

Praktisk design

Per Goltermann

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c_p} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \int_a^b \varepsilon \Theta + \sqrt{17} \int \delta e^{i\pi} = \{2.7182818284\} \infty \chi^2 \sum \gg$$

Lektionens indhold

1. STATUS: Hvad har vi lært ?
2. Hvad mangler vi ?
3. Klassisk projekteringsforløb
4. Overordnet statisk system
5. Overslagsdimensioner

1. STATUS: Hvad har vi lært ?

1. Materialers opførsel
2. Sikkerhed
3. Bæreevne i brudgrænsetilstand
4. Anvendelsestilstand, nedbøjninger, revnevidder og holdbarhed

Så kort sagt: **Hvis vi kender krav, belastninger, dimensioner, styrker og armeringsarrangement** så kan vi dokumentere om konstruktionen lever op til kravene eller ikke lever op til kravene

2. Hvad mangler vi ?

1. Kendskab til projekteringsforløbet
2. Kunne foreslå det første design, som kan gennemregnes
3. Finde praktiske løsninger på problemer, der ofte optræder i byggeriet

3. Klassisk projekteringsforløb

1. Forslagsfase

- Dispositionsforslag (dvs. se alternativer)
- Projektforslag (ingeniørens forslag)

2. Projekteringsfasen

- Forprojekt (overordnet statisk system, beregninger og tegninger, myndigheder)
- Hovedprojekt (tegninger, detailberegninger, specifikationer, udbud)

3. Byggefasen

Forprojekt: Den første ide



Arkitektens skitser for et nyt kollegium ved Kollegiebakken (byggedes i 2006-7)



Man starter ALTID med at finde ud af hvad konstruktionen skal bruges til og hvad funktionskravene skal være – derefter finder ingeniøren hurtigt ud af om det kan lade sig gøre ... eller om der er noget der skal rettes.

4. Overordnet statistisk system

Det overordnede statistiske system skal fastlægges i starten af vores beregninger til en sammenhængende statistisk model, dvs. vi skal identificere hvad der er bærende dele i konstruktionen og hvordan vi leder kræfterne ned til fundamentet.

- *Statisk system*: Bærende dele i et bygværk og den måde, hvorpå disse dele fungerer sammen.
- *Statisk model*: Idealisering af det statistiske system til brug ved eftervisning af grænsetilstande.

5. Overslagsdimensioner

Den enkelte konstruktionsdel er belastet med

1. Nyttelast og naturlast, som er uafhængig af vores design
2. Last fra andre konstruktionsdele (afhængig af vores design og vores overordnede statiske model)
3. Egenlast (proportional med konstruktionsdelens betonavolumen)

Vi starter derfor med den statiske model, de ydre laste og finder derefter betondimensionerne.

Overlagsdimensioner

Dimensionerne skal sikre at vi på en rimelig økonomisk måde kan opfylde kravene til

1. Momentbæreevne
2. Forskydningsbæreevne
3. Nedbøjninger og stivheder
4. Revnevidder

Vi skal derfor gætte på en løsning, der fungerer og som også er rimeligt optimal rent økonomisk: Derfor reglerne for overlagsdimensionering fx i Teknisk Ståbi, kapitel 5.6 kombineret med praktiske krav i lærebogen kapitel 3.

DETTE ERSTATTER IKKE BÆREEVNE EFTERVISNINGEN

Bjælker (højde)

M_{Ed} er momentet fra lasten INKLUSIV skønnet egenlast og indsættes i kNm.
 b er i m og h kommer ud i mm.

Bærevnekrav:

$$\text{Rekt. tværsnit } h = \sqrt{800M_{Ed} / b}$$

Rekt. tværsnit med trykarmring

$$h = \sqrt{600M_{Ed} / b} \text{ til } \sqrt{500M_{Ed} / b}$$

$$\text{T-tværsnit } h = 0,1\sqrt[3]{0,8M_{Ed}}$$

$$\text{T-tværsnit, presset } h = 0,1\sqrt[3]{0,5M_{Ed}}$$

Nedbøjningskrav:

Simpelt understøttet $h > L / 20$

Kontinuert $h > L / 25$

Dette er grove overslag og skal rundes af – typisk lidt op, for så skal I ikke lave for mange tegninger om ved senere rettelser

Bemærk at arkitekters ønsker og krav – eller andre forhold - kan lede til andre dimensioner

Bjælker (bredde)

$A_s > M_{Ed} / f_{yd} / z$ hvor $z \approx 0,8-0,9d$

Plads til armeringsstængerne nær bunden bestemmer ofte bredden -
check for afstande mellem stænger

Udstøbning kræver

$b > 100-150\text{mm}$ (rekt.tværsnit)

$b > 200\text{mm}$ (T-tværsnit)

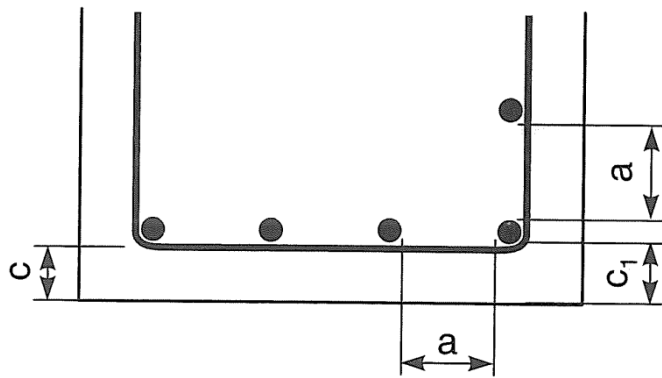
Stabilitet kræver

$b > 0,25h$

Overlagsdimensioneringen på højde og bredde giver egenvægten (Rumvægt sættes til **2400** kg/m³ inkl. armering)

Bjælker (bredde)

Bjælker skal være tilstrækkelig brede til at der er plads til armering og til at betonen kan omstøbe armeringen:



$$c_f \geq \begin{cases} \phi + \text{tolerancetillæg} & (d_g \leq 32\text{mm}) \\ \phi + \text{tolerancetillæg} + 5\text{mm} & (d_g > 32\text{mm}) \\ c + \phi_t \end{cases}$$

$$a \geq \begin{cases} \phi \\ d_g + 5\text{mm} \\ 20\text{mm} \end{cases}$$

Miljøklasse	Trykstyrke	Dæklag c
Ekstra aggressiv	40 Mpa	40mm + tolerancetillæg
Aggressiv	35 Mpa	30mm + tolerancetillæg
Moderat	25 Mpa	20mm + tolerancetillæg
Passiv	12 Mpa	10mm + tolerancetillæg

Tolerancetillæg er normalt 5 mm

Bjælker (bøjler)

Der stilles 3 typer krav til bøjlerne:

1) Bæreevnekrav, 2) minimumskrav og 3) krav/ønske aht forankring

$$s \leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{A_{sw}}{V_{Ed}} z f_{ywd} \cot \theta \\ 0,75d \\ 15,9 \frac{A_{sw}}{b_w} \frac{f_{ywk}}{f_{ck}} \\ A_{s,tvæ} \geq 0,25 A_s \end{array} \right.$$

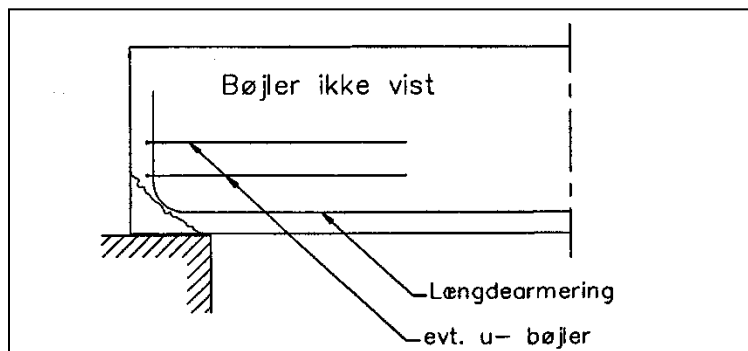
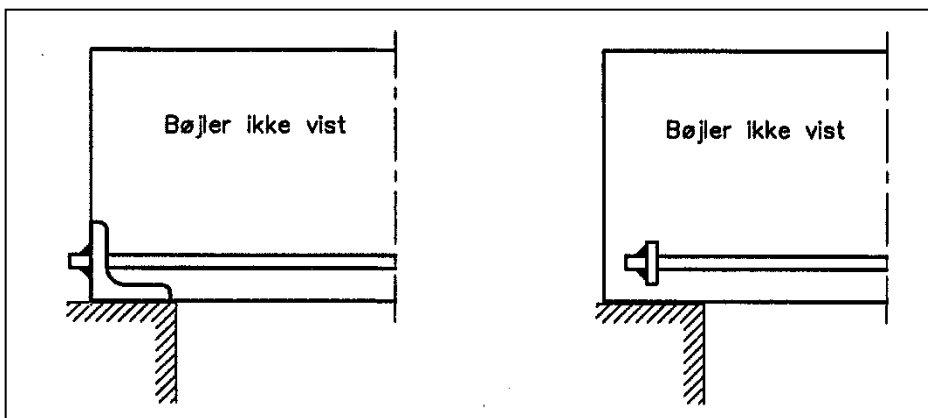
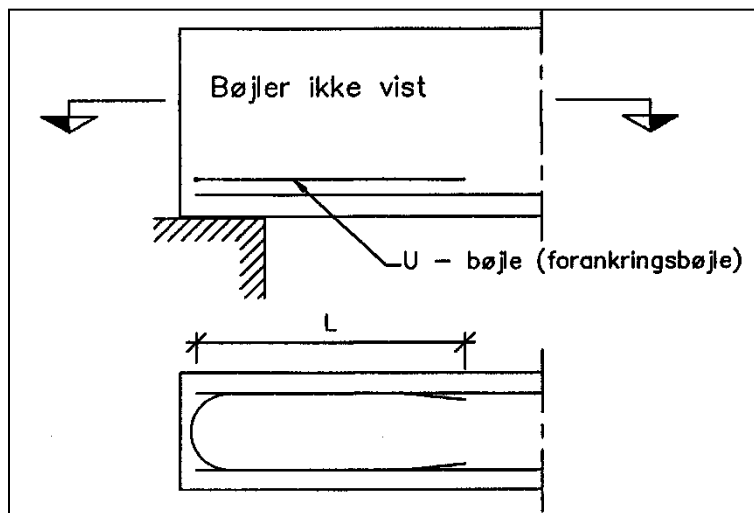
← Krav aht. bæreevne
(en høj $\cot\theta$ kan senere lede til problem med forankringen)

← Minimumskrav

← ØNSKE aht. forankring af trækarmring. Det KAN slækkes mod at der accepteres mindre forankring

Bjælker (forankringsforbedring)

Forankring skal kontrolleres, men er ofte et problem for bjælker.
Forankringsforbedrende foranstaltninger:



Dette er kun nogle få eksempler på hvordan forankringen kan forbedres

Dæk og plader (tykkelse)

m_{Ed} er momentet fra lasten **INKL.** egenlast og indsættes i $kNm/m = kN$.

Bæreevne og nedbøjninger:

Styrke: $h = \sqrt{800m_d} + 15mm$

Nedbøjning:

Enkeltspændt $h \geq \begin{cases} \frac{1}{30}k & \text{for } q < 5kN / m^2 \\ \frac{1}{30}k\sqrt[3]{q/5} & \text{for } q \geq 5kN / m^2 \end{cases}$

Dobbeltspændt $h \geq \begin{cases} \frac{1}{40}k & \text{for } q < 5kN / m^2 \\ \frac{1}{40}k\sqrt[3]{q/5} & \text{for } q \geq 5kN / m^2 \end{cases}$

k er mindste spændvidde

$h \geq 60mm$ for tagplader (lille belastning)

$h \geq 80mm$ for andre plader

Største spændvidde

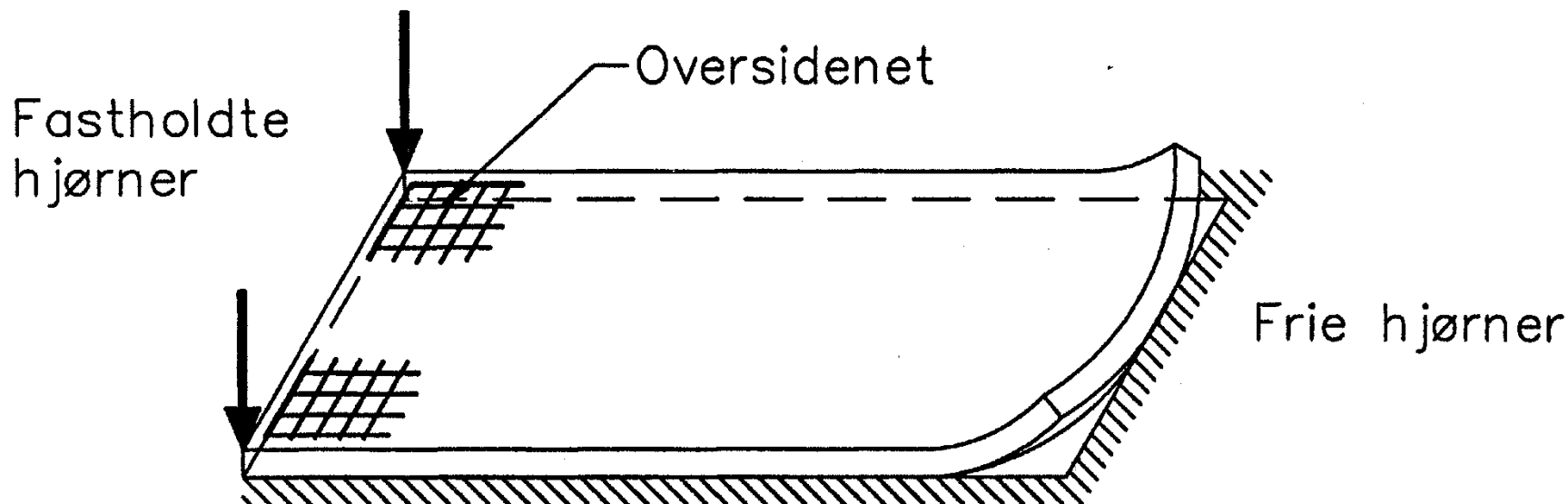
Enkeltspændt $L \leq 5m$

Dobbeltspændt $L \leq 8m$

Bemærk: Man kan godt lave større spænd, men så vokser dimensionerne over vores overslagsdimensioner

Afstand imellem armeringsjern skal være under 2-3,5h afhængigt af situationen

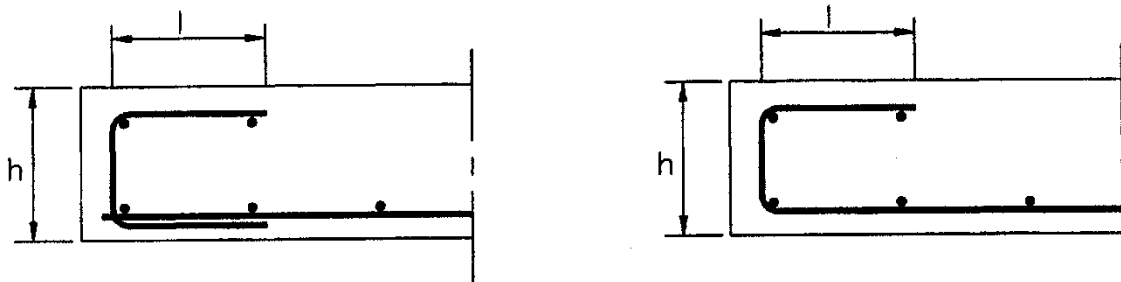
Plader og dæk (hjørner)



Der indlægges oversidearmering i fastholdte hjørner, indtil $L/7$ fra hjørnet. Der skal ikke indlægges oversidearmering ved frie hjørner.

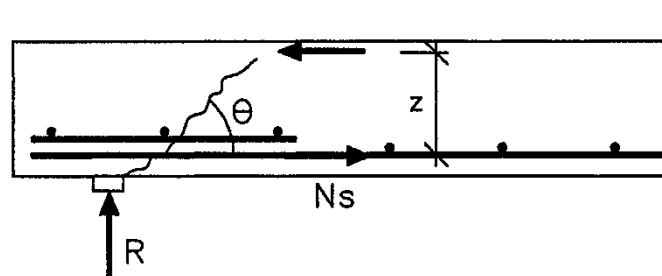
Plader og dæk (rande og understøtninger)

$$l > \begin{cases} \text{Trækforankringslængde} \\ 2 h \end{cases}$$

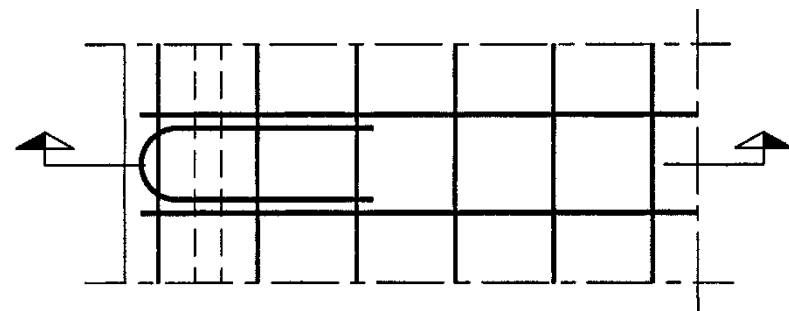


← Armering langs fri rand af hensyn til vridning

Forbedring af forankring over linieunderstøtning (væg eller bjælke)

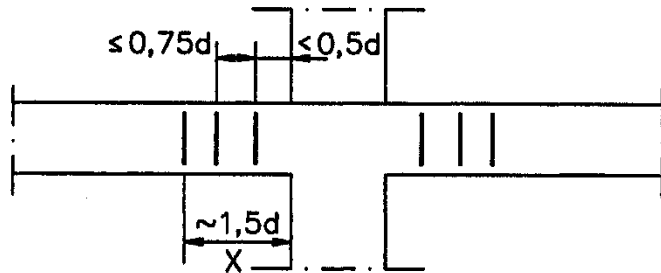


Snit



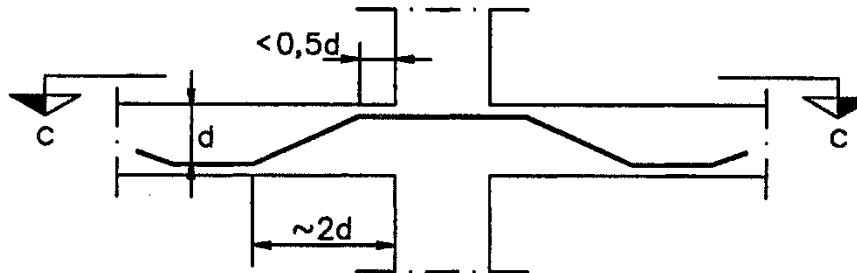
Plan

Plader og dæk (gennemlokning)



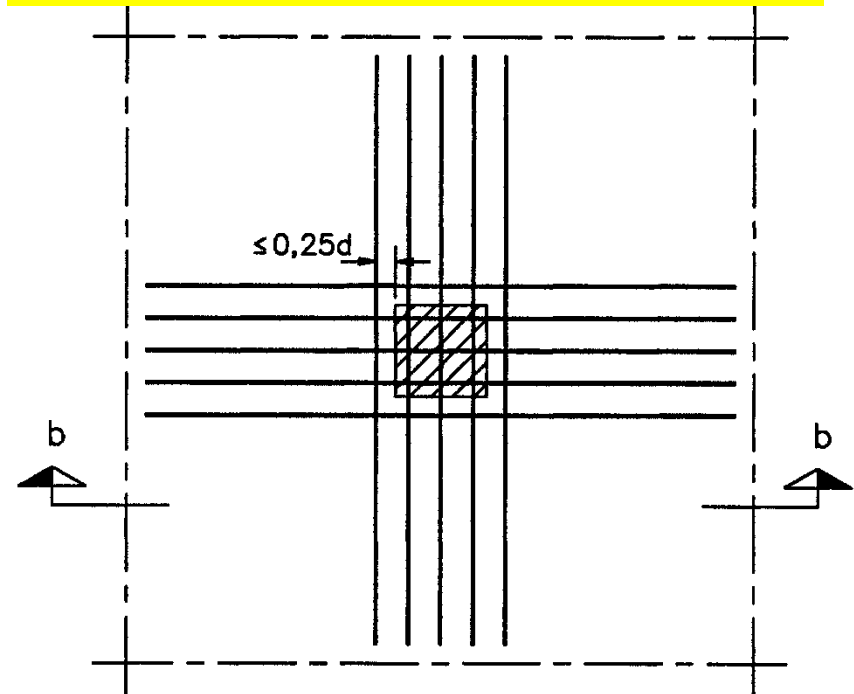
$$X \leq \begin{cases} 1,5d \\ 800 \text{ mm} \end{cases}$$

- a) Bøjler som forskydningsarmering i plade.
Længdearmering er ikke vist.



- b) Opbøjet armering som forskydningsarmering i plade.
Længdearmering er ikke vist.

Der skal indlægges oversidearmering over søjler og der KAN indlægges bøjler eller anvendes opbøjet armering.



c) Snit c - c

Søjler (armerede)

$$A_c > 0,3m^2 \approx 175 \times 175mm$$

$$\text{Bredde} \geq \frac{1}{25} L_s \text{ dog mindst } 200mm$$

$$A_s / A_c = 0,75\% - 3\%$$

$$\text{Afstand imellem stænger} \leq 350mm$$

$$\emptyset_t \geq 6mm$$

$$\text{Bøjleafstand} \leq 20\emptyset \text{ dog max } 400mm$$

Tværarmering i vægge uden bøjler dimensioneres og armeres som plader

HUSK: Dette er kun et overslag for at finde et første gæt på dimensionerne – senere skal konstruktionerne regnes i gennem og bæreevne, stivheder og revnevidder skal så eftervises