

大型版組立工法 (TILT-UP 工法)

中 川 中 夫※

齋 藤 辰 彦※※

ま え が き

最近労務費の高騰、技能労働者の不足などから建築部材のプレファブリケーションが叫ばれているが、大型版組立工法もこの一環をになうものである。

本工法は壁式鉄筋コンクリート構造の各シャイベをプレキャスト化したものでルームサイズのプレキャストコンクリート版で建物を構成する。ラーナン式プレキャストコンクリート造、あるいは中小型版組立構造と異なるのはこの点で、部材が大きいから接合箇所は少く、組立も早いのが特長といえよう。この反面版の大きさ、従つて重量も大で運搬に大きな機械力を要し、建物平面計画にもある程度の制約が課せられる。しかし本工法の主たる対象は集団住宅の大量建設にあり、この面では現在考えられる最も優れた工法の一つといつてよいであろう。

この工法は今次大戦後フランス北欧、オーストラリア、アメリカ、ソ連で集団住宅建設に応用され、殊にソ連では戦前より研究されていて完全に工業生産化されてきた。Tilt-Upの呼称はアメリカの Thomas Collins によるもので本来地上に作られた版を吊り上げ起す状態から名付けられたが、最近ではこの工法の通称となつてしまった。

わが国でこの工法が初めて試みられたのは1957年建築研究所、日本住宅公団による公団4、5号試作住宅2階建テラスハウス2棟(各棟2戸、48.5㎡/戸)である。その後、建研、公団大成建設が協力して工法の開発にあたり、2階建テラスハウス1000戸、延50,000㎡以上を建設してきた。1960年には集団住宅として需要度の大きい4〜5階建フラットに本工法を応用するため研究を開始し、翌年大成建設豊洲研究所構内に4階建2棟を試作し、耐震性状を調べた。本報告ではこの試作建物を中心として工法の概要を述べてることとする。4階建の本格的工事としては本年4月より32戸一棟を建設中でお(他に24戸一棟(恒中))将来はこのような中層建物に主として応用されることになる。

諸外国と異りわが国では地震に際してこのような組立構造の安全性が問題となるが、これについては2階建、4階建の実物に振動、静的水平力を加える実験を数回行つており、耐力の充分な

※ 大成建設技術研究部

※※

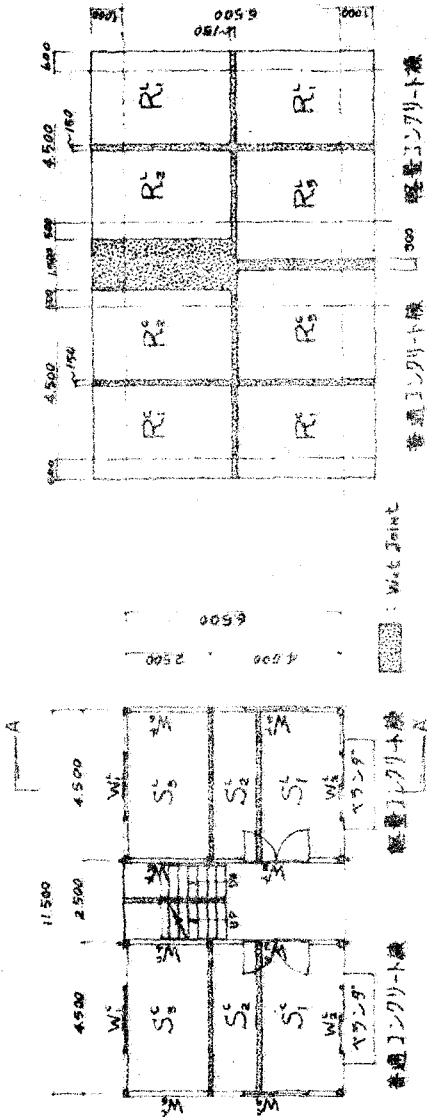
“ ”

ことを確認している。

1. プレキャスト版の組立方法

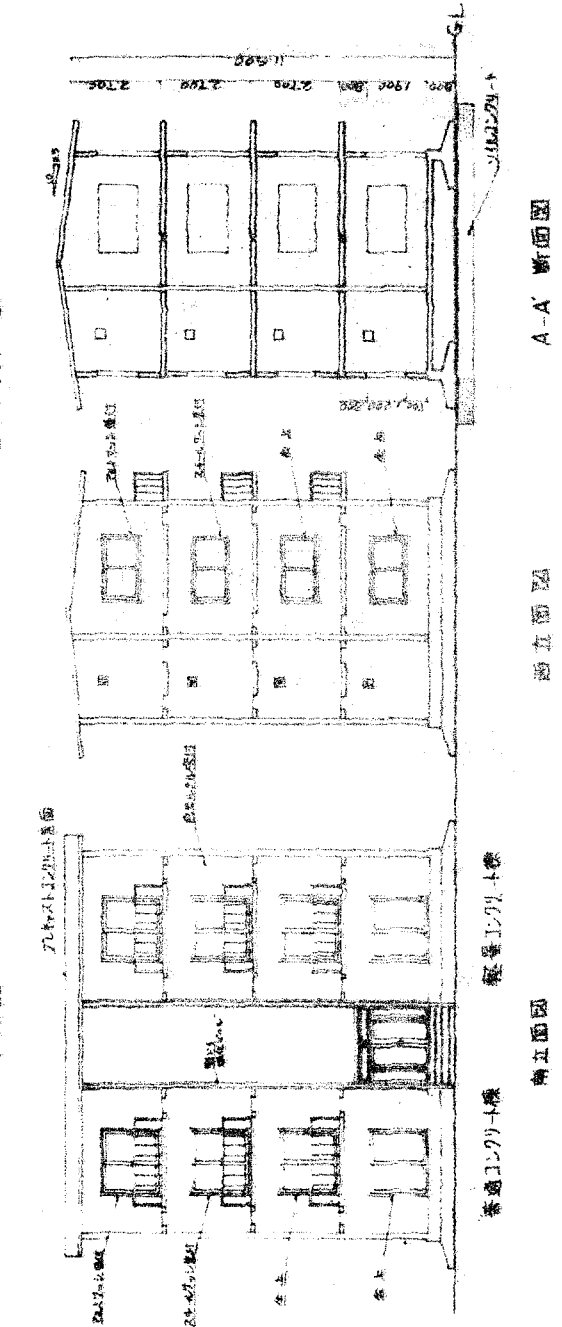
図-1は4階建試作家屋で4.5 m×6.5 mの平面のものを2.5 m間隔に2棟並べて建てたものである。両棟間は耐震試験のための空間で後に階段室とする。この部分の施工順序が本格的工事と異なるが主空間の構成は同様である。

この建物一棟は屋根版4枚(厚12 cm)、床版各階3枚(厚13.5 cm)、壁版各階6枚(厚1階18 cm、2、3階15 cm、4階12 cm)計37枚のプレキャストコンクリート版よりなる。現行壁式規準の壁厚より薄くした理由は、本工法によるとコンクリートの平打ちができ打込みが容易で(スランプ5 cmを使用)部材品質が充分良好均質に保てるからである。構成プレキャスト版の寸法、重量を表-1に示した。



屋根版構成図

平面図

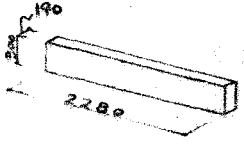
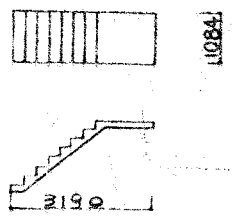
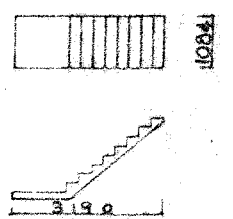
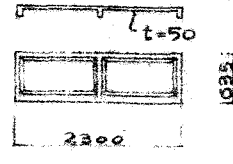
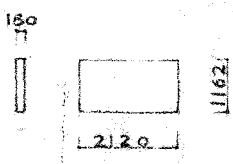


A-A' 断面図

西立面図

南立面図

部材形状寸法		階層			重量(Ton)	部材形状寸法		階層			重量(Ton)
m/mm		階層	重	軽		m/mm		階層	重	軽	
W ₁		4	120	249	218	W ₅		3	150	269	235
		2	150	332	243			2	180	322	282
		1	180	374	327			1	180	322	282
W ₂		4	120	212	186	W ₆		4	120	173	152
		3	150	269	238			3	150	213	187
		2	180	320	279			2	180	256	220
W ₃		4	120	192	168	S ₁		4	135	450	394
		3	150	222	196			3	135	239	210
		2	180	268	234			2	135	360	316
W ₄		4	120	176	154	R ₁		4	120	334	292
		3	150	217	190			3	120	322	282
		2	180	259	227			2	120	394	344
W ₅		4	120	226	198	R ₂		4	120	394	344
		3	150	217	190			3	120	322	282
		2	180	259	227			2	120	394	344
備考	普通工用+換 240%					備考	普通工用+換 240%				
	軽工用+換 210%						軽工用+換 210%				

部材形状寸法 m/mm		製作 数	重量 Ton	部材形状寸法 m/mm		製作 数	重量 Ton
B ₁		3	0.35	B ₂		2	0.28
SS ₁		3	1.80	SS ₂		3	1.80
SS ₃		15	0.35	W7		1	1.13

重量は床S1の4.5 tが最大である（1棟は普通コンクリート、他は軽量コンクリートのプレキャスト、版を用いて構成した）。

版相互の接合方法は場所打コンクリートによるWet Joint、埋込鉄板の溶接、ボルト締めなどのDry Jointの2種があり、この建物では壁水平接合部にDry Joint、鉛直方向はWet Jointを用いた（図-2）。地震時水平力に抵抗するのは主として前者のDry Jointである。このように壁版を接合すればDry Jointの施工の迅速性と、Wet Jointの融通性が相俟つて発揮される。すべてをDry Jointに頼れば各階毎にプレキャスト版の誤差が累積され上階では隣接版同士が接合不可能になることも考えられよう。床は下階壁上端に埋込んだ鉄筋による桝嵌合で桝穴はモルタル充填とする。3分割された床はWet Jointで接合した。

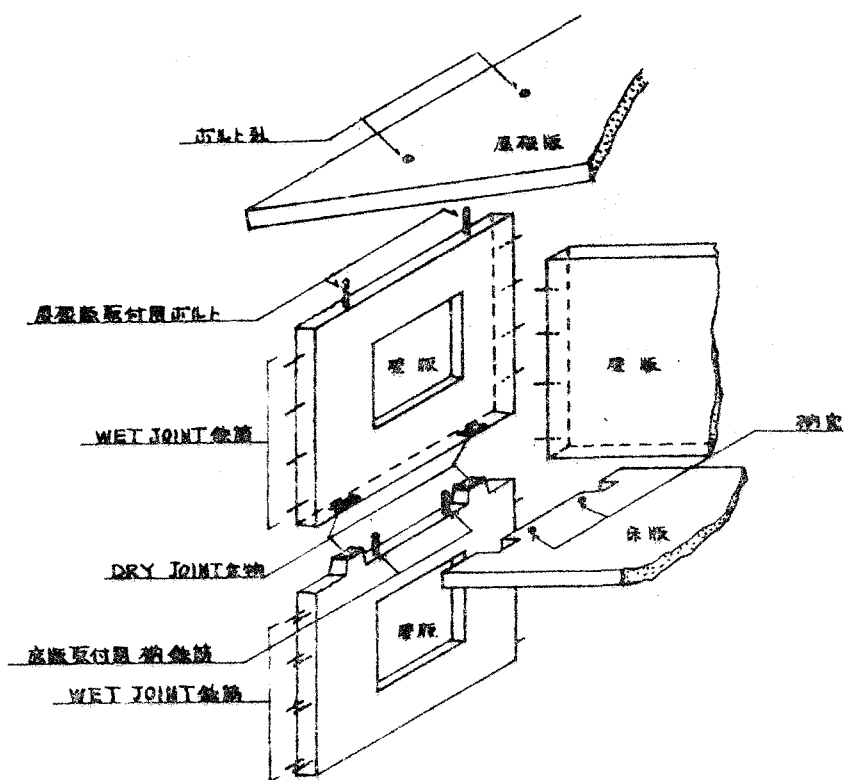


図-2 版の接合

2. 種々の接合法

4階建試作建物に用いた方式の他に2、3の接合法が用いられている。地震力に抵抗する壁版水平方向接合部に限って考えてみる。先ずWet Jointでは上下階壁版を取合部の大半で場所打コンクリートで固めてしまう純Wet方式ともいべきものがある(図-3)。この場合、殆ど剛接合に近いが後打コンクリートの沈み、打継面の付着に問題があるからA部を車知と考え、上階壁よりの剪力 Q は $B \rightarrow A \rightarrow C$ の経路で下階にわたるように設計する。Wet Jointを簡略化したものにOctagonal Jointと称しているものがある(図-4)。施工上面倒な接合部をすべて隅角部で処理し、対角線位置にある壁版同士を鉄筋で結び層剪断力はこの鉄筋の軸力で抵抗させる。

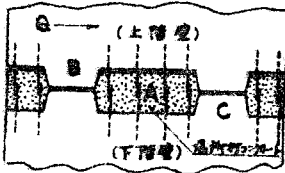


図-3 WET JOINT (Type 1)

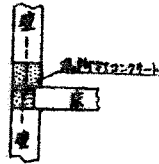


図-4 WET JOINT (Type 2)

Dry Jointの考え方は図-5の通りで鉄板溶接部からアンカー鉄筋を通して剪断力を伝える。4階建試作建物の接合はこの方式を用いた。

構造上とも問題となる接合部に関しては数年来種々実験されており適当な許容力の設定に努力している。実施設計ではこの部分に床が接合されることになりそれとの取合をも考えねばならない。

3. 応力計算の仮定と断面

上記のような接合法の各各について

建物の地震時応力計算方法は異なる筈である。4階建試作建物については次のような仮定を設けて計算した。すなわち上下階の壁はDry Joint部で鉸接合されていると見做し1スパン4層の壁式ラーメンとして応力を求める。各壁の負担剪断力は壁の剪断、曲げ剛性を求め平行壁が同一変形をするとして定める。このようにして求めた建物剛性は後の報告で述べる慣りである。この建物では鉛直方向接合部にWet Jointを用いているので実際には荷重と直交方向の壁がかなり剛性を高める役割をしていると思う。壁の鉛直荷重に対する設計には建方中の応力を検討しなければならない。荷重はDry Joint部に集中するから4階建となると下階ではかなり圧縮応力が大となる。この場合には建方中は建物自重に対してJoint部の圧縮応力をチェックし、完成後の全荷重に関しては版との空隙に無収縮性モルタルを充填して圧縮力の分散が功つた。

床版は一般に周辺支持状態に近く、この例のように分割した場合、建方時には各版が対辺支持で、版間のWet Jointを接合した後は全体が一枚の周辺支持版となる。従つて版自重に

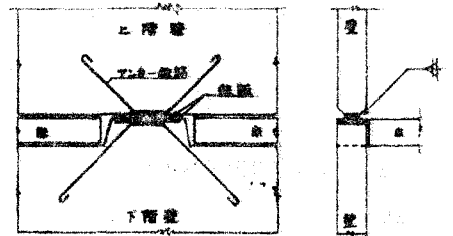


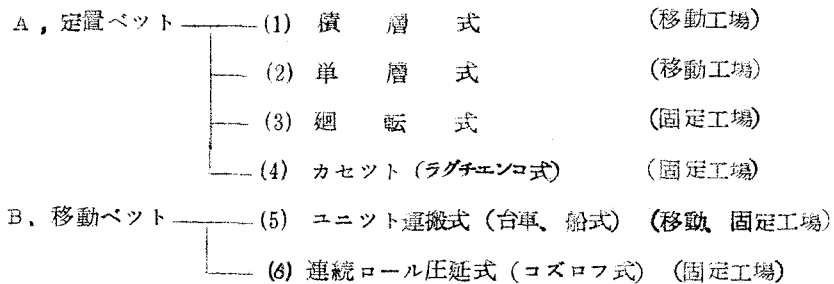
図-5 DRY JOINT

対して二辺支持、全荷重に対して $4.5\text{ m} \times 6.5\text{ m}$ の周辺支持版として設計した。試作建物の床版厚が大なのは使用目的から積載荷重を 300 Kg/m^2 にとつたためである。

この他に版吊上時の応力について検討しなければならないのは一般のプレキャスト造と同じである。断面設計例として4階建試作の壁、床の一部を図-6に示した。

4. 版の製作

この工法で考えられているプレキャスト版製作方法に次のようなものがある。



現在日本で実施されているのは従来の仮設資材で充分目的を達せる積層式が殆どで実験的には(2)、(3)、(5)を用いてみたが本格的な工事にはかなりの設備を必要とする。(3)はフランス、(4)、(6)はソ連で採用されている。

積層式製作法は建物敷地近辺に仮設工場を設け、同型の版を次々と積み重ねて製作して行くもので工場敷地によつては25枚程度高さ3.5 m位まで重ねたこともある。先ず地盤をロードローラー等で転圧し、ベットコンクリートを打つ。この上に剝離シートを敷き版周辺の型枠をおいて配筋しコンクリートを打設する。翌日型枠を脱し、剝離シートをおいて型枠組立、配筋を施し第3日にコンクリートを打てば第2段目の版ができることになる。この間吊上金物、先付サツシ等を設置し、コンクリート表面は仕上に応じて処理しておく。一般には外壁はモルタル吹付となるので、水引き後刷毛引き仕上としておく、大現場ではこのような製作ベッドを3群ほど作つておき、上屋をかけてこのうち2群を常時使用し毎日交互にコンクリートを打設できるようにする。図-7に試作建物のプレキャスト版製作状況を示す。

図-6(a) 4階建試建物の配筋例

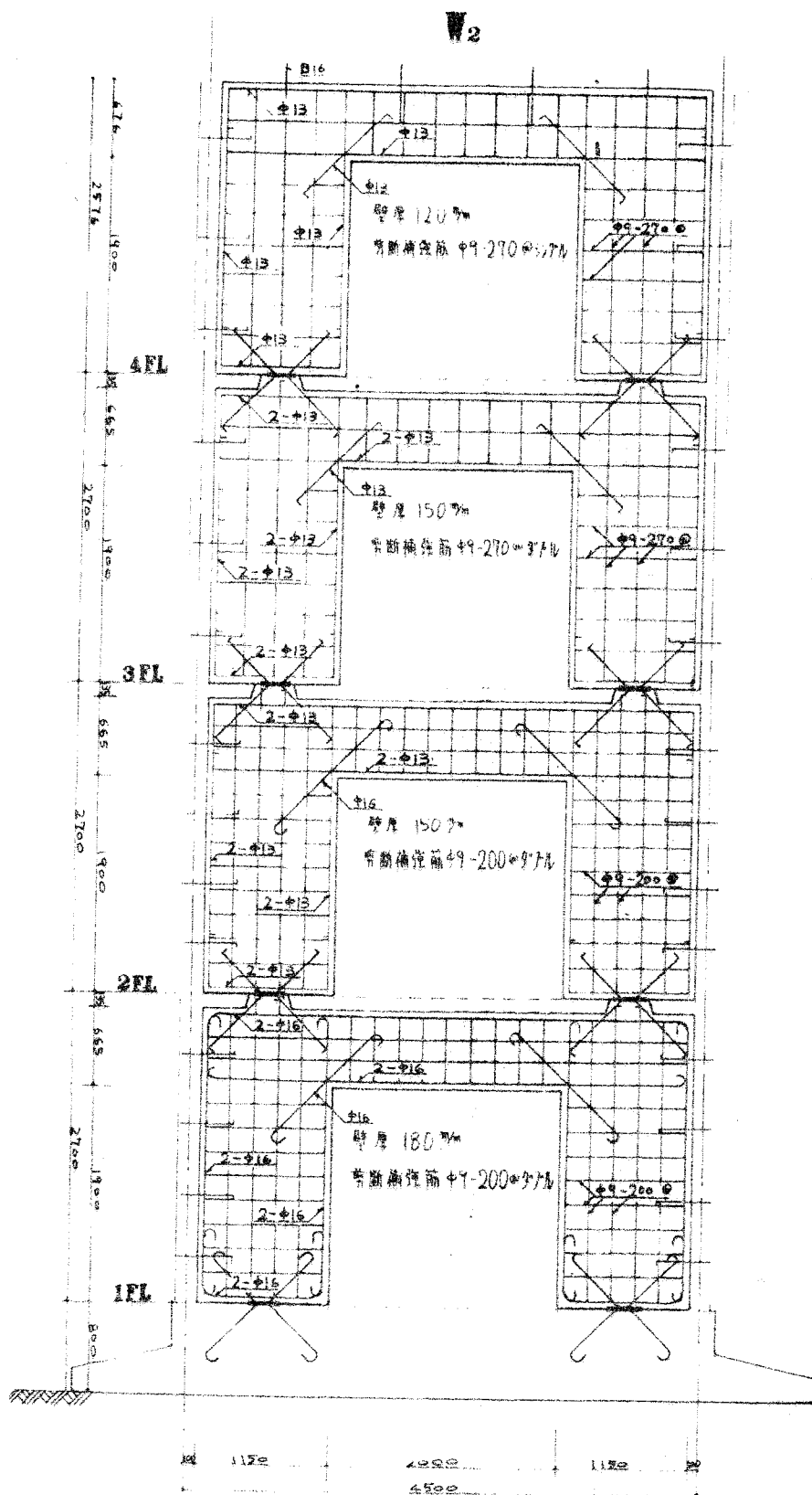
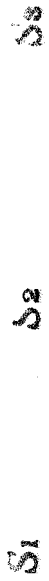


Figure 4 (b)



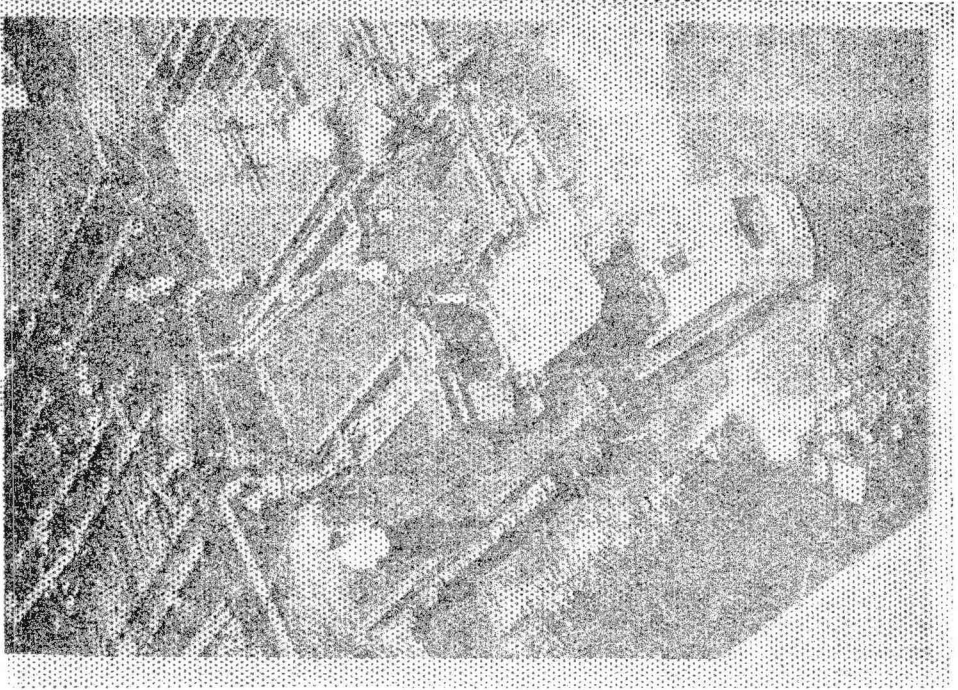


図-7 プレキャスト版製作状況

積層方式の欠点は版の製作順序と建起し順序が逆で建込時の養生条件が不均一になること、一群のベットの版製作が完了しなければ建方に入れないことである。例えば25段積の場合、版製作に50日、養生に15日とすれば65日間は建方ができない。積層式以外の方法はこのような欠陥は殆どない、一般設計の標準化、発注量の長期見通しが得られれば移動工場式から固定工場式へと発展しよう。

5. 建 方

積層式で製作されたプレキャスト版は養生期間が過ぎると上段から次々とクレーンで吊り起し、

トラックで建込現場へ運搬し主としてトラッククレーンで建込んで行く。4階建試作工事では規模が小さいのでトラック輸送することもなかった。壁の吊上げは図-8のように版に直接圧縮、曲げ等がかかるようI型鋼等を介して行う。長い壁、開口の大きいものなどは3点吊りとする場合もあるがこのようなときにはI型鋼を2段に設け必ず2点吊の組合せとし、各吊上ワイヤに等量の引張力がかかるようにする。トラッククレーンで所定の位置にセットした版は丸太、ワイヤー等で仮支えし、建入をみてからWet Joint鉄筋を隣の版と仮付熔接する。1階分の建入調整後Wet Joint, Dry Jointの本熔接を行い版を固定する。床版は枅穴にモルタルを充填する。その後上階の壁、床を同様に建込む。2階分の建込が終わったらWet Jointに豆砂利コンクリートを打ち、全体が組立った後前記した無収縮性モルタルを壁版水平方向目地部に充填する。試作建物の建込所要日数は実働10日間であった。

2階建の場合には建込速度はかなり早く1日に30〜40枚、すなわち3〜4月分の版を組立てることは普通である。

6. 接合部の防水

大型版組立工法の特長の一つは雨漏りの心配がないことで、これはコンクリートの収縮が各部材内で独立に生ずるからと思われる。接合部には弾力性の充填材を施しておく。屋根にはこの充填材以外に防水は考えなくてよい。外壁接合部や取合目地はコーキング施工する。

7.2階建テラスハウスの場合には大抵屋内木造階段で問題ないが、中層フラット式アパートでは階段を耐火構造としなければならない。4階建試作建物の階段室は耐震試験の関係で特殊であるが、階段版そのものは将来とも応用できると思う(図-11)。この階段は大型版組立構造の主旨から踊場とも一枚のプレキャスト版とし、ノンスリップ先付でコンクリート打放し素面仕上のまま建込んだものである。

あ と が き

4階建試作工事を中心として工法の概要を述べてみたが、設計、施工両面とも中層工事となるとかかなりの問題点が残っている。構造設計方針の確立、殊に接合部の集中応力の処理、震力分布の計算法などはその中心であるが、版製作の工業生産化のためにも標準平面の設定が当面の急務であると思う。

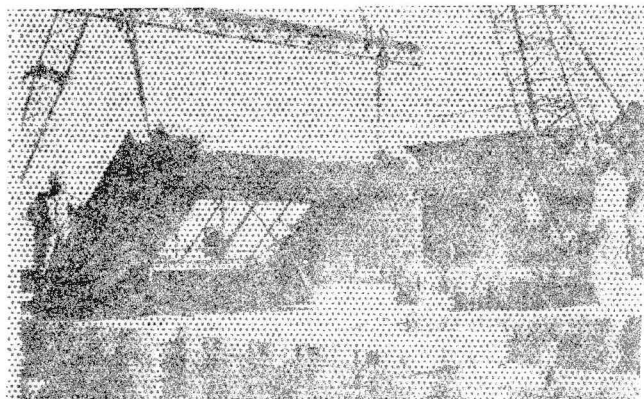


図-8

プレキャスト版の吊起し

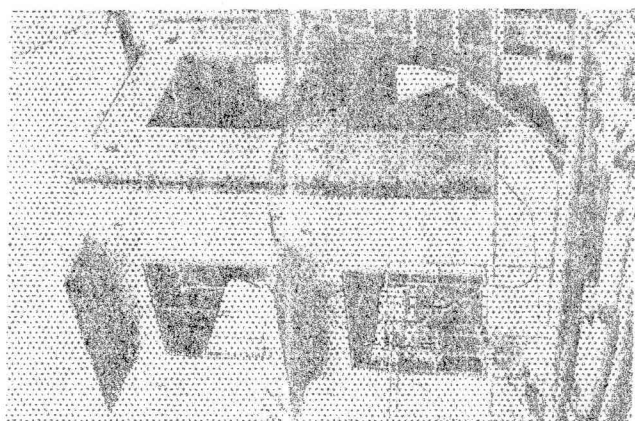


図-9

2階建万終了

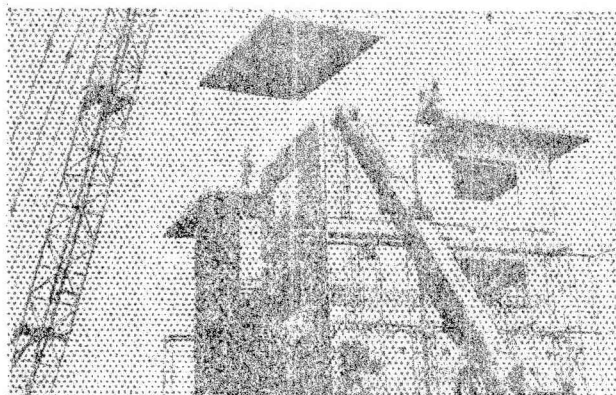


図-10

屋根版の建万

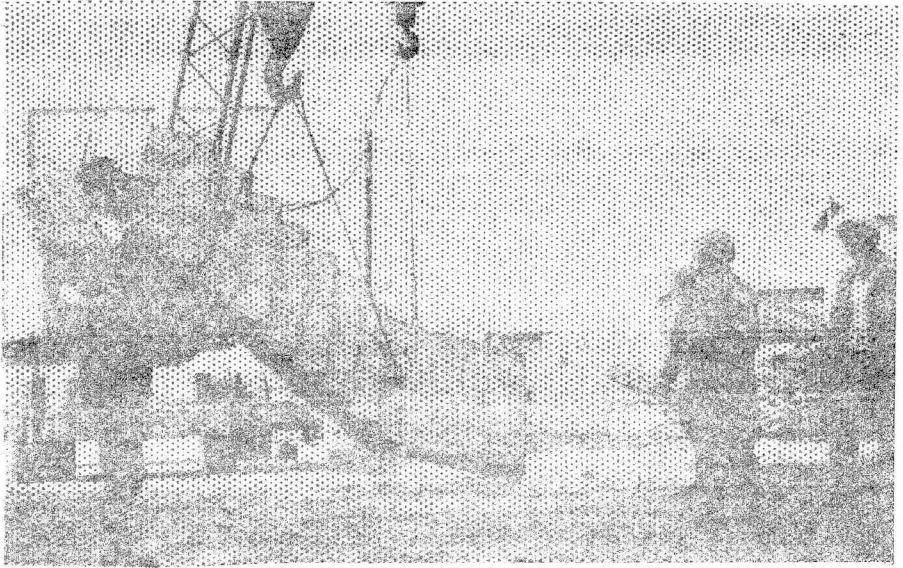


図-11
階段版の吊上げ

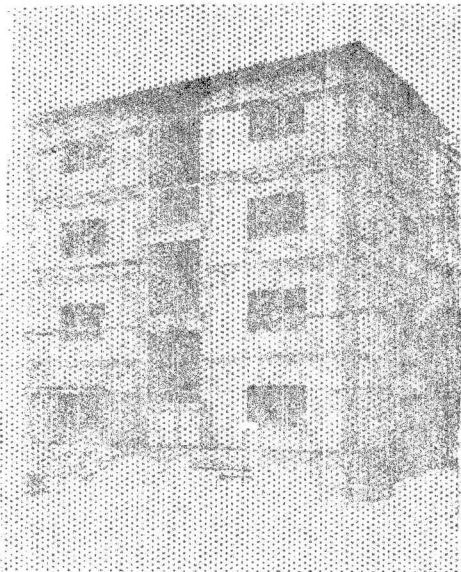


図-12
軀体完成