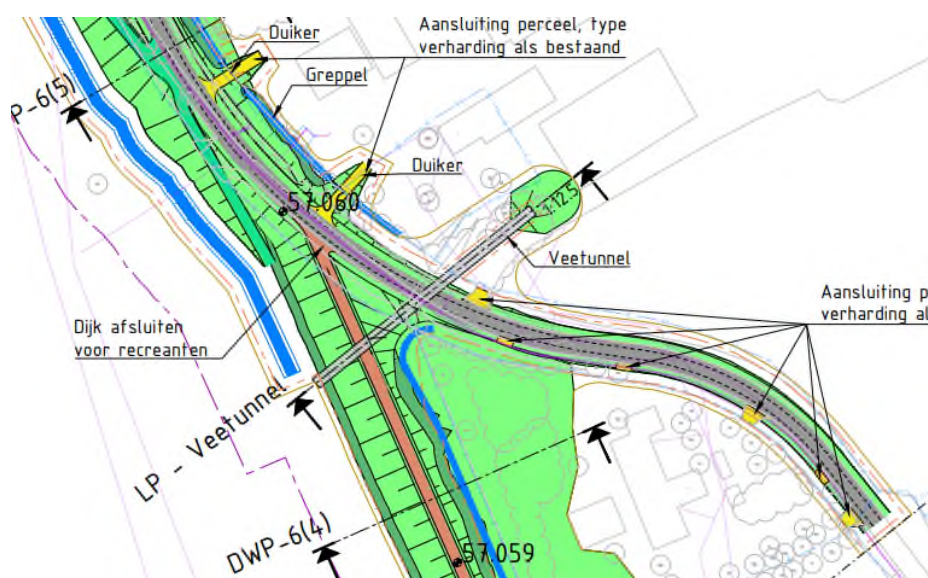


Nieuw Bergen

Projectnaam	Dijkversterking Nieuw Bergen		
Onderwerp	Uitgangspunten hydraulische belastingen kunstwerken		
Opdrachtgever	Dijkzone Alliantie Nieuw Bergen	Contactpersoon	
		Documentnummer	6422-220983-M01
Projectnummer	6422-220983	Doc ID	22415599-003074
Datum	18-10-2023 (v3.0)	Opgesteld door	
Gecontroleerd door		Vrijgegeven door	

1. Introductie

Het project 'Dijkversterking Nieuw Bergen' betreft het integraal versterken van de afgekeurde dijkvakken binnen de Systeemgrenzen van het project. Dit project maakt onderdeel uit van het Hoogwaterbeschermingsprogramma Noordelijke Maasvallei. Naast de dijkversterkingsopgave wordt een veetunnel ontworpen onder de dijk in dijkvak 6, zie figuur 1.1. De tunnel is onderhevig aan verschillende permanente en veranderlijke belastingen. In dit document zijn de uitgangspunten voor de belastingen door (grond)waterdrukken op de veetunnel vastgelegd t.b.v. het ontwerp van de veetunnel en overige waterkerende kunstwerken. Deze hydraulische belastingen vormen de input voor het (constructief) ontwerp van de kunstwerken. Het ontwerp zelf valt buiten de scope van deze notitie.



Figuur 1.1: Locatie veetunnel dijkvak 6

2. Uitgangspunten

2.1 Uitgangspunten hydraulische randvoorwaarden constructief falen ULS

Voor het faalmechanisme constructief falen van het kunstwerk wordt zowel aan de Waterwet d.m.v. WOWK [1] als het bouwbesluit worden getoetst. Hiervoor wordt de maatgevende belasting situatie aan de binnendijkse zijde beschouwd. De Waterwet en het bouwbesluit verschillen van elkaar met name bij de benadering van de rekenwaarde van de hydraulische belasting.

2.1.1 Waterwet

Het kunstwerk dient zodanig ontworpen te worden dat zijn in elk jaar aan de volgende betrouwbaarheidseis voldoet:

$$P_{eis,KW,CON} = \frac{P_{max} * \omega_{con} * c}{N_{dsn}}$$

Vergelijking 2.1

Waarin:

- $P_{eis,KW,CON}$ = Faalkanseis voor constructief falen en geen falen door overloop/overslag van een individueel kunstwerk afgeleid van trajecteis uit de Waterwet voor een referentieperiode gelijk aan $t_{ref} = 1$ jaar [-]
- P_{max} = Faalkanseis voor gehele dijktraject (normtraject) uitgaande van maximaal toelaatbare overstromingskans uit de Waterwet voor een referentieperiode gelijk aan $t_{ref} = 1$ jaar [-]
- ω_{con} = Faalkansruimtefactor voor constructief falen [-]
- c = Correctiefactor voor de correlatie tussen constructief falen en falen door overloop/overslag [-]
- N_{dsn} = Lengte-effectfactor voor constructief falen [-]

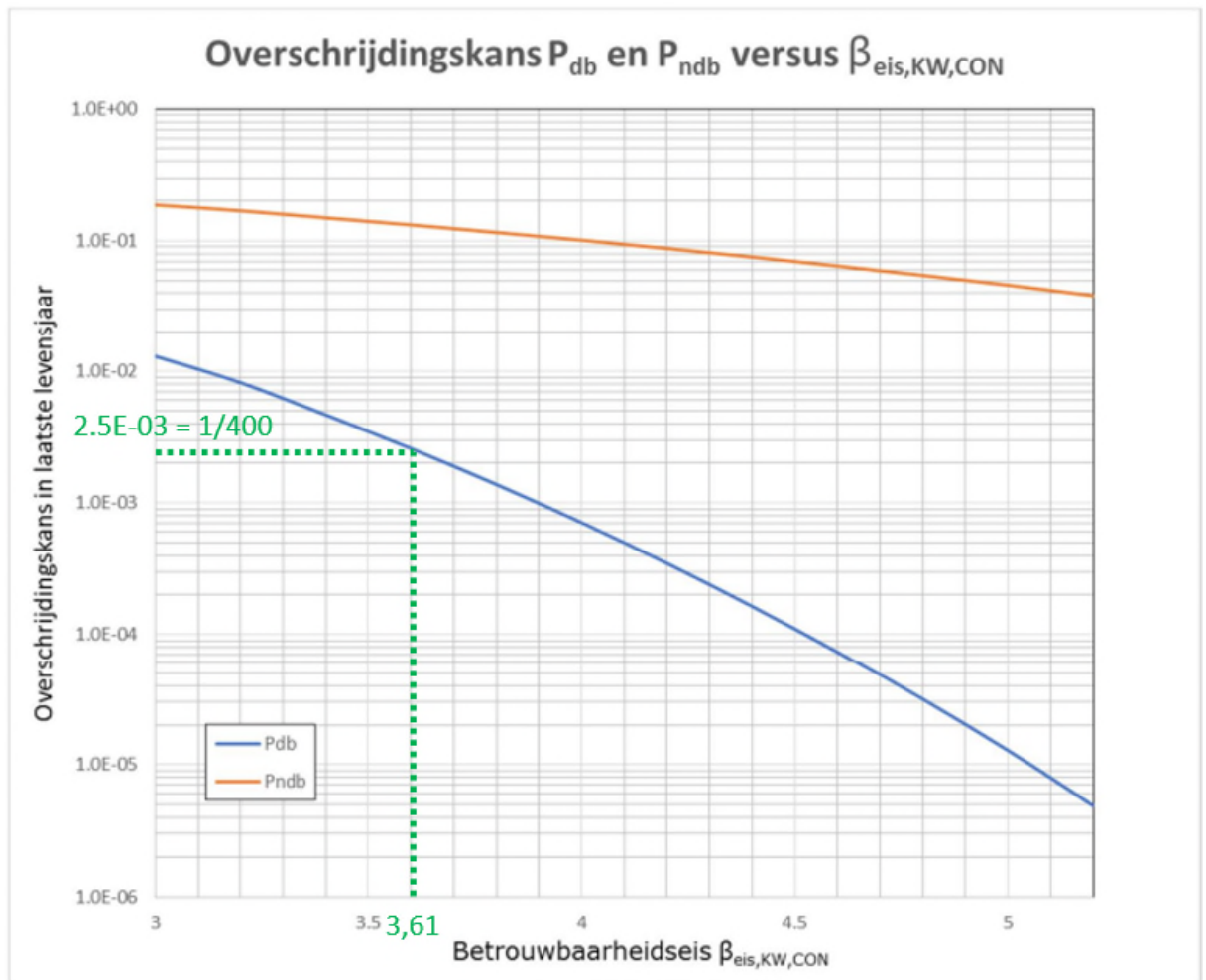
Hier wordt de standaard faalkansruimtefactor van 0,02 aangehouden. De faalkanseis voor het gehele dijktraject bedraagt 1/100, de correctiefactor bedraagt in dit geval 7. Binnen het WBI2017 wordt voor de lengte-effectfactor (voor constructief falen) een vaste waarde van 3 aangehouden.

Conform de WOWK [1] dient de constructie minimaal aan de volgende faalkanseis te voldoen:

$$P_{eis,KW,CON} = \frac{P_{max} * \omega_{con} * c}{N_{dsn}} = \frac{1}{100} * 0,02 * 7 = 1/6450$$

Vergelijking 2.2

Dit komt neer op een betrouwbaarheidsindex van 3,61 op jaarbasis. In figuur 2.1 wordt weergegeven dat bij een betrouwbaarheidsindex van 3,61 de overschrijdingskans voor de rekenwaarde van de dominante hydraulische belasting $2,5 \cdot 10^{-3}$ of 1/400 per jaar bedraagt.



Figuur 2.1: Overschrijdingskans verval- en golfbelasting conform Waterwet [1]

2.1.2 Bouwbesluit

Bij verificatie volgens het bouwbesluit in CC2 wordt uit Tabel 12 van de WOWK [1] een overschrijdingskans voor de hydraulische belastingen van $9,0 \cdot 10^{-5}$ (1/11.111 per jaar) voorgeschreven. Verwacht wordt dat de gevolgen van bezwijken van de veetunnel gering is tenaanzien van het verlies van mensenlevens en economische gevolgen, hiermee is het uitgangspunt van CC2 voor de gevolklasse conservatief [4].

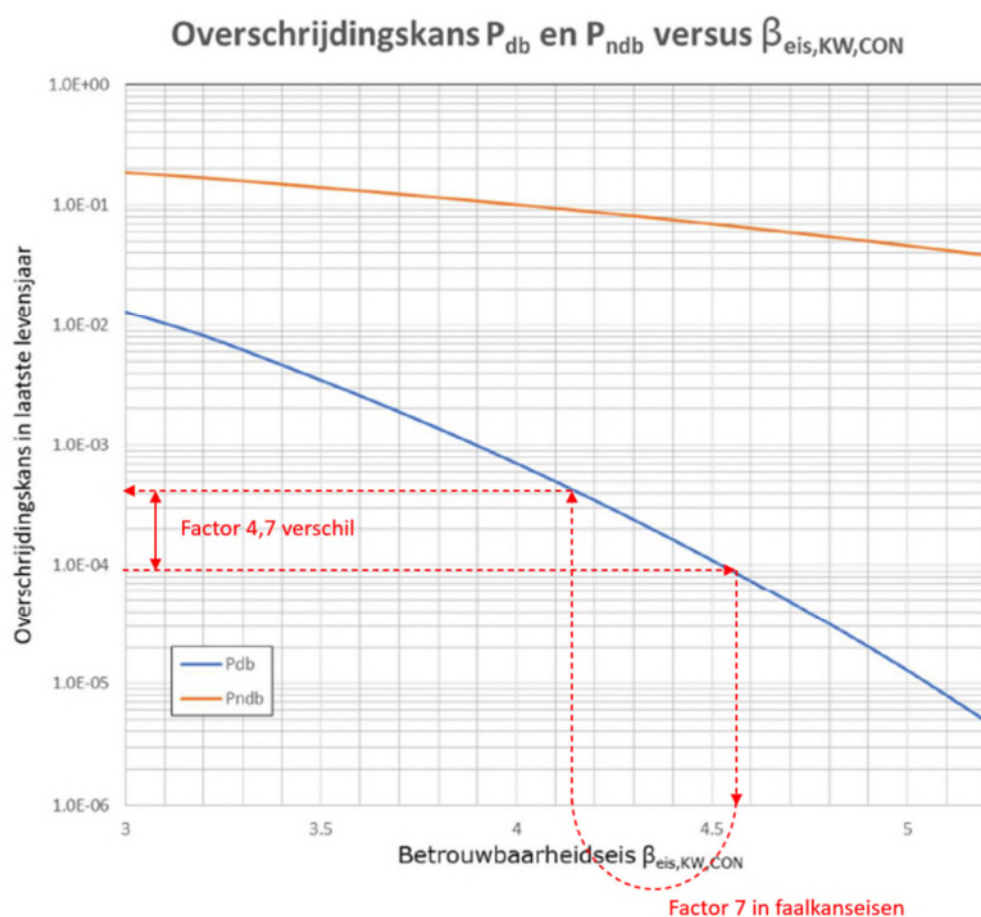
Tabel 12 Voorgeschreven overschrijdingskansen en parameterwaarden volgens 6.10b bij verificatie
Bouwbesluit

Gevolg- klasse	$\beta_{eis, BB}$ voor referentie- periode gelijk aan levensduur	$P(S > S_d) = P_{db} [-]$ Betrekken op 1- jaarsstatistiek in het laatste levensjaar	$P_{ndb} [-]$ Betrekken op 1- jaarsstatistiek in het laatste levensjaar	K_{FI}^*	ξ^*	γ_G^*
CC1	3,3	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$9,4 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,89	1,35 of 0,9**
CC2	3,8	$9,0 \cdot 10^{-5}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$	1,0	0,89	1,35 of 0,9**
CC3	4,3	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$	1,1	0,89	1,35 of 0,9**

* waarde conform NEN-EN 1990/NB
 ** 1,35 in geval van ongunstig werkend en 0,9 in geval van gunstig werkend eigen gewicht
 De overschrijdingskansen in de tabel zijn gekalibreerd met in acht name van modelonzekerheden

Figuur 2.2: Overschrijdingskansen conform Bouwbesluit [1]

Voor de zelfsluitende kering bij Steyl-Maashoek is de correlatie golfoverslag-sterkte ook in rekening gebracht op de overschrijdingskansen van de waterstand bij verificatie conform het bouwbesluit [2]. Bij een overschrijdingskans van de hydraulische belasting van $9 \cdot 10^{-5}$ per jaar correspondeert met een betrouwbaarheidsindex van 4,57 op jaarbasis of een faalkans van $2,44 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Bij toepassing van de correctiefactor ($c=7$) bedraagt de faalkanseis $1,22 \cdot 10^{-5}$ per jaar, wat weer correspondeert met een betrouwbaarheidsindex van 4,14 op jaarbasis. Bij deze betrouwbaarheidsindex hoort een overschrijdingskans van $4,1 \cdot 10^{-4}$ (1/2400 per jaar), zie figuur 2.3. De overschrijdingskans voor de rekenwaarde van de dominante hydraulische belasting is hiermee vergroot met een factor 4,7 door het effect van de correlatie tussen constructief falen en overloop/overslag in rekening te brengen [2].



Figuur 2.3: Overschrijdingskans in rekening brengen correlatie golfoverslag – sterkte constructie

2.1.3 Conclusie verificatie aanpak

Op basis van voorgaande beschouwing blijkt dat de benadering conform het Bouwbesluit maatgevend is voor de dominante hydraulische belasting, daarom kan worden volstaan met het toetsen aan de eisen uit het Bouwbesluit uitgaande van CC2. De overschrijdingskansen voor de hydraulische belastingen zijn weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Overschrijdingskansen hydraulische belastingen

Hydraulische belasting	Overschrijdingskans [-]	Terugkeertijd [jaar]
Dominant	$4,1 \cdot 10^{-4}$	2400
Niet dominant	$\Phi(0,4 \cdot \Phi^{-1}(4,1 \cdot 10^{-4})) = 9,0 \cdot 10^{-2}$	11

3. Berekening hydraulische randvoorwaarden constructiefalen ULS

Op basis van de uitgangspunten voor de hydraulische randvoorwaarden voor constructiefalen kan worden getoetst op een overschrijdingskans van 1/2400 per jaar voor dominante hydraulische belastingen, voor niet dominante hydraulische belasting wordt een overschrijdingskans van 1/11 per jaar gehanteerd.

De bijbehorende waterstanden en golfcondities kunnen in Hydra-NL worden bepaald. De waterstand en golfhoogte zijn langs de Maas zwak gecorreleerd, dit wordt aangenomen voor de bepaling van de rekenwaarde van de hydraulische belasting conform de WOWK [1]. Hierdoor kan worden uitgegaan van de combinaties zoals weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Hydraulische belastingen veetunnel

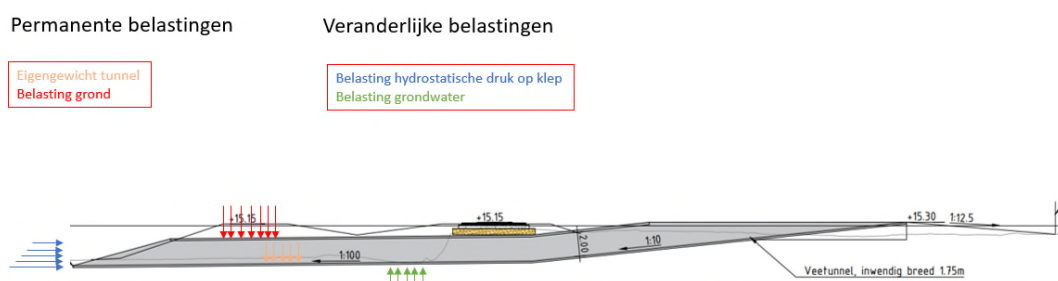
Hydraulische belasting	Waterstand [m+NAP]	H _s [m]	Spectrale golfperiode [s]
Waterstand dominant + Golfhoogte niet dominant	15,75	-	-
	-	0,40	2,04
Golfhoogte dominant + Waterstand niet dominant	-	0,83	2,84
	13,85	-	-

De vervalbelasting kan worden bepaald aan de hand van tabel 3.1. Voor de waterstand aan de binnenkant van de veetunnel wordt conservatief aangenomen dat de tunnel droog staat.

3.1 Veetunnel

3.1.1 Overzicht belastingen veetunnel

De hoogwatergerelateerde belastingen op de veetunnel worden afgeleid conform de Leidraad Kunstwerken [3], deze belastingen kunnen worden onderverdeeld in permanente en veranderlijke belastingen. In deze notitie zijn de veranderlijke belastingen bepaald.



Figuur 3.1: Overzicht belastingen op de veetunnel

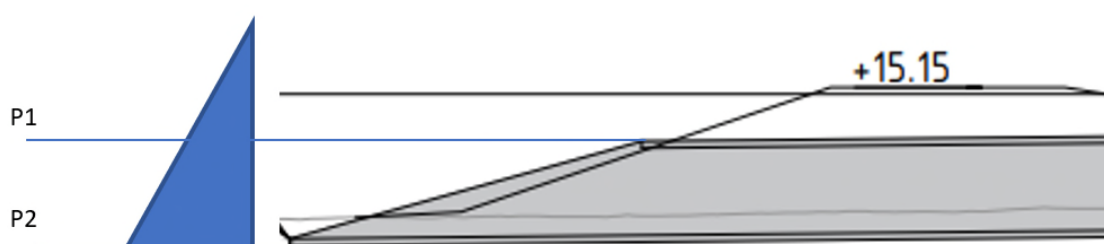
3.1.2 Hoogwaterbelasting op de klep

Voor de bepaling van de hoogwaterbelasting op de klep dient de vervalbelasting en golfbelasting bepaald te worden. De volgende geometrische uitgangspunten worden hiervoor gehanteerd:

- De hoogte van de onderkant van de veetunnel wordt aangenomen op NAP +12 m.
- De hoogte van de bovenkant van de veetunnel wordt aangenomen op NAP +14,4 m.

3.1.2.1 Berekening vervalbelasting

De vervalbelasting kan worden bepaald aan de hand van de schematisatie zoals weergegeven in figuur 3.2.



Figuur 3.2: Schematisatie verval belasting

In tabel 3.2 is de rekenwaarde voor de horizontale hydrostatische druk bepaald afhankelijk van de ligging van de tunnel.

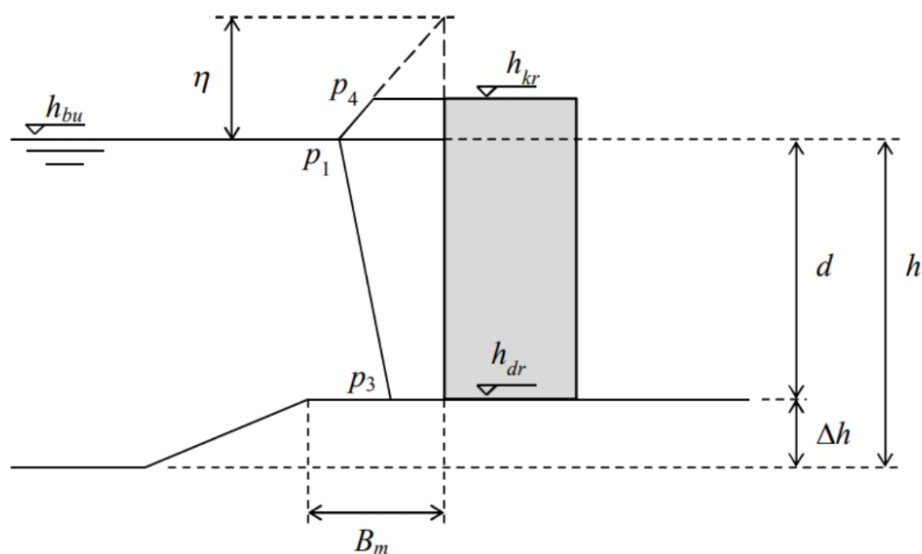
Tabel 3.2: Rekenwaarde horizontale hydrostatische waterdruk op de veetunnel

Hydraulische belasting	P1 [kN/m ²]	P2 [kN/m ²]
Waterstand dominant + Golfhoogte niet dominant	$= 10 * (15,75 - 14,4) = 13,5$	$= 10 * (15,75 - 12) = 37,5$
Golfhoogte dominant + Waterstand niet dominant	$= 10 * (13,85 - 14,4) = 0$	$= 10 * (13,85 - 12) = 18,5$

3.1.2.2 Berekening golfbelasting

In deze hoofdstuk wordt de rekenwaarde van de golfbelasting bepaald aan de hand van het model van Goda conform de WOWK. In figuur 3.3 is de golfdrukfiguur weergegeven, op basis van de hydraulische parameters uit tabel 3.1 wordt de golfdruk bepaald. De geometrische uitgangspunten zijn als volgt:

- De hoek tussen de loodrechte lijn op de klep van de veetunnel en het noorden bedraagt 235°.
- De dominante richting van de golfbelasting o.b.v. de Hydra-NL berekeningen heeft een hoek van 270° ten opzichte van het noorden.
- Voor de modificatiefactoren zijn de standaardwaarden van 1,0 aangehouden.



Figuur 3.3: Golfdrukfiguur volgens het model van Goda [1]

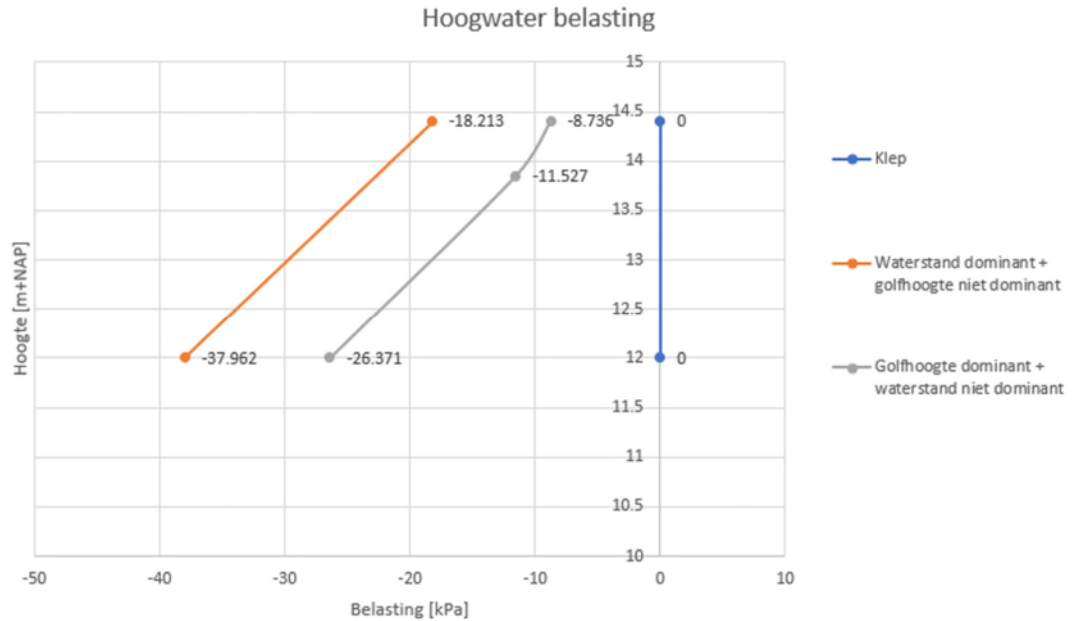
In tabel 3.3 zijn de golfdrukken weergegeven voor de twee belastingcombinaties. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage A. In de tabel is te zien dat bij een dominante waterstand P4 en P1 even groot zijn, dit komt doordat de buitenwaterstand bij deze belastingcombinatie hoger ligt dan de bovenkant van de veetunnel.

Tabel 3.3: Rekenwaarde golfdrukken op de veetunnel

Hydraulische belasting	P4 [kN/m ²]	P1 [kN/m ²]	P3 [kN/m ²]
Waterstand dominant + Golfhoogte niet dominant	4,713	4,713	0,462
Golfhoogte dominant + Waterstand niet dominant	8,736	11,527	7,871

3.1.2.3 Berekening hoogwaterbelasting

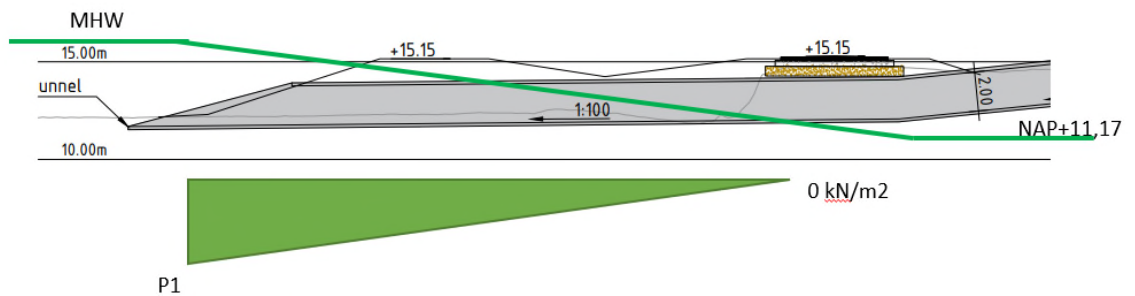
Aan de hand van tabel 3.2 en tabel 3.3 kan de totale hoogwaterbelasting op de klep berekend worden. In figuur 3.4 zijn de rekenwaarden voor de hoogwaterbelasting voor de twee belastingcombinaties weergegeven (de verval- en golfbelasting zijn bij elkaar opgeteld). Op basis van deze figuur kan worden geconcludeerd dat de combinatie van een dominante waterstand met een niet dominant golfhoogte maatgevend is en de waterkolom op de klep bedraagt 38 kPa (3,8 m).



Figuur 3.4: Bepaling maatgevende belasting combinatie hoogwaterbelasting

3.1.3 Grondwaterbelasting onderkant tunnel

De opwaartse grondwaterbelasting op de onderkant van de tunnel wordt geschematiseerd zoals weergegeven in figuur 3.5. Hierbij wordt de rekenwaarde van de grondwaterdruk afgeleid van de rekenwaarde van het optredende verval.



Figuur 3.5: Grondwaterstand-schematisatie o.b.v. dominante waterstand

In tabel 3.4 is de rekenwaarde voor de opwaartse grondwaterdruk bepaald afhankelijk van de ligging van de tunnel.

Tabel 3.4: Rekenwaarde van de opwaartse grondwaterdruk op de veetunnel

Hydraulische belasting	P1 [kN/m ²]
Waterstand dominant + Golfhoogte niet dominant	$= 10 * (15.75 - 12) = 37,5$
Golfhoogte dominant + Waterstand niet dominant	$= 10 * (13,85 - 12) = 18,5$

3.2 Waterkerende kunstwerken

In deze paragraaf worden de waterdrukken t.b.v. de kleppen en schuiven van waterkerende kunstwerken bepaald conform de WOWK [1].

Uitgangspunten voor deze berekeningen staan vermeld in de paragraaf "Uitgangspunten hydraulische randvoorwaarden constructief falen ULS". De waterstanden en golfcondities zijn per dijkvak berekend met Hydra-NL. Voor de vervalbelasting wordt conservatief aangenomen dat de waterkerende kunstwerken aan de binnenkant droog staan. De rekenwaarde van de golfbelasting wordt bepaald aan de hand van het model van Goda conform de WOWK. De rekenwaarde voor de waterdruk wordt bepaald door de vervalbelasting en golfbelasting aan de onderkant van de constructie bij elkaar op te tellen. Op basis van de resultaten van de Veetunnel kan worden aangenomen dat de belasting combinatie met een dominante waterstand en niet dominante golfhoogte maatgevend is, langs de Maas zijn golfhoogten beperkt. De resultaten voor de waterkerende kunstwerken zijn weergegeven in tabel 3.5.

Tabel 3.5: Waterkolom waterkerende kunstwerken

Dijk-vak	Beschrijving	Ontwerp-hoogte dijk [m+NAP]	B.O.B. uitgangspunt [m+NAP]	Vervalbelasting [kPa]	Golfbelasting [kPa]	Waterkolom [mwk]
3	Rioolconstructie Kerkstraat	15,25	10,65	52,9	0	5,29
3	Waterkerend kunstwerk Lindelaan	15,25	11,9	40,4	0	4,04
4	Waterkerend kunstwerk Vlamertse Leigraaf	15,25	12,06	38,8	0,09	3,89
5	Waterkerend kunstwerk Heukelomse beek	15,25	10,7	51,1	0,15	5,13
6	Veetunnel	15,15	12	37,5	0,46	3,80
7	Waterkerend kunstwerk steenfabriek kleiwater	14,9	10,6	51,4	0,16	5,6
7	Waterkerend kunstwerk steenfabriek oppervlaktewater	14,9	10,6	51,4	0,16	5,16

4. Referenties

- [1] Rijkswaterstaat, Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken - Ontwerpverificaties voor de hoogwatersituatie, 2018.
- [2] R. Jongejan, Betrouwbaarheidseis en rekenwaarden verificatie constructief falen - versie 2, 2022.
- [3] TAW, Leidraad Kunstwerken, 2003.
- [4] NEN 1990 Grondslagen voor het constructief ontwerp, november 2019

Bijlage A: Berekening golfdrukken model van Goda

Date: 14-07-2023
Project: Nieuw Bergen
omschrijving: Belastingcombinatie: Waterstand dominant + golfcondities niet dominant

Verificatie:

Opgesteld door;

Gecontroleerd door;

Vrijgave door;

Disclaimer

Goda heeft een algemene formulering van de golfdruk op een caisson op een stortstenen drempel gegeven. De vergelijkingen van Goda gelden voor zowel niet-brekende als brekende golven. Het model is gebaseerd op curve fitting op resultaten van experimenten. De vergelijkingen van Goda worden wereldwijd niet alleen veel gebruikt bij het ontwerp van verticale golfbrekers, maar ook voor het ontwerp van waterkeringen. Hoewel de vergelijkingen zijn afgeleid voor golfbrekers op een stortstenen drempel, worden zij ook veel toegepast voor wanden zonder drempel. De vergelijkingen veranderen niet in geval van overslag. Het model van Goda is echter ongeschikt wanneer grote golfklappen bij zwaar brekende golven zich voordoen in combinatie met keermiddelen in een waterkerende constructies. Als maat voor zwaar brekende golven bij keermiddelen kan de verhouding van significante golfhoogte en waterdiepte bij de constructie $> 0,5$ worden gebruikt met een helling steiler dan 1:50. Een tweede situatie waarbij grote golfklappen kunnen optreden is wanneer de wand onregelmatig gevormd is, hierdoor kunnen golven worden 'opgesloten'. In deze gevallen is er geen sprake van een verticale wand en kan het model van Goda niet toegepast worden. Het model van Goda lijkt overigens enigszins conservatief, wat voor ontwerpen geen probleem hoeft te zijn. In Van der Meer et. al ([Ref. 7.22]) wordt de formule van Goda vergeleken met testen. Hieruit bleek dat de formule gemiddeld de maximale kracht met 10% overschatte, met een spreiding (standaarddeviatie) van 25%.

Gebruiksaanwijzing

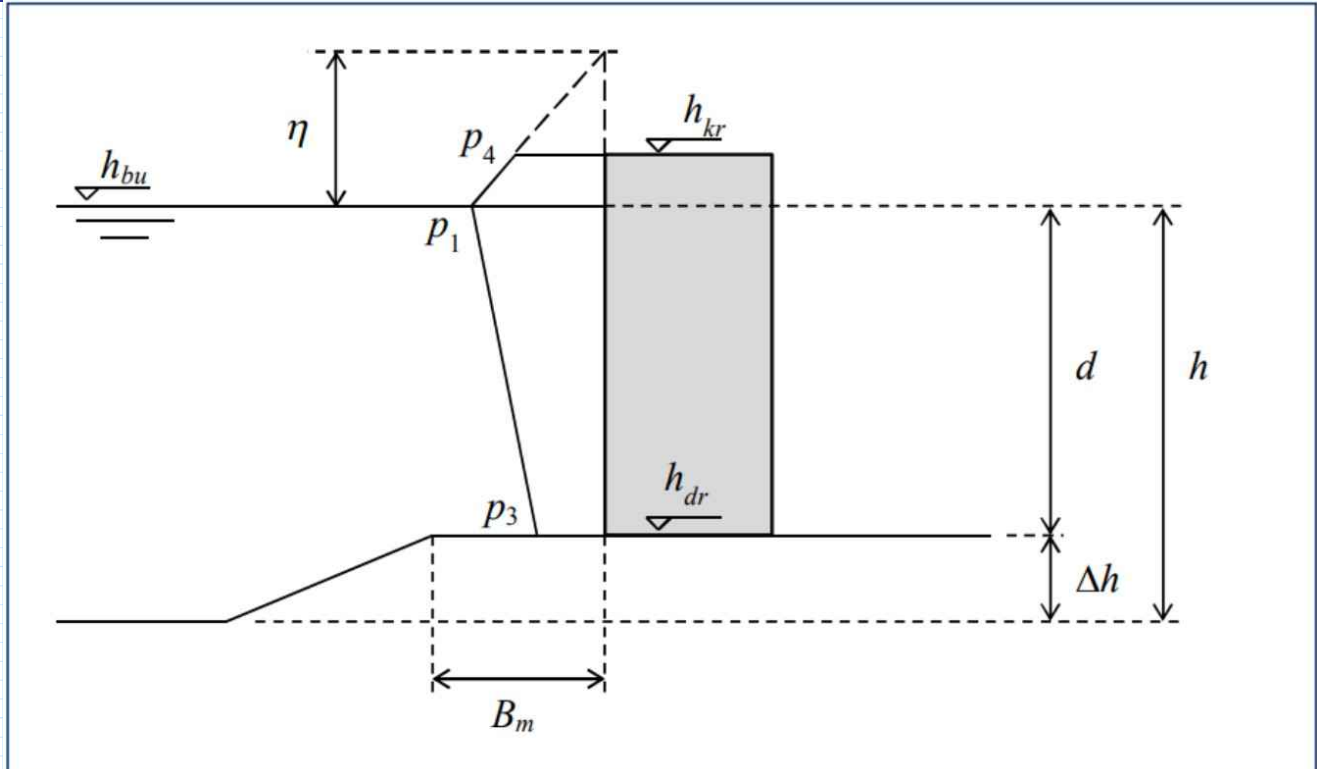
Vul bij de inputparameters de gevraagde informatie in. Gebruik de afbeelding voor verduidelijking van de parameters.

Literatuur

Voor het opstellen van voorliggende rekensheet is gebruik gemaakt van:

- Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken, Rijkswaterstaat, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, november 2018, Status: Definitief Groene versie.

Inputparameters



Geometrie

$h_{bu} := 15.75 \text{ m}$	Buitenwaterstand [m t.o.v. NAP]
$h_{dr} := 12 \text{ m}$	Hoogte onderkant wand [m t.o.v. NAP]
$d := h_{bu} - h_{dr} = 3.75 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de onderkant van de wand [m]
$h_{kr} := 14.4 \text{ m}$	Hoogte bovenkant wand [m t.o.v. NAP]
$h := d = 3.75 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de teen van de dijk/berm [m]
$B_m := 0 \text{ m}$	Bermbreedte [m]

Golfparameters

$H_s := 0.40 \text{ m}$	Significante golfhoogte [m]
$T_{m1.0} := 2.04 \text{ s}$	Spectrale golfperiode [s]
$\theta_{wall} := 235^\circ$	Hoek tussen een lijn loodrecht op het keermiddel en het noorden [graden]
$\theta_{waves} := 270^\circ$	Hoek van golfinval ten opzichte van het noorden [graden]

Overig

$\lambda_1 := 1$	Modificatiefactor voor de geometrie van de wand [-]
$\lambda_2 := 1$	Modificatiefactor voor de aard van de wand [-]
$\gamma_w := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot g = 9.807 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	Volumegewicht water [-]

Golflente en golfperiode

$$T_p := 1.1 \cdot T_{m1.0} = 2.244 \text{ s}$$

Piekperiode golfperiode [s]

$$L := 15 \text{ m}$$

Schatting golflente [m]

$$g := 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Schatting gravitatieconstante [m/s²]

$$L = \frac{g \cdot T_p^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)$$

Formule voor bepaling golflente [m]

$$L := \text{find}(L) = 7.822 \text{ m}$$

Solver voor bepaling golflente [m]

$$H_{d,1} := 2.2 \cdot H_s = 0.88 \text{ m}$$

$$H_{d,2} := 0.9 \cdot h = 3.375 \text{ m}$$

$$H_d := \min(H_{d,1}, H_{d,2}) = 0.88 \text{ m}$$

Designwaarde golfhoogte [m]

Golfdrukcoëfficiënten model van Goda

$$\delta_{11} := 0.93 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.36 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.328$$

Coëfficiënt 11 in de Goda-formule [-]

$$\delta_{22} := -0.36 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.93 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.515$$

Coëfficiënt 22 in de Goda-formule [-]

$$\delta_1 := \min(20 \cdot \delta_{11}, 15 \cdot \delta_{11}) = -6.552$$

Coëfficiënt 1 in de Goda-formule [-]

$$\delta_2 := \min(4.9 \cdot \delta_{22}, 3.0 \cdot \delta_{22}) = -2.523$$

Coëfficiënt 2 in de Goda-formule [-]

$$\alpha_{imp1} := \begin{cases} \text{if } \delta_2 \leq 0 \\ \alpha_{imp1} \leftarrow \frac{\cos(\delta_2)}{\cosh(\delta_1)} \\ \text{else} \\ \alpha_{imp1} \leftarrow \frac{1}{\cosh(\delta_1) \cdot \sqrt{\cosh(\delta_2)}} \end{cases} = -0.002$$

factor voor het effect van de vorm van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{imp0} := \min\left(\frac{H_d}{d}, 2\right) = 0.235$$

factor voor het effect van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{impuls} := \alpha_{imp0} \cdot \alpha_{imp1} = -5.455 \cdot 10^{-4}$$

Impuls-golfdrukcoëfficiënt [-]

$$\alpha_7 := 0.6 + 0.5 \left(\frac{\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}}{\sinh\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)} \right)^2 = 0.60042$$

Traag variërende drukcomponent [-]

$$:= \min \left(\frac{\left(1 - \frac{d}{h}\right) \cdot \left(\frac{H_d}{d}\right)^2}{3}, \frac{2 \cdot d}{H_d} \right) = 0$$

Golfdrukcomponent [-]

$$:= 1 - \left(\frac{d}{h}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2 \pi \cdot h}{L}\right)}\right) = 0.09811$$

Quotiënt van p_3 en p_1 [-]

$$\alpha_{max2i} := \max(\alpha_2, \alpha_{impuls}) = 0$$

Maximale golfdrukcomponent [-]

$$= \text{if } h_{bu} \leq h_{dr}$$

$$\parallel \eta \leftarrow 0$$

else

$$\parallel \eta \leftarrow 0.75 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot \lambda_1 \cdot H_d$$

$$= 1.20064 \text{ m}$$

Afstand tussen het hoogste punt van de
golfdrukverdeling volgens de Goda-formule en
de buitenwaterstand [m]

$$\eta_{corr} := \min(\eta, \max((h_{kr} - h_{bu}), 0)) = 0 \text{ m}$$

1

$$:= 1 - \frac{h_{c,corr}}{\eta} = 1$$

Quotiënt van p_4 en p_1 [-]

Berekeningsresultaten

$$\rho_1 := 0.5 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot (\lambda_1 \cdot \alpha_1 + \lambda_2 \cdot \alpha_{max2i} \cdot \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})^2) \cdot \gamma_w \cdot H_d = 4.713 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_3 := \alpha_3 \cdot \rho_1 = 0.462 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_4 := \alpha_4 \cdot \rho_1 = 4.713 \frac{kN}{m^2}$$

Date: 14-07-2023
Project: Nieuw Bergen
omschrijving: Belastingcombinatie: Waterstand niet dominant + golfcondities dominant

Verificatie:

Opgesteld door;

Gecontroleerd door;

Vrijgave door;

Disclaimer

Goda heeft een algemene formulering van de golfdruk op een caisson op een stortstenen drempel gegeven. De vergelijkingen van Goda gelden voor zowel niet-brekende als brekende golven. Het model is gebaseerd op curve fitting op resultaten van experimenten. De vergelijkingen van Goda worden wereldwijd niet alleen veel gebruikt bij het ontwerp van verticale golfbrekers, maar ook voor het ontwerp van waterkeringen. Hoewel de vergelijkingen zijn afgeleid voor golfbrekers op een stortstenen drempel, worden zij ook veel toegepast voor wanden zonder drempel. De vergelijkingen veranderen niet in geval van overslag. Het model van Goda is echter ongeschikt wanneer grote golfklappen bij zwaar brekende golven zich voordoen in combinatie met keermiddelen in een waterkerende constructies. Als maat voor zwaar brekende golven bij keermiddelen kan de verhouding van significante golfhoogte en waterdiepte bij de constructie $> 0,5$ worden gebruikt met een helling steiler dan 1:50. Een tweede situatie waarbij grote golfklappen kunnen optreden is wanneer de wand onregelmatig gevormd is, hierdoor kunnen golven worden 'opgesloten'. In deze gevallen is er geen sprake van een verticale wand en kan het model van Goda niet toegepast worden. Het model van Goda lijkt overigens enigszins conservatief, wat voor ontwerpen geen probleem hoeft te zijn. In Van der Meer et. al ([Ref. 7.22]) wordt de formule van Goda vergeleken met testen. Hieruit bleek dat de formule gemiddeld de maximale kracht met 10% overschatte, met een spreiding (standaarddeviatie) van 25%.

Gebruiksaanwijzing

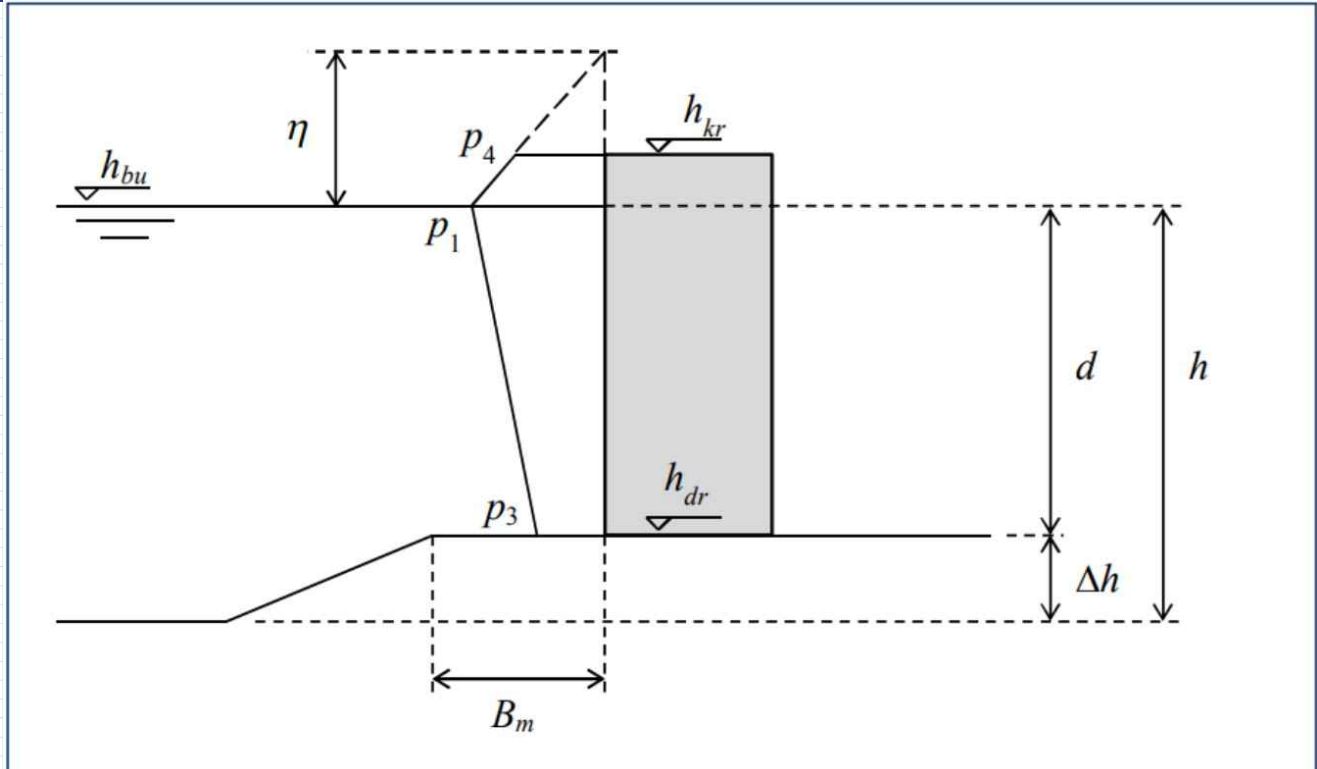
Vul bij de inputparameters de gevraagde informatie in. Gebruik de afbeelding voor verduidelijking van de parameters.

Literatuur

Voor het opstellen van voorliggende rekensheet is gebruik gemaakt van:

- Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken, Rijkswaterstaat, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, november 2018, Status: Definitief Groene versie.

Inputparameters



Geometrie

$h_{bu} := 13.85 \text{ m}$	Buitenwaterstand [m t.o.v. NAP]
$h_{dr} := 12 \text{ m}$	Hoogte onderkant wand [m t.o.v. NAP]
$d := h_{bu} - h_{dr} = 1.85 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de onderkant van de wand [m]
$h_{kr} := 14.4 \text{ m}$	Hoogte bovenkant wand [m t.o.v. NAP]
$h := d = 1.85 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de teen van de dijk/berm [m]
$B_m := 0 \text{ m}$	Bermbreedte [m]

Golfparameters

$H_s := 0.83 \text{ m}$	Significante golfhoogte [m]
$T_{m1.0} := 2.84 \text{ s}$	Spectrale golfperiode [s]
$\theta_{wall} := 235^\circ$	Hoek tussen een lijn loodrecht op het keermiddel en het noorden [graden]
$\theta_{waves} := 270^\circ$	Hoek van golfinval ten opzichte van het noorden [graden]

Overig

$\lambda_1 := 1$	Modificatiefactor voor de geometrie van de wand [-]
$\lambda_2 := 1$	Modificatiefactor voor de aard van de wand [-]
$\gamma_w := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot g = 9.807 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	Volumegewicht water [-]

Golflente en golfperiode

$$T_p := 1.1 \cdot T_{m1.0} = 3.124 \text{ s}$$

Piekperiode golfperiode [s]

$$L := 15 \text{ m}$$

Schatting golflente [m]

$$g := 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Schatting gravitatieconstante [m/s²]

$$L = \frac{g \cdot T_p^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)$$

Formule voor bepaling golflente [m]

$$L := \text{find}(L) = 11.609 \text{ m}$$

Solver voor bepaling golflente [m]

$$H_{d;1} := 2.2 \cdot H_s = 1.826 \text{ m}$$

$$H_{d;2} := 0.9 \cdot h = 1.665 \text{ m}$$

$$H_d := \min(H_{d;1}, H_{d;2}) = 1.665 \text{ m}$$

Designwaarde golfhoogte [m]

Golfdrukcoëfficiënten model van Goda

$$\gamma_1 := 0.93 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.36 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.328$$

Coëfficiënt 11 in de Goda-formule [-]

$$\gamma_2 := -0.36 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.93 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.515$$

Coëfficiënt 22 in de Goda-formule [-]

$$\gamma := \min(20 \cdot \delta_{11}, 15 \cdot \delta_{11}) = -6.552$$

Coëfficiënt 1 in de Goda-formule [-]

$$\gamma := \min(4.9 \cdot \delta_{22}, 3.0 \cdot \delta_{22}) = -2.523$$

Coëfficiënt 2 in de Goda-formule [-]

$$\alpha_{imp1} := \begin{cases} \frac{\cos(\delta_2)}{\cosh(\delta_1)} & \text{if } \delta_2 \leq 0 \\ \frac{1}{\cosh(\delta_1) \cdot \sqrt{\cosh(\delta_2)}} & \text{else} \end{cases} = -0.002$$

factor voor het effect van de vorm van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{imp0} := \min\left(\frac{H_d}{d}, 2\right) = 0.9$$

factor voor het effect van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{impuls} := \alpha_{imp0} \cdot \alpha_{imp1} = -0.002$$

Impuls-golfdrukcoëfficiënt [-]

$$\gamma := 0.6 + 0.5 \left(\frac{\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}}{\sinh\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)} \right)^2 = 0.75163$$

Traag variërende drukcomponent [-]

$$\alpha_2 := \min \left(\frac{\left(1 - \frac{d}{h}\right) \cdot \left(\frac{H_d}{d}\right)^2}{3}, \frac{2 \cdot d}{H_d} \right) = 0$$

Golfdrukcomponent [-]

$$\alpha_3 := 1 - \left(\frac{d}{h} \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh \left(\frac{2 \pi \cdot h}{L} \right)} \right) = 0.64743$$

Quotiënt van p_3 en p_1 [-]

$$\alpha_{max2i} := \max(\alpha_2, \alpha_{impuls}) = 0$$

Maximale golfdrukcomponent [-]

$$\eta := \begin{cases} \text{if } h_{bu} \leq h_{dr} \\ \eta \leftarrow 0 \\ \text{else} \\ \eta \leftarrow 0.75 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot \lambda_1 \cdot H_d \end{cases}$$

= 2.27167 **m** Afstand tussen het hoogste punt van de
golfdrukverdeling volgens de Goda-formule en
de buitenwaterstand [m]

$$h_{c,corr} := \min(\eta, \max((h_{kr} - h_{bu}), 0)) = 0.55 \text{ m}$$

1

$$\alpha_4 := 1 - \frac{h_{c,corr}}{\eta} = 0.758$$

Quotiënt van p_4 en p_1 [-]

Berekeningsresultaten

$$\rho_1 := 0.5 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot (\lambda_1 \cdot \alpha_1 + \lambda_2 \cdot \alpha_{max2i} \cdot \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})^2) \cdot \gamma_w \cdot H_d = 11.163 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_3 := \alpha_3 \cdot \rho_1 = 7.227 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_4 := \alpha_4 \cdot \rho_1 = 8.46 \frac{kN}{m^2}$$

Date: 14-07-2023
Project: Nieuw Bergen
omschrijving: Waterkerende constructie dijkvak 3

Verificatie:

Opgesteld door;

Gecontroleerd door;

Vrijgave door;

Disclaimer

Goda heeft een algemene formulering van de golfdruk op een caisson op een stortstenen drempel gegeven. De vergelijkingen van Goda gelden voor zowel niet-brekende als brekende golven. Het model is gebaseerd op curve fitting op resultaten van experimenten. De vergelijkingen van Goda worden wereldwijd niet alleen veel gebruikt bij het ontwerp van verticale golfbrekers, maar ook voor het ontwerp van waterkeringen. Hoewel de vergelijkingen zijn afgeleid voor golfbrekers op een stortstenen drempel, worden zij ook veel toegepast voor wanden zonder drempel. De vergelijkingen veranderen niet in geval van overslag. Het model van Goda is echter ongeschikt wanneer grote golfklappen bij zwaar brekende golven zich voordoen in combinatie met keermiddelen in een waterkerende constructies. Als maat voor zwaar brekende golven bij keermiddelen kan de verhouding van significante golfhoogte en waterdiepte bij de constructie $> 0,5$ worden gebruikt met een helling steiler dan 1:50. Een tweede situatie waarbij grote golfklappen kunnen optreden is wanneer de wand onregelmatig gevormd is, hierdoor kunnen golven worden 'opgesloten'. In deze gevallen is er geen sprake van een verticale wand en kan het model van Goda niet toegepast worden. Het model van Goda lijkt overigens enigszins conservatief, wat voor ontwerpen geen probleem hoeft te zijn. In Van der Meer et. al ([Ref. 7.22]) wordt de formule van Goda vergeleken met testen. Hieruit bleek dat de formule gemiddeld de maximale kracht met 10% overschatte, met een spreiding (standaarddeviatie) van 25%.

Gebruiksaanwijzing

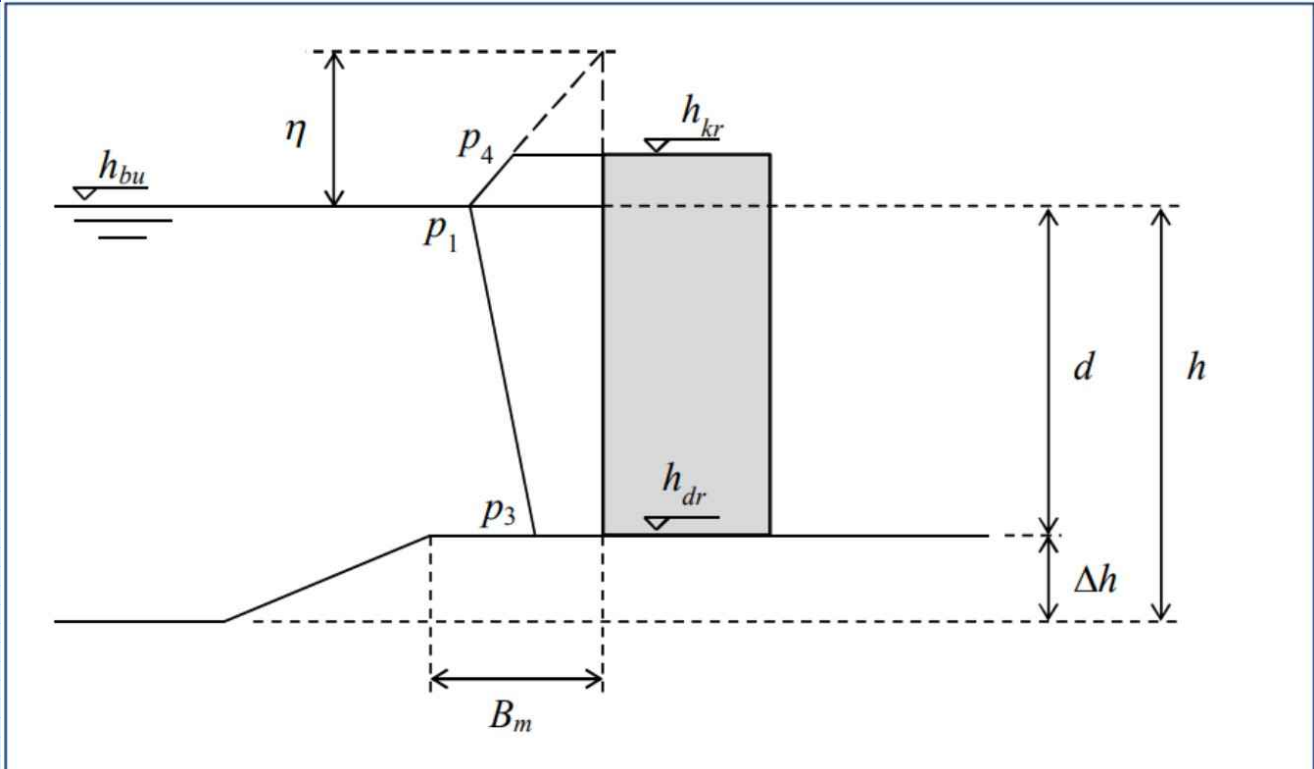
Vul bij de inputparameters de gevraagde informatie in. Gebruik de afbeelding voor verduidelijking van de parameters.

Literatuur

Voor het opstellen van voorliggende rekensheet is gebruik gemaakt van:

- Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken, Rijkswaterstaat, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, november 2018, Status: Definitief Groene versie.

Inputparameters



Geometrie

$h_{bu} := 15.935 \text{ m}$	Buitenwaterstand [m t.o.v. NAP]
$h_{dr} := 10.65 \text{ m}$	Hoogte onderkant wand [m t.o.v. NAP]
$d := h_{bu} - h_{dr} = 5.285 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de onderkant van de wand [m]
$h_{kr} := 15.25 \text{ m}$	Hoogte bovenkant wand [m t.o.v. NAP]
$h := d = 5.285 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de teen van de dijk/berm [m]
$B_m := 0 \text{ m}$	Bermbreedte [m]

Golfparameters

$H_s := 0.243 \text{ m}$	Significante golfhoogte [m]
$T_{m1.0} := 1.504 \text{ s}$	Spectrale golfperiode [s]
$\theta_{wall} := 235^\circ$	Hoek tussen een lijn loodrecht op het keermiddel en het noorden [graden]
$\theta_{waves} := 270^\circ$	Hoek van golfinval ten opzichte van het noorden [graden]

Overig

$\lambda_1 := 1$	Modificatiefactor voor de geometrie van de wand [-]
$\lambda_2 := 1$	Modificatiefactor voor de aard van de wand [-]
$\gamma_w := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot g = 9.807 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	Volumegewicht water [-]

Golflente en golfperiode

$$T_p := 1.1 \cdot T_{m1.0} = 1.654 \text{ s}$$

Piekperiode golfperiode [s]

$$L := 15 \text{ m}$$

Schatting golflente [m]

$$g := 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Schatting gravitatieconstante [m/s²]

$$L = \frac{g \cdot T_p^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)$$

Formule voor bepaling golflente [m]

$$L := \text{find}(L) = 4.272 \text{ m}$$

Solver voor bepaling golflente [m]

$$H_{d;1} := 2.2 \cdot H_s = 0.535 \text{ m}$$

$$H_{d;2} := 0.9 \cdot h = 4.757 \text{ m}$$

$$H_d := \min(H_{d;1}, H_{d;2}) = 0.535 \text{ m}$$

Designwaarde golfhoogte [m]

Golfdrukcoëfficiënten model van Goda

$$\gamma_1 := 0.93 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.36 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.328$$

Coëfficiënt 11 in de Goda-formule [-]

$$\gamma_2 := -0.36 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.93 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.515$$

Coëfficiënt 22 in de Goda-formule [-]

$$\delta_{11} := \min(20 \cdot \delta_{11}, 15 \cdot \delta_{11}) = -6.552$$

Coëfficiënt 1 in de Goda-formule [-]

$$\delta_{22} := \min(4.9 \cdot \delta_{22}, 3.0 \cdot \delta_{22}) = -2.523$$

Coëfficiënt 2 in de Goda-formule [-]

$$\alpha_{imp1} := \begin{cases} \frac{\cos(\delta_2)}{\cosh(\delta_1)} & \text{if } \delta_2 \leq 0 \\ \frac{1}{\cosh(\delta_1) \cdot \sqrt{\cosh(\delta_2)}} & \text{else} \end{cases} = -0.002$$

factor voor het effect van de vorm van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{np0} := \min\left(\frac{H_d}{d}, 2\right) = 0.101$$

factor voor het effect van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{npuls} := \alpha_{imp0} \cdot \alpha_{imp1} = -2.352 \cdot 10^{-4}$$

Impuls-golfdrukcoëfficiënt [-]

$$\gamma := 0.6 + 0.5 \left(\frac{\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}}{\sinh\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)} \right)^2 = 0.6$$

Traag variërende drukcomponent [-]

$$\alpha_2 := \min \left(\frac{\left(1 - \frac{d}{h}\right) \cdot \left(\frac{H_d}{d}\right)^2}{3}, \frac{2 \cdot d}{H_d} \right) = 0$$

Golfdrukcomponent [-]

$$\alpha_3 := 1 - \left(\frac{d}{h} \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh \left(\frac{2 \pi \cdot h}{L} \right)} \right) = 0.00084$$

Quotiënt van p_3 en p_1 [-]

$$\alpha_{max2i} := \max(\alpha_2, \alpha_{impuls}) = 0$$

Maximale golfdrukcomponent [-]

$$\eta := \begin{cases} \text{if } h_{bu} \leq h_{dr} \\ \eta \leftarrow 0 \\ \text{else} \\ \eta \leftarrow 0.75 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot \lambda_1 \cdot H_d \end{cases} = 0.72939 \text{ m}$$

Afstand tussen het hoogste punt van de golfdrukverdeling volgens de Goda-formule en de buitenwaterstand [m]

$$h_{c,corr} := \min(\eta, \max((h_{kr} - h_{bu}), 0)) = 0 \text{ m}$$

1

$$\alpha_4 := 1 - \frac{h_{c,corr}}{\eta} = 1$$

Quotiënt van p_4 en p_1 [-]

Berekeningsresultaten

$$\rho_1 := 0.5 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot (\lambda_1 \cdot \alpha_1 + \lambda_2 \cdot \alpha_{max2i} \cdot \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})^2) \cdot \gamma_w \cdot H_d = 2.861 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_3 := \alpha_3 \cdot \rho_1 = 0.002 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_4 := \alpha_4 \cdot \rho_1 = 2.861 \frac{kN}{m^2}$$

Date: 14-07-2023
Project: Nieuw Bergen
omschrijving: Waterkerende constructies dijkvak 4

Verificatie:

Opgesteld door;

Gecontroleerd door;

Vrijgave door;

Disclaimer

Goda heeft een algemene formulering van de golfdruk op een caisson op een stortstenen drempel gegeven. De vergelijkingen van Goda gelden voor zowel niet-brekende als brekende golven. Het model is gebaseerd op curve fitting op resultaten van experimenten. De vergelijkingen van Goda worden wereldwijd niet alleen veel gebruikt bij het ontwerp van verticale golfbrekers, maar ook voor het ontwerp van waterkeringen. Hoewel de vergelijkingen zijn afgeleid voor golfbrekers op een stortstenen drempel, worden zij ook veel toegepast voor wanden zonder drempel. De vergelijkingen veranderen niet in geval van overslag. Het model van Goda is echter ongeschikt wanneer grote golfklappen bij zwaar brekende golven zich voordoen in combinatie met keermiddelen in een waterkerende constructies. Als maat voor zwaar brekende golven bij keermiddelen kan de verhouding van significante golfhoogte en waterdiepte bij de constructie $> 0,5$ worden gebruikt met een helling steiler dan 1:50. Een tweede situatie waarbij grote golfklappen kunnen optreden is wanneer de wand onregelmatig gevormd is, hierdoor kunnen golven worden 'opgesloten'. In deze gevallen is er geen sprake van een verticale wand en kan het model van Goda niet toegepast worden. Het model van Goda lijkt overigens enigszins conservatief, wat voor ontwerpen geen probleem hoeft te zijn. In Van der Meer et. al ([Ref. 7.22]) wordt de formule van Goda vergeleken met testen. Hieruit bleek dat de formule gemiddeld de maximale kracht met 10% overschatte, met een spreiding (standaarddeviatie) van 25%.

Gebruiksaanwijzing

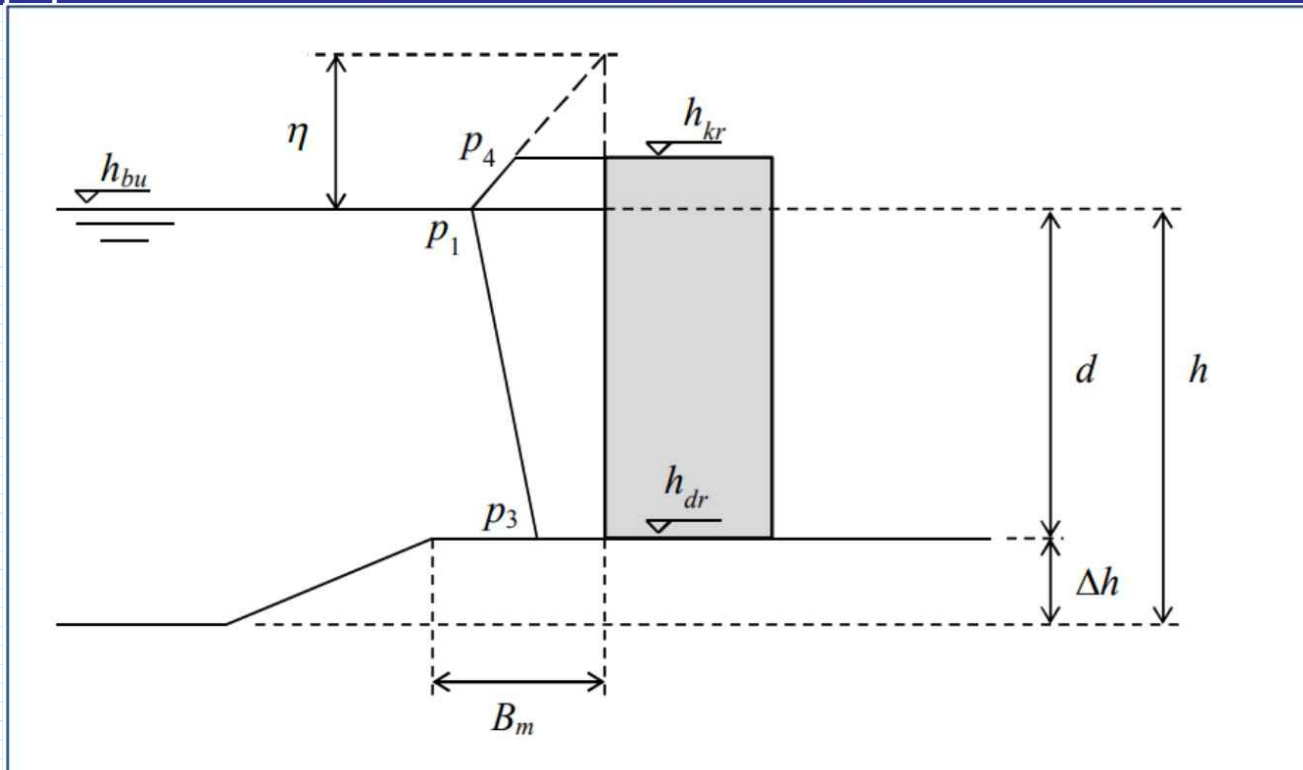
Vul bij de inputparameters de gevraagde informatie in. Gebruik de afbeelding voor verduidelijking van de parameters.

Literatuur

Voor het opstellen van voorliggende rekensheet is gebruik gemaakt van:

- Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken, Rijkswaterstaat, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, november 2018, Status: Definitief Groene versie.

Inputparameters



Geometrie

$h_{bu} := 15.935 \text{ m}$	Buitenwaterstand [m t.o.v. NAP]
$h_{dr} := 12.06 \text{ m}$	Hoogte onderkant wand [m t.o.v. NAP]
$d := h_{bu} - h_{dr} = 3.875 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de onderkant van de wand [m]
$h_{kr} := 15.25 \text{ m}$	Hoogte bovenkant wand [m t.o.v. NAP]
$h := d = 3.875 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de teen van de dijk/berm [m]
$B_m := 0 \text{ m}$	Bermbreedte [m]

Golfparameters

$H_s := 0.274 \text{ m}$	Significante golfhoogte [m]
$T_{m1.0} := 1.74 \text{ s}$	Spectrale golfperiode [s]
$\theta_{wall} := 235^\circ$	Hoek tussen een lijn loodrecht op het keermiddel en het noorden [graden]
$\theta_{waves} := 270^\circ$	Hoek van golfinval ten opzichte van het noorden [graden]

Overig

$\lambda_1 := 1$	Modificatiefactor voor de geometrie van de wand [-]
$\lambda_2 := 1$	Modificatiefactor voor de aard van de wand [-]
$\gamma_w := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot g = 9.807 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	Volumegewicht water [-]

Golflente en golfperiode

$$T_p := 1.1 \cdot T_{m1.0} = 1.914 \text{ s}$$

Piekperiode golfperiode [s]

$$L := 15 \text{ m}$$

Schatting golflente [m]

$$g := 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Schatting gravitatieconstante [m/s²]

$$L = \frac{g \cdot T_p^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)$$

Formule voor bepaling golflente [m]

$$L := \text{find}(L) = 5.716 \text{ m}$$

Solver voor bepaling golflente [m]

$$H_{d;1} := 2.2 \cdot H_s = 0.603 \text{ m}$$

$$H_{d;2} := 0.9 \cdot h = 3.488 \text{ m}$$

$$H_d := \min(H_{d;1}, H_{d;2}) = 0.603 \text{ m}$$

Designwaarde golfhoogte [m]

Golfdrukcoëfficiënten model van Goda

$$\gamma_1 := 0.93 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.36 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.328$$

Coëfficiënt 11 in de Goda-formule [-]

$$\gamma_2 := -0.36 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.93 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.515$$

Coëfficiënt 22 in de Goda-formule [-]

$$\delta_{11} := \min(20 \cdot \delta_{11}, 15 \cdot \delta_{11}) = -6.552$$

Coëfficiënt 1 in de Goda-formule [-]

$$\delta_{22} := \min(4.9 \cdot \delta_{22}, 3.0 \cdot \delta_{22}) = -2.523$$

Coëfficiënt 2 in de Goda-formule [-]

$$\alpha_{imp1} := \begin{cases} \frac{\cos(\delta_2)}{\cosh(\delta_1)} & \text{if } \delta_2 \leq 0 \\ \frac{1}{\cosh(\delta_1) \cdot \sqrt{\cosh(\delta_2)}} & \text{else} \end{cases} = -0.002$$

factor voor het effect van de vorm van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{np0} := \min\left(\frac{H_d}{d}, 2\right) = 0.156$$

factor voor het effect van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{npuls} := \alpha_{imp0} \cdot \alpha_{imp1} = -3.616 \cdot 10^{-4}$$

Impuls-golfdrukcoëfficiënt [-]

$$\gamma := 0.6 + 0.5 \left(\frac{\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}}{\sinh\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)} \right)^2 = 0.60001$$

Traag variërende drukcomponent [-]

$$\alpha_2 := \min \left(\frac{\left(1 - \frac{d}{h}\right) \cdot \left(\frac{H_d}{d}\right)^2}{3}, \frac{2 \cdot d}{H_d} \right) = 0$$

Golfdrukcomponent [-]

$$\alpha_3 := 1 - \left(\frac{d}{h} \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L} \right)} \right) = 0.02825$$

Quotiënt van p_3 en p_1 [-]

$$\alpha_{max2i} := \max(\alpha_2, \alpha_{impuls}) = 0$$

Maximale golfdrukcomponent [-]

$$\eta := \begin{cases} \text{if } h_{bu} \leq h_{dr} \\ \eta \leftarrow 0 \\ \text{else} \\ \eta \leftarrow 0.75 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot \lambda_1 \cdot H_d \end{cases} = 0.82244 \text{ m}$$

Afstand tussen het hoogste punt van de golfdrukverdeling volgens de Goda-formule en de buitenwaterstand [m]

$$h_{c,corr} := \min(\eta, \max((h_{kr} - h_{bu}), 0)) = 0 \text{ m}$$

1

$$\alpha_4 := 1 - \frac{h_{c,corr}}{\eta} = 1$$

Quotiënt van p_4 en p_1 [-]

Berekeningsresultaten

$$\rho_1 := 0.5 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot (\lambda_1 \cdot \alpha_1 + \lambda_2 \cdot \alpha_{max2i} \cdot \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})^2) \cdot \gamma_w \cdot H_d = 3.226 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_3 := \alpha_3 \cdot \rho_1 = 0.091 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_4 := \alpha_4 \cdot \rho_1 = 3.226 \frac{kN}{m^2}$$

Date: 14-07-2023
Project: Nieuw Bergen
omschrijving: Waterkerende constructies dijkvak 5

Verificatie:

Opgesteld door;

Gecontroleerd door;

Vrijgave door;

Disclaimer

Goda heeft een algemene formulering van de golfdruk op een caisson op een stortstenen drempel gegeven. De vergelijkingen van Goda gelden voor zowel niet-brekende als brekende golven. Het model is gebaseerd op curve fitting op resultaten van experimenten. De vergelijkingen van Goda worden wereldwijd niet alleen veel gebruikt bij het ontwerp van verticale golfbrekers, maar ook voor het ontwerp van waterkeringen. Hoewel de vergelijkingen zijn afgeleid voor golfbrekers op een stortstenen drempel, worden zij ook veel toegepast voor wanden zonder drempel. De vergelijkingen veranderen niet in geval van overslag. Het model van Goda is echter ongeschikt wanneer grote golfklappen bij zwaar brekende golven zich voordoen in combinatie met keermiddelen in een waterkerende constructies. Als maat voor zwaar brekende golven bij keermiddelen kan de verhouding van significante golfhoogte en waterdiepte bij de constructie $> 0,5$ worden gebruikt met een helling steiler dan 1:50. Een tweede situatie waarbij grote golfklappen kunnen optreden is wanneer de wand onregelmatig gevormd is, hierdoor kunnen golven worden 'opgesloten'. In deze gevallen is er geen sprake van een verticale wand en kan het model van Goda niet toegepast worden. Het model van Goda lijkt overigens enigszins conservatief, wat voor ontwerpen geen probleem hoeft te zijn. In Van der Meer et. al ([Ref. 7.22]) wordt de formule van Goda vergeleken met testen. Hieruit bleek dat de formule gemiddeld de maximale kracht met 10% overschatte, met een spreiding (standaarddeviatie) van 25%.

Gebruiksaanwijzing

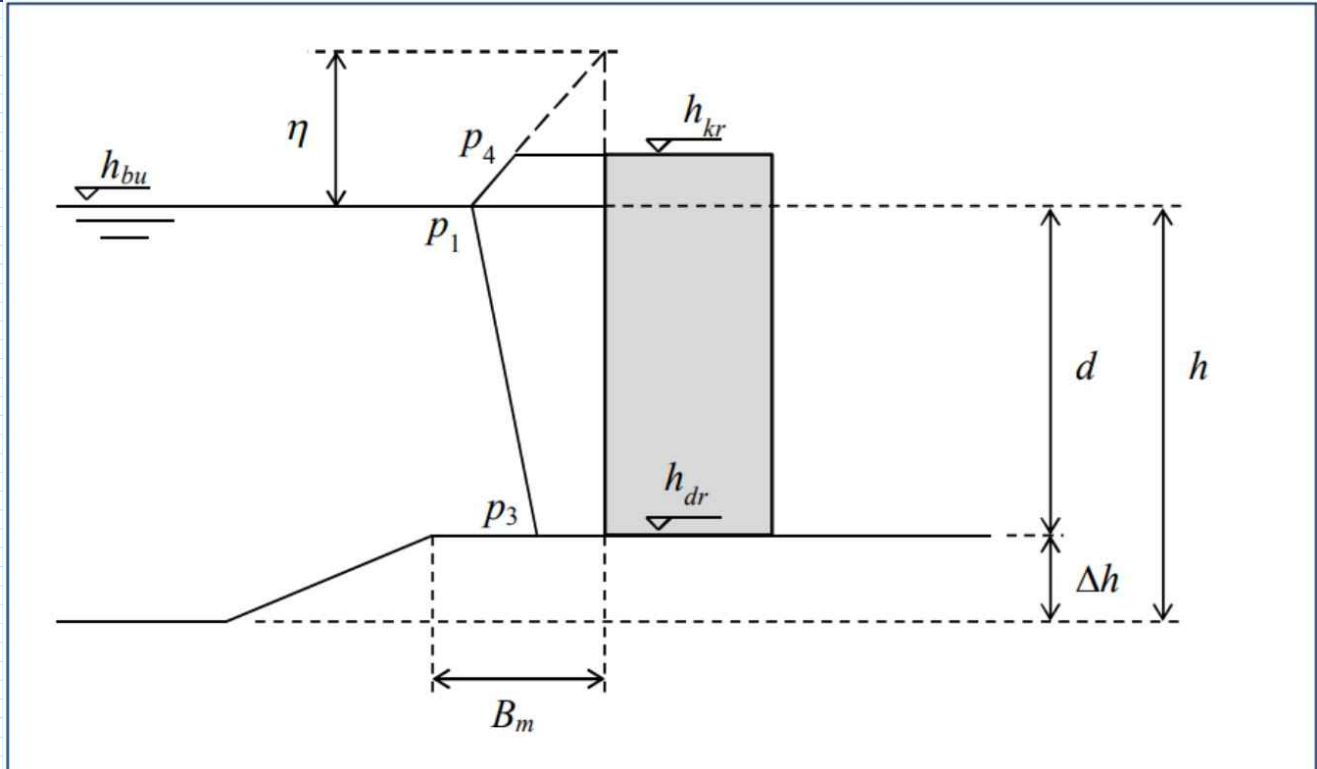
Vul bij de inputparameters de gevraagde informatie in. Gebruik de afbeelding voor verduidelijking van de parameters.

Literatuur

Voor het opstellen van voorliggende rekensheet is gebruik gemaakt van:

- Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken, Rijkswaterstaat, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, november 2018, Status: Definitief Groene versie.

Inputparameters



Geometrie

$h_{bu} := 15.813 \text{ m}$	Buitenwaterstand [m t.o.v. NAP]
$h_{dr} := 10.7 \text{ m}$	Hoogte onderkant wand [m t.o.v. NAP]
$d := h_{bu} - h_{dr} = 5.113 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de onderkant van de wand [m]
$h_{kr} := 15.25 \text{ m}$	Hoogte bovenkant wand [m t.o.v. NAP]
$h := d = 5.113 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de teen van de dijk/berm [m]
$B_m := 0 \text{ m}$	Bermbreedte [m]

Golfparameters

$H_s := 0.393 \text{ m}$	Significante golfhoogte [m]
$T_{m1.0} := 2.03 \text{ s}$	Spectrale golfperiode [s]
$\theta_{wall} := 235^\circ$	Hoek tussen een lijn loodrecht op het keermiddel en het noorden [graden]
$\theta_{waves} := 270^\circ$	Hoek van golfinval ten opzichte van het noorden [graden]

Overig

$\lambda_1 := 1$	Modificatiefactor voor de geometrie van de wand [-]
$\lambda_2 := 1$	Modificatiefactor voor de aard van de wand [-]
$\gamma_w := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot g = 9.807 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	Volumegewicht water [-]

Golfen en golfperiode

Golflente en golfperiode

$$T_p := 1.1 \cdot T_{m1.0} = 2.233 \text{ s}$$

Piekperiode golfperiode [s]

$$L := 15 \text{ m}$$

Schatting golflente [m]

$$g := 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Schatting gravitatieconstante [m/s²]

$$L = \frac{g \cdot T_p^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)$$

Formule voor bepaling golflente [m]

$$L := \text{find}(L) = 7.779 \text{ m}$$

Solver voor bepaling golflente [m]

$$H_{d;1} := 2.2 \cdot H_s = 0.865 \text{ m}$$

$$H_{d;2} := 0.9 \cdot h = 4.602 \text{ m}$$

$$H_d := \min(H_{d;1}, H_{d;2}) = 0.865 \text{ m}$$

Designwaarde golfhoogte [m]

Golfdrukcoëfficiënten model van Goda

$$\delta_{11} := 0.93 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.36 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.328$$

Coëfficiënt 11 in de Goda-formule [-]

$$\delta_{22} := -0.36 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.93 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.515$$

Coëfficiënt 22 in de Goda-formule [-]

$$\delta_1 := \min(20 \cdot \delta_{11}, 15 \cdot \delta_{11}) = -6.552$$

Coëfficiënt 1 in de Goda-formule [-]

$$\delta_2 := \min(4.9 \cdot \delta_{22}, 3.0 \cdot \delta_{22}) = -2.523$$

Coëfficiënt 2 in de Goda-formule [-]

$$\alpha_{imp1} := \begin{cases} \text{if } \delta_2 \leq 0 \\ \alpha_{imp1} \leftarrow \frac{\cos(\delta_2)}{\cosh(\delta_1)} \\ \text{else} \\ \alpha_{imp1} \leftarrow \frac{1}{\cosh(\delta_1) \cdot \sqrt{\cosh(\delta_2)}} \end{cases} = -0.002$$

factor voor het effect van de vorm van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{imp0} := \min\left(\frac{H_d}{d}, 2\right) = 0.169$$

factor voor het effect van de drempelhoogte [-]

$$\alpha_{impuls} := \alpha_{imp0} \cdot \alpha_{imp1} = -3.931 \cdot 10^{-4}$$

Impuls-golfdrukcoëfficiënt [-]

$$\alpha_7 := 0.6 + 0.5 \left(\frac{\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}}{\sinh\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)} \right)^2 = 0.60001$$

Traag variërende drukcomponent [-]

$$:= \min \left(\frac{\left(1 - \frac{d}{h}\right) \cdot \left(\frac{H_d}{d}\right)^2}{3}, \frac{2 \cdot d}{H_d} \right) = 0$$

Golfdrukcomponent [-]

$$:= 1 - \left(\frac{d}{h}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2 \pi \cdot h}{L}\right)}\right) = 0.03216$$

Quotiënt van p_3 en p_1 [-]

$$\alpha_{max2i} := \max(\alpha_2, \alpha_{impuls}) = 0$$

Maximale golfdrukcomponent [-]

$$= \text{if } h_{bu} \leq h_{dr}$$

$$\parallel \eta \leftarrow 0$$

else

$$\parallel \eta \leftarrow 0.75 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot \lambda_1 \cdot H_d$$

= 1.17963 **m** Afstand tussen het hoogste punt van de
golfdrukverdeling volgens de Goda-formule en
de buitenwaterstand [m]

$$\eta_{corr} := \min(\eta, \max((h_{kr} - h_{bu}), 0)) = 0 \text{ **m**}$$

1

$$:= 1 - \frac{h_{c,corr}}{\eta} = 1$$

Quotiënt van p_4 en p_1 [-]

Berekeningsresultaten

$$\rho_1 := 0.5 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot (\lambda_1 \cdot \alpha_1 + \lambda_2 \cdot \alpha_{max2i} \cdot \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})^2) \cdot \gamma_w \cdot H_d = 4.627 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\rho_3 := \alpha_3 \cdot \rho_1 = 0.149 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\rho_4 := \alpha_4 \cdot \rho_1 = 4.627 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Date: 14-07-2023
Project: Nieuw Bergen
omschrijving: Waterkerende constructies dijkvak 7

Verificatie:

Opgesteld door;

Gecontroleerd door;

Vrijgave door;

Disclaimer

Goda heeft een algemene formulering van de golfdruk op een caisson op een stortstenen drempel gegeven. De vergelijkingen van Goda gelden voor zowel niet-brekende als brekende golven. Het model is gebaseerd op curve fitting op resultaten van experimenten. De vergelijkingen van Goda worden wereldwijd niet alleen veel gebruikt bij het ontwerp van verticale golfbrekers, maar ook voor het ontwerp van waterkeringen. Hoewel de vergelijkingen zijn afgeleid voor golfbrekers op een stortstenen drempel, worden zij ook veel toegepast voor wanden zonder drempel. De vergelijkingen veranderen niet in geval van overslag. Het model van Goda is echter ongeschikt wanneer grote golfklappen bij zwaar brekende golven zich voordoen in combinatie met keermiddelen in een waterkerende constructies. Als maat voor zwaar brekende golven bij keermiddelen kan de verhouding van significante golfhoogte en waterdiepte bij de constructie $> 0,5$ worden gebruikt met een helling steiler dan 1:50. Een tweede situatie waarbij grote golfklappen kunnen optreden is wanneer de wand onregelmatig gevormd is, hierdoor kunnen golven worden 'opgesloten'. In deze gevallen is er geen sprake van een verticale wand en kan het model van Goda niet toegepast worden. Het model van Goda lijkt overigens enigszins conservatief, wat voor ontwerpen geen probleem hoeft te zijn. In Van der Meer et. al ([Ref. 7.22]) wordt de formule van Goda vergeleken met testen. Hieruit bleek dat de formule gemiddeld de maximale kracht met 10% overschatte, met een spreiding (standaarddeviatie) van 25%.

Gebruiksaanwijzing

Vul bij de inputparameters de gevraagde informatie in. Gebruik de afbeelding voor verduidelijking van de parameters.

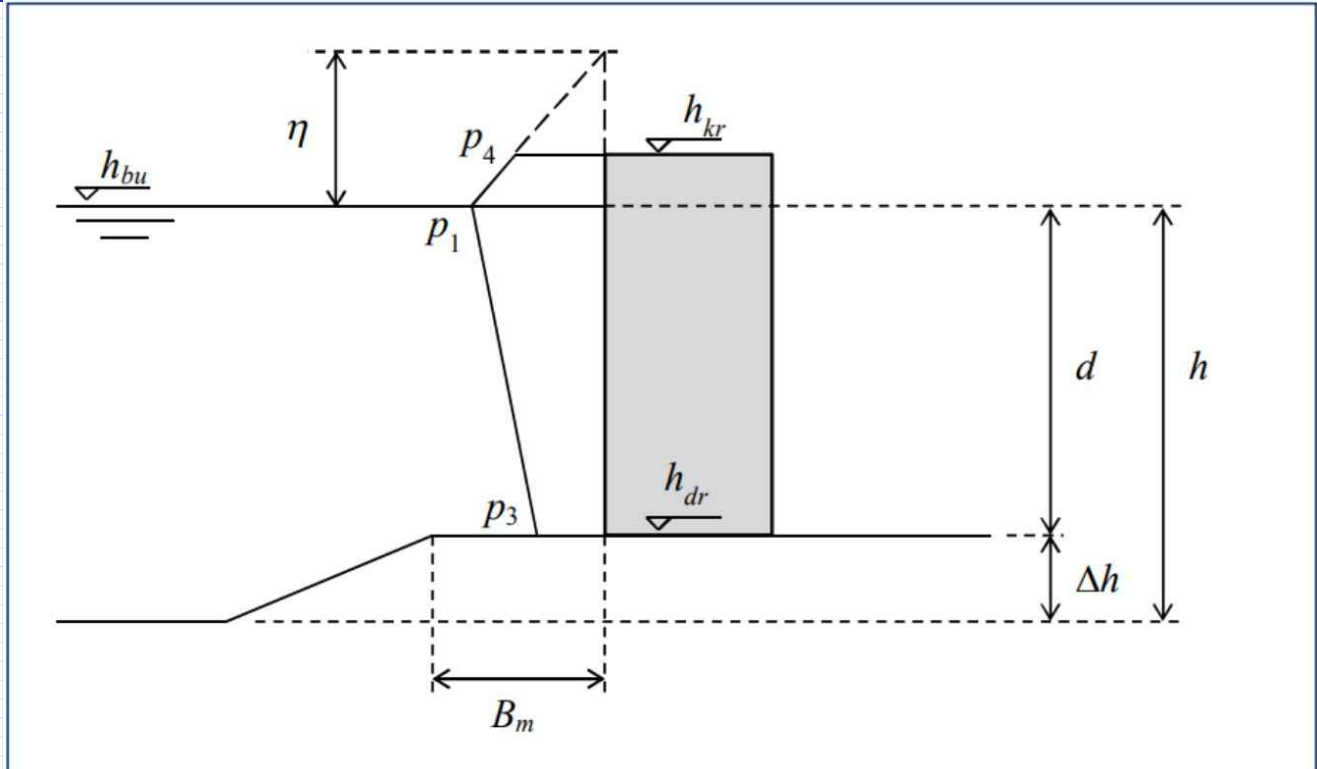
Literatuur

Voor het opstellen van voorliggende rekensheet is gebruik gemaakt van:

- Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken, Rijkswaterstaat, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, november 2018, Status: Definitief Groene versie.

Inputparameters

Inputparameters



Geometrie

$h_{bu} := 15.738 \text{ m}$	Buitenwaterstand [m t.o.v. NAP]
$h_{dr} := 10.6 \text{ m}$	Hoogte onderkant wand [m t.o.v. NAP]
$d := h_{bu} - h_{dr} = 5.138 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de onderkant van de wand [m]
$h_{kr} := 14.9 \text{ m}$	Hoogte bovenkant wand [m t.o.v. NAP]
$h := d = 5.138 \text{ m}$	Verticale afstand tussen de stilwaterlijn en de teen van de dijk/berm [m]
$B_m := 0 \text{ m}$	Bermbreedte [m]

Golfparameters

$H_s := 0.402 \text{ m}$	Significante golfhoogte [m]
$T_{m1.0} := 2.053 \text{ s}$	Spectrale golfperiode [s]
$\theta_{wall} := 235^\circ$	Hoek tussen een lijn loodrecht op het keermiddel en het noorden [graden]
$\theta_{waves} := 270^\circ$	Hoek van golfinval ten opzichte van het noorden [graden]

Overig

$\lambda_1 := 1$	Modificatiefactor voor de geometrie van de wand [-]
$\lambda_2 := 1$	Modificatiefactor voor de aard van de wand [-]
$\gamma_w := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot g = 9.807 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	Volumegewicht water [-]

Golfen en golfperiode

Golflente en golfperiode

$T_p := 1.1 \cdot T_{m1.0} = 2.258 \text{ s}$	Piekperiode golfperiode [s]
$L := 15 \text{ m}$	Schatting golflente [m]
$g := 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	Schatting gravitatieconstante [m/s ²]
$L = \frac{g \cdot T_p^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)$	Formule voor bepaling golflente [m]
$L := \text{find}(L) = 7.955 \text{ m}$	Solver voor bepaling golflente [m]
$H_{d;1} := 2.2 \cdot H_s = 0.884 \text{ m}$	
$H_{d;2} := 0.9 \cdot h = 4.624 \text{ m}$	
$H_d := \min(H_{d;1}, H_{d;2}) = 0.884 \text{ m}$	Designwaarde golfhoogte [m]

Golfdrukcoëfficiënten model van Goda

$\delta_{11} := 0.93 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.36 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.328$	Coëfficiënt 11 in de Goda-formule [-]
$\delta_{22} := -0.36 \cdot \left(\frac{B_m}{L} - 0.12\right) + 0.93 \cdot \left(0.4 - \frac{d}{h}\right) = -0.515$	Coëfficiënt 22 in de Goda-formule [-]
$\delta_1 := \min(20 \cdot \delta_{11}, 15 \cdot \delta_{11}) = -6.552$	Coëfficiënt 1 in de Goda-formule [-]
$\delta_2 := \min(4.9 \cdot \delta_{22}, 3.0 \cdot \delta_{22}) = -2.523$	Coëfficiënt 2 in de Goda-formule [-]
$\alpha_{imp1} := \begin{cases} \text{if } \delta_2 \leq 0 \\ \left\ \alpha_{imp1} \leftarrow \frac{\cos(\delta_2)}{\cosh(\delta_1)} \right\ \\ \text{else} \\ \left\ \alpha_{imp1} \leftarrow \frac{1}{\cosh(\delta_1) \cdot \sqrt{\cosh(\delta_2)}} \right\ \end{cases} = -0.002$	factor voor het effect van de vorm van de drempelhoogte [-]
$\alpha_{imp0} := \min\left(\frac{H_d}{d}, 2\right) = 0.172$	factor voor het effect van de drempelhoogte [-]
$\alpha_{impuls} := \alpha_{imp0} \cdot \alpha_{imp1} = -4.002 \cdot 10^{-4}$	Impuls-golfdrukcoëfficiënt [-]
$\alpha_7 := 0.6 + 0.5 \left(\frac{\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}}{\sinh\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)} \right)^2 = 0.60001$	Traag variërende drukcomponent [-]

$$:= \min \left(\frac{\left(1 - \frac{d}{h}\right) \cdot \left(\frac{H_d}{d}\right)^2}{3}, \frac{2 \cdot d}{H_d} \right) = 0$$

Golfdrukcomponent [-]

$$:= 1 - \left(\frac{d}{h}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2 \pi \cdot h}{L}\right)}\right) = 0.03456$$

Quotiënt van p_3 en p_1 [-]

$$\alpha_{max2i} := \max(\alpha_2, \alpha_{impuls}) = 0$$

Maximale golfdrukcomponent [-]

$$= \text{if } h_{bu} \leq h_{dr}$$

= 1.20664 **m** Afstand tussen het hoogste punt van de golfdrukverdeling volgens de Goda-formule en de buitenwaterstand [m]

$$\parallel \eta \leftarrow 0$$

else

$$\parallel \eta \leftarrow 0.75 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot \lambda_1 \cdot H_d$$

$$\eta_{corr} := \min(\eta, \max((h_{kr} - h_{bu}), 0)) = 0 \text{ m}$$

1

$$:= 1 - \frac{h_{c,corr}}{\eta} = 1$$

Quotiënt van p_4 en p_1 [-]

Berekeningsresultaten

$$\rho_1 := 0.5 \cdot (1 + \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})) \cdot (\lambda_1 \cdot \alpha_1 + \lambda_2 \cdot \alpha_{max2i} \cdot \cos(\theta_{wall} - \theta_{waves})^2) \cdot \gamma_w \cdot H_d = 4.733 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_3 := \alpha_3 \cdot \rho_1 = 0.164 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho_4 := \alpha_4 \cdot \rho_1 = 4.733 \frac{kN}{m^2}$$