寒冷地における超高層 RC 集合住宅の通年施工

前田 安治*¹・池田 武穂*²・岩部 直征*³・山本憲一郎*⁴・岸本 均*⁵

概 要 ライオンズステーションタワー東札幌は 21 階建て鉄筋コンクリート (RC) 造建物であり、設計基準強度 (F_c) が、270~360 kgf/cm² の高強度コンクリートを使用している。寒冷地での通年施工を達成するため、各種の室内実験、現地試験を実施し、その品質管理方法を検討した。その結果、構造体としての所要の品質を確保することができ、超高層 RC 建築として新たな実績を積むことができた。

キーワード：高層建物、鉄筋コンクリート造、高強度コンクリート、マスコンクリート、永久アンカー、寒中コンクリート、省力化工法

1. はじめに

道内初の RC 造超高層集合住宅 (ライオンズステーションタワー東札幌) が本年 5 月竣工した。

本建物は、札幌市中心部から 3 km という利便性の高い東札幌地区に位置する地下 1 階、地上 21 階建て都心型超高層分譲マンションである。(株)山下設計による基本設計と MARC-H システム (前田建設超高層 RC 工法) を用いた当工事は、冬期の平均気温が氷点下となる札幌市で、平成 1 年 10 月着工、平成 2 年 10 月上棟という躯体の通年施工を達成した。

本稿では、その設計、施工概要を述べるとともに、厳寒期における $F_c=300$ kgf/cm² 地下マスコンクリートり品質管理を重点に、270~360 kgf/cm² 高強度コンクリートの品質管理について紹介する。

2. 建物概要

建物名称：ライオンズステーションタワー東札幌

設 計：(株)山下設計、前田建設工業(株)

施 工：前田建設工業(株)札幌支店

建築場所：札幌市白石区東札幌 3 条 1 丁目

用 途：共同住宅 107 戸、店舗 (1 階) 2 戸

建築面積：2 441.13 m²

延べ床面積：1 万 3 428.94 m²

基準階面積：619.64 m²

- *1 まえだ・やすはる／前田建設工業(株)超高層開発部 部長
 *2 いけだ・たけお／ 同上 次長
 *3 いわべ・なおゆき／(株)山下設計 構造設計部 専門技師
 *4 やまもと・けんいちろう／前田建設工業(株)超高層開発部 課長
 *5 きしもと・ひとし／ 同上 主任 (正会員)

階 数：地上 21 階、地下 1 階、塔屋 1 階

軒 高：66.60 m、最高高さ 68.40 m

基準階階高：3.0~3.05 m

構 造：地上階 RC 造純ラーメン構造

：地下階 RC 造耐力壁付きラーメン構造

基 礎：べた基礎、VSL-J1 永久アンカー使用

工 期：平成 1 年 10 月~平成 3 年 6 月

写真-1 竣工建物全景

図-1 基準階平面図

図-2 基礎伏図

図-3 断面図

The Whole Year Around Execution of High-Rise Condominium Building in Cold Region

By Y. Maeda, T. Ikeda, N. Iwabe, K. Yamamoto and H. Kishimoto

Concrete Journal, Vol.29, No.10, pp. 33~43, Oct. 1991

Synopsis "Lions Station Tower Higashi Sapporo" is a 21 story reinforced concrete building which is used as condominium. The concrete used in its execution is the high strength one, and the strength required in the design ranges from 270 kgf/cm² to 360 kgf/cm². In order to make it possible to execute, making use of such high strength concrete, without suspension even in winter in cold region, we carried out various experiments in both laboratories and on-site, and explored the most desirable way to control the quality of the high strength concrete. As a result, we successfully attained the necessary quality as structural concrete, and we proudly herewith announce our high level of achievement in the field of high-rise reinforced concrete structure.

Keywords : high-rise building, reinforced concrete, high strength concrete, mass concrete, cold weather concreting, permanent ground anchors, labour saving method

3. 設計概要

本建物の基準階平面図、基礎伏図、断面図を図-1～図-3に示す。

本建物の基礎は、GL-6.6 m 以深の密実な砂礫層を支持地盤とし、基礎ばりを格子状に設けた剛強な構造であり、厚さ 1.2～2.0 m のスラブを有する直接基礎である。また、地震時の基礎の浮上りを防止するため VSL-J1 永久アンカーを用いている。

上部構造は、X、Y 両方向とも純ラーメンで構成され、剛性率は 0.85 以上、偏心率は 0.09 以下の均等な構造としている。地震時水平荷重に対しては、終局的には、靱性に富むはり端曲げ降伏先行の機構が得られるように、曲げ応力、せん断応力の割増し、柱の軸力制限を行うほか、各種の構造規定を設けている。

また、設計された建物の弾塑性地震応答解析による地震時挙動の確認を行っている。応答解析結果によれば、45 cm/s 入力時においても応答最大層せん断力は建物の保有水平耐力以下、応答最大層間変位は 1/100 以下であり、十分な耐震安全性が確認されている。

4. 施工概要

建設地の札幌は、11 月～3 月の旬平均気温が氷点下となり、冬期の躯体施工には厳しい環境条件となっている。地上部躯体工事は、タワークレーンを使用した作業が主体となるため寒中養生がむずかしく、コンクリートの品質確保と施工性を考慮し、着工の 10 月から翌年 3 月までの冬期間に基礎・地下工事を行い、4 月～10 月の温暖期に地上躯体を施工するよう工程計画をたてた。

以下に冬期施工となった地下工事と、省力化工法を用いた地上工事の状況について述べる。

4.1 地下工事

地下工事においては、コンクリートの保温養生および降雪期の作業性確保のため、鉄骨造の養生上屋を地下部全面に架設した。上屋は山留め親ぐいを柱として利用して小屋組みし、屋根・壁をシートで覆ったものであり、内部には採暖設備としてダクト式温風加温機を設置した。屋根には脱着可能なふたを設け、スリット状の開口が得られるようにして、先組みした柱筋・はり筋の建込みおよび資材の投入ができるようにしている。養生上屋の状況を写真-2 に示す。

これらの冬季施工対策により、外部気象条件に左右さ

写真-2 養生上屋

れない良好な施工環境のもとに工事が行われ、地下躯体の品質確保と工程短縮を図ることができた。

本建物は直接基礎のため、掘削後ただちに捨てコンクリートを打設して基礎地盤の乱れを防止し、これを作業床としてVSL-J1永久アンカー工事を施工した。

4.2 地上工事

MARC-H システムによる地上上部躯体の施工は、システム化された各工事を、サイクル的に繰り返していくものである。

地上上部躯体工事は、工期上の制約および作業員の山く

① 柱型わく組立て・柱コンクリート打設

② はり型わく建込み

③ ハーフPCa板取付け・柱型わく解体

④ はり筋建込み、接合

⑤ 床配筋・柱筋建込み、接合

⑥ はり・床コンクリート打設

図-4 施工手順

写真-3 地上階施工状況

写真-4 柱・はりシステム型わく施工状況

ずしを考慮し、1フロアを2工区に分割、タワークレーン(JCC-180)を2基設置し、1フロアの施工サイクルを標準7日(実施工では5~6日サイクルに短縮)とする計画とした。また、ヤード計画としては、1フロア分のはり筋と0.5フロア分の柱筋の地組みヤードおよび半PCa小ばりの製作ヤードを設置し、これらの作業用に50tクローラクレーンを1台配備した。

基準階の施工手順を図-4に、施工状況を写真-3に示す。

(1) 鉄筋工事

柱・はり主筋はSD 40, D 41~D 29の高強度太径鉄筋(ねじふし棒鋼),せん断補強筋はスパイラル状異形PC鋼棒である。外端はり主筋の定着はU形定着としている。

鉄筋の組立てには、柱とはりに「鉄筋先組み工法」を用いており、柱筋は1層分、はり筋はキ形を基本ユニットとして地組みを行った。バルコニー上筋・半PCa床

写真-5 柱コンクリート打設状況

板のジョイント筋にはプレハブ鉄筋を使用した。なお、鉄筋継手には、柱・はりとも「ねじグラウト継手」を採用した。

(2) 型わく工事

柱・はりにシステム型わく工法,床・バルコニーに型わく兼用の半PCa床板工法を採用した。

柱型わくは、締付け金物と一体化させた定尺パネルとはり欠込みを有する柱首型わくとで構成されている。はり型わくは、せき板・締付け金物と支保工を一体化させたものである(写真-4参照)。このシステム型わくは、軽量化と加工・施工性を考慮して木材を多用している。

型わく準備量は、柱が0.5フロア分、はり・柱首が1.5フロア分であり、建物中央に設けた工事用仮設開口よりタワークレーンにて施工階へ順次転用した。

(3) PCa工事

床およびバルコニーの半PCa板は、現場ヤード面積の関係上工場製作とした。また、床は運搬上の制約から1スパンを2分割とした。なお、建物コーナー部の半PCa小ばりは、鋼製型わくを用い、現場で製作した。

(4) コンクリート工事

コンクリート打設には、柱とはり・床を分けて打設する「VH分離打設工法」を採用し、高密度配筋内へのコンクリートの充填性を高めている。

地下躯体については寒中コンクリート適用期間中の施工となるため、養生上屋内にダクト式温風加温機を3台配置して、保温養生を行った。上屋内温度は、コンクリート打設後2日間は5℃以上、それ以後は0℃以上となるよう管理を行った。

コンクリートの打設は、耐圧盤および地下1階の柱・壁部については2工区に分割して行った。なお、基礎部

分はマスコンクリートとなるため、打設時のコンクリート温度を12～15℃として、硬化後のコンクリートの温度上昇をできるだけ抑えるようにするとともに、打設後は散水等により十分な湿潤養生を行った。

地上階の柱のコンクリート打設は、タワークレーンで吊り込んだコンクリートバケット(2.5 m³ 積み)を用いて行った(写真-5 参照)。型わく脱型後はただちに養生シートで柱を覆い、急激な乾燥を防止した。

はり・床のコンクリート打設は、最大吐出力 60 kgf/cm² クラスのピストン形式のコンクリートポンプ車を使用し、5階床まではブーム方式、それより上階は配管

方式(5 インチ高圧配管使用)とした。

5. コンクリートの事前調査

本建物は、設計基準強度(F_c)の最大が 360 kgf/cm²、呼び強度 420 kgf/cm²(F_c +温度補正值)の高強度コンクリートを使用する計画であった。北海道では呼び強度 420 kgf/cm² の高強度コンクリートの使用実績はなかったことから、品質の安定したコンクリートを製造するために、コンクリートの品質に大きく影響を及ぼす粗骨材について詳細に検討し、調査を決定した。また、本工事の地下部躯体(耐圧盤、地中ばり)はマスコン

表-1 骨材選定のための試験結果

工場名	粗骨材の種類	骨 材 の 品 質					耐凍結性 (300サイクル) (W/C=35%)	試し練り結果			
		過去の 実 績	試 験 項 目			水セメント比 (%)		単 位 量 (kg/m³)	圧縮強度 (kgf/cm²)	静 弾 性 係 数* (×10³kgf/cm²)	
			岩種分類	有害鉱物の 検 討	アルカリ骨材反応試験 化学法 モルタルバー法						
A	鶴川産陸砂利		堆 積 岩 (チャート、粘板岩、砂岩)が4割以上あり	堆積岩中に微小石英が多い	潜在的有害	(3 か月:0.033%) (6 か月:0.041%)	耐 久 性 指 数 97.3 ポップアウト発生	35 40 45	150	549 464 434	3.24(93%) 3.13(98%) 2.96(96%)
	鶴川産陸砂利 (70%) + 常盤産砕石 (30%)					(3 か月:0.025%) (6 か月:0.030%)		35 40 45	154	586 514 462	3.21(89%) 3.26(97%) 3.02(95%)
	鶴川産陸砂利 (50%) + 常盤産砕石 (30%)					(3 か月:0.023%) (6 か月:0.025%)	耐 久 性 指 数 99.4	35 40 45	160	553 472 430	3.24(93%) 3.11(96%) 3.00(97%)
	常盤産砕石		岩種：安山岩変質度は、均一である	モンモリロナイトが含まれる	無 害						
	沙流川産川砂利	過 去 にポップアウト現象となった	堆 積 岩 (チャート、粘板岩、砂岩)が4割以上あり	微小石英が多い。凝灰岩中に、黄鉄鉱が多く含まれる。蛇紋石を含む	無 害	(3 か月:0.027%) (6 か月:0.029%)	耐 久 性 指 数 92.0 ポップアウト発生	35 40 45	150	505 440 409	3.20(96%) 3.05(98%) 2.85(95%)
	沙流川産川砂利 (70%) + 西野産砕石 (30%)					(3 か月:0.020%) (6 か月:0.020%)		35 40 45	154	558 497 456	3.21(92%) 3.12(94%) 2.94(93%)
	沙流川産川砂利 (50%) + 西野産砕石 (50%)					(3 か月:0.020%) (6 か月:0.020%)	耐 久 性 指 数 97.3 表 層 部 欠	35 40 45	160	594 499 442	3.14(87%) 3.02(91%) 3.01(96%)
	西野産砕石	アルカリ骨材反応が起こる可能性もある	岩種：安山岩変質度には差異がある	モンモリロナイトが含まれる	無 害						

(注) * カッコ内は、圧縮強度試験結果から建築学会 RC 基準の算定式を用いて計算した値に対する比率を示す。
太わくが、選定した粗骨材

表-2 高強度コンクリート調査

呼び強度 (kgf/cm ²)	スランブ (cm)	空 気 量 (%)	W/C (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	単 位 重 量 (kg/m ³)				混和剤 (kg/m ³)
						セメント	砂	砂 利	砕 石	
420	18	4.5	35	41.7	160	457	724	706	303	5.03
390	18	4.5	38	42.7	160	421	754	706	303	4.63
360	18	4.5	42	43.8	160	381	788	706	303	4.19
345	18	4.5	44	44.2	160	364	802	706	303	4.00
330	18	4.5	46	45.4	160	348	832	695	298	4.18
300	18	4.5	50	46.2	160	320	856	695	298	3.84

(注) 比重：砂利・砕石 2.66, 細骨材 2.67

リートであり、かつ寒中コンクリートの適用期間内に打設する計画とされていた。北海道では寒中期にコンクリート工事を行うことはまれであり、かつ $F_c=300$ kgf/cm² のマスコンクリートの品質管理を従来の方法で行うことに懸念がもたれたため、実大施工実験を行い強度管理方法について検討した。以下に高強度コンクリートの製造および実大施工実験についての詳細を述べる。

5.1 高強度コンクリートの製造

(1) 粗骨材の選定

建設予定地周辺地域の生コンプラントについて、使用材料、実績、能力等を調査し、2か所を選定対象に決定した。おのおのが使用している粗骨材を用い、表-1に示すような骨材の品質試験、コンクリート試し練りを行い、過去の実績、アルカリ骨材反応性、強度発現性等から総合的に判断しA工場が使用している粗骨材を選定した。

(2) コンクリート調査の決定

調査は、選定した粗骨材を用い、試験室での試し練り、生コンプラントのバッチングミキサーを使用した試し練り（実機試し練り）を繰り返し行い決定した。なお

今回の高強度コンクリートにはポリカルボン酸エーテルを主成分とした高性能 AE 減水剤を使用することにより、単位水量を 175 kg/m³ 以下にすることができた。一連の試験により決定した設計基準強度 270~360 kgf/cm²（呼び強度 300~420 kgf/cm²）の調査を表-2に示す。

5.2 マスコンクリートの品質管理法の検討—実大施工実験

実大施工実験は、工事着工前の寒中時期（平成元年2月）に建設地で、耐圧盤と地中ばりを模擬した試験体を製作し、主に以下の2項目について検討した。なお、本実験で調査決定のための実機試し練りについても同時に検討した。

- ① マスコンクリートの構造体強度推定方法
- ② 材令初期に高温履歴を受けるマスコンクリートの強度発現

(1) 実験方法

マスコンクリートとなる耐圧盤、地中ばりを想定した図-5に示すような試験体を製作し、コンクリート内部温度測定、構造体コア強度（4週）の確認を行った。コ

図-5 実大試験体

表-3 コンクリートの調合

調合 No.	スランブ (cm)		空気量 (%)		W/C (%)	s/a (%)	単位重量 (kg/m ³)					
	練上り	荷卸し	練上り	荷卸し			セメント	水	砂	砂利	砕石	混和剤* (kg/m ³)
1	19	18	5.0	4.5	50	46.3	320	160	873	694	298	3.84
2	19	18	5.0	4.5	40	43.3	400	160	786	706	302	4.40
3	19	18	5.0	4.5	35	41.7	457	160	737	706	302	5.03

(注) * 高性能 AE 減水剤

表-4 供試体養生方法

養生方法	供試体 採取時期	供試体採取 対象断面	養生場所
標準養生	荷卸し	各層	標準養生槽
温度追従 封かん養生	荷卸し	中心部	温度追従 ボックス
		表層部	
温度追従 水中養生	荷卸し	中心部	温度追従水槽
		表層部	
現場封かん 養生	荷卸し	中心部	現場養生棚 (上)
		表層部	
		中心部	現場養生棚 (中)
		表層部	
		中心部	現場養生棚 (下)
		表層部	
現場水中 養生	荷卸し	中心部	現場水槽
		表層部	

ンクリート調合は表-3 に示す No.1 調合を用いた。コア抜き位置、温度測定位置を図-5 に示す。なお、温度測定は内部温度履歴およびコア強度と養生温度の関係を把握するため、コア採取位置と対応させた。構造体強度管理用供試体の養生方法としては、表-4 に示す5種類の養生方法について検討した。温度追従養生は、図-5 に示す耐圧盤の中心部および表層部の温度に、養生水槽の水温あるいは養生ボックスの雰囲気温度が追従するような装置を用いて行っている。

(2) 実験結果

図-6 に耐圧盤の垂直方向のコア強度分布を示す。若干強度が高くなっている最下層を除いたコア強度は、垂直方向にそれほど差はみられず、分散分析でも上下間に有意な差はみられなかった。このことから、構造体強度については、最下層部を除く断面の平均値を構造体強度として扱い、図-7 に示すように各種養生の供試体強度と比較し管理用の供試体養生方法を検討した。

中心部温度追従封かん養生供試体強度がもっとも構造体コア強度の平均値に近く、表層部温度追従封かん養生供試体強度は平均値をわずかに上回った。一方、他の管

図-6 耐圧垂直方向のコア強度分布

	平均値 (kgf/cm ²)
① 標準養生	402
② 現場封かん養生	381
③ 現場水中養生	368
④ 温度追従封かん養生(中心)	355
⑤ 温度追従封かん養生(表層)	362
⑥ 温度追従水中養生(中心)	387
⑦ 温度追従水中養生(表層)	392

図-7 構造体コア強度分布と各種管理用供試体温度

理用供試体強度は構造体コア強度の平均値よりも高く、標準養生供試体強度は約 10% 高くなった。このことより、マスコンクリートの構造体強度の推定は、構造体内部の温度に追従させた封かん養生供試体強度で行えばよいことが分かった。

また、マスコンクリートは材令初期に非定常な高温履歴を受けるため、長期強度の伸びがあまり期待できない

F_{28} 標準養生28日強度

○ 標準養生供試体強度

× 温度追従封かん養生供試体強度

◇ 温度追従水中養生供試体強度

△ 現場封かん養生供試体強度

□ 現場水中養生供試体強度

● コア強度

● 材令初期に50℃以上の高温履歴を受けたコア強度

図-8 積算温度と各種養生供試体強度比

ことが知られている。図-8は、実大施工実験以前に行った試し練りで求めた積算温度と強度比の関係式に、実大施工実験で確認した各種養生供試体の積算温度と強度比の関係をプロットしたものである。管理用供試体強度はほぼ関係式に対応しているが、コア強度には関係式を下回っているものがあり、この傾向は材令初期に50℃以上の高温履歴を受けたコアに認められる。これは、材令初期に高温履歴（本実験結果からは50℃）を受けたため、材令28日においても強度の伸びが緩慢になったものと推測される。なお、図-6に示した垂直方向のコア強度分布にはそれほど差がみられなかったのは、材令初期の温度が高くなる中心部ほど高温履歴の影響が顕著に現れ、積算温度に対応するほどの強度の伸びがみられなかったためと考えられる。

これらの結果から、材令28日を基準としてマスコンクリートの調査強度を定める場合には、20℃以下の予想平均養生温度となる際に補正する強度補正值とは別に、材令初期に50℃を超える高温履歴を受ける場合、

表-5 フレッシュコンクリートの品質管理方法

項目	時期・回数	判定基準
ス ラ ン プ	打込み当初は生コン車全車。品質が安定したら、圧縮強度供試体採取時(1回/50 m ³)	18±2.5 cm
空 気 量	圧縮強度供試体採取時(1回/50 m ³)	4.5±1%
コンクリート温度		35℃以下

図-8に示したようにさらなる強度の割増しを行うか、あるいは管理材令を延長し、単位セメント量を増やさずに強度の伸びを期待する必要があることが分かった。

(3) マスコンクリートの強度管理方法

以上の検討結果をふまえ、本工事におけるマスコンクリートのうち構造体強度の推定に対しては、実構造体強度にもっとも近い温度追従封かん養生供試体強度と、一般にマスコンクリートの強度管理方法として採用されている標準養生供試体強度を併用して行う方法を採用することにした。また調査強度の決定に対しては、工事の都合上管理材令を28日としたため、若干の強度割増しを行うこととした。強度割増しは、今回の実験結果をふまえ目標構造体強度 $F_c + 2\sigma$ (標準偏差) の10%としたが、1回の実験結果からの推測であるため、信頼性に欠ける面もあり今後データを蓄積する必要がある。

6. コンクリートの品質管理方法

6.1 フレッシュコンクリート品質管理方法

フレッシュコンクリートの品質管理は、施工性を考慮し、表-5に示す項目について行った。

6.2 硬化コンクリートの品質管理方法

(1) 圧縮強度試験用供試体の採取

マスコンクリートの圧縮強度試験用供試体の採取については表-6に、高強度コンクリートのそれについては、表-7に示す方法で行った。

(2) 強度判定

強度判定は、表-8に示すように JIS Z 9003 計量基準

表-6 マスコンクリートの強度管理方法

管理目的	材令(日)	養生方法	試験回数	供試体本数(本/回)*1	養生場所	試験場所
生コンクリートの品質管理	7	標準養生	1回/100 m ³ **	3	標準養生槽	生コン工場
	28			3		
	91			3		
構造体コンクリートの強度管理	7	温度追従封かん養生	1回/1打設単位	3	温度追従封かん養生槽	現場試験室
	28			3		
	91			3		

(注) *1 生コン車1台より3本採取する。

*2 200 m³ 以下の場合、合計3回行う。

表-7 高強度コンクリートの強度管理方法

管 理 目 的	材 令 (日)	養生方法	試験回数	供試体本数 (本/回) ^{*3}	養生場所	試験場所
生コンクリートの品質管理	7	標準養生	1回/50 m ³ ^{*2}	3	標準養生槽	生コン工場
	28			3		
構造体コンクリートの強度管理	7	現場水中養生	1回/50 m ³ ^{*2}	3	現場水槽	現場試験室
	28			3		
	91	現場封かん養生		3	現場養生棚	
型わく脱型時の強度確認	型わく脱型時 ^{*1}	現場水中養生	1回/1 打設日	3	現場水槽	現場試験室

(注) *1 必ず予備の供試体採取する。

*2 100 m³ 以下の場合、合計3回行う。

*3 生コン車1台から3本採取する。

*4 生コン車3台から1本ずつ採取する。

表-8 コンクリートの強度判定

検 査 対 象		試験回数 (n)	判 定 式		検 査 特 性
柱	各工区のコンクリート (A, B 工区)	3	生 コ ン ク リ ート	$\bar{X}-1.05 \sigma \geq F_c+T$	生産者危険率 5% 合格ロットの不良率 2.3%
			構造体コンクリート	$\bar{X}-1.05 \sigma \geq F_c$	
	1フロアの 柱コンクリート	6	生 コ ン ク リ ート	$\bar{X}-1.33 \sigma \geq F_c+T$	
			構造体コンクリート	$\bar{X}-1.33 \sigma \geq F_c$	
はり・床	各工区のコンクリート (A, B 工区)	6	生 コ ン ク リ ート	$\bar{X}-1.33 \sigma \geq F_c+T$	
			構造体コンクリート	$\bar{X}-1.33 \sigma \geq F_c$	
	1フロアの はり・床コンクリート	12	生 コ ン ク リ ート	$\bar{X}-1.53 \sigma \geq F_c+T$	
			構造体コンクリート	$\bar{X}-1.53 \sigma \geq F_c$	
1フロア分のコンクリート (柱, はり・床)		18	生 コ ン ク リ ート	$\bar{X}-1.61 \sigma \geq F_c+T$	
			構造体コンクリート	$\bar{X}-1.61 \sigma \geq F_c$	

(注) $\bar{X}$: 圧縮強度の n 回の試験の平均値 $\left(= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{X}_i \right)$ $\bar{X}_i$: 圧縮強度 1 回の試験の値 (3 本の平均値) σ : 調査設計に用いた標準偏差 F_c : 設計基準強度 T : 温度補正值

型 1 回抜取検査 (標準偏差既知) に従って設定した。判定はコンクリート打込み工区、打込み部材ごと、および 1 フロア分のコンクリート (柱およびはり・床コンクリート) を対象に管理した。なおマスコンクリートの構造体強度は、実大施工実験の成果をふまえ、温度追従封かん養生供試体強度と標準養生供試体強度を併用し推定した。

6.3 コンクリートの品質

(1) フレッシュコンクリートの性状

設計基準強度 360 kgf/cm² の高強度コンクリートの打設時期は、平成 2 年 4 月～5 月であり、外気温が約 8～15℃と非常に不安定な時期であったが、スランブの平均値が 19.0 cm、標準偏差 0.91 cm、空気量の平均値が 4.4%、標準偏差 0.26%と、安定した品質を得ること

図-9 コンクリート内部温度および温度追従養生槽内温度

表-9 マスコンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

部位	材令 養生方法	7 日		28 日	
		温度追従養生	標準養生	温度追従養生	標準養生
耐圧盤	A工区	308	283	347	397
	B工区	308	263	348	378
地中ばり		354	301	398	417

図-10 構造体コンクリートの強度

ができた。これはコンクリートの運搬時間が20分以内という条件であったことと、プラントとの連絡・調整を密に行なったためと思われる。

(2) 硬化コンクリートの性状

マスコンクリートである耐圧盤の内部温度と温度追従養生槽の温度履歴結果を図-9に示す。コンクリートの最高温度は、打設後2日で約60℃となった。また温度追従養生槽内の温度も構造体の内部温度に±2℃以内で追従していることが確認された。温度追従封かん養生と

標準養生の供試体の圧縮強度を表-9に示す。これについては施工実験結果と同様に、若材令における前者の圧縮強度の発現は後者の強度発現より大きくなるが、長期においては強度発現の伸びは小さいということが確認され、その強度遅延は、平均9%であった。このことから調査強度決定時の強度割増しは、ほぼ妥当であったことが確認できた。

高強度コンクリートを使用した各階別圧縮強度試験結果を図-10に示す。所定の管理材令で設計基準強度を下回るものはなかった。とくに、設計基準強度 360 kgf/cm² のコンクリートは、平均圧縮強度が452 kgf/cm²、変動係数9.7%となっており、設計基準強度を十分満足する結果が得られた。

7. む す び

寒冷地という特殊な環境における超高層RC造建築工事は、MARC-Hシステムによる躯体省力化工法の採用により、当初の計画を1か月短縮し竣工した。これは、高強度コンクリートの品質や建物耐震性の確保のための施工実験、構造実験、構造解析の積み重ねと、当社札幌支店各位の並々な努力の結果である。また、本稿作成にあたり、MARC 東札幌作業所より資料を提供していただいた。

最後に、本システム開発のご指導をお願いした東京大学 青山教授ほか、日本建築センター高層RC技術検討委員会各委員の方々、小谷助教授、施工にあたって各種コンクリート試験のご指導をお願いした、東京大学 友澤教授、北海道大学 鎌田教授、北見工業大学 長島教授、北海道職業訓練短期大学 田畑講師に感謝の意を表する。

国際会議ニュース

高温環境下のコンクリートに関する第3回 RILEM 国際会議 3rd. Int. RILEM Conf. on Concrete in Hot Climates

日 時 : 1992年9月21日~25日
場 所 : Torquay (U.K.)
主 催 : RILEM, Concrete Society
内 容 : ・ Environment
 ・ Performance
 ・ Construction

論文申込 : 1991年10月30日までに、500語の英文概要を下記まで送付のこと。

連絡先 : Conference Services,
The Concrete Society,
Framewood Road,
Wexham, Slough,
SL3 6PJ,
United Kingdom
Tel. (0753) 662226
Fax. (0753) 662126