



Bjarne Chr. Jensen

2. udgave

# Beton- konstruktioner

efter DS/EN 1992-1-1

Nyt Teknisk Forlag

**Beton**konstruktioner  
efter DS/EN 1992-1-1



Bjarne Chr. Jensen

# Beton- konstruktioner

efter DS/EN 1992-1-1

## **Betonkonstruktioner efter DS/EN 1992-1-1**

1. udgave 2008

© Nyt Teknisk Forlag 2008

Forlagsredaktør: Thomas Rump, tr@nyttf.dk

Omslag: Henrik Stig Møller

Omslagsfoto: Thomas Rump

Tegninger Mette Nielsen

Dtp: Gitte Frederiksen

ISBN: 978-87-571-3249-6 (e-bog)

Varenummer: 84016-9

Bogen er sat med Times

Bogen er trykt på 90 g Munken Print 15

*Alle rettigheder ifølge gældende lov om ophavsret forbeholdes.*

*Kopiering fra denne bog må ikke finde sted.*

Nyt Teknisk Forlag

Vigerslev Allé 18

2500 Valby

info@nyttf.dk

www.nyttf.dk

Ekspedition: Erhvervsskolernes Forlag, +45 63 15 17 00

## Forord

Denne lærebog er skrevet til et grundkursus i beregning af betonkonstruktioner. Den er samtidig knyttet til det nye fælles europæiske normsystem, Eurocodes og det er mit og forlagets håb, at en bredere kreds af læsere kan have glæde af bogen.

Bogen indeholder beregningsmetoder fra DS/EN 1992-1-1, men enkelte steder er også medtaget andre veldokumenterede metoder, som jeg vurderer kan være nyttige ved projektering af betonkonstruktioner. Bogen indeholder desuden mange eksempler og opgaver.

I forbindelse med indførelse af Eurocodes i Danmark, har jeg afholdt en del efteruddannelseskurser i DS/EN 1992-1-1 sammen med lektor Henning Laustsen, Ingeniørhøjskolen i Århus, hvilket har givet anledning til mange gode diskussioner, der i forskellig grad er kommet nærværende bog til gode. Omkring Stringermetoden har jeg haft nyttige diskussioner med civilingeniør Erling Møldrup, der bl.a. har stillet figur 12.2 til min rådighed og endelig har jeg haft løbende gode diskussioner med min kollega ved Syddansk Universitet, professor, ph.d. Linh Cao Hoang. Alle tre takkes for de gode diskussioner.

For godt samarbejde ved bogens tilblivelse vil jeg gerne takke Nyt Teknisk Forlag, især forlagsredaktør Thomas Rump.

Syddansk Universitet  
August 2008

Bjarne Chr. Jensen



---

# Indhold

## Symboler 11

<b>1</b>	<b>Materialeegenskaber 15</b>
1.1	Beton 15
1.1.1	Betonsammensætning 15
1.1.2	Trykstyrke 16
1.1.3	Trækstyrke 19
1.1.4	Brudbetingelse ved fleraksede spændingstilstande 20
1.1.5	Trykarbejdslinie og elasticitetsmodul 21
1.1.6	Svind 23
1.1.7	Krybning 27
1.1.8	Varmeudvidelseskoefficient 28
1.1.9	Oversigt 28
1.2	Armering 29
1.3	Miljøforhold 32
1.3.1	Miljøklasser 32
1.3.2	Dæklag 33
1.3.3	Revnevidder 34
<b>2</b>	<b>Beregningsprincipper 35</b>
2.1	Anvendelses- og brudtilstande 35
2.2	Sikkerhed 35
2.2.1	Konstruktioner støbt på stedet 37
2.2.2	Præfabrikerede betonelementers beregning 38
2.2.3	Præfabrikerede betonelementer med funktionsprøvning 39
2.2.4	Statistisk vurdering af bæreevnomodeller 39
2.3	Dimensionering 40
2.3.1	Anvendelsesgrænsetilstanden 40
2.3.2	Brudgrænsetilstanden 40
<b>3</b>	<b>Forankring, stød og konstruktive regler 43</b>
3.1	Forankring og stød 43
3.1.1	Forankring 46
3.1.2	Stød 52
3.2	Minimumsarmering og andre armeringsregler 58
3.2.1	Minimumsarmering af hensyn til revnekontrol 58
3.2.2	Andre armeringsregler 60
3.3	Armeringsafstande 64
3.4	Opgaver 64



<b>4</b>	<b>Bjælker med bøjning og normalkraft</b>	<b>67</b>
4.1	Generelt	67
4.2	Lineærelastiske beregninger	68
4.2.1	Urevnede tværsnit	69
4.2.2	Generelle formler for revnede tværsnit	74
4.2.3	Rektangulære tværsnit	78
4.2.4	T-tværsnit	86
4.2.5	Anvendelsesgrænsetilstande	88
4.3	Brudtilstandsberegninger	103
4.3.1	Bøjning	105
4.3.2	Bøjning med normalkraft	118
4.4	Opgaver	132
<b>5</b>	<b>Bjælker med forskydning</b>	<b>135</b>
5.1	Forskydningsarmerede bjælker	136
5.1.1	Forskydningsteori for forskydningsarmerede bjælker	136
5.1.2	Praktiske beregninger af forskydningsarmerede bjælker	139
5.1.3	Skrå bøjler	156
5.1.4	Afkortet længdearmering	157
5.2	Ikke-forskydningsarmerede bjælker	158
5.2.1	Beregning efter DS/EN 1992-1-1	159
5.2.2	Beregning med stor indflydelse fra buevirkningen	163
5.3	Armering i flanger i T-bjælker	166
5.4	Opgaver	173
<b>6</b>	<b>Vridning</b>	<b>177</b>
6.1	Plane spændingstilstande i skiver	177
6.2	Spændinger fra vridning	181
6.2.1	Tyndvægede tværsnit	181
6.2.2	Massive tværsnit	182
6.2.3	Komplekse tværsnit	183
6.3	Dimensionering for vridning	184
6.4	Kombinerede påvirkninger	187
6.5	Opgaver	194
<b>7</b>	<b>Søjler</b>	<b>197</b>
7.1	Centralt belastede søjler	197
7.1.1	Uarmerede søjler	198
7.1.2	Armerede søjler	200
7.2	Uarmerede excentrisk belastede søjler	204
7.2.1	Uarmerede søjler efter formel i DS/EN 1992-1-1	204
7.2.2	Uarmerede søjler efter elementformlen	208
7.3	Armerede, excentrisk belastede søjler	212
7.3.1	Metode med nominal stivhed	213
7.3.2	Forenklet metode II	221

---

7.4	Toakset bøjning med 2. ordenseffekter	223
7.5	Hensyntagen til excentriciteter	225
7.6	Opgaver	226
<b>8</b>	<b>Støbeskel</b>	<b>229</b>
8.1	Teoretisk bæreevne	229
8.2	Udførelse af støbeskel	231
8.2.1	Fortandede støbeskel	231
8.2.2	Ru, jævne og glatte støbeskel	232
8.3	Støbeskelberegninger i praksis	232
8.4	Særlige forhold ved elementsamlinger	236
8.5	Opgaver	240
<b>9</b>	<b>Koncentrerede belastninger</b>	<b>241</b>
9.1	Gennemlokning	241
9.1.1	Primær kontrolperimeter	242
9.1.2	Bæreevne uden forskydningsarmering	244
9.1.3	Bæreevne med forskydningsarmering	246
9.1.4	Hensyntagen til excentrisk last	249
9.2	Lejetryk	250
9.2.1	Generelt	250
9.2.2	Beregning efter DS/EN 1992-1-1	251
9.2.3	Beregning efter nyere metode	253
9.3	Opgaver	257
<b>10</b>	<b>Kontinuerte bjælker og plader</b>	<b>259</b>
10.1	Kontinuerte bjælker	259
10.2	Indirekte understøttede bjælker	266
10.3	Sammenstøbte bjælker og plader	266
10.4	Enkeltspændte plader	268
10.5	Dobbeltspændte plader	274
10.5.1	En nedreværdimetode	274
10.5.2	Praktisk fremgangsmåde	277
10.6	Opgaver	282
<b>11</b>	<b>Gitteranalogien</b>	<b>287</b>
11.1	Metodebeskrivelse	287
11.2	Konsoller	287
11.3	Generel gitteranalogi	293
11.3.1	Knudepunkter	293
11.3.2	Trækstænger	297
11.3.3	Trykstænger	297
11.3.4	Eksempler på gittermodeller	301
11.4	Opgaver	307