



Interactie gemetselde buitenbladen met hsb-binnenbladen bruikbaarheidsgrenstoestand eisen

1 Inleiding

Bij het constructief ontwerp van spouwmuren bestaande uit een gemetseld buitenblad en een hout-skeletbouw (hsb) binnenblad, dienen zowel de uiterste grenstoestand als de bruikbaarheidsgrenstoestand te worden getoetst.

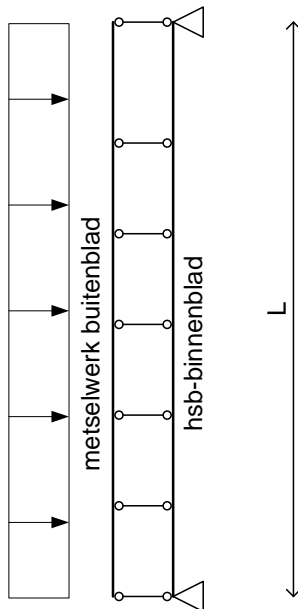
Bij het toetsen van de uiterst grenstoestand wordt in het algemeen aangenomen dat het hsb-binnenblad alle windbelasting zal opnemen en overdragen naar de vloeren. Hiervoor wordt het binnenblad, dat is opgebouwd uit in verticale richting overspannende stijlen met een onder- en bovenregel, zowel aan de onderliggende als de bovenliggende vloer verbonden. De constructieve taak van het gemetselde buitenblad bestaat dan uit het afvoeren van de windbelasting die op het buitenblad aangrijpt, via de spouwankers, naar het binnenblad. De buigende momenten in het buitenblad blijven in dat geval veelal beperkt van grootte. Wel zal het zo zijn dat het binnenblad, om deze belastingen te weerstaan, relatief veel zal doorbuigen. Door de aangebrachte spouwankers zal het gemetselde buitenblad de doorbuiging van het binnenblad moeten volgen. Veelal gaat dit niet zonder dat er scheurvorming zal optreden. Voor een toets van de uiterste grenstoestand is dit echter geen probleem.

Anders is dit bij het toetsen van de bruikbaarheidsgrenstoestand. Overmatige scheurvorming in het metselwerk in het reguliere gebruik is niet wenselijk. Bij betonconstructies wordt de scheurvorming in de bruikbaarheidsgrenstoestand getoetst. Bedacht moet echter worden dat dit voornamelijk gedaan wordt om de duurzaamheid van de constructie te waarborgen. Bij gemetselde buitenbladen zal scheurvorming de duurzaamheid van de gevel niet nadelig beïnvloeden. Het beheersen van de scheurvorming in een gemetseld buitenblad heeft alleen het handhaven van de esthetische kwaliteit van het metselwerk als doel. Om het optreden van scheurvorming in het metselwerk te voorkomen of ten minste te beperken, moet de buigtrekspanning in het metselwerk beperkt blijven. Dit wordt mede bereikt doordat aangenomen kan worden dat het binnen- en buitenblad samenwerken en dat de doorbuiging van de constructie beperkt blijft.

In deze notitie wordt ingegaan op de grootte van de doorbuiging van de spouwmuur waarbij aangenomen kan worden dat de scheurvorming voldoende beperkt blijft.

2 Eenvoudige benadering

Bij een eerste benadering van het probleem wordt uitgegaan van een volledige samenwerking tussen het gemetselde buitenblad en het hsb-binnenblad. Aangenomen wordt dat het statisch systeem van beide spouwbladen gelijk is, namelijk een ligger op twee steunpunten, in verticale richting overspannend tussen de vloeren van de constructie. Door de koppeling met spouwankers zal de doorbuiging van het binnenblad en het buitenblad aan elkaar gelijk zijn. De verdeling van de horizontale belasting tussen beide bladen wordt in dat geval bepaald door de verhouding tussen de buigstijfheid EI van het binnen- en buitenblad.



figuur 1 Schema bij eenvoudige benadering

Voor een verdere verkenning met deze eenvoudige benadering worden de waarden en vergelijkingen uit tabel 1 aangehouden. Hierbij is uitgegaan van een halfsteens buitenblad met een dikte van 100 mm en een binnenblad met houten stijlen ($h_s \times b_s$) met een hart-op-hart-afstand van 600 mm.

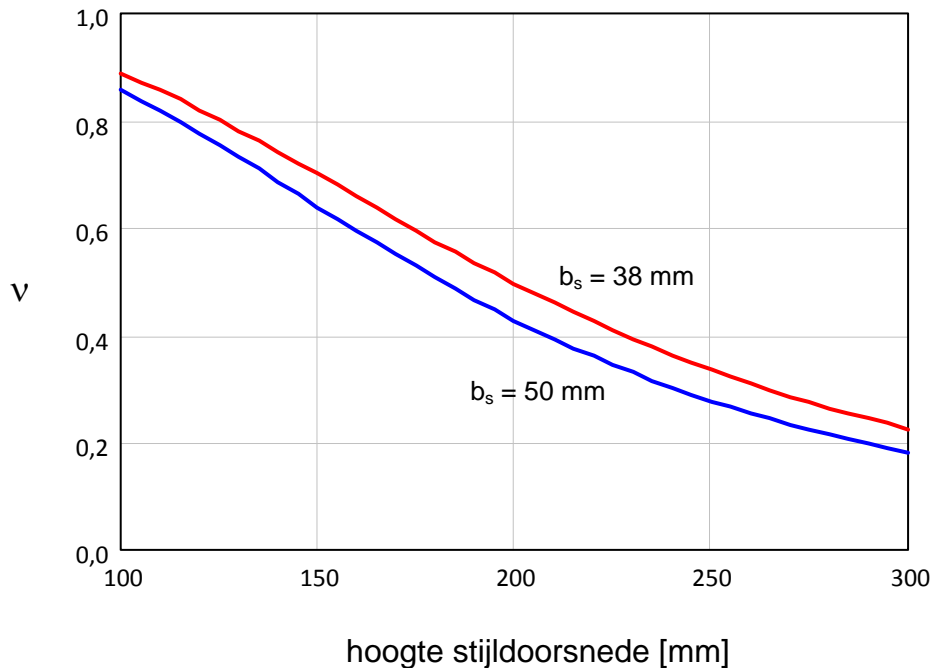
tabel 1 Aangehouden waarden voor bepaling van de buigstijfheid

grootheid	metselwerk	hsb
Elasticiteitsmodulus	5500 MPa	11000 MPa
Kwadratisch oppervlaktemoment per meter breedte	$1/12 b_m h_m^3 =$ $1/12 \cdot 1000 \cdot 100^3 = 83 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$1/12 b_s h_s^3 / 0,6 =$ $0,139 b_s h_s^3$
Buigstijfheid	$456 \cdot 10^9 \text{ Nmm}^2/\text{m}$	$b_s h_s^3 1530 \text{ MPa}$

De verhouding tussen de horizontale belasting op het buitenblad en de totale horizontale belasting wordt uitgedrukt in de variabele v die volgt uit de volgende vergelijking:

$$v = \frac{EI_{bu}}{EI_{bu} + EI_{bi}} = \frac{456 \cdot 10^9}{456 \cdot 10^9 + 1530 b_s h_s^3}$$

Een grafische weergave van de vergelijking voor verschillende stijlafmetingen is gegeven in figuur 2.



figuur 2 Verhouding tussen v en de hoogte van de stijldoorsnede

Uit de figuur blijkt dat de bijdrage van het buitenblad aan het weerstaan van de horizontale belasting significant is en logischerwijs afneemt met een toename van de hoogte van de stijldoorsnede.

De karakteristieke buigtreksterke van het metselwerk bij een momentvector evenwijdig aan de lintvoeg (f_{xk1}) is in het algemeen gelijk aan 0,3 MPa. Deze waarde wordt ook geëist om te voldoen aan duurzaamheidseisen in NEN-EN 1996-2. Uitgaande van een vrije verdiepingshoogte van 2,5 meter is bij de gedane aannamen de relatie tussen de grootte van de opneembare horizontale belasting, uitgedrukt als de stuwdruk volgens NEN-EN 1991-1-4, en de hoogte van de stijldoorsnede te bepalen.

Het moment in het metselwerk waarbij de buigtrekspanning gelijk is aan f_{xk1} volgt uit:

$$M_{Rm,max} = f_{xk1} W = f_{xk1} \frac{b_m h_m^2}{6}$$

De karakteristieke windbelasting op de gevel is gelijk aan product van de winddrukcoëfficiënten en de stuwdruk:

$$p_{wk} = c_p p_w$$

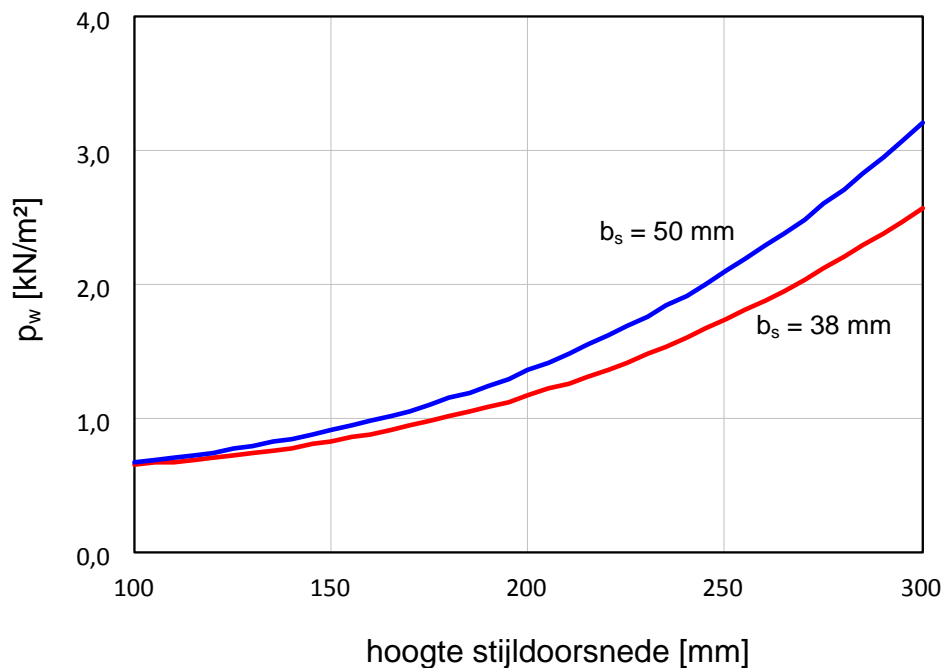
Het moment in het metselwerk ten gevolge van de stuwdruk p_w gecombineerd met de drukcoëfficiënt c_p volgt uit:

$$M_{Em} = \frac{1}{8} v c_p p_w L^2$$

Als wordt aangenomen dat de karakteristieke windbelasting aangrijpt op de gevel volgt uit gelijkstelling van beide momenten een relatie tussen de opneembare stuwdruk en de hoogte van de stijldoorsnede:

$$p_w \leq \frac{8f_{xk1} b_m h_m^2}{6v(h_s, b_s) c_p L^2}$$

Een grafische weergave van de vergelijking, waarbij c_p gelijk is genomen aan $0,8 + 0,3 = 1,1$, is gegeven in figuur 3.



figuur 3 Verhouding tussen opneembare stuwdruk p_w en de hoogte van de stijldoorsnede

In paragraaf 6.1 hierna wordt ingegaan op het nut, de noodzaak en de gevolgen van het toetsen van de doorbuigingen bij de karakteristieke waarde van de windbelasting. Dit in relatie tot de frequente waarde of de quasi permanente waarde van de horizontale belastingen op de gevel.

Bij de aangenomen waarden voor de buigtreksterkte, stijfheid, afmetingen en de veronderstelling dat vlakke doorsneden vlak blijven, is uit de maximale kromming de grootte van de maximale doorbuiging van het metselwerk buitenblad te bepalen:

$$\kappa_{\max} = \frac{2\varepsilon_{\max}}{h_m} = \frac{2f_{xk1}}{E_m h_m} = \frac{2 \cdot 0,3}{5500 \cdot 100} = 1,09 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^{-1}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{48} \kappa_{\max} L^2 = \frac{5}{48} \cdot 1,09 \cdot 10^{-6} \cdot 2500^2 = 0,71 \text{ mm}$$

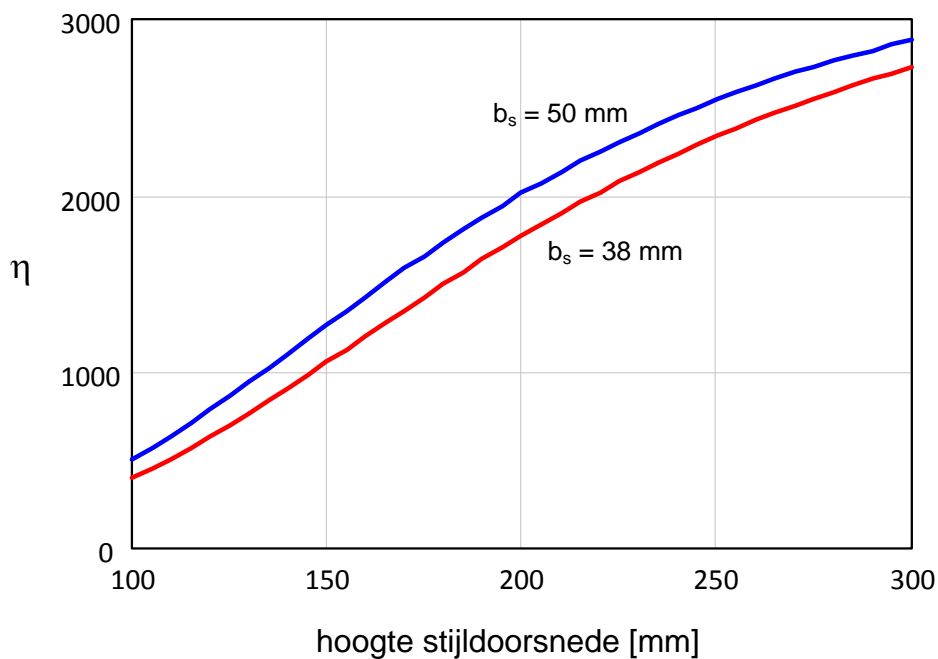
Voor een gangbare stijlafmeting van $38 \times 152 \text{ mm}^2$ is bij de gekozen benadering een stuwdruk opneembaar gelijk aan $0,84 \text{ kN/m}^2$. Als deze belasting, in het beschouwde model, uitsluitend op het binnenblad wordt geplaatst en de stijfheid van het buitenblad wordt verwaarloosd, is de doorbuiging gelijk aan:

$$\delta_{\text{bi,tot}} = \frac{5}{384} \frac{12 \cdot 0,6 c_p p_w L^4}{E_h b_s h_s^3} = \frac{5}{384} \frac{12 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 0,84 \cdot 2500^4}{11000 \cdot 38 \cdot 152^3} = 2,3 \text{ mm}$$

Dit komt overeen met een doorbuiging van circa $1/1000$ van de hoogte van de wand. Als de grootte van de doorbuiging wordt uitgedrukt in L/η , dan is de doorbuiging van het hsb-binnenspouwblad in het geval de gehele windbelasting opgenomen wordt door het hsb-binnenblad middels de variabele η te beschrijven:

$$\eta = \frac{384}{5} \frac{E_h b_s h_s^3}{12 \cdot 0,6 c_p p_w L^3}$$

Een grafische weergave van de vergelijking voor verschillende stijlafmetingen is gegeven in figuur 4.



figuur 4 Verhouding tussen η en de hoogte van de stijldoorsnede

Uit het voorgaande blijkt dat op basis van de gehanteerde uitgangspunten, de doorbuiging waarbij mogelijk een scheur in het gemetselde halfsteens buitenblad ontstaat relatief klein is. Dit zou leiden tot relatief strenge eisen aan de doorbuiging van het hsb-binnenblad. De vraag is echter of dit noodzakelijk is.

3 Resultaten experimenteel onderzoek

In 2004 is in het laboratorium van de TU Eindhoven experimenteel onderzoek uitgevoerd naar het gedrag van een spouwmuur bestaande uit een gemetseld buitenblad en een hsb-binnenblad [1]. Het beproefde gevelfragment heeft een overspanning van 2,61 m in verticale richting, zie figuur 5. De breedte is gelijk aan 888 mm. In deze breedte zijn twee stijlen $56 \times 128 \text{ mm}^2$ opgenomen.

De stijfheid van deze stijlen is gelijk aan die van stijlen $38 \times 161 \text{ mm}^2$ h.o.h. 600 mm.

Het buitenblad is uitgevoerd in halfsteensmetselwerk met een dikte van 100 mm. Er zijn vier proefstukken beproefd. Twee zijn vervaardigd met een licht gekleurde bakstenen en twee met donker gekleurde bakstenen. De buigtreksterkte van dit metselwerk is experimenteel bepaald en is gelijk aan respectievelijk 0,34 en 0,50 MPa.

De spouwmuur is in het experiment belast tot het niveau van de rekenwaarde van de windbelasting voor de uiterste grenstoestand voor het betreffende werk. Uitgaande van $1,7 \text{ kN/m}^2$ gelijkmatig verdeelde belasting kwam dit overeen met een totale belasting F gelijk aan:

$$F = b h p = 0,888 \times 2,84 \times 1,7 = 4,3 \text{ kN.}$$

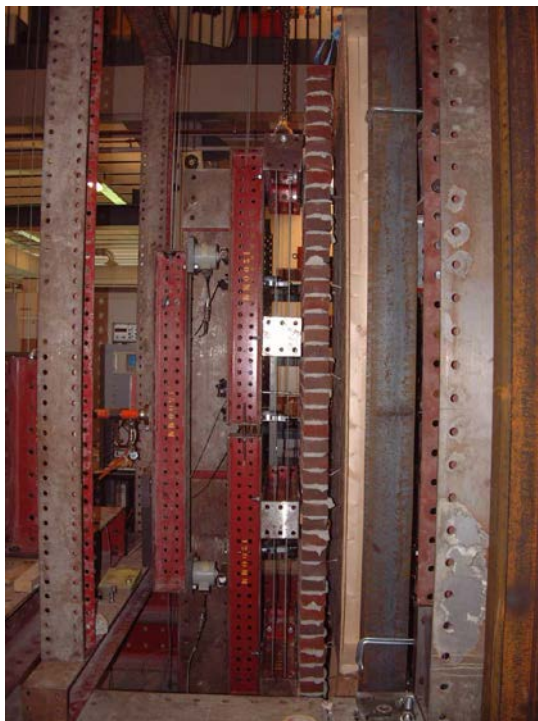
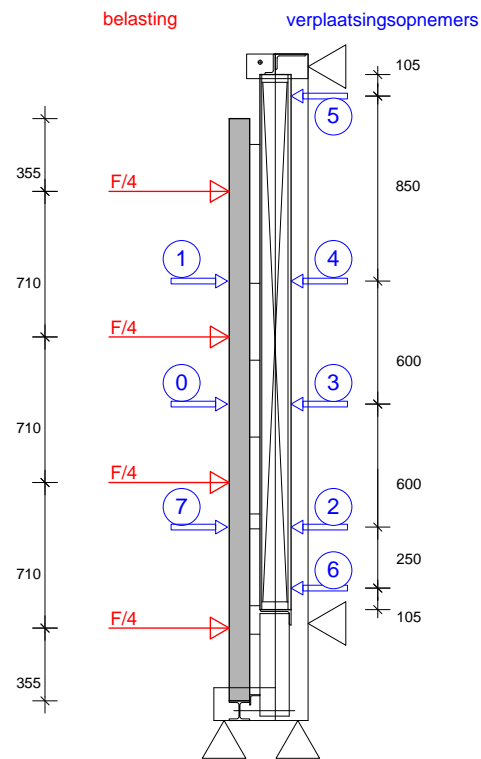


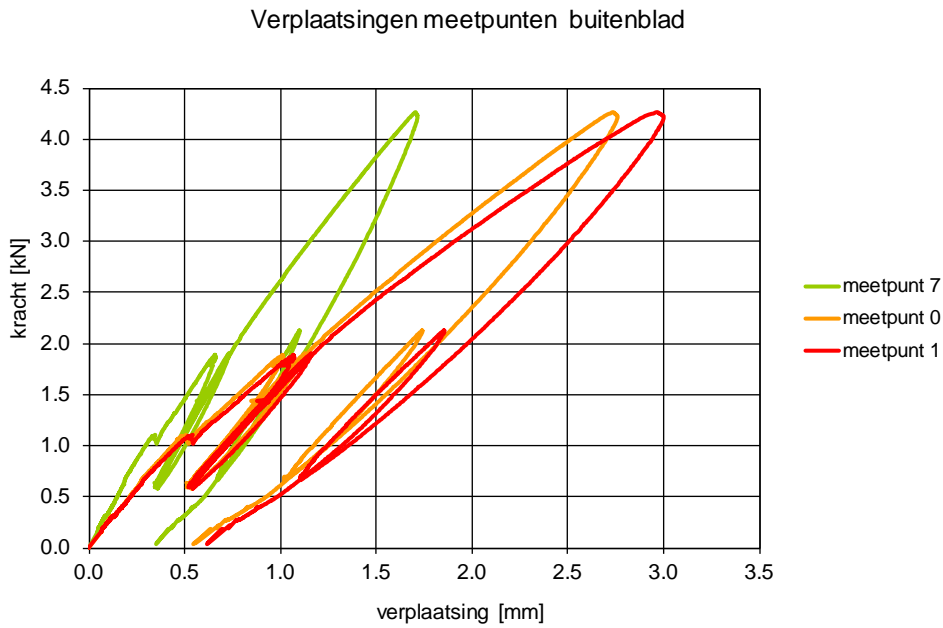
foto 1 Proefstuk in opstelling



figuur 5 Proefopstelling

Tijdens de vier proeven is de belasting opgevoerd tot het beschreven niveau en is in het metselwerk geen scheurvorming waargenomen. Ook uit het geconstateerde last-vervormingsgedrag bleek geen discontinuïteit die duidt op het ontstaan van scheurvorming en het verlies van weerstand in het buitenblad. Wel is sprake van enige reductie van de stijfheid. Een voorbeeld van een kenmerkend last-vervormingsgedrag is gegeven in figuur 6.

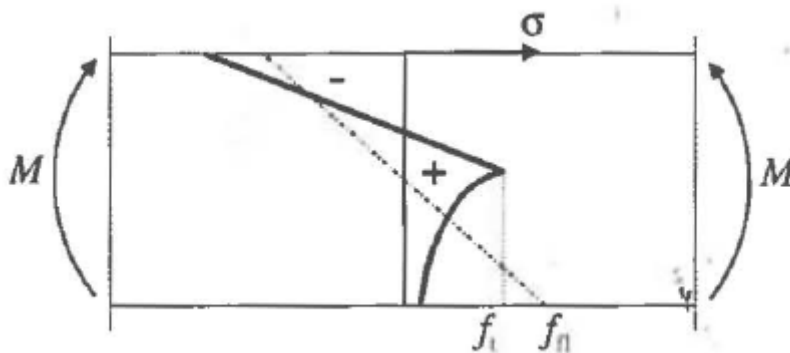
Uit het last-vernappingsgedrag blijkt dat het proefstuk tijdens de belasting een blijvende vernapping van circa 0,5 mm. Deze blijvende vernapping is ook geconstateerd bij het houten binnenspouwblad. De optredende doorbuiging is beduidend groter dan de doorbuiging waarbij in paragraaf 2 met het eenvoudige model is beschreven dat scheurvorming is te verwachten.



figuur 6 Kenmerkend last-vernappingsgedrag van proefstuk 1

4 Niet-lineair gedrag

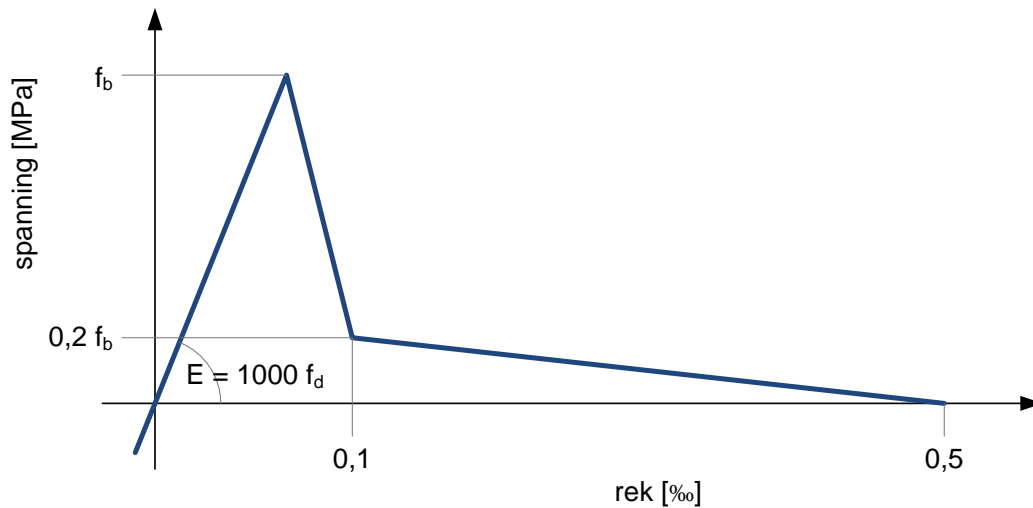
Een verklaring voor het verschil tussen de eerder beschreven theoretische benadering en de experimentele resultaten is gelegen in het niet-lineaire gedrag van metselwerk. Dit niet-lineaire gedrag is onder andere beschreven door Van der Pluijm [2].



figuur 7 Niet-lineaire spanningsverdeling (doorgetrokken lijn) ten gevolge van buiging tezamen met een fictieve lineaire spanningsverdeling bij het uiterst opneembare moment [2]

Het niet-lineaire gedrag wordt beschreven door een niet-lineaire verhouding tussen spanning en rek. Kenmerkend hierbij is dat de maximale spanning die het metselwerk kan opnemen kleiner is dan de 'fictieve' buigtreksterkte maar dat de rekken in de meest verlengde vezel significant groter is dan de 'fictieve' buigtreksterkte gedeeld door de elasticiteitsmodulus van het metselwerk.

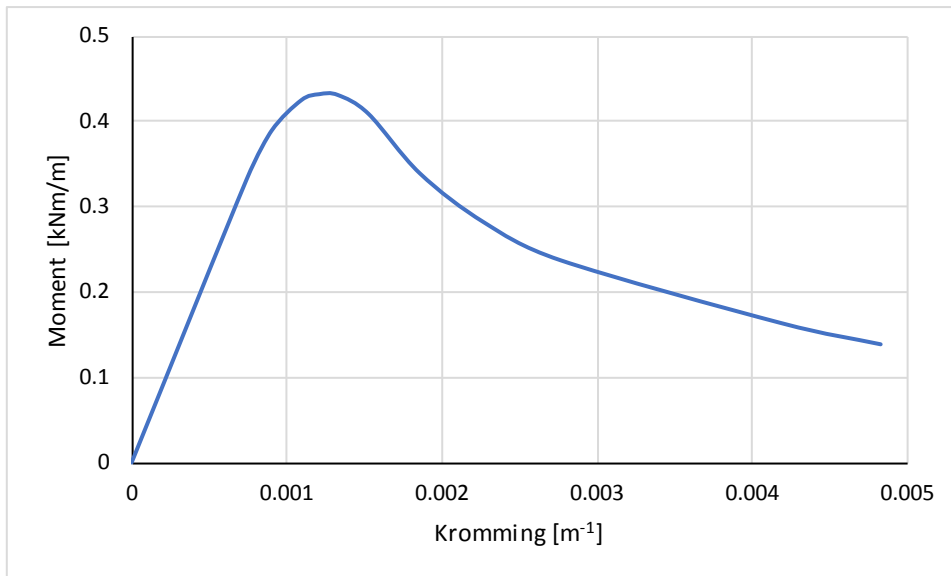
Een nadere uitwerking van dit gedrag, geschikt voor het ontwerp van spouwmuren is beschreven in CUR-Aanbeveling 71 [3]. Het niet-lineaire gedrag onder trek is hierin beschreven zoals in figuur 8 is geschetst. De maximale spanning is daarbij gereduceerd van de buigtreksterkte tot de hechtsterkte van het metselwerk f_b .



figuur 8 Niet-lineaire gedrag van baksteen metselwerk onder trek volgens [3]

Uit dit spannings-rek-gedrag is af te leiden dat de kromming van een metselwerk doorsnede waarbij een scheur zal ontstaan beduidend groter zal zijn dan de hiervoor beschreven waarde van κ_{\max} . Evident zal bij een toename van de kromming de momentweerstand van de doorsnede wel afnemen.

In figuur 9 is de moment-krommingsrelatie beschreven voor een doorsnede van halfsteensmetselwerk zonder normaaldrukkracht, uitgaand van de spannings-rekrelatie uit figuur 8 met een hechtsterkte van 0,2 MPa en een rekenwaarde van de druksterkte van 5,4 MPa.



figuur 9 Moment-krommingsrelatie voor een metselwerkdoorsnede $100 \times 1000 \text{ mm}^2$

Ter illustratie wordt hierna op basis van de uitgangspunten bij de eenvoudige benadering ook het uiterst opneembare moment en de maximale kromming bepaald:

$$M_{Rm,max} = f_{xkl} W = f_{xkl} \frac{h_m^2}{6} = 0,3 \cdot 10^3 \frac{0,1^2}{6} = 0,5 \text{ kNm/m}$$

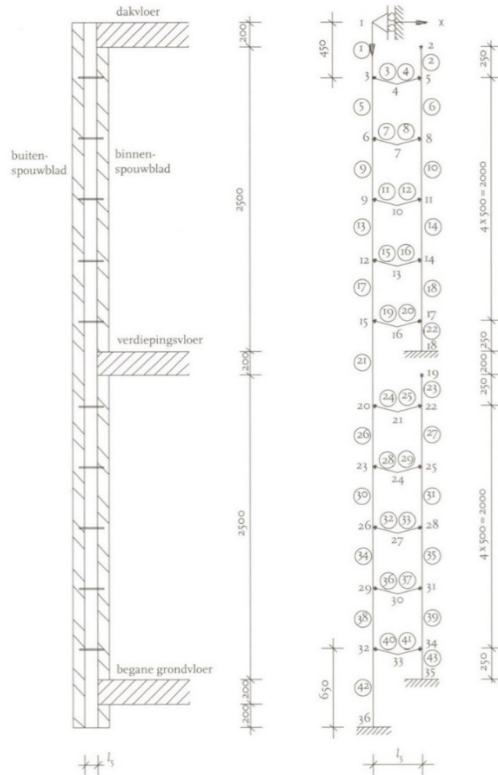
$$\kappa_{max} = \frac{2\varepsilon_{max}}{h_m} = \frac{2f_{xkl}}{E_m h_m} = \frac{2 \cdot 0,3 \cdot 10^3}{5,4 \cdot 10^6 \cdot 0,1} = 0,0011 \text{ m}^{-1}$$

Opgemerkt dient te worden dat indien een buitenblad zo wordt belast dat in een snede de maximale momentweerstand is bereikt, het metselwerk aan stijfheid verliest en dat ook bij een nieuwe, lagere belasting de constructie zich minder stijf zal gedragen.

5 Niet-lineaire berekeningen

5.1 Inleiding

In [3] is naast het niet-lineaire materiaalgedrag ook een schema beschreven voor het beschouwen van een spouwmuur doorgaand over twee bouwlagen, waarbij het binnen- en buitenblad zijn verbonden met spouwankers en waarbij sprake is van verschillende randvoorwaarden, zie figuur 10. Deze verschillende randvoorwaarden komen voort uit de wijze waarop het gemetselde binnenblad met de bovenliggende vloer is verbonden.



figuur 10 Schema voor een spouwmuur over twee bouwlagen volgens [3]

Dit schema is hierna ook gebruikt voor het beschouwen van het gedrag van een spouwmuur bestaande uit een gemetseld buitenblad en een hsb-binnenblad. Hierbij is aangenomen dat het hsb-binnenblad ter plaatse van de aansluiting met de vloeren scharnierend is bevestigd aan de vloeren.

Hierna wordt voor een aangepast schema nagegaan hoe, uitgaande van het niet-lineaire gedrag van het metselwerk de krachtsverdeling in en de vervorming van de spouwmuur zich verhouden tot de grootte van de horizontale stuwdruk.

5.2 Berekeningen van situatie met een stijl van 152 mm

Er zijn niet-lineaire berekeningen uitgevoerd voor een situatie waarbij de stuwdruk telkens is verhoogd. Bij deze berekening is uitgegaan van de volgende eigenschappen:

buitenblad:

- 100 mm dik
- rekenwaarde druksterkte 5,4 MPa
- hechtsterkte 0,2 MPa
- alleen gekoppeld met fundering

binnenblad:

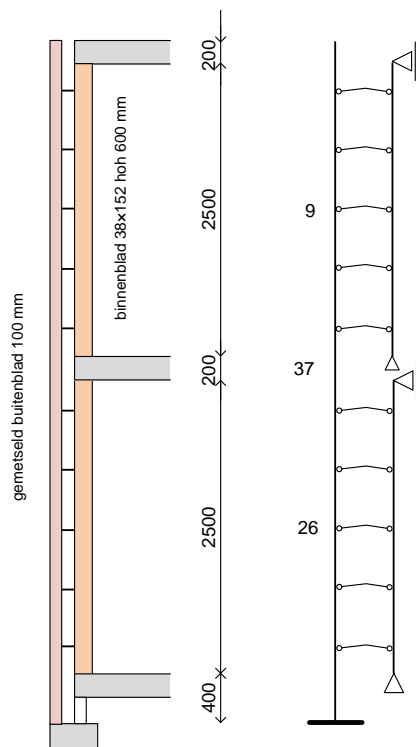
- houten stijlen $38 \times 152 \text{ mm}^2$
- $E = 11000 \text{ MPa}$
- h.o.h.-afstand 600 mm
- scharnierend gesteund ter plaatse van de aansluiting met de vloeren

spouwankers:

- Ø4
- 4 ankers per m² (h.o.h. 500 mm in verticale en horizontale richting)

Een schets van de bouwkundige situatie en het gehanteerde model is hierna gegeven in figuur 11.

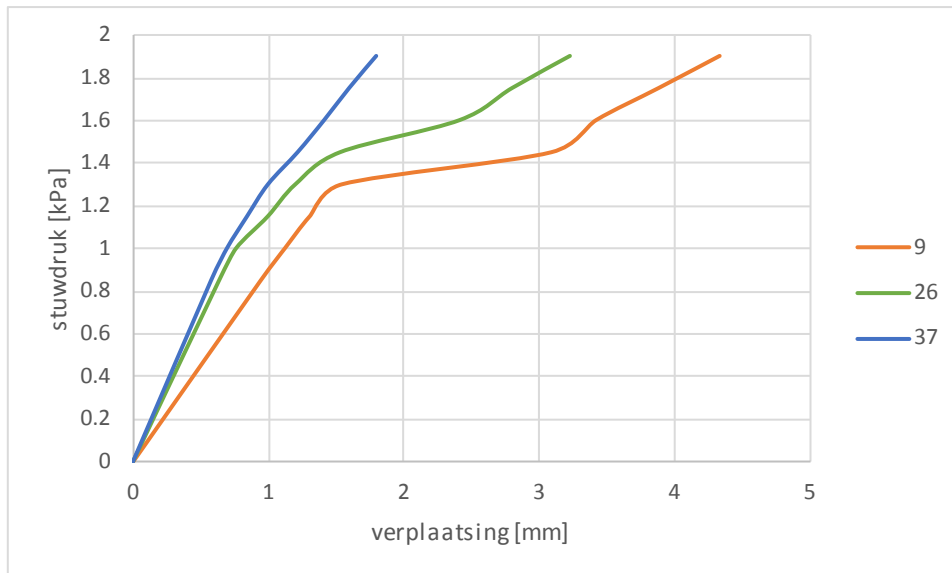
Bij het uitvoeren van de eerste niet-lineaire berekening is een stuwdruk van 0,85 kN/m² beschouwd. Hiervan is 0,8 p_w als belasting op het buitenblad gezet en 0,3 p_w als belasting op het binnenblad. De factoren 0,8 en 0,3 komen overeen met de drukcoëfficiënten volgens NEN-EN 1991-1-4 voor respectievelijk de uitwendige druk op de gevel en de inwendige onderdruk.



figuur 11 Beschouwde gevel en schema voor niet-lineaire berekening

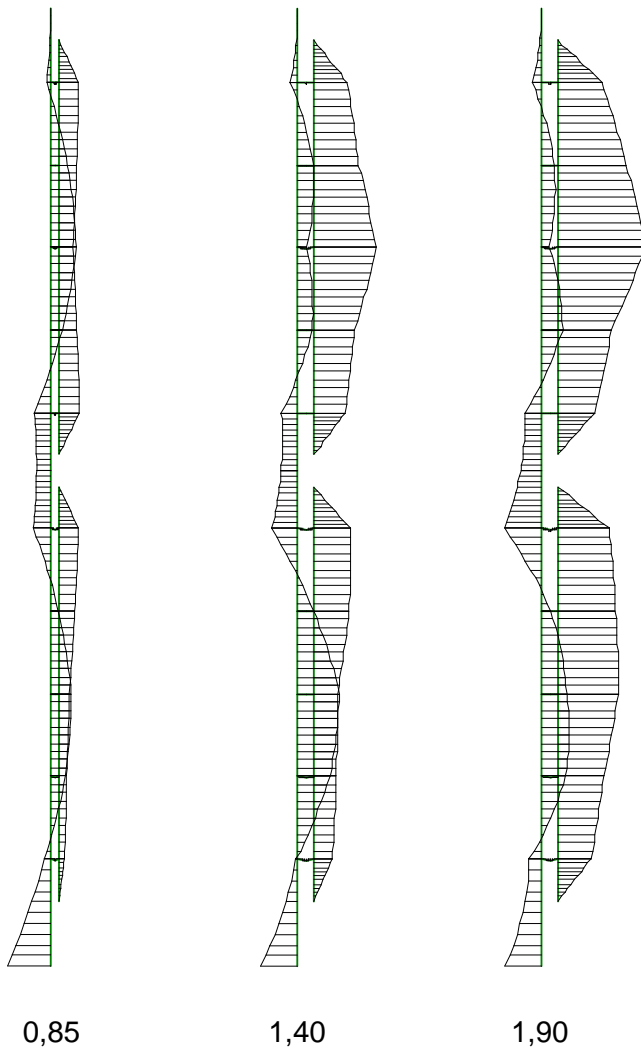
De berekening bij deze belasting resulteert in een evenwichtstoestand. Daaruit is af te leiden dat het metselwerk niet is bezweken. Vervolgens is de berekening herhaald waarbij de stuwdruk met stappen van 0,15 kN/m² is opgevoerd tot een maximum van 1,9 kN/m². Bij al deze berekeningen is een evenwichtstoestand gevonden. In figuur 12 is de relatie gegeven tussen de stuwdruk en de gevonden horizontale verplaatsingen van de in figuur 11 aangegeven knopen in het buitenblad. Hierbij is:

- knoop 9 het midden van het gemetselde buitenblad op de bovenste bouwlaag;
- knoop 26 het midden van het gemetselde buitenblad op de onderste bouwlaag;
- knoop 37 het gemetselde buitenblad ter plaatse van de middelste verdiepingvloer.



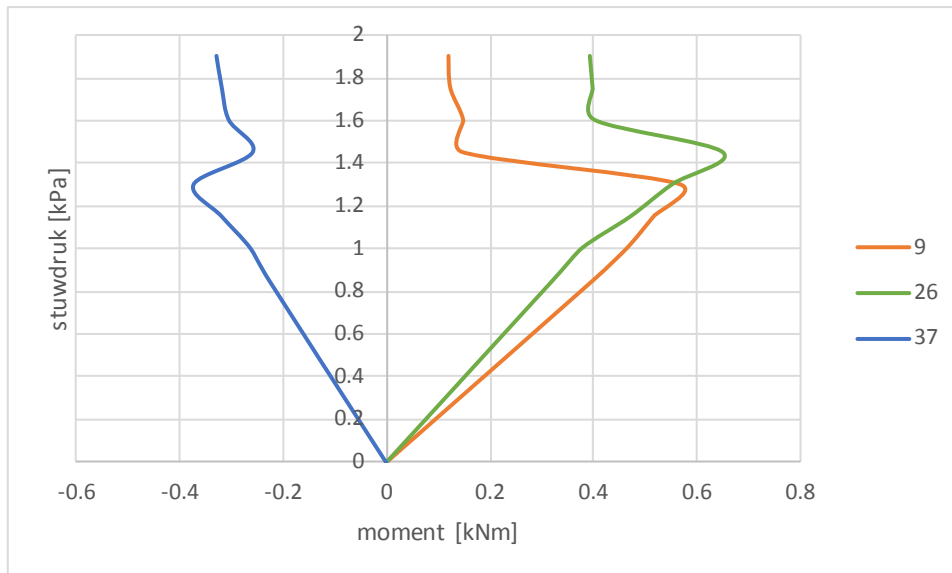
figuur 12 Relatie tussen verplaatsing knopen in het buitenblad en de stuwdruk

Uit de figuur blijkt dat vanaf een stuwdruk van circa $1,0 \text{ kN/m}^2$ de relatie tussen verplaatsing en stuwdruk niet meer lineair is. De doorbuiging van het buitenblad neemt dan meer dan evenredig toe bij een toename van de belasting. Dit wordt veroorzaakt doordat de maximale momentweerstand van het buitenblad is bereikt en dat daarbij de stijfheid van het metselwerk afneemt. In figuur 13 is zichtbaar dat bij een beperkte stuwdruk het stijve buitenblad relatief veel moment naar zich toetrekt. Bij een toename van de stuwdruk wordt eerst het maximale veldmoment in het buitenblad op de bovenste bouwlaag bereikt. De momentweerstand neemt op die plaats daarna af bij een toename van de belasting. Zodoende zal het binnenblad meer moment overnemen. Vervolgens gebeurt hetzelfde op de onderste bouwlaag.



figuur 13 Momentverdeling in het binnen- en buitenblad bij respectievelijk 0,85, 1,40 en 1,90 kN/m² stuwdruk

In figuur 14 is beschreven hoe de momenten in het buitenblad zich ontwikkelen bij een toename van de stuwdruk. Uit de figuur blijkt dat in het midden van de bouwlagen in het metselwerk de maximale momentweerstand wordt overschreden. Ter plaatse van de middelste verdiepingsvloer, waar een steunpuntsmoment ontstaat, blijft de momentweerstand onder de maximale momentweerstand hier is nog geen verzwakking van de doorsnede opgetreden.



figuur 14 Relatie tussen moment in de knopen in het buitenblad en de stuwdruk

5.3 Conclusie uit de niet-lineaire berekening

De verplaatsingen die zijn bepaald in de uitgevoerde niet-lineaire berekeningen zijn van een zelfde orde van grootte als de verplaatsingen die bij het experimentele onderzoek zijn bepaald. Ook blijkt dat in het numerieke model geen metselwerkdoorsnede aanwezig is die, bij de uitgeoefende belasting zo gescheurd is dat de momentweerstand naar nul is teruggevallen.

Geconcludeerd kan worden dat het numerieke model redelijk en de resultaten van het experimentele model redelijk met elkaar overeenkomen. Zodoende kan het model gebruikt worden om aanbevelingen af te leiden voor het toetsen van de bruikbaarheidsgrenstoestand.

6 Aanbevelingen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand

6.1 Achtergronden

Aanbevelingen voor het toetsen van de spouwmuurconstructie in de bruikbaarheidsgrenstoestand hebben tot doel om de scheurvorming in het gemetselde buitenblad gedurende het reguliere gebruik te beperken. Het beperken van de scheurvorming dient vooral een esthetisch doel en niet het waarborgen van de duurzaamheid van de gevel.

Het toetsen van vervormingen van constructie-elementen geschiedt volgens de Eurocodes veelal bij de frequente belastingscombinatie. Deze is in NEN-EN 1990 als volgt gedefinieerd:

$$G_k + \psi_1 Q_{k,1} + \sum \psi_2 Q_{k,i}$$

waarin:

G_k is de karakteristieke waarde van de permanente belasting;

$Q_{k,1}$ is de karakteristieke waarde van de eerste veranderlijke belasting;

$Q_{k,i}$ is de karakteristieke waarde van de i^e veranderlijke belasting, waarbij $i > 1$;

- ψ_1 is de factor in verband met de frequente waarde van een veranderlijke belasting;
 ψ_2 is de factor in verband met de quasi-blijvende waarde van een veranderlijke belasting.

Opgemerkt wordt dat de grootte van de factor ψ_1 voor de klimatologische belastingen zoals wind en sneeuw klein is. Deze is volgens de nationale bijlage bij NEN-EN 1990 voor die belastingen gelijk aan 0,2. De belasting bij de frequente belastingscombinatie op gevels en daken is daarom beperkt van grootte. Het is mede daarom dat voor daken, waar de maatgevende belasting vaak door sneeuw wordt bepaald, in Nederland de doorbuiging getoetst wordt bij de karakteristieke belastingscombinatie. De karakteristieke belastingscombinatie is beschreven als:

$$G_k + Q_{k,1} + \Sigma \psi_0 Q_{k,i}$$

waarin:

- ψ_0 is de factor in verband met de combinatiewaarde van een veranderlijke belasting.

Voorgesteld wordt voor de doorbuigingseisen voor de beschouwde spouwmuren ook uit te gaan van de karakteristieke belastingscombinatie. Hierbij moet wel bedacht worden dat deze feitelijk belasting slechts zeer zelden, circa eens in de 50 jaar, voorkomt.

Uit de resultaten van het experimentele onderzoek blijkt dat een spouwmuur bestaande uit een gemetseld buitenblad en een hsb-binnenblad een gelijkmatig verdeelde belasting van 1,7 kN/m² weerstaan zonder dat hinderlijke scheurvorming optreedt.

Uit de resultaten van de niet-lineaire berekening blijkt dat de daar beschouwde combinatie van een halfsteensmetselwerk en de 38×152 mm² stijlen bij een belasting gelijk aan (0,8 + 0,3)1,9 = 2,09 kN/m² ook in staat is de belasting zonder hinderlijke scheurvorming te weerstaan.

Als deze belasting van 2,09 kN/m² wordt uitgeoefend op de houten stijlen (35×152 h.o.h. 0,6 m) alleen, kan de volgende doorbuiging worden bepaald:

$$\delta_{bi,tot} = \frac{5}{384} \frac{12 \cdot q_k L^4}{E_h b_s h_s^3} = \frac{5}{384} \frac{12 \cdot 0,6 \cdot 2,09 \cdot 2500^4}{11000 \cdot 38 \cdot 152^3} = 5,2 \text{ mm}$$

Deze doorbuiging is gelijk 1/500 van de overspanning van de stijlen.

6.2 Aanbeveling

Aanbevolen wordt om de constructie van spouwmuren, bestaande uit een gemetseld buitenblad met een dikte van maximaal 100 mm en hsb-binnenblad te toetsen op zowel de uiterste grenstoestand als de bruikbaarheidsgrenstoestand. Bij het toetsen van de uiterste grenstoestand dienen de spouwankers te worden ontworpen volgens NPR 9096-1-1 en moet de constructie van het hsb-binnenblad, belast door de windbelasting worden getoetst volgens NEN-EN 1997-1-1.

Bij het toetsen van de bruikbaarheidsgrenstoestand moet, met verwaarlozing van de stijfheid van het gemetselde buitenblad, getoetst worden of de stijfheid van het hsb-binnenblad voldoende is om bij de karakteristieke belastingscombinatie de doorbuiging te beperken tot 0,002 maal de hoogte van het hsb-binnenblad.

Rijswijk, 20-9-2018

Simon Wijte

Literatuur

1. Adviesbureau Hageman, Experimenteel onderzoek naar gedrag gevelmetselwerk, rapport 5372-2-1, 28 juli 2004.
2. Van der Pluijm, R, Out-of-Plane Bending of Masonry Behaviour and Strength, 1999.
3. CUR, Constructieve aspecten bij ontwerp, berekening en detaillering van gevels in metselwerk, Aanbeveling 71, 2000.