

高層ユニット住宅工法の研究 (その3)

Study on Designing and Engineering of Multi-storied Apartment Houses (Part 3)

荻野 英也*

Hideya Ogino

宮下 巖**

Iwao Miyashita

武井 秀文**

Hidefumi Takei

橋本 順次***

Junji Hashimoto

Synopsis :

As a second stage development in the designing and engineering of multi-storied apartment houses by combining steel structure with prefabricated unit-type houses, a plate-form, side corridor type multi-storied apartment house was designed as a representative and most suitable type in Japan, and a 24-house, 4-storied building was actually constructed for trial purposes, and various subjects involving actual installation phases were discussed.

Basic aims of the designing were 1) an improved rate of prefabrication, 2) a more efficient utilization of space, 3) a more satisfactory unitization of house in terms of dimensional variety and accommodation facility. The built-up method was used for the construction. Points confirmed through these design and trial construction are :

- 1) a total number of work in the field can be reduced by half compared with conventional prefabricating method.
- 2) a construction period can widely be reduced, and
- 3) a unitization tried out is generally satisfactory.

Based on the above results, the new designing was found satisfactory for commercialization, with a few small modifications.

1. 開発経緯

高層集合住宅の工業化工法の開発は社会的要請でもあり、当社としてはすでにH形鋼とPC版の組合せによる高層集合住宅の量産工法KS工法^{1,2)}(H-PC工法)がすでに開発を終え実用化の段階にある。この経験からさらにプレハブ化を計った工法として“人工土地と住居ユニットの組合せによる高層集合住宅”の開発に取り組んでお

り、その一部については本誌^{3,4)}にも発表した。その開発経緯を略記すると次のとおりである。

昭和45年7月 積水化学工業(株)、川崎製鉄(株)は、人工土地と住居ユニットの組合せによる高層集合住宅の設計、工法の開発に関するSKプロジェクトチームを発足。

同年 9月 高層、高密度集合住宅の開発を日指した第1次基本計画の立案。

昭和46年9月 第1次基本計画に基づく2階建

* エンジニアリングセンター建設開発部建築開発技術室副部長

*** エンジニアリングセンター建設開発部建築開発技術室

** エンジニアリングセンター建設開発部建築開発技術室掛長

(2戸)実験住宅“SKT”の建設^{2,4)}。

昭和47年2月 第1次基本計画に基づく設計および実験住宅の試行建設の経験をもとに、住宅に関する社会的背景を考慮した第2次基本計画の立案。

同年 12月 版状片廊下型集合住宅の開発を中心とした第2次基本計画に基づく基本設計の完了。

株鴻池組、プロジェクトチームに参加、SKKプロジェクトチームと改称。

昭和48年8月 第2次基本計画に基づく4階建

試作住宅(24戸)“SKKP-1”の建設。

昭和49年5月 本プロジェクトの技術的完結を目標とした第3次基本計画の立案。

今回は、第2次基本計画を中心にSKKP-1の施工記録について報告する。

2. 第2次基本計画

住宅業界を取巻く環境条件の分析と、その動向をみきわめつつ、第1次基本計画とその実験工事を通じて、次のような第2次基本方針を設定した(表1参照)。

表1 第1次および第2次基本計画の比較

項 目	第 1 次 基 本 計 画	第 2 次 基 本 計 画
開 発 目 標	高層、高密度集合住宅の開発	市場の一般性のある集合住宅の開発
住 棟 形 式	版状、中廊下型 2階スキップ、奥行メゾネットタイプ	版状、片廊下型、(中廊下型) フラットタイプ
開 発 モ デ ル	階 数: 14階 軒 高: 45m 戸 数: 168戸 (建築面積: 1166m ²) (延床面積: 16360m ²) (住戸専用面積: 88m ²)	同 左 “ “ (建築面積: 1200m ²) (延床面積: 16900m ²) (住戸専用面積: 74m ²)
ユニット施工法	挿入方式 (鉄骨ストラクチャーを先行して建方し、そのあとで住居ユニットを側面より挿入する方法)	積層方式 (鉄骨ストラクチャーの建方と並行して住居ユニットを吊込んでいく方法)
構 造 形 式	耐震要素、張間方向; ブレース 桁行方向; クロス柱 大組架構(梁は2階ごと)	耐震要素、張間方向; ブレース 桁行方向; ラーメン リブ付PC床版により鉄骨小梁の省略(階高の節約)
住居ユニットの 大きさと種類	幅 × 長さ × 高さ ル ー ム ユ ニ ッ ト 2 700 × 4 600 × 2 700 サ ニ タ リ ー ユ ニ ッ ト 2 700 × 5 700 × 2 700 キ ッ チ ン ユ ニ ッ ト 2 700 × 2 000 × 2 700 ダ イ ニ ン グ ユ ニ ッ ト 2 700 × 4 600 × 2 700 玄 関, 階 段 ユ ニ ッ ト 2 700 × 2 000 × 2 700	幅 × 長さ × 高さ メ カ ニ カ ル ユ ニ ッ ト 2 854 × 8 400 × 2 700 メ イ ン ユ ニ ッ ト 2 854 × 8 400 × 2 700 サ ブ ユ ニ ッ ト 2 854 × 3 700 × 2 700
耐 火 方 式	ユニットの外皮と耐火パネルによる複合メンブレン工法 (柱、梁、壁、床、天井、一括耐火)	同 左 (柱、梁、壁、一括耐火) (床(PC版)…在来工法)
設 備	戸別セントラル暖房、給湯システム冷房付加が可能	同 左

(1) プレハブ化率の向上

建設労働者、特に熟練工の慢性的不足といった状況下では、工法開発の第1眼目である。

(2) 住宅の規模的、質的バラエティへの対応

住宅生産の工業化によるメリットは、少品種多量生産によるところが大きい。しかし住宅は、そこに住む人の好みはもちろんのこと、家族構成や経済レベル、その時々生活様式の違いなど種々の条件によって、その要求は千差万別である。したがって規格の統一とともに設計の自由度を確保することが必須条件である。

(3) 空間の効率的活用

地価の高騰が続く現在、土地の有効利用という観点から、デッドスペースを極力少なくする必要がある。

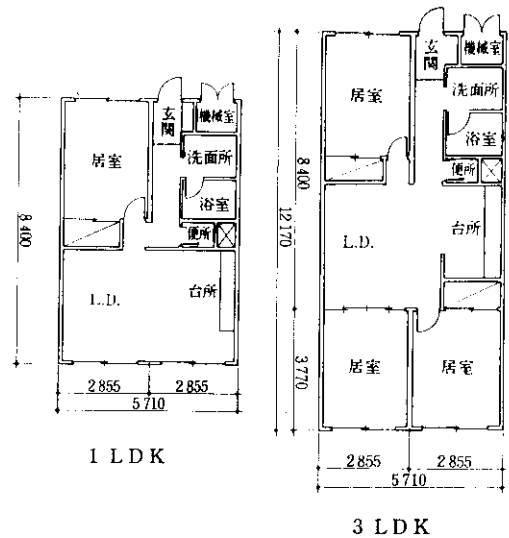


図1 住戸プラン例

2.1 一般計画(平面計画と住居ユニットの分割)

住棟形式は、開発モデルとして板状片廊下型を設定した。これは日本の気象条件および土地の効率的活用などの観点から、当面最も一般的な住棟形式と考えられるからである。住戸形式についても同じ観点からフラットとした。

住戸平面計画に当たっての条件を次のように設定した。

- (a) 住戸平面は、工場生産された住居ユニットの組合せによるものとする。
- (b) 住戸専用面積は50~100m²の範囲とする。
- (c) 設備のグレードは、昭和50年代を想定した一般的水準とする。
- (d) 片廊下フラットタイプに合ったプランおよび住居ユニット分割方式とするとともに、階段室フラットタイプなどの他の住棟形式へも容易に変換できるようにする。

このような条件の下で、プランバリエーションの検討およびユニットの分割とその組合せを種々検討した。その一例を図1に示す。これは住居ユニットの長さが9G、(1G=900)幅が3Gの基本ユニット2つから1LDKの住宅が、さらにこれに同じ幅をもった長さ4Gのサブユニットを2つ加えることによって3LDKにプランができることを示している。住居ユニットと室構成の関係は、

メカニカルユニット：玄関、浴室、洗面室、便所、台所

メインユニット：居室、居間または食事室

サブユニット：居室

となっており、主な設備機器はすべてメカニカルユニットに集約されていることがわかる。これによってユニット生産工場におけるプレ配管、プレ配線作業の効率化を計り、それらの現場での接合作業を極力少なくするよう計画した。

住居ユニットは、加工度が高く、使用部品点数が多い。したがってその設計に当たっては、生産方式を常に念頭に置きながら進める必要がある。特に使用部品およびそれらの組立作業の標準化を計ることが基本的条件であり、そのためにモジュラーコーディネーションの確立と部品およびその接合ディテールの標準化を進めている。なお今回採用した基本モジュールは900mmであり、基準線は住居ユニット内法面としている。

なお住棟におけるパブリックスペースについては、建物が1棟だけ建設される点開発と、数棟を一緒に計画される面開発では当然異なるし、また1棟だけであっても敷地形状や住棟規模などによっても著しく異なるので、当面ケースバイケースで設計するものとした。具体的検討を行うためのモデルプランを図2,3に示す。

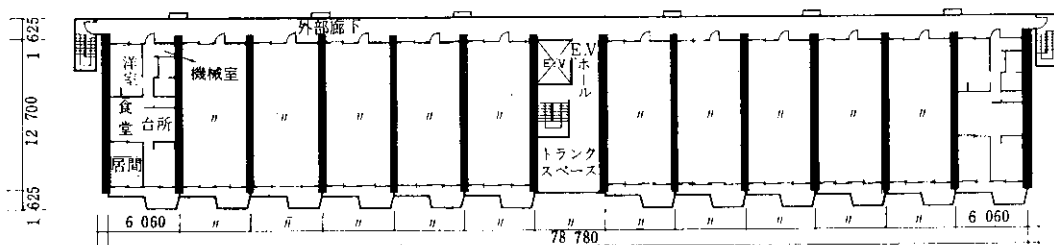


図2 第2次基本計画モデルプラン

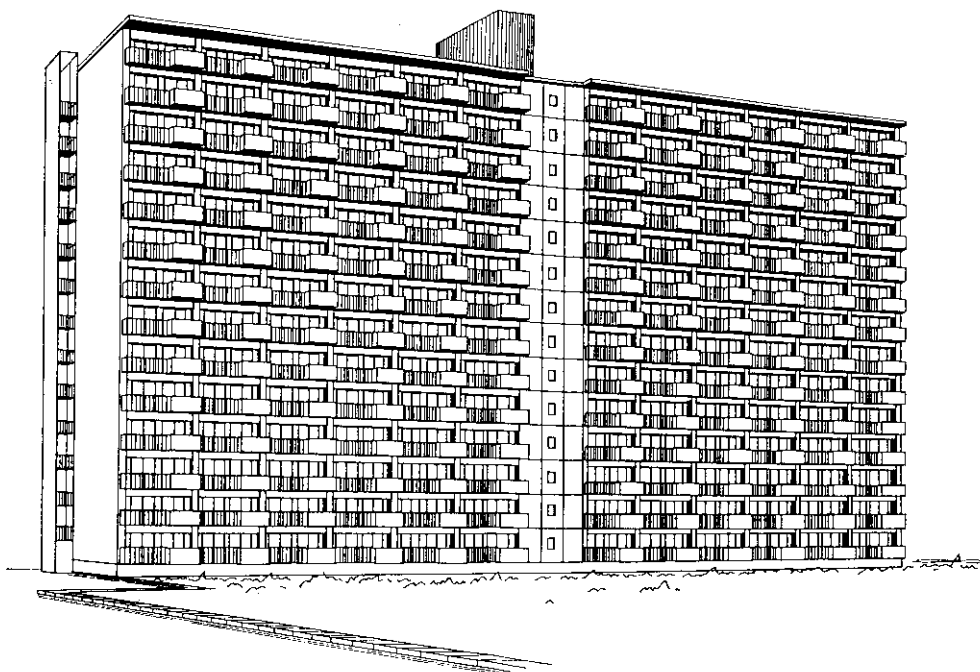


図3 第2次基本計画モデル完成予想図

2.2 構造計画

本工法のように、人工地盤を形成する構造躯体に居住宅間を提供する高度にプレハブ化された住居ユニットを組み込み、高層集合住宅をシステムティックに建設しようとする場合、その支持構造体の設計に当っては、構造本来の安全性の確保と経済性の検討のほかに、システムメリットの追求を忘れてはならない。

2.2.1 構造計画上の条件

構造計画におよぼす工法上、施工上、アパートの経済性、居住性および構造上より生ずる条件を

以下に列挙する。

- 積層工法で住居ユニット落とし込み方式に適合し得るものとする。
- 空間の有効利用を計るため、構造スペースを極力小さくする。
- 1住戸を構造体の1スパンに納める。
- 平面計画および立面計画の自由度を確保する。
- 水平外力作用時、基礎に引抜力を生じさせないようにするため、建物の高さ H と幅 D の比 H/D を5以下におさえる。
- 部品分割に当っては、クレーンの揚重効率、部品輸送計画、建方計画などを十分考慮する。

- (g) 作業手順や接合方法などの標準化を計る。
 (h) 施工精度の管理方法を考慮しておく。

2.2.2 架構方式の検討

図2に示した第2次基本計画モデルプランの構

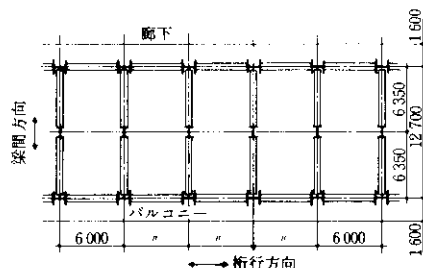


図4 構造架構方式検討用キープラン

造架構方式の検討のため、図4に示すキープランと次に示す条件を設定した。

- (a) 桁行方向は無限均等な架構とする。
 (b) 階数は14階を想定する。
 (c) 地震荷重, 基準震度 0.2
 (d) 風荷重 $Q=1.2q \cdot A$, $q=60 \sqrt{h}$

Q : 風荷重 (kg/m^2)

q : 速度圧 (kg/m^2)

A : 見付面積 (m^2)

h : 高さ (m)

- (e) 固定荷重, 居室 470 kg/m^2

廊下, バルコニー 280 kg/m^2

桁行方向および梁間方向の架構方式の検討結果を一欄表にして表2, 表3に示す。

表2 桁行方向架構方式の検討結果

No.	架構形式	鋼材量比	部材数, 接合部数 (6m×3mあたり)	桁行壁面の設計
1		100	1.5ピース 2.5ヶ所	自由
2		103	2.33ピース 4.33ヶ所	構面は廊下, バルコニーの外側に設ける
3		87	3.5ピース 6.5ヶ所	かなり制約あり
4		86.5	3.5ピース 6.5ヶ所	かなり制約あり
5		70.5	5.5ピース 10.5ヶ所	やや制約あり
6		78.5	3.5ピース 6.5ヶ所	やや制約あり

表3 梁間方向架構方式の検討結果

No.	架構形式	鋼材量比	部材数, 接合部数 (1層1スパンあたり)	開口部
1		100	7.5ピース 13.5ヶ所	なし
2		139	6ピース 11ヶ所	なし
3		99	8ピース 15ヶ所	1層おきに可能
4		111	4ピース 7ヶ所	中央部出入口程度可能
5		125	4ピース 7ヶ所	中央部はかなり自由に開口が可能
6		108	8ピース ~10ピース 16~20ヶ所	1/3スパン分の開口がかなりの自由度で可能

桁行方向の架構で、鋼材量比の少ない順は No. 5, No. 6, No. 4, No. 3, No. 1, No. 2 であるが、鋼材量比の減少に比例して部材数、接合箇所数が増大し、建方、加工工数等が増加している。No. 3～No. 6 は奥行のある住戸プランの時、採光面積の不足をきたす場合もあり、さらに No. 6 のタイプは居住条件が均一でない。けっきょく No. 1 がやや鋼材量比が大きいが、架構形式がシンプルで建方、加工などが容易であり、また採光面積も十分確保できるので、No. 1 を本工法に最も適切な架構方式として採用した。

梁間方向架構方式のうち、No. 1 より鋼材量比が小なるのは No. 3 であるが、No. 3 の部材数、接合箇所は著しく多い。また No. 4, No. 5 は部材数、接合箇所数は、No. 1 より少なく、場合によってはおもしろい方式であるが、今回は鋼材量比の少ない No. 1 を採用した。なお、No. 6 はブ

ランによっては No. 1 の変形として十分考えられ得るものである。

床構造については、部材数が少なくなること、床構造スペースが最も小さくなること、および床の耐火被覆が省略でき得ることなどの利点から、リブ付 PC 床版を採用した。

2・2・3 第2次基本計画の構造概要と耐震設計

(1) 第2次基本計画構造概要

鉄骨軸組図および梁伏図を図5に示す。

(a) 架 構 桁行方向 ラーメン構造

梁間方向 プレース構造

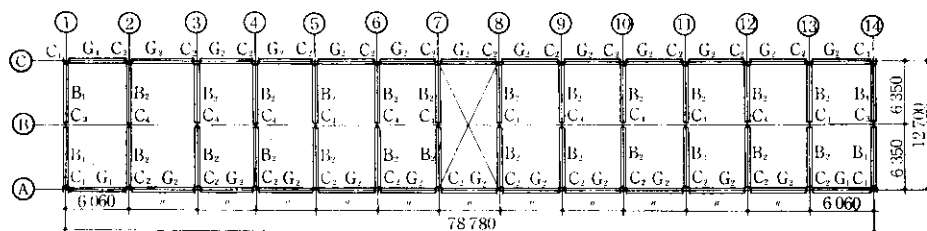
(b) 床 リブ付き PC 床版

(c) 柱 材 下層 SM50 広幅 400 シリーズ

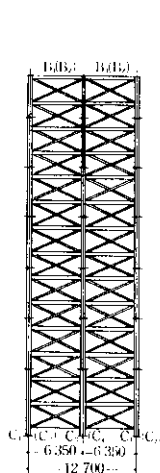
H 形鋼

上層 SS41 広幅 400 シリーズ

H 形鋼

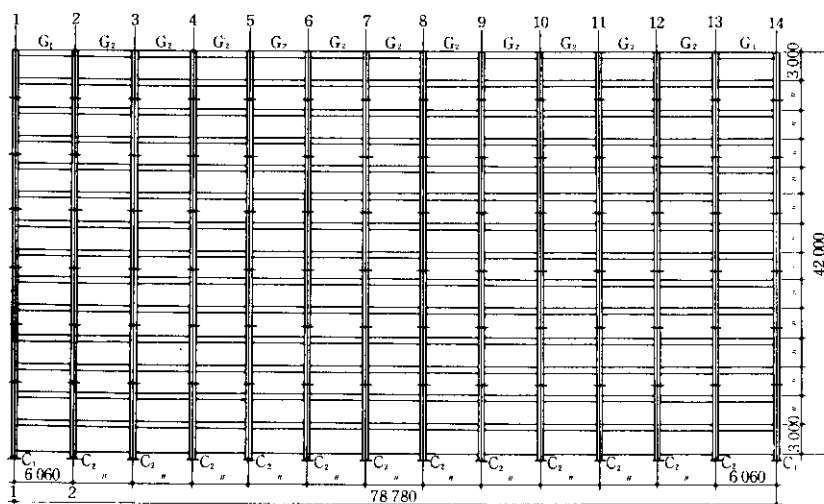


一 般 階 伏 図



1.14通り軸組図

()内は2～13通り



A, C 通り軸組図

図5 第2次基本計画構造概要図

(d) 梁 材 S S 41 細幅 H 形鋼, 一部ビルトアップ H 形鋼

(e) 接合部 ラーメン構面の柱-梁および柱-柱接合部は溶接接合とし, 他はボルト接合とする。

(f) 基礎柱脚固定とする

(2) 耐震設計

地震応答解析上の仮定条件を高層建築技術指針⁵⁾や既往の論文⁶⁾から次のように定めた。

(a) 入力地震波

本工法による実施物件は個々について地盤条件が異なるため, 過去の代表的な大地震である El Centro(NS), Taft(EW) および日本での代表的な地震記録である Tokyo 101(NS) を地震波として採用した。

最大地動加速度としては, 75 年間に東京に起き得る最大値 350 gal および 50 年間に起き得る値 250 gal を用いた。

(b) 耐 力

耐用年限である 75 年に 1 度起き得る地震に対し

ては降伏耐力を超えることは認めるが, 最大耐力以下とし, 50 年に 1 度起き得る地震に対しては降伏耐力以下とする。

(c) 層間変位

200 gal 以下の地震動に対して最大部材角を桁行方向 1/200, 梁間方向 1/300 以下とする。350 gal の大地震時には塑性率 2.5 以下とする。

(d) 振動モデルは柱脚固定とする。

厳密には地盤も含めた系で解析することが望ましいが, 基礎が剛体であるならば, 地表と柱脚位置とにおける地震動に大差がないこと, 採用する地震波の採取位置等の関係より, 本モデルでも十分近似し得る。

図 6 に刺激関数および固有周期を, また地震応答値を図 7, 8 に示す。桁行, 梁間両方向ともに上記の耐力, 層間変位の条件を満足しており, 各層の応答値も設計値に比較して全体的にバランス良く分布している。ただ 350 gal の地震動に対する桁行方向の 9 層の層間変位が他層に比べ非常に大きいので, 柱, 梁材を変更して耐力を向上させ

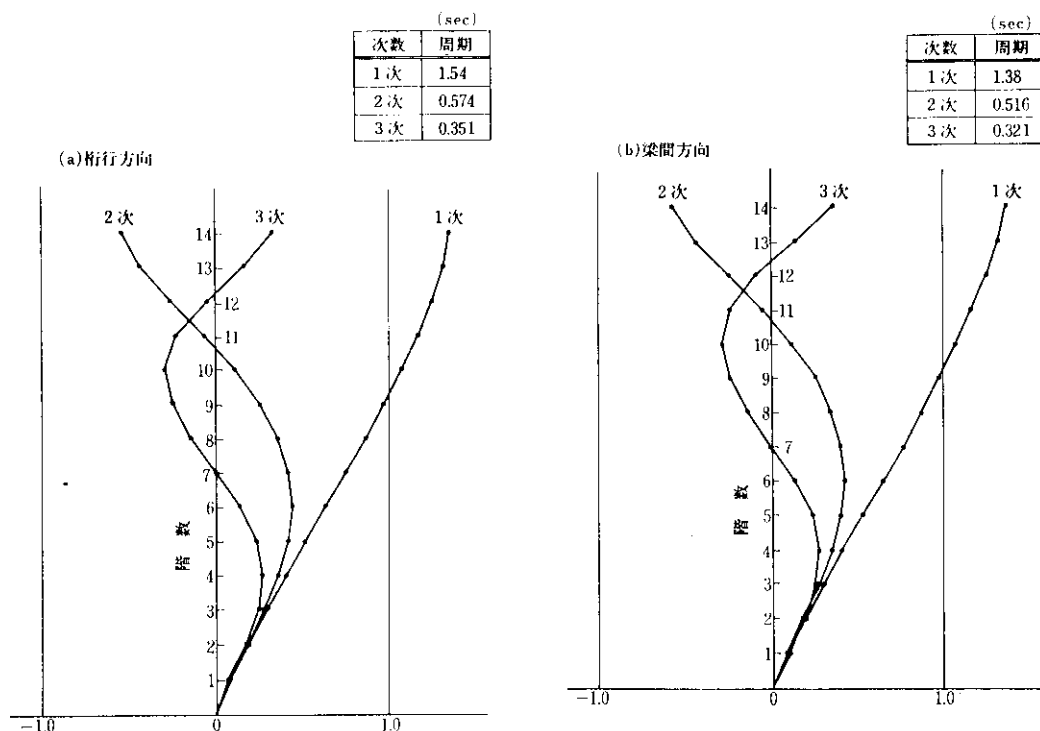


図 6 桁行方向および梁間方向刺激関数

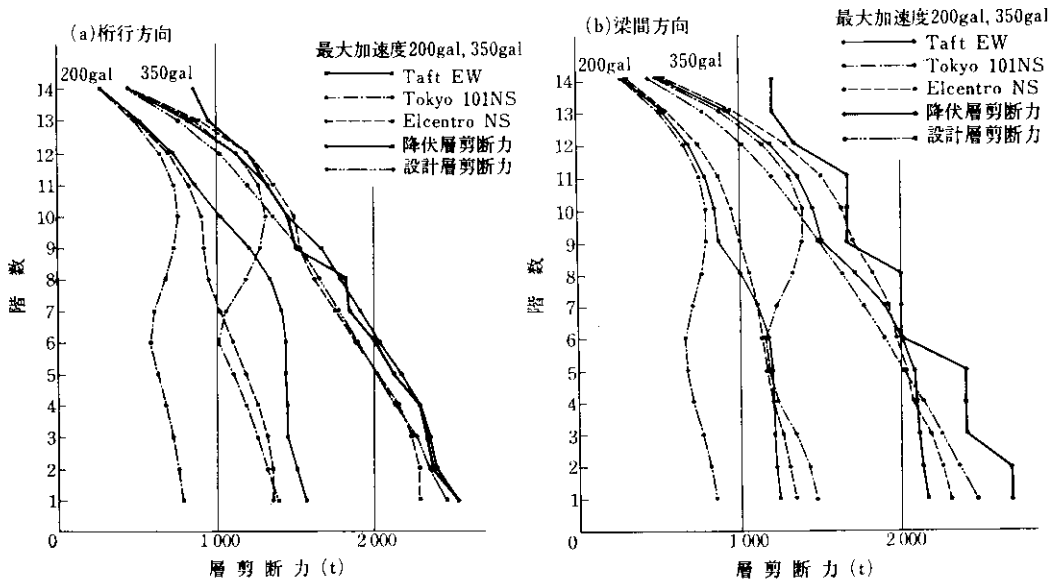


図7 桁行方向および梁間方向層剪断力

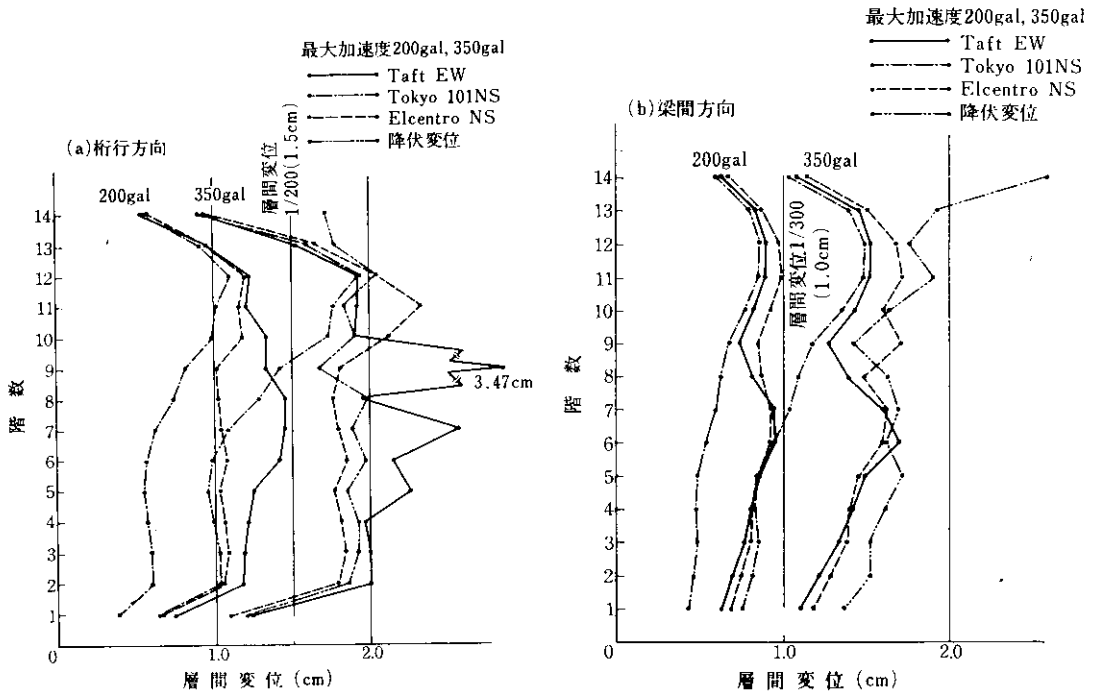


図8 桁行方向および梁間方向層間変位

なければならない。

なお、実施設計にあたっては、基礎および地盤条件を考慮した厳密な振動モデルでの確認が必要

であるのはいうまでもない。

2・3 耐火構造計画

耐火構造計画においては、住居ユニットの設置方法など工法に最も適合し、かつ十分な安全性を持つことを目標にした。すなわち第2次基本計画においては積層工法を採用し、住居ユニットの設置は上階の鉄骨骨組が組上った状態で住居ユニットを上から吊込む方式を採っており、この点第1次基本計画における建物両サイドからの挿入方式と異なっている。したがって工場生産される住居ユニットの外壁に耐火パネルを用いることにより、現場で設置された状態で、鉄骨の柱、梁、ブレースがその耐火パネルによって間接的に耐火被覆されるという、いわゆるメンブレン方式を採っている(図9参照)。第1次基本計画では、壁、天井がメンブレン方式であったのに比べ、本計画

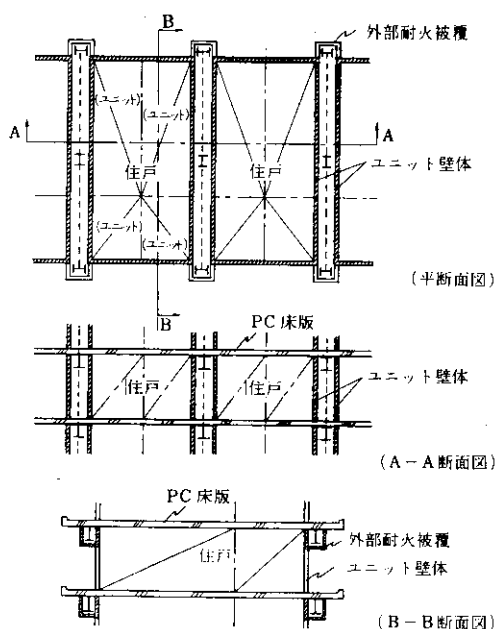


図9 耐火構造説明図

では戸境壁のみメンブレン方式となっている。これは、今回住戸プランとして採用したフラットタイプでは、各階の構造床がそのまま耐火の水平区画の役割を果たすことになるので、これと住居ユニットの外壁の耐火パネルによって完全な防火区画を形成しうるからである。その結果、各住戸中央に出てくる住居ユニットの骨組に対する耐火被覆を省略することができる。

2.3.1 各部の耐火構造

(1) 戸境メンブレン壁

住居ユニットの外壁の耐火パネルは、ユニット設置後、鉄骨躯体に固定され、上下床PC版および外部柱の耐火材によって柱、梁、ブレース等を一括して区画する。このため住居ユニットの外壁パネルには次の性能が要求される。

- (a) 壁としての耐火性能(耐火 2hr, 令第 107 条)
- (b) 柱、梁、ブレースの耐火性能(同上)
- (c) 戸境壁の遮音性能(40dB, 500Hz, 令第 22 条の 2)
- (d) 住宅の内装材としての平滑度、耐衝撃性能
- (e) 地震や暴風時の変形や、火災時の衝撃に対して破壊しないこと

なお耐火材料の標準仕様を表4に示す。

表4 耐火材料の標準仕様

部 位	仕 様
戸 境 壁	下地材料：軽量鉄骨 $90 \times 45 \times 20 \times 2.3$ 裏打材料：亜鉛鉄板 $0.6 \times 900 \times 2700$ (mm) 耐火材料：石綿ケイ酸カルシウム板(1号品) $40 \times 900 \times 2700$ (mm)
外 部 柱 および 梁	下地材料：軽量鉄骨 耐火材料：石綿ケイ酸カルシウム板(1号品) $40 \times 700 \times 2700$ (mm) 表面材料：薄形ホーロー鉄板コイル $0.4 \times 700 \times 2700$ (mm)
外 壁	裏打耐火材料：吹付石綿 30(mm) 表面材料：耐候性鋼板 厚 1.6 (mm)
床	PC版(最小厚 100mm)
充 填 材 料	フェルト状石綿シート ($10 \times 60 \times l$)
ビス 類	タッピングねじ $\phi=6$ $l=65$
接 着 剤	無機質系耐熱接着剤

(2) 外部の柱、梁

外部に面する柱の耐火被覆材はメンブレン区画の端部を構成し、3面を現場において被覆する。また桁行梁の耐火被覆材は、1面を住居ユニットのファサードパネル上部の耐火パネルによってお

り、他の2面は現場において施工する。これらに要求される条件は次のとおりである。

- (a) 耐火2 hr の性能をもつこと
 - (b) ファサードパネルと調和のとれた色と感触
 - (c) 耐候性があること
 - (d) 住居ユニットとの接合部が水平荷重時などの変形を吸収し、耐火性、耐水性があること
- なお本耐火構造方式の耐火性能、および地震時など水平荷重時の変形に対する耐火材料の安全性を確認するための実験を行った。

2・3・2 耐火性能試験

メンブレン壁部の試験は JIS 1304 に規定されている壁の試験方法に準拠して行い、柱、梁の鉄骨温度を同時に測定した。なお柱については、別に同規定の柱の試験方法に基づいて試験を行い補足するとともに、柱としての性能を別に試験した。

桁行方向の梁の耐火性能については、同規定の梁の試験方法に基づいて行った(写真1〜3参照)。

試験結果を図10、表5に示す。これらの結果から次のようなことがいえる。

- (a) 本方式によるメンブレン耐火の柱、梁は十分な安全性をもっている。同じ材料を用いた直接耐火の柱の試験と比し、鉄骨温度の上昇

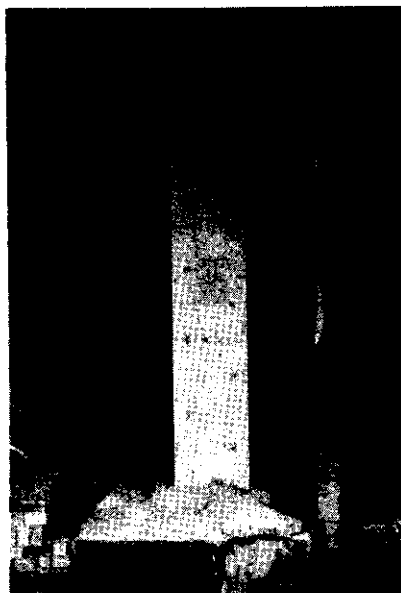


写真2 柱耐火試験

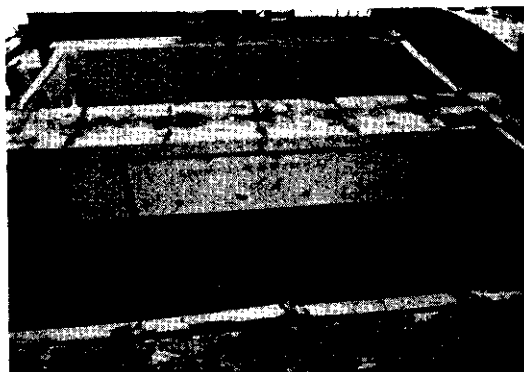


写真3 梁耐火試験



写真1 メンブレン壁耐火試験

も少ない。

- (b) メンブレン耐火の部分は壁の2hr 耐火性能を十分持っている。
- (c) 従来より非常に大形の耐火材料(最大2700 mm)を用いたが、目地部を含め耐火性能の劣化は少なく、十分実用に耐える。
- (d) 耐火材料の躯体への取付間隔は従来よりかなり大きいもの(2700 mm)であったが、それによる耐火性能の劣化は認められない。
- (e) 他部位との接合部に用いた石綿フェルトの充填材は十分な耐火性能を有している。

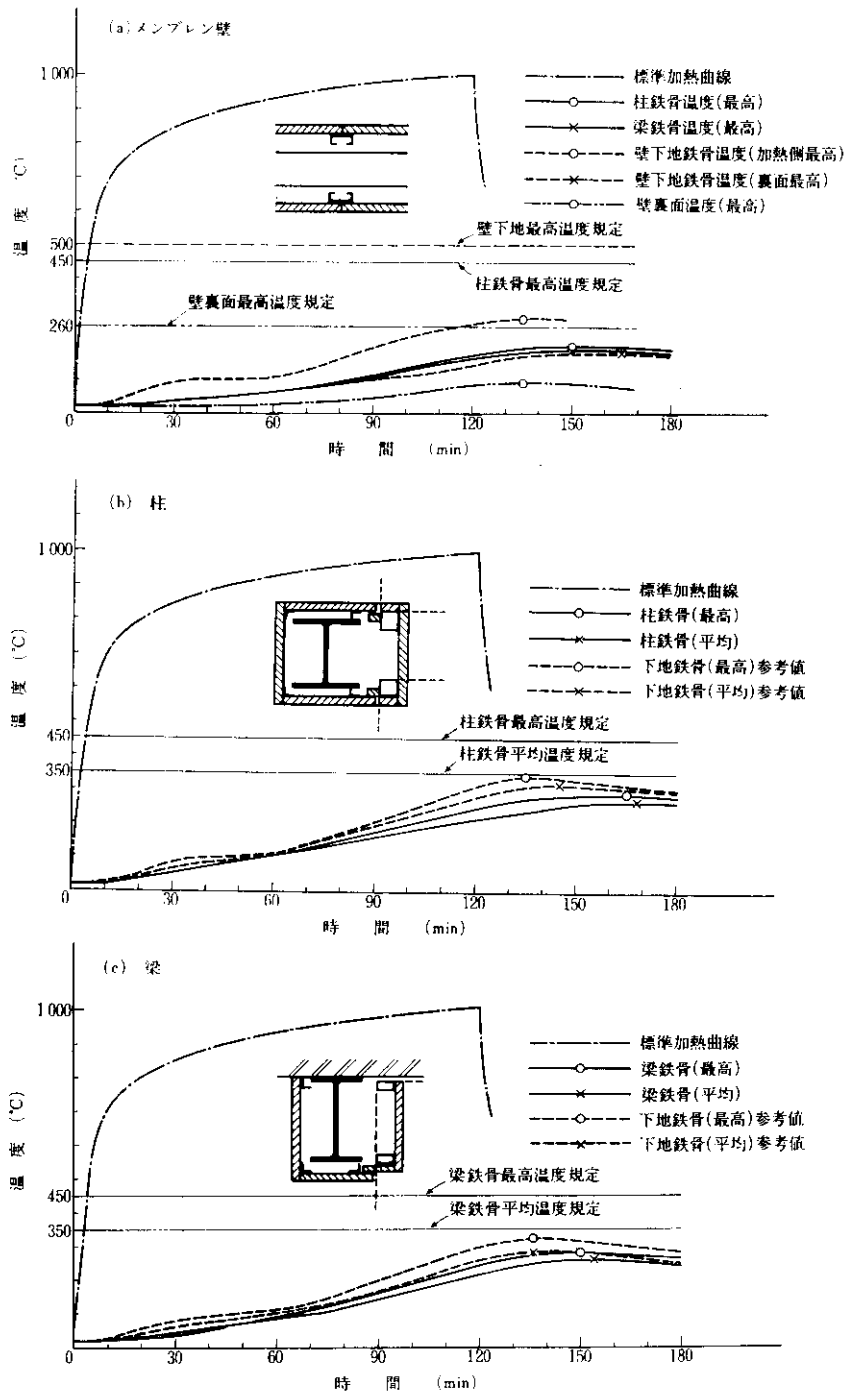


図10 各部の耐火性能試験結果

2-3-3 実大ユニットの水平加力実験

設計施工上の指針をうるため、居住空間を構成

する内・外装材、特に鉄骨耐火被覆を兼ねる戸境壁耐火パネルなどの水平荷重下における変形挙動について実験した(写真4参照)。

表 5 各部分の耐火性能試験結果(耐火 2 hr)

(単位:°C)

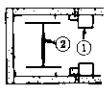
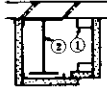
	概略図	測定項目	試験体No.		規定	備考
			A	B		
メンブレン壁		① 加熱温度 最高	1010	1010	1010	メンブレン部 壁の2hrに合格 メンブレン部 柱の2hrの性能を 満足する メンブレン部 梁の2hrの性能を 満足する
		② 壁フレーム (加熱側) 最高 平均	280 255	290 271	500 400	
		③ 柱 最高 平均	190 180	200 190	450 350	
		④ 梁 最高 平均	200 190	210 200	450 350	
		⑤ 壁フレーム (裏面側) 最高 平均	185 160	200 180	500 400	
		⑥ 裏面温度 最高	90	70	260	
		衝撃試験	合格	合格	貫通しない	
柱		① 下地鉄骨 最高 平均	355 327	342 319	なし (参考に測る)	柱の2hrに合格
		② H形鋼 最高 平均	298 292	293 282	450 350	
		衝撃試験	合格	合格	貫通しない	
梁		① 下地鉄骨 最高 平均	319 281	328 288	なし (参考に測る)	梁の2hrに合格
		② H形鋼 最高 平均	280 254	289 259	450 350	



写真 4 実験状況

本実験に用いた住居ユニットは、メインユニットと呼ばれているもので、押入れおよび一部のビニールクロスなどを除いて完全に仕上げられた実物大のユニットである。

载荷は水平片振り繰返し、制御は水平変位によった。また1サイクルごとにユニットの長さ方向と幅方向とを交互に繰返し载荷した。

変位測定はダイヤルゲージ(1/100 mm)で行い、内・外装材(耐火パネルを含む)の破損については主として肉眼観察によって、また亀裂の幅

や長さはスケールで測定した。

内・外装材(耐火パネルを含む)の破損状況を表 6、写真 5、6 に、荷重変位曲線を図 11 に示す。

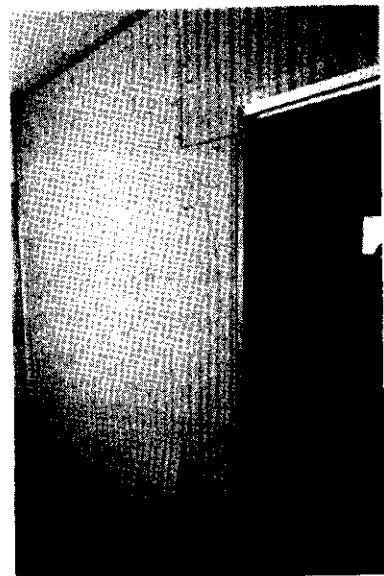


写真 5 ベニヤ継目におけるクロスの破断およびドア枠周りのベニヤの浮き(変位 51.8 mm)

表 6 仕 上 げ 材 破 損 状 況

仕 上 げ 材	変 位 (mm)	荷 重 (t)	破 損 状 況
ビニールクロス	1.3	0.534	ファサードパネルと片面ベニヤ、フラッシュパネルとの入隅部うき始める
	1.7	0.666	ファサードパネルのクロス継目がうき始める
	5.2	4.20	戸境壁の耐火パネル継目にしわが発生
	8.2	6.34	上記のしわが復元しなくなる
	10.1	10.1	上記のしわが破断
	12.5	3.40	ファサードパネルの耐火パネル継目でクロス破断
	15.4	8.00	ドア枠周りのベニヤ継目でクロスにしわが発生
	24.6	2.20	両面フラッシュパネルのクロスにしわが発生
	35.7	13.9	ドア枠周りのベニヤ継目でクロス破断
	82.2	5.46	両面フラッシュパネルの継目でクロス破断
廻 り 縁	10.2	0.934	戸境い壁よりうき始める
	32.4	14.4	戸境い壁よりはらみだす
	42.8	3.60	両面フラッシュパネルよりはらみだす
	82.2	5.46	片面フラッシュパネルよりはらみだす
間仕切りパネル	24.6	2.20	奥棒で結合されている両面フラッシュパネルがずれ始める
	31.9	13.1	片面フラッシュパネルがずれ、端部のほぞより抜け始める
	35.7	13.9	ドア枠が曲り、ドア枠周囲のベニヤも曲がる
	42.8	3.60	両面フラッシュパネルは木レールとともに床より浮き始める
戸 境 壁 耐 火 パ ネ ル	32.4	14.3	戸境い壁：耐火パネル取り付け部（ビス位置）で亀裂発生
	35.4	15.0	同 上 （連続して次々に発生）
	40.0	3.40	ファサードパネル：耐火パネルずれる
	42.1	16.3	戸境い壁：耐火パネルに生じた亀裂幅15mm、亀裂長40cmに達する



写真 6 耐火パネルの亀裂 (変位 4.21mm)

供試体は加力とともに大きなねじれ変形を伴ったが、表 6 に示す水平変位は仕上げ材各点の実際の変位である。

設計基準の日やすとして、地震の期待値⁹⁾と戸境壁耐火パネルの破損状況との対応を表 7 に示す。同表よりわかるように、中小地震によって内装材の破損が認められ、特にビニールクロスはしわまたは破断を生ずる。耐火パネルは、中小規模の地震では亀裂は発生せず、55年に1度起り得るような大地震によって大きな亀裂を生じ、耐火性能が損われる恐れがある。

以上地震の期待値と実験結果を比較検討した結

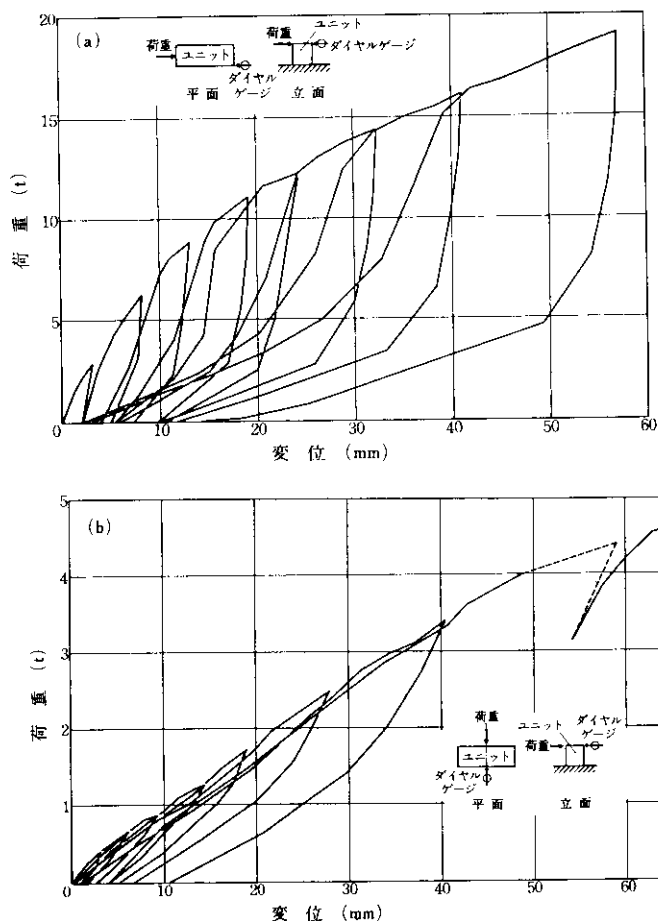


図11 荷重-変位曲線

果次のようにまとめられる。

(a) 壁面のビニールクロスは耐用年限が10年程度と仮定すれば、入隅部やクロス継目の設計・施工は入念に行う必要がある。

(b) 高層構造物に本実験した耐火パネルを適用した場合、大地震に対しても軽微な亀裂で留まると思われるが、低層構造物の場合にはかなり大なる亀裂が大地震には生ずるので、耐火性能上なお検討を要する。

(c) 間仕切りパネルや廻り縁は耐用年限を30年とすれば、現設計で問題はない。

なお、実際の地震動に近い動的荷重下において内・外装材、特に脆性的な破壊性状を示す耐火パネル（石綿硫酸カルシウム版）の挙動に対する検討が必要である。

表 7 地震期待値と仕上げ材の破損状況

仕上げ材	層間変位 (mm)	震度	期待値	破 損 状 況
ビニールクロス	1.3~1.7	3	10年未満	入隅部におけるクロスおよびクロス継目のうきやふくらみ
	8.2~10.1	4	20年	クロス破断
廻り縁	10.2	4~5	20年	廻り縁うく
間仕切り	24.6	5	30年	パネル相互のずれや抜け
戸境壁耐火パネル	32.4	5~6	55年	亀裂発生
	42.1	6~7	70年	亀裂幅15mm 亀裂長40cm

3. 試作住宅 SKKP-1

第2次基本計画の試行物件として積水化学工業(株)東京工場社宅 (SKKP-1) を計画し、その実施

上の問題点を検討するため、現場における問題点の抽出、検討、各種データーの収集を行った。したがって SKKP-1 の設計に当っては、できるだけ基本計画に忠実に行うようにした。しかし本工法における耐火構造方式は、現法規上一般には認められていないため、実施に当っては建設省の認可を必要とする。住居ユニットを用いた本工法のような場合は、在来の部位別耐火被覆を行う場合より種々メリットがある。先に述べた各種の試験によって十分な安全性の確認がなされている本耐火構造の認可を受けられるよう現在準備中であるが、SKKP-1に関しては、工程の関係から現行法規による耐火被覆工事を追加して行うことにした。すなわち戸境部分の壁にはALC版による耐火1hr壁、梁および柱には耐火1hrの梁および柱の耐火被覆材（石綿珪酸カルシウム版）を住居ユニット設置前に取付けることにした。

3.1 建築概要

建築名称 積水化学工業㈱東京工場社宅
建設場所 埼玉県朝霞市
敷地面積 1 700m²
建築面積 559m²
延床面積 2 084m²
階 数 地上4階 一部地下1階
用 途 共同住宅 収容戸数 24戸
構造概要 杭 PC杭

下部構造 鉄筋コンクリート造
上部構造 純鉄骨造
床 鉄筋コンクリート造
(リブ付PC床版)

工期 昭和48年8月～昭和49年2月

図12に SKKP-1 配置図兼1階平面図を示す。

図13, 14に SKKP-1 の基準階平面図および住戸平面図を示す。

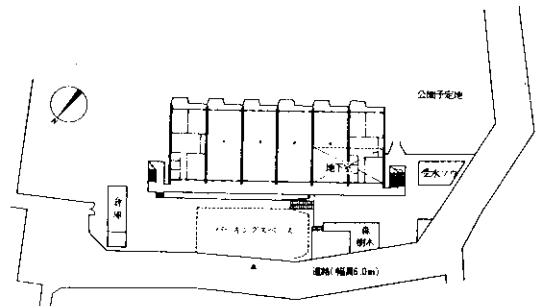


図12 SKKP-1 配置図兼1階平面図

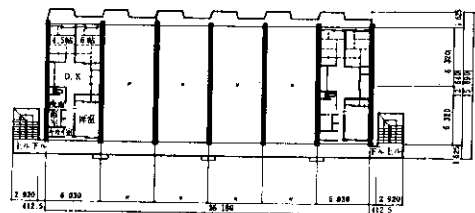


図13 SKKP-1 基準階平面図

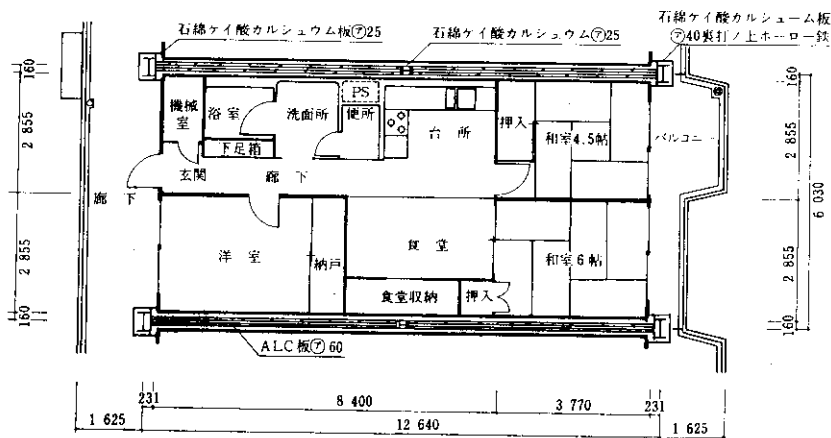


図14 SKKP-1 住戸平面図

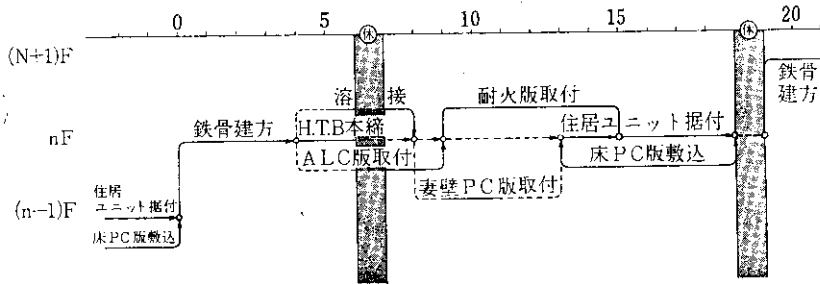


図15 主要工事部分工程表

3.2 施工記録

SKKP-1は、前述したように一部耐火被覆工事を追加して行うことになったため、基本計画とは施工面においてかなりの差が生じた。図15の主要工事部分工程図に見られるALC版や耐火版取付がそれである。さらに本工事は各種実験を並行しているため、全体にかなり余裕のある工程となっており、工期は7ヶ月（お盆、お正月休みを除けばネット6ヶ月余）とかなり長くなっている（表8参照）。なお仮設配置計画を図16に示す。

以下施工順序にしたがって主な作業について説明する。ただし杭、基礎、地下室部分の施工は在来一般工法に習ったので説明を省く。

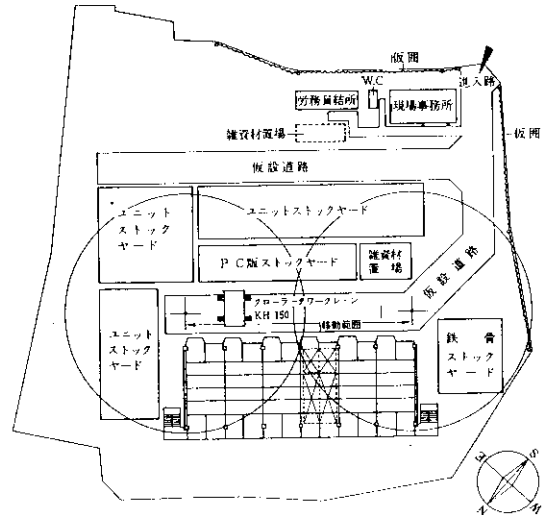


図16 SKKP-1 仮設配置計画図

表 8 SKKP-1 工程表

	48/8	9	10	11	12	49/1	2
仮設工事	■						
杭基礎工事 鉄筋コンクリート	■	■	■				
鉄骨工事			■	■	■		
戸境部分 耐火被覆工事				■	■		
PC版工事				■	■		
ユニット工事				■	■		
外部仕上工事						■	■
内部仕上工事						■	■
設備工事					■	■	

3.2.1 鉄骨建方

4階建であるので柱は一節2階分としたが、梁およびブレースは各階ごとに建方、建入直しを行い、H.T.Bを本締し、桁行方向の梁と柱の接合部の溶接を行った（写真7,8参照）。

3.2.2 妻壁PC版取付

無足場工法とするため、PC版の日地防水は環状ガasketによるものとし、PC版ストックヤードにて先付けしてから取付けを行った（写真9参照）。

3.2.3 耐火被覆工事

耐火構造を現行法規に適合させるため、戸境部分の鉄骨ブレース両面にALC版を取付け、柱、



写真7 1階部分鉄骨建方完了



写真10 戸境壁部の耐火被覆工事

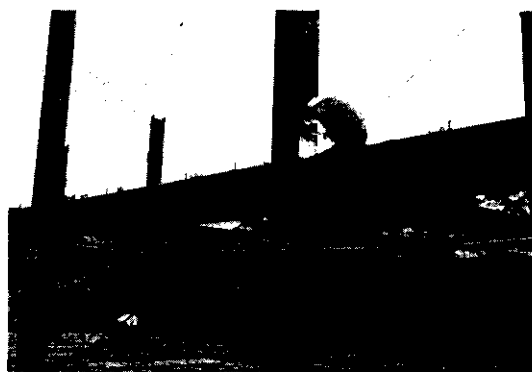


写真8 梁と柱の継手現場溶接作業



写真9 妻壁PC版取付

が完了すれば、住居ユニットの据付にかかる。まず最も大きくかつ重量のあるメカニカルユニットを所定の位置に設置し(写真11参照), つぎにメインユニットを吊込み, 残りの2つのサブユニットを据付れば1住戸がほぼ完成する(写真12参照)。この間約40~50mmであった。



写真11 メカニカルユニットの吊込

梁は石綿珪酸カルシウム版によって耐火被覆を行った(写真10参照)が、基本計画ではこの作業は必要ないものである。

3・2・4 住居ユニット据付

前記3・2・2, 3・2・3の作業と並行してレベルを調整しながら床面に金物を固定し, 耐火被覆工事

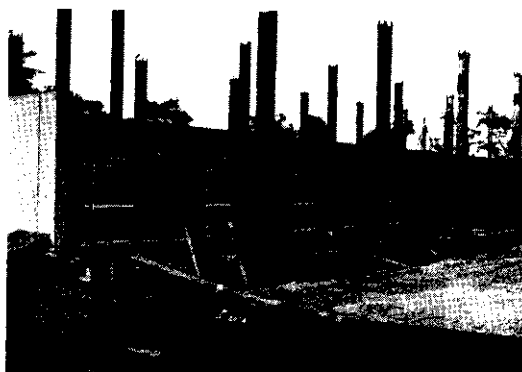


写真12 1階住戸ユニット据付作業

3・2・5 床PC版敷込

住居ユニットの据付け後直ちに上階の床PC版を敷込み(写真13参照)、日地処理が完了すれば1サイクルの作業は終り、つぎにまた鉄骨建方から同じ手順で階数回同一作業が繰返し行われる。



写真13 床PC版の敷込作業

3・2・6 後続作業

クレーンによる主作業が完了すれば、あとは住居外作業と住居内作業が並行して行われる。住居外作業としては、鉄骨の外部耐火被覆版の取付、廊下、バルコニーの手摺の取付、バルコニー隔版の取付、外部パイプシャフト(プレ配管、写真14



写真14 外部パイプシャフトの取付

参照)の取付およびそれから内部への電気、ガス、水道などの引込工事などがある。

住居内作業としては、内部パイプシャフトの組立てとこれへの排水管の接続、住居ユニットの仕上げと電気の接続および建具のはめ込みと畳、ジュウタンの敷込工事などがある。ただし今回はこのほかに壁、天井のクロス貼や押入れなども現場施工としたため、かなりの人手と工期を要した。

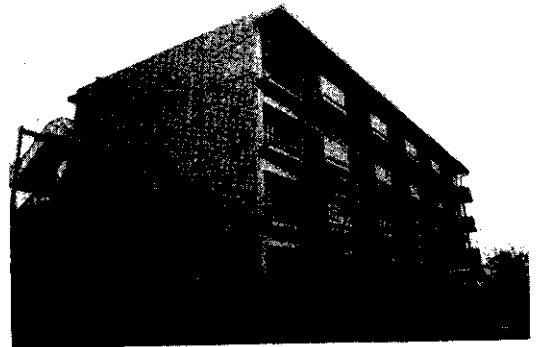


写真15 廊下側外観



写真16 ベランダ側外観

3・3 施工実績と今後の課題

3・3・1 部品分割

鉄骨、PCそれに住居ユニットという3大主要部品についての施工上の問題はなかったが、今後は補助部品と主要部品の関係を明確にし、各サブシステムの境界条件の整備が必要と考えている。

3・3・2 作業工数

前述したように、戸境部分の耐火被覆の追加や

各種実験のため余裕をもった工程、さらに仕上げ工事の現場への持込みなどの条件を含みながら、建物延面積当りの作業工数は1.29人と在来工法、H-PC工法などと比較してかなり小さな値となっている。今後これらの諸条件の除去、作業標準の徹底などによって0.8人/m²程度にはなるであろう。

3・3・3 工 程

工程についても工数の場合と同様相当余裕のあるものになっており、今回の経験からみて1階6戸程度ならば10日/階で建方が進むと考えられ、仕上工事のプレハブ化と相まって、工期の大幅短縮は可能であろう。

3・3・4 揚 重

揚重に関しては、

- (a) クレーンの稼働率を高めること
- (b) 揚重バランスを計りクレーン効率を高めること

の2点がポイントとなる。今回第1の点については、耐火被覆工事などがクレーン標準作業の中に追加されたことにより、クレーンの待ち時間が多くなり、実績稼働率は53%とかなり低い、また第2の点については、基本計画モデルプランでは1棟の規模が大きく、住居ユニットおよびPC版建方用大型クレーンと鉄骨建方用クレーンの2基を想定して部品分割、施工計画を立てていたが、今回部品分割をそのままにして、建物規模に合せて

クレーンを1基としたため、重量が小さくピース数の多い鉄骨部材を大型クレーンを用いて建方するという不合理が生じた。今後の検討課題の一つである。

3・3・5 現場作業と多能工

プレハブ工法の現場における問題点として、一度は必ず指摘されることに多能工(プレハブ工)の必要性がある。現在のH-PC工法のようにある程度一般化したプレハブ工法では、それなりに多能工が育ってきているが、この工法の場合も開発当初はクローズドシステムとして開発されたこともあって、参画各社とも問題にしていた。本工法も現状では他の住居ユニットによる集合住宅工法とは似て非なるものであって、この現場に従事する作業員を本工法用多能工として養成していくことが必要で、そのため現場作業の簡易化と整理統合が今後最大の課題となろう。

4. 結 語

本工法は、はじめに述べたとおり積水化学工業(株)、(株)鴻池組と当社による共同プロジェクトチームによって開発を進めているものであり、これまで得られた数々の貴重なデーターをもとに、当工法が確立されるのも間近いと思われる。なおプロジェクトの検討過程において得られた数々のデーターをここに引用させてもらった。プロジェクトチームの諸氏に対し記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 荻野英也ほか：高層アパートの量産工法(KS工法)、川崎製鉄技報、3(1971)1, 65
- 2) 荻野英也ほか：園生アパート工事報告(KS-2型, KM型)、川崎製鉄技報、4(1972)2, 165
- 3) 中原利雄ほか：高層ユニット住宅工法の計画概要、川崎製鉄技報、4(1972)2, 152
- 4) 荻野英也ほか：高層ユニット住宅工法の研究、川崎製鉄技報、4(1972)4, 86
- 5) 高層建築技術指針、(1973)、[日本建築学会]
- 6) 河角広：わが国における地震危険度の分布、東大震研集報、(1951)29