



Vernieuwing en verdieping

De vernieuwde studentenSTAALprijs 2015 brak met twintig inzendingen net geen record. Doel en functie van de prijs – het genereren van vernieuwende ideeën en de verspreiding ervan – verkeren weer in blakende vorm. De trend naar vraaggestuurde onderwerpen zet door en ook de agenda voor de toekomst is ruim vertegenwoordigd.

De studentenSTAALprijs 2015 werd uitgeschreven voor afstudeerwerk van Bachelor- en Masterstudenten uit 2014-'15. De prijs waardeert hen die in de laatste opleidingsfase een belangrijk deel van hun afstuderen aan staal hebben gewijd. Dit kan zijn een constructief en/of architectonisch ontwerp, onderzoek, productontwikkeling of een combinatie daarvan. Alle studenten bouwkunde en civiele techniek aan een in Nederland gevestigde opleiding kunnen deelnemen: hogescholen, universiteiten, Academies van Bouwkunst en de opleidingen van Bouwen met Staal. In totaal namen twintig studenten deel, waarvan vijf Bachelors en vijftien Masters.

Met genoeg constateert de jury dat het op één na hoogste aantal inzendingen is bereikt in 29 jaar. De inspanningen om de prijs meer bekendheid te geven, werpen kennelijk hun vruchten af. Na de inhoudelijke vernieuwing van vorig jaar, veranderde ook de jury van samenstelling. Voorzitter Jan Pesman (sinds 1999) maakte plaats voor zijn jongere collega Paddy Sieuwerts. De voorzittershamer is overgedragen aan Dick de Gunst. Ook John Kraus, jurylid sinds 2002, draagt het stokje over aan een jongere collega, Maurice Hermens. Nieuw is de belangstelling vanuit de MBO-opleidingen. Deze inzendingen deden buiten mededinging mee, maar de organisatie onderzoekt of de prijs in de toekomst ook voor deze categorie studenten kan worden opgesteld.



Stemde de kwantiteit de jury al gunstig, van het hoge inhoudelijke niveau raakt de jury ronduit opgewonden – maar confronteert hen wel met een luxe dilemma: hoe uit zoveel kwaliteit twee winnaars per categorie aan te wijzen? De doorgaans relevante en diepgaande onderzoeken, die verbeteringen opleveren voor het gebruik van staal in de praktijk, gingen vergezeld van lijvige rapporten met 'hardcore' rekenwerk, wat respect afdwong van de jury. Maar er is er één die er weer bovenuit steekt, met bovendien een briljante toepassing.

Vakgebied

Elke editie genereert interessante en inspirerende inzendingen die aanleiding zijn voor vernieuwing en verdieping van kennis voor het vakgebied van de constructeur en architect. Juist studenten kunnen onbevangen onderzoeken, nieuwe oplossingen bedenken, ongehinderd door het keurslijf van de praktijk. Hierin manifesteert zich het belang van de studentenSTAALprijs. De jury is ervan overtuigd dat in het werk van studenten het 'geheim' van de toekomst ligt. Door de inzendingen te publiceren vervult de studentenSTAALprijs een belangrijke functie in verspreiding van vernieuwende ideeën. Voor de deelnemers is de aandacht voor het afstudeerwerk vaak de start van een succesvolle carrière. Daarom doet de jury wederom de oproep: 'Docenten en studenten, zendt afstudeerwerk in. Publicatie is nuttig voor het hele vakgebied.'

Jury

Op 31 augustus 2015 vond de beoordeling plaats door de jury, die als volgt is samengesteld:

- ir. D.D. de Gunst (voorzitter), Hans van Heeswijk architecten, Amsterdam;
- ir. M. Hermens, Royal HaskoningDHV, Rotterdam;
- ir. I. Hulshof, Hulshof Architecten, Delft;
- ir. F. Maatje, Bouwen met Staal, Zoetermeer;
- ir. P. Sieuwerts, cepezed, Delft;
- ir. W.M. Visser, Iv-Consult, Papendrecht;
- ing. J.P. van der Windt, Zonneveld ingenieurs, Rotterdam.

Prijs

Op beide niveaus kan de jury een eerste prijs van € 500,- en een tweede prijs van € 250,- toekennen. Extra prijzen van € 350,- werden beschikbaar gesteld door de Stichting de Van Bentumprijs (Van Bentumprijs) en door de Stichting ECCA (ECCA-award). De Van Bentumprijs is voor afstudeerwerk waarin dunne staalplaat op vernieuwende wijze is toegepast of onderzocht. De ECCA-award wordt toegekend aan afstudeerwerk waarin voorgelakt metaal een intelligente toepassing vindt.

Criteria

In het Reglement studentenSTAALprijs 2015 zijn deze criteria vastgelegd:

- relevantie van het ontwerp of onderzoek;
- concept in uitgangspunten, creativiteit en inventiviteit;
- context van ontwerp en onderzoek;
- prestatie in duurzaamheid, beperking belasting voor het milieu, beperking van het onderhoud;
- originaliteit en esthetica;
- de wijze waarop staal (slim) in het project is toegepast;
- ambitieniveau;
- grondigheid van het ontwerp of onderzoek.

GEWICHTSBESPARING

MASTER

A method for maximizing weight reduction in plated structures

ir. Alexandru Dumitru Beju

Technische Universiteit Delft



The master thesis 'Semi-analytical method of buckling strength prediction for plates stiffened with T-shaped stiffeners having slender (class 4) webs: a method for maximizing the weight reduction in plated structures' aims to develop a semi-analytical tool for cost and time efficient design of plates stiffened with arbitrarily positioned very slender stiffeners in order to reduce the weight of structures where this is critical, such as cranes and tilting box girder beams.

As plated structures become bigger and bigger, the self-weight reduction becomes more and more important. In order to achieve a maximum level of optimization with respect to self-weight, plate thickness is reduced and stiffeners provides them stability. In current design practice, standard codes are used (like EN 1993-1-5) which are known to be conservative and limited in order to cover all cases. In this kind of structures, there are many individual plates and therefore nonlinear FEM analysis of all becomes time consuming and

requires experienced engineers. Since the level of conservativeness of faster methods is dependent on plate configuration, for some cases, through a nonlinear FEM analysis, the strength increase can be significant with respect to EN 1993-1-5, while for others it is almost inexistent. Main question: what is the approximate amount of conservativeness for a certain configuration in order to assess in which cases it is time and cost worthy to do a detailed nonlinear FE analysis and on which ones the gain is not worth the cost. To achieve this, a tool is developed (Iv-Plate). Considering the starting points, several stiffening arrangements and geometries are analysed. The amount of conservativeness in EN 1993-1-5 leads to an increased weight with respect to a nonlinear finite element analysis of up to 10-15%. Furthermore, the use of slender (class 4 cross-section) webs for stiffeners is a viable solution of decreasing even more the self-weight.

MOMENTCAPACITEIT

MASTER

Bending-normal force interaction of I-shaped cross-sections

ir. Iris Rombouts

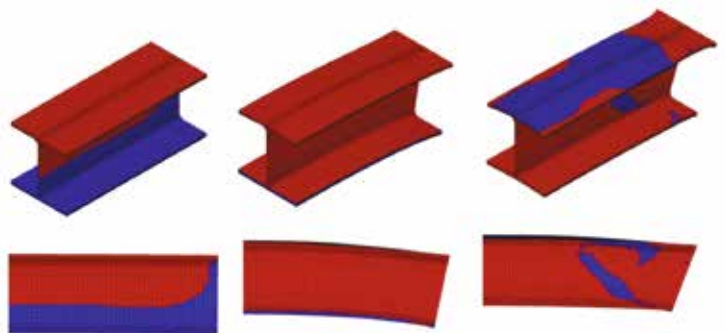
Technische Universiteit Eindhoven

Besides the fact that the Eurocode design rules show unconservative predications of the reduced plastic moment capacity for the presence of normal force, the recommended partial factor is $\gamma_{M0} = 1.00$ and relative large shear forces (up to $0.5V_{pl,Rd}$) are allowed. This means that according to EN 1993-1-1 theoretically no spare capacity is available in the section, expecting for possible benefit from strain hardening.

A few large-scale experiments were performed on HEA 240 (S355JR) sections. In order to simulate the behaviour of a section to M-N interaction, a Finite Element Model is created. The model is validated with the experimental test results. 1188 Numerical test results were generated. A statistical

evaluation to assess the design rule against these numerical test results shows that the recommended value of 1.00 of the partial safety factor used in EN 1993-1-1 is statistically acceptable for I-shaped sections in steel grades S235 and S355. For cross-sections with slender flanges in S460 it is recommended to use 1.10.

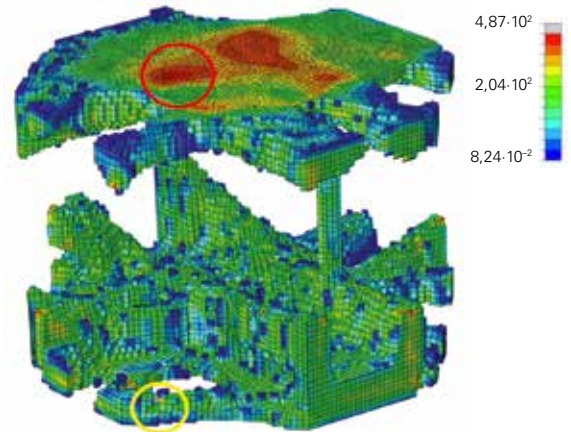
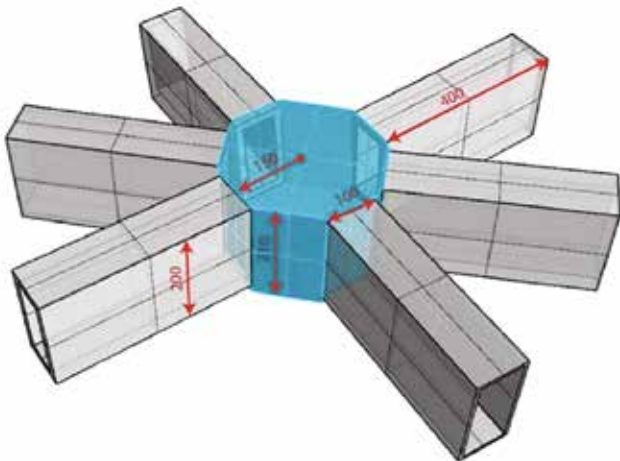
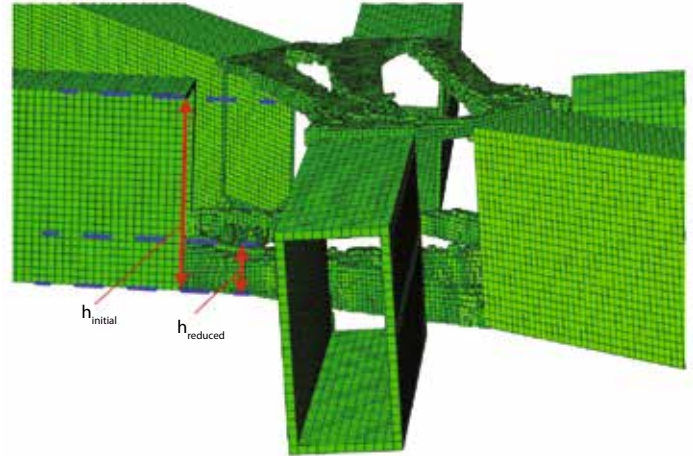
Remarkable is the fact that the Eurocode expects to be saved by the state of strain hardening for small values of n , while in fact that is not the case for cross-sections with slender flanges, since the specimen is not able to reach the state of strain hardening in these types of tests. It is the statistical distribution of the yield stress which should cause the safety in the design rules for small values of n .



MASTER

Innovative Joints for Gridshells

ir. Lennert van der Linden
Technische Universiteit Delft



Dubbel gekromde en vrije-vorm schaalconstructies met een stalen balkenraster, zoals de overkapping van de binnenplaats van het British Museum in Londen, spreken tot de verbeelding. Deze *gridshells* zijn lichtgewicht constructies uit staven verbonden via knopen. Om zo slank mogelijk te construeren wordt de constructie vaak uitgevoerd in staal. Omdat elke knoop uniek kan zijn en een complexe vorm heeft, zijn dit soort knopen vaak lastig te realiseren en kostbaar. Dit afstudeeronder-

zoek richt zich op het inzetten van recente topologie-optimalisatie en 3D-printtechnieken voor vereenvoudiging van dit type knopen. Via topologie-optimalisatie, een eindig-elementenmodel in ABAQUS, is de vorm van een knoop ontwikkeld. Hierbij blijft alleen materiaal (hogesterktestaal; 530 MPa) over op de plaatsen waar het echt nodig is. Aangezien het gedrag van de knopen bepalend is voor het gedrag van de volledige constructie, zijn ontwerpcriteria opgesteld voor stijf-

heid, momentcapaciteit en de Von Mises-spanningen. Hiermee zijn de constructieve eigenschappen van de knopen getoetst. Bij *additive manufacturing* (= 3D-printen) worden de objecten laagsgewijs opgebouwd zonder beperkingen in de vorm. Verschillende aspecten in het ontwerp- en productieproces zijn kwantitatief en kwalitatief vergeleken met de traditioneel ontworpen en geproduceerde knopen in de gridschaal van Złoty Tarasy in Warschau, Polen (foto *linksboven*).

Het resultaat is een knoop die ± 70% lichter is dan een traditionele knoop. Het is tevens mogelijk om de detaillering zo te ontwerpen dat de knopen eenvoudig zijn te monteren, met lagere arbeidskosten. Op dit moment zijn de kosten voor de nieuw ontworpen knopen nog hoog vanwege de printkosten. De technische ontwikkelingen van additive manufacturing-machines gaan snel en verwacht wordt dat in de nabije toekomst deze methode al economisch haalbaar zal zijn.

Juryrapport 1e prijs

Dit origineel en interessant onderzoek wordt enthousiast ontvangen door de jury. 'Bij uitstek slim staal, dit kan weleens de productiemethode van de toekomst zijn', aldus de jury die onder de indruk is van de mogelijkheden die het combineren van materiaalsoptimalisatie en 3D-printing biedt. Veel bewondering heeft de jury voor de hoge kwaliteit. Materiaalsoptimalisatie-studies via computermodellen, gevolgd door de productie van een prototype, bewijzen het toekomstperspectief voor 3D-printing in staal. Behalve het indrukwekkende resultaat van materiaalbesparing van 70%, zijn er meer voordelen van deze productiemethode te voorzien. Het onderzoek ontlokt de jury tot het uiten van superlatieven als: 'briljant, spectaculair, futuristisch, opent deuren naar de toekomst, totaal nieuwe manier van constructief denken, creëert een enorme ontwerprijheid'. Het kan niet anders dan dat dit de winnaar is van de eerste prijs.

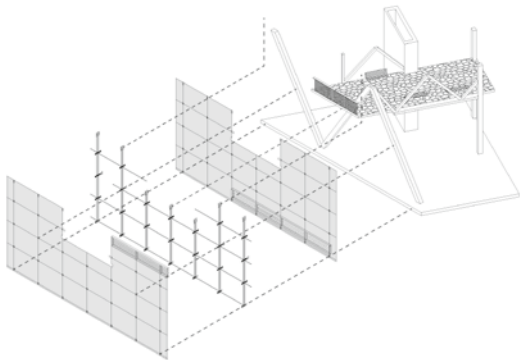
CONSTRUCTIEF ONTWERP

MASTER

Chain Housing: Living in Transition

ir. Junwoo Lee

Technische Universiteit Delft



'Chain Housing: Living in Transition' is a Housing Hybrid in a restricted area of Amsterdam. The site along Oostelijke Handelskade itself is the transition between past and present or urban structure and nature, having opposite characteristics. Moreover, Housing Hybrid means two conflicting programs – private dwelling and public facilities – coexist in one building. To solve this dilemma, a study on harmony and balance is made by using Aldo van Eyck's concept (Dutch Structuralism) of Twin Phenomena. Dwelling and public programs are interconnected and deeply influence the arrangement of programs, façade materialization and even the load bearing system. Two materials for façades are used: brick in the south part represents a complex urban life. And external users of the Mediatheque or Spa in

the north can enjoy the nature such as Het IJ or the north part of Amsterdam over Het IJ through glass. Another reason is transparency, not only for internal users and dwellers but also for those who live in the north. Amsterdam is developing the fifth metro line crossing Het IJ: more people will live in the north. The diagonal structure and various events give extra motivation to cross the water. The south and north will be connected better. For these two reasons the number of columns had been reduced and even the volume of columns interrupting the view, which is solved by using UHPC (Ultra High Performance Concrete) and steel fibre. A conventional grid system of glass façade interrupts the clear and transparent view. A steel tensile grid system however guarantees it.

SEISMISCH REKENEN

MASTER

Impact of Seismic loading on the design of lock gates according to NEN-EN 1998-1 (2005)

ir. Paraskevi Choriki

Technische Universiteit Delft



The dynamic behaviour of lock gates attracts more and more concern due to the gas extraction which produces strong vibrations. Although codes and engineering manuals provide information about concrete dams, there is no sufficient information for steel lock gates and their response under earthquake excitations. The purpose of this thesis is to examine in detail the response of a rolling lock gate as if it was located in Groningen and to investigate the influence of varying parameters. All analyses comply with NEN-EN 1998-1. Some important questions in regard to seismic analysis of a steel lock gate are:

- How does modelling of structural systems incorporate the complex phenomenon of the interaction of fluid structures. And how does the presence of the water effect the dynamic behaviour of the gate?
- At what critical conditions should the lock gate be examined; closed or open position and what is the critical water level combination?
- What differences can two dynamic analysis methods give in the displacements and the reaction

forces (response spectrum analysis vs. time history analysis)?

- Is the dynamic analysis more critical than static analysis?

The research is carried out by multiple numerical models created in Ansys by compiling a full parametric code. Here are some recommendations. The presence of water outside and inside the skin plates lengthens the natural period T of the structure and produces hydrodynamic pressures. These pressures developed in the gate-water interface are higher for flexible gates compared to rigid gates. For example, for a three sides supported lock gate, the pressure is $\pm 20\%$ higher than the case of a rigid gate. The earthquake combination is more critical than the static combination, especially when the first natural period approaches the plateau of the design response spectrum. More specifically, the difference in deformations, stresses and reaction forces is moderate for flexible gates, around 5%, and significant for stiffer gates (up to 2.12 times larger).

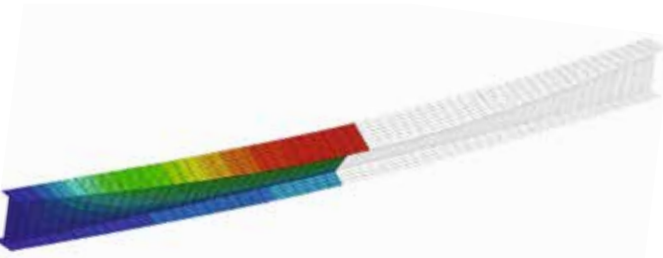
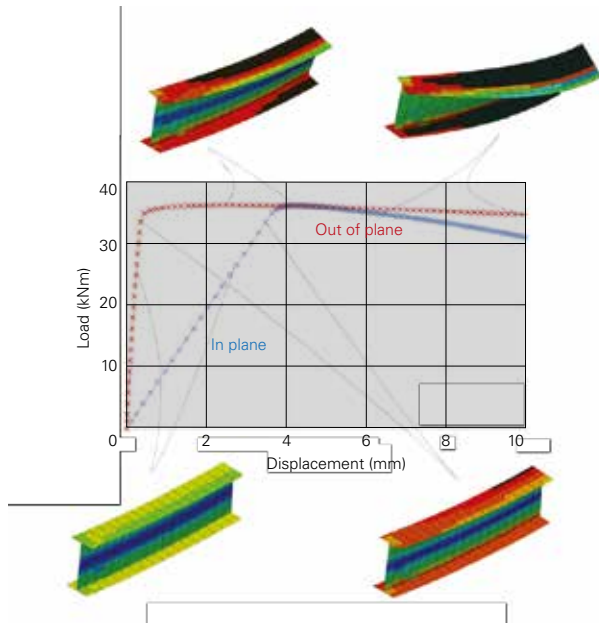
TORSIEKNIK

MASTER

Numerical assessment of the design imperfections for steel beam lateral torsional buckling

ir. Rob van der Aa

Technische Universiteit Eindhoven



EN 1993-1-1 provides design rules for the assessment of lateral torsional buckling in clause 6.3. To make a second order analysis, a Geometrically and Materially Nonlinear Analyses with Imperfections (GMNIA) of beams can be performed. EN 1993-1-1 prescribes the size and shape of the geometric imperfection (5.3.4(3)). The shape is an equivalent initial bow along the weak axis, excluding torsion of the cross-section. The size is prescribed as half the value presented in Table 5.1. Background information can hardly be found. The Dutch National Annex gives an alternative for Table 5.1, which is similar to equation (5.10) of EN 1993-1-1. This alternative is tested and the results are compared with the appropriate lateral torsional buckling curves. Three different approaches (1: $k \cdot e_0$ according EC3, 2: $k \cdot e_0$ with torsion

imperfection and 3: $k \cdot e_0$ with Taras' formula) for imperfection shape and size are tested by using a finite element program for two types of cross-section and three load cases: constant bending moment, point load in the middle on the top flange and a line load on the top flange. The first approach is not sufficient and gives poor results and needs major adjustments to become sufficient. The second approach, using the lateral torsional buckling mode as imperfection shape, produces better results in comparison with the first alternative. However, it is still not sufficient and also needs major adjustments. The final alternative (Taras) leads to correct lateral torsional buckling resistances if allowed to be slightly modified. If not modified a slight overestimation of 5% remains for some cases.

3D-PRINTEN

MASTER

Printing a Stainless Steel Bridge

ir. Stijn Joosten

Technische Universiteit Delft



Additive manufacturing of steel 3D-printen is een productiemethode met grote potentie voor de staalindustrie: complexe, efficiënte constructies kunnen worden vervaardigd zonder materiaalverspilling, en 3D-printen kan zelfs leiden tot compleet nieuwe constructietypen. In de lucht- en ruimtevaart, geneeskunde en de kunst wordt additive manufacturing al veelvuldig toegepast. Gezien de doorgaande ontwikkeling van de techniek, de afname van productiekosten en de toename van productiesnelheid, wordt het ook interessant voor civiele constructies. Onderzoek naar de techniek en de constructieve eigenschappen is noodzakelijk om ingenieurs vertrouwen te geven. Dit afstudeerwerk probeert een eerste vertrouwen te scheppen. Het 'MX3D-project' behelst het printen van de eerste roestvast stalen brug. De printer bestaat in essentie uit een robotarm met lasapparaat dat stukjes metaal op elkaar smelt. De geometrische en constructieve eigenschappen van dit materiaal zijn onderzocht met trek- en vermoeiingsproeven en microscopisch onderzoek.



Het materiaal gedraagt zich ductiel en bezit sterktes vergelijkbaar met conventioneel geproduceerd staal. Vanwege de grote spreiding in met name de geometrische eigenschappen is kwaliteitscontrole essentieel. Verder moet rekening worden gehouden met de productiehoek (lasstand) en de invloed daarvan op de microstructuur en de constructieve eigenschappen: grotere hoeken leiden tot lagere sterktes.

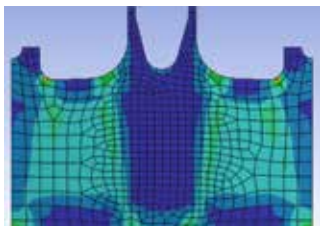
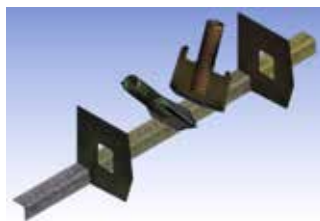
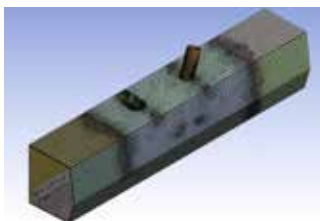
DUCTILITEIT

MASTER

Influence of ductility in the design of a (high strength) steel bridge

ir. Mircea Dobrescu

Technische Universiteit Delft



In the connections of steel structures stress concentrations occur due to the rapid geometric changes in the cross section. With sufficient ductility, due to plastic deformations, forces are redistributed so there will be an equilibrium in internal forces. In design codes this is accounted for by imposing requirements with respect to the tensile/yield strength ratio and minimal strain at fracture. This is of particular importance with high strength steels because of their ductility capacity (brittle fracture). In most cases an inelastic finite element analysis in shell elements based on the nonlinear behaviour of the material is required to calculate the strains at the notch-tips and prove redistribution of stresses, a time consuming and costly procedure. Based on Neuber's formula for nonlinear material behaviour, a new method is developed. This 'Stefanescu Method' (SM) is based on the results of the linear finite element analysis to estimate the value of the strains. The procedure is developed in theory and applied to a simple case of a plate with a hole in tension because the stress concentration factors are known. The results are compared with those of an inelastic finite element analysis. The Stefanescu method

provides good estimates of the strains up to a limit load value of approximately 90% of the smallest force which would cause yielding in any nominal section of the plate. The applicability of this method is extended to a real life project: the A1/A6 Diemen-Almere Havendreef steel railway arch bridge. The method is first studied on a simplified geometry of the gusset plate from the bridge connection. As the method again yields good results, it is extended to a more complex geometry. Comparing the results, the method again provides good estimates. To summarize: SM can be applied to estimate strains at the location of the stress concentrations when the loads are known and are below 90% of the smallest force which would cause yielding in any section of the elements subject to the stress concentrations. With respect to stress concentrations and the local demand for ductility to redistribute stresses, the presence of strain hardening significantly increases the ductility capacity. The lack of strain hardening leads to low deformation capacities of the plates. The f_u/f_y -parameter together with a minimum elongation at fracture can lead to very high ductility capacities of the elements.

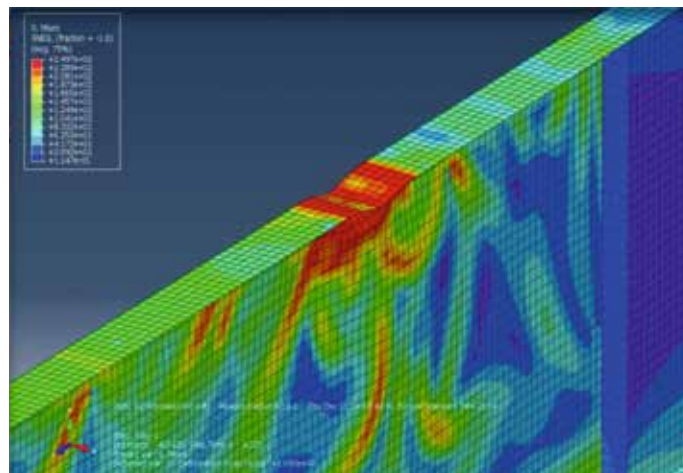
PLAATLIIGERS IN HOGESTERKTESTAAL

MASTER

Optimization of plate girders in bending using high strength steel

ir. Lucia Cimpoi

Technische Universiteit Delft



The main focus of the graduation study is an optimized design of plate girders, for best use of resources and material reduction. In terms of sustainability this can be a significant achievement for further economic development of plate girders. In particular, high strength steel can be advantageous when used in strength driven design. For a girder subjected to bending action, moving away the material from the neutral axis of the beam, and as a result having a slender web, can lead to improvements in design, and the use of high strength steel can add even more value. Previous research at TU Delft to evaluate the performance of the steel girders with very slender webs, concludes that increasing the slenderness of

a girder beam can lead to higher bending moment resistances since flange induced buckling is not a limitation for the web slenderness. Following these results, a FEM model has been done in ABAQUS, followed by a parameter study, using different ratios of areas, and steel grades S460 and S690. It is concluded that plate girders can make use of higher web slenderness to increase the bending moment resistance enormously and the stiffness even more. For both steel grades S460 and S690, the flange induced buckling, or the buckling of the compression flange into the web, is not the decisive failure mode, but yielding of the flange. The limitation given by EN 1993-1-5 is proved to be conservative for the checked models.

MASTER**Grandstand Design for Disassembly**

ir. Joel Klerks

Technische Universiteit Delft

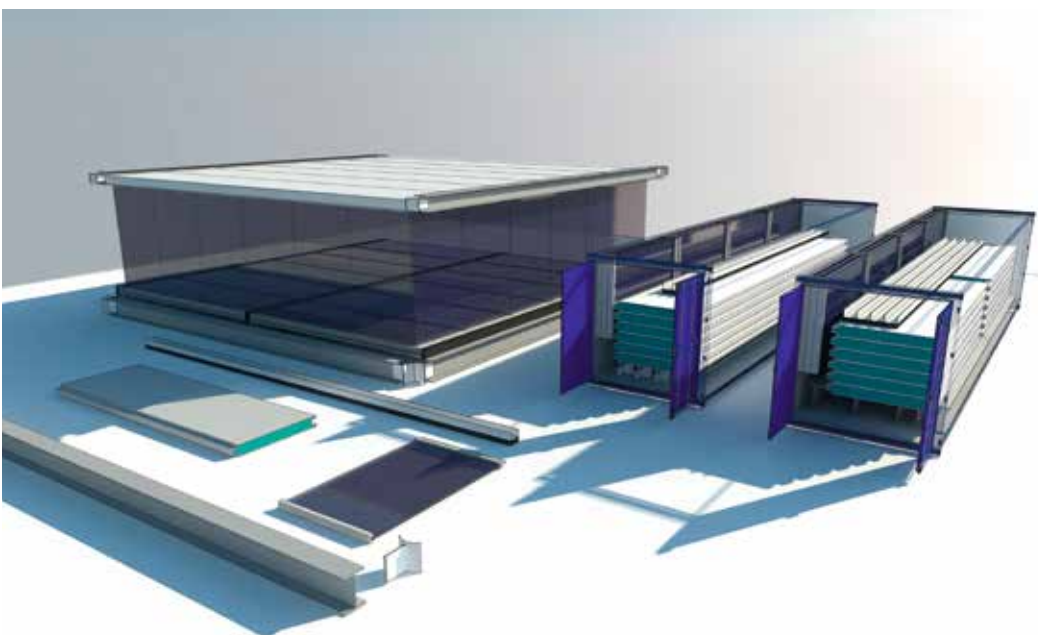
Met kwalitatief hoogwaardige en verplaatsbare tribunes kan het probleem van leegstaande grote stadions, bijvoorbeeld na afloop van de Olympische Spelen of het WK voetbal, tot de verleden tijd behoren.

Huidige tijdelijke tribunes bestaan voornamelijk uit steigerwerk dat niet alleen goedkoop en slecht

oogt, maar ook de ruimte onder de zitplaatsen onbenut laat. Met een te verschalen en te transporteren bouwwerk is getracht niet alleen de capaciteit op te vangen van het gewenste aantal toeschouwers, ook kan de ruimte onder de constructie worden gebruikt voor eettentjes, lounges, kantoren, verkoop van merchandise enzo-

voort. In de modulaair ontworpen constructies kunnen rondingen worden gemaakt, zodat voor elke sport de juiste configuratie is samen te stellen. De gevel en het dak van doek geeft keuze in transparantie, kleur, windresistentie, en interactie met de bezoeker. Het gebouw is open en transparant, zodat zichtlijnen de oriëntatie en

overzichtelijkheid waarborgen. Er is op bouwkundig vlak gelet op veiligheid, toegankelijkheid en aanpasbaarheid. Het modulaire systeem optimaliseert bouwsnelheid, transport en duurzaamheid. Hiervoor is onderzoek gedaan naar constructiemogelijkheden, op- en afbouw mogelijkheden, en materiaal- en verbindingseigenschappen. Op bijna elk gebied komt staal als beste materiaal uit de bus. Vooral het totaalplaatje van de standaardprofielen die goedkoop op de markt te vinden zijn, de sterkte, de duurzaamheid (hergebruik), de detailleringsopties en de mogelijkheid om het gemakkelijk te transporteren, maakt staal het beste materiaal voor het ontwerp. Door het veranderlijke voorkomen, de detaillering gericht op (de)montage, en de gemakkelijk te vervangen bouwelementen is dit een constructie die op verscheidene locaties meerdere malen kan worden toegepast voor allerlei sportevenementen, met kleine en grote capaciteit.

**Juryrapport 2e prijs**

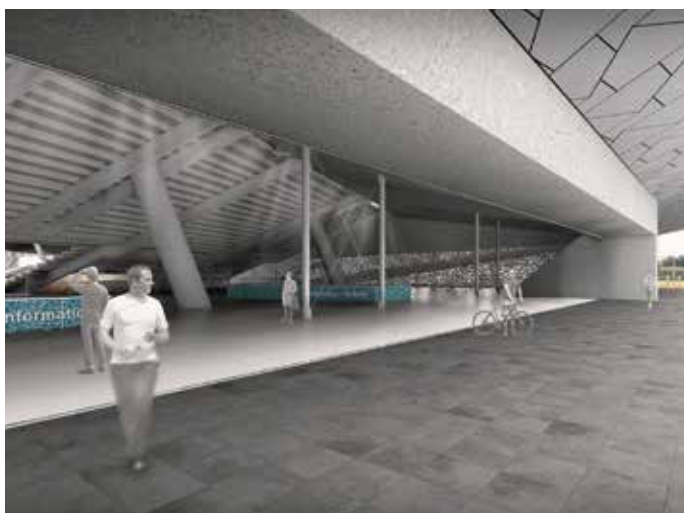
De jury vindt dit een goed doordachte oplossing voor een wereldwijd probleem. De toename van evenementen vraagt inderdaad om een flexibel tribuneconcept dat multi-inzetbaar is, en een meer hoogwaardige uitstraling heeft dan een tribune uit steigermateriaal. De conclusie dat staal het beste materiaal is voor zo'n object, onderschrijft de jury. Over alle aspecten is zorgvuldig nagedacht, waarbij hergebruik en duurzaamheid een grote rol spelen. Het geheel is voorzien van opvallend mooi beeldmateriaal. Er is wel een kanttekening, de jury vraagt zich af in hoeverre over de fundering is nagedacht. 'Actueel onderwerp, integraal ontwerp, lol in staal, duurzaam en flexibel', kortom prijzenswaardig.

MASTER

El estadio de la comunidad

ir. Jordy Vos

Technische Universiteit Delft



De steden Ciudad Juárez (Mexico) en El Paso (Texas, VS) zijn door de jaren heen naar elkaar toe gegroeid en de bevolking kampt er met obesitas en diabetes. In 'El estadio de la comunidad' wordt deze gezondheids crisis aangepakt met *interactivity* als kernwoord. Het stadion vormt een community waar men zelf sport (basketbal, tennis, gym et cetera) en dat in de avond transformeert naar een stadion voor grote evenementen. De tribunes kunnen uitschuiven voor meer zitplekken. De configuratie van de geschakelde sporthallen is bepaald op zoninval en windrichting.

Er heerst een tropisch klimaat; verkoeling door wind en het verzorgen van schaduw is prioriteit. Daarbij maakt het stadion deel uit van een sportroute die is verbonden met het sportpark. Deze (opgetilde) route loopt door het hele gebouw en kan men fietsend, rennend of wandelend afleggen. Voor de uitkragingen van meer dan 60 m is het concept van een kraanconstructie toegepast in combinatie met een ruimtevakwerk. Door de tribunes heen steken dertien – onder een hoek geplaatste – kolommen die het dak dragen. Deze kolommen hebben een diameter van 1500 mm en

een staaldikte van 11,7 mm. Op de kolommen ligt een stervormige constructie om de krachten van het ruimtevakwerk (dak) op te vangen en af te dragen naar de fundering. De tribunes stabiliseren de kolommen. De krachten uit de overstekken en de windbelasting worden met een trek-drukstaaf opgevangen. Hetzelfde profiel dient ook als kolom om de opgetilde sportroute te ondersteunen. Het ruimtevakwerk is bekleed met voorgelakte aluminium panelen om de strakke lijnen in de architectuur te behouden. De transparante gevels zijn voorzien van geperforeerd staal met een dikte van 3 mm.

Juryrapport ECCA-award

De ECCA-Award is dit jaar voor de tweede maal uitgeschreven voor afstudeerwerk waarin voorgelakt metaal op bijzondere wijze wordt toegepast. De afstudeerder heeft cassettes ontworpen van voorgelakt wit aluminium voor de dak- en plafondhuid. Niet alleen is voor deze afwerking gekozen om esthetische redenen, maar de witte bekleding houdt ook de zonnewarmte tegen die er tot hoge temperaturen kan oplopen. Om deze reden heeft de jury de ECCA-Award aan 'El estadio de la comunidad' toegekend.

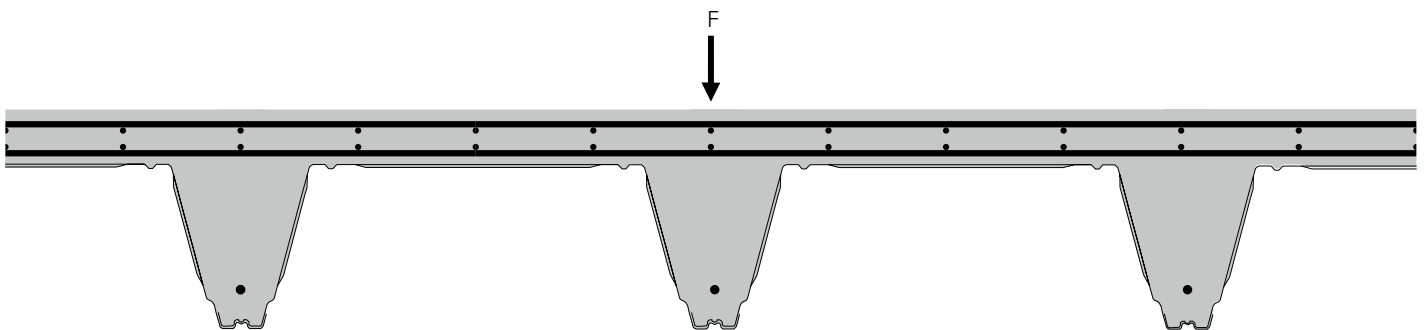
STAALPLAAT-BETONVLOER

MASTER

Horizontal distribution of concentrated loads in deep composite slabs

ir. Matthijs Dracht

Technische Universiteit Delft



Stalen decks voor staalplaat-betonvloeren kunnen worden ingedeeld op hoogte. Decks kleiner dan 100 mm (lage decks) vallen binnen de scope van Eurocode 4. Decks hoger dan 200 mm vallen daar buiten. Daarnaast is er over het exacte gedrag van stalen decks nog weinig bekend.

In deze masterscriptie is de horizontale spreiding van de krachten door een puntlast in hoge platen onderzocht. Centraal staat het belastinggeval waarbij de puntlast direct op een rib staat. Hoofddoel: een analytisch model opzetten om de oplegreacties in de ribben te voorspellen. Tweede doel is een eindige-elementenmodel maken om het analytische model te verbeteren. Met experimenten in het Stevin II-lab zijn het analytische model en het EEM-model gevalideerd. Voor de experimenten zijn drie proefstukken (Comflor 210) gebruikt van 5,6x3 m met een overspanningslengte van 5,4 m. De proefstukken hebben vijf ribben (h.o.h. 600 mm) met elk een wapeningstaaf \varnothing 20 mm. Standaard wordt een vloerplaat met één wapeningsnet \varnothing 8-150 uitgevoerd. Bij een zeer grote puntlast wordt een tweede net toegevoegd aan de onderkant van de betonlaag. De drie proefstukken verschillen dus alleen in het aantal wapeningsnetten: nul, één en twee. Een proefstuk zonder wapeningsnet is



toegevoegd om de invloed van sec de stalen deckplaat te analyseren. Elke rib van de plaat is aan weerszijden individueel opgelegd: een staalprofiel verankerd aan de vloer met een roloplegging. Daarop staat

een plaat met een *load cell*. Op de load cell staat vervolgens een disk die de rib rotatievrijheid geeft en ten slotte volgen een voetplaatje en een triplex plaatje voor belastinginleiding. De belasting wordt

aangebracht door een hydraulische drukpers.

Het doel van de proef is om de verdeling van de belasting te bepalen binnen de lineair-elastische fase. Daarna is een destructieve proef op de helft van de overspanningslengte uitgevoerd. Bij een belasting van ± 103 kN scheurt de staalplaat los van het beton. In de plaat zonder wapeningsnet ontstaat er op dit punt een longitudinale scheur aan de bovenkant vlak naast de middelste rib.

Uit de metingen van de rekstrookjes blijkt dat het stalen deck wel degelijk bijdraagt aan de horizontale spreiding. Het stalen deck gaat echter pas significant helpen nadat de 'bond' tussen staal en beton verloren gaat. In het proefstuk zonder wapeningsnetten is de verdeling tot een belasting van 65 kN vergelijkbaar met de plaat met één net. Maar daarna valt de contributie van de buitenste ribben helemaal weg en concentreert de belasting zich in de middelste rib tot deze 75% van de totale belasting draagt. De experimenten verschillen met de praktijk omdat het uiteinde van de vloer vaak wordt ingestort in plaats van simpel opgelegd. Doordat de ribben niet kunnen roteren bij de opleggingen zal de belasting in de praktijk waarschijnlijk meer worden verspreid.

STABILITEIT

MASTER

Stabiliteit van staalconstructies ontleend aan koudgebogen en rechte glasplaten

ir. Mark Welink

Technische Universiteit Eindhoven



Foto: Jannes Linders

Movares heeft een concept voor een station- of perronoverkapping ontwikkeld waarbij toepassing van koudgebogen glas leidt tot aanzienlijke gewichtreducties van de staalconstructies. Een bekend voorbeeld is de overkapping IJsei van het busstation bij Amsterdam CS. Het koudgebogen glas vervult puur een tertiaire rol. De stabiliteit wordt opgevangen door schoren of momentvaste verbindingen. Maar kan het glas ook de gehele (wind)stabiliteit verzorgen? Ja, zo blijkt uit dit master onderzoek met IJsei als casus, waarin vooral is

gekeken naar de lijmverbinding tussen het glas en staal als essentiële schakel. Uit experimenteel onderzoek blijken de verbindingen op de hoeken van het glas te bezwijken, maar het systeem heeft ruim voldoende stijfheid en sterkte om de stabiliteit van overkapping IJsei te laten verzorgen door het glas. Een numeriek onderzoek met eindige-elementenmodellen (schaal-, schakel en volume-elementen) ondersteunt het experiment en leidt tot dezelfde waarden voor de verplaatsingen, spanningen, sterkte en stijfheid.

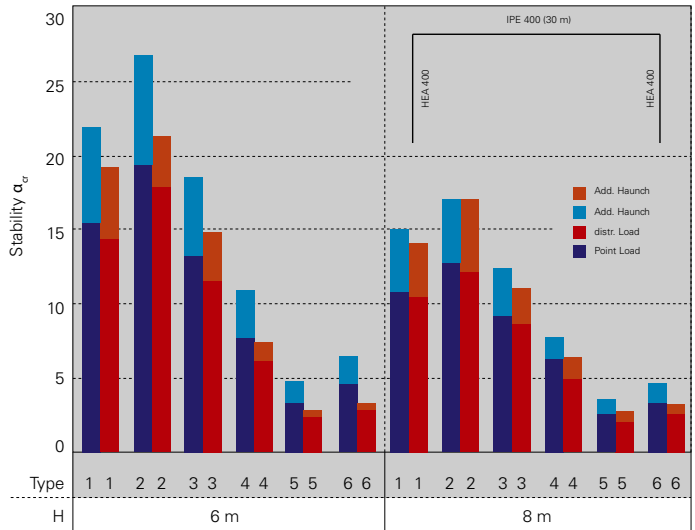
STABILITEIT

MASTER

In-plane stability of haunched sway portal frames

ir. Noud Altinga

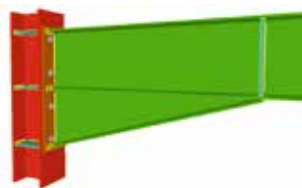
Technische Universiteit Eindhoven



1. Buckling study with FEM shell elements for different frame dimensions.

Table 1. η_1 -Factor for several haunch dimensions.

length	2.5%	5%	10%	15%	20%
height					
50%	1.072	1.145	1.297	1.477	1.615
100%	1.093	1.195	1.417	1.712	1.965
150%	1.102	1.228	1.507	1.903	2.275
200%	-	1.253	1.573	2.058	2.538
250%	-	1.270	1.625	2.183	2.760
300%	-	1.283	1.665	2.283	2.947



This research thesis describes the effect of a haunch on the sway in-plane stability of a steel portal frame for different vertical load conditions and how this is embedded in current regulations. As a result a simple solution is provided to make accurate predictions of the in-plane stability. The addition of a haunch can be summarized with a factor to amplify the original stiffness of a beam. This factor depends on the load situation, the haunch length to rafter length ratio and the haunch height to rafter height ratio. For a point situa-

tion, factor η_1 is used (table 1). For a distributed load situation, factor η_2 is used. The original methods to determine the in-plane stability of a frame still hold.

One of the results of this thesis, was the effect of a horizontal load, caused by a distributed load, on the in-plane stability of a portal frame with a haunch.

As shown in figure 1, the effect of the haunch on the stability of the frame is greatly reduced for frames with longer and slender spans. Different analytical methods are presented to determine quickly but accurately the stability of a portal frame with a haunch. These methods are thus presented in a short design guide.

MASTER

Pinned Connections

ir. Ivo Harms

Technische Universiteit Delft

Om marktleider te blijven is het voor een wereldwijd opererend transportbedrijf als Mammoet noodzakelijk om nieuwe uitrustingen te ontwikkelen. In zo'n uitrusting wordt veel gebruik gemaakt van pen-gat verbindingen. De capaciteit van een pen-gat verbinding wordt in het algemeen bepaald met de normen, maar aangezien het bedrijf op land en op zee opereert, heeft het te maken met verschillende normen. Deze normen geven echter beperkte, maar vooral ook verschillende uitkomsten.

Een andere manier om de capaciteit van een pen-gat verbinding te bepalen is een eindige-elementenmethode (EEM). In tegenstelling tot de normen hebben EEM-berekeningen geen beperkingen in de vorm van de verbinding. Nadeel is dat het model en de resultaten moeten worden geanalyseerd, wat ingewikkelder is dan het toetsen aan een norm.

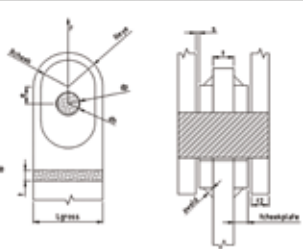
Bij het modelleren kunnen al vele keuzes worden gemaakt:

een 2D- of een 3D-model of bijvoorbeeld een elastisch of elastisch-plastische berekening. Bij een elastische analyse zijn de lokale spanningen sterk afhankelijk van het type en grootte van de gemodelleerde elementen. Een plastische berekening geeft meer uniforme resultaten en geniet voorkeur. Plasticiteit wordt echter niet vaak toegestaan in de offshore-industrie. Dit onderzoek toont aan dat plasticiteit in delen van de verbinding volgens de normen in bijna alle gevallen optreedt. Het uitsluiten van plasticiteit leidt dus tot conservatieve uitkomsten. Benaderende formules zijn afgeleid, die de resultaten van een EEM-berekening kunnen voorspellen. Dit geeft vooraf inzicht of een EEM-berekening sowieso zinvol is en kan bij het bepalen van de capaciteit van pen-gat verbindingen tijd besparen. Het onderzoek is gebaseerd op S690 en direct toepasbaar. Onderzoek naar andere staalsoorten zal de methode meer compleet maken.

Input

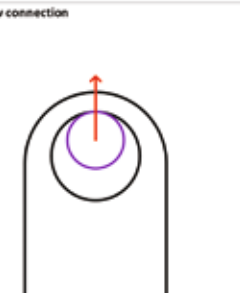
Checkplates applied? No

Geometry			
R_{eye}	100	[mm]	outer radius eye
e	-10	[mm]	eccentricity
d_h	125	[mm]	diameter hole
d_p	80	[mm]	diameter pin
t	20	[mm]	thickness eye
R_{throat}	0	[mm]	outer radius cheek plate
t_{throat}	0	[mm]	thickness cheek plate
inset	0	[mm]	weld throat
Material			
f_y	S690	[N/mm ²]	yield stress eye
f_u	S770	[N/mm ²]	ultimate tensile stress eye
ϵ_u	15%	[-]	ultimate tensile strain

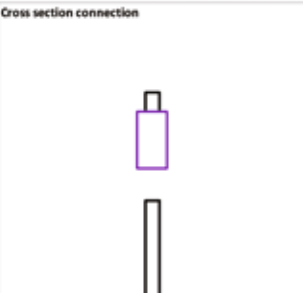


Drawing connection

Front view connection



Cross section connection

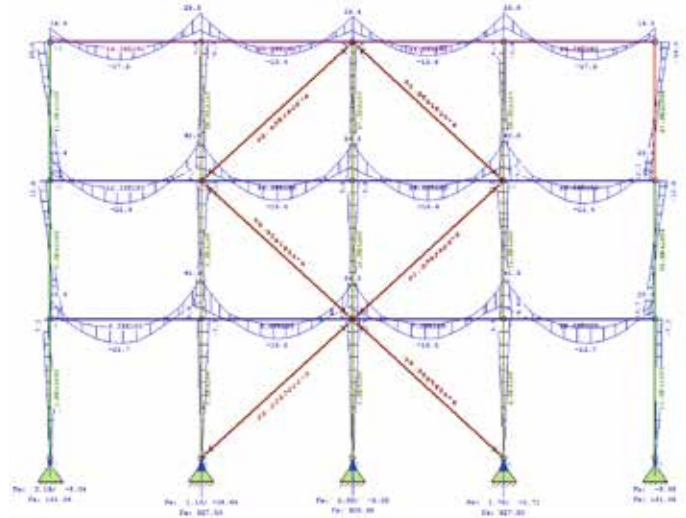


BACHELOR

Duurzaam Construeren

ing. Fatima Saleem

De Haagse Hogeschool



Wat is de invloed van de ontwerpvariabelen van een staalskelet met een kanaalplaatvloer op de verhouding flexibiliteit-bouwkosten-materiaalgebruik bij een standaard verdiepinggebouw? Deel van het onderzoek is de ontwikkeling van een rekentool om de duurzaamheid van constructies te beoordelen. Hierbij is ook de ESL (Estimated Service Life) factor gebruikt, die door Frank Tool (2010, TUD) is ontwikkeld bij Imd Raadgevende Ingenieurs. Tool: 'Een constructie die eenvoudig een nieuwe functie mogelijk maakt, geeft een gebouw een hogere potentiële levensduur en lagere jaarlijkse milieukosten.' Er zijn echter ook andere factoren die van invloed zijn, zoals materiaalgebruik en constructievormen in relatie tot de flexibiliteit van het gebouw. Ook zijn de bouwkosten meegenomen, want als duurzaam bouwen duur is, staat dit de acceptatie in de weg. Zes variabelen zijn benoemd: draagvermogen vloer, overmaat hoogte, stramienmaten x- en y-richting, stabiliteitssysteem en optoppen. Hiervan is de invloed onderzocht op het gewicht van de draagconstructie (kg). Vervolgens zijn 'slimme' keuzes gemaakt en doorgerekend in drie varianten: een ongeschoorde en geschoorde constructie en een

INPUT

Algemene gegevens:

Projectnaam	
Opdrachtgever	
Locatie	
Verder	
Verder	
Verder	

Gegevens Draagconstructie:

Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	

Output

Algemeen

Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	

Overzicht bouwkosten

Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	

Overzicht milieukosten

Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	
Opbouw	

kernconstructie. Daarna zijn de totale milieukosten per jaar berekend via milieukosten = (gewicht constructies x CO₂_{eq} x schaduwkosten)/(ESL-factor x 50 jaar). Het draagvermogen van de vloer van 4 kN/m² en de stramienmaat 7,2 m hebben de meest positieve invloed. In tegenstelling tot een stramienmaat van 3,6 m. Grotere overspanningen verhogen de flexibiliteit, de constructie wordt zwaarder, maar heeft een langere levensduur. Opvallend is dat zowel geschoorde als ongeschoorde constructies met kleine overspanningen minder gewicht hebben, maar slecht scoren op de milieukosten.

BACHELOR

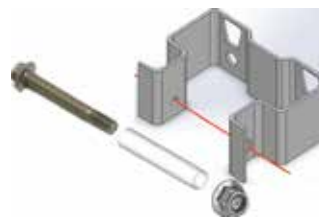
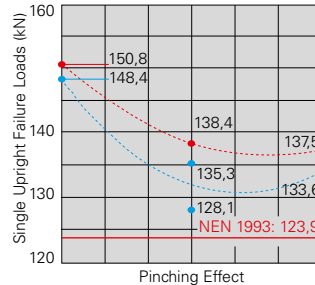
Determining Load Capacity of Upright Profiles Subject to Pinching due to Diagonal Bolts

Fabian Schuurman BSc.

Universiteit Enschede

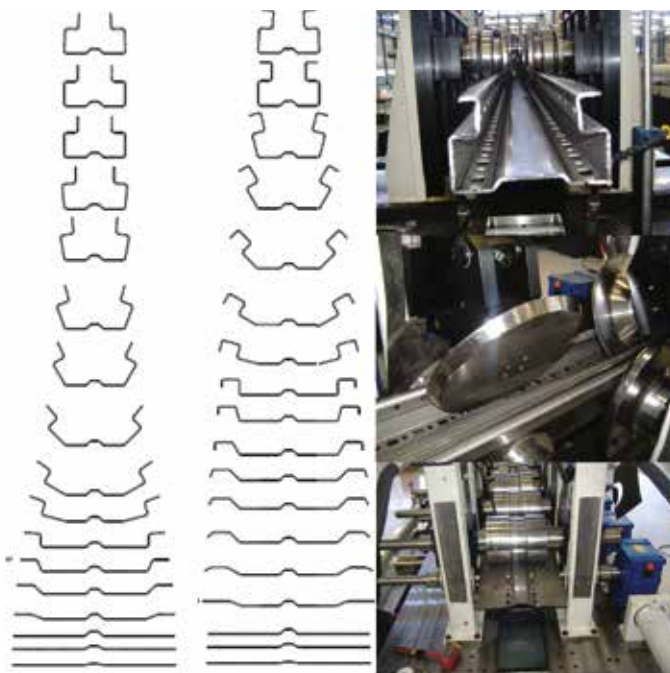
Voor distributiecentra ontwerpt en produceert het bedrijf Nedcon magazijnstellingen, die worden opgebouwd uit liggers en jukken. Een juk bestaat uit twee staanders met diagonalen die met een afstandsbus (spacer) aan de staanders worden bevestigd, terwijl een bout het geheel bij elkaar houdt. De productie van staanderprofielen laat maattoleranties toe bij de sparingen voor de verbindingen, zodanig dat deze 3 tot 4 mm groter kunnen zijn dan noodzakelijk. Op het moment dat een sparing significant groter is dan de afstandsbus, zal het aandraaien van de bout leiden tot een initiële imperfectie vanwege het knijpen. Maar wat is het effect van de productietoleranties op de draagkracht van de profielen? Drie types knikvormen (globaal, distortionaal en lokaal) in de staanderprofielen zijn onderzocht. De verwachting is dat knijpeffecten het meeste invloed hebben op de distortionale en lokale knikvormen vanwege het vervormen van de doorsnede.

Een serie tests is uitgevoerd om het effect van knijpen experimenteel te bepalen. De eerste testopstelling is de 'Stub' kolom-compressieproef waarmee de draagkracht bij lokale knikvormen wordt bepaald door de slankheid voldoende klein te maken. Deze test laat zien dat lokale knik relatief weinig wordt beïnvloed door knijpeffecten. Complete frame (juk-)tests laten zien dat de invloed van het knijpeffect op de distortionale knikvorm potentieel groot is. Voor het modelleren van stabiliteitsproblemen in dunwandige profielen worden twee methoden gebruikt: de Finite Strip Method (FSM) en de Finite Element Method (FEM). Het FSM-model is snel, maar kan alleen rekenen aan profielen met constante doorsnede en met randvoorwaarden aan de gehele profiellengte. Deze methode is geschikt voor een snelle schatting van modale classificatie van profielen zonder diagonaalbussen. Hierdoor kan de methode gebruikt worden om



de lengtes te vinden met minste weerstand tegen bepaalde knikvormen. De eindige-elementenmethode (FEM) kan worden gebruikt om verschillende hoeveelheden van knijp mee te nemen. In eerste instantie lijken beide methodes redelijk goed in het zoeken van bezwijkvormen. Echter, het schatten van de bijbehorende kritische bezwijklast is lastig en onnauwkeurig. De combinatie van de twee

modellen kan worden gebruikt om het 'worst case'-scenario te vinden, waarin de profiellengtes toegepast in de constructie de minste weerstand hebben tegen knikken. Dit onderzoek heeft geleid tot ontwikkeling van een nieuwe frame-testopstelling en numerieke simulaties kunnen worden gebruikt voor het worst case-scenario, dat vervolgens kan worden getest met knijpeffect.



Juryrapport 1e prijs

In een wereld van groeiende internetbestellingen en bezorgdiensten groeit ook de voor veel van ons onzichtbare wereld van distributiecentra met torenhoge magazijnstellingen. Hier draait het om een lage kostprijs, hoge efficiëntie en slimme flexibiliteit. Fysiek bestaat deze wereld grotendeels uit plaatstaal. Slim en optimaal uitgenut tot de grens, wat het goed en veilig construeren met dit materiaal extra van belang maakt. De jury is daarom enthousiast over de keuze voor dit onderwerp en de kwaliteit en volledigheid van het onderzoek. Vervormingen kunnen leiden tot instabiliteit. Inzicht in de vervormingen en draagkracht dragen bij aan het efficiënt vergroten van de betrouwbaarheid en veiligheid van de magazijnstellingen. Bij het onderzoek zijn de uitkomsten van testopstellingen vergeleken met computermodellen. 'Verrassend en relevant onderzoek naar een specifiek onderdeel in de staalwereld en daarmee prijzenswaardig', vat de jury samen.

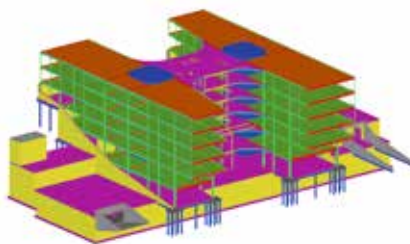
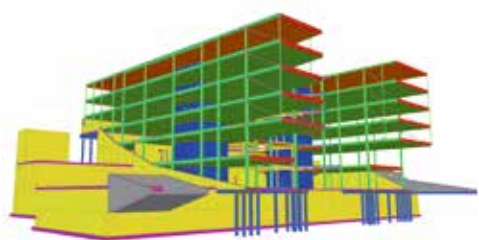
Van Bentumprijs

Deze prijs is specifiek bedoeld voor innovatieve toepassingen van dunne staalplaat. De jury heeft de prijs toegekend aan dit onderzoek omdat het een nuttige bijdrage levert aan het inzicht in de vervormingen en de draagkracht van magazijnstellingen. De constructie van magazijnstellingen is een onderbelicht onderwerp, dat extra aandacht verdient, vooral op gebied van stabiliteit en veiligheid.

BACHELOR

Nieuwbouw IHK Stuttgart

ing. Hessel Schelfer, ing. Remco Schrijver, ing. Coen Waayer en ing. Bob Welhuis
 Hogeschool Saxion, Enschede



Het nieuwe kantoorgebouw van Industrie und Handelskammer (IHK) in Stuttgart telt negen verdiepingen, waarvan drie voor de ondergrondse parkeergarage in beton, terwijl de bovenbouw grotendeels is opgetrokken uit staal. Belangrijke wens is de vrije indeelbaarheid. Uit vergelijkend onderzoek komt naar voren dat met staal de vrije indeelbaarheid

eenvoudiger is te realiseren dan met beton. Met de Slimline-vloer is een vrije overspanning van 14,5 m gemaakt. De installaties en computervloer zijn geïntegreerd in het vloersysteem. Vanuit het ontwerp zijn er nog meer redenen om voor staal te kiezen, zoals de twee kenmerkende overstekken aan de voorzijde. Met een staalconstructie kunnen de krachten in het overstek

effectief worden opgevangen, onder andere door trekstaven. Groot voordeel van het bouwen met staal is de bouwsnelheid door prefabricage van de constructie en de houtskeletbouw gevel. Daarnaast zijn verschillende aspectmodellen, waaronder het constructieve, bouwkundige en installatietechnische model, gekoppeld om een beter eindresultaat neer te zetten.

Juryrapport 2e prijs
 In dit onderzoek is aangetoond dat met staal op verschillende niveaus, zoals onder meer flexibiliteit, duurzaamheid en slank construeren, een beter bij deze opgave passend resultaat is te bereiken dan met een constructie van beton. De afstudeerders zijn bij deze herontwikkelingsopdracht zorgvuldig te werk gegaan met een volledig integraal gebouwoffontwerp als resultaat. Het integrale ontwerp is in een 3D BIM-model uitgewerkt. De jury constateert verheugd dat deze afstudeerders zichtbaar plezier hebben in het slim herontwikkelen. 'Slim staal, nodigt uit tot verdere doorwerking met name van de gevel', oordeelt de jury.

CONSTRUCTIEF ONTWERP

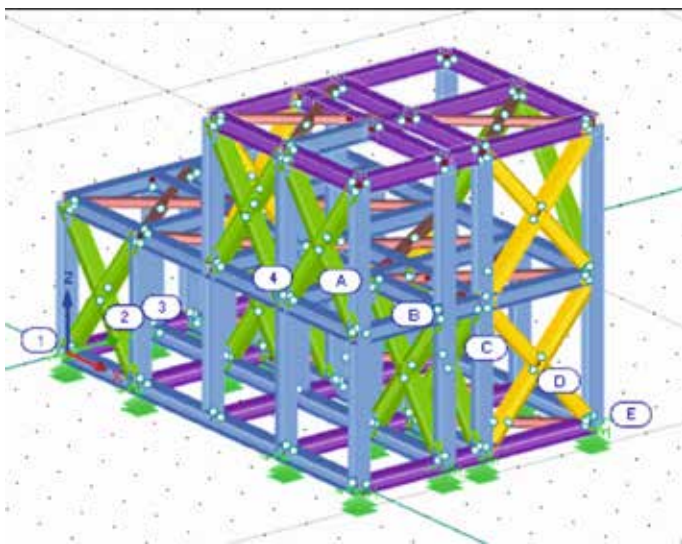
BACHELOR

Ontwerp package voor een inert gas generator

ing. Philippe Massaer en ing. Ron Okonski
Hogeschool van Arnhem en Nijmegen

Wat is een optimaal ontwerp voor de hoofddragconstructie van een package voor een inert gasgenerator? Dit project komt voort uit een eerder ontwerp met een ongestructureerd verloop: de uitgangspunten werden voortdurend bijgesteld. Een inert gasgenerator maakt een zuurstofarm gas zuurstofarm en staat op een Floating Production Storage and Offloading Facility (FPSO), kortom een drijvend platform voor winning, opslag en verwerking van olie. De krachten op een FPSO zijn niet alledaags, met een maatgevende explosiebelasting die in dit vernieuwde ontwerp zowel statisch als dynamisch is doorgerekend. Tijdens het constructief ontwerp zijn verschillende aspecten als variabelen

beschouwd: kolomstructuur, stabiliteitsverband, liggerstructuur en de hoofdvorm zelf. De verschillende ontwerpen zijn via een keuzematrix beoordeeld. Twee varianten zijn uitgewerkt en gemodelleerd in RFEM, maar voorafgegaan door twee handmatige controleberekeningen voor de stabiliteit en dynamica. Alle onderdelen van de constructies zijn separaat berekend op explosies, omdat de grootte niet van te voren is te bepalen. Uit het onderzoek blijkt dat een dynamische (door-)berekening van de explosiebelasting tot 30-40% gewichtsreductie van de staalconstructie kan leiden, in vergelijking met een statische benadering.



GEVELSYSTEMEN

BACHELOR

Rekenmodel model toepassing gevelsysteem

ing. Yuri Hanff
De Haagse Hogeschool

Row	Column A	Column B	Column C	Column D
1				
2	In te vullen:			Berekenen
3	Windgebied	Gebied 1		Berekend door:
4	Terraincategorie	Kust		
5	Gebouw afmetingen:			
6	> Hoogte	20 m		
7	> Breedte	200 m		
8	> Diepte	30 m		
9	Gevelpaneel afmetingen:			
10	> Hoogte gevelpaneel	200 mm		
11	> Lengte gevelpaneel	200 mm		
12	Lengte stijl achterconstructie	300 mm		
13	Diepte gevelsysteem	200 mm		
14	Material keuze:			
15	> Gevelpaneel	Sendimir verzinkt staal		Rekgrens (N/mm ²)
16	> Achterconstructie	Warmgewalst Cor-Ten staal (3-15mm)		300
17	> Gevelanker	RVS (316, 304, 430)		355
18	Bouwkundige gevel	Baksteen		210
19	Type bevestiging gevelpaneel	IPLEX 0302 BI kern 5,5 lengte 25		Uittrekwaaarde (kN)
20	Type achterconstructie	Omega 30		3,54
21				<input checked="" type="checkbox"/> Druk boven en onder
22				<input type="checkbox"/> Hakenstijl
23				<input checked="" type="checkbox"/> Inhoud afleiden
24				
25				
26	Dikte:			
27	> Gevelanker	10 mm		
28	> Gevelpaneel	3 mm		
29	Hoogte:			
30	> Gevelanker	3 mm		
31				
32	Aantal gevelankers randzones	3 stuks/stijl		
33	Aantal gevelankers middenzone	3 stuks/stijl		
34				
35				

Kostenberekeningen (in een vroeg stadium) zijn vaak gebaseerd op ervaringscijfers. Voor meer nauwkeurige inschattingen van een gevelsysteem is een rekenmodel gemaakt. De kosten worden namelijk bepaald door het product zelf, maar ook door de diktes, en vooral de hoeveelheid en grootte van de bevestigingen. In een vooronderzoek naar de onderdelen en materialen van het gevelsysteem van VPT Versteeg zijn voor elk bevestigingsmiddel de toepassing en sterkte-eigenschappen bepaald. Het rekenmodel is in Excel gemaakt met een opzet gelijk aan het constructieve rapport van een constructeur die gespecialiseerd is in koudgevormde profielen. Het gevelsysteem heeft veel varianten in vorm. De opbouw is altijd hetzelfde. Het gevelpaneel is verbonden met de achterconstructie dat weer verbonden is met een gevelanker in de bouwkundige gevel. Ieder onderdeel kan uitgevoerd worden in verschillende legeringen staal en aluminium. De gevelpanelen kunnen met beddenhaken of schroeven worden

bevestigd. De achterconstructie zit aan de zijkant vastgeschroefd aan het gevelanker. En de verankering met de bouwkundige gevel is afhankelijk van het soort materiaal van de gevel. De gevelpanelen buigen door onder invloed van de windzuiging (gelijkmatig verdeelde belasting). Deze belasting worden in de verbindingen omgezet tot puntlast. De puntlast geeft een reactiekracht op de verbinding met het gevelanker. Deze schroef zit aan de zijkant en krijgt dus een afschuifbelasting. Het gevelanker is getoetst op buigspanning rondom de verankering. De verankering is getoetst op trek- en afschuifbelasting. Het gewicht van het gevelsysteem geeft een verticale kracht, in alle verbindingen. Het rekenmodel kan uitrekenen hoeveel de onderdelen en verbindingen belast worden. Het rekenmodel berekent ook de situatie in de rand- en middenzones, waarmee de hele gevel constructief is bepaald en een nauwkeurige kostenberekening kan worden gemaakt.