サイトプレファブ工法による大型建物の短工期施工

——(仮) ニッケコミュニティセンター新築工事——

雑賀久一^{*1}・高野 肇^{*2}・中村 茂^{*3}・堀川 洸^{*4}・幅 伊佐男^{*5}

概要 本工事は、本体棟のみでも延床面積が 85 000 m² 以上もある大型工事であり、在来 RC 工法では 19 か月の工期が必要なところを、約 60% の 11.5 か月で完成させなければならなかった。そこで本工事においては、柱、はり、階段を現場においてプレキャスト化し、スラブ型わくには鉄骨小はりとデッキプレートとを一体化した小はり内蔵デッキプレート捨型わくを用いる工業化複合工法“リクエスト工法”を採用した。本報告は、その工事の概要について述べたものである。

キーワード：短工期施工，ローコスト，架構式プレキャストコンクリート構造，小はり内蔵デッキプレート捨型わく，グラウトジョイント工法

1. はじめに

近年，国内では内需拡大が叫ばれており，建設需要の大幅な伸びにともなう建設工事量の急激な増加や，建築主の事業採算性に関する強い要望によって，適切な工期を確保することが困難になってきている。さらに，建設工事量の増加にともなう労働力不足，とくに熟練労働力および若年労働力の不足といった問題も起きている。

本工事は，このような社会的背景の中で計画されたうえに，建築工事費の低減という建築主の強い要望があった。また，本建物は，

①大規模である，②低層である，③均等スパン（8×8 m）である，④ RC 耐震壁が少ない，などの特徴をもっており，計画時から構造要素の規格化，プレファブ化を意図して設計された。

そこで本工事においては，躯体工事工程の大幅な短縮とコストダウンを最大のねらいとして，RC 工法を基本とする工業化・複合工法である“REQUEST（リクエ

写真-1 全体模型

RE : REinforcement concrete
QU : QUick
E : Economical
ST : STructure

図-1 REQUEST 工法

スト) 工法”を開発・改善して，これを採用した(図-1)。これにより，品質および安全性の確保を前提としたコストダウンおよび躯体工事の省力化をはかり，標準工期と比較して約 40% もの大幅な全体工期の短縮を実現させることができたので，ここにこの工事の記録を報告する。

*1 さいが・ひさかず／㈱竹中工務店東関東支店作業所長
*2 たかの・はじめ／㈱竹中工務店東関東支店工事課長
*3 なかむら・しげる／㈱竹中工務店東関東支店工事主任
*4 ほりかわ・きよし／㈱竹中工務店東京本店設計部構造課長
*5 はば・いさお／㈱竹中工務店東関東支店作業所員

2. 建築概要

本建物は、新しい時代の要請に応じて、日本毛織㈱が同社の中山工場跡地約5万1000坪を開発し、約140店舗の専門店と核店舗「カジュアルデパート」によるショッピング施設を中核として、生活者の「モノ」から「コト」への時代に対応し、各種のスポーツ、カルチャー、レジャー施設を設け、人間味あふれる環境豊かなコミュニティセンターを形成することを意図して計画されたものである。

以下に本工事の概要を示す。また、図-2、3、4には配置図、2階平面図、断面図をそれぞれ示す。

工事名称 (仮) ニッケコミュニティセンター新築工事

建築主 日本毛織㈱

建築地 千葉県市川市鬼高 1-95-1

区域 都市計画区域内

用途地域 工業地域 建ぺい率 60%
容積率 200%

設計施工 ㈱竹中工務店

用途 (主) 物販店舗
(従) 飲食店舗、スポーツ・レジャー施設、駐車場

敷地面積 14万2199.6m²

建築面積 3万7119.4m² (本体のみ)

延床面積 8万5903.4m² (本体のみ)

建物高さ 最高の高さ 19.6m
軒の高さ 18.4m

階数 核店舗ゾーン F4・P2
専門店ゾーン F3・P1

基準階高 4.5m (4.7m) () は2階を示す。

構造 RC造 (PCa 柱, PCa 大はり, S小はり)
を用いた架構式プレキャスト鉄筋コンクリ

図-2 配置図

ート構造)

基準スパン 8000×8000mm

外装 磁器モザイクタイル張り 45×45
およびコンクリート打放し上アクリル弾性
塗料吹付け

昇降設備 エレベーター 乗用4台、人荷用4台
エスカレーター 22台

電気設備 特高受電 66kV/6kV
変圧器 6000kVA 2台

衛生設備 上水 県水
中水 工業用水

空調設備 ターボ冷凍機 300RT 2台
250RT 2台
冷温水発生機 300RT 2台

A Short Term Construction of Large Buildings by Site-Precast Concrete —The Case of Nikke Community Center—

By H. Saiga, H. Takano, S. Nakamura, K. Horikawa, I. Haba

Concrete Journal, Vol. 26, No. 12, pp. 13~21, Dec. 1988

Synopsis The construction of Nikke Community Center, a large building for shopping with a total floor area of more than 85 000 m², was required to be completed within only 11.5 months. It was estimated that the conventional cast-in-site concrete construction would need 19 months. The construction, however, was completed as required, adopting the "REQUEST constructing system" which consisted of a framed structure of site-precaster concrete such as columns, beams, and stairs, and prefabricated deck-plate forms. This report describes the construction in details.

Keywords : short term construction, low cost, precast concrete framed structure, prefabricated deck-plate form, grout joint method

図-3 2階平面図

図-4 断面図

250 RT 2台

スクリーチャー冷凍機 240 RT

ボイラー 130 万 kcal/h

工 期 昭和 62 年 12 月 1 日～63 年 11 月下旬

PCa 生産 サイトプレファブ (建築地内仮設 PCa 工場)

また、本体棟のほかに、戸建飲食店舗が 6 棟、テニスクラブハウス、ゴルフクラブハウスなども同一敷地内に配置されている。

3. 構造概要

本建物においては、①ローコストである、②工期が非常に短い (工期率 60%)、③均一グリッドスパンである、④大規模である、⑤低層である、⑥RC耐震壁が少ない (ラーメンによる地震力負担率大)、などの主体構造を決定する要因があり、その中でローコスト (躯体工

事費の低減) および躯体工期を短縮する課題に的を絞ってさまざまな工法を検討し、包括的に判断した結果、構造システムとしては、主体構造には架構式プレキャスト鉄筋コンクリート構造を、くいには大口径 PHC 先端拡底ぐい根固め工法を採用することとした (図-5 参照)。実際の工事においては、可能なかぎり柱、はりおよび階段のプレキャスト化をはかり、柱・はり接合部パネルゾーン、床、耐震壁、一般壁は在来 RC 造とした。表-1 に生産部材数量およびその採用率の一覧を示す。また、柱の接続法としてスプライススリーブを用いたグラウトジョイント工法を採用することにより、在来一体打ち RC 造と同等の性能をもつようにした。さらに、プレキャスト化に対応するために、設計の段階において可能なかぎり柱およびはりのコンクリートの断面形状を同一とし、また配筋も極力、同一となるように考慮した。

以下に、本建物の構造構成部材について述べる。

図-5 部別採用工法図

表-1 生産部材数量およびその採用率

部 位	生産部材数量	全 数 量	採用率(%)
柱	1387 本	1505 本	92.2
大 ば り	2617 本	2736 本	95.7
階段	P C	36 本	46.2
	鉄 骨	11 本	14.1
鉄 骨 小 ば り	2288 本	—	—
床	フロアパネル	6万7520 m ²	78.6
	DPL手敷き	5760 m ²	6.7
		8万5903.4 m ²	85.3

(1) 柱

柱はすべて 700×700 の同一断面とした(図-6)。ただし、外周周りの柱では、仕上げる種類により PCa 柱型わくの寸法の調整をした。また、コンクリートの打設は従来の PCa 柱とは違って縦打ちとし(写真-2)、柱頭に大ばり受け用のキャピタルを設けた。柱主筋のジョイントは、柱下部に打ち込んだスプライススリーブに無収縮モルタルを注入するグラウトジョイント工法によって。

(2) 大 ば り

PCa 大ばりは、図-7 に示すように、 $B \times D = 350 \times 1100 \sim 850 \sim 1100$ のハンチ付きの形状1種類とした。

図-6 PCa 柱製品図

写真-2 柱鋼製型わく(鉄筋セット状況)

図-7 PCa ばり製品図

先組み鉄筋は、その種類を極力少なくするために、下端筋とあばら筋をできるかぎり同一とし、また、下端筋端部を曲げることによってパネルゾーン内で鉄筋が納まるように設計されている。

写真-3 小ばり内蔵デッキプレート捨て型わく

(3) 小 ば り

小ばりは、特殊な場合を除いて、すべて生材のロール H 鋼とした。コンクリートスラブとの一体性を確保するための方策としては、本工事においてはスタッドジベルの溶接および縞付き H 鋼の 2 種類を採用している。

(4) ス ラ ブ

スラブ型わくには、UK デッキプレート捨て型わくを採用した。本工事においては、このデッキプレートと前述の S 小ばりとをあらかじめ地上にて組み立てて小ばり内蔵デッキプレート捨て型わくとし（写真-3）、これをはりの上に載せる工法を採用した。また、小ばり内蔵デッキプレート捨て型わくの S 小ばりがかかるための大ばりの欠込みによる仮設時の断面欠損を少なくするため、および大ばりの負担割合を均等にするために、S 小ばりが市松模様となるように小ばり内蔵デッキプレート捨て型わくを架設した。

(5) 1 階スラブ

1 階スラブには、根切りなどの土工事の省力化をはかるためにフラットスラブ工法（版厚：一般部 350 mm、柱下キャピタル部 700 mm）を採用した。これにより、基礎ばりの根切り、型わく、配筋、埋戻しなどの工事が低減され、大幅な省力化が可能になった。実際には工期の短縮をはかるために、1 階スラブは上階の躯体工事とは切り離してクリティカルパスから外し、上階のスラブが打設し終わってから打設するという後打ち工法を採用した。

(6) く い

工期短縮とコストの低減をねらい、従来の PHC ぐいでは柱軸力から柱下 2 本となるところ（700 φ までの拵底ぐいしかない）を柱下 1 本とするために、軸部 800 φ の大口径ぐいの先端を 900 φ に拡大したぐいを用いてぐいの耐力を確保した。これについては、ぐいの載荷試験を行い、行政庁の許可を受けたうえで採用した。

(7) 階 段

本建物の核店舗部分には、避難階段など同タイプの階

写真-4 PCa 階段

段が多く、また、工程的にも早期の昇降を可能にする必要があったために、階段をサイトプレキャスト化した。写真-4 に示すように、サイトプレキャスト化したのは、クレーン制限荷重から経済性を考慮してスラブ部分のみとし、段は PCa 段床を採用した。

(8) 壁

耐震壁、一般壁（垂れ壁、腰壁、袖壁など）は、本工事においてはすべて在来 RC 工法を採用した。

4. 施工計画の概要

図-8 に概略の工事工程を、図-9 に躯体工事工程の一部（E 工区、5 月）を示す。RC の在来工法では 19 か月必要な工程を、建築主の強い要望により戸建・外構工事を含むすべての工事を 11.5 か月（工期率 60%）で完成させなければならず、基礎工事および躯体工事工程の大幅な短縮をはからなければならなかった（図-10）。そこで、PCa 部材の生産および建方において、サイクル工程を組んで大幅な省力化を実現させ、かつ品質および安全性を確保することとした。以下、PCa 部材の生産、ストックおよび運搬、建方についてその概要を述べる。

4.1 PCa 部材生産計画

階段以外の PCa 部材の生産は、鉄筋の加工・先組み、鋼製および木製型わく作業、コンクリート打設を、図-11 に示すような仮設の PCa 工場ですべて行った。コンクリートには、水セメント比が 46.6~50.2%、スランプが 10 cm のものを用いた。さらに、コンクリート打設後、型わくを断熱シートで覆い、その中に常圧の蒸気を送り込む簡易常圧蒸気養生を行うことにより、1 日 1 回の型わくの転用をはかる生産工程を確立した。養生は、コンクリート打設後 2 時間プレヒーティングを行った後に 20°C/h の速度で蒸気温度を上昇させ、コンクリートの内部温度が 60°C になった時点で蒸気の供給を停止し、後は翌朝の脱型時まで断熱シート養生とした。また、マイコンに個々の PCa 製品のデータを入力することにより、膨大な数量の PCa 製品の生産を管理するこ

図-8 全体工程表

図-9 躯体工程表 (一部)

工 期 (月)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
在 来 工 法	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事
リクエスト工法	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事	基礎工事
(注) 工期率	11.5/19=60%																		

図-10 リクエスト工法と在来RC工法との工期の比較

とした。具体的には、生産工程（出来高、製作予定）の管理、部材の種類別数量の把握、使用材料の数量の把握などに活用した。さらに、コンクリートの品質の管理、とくに脱型時の初期強度には留意し、テストピースの圧縮試験および養生温度の測定を行うこととした。脱型時の所要強度は、コンクリート中に埋め込んだ吊り治具の性能が発揮されること、および吊上げ時にコンクリートにひびわれが発生しないことなどから、圧縮強度で100 kgf/cm²とした。圧縮試験はコンクリート打設翌日の脱型時にキャッピング不要の簡易モールドを用いて製作したテストピースによって行い、脱型時の圧縮強度を

確認した。それとともに、コンクリート中に熱電対を埋め込むことによってコンクリートの養生温度を測定し、これによりコンクリート圧縮強度と積算温度との相関を求めた。相関式は以下のとおりである。

$$F = 131 C/W + 162 \log^2 DD - 414$$

ここに、 F : コンクリート強度 (kgf/cm²)

C/W : セメント水比

$^{\circ}DD$: 積算温度 ($^{\circ}C \cdot \text{day}$)

PCa 部材の生産が軌道にのるころには、積算温度のみにより PCa 脱型時のコンクリート強度の発現を確認することとした。

図-11 PCa 工場レイアウト図

図-12 積層屏風建て工法

PCa 階段は、PCa 工場外の製作ヤードにて、スランブ 10 cm のコンクリートを用いて製作した。PCa 階段は毎日製作する必要がないため、蒸気養生は行わずシート養生とし、脱型およびハンドリングに必要な強度 ($F = 130 \text{ kgf/cm}^2$) の発現を確認した後に脱型することとした。

4.2 PCa 部材のストックおよび運搬計画

PCa 柱のストックは、ストック架台を用いることにより縦置きとした。これによりストックスペースが減少し、ストックヤードを製作ヤード内に設置することができたことになった。また、ストックヤードへの小運搬の必要性もなくなった。PCa ばりに関しては、いったん製作ヤード外のストックヤードにストックした後に建方を行った。製品の運搬は、建方の直前に大型トラックにより、ストックヤードから建方を行うクローラークレーンの旋回範囲内のストック場所まで行った。柱については、ストックを縦置きとしたため、写真-5 に示すような運搬治具を用い、ハンドリングを容易にして運搬した。

4.3 PCa 部材建方計画

図-12 に示すように、建方はひな段式に建ち上げていく積層屏風建て工法を採用した。この工法は、まず 1

写真-5 PCa 柱運搬

階の中心線に沿った部分の建方を行い、その後はクローラークレーンが後退しながら順次、中心線と直角方向および上階の方向に建方範囲を広げてゆくサイクリックな工法である。1 サイクル工程は、柱→X方向ばり→Y方向ばり→小ばり内蔵デッキプレート捨型わくの順で建方を行った後、スラブ、壁およびパネルゾーンの配筋、パネルゾーンおよび壁の型わく、コンクリートの打設という工程で、6 日間で 1 サイクルとした (図-13)。

また 図-14 に示すように、工区割りは建方方法およ

図-13 サイクル工程表

図-14 工区割りおよび揚重機の配置

表-2 リクエスト工法実施人工

リクエスト工法	在来RC工法（推定）
・土工（型わく含む）	・型わく
柱 626 人	大工 6 098 人（8 m ² /人日）
はり 2 028 人	解体工 1 626 人（30 m ² /人日）
・鉄筋工	・鉄筋工
柱 231 人	配筋 1 404 人（0.75 t/人日）
はり 654 人	・コンクリート
加工 230 人	土工 303 人（25 m ² /人日）
上筋仕込み取付け 121 人	ポンプ工 76 人（100 m ² /人日）
仕口部フープ巻き 160 人	・デッキプレート直敷き
・フロアパネル製作 407 人	溶接工 1 221 人（60 m ² /人日）
・建方（フロアパネル含む）	揚重とび工 87 人（800 m ² /人日）
880 人	
・運搬（フロアパネル含む）	
671 人	
計 6 008 人	計 1 万 1 045 人

（注）省人化率 $100 \times (1 - 6008 / 11045) = 54.4\%$

び 1 日に取り付けられるピース数を検討した結果、全工区を 6 工区に分割して、2 工区に 1 台のクローラークレーンを配置し、PCa 部材の建方および躯体の工事を行った。また、各工区においては平行作業を行い、工期短縮および仮設資材の転用効率の向上をはかるとともに、各工区の工程をずらすことにより、労務の水平移動を可能にして労務の平準化につなげた。

5. 実施結果

表-2 には、本工事に採用したリクエスト工法に要した作業人員数を示す。また、同表中に、在来 RC 工法による必要人員数（推定）も併せて示す。同表から、リクエスト工法を採用したことによって、作業人員は在来 RC 工法に比べて 40% 以上削減でき、大幅な省力化が実現できたことが分かる。また工期面においても、在来工法に比べて約 40% ほどの短縮が実現できた。

6. リクエスト工法のメリット

以上述べてきたように、リクエスト工法を採用することによって産み出されるメリットを列挙すると以下のようになる。

- 1) 在来 RC 工法に比べてコストの低減および省力化

が可能であり、短工期施工の実現が可能である。

- 2) 製品の均一化、量産化により各作業員が同一の作業の繰返しで施工するため、作業の改善がはかれ、品質の安定向上につながり、熟練工の不足にも対応できる。
- 3) プレキャスト化により部材精度が向上する。
- 4) 鋼製の型わくを用いるため、打放し補修などの二次作業が減少し、省力化につながる。
- 5) 型わく支保工の必要性がなくなるため、大幅な省力化および仮設材の大幅な低減が可能になり、さらに設備および仕上げ工事に早期に着手でき、仕上げ工程の短縮にもつながる。
- 6) 型わく建込み時の仮設足場が減少し、省力化につながる。
- 7) 小はり内蔵デッキプレート型わくを架設することにより、先行して安全な作業床が確保され、安全領域での作業が拡大し、安全性の向上がはかれる。
- 8) PCa 部材においては工場での生産によるため、高品質なコンクリートの施工が可能である。

7. おわりに

本工事の概要を以上に述べてきたが、リクエスト工法

を採用することによって、当初の計画どおり、在来RC工法の工期と比較して、全体工期を約 40% 短縮することができた。

このような大型の建物を、現在のような悪化した労務事情の中で短工期、ローコストで施工するためには、工業化生産が可能な PCa 部材を利用することは非常に有効な手段であると思われる。本プロジェクトでは採用されなかった壁のプレキャスト化など、まだまだ多くの改善点が残されているが、今後ますます多様化する建築生産技術にも対応し、さらに改善を重ね、他の種々の建物にも水平展開してゆきたいと考えている。

最後に、これらの構工法の採用にあたり、ご指導・ご協力をいただいた関係各位に、深く感謝の意を表す次第である。