

Brandveiligheid en berekening van de brandwerendheid van staal-constructies voor gebouwen volgens Eurocode 3

Brand

A.F. Hamerlinck

Colofon

tekst dr.ir. A.F. Hamerlinck
eindredactie ir. C.H. van Eldik / Bouwen met Staal
vormgeving Karel Ley / Fig.84-Reclamestudio

uitgave Bouwen met Staal
ISBN 978-90-72830-85-2

foto omslag S. Pedneault

Bouwen met Staal
Boerhaavelaan 40, 2713 HX Zoetermeer
Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
tel. (079) 3531277
fax (079) 3531278
info@bouwenmetstaal.nl
www.bouwenmetstaal.nl



© Bouwen met Staal 2010

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.

Inhoud

1 Brandveiligheid	1-2
1.1 Wat is brandveiligheid?	1-2
1.1.1 Doelstellingen van brandveiligheid	1-2
1.1.2 Maatregelen voor brandveiligheid	1-5
1.2 Ontwikkeling van een brand	1-7
1.3 Ontwerpen van brandveilige gebouwen	1-9
1.3.1 Bouwkundig concept	1-9
1.3.2 Bewakingsconcept	1-16
1.3.3 Blusconcept	1-17
1.4 Veiligheidseisen bij brand	1-18
1.4.1 Bouwbesluit	1-18
1.4.2 Constructieve veiligheid bij brand	1-20
1.4.3 Gelijkwaardigheid	1-23
1.5 Brand als buitengewoon belastinggeval	1-25
1.6 Gedrag van staalprofielen bij brand	1-28
1.7 Literatuur	1-31
2 Berekenen van de brandwerendheid	2-2
2.1 Begrippen en randvoorwaarden	2-2
2.1.1 Standaardbrandkromme	2-3
2.1.2 Vloegrens van staal bij brand	2-3
2.1.3 Benuttingsgraad	2-4
2.1.4 Profielfactor	2-5
2.1.5 Kritieke staaltemperatuur	2-7
2.1.6 Doorsnede-classificatie bij brand	2-7
2.1.7 Gedrag van bekledingsmaterialen	2-12
2.2 Berekeningsmodellen	2-15
2.2.1 Verbindingen	2-15
2.3 Trekstaven	2-16
2.4 Niet-kipgevoelige liggers	2-17
2.5 Kolommen	2-23
2.6 Kipgevoelige liggers	2-28





2.7	Geïntegreerde liggers; onbeschermd	2-31
2.7.1	Thermisch gedrag	2-31
2.7.2	Berekeningsmethoden	2-32
2.7.3	Temperatuurverdeling doorsnede	2-33
2.7.4	Toetsing onderplaat	2-35
2.7.5	Toetsing plastische momentcapaciteit met de tabel	2-37
2.7.6	Toetsing plastische momentcapaciteit met een doorsnedeberekening	2-38
2.8	Geïntegreerde liggers; beschermd	2-44
2.9	Literatuur	2-47
3	Fire safety engineering	3-2
3.1	Wat is fire safety engineering?	3-2
3.1.1	Ontwikkeling	3-4
3.2	Natuurlijke branden; lokale branden	3-5
3.2.1	Voorbeeld parkeergarage	3-6
3.3	Natuurlijke branden; compartimentsbranden	3-8
3.3.1	Achtergronden	3-8
3.3.2	Methode met zonemodellen	3-8
3.3.3	Compartimentsbranden volgens de Nationale Bijlage	3-10
3.3.4	Computerprogramma Ozone	3-12
3.4	Natuurlijke branden; staalconstructie in de buitenlucht	3-15
3.5	Systeemgedrag van staalconstructies	3-16
3.6	Literatuur	3-18
4	Ontwerptabellen	4-1
4.1	Reductiefactor $k_{y,\theta}$ volgens formule (4.22) van NEN-EN 1993-1-2	4-2
4.2	Reductiefactor $k_{y,\theta}$ en $k_{E,\theta}$ volgens tabel 3.1 van NEN-EN 1993-1-2	4-6
4.3	Reductiefactor op de belastingen bij brand η_{fi} voor verschillende gebruiksfuncties	4-7

4.4	Staaltemperatuur θ_a van een onbeschermd I-vormig profiel als functie van de gecorrigeerde profielfactor	4-10
4.5	Profielfactor A/V voor IPE-, HEA-, HEB- en HEM-profielen	4-12
4.6	Staaltemperatuur θ_a na 30 minuten standaardbrand van onbeschermd IPE- en HE-profielen	4-15
4.7	Kritieke staaltemperatuur $\theta_{a,cr}$ voor centrisch belaste drukstaven in S235	4-16
4.8	Kritieke staaltemperatuur $\theta_{a,cr}$ voor centrisch belaste drukstaven in S275	4-22
4.9	Kritieke staaltemperatuur $\theta_{a,cr}$ voor centrisch belaste drukstaven in S335	4-28
4.10	Doorsnedeklasse van IPE-, HEA-, HEB- en HEM-profielen bij buiging en bij druk in S235, S355, S420 en S460	4-34
4.11	Doorsnedeklasse van courante buisprofielen bij druk in S235, S355, S420 en S460	4-37



Illustratie- verantwoording

Alle niet-genoemde foto's en alle tekeningen komen uit het archief van Bouwen met Staal.
L = links; R = rechts.

ABT 1.13, 1.28, p. 4-1
a/d amstel architecten 1.26, p. 3-1
AVEQ 1.9
Bouwen met Staal 1.17, 1.19, 1.20, 2.29
Y. de Groot 1.15, p. 2-1
Fas Keuzenkamp 2.17
Moolenaar Fotografie 1.27
S. Pedneault 1.1
Tom de Rooij Vakfotografie 1.11L
Tyco Fire Suppression & Building Products 1.4
P. Varkevisser 1.5L
VVKH Architecten 1.5R

Brand is het tweede boek in een nieuwe serie studieboeken – als opvolger van de serie '(Over)spannend staal' – die geheel aansluit op de Eurocodes. Eerder is verschenen:

- 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, 228 p. (zie p. 7).

Eventuele correcties en aanvullingen op deze boeken zijn te vinden op www.bouwenmetstaal.nl onder 'publicaties'.

Voor meer hulp op het gebied van brandveiligheid en staal wordt verwezen naar het brand-informatiesysteem van Bouwen met Staal op www.brandveiligmetstaal.nl (zie p. 8).

Staal- beton

Toepassing en berekening van staal-beton constructies voor gebouwen volgens Eurocode 4 bij normale temperatuur en brand

Staal-beton

J.W.B. Stark
R.J. Stark



Staal-beton

'Staal-beton' behandelt in zes hoofdstukken de toepassing en de berekening van staal-beton constructies voor gebouwen volgens Eurocode 4. Hoofdstuk 1 geeft een algemeen overzicht van de kenmerken en de toepassingsmogelijkheden. De hoofdstukken 2 t/m 5 behandelen de berekening van liggers, vloeren, kolommen en verbindingen in staal-beton bij normale temperatuur en bij brand. De gegeven rekenmethoden en toetsingsregels zijn gebaseerd op NEN-EN 1994-1-1 en NEN-EN 1994-1-2. Het gebruik van de toetsingsregels uit de Eurocodes wordt toegelicht met een groot aantal rekenvoorbeelden. Hoofdstuk 6 geeft een volledige berekening van de constructie van een bioscoopzaal in staal-beton.

De auteurs – prof.ir. J.W.B. Stark en ing. R.J. Stark – zijn ervaren docenten aan de TU Delft en TU Eindhoven op het gebied van staal-beton constructies. Op grond van hun ervaring is de inhoud van dit boek primair gericht op het onderwijs. Met de opgenomen aanwijzingen voor de toetsing volgens de Eurocodes en de vele rekenvoorbeelden vormt de stof ook een nuttig rekengereedschap voor de constructeur in de praktijk en een handleiding voor toezichthoudende instanties.

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*, Bouwen met Staal, ISBN 978-90-72830-83-8, Zoetermeer 2009, formaat 23x25 cm, 228 p. Te bestellen via www.bouwenmetstaal.nl.

INHOUD

1 Staal-beton constructies

- 1.1 Staal-beton liggers
- 1.2 Staalplaat-betonvloeren
- 1.3 Staal-beton kolommen
- 1.4 Toepassingen
- 1.5 NEN-EN 1994 (Eurocode 4)
- 1.6 Literatuur

2 Staal-beton liggers

- 2.1 Uitgangspunten van de berekening
- 2.2 Eigenschappen van doorsneden
- 2.3 Draagvermogen van statisch bepaalde liggers
- 2.4 Draagvermogen van statisch onbepaalde liggers
- 2.5 Doorbuiging van statisch bepaalde liggers
- 2.6 Doorbuiging van statisch onbepaalde liggers
- 2.7 Scheuren van beton
- 2.8 Berekening bij brand
- 2.9 Literatuur

3 Staalplaat-betonvloeren

- 3.1 Toepassingsgebied en ontwerpfasen
- 3.2 Samenwerking tussen staalplaat en beton
- 3.3 Eigenschappen van doorsneden
- 3.4 Draagvermogen
- 3.5 Doorbuiging
- 3.6 Berekening bij brand
- 3.7 Literatuur

4 Staal-beton kolommen

- 4.1 Uitgangspunten van de berekening
- 4.2 Eigenschappen van doorsneden
- 4.3 Toetsing van de knikstabiliteit
- 4.4 Krachtsinleiding
- 4.5 Berekening bij brand
- 4.6 Literatuur

5 Staal-beton verbindingen

- 5.1 Typen verbindingen en ontwerp-uitgangspunten
- 5.2 Raamwerkberekening
- 5.3 Bepalen van de verbindingss-karakteristieken
- 5.4 Rekenvoorbeeld contactplaat-verbinding
- 5.5 Literatuur

6 Rekenvoorbeeld bioscoopzaal

- 6.1 Vloerconstructie en ontwerp-gegevens
- 6.2 Zaalligger
- 6.3 Raveelliger
- 6.4 Kolom



Brandinformatiesysteem

www.brandveiligmetstaal.nl is het nieuwe, interactieve informatiesysteem voor het brandveilig toepassen van staal in de bouw.



Het systeem verleent informatieve assistentie bij het ontwerpen, dimensioneren en beoordelen van stalen (hoofd)draagconstructies, gevels en binnenwanden op brandveiligheid.

De website is sinds februari 2009 on line. De module 'kantoren draagconstructies' is al actief. Dit onderdeel biedt praktische houvast bij de keuze van brandveiligheidsconcepten, bepalingsmethoden, voorzieningen (zoals brandwerende verf, bouwkundige integratie, staal-beton en sprinklers) en het berekenen van de brandwerendheid van kolommen en liggers, in combinatie met kanaalplaatvloeren, staalplaat-betonvloeren en Slimline-vloeren.

Het bepalen van bijvoorbeeld de kritieke staaltemperatuur van kolom en ligger en de benodigde dikte van de brandwerende voorziening wordt vergemakkelijkt met rekenvoorbeelden, tabellen en downloadbare rekentools.

Daarnaast vormt www.brandveiligmetstaal.nl het portaal tot alle actuele normen en richtlijnen, publicaties, artikelen en brandveilige voorbeeldprojecten.

Aan www.brandveiligmetstaal.nl wordt meegewerkt door Efectis Nederland, de Technische Commissie Brandveiligheid van de vereniging Bouwen met Staal en een klankbordgroep van gebruikers bij architecten- en ingenieursbureaus. Het brandinformatiesysteem is een initiatief van Bouwen met Staal.