

Gat in de norm

Wat is een optimale verbinding tussen staal en beton? Bouwend Nederland streeft naar een veilig ontwerp met een minimum aan materiaalgebruik. Volgens de huidige normering voor het bepalen van ankers in deze verbindingen, wordt gerekend met een oneindig stijve voetplaat. Er bestaat echter geen eenduidige regelgeving om te berekenen wanneer een voetplaat ook daadwerkelijk voldoende stijf is. Vragen hierover hebben geleid tot een onderzoek naar het werkelijke optredende plastische en elastische gedrag van voetplaten. De resultaten vormen een aanvulling op de huidige rekenmethode.

Van de redactie, met dank aan ir. Niels Arendsen, Technisch consultant, en ir. Anne Gerbrands, Technisch consultant en Technical marketing specialist, beiden bij Hilti in Berkel en Roderijs.

Het verankeren van stalen voetplaten in beton is een vak apart. Niels Arendsen (technisch consultant) en Anne Gerbrands (technisch consultant en technical marketing specialist) bij Hilti, lichten het onderzoek toe: 'Er is een behoefte vanuit de markt om het gat tussen de staalbouw en betonwereld te dichten. We hebben een norm die voorschrijft dat, wanneer je een verankering ontwerpt, er gerekend moet worden met een voetplaat die oneindig stijf is. Daar moet je als constructeur aan voldoen. In de praktijk is een voetplaat niet oneindig stijf. Op het moment dat je niet aan de voorwaarden van de stijve voetplaat voldoet, zijn de werkelijke ankerkrachten bij de verbinding van een kolom vaak veel ongunstiger dan uit de berekening voortkomt. Stel, de voetplaat wordt belast op een buigmoment. De werkelijk optredende krachten op de ankers worden door wrikkrachten onder de voetplaat en een ongunstiger aangrijpend moment, veel hoger dan uit de berekeningen zou voortkomen. Het moment zou niet om de rand van de voetplaat,

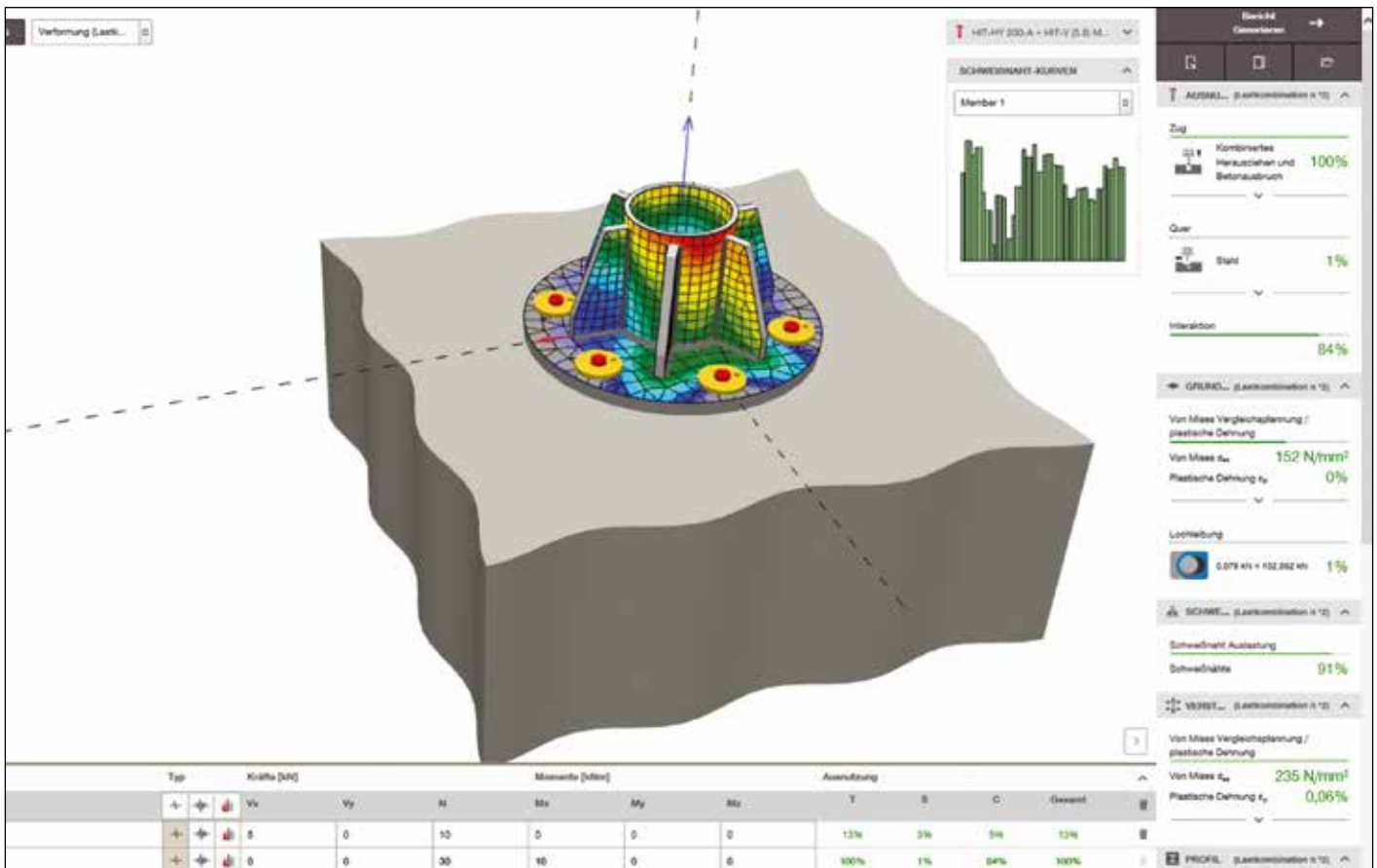


Stijve of niet-stijve voetplaat?

maar meer bij de las tussen de kolom en de voetplaat zelf komen te liggen en deze zou meer als een scharnier gaan werken. Daardoor krijg je veel hogere krachten in de ankers. Dat zou zelfs tot gevaarlijke situaties kunnen leiden. Gelukkig zijn de voorgeschreven veiligheidsmarges behoorlijk en heeft het in de praktijk tot op heden nog niet tot nadrukkelijke schadegevallen geleid voor zover bekend.'

Veerkrachtige proeven

'Er is weinig gepubliceerd over plastisch en elastisch gedrag van voetplaten in verbindingen tussen staal en beton. Er bestaat wel een Technical Report voor plastisch ontwerp van verankeringen ter aanvulling op de Eurocode 2 deel 4 en CEN/TR 17081. Daarin staat een toetsing van de voetplaatstijfheid omschreven, maar niet wat er gebeurt als deze niet



Dunne voetplaatverbinding met verstevigingsribben.

stijf is. Daarom zijn we het zelf gaan onderzoeken. In een periode van twee jaar hebben we hier empirisch onderzoek naar verricht in onze laboratoria in Liechtenstein (D), samen met Duitse collega's.

Het geheime ingrediënt van de berekeningen is de veerstijfheid van de verankeringen. Hoe gedraagt een verankering zich wanneer de voetplaat begint te vervormen? Hoeveel weerstand geeft dat anker dan? Hoeveel rekt het mee? Dat is voor ieder anker met afwijkende diameter anders. Dus dat hebben we met heel veel fysieke proeven bepaald. Het belang van het onderzoek ligt vooral in de veiligheid en het geven van een realistische berekening.'

10%-Grens

'Een belangrijke bevinding volgend uit het onderzoek is, dat het verstandig is de afwijking tussen een stijve en een niet-stijve voetplaat binnen een marge van 10% te houden. Tijdens het beproeven hebben we aangetoond welke configuraties voldoende stijf zijn. Met gebruik van deze resultaten wordt daarna nog steeds de standaard rekenmethode van de norm aangehouden, die er dus van uitgaat dat de voetplaat oneindig stijf is. Als er veel meer dan 10% afwijking zou zijn tussen de realistische kracht en de kracht op basis van de stijve voetplaat, dan kloppen de uitgangspunten van de berekeningsnorm niet meer en kan dat tot afwijkingen in de daadwerkelijke capaciteit van de ankers leiden. Daarom is

deze 10% het streven als bovengrens van de afwijking. Met name wanneer een voetplaat op moment wordt belast, is dit kritisch. Het moment wordt in de software geïnterpreteerd als een excentriciteit op de belasting. Er zijn bijvoorbeeld vier ankers in de voetplaat, waarbij er twee extreem op trek belast worden en twee op druk. Dat wordt in de berekening gemodelleerd als een kracht die ten opzichte van het midden van de voetplaat helemaal naar één kant verschoven is, naar de kant waar de trek op die ankers zit. Die excentriciteit is, in de formules van de norm van de ankerberekeningen, echt één op één gekoppeld aan de oneindig stijve voetplaat. Daarom is het verstandig, als er meer dan 10% afwijking is, te kiezen voor een dickere voetplaat of verstevigingsribben.'

Software verbindt

'De resultaten van het onderzoek zijn verwerkt tot rekenregels in een softwarepakket van een aanvullende module op een ankerberekeningsprogramma. In januari 2019 is de vernieuwde Profis Engineering-module uitgebracht, je kunt hiermee het ontwerp optimaliseren van voetplaat, ankers en lussen. Het is bedoeld om de praktijk te ontlasten van complexe berekeningen. Voor het doorrekenen of een voetplaat voldoende stijf is, waren voorheen de traditionele rekenmethode en eindige-elementenmethode de alternatieven. De 3D-module is opgesteld in samenwerking

met IDEA Statica. Praktisch werkt het zo: selecteer een staal-beton verbinding in Tekla en laad deze in de module. Modelleer daarin de verankering met voetplaat, om het vervolgens weer aangepast terug te exporteren. Tevens is het programma afzonderlijk van Tekla te gebruiken. Er zijn verschillende configuraties, bijvoorbeeld met of zonder verstevigingsribben, dickere of dunnere voetplaat, lichte of zwaardere ankers, et cetera. Het programma zorgt ook voor een rapportage waarin de berekening gedocumenteerd staat. De module wordt tot nu toe met name gebruikt door staalbouwers voor de detail-engineering en door constructeurs. Gebruikers zeggen dat het programma snel een realistisch beeld geeft van de mogelijkheden. Gemeentes accepteren de rapporten niet alleen, ze vragen er ook naar.'

Ontwikkeling

'Het onderzoek en het ontwikkelen van de software is met name gericht op serviceverlening voor de markt. De norm zou ook baat kunnen hebben bij een uitbreiding, gebaseerd op deze gegevens. De volgende stap in de ontwikkeling is het koppelen van het programma aan BIM-software zoals Revit, met nog meer verschillende configuraties. Daar wordt momenteel aan gewerkt.'