

**Problemer ved Bygninger med bærende Skelet og Fagudfyldninger af
Jernbeton**

F.Schlegel, S Friis-Jespersen, A.J Moe, N.J. Nielsen

Tidsskrifter

BSM 8-1 Bygningsstatistiske Meddelelser

1936

PROBLEMER VED BYGNINGER MED BÆRENDE SKELET OG FAGUDFYLDNINGER AF JERNBETON¹⁾

Arkitekt *F. Schlegel*:

En Tak til Selskabet for Indbydelsen til Drøftelse af Jernbetonhuse, hvilket Emne jo i høj Grad trænger til nærmere Belysning. Man kan sige, at Betonhuset dækker Begrebet Funktionalisme indenfor Husbygningskunsten, og man kan ikke bygge funktionalistisk uden med Jernbeton. Betonhuse er ikke en smagsmæssig bestemt Façadestil, men vil komme til at betyde en konstruktivt gennemgribende Forvandling af hele vort Byggeri.

Arkitekter og Ingeniører herhjemme har hidtil kun vist ringe Interesse for Betonens Indførelse i Boligbyggeriet, skønt Jern og Jernbeton har fundet stor Anvendelse i industrielle Bygværker; men Jernbetonbolighuset er ligesom den store Arkitektur fra alle Tidsaldre et naturligt Produkt af Funktion og Teknik og tillige et Udtryk for en ny Skønhedsopfattelse. Betonen er ikke Maalet, men det Middel, som sætter os i Stand til at bygge moderne i Overensstemmelse med Tidens Fordringer og til at bygge videre efter den ved tidligere Kulturperioders rene Bygværker givne Linie samt til at tage Afstand fra den forrige Generations uselvstændige Imitationsarkitektur, som kun var billedmæssig bestemt. Nutidens Mennesker har Boligønsker, der strækker sig langt videre end til Fortidens snævre aflukkede Rum med smalle Vinduer og dybe Vinduesnicher. Men trods dette ser man moderne Forretningsbygninger udført som middelalderlige Stenborge eller som en udvendig Kopi af Udlandets Jernbetonbygninger, men med gammeldags Konstruktion baade indvendig og udvendig. Jernbeton aabner Mulighed for en helt ny og ukendt Lethed og Elegance i Konstruktionernes Tilpasning efter Bygningernes Formaal og Beliggenhed samt individualistisk Udformning. Samarbejdet mellem Arkitekter og In-

¹⁾ Forkortet Gengivelse (efter Foredragsholderens Manuskript) af de fire Indledningsforedrag ved det af Dansk Selskab for Bygningsstatik i Forbindelse med Bygningsingeniørgruppen afholdte Diskussionsmøde d. 17. April d. A. — Den efter de indledende Foredrag følgende Diskussion findes refereret i »Ingeniøren« Nr. 61, 1936.

geniører lader dog meget tilbage at ønske, idet Æstetik og Teknik betragtes som inkommensurable Størrelser, der vel kan adderes, men ikke kan indgaa i en højere Enhed. Som Exempel kan nævnes den nye Limfjordsbro med Brohuse og Maskintaarne, som vel er smukt tegnede og pertentligt udførte, men ikke harmonerer med Resten af Broen. Omvendt ser man i Klampenborg Huse, der er opført af alle mulige Materialer og derefter er dækkede med Puds over det hele for at se moderne og monolitiske ud. Den hjemlige Byggekunst minder ofte om Tivolis middelalderlige Byer opførte med Mursten malet paa Puds eller Monier.

Ved vor Vilje og Evne til at skabe opstaar en tidsmæssig Stil, som æstetisk Resultat af Funktion og moderne Teknik. Man kan ikke sige, at Stilen organisk voxer frem af et Materiale som Jernbeton, men dette Materiales Muligheder vil naturligvis præge det Hus, som bygges deraf. Man maa glæde sig over Fortidens Bygværker, men maa samtidig være klar over, at vor Tid er en anden, og at de gamle Bygværker ikke kan kopieres uden at tabe deres Karakter og Skønhedsværdi.

Kun ved en Sammenstilling af Æstetik og Teknik, saaledes at der derved gives et rent og klart Udtryk for Funktionen, vil det være muligt at skabe en ny Bygningskunst, som fortsætter, hvor vi slap i Begyndelsen af forrige Aarhundrede, den Gang den stilhistoriske Imitationsarkitektur tog fat.

Le Corbusier siger: »Ved at bruge vor Tids Konstruktionsmaader i Bygningskunsten og ved at tage alle Hensyn til vor Tids Liv og ved at tage Livets Krav i Betragtning konsekvent og med matematisk Logik vil man før eller senere naa Maalet.« Beton er et taalmodigt Materiale og kan derfor udføres i alle tænkelige Former, usaglige saavel som saglige. Materialet er ganske forskelligt fra Murværk og kræver af baade Ingeniør og Arkitekt en ny Indstilling og Indlevelse, hvis dets gode Egenskaber skal udnyttes fuldt. De Fejl, der forekommer i Betonhuse, skyldes ikke Betonen selv, men daarligt Arbejde eller Mangel paa Kendskab til Materialet.

Den første Betingelse er, at saavel Ingeniør som Arkitekt har Kendskab til Jernbeton, og at Planlæggelsen sker med største Omhu, saa alle tekniske Installationer er fastlagt, inden Støbningen begynder. De til Betonbygningernes Beboelighed knyttede tekniske Enkeltheder vil utvivlsomt undergaa store Forandringer som Følge af de gjorte Erfaringer m. H. t. Isolation, Ventilation og Opvarmning.

Af stor Betydning er Ydervæggens Støbning og Behandling ud- og indvendig. Svindrevner bør undgaaes, eventuelt ved rigelig Horizontalarmering.

Ydervægge maa isoleres mod Varmegennemgang, indvendige mod Lydgennemgang. Vigtige Undersøgelser angaaende Isolationsevne er foretaget ved Forsøgshuse opførte dels ved Norges tekniske Højskole, dels udenfor

Oslo, men desværre ikke her i Landet. Hovedprincippet har været at lade selve Betonen være den udelukkende bærende Del, som derefter beklædes ind- eller udvendig med et isolerende porøst Materiale. Et enkelt af Forsøgsresultaterne viser f. Eks., at en 15 cm tyk Betonvæg isoleret med 6 cm Bimsbeton aander lige saa godt som en $1\frac{1}{2}$ Stens Mur. For øvrigt har Væggenes Evne til at aande ikke Betydning for Ventilationen. Varmegennemgangstallet for Ydervægge bør være lavere end for $1\frac{1}{2}$ Stens Teglstensvæg (1,19), ellers opstaar der Fare for Kondensation paa Indersiden. Gennemgangstallet for 15 cm Jernbeton med 2 cm Korkbeklædning er 1,02. Kork har længe været anvendt i Forbindelse med Jernbeton og Materialet er, trods den organiske Oprindelse, tilsyneladende uimodtageligt for Angreb, men egner sig paa Grund af sine hygroskopiske Egenskaber kun til indvendig Isolation.

Isolerende porøst Betonmateriale (Bimsbeton, Gasbeton, Cellebeton o. s. v.) egner sig baade til indvendig og udvendig Beklædning. I Sverige anvendes 10 cm Plader af disse Materialer, som opstilles udvendig i Formene og forbinder sig med den udstøbte Beton ved Adhæsion. Den porøse Beklædning beskyttes ved et Lag Cementpuds og holder sig da fortræffeligt. En Hovedfordel ved den udvendige Isolation er, at alle de konstruktive Dele faar samme Temperatur, hvorved Faren for Revner formindskes. Mod indvendig Isolation har det fra svensk Side været anført, at der muligvis kunde dannes Kondensationsvand i Skillefladerne mellem Beton og Isolationslag, hvorved den varme, fugtige Luft indvendig fra trænger gennem Revner i Isolationen. Faren herfor er dog næppe stor, navnlig naar man som i Norge beklæder Betonen indvendig med et Paplag og opmurer den indvendige Væg af 6 cm Bimssten mod Trælister fastgjorte til indstøbte Klodser i Betonen.

De førømtalte Prøvehuse var $2,20 \times 2,20 \times 2,00$ indvendig. Væggene i to af Husene er 15 cm Jernbeton med indvendig Puds, i det tredje en 36 cm Teglstensmur med Puds og Tapet. Varmegennemgangstallene for Beton med henholdsvis 6 cm og 5 cm Bimsplader var 0,97 og 1,00, men for Teglstenshuset 1,20. Ved -10° udvendig Temperatur holdt Luften i Mellemrummet sig paa $+1^\circ$, og Kondensation mod Betonen viste sig ikke.

Ved Forsøg i 1935 blev det paavist, at vandtæt Bestrygning med Asfalt paa Betonens indvendige Side er unødvendig eller endog skadelig. Det ene Betonhus blev strøget med Asfalt indvendig paa Betonen, det andet ikke, og Luften samt den indvendige Isolationsvæg i Betonhusene blev holdt vandmættede, hvorimod Teglstenshusets Luft og Vægge ikke blev befugtede. Varmegennemgangstallene var henholdsvis 1,645, 1,475 og 1,30. Den asfalterede Betonvæg viste sig vaad, men den ikke asfalterede forblev tør trods Luftens og Isolationsvæggenes store Fugtighedsindhold. — For at vise, hvor stor Ukendskabet til Jernbetonhuse er herhjemme,

kan anføres, at f. Eks. Gentofte Bygningskommission nu forlanger, at alle Ydervægge i Betonhuse skal behandles indvendig med et Asfaltpræparat.

Imod udvendig Isolering kan anføres, at den forøger Murtykkelsen, hvorved Pladsbesparelsen ved de tynde Betonvægge gaar tabt. Desuden har man ikke tilstrækkelig Erfaring for Holdbarheden af det tynde Puds- lag, som anvendes udenpaa den udvendige Isolation. Faren for Revne- dannelse i selve Betonvæggen er næppe særlig stor, selv om Væggen har en anden Temperatur end de tilstødende Konstruktionsdele, naar blot For- bindelsen udføres med Omhu. Den indvendige Isolation bør dog ubetinget føres et godt Stykke ind paa Etageadskillelser, Bjælker og Skillerum.

Tætte Vindueskonstruktioner er af lige saa stor Vigtighed som Isola- tionen af Ydervægge og navnlig maa man sørge for Tæthed mellem Vindue og Mur.

Spørgsmaalet om Ventilation vedrører egentlig ikke Betonhuse mere end andre Huse. Den bedste Ordning er en indstillelig Friskluftventil og fælles Aftræksrør for hver Lejlighed, eventuelt med mekanisk Udsugning.

Lydisolation kan gennemføres ved Huse af Beton fuldt saa let som for Huse af andet Materiale. Hver Lejlighed kan lydisoleres som et fra Nabo- lejlighederne adskilt Hele. Væggene isoleres helst fra begge Sider. Gulvene isoleres fra Betonen, ligesom ogsaa alle lodrette Ledninger bør isoleres omhyggeligt fra Etageadskillelserne.

Der tales om en ny Byggelov. Lad os i Stedet for faa Byplansbestem- melser og Bygningsnormer, men ikke en ny Lov, der om faa Aar vil være lige saa forældet som den nuværende. Udover kortfattede Bestemmelser for Isolering, forsvarlig Betonkvalitet, Afforskallingstider og lignende burde man kun være bundet af Hensynet til Klima, Terrain og stedlige Forhold, kort sagt Husbygningskunstens og Statikkens Love.

Ingeniør S. Friis Jespersen:

Der er for nylig fremkommet en helt ny Anvendelse af Jernbetonkon- struktionerne, nemlig som Varmeflade. I Nybygningen paa Hjørnet af Vesterbrogade og Trommesalen opvarmes Etageadskillelsen, der er af Jern- beton, ved et System af $\frac{1}{2}$ " Rørslanger, hvori varmt Vand cirkulerer. Vandets Temperatur er højst 45° , og Betonoverfladens tilsvarende Tempe- ratur er 35° . Rørene kan samtidig udnyttes som Armering. Fordelen ved dette Opvarmningssystem er bl. a., at man fuldstændig undgaar Radiatorer og synlige Rør, idet disse alle er indstøbte. Da hele Loftet virker som Varmeflade, kan Skillerummene anbringes hvor som helst. Systemet har mærkelig nok mødt en Del Modstand fra Arkitekternes Side.

Et andet Fremskridt er, at man nu i Modsætning til tidligere ikke viger tilbage fra at lade Jernbetonen komme til Syne i Façader uden Puds, Skal-

muring eller anden Beklædning. Som Exempel kan nævnes Det Berlingske Hus i Pilestræde, hvor Betonoverfladen kun er eftergaaet med Filsning og derefter er malet. Riflingen i Brystningsmurene er fremstillet ved Trælister fastsømmede til Formene og bidrager til at skjule Støbeskellene. I Almindelighed kan det siges, at det vigtigste er, at de konstruktivt rigtige Linier fremhæves i Façaden, at Forskallingen gøres tilstrækkelig stiv, at der tages Hensyn til Støbeskellenes Beliggenhed, og at selve Støbningen udføres med tilstrækkeligt Henblik paa, at den færdige Beton skal staa ubehandlet.

En stor Fordel ved Jernbeton som Byggemateriale er det, at Konstruktionerne under Arbejdets Gang kan afpasses efter særlige Ønsker fra Byggherrens Side. Under Opførelsen af Nationalmusæet ønskede man saaledes paa et sent Tidspunkt, at den nederste Del af fire Spær i Betontaget skulde fjernes for at give Plads til en meget lang Kvist. Opgaven løstes af Professor *Nøkkentved* simpelthen ved at afkorte Spærene som forlangt og i Skæringslinien mellem Tagpladen og Hanebaandenes Plan at indlægge en vandret Drager til Optagelse af Reaktionen fra de overskaarne Spær. Disse Reaktioneners ene Komposant kunde optages af Tagpladen, og den anden, som var langt mindre, optoges af den omtalte vandrette Drager. Tagbelastningen blev ved Hjælp af disse to Dragere, hvoraf den stærkest belastede vel at mærke fandtes i Forvejen, overført til forstærkede Spær ved Kvistens Ender.

Som ovenstaaende tre tilfældig valgte Exempler paa Jernbetonens Anvendelighed i Husbygning viser, fordres der af Betoningeniøren et vidtgaaende Kendskab til Jernbetonens statiske, kemiske og konstruktive Sider. I et Jernbetonhus med dertil hørende tekniske Installationer kan man regne, at 60—70 % af de samlede Byggeudgifter falder paa Ingeniørarbejder, og det vilde derfor være rimeligt, om det ved saadanne Bygninger blev Ingeniøren, der overtog Ledelsen af Byggeriets Planlægning og Udførelse.

Ingeniør *A. J. Moe*:

Jernbetonhuse kan inddeles i fire Klasser:

- A. Grundmurede Huse med Etageadskillelser af Jernbeton.
- B. Jernbeton-Skelethuse med Udfyldninger af andre Materialer.
- C. Skals eller Kassekonstruktioner.
- D. Melankonstruktioner.

Desuden findes der Melleformer, f. Ex. grundmurede Huse med indvendige Søjler af Jernbeton. Skelethuse med Udfyldning af Jernbetonplader, samt endelig blandede Jern- og Jernbetonkonstruktioner.

Blandt Fordelene ved Anvendelsen af Jernbeton i Husbygning kan nævnes: Brandsikkerhed og nogenlunde Vandtæthed,

Evne til at modstaa Angreb af Svamp, Insekter og Bakterier,

Hygiejne,
 Pladsbesparelse,
 monolitisk Karakter, hvorved der aabnes Mulighed for mangfoldige nye
 Konstruktionsformer.

Af Ulemper kan nævnes:

Vanskelighed ved Bygningsforandringer,
 „ „ Installationer,
 „ „ Lydisolering,
 „ „ Varmeisolering.

Ved grundmurede Huse med Jernbeton-Etageadskillelser opnaar man navnlig de tre først nævnte Fordele, Ulemperne volder ikke større Vanskeligheder. Prisen er imidlertid en Hindring for denne Konstruktions Anvendelse i det almindelige Boligbyggeri. En af Grundene til den højere Pris er Vanskeligheden ved samtidig at holde Murerne og Betonarbejderne i konstant Arbejde.

Anvendes Jernbetonsøjler indvendig eller i Façaden af grundmurede Huse, bør der i de bærende Mure anvendes cementblandet Mørtel for at undgaa for store Sætninger af Murene i Forhold til Søjlerne. De almindelig benyttede Beregningsforudsætninger og Konstruktionsregler er nu saa gennemprøvede, at de kan siges at være fuldt tilstrækkelige for disse Bygningsformer i Boligbyggeriet, men til industrielle Bygninger er de almindelige Forudsætninger ikke altid fyldestgørende.

For Jernbeton-Skeletbygninger bliver Beregningsforudsætningerne nødvendigvis mere indviklede, og man kan egentlig ikke nøjes med at opløse Konstruktionen i simple Bjælker, Søjler, Plader o. s. v., skønt dette ofte gøres for de lodrette Kræfters Vedkommende, ligesom man ofte ser helt bort fra Vindkræfternes Indflydelse, naar der findes mindst fire Søjlerækker. Et rationellere Beregningsgrundlag vil imidlertid være nødvendigt, hvis en strengere Økonomi skal gennemføres, nemlig bl. a. fordi det grove Beregningsgrundlag er en Hindring for Nedsættelse af Sikkerhedsgraden.

Fordelen ved Skeletbygninger er navnlig Pladsbesparelse og Muligheden for større Muraabninger. Hvor Fagudfyldningen støder til Søjler og Bjælker, er det vanskeligt at opnaa Tæthed, med mindre der udspares False i Skelettet, eller Fagudfyldningerne føres i en vis Tykkelse forbi Søjler og Dragere. Ved Fagudfyldninger af Jernbeton er det vanskeligt at undgaa Revner i Støbeskellene. For murede Fagudfyldninger savnes tilstrækkelige Dimensioneringsregler. I de tynde Fagudfyldninger kan lodrette Rørstrenger ikke skjules, og man anbringer dem derfor undertiden i Hulheder i Søjlerne.

Skal- eller Kassekonstruktioner tillader den mest rationelle Udnyttelse af Jernbetonen og giver større Stivhed og Stabilitet end andre Konstruktionsformer og Materialer. Den større Stivhed er imidlertid forbundet med

en meget høj Grad af statisk Ubestemthed, som i disse rumlige Konstruktioner bevirker, at Beregningerne bliver yderst vidtløftige, hvis de skal være blot nogenlunde rigtige. Dette er uheldigt, da man navnlig for Ydermurenes Vedkommende maa sikre sig mod større Revnedannelser. Man kan ved simplificerende Forudsætninger forholdsvis let sikre sig mod Brud, men vanskeligt mod Revner. Man har egentlig kun den Udvej at bøde paa de mangelfulde Beregningsforudsætninger ved at følge visse Erfaringsregler supplerede med statisk Intuition. Udfaldet vil derfor ved denne Art Bygninger i særlig høj Grad afhænge af Konstruktørens Dygtighed og Erfaring. Det kan anbefales at følge nedenstaaende Regler:

1. Spring i Dimensionerne bør undgaaes, d. v. s. man bør foretrække Gulve uden Bjælker, Vægge uden Søjler o. s. v.
2. Hjørner bør saa vidt muligt afskæres, baade for at forøge Samlingernes Styrke og for at lette Jernføringen.
3. Af Hensyn til Revnefaren bør Ydervægge forsynes med dobbelt Armering, og Tykkelsen bør ikke være under 14 cm.
4. Armeringsprocenten, navnlig i vandret Retning, bør ikke være for lav (ikke saa lav som tilladt i Normerne).
5. Støbeskel bør være nøjagtig vandrette (eventuelt lodrette). Der bør være Fals i Betonens Overkant, og der bør udstøbes Mørtel, inden selve Betonen udstøbes.
6. Vinduesaabningerne bør være store i Forhold til Brystninger og Piller, og Hjørnerne forstærkes ved Skraajern.
7. Man kan ikke fra manglende Revnedannelse i smaa Bygninger, som jo ofte er overdimensionerede, drage Slutninger angaaende større Bygninger af lignende Form. Vandrette Støbeskel i Vægge kan godt aabne sig, selv om Væggen er belastet.
8. Indstøbte tværgaaende Jerndeale (Bindetraad og Formclamps) bør undgaaes i Ydervæggen, da Reparationer med Cementmørtel over de afhuggede Jern som Regel ikke er holdbare. Bedre er det at anvende gennemhullede Afstandsklodser af Beton, saa Jernene efter Afforskallingen kan trækkes helt ud, inden Hullerne fyldes. Dette gælder ogsaa, hvis Overfladen skal behandles med Puds eller Maling.
9. Ulemperne ved Revnedannelse kan modvirkes ved Beklædning med Klinker, Kobbør eller lignende.
10. Kobberklædningen befæstes bedst ved forud indstøbte Hafter for Længdesømmene, Forskallingsbrædderne bør have samme Retning som disse. Hafterne for Tværsømmene indføres i forud udsparede Huller, som senere udfyldes bagfra.
11. Beklædning med tynde Klinker o. l. befæstes ved samtidig Anvendelse af Traadbindere (rustfri) og Riller i Betonen for Stenbindere.

12. Ophugning af Betonfladen maa fraraades, da den i sig selv er kostbar og fordrer stor Betondækning (5—8 cm) udenpaa Jernene, hvis man vil sikre sig mod Rustdannelser og Afsprængninger, som ikke kan repareres tilfredsstillende.

Lyd- og Varmeisoleringer er forholdsvis vanskelige ved disse Konstruktioner og udføres oftest ved indvendige Beklædningsplader, men i saa Fald maa Isoleringlaget for at være effektivt føres et Stykke ind paa Tværskillerum, Bjælker, Plader o. s. v. Dette er ikke heldigt i haandværksmæssig Henseende, og det er derfor bedre at anvende udvendig Isolation, f. Ex. et Lag Cellebeton. Herved kommer Bygningen til at virke som en Varmeakkumulator, hvilket er gavnligt, hvis en konstant Temperatur ønskes overholdt. For Kirker og Forsamlingsale derimod, som ikke skal benyttes til Stadighed, er en indvendig Isolation rationellere.

De tynde Vægge i Skalkonstruktioner medfører den Ulempe, at Rørstrengene, Kanaler o. s. v. vanskelig kan skjules. Trods de nævnte Ulemper og Mangler trænger Skalkonstruktionerne igennem paa Grund af Pladsbesparelsen og de mange Konstruktionsmuligheder samt ogsaa økonomiske Fordele, navnlig ved større og stærkt belastede Bygværker. Ogsaa Sikkerheden mod Explosioner og Beskydning er særlig stor.

Melankonstruktioner har som bekendt den Fordel, at en Del af Udgifterne til Stillads kan spares, idet Armeringen eller Dele deraf udføres saaledes, at den kan bære ikke alene sig selv, men ogsaa Formene, hvorved der tillige spares Tid, idet Maskiner m. m. kan opstilles samtidig med Arbejdet paa Bygningen. Disse Konstruktioner egner sig dog kun ved større Bygværker, særlig med store Højder. Beregningerne er ret vidtløftige og fører ofte til overraskende Resultater.

Dr. techn. *N. J. Nielsen:*

Ingeniørforeningens Hus er funderet paa Pæle. En Tid troede vi, at vi kunde undgaa Pæle. Vi havde set, at Nabobygningen til den ene Side blev funderet paa Pæle, og der blev rammet ca. 2000 Slag pr. Pæl for at faa dem ned. Ved Nabobygningen til den anden Side blev der ogsaa anvendt Pæle, og Pælelængden var kun 5 m i Skellet mod os, og da der ikke var nogen Kælder, kom Pælene kun lidt ned under vort Kældergulv. Vi havde set, at Ørstedhus blev funderet paa fast Bund uden Pæle, og vi havde selv udført Prøveboringer og overalt fundet fast Ler i Funderingsdybde. Saa viste det sig alligevel, da vi fik gravet ud, at det Ler, vi havde fundet ved Prøveboringerne, var paafyldt, og at Grunden iøvrigt var saa uensartet, at en forsvarlig Fundering uden Pæle vilde blive for dyr. Der er ialt anvendt ca. 300 Stk. 25 × 25 cm Jernbetonpæle.

Under Ydervægge mod Nabogrund staar Pælene med Midtlinien i 25 cm Afstand fra Skellet. Da Væggen ikke kommer til at staa lodret over Pælene, er Gulvet armeret for at undgaa Bøjning i Væg og Pæle.

Jernbetonvæggene er i Hovedsagen armeret, saadan som Normerne forlanger det. I de lange Vægge er der dog lagt en Del mere vandret Jern for at undgaa Revner paa Grund af Svind og Afkøling. I Stedet for den langsgaaende bærende Skillevæg udførtes Søjler gennem Klublokalerne. I Stueetagen og paa 1. Sal er disse Søjler runde, spiralarmerede, — i Kælderen er de kvadratiske.

For at faa plane Lofter og mindst mulig Konstruktionshøjde er der overalt anvendt Plader uden Bjælker. Der er kun Bjælker over enkelte større Aabninger i Væggene. De største Plader i Etageadskillelserne har en Bredde paa ca. 7 m og en Længde paa ca. 17 m. De er krydsarmerede, og Pladetykkelsen er 17 cm. De fleste Plader er 17 cm tykke. Saadan en tyk Plade giver en god Lydisolation, og saa hjælper det endda lidt, at der oven paa Pladerne ligger et 5 cm tykt Udligningslag af Cellebeton. Der er en hel Del Rør, som bliver gemt i denne Cellebeton, og det er nemt at grave Rønder i den, hvis der skal lægges flere Rør ned.

Under Køkken og Spisesal er Gulvet udført som en Paddehatkonstruktion.

Trappeløb og Reposer er ogsaa udførte som Plader uden Bjælker. Hjørnereposerne i de to Trapper, der gaar helt op til Tagetagen, er understøttede paa to sammenstødende Sider. Løbene og Hovedreposeen er understøttede langs tre Sider. For Hovedtrappen ved Midten af Bygningen er Løbene regnet understøttede langs tre Sider, nemlig langs Væggen og midt inde paa Reposerne. Tykkelsen af Løbene er 13 cm. Reposerne er ogsaa regnet understøttede langs tre Sider, og Tykkelsen af disse er 17 cm.

Naar Beregning af Trappeløb og Reposer udføres paa denne Maade, hvorved Væggene kun regnes paavirket af lodrette Kræfter, vil man i de fleste Tilfælde være paa den sikre Side. Reposerne vil nemlig være delvis understøttede af Løbene, hvis Retning ved den ene Side gaar skraat opad og ved den anden Side skraat nedad. Der kan altsaa paa Reposerne virke Reaktionen, som holder den fjerde Side af Reposerne oppe. De Kræfter, der paa denne Maade paavirker Løbene, føres gennem Løbene i Diagonalretningen ud til Trappevæggene. Trappehuset som Helhed bliver derved paavirket til Vridning eller hver af Trappehusets fire Vægge til Bøjning paa Højkant, og saadan kan man altsaa regne, hvis Dimensionerne ellers bliver for store; men her er vi nu kommen til rimelige Dimensioner ved at regne med lodrette Reaktionen.

Beregning af Spændinger i rektangulære Plader, der er understøttede langs tre Sider, blev tidligere anset for at være en ret vanskelig Opgave, og derfor klarede man sig med enten at regne Pladen understøttet langs de to modstaaende Sider, eller man lagde en Bjælke ind langs den fjerde Side.

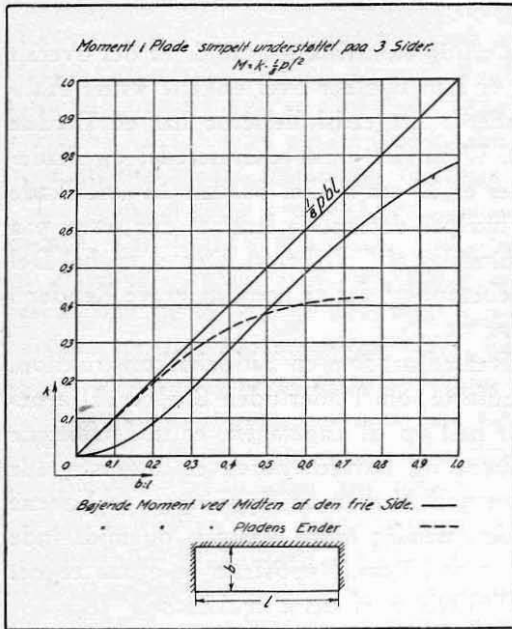
I begge Tilfælde kom man til uøkonomiske eller klodsede Konstruktioner, og man vil derfor nu anvende mere rationelle Beregningsmaader.

For forskellige Forhold mellem Bredde og Længde kan man beregne de bøjende Momenter i forskellige Snit og optegne dem i Kurver. Naar Pladen har samme Stivhed i alle Retninger og *Poisson's* Forhold er Nul, finder man for en ensformigt fordelt Belastning p de Momenter, der er angivet ved Kurverne. Naar Pladen er lang i Forhold til Bredden, faar man

de største Momenter ved Enderne, og Momenterne nærmer sig til $\frac{1}{8} pbl$, naar $\frac{b}{l}$ nærmer sig 0. Ogsaa for Momentet paa

Midten vil man altid være paa den sikre Side ved at regne $M = \frac{1}{8} pbl$. Det Moment, man finder af Kurverne, kan bruges til at bestemme Tykkelsen. Jernindlægget maa saa bestemmes saadan, at de bøjende Momenter overalt i Pladen kan optages, og det har til Følge, at en Del af Pladens Overside maa armeres.

Fonnesbech's Bygning¹⁾ mellem Østergade og Nikolaj Plads er 60 m lang og 20 m bred, og den frembød bl. a. den særlige Vanskelighed, at der



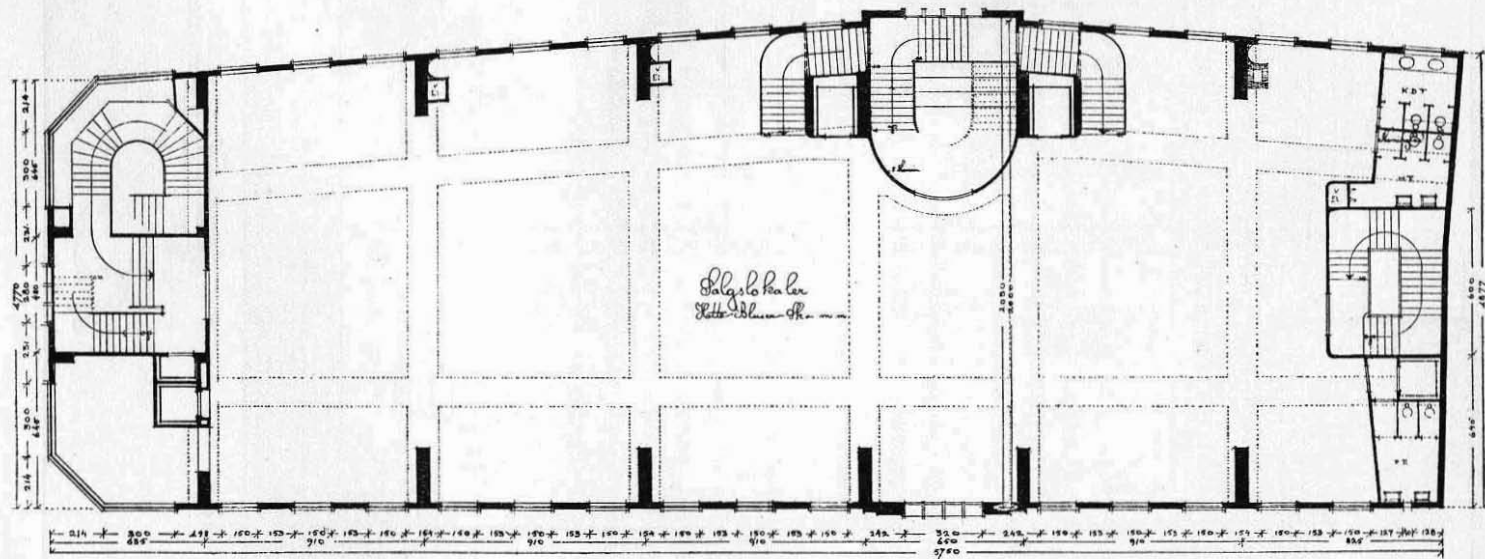
ikke maatte være indvendige Søjler i Stue og paa 1. Sal. Loftet over 1. Sal kunde ophænges i de overliggende Etager, medens Loftet over Stuen indspændtes i de smalle, men meget dybe, Ydersøjler, hvorved det lykkedes at nøjes med en Gulvtykkelse paa 20 cm i Midten og 66 cm (med udsparet Hulrum) ved Søjlerne, se vedføjede Etageplan og Tværsnit af Bygningen.

I nederste Kælder, som ligger ca. 3 m under Grundvandet, danner Gulvet en gennemgaaende Fundamentplade. Gulvet saa vel som Kældermurene isoleredes med 3 mm Asfalt med Asbest og Tagpap anbragt mellem et nedre (ydre) 10 cm tykt Lag Grovbeton og selve Jernbetonvæggen.

¹⁾ Foredragsholderens Omtale af denne Bygning findes udførligt gengivet i *Beton-Teknik*, 1936, Nr. 2, og er derfor her kun kortelig refereret.

A FONNESBECH'S FORRETNINGSBYGNING ØSTERGADEN - NIKOLAJ PLADS.
 MATR. NR. 29 ØSTER KVARTER. MAAL 1:100.

2 1. SAL.
 STUE.



1. SAL.

Fig. 2. Plan af 1. Sal og Stue i Fønnesbech's Bygning.

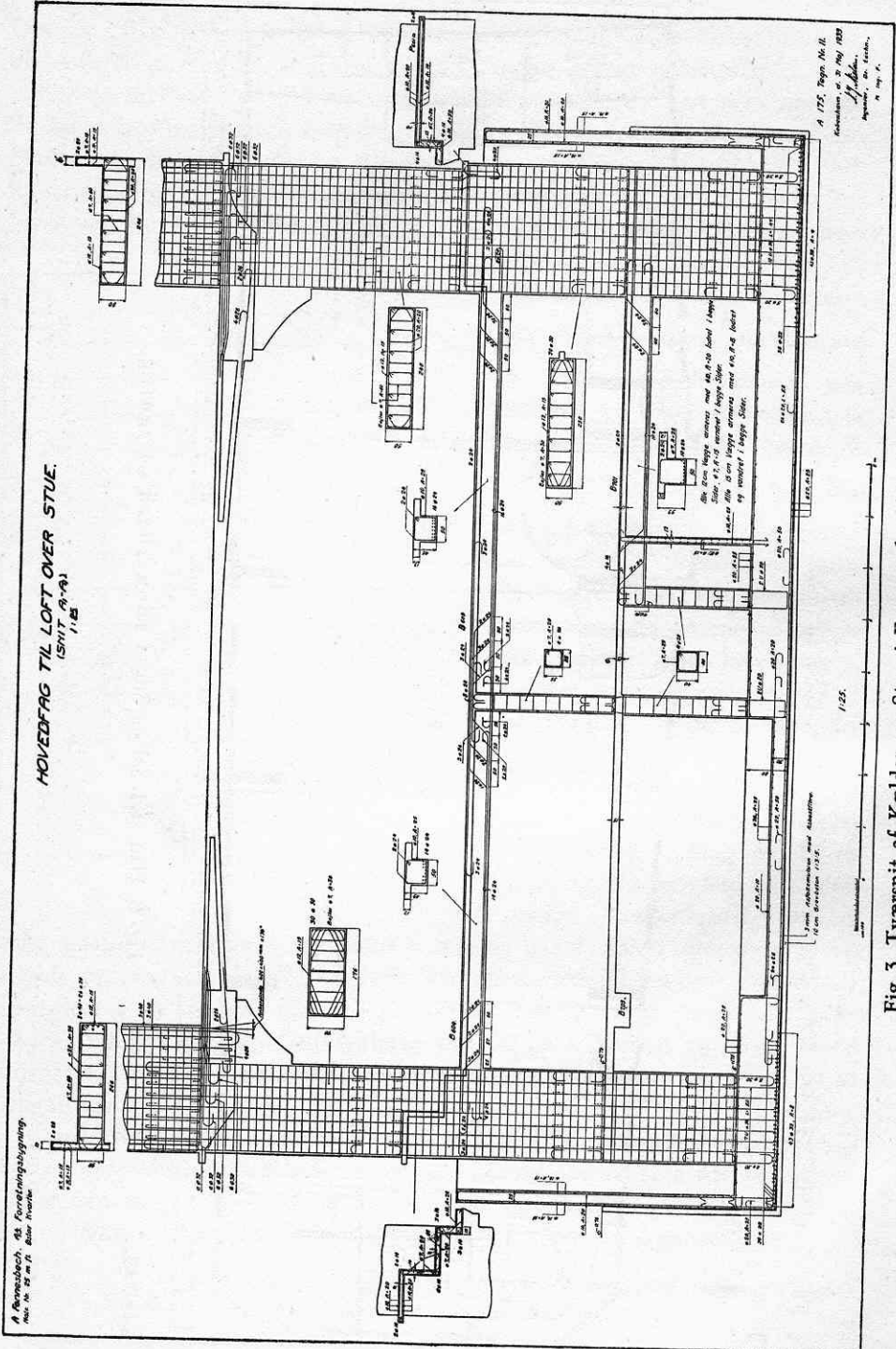


Fig. 3. Tværsnit af Kælder og Stue i Fønnesbech's Bygning