

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Forelæsningsnotat nr. **48**

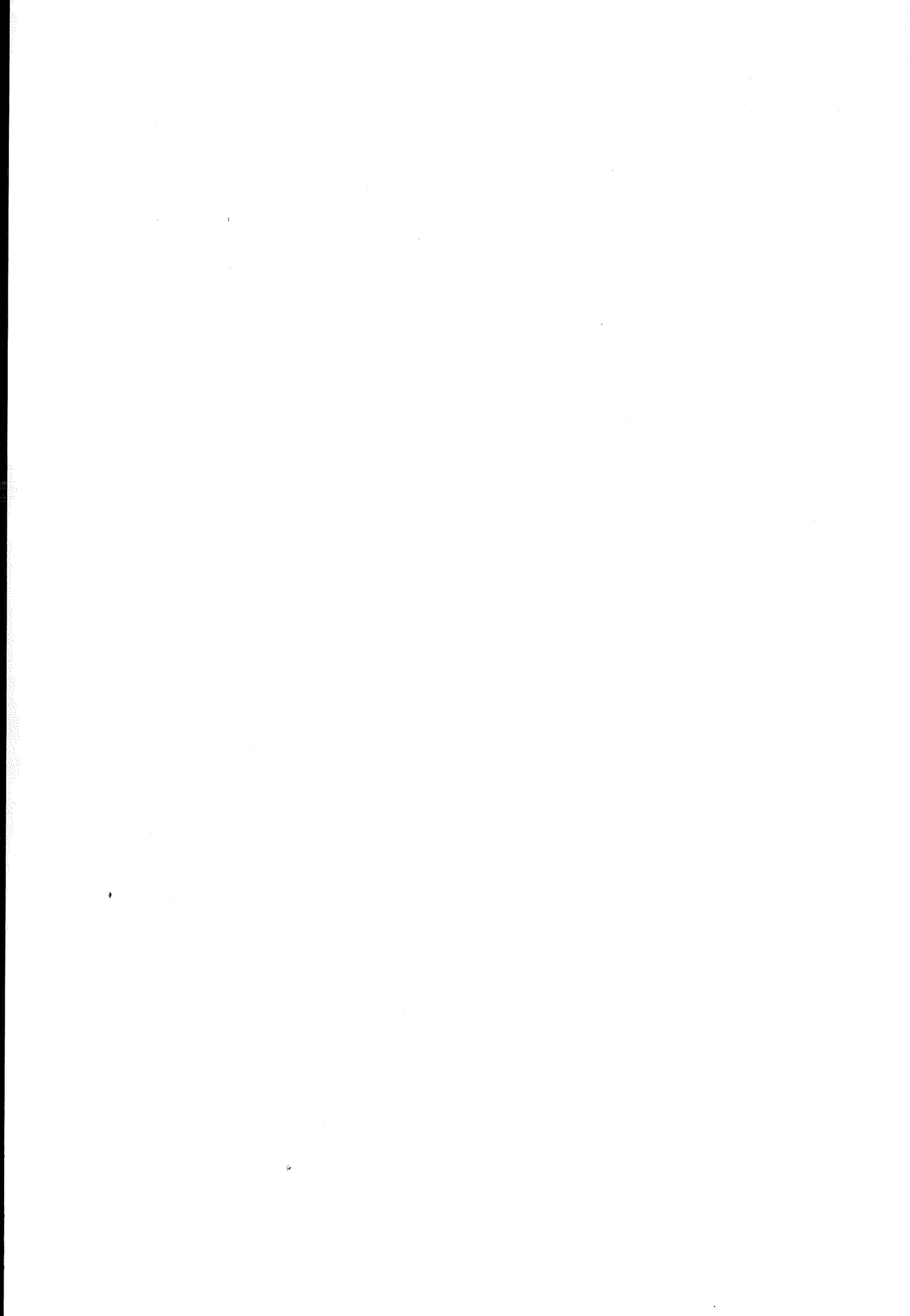
UNDER REDAKTION AF  
JOHS. F. MUNCH-PETERSEN  
**DÆK- OG VÆGELEMENTER**

---

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole  
Lyngby 1976

## INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
JOHS.F.MUNCH-PETERSEN	
FORORD	1
INDLEDNING	4
DÆKELEMENTER	6
VÆGELEMENTER	9
MONTAGEPROCEDUREN	10
KOMMENTARER TIL BYGGE-SYSTEM-NØGLE	14
KLAUS BLACH & FILIP WANNING, SBI	21
BYGGE-SYSTEM-NØGLE	
- Eksempel på systematisk præsentation af bygningsdetaller for et byggesystem	
JOHS.F.MUNCH-PETERSEN	
KOMMENTARER TIL HØJGAARD & SCHULTZ-MATERIALET	31
EGIL BORCHERSEN	
BÆREEVNEBESTEMMELSER	37
HØJGAARD & SCHULTZ A/S (VEDLAGT I PLASTKUVERT)	
Betonelementer	Brochure
Grundtegning, dækelement PE	Tegning A3
Grundtegning, vægelement, t/h = 150/2587	Tegning A3
Varianttegning, dækelement 48M	Tegning A3
Etagekryds (D3)	Tegning A4
Lodret snit i gavl (D4)	Tegning A4
Vandret snit i gavl (D7)	Tegning A4
Sandwichelementer, kantudformning.	10 sider A4
Uddrag af Håndbog for Projekterings- afdelingen, bind V, afsnit 3.5.1, side 1-7, afsnit 3.5.2, side 1-3.	Sammenhæftet



FORORD

Dette notat er udarbejdet primært til Instituttet for Husbygning's Grundkursus i Husbygning, der normalt følges på 1. og 2. halvår.

Titlen "Dæk- og vægelementer" er kort, men ikke dækkende, dels fordi notatet også omtaler andre bygningsdele, f.eks. trapper og facader, dels fordi notatets emne belyses fra andre synsvinkler i andre forelæsningsnotater.

Element/komponent	I øvrigt anvendes ordet "element" her og i mange andre af IFH's notater i den på tegnestuer og byggepladser benyttede betydning: en præfabrikeret bygningsdel, der korrekt betegnes en komponent.
Industrialiseret byggeri	Den del af husbygningspensum, der behandler det såkaldt industrialiserede byggeri (benævnt det utraditionelle byggeri for 10-20 år siden, idag bl.a. montagebyggeri, præfabrikeret byggeri, industrialiseret byggeri) omfatter for tiden en række elementære notater, der belyser forskellige sider af de ideer og de egenskaber ved præfabrikerede bygningsdele, som en bygningsingeniør bør kende.
3 kategorier byggearbejder	Opførelsen af et hus omfatter normalt tre kategorier af byggearbejder, som benævnes (usystematisk, men i en vis relation til såvel funktion som tidsmæssig placering under husets opførelse) ved entrepriserens navne: Fundering og kælder, råhus, installationer og færdiggørelsesarbejder.
Fundering og kælder	Funderings- og kælderarbejderne, der normalt er "traditionelle" selv om huset i øvrigt er "utraditionelt", behandles i "Kompendium i Husbygning".
Råhus	Råhuset, d.v.s. den (med kraner monterede) lukkede skal, der består af dæk-, væg-, trappe-, skakt-, altan- og facadeelementer, behandles i dette notat og i "Facadeelementer" ud fra elementære konstruktive synspunkter. Endvidere generelt i instituttets notat om "Konstruktiv forståelse".
Statiske beregninger	De statiske beregninger af de bærende konstruktioner behandles i Afdelingen for Bærende Konstruktioners kurser og (specielt for montagebyggeriet) på instituttets kurser 6503 og 6508, der også omfatter en mere detaljeret gennemgang af konstruktive principper og elementsystemer. I dette notat indgår et kapitel, bæreevnebestemmelser, der omfatter beregning af de enkelte

elementer og fuger. Dette kapitel er indføjet for fuldstændighedens skyld, men er kun pensum på senere kurser ved IFH.

#### Installationer og færdiggørelsesarbejder

Installationerne og færdiggørelsesarbejderne omtales bl.a. i "Kompendium i Husbygning", der omfatter traditionelle og enkelte utraditionelle løsninger. I øvrigt behandles disse emner ved en række andre DtH-institutter, bl.a. laboratorierne for Varme- og Klimateknik, Varmeisolering, Teknisk Hygiejne m.v.

Varme- og lydisolering behandles helt elementært på instituttets grundkursus i korte notater og SBI-anvisninger, fyldigere i kurserne ved laboratorierne for Varmeisolering og Akustik.

Notatet "Facadeelementer" omhandler facadeelementers opbygning og fuger.

#### Montagebyggeriets planlægning

Emneområder som montagebyggeriets ide, projekteringsorganisation, opførelse (montage), prissætning og finansiering behandles elementært i instituttets notater, "Byggesystemets organisation og planlægning" og "Huslejen = f(pris, politik, produktivitet, prioritering)". I øvrigt henvises til kurserne ved Laboratoriet for Anlægsteknik. Endelig kan der henvises til "Kompendium i Husbygning", pag. 7-34, om Modulprojektering (alment, mål, metodik).

#### Notatets indhold

Nærværende notat omhandler de almindeligst anvendte præfabrikerede dæk- og vægelementers princip, montage og beregning, udarbejdet af Egil Borchersen og Munch-Petersen. Hertil kommer de 2 nedenfor omtalte vigtige afsnit om typiske detaljer, der venligst er stillet til rådighed for IFH.

#### Byggesystemnøgle

De typiske detaljer, samlet i afsnittet "Bygge-System-Nøgle - eksempel på systematisk præsentation af bygningsdetaljer for et byggesystem" er udarbejdet af arkitekterne Klaus Blach og Filip Wanning for SBI (Statens Byggeforskningsinstitut) baseret på oplysninger fra det rådgivende ingeniørfirma P.E. Malmstrøm A/S.

Elementerne produceredes af Modulbeton A/S (A. Jespersen & Søn). Byggeriet var et af "montagekvotens" banebrydende byggerier fra 1960'erne i gruppen Ballerupplanen, Gladsaxeplanen, Hedegaarden. Disse byggerier er fyldigere beskrevet i bl.a. "Byggeindustrien" (1958 og 1962).

Jeg takker SBI, Klaus Blach, Filip Wanning og P.E. Malmstrøm for deres store imødekommenhed, der har gjort det muligt at lade dette omfattende og værdifulde materiale indgå i notatet.

"Bygge-System-Nøglen" er medtaget, dels for at vise, hvor mange detaljer, der indgår i et simpelt montagebyggeri, og hvorledes disse kan præsenteres, dels for at vise eksempler på løsninger af elementers samlinger m.v..

Det må understreges, at disse detaljer, der er taget fra et aktuelt byggeri, Hedegaarden i Ballerup, repræsenterer dette byggeris løsninger, som de blev udført dengang. I mine kommentarer er omtalt enkelte detaljer, som man idag nok ville søge andre løsninger på.

Højgaard & Schultz's  
elementer

I notatet indgår også detaljer af dæk- og vægelementer, som de produceres idag, i form af Højgaard & Schultz's brochurer og tegninger med tilhørende uddrag af firmaets projekteringshåndbog, illustrerende omfanget af den information, der skal gives fra de projekterende til de udførende.

Bilagene omhandler kun normale elementer og de normale fuger. Der er mange andre elementvarianter og elementtyper, færdiggørelsesdele o.s.v..

Tegningerne er samtidig et udgangspunkt for optegning af elementer og fuger ved øvelser.

Det tilføjes, at målene på disse detaljer er næsten de samme for elementer fra de andre fabrikker. For ikke at forvirre de studerende er eet firmas detailtegninger udvalgt.

Jeg takker Højgaard & Schultz for firmaets store imødekommenhed ved at stille disse tegninger til vore studerendes rådighed.

Pensum

Alt det i indholdsfortegnelsen omtalte materiale, tekst og tegninger, indgår i notatet - og i pensum, hvis en pensumliste ikke specifikt siger noget andet.

Johs. F. Munch-Petersen

INDLEDNING

Den bærende og afstivende konstruktion i boligbyggeri (og i de fleste andre huse) består af dækkene (etageadskillelserne) og de bærende vægge, suppleret lokalt af tagkonstruktioner, altaner og lignende.

Traditionelle huses konstruktion

De traditionelle dæk var i reglen opbygget af træ (træbjælkelag) eller af beton (på stedet støbt jernbeton). De traditionelle bærende vægge var i reglen opbygget af træ (bindingsværk med ler eller tegl som ikke-bærende udfyldning, i nyere tid med andre, isolerende udfyldninger og beklædninger) eller af murværk, med sten og mørtel som kraftoverførende materiale, eventuelt af beton (isoleret på forskellig vis). "Kompendium i Husbygning" viser en række eksempler herpå.

Præfabrikering fra 1955

I efterkrigsårene blev det mere og mere almindeligt at præfabrikere dæk og vægge, d.v.s. at flytte en del af arbejdsoperationerne fra byggepladsen til fabrikker for (næsten) brugsfærdige bygningskomponenter til bærende konstruktioner.

Etplanshuse

Det lave byggeri, etplanshusene, er idag ofte opbygget af præfabrikerede tag- og facadeelementer, letbetonvægge og lignende, som ikke skal omtales her.

Etagebyggeriet

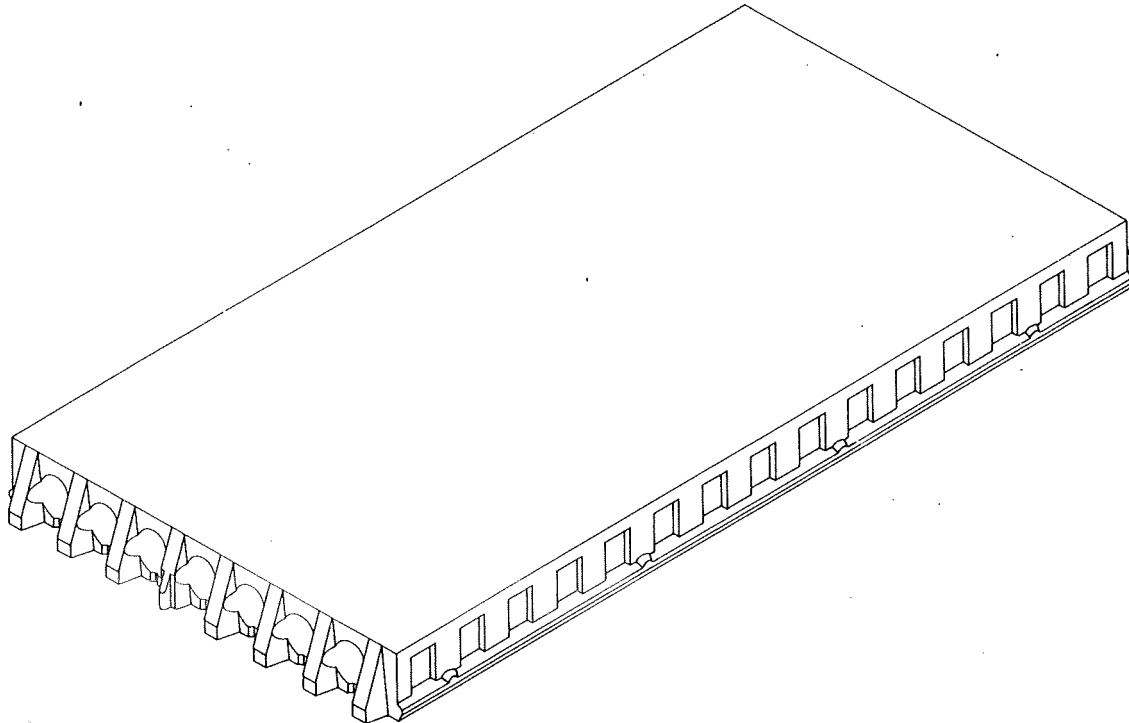
Etageboligbyggeriet opføres idag næsten udelukkende af præfabrikerede dæk- og vægelementer i beton, suppleret med tunge eller lette facadeelementer.

Enkelte byggerier, især i provinsen, har dog stadig bærende vægge af tegl (mursten).

Det tilføjes, at der anvendes mange typer dæk- og vægelementer, også flere end de typer, der omtales i kommentarerne til Højgaard & Schultz's tegninger, og at mange elementfabrikker i Danmark er konkurrencedygtige med leverancer af dæk- og vægelementer i beton og af facadeelementer, baseret på beton, tegl, træ, letbeton, o.s.v..

De studerende vil, i en kommende praksis, opleve det interessante og kvalificerede arbejde det er, enten at vælge mellem markedets produkter, eller at medvirke til udviklingen af et nyt, generelt eller specielt tilpasset, element. Dette notats principielle indhold forældes næppe straks, selv om mange illustrationer reelt er fra omkring 1960, men de praktiske detaljer er løbende under revision. Notatet må derfor læses som et idégrundlag.





FIGUR 1

PRÆFABRIKERET BETON-DÆKELEMENT, 1:20

Standardbredde 12M og 24M. Standardlængde  $n \times 3M$  ( $8 \leq n \leq 20$ )

Tykkelse            180/185 mm med langsgående, cirkulære udsparinger  
                         215-240 mm med langsgående, ovale udsparinger.

Langsgående, slap armering (kamstål) i undersiden pr. 150 mm.

Simpelt understøttede på (de armerede) bærekvester pr. 150 mm.

Fortanding med 150 mm deling langs langsiderne.

Langsiden har endvidere små "bærekvester" for armeringen i dæk-dæk-fugen, jfr. teksten pag. 8.

Sammenlign detaljer på figur 2.

## DÆKELEMENTER

### Huldækelementer

De fleste dækelementer er huldækelementer, som vist isometrisk på figur 1, smlgn. H & S, grundtegning, dækelement PE. Elementerne understøttes på bærende vægge langs de to korte sider - de er enkeltspændte. Som omtalt i "Montagebyggeriets projekteringsgrundlag" er alle danske byggesystemer idag baseret på enkeltspændte dæk, uanset at en del lejlighedstyper og byggesystemer ikke har et vægsystem af parallelle vægge.

### Bærende tværvægge i 1960'erne

Traditionelt byggeri havde ofte bærende systemer med murede vægge, der tillod 3- eller 4-sidig understøtning af på stedet støbte dækkonstruktioner. I montagebyggeriets gennembrudsperiode i 1960'erne var de fleste lejlighedsplaner baseret på bærende tværvægge og enkeltspændte dæk, parallelt med facaden, således som afsnittet Bygge-System-Nøgle illustrerer.

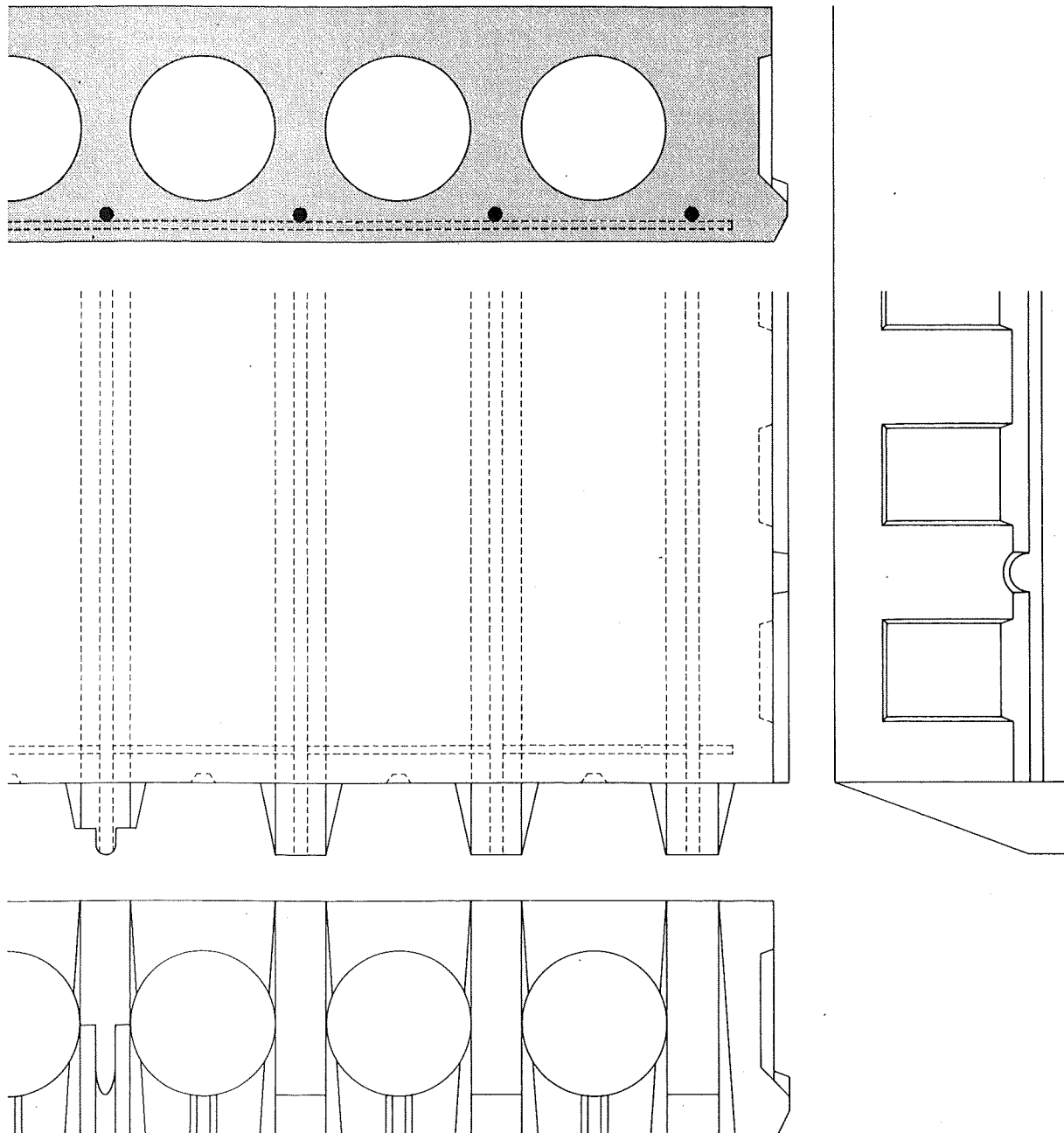
### Enkeltspændte (simpelt understøttede) dækelementer

Enkeltspændte dæk er statisk enkle og klare. Produktionen kan forenkles, idet hvert enkelt elements armering kun er en funktion af dækkets spændvidde, belastning og eventuelle huller, udsparinger og lignende. 3- og 4-sidigt understøttede dæktyper ville medføre et uoverskueligt antal varianter i armering, dimensioner m.v. uden at tilføre byggeriet væsentlige planlægningsfordele.

Det enkeltspændte dækelement kan, da bæreretningen er entydig, "på langs", udføres med retningsbestemte armeringsnet i standardmål, med langsgående udsparinger, med fortandede langkanter og med bæreknafter på de korte ender, der hviler på væggene, jfr. figur 2 (og figur 10).

### Langsgående kanaler

De langsgående kanaler (ofte cirkulære) reducerer elementets vægt (og øger dermed for en given elementtykkelse elementets totale nyttelast tilsvarende). Kanalerne sparer beton, idet den for elementets bæreevne og stivhed afgørende parameter (for en given betonkvalitet) er dækkets tykkelse, uanset om det har udsparinger eller ej. Det enkeltspændte dæk bærer mellem væggene ved trykkræfter i det øverste betonlag, trækkræfter i armeringen indstøbt i underste betonlag. Betonen mellem kanalerne overfører normalt med lethed de nødvendige forskydningskræfter.



FIGUR 2

Detaljer af det på figur 1 viste dækelement, 1:5.

Øverste snit: Langsgående armering på undersiden, som føres helt ud i de på planen viste bæreknafter. Knaster, armering og cirkulære udsparinger pr. 150 mm. Supplerende tværarmering. Armeringen er i reglen et svejst net.

Plan og nederste opstalt: De korte sider har (armerede) bæreknafter. Den lille reces i endefladen, under de langsgående, cirkulære udsparinger fungerer som dræn for eventuelt vand, der i montageperioden trænger ind i udsparingerne, idet disse, før dæk-væg-fugens udstøbning, afdækkes med (plast-)skiver. Smlgn. figur 8 og Bygge-System-Nøgle, pag. 23.

Bemærk, at en knast (den venstre) er kortere, med et lille, smalt fremspring, hvori et af jernene i det svejste armeringsnet er styret i tværretningen. Alle langsgående jern placeres derved korrekt i knasterne, idet armeringsnettene fremstilles med stor målnøjagtighed.

Højre opstalt af langkant: Fortandinger med deling 150 mm samt lille "bæreknast" for langsgående fugearmering. Se notatets tekst pag. 8.

## Bæreknaster

Ved understøtning på væggene overføres dækelementets egenvægt (egenlast) og belastning til væggene gennem bæreknaster, jfr. figur 1 og 6 (og væg-dæk-figurerne i Bygge-System-Nøgle, pag. 23).

Bæreknasterne er naturligvis anbragt ud for dækkets massive dele, mellem de langsgående udsparinger. Armeringen er anbragt, så de langsgående jern også ligger i denne zone, fra ende af bæreknast til ende af bæreknast. Helt ud i knasten for at sikre dennes bæreevne.

Enkelte dæktyper har ikke bæreknaster, se bl.a. H & S-tegning, etagekryds D3, dæktype DE.

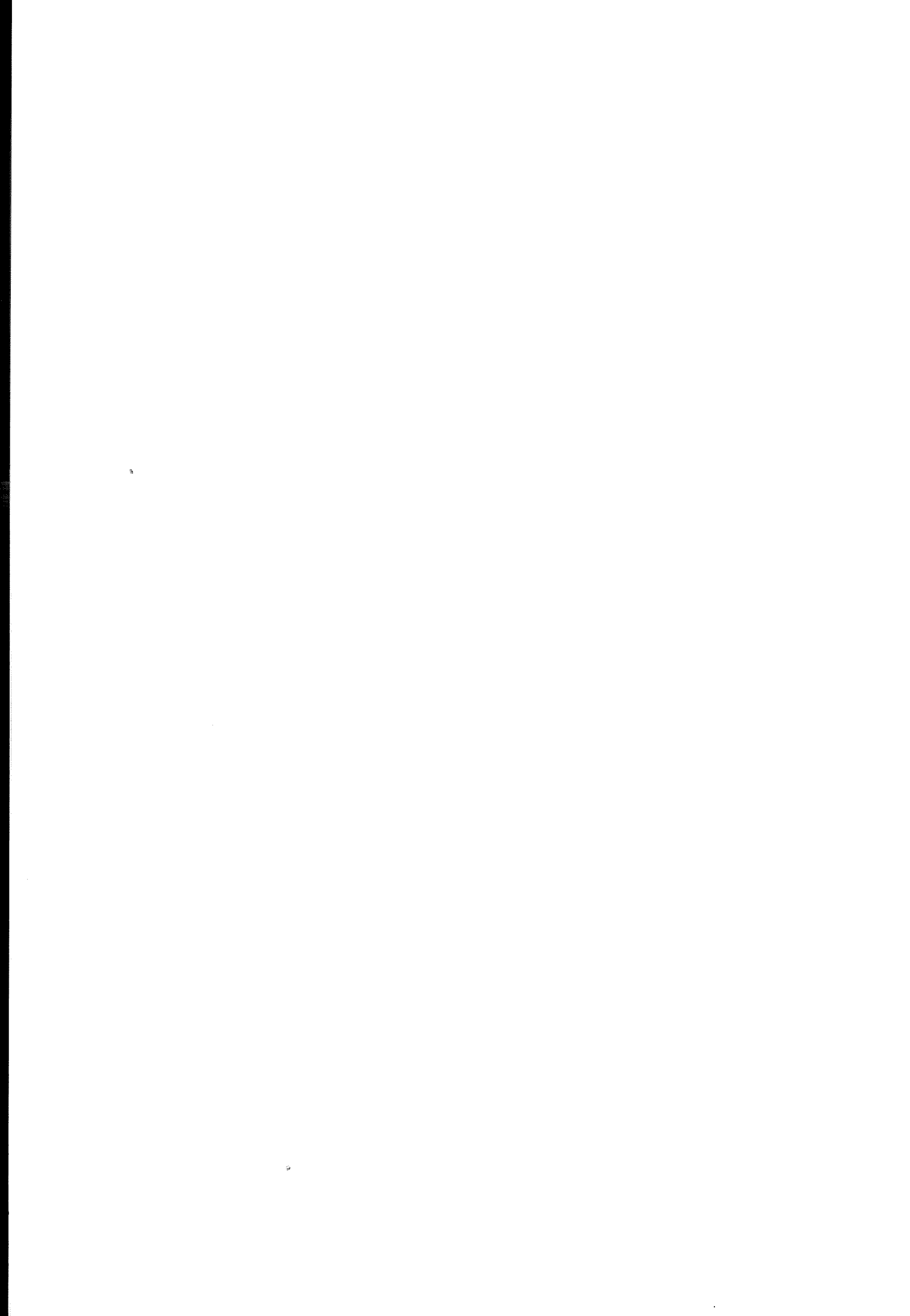
Når de fleste dæktyper har bæreknaster i stedet for den produktionstekniske enklere løsning med lige afskæring, skyldes det hensynet til det bærende system, især for højere huse. Det enkelte dækelement afleverer til den understøttende væg summen af egenlast og brugslast af størrelsesordenen  $7 \text{ kN/m}^2$ . Med en knastafstand på 150 mm og en afstand mellem de bærende vægge på 4,80 m (normale tal) bliver lasten pr. bæreknast  $0,15 \times (\frac{1}{2} \times 4,80) \times 7 \approx 2,5 \text{ kN}$ , forudsat alle knaster bærer deres del af belastningen. I praksis er dette ikke tilfældet på grund af unøjagtigheder i betonelementernes overflader og montage, men en vis kraftudligning mellem knasterne finder sted. En knasts brudlast er ca. 10 kN.

Dækkene afleverer - i hver etage - ca. 30 kN/m til væggene, idet belastningen på dækkene, som omtalt, var ca.  $7 \text{ kN/m}^2$ , og idet vægafstanden i gennemsnit er ca. 4 m.

Nederste etages væg påvirkes, gennem fugen mellem dæk og væg (etagekrydset) dels af 20-40 kN/m (2-4 ton/m) fra de tilstødende dæk, dels af vægten fra de ovenfor monterede dæk og vægge. Sidstnævnte belastning er, i højt byggeri, således den væsentligste.

## Etagekrydsets statiske funktion

Ved at udføre dækkene med bæreknaster opnår man, at dæklasten overføres til væggen gennem rigeligt stærke, små knaster, og at lasten fra etagerne ovenfor kan overføres gennem et stort tværsnit af udstøbt fugebeton (jfr. figur 7 (og 8)).



Ved dæk uden bæreknafter må disse forhold - og dækkenes "indspænding" i etagekrydset - undersøges nærmere.

I øvrigt er fugerne langs dækkene (langsgående dæk-dæk fuger og tværgående dæk-væg fuger, etagekryds) udstøbte med beton og armerede, for at sikre samvirken (skivevirkning) mellem de enkelte dækelementer.

#### Fortanding

Derfor må elementkanterne også fortandes for at sikre forskydningskræfternes overførsel (forskydningslås). Langs de korte kanter fungerer bæreknafterne som fortanding. Langs langkanterne er der etableret en speciel fortanding, se figur 1 og 2.

Sideformene i de stålforme, hvori dækelementerne støbes, må naturligvis have en geometri svarende til de ønskede forskydningslåse, d.v.s. at sideformen også er "fortandet". Sideformens fortandinger kan samtidig benyttes til fastholdelse af formens endeform.

#### Stålforme til dæk

Dækelementerne støbes i stålforme, én for hver bredde, beregnet til produktion af samtlige længder (f.eks. 2400 - 6000 mm) indenfor produktionsprogrammet. Sideformene har da formens fulde længde = den maksimale elementlængde + 2 × endeformenes bredde og er udformet med det til fortandingen svarende profil. Endeformenes tværmål er lig afstanden mellem sideformene, d.v.s. det pågældende elements bredde, og de fastholdes i længderetningen af sideformenes fortandinger.

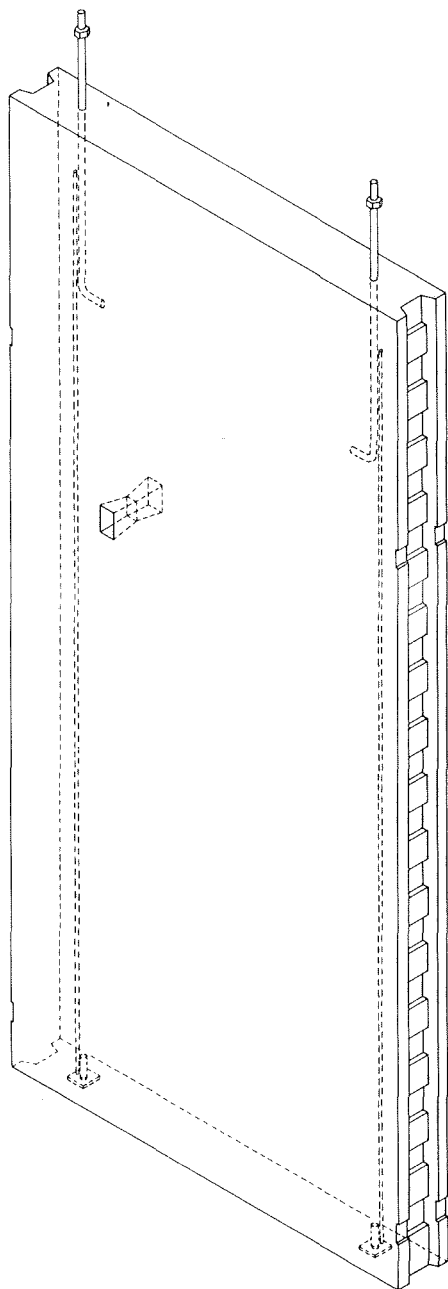
Derfor er fortandingernes indbyrdes centerafstand 150 mm, således at afstanden mellem endeformene kan varieres med 300 mm spring = 3M ifølge modulordningen. Man kunne sådan set godt producere elementer med 150 mm spring, men fabrikkerne fastholder i reglen 3M-spring for at holde antallet af produktionsvarianter nede.

#### Armerings"knaster"

Bemærk i øvrigt på figur 1 og 2 de små "knaster" pr. 600 mm langs elementets langside. Disse knaster bærer den langsgående fugearmering, således at den "svæver" i fugen og sikrer fuld omstøbning, også på jernets underside (jfr. "Dækfuge" i Byggesystem-Nøgle, pag. 24).

FIGUR 3

PRÆFABRIKERET BETON-VÆGELEMENT, 1:20



Standardbredde:  $n \times 12M$ .

Standardhøjde: Svarende til standardetagehøjderne 28M (etageboligbyggeri) og 26M (enfamiliehuse) med fradrag af firmaernes valgte dæktykkelse 180/185 mm og 215-240 mm og fradrag af understopningsfugens tykkelse (28-33 mm), jfr. f.eks. H & S tegning, etagekryds D3.

Standardtykkelse: 150 & 180 mm. Uarmeret, medmindre døråbninger eller lignende kræver armering, dog er de viste løfte- og montagebolte forlængede med en lodret armering i elementets højde som sikkerhed mod brud under montagen.

Vægelementets lodrette kanter har fortanding til overførsel af forskydningskræfter mellem vægelementerne (skivevirkning). Der kan i specialelementer tilføjes supplerende U-bøjlearmering, f.eks. i længdeafstivende vægge, jfr. detaljer i Bygge-System-Nøgle, pag. 25.

Under montagen løftes elementet i sine to løftebolte og placeres på to højdejusterede møtrikker, der sidder på de to løftebolte, der rager op gennem dæk-vægfugen fra det nedenunderstående vægelement. Løfteboltene fungerer altså også som montagebolt. Bemærk de i vægundersiden indstøbte udsparinger med stålplade, der overfører elementets vægt til møtrikkerne, jfr. detaljer i Bygge-System-Nøgle, pag. 23.

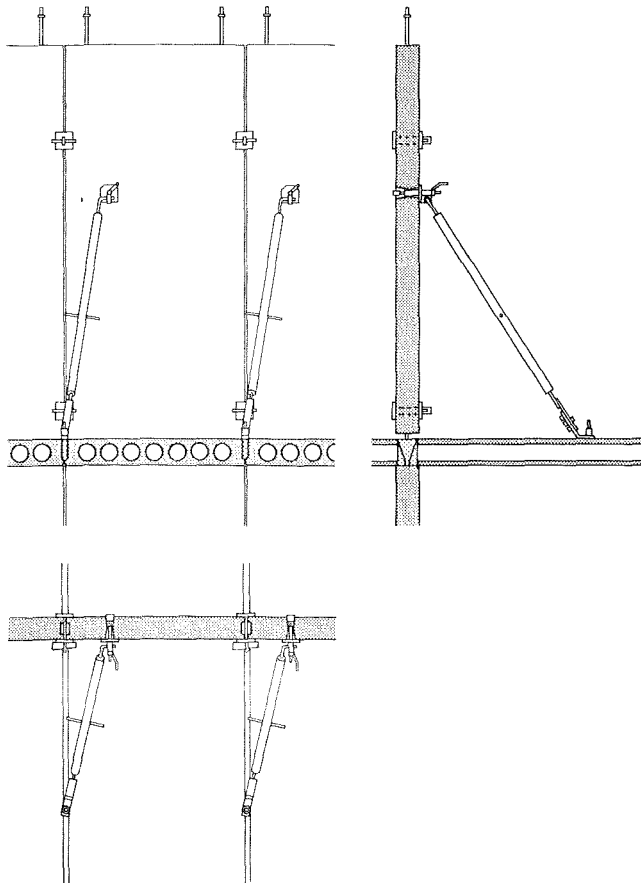
Efter montagen fastholdes elementet af skråstivere (blå drenge), der fastgøres i dækket og i vægelementets udsparing(er), jfr. figur 4. Elementet fastholdes - og justeres med henblik på plan væg - til nabovægelementet ved "kraveknapper", jfr. figur 5. På figuren er vist udsparinger for kraveknapper 2 steder på elementets lodrette kant(er).

Se i øvrigt afsnittet montageproceduren.

## VÆGELEMENTER

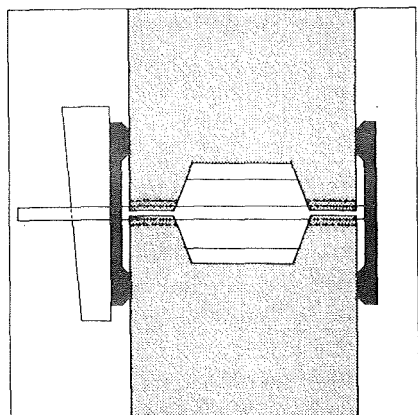
- Normalt uarmerede Bærende vægelementer er massive og normalt uarmerede, bortset fra den nedenfor omtalte sikkerhedsarmering og fra eventuel armering, som kræves omkring døråbninger eller langs elementkanter, hvor statiske beregninger viser, at forskydningskræfter m.v. ellers ikke kan overføres, se f.eks. pag. 25.
- Specialelementer Specielle vægelementer (facader, gavle, trappevægge, korte, afstivende vægge (f.eks. længdevægge i tværvægshuse) og andre specielle vægge) kan være armerede med ét eller flere net, udragende bøjler o.s.v.. Eksempler vises i Bygge-System-Nøgle. I øvrigt henvises til notaterne til kursus 6503 og 6508 (samt til litteratur om f.eks. progressiv kollaps, montagebyggeri i jordskælvszoner etc., der udviser mange specielle armerings- og samlingsdetaljer).
- "Normale" dimensioner De i teksten til figur 3 angivne standardbredder og standardtykkelser bør måske kommenteres. Standardbredderne er i henhold til rekommendationerne fra DS n x 12M, men i praksis vil de fleste fabrikker uden videre kunne levere n x 6M. DS's rekommendationer angiver også standardtykkelserne 150 og 180 mm, uanset at fabrikerne regner 75, 100 og 250 mm som "standard".
- Sikkerhedsarmering Efter sikkerhedsforskrifterne kræves det, at løftboltene eller til løftboltene svejste jern fortsætter lodret ned igennem elementet i hele dets højde som en sikkerhedsarmering. Når elementet monteres, hængende i løftboltene, risikerer man, at elementet støder mod andre vægelementer eller opragende forhindringer. Hvis elementet var uarmeret, ville det brække, og en del af elementet med vægt op til adskillige ton ville falde ned. Sikkerhedsarmeringen sikrer, at elementet kun revner.
- Løftbolt er også montagebolt Jeg gør opmærksom på, at ordet løftbolt er synonymt med ordet montagebolt, idet løftboltene benyttes, når elementet transporteres på fabrikken og på byggepladsen, men samtidig fungerer som montagebolte for næste etages vægge, se afsnittet Montageproceduren.



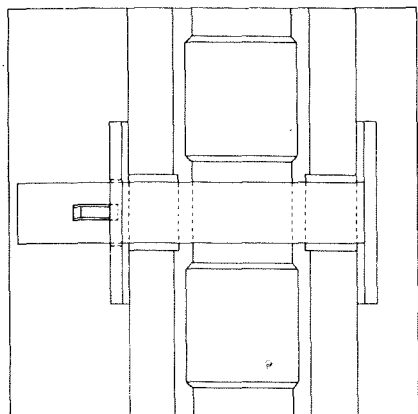


FIGUR 4, 1:50

"Blå dreng" til afstivning af vægelement under montagen. Afstivningsgrejket fastholdes til dækket ved en eller flere bolte boret i dækket og til vægelementet i dets udsparring med konisk låsemekanisme. Den blå drengs rørformede midterstykke har foroven og forneden venstre-/højregvind for grejgets øverste/nederste fastholdelsesdel, således at vægelementet ved drejning af det rørformede midterstykke kan justeres ind til lodret position. Den i Byggesystem-Nøgle viste oversigtsisometri viser en måske ikke helt korrekt anbringelse af de blå dreng: Der er muligvis for få, idet hvert element idag skal fastholdes mindst to steder på rimelig vis, d.v.s. ved blå dreng eller kraveknapper (figur 5). Kraveknapper kan medregnes enten "til højre" eller "til venstre" for fugen. Montagerækkefølgen skal overvejes.



Fastholdelsen forneden af de blå dreng ved formclamps på jern, indstøbt i fugerne, er ikke generelt tilrådelig. Ved normalt montagetempo går der kun et døgn fra jernene anbringes i den nys udstøbte fuge til vægelementerne monteres, og der er derfor, især i vintertiden, fare for at jernene rives ud.



FIGUR 5, 1:5

"Kraveknap" i den lodrette vægfuge til gensidig fastholdelse af to vægelementer langs den lodrette fuge vist i vandret snit og lodret snit/opstalt i fugen (uden fugebetonsignatur).

Kraveknappen består af tre dele: En plade der ligger op mod de to elementers (højre) overflade, med påsvejst fladjern, der stikkes gennem vægfugen. En plade med udsparring for fladjernet, der ligger mod elementernes (venstre) overflade. En kile, der låser forbindelsen.

MONTAGEPROCEDUREN

Forestiller vi os, at vi står på det færdige dæk over etage n i et fleretagers tværvægsbyggeri, er montageproceduren for råhusets elementer m.v. til etage n + 1 i reglen følgende, der belyses ved studium af dette afsnits figurer samt af en række figurer i Bygge-System-Nøgle afsnittet, herunder afsnittets første side, der viser en bygning under opførelse (pag. 21 ff.).

Møtrikker på løftebolte indnivelleres

TRIN 1

Langs alle etagekryds (dæk-væg-fuger) stikker der løftebolte op fra etage n's vægelementer, op over den (relativt) plane flade, der dannes af dækelementernes overside og den i etagekrydsene understøbte beton (jfr. figur 6 og 8). Boltenes møtrikker indnivelleres til samme, korrekte højde, således at vægelementernes underside vil kunne placeres korrekt langs nederste kant, se trin 2.

Vægelementer monteres

TRIN 2

Vægelementerne til etage n + 1 løftes af kranen i deres løftebolte. Hertil hører en del krangrej med sikkerhedsforanstaltninger, der ikke skal omtales her.

Løftebolte er også montagebolte

Vægelementet sænkes ned, så dettes to udspæringer i undersiden passerer ned over løfteboltene fra etage n, der nu fungerer som montagebolte for etage (n+1)'s vægge. Vægelementets indstøbte plader hviler på boltens møtrikker, jfr. figur 3, figur 8 og pag. 23.

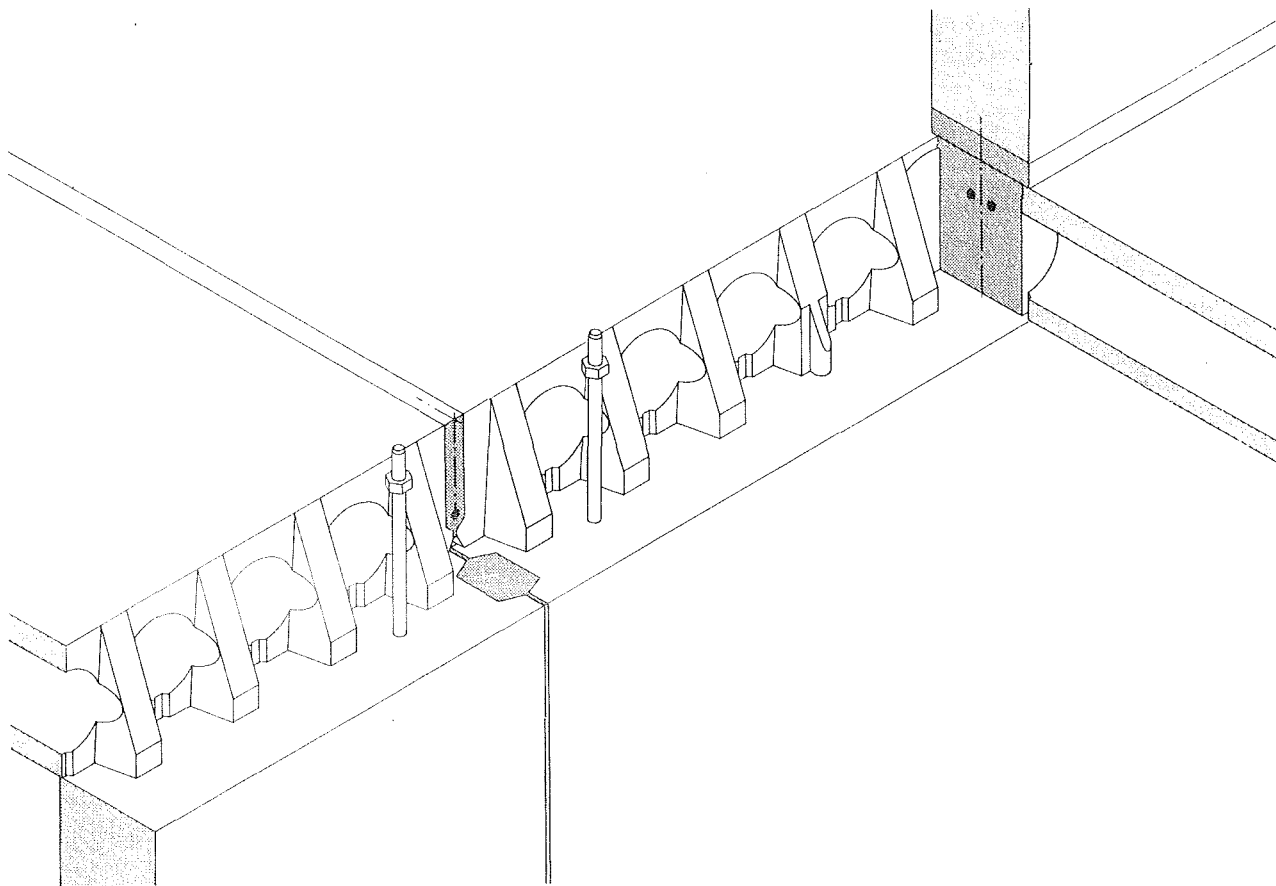
Vægelementets underside er nu placeret korrekt i lodret såvel som i vandrette retninger (forudsat at boltene sidder korrekt, og at møtrikkerne er korrekt indnivellerede).

Vægoverside = dækunderside

Vægelementernes overside varierer i højderetningen kun som funktion af unøjagtigheder i produktion og nivellering og danner derved et acceptabelt grundlag for montering af dækelementerne, jfr. nedenfor.

ingen "fejlophobning"

Møtrikkerne indnivelleres i hver etage til korrekt højde i forhold til et fixpunkt ved nederste dæk. Der er altså ikke tale om, at små fejl og unøjagtigheder summeres, efterhånden som flere etager monteres. Hvert dæk varierer i højderetningen kun med små unøjagtigheder ud fra det ideelle niveau (afsætningsplanen).



FIGUR 6

Isometri af fugerne mellem dæk- og vægelementer, 1:10.  
Vandrette fuger er armerede, lodrette fuger oftest uarmerede.

Figurens venstre del: Dækelementer med bæreknafter, der overfører dækkets last til vægelementet, og langsgående cirkulære udsparringer, der her er vist åbne. De afdækkes med (plastic-)skiver, før etagekrydset (dæk-vægfuger) udstøbes. Den langsgående fuge mellem dækelementerne er vist armeret og udstøbt. Vægelementerne er vist med løftebolte og udstøbt, lodret væg-væg fuge. De udstøbte fuger er selvforskallende (sådan da). Bemærk, at bæreknafter, langsgående dækarmoring og cirkulære udsparringer i dæk såvel som løftebolte på vægge alle følger en 150 mm "modul" i målsætningen, således at alle dele og funktioner løses optimalt, jfr. figur 2 og 7.

Figurens højre del: Her er vist dels den armerede, udstøbte fuge mellem dækelementerne, over vægelementet, det såkaldte etagekryds. Overside udstøbning = overside dæk. Fugen mellem etagekryds og vægelementunderside understoppes senere. Sammenlign figur 8.

Armering: Se også pag. 23, 24 og 25.

Man har samtidig opnået, at en acceptabel fugetykkelse opnås (understopningsfuge, se nedenfor).

Vægelementet fastholdes midlertidigt ved de i figur 4 og 5 viste "blå drenge" og kraveknapper.

Vægelementer  
justeres

#### TRIN 3

De "blå drenge" drejes, til vægelementet står lodret, jfr. teksten til figur 4.

Dækelementer  
monteres med  
knasfuge

#### TRIN 4

Dækelementerne anbringes nu på de monterede vægelementer, jfr. figur 6. I Danmark er fugen "tør" (knasfuge), d.v.s. at der ikke er mørtel mellem dæk- og vægelementet. Dette kræver en høj, ensartet kvalitet af beton og stor nøjagtighed i elementproduktionen. I østeuropæiske lande benyttes i reglen mørtelfuger - og generelt større fuger i montagebyggeriet - på grund af de mere unøjagtige produktionsmetoder.

Facader  
monteres

#### TRIN 5

Bærende facadeelementer, d.v.s. gavle i et tværvægshus, monteres som vægge under trin 2. De øvrige facader, lette eller tunge, monteres nu, jfr. beskrivelsen i notatet "Facadeelementer". Derved er "råhuset" lukket, bortset fra fugerne.

Lukket  
råhus

Fuger  
klargøres

#### TRIN 6

Etagekrydset (dæk-væg-fuger) forsynes med (plastic-)dækskiver over dækelementernes kanaler. De opragende løftebolte justeres i vandret regning.

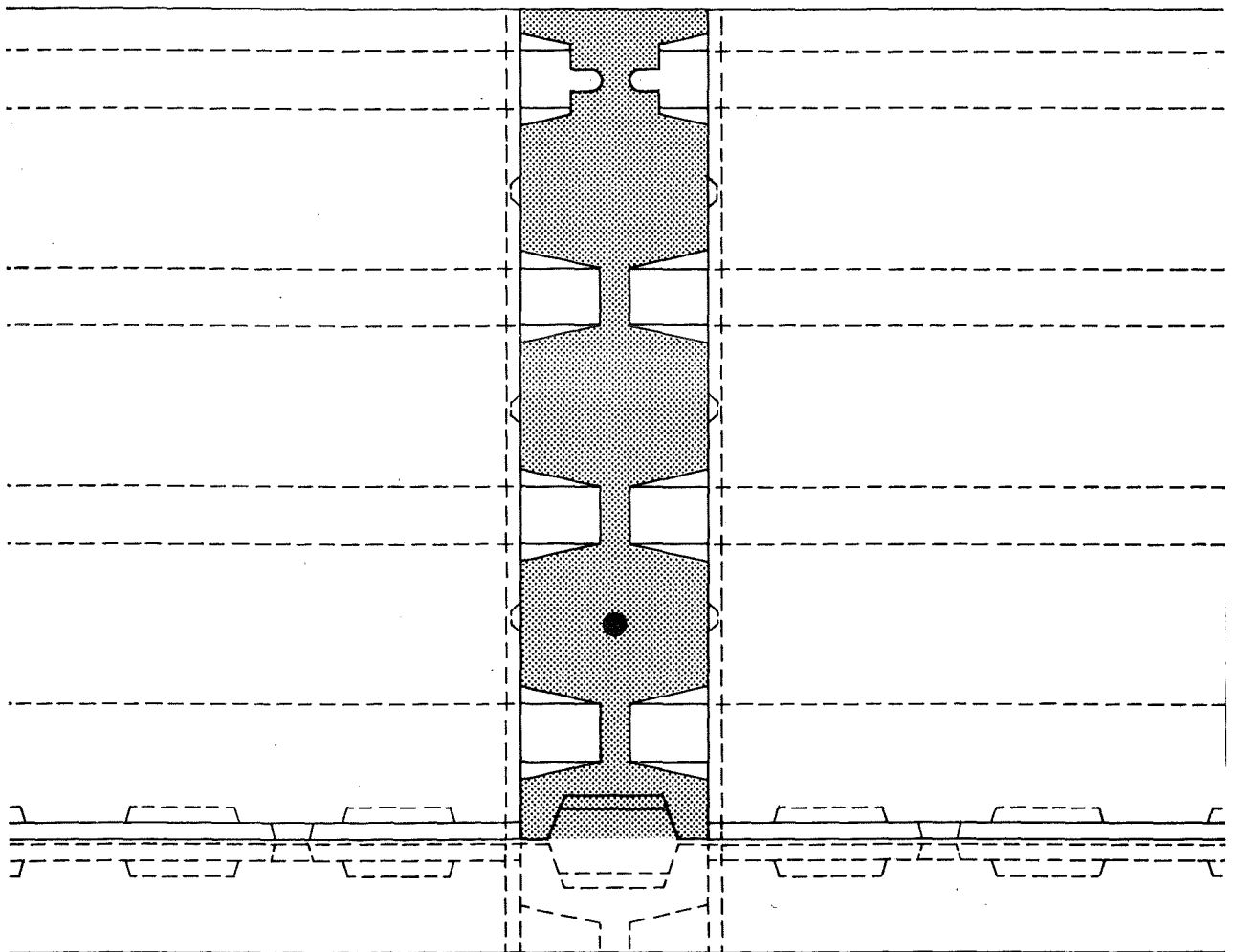
Facadefugerne forsynes med isolering, tætningsstrimler, neoprenestrimler etc., afhængigt af fugens type.

Vintermontage  
kræver  
midlertidig  
opvarmning

I vintersæsonen afdækkes det monterede dæk med isoleringsmætter, hvorefter råhuset i mindst 1 døgn opvarmes, ofte ved midlertidige varmekilder, således at betonelementerne opnår en temperatur, der tillader udstøbning med beton i dæk- og vægfuger uden frostfare, førend udstøbningen er afbundet.

Fugearmring  
anbringes

I øvrigt forsynes fugerne med armering, jfr. figur 6, og utætheder tættes, således at den udstøbte beton ikke tilsviner elementoverfladerne (der normalt er glatte nok til direkte maling eller tapetsering efter en lettere spartling af ele-



FIGUR 7

Etagekrydset set ovenfra, 1:5.

Bemærk, hvor stort et udstøbt areal, der overfører de ovenoverliggende etagers last, set i forhold til det beskedne areal, der optages af dækkenes bæreknaster, der kun overfører den pågældende etages last til vægelementet nedenunder.

En af knasterne har ikke fuld bredde på det yderste stykke. Dette sikrer armeringsnettets korrekte placering i tværretningen.

I figurens højre del ses de langsgående, fortandede fuger mellem dækelementerne i plan, samt væg-væg-fugen ovenfor. 150 mm-delingerne sikrer den rigtige gensidige placering af dæknaster, hulrum i dæk, udstøbning, løftbolt i væg og væg-væg-fuge.

menterne). Bemærk, at dæk-dæk- og væg-væg-fugerne er teoretisk "selvforskallende" ligesom etagekrydset.

Vægge  
understoppes

#### TRIN 7

Der er nominelt en 28-33 mm høj fuge mellem vægelementernes underside og den (relativt) plane flade, der dannes af forrige etages dækelementers overside og udstøbningen i etagekrydset mellem dækelementerne. Denne fuge udføres nu ved "understopning" med en relativt tør mørtel, jfr. figur 8. Understopningen bør udelades omkring montageboltene, især i høje huse, jfr. trin 10.

- dog ikke ved  
løftebolte ?

Lodrette vægfuger  
udstøbes

#### TRIN 8

De lodrette vægfuger udstøbes fra oven, idet det monterede dæk kan benyttes som "arbejdsplatform". Den på figur 5 viste lodrette vægfuge er som følge af elementers kantgeometri både åben nok til at sikre en god fyldning af fugen ovenfra og samtidig "selvforskallende" (selv om man i praksis må tætnes nogle fuger for at hindre betonen i at tilsvine overfladerne).

Langs- og  
tværgående  
dækfuger  
udstøbes

#### TRIN 9

Dækfugerne udstøbes nu, såvel de langs-gående dæk-dæk-fuger som de tværgående etagekryds, jfr. figur 6, 7 og 8. I hvert fald etagekrydset må vibreres for at sikre en god fyldning, uanset at vibrering af fuger vækker arbejdernes modstand, da risikoen forøges for, at udsivende beton skal afrenses på dæk- og vægoverflader. Vibreringen sikrer fugernes tæthed overfor lyd og fugernes kraftoverførende egenskaber, herunder armeringens omstøbning.

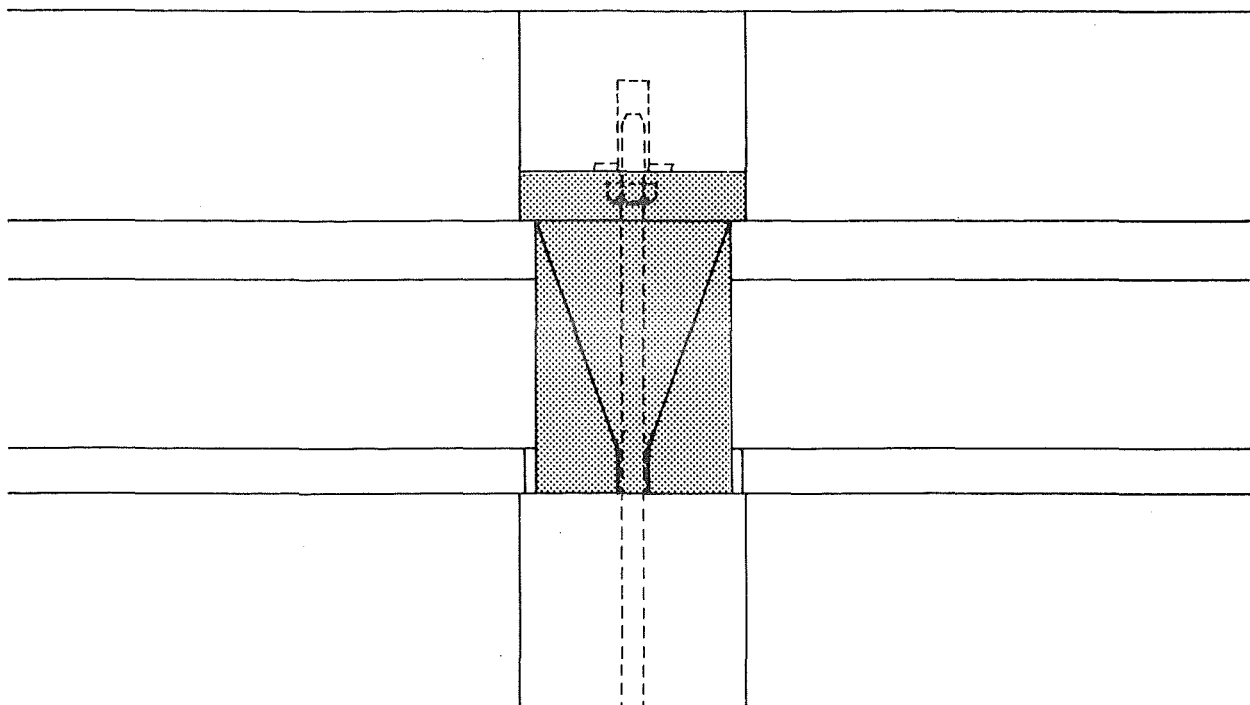
Midlertidig  
opvarmning i  
endnu et døgn

I vintersæsonen afdækkes huset på ny med isoleringsmætter, og den midlertidige opvarmning fortsætter i mindst et døgn, førend trin 10 iværksættes.

Montagebolte  
løsnes, i hvert  
fald i højhuse

#### TRIN 10

I høje huse - og i huse med spinkle elementdimensioner, f.eks. i søjler - bør det ikke tillades, at den under trin 7 omtalte understopning udføres i hele den vandrette vægfuges længde, da der derved er risiko for, at vægelementets last koncentrerer sig stærkt omkring løftebolten. Dersom understopningen (under trin 7) er udeladt omkring løfteboltene, kan møtrik-



FIGUR 8

Lodret snit i etagekryds, 1:5.

Dækelementernes bæreknastrers underside har "tør" fuger mod vægelementernes overside.

Mellem dækelementerne udstøbes fugen op til dækelementernes overside, efter at dækelementernes kanaler er lukket med pap- eller plastskiver. Bemærk drænrillerne, der bortleder eventuelt inde-spærret vand i dækelementernes udspæringer, jfr. figur 2.

Fugen mellem udstøbning og vægelementernes underside understoppes senere fra siden. Løfteboltens møtrik er vist i sin endelige position, skruet ned fra montagepositionen, se teksten, montageproceduren, trin 10, pag. 12.

Figuren viser dækelementer på en 150 mm tyk væg, hvor den nominelle afstand mellem knastrernes endeflader er 20 mm. Knastrerne rager 55 mm ud over elementets lodrette endeflader, der (nominelt) har 10 mm vederlag.

kerne nu løsnes, så væggen med sikkerhed hviler på den understoppede mørtel. Herefter lukkes hullet med mørtel, jfr. figur 8.

Hermed er vi klar til trin 1 i næste etage.

Montagen kan nu fortsættes med lette vægge, døre, inventar, installationer o.s.v..

Specielle  
kranløft for  
efterfølgende  
arbejder

En del af disse arbejder må forberedes under ovennævnte trin, f.eks. må større (og tungere) genstande løftes op på dækket, førend næste dæk monteres. Lette væg-elementer og kasser med rørinstallationerne hejses ofte op - i "bundter" - i tiden omkring trin 1-3.

I notatet "Huslejen = f(Pris, Politik, Produktivitet, Prioritering) er der pag. 33-35 omtalt nogle tidsplanmæssige aspekter af montageoperationerne.

Facadernes montageproblemer er omtalt i notatet "Facadeelementer".



## KOMMENTARER TIL BYGGE-SYSTEM-NØGLE

Systematisk  
præsentation  
af et  
byggesystem

Bygge-System-Nøglen er udarbejdet som et eksempel på en systematisk præsentation af bygningsdetaller for et byggesystem, således som forfatterne også redegør for nøglens formål i den indledende tekst.

Når nøglen er medtaget i dette notat, er der to grunde hertil:

Gyldigheds-  
område

Forfatterens forord siger noget væsentligt om omfanget af det arbejde, der skal gøres, de beslutninger der skal tages, fra idé til brugbart byggesystem. Forordet såvel som side 7-34 i "Kompendium i Husbygning" bør læses, før nøglens illustrationer studeres. Det viste system er i øvrigt siden videreudviklet, så også vinkelformede bygninger, bygninger med spring i etageplanerne, forskydninger vandret o.s.v. kan gennemføres. Mange flere detaljer er kommet til, så gyldighedsområdet og dermed markedsmulighederne er forøget.

Stort gyldigheds-  
område giver  
(lidt) højere pris

Jo mere et system "kan", des flere detaljer skal der normalt være løst. Til gengæld vil prisen på det færdige produkt stige (lidt), jo mere komplekse bygnings typer, der udføres.

I det valgte eksempel, Hedegaarden i Ballerup, benyttedes byggesystemet til opførelse af etageboliger i 4 etager (max. uden elevator), og bloklængderne var typiske 4-opgange eller mere.

På principfigurerne (venstresiderne) er i øverste, højre hjørne vist et udsnit af en etage, en såkaldt "opgangsetage", omfattende de (i reglen to) lejligheder, der har adgang til samme trappe. På planen er med pile angivet, hvor de illustrerede detaljer er placeret.

Højresiderne viser varianter af den principielle fuge: Tag/normaletage/kælder, normalsituationen/specialsituationer (f.eks. tværvæg/trappevæg).

Alle mål er udeladt. Der henvises til H & S materialet.

Enkelte bemærkninger skal knyttes til figurerne udover de oplysninger, der allerede er givet på de foregående sider, hvis figurer også blev udarbejdet af arkitekterne Klaus Blach og Filip Wanning i forbindelse med Bygge-System-Nøglen.

Der kan endvidere henvises til tekst og figurer i Højgaard & Schultz materialet.

Væg-dæk  
princip  
(pag. 23)

Etagekrydset er her vist med 180 mm tykke dæk på 150 mm tykke vægge. Andre elementtykkelser og de tilhørende fugemål m.v. fremgår af H & S tegninger m.v..

De to viste jern, parallelt med væggen, vil i praksis nok synke længere ned i etagekrydsets beton.

Placeringen af møtrikken på løftebolten kommenteres i teksten til figur 8 og under montageproceduren, trin 10.

Væg-dæk  
varianter  
Kælderdæk

Kælderdækket oplægges ofte uden knasfuge, da de i reglen pladsstøbte kældervægges oversider ikke er nøjagtige nok. Der må afrettes (eventuelt understoppes eller lignende).

Kældervæggene er i øvrigt ofte ikke udstyret med indstøbte men løse montagebolte.

Trappevægge

Trappevæggens etagekryds er i normal-etagen vist med en ofte anvendt teknik til camouflering af (små) spring mellem vægoverfladerne i to etager:

Udstøbningen + understopningen har to tilbageliggende, vandrette fuger. Derved lettes også udstøbningen (mod forskalling) og overfladespartlingen.

I stedet for forskalling kunne anvendes en præfabrikeret "betonflise" som synlig flade.

Dækvederlag

Etagekrydset er udviklet til 150 mm vægge, hvor knasterne nominelt går 65 mm ind. Dette medfører, at knasternes bæreflades dimension vinkelret på væggen i praksis varierer mellem 55 og 75 mm, hvilket giver den fornødne sikkerhed.

180 mm vægge

Den 180 mm tykke væg benyttes i høje huse med større belastninger. Dækkene optager kun den "normale" plads og efterlader derfor en 30 mm bredere udstøbningszone for overførsel af belastningen fra etagerne ovenfor. Målene på tværs af væggene ændres fra  $65 + 20 + 65 = 150$  mm til  $65 + 50 + 65 = 180$  mm.

## "Neutral zone"

Da dækelementerne imidlertid ikke leveres i en 30 mm kortere variant - dæklængderne er de samme i lave og høje huse af produktionstekniske årsager - bliver afstanden fra vægmidte til vægmidte ikke mere  $n \times 3M$ , men  $n \times 3M + 30$  mm. Modulordningens ånd (brug så mange standard-elementer som muligt) er opfyldt, men måske ikke ordningens formelle bogstav. Denne ekstra dimension langs alle vægge, tidligere kaldet "neutral zone", giver i praksis kun vanskeligheder, hvis antallet af bærende tværvægge i bygningens to sider ikke er den samme. Trappevæggene kan da eventuelt benyttes til udligning.

## Dæk-dæk princip (pag. 24)

Øverste figur viser snit i den normale, langsgående dækfuge, med armering.

## Ældre, snæver dækfuge

Fugen er "selvforskallende", d.v.s. at den kan udstøbes fra oven, uden at der skal foretages midlertidig lukning (forskalling) af fuger nedefra. Den viste fuge er en ældre udgave, med lodrette dæksidekanter, der ikke benyttes mere, da denne fuge var for smal (bredde ca. 30 mm) til at tillade ordentlige armerings- og udstøbningsforhold. Den moderne fuges dimensioner fremgår af H & S materialet, se også figur 10.

## Modullinier

De stiplede linier angiver modullinierne. Der er - naturligvis - symmetri om den lodrette modullinie.

De vandrette modullinier udelades på alle arbejdstegninger, men formelt ligger der en vandret modullinie 5 mm over dækoverside. Den nederste, vandrette modullinies placering i forhold til dækunderside afhænger af dæktykkelsen.

## Afsætningslinier/planer

På arbejdstegninger benyttes afsætningslinier, d.v.s. linier, der med stor nøjagtighed er afsat eller kan etableres ud fra fixpunkter på byggepladsen, og hvorudfra elementernes (og fugernes) placering (inkl. tilladte afvigelse) fastlægges. De lodrette afsætningsplaner er lig de lodrette modulplaner, d.v.s. midte vægelement på tværs af huset. De vandrette afsætningsplaner er lig dækunderside lig vægoverside.

## Længdevægge

Nederste figur på dæk-dæk principtegningen og figurerne yderst til højre viser, hvorledes det specielle, langsgående "etagekryds" ofte løses.

Lodret  
væglast

Udstøbningens formål er primært at overføre last fra en væg til væggen nedeunder.

Skivekræfter  
fra dæk til  
længdevæg

En sådan længdevæg er ofte længdeafstivende, hvorfor skivekræfterne i dækkets plan skal kunne overføres til etagekrydsene og videre til længdevæggen. Udstøbningen skal i så fald også medvirke her til.

Ingen  
lodret  
dæklast  
på længdevægge

Dækkene afleverer derimod ingen lodret last til udstøbningen, da dækkene jo spænder parallelt med etagekrydset.

Det fremgår, at dækkanterne rager lidt ind i etagekrydset for at lette udstøbningen, og at dækkene ikke ligger af på vægkanten: Der er en 10-20 mm bred fuge, der senere lukkes med mørtel, således at dækkene med sikkerhed hviler på bærekna-sterne over tværvæggen.

I det viste eksempel er længdevæggen placeret usymmetrisk i forhold til den afsætningslinie, der løber langs dækelementernes normale kant. Derved opnås, at et dækelement (til højre) er normalt, også langs kanten. Kun det venstre element må have en udsparring, der her er vist med en lodret kantbegrænsning.

Figuren øverst til højre pag. 25 viser, hvorledes denne usymmetriske længdevægs placering også bidrager til en naturlig tilslutning til en langsgående let væg.

En uheldig detalje ?  
(pag. 24, øverst  
til højre)

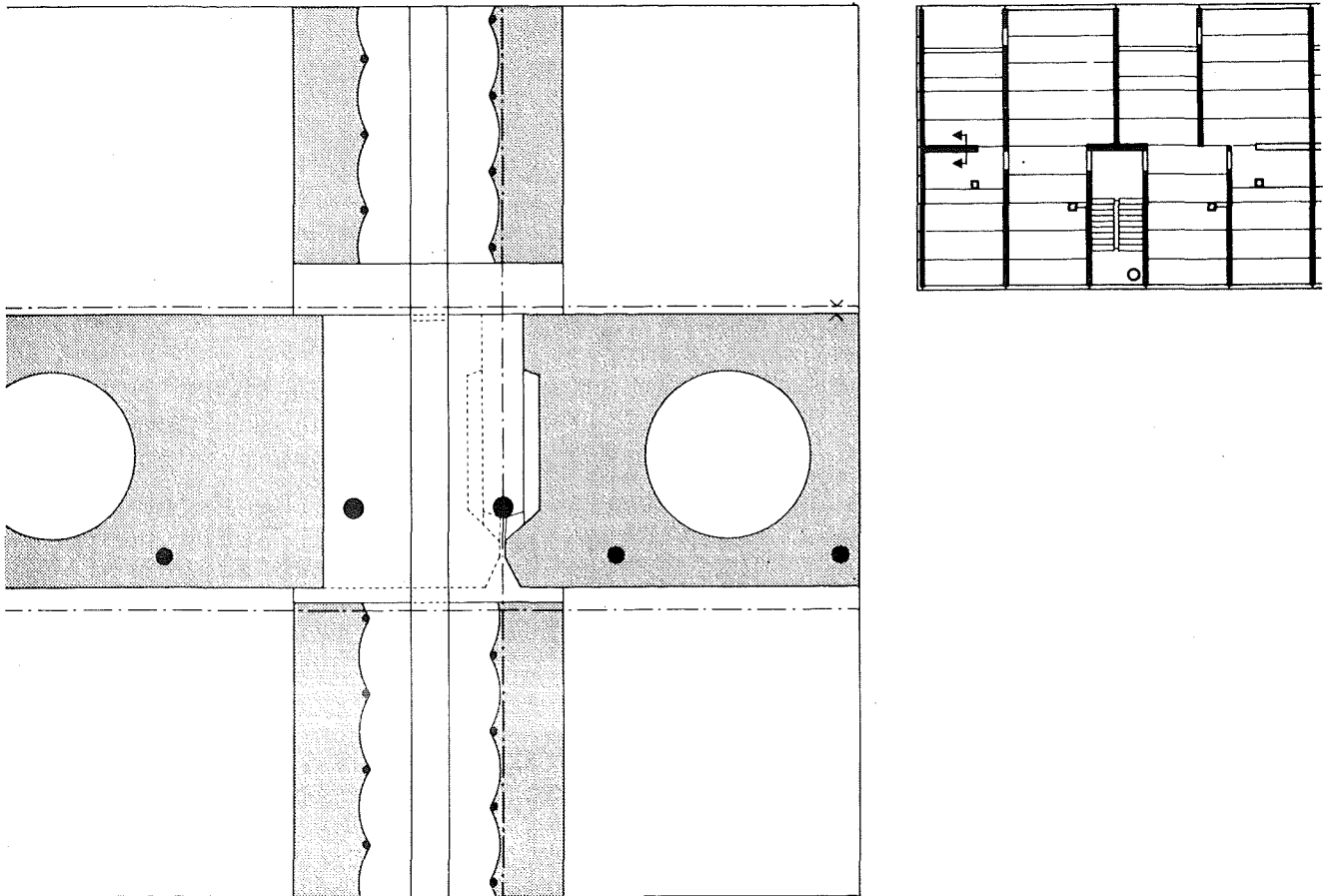
Dækfugen ved længdeafstivende væg, tagdæk, viser en antageligt sjælden anvendt løsning: Dækket til venstre kunne lige så godt have været identisk med dækkene i normal- og kælderetagen. Derved havde man opnået

- 1) (måske) at spare en variant
- 2) at løftebolten kunne være ført op (den bruges ofte til fastholdelse af spær)
- 3) at måtte udstøbe mere beton i fugen, hvorved fugen til gengæld dels kan bidrage til at overføre skivekræfter, dels giver en forbedret lydisolering (krav, hvis væggen er lejlig-hedsskel).

Løsningen anvendes også langs trappeendevæggen, i tagetagen.

Væg-væg  
(pag. 25)

Princip- og varianttegninger viser dels den tidligere (figur 5) omtalte lodrette væg-vægfuge, dels en række samlinger mellem tvær- og langsgående væg.



FIGUR 9. LODRET SNIT I LÆNGDEVÆG MED LODRET, KONTINUERT  
ARMERING, 1:5.

Sammenlign figurer pag. 24 og 25.

Den på planen viste længeafstivende væg har som lodret last kun sin egenlast, idet dækkens last overføres på normal vis til de bærende tværvægge.

Væggen skal desuden optage dækskivens vandrette, langsgående last (vindlast etc.), og der opstår derfor lodrette træk- og trykkræfter i væggen.

Hvis dækskivens last påvirker længevæggen mod venstre, forøges trykkræfterne ved væggen venstre kant (egenlast + kraft fra dækskivens belastning af væggen). Ved væggen højre kant (snittet) er der tryk fra egenlasten, træk fra "skivelasten". Ved korte (normale) længevægge er trækraften størst, og det resulterende træk optages i lodret, kontinuert armering.

De svære, lodrette armeringsjern anbringes i væggen lodrette, cirkulære udsparring. Jernenes længde er etagehøjden + overlappingslængden. Etage n's jern rager overlappingslængden op over etage n's dæk. Etage (n+1)'s længevægselement sænkes ned over det opragende jern, forsynes med endnu et jern (der rager op i næste etage).

Når jernene omstøbes kan kræfterne i jernene overføres via omstøbningsbetonen på det overlappende område. Kraftoverførslen mellem jern og væg sker også via omstøbningsbeton. Udsparringens overflade er som vist ikke en glat cylinder for at øge den kraftoverførende evne.

Udsparringen udføres ved hjælp af en i vægformen indlagt oppustelig gummislange, omviklet med en spiralarmering. Spiralarmeringen medvirker statisk. Gummislangen kan genanvendes.

## U- og H-profil

I fugen mellem tvær- og langsgående vægge skal der ofte overføres store, forskydende kræfter: De langsgående vægge er i reglen afstivende, og ved en kraftoverførende samling til tværvæggene dannes der et U- eller H-profil, der er velegnet til at optage kræfterne på langs ad huset.

Som det vises i beregningerne af sådanne vægge i kursus 6503, betyder en samvirke mellem tvær- og langsgående vægge, at forskydningskræfterne i fugen ofte overstiger, hvad den normale fortanding kan klare. Hvis en længdeafstivende væg består af to dele, opstår der ligeledes ofte forskydningskræfter, der ikke kan optages af fortandingen.

Vægfuge-  
længdeafstivende  
væg (og tværvæg-  
endevæg, trappe)

I begge tilfælde kan fugens evne til at overføre forskydningskræfter forøges ved armering: Væggene forsynes da med U-bøjler, der sammenlås med et lodret låsejern og udstøbning.

Undlades armeringen, fordi den ikke er statisk nødvendig, opstår der ofte revner som følge af de to bygningsdeles bevægelser. En vis armering udføres derfor altid for at hindre (for) store revner.

Kontinuert,  
lodret armering  
i vægelementerne

Længdeafstivende vægge uden vanger må forsynes med lodret armering, kontinuert op gennem bygningen. Den kan f.eks. etableres i lodrette, cirkulære udsparinger i vægelementet, hvor der anbringes svære armeringsjern, et eller flere i hver etage, med en længde lig etagehøjden + overlappingslængden. Udsparingerne udstøbes. Figur 9 viser et lodret snit gennem en (ikke udstøbt) udsparing.

Sidevæg-endevæg,  
trappe

Detaljen "Sidevæg-endevæg, trappe" kan illustrere flere forskellige situationer: Som vist er den en detalje fra den på væg-væg-princippet viste planløsning med et hjørne mellem en kort længdeafstivende væg og en tværvæg, der er en trappevæg med dør umiddelbart op ad længdevæggen. Længdevæggen (endevæg) har da lodret, kontinuert armering indstøbt i lodrette udsparinger. (På samme måde som "Længdeafstivende væg - let væg" har det.)

## Sidevæg med dør

Hvad enten tværvæggen er let eller tung (sidevæg), men med en dør (og dermed en spinkel døroverligger), kan der normalt ikke regnes med et U- eller H-profil som længdeafstivning: Længdevæggen må alene

optage bygningens langsgående kræfter og må derfor armeres med lodret, kontinuert armering.

Den på sidevægelement-trappe viste U-bøjle-learnering med lodret låsejern tjener da dels til at sikre tæthed i fugerne i trapperummet, dels eventuelt det begrænsede statiske formål at overføre nogen lodret last fra døroverliggeren.

Sidevæg uden dør

Hvis "sidevæg-ende-væg, trappe" derimod opfattes som en samling mellem en længdeafstivende væg og en tung tværvæg (sidevæg) uden dør, kan væggene samvirke til et U-profil (L-profil, hvis der ikke er symmetri om trappens akse).

I så fald er den viste U-bøjle samling med lodret låsejern (eller en boltesamling) oftest nødvendig af hensyn til forskydningskræfterne mellem de to vægelementer. Til gengæld kan den i de lodrette udspæringer indstøbte, kontinuerte lodrette armering undværes.

Tværvæg-længdeafstivende væg

Den på "tværvæg-længdeafstivende væg" viste samling med et udragende jern, der føres ind i en (næsten) normal lodret vægfuge anvendes, hvor der ikke skal overføres kræfter, men blot foretages en sikring mod (for) store revner.

De tre isometrier

På væg-væg principtegningen er vist tre isometrier, der illustrerer:

- 1) "Sidevæg-ende-væg, trappe" i situationen med dør i sidevæggen.
- 2) "Tværvæg-ende-væg, trappe", hvor de to endevægge (længdeafstivende) er låst gennem U-bøjler med lodret låsejern (sidstnævnte ikke vist på isometrien undtagen i snitfladen), mens tværvæggen blot er "forsænket" ind i samlingen for at sikre lyd-, lys- og loppetæthed mellem lejlighederne.
- 3) en normal væg-væg-fuge.

Lette plus tunge vægge

På figurerne er endvidere vist eksempler på fuger og elementplaceringer i forhold til afsætningslinierne, hvor tunge og lette vægge mødes.

Trappevægge

Vægfugen i trappen viser, at vægkanterne er affasede mod trapperummet. Herved dannes en "tilbageliggende", lodret fuge, der camouflerer eventuelle unøjagtigheder i den relative position af de to vægges overfladeplan.

Maling plus tilbage-  
liggende fuger

Trappevægge skal oftest males, og denne fuger er da den billigste.

Tapet plus  
spartling

Almindelige tværvægge skal i reglen tapetseres, og her kan unøjagtigheder udlignes ved spartling. Forskellen i overfladestruktur mellem vægoverflader og spartling dækkes af tapet, men ikke af maling.

De fine hårrevner, der opstår på grund af svind i vægelementerne, ses ikke gennem tapet, og på en malet overflade camoufleres den i bunden af den tilbageiggende fuger.

Princippet kendes også fra f.eks. snedkerarbejder i form af "skyggenoter".

De affasede dækanter i dæk-dæk-fugen (se denne) tjener samme camouflagemål overfor hårrevner og spring i overfladeniveau.

I denne forbindelse kan det også nævnes, at samlingen "Sidevæg-endevæg, trappe" ofte udføres lidt afvigende i praksis: Hvis endevæggen udføres lidt for kort, kan man lettere udføre en spartling til plan overflade i plan med sidevæggen overflade, selv om produktions- og montage-målafvigelser resulterer i visse afvigelser fra det på tegningen viste.

Facade og gavl-  
detaillier (pag.26-28)

Disse detaljer bør studeres sammen med teksten i notatet "Facadeelementer".

Trapper og  
skakte

Bygge-System-Nøglen afsluttes med en række detaljer af præfabrikerede trapper og skaktes tilslutninger til dæk og vægge.

Trapper (pag.29)

Trappens statiske og montagemæssige forhold er belyst. Endvidere illustreres, hvorledes løb og mellemrepos er holdt fri af trappevæggene - bortset fra understøtningsknaster med neopreneplader til mellemreposen. Dette er gjort af hensyn til lyd-isolationen, jfr. de i pensum indgående SBI-anvisninger.

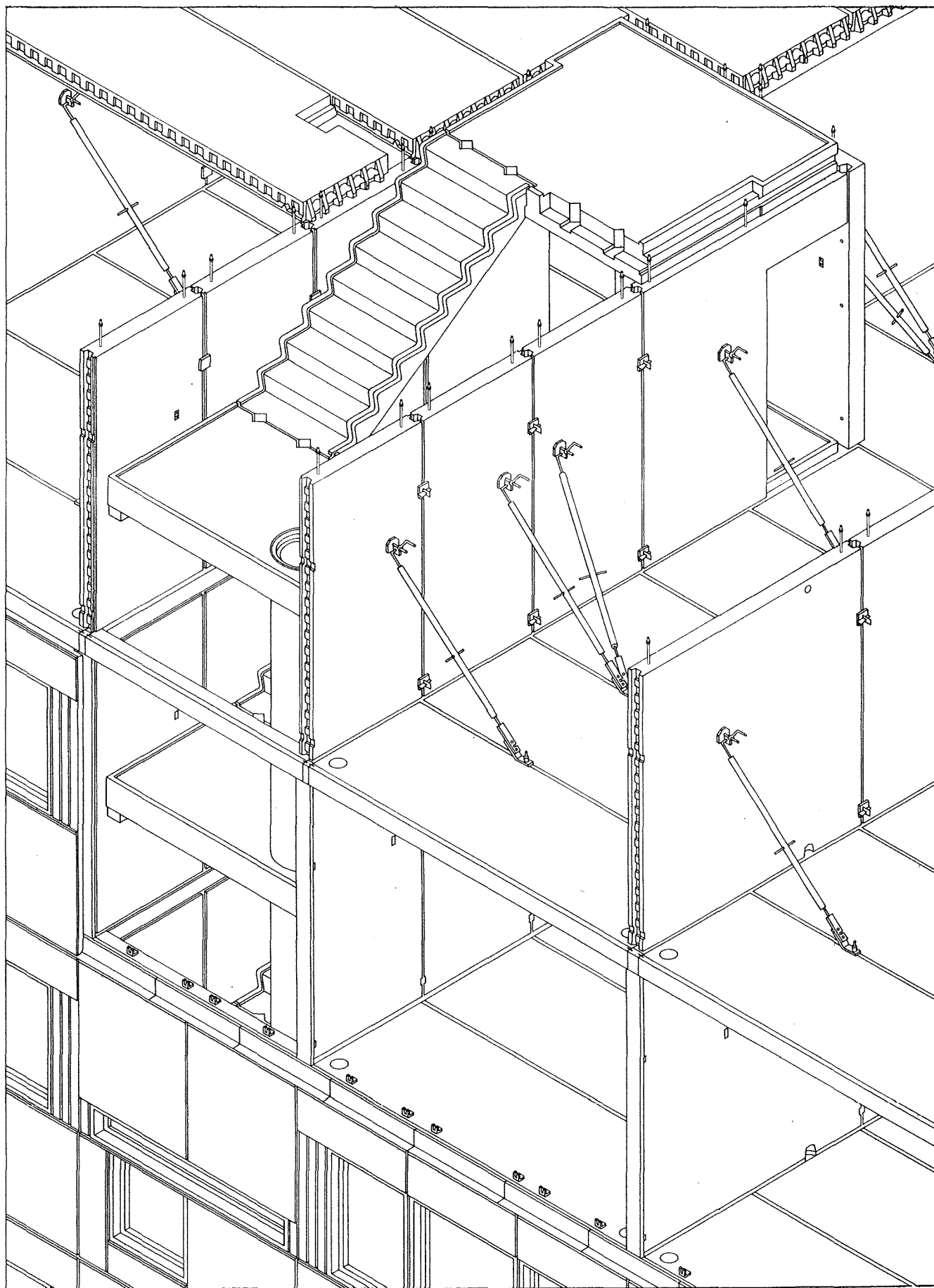
Skakte (pag.30)

Ventilations- og affaldsskakte kan placeres og udføres på mange måder. Her er vist nogle eksempler. Bemærk, hvorledes ventilationsskaktens fuger er placeret "nede i" dækudsparingen for at sikre en god omstøbning og derved god lufttæthed. Ventilations-skakte arbejder normalt med lave tryk, hvor små utætheder betyder meget for indreguleringen af luftmængderne til de enkelte lejemål.

En sådan "indstøbt" fuger bliver antagelig tæt nok - men er der udførelsesfejl, er en skjult fuger vanskelig at reparere.







## BYGGE - SYSTEM - NØGLE

- EKSEMPEL PÅ SYSTEMATISK PRÆSENTATION AF BYGNINGSDETAILLER FOR ET BYGGESYSTEM.

## B Y G G E - S Y S T E M - N Ø G L E

- eksempel på systematisk præsentation af bygningsdetaller for et byggesystem.

Det foreliggende eksempel er en del af et illustrationsmateriale, udført til en registrering af et byggesystem med betonkomponenter for etageboligbyggeri med bærende tværvægge.

Byggesystemet - eller mere præcist det bærende delsystem - havde været anvendt ved flere store byggerier og var herunder blevet gennemarbejdet og afklaret i stadig højere grad.

Byggesystemet er siden registreringen blevet udviklet for et større gyldighedsområde, og en række detaller er blevet ændret. Den foreliggende oversigt er derfor ikke et fuldgyldigt udtryk for byggesystemets aktuelle stade.

Bygge-system-nøglen tjener alene tre hovedformål:

- A. Ved udvikling af nye byggesystemer - eller ved udbygning af eksisterende - er en klar erkendelse af opgavens omfang nødvendig. Det rækker ikke - som det stundom har været praksis - at gennemarbejde enkelte principsnit og så postulere, at der dermed er skabt et byggesystem.
  - : Oversigten illustrerer, at selv et meget klart og enkelt konstruktivt princip anvendt på en ukompliceret bygningsform - en rektangulær etageblok - kræver gennemarbejdning af over et halvt hundrede samlingsdetaller for at gøre systemet anvendeligt.
- B. Det er en almindelig fejl ved udvikling af delsystemer og komponenter, at der udvises megen omhu for produktet, men betydelig mindre interesse for produktets sammenbyggelighed med andre produkter.
  - : Det illustreres i oversigten, hvorledes byggesystemets betonkomponenter kan sammenbygges med fx. ikke-bærende yder- og indervægge.
- C. Ved præsentation af byggesystemer - i kataloger og informationsblade - er det nødvendigt at redegøre i tilstrækkeligt omfang for, hvilke sammenbygningstilfælde systemets komponenter er forberedt for. Et enkelt principsnit er igen ikke nok.
  - : Selv ved en ret simpel byggeopgave vil den projekterende møde de samlingsproblemer, der er illustreret i oversigten. Det vil derfor være væsentligt for den projekterendes valg af byggesystem, at han på et tidligt tidspunkt under projekteringen får oplysning om, at disse samlingsproblemer er løst i byggesystemet.

KB-FW

Bemærkninger:

### Tegneteknik

Hovedvægten er lagt på en visuelt klar og overskuelig fremstilling. Tegneteknikken er derfor ikke den samme, som bør anvendes til arbejdstegninger. Eksempelvis vises for overskuelighedens skyld modullinier, som ikke bør medtages på en arbejdstegning - men gerne på illustrationer i informative brochurer og datablade.

Alle tegninger er i sort/hvid streg og raster, så enkel reproduktion er mulig.

Principielt anvendes tynd streg. Dog er på alle detaljer i mål 1:10 anvendt tyk konturstreg til systemets komponenter. Til gengæld er disse vist med ringere detailleringsgrad end principdetaillerne i mål 1:5.

### Mål og påskrifter

Da det systematiske i fremstillingsmåden her er det væsentligste, er alle mål på tegninger samt tegningspåskrifter udeladt. Tegninger bringes i rækkefølge i henhold til et kodesystem, i hvilket enhver komponent og samlingsdetaille har en éntydig betegnelse. Disse kodebetegnelser er imidlertid her for "læselighedens" skyld erstattet af beskrivende betegnelser.

### Målestoksforhold

Alle tegninger er i gængse målestoksforhold. For hver samlings-type er principdetaillen vist i mål 1:5. Moderne komponenter har som regel så fint detaljerede samlinger, at de kun kan vises - fuldt oplysende - i mål 1:5, 1:2,5 og 1:1.

Isometrier og øvrige samlingsdetaller, hvor detailleringsgraden kan være mindre, er vist i mål 1:10.

### Isometrier

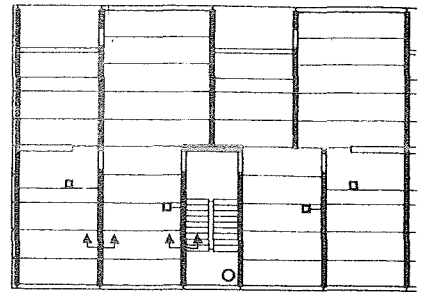
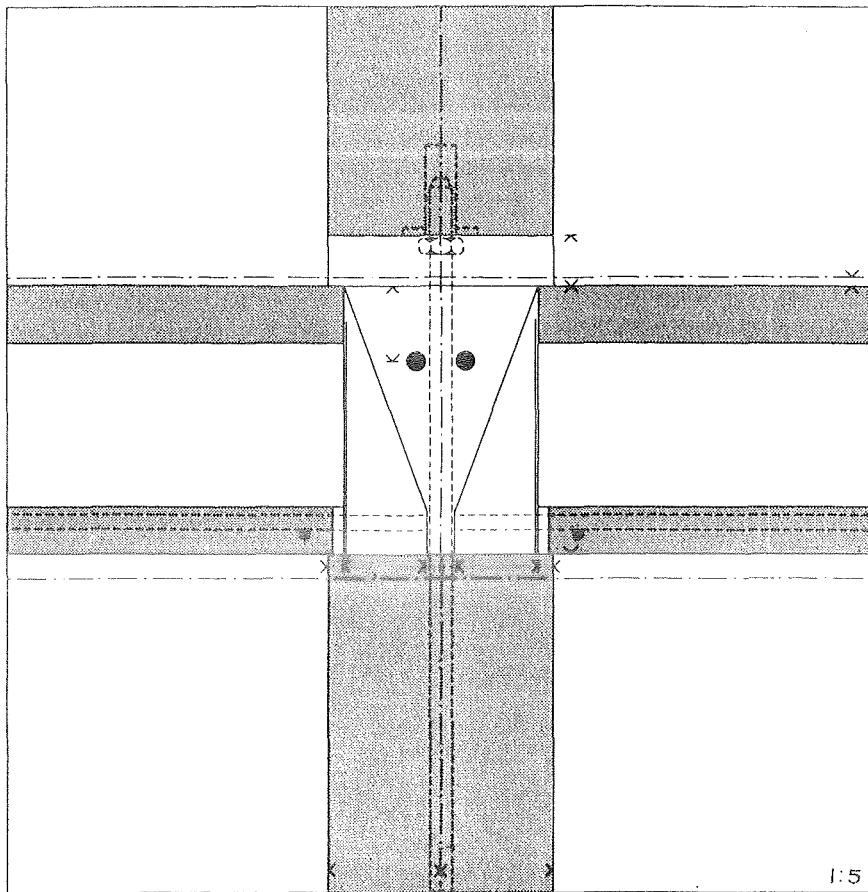
Mange samlingsdetaller kan lettere forstås, hvis de også illustreres i isometrisk afbildning. Isometriske afbildninger vil også i mange tilfælde indirekte klarlægge gangen i montagen. Sammenhørende isometrier vender alle ens. Dvs. at de kan "sammenstykkes" til en helhed som antydnet på forsiden. Herved kan en forståelse og fastholdelse af systemets rumlige opbygning lettes.

### Snit fra top til bund

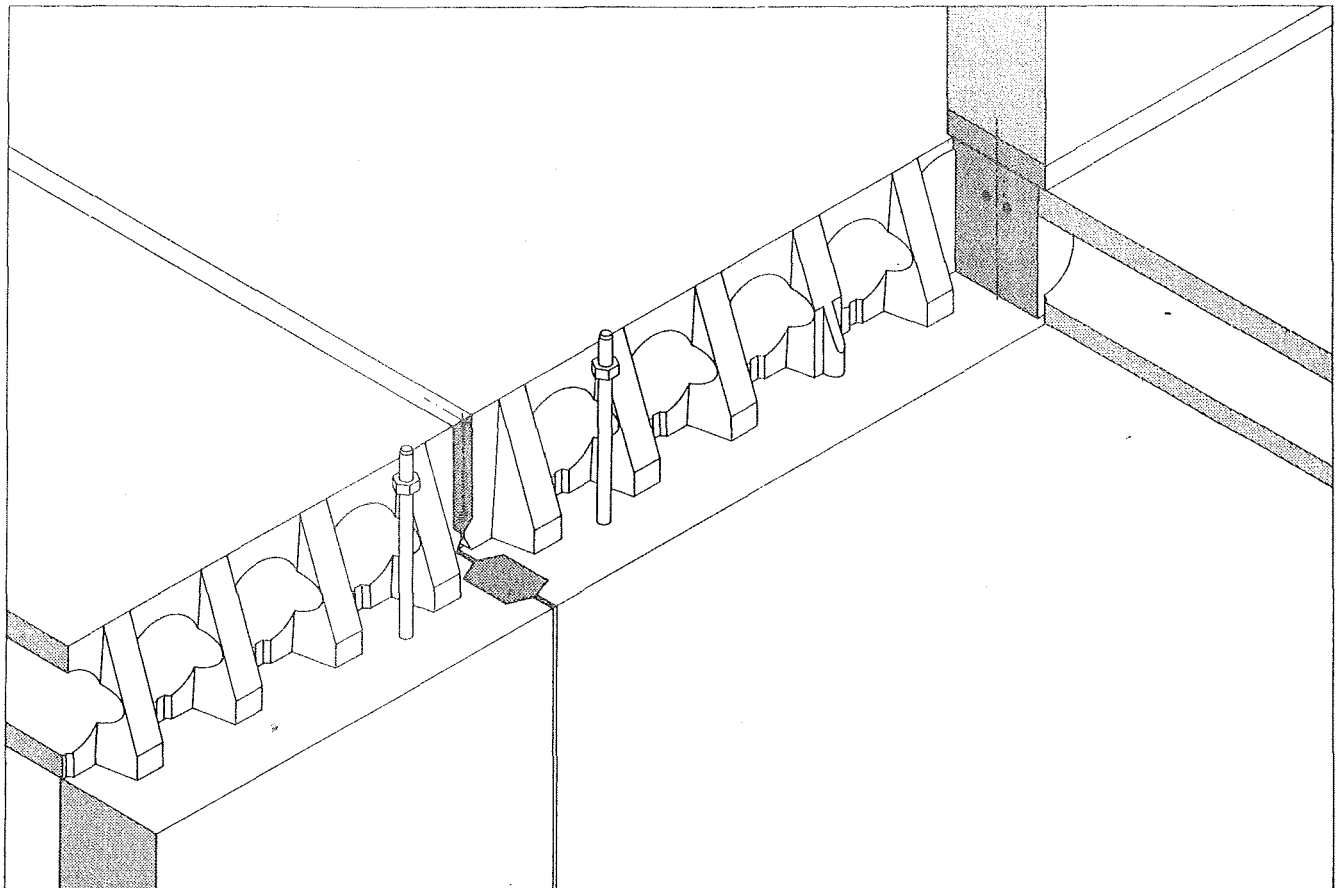
Principdetaillerne i byggesystemet er vist for normaletagen. Herudover vises også systemets detaljer for tilslutning til tag, kælder og facader. Især detaillerne ved tilslutning til tag og kælder "glemmes" ofte selv ved gode præsentationer i kataloger og informationsblade!

Lodrette snit i samlinger ved tagdæk, normaldæk og kælderdæk er angivet ved pile på nøgleplaner. Vandrette snit er tilsvarende angivet ved cirkler.

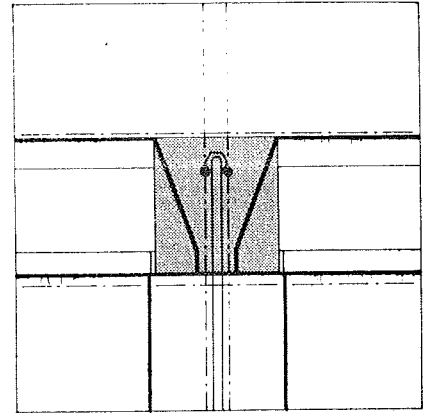
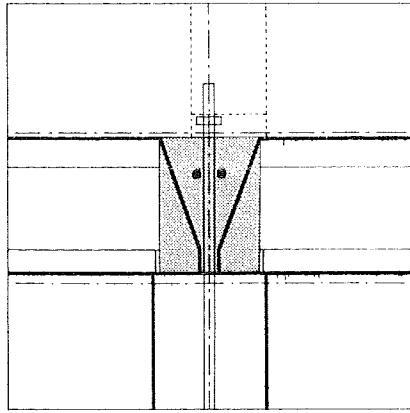
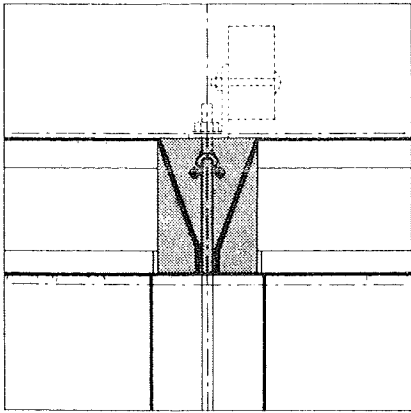
VÆG - DÆK



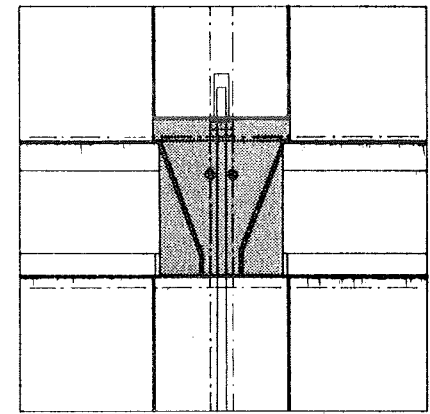
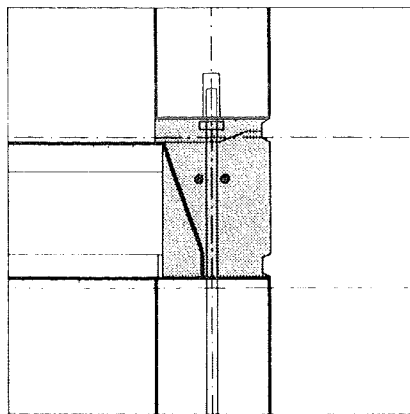
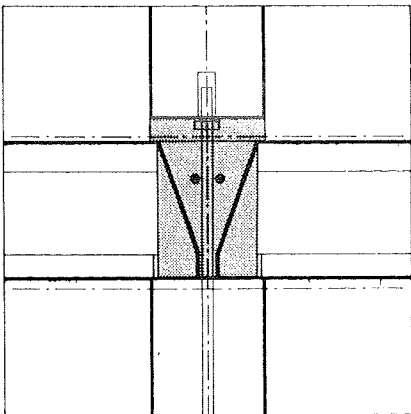
Etagekryds



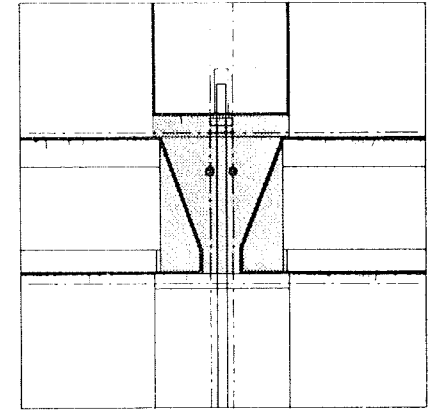
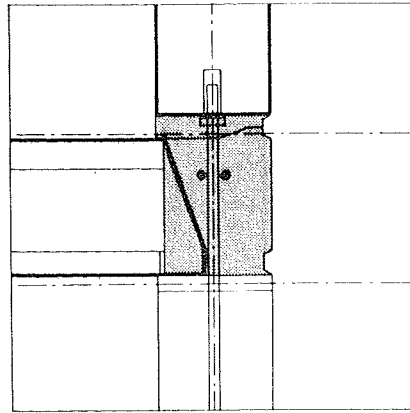
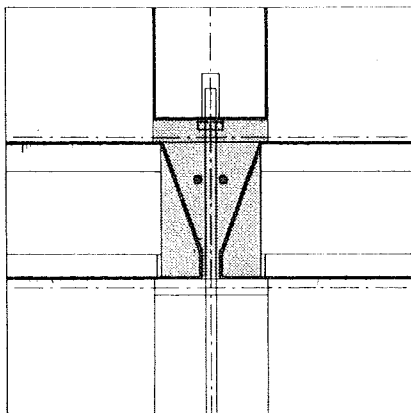
tegldæk



normaldæk



kælderdæk

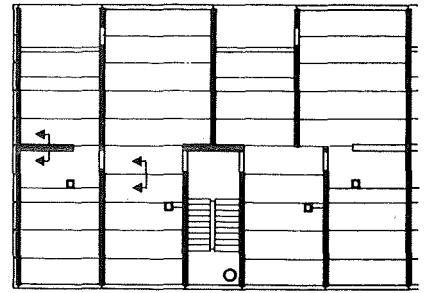
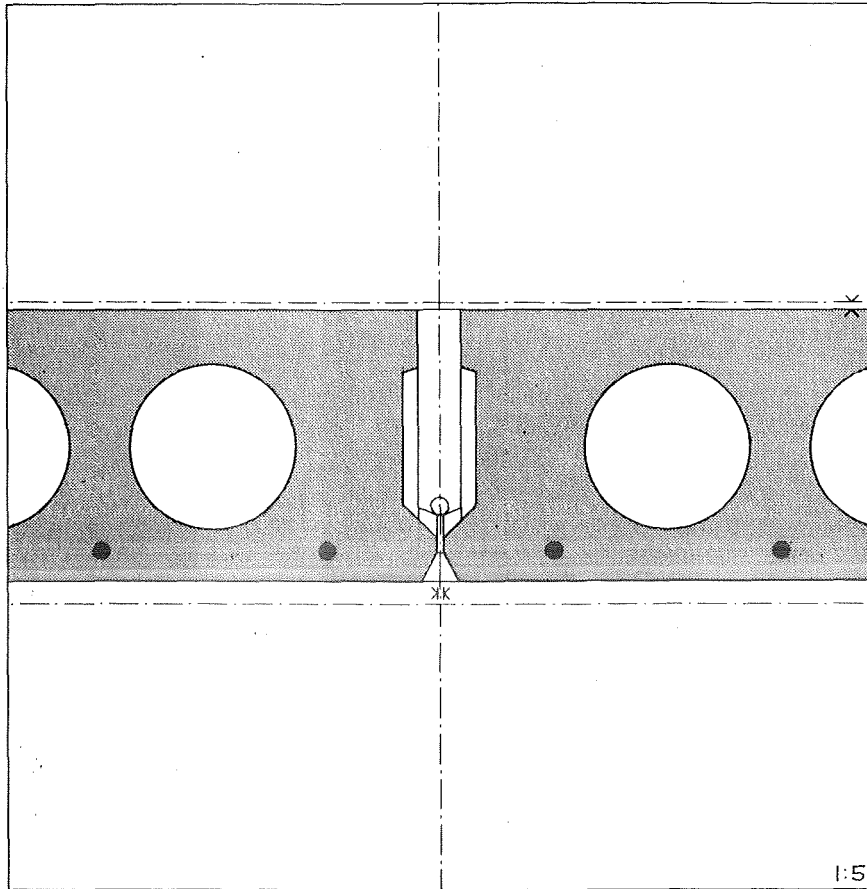


Etagekryds

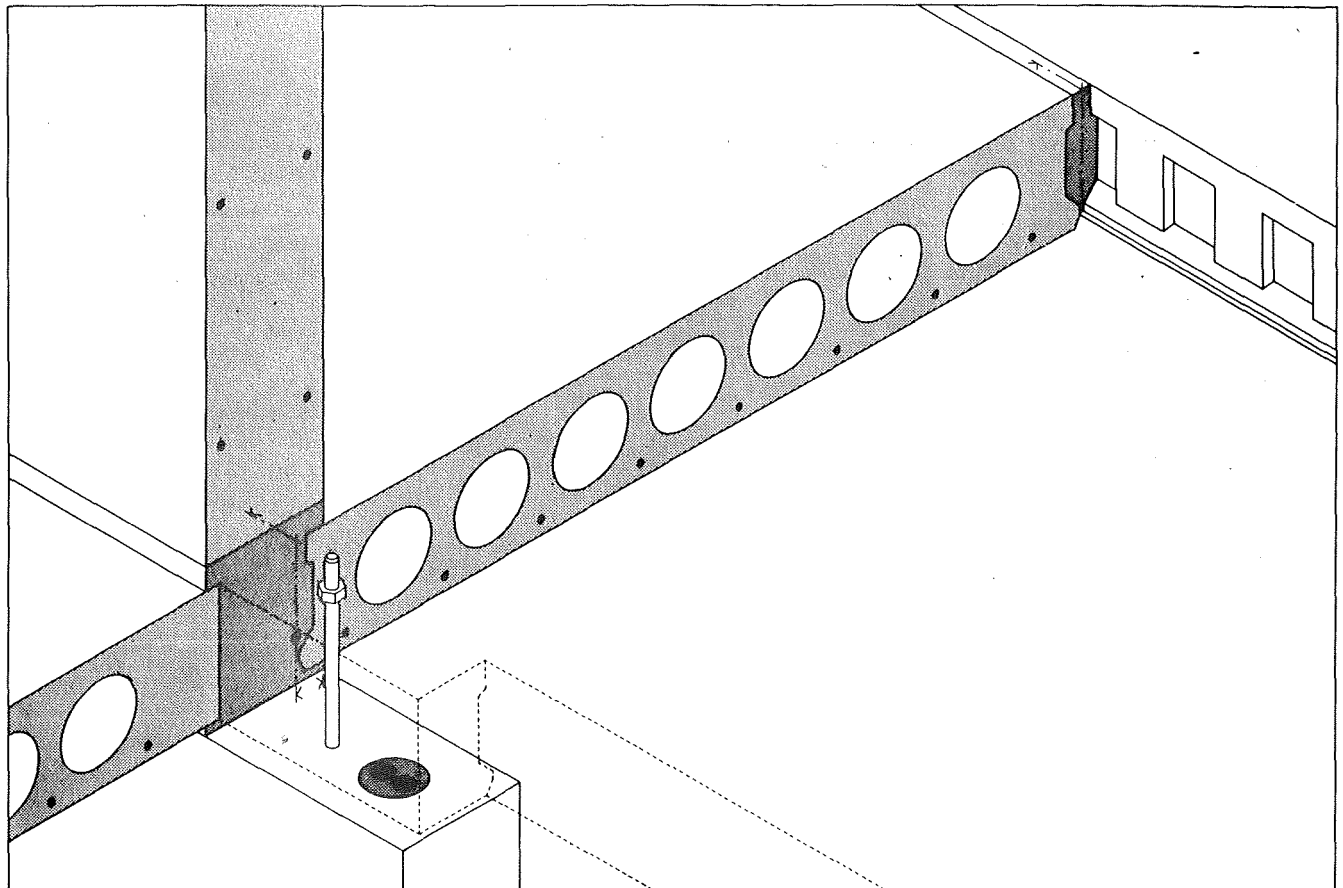
Trappevæg

(Alternativt etagekryds, 180 mm væg)

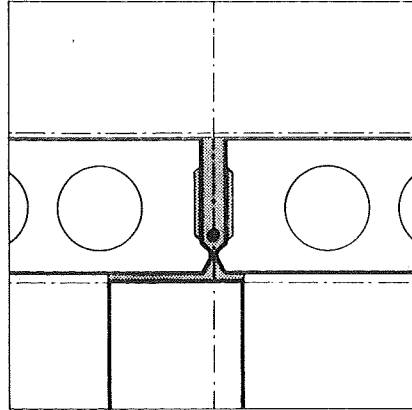
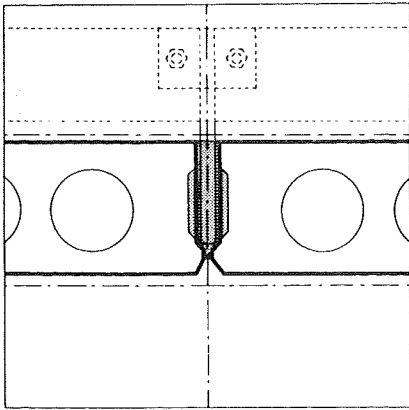
DÆK - DÆK



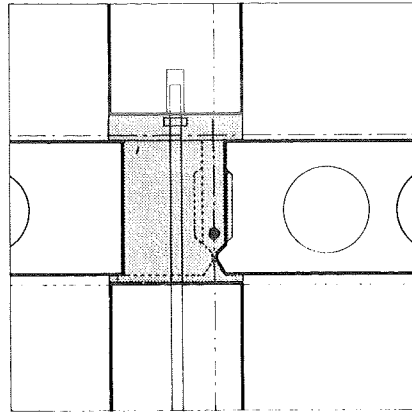
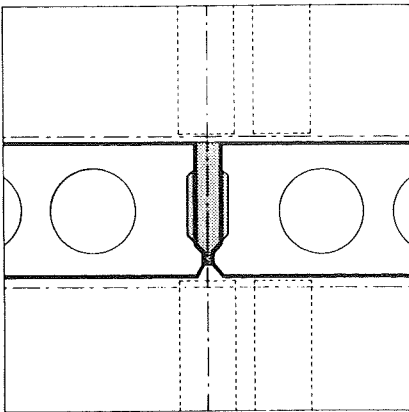
Dækfuge



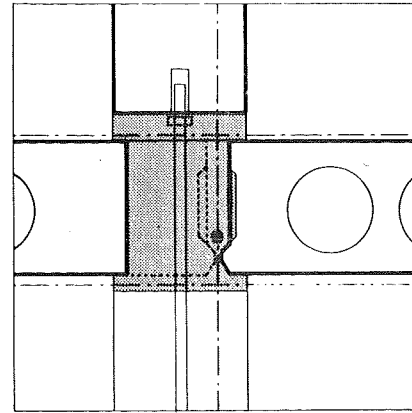
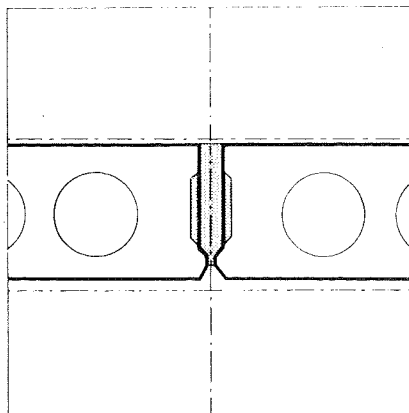
tagdæk



normaldæk



kælderdæk

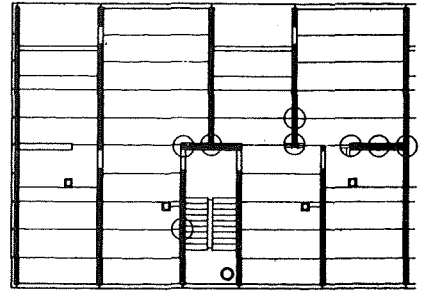
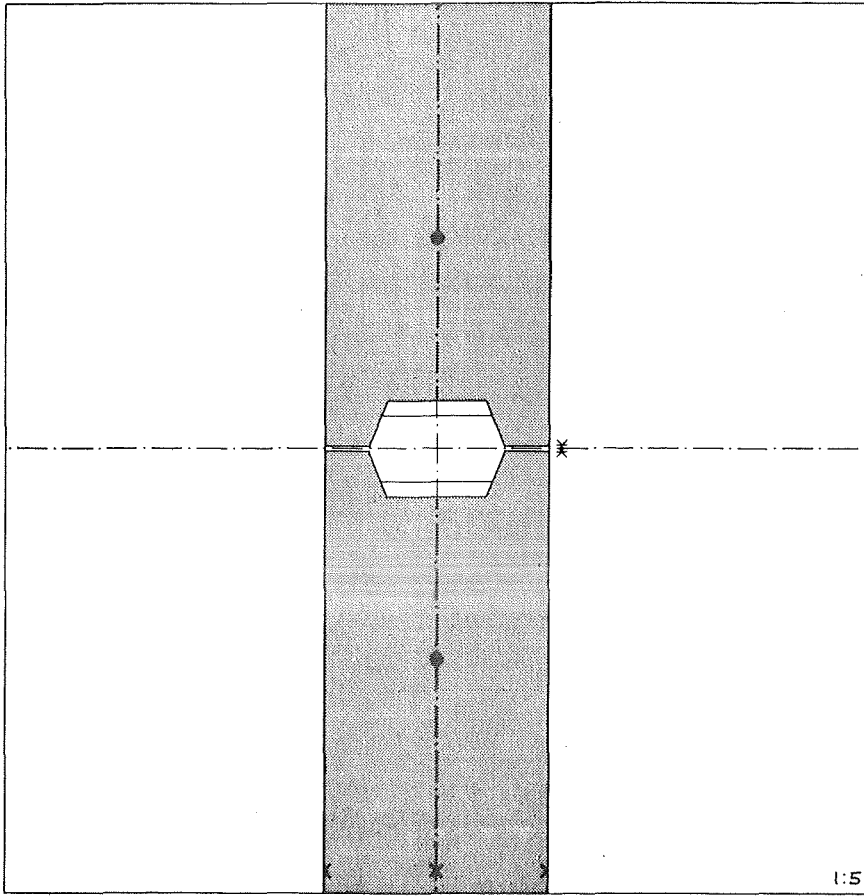


Dækfuge

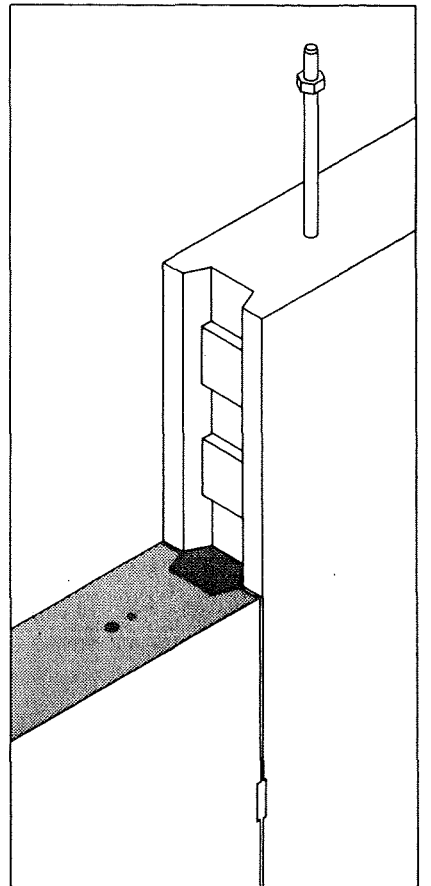
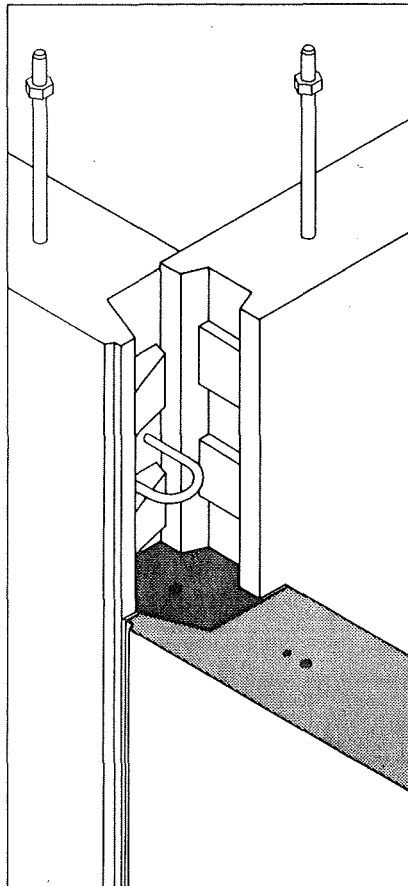
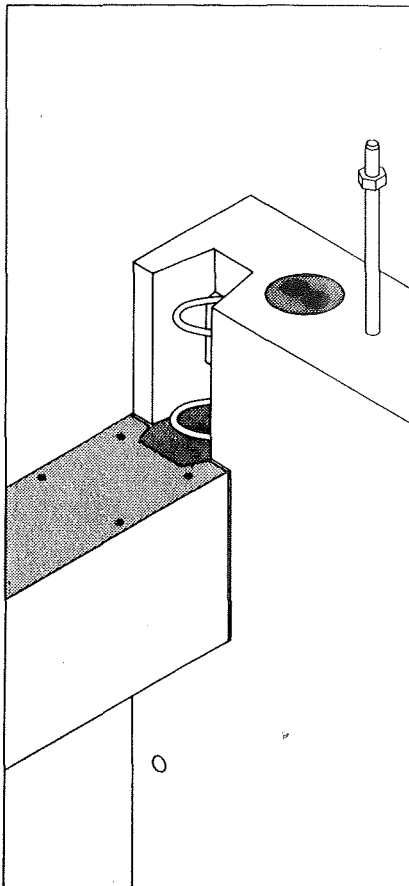
Dækfuge ved længeafstivende væg

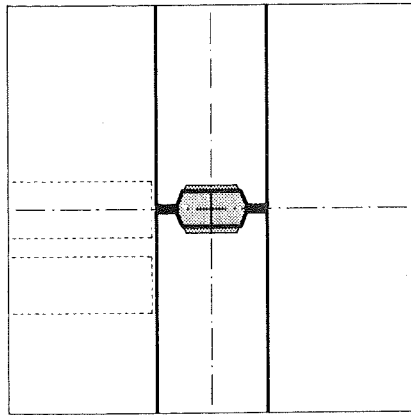


VÆG-VÆG

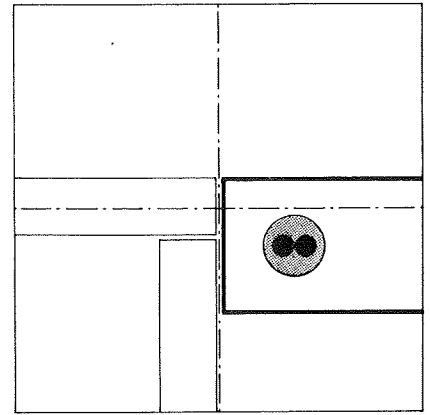


Vægfuge

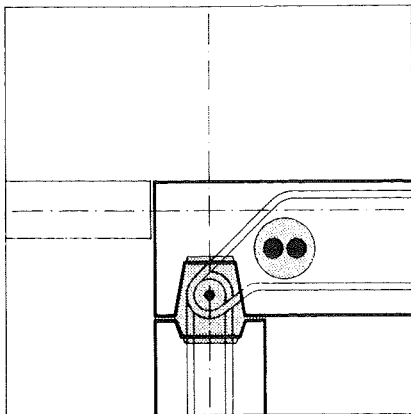




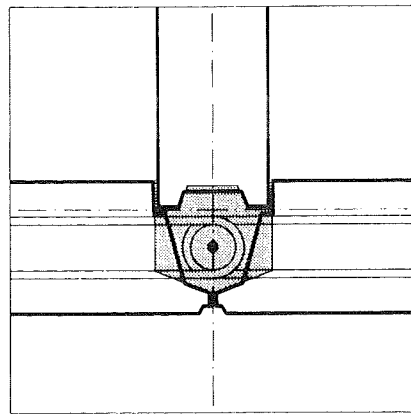
Vægfuge



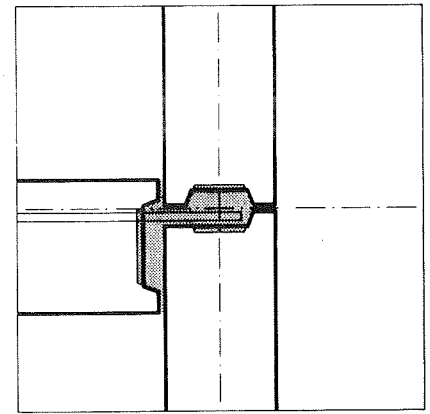
Længdeafstivende væg - let væg



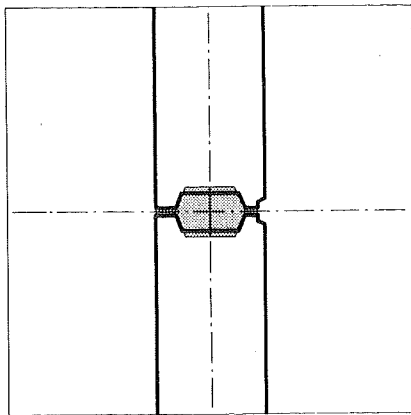
Sidevæg - endevæg , trappe



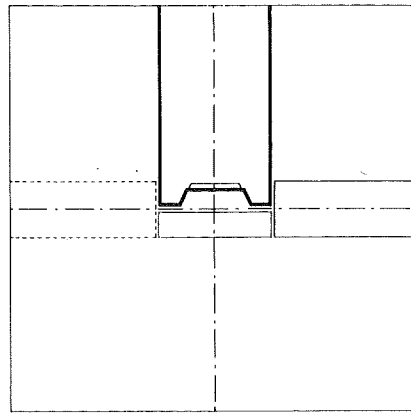
Tværvæg - endevæg trappe



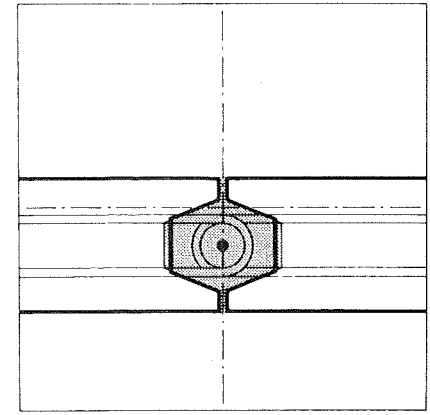
Tværvæg - længdeafstivende væg



Vægfuge, trappe

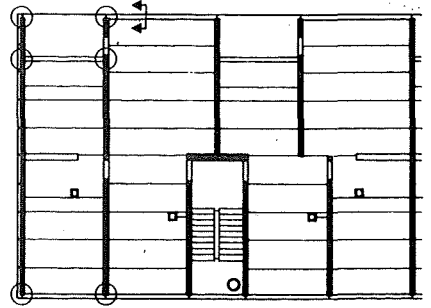
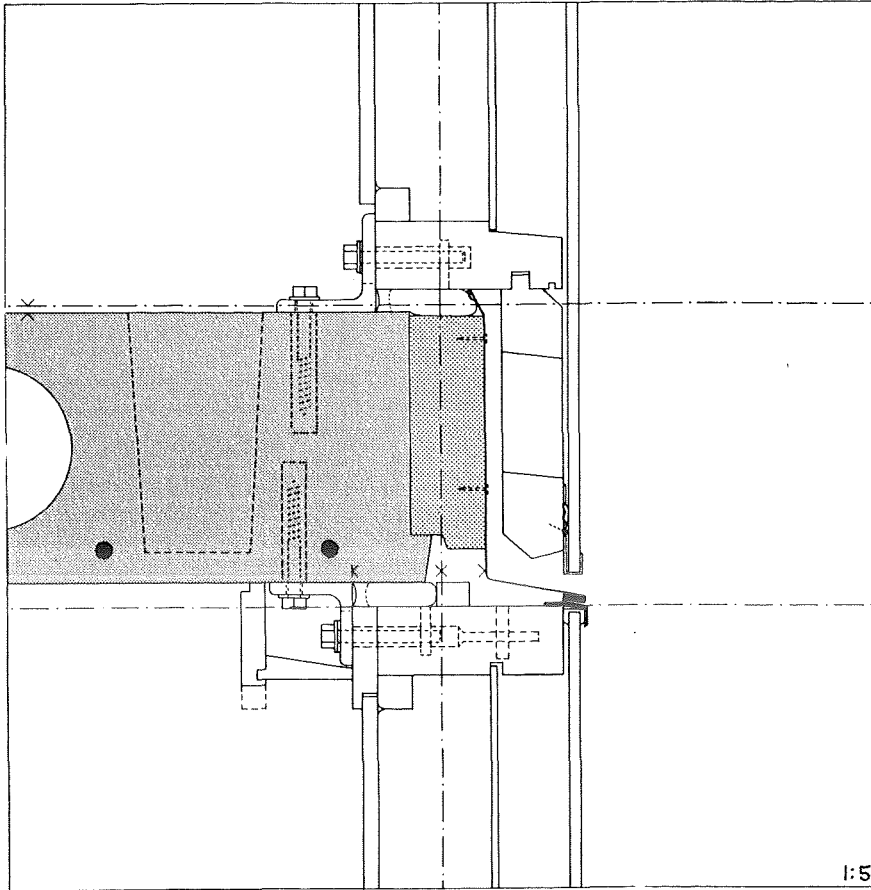


Tværvæg - let væg

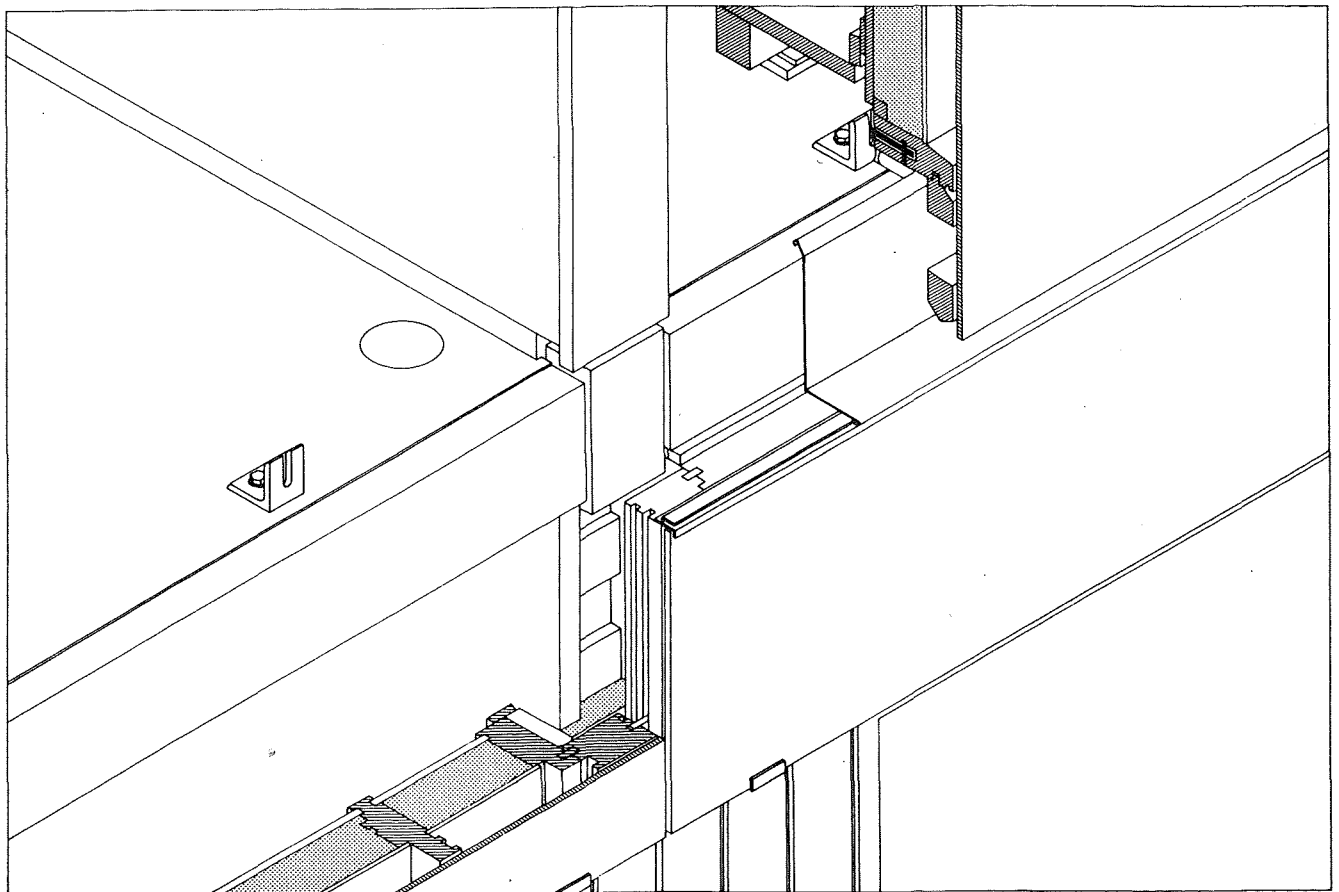


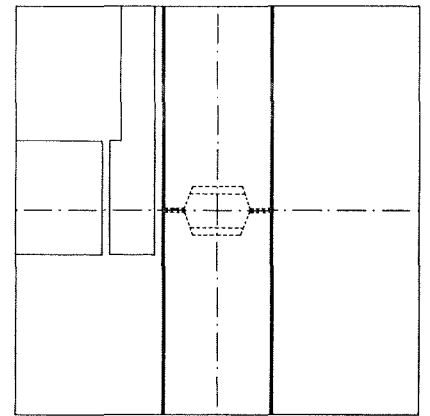
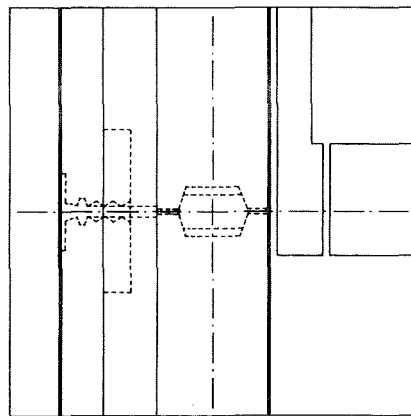
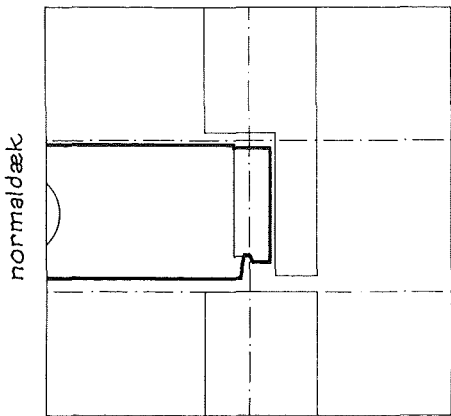
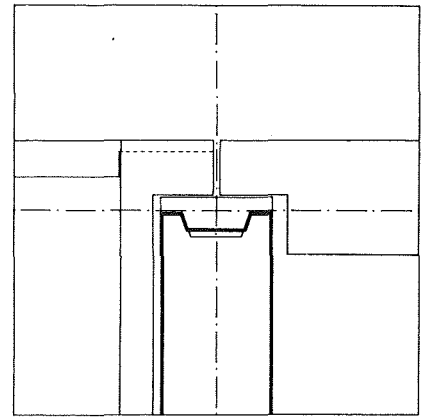
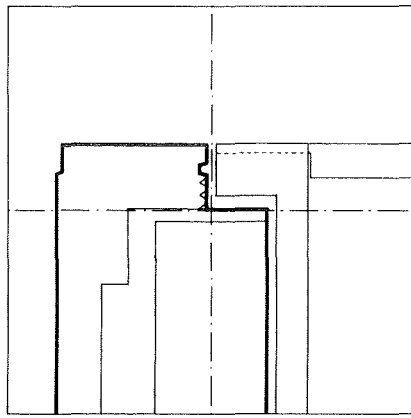
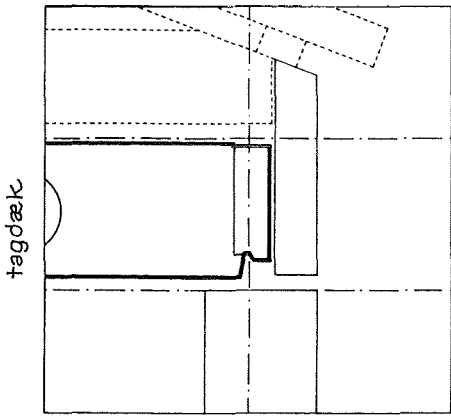
Vægfuge - længdeafstivende væg

FACADE - DÆK    FACADE - VÆG

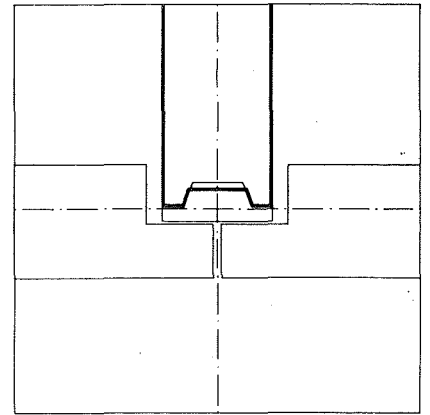
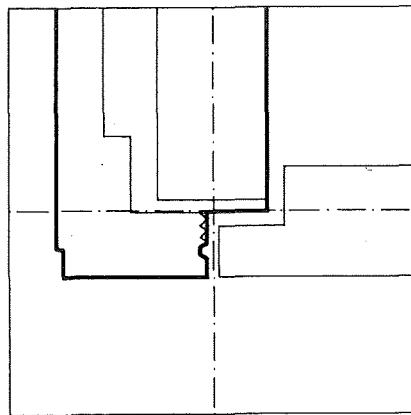
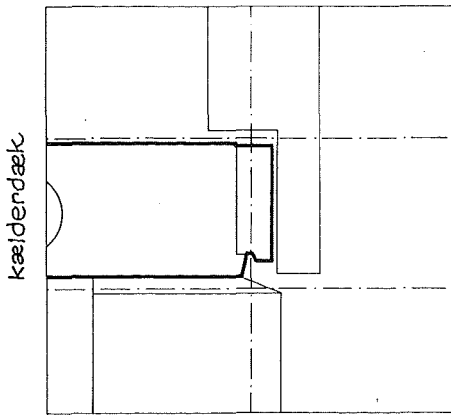


Samling let facade - dæk





altan



Let facade - dæk



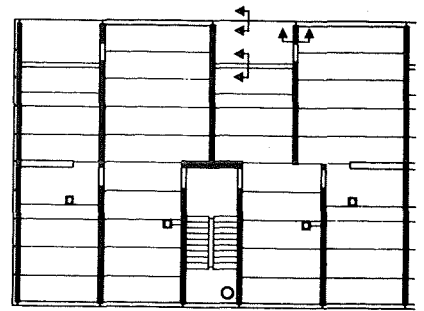
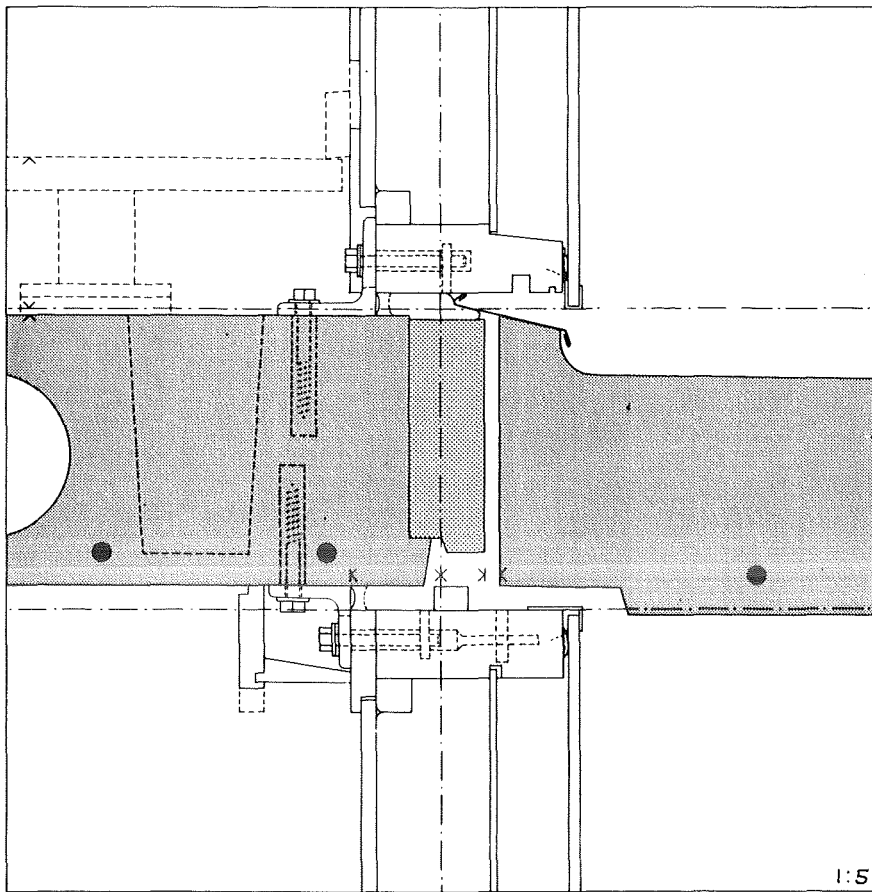
Let facade - gavl



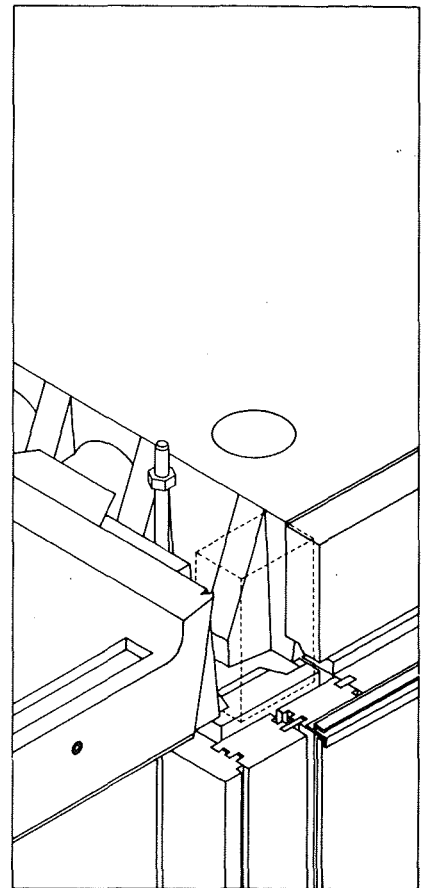
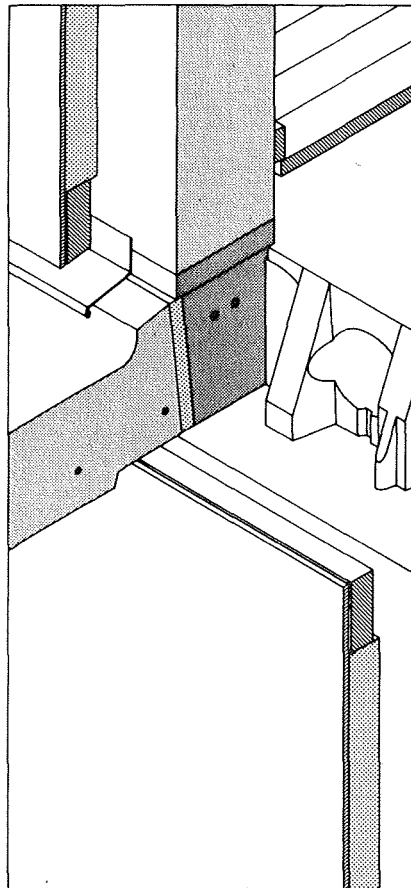
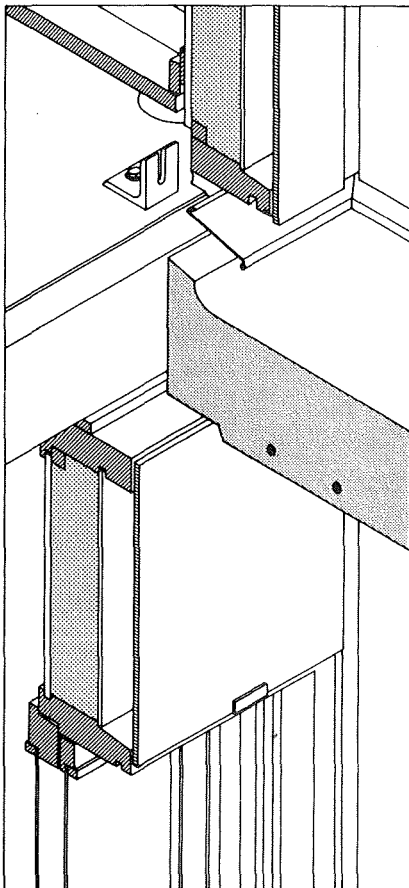
Let facade - tværvæg

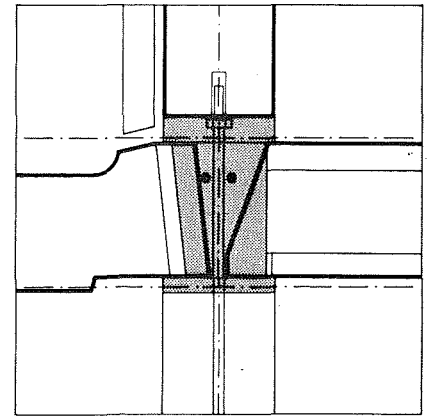
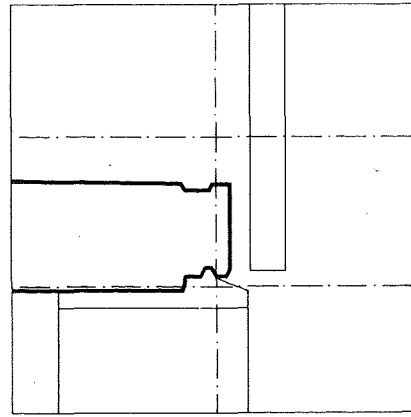
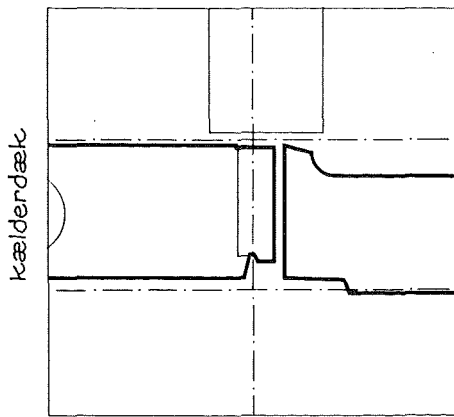
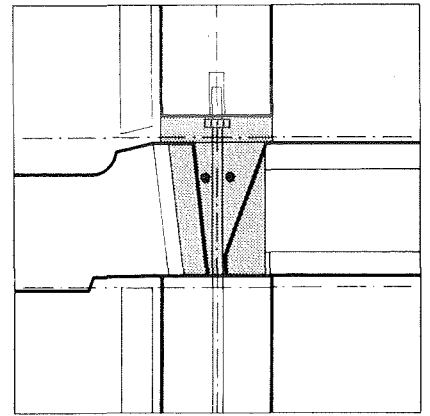
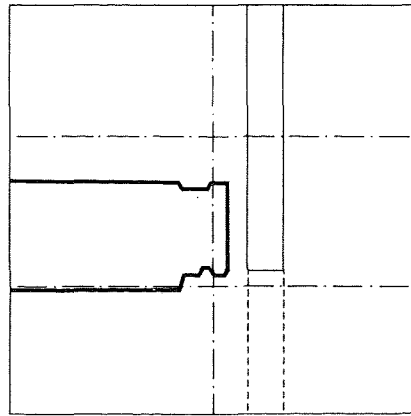
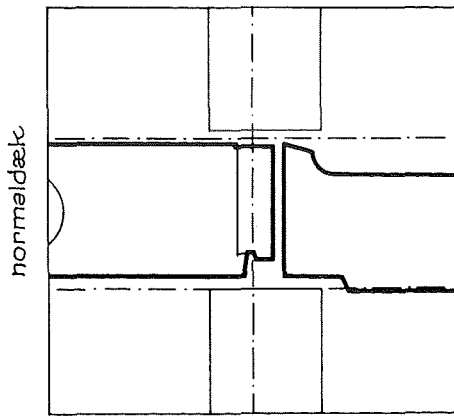
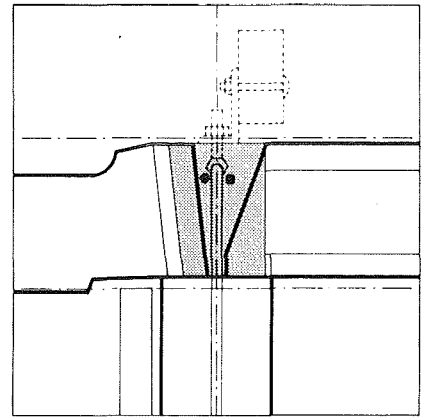
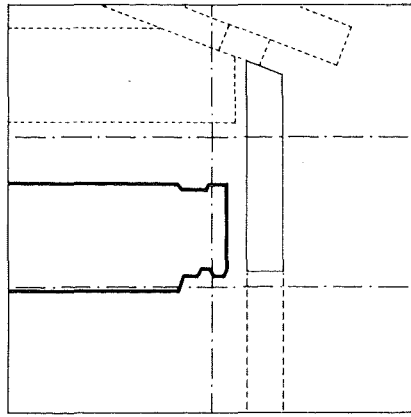
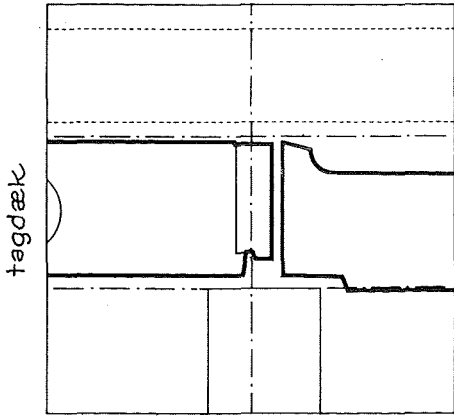


ALTAN



Samling altan - dæk - let facade



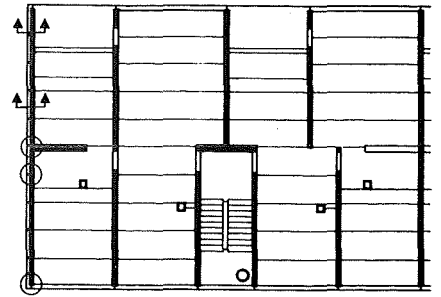
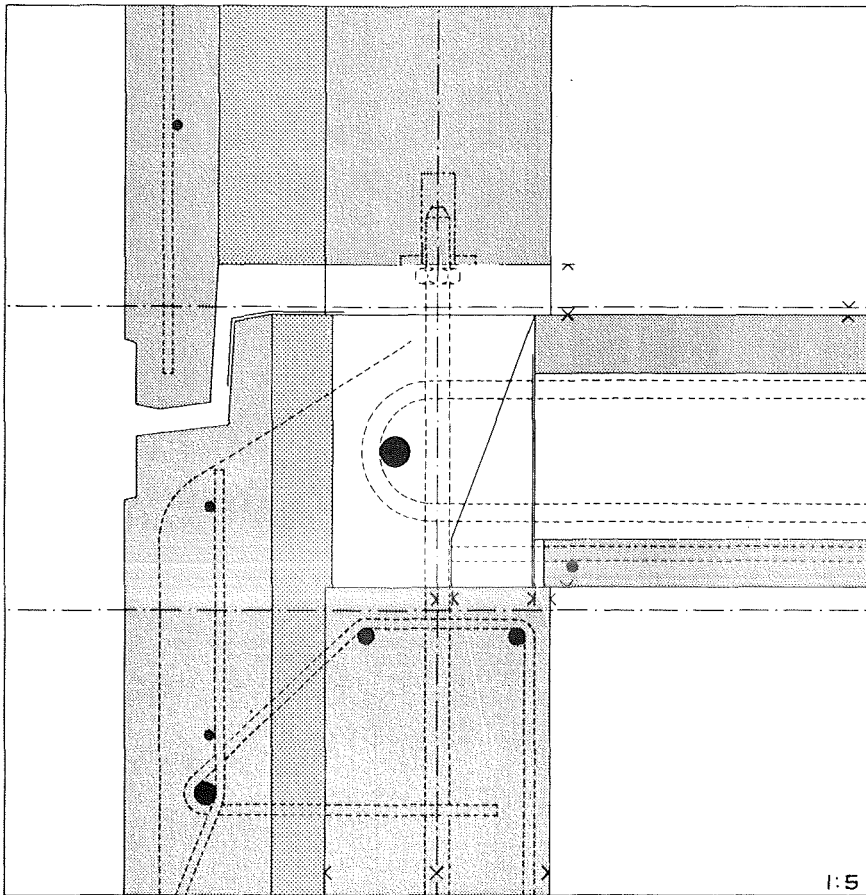


Altan - dæk - let facade

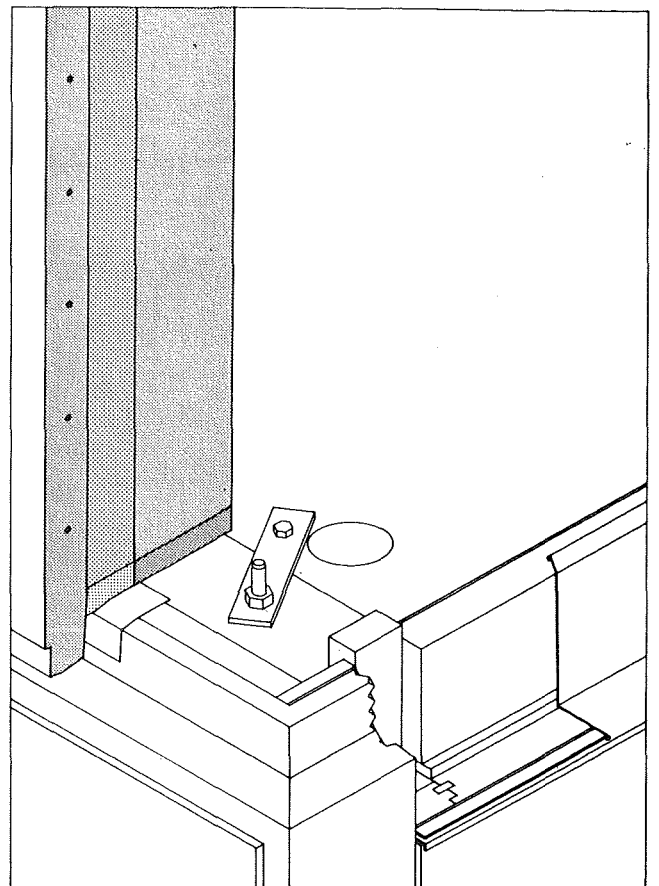
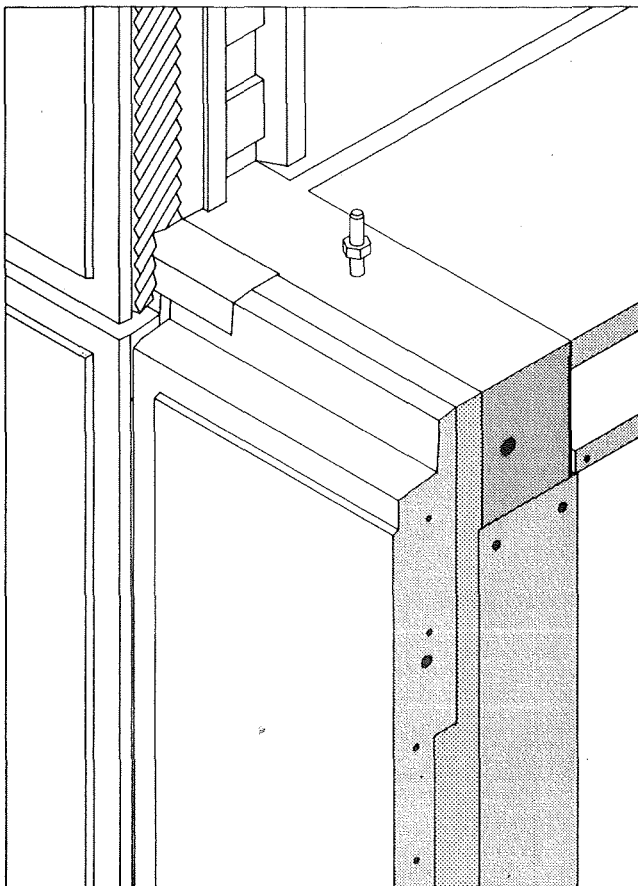
Afdækning altanforkant

Altan - dæk - tværvæg

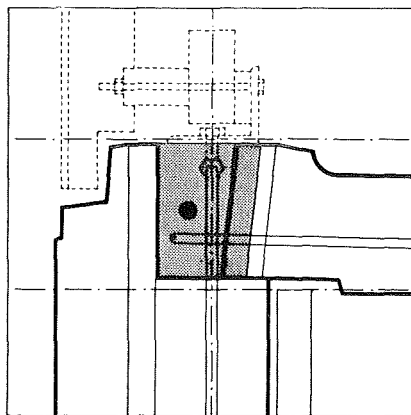
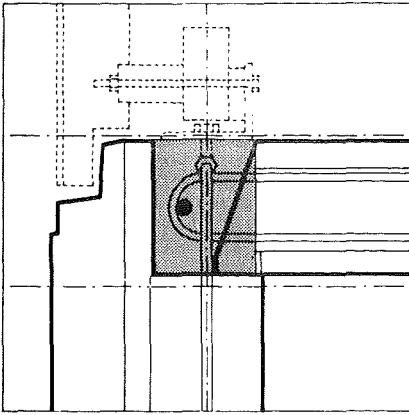
# GAVL - DÆK



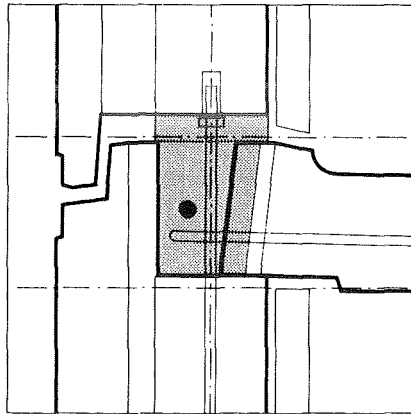
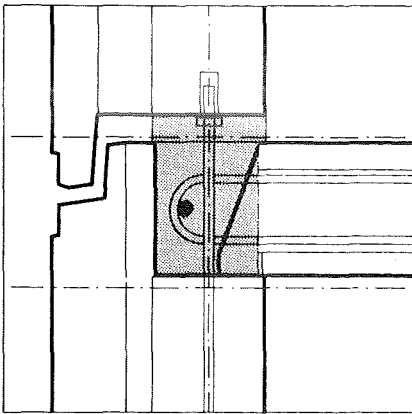
Samling gavl-dæk.



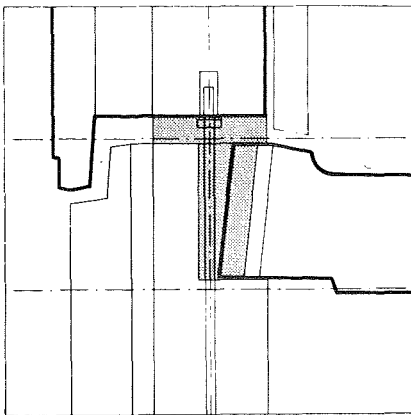
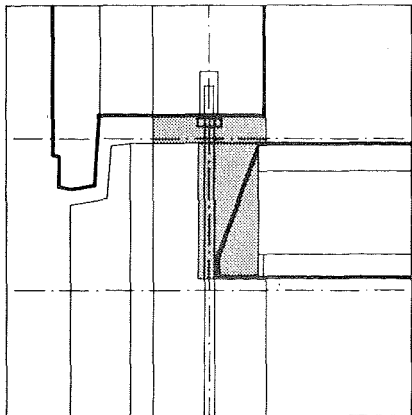
tagdæk



normaldæk



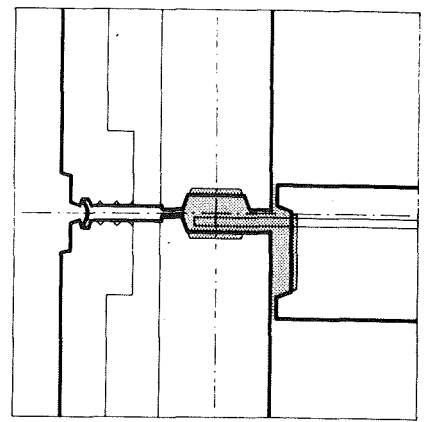
kælderdæk



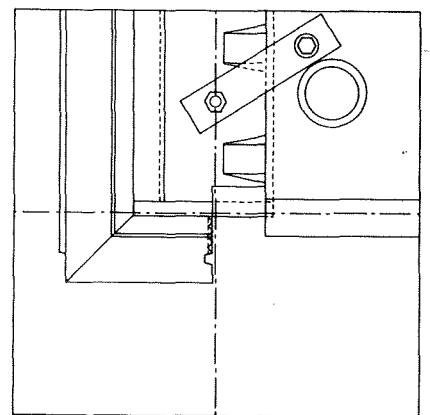
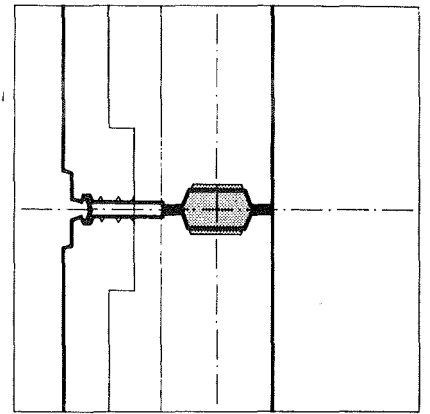
Gavl - dæk



Gavl - altan



Gavl - afstivende længdevæg

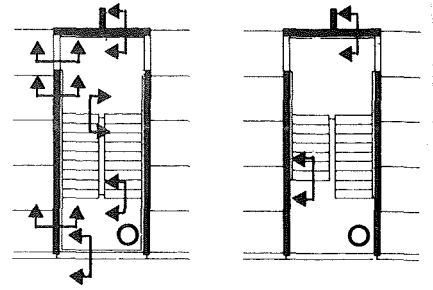
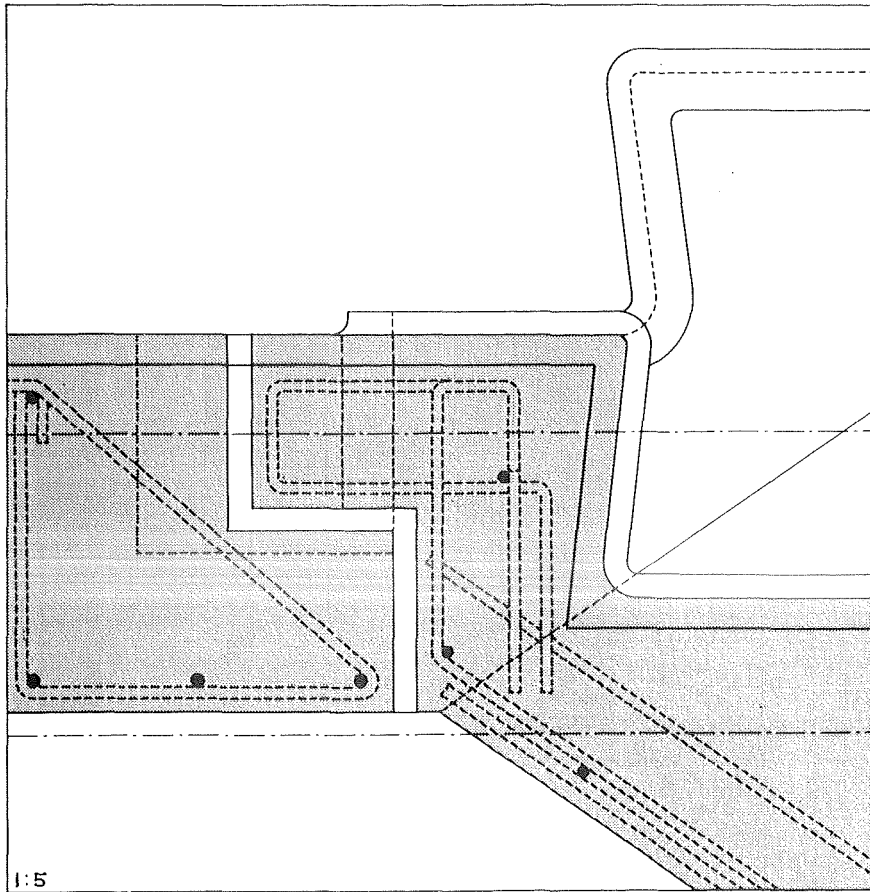


Hjørneanker ved gavl  
(vægkomp. løftet væk)



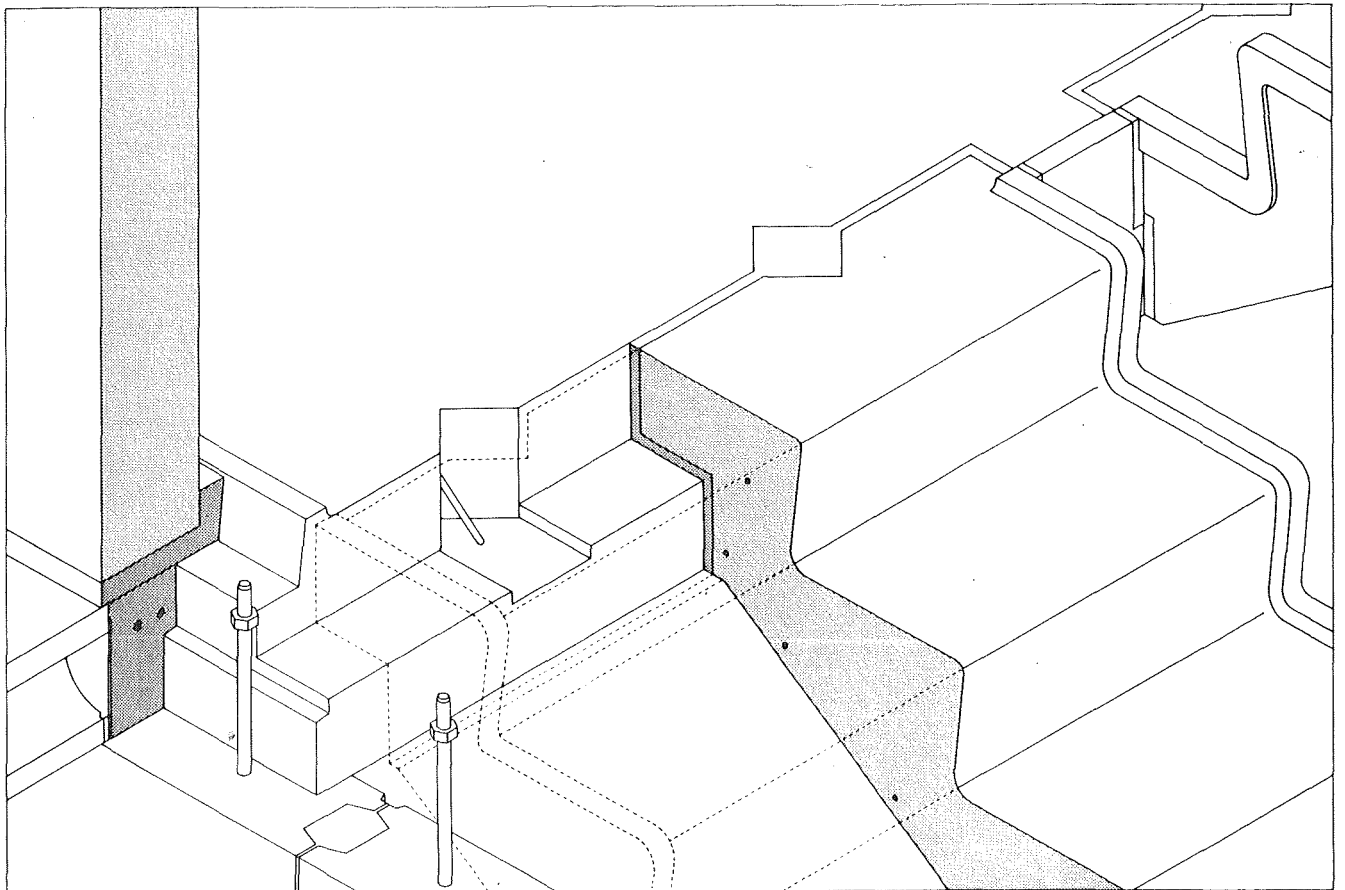


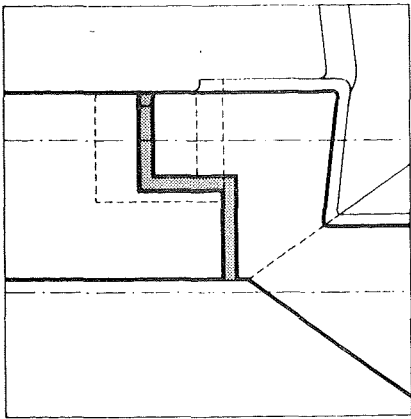
# TRAPPE



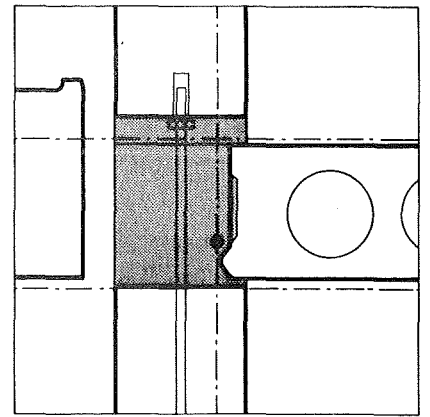
1:5

Samling løb - repos

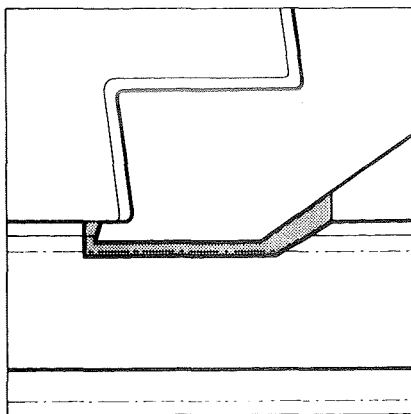




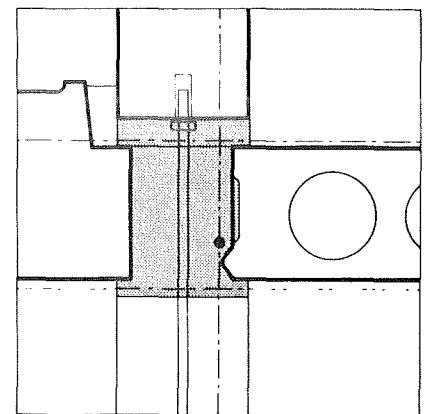
Repose - løb (mellemprep.-løb)



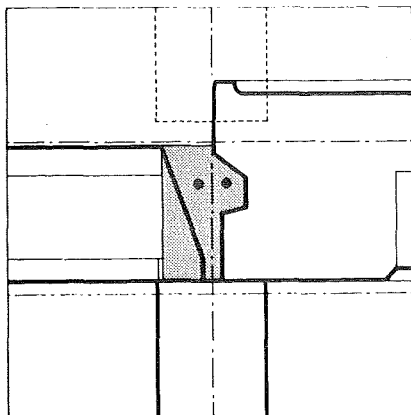
Hovedrepose - endevæg trappe



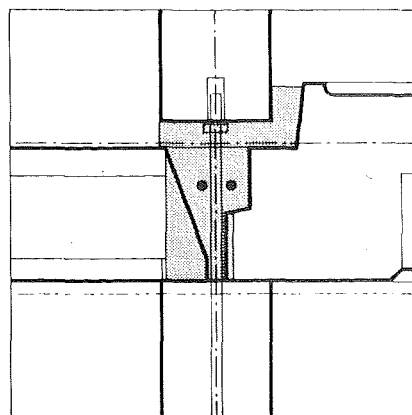
Indgængsrepose - løb



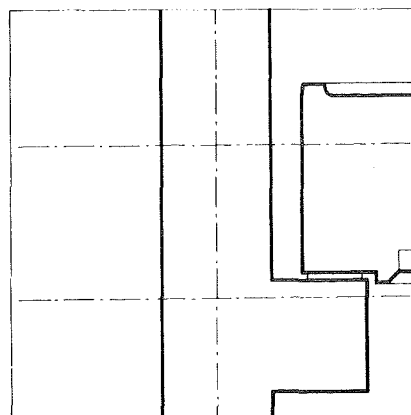
Hovedrepose - endevæg trappe  
(kælderdæk)



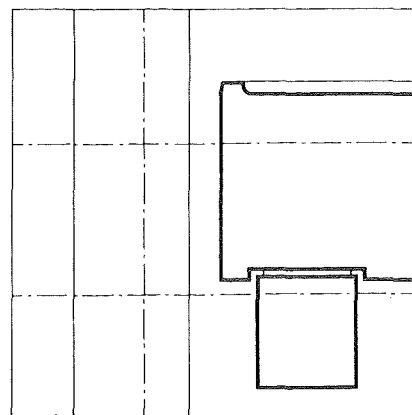
Hovedrepose - dørhul



Hovedrepose - tværvæg

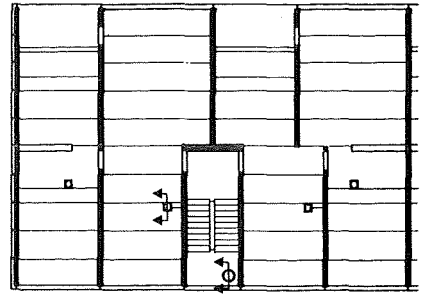
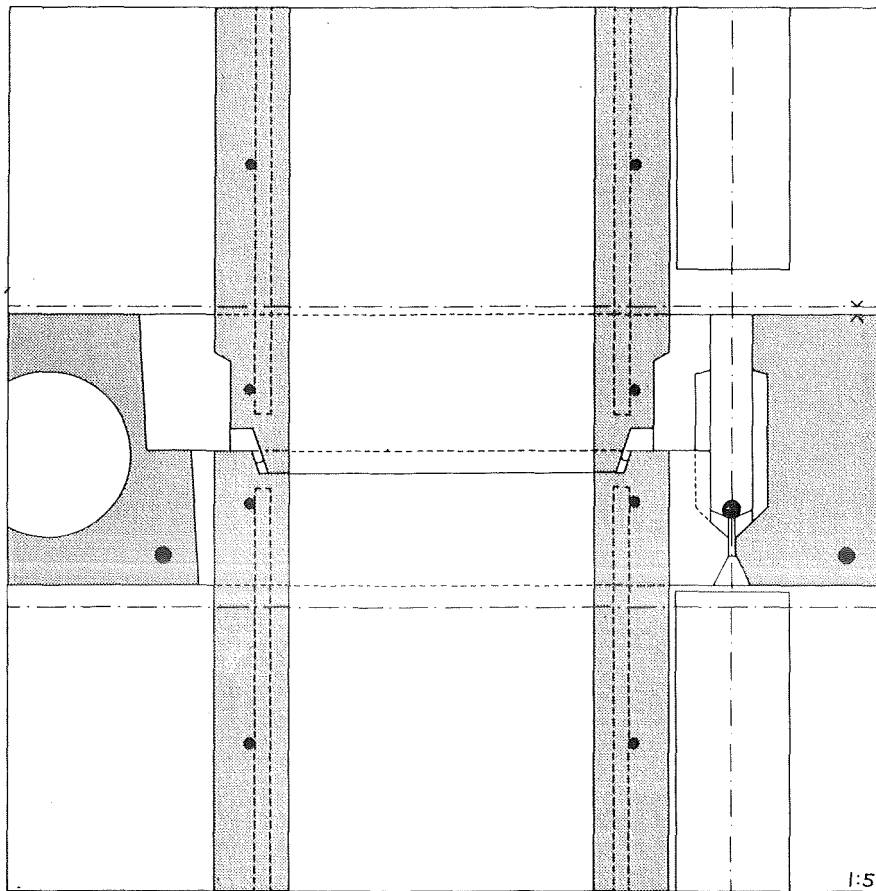


Mellemprepose - tværvæg

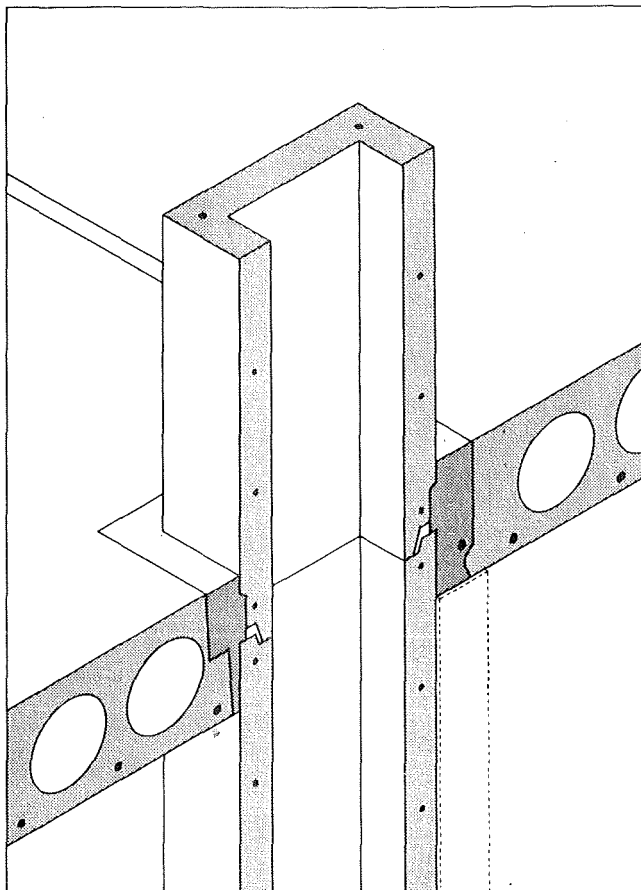


Mellemprepose - fæcåde

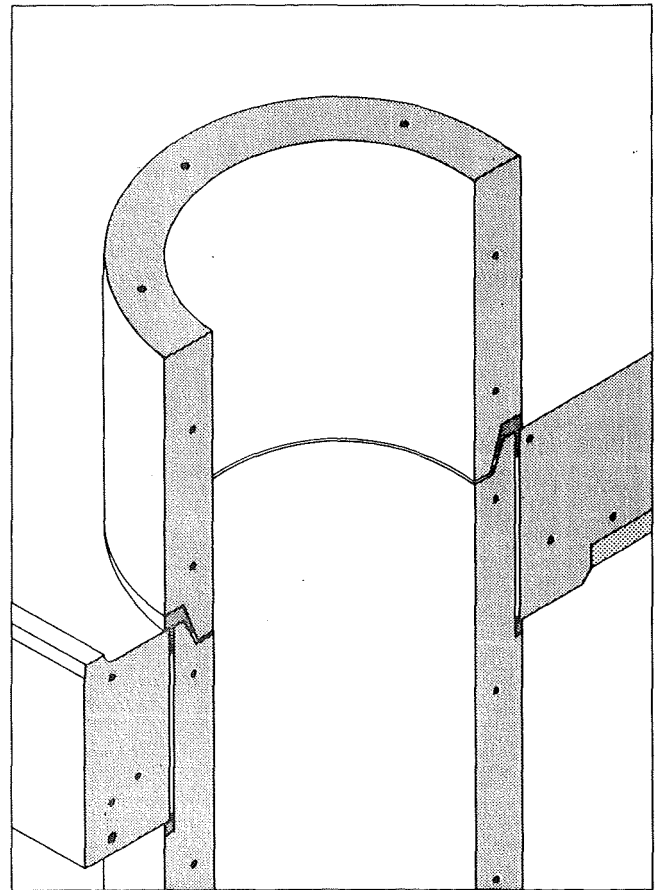
SKAKTE



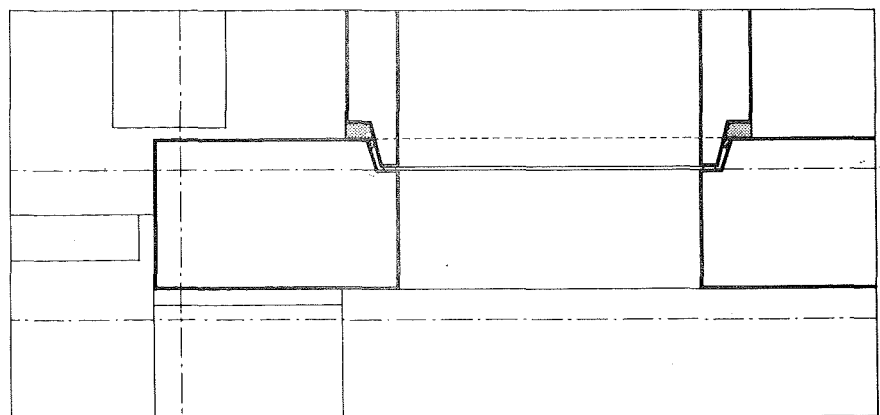
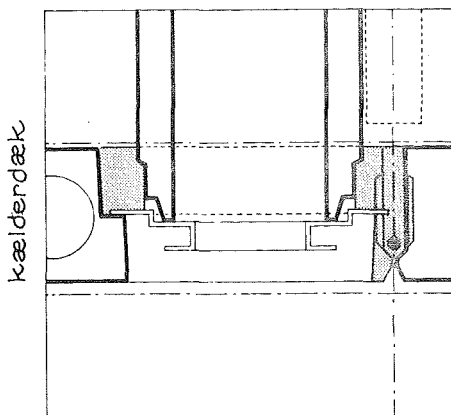
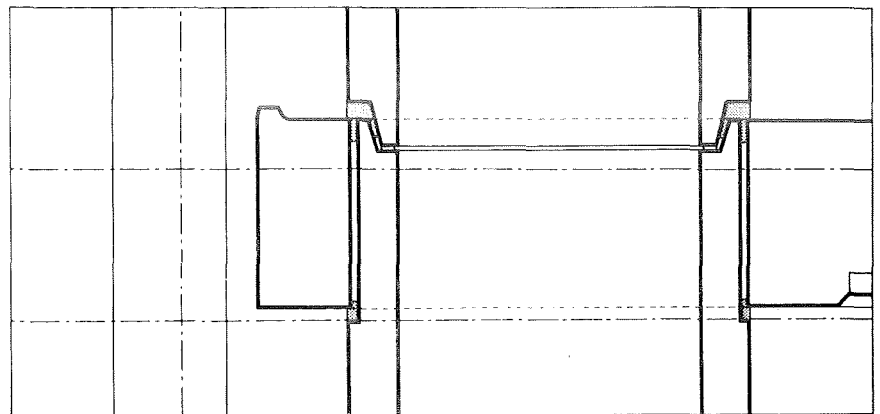
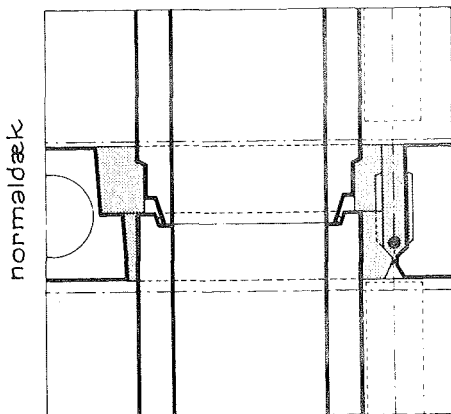
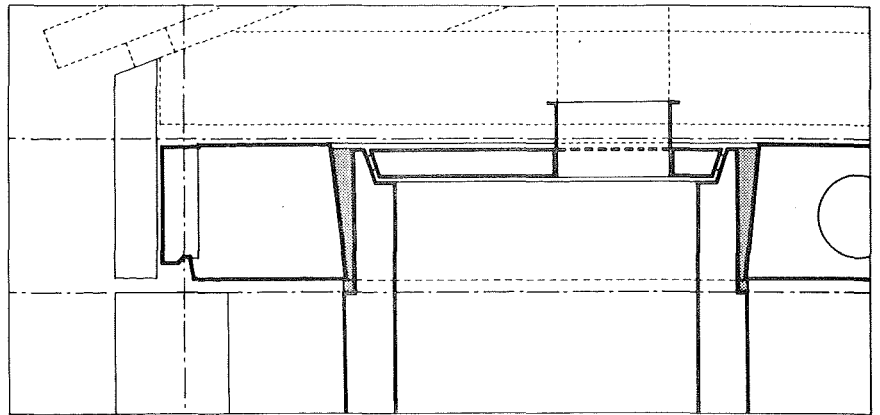
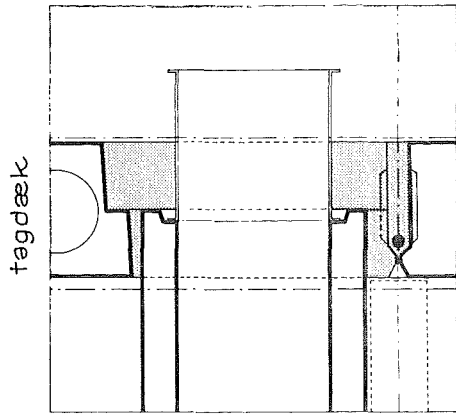
Ventilationsskakt



Ventilationsskakt



Affaldsskakt



(ved mellemrepose)

Ventilationsskakt

Affaldsskakt

(ved indgangsrepose)

## BYGGE-SYSTEM-NØGLE

- en nøgle til støtte for udvikling og præsentation af detaljer i byggesystemer

Under en industriel byggeskik, hvor der katalogbygges med præfabrikerede komponenter, må komponenternes samlingsdetaljer være afklarede - og vises i producenternes katalogmateriale.

Dette er især vigtigt for byggesystemer - såkaldte delsystemer - til "råhuset", fordi det er detajllerne som i virkeligheden redegør for systemets gyldighedsområde.

Bygge-system-nøglen viser med et minimum af tekst hvilke og hvor mange detaljer, der må gennemarbejdes og præsenteres, for at en idé kan blive til et byggesystem.

KOMMENTARER TIL MATERIALET FRA HØJGAARD & SCHULTZ A/S

Det materiale, Højgaard & Schultz A/S så velvilligt har stillet til rådighed for undervisningen, indgår i notatets pensum, men udleveres separat, idet detaillerne også er tænkt udnyttet som grundlag for øvelser, skitsering o.s.v., hvor løst materiale er lettere at overskue og tegne af.

Detaillerne er i øvrigt meget nær de samme for elementer leveret fra en række andre, danske elementfabrikker.

Enkelte kommentarer følger nedenfor:

Brochuren, pag. 15

Bemærk billedteksterne !

Brochuren, pag. 3

Det største billede viser et dæk uden bæreknaster, se teksten nedenfor. De øvrige billeder viser operationer fra produktionen af hule dækelementer med bæreknaster, støbt på et samlebånd, i 1200 mm brede stålforme, med flytbare endeforme til opnåelse af spændvidder fra 2400 til 6000 mm.

Brochuren, pag. 5

Der henvises til danske standards for mål og brandklassifikation. Dækkene kan benyttes i alt normalt bolig- og kontorbyggeri m.v..

Målstandarderne siger, jfr. notatet "Montagebyggeriets projekteringsgrundlag" (samt standardblade og de indledende blade i "Kompedium i Husbygning"), at moduler generelt er  $M = 100$  mm (anvendes bl.a. til koordinering af køkkenskabe, komfurer og køleskabe), at planløsninger skal baseres på et  $3M \times 3M$  net ( $300 \times 300$  mm), at der som præference benyttes vægafstande, midte-væg-midte-væg  $n \times 3M$  ( $n \times 300$  mm) og dækbredder og vægbredder =  $p \times 12M$  (eventuelt 6M).

Etage(brutto)højden er 28M, i enfamiliehuse eventuelt kun 26M.

Brochuren, pag. 9

De viste detaljer kan sammenlignes med de i dette notat tidligere viste: 15 år ændrer ikke alverden på logiske løsninger. Detailmål m.v. kan findes på vedlagte tegninger (og i notatet "Facadelementer").

Det må dog understreges, at tegningerne viser et øjebliksbillede af et firmas "produktion" (juli 1976).



Detail 2 og detail 11 m.fl. viser fuge-udstøbninger. Betonkvaliteten er normalt  $\sigma'_{bk} = 15 \text{ MN/m}^2$ . For væg-væg-fugen (detail 11) kan fugebredden udledes af tabellerne pag. 11 i brochuren som forskellen mellem modulmålet (M-mål) og tilvirkningsmålet, d.v.s. fra 3 til 8 mm, afhængigt af vægelementbredden. Dette mål angives på tegningen og varierer naturligvis i praksis, afhængigt af fabrikations- og montagemålafvigelser.

Brochuren, pag. 10

Bemærk, at bolte skal placeres af hensyn til elementets tyngdepunkt, og at industriproducerede betonelementer har meget snævre tolerancer på det vigtige bredde-mål.

Brochuren, pag. 11

De tre produktionsprogrammer har forskellige priser ab fabrik: 1 er billigst, 3 dyrest, som følge af mekanisering kontra "fabrikshåndværk" (også kaldet "renæssanceelementer"). På den anden side er montagen billigst for store, individuelt målsatte elementer, med fuger, hvor det nu passer. Man skal også overveje, hvad det koster at lade en række installationsgenstande indstøbe (forøges variantantal plus arbejdsoperationer) i forhold til at "tilføje" installationerne til et forenklet råhus. Hvad ser i øvrigt bedst ud, er lettest at vedligeholde, og tiltaler brugeren mest? Må det koste penge? Hertil kan føjes, at elementprisen ab fabrik kun er en begrænset del af den samlede byggepris, så fanatisk betonelement-forenkling er næppe vejen frem til godt byggeri, jfr. notatet om "Huslejen = f(Pris, Politik, Produktivitet, Prioritering). Alligevel bør man under projekteringen søge at nå frem til så mange normale, rationelle løsninger som muligt og kun vælge det bevidst individualiserede, hvor der opnås egentlige fordele herved.

Brochuren, pag. 12

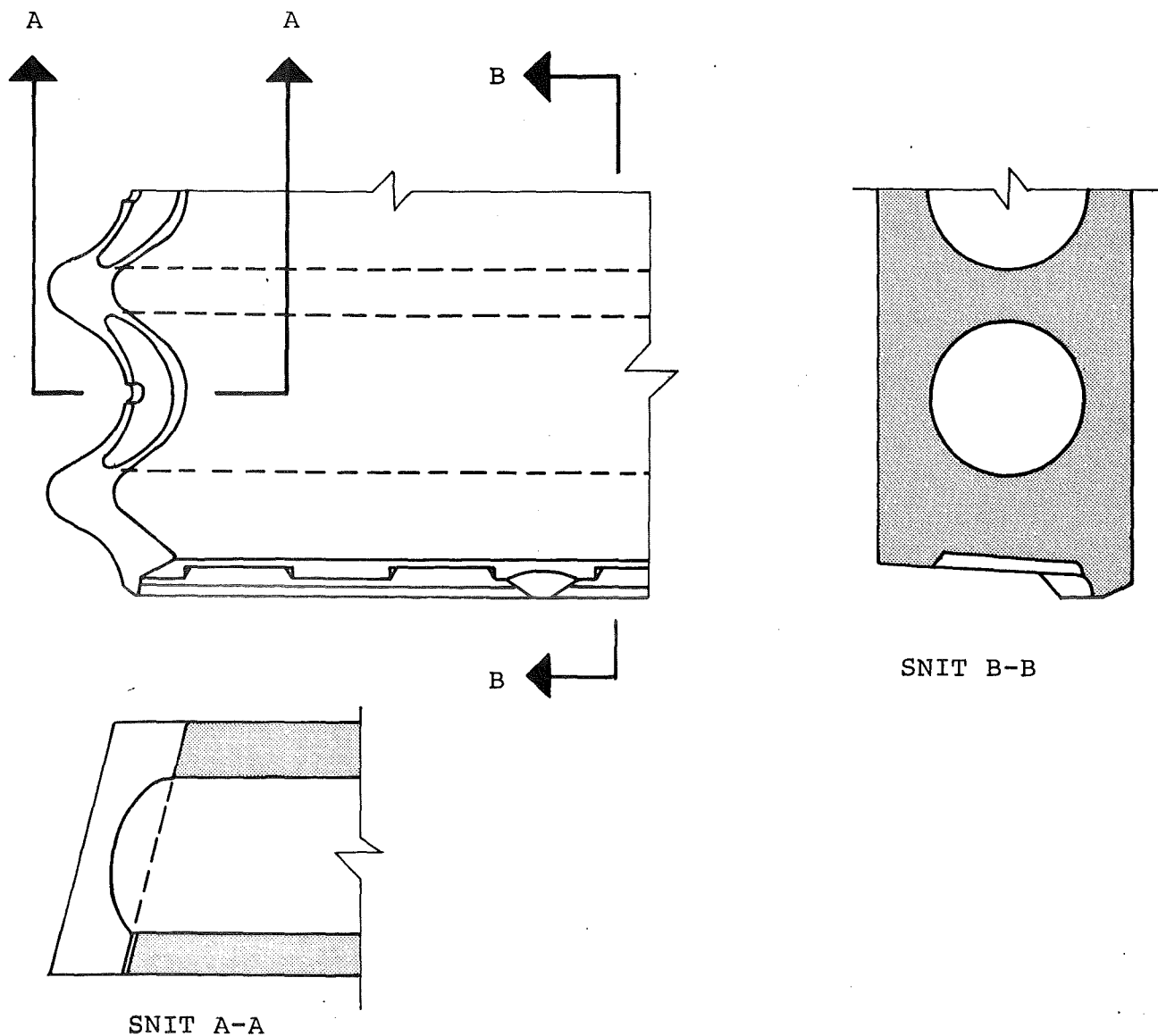
75 mm tykke vægge er ikke bærende, men f.eks. rumadskillende, badeværelsevægge o.s.v..

100 mm tykke vægge kan i visse situationer være bærende.

150 mm tykke vægge er det normale i boligbyggeri i 3-4 (op til 8) etager.

180 mm tykke vægge anvendes i byggeri med adskillige etager, 8 og opefter, og vil i almindeligt boligbyggeri i reglen give





FIGUR 10

NY BÆREKNAST OG LANGKANT PÅ H & S DÆKELEMENT, 1:5.

Bæreknasterne vises på plan og snit A-A. Hele elementkanten er skrå, idet knaster m.v. dannes af en bølgeformet cylinderflade med frembringere med hældning ind mod elementet. Herved lettes afformningen af endeformene. Den gængse, ældre type bæreknastr vist bl.a. på figur 2 kræver, at endeformen indledningsvis bevæges vandret bort fra elementet, mens endeformen til den nye type kan løftes lodret op.

Den fortandede langkant vist på plan og snit B-B er endvidere på alle dækelementer idag skrå, ikke lodret som vist på figur 2 og pag. 24. Derved øges bredden foroven af den langsgående dæk-dækfuge fra 22 til 54 mm, således at det bliver lettere at ilægge og omstøbe armeringsjern. Fugen er forneden teoretisk 2 mm både på de ældre og de nyere dækelementer.

(Figuren er tegnet efter "Grundtegnning, dækelement PE, PG 03")

bedre lydisolations for en ringe merpris, da etagekrydsets udstøbning da med større sikkerhed over for sjusk vil hindre lydbrøer. Langspænddæk skal oplægges på mindst 180 mm tykke vægge, brochurens figur 6.

Grundtegnning,  
dækelement PE

Dækelementet afviger ikke væsentligt fra det i Bygge-System-Nøgle, dæk-dæk-fuge.

Dimensionerne på H & S dækelementer er for PE og RE dæk:

Tykkelser: 185 (PE) og 215 (RE) mm.

Længder : 18M til 60M med 3M spring.

Bredder : 6M, 12M og 24M (sidstnævnte bredde er nu i forhold til brochuren).

Elementets detaljer fremgår af tegning PG 01, der viser et 12M bredt PE-dæk.

Varianttegnning,  
dækelement 48M

Tegning PE 2448 viser grundlaget for op-tegningen af et variantelement, 24M bredt, 18M langt og 185 mm tykt (PE-type). Tegningen viser også princippet for armeringsnettet.

H & S nye, 24M brede dæk har en ny knasttype, der forenkler afformningen, se figur 10.

De øvrige dæktypers detaljer fremgår af følgende tegninger, der ikke indgår i dette notat, men fremlægges ved øvelser m.v. på instituttet:

PG 03, der viser et 24M brede PE-dæk med en ny knasttype,

PD 03, der viser et 12M bredt PE-dæks løftebøjler,

RG 01, der viser et 12M bredt RE-dæk. Tegningen er analog til PG 01, idet forskellen i tykkelsen 215 i stedet for 185 mm viser sig ved følgende nye mål:

Snit A-A: 185 → 215,

Snit B-B: 38 → 68 (fortandings-  
højde vandret)

Snit C-C: uændret knasthøjde,

Snit D-D: hullets bredde uændret  
114, hullets højde

114 → 144 (ovale huller).

RG 03, der viser et 24M bredt RE-dæk med den nye knasttype. Mål i øvrigt som RG 01.

RD 03, der viser et 12M bredt RE-dæks løftebøjler.

Endvidere:

DG 01 og EG 01, der viser 12M brede DE- og EE-dæks detailmål.

Grundtegnning,  
vægelement  
t/h = 150/2587

Grundtegnning, vægelement, t/h = 150/2587 indgår i notatet, visende et almindeligt anvendt vægelements detaljer. I instituttets supplerende materiale indgår grundtegninger af en række andre vægelementer. Det fremgår eksempelvis heraf, at på grundtegningen af et 180 mm tykt vægelement (med samme højde) er det kun målene 75 og 150, der ændres til 90 og 180. På snit B-B er målene de samme, d.v.s. at bredden af fortandingen er øget med de 30 mm, en 180 mm væg er tykkere end en 150 mm væg. For vægelementer med en anden højde end 2587 er de fleste detailmål ligeledes identiske. På side 3 (4) er målet for vægkantens fortanding, 75 mm, fastholdt, mens antallet af multipler af 75 mm varierer (såvel som det ikke angivne mål for nederste fortanding). (Sammenlign pag. 12 i brochuren.) Fortandingen begynder altså altid på samme måde foroven, med den størst mulige bredde af den lodrette væg-væg-fuge for at lette denne fuges udstøbning. Målene på løfteboltene varierer, afhængigt af tykkelsen af det dækelement, væggen skal være (f.eks.  $l = 250$  mm for 185 mm dæk med 28 mm understopningsfuge og  $l = 285$  mm for 215 mm dæk med 33 mm understopningsfuge).

For dæk som for vægge er princippet, at så mange detaljer, formdele, udsparinger o.s.v. som muligt, skal være ens.

Bemærk, at (løfte-)montageboltene "forlænges" ned gennem elementet med kantarmring af 6 mm kamstål som en sikkerhedsforanstaltning. Elementet kunne f.eks. under afformningen få fine, usynlige revner eller under montagen støde mod andre bygningsdele, i begge tilfælde med risiko for, at en del af elementet straks eller senere faldt ned, hvis ikke denne kantarmring var etableret.

Løfteboltens afstand fra kanterne er i reglen 150 mm (eller  $150 \text{ mm} + p \times 3M$ ), og deres indbyrdes afstand er  $n \times 3M$ , således at løfteboltene altid passerer "etagekrydset", (d.v.s. den vandrette fuge mellem væg og dæk) midt mellem to dæknaster (ud for dækkets cylindriske kanaler), jfr. tegning PG 01.

Supplerende  
materiale  
på IFH

I instituttets supplerende materiale indgår ligeledes detaljer af de pag. 10 og 12 i brochuren viste døråbningers og el-installationers princip, samt en række interne principper for udsparinger i dæk, vederlagsdybder for dæk på vægge, plastskiver til lukning af dækkets kanaler, el-placerings"standards", montagehul i vægge etc. i form af tegninger og uddrag af firmaets "Håndbog for projekteringsafdelingen".

Etagekryds (D3),  
væghøjder

Etagekrydstegningen D3 (kombineret med dæk- og vægelementtegninger) giver følgende højder på vægelementer:

Vægelement VE:

Dæk 185 mm, understopningsfuge 28 mm og væghøjde 2587 mm, ialt 2800 mm (28M) i etagebyggeri.

Vægelement NE:

Dæk 215 mm, understopningsfuge 33 mm og væghøjde 2552 mm, ialt 2800 mm (28M) i etagebyggeri.

Vægelement ME:

Dæk 185 mm, understopningsfuge 33 mm og væghøjde 2382 mm, ialt 2600 mm (26M) i rækkehuse.

Etagekryds (D3)

De i forbindelse med DE-dæktyperne skabte problemer i etagekrydset behandles på kursus 6503. (Dækket er "indspændt", hvilket kan give excentriciteter for væglasten og revnedannelse i dækoversiderne nær etagekrydset. Forløbet af lodrette kræfter gennem etagekrydset bør eftervises specielt, kan dækkene medvirke? Er det reducerede udstøbnings-tværsnit tilstrækkeligt? m.v., smlgn. figur 6.)

Lodret og vandret  
snit i gavl, D4 og D7

Eksempler, der bør sammenlignes med tekst og figurer i notatet "Facadeelementer".

Uddragene af  
håndbog for  
projekterings-  
afdelingen

Detallernerne og teksten uddyber facadeelementnotatets tekst. På et enkelt punkt bør løsningen kommenteres: Højgaard & Schultz benytter ikke not for neoprene plus vaskebrædt som vandtætende trin i 2-trins-fugen, men to noter, en for neoprenestrømle og en bagved som dræn. Denne løsning er fuldt forsvarlig, når en højt kvalificeret elementfabrik står

Not i stedet for  
vaskebrædt

bag: Noten skal fungere, d.v.s. at der ikke må være skår eller stenreder. Fabrikker med en ringere støbeteknik står sig ved at benytte vaskebrædt, da dettes funktion bibeholdes, selv om der er begrænsede skår og stenreder.

Neoprenestrimlen skal passe nogenlunde, d.v.s. at der på grund af målafvigelser i produktion og montage må regnes med en ikke helt uvæsentlig variation i de aktuelle fugers bredde. Den side 5 og 6 i afsnit 3.5.1, angivne fugebredde, 16 mm, er, efter min opfattelse, den mindste, man bør foreskrive, da den praktiske fugebredde ellers nemt hist og her bliver så lille, at det er umuligt at montere en neoprenestrimmel. (Er uheldet ude, kan en fugemasse i en smal fuge teknisk klare problemet.) Der må regnes med, at byggepladsen skal have mindst 3 forskellige bredder neoprenestrimmel parat til de forskellige, aktuelle fugebredder.

BÆREEVNEBESTEMMELSE

## Indledning

De statiske forhold i en bygning opbygget af præfabrikerede betonelementer adskiller sig fra vanlige pladsstøbte jernbetonkonstruktioner i kraft af bygningens opdeling i enkeltdele: Dæk- og vægelementer.

Dette forhold medfører, at konstruktionsvurderingen kan opdeles i en bæreevneundersøgelse af de enkelte elementer og samlinger og i en stabilitetsundersøgelse af hele bygningen.

I det følgende gennemgås bæreevneundersøgelse af dæk- og vægelementer.

Stabilitetsundersøgelse af en bygning opbygget af skiver er behandlet i forelæsningsnotatet: "Skivebygningers Statik".

A. DækelementerA.1 Standarddækelementer

Indledningsvis undersøges standarddækelementet med bæreknaster pr. 15 cm, som allerede er beskrevet på side 6 ff.

Som tidligere anført regnes dækelementerne at være enkeltspændte og simpelt understøttede plader. Ved montagen af elementerne og ved udstøbningen af fugerne må man sikre sig, at disse beregningsforudsætninger holder stik.

Dækelementets momentbæreevne beregnes i henhold til betonnormens bestemmelser, hvorimod (forskydningsbæreevnen og) knastvederlagets bæreevne ikke kan beregnes, men har måttet eftervises ved forsøg.

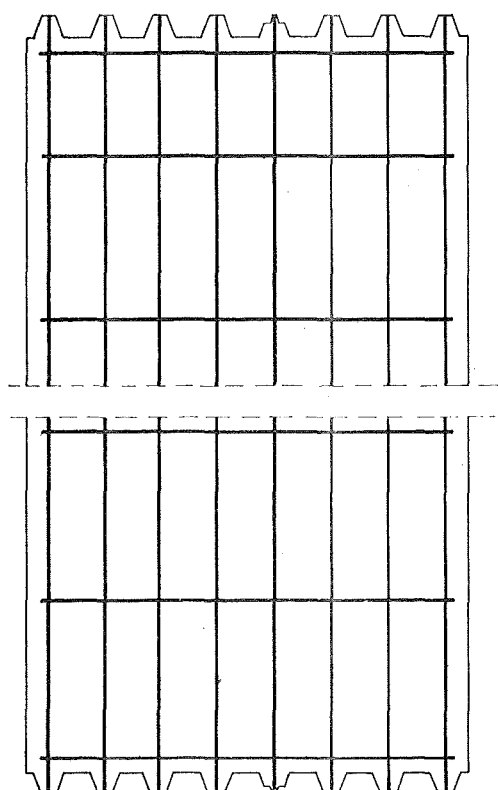
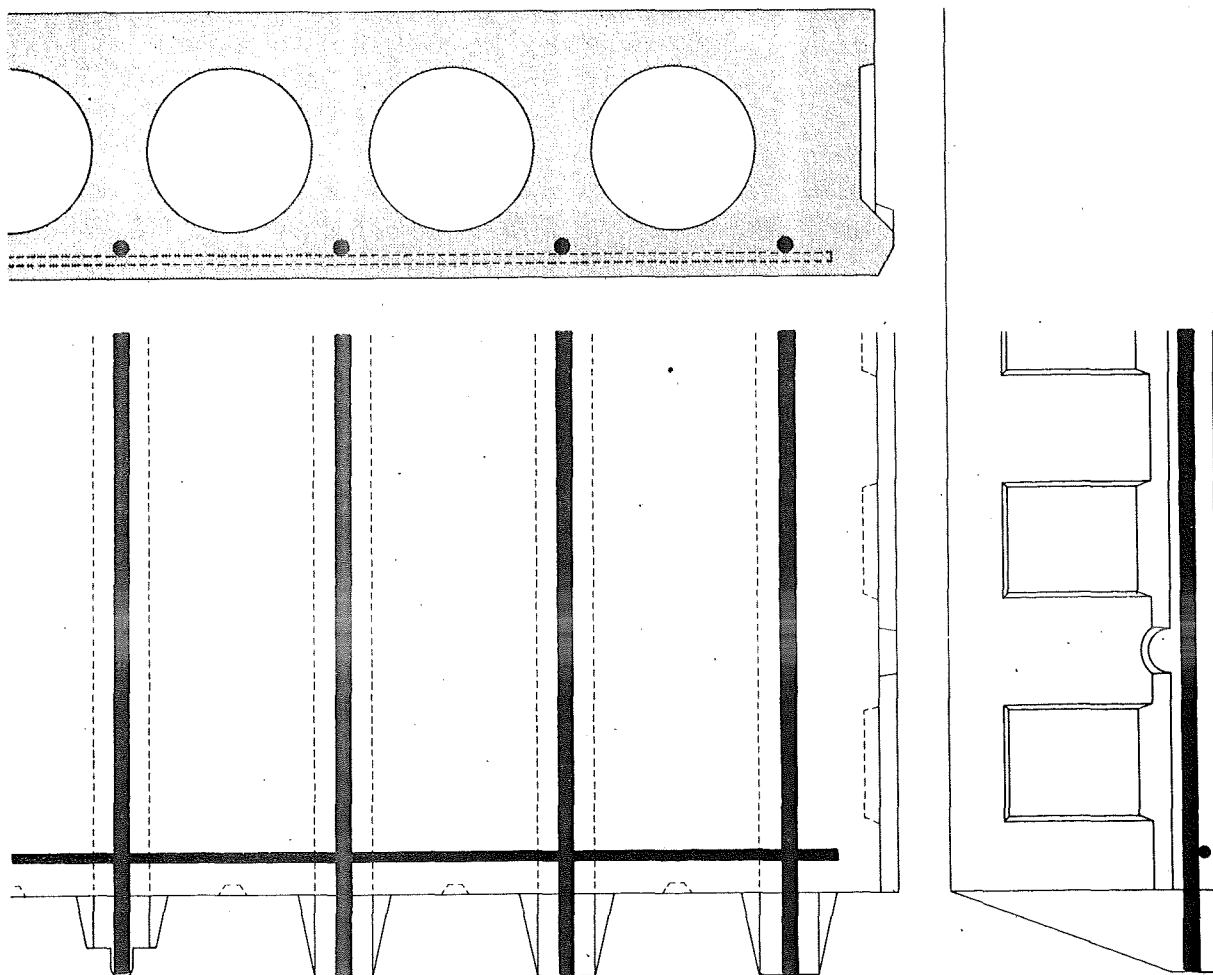
## Armering

Slap armering ved spændvidder < 6,3 m

Dækelementer med spændvidder op til 6,3 m er forsynet med slap armering i form af langsgående hovedarmering (Kamstål pr. 15 cm) fra knast til knast og er desuden forsynet med en fordelingsarmering (tværarmering) pr. 45 cm (normalt K 06). Hovedarmering og fordelingsarmering udføres normalt som svejst net med en maskeomkreds på maksimalt 120 cm, og armeringen skal i de tilfælde derfor være svejsbar.

## Knastarmering

Det er af afgørende betydning for knasternes bæreevne, at armeringen er anbragt centralt i knasterne. Dette kan sikres ved, at en af knasterne i hver ende af elementet er gjort kortere på nær et centralt fremspring, hvormed armeringens placering kan styres i elementets tværretning. Armeringsnettet kan leveres med en længdetolerance på 5 mm, hvorfor knastens uarmerede del højst bliver af samme størrelsesorden.



FIGUR 11

ARMERING AF DÆKELEMENTER

Øverst: 1:5 , Detail.

Nederst: 1:20, Plan af armeringsnet.

Førspændt armering  
ved spændvidder > 6,3m

Dækelementer med spændvidder større end 6,3 m er forsynet med førspændt langsgående armering i form af strands og eventuelt med tværarmering af Kamstål ved vederlagene. Derved er spændvidder op til 12 m (for tagplader) blevet mulige. (se A.4).

Elementgeometri

Elementernes geometri er tidligere beskrevet. Her skal blot tilføjes, at fabrikkerne ikke kan garantere ganske bestemte værdier for elementernes tykkelse, bredde og længde. De opgiver derfor et interval som et basismål  $\pm$  en halv tolerance inden for hvilket de faktisk forekommende mål garanteres at ligge. Tolerancerne for tykkelse, bredde og længde er typisk  $\pm 5$ mm,  $\pm 3$ mm og  $\pm 5$ mm. Tolerancerne skal tages i regning, hvis de har afgørende betydning for bæreevnen.

Tolerancer

Momentbærevneberegning

Vi betragter nu et dækelement med tykkelsen (basismål) 185 mm og med en hovedarmering på K 08 pr 150 mm. Der arbejdes med kontrolklasse KK II\*, og betonens karakteristiske trykstyrke er:

$$\sigma'_{bk} = 20 \text{ MN/m}^2 = 20 \text{ MPa}$$

Armeringen er Svensk Kamstål Ks42S med en garanteret mindste flydespænding på:

$$\sigma_{ak} = 420 \text{ MPa}$$

og en brudforlængelse på målelængden 10 d på:

$$\delta_e \geq 15 \%$$

Som tværarmering anvendes K 06. Elementet antages at skulle anvendes i Miljøklasse C (f.eks. indendørs), og det betyder et mindste dæklag på 10 mm.

For normale lastkombinationer og KK II gælder partialkoefficienterne:

$$f_a = 1,4 \quad \text{og} \quad f_b = 1,8$$

d.v.s., at de regningsmæssige styrker bliver:

$$\sigma'_{br} = \frac{20}{1,8} \text{ MPa} = 11,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ar} = \frac{420}{1,4} \text{ MPa} = 300 \text{ MPa}$$

Da enkeltspændte plader i henhold til betonnormen kan beregnes som bjælker, er

\*) jvf. litt. [1]



tværsnittets momentbæreevne ved ren bøjning, normaltarmet tværsnit, givet ved:\*

$$\begin{aligned} M_{ur} &= \Phi \left(1 - \frac{1}{2} \Phi\right) b h_e^2 \sigma'_{br} \\ &= \left(1 - \frac{1}{2} \Phi\right) A_a \sigma_{ar} h_e \end{aligned}$$

hvor

$$\Phi = \frac{A_a \sigma_{ar}}{b h_e \sigma'_{br}} = \text{mekanisk armeringsgrad}$$

$$b = \text{regningsmæssig bredde} = 150 \text{ mm}$$

$$h_e = \text{nyttehøjde} = h_r - c - d_f - \frac{1}{2} d_a$$

$$\begin{aligned} A_a &= \text{armeringens tværsnitsareal} \\ &= 50,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_r &= \text{regningsmæssig dæktykkelse} \\ &= \text{basismål} - \text{halv tolerance} \\ &= 185 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \text{dæklag for fordelingsarmering} \\ &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_f &= \text{diameter af fordelingsarmering} \\ &= 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_a &= \text{diameter af hovedarmering} \\ &= 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

heraf fås:

$$h_e = 180 - 10 - 6 - 4 = 160 \text{ mm}$$

$$\Phi = \frac{50,2 \cdot 300}{150 \cdot 160 \cdot 11,1} = 0,057$$

$$\begin{aligned} M_{ur} &= 0,057(1-0,029) \cdot 1 \text{ m} (0,16 \text{ m})^2 11,1 \text{ MPa} \\ &= \underline{\underline{15,6 \text{ kNm pr. meter dækbredde}}} \end{aligned}$$

Momentbæreevne

Nulliniens afstand  $y_o$  fra dækoverkant er givet ved:

Nullinie-  
beliggenhed

$$y_o = \frac{4}{3} \Phi h_e = \frac{4}{3} \cdot 0,057 \cdot 160 \text{ mm} = \underline{\underline{12 \text{ mm}}}$$

D.v.s., at nullinien er beliggende over hullerne, og de langsgående kanaler reducerer derfor ikke tværsnittets momentbæreevne.

Tværsnittet  
normaltarmet

Endelig skal man sikre sig, at tværsnittet er normaltarmet, og at armeringen er større end eller lig med minimumsarmeringen, d.v.s.:

$$\Phi_{\min} \leq \Phi \leq \Phi_{\text{bal}}$$

\*) jvnf. litt. [2]

For Kamstål 42 er  $\Phi_{bal} = 0,47$ , og for beton med  $\sigma'_{bk} = 20$  MPa er  $\Phi_{min} = 0,029$ . Den aktuelle armeringsgrad ligger altså i det tilladte interval.

Hvor stort et spænd, elementet kan klare, vil afhænge af belastningen. Betragtes et PE-dæk, der indgår i etageadskillelsen i en bolig, vil den regningsmæssige belastning være:

Karakteristisk last	Partial-koefficient	Regningsmæssig last	
Egenlast	3,0 kN/m <sup>2</sup>	1,0	3,0 kN/m <sup>2</sup>
Gulvbelægning	0,6 kN/m <sup>2</sup>	1,3	0,8 kN/m <sup>2</sup>
Lette vægge	1,5 kN/m <sup>2</sup>	1,3	2,0 kN/m <sup>2</sup>
Personlast	1,5 kN/m <sup>2</sup>	1,5	2,3 kN/m <sup>2</sup>
$q_k =$	6,6 kN/m <sup>2</sup>		$q_r = 8,1$ kN/m <sup>2</sup>

Vi får da:

$$M_{max} = \frac{1}{8} q_r \cdot \ell_1^2 \leq M_{ur} = 15,6 \text{ kNm/m}$$

$$\Rightarrow \ell_1 < 3,95 \text{ m}$$

D.v.s., at momentbæreevnen for et 185 mm tykt dækelement, armeret med K 08, sætter en grænse for spændvidden til 39M, idet den skal være et multiplum af 3M.

Anvendt som tagelement, hvor  $q_r \approx 6$  kN/m<sup>2</sup> bliver spændvidden  $\ell_2 = 45M$ .

Stivhedshensyn sætter også en grænse for spændvidden. I betonnormens vejledning (ad 7.4.2) angives, at pladetykkelsen ved slaptarmerede, enkeltspændte plader ikke børe være mindre end 1/30 af spændvidden. I dette tilfælde fås:

$$\ell_3 \leq 30 h_r = 5,4 \text{ m} = 54M$$

og momentbæreevnen er således afgørende for spændvidden i dette tilfælde.

Øges armeringsdimensionen, vil momentbæreevnen øges tilsvarende, og dermed den maksimale spændvidde. I nedenstående tabel er angivet momentbæreevnen og maksimale spændvidder, afhængig af om elementet anvendes som almindelig etageadskillelse ( $\ell_1$ ) eller som tagelement ( $\ell_2$ ) eller af

stivhedshensyn ( $l_3$ ). Der er regnet med samme beton- og armeringsstyrke som i det gennemregnede eksempel. For RE-dæk er egenlasten dog  $3,3 \text{ kN/m}^2$ , d.v.s.  $q_r = 8,4 \text{ kN/m}^2$ .

	Armering	$M_{ur}$	$l_1$	$l_2$	$l_3$
PE-grunddæk $h = 185 \text{ mm}$	K 08	15,6 kNm/m	39M	45M	54M
	K 10	23,9 kNm/m	48M	54M	54M
	K 12	33,3 kNm/m	57M	66M	54M
RE-grunddæk $h = 215 \text{ mm}$	K 08	18,7 kNm/m	42M	48M	63M
	K 10	28,5 kNm/m	51M	60M	63M
	K 12	40,1 kNm/m	60M	69M	63M
	K 14	53,2 kNm/m	69M	82M	63M

Det fremgår, at for begge dæktykkelser vil den momentbæreevneafhængige maksimale spændvidde ( $l_1$ ) være af samme størrelsesorden som den stivhedsbetingede ( $l_3$ ) ved en armering med K 12. PE- og RE-dæk fremstilles derfor normalt ikke i længder større end 5,4 m henholdsvis 6,3 m.

Langtids-  
nedbøjning

Målinger af langtidsnedbøjningen for jævnt fordelt belastning har vist, at nedbøjningen kan beregnes af:

$$u_{\max} \approx \frac{1}{10} \frac{M_{\max} l^2}{EI},$$

når der som E-modul anvendes:

$$E \approx 7500 \text{ MPa},$$

og der desuden regnes med fuldt inertimoment (d.v.s. urevnet tværsnit);

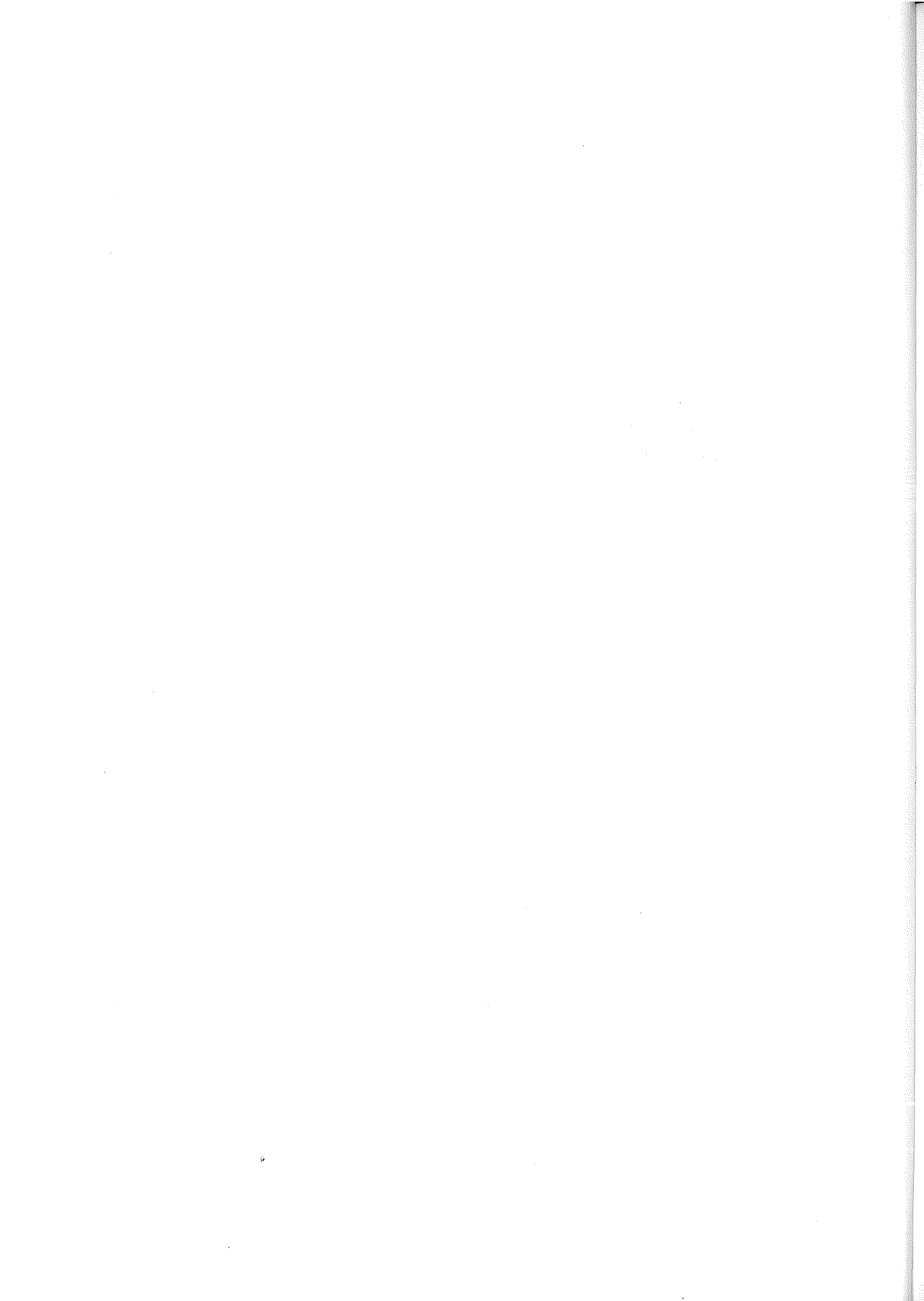
$$\text{med } l = 5,4 \text{ m}$$

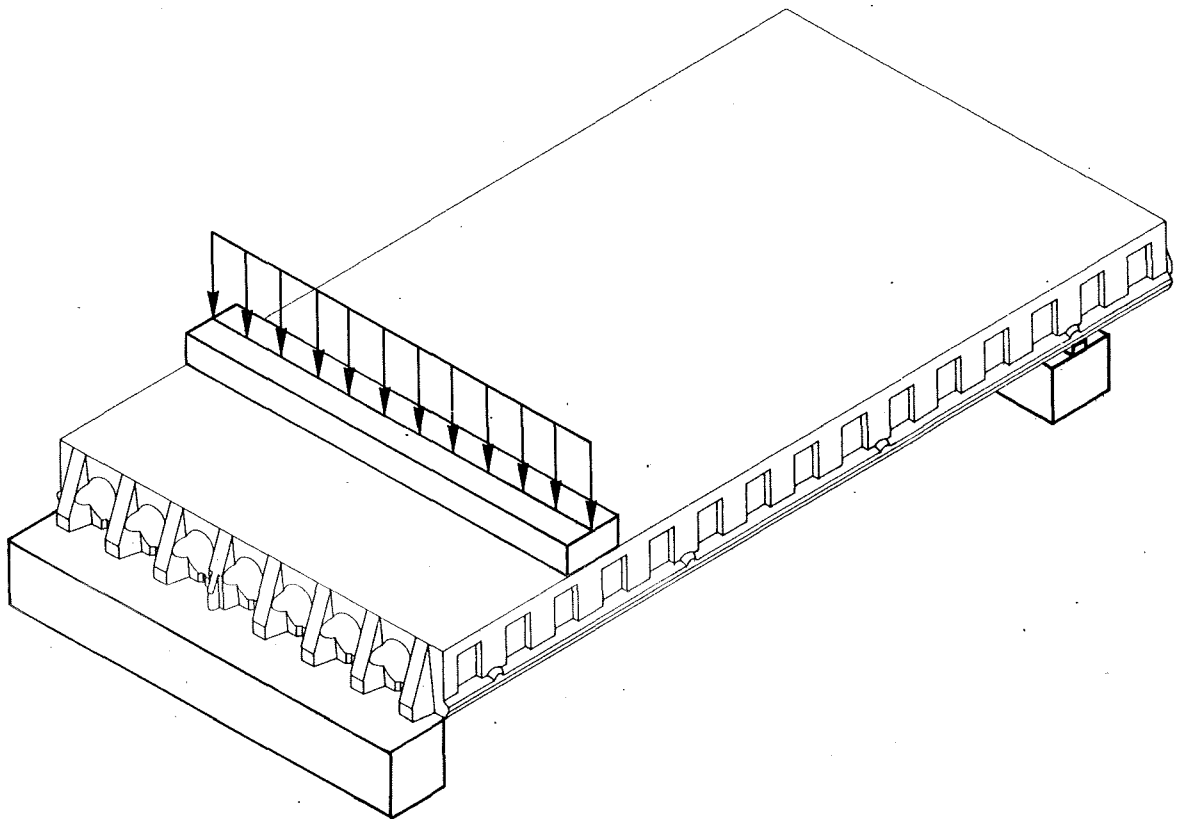
$$q_k = 6,6 \text{ kN/m}^2$$

$$I = 48300 \text{ cm}^4/\text{m}$$

$$\text{fås } u_{\max} = 1,5 \text{ cm} \approx \frac{1}{350} l$$

hvilket i mange situationer vil være uacceptabelt stort.





FIGUR 12

VEDERLAGSFORSØG MED PE-DÆK, 1:20

Forsøgsspændvidden er 200 cm, og linielasten påføres 45 cm fra forsøgsvederlaget.  
Brudformen karakteriseres som et forskydningsbrud med efterfølgende lokal knusning af knasterne i undersiden.

## Knasternes bæreevne

Som tidligere nævnt er det ikke muligt at beregne knasternes bæreevne og elementets forskydningsbæreevne ved vederlag. Til bestemmelse af disse størrelser er der derfor udført en række forsøg [3], hvor PE-elementer (12M brede og 24M lange) blev udsat for en påvirkning, som vist på figur 12, idet belastningen blev øget, indtil bæreevnen var udtømt.

Resultatet af forsøgene var:

Knast- armering	Antal forsøg n	Middel af brudlast $Q_m$	Variations- koefficient $s/Q_m$
8 K 08	10	89 kN	0,10
8 K 10	6	95 kN	0,06
8 K 12	10	91 kN	0,08

I henhold til betonnormens afsnit 5.3 om sikkerhedsvurdering ved prøvning kan den regningsmæssige bæreevne bestemmes af:

$$Q_r = \frac{Q_m - k s}{1,3}$$

hvor  $k = 1,67$  for  $n = 10$ ,  $k = 1,86$  for  $n = 6$  og  $s$  er spredningen. For de tre armeringsstørrelser fås:

## Regningsmæssig vederlagsbæreevne

$$\begin{aligned} 8 \text{ K } 08 &: Q_r = 57 \text{ kN} \\ 8 \text{ K } 10 &: Q_r = 65 \text{ kN} \\ 8 \text{ K } 12 &: Q_r = 61 \text{ kN} \end{aligned}$$

For et 5,4 m langt PE-dækelement er det regningsmæssige vederlagstryk:

$$\frac{1}{2} \cdot 5,4 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m} \cdot 8,1 \text{ kN/m}^2 = 26 \text{ kN.}$$

D.v.s., at knasterne har rigelig bæreevne.

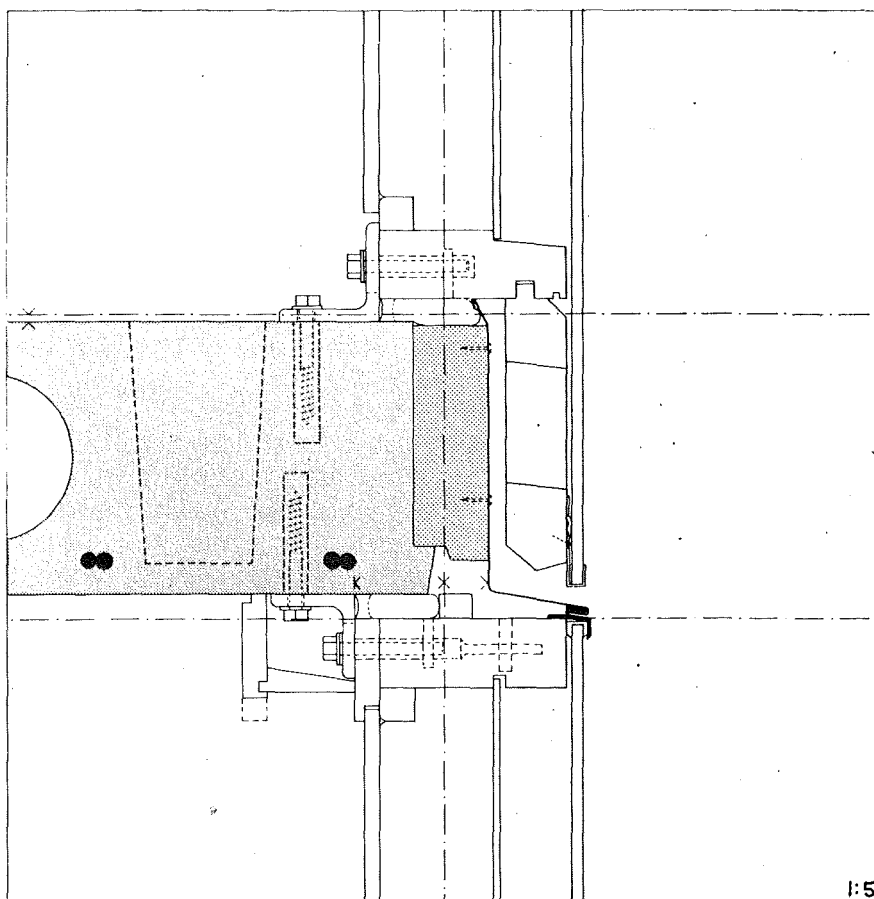
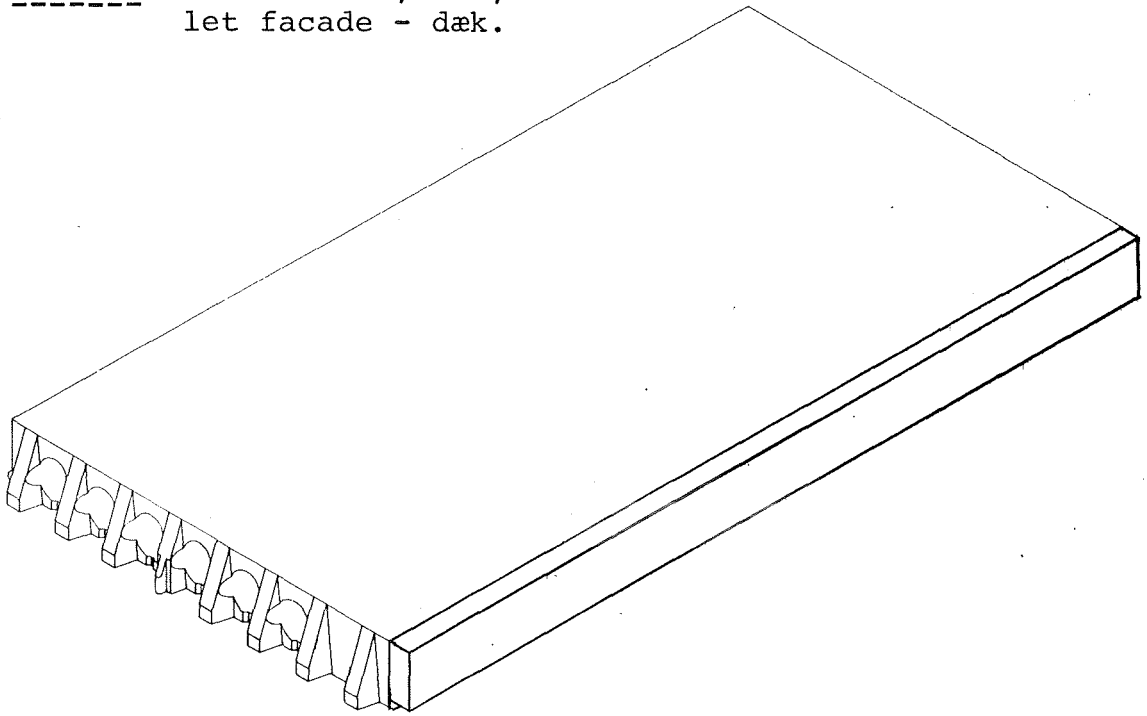
## Krav til knast- armering

Vederlagsforsøgene har imidlertid også vist, at armeringens korrekte placering centralt i knasten og i hele knastens længde skal sikres omhyggeligt. Armeringen bør føres helt frem, så den er synlig ved endefladerne.

Endvidere fordres, at dækelementerne oplægges således, at vederlagsdybden er mindst lig med knastlængden (55 mm).

FIGUR 13  
FACADEDÆK

Øverst : Isometri 1:20  
Nederst: Lodret snit, 1:5,  
let facade - dæk.



## A.2 Facadedæk

Et dækelement, der også skal bære en let facade langs den ene langside, skal forsynes med ekstra armering ved denne langside (se figur 13). Normalt undlades den yderste langsgående udsparring i facadedæk, der desuden er forsynet med en 5 cm gasbetonforkant eller lignende som kuldebrosisolering.

Regnes denne ekstra belastning at blive båret af de yderste 30 cm af dækket, bliver den regningsmæssige linielast for et PE-facadedæk:

Egenvægt:	$0,185\text{m} \cdot 0,3\text{m} \cdot 24\text{kN/m}^3 \cdot 1,0$	$= 1,33$	kN/m
Let facade:	$1,5\text{kN/m} \cdot 1,3$	$= 1,95$	"
Gulvbelægning:	$0,6\text{kN/m}^2 \cdot 0,3\text{m} \cdot 1,3$	$= 0,23$	"
Lette vægge :	$1,5\text{kN/m}^2 \cdot 0,3\text{m} \cdot 1,3$	$= 0,59$	"
Personlast:	$1,5\text{kN/m}^2 \cdot 0,3\text{m} \cdot 1,5$	$= 0,68$	"
	Ialt	$q_r = 4,78$	<u>kN/m</u>

I egenvægten er reduktionen fra det halve hul antaget at ophæve tillægget fra gasbetonforkanten.

Er der tale om et 39M langt dækelement, fås:

$$M_{\max} = \frac{1}{8} q_r \ell^2 = \frac{1}{8} \cdot 4,78 \text{ kN/m} \cdot (3,9 \text{ m})^2$$

$$= 9,09 \text{ kNm},$$

hvilket svarer til 30,3 kNm/m.

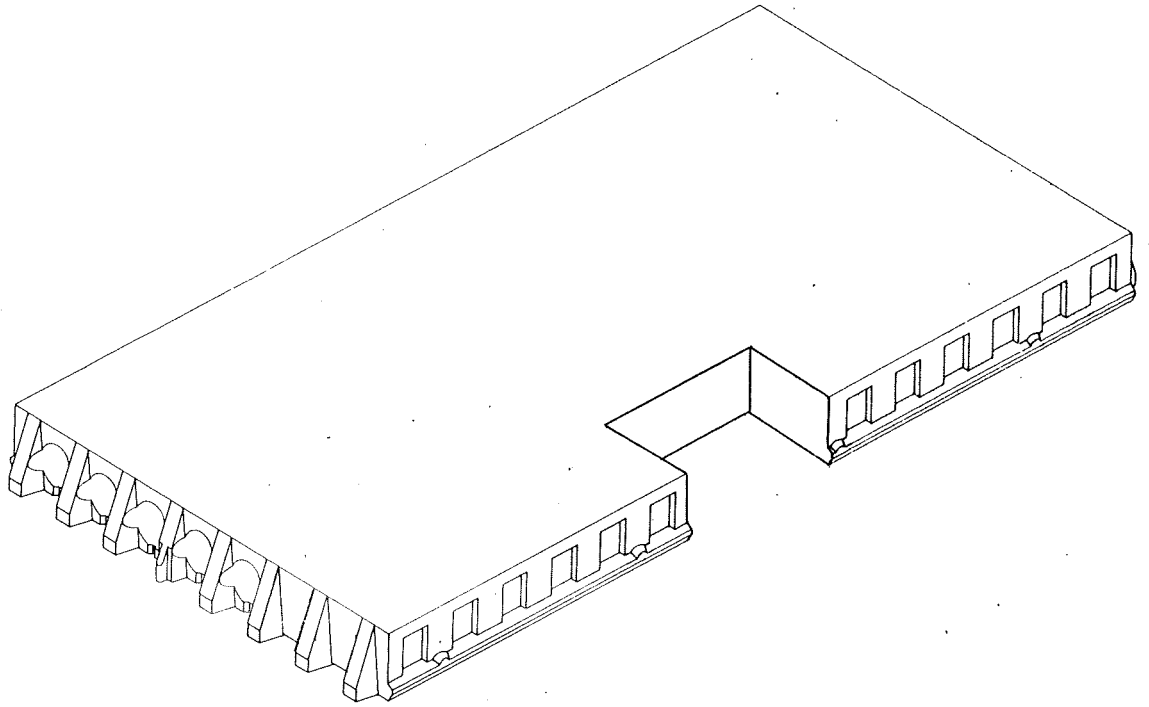
En armering på 2 stk. K 08 pr. 15 cm svarer til  $M_{ur} = 30,3$  kNm/m. Det betyder, at facadedæk normalt kan armeres ved at fordoble grunddækkets armering på de yderste 30 cm.

## A.3 Udsparringsdæk

Installationer m.v. nødvendiggør af og til lodrette udsparringer i dækelementer, som reducerer disses bæreevne. Normalt bør armeringen omkring udsparringen underkastes særlig beregning.

En elementfabrik (Modulbeton) markedsfører dog såkaldte udsparringsdæk med en standardarmering, som er stærkere end grunddækkets armering. Der vil så kunne





FIGUR 14.

UDSPARINGSDÆK 1:20

Modulbeton: Højst 2 hovedjern må overskæres.

Max. hulbredde : 35 cm

Max. hullængde : 45 cm

Armeringen er øget i forhold til grunddæk.

Generelt bør armeringsføringen omkring udsparinger underkastes særlig beregning.

tillades huller op til en vis størrelse indenfor en nærmere specificeret del af dækelementet.

Betragtes et 12M bredt og 39M langt dækelement med en 35 cm bred lodret udsparring ved dækkets midte (d.v.s. farligste placering) vil den momentoverførende bredde være reduceret fra 120 cm til 85 cm. Antages dette snit at skulle overføre momentet hidrørende fra fuld belastning i elementets fulde bredde, bliver momentet pr.længdeenhed

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{1}{8} q_r l^2 \frac{b_{\text{fuld}}}{b_{\text{reduceret}}} \\
 &= \frac{1}{8} \cdot 8,1 \text{ kN/m}^2 \cdot (3,9 \text{ m})^2 \cdot \frac{120 \text{ cm}}{85 \text{ cm}} \\
 &= 21,7 \text{ kNm/m}
 \end{aligned}$$

Som det fremgår af bæreevnetabellen på side 41, vil dette moment kunne klares med en armering på K 10 pr.15 cm. Hvis grunddækkets armering således ændres fra K 08 til K 10 vil der kunne tillades udført udsparringer, der højst overskærer to hovedarmeringsstænger.

For 12M brede PE-dækelementer kan armeringen så være som følger:

Længde	Grunddæk	Udsparringsdæk	Facadedæk
39M	8 K 08	8 K 10	10 K 08
48M	8 K 10	8 K 12	10 K 10
54M	8 K 12	8 K 14	10 K 12

Elementfabrikkerne stiller individuelle krav til mulige placeringer af lodrette udsparringer. De mulige placeringer og størrelser afhænger også af støbe- og transportteknik.

#### A.4 Førspændte dækelementer

For at imødekomme ønsker om dækelementer med spændvidder udover 6,3 m har en række elementfabrikker markedsført huldækelementer, hvor hovedarmeringen er førspændt.

Af foreliggende brochurer er fundet følgende oplysninger for en række fabrikater:

Betegnelse	Tykkelse	Max.spændvidde v. boliglast	som tagelement
Spanmax PX	220 mm	8,4 m	10,8 m
LP Spændplader PEF/22	220 mm	8,4 m	
LP Spændplader PEF/24	240 mm	9,6 m	
H & S Langdæk DE	215 mm	9,2 m	12,0 m
H & S Langdæk EE	235 mm	9,6 m	12,0 m

De opgivne spændvidder er baseret på momentbæreevnen for en belastning svarende til boliglast, og skal der tages hensyn til elementernes nedbøjninger, må der regnes med mindre værdier for de maksimale spændvidder.

De førspændte dæk udføres dels med bæreknaster (Spanmax og LP spændplader) dels med lige afskårne dækender (H & S langdæk).

#### Vederlagsbæreevne

Elementerne med lige afskårne dækender har ved forsøg (jvf. [4]) vist sig at besidde en vederlagsbæreevne, der er større end de slapt armerede dækelementers knastvederlag.

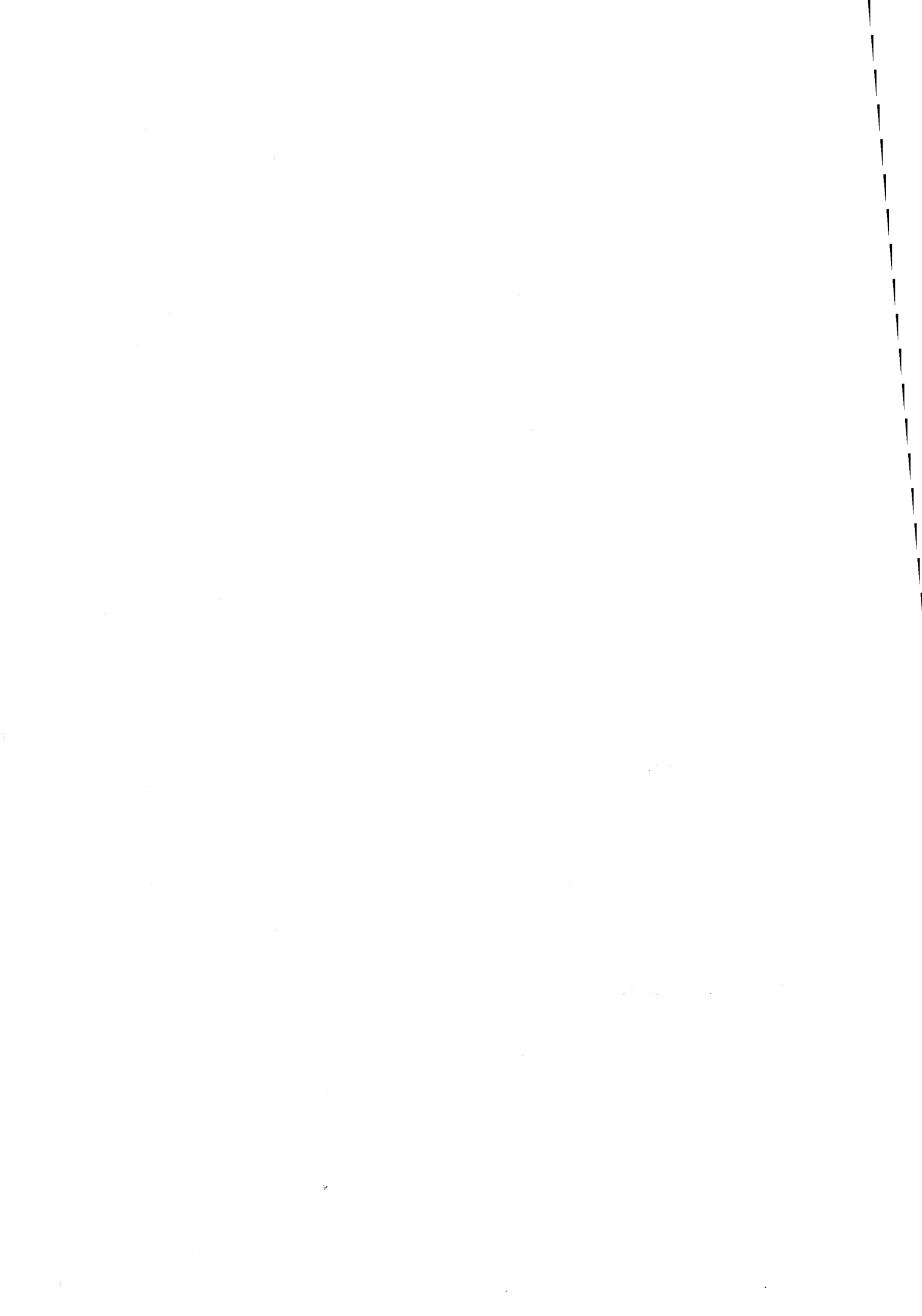
#### Vederlagsdybde

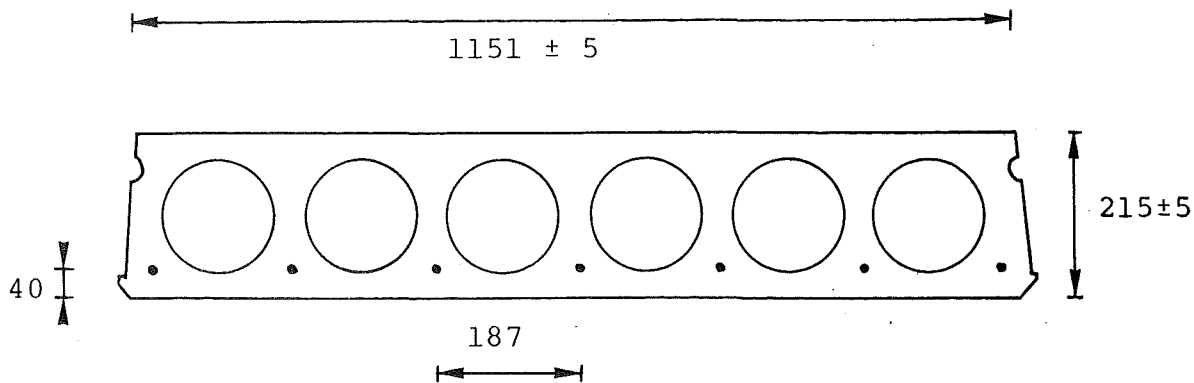
Også for disse vederlag gælder, at mindste vederlagsdybde er 55 mm. For dækelementer med knastvederlag kontrolleres kravet om tilstrækkelig vederlagsdybde ved at se efter om hele knastlængden er inde over det understøttende vægelement. For dækelementerne med lige afskårne dækender sker kontrollen ved at se efter om højst 5 mm af en påmalet 12 mm bred streg på dækelementets underside er synlig. Stregen er anbragt i intervallet 48-60 mm fra endefladen.

#### Momentbæreevne

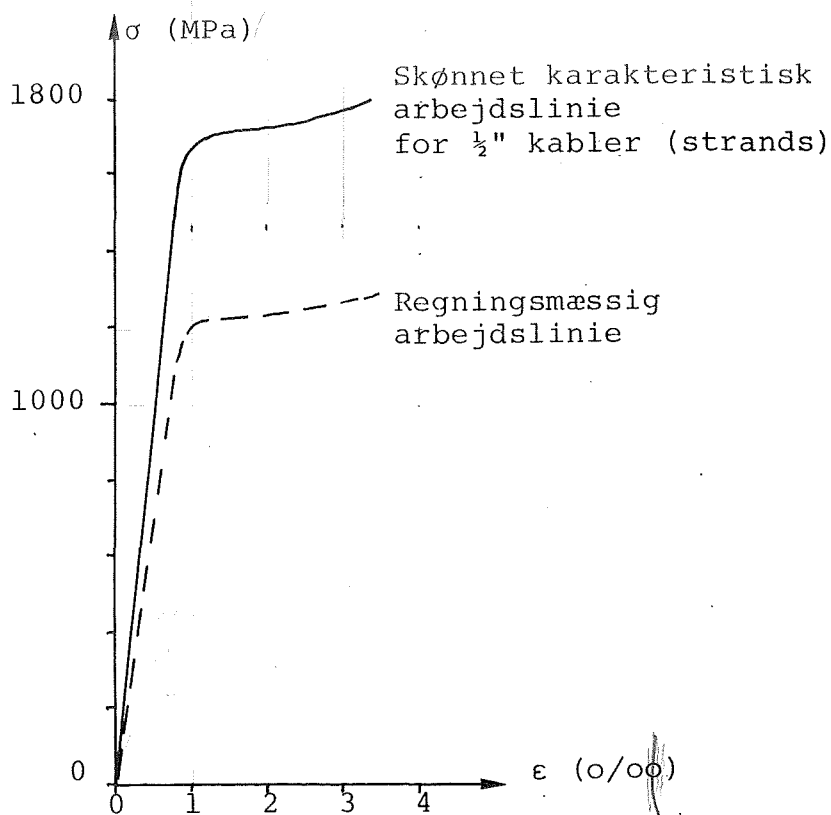
Momentbæreevnen af et førspændt dækelement beregnes under hensyntagen til armeringens krumme arbejdslinie. I henhold til betonnormen skal arbejdslinien for forspændingsarmering bestemmes ved forsøg i henhold til standarden.

I det følgende beregnes momentbæreevnen af et DE-dæk på basis af en række skønnede værdier. Disse er afpasset således, at der er opnået overensstemmelse med den i H & S brochuren indirekte angivne bæreevne.





H&S Langdæk DE : Tværsnit 1:10 mål i mm



FIGUR 15, H&S Langdæk.

Øverst er vist et tværsnit af et Langdæk type DE, armeret med syv  $\frac{1}{2}$ " strands. Den skønnede arbejdslinie for disse er vist nedenunder.

På figur 15 er vist tværsnittet af et 12M bredt dækelement. Armeringen består af 7 stk.  $\frac{1}{2}$ " kabler (strands) med en karakteristisk trækbrudspænding på

$$\sigma_{\text{auk}} = 1800 \text{ MPa}$$

Ud fra en arbejdslinie for en anden kabeldimension er den på figur 15 viste arbejdslinie tilpasset og optegnet og lægges til grund for beregningen.

Kablerne spændes til 1300 MPa, før elementerne støbes, men under hensyntagen til svind, krybning og relaxation er den effektive forspænding i det færdige element lig med ca. 1150 MPa.

Hvis der arbejdes med kontrolklasse KKI, bliver den regningsmæssige trykbrudstyrke for betonen (idet  $\sigma'_{\text{bk}} = 30 \text{ MPa}$ ):

$$\sigma'_{\text{br}} = \frac{30}{1,6} \text{ MPa} = 18,8 \text{ MPa}$$

Den karakteristiske E-modul for de anvendte kabler er:

$$E_{\text{ak}} = 1,9 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

hvilket betyder, at forspændingstøjningen er

$$\varepsilon_{\text{forssp}} = \frac{1150}{1,9 \cdot 10^5} = 6,0 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

Den regningsmæssige brudtilstand findes ved iteration, idet armeringens tillægstøjning  $\Delta\varepsilon_a$  (hidrørende fra den ydre momentpåvirkning) skønnes, hvorefter nulliniens beliggenhed beregnes af:

$$y_0 = \frac{\varepsilon'_{\text{bu}}}{\varepsilon'_{\text{bu}} + \Delta\varepsilon_a} h_e$$

Når  $y_0$  er beregnet kan betontrykkraften  $N'_b$  findes af

$$N'_b = \frac{3}{4} y_0 b \sigma'_{\text{br}}$$

Trækket i armeringen findes af

$$N_a = A_a \sigma_a$$

idet  $\sigma_a$  findes af den regningsmæssige arbejdslinie svarende til den samlede armeringstøjning  $\varepsilon_a$ :

$$\varepsilon_a = \varepsilon_{\text{forssp}} + \Delta\varepsilon_a$$

Med en regningsmæssig tykkelse på

$$h_r = 215 - 5 = 210 \text{ mm}$$

bliver nyttehøjden

$$h_{ne} = 210 - 40 = 170 \text{ mm}$$

Den regningsmæssige bredde regnes lig

$$b_r = 187 \text{ mm.}$$

Ved iteration er fundet følgende:

$$\Delta \varepsilon_a = 11 \text{ ‰} \Rightarrow \varepsilon_a = 17 \text{ ‰}$$

$$y_o = 41 \text{ mm} \quad \text{idet } \varepsilon'_{bu} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$\sigma_a = 1190 \text{ MPa} \quad A_a = 0,926 \text{ cm}^2$$

$$N'_b = N_a = 109 \text{ kN}$$

hvoraf

$$\begin{aligned} M_{ur} &= N'_b \left( h_e - \frac{3}{8} y_o \right) \\ &= 16,8 \text{ kNm for } 187 \text{ mm's bredde} \\ &= 104 \text{ kNm for } 120 \text{ cm's bredde} \\ &===== \end{aligned}$$

Denne værdi svarer til kurve 2 på de i H & S-brochuren side 8 viste bæreevnekurver.

Langtids-  
nedbøjning

Langtidsnedbøjningen kan bestemmes ved at regne med [4]:

$$E_{\text{langtids}} = 1,4 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

Idet forspændingen antages at balancere med elementets egenvægt, vil kun nytte-lasten bidrage til langtidsnedbøjningen.

Sættes en grænse for langtidsnedbøjningen på  $l/500$ , kan den stivhedsbetingede maksimale spændvidde beregnes, idet den karakteristiske nyttelast sættes til  $1,5 + 1,5 + 0,6 = 3,6 \text{ kN/m}^2$ .

$$\begin{aligned} u_{\text{max}} &\approx \frac{1}{80} \frac{q_k l^4}{EI} \leq \frac{l}{500} \\ \Rightarrow l_{\text{max}}^3 &= \frac{8 EI}{50 q_k} \\ &= \frac{8 \cdot 1,4 \cdot 10^4 \cdot 0,000838}{50 \cdot 0,0036} \\ &= 521 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$l_{\text{max}} \approx 8,0 \text{ m}$$

=====

I brochuren er den maksimale stivhedsbetingede spændvidde (kurve 4) angivet til ca. 7,5 m, og det er denne værdi, man bør rette sig efter.

## B. Vægelementer

Vægelementernes geometri er omtalt side 9 og i forbindelse med figur 3.

Et bærende vægelement kan udover sin egenlast være udsat for:

- last fra overliggende vægelementer, der overføres af etagekryds-udstøbningen,
- last fra dækelementer, der hviler af på vægelementet,
- reaktionen ved vægelementets understøtning,
- og forskydnings- og normalkraftpåvirkninger langs de lodrette, fortandede sider.

Den resulterende lodrette belastning vil som oftest angribe excentrisk i forhold til vægelementets to lodrette symmetriplaner.

Excentricitet ud af væggens plan

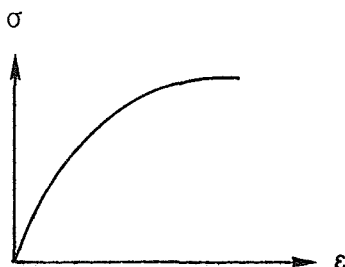
Excentriciteten ud af væggens plan giver anledning til bøjning om vægelementets svage hovedakse, og elementet skal derfor dimensioneres mod bøjning eller stabilitetsbrud om denne svage akse. Dette vil der blive redegjort for i det følgende.

Excentricitet i væggens plan

Excentriciteten i væggens plan giver tilsvarende anledning til bøjning om vægelementets stærke hovedakse, hvorfor der skal dimensioneres mod bøjningsbrud om denne akse. Denne excentricitet vil normalt kun være dimensionsgivende for vægelementer, der indgår i længdeafstivende vægge. I de tilfælde skal tværsnittet armeres med en trækarmring, der f.eks. kan være anbragt i lodrette udsparinger som vist for trappeendevæggen på side 24 og 25. Dimensioneringen af denne armering sker som for et almindeligt bøjningspåvirket jernbetontværsnit og vil ikke blive gennemgået her.

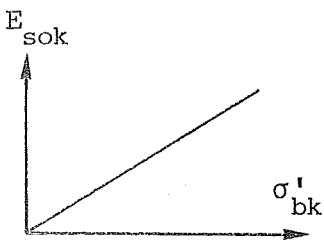
Dimensionering  $\approx$  søjleberegning

Dimensioneringen for bøjning om den svage akse vil, for de moderate excentriciteter, der normalt er tale om, svare til en søjleberegning. Bæreevneberegningen er angivet i betonnormens afsnit 6.4 med tilhørende vejledning.



Ved beregningen af den kritiske betontrykspænding skal der tages hensyn til, at betontrykarbejdslinien er krum. Det betyder, at Engessers 1. søjleformel skal anvendes, hvilket svarer til at indføre en spændingsafhængig E-modul i Eulers søjleformel.



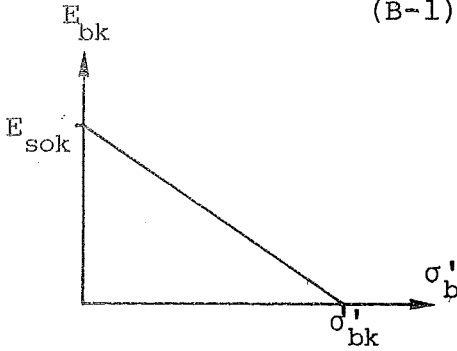


(B-1)

Som E-modul anvendes tangenthældningen til arbejdslinien, og ved stabilitetsberegning kan der i henhold til normen regnes med en karakteristisk tangenthældning  $E_{sok}$  i begyndelsespunktet på:

$$E_{sok} = 1000 \sigma'_{bk} \text{ for } \sigma'_{bk} \leq 25 \text{ MPa}$$

hvilket er udtryk for E-modulens trykstyrkeafhængighed.



(B-2)

Spændingsafhængigheden udtrykkes ved, at tangenthældningen  $E_{bk}$  skal regnes at af-tage retlinet med spændingen fra  $E_{sok}$  til nul, når spændingen varierer fra nul til trykbrudstyrken  $\sigma'_{bk}$ , d.v.s.

$$E_{bk} = E_{sok} \left( 1 - \frac{\sigma'_b}{\sigma'_{bk}} \right)$$

Ved indsættelse af (B-2) i Eulers søjleformel fås så den regningsmæssige værdi af den kritiske betontrykspænding  $\sigma'_{sr}$  for en centralt belastet væg:

$$(B-3) \quad \sigma'_{sr} = \frac{\sigma'_{br}}{1 + \frac{\sigma'_{br}}{\pi^2 E_{sor}} \left( \frac{\ell}{i} \right)^2}$$

hvor  $\ell$  er den fri søjlelængde og  $i$  er inertiradius i udbøjningsretningen. Betegnes vægtykkelsen  $t$ , så gælder der for vægelementerne

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{t^3 b}{12 t b}} = \frac{t}{2\sqrt{3}}$$

og indføres dette i (B-3) sammen med (B-1) fås så:

$$(B-4) \quad \alpha_o = \frac{\sigma'_{sr}}{\sigma'_{br}} = \frac{1}{1 + 12 \cdot 10^{-4} \left( \frac{\ell}{t} \right)^2}$$

som udtrykker søjlevirkningens reduktion af bæreevnen for en centralt belastet væg med  $\sigma'_{bk} \leq 25 \text{ MPa}$ .

Regnes der med en fri søjlelængde for et vægelement på  $\ell = 260 \text{ cm}$ , kan reduktionsfaktoren  $\alpha_o$  nu beregnes for typiske vægtykkelser, idet der som regningsmæssig tykkelse skal anvendes basistykkelsen ÷ den halve tolerance.

$$\begin{aligned}
 t = 150 \pm 3 \text{ mm} &\Rightarrow t_r = 147 \text{ mm} \Rightarrow \alpha_o = 0,72 \\
 t = 180 \pm 3 \text{ mm} &\Rightarrow t_r = 177 \text{ mm} \Rightarrow \alpha_o = 0,79 \\
 t = 230 \pm 3 \text{ mm} &\Rightarrow t_r = 227 \text{ mm} \Rightarrow \alpha_o = 0,86
 \end{aligned}$$

Ved excentrisk belastning skal der også tages hensyn til arbejdsliniens ikke-lineære karakter og til en eventuel revnedannelses indflydelse på stivheden.

For uarmerede vægge er i betonnormens vejledning angivet følgende tilnærmede bæreevneformel:

(B-5)

$$\alpha_e = \frac{\sigma'_{sr}}{\sigma'_{br}} = \alpha_o \left(1 - 2 \frac{e}{t}\right)^2$$

hvor  $e$  = normalkraftens excentricitet.

Om de excentriciteter, der skal regnes, er angivet følgende:

"For uarmerede vægge i husbygning anføres følgende vejledende værdier af excentriciteter på grund af fremstillingsunøjagtigheder:

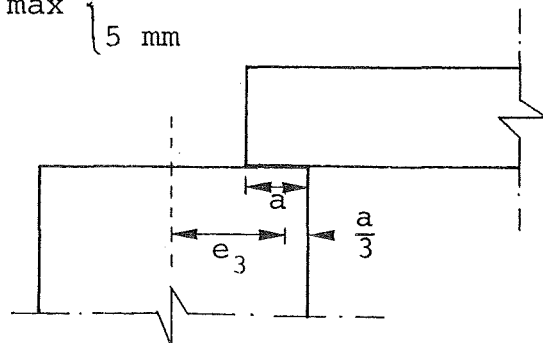
1. Excentriciteten af normalkraften stammende fra forskydning af væggenes midterplaner fra etage til etage kan bestemmes som den største af værdierne  $0,05 t$  eller  $10 \text{ mm}$ , hvor  $t$  er vægtykkelsen, med mindre den ugunstige kombination af fremstillings- og montagetolerancer er farligere.
2. Excentriciteten stammende fra væggenes afvigelse fra den plane form kan regnes at være den største af værdierne  $l/500$  og  $5 \text{ mm}$ , hvor  $l$  er væggenes fri søjlelængde.....
3. Ved beregning af excentriciteter i vægge og søjler i elementbyggeri bør påvirkningen fra plader og bjælker, medmindre andet eftervises, ikke regnes at angribe mere centralt end i det yderste tredjedelspunkt af understøtningsfladen."

D.v.s.

$$e_1 = \max \begin{cases} 0,05 t \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

$$e_2 = \max \begin{cases} \frac{l}{500} \\ 5 \text{ mm} \end{cases}$$

$$e_3 =$$



For et 150 mm vægelement fås

$$e_1 = 10 \text{ mm}$$

$$e_2 = 5,2 \text{ mm}$$

$$e_3 = 57 \text{ mm}$$

for et dækelement med en 55 mm knast.

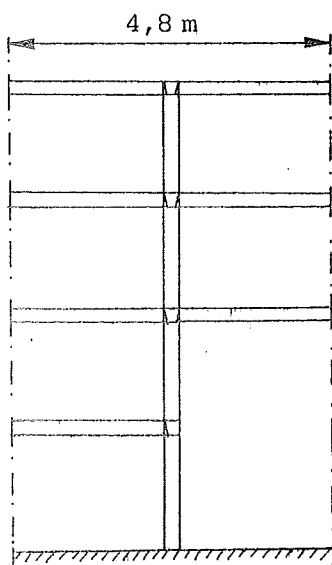
Ved beregning af  $\alpha_e$  kan følgende fremgangsmåde anvendes:

Beregn  $N_1$ ,  $N_2$  og  $N_3$  svarende til  $e_1$ ,  $e_2$  og  $e_3$ . Den samlede excentricitet  $e_o$  bliver da:

(B-6)

$$e_o = \frac{\sum N_i e_i}{\sum N_i}$$

### Eksempel



Et 15 cm vægelement i en tværvæg i en 4-etagers bygning betragtes. Fra tværvæggen til dens to nabovægge spænder 4,8 m lange dækelementer, og det skal undersøges, om vægelementerne har den fornødne bæreevne.

Der regnes med følgende regningsmæssige dæklast:

$$p_k \times f_p = p_r$$

$$\text{Dækegenlast: } 3,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,0 = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Personlast: } 2,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Lette vægge: } 1,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,3 = 1,95 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Slidlag: } 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,3 = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

$$8,60 \text{ kN/m}^2$$

Da dækkene spænder 4,8 m, afleverer de en regningsmæssig lodret last pr. etage pr. løbende meter på:

$$q_d = 4,8 \text{ m} \cdot 8,6 \text{ kN/m}^2 \approx 41 \text{ kN/m}$$

Den bærende væg's egenlast pr. etage pr. løbende meter er:

$$q_r = 10 \text{ kN/m}$$

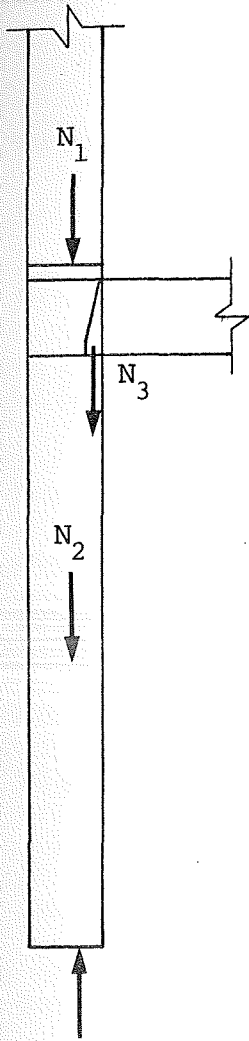
Det hårdest belastede vægelement vil være det i nederste etage, og det antages yderligere, at der på dette vægelement kun hviler dæk af fra en side.

Der gælder da:

$$N_1 = 3(41+10) \text{ kN/m} = 153 \text{ kN/m}$$

$$N_2 = 0,5 \cdot 41 \text{ kN/m} \approx 21 \text{ kN/m}$$

$$N_3 = 10 \text{ kN/m}$$



Med de tidligere fundne værdier for  $e_1$ ,  $e_2$  og  $e_3$  fås så:

$$N_1 = 153 \wedge e_1 = 10 \text{ mm} \Rightarrow N_1 e_1 = 1530$$

$$N_2 = 10 \wedge e_2 = 5 \text{ mm} \Rightarrow N_2 e_2 = 50$$

$$N_3 = 21 \wedge e_3 = 57 \text{ mm} \Rightarrow N_3 e_3 = 1197$$

$$\Sigma N_i = 184$$

$$\Sigma N_i e_i = 2777$$

$$\text{d.v.s. } e_o = \frac{2777}{184} \text{ mm} = 15 \text{ mm}$$

Indsættes i (B-5) fås

$$\begin{aligned} \alpha_e &= \alpha_o \left(1 - 2 \frac{e}{t}\right)^2 \\ \alpha_e &= \alpha_o \left(1 - 2 \cdot \frac{15}{75}\right)^2 = 0,64 \alpha_o \\ &= 0,64 \cdot 0,72 = \underline{\underline{0,46}} \end{aligned}$$

Har vægelementet en betonstyrke på  $\sigma'_{bk} = 15 \text{ MPa}$  og en kontrolklasse KKII vil dets bæreevne være, idet

$$\sigma'_{br} = \frac{15}{1,8 \cdot 1,4} \text{ MPa} = 6,0 \text{ MPa}$$

$$\underline{\underline{N'_{sr}}} = t \sigma'_{sr}$$

$$= t \alpha_e \sigma'_{br}$$

$$= 0,15 \text{ m} \cdot 0,46 \cdot 6,0 \text{ MN/m}^2$$

$$= \underline{\underline{414}} \text{ kN/m} > \Sigma N = 184 \text{ kN/m}$$

Det fremgår, at vægelementet har den fornødne bæreevne.

C. Litteraturliste til Bæreevneafsnit.

- [1] Betonelementforeningen:  
"Beregningsforudsætninger for ikke-  
ferspændte betonelementer og standard-  
bjælker af strengbeton"  
September 1975.
- [2] M.P. Nielsen:  
"Beton 1, del 2, Tværsnitsundersøgelse  
i brugs- og brudstadiet"  
1974.
- [3] Owe Eriksson:  
"Bæreevnepforsøg med knastvederlag for  
dækelementer"  
Byggeindustrien nr. 9, 1968, pag. 332.
- [4] I. Vorsholt og B. Kudsk-Jørgensen:  
"Nyterspændt dækelement"  
Byggeindustrien nr. 4, 1972.

## FORELÆSNINGSNOTATER UDGIVET AF

## INSTITUTTET FOR HUSBYGNING, DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

Nr.	Forfatter	Titel
2	Stålby, Jens E.	Jordskælvspåvirkninger i husbygningskonstruktioner, 1969
14	Hilbert, Niels-Ole og Stokbæk, K.	Betonelementproduktion, 1971
22	Pedersen, Erik	Brandteknisk vurdering af ventilationsanlæg, 1973
30	Munch-Petersen, Johs.F.	Facadeelementer, 1973
36	Jessen, Richard	Murede huse, 1974
37	Larsen, Henning	Faserne i bygningsplanlægning, 1974
39	Jessen, Richard	Etageboligen, 1974
40	Blach, Klaus, Henry W. Harrison, Johs.F.Munch-Petersen	Geometry of Joints, 1975
41	Jensen, Bjarne Chr.	Branddimensionering af konstruktionselementer i træ, 1975
42	Borchersen, Egil	Skivebygningers Statik, 1975
43	Jakobsen, Torben	Bygningsbrandlovgivningen, 1976
44	Jessen, Richard	Eenfamiliehuset, 1976
45	Munch-Petersen, Johs.F.	Varmeisolering til hus-behov, 1976
46	Munch-Petersen, Johs.F.	Huslejen = f(Pris, Politik, Produktivitet, Prioritering), 1976
47	Munch-Petersen, Johs.F.	Byggesystemets organisation og planlægning, 1976
48	Munch-Petersen, Johs.F.	Dæk- og vægelementer, 1976

De ikke nævnte numre er enten udgået, uaktuelle eller reviderede.

