

Keywords

STBI, STBU, sterkteparameters

Contactpersoon

Marit Zethof

Type voorbeeld

Het voorbeeld heeft betrekking op Macrostabiliteit Binnenwaarts (STBI) en Buitenwaarts (STBU) met focus op het aanpassen van (grond)sterkteparameters.

Status voorbeeld

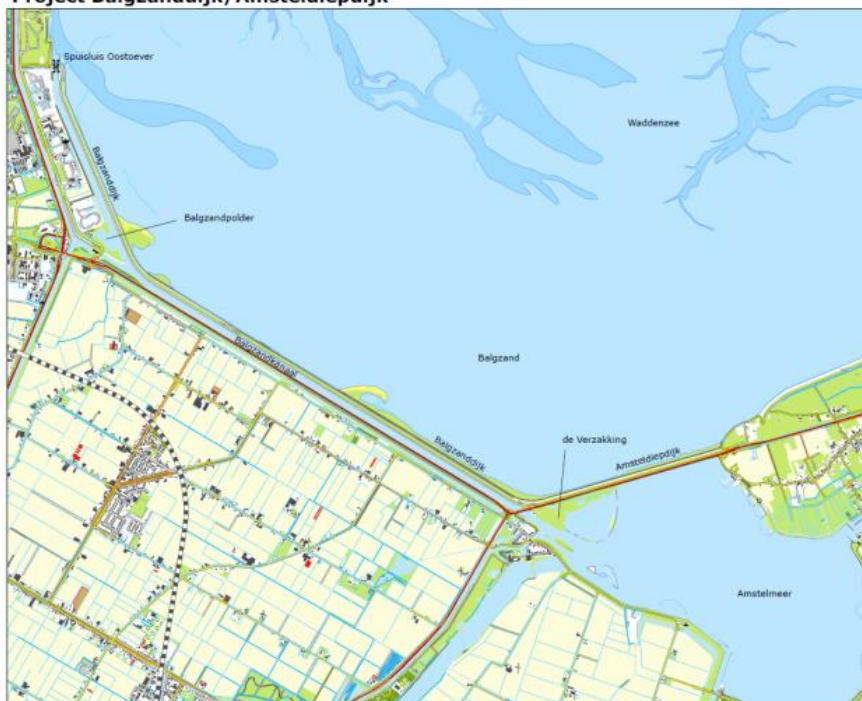
Afgestemd met ILT

Casebeschrijving

De case betreft het beoordelingsproces voor het faalmechanisme STBI en STBU van dijktraject 13-5, dat aan de Waddenzee ligt (zie Figuur 1). Op de Waddenzee kan hoogwater ontstaan door een combinatie van storm en getij.

De beheerder van dit traject is het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). Het traject is ca. 10,3 km lang en bestaat uit de Amsteldiepdijk (2,3 km) en Balgzanddijk (8,0 km). Voor dit traject is de signaleringswaarde 1/3.000 per jaar. De maximaal toelaatbare overstromingskans is 1/1.000 per jaar.

Project Balgzanddijk/Amsteldiepdijk



Figuur 1: Dijktraject 13-5.

Beslisproces

De beoordeling van dijktraject 13-5 op het faalmechanisme STBI en STBU is uitgevoerd aan de hand van faalkansberekeningen (semi-probabilistische beoordeling). De gedetailleerde toets bestaat uit twee hoofdstappen:

- *Stap G.1: Voldoet aan de toepassing voorwaarden rekenmodel gedetailleerde toets*
- *Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte (faalkansberekeningen)*

De beoordeling is in de gedetailleerde toets uitgevoerd door ‘van grof naar fijn’ te werken. In de eerste stap van het beoordelingsproces zijn veilige aannames gehanteerd t.a.v. de schematisering van de dijkgeometrieprofielen, ondergrond en waterspanningen. Deze veilige aannames leiden naar verwachting tot relatief slechte scores (hoge faalkansen). Deze aannames zijn in de vervolgstappen aangescherpt door de onzekerheden te reduceren. Telkens is op basis van expert judgement getracht een afweging te maken tussen de mogelijke aanscherping van het veiligheidsoordeel, door de uitgangspunten verder aan te scherpen en de onzekerheden te verkleinen, en de benodigde inspanning om tot een veiligheidsoordeel te komen. Hierbij spelen inzet in tijd en de mogelijkheid tot aanvullende informatie een grote rol.

Dit voorbeeld beschrijft voor traject 13-5 het beslisproces tijdens de aanscherping van de grondeigenschappen en de werkwijze hoe deze zijn afgeleid. Vanwege de omvang van dit werkproces ligt de focus op het bepalen van de ongedraineerde sterkteparameters voor klei (S-waarde, m-waarde en pre overburden pressure POP/OCR).

Dilemma's bij aanscherping van de grondeigenschappen

Om een eerste beeld te krijgen van de faalkansen voor STBU en STBI is een berekening gemaakt op basis van het WBI-SOS en de ondergrenswaarden en de verwachtingswaarden voor de sterkte van de ondergrond, zoals is beschreven in de schematiseringshandleiding macrostabiliteit. Daarbij zijn de ondergrondscenario's in het WBI-SOS geverifieerd door ze te vergelijken met de beschikbare boringen en sonderingen. In deze vergelijking is geconcludeerd dat de WBI-SOS-scenario's voldoende overeenkomstig zijn met het grondonderzoek om een eerste beeld van de faalkansen voor STBU en STBI te krijgen.

Het gebruik van deze bovenstaande basiswaarden zorgt snel en relatief eenvoudig voor een bruikbare set van grondparameters voor de faalkansberekeningen. Met deze berekeningen wordt een beeld verkregen van hoe de onzekerheden in de sterkteparameters van de ondergrond door werken op de berekende faalkansen en het beoordelingsresultaat (klasse van het veiligheidsoordeel). De informatie biedt handvatten in het beslisproces of het de moeite loont om onzekerheden te verkleinen. In deze berekeningen zijn de grondeigenschappen gevarieerd voor de grondlagen die ongedraineerd reageren (variatie in de ongedraineerde schuifsterkteratio, sterkte-toename exponent, POP en volumiek gewicht).

Het beoordelingsresultaat voor het normtraject is zowel met de ondergrenswaarden als met de verwachtingswaarden uit de schematiseringshandleiding ‘voldoet niet aan signaleringswaarde’. Wanneer de bovengrenswaarden van de ongedraineerde grondeigenschappen uit de schematiseringshandleiding worden toegepast, leidt dit wel tot een oordeel ‘voldoet aan de signaleringswaarde’. Dit betrof bovengrenswaarden per segment.

Aanscherping van de grondparameters biedt daarom perspectief op een oordeel “voldoet aan de signaleringswaarde”. Omdat aanvullend grondonderzoek beschikbaar kwam met lokale informatie over de consolidatiegraad van de ondergrond (grensspanning), ontstond de mogelijkheid om lokaal te schematiseren en een directe koppeling te maken tussen de veiligheid en lokale informatie. Om dit mogelijk te maken zijn de dijkvakken ingekort tot 500m (zie voorbeeld vakindeling).

Voor het opstellen van deze lokale schematisatie is voor de S-waarde en het volumiek gewicht van de voorkomende kleisoort of soorten een zogenaamde proevenverzameling uitgewerkt. Het ruimtelijke detailniveau en kwaliteit van (nieuw beschikbaar gesteld) grond- en laboratoriumonderzoek (zoals grensspanning in combinatie met specifieke boorprofielen) maakt deze lokale schematisatie mogelijk. Met het grondonderzoek en de hieruit volgende proevenverzamelingen wordt onderbouwd afgeweken van de standaardwaarden in de schematiseringshandleiding en het WBI-SOS.

Opstellen van een proevenverzameling

De proevenverzameling is specifiek afgeleid voor het beheergebied van HHNK, op basis van het uitwisselformat (Stowa 4.2). Om de sterkteparameters af te leiden, zijn eerst groepen gemaakt van specifieke grondsoorten op basis van nat volumiek gewicht. Van deze statistisch te onderscheiden groepen is vervolgens de sterkte geschat, waardoor een relatie ontstaat tussen het volumiek gewicht en de sterkte-eigenschappen. Een werkwijze bij het opstellen van een proevenverzameling is beschreven in de publicatie ‘Proevenverzameling 2.0’ in Geotechniek, 2015.

Sterkte-data van klei en veen wordt ook landelijk verzameld en geanalyseerd (landelijke database). Dit heeft geleid tot een groot aantal groepen, onderverdeeld in klassen met volumiek gewicht. (De landelijke proevenverzameling is beschikbaar via Helpdesk Water / Bianca Hardeman).

De sterkteparameters in de proevenverzameling voor de veiligheidsbeoordeling zijn specifiek afgeleid van veld- en laboratoriumgegevens uit het beheergebied van HHNK. Hierbij is niet alle meetdata meegenomen. Om ‘onlogische’ of

'onmogelijke' meetwaarden uit de dataset te filteren, is gebruik gemaakt van een aantal criteria. Deze twee belangrijkste criteria zijn:

1. Fysisch onmogelijke resultaten in de triaxiaalproef, bijvoorbeeld als $M=q/p' > 3$,
2. Er wordt alleen gebruik gemaakt van aantoonbaar normaal geconsolideerde monsters voor het schatten van S .

Uit de analyse zijn de grondsoorten organische klei, veen en leem als apart geanalyseerd vanwege het sterk afwijkend gedrag. De verschillende kleisoorten zijn opgedeeld in een aantal statistisch te onderscheiden groepen. Zandige kleisoorten zijn samengevoegd en hierbij is de laagste schuifsterkeratio aangehouden. Dit was nodig omdat dit materiaal, ondanks een normaal geconsolideerde toestand, regelmatig dilatant gedrag liet zien, leidend tot extreem hoge waarden van S . Per groep is de 5% ondergrenswaarde van de verwachtingswaarde van ongedraineerde schuifsterkte S ratio geschat met een betrouwbaarheid van 90%. In de beoordeling is vervolgens met vier verschillende kleisoorten gerekend, inclusief organische klei. De ongedraineerde schuifsterkte is weergegeven Tabel 1. In het WBI-SOS varieert de ongedraineerde schuifsterkte voor de verschillende kleisoorten tussen de 0,20 en 0,22 (zoals toegepast bij de schematisatie op basis van de ondergrenswaarden uit de schematiseringshandleiding).

	Nat Volumegewicht [kN/m^3]		Ongedraineerde schuifsterkte S [-]	
	min	max	Proevenverzameling HHNK ($S_{r\text{-ratio, kar}}$)	Schematiseringshandleiding (ondergrens – verwachtingswaarde - bovengrens)
Organische klei	12	13,8	0,25	0,16 - 0,29 – 0,38
Klei, zwak tot middel siltig	13,8	15,4	0,25	0,22 - 0,25 – 0,28
Klei, sterk siltig	15,4	17,2	0,26	0,22 - 0,30 – 0,50
Klei, zandig	17,2	19,3	0,32	0,22 - 0,30 – 0,50

Tabel 1: Ongedraineerde schuifsterkeratio (karakteristieke ondergrenswaarden S) voor klei.

Omdat de sterkteparameters worden gebruikt voor een lokale schematisatie van grondlagen, is het van belang om rekening te houden met ruimtelijke spreiding van de data. Hierbij is aangenomen dat de beschikbare data lokaal is verzameld en omgerekend moet worden naar andere locaties. De omrekening van lokale data naar lagen, komt overeen met de methodiek uit de schematiseringshandleiding macrostabiliteit. De aanname dat de regionale data alleen lokaal is ingewonnen is een veilige benadering van de werkelijkheid, omdat verwacht kan worden dat de waargenomen spreiding regionaal groter is dan lokaal.

De geschatte sterkte van de verschillende groepen grondsoorten is gekoppeld aan specifieke grondlagen. Het volumiek gewicht uit het lokale grondonderzoek is gebruikt om de groepen grondsoorten en bijhorende kentallen te koppelen aan de lagen.

Aan de hand van uitkomsten van samendrukkingsproeven en sonderingen is verkend in hoeverre de POP-waarde overeenkomen met deze waarden uit de schematiseringshandleiding en/of deze aangepast kunnen worden. In dit geval bleek dat het aantal CRS te beperkt was om de mate van overconsolidatie (de verhouding van de grensspanning en de in situ spanning) betrouwbaar te schatten. Daarom is uiteindelijk gekozen voor de karakteristieke POP-waarde uit de schematiseringshandleiding voor de dagelijkse omstandigheden – wat een relatief lage waarde is. De grensspanning blijkt een parameter met veel variatie, waardoor in deze casus aanpassing van de POP-waarde onvoldoende onderbouwd kan worden.

Als laatste is de factor m bepaald. Deze sterkte toename exponent geeft weer in welke mate de geschiedenis van de grondlaag meegenomen mag worden in het definiëren van de waarde. Het is mogelijk om de factor m uit samendrukkingsproeven (of CRS) proeven of uit overgeconsolideerde triaxiaalmonsters af te leiden. Vanwege de beperkte beschikbaarheid van deze data in relatie tot de voorkomende grondlagen is voor de factor m de defaultwaarde 0,9 aangehouden, conform schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

Beoordelingsresultaat

In de aanscherping van de toegepaste schematisatie zijn niet alleen de sterkteparameters aangescherpt. Ook voor de geometrie, het freatisch vlak en de laagscheidingen is per dijkvak een lokale schematisatie opgesteld. In de beoordeling is een gemiddelde vakgrootte van 500 m toegepast. Uiteindelijk heeft de aanscherping van de ondergrond schematisatie voor STBU geleid tot een oordeel "voldoet aan de signaleringswaarde". Voor STBI leidde de aanscherping wel tot een verbeterd veiligheidsoordeel, maar niet tot het oordeel "voldoet aan de signaleringswaarde".