



Techniek voor de toekomst: slimme aanpak voor historische bruggen

Pontenbrug Delft

In de binnensteden van Nederland liggen duizenden historische boogbruggen. Constructies van steen, metselwerk, beton en staal, gebouwd voor paard en wagen, die vandaag de dag vrachtverkeer en de hedendaagse eisen aan veiligheid en gebruiksbelasting moeten dragen. Hoe betrouwbaar zijn deze bruggen nog? En hoe beoordeel je de constructieve veiligheid van zo'n hoeveelheid bruggen, terwijl er een enorm tekort is aan ingenieurs? Met een slimme, schaalbare en digitale aanpak worden bruggen behouden waar dat kan en versterkt waar dat moet.

De vervangings- en renovatieopgave in Nederland is groot. Alleen al in steden als Utrecht, Den Bosch en Delft gaat het om ruim honderden verschillende historische bruggen. Vaak zijn het gemetselde boogbruggen of betonnen varianten uit het begin van de twintigste eeuw, met een fundering op houten palen of op staal - gebouwd zonder de huidige normen als NEN 8700 of NEN 9997-1. Ze maken deel uit van het stadsbeeld, hebben monumentale waarde en zijn essentieel voor de bereikbaarheid en veiligheid in de stad. Vervanging is dan ook zelden een reële optie. Behoud is het uitgangspunt, maar dan wel op basis van onderbouwde veiligheid.

Een volledige herberekening per brug is tijdrovend

en kostbaar. Tegelijk zijn gemeenten en beheerders gebaat bij snelheid en duidelijkheid. De opgave is groot, de budgetten beperkt en er is een structureel tekort aan gespecialiseerde ingenieurs. Dat vraagt om een andere aanpak.

Integraal rekenen

Traditionele beoordelingen focussen vaak op de bovenbouw van bruggen: hoe sterk is de boog, wat is de capaciteit van het metselwerk? Maar bij historische bruggen ligt het risico juist vaak in de fundering. Die kan bestaan uit kelderstructuren, houten palen of oude kademuren waarvan weinig bekend is. Bruggen worden dan ook niet los gezien van hun fundering,

maar als onderdeel van een samenhangend systeem. Geotechniek is hier bepalend. Met tools als Plaxis en D-Foundations worden fundering, ondergrond en bovenbouw - zoals metselwerk en beton - realistisch gemodelleerd, waardoor de werkelijke draagkracht, krachtswerking en vervorming inzichtelijk worden. Zo bleek in Den Bosch dat een brug, die aanvankelijk rijp leek voor vervanging, behouden kon blijven na een geavanceerde Plaxis-analyse. Door fundering en bovenbouw integraal te modelleren, kon de brug met minimale versterkingen, zoals lokaal herstel van slechte plekken in het metselwerk, veilig behouden blijven. Ook in Delft leverde de aanpak verrassende resultaten op. Een van de bruggen leek op het eerste gezicht niet

aan de eisen te voldoen. Maar door een booganalyse te koppelen aan uitgebreider geotechnisch modelleren op basis van aanvullend lokaal grondonderzoek, bleek de fundering robuuster dan verwacht. Meer inzicht in de grondopbouw maakte in dit geval behoud mogelijk met minimale ingrepen. Niet twee werelden, maar één integraal model: juist de interactie tussen fundering en bovenbouw gaf de doorslag.

Slimme vergelijkingen

De grootste uitdaging zit niet in het technisch kunnen, maar in het praktisch toepassen op schaal. Gemeenten en beheerders staan voor een enorme opgave: hoe beoordeel je honderden bruggen, zoals de 1000 historische kelders in het wervengebied in Utrecht, 45 bruggen in Den Bosch en 40 in Delft - zonder per stuk een maandenlange studie te starten? Bij Haskoning wordt daarom gewerkt aan een schaalbare aanpak waarmee historische bruggen niet stuk voor stuk hoeven te worden herberekend, maar slim en in samenhang kunnen worden beoordeeld. Daarbij komen geotechnische analyse, constructieve herberekening en digitale tools samen in één geïntegreerde werkwijze.

In plaats van voor elke brug een langdurige Plaxis-analyse uit te voeren, worden bruggen geïntegreerd op basis van parameters zoals overspanning, dikte van het dek, grondaanvulling en funderingstype. Op basis daarvan wordt een vergelijkingsformule opgesteld. Bruggen die qua opbouw binnen een bepaalde bandbreedte vallen, kunnen dan worden beoordeeld met een quickscan die is gebaseerd op eerder uitgevoerde Plaxis-analyses van representatieve bruggen.

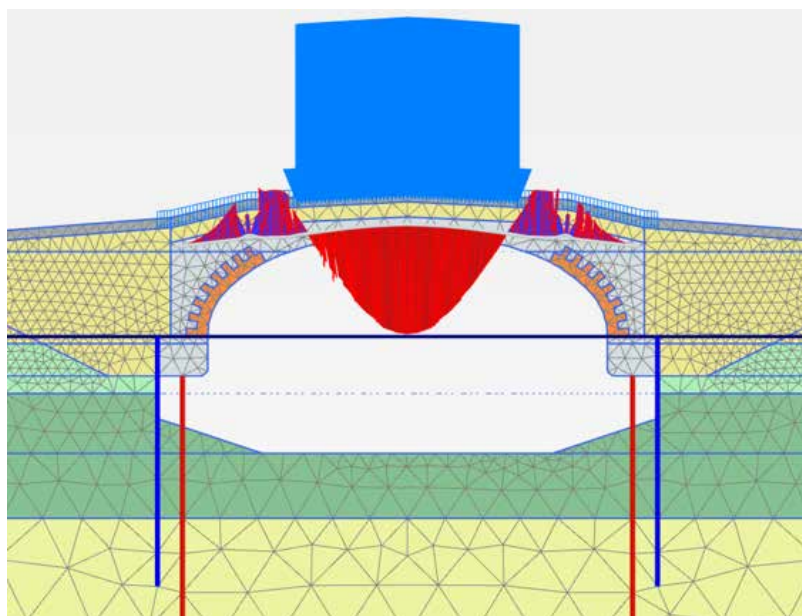
Zo wordt niet iedere brug van top tot teen doorgerekend. Alleen de kritieke gevallen krijgen een volledige analyse. Dit bespaart tijd en kosten: een quickscan van een individuele brug vergt slechts een tiende van de tijd en kosten van een volledige Plaxis-berekening, met een acceptabele mate van zekerheid. Zo ontstaat tijd en ruimte voor waar het echt nodig is: de bruggen met verhoogd risico, een uitzonderlijke constructie of bijzondere waarde.

Variatie in brugtypes

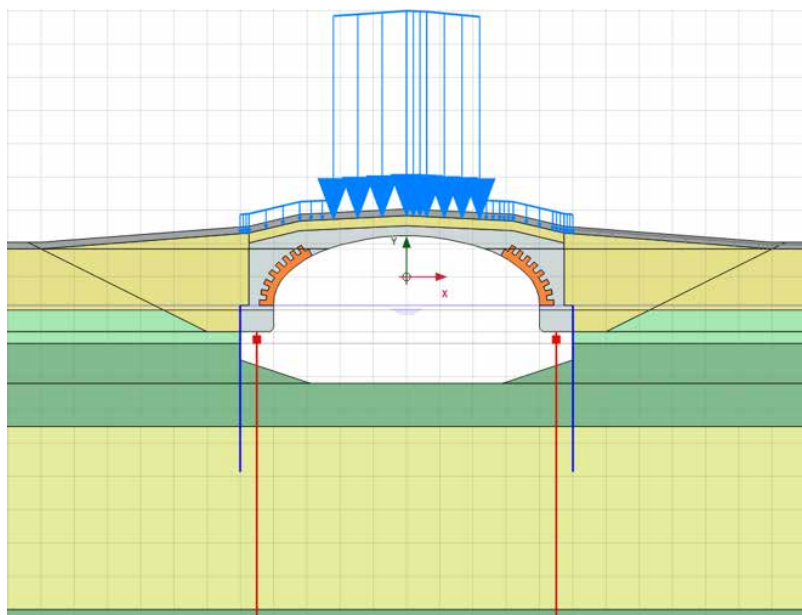
In Den Bosch en Utrecht bleken bruggen onderling goed vergelijkbaar, waardoor de vergelijkingsstudie daar soepel toepasbaar was. In Delft ligt de uitdaging hoger: de variatie in brugtypes is groter, de constructieve opbouw complexer en de ondergrond bestaat vaak uit slappe kleilagen. In plaats van 40 bruggen volledig te herberekenen, wordt er een geselecteerde set aan bruggen doorgerekend en de rest via slimme vergelijkingen geïntegreerd. Zo krijgen gemeenten grip op risico's en ruimte in het budget.

Digitalisering als versneller

Om deze aanpak op grotere schaal toe te passen, wordt gewerkt aan verdere digitalisering. Met een slimme combinatie van parametrische rekenmodellen en geautomatiseerde invoer van gronddata en



Buigend moment in de boog PLAXIS



Modelopbouw Delft Plaxis



Gasthuisbrug Delft

verkeersbelastingen ontstaat een efficiënte digitale workflow. De uitdaging zit in de vertaling naar de praktijk: de juiste invoer, de juiste interpretatie en de juiste combinatie van factoren. Dat begint bij betrouwbare gronddata die op een consistente manier worden ingelezen in het rekenmodel. Vervolgens vraagt het om een goede interpretatie van de grondlagen, belastingoverdracht en funderingsopbouw en om het correct parametriseren van modellen zoals Plaxis. Daarvoor is samenwerking nodig tussen constructeurs, geotechnisch adviseurs en data-experts.

Werk met geschiedenis

Werken aan historische constructies is allesbehalve standaard. In plaats van een blanco canvas duiken ingenieurs diep de archieven in op zoek naar oude foto's, schetsen, meetrapporten en bouwtekeningen die soms letterlijk onder het stof vandaan komen. Het voelt geregeld als forensisch spoorwerk: tussen vergeelde mappen en vergeten doorsneden stukje bij beetje het constructieverhaal van een brug reconstrueren.

Het herberekenen van bruggen is bovendien wezenlijk anders dan het ontwerpen van nieuwbouw. De omstandigheden liggen vast en de beschikbare gegevens zijn beperkt. Dat vraagt om een andere benadering en een andere mindset. Juist dit maakt het vak aantrekkelijk voor jonge ingenieurs. Je bouwt niet alleen iets nieuws, je behoudt iets bestaands met kennis, zorg en digitale hulpmiddelen. Dat raakt aan de kern van civiele techniek: vernieuwen en verbinden.

Thomas Harrewijn, Joris Lieftinck, Haskoning



Lakenverwersbrug Delft