

Ontwerp van steenzetting met basalt

M. Klein Breteler

I Inleiding

In het kader van het ‘Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen’ is er ook aandacht gegeven aan de stabiliteit van basalt (Rudolph e.a. (2005), en de aanvullende notitie van Klein Breteler (2005)). Uit dit onderzoek is een aanbeveling gekomen omtrent het toetsen en ontwerpen van basalt.

Door de gebruikersgroep van Steentoets2007 is echter voorgesteld om een kleine wijziging aan te brengen in de aanbeveling m.b.t. het ontwerpen van steenzettingen met basalt. In deze notitie is dit nader uitgewerkt, waarin ook de opmerkingen van de klankbordgroep zijn verwerkt, die ook betrekking hebben op het toetsen van basalt.

De conclusies op basis van het Deltagootonderzoek zijn weergegeven in hoofdstuk 2 (oude situatie van voor de discussie in de gebruikersgroep), en de nieuwe aanbevelingen in hoofdstuk 3.

2 Toetsen en ontwerpen van steenzettingen met basalt

In dit hoofdstuk zijn de aanbevelingen voor het ontwerpen en toetsen van steenzettingen met basalt van Rudolph e.a. (2005) en Klein Breteler (2005) samengevat. Dit beschrijft de situatie zoals het was: voordat de begeleidingsgroep van Steentoets2007 wijzigingen voorstelde. De voorgestelde wijzigingen zijn beschreven in hoofdstuk 3.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de tijzone en de zone erboven, en tussen dijktaaluds en buitentaluds op havendammen:

- In de tijzone op dijken:
 - In de tijzone kunnen de normale toets- en ontwerpregels gehanteerd worden: ANAMOS, inclusief 6-ksi-regel.
 - Gezien het feit dat de eerste schade vooral optreedt bij de tapse of bolle zuilen, wordt aanbevolen tijdens de aanleg ervoor te zorgen dat zo min mogelijk van dit soort basalt verwerkt wordt (zie onderstaande omschrijving van ongewenste zuilen).
 - In het eerste stormseizoen na de aanleg van basalt zal men desondanks extra alert moeten zijn op het uitgelicht raken van enkele afzonderlijke zuilen (vaak met wat minder gunstige vorm, zoals tapse zuilen)
- Boven de tijzone op dijken:

- Gezien het feit dat de eerste schade vooral optreedt bij de tapse of bolle zuilen, wordt aanbevolen tijdens de aanleg ervoor te zorgen dat zo min mogelijk van dit soort basalt verwerkt wordt (zie onderstaande omschrijving van ongewenste zuilen).
- De basalt zal pas op eindsterkte zijn gekomen nadat er enkele stormen overheen zijn gegaan en de slecht zittende zuilen, die uitgelicht geraakt zijn, zijn gerepareerd. Of deze kleine schades acceptabel zijn, is afhankelijk van of er voldoende vertrouwen is in de reststerkte nadat enkele afzonderlijke zuilen tijdens de toetsomstandigheden uitgelicht zijn geraakt (vaak met wat minder gunstige vorm, zoals tapse zuilen). De indruk bestaat dat onder bepaalde omstandigheden zo'n kleine schade niet verdere uitgroeit. Als dat vertrouwen er is, wordt aanbevolen de normale toetsregels toe te passen (ANAMOS inclusief 6-ksi-regel).
- Als er *onvoldoende* vertrouwen is in de reststerkte bij het ontbreken van enkele afzonderlijke zuilen, dan moeten ook de resultaten van Deltagootproeven meegeteld worden m.b.t. basalt dat nog niet op eindsterkte is gekomen. Gezien het feit dat deze meetpunten wat lager liggen, moet aanbevolen worden de normale toetsregels (ANAMOS) aan te vullen met de eis dat F maximaal 5 mag zijn:

$$F = \frac{H_s}{\Delta D} \xi_{op}^{2/3} \leq 5$$

Met:

H_s = significante golfhoogte (op basis van energie) (m)

ξ_{op} = $\tan\alpha/\sqrt{(H_s/(1,56T_p^2))}$ = brekerparameter (-)

T_p = golfperiode bij de piek van het spectrum (s)

Δ = $(\rho_s - \rho)/\rho$ = relatief de soortelijke massa van de stenen (-)

D = dikte van de toplaag (m)

F = stabiliteitsparameter = $\xi_{op}^{2/3} \cdot H_s/(\Delta D)$ (-)

α = taludhelling (°)

ρ_s = soortelijke massa van de stenen (kg/m^3)

ρ = soortelijke massa van water (kg/m^3)

- Basalt op buitentalud van havendammen:

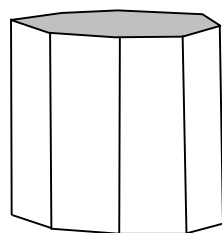
- Als de kruin van de havendammen ver boven water zit, is het niet te verwachten dat de stabiliteit van de basalt anders is dan op dijken. Daarom wordt aanbevolen het deel van het talud dat belast wordt bij waterstanden die ruim onder de kruin liggen, $h \leq h_c - H_s$, dezelfde toetsmethode te gebruiken als bij dijken, zie boven.
- Voor het deel van het talud dat belast wordt bij waterstanden in de buurt van de kruinhoogte, $h_c - H_s < h < h_c + H_s$, blijken de meetpunten beduidend lager te liggen dan volgens ANAMOS, en lager dan bij vergelijkbare omstandigheden op dijken. Daarom wordt aanbevolen de normale toetsregels (ANAMOS) aan te vullen met de eis dat F maximaal 4 mag zijn:

$$F = \frac{H_s}{\Delta D} \xi_{op}^{2/3} \leq 4$$

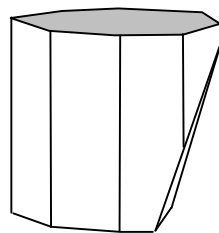
Basalt dat afwijkt van de natuurlijke zuilvorm, zoals taps of bolle zuilen, moeten bij voorkeur niet verwerkt worden. Een zuil is ongewenst taps of bol als hij voldoet aan een of meer van de volgende voorwaarden (zie onderstaande figuur a):

1. Het bovenoppervlak en onderoppervlak verschillen meer dan 25% van elkaar.
2. Er is een scherf van de zijkant van de basalt af, waardoor de diameter aan de onderkant meer dan 25% verschilt van die aan de bovenkant
3. Er is een scherf van de kop van de basalt af, waardoor aan één kant de zuil >25% minder hoog is dan de gemiddelde zuilhoogte van de bekleding.
4. Eén of meer zijkanten zijn bol, waarbij de diameter in het midden meer dan 1/8 van de zuillengte groter is dan de diameter aan de bovenkant of onderkant.

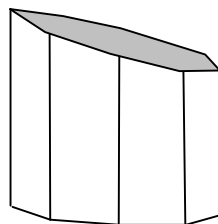
Aangenomen wordt dat een steenzetter dit na enige oefening globaal op het oog kan controleren.



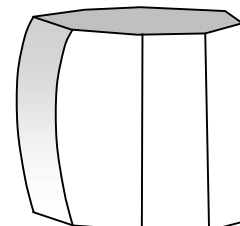
Natuurlijke zuilvorm



Scherf van zijkant
(tapse zuil)



Scherf van kop



Bolle zijkant

Figuur a, Natuurlijke zuilvorm en zuilen waar scherf aan ontbreekt (tapse zuil) of met bolle zijkant.

Bovenstaande aanbevelingen zijn opgesteld aan de hand van een analyse van de resultaten van Deltagootproeven (Klein Breteler, 2005), en zijn nog niet aangevuld met de nieuwe aanbevelingen van de gebruikersgroep bij de ontwikkeling van Steentoets2007. Die nieuwe aanbevelingen zijn weergegeven in het volgende hoofdstuk.

3 Steentoets2007

Door de gebruikersgroep van Steentoets2007 is voorgesteld om de in de vorige hoofdstuk beschreven toets- en ontwerpmethodede voor basalt grotendeels over te nemen, maar op details wat aan te passen. Zo wordt ook in de gebruikershandleiding opgenomen dat bij het aanleggen of herzetten van een steenzetting van basalt de slechte zuilen (met taps vorm of bolle zijkant) niet gebruikt moeten worden. De voorgestelde wijzigingen zijn besproken met de klankbordgroep steenbekledingen, met het onderstaande als resultaat, dat iets afwijkt van de aanbeveling van Klein Breteler (2005).

Voor het toetsen van basalt wordt de procedure als volgt:

- Als de zetting goed geklemd lijkt te zijn, moet er gerekend worden met de kleinste waarde van de gemiddelde zuilhoogte op het dijkvak. Op een aantal lokaties per vak wordt een zuil uit de bekleding getrokken en worden de zuilen rond het gat en de getrokken zuil opgemeten. Dit levert een gemiddelde zuilhoogte. Van alle lokaties tezamen wordt de kleinste waarde gekozen om in te voeren in Steentoets2007.
- Als de zetting niet goed geklemd lijkt te zijn, wordt gerekend met de kleinste zuilhoogte.
- In Steentoets 2007 wordt onderscheid gemaakt tussen steenzettingen onder GHW+1 m, en erboven, en steenzettingen die recent zijn aangelegd waarbij de basalt op een apart terrein is uitgezocht:
 - onder GHW+1 m:
Er wordt gewoon gerekend met de ingevoerde waarde voor de zuilhoogte.
 - boven GHW+1 m:
 - De basalt is recent gezet nadat alle basalt op een apart terrein is uitgezocht, waarbij de slechte zuilen zijn verwijderd:
Er wordt gewoon gerekend met de ingevoerde waarde voor de zuilhoogte.
 - De basalt is voor 2000 gezet, of bij het zetten zijn alle zuilen (ook de slechte) verwerkt:
In geval van het toetsen van basalt wordt de rekendikte van de toplaag bepaald door de ingevoerde waarde te vermenigvuldigen met 0,83. Dit sluit aan op de aanbeveling om in zo'n geval een maximum waarde van $F = 5$ aan te houden, in plaats van 6. Als de bekleding dan niet voldoet, kan men vervolgens in de geavanceerde toetsing beoordelen of er voldoende vertrouwen is in de reststerkte of dat de basalt al eens zwaar belast is geweest.

Voor het ontwerp wordt de volgende procedure voorgesteld:

- Het ontwerp moet doorgerekend worden met een schatting van de kleinste waarde van de zuilhoogte.
- Zowel onder GHW+1 m als erboven wordt gerekend met de ingevoerde waarde van de zuilhoogte.
- Tijdens de aanleg of herzetten moet er op toegezien worden dat de slechte zuilen (taps of bolle zijkant) niet gebruikt worden. Als op een apart terrein de zuilen zijn uitgezocht, waarbij alle slechte zuilen zijn verwijderd, dan moet het ontwerp voldoen aan $F < 6$. Als ook de slechte zuilen worden verwerkt, dan geldt als ontwerpcriterium $F < 5$.

Het verwijderen van de slechte basaltzuilen alvorens een nieuwe steenzetting aan te brengen maakt dat de steenzetting een stuk stabielere is. De veiligheid in het ontwerp wordt gerealiseerd door te rekenen met de minimale zuilhoogte, veilige ontwerprandvoorwaarden en het toepassen van algemene veiligheidsfactoren. Dit laatste is overigens niet anders dan bij alle andere typen steenzettingen.

Referenties

- Eysink, W. en M. Klein Breteler (2003)
Onderzoeksprogramma kennisleemtes steenbekledingen; Deltagootonderzoek naar stabiliteit van basalt
WL | Delft Hydraulics, meetverslag H4327, december 2003
- Klein Breteler M. (2002)
Stabiliteit van westelijke havendam van Urk en Ketelhaven
Deltagootproeven op kruin en binnentalud
WL | Delft Hydraulics, verslag H4083, juli 2002
- Klein Breteler, M. (2004)
Onderzoeksprogramma kennisleemtes steenbekledingen;
Reststerkte van steenzetting met zuilen naar initiële schade
WL | Delft Hydraulics, verslag H4327, oktober 2004
- Klein Breteler, M., en W. Eysink (2005)
Onderzoeksprogramma kennisleemtes steenbekledingen;
Langeduursterkte van steenzettingen
WL | Delft Hydraulics, verslag H4475, mei 2005
- Klein Breteler, M. (2005)
Onderzoeksprogramma kennisleemtes steenbekledingen;
Aanvullende notitie bij Rudolph en Klein Breteler (2005)
WL | Delft Hydraulics, verslag H4422, 11 november 2005
- Kuiper, C., M. Klein Breteler, L. Booster en W. Eysink (2006)
Stabiliteit van gezette steenbekledingen op havendammen,
Afleiding van verbeterde toetsmethode van de toplaag
WL | Delft Hydraulics, verslag H4432, februari 2006
- Rudolph, D. en M. Klein Breteler (2005)
Onderzoeksprogramma kennisleemtes steenbekledingen;
Analyse van de stabiliteit van basalt
WL | Delft Hydraulics, verslag H4422, februari 2005