



**BDA Dak- en
Geveladvies B.V.**

Avelingen West 33
Postbus 389
NL-4200 AJ Gorinchem
Tel. +31(0)183 669 690
groep@bda.nl
www.bda.nl
KvK 23040253
IBAN NL19RABO0102372446
BIC RABONL24

KC Bouwburo & Ingenieurs b.v.
T.a.v. de heer H.F. Coenen
Sluisweg 11
8321 DX URK

Gorinchem, 4 april 2016

Ref. : GK/JV C 16-0417
Project : IsoniQ muurvoet
Betreft : sterkteberekeningen
Opdrachtnr. : 15-C-0673

Geachte heer Coenen,

Naar aanleiding van uw opdracht ontvangt u hierbij de sterkteberekeningen voor bovengenoemd project.

De IsoniQ muurvoet betreft een geprefabriceerd EPS element waarin dragende lichtbetonnen kolommen zijn opgenomen. De muurvoet is bedoeld ter voorkoming van koudebrugverliezen ter plaatse van een dakaansluiting met opgaand metselwerk.

In deze brief wordt de minimaal benodigde druksterkte berekend van de betonnen draagkolommen in de muurvoet.

De berekeningen zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- de maximale hoogte van het opgaand metselwerk bedraagt 10 meter;
- de maximale hoogte van de dragers in de muurvoet bedraagt 450 mm;
- de kolommen worden h.o.h. 500 mm toegepast;
- de kolommen hebben een doorsnede van 80 mm;
- de kolommen worden overeenkomstig de verwerkingsvoorschriften volledig ondersabeld met mortel.

Sterkte-eis

Volgens NEN-EN 1990 moet de rekenwaarde van de belasting kleiner zijn of blijven dan de rekenwaarde van de constructiesterkte.

$$F_d = \gamma_f \times F_{rep} \leq R_d = R_{rep} / \gamma_m$$



onderdeel van de BDA Groep



Member of the KIWA organisation



Alle opdrachten aan BDA worden
aanvaard en uitgevoerd volgens De
Nieuwe Regeling DNR 2011

Hierin is:

F_d = de rekenwaarde van de belasting uit 10 m halfsteens metselwerk;

F_{rep} = de representatieve waarde van de belasting uit 10 m halfsteens metselwerk;

R_d = rekenwaarde van de sterkte van de kolomconstructie;

R_{rep} = representatieve waarde van de sterkte van de kolomconstructie.

Voor de belastingfactor voor woongebouwen moet $\gamma_f = 1,5$ worden aangehouden voor veranderlijke belastingen en 1,35 voor permanente belastingen.

De belasting uit metselwerk op de betonnen draagkolommen is een permanente belasting waarvoor met $\gamma_f = 1,35$ gerekend mag worden.

Normbelastingen metselwerk

Het gewicht van halfsteens metselwerk bedraagt $q = 2 \text{ kN.m}^{-2}$.

10 m hoog metselwerk veroorzaakt een rekenwaarde voor de permanente belasting van

$$Q_{d,metselwerk} = \gamma_f \times q \times h = 1,35 \times 2 \times 10 = 27 \text{ kN.m}^{-1}.$$

De kolommen staan op hart op hartafstand $B = 500 \text{ mm}$.

De kolombelasting bedraagt:

$$Q_{d,kolom} = Q_{d,metselwerk} \times B = 27 \times 0,5 = 13,5 \text{ kN}.$$

Sterkte betonkolom

De betonkolommen worden fabrieksmatig vervaardigd. Gedurende het productieproces wordt de druksterkte gecontroleerd middels het testen in een drukbank van de cilinderdruksterkte.

De karakteristieke cilinderdruksterkte is afhankelijk van de grootte van de proefstukken, het aantal gedrukte cilinders, de gemiddelde cilinderdruksterkte en de standaardafwijking.

De rekenwaarde van de cilinderdruksterkte wordt bepaald door de karakteristieke cilinderdruksterkte te delen door de materiaalfactor γ_M .

Deze berekeningen worden uitgevoerd overeenkomstig Eurocode NEN-EN 1990.

De materiaalfactor γ_M wordt ontleend aan Eurocode NEN-EN 1992-1-1.

De materiaalfactor $\gamma_M = \gamma_c = 1,5$.

De spanning in de betonkolommen neemt toe als de belasting uit het metselwerk excentrisch aangrijpt op de kolommen. Gerekend moet worden dat de kolommen niet exact in het hart van het bovenliggende metselwerk zullen staan. De excentriciteiten worden beperkt door het opgaand metselwerk met spouwankers voldoende te verankeren aan het binnenblad.

Indien excentriciteiten optreden, ontstaan buigende momenten in de kolommen waardoor de draagkracht afneemt.

Omdat het gaat om ongewapende betonnen kolommen mogen door de excentriciteit zeker geen trekspanningen kunnen ontstaan. Als de excentriciteit kleiner is $1/8$ van de betondiameter dan treden in het beton geen trekspanningen op. Om te voorkomen dat trekspanningen in de betonkolommen ontstaan, moet de excentriciteit kleiner zijn dan $1/8 \times 80 = 10$ mm.

Bij een excentriciteit van 10 mm neemt de drukspanning aan de gedrukte zijde echter met een factor 2 toe.

Een veilige aanname is om met een excentriciteit van 10 mm te rekenen.

De rekenwaarde van de druksterkte van de betonkolommen moet dan ten minste

$$f_{cd} > 2 \times Q_{d,kolom} / A_{kolom} = 2 \times 13,5 \times 10^3 / (1/4 \pi d^2) = 5,38 \text{ N.mm}^{-2} \text{ bedragen.}$$

De karakteristieke cilinderdruksterkte moet ten minste $f_{ck} > \gamma_c \times f_{cd} = 1,5 \times 5,38 = 8,06 \text{ N.mm}^{-2}$ bedragen.

Beproeving

In het laboratorium van Kiwa BDA Testing B.V. zijn op 26 januari 2016 drukproeven uitgevoerd op een aantal cilinders.

Alle proefstukken (3 keer 3) hebben een diameter van 80 mm en een hoogte van 145 mm.

De proefstukken waren op het moment van beproeven 1 tot 2 weken oud.

Er zijn 3 verschillende betonmengsels gemaakt (producties 1, 2 en 3).

Productie	Productiedatum	Gemiddelde bezwijklast	Minimale bezwijklast	Bezuikspanning	Samendrukking
1	13 jan. 2016	48,8 kN	48,2 kN	9,6 N.mm ⁻²	0,8%
2	19 jan. 2016	36,7 kN	33,8 kN	6,72 N.mm ⁻²	0,6%
3	19 jan. 2016	38,4 kN	36,2 kN	7,2 N.mm ⁻²	0,6%

Indrukking kolom van 450 mm hoog: $13,5 / 1,35 \times 450 / (1250 \times 1/4 \times \pi \times 80^2) = 0,7$ mm.

De elasticiteitsmodulus van alle proefstukken is nagenoeg gelijk: 1250 N.mm^{-2} .

Alleen de proefstukken 1 hebben een voldoende druksterkte. Op basis van deze uitkomsten worden de dragers uitgevoerd in mengsel 1. Mengsel 1 is vervaardigd met CEMI-42,5 N cement en een massa van 1090 gr per liter. Dit mengsel is vervolgens door Nebest getest. Nebest vindt voor mengsel 1 een laagste waarde van de druksterkte na 4 weken van $12,7 \text{ N.mm}^{-2}$. Dit is voor de beoogde toepassing ruim voldoende. Toekomstig te ontwikkelen betonmengsels moeten een minimale volumieke massa hebben van ten minste 850 kg.m^{-3} . De karakteristieke cilinderdruksterkte moet daarvoor ten minste $8,06 \text{ N.mm}^{-2}$ bedragen.

De druksterkte kan, mits goed geconditioneerd, oplopen tot de proefstukken circa 28 dagen oud zijn. Hieruit is af te lezen dat beproeving van de cilinders uitgevoerd moet worden niet voordat de proefstukken 28 dagen oud zijn.

Ondersabelingsmortel

Bij stapeling van steenachtige materialen kunnen slijtspanningen optreden als de voegmortel een relatief lage elasticiteit heeft. Voor de muurvoet betekent dit dat de mortel als het ware uitstulpt waarbij trekspanningen/slijtspanningen kunnen ontstaan in de betonkolomkop/voet.

Dit kan worden voorkomen door een uitvlakmortel met hoge elasticiteitsmodulus (hoger dan van de kolommen) toe te passen. Dit kan bijvoorbeeld met een standaard metselmortel.

Dit probleem speelt bij alle stapelingen van steenachtige constructies en is afhankelijk van het spanningsniveau. Als dat laag is ten opzichte van de druksterkte dan is er geen risico, maar als de druksterkte benaderd wordt, dan kan slijten optreden als de voegmortel een relatief lage E-modulus heeft.

Brandwerendheidseisen met betrekking tot de IsoniQ muurvoet

De brandwerendheidseisen worden aangestuurd vanuit het Bouwbesluit 2015.

In afdeling 2.2 wordt de eis vermeld dat een bouwconstructie bij brand niet bezwijkt binnen de in tabel 2.10.1 aangegeven tijdsduur.

Dat kan gaan om een tijdsduur van 60, 90 of 120 minuten afhankelijk van het gebruik van het gebouw en de hoogte van de hoogste vloeren.

In artikel 2.11 wordt aangegeven dat de constructieve sterkte moet zijn berekend op basis van de van toepassing zijnde Eurocode delen. Voor gemetselde gevels gaat het dan om NEN-EN 1996-1-1 en NEN-EN 1996-1-2. De sterkte van spouwmuren is afhankelijk van de belasting van de binnen- en buitenbladen. Maar in het algemeen mag voor brandoverslag/branddoorslag de individuele brandwerendheid van de beide bladen worden opgeteld. Het buitenblad heeft volgens NEN-EN 1996-1-2 een positieve bijdrage in het brandgedrag van de gevelconstructie. Het uitgangspunt daarin is dat de toegepaste steenachtige materialen zelf niet brandbaar zijn. De steenachtige materialen behoren tot brandklasse A (de hoogste klasse).

In afdeling 2.9 (Beperking van het ontwikkelen van brand en rook) worden eisen geformuleerd ten aanzien van de brandklasse van de toegepaste bouwmaterialen.

De eisen variëren ten aanzien van de plek in het gebouw, het al of niet grenzen aan vluchtroutes en de gebruiksfunctie. De eisen kunnen voor een buitenblad variëren tussen brandklasse B en D. De brandklasse wordt bepaald overeenkomstig NEN-EN 13501-1.

In klasse B zit een klein deel brandbaar materiaal.

Voor de eisen ten aanzien van brandwerendheid worden in de genoemde normen geen nadere specificaties gegeven voor de positie in de gevel (langs maaiveld of langs een aansluitend dak). Daarom moet elk constructief onderdeel van de spouwmuur voldoen aan een brandklasse B of beter. De muurvoet bevat de draagconstructie (kolommetjes met een bepaalde doorsnede en hoogte) waarop het buitenblad wordt gepositioneerd. De kolommen in de muurvoet worden omgeven door EPS. Dit is op zichzelf een brandbaar materiaal. Het kolommateriaal moet ten minste brandklasse B zijn. Het kolommateriaal is getest tot 1000 °C en voldoet aan brandklasse A en is onbrandbaar. De sterkte van het kolommateriaal in de muurvoet is afhankelijk van de belasting, de proefstukhoogte en uiteraard de aard van het materiaal.

Voor gemetselde constructies kan de brandwerendheid worden ontleend aan NEN-EN 1996-1-2. De kolomstructuur wordt niet behandeld in deze norm, zodat deze norm niet gebruikt kan worden om de brandwerendheid van de kolommen te kunnen vaststellen.

Om toch een brandwerendheid van ten minste 30 minuten te kunnen halen, moet de belasting op de dragers voldoende laag zijn. Bij een minimale druksterkte van 12,7 N.mm⁻² en een rekenwaarde van de belasting van 2,69 N. mm⁻² (zonder excentriciteit) bedraagt de belastingfactor:

$$\alpha = \frac{2,69}{12,7} = 0,21.$$

Overigens kan men de vraag stellen of de standaard brand kan optreden bij de muurvoet.

BDA is van mening dat dat niet kan, zodat de muurvoet voldoet aan de minimale eisen voor brandwerendheid.

Om mogelijke twijfels over de brandwerendheid weg te nemen, moeten de kolommen worden beproefd in een brandtest.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,
BDA Dak- en Geveladvies B.V.



ir. G. Koers