



## 15. Hoekwoning met Muurversterking met Glasvezel Textiel

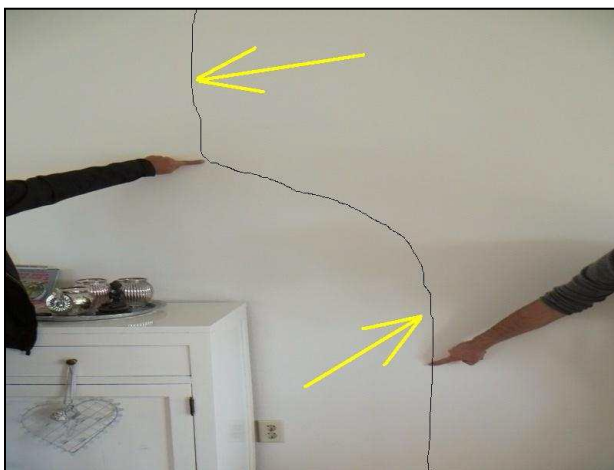
Bij een nieuwe (2007) twee-onder-een-kap woning van ongewapend baksteen zijn een groot aantal scheuren geïdentificeerd die het gevolg waren van een lichte aardbeving in 2012 ( $PGA\ 0,085g = 0,85\ m/sec^2$ ). Het gebouw heeft hoofdzakelijk verticale scheuren die vanuit de raam- en deuropeningen naar het plafond en de vloer lopen, en verticale scheuren in de lange dwarsmuren, die slechts aan de binnenkant zichtbaar zijn. Aan de buitenkant zijn enkele horizontale scheuren zichtbaar. Deze verticale scheuren zijn structureel niet erg schadelijk, de druksterkte van de muren zijn weinig aangetast, maar de treksterkte is overschreden en verbroken. Het gebouw kan soortgelijke aardbevingen NIET zonder extra schade doorstaan. De binnen spouwbladen zijn dragend (kalkzandsteen blokken). De drie woonvloeren bestaan uit brede prefab betonnen kanaalplaten die niet momentvast zijn opgelegd. De sterkte van het gebouw moet uit de kalkzandsteen binnen spouwbladen en de halfsteens binnenmuren komen.



*Zuid gevel aan straatkant (slecht zichtbaar).  
Vloerplaten liggen van links naar rechts.*



*Noordgevel aan tuinkant (slecht zichtbaar).  
Kop platen dragen in de binnenmuren deze kant.*



*Midden door slaapkamer, midden door gebouw,  
eveneens in andere kamer en slaapkamers.*

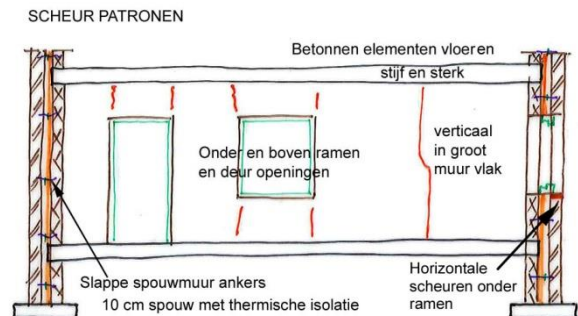


*Langs trapraam (en andere ramen/deuren), en  
aan de bovenkant van dezelfde raamopening.*



De genoemde aardbeving met een PGA 0,85 m/sec<sup>2</sup> had een zeer korte frequentie van maximaal 0,1 sec bij een hogere eigen gebouw frequentie  $T_1$  van ongeveer 0,24 seconde (8 m hoog vanaf de fundering)<sup>1</sup>. De vrij korte schok frequentie en de korte duur (enkele seconden) hoort bij geïnduceerde aardbevingen.

De horizontale scheuren buiten onder de ramen, in combinatie met de verticale scheuren aan de binnenkant geven aan dat de binnenmuren onderbroken zijn door de vloerplaten, en dat er een onvoldoende stijve verbinding bestaat tussen de dragende binnenmuren en de buitenschil. De spouw is 10 cm en (waarschijnlijk) gevuld met samendrukbaar steenwol isolatie materiaal. De spouwankers in deze constructie beperken wel de beweging van de muurpenanten loodrecht op het vlak van de muur, maar nauwelijks in het vlak van de muur.



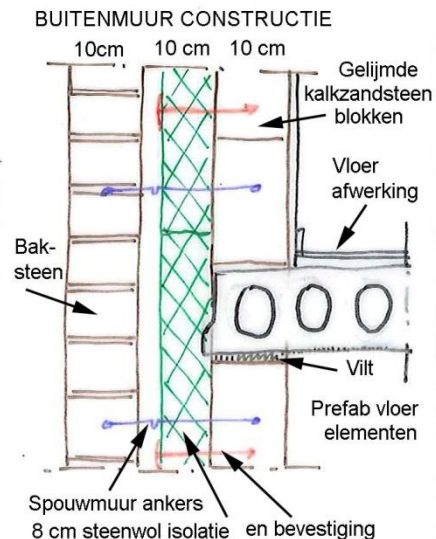
De huidige schade aan dit twee-onder-een-kap gebouw kan worden omschreven als *Damage State DS2* of lichte schade (*DL = Damage Limitation*). Zie hoofdstuk 07 voor uitgebreide lijst DS0 - DS5.

De andere helft van dit twee-onder-een-kap gebouw heeft geen schade rapport. Dit kan betekenen dat de onderslag/fundering van het onderhavige gebouw onvoldoende verdicht is geweest vóór de aanvang van de bouw, en/of dat er vroeger misschien een sloot of uitgraving op deze locatie heeft gelegen.

### 15.1 Bouwmethode.

De methode van bouwen is mede bepalend voor de sterkte en de stijfheid van het gebouw. Een in baksteen gemetselde constructie is zeer stijf en bros, en laat daarom weinig elastische vervorming toe. De zware betonnen holle vloer elementen hebben een belangrijke bijdrage in de massa van het gebouw (30%). Deze drie vloeren zijn stijve diafragma's die op elke verdieping zorg dragen voor een horizontale verdeling van de krachten over alle draagmuren. De oplegging van deze platen is echter niet ingeklemd maar is structureel gesproken een scharnier.

Het gebouw heeft twee interne dwarsmuren die vanaf de begane grond doorlopen tot de zoldervloer en bijdragen aan de dwars stabiliteit tegen windbelasting (zie plattegrond pag. 3).



<sup>1</sup>  $T_1 \approx C_t * H^{3/4} = 0,05 * 4,75 = 0,238$  seconde bij gebouw hoogte van 8,0 m

Eurocode formule (4.6)

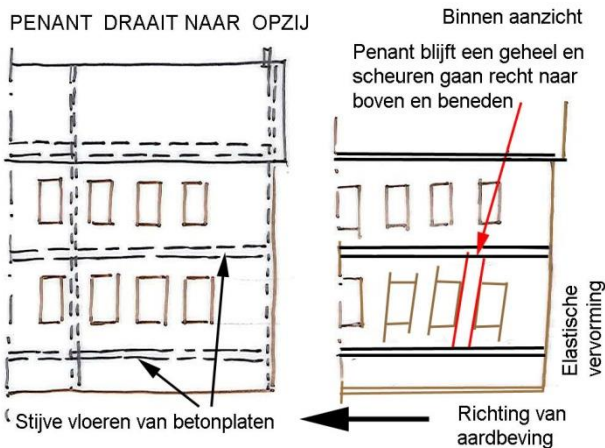
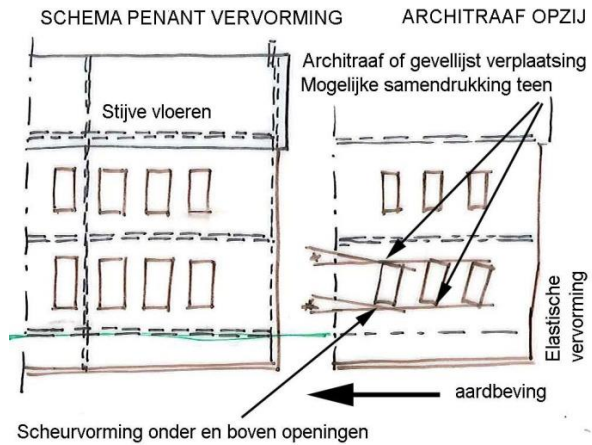
Voor gebouwen lager dan 40 m vanaf de fundering.  $C_t = 0,085$  voor momentvaste ruimtelijke staalconstructies,  $0,075$  voor momentvaste gewapend beton constructies, en  $0,050$  voor alle andere constructies zoals baksteen.



Vanwege de lange spouwankers (20 – 25 cm) en brede spouw (10 cm) is er beweging mogelijk tussen de binnenmuur van gelijkde kalkzandsteen blokken en de in baksteen gemetselde buitenschil.

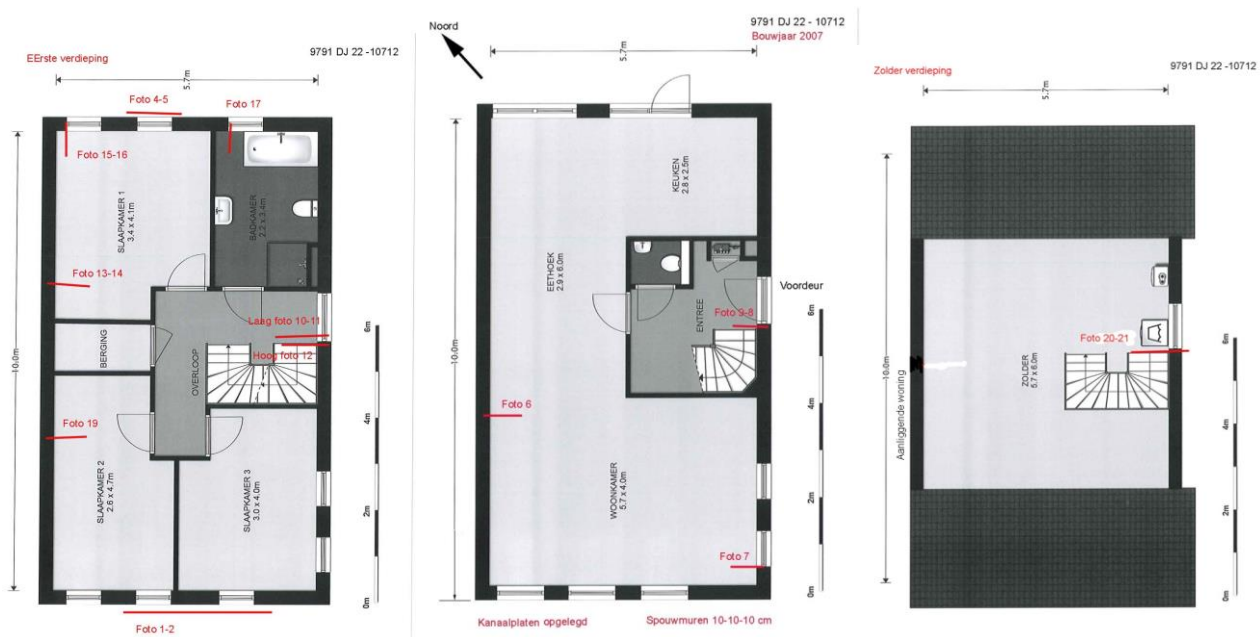
De scheuren in het gebouw laten twee (tijdelijke) vervormingen van de constructie zien, geïllustreerd in de volgende twee schetsen.

De **buitengevel** laat scheuren onder de ramen zien die ontstaan door de verdraaiing van de smalle stukken van de pieren tussen de raamopeningen. De bredere pier naast het buitenste raam heeft blijkbaar een tijdelijke elastische vervorming ondergaan tijdens de aardbeving. Omdat over de ramen waarschijnlijk een doorlopende latei ligt is de scheurvorming hier niet waargenomen aan de binnenkant of buitenkant. In dit geval is de architraaf naar opzij geschoven.



De **binnenmuren** hebben slechts verticale scheuren boven en onder de openingen. Deze ontstaan door de draaiing van het hele verticale penant tussen de betonvloeren. Dit komt omdat de binnenmuren onderbroken zijn door deze vloerplaten. De buitenmuren zijn ter hoogte van de vloeren in één stuk doorgemetseld en vertonen daarom een ander scheurpatroon. Bij een gedetailleerd onderzoek zullen ook barsten langs de vloer en het plafond zichtbaar zijn.

Het gebouw is een doosvorm met grote symmetrie en er is geen sprake van een asymmetrische belasting of stijfheid van het gebouw. De tussenmuur behoort gedeeltelijk tot het gebouw ernaast.





Bij de bestaande bouw hebben de halfsteens binnenmuren een constructieve functie in de stabiliteit van het gebouw zoals ten behoeve van windbelasting. Deze halfsteens muren voldoen echter niet in een aardbevingszone en moeten versterkt worden. Deze versterking dient symmetrisch te gebeuren om de bestaande symmetrie niet te verstoren. De tussenmuur naar het belendende pand bestaat waarschijnlijk uit een spouwmuur met twee bladen van elk 15 cm kalkzandsteen blokken.

Er bestaan verschillende versterkingsmethoden. In dit document wordt slechts één enkele methode aangegeven. Tussen de verschillende methoden kan gekozen worden op basis van:

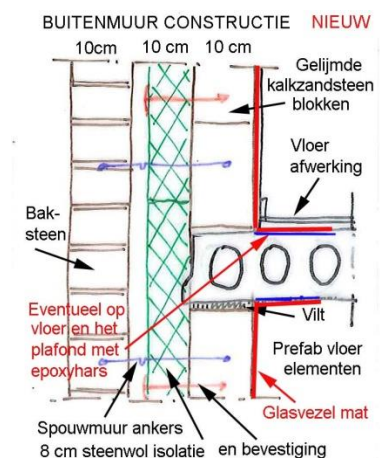
1. De toekomstig vereiste sterkte van de constructie, afhankelijk van de aardbevingszone.
2. Het accepteerbare schadeniveau (DS1 of DS2) bij een maximaal te verwachten aardbeving.
3. De duur en kosten van de interventie, gecombineerd met de huidige marktwaarde van het gebouw in het economisch verkeer, en de waarde na de interventie; de thermische isolatie speelt hier ook een rol. De gebruikswaarde van het gebouw kan lager worden vanwege een veranderde indeling. De cultuurhistorische waarde van het gebouw kan een belangrijk punt zijn. De huidige marktwaarde van het gebouw wordt in hoge mate bepaald door de kwaliteit van het onderhoud, gecombineerd met de gebruikswaarde.
4. De economische en sociale belasting voor de bewoner; moet de bewoner tijdelijk ergens anders ondergebracht worden en hoe lang gaat het duren? Wat zijn de bijkomende kosten voor de bewoner, bijvoorbeeld wanneer het gebouw een slechte staat van onderhoud heeft?

Bij deze vrij nieuwe (jaar 2007) woning heeft de buitenkant nauwelijks zichtbare schade, terwijl de woning geheel leeg is en dus zonder belasting voor de bewoners van binnenuit versterkt kan worden.

**Methode #1.** Toepassing van glasvezeltextiel op alle binnen muren met dubbele laag boven en onder de openingen en langs de muur-muur en muur-vloer aansluitingen.

**Methode #2.** Toepassing van strips Carbon Fibre Reinforced Polymer (CFRP) strips, geplakt met twee componenten lijm in stroken langs de openingen.

**Methode #1.** In dit woning ontwerp kan goed de glasvezeltextiel worden toegepast. De grote oppervlaktes en de lage kosten zijn structurele en economische overwegingen. Ter plaatse van alle hoekoplossingen en smalle stroken rond de openingen kan een verdubbeling van de glasvezel textiel wapening plaatsvinden. Dit is ook het geval ter plaatse van de smalle penanten (zie lijst annex 1). De werkmethode met cementmortel pleisterwerk over een glasvezeltextiel is vrij eenvoudig, heeft lage kosten en kan over het gehele muur oppervlak worden toegepast. Het patroon van de huidige breuklijnen geeft aan dat onder en boven alle openingen deze scheuren kunnen optreden, terwijl ook in de lange tussenmuur deze scheuren op andere plaatsen kunnen optreden. Het versterken van het gehele wand oppervlakte heeft daarom de voorkeur.



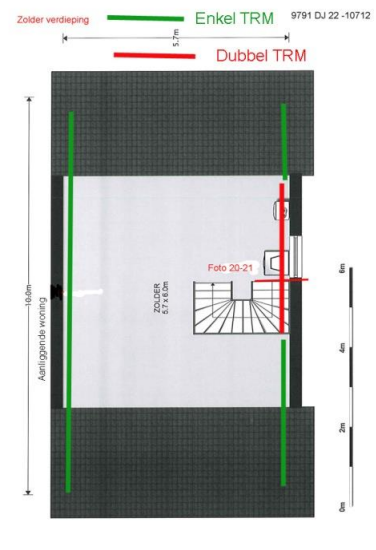
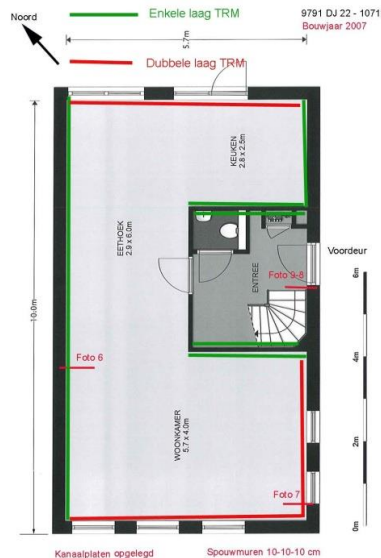
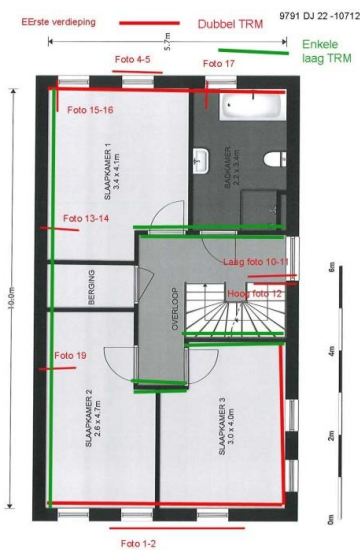
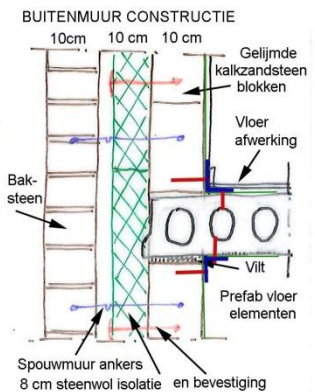
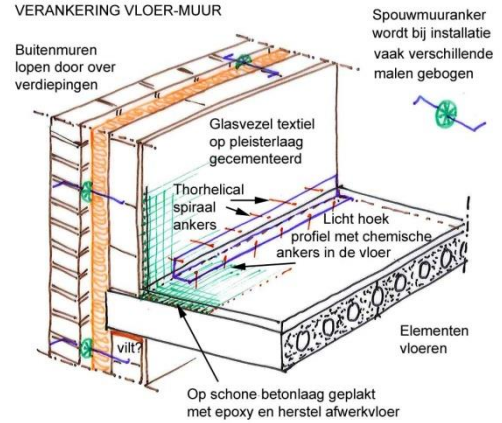


Afhankelijk van de uitkomsten van de berekening van de noodzakelijke sterkte is een dubbele laag glasvezel textiel bij alle hoekoplossingen wenselijk. Dit betekent zowel de verticale aansluitingen van de binnen muren als de binnenmuren op de betonnen vloeren of plafonds. De dubbele textiel wapening onder en boven de openingen kan doorlopen tot op de vloeren. De strook op de vloer of plafond dient met een polyester of epoxyhars direct op het beton verlijmd te worden. In de hoek dient een profiel geïnstalleerd te worden dat het lostrekken kan voorkomen.

In de horizontale en verticale binnenhoeken dienen anker profielen aangebracht te worden die er zorg voor dragen dat het textiel niet van het binnen spouwblad van de buitenmuur wordt afgetrokken. De toepassing van de juiste verankering methode is belangrijk. Details van deze constructie zijn weergegeven in hoofdstuk 50, Youtube filmpjes Bevestigingsmiddelen en Toelichting.

*Schets: versterkte hoekverbinding tussen diafragma's en muren.*

Bij de verdiepingvloer dient het glasvezel textiel op dezelfde wijze aan het plafond te worden verbonden. Voor de esthetische afwerking dient er een nette afwerking op en langs het plafond gemaakt worden.



De dwars stabiliteit van deze woning komt uit de korte gevels met raamopeningen en de binnenmuren rond het trappenhuis. Volgens de Eurocode 8 kunnen halfsteens binnenmuren niet meetellen als structurele dragende dwarsmuren voor de opvang van de aardbevingskrachten. Deze binnenmuren moeten daarom aan weerszijden versterkt worden met glasvezel textiel pleisterwerk. De weerstand



tegen buigen wordt hierdoor aanzienlijk vergroot terwijl bij overbelasting de muur niet uit elkaar valt, maar in sterkte blijft functioneren. In verband met de grote hoeveelheid openingen in de korte gevels is het wenselijk dat hier het glasvezel textiel over het gehele oppervlakte dubbel wordt uitgevoerd, niet alleen onder en boven de openingen.

Ter plaatse van de badkamers en het toilet zal het tegelwerk eerst verwijderd moeten worden voordat een nieuwe pleisterlaag met glasvezel textiel wapening wordt aangebracht. Het aanbrengen van de muurversterking aan beide binnen muren, volledig op de beide kanten van deze halfsteens muren is belangrijk voor de structurele symmetrie van het gebouw. Het aanbrengen van glasvezel textiel op de scheidingsmuren van de tweede woonlaag is minder relevant omdat de sterkte uit de lange zijgevels komt en de prefab vloerdelen over de gehele breedte dragen. Bovendien zullen de dwarskrachten op de tweede woonlaag kleiner zijn dan die op de begane grond waar geen tussenmuren zijn.

In de bovenstaande plattegronden is schematisch aangegeven waar minimaal een enkele laag glasvezel textiel wapening (groen) moet worden aangebracht, en waar twee lagen wenselijk is (rood). De dubbele laag moet worden doorgezet op de betonnen diafragma's om het kantelen (*rocking*) van de panelen op de vloeronderbreking te voorkomen.

Uit tests blijkt dat het aanbrengen van een enkele laag glasvezel textiel wapening aan twee kanten van een muur de sterkte in-het-vlak van de muur kan resulteren in een sterkte tussen de 446% en 481% van de oorspronkelijke waarde oftewel vier tot vijf keer sterker. Het aanbrengen van een enkele laag glasvezel textiel wapening aan slechts een zijde van een niet ondersteunde muur levert een sterkte op in-het-vlak van de muur tussen de 128% tot 136%, oftewel een versterking van 28% tot 36% (zie document vermeld in annex 2, hoofdstuk 10). Een spouwmuur is echter loodrecht op het valk van de muur ondersteund door het buitenblad hetgeen de weerstand tegen knik vergroot.

**Methode #2.** De koolstof of CFRP strips die met epoxyhars verlijmd moeten worden zijn aanzienlijk sterker en stijver dan de glasvezel textiel wapening, en worden daarom op kleine/smalle locaties toegepast; voor grote oppervlaktes waarbij het niet vaststaat waar nieuwe scheuren kunnen optreden is de CFRP een aanzienlijk duurdere oplossing dan glasvezel textiel. De CFRP strips laten een zeer hoge treksterkte toe en behoeven daarom een zeer goede aanhechting aan het metselwerk. Bij een zachte pleisterlaag dient deze eerst verwijderd te worden en het binnenmuur metselwerk schoon gemaakt voor de bevestiging van de strips. De elasticiteitsmodulus van CFRP is zeer hoog in vergelijking met het kalkzandsteen en werkt daarom minder samen met de binnenmuur dan het glasvezel textiel.

### **Vergelijk methoden #1 en #2**

Afhankelijk van de indeling van de openingen in de draagmuren en de grootte van de oppervlaktes kan bepaald worden of de glasvezel textiel wapening goedkoper of efficiënter aan te brengen is dan de CFRP wapening. Aanvullende kosten om het gebouw van binnen volledig te herstellen zoals afhalen en terugbrengen van tegelwerk, radiatoren verplaatsen, isolatie aanbrengen, vloeren repareren en dergelijke moeten in deze analyse meegenomen worden. Ook kan een combinatie van de technieken worden gerealiseerd. CFRP voor grote spanningen en glasvezel textiel voor grote oppervlaktes.



## 15.2 Elasticiteitsmodule

De keuze voor glasvezel textiel weefsel voor cement pleisterwerk heeft onder andere te maken met de elasticiteitsmodules van de verschillende bouw en versterkingsmaterialen. Bij stijver materiaal en een hogere elasticiteitsmodule, zal bij belasting het materiaal met de hoogste elasticiteitsmodule het eerste de krachten opnemen totdat er vervorming van dit materiaal ontstaat. Omdat CFRP veel stijver is dan de binnenmuur zal dit alle krachten opnemen. Indien het CFRP echter bezwijkt en losraakt van de muur en de constructie vervormt zal de binnenmuur scheuren.

De elasticiteitsmodule van baksteen of kalkzandsteen binnenmuren is 7-10 kN/mm<sup>2</sup>. Een enkele laag glasfiber textiel weefsel is 10-15 kN/mm<sup>2</sup>. Een dikkere strip CFRP 50-100 kN/mm<sup>2</sup>. De enkele laag glasvezel weefsel heeft een elasticiteitsmodules die dichterbij die van de kalkzandsteen muur en cementmortel pleisterwerk ligt dan de veel dikkere CFRP strips in polymeer die uit meerdere lagen koolstofvezels bestaat. De verbinding tussen de CFRP en de muur moet daarom ook met een sterkere epoxyhars tot stand worden gebracht.

De hechting van het glasvezel textiel weefsel met het pleisterwerk is ruim voldoende vanwege de grote oppervlaktes, maar bij overbelasting kan het textiel ter plaatse van de bestaande barsten in de muur scheuren. Omdat de huidige muren ter plaatse van de aanwezige breuken geen trekkrachten kan opnemen is het noodzakelijk dat hier een dubbele textiellaag wordt toegepast.<sup>2</sup>

## 15.3 Andere constructieve overwegingen.

Voor de berekening van de aardbeving belastingen van het gebouw levert in de oorspronkelijke bouw configuratie het buitenblad van de spouwmuren geen belasting op in het vlak van de muur, omdat deze zelfstandig op de fundering staan. Loodrecht op het vlak van de muur leveren ze wel een horizontale aardbeving belasting op. Indien echter de twee spouwbladen sterker en stijver met elkaar verbonden worden zal de muursterkte tegen buiging loodrecht op het vlak aanzienlijk vergroot worden.

Indien de spouw niet reeds is gevuld met een zachte en licht samendrukbare thermische isolatie, kan deze nagevuld worden met een niet-samendrukbare isolatie zoals gesloten cellen Plak-PUR. Dit zal de weerstand van de muur loodrecht op het vlak van de muur vier keer zo groot maken bij een spouw 11-5-11 cm en nog veel groter bij een bredere spouw. In deze gevallen zal er een structureel betere krachten samenwerking zijn tussen het binnen spouwblad en het buiten spouwblad.

Gelijmde kalkzandsteen blokken hebben een zeer dunne voeg, waardoor de druksterkte van de muur constructie aanzienlijk wordt verhoogd in vergelijking met een muur met dikke cementmortel voegen. Bij een in baksteen gemetselde constructie wordt de druksterkte bepaald door het voegmateriaal. Voor de uiteindelijke berekening van het gebouw moeten gedetailleerde opnames gedaan worden.

- A. Uit de observatie van de schade aan deze woning ten gevolge van de aardbeving met een PGA 0,85 m/sec<sup>2</sup>, ziet het er naar uit dat deze woning waarschijnlijk niet zonder extra schade een

---

<sup>2</sup> Voor gedetailleerde informatie omtrent glasvezel textiel weefsel zie thesis document vermeld in Annex 1.



aardbeving met een PGA  $0,1g = 1,0 \text{ m/sec}^2$  kan doorstaan. De penanten gaan verder scheuren, maar het te verwachten schade niveau zal DS2, lichte schade, blijven (*DL = Damage Limitation*).

- B. Wanneer de kracht van de aardbevingen groter wordt dan de hierboven veronderstelde PGA  $0,1 \text{ m/sec}^2$  zal meer schade optreden. Echter, omdat de frequentie van de geïnduceerde aardbeving hoog is en van korte duur zullen wel meer scheuren optreden, doch de stabiliteit van de gehele constructie komt waarschijnlijk niet in gevaar. Wellicht kan dan sprake zijn van zware schade, D3 (*SD = Significant Damage*).
- C. Het is wenselijk dat berekeningen worden uitgevoerd en een ontwerp wordt gemaakt voor twee opties: i) Voor een versterkingsvoorstel dat uitgaat van een aardbeving die twee maal de hoogst gemeten sterkte heeft = PGA =  $0,17g = 1,7 \text{ m/sec}^2$ , en; ii) een voor een aardbeving met een sterkte van drie maal de hoogst gemeten waarde met een PGA =  $0,25g = 2,5 \text{ m/sec}^2$ .

De aan te nemen rekenwaarde zal afhangen van de locatie van de woning. In de provincie Groningen zullen waarschijnlijk in 2014 zoneringen worden aangegeven met de geschatte maximale PGA. Dit kan betekenen dat voor eenzelfde type gebouw in de centrale regio een lichtere versterkingsmethode wenselijk is dan in een regio die buiten de hoogste aardbevingszone ligt.

#### **Versterking binnenmuren.**

Volgens de aanbevolen waarde in de Eurocode 8, (Engelse Nationale Annex) moeten dragende binnenmuren van ongewapend metselwerk minimaal 24 cm dik zijn in aardbevingszones, of minimaal 17 cm in lage intensiteit aardbeving gebieden ( $< \text{Zone D} = < \text{PGA } 0,1g = \text{PGA} < 1,0 \text{ m/sec}^2$ ).

Door het aan weerszijden beplakken en cementeren van een gepleisterde muur met glasvezeltextiel wordt een halfsteens muur ongeveer 14 - 15 cm dik en is een gewapende muur geworden.

Voor gedetailleerde informatie over de ASTM metselwerk codes zie :

[http://publicecodes.cyberregs.com/icod/irc/2009/icod\\_irc\\_2009\\_6\\_sec006.htm](http://publicecodes.cyberregs.com/icod/irc/2009/icod_irc_2009_6_sec006.htm)

Voor gedetailleerde informatie over Engelse mestelwerk codes inclusief aardbeving regels zie:

<http://www.staff.city.ac.uk/earthquakes/MasonryBrick/PlainBrickMasonry.htm>



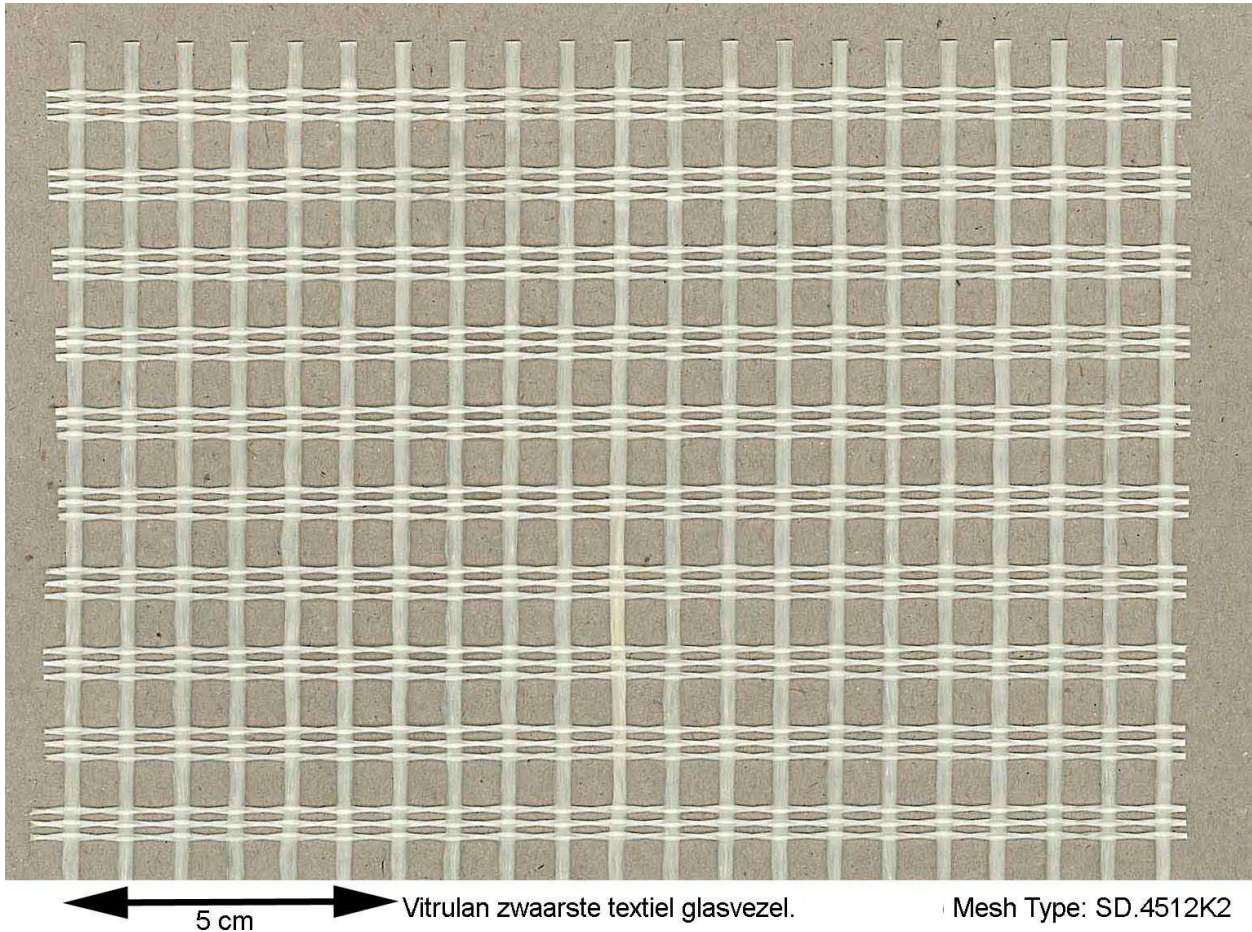


## 15. Annex 1. Binnen versterkingsmethoden

Voor het toepassen van versterkingen aan de binnenzijde zijn de volgende mogelijkheden:

| # | Methode  | Verdere bewerkingen en eventuele isolatie.  | Voor en nadelen   |
|---|--|---|---|
| 1 | Glasvezel textiel weefsel of wapeningsmatten. Opplakken d.m.v. cement pleister mortel over grote oppervlaktes                      | Dunne afwerklaag over het textiel weefsel aanbrengen en afschilderen.<br>Eventueel verbinden aan de betonnen vloeren en plafonds met epoxyhars. | Sterkte tot 5,5 kN/5cm lengte. Kan in twee lagen.<br>Het is lichtgewicht, heeft lage kosten, is eenvoudig aan te brengen op alle gemetselde/pleisterwerk muren. Verdikking ongeveer 1 cm/laag.<br>- Woning volledig ontruimen, tegelwerk badkamer verwijderen, radiatoren langs de buitenmuren verwijderen. Vloer cement gedeeltelijk openen.<br>- Hoekprofielen verankeren, RVS helical, chemisch. |
| 2 | CFRP, Carbon Fiber Reinforced Polyester strips of L hoek profielen opplakken met polyester of epoxyhars.                           | Verwijderen losse of zwakke pleisterlagen.<br>Egaliseren van de verhoogde richels en dan bewerking volgens #1 hierboven.                        | Hoge tot zeer hoge sterkte bereikbaar met smalle stroken. Hechting minimaal 1,5 N/mm <sup>2</sup> .<br>Zelfde punten als #1 hierboven. Voor bevestiging met epoxyhars/polymeer geventileerd werken!<br>- Extra verankering lengte noodzakelijk en/of vastzetten aan de betonnen vloerelementen.   |
| 3 | Metalen gaaswerk op de muren cementen en ankerboutjes in muur of vloer constructie.  | Verwijderen losse of zwakke pleisterlagen.<br>Egaliseren van de verhoogde punten van bouten en dan bewerking volgens #1 hierboven.              | Hoge treksterkte bereikbaar afhankelijk van gaastype en muur verankering.<br>Zelfde punten als #1 hierboven.<br>- Iets grotere toegevoegde massa dan #1 of 2.<br>+ Verankering aan de betonnen vloerelementen is verschillend met #2 hierboven.   |
| 4 | Metalen L profielen in de raam openingen en vastzetten aan muren en betonnen vloeren/plafonds met chemische ankers of RVS helical. | Egaliseren van de verhoogde punten met voorzetwand (en isolatie) en dan bewerking volgens #1 hierboven.   | Hoge treksterkte bereikbaar afhankelijk van profiel afmeting.<br>+ Momentsterke hoeken openingen mogelijk.<br>Zelfde punten als #1 hierboven.<br>- Iets grotere toegevoegde massa dan #3.<br>Verankering aan de betonnen vloerelementen is met ingeboorde ankers.   |
| 5 | Shotcrete. Betonstaal wapeningsframe en afsputten met betonlaag.   | Egaliseren van de verhoogde randen met voorzetwand (en isolatie) en dan bewerking volgens #1 hierboven.   | Hoge treksterkte bereikbaar afhankelijk van wapening structuur en beton dikte.<br>+ Momentsterke hoeken openingen mogelijk.<br>Zelfde punten als #1 hierboven.<br>- <b>Veel grotere toegevoegde massa dan #4.</b><br>Verankering aan de betonnen vloerelementen hoeft niet nodig te zijn.   |
| 6 | Toevoegen van gewapende binnen draagmuren als extra dwars muren.   | Moeten boven en onder verankerd worden aan de vloer diafragma's en verticaal aan de loodrecht hierop staande muren.                             | Kan structurele symmetrie constructie verbeteren.<br>Kan de excentriciteit van het gebouw corrigeren.<br>+ Hoge dwars versterking gebouw mogelijk.<br>- Verlies bewoonbaarheid vanwege veranderde ruimte indeling en verlies vloeroppervlakte.<br>- <b>Veel grotere toegevoegde massa dan #5.</b>   |
| 7 | Metalen momentvast sterk frame inbouwen.   | Moeten rondom verankerd worden aan de vloer diafragma's en de buiten muren.   | Zelfde punten als #6 hierboven.<br>- <b>Grotere toegevoegde massa dan #4.</b><br>- Mogelijk verschil in stijfheid met metselwerk en dan noodzaak van dilatatie voegen rondom.   |

Polypropyleen strips, matten of webversterking is niet in deze tabel opgenomen.



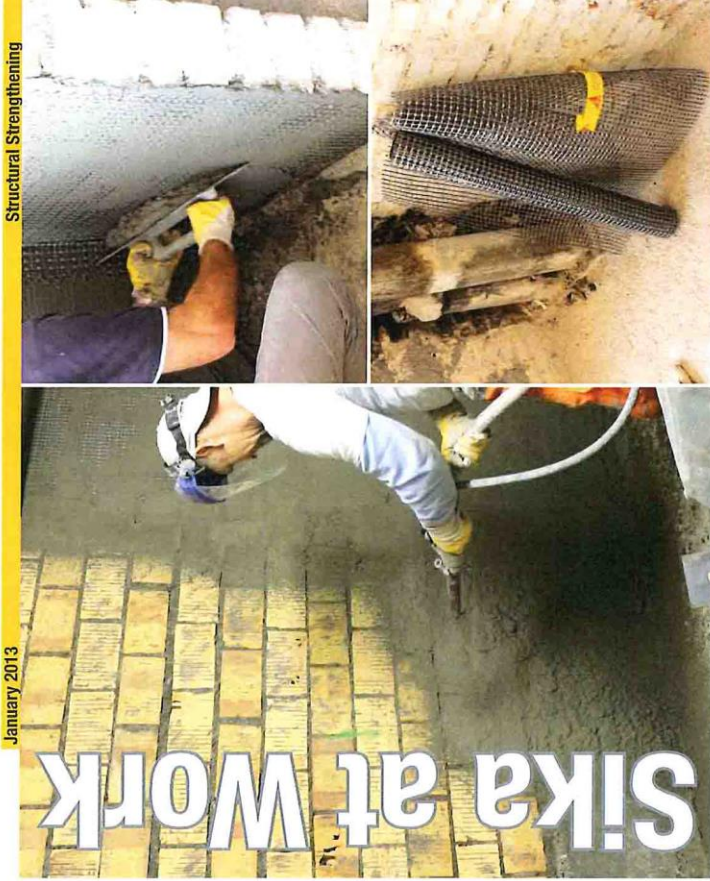
Voorbeeld van Glasvezeltextiel mat die als pleister werk versterking wordt toegepast.

Mesh size 12 x 19 mm. C -C 17 x 25 mm gewicht 327 gr/m<sup>2</sup>, draad 12 mm

Warp 4 kN/ 5 cm Hoofddraad waar dwars draden doorheen geweven zijn (dikke draad)  
Weft 5,5 kN/ 5 cm Dunne draden die tussen de hoofddraad geweven zijn.

Gedetailleerde informatie over de toepassing van Textiel Reinforcement Method (TRM) van glasfiber textiel weefsel voor cement pleisterwerk versterking zie: <http://researchspace.auckland.ac.nz>  
Selected strengthening techniques for the seismic retrofit of unreinforced masonry buildings  
Master thesis, research paper by Najif Ismail, June 2012 (copyright conditions apply).

**Annexe 2:** Study on **masonry** and stone walls **reinforced** with. CFRP plates, **glass fibre fabric** and mortar- embedded **glass fibre** grid. Sika® TRM System: Test Reports ...  
[https://www.sika.com/.../570\\_saw\\_Textile%20Reinforced%20Mortar%20System\\_A3\\_low.pdf](https://www.sika.com/.../570_saw_Textile%20Reinforced%20Mortar%20System_A3_low.pdf)  
met foto's van toepassing in aardbevinggebied L'Aquila, Italië.



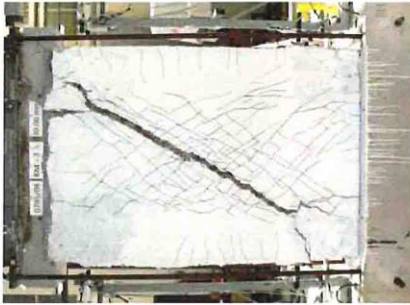
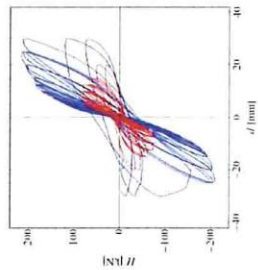
January 2013

Structural Strengthening

### Sika® TRM System: Test Reports

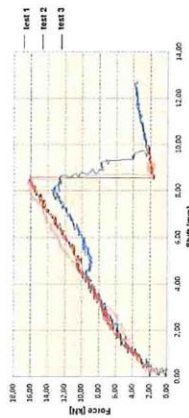
SIBCE Slovenia, Research Project L2-0578  
 Seismic strengthening of brick masonry walls with composites:  
 an experimental study  
 M. Tomazević, M. Gams, T. Berset

Study on masonry and  
 stone walls reinforced with  
 CFRP plates, glass fibre  
 fabric and mortar-  
 embedded glass fibre grid



Politecnico di Milano  
 Characterization Tests of Systems for the reinforcement of masonry elements  
 (Mar 2011 – Oct 2012)  
 SikaWrap®-350G Grid, Sika MonoTop®-722 Mur, Sika® R-I-Z,  
 SikaWrap® Anchor C, SikaWrap® Anchor G

Study on the Sika TRM system, including grid tests, system tests on different substrates, anchorage tests, adhesion tests



© Sika Services AG / BU Contractors / January 2013 / CMS-570 / IP-32555

## Textile Reinforced Mortar System

### Sika® TRM System for Masonry Strengthening

Residential Building, L'Aquila, Italy  
 Residential Building, Thalwil, Switzerland



Innovation & since  
Consistency | 1910



Sika Services AG  
 Tüfengwies 16, CH-8046 Zurich / Switzerland  
 Phone +41 58 436 40 40 / Fax +41 58 436 41 50  
 www.sika.com

Our most current General Sales  
 Conditions shall apply.  
 Please consult the Product Data  
 Sheet prior to any use and  
 processing.





\*\*\*\*\*

### Wet-Spray Application: Thalwil, Switzerland

**Project Description**  
Additional to a complete renovation of the apartment building, a new floor was added and the basement walls were backfilled with earth and gravel.

**Project Participants**  
Sika Organisation: Sika Switzerland, Tüfenwies 16, 8048 Zürich  
Main Contractor: Anker AG, Meierhofstr. 18, 8021 Emmenbücke  
Sub-Contractor: Sika Bau AG, Vorderschulstr. 5, 6010 Kriens

**Project Requirements**  
Strengthening of the basement walls against the increased pressure from the backfilling next to the basement wall.

**Sika Solution**  
Reinforcement of all walls of the basement room in question with the Sika® TRM System, consisting of Sika® Monotop®-722 MUR mortar and SikaWrap®-350G Grid. The mortar was spray applied on the cleaned and generously prewetted substrate using the wet spray method.

### Hand Application: L'Aquila, Italy

**Project Description**  
Repair and structural Strengthening of a residential building in L'Aquila, Italy. The building was severely damaged due to seismic activity (Apr. 2009) and had to be partially rebuilt.

**Project Participants**  
Sika Organisation: Sika Italia S.p.A.  
Via Luigi Einaudi, 6 Peschiera Borromeo, Milano 20068  
Main Contractor: FREZZA 1987 s.r.l.  
Via Monte Marone n° 12A - 67100 L'Aquila  
Sub-Contractor: OR Edilizia  
C.da Santa Caterina n.12 - 66017 Preme (PE)

**Project Requirements**  
In-plane strengthening system for masonry walls, to prevent cracking and catastrophic failure in case of an earthquake.

**Sika Solution**  
The Sika® TRM System, consisting of Sika® Monotop®-722 MUR mortar and SikaWrap®-350G Grid, was applied directly to the old, patch-repaired masonry walls, with the surface left rough for later overloading.  
The walls were additionally strengthened with SikaWrap® Anchor C.

