
高層アパートの量産工法(K-S 工法)

Mass Product Method of Multi-Storied Apartment Houses(K-S Construction Method)

荻野 英也(Hideya Ogino) 山口 修一(Shuichi Yamaguchi) 吉田 三千万(Michitaka Yoshida) 宮下 巖(Iwao Miyashita)

要旨：

本工法は清水建設（株）と川崎製鉄（株）との共同開発によるもので、H形鋼と鉄骨内蔵の pc（プレキャスト・コンクリート）版の組合せからなる高層アパートのプレハブ工法であり、次のような特長がある。(1)壁，床版の pc 化 (2)鉄骨の柱と梁の接合に現場溶接を採用 (3)設備，仕上げ工事のユニット化，パネル化 施工例をもとに本工法を紹介する。

Synopsis：

A joint development of Kawasaki Steel Corp. and Shimizu Construction Co., the K-S construction method is designed for the construction of multi-storied apartment houses, using H-shape and precast concrete as featuring materials and having the following advantages; (a) Walls and floors can be made of precast concrete slab. (b) Columns and beams can be welded at site. (c) The final phase of construction, such as interior wiring, partitioning, and bath room fixture installing, can be prefabricated unit by unit in the form of panels which can be brought to the construction site for fixation. This article introduces K-S Construction Method though the results of a trial construction.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

高層アパートの量産工法 (K-S 工法)

Mass Product Method of Multi-Storied Apartment Houses
(K-S Construction Method)

萩 野 英 也*

Hideya Ogino

山 口 修 一**

Shuichi Yamaguchi

吉 田 三 千 万***

Michitaka Yoshida

宮 下 巖****

Iwao Miyashita

Synopsis:

A joint development of Kawasaki Steel Corp. and Shimizu Construction Co., the K-S construction method is designed for the construction of multi-storied apartment houses, using H-shape and precast concrete as featuring materials and having the following advantages:

- (a) Walls and floors can be made of precast concrete slab.
- (b) Columns and beams can be welded at site.
- (c) The final phase of construction, such as interior wiring, partitioning, and bath room fixture instolling, can be prefabricated unit by unit in the form of panels which can be brought to the construction site for fixation.

This article introduces K-S Construction Method though the results of a trial construction.

1. ま え が き

わが国の住宅事情をみるに、いぜんとして住宅難世帯は多く、核家族化に加えて戦後のベビーブーム期に出生した人達が結婚適齢期に達するため、住宅需要の急増が予想される。長期的にみても昭和41年から60年までの20年間に約3千万戸の住宅需要が見込まれている。しかしながらこれまでのように在来工法や、あるいはプレハブハウスメーカーによる1戸建を個別分散的に無秩序に膨張させていくことは、もはや日本の社会的事情が許さなくなってきた。すなわち

- (1) 天然資材と技能労務者の不足

- (2) 物価、賃金の上昇に伴う建設費の高騰

- (3) 人口の都市集中、過密化による都市周辺の地価の暴騰

などといった現象がますます激しくなり、深刻な社会問題となってきている。このような社会環境のもとで住宅問題を解決する方法は、建築生産の工業化以外にはないと思われる。それも住宅適地を高層化して土地の高度利用を計り、広々としたオープンスペースを確保し、スラム化した住宅地を緑と太陽に囲まれた住宅地として改造すること——都市再開発——が是非とも必要であり、ここに高層プレハブアパートの誕生理由がある。現在4～5階程度のアパートにみられるプレハブ工法は、コンクリート系プレハブと称されるものであ

* 本社建材開発部建築開発室課長

*** 千葉製鉄所土建部建築課

** 本社建材開発部建築開発室掛長

**** 本社建材開発部建築開発室

って、これを地震の多いわが国の高層アパートに適用するにはP C版の接合部に問題があるので、プレハブアパートの高層化は鉄骨を主体とした工法によって行なわれることはまず間違いないであろう。

われわれはこれらの社会的環境を勘案するとともにH形鋼の需要開拓の一つとして清水建設(株)と共同して高層プレハブアパートの開発を続けてきたが、その一つの成果としてK-S工法の開発をみた。これを当社園生アパート(図1参照)A、B号棟に適用し、すでに工事も完了した。以下その概要をA号棟(B号棟は工期、規模ともに同じ)について紹介する。

2. K-S工法の概要および特長

K-S工法とは鉄骨とP C版(プレキャストコンクリート版)の組合せによるプレハブ工法であり、その基本型を図2に示す。これは柱にH形鋼を用い、床、壁のP C版の建方が終れば、現場打

コンクリートで耐火被覆を行なうものである。また桁行方向の梁にも鉄骨の梁を用いているが外壁と一体にしてP C版に埋込みとしている。

K-S工法の特長として主なものをまとめると次のようなことがあげられる。

- (1) 梁間方向は戸境壁を利用して鉄骨ブレース内蔵の1枚の大きなP C版で耐震壁とし、梁型をなくし部屋利用空間を大きくしてスマートな室内空間を提供している
- (2) 床にもP C版を用い(1戸分を4枚のP C版に分けてある)、それを受ける小梁もやはり鉄骨内蔵のP C梁としている。これによって現場作業を極力少なくし、また現場打コンクリートスラブのように、養生のためのサポートなど次の作業に支障をきたすものがなく、すぐにでも次の作業にかかれるのでそれだけ工期の短縮になる。また建方とともに安全な作業床が確保されていくので、安全面からも非常に良い方法といえる
- (3) 鉄骨の柱と梁の接合には現場溶接を採用し

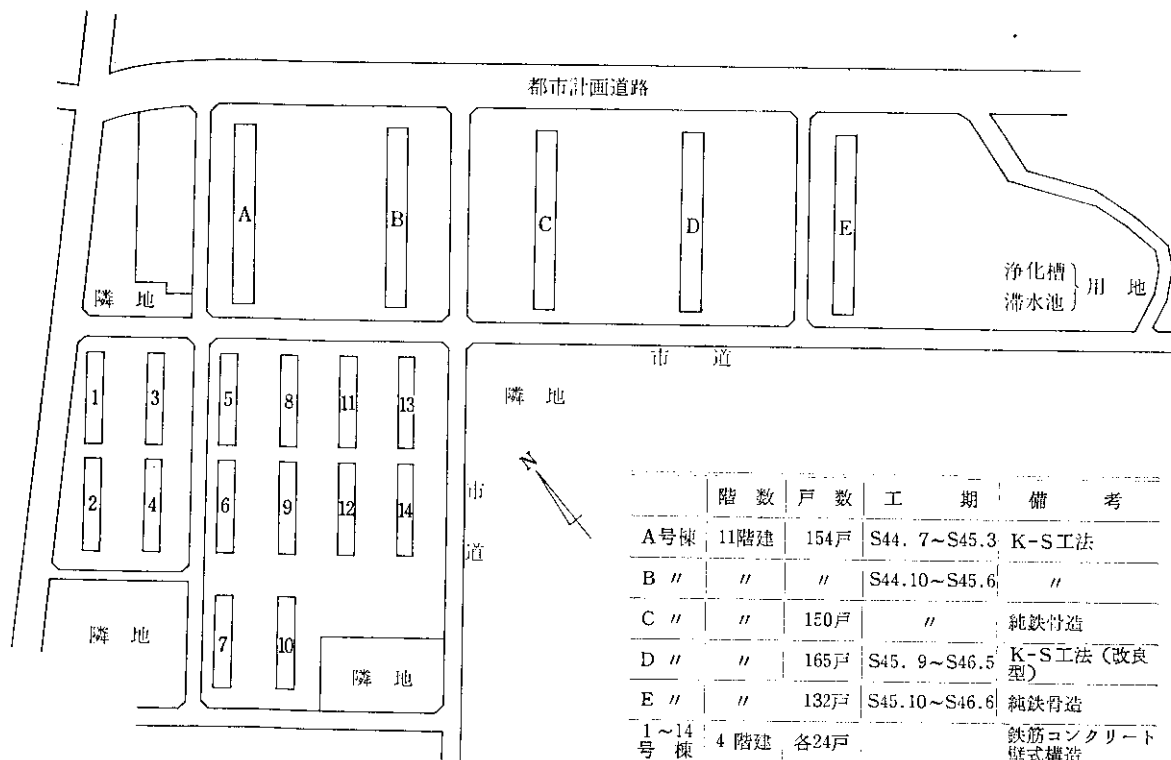


図1 川鉄園生団地計画

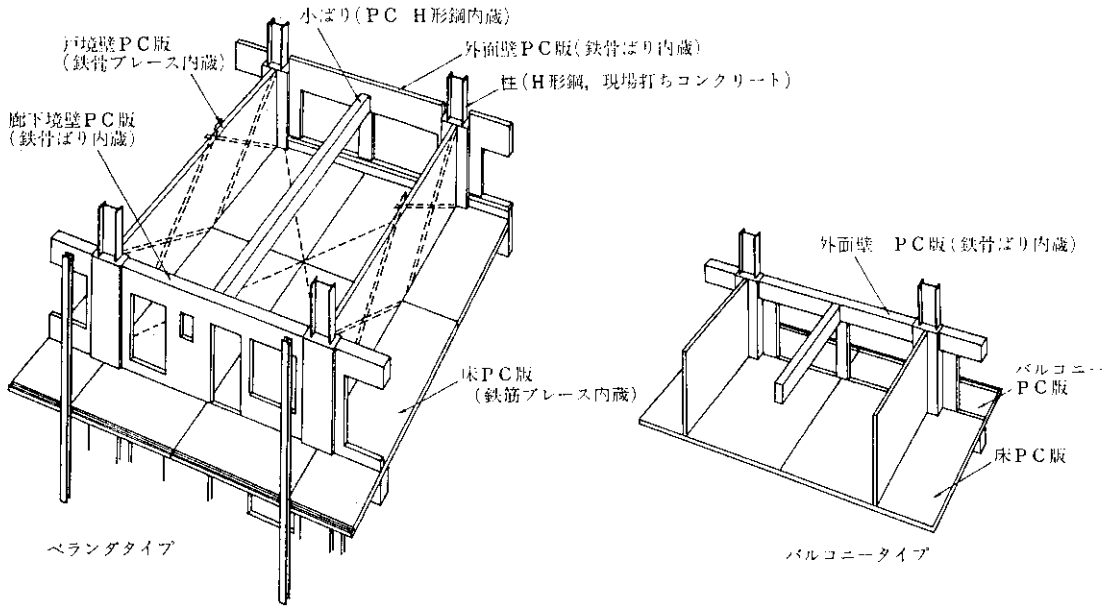


図 2 K-S 工法基本型

ている。これは柱のガセットプレートに梁のウェブを高力ボルトで取付けたあと、梁のフランジを溶接によって柱に直接接合する方法で、接合部の設計および施工の簡易化を計っている。

- (4) 内部間仕切壁のパネル化、ユニットバス、ファーンレス電線の使用など仕上げおよび設備工事についてもプレハブ化を計っており工期の短縮とともに質の高いものが得られる。

3. 実施建物の概要

建物名称 川鉄園生アパートA号棟
建設場所 千葉市園生町1351
工 期 昭和44年7月～45年3月

表 1 全体工程表

工事名	月日	44	45	46	47	48	49	50	51	52
仮設工事		1	2	3	4	5	6	7	8	9
杭、基礎工事		1	2	3	4	5	6	7	8	9
鉄骨工事		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PC工工事		1	2	3	4	5	6	7	8	9
コンクリート工事		1	2	3	4	5	6	7	8	9
仕上げ工事		1	2	3	4	5	6	7	8	9
設備工事		1	2	3	4	5	6	7	8	9

建築面積 639.6 m²
延 面 積 7,336.6 m²
住居専用部分 6,246.2 m²
階 数 地上11階 塔屋1階
高 さ 最高軒高 30.000m
最高高さ 33.365m
戸 数 154戸

3.1 設計概要

ブロックプランとしては、片廊下型、中廊下型、放射型などが考えられるが、一般需要を想定した場合、日本の気候、風土からは、夏期の通風、冬期の日照がどうしてもほしく、片廊下型とすれば南面させることによって、各戸とも居住条件を均一に良好としうるなどから片廊下型とし、敷地に合せて1階14戸とした。また当社の社宅としては3Kタイプが望まれるということから標準住居は3Kタイプとし、図3のようにまとめた。

3.2 構造概要

構造的には鉄骨コンクリート造であり、図2に示した基本型のベランダタイプに準じた。

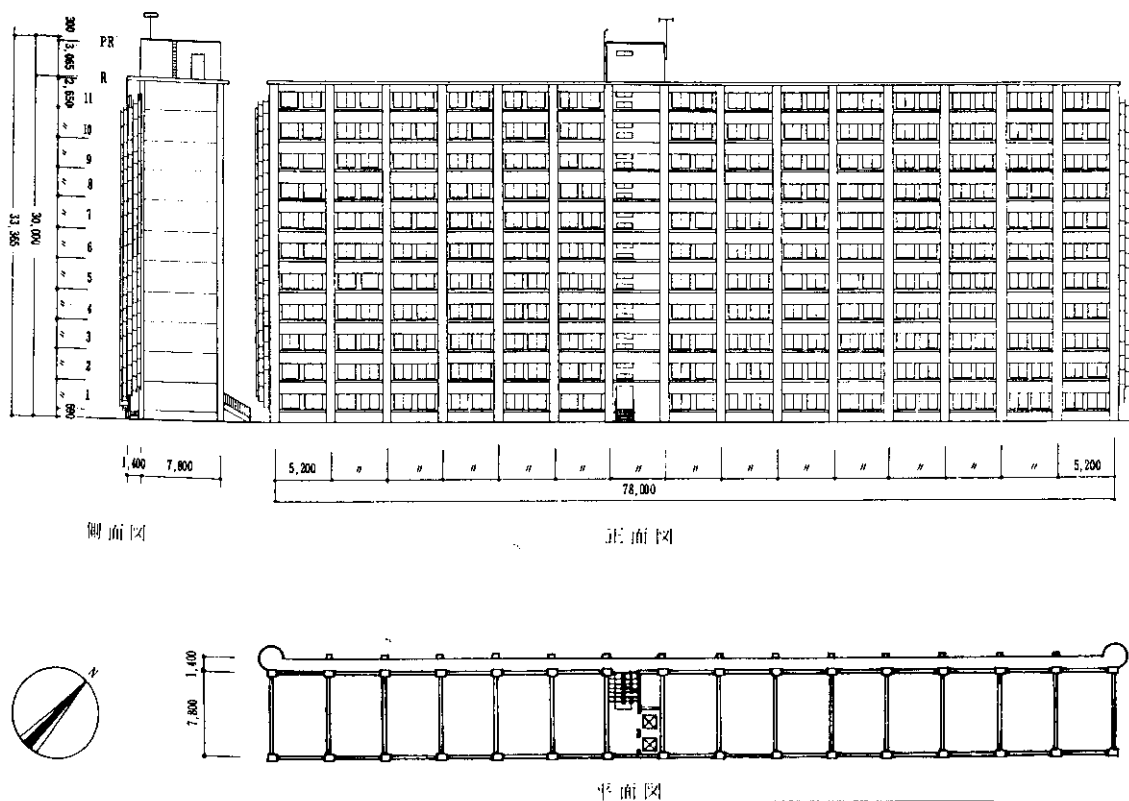


図 3 川鉄園生アパートA号棟

3.2.1 床

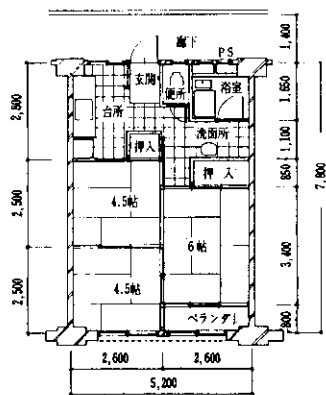
桁行スパン中央梁間方向に鉄骨内蔵P C小梁を南北の桁行方向梁に掛け渡し、それと戸境壁でP C床版を支える。このスラブは鉄筋のブレースを内蔵しているが、梁とはスタッドボルト、スラブに埋込まれたプレートの溶接などによって接合し水平力を処理している。

3.2.2 梁間方向の架構

平鋼を用いたブレース構造で、ブレース相互および柱との接合はともに高力ボルト (F11T) による摩擦接合とした (図4参照)。

3.2.3 桁行方向の架構

北側の梁はハニカムビーム、南側の梁はC T形鋼を用いてウォールガーダーとしたラーメン構造である。H形鋼柱との接合は、梁のウェブを高力



標準住宅プラン(専用面積40.56㎡)

ボルトで締付けたあとフランジは半自動による現場溶接とした。

柱の現場打コンクリートには鉄骨の耐火被覆としての働きのほか、一部軸力、剪断力を負担させるとともに建物の剛性を高める役目をさせている。

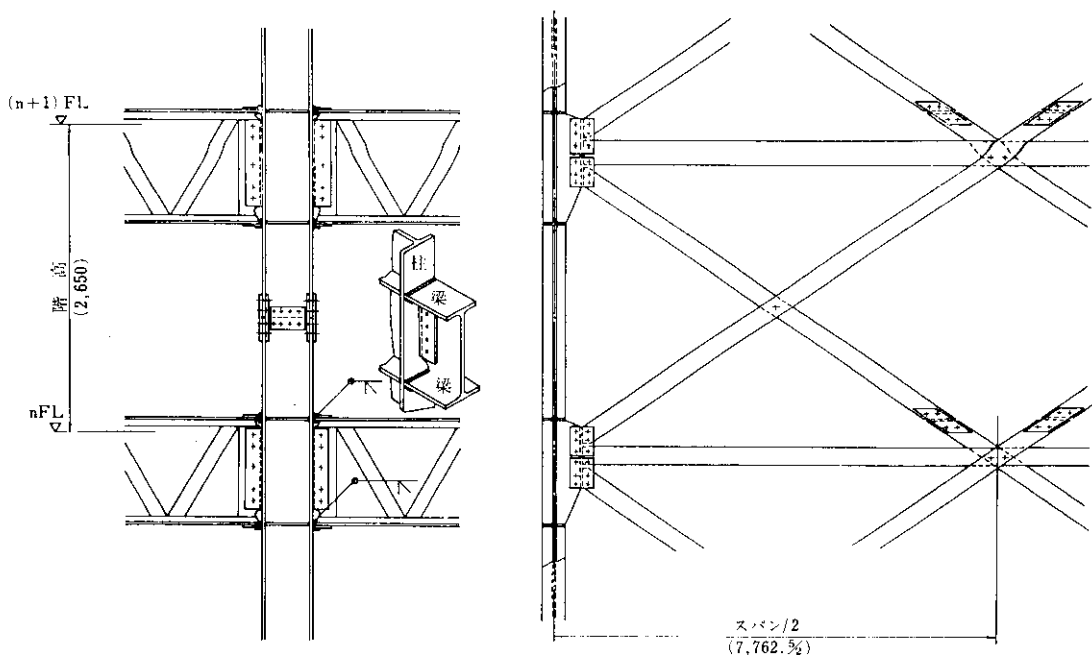


図 4 鉄骨の接合方法

3.2.4 関連実験

工事に先立って安全性の確認と応力性状の把握などを目的とした各種の実験を行なった。そのうち主なものを参考までに表 2 に示す。

表 2 K-S工法関連実験一覧表

実験項目	実験目的、内容	実験場所	日時
ノンガスアーク半自動溶接による現場継手工法実大実験	・安全性の確認 ・作業性の調査	川鉄千葉工場	S.44.6
戸境壁実大実験	・R.C.壁としての耐力(初亀裂荷重の測定) ・鉄骨ブレースの効果	アパート建設現場	S.44.7
柱、梁接合部実大実験	・鉄骨コンクリート造としての耐力 ・パネルゾーンの耐力	建設省建築研究所	S.44.8
震動実験	・常時微動の測定 ・建物固有周期及び減衰常数の測定	川鉄園生アパート A号棟	S.45.2

ークレーン 2 基によって建物全域をカバーし、鉄骨、PC 部材の積下し、建方およびコア部のコンクリート打を行なった。建物北側にはロングリフト 2 基を設置し、仕上げ材の揚重施設とした。

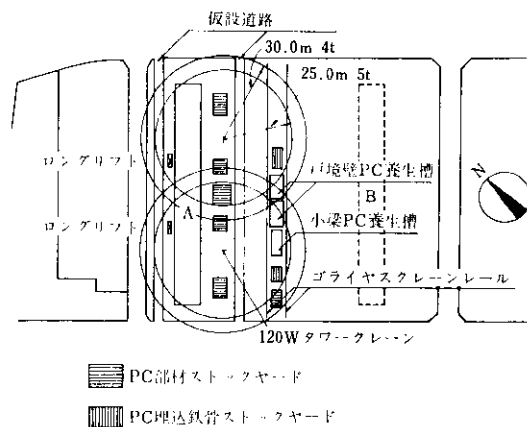


図 5 仮設計画

3.3 現場施工

3.3.1 仮設計画

仮設計画は図 5 に示したように、120W 型タワ

3.3.2 PC 版工事

K-S 工法においては鉄骨とともに PC 部材が主要材料となっており、その製造と建方方法は 1 つのポイントとなる。

表 3 PC 部材リスト

部材名	形 状	重量 (t)	数量	備考
一般階 スラブ (北側)		3.36	308	逆対称を含む
一般階 スラブ (南側)		2.52	308	逆対称を含む
屋上スラブ (一般)		4.53	52	逆対称を含む
屋上スラブ (コーナー)		4.23	4	逆対称を含む 軽量コン クリート
階 段		1.53	20	
北 側 外 壁		3.84	154	逆対称を含む
南 側 外 壁 (一般)		4.56	154	
南 側 外 壁 (階段室)		4.90	10	
戸 境 壁 (一般)		4.21	132	軽量コン クリート
戸 境 壁 (妻 階段室)		4.31	44	軽量コン クリート
小 梁		2.70	154	

(i) PC版の種類と製造方法

今回の工事に使用したPC部材数は、11種類、1,340部材と非常に多い(表3参照)。また戸境壁は7,280×2,510と大きいので小梁とともに現場プラントで、他は清水建設(株)相模工場で製造



写真 1 PC 現場プラント

し、いずれも単層平打式で行なった。

製造工程は一般に脱型、型枠ケレン・組立、配筋、埋設物設置、コンクリート打、表面仕上げ、蒸気養生からなり各作業が一定のサイクルで繰返される。現場プラントでの工程は表4に示すように1日1サイクル日産2戸とした。

表 4 PC 版製造工程の一例

時刻	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
作業	余熱養生	脱型	型枠ケレン	鉄筋埋設物	食 休	コンクリート打	表面仕上げ	前養生	シートかけ	蒸気養生					余熱養生

使用コンクリートの調合設計は、一般に行なわれる構造上の検討のほかに、脱型時に所要強度が得られるように計画する必要がある。脱型時の所要強度は脱型方法によって異なるし、コンクリートの強度上昇は養生方法によって当然左右されるものである。現場プラントでの使用コンクリートの調合を表5に、養生曲線の一例を図6に示す。

表 5 コンクリート調合表 (1.0m³)

セメント (kg)	水 (kg)	水セメント (%)	細骨材 (kg)	粗骨材 (セーラ イト) (kg)	細骨材 率 (%)	スラン プ (cm)	設計強度 (kg/cm ²)
347	156	45	845	525	46	6	210

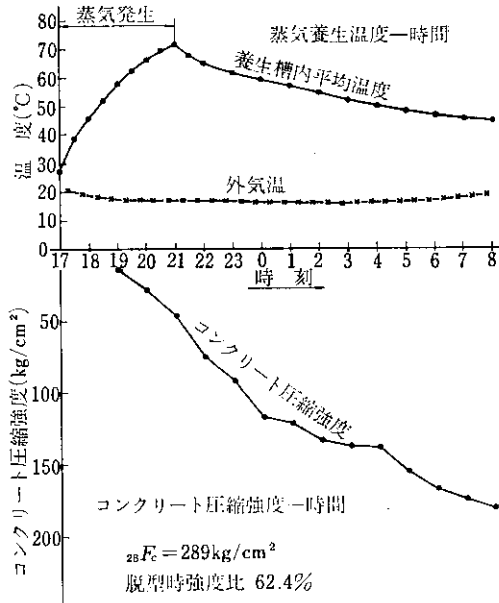


図 6 養生曲線の一例

(ii) 運搬, ストック

現場製造のPC部材はゴライヤスクレーンで脱型すると建方用タワークレーンの可動範囲内に設けたストックスタンドに仮置き建方を待つ。一方工場製造のPC部材はトラックまたはトレーラーで写真2,3に見るようにスラブは平積, 壁はスタンドを用いて堅積として現場に搬入し, 同じくタワークレーンでストックヤードに仮置した。

3.3.3 鉄骨およびPC版の建方

本工法の特徴の一つは建方方法と, その順序にある。すなわち1日2戸半の建方を行ない, それに付随する他の作業も, それに合せて毎日2戸半をこなしていく方法(表6参照)——システム工法——を採用した。この方法は, 毎日同数の作業員が同一作業を繰返し行なうので, 作業員にも作業の方法に対して改善しようという気持が

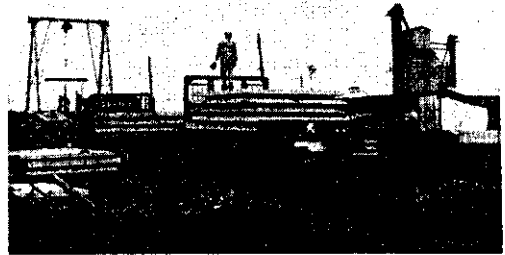


写真 2 スラブ PC 版現場搬入

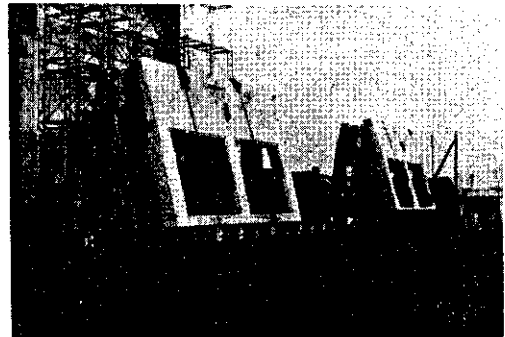
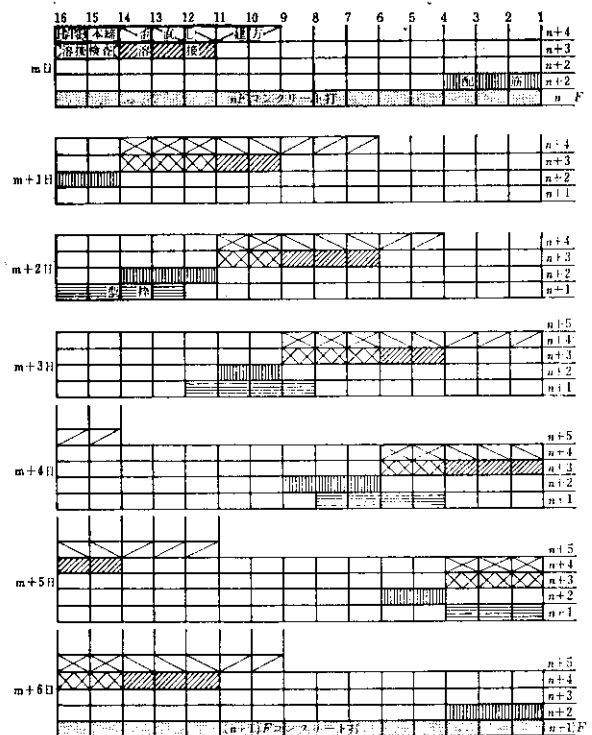


写真 3 外壁 PC 版現場搬入

表 6 躯体工事部分工程表



起り、慣れと相まって質の向上と工期の短縮に役立つ。その上作業員の手配や移動といった労務管理の面でも容易になる。

(i) 建方順序

まず小梁とスラブのP C版を据付けて作業床を確保し(写真4)、その日の建方予定スパンにH形鋼の柱を建てる(写真5)。なお柱は11階を5節

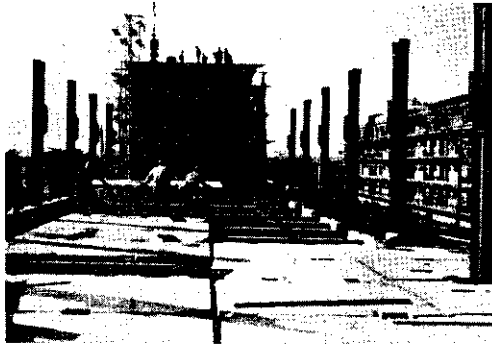


写真4 スラブ据付



写真5 柱建方

に分け、第1節～第4節は2階分、第5節を3階分の長さとした。次に戸境壁は内蔵されている鉄骨ブレースを柱のガセットプレートに仮ジョイントし(写真6)、その次に南側および北側の外壁も同じく内蔵されている鉄骨梁のウェブを柱のガセットプレートに取付けて(写真7)その日の建方は完了する。

(ii) 版の吊り上げ

スラブは、吊り上げ用フック(22φ)で行ない、



写真6 戸境壁建方

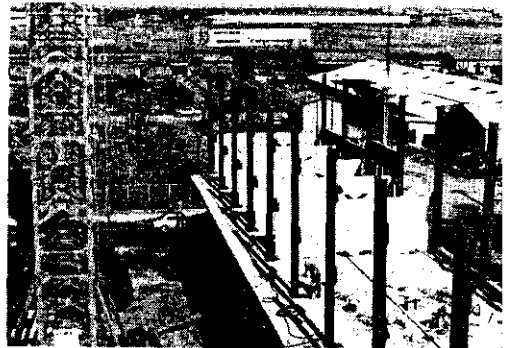


写真7 外壁建方

それ以外の鉄骨内蔵P C部材は鉄骨上端に溶接したP C版ジョイント用のプレートに穴をあけておき、それを用いて行なった。

(iii) 建方の能率

施工計画の良否は勿論、クレーンの性能、作業員的能力などによる影響が大きい。今回1日の建方部材数は、柱の1節が2～3階分あるので、その建方を含む階においては25部材、そうでない階では20部材であった。部材別建方所要時間(玉掛けから仮締完了まで)はおおよそ次の通りであった。

小 梁	5～7 min
ス ラ ブ	3～5 min
戸 境 壁	6～8 min
南北外壁	7～13min

なお建方を行なう作業員は、監督員1名、意工4名(そのうち1名は地上で玉掛けをする)、タワークレーンのオペレーター1名の計6名であった。

(iv) 建方精度

本工法のように鉄骨内蔵の大型P C版工法では

建方精度に最も大きく影響する要因として次の2つが考えられる。

a) 柱に取付けられるガセットプレートの取付角度

b) PC版に埋込まれた取付材の位置、特に版面との平行度

すなわち大型PC版は内蔵している鉄骨が定木となって建方されるので、取付部の角度には特に注意を要する。図7に示すように取付部分の成を500とし、版の高さを2,500とすると、取付部分での誤差が1であっても、版端部では5倍に拡大された誤差を生じることになる。本工事の調査結果を図8に示す。

測定方法(版の鉛直精度)は下げ振りを用いて図のようにして x を測定し $(x-400) \times 2.55$ 倍している。この方法では版面の凹凸、そりまでが見掛上版の倒れと表わされる。ベッド面は実用上あまり問題ないが仕上げ面はそれらの影響も含まれ参考値である。なお今回のベッド面は外壁は室内側

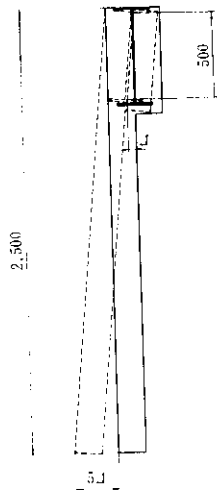


図7 大型パネルの建方誤差

であり、戸境壁は1～7通りは図上で右側、8～16通りは左側である。

3.3.4 現場溶接

建方が終ると引続いて歪直し、高力ボルト本締を行なったあと、柱と梁の現場溶接を行なった(表6参照)。本工法ではスラブをPC化することによってすでに安全な作業床があるので、安全面からも非常に良かったし、溶接箇所の移動時間の短縮にもなった。



写真8 溶接作業

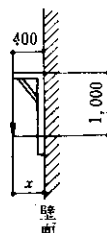
(i) 作業方法

スラブがあるために、たとえば3階の床からは、

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N	0	0	0	+8	+10	+8		+8	+34	+10	+26	+14	+14	+21	+23	
	+5	+7	-6	+3	-10	-2	+3	-5	+14	+11	0	+6	-2	+3	-13	+3
S	+35	+6	+6	+16	+8	+6		+10	+11	+32	+28	+31	+24	+34	+10	

+ 壁上端に対して下端が部屋外に倒れている場合
- 壁上端に対して下端が部屋内に倒れている場合

図8 PC版建方精度



3階の梁の上フランジと4階の梁の下フランジの溶接をいずれも室内側から行なった。上階の下フランジの溶接には高さ700程度の脚立を用いた。

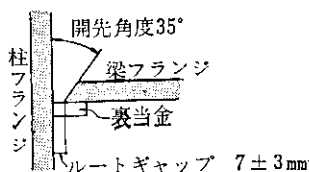


図9 開先形状

ノンガスアーク溶接の溶接条件は電流420A、電圧29Vであった。開先形状を図9に示す。

(ii) 検査方法

現場溶接を採用した場合に最も問題になるのがその検査方法である。非破壊検査方法としては2, 3の方法があるが、建築の柱と梁の仕口部のようなT継手に適用出来る方法としては現在まだ確立されていない。そこで本工事においては事前検査と外観検査を全箇所について行ない、必要に応じてカラーチェックまたはエンドタブを切断してビード始端、ビード終端のマクロ検査を行なった。これは溶接工に対して気のゆるみをなくさせる目的もあったが、その効果は十分あったと思われる。

なお工事従事予定者に対しては、事前に技術検定を行なって溶接工を選定した。

(iii) 溶接工数

溶接の工数は設計内容、溶接方法などによって著しく異なるが、鉄骨の建方精度による影響も大きい。そこで問題になるのが、設計ルートギャップをいくりにするか、ということである。本工事ではそれを7mmとし、溶接時4mm未満となったものについてはガウジングによって修正したが、その結果ガウジングを要する箇所の割合はウォールガーダが19.0%、ハニカムビームが19.8%であった（図10参照）。また本工事における溶接板厚はカバープレートを含めて20mm以下と薄く、そのため半自動溶接を採用した割には能率が上らず、隅肉6mm換算で1人平均41m/dayであった。

3.3.5 柱のコンクリート打

柱と梁の接合が終ると、次は柱の配筋、型枠組立をしてコンクリートを打設すれば、躯体工事は

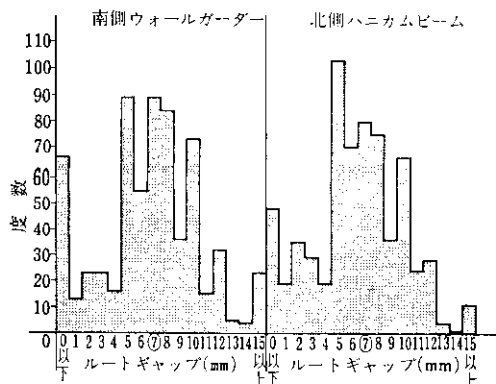


図10 鉄骨の建方精度（建方精度は溶接部ルートギャップの測定で代行しているため加工誤差と建方誤差が混入している）

完了する。

階高およびコンクリート断面は一定に設計しているので、専用の型枠パネルをベニヤで作り、それを用いて順次上階へ転用していく方法を採用した。これは能率が上がるほかに高い精度のコンクリートが打てるというメリットがあった。ただ現場打コンクリートは、コア廻りを除いて柱だけであり、しかもすでに上階の建方が完了しているので、タワークレーンによるバケット打が出来なく、ポンプ打した。そのため1回の打設量をまとめるためにこの作業だけは1階分をまとめてコンクリートを打設した。しかしそれでも約27m³とポンプ打するには少なく、問題点の1つとして今



写真9 柱コンクリート型枠組立

後の研究課題にしたい。

3.3.6 コア廻りの作業

コア部分は一般住居部分と異なり、部材数が多いえに同一部材数が少なく、PC化することがコスト的に難しい。そこで本工事では階段のみをPC化し、あとのエレベーターホールの床、壁などは現場打コンクリートとした。施工しにくい部分を在来工法に委ねることによって、いっそう一般の住居部分より工事が遅れ勝ちになり、垂直方向の通路として利用出来ないことなど問題が多く、この部分だけを純鉄骨造とする方法など今後十分研究しなければならない。なお垂直通路としては建物両脇に設けた鉄骨の屋外階段を利用した。

3.3.7 仕上げおよび設備工事

躯体工事のプレハブ化とともに、仕上げおよび設備工事についてもプレハブ化を検討をしており、そのうち今回は次の3つを採り上げた。

- (i) 床および内部間仕切壁のパネル化
- (ii) 浴室のユニット化(ユニットバス)
- (iii) 屋内配線工事のプレハブ化

木造床、内部間仕切壁は全て工場でパネル化し、現場では簡単な調整で敷込、建込をするだけでよく、現場での省力化とともに質の向上が計られた。またPC版は精度の高い表面仕上りが得られ、台所、洗面所などは直接ペンキ仕上げとし、和室部分も直接プラスターボード貼りの上ペンキ仕上げとして仕上げ工事の乾式化を計った。

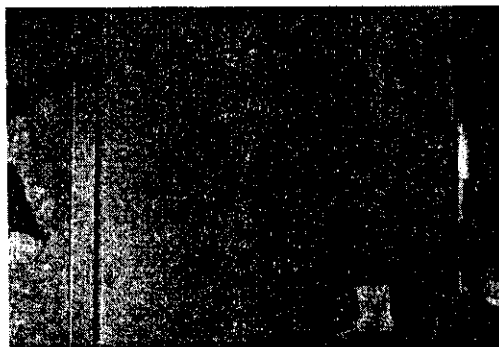


写真 10 プラスターボード貼付



写真 11 ユニットバス組立

浴室を在来工法で施工するのは多くの職種の職人を必要とし、しかも水漏れを完全に防ぐのがなかなか難しい。これに対してユニットバスを用いると漏水の心配がなくなり、多くの職人を集める苦勞もなくなる。そのうえ工期の短縮にもなるなど多くのメリットをあげることができる。ただ現在ではまだ在来工法に比べてコスト的には不利なようであるが、これは今後もっと一般的に用いられるようになり、モジュールの統一がなされて少品種多量生産されるようになれば解消される問題であり、またその方向に進んでいる。

一方屋内の配線工事には、幹線ジョイント部分および分岐線を工場加工したファーンエス電線(清水建設と古河電工の共同開発によるもので、実用新案申請中)を用いて、現場労務の大幅な省力化を計った。

3.4 主要材料使用量

本工事における主要材料の使用量を表7に示す。鉄骨は接合方法の簡易化および一部SM50材

表 7 主要材料使用量

	鉄 骨	鉄 筋		コンクリート	
		PC 版	現場打	PC 版	現場打
総 使 用 量	305.6 t	172 t	68 t	1,930 m ³	820 m ³
1m ² 当り使用量	41.8 kg	23.5 kg	9.3 kg	0.263 m ³	0.112 m ³

を合理的に使用した結果 41.8 kg/m² と非常に少なくなっている。なお鉄筋およびコンクリートには基礎も含まれている。



写真 12 北面外観

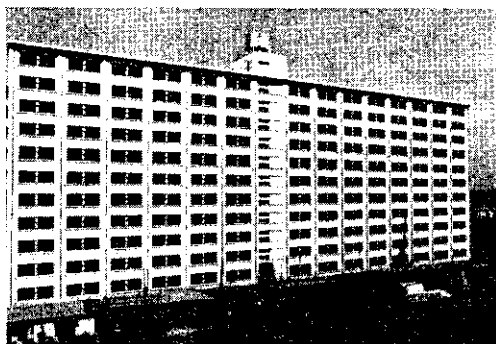


写真 13 南面外観



写真 14 和室



写真 15 台所

4. むすび

以上 K-S 工法について実施工事を中心に述べた。この工事から貴重なデータを得るとともに有力な工法であるとの確信を得たが、今後急増するであろうと予想される高層アパートの需要に応える有力な工法を目ざしてさらに研究を続けている。

る。

なお現場打コンクリートとして残した柱，コア部の施工方法や，この報告では触れなかったが基礎工事の簡易化などの問題点については同団地の D 号棟で一つの解答を試みる予定である。

最後に貴重なご指導と資料の提供をいただいた清水建設(株)量産住宅部の方々，当社千葉製鉄所の関係者の方々に紙上を借りて深謝します。