

大林組高層 RC システム (OHRC-21) の施工性に関する研究

中 根 淳 久保田 昌 吾
永 井 康 淑 一 瀬 賢 一

Study on Construction Efficiency of Ohbayashi-Developed High-rise Reinforced Concrete Building System “OHRC-21”

Sunao Nakane Shogo Kubota
Yasuyoshi Nagai Ken-ichi Ichise

Abstract

Ohbayashi Corporation has developed a high-rise reinforced concrete building system named “OHRC-21” as a result of accumulation of design and construction technologies for high-rise reinforced concrete buildings. In this study, the authors performed a construction test with a full-scale test specimen and demonstrated that the concrete quality assurance control system in this development fulfilled its function, and ready-mixed concrete of high strength and high quality could be supplied. The findings obtained were as follows: (1) The concrete quality assurance system of OHRC-21 fulfilled its functions from selection of ready-mixed concrete plant to concrete curing. (2) It was possible to supply normal concrete (specified concrete strength $F_c=480 \text{ kg/cm}^2$) and lightweight concrete ($F_c=360 \text{ kg/cm}^2$) of high strengths at a commercial ready-mixed concrete plant. (3) Two weeks will be adequate for stripping time of concrete forms to ensure strength of $0.7 F_c$.

概 要

当社は、RC造の高層化のための設計技術・建設技術の集成として『大林組高層RCシステム (OHRC-21)』を開発した。この研究では、このシステムに基づき実大模擬部材による施工試験を実施し、このシステムにおけるコンクリート品質保証管理システムが機能し、高強度・高品質のコンクリートを実際の生コン工場で供給できることを実証した。

施工試験の結果、次のことが認められた。(1) OHRC-21におけるコンクリートQAシステムは、生コン工場の選定からコンクリートの養生まで円滑に機能した。(2) 市中生コン工場を使用して、普通 (設計基準強度 $F_c=480 \text{ kg/cm}^2$)、軽量 ($F_c=360 \text{ kg/cm}^2$) の高強度コンクリートが供給できた。(3) せき板の在置期間は、 $0.7F_c$ 確保するために2週間で十分であった。

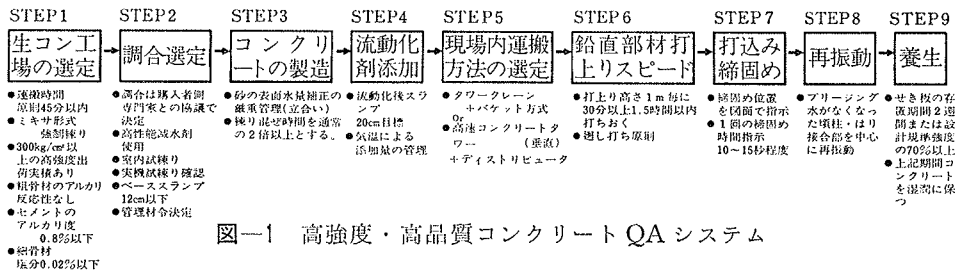
1. はじめに

近年、市街地における土地不足、公園緑地などのオープンスペースの確保などのため、地上25階以上の高密度・高層住宅の建設が、数多く実施または計画されている。一方、今日まで高層建物と言えば鉄骨造が主流であった。しかし居住性、建物の剛性、耐久性およびコストなどの面から鉄筋コンクリート造 (以下 RC 造) による高層建物が脚光を浴びてきた。

当社も、十数年来、ORC-HHH システムをはじめと

して、RC造の高層化のための設計技術、建設技術を蓄積しており、集成として超高層 RC 建物の設計・施工システムである『大林組高層 RC システム (OHRC-21)』を開発した。このシステムは、高さ 60 m 以上35層程度までのコンクリート構造物の設計および施工に適用するものであり、すでに昭和60年7月に (財) 日本建築センターの一般評定を取得した。

超高層 RC 建物では、設計面において設計基準強度 400 kg/cm^2 以上の高強度コンクリートの使用が不可欠となり、施工面においても通常の建物以上の管理システ



図一 高強度・高品質コンクリートQAシステム

ムが必須となる。この研究では、OHRC-21システムに準じて実大の柱・はりを模擬した施工試験を実施し、このシステムにおけるコンクリートの品質保証管理システムが機能し、高強度・高品質のコンクリートを実際のプラントで供給できることを確かめた。

2. OHRC-21システムにおける施工方針

施工対象建物に高強度コンクリートが使用されることから、施工に際しては通常建物以上の高品質な鉄筋コンクリート構造物を造りこむということが基本の方針としている。具体的な措置のうち、特記すべきものとして以下に示す。

- (1) 品質保証システムの適用 品質を保証するための体制として、工事現場以外の専門家も参加するコンクリートの「品質・施工管理委員会」を設置し、基本方針の検討、問題点の解決にあたる。
- (2) 高耐久性確保のための措置 構造物の耐久性を向上させるため、鋼材のかぶりの確保を重視する。このため、通常の工事以上の鉄筋の組立精度を目標とし、配筋検査においてもスペーサの大きさ、位置、個数の点検を重視する。
- (3) 高品質コンクリート入手のための措置 レーダーストコンクリートは、通常のような購入方式をとら

項目	種類	最大寸法 (mm)	表乾比重	吸水率 (%)	実績率 (%)	粗粒率
骨材						
細骨材	川砂	5	2.61	1.64	62.4	2.84
粗骨材	砕石	20	2.69	0.52	57.7	6.65
軽量粗骨材	非造粒形	15	1.30 (絶乾)	10.9	61.2	6.33

表一 骨材の種類および性質

コンクリートの種類	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位容積重量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	人軽骨
普通	12→20	3.0	42	155	458	733	1,050	—
軽量	12→20	4.0	42	150	458	728	—	632

表二 コンクリートの調合

ずに、より高品質なコンクリートの入手をめざして、図一に示すコンクリート品質管理システムに基づき、施工者側の専門家と生コンプラント関係者が協議しながら進める。

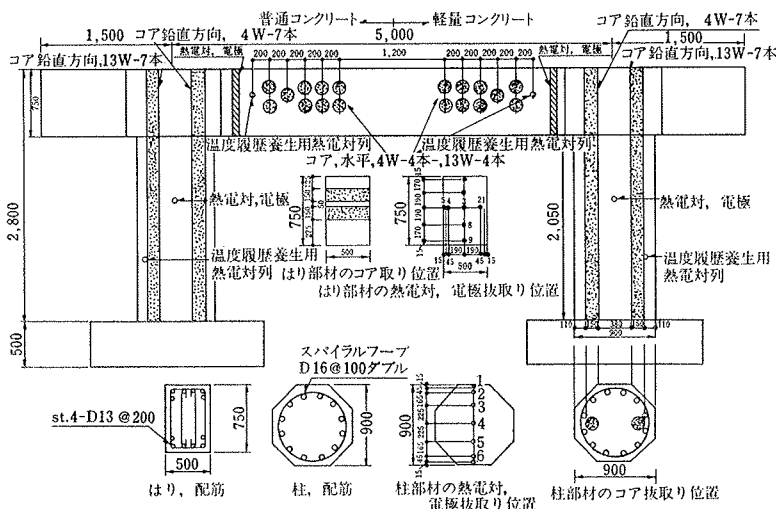
- (4) 入念な施工をするための措置 コンクリートの打込みは、廻し打ちによりゆっくりとした打上がり速度 (1m 当たり30分程度) で綿密に施工を行なう。

3. 試験概要

この施工試験は、図一に示すコンクリート品質保証管理システム (QAシステム) に基づいて実施した。施工試験は、冬期に実施した。

3.1. 使用材料および調合

施工試験に使用した骨材の種類とその性質を表一に示す。セメントは、普通ポルトランドセメントを使用する。混和剤は、AE減水剤、高性能減水剤および流動化剤を併用する。コンクリートの調合を表二に示す。コンクリートの管理材令は4週とし、各コンクリートにおける設計基準強度 (Fc) および調合強度 (F) は、普通コンクリートの場合では、Fc=480kg/cm², F=590 kg/cm², 軽量コンクリートの場合では、Fc=360 kg/cm², F=470 kg/cm² とする。



図二 模擬部材の形状および測定位置

3.2. 模擬部材の形状

図一2は、施工試験に用いた模擬部材の形状を示す。この模擬部材は、超高層RC建物の低層階部分の実大柱・はりを想定しており、スパン5m、階高2.8mである。柱の形状は、八角形であり、せん断補強筋としてダブルスパイラル筋を採用している。柱とはりの接合部においては、せん断耐力向上のためのリングプレートを使用している。

3.3. 試験項目および測定方法

(1) コンクリートの製造方法の検討 3.1.の調合による高強度コンクリートが、所定の品質を満足して市中生コン工場から供給可能であるか調べる。コンクリートの練りませから荷卸しまでの所要時間は40分を想定する。

(2) コンクリートの運搬・打込み方法の検討 コンクリートの場内運搬は、「タワークレーン+バケット方式」と「高速コンクリートタワー+ディストリビュータ方式」の2方法を検討するため普通コンクリートをバケット打ち、軽量コンクリートをポンプ打ちで行ない、その施工性を調べる。ポンプ圧送は、ディストリビュータの適用範囲を考慮して水平換算距離100mとする。また、圧送性を調べるため、圧送圧力を測定する。

(3) コンクリート強度の検討 強度管理用供試体(標準水中養生、現場水中養生)および模擬部材から採取したコア供試体により普通コンクリート、軽量コンクリートそれぞれの設計基準強度、調合強度を満足することを確認する。供試体の大きさは、 $\phi 15 \times 30$ cmとした。コア採取の影響を調べるため $\phi 15 \times 30$ cm 供試体から $\phi 10 \times 20$ cm コア供試体を採取し、コア採取による圧縮強度への影響を検討する。

(4) コンクリートの締固め方法の検討 次に示す締固め機器を用いてコンクリートの仕上がり状態を調べる。

- a. 内部挿入型バイブレーター (柱部・はり部)
- b. コンクリート感知装置 (センサー) と連動した表面型バイブレーター (柱部)
- c. ピストル型空気圧バイブレーター (柱部)

施工試験は、柱・はり同時打設を想定している。このためコンクリート打設後、ブリージング水がなくなったころ柱・はり接合部を中心に再振動を行ない、その効果を型わく脱型後の外観検査で調べる。

(5) 型わくの養生期間の検討 高強度コンクリートは、打設初期の湿潤養生が重要とされている。このため施工試験では、柱、はり各部位に水分測定用電極を埋め込み、せき板存置期間を2週と4週の場合で比較し、コンクリート内部の水分の逸散状態を調べる。

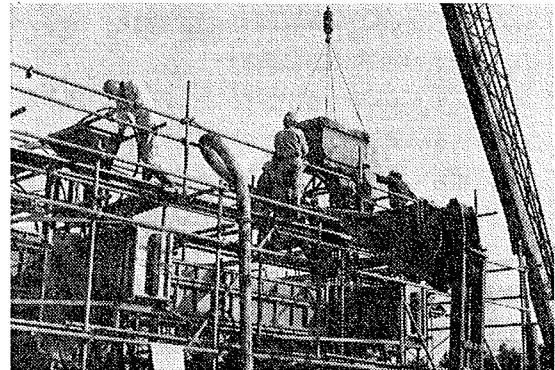
(6) 型わく脱型時期の検討 せき板の存置期間は、2週間を想定しており、この期間で設計基準強度の70%

以上のコンクリート強度が得られることを確認する。模擬部材におけるコンクリート強度の推定は、柱・はり部材の表層部に温度感知センサーを埋め込み、この部分のコンクリート温度と同一温度履歴を与えた水槽で養生した供試体の強度による。

(7) コンクリートの内部温度履歴 電極と一対にして埋め込んだ熱電対によって、模擬部材の打設直後から4週間後までの温度変化を調べる。

3.4. コンクリートの打設方法

コンクリートの打設は、柱部から行ない、まず厚さ5cmの高強度敷モルタルを打設する。次に施工試験では、コンクリートの回し打ちを想定しているため打上り速度を高さ1m当たり約30分で打設する。柱部のコンクリートの打設では、フレキシブルホースを配筋の間に通し、コンクリート面とホースの先端は常に1m以内に保つ。コンクリートの締固めは、2.3.(4)で示す機械を用いて行なう。内部挿入型バイブレーターは、挿入箇所をあらかじめ決めておき、1箇所あたり10~15秒加振する。表面型バイブレーターは、コンクリート感知装置により打上がり面を検知させ振動を与える。1ヶ所あたりの作動時間は、約10秒とする。コンクリートの打設状態を写真一1に示す。



写真一1 コンクリートの打設状態

4. 試験結果および考察

4.1. まだ固まらないコンクリートの性質

コンクリートの種類	部材	スランパ (cm)	フロー (mm)	空気量 (%)	単位容積重量(kg/ℓ)	温度 (℃)
普通	柱	12.0	-----	3.0	2.375	18.5
		21.5	380×370	2.9	2.401	18.3
		9.5	-----	3.2	2.387	19.7
	はり	21.5	420×400	3.0	2.394	19.0
		10.0	-----	2.3	2.370	20.5
		21.5	420×400	3.1	2.390	19.5
軽量	柱	12.0	-----	4.2	1.995	19.0
		22.0	480×480	2.9	2.017	19.0
		8.0	-----	3.0	2.017	20.5
	はり	21.5	370×360	3.0	2.001	20.5
		8.5	-----	3.5	1.988	19.0
		22.0	460×450	2.0	1.995	20.0

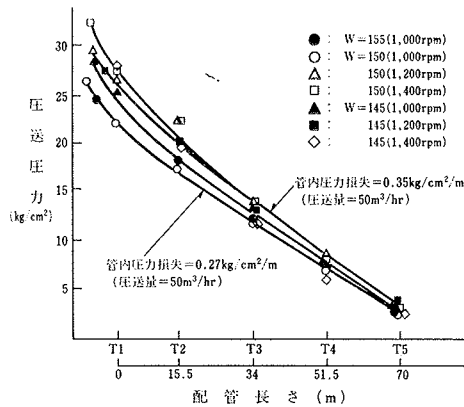
注) 上段:流動化前, 下段:流動化後

表一3 まだ固まらないコンクリートの性質

荷卸し地点におけるまだ固まらないコンクリートの性質を表一3に示す。これによると、流動化前における一部のスランプを除き概ね良好の結果を得ることができ市中生コン工場から所定の品質を有した高強度コンクリートの供給が可能であることが分かった。

4.2. ポンプ工法における圧送性

高性能減水剤を混入した高強度コンクリートは、通常のものに比べ粘性が高く、圧送性に欠けるものと懸念されていた。図一3は、この施工試験に先がけて行なった同調合の軽量コンクリートの圧送試験結果を示す。コンクリートの打設は、均質かつ密実に充てんしなければならない。そこで、一時間当たりの圧送量を20~25 m³と想定した場合、150~200 m までの圧送が可能であることが推定される。この施工試験による軽量コンクリートの圧送結果によれば、配管の閉そくなどの特に問題とすることはなく、十分に圧送ができた。



図一3 軽量コンクリートの圧送圧力

4.3. コンクリートの強度

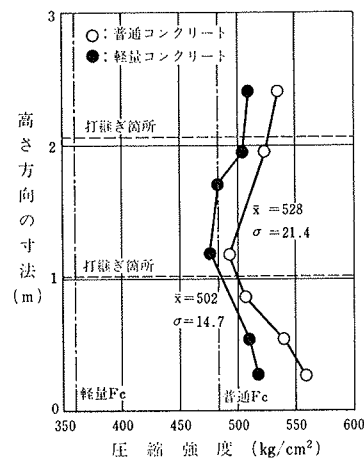
(1) 管理用供試体の圧縮強度 表一4は、標準水中養生、現場水中養生した管理用供試体の材令1週、4週および13週における圧縮強度試験結果を示す。各材令における値は、9本または6本の圧縮強度試験結果の平均値である。これによると普通コンクリート、軽量コンクリートともに材令4週で調合強度を十分満足している。

コンクリート	材令 (週)	標水		現水
		荷卸し	筒先	筒先
普通	1	500	—	454
	4	623	634	597
	13	694	720	662
軽量	1	462	—	392
	4	607	583	542
	13	650	624	562

(単位: kg/cm²)

表一4 管理用供試体の圧縮強度

(2) コア供試体の圧縮強度 図一4は、柱部材から図一2に示すように鉛直方向に抜取ったコア供試体の材令4週における高さ方向の強度変化を示す。これによると普通コンクリートの場合、平均圧縮強度 528 kg/cm²



図一4 抜取りコアの圧縮強度 (材令4週)

強度が低い傾向を示した。なお、はり部材については、水平方向にコアを抜取り普通 552 kg/cm² (標準偏差 12 kg/cm²)、軽量 525 kg/cm² (標準偏差 43 kg/cm²) と柱部材同様、設計基準強度を十分満足した。

(3) コア抜取りの影響 表一5は、①φ15×30 cm、②φ10×20 cm 供試体および ③ φ15×30 cm 供試体から抜取った φ10×20 cm コア供試体の各圧縮強度試験結果を示す。これによるとコア抜取りによる圧縮強度の低下は、普通コンクリートで約4%、軽量コンクリートで約3%であった。

コンクリートの種類	バッチ No.	15φ×30cm	10φ×20cm	コア(10φ×20cm)
		普通	1 665 (96)	696 (100)
	2	643 (97)	662 (100)	636 (96)
軽量	1	530 (99)	536 (100)	523 (98)
	2	535 (98)	544 (100)	528 (97)

() 内は、10φ×20cmに対する強度比を示す。

表一5 圧縮強度に及ぼすコア抜取りの影響

4.4. コンクリート面の仕上り状態

コンクリート面の仕上り状態は、3.3.(4)で述べた締め固め機器の使用により極めて良好であり、じゃんか、空洞、コールドジョイントなどの打込み上の欠陥は、認められなかった。柱・はり接合部においても写真一2で示



写真一2 柱・はり接合部の仕上り状態

すように沈下ひびわれ、打継ぎ不良など認められず良好であった。

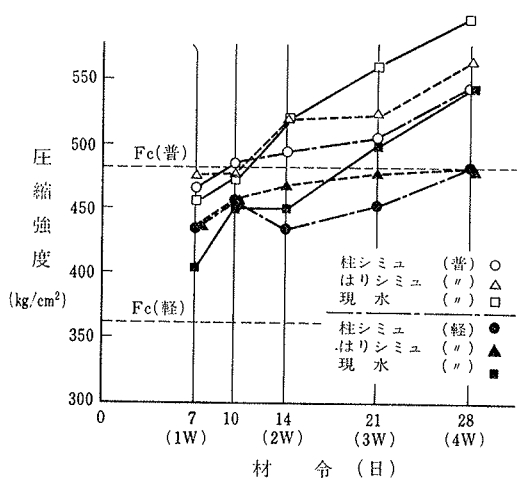
4.5. コンクリートの養生と含水率

普通コンクリートの場合、柱部は型わくの脱型（材令2週）の影響を受けることなく、材令4週に至るまでほぼ飽水状態（15%/vol）を保った。はり部については、天端部分が、約3%/vol 乾燥を示したが、脱型による急激な水分の逸散はなかった。

軽量コンクリートの場合、柱・はり部ともに脱型の影響を受けておらず部材全体が材令4週まで飽水状態を保った。この結果、材令2週における型わくの脱型では、コンクリートの強度に影響を与えるような乾燥の進行はないものと考えられる。

4.6. 型わく脱型時期の推定

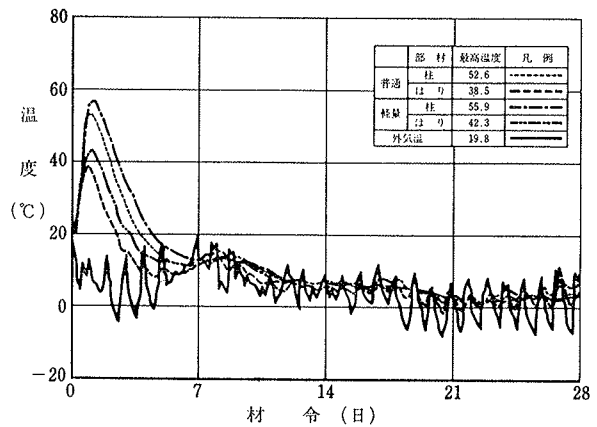
図一5は、模擬部材と同一温度でシミュレーションして養生温度を制御した供試体の強度を示す。これによると普通・軽量コンクリートともに材令7日ですでに0.7 Fcを越えている。また、材令10日ですでにFcを越えた。このシミュレーションによる供試体の圧縮強度と現場水中養生によるものは、同じような強度増進を示しており、型わく脱型時期の推定法として現場水中養生による供試体強度を当てることができると考えられる。



図一5 温度履歴養生を受けたコンクリート強度

4.7. 部材コンクリートの温度履歴

図一6は、各部材における中心部の温度履歴を示す。柱・はり中心部の温度は、普通・軽量コンクリートともに打込み後、約24時間で最高温度に達した。普通コンクリートの場合、柱部52.6°C、はり部で39.0°Cを示した。軽量コンクリートの場合、柱部で、55.9°C はり部



図一6 各部材における中心部の温度履歴

で42.3°Cに達した。各部材の温度は、材令7日を過ぎてのち、外気温とほぼ同様の温度履歴を示した。

5. まとめ

この施工試験により以下のことが確認された。

- (1) 『大林組高層 RC システム OHRC-21』における高強度・高品質のコンクリート QA システムは、生コン工場の選定からコンクリートの養生まで円滑に機能できた。
- (2) 普通（設計基準強度 480 kg/cm²）、軽量（設計基準強度 360 kg/cm²）の高強度コンクリートが、市中生コンを使用して供給可能である。
- (3) せき板の存置期間は、2週間で設計基準強度の70%以上を十分確保することができる。
- (4) 型わくの脱型時期の推定法として現場水中養生供試体の強度を当てることができる。

謝 辞

この実験は、第三専門委員会、設計施工技術開発小委員会の内、「超高層集合住宅研究開発 WG（チーフ：集合住宅部 中田秀夫次長）」の依頼により実施いたしました。実験の計画および実施にあたり助言ならびに協力を頂いた当委員会関係者各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 高橋, 他: 構造物軀体コンクリートの強度管理に関する研究(その1)～(その9), 大林組技術研究所報 No. 16, (1978), No. 17, (1978), No. 18, (1979), No. 21, (1980), No. 23, (1981), No. 31, (1985)