

Technisch onderzoek QuakeShield

Bij de beoordeling van preventieve versterking zijn twee facetten relevant: het gedrag uit-het-vlak (doorbuiging) en het gedrag in-het-vlak (afschuiving). Middels literatuuronderzoek zijn kansrijke oplossingen geselecteerd uit een database van tweehonderd op zichzelf staande preventieve versterkingsoplossingen, en ruim tweeduizend mogelijke combinaties daarvan. Vervolgens zijn deze oplossingen in de praktijk getest door middel van drie-punts-buigproeven (conform NEN-EN 1052-2 en deels onder toezicht van de TU Delft) en uiteindelijk succesvol geoptimaliseerd naar twee innovatieve systemen: QuakeShield Poly en QuakeShield Cem.



De resultaten van de drie-punts-buigproeven wijzen uit dat er significante verbeteringen te behalen zijn met beide versterkingsoplossingen. In maximaal toelaatbaar gewicht, uitbuiging, een goede balans tussen star en ductiel en opneembare energie. Daar waar onversterkt metselwerk bezwijkt bij belastingen vanaf 30 kg en bij doorbuiging van minder dan 0,2 mm, zijn QuakeShield Poly en QuakeShield Cem in staat respectievelijk 3.677 kg en 2.860 kg aan belastingen bij grotere doorbuigingen op te nemen zonder te bezwijken.

Uit-het-vlak berekeningen

De door Prof. Ir. Simon Wijte (medeauteur NPR, Adviesbureau Hageman) uitgevoerde niet-lineaire push-over-analyses resulteren voor QuakeShield Cem voor de uiterst opneembare piekgrondversnelling een waarde tot 0,86g. QuakeShield Poly gaf een waarde tot 2,26g, daar waar onversterkt metselwerk voor dezelfde situatie tot maximaal 0,05g kan opnemen. Beide versterkingssystemen voldoen daarmee ruimschoots aan de maximale referentie piekgrond-versnelling van 0,42g conform de voorlopige NPR.

Optimale zijde belast Afstand strips**	Quake-Shield™ Cem			Quake-Shield™ Poly		
	5***	10***	11,5***	5***	10***	15***
500 mm (Hageman)	0,39g	0,77g*	0,86g*	0,75g*	1,50g*	2,26g*
750 mm	0,26g	0,51g*	0,57g*	0,50g*	1,00g*	1,51g*
1000 mm	0,20g	0,39g	0,43g*	0,38g	0,75g*	1,13g*

* Voldoet aan de maximale referentie piekgrondversnelling van 0,42 g, conform de NPR (uitgaande van bestaande bouw en CC1).

** Afstand tussen de strippen op een zelfde diepte

*** Boven belasting per strekkende meter (kN/m)

In-het-vlak gedrag

Na de drie-punts-buigproeven zijn vervolgens in-het-vlak proeven uitgevoerd op een sheartest

constructie. Deze is gebaseerd op een eerder gebouwde Europese opstelling (ESECMASE), welke verder is ontwikkeld met ondersteunend advies van de TU Delft en TU Eindhoven. Door middel van de eerste serie in-het-vlak proeven is met succes bewezen dat de statisch cyclische belastingen worden geleid naar de fundering, terwijl het metselwerk zich als één geheel gedraagt (haarscheuren in het extreme geval) en niet instort (wat wel het geval is bij een onversterkte gevel bij 170 kN aan zijwaartse belasting). De proefstukken waren 2.700 mm hoog, 4.000 mm of 1.100 mm breed, 100 mm dik en werden voorzien van een boven belasting van 0,6 MPa.



Verkennde berekeningen

In opdracht van Oosterhof Holman en SealteQ, heeft Prof. Ir. Dirk Martens (Structural Design, TU Eindhoven) verkennende berekeningen uitgevoerd. Hij concludeert dat indien de wapening volledig kan worden benut door middel van verankering, de gevels theoretisch een horizontale kracht van 507 kN kunnen weerstaan (verhogingsfactor van 2,95 ten opzichte van een onversterkte gevel).

De tweede reeks van de in-het-vlak proeven waren voornamelijk gericht op het onderzoeken van de toegevoegde waarde van verankerde wapening. Met het toepassen van verankerde QuakeShield Poly op proefstukken zonder sparingen, zijn de maximale in-het-vlak krachtopname capaciteit van 170 kN en de maximale in-het-vlak verplaatsing van 4 mm (onversterkt) toegenomen tot respectievelijk 260 kN en 10 mm. [Bekijk de video >>](#)

Deuropening

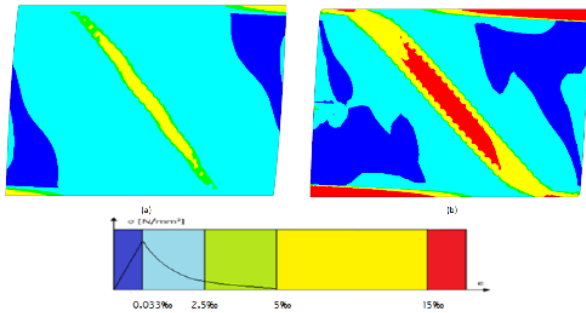
Door hetzelfde systeem toe te passen op een proefstuk met een deuropening, zijn de maximale in-het-vlak krachtopname capaciteit van 150 kN en de maximale in-het-vlak verplaatsing van 20 mm (onversterkt) toegenomen tot respectievelijk 200 kN en 25 mm. [Bekijk de video >>](#)

Raamsparing

Door QuakeShield eveneens toe te passen op proefstukken voorzien van een raamsparing, zijn de maximale in-het-vlak krachtopname capaciteit van 102 kN en de maximale in-het-vlak verplaatsing van 15.7 mm (onversterkt) toegenomen tot respectievelijk 167 kN en 24 mm. [Bekijk de video >>](#)

Computermodel TU Delft

In opdracht van Oosterhof Holman en SealteQ heeft de TU Delft, door gebruik te maken van de testresultaten van de uitgevoerde uit-het-vlak experimenten, in TNO Diana 9.6 een model gebouwd van Quake Shield Poly, door middel van de eindige elementen methode. Dit gebeurt onder toezicht



van Prof. Dr. Ir. Jan Rots (Structural Mechanics). Aan de hand van de experimentele data is dit model, voor haar uit-het-vlak gedrag, gekalibreerd. Daarnaast is het in-het-vlak gedrag getoetst aan de hand van de in-het-vlak proefresultaten waarmee ook in deze richting het versterkingssysteem in TNO Diana kan worden gesimuleerd. Ten behoeve van het optimaliseren van het gedrag van het model in

deze richting, zijn echter nog additionele proeven nodig. Deze worden sinds september 2015 aanvullend uitgevoerd en als addendum gerapporteerd.

Conclusie

QuakeShield levert een significante versterking door het aan beide zijden versterken van metselwerk, waarbij maar één oppervlak behandeld hoeft te worden. Een bijkomend voordeel is dat het direct op maat kan worden toegepast middels een rekenmodel en er geen of nauwelijks werkzaamheden binnenshuis nodig zijn (indien geïntegreerd in het verduurzamingsproces). Het ontwikkelproces, mede door de schakeling tussen het bedrijfsleven en de wetenschappelijke kennis van de Nederlandse kennisinstellingen, heeft geresulteerd in een innovatief versterkingssysteem.

