



Forblad

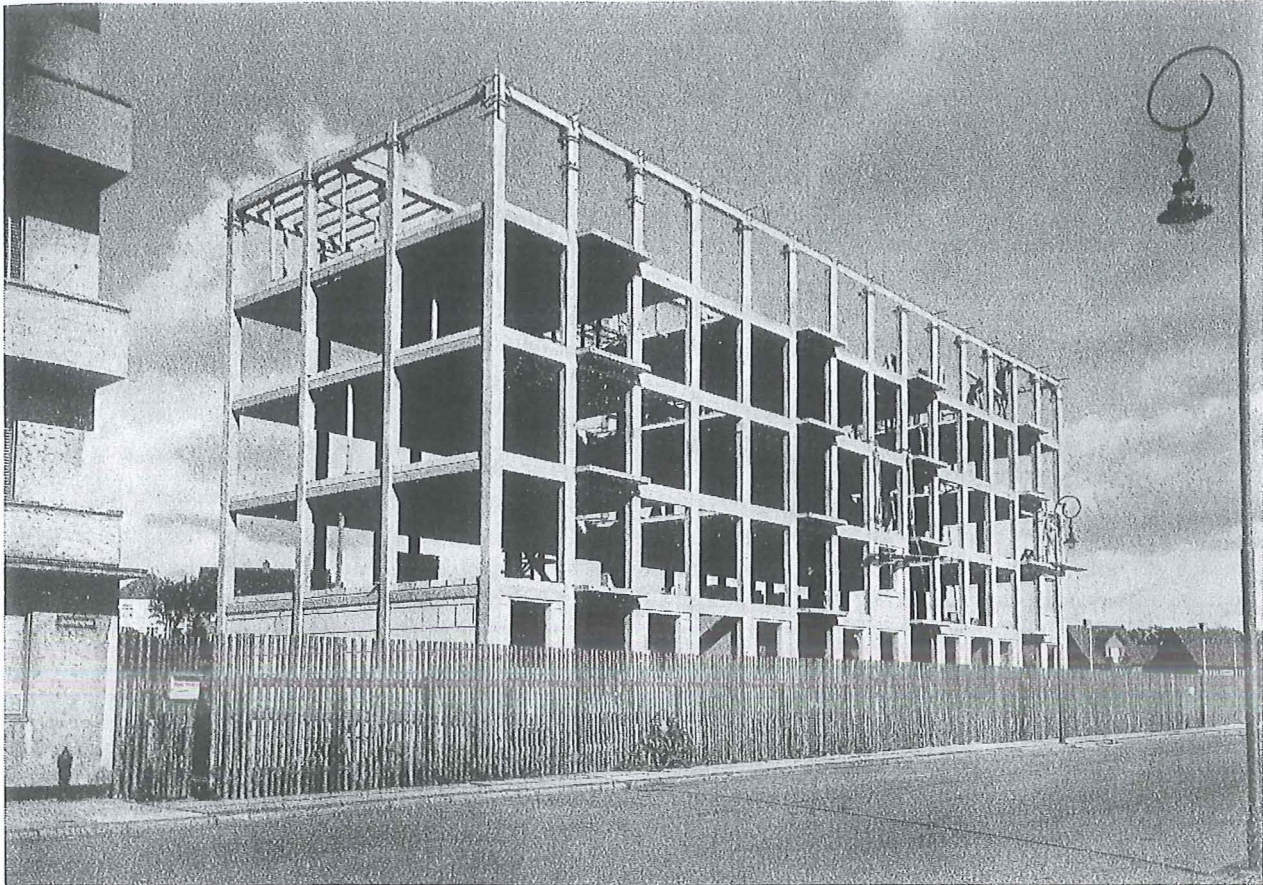
Kallton systemet

Esbjørn Hiort

Tidsskrifter

Arkitekten 1950, Ugehæfte

1950



Forsøgshuset med færdigmonteret jernbetonskelet

Kallton-systemet

624.012.4

Et skridt fremad mod byggeriets industrialisering

Arkitekt M.A.A.A. Benjamin Kall har udarbejdet et nyt byggesystem, for hvilket han tidligere har redegjort ved et af Akademisk Arkitektforenings byggeudstillings tekniske møder. I nedenstående artikel fremsætter arkitekt M.A.A.A. Esbjørn Hiort sin personlige vurdering af systemet og dets betydning for byggeriet.

Man behøver næppe at være synsk for at forudsige, at vi i de kommende år vil opleve byggeriets industrialisering. Ligesom de industrielle metoder har konkurreret den håndværksmæssige fremstilling ud overalt, hvor der har været et behov for en forøget og billigjort produktion af forbrugsvarer, således må en industriel fremstilling af bygningsdele til umiddelbar montering på byggepladsen før eller senere konkurrere de nuværende traditionelle byggemetoder ud. Behovet for huse er så stort i Europa, at denne udvikling nu må blive presset frem. Det er utænkeligt, at man fortsat vil foretage 90 pct. af arbejdet med tilpasningen, sammenskæringen og sammenføjesningen af de enkelte dele på selve byggepladsen under ugunstige forhold med de nødtørftigste tekniske hjælpemidler og under indflydelse af vejret (som jo i hvert fald her i Danmark ikke er særlig blidt), når man kan opnå en hel række fordele ved at prefabrikere de enkelte bygningsdele fabriksmæs-

sigt og indskrænke arbejdet på byggepladsen til i alt væsentligt at være et monterings- og færdiggørelsesarbejde. Ikke mindst i disse år, hvor de arme husvilde flytter ind i sjaskvåde huse, så snart trappegelænderet er sat op, indser man det urimelige i de gængse byggemetoder, hvor man gennem opmuring, støbning og pudsning på stedet tilfører husene så store vandmængder, at de i realiteten er ubeboelige det første år efter opførelsen.

Interessen for en rationalisering af byggeriet er da også i disse år meget stor, men den har hidtil kun sat sig få spor i det store byggeri. For en række bygningsdeles vedkommende er en fabriksmæssig fremstilling efterhånden ved at blive praksis – der tænkes her på døre, vinduer, porte, køkkeninventar, betontrapper etc. – men det er i alt væsentligt sekundære bygningsdele. Først når de primære bygningsdele, den bærende konstruktion, ydervægge, etageadskillelser, tagkonstruktioner og skillerum prefabrikeres, kan der tales om en industrialisering af byggeriet. Rigtigt gennemført ligger fordelene ved en industrialisering på 3 områder: tid, kvalitet og pris. Den tidsmæssige gevinst vindes på to områder. Dels er selve fremstillingen af bygningsdelene hurtigere, fordi der er tale om en rationel serieproduktion, som foregår under de bedst mulige forhold og med de bedste

tekniske hjælpemidler, og *dels bliver byggetiden kortere*, fordi en væsentlig del af arbejdet flyttes fra byggepladsen til fabriken. I visse tilfælde kan byggetiden også blive kortere derved, at vinterbyggeri formentlig lettere gennemføres, når processerne på arbejdspladsen i alt væsentlig omfatter montagearbejder.

Større kvalitet opnås dels derved, at en effektiv kontrol med materialer og udførelse bedre gennemføres på en fabrik end på en byggeplads, og dels ved, at effektive maskinmæssige metoder kan tages i anvendelse, og endelig opnås en prismæssig besparelse som en direkte følge af det allerede nævnte. Hurtigere produktion og effektiv kontrol betyder kortere arbejdstid og mindre spild og dermed lavere pris pr. produktionsenhed, og kortere byggetid betyder reduceret rentetab.

Når man holder sig disse fordele for øje, forstår man bedre, hvorfor der efter krigen har været talt og skrevet så meget om systemhuse. Det er klart, at man med et system, der kan drage nytte af alle disse fordele, vil kunne fremstille huse billigere og hurtigere, end det vil være muligt efter de gamle metoder. Der er da også over hele verden blevet arbejdet intenst med byggesystemer af alle slags, og når disse endnu ikke i højere grad end tilfældet er har sat sig spor i byggeriet, skyldes det utvivlsomt, at vanskelighederne ved at gå fra et traditionelt håndværkspræget byggeri til en industriel storproduktion af bygninger er så enorme, at det *må* tage tid at overvinde dem.

Ser man på de utallige byggesystemer, som efterkrigstiden har bragt frem i søgelyset, kan man vistnok groft dele dem i to store grupper nemlig 1) de huse, der bygges op af færdigstøbte bærende ydervægge og 2) de huse, der bygges op som en bærende skeletkonstruktion, der udfyldes med færdigstøbte elementer, altså samme distinktion, som man bruger, når man taler om „helstøbte jernbetonhuse“ og „jernbetonskelethuse“. Den førstnævnte metode egner sig ifølge sagens natur kun til huse med få etager, altså væsentlig parcelhuse, medens den anden metode også skulle egne sig til huse i mange etager.

Et af de første store forsøg på her i Europa at bygge høje huse af prefabrikerede dele var Beaudouin og Lods' store eksperiment i Drancy: *La Cité de la Muette* (se stadsarkitekt F. C. Lunds artikel herom i *Arkitektens* månedshæfte 5, 1937). Medens man ved andre samtidige tyske forsøg prøvede at bygge husene af så store elementer som muligt efter det førstnævnte princip, byggede de franske arkitekter skelethuse med udfyldning af mindre elementer, der var nemme at manøvrere med og bringe på plads. Det store problem var imidlertid selve det bærende skelet. Man forsøgte først med en normal skeletkonstruktion af profilmjern efter amerikansk forbillede, men vanskelighederne ved jernets konservering var så store, at man ved de senere byggeafsnit forsøgte den nærliggende løsning at samle skelettet af færdigstøbte betonsøjler og dragere. Men her stødte man på et teknisk pro-

blem, som *Mopin*, der var ingeniør på foretagendet, ikke kunne løse. At støbe de svære søjler og dragere og stille dem på plads ved hjælp af kraner voldte selvsagt ikke større vanskeligheder, men det viste sig, at man ikke ved sammenstøbningen i knudepunkterne kunne opnå den tilstrækkelige stivhed – man kunne i hvert fald ikke beregne den – og hermed brast drømmen om at bygge de 15 etagers høje huse efter denne metode. Man måtte nøjes med at bruge den ved de lave fløje, der var på 2–3 etager.

Siden har man verden over søgt at løse dette problem, men uden særlig held. I U. S. A. skød man en genvej ved at støbe søjler, der var gennemgående i *alle* etager, transportere dem til byggepladsen på blokvogne og rejse dem ved hjælp af kæmpekraner. Vægten af disse kæmpesøjler og faren for brud ved rejsningen fra horisontal til vertikal stilling satte dog en naturlig grænse for længden og dermed for etageantallet. 4 etager er det højeste, man har kunnet nå op på ved denne metode.

På baggrund heraf må det siges at være ikke så lidt af en bedrift, at det er lykkedes en dansk arkitekt at konstruere et system, der gør det muligt at fremstille monterbare jernbetonsøjler- og dragere, som uden anvendelse af svære kraner kan opstilles på byggepladsen i et hvilket som helst antal etager, og *at denne konstruktion vel at mærke kan beregnes ganske som en normal jernbetonkonstruktion*.

Det system, der her sigtes til, er det såkaldte Kallton-system, som er opfundet af arkitekt M.A.A. *Benjamin Kall*. Ideen til systemet fik Kall i beredskabsprojekteringsdagen, da han, som så mange andre arkitekter, syslede med tegninger til små elementhuse. Han blev dog hurtig klar over, at kunne han med sit system bygge i 2 etager, så kunne han også bygge i flere, og kunne han bygge i flere end 4 etager, havde han løst et problem, som mange andre teknikere uden held havde forsøgt at løse. Kall indgav herefter patentansøgning på sit system, og det viste sig, at han virkelig havde opfundet en ny konstruktion på jernbetonområdet. Da dette lå klart, gennemarbejdede han systemet, og der var nu basis for at få opfindelsen financieret, så de nødvendige forsøg kunne udføres på statsprøveanstalten.

Her trådte ingeniør *Mogens Gjellerup*, som så hvilke muligheder systemet indebar, til, og der dannedes et aktieselskab, som opførte en fabrik i Fredericia og påbegyndte opførelsen af et prøvehus. Dette hus er nu ved at være fuldført, og det har vist sig, at systemet er lige så godt i praksis som i teorien. Det vil derfor være naturligt, at der nu på dette sted gives en kort fremstilling af de bærende principer ved dette system, som efter manges mening er et betydeligt skridt fremad mod en industrialisering af byggeriet.

Kallton-søjlen

Systemet er baseret på en søjlekonstruktion, der gør det muligt at opføre jernbetonsøjler uden anvendelse af forskalling. Som ved de fleste elementære opfin-

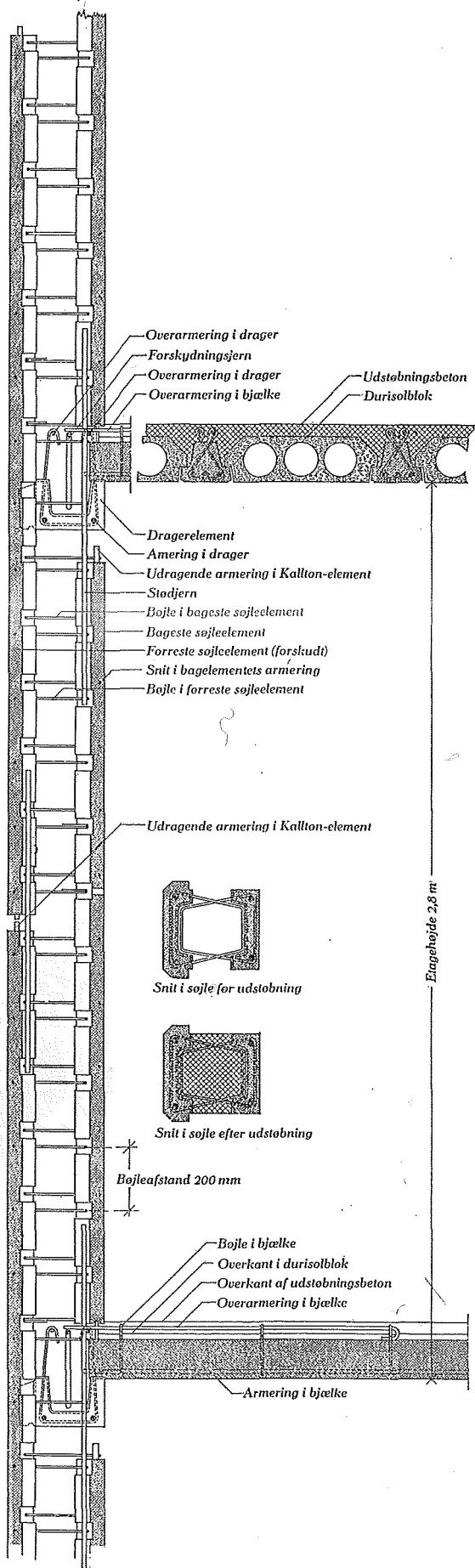
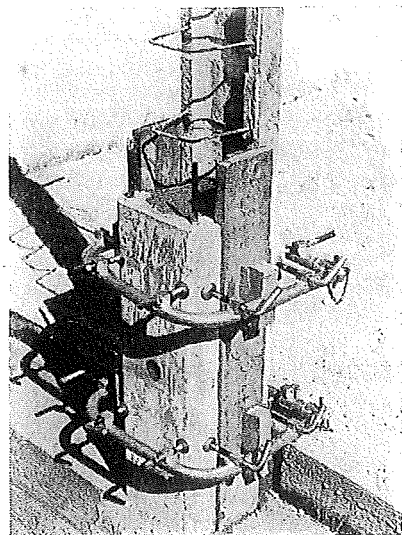


Fig. 1. Snit gennem ydervæg, etageadskillelse og Kallton-søjler i et jernbetonhus opført efter Kallton-systemet

Fig. 2. Ved udstøbningen anbringes forskallingsstykker, som lukker åbningen mellem de to søjler. Billedet viser søjlen efter udstøbningen



delser er princippet ganske enkelt, og det er i og for sig ubegribeligt, at ingen før har fundet på det. Kallton-søjlen består af to armerede U-formede elementer med udragende bøjler. Hvert element vejer ikke mere, end at to mand kan løfte det. Elementerne opstilles parvis forskudt for hinanden, således at ethvert element overlapper stødet mellem to andre elementer, hvorved der under opstillingen dannes et stift og bæredygtigt system. Forskydningen bevirker endvidere, at der kan indstøbes langs- og tværgående dragere eller bjælker i søjlen på en sådan måde, at alle stød og knudepunktsarmeringer fremtræder på normal vis (fig. 1). Når søjleelementerne er opstillet, udstøbes kernen på stedet, og denne danner da sammen med elementerne en kompakt enhed, idet de udragende bøjler omslutter udfyldningsbetonen og fastholdes af denne (fig. 2). Belastes søjlen til der sker brud, viser det sig, at dette svarer nøje til bruddet på en normal jernbetonsøjle. De udførte forsøg har da også fastslået, at man ved beregning af Kallton-søjlerne helt kan følge Ingeniørforeningens normer. Dette gælder som sagt også knudepunkterne.

Søjleelementer, dragere og bjælker støbes i stålforme på fabrik under anvendelse af vibrering, der foregår på den meget enkle måde, at formen sættes i en vibrerende bevægelse under udstøbningen. Efter en damphærdning på 6 timer kan elementet udtages af formen og gå til afbinding på lagerplads. Armeringen, som anbringes i formen før udstøbningen, punkt-svejses, og man opnår ved hele metoden en betydelig nøjagtigere placering af armeringsjernene end ved den gængse metode, hvor armeringen bukkes, bindes og opstilles i træformene på byggepladsen. Den omstændighed at støbningen foregår rationelt i fabrikslokaler med tekniske hjælpemidler og ikke under primitive forhold på byggepladsen betyder naturligvis, at produkterne bliver både af højere og mere ensartet kvalitet.

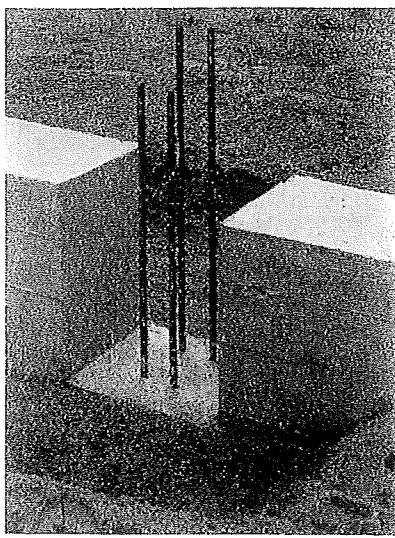


Fig. 3. Fundament med hårnåle til opstilling af Kallton-søjle

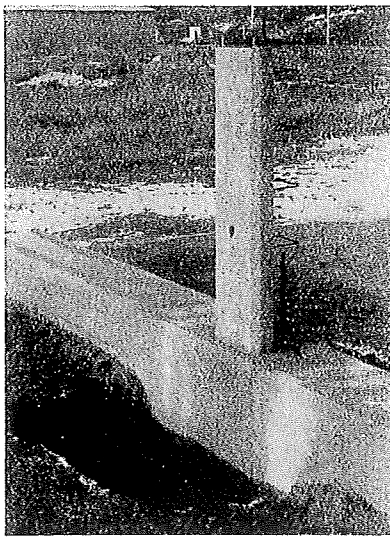


Fig. 4. 1ste søjleelement indstøbt

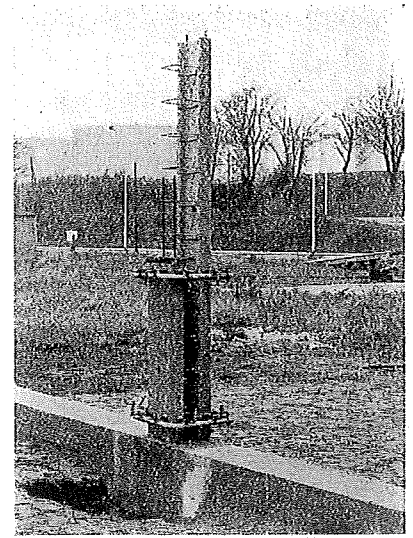


Fig. 5. 2det søjleelement opstillet ved hjælp af to monteringsbøjler. Stødjern indsat

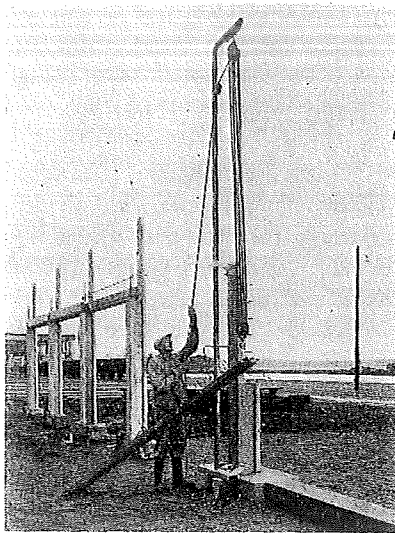


Fig. 6. 1ste og 2det søjleelement er støbt sammen, og kranen er spændt fast, klar til ophejsning af 3die søjleelement

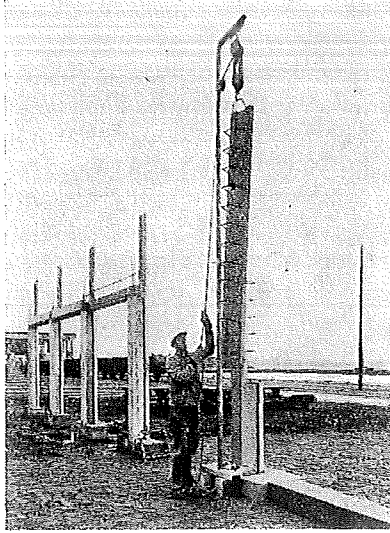


Fig. 7. 3die søjleelement hejses på plads

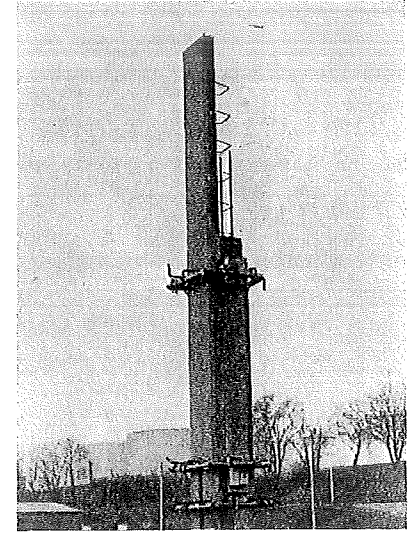


Fig. 8. 3die søjleelement er på plads og de løse forskallingsstykker placeret. Stødjern er indsat og udstobningen kan foretages

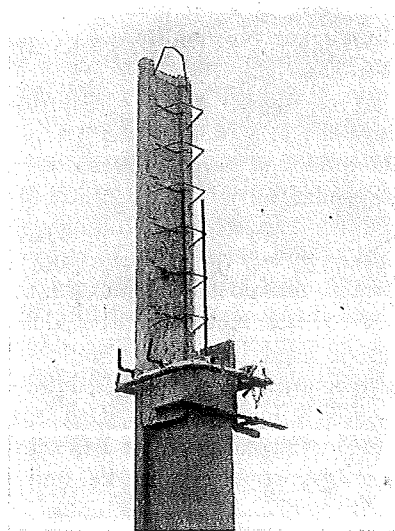


Fig. 9. Søjlen er udstøbt. Den løse forskalling er fastspændt ved knudepunktet

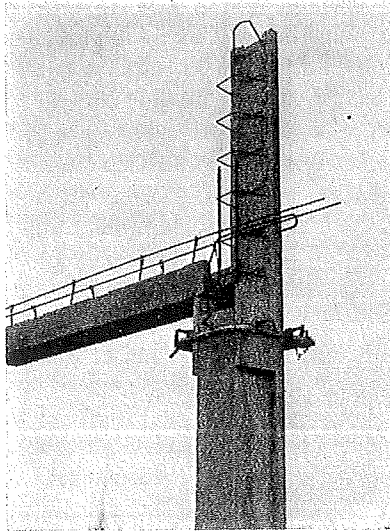


Fig. 10. Den U-formede drager er lagt på plads hvilende på de løse forskallingsstykker. Overarmering i drager er fæstnet i krogene

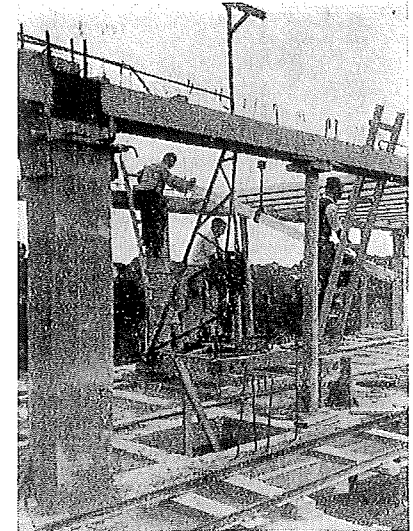


Fig. 11. Underlaget for dragerne er støbt og de T-formede bjælker lægges på plads ved hjælp af en let kran

Opstillingen på byggepladsen

Selve opstillingen er baseret på anvendelse af kran-kraft. Vægten af de enkelte søjleelementer (til beboelseshuse) er kun ca. 120 kg, og monteringen af disse kan derfor finde sted med en lille let håndkran, der kan monteres på selve søjleelementet (fig. 8). Dragernes vægt er ca. 60 kg pr. lb. meter og bjælkerne ca. 35 kg pr. lb. meter. Til at anbringe disse på plads behøver man blot en let kran, der kører på skinner, som udlægges på etagedækket, og som flyttes fra etage til etage, efterhånden som opførelsen skrider frem. Ved at anvende den lille håndkran til de lette søjleelementer opnår man, at den mekaniske kran hele tiden er i arbejde, idet denne kan udlægges en etageadskillelse, medens søjlerne til den efterfølgende etage monteres; man får således fuld udnyttelse af den mekaniske krans kapacitet. Princippet i søjleelementernes montering fremgår umiddelbart af de her viste billeder (fig. 3-8). Under monteringen arbejder man hele tiden med et fast søjleelement og et løst søjleelement, hvorved man stadig kan fastgøre det løse element på det faste ved hjælp af særlige monteringsbøjler og således opbygge søjlerne uden anvendelse af nogen form for afstivning eller forskalling i almindelig forstand. I den første fase af en etages opbygning rager søjleelementet fra den underliggende etage kun ca. 1 meter op over etageadskillelsen, således at montagen af det første element foregår i en bekvem højde (fig. 3). Når udstøbningen skal foretages, placeres et løst forskallingsstykke, som lukker åbningen mellem de to søjlelementer (fig. 8), og betonen hældes i på normal måde og vibreres. Næste element hejses som allerede nævnt på plads ved hjælp af kranen, som fæstnes til det nu faststøbte element (fig. 6), og montagen og udstøbningen foretages fra en flyttelig buk, således at der stadig arbejdes i en bekvem højde.

De specielt konstruerede monteringsbøjler muliggør, at søjlelementerne opstilles med langt større præcision, end det er muligt ved søjler, der er støbt i

forskalling på stedet. Da armeringsjernene tillige som allerede nævnt ligger fuldstændig nøjagtig i betonen, var man en overgang inde på at sammensvejs armeringsjernene ved stødene mellem søjleelementerne. Armeringsjernene ragede da 15 cm ud fra begge ender af elementet, således at der ved stødene var 30 cm fra beton til beton. Dette er tilstrækkeligt til, at man kan foretage en svejsning, uden at betonen beskadiges. Man opnåede herved at få de udvendige armeringsjern fortløbende, så de kunne optage kræfter samtidig med, at man opnåede en besparelse i jernforbruget. Imidlertid har det ved opførelsen af forsøgshuset vist sig, at det i praksis var hurtigere at indlægge stødjern på normal måde og nøjes med en afstand mellem søjleelementerne på kun 5 cm. Ved udstøbningen anbringes i begge tilfælde en løs stålforskalling til at dække åbningen mellem søjleelementerne.

Dragere og bjælker

Når søjlerne til en etage er opstillede, fastspændes ved knudepunkterne nogle særlige forskallingsstykker, og på disse oplægges U-formede dragere med indstøbt trækarmring og udragende bøjler formet som kroge (fig. 10). Disse dragere udgør kun den nederste halvdel af den færdige drager, idet trykhovedet, som det vil fremgå af det følgende, udstøbes sammen med bjælketrykhovederne. Disse U-formede dragere understøttes på midten eller i trediedels-punkterne alt efter deres længde. Når de er oplagt, udstøbes den del af knudepunktet, som ligger under dragerne (trykpuden) således at man, forinden bjælkerne lægges op, har sikkerhed for, at drageren ligger nøjagtigt. De færdigstøbte bjælker, som nu oplægges ved hjælp af kranen, er T-formede, og ligesom tilfældet er med dragerne, danner disse kun underdelen af de færdige bjælker og indeholder derfor kun trækarmringen og udragende krydsbøjler med kroge til at fastholde overarmeringen. Når hulblokkene (om disse senere) er lagt på plads, lægges overarmeringen

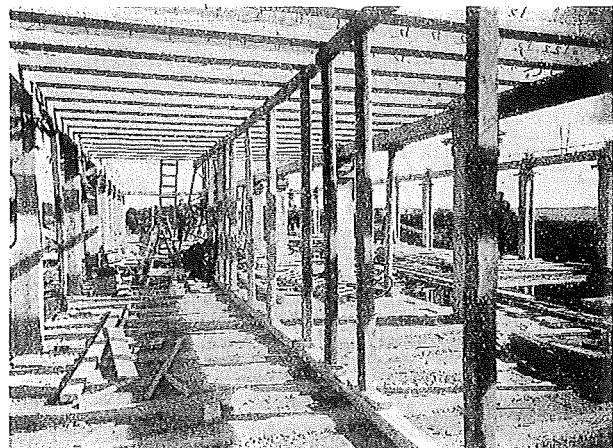


Fig. 12. De færdigstøbte bjælker er oplagt og understøttes inden oplægningen af hulstensblokkene på midten for at undgå nedbøjning under udstøbningen

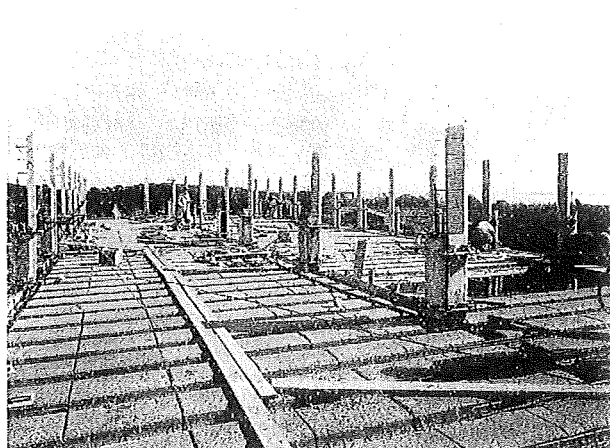


Fig. 13. Durisol-hulstensblokkene er udlagt på bjælkerne. Alle søjler er klar til montering af næste søjleelement

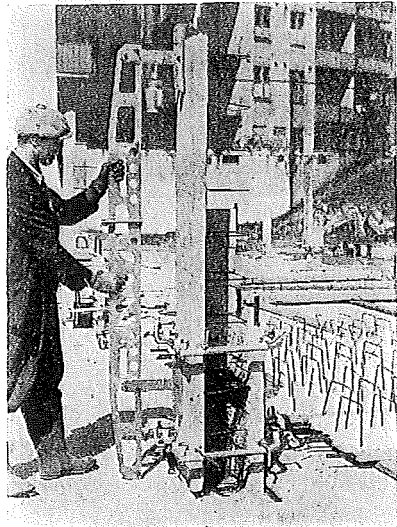


Fig. 14. Især ved opstillingen af de første Kallton-søjler må man sikre sig, at søjlen står nøjagtig i lod. Hertil benyttes specialværktøj

i bjælkerne. Al overarmering fastholdes af krogene, der lukkes med en særlig konstrueret tang, således at bindetråd undgås. Nu udstøbes på een gang trykhovederne såvel i drager som bjælker samtidigt med overbetonen (afretningslaget) på hulblokene, og etageadskillelsen er færdig til lægning af gulv.

Der kan her være anledning til at bemærke, at princippet i monteringen hele tiden er dette: bærende flader på de prefabrikerede betonelementer må ikke stilles direkte over på andre bærende elementflader, men skal holdes i en passende afstand fra hinanden, således at man overalt er i stand til at foretage en udstøbning under vibrering. Man sikrer sig herved, at de forskellige elementer sammenstøbes til kompakte eenheder, der i praksis vil virke, som om al beton var støbt under eet.

Modulsystemet

Den bærende konstruktion er opbygget over et modul på 60 cm fra midte til midte af bjælkerne. Da alle søjler imidlertid kan stå såvel udfor en bjælke som mellem to bjælker, bliver afstanden mellem søjlerne et multiplum af 30 cm. Afstanden fra ydersøjler til midtersøjler kan vælges frit. I højden arbejder man normalt med et modul på 20 cm (som er afstanden mellem de i søjlelementerne indstøbte bøjler); dette mål kan dog varieres, hvis der er brug for det.

Indenfor systemets normale rammer kan man f. eks. opføre lagerbygninger i 5 etager med en spændvidde på 6 m × 6 m og med en bevægelig belastning på 2 tons. Dette vil sige, at man i realiteten kan bygge næsten alle forekommende opgaver indenfor beboelses-, og kontorbyggeri samt industribyggeri med svær belastning på etagerne.

Udfyldningselementerne

Ved opførelsen af en bygning efter Kallton-systemet er det naturligt at benytte udfyldningselementer af

letbeton til façader, etageadskillelser og skillerum. Ved opførelsen af forsøgshuset i Fredericia anvendtes udfyldningselementer af Durisol, men der er naturligvis intet i vejen for at anvende Siporex, Gasbeton, Cellebeton, Klinkerbeton eller andre former for letbeton. Det bør dog her understreges, at Kallton-systemet ikke er et elementhussystem i almindelig forstand, men *en nydannelse på jernbetonkonstruktionens område*. Systemet kan derfor anvendes overalt, hvor man anvender jernbetonskeletkonstruktioner, hvadenten disse er synlige eller ej. Der er således heller intet i vejen for, at man kunne mure et pænt murstenshus uden om en Kallton konstruktion – selv om det jo ville forekomme noget anakronistisk.

Til forsøgshuset er der anvendt Durisol til façadeudfyldning og til etageblokke. Sidstnævnte har en fals i siderne, så blokundersider og bjælkeundersider bliver bindige. Lofterne er røret og pudset på normal måde. Der anvendes ingen forskalling til et Kallton-dæk, kun en midlertidig midterunderstøtning af bjælkerne. Ydervægge på prøvehuset er udført af to Durisolvægge med luftmelletrum; de yderste plader er fra fabriken forsynet med en vejrbestandig overfladebehandling. Skillerum består ligeledes af Durisolplader, og hele huset er således betydelig mere homogent end huse i almindelighed. Efter de opstillede beregninger skulle det færdige hus både med hensyn til varmeisolation og lydisololation være de gængse jernbetonhuse overlegent, men om beregningerne holder stik, er det endnu for tidligt at udtale sig. Det væsentlige i denne forbindelse har imidlertid været at få undersøgt, om selve Kallton-systemet svarede til forventningerne. Og det har det. Ikke sådan at forstå, at dette hus er opført hurtigere og billigere end andre huse (det var et forsøgshus, og man har derfor udført mange forskellige eksperimenter, som har sinket opførelsen), men man har ført bevis for, at *et jernbetonskelet efter Kallton-systemet kan udføres af prefabrikerede losdele i et hvilket som helst antal etager* – og vel at mærke efter en enkel og simpel metode. Dette er en begivenhed, hvis betydning vanskeligt kan overvurderes.

Mange mennesker har den opfattelse, at jernbetonen er et materiale, som ikke byder på flere problemer – at alle muligheder her er gennemprøvet og klarlagt. Dette er ikke rigtigt og af alle uløste problemer er forskallingsproblemet et af de mest iøjnefaldende. Når man ser et betonhus under opførelse, mindes man uvilkårlig denne Storm P.'ske opskrift: Et hus af beton laves ved, at man først bygger et hus af træ. Udenom dette laver man endnu et hus af træ. Derefter hælder man betonen ned i mellemrummet mellem de to huse, lader den størkne og river så begge træhusene ned.

Et konstruktionssystem, der gør det muligt at opføre jernbetonhuse uden anvendelse af forskalling, vil alene som følge heraf have store muligheder i fremtidens byggeri. Det *må* være både hurtigere og bil-

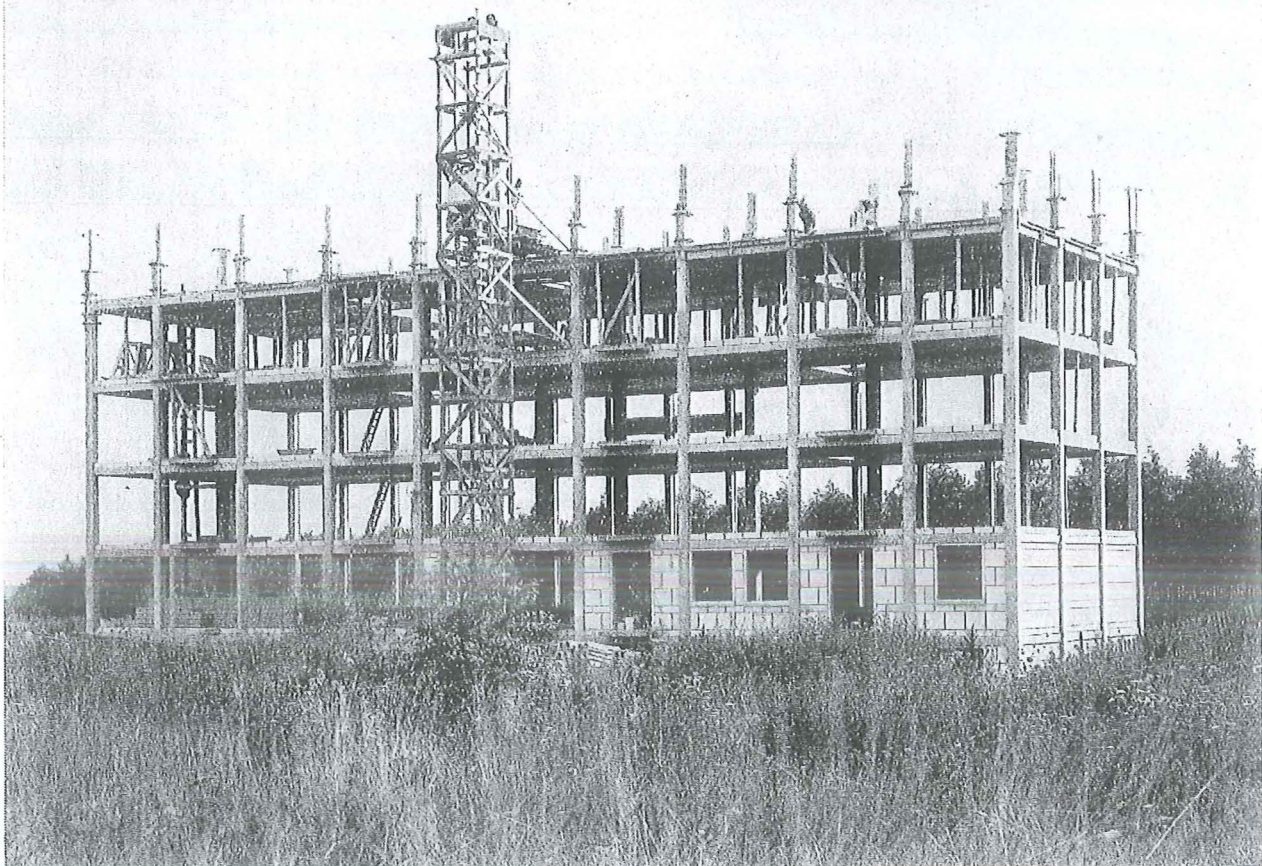


Fig. 15. Forsøgshuset under opførelse. Der anvendes ingen normaltræ forskalling eller stilladser bortset fra hejsetårnet. Til ydervægselementer er anvendt Durisol

ligere at bygge på denne måde, og det har forsøgshuset i Fredericia da også vist. Medens en etage af et normalt jernbetonskelethus tager ca. 3 uger at opføre, kan en etage i et Kallton-hus opføres på 7–9 dage. Prismæssigt ligger det kun lidt under et tilsvarende murstenshus, men da Kallton-huset er bedre isoleret, bliver besparelsen i det lange løb relativ stor. I forhold til en almindelig jernbetonskeletbygning regner man med, at en Kallton-skeletbygning ligger fra 10 til 25 pct. billigere.

Der er også grund til at henlede opmærksomheden på, at Kallton-systemet på grund af sin simple konstruktion og enkle monteringsystem tillader, at der anvendes ufaglært arbejdskraft ved opførelsen – *uden at byggeriets kvalitet derved forringes*. Arbejdskraftproblemet er som bekendt et af de store spøgelsesindendør byggeverdenen ikke blot herhjemme, men også – og i langt højere grad – i udlandet. I Frankrig har man således f. eks. ved le Havre's genopbygning gjort den erfaring, at de prefabrikerede ydervægselementer og etageadskillelser ikke umiddelbart kunne sættes på plads i jernbetonskelettet, fordi de ufaglærte arbejdere, som man i hovedsagen er henvist til

at benytte, ikke kunne udføre forskallingsarbejdet til jernbetonskelettet tilstrækkelig nøjagtigt. Man var derfor nødt til enten at udføre et kostbart tilpasningsarbejde på byggepladsen eller indføre meget store tolerancer. Sådanne vanskeligheder er udelukket ved Kallton-systemet. Ved kontrolmåling af forsøgshuset viste det sig, at forskellen i façadelængden (35 meter) forneden og foroven kun var 6 mm – og dette hus var opført af arbejdsmænd, der af gode grunde aldrig havde set systemet for deres øjne før. Ikke mindst på baggrund heraf vil systemet have store chancer i det enorme byggeri som i disse efterkrigsår finder sted i Europa og man må oprigtigt håbe, at det hurtigt vil lykkes opfinderens og hans konsortiums at få systemet lanceret i udlandet på den rigtige måde. Det vilde være synd og skam, hvis en så oplagt „eksportartikel“ skulle ligge og vente på at blive opdaget.

Alt taget i betragtning er der meget, der tyder på, at Kallton-systemet på sit område vil komme til at betyde noget nær en revolution indenfor byggeriet, og der vil derfor være al mulig grund til at alle, der har tilknytning til byggeriet, med største opmærksomhed følger dets videre udvikling.