

Publikasjon nr. 6

Skjærkraftkapasitet for plater med konsentrerte laster

Norsk Betongforenings publikasjoner er utarbeidet av fagpersoner utnevnt av Norsk Betongforenings styre. Det er gjort det ytterste for å sikre at innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunkt redaksjonen ble avsluttet. Feil eller mangler kan allikevel forekomme.

Norsk Betongforening, forfattere eller fagkomiteen har intet ansvar for feil eller mangler i publikasjonen og mulige konsekvenser av disse.

Det forutsettes at publikasjonen benyttes av kompetente, fagkyndige ingeniører med forståelse for begrensningene og forutsetningene som legges til grunn.

FORORD

Dimensjoneringsreglene i NS 3473 behandler ikke tilfredsstillende plater med konsentrerte laster, som plater med hjultrykk, flatdekker etc. Et forslag til regler er blitt behandlet av NIF's Permanente Betongutvalg som anbefaler dette brukt inntil nye regler foreligger i standard eller på annen måte.

Norsk Betongforenings Brokomité har tatt initiativ til å bearbeide forslaget for å gjøre det mer anvendelig for praktisk bruk ved dimensjonering av plater. Norsk Betongforening mener at dette arbeid vil kunne være til nytte for prosjekterende og har følgelig funnet det riktig å utgi det i sin publikasjonsserie.

Brokomitéen består av følgende medlemmer:

Sivilingeniør T. Berntsen
Overingeniør E. Husevaag, formann
Sjefsingeniør E. Lie
Overingeniør I. Ness
Teknisk sjef K. Nising (varamenn overingeniør
L. Leporowski og sivilingeniør
A. Skjelle)
Sivilingeniør T. Taugbøl
Sivilingeniør B. Vik

Publikasjonen er utarbeidet av Brokomitéens rådgivende ingeniør, Lars Aadnesen, Dr. Lars Aadnesen & Co A/S i samarbeid med Bjørn Vik, A/S Vik, Vigerust og Aarskog.

Oslo i desember 1978

NORSK BETONGFORENING

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Innledning	Side	3
2.	Skjærkraftkapasitet	"	4
2.1	Generelt	"	4
2.2	Strekkbrudd	"	4
2.3	Trykkbrudd	"	5
3.	Lokal belastning med moment og normalkraft		
3.1	Dimensjonerende skjærkraft	"	6
3.2	Kontroll snitt i avstand $d/2$ fra lastflaten	"	7
3.2.1	Rektangulær lastflate i platefelt	"	10
3.2.2	Rektangulær lastflate nær platekant	"	13
3.2.3	Rektangulær lastflate nær platehjørne	"	17
3.2.4	Sirkulær lastflate i platefelt	"	18
3.2.5	Laster nær platekant eller -hjørne	"	18
3.3	Kontroll snitt i avstand $2d$ fra lastflaten	"	19
3.4	Ujevnt fordelt oppleggsreaksjon	"	19
4.	Last nær opplegg		
4.1	Dimensjonerende skjærkraft	"	21
4.2	Dimensjonering for flere samtidige laster	"	22
5.	Regneeksempler		
5.1	Eksempel 1 Rektangulær innersøyle med momenter og normal- kraft	"	24
5.2	Eksempel 2 Rektangulær kantsøyle med moment og normalkraft	"	26
5.3	Eksempel 3 Rektangulær hjørnesøyle med moment og normal- kraft	"	30
5.4	Eksempel 4 Sirkulær søyle med moment og normalkraft	"	34
5.5	Eksempel 5 Hjultrykk nær opplegg	"	35
5.6	Eksempel 6 Plate understøttet av brede søyler	"	37
6.	Litteraturhenvisninger	"	42
BILAG:			
Bilag A	Regler anbefalt av NIF's Permanente Betongutvalg Skjærkraftkapasitet for konsentrert last	"	43
	Kommentarer til reglene	"	47
Bilag B	Eksentrisitet	"	53

1. INNLEDNING

Det har vist seg at skjærkraftkapasiteten for plater utsatt for konsentrert last er større enn angitt i NS 3473 pkt. 5.2. NIF's Permanente Betongutvalg har i april 1978 behandlet et forslag til forbedrede regler. Dette forslag har tidligere vært publisert i [1]*. En revidert utgave som også er vurdert av betongutvalget er gjengitt i Bilag A.

I det følgende er grunnlaget i Bilag A bearbeidet for å gjøre det lettere anvendelig for praktisk bruk ved dimensjonering av plater. For å oppnå dette er det foretatt visse tillempninger, og det er utarbeidet diagrammer for å forenkle dimensjoneringsarbeidet. Dessuten er last nær opplegg behandlet, basert på sivilingeniør Bjørn Viks artikkel [2]. Det er foretatt enkelte korreksjoner av diagrammene, som er gjengitt i denne publikasjon.

Fremgangsmåten ved dimensjonering er vist i detalj ved hjelp av eksempler.

Som det fremgår av det følgende, er bare plater med slakk armering behandlet i publikasjonen. Det er ikke medtatt virkning av eventuelt aksialtrykk eller -strekk.

*) Litteraturhenvisningene er gitt i pkt. 6 side 42

2. SKJÆRKRAFTKAPASITET

2.1 Generelt

Platens skjærkraftkapasitet skal kontrolleres i et snitt rundt lasten, normalt i avstand $d/2$ til $2d$ fra lasteflaten, se fig. 2.1.

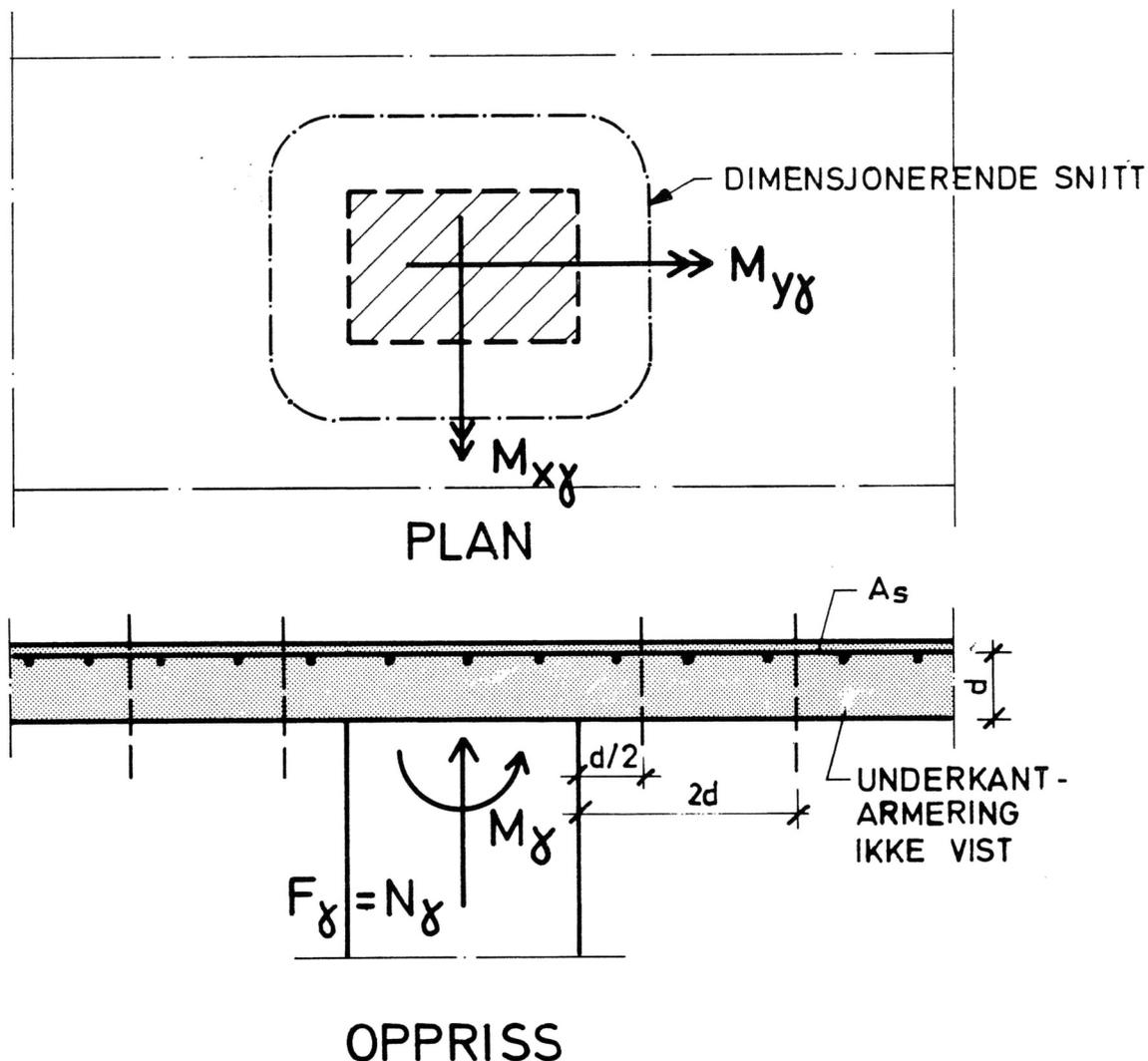


Fig. 2.1 Dimensjonerende snitt

2.2 Strekkbrudd

Kapasiteten pr. lengdeenhet er for snitt i avstand $d/2$ fra lasteflaten ifølge Bilag A pkt. 3.2 gitt ved:

$$v_{dc1} = 1,6 \cdot f_v (d + 75 \cdot a_s) \leq 3,0 f_v d \quad \dots\dots (2.1)$$

hvor

a_s er areal pr. lengdeenhet av strekkarmeringen regnet over et område $2d$ til alle sider av belastet flate. For forskjellig a_s i x- og y-retningen regnes

$$a_s = \sqrt{a_{sx} \cdot a_{sy}}$$

$d = (d_x + d_y)/2$, middelværdi for x- og y-retningen

f_v er dimensjonerende skjærfasthet i betong.

Formel 2.1 gjelder for plater med tykkelse større eller lik 600 mm. For plater med tykkelse mindre eller lik 300 mm kan f_v økes med 25%, jfr. NS 3473 pkt. 5.2.5. For platetykkelser mellom 300 mm og 600 mm interpoleres lineært.

For snitt i avstand $2d$ eller mer fra lastflaten bestemmes kapasiteten etter NS 3473 pkt. 5.2.3:

$$v_{dc1} = f_v \cdot (d + 75 \cdot a_s) \leq 2 f_v d_b \quad \dots\dots (2.2)$$

Formel 2.2 regnes som formel 2.1 å gjelde for plater med tykkelse større eller lik 600 mm. For plater med tykkelse mindre eller lik 300 mm økes f_v med 25%. For platetykkelser mellom 300 mm og 600 mm interpoleres lineært.

For snitt i avstand mellom $d/2$ og $2d$ fra lastflaten interpoleres rettlinjet mellom formel 2.1 og 2.2.

For store eller avlange lastflater regnes med redusert kapasitet. Bilag A redegjør detaljert for dette. Ved dimensjonering for lokalt skjærkraftbrudd rundt lasten, som angitt i det følgende, regnes kapasiteten i alle tilfelle etter formel 2.1, idet virkningen av varierende kapasitet er medregnet i snittkonstantene gitt i pkt. 3.

2.3 Trykkbrudd

Kapasiteten pr. lengdeenhet for trykkbrudd er ifølge Bilag A pkt. 3.6 gitt ved

$$v_{dc2} = 0,2 \cdot f_c \cdot d \quad \dots\dots (2.3)$$

Dette blir aldri avgjørende for plater uten skjærkraftarmering, medmindre det er store trykkrefter i platen.

3. LOKAL BELASTNING FRA SØYLE MED NORMALKRAFT OG MOMENT

3.1 Dimensjonerende skjærkraft

Den dimensjonerende skjærkraft pr. lengdeenhet i en plate med konsentrert moment og last av begrenset utstrekning kan ifølge Bilag A pkt. K3.1 bestemmes av

$$\begin{aligned} v_{\gamma\text{maks.}} &= \frac{F_{\gamma}}{u} + \frac{\alpha_x \cdot M_{x\gamma}}{W_x/d} + \frac{\alpha_y \cdot M_{y\gamma}}{W_y/d} \\ &= \frac{F_{\gamma}}{u} + \frac{M_{x\gamma}'}{W_x/d} + \frac{M_{y\gamma}'}{W_x/d} \end{aligned} \quad \dots (3.1)$$

hvor F_{γ} er lasten

$M_{l\gamma}$ er moment i lastflatens tyngdepunkt

$$M_{\gamma} = M_{l\gamma} + F_{\gamma}e \quad \dots (3.2)$$

er momentet regnet om snittets tyngdepunkt

e er lastflatens eksentrisitet i forhold til snittets tyngdepunkt

u er omkrets av dimensjonerende snitt

$M_{\gamma}' = \alpha M_{\gamma}$ er den andel av momentet som regnes overført til platen ved skjærkrefter.

W er motstandsmomentet for det dimensjonerende snitt

e , u , α og W beregnes som angitt i avsnittene 3.2.1 - 3.2.4 for rektangulære lastflater henholdsvis i platefelter, nær kant og nær hjørne samt for sirkulære lastflater.

I diagrammene for beregning av u og W er det tatt hensyn til eventuell varierende kapasitet, slik at kapasiteten i alle tilfelle regnes etter formel 2.1. Siden omkretsen u av det dimensjonerende snitt er regnet for rette (u_r) i stedet for avrundede (u_a) hjørner vil man få resultater som er noe på den usikre side. Større nøyaktighet kan oppnås ved å korrigere v_{γ} med en faktor lik forholdet mellom antatt omkrets og nøyaktig (avrundet) omkrets (u_r/u_a).

For beregning av e er angitt forenklede formler for laster ved kant og hjørne. I tabell B1 i Bilag B er nøyaktigheten av de tilnærmede formler for e gitt for noen typiske tilfelle. Dersom større nøyaktighet ønskes, kan riktig verdi for e regnes ut og denne verdi benyttes i de senere beregninger.

3.2 Kontroll snitt i avstand $d/2$ fra lastflaten

3.2.1 Rektangulær lastflate i platefelt

Et typisk tilfelle er en innersøyle som vist i fig. 3.1.

$$e_x = e_y = 0 \quad \dots\dots (3.3)$$

$$\alpha_x = \frac{1}{1 + \frac{b+d}{a+d}} \quad \dots\dots (3.4)$$

$$\alpha_y = \frac{1}{1 + \frac{a+d}{b+d}} = 1 - \alpha_x \quad \dots\dots (3.5)$$

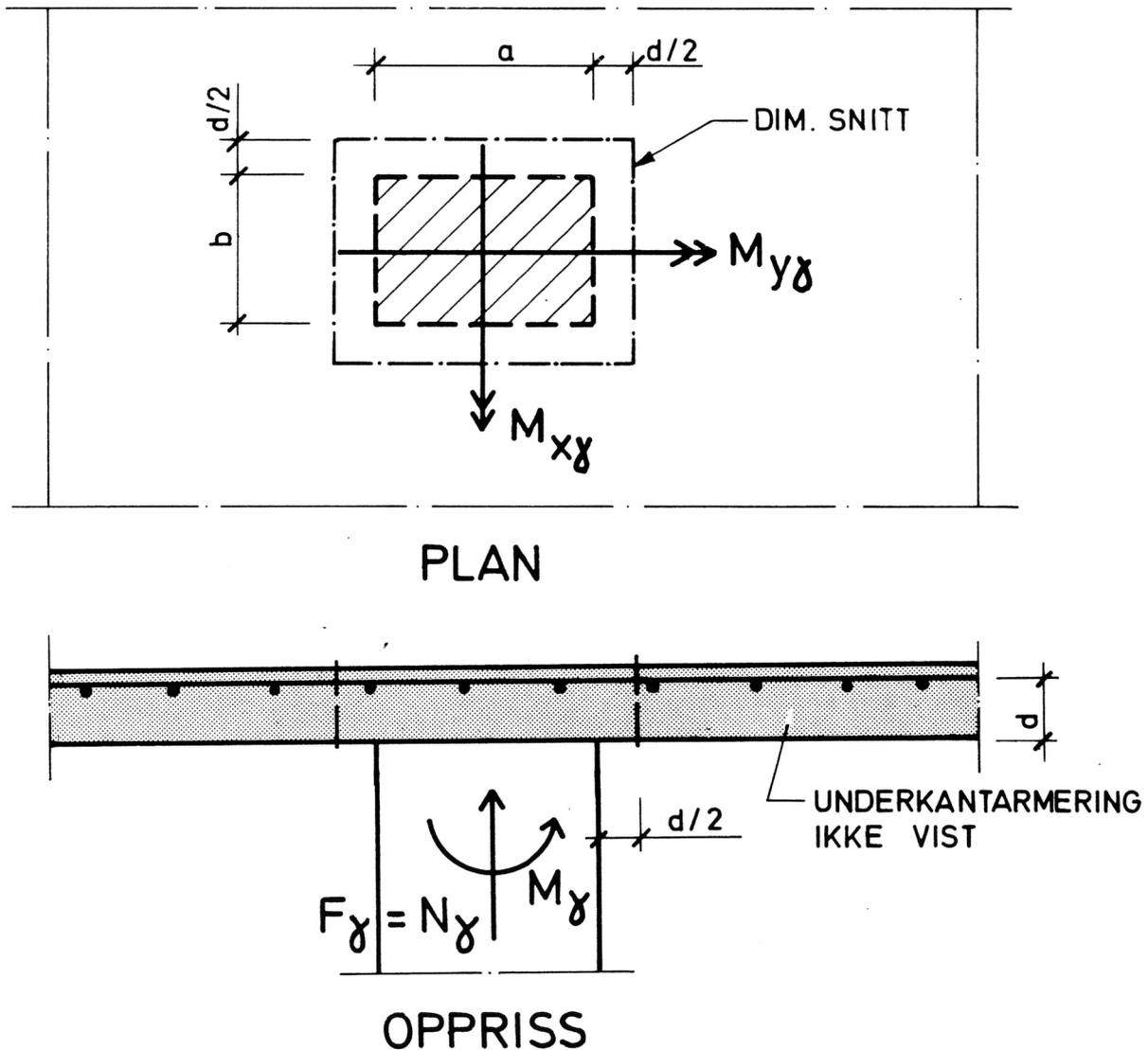


Fig. 3.1 Rektangulær lastflate i platefelt

Med verdiene α_x og α_y kan de deler av momentene $M_{x\gamma}$ og $M_{y\gamma}$ som overføres til plåtene ved skjærkrefter bestemmes

$$M_{x\gamma}' = \alpha_x \cdot M_{x\gamma} \quad \dots\dots (3.6)$$

$$M_{y\gamma}' = \alpha_y \cdot M_{y\gamma} \quad \dots\dots (3.7)$$

$$u = k_u \cdot a \quad \dots\dots (3.8)$$

hvor k_u fås av diagram 3.1.

$$W_x/d = k_{wx} \cdot a^2 \quad \dots\dots (3.9)$$

hvor k_{wx} fås av diagram 3.2 ved å benytte aksebetegnelsene som er angitt utenfor parentesene.

$$W_y/d = k_{wy} \cdot b^2 \quad \dots\dots (3.10)$$

hvor k_{wy} fås av diagram 3.2 ved å benytte aksebetegnelsene som er angitt i parentesene.

$v_{\gamma\text{maks}}$ kan så bestemmes ved bruk av formel 3.1.

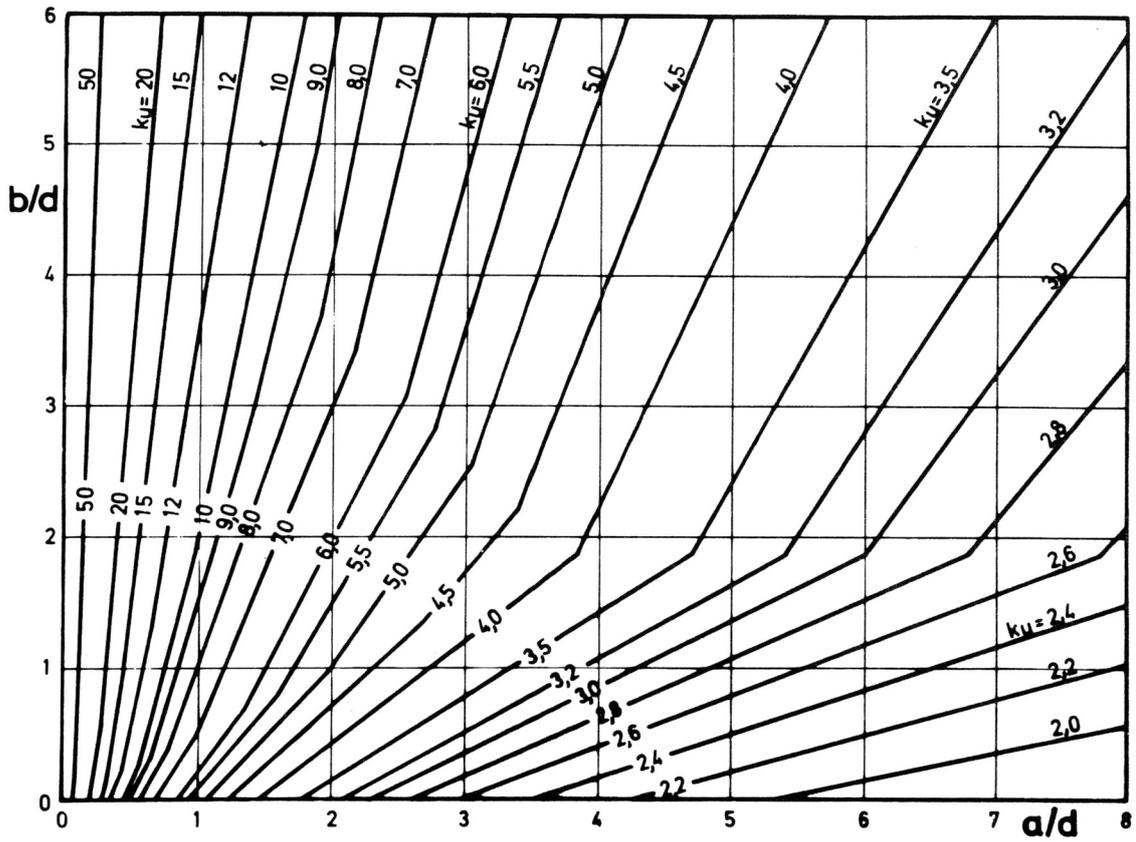


Diagram 3.1 k_u for rektangulær lastflate i platefelt

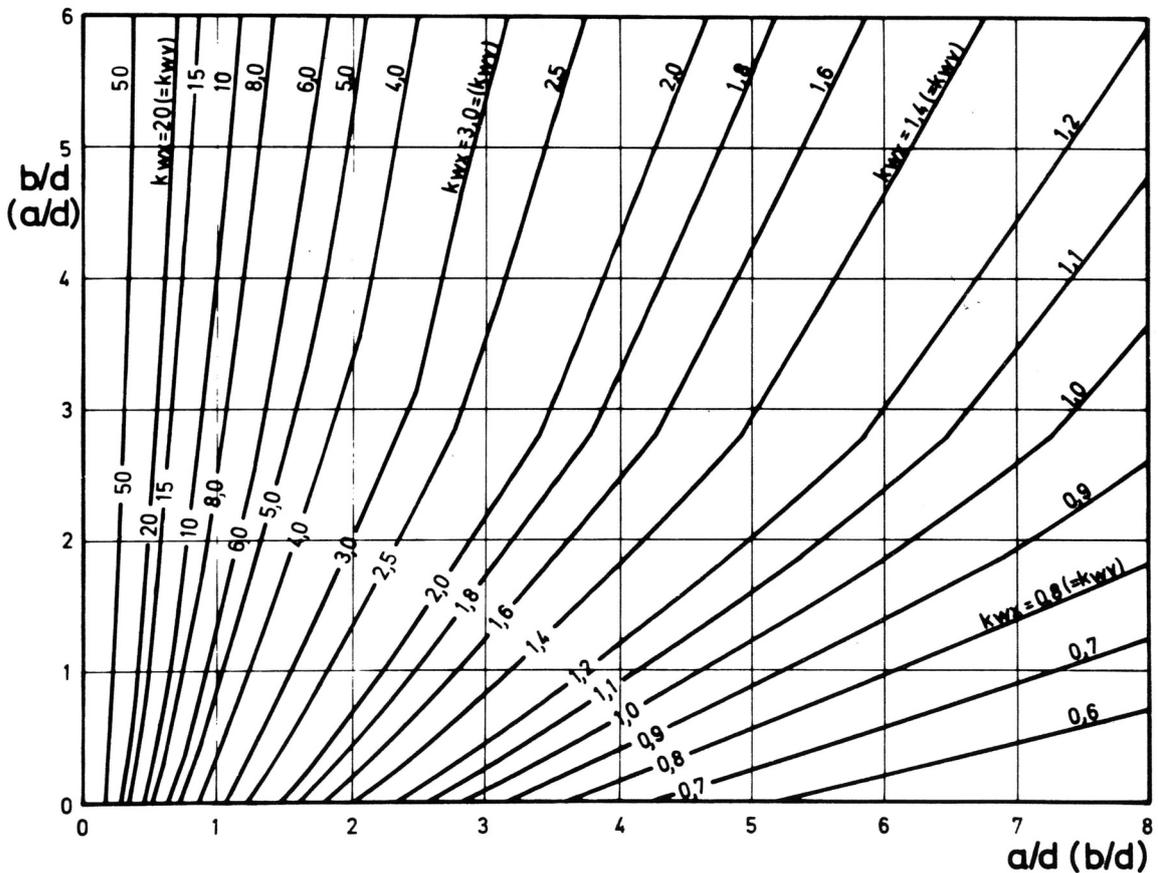


Diagram 3.2 k_{wx} for rektangulær lastflate i platefelt (k_{wy} med de i parentes angitte betegnelser på aksene)

3.2.2 Rektangulær lastflate nær platekant

Et typisk tilfelle er en søyle som vist i fig. 3.2. Det viste dimensjonerende snitt gir én bruddmulighet. Det vises forøvrig til pkt. 3.2.5.

For lastflate med avstand s fra kant blir c , a , u og W som om lastflaten er plassert helt ute ved kanten, og har utstrekningen $a' = a + s$ i y -retningen og b i x -retningen. Denne forenkling som er innarbeidet i diagrammene, kan gi noe for lave tverrsnittsverdier u og W ved lastutstrekning hvor kapasitetsbegrensning kan bli aktuell. Feilen er imidlertid på den sikre siden. Det regnes med den faktiske plassering av resultantene i forhold til snittet.

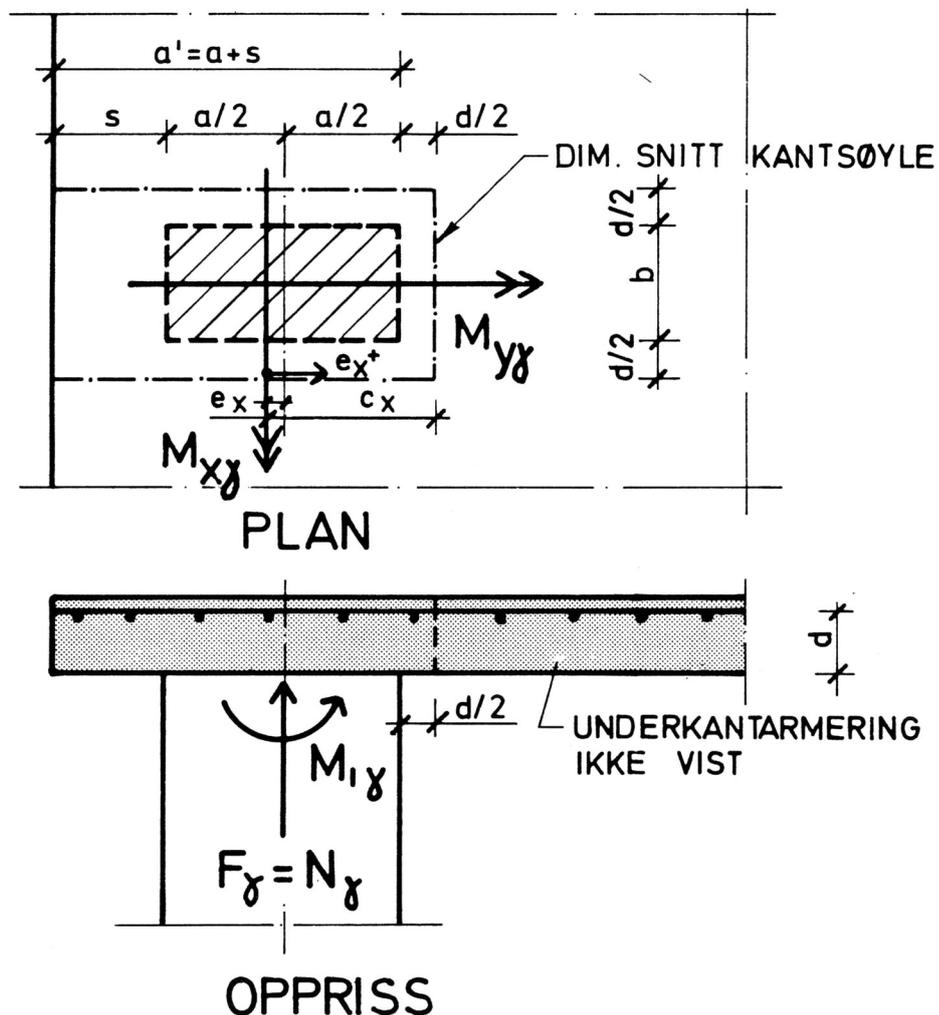


Fig. 3.2 Rektangulær lastflate nær platekant

I dette tilfelle er

$$e_y = 0 \quad \dots \dots \dots (3.11)$$

$$e_x = c_x - \frac{a+d}{2} \quad \dots \dots \dots (3.12)$$

hvor

$$c_x = \frac{(a'+d/2)^2}{2 \cdot (a'+d+b/2)} \quad \dots \dots \dots (3.13)$$

Momenter om snittets tyngdepunkt bestemmes ved bruk av formel 3.2.

$$\alpha_x = \frac{1}{1 + \frac{b+d}{a'+d/2}} \dots\dots (3.14)$$

$$\alpha_y = 1 - \alpha_x \dots\dots (3.15)$$

Følgelig kan M_{xy}' og M_{yy}' bestemmes ved bruk av formler 3.6 og 3.7.

$$u = k_u \cdot a' = k_u \cdot (a+s) \dots\dots (3.16)$$

hvor k_u fås av diagram 3.3

$$W_x/d = k_{wx} \cdot (a')^2 = k_{wx} \cdot (a+s)^2 \dots\dots (3.17)$$

hvor k_{wx} fås av diagram 3.4

$$W_y/d = k_{wy} \cdot (a')^2 = k_{wy} \cdot (a+s)^2 \dots\dots (3.18)$$

hvor k_{wy} fås av diagram 3.5.

Det gjøres spesielt oppmerksom på at det i diagrammene 3.3 - 3.5 benyttes $a'/d = (a+s)/d$ på den horisontale akse.

For små negative momenter, dvs. momenter som er motsatt rettet $M_{1\gamma}$ vist på fig. 3.2, kan regnes.

$$W_x^*/d = \frac{(W_x/d) \cdot c_x}{a'+d/2-c_x} \dots\dots (3.19)$$

$v_{\gamma\text{maks.}}$ som opptrer ved platekant kan så bestemmes ved bruk av formel 3.1.

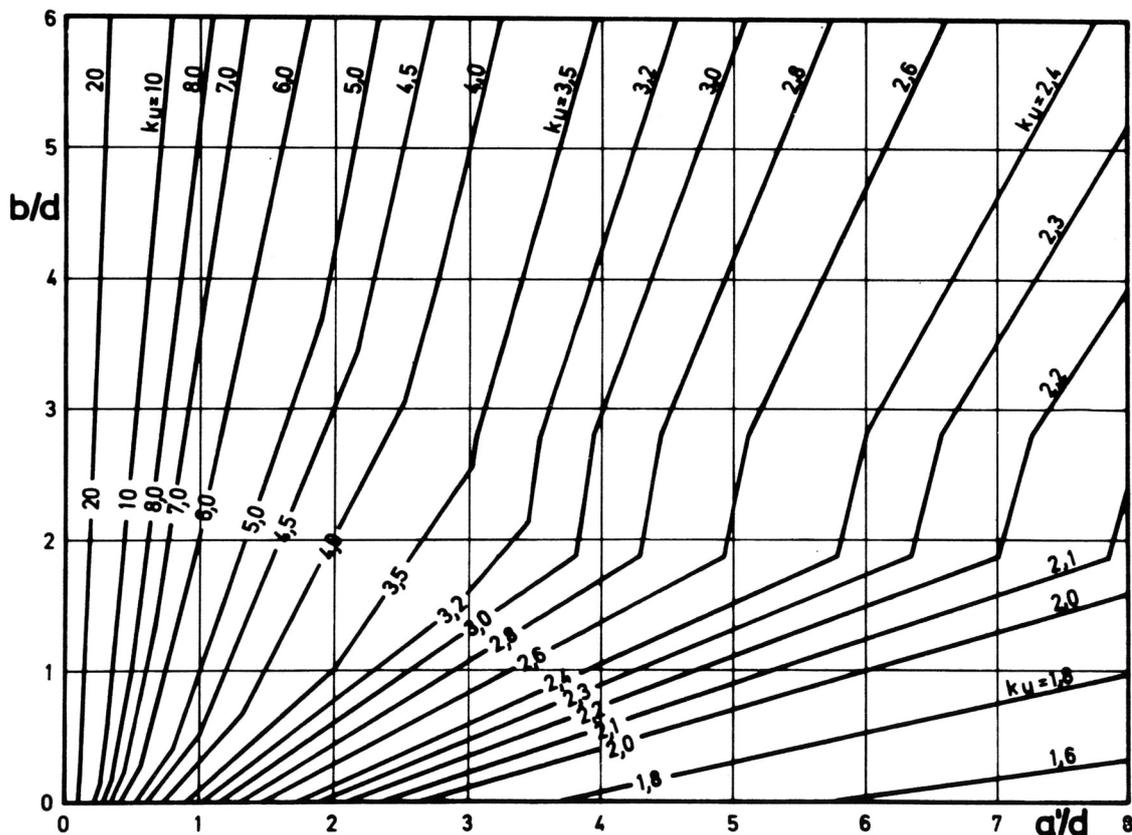


Diagram 3.3 k_u for rektangulær lasflate nær platekant

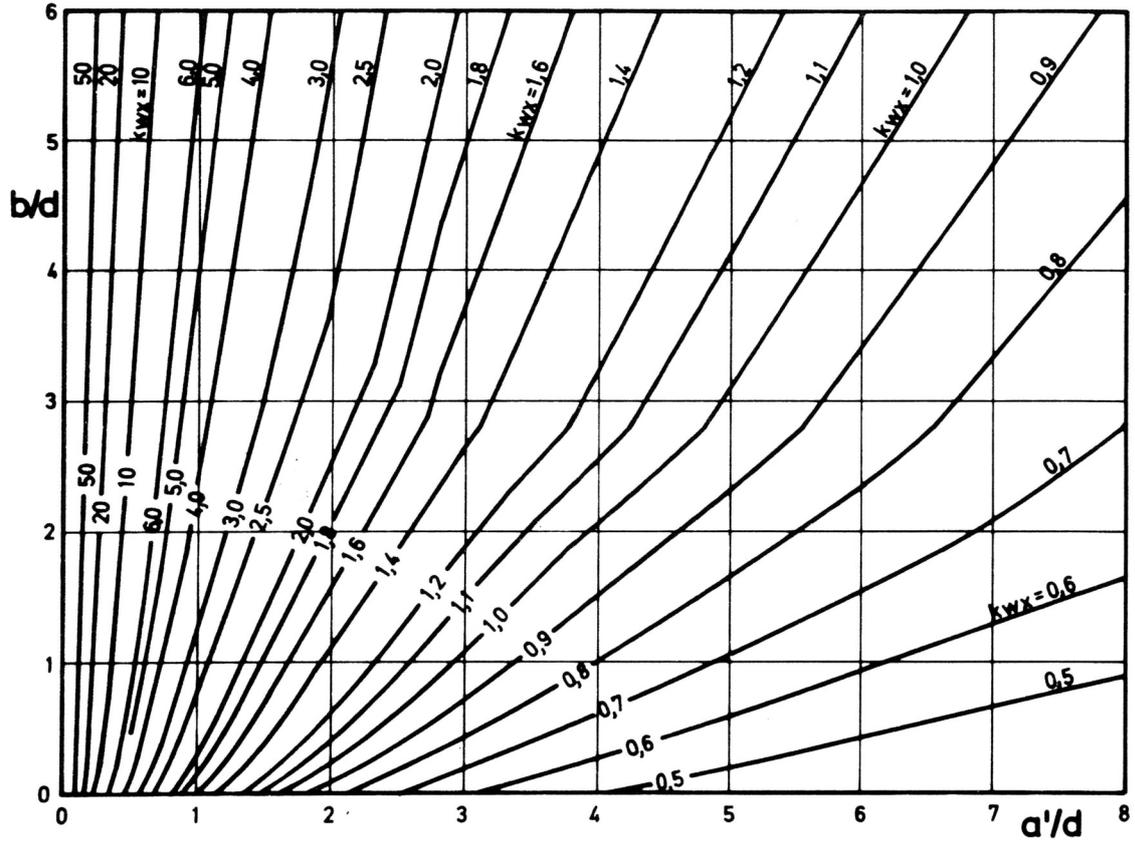


Diagram 3.4 k_{wx} for rektangulær lastflate nær platekant

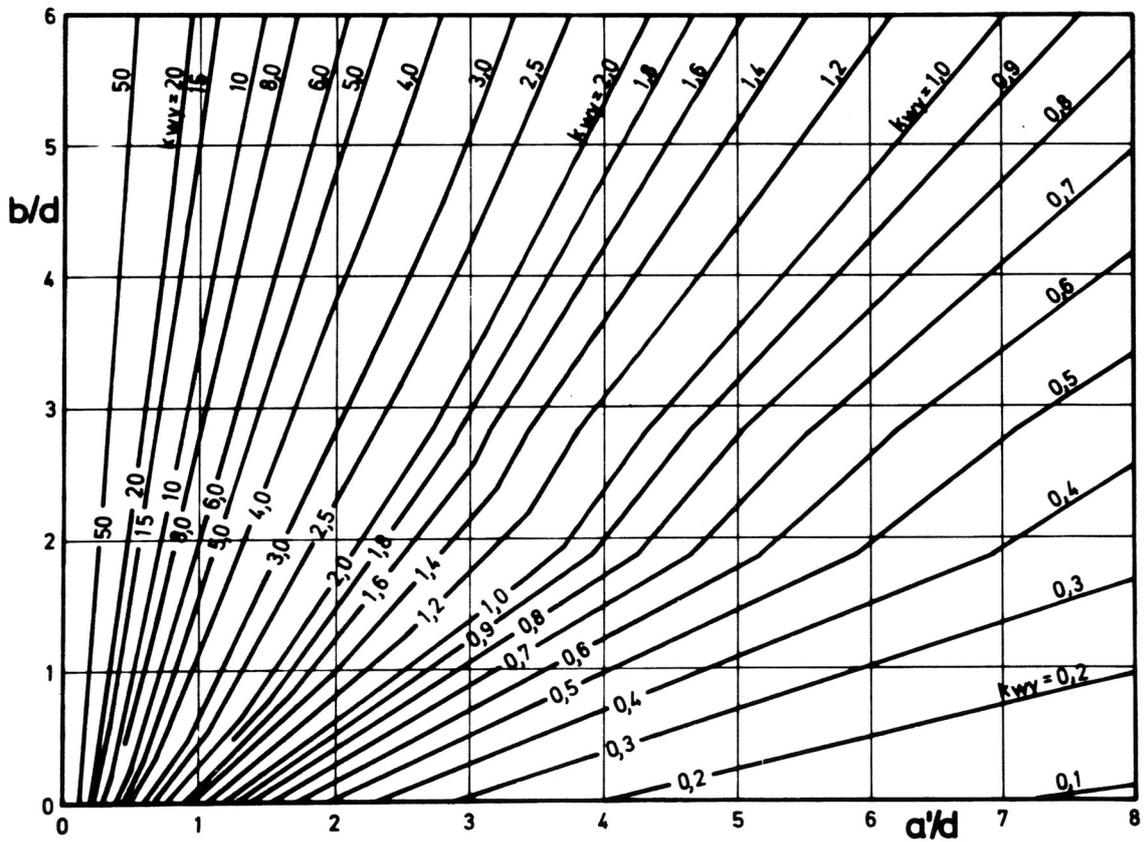


Diagram 3.5 k_{wy} for rektangulær lastflate nær kant

3.2.3 Rektangulær lastflate nær platehjørne

Et typisk tilfelle er en søyle som vist i fig. 3.3. Dette dimensjonerende snitt gir en bruddmulighet. Det vises forøvrig til pkt. 3.2.5.

For lastflate nær platehjørne med avstandene s_x og s_y fra platekantene blir c , a , u og W som om lastflaten er plassert helt ute ved kantene og har utstrekningen $a' = (a+s_x)$ i y -retningen og $b' = (b+s_y)$ i x -retningen. Dette er samme tilnærming som angitt i pkt. 3.2.2.

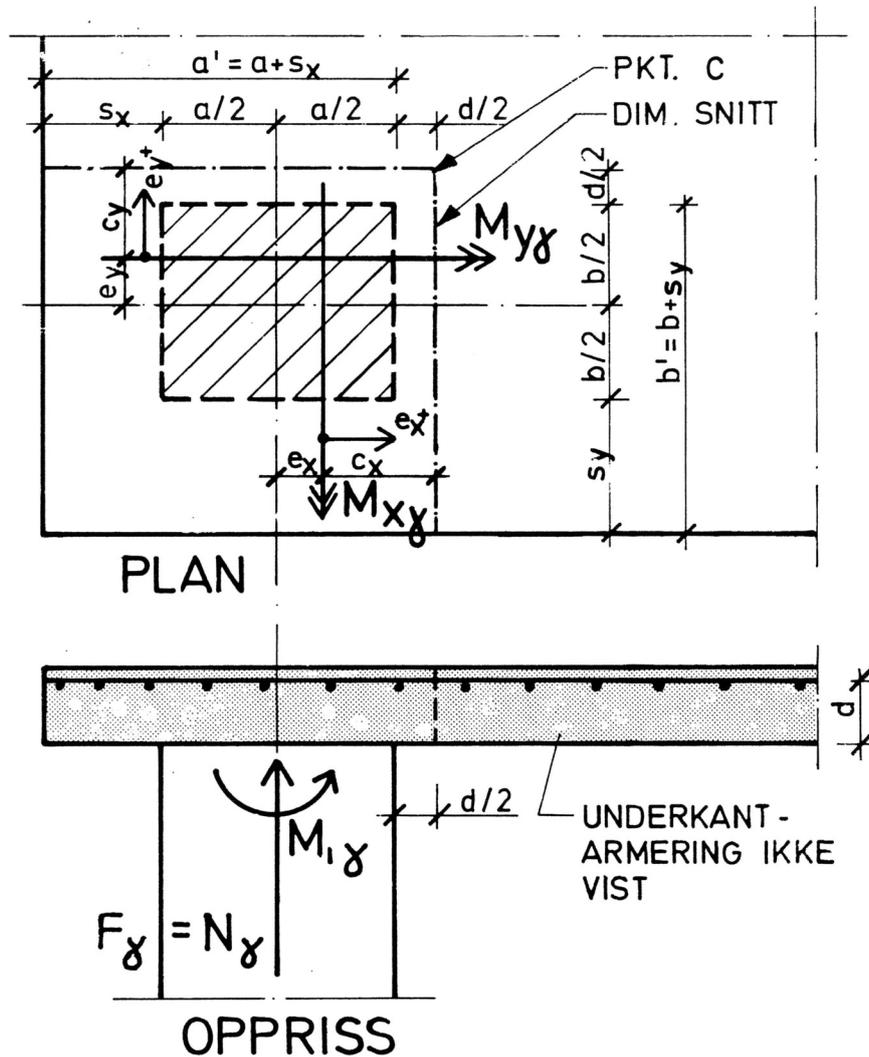


Fig. 3.3 Rektangulær lastflate nær platehjørne

$$e_x = c_x - \frac{a+d}{2} \quad \dots \dots \dots (3.20)$$

hvor

$$c_x = \frac{(a'+d/2)^2}{2 \cdot (a'+b'+d)} \quad \dots \dots \dots (3.21)$$

$$e_y = c_y - \frac{b+d}{2} \quad \dots\dots (3.22)$$

hvor

$$c_y = \frac{(b'+d/2)^2}{2 \cdot (a'+b'+d)} \quad \dots\dots (3.23)$$

Momenter om snittets tyngdepunkt bestemmes ved bruk av formel 3.2.

$$\alpha_x = \frac{1}{1 + \frac{b'+d/2}{a'+d/2}} \quad \dots\dots (3.24)$$

$$\alpha_y = 1 - \alpha_x \quad \dots\dots (3.25)$$

Følgelig kan M_{xy}' og M_{yy}' bestemmes ved bruk av formler 3.6 og 3.7.

$$u = k_u \cdot a' = k_u \cdot (a+s_x) \quad \dots\dots (3.26)$$

hvor k_u fås av diagram 3.6

$$W_x/d = k_{wx} \cdot (a')^2 = k_{wx} \cdot (a+s_x)^2 \quad \dots\dots (3.27)$$

hvor k_{wx} fås av diagram 3.7 ved å benytte de angitte betegnelser på aksene utenfor parentesene.

$$W_y/d = k_{wy} \cdot (b')^2 = k_{wy} \cdot (b+s_y)^2 \quad \dots\dots (3.28)$$

hvor k_{wy} fås av diagram 3.7 ved å benytte de i parentes angitte betegnelser på aksene.

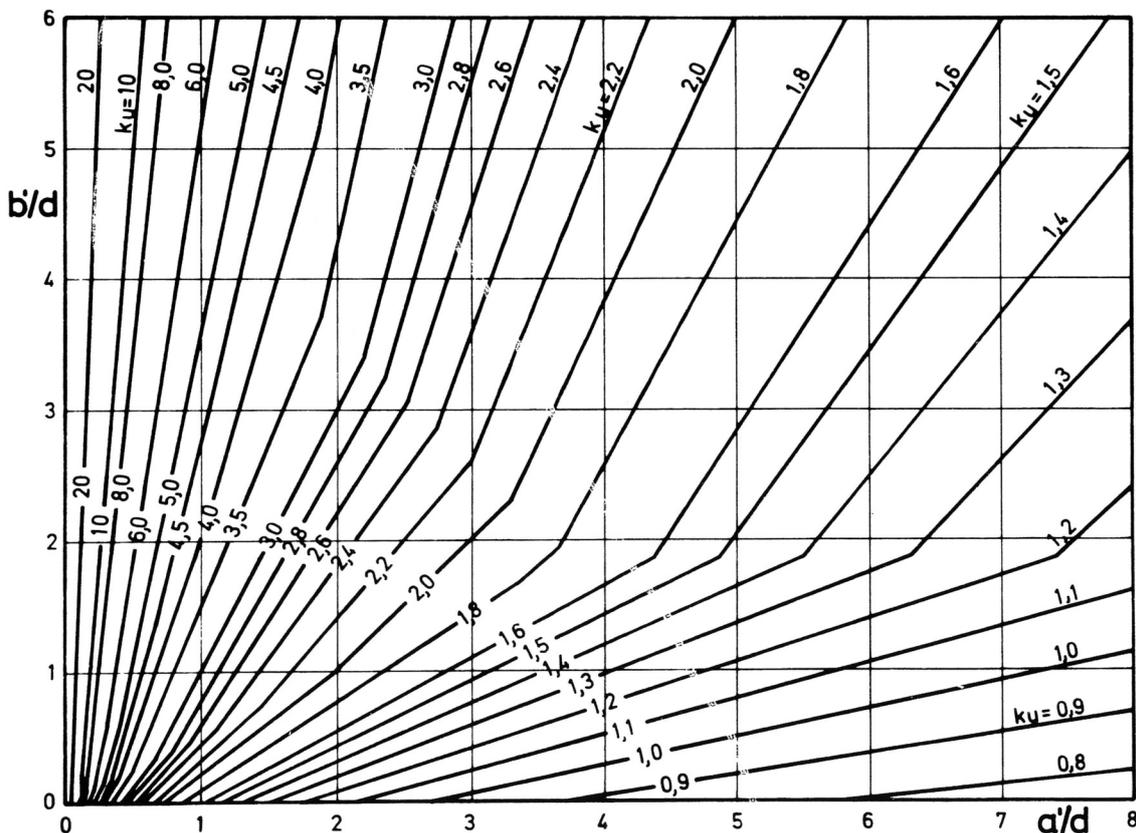


Diagram 3.6 k_u for rektangulær lastflate nær hjørne

Det gjøres spesielt oppmerksom på at det i diagrammene 3.6 og 3.7 benyttes $a'/d = (a+s_x)/d$ og $b'/d = (b+s_y)/d$ på aksene.

For små negative momenter, dvs. momenter som er motsatt rettet $M_{1\gamma}$ vist på fig. 3.3, kan tilnærmet regnes

$$W_x^*/d = \frac{(W_x/d) \cdot c_x}{a'+d/2-c_x} \quad \dots\dots (3.29)$$

$$W_y^*/d = \frac{(W_y/d) \cdot c_y}{b'+d/2-c_y} \quad \dots\dots (3.30)$$

$v_{\gamma\text{maks}}$ som opptrer ved platekantene kan så bestemmes ved bruk av formel 3.1.

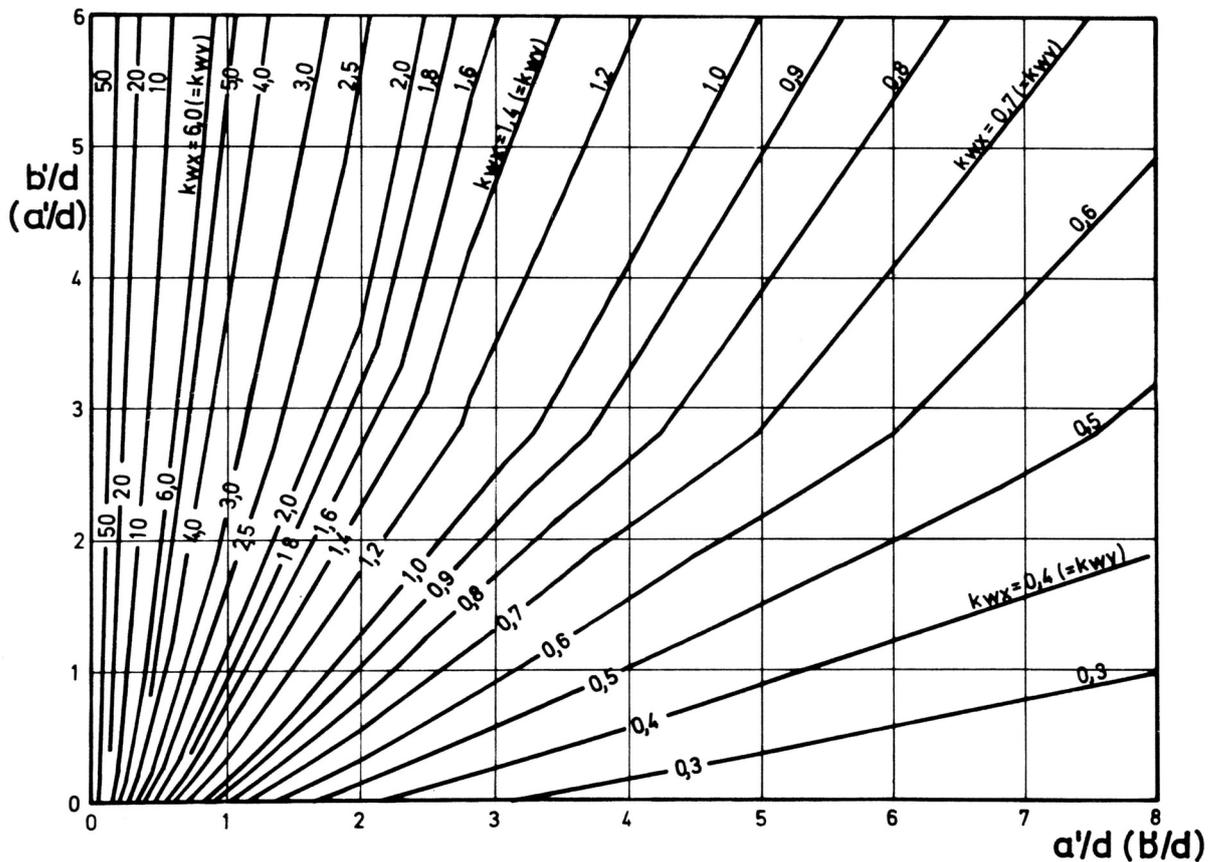


Diagram 3.7 k_{wx} for rektangulær lastflate nær platehjørne (k_{wy} med de i parentes angitte betegnelser på aksene)

Ved hjørnesøyle vil man ikke direkte ved bruk av formel 3.1 få riktig $v_{\gamma\text{maks}}$, fordi x- og y-aksene ikke er hovedakser for snittet. Ved å innføre en korreksjonsfaktor kan formelen imidlertid omskrives

$$v_{\gamma\text{maks}} = \frac{F_{\gamma}}{u} + \beta \left[\frac{M_{x\gamma}}{W_x/d} + \frac{M_{y\gamma}}{W_y/d} \right] \quad \dots\dots (3.31)$$

Faktoren β er avhengig av forholdet $(a'+d/2)/(b'+d/2)$ og M_{xy}'/M_{yy}' og kan bestemmes ved hjelp av diagram 3.8 for momenter M_{xy}' og M_{yy}' som gir trykk i pkt. C i fig. 3.3.

Denne fremgangsmåte er valgt for å unngå en beregning av v_y basert på snittets hovedakser. I alminnelighet vil den foreslåtte metode gi minst regnearbeid.

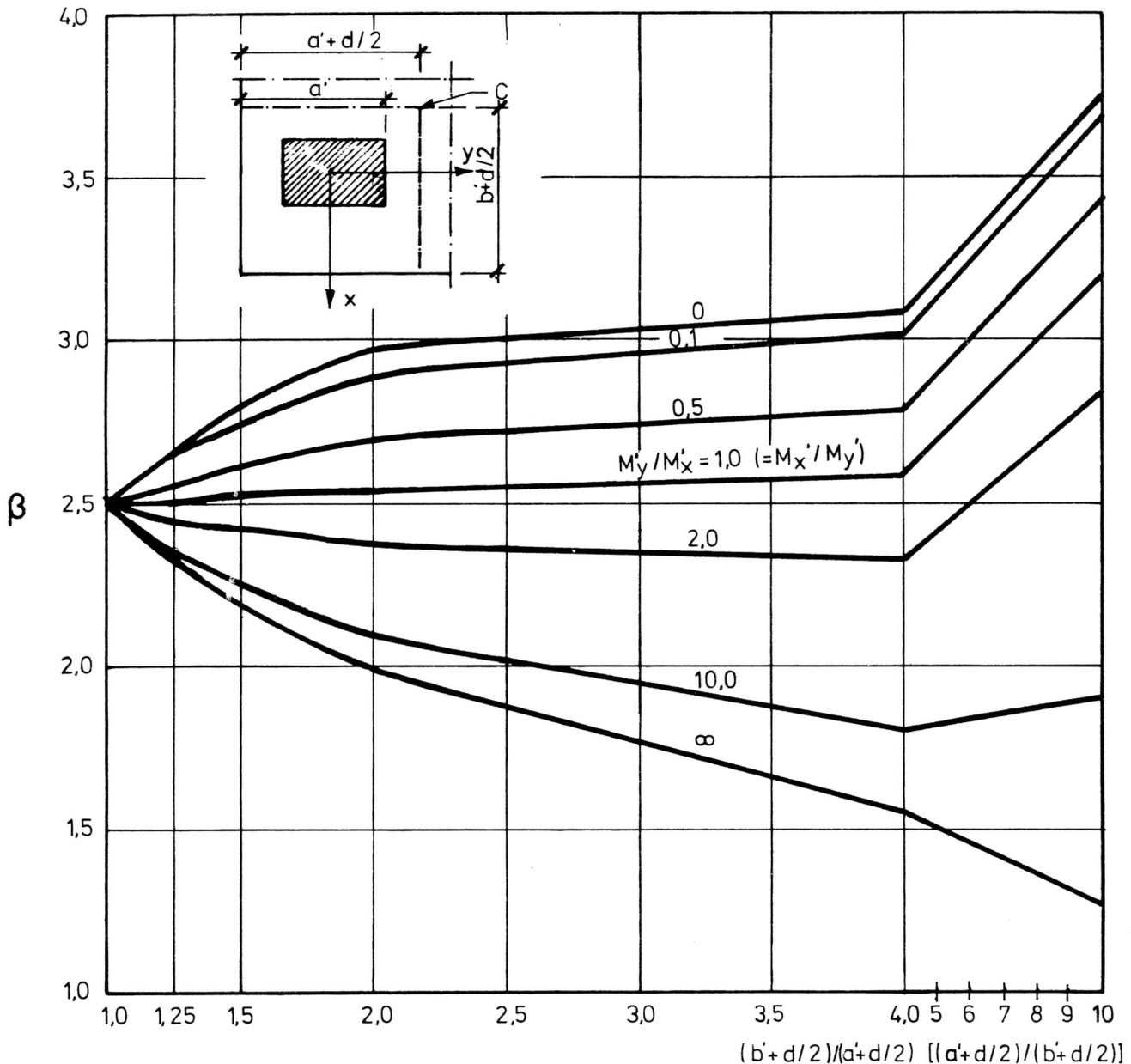


Diagram 3.8, β for rektangulær lastflate nær hjørne

Diagrammet er begrenset til variasjoner i momenter som gir trykk ved C. Unntatt er for $(b'+d/2)/(a'+d/2) = 1,0$ som alltid gir $\beta = 2,5$.

3.2.4 Sirkulær lastflate i platefelt

Et typisk tilfelle er en søyle som vist i fig. 3.4.

$$e = 0 \quad \dots\dots (3.31)$$

$$\alpha = 0,5 \quad \dots\dots (3.32)$$

For $D \leq 3,5d$ er:

$$u = \pi \cdot (D+d) \quad \dots\dots (3.33)$$

$$W/d = \pi \cdot \left(\frac{D+d}{2}\right)^2 \quad \dots\dots (3.34)$$

For $D > 3,5 d$ skal det regnes redusert kapasitet. Dette tas i betraktning ved å regne:

$$u = \frac{\pi}{1,6} \cdot (D+3,7 d) \quad \dots\dots (3.35)$$

$$W/d = \frac{\pi}{6,4} \cdot (D+d) \cdot (D+3,7 d) \quad \dots\dots (3.36)$$

Sirkulær lastflate plasert nær platekant eller hjørne kan tilnærmet beregnes som angitt i pkt. 3.2.2 og 3.2.3 ved å benytte en kvadratisk lastflate med like stor omkrets som den sirkulære lastflate, dvs. $a = \frac{\pi}{4} D$

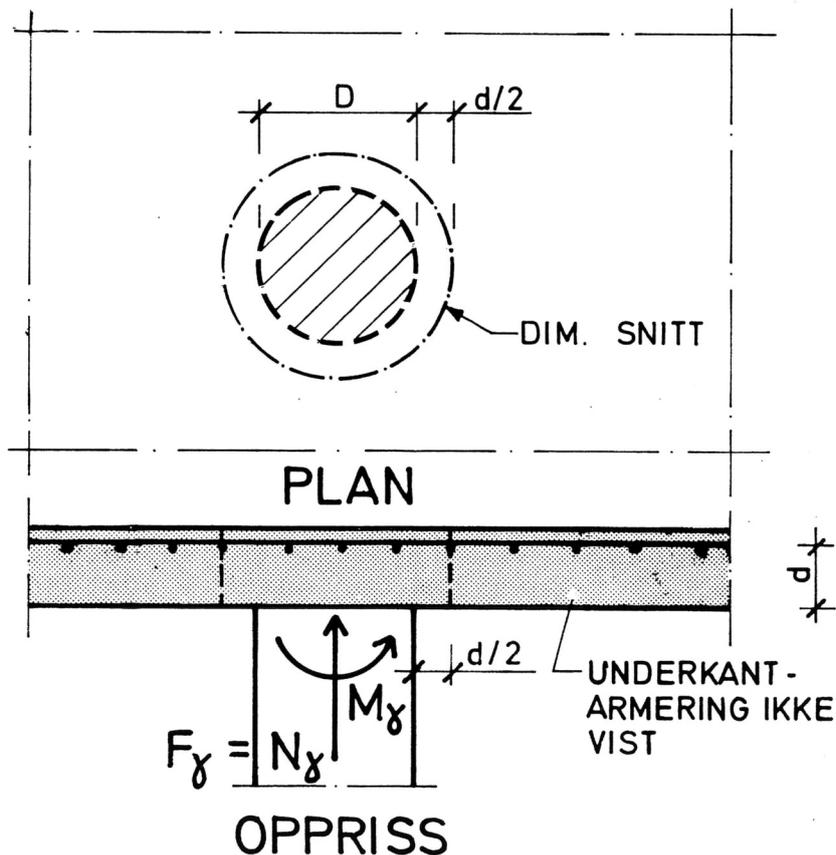


Fig. 3.4 Sirkulær lastflate i platefelt

3.2.5 Laster nær platekant eller -hjørne

For en last plasert nær platekant er den dimensjonerende skjærkraft den maksimale skjærkraft som kan bestemmes ved å betrakte lasten som henholdsvis en last i platefelt (pkt. 3.2.1) eller en last nær platekant (pkt. 3.2.2). For en last plasert nær platehjørne vil den dimensjonerende skjærkraft bli den maksimale skjærkraft som kan bestemmes ved å betrakte lasten som henholdsvis en last i platefelt (pkt. 3.2.1), en last nær platekant (pkt. 3.2.2) eller en last nær platehjørne (pkt. 3.2.3). I pkt. 5.2 og 5.3 er det gitt eksempler på dimensjonering for last plasert nær kant og hjørne.

Ved last nær et hjørne kan det også bli aktuelt å kontrollere et plant snitt innenfor lasten og med minste avstand $d/2$ fra denne. For dette snitt regnes kapasiteten etter NS 3473 pkt. 5.2. I dette skråsnittet regnes skjærkraften (lastvirkningen) å variere lineært, idet det tas hensyn til eventuell eksentrisitet av lastresultanten i forhold til snittet. Snittet skal legges på ugunstigste måte, men normalt vil et snitt i 45° med platekanten være det riktige.

3.3 Kontroll snitt i avstand 2d fra lastflaten

Som regel vil for plater med konstant tverrsnitt og uten skjærkraftarmering snitt i avstand $d/2$ fra belastet flate være dimensjonerende.

For kontroll av f.eks. snitt i avstand 2d fra lastflaten kan, noe på den sikre side*, diagrammene gitt i pkt. 3.2 benyttes med følgende justering:

Det regnes med en fiktiv lastflate

$a_1 \cdot b_1$ i stedet for $a \cdot b$ bestemt slik at

$$\left. \begin{aligned} a_1 + d &= a + 4d, & a_1 &= a + 3d \\ b_1 + d &= b + 4d, & b_1 &= b + 3d \end{aligned} \right\} \text{ for innersøyle} \quad \dots\dots (3.37)$$

$$\left. \begin{aligned} a_1 + d/2 &= a' + 2d, & a_1 &= a' + 1,5d \\ b_1 + d &= b + 4d, & b_1 &= b + 3d \end{aligned} \right\} \text{ for kantsøyle} \quad \dots\dots (3.38)$$

$$\left. \begin{aligned} a_1 + d/2 &= a' + 2d, & a_1 &= a' + 1,5d \\ b_1 + d/2 &= b' + 2d, & b_1 &= b' + 1,5d \end{aligned} \right\} \text{ for hjørnesøyle} \quad \dots\dots (3.39)$$

På grunnlag av ovenstående verdier for lastflaten kan k_u , k_{wx} og k_{wy} regnes ut ved hjelp av diagrammer 3.1 til 3.8. F_γ , $M_{x\gamma}$ og $M_{y\gamma}$ regnes som for snitt i avstand $d/2$ med eventuelle korreksjoner for endret eksentrisitet. $v_{\gamma\text{maks}}$ bestemmes ved hjelp av formel 3.2 og sammenlignes med tillatt v_{dc1} ifølge formel 2.2.

I regneeksemplene pkt. 5.1 og 5.2 er kontroll i avstand 2d medtatt for kompletthets skyld.

*Avvik på den sikre side inntreffer hvis lastflatens $a_1 \cdot b_1$ er avlang eller stor slik at diagrammene gir reduserte verdier, kfr. pkt. 3.1.

3.4 Ujevnt fordelt oppleggsreaksjon

Der det på grunn av søyletverrsnittets størrelse eller form skal regnes forskjellig kapasitet langs det dimensjonerende snitt, forutsetter reglene i Bilag A likevel at samlet kapasitet bestemmes ved å summere bidragene fra de forskjellige deler av omkretsen. I prinsippet skal imidlertid kapasiteten være minst lik lastvirkningen, skjærkraft pr. lengdeenhet, på ethvert sted i snittet, dog slik at det kan regnes med gjennomsnittet over en lengde lik $2d$.

Dette får betydning der oppleggsreaksjonen er meget ujevnt fordelt over søyletverrsnittet, jfr. pkt. 3.1 i reglene (Bilag A). Antagelsen om jevnt fordelt eller lineært varierende søylekraft vil ikke alltid være gyldig spesielt ved søyler monolittisk forbundet med platen, særlig hvis søyledimensjonene er store.

Hvis kraftfordelingen langs søylens omkrets varierer noenlunde jevnt, slik som ved sirkulære eller tilnærmet kvadratiske søyler, får det som oftest mindre betydning om oppleggsreaksjonen er fordelt over tverrsnittet eller mer konsentrert langs omkretsen. Skjærkreftene i det dimensjonerende snitt påvirkes lite av dette. Det samme gjelder bøyningmomenter i platen, som skal kontrolleres ved søylekantene.

For mer langstrakte søyletverrsnitt, som f.eks. vanlige smale pilarvegger ved broer, vil oppleggsreaksjonen ofte bli konsentrert ved begge kortsider. Fordelingen vil vesentlig avhenge av søylens tverrsnittsform, platens geometri og av belastningen. Det er derfor vanskelig å gi almen gyldige holdepunkter, men det er på fig. 3.5 vist et par typiske tilfeller. Det kan ses at økende utkraging av platen gir sterkere konsentrasjon, og grunnen er at det innføres et moment ved søylekanten. Tilsvarende kan det antas å bli der platen spenner mellom søyler i rekke. Et slik mellomspenn kan regnes likeverdig med en utkraging lik 40% av spennet.

Teoretisk kan reaksjonen bli uendelig stor akkurat ved søylekanten. I virkeligheten vil den jevnes ut noe på grunn av spredningen gjennom platen, av søylens elastiske deformasjon, samt naturligvis begrenset av materialfastheten i kontaktfugen. Hvis det ikke foretas en nøyaktigere vurdering, foreslås det for praktisk bruk å regne med en jevn fordeling, eventuelt lineær variasjon p.g.a. søylemoment, i de på fig. 3.6 angitte deler av omkretsen. Resten av omkretsen medregnes ikke.

Kontrollen for skjærkraft består i å sammenligne kapasitet med maks. lastvirkning. I slike tilfeller kan man i alminnelighet ikke benytte diagrammene i denne publikasjon.

Ved brede søyler med lasteksentrisitet langs søylens lengste side kan man komme utenfor gyldighetsområdet for formelen i pkt. K 3.1, Bilag A. Formelen kan likevel benyttes hvis de enkelte områder tilfredsstillende vilkåret for gyldighet.

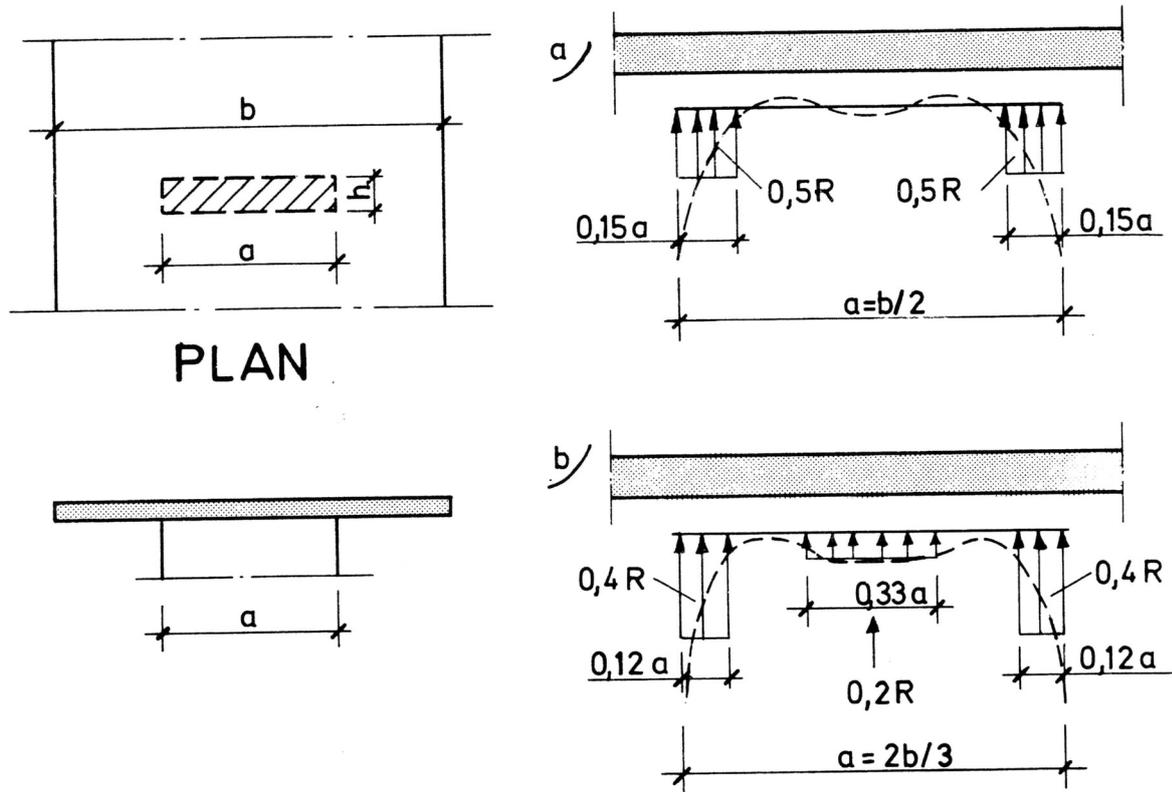


Fig. 3.5 Skissert virkelig (---) og forenklet beregningsantagelse for fordeling av den samlede oppleggsreaksjon R fra platebro på en veggspøyle. Gyldig for søyler med tykkelse $h \leq ca \ a/4$.

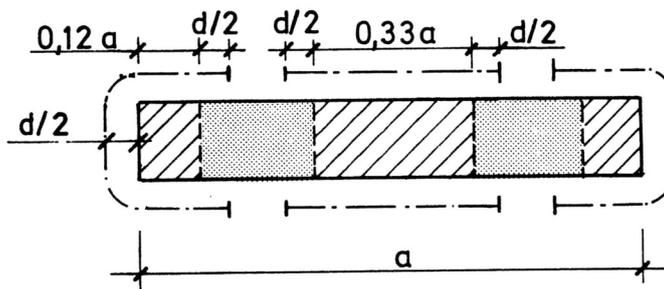


Fig. 3.6 Antagelse for virksam del av omkrets (---) for tilfelle på fig. 3.5b.

4. LAST PÅ PLATE NÆR OPPLÉGG

4.1 Dimensjonerende skjærkraft

Den dimensjonerende skjærkraft pr. lengdeenhet i en plate belastet med en last nær opplegg bestemmes av

$$v_{\gamma\text{maks.}} = k_v \cdot F_{\gamma}/t_y \quad \dots\dots (4.1)$$

hvor k_v avleses på diagram 4.1 eller 4.2 som funksjon av t_x/t_y og s/t_y samt innspenningsgrad.

Hvis ikke andre betingelser bestemmer plassering av lasten, settes $s = d$.

Beregningsgrunnlaget for diagram 4.1 og 4.2 er angitt i [2].

Diagrammene kan brukes ved laster i avstand inntil ca. 30% av spennvidden fra det undersøkte punkt.

Kapasiteten v_{dc} etter formel 2.1 påvirkes av strekkarmeringen. Ved et lasttilfelle som vist på fig. 4.1 kan det mellom lasten F_{γ} og opplegget bli strekk på undersiden eller oversiden av platen, eller eventuelt vekslende mellom begge. Som a_s kan da innsettes henholdsvis underkant- eller overkantarmoring, eller eventuelt den som gir minst kapasitet.

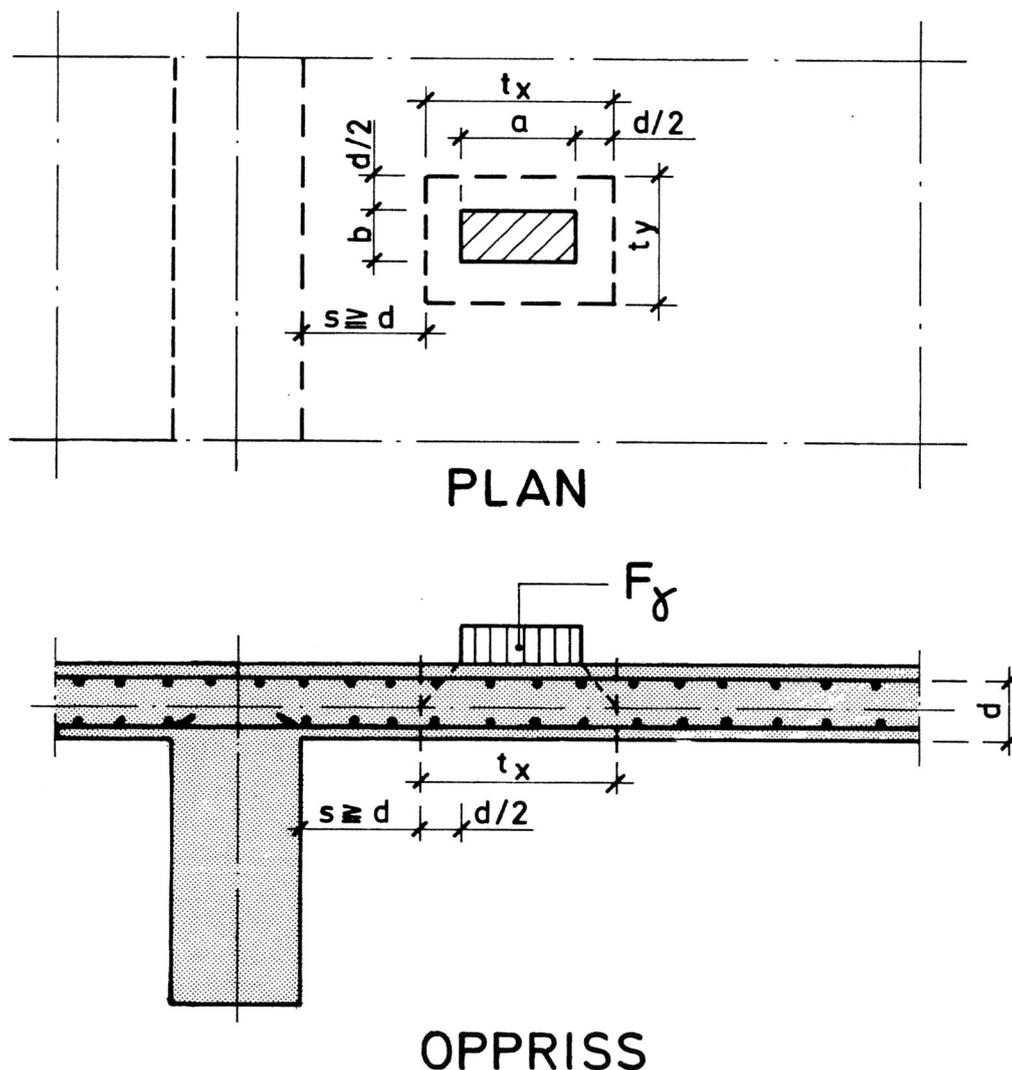


Fig. 4.1 Last nær opplegg

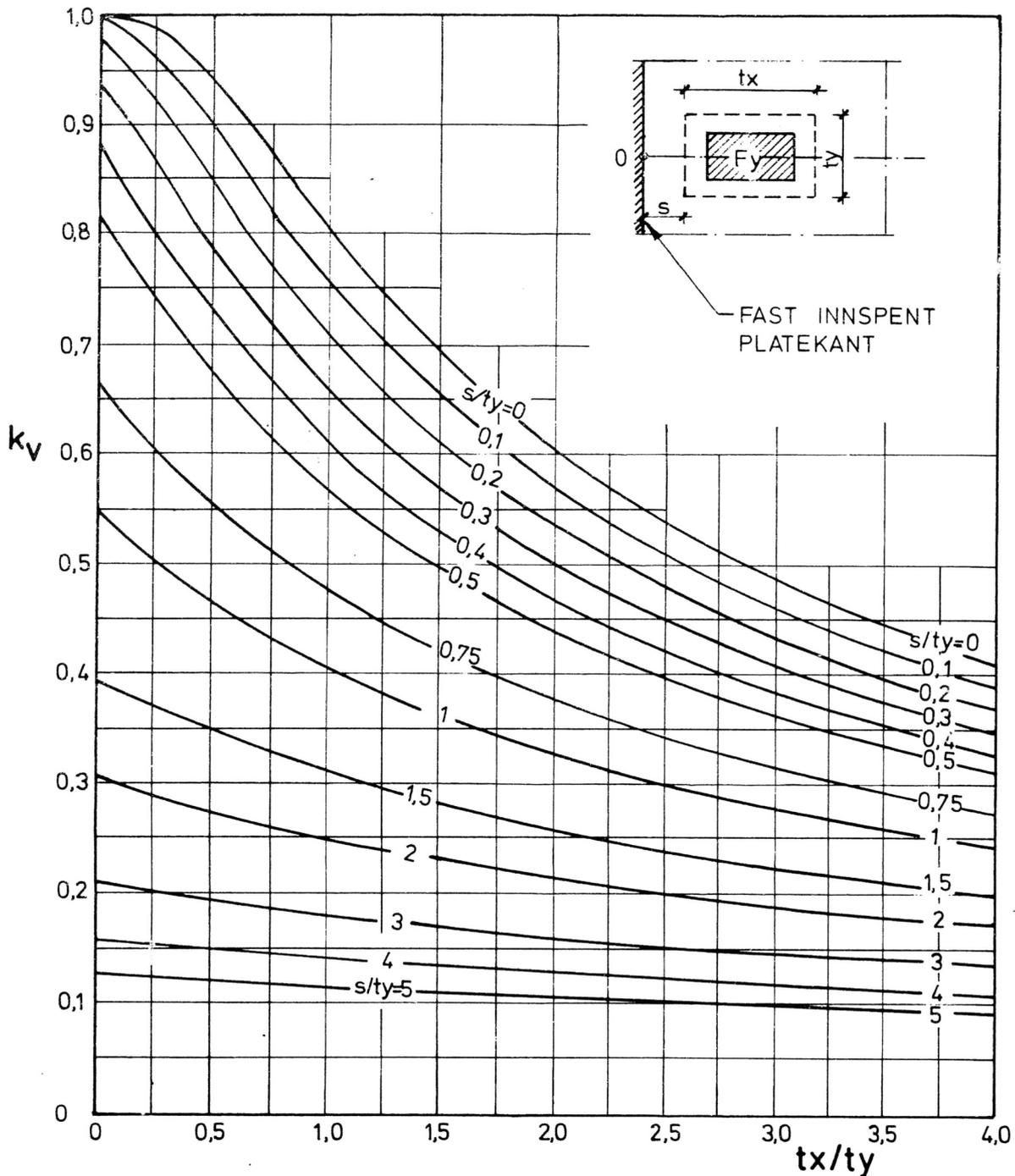


Diagram 4.1 k_v for last nær opplegg, fast innspent platekant. Skjærkraft pr. lengdeenhet i pkt. 0

4.2 Dimensjonering for flere samtidige laster

Hvis det samtidig med en last $F_{\gamma 1}$ nær opplegget (kfr. pkt. 2.4 i Bilag A) opptrer også andre laster $F_{\gamma i}$, bestemmes den dimensjonerende skjærkraft som

$$v_{\gamma \text{maks}} = k_{v1} \cdot \frac{F_{\gamma 1}}{t_{y1}} + 1,6 \sum v(F_{\gamma i}) \quad \dots\dots(4.2)$$

Skjærkraftandelen $v(F_{\gamma i})$ kan bestemmes etter [2] eller [3] ved konsentrerte laster. Hvis disse er plasert på en linje vinkelrett på oppleggskanten gjennom det undersøkte punkt, og ligger tilstrekkelig nær kanten, kan også Diagram 4.1 eller 4.2 benyttes.

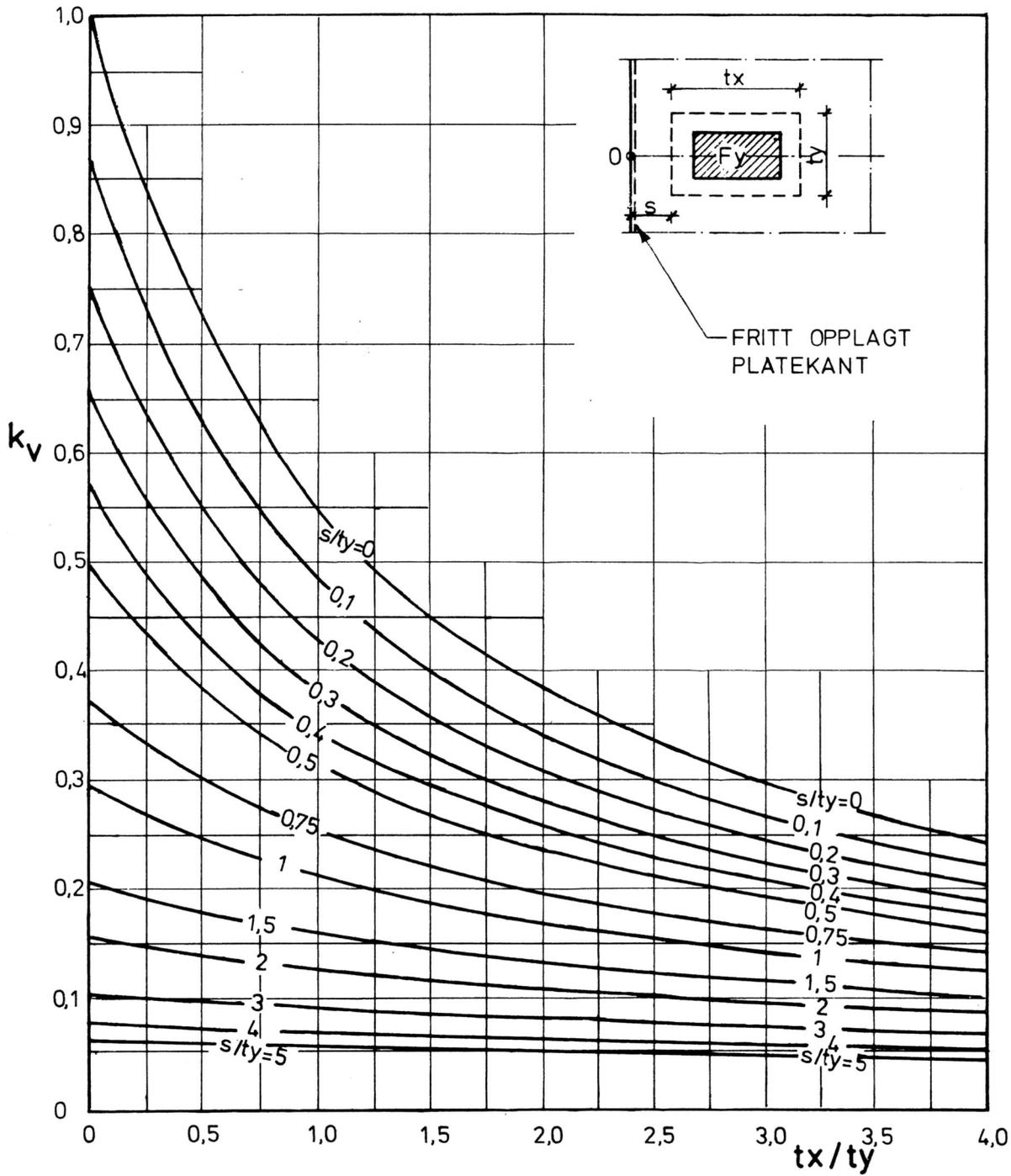


Diagram 4.2 k_v for last nær opplegg, fritt opplagt platekant. Skjærkraft pr. lengdeenhet i pkt. 0.

5. REGNEEKSEPLER

5.1 Eksempel 1

Rektangulær innersøyle med momenter og normalkraft

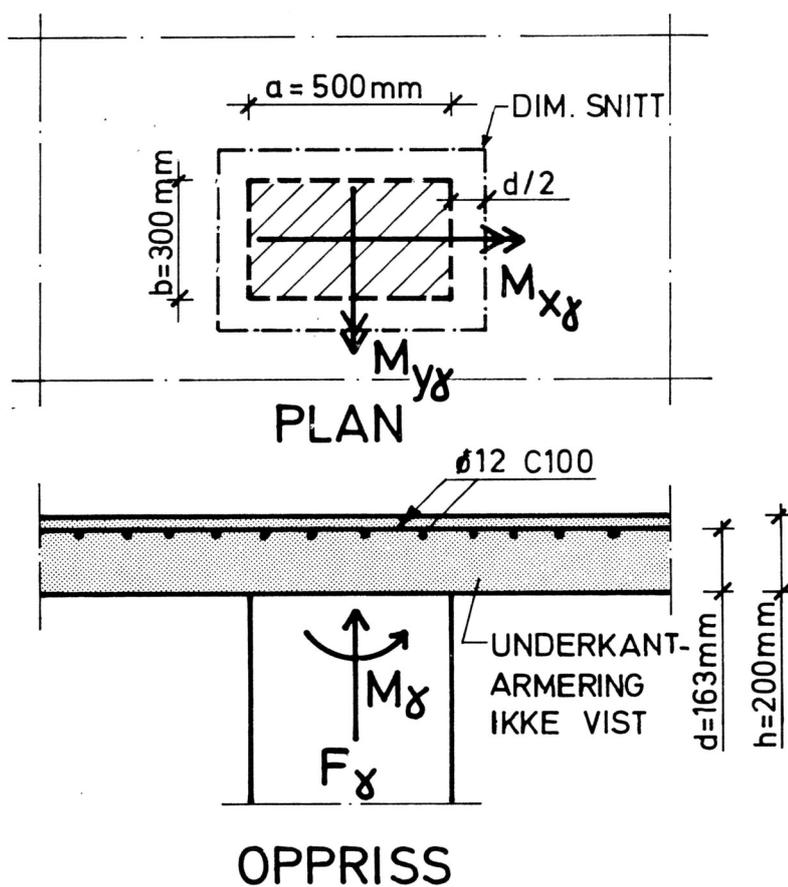


Fig. 5.1 Rektangulær innersøyle med momenter og aksialkraft

Gitt:

Betong C35 $f_v = 0,4 \text{ N/mm}^2$

$f_c = 16 \text{ N/mm}^2$ iflg. NS 3473

$F_\gamma = 180 \text{ kN}$

$M_{x\gamma} = 50 \text{ kNm}$

$M_{y\gamma} = 30 \text{ kNm}$

$a = 500 \text{ mm}$

$b = 300 \text{ mm}$

$d = 163 \text{ mm}$

$$a_s = 1131 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Følgelig blir

$$a/d = 500/163 = 3,07$$

$$b/d = 300/163 = 1,84$$

Skjærkraftkapasitet, strekkbrudd:

Da platetykkelsen $h < 300 \text{ mm}$, økes kapasiteten med 25%.

$$\begin{aligned} \text{(Formel 2.1)} \quad v_{dc1} &= 1,25 \cdot 1,6 \cdot 0,4 (163 + 75 \cdot 1,131)^*) \\ &\leq 1,25 \cdot 3,0 \cdot 0,4 \cdot 163 \\ v_{dc1} &= 198,3 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Skjærkraftkapasitet, trykkbrudd:

$$\text{(Formel 2.3)} \quad v_{dc2} = 0,2 \cdot 16 \cdot 163 = 521,6 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende skjærkraft (lastvirkning):

$$\text{(Formel 3.4)} \quad \alpha_x = \frac{1}{1 + \frac{300+163}{500+163}} = 0,589$$

$$\text{(Formel 3.5)} \quad \alpha_y = 1 - 0,589 = 0,411$$

$$\text{(Formel 3.6)} \quad M_{x\gamma}' = 0,589 \cdot 50 = 29,5 \text{ kNm}$$

$$\text{(Formel 3.7)} \quad M_{y\gamma}' = 0,411 \cdot 30 = 12,3 \text{ kNm}$$

$$\text{(Diagram 3.1)} \quad k_u = 4,5$$

$$\text{(Diagram 3.2)} \quad k_{wx} = 1,8$$

$$\text{(Diagram 3.2)} \quad k_{wy} = 4,2$$

$$\text{(Formel 3.8)} \quad u = 4,5 \cdot 0,5 = 2,25 \text{ m}$$

$$\text{(Formel 3.9)} \quad W_x/d = 1,8 \cdot 0,5^2 = 0,45 \text{ m}^2$$

$$\text{(Formel 3.10)} \quad W_y/d = 4,2 \cdot 0,3^2 = 0,38 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{(Formel 3.1)} \quad v_{\gamma\text{maks.}} &= \frac{180}{2,25} + \frac{29,5}{0,45} + \frac{12,3}{0,378} \\ &= 80,0 + 65,6 + 32,5 = 178,1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

*) v_{dc} bestemmes herav i N/mm, og får samme verdi i kN/m.

Med full kapasitet blir

$$u_a = 2 \cdot (a+b) + \pi \cdot d \\ = 2 \cdot (0,50 + 0,30) + \pi \cdot 0,163 = 2,11 \text{ m}$$

$$u_r = 2 \cdot (a + b + 2 \cdot d) \\ = 2 \cdot (0,50 + 0,30 + 0,326) = 2,25 \text{ m}$$

Korrigert lastvirkning

$$v_{\gamma\text{maks.}} = 178,1 \cdot 2,25/2,11 = 189,9 \text{ kN/m}$$

Konklusjon: $v_d > v_{\gamma\text{maks.}}$

Kontroll i avstand $2d$:

$$v_{dc1} = 198,3/1,6 = 124,0 \text{ kN/m}$$

(Formel 3.37) $a_1 = 500 + 3 \cdot 163 = 989 \text{ mm}$

$$b_1 = 300 + 3 \cdot 163 = 789 \text{ mm}$$

$$a_1/d = 989/163 = 6,07$$

$$b_1/d = 789/163 = 4,84$$

(Diagram 3.1) $k_u \approx 3,0$

(Diagram 3.2) $k_{wx} \approx 1,1$

(Diagram 3.2) $k_{wy} \approx 2,0$

(Formel 3.8) $u = 3,0 \cdot 0,989 = 2,97 \text{ m}$

(Formel 3.9) $w_x/d = 1,1 \cdot 0,989^2 = 1,08 \text{ m}^2$

(Formel 3.10) $w_y/d = 2,0 \cdot 0,789^2 = 1,25 \text{ m}^2$

$$v_{\gamma\text{maks.}} = \frac{180}{2,97} + \frac{29,5}{1,08} + \frac{12,3}{1,25} \\ = 60,6 + 27,3 + 9,8 = 97,7$$

Konklusjon $v_d > v_{\gamma\text{maks.}}$

(I snitt $d/2$ er $v_{\gamma\text{maks}} \approx 0,9 v_{dc1}$ mens i snitt $2d$ er $v_{\gamma\text{maks}} \approx 0,8 v_{dc1}$)

5.2 Eksempel 2

Rektangulær kantsøyle med moment og normalkraft

Gitt:

Betong C35 $f_v = 0,4 \text{ N/mm}^2$

$$f_c = 16 \text{ N/mm}^2 \text{ iflg. NS 3473}$$

$$\begin{aligned}F_Y &= 180 \text{ kN} \\M_{x1y} &= 50 \text{ kNm} \\M_{y1y} &= 0 \\a &= 500 \text{ mm} \\b &= 300 \text{ mm} \\d &= 163 \text{ mm} \\a_s &= 1131 \text{ mm}^2/\text{m}\end{aligned}$$

Følgelig blir

$$\begin{aligned}a/d &= 500/163 = 3,07 \\b/d &= 300/163 = 1,84 \\a' &= 300 + 500 = 800 \text{ mm} \\a'/d &= 800/163 = 4,91\end{aligned}$$

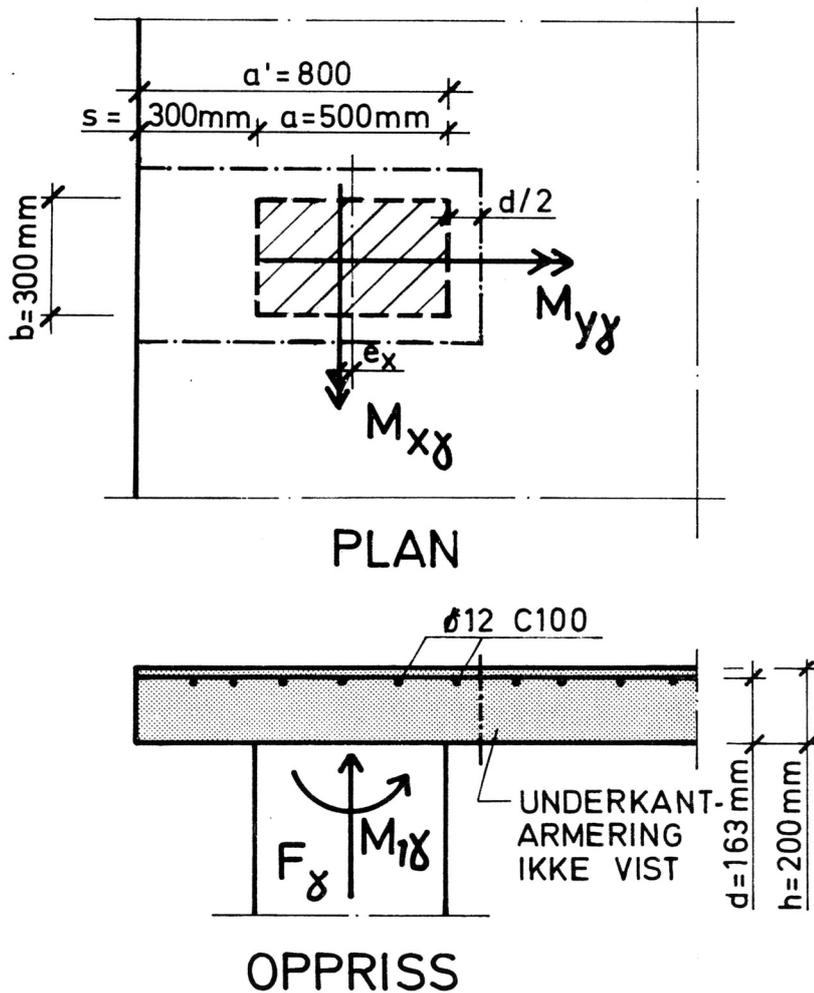


Fig. 5.2 Rektangulær kantsøyle med moment og aksialkraft

Skjærkraftkapasitet, strekkbrudd:

Da platetykkelsen $h < 300$ mm, økes kapasiteten med 25%.

$$\begin{aligned} \text{(Formel 2.1)} \quad v_{dc1} &= 1,25 \cdot 1,6 \cdot 0,4 (163 + 75 \cdot 1,131) \\ &\leq 1,25 \cdot 3,0 \cdot 0,4 \cdot 163 \\ v_{dc1} &= 198,3 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Skjærkraftkapasitet, trykkbrudd:

$$\text{(Formel 2.3)} \quad v_{dc2} = 0,2 \cdot 16 \cdot 163 = 521,6 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende skjærkraft, innersøyle

Som eksempel 1:

$$\begin{aligned} \text{(Formel 3.1)} \quad v_{\gamma\text{maks.}} &= \frac{180}{2,25} + \frac{29,5}{0,45} \\ &= 80 + 65,6 = 145,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Dimensjonerende skjærkraft, kantsøyle:

$$\text{(Formel 3.11)} \quad e_y = 0$$

$$\text{(Formel 3.13)} \quad c_x = \frac{(800+82)^2}{2 \cdot (800+163+150)} = 349 \text{ mm}$$

$$\text{(Formel 3.12)} \quad e_x = 349 - \frac{500+163}{2} = 18 \text{ mm}$$

$$\text{(Formel 3.2)} \quad M_{x\gamma} = 50,0 + 180 \cdot 0,018 = 53,2 \text{ kNm}$$

$$\text{(Formel 3.14)} \quad \alpha_x = \frac{1}{1 + \frac{300+163}{800+82}} = 0,656$$

$$M_{x\gamma}' = 0,656 \cdot 53,2 = 34,9 \text{ kNm}$$

$$\text{(Diagram 3.3)} \quad k_u = 2,60$$

$$\text{(Diagram 3.4)} \quad k_{wx} = 0,84$$

$$\text{(Formel 3.16)} \quad u = 2,60 \cdot 0,8 = 2,08 \text{ m}$$

$$\text{(Formel 3.17)} \quad W_x/d = 0,84 \cdot 0,8^2 = 0,538 \text{ m}^2$$

Formel 3.16 gir en lavere verdi for u enn den faktiske, fordi Diagram 3.3 forutsetter et søyleverrsnitt med utstrekning som gir noe redusert kapasitet (se pkt. 3.2.2). For W_x får dette mindre betydning her.

$$\begin{aligned} \text{(Formel 3.1)} \quad v_{\gamma\text{maks.}} &= \frac{180}{2,08} + \frac{34,9}{0,538} \\ &= 86,5 + 64,9 = 151,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Med full kapasitet blir

$$\begin{aligned} u_a &= 2 \cdot a' + b + \pi \cdot d/2 \\ &= 2 \cdot 0,80 + 0,30 + \pi \cdot 0,163/2 = 2,16 \text{ m} \\ u_r &= 2 \cdot a' + d + b + d \\ &= 2 \cdot 0,80 + 0,163 + 0,30 + 0,163 = 2,23 \text{ m} \end{aligned}$$

Korrigert lastvirkning

$$v_{\gamma\text{maks.}} = 151,4 \cdot 2,23/2,16 = 156,3 \text{ kN/m}$$

Konklusjon $v_d > v_{\gamma\text{maks.}}$

Det gir størst $v_{\gamma\text{maks.}}$ å betrakte søylen som en last nær platekant. Dette er derfor dimensjonerende. Beregningsmetoden er imidlertid ikke nøyaktig nok til at det kan avgjøres hvilken bruddtype som vil inntreffe.

Kontroll i avstand $2d$:

$$v_{dc1} = 198,3/1,6 = 124,0 \text{ kNm}$$

$$\text{(Formel 3.38)} \quad a_1 = 800 + 1,5 \cdot 163 = 1044 \text{ mm}$$

$$b_1 = 300 + 3 \cdot 163 = 789 \text{ mm}$$

$$b_1/d = 1044/163 = 6,4$$

$$a_1/d = 789/163 = 4,8$$

$$\text{(Formel 3.11)} \quad e_y = 0$$

$$\text{(Formel 3.13)} \quad c_x = \frac{(1044+163/2)^2}{2(1044+163+789/2)} = 395$$

$$\text{(Formel 3.12)} \quad e_x = \frac{1044+163}{2} - 395 = 208$$

$$\text{(Formel 3.2)} \quad M_{xy} = 50 + 180 \cdot 0,208 = 87,4 \text{ kNm}$$

$$M_{xy}' = 0,656 \cdot 87,4 = 57,4 \text{ kNm}$$

(Diagram 3.3) $k_u \approx 3,2$

(Diagram 3.4) $k_{wx} \approx 1,4$

(Formel 3.16) $u = 3,2 \cdot (1,044 + 0,3) = 4,3$

(Formel 3.17) $W_x/d = 1,4 \cdot (1,044 + 0,3)^2 = 2,5$

(Foreml 3.1) $v_{\gamma\text{maks.}} = \frac{180}{4,3} + \frac{57,4}{2,5} = 64,8 \text{ kN/m}$

Konklusjon $v_d > v_{\gamma\text{maks.}}$

(I snitt $d/2$ er $v_{\gamma\text{maks.}} \approx 1,0 v_{dcl}$ mens i snitt $2d$ er $v_{\gamma\text{maks.}} \approx 0,5 v_{dcl}$)

5.3 Eksempel 3

Rektangulær hjørnesøyle med moment og normalkraft

Gitt:

Betong C35 $f_v = 0,4 \text{ N/mm}^2$

$f_c = 16 \text{ N/mm}^2$ iflg. NS 3473.

$F_\gamma = 180 \text{ kN}$

$M_{x1\gamma} = 50 \text{ kNm}$

$M_{y1\gamma} = 0$

$a = 500 \text{ mm}$

$b = 300 \text{ mm}$

$d = 163 \text{ mm}$

$a_s = 1131 \text{ mm}^2/\text{m}$

Følgelig blir

$a/d = 500/163 = 3,07$

$b/d = 300/163 = 1,84$

$a' = 300 + 500 = 800 \text{ mm}$

$b' = 500 + 300 = 800 \text{ mm}$

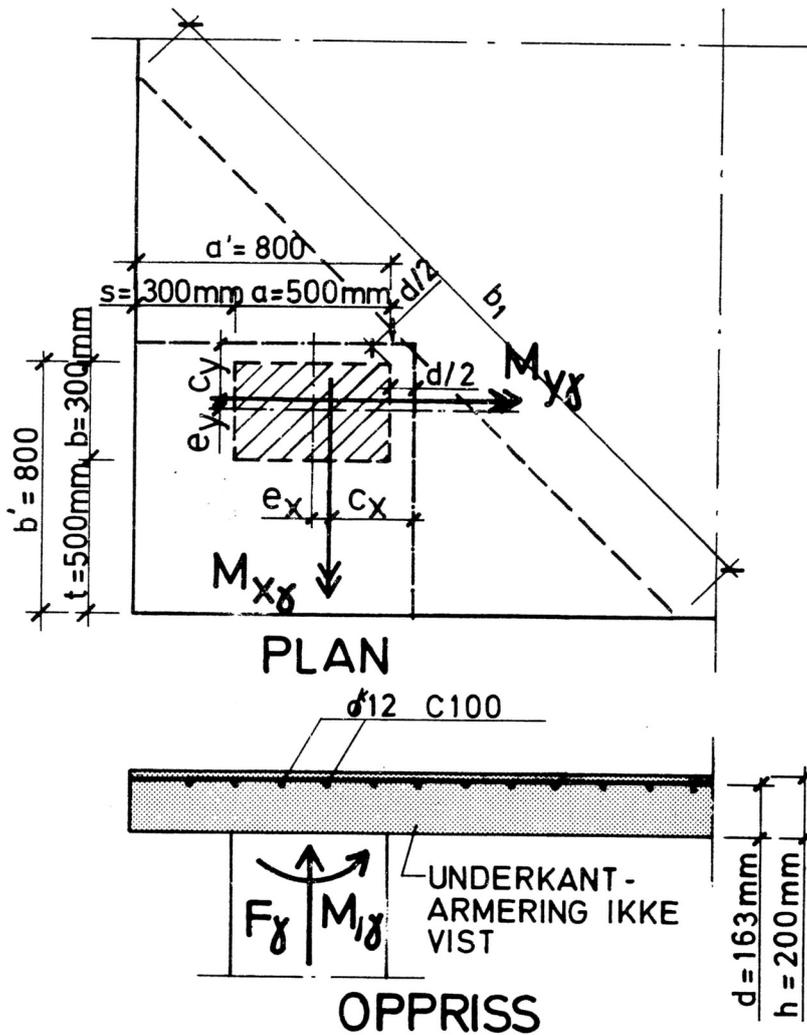


Fig. 5.3 Rektangulær hjørnesøyle med moment og aksialkraft

$$a'/d = 800/163 = 4,91$$

$$b'/d = 800/163 = 4,91$$

$$(a'+d/2)/(b'+d/2) = 1,0$$

Skjærkraftkapasitet, strekkbrudd:

Da platetykkelsen $h < 300$ mm, økes kapasiteten med 25%.

$$\begin{aligned} \text{(Formel 2.1)} \quad v_{dc1} &= 1,25 \cdot 1,6 \cdot 0,4 (163 + 75 \cdot 1,131) \\ &\leq 1,25 \cdot 3,0 \cdot 0,4 \cdot 163 \end{aligned}$$

$$v_{dc1} = 198,3 \text{ kN/m}$$

Skjærkraftkapasitet, trykkbrudd:

$$\text{(Formel 2.3)} \quad v_{dc2} = 0,2 \cdot 16 \cdot 163 = 521,6 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende skjærkraft, innersøyle:

Som eksempel 2:

$$\begin{aligned} \text{(Formel 3.1)} \quad v_{\gamma\text{maks.}} &= \frac{180}{2,25} + \frac{29,5}{0,45} \\ &= 80,0 + 65,6 = 145,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Dimensjonerende skjærkraft, kantsøyle:

Som eksempel 2:

$$\text{(Formel 3.1)} \quad v_{\gamma\text{maks.}} = 88,2 + 64,9 = 153,1 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende skjærkraft, hjørnesøyle:

$$\text{(Formel 3.21)} \quad c_x = \frac{(800+82)^2}{2 \cdot (800+800+163)} = 221 \text{ mm}$$

$$\text{(Formel 3.20)} \quad e_x = 221 - \frac{500+163}{2} = -111 \text{ mm}$$

$$\text{(Formel 3.2)} \quad M_{x\gamma} = 50 + 180 \cdot (-0,111) = 30,02 \text{ kNm}$$

$$\text{(Formel 3.23)} \quad c_y = \frac{(800+82)^2}{2 \cdot (800+800+163)} = 221 \text{ mm}$$

$$\text{(Formel 3.22)} \quad e_y = 221 - \frac{300+163}{2} = -11 \text{ mm}$$

$$\text{(Formel 3.2)} \quad M_{y\gamma} = 180 \cdot (-0,011) = -1,98 \text{ kNm}$$

$$\text{(Formel 3.24)} \quad \alpha_x = \frac{1}{1 + \frac{800+82}{800+82}} = 0,5$$

$$\text{(Formel 3.25)} \quad \alpha_y = 1 - 0,5 = 0,5$$

$$M_{x\gamma}' = 0,5 \cdot 30,02 = 15,0 \text{ kNm}$$

$$M_{y\gamma}' = 0,5 \cdot (-1,98) = -1,0 \text{ kNm}$$

$$M_{x\gamma}'/M_{y\gamma}' = -15$$

$$\text{(Diagram 3.6)} \quad k_u = 1,89$$

$$\text{(Diagram 3.7)} \quad k_{wx} = 0,91$$

$$\text{(Diagram 3.7)} \quad k_{wy} = 0,91$$

$$\text{(Formel 3.26)} \quad u = 1,89 \cdot 0,8 = 1,512 \text{ m}$$

$$\text{(Formel 3.27)} \quad W_x/d = 0,91 \cdot 0,8^2 = 0,582 \text{ m}^2$$

$$\text{(Formel 3.28)} \quad W_y/d = 0,91 \cdot 0,8^2 = 0,582 \text{ m}^2$$

$$\text{(Diagram 3.8)} \quad \beta = 2,5$$

Tverrsnittskonstantene blir noe for lave fordi diagrammene gir reduksjon for stor lastflate.

$$\begin{aligned} \text{(Formel 3.31)} \quad v_{\gamma\text{maks.}} &= \frac{180}{1,512} + 2,5 \cdot \left(\frac{15,0}{0,582} - \frac{1,0}{0,582} \right) \\ &= 119,0 + 2,5 \cdot (25,8 - 1,7) = 179,3 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Med full kapasitet blir

$$\begin{aligned} u_a &= a' + b' + \pi \cdot d/4 \\ &= 0,80 + 0,80 + 0,13 = 1,73 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_r &= a' + b' + d \\ &= 0,80 + 0,80 + 0,163 = 1,76 \text{ m} \end{aligned}$$

Korrigert lastvirkning

$$v_{\gamma\text{maks.}} = 179,3 \cdot 1,76/1,73 = 182,4 \text{ kN/m}$$

Det gir størst $v_{\gamma\text{maks.}}$ å betrakte søylen som en last nær platehjørne. Dette er derfor dimensjonerende. Da $v_{\gamma\text{maks.}} < v_{dcl}$, har platen tilstrekkelig skjærkraftkapasitet.

Kontroll i et skrått plant snitt i avstand $d/2$ fra søylekant iflg. pkt. 3.2.5. Regner et snitt i 45° med platekantene og antar tilnærmet sentrisk last. Snittets lengde

$$b_1 = 2 \cdot 0,80 \sqrt{2} + 0,163 = 2,42 \text{ m}$$

$$v = \frac{180}{2,42} = 74,4 \text{ kN/m}$$

Kapasitet etter NS 3473 pkt. 5.2. blir

$$v_{dcl} = 198,3/1,6 = 124,0 \text{ kN/m}$$

På grunn av den store margin er en nøyaktigere beregning unødvendig.

5.4 Eksempel 4

Sirkulær søyle med moment og normalkraft

Gitt :

Betong C35 $f_V = 0,4 \text{ N/mm}^2$
 $f_C = 16 \text{ N/mm}^2$ iflg. NS 3473

$$F_Y = 180 \text{ kN}$$

$$M_Y = 40 \text{ kNm}$$

$$D = 400 \text{ mm}$$

$$d = 163 \text{ mm}$$

$$a_s = 1131 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Følgelig blir

$$D/d = 2,45 < 3,5$$

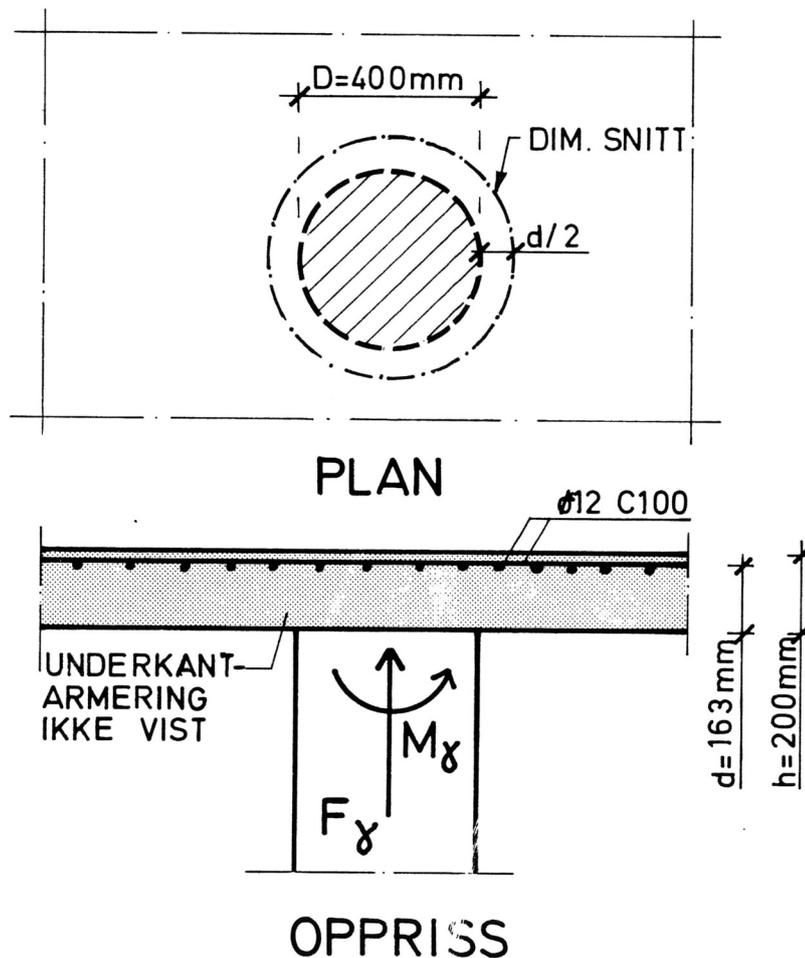


Fig. 5.4 Sirkulær søyle med moment og aksialkraft

Skjærkraftkapasitet, strekkbrudd:

Da platetykkelsen $h < 300$ mm, økes kapasiteten med 25%.

$$\begin{aligned} \text{(Formel 2.1)} \quad v_{dc1} &= 1,25 \cdot 1,6 \cdot 0,4 \cdot (163 + 75 \cdot 1,131) \\ &\leq 1,25 \cdot 3,0 \cdot 0,4 \cdot 163 \\ v_{dc1} &= 198,3 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Skjærkraftkapasitet, trykkbrudd:

$$\text{(Formel 2.3)} \quad v_{dc2} = 0,2 \cdot 16 \cdot 163 = 521,6 \text{ kN/m}$$

Dimensjonerende skjærkraft:

$$\text{(Formel 3.32)} \quad \alpha = 0,5$$

$$\text{(Formel 3.33)} \quad u = \pi \cdot (400 + 163) \cdot 10^{-3} = 1,769 \text{ m}$$

$$\text{(Formel 3.34)} \quad W/d = \pi \cdot \left(\frac{100 + 163}{2}\right)^2 \cdot 10^{-6} = 0,249 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{(Formel 3.1)} \quad v_{\gamma\text{maks.}} &= \frac{180}{1,769} + \frac{0,5 \cdot 40}{0,249} \\ &= 101,8 + 80,3 = 182,1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Konklusjon: $v_d > v_{\gamma\text{maks.}}$

5.5 Eksempel 5

Hjultrykk nær opplegg

Gitt:

$$\begin{aligned} \text{Betong C35} \quad f_v &= 0,4 \text{ N/mm}^2 \\ f_c &= 16 \text{ N/mm}^2 \text{ iflg. NS 3473} \end{aligned}$$

Lastflate $500 \cdot 200$ mm

$$d = 163 \text{ mm}$$

$$a_s = 1131 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Følgelig blir

$$t_x = 500 + 163 = 663 \text{ mm}$$

$$t_y = 200 + 163 = 363 \text{ mm}$$

Innspenningsgrad antas 50%

$$t_x/t_y = 663/363 = 1,83$$

$$a/t_y = d/t_y = 163/363 = 0,45$$

Skjærkraftkapasitet, strekkbrudd:

Da platetykkelsen $h < 300$ mm, økes kapasiteten med 25%.

$$\begin{aligned} \text{(Formel 2.1)} \quad v_{dc1} &= 1,25 \cdot 1,6 \cdot 0,4 \cdot (163 + 75 \cdot 1,131) \\ &\leq 1,25 \cdot 3,0 \cdot 0,4 \cdot 163 \\ v_{dc1} &= 198,3 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

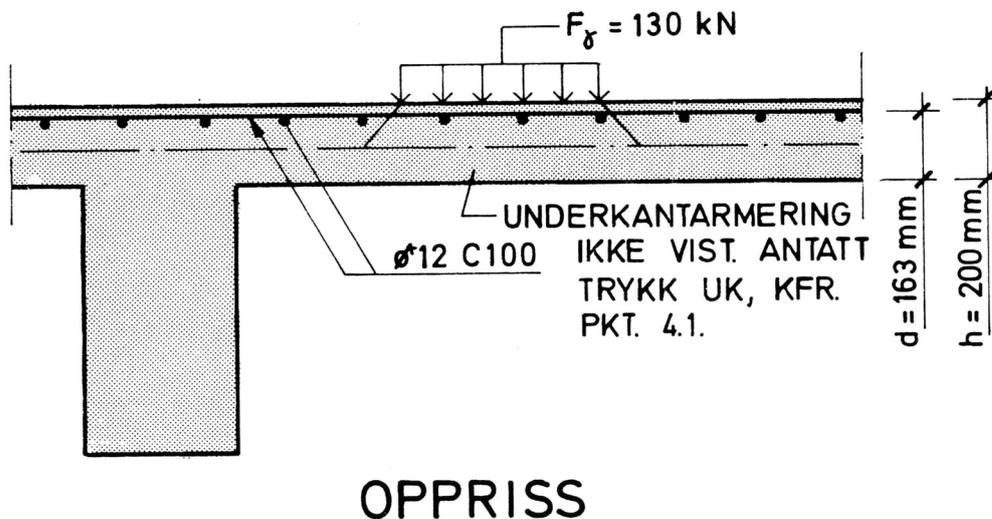
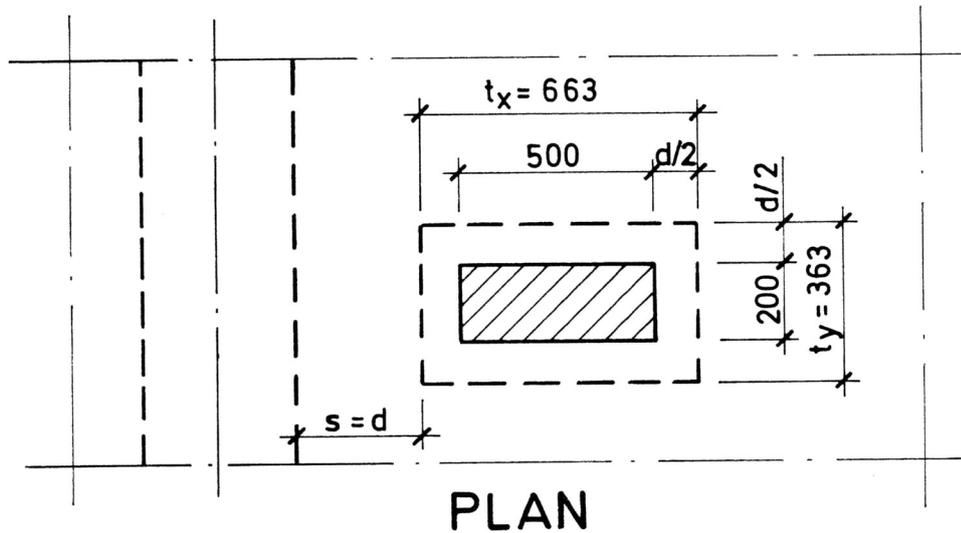


Fig. 5.5 Hjultrykk nær opplegg

Gitt:

Betong C35, $f_v = 0,4 \text{ N/mm}^2$

$f_c = 16 \text{ N/mm}^2$ iflg. NS 3473

$F_y = 1800 \text{ kN/søyle}$

$M_{x1y} = 400 \text{ kNm/søyle}$

$M_{y1y} = 100 \text{ kNm/søyle}$

$d_x = 482 \text{ mm}$

$d_y = 457 \text{ mm}$

$a_{sx} = 5369 \text{ mm}^2/\text{m}$

$a_{sy} = 3275 \text{ mm}^2/\text{m}$

$a = 1750 \text{ mm}$

$b = 400 \text{ mm}$

Følgelig blir

$$\begin{aligned} d &= (d_x + d_y)/2 \\ &= (482 + 457)/2 = 469 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_s &= \sqrt{a_{sx} \cdot a_{sy}} \\ &= \sqrt{5369 \cdot 3275} = 4193 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Skjærkraftkapasitet, strekkbrudd

$$\text{(Formel 2.1)} \quad v_{dc1} = 1,6 \cdot 0,4 (469 + 75 \cdot 4.193)$$

$$\leq 3,0 \cdot 0,4 \cdot 469$$

$$v_{dc1} = 501,4 \text{ kN/m}$$

Siden platen er 520 mm tykk, økes v_{dc1} med en faktor

$$1 + \frac{0,60 - 0,52}{0,30} \cdot 0,25 = 1,07$$

$$v_{dc1} = 1,07 \cdot 501,4 = 536,5 \text{ kN/m}$$

Skjærkraftkapasitet, trykkbrudd

$$\text{(Formel 2.3)} \quad v_{dc2} = 0,2 \cdot 16 \cdot 469 = 1500,8 \text{ kN/m}$$

Ved bestemmelse av dimensjonerende skjærkraft $v_{\gamma \text{maks}}$. antas virksom del av omkretsen tilsvarende det som er angitt i pkt. 3.4 foran.

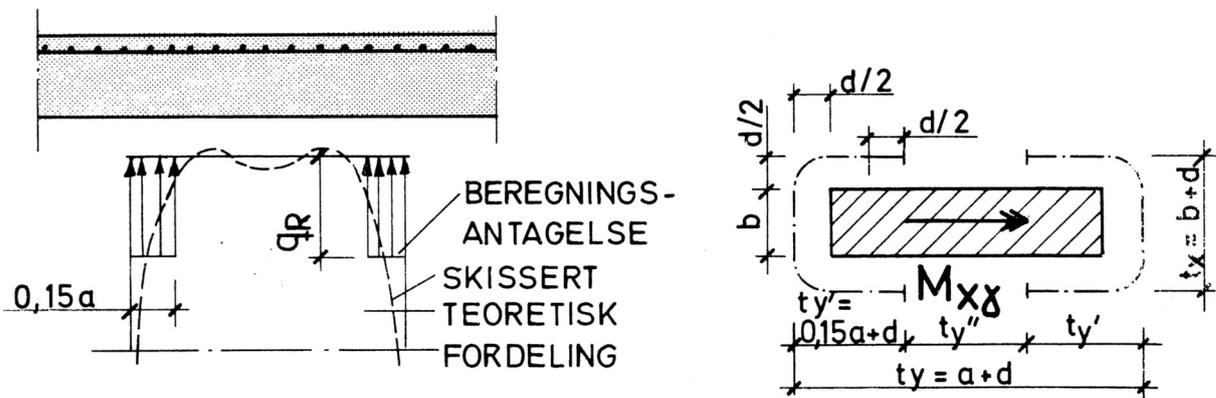


Fig. 5.7 Oppleggsreaksjon og virksomt snitt ved søylen

40% av avstanden mellom søylene er $0,4 \cdot 3,0 = 1,2$ m

For en søyle blir da

$$a = 1,75 \text{ m}$$

Ekvivalent platebredde tilsvarende pkt. 3.4:

$$b_1 \sim 1,25 + 1,75 + 1,2 = 4,2 \text{ m}$$

$$a/b_1 = 1,75/4,2 = 0,4$$

Antar virksom del av omkretsen som vist i fig. 3.5 a), kfr. fig. 5.7.

$$0,15a = 0,15 \cdot 1,75 = 0,262 \text{ m}$$

Setter

$$\begin{aligned} t_x &= b + d \\ &= 0,40 + 0,469 = 0,869 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{y'} &= 0,15a + d \\ &= 0,15 \cdot 1,75 + 0,469 = 0,731 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_y &= a + d \\ &= 1,75 + 0,469 = 2,219 \text{ m} \end{aligned}$$

$$t_{y''} = t_y - 2t_{y'} = 2,219 - 2 \cdot 0,731 = 0,757 \text{ m}$$

Virksom omkrets (avrundede hjørner):

$$\begin{aligned} u_a &= 2(b + 2 \cdot 0,15a + 2 \cdot d/2) + \pi d \\ &= 2(0,40 + 2 \cdot 0,262 + 0,469) + \pi \cdot 0,469 = 4,26 \text{ m} \end{aligned}$$

Med rette hjørner fås:

$$u_r = 2 \cdot t_x + 4 \cdot t_y'$$
$$= 2 \cdot 0,869 + 4 \cdot 0,731 = 4,66 \text{ m}$$

$$W_x/d = \left[2 \cdot t_x^3/12 + 4t_y' \cdot (t_x/2)^2 \right] / t_x/2$$
$$= t_x^2/3 + 2t_y' \cdot t_x$$
$$= 0,869^2/3 + 2 \cdot 0,731 \cdot 0,869 = 1,52 \text{ m}^2$$

$$W_y/d = \left[2 t_y^3/12 + 2t_x \cdot (t_y/2)^2 - 2(t_y''')^3/12 \right] / t_y/2$$
$$= t_y^2/3 + t_x t_y - (t_y''')^3/3t_y$$
$$= 2,219^2/3 + 0,869 \cdot 2,219 - 0,757^3/3 \cdot 2,219$$
$$= 3,50 \text{ m}^2$$

Ved beregning av α_x betraktes de to endeområdene som adskilte lastangrep.

$$\text{(Formel 3.14)} \quad \alpha_x = \frac{1}{1 + \frac{t_y'}{t_x}}$$
$$= \frac{1}{1 + \frac{0,731}{0,869}} = 0,543$$

$$\text{(Formel 3.15)} \quad \alpha_y = 1 - 0,543 = 0,457$$

$$M_{xy}' = 0,543 \cdot 400 = 217,2 \text{ kNm}$$

$$M_{yy}' = 0,457 \cdot 100 = 45,7 \text{ kNm}$$

$$v_{\gamma \text{maks.}} = \frac{1800}{4,66} + \frac{217,2}{1,52} + \frac{45,7}{3,50}$$
$$= 542,2 \text{ kN/m}$$

Korreksjon for riktig omkrets gir:

$$v_{\gamma \text{maks.}} = 542,2 \cdot 4,66/4,26 = 593,1 \text{ kN/m}$$

Siden $v_{dc1} < v_{\gamma \text{maks.}} < v_{dc2}$, kan platen få tilstrekkelig kapasitet med skjærkraftarmering. Denne velges i form av oppbøyde stenger (ryttere) som konsentreres ved søylenes kortside som vist i fig. 5.8.

Armeringen i hver side av søylen må ha en kapasitet gitt ved

$$V_{ds} = 0,5 \left(1 - \frac{v_{dc1}/1,6}{v_{\text{maks.}}} \right) F_{\gamma}$$

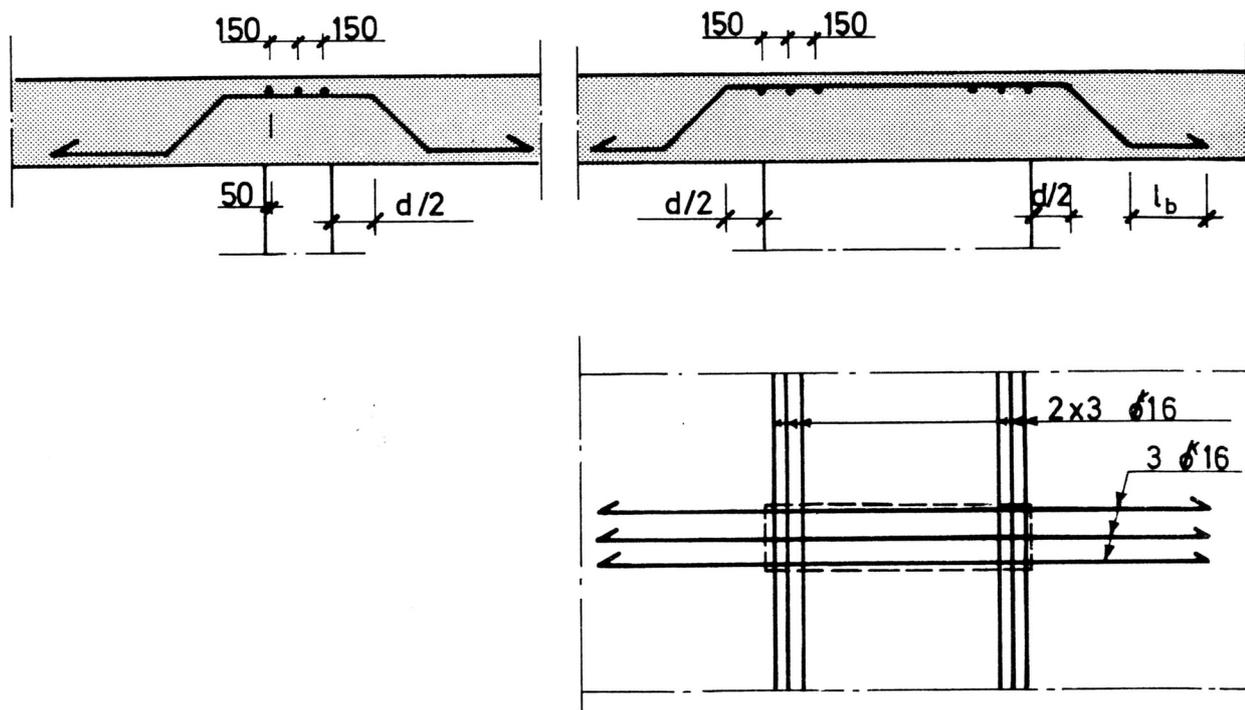


Fig. 5.8 Skjærkraftarmering over søyle av oppbøyde, ekstra stenger

hvor $v_{dc1}/1,6$ er vanlig kapasitet etter NS 3473 pkt. 5.2.

$$V_{ds} = 0,5 \left(1 - \frac{536,5/1,6}{593,1} \right) \cdot 1800 = 391,2 \text{ kN}$$

Med stenger oppbøyd i vinkel α blir

$$V_{ds} = f_s A_s \sin \alpha$$

$$A_s = V_{ds}/f_s \sin \alpha$$

$$= 391,2 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{2}/320 = 1729 \text{ mm}^2 \text{ med } \alpha = 45^\circ$$

Velger 9 $\phi 16$ (antall snitt) av Ks 40S med 3 oppbøyde stenger på kortsiden og 3 ryttere i broens lengderetning som vist i fig. 5.8. Armeringen velges lik ved begge sider, idet lastvirkningen fra M_{yy} gir uvesentlig variasjon av v_y .

En kontroll viser at allerede i avstand d fra søylekant blir $v_y < v_{dc}$, og én rekke av oppbøyd armering er derfor tilstrekkelig.

6. LITTERATURHENVISNINGER

1. Vik, B., "Nye dimensjoneringsregler for skjærkraftkapasitet". Plan og Bygg nr. 1, 1. februar 1978. *)
2. Vik, B., "Berechnung der Querkräfte in Fahrbahnplatten". Der Bauingenieur 39 (1964) Heft 12.
3. Eisenbiegler, G: "Stützenkräfte isotroper Zweifeldplatten infolge von Punkt-, Linien - und Rechtecklasten." Beton- und Stahlbetonbau 1978, Heft 9 og 10.

*) Siste utgave av dimensjoneringsreglene, gjengitt i Bilag A, avviker noe fra den tekst som er gitt i ovennevnte artikkel.

BILAG A

REGLER ANBEFALT AV NIF'S PERMANENTE BETONGUTVALG

SKJÆRKRAFTKAPASITET FOR PLATER MED KONSENTRERTE LASTER

1. Gyldighet

- 1.1 Disse regler gjelder for kontroll av lokalt skjærkraftbrudd som kan opptre ved lastangrep på en liten flate, f.eks. hjultrykk eller søylelast på en plate. Last eller oppleggskraft skal angripe slik at det ikke innføres strekkrefter i kraftens retning i konstruksjonsdelen, jfr. NS 3473 pkt. 5.1.
- 1.2 Kapasiteten kontrolleres for øvrige aktuelle påkjenningsformer, herunder for skjærkraft langs plane snitt etter reglene i NS 3473 pkt. 5.2.

2. Dimensjonerende snitt for lokal skjærkraftkapasitet

- 2.1 Det dimensjonerende snitt legges vinkelrett på platens plan over en tverrsnittshøyde lik d , beliggende slik at:
 - det avgrenser fra den øvrige plate en flate inneholdende den belastede flate
 - det intet sted er nærmere belastet flate enn $d/2$
 - snittets omkrets blir minst mulig.
- 2.2 Kapasitet beregnet etter pkt. 3.2 skal begrenses ved langstrakt eller stor belastet flate. Den kan høyst regnes for belastet flate slik at:
 - sirkulær flate har virksom omkrets med diameter høyst lik $3,5d$
 - rektangulær flate har virksom omkrets høyst lik $11,2 d$, og sideforhold ikke over $2,0$
 - flate med annen form har omkrets og sideforhold ikke større enn angitt for rektangel.

For flater med større sideforhold eller utstrekning regnes med en del av omkretsen svarende til ovenstående begrensning. For øvrige deler av omkretsen gjelder pkt. 3.3.

- 2.3 For last nær fri kant eller hjørne legges det dimensjonerende snitt vinkelrett mot kanten fra ytterpunktene av et snitt etter pkt. 2.1, hvis et slikt snitt blir ugunstigere enn et snitt rundt lastflaten etter pkt. 2.1.

Hvis minste avstand fra belastet flate til fri kant er 5 d eller mindre, skal det dessuten kontrolleres et snitt etter pkt. 2.1, hvor det ikke medregnes den del av siden mot kant som ligger mellom de to tangenter til snittet som danner 45° med kanten.

- 2.4 For en konsentrert last nær opplegg kreves kontroll av strekkbrudd bare for snitt i avstand 1,0 d eller mer fra kant av opplegg. Dimensjonerende skjærkraft (lastvirkning) bestemmes i snitt som angitt i pkt. 2.1.

Som konsentrert last regnes i denne forbindelse last beliggende inntil 4 d i retning vinkelrett på oppleggslinjen fra det undersøkte snitt. Forøvrig gjelder pkt. 2.2. For annen last bestemmes kapasiteten som angitt i pkt. 3.3.

- 2.5 Ved plater med utsparing 5 d fra den belastede flate eller nærmere, skal den del av dimensjonerende snitt som ligger innenfor radielle linjer fra den belastede flatens tyngdepunkt til åpningens ytterkant, ikke medregnes for kapasiteten. Åpninger med større utstrekning målt radiallyt fra den belastede flatens tyngdepunkt enn vinkelrett på denne retning regnes som en kvadratisk åpning med like stort areal.

3. Lastvirkning og kapasitet

- 3.1 Dimensjonerende skjærkraft v_y pr. lengdeenhet bestemmes i det dimensjonerende snitt angitt i pkt. 1.2. Hvis riktigere verdi ikke påvises, kan lastvirkningen bestemmes etter teorien for elastiske, tynne plater, idet lasten regnes fordelt lineært over flaten innenfor det dimensjonerende snitt.

Ved last fra søyler skal det tas hensyn til at lasten kan være ujevnt fordelt.

Hvis v_y varierer langs omkretsen av snittet, kan dimensjonerende verdi regnes lik gjennomsnittet over en lengde lik 2 d.

- 3.2 For plater uten skjærkraftarmering regnes kapasiteten ved strekkbrudd for lokal skjærkraft pr. lengdeenhet å være

$$v_{dc1} = 1,6 \cdot f_v (1 + 75 \cdot \rho_1) d \leq 3,0 \cdot f_v d$$

hvor

$\rho_1 = \sqrt{\rho_{1x} \cdot \rho_{1y}}$ geometrisk middel for x- og y-retning av

$\rho_1 = A_s / s d$ regnet over et område $2 d$ til alle sider av
belastet flate

s = senteravstand for lengdearmeringen

$d = (d_x + d_y) / 2$ middelvei for x- og y-retningen

Ovenstående verdier gjelder for plater med tykkelse større eller lik 600 mm. For plater med tykkelse mindre eller lik 300 mm kan f_v økes med 25%, jfr. NS 3473 pkt. 5.2.5. Ved mellomverdier interpoleres lineært. Denne regel benyttes også ved beregning etter pkt. 3.3.

- 3.3 For områder av det dimensjonerende snitt som ikke fyller vilkårene i pkt. 2.2, regnes skjærkraftkapasiteten å være som angitt i NS 3473 pkt. 5.2.
- 3.4 Kapasitet etter pkt. 3.2 gjelder i det dimensjonerende snitt. I avstand $2 d$ eller mer fra belastet flate bestemmes kapasiteten som angitt i pkt. 3.3. Mellom snitt i avstand $d/2$ og $2d$ interpoleres lineært for kapasiteten v_{dc1} .
- 3.5 Kapasiteten for plate med aksialtrykk i platens plan regnes å være som angitt i NS 3473 pkt. 5.2.4, eventuelt pkt. T 10.6 i Tillegg, men regnes ikke lavere enn ovenfor.
- 3.6 For plater med skjærkraftarmering bestemmes kapasiteten etter NS 3473 pkt. 5.2 (eventuelt pkt. T 10.6), men regnes ikke lavere enn for plate uten skjærkraftarmering.

Skjærkraftarmering legges fra $0,5 d$ fra den belastede flates omkrets, og minst til $1,5 d$ fra omkretsen.

Det skal ikke regnes med større tøyning enn $0,002$ i skjærkraftarmering, hvis det i nærliggende områder er regnet med forhøyet kapasitet etter pkt. 3.2.

- 3.7 Trykkbrudd begrenser betongtverrsnittets skjærkraftkapasitet og skal kontrolleres i det dimensjonerende snitt angitt i pkt. 2. Kapasiteten for lokal skjærpåkjenning regnes å være

$$v_{dc2} = 0,20 \cdot f_c d$$

Ved samtidig høy aksialtrykkspenning i platens plan begrenses kapasiteten i henhold til NS 3473 pkt. 5.2.2.

- 3.8 Kravene til lengdearmeringen i NS 3473 pkt. 5.2.8 økes, både for forskyvningen av strekkraftforløpet i forhold til momentforløpet, og for kravet til forankret kraft ved opplegg. Økningen skal minst være lik forholdet mellom utnyttet skjærkraftkapasitet etter disse regler og kapasiteten etter NS 3473 pkt. 5.2.

KOMMENTARER TIL REGLENE

Nummereringen i det følgende viser til tilsvarende punkter i reglene.

K 1. Gyldighet

K 1.1 Det forutsettes såkalt "direkte" lastangrep, eller at det ved innlagt armering er sørget for tilsvarende virkning.

K 1.2 Disse regler forutsetter at platen forøvrig er dimensjonert etter NS 3473. Det pekes spesielt på muligheten for vanlig skjærkraftbrudd hvor bruddsnittet ikke går rundt lasten.

K 2. Dimensjonerende snitt

K 2.1 Eksempler på dimensjonerende snitt er vist på fig. A 1. Det kan være hensiktsmessig å regne med rette kanter helt ut til hjørner i stedet for avrundede hjørner. I nødvendig utstrekning skal det da korrigeres for feilen man gjør ved å regne omkretsen noe for stor.

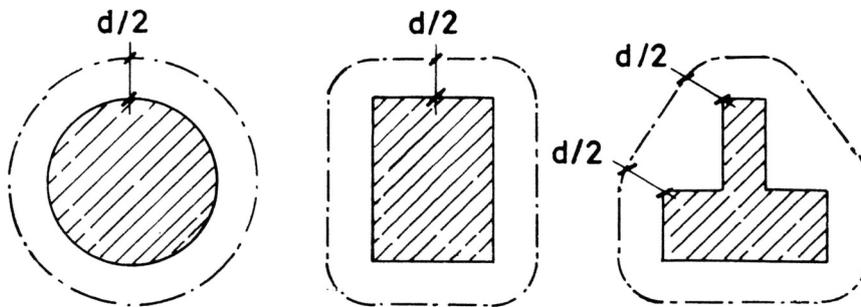


Fig. A 1 Eksempler på bestemmelse av dimensjonerende snitt (---).

K 2.2 Den økning av kapasiteten som kan utnyttes ved konsentrert belastning er begrenset til belastede flater som ikke er store i forhold til platetykkelsen og som ikke er for avlange.

Ved store eller avlange lastflater kan det etter reglene bli dels forhøyet, dels vanlig skjærkraftkapasitet, se fig. A 2.

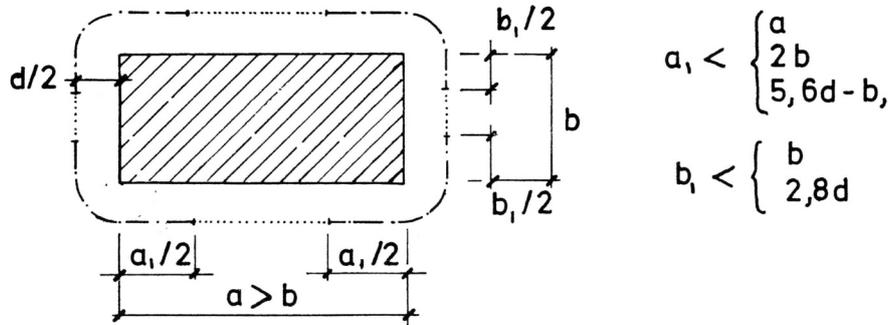


Fig. A 2 Begrensning av snitt med øket kapasitet (----) ved langstrakt eller stor lastflate. Øvrige deler (.....) får kapasitet etter pkt. 3.3.

K 2.3

Fig. A 3 viser eksempler på last nær fri kant og hjørne. På fig. A 4 er vist begrensningen for last 5 d eller nærmere fri kant.

Det kan regnes med vanlig kapasitet etter pkt. 3.3 også i nærheten av fri kant, dersom det påvises at skjærkreftene her kan føres videre i konstruksjonen.

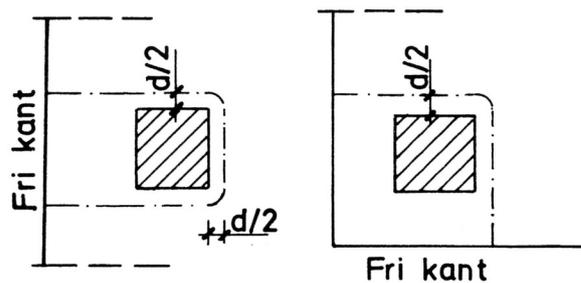


Fig. A 3 Eksempler på bestemmelse av dimensjonerende snitt (----) for laster nær fri kant og hjørne.

K 2.4

Reglene innebærer at den virkelige begrensning av en konsentrert last ikke regnes nærmere enn 1,5d fra kant av opplegg ved kontroll for skjærkraft.

Skjærkraft i det dimensjonerende snitt $d/2$ innenfor belastet flate kan tilnærmet regnes lik teoretisk verdi ved opplegg, hvis snittet ligger i avstand d fra oppleggskant. For last lengre unna blir skjærkraften mindre.

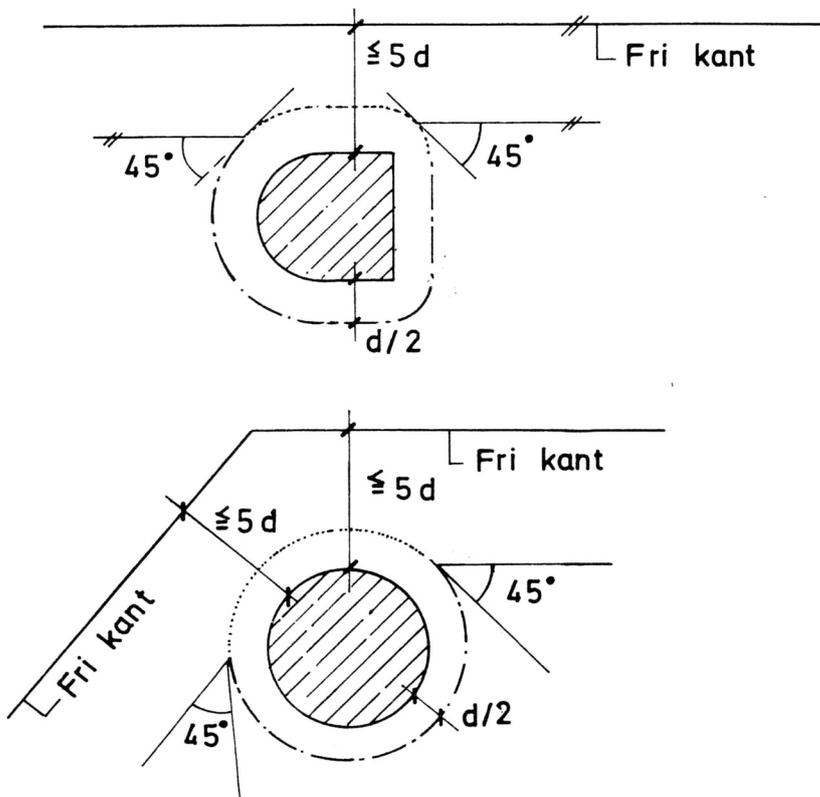


Fig. A 4 Lastflate nær fri kant

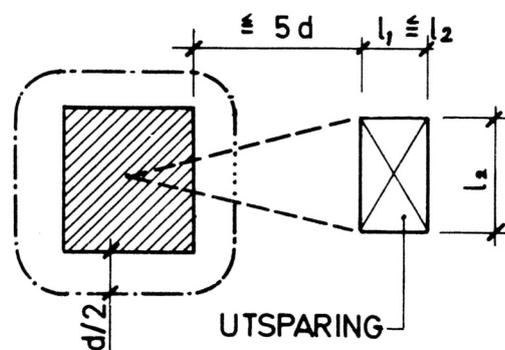


Fig. A 5 Reduksjon av virksom omkrets ved utsparing nær lasten, jfr. 2.5

K 3. Lastvirkning og kapasitet

- K 3.1 Ved bestemmelse av lastvirkninger regnes det med en teoretisk lastflate med utstrekning $d/2$ utenfor den egentlige belastede flate, dvs. begrenset av det dimensjonerende snitt etter pkt. 2.1. Dette er praktisk talt sammenfallende med NS 3473 pkt. 3.5.4.

Som en tilnærming til beregning etter elastisk plateteori kan skjærkraften pr. lengdeenhet regnes å variere lineært langs det kritiske snitt ved innføring av lokalt moment, f.eks. eksentrisk søylelast. Av et innført moment M kan en andel αM regnes overført ved variasjon i skjærkraftfordelingen, hvor

$$\alpha = 1/(1 + t_y/t_x)$$

t_x og t_y er utstrekning av teoretisk lastflate i henholdsvis eksentrisitetsretningen og vinkelrett på denne. Maksimal lastvirkning

$$v_{\gamma\text{maks.}} = F_{\gamma}/u + (\alpha M_{\gamma}/W) d$$

Gyldighetsområdet kan angis til $0,5 \leq t_y/t_x \leq 4$

Det er brukt følgende symboler

F_{γ} lasten

M_{γ} det innførte moment

u virksom omkrets av det dimensjonerende snitt

W motstandsmoment for dette snitt, bestemt med hensyn til eksentrisitetens retning

Eksempler på bestemmelse av u og W er vist på fig. A 6.

Den andel av det innførte moment som ikke regnes overført gjennom skjærkrefter i platen skal kunne føres inn i lastområdet (inn over søylen) ved bøyingsmomenter, og i nødvendig utstrekning også torsjonsmomenter i platen. Den antatte kraftfordeling bør være i rimelig samsvar med stivhetsforholdene etter at platen har fått riss.

Ved brede søyler monolittisk forbundet med platen kan oppleggsreaksjonen variere sterkt over søyletverrsnittet, slik at ikke alltid hele omkretsen kan medregnes ved dimensjoneringen.

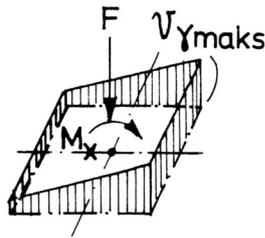
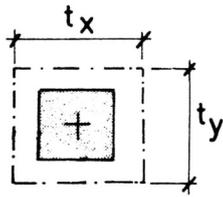
Skjærkrefter fra hjultrykk og lignende kan beregnes ved hjelp av tabeller, influensfelter eller lignende for elastiske plater.

K 3.2 Kapasiteten regnes å avhenge av lengdearmeringen på samme måte som angitt i NS 3473 pkt. 5.2.3, men med noe lavere øvre grense for relativ kapasitetsøkning. Det er innført geometrisk middel av armeringsandel i to retninger, fordi for svak armering i den ene retning kan redusere den todimensjonale platevirkning.

Kapasitetsøkningen gjelder bare for lasten nær det dimensjonerende snitt. Hvis det samtidig opptrer også andre laster, kan disse ved kontroll for lokal skjærkraft regnes øket i samme forhold som kapasiteten, og virkningen adderes til den nærmeste (hoved-)lasten.

Rektangulært snitt

a)

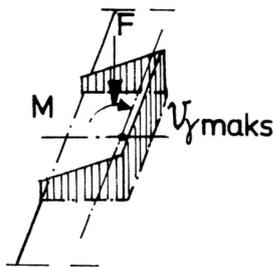
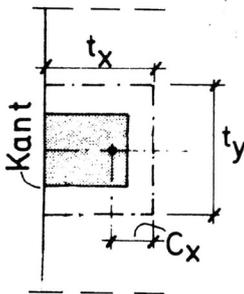


a) Innerlast

$$u = 2(t_x + t_y)$$

$$W_x = t_x(t_x + 3t_y)d/3$$

b)



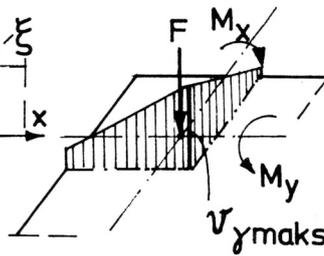
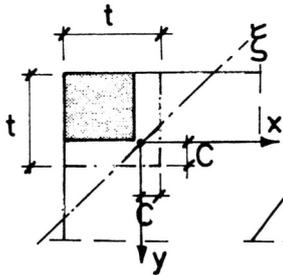
b) Kantlast

$$u = 2t_x + t_y$$

$$C_x = t_x^2 / (2t_x + t_y)$$

$$W_x = t_x(t_x + 2t_y)d/3$$

c)



c) Kvadratisk hjørnelast

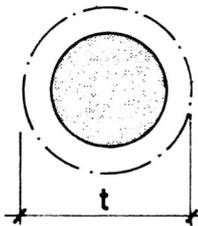
$$u = 2t$$

$$C = t/4$$

$$W_{\xi} = t^2 d/3 \text{ (om } \xi \text{-aksen)}$$

$$V_{y maks} = \frac{F}{U} + 0,5 \frac{M_x + M_y}{W} d$$

d)



Sirkulær innerlast

$$u = \pi t$$

$$W = \pi t^2 d/4$$

Fig. A 6 Eksempler på bestemmelse av omkrets u og motstandsmoment W for dimensjonerende snitt

K 3.4 For plater med konstant tverrsnitt og uten skjærkraftarmering er det som regel tilstrekkelig å kontrollere det dimensjonerende snitt etter pkt. 2, som regel i avstand $d/2$ fra belastet flate.

K 3.6 Hvis det regnes med skjærkraftarmering, bestemmes betongens medvirkning etter NS 3473 pkt. 5.2, uten noen økning. Begrunnelsen er at det da er oppstått skråriss ved at betongens strekkfasthet er overskredet.

Det er vesentlig at skjærkraftarmeringen har god forankring i platens strekk- og trykksone. Plater med tykkelse mindre enn 200 mm bør dimensjoneres slik at skjærkraftarmering ikke blir nødvendig. Eksempler på skjærkraftarmering er vist på fig. A 7.

Som nærliggende område kan anses deler av platen i avstand ikke over $5d$, f.eks. øvrig del av dimensjonerende snitt rundt lasten.

K 3.8 De økede krav til lengdearmeringen er begrunnet med at riss- og trykkresultanter ved denne bruddtype vil danne en mindre vinkel med systemaksen. Regelen er en forenklet, tilnærmet måte for å ta hensyn til dette. Hvis den konsentrerte lasten utgjør en betydelig andel, bør økningen være minst 50%.

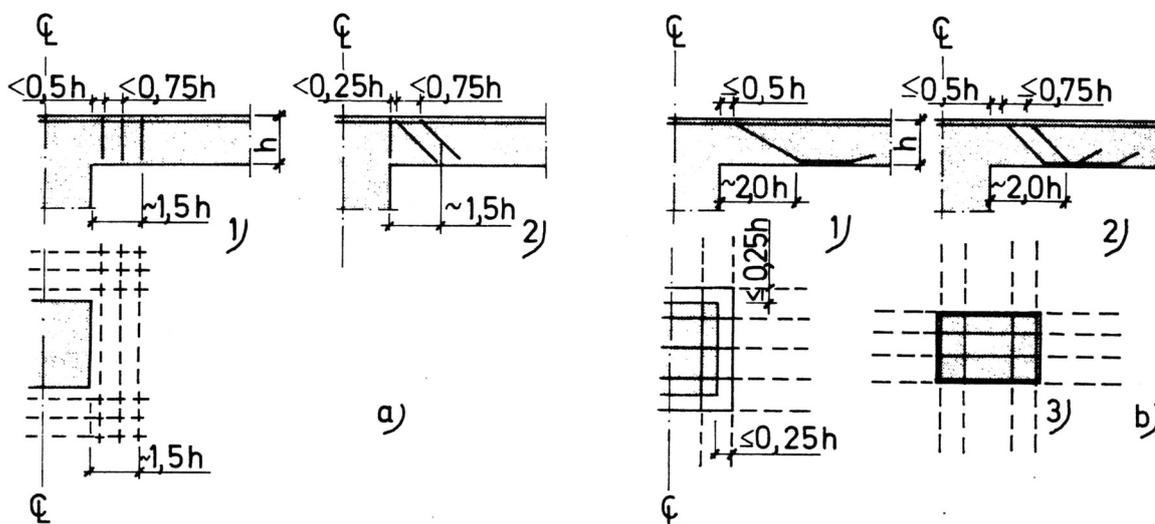


Fig. A 7 Eksempler på utforming av skjærkraftarmering:
a) bøyler og b) nedbøyd lengdearmering

BILAG B

EKSENTRISITET

For sirkulære og rektangulære lastflater i platefelt faller lastflatens tyngdepunkt sammen med det dimensjonerende snitts tyngdepunkt. Hvis lastflaten er plasert nær kant eller hjørne er det derimot nødvendig å regne med at lastflatens tyngdepunkt er eksentrisk i forhold til snittets tyngdepunkt. Som følge herav fremkommer et tilleggsmoment $\Delta M = F_{\gamma} \cdot e$ hvor F_{γ} normalkraften og e er eksentrisitet regnet med fortegn.

Definisjon av fortegn for M er vist på fig. 3.2, hvor $M_{1\gamma}$ er positiv.

Ved store eller avlange lastflater kan det etter reglene bli dels forhøyet, dels vanlig skjærkapasitet, kfr. Bilag A pkt. K2.2. En korrekt beregning av eksentrisiteten kan følgelig bli arbeidskrevende. Ofte kan eksentrisiteten bestemmes med tilstrekkelig nøyaktighet ved å regne forhøyet skjærkapasitet langs hele det dimensjonerende snitt. Dette gir følgende tilnærmede formler for bestemmelse av eksentrisiteten:

Eksentrisiteten er gitt ved

$$e_x = c_x - \frac{a + d}{2} \quad \dots\dots B1$$

$$e_y = c_y - \frac{b + d}{2} \quad \dots\dots B2$$

hvor c er følgende:

Lastflate nær kant, fig. 3.2.

$$c_x = \frac{(a' + d/2)^2}{2 \cdot (a' + d + b/2)} \quad \dots\dots B3$$

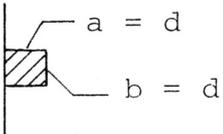
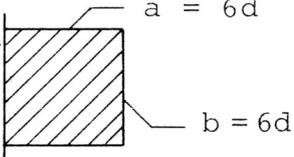
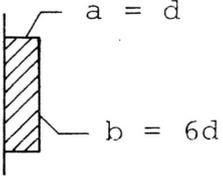
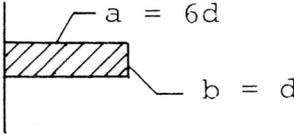
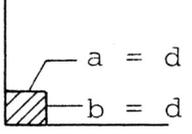
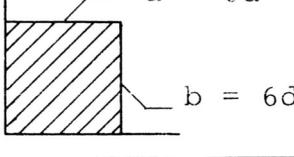
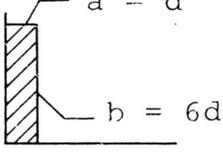
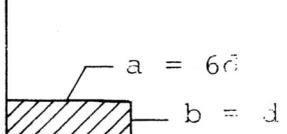
Lastflate nær hjørne, fig. 3.3.

$$c_x = \frac{(a' + d/2)^2}{2 \cdot (a' + b' + d)} \quad \dots\dots B4$$

$$c_y = \frac{(b' + d/2)^2}{2 \cdot (a' + b' + d)} \quad \dots\dots B5$$

I tabell B1 er det gitt en sammenstilling som viser korrekt verdi av eksentrisiteten og tilnærmet verdi basert på formelene gitt ovenfor. Denne tabell kan benyttes for å bedømme om nødvendig nøyaktighet oppnås ved bruk av de forenklete formler for et gitt dimensjonerende snitt.

Dersom større nøyaktighet ønskes kan riktig verdi for eksentrisiteten regnes ut og denne benyttes i de senere beregninger.

	Lastflate	Korrekt e	Tilnærmet ber. av e
Kant		0,55 d	0,55 d
		1,44 d	1,39 d
		0,74 d	0,78 d
		0,85 d	0,68 d
Hjørne		0,63 d	0,63 d
		1,90 d	1,88 d
		0,83 d	0,86 d
		1,06 d	0,86 d

Tabell B1

NB norsk
betongforening er en forening tilknyttet  **Tekna**
Postboks 2312 Solli, 0201 Oslo • Telefon: 22 94 75 00