

TECHNISCHE AANBEVELING



STICHTING
STAPELBOUW

***Toepassing van niet hechtende wapening voor het
verhogen van de weerstand van gemetselde penanten***

Aanvullende voorwaarden en rekenregels bij NEN-EN 1996-1-1 en NPR 9096-1-1

STA.030.2018 – Mei 2018

Voorwoord

In NEN-EN 1996-1-1 en NPR 9096-1-1 zijn voorwaarden en rekenregels opgenomen voor het beoordelen van de stabiliteit van een rij eengezinswoningen bij een belasting door wind. In sommige gevallen is bij een ontwerp de breedte van de gemetselde penanten te beperkt om de stabiliteit van de constructie voldoende te waarborgen. Deze Aanbeveling beschrijft hoe door het toepassen van verticale niet hechtende wapening in of naast de gemetselde penanten de weerstand tegen horizontale belasting kan worden vergroot.

De beschreven toepassing is ook geschikt om in het geval van aardbevingsbelastingen de weerstand tegen horizontale belastingseffecten te verhogen.

Deze aanbeveling is opgesteld door de Technische Commissie van de Stichting Stapelbouw. Ten tijde van het vaststellen van de aanbeveling was de samenstelling van de Technische Commissie als volgt:

ing. E. van Alstede	VNK
H. Arts	BB&S
F. de Bever	Omnicol
dr.ir. J. Blaakmeer	NeMO
mr. V. van Egmond	VNK
ing. A. Hoekstra	Bekaert
ir. E. Van Overmeire	Xella
dr. ir. R. van der Pluijm	KNB
ing. A. van Termeij	Gebr Bodegraven
dr.ir. A.Th. Vermeltfoort	TU Eindhoven
ing. G.A. Westenbroek	KNB
prof.ir. S.N.M. Wijte	Adviesbureau Hageman (rapporteur)

Inleiding

De stabiliteit van een rij eengezinswoningen bij een belasting door wind wordt vaak ontleend aan penanten die in de voor- en/of achtergevel, of naast het trapgat zijn geplaatst. Rekenregels hiervoor zijn opgenomen in NPR 9096-1-1. Het is mogelijk dat bij een ontwerp de beschikbare breedte van de penanten te beperkt is om de stabiliteit van de constructie te waarborgen. Voor die situaties is in deze Aanbeveling een alternatief beschreven waarbij binnen de beschikbare breedte van de penanten, de weerstand tegen horizontale belastingen kan worden vergroot. Dit alternatief bestaat uit het aanbrengen van verticale wapening in of naast de penanten. Deze wapening dient niet te hechten aan het metselwerk van de penanten maar wel te worden verankerd in de fundering en bij de verdiepingsvloeren.

In het geval van een aardbevingsbelasting kan door toepassing van verticale niet hechtende wapening ook de weerstand van de constructie verbeterd worden.

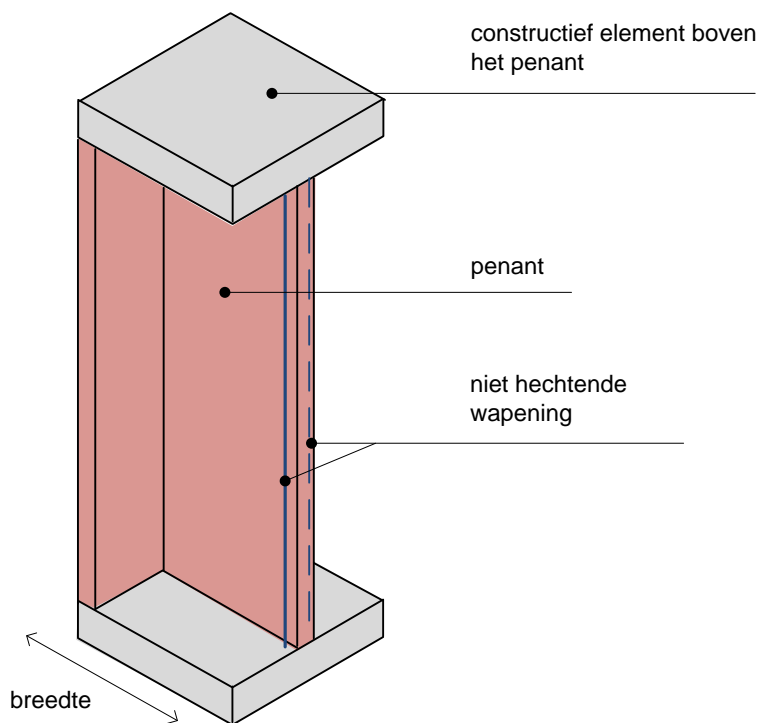
1 Algemeen

1.1 Onderwerp en toepassingsgebied

Deze Aanbeveling is bedoeld voor het ontwerp en de berekening van gemetselde penanten waarvan de weerstand tegen horizontale belasting wordt verhoogd door het aanbrengen van niet hechtende stalen wapening die in de constructieve elementen onder en boven het penant voldoende verankerd is. De penanten kunnen zowel een rechthoekige als een T-vormige doorsnede hebben.

De aanbeveling is opgesteld als een aanvulling op NEN-EN 1996-1-1, de onlosmakelijk daarmee verbonden nationale bijlage en NPR 9096-1-1. Indien in de aanbeveling op bepaalde onderdelen van NEN-EN 1996-1-1 geen aanvullende en/of afwijkende bepalingen worden gegeven, gelden NEN-EN 1996-1-1 en de NPR 9096-1-1 onverkort. NEN-EN 1996-2 is onverkort van toepassing.

Het toepassingsgebied van de aanbeveling is beperkt tot penanten die worden versterkt met niet hechtende wapening over de hoogte van één bouwlaag en die een maximale breedte hebben van 1 meter.



Figuur 1 Voorbeeld van penant met niet hechtende wapening

OPMERKING De indeling van de aanbeveling is zo dat de nummers van artikelen aansluiten bij de artikelen in NEN-EN 1996-1-1.

OPMERKING De toegepaste techniek is ook geschikt om de weerstand van de constructie bij aardbevingsbelastingen te verbeteren. In bijlage A is beschreven hoe voor de beschouwde constructies een niet-lineaire push-over-berekening overeenkomstig NPR 9998 kan worden uitgevoerd.

1.5 Termen en definities

1.5.7 Termen gerelateerd aan wapening

1.5.7.4 Niet hechtende wapening

Wapening aangebracht in of naast een steenconstructie waarbij er geen sprake is van hechting tussen het metselwerk en de wapening zodat het mogelijk is dat de wapening ten opzichte van het metselwerk kan verschuiven.

3 Materialen

3.4 Wapeningsstaal

3.4.2 Eigenschappen van wapeningsstaven

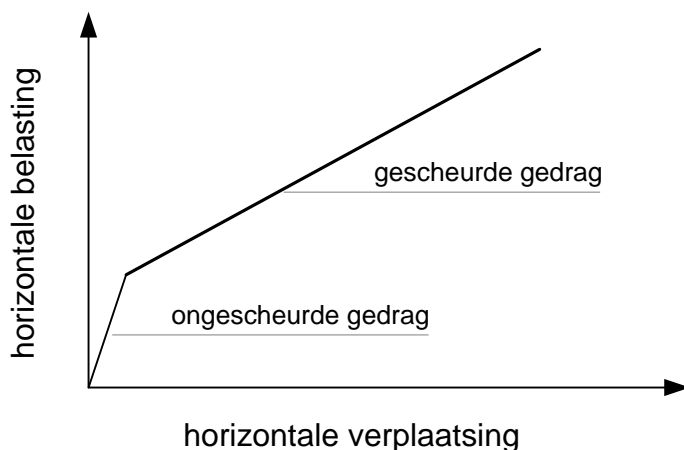
(3) Voor de rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus E_s mag 200 GPa zijn aangenomen.

5 Constructieve berekening

5.5.6 Penanten versterkt met niet hechtende wapening

Het last-vervormingsgedrag wordt gekarakteriseerd door twee takken (zie figuur 2):

- het ongescheurde gedrag;
- het gescheurde gedrag.



Figuur 2 Last-verplaatsingsgedrag van een penant met niet hechtende wapening

Als het penant en zijn aansluiting op de ondersteunende constructie ongescheurd is, treedt in de wapening geen significante verlenging op en kan de bijdrage van de wapening worden verwaarloosd. De overgang tussen het gescheurde en ongescheurde gedrag wordt bepaald op het moment dat de grootste buigtrekspanning in het penant of de kim gelijk is aan f_{xd1} .

OPMERKING De grootte van de buigtrekspanning kan worden beïnvloed door een eventuele voorspankracht in de niet-hechtende wapening.

Voor het ongescheurde gedrag geldt dat voor de relatie tussen de bijkomende horizontale verplaatsing u en de horizontale kracht H_{Ed} geldt:

$$u = \frac{H_{Ed} h^3}{3EI} \quad (1)$$

waarin:

u is de bijkomende verplaatsing veroorzaakt door H_{Ed} ;

- H_{Ed} is de rekenwaarde van de horizontale belasting aan de bovenzijde van het penant;
 h is de hoogte van het penant;
 E is de korte duur secans-elasticiteitsmodulus van metselwerk;
 I is het kwadratisch oppervlakte moment van de doorsnede van het penant.

Onder de voorwaarde dat x niet groter is dan $0,5d$ kan de grootte van de kracht in de wapening, na het ontstaan van de scheur geldt (zie ook Figuur 3):

$$S_{Ed} = \frac{H_{Ed} h - N_{BEd}(e_z - e_n - z) - N_{GEd}(e_z - z)}{d - z} \quad (2)$$

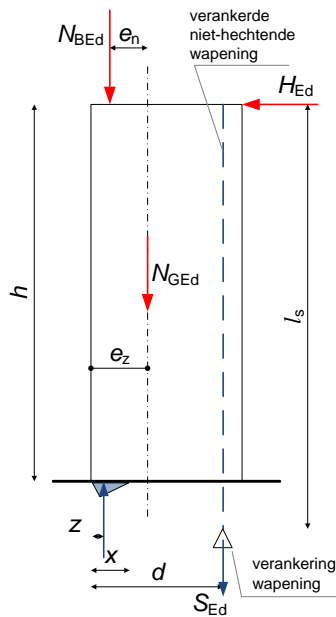
waarin:

- S_{Ed} is de rekenwaarde van de trekkracht in de wapening;
 H_{Ed} is de rekenwaarde van de horizontale belasting aan de bovenzijde van het penant;
 N_{BEd} is de rekenwaarde van de bovenbelasting anders dan de voorspanning in het wapeningsstaal;
 N_{GEd} is de rekenwaarde van het gewicht van het penant;
 h is de hoogte van het penant;
 e_z is de afstand tussen het zwaartepunt van de doorsnede en de meest gedrukte vezel;
 e_n is de afstand tussen het zwaartepunt van de doorsnede en de werklijn van kracht N_{BEd} ;
 d is de afstand tussen de wapening en de meest gedrukte vezel;
 A_c is het oppervlakte van de onderste doorsnede waarin drukspanningen aanwezig zijn;

voor penanten met een rechthoekige vorm geldt: $A_c = \frac{2(N_{BEd} + N_{GEd} + S_{Ed})}{f_d}$ (3)

voor penanten met een T-vormige vorm geldt: $A_c = \frac{5(N_{BEd} + N_{GEd} + S_{Ed})}{f_d}$ (4)

- x is de hoogte van oppervlakte A_c
 voor een rechthoekige vorm van A_c geldt: $x = A_c/b_A$;
 b_A is de maximale breedte van A_c ;
 z is de afstand tussen de resultante van de reactiekracht en de meest gedrukte vezel,
 = $0,2x$ voor penanten met een rechthoekige vorm;
 = $0,5t$ voor penant-bouwmuur combinaties.



Figuur 3 Actieve krachten op een penant met niet hechtende wapening

OPMERKING Voor een penant met een rechthoekige doorsnede is er een eenduidige relatie tussen x en S_{Ed} en volgt S_{Ed} uit:

$$S_{Ed} = \frac{b_A d f_d}{0,8} - N_{GEEd} - N_{BEEd} - \sqrt{0,4 \left(\frac{b_A d^2 f_d}{1,6} - N_{GEEd} (d - e_z) - N_{BEEd} (d + e_n - e_z) - H_{Ed} h \right)} \quad (5)$$

Voor het gescheurde gedrag volgt de bijkomende verplaatsing u uit de grootte van de kracht in de wapening die nodig is om momentenevenwicht met H_{Ed} mogelijk te maken:

$$u = \frac{h}{d - z} \frac{S_{Ed} l_s}{E_s A_s} \quad (6)$$

Waarin:

u is de bijkomende verplaatsing;

h is de hoogte van het penant;

S_{Ed} is de rekenwaarde van de trekkracht in de wapening;

l_s is de lengte van de wapeningsstaaf tussen de verankeringen;

E_s is de rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus van het wapeningsstaal;

A_s is het oppervlakte van de doorsnede van het wapeningsstaal.

6 Uiterste grenstoestand

6.1.2 Toetsen van ongewapende metselwerkwanden voornamelijk belast door verticale belasting

(1) OPMERKING De weerstand tegen horizontale belasting van schorende ongewapende wanden kan complementair zijn aan de weerstand van penanten die zijn voorzien van niet hechtende wapening. Dit kan worden aangetoond door het last-verplaatsingsgedrag van beide wanden te vergelijken.

6.2 Ongewapende metselwerkwallen belast door een afschuifkracht

(1)P Bij het toetsen van de weerstand tegen afschuiving mag zijn aangenomen dat de normaalkracht in de doorsnede veroorzaakt wordt door S_{Ed} , N_{Bed} en het betreffende deel van N_{GEd} .

(4) Bij het toetsen van de verbinding tussen penant en bouwmuur moet zijn aangenomen dat de trekkracht in de wapening, S_{Ed} , als afschuifkracht in de verbinding aanwezig is.

6.10 Stalen wapening

(1) Er behoort te zijn getoetst dat:

$$S_{Ed} \leq A_s f_{yd} \quad (7)$$

waarin:

S_{Ed} is de rekenwaarde van de trekkracht in de wapening;

A_s is het oppervlakte van de doorsnede van het wapeningsstaal;

f_{yd} is de rekenwaarde van de sterkte van het wapeningsstaal.

(2) De weerstand van de verankering van de wapening dient voldoende te zijn om de effecten van S_{Ed} te kunnen weerstaan. De beschrijving van de weerstand moet zijn ontleend aan een daarvoor geschikte norm of productdocumentatie.

Normatieve verwijzingen

NEN-EN 1996-1-1:2006+A1:2013	Eurocode 6 - Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 1-1: Algemene regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk
NPR 9096-1-1:2012	Steenconstructies – Eenvoudige ontwerpregels, gebaseerd op NEN-EN 1996-1-1;
NPR 9998: 2015	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren – Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen.

Literatuur:

- Vermeltfoort, A.T., Meetrapport over negen proeven op stabiliteitspenanten, TU Eindhoven BWK 2012/949, 2012;
- Wijte, S.N.M., Achtergrondrapport en concept Aanbeveling, Hageman rapport 8970-1-0, d.d. 5-10-2016;
- Vermeltfoort, A.T., Pilotproject – Push Over testen op verdiepingshoge muren, TU Eindhoven BWK 2018/AV07, 2018;
- Wijte, S.N.M., Cyclisch belaste penanten gewapend met niet-hechtende wapening – Analyse van het constructieve gedrag, Hageman rapport 9840-1-0, 31-1-2018.

Bijlage A Uitvoeren push-over-berekening

Toepassingsgebied

Het toepassingsgebied zoals beschreven in 1.1 van deze Aanbeveling wordt verder beperkt tot metselwerk vervaardigd met groep 1 stenen.

Materiaaleigenschappen

Bij het uitvoeren van een push-over-berekening moet worden uitgegaan van de gemiddelde waarde van de metselwerkeigenschappen. Deze kunnen worden bepaald met behulp van hoofdstuk 9 van de NPR 9998

Belastingscombinatie

Uitgegaan moet worden van de belastingscombinatie zoals beschreven in 3.2.4 van de NPR 9998

Werkwijze

Voor het uitvoeren van de push-over-berekening voor een penant met een rechthoekige doorsnede kan de volgende werkwijze worden gevolgd:

- 1 Bepaal de waarde van de horizontale kracht H waarbij de doorsnede zal scheuren;
- 2 Bepaal de uitwijking u bij deze kracht H met vergelijking (1);
- 3 Bepaal bij een iets grotere waarde van H de grootte van de kracht S in de wapening met behulp van vergelijking (5);
- 4 Bepaald bij deze kracht in de wapening de uitwijking u met vergelijking (6);
- 5 Herhaal stap 3 en 4 tot dat een van de volgende capaciteiten worden bereikt:
 - de vloeigrens in de wapening;
 - de dwarskrachtweerstand in het penant.

Aanwijzingen

Als een constructie belast kan worden door aardbevingsbelastingen is het wenselijk dat energiedissipatie door het optreden van niet-lineair gedrag wordt verkregen. Bij penanten voorzien van niet-hechtende wapening is dit mogelijk als de wapening gaat vloeien. Dit kan worden bereikt bij een beperkte hoeveelheid wapening. Als te veel wapening wordt toegepast zal dwarskrachtbezuigen, door het bereiken van de bovengrens van de dwarskrachtcapaciteit zoals beschreven in 3.6.2 van NEN-EN 1996-1-1 optreden. Dit gaat gepaard met ongewenst bros bezuigen van de constructie.