

Trækonstruktioner

Beregning

H. J. Larsen
H. Riberholt

Titel	Trækonstruktioner
Undertitel	Beregning
Serietitel	SBi-anvisning 210
Udgave	6. udgave
Udgivelsesår	2005
Forfatter	H. J. Larsen og H. Riberholt
Sprog	Dansk
Sidetæl	216
English summary	Side 216
Litteratur- henvisninger	Side 211
Emneord	Trækonstruktioner, bygningskonstruktioner, konstruktionsberegning, materialer, styrke, brand
ISBN	87-563-1216-4
Pris	Kr. 375,00 inkl. 25 pct. moms
Tegninger	Jørgen Heegaard, Annette Juul Muusfeldt, Ove Nesdam, Bo Amstrup Vestergaard og Sabine Skovfoged Østergaard.
Omslags- illustration	Mai-Britt Amsler
Tryk	Salogruppen A/S
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970 Hørsholm E-post sbi@sbi.dk www.sbi.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *SBi-anvisning 210: Trækonstruktioner. Beregning (2005)*.

E-bog ISBN 87-563-1257-1
Pris Kr. 281,25 inkl. 25 pct. moms
Rettelsesblad af april 2006 indarbejdet

Forord

Denne anvisning behandler materialer til trækonstruktioner og beregning af sædvanlige elementer og konstruktioner i henhold til Norm for sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner (DS 409:1998 med tillæg 1, 2003 og tillæg 2, 2004) og Norm for trækonstruktioner (DS 413: 2003 med tillæg 2: 2004). Forbindelser behandles i SBI-anvisning 194: Trækonstruktioner, Forbindelser fra 1999, med Tillæg 1 fra 2005.

Anvisningen er tænkt anvendt af projekterende og som lærebog på ingeniørskolerne.

Anvisningen er en revision af SBI-anvisning 193 fra 2000, skrevet i et samarbejde mellem civilingeniør Hilmer Riberholt og civilingeniør Hans Jørgen Larsen. Revisionen er foretaget af Hans Jørgen Larsen.

Lektor Søren Traberg, BYG•DTU takkes for mange forslag til rettelser og forbedringer.

Statens Byggeforskningsinstitut, december 2004
Afdelingen for Byggeteknik og Design

Jørgen Munch-Andersen
Konstitueret forskningschef

Indhold

1. Træs egenskaber	11
1.1. Symboler	11
Hovedsymboler	11
Indekser.....	12
1.2. Definitioner.....	13
Fugtindhold	13
Koordinatsystemer	13
Tværsnit, massive – tyndfligede	13
Tværsnit, sammensatte med delvis eller fuld samvirkning.....	13
Inhomogene tværsnit – transformerede tværsnitskonstanter .	14
Tværsnit, hovedakser	15
1.3. Styrke og stivhed ved træk, tryk og forskydning	15
Træk i fiberretningen	16
Træk vinkelret på fiberretningen	16
Tryk i fiberretningen	17
Tryk vinkelret på fiberretningen	18
Forskydning.....	19
Kombinerede påvirkninger	20
Elastiske forhold	21
1.4. Bjælker af fejlfrit træ.....	22
Kombineret bøjning og normalkraft	23
Kombineret forskydning og bøjning	25
1.5. Træ og fugt.....	26
Fugtindhold	26
Fugtdeformationer.....	27
1.6. Deformationer i træ.....	30
1.7. Konstruktionstræs styrke	32
Naturlige vækstfejls indflydelse	33
Regningsmæssige brudkriterier for trætværsnit	34
Fugtindholdets og lastvarighedens indflydelse på styrken	36
2. Beregningsprincipper.....	39
2.1. Alment	39
2.2. Sikkerhedsklasser, anvendelsesklasser og lastgrupper	41
Sikkerhedsklasser	41
Anvendelsesklasser	41
Lastgrupper.....	43
Laster	43

2.3. Brudgrænsetilstande.....	44
Materialeværdier	44
Systemeffekter	46
Geometriske størrelser.....	47
Bestemmelse af regningsmæssige lastvirkninger og bæreevner	48
2.4. Anvendelsesgrænsetilstande.....	48
Krav	49
Beregning af deformationer	49
Bidrag fra glidninger i forbindelser.....	51
3. Materialer	53
Certificering.....	53
3.1. Konstruktionstræ.....	54
Træarter	54
Handelsformer.....	54
Tværsnitsdimensioner	56
Sortering af træ	62
Styrkeklasser	63
Regningsmæssige styrketal	66
3.2. Fingerskarret træ	66
3.3. Limtræ.....	67
Fremstilling	67
Tværsnitsdimensioner	69
Limtræs egenskaber	72
Standardstyrkeklasser	74
Regningsmæssige styrketal	76
3.3. Krydsfiner	77
Egenskaber	78
Styrke- og stivhedstal	80
3.4. Spånplader og OSB	84
Fremstilling	85
Fugtegenskaber	86
Styrke- og stivhedstal	87
3.5. Træfiberplader og MDF	89
Fremstilling	89
Fugtegenskaber	90
Styrke- og stivhedstal	90
3.6. Andre træbaserede produkter	91
LVL.....	91
Parallel Strand Lumber	92
Laminated Strand Lumber	92
HQL	92
Anvendelse.....	93
Solid Wood Panels	93
Massivtræ.....	94

4. Massive bjælker af konstruktionstræ	95
Spændingsanalyse og styrkeeftervisning	95
Snitlaster	95
4.1. Bjælker uden normalkraft	96
Bøjning	96
Tryk vinkelret på fibre	97
Kontakttryk vinkelret på fibre	98
Kontakttryk under en vinkel med fibre	101
Forskydning	101
Endeudskæring	103
Flækning	105
Torsion	106
Udbøjninger	107
4.2. Bjælker med normaltrækkraft	108
4.3. Bjælker med normaltrykkraft	110
Centralt belastede søjler	111
Tværbelastede søjler	115
4.4. Gitterkonstruktioner	118
Tilnærmet beregning af snitlaster i gitterspær	121
4.5. Afstivninger	122
Afstivning af søjle	122
Afstivning af bjælkes trykflange	124
Afstivning af systemer	124
5. Limtrækonstruktioner	129
5.1. Rette bjælker med konstant tværsnitshøjde	129
Kipning	129
Kipning med normaltryk	132
Udledning af kipningsudtrykkene	132
5.2. Rette bjælker med varierende højde	136
Bøjningsstyrke	137
Pultbjælker	139
Sadelbjælker	139
Tværtrækspændinger	140
Udbøjninger	140
5.3. Plankrumme bjælker	141
Styrkereduktion af krumme limtræbjælker	141
Bjælker med konstant højde	142
Sadelformede bjælker med krum underside	145
5.4. Limtrærammer	147
Generel beregning	148
Tilnærmet beregning	149
Styrkeberegning af limtrærammer med skarpe hjørner	150
Deformationer af ramme med krumme hjørner	152
Deformationer af rammer med skarpe hjørner	154
5.5. Huller i limtræbjælker	154

6. Limede bjælker med pladematerialer	157
6.1. Materialestyrker.....	158
6.2. Foldning	159
Foldning – normalspændinger.....	160
Foldning – forskydningsspændinger	162
Kombinerede påvirkninger	163
Minimumstykkelser for spån- og fiberplader	163
Minimumstykkelser for krydsfiner	164
6.3. Bjælker med tynd krop	165
Normalspændinger	166
Forskydningsspændinger	167
Foldning.....	168
Udbøjninger.....	168
Stød i flanger og kroppe	169
6.4. Bjælker med tynde flanger	171
Effektivt tværsnit.....	171
Normalspændinger	173
Forskydningsspændinger	173
Udbøjninger.....	174
Stød i flanger	174
7. Sammensatte bjælker og søjler med delvis samvirkning	175
7.1. Forbindelsesmidlerne.....	176
7.2. Bjælketeori for lineært elastiske forhold	178
De styrende ligninger for T-tværsnit	178
De styrende ligninger for symmetriske I- og kassetværsnit..	181
Spændingsanalyse og styrkeeftersvisning	182
Løsninger for simpelt understøttet bjælke	184
7.3. Specielle konstruktionsformer	186
Bjælker med tynde kroppe	187
Bjælke med mellemstykker	187
Vierendeelbjælker	188
Gitterbjælker.....	188
7.4. Bjælketeori for plastiske forbindelsesmidler	189
Styrende ligninger.....	189
Simpelt understøttet bjælke uden udkragning	190
Simpelt understøttet, udkraget bjælke	191
7.5. Sammensatte, centralt belastede søjler	192
Perfekt retlinjet søjle	192
Praktiske søjler	192
Limede eller sømmede gittersøjler	195
8. Brand.....	197
8.1. Brandegenskaber	197
8.2. Grundlæggende begreber og krav	199
Brandtekniske begreber	199
Symboler	200

Bygningsreglementets brandkrav	200
Generelle principper	201
Brandbeskyttelse af trædele	201
8.3. Resttværsnitsmetoden	202
8.4. Styrkereduktionsmetoden og standardbrand.....	204
8.5. Styrkereduktionsmetoden og parametrisk brand.....	205
8.6. Beskyttelse af forbindelser.....	207
Ubeskyttede forbindelser	207
Beskyttede forbindelser.....	209
Litteratur	211
Summary	216