

HL

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Forelæsningsnotat nr. **13**

K.GUNTOFTE

KONSTRUKTIONSSAMLINGER

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole
København, 1971

KONSTRUKTIONSSAMLINGER.

Konstruktionsopdeling
Bygning og bygning
+
Fugearmering
skivearmering
ELEMENTER

INDHOLDSFORTEGNELSE.

	Side:
1. Indledning	1.1
2. Generelt	2.1
3. Væg-væg fugen	3.1.
3.0. Udformning	
3.1. Lodret påvirkning	
3.2. Eksempel	
4. Etagekryds	4.1
4.1. Udformning	
4.2. Lodret påvirkning	
4.3. Vandret påvirkning	
5. Dæk-dæk fugen	5.1
5.0. Udformning	
5.1. Lodret påvirkning	
5.2. Vandret påvirkning	
6. Resumé - Fugearmering	6.1
6.1. Væg-væg fugen	
6.2. Etagekryds	
6.3. Dæk-dæk fugen	

1. INDLEDNING.

Dette notat omhandler kraftoverførende fuger mellem dæk- og vægkomponenter (DS/R 1038-39).

Vedrørende facadefuger, herunder samlingen i forbindelse med altanplader, henvises til specielt notat.

Som grundlag for normkravene er anvendt DS 411, juni 1949.

Figur 4.3.A. er hentet fra Henrik Nissens "Modul- og Montagebyggeri".

NB
*1. Sammenhæng
og dimensioner vedrørende
fuger (1038-39)*

2. GENERELT.

Sammenbygningen af de enkelte komponenter er af den største betydning for bygningens funktion og for byggeriets økonomi. Der må derfor ved projekteringen ofres megen omhu på udformningen af samplingsdetaljerne.

For at kunne udforme en fuge må man først og fremmest gøre sig klart, hvilke funktioner fugen skal opfylde. Disse funktionskrav kan bestemmes ud fra kendskabet til funktionskravene til de omgivende bygningsdele samt til de relevante påvirkninger. Nedenfor er angivet eksempler på funktionskrav til typiske kraftoverførende fuger i betonkomponentbyggeriet.

a. Sikkerhedskrav.

- 1.1. Overførsel af trykkrafter.
- 1.2. Overførsel af trækkræfter.
- 1.3. Overførsel af forskydningskræfter.
- 1.4. Sikkerhed under (kortvarig) brand.
- 1.5. Kendt korrosionsforløb.
- 1.6. Kendt slitage.

b. Komfortkrav.

- 2.1. Krav til lydtæthed.
- 2.2. Krav til vandtæthed (damp, fugt).

c. Teknologiske og byggetekniske krav.

- 3.1. Krav på grund af svindforhold.
- 3.2. Krav på grund af krybning.
- 3.3. Krav på grund af bevægelser i øvrigt.
- 3.4. Krav til komponentgeometri.
- 3.5. Krav om udligningsmuligheder.
- 3.6. Krav til montagemuligheder.
- 3.7. Krav til fugeudførelsen.

d. Andre krav.

- 4.1. Krav til udseende.
- 4.2. Krav til økonomi.
- 4.3. Efterreparation.
- 4.4. Vedligeholdelse.
- 4.5. Fremføring af installationer.

- Anm. til a: Den nødvendige kraftoverførsel må kunne foregå gennem fugen. Kræfterne kan være 1) normalkræfter vinkelret på fugens længderetning (træk og tryk), 2) forskydningskræfter (såvel i skivens plan som vinkelret herpå).
Kraftoverførslen skal kunne foregå under ugunstige omstændigheder (f.eks. brand).
- Anm. til b: Fugen udgør sammen med komponenter en bygningsdel, som skal tilgodese visse krav om komfort (f.eks. lydtæthed). Fugen må derfor, afhængigt af komponenternes egenskaber og påvirkningernes størrelse, opfylde krav, der sikrer, at den samlede bygningsdel opfylder den ønskede funktion.
- Anm. til c: Bl.a. krav til fugens geometri, således at de begrænsende komponenter er producerbare, komponenterne skal kunne monteres, og fugning skal kunne udføres.
- Anm. til d: Endvidere kan der stilles krav til udseende, økonomi, efterreparation, vedligeholdelse, fremføring af installationer m.v.

3. VÆG-VÆG FUGE.

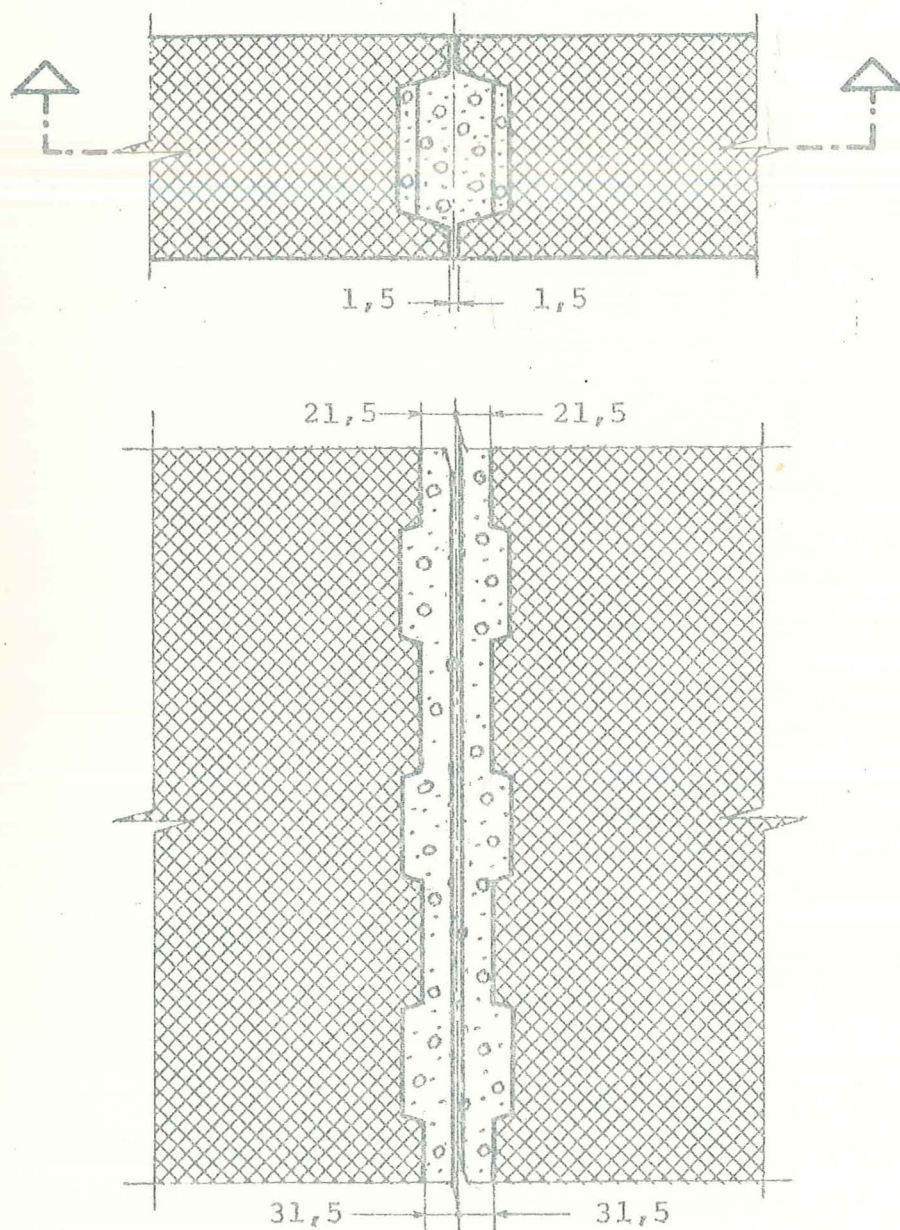
3.0. UDFORMNING.

3.1. LODRET PÅVIRKNING.

3.2. EKSEMPEL.

3.0. UDFORMNING.

Udformning af den lodrette vægfuge fremgår af figur 3.1.A., som viser såvel vandret som lodret snit. De på figuren angivne mål er i mm. Fugen udstøbes med beton, f.eks. $\sigma_{T,28} \geq 240 \text{ kp/cm}^2$. Det ses, at fugen, ligesom den senere omtalte dækfuge, er selvforskallende.



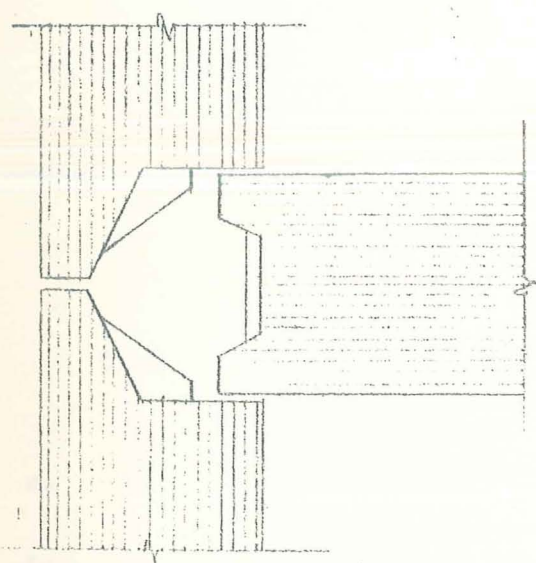
Figur 3.1.A.

Vægkomponenterne har ikke som dækkomponenterne afskårne kanter langs fugen til "optagelse" af eventuelle unøjagtigheder, idet vægkomponenterne udspartles og tapetseres, mens dækkomponenternes underside normalt står synlige.

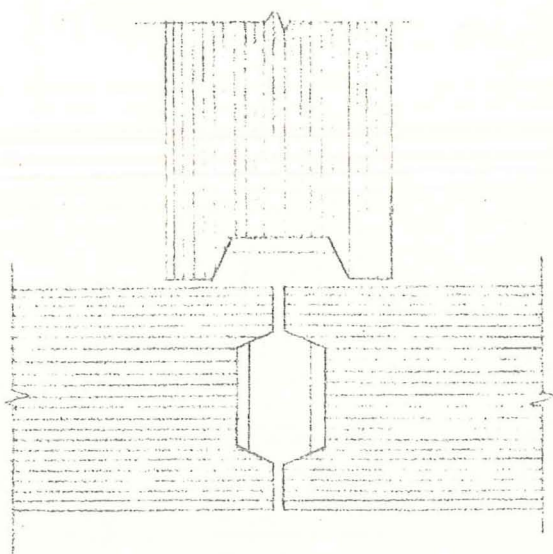
Vægfugens begrænsningsflader er udført med fortanding til optagelse af påvirkninger (forskydninger) i såvel lodret som vandret retning (vinkelret på komponenterne).

Vægge med tværsnit som L, U, T, o.s.v. er formteknisk meget vanskelige at udføre, derfor samles vægkomponenterne i hjørnerne. Eksempel på en sådan hjørnesamling er vist i figur 3.2.A. Af hensyn til de statiske funktionskrav kan man armere fugen.

Det kan overvejes at udforme samlingen som vist på figur 3.2.B., når blot man er opmærksom på, at dels svinder den udstøbte fugebeton, og dels er vedhæftningen fugebeton-vægkomponent meget ringe, hvorfor chancen, for at der opstår lydbroer, er stor.



Figur 3.2.A.



Figur 3.2.B.

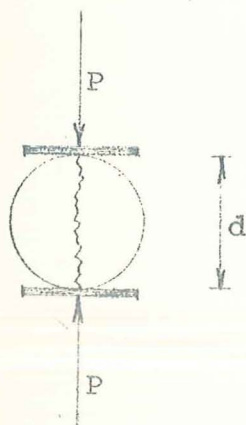
3.1. LODRET PÅVIRKNING.

Den væsentligste påvirkning, vægfugen udsættes for, er lodrette kræfter langs fugen, hidrørende fra vind- og massekræfter, der af dækskiven er ført til væggen top, og som af væggen skal føres videre ned.

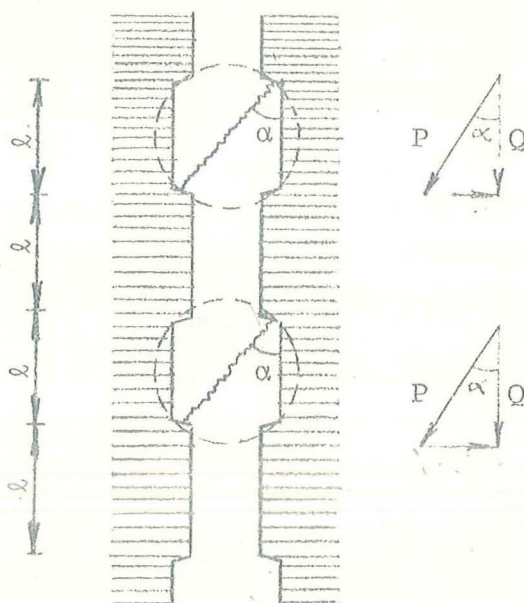
Der er opstillet en række teorier for, hvorledes disse forskydningskræfter optages eller rettere overføres fra en vægkomponent til en anden. Fælles for de fleste teorier er fortandingens evne til at overføre kræfter.

Det generelle billede af, hvorledes forskydningskræfterne optages, er, at de mere eller mindre rene forskydningsspændinger i fugebetonen giver skrå trækspændinger, som ved en vis størrelse bevirker, at betonen revner med en forøgelse af fugen til følge. Denne forøgelse modvirkes af armeringen i etagekrydset (se dette) eller af en tværarmering i fugen, idet der fra armeringen introduceres en trykspænding i fugen, som mindsker det videre revneforløb og op til den endelige brudtilstand "holder sammen" på fugen.

I NBI-Rapport 53, 1967, sammenlignes den omtalte trækstyrke med den trækstyrke (spaltestyrke), man bestemmer ved at brudbelaste en betoncylinder med diameter d og længde t langs to frembringere, se figur 3.3.A.



Figur 3.3.A.



Figur 3.3.B.

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi \cdot t \cdot d} = \frac{1}{10} \sigma_c, \text{ hvor } \sigma_t \text{ er trækstyrken og } \sigma_c \text{ cylinderstyrken.}$$

Af figur 3.3.B. fås:

$$P = \frac{Q_{\max}}{\cos \alpha} = \frac{1}{20} \sigma_c \cdot \pi \cdot t \cdot d,$$

$$\text{Da } d = \frac{l}{\cos \alpha} \text{ fås:}$$

$$Q_{\max} = \frac{1}{20} \cdot \sigma_c \cdot \pi \cdot t \cdot l$$

Idet τ_{\max} betegner en ensformig fordelt forskydningsspænding får man:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max}}{2l \cdot t} = \frac{\pi}{40} \cdot \sigma_c$$

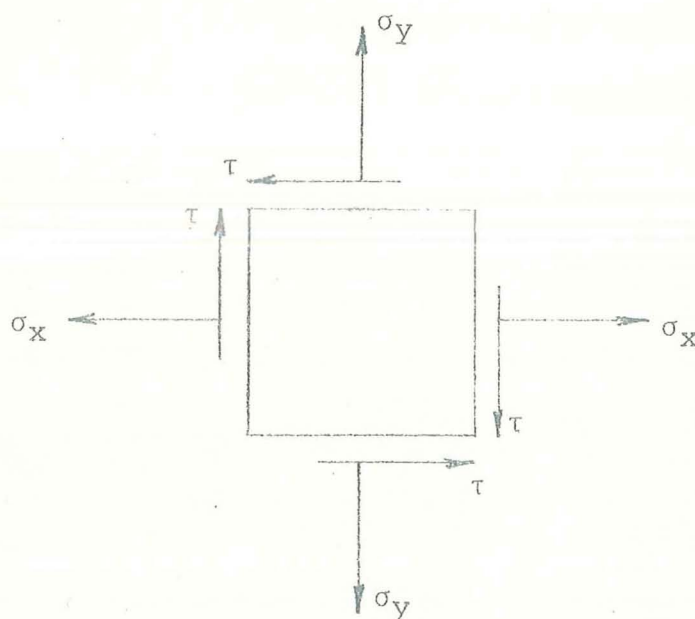
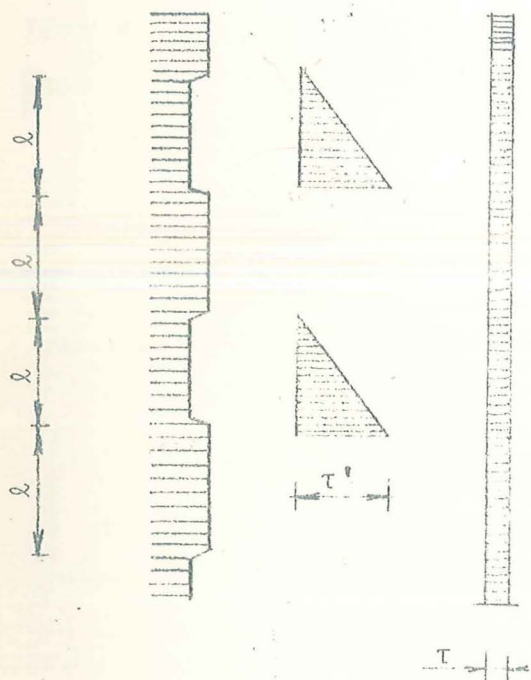
$$\text{hvoraf } \frac{\tau_{\max}}{\sigma_c} = 0,08.$$

K. Hansen og Øivind Olesen har i rapport nr. 69/22 fra Danmarks Ingeniørakademi belyst vægfugernes revnelast og bæreevne. Figur 3.4.A. viser udsnit af den fortandede vægfuge. Forskydnings-spændingen regnes trekantformig fordelt med $\max. = \tau^1$, mens den regningsmæssige τ er vist ved siden af.

Heraf fremgår:

$$\frac{1}{2} \cdot \tau^1 \cdot t \cdot l = \tau \cdot t \cdot 2l, \text{ hvor } t \text{ er fugetykkelsen, d.v.s.}$$

$$\tau = \frac{1}{4} \cdot \tau^1.$$



Figur 3.4.A.

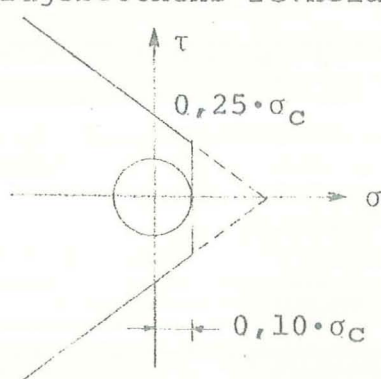
Figur 3.4.B.

Betragtes et lille udsnit af fugebetonen vil denne være påvirket af de på figur 3.4.B. viste kræfter (spændinger).

Coulombs brudbetingelse, $\tau = c - \mu \cdot \sigma$, hvor σ regnes positiv for træk, giver de på figur 3.4.C. viste to skrå begrænsningslinier, idet $c = 0,25 \cdot \sigma_C$ og $\mu = 0,75$.

Med disse to parametre er der yderligere den begrænsning, at $\sigma \leq \sigma_t$, hvor σ_t er den max. trækspænding $= \frac{1}{10} \cdot \sigma_C$.

Idet det antages, at $\sigma_x = 0$ og $\sigma_y = 0$ fås af figur 3.4.C. $\tau_{\max} = 0,10 \cdot \sigma_C$ og dermed $\tau_{\max} = 0,025 \cdot \sigma_C$, d.v.s. $\frac{\tau_{\max}}{\sigma_C} = 0,025$, efter hvilken formel fugebetonens revnelast beregnes.



Figur 3.4.C.

Armeringens bidrag til fugens styrke forklares på følgende måde, se figur 3.5.A.

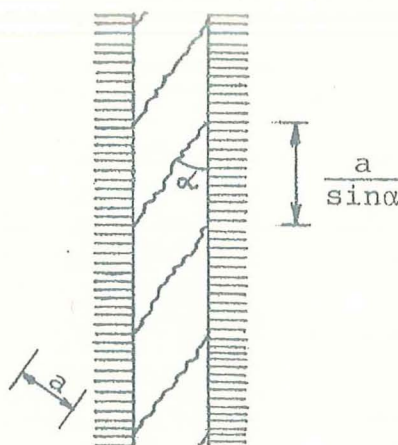
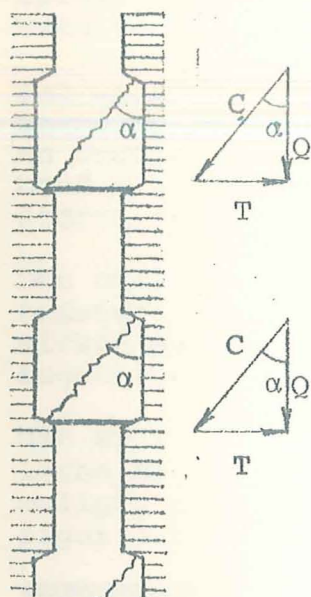
Forskydningskraften Q opløses i en skrå komponent $C = \frac{Q}{\cos\alpha}$, der optages som tryk i betonen langs revnen. Den vandrette trækkomponent $T = Q \cdot \tan\alpha$ optages af den tværgående armering.

Af sidstnævnte udtryk fås:

$Q = T \cdot \cot\alpha = F_j \cdot \sigma_j \cdot \cot\alpha$, hvor F_j er jernarealet og σ_j er jernspændingen.

Idet A betegner fugearealet fås:

$$\frac{Q_{\max}}{A \cdot \sigma_c} = \frac{T_{\max}}{\sigma_c} = \phi \cdot \cot\alpha, \text{ hvor } \phi = \frac{F_j \cdot \sigma_f}{A \cdot \sigma_c}$$



Figur 3.5.A.

Figur 3.5.B.

Det tilsvarende udtryk for dimensionering af bøjler i jernbeton efter DS411 er $\tau \cdot A^k = F_j \cdot \sigma_j$ og $\tau_{\max} \cdot A = F_j \cdot \sigma_f$, hvoraf

$\frac{\tau_{\max}}{\sigma_c} = \phi$, hvilket svarer til at antage, at revnerne forløber under $\alpha = 45^\circ$, hvad der er på den sikre side, idet forsøg viser stejlere revneforløb, d.v.s. mindre α .

Efter DS411 er der endnu et brudkriterium, nemlig trykbrud i betonen, svarende til $\tau_{\max}^{\text{till}} = 0,30 \cdot r_b$.

I figur 3.5.B. er antaget en række brudlinier med samme afstand a .

Trykspændingen i betonen $\sigma_b = \frac{\Sigma C}{\Sigma a \cdot t} = \frac{\Sigma Q}{\cos\alpha \cdot \Sigma a \cdot t}$.

Idet $\sigma_b^{\max} = \sigma_c$ fås

$\Sigma Q_{\max} = \sigma_c \cdot \cos\alpha \cdot \frac{\Sigma a}{\sin\alpha} \cdot \sin\alpha \cdot t = \sigma_c \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 2\alpha \cdot h \cdot t$, hvor h er fugens (væggens) højde.

Heraf fås: $\frac{\tau_{\max}}{\sigma_c} = \frac{1}{2} \cdot \sin 2\alpha$, der har max. for $\alpha = 45^\circ$, og hvor i dette tilfælde $\tau_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_c$.

Sammenfattende kan det således siges, at revnelasten bestemmes ud fra $\frac{\tau}{\sigma_c} = 0,025$, mens armeringen bidrager med ϕ , således at

$\frac{\tau}{\sigma_c} = 0,025 + \phi$. Ovennævnte forsøg bekræfter denne teori, idet resultaterne antyder en kurve af formen:

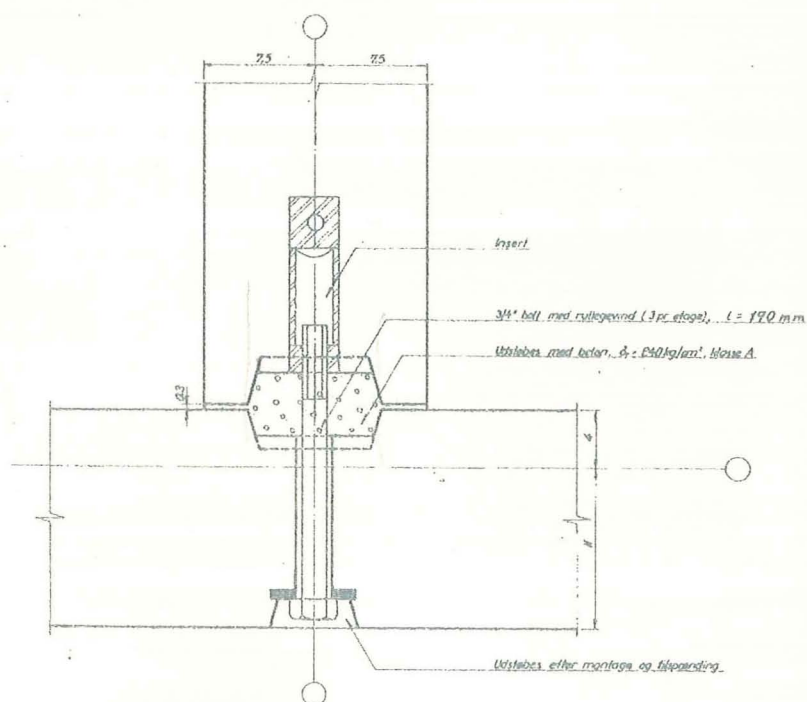
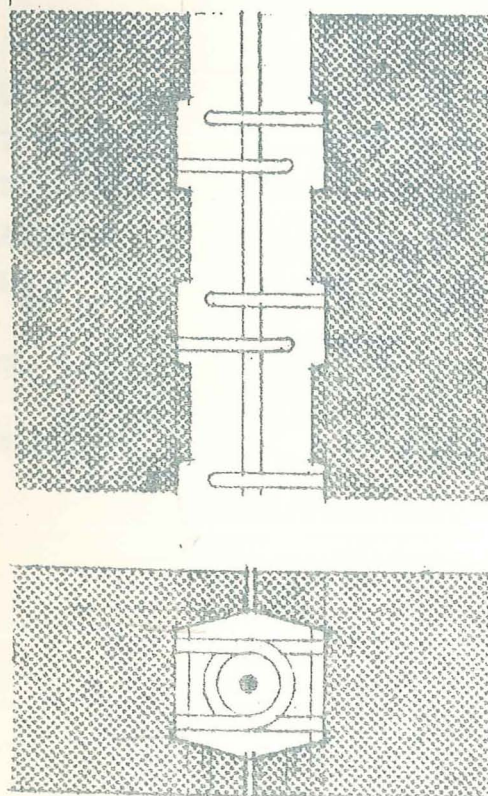
$\frac{\tau}{\sigma_c} = 0,04 + 1,15 \cdot \phi$, idet det dog skal bemærkes, at for store værdier af $\phi (> 0,07)$ synes forsøgene at antyde en noget mindre hældning.

Det er ovenfor vist, at ved på den sikre side at antage $\alpha = 45^\circ$ følger dimensioneringen af tværarmeringen for de for jernbeton in situ kendte regler.

Det er almindelig ingeniørpraksis at tillade en max. forskydnings-spænding på 2 kp/cm^2 , beregnet over det totale fugetværsnit. Viser en beregning, at $\tau > 2 \text{ kp/cm}^2$ armeres fugen. Af hensyn til trykbrud i betonen bør, svarende til jernbeton in situ, ikke accepteres større forskydnings-spændinger end $3 \cdot 2 = 6 \text{ kp/cm}^2$.

Den omtalte tværarmering etableres mellem vægkomponenterne ved at indstøbe såkaldte hårnålebøjler i vægsiderne, se figur 3.6.A. Samvirken mellem hårnålebøjlerne etableres dels gennem den udstøbte fugebeton og dels ved det viste lodrette låsejern.

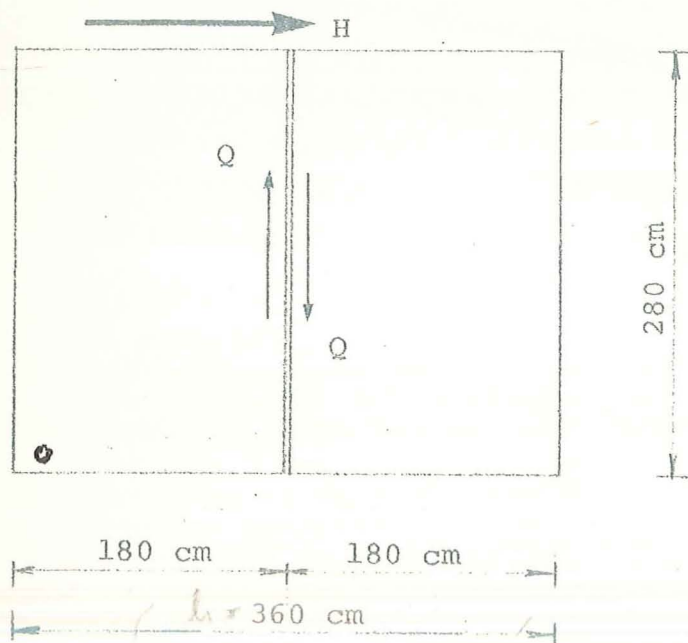
Det er i de senere år blevet almindeligt at erstatte hårnålebøjlerne med øjebolte, som skrues i indstøbte inserts. Hvor det er muligt, f.eks. ved hjørner, kan simple boltesamlinger som vist på figur 3.6.B. anvendes.



Figur 3.6.A.

Figur 3.6.B.

3.2. EKSEMPEL.



Figur 3.7.A.

På figur 3.7.A. er vist opstalt af en væg opbygget af to komponenter med tykkelsen $t = 15$ cm og bredden $b = 180$ cm. Væghøjden regnes som vist på figuren til 280 cm. Den lodrette midterfuge ønskes dimensioneret til optagelse af forskydningskraften når $H = 11800$ kp.

Ved indsættelse i formel 7.43.3, T. Brøndum-Nielsen, Jernbeton I, fås:

$$\tau = \frac{H}{z \cdot t}, \text{ med } H = 11800 \text{ kp, } z = 0,9 \cdot h_v = 0,9 \cdot 350 \text{ cm og } t = 15 \text{ cm}$$

fås:

$$\tau = \frac{11800}{0,9 \cdot 350 \cdot 15} = 2,5 \text{ kp/cm}^2 > 2,0 \text{ kp/cm}^2, \text{ samlingen skal derfor armeres.}$$

$$Q = \tau \cdot t \cdot 280 = 2,5 \cdot 15 \cdot 280 = 10500 \text{ kp.}$$

$$T = Q \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ med } \alpha = 45^\circ \text{ fås:}$$

$$T = 10500 \text{ kp.}$$

Armeres samlingen med 12 bøjler R 14 fås pr. bøjle:

$$P_B = \frac{10500}{12} = 875 \text{ kp. } \sigma_j = \frac{P_B}{F_j} = \frac{875}{2 \cdot 1,54} = 284 < r_j \cdot 1,05 = 1365.$$

$$\sigma_H = \frac{P_B}{d_{indv} \cdot d_b} = \frac{875}{5,6 \cdot 1,4} = 112 \text{ kp/cm}^2 < 2r_o = 120 \text{ kp/cm}^2, \text{ idet}$$

$$r_o = \frac{1}{6} \cdot \sigma_T = \frac{360}{6} = 60 \text{ kp/cm}^2.$$

forbølles af normen
el. oplyses ikke
(ved etisan) stemmer
som forudsat.

4. ETAGEKRYDS.

- 4.1. UDFORMNING.
- 4.2. LODRET PÅVIRKNING.
- 4.3. VANDRET PÅVIRKNING.

4.1. UDFORMNING.

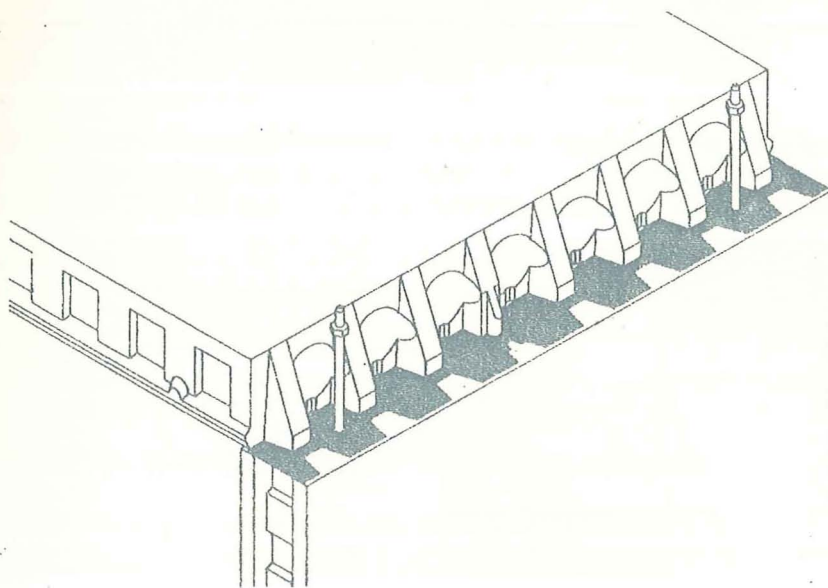
Etagekrydset er samlingen mellem dæk- og vægkomponenterne. Figur 4.1.A. viser i isometrisk afbildning etagekrydset, hvor dog en dæk- og vægkomponent er fjernet for at gøre figuren tydeligere.

Efter at dækkomponenterne er oplagt, knas på de opstillede vægkomponenter, udstøbes de lodrette vægfuger, hvorefter etagekrydset armeres. Denne armering er i etagekrydsets retning altid gennemgående (f.eks. 2T12), mens armering vinkelret herpå normalt består af rundjern (f.eks. R12) i hver langsgående dæk-dæk fuge. Denne armering strækker sig normalt kun ca. 1 m ind i hver dækfuge.

Det ovenfor nævnte normale armeringsprincip er vist på figur 6.2.A.

Efter armeringen af etagekrydset udstøbes dette med en beton, der i styrkemæssig henseende ikke må være ringere end vægbetonen, d.v.s. $\sigma_{T, 28} \geq 240 \text{ kp/cm}^2$. Betonen vibreres omhyggeligt. Bemærk, at etagekrydset, ligesom de øvrige omtalte fuger, er selvforskallende.

Vægkomponenterne understoppes med cementmørtel med minimum samme styrke som fugebetonen (se figur 4.2.A.).



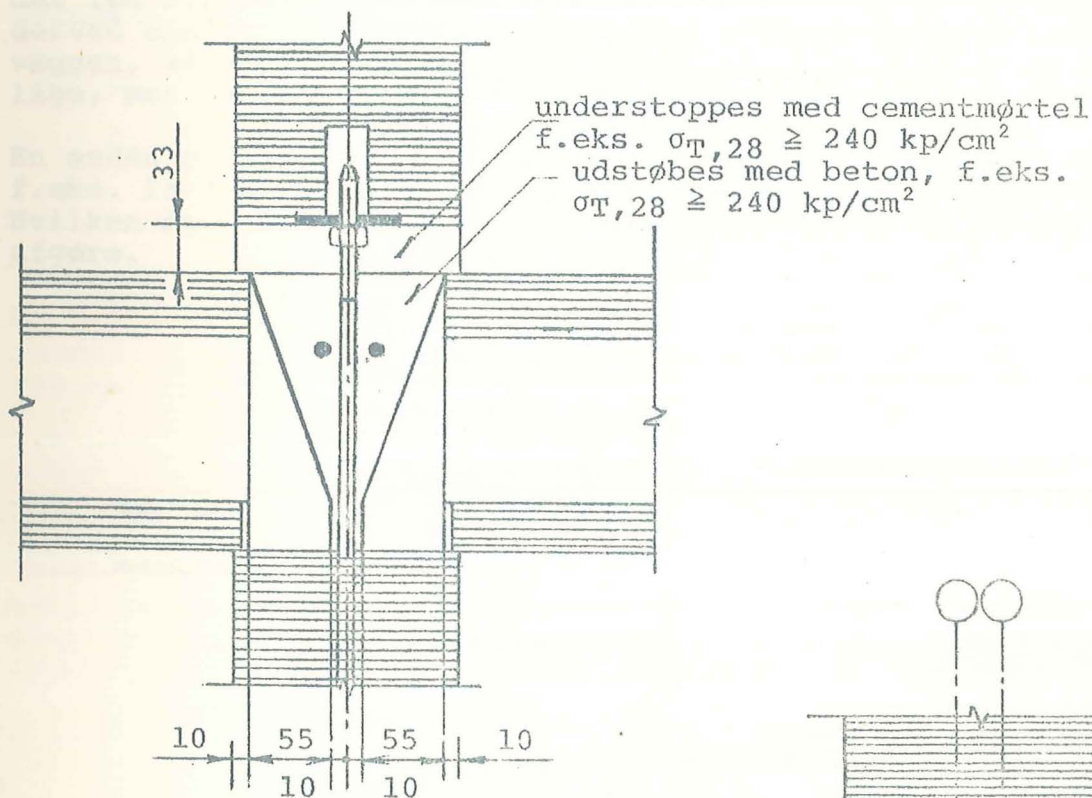
Figur 4.1.A.

Som det vil fremgå af det efterfølgende er en af etagekrydsets vigtigste egenskaber at føre den lodrette belastning fra de ovenstående vægkomponenter til vægkomponenterne under etagekrydset. Det ligger i sagens natur, at denne nedføring foregår bedre, jo større tværsnitsareal fugebetonen har.

Dette betyder igen, at afstanden mellem dækkomponenterne skal være så stor som muligt, også fordi man derved tilstræber, at der ikke optræder negative momenter i dækkomponenterne.

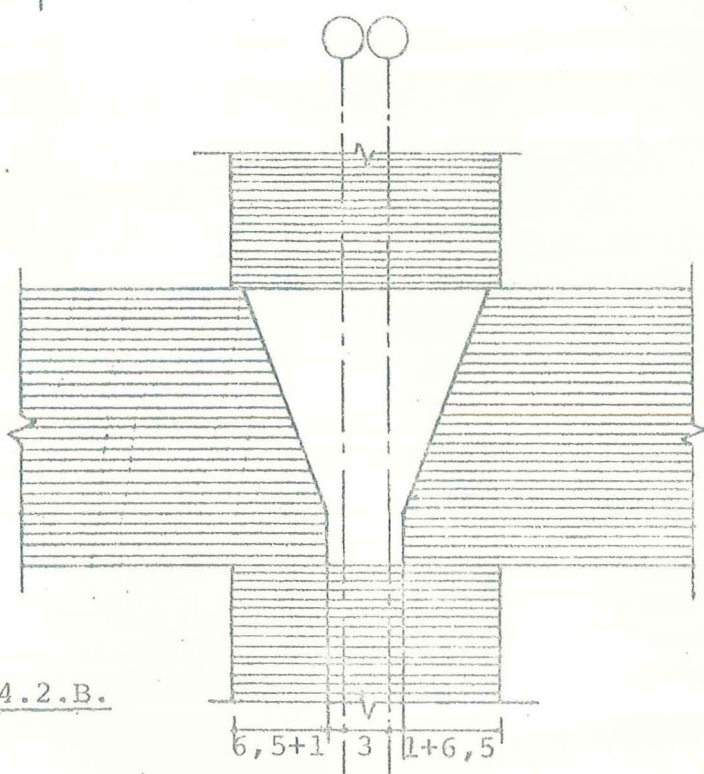
Dækkomponenter med armering af kam- eller tentorstål kræver normalt en vederlagsdybde på 6,5 cm (enkelte fabrikater dog kun 6 cm). Afstanden mellem dækkomponenterne (knastafstanden) oplagt på en 15 cm tyk vægkomponent bliver således $15 - 2 \cdot 6,5 = 2$ cm (se figur 4.2.A.).

For en 18 cm tyk vægkomponent kan afstanden mellem dækkomponenterne således variere fra 2-5 cm. Vælges de max. 5 cm's afstand betyder det, at der f.eks. må indlægges en neutral zone, svarende til en "spaltning" af modullinien, hvorved der opstår 2 modullinier med en indbyrdes afstand på 3 cm, som vist på figur 4.2.B.



Samtlige mål er i mm.

Figur 4.2.A.



Figur 4.2.B.

Denne løsning indebærer, at dækkomponenterne bliver standardkomponenter.

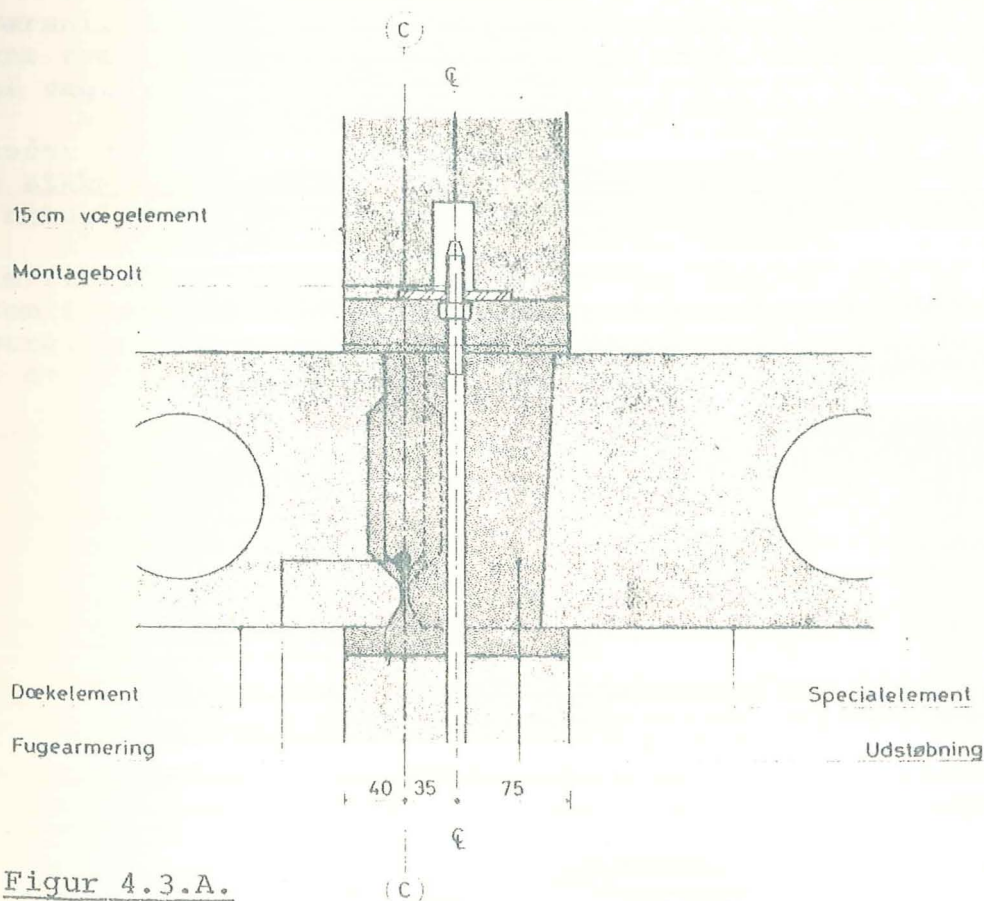
Figur 4.3.A. viser udformningen af etagekrydset i et tilfælde, hvor det er dækkomponenternes langsgående sider, der danner begrænsning.

Bemærk, at overkanten af vægkomponenten er sænket i forhold til dækundersiden, og således i forhold til de vægkomponenter der danner bærende vederlag. Hvis ikke vægkomponenterne sænkes, vil oplægning af dækkomponenter med nedbøjning ikke være mulig.

Ligeledes har man her søgt at få så stort et tværsnitsareal af udstøbningsbetonen som mulig, nemlig ved at placere dækkomponenter med tilhørende modullinier 4 cm inde i vægkomponenterne og lade dækkomponenterne på den anden side af etagekrydset være en specialkomponent.

Grunden til, at man har valgt at placere modullinien netop 4 cm inde i væggen, er den, at den viste betønvæg ofte fortsættes i en 7,5 cm letbeton væg, som flugter med den ene af betønvæggens sider (på figur 4.3.A., den side nærmest modullinie C). Man har derved opnået, at modullinien bliver placeret midt i letbetonvæggen, således at de affasede dækkanter ikke bliver delvis synlige, men helt skjulte.

En anden mulighed er naturligvis at indføre en neutral zone på f.eks. $15 - 2 \cdot 4 = 7$ cm. Denne løsning er også teknisk brugbar. Hvilken man skal vælge, vil en nærmere analyse af planen kunne afgøre.



Figur 4.3.A.

4.2. LODRET PÅVIRKNING.

4.2.1. Lodret påvirkning ($N \neq 0, M = 0$)

I det tilfælde, hvor de bærende vægge er påvirket af en normal-kraft alene, udføres væggene normalt uarmerede.

Som det fremgår af forrige afsnit, er etagekrydsets tværsnitsareal mindre end væggenes tværsnitsareal, men der er til gengæld heller ikke tale om nogen "søjlevirkning". Det er derfor naturligt at se på etagekrydsets styrke i relation til væggenes styrke.

I henhold til DS 411 er $\sigma_{\text{væg}}^{\text{till}} = r_0 = \frac{1}{6} \cdot \sigma_T = 0,208 \sigma_C$, for $\frac{h}{t} < 12$, $h =$ væghøjden, $t =$ vægtykkelsen.

For $12 < \frac{h}{t} < 35$ er $\sigma_{\text{væg}}^{\text{till}} = 0,208 \sigma_C \left(\frac{12}{\frac{h}{t}} \right)^2$.

Forsøg udført på Laboratoriet for Bærende Konstruktioner har dog godtgjort, at $\sigma_{\text{væg}}^{\text{till}} = 0,208 \cdot \sigma_C (1 - 0,01 \frac{h}{t})$, når $\frac{h}{t} < 25$.

Indsættes $\frac{h}{t} = \frac{280}{15}$ og $\frac{280}{18}$ fås $\sigma_{\text{væg}}^{\text{till}} = 0,176 \sigma_C$ og $0,170 \sigma_C$.

Københavns Kommune tillader derfor for $\frac{h}{t} < 25$, $\sigma_{\text{væg}}^{\text{till}} = 0,156 \sigma_C$ ($\sim \frac{1}{8} \sigma_T$).

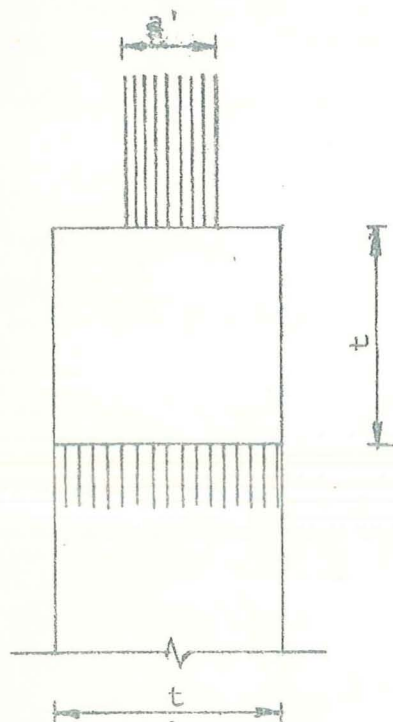
Der er således tale om en $\sigma_{\text{væg}}^{\text{till}}$ som er $\frac{0,156}{0,208} = 0,75$ er den tilladelige spænding uden søjlevirkning.

Da tværsnitsarealet af fugebetonen i etagekrydset er ca. 75% af væggenes tværsnitsareal (dækkkomponenter inkl. knaster, dæk ca. 28% af vægtværsnittet, når de oplægges som vist på figur 4.2.A.).

Set under denne synsvinkel kunne det således antages, at man har samme sikkerhed over for brud i såvel fugebetonen som selve væggen, naturligvis under forudsætning af samme betonkvalitet.

Imidlertid må man gøre sig klart, at den indsnævring af tværsnittet, som fremkommer i etagekrydset, bevirker en drejning af spændingstrajektorierne med en trækspænding til følge. Dette bevirker igen, at der opstår risiko for spaltning af væggen.

Figur 4.5.A. viser lodret snit gennem en væg med tykkelsen t og belastet med en strimmelbelastning med bredden a' .



Figur 4.5.A.

Som antydnet på figuren viser det sig, at i en afstand ca. t (vægtykkelsen) under strimmelbelastningen, kan trykspændingen i væggen $\sigma_{væg}^c$ regnes ensformigt fordelt. På de øverste t cm af væggen, vil der derfor opstå trækspændinger, hvis afhængighed af $\sigma_{væg}^c$, a' og t kan udtrykkes ved følgende empiriske formel:

$$\sigma_{væg}^t = \sigma_{væg}^c \cdot \frac{1}{2} \left(1 - \frac{a'}{t} \right). \text{ I brudtilstanden antages}$$

$$\sigma_{væg}^{t.br} = \frac{1}{10} \cdot \sigma_c, \text{ hvorfor } \sigma_{væg}^{t.br} \cdot \frac{1}{2} \left(1 - \frac{a'}{t} \right) = \frac{1}{10} \cdot \sigma_c \text{ og } \frac{\sigma_{væg}^{t.br}}{\sigma_c} = \frac{0,2}{1 - \frac{a'}{t}}$$

Ovennævnte udledning er refereret fra Ervin Poulsen: "Notat vedrørende brudmekanismer i aksialbelastede, uarmerede betonvægge".

Vi kan nu opstille de 3 betingelser for brud i væg inkl. etagekryds.

a. Trykbrud i væggen:

$$\frac{\sigma_{br}}{\sigma_c} = \text{konstant}$$

Hvis vi sætter sikkerhedsgraden $n = 4$ fås, da $\sigma_{væg}^{till} = 0,156 \cdot \sigma_c$,

$$\frac{\sigma_{br}}{\sigma_c} = 0,156 \cdot 4 = 0,625.$$

b. Trykbrud i fugebetonen:

$$\frac{\sigma_{br}}{\sigma_c} = \frac{\sigma_{fb}^{br} \cdot a'}{t} \quad (\text{empirisk formel})$$

σ_{fb}^{br} er trykbrudstyrken af fugebetonen.

a' er bredden af strimmelbelastningen, der sættes lig $a + 8,7$ cm, hvor a er knastafstanden.

Idet $\frac{\sigma_{fb}^{br}}{\sigma_c} = 4 \cdot r_0 = 4 \cdot 0,208 = 0,832$, fås

$$\frac{\sigma_{br}}{\sigma_c} = 0,832 \cdot \frac{a'}{t}$$

c. Spaltning af væg:

$$\frac{\sigma_{br}}{\sigma_c} = \frac{0,2}{1 - \frac{a'}{t}} \quad (\text{empirisk formel})$$

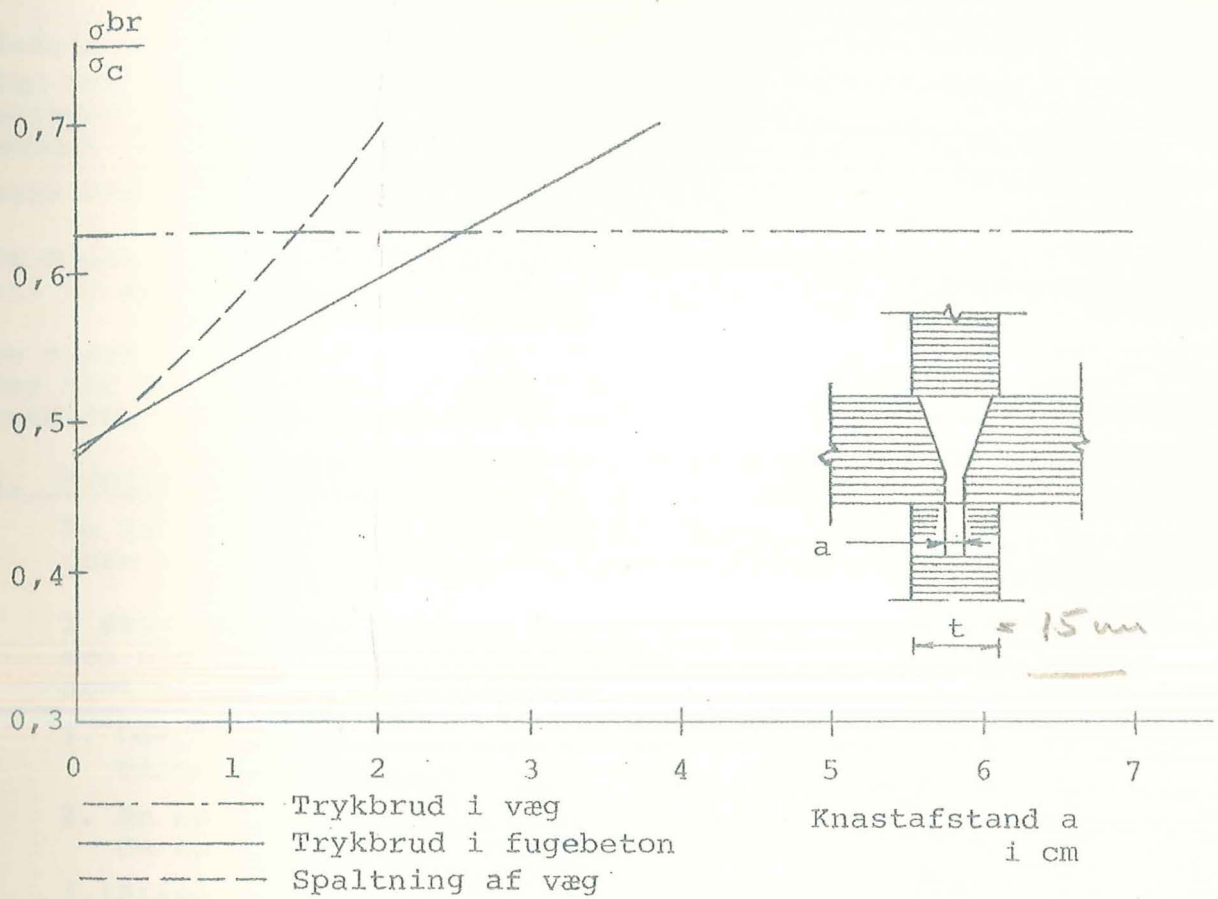
Disse 3 brudbetingelser er indtegnet på figur 4.7.A. for vægtykkelsen $t = 15$ cm og på figur 4.7.B for $t = 18$ cm.

Som anført under punkt 4.1. er $a = 2$ cm, når vægtykkelsen $t = 15$ cm, mens $2 \text{ cm} \leq a \leq 5 \text{ cm}$ for $t = 18$ cm.

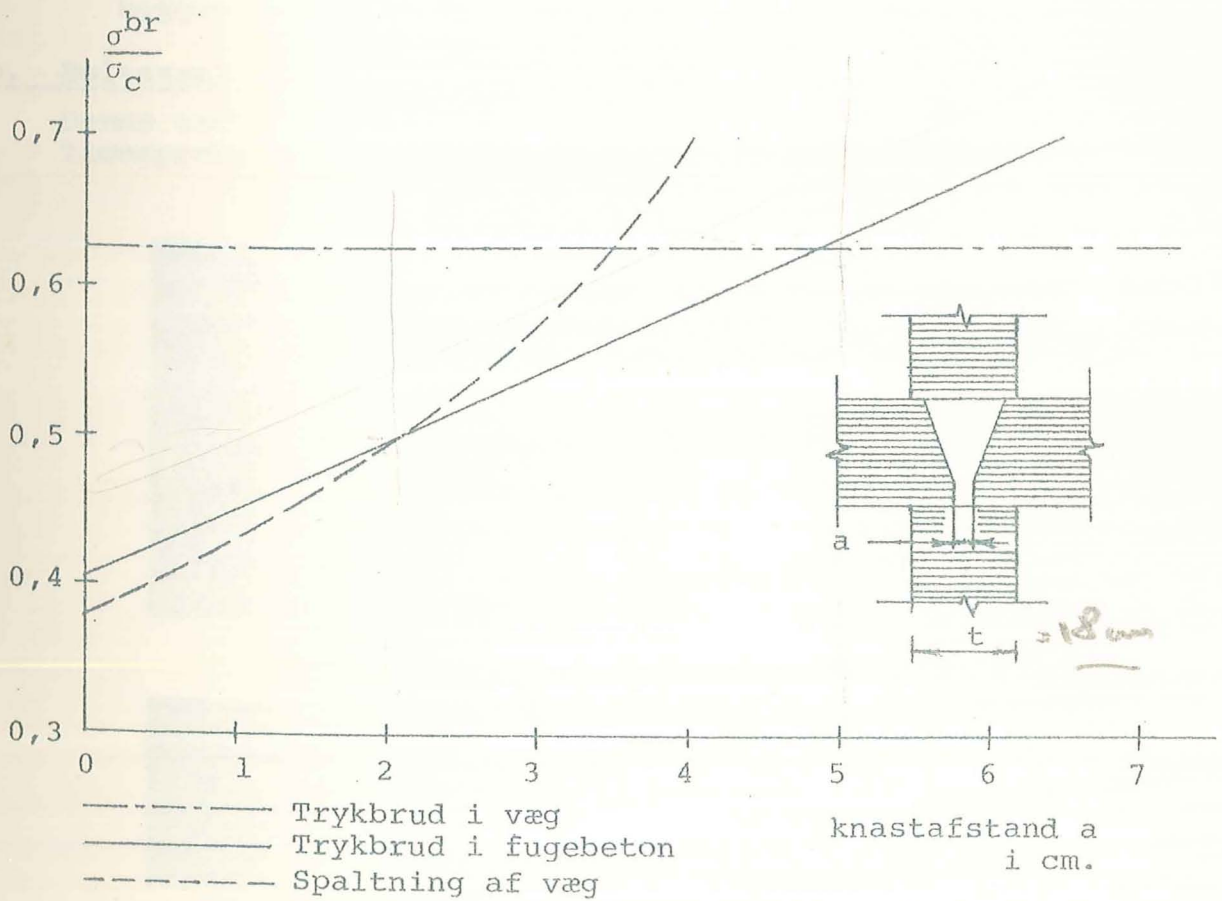
Forudsættes det, at styrken af vægbeton, fugebeton og fugemørtel er ens, ses det, at for $t = 15$ cm (figur 4.7.A.) er styrken af væggen (inkl. etagekryds) ca. $0,6 \cdot \sigma_c$, mens man for $t = 18$ cm (figur 4.7.B.) først opnår en optimal bæreevne på ca. $0,6 \cdot \sigma_c$ med en knastafstand a på 4-5 cm.

Med $a = 2$ cm (den normale løsning) har man for $t = 18$ cm, $\sigma_{br} = \text{ca. } 0,5 \cdot \sigma_c$. Dette sidste resultat kan forekomme urimeligt, idet $\frac{18}{15} \cdot 0,5 \cdot \sigma_c = 0,6 \cdot \sigma_c$, således betyder, at for $a = 2$ cm bærer en 15 cm "væg", lige så meget som en 18 cm "væg".

Det er derfor nødvendigt at gennemføre en række forsøg, som kan afklare, hvorledes fugebetonens og fugemørtelens egenskaber påvirker etagekrydset, herunder at klarlægge relationen mellem a og a' .



Figur 4.7.A.



Figur 4.7.B.

4.2.2. Lodret påvirkning ($N \neq 0, M \neq 0$).

Som det vil være bekendt, deltager væggene ofte i husets stabiliserende system og er derfor, foruden normalkraften, påvirket af et moment. Dele af etagekrydset vil således, for en tilstrækkelig stor værdi af $e = \frac{M}{N}$ være påvirket til træk.

Et sådan træk er etagekrydset som ovenfor beskrevet ikke udformet til at optage.

De normalt uarmerede vægkomponenter kan armeres, og de problemer, der her skal belyses, er hvorledes en forbindelse mellem denne væg-arming etableres "igennem etagekrydset".

a. Svejsning.

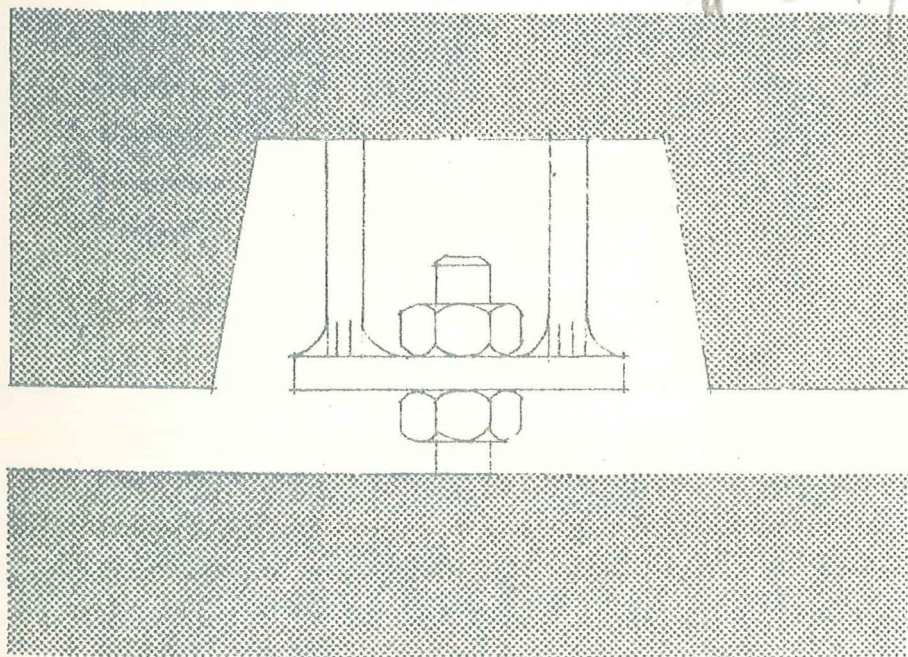
En sammensvejsning af en del af vægkomponenternes armeringsjern er umiddelbart en nærliggende løsning.

I østeuropæiske lande er svejsning på byggepladsen ret anvendt, men i de øvrige europæiske lande er det en løsning, man sjældent vil gøre brug af, fordi:

1. Der kræves en effektiv kontrol på byggepladsen af svejsningens udførelse.
2. En nøje tilpasning af de 2 emner er vanskelig at opnå med de uundgåelige fabrikations- og montageunøjagtigheder.
3. (Bi)virksomheder af svejsning af indstøbt armering må nøjere overvejes, ligesom svejsning (opvarmning) af koldtrukket stål (tentorstål) må tages i regning.
4. Det ringe antal svejsninger, som kræves udført af en certifikatsvejser, der i øvrigt ikke bliver beskæftiget på byggepladsen, gør svejsning uforholdsmæssig dyr.

b. Boltensamlinger (se figur 4.8.A.)

Denne samlingsmetode er statistisk meget klar, men giver produktionsproblemer.



Figur 4.8.A.

"Stigboyle"

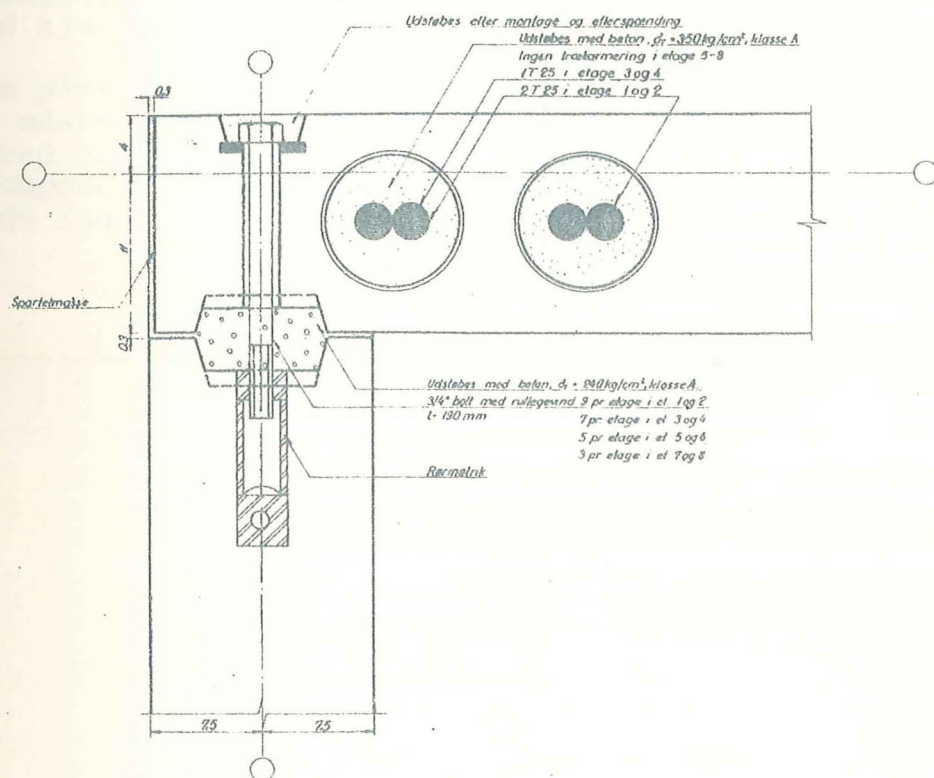
PS:
hvorfor
se elementerne
ud i den i
?

c. Stødjern (se figur 4.9.A.)

I hele væggenes højde indstøbes korrugerede blikrør, d.v.s. rør med ujævn, forandret overflade. Vægkomponenterne monteres på byggepladsen, således at opstikkende armering fra et underliggende etagekryds bliver placeret en stødlængde oppe i det nævnte blikrør. Ovenfra placeres nu i blikrøret et eller flere armeringsjern, hvis længde er væghøjden + etagekrydsets højde (ca. 220 mm) + 1 stødlængde. Samtidig med udstøbningen af de lodrette vægfuger, udstøbes blikrøret.

Den statiske virkemåde af den ovenfor beskrevne samlingsdetalje er klar. Som ved almindelige stød i armeringen overføres trækkræfterne fra et armeringsjern til et andet, og det korrugerede rør sikrer overførslen af forskydningskræfterne.

Som regel støder man armering i samme snit, hvilket letter montage. Som kompensation herfor er det almindelig praksis at multiplicere de tilladelige jernspændinger med 0,60.



Figur 4.9.A.

4.3. VANDRET PÅVIRKNING.

4.3.1. Træk vinkelret på etagekrydsets længderetning.

Dette kan ikke optages af udstøbningsbetonen, men må regnes overført til dækfugernes armering.

4.3.2. Tryk vinkelret på etagekrydsets længderetning.

Dette kan optages af udstøbningsbetonen.

De to ovennævnte påvirkninger forekommer sjældent, og man må i hvert enkelt tilfælde sikre sig, at påvirkningerne kan føres videre. Endvidere må man gøre sig klart, at udstøbningsbetonen svin- der, hvorfor påvirkning eventuelt først kan optages efter små de- formationer.

4.3.3. Forskydning langs etagekrydset.

Denne påvirkning er derimod meget almindelig, idet husets lodrette og vandrette belastning (vind og massekraft) påvirker de stabili- serende vægge og dermed etagekrydset med en excentrisk normalkraft og en forskydningskraft.

Forskydningskraft vægkomponent-, etagekryds-, vægkomponent over- føres ved hjælp af friktion.

Vandrette påvirkninger fra dækkomponenters knaster regnes over- ført til udstøbningsbetonen, dels ved friktion, men nok i lige så høj grad ved tryk knast/beton imellem. Vandrette påvirkninger fra dækkomponenternes langsider overføres som forskydning i den fortandede fuge.

5. DÆK-DÆK FUGEN.

5.0. UDFORMNING.

5.1. LODRET PÅVIRKNING.

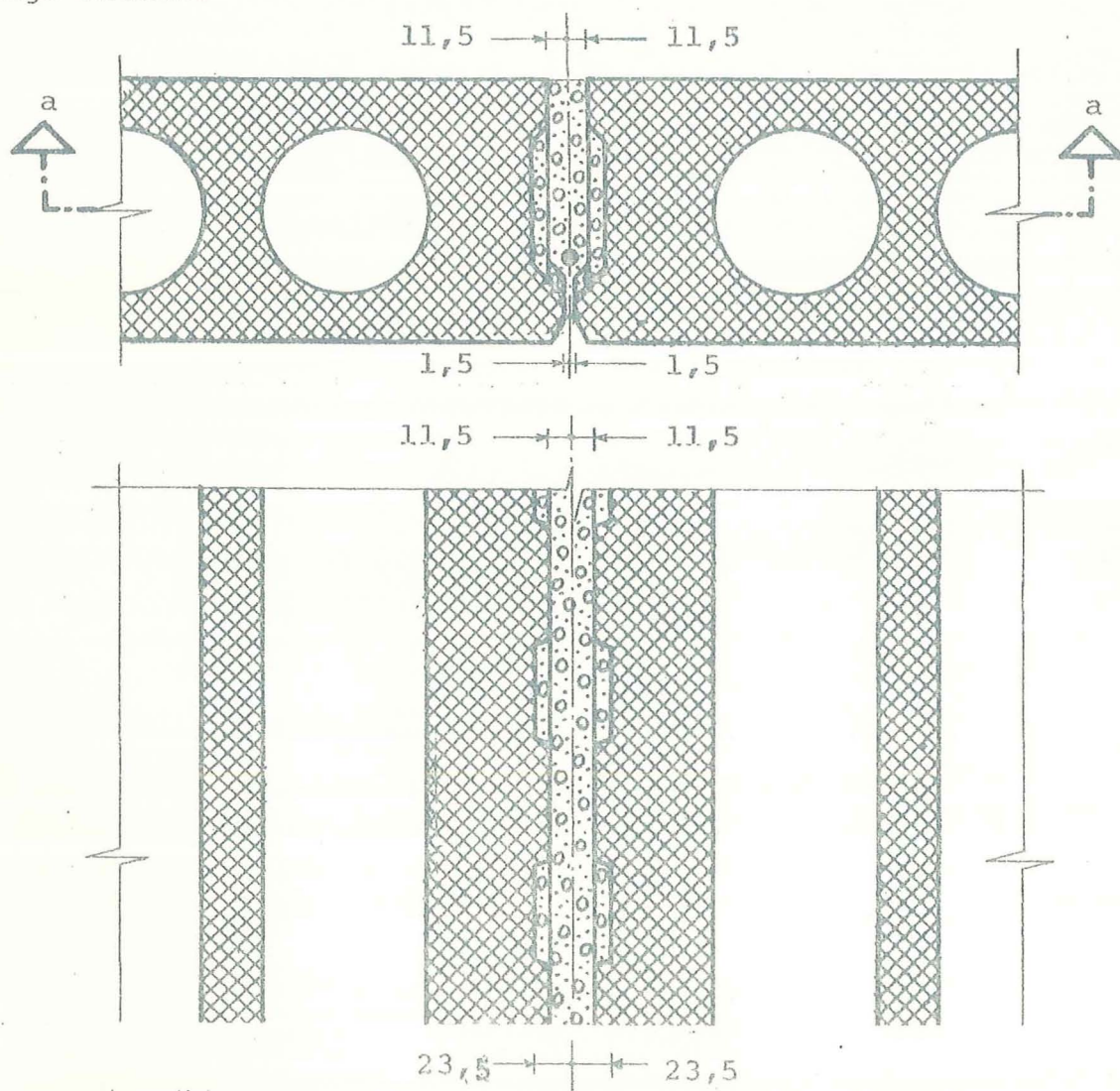
5.2. VANDRET PÅVIRKNING.

5.0. UDFORMNING.

Figur 5.1.A. viser lodret og vandret snit i fugen mellem to dækkomponenter. Som det fremgår af figuren, er dæksiderne fortandede og fugen imellem komponenterne udstøbes med beton, $\sigma_{T,28} \geq 240 \text{ kp/cm}^2$.

På betonelementfabrikken fastholdes endeformene af den fortandede sideform. Ved netop at udføre fortandingen 15 cm, har man således mulighed for at give dækspændvidder, som er et multiplum af 30 cm.

Der er i fugen indlagt et enkelt armeringsjern til sikring af kontinuitet om etagekrydset (se figur 6.2.A.) eventuelt som gennemgående armering. Armeringen er oplagt på små knaster, således at fuldstændig omstøbning opnås. Det viser sig i praksis ofte vanskeligt at placere den omtalte fugearmering på grund af fugens ringe bredde.



Figur 5.1.A.

5.1. LODRET PÅVIRKNING.

Her vil der i første række være tale om optagelse af forskydningskræfter, hidrørende fra uens fordelt lodret belastning. På grund af komponenternes forandede fugekanter kan disse forskydningskræfter overføres som trykkræfter ved et diagonalt tryk imellem dækkomponenterne. Den derved opståede trækkomponent vinkelret på fugen optages af den langsgående fugearmering i etagekrydset.

Virksomheden af betonforskydningslåsen er lidt ubestemt, på grund af svind dels i komponenten og dels i udstøbningsbetonen, selv om det er søgt elimineret ved anlægsfladernes hældning 1:5, således at et svind på 1 mm kun giver 0,20 mm "slip".

5.2. VANDRET PÅVIRKNING.

5.2.1. Træk.

Dette kan ikke regnes optaget af den udstøbte fuge. Et træk vinkelret på dæk-dæk fugen kan dog som følge af dækkets skivevirkning optages af fugearmeringen, der inlægges i etagekrydset.

5.2.2. Tryk.

Dette optages på simpel vis.

5.2.3. Forskydning.

Forskydningskræfter kan på tilsvarende måde som nævnt under punkt 5.1 optages af den udstøbte fuge. Efter dansk ingeniørpraksis tillades max. 2 kp/cm², regnet over det totale fugetværsnit.

6. RESUME - FUGEARMERING.

- 6.1. VÆG - VÆG FUGEN.
 6.2. ETAGEKRYDS.
 6.3. DÆK - DÆK FUGEN.

Af de foregående afsnit fremgår, at den udstøbte beton i fugerne, i visse tilfælde skal armeres for at sikre kræfternes optagelse og videreførelse.

I dette afsnit gives en oversigt over denne fugearmering. Se tillige figur 6.3.A.

6.1. VÆGFUGER.

Idet τ betegner forskydningsspændingen, beregnet over det totale fugetværsnit (normal 15 eller 18 cm), haves følgende tilfælde, idet styrken af fugebetonen antages at være $\sigma_{T,28} \geq 240 \text{ kp/cm}^2$.

a. $\tau < 2 \text{ kp/cm}^2$

Ingen speciel armering i den lodrette vægfuge nødvendig.

b. $2 \leq \tau \leq 6 \text{ kp/cm}^2$

Tværarmering eller bolte nødvendig.

$F_j \cdot \sigma_j = \tau \cdot t \cdot h$, t = vægtykkelsen, h = væghøjden.

For hårnålebøjler indsættes $F_j = 2 \cdot n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$, hvor n er antallet af bøjler i een væg, og d er den valgte bøjlediameter. For σ_j indsættes $r_j = 1300 \cdot 1,05 = 1365 \text{ kp/cm}^2$, idet der anvendes rundjern klasse A.

For bolte sættes $F_j = n \cdot F_{kærne}$, n = antal bolte.

For σ_j indsættes $0,75 \cdot r_{till}$ eller $0,85 \cdot r_{till}$ for bolte med henholdsvis almindeligt gevind eller rullegevind.

For hårnålebøjlen er det normalt "tryk på hulranden", som er farligst, d.v.s.

$$\sigma_H = \frac{\tau \cdot t \cdot h}{n \cdot d \cdot d_H} \leq 2 \cdot r_0^H = \frac{\sigma_{T,28}}{3} \cdot d_H \text{ er bøjle's indvendige diameter.}$$

Som låsejern anvendes normalt T16.

c. $\tau > 6 \text{ kp/cm}^2$

Vægdimensionen bør forøges.

6.2. ETAGEKRYDS.

Til optagelse af trækkræfter hidrørende fra forskydning i såvel væg- som dækfugerne armeres etagekrydset.

Fugearmering dimensioneres til optagelse af

$\tau_{væg} \cdot t \cdot h + \tau_{dæk} \cdot t \cdot \frac{1}{2} (l_1 + l_2)$, hvor l_1 og l_2 er dækkets spændvidder på hver side af etagekrydset.

6. RESUME - FUGEARMERING.

- 6.1. VÆG - VÆG FUGEN.
 6.2. ETAGEKRYDS.
 6.3. DÆK - DÆK FUGEN.

Af de foregående afsnit fremgår, at den udstøbte beton i fugerne, i visse tilfælde skal armeres for at sikre kræfternes optagelse og videreførelse.

I dette afsnit gives en oversigt over denne fugearmering. Se tillige figur 6.3.A.

6.1. VÆGFUGER.

Idet τ betegner forskydningsspændingen, beregnet over det totale fugetværsnit (normal 15 eller 18 cm), haves følgende tilfælde, idet styrken af fugebetonen antages at være $\sigma_{T,28} \geq 240 \text{ kp/cm}^2$.

a. $\tau < 2 \text{ kp/cm}^2$

Ingen speciel armering i den lodrette vægfuge nødvendig.

b. $2 < \tau < 6 \text{ kp/cm}^2$

Tværarmering eller bolte nødvendig.

$F_j \cdot \sigma_j = \tau \cdot t \cdot h$, t = vægtykkelsen, h = væghøjden.

For hårnålebøjler indsættes $F_j = 2 \cdot n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$, hvor n er antallet af bøjler i een væg, og d er den valgte bøjlediameter. For σ_j indsættes $r_j = 1300 \cdot 1,05 = 1365 \text{ kp/cm}^2$, idet der anvendes rundjern klasse A.

For bolte sættes $F_j = n \cdot F_{kærne}$, n = antal bolte.

For σ_j indsættes $0,75 \cdot r_{till}$ eller $0,85 \cdot r_{till}$ for bolte med henholdsvis almindeligt gevind eller rullegevind.

For hårnålebøjlen er det normalt "tryk på hulranden", som er farligst, d.v.s.

$$\sigma_H = \frac{\tau \cdot t \cdot h}{n \cdot d \cdot d_H} \leq 2 \cdot r_0^{\text{KH}} = \frac{\sigma_{T,28}}{3}$$
 d_H er bøjle's indvendige diameter.

Som låsejern anvendes normalt T16.

c. $\tau > 6 \text{ kp/cm}^2$

Vægdimensionen bør forøges.

6.2. ETAGEKRYDS.

Til optagelse af trækkræfter hidrørende fra forskydning i såvel væg- som dækfugerne armeres etagekrydset.

Fugearmering dimensioneres til optagelse af

$\tau_{\text{væg}} \cdot t \cdot h + \tau_{\text{dæk}} \cdot t \cdot \frac{1}{2} (\ell_1 + \ell_2)$, hvor ℓ_1 og ℓ_2 er dækkets spændvidder på hver side af etagekrydset.

Jernspændingen bør vælges passende lav, for at der ikke skal opstå for store deformationer og under alle omstændigheder armeres med minimum $2T12$.

6.3. DÆKFUGER. (Se figur 6.2.A.)

a. "Kontinuitetsarmering".

Over den bærende væg armeres med $R12$, l ca. 2 m.

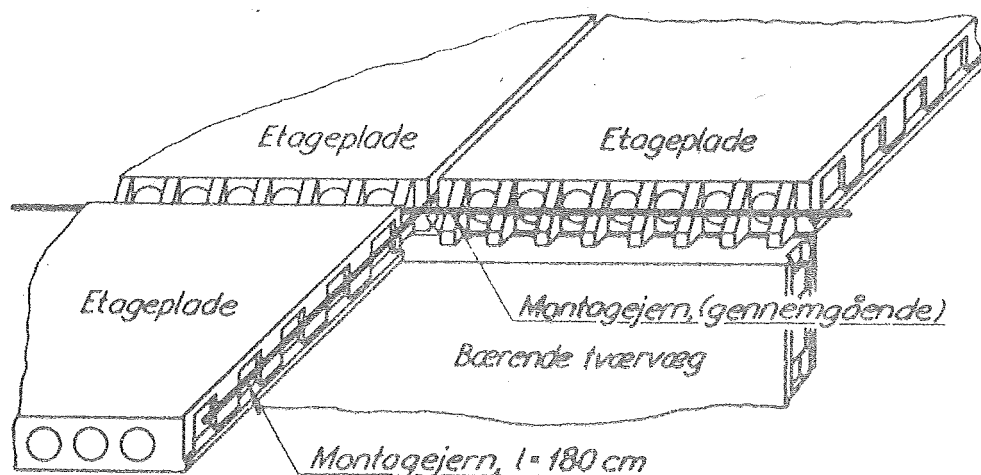
Ved trappeskakten, hvor armering ikke kan føres videre, om-bøjes denne og føres ned i den lodrette vægfuge eller omkring montagebolte og videre ud i etagekrydset.

b. "Vindarmering".

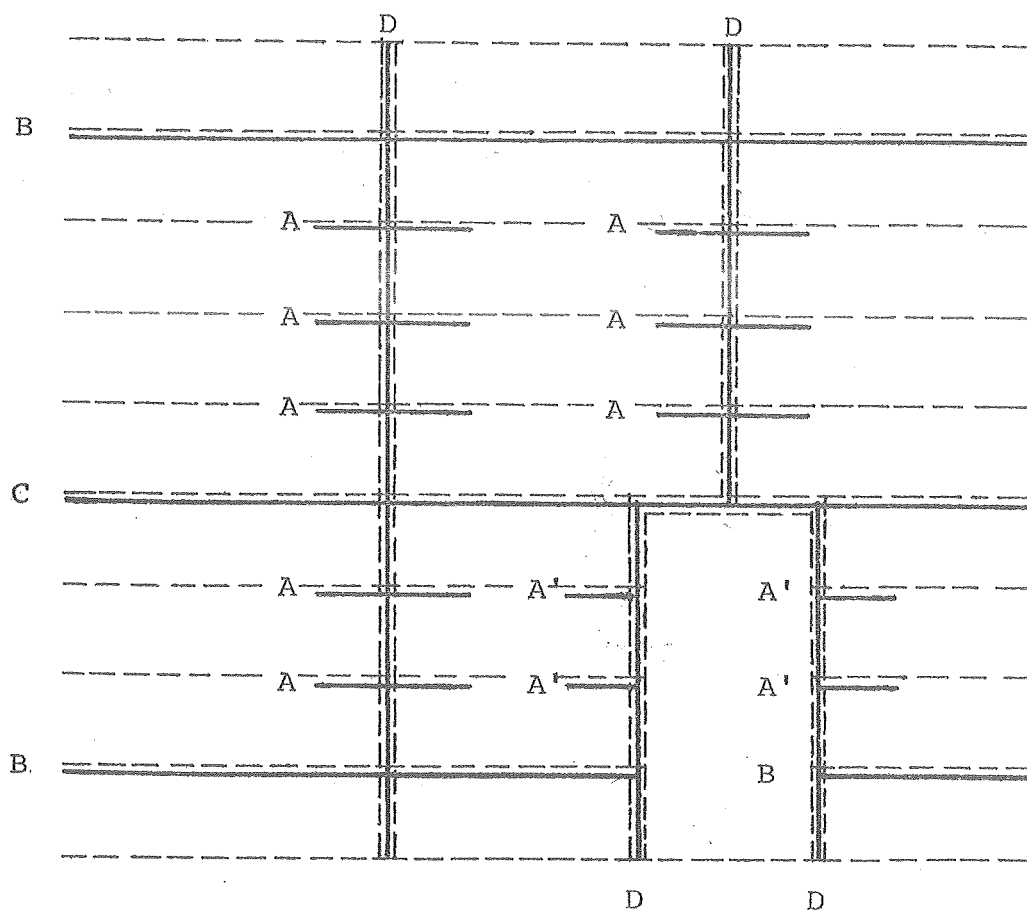
Til optagelse af vindbelastningen på facaden armeres med en gennemgående armering mellem de stabiliserende vægge. Statisk set er det naturligvis en fordel at placere denne armering i facadefugen. Men da denne f.eks. ved anvendelse af lette facadeelementer ofte ikke udstøbes, placeres armeringen i den næstyderste fuge. Armeringen beregnes som "bjælkearmering", se specielt notat.

c. "Massekraftarmering".

Til optagelse af massekræfter i husets længderetning indlægges ligeledes gennemgående armering, som kan overføre træk til de, for dette belastningstilfælde, stabiliserende vægge.



Figur 6.2.A.



- A: F.eks. R12, $\ell = 200$ cm
 A': F.eks. R12, $\ell = 100 + 100$ cm, 90° 's vinkelbøjle
 B: F.eks. T16
 C: F.eks. T16
 D: F.eks. 2T12

Figur 6.3.A.