

■ Construeren met roestvast staal ■

Aanbeveling 85

Construeren in roestvast staal

Aanvullende bepalingen op:

NEN 6770	1997	Staalconstructies: Basiseisen en basisrekenregels voor overwegend statisch belaste constructies.
NEN 6773	2000	Staalconstructies: Basiseisen, basisrekenregels en bepalingen voor overwegend statisch belaste dunwandige koudgevormde stalen profielen en geprofileerde platen

Het materiaal roestvast staal heeft zich inmiddels een vaste plaats verworven in onze woon- en werkomgeving. Zo moet men bij een keukenleverancier moeite doen om een oven te vinden die niet in roestvast staal is uitgevoerd. Bijna alle liftfronten zijn van dit materiaal, en ook voor gevels, trappen en zwembaden wordt steeds vaker roestvast staal gekozen. En in de zware industrie, zoals de petrochemie, en in civiele constructies, denk aan bruggen, bestaan al lang vele geslaagde toepassingen.

Uitstraling, lange levensduur en het gemakkelijke onderhoud zijn vaak de argumenten om voor roestvast staal te kiezen. Gelet op de huidige aandacht voor duurzaam bouwen is het de verwachting dat het materiaal steeds vaker bij de materiaalkeuze voor projecten wordt overwogen, zowel in constructief als in bouwkundig opzicht. Daarbij ontbreekt echter handzame informatie om een afgewogen materiaalkeuze te kunnen maken. Om die reden is onder auspiciën van Bouwen met Staal en het projectbureau PMP een voorlichtingsproject gestart. Deelnemers aan dit project zijn niet alleen gebruikers, producenten en importeurs van roestvast staal maar ook de organisaties CUR, Nederlands Corrosie Centrum, Stichting Bouwresearch en TNO. Het doel van het project is om alle huidige, relevante informatie over roestvast staal samen te brengen en voor een brede groep gebruikers toegankelijk te maken via een serie van vier brochures:

- Ontwerpen met roestvast staal, bestemd voor architecten;
- Construeren met roestvast staal, bestemd voor constructeurs;
- Bouwen met roestvast staal, bestemd voor aannemers en producenten;
- Onderhoud van roestvast staal, bestemd voor beheerders.

Bij de complete set van vier brochures hoort tevens een cd-rom met daarop de informatie uit de oorspronkelijke TNO-rapporten, op basis waarvan de brochures zijn samengesteld. Via een zoekstructuur is de informatie op deze cd-rom gemakkelijk toegankelijk gemaakt.



Het project is financieel ondersteund door het Ministerie van Economische Zaken. Daarnaast leverden de volgende bedrijven en organisaties een bijdrage:

Avesta Polarite	Amsterdam
Bouwdienst Rijkswaterstaat	Zoetermeer
Constructiebedrijf Willems	Boven-Leeuwen
CTB Corrosie Technisch Bureau Pernis	Pernis
Fabriek van Plaatwerken H. van Dam	Ridderkerk
Gouda Holland	Haastrecht
Hoekman Roestvaststaal	Nieuwleusen
Jos van den Bersselaar Constructie	Udenhout
MCB Nederland	Valkenswaard
Roba Metals	IJsselstein
Rovasta Roestvrijstaal	Bleiswijk
Samenwerkende Nederlandse Staalbouw	Zoetermeer
Sorba Projects	Winterswijk
Thyssen Nederland	Vianen
Van der Meer & Van Tilburg	Zeist
Vecom Nederland	Maassluis

De CUR/BmS-Aanbeveling 85 “Construeren in roestvast staal” is door CUR/BmS samengesteld op basis van TNO-rapport 1999-CON-R1854 “RVS voor Constructeurs” [4]. Daarbij zijn, waar nodig, kleine aanpassingen doorgevoerd om de tekst up-to-date te houden.

Het genoemde TNO-rapport [4] is het eerste document in Nederland, waarin wordt aangegeven hoe een constructie, uitgevoerd in roestvast staal, kan worden berekend. De gegeven rekenregels zijn gebaseerd op NVN-ENV 1993-1-4, waarin voor RVS aanvullende bepalingen op Eurocode 3 “Ontwerp en berekening van staalconstructies”, zijn gegeven. Op basis van [4] worden in deze CUR/BmS-Aanbeveling voor RVS aanvullende bepalingen op NEN 6770 en NEN 6773 gegeven. Dit betreft alleen de rekenregels. Voor andere belangrijke aspecten van RVS, zoals duurzaamheid (o.a. corrosie), verwerking (o.a. lasbaarheid) en detaillering, kan gedetailleerde informatie wordt gevonden in de TNO-rapporten [1, 2 en 3] en de brochures [5, 6 en 7], die op basis daarvan zijn uitgebracht.

Voor constructies in RVS gelden de bepalingen in NEN 6770, tenzij anders is aangegeven in deze CUR/BmS-Aanbeveling. De nummering van hoofdstukken en paragrafen in deze CUR/BmS-Aanbeveling sluit aan bij de nummering in NEN 6770, tenzij anders is aangegeven. Voor zover onderdelen van NEN 6773 van toepassing zijn, wordt daar in deze CUR/BmS-Aanbeveling naar verwezen. Als voor die onderdelen van NEN 6773 voor RVS aanvullende bepalingen van toepassing zijn, worden die aangegeven. Voor de hoofdstukken 11 en 12 geldt dat de meeste aanvullende bepalingen gelden voor doorsnedeklasse 4, terwijl voor doorsnedeklassen 1 tot en met 3 de bepalingen in NEN 6770 bijna geheel van toepassing zijn. Omdat de bepalingen voor doorsnedeklasse 4 zijn weergegeven in NEN 6773, is voor die hoofdstukken de paragraafnummering volgens NEN 6773 aangehouden, hetgeen aan het begin van het hoofdstuk is aangegeven.

Een beperkt aantal toepassingen wordt vooralsnog uitgesloten, omdat daarvoor onvoldoende ervaring en kennis beschikbaar is en/of omdat uitvoering in RVS, voor zover bekend is, niet voorkomt. Bij het toepassingsgebied en/of de betreffende bepaling is dit aangegeven.

Deze CUR/BmS-Aanbeveling is opgesteld door CUR-voorschriftencommissie 65 “Roestvast staal in civiele constructies en de bouw”. De samenstelling was bij het verschijnen als volgt:

ing. R.J. Stark, voorzitter
 prof.dr.ir. D.A. Hordijk, rapporteur
 ir. P.C. Goudswaard
 R.J. van der Ham
 ir. R.J. Holthuijsen
 ing. A.J. van Dongen
 dr. Y. Schouwstra
 J. Heuveling, corresponderend lid
 W.M.J. Heezen, corresponderend lid
 ir. M.L. Ywema, secretaris en coördinator
 prof.ir. J.H. van Loenen, mentor

inhoud

1	Onderwerp en toepassingsgebied	6
2	Normatieve verwijzingen	6
3	Termen en definities	7
4	Grootheden, eenheden en symbolen	7
5	Uiterste grenstoestanden	8
5.2	Rekenmethode	8
5.2.3	Vermoeiing	9
5.2.4	Bros breken	9
6	Bruikbaarheidsgrenstoestanden	9
6.2.2.3	Scheurvorming	9
7	Voorwaarden	9
7.0.1	Voorwaarden ten aanzien van geldende normen	9
7.1	Roestvaste staalsoorten	9
7.1.1	Algemeen	9
7.1.2	RVS soorten met genormeerde samenstelling	9
7.1.3	Overige roestvaste staalsoorten	10
7.1.4	Bepaling van mechanische eigenschappen en chemische samenstelling	10
7.1.4.1	Mechanische eigenschappen	10
7.1.4.2	Chemische samenstelling	10
7.1.5	Minimale inwendige buigstralen voor koudgevormde profielen	11
7.2	Verbindingsmiddelen	11
7.2.1	Bouten en moeren	11
7.2.1.1	Mechanische eigenschappen	11
7.2.2	Lassen	11
7.2.3	Blindklinknagels	11
7.2.4	Plaatschroeven	11
7.2.5	Lijmen	12
7.3	In de constructie aanwezige imperfecties	12
7.4	In de doorsnede aanwezige imperfecties	12
7.5	Duurzaamheid	12
7.6	Overwegend statisch belaste constructies	12
7.7	Geometrie van koudgevormde profielen	12
8	Rekenwaarden van belastingen	13
8.1.2	Bijzondere belastingcombinaties	13
9	Rekenwaarden van materiaalgrootheden	13
9.1	RVS soorten	13
9.1.1	Rekenwaarden	13
9.1.1.1	0,2%-rekgrens	13
9.1.1.3	Elasticiteitsmodulus	14
9.1.1.7	Volumieke massa	15
9.1.2	Representatieve waarden	15
9.1.2.1	0,2%-rekgrens en treksterkte	15
9.1.2.1.1	RVS soorten volgens NEN 10088	15
9.1.2.1.3	Overige RVS soorten	16
9.1.2.2	Elasticiteitsmodulus	16
9.1.2.3	Afschuivingsmodulus	16
9.1.2.4	Poissonfactor	16
9.1.2.5	Lineaire uitzettingscoëfficiënt	16

9.1.2.6	Volumieke massa	16
9.2	Bouten	17
9.2.2	Representatieve waarden van de 0,2%-rekgrens en de treksterkte van bouten	17
9.4	Blindklinknagels	17
9.5	Plaatschroeven	18
10	Rekenmethode	18
10.1.3.3	Classificatie van samengestelde staven	18
10.1.3.4.2	Classificatie van verbindingen met betrekking tot moment-rotatiegedrag	18
10.1.3.4.3	Classificatie van boutverbindingen met betrekking tot het al dan niet voorspannen	18
10.2	Respons van de constructie	18
10.2.1	Algemeen	18
10.2.3	Verbindingen	18
10.2.4.1	Classificatie van doorsneden	18
10.2.4.1.1	Klasse-indeling	18
10.2.4.1.2	Breedte-dikte verhoudingen in verband met de klasse-indeling	19
10.2.4.2	Doorsnedecapaciteit	22
10.2.4.2.1	Klassen 1 en 2	22
10.2.4.2.2	Klassen 3	22
10.2.4.2.3	Klassen 4	22
10.3	Toetsingsregels uiterste grenstoestanden	22
11	Toetsing van de doorsnede	22
11.2.1	Axiale trek	22
11.2.4	Afschuiving	23
12	Toetsing van de stabiliteit	25
12.1	Geprofileerde platen	25
12.2.1.1	Knikstabiliteit van centrisch gedrukte profielen	25
12.2.1.2	Torsiestabiliteit en torsieknikstabiliteit	26
12.2.2.1	Toetsingsregel kipstabiliteit indien het vlak van buiging overeenkomt met het symmetrievlak van het profiel	26
13	Verbindingen	26
13.2	Verbindingen onderworpen aan trillingen en/of belastingsomkering	27
13.3	Boutverbindingen	27
13.3.2	Grenskrachten van bouten	27
13.3.4.1	Boutgaten in strippen	27
13.4	Gelaste verbindingen	27
14	Krachtsinleiding bij opleggingen en puntlasten	27
14.1	Krachtsinleiding met verstijvingen	28
	Titels van vermelde literatuurbronnen	29
	Titels van vermelde normen	30

1 Onderwerp en toepassingsgebied

Deze Aanbeveling bevat aanvullende bepalingen op NEN 6770 'Technische grondslagen voor bouwconstructies TGB 1990 - Basiseisen en basisrekenregels voor overwegend statisch belaste constructies' voor bouwconstructies vervaardigd van roestvast staal.

Voor dunwandige koudgevormde profielen van roestvast staal wordt in deze Aanbeveling verwezen naar de betreffende onderdelen in NEN 6773 en worden aanvullende bepalingen daarop aangegeven.

Deze Aanbeveling is bedoeld te worden toegepast op overwegend statisch belaste bouwconstructies, voor zover zij zijn vervaardigd van:

- a) austenitisch of duplex roestvast staal;
- b) roestvast staal met een rekenwaarde van de 0,2%-rekgrens $f_{0,2;d}$ die niet groter is dan 480 N/mm².

Als voor een bepaling in NEN 6770 geen aanvullingen en/of aanpassingen in deze Aanbeveling zijn aangegeven, gelden de bepalingen in NEN 6770 onverkort. De bepalingen in deze Aanbeveling vervangen dezelfde bepalingen in NEN 6770, tenzij is aangegeven dat het een aanvulling en/of aanpassing op de normtekst in NEN 6770 betreft.

Als bepalingen van NEN 6773 van toepassing zijn voor roestvast staal, wordt dat in deze Aanbeveling aangegeven. Daar waar via directe of indirecte verwijzing bepalingen uit NEN 6770 of NEN 6773 van toepassing zijn, dient voor de rekenwaarde van de vloeigrens f_{yd} de 0,2%-rekgrens $f_{0,2;d}$ van het roestvast staal te worden aangehouden.

Toelichting

Het toepassingsgebied komt nagenoeg overeen met het toepassingsgebied in ENV 1993-1-4, waarin voor roestvast staal aanvullende bepalingen op Eurocode 3 worden gegeven.

Duplex roestvast staal wordt ook wel aangeduid met austenitisch-ferritisch roestvast staal.

Analoog aan NEN 6770 geldt deze Aanbeveling ook voor bouten met een rekenwaarde van de 0,2%-rekgrens $f_{0,2;d}$ groter dan 480 N/mm².

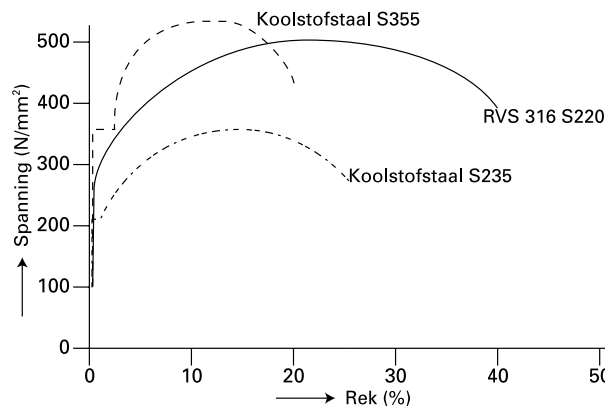
In overeenstemming met TNO-rapport 1999-CON-R1854 [4] worden in deze Aanbeveling RVS-toepassingen voor geprofileerde platen volgens 7.7.1 en 12.1 van NEN 6773 en samengestelde staven volgens 10.1.3.3 van NEN 6770 vooralsnog niet meegenomen en wordt het gebruik van voorgespannen bouten in RVS en het rekenen met flexibele verbindingen volgens 10.1.3.4.2 van NEN 6770 afgeraden.

Het spanning-rekdiagram van roestvast staal heeft niet een duidelijke vloeigrens zoals koolstofstaal (zie figuur 1), zodat wordt gerekend met de 0,2% rekgrens in plaats van de vloeigrens.

Voor langdurige belasting dient rekening gehouden te worden met kruipgedrag van roestvast staal (zie 9.1.1.1).

2 Normatieve verwijzingen

Deze Aanbeveling bevat door directe of indirecte verwijzing bepalingen uit normen. De directe verwijzingen zijn op passende plaatsen in de tekst aangehaald en de desbetreffende normen, alsmede andere literatuurbronnen waarnaar wordt verwezen, zijn aan het eind van deze Aanbeveling opgesomd.



Figuur 1 Schematisch σ - ε -diagram van twee RVS legeringen in vergelijking met koolstofstaal [4].

3 Termen en definities

Aanvulling op de definities in NEN 6770 en NEN 6773:

Langdurige belastingen: Belastingen die gedurende de levensduur van de constructie langer dan een maand aaneengesloten aanwezig zijn.

4 Grootheden, eenheden en symbolen

Naast de symbolen en namen van grootheden uit NEN 6770 en NEN 6773 worden in deze Aanbeveling de hierna gegeven symbolen gebruikt.

grootheid		
symbool	naam	eenheid
$A_{1,net}$	oppervlakte van het aangesloten been	mm^2
A_2	bruto oppervlakte van het niet verbonden been, maar niet meer dan twee maal de bruto doorsnede van het aangesloten been	mm^2
A_{red}	oppervlakte van de gereduceerde netto doorsnede	mm^2
b_c	breedte van het plaatdeel dat, bij een plastische spanningsverdeling over de doorsnede, onder drukspanning staat	mm
$E_{s,t}$	secant modulus behorende bij de spanning $\sigma_{i,d}$ in de trekflens	N/mm^2
$E_{s,2}$	secant modulus behorende bij de spanning $\sigma_{2,d}$ in de drukflens	N/mm^2
$E_{s,ser}$	secant modulus	N/mm^2
$f_{0,2;act}$	werkelijk aanwezige (actuele) waarde van de 0,2%-rekgrens van de RVS soorten	N/mm^2
$f_{0,2;rep}$	representatieve waarde van de 0,2%-rekgrens	N/mm^2
$f_{0,2;b,act}$	werkelijk aanwezige (actuele) waarde van de 0,2%-rekgrens van RVS bouten	N/mm^2
$f_{0,2;b,rep}$	representatieve waarde van de 0,2%-rekgrens van RVS bouten	N/mm^2
$f_{0,2;d}$	rekenwaarde van de 0,2%-rekgrens	N/mm^2
$f_{0,2;rep;c}$	representatieve waarde van de verhoogde nominale 0,2%-rekgrens in koudverstevigde toestand	N/mm^2
f_{ref}	referentie spanning	N/mm^2
$f_{t,act}$	werkelijk aanwezige (actuele) treksterkte van de RVS soort	N/mm^2
$f_{t;b,act}$	werkelijk aanwezige (actuele) waarde van de treksterkte van RVS bouten	N/mm^2
k_r	vermenigvuldigingsfactor	-
k_t	plooicoëfficiënten voor schuifspanning	-
$N_{s;Sd}$	drukkracht in de verstijving	N

r	kracht overgebracht door de bout(en) in de beschouwde doorsnede, gedeeld door de trekkracht in de staaf	-
u	de kleinste waarde van $2e_2$ en s_2	mm
$V_{b,Rd}$	weerstand tegen schuifplooï	N
$V_{pl,Rd}$	weerstand tegen plastische afschuiving	N
V_{Sd}	dwarskracht in de ligger ter plaatse van de verstijving	N
α	breedte-lengte verhouding ten behoeve van de bepaling van shear lag	-
α_k	imperfectiefactor	-
α_{kip}	imperfectiefactor voor kipstabiliteit	-
α_y	factor die de invloed van de vloeigrens en de elasticiteitsmodulus op de doorsnede-classificatie in rekening brengt	-
β_t	verhouding van de plaatdeelbreedte onder drukspanning en de beschouwde plaatdeelbreedte bij een plastische spanningsverdeling	-
λ_o	imperfectiefactor	-
ρ_d	rekenwaarde van de dichtheid	kg/m ³
ρ_{rep}	representatieve waarde van de dichtheid	kg/m ³
$\sigma_{i,d}$	spanning in flens i (i = trek en 2 = druk)	N/mm ²
$\sigma_{1,d}$	spanning in de trekflens	N/mm ²
$\sigma_{2,d}$	spanning in de drukflens	N/mm ²
τ_{bb}	initiële schuifplooïspanning van het lijf	N/mm ²

5 Uiterste grenstoestanden

5.2 Rekenmethode

De eis met betrekking tot de eigenschappen van toegepaste materialen of bouwdelen vervangen door het volgende.

In een bouwconstructie mag alleen een bouw materiaal of bouwdeel zijn toegepast dat voldoet aan:

$$\frac{f_{o,2;rep}}{f_{o,2;act}} \leq 1 \text{ en } \frac{f_{t;rep}}{f_{t;act}} \leq 1, \text{ indien het een RVS soort betreft}$$

of

$$\frac{f_{o,2;b;rep}}{f_{o,2;b;act}} \leq 1 \text{ en } \frac{f_{t;b;rep}}{f_{t;b;act}} \leq 1, \text{ indien het een bout van RVS betreft}$$

waarin voor RVS soorten:

$f_{o,2;rep}$	is de representatieve waarde van de 0,2%-rekgrens volgens 9.1.2.1;
$f_{t;rep}$	is de representatieve waarde van de treksterkte volgens 9.1.2.1;
$f_{o,2;act}$	is de werkelijk aanwezige (actuele) 0,2%-rekgrens van de RVS soort, bepaald volgens de hoofdstukken 3 t/m 14 van NEN-EN 10002-1;
$f_{t;act}$	is de werkelijk aanwezige (actuele) treksterkte van de RVS soort, bepaald volgens de hoofdstukken 3 t/m 14 van NEN-EN 10002-1;
$f_{o,2;b;rep}$	is de representatieve waarde van de 0,2%-rekgrens van RVS bouten volgens 9.2.2.1;
$f_{t;b;rep}$	is de representatieve waarde van de treksterkte van RVS bouten volgens 9.2.2.2;
$f_{o,2;b;act}$	is de werkelijk aanwezige (actuele) waarde van de 0,2%-rekgrens van RVS bouten, bepaald volgens hoofdstuk 6 van NEN-EN-ISO 3506;
$f_{t;b;act}$	is de werkelijk aanwezige (actuele) waarde van de treksterkte van RVS bouten, bepaald volgens hoofdstuk 6 van NEN-EN-ISO 3506-1.

- 5.2.3 *Vermoeiing*
Geen aanvulling op 5.2.3 van NEN 6770.

Toelichting

Uit Europees onderzoek is gebleken dat het vermoeiingsgedrag van RVS mogelijk gunstiger is dan het vermoeiingsgedrag van koolstofstaal.
Met betrekking tot de mechanische verbinding van RVS gevelplaten dient rekening te worden gehouden met de belastingwisselingen ten gevolge van wind.

- 5.2.4 *Bros breken*
Geen aanvulling op 5.2.4 van NEN 6770.

Toelichting

RVS soorten die voldoen aan 7.2.1 zijn niet gevoelig voor bros breken bij gebruikstemperaturen tot -40°C. Dit geldt ook voor gelaste verbindingen, mits de juiste lasprocedure is gekozen. Voor nadere informatie over de weerstand tegen bros breken van RVS wordt verwezen naar de informatiemodule over RVS voor Aannemers/Producenten [2].

6 **Bruikbaarheidsgrenstoestanen**

- 6.2.2.3 *Scheurvorming*
Geen aanvulling op 6.2.2.3 van NEN 6770.

Toelichting

Bij de eerste scheurvorming hoeft de uiterste grenstoestand nog niet te zijn bereikt. Dit betekent dat in de gebruikstoestand scheuren voor kunnen komen. Waar zij leiden tot situaties waarbij het uiterlijk en/of het gebruik van de constructie onaanvaardbaar nadelig wordt beïnvloed, wordt de bruikbaarheidsgrenstoestand scheurvorming bereikt.
Bij scheurvorming die in verband met het gebruik van de constructie niet aanvaardbaar is, kan worden gedacht aan scheurvorming door vermoeiing.

7 **Voorwaarden**

- 7.0.1 *Voorwaarden ten aanzien van geldende normen*

- 7.1 *Roestvaste staalsoorten*

- 7.1.1 *Algemeen*

Deze Aanbeveling is van toepassing op constructies die zijn gemaakt uit RVS soorten volgens 7.1.2 of 7.1.3.

Mechanische eigenschappen en chemische samenstelling moeten zijn bepaald volgens 7.1.4. De in 7.1.2, 7.1.3 en 7.1.4 genoemde mechanische eigenschappen gelden voor het materiaal zoals het in de profielen en plaatdelen, waaruit de constructie is opgebouwd, voorkomt.

- 7.1.2 *RVS soorten met genormeerde samenstelling*

RVS soorten volgens tabel 3 en tabel 4 van NEN-EN 10088 mogen zijn toegepast, als geldt: $f_{0,2,rep} \leq 480 \text{ N/mm}^2$.

In tabel 2 wordt een aantal veel toegepaste RVS-soorten weergegeven.

Tabel 2 Een aantal veel gebruikte RVS soorten, ingedeeld in sterkteklassen.

Sterkteklasse	RVS soorten volgens NEN-EN 10088		
	symbool	nummer	USA
Austenitisch RVS			
S 220	X5CrNi18-10	1.4301	AISI 304
	X2CrNi19-11	1.4306	AISI 304L
	X2CrNi18-9	1.4307	AISI 304L
	X6CrNiTi18-10	1.4541	AISI 321
S 240	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	AISI 316
	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	AISI 316L
	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	AISI 316L
	X3CrNiMo17-13-3	1.4436	AISI 316
	X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	AISI 904L
	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	AISI 316Ti
S 290	X2CrNi18-10	1.4311	AISI 304LN
	X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	AISI 316LN
	X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	AISI 317LMN
	X1CrNiMoCuN25-20-7	1.4529	-
	X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	UNS S31254
Duplex RVS			
S 400	X2CrNiN23-4	1.4362	UNS D 32304
S 480	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	UNS S 31803

Toelichting

De systematiek van aanduidingen van staalsoorten met symbolen is vastgelegd in NEN-EN 10027-1 en via een numeriek systeem in NEN-EN 10027-2 (zie ook [8]). Om tot een sterkteklasse-indeling te komen, is uitgegaan van de 0,2%-rekgrens behorende bij koudgewalste band, zie 9.1.1.1.

7.1.3 Overige roestvaste staalsoorten

Andere RVS soorten dan genoemd in 7.1.2 zijn toelaatbaar, mits de gespecificeerde mechanische eigenschappen en chemische samenstelling voldoen aan de volgende voorwaarden:

- Representatieve waarde van de 0,2%-rekgrens $f_{0,2;rep} \leq 480 \text{ N/mm}^2$.
- Representatieve waarde van de treksterkte
$$\frac{f_{t;rep}}{\text{Representatieve waarde van de 0,2\% - rekgrens}} = \frac{f_{t;rep}}{f_{0,2;rep}} \geq 1,2$$
- Representatieve waarde van de rek na breuk $\varepsilon_{u;rep} \geq 15 \%$
- De chemische samenstelling komt overeen met de waarden genoemd in NEN-EN 10088-1, tabel 1, 2, 3 of 4.

7.1.4 Bepaling van mechanische eigenschappen en chemische samenstelling**7.1.4.1 Mechanische eigenschappen**

De monsters voor de bepaling van de mechanische eigenschappen dienen op aselektie wijze uit een partij getrokken te zijn.

De proefstaven dienen te voldoen aan en de standaard trekproeven voor de bepaling van de mechanische eigenschappen dienen te worden uitgevoerd volgens hoofdstuk 9 van NEN-EN 10088-2 (voor plaat en band voor algemeen gebruik) en NEN-EN 10088-3 (voor halfproducten, staven, draad en profielen voor algemeen gebruik).

7.1.4.2 Chemische samenstelling

Relevante bepalingsmethoden zijn opgenomen in paragraaf 9.4.1 van NEN-EN 10088-2 (voor plaat en band voor algemeen gebruik) en NEN-EN 10088-3 (voor halfproducten, staven, draad en profielen voor algemeen gebruik).

7.1.5 *Minimale inwendige buigstralen voor koudgevormde profielen*

In plaats van 7.1.9 van NEN 6773 geldt voor minimale inwendige buigstralen voor koudgevormde profielen onderstaande bepalingen.

Bij het koudvervormen mogen ter plaatse van omzettingen met het blote oog geen scheurtjes tot op 1 mm van de buitenrand in het materiaal worden waargenomen.

Door de hoge vervormingscapaciteit van RVS kunnen bij het buigen van RVS kleine afrondingsstralen (tot 0,5 maal de plaatdikte) worden bereikt. Het wordt echter aangeraden om de volgende minimale buigstralen aan te houden:

- $2t$ voor de austenitische soorten 1.4301, 1.4401, 1.4404, 1.4541 en 1.4571;
 - $2,5t$ voor de duplex soort 1.4462.
- waarin:
 t is de plaatdikte.

7.2 *Verbindingsmiddelen*

7.2.1 *Bouten en moeren*

7.2.1.1 *Mechanische eigenschappen*

Bouten en moeren moeten voldoen aan de hoofdstukken 3 tot en met 5 van NEN-EN-ISO 3506-1 en van NEN-EN-ISO 3506-2.

Onderleggingen moeten zijn vervaardigd van austenitisch RVS en moeten voldoen aan ISO 7089 of ISO 7090, al naar gelang welke van toepassing is.

Toelichting

Als gevolg van het kruipgedrag wordt het toepassen van voorgespannen bouten van RVS in constructieve voorspanverbindingen afgeraden.

7.2.2 *Lassen*

Gelaste verbindingen moeten zo zijn ontworpen dat ze voldoende vervormingcapaciteit bezitten. Dit kan als volgt zijn bereikt:

- Voor statisch bepaalde constructies, waarin spanningsconcentraties optreden, en voor statisch onbepaalde constructies, dient de sterkte van de lasverbinding groter dan of gelijk aan de sterkte in de door warmte beïnvloede zone te zijn.
- Voor verbindingen, waarin een plastische spanningsverdeling ontstaat, dienen de sterkte van de lasverbinding en de sterkte van de door warmte beïnvloede zone groter dan of gelijk te zijn aan de kracht behorende bij de 0,2%-rekgrens van het aansluitende moedermateriaal.

De representatieve waarde voor de 0,2%-rekgrens, de treksterkte, de rek na breuk en de kerfslagwaarde van het lasmateriaal mogen niet kleiner zijn dan dat van het moedermateriaal.

Voor RVS soorten volgens NEN-EN 10088, geleverd in koudverstevigde toestand, mag niet worden gerekend met verhoogde waarden voor de 0,2%-rekgrens en treksterkte volgens 9.1.1.1, als daaraan wordt gelast, tenzij kan worden aangetoond dat door het lassen de mechanische eigenschappen niet afnemen.

Toelichting

Voor meer informatie over het lassen van RVS wordt verwezen naar het document RVS voor Aannemers/Producenten [2].

7.2.3 *Blindklinknagels*

Voor blindklinknagels vervaardigd van RVS is 7.2.1.1 van NEN 6773 van toepassing.

7.2.4 *Plaatschroeven*

Voor plaatschroeven vervaardigd van RVS is 7.2.1.3 van NEN 6773 van toepassing.

7.2.5

Lijmen

Verbindingen in RVS kunnen worden gemaakt door middel van lijmen.

Toelichting

Basisinformatie over lijmen is onder andere te vinden in VM 87, Lijmen van metalen [9].

7.3

In de constructie aanwezige imperfecties

Deze Aanbeveling geeft geen eisen en bepalingsmethoden met betrekking tot in de constructie aanwezige imperfecties.

Toelichting

Voor imperfecties wordt verwezen naar hoofdstuk 11 van prENV 1090-6.

7.4

In de doorsnede aanwezige imperfecties

Deze Aanbeveling geeft geen eisen en bepalingsmethoden met betrekking tot in de doorsnede aanwezige imperfecties.

Toelichting

Voor imperfecties wordt verwezen naar hoofdstuk 11 van prENV 1090-6.

7.5

Duurzaamheid

Deze Aanbeveling geeft geen eisen en bepalingsmethode met betrekking tot de duurzaamheid.

Toelichting

De goede duurzaamheid is veelal een belangrijke reden om roestvast staal toe te passen. De omgevingscondities en daarmee de duurzaamheid zullen in veel gevallen bepalend zijn voor de te kiezen RVS-soort. Voor uitgebreide informatie over de duurzaamheid van de verschillende RVS soorten wordt verwezen naar [2,3].

7.6

Overwegend statisch belaste constructies

Geen aanvulling op 5.2.3 van NEN 6770.

Toelichting

Experimentele onderzoeken wijzen erop dat vermoeiing van RVS onder normale omstandigheden mogelijk gunstiger is dan vermoeiing van koolstofstaal. Omdat nog onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om rekenregels voor vermoeiing van RVS ten opzichte van koolstofstaal te kunnen aanpassen, mag voorlopig als conservatieve benadering worden uitgegaan van de bepalingen voor koolstofstaal.

7.7

Geometrie van koudgevormde profielen

De bepalingen in 7.7.2 van NEN 6773 zijn van toepassing, waarbij voor de verhouding van respectievelijk b/t bij een door een ander plaatveld effectief gesteund plaatveld en s_w/t voor de lijfbreedte (zie de figuren 13f en 13g in NEN 6773) een maximale waarde van 400 geldt in plaats van 500.

Toelichting

Als zichtbare vervormingen van vlakke delen van de doorsnede, in gebruiks-toestand, onacceptabel zijn, is het gewenst om, indien nodig, een kleinere breedte/dikte verhouding toe te passen.

8 Rekenwaarden van belastingen

8.1.2 Bijzondere belastingcombinaties

Geen aanvulling op 8.1.2 van NEN 6770.

Toelichting

Uit Europees onderzoek is gebleken dat voor brandwerendheid de regels voor koolstofstaal aangehouden kunnen worden, waarbij voor de spanning-rek relaties en andere materiaaleigenschappen bij verhoogde temperaturen de waarden volgens NEN-EN 10088 aangehouden kunnen worden.

9 Rekenwaarden van materiaalgrootheden

9.1 RVS soorten

9.1.1 Rekenwaarden

9.1.1.1 0,2%-rekgrens

Voor de rekenwaarde van de 0,2%-rekgrens van RVS profielen, geldt:

$$f_{0,2;d} = \frac{f_{0,2;rep}}{\gamma_m} \quad (9.1-1)$$

waarin:

$f_{0,2;d}$ is de rekenwaarde van de 0,2%-rekgrens;

$f_{0,2;rep}$ is de representatieve waarde van de 0,2%-rekgrens volgens 9.1.2.1

γ_m is een materiaalfactor; $\gamma_m = 1$.

Toelichting

De uiterste grenstoestand komt in het algemeen overeen met korte duur belasting-situaties. Met kruip dient rekening gehouden te worden voor hoge niveaus van lange duur belastingen in de bruikbaarheidsgrenstoestand. Kruip kan verhoogde doorbuigingen van liggers veroorzaken. Als lange duur belastingen aan de orde zijn, is het raadzaam om in de bruikbaarheidsgrenstoestand de spanning te beperken tot $0,6 \times f_{0,2;d}$ waarin $f_{0,2;d}$ is de 0,2-rekgrens van het materiaal. Voor zeer lange duur belastingen (bijvoorbeeld 100 jaar) moet zelfs een nog lagere waarde gebruikt worden, te weten $0,5 \times f_{0,2;d}$.

Voor RVS soorten volgens NEN-EN 10088, geleverd in koudverstevigde toestand, kunnen de waarden van de verhoogde nominale 0,2%-rekgrens en treksterkte voor plaat, band en strip worden ontleend aan Tabel 4 en voor staaf, rond staf en profielen aan Tabel 5. Dit kan worden bereikt door in plaats van de representatieve waarde van de 0,2%-rekgrens van het uitgangsmateriaal de verhoogde representatieve waarde van de 0,2%-rekgrens ($f_{0,2;rep;d}$) te gebruiken. Hierbij moet worden voldaan aan de volgende criteria:

- de doorsnede moet behoren tot klasse 1 of klasse 2, waarbij bij de classificering de waarde van α_y bepaald wordt met behulp van de verhoogde 0,2%-rekgrens in plaats van de 0,2%-rekgrens van het uitgangsmateriaal;
- het element mag alleen uni-axiale buiging ondervinden;
- het element mag niet belast worden op knik, kip, torsie, torsieknik en lokaal knikken, wanneer de verhoogde 0,2%-rekgrens wordt gebruikt;
- de verbindingen moeten voldoende capaciteit bezitten om de verhoogde belasting door de verhoogde sterkte op te kunnen nemen.
- de aanduidingen van de staalsoort in Tabel 4 en Tabel 5 staan verklaard in Tabel 3.

Tabel 3 Treksterkte-niveaus in de koudverstevigde toestand.

Aanduiding van de staalsoort (overeenkomstig NEN-EN 10088-2)	Treksterkte ^{1) 2)} [N/mm ²]
C 700	700 tot 850
C 850	850 tot 1000

- 1) Tussenvallende waarden voor de treksterkte kunnen worden overeengekomen. Als alternatief kunnen de staalsoorten door minimumwaarden voor de 0,2%-rekgrens of hardheid worden gespecificeerd, maar in één bestelling kan slechts één parameter worden gespecificeerd.
- 2) De dikte voor elk treksterkte-niveau vermindert met de treksterkte. Deze hangt echter, net als de rek, af van het verstevigingsgedrag van de staalsoort en de koudvervormingsvoorwaarden. Hiervoor kan nauwkeurigere informatie aan de producent worden gevraagd.

Tabel 4 Verhoogde nominale 0,2%-rekgrens en treksterkte voor plaat, band en strip, van RVS soorten volgens NEN-EN 10088-2, in koudverstevigde toestand.

treksterkte niveau	Verhoogde 0,2%-rekgrens $f_{0,2\text{repgc}}$ [N/mm ²]	verhoogde treksterkte f_{trepgc} [N/mm ²]
C 700	350	700
C 850 ¹⁾	530	850

- 1) De gegeven rekenmethoden in deze richtlijn zijn voor RVS met $f_{0,2;d} \leq 480$ N/mm²

Tabel 5 Verhoogde nominale 0,2%-rekgrens en treksterkte voor staaf, rond staf en profielen, van RVS soorten volgens NEN-EN 10088-3, in koudverstevigde toestand.

treksterkte niveau	Verhoogde 0,2%-rekgrens $f_{0,2\text{repgc}}$ [N/mm ²]	verhoogde treksterkte f_{trepgc} [N/mm ²]
C 700 ¹⁾	350	700
C 800 ^{1) 2)}	500	800

- 1) De maximale diameter voor het sterkte niveau is onderworpen aan de afspraken die gemaakt worden wanneer het staal besteld wordt, maar mag nooit groter zijn dan 35 mm voor C 700 en niet groter dan 25 mm voor C 800.
- 2) De gegeven rekenmethoden in deze richtlijn zijn voor RVS met $f_{0,2;d} \leq 480$ N/mm²

De verhoogde mechanische eigenschappen in koudverstevigde toestand mogen niet worden toegepast als in de koudverstevigde toestand wordt gelast of indien een warmtebehandeling wordt toegepast, tenzij door middel van proeven (uitgevoerd volgens 5.3 en 6.3 van NEN 6770) bewezen kan worden dat het fabricageproces deze eigenschappen niet zal reduceren.

Toelichting

Als in koudverstevigde toestand voor de RVS-soorten waarden voor de 0,2%-rekgrens worden bereikt die hoger liggen dan de 480 N/mm², dan zijn de bepalingen in deze CUR/BmS-Aanbeveling niet zonder meer van toepassing. In die gevallen dient de geschiktheid om met hogere waarden te rekenen te worden aangetoond.

9.1.1.3 Elasticiteitsmodulus

Voor 9.1.1.3 van NEN 6770 geldt de navolgende aanvulling.

Vervormingen moeten worden geschat door gebruik te maken van de secant modulus $E_{s, \text{sec}}$. Deze moet worden bepaald door rekening te houden met de spanningen in het element als gevolg van de belastingscombinatie in de betreffende bruikbaarheidsgrenstoestand en de walsrichting. Als de walsrichting niet bekend, of onzeker is, dan moet de waarde voor de lengterichting aangehouden worden.

De waarde van de secant modulus wordt bepaald volgens:

$$E_{s,ser} = \frac{(E_{s,1} + E_{s,2})}{2} \quad (9.1-2)$$

waarin:

$E_{s,1}$ is de secant modulus behorende bij de spanning $\sigma_{1,d}$ in de trekflens;

$E_{s,2}$ is de secant modulus behorende bij de spanning $\sigma_{2,d}$ in de drukflens.

De waarden van $E_{s,1}$ en $E_{s,2}$ voor de betreffende actuele spanning $\sigma_{i,d}$ en walsrichting mogen worden bepaald volgens:

$$E_{s,i} = \frac{E_d}{1 + 0,002 \frac{E_d}{\sigma_{i,d}} \left[\frac{\sigma_{i,d}}{f_{0,2;d}} \right]^n} \quad (9.1-3)$$

waarin:

i is 1 of 2.

De waarde van n wordt gegeven door de producent van het RVS, die de waarde baseert op de proportionaliteitsgrens, gedefinieerd als de 0,01%-rekgrens en de vloeigrens, gedefinieerd als de 0,2%-rekgrens. Een indicatieve waarde mag worden verkregen uit Tabel 6.

Tabel 6 Indicatieve waarden van n .

Sterkteklasse	Coëfficiënt n	
	Lengterichting	Dwarsrichting
S 220	6,5	8,5
S 240	7,0	9,0
S 480	5,0	5,0

Als vereenvoudiging mag de variatie van $E_{s,ser}$ over de lengte van het element verwaarloosd worden. De minimale waarde van $E_{s,ser}$ voor dat element (corresponderend met de maximale waarde van de spanningen $\sigma_{1,d}$ en $\sigma_{2,d}$ in dat element) mag dan over de volle lengte van het element worden gebruikt.

Op conservatieve wijze mag voor de secant modulus, bij een belasting die spanningen veroorzaakt kleiner dan $0,7 \cdot f_{0,2;d}$, de volgende waarde worden aangehouden:

$$E_{s,ser} = 160.000 \text{ N/mm}^2 \quad (9.1-4)$$

9.1.1.7 Volumieke massa

Voor de rekenwaarde van de volumieke massa of dichtheid geldt:

$$\rho_d = \frac{\rho_{rep}}{\gamma_m} \quad (9.1-5)$$

waarin:

ρ_d is de rekenwaarde van de dichtheid;

ρ_{rep} is de representatieve waarde van de dichtheid volgens 9.1.2;

γ_m is een materiaalfactor; $\gamma_m = 1$.

9.1.2 Representatieve waarden

In plaats van 9.1.2 van NEN 6770 gelden de navolgende bepalingen.

9.1.2.1 0,2%-rekgrens en treksterkte

9.1.2.1.1 RVS soorten volgens NEN 10088

Voor representatieve waarden voor de 0,2%-rekgrens en de treksterkte geldt Tabel 7.

Toelichting

Voor een aantal veel toegepaste RVS-soorten is in Tabel 2 aangegeven tot welke sterkteklasse deze behoren.

Tabel 7

RVS soorten; representatieve waarden van de 0,2%-rekgrens $f_{0,2,rep}$ en de treksterkte $f_{t,rep}$

sterkteklasse	productvorm							
	koudgewalst		warmgewalst		warm		staven en	
	band		band		gewalste plaat		profielen	
	nominale dikte t							
	$t \leq 6 \text{ mm}$		$t \leq 12 \text{ mm}$		$t \leq 75 \text{ mm}$		$t \leq 250 \text{ mm}$	
	$f_{0,2,\text{rep}}$ N/mm ¹⁾²	f_{trep} N/mm ²	$f_{0,2,\text{rep}}$ N/mm ²	f_{trep} N/mm ²	$f_{0,2,\text{rep}}$ N/mm ²	f_{trep} N/mm ²	$f_{0,2,\text{rep}}$ N/mm ²	f_{trep} N/mm ²
S 220	220	520	200	520	200	500	180	460
S 240	240	530	220	530	220	520	200	500
S 290	290	580	270	580	270	580	270	580
S 350	350	650	330	650	330	630	-	-
S 480	480	660	460	660	460	640	450 ²⁾	650 ²⁾

1) De nominale waarden van $f_{0,2,rep}$ en van $f_{t,rep}$ zoals die in deze tabel zijn gegeven, zonder dat er rekening moet worden gehouden met anisotropie en versteviging.

2) $t \leq 160$ mm.

9.1.2.1.3 Overige RVS soorten

Voor RVS soorten met mechanische eigenschappen die voldoen aan de voorwaarden van 7.1.3, maar die niet worden genoemd in Tabel 7, moet als representatieve waarde van de 0,2%-rekgrens en de treksterkte worden aangehouden, de waarde die aanwezig is met een onderschrijdingskans van 5%, waarbij de beschikbare informatie op Bayesiaanse wijze is verwerkt in de kanstoekenning.

Voor het vaststellen van de mechanische eigenschappen geldt het gestelde in 7.1.4.

9.1.2.2 Elasticiteitsmodulus

De representatieve waarde van de elasticiteitsmodulus van RVS soorten die voldoen aan 7.1 is $E_{rep} = 200.000$ N/mm².

Toelichting

Vervormingen moeten worden geschat door gebruik te maken van de secant modulus $E_{s,sec}$, zie 9.1.1.3.

9.1.2.3 Afschuivingsmodulus

De representatieve waarde van de afschuivingsmodulus van RVS soorten die voldoen aan 7.1 is $G_{rep} = 77.000$ N/mm².

9.1.2.4 Poissonfactor

De representatieve waarde van de poissonfactor van RVS soorten die voldoen aan 7.1 is $\nu_{rep} = 0,30$

9.1.2.5 Lineaire uitzettingscoëfficiënt

De representatieve waarde van de lineaire uitzettingscoëfficiënt van RVS soorten die voldoen aan 7.1 zijn:

voor austenitisch RVS: $\alpha_{rep} = 16 \cdot 10^{-6}$ K⁻¹

voor duplex RVS: $\alpha_{rep} = 13 \cdot 10^{-6}$ K⁻¹

9.1.2.6 Volumieke massa

De representatieve waarde van de volumieke massa van RVS soorten die voldoen aan 7.1 is $\rho_{rep} = 8.000$ kg/m³.

9.2 Bouten

Toelichting

Als gevolg van het kruipgedrag van RVS wordt afgeraden om constructieve voorspanverbindingen toe te passen.

9.2.2 Representatieve waarden van de 0,2%-rekgrens en de treksterkte van bouten

De representatieve waarden van de 0,2%-rekgrens $f_{0,2;b;rep}$ en de treksterkte $f_{tb;rep}$ voor RVS bouten zijn vermeld in Tabel 8.

Tabel 8 Representatieve waarden voor mechanische eigenschappen van RVS bouten.

materiaalgroep	sterkteklasse	diameters	$f_{0,2;b;rep}$ [N/mm ²]	$f_{tb;rep}$ [N/mm ²]
Austenitisch en duplex	50	≤ M39	210	500
	70	≤ M20 ¹⁾	450	700
	80	≤ M20 ¹⁾	600	800

- 1) Voor bouten van sterkteklasse 70 en 80 met lengten groter dan 8d of groter dan M20, zullen de waarden van de mechanische eigenschappen van de leverancier verkregen moeten worden.

Toelichting

Voor bouten is het wel toegestaan om de bepalingen in deze CUR/BmS-Aanbeveling te gebruiken voor bouten met een 0,2%-rekgrens die groter is dan 480 N/mm².

9.4 Blindklinknagels

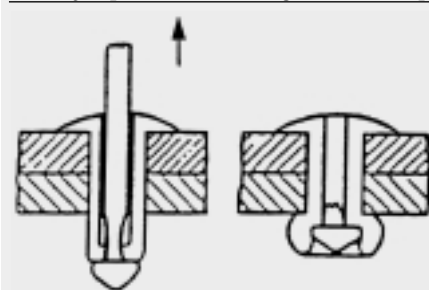
Voor blindklinknagels is 9.2.1 van NEN 6773 van toepassing, waarbij de daarin aangegeven opmerking moet worden vervangen door de navolgende toelichting.

Toelichting

In artikel B.3.1 van ECCS-No. 42:1983 [10] is de beproevingsprocedure van blindklinknagels nader uitgewerkt.

Als indicatie voor de representatieve waarde voor de schuifkracht voor de capaciteit per afschuifvlak en per blindklinknagel in de uiterste grenstoestand is Tabel 9 opgenomen. Deze tabel is ontleend aan tabel 10 van NEN 6773. In de tabel is uitgegaan van blind-klinknagel materiaal RVS ISO 883/XIII-II of 12 met een RVS trekpen (Klasse 51 volgens tabel 13 van NEN 6773).

Tabel 9 Open blindklinknagels met bolkop.



middellijn [mm] representatieve waarde van de schuifkracht [N]

4,0 2800

4,8 3900

9.5 *Plaatschroeven*

Voor plaatschroeven is 9.2.3 van NEN 6773 van toepassing.

10 **Rekenmethode**10.1.3.3 *Classificatie van samengestelde staven**Toelichting*

De normtekst in 10.1.3.3 van NEN 6770 is niet van toepassing.

10.1.3.4.2 *Classificatie van verbindingen met betrekking tot moment-rotatiegedrag*

De normtekst van 10.1.3.4.2 van NEN 6770 is van toepassing met uitzondering van flexibele verbindingen en de berekening volgens de plasticiteitsleer.

Toelichting

Over het gedrag van flexibele verbindingen in RVS is nog onvoldoende bekend.

10.1.3.4.3 *Classificatie van boutverbindingen met betrekking tot het al dan niet voorspannen*

Voor deze CUR/BmS-Aanbeveling is de normtekst in 10.1.3.4.3 van NEN 6770 niet relevant, omdat de toepassing van voorgespannen RVS-bouten wordt afgeraden.

10.2 *Respons van de constructie*10.2.1 *Algemeen*

De respons van de constructie in RVS, zijnde de krachtsverdeling en de vervormings- en verplaatsingstoestand, mag vooralsnog alleen worden berekend volgens de lineaire elasticiteitstheorie. Dit betekent dat alleen rekenmodel A, eerste-orde elastisch geometrisch en fysisch lineair gedrag (GL + FL), volgens Tabel 5 in NEN 6770, van toepassing is. Alle bepaling in 10.2 van NEN 6770, die betrekking hebben op de rekenmodellen B, C of D zijn niet van toepassing.

Toelichting

Bij RVS is wel plastificering van de doorsnede toegestaan, maar mag niet worden gerekend met een herverdeling van momenten in de constructie als gevolg van het ontstaan van plastische scharnieren.

10.2.3 *Verbindingen*

De verdeling van de krachten over de bouten dient te geschieden met behulp van een berekening volgens de elasticiteitstheorie.

10.2.4.1 *Classificatie van doorsneden*10.2.4.1.1 *Klasse-indeling*

De navolgende tekst vervangt de normtekst in 10.2.4.1.1 van NEN 6770.

Voor de doorsneden van constructies in RVS wordt een klasse-indeling aangehouden volgens Tabel 10, die vergelijkbaar is met de klasse-indeling volgens NEN 6770.

Tabel 10 Rekenmodellen bij de verschillende doorsnedeklassen.

doorsnede-klasse	maximaal moment	rekenmodellen
1 plastisch	M_{pl}	A. eerste-orde elastisch
2 gedrongen	M_{pl}	A. eerste-orde elastisch
3 semi-gedrongen	M_{el}	A. eerste-orde elastisch
4 slank	M_{ef}	A. eerste-orde elastisch

Toelichting

Met de indeling in doorsnede klassen volgens tabel 10 wordt een optimale aansluiting met koolstofstaal verkregen. Omdat bij RVS volgens deze CUR/BmS-Aanbeveling vooralsnog alleen mag worden gerekend met rekenmodel A, is dat gelijk voor alle vier de doorsnedeklassen.

10.2.4.1.2. Breedte-dikte verhoudingen in verband met de klasse-indeling

De bepaling in NEN 6770 dient vervangen te worden door het navolgende. De maximale breedte-dikteverhoudingen voor de plaatvormige delen van doorsneden zijn gegeven in tabel 11 en tabel 12. Doorsneden met breedte-dikteverhoudingen die groter zijn dan die voor klasse 3 behoren tot klasse 4.

In de tabellen heeft α_y de volgende betekenis:

$$\alpha_y = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}} \cdot E_d}{f_{0,2;d} \cdot 210000}} \quad , \text{ waarin } f_{\text{ref}} = 235 \text{ N/mm}^2, E_d \text{ volgens 9.1.1.3} \quad (10.2-1)$$

In tabel 11 en tabel 12 heeft β_1 de volgende betekenis:

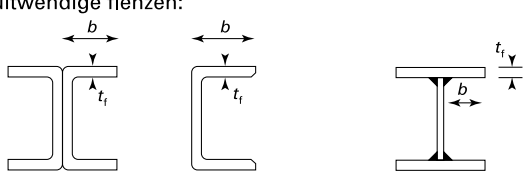
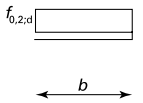
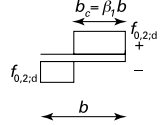
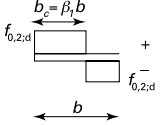
$$\beta_1 = \frac{b_c}{b} \quad (10.2-2)$$

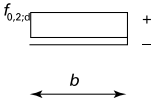
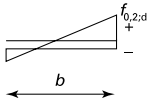
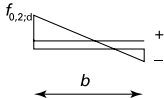
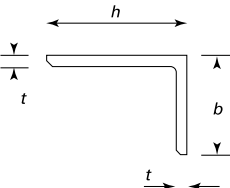
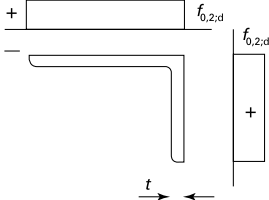
waarin:

b_c is de breedte van het plaatdeel dat, bij een plastische spanningsverdeling over de doorsnede, onder drukspanning staat;

b is de breedte van het beschouwde plaatdeel.

Tabel 11 Maximale b/t -verhoudingen voor flenzen van gewalste en gelaste profielen.

uitwendige flenzen:				
				
klasse	type	druk	druk en buiging	
spanningsverdeling (druk positief)			tip onder druk	tip onder trek
				
1	koud gewalst	$\frac{b}{t_f} \leq 10,0 \alpha_y$	$\frac{b}{t_f} \leq \frac{10,0 \alpha_y}{\beta_1}$	$\frac{b}{t_f} \leq \frac{10,0 \alpha_y}{\beta_1 \sqrt{\beta_1}}$
	gelast	$\frac{b}{t_f} \leq 9,0 \alpha_y$	$\frac{b}{t_f} \leq \frac{9,0 \alpha_y}{\beta_1}$	$\frac{b}{t_f} \leq \frac{9,0 \alpha_y}{\beta_1 \sqrt{\beta_1}}$
2	koud gewalst	$\frac{b}{t_f} \leq 10,4 \alpha_y$	$\frac{b}{t_f} \leq \frac{10,4 \alpha_y}{\beta_1}$	$\frac{b}{t_f} \leq \frac{10,4 \alpha_y}{\beta_1 \sqrt{\beta_1}}$
	gelast	$\frac{b}{t_f} \leq 9,4 \alpha_y$	$\frac{b}{t_f} \leq \frac{9,4 \alpha_y}{\beta_1}$	$\frac{b}{t_f} \leq \frac{9,4 \alpha_y}{\beta_1 \sqrt{\beta_1}}$

spanningsverdeling (druk positief)				
3	koud gewalst	$\frac{b}{t_f} \leq 11,9 \alpha_y$	$\frac{b}{t_f} \leq 18,1 \alpha_y \sqrt{k_\sigma}$	
	gelast	$\frac{b}{t_f} \leq 11,0 \alpha_y$	$\frac{b}{t_f} \leq 16,7 \alpha_y \sqrt{k_\sigma}$	
		voor de waarden van k_σ wordt verwezen naar tabel 15 van NEN 6773		
hoekstalen zie ook bij uitwendige flenzen in tabel 11				(Geldt niet voor hoekstalen die over de volle lengte met andere componenten verbonden zijn)
klasse		druk		
spanningsverdeling (druk positief)				
3		$\frac{h}{t} \leq 11,9 \alpha_y$ $\frac{b+h}{2t} \leq 9,1 \alpha_y$		

Tabel 12 Maximale b/t-verhoudingen

a) lijven van I-profiel en lijven en flenzen van buisprofielen

b) gewalste rechthoekige buisprofielen

c) ronde buisprofielen

a) Lijven: (dubbel ondersteunde elementen loodrecht op de buigingsas)			
Klasse	Buiging	Druk	Druk en buiging
spanningsverdeling (druk positief)			
1	$\frac{b}{t_w} \leq 56,0 \alpha_y$	$\frac{b}{t_w} \leq 25,7 \alpha_y$	als $\beta_1 > 0,5$: $\frac{b}{t_w} \leq \frac{308 \alpha_y}{(13 \beta_1 - 1)}$ als $\beta_1 \leq 0,5$: $\frac{b}{t_w} \leq \frac{28 \alpha_y}{\beta_1}$

2	$\frac{b}{t_w} \leq 58,2 \alpha_y$	$\frac{b}{t_w} \leq 26,7 \alpha_y$	als $\beta_1 > 0,5$: $\frac{b}{t_w} \leq \frac{320 \alpha_y}{(13 \beta_1 - 1)}$ als $\beta_1 \leq 0,5$: $\frac{b}{t_w} \leq \frac{29,1 \alpha_y}{\beta_1}$
spanningsverdeling (druk positief)			
3	$\frac{b}{t_w} \leq 74,8 \alpha_y$	$\frac{b}{t_w} \leq 30,7 \alpha_y$	$\frac{b}{t_w} \leq 15,3 \alpha_y \sqrt{k_\sigma}$
voor de waarden van k_σ wordt verwezen naar tabel 15 van NEN 6773			
b) Inwendige flenzen: (dubbel ondersteunde elementen evenwijdig aan de buigingsas)			
Klasse	Type	Buiging	Druk
Spanningsverdeling in flens en over de doorsnede (druk positief)			
1	Gewalste kokers Overige	$\frac{(b - 3t)}{t} \leq 25,7 \alpha_y$ $\frac{b}{t_f} \leq 25,7 \alpha_y$	$\frac{(b - 3t)}{t} \leq 25,7 \alpha_y$ $\frac{b}{t_f} \leq 25,7 \alpha_y$
2	Gewalste kokers Overige	$\frac{(b - 3t)}{t} \leq 26,7 \alpha_y$ $\frac{b}{t_f} \leq 26,7 \alpha_y$	$\frac{(b - 3t)}{t} \leq 26,7 \alpha_y$ $\frac{b}{t_f} \leq 26,7 \alpha_y$
Spanningsverdeling in flens en over de doorsnede (druk positief)			
3	Gewalste kokers Overige	$\frac{(b - 3t)}{t} \leq 30,7 \alpha_y$ $\frac{b}{t_f} \leq 30,7 \alpha_y$	$\frac{(b - 3t)}{t} \leq 30,7 \alpha_y$ $\frac{b}{t_f} \leq 30,7 \alpha_y$
c) ronde buizen			
klasse	buiging en/of druk		
1	$\frac{d}{t} \leq 50 \alpha_y^2$		
2	$\frac{d}{t} \leq 70 \alpha_y^2$		
3	$\frac{d}{t} \leq 90 \alpha_y^2$		

10.2.4.2 Doorsnedecapaciteit

10.2.4.2.1 Klassen 1 en 2

In aanvulling op 10.2.4.2 van NEN 6770 mag ook zijn uitgegaan van een spanningsverdeling over de doorsnede volgens de elasticiteitstheorie.

De vloeispanning en schuifvloeispanning vervangen door respectievelijk de 0,2%-rekgrens en schuif 0,2-rekgrens.

10.2.4.2.2 Klasse 3

De vloeispanning en schuifvloeispanning in 10.2.4.2 van NEN 6770 vervangen door respectievelijk de 0,2%-rekgrens en schuif 0,2-rekgrens.

10.2.4.2.3 Klasse 4

Ter bepaling van de doorsnedecapaciteit dient de doorsnede reductiemethode te zijn gehanteerd, waarbij de doorsnede wordt gereduceerd tot de effectieve doorsnede door de plaatbreedten te reduceren, volgens 10.2.4.3 van NEN 6773, rekening houdend met de navolgende aanpassingen.

Toelichting

Bepalingen voor geprofileerde platen in 10.2.4.3 zijn vooralsnog niet van toepassing.

De in de tabel 15 en 16 van NEN 6773 genoemde reductiefactor ρ moet als volgt zijn bepaald:

indien $\lambda_{p,act,rel} \leq 0,673$:

$$\rho = 1,0 \quad (10.2-3)$$

indien $\lambda_{p,act,rel} > 0,673$:

$$\rho = \frac{1 - \frac{0,22}{\lambda_{p,act,rel}}}{\lambda_{p,act,rel}} \quad (10.2-4)$$

Voor de betekenis van de symbolen zie 10.2.4.3.2.1 van NEN 6773.

De knikfactor ω in 10.2.4.3.4.3 en 10.2.4.3.5.3 van NEN 6773 is de knikfactor volgens 12.2.1.1 van deze Aanbeveling met $\alpha_k = 0,49$ en $\lambda_o = 0,40$.

10.3 Toetsingsregels uiterste grenstoestanden

De normtekst van 10.3 van NEN 6770 is van toepassing, met dien verstande dat voor RVS alleen rekenmodel A volgens 10.2.1 mag worden toegepast.

11 Toetsing van de doorsnede

In aanvulling op 11.1 van NEN 6770 moet voor elementen van doorsnedeklasse 4, van het gestelde in Hoofdstuk 11 van NEN 6773 worden uitgegaan, waarbij rekening moet worden gehouden met de aanvullingen die navolgend in dit hoofdstuk worden gegeven.

Toelichting

Omdat de navolgende aanvullende bepalingen betrekking hebben op doorsnedeklasse 4 komt de paragraafnummering overeen met die in NEN 6773.

11.2.1 Axiale trek

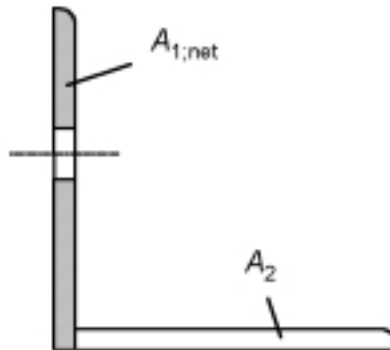
In geval van een hoekstaal, aangesloten met één been, mag de trekcapaciteit bepaald worden onder verwaarlozing van de excentriciteit en mag er worden aangenomen dat de staaf axiaal belast is. Echter wel met een gereduceerde netto doorsnede A_{red} verkregen door:

$$A_{red} = A_{1,net} + 0,5 A_2 \quad (11.2-1)$$

waarin:

$A_{1,net}$ is de netto oppervlakte van de het aangesloten been, volgens figuur 3.

A_2 is de bruto doorsnede van het niet verbonden been, maar niet meer dan twee maal de bruto doorsnede van het aangesloten been, volgens figuur 3.



Figuur 3 Definitie van de netto oppervlakte van de het aangesloten been $A_{1,net}$ en de bruto doorsnede van het niet verbonden been A_2 .

11.2.4 Afschuiving

Voor de weerstand tegen afschuiving van een lijf moet de kleinste waarde van de weerstand tegen schuifplooi $V_{b,Rd}$ en de weerstand tegen plastische afschuiving $V_{pl,Rd}$ aangehouden worden.

De weerstand tegen plastische afschuiving $V_{pl,Rd}$ zal moeten worden gecontroleerd wanneer de relatieve lijfslankheid of, in geval van een niet verstijfd lijf, als

$$b/t_w \leq 17,3 \cdot \alpha_y$$

waarin:

$$\alpha_y = \sqrt{\frac{f_{ref} \cdot E_d}{f_{o,2,d} \cdot 210000}} \quad \text{met } f_{ref} = 235 \text{ N/mm}^2 \text{ en } E_d \text{ volgens 9.1.1.3} \quad (11.2-2)$$

Voor de relatieve lijf slankheid $\lambda_{w,rel}$ geldt:

$$\lambda_{w,rel} = \frac{0,8 \cdot b_{ref}}{t_w} \sqrt{\frac{f_{o,2,d}}{k_\tau \cdot E_d}} \quad (11.2-3)$$

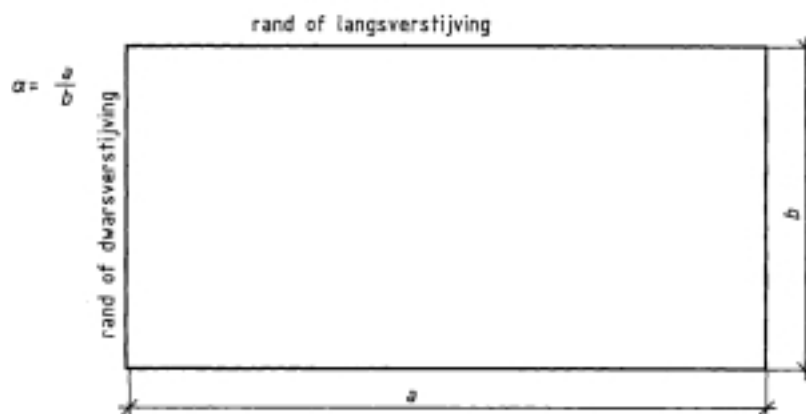
waarin:

t_w is de dikte van het lijf;

k_τ is afhankelijk van α (voor definitie van α zie figuur 4)

$$k_\tau = 4,0 + \frac{5,35}{\alpha^2} \quad \text{voor } \alpha \leq 1 \quad (11.2-4)$$

$$k_\tau = 5,35 + \frac{4,0}{\alpha^2} \quad \text{voor } \alpha > 1 \quad (11.2-5)$$



Figuur 4 Onverstijfd plaatveld.

waarin:

a is de lengte van het plaatveld in de langsrichting tussen randen en/of dwarsverstijvingen

b is de breedte van het plaatveld in de dwarsrichting tussen randen en/of langsverstijvingen

$$\alpha = \frac{a}{b}$$

Voor de weerstand tegen plastische afschuiving $V_{pl;Rd}$ geldt:

$$V_{pl;Rd} = b \cdot t_w \cdot (f_{o,2;d} / \sqrt{3}) \quad (II.2-6)$$

Voor de weerstand tegen schuifplooi $V_{b;Rd}$ geldt:

$$V_{b;Rd} = b \cdot t_w \cdot (\tau_w / f_{o,2;d}) \quad (II.2-7)$$

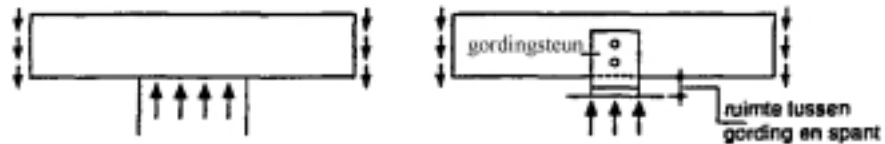
Hierin is:

τ_w is de rekenwaarde voor de gemiddelde schuifspanning voor de capaciteit in de uiterste grenstoestand volgens tabel 13 met betrekking tot de relevante waarde van $\lambda_{w;rel}$.

Tabel 13 Rekenwaarde van de gemiddelde schuifspanning voor de capaciteit in de uiterste grenstoestand voor lijven van profielen.

Relatieve slankheid van het lijf $\lambda_{w;rel}$	$\tau_w / f_{o,2;d}$ voor lijven zonder speciale voorzieningen ter plaatse van krachtsinleiding	$\tau_w / f_{o,2;d}$ voor lijven met speciale voorzieningen ¹⁾ ter plaatse van krachtsinleiding
$0,2 \leq \lambda_{w;rel} \leq 0,6$	$\frac{1-0,63 (\lambda_{w;rel} - 0,2)}{\sqrt{3}}$	$\frac{1-0,63 (\lambda_{w;rel} - 0,2)}{\sqrt{3}}$
$\lambda_{w;rel} > 0,6$	$\frac{1-0,42\lambda_{w;rel}}{\sqrt{3}}$	$\left(\frac{27 - \lambda_{w;rel}}{24 + 19\lambda_{w;rel}} \right) / \sqrt{3}$

- 1) De speciale voorziening van het lijf ter plaatse van de krachtsinleiding moet vervorming van het lijf verhinderen. De speciale voorziening moet de gehele oplegkracht naar de onderconstructie overbrengen. Een voorbeeld van zo'n speciale voorziening is een oplegsteun (zie figuur 5) bij de oplegging van gordingen.



Figuur 5 Bij een oplegsteun zal dwarskrachtplooi later optreden dan bij directe krachtsinleiding.

12 Toetsing van de stabiliteit

Voor de doorsnedeklassen 1, 2 en 3 geldt Hoofdstuk 12 van NEN 6770 met zonodig α_k en λ_o volgens tabel 14 en α_{kip} volgens tabel 15 in deze Aanbeveling. Doorsnedeklasse 4 kan worden getoetst volgens hoofdstuk 12 van NEN 6773, waarbij de navolgende aanpassingen in dit hoofdstuk van toepassing zijn.

Toelichting

Omdat de navolgende aanvullende bepalingen betrekking hebben op doorsnedeklasse 4 komt de paragraafnummering overeen met die in NEN 6773.

12.1 Geprofileerde platen

Toelichting

Bepalingen voor geprofileerde platen in 12.1 van NEN 6773 zijn vooralsnog niet van toepassing. Zie ook de toelichting bij hoofdstuk 1 "Onderwerp en toepassingsgebied" van deze Aanbeveling.

12.2.1.1 Knikstabiliteit van centrisch gedrukte profielen

De formules (12.1-1a) en (12.1-1b) van 12.2.1.1 van NEN 6773 zijn van toepassing, waarbij geldt dat de waarden voor de knikfactoren voor knikstabiliteit om respectievelijk de y-as $\omega_{y;buc}$ en de z-as $\omega_{z;buc}$, met behulp van de waarden van α_k en λ_o zoals gegeven in tabel 14, moeten zijn bepaald volgens:

$$\omega_{y;buc} = \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda_{y;rel}^2)^{0,5}} \leq 1 \quad (12.2-1)$$

met:

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha_k (\lambda_{y;rel} - \lambda_o) + \lambda_{y;rel}^2] \quad (12.2-2)$$

$$\lambda_{y;rel} = \sqrt{\frac{f_{o,2;d}}{\sigma_{y,E}}} \beta_A = \frac{1_{y;buc}}{i_y} \sqrt{\frac{f_{o,2;d} \beta_A}{\pi^2 E_d}} = \frac{\lambda_y}{\lambda_e} \beta_A^{0,5} \quad (12.2-3)$$

$$\lambda_y = \frac{1_{y;buc}}{i_y} \quad (12.2-4)$$

$$\lambda_e = \pi \left[\frac{E_d}{f_{o,2;d}} \right]^{0,5} \quad (12.2-5)$$

$$\beta_A = \frac{A_{ef}}{A} \quad \text{voor doorsnedeklasse 4} \quad (12.2-6)$$

waarin:

E_d is de elasticiteitsmodulus;

i_y is de traagheidsstraal voor de relevante as (i_y , i_z , i_u of i_v), gebaseerd op de eigenschappen van de niet-gereduceerde doorsnede;

$l_{y,buc}$ is de elastisch effectieve kniklengte van de staaf voor de y-as volgens 12.1.1.3 van NEN 6770;
 α_k, λ_o zijn de imperfectiefactoren volgens tabel 14;
 A_{ef} is de effectieve doorsnede;
 A is de ongereduceerde doorsnede.

Tabel 14 Waarden van α_k en λ_o voor knikstabiliteit.

Type profiel	α_k	λ_o
Koudgevormd open profiel	0,49	0,40
Koudgevormd gewalst buis profiel	0,49	0,40
Gelast open profiel	0,76	0,20

Voor grootheden met de index z geldt het voorgaande mits hierin de index y door de index z is vervangen.

12.2.1.2 Torsiestabiliteit en torsieknikstabiliteit

De bepalingen in NEN 6773 zijn van toepassing, mits voor de imperfectiefactoren wordt uitgegaan van tabel 14 in deze Aanbeveling.

12.2.2.1 Toetsingsregel kipstabiliteit indien het vlak van buiging overeenkomt met het symmetrievlak van het profiel

Als aanpassing ten opzichte van hetgeen in NEN 6773 is aangegeven, moet de waarde voor de kipfactor zijn bepaald volgens:

$$\omega_{kip} = \frac{I}{\phi_{kip} + (\phi_{kip}^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}} \leq I \quad (12.2-7)$$

met:

$$\phi_{kip} = 0,5 [I + \alpha_{kip} (\lambda_{rel} - 0,2) + \lambda_{rel}^2] \quad (12.2-8)$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{M_{y,u,d}}{M_{ke}}} \quad (12.2-9)$$

waarin:

α_{kip} is de imperfectiefactor volgens tabel 15;

M_{ke} is het theoretisch elastisch kipmoment van de niet gereduceerde dwarsdoorsnede.

Tabel 15 Waarden van α_{kip} voor kipstabiliteit.

Type profiel	α_{kip}
Koudgevormd open profiel	0,34
Koudgevormd gewalst buis profiel	0,34
Gelast open profiel	0,76
Andere gevallen, waar geen test data van beschikbaar zijn	0,76

Toelichting

Voor de bepaling van M_{ke} wordt naar bijlage F van NEN 6773 verwezen. Voor hier niet behandelde situaties wordt verder naar 12.2.5 van NEN 6771 verwezen.

13 Verbindingen

Voor verbindingen zijn de bepalingen in NEN 6770 van toepassing met de aanvullingen, zoals die navolgend in dit hoofdstuk worden gegeven.

Voor blindklinknagels is 13.1.1 van NEN 6773 van toepassing, waarbij de toetsingsregels volgens 13.1.1.2 van NEN 6773 gelden voor blindklinknagels volgens 7.2.3 van deze Aanbeveling, waarbij voor de rekenwaarde voor respectievelijk de stuikkracht en de treknormaalkracht geldt:

- $F_{c,bk,u;d}$ is de rekenwaarde van de stuikkracht met betrekking tot de capaciteit van de te verbinden componenten, per blindklinknagel, in de uiterste grenstoestand, experimenteel te bepalen overeenkomstig ECCS publicatie – no 21 [11];
- $N_{t,bk,u;d}$ is de rekenwaarde van de treknormaalkracht met betrekking tot de capaciteit van de te verbinden componenten in de uiterste grenstoestand behorende bij de netto doorsnede, experimenteel te bepalen overeenkomstig ECCS publicatie – no 21 [11];

Voor plaatschroeven is 13.1.3 van NEN 6773 van toepassing.

Voor de verdeling van de belasting over de verbindingpunten geldt 13.1.5 van NEN 6773, waarbij de ontwerpmethode volgens het "plastisch ontwerp" niet van toepassing is. Voor lange verbindingen is 13.1.6 van NEN 6773 van toepassing.

Voor verbindingen tussen delen van samengestelde profielen is 13.3 van NEN 6773 van toepassing.

13.2 *Verbindingen onderworpen aan trillingen en/of belastingsomkering.*

Indien een verbinding is onderworpen aan een stootbelasting of aan trillingen dan moeten trivaste mechanische verbindingsmiddelen of lassen zijn toegepast.

Indien een op afschuiving belaste verbinding onderworpen is aan omkering van de schuifbelasting dan moeten pasbouten of lassen zijn toegepast.

13.3 *Boutenverbindingen*

In aanvulling op 13.3 van NEN 6770 gelden voor RVS de navolgende bepalingen.

13.3.2 *Grenskrachten van bouten*

Hoewel de stuikkracht van een geboute verbinding in RVS in het algemeen maatgevend wordt als gevolg van beperken van de gatvorming in de bruikbaarheidsgrenstoestand, mag een afzonderlijke toetsing hierop achterwege blijven indien in formule (13.3-5) van NEN 6770 voor $f_{t;d}$ wordt genomen $f_{t;d,red}$ volgens:

$$f_{t;d,red} = 0,5f_{0,2;d} + 0,6f_{t;d} \quad (13.3-1)$$

Indien $e_s < 1,5d_{g,nom}$ en/of $s_s < 3d_{g,nom}$ mag $f_{t;d,red}$ niet worden toegepast en dient formule (13.3-5) van NEN 6770 met $\alpha_{red;t}$ en $f_{t;d}$ in rekening te worden gebracht.

13.3.4.1 *Boutgaten in strippen*

In formule (13.3-11) van NEN 6770 dient een vermenigvuldiging te worden toegepast met een factor k_r .

$$k_r = \left\{ 1 + 3r \left[\frac{d_{g,nom}}{u} - 0,3 \right] \right\} \quad \text{met } k_r \leq 1. \quad (13.3-2)$$

waarin:

r is de kracht overgebracht door de bout of bouten in de beschouwde doorsnede, gedeeld door de trekkracht in de staaf;

$d_{g,nom}$ is de nominale gatmiddellijn;

u is de kleinste waarde van $2e_s$ en s_s (zie figuur 52 van NEN 6770).

13.4 *Gelaste verbindingen*

13.4 van 6770 is van toepassing, waarbij voor de lasfactor $\beta=1,0$ moet worden aangehouden.

14 *Krachteninleiding bij opleggingen en puntlasten*

Voor de doorsnedeklassen 1, 2 en 3 geldt hoofdstuk 14 van NEN 6770, aangevuld met de aanvullende bepalingen in 14.1 navolgend. Voor doorsnedeklasse 4 geldt hoofdstuk 14 van NEN 6773.

14.1 *Krachteninleiding met verstijvingen*

Dwarsverstijvingen bij de oplegpunten en op plaatsen waar significante belastingen via de flens op de ligger worden ingeleid, moeten een knikweerstand hebben van ten minste de aangebrachte belasting of reactiekracht.

Andere tussenliggende dwarsverstijvingen moeten zo zijn gedimensioneerd dat zij de drukkracht $N_{s,Sd}$ in de verstijving kunnen weerstaan. De drukkracht $N_{s,Sd}$ kan worden verkregen uit:

$$N_{s,Sd} = V_{Sd} - h_w t_w \tau_{bb} \quad \text{met } N_{s,Sd} \geq 0 \quad (14.1-1)$$

waarin:

V_{Sd} is de dwarskracht in de ligger ter plaatse van de verstijving;

τ_{bb} is de initiële schuifplooispanning van het lijf;

h_w is de hoogte van het lijf;

t_w is de dikte van het lijf.

De initiële schuifplooispanning τ_{bb} bij de relevante waarde van de relatieve slankheid van het lijf $\lambda_{w,rel}$ moet verkregen worden uit tabel 16. Voor de waarde van τ_{bb} moet de laagste van de waarden van de twee velden aangrenzend aan de verstijving worden gekozen.

De knikweerstand $N_{b,Rd}$ ($= \omega_{y,buc} \cdot N_{cud}$) van de verstijving moet berekend worden met behulp van 12.1.1.1. met de waarden voor de imperfectiefactoren $\alpha_k = 0,49$ en $\lambda_o = 0,2$. De kniklengte van de verstijving moet in overeenstemming zijn met de randvoorwaarden, maar nooit minder dan $0,75h_w$.

Voor de knikcontrole moet de effectieve doorsnede van de verstijving worden genomen, zijnde de verstijving zelf plus een breedte van het lijf van $11 \cdot \alpha_y \cdot t_w$ aan elke zijde van de verstijving. Aan het eind van de ligger (of ter plaatse van openingen in het lijf) moet de dimensie van $11 \cdot \alpha_y \cdot t_w$ worden gelimiteerd tot de actueel beschikbare waarde.

Tabel 16 *Initiële schuifplooispanning τ_{bb}*

Relatieve slankheid van het lijf $\lambda_{w,rel}$	$\tau_{bb} / f_{0,2;d}$
$\lambda_{w,rel} \leq 0,2$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
$0,2 < \lambda_{w,rel} \leq 0,75$	$\frac{1 - 0,63 (\lambda_{w,rel} - 0,2)}{\sqrt{3}}$
$0,75 < \lambda_{w,rel} \leq 2,2$	$\left(\frac{3,6 - \lambda_{w,rel}}{3,2 + 1,6\lambda_{w,rel}} \right) / \sqrt{3}$
$\lambda_{w,rel} > 2,2$	$\frac{1}{\lambda_{w,rel}^2 \sqrt{3}}$

Titels van vermelde literatuurbronnen

- 1 Rademakers, P.L.F. en F.T.J. Keetman, Roestvast staal in civiele constructies en de bouwsector. Informatiemodule voor Beheerders. TNO-rapport 00MI-00924/RAD, december 1999.
- 2 Rademakers, P.L.F. en F.T.J. Keetman, Roestvast staal in civiele constructies en de bouwsector. Informatiemodule voor Aannemers en Producenten. TNO-rapport 00MI-00925/RAD, december 1999.
- 3 Winter, P.E., RVS voor Ontwerpers en Architecten. TNO-rapport 1999-CON-R3023, 3 januari 2000.
- 4 Nicolaas, T., P.E. de Winter en A.W. Tomà, RVS voor Constructeurs. TNO Bouwrapport 1999-CON-R1854, 3 januari 2000, 132 p.
- 5 Onderhoud van roestvast staal, Nederlands Corrosie Centrum, Bilthoven, 2001.
- 6 Bouwen met roestvast staal, SBR, Rotterdam, 2001.
- 7 Ontwerpen met roestvast staal, Bouwen met Staal, Rotterdam, 2001.
- 8 Foekema, G.A.M., Staalkwaliteiten. Staalbouw Instituut.
- 9 VM 87: Lijmen van metalen, Centrum Staal, november 1991.
- 10 ECCS publicatie - no 42, Recommendations for steel construction, 1983.
- 11 ECCS publicatie - no 21, European recommendations for the design testing of connections in steel sheeting and sections.

Titels van vermelde normen

NEN 6770	1997	Staalconstructies TGB 1990 - Basiseisen en basisrekenregels voor overwegend statisch belaste constructies.
NEN 6771	2000	Staalconstructies TGB 1990 - Stabiliteit.
NEN 6772	2000	Technische grondslagen voor bouwconstructies – TGB 1990 – Staalconstructies – Verbindingen.
NEN 6773	2000	Technische grondslagen voor bouwconstructies – TGB 1990 – Staalconstructies – Basiseisen, basisrekenregels en beproevingen voor overwegend statisch belaste dunwandige koudgevormde stalen profielen en geprofileerde platen.
prENV 1090-6	2000	Execution of steel structures: Supplementary rules for stainless steels.
NEN-EN-ISO 3506	1997	Mechanische eigenschappen van bevestigingsartikelen van corrosievast staal- specificaties: Deel 1: Bouten, schroeven en tapeinden; Deel 2: Moeren; Deel 3: Stelschroeven en soortgelijke, niet op trek belaste, bevestigingsartikelen.
NEN-EN 10002	2001	Metalen. Trekproef. Deel 1: Beproevingsmethode bij omgevingstemperatuur
EN 10027	1992	Systemen voor het aanduiden van staalsoorten Deel 1: Aanduidingen met symbolen, hoofdsymbolen Deel 2: Numeriek systeem
NEN-EN 10088	1995	Corrosievaste staalsoorten
NEN-EN 10088-1	1995	Deel 1: Lijst van roestvast staal soorten;
NEN-EN 10088-2	1995	Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor plaat en band voor algemeen gebruik;
NEN-EN 10088-3	1995	Deel 3: Technische leveringscondities voor halffabrikaten, staven, draad en profielen voor algemeen gebruik.
EN 1993-1-1	1995	Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1.1: General rules and rules for buildings.
NVN-ENV 1993-1-4	1996	Eurocode 3 : Design of steel structures. Part 1.4: General rules. Supplementary rules for stainless steels.
prENV 1090-6	1998	Execution of steel structures. Part 6: Supplementary rules for stainless steel (WG-draft).
NEN-EN-ISO 7089	2000	Vlakke sluitringen – Normale reeks – Productklasse A.
NEN-EN-ISO 7090	2000	Vlakke sluitringen, afgeschuind – Normale reeks – Productklasse C.

Nederlandse normen zijn een uitgave van de stichting Nederlands Normalisatie-instituut (NEN), Vlinderweg 6, postbus 5059, 2600 GB Delft (voor bestellingen telefoon 015-2690391).

Met nadruk wordt erop gewezen dat deze CUR/BmS-Aanbeveling de stand van techniek en kennis weer-geeft op moment van uitgifte. De CUR houdt zich dan ook aanbevolen te worden geïnformeerd over ervaringen die met het gebruik van deze Aanbeveling worden opgedaan. CUR-Aanbevelingen worden drie jaar na publicatie geëvalueerd en, indien daar aanleiding toe bestaat, geactualiseerd. Hiervan wordt melding gemaakt in de vakpers.

Auteursrechten

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

Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken, mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt, "CUR/BmS-Aanbeveling "Construeren in roestvast staal", november 2001, Stichting CUR, Gouda".

Aansprakelijkheid

De CUR en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en de CUR sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens CUR en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Gouda/Rotterdam, november 2001

Het bestuur van de CUR en het bestuur van Bouwen met Staal

Stichting CUR, Büchnerweg 1, Postbus 420, 2800 AK GOUDA, tel 0182-540600.

Bouwen met Staal, Groothandelsgebouw A-4.194, Stationsplein 45, Postbus 29075, 3001 GB Rotterdam, tel. 010-4115070.

