



Plan afregelen nieuwe rekenmethodiek steenzettingen

implementatie van kennis uit het
onderzoeksprogramma LOS

versie: 19 april 2007

R't Hart

concept



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
2.	Aanpak / planning	5
3.	Kwaliteitsborging / draagvlak	10
	Literatuur	11

concept



1. Inleiding

Het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen heeft veel nieuwe kennis opgeleverd met betrekking tot de sterkte en de belasting van steenbekledingen. Deze kennis moet zodanig worden geïmplementeerd in een rekenmodel dat hiervan optimaal gebruik gemaakt kan worden bij zowel de toetsing van waterkeringen als bij het ontwerp; uiteraard dient daarbij wel het vereiste veiligheidsniveau te worden gegarandeerd.

Inmiddels wordt de ontwikkelde rekenregels betreffende een groot aantal deelaspecten, zoals de belasting, de langeduursterkte, en de sterkte van specifieke bekledingstypen samengebracht in een nieuw rekenmodel voor de toetsing en het ontwerp onder de naam STEENTOETS2007.

Voordat het rekenmodel voor de gebruikers in de vorm van software kan worden vrijgegeven worden globaal de volgende stappen doorlopen:

- Programma van eisen, globaal ontwerp
- Functioneel ontwerp en specificaties software
- Realisatie software
- Testen werking software a.d.h.v. specificaties (debuggen)
- Validatie en calibratie
- Veiligheidsanalyse
- Introductie rekenprogramma (cursus)

Dit plan heeft betrekking op de twee voorlaatste fasen: Validatie en calibratie; Veiligheidsanalyse.

In de momenteel nog vigerende rekenregels wordt ook een bepaald veiligheidsniveau gehaald, wat, omdat de onderliggende modellen onvolkomen zijn, naar verwachting niet voor alle bekledingen hetzelfde zal zijn. Het veiligheidsniveau in het huidige rekenmodel ANAMOS is indertijd vastgesteld door de deels theoretische, deels empirische rekenmodellen te ijken op de toen beschikbare proefresultaten en van een veiligheidsmarge te voorzien [1]. Het aanbrengen van een veiligheidsmarge is veelal niet expliciet gebeurd door partiële veiligheidsfactoren toe te passen, maar door veilige aannamen te doen voor model- of fitfactoren. Voor de ontwerpen die nu worden gerealiseerd met ANAMOS worden extra marges op diverse parameters gehanteerd [8]. Dit gebeurd o.a. omdat bij aanleg nu eenmaal niet exact gerealiseerd zal worden wat op tekening staat: een ontwerp dient robuust te zijn.

Alvorens de nieuwe kennis in de vorm van een nieuw rekenmodel aan de praktijk ter beschikking kan worden gesteld, moet het model



worden afgeregeld (bepalen ijk- en modelfactoren) en marges voor ontwerp en toetsing behorende bij dit rekenmodel worden vastgesteld.

Primair doel is dus te komen tot een optimale, veilige implementatie van de in het onderzoeksprogramma ontwikkelde kennis. Tevens wordt deze fase benut om zicht te krijgen op wat het nieuwe rekenprogramma voor de toetsing van bestaande bekledingen aan consequenties heeft.

Dit onderzoek dient te leiden tot een eindrapport, waarin het commentaar van de ENW-klankbordgroep Steenbekledingen is verwerkt. Het resultaat zoals het uiteindelijk zal worden toegepast, betreft een afgeregeld rekenmodel met twee sets van marges danwel partiële veiligheidsfactoren voor het nieuwe rekenmodel. Daarbij is sprake van één set ten behoeve van de toetsing en een tweede set ten behoeve van het ontwerp.

concept



2. Aanpak

Activiteiten

Er worden binnen dit project een tweetal deelonderzoeken onderscheiden:

- Validatie en calibratie rekenmodel
- Veiligheidsbeschouwing

1. Validatie en calibratie rekenmodel

De validatie en calibratie van het rekenmodel richt zich op het valideren van de trends zoals deze door het rekenmodel worden berekend en het ijken van het model. Referentie daarbij zijn de trends en de bezwijkpunten die met (Deltagoot)proeven zijn vastgesteld. Ook modelleringen (bijv. die betreffende klemming) kunnen input leveren voor de validatie van de trends.

De volgende activiteiten komen daarbij aan de orde:

- 1.1. Inventariseren en parametriseren relevante Deltagootproeven
- 1.2. Identificeren relevante trends
- 1.3. Analyse trends en gevoeligheden aan de hand van het rekenmodel (parameterstudie)
- 1.4. Ijken model aan proefresultaten Deltagoot (calibratie van verwachtingswaarde)
- 1.5. Verwerken bevindingen in rekenmodel en rapportage

Ad 1.1 en 1.2. Alvorens berekeningen voor de validatie en calibratie kunnen worden uitgevoerd, dient eerst wat voorwerk te worden gedaan. De beschikbare referenties in de vorm van bezwijken van opstellingen in de Deltagoot dienen te worden verzameld uit rapportages, waarbij alle relevante parameters, bijv. ook het niveau van de berm, danwel de hoogste overgangsconstructie is de Steentoets-invoertabel worden verzameld. Daarnaast moeten de belangrijkste trends voor de validatie worden onderkend en beschreven. In de uiteindelijke parameterstudie (ad 3) kan overigens ook nog blijken dat het rekenmodel tot op heden nog niet onderkende, maar wel significante trends weergeeft. Die zullen dan alsnog in de rapportage van activiteit 1.2 moeten worden meegenomen.

Ad 1.3 en 1.4. Het in kaart brengen van de gevoeligheid van het model is nodig voor de validatie en calibratie van de verwachtingswaarde, maar vormt ook een voorbereiding op de veiligheidsbeschouwing en zal daartoe volledig moeten zijn.

Modeltrends dienen aan de hand van een set voor de praktijk representatieve cases te worden geverifieerd, en zonodig middels ijkfactoren te worden bijgesteld.

Voor het in kaart brengen van trends waarvoor onvoldoende proefgegevens voor handen zijn om ze te verifiëren, zal het programma



waarschijnlijk tussenuitvoer op moeten leveren. Bijvoorbeeld alleen een golfklap uitrekenen en niet ook de golfsterugtrekking en van deze twee slechts de maatgevende presenteren.

De referenties, bezwijkpunten vastgesteld aan de hand van Deltagootproeven, dienen na ijking zo goed mogelijk te worden gereproduceerd.

De mate waarin het afgeregelde model in staat is de beschikbare referentiegegevens te beschrijven dient met engineering judgement en de modelkennis te worden vertaald naar modelonzekerheden ten behoeve van de veiligheidsbeschouwing.

Dit deelonderzoek resulteert, naast een deelrapportage, in een rekenmodel waarin de set ijkfactoren is afgeregeld, zodanig dat het model verwachtingswaarden oplevert.

2. Veiligheidsbeschouwing

- 2.1. Literatuurstudie die moet leiden tot inventarisatie van onzekerheden, marges in huidige toetsing en ontwerp en opstellen van een specifieke foutenboom.
- 2.2. Kanstoekenning per gebeurtenis / mechanisme, rekening houdend met wettelijk kader.
- 2.3. Opstellen advies voor partiële veiligheidsfactoren ten behoeve van het nieuwe rekenmodel.
- 2.4. In kaart brengen van consequenties nieuwe rekenmethodiek voor de praktijk.
- 2.5. Rapportage, update gebruikershandleiding en implementeren geactualiseerde dummywaarden in de programmatuur

Ad 2.1)

Bijlage A van deel toetsing en bijlage B van deel ontwerp van [1] geven voor veel constructie-parameters al richtlijnen voor te hanteren waarden, marges c.q. onzekerheden. Aanvullend daarop geeft [8] inzicht in de marges die momenteel in Zeeland worden toegepast. Aangezien dit deelonderzoek uiteindelijk moet leiden tot sets partiële veiligheidsfactoren en marges te hanteren in het nieuwe rekenprogramma, dient een specifieke foutenboom op basis van reeds eerder beschreven bomen [7, 9, 10] moet worden samengesteld. Deze dient daarom te worden beschreven met de mechanismen en de parameters van het rekenprogramma.

Ad 2.2)

Vanuit de wettelijke normering volgt een kansruimte die in principe als randvoorwaarde voor de steenzetting moet worden gehanteerd. In de praktijk van de afgelopen jaren is de invulling van die kansruimte niet altijd even helder geweest [3; notitie "Over schade en ijkpunt", Infram 05i765-17]. De kansruimte die voor het bezwijken van steenbekledingen benodigd is / zal worden gebruikt, moet binnen dit project helder worden vastgelegd.

In dit stadium is een terugkoppeling met de begeleidingsgroep wenselijk.



Ad 2.3)

Door een fit van het rekenmodel op relevante proeven is in de validatiefase de verwachtingswaarde geïjkt.

Aan de hand van een set voor de praktijk representatieve cases dienen met behulp van een probabilistische berekening (bijvoorbeeld een Niveau II klasse 2) de veiligheidsfactoren te worden bepaald, zodanig dat de faalkans acceptabel is.

Ad 2.4)

Het introduceren van een nieuw(e versie van een) rekenmodel voor de toetsing kan leiden tot goedkeuren van zettingen die voorheen zouden zijn afgekeurd, maar kan ook leiden tot afkeuren van bestaande bekledingen die eerder werden goedgekeurd.

De consequenties van de introductie van de nieuwe rekenmethodiek voor de toetsing van de bestaande steenbekledingen dienen voor Nederland zo ruim mogelijk in kaart te worden gebracht. Tenminste de situatie in Zeeland en het IJsselmeergebied dienen te worden vastgelegd. Als ook voor andere regio's actuele steentoetstabellen beschikbaar zijn, dienen deze te worden opgevraagd en verwerkt in het totaalbeeld.

Ad 2.5) Naast een eindrapport dienen de bevindingen van dit onderzoek ook te worden vastgelegd in het programma (de ijk- en veiligheidsfactoren en marges) en de handleiding bij het programma.

Er zullen dus ook (tijdelijke) aanpassingen aan de programmatuur Steentoets gedaan moeten worden ten behoeve van tussenuitvoer (voorbereiding van fase 1.3). In het geval we bugs tegenkomen, wat in deze fase van de levensduur van het model nog zeer waarschijnlijk is, zullen reparatieacties gedaan moeten worden. (Wat mij betreft vallen beperkte reparatieacties binnen de garantie/opdracht.)

Planningsaspecten

Gezien de samenhang van dit deelproject met de validatie en calibratie is het verstandig de aanvang van dit deelproject parallel te laten lopen met dat deelproject. Voor de praktische uitwerking zal echter de verwachtingswaarde van het nieuwe rekenmodel moeten zijn afgeregeld.

In dit plan is een sequentiële fasering beschreven, uitgaande van positieve bevindingen in elke fase. Het is zeer waarschijnlijk dat er hier en daar in het proces een stap terug moet worden gedaan, bijvoorbeeld omdat in de parameterstudie een bug wordt ontdekt. Bij de uitwerking van de verschillende fasen dient er danook rekening mee te worden gehouden dat de consequenties van een update van het rekenprogramma met minimale inspanning kan worden verwerkt.



Er zullen gegevens bij de beheerders moeten worden opgevraagd. Ten minste voor het in kaart brengen van de consequenties zullen de beheerders moeten worden benaderd voor actuele STEENTOETS-bestanden. Ook voor eventuele extra gegevens die nodig zijn voor de nieuwe Steentoets (bijv. info over overgangsconstructies) kan het noodzakelijk zijn om een beroep te doen op de beheerders. Aangezien het deels om nieuwe gegevens gaat dient tijdig actie te worden ondernomen.

Afronding van het gehele project zal, doordat becommentariëring door de ENW-Klankbordgroep Steenbekledingen de nodige doorlooptijd zal vergen, naar verwachting pas een tweetal maanden na het gereedkomen van het eindconcept plaats kunnen vinden.

De tussenrapportage dient om de gevolgde methodiek in een redelijk bijtijds stadium te kunnen laten beoordelen.

Aandachtspunten bij het gebruik van de beta- of in ieder geval nieuwe versie van de rekenprogrammatuur

Voor de berekeningen binnen dit project dient bedacht te worden dat met het rekenmodel nog geen jaren in de praktijk is gewerkt. Het gebruik van de beta-versie leidt ertoe dat het programma waarschijnlijk nog fouten bevat, die in de loop van dit project worden onderkend en hersteld door het uitbrengen van (een) nieuwere versie(s). Dit vraagt extra zorg op een aantal punten:

- Nog niet gesignaleerde programmeerfouten kunnen leiden tot foutieve uitkomsten. De gebruiker dient vreemde uitkomsten of trends in de uitkomsten tijdig te signaleren en terug te melden naar het ontwikkelteam.
- De berekeningen binnen het project dienen zodanig te worden vastgelegd dat bij een nieuwe update van de programmatuur de reeds gemaakte berekeningen eenvoudig en snel kunnen worden herzien en de resultaten daarvan verwerkt.

Voorgestelde taakverdeling tussen wl en Haskoning (x%/y%)

1. Validatie en calibratie rekenmodel
 - 1.1. Inventariseren en parametriseren relevante deltagootproeven (100/0)
 - 1.2. Identificeren relevante trends (50/50)
 - 1.3. Analyse trends en gevoeligheden aan de hand van het rekenmodel (parameterstudie) (25/75)
 - 1.4. IJken model aan proefresultaten Deltagoot (calibratie van verwachtingswaarde) (25/75)
 - 1.5. Verwerken bevindingen in rekenmodel en rapportage(67/33)
2. Veiligheidsbeschouwing



- 2.1. Literatuurstudie die moet leiden tot inventarisatie van onzekerheden, marges in huidige toetsing en ontwerp en opstellen van een specifieke foutenboom. (33/67)
- 2.2. Kanstoekenning per gebeurtenis / mechanisme, rekening houdend met wettelijk kader. (50/50)
- 2.3. Opstellen advies voor partiële veiligheidsfactoren ten behoeve van het nieuwe rekenmodel. (20/80)
- 2.4. In kaart brengen van consequenties nieuwe rekenmethodiek voor de praktijk. (10/90)
- 2.5. Rapportage, update gebruikershandleiding en implementeren geactualiseerde dummywaarden in de programmatuur (75/25)

Aanpassen documentatie en programma Steentoets met betrekking tot de ijk- en andere factoren danwel zonodig i.v.m. geconstateerde bugs: wl.

Eindredactie rapportage: wl

CONCEPT



3. Organisatie / kwaliteitsborging / draagvlak

Aangezien dit onderzoek een belangrijk sluitstuk van de kennisontwikkeling van het onderzoeksprogramma LOS vormt, is een gedegen kwaliteitsborging noodzakelijk. Van belang voor de kwaliteitsborging is dat voldoende inhoudelijke kennis wordt gemobiliseerd. Anderzijds moet voldoende pragmatisch te werk te worden gegaan om het doel te bereiken.

Voor het verwerven van draagvlak is uiteindelijk goedkeuring van het eindresultaat door ENW noodzakelijk, maar vertegenwoordiging in een eerder stadium vanuit de doelgroep (toetsing/ ontwerp / beheer van steenbekledingen) is ook wenselijk.

De zaken die garant moeten staan voor de kwaliteit zijn o.a.:

- Uitvoering werkzaamheden door academici die eerder de belangrijkste nieuwe kennis hebben ontwikkeld;
- Dagelijkse begeleiding vanuit DWW door ter zake kundige;
- Begeleiding / beoordeling van tussen- en conceptrapportages vanuit ENW-klankbordgroep Steenbekledingen door de mentor, een specialist veiligheid en steenzettingen;
- Finale beoordeling van het eindconceptrapport door de ENW-Klankbordgroep Steenbekledingen.

Vooralsnog wordt gedacht de volgende personen te betrekken in de begeleidingsgroep bij dit project:

- Uitvoering: Mark Klein Breteler (wl I delft hydraulics) en Dirk Jan Peters (promovendus TUD / Haskoning).
- Projectbegeleiding DWW: H. Bakker / R`'t Hart.
- Vertegenwoordiger doelgroep: Yvo Provoost.
- Mentor vanuit ENW-klankbordgroep steenbekledingen: Martin Nieuwjaar, tevens lid ENW-veiligheid.
- Projectleiding Landelijk Onderzoek Steenbekledingen (LOS): S. Nurmohamed.

De dagelijkse begeleiding van de uitvoerders zal plaatsvinden door de DWW.

Tussentijds dienen essentiële keuzes en bevindingen al (in concept) te worden gerapporteerd en voorgelegd aan de begeleidingsgroep.

Het eindconcept van het in dit plan beschreven onderzoek dient te worden gepresenteerd in de ENW-Klankbordgroep Steenbekledingen. Dit dient uiteindelijk te leiden tot instemming van dit forum met het resultaat.



Literatuur

In het verleden zijn er al een aantal stukken opgesteld die achtergrondinformatie, danwel een hoop direct toepasbare elementen leveren. Een niet uitputtende opsomming van literatuur betreffende de veiligheid van steenzettingen:

1. Technisch Rapport Steenzettingen, achtergronden: Hst. 1 Veiligheidsaspecten voor steenzettingen. RWS-DWW, december 2003.
2. F.M. Stroeve, Veiligheidsanalyse Steenzettingen, voor enkele dijkvakken langs de Westerschelde. RWS-BD, 15 maart 2001.
3. E. van Hijum, Over schade en ijkpunt. Interne notitie voor de ENW-Klankbordgroep Steenbekledingen. Infram 05i765-17, d.d. 27 oktober 2005.
4. J.W. van der Meer. Veiligheid in rekentechnieken van steenzettingen Infram i256, februari 2000.
5. Martin Nieuwjaar ENW, Notitie Veiligheid Steenzettingen (eerste aanzet), juni 2006.
6. Den Heijer, Veiligheid huidige ontwerpmethodiek dijkbekledingen, wldelft hydraulics, 1998.
7. Stoutjesdijk, Calle e.a. Stabiliteitscriterium Zsteen, Hst 3: van toelaatbare overstromingsbijdrage naar toelaatbare kans op bezwijken bekleding
8. Klaas Kaslander Ruud Bosters (RWS): Marges bij ontwerp (als gebruikt in Zeeland), 25 januari 2006.
9. Calle, Dijkdoorbraakprocessen. Beschrijving, Doorbraakprocessen en Reststerkte. (Foutenboom Steenzettingen op pag 121) Delft Cluster, maart 2002.
10. Jaap Stoop, Kapstok Probabilisme (Stap 2: Doorontwikkeling) Fugro, 6 april 2005.
11. Joop de Schutter, Workshops Veiligheid van Nederland in Kaart, oktober 2002 (RA/02-570). (o.a. Bijlage B: Variabelen voor het mechanisme 'beschadiging steenbekleding en erosie dijklichaam')
12. J.K. Vrijling, C. van der Horst, P. van Hoof, P.H.A.J.M. van Gelder, The structural analysis of the block revetment on the dutch dikes proceedings ICCE 2000, pp. 1991-2003.

N.B. in deze lijst zijn, afgezien van het laatste stuk, geen de rapportages opgenomen die de referentie voor de ijking bevatten. Daarvoor moet worden gedacht aan de rapportages met betrekking tot klemming en die van de Deltagootonderzoeken.