

Dansk  
Standard

DS  
411

Juni 1949

1.udg.

Dansk Ingeniørforenings  
Normer for Bygningskonstruktioner

2. Beton- og jernbeton-  
konstruktioner

Udarbejdet og vedtaget af Dansk Ingeniørforening



Godkendt som Dansk Standard DS 411  
af Dansk Standardiseringsråd

4. oplag (juni 1953)

Forhandles af **Dansk Ingeniørforening**, Ingeniørhuset, København V  
og **Dansk Standardiseringsråd**, Vesterbrogade 1, København V

Eftertryk uden tilladelse forbudt

## FORORD

Dansk Ingeniørforenings hovedbestyrelse vedtog i sit møde den 13. juni 1940 at nedsætte forskellige udvalg med den opgave at foretage en revision og supplering af de af Dansk Ingeniørforening i tidens løb udgivne normer vedrørende bygningskonstruktioner og at samle disse i et enkelt sæt »Normer for bygningskonstruktioner« med følgende hovedinddeling:

1. Belastningsforskrifter (EDSE 410).
2. Beton- og jernkonstruktioner (EDSE 411).
3. Stålkonstruktioner (EDSE 412).
4. Trækonstruktioner (EDSE 413).
5. Murværk (EDSE 414).
6. Fundering og jordtryk (EDSE 415).
7. Hulstensdæk (EDSE 416).

Der nedsattes et udvalg for hvert afsnit, og formændene for de enkelte udvalg dannede et fællesudvalg, for hvilket vanddirektør, civilingeniør Martin Udsen beskikkedes til formand.

Efter at vanddirektør, civilingeniør Martin Udsen er udtrådt af hovedbestyrelsen i 1946, er overingeniør, cand. polyt. Svend Svendsen blevet valgt til udvalgets formand.

Nærværende afsnit omfatter kun beton- og jernbetonkonstruktioner, der er udarbejdet af et udvalg med følgende sammensætning:

Akademiet for de tekniske Videnskaber: Civilingeniør, dr. techn.

N. J. Nielsen.

Akademisk Arkitektforening: Arkitekt R. C. C. Hedegaard.

Anlægsdirektoratet: Overingeniør, cand. polyt. C. Elvers.

Danmarks tekniske Højskole: Professor, civilingeniør Axel Efsen.

Dansk Cement Central: Civilingeniør, dr. techn. Erik V. Meyer.

Dansk Ingeniørforening: Udvalgets formand, civilingeniør Otto Kierulff, civilingeniør, dr. techn. K. W. Johansen og civilingeniør O. P. Jørgensen.

Dansk Ingeniørforenings bygningsingeniørgruppe: Civilingeniør Ax. M. Knudsen.

Dansk Selskab for Bygningsstatik: Rektor, professor, civilingeniør A. Engelund.

Dansk Standardiseringsraad: Civilingeniør H. E. Glahn.

De danske Statsbaner: Afdelingsingeniør, cand. polyt. H. C. L. Knudsen.

Entreprenørforeningen: Overingeniør, cand. polyt. R. Halfdan-Nielsen.

Foreningen af raadgivende Ingeniører: Civilingeniør A. J. Moe.

Københavns Magistrat: Civilingeniør E. H. Sternow og afdelingsingeniør, cand. polyt. A. Taumose.

Stads- og Havneingeniørforeningen: Kommuneingeniør, cand. polyt. J. A. C. Rastrup.

Vandbygningsdirektoratet: Overingeniør, cand. polyt. Svend Svendsen.

Det nedsatte arbejdsudvalg bestod af følgende:

Civilingeniør A. J. Moe (Formand),

Overingeniør, cand. polyt. R. Halfdan-Nielsen,

Afdelingsingeniør, cand. polyt. H. C. L. Knudsen,

Civilingeniør, dr. techn. Erik V. Meyer,

Civilingeniør, dr. techn. N. J. Nielsen,

Afdelingsingeniør, cand. polyt. A. Taumose.

Punkterne 5—9 har været behandlet af et snævrere underudvalg, bestående af afdelingsingeniør, cand. polyt. H. C. L. Knudsen og civilingeniør, dr. techn. Erik V. Meyer i samarbejde med civilingeniør H. Dührkop.

Efter at udvalgets forslag havde været fremlagt til offentlig kritik og derefter påny gennemgået af udvalget, vedtog Dansk Ingeniørforenings hovedbestyrelse i sit møde den 22. august 1948

at godkende forslaget. Dette er derefter den 22. juni 1949 af Dansk Standardiseringsraad godkendt som dansk standard og udgivet som ~~EDSE~~ 411.

Hvor der i forskrifterne er henvist til endnu ikke udkomne afsnit af »Normer for bygningskonstruktioner«, må indtil videre de af Dansk Ingeniørforening udgivne normer anvendes som følger:

»Afsnit 5: Murværk« erstattes af: »Normer for beregning af husbygningskonstruktioner«.

»Afsnit 6: Fundering og jordtryk« erstattes af: »Normer for vandbygningskonstruktioner«.

#### Overgangsbestemmelse:

Projekter, som er påbegyndt før disse normers ikrafttræden, kan fuldføres efter de tidligere bestemmelser på følgende betingelser:

1. Hvor projekterne skal fremsendes til godkendelse, skal dette ske senest 6 måneder efter disse normers ikrafttræden. Hvor særlige forhold gør sig gældende f. eks. ved omfattende projekter, kan der dog forhandles om yderligere udsættelse.

2. Konstruktionernes påbegyndelse skal senest ske eet år efter projektets indsendelse.

3. Et projekt skal gennemføres efter eet bestemt normsæt. En sammenblanding af tidligere og nyere normer er ikke tilladt.

4. Hvor projekter ikke skal fremsendes til godkendelse, skal de samme regler overholdes. Særlig omfattende projekter, der udføres efter tidligere normer, må i almindelighed være afsluttet senest eet år efter disse normers ikrafttræden, og konstruktionernes opførelse skal senest være påbegyndt eet år efter projektets færdiggørelse.

— — — — —  
Disse normer træder i kraft den 1. november 1949.

## INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. Gyldighedsområde .....	7
2. Bogstavssymboler .....	7
 <b>I. Almindelige regler for beton- og jernbetonkonstruktioner.</b>	
<b>A. Materialer:</b>	
3. Armeringsjern .....	8
4. Cementen .....	9
5. Gruset .....	10
6. Vandet .....	14
 <b>B. Beton:</b>	
7. Blandingsforhold, blanding .....	15
8. Betonens bearbejdelighed og konsistens .....	17
9. Prøvning af betonen .....	18
 <b>C. Udførelse af beton- og jernbetonarbejder:</b>	
10. Forskalling .....	21
11. Armering .....	22
12. Betonarbejde .....	27
13. Efterbehandling og vanding .....	28
14. Støbning i koldt vejr .....	28
15. Støbning under vand .....	29
 <b>D. Kontrol af materialer og udførelse:</b>	
16. Klasseinddeling af kontrol .....	30
17. Tegninger og beregninger m. m. ....	32
18. Udtagning af materialprøver .....	32
19. Kontrol efter arbejdets udførelse. Prøvebelastninger .....	33

## E. Konstruktion og beregning af jernbeton:

<b>1. Snitkræfternes bestemmelse.</b>	<b>Side</b>
20. Spændvidder .....	34
21. Statisk ubestemte konstruktioner .....	35
22. Krydsarmerede, rektangulære plader .....	36
23. Enkeltkræfter på plader .....	37
 <b>2. Spændingsbestemmelse og dimensionering.</b>	
24. Spændingerne .....	38
25. T-bjælker .....	38
26. Trykarmering i bjælker .....	38
27. Almindelige søjlers armering .....	38
28. Beviklede søjlers armering .....	39
29. Centralt belastede søjler .....	40
30. Ekscentrisk belastede søjler .....	40
31. Fundamenter og lejekvadere .....	41
32. Pæle .....	42
33. Vægge .....	42
34. Buer og hvælvinger .....	43
35. Tilladelige spændinger for normal belastning ..	43
36. Konstruktioner med forspændinger .....	46
37. Nye materialer eller konstruktioner .....	48

## F. Konstruktion og beregning af uarmeret beton:

38. Spændingerne .....	49
39. Centralt belastede, uarmerede piller og vægge..	49
40. Fundamenter og lejekvadere .....	49
41. Uarmerede pæle .....	49
42. Buer og hvælvinger .....	50
43. Etageadskillelser af beton udstøbt mellem jernbjælker .....	50
44. Tilladelige spændinger for normal belastning ..	51
45. Nye konstruktioner .....	52

## II. Særlige regler for brokonstruktioner.

46. Belastningskombinationer .....	52
------------------------------------	----

## III. Særlige regler for husbygningskonstruktioner.

47. Belastningskombinationer .....	53
------------------------------------	----

## IV. Særlige regler for vandbygningskonstruktioner.

	Side
48. Tilladelige spændinger .....	54
49. Konstruktion og udførelse .....	54

## V. Særlige regler for jernbetonskorstene.

50. Kærne .....	56
51. Luftisolering .....	56
52. Skorstenens top .....	57
53. Stigetrin .....	57
54. Lynafleder .....	57
55. Betonen i skaftet .....	57
56. Armeringen .....	58
57. Ydre kræfter .....	58
58. Temperaturforskellen $\Delta T$ mellem skaftets inder- og yderflade .....	59
59. Belastningskombinationer .....	59
60. Svingninger .....	60
61. Fundament .....	60

## 1. Gyldighedsområde

Disse normer tager særligt sigte på almindeligt forekommende beton- og jernbetonkonstruktioner indenfor hus-, bro- og vandbygning samt skorstene. Jernbetonkonstruktionerne forudsættes fremstillet monolitisk og normalt armeret i mindst to retninger med jern, der er fuldstændig indstøbt i beton. Normerne bør dog også finde anvendelse på andre områder og konstruktioner med de af sagens natur følgende modifikationer. Afvigelser fra de i disse normer angivne regler og beregningsmåder kan tillades, når afvigelsesernes berettigelse dokumenteres på betryggende måde.

2. Bogstavsymboler<sup>1)</sup>

Det anbefales at benytte nedenstående betegnelser:

$p$	bevægelig belastning pr. længde- eller arealenhed
$g$	hvilende — — —
$q$	total — — —
$l$	teoretisk længde
$M$	bøjende moment
$Q$	transversalkraft
$P$	enkeltkraft
$N$	normalkraft
$\sigma_j$	trækspænding i armeringsjern
$\sigma_j^c$	trykspænding i armeringsjern
$\sigma_b$	trykspænding i beton
$\sigma_T$	betonens trykstyrke, bestemt ved 20 cm terninger (terningstyrken)
$\sigma_B$	betonens bøjningstrykstyrke, bestemt ved prøvebjælker (bjælkestryken)
$\sigma_F$	jernets flydespænding
$\tau_b$	forskydningsspænding i beton

<sup>1)</sup> Opmærksomheden henledes på, at de her givne symboler ikke på alle punkter stemmer overens med de i  $\Xi D S E$  10 010 af marts 1949 angivne vedrørende metalprøvning.

$r_j$	tilladelig spænding i armeringsjern
$r_b$	tilladelig bøjningstrykspænding i beton
$r_o$	tilladelig trykspænding i beton
$r_s$	tilladelig søjlepåvirkning
$E_j$	jernets elasticitetskoefficient
$E_b$	betonens elasticitetskoefficient
$n$	$E_j : E_b$
$h$	en bjælkes eller plades totale højde
$h_n$	en bjælkes eller plades nyttige højde
$h_t$	en bjælkes eller plades teoretiske højde (= afstanden mellem resultanterne af træk- og trykspændingerne i et tværsnit)
$b$	bredde af et rektangulært tværsnit eller nyttig pladebredde i et T-tværsnit
$b_o$	bredde af ribben i et T-tværsnit
$t$	pladetykkelsen i et T-tværsnit
$x$	nulliniens afstand fra den stærkest trykkede kant
$I$	inertimoment
$F_j$	tværsnitsareal af strakt armeringsjern
$F_j^c$	tværsnitsareal af trykket armeringsjern
$F_b$	tværsnitsareal af beton (uden fradrag af jern)
$F_K$	kærnetværsnit ved beviklede søjler = betonarealet inden for beviklingsjernet midtlinie
$d$	diameter af armeringsjern
$\varphi$	armeringsprocent
$\varphi^c$	trykjernsprocent for en bøjet konstruktionsdel
$v/c$	vandcementtal
$T$	temperatur

## I. Almindelige regler for beton- og jernbetonkonstruktioner

### A. Materialer

#### 3. Armeringsjern

Armeringsjernet skal i almindelighed være valset jern. Ikke tidligere her i landet anvendte og anerkendte former og jernsorter —

også sådanne, hvis egenskaber er ændrede ved koldbehandling o. lign. — må kun bruges, når deres anvendelighed til jernbeton godtgøres.

Ved jernets træk-flydespænding  $\sigma_F$  forstås den nedre flydespænding. Ved jern uden udpræget flydespænding betegner  $\sigma_F$  den trækspænding, hvor den blivende del af forlængelsen er 0,2 %.

Armeringsjern skal have en jævnt fordelt forlængelse (d.v.s. forlængelsen ved arbejdsliniens største ordinat) på mindst 4%. Trækstyrken bør ligge mindst 14% over flydespændingen.

Jernet skal 2 millioner gange kunne tåle en spændingsvariation mellem 0,9  $\sigma_F$  og 0,5  $\sigma_F$ .

Denne prøvning skal udføres med ubearbejdede prøvestænger.

Jern, der har højere kulstofindhold end 0,3% må kun anvendes, når dets egenskaber tilfredsstillende foran opstillede krav, efter at det har været anvendt som armering i en jernbetonkonstruktion, der har været udsat for en 1 times brandprøve (med 925° C sluttemperatur).

Jern, der skal forsynes med hager eller kroge, skal ved koldbøjeprovning kunne tåle at bøjes 180° om en dorn, hvis diameter er lig med to gange prøvestangens tværmål i bøjningsretningen uden at der fremkommer revner i træksiden.

Jern, der ikke skal forsynes med hager eller kroge, skal kunne bestå koldbøjeprovningen om en dorn, hvis diameter er 5 gange prøvestangens mindste tværmål.

Jernets svovlindhold må ikke overstige 0,06%, og fosforindholdet må ikke overstige 0,08%. Det samlede svovl- og fosforindhold må ikke overstige 0,12%.

For jern, som ikke opfylder alle disse bestemmelser, men som har vist sig anvendeligt som armeringsjern, må disse normers bestemmelser kun anvendes med de af sagens natur følgende modifikationer.

#### 4. Cementen

skal normalt være almindelig Portland-cement, der svarer til »Dansk Ingeniørforenings bestemmelser for ensartet levering og

undersøgelse af Portland-cement«. Brugen af andre cementer, der svarer til »Dansk Ingeniørforenings normer for hurtighærdnende Portland-cement«, kan dog også tillades, når de nærværende normer anvendes med passende modifikation. For cementsorter, som ikke tidligere har været anvendt og godkendt her i landet, skal anvendeligheden godtgøres.

## 5. Gruset

Grus er en blanding af sand og sten. Kornene kan bestå af naturlige eller kunstige stenarter; de kan eventuelt være fremstillet ved kunstig sønderdeling af større korn.

Sand er den del af gruset, som kan passere en sigte med 5 mm cirkulære huller<sup>1)</sup>.

Sten er den del af gruset, som ikke kan passere en sigte med 5 mm cirkulære huller.

### 5. 1. Kvalitetskrav

Grus til beton til bærende bygværker skal i almindelighed bestå af naturlige stenarter.

Sand eller sten af kunstige stenarter må kun anvendes med bygherrens tilladelse, og når det eftervises, at den deraf fremstillede betons egenskaber er tilfredsstillende.

Gruset bør leveres på byggepladsen adskilt i mindst 2 fraktioner med passende forskel i grovhed.

Grus af naturlige stenarter skal bestå af stærke korn, som ikke er smuldrende, synligt forvitrende eller forurenede af fastklæbende, fine korn (ler). Korn, der er skadelige for betonen, må ikke forekomme i mærkbar mængde. Kan betonen blive udsat for frost, og kan skæmmende overfladesprængninger ikke tolereres, må gruset således ikke indeholde sten eller grove sandkorn, der ikke er frostfaste, f. eks. porøse kalkkorn. Gruset må heller ikke inde-

<sup>1)</sup> Ved adskillelsen i sand og sten kan en sigte med 4 mm kvadratiske huller anvendes i stedet for en sigte med 5 mm cirkulære huller.

holde organiske stoffer eller slembare bestanddele i skadelig mængde (jf. punkt 5. 2. 4).

Grusets maksimale kornstørrelse bør være så stor som muligt under hensyn til jernafstande og betondimensioner. I jernbeton kan den i mange tilfælde ikke overstige 32 mm □, og i uarmetret beton ikke overstige 64 mm □. Stenmængden i gruset bør være så stor, som hensynet til støbeligheden tillader.

Sandets kornkurve (jf. punkt 5. 2. 5) bør ligge mellem linierne A og B på fig. 1<sup>1)</sup>.

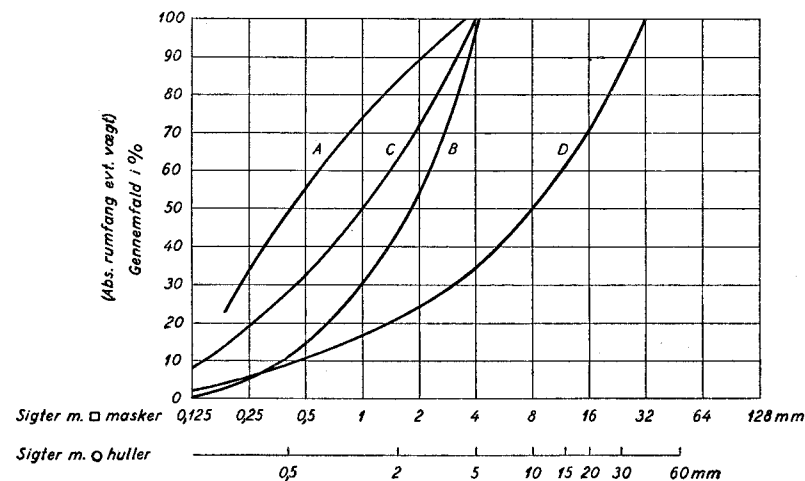


Fig. 1

Sand, hvis kornkurve ligger væsentligt uden for disse linier, bør kun anvendes med bygherrens tilladelse, og når dets egnethed eftervises.

Sand med afrundede korn og med kornkurve som linie C på fig. 1 er under de fleste forhold velegnet til håndstampet nødde-

<sup>1)</sup> Er kornenes vægtfylde blot nogenlunde ens, kan rumfangsprocent ombyttes med vægtprocent.

stens-beton. Øges grusets maksimale kornstørrelse, eller mindskes stampearbejdet, eller anvendes grus med ikke afrundede korn, vil sand med lidt højere liggende kornkurve i almindelighed være mere velegnet. Mindskes grusets maksimale kornstørrelse, eller øges stampearbejdet, vil sand med lidt lavere liggende kornkurve i almindelighed være mere velegnet.

Stenenes kornkurve er af mindre betydning end sandets, men stenene bør ikke være for ensartede i kornstørrelse.

Grusets kornkurve er i det væsentlige bestemt af mængdeforholdet mellem sten og sand, der bør være så stort som muligt.

Grus med afrundede korn og med kornkurve som linie D på fig. 1 er under de fleste forhold velegnet til håndstampet beton, men også andre grussorter kan være velegnede til beton.

5. 2. *Undersøgelse af grusets kvalitet* kan foretages ved følgende prøvninger.

5. 2. 1. Mængden af *smuldrende, forvitrende eller porøse korn* bestemmes ved frasortering; skønnes mængden at være for stor, skal grusets egnethed undersøges nærmere.

5. 2. 2. Arten af *kalkkorn* kan bestemmes ved besigtigelse. Mængden kan bestemmes ved frasortering eller ved opløsning i saltsyre. Bestemmelsen bør foretages for sandet og stenene hver for sig. Den samlede mængde af kalkkorn i sandet bør ikke overstige 20 vægtprocent. Er indholdet af kalkkorn i stenene større end 10 vægtprocent, bør stenenes egnethed eventuelt undersøges nærmere.

5. 2. 3. Mængden af *organiske forureninger* (skadelige humusure stoffer) bedømmes sædvanligvis kun for sandet. Bedømmelsen kan foretages på følgende måde:

Sandet fyldes i en farveløs flaske til ca. 7 cm højde, hvorefter der påfyldes en 3 procentig natriumhydroxyd-opløsning (natronlud) til ialt 12 cm højde. Flasken proppes til, rystes grundigt og henstilles. Er vædsken efter 1 døgn henstand endnu ufarvet eller højst lysegul, er indholdet af skadelige, organiske forureninger i reglen betydningsløst; er vædsken stærkere gul, er sandet i al-

mindelighed brugbart, men man bør udvise forsigtighed ved anvendelsen, eventuelt udføre styrkeforsøg. Er vædsken brun eller mørkebrun, må sandet ikke bruges uden nærmere undersøgelse. Indeholder sandet kulkorn, kan disse farve vædsken. Organiske forureninger kan forekomme pletvis i en grusgrav.

5. 2. 4. *Mængden af ler og andre slembare bestanddele* bestemmes i reglen kun for sandet. Ved den Punkt 5. 2. 3 nævnte undersøgelse eller ved en tilsvarende undersøgelse udført med vand i stedet for natronlud, kan man danne sig et skøn over lerindholdet ved at måle højden af det bundfældede lag af helt fine korn. Hvis dette lags højde udgør mere end 5% af sandlagets samlede højde, bør der foretages en slemmeanalyse. Lerindholdet i vægtprocent kan regnes at være mindre end det finkornede lags højde i procent af den totale højde. Dersom lerindholdet bestemt ved frasleyning af partikler, der ikke er sunket gennem en vandhøjde på 20 cm i løbet af 15 minutter, overstiger 2 vægtprocent, må sandet kun anvendes, når dets egnethed eftervises.

5. 2. 5. *Grusets kornkurve* bestemmes ved sigtning og optegnes i et koordinatsystem som vist på fig. 1. Den prøve, der skal sigtes, skal udtages således, at den kan betragtes som en gennemsnitsprøve, hvilket i almindelighed bedst opnås, når den udtages af det fugtige materiale. Prøvens størrelse bør mindst være 0,5 kg for sand og ca. 5 til ca. 15 kg for sten, voksende med største stenstørrelse.

Sigtningen kan foretages på sigter med cirkulære eller kvadratiske huller. En sigte med cirkulære huller med diameter  $d$  kan regnes at give samme sigterest som en sigte med kvadratiske huller med sidelinie  $0,8 d$ . I et sigtesæt bør forholdet mellem hulstørrelserne i en vilkårlig sigte og den foregående holdes konstant<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Et sigtesæt med kvadratiske huller med størrelser som angivet i fig. 1 kan anbefales. Dersom det ved sigtningen viser sig nødvendigt at indskyde en mellemiggende sigte — f. eks. for at bestemme største kornstørrelse — bør dennes hulstørrelse være  $\sqrt{2} \times$  den nærmeste finere sigtes, hvorved den — i logaritmisk målestok — kan afbildes midt mellem nabosigterne.



Sigtningen bør foretages enten med helt tørt materiale eller ved vådsigtning, og den skal fortsættes, indtil der ikke længere går væsentlige mængder af korn gennem nogen af sigterne<sup>1)</sup>.

Efter sigtningen bestemmes fraktionernes størrelse<sup>2)</sup>.

### 5. 3. Sparesten og murstensskærver

I visse tilfælde kan efter særlig aftale anvendes sten, såkaldte *sparesten*, der enkeltvis nedlægges i betonen under udstøbningen. Stenenes kvalitet skal tilfredsstille bestemmelserne i punkt 5. 1 og de skal være rene og våde, inden de lægges i betonen. Sparestenene skal stødes mindst så langt ned i betonen, at hele undersiden er i berøring med denne. Deres rumfang må højst udgøre 15% af betonens. Stenene bør ikke være for store i forhold til betonens mindste tykkelse, og deres indbyrdes frie afstand og afstand til jern, form eller tilstødende hærdnet betonoverflade skal mindst være 10 cm.

*Murstensskærver* må kun anvendes til svagt påvirkede, uarmerede fundamenter o. l. og kun med særlig tilladelse. De skal være slået af sunde, fuldbændte mursten, og de skal være rene og gennemvåde, når de anvendes.

### 6. Vandet

Vandet må ikke indeholde stoffer, der i væsentlig grad er skadelige for betonens størkning og hærdning eller for jernet, hvis betonen armeres.

Klart ferskvand fra åer, søer eller moser og drikkeligt vand vil i reglen være brugeligt.

Havvand bør i almindelighed ikke anvendes til jernbeton, eller hvor betonens udseende spiller en rolle, idet det kan give

<sup>1)</sup> Materialet på en sigte kan betragtes som rensigtet, dersom den ved 1 minuts yderligere sigtning passerende kornmængde højst udgør 1 vægtprocent af den mængde, som tilbageholdes.

<sup>2)</sup> Har kornene porer, hvori vand, men ikke cementkorn kan trænge ind, skal disse porer regnes med til rumfanget.

anledning til rustdannelser og udblomstringer. Havvand må ikke anvendes til støbninger med aluminatcement.

Forurenat vand må kun anvendes efter forudgående undersøgelse og kun, hvis betonens styrke ikke nedsættes med mere end 15% af den styrke, der opnås med rent vand. Afløbsvand med indhold af olie, sukker eller fedt må ikke anvendes.

## B. Beton

### 7. Blandingsforhold, blanding

Beton skal fremstilles af materialer, der tilfredsstiller betingelserne i afsnit A. (Punkt 4-6).

Blandingsforholdet og vandtilsætningen fastsættes således for de materialer, der skal anvendes, at betonen får den rette be-

Tabel 1.  
Maksimale vandcementtal: (kg vand pr. kg cement)

Alm. Portland-cement	Jernbeton	Uarmeret beton
1. Beton ved vandlinien i havvand eller ferskvand udsat for frost eller beton udstøbt under vand . . .	0,55	0,60
2. Beton i aggressivt grundvand eller udsat for eensidigt vandtryk, røgangreb o. l. eller beton helt under havvand . . . . .	0,60	0,65
3. Beton udsat for vejrliget eller helt omgivet af strømmende ikke aggressivt vand . . . . .	0,65	0,80
4. Indendørs beton i fugtige lokaler eller beton helt under terrain, men ikke udsat for aggressivt eller strømmende vand . . . . .	0,70	1,00 <sup>1)</sup>
5. Indendørs beton i tørre lokaler . . . . .	0,75	1,00 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> For beton til kældermure, husbygningsfundamenter eller lignende, kan vandcementtallet forøges til ca. 1,3, hvis kravene til betonen er ringe.

arbejdighed og den tilsigtede styrke og holdbarhed. Det fundne blandingsforhold mellem cement, sand og sten opgives efter materialernes tørvægt.

Beton til bærende bygningsdele må ikke — med mindre dens egnethed eftervises — fremstilles med større vandcementtal eller mindre cementmængder pr. m<sup>3</sup> end angivet i tabel 1 og 2.

Anvendes hurtighærdnende Portland-cement forøges de angivne maksimale vandcementtal med 0,20.

Tabel 2.  
Mindste tilladelige cementmængder pr. m<sup>3</sup> beton<sup>1)</sup>.

	Jern- beton	Uarmeret beton
Alm. Portland-cement.....	225 kg	150 kg
Hurtighærdnende portland-cement.....	200 »	135 »

På tegninger angives betonens styrke. Eventuelt angives de forskellige betoners maksimale vandcementtal, største stenstørrelse samt kontrolklasse m. v.

De enkelte betonportioner bør baseres på et helt antal sække cement, med mindre cementen afvejes.

De til en bestemt cementmængde svarende mængder grus (sand og sten) udtages bedst ved vejning, eventuelt bruges udtagning efter mål, kontrolleret ved vejning.

Blandingen skal udføres på maskine, med mindre der gives særlig tilladelse til håndblanding. Blandemaskinen bør have en sikkert virkende og let justerbar vandmåler. Må håndblanding anvendes, skal den udføres på et tæt og rent underlag, hvor cement og sand først blandes tørt til en ensfarvet masse, og derefter vand og senere sten iblandes.

Blandingen må, såvel ved maskin- som ved håndblanding, ikke betragtes som afsluttet, før stenene på alle sider er indhyllet i en

<sup>1)</sup> Disse minimumsmængder kan kun opnås ved beton, der er fremstillet af godt graderede materialer, og når der ikke stilles store krav til betonens styrke.

ensfarvet mørtelmasse. Udstøbningen skal finde sted straks efter blandingens afslutning<sup>1)</sup>.

## 8. Betonens bearbejdighed og konsistens

Betonens bearbejdighed skal afpasses således, at betonen med den bearbejdning, som agtes anvendt, vil udfylde formen helt, blive fri for stenreder (mørtelfri partier) og helt indhulle eventuel armering. Vandtilsætningen må dog aldrig være større end nødvendigt.

Betonens konsistens kan kontrolleres ved sætmålskegle, rystebord, Vebe-apparat eller på anden anerkendt måde. De med de nævnte apparater fundne tal er kun et tilnærmet udtryk for betonens bearbejdighed, og man må være opmærksom på, at ændringer af tallene både kan skyldes en ændret vandtilsætning og ændringer af grusets kornkurve.

Sætmålsprøven udføres med en keglestubform med følgende dimensioner:  $d = 10$  cm,  $D = 20$  cm og  $h = 30$  cm. Formen stilles på et plant, ikke vandsugende underlag og fyldes i 4 nogenlunde lige tykke lag, der hvert stemples 25 gange med et 32 cm langt, 16 mm rundjern med afrundet ende. Umiddelbart efter fyldningen fjernes formen forsigtigt, og betonkeglens synkning (sætmålet) måles. Indeholder betonen sten væsentlig større end ca. 32 mm □, skal disse ikke medtages ved prøvningen.

Ved beskrivelse af betonens konsistens anbefales følgende betegnelser:

	Sætmål
Jordfugtig (jf.).....	0— 3 cm
Stiv plastisk (stpl.).....	3— 6 »
Plastisk (pl.).....	6—10 »
Tykflydende (tkfl.).....	10—15 »
Flydende (fl.).....	> 15 »

Beton til bærende bygningsdele bør — med mindre dens egnethed eftervises — ikke fremstilles med større sætmål end angivet i tabel 3.

<sup>1)</sup> Herfra undtages dog beton, der transporteres eller opbevares i roterende beholdere el. lign., inden afbindingen er begyndt.

Tabel 3.  
Maksimale sætmål i cm:

	Ved håndstampning	Ved vibrering
Tynde, tætarmerede bygningsdele . . . . .	15	8
Tynde, uarmerede eller tykkere, åbent armerede bygningsdele samt plader o.l.	12	5
Tykke uarmerede bygningsdele . . . . .	10	5
Store uarmerede betonmasser . . . . .	8	5

## 9. Prøvning af betonen

Betonens styrke bestemmes ved terninger eller ved prøvebjælker med dimensioner og armering som nærmere angivet i punkt 9. 2. Prøvelegemer af anden form og størrelse vil kunne anvendes, når relationen mellem de med disse opnåede styrkeresultater og de ovennævnte eftervises ved et tilstrækkeligt stort antal forsøg eller anses for tilstrækkelig kendt.

### 9. 1. Almindeligt

Prøvelegemerne udstøbes i tætte forme, enten i jernforme eller træforme. Sidstnævnte skal inden udstøbningen vandes så omhyggeligt, at de ikke suger vand fra betonen. Trykfladerne på terninger, der er støbt i forme med ikke plane sideflader, skal afrettes inden prøvningen.

Ved udstøbningen af prøvelegemerne skal bearbejdningen af betonen svare til bearbejdningen af betonen i bygværket, således at betonen får samme tæthed, og således at formene udfyldes helt. Eventuelle sten med størrelse over 22,5 mm □ henholdsvis 45 mm □ udtages af betonen ved støbningen af henholdsvis prøvebjælker og prøveterninger.

Prøvelegemerne skal opbevares på et mod sol, vind og regn beskyttet sted indtil prøvningen. Om vinteren er det tilladt at opbevare dem i opvarmet rum, hvis temperatur ikke overstiger

stuetemperatur. Såfremt prøvelegemerne skal tjene til bedømmelse af tidspunktet for formenes nedtagning, skal de dog opbevares under samme forhold, som er gældende for bygværket.

Prøvelegemer til 7 og 28 døgns prøver holdes fugtige i henholdsvis 5 og 10 døgn, hvis der anvendes almindelig portland-cement. Anvendes hurtighærdnende portland-cement, holdes prøvelegemerne fugtige de første 4 døgn. Opbevares prøvelegemerne ved lave temperaturer, forlænges disse tidsrum og den samlede lagringstid med hele den tid, i hvilken temperaturen har været under 1°, med  $\frac{2}{3}$  af den tid, hvor temperaturen har været fra 1° til 2° og med  $\frac{1}{2}$  af den tid, hvor temperaturen har været fra 2° til 6° C.

Der skal altid fremstilles og prøves mindst 3 samhörørende prøvelegemer af samme slags, men betonen til disse behøver ikke at være udtaget af samme portion. Såfremt man ønsker både 7 og 28 døgns prøver, skal der fremstilles mindst 6 prøvelegemer. Disse bør mærkes med dato for fremstillingen eller andet mærke, og det anvendte blandingsforhold og vandcementtal m. v. bør noteres.

### 9. 2. Prøvelegemernes dimensioner og prøvning

9. 2. 1. *Terninger* skal have 20 cm sidelinie. De prøves på anerkendt måde.

9. 2. 2. *Prøvebjælker* skal have så rigelig armering, at spændingen i denne i brudøjeblikket ikke overstiger 2050 kg/cm<sup>2</sup>, når der anvendes jern med en trækstyrke på 3700 kg/cm<sup>2</sup>. Forskydningsspændingen i betonen må ikke overstige 2,5% af den tilstræbte bøjningstrykstyrke  $\sigma_B$ . Hvis denne er lig eller mindre end 400 kg/cm<sup>2</sup>, kan man anvende prøvebjælker med længde 2,00 m, bredde 9,0 cm og højde 6,5 cm og med armering:

$$2 \text{ } \varnothing \text{ } 12 \text{ mm for } \sigma_B \leq 300 \text{ kg/cm}^2 \text{ og}$$

$$2 \text{ } \varnothing \text{ } 14 \text{ mm for } 300 < \sigma_B \leq 400 \text{ kg/cm}^2.$$

Armeringsjernene skal være ombøjet ved enderne og anbragt med en afstand af ca. 5 cm fra midte af jern til overside af bjælke.

For beton med  $\sigma_B$  større end 400 kg/cm<sup>2</sup> anvendes enten prøvebjælker med større dimensioner eller prøveterninger.

Ved prøvningen af de ovenfor angivne bjælker anbringes disse på to lejer og belastes med to lige store, jævnt voksende kræfter  $P$ , således som angivet på nedenstående fig. 2. Kraften skal overføres således, at der ikke opstår horizontale kræfter.

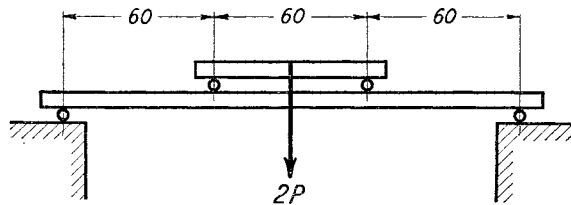


Fig. 2

Før forsøget måles midtvertværsnittets højde  $h$  og dets bredde  $b$  foroven, og efter at bruddet er indtrådt, måles tykkelsen af betonlaget under armeringen, hvoraf afstanden  $h_n$  fra jernmidten til bjælkens overkant udregnes. Af brudmomentet beregnes den formelle bøjningstrykstyrke  $\sigma_B$  af betonen.

For de angivne bjælker kan regnes med følgende formler til bestemmelse af styrken.

$$\sigma_B = \alpha \cdot P + 10 \text{ kg/cm}^2, \text{ idet}$$

$$\alpha = \alpha_0 - 0,37 \times (h_n - 5) - 0,1 \times (b - 9) \text{ og}$$

$$\alpha_0 = 1,01 \text{ for bjælker med } 2 \text{ } \varnothing 12 \text{ mm og } 0,96 \text{ for bjælker med } 2 \text{ } \varnothing 14 \text{ mm.}$$

### 9. 3. Prøvningens betydning

Den tilladelige bøjningstrykspænding  $r_b$  og den tilladelige trykspænding  $r_o$  afhænger af den betonstyrke  $\sigma_B$  eller  $\sigma_T$ , der påregnes og udregnes efter de i punkterne 35 og 44 m. fl. givne regler.

De under et arbejdes udførelse konstaterede middelværdier for 3 samhørende prøvelegemer må i intet tilfælde være mindre end den værdi af  $\sigma_T$  eller  $\sigma_B$ , der ligger til grund for bygværkets dimensionering, og ingen enkeltværdi må ligge mere end 15 % under de

påregnede værdier. Såfremt man samtidig og af samme portioner beton har støbt såvel terninger som bjælker, er det tilladt at regne med middelværdien for prøvelegemerne, idet forholdet mellem  $\sigma_T$  og  $\sigma_B$  sættes lig med 0,8.

Anvendes almindelig portland-cement, skal eventuelle 7 døgnsprøver i almindelighed kun tjene til orientering, dog kan 28 døgnsprøverne udelades, hvis 80% af den forlangte styrke er opnået efter 7 døgns forløb.

## C. Udførelse af beton- og jernbetonarbejder

### 10. Forskalling

#### 10. 1. Opstilling

Ved opstilling af forskallingen må de på tegningerne angivne mål nøje overholdes, så betonen får de forudsatte dimensioner. Ved store spændvidder gives forskallingen en overhøjde, der modsvare eventuel nedbøjning af formene under støbningen eller blivende nedbøjninger af den afforskallede betonkonstruktion på grund af dens endelige belastning.

Forskallingen og dens understøtning gives en styrke og stivhed, der sikrer, at den ikke deformeres kendeligt af betonens vægt og sidetryk eller af de med støbearbejdet forbundne påvirkninger som stampning, vibrering, transport hen over forskallingen med betonkærre, vindtryk o. l. Af hensyn til modvirkning af nedbøjninger må det foretrækkes, at belastningen fra den udstøbte beton så direkte som muligt gennem et passende antal stolper føres til fast underlag.

Ved søjler, vægge og meget høje dragere indrettes forinden renselme af hensyn til udskylning af spåner og andre urenheder før støbningen.

Anvendelse af afstandspinde af træ bør undgås, da de under støbningen let efterlades i betonen og svækker denne.

Stolperne opstilles på fast underlag og afsværes, så der opnås tilstrækkelig stivhed. Ved opstilling på jord skal i vintertiden tages hensyn til indvirkning af eventuel frost.

## 10.2. Nedtagning

Nedtagning af forskalling må ikke foretages, førend betonens hærkning er så vidt fremskredet, at den har fornøden styrke. Tidspunktet for nedtagningen afhænger for bærende formes vedkommende af konstruktionens spændvidde og belastning, samt af vejrlig og cementens art. Under sædvanlige temperaturforhold kan ved anvendelse af almindelig portland-cement ikke bærende sideforskalling fjernes efter 3 døgn forløb, og ved anvendelse af hurtighærdnende cement efter 2 døgn forløb.

Som vejledning for bedømmelse af den tid, der skal hengå mellem støbning og nedtagning af forskalling for plader og bjælker, kan denne angives til  $4l \div 5$  døgn, idet  $l$  er spændvidden i m, og idet formelen kun anvendes inden for intervallet mellem 7 døgn, der er minimumstiden, og 28 døgn, der normalt er længste påkrævede tid. Anvendes hurtighærdnende cement er den tilsvarende tid  $l$  døgn, dog mindst 3 og højst 7 døgn.

Støbes i koldt vejr, skal der tages hensyn til den langsommere hærkning ved fastsættelse af tidspunktet for nedtagningen. Den tid, hvor temperaturen er under  $1^\circ \text{C}$ , må ikke medregnes i tidsfristen. Ved temperaturer fra  $1^\circ$  til  $2^\circ$  medregnes tiden med  $\frac{1}{3}$  og fra  $2^\circ$  til  $6^\circ$  med  $\frac{1}{2}$ .

I vigtige tilfælde bestemmes tiden på grundlag af styrkeforsøg. I så fald kan nedtagning finde sted, når forholdstallet mellem styrken, der opnås ved forsøget, og den forlangte 28 døgn styrke er mindst lige så stort som forholdstallet mellem de spændinger, der opstår ved nedtagningen, og de største tilladelige spændinger i pågældende konstruktionsdel, dog mindst 0,5.

## 11. Armering

### 11.1. Jerndimensioner

Af hensyn til faren for forveksling bør, hvor ikke særlige forhold gør sig gældende, på samme byggeplads kun anvendes jern med tværmål, der afviger mindst 2 mm fra hinanden; undtaget herfra er dog jern under 8 mm i diameter.

Anvendes på samme arbejdsplads jern af forskellige kvaliteter, bør disse være let kendelige fra hinanden.

### 11.2. Jernets rensning

Før anbringelsen skal jernet renses for snavs, fedt, maling, løs rust o. lign.

### 11.3. Jernets bøjning

Ved bøjninger må ikke anvendes mindre bøjningsradius (målt til jernets midtlinie) end 3 gange jernets tværmål i bøjningsretningen. Herfra undtages dog bøjler o. lign.

Sker bøjningen under opvarmning af jernet, må man sikre sig, at det ikke bliver skørt, og at dets kvalitet heller ikke på anden måde forringes.

### 11.4. Forankring og stød i trækarmring

#### 11.4.1. For rundjern gælder følgende:

Rundjern  $\leq 12$  mm behøver i almindelighed ikke at forsynes med hager eller kroge, medens rundjern  $> 12$  mm og  $\leq 14$  mm skal forsynes enten med hager eller med kroge. Rundjern med diameter større end 14 mm skal altid forsynes med kroge.

Forankringslængden, gældende både ved stangens frie ender og ved stød fastsættes, hvor  $r_j \leq 1500 \text{ kg/cm}^2$  ved normale belastningstilfælde, således:

Ved lige jern og ved jern med hager: mindst  $50 d$ .

Ved jern med kroge: mindst  $l = 10 \text{ cm} + 30 d$  (se fig. 3).

Krogene skal have den på fig. 3 viste eller en anden ligeså god form.

For jern med  $r_j > 1500 \text{ kg/cm}^2$  ved normale belastningstilfælde multipliceres de nævnte forankringslængder med  $\frac{r_j}{1500}$ .

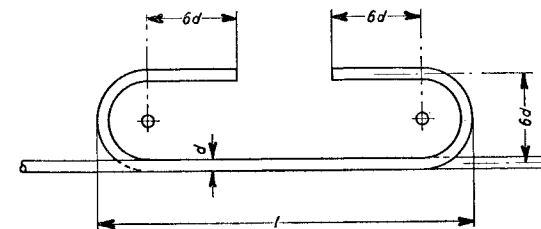


Fig. 3.

11. 4. 2. *Jern, der ved valsningen er forsynet med fremspring* i den hensigt at øge modstanden mod glidning, skal ikke forsynes med kroge eller hager, når fremspringene opfylder følgende betingelser: På en længde af fire gange stangens mindste tværmål skal summen af projektionerne af fremspringenes arealer på en plan vinkelret på stangens længderetning mindst være lig med stangens tværsnitsareal, og fremspringenes yderflader skal danne en vinkel mellem  $45^\circ$  og  $90^\circ$  med stangens overflade. Afstanden mellem fremspringene i stangens længderetning må ikke være mindre end  $\frac{2}{3}$  af stangens mindste tværmål.

Forankringslængden, gældende både ved stangens frie ender og ved stød, fastsættes, hvor  $r_j \leq 2000 \text{ kg/cm}^2$  ved normale belastningstilfælde, til mindst:  $10 \text{ cm} + 40 \sqrt{F}$ , hvor  $F$  er stangens tværsnitsareal. Hvis dette er større end  $1,6 \text{ cm}^2$ , skal stangerne opbøjes med en hældning 1:3 i forhold til stangens længderetning, og således at jernene ved stød passerer hinanden retlinet på en strækning af  $\frac{1}{3}$  af forankringslængden.

For jern med  $r_j > 2000 \text{ kg/cm}^2$  ved normale belastningstilfælde multipliceres ovennævnte stødlængder med  $\frac{r_j}{2000}$ .

11. 4. 3. For *Isteg-jern* med snoningshøjde på højst 12,5 gange enkeltjernenes diameter og *Vindeljern* og *snoet firkantjern* el. lign. med snoningshøjde på højst  $7,5 \sqrt{F} \frac{F_o}{F}$ , hvor  $F$  er stangens tværsnitsareal og  $F_o$  den omskrevne cirkels areal, gælder følgende:

Sådanne jern behøver i almindelighed ikke at forsynes med hager eller kroge, når stangens (for Isteg-jern: enkeltjernenes) tværsnitsareal  $F \leq 1,6 \text{ cm}^2$ . Er  $F > 1,6 \text{ cm}^2$  skal de forsynes med kroge.

Forankringslængden, gældende både ved stangens frie ender og ved stød, fastsættes, hvor  $r_j \leq 2000 \text{ kg/cm}^2$  ved normale belastningstilfælde, således:

Ved lige jern: mindst  $10 \text{ cm} + 45 \sqrt{F}$ .

Ved jern med kroge: mindst  $l = 10 \text{ cm} + 25 \sqrt{F}$  (se fig. 3).

Krogene skal have den på fig. 3 viste form, idet  $d$  dog erstattes med  $1,1 \sqrt{F}$ , eller en anden ligeså god form.

For jern med  $r_j > 2000 \text{ kg/cm}^2$  ved normale belastningstilfælde multipliceres ovennævnte stødlængder med  $\frac{r_j}{2000}$ .

11. 4. 4. For stødenes placering gælder, at i buer bør højst halvdelen, i bjælker højst en trediedel af jernene stødes indenfor samme overdækningslængde og så vidt muligt på steder, hvor jernets spænding er lav, og betondimensionerne skal her være så rigelige, at hele trækraften i de stødte jern kan overføres, uden at betonspændingen overstiger det tilladelige undtagen umiddelbart ved kroge eller lign. For at undgå ekscentricitet arrangeres overdækningsstød så vidt muligt symmetrisk om tværsnittets midte.

Afvigelser fra ovenstående regler må kun finde sted, når det eftervises, at forbindelsen kan overføre den i jernet forekommende trækraft.

I særlige tilfælde, hvor trækraften ved stød i armeringsjernene ønskes overført direkte gennem jernforbindelse, kan dette ske ved skruemuffer, nitter, bolte eller svejsning (se dog nedenfor). Alle sådanne forbindelser skal kunne overføre kraften med sædvanlig sikkerhed (jf. punkt 35).

Jern, hvis trækstyrke er hævet ved koldbearbejdning, må dog ikke svejses.

#### 11. 5. Forankring og stød i trykarmering.

##### 11. 5. 1. For rundjern gælder følgende: (uden kroge):

Forankringslængden, gældende både ved stangens frie ender og ved stød, fastsættes til  $30 d$ .

11. 5. 2. For jern, der ved udvalsningen er forsynet med fremspring efter de foran nævnte regler, skal forankringslængden mindst være  $25 \sqrt{F}$ , hvor  $F$  er stangens tværsnitsareal.

11. 5. 3. For *Vindeljern* og *snoet firkantjern* el. lign., der opfylder de foran nævnte betingelser, skal forankringslængden være mindst  $30 \sqrt{F}$ .

11. 5. 4. *Isteg-jern* må ikke medregnes som trykarmering.

11. 5. 5. Mindre forankringslængder end de angivne kan tillades, hvis det påvises, at forbindelsen kan overføre den i jernet forekommende trykkraft.

### 11. 6. Armeringens placering og indstøbning

Jernet skal anbringes i formene så nøjagtigt som muligt i overensstemmelse med tegninger og beregningsgrundlag, og der må drages omsorg for, at jernet under støbningen fastholdes på sin plads, og at det helt indhyles af betonen.

Under normale forhold skal jernet, også bøjler, dækkes af betonlag, hvis tykkelse ikke må være mindre end:

- 1 cm i konstruktioner, hvis flader ikke er udsatte for vejrliget eller stærk fugtighed.
- 2 cm i konstruktioner, hvis flader er udsatte for vejrliget eller stærk fugtighed.
- 3 cm i udendørs brobjælker, brobuer, broøjler, kranskinne-dragere o. lign.

Hvor betonen er udsat for kemiske angreb, gøres det dækkende lag tykkere end angivet i ovenstående regler, eller der udføres særlig beskyttelse mod angrebet på jernet.

For at sikre armeringens plads og den foreskrevne dækning med beton skal der anvendes afstandsklodser af cementmørtel med indstøbte bindetråde, der holder jernene i rigtig afstand fra forskallingen, med mindre der træffes andre ligeså gode foranstaltninger.

Den fri afstand mellem jern i samme lag skal uden for stødene være mindst:

- 1,5  $d$  for rundjern uden fremspring.
- 2  $\sqrt{F}$  for andre jern.

Afstanden må normalt ikke være under 3 cm, ved ærtstensbeton ikke under 2 cm.

Afstanden mellem de enkelte armeringslag med parallelle jern skal være rigelig, mindst 1–2 cm. Dersom armeringsjern eller

jernkonstruktioner indstøbes i beton, der iøvrigt er uarmeret, må der sørges for tilstrækkelig beskyttelse, f. eks. ved at den armeringen omgivende beton til mindst 5 cm afstand udføres efter reglerne for jernbeton i punkt 7.

## 12. Betonarbejde

12.1. Inden støbningen foretages, skal formene vandes så rigeligt, at de ikke suger vand fra betonen. Desuden skal man sikre sig, at formene renses for urenheder, spåner o. l.

Under støbningen, og navnlig efter en arbejds pause, fjernes eventuelt dannet slam fra betonens overflade. Det må nøje iagttages, om der opstår revner i overfladen af den nystøbte beton de første par timer efter udstøbningen. Er dette tilfældet, skal revnerne senest 4 timer efter udstøbningen af den pågældende konstruktionsdel lukkes ved en grundig efterbearbejdning af betonen, således at revnerne lukkes i hele deres dybde og ikke blot overfladisk. Observeres revnerne først senere, bør de ophugges, og der efterfyldes med tynd cementmørtel dagen efter støbningen.

12.2. *Støbeskel*. Støbningen af de enkelte dele af konstruktionen, der til slut skal danne et sammenhængende hele, må udføres i en sådan orden, at en god forbindelse opnås.

Ved planlæggelsen af støbearbejdet må der tages hensyn til betonens sætning, især ved søjler og høje dragere. Ved støbning mod beton, som allerede er størknet, går man frem på følgende måde:

Overfladen af betonen renses omhyggeligt for slam og andre urenheder og afskylles med rent vand. Er støbeskellets godhed af stor betydning, kan der indkøstes med et tyndt lag tyk cementvælling. Ved vandrette støbeskel kan man yderligere udstøbe et mindst 1 cm tykt lag plastisk cementmørtel. Derefter udstøbes den nye beton, der arbejdes godt ned mod støbeskellet.

Ved støbning af søjler bør man standse ca. 2 cm over bjælkens eller pladens underkant.

Støbeskel skal så vidt muligt lægges vinkelret på trykspændingernes retning.

Ved støbning med aluminatcement må betonmassens tempera-

tur ikke overstige 25° C og den færdige konstruktion ikke over 35° C.

### 13. Efterbehandling og vanding

Indtil hærdningen er tilstrækkelig fremskreden, skal betonen beskyttes mod uforsigtig belastning, skadelige rystelser, regnskyl, indvirkning af frost m. v. samt mod for stærk udtørring ved solbestråling og vind. Også senere, efter at konstruktionen har nået en tilstrækkelig grad af bæreevne, må der sørges for, at den ikke beskadiges ved ukyndig behandling, navnlig ved hugning af huller eller riller for ledninger o. l. på steder, hvor der herved kan bevirkes en utilladelig svækkelse. Hvor det er muligt, bør man undgå hugning af huller ved at bestemme ledningernes plads, inden arbejdet udføres.

Beton med almindelig portland-cement skal under normale temperaturforhold holdes fugtig i mindst en uge, enten ved at den hindres i at udtørre eller ved vanding. Jo mere udsat bygværket er for hurtig udtørring, og jo vigtigere det er at undgå svind, des længere skal den holdes våd.

Anvendes hurtighærdende cement, kan vandingsperioden afkortes under hensyn til den hastighed, hvormed betonen opnår sin styrke, men til gengæld er det vigtigt, at der ikke sker nogen udtørring under afbindingen og den første del af hærdningen.

### 14. Støbning i koldt vejr

Ved støbning ved temperaturer under frysepunktet skal betonmassen ved støbningen have en temperatur på mindst 5° C. Ved stærkere frost må betonen ved udstøbningen have en så høj temperatur og beskyttes på en sådan måde mod afkøling, at dens temperatur de tre første døgn ikke synker under 2° C.

Der må ikke støbes mod beton, hvis overflade er koldere end 2° C, dersom det er af betydning, at der bliver god vedhængning i fladen.

Frosne materialer må ikke anvendes til betonstøbning. Ved opvarmning af materialerne eller ved anvendelse af varmt vand,

kan betonens temperatur gøres passende, helst over 15° C, men ikke over 30° C. Det må påses, at cementen ikke kommer i berøring med kogende vand.

Beskyttelse mod afkøling og frysning kan ske med halmmåtter o. l., men derimod ikke med lag af sand eller grus, der, hvis de gennemvædes inden frysningen, kan forårsage frostskeer i betonen.

Anvendelsen af frostvædske, kogsalt, calciumklorid, magnesiumklorid, soda o. l. er kun tilladt, hvis de ikke skader armeringen, og hvis de ikke er uheldige for betonens volumenbestandighed.

### 15. Støbning under vand

Ved støbning under vand skal anvendes særlige fremgangsmåder for at forhindre, at cementen udvaskes. Støbningen skal ske på en sådan måde, at betonen ikke falder gennem vandet, blandes med vand eller i sig selv afblandes, ligesom der må drages omsorg for, at betonen efter anbringelsen lades i fuldstændig ro (stampning er ikke tilladt), indtil hærdningen er tilstrækkeligt fremskredet. Støbningen bør i videst muligt omfang udføres uden pauser.

Sådan støbning må kun finde sted med tilsynets billigelse og efter metoder, godkendt af tilsynet.

Beton udstøbt under vand bør i almindelighed være federe end den over vand benyttede, og der bør helst anvendes relativt hurtigt størknende cement. Moler cement og anden finmalet cement må anses for bedre egnet end almindelig portland-cement.

Ved støbning med klappkasse bør den anvendte kasse være størst mulig. Kassen må ikke åbnes, før den står på bunden.

Ved støbning gennem rør skal dette stadig holdes neddykket i betonen, og betonoverfladen i røret må ikke synke under vandspejlet. Til den første fyldning af røret bør anvendes en federe beton, med mindre særlige forholdsregler tages til forebyggelse af cementens udvaskning.

Til kinippling skal anvendes ren cement, der udrøres i vand til en tyndtflydende vælling. Blandingen skal omrøres, indtil støb-



ningen er fuldført, og denne skal foregå uden afbrydelser. Ud-støbningen skal foretages gennem rør, der føres ned til stenlege-mets underside, og udføres under et sådant overtryk, at stenlege-mets hulrum fuldstændig udfyldes af cementvælling.

#### D. Kontrol af materialer og udførelse

##### Punkt 16. Klasseinddeling af kontrol

Der skelnes mellem to klasser af kontrollen med arbejdets ud-førelse, og de tilladelige spændinger (se punkt 35 og 44) er gjort afhængige af den klasse, hvorefter kontrollen udøves.

##### 16. 1. Klasse B: Sædvanlig kontrol

Hvor en gennemført økonomisering med cementforbruget ikke anses for nødvendig, og skærpet kontrol ikke ønskes gennemført, kan det tillades, at sand og sten måles efter rumfang, når tør-vægten af de materialer, målene rummer, jævnlige kontrolleres ved vejning. Cementen skal altid tilsættes enten i hele sække eller efter vægt.

Kontrol af sand, sten og vand efter punkt 5 og 6 kræves ikke gennemført, med mindre det drejer sig om materialer, som efter et fagligt skøn er tvivlsomme til formålet.

Kontrol af cementen kan udelades, når der anvendes aner-kendte danske fabrikater, som ikke har lidt skade under oplag-ningen.

Betonens konsistens bør regelmæssigt kontrolleres. Betonens styrke skal kontrolleres, og det tilrådes, at der mindst udføres 3 prøver for hver 150 m<sup>3</sup> eller påbegyndt 150 m<sup>3</sup> beton.

Man kan se bort fra kravene om de i tabel 1, punkt 7 angivne maksimale vandcementtal for jernbeton under grupperne 3, 4 og 5, når der anvendes singelsbeton, hvis sætmål ikke overstiger 15 cm, og der anvendes en minimumsmængde almindelig port-land-cement pr. m<sup>3</sup> beton på henholdsvis 300 kg, 275 kg og 250 kg. Ved anvendelse af hurtighærdnende portland-cement kan minimumsmængderne reduceres med 25 kg pr. m<sup>3</sup> beton.

Styrkeprøver af jernet bør lejlighedsvis udføres, særlig ved om-fattende arbejder.

Ved mindre arbejder og ved meget simple uarmerede konstruk-tioner kan de i fodnoterne til punkt 35 og 44 anførte tilladelige spændinger betragtes som vejledende.

##### 16. 2. Klasse A: Skærpet kontrol

Byggepladsen skal overvåges af et teknisk kyndigt tilsyn, der til enhver tid foretager den nødvendige kontrol såvel med beto-nen som med forme, eventuel armering m. v.

Sand og sten skal kontrolleres så ofte, at man har rimelig sik-kerhed for, at de opfylder bestemmelserne i punkt 5, og for at kornkurverne stemmer med forudsætningerne for betonens egen-skaber.

Vandet skal, hvor det er nødvendigt, kontrolleres, så man har sikkerhed for at det tilfredsstillende fordringerne i punkt 6.

Cementen bør kontrolleres ved passende prøver.

Betonens sammensætning og egenskaber skal fastsættes forud og kontrolleres regelmæssigt. Dette gælder såvel vandcementtallet, som konsistensen og terning- eller bjælkestyrken.

Hvis materialerne ikke afvejes direkte, skal blandingsforholdet kontrolleres ved regelmæssige vejprøver.

Vand skal tilsættes ved nøjagtigt målekar eller lign.

Der skal udføres mindst 3 prøvelegemer (terninger eller bjæl-ker) for hver 150 m<sup>3</sup> eller påbegyndt 150 m<sup>3</sup> beton, foruden mindst 6 prøvelegemer til forudbestemmelse af betonens styrke.

Jernet bør så vidt muligt leveres med garanteret flydespænding (eller 0,2 % spænding, jf. punkt 3). Af jern, der leveres med garanti for de forudsatte materialeegenskaber, bør der udføres en træk- og en bøjeprovning for hver 150 stænger med 2 cm<sup>2</sup> tværsnits-areal og derunder (for Isteg-jern regnes med enkeltjernenes tvær-snit) og for hver 100 stænger med større tværsnitsareal end 2 cm<sup>2</sup>.

Med jern, der leveres uden særlig garanti, bør der udføres dob-belt så mange prøvninger.

Udmattelsesprøvninger, kemiske undersøgelser o. lign. bør ud-føres i passende antal.

Der skal føres regelmæssig kontrol med forskalling og armering.

### 17. Tegninger og beregninger m. m.

Forinden udførelsen kan der forlanges indleveret tegninger, der viser hovedanordningen, den forlangte betonstyrke, kontrolens art og alle nødvendige detaljer, herunder f. eks. eventuelle svejsesteder, samt beregninger, indeholdende angivelser af størrelsen af den forudsatte hvilende og bevægelige belastning og af de tilladelige spændinger samt dimensionsbestemmelse eller eftervisning af tilstrækkelig bæreevne. Tegninger og beregninger skal underskrives af den, som har ansvaret for dem. Eventuelt kan tillige fordres nærmere beskrivelse af vanskelige konstruktioner, af arbejdets udførelse o. l.

Ved konstruktioner, hvis bæreevne ikke kan anses for at være udtømmende belyst gennem beregninger, må der ved belastningsprøver af forsøgsstykker eller af et helt konstruktionsled skaffes bevis for konstruktionens bæreevne.

### 18. Udtagning af materialprøver

#### 18.1. Armeringsjernet

Prøvestænger til trækprøvning med rundjern o. lign. bør have en længde på ca. 25 *d*, dog mindst 50 cm. Til bøjeprovning kræves en længde på mindst 10 *d* og til udmattelsesprøvning kræves en længde på ca. 10 *d*, dog mindst 20 cm.

#### 18.2. Cementen

Til en fuldstændig normprøvning af et parti cement udtages småprøver på 1 à 2 kg fra mindst 5 af sækkene, og disse småprøver blandes omhyggeligt til en gennemsnitsprøve, der skal veje ca. 10 kg, når den er af alm. portland-cement og ca. 15 kg, når den er af hurtighærdnende portland-cement eller specialcement. Gælder prøvningen alene cementens norm-trykstyrke, er en gennemsnitsprøve på 5 kg tilstrækkelig.

#### 18.3. Gruset

Til den løbende kontrol med sand og sten udtages småprøver på 3 à 5 kg, såvel øverst som i midten og ved foden af bunkerne på forskellige steder i disse, og småprøverne blandes omhyggeligt til gennemsnitsprøver henholdsvis af sand og sten, der skal veje ca. 30 kg.

Til brug ved afgørelsen af eventuelle stridsspørgsmål efter arbejdets udførelse anbefales det at udtage og opbevare et passende antal gennemsnitsprøver som de foran nævnte.

#### 18.4. Vandet

En Vandprøve bør ikke være under 1 liter.

### 19. Kontrol efter arbejdets udførelse. Prøvebelastninger

#### 19.1. Undersøgelser for fejl

Såfremt der foreligger grundet formodning om, at en konstruktion eller en del af samme har for ringe bæreevne, bør der, forinden bygværket tages i brug, foretages en nærmere undersøgelse af den eventuelle skades betydning.

Hvis således betonprøvelegemerne har udvist for ringe styrke, eller der er sket en svækkelse af betonen som følge af frost, for tidlig udtørring, stærk opvarmning eller lignende, bør man foretage en udhugning af prøvelegemer af betonen i den færdige bygning. Har man formodning om, at jernenes placering ikke er rigtig, bør man foretage en udhugning for at konstatere jernenes virkelige beliggenhed, eller foretage en røntgenfotofering.

#### 19.2. Prøvebelastninger

19.2.1. Såfremt man, som følge af at prøvelegemerne ikke har nået den forudsatte styrke eller af andre grunde, anser en belastningsprøve for ønskelig uden dog at nære tvivl om bygværkets soliditet, kan man foretage en belastning af den pågældende del af bygværket på følgende måde:

Belastningen anbringes med størst mulig forsigtighed og tidligst 45 døgn (ved broer 60 døgn) efter støbningens afslutning med tillæg for kolde døgn efter reglerne i punkt 10.2. Belastningen bør så vidt muligt være lig med den største af størrelserne:  $0,2 g + 1,2 p$  og  $1,5 p$ , hvor  $g$  er egenvægten incl. slidlag, udfyldningsmateriale o. lign., og  $p$  er den øvrige del af den forudsatte belastning. Belastningen anbringes i den stilling, som giver den største påvirkning af den konstruktionsdel, hvis bæreevne tilsigtes undersøgt, og den bør forblive mindst 24 timer på konstruktionen.

Resultatet af belastningsprøven kan betragtes som tilfredsstillende, når bygværket ikke har lidt synlig skade, og når der i den sidste trediedel af de 24 timer ikke har vist sig nogen tilvækst til formforandringerne, samt når den blivende formforandring efter mindst 12 timers aflastning højst udgør 25 % af den totale formforandring. I tvivlstilfælde bør prøven gentages.

Hvor intet andet er forudsat, bæres udgifterne ved disse prøver af bygherren, med mindre de skyldes forhold, som kan lægges entreprenøren til last.

19.2.2. Hvis man har grundet formodning om, at konstruktionen ikke har den tilsigtede sikkerhed, og man ikke på anden måde kan konstatere dette, kan man, såfremt man ikke straks vil skride til en forstærkning eller ombygning, foretage en mere omfattende prøvebelastning.

Prøvens art og belastningens størrelse og anbringelse må fastsættes i hvert enkelt tilfælde under hensyn til konstruktionens art og til det, man ønsker undersøgt. Prøven skal vise, at konstruktionen har mindst 1,5 gange sikkerhed.

Udgifterne afholdes af den, der har ansvaret for, at prøven må finde sted.

## E. Konstruktion og beregning af jernbeton

### 1. Snitkræfternes bestemmelse

#### 20. Spændvidder

De teoretiske spændvidder må ikke regnes mindre end afstandene mellem midtpunkterne af de teoretisk nødvendige lejeflader.

#### 21. Statisk ubestemte konstruktioner

Når snitkræfterne ikke kan bestemmes ved de statiske ligevægtsbetingelser alene, kan man gå frem efter følgende tre måder:

a. *Elasticitetsteorien* med de sædvanligt anerkendte tilnærmelser. Ved bestemmelse af tværsnittets inertimoment medregnes betonens trækzone, og hvis man ønsker at medregne armeringen sættes  $n = 10$ . Der bør tages hensyn til tværsnittets variation, hvor denne er af væsentlig betydning.

b. *En plasticitetsteori*, hvorefter størrelsen af snitkræfterne fastlægges ved hjælp af materialets plastiske egenskaber.

Det kan anses for tilstrækkeligt, hvis snitkræfterne vælges således, at de numerisk største spændinger i konstruktionen intet sted bliver mindre end tredjedelen af elasticitetsteoriens resultater, eller hvis man på anden måde ud fra materialets plastiske egenskaber kan påvise, at de snitkræfter, som regnes samtidigt virkende, kan optræde samtidigt og med de påregnede størrelser.

c. Ved simple husbygningskonstruktioner og lignende efter princippet: *delvis indspænding*. Ved kontinuerlige plader og bjælker kan der for indspændingsmomenterne indføres værdier, der er afpassede efter den skønnede indspændingsgrad, og som er beliggende mellem fuld (fast) indspænding og  $1/5$  heraf.

Pladen eller bjælken dimensioneres i så tilfælde for følgende to momentkurver:

Fuld belastning i faget og  $2/3$  af de skønnede indspændingsmomenter.

De fulde værdier af de skønnede indspændingsmomenter sammen med den hvilende belastning og  $3/5$  af den bevægelige, jævnt fordelte belastning, men uden eventuelle bevægelige enkeltkræfter og koncentrerede belastninger i faget.

Ved bestemmelse af lejetryk og transversalkræfter regnes med de skønnede indspændingsmomenters fulde værdi.

Ved kontinuerlige plader og bjælker over mindst 3 fag, hvor faglængderne ikke er meget forskellige, kan man dog regne lejetryk og transversalkræfter som ved simpel understøtning.

Til andre statisk ubestemte konstruktioner i simple husbygningskonstruktioner kan en analog beregningsmåde tillades.

I brobane- og lignende konstruktioner beregnes kontinuerlige plader og sekundære længdebjælker i mellemfagene for lige store positive og negative momenter, henholdsvis midt i åbningen og over mellemunderstøtningerne, lig med  $\frac{4}{5}$  af det positive maksimumsmoment ved simpel understøtning. I yderfag, hvis ene ende er simpelt understøttet, regnes det største positive moment i faget lig med  $\frac{9}{10}$  af det positive maksimumsmoment ved simpel understøtning.

Fælles for alle tre fremgangsmåder er følgende bestemmelse:

Ved alle kontinuerlige bjælker skal en passende armering føres igennem i oversiden, uanset om beregningerne ikke medfører dette.

22. Krydsarmerede, rektangulære plader, der er understøttet langs alle fire sider og ensformigt belastede, og hvis længste side  $l$  højst er 2 gange den korte side  $k$ , kan, såfremt beregningen ikke udføres efter en nøjagtigere fremgangsmåde, dimensioneres efter de nedenfor angivne regler.

Idet  $M_k$ ,  $M_1$  og  $M_3$  er enhedsmomenterne i snit parallelle med den lange side,  $M_k$  midt i pladen og  $M_1$  og  $M_3$  over understøtningerne, medens  $M_2$ ,  $M_2$  og  $M_4$  er de tilsvarende momenter på den anden led, sætter man:

$$M_k + M_1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{(M_1 + M_3) \cdot l + (M_2 + M_4) \cdot k}{k + l} = \frac{1}{12} q kl.$$

$M_k$  og  $M_1$  bør vælges således, at

$$\frac{1}{2} M_1 \leq \frac{k}{l} M_k \leq 2 M_1,$$

og understøtningsmomenterne svarende hver især til den indspænding, som betinges af nabokonstruktionerne — for simpelt understøttede sider altså nul.

$M_1$  og  $M_3$  må ikke regnes større end  $M_k$ ,  $M_2$  og  $M_4$  ikke større end  $M_1$ .

Indspændingsmomenterne kan i begge retninger regnes at af-tage retlinet til nul i en afstand af  $\frac{1}{5} k$  fra lejerne.

Lejetrykket beregnes ud fra den forudsætning, at forskydningskræfterne er nul i hjørnevinklernes halveringssnit og i pladens midtersnit. Langs de korte sider regnes lejetrykket fordelt efter en trekant, langs de lange sider efter et trapez med samme højde som trekanten.

### 23. Enkeltkræfter på plader

Trykfordeling gennem slidlag, ballast m. m. til en jernbetonplades overside regnes at foregå som angivet i D. I. F.'s normer for bygningskonstruktioner, afsnit 1: belastningsforskrifter, Dansk Standard, DS 410, §§ 5, 13, og 24.

I en rektangulær plade, simpelt understøttet langs siderne  $b$  og fri langs siderne  $a$ , belastet med kraften  $P$  ensformigt fordelt over et rektangel med siderne  $a_1$  og  $b_1$ , parallelle med henholdsvis  $a$  og  $b$ , beregnes momentet, som om det var ensformigt fordelt over bredden

$$b_n = b_1 + 2h + 4 \frac{xx'}{a} \sqrt{a},$$

hvor  $a$  er forholdet mellem armeringsprocenterne i snittet parallelt med  $a$  og snittet parallelt med  $b$ ,  $x$  og  $x'$  kraften  $P$ 's afstande fra understøtningerne.  $a$  må ikke regnes større end 1. Er kraftens afstand  $y$  til den ene frie kant mindre end  $\frac{1}{2} b_n$ , regnes nyttebredden

$$\frac{1}{2} b_n + y.$$

og pladen må da forsynes med en passende armering i begge retninger i oversiden.

*Gennemlokning.* Fra den ovenfor nævnte belastningsflade med siderne  $a_1$  og  $b_1$  fordeles belastningen under  $45^\circ$  til pladens underside, hvorved man kommer til et rektangel med siderne  $a_2$  og  $b_2$ . De fire lodrette snit i pladen med dette rektangel som grundflade skal kunne optage den forskydende kraft.

## 2. Spændingsbestemmelse og dimensionering

### 24. Spændingerne

Det er en forudsætning for de senere angivne tilladelige spændinger, at spændingerne i lige og svagt krummede bjælker og buer med konstant eller svagt varierende tværsnit beregnes under forudsætning af plan spændingsfordeling uden trækmodstand i betonen.  $n$  sættes lig 15.

### 25. T-bjælker

Ved T-formede bjælker må der som bredde af hovedet til hver side, målt fra kanten af kroppen, højst regnes med den mindste af følgende værdier: halvdelen af afstanden fra maksimalmomentpunktet til nærmeste momentnulpunkt eller 8 gange pladens middeltykkelse på den medregnede bredde eller afstanden til grænsen for nabobjælkens hoved.

### 26. Trykarmering i bjælker

Indlægges der længdejern  $F_j^c$  som armering af den trykkede side i en bjælke (plade), og udgør denne armering  $\varphi^c\%$  af arealet  $F_b = b \cdot h$  (ved T-tværsnit  $b_o \cdot h$ , se betegnelserne i punkt 2) må man for  $\varphi^c \leq 1,5$  regne med hele jerntværsnittet, men for  $\varphi^c > 1,5$  kun med  $1,5 + \frac{1}{3}(\varphi^c - 1,5)\%$ .

Længdejernene skal sikres mod udbøjning i punkter, hvis afstand hverken overskrider 15 gange diameteren af rundjernene (60 gange mindste inertiradius for ikke cirkulære profiler) eller bjælkehovedets bredde.

Isteg-jern må ikke medregnes som trykarmering.

### 27. Almindelige søjlers armering

Længdejernenes indbyrdes akseafstand må ikke overstige 35 cm, og deres tværsnitsareal skal uden hensyn til jernkvaliteten mindst udgøre  $\frac{3}{4}\%$  af søjlens nødvendige tværsnitsareal. Længdejernene skal hvert især sikres mod udbøjning ved bøjler (tværarmering), hvis afstand hverken må overskride 15 gange diameteren af

længdejernene (60 gange mindste inertiradius for ikke cirkulære profiler) eller søjlens mindste tværsnitsdimension eller 35 cm. Forsåvidt bøjlerne udføres med spinklere rundjern end 7 mm, må summen af disse rundjerns tværsnitsareal uden hensyn til jernkvaliteten for en søjlelængde lig den ovenfor angivne maksimale bøjleafstand ikke være mindre end den mindste af følgende to værdier:

Arealet af et 7 mm rundjern eller

15 $\frac{0}{0}$  af det sværeste af de fastholdte længdejerns tværsnitsareal.

Ved beregning af centralt belastede søjler kan den tilladelige spænding  $r_s$  multipliceres med

$$k = 1 + 15 \frac{1,5}{1 + 2\beta} \cdot \frac{F_j^c}{F}$$

hvor  $F = F_b + 15 F_j^c$ ,

og  $\beta$  er forholdet mellem bøjleafstand og søjlens mindste tværsnitsdimension, medens  $F_j^c$  er arealet af en tænkt længdearmering, hvis volumen er lig tværarmeringens.

Såfremt  $F_j^c$  udgør over 3 % af  $F_b$ , må overskuddet kun føres i regning med  $\frac{1}{3}$  af værdien.  $F_j^c$  må ikke regnes større end 3  $F_j^c$ . Trykspændingen, beregnet under forudsætning af  $F_j^c = F_j^c = 0$ , må ikke overstige 2 gange den tilladelige spænding  $r_s$ .

### 28. Beviklede søjlers armering

Længdejernenes tværsnitsareal må uden hensyn til jernkvaliteten ikke være mindre end  $\frac{3}{4}\%$  af  $F_b$ . Kærnetværsnittet  $F_K$ , der skal være cirkulært, er arealet indenfor beviklingsjernets midtlinie. Beviklingen kan foretages efter en skruelinie eller ved indlæggelse af cirkulære ringe. Skruelinien stigning (henholdsvis ringafstanden) må ikke overstige  $\frac{1}{5}$  af dens diameter og heller ikke 8 cm og skal mindst være 3 cm større end beviklingsjernets diameter.  $F_j^c$  må ikke regnes større end 3  $F_j^c$ .

Ved beregning af centralt belastede, beviklede søjler kan den tilladelige spænding  $r_s$  multipliceres med

$$k = 1 + \frac{45 F_j^c}{F},$$

hvor  $F = F_K + 15 F_j^c$  angiver søjlens virksomme tværsnit.

Trykspændingen beregnet under forudsætning af  $F_j^c = F_j^{c'} = 0$ , må ikke overstige 2 gange den tilladelige spænding,  $r_s$ .

### 29. Centralt belastede søjler

I centralt belastede søjler er den tilladelige betontrykspænding

$$r_s = \frac{r_o}{1 + \frac{F}{I} l^2}$$

hvor  $r_o = 0,8 r_b$ ,

$l$  = søjlelængden i m,

$F$  = tværsnitsarealet i  $\text{cm}^2$ ,

$I$  = tværsnittets inertimoment i udbøjningsretningen i  $\text{cm}^4$ .

Tværarmeringen må ikke medregnes i  $F$  og  $I$ .

### 30. Ekscentrisk belastede søjler

Ekscentrisk belastede søjler skal undersøges både for trykkraften virkende centralt i overensstemmelse med punkt 29, og for trykkraften virkende ekscentrisk.

Såfremt en mere nøjagtig fremgangsmåde ikke foretrækkes, kan beregningen ske på følgende måde:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_b \\ \sigma_b^t \end{array} \right\} = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W},$$

idet der, uanset om tværsnittet får trækspændinger eller ej, regnes med det fulde betontværsnit og  $n = 15$ .

Hvis  $\sigma_b^t$  er en trykspænding eller en så lille trækspænding, at dens numeriske værdi er mindre end eller lig med  $1/5 \sigma_b$ , skal det påvises, at

$$\frac{N}{F} \cdot \frac{r_b}{r_s} + \frac{M}{W} \leq r_b.$$

Er  $\sigma_b^t$  en trækspænding, hvis numeriske værdi er større end  $1/5 \sigma_b$ , skal der ses bort fra betonens trækspændinger. For søjler med  $\frac{F}{I} l^2 \leq 0,1$  gennemføres beregningerne da på sædvanlig måde med de for ren bøjning gældende tilladelige spændinger. For søjler med  $\frac{F}{I} l^2 > 0,1$  bør nøjagtigere fremgangsmåde anvendes.

Den fulde tværarmering og bevikling må kun regnes virksomme til optagelse af centralt tryk. Ved bøjningsspændingerne må der enten ses bort fra tværarmeringen, eller forholdene må undersøges på særlig måde.

Søjler, der er støbt i eet med bjælker eller plader, kan for almindelig anvendte konstruktioner og dimensioner, især i husbygning, beregnes for et centralt tryk efter punkt 29; til gengæld multipliceres totalbelastningen fra den over den pågældende søjle beliggende etage med:

- 2,0, når søjlen belastes ensidigt i to retninger af bjælker eller plader,
- 1,25, når søjlen belastes af gennemgående bjælker og gennemgående plader,
- 1,5 for alle øvrige søjler.

For at en bjælke eller plade skal kunne regnes gennemgående, må den på de to sider af søjlen i det væsentlige have samme stivhed.

### 31. Fundamenter og lejekvadere

Når fundamenter, lejekvadere o. l. med areal  $F$  er centralt belastede med en over arealet  $F_1$  ensformigt fordelt kraft  $P$ , er den

tilladelige værdi af  $\frac{P}{F}$

$$r = r_o \sqrt[3]{\frac{F}{F_1}}, \text{ dog højst lig med } 2 r_o.$$

Arealet  $F$  må ikke regnes større end det, man kommer til i et snit vinkelret på kraftretningen, når man fra punkter af konturen af  $F_1$  trækker fordelingslinier under  $45^\circ$  til skæring med fundamentets (lejekvaderens o. l.) underflade eller sideflader.

### 32. Pæle

For pæle, der skal rammes, gælder reglerne i punkt 27 med følgende ændringer:

Afstanden mellem tværarmeringsjernene må hverken overstige  $10 d$ , pælens mindste tværsnitsdimension eller 20 cm, og i hoved og spids hverken  $5 d$  eller 10 cm.

Hvis tværarmeringen består af rundjernsbøjler omsluttende alle længdejernene, må diameteren (uden hensyn til jernkvaliteten) ikke være under 5 mm, medmindre afstanden formindskes i samme forhold som jernarealet.

Hvis tværarmeringen består af (stramt sammensnoede) trådbindinger, omsluttende længdejernene to og to, skal der bruges mindst 3 mm jerntråd. I hver binding bør der være mindst to, i hoved og spids mindst tre eller fire trådtværsnit; eventuelt kan der anbringes supplerende diagonalbindinger.

For uarmerede pæle (pæle støbt på stedet) se punkt 41.

### 33. Vægge

Jernbetonvægge, der bærer som søjler, skal almindeligvis beregnes og armeres som søjler.

Ved belastning med enkeltkræfter bestemmes spændingen i det vandrette plan, der halverer væggens (eller vægdelens) frie højde, idet fordelingsvinklen højst sættes lig  $45^\circ$  til hver side. Fordelingsbredden må ikke overstige afstanden mellem enkeltkræfterne eller væggens (eller vægdelens) virkelige bredde.

Ved ydervægge skal armeringen anbringes således, at revnedannelser så vidt muligt undgås.

Hvis væggens bredde — målt mellem eventuelle åbninger — mindst er 10 gange væggens tykkelse, gælder følgende regler:

Den lodrette armerings areal skal (uden hensyn til jernkvaliteten) mindst udgøre  $\frac{1}{2}\%$  af væggens nødvendige tværsnitsareal, og afstanden mellem jernene må ikke overstige 25 cm. Er jern-diameteren i den lodrette armering mindre end eller lig med 12mm, kan den almindelige tværarmering udelades og erstattes af en vandret længdearmering, såfremt de vandrette og lodrette jern i hvert net sammenbindes i hvert krydsningspunkt. Den vandrette længdearmerings tværsnitsareal skal (uden hensyn til jernkvaliteten) mindst være  $\frac{1}{4}\%$  af det fulde betonareal i samme snit. Afstanden mellem de vandrette jern må højst være 15 gange de lodrette jerns diameter.

Ved vægge med højst 15 cm tykkelse kræves kun et enkelt jernnet. Den lodrette armering lægges da i midten af væggen. Ved bestemmelse af inertimomentet regnes kun med betonen på den ene side af jernindlægget, der forudsættes at ligge i væggens midte. Angående uarmerede vægge se punkt 39.

### 34. Buer og hvælvinger

Buer og hvælvinger armeres både i over- og underside, og hovedarmeringen i hver side skal (uden hensyn til jernkvaliteten), når der regnes med de i punkt 35 anførte tilladelige spændinger, som regel udgøre mindst  $\frac{1}{4}\%$  af det fulde betonareal i buer og  $\frac{1}{5}\%$  i hvælvinger.

Ved en hvælving forstås en bue, hvis bredde mindst er lig med 10 gange buens minimumstykkelse.

Såfremt hovedarmeringen medregnes som trykarmering, skal der anbringes bøjler efter samme regler som anført i punkt 27 for søjler.

Fordelingsarmeringen i hvælvinger bør udgøre mindst 20% af den anvendte hovedarmering.

### 35. Tilladelige spændinger for normal belastning

Ved beregning af bærende konstruktioner bør der tages hensyn til sandsynligheden for de forskellige mulige belastningskombinationer.

I almindelighed vil det være tilstrækkeligt at tage de i de følgende afsnit II, III og V (punkt 46, 47 og 59) angivne belastningskombinationer i betragtning. For vandbygningskonstruktioner henvises til de særlige regler i afsnit IV (punkt 48).

Under normale belastningsforhold, således som disse er fastlagt i de nævnte afsnit, kan der regnes med nedennævnte tilladelige spændinger, der dog kun gælder for jernets vedkommende, når temperaturen er under 300° C, og for betonens vedkommende, når temperaturen er under 100° C, for beton af aluminatcement dog under ca. 35° C.

For belastninger af rent midlertidig karakter, f. eks. sådanne, der kun optræder under arbejdets udførelse, kan alle de nedennævnte tilladelige spændinger forøges med 25%.

For konstruktioner, hvor deformationerne kan forventes at få en uheldig virkning, bør der foretages en særlig undersøgelse.

### 35.1. Udførelse og kontrol efter klasse B (sædvanlig kontrol)

#### 35.1.1. Armeringsjernet

For jern uden garanteret flydespænding  $\sigma_F$  er den tilladelige trækspænding

$$\begin{aligned} r_j &= 1300 \text{ kg/cm}^2 \text{ for jern med trækstyrke} = 3700 \text{ kg/cm}^2, \\ r_j &= 1540 \text{ kg/cm}^2 \quad - \quad - \quad - \quad = 4400 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

For jern med garanteret flydespænding  $\sigma_F$  er den tilladelige trækspænding

$$\begin{aligned} r_j &= \frac{1}{2} \sigma_F \text{ for } \sigma_F \leq 3600 \text{ kg/cm}^2, \\ r_j &= 1800 + \frac{1}{4} (\sigma_F - 3600) \text{ for } \sigma_F > 3600 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

For jern, der ikke er koldbehandlet, og som tillige er forsynet med fremspring i overensstemmelse med punkt 11. 4, kan man dog sætte

$$\begin{aligned} r_j &= \frac{1}{2} \sigma_F \text{ for } \sigma_F \leq 4000 \text{ kg/cm}^2, \text{ og} \\ r_j &= 2000 + \frac{1}{4} (\sigma_F - 4000) \text{ for } \sigma_F > 4000 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

Ved konstruktioner med forspændinger, se dog punkt 36.

For udendørs konstruktioner og konstruktioner, der er særlig udsat for fugtighed, eller hvor revnedannelser af andre grunde har særlig betydning, bør der, såfremt  $r_j > 1300 \text{ kg/cm}^2$ , foretages særlige undersøgelser og eventuelt træffes praktiske foranstaltninger for at modvirke skadelige revnedannelser.

Svejsning af armeringsjern, hvis flydespænding er fastlagt efter koldbearbejdning, er ikke tilladt.

Ved svejsning af stød i andre armeringsjern skal D.I.F.'s normer for beregning og udførelse af stålkonstruktioner, Dansk Standard, DS 412, i almindelighed følges.

Ved hyppigt vekslende spændinger bør den tilladelige trækspænding i svejse sømmen nedsættes til  $0,8 r_j$ , når spændings-

$$\text{variationen } \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} < \frac{2}{3}.$$

#### 35.1.2. Betonen<sup>1)</sup>

$$r_b = 0,25 \sigma_B \text{ eller } 0,3125 \sigma_T, \text{ dog højst } 75 \text{ kg/cm}^2,$$

$$r_o = 0,8 r_b.$$

$\sigma_B$  er bøjningstrykstyrken bestemt ved prøvebjælker og  $\sigma_T$  er trykstyrken bestemt ved 20 cm terninger. Der må højst regnes med de værdier, der opnås efter normal hærningstid, der for almindelig portland-cement regnes til 28 døgn, for hurtighærdende portland-cementer til 14 døgn og for særligt hurtighærdende cementer til 7 døgn.

Rene forskydningsspændinger og de skrå hovedtrækspændinger i bjælker må ikke overstige:

<sup>1)</sup> Ved underordnede jernbetonarbejder kan man regne med  $r_b = 0,2 \sigma_B = 0,25 \sigma_T$ , dog højst 60 kg/cm<sup>2</sup>.

Med god udførelse kan man, ved anvendelse af alm. portland-cement og plastisk beton, forvente følgende tilladelige spændinger:

Blandingsforhold efter rumfang.....	1:2:3	1:2½:3½
Tilladelig bøjningstrykspænding $r_b$ .....	60 kg/cm <sup>2</sup>	50 kg/cm <sup>2</sup>



$\tau_b = 0,3 r_b$ , maksimalt  $22,5 \text{ kg/cm}^2$ .

Hvor de overstiger  $1/3$  af disse værdier, d. v. s.

$\tau_b = 0,1 r_b$ , maksimalt  $7,5 \text{ kg/cm}^2$ ,

må der ikke gøres brug af trækspændinger i betonen.

### 35.2. Udførelse og kontrol efter klasse A (skærpet kontrol)

#### 35.2.1. Armeringsjernet

De for udførelse og kontrol efter klasse B anførte tilladelige spændinger kan forøges med 5%.

#### 35.2.2. Betonen

$r_b = 0,26 \sigma_B = 0,325 \sigma_T$  for  $\sigma_B \leq 300 \text{ kg/cm}^2$  ( $\sigma_T = 240 \text{ kg/cm}^2$ ),

$r_b = 78 + 0,19 (\sigma_B - 300)$  for  $\sigma_B > 300 \text{ kg/cm}^2$ .

$r_b$  må dog ikke vælges højere end  $90 \text{ kg/cm}^2$ .<sup>1)</sup>

Iøvrigt gælder de samme regler, som er anført for klasse B, punkt 35.1, idet de maksimale værdier for  $\tau_b$  ikke må overstige henholdsvis  $27 \text{ kg/cm}^2$  og  $9 \text{ kg/cm}^2$ .

## 36. Konstruktioner med forspændinger

Ved konstruktioner med forspændinger behøver spændingerne ikke at begrænses til de ellers tilladte, men sikkerhedsgraden mod brud skal så nær som muligt være den samme som for konstruktioner uden forspændinger.

36.1. Ved konstruktioner, hvor forspændingerne hovedsagelig fremkaldes af egenvægten, som melankonstruktioner og visse konstruktioner, der forstærkes, kan sikkerhedsgraden indføres som koefficienter til belastningerne på følgende måde:

<sup>1)</sup> Ved særlig betydningsfulde konstruktioner, hvor en yderligere skærpe af tilsyn og kontrol iværksættes, og beregningerne og udførelsen gennemføres med særlig nøjagtighed, er det ikke nødvendigt at overholde den øvre grænse for  $r_b$ . Det tilrådes dog at udvise særlig forsigtighed, når  $r_b$  regnes højere end  $90 \text{ kg/cm}^2$ .

### Belastningstilfælde a (se punkt 46–47).

Den hvilende belastning  $g$  skal multipliceres med en koefficient  $\mu_g$ , som ikke må være mindre end 1,2.

Den bevægelige belastning  $p$  skal multipliceres med en koefficient  $\mu_p$ , som skal være  $1,5 \mu_g$ .

De tilsvarende tilladelige spændinger (formelle brudspændinger) fastsættes således, at sikkerheden i midttræversnittet af en simpelt understøttet bjælke bliver den samme som for en konstruktion uden forspændinger, når  $p = g$ .

$p$  må ikke regnes mindre end  $0,1 g$ . Eventuelle stødtillæg indbefattes i  $p$ . Vindbelastning betragtes som bevægelig belastning (se punkt 47 a).

Slidlag, lette skillevægge o. lign. belastningsdele, som kan fjernes, skal regnes som bevægelige.

### Belastningstilfælde b (se punkt 46–47).

Vindbelastning og bremsekræfter skal normalt multipliceres med  $\frac{\mu_g + \mu_p}{2}$ . For vindbelastning og bremsekræfter gælder minimumsværdien  $0,1 g$  ikke. Iøvrigt gælder samme betingelser som for belastningstilfælde a. De formelle brudspændinger, som gælder for belastningstilfælde a, forøges her med de for tilladelige spændinger gældende procenter.

Hvis  $\mu_g$  og  $\mu_p$  er valgt så høje, at de formelle brudspændinger i belastningstilfælde b overstiger henholdsvis  $\sigma_F$  og  $\sigma_B$ , må  $\mu_g$  og  $\mu_p$  reduceres for belastningstilfælde b, men uden at de foran nævnte betingelser ændres.

### Belastningstilfælde c (brobygning).

Ekstrapåvirkningerne multipliceres med  $\mu_g$ , og de formelle brudspændinger forøges med de for tilladelige spændinger gældende procenter.

Hvis  $\mu_g$  og  $\mu_p$  er valgt så høje, at de formelle brudspændinger i belastningstilfælde c overstiger henholdsvis  $\sigma_F$  og  $\sigma_B$ , må  $\mu_g$  og  $\mu_p$  reduceres for belastningstilfælde c, men uden at de foran nævnte betingelser ændres.

Når en forspændt og en ikke forspændt armering i et tværsnit er underkastet nogenlunde samme længdeændringer for en given belastning, er det tilladt at udnytte armeringen, indtil den formelle flydespænding (brudspænding) optræder i den mindst anstrengte del af armeringen. Dette gælder uanset, at den øvrige del af armeringen allerede ved lavere belastningstrin har nået den formelle flydespænding, og uanset om den formelle flydespænding ikke er ens for de forskellige dele af armeringen. Fra det øjeblik spændingen har nået den formelle flydespænding i en given del af armeringen, regnes spændingen i denne konstant.

Det bemærkes, at den formelle flydespænding har forskellige værdier — selv for samme materiale — i belastningstilfælde a, b og c. Ved konstruktioner, der dels udføres med og dels uden forspændinger af den her nævnte art, kan denne fremgangsmåde tillige anvendes på de konstruktionsled, som ikke udføres med forspændinger.

De i punkt 46—47 foreskrevne særlige undersøgelser for en forhøjelse af den bevægelige belastning kan udelades ved denne beregningsmåde.

36.2. Ved konstruktioner med kunstig forspænding, der udføres således, at der hverken for totalbelastningen  $g + p$  eller for den hvilende belastning  $g$  alene opstår trækspændinger i den del af betonen, som omgiver armeringen, skal sikkerheden mod brud så nær som muligt være den samme som for konstruktioner uden forspændinger, når der for disse regnes med  $r_j = \frac{1}{2} \sigma_F$  uden hensyn til størrelsen af  $\sigma_F$ .

### 37. Nye materialer eller konstruktioner,

som ikke var kendt eller gennemprøvet ved disse normers udgivelse, skal have normal sikkerhed. Sikkerheden skal eftervises ved beregninger og ved fyldestgørende forsøg. Der skal tages hensyn til nedbøjning og revnesikkerhed som angivet i punkt 35.

## F. Konstruktion og beregning af uarmeret beton.

### 38. Spændingerne

Det er en forudsætning for de angivne tilladelige spændinger, at spændingerne i lige og svagt krummede konstruktionsled med konstant eller svagt varierende tværsnit beregnes under forudsætning af plan spændingsfordeling. Angående trækspændinger, se punkt 44.

Uarmerede konstruktioner må kun belastes med stærkt koncentrerede belastninger, når det påvises, at de ved disses fordeling fremkaldte træk- eller trykspændinger ikke bliver for store.

For større bygværker må der tages særlige forholdsregler for at hindre skadelige revnedannelser på grund af svind eller temperatur.

### 39. Centralt belastede, uarmerede piller og vægge

Disse skal have mindste sidelinie  $b$  større end  $\frac{1}{35} l$ , hvor  $l$  er den frie højde. Minimumstykkelsen for bærende vægge er 12 cm. En bærende pille bør ikke være mindre end  $25 \times 25$  cm.

Hvis  $l \leq 12 b$ , regnes med de i punkt 44 nævnte tilladelige spændinger. Er  $12 b \leq l \leq 35 b$ , skal de tilladelige spændinger multipliceres med  $\left(\frac{12b}{l}\right)^2$ .

### 40. Fundamenter og lejekvadere

Se punkt 31.

### 41. Uarmerede pæle

Der skelnes mellem to typer:

- nedpressede pæle, eventuelt bestående af flere stykker,
- stampebetonpæle, der støbes i jorden.

For begge typer gælder det, at sidelinien eller diameteren ikke må være mindre end 20 cm, og at betonen skal have en mini-

mumstærke på 180 kg/cm<sup>2</sup>. Når type b anvendes, må man drage omsorg for, at stampningen af betonen i en pæl ikke har skadelig virkning på en nabopæl, hvori betonen er ved at hærde. Ligeledes bør man undersøge, om der findes aggressive stoffer i grundvandet, der sinker eller hindrer betonens afbinding og hærning.

#### 42. Buer og hvælvinger

For at undgå svindspændinger bør buer og hvælvinger ikke støbes fuldt færdig på een gang. I støbefuger må der ikke regnes med trækspændinger, jf. punkt 38.

Nedtagning af forskallingen skal foregå på en sådan måde, at dele af buen ikke kommer til at virke som bjælke. Specielt må man i 3-charniers buer sørge for, at topcharnieret straks træder i funktion (kommer i spænd).

I buer og hvælvinger må spændingerne for de i punkt 46, 47 og 48 nævnte belastninger a og b ikke overstige de i punkt 44 angivne tilladelige spændinger med mere end 200 %, når den bevægelige belastning i den farligste stilling forøges med 100%, og der ses bort fra trækspændingerne.

For jordfyldte hvælvinger med spændvidde mindre end ca. 8 m behøver man ikke at tage hensyn til temperatur- og svindspændinger.

#### 43. Etageadskillelser af beton udstøbt mellem jernbjælker

I almindelige beboelsesbygninger samt i andre bygninger med tilsvarende belastningsforhold kan etageadskillelser udføres af uarmeret beton udstøbt mellem jernbjælker.

Den anvendte beton skal have en terningstyrke på mindst 160 kg/cm<sup>2</sup>.

Betontykkelsen (eksklusive slidlag) skal være mindst 12 cm for en bjælkeafstand (fra midte til midte) indtil 1,0 m, og 15 cm for en bjælkeafstand fra 1,0 til 1,2 m.

I bygninger, hvor etageadskillelserne udføres med uarmeret beton udstøbt mellem jernbjælker, således at betonpladerne ikke bærer den bevægelige belastning, men kun deres egenvægt, kan, når betonkvaliteten er som ovenfor angivet, pladetykkelsen gøres 10 cm for en bjælkeafstand indtil 1,0 m og 12 cm for en bjælkeafstand fra 1,0 m til 1,2 m.

#### 44. Tilladelige spændinger for normal belastning

Ved beregning af bærende konstruktioner bør der tages hensyn til sandsynligheden for de forskellige mulige belastningskombinationer.

I almindelighed vil det være tilstrækkeligt at tage de i de følgende afsnit II—IV (punkt 46, 47 og 48) angivne belastningskombinationer i betragtning.

Under normale belastningsforhold, således som disse er fastlagt i de nævnte afsnit, kan man regne med nedennævnte tilladelige spændinger, der dog kun gælder, når temperaturen i betonen er under 100° C, for beton af aluminatcement dog under ca. 35° C.

For belastninger af rent midlertidig karakter, f. eks. sådanne, der kun optræder under arbejdets udførelse, kan alle de nedennævnte tilladelige spændinger forøges med 25%.

##### 44.1. Udførelse og kontrol efter klasse B<sup>1)</sup> (sædvanlig kontrol)

Tilladelig trykspænding  $r_o = \frac{1}{7} \sigma_T$ , dog højst 30 kg/cm<sup>2</sup>.

Tilladelig bøjningstrykspænding  $r_b = 1,25 r_o$ .

<sup>1)</sup> Ved meget simple uarmerede konstruktioner kan man regne med  $r_o = \frac{1}{8} \sigma_T$ , dog højst 30 kg/cm<sup>2</sup>.

Med god udførelse kan man med anvendelse af alm. portland-cement og plastisk beton forvente følgende tilladelige spændinger:

Blandingsforhold efter rumfang . . .	1:2:3	1:3:5	1:4:7	1:5:8
Singels eller naturstensskærver . . . . Tilladelig trykspænding $r_o$ kg/cm <sup>2</sup> .	30	22	15	10
For murstensskærvebeton i fundam. Tilladelig trykspænding $r_o$ kg/cm <sup>2</sup> .			8	

I almindelighed kan der ikke regnes med trækspændinger; dog kan der for særlige konstruktioner, såsom fundamenter, kældermure, hvælvinger o. lign., regnes med bøjningstrækspændinger, når disse ikke overstiger  $\frac{1}{10} r_b$ , højst 6 kg/cm<sup>2</sup>. I støbefuger må der ikke regnes med trækspændinger.

Tilladelig forskydningspænding kan sættes til  $\frac{1}{10} r_b$ .

#### 44.2. Udførelse og kontrol efter klasse A (skærpet kontrol)

Tilladelig trykspænding  $r_o = \frac{1}{6} \sigma_T$ , dog højst 45 kg/cm<sup>2</sup>.<sup>2)</sup>

Den tilladelige bøjningstrækspænding i særlige konstruktioner må ikke overstige 7 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 45. Nye konstruktioner,

som ikke var kendt eller gennemprøvet ved disse normers udgivelse, skal have normal sikkerhed. Sikkerheden skal eftervises ved beregning og ved fyldestgørende forsøg.

## II. Særlige regler for brokonstruktioner

### 46. Belastningskombinationer

Der regnes med det ugunstigste af følgende belastningstilfælde:

- a. Normal belastning:  
Hvilende belastning + bevægelig belastning incl. stødtillæg, samt centrifugalkræfter og sidestød.
- b. Normal belastning + vindbelastning + bremsekræfter.
- c. b + alle betydende ekstrapåvirkninger.

For belastning a gælder de i punkt 35 og 44 angivne tilladelige spændinger.

<sup>2)</sup> Ved særlig betydningsfulde konstruktioner, hvor en yderligere skærpelse af tilsyn og kontrol iværksættes og beregninger og udførelse gennemføres med særlig nøjagtighed, er det ikke nødvendigt at overholde den øvre grænse for  $r_o$ . For højere værdier af  $r_o$  end 60 kg/cm<sup>2</sup> tilrådes særlig forsigtighed.

For belastning b kan de tilladelige spændinger forøges med 15%, for belastning c med 30%.

For belastning a og b må spændingerne ikke i nogen konstruktion overstige de i punkt 35 angivne tilladelige spændinger med mere end 80%, når den bevægelige belastning i den farligste stilling forøges med 50%. (For uarmerede konstruktioner, se punkt 42).

## III. Særlige regler for husbygningskonstruktioner

### 47. Belastningskombinationer

Der regnes med det ugunstigste af følgende belastningstilfælde:

- a. Normal belastning:  
Hvilende belastning + bevægelig belastning eller  
Hvilende belastning + vindbelastning
- b. Hvilende belastning + bevægelig belastning + vindbelastning.

For belastning a gælder de i punkt 35 og 44 angivne tilladelige spændinger.

For belastning b kan de i punkt 35 og 44 angivne tilladelige spændinger forøges med 25%.

Ved almindelige husbygningskonstruktioner vil det som regel være tilladt at se bort fra temperatur- og andre ekstrapåvirkninger i beregningen. Hvor det findes påkrævet at medtage disse påvirkninger, skal det påvises, at den tilladelige spænding for belastning a ikke overskrides med mere end 40%.

For belastning a og b må spændingerne ikke i nogen konstruktion overstige de i punkt 35 angivne tilladelige spændinger med mere end 80%, når den bevægelige belastning i den farligste stilling forøges med 50%. (For uarmerede konstruktioner, se punkt 42).

## IV. Særlige regler for vandbygningskonstruktioner

### 48. Tilladelige spændinger

Der skelnes mellem følgende belastningstilfælde:

- Belastningen er jordtryk beregnet efter punkt 6 og 7 i D.I.F.'s normer for bygningskonstruktioner, afsnit 6: fundering og jordtryk, Dansk Standard, DS 415, eller af en sådan art (f. eks. krantryk, kajbelastning, vandtryk), at dens størrelse kan bestemmes med samme sikkerhed, som ved de i almindelighed forekommende belastninger.
- Belastningen er jordtryk, beregnet som angivet i ovennævnte afsnit 6, fundering og jordtryk, punkt 10.
- Belastningen er en kombination af de under a og b nævnte tilfælde.

For belastningstilfælde a gælder de i punkt 35 og 44 angivne tilladelige spændinger.

For belastningstilfælde b gælder de i punkt 35 angivne tilladelige spændinger forøget med 25%.

For belastningstilfælde c bestemmes tilladelige spændinger ved interpolation mellem de for a og b gældende værdier.

### 49. Konstruktion og udførelse

Beton til bygværker eller bygværksdele, der kommer i berøring med havvand eller udsættes for frostsprængninger, slid af rindende vand eller bølgeslag, kemiske påvirkninger o. lign. skal udføres efter de almindelige regler for beton og jernbeton, idet dog følgende tillægsbestemmelser gælder:

#### 49.1. Cementen. Ingen tillægsbestemmelser.

Det må dog tilrådes, hvor vandet er særlig aggressivt f. eks. på grund af stor sulfatholdighed, at anvende særlige cementarter som f. eks. moler-cement, sulfatbestandig cement eller tilsvarende produkter.

49.2. *Sand, grus og sten* skal, medmindre der foreligger andre materialer, der må anses for lige så modstandsdygtige, såvidt muligt tages fra strand eller havbund og være fri for dyreskaller.

#### 49.3. Beton.

For moler-cement, sulfatbestandig cement eller tilsvarende produkter må vandindholdet højst have de for hurtighærdnende portland-cement angivne maksimalværdier (jf. punkt 7).

Ved vandbygningskonstruktioner er det af stor betydning for betonens holdbarhed, at den er tæt. Særlig gælder dette beton omkring vandlinien og beton i konstruktioner, der er udsat for ensidigt vandtryk. Støbeskel bør såvidt muligt undgås, især i nærheden af vandlinien.

Vedrørende støbning under vand, se punkt 15.

49.4. *Overfladen* bør beskyttes mod eventuelle stærke mekaniske eller kemiske påvirkninger (slid eller angreb af svovlbrinte fra bunden). Skarpe kanter og hjørner bør undgås.

49.5. *Formene* bør være af høvlet træ eller stål eller af et stof med lige så glat overflade, medmindre betonen beskyttes mod vandets påvirkning på særlig måde.

49.6. *Armeringsjernene* bør ikke henlægges således, at de længere end nødvendigt udsættes for saltholdig havluft.

Det dækkende betonlags tykkelse skal for flader i berøring med frit vand være mindst 3—5 cm, således at der benyttes desto større tykkelse

jo mere saltholdigt vandet er,

jo mere udsat betonen er for ydre mekanisk og kemisk påvirkning og

jo mere betonen er udsat for bølgeslag eller skiftende vandstand med deraf følgende vekselvis berøring med vand og luft.

## V. Særlige regler for jernbetonskorstene

### 50. Kærne

Alle egentlige jernbetonskorstene skal forsynes med en kærne i hele højden, dels for at beskytte betonen mod røggasserne, dels for at formindske temperaturfaldet gennem betonen, der ikke må overstige  $100^{\circ}$  C. Såfremt dette ikke kan opnås ved kærne og luftisolering alene, må der indføres et isoleringsstof mellem kærne og skaft.

Ved valget af sten må der tages hensyn til, om skorstenen fører stærke syredampe, f. eks. røg fra røgerier, brunkul, tørv og træ, eller om røgen stammer fra kul eller oliefyrede dampkedler og ikke indeholder særligt aggressive stoffer.

I førstnævnte tilfælde må man eventuelt anvende syrefaste sten og mørtel.

I det andet tilfælde skal, så længe røgtemperaturen er under  $600^{\circ}$  C, anvendes fuldbrændte røde, håndstrøgne teglsten eller klinkbrændte teglsten i mindst  $\frac{1}{2}$  stens tykkelse. Mørtelen bør være bastardmørtel.

Er røgtemperaturen over  $600^{\circ}$  C, skal der anvendes ildfaste sten i mindst  $\frac{1}{2}$  stens tykkelse. Mørtelen skal bestå af ildfast ler og chamotte, halvt af hver, tilsat 25% cement.

Kærnens vægtykkelse skal være så stor, at trykspændingen fra kærnenes vægt hverken overstiger  $\frac{2}{3} r_o$  eller  $r_o (0,1 + 1,5 \delta_1)$ , hvor  $\delta_1$  er vægtykkelsen i m i det betragtede snit af kærnen og  $r_o$  den i D. I. F.'s normer for bygningskonstruktioner afsnit 5, murværk og natursten, Dansk Standard, DS 414, angivne tilladelige spænding for det anvendte murværk.

### 51. Luftisolering

Såfremt der ved beregningen af temperaturforskellen  $\Delta T$  mellem skaftets inder- og yderflade (se punkt 58) forudsættes at være et ventileret luftrum mellem skaft og kærne, skal dette være mindst 10 cm bredt og være ventileret gennem kanaler, hvis gennem-

strømningsareal mindst udgør 20% af det 10 cm brede ringareal. Luftrummet skal foroven være dækket af en vandret plade til beskyttelse mod nedfaldende aske.

Afstanden mellem skaft og kærne skal gøres 5 cm større end skaftets udbøjning for fuld vindbelastning, såfremt det ellers kan befrygtes, at skaftets svingninger kan bringe det i berøring med kærnen. Ved denne undersøgelse forudsættes vindbelastningen konstant virkende, og der ses bort fra armeringsjernet og regnes med det fulde betontværsnit samt  $E = 300.000 \text{ kg/cm}^2$ .

### 52. Skorstenens top

Skaftets topflade bør dækkes med en ring af støbejern eller på anden, ligeså virksom måde.

Umiddelbart under toppen indlægges en ekstra ringarmering på mindst 6 cm<sup>2</sup>.

Skaftets overdækning skal tillige dække kærnen og luftmellemrummet mellem kærne og skaft.

### 53. Stigetrin

Skorstenen skal udvendig forsynes med stigetrin af 20 mm galvaniseret rundjern i en indbyrdes afstand af højst 40 cm.

### 54. Lynafleder

Det må anbefales at forsyne enhver skorsten med lynafleder.

### 55. Betonen i skaftet

Wægtykkelsen skal være mindst 12 cm.

Hvor skaftet gennembrydes af røgkanaler, ventilationsåbninger eller lignende, skal der langs åbningens sider indlægges jern med samme tværsnitsareal som de afbrudte jern og af en sådan længde, at kræfterne i disse kan overføres til de ekstra indlagte jern, uden at betonen overanstreges. Endvidere skal åbningen forstærkes med en jernbetonramme, hvis vandrette del skal have samme tykkelse som dens lodrette del og en højde, der er lig mindst

halvdelen af åbningens bredde. Kravet om ramme bortfalder, hvis åbningens bredde hverken overstiger  $\frac{1}{7}$  af skaftets ydre diameter eller 25 cm.

Det skal iøvrigt påvises, at de tilladelige spændinger ikke overskrides.

Cementmængden pr.  $m^3$  beton skal være mindst 400 kg.

## 56. Armeringen

56.1. Den lodrette armerings tværsnitsareal skal (uden hensyn til jernkvaliteten) mindst udgøre  $\frac{1}{3}\%$  af betonvæggens areal i det pågældende vandrette snit (hvorved der ses bort fra dekorative fortykkelser); dog må jernenes afstand ikke være større end 20 cm, og tværsnittet af hvert enkelt jern må på grund af mulig vindpåvirkning under arbejdets udførelse ikke være mindre end  $1 \text{ cm}^2$ .

Jernene skal kroges i enderne.

56.2. Ringarmeringens tværsnitsareal skal mindst være 0,55% af det fulde betonareal. Ringene lægges så nær til skorstenens yderside som muligt, dog med mindst 3 cm dækkende beton.

Akseafstanden mellem de enkelte jern i ringarmeringen skal være mindst 7 og højst 15 cm. Ringene lægges uden om længdejernene. Jernene skal kroges i enderne; båndjern må ikke bruges.

## 57. Ydre kræfter

Skorstenene beregnes for vindbelastning og egenvægt i overensstemmelse med D. I. F.'s normer for bygningskonstruktioner, afsnit 1, belastningsforskrifter, Dansk Standard, DS 410, og for varmepåvirkninger. For skorstenene med stor diameter bør det undersøges, om vindens påvirkning kan forårsage en deformation af det cirkulære tværsnit.

Hvis kærnen deles efter højden og opbygges på jernbetonkonsoller, skal der ved skaftets dimensionering tages hensyn til de spændinger, som kærnen vægt fremkalder, samt til de ringspændinger, som temperaturforskellen mellem konsollens

inder- og yderside fremkalder. Skaftet skal beregnes såvel med som uden belastning fra kærnen.

58. Temperaturforskellen  $\Delta T$  mellem skaftets inder- og yderflade beregnes af formlen:

$$\Delta T = T_i \frac{\frac{\delta_3}{\lambda_3}}{\frac{1}{10} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}}$$

hvor:  $T_i$  = røgtemperaturen i celsiusgrader, der ved almindelige kedelskorstene bør sættes til mindst  $250^\circ$ .

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$  = tykkelsen i meter af henholdsvis kærne, luftlag og skaft.

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  = varmeledningstallene i kcal. pr. time og pr.  $m^2$  for kærne, luftlag og skaft, når temperaturfaldet er  $1^\circ$  pr. m.

For beton regnes . . . . .  $\lambda = 1,7$

For murværk regnes . . . . .  $\lambda = 0,7$

For uventileret luftrum regnes  $\lambda = 0,8$

For ventileret luftrum regnes .  $\lambda = 0,4$

Produktet af elasticitetskoefficienten  $E$  og varmeudvidelseskoefficienten  $\alpha$  kan sættes til  $1,4 \text{ kg/cm}^2$  for beton og til  $21 \text{ kg/cm}^2$  for jern.

## 59. Belastningskombinationer

Der regnes med to belastningstilfælde:

- a. Egenvægt + vindbelastning eller egenvægt + varmepåvirkning.
- b. Egenvægt + vindbelastning + varmepåvirkning.

For belastningstilfælde a reduceres de i punkt 35 angivne tilladelige spændinger med 30%.

For belastningstilfælde b gælder de i punkt 35 nævnte tilladelige spændinger.

## 60. Svingninger

For at undgå farlige resonansvirkninger bør skorstenens egenfrekvens i almindelighed være større end 0,4. Man bør tillige sikre sig, at den ikke ligger i nærheden af  $\frac{10}{D}$ , hvor  $D$  er den udvendige middeldiameter i meter.

## 61. Fundament

Fundamentstykkelsen ved skaftets omkreds bør ikke være mindre end  $\frac{1}{50}$  af skorstenens højde over fundamentets overside.

Trykket på grunden må ikke overstige det i D. I. F.'s normer for bygningskonstruktioner, afsnit 6, fundering og jordtryk, Dansk Standard, DS 415, angivne tilladelige tryk. Det må heller ikke overstige det 3-dobbelte af det tilladelige tryk, når vindkræfterne multipliceres med 2, og der ses bort fra vægt af kerne og den over fundamentet liggende jord.

De negative momenter, og den heraf følgende eventuelle armering i oversiden af fundamentet, må undersøges for farligste belastningskombination, egenvægt uden kerne, men med jord over fundamentet samt vindbelastning.