



En nu in het Dutch

De DOSS Award (Dutch Open Student STEEL Award) is de jaarlijkse internationale prijs voor masterstudenten civiele techniek aan technische universiteiten wereldwijd, die dit keer in april voor de tweede keer werd gehouden. Er is een website, er is een ceremonie (online), en gezien de globale reikwijdte is de voertaal Engels. We breken met een prille traditie door de winnaars en genomineerden aan de lezer voor te stellen in het Nederlands. De afstudeeronderwerpen geven een blik op actueel onderzoek.

Van de redactie.

De prijs, geïnitieerd door de TU Delft en Bouwen met Staal, belooft erkenning en waardering aan afstudeerprojecten waarin de kenmerken en voordelen van staal voor constructieve toepassing tot uiting komt. Deelnemende projecten kunnen zowel betrekking hebben op het constructeursvak of onderzoek wellicht op productontwikkeling of een combinatie daarvan. In zoverre verschilt deze prijs niet van de uitgebreidere studentenSTAALprijs, waarvoor 15 augustus 2022 het afstudeerwerk moet zijn ingeleverd.

Online

Dit jaar viert de DOSS Award haar tweede editie met 23 inschrijvingen van masterstudenten die tussen 1 maart 2021 en 1 maart

2022 zijn afgestudeerd. Uit deze 23 inschrijvingen heeft de internationale vakjury zes genomineerden aangewezen. De winnaar(s) van de eerste prijs wordt of worden beloond met 2.500 Euro, de winnaars van de tweede prijs met 1.250 Euro.

De jury beoordeelt alle projecten op de doelstellingen en ambities, originaliteit en esthetiek, creativiteit en vindingrijkheid, degelijkheid en relevantie voor civieltechnische kennis en praktijk, en (slimme) toepassing en prestaties. De jury let in het bijzonder op projecten die een aanzet geven tot innovatie en duurzame toepassing van staal.

Tijdens de online ceremonie – donderdagmiddag 21 april 2022 – heeft elk van de zes finalisten een persoonlijke toelichting gegeven op hun afstudeerwerk. Na afloop van alle presentaties heeft de jury de winnaar bekendgemaakt. Naast dit juryoordeel kon het publiek ook zijn/haar voorkeur voor één van de zes genomineerden kenbaar maken. Het project dat de meeste publieksstemmen krijgt, werd uitgeroepen tot publiekswinnaar DOSS Award 2022.

Trends

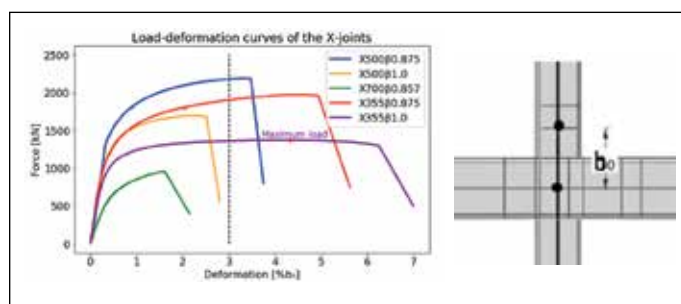
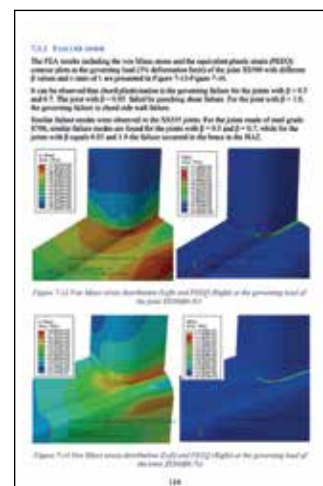
De DOSS Award 2021 Ceremonie is ‘meer dan een ceremonie’, want de organisatie heeft ook een zekere zendingsdrang om de masterstudenten voor het ‘staalvak’ te willen behouden. De presentaties van genomineerden en winnaars gingen vergezeld van visies op de komende staalconstructiemarktontwikke-

lingen door Severfield, een schets van trends in moderne staalconstructieproductie door Voortman Machinery en een groepsinterview met jonge professionals van ArcelorMittal, Zeman en Severfield over hun ervaringen en drijfveren in hun nieuwe beroepsuitoefening met staal.

De DOSS Award wordt ondersteund door SNS (Samenwerkende Nederlandse Staalbouw), ECCS (European Convention for Constructional Steelwork), Severfield, Zeman, Voortman Steel Group en Steel Design Series.

Genomineerden en winnaars

- **Hagar El Bamby**, Experimental and numerical investigations on the structural performance of mild and high strength steelwelded RHS X-joints | *publiekswinnaar*.
- **Mantas Konstantinos**, Design optimization of steel structures for nethouse system.
- **Maxime Vermeulen**, Robustness of steel structures - study of the applicability of innovative methods on real structures.
- **Minze Zhang**, Topology Optimisation of Beam-to-Column Joints for Additive Manufacturing.
- **Nils Rittich**, Numerical investigations of preloading procedures of bolted assemblies | *winnaar*.
- **Stefan Megnet**, Influence of the strain-hardening on the bending strength and rotation capacity of welded I-section beams | *winnaar*.



Voor verbindingen met $\beta = 1$ is de weerstand zonder de reductiefactor niet conservatief, maar wordt conservatief wanneer de reductiefactor wordt toegepast voor S500. Voor S700 werd vastgesteld dat de materiaalreductie in HAZ een significante invloed heeft op de sterkte en vervormbaarheid van de verbinding. Het is daarom noodzakelijk rekening te houden met de materiaalreductie in HAZ om tot een veilig ontwerp te komen. Geconcludeerd wordt dat de materiaalreductiefactoren noodzakelijk zijn voor HSS RHS X-verbindingen met $\beta = 1$. Met dien verstande dat de conclusies over de materiaalreductiefactor gebaseerd zijn op de experimentele testen en op de numerieke simulatie van RHS stuikgelaste X-verbindingen binnen een specifiek bereik van geometrische parameters.

SNEEUWACCUMULATIE

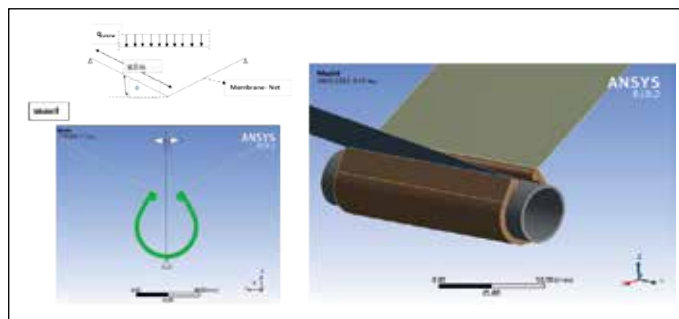
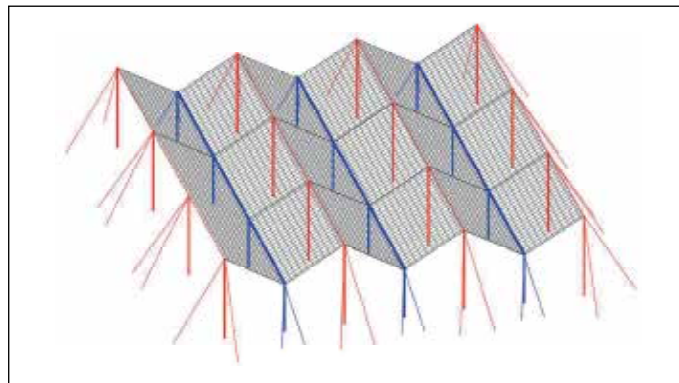
Design optimization of steel structures for nethouse systems

Mantas Konstantinos, National Technical University of Athens



Dit onderzoek betreft een geïntegreerde voorziening in trekconstructies voor de tuinbouw die overbelasting door sneeuw voorkomt.

Netkassen zijn lichtgewicht stalen constructies om de tuinbouwproductie te beschermen tegen (hinderlijke) klimaatinvloeden. De netkassen, een trekconstructie van kolommen, spankabels en netten, maken een opgang binnen Europa, maar er zijn nog geen Europese of internationale ontwerpnormen voor netkassen; het ontwerp volgt uit empirische gegevens. De zwakke punten zijn met name de bepaling van de doorlaatbaarheid van winddruk en het ontbreken van informatie over het (on)vermogen van dergelijke constructies om aanzienlijke sneeuwlasten te dragen. Hierdoor is het merendeel van de gerealistische netkassen ofwel onveilig ofwel overgedimensioneerd. Doel is te onderzoeken of netkassen kunnen worden gebouwd in gebieden waar grote sneeuw-



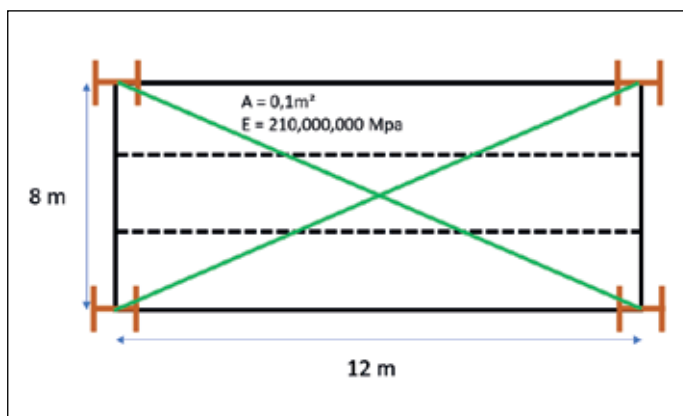
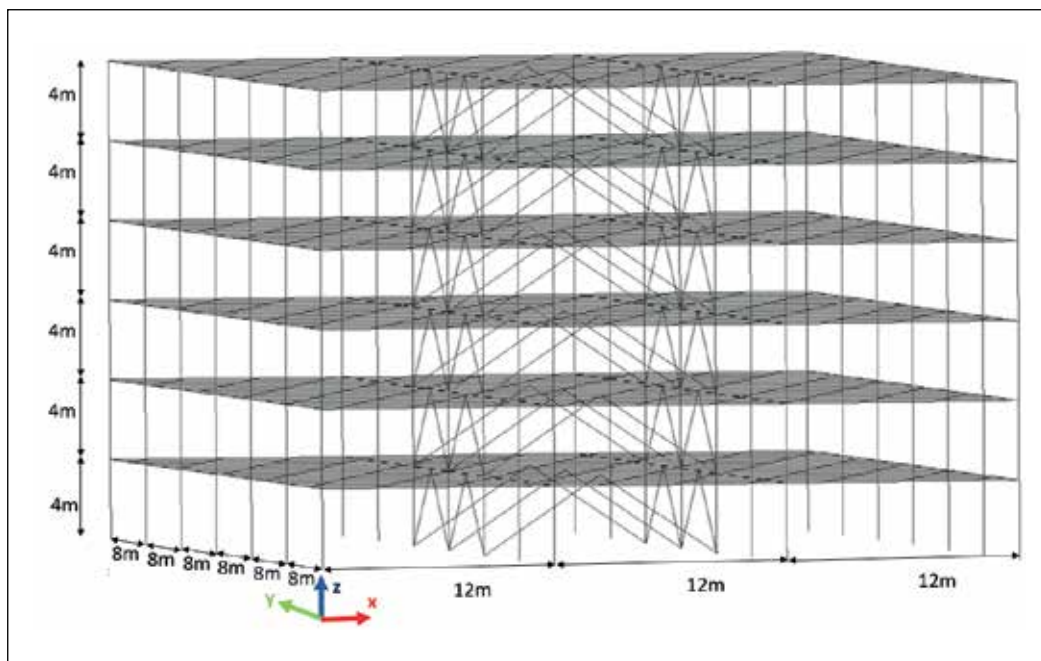
lasten voorkomen. Het statisch gedrag van netkassen werd onderzocht en door een holistische parametrische en vergelijkende analyse is de invloed van constructieve ontwerpparameters

(voorspanning van de kabels, helling van de kabels) vastgesteld. Ook zal een netkas onder sneeuwbelasting, zonder hulp door een kostbare constructie, ontworpen (moeten) worden met

een voorziening om veilig van de overbelasting af te komen. Nadat een noodvoorziening is bedacht, zijn numerieke modellen ontwikkeld om het belastingniveau te voorspellen, waarbij verschillende configuraties van de componenten zijn onderzocht. Om de werkelijke bezwijkbelasting van de slanke stalen trekconstructie te voorspellen, is een niet-lineaire analyse uitgevoerd. De voorspelling van vooral in welke mate kabels in het statische systeem zijn betrokken, is namelijk een opvallend sterk niet-lineair verschijnsel. Instorting kan optreden door overschrijding van de spanningen boven de materiaalcapaciteit, ofwel materiële niet-lineariteit. Of door knikken, door sterke toename van de vervorming bij een kleine toename van de belasting, ofwel geometrische niet-lineariteit. De noodvoorziening moet uit verschillende componenten bestaan en de werking ervan moet zo eenvoudig mogelijk zijn. Het mechanisme moet kunnen vervormen naarmate de belasting toeneemt en de geaccumuleerde belasting automatisch, zonder menselijke handelen, kan afvoeren voordat een bepaalde grenswaarde overschrijdt. Zo is de 'flexibele pijp-clip'-verbinding ontstaan. Om het statische gedrag van het mechanisme te onderzoeken, zijn twee verschillende eindige-elementenmodellen in Ansys gemaakt. De basisaanname van het eerste model is dat het verbindingsmiddel als vormvast wordt beschouwd om de weerstand van de clip tegen 'gaten' direct te kunnen beoordelen, terwijl het tweede model een geavanceerd contactmodel is. Het resultaat is een constructieve onafhankelijke voorziening zodat de dragende delen niet hoeven worden aangepast.

Robustness of steel structures - study of the applicability of innovative methods on real structures

Maxime Vermeylen, Universiteit van Luik



In de huidige Eurocodes en normen worden algemene ontwerpaanbevelingen gegeven voor robuustheid, maar deze zijn verre van bevredigend. Hiermee wordt aangetoond dat de naleving ervan niet noodzakelijkerwijs leidt tot voldoende robuuste constructies.

Dit is ook de reden waarom onderzoek op dit gebied nog steeds aan de gang is, met het oog op het beheersen van de respons van constructies bij uitzonderlijke gebeurtenissen (calamiteiten). Dat moet tot nieuwe praktijkregels leiden.

Dit onderzoek is uitgevoerd voor een lopend Europees RFCS-project getiteld 'FailNoMore'. Er is een

staalconstructie gekozen, ontworpen door een Duits ontwerpbureau volgens de traditionele belastingen, en beschouwd ten aanzien van (a) het karakteriseren van het gedrag wanneer het wordt onderworpen aan een specifieke uitzonderlijke gebeurtenis, zoals het wegvallen van een dragend onderdeel, en (b) het onderzoeken van de efficiëntie van bestaande

robuuste ontwerpmethodes.

De staalconstructie bestaat uit drie overspanningen van elk 12 m, zes traveeën van 8 m en 6 verdiepingen van 4 m hoog. De constructie is dus 48 m lang, 36 m breed en 24 m hoog. Een binnenkern, bestaande uit omgekeerde V-steunen in beide richtingen, wordt gebruikt om de stabiliteit te verzekeren.

Om de horizontale krachten naar de kern en de verticale krachten naar de liggers over te brengen, is op elke niveau een 20 cm betonnen vloer aangebracht. De vloer werkt onafhankelijk van de liggers, met andere woorden, het is geen samengestelde constructie. Er wordt echter wel van uitgegaan dat de vloer boven de liggers kip van de liggers voorkomt. Bovendien wordt uitgegaan van een oneindig stijve staalconstructie in het horizontale vlak.

In het model zijn kruisverbanden in het horizontale vlak tussen de kolommen aangebracht. De verbindingstaven hebben een zeer hoge axiale stijfheid om te voldoen

aan de aanname van een oneindig stijve constructie. Daartoe is het oppervlak van de verbindingssstaaf $A = 0,1 \text{ m}^2$ ($E = 2,1 \cdot 10^8 \text{ Mpa}$).

Het ontwerp is met verschillende methoden geanalyseerd. De numerieke onderzoeken zijn uitgevoerd met Finelg-software, om aan te tonen dat de verbindingsmethode, uit de Eurocode, geen robuuste constructie garandeert bij het wegvallen van een kolom. De constructie met scharnierende verbindingen is niet robuust genoeg wanneer rekening wordt gehouden met een tweede draagweg.

Met een analytische benadering is aangetoond dat de constructie met flexibele verbindingen robuust kan zijn door de enkele parameters van de constructie licht te wijzigen.

Conclusie: de komende jaren moet de door de Eurocode voorgeschreven verbindingsmethode worden herzien. De benadering is ontoereikend. Er moet duidelijk worden gemaakt welke maatregelen in welke type constructie kan of moeten worden toegepast, rekening houdend met levensduur. Om numerieke studies te bevorderen, moet in de Finelg-software rekening worden gehouden met flexibele verbindingen. Wat de innovatieve methode betreft, zijn enkele vereenvoudigende veronderstellingen gemaakt, zoals een zeer stijve 'plaat' die horizontale verschuivingen voorkomt. Volledige starre verbindingen is een optie om andere configuraties te beschouwen. Dit werk is alleen gericht op het uitvallen van één interne kolom. Een uitgebreidere studie naar het uitvallen van andere kolommen is te overwegen voor voorgaande robuustheid van de gehele constructie. Bovendien was de gekozen belastingcombinatie niet complex, aangezien hier de ψ_2 coëfficiënt lager is dan ψ_1 .

VERBINDINGEN

Topology Optimisation of Beam-to-Column Joints for Additive Manufacturing

Minze Zhang, Imperial College London

Zevenentwintig 3D-geprinte stalen ligger-kolom verbindingen geproduceerd via WAAM zijn geëvalueerd en beoordeeld.

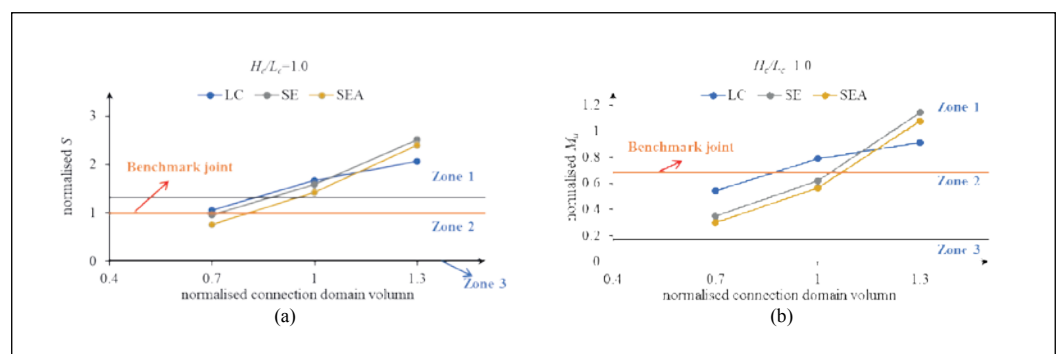
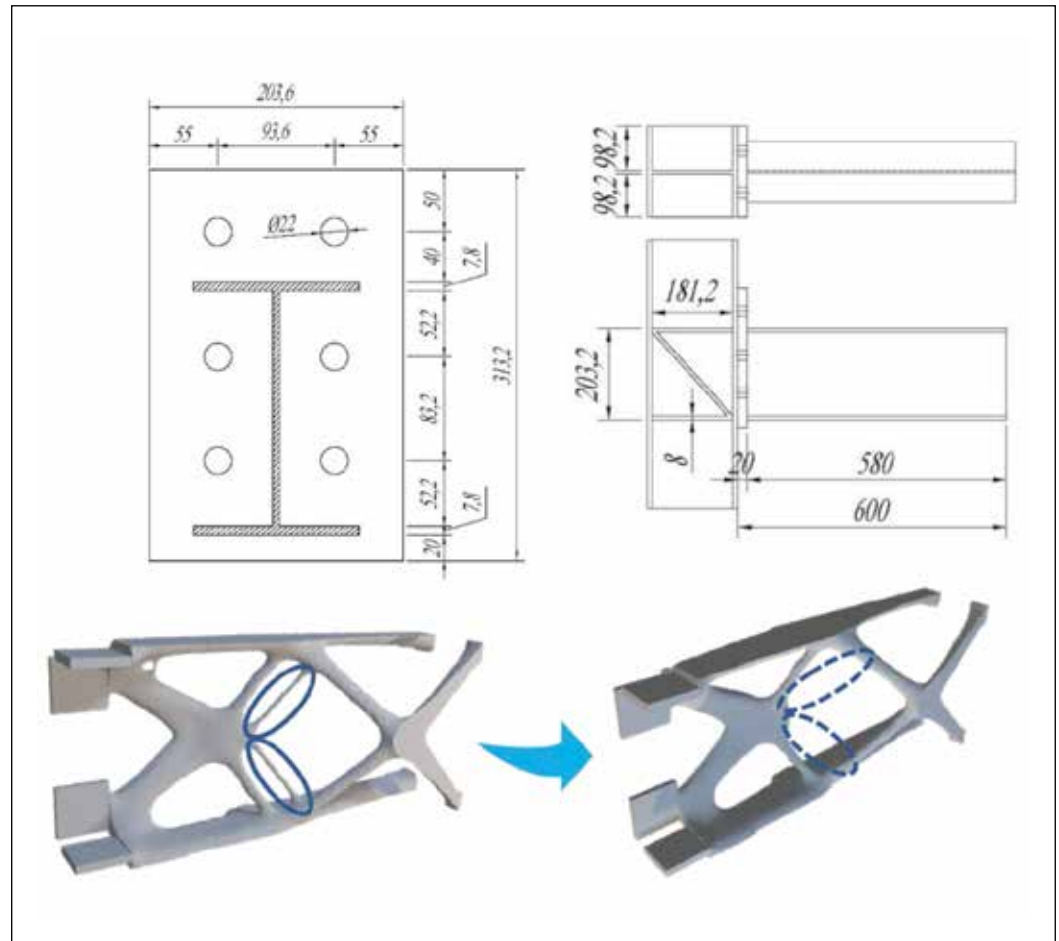
Door de beperkingen van een 3D-printer en het gebrek aan inzicht in de eigenschappen van het geprinte materiaal, loopt de toepassing van Additive Manufacturing in de bouw achter. Ook het ontbreken van relevante normen verhindert grootschalige toepassing.

Tijdens het onderzoek werd de invloed van de optimalisaties via proefopstellingen onderzocht door deze te vergelijken met constructieve prestatievariabelen tussen een benchmark-verbinding (volgens de Eurocode) en geoptimaliseerde verbindingen. Hierna worden deze proefopstellingen geclassificeerd in 'onbelangrijk', zoals het bestaan van kolomverstijvers, en 'belangrijk', zoals de maaswijdte en het optimalisatiedoel.

De constructieve prestaties worden beoordeeld met vijf variabelen: de rotatiestijfheid (S), het buigmoment (M_u) en de rotatiehoek (θ_u) in het vloei punt, de buigmomentcapaciteit (M_u) en de rotatiecapaciteit (θ_u).

Ongeacht de variatie van gewichten in meerdere belastingcombinaties (geval LC, SE en SEA), nemen S , M_u en θ_u toe met de toename van het volume van het verbindingss domein. De verschillen van deze gewichten kan een grotere variatie in θ_u veroorzaken, terwijl deze variatie leidt tot een onbeduidend effect op S .

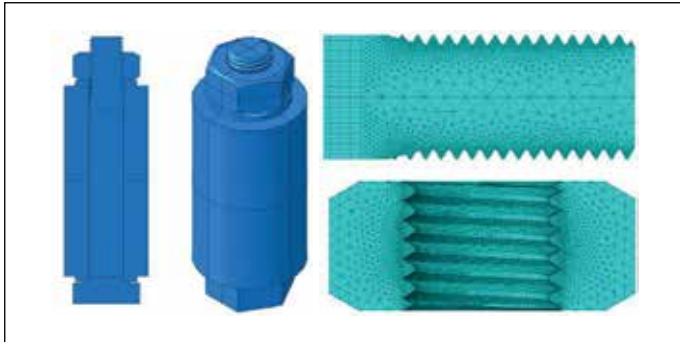
Vandaar dat het optimaliseren van deze gewichten op zijn minst een poging waard kan zijn om de vervormbaarheid van de verbinding te bevorderen. Door beoordeling en vergelijking met de benchmark werd de meest geoptimaliseerde



de verbinding geïdentificeerd, genaamd FJ-1013C-LC ($H_c/L_c = 1.0$, genormaliseerd verbindingsoontwerpdomein = 1.3), omdat deze verbinding de grootste vervormbaarheid heeft met voldoende rotatiestijfheid en momentcapaciteit. In deze studie is de invloed van optimalisatieconfiguraties op zowel

de geoptimaliseerde geometrie van het ontwerp als de geoptimaliseerde verbindingen voorlopig beoordeeld. Uit de beoordeling zijn twee strategieën naar voren gekomen om verbindingen te optimaliseren. De eerste is het optimaliseren van verbindingen onder meerdere belastinggevallen

en het optimaliseren van de gewichten van deze belastingcombinaties. Een andere strategie is het veranderen van de lengte (L_c) en hoogte (H_c) van het blauwe domein en het optimalisatiedoel. De doeltreffendheid van deze strategieën wordt momenteel onderzocht.



Voor deze studie werd het effect van verschillende parameters met betrekking tot de spanning op de schroefdraad geanalyseerd in cyclisch belaste, voorgespannen boutverbindingen.

In EN 1090-2 en de Nationale Bijlage van EN 1993-1-8 worden verschillende voorbelastingsprocedures gegeven. Deze procedures verschillen zowel wat betreft de te bereiken voorspanning als de aandraaicondities. Cyclisch belaste boutverbindingen moeten in principe 100% worden voorgespannen.

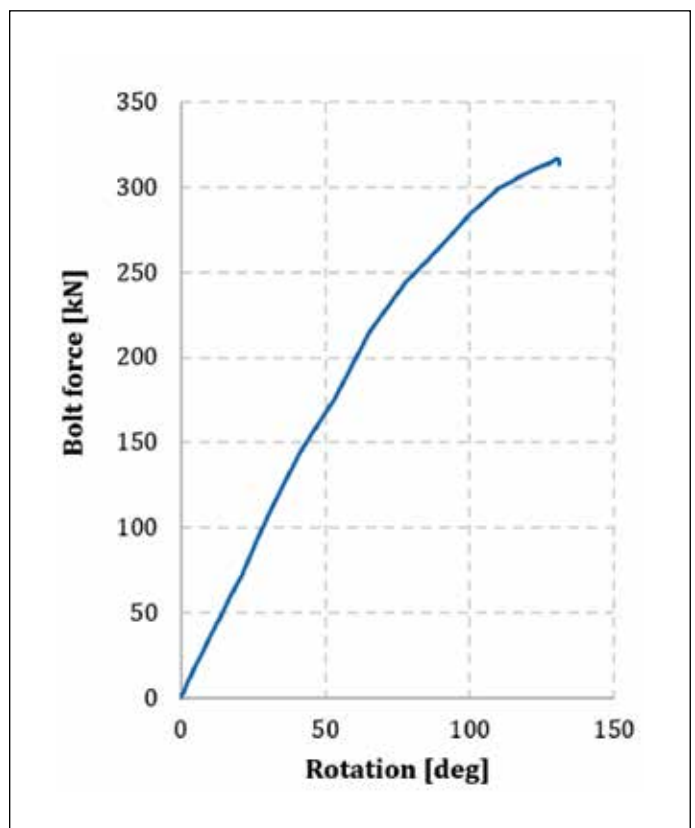
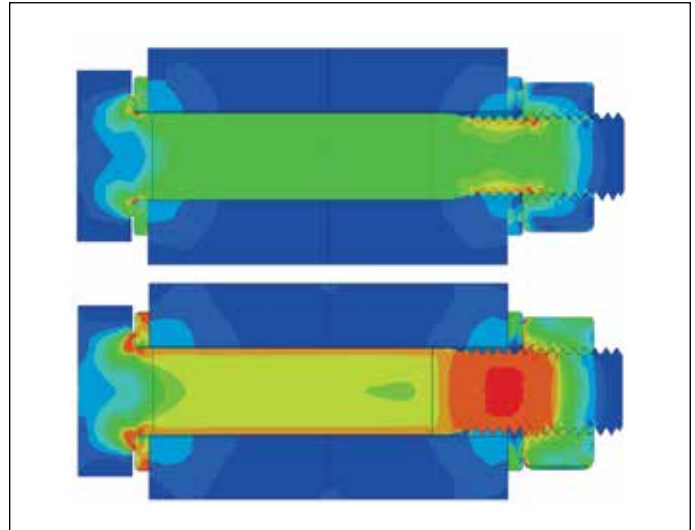
Het niveau van de voorspankracht in Duitsland is gewoonlijk – afhankelijk van de voorspanningsmethode – 70 % van de vloeigrens $f_{y,b}$ ($F_{p,C}^*$) of 70 % van de treksterkte $f_{u,b}$ ($F_{p,C}$) van de bout. Tijdens deze voorspanning wordt de verbinding al aan hoge belastingen blootgesteld. De resulterende draadspanningen zijn vrijwel onmogelijk experimenteel te bepalen.

Het doel van deze studie is dan ook het uitvoeren van numerieke analyses op enkelvoudige boutverbindingen die worden onderworpen aan verschillende voorspanningsprocedures met variërende aandraaicondities/-momenten. De numerieke analyses maken een gerichte evaluatie mogelijk van de draadspanningen die ontstaan tijdens het aanhalen van de verbinding. Verschillende procedures

werden vergeleken en geëvalueerd tot de bereikte voorspanningsniveaus en de randvoorwaarden tijdens het aanhalen.

In de analyse is aangetoond dat er een lineair verband bestaat tussen wrijvingscoëfficiënten en voorspankracht. Momenteel is onvoldoende voorspanning een van de belangrijkste oorzaken van voortijdige vermoeiingsbreuk bij boutverbindingen. Aangezien de experimentele bepaling van de in een verbinding aanwezige klemkrachten vaak om economische redenen achterwege wordt gelaten, leidt de voorspanning van een verbinding vaak tot een 'black-box'-scenario met onbekende verbindingsparameters.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan de voorspanning van een verbinding numeriek worden bepaald zonder de noodzaak tot experimentele testen. Dit kan leiden tot een aanzienlijk langere levensduur van voorgespannen verbindingen en sterk bijdragen tot een verzekerde prestatie van deze verbindingen. De 'gecombineerde methode' blijkt minder gevoelig te zijn voor variatie van systeemparameters en robuuster in het bereiken van de vereiste niveaus van de klemkrachten in de onderzochte gevallen. Daarom wordt deze methode aanbevolen voor toekomstig gebruik bij alle voorgespannen boutverbindingen. De 'aangepas-



te torsiemethode' wordt alleen aanbevolen voor gevallen waarin de voorspanning alleen bedoeld is om de bruikbaarheid van een constructie te vergroten, omdat deze methode over het algemeen gevoeliger is voor veranderende

parameters. De toepassing van aanhaalvoorwaarden 'buiten de norm' blijkt een aanzienlijk effect te hebben op de spanning op de schroefdraad. Aan die gevallen moet dan ook bijzondere aandacht worden besteed.

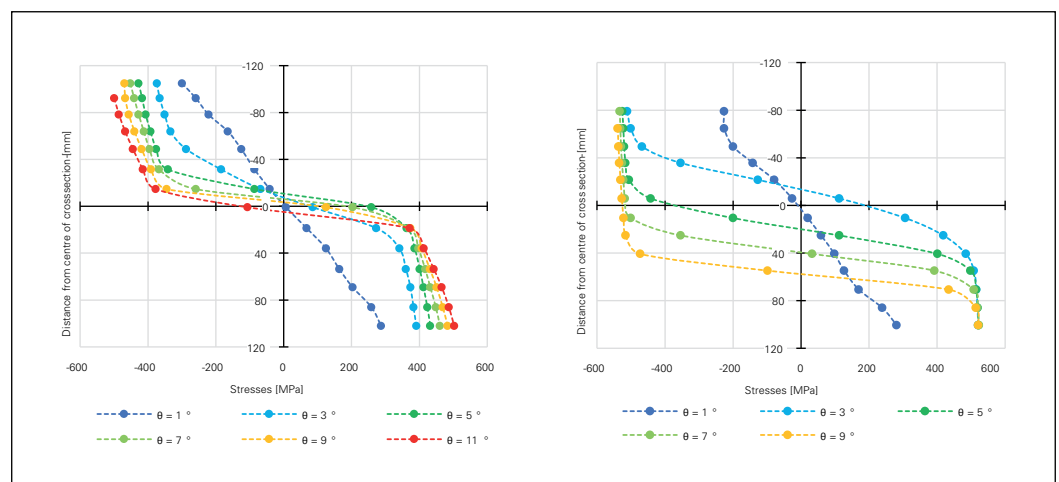
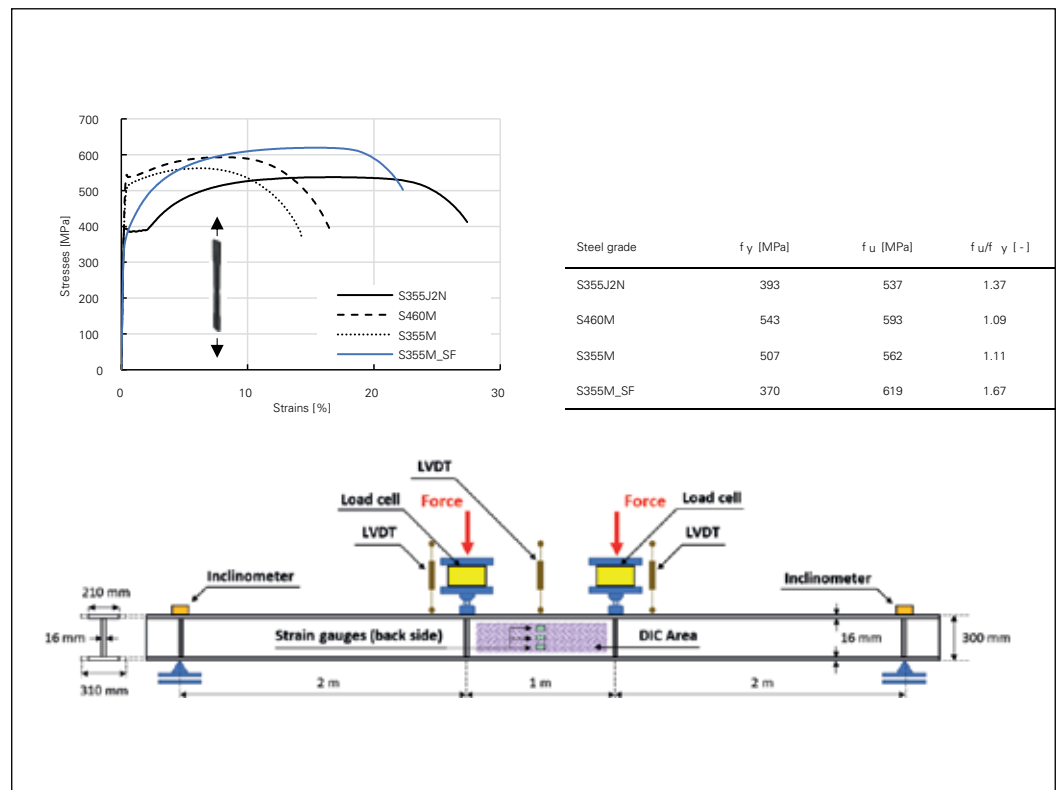
HOGESTERKTESTAAL

Influence of the strain-hardening on the bending strength and rotation capacity of welded I-section beams

Stefan Megnet, Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH) Institute of Structural Engineering | winnaar

In dit onderzoek ligt de nadruk op het experimenteel en numeriek onderzoek van de buigweerstand van gelaste I-profielen. Vier soorten hogesterktestaal met verschillend spanning-rekgedrag werden vergeleken, waaronder het nieuwe 'slimfit-staal'.

Tot nu toe vond hoofdzakelijk onderzoek plaats naar het rotatiegedrag van hogesterktestaal. In deze studie zijn de maximale buigweerstand en het rotatiegedrag van gelaste I-profielen in vierpunts-buigproeven onderzocht. Daartoe werden vier verschillende staalsoorten getest met elk twee verschillende dwarsdoorsneden. Drie van deze staalsoorten zijn in de handel verkrijgbaar met gangbare sterkte. De vierde daarentegen heeft een geheel nieuwe spanning-rekverhouding met een sterk uitgesproken verhardingsgedrag. Dit nieuwe staal wordt in de handel 'slim-fitstaal' genoemd, aangeduid met S355M-SF. Potentiële toepassingsgebieden werden benoemd en geëvalueerd voor dit nieuw warmgewalste fijnkorrelige staalsoort. Experimenteel onderzoek en een eindig-elementenmodel werden gekalibreerd en gevalideerd met de resultaten. Met het FEM-model moet het in de toekomst mogelijk zijn realistische voorspellingen te doen over het gedrag van de onderdelen. In een volgende fase werden deze resultaten vergeleken met schattingsformules uit de literatuur. Aangezien correcte en exacte meetgegevens van eenvoudige meetsystemen van fundamenteel belang zijn, werd een vergelijking gemaakt tussen DMS- en DIC-meetgegevens. Het doel is aan te tonen dat de resultaten van de onderzochte DIC-oppervlakken in overeenstemming zijn met de gemeten waarden van de rekstrookjes. Bovenge-



noemde onderzoeken leidden tot de volgende bevindingen.

1. Het nieuwe staalsoort bereikt aanzienlijk hogere rotatiecapaciteiten en momentweerstand dan de in de handel verkrijgbare staalsoorten.
2. Een realistische prognose met het FEM-model slaagt als het imperfectiebeeld de eerste eigen-

frequentie aanneemt.

3. De overeenkomsten van de experimentele gegevens met de numerieke gegevens blijken aanzienlijk beter te zijn dan die van de literatuur.
4. De huidige indeling van doorsneden volgens de norm leidt tot een sterk conservatieve dimensionering en dus tot een inefficiënt

gebruik van materiaal.

5. Uit de vergelijking van de gegevens van de rekstrookjes en de DIC-metingen is gebleken dat deze twee meetmethoden dezelfde waarden voor de spanningen opleveren en dat de DIC-meetmethode een eenvoudige, correcte evaluatie van de gegevens mogelijk maakt.