

Heterogene ondergrond vraagt om slimme aanpak

Aan grondonderzoek zelf is moeilijk te zien of het verkregen beeld van de ondergrond compleet is. Zijn er bijvoorbeeld geen lokale variaties over het hoofd gezien, die van grote invloed kunnen zijn op een ontwerp? Delft Cluster heeft een methodiek ontwikkeld om op een rationele manier met deze onzekerheden om te gaan.

Voor de meest wenselijke opzet en omvang van grondonderzoek bestaan geen regels of eenduidige recepten. Per geval moet worden bekeken wat nodig is. Veel hangt af van de opbouw en eigenschappen van de ondergrond, de mate waarin die van plaats tot plaats variëren en de gevolgen die onzekerheden over de ondergrond hebben voor het ontwerp van een constructie of het resultaat van een veiligheidstoetsing. Zo is het tot nu gebruikelijk dat bij onzekerheden wordt uitgegaan van de meest ongunstige situatie. Dat leidt tot overdimensionering en hogere kosten.

Consequenties

Het onderzoek 'Optimaliseren dijkontwerp; heterogeniteitsaspecten ondergrond' heeft geleid tot een methodiek om op een slimme manier om te gaan met lokale variaties van de ondergrond. Kern is dat je kijkt naar de consequenties van een eventuele variaties en vervolgens beoordeelt of het rendabel is om via meer of gericht grondonderzoek de aanwezigheid en verbreiding hiervan met grotere betrouwbaarheid uit te sluiten of aan te tonen.

De methodiek is het beste te illustreren aan de hand van een concreet maar fictief voorbeeld. Bij het ontwerp van een stuk dijk met een lengte van een kilometer blijkt uit grondonderzoek dat de ondergrond ter plaatse bestaat uit een pakket klei en veen van ongeveer tien meter dikte, bovenop het pleistocene zand. Uit de tien sonderingen, een per 100 meter, blijkt de laagopbouw overal dezelfde te zijn. Het zand ligt zo diep dat in eerste instantie aangenomen wordt dat bij het ontwerp geen rekening hoeft te worden gehouden met 'piping' (onderlooptheid).

Geologie

Nu komt de geologie in het spel. Vanuit de geologie is bekend dat in het betreffende gebied ook *ondiepe* zandbanen voorkomen, met zand opgevulde vroegere riviergeulen, en dat gemiddeld elke vijf kilometer zo'n zandbaan onder de dijk te verwachten is. Omdat een zandbaan smaller kan zijn dan 100 meter kan dit ook bij het betreffende dijkvak dus het geval zijn. Gebruikelijk is dan om bij het ontwerp te doen alsof er een kruisende zandbaan aanwezig is en een extra berm aan te leggen om de kans op piping voldoende te reduceren. De Delft Clusteronderzoekers zijn nagegaan hoe klein de kans op de aanwezigheid van een zandbaan moet zijn, om veilig te kunnen afzien van extra maatregelen. Daarvoor hebben ze gebruik gemaakt van een probabilistische aanpak. Als uitgangspunt hebben ze een toelaatbare kans op piping gehanteerd van $5 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Die kans is afgeleid van de overschrijdingskans bij de maatgevende hoogwaterstand, die in het benedenrivierengebied $5 \cdot 10^{-4}$ per jaar bedraagt. Er is gesteld dat de kans op piping veel kleiner moet zijn en 'veel kleiner' is, enigszins arbitrair, ingevuld als '1%'. Verder is ervan uitgegaan dat voor elke zandbaan, zonder ingrepen, de kans op piping 1/100 per jaar is. De kans op de aanwezigheid van tenminste één zandbaan mag dan niet groter zijn dan $5 \cdot 10^{-4}$ (feitelijke kans op piping = kans op piping bij aanwezigheid van zandbaan x kans op een of meer zandbanen). Voor de zandbanen, ten slotte, is uitgegaan van een verwachte breedte van 75 m met een standaardafwijking van 15 m.

Besparingen

Met behulp van een zogeheten Bayesiaanse analyse is vervolgens gekeken hoe dicht de sondeerpunten van elkaar moeten liggen om te zorgen dat de feitelijke kans op een zandbaan kleiner is dan $5 \cdot 10^{-4}$. Bij sonderingen om de 32 meter wordt aan die voorwaarde voldaan. In dat geval is geen pipingberm nodig! Liggen de sonderingen 45 meter uit elkaar,

dan moet een pipingberm van 5 meter breed worden aangelegd en bij een sondeerafstand van 60 meter een berm van 10 meter breed. Het uitvoeren van extra sonderingen is in dit specifieke geval financieel uiterst aantrekkelijk. Zo bedragen de totale kosten (de kosten voor grondonderzoek en een eventuele berm gesommeerd) zonder berm ongeveer €23.000, bij een bermbreedte van 5 meter €67.000 en bij een bermbreedte van 10 meter bijna €115.000. Daarnaast zorgt het extra grondonderzoek ervoor dat de dijk aanleg aanzienlijk minder ruimte vraagt. En blijkt uit het grondonderzoek dat ergens een zandbaan ligt, dan hoeft alleen daar ter plaats een berm aangelegd te worden.

Perspectief

De methodiek is inmiddels met succes toegepast bij het toetsen van een groot aantal boezemkaden in Noord-Holland. Ook voor andere toepassingen is het perspectief goed. Immers, onzekerheid over het voorkomen van grote lokale variaties in de ondergrond speelt bij vrijwel alle constructieve en geo-ecologische problemen.