

高強度コンクリートの圧縮強度に及ぼす養生方法の影響

オリエンタル建設(株) 技術研究所 正会員 工修 ○俵 道和
 オリエンタル建設(株) 技術研究所 正会員 工博 吳 承寧

1. はじめに

近年、都市部を中心に設計基準強度 100N/mm²級の高強度コンクリートを用いた高層集合住宅が建設されている。高強度コンクリートを柱などの断面の大きな部材に打ち込んだ場合には、単位セメント量が多いため硬化初期に高温の温度履歴を受ける。この結果、標準養生供試体と構造体コンクリートの圧縮強度発現に大きな差を生じる。したがって、標準養生供試体の圧縮強度で構造体コンクリートの圧縮強度を直接推定することはできない。そこで、本研究では精度の高い構造体温度養生システムを開発し、標準養生供試体、構造体コア供試体および開発した温度履歴養生システムを用いて実物大構造体の温度履歴を与えた供試体（以下、構造体温度養生供試体）について圧縮試験を行い、養生方法の違いが圧縮強度に及ぼす影響を検討した。

2. 試験概要

2.1 使用材料

表-1 に、使用材料を示す。セメントは、中庸熟セメントを使用した。また、水セメント比 23%、25%、27%の3種類については爆裂防止のため、ポリプロピレン短繊維を混入した。

2.2 コンクリート配合

設計基準強度 50~110N/mm²を目標として、表-2 に示すコンクリート配合を用いた。

2.3 実験条件

試験は冬期、夏期の2回について行った。冬期試験は、1~3月に行い、構造体供試体の周辺温度を測定した外気温は-4.2~25.5℃平均 6.2℃、コンクリート練り上がり温度は 10℃であった。夏期試験は、9~11月に行い、外気温は 2.2~54.9℃平均 23.4℃、

表-1 使用材料

セメント C	中庸熟ポルトランドセメント： 密度 3.21g/cm ³
細骨材 S	茨城郡岩瀬町産砕砂： 表乾密度 2.61g/cm ³ 、吸水率 0.75%、粗粒率 2.86、実績率 55.3%
粗骨材 G	茨城郡岩瀬町産砕石： 表乾密度 2.63g/cm ³ 、吸水率 0.48%、粗粒率 6.74、実績率 60.5%
混和剤	高性能 AE 減水剤： ポリカルボン酸エーテル系 消泡剤：ポリアルキレングリコール系
繊維	ポリプロピレン短繊維： 長さ 10 mm、水分率 W/PP32.4%

表-2 試験コンクリートの示方配合

配合 番号	粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スラブ ^{a)} (フー値) (cm)	空気量 (%)	水セメ ン ト 比 W/C (%)	細骨 材 率 S/a (%)	減水 剤 率 SP/C (%)	消泡 剤 率 T/C (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
								水	セメント	細骨材	粗骨材	PP 繊維
								W	C	S	G	
M23	20	(65±5)	2±1.5	23	46	1.35	0.02	160	696	724	857	1.0
M25	20	(65±5)	2±1.5	25	48	1.25	0.02	160	640	778	849	1.0
M27	20	(65±5)	2±1.5	27	50	1.25	0.02	160	593	829	836	1.0
M32	20	18±2.5	2±1.5	32	41	0.70	0.02	160	500	711	1031	0
M35	20	18±2.5	2±1.5	35	43	0.55	0.02	160	457	760	1016	0
M40	20	15±2.5	2±1.5	40	45	0.50	0.02	160	400	817	1006	0

コンクリート練り上がり温度は 27℃であった。冬期、夏期ともに配合は同じであり、以下に示す実験結果は冬期試験の結果を中心に示したものである。

2.4 コンクリートの製造

コンクリートの練り混ぜには、実機プラント、公称容量 1m³の水平2軸強制練りミキサを用い、各バッチの製造量は 0.75m³とした。練り混ぜ方法は、セメント、細骨材、練り混ぜ水、混和剤を一括投入してモルタルを先練りし、PP 繊維、粗骨材を後投入して所定の時間練り混ぜた後に排出した。

2.5 圧縮強度試験

(1) 標準養生供試体の圧縮強度試験

φ 100×200 mmの供試体を、20℃の水中で所定の材齢まで養生する。所定材齢での圧縮強度は 3 体の平均値で示す。

(2) 構造体コア供試体の圧縮強度試験

図-1 に示す、1000×1000×1200 (高さ) mmの模擬構造体を打設後、現場養生を行った。また上面および下面は厚さ 200 mmの断熱材で覆った。所定の材齢で模擬構造体から φ 100×200 mmコア供試体を採取した。構造体内部と外部との温度差による圧縮強度のバラツキが懸念されるためコア供試体は内部、外部の 2 箇所から採取した。所定の材齢での圧縮強度は内部コア 5 体、外部コア 5 体、合計 10 体の平均値で示す。

(3) 構造体温度養生供試体の圧縮強度試験

φ 100×200 mmの供試体を、構造体の温度変化が最も大きかった中心位置 (T4) の温度履歴と同じ温度で封かん養生し、材齢 7 日以降は模擬構造体と同様、現場養生とした。構造体温度養生状況を写真-1 に示す。所定材齢での圧縮強度は 3 体の平均値で示す。

3. 実験結果

3.1 構造体のコンクリート温度

構造体 (配合番号 M23) の中心温度 (T4) と外気温度について、冬期試験、夏期試験の結果を図-2 に示す。また、各配合のコンクリートを用いた構造体の最高温度における夏期試験値と冬期試験値との比較を図-3 に示す。図-3 より、構造体の最高温度とコンクリートの単位セメント量との関係は、コンクリートの打ち込み時期によって異なるが、ほぼ平行となっている。同じ配合のコンクリートにおいて、夏期の最高温度は冬期の最高温度より約 30℃高くなった。

3.2 標準養生供試体の圧縮強度

実機プラントで製造し、標準養生したコンクリートの圧縮強度とセメント水比の関係を図-4 に示す。圧縮強度とセメント水比には良い直線的な相関関係が見られた。

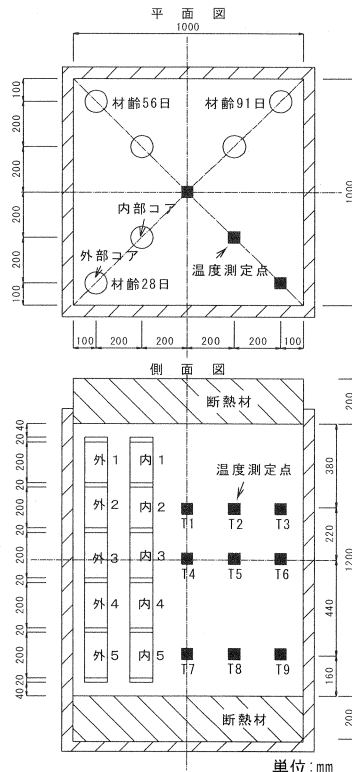


図-1 構造体コア採取位置および温度計測位置



写真-1 構造体温度養生状況

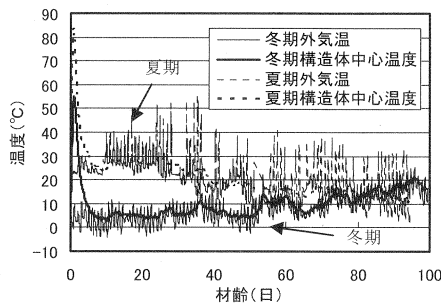


図-2 構造体温度履歴

3.3 構造体コア供試体の圧縮強度

構造体コア供試体はコンクリート打設後に、上下の圧力差や内外の温度差の影響を受けるため、コア採取位置により圧縮強度のバラツキが懸念される。そこで、構造体上下および内外から採取した構造体コア供試体の圧縮強度について考察を行った。

(1) 上下コア圧縮強度差

構造体コンクリート上下方向の材齢 28 日圧縮強度分布を図-5 に示す。コア供試体の強度は、内部コアと外部コアの 2 体の平均値を表したものである。構造体コア供試体圧縮強度は、図-5 に示すように低強度コンクリートが上下の圧縮強度の差が大きく、高強度になると上下の強度差が少なく安定した圧縮強度が得られる傾向が見られる。これは、低強度コンクリートは高強度コンクリートに比べ材料分離が生じやすく、組成材料の比重の差によりブリーディング水が上方に移動し、上方のコンクリートの水セメント比が大きくなり圧縮強度が小さくなる傾向がある。よって、低強度コンクリートは、上下の圧縮強度の差が顕著に現れたものと考えられる。

(2) 内外コアの圧縮強度差

構造体コア供試体の内部と外部の圧縮強度の差は、セメントの水和熱による内部と外部の温度差に起因すると考えられる。冬期と夏期に行った構造体コア供試体の採取位置の違いによる圧縮強度とセメント水比の関係を図-6 に示す。構造体コア供試体の強度は、内部コアと外部コアの 5 体ずつの平均値を表したものである。コア供試体採取位置 T5 と T6 位置の最大温度差は冬期で 15℃、夏期で 20℃を示した。しかし、内部コアと外部コアとの温度差による有効材齢の差は、冬期で 0.7 日、夏期で 1.0 日となった。よって、材齢 28 日では構造体供試体内外の圧縮強度差は打設時期に影響されなかったと考えられる。

(3) コアの平均強度

構造体コア供試体の圧縮強度とセメント水比の関係を図-7 に示す。構造体コア強度は、上下内外 10 体の平均値を示す。セメント水比が高いものについて若干強度のばらつきが見られるが、圧縮強度とセメント水比には直線的な相関関係が見られた。

3.4 養生方法の違いによる圧縮強度差

材齢 28 日標準養生供試体と構造体コア供試体の圧縮強度とセメント水比の関係を材齢毎に図-8, 9

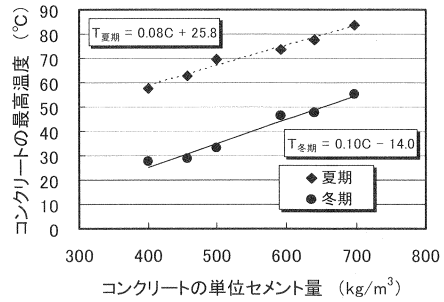


図-3 構造体の打込み時期による最高温度の差

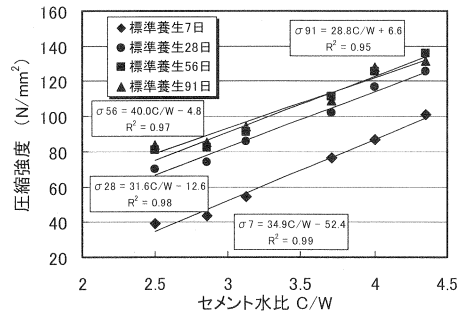


図-4 標準養生した供試体の圧縮強度とセメント水比の関係

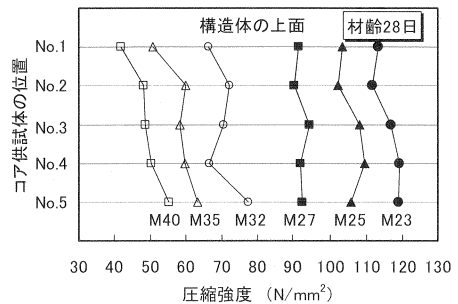


図-5 構造体コンクリートの圧縮強度分布

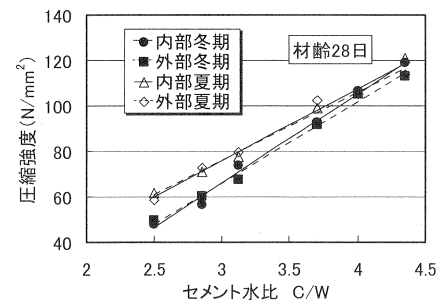


図-6 構造体コア供試体の採取位置の違いによる圧縮強度とセメント水比の関係

に示す。図-8に示す材齢28日における標準養生供試体と構造体コア供試体のコンクリート圧縮強度差は9.5~21.4N/mm²と大きな差を示した。図-9に示す標準養生材齢28日と構造体コア供試体の材齢91日におけるコンクリート強度差は0~4.5N/mm²となり、ほぼ同程度の圧縮強度を示した。したがって今回の結果より、構造体強度の設計基準強度を材齢91日で決定する際には、標準養生を行った材齢28日の圧縮強度を用いて強度管理が可能と推察される。

3.5 構造体コア強度と構造体温度養生強度の比較

構造体コア強度と構造体温度養生強度の比較を図-10に示す。同図は、冬期および夏期に実験を行った結果をまとめたものである。構造体コア強度と構造体温度養生強度は、打設時期に影響なくほぼ同等となった。これより、構造体コア強度の代わりに、高強度コンクリートの配合設計および強度管理に構造体温度養生強度を使用することは可能であり、品質管理の簡略化が可能である。

4. まとめ

本研究の結果より以下の結論が得られた。

- (1) 材齢28日において標準養生供試体強度と構造体コア供試体強度は大きな差が生じたが、構造体コア供試体の材齢91日圧縮強度と、材齢28日の標準養生供試体強度は、ほぼ同等の圧縮強度を示した。
- (2) 構造体コア供試体は、セメント水比が小さいものは上下位置における強度差が大きくなり、セメント水比が大きくなるにつれ、上下の強度差は小さくなることわかった。
- (3) 構造体コア供試体の内部と外部の強度差は冬期、夏期ともにほとんど見られなかった。
- (4) 構造体コア強度と構造体温度養生強度は、打設時期に影響なく、ほぼ同程度の圧縮強度が得られた。

これより、本研究で採用した温度履歴養生システムを使用することにより強度管理用供試体として構造体温度養生供試体の利用が可能であり、品質試験の簡略化が可能である。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会, 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事, pp.441-446, 2003

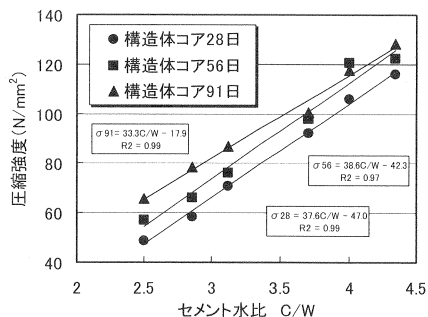


図-7 構造体コア供試体の圧縮強度とセメント水比の関係

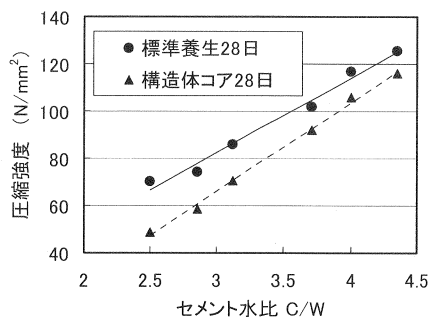


図-8 標準養生材齢28日と構造体コア材齢28日の比較

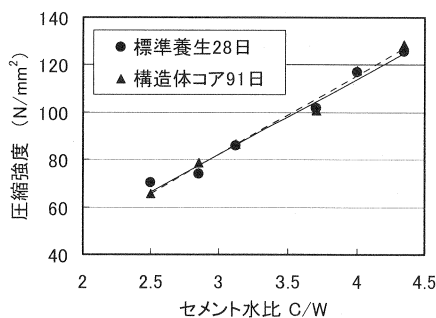


図-9 標準養生材齢28日と構造体コア材齢91日の比較

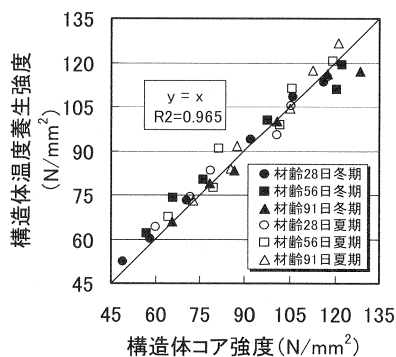


図-10 構造体コア強度と構造体温度養生強度の比較