

Verlijmde steenconstructies (1)

Lijmwerk in de gevel

prof.ir.-arch. D.R.W. Martens, TU Eindhoven, Leerstoel Stapelbouw / Studiebureau Dirk Martens bvba, Zingem (B)

Reeds eeuwen lang wordt er gebouwd door steenachtige elementen op elkaar te stapelen. De Grieken bouwden met losgestapelde blokken, de Romeinen leerden ons metselen. Het verlijmen van stenen, blokken en elementen is een veel recentere techniek met heel wat potenties. In een drietal artikelen zal dieper worden ingegaan op de specifieke kenmerken van lijmwerk als nieuwe bouwtechniek voor steenconstructies.

1 | Colosseum te Rome



Evolutie van het bouwen met stenen

Metselwerk is vandaag de dag nog steeds het meest gebruikte gevelmateriaal. De grote bewezen duurzaamheid van metselwerk is hier zeker debet aan. Waarom zouden we dan op zoek gaan naar andere bouwmethoden voor het realiseren van gevels met bakstenen, betonstenen of kalkzandstenen?

Een terugblik in de geschiedenis van het bouwen leert dat veranderingen in bouwmethoden steeds het gevolg zijn van maatschappelijke wijzigingen. Door de technologische evolutie en door het ontstaan van nieuwe economische wetmatigheden worden steeds andere randvoorwaarden gecreëerd, die ertoe leiden dat nieuwe pro-

ductietechnieken en uitvoeringsmethoden het daglicht zien.

In de oudheid was de kennis van het mechanisch gedrag van steenconstructies relatief beperkt. Aangezien arbeid goedkoop was, had het bouwen in die tijd dan ook plaats op een eenvoudige en arbeidsintensieve manier door grote stenen los op elkaar te stapelen. Niettegenstaande het elementaire karakter van deze bouwwijze, slaagden de Egyptenaren en Grieken erin indrukwekkende bouwwerken te realiseren.

De Romeinen bouwden verder op de kennis en ervaring van de Grieken en kregen hierdoor meer inzicht in het mechanisch gedrag van gestapelde stenen. Ze zagen in dat het op elkaar stapelen van stenen met de tussenvoeging van een voegmateriaal, de mortel,

heel wat voordelen had (foto 1). Zo ontstond het 'metselwerk'. De stenen en de mortel die de Romeinen gebruikten zijn evenwel wezenlijk anders dan de huidige metselwerkmaterialen. Langzaam maar zeker is de techniek van het bouwen van steenconstructies geëvolueerd.

Teloorgang van het gevelmetselwerk?

De maatschappij verandert van dag tot dag, ook vandaag. De kostprijs van arbeid wordt steeds hoger en de beschikbaarheid van vakkundige metselaars wordt problematisch, terwijl het produceren van bouwmaterialen ten gevolge van de automatisering en robotisering steeds goedkoper wordt. Het ambachtelijk metselen met stenen past eigenlijk niet meer in de huidige maatschappelijke context. Dit inzicht heeft de steen- en mortelindustrieën ertoe aangezet verschillende onderzoeksprogramma's op te starten naar alternatieve bouwmethoden, waarbij de snelheid van uitvoering en de beperking van de menselijke arbeid centraal staan. Eén van de onderzoekstrajecten die eind jaren tachtig werden geïnitieerd heeft betrekking op het verlijmen van gevelstenen. Na vijftien jaar onderzoek en ervaring begint deze techniek stilaan volwassen te worden. De belangrijkste doelstellingen die met het verlijmen worden geambieerd kunnen als volgt worden samengevat:

- arbeidsomstandigheden verbeteren;
- een economische bouwmethode ontwikkelen;
- andere constructieve oplossingen aanbieden;
- nieuwe architectonische mogelijkheden creëren;
- hogere kwaliteit garanderen.

Veel van deze doelstellingen kunnen vandaag reeds worden waargemaakt, doch de relatieve onbekendheid met deze bouwtechniek vertaalt zich alsnog in een te hoge kostprijs. Een verdere perfectie van de lijmtechniek is noodzakelijk om het traditionele metselwerk van de markt te verdringen. Naast de economische realiteit zullen ook productietechnische en architectonische overwegingen de overlevingskansen van metselwerk beïnvloeden. Het staat evenwel als een paal boven water dat het monopolie van het traditionele metselwerk als bouwtechniek voor steenconstructies op de helling komt te staan.

Lijmen, verlijmen, gelijmd?

Alvorens de specifieke karakteristieken van lijmwerk te beschrijven is het nuttig even stil te staan bij de gebruikte terminologie. Momenteel worden er diverse benamingen gebruikt om het verlijmen van stenen, blokken en elementen te benoemen. Sommigen hebben het over gelijmd metselwerk, terwijl anderen liever de term verlijmd metselwerk, gelijmd steenconstructie, lijmmetselwerk of platvoegmetselwerk gebruiken. De laatstgenoemde term is duidelijk afgeleid van de Engelse en Duitse benamingen voor lijm-mortel: 'thin layer mortar' en 'Dünbettmörtel'. Ook fabrikanten van lijmmortels gebruiken graag letterlijke vertalingen om hun specifieke lijmproducten aan te duiden zoals platvoegmortel (PVM) en dunbedmortel.

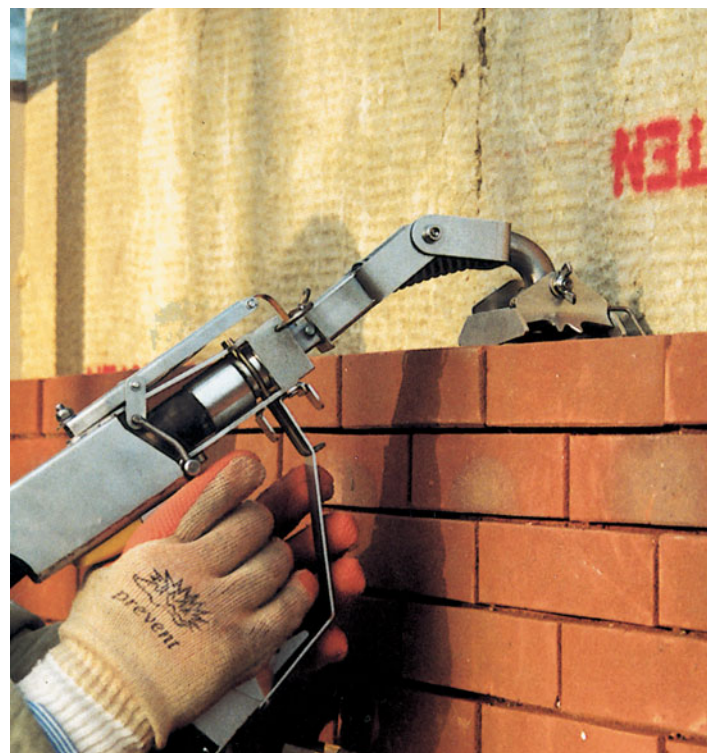
In alle benamingen komt het begrip lijm voor. Het gebruikte voegmateriaal heeft evenwel nauwelijks enige relatie met bijvoorbeeld kunstharslijmen. Het bestaat uit een fijnkorrelige cementrijke mortel waaraan kunststoffen zijn toegevoegd om de verwerkbaarheid, de hechting en de duurzaamheid te verbeteren. De juiste samenstelling van deze mortels wordt door de diverse fabrikanten geheim gehouden. De toevoeging



van de kunststoffen en het verwerken in een dunne laag (voegdikte 2 tot 4 mm) verantwoordt toch het gebruik van het begrip lijm. De term metselen hoort evenwel niet meer thuis bij de omschrijving van de nieuwe uitvoeringsmethode, aangezien het verlijmen van stenen op vele manieren kan gebeuren, maar liefst niet met een troffel (foto 2). Naar analogie met het begrip metselwerk (werk verkregen door het ver metselen van stenen) gaat de voorkeur uit naar de benaming lijmwerk (werk verkregen door het verlijmen van stenen, blokken of elementen).

Lijmtechnieken bij de vleet

Een belangrijk uitgangspunt bij de ontwikkeling van de uitvoeringsmethode voor lijmwerk was de verbetering van de arbeidsomstandigheden van de metselaar. De steeds terugkerende handeling van het scheppen van de specie uit de speciekuip en het uitsmeren ervan op het onderliggend metselwerk betekent een zware belasting voor zijn rug. Als oplossing hiervoor werd een pomp ontwikkeld voor metselspecie. Deze pomp bleek evenwel beter geschikt te zijn voor de fijnkorrelige lijmmortels. Het lag dan ook voor de hand om bij lijmwerk gebruik te maken van een pomp en een lijmpistool (foto's 3 en 4). Om een goede verspreiding van de lijmmortel te verkrijgen en om



uitpuilen van de mortel aan de zichtzijde van het lijmwerk te voorkomen, dient een spuitkop met dubbele spuitmond en met geleiding te worden gebruikt. Deze techniek heeft ook enkele nadelen. Om verharding van de lijmmortel in de apparatuur te

- 2 | Werkwijze bij het verlijmen van stenen zonder troffel
- 3 | Lijmpistool met dubbele spuitmond zonder geleiding
- 4 | Lijmpistool met dubbele spuitmond met geleiding

voorkomen, moet er continu worden verder gewerkt en moet de mortelpomp aan het einde van elke werkdag grondig worden schoongemaakt. Vooral dit laatste aspect vermindert het rendement in belangrijke mate.

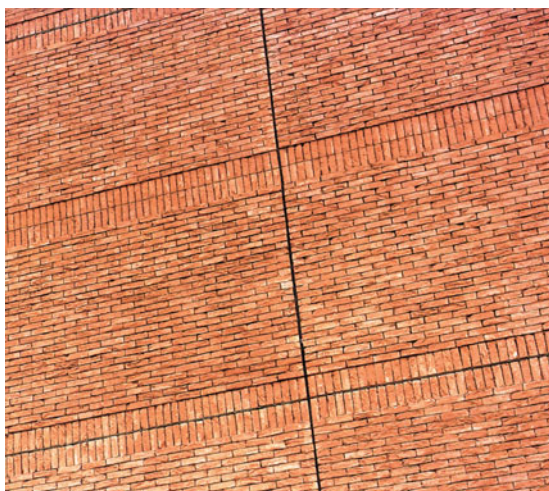
Naar analogie met de lijmtchniek die bij kalkzandsteen wordt gebruikt, is er ook een lijmbak



5 | Gebruik van de lijmbak



6 | Gelijmatige verspreiding van de lijm mortel bij het gebruik van de lijmbak



7 | Koning Boudewijnstadion te Brussel (arch. Bob van Reeth)

ontwikkeld voor het verlijmen van gevelstenen (foto's 5 en 6).

Eén van de meest recente ontwikkelingen is het gebruik van een spuitzak voor het aanbrengen van de lijm mortel. Deze laatste technieken hebben het voordeel dat er geen tijd verloren gaat met het schoonmaken van apparatuur. De praktijk heeft in elk geval uitgezonden dat de traditionele uitvoeringsmethode met troffel niet de meest geschikte techniek is voor het uitvoeren van lijmwerk.

Architectonisch lijmwerk

De belangrijkste reden waarom momenteel wordt gekozen voor lijmwerk is het esthetisch aspect. Als de lijm mortel dezelfde kleur heeft als de steen, kan een egaal gevelvlak met grote kleurintensiteit worden gerealiseerd. Dit aspect werd duidelijk nagestreefd bij het eerste spraakmakend project dat in lijmwerk werd uitgevoerd, het Koning Boudewijnstadion te Brussel (foto 7).

Door de grotere buigtreksterkte van lijmwerk, is het ook mogelijk



8 | Klampverlijmd buitenspouwblad te Rotterdam (arch. K. Christiaanse)

dunnere buitenspouwbladen te realiseren. Door het klampverlijmen van volle bakstenen met 'frog' (verdieping) kunnen originele resultaten worden verkregen (foto 8).

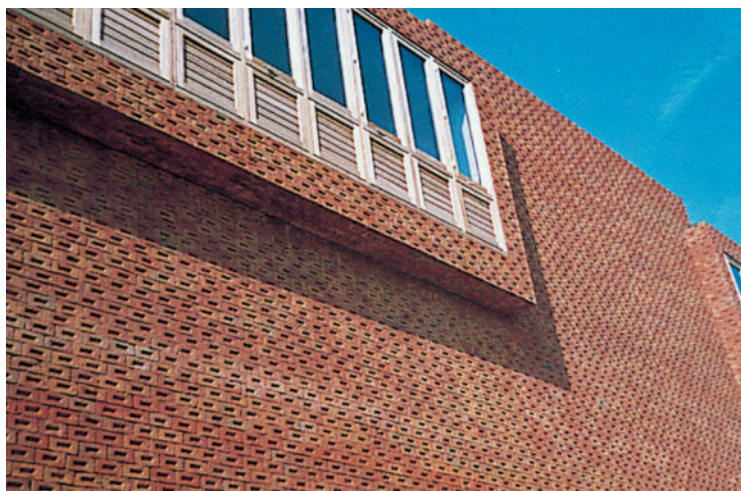
Sommige fabrikanten hebben smalle bakstenen op de markt gebracht, waardoor een grotere spouwbreedte kan worden verkregen bij eenzelfde muurdikte. Hierdoor kan de muur beter worden geïsoleerd (hogere EPN-norm) zonder verlies van nuttige gebouwoppervlakte.

Bovendien biedt de hogere hechting tussen steen en lijm mortel de mogelijkheid andere metselverbanden dan halfsteens verband toe te passen. De gewone metselstenen zijn immers niet geschikt om in halfsteens verband om de hoek te worden verlijmd, aangezien de relatie tussen de lengte en de breedte van de steen is afgestemd op een voegbreedte van 12 mm en niet op 3 à 4 mm:

$$L_{\text{steen}} = 2 \times B_{\text{steen}} + \text{voegdikte}$$

Indien toch halfsteens verband gewenst is moeten de stenen nabij de hoeken worden ingekort, dan wel speciale lijmstenen worden gebruikt, of moeten de hoeken in verstek worden uitgevoerd (speciale verstekstenen zijn reeds op de markt) (foto 9).

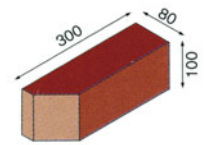
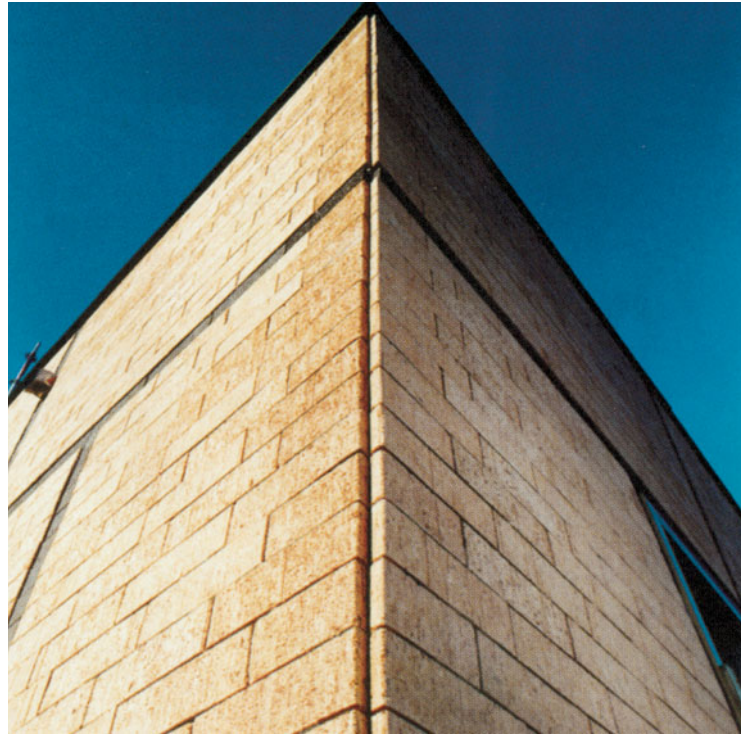
De hogere mechanische eigenschappen van lijmwerk komen



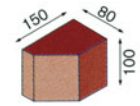
het best tot uiting bij het ontwerp van raam- en deuropeningen. De hogere druksterkte van het lijmwerk is bij buitenspouwbladen nauwelijks van belang, maar dankzij de hoge buigtreksterkte (minimum 0,6 à 0,7 N/mm²) is het mogelijk relatief grote overspanningen te realiseren zonder gebruik te maken van lateien in beton of staal. Hoe dergelijke lijmwerklateien dienen te worden gedimensioneerd zal in een volgend artikel worden behandeld. De hogere buigtreksterkte opent ook nieuwe perspectieven voor de prefabricage van buitenspouwbladen in lijmwerk. Momenteel zijn reeds enkele proefprojecten opgestart. Het is duidelijk dat de nieuwe constructieve mogelijkheden een uitdaging betekenen voor het creëren van een specifieke vormtaal voor gevels in lijmwerk.

Duurzaamheid van lijmwerk

Dat lijmwerk even duurzaam zal zijn als metselwerk ligt voor de hand. De meest kwetsbare component bij metselwerk, de metselmortel, wordt vervangen door een veel dunnere en beter presterende lijmmortel. Door de grote waterafstotende eigenschappen van de lijmmortel is de kans op het ontstaan uitbloeiingen, kalkuitslag, mos- en algengroei vele malen kleiner dan bij metselwerk. Het blijft uiteraard zaak om lijmwerk, evenals metselwerk, goed te detailleren om ongewenste vervuiling te voorkomen. Goed ontworpen muurafdekkingen en raamdorpels blijven voorwaarde om eeuwigdurend mooi lijmwerk te verkrijgen (foto 10). De correcte plaatsing van de vochtwering boven raamopeningen verdient eveneens de nodige aandacht, aangezien deze folie bij lijmwerklateien zonder bijkomende ondersteuning, niet meer in de onderste voeg kan worden aangebracht. Voor de verankering met het binnenspouwblad moeten platte spouwankers in roestvast staal worden gebruikt, aangezien



hoekblok



1/2 hoekblok

9 | Hoekoplossing met verstekstenen

niet steeds kan worden gegarandeerd dat ze voldoende door lijm-mortel zijn omhuld.

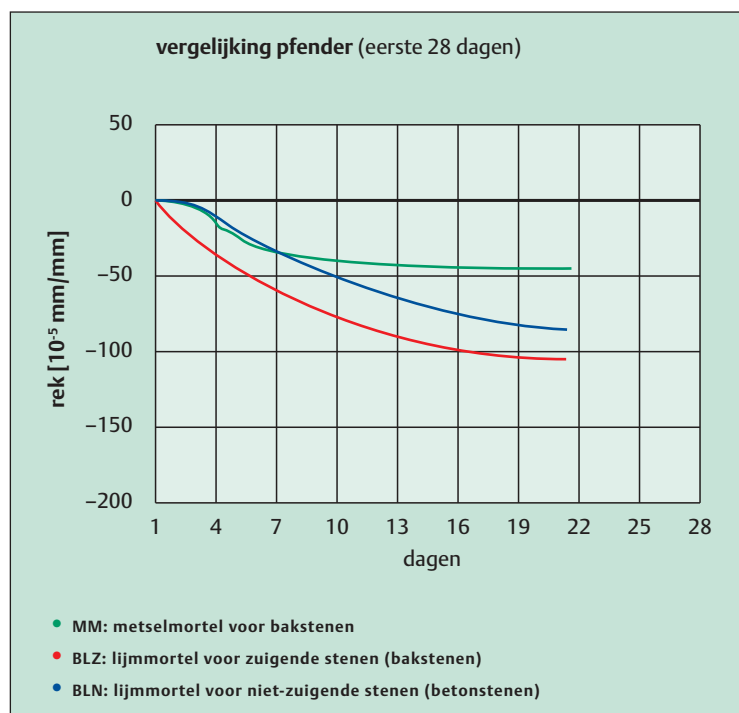
Tenslotte leent lijmwerkpuin zich beter tot hergebruik als granulaat in beton dan metselwerkpuin, dankzij de hogere en constante mechanische eigenschappen. Als kanttekening geldt dat indien in de lijmmortel kleurstoffen op basis van metaalverbindingen zijn verwerkt, bij zichtbeton vlekken kunnen optreden.

Vervormen of barsten

De noodzaak om dilataties aan te brengen in metselwerk wanden staat buiten kijf. Over de maximale afstand tussen deze dilataties is er minder eensgezindheid wegens het gebrek aan wetenschappelijk onderbouwde ontwerpregels. Voor lijmwerk is er op dit ogenblik nog minder informatie beschikbaar. Aan de hand van een evaluatie van de diverse parameters die de afstand tussen de voegen beïnvloeden, kan toch



10 | Eeuwigdurend mooi lijmwerk begint bij een goede detaillering

11 | Krimpvervorming van
mortelbalkjes

een eerste indicatie worden verkregen omtrent de toe te passen dilatatieafstanden.

Omwille van het grote cementgehalte in de lijm mortel is de krimp relatief groot. Dit is bevestigd door recent onderzoek aan de TU/e (fig. 11). Door de kleinere voegdikte is te verwachten dat de krimp van het lijmwerk (steen + mortel) in zijn geheel niet veel anders zal zijn dan bij traditioneel metselwerk.

De grotere hechtsterkte en bijgevolg de grotere treksterkte van het lijmwerk heeft tot gevolg dat grotere trekspanningen toelaatbaar zijn in de lijmwerk wand voor zover de treksterkte van de stenen groter is dan de hechtsterkte tussen de lijm mortel en de stenen. In dit geval zullen bovendien de scheuren steeds optreden in de voegen en bij lijmwerk zullen deze scheuren nauwelijks zichtbaar zijn. Bij sterke stenen kan bijgevolg een verhoogde dilatatieafstand worden toegepast.

Daartegenover staat dat door de grotere stijfheid van de lijm mortel en de dunnere voegen, de stijfheid van het buitenspouwblad groter wordt, wat een nadelige invloed heeft op de krachtswer-

king ten gevolge van verhinderde opgelegde vervormingen (temperatuur- en vochtveranderingen). Het niet vullen van de stootvoegen vermindert de stijfheid van de gevel, wat dan weer gunstig is.

Bij lijmwerk hebben de meeste parameters een positieve invloed op het gedrag onder opgelegde vervormingen, waardoor de dilatatieafstanden wellicht groter kunnen zijn dan bij traditioneel metselwerk.

Om een beter inzicht te krijgen in deze problematiek is bij de leerstoel Stapelbouw aan de TU/e een onderzoeksproject 'Jas of Harnas' opgestart. In dit project wordt er naar gestreefd op een meer wetenschappelijke basis rekenregels op te stellen voor het bepalen van dilatatieafstanden bij metselwerk en lijmwerk.

Ten slotte

In dit eerste artikel is gepoogd een algemeen overzicht te geven over de potenties en beperkingen van lijmwerk voor buitenspouwbladen. Aangezien de markt veel interesse toont voor deze nieuwe ontwikkeling, is er een toenevende vraag naar wetenschappelijk onderzoek. Zowel aan de TU/e als bij TNO en het WTCB

(België) worden diverse onderzoeksprogramma's opgestart. In volgende artikelen zal hierover verslag worden uitgebracht.

Literatuur

1. Van der Pluijm, R., Compressive Strength of Clay Brickwork with Thin Layer Mortar. TNO-rapport 94-CON-R1532, december 1994.
2. Bertram, G., Martens, D.R.W., Experimentele bepaling van de buigtreksterkte van gelijmd metselwerk met respectievelijk open en gesloten stootvoegen. BKO-rapport 98.23, TU/e, december 1998.
3. Van der Pluijm, R., Constructieve mogelijkheden van gelijmd baksteen metselwerk. TNO-rapport BI-91-048, juli 1991.
4. Leppers, R.F.R., Vochttransport door gelijmde baksteenconstructies. FAGO-rapport 96.23.M, TU/e, augustus 1996.
5. Van de Ven, P.J.C.E., Vochtdoorslag bij gelijmde baksteenconstructies met open stootvoegen. afstudeerverslag FAGO, TU/e, april 1999.
6. Martens, D.R.W., Uitgangspunten voor het succesvol verlijmen van betonstenen. Syllabus studiedag 'Verlijmen van gevels in betonsteen', 14 februari 2001.
7. De Kroon, J.C.A., Baksteen-gevels in verlijmde uitvoering. TNO-rapport 96-CON-RO529, februari 1996. ■