

Notitie

Aan
Belanghebbenden

Van
Prof.dr.ir. R.D.J.M. Steenbergen
Ir. H.M.G.M. Steenbergen
Ir. R. de Vries
Dr.ir. A. Bigaj - van Vliet
Ir. A. Casteleijn (RWS)

Onderwerp
Nieuwe probabilistische tool voor toetsen van waterbouwkundige kunstwerken

Inleiding

De gedetailleerde beoordeling van de faalmechanismen van puntconstructies in het WBI zijn volledig probabilistisch. Voor het mechanisme Sterkte en Stabiliteit (STCO en STCG) voorziet het instrumentarium echter in zeer beperkte schematiseringsmogelijkheden. In de Z-functie dient de sterkte van een complex bouwwerk door een beoordelaar te worden gereduceerd tot slechts één parameter. In veel gevallen (circa 75%) is deze vereenvoudiging van de sterkte fysisch onmogelijk en dus ontoelaatbaar. Men is dus eigenlijk standaard aangewezen op een Toets op Maat (ToM). In de praktijk probeert men vaak toch het instrumentarium te gebruiken met als gevolg veel onbetrouwbare beoordelingen. Men kan daarbij niet inschatten of het een onterechte afkeuring of onterechte goedkeuring betreft. Indien men wel overgaat op een ToM blijken er geen (goede) methoden beschikbaar. Vandaar dat TNO het voorliggende kennisproject is gestart in samenwerking met RWS.

Binnen het kennisproject is onderzoek uitgevoerd naar de koppeling van een zelf te definiëren grenstoestandsfunctie (Z-functie) aan het rekenprogramma Hydra-Ring. Hierdoor hoeft de beoordelaar de sterkte van de constructie niet langer te reduceren tot slechts één parameter. Dit onderzoek heeft zich met name gericht op de mogelijkheden en de geschiktheid van de verschillende mogelijkheden tot koppeling van één Z-functie. Uit dit onderzoek is gebleken dat een koppeling van de hydraulische belastingen en rekentechnieken in Hydra-Ring aan een zelf te definiëren Z-functie goed en efficiënt mogelijk is.

Resultaten kennisproject

Het project heeft geresulteerd in een prototype van een Excel tool voor de aansturing van een berekening met één zelf gedefinieerde Z-functie. Deze Z-functie kan op vier verschillende wijzen worden gedefinieerd (Excel, expressie toolkit, Matlab of Python).

Aandachtspunten hierbij waren:

- Het kunnen definiëren van additionele stochasten voor Hydra-Ring voor de beschrijving van de sterkte.

Stieltjesweg 1
2628 CK Delft
Postbus 155
2600 AD Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 20 00
F +31 88 866 06 30

Datum
29 januari 2019

Onze referentie

E-mail
raphael.steenbergen@tno.nl

Doorkiesnummer
+31888663423

- Het kunnen toevoegen en zelf definiëren van een Z-functie voor Hydra-Ring.
- De mogelijkheden en geschiktheid van methoden voor het definiëren van Z-functies.
- Het uitlezen van de resultaten van de Hydra-Ring berekening.

Datum

29 januari 2019

Onze referentie**Blad**

2/3

Dit prototype dient nog verder geschikt gemaakt te worden voor inzet door derden zonder gedetailleerde achtergrondkennis, zoals toetsende ingenieursbureaus.

Positionering tool t.o.v. WBI

De ontwikkelde tool kent twee belangrijke toepassingsgebieden. Deze worden hieronder toegelicht.

- 1) Op dit moment is de gedetailleerde methode van STCO (sterkte waterkerende constructieonderdelen) in Riskeer voor slechts 40-50% van de kunstwerken inzetbaar om tot een conservatieve beoordeling te komen. Wanneer tot een scherpe beoordeling moet worden gekomen is Riskeer voor STCO slecht voor ca. 10-15% inzetbaar. Voor STCG (stabiliteit constructie en grondlichaam) is Riskeer voor 0% inzetbaar. Hiermee lijkt het evident dat de ToM, indien daar een goede methode voor beschikbaar is, bijna standaard ingezet dient te worden wanneer serieuze beoordelingen gewenst zijn. Het voorliggende kennisproject kan hiervoor zorgen.
- 2) Voor andere mechanismen dan STCO en STCG kan in het geval van een ToM slechts een correcte berekening gedaan worden indien aangesloten kan worden bij de probabilistische beschrijving van de hydraulische randvoorwaarden in Hydra-Ring. Zonder dit is geen inzicht mogelijk in waar bijvoorbeeld het ontwerp punt zich bevindt. Het voorliggende kennisproject richt zich hier niet direct op maar de ontwikkelde tool kan wel voor toekomstige beoordelaars van andere mechanismen in een ToM ingezet worden.

Mogelijkheden voor toekomstige ontwikkelingen

Het in het kader van het kennisproject ontwikkelde tool is een prototype voor gebruik door een probabilistisch expert voor een toetsing op maat. Op verschillende punten kan de tool nog verder worden uitgebreid. Zoals:

- Mogelijkheid toevoegen voor het activeren van de voorland en dam modules.
- Ondersteunen van de iteratieve procedure in Hydra-Ring om uitvoer te produceren voor opgeven betrouwbaarheidswaarden.
- Extra uitvoer betreffende ontwerp punten.
- Overzichtelijke rapportage berekeningsstappen (vergelijkbaar met PC-Ring).
- Mogelijkheid tot het toevoegen van meerdere mechanismen.
- Mogelijkheid tot het definiëren van de foutenboom voor het combineren van de mechanismen.

Praktijkbehoefte

Het is gebleken dat de tool meer mogelijkheden heeft dan het toetsen op maat van puntconstructies op basis van één enkele Z-functie. Vanuit de praktijk en onderzoek zijn er onder andere de volgende behoeften:

- 1) Op dit moment wordt in de RWS Werkwijzer Kunstwerken gewerkt met gestandaardiseerde invloedcoëfficiënten voor de golfbelasting in combinatie met de hoogwaterbelasting. Twee belastinggevallen worden daarin onderscheiden voor invoer in het Goda model voor de waterdrukverdeling over de hoogte van een keermiddel. Deze procedure is tot op heden niet gekalibreerd. Met de tool is een kalibratie mogelijk geworden.
- 2) Er ontbreekt op dit moment een 'stekker' vanuit de hydraulische randvoorwaarden naar een semi-probabilistische FEM som. De krachtsverdeling in keermiddelen wordt dan bepaald in een FEM model waarna de toetsing op doorsnedeniveau plaatsvindt conform de materiaalgebonden Eurocodes. Dit is de normale procedure voor constructieve toetsing maar is op dit moment niet mogelijk. De constructeur kan geen koppeling maken met Hydra-Ring om de rekenwaarde(n) van de hydraulische belastingen in te voeren in FEM met het oog op het doorrekenen van diverse belastingcombinaties.
Met behulp van de tool kunnen de rekenwaarden van de belastingen worden gekalibreerd en aan de toetsende constructeurs ter beschikking worden gesteld. De toetsing dient te resulteren in een β -waarde voor het te toetsen mechanisme, hiertoe dient de uitkomst van de Eurocode toetsing met rekenwaarden van de belastingen (een Unity Check (UC)) omgerekend te worden naar een β -waarde van de constructie die getoetst wordt (deze β wordt dan gecombineerd met de faalkansen van de andere mechanismen en opgerold naar een faalkans per dijkkringdeel). Op basis van de ontwikkelde tool kan dit voorschrift ontwikkeld worden.
- 3) Volledig probabilistisch toetsen in combinatie met FEM. Op dit moment kan een koppeling naar een FEM programma worden gemaakt met bijvoorbeeld de Matlab of Python interface van de tool. Wanneer FORM als oplossingsmethode wordt gebruikt, dan zijn er duizenden Z-functie evaluaties (FEM berekeningen) benodigd. In gevallen waarbij voor een sampling methode wordt gekozen zijn dit er nog meer. Met DARS en SDARS lijkt het mogelijk met enkele tientallen FEM berekeningen een goede inschatting te krijgen van de faalkansen. Tot op heden ontbreekt dus een praktisch bruikbare volledig probabilistische koppeling met de belastingstochasten (hydraulische randvoorwaarden) voor FEM.
- 4) Voor een toets op maat is in de brede zin – voor alle relevante constructieve en geotechnische mechanismen – de behoefte om grenstoestandsfuncties op maat te combineren met een koppeling aan de locatie-specifieke hydraulische belastingverdelingen uit Hydra-Ring. Een verdere ontwikkeling van de prototype tool zou dit mogelijk maken.

Opmerking bij 3): Bij een koppeling met FEM is het met het huidige prototype niet mogelijk de rekentechniek van Hydra-Ring aan te passen. DARS en SDARS zijn geen open source en zijn niet geïmplementeerd in Hydra-Ring. Hierdoor is momenteel bij een koppeling aan FEM met de tool alleen efficiënt rekenen mogelijk via tussenkomst van een analytisch gedefinieerde faalfunctie afgestemd op vooraf berekende FEM resultaten.

Datum

29 januari 2019

Onze referentie

Blad

3/3