

1

TRÆ
og
STAALKONSTRUKTIONER.

GEORG RASMUSSEN.

401

TRÆ OG STÅL
KONSTRUKTIONER

LABORATORIET FOR BYGNINGSTEKNIK

GEORG RASMUSSEN

TRÆ OG STÅL

KONSTRUKTIONER

FOR
INGENIØRSKOLEN I HORSENS
(HORSENS BYGNINGSTEKNIKUM)

1. DEL
2. UDGAVE

HORSENS

A. BACKHAUSENS FORLAG
1956

A. Backhausens bogtrykkeri . Horsens
Reproduktion ved Madsen & Rühne A/S Horsens 1959

REPRODUKTION VED MADSEN & RÜHNE A/S HORSENS 1959

LABORATORIET FOR BYGNINGSTEKNIK

Uddrag af forord til I. udgave

Den foreliggende bog, Træ- og stålkonstruktioner I. Del, er skrevet som lærebog for de studerende ved Ingeniørskolen i Horsens.

I de to første afsnit er træets og stålets tekniske egenskaber beskrevet. I tredje afsnit er de almindelige hovedelementer i såvel træ som stål behandlet sideordnet, hvorimod det i fjerde afsnit om elementernes samling har været nødvendigt at dele stoffet i de to hovedgrupper: Træ og stål. Bogens femte og sidste afsnit omtaler konstruktionernes påvirkning, idet de forskellige belastninger beskrives, og bogen slutter med stabilitetsberegninger for den samlede konstruktion.

Der er ved udarbejdelsen af bogen tilstræbt at give de studerende et solidt kendskab til beregningen af de almindelige elementer inden for de bærende konstruktioner i træ og stål. Da bogen indeholder et stort antal gennemregnede eksempler, vil den foruden at give de studerende øvelse i opstillinger af og kendskab til praktiske beregninger sikkert også vise sig at være egnet som håndbog for den konstruerende ingeniør.

I bogen er det stof, der ikke er eksamensstof ved den mundtlige og skriftlige eksamen, men krævet som håndbogsstof til den praktiske eksamensprøve, sat med mindre typer. Ligeledes er øvelserne sat med mindre typer for at skelne dem fra de gennemregnede eksempler.

Under udarbejdelsen af bogen har jeg fundet støtte i følgende bøger:

- Anker Engelund: Staalconstructioner I og II.
- Anker Engelund: Trækonstruktioner.
- Felix Fonrobert: Grundzüge des Holzbaues im Hochbau.
- Theodor Gesteschi: Hölzerne Dachkonstruktionen.
- Theodor Gesteschi: Der Holzbau.
- Lington E. Grinther: Elementary Structural Analysis and Design.
- Howard J. Hansen: Modern Timber Design.
- Howard J. Hansen: Timber Engineers' Handbook.
- Robert von Halasz: Holzbau-Taschenbuch.
- Haandværkets Bog: Tømmer- og Bygningssnedkerarbejde.
- August Laskus: Hölzerne Brücken.
- A. Ostenfeld: Teknisk Elasticitetslære.
- A. Ostenfeld: Jærnkonstruktioner.

Ferdinand Schleicher: Taschenbuch für Bauingenieure.
 Edward S. Sheiry: Elements of Structural Engineering.
 Hans Stolper: Bauen in Holz.
 W. Stoy u. F. Fonrobert: Holz-Nagelbau.
 E. Suenson: Byggematerialer 2. Bind.
 Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Stahl im Hochbau.
 J. G. Wattjes: Constructie van gebouwen. Deel X.

Horsens i august 1949.

Georg Rasmussen

Forord til 2. udgave

Denne 2. udgave af »Træ og Staal« er bragt i overensstemmelse med de danske trænormer, DS 413, der blev udgivet i 1954. Da visse afsnit indenfor såvel træ- som stålkonstruktionerne er betydeligt udvidet og omskrevet, er det ikke muligt at anvende 1. og 2. udgave sideløbende i undervisningen.

Under omskrivningen af bogens 1. kapitel om træets tekniske egenskaber har jeg fundet støtte i Ole Glarbos bog om træ. Endvidere har den norske forsøgsrapport om bolte med indlæg, udgivet af »Institut for stålbroer og stålkonstruksjoner og trekonstruksjoner, Norges tekniske Høgskole« ved Aksel Andersen og Hans Granum samt Bygningsstatiske Meddelelser, udgivet af Dansk Selskab for Bygningsstatik, hæfte 2, 1953: Jørgen Nielsen: »Ekscentrisk belastede træ søjler« været mig en stor hjælp ved omarbejdelsen af bogens tilsvarende afsnit.

For ikke at fordyre bogen mere end højst nødvendigt, er det gamle klichémateriale blevet brugt i så stor udstrækning, som det har været muligt, selv om denne udgave ellers foreligger trykt i den nye retskrivning af 1948.

Henvisninger til statikken og elasticitetslæren er til 1. del af A. Lieps lærebog for Ingeniørskolen i Horsens, 4. udgave, og henvisninger til »Teknisk ståbi« er til 6. udgave

Horsens i juni 1956.

Georg Rasmussen

Indholdsfortegnelse

1. Træets tekniske egenskaber

101	Træet som byggemateriale	17
	Træets gode egenskaber:	
	1. Bearbejdighed	17
	2. Rumvægt	18
	3. Sejghed	22
	4. Dimensioner	23
	Kvalitetsbestemmelser og kvalitetsfordringer	30
	5. Styrke og elasticitet i forhold til vægt	31
	Træets mindre gode og dårlige egenskaber:	
	1. Struktur	33
	2. Svind og udbulning	34
	3. Kløvelighed	35
	4. Brændbarhed	36
	5. Skadedyr og svamp	36
102	Træets konservering	37
103	Grundlaget for styrkeberegning	41
	Resultater af udførte forsøg	47
	Tilladelige spændinger	50
	Særlige forhold vedrørende bøjning	51

2. Stålets tekniske egenskaber

201	Stålet som byggemateriale	56
	Stålets træarbejdslinie	58
	Stålets trykarbejdslinie	60
	Stålsorter	61
	Tilladelige spændinger	65
202	Stålets særlige forhold under rene bøjningspåvirkninger	69
203	Stålets handelsformer	70

3. Hovedelementerne og deres beregning

301	Trækstænger	72
302	Trækstængers beregning	75

303	Dimensionering af trækstænger under hensyn til svækkelsen af nitte- og boltehuller	77
304	Trykstænger og søjler	83
305	Korte søjler	83
306	Tværsnitskonstanten ζ	85
307	Dimensionering af trykstænger under hensyn til svækkelsen af nittehuller	86
308	Slanke søjler	88
309	Beregning af sammensatte stålsøjler	93
310	Beregning af afstanden c mellem udfyldningsstykker i sammensatte søjler	96
311	Beregning af sammensatte træ søjler	100
312	Spændingsbestemmelse i centralt belastede søjler	106
313	Eksempler på beregning af træ søjler	111
314	Eksempler på beregning af stålsøjler	126
315	Støbejernssøjler	138
316	Beregning af støbejernssøjler	140
317	Eksempler på beregning af støbejernssøjler	142
318	Ekscentrisk påvirkede stålsøjler	144
319	Eksempler på beregning af ekscentrisk påvirkede stålsøjler	151
320	Ekscentrisk påvirkede træ søjler	161
321	Eksempler på beregning af ekscentrisk påvirkede træ søjler	165
322	Konstruktioner påvirket til ren bøjning:	
01.	Styrke og stivhed	171
	Fremgangsmåde ved beregning af konstruktioner påvirket til ren bøjning	177
	Dimensionering	177
	Spændingsbestemmelse	179
	Taleksempler med ringe hvilende belastning	179
	Taleksempler med stor hvilende belastning	182
	Svækkede bjælketværsnit	186
02.	Forskydning i massive bjælker	189
323	Konstruktioner påvirket af momenter i forbindelse med normalkræfter efter formelen $\sigma = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W}$	198
324	Skæv bøjning	206
	Tagåse	206
	Indlægning af charnierer i cantileverdragere	211
	Sammenkoblede åse	219
	Beregning af charnierforbindelsen	242
325	Stabilitetsproblemer for massive bjælker:	
01.	Kroppladens sikkerhed mod foldning ved:	
a)	Forskydningsspændinger alene	245
b)	Ren bøjning	249

c)	Samtidig bøjning og forskydning	251
02.	Bjælkens sikkerhed mod kipning og trykflangens sikkerhed mod foldning:	
a)	Momentpåvirket, simpelt understøttet bjælke	253
b)	Simpelt understøttet bjælke med en enkeltkraft på midten	257
c)	Simpelt understøttet bjælke med jævnt fordelt belastning	259
	Praktiske regler for stabilitetsundersøgelser ved kipning og trykflangens foldning	260
4. Elementernes samling		
<i>A. Trækstruktioner</i>		
401	Forsatte	263
	Fremgangsmåderne ved beregning af enkeltforsatte:	
	A-metoden	266
	B-metoden	268
	Eksempel på beregning af enkeltforsats	272
	Dobbeltforsats	279
	Enkeltforsats forstærket ved påsætning af halvtømmer	283
	Enkeltforsats forstærket ved påsømning af sidelasker	284
	Enkeltforsats med tømmerstykke over trækbjælken	287
	Enkeltforsats forstærket ved indlægning af samlejern i den lange forsatsflade	289
	Speciel udformning ved indbygning af profiljern	290
402	Træsamlingshjælpemidler og deres beregning:	
a)	Lim	293
	Beregning af limfuger	296
b)	Jernelementer som:	
1.	Søm:	
	Materialet	300
	Dimensioner	300
	Søm påvirket til optræk	301
	Søms bæreevne i »Forskydningsforbindelser«	302
	Sømafstande og konstruktionsregler	306
	Eksempler på dimensionering af sømsamlinger	311
2.	Stålstifter eller dorne:	
	Beregningsgrundlaget for 1-snits dorne	316
	Beregningsgrundlaget for 2-snits dorne	317
	Konstruktive regler	320
	Eksempler på dimensionering af dornsamlinger	320
3.	Bolte:	
	Beregningsgrundlaget	323
	Konstruktive regler	326

Eksempler	328
4. Bolte med indlæg:	
Bulldogplader	332
Gitterklør	339
»Stjerne«-samlejern	344
Eksempler på beregninger med bulldogplader, gitterklør og	
»stjerne«-samlejern	347
Ringe uden tænder (splitringe)	350
Ringe med tænder (alligatorringe)	353
c) Træelementer:	
Låse	355
Rektangulære låse	355
Langlåse og tandlåse	356
Beregning af låsene	357
Eksempel på beregning af langlåse	358
Tværlåse og kilelåse	360
Beregning af tværlåse i vandbygningen	361
Eksempler på beregning af tværlåse	362
Runde trælåse	365
<i>B. Stålkonstruktioner:</i>	
403 <i>Nitteforbindelser:</i>	
1. Niternes form og dimensioner	368
2. Nittematerialet	368
3. Niternes påvirkning	369
4. Beregningsmetoden	372
5. Indirekte nitning	376
6. Ekscentrisk påvirkede nittegrupper	378
7. Praktiske regler	380
404 <i>Bolteforbindelser:</i>	
1. Pasbolte	386
2. Uafdrejede bolte	386
3. Charnierbolte	387
405 <i>Svejsesforbindelser:</i>	
1. Svejsemetoderne	388
2. Svejsesømmenes form	391
3. Praktiske regler	395
4. Beregningsmetoden	397
5. Konstruktionernes påvirkning	
501 <i>Belastninger:</i>	
1. Egenvægt	406
2. Nyttelast	407

3. Sne	409
4. Vind	409
5. Specielle påvirkninger	414
502 <i>Stabilitetsberegninger for den samlede konstruktion:</i>	
Særlige stabilitetsbestemmelser	415
Almindelige stabilitetsundersøgelser	416
Friktionskoefficienter	417
Eksempel på stabilitetsundersøgelser for et hovedspærfag	418
Fortegnelse over eksempler	421
Index	427

Fortegnelse over hyppigt anvendte specielle bogstavsymboler

a	= en svejse søms tykkelse <i>eller</i> den halve sammenkoblingslængde i sammenkoblede åse <i>eller</i> langlåsens længde (parallel med fibre) <i>eller</i> tværlåsens længde (vinkelret på fibre) <i>eller</i> et kvadrats sidelinie <i>eller</i> afstand fra mellemunderstøtning til charnier <i>eller</i> antal sømrækker <i>eller</i> afstand mellem kropafstivninger.
$a_1 a_2 a_3 a_4 a_{\varphi}$	= minimumsafstande ved gitterkløer m. m.
b	= tværsnits bredde <i>eller</i> forsatsbredde <i>eller</i> antal søm i en række <i>eller</i> afstand fra understøtning til charnier <i>eller</i> flangebredde <i>eller</i> indv. fligbredde ved vinkeljern.
c	= afstand mellem udfyldningsstykker i sammensatte søjler.
c_m	= koefficient i vindbelastning (vind + sugning).
d	= boltediameter <i>eller</i> nittediameter <i>eller</i> dorndiameter <i>eller</i> indvendig diameter i støbejernsrør <i>eller</i> kroptykkelse.
e	= ekscentricitet (en normalkrafts afstand fra et tværsnits tyngdepunktslinie).
f	= pilhøjde i en søjles udbøjningslinie.
g	= hvilende last (egenvægt), ensformigt fordelt pr. længde- eller arealenhed.
h	= tværsnits højde <i>eller</i> tværlåsens højde (parallel med låsens fibre) <i>eller</i> indlæggets højde.
h_o	= kroppladens højde.
h_t	= teoretisk bjælkehøjde = afstand mellem træk- og trykresultanten i spændingsdiagrammet ved ren bøjning.
i	= inertiradius = $\sqrt{\frac{I}{F}}$
i_{min}	= mindste inertiradius = $\sqrt{\frac{I_{min}}{F}}$
k	= $\frac{r_{\theta}}{\sin^2 \theta}$ er en koefficient ved forsatsberegning efter B-metoden.
k_1 og k_2	= koefficienter i stabilitetsproblemer for massive bjælker.
k_n	= variabel nedbøjningskoefficient.
l	= søjlers fri længde <i>eller</i> bjælkens spændvidde <i>eller</i> fortræets længde foran en forsats.

l_1 og l_2	= fortræets længde foran forreste og bageste forsats i dobbeltforsats <i>eller</i> afstand mellem momentnulpunkter i en bjælke.
m	= antal mellemliggende plader (indirekte nitning) <i>eller</i> midtertræets tykkelse.
n	= sikkerhedsfaktor <i>eller</i> antal.
n_1 og n_2	= sikkerhedsfaktorer fra stålnormerne.
p	= bevægelig nyttelast, ensformigt fordelt pr. længde- eller arealenhed.
p_m	= $c_m \cdot q_v$
q	= $p + g$.
q_v	= vindenergi pr. volumenenhed.
r	= tilladelig trækspænding.
r_E	= tilladelig søjlespænding (Euler);
r_b	= tilladelig bøjningsspænding.
r_{bs}	= tilladelig bøjningsstivhedsspænding.
r_f	= tilladelig forskydningspænding.
r_h	= tilladelig trykspænding på hulrand.
r_o	= tilladelig trykspænding (for træ parallel med fibre).
r_s	= tilladelig søjlespænding.
r_{θ}	= tilladelig trykspænding skråt på fibre.
$r_{\perp} = r_{90}$	= tilladelig trykspænding vinkelret på fibre.
s	= skrålængde i sømberegning <i>eller</i> en bjælkes spændvidde i kipningsproblemer <i>eller</i> indlæggets sidelinie.
s_g	= sikkerhedsgrad mod glidning.
s_l	= sikkerhedsgrad mod løftning.
s_v	= sikkerhedsgrad mod væltning.
t	= indsnytsdybde ved langlås <i>eller</i> forsatsdybde <i>eller</i> trætykkelse <i>eller</i> plade- og godstykkelse <i>eller</i> flangetykkelse.
t_1 og t_2	= forreste og bageste forsatsdybde ved dobbeltforsats <i>eller</i> pladetykkelser ved nitteberegning.
u	= svækkelse i % af det fulde tværsnitsareal.
v	= almindelig vinkelbetegnelse.
$v_1 v_2 v_3 v_4$	= vinkelbetegnelser ved forsatsberegning.
x_1 og x_2	= afstand til neutral akse ved ren bøjning.
x_{\perp}	= nedbøjning vinkelret på et tværsnits x -akse.
y	= afstand fra neutral akse til et fiberlag ved ren bøjning <i>eller</i> nedbøjning.
y_{\perp}	= nedbøjning vinkelret på et tværsnits y -akse.
z	= afstanden mellem to U-NP, der vender ryg mod ryg (), for hvilken $I_x = I_y$, <i>eller</i> afstand mellem to uligeformede vinkeljern , for hvilken de to hovedinertimomenter er ligestore.
$\frac{l}{i}$	= slankhedsforhold.

$hu_b = \frac{\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}}{\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{kr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{kr}}\right)^2}}$ = beregningsstørrelse ved stabilitetsberegning for massive bjælker.

A = hulrandsareal af splitring i et træstykke.
 B = udv. fligbredde ved vinkeljern.
 B_1 = eet søms bæreevne.
 C = hovedspærfags samlede egenvægt eller trykresultant ved ren bøjning.
 D = udvendig diameter i støbejernsrør eller søms sidelinie eller gitterkloens sidelinie.
 E = elasticitetskoefficient.
 F = tværsnitsareal.
 $F_o = \frac{P}{r_o}$
 F_{fuldt} = fuldt tværsnitsareal.
 F_{nytt} = nyttigt tværsnitsareal.
 $F_{nødv}$ = nødvendigt tværsnitsareal.
 G = total egenvægt eller glidningsmodulus, eller splitringens bidrag til kraftoverføring.
 H = horisontalt virkende kraft.
 I = inertimoment.
 I_{fuldt} = fuldt inertimoment.
 I_{min} = mindste inertimoment.
 I_{nytt} = nyttigt inertimoment.
 $I_{nødv}$ = nødvendigt inertimoment.
 $I_v = \frac{2}{3} \cdot b \cdot t^3 + \frac{1}{3} \cdot h_{Krop} \cdot d^3$ = vridningsinertimoment ved kipningsproblemer for stålbjælker.
 I_x, I_y, I_ξ, I_η = inertimomenter om x -, y -, ξ - eller η -akser.
 $I_{B\beta j}$ = nødvendigt inertimoment i styrkekrav ved ren bøjning.
 I_{Stiv} = nødvendigt inertimoment i stivhedskrav ved ren bøjning.
 K_x og K_y = kraftkomponenter.
 L = en sammensat søjles totale længde eller en cantileverdragernes samlede byggelængde.
 M = bøjende moment.
 M' = momentet i et punkt på en konjugeret bjælke med momentfladen som belastning.
 M_p = bøjningsmoment for bevægelig last.
 M_q = bøjningsmoment for totallast.
 M_s = stabiliserende moment.
 M_x og M_y = bøjende momenter omkring henholdsvis x - og y -aksen.
 M_v = væltende moment.
 M_R = resulterende moment.
 M_o = moment i en simpelt understøttet bjælke.

M_1 = positivt moment i en cantileverdrager.
 M_2 = negativt indspændingsmoment i en cantileverdrager.
 ΔM = momenttilvækst.
 N = normalkraft eller komponenter ved forsatsberegning ($N_1 \cdot N_2 \cdot N_1'$ og N_1'') eller antal nittehuller.
 $N_{nødv}$ = nødvendigt antal.
 O = tyngdepunkt.
 P = bæreevne eller total nyttelast eller enkeltkraft eller stangkraft.
 P_g = kraft stammende fra egenvægt.
 P_s = kraft stammende fra snebelastning.
 P_v = kraft stammende fra vindtryk og sugning.
 P_B = brudlast.
 $P_{\bar{B}}$ = en slank søjles brudlast.
 $P_{\perp AB}$ og $P_{\perp BC}$ = kraftkomponenter ved forsatsberegning.
 P_φ = tilladelig påvirkning skråt på fibre for dorne, bolte og bolte med indlæg.
 $P \cdot c_1$ = kipmoment i rektangulære låse.
 Q = tværkraft.
 $Q \cdot c_2$ = reaktionsmoment til kipmoment i rektangulære låse.
 R = resultant.
 S = statisk moment eller stangkraft.
 $St.$ = stål.
 T = trækresultant ved ren bøjning.
 T_P, T_M og T_R = kraftpåvirkninger på en nitte ved ekscentrisk påvirkede nittegrupper.
 V = vertikalt virkende kraft.
 W = modstandsmoment.
 W_{nytt} = nyttigt modstandsmoment.
 W_1 = reduceret modstandsmoment for behugningsgrad.
 W_M = modstandsmoment i midtersnit.
 W_R = modstandsmoment i rodsnit.
 W_T = modstandsmoment i topsnit.
 $W_{B\beta j}$ = nødvendigt modstandsmoment i styrkekrav ved ren bøjning.
 W_{Stiv} = nødvendigt modstandsmoment i stivhedskrav ved ren bøjning.
 W_x og W_y = modstandsmomenter omkring henholdsvis x - og y -aksen.
 W_x^e og W_y^e = nyttigt modstandsmoment omkring x -aksen gældende for punkt e .
 ΔW_y og ΔW_x = formindskelser i modstandsmomenter.

★

α = vinkel mellem tømmerstykker ved forsatsberegning.
 β = bøjningsstivhedskoefficient.
 γ = reduktionsfaktor ved sammensatte trykstænger af træ eller reduktionsfaktor foran momentleddet i ekscentrisk påvirkede stålsøjler for at bringe spændingerne på samme basis.

- ε = forlængelse *eller* forkortelse pr. længdeenhed.
 ζ = en tværsnitskonstant = $\frac{F^2}{I} = \frac{F}{i^2}$
 η = tyngdepunktsafstand ved vinkeljern.
 Θ = den spidse vinkel mellem snitplanet og fibrene.
 δ = friktionskoefficient.
 κ = en materialkonstant = $\frac{10^4 \cdot \sigma_B^c}{4 \cdot \pi^2 \cdot E}$
 μ = $\frac{\kappa \cdot \zeta \cdot l^2}{E_{nytt}}$ = forholdet mellem stivhedstillægget og det nyttige tværsnitsareal.
 ξ = tyngdepunktsafstand ved vinkeljern.
 σ = spænding.
 σ_{kr} og σ_{kr}' = kritiske bøjningsspændinger ved stabilitetsproblemer for massive bjælker.
 σ_h = trykspænding på hulrand.
 σ_1^t og σ_2^t = trækspændinger.
 σ_1^G og σ_2^G = trykspændinger.
 $\sigma_B^b = \sigma_B$ = bøjningsbrudspænding.
 σ_B^c = trykbrudspænding for træ *eller* trykflydespænding for stål.
 σ_B^f = forskydningsbrudspænding.
 σ_B^h = træets hulrandsbrudstyrke.
 σ_B^t = trækbrudspænding.
 σ_E = en slank søjles brudspænding for central påvirkning.
 σ_F = flydespænding.
 σ_K = søjlers brudspænding (knækspænding) for central påvirkning.
 σ_M = bøjningsspænding = $\frac{M}{W}$
 σ_N = normalspænding = $\frac{N}{F}$
 σ_P = spænding ved proportionalitetsgrænse.
 σ_{Pa} = trykflangens brudspænding ved kipning.
 σ_R = resulterende spænding.
 σ_{Rn1} = resulterende spænding ved udførelse af sikkerhedsfaktoren n_1 .
 τ = forskydningspænding.
 τ_{kr} = kritisk forskydningspænding ved stabilitetsproblemer for massive bjælker.
 τ_{\neq} = tilladelig forskydningspænding parallel med træfibrene.
 τ_F = flydespænding for forskydning.
 φ = vinkel mellem hovedakse og krop for Z-jern *eller* vinkel mellem kraftretning og fibre.
 ψ = vinkel mellem kraftlinien og ξ -aksen ved Z-jern.

Fortegnelse over eksempler

E 301	Trækstang af rundjern	76
302	Trækstang af grantræ	77
303	Trækstang af 2 stk. vinkeljern	79
304	Trækgitterstang i en stålbro	80
305	Sammensat trækstang af fyrretræ	82
306	Sammensat centralt belastet søjle af 2 stk. ligeflignede vinkeljern	93
307	Centralt belastet søjle af grantræ	111
308	Centralt belastet søjle af egetræ	112
309	Centralt belastet søjle af fyrretræ i belastningstilfælde II ..	112
310	Bestemmelse af bæreevnen for en træ-søjle sammensat af to stk. $3\frac{1}{2}'' \times 6''$ fastsammenboltet mod hinanden	113
311	Centralt belastet træ-søjle af 2 flanger med en gennemgående krop i sømmet udgave	115
312	Bestemmelse af bæreevnen for den i E 311 dimensionerede søjle, såfremt flangerne limes på kroppen	117
313	Centralt belastet sammensat træ-søjle efter <i>Gaber-metoden</i> , limede tværplader	118
314	Centralt belastet sammensat træ-søjle efter <i>Gaber-metoden</i> , sømmede tværplader	121
315	Centralt belastet sammensat træ-søjle efter <i>Gaber-metoden</i> , sømmede udfyldningsklodser	123
316	Centralt belastet søjle af dip-profil (parabelområdet)	126
317	Centralt belastet søjle af dip-profil (eulerområdet)	127
318	Centralt belastet søjle af I NP, bestemmelse af bæreevnen	128
319	Centralt belastet søjle af 2 stk. uligeflignede vinkeljern i T-form (parabelområdet)	128

320	Centralt belastet søjle af 2 stk. uligeformede vinkeljern i T-form (eulerområdet)	130
321	Centralt belastet søjle af 2 stk. U-jern:	
	1. Jernene nittet tæt sammen ryg mod ryg	131
	2. Jernene samlet i 10 mm afstand	133
	3. Jernene samles i så stor afstand, at de to hovedinertimomenter er lige store	133
322	Beregning af et INP som søjle med uvæsentlig ekscentricitet	135
323	Trykgitterstang af 4 stk. uligeformede vinkeljern i en jernbanebro	136
324	Bestemmelse af bæreevnen for et 2" damprør anvendt som søjle	137
325	Centralt belastet søjle af støbejerns mufferrør	142
326	Centralt belastet søjle af massiv støbejern	143
327	Beregning af en støbejernssøjles tilladelige bæreevne	144
328	Ekscentrisk påvirket stålsøjle af et dip-profil	151
329	Ekscentrisk påvirket stålsøjle af 2 stk. ligeformede vinkeljern	154
330	Bjælkesøjle af dipex-profil	155
331	Dimensionering af et rammeben som dip-profil	157
332	Dimensionering af en stålsøjle med ekscentrisk påvirkning i forhold til begge hovedakser	158
333	Ekscentrisk påvirket træ søjle af heltømmer	165
334	Momentpåvirket træ søjle	167
335	Dimensionering af et spær påvirket af en tryknormalkraft og et bøjende moment	169
336	Stålbjælke dimensioneret for styrke og stivhed	172
337	Bestemmelse af β i en indspændt bjælke påvirket af en trekantformet belastning	176
338	Træbjælke dimensioneret for styrke og stivhed	179
339	Stålbjælke dimensioneret for styrke og stivhed	180
340	Stålbjælke dimensioneret for styrke og stivhed	181
341	Dimensionering af et træbjælkelag	182
342	Dimensionering af et stålbjælkelag	183
343	Dimensionering af et bræddegulv	185

344	Stålbjælke (INP) undersøgt for forskydning	189
345	Forskellige stålbjælker dimensioneret efter styrke-, stivheds- og forskydningskrav	191
346	Træbjælke undersøgt for forskydning	195
347	Træbjælke dimensioneret efter styrke-, stivheds- og forskydningskrav	195
348	Ekscentrisk påvirket trækstang	198
349	Beregning af sekundært spær	201
350	Trækstang af 1 stk. ligeformet vinkeljern påvirket af moment	203
351	Fladjern nittet ensidigt på en knudeplade	203
352	Tagås af træ	206
353	Tagås af træ som cantileverdrager	216
354	Nedbøjning af tagås som cantileverdrager	217
355	Sammenkoblet ås	221
356	Tagås af stål	225
	1. Åsen vinkelret på tagfladen	225
	2. Åsen anbragt med lodret stillet krop	227
	3. Åsen som cantileverdrager	228
	4. Åsen udført af Z-jern som cantileverdrager	232
	A. Z-jernet stillet med kroppen vinkelret på tagfladen	234
	B. Z-jernet stillet med y -aksen lodret	239
	Beregning af charnierforbindelsen	242
357	Undersøgelse af kroppladens foldning ved forskydning i stålbjælke af INP	247
358	Undersøgelse af kroppladens foldning ved forskydning i en pladejernsdrager	247
359	Undersøgelse af kroppladens foldning ved ren bøjning i en dimel	251
360	Undersøgelse af kroppladens foldning ved bøjning og forskydning samtidig	252
361	Undersøgelse af en brobjælkes kipning, når belastningen kun er momenter over understøtningerne	257
362	Undersøgelse af en brobjælkes kipning, når belastningen er en enkeltkraft på midten	258

363	Undersøgelse af en brobjælkes kipning, når belastningen er jævnt fordelt	259
364	Eksempel på anvendelse af de praktiske regler til undersøgelse af kipning og trykflangens foldning	262
401	Enkeltforsats med blikindlæg	272
	Undersøgelse af det svækkede tværsnit	277
402	Enkeltforsats uden blikindlæg	274
403	Dobbeltforsats	281
404	Enkeltforsats med påsat halvtømmer på siderne	283
	Enkeltforsats med påsømmede sidelasker	284
405	Enkeltforsats med tømmerstykke over trækbjælken	287
406	Enkeltforsats med bolt og samlejern	289
407	Enkeltforsats med indbygning af profiljern	290
408	Limet, kasseformet bjælke af grantræ	298
409	Beregning af søm til optræk	302
410	Beregning af en sømmed knudepunktssamling	311
411	Beregning af en sømmed klampe i en jernbetonforskalling	315
412	Trækforbindelse med dorne	320
413	Beregning af en dorrsamling, hvor træstykkerne står vinkelret på hinanden	321
414	Trækforbindelse med 2-snits bolte	328
415	Trækforbindelse med 1-snits bolte	329
416	Beregning af en skrå boltesamling	329
417	Beregning af en boltesamling, hvor træstykkerne danner 90° med hinanden	330
418	Trækforbindelse beregnet med bolte og indlæg	347
419	Beregning af knudepunkt over lejeunderstøtning (gitterkløer)	347
420	Beregning af knudepunkt (»stjerne«-samlejern)	349
421	Trækforbindelse med bolte og splitringe	353
422	Trækstød med langlåse	358
423	Træksamling med tværlåse	362
424	Samling af en pælebuk	363
425	Trækstød med forskydningsdybler	366
426	Nittet knudepunktsforbindelse	373

427	Nittet trækstød	375
428	Indirekte nitning	376
429	Indirekte nitning	377
430	Ekscentrisk påvirket nittegruppe	379
431	Beregning af en charnierbolt	388
432	En trækstang bestående af 2 stk. fladjern skal befæstes ved svejsning til kroppen af et afskåret dip-profil	400
433	Svejst samling med knudeplade	401
434	T-jern fastgjort ved svejsning til knudeplade	402
435	En bjælke af I-NP stødt ved sammensvejsning	404
501	Stabilitetsundersøgelser for et tagværk	418

Index

- A**cetylsvejsning, 390
Alligatorringe, 353-355
Andersen, Aksel, 337
Antracenolie, 38
Antændelighed, træets, 36
Arbejdslinier, stålets, 59, 60
-, træets, 42, 52
Arbejdsligningen ved virtuelt arbejde
for forskydning, 192-197
- B**ach, v., 161, 162
Bakelit, 296
Barkkant, 26
Battens, 30
Baumann, 47, 53
Bauschinger, 42
Bearbejdighed, træets, 17
Behøringsgrader, 27
Belastninger, 406-415
Belastningstilfælde 1 og 2 for stål, 66
- I og II for træ, 48
Beregningstomme, 23
Bernardo, 389
Bjælke, skrå, 199-201
Bjælkesøjler, 144-170
Bjælketværsnit, svækkede, 186-188
Boards, 30
Bolte, 322-331
-, beregningsgrundlaget, 323-326
-, konstruktive regler, 326-328
- med indlæg, 331-355
-, uafdrejede, 386
Boltecharnier, 242
- Bolteforbindelser i stålkonstr., 386-388
Boliden-impregnering, 40
Bolidensalt, 39
Bomkant, 26
Bongossidybler, 366
Bonitet, veddets, 21
»Bord«, 29
Brandbarhed, træets, 36
Brudspændinger, stålets, 60
-, træets, 47
Brystforsats, 279
Brædder, 29-30
Bufobrickor, 332
Bulldogplader, 332-339, 347
Bulldogsamlingers bæreevne, 336-338
Burnetts metode, 39
Bøjning, konstruktioner påvirket til ren,
171-186
-, skæv, 206-245
-, særlige forhold vedrørende stålets, 69
-, - - - træets, 51
Bøjningsdybler, 355, 365-366
Bøjningsformlen 51, 171
Bøjningstivhedsspænding, 178
- C**antileverdragere, 210-217
Carbomal, 39
Charnierbolte og deres beregning, 387-388
Charnierforbindelse i stål, beregning af,
242-243
Charniersamling i stål, 242
- i træ, 217
Cuprinol, 39

- D**eals, 30
 Dimensioner, brædder og planker, 30
 -, tømmer, 28-29
 Dobbeltforsats, 279-283
 Dorne, 316-322.
 Dorne, konstruktive regler for, 320
- E**fterårsved, 17 og 33
 Egenvægt, 406-407
 Egetommers dimension, 29
 Ekscentrisk påvirkede nittegrupper, 378-380
 - - stålsøjler, 144-160
 - - træsjøler, 161-170
 Ekstrabehugning 1 og 2, 27
 Elasticitetskoefficient, stålets, 89
 -, træets, 42, 43, 44
 Elastisk eftervirkning, 44
 Elektroder, 389
Engelund, Anker, 74, 369
 Enkeltforsatse, A-metoden, 266
 -, B-metoden, 268
 Eulerformlen, 88, 89
 Eulertilfælde, de fire, 91
- F**irkantet tømmer, 24
 Fluorforbindelser, 39
 Fluorsalte, 39
 Fluralsil, 39
 Flydegrænse, stålets, 60
 Foldning af kroppladen, 245
 - - trykflangen, 253
 -, træets, 43, 54, 163
 Forsats med bolt og samlejern, 289-290
 - indbygning af profiljern, 290-293
 - påsat halvtømmer, 283-284
 - saddeletræ under bjælken, 288
 - sko på bjælken, 288
 - sømmede sidelasker, 284-287
 - tømmerstykke over trækbjælken, 287-288
 Forsatsdybde, største, 268
- Forsatse, 263-293
 Forsatse, svækkede tværsnit af, 277-278
Forsell, 332
 Forskydning i massive bjælker, 189-197
 Forskydningsdybler, 355, 366-367
 Forvedningsgrad, træets, 19
 Forårsved, 17, 33
 Friktion ved nitning, 372
 Friktionskoefficienter, 417
 Fugtighedsgrad, træets, 19
 Fuldtømmer, 25
Föppl, 44
- G**aber, 101, 102
 Gabers metode, 102-103
 - -, eksempler, 118-125
 Gassvejsning, 390
Gattnar, Anton, 335
 Gennemimprægning, 38
 Gerberdragere, 210-217
 Gitterkløer, 339-343, 347-349
 -, minimumsdimensioner på træet og minimumsafstande, 341-343
 Gitterkløers bæreevne, 340-341
 Glidning, 417-419
Granum, Hans, 337
Graf, 27, 73
- H**alasz, 335
 Halssnit, 395
 Handelsbaustahl (*DIN 1612*), 62
 Handelsdimensioner, træets, 28
 Handelsformer, stålets, 70
 Halvtømmer, 25
 Hegnspæle, 37
 Heltømmer, 25
Hencky, 251
 Hjørnesamlinger, 391, 392, 393
Hookes lov, 42, 51
Hornemann, 42
 Hovedakser, 94
Huber, 251

- Hurtighæder, 295
 Hælforsats, 279
 Hærdevædske, 295
 Hårdhed, veddets, 17
- I**-sømme, 391
 Imprægnering, 38
 Imprægneringsvædske, 38
 Indirekte nitning, 376-378
 Indpresningskraft for alligatorringe, 354
 - - bulldogplader, 334
 - - gitterkløer, 340
 - - stjerne-samlejern, 344
 Inertiradius *i*, 98
 Isteg-jern, 61
- J**anka, G., 17
 Jernlåse, 290-292, 358
Johansson, 353
 Johnsonsparabel, 107
- K**-sømme, 392
 Kamstål, 63
 Kantsømme, 391, 392-394, 398
 Karbolineum, 38
 Kaseinlim, 294
 Kauritlim, 295
 Kilelåse, 355, 360
 Kipning, 253-262
Kjellberg, 389
 Klembolte, 356
 Kløvelighed, træets, 35
 Kobbersulfat, 39
 Kobbersæber, 39
 Kobbervitriol, 39
 Konservering, træets, 37
 Kraftlinier ved forsats, 277
 - - Z-jern, 232, 233
 Kreosotolie, 39
 Kritisk bøjningsspænding, 249
 - forskydningssspænding, 246
 - moment, 253
- Kroppladens sikkerhed mod foldning, 245-253
 Krydstømmer, 25
 Kugletrykprøve, 17
 Kvalitetsbestemmelser, 30-31
 Kvalitetsfordringer, 30-31
 Kvalitetsstål, 62
 Kviksølvklorid, 39
- L**aboratoriet for Bygningsstatik, 58
Land, R., 233
 Langlåse, 355, 356
 Langtidsforsøg med træ, 44, 45
 Lim, 293-299
 Limforbindelsernes anvendelsesområde, 298
 Limfuger, beregning af, 296-299
 Lodretsvejsning, 395
 Lysbuesvejsning, 389
 Længdesømme, 392, 393
 Løftning, 417-419
 Låse, 355-367
 -, beregning af, 357-358
 Låseklods, 364, 365
- M**aling, 37
 Marvskårne planker, 25
 Materialkonstanten κ , 84
Mises, 251
 »Mjølner«, 339
 Moment i forbindelse med normalkraft, 198-205
Möhler, 101
- N**edbøjningskrav, 171
Nielsen, Jørgen, 161, 164
 Nitteafstande, maksimum, 383
 -, minimum, 382-383
 Nittediameter, valg af, 380
 Nitteforbindelser, 367-386
 Nittegrupper, ekscentrisk påvirkede, 378-380

- Nitteliniens beliggenhed, 384
 Nittematerialet, 368
 Nittens form og dimensioner, 368
 Nitter, 367-386
 Nitter, praktiske regler, 380-386
 Nitternes beregningsmetode, 372-375
 - praktiske anordning, 383-384
 - påvirkning, 369
 Nittesignatur, 385
 Normalstang, 57
 Normprøver for stål, 57, 58, 61, 62
 Nyttelast, 407-408
 Næseplade, 71
- ⊙pskæring, stammens, 24
Ostenfeld, A., 83, 233
 Ostenfelds formel, 83
 Ovennedsvejsning, 395
 Overfladeimprægnering, 38
 Overlapsamling, 393
- ∥parallelnitning, 384
 Pasbolte, 386
 Planker, 29-30
 Plankor, 30
 Plansamlinger, 391-392
 Pommersk fyr, 28
 Proportionalitetsgrænse, stålets, 60
 -, træets, 42
 Pulsatorforsøg, 48, 63
 Pælebuk, beregning af, 363-365
 Påvirkninger, specielle, 414
- ⊞ammeben, beregning af, 92, 197
 Rektangulære låse, 355-356
 Ringe med tænder, 353-355
 - uden tænder, 350-353
Roß-Eichinger, 60
 Rumvægt, træets, 18, 20, 22
 Rumvægtens bestemmelse, 21
 Rundtømmer, 24
- Rüpings* metode, 39
 Rånitter, 367-368
- Saddeltræ, 288
Salberg, 353
 Sammenkoblede åse, 219-224
 Sammensatte trykstænger, stål, 93-99, 129-137
 - -, træ, 100-106, 113-125
 - trækstænger, 72-75, 79-83
 Scantlings, 30
Schleicher, Ferd., 369
 Sejghed, træets, 22
 Sekundært spær, beregning af, 199-203
 Sideindsvejsning, 395
 Sikkerhed mod glidning, 417, 418
 - - løftning, 417, 418
 - - væltning, 417, 419
 Sikkerhedsfaktoren, 416
 Skadedyr, 36
 Sko, 288
 Skæv bøjning, 206-245
 Slankhedsforhold, 99, 103
Slavianoff's metode, 389
 Slidsesømme, 392-393
Smitt, Gösta, 339
 Sne, 409
 Snedkerlim, 294
 Splitringe, 350-353
 Spændinger, stålets tilladelige, 67-69
 -, træets tilladelige, 50
 Spændingslinier ved ren bøjning af træbjælker, 52
 Solignum, 39
 Sorteringsregler, 31
 Stabilitetsberegninger for den samlede konstruktion, 415-419
 Stabilitetsbestemmelser, særlige, 416
 Stabilitetsproblemer for massive bjælker, 245-262
 Stabilitetsundersøgelser for et tagværk, 418-419

- Stabilitetsundersøgelser ved kipning og trykflangens foldning, praktiske regler, 260-262
 Statsprøveanstalten, 42, 46, 48, 58
 Stivhedsbøjningsspænding, 172
 Stivhedstillægget, 84
 Stjerne-samlejern, 289, 344-347
 - -, bæreevne, 345, 346
 - -, minimumsafstande og reduktioner, 344
Stoy, 27
 Struktur, træets, 33
 Stukning, træfibrenes, 163
 Stumpsømme, 391-392, 398
 Styrke og stivhed ved ren bøjning, 171
 Styrkeberegning, grundlaget for, 41
 Støbejernssøjler, 138-144
 -, beregning af, 140-142
 -, eksempler, 142-144
 Stålet som byggemateriale, 56
 Stålkonstruktioners belastningstilfælde, 66
 Stålsorter, 61, 64
 Stålstifter, 316-322
 Stålsøjler, centralt påvirkede, eksempler, 126-137
 - -, korte, 83-86
 - -, sammensatte, 93-99
 - -, slanke, 89
 - -, øvelser, 137-138
 -, ekscentrisk påvirkede, 144-160
 - - -, eksempler, 151-160
 - - -, øvelser, 160
 Sugning, 410-414
 Svamp, 37
 Svejseforbindelser, 388-405
 Svejsemetoderne, 388-390
 Svejsestillingerne, 395
 Svejse sømmenes form, 391-395
 - tykkelse, 394
 Svejsning, beregningsmetoden, 397-400
 -, eksempler, 400-405
 -, kontrol af, 390-391
 -, praktiske regler, 395-397
- Svidning, 37
 Svind, træets, 34
 Svækkelser i søjler, 86-88
 - i trækstænger, 77-79
 Særlige stabilitetsbestemmelser, 416
 Søjler, bestemmelse af bæreevnen, 113
 -, centralt påvirkede, 83-144
 -, ekscentrisk påvirkede, 144-171
 -, korte, 83
 -, sammensatte, 93-106, 113-125, 129-137
 -, slanke, 88-91
 -, spændingsbestemmelse, 106-111
 Søm, 300-316
 Sømafstande og konstruktionsregler, 306-310
 Sømbeslag, 40
 Søm dimensioner, 300-301, 304-305
 Sømforbindelsers anvendelsesområde, 310-311
 Søms bæreevne, forskydning, 302-305
 - -, optræk, 301
 - nødvendige længde, 309-310
 - trækbrudgrænse, 300
 Søværnets Prøveanstalt, 58
- ⊞aggbrikkor, system G. S., 339
 Tagowiro-trådlim, 296
 Tagåse, 206-245
Talbot, 48
 Tandlåse, 355-357
Tetmajer, 46, 87, 140
Theodorsen, O., 332
Thurston, 44
 Tilladelige spændinger, stålets, 65-69
 - -, træets, 46-50
Timoshenko, 245-253
 Tømmens størrelse, 24
 Trykarbejdslinie, stålets, 60
 -, træets, 42
 Trykflangens sikkerhed mod foldning, 253
 Trykstænger, se søjler
 Træet som byggemateriale, 17

- Trækarbejdslinie, stålets, 59
 -, træets, 42
 Trækonstruktionernes belastningstilfælde, 48
 Trækstænger, 72-83
 Trækstængers beregning, 75
 Trælåse, runde, 365-367
 Trækstød, limede, 297
 - med forskydningsdybler, 366-367
 - med langlåse, 358-360
 -, nittede, 375, 376-378
 Træsøjler, centraltpåvirkede, eksempler, 111-125
 - -, korte, 83-86
 - -, sammensatte, 100-106
 - -, slanke, 88, 89
 - -, øvelser, 125, 126
 -, ekscentrisk påvirkede, 161-170
 - - -, eksempler, 165-170
 - - -, øvelser, 170-171
 Tværlåse, 355, 361-365
 Tværsnitskonstanten ζ , 85-86
 Tværnitssvækkelser, 26, 27, 77-79, 86-88, 186-188, 277-278, 309
 Tværplader, 73, 74, 104, 105
 Tværpladers dimensionering, 119, 120, 122
 Tværsomme, 392, 393
 Tømmer, firkantet, 24
 Tømmerdimensioner, 29
 Tømmeropskæring, 25
 Tømmersko, 288
- U**-somme, 392
 Uafdrejede bolte, 386
 Udbulning, træets, 35
 Udbulningskraft, træets, 35
 Udfyldningsstykkernes afstand, 96-99, 103
- Udludning, 37-38
 Underlagsplader for bolte, 327
 - - - med bulldogplader, 337
 - - - gitterkløer, 340
 - - - ringe uden tænder, 352
 - - - stjerne-samlejern, 345
 Underopsvejsning, 395
 U. S. Forest Products Laboratory, 47
- V**-somme, 391
 $\frac{1}{2}$ V-somme, 392
 Vankant, 26
 Varmeudvidelse, træets, 36
 Vegning, søms, 308-310
 Vind, 409-414
 Vinkelsamlinger, 391, 392
 Vulstplade, 71
 Væltning, 417, 419
- Wijkander**, 42, 46
Wöhler, 62
- X**-somme, 392
- Y**tterbrickor, 339
- Zerener's** metode, 389
 Zigzagnitning, 384
 Zinkklorid, 39
 Z-jerns åse, 232-241
 Z-kolonnen, 95
- Å**se, 206-245
 - af Z-jern, 232-241
 - sammenkoblede, 219-224
 - som cantileverdragere, 216-218
 Åses nedbøjning, 209-210, 217-218