

超高強度プレキャストコンクリートの実用化に関する実験的研究

技術研究所 材工研グループ 中瀬博一
 技術研究所 材工研グループ 鈴木雅博
 技術研究所 藤井和俊

1. はじめに

昨今、都市部では土地の有効活用の観点から建物の超高層化が進んでおり、使用される現場打ちコンクリートの強度レベルは $Fc130N/mm^2$ までが実用化されている。今後強度レベルはさらに高まり、 $Fc150N/mm^2$ 級を超えることも予想されるが、この場合、コンクリートの施工性の確保や品質管理の安定化を考慮すると、部材のプレキャスト化が有効であると考えられる。

そこで本研究では、 $Fc150N/mm^2$ 級の高強度プレキャストコンクリート部材の実用化を目指し、室内試験で選定した強度発現性が優れている良質な骨材を用い、実機レベルで水セメント比(以下、W/C と称す)16%~12%のフレッシュ性状および実大模擬柱の強度発現性について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料を表-1に示す。セメントはシリカフェームを15%以上添加したシリカフェーム混入セメントを使用し、骨材は江刺産安山岩砕砂と甲州産安山岩砕石を使用した。混和剤はポリカルボン酸系の高性能減水剤を使用し、爆裂防止用にポリプロピレン繊維(以下PP繊維)を所定量添加した。

表-1 使用材料

種類	産地・性質
セメント	シリカフェーム混入セメント (密度 $3.01g/cm^3$)
細骨材	江刺産安山岩砕砂 (密度 $2.83g/cm^3$, 吸水率 0.97%)
粗骨材	甲州産安山岩砕石 2005 (密度 $2.64g/cm^3$, 吸水率 2.07%)
混和剤	高性能減水剤 (ポリカルボン酸系)
繊維	ポリプロピレン繊維 (径 $18\mu m$, 長さ 10mm)

2.2 調合条件および実施調合

調合条件は目標スランプフロー65cm、目標空気量 2.0%とした。表-2に実施調合を示す。調合は粗骨材かさ容積を $0.53m^3/m^3$ 一定とした。また、PP繊維は W/C ごとに変化させた所定量を添加した。

表-2 実施調合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				(C×%) SP	kg/m^3 繊維
		W	C	S	G		
16	36.7	155	969	522	828	1.3	1.5
14	30.3		1107	392		1.6	2.0
12	19.5		1292	219		2.5	2.5

2.3 練混ぜ方法

コンクリートの製造は $2.2m^3$ の強制練り二軸ミキサを用い、 $0.70m^3$ を1パッチとして2パッチを練混ぜてフレッシュ性状

の測定、実大の模擬柱の製造および各種強度試験用供試体の作製を行った。練混ぜ方法を図-1に示す。

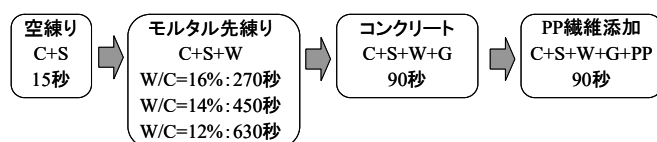


図-1 コンクリートの練混ぜ方法

2.4 試験項目

試験項目を表-3に、模擬柱の温度測定およびコア採取位置を図-2に示す。模擬柱は100mmの発泡ポリスチレン板で上下を断熱した $900 \times 900 \times 1100mm$ の柱型枠内に、練混ぜ直後のコンクリートをバケットを用いて打設した。

表-3 試験項目

試験項目	試験方法
スランプフロー	JIS A 1150
50cm フロー到達時間	同上
空気量	JIS A 1128
コンクリート温度	デジタル温度計
単位水量	電子レンジ法 (UME 法)
温度履歴	模擬柱, 簡易断熱養生
圧縮強度	標準養生, 簡易断熱養生, 構造体コア強度

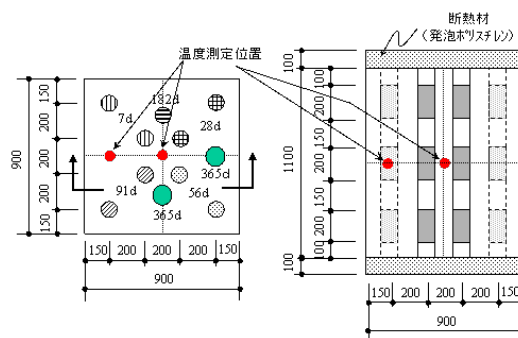


図-2 模擬柱の寸法, 温度測定位置, コア採取位置

3. 実験結果

フレッシュ時の性状、単位水量試験結果および模擬柱、簡易断熱養生の最高温度と到達時間を表-4に示す。

3.1 フレッシュコンクリートの性状

W/C=12%では高性能減水剤を 2.5%添加しても、目標のスランプフローは得られなかったが、W/C=16%, 14%では目標とするフレッシュ性状を満足し、良好な流動性を有するコンクリートが製造できた。また、いずれの調合でも30分経過後もフレッシュ性状に顕著な変化は認められなかった。

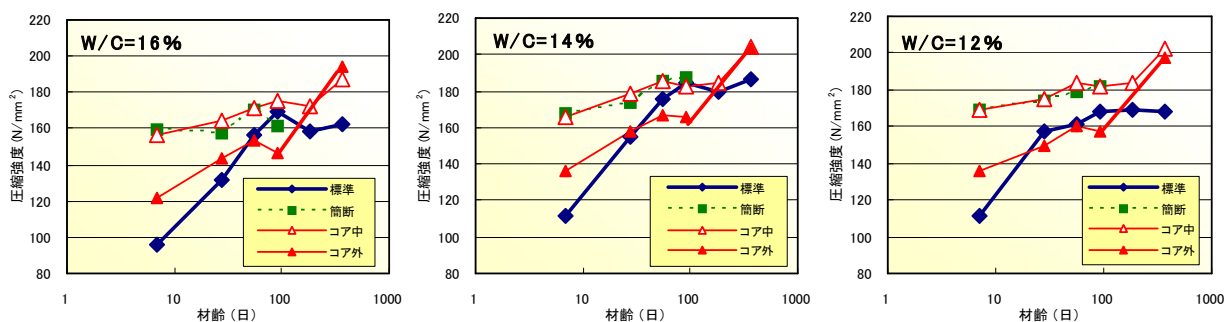


図-3 材齢と圧縮強度の関係

表-4 フレッシュ時の性状および模擬柱、簡易断熱養生の温度履歴

W/C (%)	スランブフロー (cm)	50cmフロー時間 (秒)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	単位水量 (kg/m³)	温度履歴					
						模擬柱中心		模擬柱外側		簡易断熱	
						温度 (°C)	到達日 (日)	温度 (°C)	到達日 (日)	温度 (°C)	到達日 (日)
16	67.0	16.6	2.6	19.5	+5.3	55.6	1.91	46.8	1.21	47.0	1.43
14	66.0	19.3	2.7	21.0	-0.4	57.7	1.13	49.3	1.21	48.5	1.46
12	58.0	72.6	3.0	21.0	+0.2	59.2	1.46	49.2	1.38	49.7	1.50

3.2 模擬柱および簡易断熱養生の温度履歴

W/C が小さくなるに従い最高温度は高くなったが、その差は W/C=2%の差で 2°C程度と僅かであった。模擬柱の中心と外側の温度差は 8~10°Cであった。また、最高温度の到達時間は 1.2~1.5 日で、高性能減水剤の添加量が増加に伴いやや遅くなった。簡易断熱養生の最高温度は模擬柱の外側の最高温度とほぼ同等で、模擬柱に比べると最高温度への到達時間が長く、温度降下は緩やかであった。

3.3 強度発現性

3.3.1 材齢と強度発現性の関係

図-3 に材齢 365 日までの標準、簡易断熱および模擬柱コアの圧縮強度試験結果を示す。全体の傾向として、コア強度および簡易断熱養生したものは強度が高く、材齢 56 日に W/C=12%および 14%で 180N/mm²以上が得られた。コア外周部は 20~30N/mm²の一定の差で中心部より低い強度で材齢 91 日まで推移したが、材齢の経過とともにその差は縮まる傾向にあり、材齢 365 日では中心部と同等であった。標準養生は材齢 7 日の強度は低いが、その後材齢の経過で徐々に強度が増進し、材齢 91 日ではいずれの W/C においてもコア外周部より強度が上回った。しかし、材齢 91 日以後の強度の増進はほとんど認められなかった。

コア中心部、外周部のいずれも材齢 56 日から 91 日にかけて強度の伸びは極めて小さかった。これは、本実験が寒冷地において 10 月初旬に行われ、材齢 56 日から 91 日では月平均気温が -0.9~2.8°C の気温条件であったことが一因として考えられた。しかし、材齢 91 日以後では、雰囲気温度の上昇とともに、いずれの W/C でもコア強度は材齢 91 日から材齢 365 日までに約 30N/mm²の増進し、W/C=14%および 12%ではコア中心部、外周部平均で 200N/mm²が得られた。

このような低水セメント比の領域で、安全かつ合理的な調査を行うには、打込み時期に応じて、内外部の強度発現性の

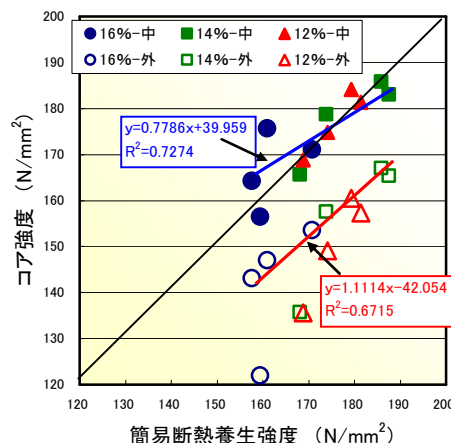


図-4 簡易断熱養生強度とコア強度の関係

差が小さく、なおかつ過度な内部温度上昇による強度発現性への影響が生じないような、養生方法などの検討が必要であると考えられる。

3.3.2 簡易断熱養生強度とコア強度の関係

図-4 に簡易断熱養生強度とコア強度の関係を示す。模擬柱コア強度と簡易断熱養生強度はいずれの強度レベルにおいても相関関係が認められ、簡易断熱養生を用いて部材強度を推定できる可能性が示唆された。

4. まとめ

以上のように W/C=12~14%のシリカフェーム混入セメント用いた高強度コンクリート模擬柱部材のコア強度は、材齢 91 日で 180N/mm²、材齢 365 日で 200N/mm²が得られた。よって、良質な骨材を選定し、単位水量等の適切な管理を行うことにより、プレキャスト工場既存の設備で Fc150N/mm²級の超高強度コンクリート部材の製造が可能であることが明らかとなった。

Key Words: 超高強度コンクリート、プレキャスト部材、シリカフェーム混入セメント、実大模擬柱



中瀬博一



鈴木雅博



藤井和俊