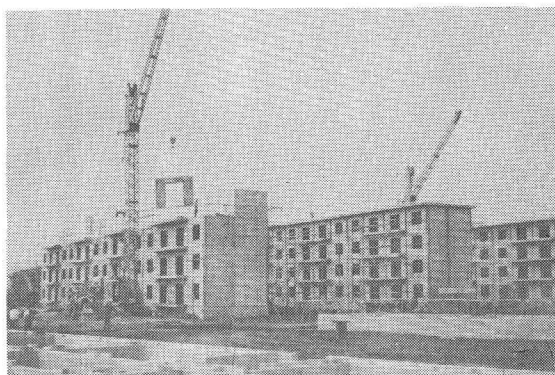


4, 5階建壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造共同住宅の実用化に関する報告

日本住宅公団	菅	陸	二
"	東	貞	三
"	太	田	泰
"	中	川	友
"	渡	辺	覚
"	江	里	口
"	山	内	修
"	河	原	昂

1. 住宅建設と工業化の沿革

(1) 日本の住宅建設の工業化の歴史
は1930年代から始まる。しかし、以下に報告する形にまで本格化したのは1960年代に入ってからである。この理由の1つは、1955年以降顕著になった日本経済の高度成長に基づく建築工事量の増加に求められる。1965年の住宅投資額は約2兆円、非住宅投資額は約1.9兆円に達するが、これは1955年の6.9倍、および7.5倍に相当する。また、このような量の増加だけではなく非木造建築物の増加など質の高度化もいちぢるしい。



このような建築活動の急速な増大は、しかしながら生産諸要素の不足を発生させた。労働省の推計による建築技能労働者の不足数は1964年には約20万人、不足率で34%に達するほど大きい。また砂、砂利、木材などの天然建材の不足も看過し得ぬほど大きく、このため労務費および天然建材価格が昂騰し、建築工事費は1955年に対比すると1964年には約1.7倍に達するまで値上りした。この影響は限られた予算の中で、国の資金をもとに良質安価な住宅を供給しなければならぬ使命をもつと公共住宅の場合には特に大きかった。住宅建設の工業化を進めなければならぬ強い要請はこうして生れた。

(2) 一方、日本経済の高度成長と技術革新にともない工業化に適した新建材の発展と建設機械の増

加がみられた。プラスチックやセメント2次製品の利用の拡大、その工場加工度の向上による半製品化、いままで存在しなかった新しい品種の開発普及という現象およびタワークレーンをはじめとする各種揚重運搬機械・鋼製仮設機材の利用と普及などの諸現象は、全般的に日本の建築技術を工業化の方向へ進める有力な基盤を整備した。

(3) 住宅建設の場合にはこのような一般的可能性に加えて、特に公共住宅の存在とその建設合理化を目指した不断の努力の積み重ねがこの段階において工業化へのスプリングボードとなったことを強調したい。

日本の公共住宅には国の補助金をうけて地方公共団体が低所得階層を対象として賃貸住宅を建設供給する公営住宅、住宅を建設しようとする個人および法人に低利長期の公的資金を融資する公庫住宅、公的資金のほかに民間資金も利用し、行政区画にとらわれずに中所得階層以上を対象としてもっぱら耐火共同住宅形式の賃貸、分譲住宅を供給する公団住宅の3種類がある。1965年の年間全住宅建設戸数約110万戸のうち、これらの公共住宅の占める率は約30万戸、27%に達するが、工業化にとって重要なことは、これらの住宅は日本の在来の1戸建木造住宅と異なり、主にコンクリート造共同住宅を集団住宅として建設する場合が多いことにある。特に公団住宅の場合は1955年の設立時で年間3万戸、現在では6万戸にもものぼるその建設個数の大部分をこのような形で建設している。このためこれらの公共住宅については早くから建設合理化の努力が行なわれてきた。公団住宅の場合は、徹底した設計の標準化、規格化が推進される一方、流しやサッシなどの住宅用部品の規格量産化にも先鞭をつけた。この成果は1960年に「公共住宅規格部品協議会」が設立されることで全公共住宅の分野におよぼされるまでに発展した。このような在来工法の合理化をはかる努力と並行して、公団では設立当初からより本格的な工業化工法の開発を試みてきた。この開発の努力は終局的には諸外国で成果をおさめた大型プレキャストコンクリート板組立工法の実用化に集中的に注がれ、1962年頃までには、現場仮設工場によるこの工法で2階建テラス型住宅を約1,600戸建設するまでの経験をつみ重ねた。

(4) 以上の状況を背景として政府は1962年に「建築生産近代化促進協議会」を設け、本格的な建築生産の工業化の実現を目指してその全努力を傾注する体制を整備した。これ以後公営住宅については低層不燃共同住宅の工業化工法として中型コンクリート板組立工法による「量産公営住宅」の技術を1961年に開発し、1962年から実施に移し同年は800戸、翌63年は5,000戸、'64年12,000戸、'65年13,000戸の建設実績をあげるまでに成果をあげている。一方、公団住宅では耐震構造の面で問題があった大型コンクリート板組立工法による4～5階建共同住宅の建設を可能にするための研究と、コンクリート板の生産を高度化し、その精度と生産効率を高めるための技術開発を集中的に行ない、1963年以降、以下の報告にみられる形の中層共同住宅の実用建設を行なうまでに至っている。

2. 量産試験場における工業化に関する試作実験

1963年住宅公団に新設された量産試験場において、部材製造技術の高度化と中層建物の組立施工技術の開発に重点をおいた各種の試作および実験を行なった。すなわち、1964年、従来の現場

仮設方式に代る工業化技術を開発することを目的とし、試験場内に鋼製型枠と蒸気養生設備を有する日産プレキャスト板10枚の能力の実験プラントが建設され、新方式によるプレキャスト板の生産技術の開発と4階建共同住宅の試作を行ない、工業化による部材の品質精度の向上、組立施工法、仕上内装工事の合理化等、一連の品質向上、工期短縮、コストダウンの可能性に関する実験を実施し貴重なデーターを得ることができた。さらに1965年春同じ実験プラントによって生産された部材を用いて、現在実施中の4階建2DK住宅のプロトタイプ1棟24戸を神代団地に賃貸住宅として建設し部材の輸送から組立接合仕上等一系列の新設計による施工の実用性を確めた。このような経験をもとに工業化を推進し、本工法の真価を示めし広く企業化を促進することを目的とし、1965年春、千葉市園生町に日産2戸の能力を有するプレキャスト板製造工場を公団自らの投資によって建設し、同年8月より近傍の千葉市千草台団地に4階建2DK住宅18棟496戸の大量実用実験工事に着手した。この工場は大団地内またはその近傍に建設され、比較的距離移送の場所に年間500～600戸程度の建設を行ない、必要に応じ工場施設を他の団地等へ移動させることを考慮した所謂移動工場方式のものであってその概要は次の通りである。

- | | | | |
|-------------|---|-----------------|-------|
| (1) 設置場所 | 千葉県千葉市園生町1389他 | | |
| (2) 形 態 | 移動工場(2年に1回程度の移動) | | |
| (3) 規 模 | 敷地面積10,000m ² (借地)うち上屋掛部分約1,800m ² | | |
| (4) 生産能力 | 日産2DK住宅2戸(40～44枚, 約80t, コンクリート33m ³
鉄筋3.1t) | | |
| (5) 償却年数 | 4年(2000戸)
(年間稼動日数250日とみて500戸/年) | | |
| (6) 取得費 | 8,111万円 | 工場施設 | 36% |
| | | 機械設備 | 64% |
| (7) 工 期 | 65.3.11～65.5.31 | | |
| (8) 運営方式 | 公団所有, 施工業者に貸与 | | |
| (9) 板製作方式 | 平打ち単層方式(低圧蒸気養生) | | |
| (10) 主要機械設備 | | | |
| | コンクリートミキサー | 80切 | 1 基 |
| | バッチャープラント | 80切自走式トロリーバッチャー | 1 基 |
| | セメントサイロ | (30t) | 1 基 |
| | コンクリートフィーダー | | 1 台 |
| | (7t門型クレーンに80切バケット付) | | |
| | 移動テーブル | | 3.6 台 |
| | (3,500～4,700×3,600～4,900) | | |
| | 周 辺 型 枠 | | 4.8 組 |
| | テーブル移動ウインチ | | 7 台 |

蒸気養生室

7 室

(3 0 0 kg/h 蒸気発生装置付)

回転走行ホイスト

1 台

門型クレーン (5 t)

2 台

プレキャスト板の製造はレール上を走行する上下 2 段の移動テーブル上で行ない、工程順に移動する。テーブル上に型枠を組み、加工場で組立られた鉄筋、サッシ、配管などをセットし、プラントで練り混ぜたコンクリートをフィダーで供給打設し、表面仕上を行なった後、養生室に格納し、翌朝取出し、門型クレーンで脱型ストックする。平均的な作業時間は脱型ストックからコンクリート打ちまで約 3 時間、表面仕上 (前養生時間に充当) 3 時間、養生 1 5 時間程度で、養生法は最高 7 0 $^{\circ}\text{C}$ 、温度上昇速度 2 0 $^{\circ}\text{C/h}$ 蒸気供給 4 時間で以後翌朝まで余熱を利用する。これは概ね建築学会標準仕様の蒸気養生法に合致する。脱型時のコンクリート強度は 1 2 0 kg/cm^2 程度でありまた、従業員は職長、各種オペレーター工員合計 4 0 人程度である。

この工場による最初の大量実用実験工事である千草台団地の建設は既に優良な成果をあげて完了し、引続きあやめ台団地に於て 1 4 棟 3 2 8 戸の建設を行なっている。

この外、量産試験場に於ては本年 6 月より工場の生産能率を高めることを目標とした 1 日 2 サイクルの生産を可能とする高温短時間養生法の実験に着手した。この方法は最高温度 9 0 $^{\circ}\text{C}$ 、養生時間 4 時間 (表面仕上工程も含む) で脱型時 1 0 0 kg/cm^2 、5 日強度 1 8 0 kg/cm^2 (設計強度) を目標とするもので、実験装置を新設し実大パネルで実験を行ない良好な成績をおさめた。ただし、冬期においては熱損失も大と思われるので、今冬再度実験を重ね確認する予定である。

3. 住宅建物の設計

(1) 設計概要、千草台およびあやめ台の 2 団地に実施した住宅は図 - 1 の平面を有する 4 階建 2 D K 型式のものであり、また、引続き建設を予定しているものとしては、図 - 2 の 5 階建 3 D K 型式がある。いずれもいわゆる 2 戸共有階段型式であって、現場打壁式構造の平面型式を踏襲した

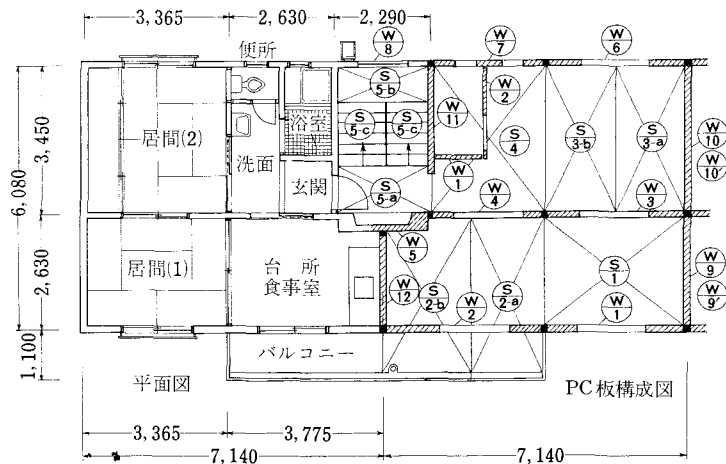


図 - 1 2 D K 型建物平面図
(計画床面積 4 5.4 4 m^2)

もので、部材の規格標準化という点では未だ本格的なプレハブ工法に適した平面型とはいえない。しかし、部材の形状を左右対称型にして左右勝手をなくするなど、可能な限り部材寸法の整理や種類の統一をはかっている。

標準階における部材数は2DK型で壁板11.5枚床板8計19.5枚3DK型で壁板14.5枚床板8板計22.5枚である。

部材の大きさは壁板で最大 $3.775 \times 2.535 \times 1.5$ 、最小 $2.425 \times 1.095 \times 0.8$ 、床板で最大 $2.555 \times 4.635 \times 1.1$ 、最小 $2.100 \times 1.000 \times 1.5$ 、屋根板で最大 $2.565 \times 4.635 \times 1.4$ 、最小 $1.670 \times 3.715 \times 1.4$ 、重量は最大4.2t、最小0.5tで大部分は2～3tで外国のルームサイズ板と比較するとおおよそ半分の大きさである。

(2) 構造設計

本設計は、日本建築学会制定の「壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造設計規準」(1965年)にしたがって設計した。

耐力壁の配置は図-1および図-2の通りで、できるだけ釣合よく配置することに留意した。このことは極端な応力が生ずることをさげ接合法を単純化するうえで重要であるばかりでなく、部材や接合法を標準化し、プレハブ工法として、その量産効果を高めるうえでも極めて重要なことである。

(イ) 鉛直ウェットジョイント同一階の相隣る耐力壁相互の鉛直方向の接合部は図-3のごとき部材端の鉄筋同志を溶接し後打コンクリートを充填し一体性をもたせる所謂ウェットジョイントで、後打コンクリートとプレキャスト部材間のせん断耐力をますため接触面には数個のShear-Keyを設けている。また、L、T、十字型に耐力壁が交錯する部分の鉛直ウェットジョイントには $\phi 16 \sim 19$ の縦筋を配置し、設計荷重以上に荷重が増大し軸力が大となった場合、部材と1体となりこれを負担できるよう考慮している。

(ロ) 水平ドライジョイント、上下階にわたって相接する耐力壁間の水平方向の接合部は、後打コンクリートの充填が困難なうえ、外壁の防水処理上も好ましくないので、図-4の如く部材端にアンカーされた鋼板同志を溶接するいわゆるドライジョイントを用いて、せん断力および軸力を処理する。

65-5N-3DK-P.C

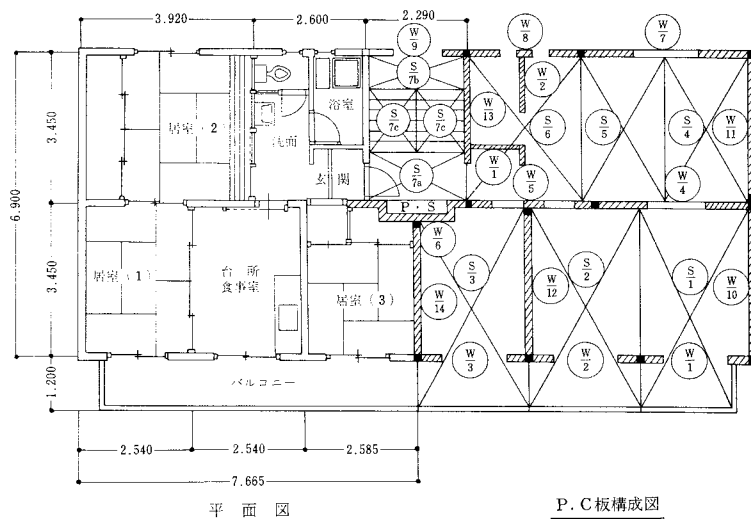


図-2 3DK型建物平面図
(計画床面積 57.25 m^2)

壁板鉛直方向接合部

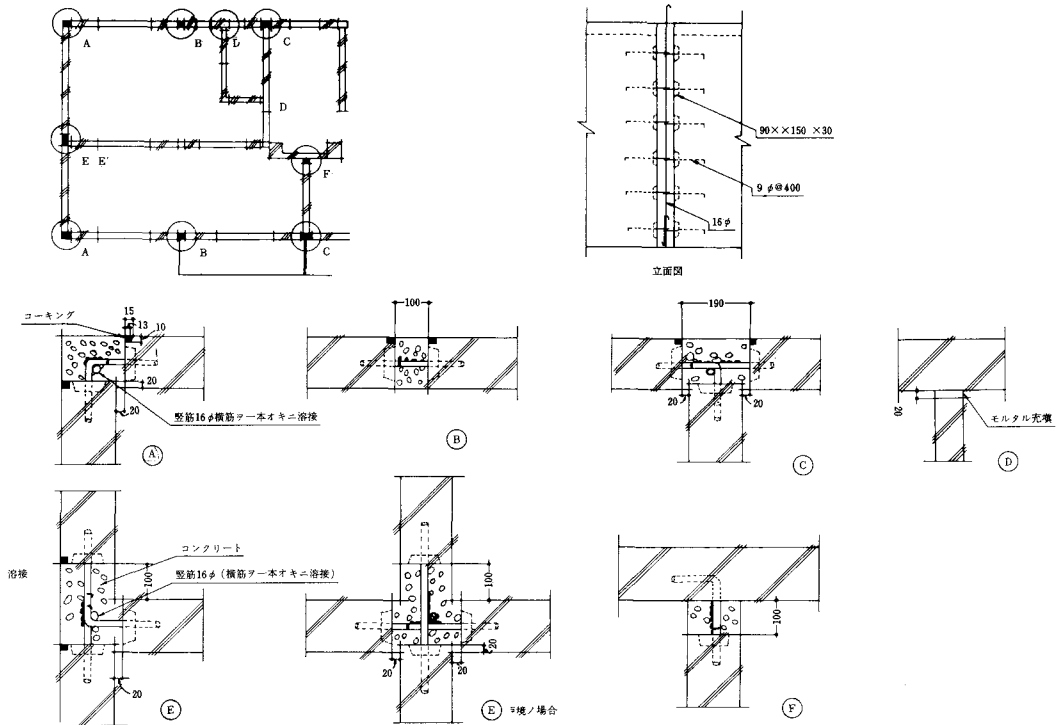


図-3 壁板鉛直方向接合部詳細図

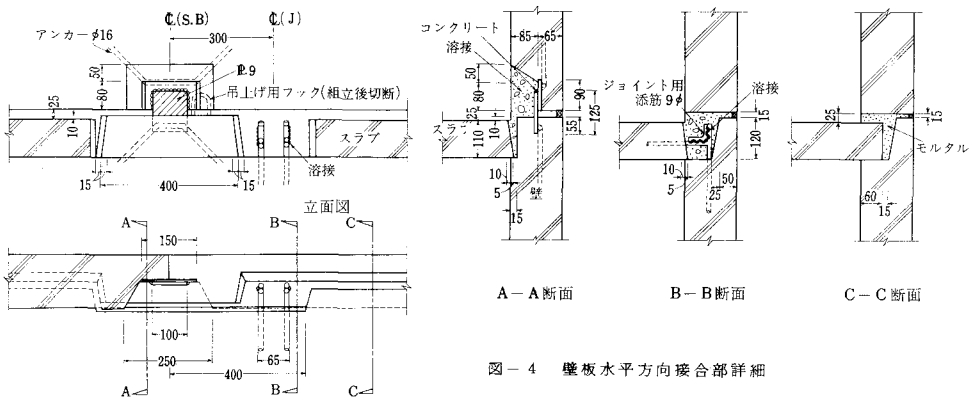


図-4 壁板水平方向接合部詳細

また、ジョイント金物の設計についてはアンカー筋の作用線が1直線となり、かつ中央の一点で交わり、2次的な振りモーメントを主じないように考慮し、震度0.2の場合について応力計算を行なっている。しかし、実際には水平接合部に充填された数モルタルによる摩擦抵抗が余力として働らくものと

考えられる。

(イ) 水平荷重に対する計算方針

以上のごとき主要な接合法によって組立られた建物は図-5に示すごとき形となる。耐力壁の計算としては、ウェットジョイントが既往の諸実験より設計荷重の2.5～3倍の荷重まではすべりを生じないことを根拠とし、ウェットジョイン

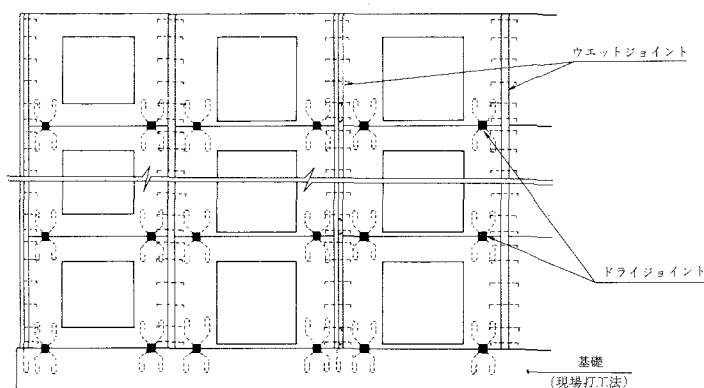


図-5 壁板組立立面図

ト部分を連続1体とみなすことにより、相隣る2つの構面は夫々1体となりドライジョイント2点で柱脚が固定され、1体打壁構造に近い剛性を有する壁体と考えて、応力計算を行なっている。

(ロ) 床板

床板は壁板上部に単純支持される型式をとるので主として単配筋で、地震時における剛性を考慮し、最小厚11cmで設計した。床板相互および壁板と床板は一辺につき2～3箇所壁板セッティングベース位置で、コッター型式のウェットジョイントにより接合する方法をとり水平力を伝えるように考慮した。

(ハ) 基礎

基礎は地盤、杭等その支持条件によって設計もこととなるので現場打とした。ただし地中梁立上り部分については鋼製型枠を使用し、プレキャスト部材と同程度の施工精度が得られ確実に上部壁と接合できるように計画されている。

(3) 内装および仕上工事等

この工法の特徴として、施工精度が良好となり、現場打工法の構造躯体をもとにしては不可能に近い合理的な仕上工法が採用できることである。すなわち、内外装は極力左官工事を避け、外装はプレキャスト板刷毛引き仕上げ面にリシン吹付、内装はプレキャスト板の直接塗装やプリント合板、石膏ボード等を接着剤によって直接プレキャスト板面に接着する工法を採用し、また、押入内部、妻側、北側壁等結露現象の多発する個所には発泡スチロールとベニヤ合板との合成板、最上階天井には化粧スタイロホーム板を接着施工し、インシュレーション効果をあげている。また、木造間仕切、押入なども工場生産の木製パネル等を用い、内装工事のフレハブ化と合理化をはかっている。

(4) 主なる仕様

本工法の施工の良否はほとんど部材の品質およびその寸法精度如何による。部材製造に関しては、正確な型枠と、充分なコンクリートの品質管理が必要となる。

(イ) コンクリート

調合は千草台工事の経験より1日1サイクルで板を生産する場合次の標準調合表を与えている。

骨	材	コンクリート		
砂	砂利	調 合	スランプ	所要強度
2.5 mm	40 mm	C = 280 kg/m^3	10 cm	180
以下	以下	S = 759 "	以下	kg/cm^2
		G = 1,211 "		
		W = 160 $\text{ℓ}/\text{m}^3$		

表-1 標準調合

ただし蒸気養生は次による。

前養生時間は3時間とし、この間35℃以下に保つ、最高温度70℃、温度上昇速度20℃/hr以下とし、Total 温度時は600℃/hr以下とし、急冷をさける。

(ロ) 部材の寸法精度は、辺長±3mm以下、板厚±3mm以下、面の不陸±3mm以下とする。

(ハ) 組立精度は未だ仕様を規定する段階ではないが現在までの実績は表-2の通りである。

測定箇所	測定数	範囲 (mm)	平均 (mm)	偏差 (mm)
桁行方向内法	435	-16~18=34	1.7	5.08
張間方向内法	470	-10~13=23	1.6	3.41

表-2 千草台団地組立精度

(ニ) 防水工事

外壁堅ジョイントは建築用コーキング材、横目地はアスファルトプライマー0.5ℓ/㎡塗布、フジシート幅25mm×厚75mm 2層の上コールドフジシールをガン打ちし上部壁にて圧着する。屋根は接合部のみの防水とし、フジシールを使用する。

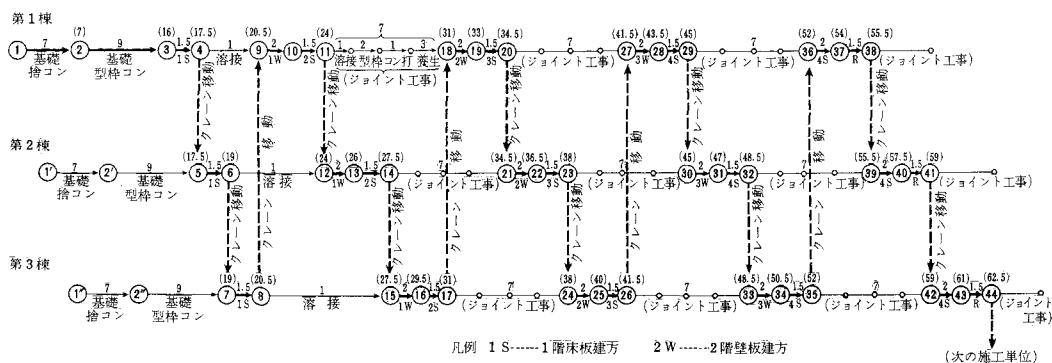


図-6 施工単位の組立作業ネットワーク

4. 本工法の経済性

(1) 工期、工程

本工法と在来の現場打工法の工程工期を4階建2DK型24戸1棟で比較すると、在来工法では基礎工事0.5ヶ月、躯体鉄筋コンクリート工事2ヶ月、仕上工事3ヶ月計5.5ヶ月を要するが、この工法では基礎工事0.5ヶ月、プレキャスト板組立工事1ヶ月、仕上工事2ヶ月計3.5ヶ月で約36%の工期の短縮が可能である。ただし、在来工法の場合は必要労務が確保されず工期が延長されることが多いことを考慮すれば実際には50%程度に短縮されると考えてよい。団地建設の場合は、組立用クレーンを最も効率よく使用し、その他の仮設も最少単位とすることが経済的である、クレーン1日の組立能力50枚/日より、32戸建3棟程度を1施工単位グループとして建設を行なうことが望ましい。表-3は千草台団地で実施した組立工事のネットワークで、1日2戸の速度で組立が行なわれた。

(2) 労務者数

工場労務は公団所有のプラントでは製品1枚当たり約1人であるが、日産4戸以上の能率のよい工場を想定すると0.65人/枚程度が可能である。現場における、組立工事はクレーン1台につきオペータ1人、大工1人、蔦工2～3人計4～5人1組で平均50枚の建方を行なうので、接合工事も含め組立工事に要する労務者数は1戸当たり5.2人/日である。そのうえ仕上工事も合理化されているので2DK24戸建1棟について比較すると、在来工法では基礎工事240人/日、躯体鉄筋コンクリート工事760人/日、仕上工事1,600人/日、合計2,600人/日の労務を必要とするのに比べ、この工法では工場労務340人/日、基礎工事170人/日、プレキャスト板組立工事120人/日、仕上工事860人/日、合計1,490人/日、内現場労務1,150人/日で、総労務者数で約43%、現場労務のみの比較では約56%の節減が可能である。

(3) 工 費

工費については躯体および仕上共全く工法を異にするので単純な比較はできないが、同1面積の在来工法2DK型住宅(1戸当り工事費約98万円)と比較し、千草台の場合は約2%のコストダウンとなっている。ただしこの場合工場施設の償却は4ケ年とし、1戸当りネット償却費4万円、定期整備費、修繕費、管理費、工場移転費を含め工場使用料は1戸約6万円、約1,000円/m²で、民間固定工場より若干きびしい。将来の見通しとしては、工法の改良、能率のよい固定工場による部材供給等を考慮すれば10%程度のコストダウンが可能である。

公団としてはコストダウンも目的であるが、この工法の普及により、在来工法と同コストでも安定した労働事情のもと一定の良質の住宅を計画的に建設し得ることにより多く期待している。

5. 本工法による住宅建設計画および施工能力

千草台団地における成果は、業界の企業意欲をそそる上で極めて効果があったが、さらに公団は、本年6月ある程度の需要保障を与える意味で向う3ケ年間にわたるこの工法による住宅建設計画を策

定し、業界に対し正式に企業化の呼びかけを行なった。この計画によれば1966年2000戸、'67年4000戸、'68年6000戸の計画で'70年以降は住宅公団の全建設量の半数程度はこの種量産工法によって建設を行なう予定で、若干内輪な数字であり、さらに公営、公庫住宅等への採用も考慮すれば、公共住宅関係でも各年度この50%増程度の需要は確保されるものと考えられる。

施工能力としては、現在京浜地区3、京阪神地区1、計4工場、日産能力として15戸の工場が稼動を開始している。さらに工場建設中、もしくは計画中のものを合せると、1967年末には16企業、19工場、日産能力48戸までに増大し、年間12000～14000戸の建設が本工法によって可能となる。