混合構造による大規模店舗建築物の設計・施工

——昭産上尾ショッピングプラザ——

富永博夫^{*1}・村井義則^{*2}・坂口 昇^{*3}・塩沢志郎^{*4}

概要 本稿は、延床面積3万7000m²に及ぶ大型店舗建築物の建設工事記録である。近年の労務不足に対応するため、省力化と工期短縮をはかるべく開発を進めてきたRC柱と鉄骨はりによる複合化構法について紹介するもので、構法の説明、実物大による実験、先組み鉄筋柱の製作と施工について述べている。

キーワード：混合構造，先組み鉄筋柱，短工期，ローコスト，省力化，実大実験

1. はじめに

市街地再開発や居住地域の郊外化が加速する近年の社会環境の中で、物販店の出店数は増加の一途にある。また、大規模小売店舗法の見直しなどの気運もあり、ローコストで短工期による店舗建設への要請はますます旺盛になる。

本建物は、そうした情勢の中で建設された大規模店舗

建築物で、当社が開発を進めてきた混合構造システムである「シミズRCSS構法」(鉄筋鉄骨複合化構法：Reinforced Concrete & Steel System)により躯体工事が行われた。この構法は、RC造とS造の特長を併せもつ省力化をねらった構法で、現在まで7件の実績^{1),2)}がある。

2. 工事概要

当建物は店舗棟と駐車場棟とに分れており、ここでは

店舗棟についての工事概要を記す。

工事名：昭産上尾ショッピングプラザ

所在地：埼玉県上尾市谷津2-1

発注者：昭産開発㈱

設計施工：清水建設㈱

工期：1986年7月～'87年11月

建築面積：11440.5m²

延床面積：37260.5m²

用途：店舗

階数：地下1階、地上6階、塔屋1階

構造種別：地上部 RCSS造
(柱RC、はりS)
地下部 RC造

基礎：場所打ちコンクリート拡底ぐい

写真-1 全 景

*1 とみなが・ひろお／清水建設㈱設計本部構造設計部長

*2 むらい・よしのり／ 同上 構造設計課長

*3 さかぐち・のぼる／ 同上 技術研究所主任研究員
(正会員)

*4 しおざわ・しろう／ 同上 建築本部工事長

3. 設計概要

3.1 RCSS 構法の開発

ここ数年の職人不足に起因する労務費の高騰や資材の

コストアップは、大げさに言えば工事の実施を不可能にしつつある。こうした建設業界の厳しい環境の中で生み出されたのがRCSS構法である。一般にS造は、柱はり接合部が複雑で、溶接加工費が高い。全体に鋼材を多量

に必要とするため、工事費は高くつくが工期は短い。一方、RC造は、工事費は低減できるものの、床とはりの型わくサポートが必要となるため工期が長くなる。

そこで、両者の長所を結びつけるために、RC部材を柱に、鉄骨部材をはりに使用した異種構造部材の組合せを開発し、実現された複合化構法が「シミズ RCSS 構法」である。

3.2 RCSS 構法の概要

異種構造部材の組合せで問題となるのは、柱はり接合部の強度と剛性である。したがって、柱はり接合部に工夫を加えて実大実験で確認し、剛接合を可能にした点と、工業化を目的として、はりのブラケット部までを含

図-1 1階平面図

図-3 柱はり接合部詳細

図-2 断面図

A Design and Construction of a Large-Scale Shopping Building with Composite Structure —Shosan Ageo Shopping Plaza—

By H. Tominaga, Y. Murai, N. Sakaguchi and S. Shiozawa

Concrete Journal, Vol. 27, No. 6, pp. 28~37, June 1989

Synopsis This building is a large-scale shopping building with total floor area of 37 000 square meters. In order to reduce manpower (due to shortage of skilled labor) and to make the construction period as short as possible, Shimizu Corporation has developed the newly structural system composed of Reinforced Concrete Columns and Steel Girders. This paper describes the composite structure system, the real scale experiments, the prefabricated reinforced concrete column and the actual execution process of the construction.

Keywords : composite structure, prefabricated reinforced concrete column, execution in a short period of time, low cost, power conservation, real scale experiments

めた先組み鉄筋柱を工場で生産できる点が大きな特徴である。

工夫した柱はり接合部を説明すると、柱主筋としての

図-4 先組み鉄筋柱詳細

写真-2 柱はり接合部

ねじ付き鉄筋が鉄骨ばりを貫通し、上下の鉄骨フランジ面で定着ナットにより定着されている。また、接合部の外周をぐるりと補強鉄板（ふさぎ板）がガードしており、パネルゾーン内のRC部分を拘束することによって強剛な接合部パネルを構築している。しかも、この補強鉄板はコンクリート型わくも兼ねることになるので、柱型わくの切込みがなくなり、型わく工事の省力化にも寄与している。柱主筋は、はりブラケットとともに工場で、あらかじめ1節分（2～3層分）が先組み鉄筋柱として製作されるので、現場での鉄筋工事が減り、工期短縮の大きな要因となっている。

3.3 構造計画

平面的には8.5×8.5mのグリッドを基本としたスパン構成で、耐震壁を要所に配置して地震力を分担させ、耐震計画はラーメン構造との併用としている。RC柱のサイズは、1階は75cm角、2階以上は70cm角である。また、大ばり鉄骨はH-600×300で、床はデッキプレート（構造体とした合成スラブ）である。

使用材料としては、コンクリートは $F_c=240 \text{ kgf/m}^2$ の普通コンクリート、鉄筋はSD30A、SD35、そして、鉄骨はSM50A、SS41を用いた。

設計は、RC造構造計算規程およびS造構造計算規程によって、また、柱はり接合部の検定はSRC造構造計算規程に準拠して行い、パネルのせん断耐力については、鉄骨ウェブとふさぎ板およびコンクリートを加算して検定した。加算に際し、コンクリート、ふさぎ板については、実物大実験にもとづき、有効幅係数を考慮した³⁾。

図-5 基本グリッドはり伏図

図-6 基準階軸組図

4. 実大実験

本構法は、RC造の柱とS造のはりで構成され、これらの異種構造部材が剛接合されているところに構造上の大きな特徴がある。また、先組み鉄筋柱と鉄骨ばりのみで2～3層分の骨組が先行して建方されること、デッキプレートを用いてサポートなしで床スラブのコンクリートが打設されること等に、従来のRC造と異なる施工上の特徴がある。これらの新しい試みに関して、耐震安全性や施工荷重に対する安全性を確認するため、実大の試験体による耐力実験を行った。

4.1 耐震安全性

柱やはりの構造部材が、それぞれのもつ剛性や強度を地震時に十分に発揮するためには、柱はり接合部の剛性

(a) ふさがりなし

(b) ふさがりあり (ふさがりを外した写真)

写真-3 接合部パネルの損傷状況

・耐力が柱やはりのそれを上回る必要がある。一般的には、RC造の柱とS造のはりの接合部では、応力の伝達が十分でなく、柱あるいははりの剛性・耐力が発揮しに

図-7 荷重-変形関係 (No. 10)

図-9 荷重-変形関係 (No. 5)

図-8 荷重-変形関係 (No. 4)

図-10 ふさがりの有無による比較

Technical drawing of a vertical screw mechanism, likely a part of a machine. The drawing shows a central vertical screw with a threaded section. The screw is mounted on a base and is surrounded by a frame structure. Dimensions are indicated on the right side of the drawing:

- 300 594 (Total height of the frame structure)
- 594 300 (Height of the upper frame section)
- 3 656 (Height of the central screw assembly)
- 3 814 (Total height of the central screw assembly)
- 370 (Height of the base)

の施工にあたっては、さらに安全を期するために、柱のコンクリートのみを先に打設し、これが硬化しはじめてから床コンクリートを打設することにした。これにより、柱の主筋の負担も軽減することになる。

5.1 工程計畫

[illegible]

33

項 目	1986年							
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
Aブロック	1工区 鉄骨建方・本締め 躯体・C打ち	1筋コア建方・本締め 周辺建方・本締め	1F躯体 2F躯体	2筋コア建方・本締め 周辺建方・本締め	3F躯体 4F躯体	5F躯体 6F躯体	PH躯体	
	2工区 鉄骨建方・本締め 躯体・C打ち	コア	周辺	2筋コア建方・本締め 周辺建方・本締め	3F躯体 4F躯体	5F躯体 6F躯体		
	3工区 鉄骨建方・本締め 躯体・C打ち	地下1F躯体	周辺	2筋建方・本締め	3F躯体 4F躯体 5F躯体	6F躯体	PH躯体	
	4工区 鉄骨建方・本締め 躯体・C打ち	地下1F躯体	周辺	2筋建方・本締め	3F躯体 4F躯体 5F躯体	6F躯体	PH躯体	
Bブロック	5工区 鉄骨建方・本締め 躯体・C打ち	基礎・地下1F躯体	1筋建方・本締め	1筋建方・本締め	2筋建方・本締め	3F躯体 4F躯体 5F躯体	6F躯体	
	6工区 鉄骨建方・本締め 躯体・C打ち	基礎・地下1F躯体	1筋建方・本締め	2筋建方・本締め	3F躯体 4F躯体 5F躯体	6F躯体	PH躯体	
	7工区 鉄骨建方・本締め 躯体・C打ち	基礎・地下1F躯体	1筋建方・本締め	2筋建方・本締め	3F躯体 4F躯体 5F躯体			
	8工区 鉄骨建方・本締め 躯体・C打ち	基礎・地下1F躯体	1筋建方・本締め	2筋建方・本締め	3F躯体 4F躯体 5F躯体			

図一15 躯体工事工程表

を大幅に短縮しなければならなかった。

しかし、地下工事はB1階および地下水槽（再熱利用水槽 1600t）をもち、地下工事での工期短縮は不可能であり、また近隣協定および交通規制があつて作業時間が制約された（8：00～18：00）。

そこで、地上階躯体工事で工業化、プレハブ化を推進して現場工数を減少させること、および労務の平準化をはかることを目的に、RCSS 構法の施工計画を練った。

まず、現場をA、B 2ブロックに工区割りし、それぞれのブロックを4工区に細分割して8工区とした。工区を細分割することによりサイクル工程を可能にし、労務の平準化をはかった。施工手順としては、RCSS 建方時と型わく工事とのラップを避けるため、平面的な工区割りおよび立体的な工区割りを採用した。図一15 に躯体工程を示す。

5.2 建方および躯体工事手順

建方揚重は、タワー式クレーン 180W 1基で行う。作業半径の不足する部分は、外周にタワー式クローラークレーン 150t を配置してカバーした。

建方は、図一16 に示すように、A、B ブロックごとに行う。1工区から順にはじめ、まず工区内の中央コア部（写真一4）を基点に建方し、図一17 に示す順序でコ

ア周辺部の建方を行う。中央コア部の建方に際しては、仮ブレースの取付け、デッキプレートの敷込みなどを行

図一16 工区割りおよび建方計画図

い、さらに安全性確保の点から柱型（はり下まで）のコンクリートを打設した。1工区から順に建方を行い、Aブロック全体の建方および本締めが完了した時点で、壁等の配筋、型わく工事を行い、コンクリートを打設す

写真-4 コア部建方

(注) ○印数字は建方順序を示す。

図-17 コア周辺部建方順序

る。この間にBブロックの建方を行い、躯体工事（コンクリート工事）とラップしないようにする。以下、順次この繰返しを行う。

5.3 施工管理

図-18 に示す順序で、上階に建方および躯体工事が進む。RCSS の施工管理では、配筋の精度を確保することが重要である。柱主筋位置の精度確保のため、コンクリート打設前に、コンクリート天端にテンプレートを取り付けて、通り芯とのチェックを行った。

当現場では、B1 階は在来 RC で立ち上げて、1 階から RCSS 構法を採用した。1 節（1 階～3 階）、2 節（3 階立上り～6 階）の多層 RCSS となるため、各節のジョイントは、柱主筋を鋼管圧着継手（グリップジョイント）で施工した（写真-5）。そこで、このグリップジョイントを精度良く施工することがポイントであった。建入れ精度を確保するために、先組み鉄筋柱の精度は

写真-5 鋼管圧着継手（グリップジョイント）

図-18 建方および躯体工事の進行状況

写真-6 仮設アングルブレース取付け

±5 mm 以内とし、柱主筋天端のレベル精度は ±0 から -2 mm とした。柱主筋ジョイント部のレベル調整としては、先端を切りそろえたうえでサンダー仕上げを行い、精度を確保した。

RCSS 構法では、柱主筋により自立している（在来 SRC 構法では鉄骨により自立している）ため剛性が低いので、建入れ精度を確保するために、各柱は建込みごとにトラワイヤーを四方に確実に張り、建入れ調整を行う。さらに、全体の水平剛性を確保するために、各工区中央コア部には仮設アングルブレース（写真-6）により固定させることとした。

各工区中央コアの4本の柱は、本締め後、はり下までコンクリートを打設し、建方時および地震時等の水平力に対応させて建方時の安全を確保した。

コンクリートについては、冬季におけるコンクリートの施工、養生管理方法として次のような対策を講じた。

- 1) 予想平均気温によるコンクリート強度の補正値を求め、調合強度を定めた。埼玉県の上尾市地方のこの時期の予想平均気温は、厳寒期（12～2月）で 3℃ 以上 5℃ 未満の範囲なので、気温による補正値（ T ）は 60 kgf/cm² となり、 $F_c + T = 270 + 60 = 330$ kgf/cm² を採用することとした。
- 2) コンクリート打設後の養生方法としては、翌朝までの外気温の低下だけでなく、寒風によるコンクリートの初期凍害も考えられるので、コンクリート打設階の建物外周をシートで仮囲いし、ジェットヒーターによる加熱保温養生を施した。また、コンクリート中に熱電対を埋め込み、コンクリート打設後のコンクリート温度が 8～12℃ を保つようにヒーターをコントロールした。この場合、JASS 5-13.6b (3) の方法に準じて、加熱中の温度管理およびコンクリートを乾燥させないための散水等を行った。

コンクリート打設時に注意を払った点は、ふさぎ板で囲まれたパネルゾーン部分である。コンクリートの充填性については、当初懸念があったものの、在来工法の

写真-7 コンクリート打設後のRC柱

SRC 造柱と比較しても、良かったと言える。これは、SRC 造に比べ、柱鉄骨が存在しないことや、複数枚のダイヤフラムによってパネルゾーンが複雑になることもない点が理由として挙げられよう。写真-7 にコンクリート打設後のRC柱を示す。

5.4 RCSS 構法のメリット

RCSS 構法を採用したことによるメリットを以下に列記する。

- 1) 在来 SRC 工法に比べて鉄骨量を低減できると同時に、柱主筋組立てを工業化できるため、コストの低減および現場工数の減少により工期短縮をはかることができた。
- 2) 工業化による量産化、製品の均一化、精度向上、

写真-8 先組み鉄筋柱第1節の建方

および現場能率の向上により、コストダウンをはかることができた。

- 3) サイクル工程とすることにより、型わく大工等の熟練工が同一作業の繰返しで施工できるため、作業の改善と平準化をはかることができた。
- 4) デッキプレートを採用したことにより、型わく支保工が不要になったため、型わく用仮設材の運搬、揚重、片付け労務、場内管理等に関してコストダウンがはかれた。さらに、設備工事の資材を建方時に揚重できるため、設備工事および仕上げ工事が早期に着手でき、仕上げ工事の短縮につながった。労務

写真-9 先組み鉄筋柱の現場への搬入

写真-10 第2節建方の全景

写真-11 デッキスラブのメッシュ配筋状況

歩掛りについて、たとえば型わく労務を比較すると、在来工法RCの場合、型わく面積 9880 m^2 で、型わく大工延べ1万人、型わく解体工延べ4940人の計延べ1万4940人と予測される。これを実績で見ると、6万6000 m^2 で、型わく大工延べ7800人、型わく解体工延べ4140人の計延べ1万1940人であったので、在来工法のおよそ20%の労務低減ができたことになる。

- 5) 床デッキプレートを建方本締め時に架設するため、先行して安全な作業床が確保されると同時に、上下同時作業を避けることができた。

6. む す び

建築物の構造方法としては、従来、RC造、S造、およびSRC造というように、柱とはりとは同種の材料を用いて建設されてきた。ここに紹介した当建物は、新しい構造方法として、柱はRC造、はりにはS造という異種構造部材の組合せによる混合構造である。この混合構造であるRCSS構造は、実大実験の結果からも良好な耐震性能をもっていることが確認されており、施工時の安全性についても実験で確認されている。

今後の社会動向としては、建設業における熟練工の高齢化にともない、ますます労働力の不足が予想される。こうした中で、省力化とローコスト化をねらった混合構造の開発が盛んになってこよう。当構法もさらに改善を加え、種々の建物への適用を重ねてゆきたいと考えている。

最後に、当構法の開発、設計、施工にご協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表す次第である。

参 考 文 献

- 1) 富永・村井ほか：シミズ RCSS 構法で SC 建設の短工期に挑戦、ショッピングセンター、1985.6, pp. 12~16
- 2) 富永・村井ほか：シミズ RCSS (鉄筋・鉄骨複合化) 構法の施工、施工、1985.8, pp. 35~42
- 3) 富永・村井・坂口ほか：鉄筋コンクリート柱と鉄骨梁で構成される架構 (RCSS 構法) の耐力及び変形性能 (その1~その9)、日本建築学会大会学術講演梗概集、昭61、62、63
- 4) 坂口・富永・村井ほか：鉄筋コンクリート柱と鉄骨梁接合部の耐力及び変形、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 9, No. 2, 1987