

Duurzaam Herstel en Versterking van Woningen in Groningen

Hoofdstuk 7

LATEIEN, TOGEN, SCHADE en HERSTEL

Na de aardbevingsproblematiek en de afbouw van de aardgasproductie



Abstract: Scheurpatronen in bakstenen muren met latei- en toogconstructies en hun versterkingsopties. De oorzaak van de scheuren wordt geanalyseerd en hoe muurherstel gerealiseerd kan worden. Een 20-tal scheurpatronen zijn omschreven met foto's¹ en schetsen, waarbij de meest voor de hand liggende oorzaak van de scheurvorming wordt bepaald en de mogelijke gebouwversterkingen.

Kernwoorden o.a.:

Baksteen, boog, diafragma, duurzaam, geïnduceerd, hanenkam, hoofdstructuur, isoleren, lateien, metselwerk, preventie, reparatie, scheuren, seismisch versterken, toog, veiliger maken, verbouwen, vloeren, verduurzamen.



Door: Sjoerd Nienhuys
Bouwkundig, seismisch ingenieur
Juli 2023

¹ De foto's zijn uitsluitend als illustratie en voorbeeldmateriaal bedoeld. Gebouweigenaren die in de foto's hun gebouw of gebouwonderdeel herkennen, kunnen of mogen hier geen consequenties aan verbinden.

Inhoudsopgave

LATEIEN, TOGEN, SCHADE en HERSTEL	1
7.0. Introductie	3
7.1. Tabel: Scheuren Rond Lateien en Togen in Bakstenen Muren	4
7.2. Basisprincipes van seismisch versterken	8
7.3. Uitrekenen of inzicht?	11
7.4. Geen latei boven de binnendeuren	12
7.5. Imitatie lateien en togen zonder wapening	14
7.5.1. Verduurzamen, muurherstel, oplappen of slopen?	15
7.6. Geen latei maar wel funderingsproblemen	16
7.7. Kalkmortel metselwerk	17
7.8. Geen latei, maar geen funderingsproblemen.....	18
7.9. Geen wapening in rollaag met scheur middenin	20
7.10. Slappe latei in het vlak van de muur.....	22
7.11. Doorgezakte latei	25
7.12. Muur versterkingsopties boven ramen.....	26
7.13. Portiekboog	27
7.14. Scheuren rondom latei oplegging.....	28
7.15. Torsie scheuren.....	31
7.16. Ringbalkconstructie rondom gebouw.....	32
7.17. Vroegere bouwmethoden en bouwfouten	33
7.18. Hele gebouwconstructie bestuderen.....	36

7.0. Introductie

Dit hoofdstuk is een aanvulling op het hoofdstuk 6 “Versterken van Muren”, omdat vaak de eerste (beving) schade aan de muren rondom de lateien of togen te zien is. Het herkennen van de scheurpatronen in baksteen muren en hun oorzaken is een basis voor het bouwkundig of seismisch versterken en het voorkomen van toekomstige scheuren. Ofschoon er in de provincie Groningen van 2006 tot 2018 aardbevingen voorkwamen met een PGAg van 0,085 tot PGAg 0,1, komen er met de definitieve vermindering van de aardgasextractie geen aardbevingen van dergelijke grootte meer voor, hoewel enkele kleine schokken van maximaal PGAg 0,05 theoretisch mogelijk zijn.

Als de maximale bevingswaarde van de NPR kleiner is PGAg 0,05, is er geen seismische versterking volgens de NPR nodig². Bestaande spanningen in muren kunnen bij kleine schokken nog wel tot scheurvorming leiden, en bestaande scheuren kunnen verergeren.

Schaderapporten van na de 16 augustus 2012 Huizinge aardbeving laten veel scheuren rond de raam en deuropeningen zien en rondom de lateien van de oude woningbouw. Bij gebouwen van voor 1920 zijn vaak geen lateien aanwezig maar een gemetselde toog. Die scheuren beginnen bij de hoeken van de raamopeningen of bij de opleggingen en einden van de lateien. Bij oudere gebouwen beginnen ze in en rond in de toog (foto beneden). Wanneer de muren versterkt zijn zoals aangegeven in het vorige hoofdstuk moeten de lateien een integraal onderdeel vormen met die muren. Alleen de lateien versterken is niet voldoende. De schade rond de lateien en togen laten zien waar de constructieve problemen in de constructie zijn.

Figuur 7-1. Doorgezakte togen in steens-muur. Deze oude gebouwen hebben te lijden van langzame zettingen in de fundering en gebrek aan muurwapening. Foto rtl nieuws.



De maatregelen om scheuren rond lateien en togen te voorkomen gaan veel verder dan het dichtsmen van de scheuren of er een korte rvs-wokkel inlijmen. In de Nederlandse woningbouw zijn lateien slechts dragend uitgevoerd zonder andere constructieve functie. In seismische gebieden moeten lateien doorgaande ringbalkconstructies zijn en een integraal onderdeel van de muren. De muren moeten op hun beurt met de vloerdiafragma's verbonden zijn. Om grotere horizontale krachten op te vangen dan veroorzaakt door stormen, zijn dragende binnen- en buitenmuren nodig, inclusief sterke verbindingen met de diafragma's. Gewapend metselwerk in combinatie met de diafragma's is het basisconcept van aardbevingsbestendige woningen.


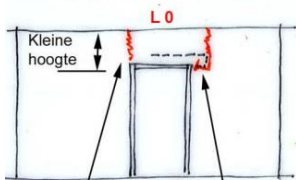
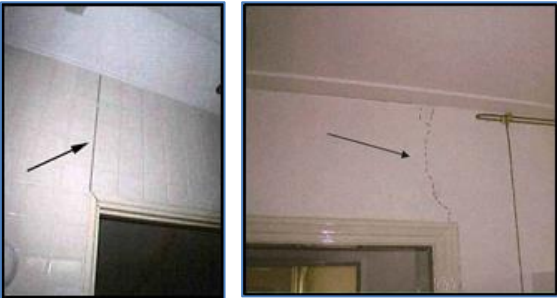
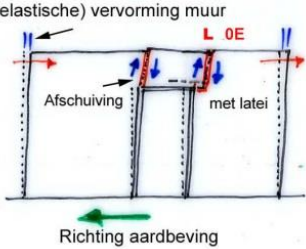



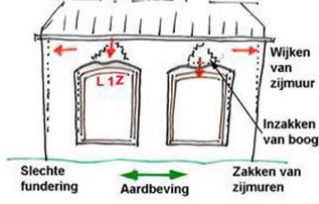

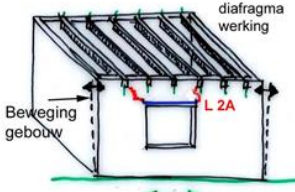
Omdat lateien bij spouwmuur het binnen- en buitenspouwblad dragen, maken ze een thermische verbinding tussen die muren. Bij muurversterking en constructieve verduurzaming van een gebouw moeten deze warmtelekken verholpen worden door extra goede isolatie.




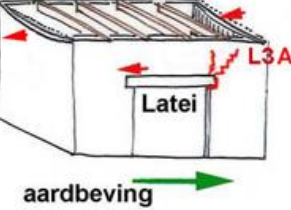

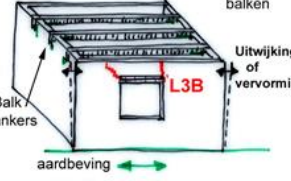

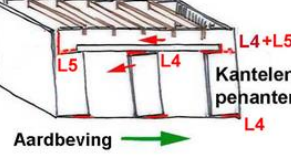

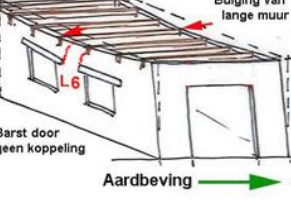

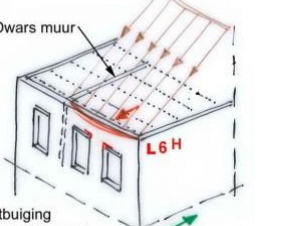
Slechts met een combinatie van de twee groepen maatregelen, constructief-technisch en thermisch-energetisch verbeteren samen is er sprake van volledig verduurzamen.


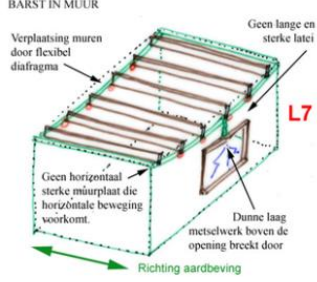

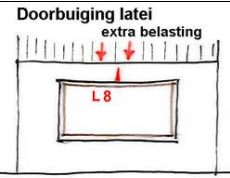

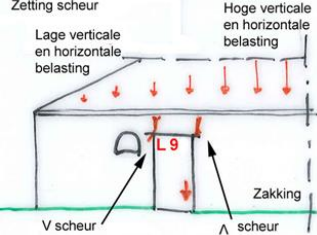



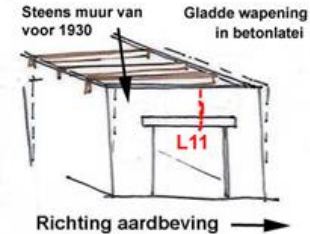

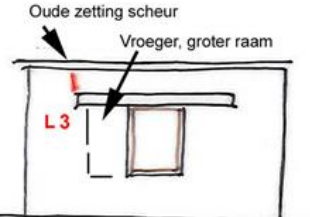
² Men gaat er hiervan uit dat de 2015 nieuwbouwnormen voldoende gebouwsterkte waarborgen en de maximale stormbelasting ongeveer hetzelfde niveau heeft als de PGAg 0,05 belasting (bij vrijstaande woningen). De duizenden woningen die nog scheuren hebben, kunnen wel meer scheuren krijgen, maar niet instorten, tenzij er andere bouwkundige problemen zijn zoals verzakkingen en bouwfouten.




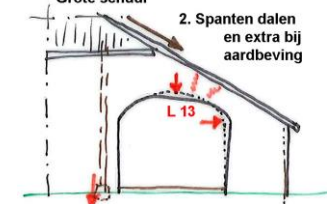

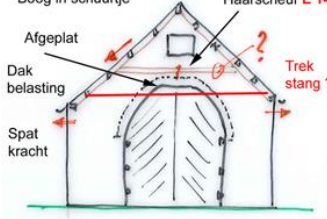

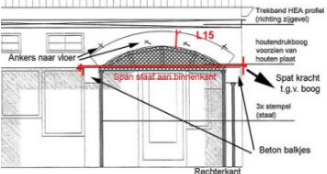

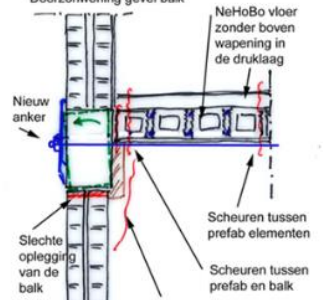

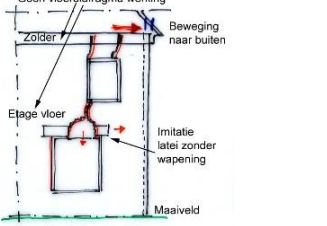
7.1. Tabel: Scheuren Rond Lateien en Togen in Bakstenen Muren

Beknopt overzicht van in 2012 verschillende geconstateerde schades in de provincie Groningen rond ramen en deuren, die te maken hebben met de afwezigheid van lateien of onvoldoende verbinding tussen de lateien en het omringende metselwerk. Sommigen hebben gelijksoortige oorzaken.

#	Omschrijving	Foto's	Schets voorbeeld
L 0	Geen latei. Verticaal vanuit de kozijnhoeken naar boven tot aan het plafond of vloer.		Scheuren boven binnendeuren  Zonder latei Met een latei
L 0	Geen latei. Ten gevolge van elastische vervorming van het muurvlak.		(elastische) vervorming muur  Richting aardbeving
L 1	Geen latei. Ongewapende rollaag steunt op kozijn. Ongewapende hanenkam, toog of boog splitst wanneer de gebouw zijden wijken.		Doosvorm gebouw reactie  Aardbeving Richting
L 1	Geen latei. Inzakken kalmortel metselwerk door wijken van de zijmuren.		Inzakken kalkmortel voegen  Slechte fundering Aardbeving Zakken van zijmuren
L1 en L2A	Geen latei. Verwijdering van zijmuren bij balklaag loodrecht op de muur.		Scheuren rond lateien Geen diafragma werking  Beweging gebouw Geen verbinding etage vloer met de links en rechts zijmuren

L1 en L2B	Geen latei. Verwijdering van zijmuren bij balklaag parallel aan de muur.		<p>Scheuren rond lateien Balkankers zitten los en laten 1 cm beweging toe</p>  <p>Aardbeving</p> <p>Lateien hebben wapening, maar zijn kort opgelegd op binnenmuur</p>
L 3A	Latei achter rollaag. Balklaag loodrecht op de muur. Afschuiving op binnenmuur.		<p>Gewapende latei</p>  <p>aardbeving</p>
L 3B	Latei achter rollaag. Balklaag parallel met de muur. Afschuiving op binnenmuur.		<p>Gewapende latei</p>  <p>aardbeving</p>
L 4 + L 5	Horizontale scheuren onder ramen vanwege kantelen penant.		<p>Horizontale scheuren onder latei</p>  <p>Aardbeving</p>
L6	Verticale scheuren boven latei vanwege horizontale doorbuiging gevel over stijve lateien.		<p>Balken parallel aan aardbeving richting</p>  <p>Aardbeving</p>
L 6H	Horizontaal loodrecht op het vlak van de muur. Uitbuiging muur over een stijve betonlatei.		<p>Latei scheuren</p>  <p>Uitbuiging van buitenmuur</p>

L 7	Verticaal loodrecht op het vlak van de muur. Uitbuiging van een enkele latei.			<p>BARST IN MUUR</p> 
L 8	Verticale scheur door verticale doorbuiging van latei.			<p>Doorbuiging latei extra belasting</p>  <p>Aardbeving ↕ verticaal</p>
L 9	Verticale verzakking van muurdelen en horizontaal scharnieren.			<p>Zetting scheur</p> 
L 10	Zwakke of verzwakte muur met sterke binding tussen latei en baksteen.		Hetzelfde type scheuren komt ook veelvuldig voor door verschillen tussen de thermische krimp of uitzetting van het beton en het metselwerk.	<p>Zwakke muur en sterke latei</p>  <p>Richting aardbeving →</p>
L 11	Oude wapening van rondstaal in slechte beton kwaliteit.			<p>Steen muur van voor 1930</p>  <p>Richting aardbeving →</p>
L 3	Verandering van raamgrootte. Lange latei.			<p>Oude zetting scheur</p>  <p>Niet aardbeving gerelateerd</p>

L 12	Torsie van achterliggend diafragma door excentriciteit.		<p>Dakvlak waarschijnlijk naar voren gekomen</p> <p>Mogelijke barsten aan binnenkant zoldermuur</p>  <p>Barsten boven latei L12 Barsten in muurhoek</p>
L 13	Wegdrukken van zijmuur door verzakking spanten. Ontwerp- of bouwfout.		<p>Grote schuur</p> <p>2. Spanten dalen en extra bij aardbeving</p>  <p>1. Staander zakt 3. Boog zakt uit</p>
L 14	Doorzakken van niet ronde boog door spatkracht. Bouwfout.		<p>Boog in schuurtje</p> <p>Haarscheur L14</p>  <p>Afgeplat Haarscheur L14</p> <p>Dak belasting Trek stang ?</p> <p>Spat kracht</p>
L 15	Uitwijken van de ondersteuning van een boog. Naar voren bewegen door dak druk. Bouwfout.		 <p>Trekband H&A profiel (poching zijgevel)</p> <p>Ankers naar vloer Spat kracht i.g.v. boog</p> <p>houdendrukboog voorzien van houten plaat</p> <p>3x stempel (staal)</p> <p>Beton balkjes</p> <p>Rechterkant</p> <p>L15</p>
L 16	Naar voren bewegen door gebrek vloer koppeling. Kanteling naar buiten. Geen diafragma werking. Bouwfout.		<p>Doorzonwoning gevel balk</p> <p>Nieuw anker</p> <p>Slechte oplegging van de balk</p> <p>NaHoBo vloer zonder boven wapening in de drukklaag</p> <p>Scheuren tussen prefab elementen</p> <p>Scheuren tussen prefab en balk</p> <p>Gevel komt los van vloer</p>  <p>L16</p>
L17	Geen latei. Decoratie is doorgezakt door gevelhoge verzakking.		<p>Geen vloerdiafragma werking</p> <p>Zolder</p> <p>Etage vloer</p> <p>Maaiveld</p> <p>Geen fundering verzakking</p> <p>Beweging naar buiten</p> <p>Imitatie latei zonder wapening</p>  <p>L17</p>

De bovenstaande lijst is slechts een greep uit de vele situaties die ontstaan door constructieve tekortkomingen van de oudere bouwmethoden, gecombineerd met veroudering, grondverzakking en trillingen (van aardbevingen). Spanningen die in de constructie en het metselwerk ontstaan door deze gebreken, resulteren door de korte felle schokken van de geïnduceerde aardbevingen in scheuren en de verergering van die scheuren. Bij het verduurzamen van de woningen moet niet alleen de muur gerepareerd worden, maar ook de onderliggende structurele problemen worden aangepakt.

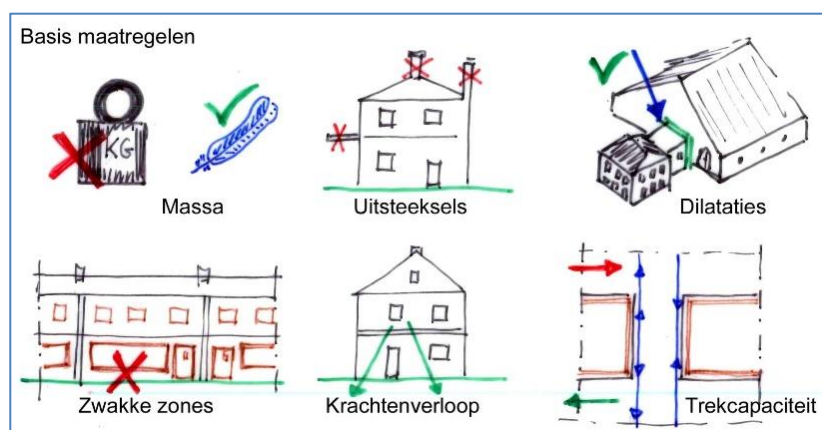
Wanneer er eenmaal scheuren in het baksteen zitten zullen kleine kruimels baksteen in die scheur loskomen en vallen, waardoor de scheur niet meer dichtgedrukt kan worden. Na verloop van tijd worden bij meerdere trillingen daarom de scheuren groter.

7.2. Basisprincipes van seismisch versterken

Bij seismisch versterken moeten de basismaatregelen worden toegepast die ook van toepassing zijn op gemetselde nieuwbouw constructies. De meest belangrijke zijn:

1. Reduceer de massa, houdt het gewicht laag.
2. Verwijder uitsteeksels (schoorstenen), zorg voor een compact gebouw.
3. Voorkom belastingen loodrecht op de baksteen muren (door ontwikkeling van diafragma).
4. Voorkom onregelmatige plattegronden; dilateer grote en verschillende gebouwdelen.
5. Voorkom zwakke zones zoals grote ramen en smalle raampenanten.
6. Krachten moeten van/naar de fundering lopen in het vlak van de dragende muren.
7. Voorkom torsiekrachten in een gebouw door een asymmetrische plattegrond.
8. Voorkom horizontale krachtenresultante van het dak op de dragende muren.
9. Dragende muren moeten druk- en trekkrachten (afschuiving) kunnen opnemen.
10. Dragende constructies zoals kolommen moeten sterker zijn dan vloeren.
11. Dragende constructies mogen bij overbelasting vervormen (ductiel), maar niet bezwijken.

Figuur 7-2. Basisprincipes van seismisch bestendig bouwen en versterken. Bij lateien mist de bestaande bouw treksterkte over de gehele breedte van de gevels. Deze moet worden ingebracht tijdens het verduurzamen. Hoofdstuk 13.

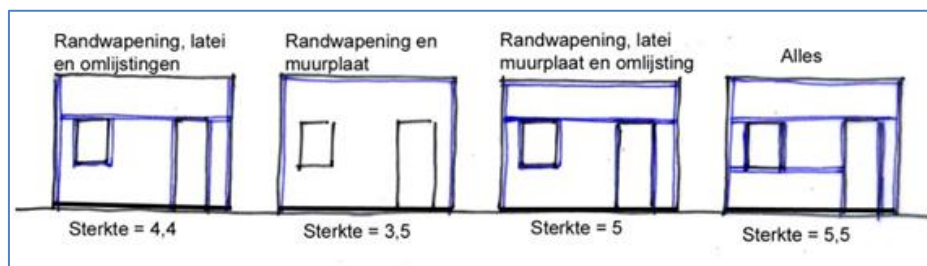


Al meer dan 60 jaar geleden werd het principe van seismisch sterker bouwen goed gedefinieerd³. Op basis van tests werd bepaald hoeveel sterker een gebouwtje met kleine ramen werd door de toepassing van trekwapening langs de randen van alle muurvlakken in de dragende muren; dit liep op tot 5,5 keer de sterkte van het basisgebouwtje dat geen trekwapening had (bij beperkte raamgrootte). Bij deze opstelling ging men ervan uit dat de deuren en ramen als openingen worden beschouwd en geen trek- of druksterkte in het vlak van de gevel kunnen opnemen. Zoals toegelicht in het vorige hoofdstuk 6 is het tegenwoordig mogelijk om constructief sterke kozijnen toe te passen, of voor de ramen (niet de deuren) constructief sterke glaspanelen toe te passen.

³ 1965. School of Research and Training in Earthquake Engineering. University of Roorkee in India. Dit is met uitzondering van *Base-isolation*, hetgeen het voorkomen van seismische belasting inhoudt.

Kozijnen of constructieve glaspanelen kunnen dezelfde sterkte hebben als de draagmuren. Bij deze nieuwe versterkingsopties gelden de onderstaande bouwprincipes niet, want dan kunnen de muren als een gesloten geheel beschouwd worden.

Figuur 7-3. Versterking niveaus van een testgebouwtje in India. Het gebouwtje zonder randwapening heeft een sterkte 1. Plat dak is diafragma.



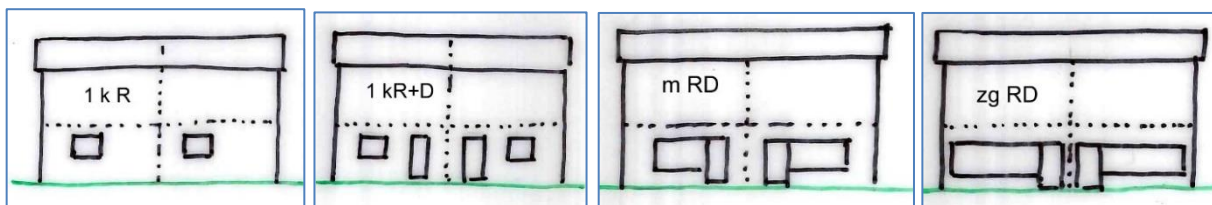
De situatie in van de Nederlandse woningbouw is op zes manieren anders.

1. Door verzakking van de buitenmuren ontstaan er scheuren die de muren verzwakken.
2. Bij gebrek aan een plafond- of dak-diafragma kunnen de buitenmuren gaan wijken.
3. De Nederlandse raamopeningen zijn meestal aanzienlijk groter dan de verhoudingen in de bovenstaande schets, waardoor de muurpenanten smaller zijn, en waardoor deze penanten minder op afschuiving worden belast en meer op kanteling.
4. Er wordt in Nederland nooit verticale wapening in de hoeken van de muren ingebouwd.
5. Veel woningen hebben een schuin dak dat soms zijwaartse belasting kan geven.
6. De binnenmuren zijn niet dragend.

Figuur 7-4. De steeds buitenmuren en binnenmuren kunnen verschillend verzakken. Bij vochtige grond en trillingen kunnen binnen en buitenmuren verschillend verzakken. Afhankelijk van het ontwerp van de kapconstructie kunnen de spanten een zijwaartse druk op de muurplaat uitoefenen.



Analoog aan de testen die 60 jaar geleden in India werden gedaan zou men ook de typische Nederlandse woningbouw kunnen analyseren in hoeverre bepaalde maatregelen welke percentuele versterking van een gebouw zou inhouden⁴.

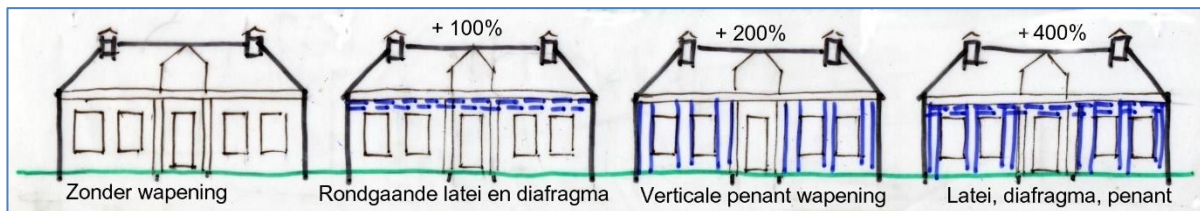


Figuren 7-5. Bij grotere ramen neemt de gevel sterkte af. Bij de derde en vierde schets van links is het niet meer voldoende om in de gevel horizontale en verticale trekwapening toe te passen, maar zullen er momentsterke constructies aangebracht moeten worden zoals muur-vloer verbindingen en portalen. Als alternatief kunnen dan ook constructief sterke glaspanelen worden toegepast, waardoor de functie van de smalle raampenanten nagenoeg vervalt, of wordt samengevoegd met het constructieve glaspaneel.

1 klein Raam, 1 klein Raam + Deur, middelgroot RaamDeur, zeer groot Raamdeur.

⁴ Met het ontwikkelen van de VersterkingsAdviezen is dat eigenlijk al gedaan (op kosten van de overheid), maar die informatie is niet publiekelijk gratis beschikbaar voor de burgers.

De mate van versterking van eenvoudige woningbouw hangt in hoge mate af van de kwaliteit van de fundering, de aanwezigheid van binnenmuren die bij aanpassing van het plafonddiafragma de belastingen kunnen overbrengen in het vlak van de muren en de slankheid van de raampenanten. Op basis van ervaring zal bij het onderstaande type woning de versterkingen ongeveer de volgende invloed hebben op de algehele gebouwsterkte, waarbij de rondlopende lateifunctie of een volledig plafond of zoldervloer diafragma erg belangrijk zijn (uitgezonderd sterke kozijnen of glaspanelen).



Figuren 7-6. Per gebouwtypologie kan een versterkingschema gemaakt worden.

Het maken van een rondlopende latei (band en vloerdiafragma) is de eerste belangrijke stap. Daarna komen andere versterkingen zoals het inbrengen van de verticale wapening in de raampenanten in aanmerking. Bij de toepassing van constructieve glaspanelen is ook een vloerdiafragma nodig.



Omdat het principe van constructieve glaspanelen nu alleen in de hoogbouw wordt toegepast is het nuttig om vergelijkende sterkteberekeningen uit te voeren voor de toepassing bij laagbouw.

Omdat rondom de lateien (tussen lateien en de dakrand of muurplaat) meestal de eerste scheuren ontstaan bij trillingen, zal de seismische versterking van die lateizones door het hele gebouw ook toekomstige scheuren voorkomen. Wanneer men gebouwen constructief gaat verduurzamen, waarbij men in de toekomst geen scheuren meer wil, is dit daarom één van de belangrijke maatregelen wanneer er geen structurele gebreken in de fundering aanwezig zijn.

Figuur 7-7. Toepassing van een ringbalk d.m.v. lintvoegwapening. Bij slechts korte wapening stukken (midden boven de kozijnhoek) kan/zal na verloop van tijd naast het uiteinde van de wapening weer een nieuwe scheur ontstaan, omdat daar de trekkracht van het metselwerk niet verbeterd is. De toepassing in de praktijk was geen seismische versterken.



De Juiste manier om lichte scheurvorming t.g.v. aardbevingen te voorkomen is om een doorgaande lintvoegwapening te maken, rondom de hoeken van het hele gebouw en die te goed te verbinden met het stijve (zolder) vloerdiafragma en de binnenmuren.

7.3. Uitrekenen of inzicht?

De hierboven voorgestelde percentages van versterkingen zijn slechts globale schattingen, waarbij de afmetingen van de muurpananten en het functioneren van het plafond- en vloerdiafragma uiteindelijk bepalend zijn in de krachtenverdeling en de gebouwsterkte.

In theorie is het mogelijk om elk gebouw tot in detail uit te rekenen en vervolgens elk gebouw dat ongeveer dezelfde constructie (bouwperiode) heeft op dezelfde manier te versterken. Op basis van dit principe werd sinds 2013 de woningbouw in de provincie Groningen ingedeeld in een dozijn typologieën met gelijklopende karakteristieken, en rijtjeswoningen of doorzonwoningen⁵. De doorzonwoningen kunnen echter niet volgens de principes van figuur 7-3 versterkt worden, omdat hier geen of onvoldoende muurvlakken in de voor- en achtergevels om krachten in het vlak van die muren op te nemen.



Figuren 7-8. Veel voorkomende typologieën in de provincie Groningen. Per typologie kan een standaard versterkingsmethode en plan voor verduurzaming gemaakt worden, zodat er per individueel gebouw geen eigen en heel tijdrovend en duur rekenprogramma hoeft te worden opgezet. Met inzicht over de algemene seismische problematiek kan een kleine aannemer dan de versterkingen toepassen.



Voor scheurpreventie en muurherstel is per gebouwtypologie bekend waar de scheuren zitten of zullen ontstaan bij aardbevingen en hoe deze muursecties te versterken. Met een bouwkundige versterking⁶ van ongeveer 100% zal het risico van scheurvorming vanwege kleine naschokken aanzienlijk voorkomen worden. Om dit door kleine aannemers te laten uitvoeren is bij hen een goed inzicht in de seismische problematiek nodig.

Het voorlichten van de vele kleine aannemers op het terrein van seismische constructie kan via formele kanalen zoals technische scholen van het MBO, maar dat is een tijdrovend proces. Het is daarom meer relevant om korte buitenschoolse bijscholing te organiseren per onderwerp (schoorstenen, funderingen, muren, ramen, vloeren, schuren, etc.) en die in video-lessen (YouTube) te ontwikkelen.

Bij het systematisch aanpakken per gebouw typologie zou niet alleen de aardbevingschade aangepakt moeten worden, maar tegelijkertijd de constructieve gebouwproblemen verholpen die daaraan ten grondslag lagen, zoals oude normen, verzakkingen en bouwfouten. Dit is een eerste maar essentiële stap naar een compleet verduurzamingsproces.

⁵ In 2018 waren dit 60 verschillende typologieën geworden. Het TNO heeft de opdracht gekregen om per typologie VersterkingsAdviezen te maken (VA's). Deze adviezen zijn aan de NCG overgedragen.

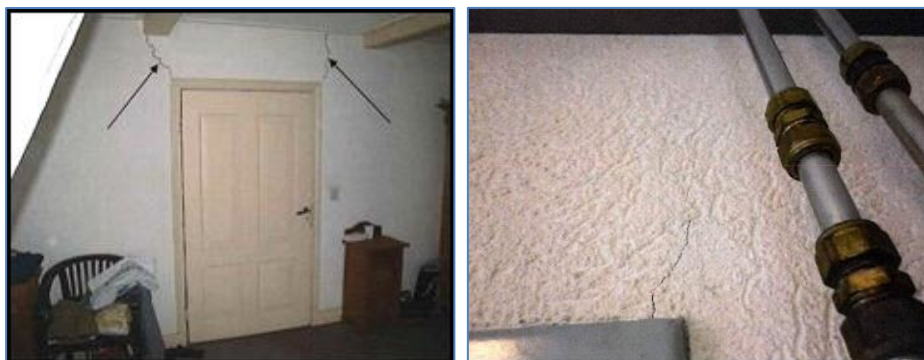
⁶ Bouwkundig versterken is niet seismisch versterken. Seismisch is slechts om te voldoen aan 'niet instorten'.

7.4. Geen latei boven de binnendeuren

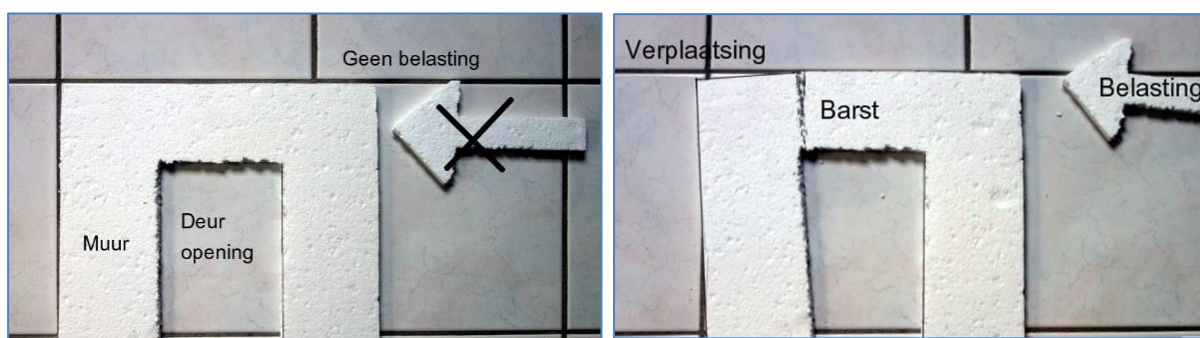
De onderstaande foto's zijn van scheuren in gepleisterde binnenmuren van direct na de beving van 16 augustus 2012 in Huizinge (PGAg 0,085). Deze soort scheuren zijn als eerste zichtbaar vanwege het gladde en witte stuc-oppervlak. De aanbeveling van de schade-inspecteurs was dat de scheur iets wordt uitgehakt, epoxy ingevuld en glad-gestukt, en dan moest de hele muur opnieuw gesausd worden⁷. Dit hield dus geen seismische versterking in maar slechts cosmetische reparatie.



Figuren 7-9. Scheuren in binnenmuren t.g.v. de beving 16-08-2012. De door de schade inspecteurs aanbevolen methode van muurherstel waren slechts cosmetisch.



Binnendeuren hebben meestal geen lateien. De scheuren beginnen direct in de kozijn bovenhoek.

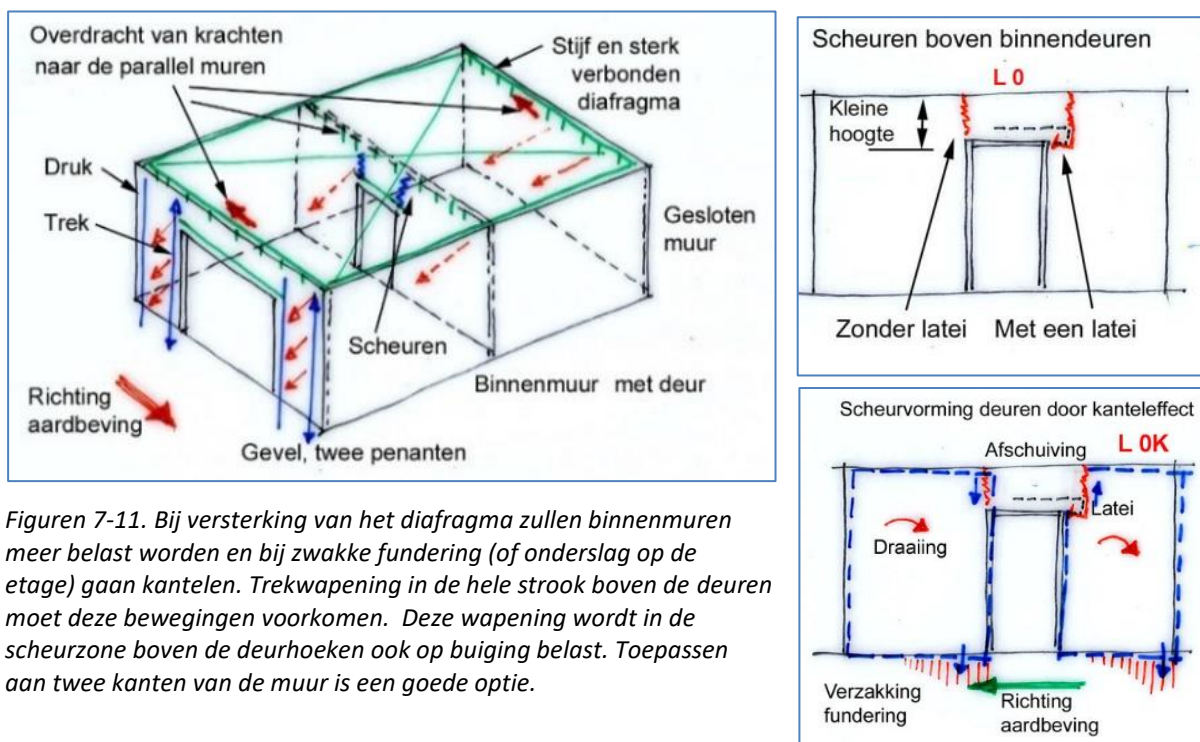


Figuren 7-10. Demonstratie scheurvorming met piepschuim plaat (EPS). Door op het schaalmodel te drukken, treedt er een elastische vervorming op. Als de materiaalsterkte wordt overschreden treedt een barst op. De locatie van de barst hangt af van de penantbreedte, de bovendruk en de sterkte van de zone boven de deur, of de verzakking van de ondervloer (fundering).



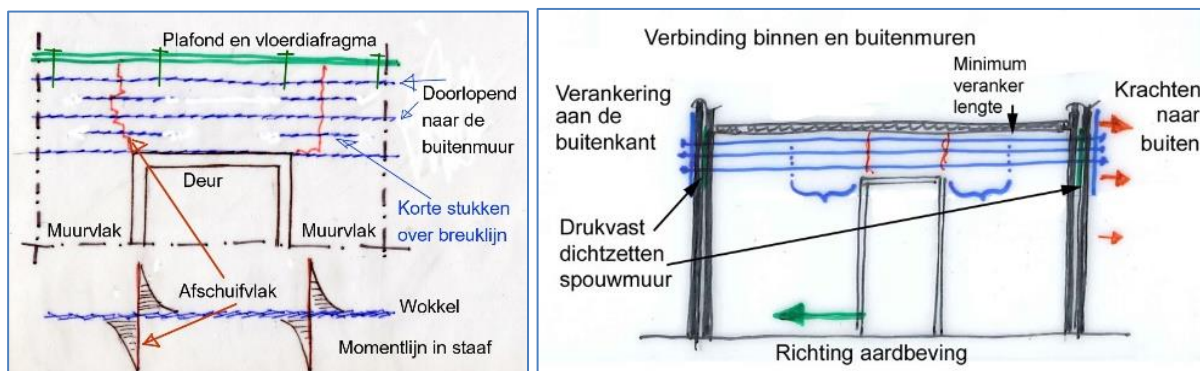
⁷ Dit is een hele vreemde maatregel als men weet dat er meerdere gelijksoortige bevingen gaan komen. Het is nog vreemder, omdat men sinds 2014 stelde dat de nieuwe bevingen vele malen sterker zouden worden.

Het versterken van de binnenmuren boven de deuropeningen moet in overeenstemming zijn met de te verwachten aardbevingen. Dat houdt in de meeste situaties ook een versterking van de hele muur in zoals aangegeven in hoofdstuk 6. Misschien ook van de fundering. Wanneer de vloer/fundering onder de binnenmuren meegeeft of verzakt, vanwege de hogere belasting, en de penanten naast de deuren een horizontale kracht ondervinden, kunnen ze iets gaan kantelen, waardoor er horizontale of verticale (ook afschuiving) scheuren vanuit de deurhoeken kunnen ontstaan. Dunne binnenmuren zullen bij een seismische versterking van het diafragma meer belasting ondergaan en moeten daarom tweezijdig versterkt worden.



Figuren 7-11. Bij versterking van het diafragma zullen binnenmuren meer belast worden en bij zwakke fundering (of onderslag op de etage) gaan kantelen. Trekwapening in de hele strook boven de deuren moet deze bewegingen voorkomen. Deze wapening wordt in de scheurzone boven de deurhoeken ook op buiging belast. Toepassen aan twee kanten van de muur is een goede optie.

Door het in-frezen en inlijmen van rvs-spiraalwapening ($\varnothing 6$ mm = 10 kN trekweerstand) kunnen deze muurdelen gerepareerd en versterkt worden. De uiteinden moeten aan de gebouw buitenmuren verbonden worden⁸. Omdat de verticale afschuivingskrachten in het breukvlak loodrecht op de lengterichting van de dunne 6 mm wapening staan, kunnen extra lengtes of een dikkere rvs-spiraalwapening (tot 12 mm) ter plaatse van de breukvlakken in-gelijmd worden.



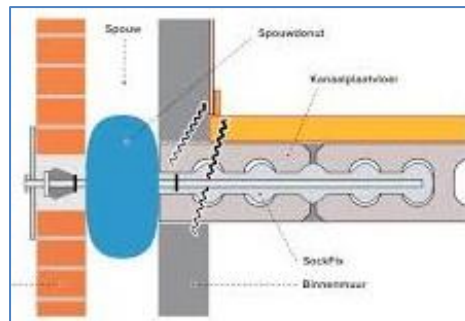
Figuren 7-12. Systeem van versterken boven deuren. Extra stukken rvs-wapening kunnen over de breuklijn ingebracht worden. De wapening moet aan twee zijden van de muur worden ingebracht.

⁸ Verschillende manieren zijn mogelijk. Zie productbladen: <https://www.helifix.nl/uploads/pdfs/downloads/ResiTie.pdf> en <https://www.helifix.nl/uploads/pdfs/downloads/Seismische-verbinding.pdf> en <https://www.helifix.nl/uploads/pdfs/downloads/RetroTie.pdf>

Bij verankering van de wokkels of andere muurankers aan de spouw buitenmuren, moet deze spouw ter plaatse van de verankering drukvast worden dichtgezet, zodat er geen beweging kan ontstaan. Dit kan bijvoorbeeld met HD-PUR schuim. Dit PUR invullen kan ook wanneer de spouw al is nagevuld met enigszins losse isolatiekorrels. De firma Rakee⁹ ontwikkelde met de design competitie een drukvaste oplossing met een opvulbare ballon/donut achter het ankerpunt.

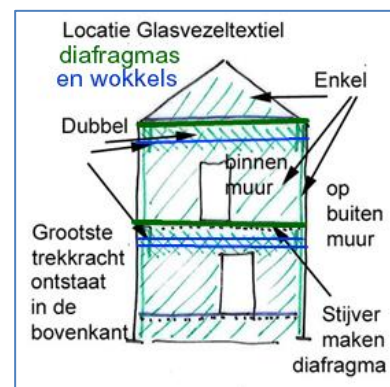
Figuur 7-13. Druk-trek vaste verbinding bij een spouwmuur. Door de firma Strakee ontwikkelde donut die gevuld wordt met mortel. Eenmaal verhard, creëert deze een strakke verbinding tussen de twee spouwbladen ter plaatse van de verankering.

Bij de toepassing van schroef-wokkels maakt de schroef de stijve verbinding tussen de twee spouwbladen, maar dan zijn er meerdere schroeven noodzakelijk. Minder werk dan de donut.



De koppeling van de rvs-wokkel aan een dwarsmuur kan door deze in de hele hoek diep in te frezen en vol te verlijmen. Hoe meer staven in de hoek verlijmd worden hoe sterker de constructie zal zijn.

Figuur 7-14. Wokkels met GVTW boven de deur. Bij halfsteens (dragende) binnenmuren moet dit aan twee kanten van de muur worden toegepast. Deze GVTW moet doorgezet worden aan de dwarsmuren. Een combinatie met de rvs-spiraalwapening is afhankelijk van het type en de massa van de woning.



Wanneer er grote (deur)openingen in de binnenmuren zijn dient op dezelfde manier als bij raampenanthen een verticale wapening langs de openingen in-gefreesd te worden. De wapening moet met de onder- en bovenliggende vloerdiafragma's verbonden worden. Bij woningen die een gemeenschappelijke tussenmuur hebben, zijn deze muren goed bestand tegen lichte aardbevingen. De binnenmuren hoeven dan slechts boven de deuren de aangewezen versterking te hebben.

7.5. Imitatie lateien en togen zonder wapening

In de beginperiode van het gebruik van gewapend beton was het in de mode om namaak lateien boven de ramen te maken. Deze bestaan uit sierpleisterwerk en hebben geen interne wapening.

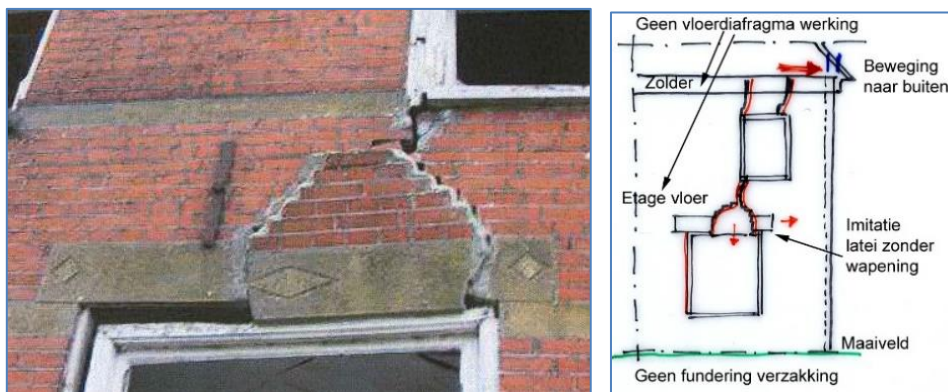
In de onderstaande *Figuur 7-15* is een extreem geval te zien van deze situatie met een wijkende buitenmuur. Aan het balkanker is te zien dat de balklaag van de eerste etage loodrecht op deze buitenmuur staat. Zonder vloerdiafragma is er weinig of geen verbinding in het vlak van de muur, bijvoorbeeld wanneer de planken van die vloer gewoon gespijkerd zijn. De kapconstructie kan ook een zijwaartse druk op de muurplaat uitoefenen. Door het gebrek aan de twee vloerdiafragma's (eerste etage en de zolder) en gebrek aan treksterkte in de muur, beweegt het raam en het muurpenant op de eerste etage naar buiten¹⁰. De ongewapende rollaag boven het kozijn zakt dan door.

⁹ Een speciaal ontwikkelde optie is de spouw-donut van Strakee, die de spouw ter plaatse van de vloerbalk stevig dichtzet en zo verankering van het vloer diafragma aan beide muren bewerkstelligd.

¹⁰ In dit geval zag het gebouw er slecht onderhouden uit met verweerde kozijnen en doorgezakt dak.

Bij dit soort schade kan men zien wat de oorspronkelijke bouwmethode was en begrijpen waarom deze niet bestand is tegen seismische belastingen.

Figuren 7-15. Geen latei en verwijdering van muur. Door gebrek aan vloerdiafragma's en treksterkte in de steens-muur beweegt de dwarsmuur naar buiten.



Om deze muur duurzaam te repareren is het niet voldoende om een paar wikkeltjes in te metselen, maar zullen om te beginnen de twee vloerdiafragma's versterkt moeten worden en goed aan de steens buitenmuren verbonden moeten worden.

7.5.1. Verduurzamen, muurherstel, oplappen of slopen?

Wanneer een gebouw meerdere gebreken vertoont moet overwogen worden of deze economisch gesproken gezamenlijk te herstellen zijn en het gebouw versterkt en tegelijk verduurzaamd kan worden. Voor het verduurzamen zijn een groot aantal maatregelen relevant; Zie Hoofdstuk 12.

Herstel? De brede scheurvorming kan alleen worden weggewerkt als de scheuren helemaal worden uitgehakt, de muur teruggedrukt¹¹, trekwapening in de gevel en rondom de hoek ingebracht, en tenslotte de uitgehakte plekken opnieuw worden ingemetseld.

- Gezien de status van de kozijnen (verrot) zouden er dan nieuwe goed isolerende kozijnen, ramen en ruiten geplaatst moeten worden.
- Bij de creatie van vloerdiafragma's zullen de binnenmuren versterkt moeten worden en aan de steens buitenmuren verbonden.
- Ofschoon de fundering nu geen zetting vertoont, kan het noodzakelijk zijn dat deze na de creatie van de vloerdiafragma's die fundering plaatselijk wel verbreed moeten worden.
- In woningen van vóór 1940 zitten meestal rieten pleisterwerk plafonds die als activiteit bij het maken van de vloerdiafragma's ook verwijderd moeten worden (brandgevaarlijk).
- Na de structurele verbeteringen van muurherstel zal de buitenschil binnenzijdig geïsoleerd moeten worden tot minimaal $R_c \geq 4,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Toegevoegde dikte $\approx 15 \text{ cm}$.
- Dakisolatie tot minimaal $R_c \geq 6,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, en wellicht het vernieuwen van de dakpannen en goten of toepassing van integrale PV of PVT-panelen.
- Bij verdikking van de muren aan de binnenkant wordt vaak de inrichting van de badkamer, toilet en keuken of het trappenhuis ook anders.
- In de meeste gevallen houdt dat ook het vervangen van elektra en CV en waterleidingen in.

Bij elkaar genomen een flinke operatie die in de meeste gevallen wel een jaar duurt en meer kost dan de waarde van de woning (zonder de grond). Als het geen monument is, dan is voor een laagwaardige naoorlogse woningwetwoning vaak de conclusie: slopen en nieuwbouw.

Oplappen? Het uitgezakte stuk boven het raam zal sowieso opnieuw gemetseld moeten worden, samen met het inbrengen van een latei- en lintvoegwapening.

¹¹ Het teruggedrukken van een buitenmuur die geweken is, is geen courante oplossing. In de meeste situatie zal de hele muur gesloopt moeten worden en vanaf de fundering opnieuw worden opgebouwd.

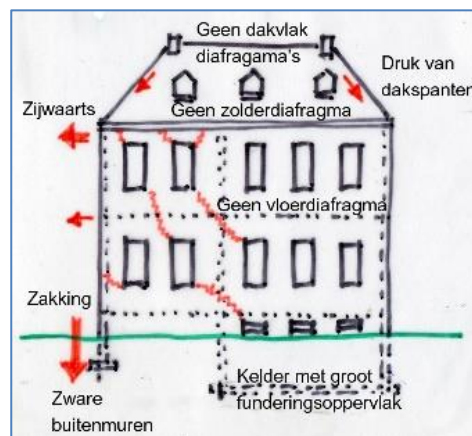
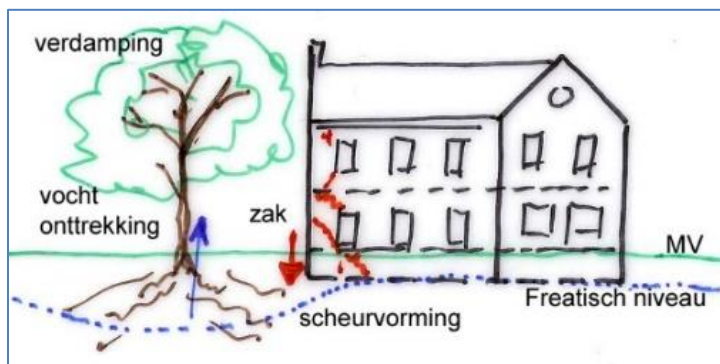
Boven de ramen op de eerste etage kan met uithakken en opnieuw in metselen met lintvoegwapening een zichtbaar litteken in de muur voorkomen worden, maar de vloerdiafragma's moeten toch versterkt en aan de binnen- en buitenmuren verbonden.

- Met de te verwachte maximale aardbeving van $PGAg < 0,05$ gaat het hoofdzakelijk over muurherstel, maar wel zodanig dat deze tegelijkertijd versterkt wordt.
- Met grondonderzoek en analyse van de binnenmuren kan het mogelijk zijn dat het versterken van de fundering achterwege kan blijven.
- Alle andere verduurzamingsmaatregelen uit de bovenste lijst blijven relevant.

De besluitvorming zal afhangen van de financieringsopties en in hoeverre het constructief en thermisch verduurzaamde gebouw nog een tweede leven van >100 jaar kan garanderen.

7.6. Geen latei maar wel funderingsproblemen

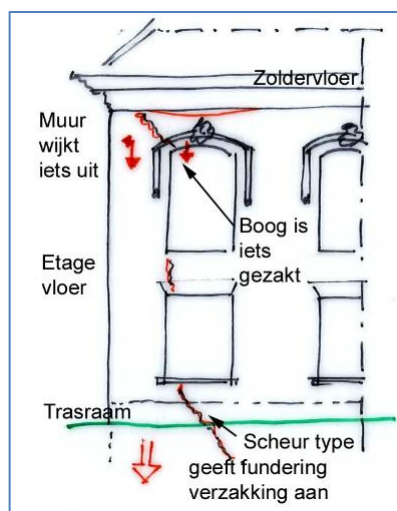
In het Hoofdstuk 4 worden verschillende funderingsproblemen aangegeven die leiden tot scheuren in de gevels en die verergeren door trillingen en zettingen.



Figuren 7-16. Fundering verzakking door vocht onttrekking door sloot of boom. Verzakking kan ook vanwege verschillen in draagkracht t.g.v. een kelder onder een gedeelte van het gebouw.

In het volgende voorbeeld met toog is de verzakking van een kant van het gebouw de oorzaak. Door gebrek aan een goed verbonden zolderdiafragma, is de bovenkant gaan uitwijken en zakken.

Figuren 7-17.
Schematische tekening van de hele gevel. De togen hebben geen wapening en drukken zijwaarts. De scheur loopt langs het raam en door de toog. Tussen het raam van de etage en de begane grond en onder het begane grond raam diagonaal naar het ventilatierooster.

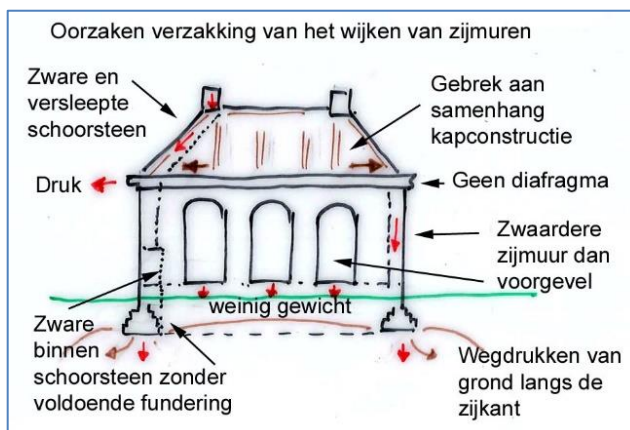
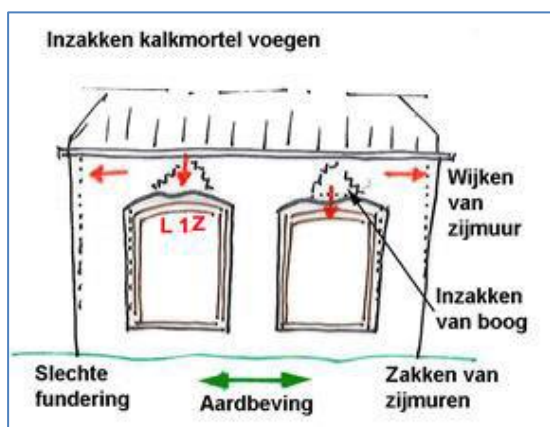


De oorzaak van de scheurvorming boven de toog is hier hoofdzakelijk het verzakken van de fundering t.g.v. het gewicht van de kopgevel en eventueel vocht onttrekking door de bomen aan die kant.

Door een overbelasting op de grond, of door vocht-onttrekking door een boom, is bij de linker gevel een zetting/inklinking ontstaan; in dit geval moet goed bestudeerd worden wat de oorzaak is. Wellicht geven grondboringen vlak naast de fundering een beter inzicht. Vóór het repareren van de toog is het noodzakelijk dat deze linker gevel van het gebouw beter gefundeerd wordt. Bij een verandering van het belastingpatroon van de binnenmuren (door de aanleg van een vloerdiafragma) dienen ook die funderingen verbreed te worden. In het slechtste geval moet de fundering van het gehele gebouw, inclusief de binnenmuren, verbeterd worden vóórdat met over verdere constructieve verduurzaming kan praten. Als rondom het gebouw een doorgaande lintvoegwapening wordt ingebracht, is zonder nieuwe bevingen extra versterking wellicht overbodig en kan het gebouw verder alleen thermisch en installatietechnisch verduurzaamd worden.

7.7. Kalkmortel metselwerk

Oudere gebouwen van vóór 1900 die met kalkmortel zijn gemetseld hebben geen met wapening versterkte lateien, maar boogconstructies of een toog boven de ramen. Deze gebouwen zijn in de provincie Groningen 'op staal' gebouwd. De kleigrond onder die funderingen kan samendrukken en ontwateren door de trillingen van zwaar verkeer, een slecht gebalanceerde wasmachine of aardbevingen, in combinatie met de continue druk van het gebouw zelf. Door het zeer langzaam verzakken van de buitenste steens-muren ontstaat er na vele jaren rek in de tussenliggende gevels en gaan deze vervormen op de zwakste plaats, namelijk boven de raambogen, omdat de zoldervloer de buitenmuren niet bij elkaar houdt (geen diafragma).



Figuren 7-18. Rentenierswoning uit 1800 'op staal' gefundeerd. Met steens-muren in kalkmortel gemetseld. Het metselwerk vervormt langzaam (kromme voegen) en breekt uiteindelijk. Naast de hogere zijmuurbelasting dan de voorgevel belasting, kan een uitgedroogde kapconstructie de zijmuren ook naar buiten drukken. Dat er aan de linkerkant meer vervorming van de raamboog is kan te maken hebben met een zware inwendige schoorsteen, die onvoldoende is gefundeerd. Een EVS-inspectie binnen in dat gebouw kan daar duidelijkheid over bieden.

Op de rechter foto is te zien dat de voegen boven de bogen golven en in schuine lijn zijn gaan openstaan en het metselwerk samen met de sier-boog iets is ingezakt. Bij een aardbeving zal de links-rechts beweging van het pand de buitenmuren verder doen wijken en het centrale gedeelte van het metselwerk verder naar beneden komen. De fundering van de voorgevel zal vanwege haar grote ramen, en de rechts-links richting van de balklaag, minder grondbelasting geven dan de zijgevels.

De beweging naar buiten kan ook ontstaan zijn vanwege het uitdrogen van het hout in de spanten, of in combinatie met een zware gemetselde en verslepte schoorsteen aan de binnenkant.

Een andere oorzaak van het wijken van de zijgevels kan zijn dat bij de bouw de grond ter plaatse van het gebouw is opgehoogd en dat deze bij de zijgevels zijwaarts meer is weggedrukt dan onder de voorgevel. Dit kan geconstateerd worden door het hele terrein te beoordelen en/of een gat langs de fundering te graven. Samenvattend kan worden gesteld dat het niet zonder meer duidelijk is wat precies de oorzaak is van de scheuren boven de toog, of de verzakking van deze raambogen. Een EVS-inspectie binnen in dat gebouw kan daar duidelijkheid over bieden. Het alleen versterken van de latei en het zoldervloerdiaphragma zal een onvoldoende oplossing zijn.

Bij het beoordelen van scheuren in lateien, of muurherstel rondom de lateien is het belangrijk dat er verder naar het gebouw gekeken wordt, vóórdat men tot lateireparatie overgaat.

7.8. Geen latei, maar geen funderingsproblemen

Een zeer groot aantal woningen uit de eerste helft van de 20^{ste} eeuw hebben geen gewapende lateien, maar een rollaag die op het kozijn ligt, een hanenkam (iets zelfdragend) en een toog of boog; de laatste twee veroorzaken zijwaartse druk in de gevel.



Figuren 7-19. Boven: Rollaag. Onder: Boog

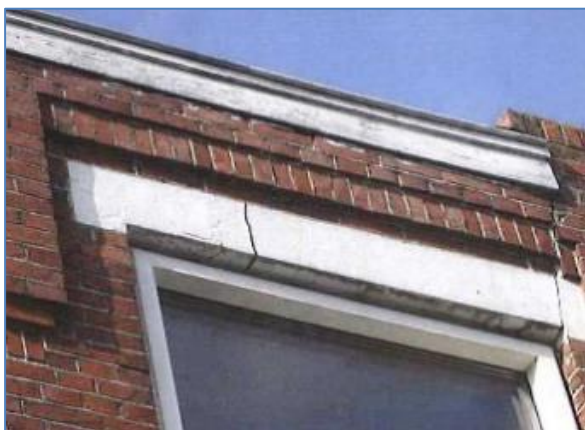


Boven: Hanenkam. Onder: Toog



Al deze boven-het-raam constructies van deze oudere woningen hebben scheuren die duiden op verwijdering van de muur boven het raam. Bij de toogconstructie is er bovendien een zijwaartse druk van de toog op de muurpenanten.

Vanwege de meestal korte afstand tussen de bovenkant van het kozijn en de dakgoot of zoldervloer zonder diafragmafunctie, en zonder enige trekwapening in de muren, ontstaan hier de eerste scheuren. Bij muren die al enigszins op spanning staan, zal een korte felle schok van een geïnduceerde aardbeving resulteren in een scheur en verwijdering die niet meer dicht te drukken is.



Figuren 7-20. Boven. Nep-latei. Onder: verwijderd en gespleten Boven. Gebroken en verzakt. Onder. Verzakt



Alvorens deze gebreken in de gevels te herstellen is het noodzakelijk om een plafond-zoldervloer diafragma aan te leggen en alle muren rondom intensief aan dat diafragma te verbinden. Daarna kan in de lintvoegen (achter de gootboord) rvs-lintvoegwapening in de muren worden aangebracht.

De hierboven getoonde scheuren geven aan dat het “repareren” van alleen de latei die door een aardbeving (verder) is gaan scheuren, niet de oplossing is. De basisoorzaak van de schade ligt in de oude bouwmethoden en aan het licht gebracht door de aardbeving. Voor het aanpakken van deze problemen moet er dus enerzijds een beter gebouwonderzoek gedaan worden om te bepalen wat precies de oorzaken zijn en anderzijds moet er een acceptabel financieringsmodel zijn die de woningeigenaren in staat stellen om de gebouwen te verduurzamen.

Bij de volgende oude boerderijwoning met steens buitenmuren (muurankers buiten) zijn bij de eerste etage oude ingevulde scheuren zichtbaar (wit) die het al lang geleden het inzakken van het metselwerk boven de toog aangeven, maar ook een verwijding tussen de twee gebouwdelen én het uitbuiken van de hele gevel.



Figuren 7-21. Oude gebouwschade verergerd door bevingen. *Links:* Aan de kromme goot is te zien dat ter plaatse van het muuranker het rechter muurgedeelte naar buiten is gekomen en het linker gedeelte met de ramen is verzakt. Waarom het muuranker naar buiten is, gekomen kan alleen van binnen geconstateerd worden. *Rechts:* Dit is de gevel die rechts van de linker foto op die gevel staat. Ook hier is aan de nagevulde voegen te zien dat daar de buitenmuur verwijderd en/of verzakt is. De zijwaartse druk van de kap-sporen kan hieraan bijgedragen hebben. Door trillingen van aardbevingen zal de verzakking/verwijdering doorzetten. Door het inbrengen van rvs-lintvoegwapening rondom het gebouw, in combinatie met sterke vloerdiafragma's, is dit proces grotendeels te stoppen. Waarschijnlijk is er ook een verbetering van de fundering nodig.

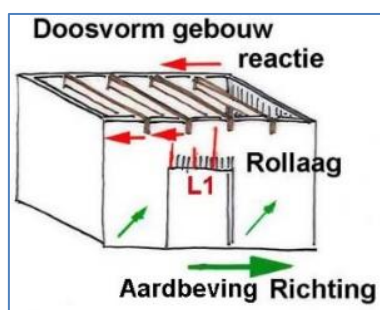
Met deze twee foto's wordt aangegeven dat de eerste identificatie via scheuren rondom de ramen en lateien is, maar dat voor het verduurzamen veel verder moet worden gekeken.

7.9. Geen wapening in rollaag met scheur middenin

Bij de onderstaande woning uit 1980 zit een scheur (verwijding) midden in de rollaag van een zijraam. Ogenschijnlijk als het gevolg van het bovenliggende balkje van de goot, die de gemetselde band extra laag maakt en daardoor zwak. Dichtsmeren is een optie, maar wanneer de voorgevel van het gebouwtje en de binnen balklaag ook wordt bekeken blijkt dat een onvoldoende maatregel.

Figuren 7-22. Scheur in de rollaag boven het raam. De schets geeft aan wat het effect van een aardbeving is op een laag en doosvormig gebouw met de vloerbalken loodrecht op de richting van de aardbeving, zonder diafragma.

De schets is het aanzicht van deze zijgevel.

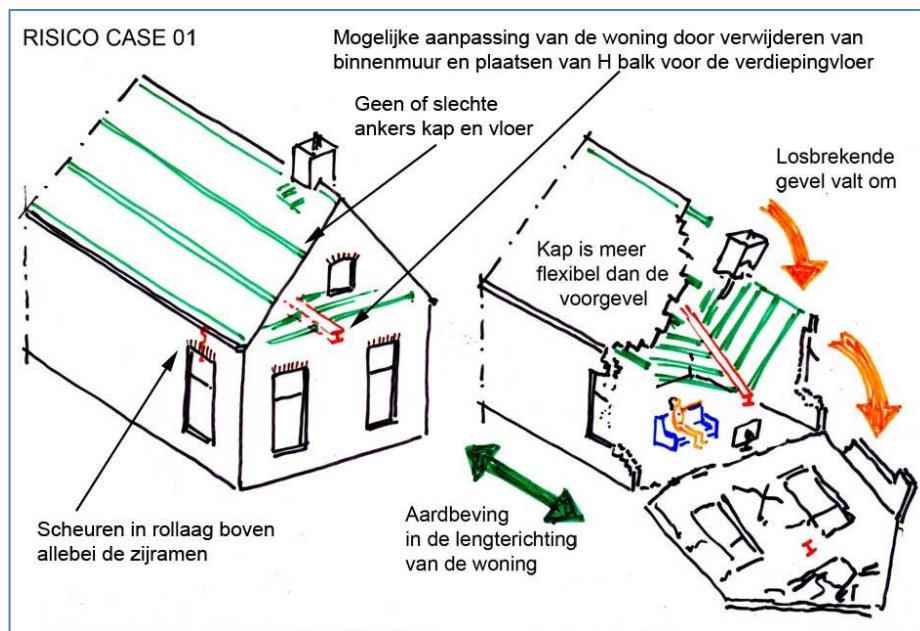


Bij een aardbeving in de lengterichting van de kap (loodrecht op de voorgevel schets *Figuur 7-23* beneden), zal de flexibele houten kapconstructie de top van de kopgevel naar voren en achteren doen bewegen, waarbij het metselwerk van de voorgevel ter hoogte van de verdieping vloer horizontaal zal breken. Hier is er dus een verankeringsprobleem van de voorgevel.

Bij onvoldoende verankering van de nok, de gordingen, muurplaat en de verdiepingvloer, kan de kopgevel bij een aardbeving van enkele seconden naar buiten vallen.¹² In dit geval zullen de niet-verankerde nokbalk en gordingen uit de binnen spouwmuur getrokken worden. Op basis van de bouwmethode uit die periode is dit geen ondenkbare situatie.

In dit gebouw werden twee kleine voorkamers tot een grotere kamer samengevoegd en de vloerbalken in een onderslagbalk gelegd. Wanneer de later aangebrachte metalen onderslagbalk alleen is opgelegd in de spouwmuur en binnenmuur aan de andere kant, en niet is verankerd kan de gevel wegvallen. Bij het verliezen van de ondersteuning van de schoorsteen door dakbalken die in de kopgevel waren opgelegd zal ook de schoorsteen naar beneden komen.

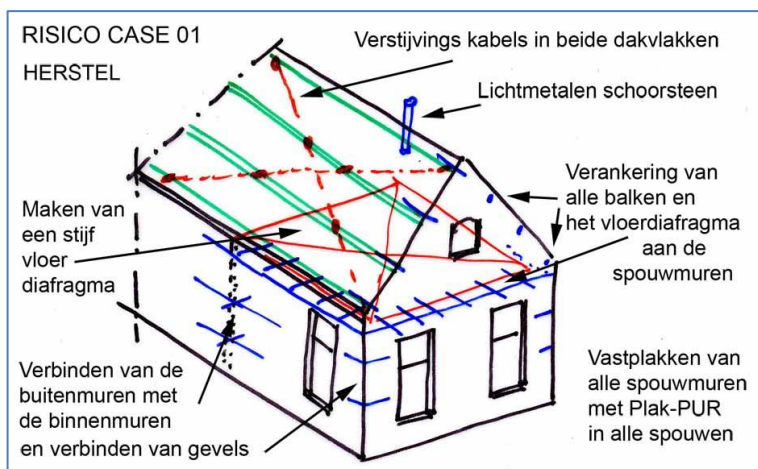
Figuur 7-23. Een klein scheurtje in een schijnbaar weinig belangrijke rollaag. Deze scheur in de zijkant van de woning is in dit geval een aanwijzing dat er meer aan de hand is. Bij onvoldoende verankering kan de hele gevel wegvallen.



Het nader onderzoek kan gedaan worden met het bestuderen van de bouwtekeningen. Het kan zijn dat BoWoTo nooit de inwendige aanpassing heeft goedgekeurd. Heel veel verbouwingen worden nooit gemeld, maar bij seismische belastingen kan een verkeerde verbouwing risico's opleveren. Bij gebrek aan tekeningen en een blijvende onzekerheid over het nummer en de kwaliteit van de voerbalkankers zal het plafond en de verdiepingvloer opengemaakt moeten worden.

Figuur 7-24. Versterking is op zes manieren noodzakelijk:

- A. Het verwijderen van de schoorsteenmassa.
- B. Het maken van vloerdiafragma.
- C. Het verstijven van de dakvlakken.
- D. Verbinden van gordingen en nok aan de voorgevel.
- E. Het volledig koppelen van het vloerdiafragma aan alle muren.
- F. Toepassing van een dubbele en doorgaande trekwapening in verschillende lintvoegen boven de rollaag en rondom het gebouw.

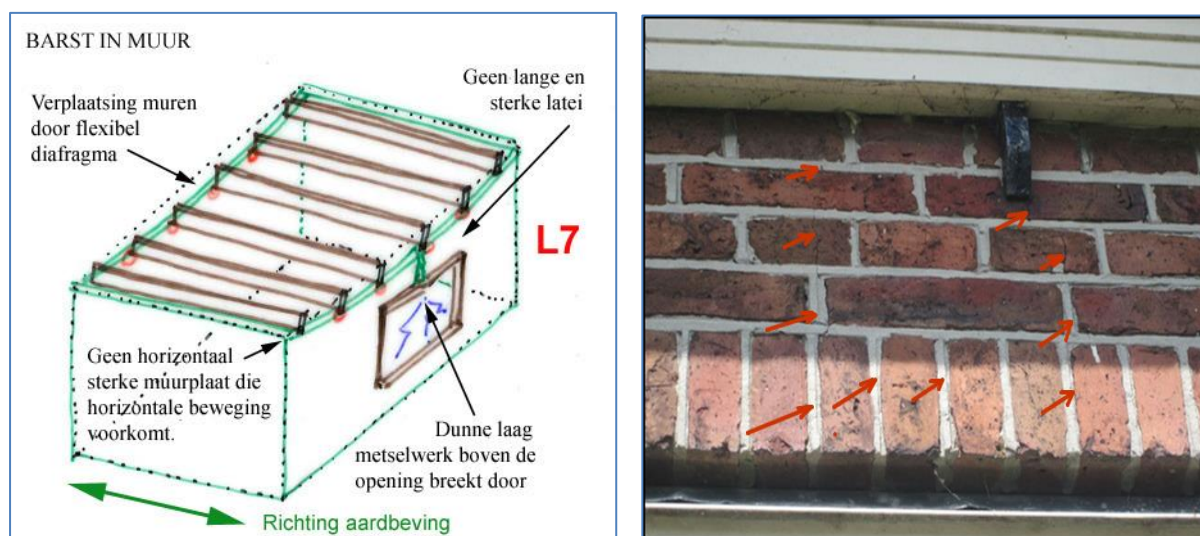


¹² Dit is een onwaarschijnlijke situatie met de lichte aardbevingen in Groningen, maar de schets geeft het principe aan van wat er op de lange duur kan gebeuren als er niet tijdig wordt versterkt.

Dit voorbeeld laat zien dat er bij verbouwingen, in combinatie met oude en nieuwe bouwfouten, risicovolle situaties kunnen ontstaan, terwijl er van buiten slechts een kleine scheur te zien is. Het goed bouwtechnisch analyseren blijft daarom een noodzaak voor de eigenaar en de aannemer.

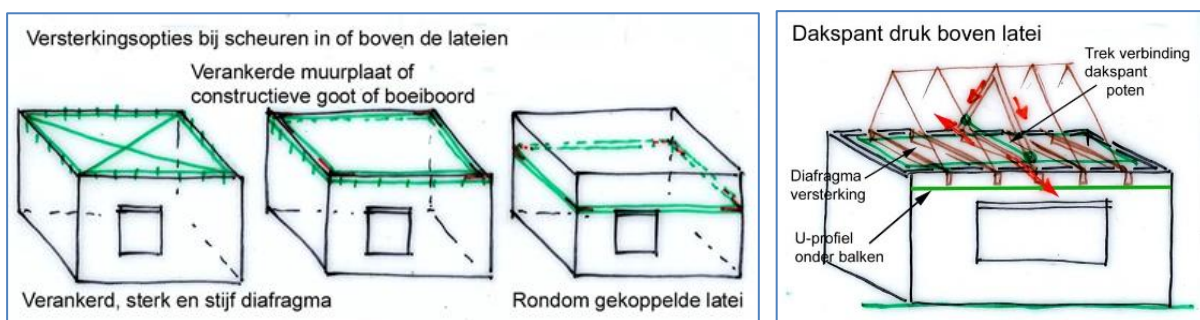
7.10. Slappe latei in het vlak van de muur

Bij krachten loodrecht op het vlak van de muur kan zonder stijf dakvloer-diafragma midden boven de raamopeningen een scheur in de lateizone ontstaan. Een lange latei of lage muurstrook die in het midden van de lange muur zit, zal daarbij iets vervormen. Een latei met wapening zal na een kleine elastische vervorming terugkeren naar de oorspronkelijke positie. Echter, er zal een haarschuur in de beton en het bekleedende metselwerk achterblijven.



Figuren 7-25. Haarscheuren in het midden t.g.v. horizontaal uitbuigen. Door gebrek aan een stijf vloerdiafragma kan de gevel uitbuigen. Bij een flexibele kapconstructie is er een extra horizontale belasting op de muurplaat. Dit is een steens-muur (muuranker) waarbij de vloerbalk de horizontale druk uitoefent.

Een sterk en stijf vloerdiafragma zal de krachten van de muurbelasting overbrengen naar de zijmuren van het gebouwtje. De werking van het vloerdiafragma wordt uitgelegd in Hoofdstuk 8.

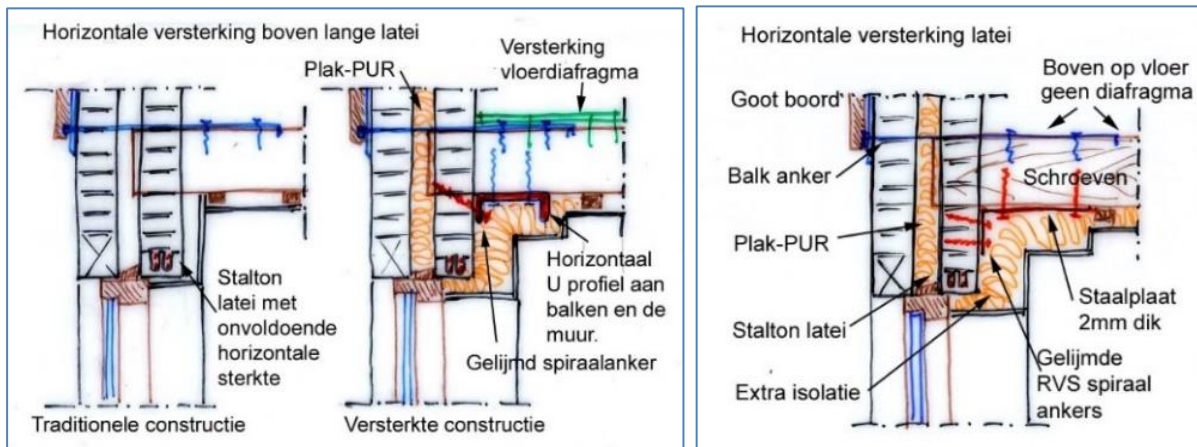


Figuren 7-26. Ransom wapening en sterk diafragma voorkomen deze scheuren.

Links: Door ringbalken of wapening aan te brengen kan het uitbuigen van de muren ook voorkomen worden.

Rechts: Gebrek aan een trekverbinding aan de basis van de kapspanten zal een horizontale druk op de muur uitoefenen. Deze kracht kan vergroot worden door een zware schoorsteen op het dak.

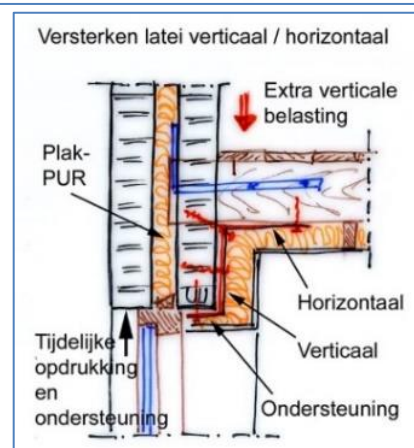
Bij het samenvoegen van twee ramen tot een groot panoramaraam, is het belangrijk dat de latei niet alleen in de hoogte voldoende sterk is maar ook in de breedte. Het dakspant kan wellicht de eigen spatkrachten opvangen, maar langs de muur moet horizontaal een versterking worden aangebracht.



Figuren 7-27. Oude en nieuwe situaties bij het plaatsen van een versterking aan de binnenzijde. *Midden.* Het U- profiel geeft weerstand tegen horizontale uitbuiging.

Rechtsboven. De dikke metalen plaat kan zowel onder als boven op de balklaag bevestigd worden en geeft een versterking van het diafragma en verbinding aan de muur.

Rechts: Door de metalen plaat vanaf de dag van het kozijn naar boven door te zetten en horizontaal aan het diafragma te maken, geeft deze ook versterking tegen het doorzakken t.p.v. het kozijn.



In de volgende situatie zijn een aantal factoren aanwezig die tegelijkertijd meespelen en die allemaal te maken hebben met de bouwmethode uit de periode (1920), gecombineerd met een beving loodrecht op het vlak van de gevel.



Figuren 7-28. Groot raam naast open, overdekte entree. *Diagonaalscheur* vanuit raamhoek linksonder naar etageraam rechts vanwege het doorzakken van de hoek.

Rechtsboven: Detail van het uitbreken van de latei. Ook hier ontbreekt de functie van een eerste etage vloerdiafragma.

Rechts: Detail van de uitgebroken bakstenen.

De foto's zijn van matige kwaliteit vanwege de beperkte middelen van de schade inspecteurs in 2012.



Op basis van de oude diagonaalscheur vanuit de linkerhoek van het grote raam naar de rechter onderhoek van het kleine rechterraam, is te constateren dat de spouwmuur over het grote raam al eerder een verzakking heeft ondergaan, hetgeen duidt op een zwakke latei of zelfs helemaal geen latei. Geen latei is alleen mogelijk wanneer de balklaag parallel aan de voorgevel loopt. Het gevelstuk direct boven het grote raam is door een de aardbevingsbelasting loodrecht op de muur naar buiten gedrukt, waarbij de linkerhoek van de gevel ongeveer 2 cm naar buiten is afgeschoven.

De volgende bouwkundige aspecten kunnen worden genoemd:

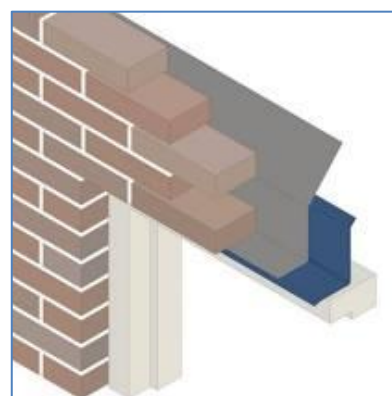
- Waarschijnlijk geen latei boven het grote raam.
- Alleen een onderslagbalk bij de overdekte entree.
- Portiek draagt links op een houten kolom aan het kozijn en aan de buitenkant op een metselwerk kolom. Deze kolom kan iets zijn ingezakt.
- Etagevloer met balken parallel aan de voorgevel.
- Geen vloerdiafragma waar de buitenmuur aan is verbonden.

Het terugdrukken van de gevel en dichtsmeren van de scheuren is géén goede oplossing.

- ✓ Het hele gevelsegment verwijderen en de etagevloer als verbindend diafragma uitvoeren.
- ✓ Een nieuw aan te leggen latei dient links >0,5 m door te lopen en rechts op de houten kolom met de portiekbalk verbonden te zijn. Versterking met een verticaal metalen profiel is een optie.
- ✓ Over de gehele breedte van de gevel moet wapening ingebracht worden.



Figuren 7-29. Er zijn verschillende methoden om de muurversteving. Het aanbrengen van een de latei in een gevel wanneer deze opnieuw wordt opgemetseld. Treksterk muur-weefsel in de binnen en buitenmuren, metaalgaas of draad, prefab betonnen lateien met of zonder rollaag en verschillende soorten metalen lateien.



Wanneer het buitenspouwblad goed aan het binnen spouwblad wordt verankerd en het binnen spouwblad aan het vloerdiafragma, zal de gevel voldoende sterk zijn. Na de structurele verbetering zal de gevel ook nog thermische isolatie moeten krijgen tot minimaal de nieuwbouwnorm.

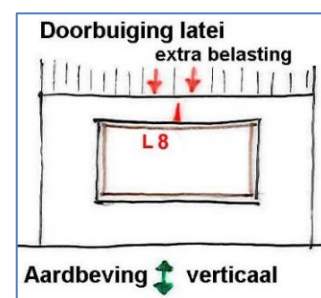
In het bovenstaande geval moet ook bekeken worden of/waarom het rechter gevelgedeelte verzakt is. Het kan zijn dat de ene metselwerk pilaar van het portiek afzonderlijk gefundeerd is (en te klein). Wanneer er geen doorgaande balkverbinding met de overige fundering van de woning is, dan zal eerst de fundering van die kolom verbeterd moeten worden.

7.11. Doorgezakte latei

De twee onderstaande foto's zijn van een doorgezakte latei. Dit is te concluderen uit de doorbuiging van de bovendorpel van het raamkozijn, en omdat de scheur aan de onderkant wijder is dan daarboven. In dit geval is er direct onder de dakgoot geen haarscheur meer te zien (van dichtbij).



Figuren 7-30. Verticale trillingen verhogen de gebouwbelasting. In het epicentrum kunnen verticale trillingen een hogere PGA hebben dan de horizontale. Dit veroorzaakt een extra verticale belasting op de constructie. Het is waarschijnlijk dat er een dakspant midden boven het kozijn draagt. Dat is dan van binnen te controleren.



De directe oorzaak van de scheur is de doorzakking van de latei (bouwfout), eventueel versterkt door een aardschok. De onderliggende oorzaak kan bijvoorbeeld ook een van de volgende zijn:

- Wijziging van twee kleine ramen en een penant van die voorgevel naar een groot raam, waarbij onvoldoende versterking van de latei plaatsvond.
- Het maken van een groot raam door een dragende middenstijl te verwijderen.
- Het in gebruik nemen van de vliering en de nieuwe zoldervloer meer belasten.
- Het vervangen van lichte Oudhollandse dakpannen met zwaardere betondakpannen.
- Het toevoegen op het pannendak van een partij zonnepanelen.¹³
- Het doorbreken van een stijf dakvlak met nieuwe dakramen (hierboven niet het geval).
- Extra trillingen van verkeer en aardbevingen.

Ofschoon de woning oorspronkelijk aan de toen geldende bouwverordening voldeed, kan dit na een wijziging van de constructie niet meer het geval zijn. De kleine verticale component ($< 10\%$) van een lichte aardbeving zou geen invloed mogen hebben op de draagkracht van de constructie. Als dat wel het geval is door wijzigingen van de constructie, dan zou men kunnen spreken van een 'eigen gebrek'.

Door de aardbevingen worden dit soorten tekortkomingen van een vroegere bouwmethode of gebruiken zichtbaar. Een oorspronkelijk goed ontwerp kan door een ondeskundige aanpassing ook zichtbaar worden. Niet alle aanpassingen worden aan BoWoTo gemeld, of door BoWoTo gezien of goedgekeurd.

¹³ In 2015 worden op grote schaal zonnepanelen op daken in de Groningse aardbeving regio geplaatst. Dit houdt een lichte verzwaring van het dak in. Bij een andere jaren '60 woning met een te slappe dakconstructie veroorzaakte een grote partij PV-panelen een additionele zijwaartse druk op de buitenmuur.

7.12. Muur versterkingsopties boven ramen

De meest eenvoudige methode is die van het inbrengen van lintvoegwapening die doorloopt in de hele gevel én om de hoek, zodat de haaks erop staande gevel ook verankerd wordt. Afhankelijk van de massa en de hoogte van het gebouw kunnen er meerdere rvs-spiraalwapeningen in vastgelijmd worden. Omdat de aanhechting tussen de wikkels, epoxylijm en baksteen bepalend is voor de overdrachtssterkte ($\varnothing 6 \text{ mm} = 10 \text{ kN} = 1000\text{kg}$) is het gunstiger om meerdere dunne wikkels toe te passen dan enkele dikke. In een lintvoeg kunnen direct boven de ramen bijvoorbeeld twee dunne wikkels worden gelijmd.

Bij een $PGAg < 0,05$ moet 5% van de gebouwmassa berekend worden voor de belasting. Te rekenen van minstens een meter onder de wapening en van de gehele gebouwmassa boven de wikkels.



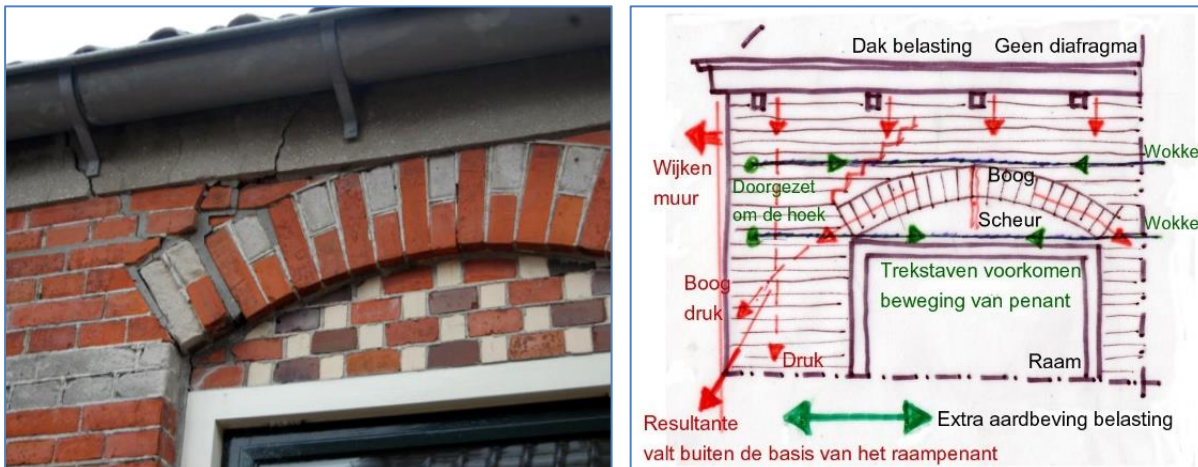
Figuren 7-31. Meerdere lintvoegwapeningen boven de ramen. Afhankelijk van de architectuur van het gebouw en de constructiedetails boven de ramen, kunnen in elke lintvoeg een of twee wikkels in die lintvoegen gelijmd worden.

Boven. De problemen van de gemetselde topgevel werden al eerder besproken.

De toog- of boogconstructie boven ramen werkt goed in een statische situatie wanneer het penant naast dat raam van boven zwaar belast wordt, zodat de resultante van de zijwaartse druk en de verticale druk binnen de basis van het raampenant valt. Bij weinig bovendruk, brede ramen en smalle penanten als geveleinde is dat zelden het geval. De lintvoegwapening houdt de gevel boven de ramen bij elkaar. Deze wapening mag dus niet onderbroken zijn.

Alleen weerstand tegen afschuiving in het oude metselwerk (erg weinig) en de nieuwe trekwapening tussen de verste uiteinden van de boogconstructie voorkomen het kantelen van het raampenant. Metselwerk in de smalle penanten kan de afschuifkracht meestal niet opnemen, zeker niet wanneer deze een korte piekbelasting krijgt door een aardshok¹⁴.

¹⁴ Op basis van deze opmerking zijn de meeste scheuren rond lateien met bogen en togen het resultaat van een tekortkoming in de bouwmethode, en in eerste instantie van de aardshok. De schok toont het probleem.

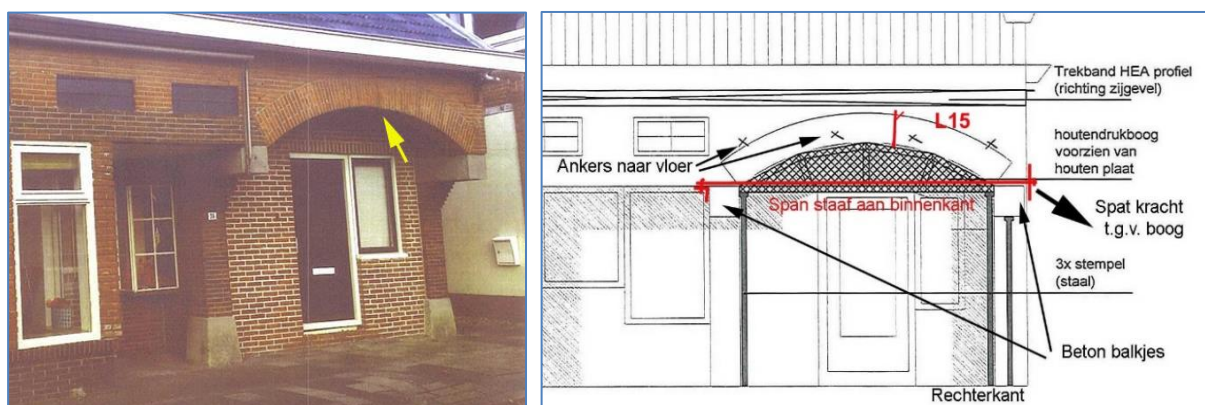


Figuren 7-31. De krachtenresultante zonder beving valt buiten de basis. Bij veel oude raamontwerpen zal het raampenant naast de boogconstructie onder een afschuifspanning staan. Vanwege verwerking, verzakking of trillingen kan de afschuifweerstand in de lintvoegen overschreden worden en gaat het penant wijken. Alleen met trekwapening die naar de andere kant van de ramen en over de gevel doorloopt voorkomt dit.

7.13. Portiekboog

Deze draagconstructie is in de vorm van een gemetselde boog, die aan beide zijden ondersteund wordt door betonbalkjes. Links is de boog zijwaarts gesteund door metselwerk, rechts niet. De boog is in het midden gebarsten met een Λ -vormige scheur (gele pijl). Dit betekent dat de boog is gedaald en het rechter balkje naar buiten is gedrukt.

Deze boog ondergaat door de extra verticale belasting van trillingen zoals van verkeer of aardbevingen een extra spatkracht. De uitkragende betonnen steunbalk aan de open rechterkant is te kort in de zijmuur langs het steegje opgelegd en daardoor onvoldoende in de zijgevel verankerd.

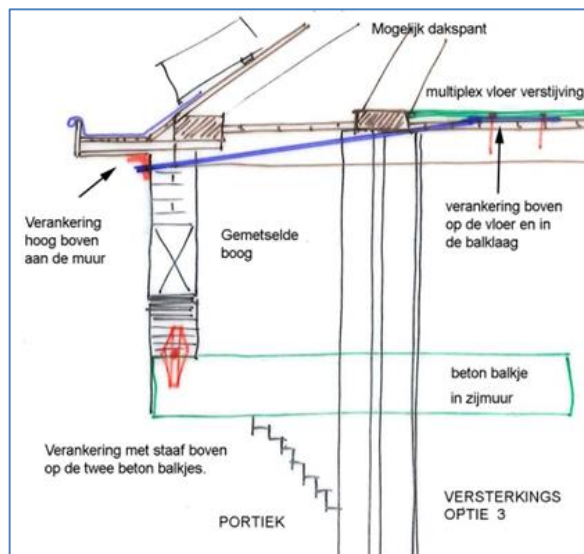


Figuren 7-32. De eenzijdige oplegging van een betonbalkje wijkt uit. Omdat de oplegging van de rechter ondersteuningsbalk verkeerd is uitgevoerd kan bij het losraken van dat balkje de boog instorten. De eenvoudigste oplossing van dit probleem is het aanbrengen van een trekstang.

Ook kan bij een belasting loodrecht op het vlak van de gevel de gemetselde boog naar buiten wijken vanwege gebrek aan horizontale verankering naar achteren. Dit is ook afhankelijk van de (spat) krachten van de kapconstructie op de boog of muurplaat. Ook in dit geval is verdere inspectie aan de binnenkant noodzakelijk om te beoordelen of dit een risicovolle constructie is. Als de vloerbalken parallel aan de voorgevel lopen dient de trekstang door de vloer aan tenminste twee balken te worden bevestigd en het vloerdiafragma versterkt. Zie volgende schets.

Figuur 7-33. Verankering van de boogconstructie. De boog moet tegen het uitbreken aan het vloerdiafragma verankerd worden. Het vloerdiafragma kan gemaakt worden door het opbrengen van een laag multiplex en volledig op alle balken te schroeven. Alle zijden van het vloerdiafragma moeten aan de omringende muren zijn verankerd.

Het groene balkje in de zijmuur wordt aan de onderzijde vastgehouden door een trekstaaf in de gevel.



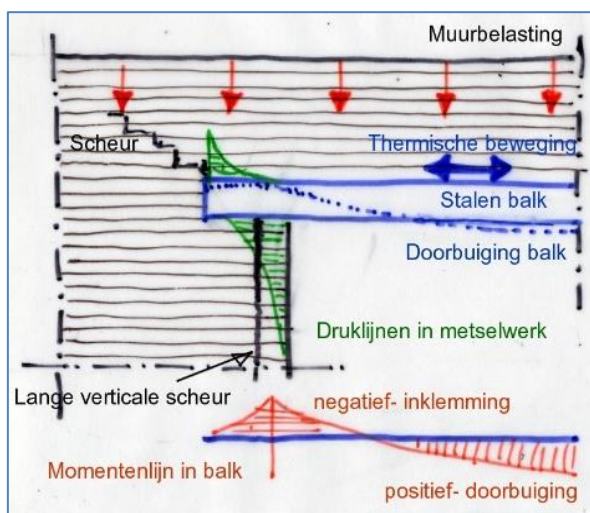
7.14. Scheuren rondom latei oplegging

Een sterke latei over de binnen- en buitenmuur kan een penant stuktrekken wanneer de binding tussen de korte oplegging van de betonlatei en het metselwerk goed is. Hetzelfde type beschadiging kan voorkomen bij thermische verschillen tussen de latei en het omringende metselwerk. Ook hier zal de muur scheuren op de zwakste plek.

Figuren 7-34. De latei trekt het metselwerk los. Hier ontstaat het begin van de scheurvorming door een verroest anker van een oud deurscharnier. De roest zet uit en breekt de baksteen. De kanteling van het smalle penant is de verdere oorzaak.



Figuren 7-35. Hoge druk, en buigvervorming. De stalen balk drukt zwaar op de rand van het metselwerk. Thermische krimp trekt aan de balk en veroorzaakt de verticale scheur.



De doorbuiging (inklemmingsmoment) tilt het uiteinde van de balk op en drukt de bakstenen omhoog, waardoor de diagonale scheur ontstaat. Zowel de verticale als diagonale scheur kunnen bij een slappe balk en een aardbeving dit veroorzaken. Met een drukverdelende oplegging was dit grotendeels voorkomen.

Verskil in de uitzettingscoëfficiënten tussen metaal en baksteen zullen zowel opleggingsproblemen opleveren als baksteenscheuren aan de uiteinden van lange stalen balken. Spanningen die rondom die uiteinden in het metselwerk ontstaan zullen door trillingen omgezet worden in barsten. In veel situaties zijn de metselwerkscheuren al veel eerder ontstaan dan de toename van de aardbevingen.



Figuren 7-36. *Links:* Horizontale thermische uitzetting drukt de smalle metselwerk rand naar buiten. *Rechts:* Het grote verschil in stijfheid tussen de twee metselwerk vlakken en thermische beweging van de balk veroorzaakten de scheuren. In deze situatie zou alleen een balk over de hele gevelbreedte dit hebben voorkomen.

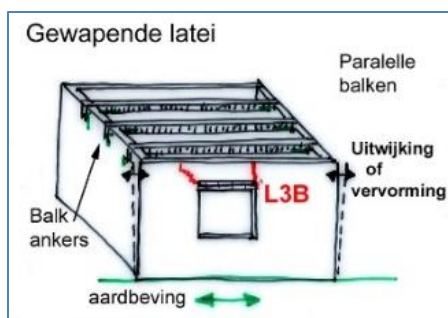
Het nieuwe metselwerk onder de witte betonlatei (Figuren 7-37) geeft aan dat het raam is verkleind. De scheur tussen de gootsteun en het einde van de latei was de zwakste plaats van het metselwerk. Omdat de zware betonnen latei nu over een grotere lengte is opgelegd, is het ontstaan van deze scheur door een aardbeving onwaarschijnlijk. Deze scheur is al ontstaan voordat het raam werd verkleind.

Figuren 7-37. Lange latei met scheur naar dakrand. De oude, lange latei is een muurversterking, maar de kleine afstand tot het dak veroorzaakt hier een scheur aan het einde.

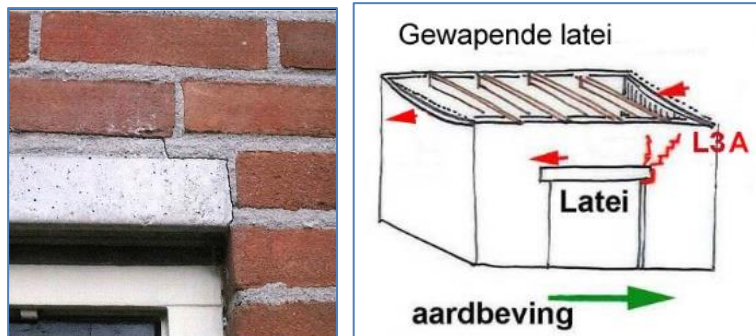


Sinds 1960 - 1970 hebben de ramen en deuren in de buitengevel meestal lateien en is de buitenkant voorzien van een rollaag die aan de latei vastzit. Deze lateien zijn echter uiterst kort opgelegd, waarbij de veranding meestal alleen op de binnen spouwmuur dragend is.

Figuren 7-38. De latei is slechts kort op de binnenmuur opgelegd. De rollaag met latei komt van hier los van het buitenspouwblad. De oplegging is meestal niet meer dan een halve baksteen lengte.



Figuren 7-39. De betonlatei draagt alleen op het binnen spouwblad. Hier is te zien dat het buitengedeelte loskomt van het buiten spouwblad. Bij het binnen spouwblad schuift deze dus af.



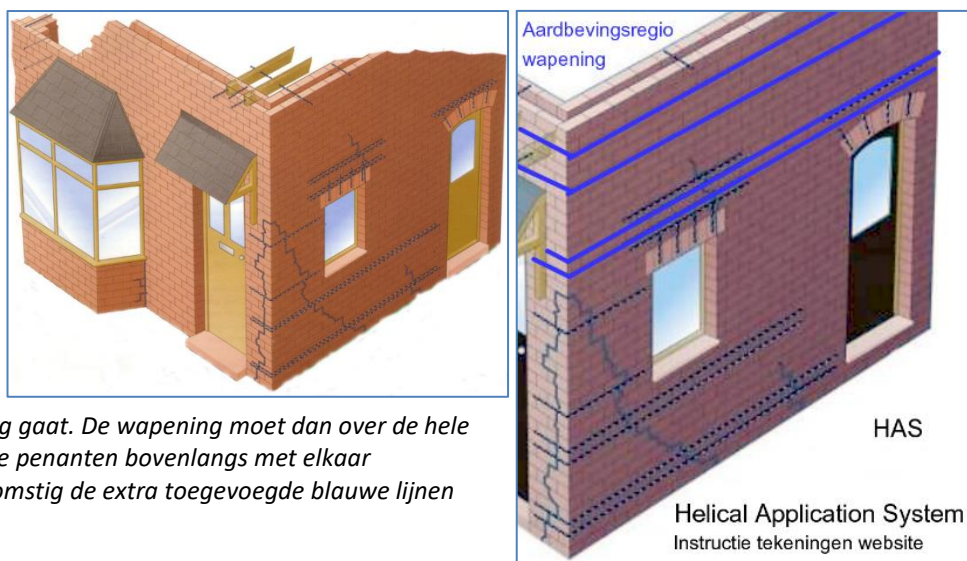
Vanwege de bouwmethode, ook van nieuwe woningen, is de oplegging van lateien minimaal en niet bestand tegen horizontale afschuifkrachten of kanteling. Om scheuren te voorkomen is het verbinden van alle lateien, over de gehele breedte van de gevel noodzakelijk. Dit is het eenvoudigste met het inbrengen van rvs-spiraalwapening in de lintvoegen.



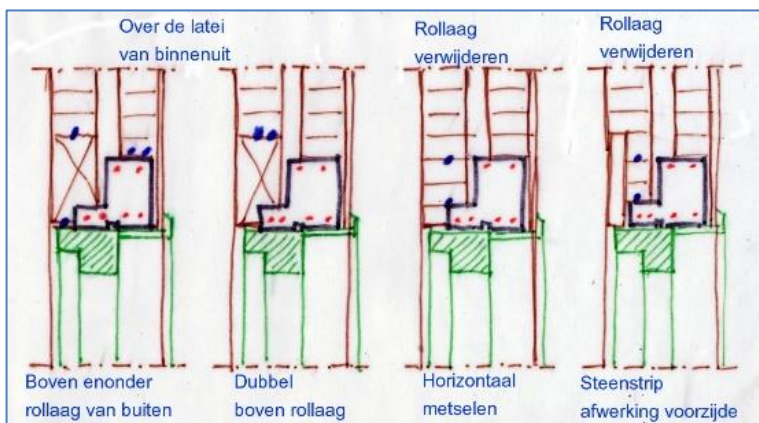
Figuren 7-40. Doorlopende lintvoegwapening in de gevels. Deze wapening moet zo dicht mogelijk langs de latei lopen. Bij zwak metselwerk zou dit ook van binnenuit zo moeten en door de binnen dwarsmuren lopen. De lintvoegwapening kan aan de dwarsmuren verbonden worden met hulpstukken.

De hierboven schade bij de lateioplegging kan ook veroorzaakt worden doordat een dwars staande binnenmuur tussen de ramen op de eerste etage de buitengevel niet vasthoudt tegen uitbuiging, door belasting loodrecht op het vlak van die gevel. Bij de binnen aansluiting moet dan een barst te zien zijn. De betonnen lateien zijn erg stijf waardoor de muur breekt bij de latei-einden.

Figuren 7-41. De adviestekeningen van het HAS-systeem. Helical Application System. Deze tekeningen zijn onjuist in de detaillering van de wapening boven de ramen wanneer het over seismische versterking gaat. De wapening moet dan over de hele gevel doorlopen en de penanten bovenlangs met elkaar verbinden, overeenkomstig de extra toegevoegde blauwe lijnen rechts.



Figuur 7-42. Korte lateien kunnen op verschillende manieren versterkt worden met doorlopende spiraalwapening. Deze kan zowel in de binnen-spouwmuur als de buiten-spouwmuur worden aangebracht.



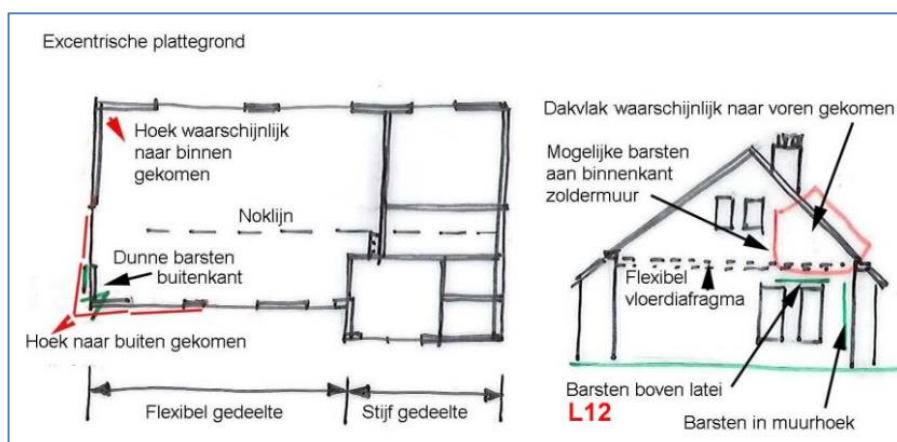
7.15. Torsie scheuren

Bij een gebouwvorm die in de stijfheid een excentrisch plan heeft, kan boven de openingen een verdraaiing van de muur plaatsvinden. Bij een stijve betonlatei kan het metselwerk boven de latei scheuren. Het onderstaande voorbeeld is een woning met een grote open woonruimte en een houten etagevloer dat geen stijf diafragma vormt. In de achterzijde van het gebouw met de entree, waar verschillende dwarsmuren zitten en minder ramen, is geen beschadiging zichtbaar.



Figuren 7-43. De latei boven het rechterraam, het tweede raam rechts naast de lantaarnpaal.

Figuur 7-44. De hoek van het gebouw is bij de beving naar buiten is gekomen. De torsie ontstaat bij een aardbeving beweging dwars op de noklijn. Dit is mogelijk door een flexibele verdieping vloer en eveneens het flexibel houten dakbeschoot.



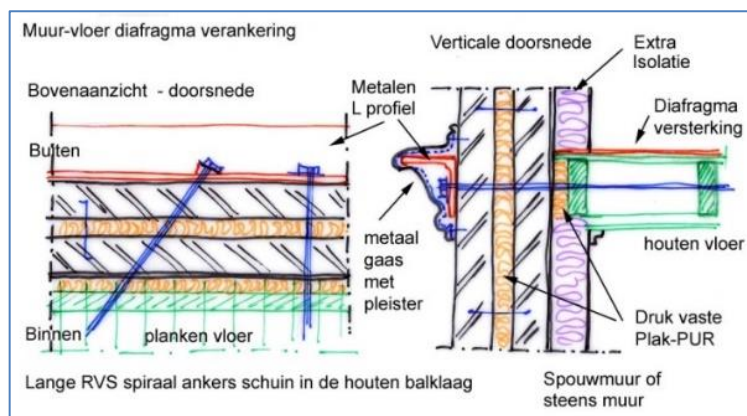
De problematiek van een plattegrond die excentrisch is in stijfheid wordt hierbij in de gevel zichtbaar. Het constructief herstellen houdt het versterken in van het hele vloerdiafragma, of het plaatsen van constructieve sterke glaspanelen. Gevel lintvoegwapening helpt hier niet.

7.16. Ringbalkconstructie rondom gebouw

Door het aanbrengen van een doorlopende ringwapening rondom het gebouw, in combinatie met stijve vloerdiagrama's worden bijna alle scheuren rondom lateien voorkomen. Hierbij is het aanbrengen van rvs-lintvoegwapening in baksteen gevelwerk een vrij eenvoudige en effectieve methode. Het aanbrengen van deze wokkels in inwendige hoeken van de buitengevels vereist echter ook werkzaamheden binnen in het gebouw. Afhankelijk van de architectuur van een gebouw kan daarom gekozen worden voor een ring van stalen balken die aan het vloerdiagrama is gekoppeld. Aan de buitenkant kunnen deze decoratief worden afgewerkt met pleisterwerk.



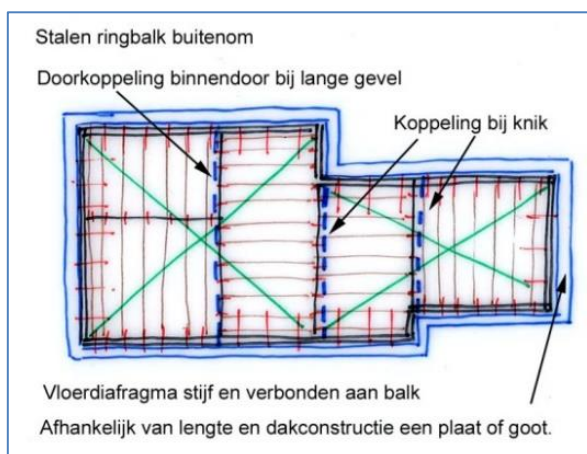
Figuren 7-45. De ringbalken kunnen rondom gepleisterd worden. Op de eerste etage vloer is de balk groter dan op de zolderetage. Het kan goed ingepast worden in de architectuur.



Omdat er een grotere belasting op de ringbalk van de eerste etage komt is deze groter dan de zolder- of dakbalk. Bij hoeken in het gebouw dient dwars door het gebouw een verankering naar de andere kant gemaakt worden; bij lange muurstukken eveneens.

De ringbalk constructie gaat er vanuit dat verticaal de muren voldoende sterkte hebben, maar hier kunnen buiten-op verticale stalen versterkingen worden aangebracht (tussen de ramen en op de hoeken) en omkapseld met (sier)pleisterwerk. Door het structurele element decoratief te integreren in het geveldesign kan een attractieve architectuur van het gebouw verkregen worden.

Figuren 7-46. Doorkoppeling ringband. Bij verspringingen moet de ringversterking dwars door het gebouw gekoppeld worden. Rechts. Verticale versterking op de hoeken met sierpleisterwerk.



'Pdb' design: Constructieve goot. In de NAM-designcompetitie¹⁵ heeft bedrijf 'Pdb' een variant van deze externe versterkingsconstructie uitgewerkt als sterke goot rondom een kleine woning.

¹⁵ Georganiseerd door Arup in 2014. Overeenkomstig de voorwaarden voor de participatie aan deze competitie zijn de ontwerpen voor iedereen in te zien en te kopiëren zonder patent of eigendomsrechten.

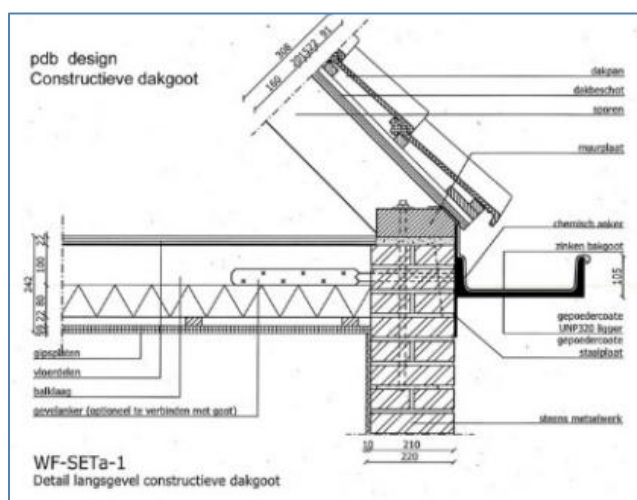
Bij het Pdb design gaat men ervan uit dat deze ringbalk aan de muurplaat wordt opgehangen of met chemische bouten aan de muur wordt bevestigd, of door de muur heen aan de balklaag (vloerdiaphragma) wordt gekoppeld. De verbinding aan de balklaag is het gunstigste, waarmee aanvullend het diafragma versterkt wordt. Het goot-brede U-profiel is een erg zware constructie.

Wanneer er geen diafragmaversterking nodig is, kan deze alleen van buiten aangebracht worden, zodat de bewoner niet hoeft te ontruimen. Dat wil zeggen als het gebouw al goed geïsoleerd is. Een kostenvergelijking met het aanbrengen van rvs-lintvoegwapening is wel relevant.



Figuren 6-47. Fabricage van de metalen ringbalk/goot.

Hiervoor dienen de constructiedetails van het gebouw precies bekend te zijn. De balk of goot kan in grote delen geprefabriceerd worden en daarna aan in de bouw gemonteerd. De goot kan met Butylfolie of EPDM bekleed worden voordat de zinken goot erin wordt gemonteerd. Dit om het contact van metaal op metaal te voorkomen.



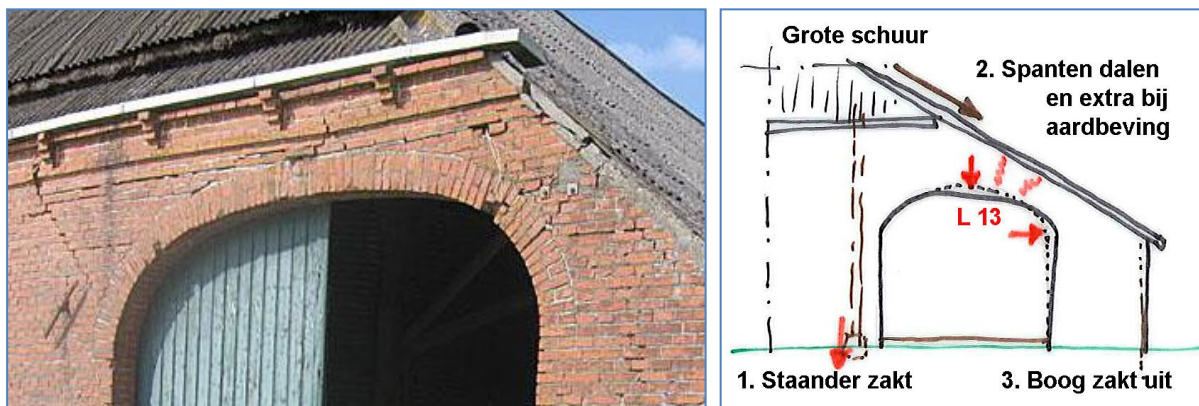
In dit ontwerp wordt dus de ringbalk gecombineerd met de gootfunctie. Bij een goede verbinding met de etagevloer aan alle kanten wordt dan meteen een vloerdiaphragma verkregen. Bij een gebouw met inhakken of verspringingen moeten er extra maatregelen genomen worden.

7.17. Vroegere bouwmethoden en bouwfouten

In de vorige pagina's werd vermeld dat veel scheuren rond lateien vaak een combinatie zijn van de manier waarop woningen voeger werden gebouwd, en de felle korte schokken van de geïnduceerde aardbevingen die het op al spanning staande metselwerk doet breken.

Grote boog van een schuurdeur.

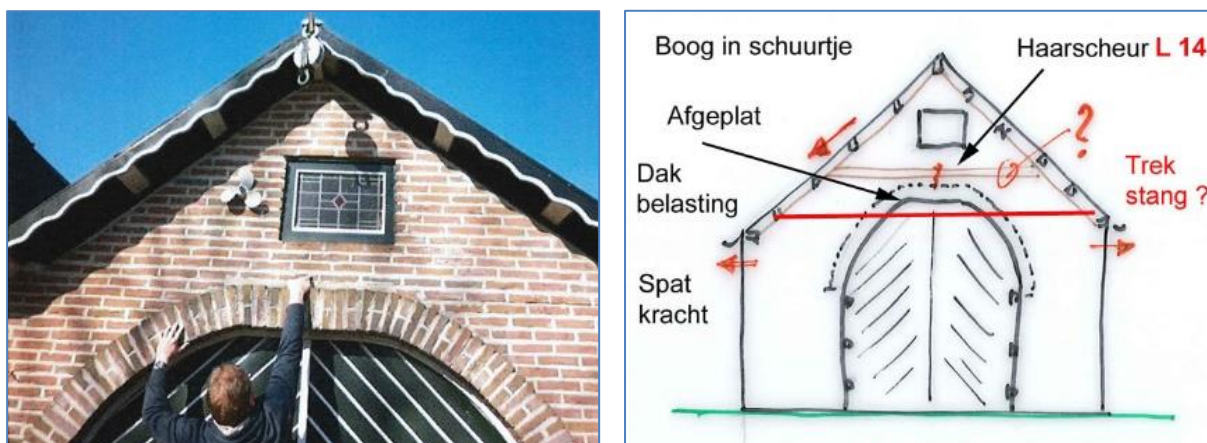
Het metselwerk aan de bovenzijde is hier erg smal en zwak, waarbij de kapconstructie de rechter zijkant wegdrukt. Deze situatie is alleen te versterken door achter de grote schuurdoor een metalen frame te maken waar het (nieuwe) metselwerk aan verbonden is. Een andere optie is om het hele rechter gevel gedeelte met de deur in staalframe met kunststof platen uit te voeren, zodat dit flexibel is. Zie ook Hoofdstuk 10.



Figuren 7-48. Ongewapende metselwerk schuurdeur boog. In combinatie met wegdrukken van het penant door het dak zakt de boog door. Dit kan zijn vanwege de verzakking van de staanders van de gebinten.

Garage zelfbouw.

De persoon op de foto geeft de plaats aan van een haarscheur in het nieuwe metselwerk boven deze boogconstructie. Deze scheur kon slechts beoordeeld worden aan de hand van onderzoek aan de binnenkant. De schade bleek vanwege het verwijderen van een trekstang te zijn, een bouwfout.



Figuren 7-49. De boog is niet rond gemetseld, terwijl binnen een trekstang tussen de muurplaten links en rechts was verwijderd om meer hoogte te creëren. Dit is een geval van eigen gebrek door ondeskundige uitvoering.

Deze scheur is ontstaan door de volgende oorzaken:

- De boog is niet rond, maar vlak/doorgezakt gemetseld.
- Er zit geen wapening in of boven het metselwerk van de boog.
- Het raampje boven de boog is een verzwakking van de muur.
- De kapconstructie is extra belast zijn vanwege nieuwe en zwaardere dakbedekking.
- De trekstangen (tussen de muurplaten) in de kapconstructie zijn met de verbouw verwijderd, waardoor de spatkrachten de zijmuren uit elkaar drukken.
- De resultante van de belastingen in de penanten komt buiten de muurbasis uit.
- Het metselwerk boven de boog is op spanning komen te staan.
- De schok van de beving heeft de zaak doen barsten.

Het inbrengen van rvs-spiraalwapening in twee voegen boven de boog is onvoldoende om de spatkrachten van het dak op te vangen. Er moeten binnen treksterke verbindingen tussen de twee muurplaten zijn die de zijmuren bij elkaar houden. Als deze hoog moet zitten kan er een metalen portaal gemaakt worden.

Doorzonwoning. Deze latei loopt over de gehele breedte van de doorzonwoning gevel en is op de woning tussenmuren opgelegd. Deze lateibalk loopt niet door naar de volgende woning, maar is tussen de woningen onderbroken, achter de regenwaterafvoer. De latei is niet aan de vloer verbonden.

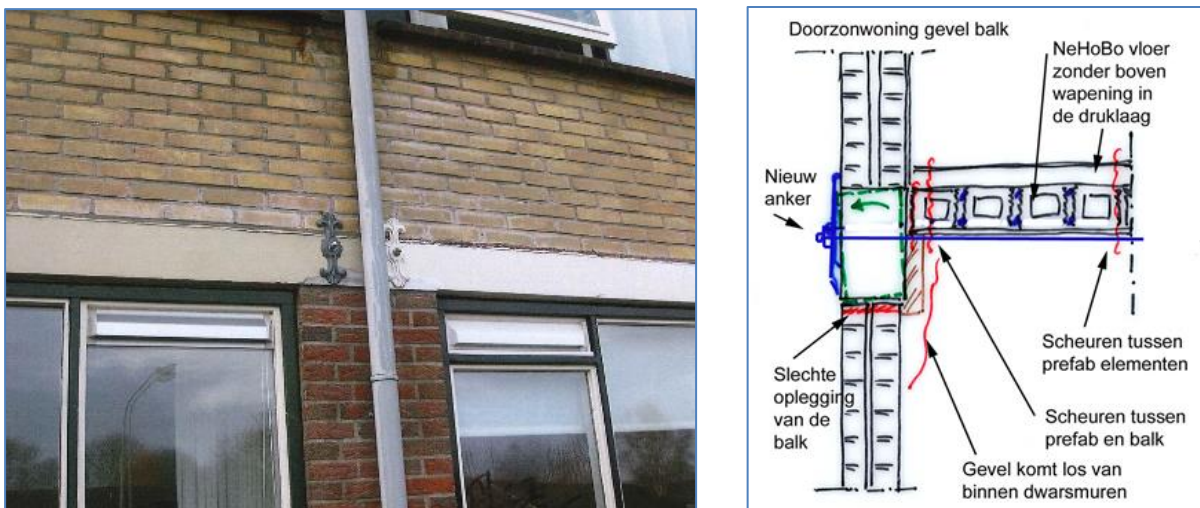


Figuren 7-50. Jarino woningen Loppersum. Gesloopt 2015.

- (1) De latei is aan de binnenzijde bekleed met baksteen strippen of houtvezel-cement platen als isolatie.
- (2) Er bestaat geen horizontale verbinding tussen de balk en de prefab NEHOBO-systeemvloer.
- (3) De balken zijn te kort en gebrekkig (op de houtvezellaat) opgelegd op de woning-scheidende muren.
- (4) De gemetselde penanten waar de balken op dragen zijn onvoldoende sterk.

In de druklaag van het NeHoBo-vloersysteem is geen trek of krimpwapening aangelegd. De prefab vloerelementen liggen los naast elkaar en vormen geen diafragma met de gevelbalk, loodrecht op de richting van de overspanning; dit is een ontwerpfout. De detaillering van de oplegging werd slecht uitgevoerd; door een gedeeltelijke oplegging op een zijkant kon de balk gaan draaien; dit is een bouwfout. Hierdoor viel de verbinding met de vloer helemaal weg (middelste foto).

Een mogelijke versterkingsmethode is om de balk aan de tussenmuur te koppelen met een lang anker. Dit anker moet langer zijn dan de breedte van enkele prefab vloerelementen. De balk moet bij de oplegging met krimpvrrije epoxy onderstopt worden en het dragende muureinde versterkt.



Figuren 7-51. Extra lateiankers boven het oplegpunt. Deze ankers zitten diep in de tussenmuur vast. Doorkoppelen naar de andere kant van de woning is een optie als daar dezelfde type lateien zitten.

De latei is hiermee wel (tijdelijk) vastgezet, zodat de voorgevel niet van het gebouw wegvalt; dit is nog geen seismische versterkingsmaatregel van het gebouw als geheel. Sinds de woningwaarde euro <100.000 was en de reparatie, versterking (fundering was ook slecht) en verduurzaming (isolatie) euro >200.000 zou kosten, werden hele rijen van dit type doorzonwoningen gesloopt en vervangen door goed geïsoleerde nieuwbouw.

7.18. Hele gebouwconstructie bestuderen

Een woning is een doosconstructie die de bewoner beschermt tegen weersinvloeden en een vorm van veiligheid geeft. Om naar buiten te kunnen, en om naar buiten te kunnen kijken, zijn er openingen in de wanden gemaakt in de vorm van deuren en ramen. Die openingen zijn weersbestendig gemaakt, maar dat zijn ook bouwtechnisch gezien verzwakkingen van die muren en het gebouw.¹⁶ Om de muren boven de openingen te versterken zijn vaak lateien, togen of boogconstructies boven de ramen gemaakt. In het verleden werd de woningbouw in Nederland niet met een stijf vloerdiagramma gebouwd dat rondom deze vloeren de muren bij elkaar houdt.



Figuren 7-52. Erker uitbouw zonder goede verbinding met de woning. De erker is onvoldoende sterk aan het gebouw gekoppeld, terwijl het raampenant erg smal is. Er zit geen trekwapening in of boven de toog.

De in dit hoofdstuk genoemde voorbeelden geven verschillende zaken aan:

- A. Scheuren in metselwerk ontstaan vaak door verzakkingen van de fundering. Rond de openingen (ramen, deuren en lateien) ontstaan daardoor spanningen in het metselwerk, die bij trillingen scheuren kunnen worden.
- B. Gebouwen die verschillende soorten of dieptes van funderingen hebben (palen en 'op staal', of met gedeeltelijk kelder) kunnen makkelijk spanningen en scheuren oplopen.
- C. De meeste scheuren in het metselwerk en rond lateien zijn vaak het gevolg van een combinatie van zetting van de fundering en trillingen. Deze trillingen kunnen verschillende oorzaken hebben zoals verkeer, aardbevingen en wasmachines.
- D. Bij funderingsproblemen moeten die eerst verholpen worden, voordat de muren en de lateien versterkt gaan worden.
- E. Slecht onderhoud van vloerverbindingen en kaspanten, of verandering van belasting patronen in een gebouw door gebouwwijzigingen, kunnen makkelijk leiden tot scheuren.
- F. Scheuren in of boven lateien kunnen verschillende problemen in een gebouw aangeven, zoals fundering verzakking, elastische of thermische vervorming, kanteling of geen diafragma.
- G. Kapconstructies zonder voldoende treksterkte of verdroging kunnen zijwaartse belasting op de muren geven.
- H. Het dichtsmere van een scheur kan bij een volgende schok een nieuwe scheur worden.
- I. Een korte rvs-lintvoeg spiraalwapening dwars over een scheur (40 cm links en 40 cm rechts) kan resulteren in een nieuwe scheur naast de zone waar de wapening loopt.
- J. De rvs-spiraalwapening moet rondom het hele gebouw lopen.
- K. De technische informatie van spiraalwapening is niet gebaseerd op seismische versterking.
- L. Met de rvs-spiraalwapening kunnen de binnenmuren aan de buitenmuren gekoppeld worden.

¹⁶ Door de toepassing van moderne constructieve glaspanelen wordt deze situatie geheel anders.



Figuren 7-53. Voorbeelden van verschillende oorzaken van schade rond lateien. Gebouw onregelmatigheid door een aanbouw zonder voldoende dilatatie of te korte oplegging.



Figuren 7-54. Veel van de schademeldingen gebeurden n.a.v. scheuren rond lateien. Om de oorzaken weg te nemen is vaak een uitgebreider gebouw onderzoek naar de vloer-muur verbindingen noodzakelijk.

Samenvatting. De belangrijkste maatregelen voor verbetering zijn de volgende:

- A. De onderliggende oorzaken van de scheuren moeten worden aangepakt. Dit is meer werk dan alleen het esthetisch repareren van de muur zoals het dichtsmeren en overschilderen.
- B. De reparatie boven deuren van binnenmuren moet doorgaande wapening gemaakt worden tot en met de verbinding met de buitenmuren.
- C. Dunne binnenmuren die dragend worden door constructie van een vloerdiafragma, moeten tweezijdig versterkt worden en diens funderingen moeten op de nieuwe belastingen berekend zijn, wat vaak een verbreding inhoudt.
- D. De reparatie van lateien moet gecombineerd worden met het aanleggen van vloerdiafragma's.
- E. Lateien moeten onderling en doorgaand rondom het gebouw met elkaar verbonden worden.
- F. Versterking van lateien is slechts een onderdeel van het constructieve verduurzamingsproces van de woning. Daarna moet ook de isolatiewaarde van de ramen, deuren en muren als ook de rest van de buitenschil van die woning verbeterd worden.

De goede beoordeling van het type scheur in het metselwerk van een gebouw of rond een latei zal vaak slechts kunnen geschieden door een inspectie van de bouwtekening, de inwendige constructie, de funderingen, de richting en verankeringen van balklagen en de kapconstructie. De totale samenhang van het gebouw moet beoordeeld worden.
