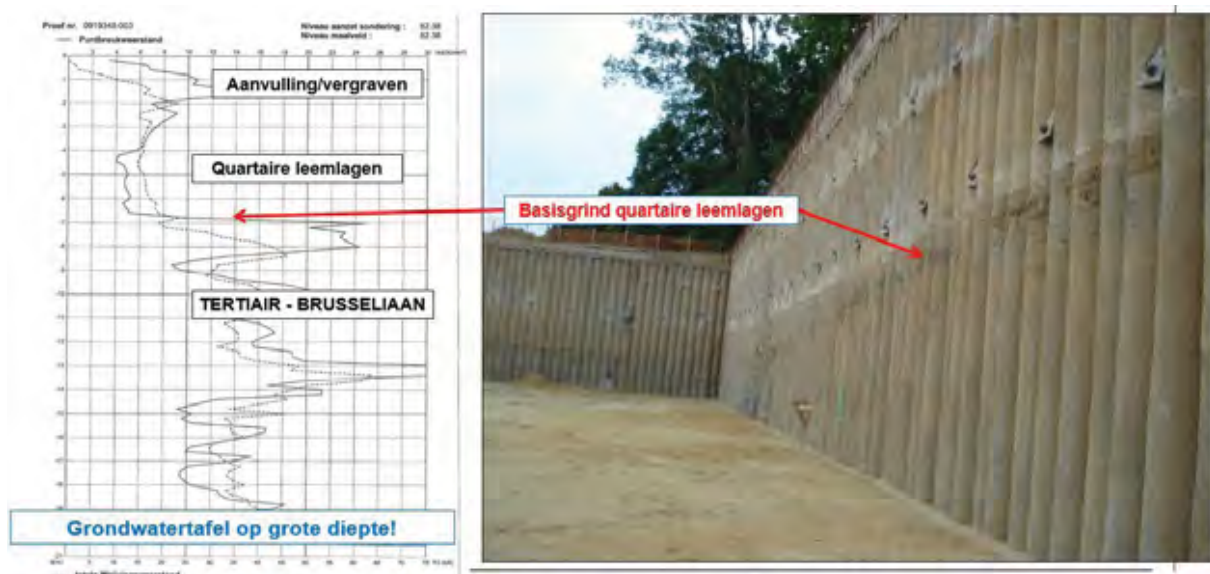


Fig. 11: Grondopbouw

4.4. Verdiepen van bestaand gebouw

Zoals op figuur 10 te zien sluit de nieuwbouw ondergronds aan op de oudbouw. Gelet op het niveau van de nieuwbouw betekent dit dat de oudbouw dus aangepast moet worden. Het bestaande, ondergrondse niveau in de oudbouw moet verdiept worden en de funderingen moeten verstevigd worden. En dit uiteraard met een minimale impact op de bovenbouw. De uitdagingen die hier naar voor komen zijn onder andere:

- Veiligheid van de uitvoerders;
- Zware funderingslasten en nevenlasten (bijvoorbeeld as 12, tot 640kN/m)
- Dikke metselwerkmuren tot 1,10 m in een combinatie van metselwerk en natuursteen;
- Zeer zware bestaande funderingsbalken uit 'brokkenbeton' (1,40 m x 1,80 m);
- 'Brokkenbeton' met stukken porfier als granulaat;
- Bijzondere aandacht voor zettingen en het absoluut vermijden van schade aan waardevolle muurschilderingen in het bovengelegen museum;
- Grote dragende penanten dienen te worden ondervangen;
- Interferentie met nieuwbouw en doorbraken (ankers en planning);
- Aanwezigheid van bestaand rioleringsstelsel;
- Moeilijke bereikbaarheid van de werkzone

Vooraf de aanwezigheid van de zware funderingslasten die moeten opgevangen worden, maakt duidelijk dat de fundering moet verstevigd (verdiept) worden en dat een beschoeiing 'naast' de bestaande fundering niet zal volstaan om de vooropgestelde doelstellingen te halen.

Om bovenstaande uitdagingen aan te gaan werd een combinatie van 2 onderschoeiingstechnieken toegepast: jetgroutkolommen en beschoeide sleuven. Het principe is te zien in figuur 12. Hierbij is de onderschoeiingswand voor de oudbouw een samenstel van jetgroutpalen en beschoeide sleuven. Tijdens de uitvoering is er een tijdelijke fase waarin de jetgroutkolommen de funderingslasten dragen waarna in de definitieve fase de funderingslasten gedragen worden door zowel de jetgroutkolommen als de beschoeide sleuven.

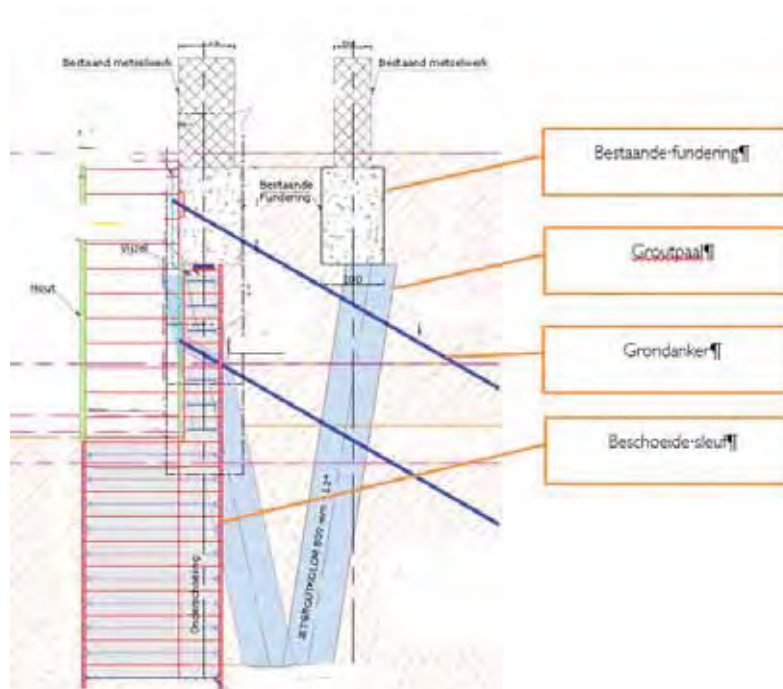


Fig. 12: Principe van ondervangen van de bestaande fundering in zone Z1

Wat het minimaliseren van de zettingen betreft zijn jetgroutkolommen de beste onderschoeiingstechniek. Dit heeft te maken met de gefaseerde uitvoering, het steeds gesteund zijn van de grond (tijdens uitvoering) en de goede aansluiting tussen jetgroutkolom en bestaande fundering. Ten gevolge van de verhoogde spanningen onder de punt van de jetgroutkolommen zou eventueel zetting kunnen optreden. In dit geval is dit echter zeer beperkt, aangezien de jetgroutkolommen aanzetten in het Brusseliaan. Het is duidelijk dat een oordeelkundige keuze van het aanzetpeil van de nieuwe fundering noodzakelijk is. De keuze houdt niet alleen rekening met het draagvermogen, maar evenzeer met geohydrologische randvoorwaarden en het vervormingsgedrag.

Naast de zones die ondervangen worden met jetgroutkolommen, zijn er ook zones die ondervangen worden met beschoeide sleuven. Hier zijn zettingen te verwachten ten gevolge van graven van de beschoeide sleuven (uitvoeringsgevoelig). Bovendien is het, ook om de zettingen te beperken, aangewezen dat het draagvermogen van de beschoeide sleuven geactiveerd wordt. Er zijn grofweg 2 Bij het KMMA zijn 2 mogelijkheden gebruikt voor activering van het draagvermogen en het uitvoeren van zettingscompensatie:

- Vijzelen tussen beschoeide sleuf en bestaande funderingsbalk;
- Injectie onderaan de beschoeide sleuven.

Het is nodig om op te merken dat het enkel bij de “alleenstaande” beschoeide sleuven mogelijk is om te vijzelen. Belangrijk hierbij is het voorzien van een dwarskrachtverbinding. Tijdens de vijzelfase is er, ter plaatse van de vijzels, immers een rolplegging. Bij de beschoeide sleuven onder de penanten (= cluster van 3 stuks) is vijzelen praktisch niet mogelijk.

Uiteraard is het voor bovenstaande uitvoering van belang de zettingen te kunnen monitoren. Bovendien is een goede monitoring noodzakelijk om het resultaat van de vijzel en injectiewerken bij de beschoeide sleuven te kunnen meten tijdens de uitvoering. Het monitoringsysteem had onderstaande kenmerken:

- De meetpunten zijn aluminium barcodes op de bestaande funderingsbalken
- Zowel referentiepunten als punten in de werkzone;
- Punctuele metingen met hoognauwkeurig digitaal waterpastoestel (DNA03);
- Sluitfout < 1 mm in doorgaande waterpassing en Standaardafwijking 0,3 mm/km;
- Opmetingen bij belangrijke ingrepen, vijzelen, injecteren;
- Start van de metingen na jetgrouting en voor beschoeide sleuven.

Na het uitvoeren van de onderschoeiingswerken is de verbinding tussen oudbouw en nieuwbouw gerealiseerd. Gelet op de grote bovenbelasting en de gewenste 'open' structuur, vormt ook dat een uitdaging op zich.



Fig. 13: Zicht op verbinding oudbouw en nieuwbouw

5. Conclusie

Er zijn in het kort enkele projecten besproken. Wat de 3 projecten gemeenschappelijk hebben is dat ze succesvol uitgevoerd zijn. En daar heeft elk van de betrokken partijen zijn steentje toe bijgedragen. Het gaat niet alleen over vooronderzoek en het voorschrijven van de juiste methodes (dat is een eerste stap en zorgt ervoor dat er binnen het project budgetten opgenomen zijn om de funderingsversteviging uit te voeren). Maar evengoed is het belangrijk om blijvend oog te hebben voor nieuwe of bijkomende informatie en te luisteren naar elkaar. Pas dan zullen de meest creatieve en geschikte oplossingen ontstaan. En dat is, voor het monument en alle betrokken partijen, het belangrijkste.

MONITORING VAN ZETTINGEN BIJ WERKZAAMHEDEN

Peter Heymans
Geomodus

Geomodus is als bedrijf reeds 40 jaar werkzaam binnen het domein van deformatiemetingen en monitoring. Deze jarenlange ervaring heeft geleerd dat geen enkele situatie dezelfde is en dat het van het grootste belang is met de opdrachtgevers, ingenieurs en uitvoerende mensen samen te zitten om een zo performant mogelijk systeem te installeren.

Bij het uitvoeren van werkzaamheden nabij een (historisch) gebouw is het van het grootste belang een idee te hebben welke bewegingen zich kunnen voordoen vóór, tijdens en na deze werken. Aangezien elk gebouw en elke situatie anders zijn, zijn hiervoor verscheidene technologieën beschikbaar en kunnen deze nog eens op verschillende manieren ingezet worden. Door de juiste informatie over de omgevingsomstandigheden te analyseren, de werken die uitgevoerd zullen worden en hun gevolgen te kennen en door te weten welke bewegingen opgevolgd moeten worden, is het pas mogelijk een juist monitoringsysteem toe te passen.

Aan de hand van enkele voorbeelden zal een beknopt overzicht gegeven worden van de mogelijke systemen en hun toepassingen.

1. Monitoring – algemeen

1.1. Soorten monitoring

“Monitoring” is een verzamelterm die gebruikt wordt om alle mogelijke metingen van bewegingen op te volgen of te bepalen.

Onder de noemer deformatiemeting valt elke meting die als doel heeft met een eenmalige meting de huidige toestand te bepalen ten opzichte van een situatie die men vooraf kent of aanneemt. Dit kan een verticaliteitsmeting zijn, waarbij men de afwijkingen bepaalt ten opzichte van een referentielijn die verticaal is. Het kan ook een meting van de huidige toestand van een kunstwerk zijn, waarvan men de vorm in ontwerpfase als referentie gebruikt.

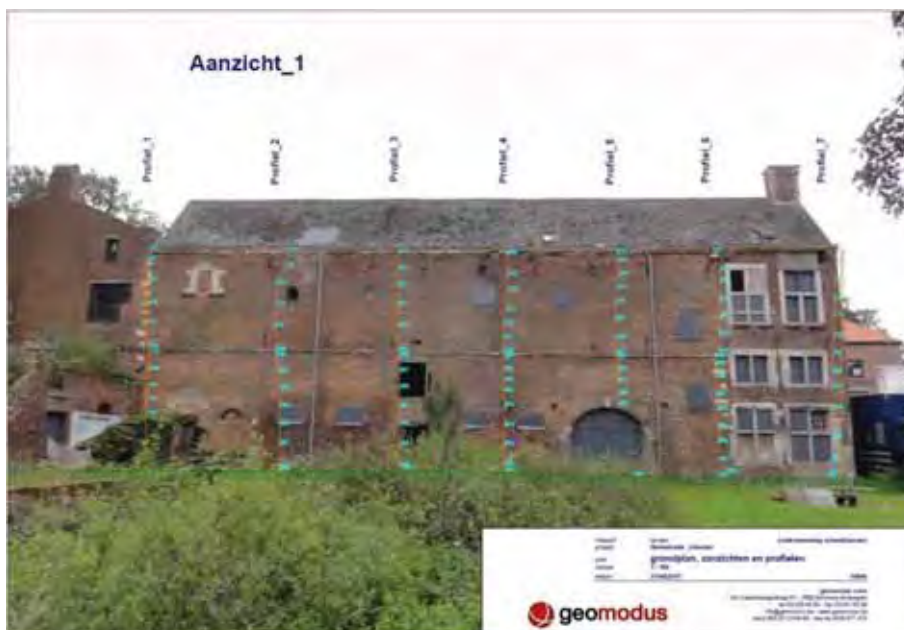


Fig. 1: Klooster Herkenrode: verticaliteitsmeting met aanduiding van de meetpunten

Van zodra er sprake is van monitoring, worden er minstens twee metingen uitgevoerd om de volgende meting met de eerste referentiemeting te vergelijken. Belangrijkste verschil is dat de beweging bepaald wordt ten opzichte van een voorgaande meting en niet ten opzichte van een aanname. Op deze manier worden bewegingen van gebouwen gemeten, veranderingen in verticaliteit of vormveranderingen van kunstwerken. Deze metingen kunnen manueel, semi-automatisch of automatisch gebeuren.

Manuele metingen zijn metingen waarbij de meetpunten ingemeten worden door telkens met een meettoestel ter plaatse te gaan en de meetpunten één voor één in te meten. Bij een semi-automatische meting wordt er voor elke meting ter plaatse gegaan maar worden de meetpunten door het meettoestel zelf automatisch ingemeten. Een automatische monitoring is een meting waarbij het meettoestel ter plaatse blijft staan en zelf volgens een vooraf ingesteld interval de meetpunten inmeet. Vaak is er hier ook nog een verbinding tussen het meettoestel en een pc zodat de data in real-time kan verzonden en verwerkt worden.



Fig. 2: Bouwput na afbraak van een appartementsgebouw in Brussel: semi-automatische meting van de aanpalende gebouwen



Fig. 3: SCK-CEN Mol: semi-automatische monitoring van de diameter van de ondergrondse galerij waar testen plaatsvinden voor ondergronds opslag van radioactief afval. Eveneens monitoring van een testzone waar temperatuur en drukverhogingen gesimuleerd worden om het gedrag van de galerij te bepalen.



Fig. 4: St-Catharinakerk in Diest: manuele deformatiemeting om de scheefstand van de kerktoeren te bepalen, en een semi-automatische monitoring van de muren van de kerk tijdens en na de funderingswerkzaamheden (zie ook paragraaf 3.1).

1.2. Kwaliteitscriteria bij monitoring

De resultaten en de kwaliteit van een meting worden niet enkel beïnvloed door de nauwkeurigheid van het meettoestel. Deze nauwkeurigheid is een startwaarde die door de

gebruikte meetmethode, door de omgeving of door de gebruikte meetpunten sterk kan beïnvloed worden.

1.2.1. Meetpunten

Bij monitoring is het van cruciaal belang dat de meetpunten die bij de eerste meting ingemeten worden ook bij de volgende metingen exact op de zelfde plaats ingemeten worden omdat het anders niet mogelijk is een deformatie te bepalen. De geplaatste meetpunten worden gekozen in functie van de gebruikte meetmethode en van de omgeving.



Fig. 5: Verschillende types meetpunten (beperkt):

- links onder: magnetisch bolprisma dat door de perfecte inpassing telkens verwijderd en opnieuw aangebracht kan worden.
- rechts onder: vast prisma dat met een keilbout verankerd wordt
- recht boven: meetbaak 50 cm voor een hoognauwkeurige waterpassing
- rechts boven (midden): magnetisch bolprisma gebruikt om een waterpassing op uit te voeren
- links boven (midden) voetje waarop verschillende types prisma's telkens op exact dezelfde plaats kunnen bevestigd worden

Naast gewone meetpunten die gebruikt worden om te bepalen of er al dan niet een deformatie optreedt, is het ook noodzakelijk om referentiepunten te installeren. Deze punten worden verondersteld niet te bewegen en zorgen ervoor dat de positie, en dus ook de beweging van de andere meetpunten eenduidig en telkens op dezelfde manier kan bepaald worden. Over het algemeen is er minstens één meetpunt per te bepalen bewegingsrichting nodig, met bij voorkeur enkele punten in overtal. In de meeste gevallen worden er minstens drie referentiepunten gebruikt omdat op die manier een verstoring van één van de referentiepunten kan gedetecteerd worden. Het is eveneens van groot belang om de referentiepunten buiten de invloedszone van de werken te plaatsen omdat ze niet mogen bewegen.

In sommige gevallen is het niet mogelijk om referentiepunten buiten de te onderzoeken zone te plaatsen omdat dit de meting negatief zou beïnvloeden. Zo is het niet ideaal om

referentiepunten buiten een gebouw te zetten omdat er zo eventueel ook andere omgevingsomstandigheden mee kunnen gemeten worden. Vaak worden dan referentiepunten aangebracht op muren die haaks staan op elkaar omdat men er vanuit kan gaan dat een muur niet in zijn lengterichting kan bewegen. Elke situatie vraagt op die manier dus een specifieke aanpak.

1.2.2. Omgeving

Zoals hierboven al aangehaald hebben ook de omgevingsomstandigheden een invloed op de meting. Enkele voorbeelden hiervan zijn temperatuur, luchtdruk en -vochtigheid, getij, wind, zon, ...

In eerste instantie is het van belang deze omstandigheden zo constant mogelijk te houden. Zo is het bij metingen in kerken bijvoorbeeld niet goed voor de nauwkeurigheid en kwaliteit van de resultaten om een meting van binnen het gebouw naar buiten te doen omdat de omstandigheden dan veranderen. Doordat een kerkgebouw ook relatief constant blijft qua temperatuur binnen, vertonen metingen in een kerkgebouw ook minder schommelingen.

Een te meten constructie staat echter vaak onder invloed van omstandigheden die niet te controleren zijn. Daarom is het noodzakelijk deze veranderende omstandigheden te kennen of te meten. Tijdens de interpretatie van de meetresultaten worden deze omgevingsomstandigheden dan gebruikt om te bepalen welke beweging door de veranderende omgeving komt, en welke een deformatie van de constructie is als gevolg van andere effecten zoals werken, aardbevingen, ...

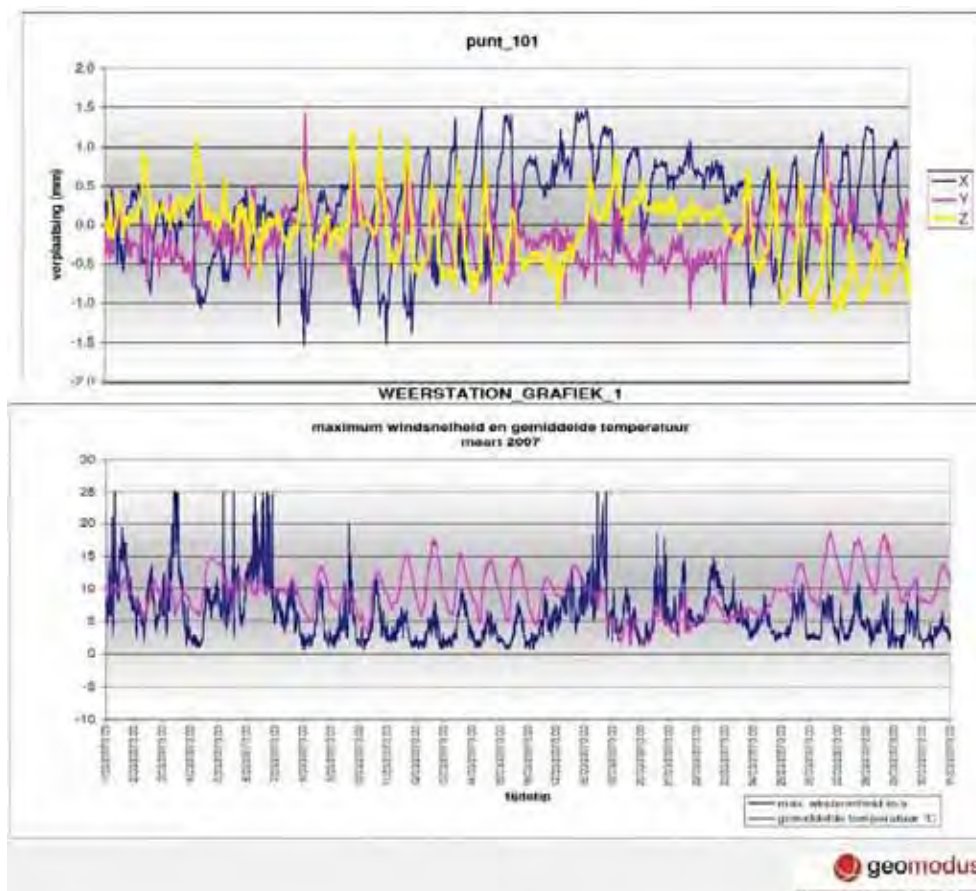


Fig. 6: Temperatuursinvloeden: weergave van de meetresultaten van een automatische monitoring op eenzelfde punt gedurende één maand met de bijhorende temperatuur (roze) en wind (blauw). Hierop is duidelijk te merken dat er dagelijkse schommelingen optreden in functie van de temperatuur.

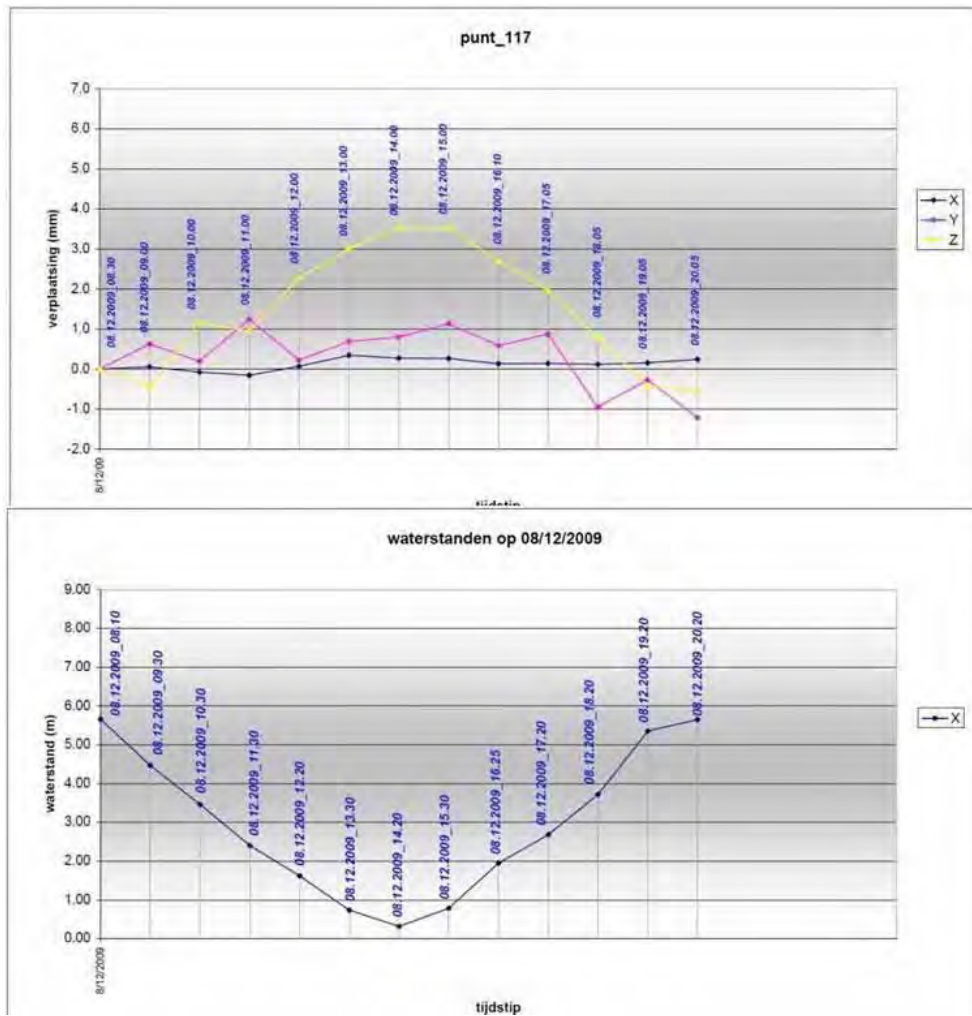


Fig. 7: Invloed van het getij: weergave van de meetresultaten automatische monitoring met bijhorende grafiek van de waterstanden op het moment van de meting. Hieruit blijkt dat de Z-waarde (geel) stijgt als het waterniveau zakt.

Om al deze omgevingsomstandigheden goed te kunnen inschatten, is het ook van belang toch een bepaalde meetfrequentie aan te houden. Als er een te grote tijd tussen twee metingen is, is het vaak onduidelijk welke beweging het gevolg is van een externe invloed en welke een effectieve deformatie is. Het is eveneens nuttig om bij iets complexere gebouwen die onder invloed staan van weersomstandigheden, een volledig jaar te meten om de weers- en seizoensinvloeden te bepalen. Vanaf het tweede jaar kan dan veel duidelijker bepaald worden welke deformaties aan deze invloeden te wijten zijn.

2. Zettingsmeting

Bij sommige projecten is het enkel nodig om de beweging in Z-richting (verticaal) op te volgen, of laat de situatie het gewoon niet toe om een meting in X-Y richting uit te voeren door de voorwaarden in het bestek of door de omgevingsomstandigheden. In zo'n geval wordt dan geopteerd voor een manuele of automatische zettingsmeting.

2.1. Koninklijk Museum voor Midden Afrika (KMMA Tervuren)

Bij de renovatie en nieuwbouw van het museum voor midden Afrika was het enkel nodig om de zettingen en de differentiële zettingen van twee dragende muren te bepalen in een zone waar er een doorbraak van de buitenmuur gebeurde. Deze muren droegen namelijk in het museum zelf immense landkaarten die niet verwijderd konden worden.

Omdat de op te volgen zone een constant veranderende werfzone was, was het nodig een zeer flexibel systeem op te zetten. Hierdoor werd het al onmogelijk om een automatische monitoring op te zetten omdat deze net uitgaat van een meettoestel dat altijd op dezelfde positie staat. Bij inschatting van de situatie en na overleg is hier besloten vaste meetbaken te hangen die met een hoognauwkeurig waterpastoestel ingemeten werden. Een totaalstation met vaste prisma's zou ook gekund hebben, maar omdat de nauwkeurigheid voor zettingen toch nog veel hoger ligt met een waterpastoestel (0,03 mm / km waterpassing) is er hiervoor geopteerd.

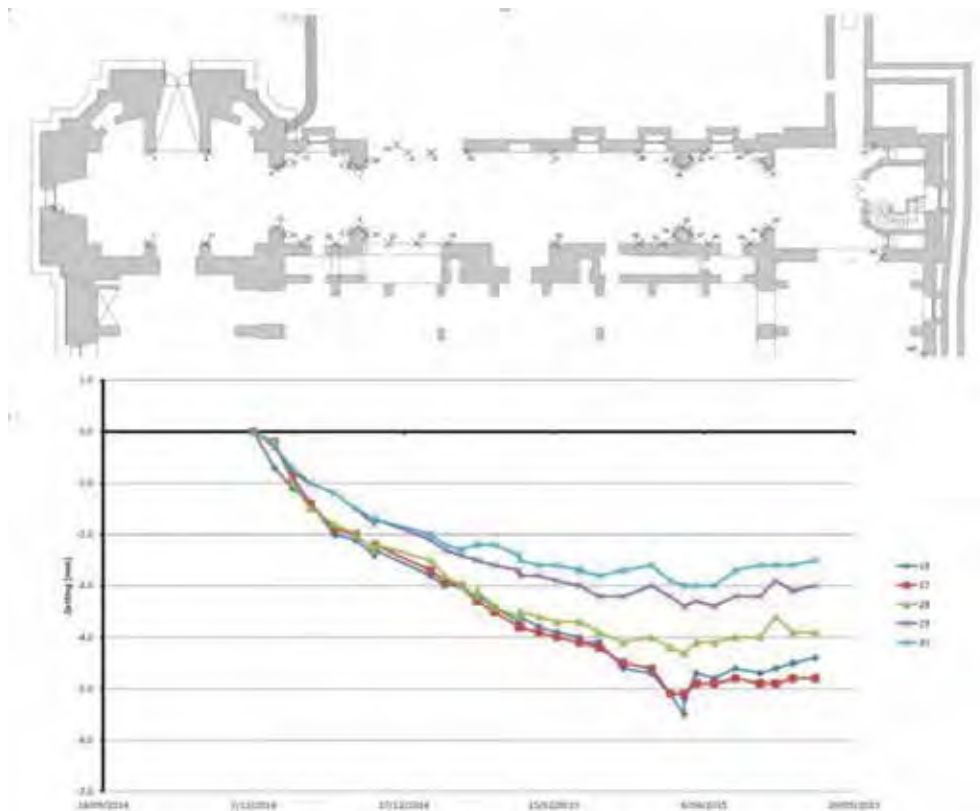


Fig. 8: Zettingsmeting KMMA - Tervuren: weergave van de liggig van de meetpunten en van de meetresultaten van de zettingsmeting rechts van de doorbraak.

Tijdens de uitvoering van de werken is er op sommige plaatsen met vijzels gewerkt om de draagkrachten van de nieuwe fundering naar de bestaande constructie over te brengen. Tijdens deze werkzaamheden werd er op één meetpunt gemeten tot hier een beweging gedetecteerd werd van 0.1 mm. Dit was het moment dat de nieuwe fundering eventuele losse aarde volledig aangedrukt had en de krachten van de bestaande constructie overgedragen werden op de nieuwe fundering.

opm: nauwkeurigheid van de meting bedraagt ± 0.02 mm

23/02/2015 11:30		
Druk [bar]	Vijzel: punt 22	
	Waarde [m]	Zetting [mm]
0 bar	0.26121	0.00
40 bar	0.26120	0.01
50 bar	0.26121	0.00
60 bar	0.26120	0.01
70 bar	0.26120	0.01
86 bar	0.26119	0.02

23/02/2015 12:45		
Druk [bar]	Vijzel: punt 21	
	Waarde [m]	Zetting [mm]
0 bar	0.22997	0.00
40 bar	0.22994	0.03
50 bar	0.22992	0.05
60 bar	0.22990	0.07
70 bar	0.22988	0.09
75 bar	0.22987	0.10
80 bar	x	
91 bar	x	

Fig. 9: Zettingsmeting KMMA - Tervuren: weergave van de meetresultaten tijdens het opvijzelen.

- Links werd de maximale druk bereikt voor er een te hoge opstuwing plaatsvond
- Rechts werd de maximale opstuwing bereikt voor de toegelaten druk bereikt werd.

2.2. Project Schuman - Josaphat (Brussel)

Bij de aanleg van de Schuman-Josaphat spoorverbinding in Brussel werden enkele funderingen van bestaande kantoorgebouwen doorbroken door de tunnel. Om deze reden werden de funderingen aangepast zodat het gevaar bestond dat de bovenliggende gebouwen konden bewegen.

Omdat de werken hier dag en nacht plaatsvonden, was hier een automatisch systeem nodig. Een hydrostatische waterpassing is dan voor enkel zettingen de meest aangewezen methode. Bij deze meetmethode worden verschillende sensoren, gevuld met een vloeistof, met elkaar verbonden zodat een systeem van communicerende vaten ontstaat. Het niveau van deze vloeistof wordt volgens een vastgesteld interval afgelezen en de manier van aflezen is erg afhankelijk van het type sensor/fabrikant. Eén van de sensoren wordt als vast beschouwd en als er dan een andere sensor beweegt (zakt of stijgt) verandert het niveau van de vloeistof. Deze niveauverandering is dan een maat voor de zetting. De gegevens van de sensoren worden via een logger met een bepaald interval doorgestuurd en kunnen online opgevolgd worden.

Door de hogere prijs van dit systeem wordt er vaak een combinatie gebruikt waarbij de belangrijkste punten voorzien worden van een sensor, en tussenin meetpunten voor een manuele meting geplaatst worden. Op die manier kan er tijdens cruciale fases toch meer gedetailleerde info verkregen worden.

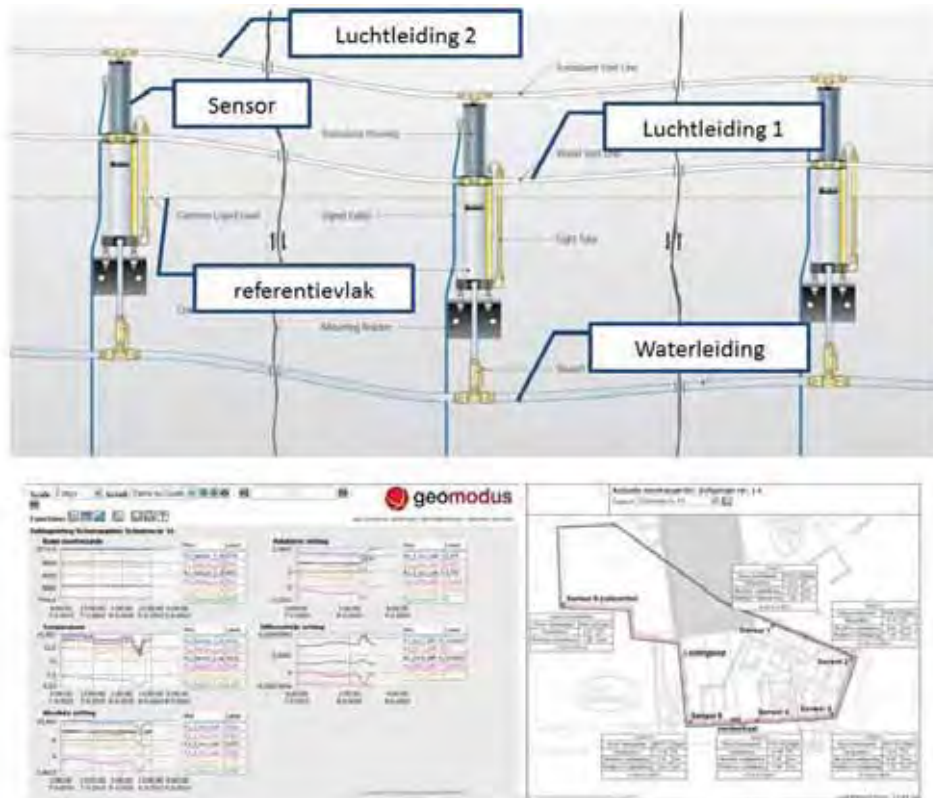


Fig. 10: Hydrostatische waterpassing - Brussel:
 - Bovenaan: principe van hydrostatische waterpassing
 - Links onderaan: weergave van meetdata in de online toepassing
 - Recht onderaan: visuele weergave van de laatste meetwaarden per sensor

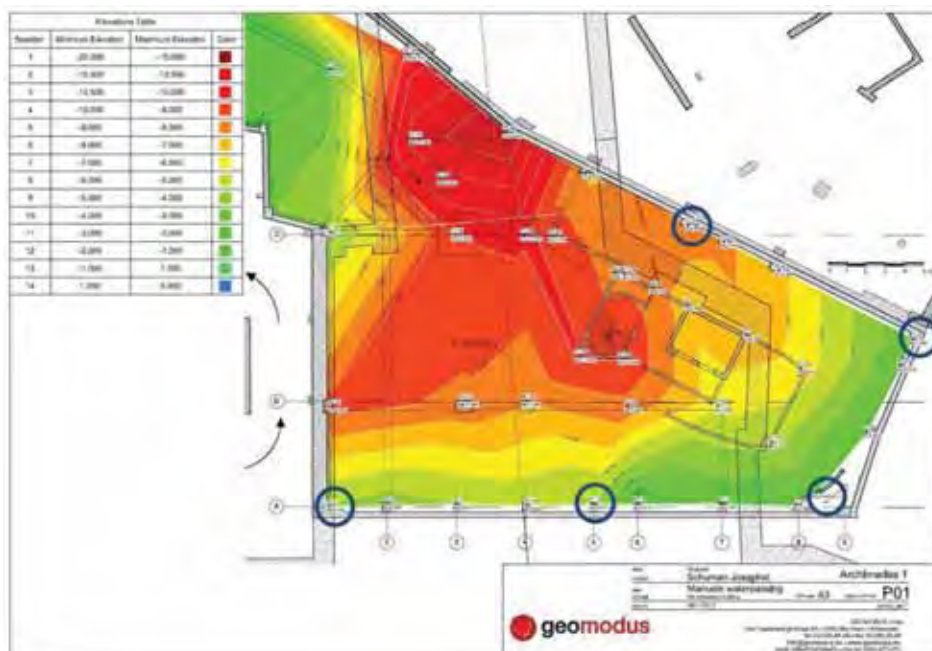


Fig. 11: Manuele zettingsmeting - Brussel: extra meetpunten (25) als verdichting van 5 sensoren van de hydrostatische waterpassing in een kelder waar grote zettingen en differentiële zettingen verwacht werden. Visuele colormapping om duidelijk weer te geven waar de probleemzones zich bevinden. De sensoren hadden hier nooit de grootste zettingen gedetecteerd op de voorziene posities (blauw)

3. Bewegingsmeting

Bij projecten waarbij er ook een horizontale beweging moet opgevolgd worden, is er een andere aanpak nodig. Er zijn hiervoor verschillende meetmethodes die in functie van het project moeten bepaald worden.

3.1. Project St-Catharinakerk Diest

De restauratie van de Catharinakerk in Diest hield onder meer in dat de funderingen vervangen en versterkt moesten worden. Tijdens deze werken was het noodzakelijk de stabiliteit van de muren op te volgen door hun zetting en verticaliteit in te meten.

In de kerk werden vaste meetpunten geplaatst in de vorm van prisma's die hoog genoeg hingen om ook de beweging naar binnen of buiten te detecteren. De punten werden in de zones geplaatst waar werken plaatsvonden en de vaste punten werden aan de andere zijde van de kerk geplaatst.

Tijdens het uitvoeren van de werken werd er tijdens het werken aan de funderingen, tijdens het ontspannen van de trekkers, en verder sowieso één keer per maand gemeten. Als resultaat werd de zetting verkregen, en de beweging naar binnen of buiten van de betreffende muur. Deze meting werd uitgevoerd als een semi-automatische monitoring omdat er telkens met het meettoestel ter plaatse gegaan werd. De punten werden wel automatisch aan een hogere nauwkeurigheid ingemeten door het meettoestel.

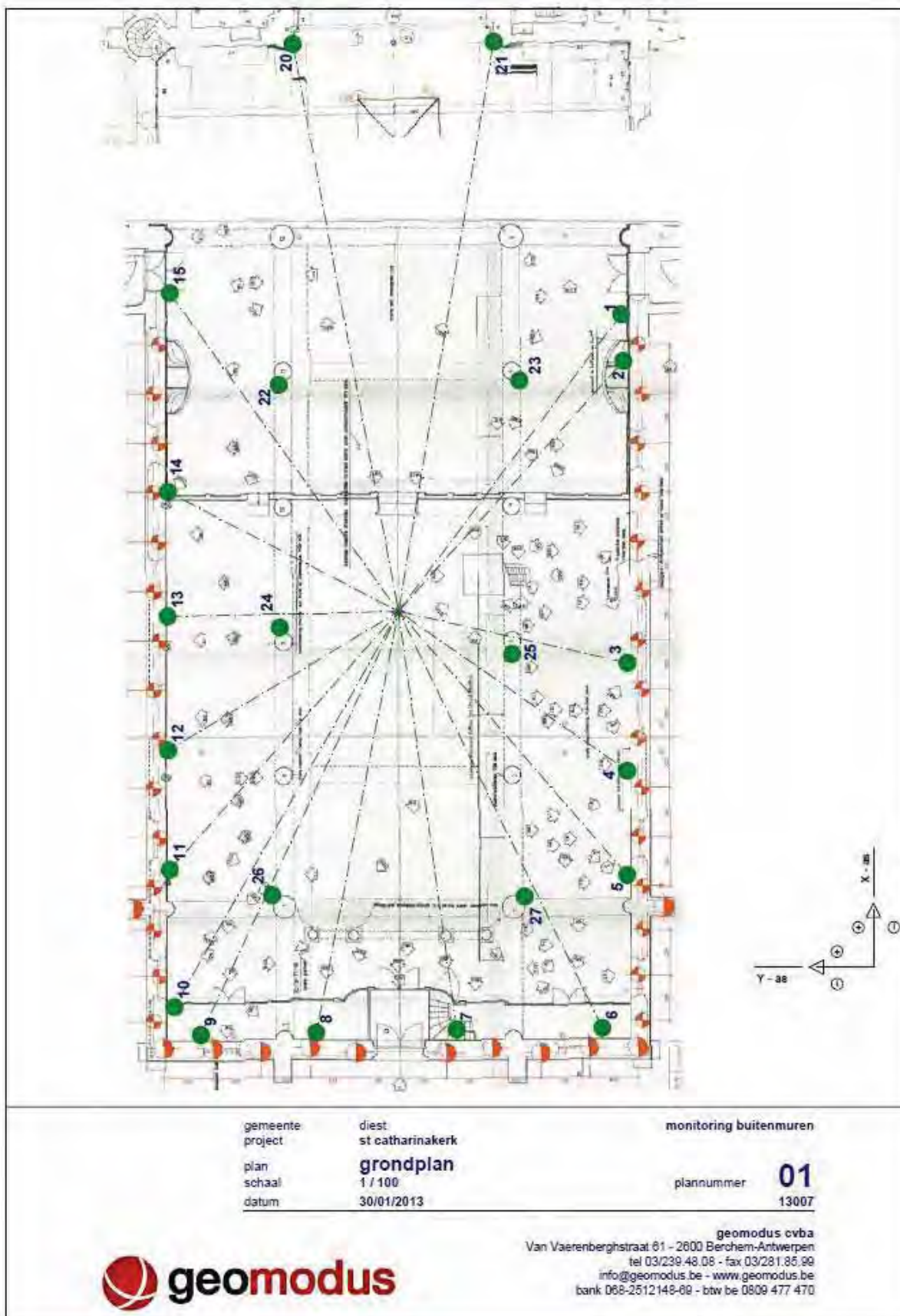


Fig. 12: Semi-automatische monitoring - Diest: liggingplan van de meetpunten die geplaatst werden. De werken vonden plaats ter hoogte van meetpunten 5 tot en met 11. De referentiepunten zijn punten 20 en 21.

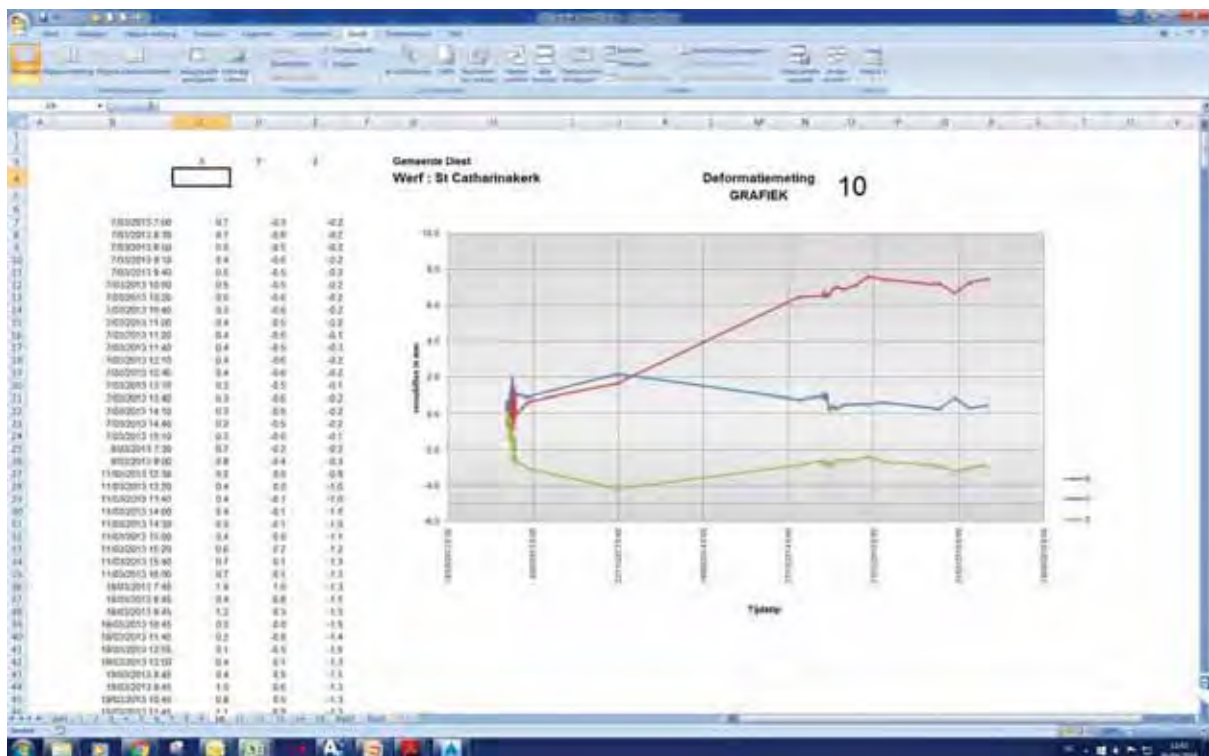


Fig. 13: Semi-automatische monitoring - Diest: meetresultaten gedurende 3 jaar waarbij helemaal links de boringen plaatsvonden en er dagelijks gemeten werd. Nadien was er een pauze in de meting tijdens restauratiewerken om dan vanaf het ontspannen van de trekkers een maandelijkse meetroutine op te starten tot stabilisatie van de resultaten.

3.2. St-Jan Evangelist kerk - Abdij van het Park – Heverlee

Voor een voorstudie van de kerk in de abdij van Park te Heverlee moeten verschillende delen ingemeten worden. De volledige meetcampagne loopt gedurende drie jaar om zo een duidelijk beeld te krijgen van welke bewegingen het gevolg zijn van omgevingsomstandigheden en welke bewegingen problematisch zijn door mogelijke instabiliteit. Na de drie jaar kan er dan een evaluatie opgemaakt worden en kunnen er op een doordachte manier ingrepen plaatsvinden om deze problematische bewegingen op te vangen. De stabiliteit van de gewelven van het koor wordt opgemeten door middel van automatische monitoring met een totaalstation dat meetpunten in de gewelven opmeet.

Naast de stabiliteit van de gewelven wordt met een semi-automatische monitoring de verticaliteit van de zijgevels van het schip opgevolgd. In het schip zijn op de zijmuren ook meetpunten aangebracht, maar deze worden slechts vier keer per jaar (één meting per seizoen) opgemeten.

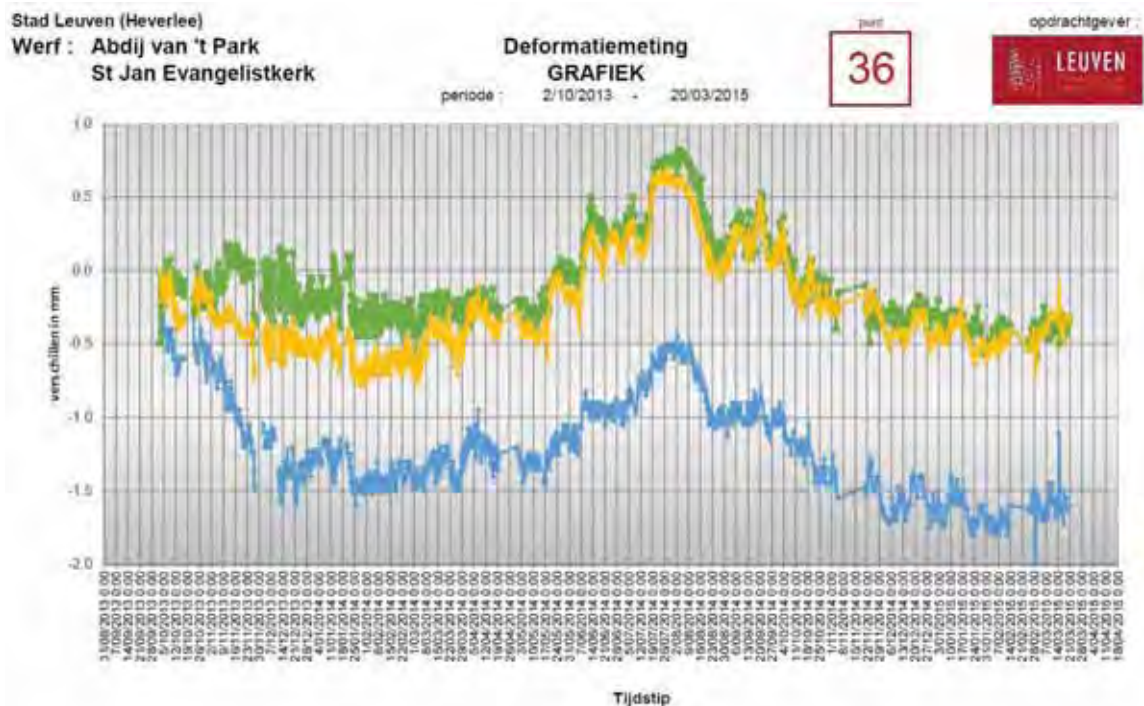


Fig. 14: Automatische monitoring - Heverlee: meetresultaten van een meetpunt (boven) en de bijhorende temperatuursgrafiek (onder) gedurende 2.5 jaar. De trend van de buitentemperatuur (groen) is duidelijk herkenbaar in de meetresultaten. Enkel de beweging in X-richting (blauw) is tijdens het tweede jaar enkele tienden groter.

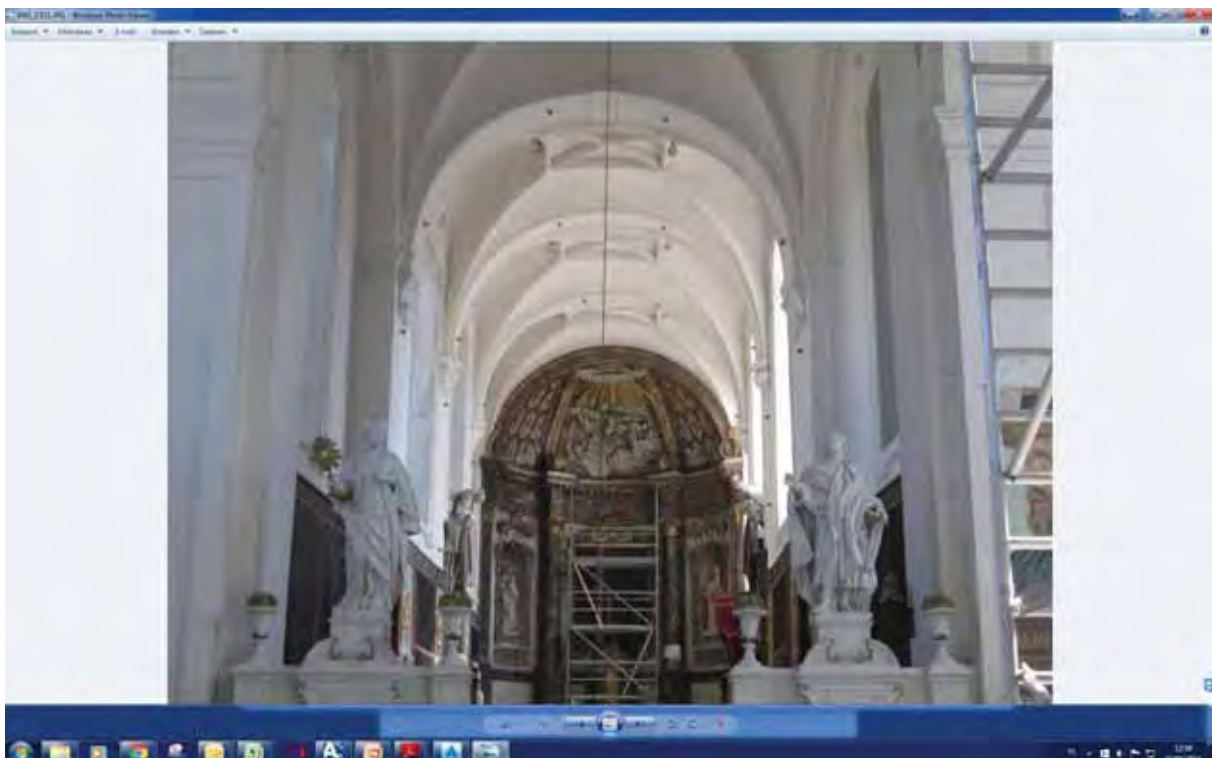


Fig. 15: Automatische monitoring - Heverlee: geplaatste meetpunten

3.3. Project Schuman – Josaphat (Brussel)

Bij de aanleg van de Schuman-Josaphat spoorverbinding in Brussel wordt de treintunnel aangelegd net onder de funderingen en kelders van oude woonhuizen. Om op te volgen wanneer hier problemen optreden is het noodzakelijk een permanent systeem te installeren dat zowel de verticaliteit van de gevels, de zettingen en de differentiële zettingen kan detecteren. Hier is een systeem noodzakelijk dat 3 dimensioneel de bewegingen kan bepalen. Een automatische monitoring door middel van een gemotoriseerd totaalstation bleek hier de beste oplossing. Het totaalstation werd uitgerust met een communicatiebox zodat data doorgestuurd kon worden naar een centrale computer en zodat het totaalstation vanop deze computer aangestuurd kon worden.

De centrale computer was uitgerust met software die de data omrekende en visualiseerde. Op deze manier kon de data in real time beschikbaar gesteld worden voor de klanten, en konden er alarmsignalen via sms of mail verstuurd worden bij het overschrijden van vooraf bepaalde grenswaarden.



Fig. 16: Automatische monitoring - Brussel:

- Links boven en onder: bescherming van het totaalstation tegen weersinvloeden en vandalisme
- Rechts boven: geplaatste meetpunten

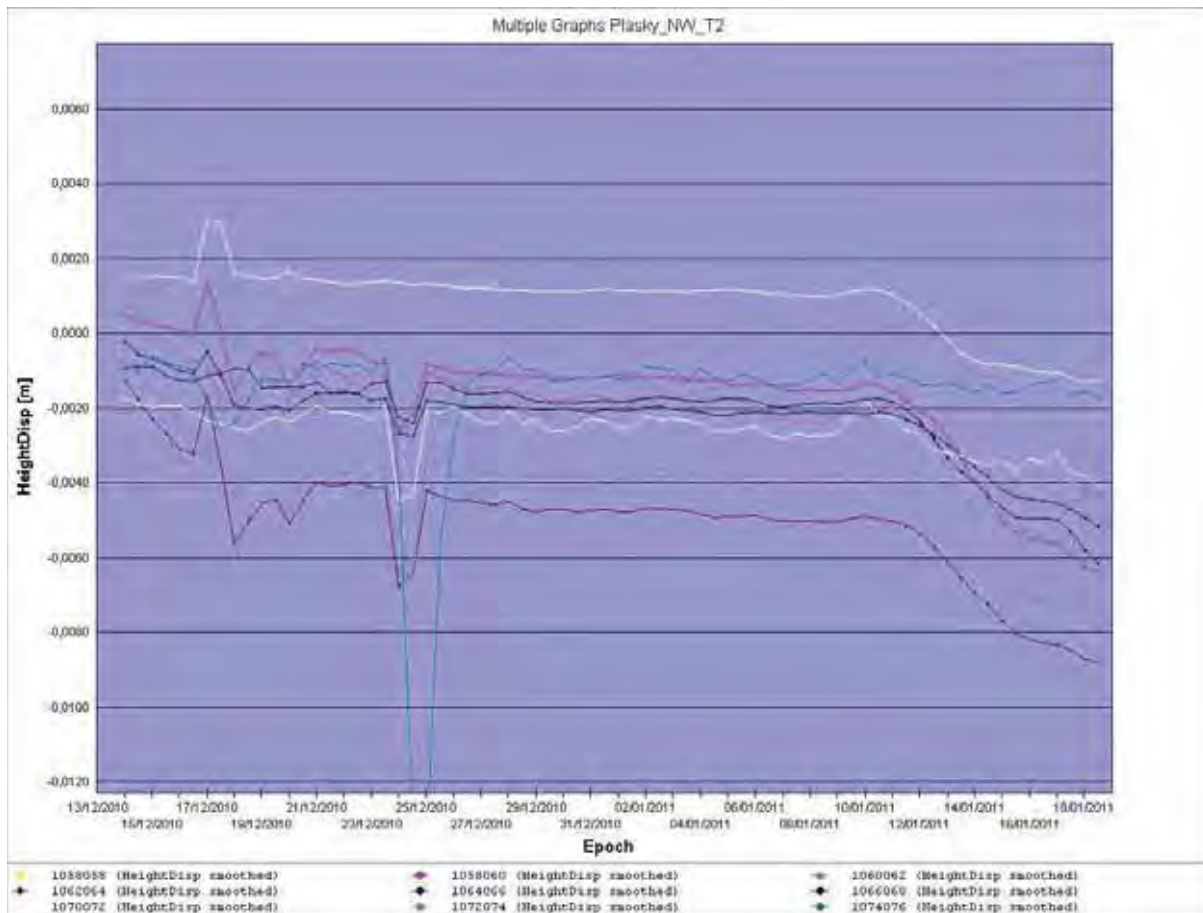


Fig. 17: Automatische monitoring - Brussel: meetresultaten van een aantal meetpunten gedurende 1 maand. De plotse “zetting” rond 25 december werd veroorzaakt door sneeuw die de meetpunten half of volledig bedekte. Het totaalstation zoekt zelf automatisch naar het midden van het meetpunt, maar als die niet of slecht zichtbaar is kunnen hier afwijkingen optreden. Twee dagen later was de sneeuw gesmolten en was de meting opnieuw stabiel.

3.4. Horizontale beweging van een high-rise building

Hogere gebouwen hebben vaak het nadeel dat ze gevoeliger zijn aan bewegingen in de ondergrond. Om deze hoge maar vaak smalle structuren op te volgen tijdens deze bewegingen kunnen er inclinometers in een ketting geplaatst worden. De inclinometers bepalen een verandering in hoek van het element waartegen ze geplaatst zijn. Er moet wel een aanname gedaan worden waarbij een bepaalde lengte als rechte lijn beschouwd wordt als gebied waarvoor de hoekverandering van één inclinometer geldt. Het is namelijk niet mogelijk om elke meter een automatische inclinometer te plaatsen.

In het geval van de bouw van de ADNOC HQ in Abu Dhabi, een high rise building van 340m hoog, werd er in samenspraak met de ingenieurs bepaald dat delen van 40-50m als rechtlijnig bepaald konden worden. Op deze manier werden 7 inclinometers geplaatst die dan als een ketting de vorm van de toren bepalen.

In onderstaand voorbeeld is een grafische weergave van de resultaten van de meting gegeven tijdens een aardbeving in Afghanistan (2013). Uit deze meting blijkt dat de toren 25 cm links tot 10 cm rechts beweegt tijdens de aardbeving (op 5 minuten tijd) en nadien binnen 1 mm opnieuw op dezelfde plaats terecht komt.

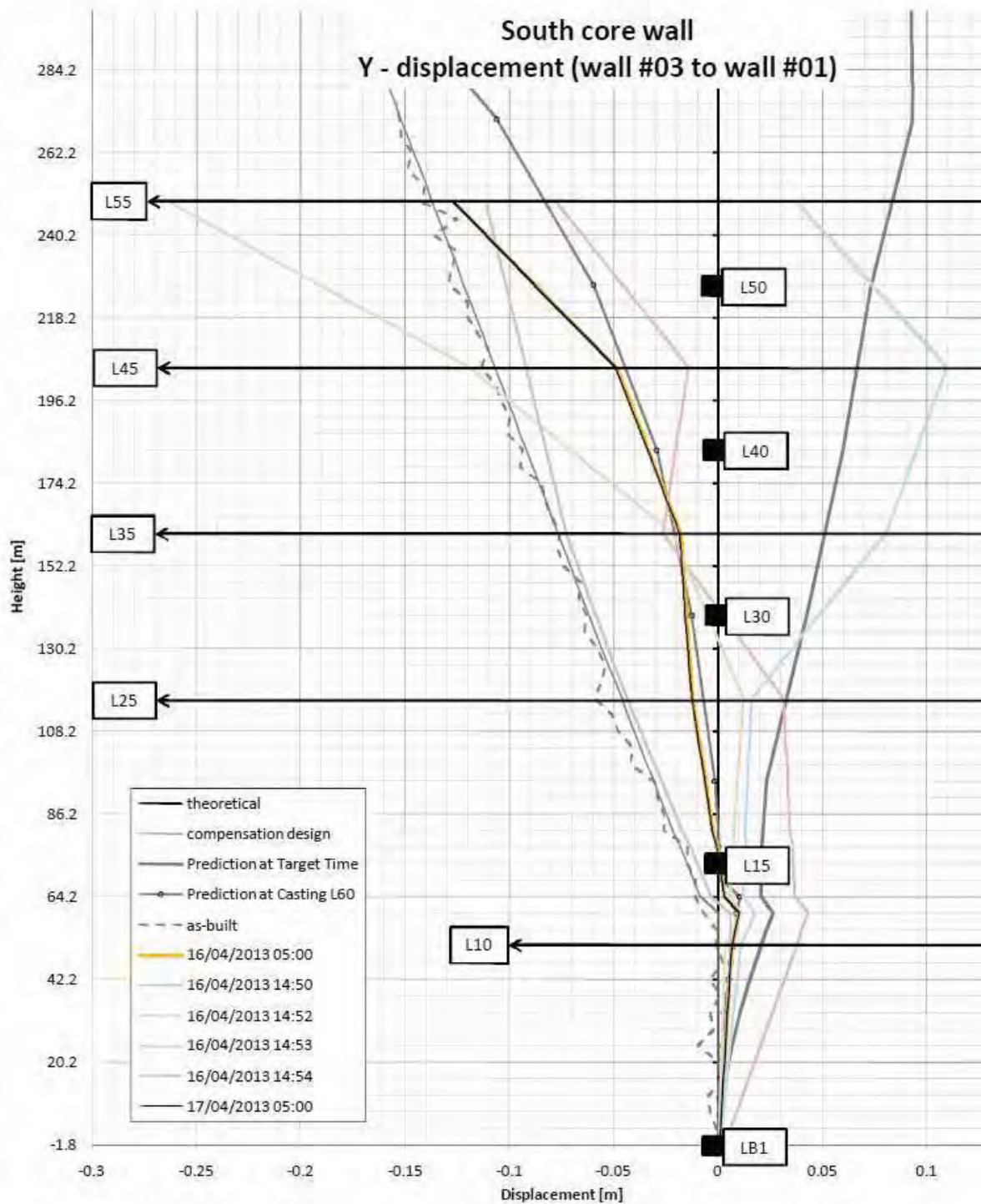


Fig. 18: Automatische monitoring – Abu Dhabi: meetresultaten van de inclinometers in een horizontaal profiel voor, tijdens en na de aardbeving. De verplaatsing in mm wordt uitgezet ten opzichte van de hoogte.

4. Besluit

Het opmeten van verschillende soorten beweging van gebouwen kan in een vooronderzoek cruciaal zijn om de juiste keuze van ingrepen te maken. Tijdens ingrepen aan gebouwen, werken rondom gebouwen en bewegingen rondom gebouwen is het eveneens wenselijk de bewegingen hiervan op te volgen. Hierdoor kan met detecteren wat het effect van de ingrepen is, of er risicovolle bewegingen ontstaan en of er maatregelen moeten getroffen worden bij bepaalde bewegingen. Na afloop van de werken kan het nuttig zijn om de bewegingen te blijven opvolgen om zeker te zijn en blijven van de stabiliteit en veiligheid.

Voor elke toepassing zijn er andere meetmethodes bruikbaar en dit is slechts een greep uit manieren waarmee bewegingen kunnen gemeten worden. Zoals bij aanvang reeds vermeld werd, wordt elke situatie afzonderlijk bekeken en besproken met de klant zodat de meest optimale methode kan gebruikt worden.

BOUWKUNDIG VERSTERKEN: EEN WINNEND CONCEPT

**Paul Hooijschuur, Pieters Bouwtechniek
Jan Zuidema, Remmers Bouwchemie
Erik Duijverman, Thor Helical**

Inleiding

Als gevolg van de gaswinning in het Groningen-gasveld trilt in Noordoost-Groningen af en toe de aarde. De gasproductie is teruggebracht van meer dan 50 miljard m³ in 2014 tot maximaal 30 miljard in 2015. Maar de schade aan woningen is er en die zal alleen maar toenemen. Aardbevingen gaan gepaard met veiligheidsrisico's voor de bevolking.

Een ontwerpwedstrijd die Ingenieursbureau Arup en NAM hebben uitgeschreven leverde verrassende innovatieve bouwkundige oplossingen op. Een daarvan is het concept van Pieters Bouwtechniek, Remmers Bouwchemie en Thor Helical, welke als consortium samen werken. 'Het aanbrengen van de voorzieningen vergt vakmanschap, maar is wel realistisch', zo beoordeelde de jury ons concept.

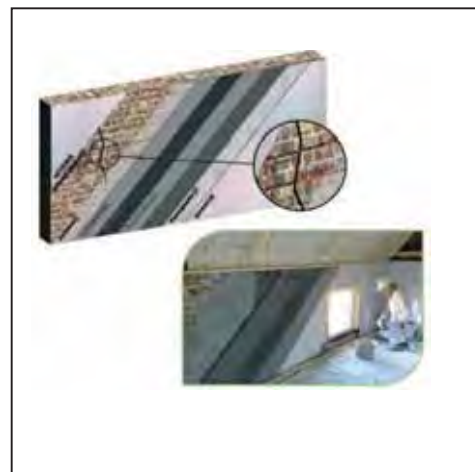
Het concept

'Bedenk vernieuwende oplossingen om de verbinding tussen vloeren, daken en muren te versterken en voor het verstijven van slappe vlakken, zoals vloeren en daken'. Zo luidde de uitdaging van Arup en NAM aan de bouwwereld. Het Consortium bundelden hun kennis en ervaring en ontwikkelden een concept dat een oplossing biedt voor de zogenoemde level 2- en level 3-versterkingen. Level 2 heeft betrekking op het versterken van de muur-vloerverbinding en level 3 heeft betrekking op het versterken van de schijfwerking van vloeren. Zo ontstond een concept dat bestaat uit drie onderdelen: muren versterken en afwerken, verbindingen tussen wand-vloer en wand-dak versterken en houten vloeren en daken verstijven.

Het concept is toegepast in een voormalige burgemeesterswoning in Kantens. In onze ontwerpvisie staan esthetische en bouwfysische kwaliteit en minimale overlast voor bewoners tijdens de werkzaamheden centraal. De ambitie van ons concept is dat tijdens en na een aardbeving de veiligheid van het gebouw voor de bewoners is gewaarborgd.

Muren versterken en afwerken (level 2)

Na verwijdering van het bestaande pleisterwerk en het boucharderen (opruwen) van de bakstenen zijn op plekken, waar scheuren voorkomen, het TH Scheurherstel Systeem met Helical Bars in de lintvoegen geplaatst die zijn ingebracht in de WHO60 2-K mortel. Bij het aanbrengen van het TH Lateiherstel Systeem waarbij er per lintvoeg 2 Helical Bars geplaatst worden welke in de WHO60 2-K mortel geplaatst worden. Vervolgens zijn met de Saneerputz Universeel HS achtereenvolgens een aanbrandlaag en een eerste basislaag, ingebed met een verstevigende Koolstofmat, aangebracht. Daarna is een tweede laag Saneerputz Universeel HS aangebracht. Ten slotte is met Lijmmortel S een eerste basislaag aangebracht, vervolgens



Wapeningsweefsel ingebed en daarna een tweede laag Lijmmortel S opgebracht. Deze is als fijn schuurwerk afgewerkt. Als optie is het warmte-isolerende IQ Therm systeem mogelijk.

Verbindingen tussen wand-vloer en wand-dak versterken (level 2)

Nadat een doorlopende lintvoegwapening of een ringbalk is aangebracht zijn de lateien of rollagen versterkt waardoor het gevelvlak rondom de sparingen steviger wordt. Vervolgens zijn TH vloer- en spouwankers geplaatst waarmee de vloeren en wanden onderling worden verbonden. Waar nodig zijn extra houten klossen tussen de balken toegevoegd om meer ankers te kunnen plaatsen voor een sterkere verbinding. Daarna zijn wanden en muren verbonden met TH muurankers.

Houten vloeren en daken verstijven (level 3)

Omdat de vloer in Kantens slecht was zijn de houten vloerplanken verwijderd, waarna multiplexplaten zijn aangebracht. De platen zijn aan de zijkanten onder een hoek van 45 graden afgeschuind, waarna ze met halfsteensverband zijn bevestigd met schroeven. De naden en voegen zijn opgevuld met voegenhars Epoxy BH 100. Daarna zijn voor de versteviging gelamineerde Koolstofmatten en Lamellen aangebracht: haaks op de houtvezelrichting en verlijmd met Epoxy Resin 55. In de hoeken is dubbel gelamineerd.

Voor de afwerking van de versterkte vloer bestaan vier oplossingen: de oude vloerdelen herplaatsen, de oude vloerplanken schuren en herplaatsen, afwerking met underlayment plaat of de houten vloer egaliseren met Uniplan.

De balken zijn gekoppeld door onder andere speciale lange (mortel loze) TH M12 Muurankers. Als optie is een geluidsabsorberende laag tussen ondervloer en toplaag mogelijk. De versterking van de vloeren kan zowel op de bovenkant als, bijvoorbeeld in situaties waar het lastig werken is, aan de onderkant worden aangebracht.

Inspectie, plan en uitvoering

Het concept is uiteraard ook geschikt voor toepassing in andere woningen en monumentale panden. In grote lijnen gaat het als volgt. Een grondige bouwkundige inspectie van de woning door een constructeur van het Consortium aangevuld met de technische adviseurs van het Consortium wijst uit op welke punten een woning moet worden verstevigd. In het inspectierapport staat aangegeven welke herstelwerkzaamheden nodig zijn.

Nadat in overleg met de eigenaar en de bewoner is vastgesteld welke ingrepen er moeten plaatsvinden worden die verwerkt in een Bouw Informatie Model (BIM). Hierin staan ook de productspecificaties en de volgorde van de werkzaamheden.

Met behulp van de nieuwste reken- en tekensoftware worden door de constructeur van het Consortium vanuit het BIM simulaties en berekeningen gegenereerd die nodig zijn voor het bepalen van constructieve voorzieningen.

Bouwbedrijven kunnen in samenwerking met de leveranciers aan de hand van het model de benodigde materialen vastleggen en een gedetailleerde begroting opstellen.

Bij de uitvoering van de werkzaamheden komt het aan op vakmanschap, zo oordeelde de jury van het Ontwerp Consultatie Team al. Inderdaad: ons concept mag alleen worden toegepast door bouwbedrijven die speciaal hiervoor door ons zijn opgeleid, getraind en gecertificeerd. En dit zijn er al vele.

Veilig en comfortabel

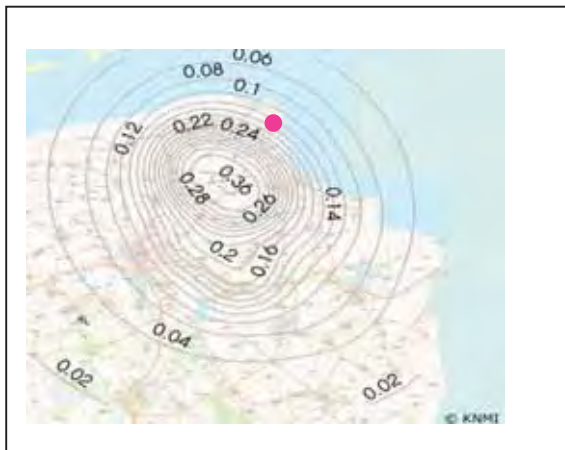
Door toepassing van spiraalankers, epoxyhars, kunststof matten en vezel versterkte mortels is de taaheid gegarandeerd die nodig is om de krachten van aardbevingen op te vangen. Er zijn varianten voor hoog-, matig- en lichtgevoelige gebieden. Door de muren en vloeren af te werken met esthetisch mooie materialen is naast de taaheid ook de fraaiheid geborgd.

Met het baanbrekende concept van het Consortium laten wij zien hoe wij samen de veiligheidsrisico's in het Groningse aardbevingsgebied te lijf gaan. Bewoners kunnen, nadat hun woningen zijn hersteld, met een gerust gevoel gaan slapen in een veilige en comfortabele woning, als het even kan voorzien van warmte- en geluidsisolerende maatregelen.

De Pilotopbouw voor particuliere woning

Bouwkundig Versterken:
voorstel Roodeschool
Fam. Westerdijkstraat 13

Situatie ter plaatse geeft aan dat:
Piekversnelling is **0.18**



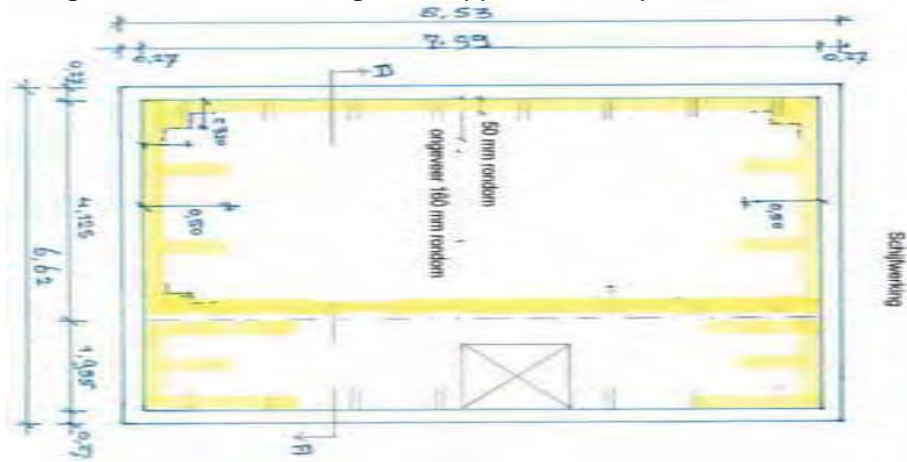
De opbouw van de woning bestaat uit de volgende elementen:

- Fundering op staal
- Deels kelder aanwezig (bij opname droog)
- Houten begane grondvloer
- Gevels gemetselde spouwmuur 270 mm
- Verdiepingsvloer NEHOBO 120 mm
- Houten kap

Bouwkundig Versterken Verdiepingsvloer 2

T.b.v. de schijfwerking rondom koolstofstrippen verlijmen of een glasvezelmat met het stucwerk aanbrengen.

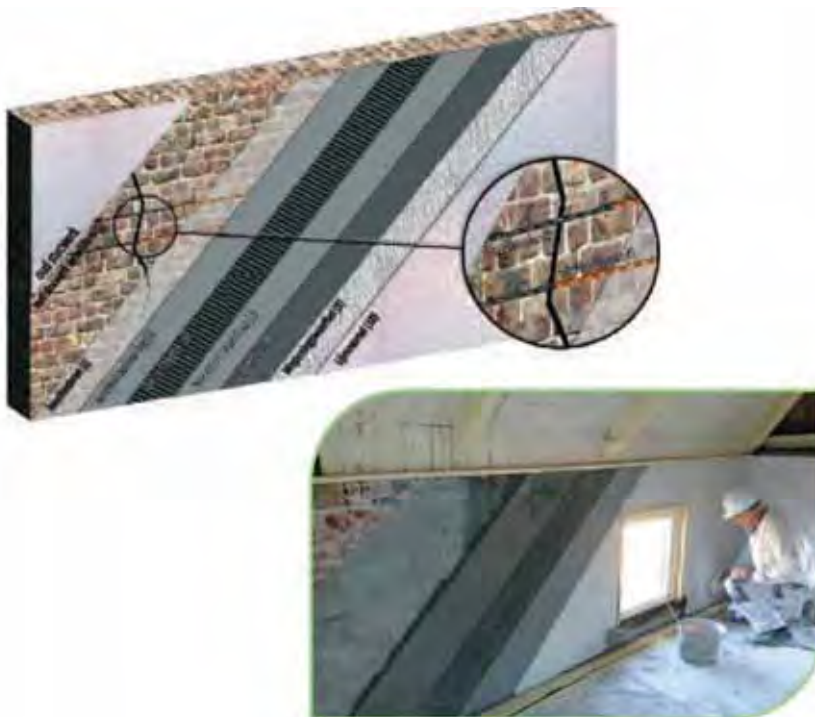
Een glasvezelmat over de gehele oppervlakte beperkt de scheurvorming in de toekomst.



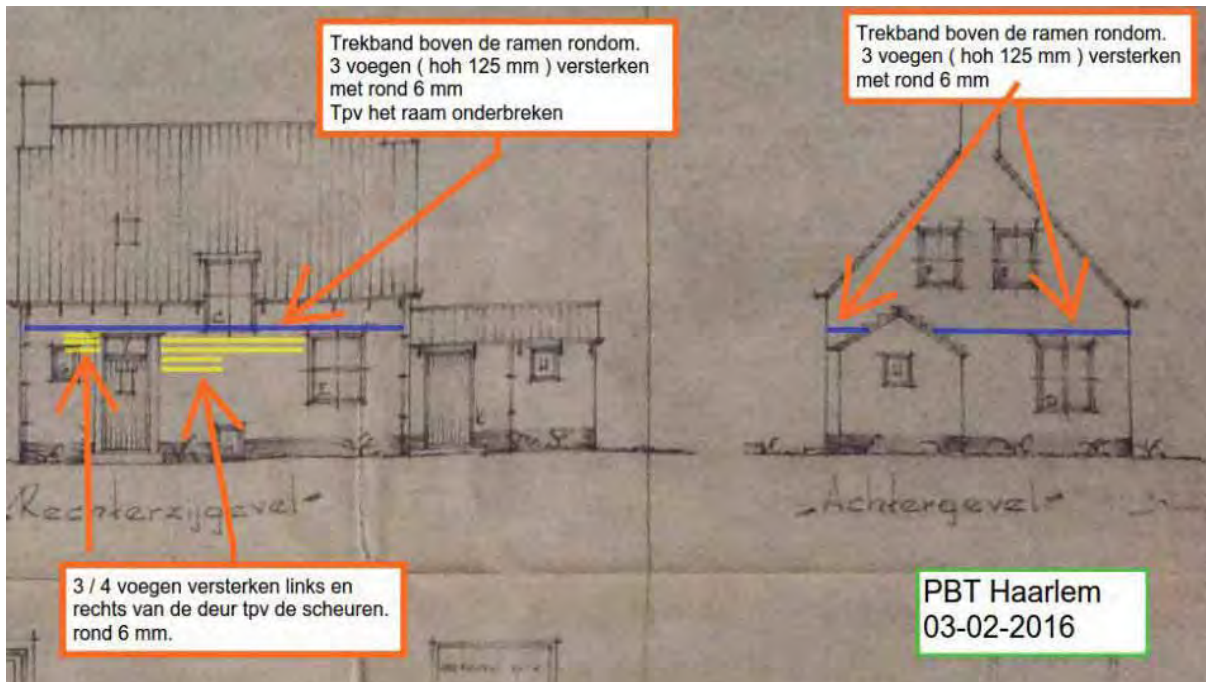
Schijfwerking

Bouwkundig Versterken van muren

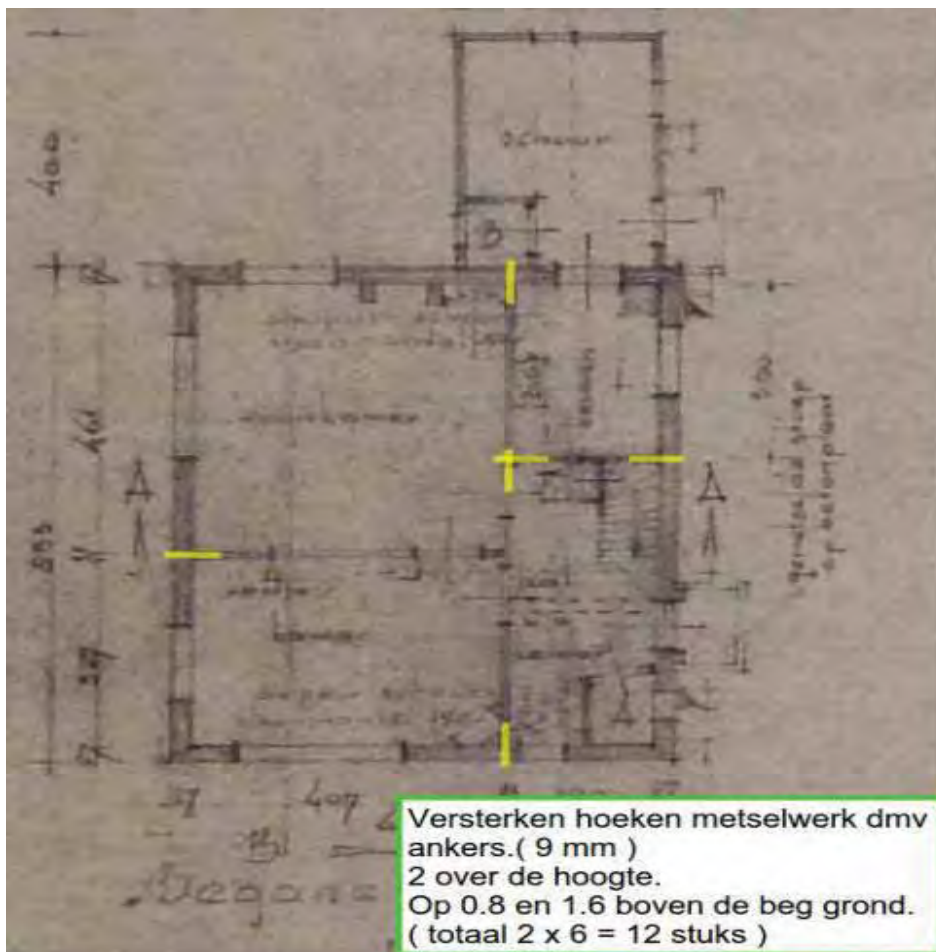
Vorbewerken, TH Scheurherstel systeem, TH Lateiherstel systeem, Aanbrand laag, Basis laag, Koolstofmatten, Basis laag, Wapeningsweefsel en afsluitend een Afwerklaag.



Bouwkundig Versterken van gevels



Bouwkundig Versterken hoeken



Bouwkundig Versterken plan van aanpak

- 1) Grondige inspectie door adviseurs
- 2) Inspectie rapport met advies versterkingsmaatregelen
- 3) Begroting
- 4) Na opdracht berekeningen
- 5) Uitvoeringstekeningen
- 6) Uitvoering
- 7) Controle en eindrapportage
- 8) Oplevering.

Bouwkundig Versterken financiële aanbieding (prijsvorming is per project)

- Definitief ontwerp bouwkundig Versterken
- Constructieve detailberekeningen
- Constructieve detailtekeningen
- Coördinatie aannemer
- Projectadministratie, calculatie en overleg NAM
- Toezicht en oplevering
- Bijkomende kosten
- Totaal excl. BTW
- Raming aannemer bouwkundig versterken
- Totaal voorstel Bouwkundig versterken.

Informatie

Voor meer informatie over het winnende concept kunt u contact opnemen met een van de partners van het Consortium in het concept. Lijst met deelnemende sprekers en hun coördinaten is achteraan in de syllabus opgenomen.



Winnaar Design Award

Uit de vele inzendingen van de Ontwerpconsultatie van Arup en NAM kwamen veel creatieve en bruikbare oplossingen naar voren. Een tiental sprong er uit. Drie daarvan werden na beoordeling door de Commissie van Deskundigen en de jury van het Ontwerp Consultatie Team gekozen tot winnaars. Zij kregen de Design Award. Een van de drie winnende concepten is dat van het genoemde consortium. .

ADRESSENLIJST SPREKERS

Paul Schaap

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap
Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Smallepad 5 | 3811 MG | Amersfoort |
Postbus 1600 | 3800 BP | Amersfoort
T: +31 (0)33 4217449
p.schaap@cultureelerfgoed.nl

Mischa Falger

BAM Advies & Engineering
Runnenburg 12, 3981 AZ Bunnik
Postbus 12, 3980 CA Bunnik
T: +31 (0)30 659 89 66
mischa.falger@bam.nl
www.bambouwentechiek.nl

Mark Spanenburg

BAM Advies & Engineering
Runnenburg 12, 3981 AZ Bunnik
Postbus 12, 3980 CA Bunnik
T: +31 (0)30 659 89 85
mark.spanenburg@bam.nl
www.bambouwentechiek.nl

Jasper Vosding Bessem

Fugro GeoServices B.V.
kantoor Arnhem
Ringoven 37
Postbus 5009
6802 EA Arnhem
T: +31 (0)26 - 369 84 44
j.vosdingbessem@fugro.com
www.fugro.nl

A.J. Snethlage

Fugro GeoServices B.V.
kantoor Leidschendam
Postbus 63
2260 AB Leidschendam
T: +31 (0)70 - 3 111 169
a.snethlage@fugro.com

Paul Joop

TU Delft en Arup
Arup
Beta Building, Naritaweg 118, 1043 CA Amsterdam, The Netherlands
PO Box 57145, 1040 BA Amsterdam, The Netherlands
T: +31 (0)20 305 8500
j.c.paul@tudelft.nl
www.arup.com

Pepijn Vermolen

Arup

Beta Building, Naritaweg 118, 1043 CA Amsterdam, The Netherlands

PO Box 57145, 1040 BA Amsterdam, The Netherlands

T: +31 (0)20 305 8500

D: +31 (0) 20 752 31 54

M: +31 6 516 16 097

pepijn.vermolen@arup.com

www.arup.com

Erik Siemer

Arup

Beta Building, Naritaweg 118, 1043 CA Amsterdam, The Netherlands

PO Box 57145, 1040 BA Amsterdam, The Netherlands

T: +31 (0)20 305 8500

erik.siemer@arup.com

www.arup.com

Jan-Willem Oome

TM Techniek en Methode

Voskuilerweg 49a, 3931 MV Woudenberg

Postbus 108, 3925 ZJ Scherpenzeel

T: +31 (0)33 277 81 81

www.tm-techniek.nl

Yannick Stevens

Denys N.V.

Industrieweg 124

9032 Wondelgem

T: +32 (0)9 254 01 11

yannick.stevens@denys.com

www.denys.be

Peter Heymans

Van Vaerenberghstraat 61

2600 Berchem, Antwerpen

T: +32 (0)3 239 48 08

M: +32 478 297302

peter.heyman@geomodus.be

www.geomodus.be

Paul Hooijschuur

Pieters Bouwtechniek

Vlietsorgstraat 15

2012 JB Haarlem

T: +31 23 543 1982

M: +31 6 2256 7694

phooijschuur@pieters.net

www.pietersbouwtechniek.nl

Jan Zuidema

Remmers Bouwchemie

Postbus 142

7900 AC Hoogeveen

T: +31 528 229 333

M: +31 6 5108 2639

j.zuidema@remmersbouwchemie.nl

www.remmersbouwchemie.nl

Erik Duijverman

Thor Helical

Hoge Rijndijk 207

2382 AL Zoeterwoude

T: +31 88 012 9550

M: +31 6 4235 4318

erik@thorhelical.nl

www.thorhelical.nl

BESTUURSLEDEN

Voorzitter R. (Rob) P.J. van Hees
TNO Netherlands Organization for Applied
Scientific Research
Conservation Technology Team
Bezoekadres:
Van Mourik Broekmanweg 6
NL-2628 XE DELFT
Postadres:
P.O. Box 49
NL-2600 AA DELFT
T +31 (0)888 663 164
F +31 (0)888 663 016
M +31 (0)6 51 833 373
E Rob.vanHees@tno.nl
Dinsdag en Donderdag
TU Delft
Faculty of Architecture - R-MIT



Penningmeester W.J. (Wido) Quist
Technische Universiteit Delft
Faculteit Bouwkunde
Afdeling AE + T – Heritage & Architecture
Postbus 5043
2600 GA Delft
Julianalaan 134 (gebouw 8)
2628 BL Delft
T: +31(0)15 2788496
M: +31(0)6-39251159
E: w.j.quist@tudelft.nl



A.J. (Bert) van Bommel
Atelier Rijksbouwmeester
Korte Voorhout 7
NL-2511 CW DEN HAAG
Postbus 20952
NL-2500 EZ DEN HAAG
T +31 88 115 81 08
M +31 6 15 09 37 49
E bert.vanbommel@rgd.minbzk.nl



D. (Dionys) Van Gemert
KU Leuven
Departement Burgerlijke Bouwkunde
Laboratorium Reyntjens
Kasteelpark Arenberg 40 bus 2448
B-3001 HEVERLEE
T +32 (0)16 32 16 54
F +32 (0)16 32 19 76
M +32 (0)486 714 692
Dionys.vangemert@bwk.kuleuven.be



Y. (Yves) Vanhellemont
Wetenschappelijk en Technisch Centrum
voor het Bouwbedrijf
Avenue P. Holoffe 21
B-1342 LIMETTE
T + 32 (0)2 655 77 11
F + 32 (0)2 653 07 29
E Yves.vanhellemont@bbri.be



M. (Michiel) van Hunen
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en
Wetenschap
Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Smallepad 5 | 3811 MG | Amersfoort |
kamernummer 3.10
Postbus 1600 | 3800 BP | Amersfoort
T 033 421 72 85
F 033 421 77 99
M 06 22 92 17 14
m.van.hunen@cultureelerfgoed.nl



N. (Nathalie) Vernimme
Onroerend Erfgoed
Phoenixgebouw
Koning Albert II-laan 19 bus 5
B-1210 BRUSSEL
T +32 (0)2 553 16 67
F +32 (0)2 553 16 55
M +32 (0)475 814 291
E nathalie.vernimme@rwo.vlaanderen.be



E. (Els) Verstrynge
KU Leuven
Departement Burgerlijke Bouwkunde
Kasteelpark Arenberg 40 bus 2448
B-3001 HEVERLEE
T +32 (0)16 321987
E els.verstrynge@bwk.kuleuven.be





WETENSCHAPPELIJK-TECHNISCHE GROEP VOOR AANBEVELINGEN INZAKE BOUWRENOVATIE EN MONUMENTENZORG

www.wta-nl-vl.org

info@wta-nl-vl.org

KvK: 40398619

De WTA stelt zich voor

Er bestaat in binnen - en buitenland, versnipperd over vele bedrijven en instellingen, researchafdelingen en adviesorganen, een uitgebreid aanbod van kennis op het gebied van renovatie en instandhouding van het gebouwenpatrimonium. Van die kennis zou de bouwrenovatiemarkt en daarmee ook de zorg voor de monumenten meer kunnen profiteren dan nu het geval is, en dat eens te meer daar het zwaartepunt van die zorg geleidelijk verschuift van de traditionele restauratie naar renovatie en onderhoud en bovendien de “jonge” monumenten met een geheel eigen conserveringsproblematiek, in de zorg worden betrokken.

Probleem is echter dat dit grote kennisaanbod niet zo gemakkelijk is te overzien en zich bovendien steeds aanpast. Het adagium “bouwen is traditie” gaat steeds minder vaak op, en dat geldt evenzeer voor renovatie - en onderhoudstechnieken.

Kwaliteit, bruikbaarheid en actualiteit van kennis staan daarbij voorop. De Nederlands-Vlaamse afdeling van de WTA kan daarbij een belangrijke rol spelen. De WTA beijvert zich voor onderzoek en de praktische toepassing daarvan op het gebied van onderhoud aan gebouwen en monumentenzorg.

Daartoe worden bijeenkomsten van wetenschappers en praktijkdeskundigen georganiseerd, waar een specifiek probleem inzake onderhoud van gebouwen en duurzaamheid van gebruikte bouwmaterialen en methoden zeer intensief wordt onderzocht. In studiewerkgroepen op onder meer het terrein van **houtbescherming, oppervlaktetechnologie, metselwerk, natuursteen, statische/dynamische belastingen van constructies, versterking en consolidatie, monitoring** worden kennis en ervaringen uitgewisseld.

Resultaten worden vertaald in een richtlijn voor werkwijzen en behandelingsmethoden. Gezien de kwaliteit en de heterogene samenstelling van de werkgroepen, kunnen die richtlijnen, zogenaamde Merkblätter, beschouwd worden als objectief en normstellend. Zij worden in brede kring verspreid door middel van publicaties in de vakpers en in het tijdschrift “Bausubstanz” gepubliceerd dat aan alle leden 4x per jaar wordt toegestuurd.

Leden van de WTA kunnen aldus, door een actieve vertegenwoordiging in werkgroepen bijdragen aan de totstandkoming van dergelijke normstellende advisering.



WETENSCHAPPELIJK-TECHNISCHE GROEP VOOR AANBEVELINGEN INZAKE BOUWRENOVATIE EN MONUMENTENZORG

www.wta-nl-vl.org

info@wta-nl-vl.org

KvK: 40398619

In beginsel staat het lidmaatschap open voor allen die vanuit hun functie of belangstelling bij de bouw, restauratie en het onderhoud van gebouwen betrokken zijn. Werkgroepen worden samengesteld op basis van deskundigheid en ervaring van de participanten. Deelname is altijd vakinhoudelijk. Leden hebben het recht voorstellen te doen voor de op- en inrichting van nieuwe werkgroepen en gebruik te maken van door de WTA geleverde faciliteiten zoals een vakbibliotheek en enig administratieve ondersteuning.

Het betreft daarbij niet alleen advisering, maar ook het harmoniseren van de verschillende internationale technische regelgevingen. Hiertoe biedt de Nederlands-Vlaamse tak van WTA een uitstekende mogelijkheid.

Wanneer u belangstelling heeft voor de WTA of één van de hiervoor genoemde vakgebieden of werkgroepen kunt u met de WTA Nederland-Vlaanderen contact opnemen.

Kosten van het lidmaatschap bedragen: € 170,--
per jaar per persoon,

Eenmalig inschrijfgeld van: € 25,--

Een ondersteunend lidmaatschap voor bedrijven en instellingen kost minimaal € 170,-- tot € 610,-- per jaar, al naargelang het aantal werknemers.

Eenmalig inschrijfgeld vanaf: € 25,-- tot € 150,--

WTA Nederland - Vlaanderen

NEDERLAND

TU Delft – Faculteit Bouwkunde t.a.v. Wido Quist | Postbus 5043 | NL-2600 GA Delft

T: +31 (0)639251159 | E: w.j.quist@tudelft.nl

Bank: NL31ABNA427726158

VLAANDEREN

KULeuven t.a.v. Kristine Loonbeek | Kasteelpark Arenberg 40 bus 2448 | B-3001 Heverlee

T: +32 (0)16321654 E: Kristine.Loonbeek@bwk.kuleuven.be

Bank: BE52738027352709

COLOFON

Concept en eindredactie
WTA Nederland - Vlaanderen

© WTA en Auteurs 2016

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

De auteurs dragen zorg dat hun bijdrage geen inbreuk op auteursrechten inhoudt. Zij dragen de rechten op hun bijdrage over aan WTA NL/VL.

Foto's voorkanten: - Jan-Willem Oome
- Yannick Stevens
- J. Vosdigh Bessem
- Michiel van Hunen

Uitgever

WTA NEDERLAND – VLAANDEREN

De syllabi zijn beschikbaar in kleur (voor zover door de sprekers in kleur aangeleverd) op de website www.wta-nl-vl.org na de volgende studiedag

© 2016 ISBN/EAN: 978-90-79216-16-1

Nr	Lijst verschenen syllabi	Jaar	ISBN nummer
1	Stad beeld	1992	
2	Nieuwe ontwikkelingen	1993	
3	Restaureren & Conserveren	1994	
4	Kleur bekennen	1994	
5	Hout	1996	
6	Gevelreinigen	1996	
7	Kalk	1997	90-76132-01-1
8	Metaal	1997	90-76132-02-1
9	Kwaliteit in de restauratie	1998	90-76132-03-8
10	Natuursteen deel 1	1998	90-76132-04-6
11	Natuursteen deel 2	1999	90 76132-05-4
12	Mortels in de restauratie	1999	90-76132-06-2
13	Pleisters voor restauratie en renovatie	2000	90 76132-07-0
14	Bereikbaarheid van monumenten	2000	90-76132-08-9
15	Schoon van binnen	2001	90-76132-09-7
16	Glas in lood	2001	90-76132-10-0
17	Scheuren in metselwerk en pleisters	2002	90-76132-11-9
18	Biodegradatie	2002	90-76132-12-7
19a	Zouten in natuursteen- en baksteenmetselwerk	2003	90-76132-14-3
19b	Surface and structural consolidation of masonry		
20	Authenticity in the restoration of monuments	2003	90-76132-13-5
21	Kleur, Pigment en Verf in Restauratie	2003	90-76132-15-1
22	Graffiti op monumenten: een last of een lust	2004	90-76132-16-x
23	Isolatie en klimaatbeheersing van monumenten (Hoe) is het mogelijk?	2004	90-76132-17-8
24	Monumenten en water	2005	90-76132-18-6
25	Monitoring en Diagnose	2005	90-76132-19-4
25a	CD MDDS Damage Atlas	2005	geen
26	Valorisatie en Consolidatie van Monumentale Betonconstructies	2006	90-76132-20-8
27	Restauratie en onderhoud van monumentale gebouwen	2006	10: 90-76132-21-6
			13: 978-90-76132-21-1
28	Restauratie, onderhoud en beheer van monumenten	2007	978-90-76132-22-8
29	Herbestemming van Religieus Erfgoed	2007	978-90-79216-01-7
30	Zout en behoud? (nieuwe ontwikkelingen)	2008	978-90-79216-02-4
31	Beton behouden – theorie in de praktijk gezet	2008	978-90-79216-03-1
32	Ondergrondse Monumenten: Zichtbaar - Onzichtbaar	2009	978-90-79216-04-8
33	Interventies en hun consequenties	2009	978-90-79216-05-5
34	Effect of Climate Change on Built Heritage	2010	978-3-937066-18-9
35	Gevelbehandeling van erfgoed: Erg of goed?	2010	978-90-79216-06-2
36	Scheuren, Scheefstanden, Verzakkingen (Instortingsgevaar?)	2011	978-90-79216-07-9

37	Jonge monumenten voor de huidige samenleving	2011	978-90-79216-00-0
38	Historische vensters: typologie, duurzaamheid, antiek glas, ramen, kozijnen	2012	978-90-79216-08-6
39	Natuursteen natuurlijk!?	2012	978-90-79216-09-3
40	Wand en plafondschilderingen	2013	978-90-79216-10-9
41	Bouwmaterialen en constructietechnieken in het Interbellum	2013	978-90-79216-11-6
42	Van Balie tot cachot, herbestemming van gebouwen	2014	978-90-79216-12-3
43	Impact van de "Groote" wereldoorlog(en) op ons bouwkundig erfgoed	2014	978-90-79216-13-0
44	Een toekomst voor monumentale onderwijsgebouwen – Leren van recente renovatie- en restauratieprojecten	2015	978-90-79216-14-7
45	Schade aan bouwkundig erfgoed door bewegingen in de ondergrond	2015	978-90-79216-15-4
46	Versterking van funderingen en monumenten in verband met bewegingen in de ondergrond	2016	978-90-79216-16-1

1-19: niet meer beschikbaar

Vanaf 20: zie website www.wta-nl-vl.org