

Berekenen van geboute en gelaste verbindingen in raamwerken en
in buisconstructies volgens Eurocode 3

J.W.B. Stark

J. Wardenier

Knopen

Colofon

tekst prof.ir. J.W.B. Stark (hoofdstuk 1 t/m 4)
 prof.dr.ir. J. Wardenier (hoofdstuk 5)
eindredactie ir. C.H. van Eldik / Bouwen met Staal
vormgeving Karel Ley / Fig.84-Reclamestudio

uitgave Bouwen met Staal
ISBN 978-90-72830-94-4



Bouwen met Staal
Boerhaavelaan 40, 2713 HX Zoetermeer
tel. (079) 3531277
www.bouwenmetstaal.nl

© Bouwen met Staal 2014

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt – in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier – zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Aan de totstandkoming van deze publicatie is de uiterste zorg besteed. Desondanks zijn eventuele (druk)fouten en onvolkomenheden niet uit te sluiten. De uitgever sluit – mede ten behoeve van al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt – elke aansprakelijkheid uit voor directe en indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met de toepassing van deze publicatie.

Illustratie- verantwoording

Alle niet-genoemde foto's en alle tekeningen komen uit het archief van Bouwen met Staal.

P. van Bogaert 5.38	Beeldarchief Rijkswaterstaat / J. van Houdt
Tata Steel Europe 5.4	(https://beeldbank.rws.nl) 5.10
I.J.J. Broekhoven 1.2, p. 2-1, 2.1, 3.3, p. 4-1, 4.31, 4.48	Tom de Rooij Vakfotografie 3.54
TA Craft Photography 1.1	Zhou Ruogu Architecture Photography p. 5-1
C.H. van Eldik 1.3, p. 3-1	Staalbouw Barneveld 4.7
Joe Gough cover, p. 1-1	J.W.B. Stark 4.1
HSM Offshore 5.1B	Stelco 5.3
Infosteel 3.2	TU Delft / Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen 4.27, 5.13c en 5.13d
Kumamoto University / Y. Makino 5.14	Vallourec 5.2

Knopen is het vijfde boek in een nieuwe serie studieboeken – als opvolger van de serie '(Over)spannend staal' – die geheel aansluit op de Eurocodes. Eerder zijn verschenen (zie blz. 7-8):

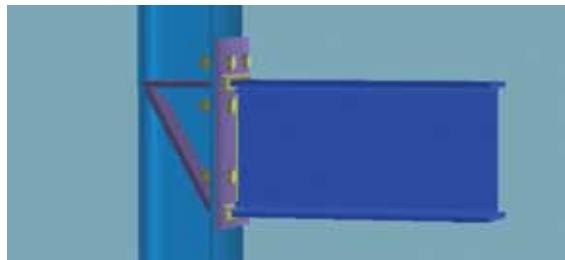
- J.W.B. Stark en R.J. Stark, *Staal-beton. Toepassing en berekening van staal-beton constructies voor gebouwen volgens Eurocode 4 bij normale temperatuur en brand*, Zoetermeer 2009.
- A.F. Hamerlinck, *Brand. Brandveiligheid en berekening van de brandwerendheid van staalconstructies voor gebouwen volgens Eurocode 3*, Zoetermeer 2010.
- H.H. Snijder en H.M.G.M. Steenbergen, *Krachtswerking. Grondslagen voor het berekenen en toetsen van staalconstructies voor gebouwen volgens Eurocode 0, 1 en 3*, Zoetermeer 2011.
- J.W.B. Stark, *Verbinden. Kenmerken van verbindingen in staalconstructies en het berekenen van mechanische verbindingmiddelen en lassen volgens Eurocode 3*, Zoetermeer 2012.

Errata, correcties, en aanvullingen op deze boeken zijn via www.bouwenmetstaal.nl onder 'publicaties' en 'correcties (errata)' gratis te downloaden.

Inhoud

1	Eigenschappen van verbindingen in raamwerken	1-2
1.1	Classificatie van verbindingen	1-3
1.1.1	Schematiseren	1-3
1.1.2	Classificatie op basis van stijfheid	1-6
1.1.3	Classificatie op basis van sterkte	1-7
1.2	Modelleren van verbindingseigenschappen	1-8
1.2.1	Modelleren van de verbinding	1-8
1.2.2	Componentenmethode	1-12
1.3	Weerstand van de verbinding	1-14
1.3.1	Trekweerstand	1-14
1.3.2	Afschuifweerstand	1-28
1.3.3	Drukweerstand	1-29
1.3.4	Momentweerstand	1-33
1.4	Stijfheid van de verbinding	1-35
1.4.1	Rotatiestijfheid	1-35
1.4.2	Moment/hoekverdraaiing-diagram	1-41
1.5	Eisen aan rotatiecapaciteit en stijfheid	1-42
1.5.1	Plastische berekening	1-44
1.5.2	Elastische berekening	1-51
1.6	Literatuur	1-56
2	Scharnierende verbindingen in raamwerken	2-2
2.1	Wat zijn scharnierende verbindingen?	2-2
2.2	Uitgangspunten van de berekening	2-6
2.2.1	Excentriciteiten	2-6
2.2.2	Doorsnede- en verzwakking	2-8
2.2.3	Verdeling van boutkrachten	2-9
2.2.4	Stuikweerstand bij een schuine kracht	2-10
2.2.5	Verbinding als steunverlener	2-10
2.2.6	Ligger/ligger-verbinding met een flensplaat	2-12
2.2.7	Plooi van een lip of een hoekprofiel	2-13
2.2.8	Combinatie van buiging en dwarskracht	2-14
2.2.9	Rotatiecapaciteit	2-15
2.3	Berekening van scharnierende verbindingen	2-18
2.3.1	Verbinding met een lip	2-18
2.3.2	Verbinding met een korte kopplaat	2-24
2.3.3	Verbinding met hoekprofielen	2-28
2.4	Literatuur	2-36





3	Momentverbindingen in raamwerken	3-2
3.1	Wat zijn momentverbindingen?	3-2
3.2	Voorontwerp	3-5
3.2.1	Rotatiestijfheid	3-5
3.2.2	Momentweerstand	3-9
3.2.3	Informatieoverdracht	3-14
3.3	Detailontwerp	3-15
3.3.1	Componentgericht ontwerpen	3-16
3.3.2	Ontwerpaanpak	3-21
3.4	Berekening van geboute momentverbindingen met kopplaten	3-24
3.4.1	Versterken en verstijven	3-25
3.4.2	Ontwerpprocedure voor geschoorde raamwerken met semi-continue verbindingen	3-31
3.4.3	Ontwerpprocedure voor ongeschoorde raamwerken	3-34
3.5	Berekening van gelaste momentverbindingen	3-40
3.5.1	Trekweerstand	3-41
3.5.2	Afschuifweerstand	3-45
3.5.3	Drukweerstand	3-45
3.5.4	Momentweerstand	3-48
3.5.5	Versterken en verstijven	3-48
3.5.6	Rotatiestijfheid	3-50
3.5.7	Rotatiecapaciteit	3-50
3.6	Literatuur	3-52
4	Kolomvoetplaatverbindingen	4-2
4.1	Wat zijn kolomvoetplaatverbindingen?	4-3
4.2	Weerstand van centrisch op druk belaste voetplaten	4-6
4.2.1	Rekenmodellen	4-6
4.2.2	Rekenwaarde van de stuiksterkte	4-8
4.3	Weerstand van excentrisch belaste voetplaten	4-13
4.3.1	Rekenmodellen	4-13
4.3.2	Berekening van de ankers	4-17
4.4	Afschuifweerstand	4-23
4.5	Stijfheid	4-36
4.5.1	Schematisering	4-36
4.5.2	Rotatiestijfheid	4-37
4.5.3	Stijfheidsclassificatie	4-40

4.6	Vermoeiing	4-41
4.7	Uitvoering	4-42
4.7.1	Gatspeling	4-42
4.7.2	Stellen van de kolom	4-43
4.8	Literatuur	4-44
5	Buisverbindingen	5-2
5.1	Wat zijn buisprofielen	5-2
5.2	Kenmerken van buisverbindingen	5-5
5.3	Gedrag en analytische modellen van gelaste buisverbindingen	5-9
5.3.1	Verbindingen van ronde buisprofielen	5-12
5.3.2	Verbindingen van vierkante of rechthoekige buisprofielen	5-17
5.3.3	Verbindingen van ronde buisprofielen met een rechthoekig buisprofiel	5-26
5.3.4	Verbindingen van buisprofielen met een I-profiel	5-27
5.3.5	Overlaptende buisverbindingen	5-29
5.3.6	Verbinding van een plaat met een buisprofiel	5-30
5.3.7	Bijzondere buisverbindingen	5-30
5.3.8	Ruimtelijke buisverbindingen	5-31
5.3.9	Op moment belaste buisverbindingen	5-33
5.4	Ontwerpen van gelaste buisverbindingen	5-34
5.4.1	Weerstand van de verbinding	5-34
5.4.2	Ontwerpgrafieken	5-36
5.4.3	Ontwerprichtlijnen	5-39
5.5	Geboute buisverbindingen	5-50
5.6	Richtlijnen van IIW, ISO en CIDECT	5-51
5.6.1	IIW 1989	5-51
5.6.2	IIW 2009 en ISO 14326	5-51
5.6.3	CIDECT-richtlijnen	5-53
5.7	Literatuur	5-53



Studieboeken Eurocodes

Te bestellen via www.bouwenmetstaal.nl of de boekhandel.

Brand

Brand behandelt het onderwerp brandveiligheid en de berekening van de brandwerendheid van staalconstructies. Aan de orde komen de doelstellingen van brandveiligheid, de maatregelen om te voldoen aan de eisen voor brandveiligheid, het berekenen van de brandwerendheid en fire safety engineering, aangevuld met ontwerp tabellen voor onder meer de reductiefactor op de sterkte, de doorsnedeklasse en de kritieke staaltemperatuur.

- A.F. Hamerlinck, *Brand. Brandveiligheid en berekening van de brandwerendheid van staalconstructies voor gebouwen volgens Eurocode 3*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2010, ISBN 978-90-72830-85-2, formaat 23x25 cm, 148 p.



Krachtenwerking

Krachtenwerking behandelt de achtergronden van NEN-EN 1990 voor wat betreft veiligheid en betrouwbaarheid. Verder komen de belastingen en vervormingen volgens NEN-EN 1991 aan bod. Vervolgens wordt aandacht besteed aan het modelleren, de eigenschappen van de doorsnede, de classificatie van (on)geschoorde raamwerken, het toetsen van staalconstructies volgens NEN-EN 1993-1-1 én de weerstand van doorsneden.

- H.H. Snijder en H.M.G.M. Steenberg, *Krachtenwerking. Grondslagen voor het berekenen en toetsen van staalconstructies voor gebouwen volgens Eurocode 3*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2011 (tweede gecorrigeerde oplage), ISBN 978-90-72830-87-6, formaat 23x25 cm, 284 p.



Staal-beton

Staal-beton geeft een overzicht van de kenmerken, de ontwerp- en uitvoeringsaspecten en toepassingsmogelijkheden van staal-beton liggers, staalplaat-betonvloeren en staal-beton kolommen. In detail worden de rekenmethoden en toetsingsregels besproken volgens NEN-EN 1994; zowel bij normale temperatuur als bij brand. Het boek sluit af met een berekening van een bioscoopzaal in staal-beton bestaande uit hoofd- en raveiggers en kolommen.

- J.W.B. Stark en R.J. Stark, *Staal-beton. Toepassing en berekening van staal-beton constructies voor gebouwen volgens Eurocode 4*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2009, ISBN 978-90-72830-83-8, formaat 23x25 cm, 228 p.





Verbinden

Verbinden geeft een overzicht van geboute en gelaste verbindingen en bespreekt de aspecten die bij het ontwerp en de detaillering een rol spelen. Daarna wordt ingegaan op het berekenen van mechanische verbindingmiddelen (bouten in gaten met speling, voorspanbouten, pasbouten, injectiebouten, klinknagels en pennen) én van lassen volgens NEN-EN 1993. Het laatste hoofdstuk gaat over het berekenen van complete verbindingen.

- J.W.B. Stark, *Verbinden. Kenmerken van verbindingen in staalconstructies en het berekenen van mechanische verbindingmiddelen volgens Eurocode 3*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2012, ISBN 978-90-72830-89-0, formaat 23x25 cm, 208 p.



Staalprofielen

Staalprofielen bevat technische gegevens, weerstanden en brandwerendheid volgens Eurocode 3 van de meest gangbare profielen voor constructies: balkstaal, geïntegreerde liggers, stafstaal, stripstaal en buis. De tabellen bij de profielen geven informatie over: geometrie, doorsnedegrootheden, doorsnedeklasse (bij normale temperatuur en brand), profielweerstand (voor normaaldrukkracht, dwarskracht en buiging, zowel elastisch als plastisch voor de staalsoorten S235 t/m S460) en de brandwerendheid (profielfactor).

- *Staalprofielen. Technische gegevens, weerstanden en brandwerendheid volgens Eurocode 3 van de meest gangbare profielen*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2012 (2e druk), ISBN 978-90-72830-90-6, formaat 16x22 cm (in wire-o), 238 p.



GTS 2013

GTS 2013 bevat praktische ontwerptabellen en -grafieken gebaseerd op de Eurocode in combinatie met de Nationale Bijlagen uit 2011. Behandeld worden onder meer: wiskundige basisformules, doorsnedegrootheden en mechanicaformules; belastingen en belastingcombinaties; materiaaleigenschappen en keuze van de staalkwaliteit; interactiegrafieken voor de combinatie van buiging en dwarskracht en van buiging en normaalkracht in S235 en S355, aangevuld met ontwerptabellen voor stabiliteitsverbanden van hoekprofielen en van strippen bevestigd met bouten 4.6, 8.8 en 10.9; knikgrafieken voor I-vormige profielen en voor ronde en vierkante buizen in S235 t/m S460; kipgrafieken voor I-profielen in S235 en S355; grenswaarden voor bouten 4.6, 8.8 en 10.9 in S235 en S355 en de belangrijkste formules voor lassen en kolomvoetpaatverbindingen.

- B. Potjes, H.H. Snijder en H.M.G.M. Steenbergen, *GTS 2013. Grafieken en tabellen voor staal en staalconstructies voor gebouwen gebaseerd op Eurocode 0, 1 en 3*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2013, ISBN 978-90-72830-91-3, formaat 23x25 cm (verdekt wire-o), 176 p.