

解析温度履歴養生による高強度コンクリートの構造体強度の推定

技術本部 技術研究所 中瀬博一
 技術本部 技術研究所 藤井和俊
 技術本部 技術研究所 渡邊一弘

1. はじめに

高強度コンクリートを実建物に使用する際には、強度補正値を実験などで確認し、それを用い調合強度を求める必要がある。これらの実験は、実際の工事条件に合わせた試験時期(冬期、標準期、夏期)での実施を必要とするため、時間的な制約も伴う。これに対し、高強度コンクリートの構造体の温度履歴を精度よく解析から求め、得られた温度履歴を専用の温度制御装置内で忠実に再現した養生(以下解析温度履歴養生)を行うことにより、任意の季節に通常の円柱供試体で施工時期の変動を考慮した構造体強度の推定を行えると考えられる。

本報告は、温度制御装置を用いた解析温度履歴養生による高強度コンクリートの構造体強度の推定方法の有効性について、実験的に確認したものである。

2. 温度制御装置

実験に用いた温度制御装置は、図-1に示すように常時温度を0~100の範囲で制御できる3つの可変養生箱と、一定の温度保持ができる3つの定温養生箱を備えており、装置内に内蔵している冷凍機とヒータ(P.I.D制御)で温度を制御している。



図-1 温度制御装置

3. 標準期での実大柱試験体を用いた温度追従養生による実験(ステップ)

(1) 実験概要

a) 使用材料と調合

コンクリートの使用材料を表-1に、コンクリートの計画調合を表-2に示す。コンクリートの目標スランプフローは65cm、目標空気量は2.0%とした。

b) 実大模擬柱試験体

実大模擬柱試験体は、900×900×高さ1100mmとし、その中心部より、材齢ごとにコアを採取した。

c) コンクリートの製造・打込み

コンクリートは所定の調合を6m³の二軸強制練りミキサで混練し、現場までの想定時間30分経過後にフレッシュ性状を確認した。その後、実大模擬柱試験体に2層に分けて打込み、各層に棒状バイブレーターを約5~10秒間挿入し締め固めた。

表-1 コンクリートの使用材料

種類	産地・性質
セメント	シリカフェームセメント 密度 3.08g/cm ³ , 比表面積 5600 cm ² /g
細骨材	君津産山砂:表乾密度 2.60g/cm ³ , 吸水率 1.63%
粗骨材	鳥形山石灰石砕石:表乾密度 2.70g/cm ³ 吸水率 0.41%
混和剤	ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤

表-2 コンクリートの計画調合

W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
		水	セメント	細骨材	粗骨材
34	43.6	143	421	793	1067
29	41.8	146	504	728	1053
22	37.3	150	682	590	1031

d) 温度追従養生供試体の製作

温度追従養生供試体は、10cm×20cmの軽量モールドにコンクリートをつめてポリエチレンフィルムとビニールテープを用いて封緘した後、専用の鋼製の円筒容器に入れ、それを温度制御装置内の可変養生箱に設置し、材齢7日までは実大模擬柱試験体コア近傍部と同一の温度履歴に追従し養生を行った。

e) 圧縮強度試験

コアの圧縮強度試験は、JIS A 1107に、温度追従養生供試体の圧縮強度試験は、JIS A 1108に準じて行った。

(2) 結果および考察

a) 温度履歴

模擬柱部材のコア近傍部および温度追従養生箱内部の温度は、打込み後24~32時間で最高温度に到達した。その後温度は下降し、材齢6日程度で外気温とほぼ同様となった。模擬柱部材コア近傍部の温度に追従した温度追従養生箱内部での最高温度は、模擬柱部材コア近傍部での最高温度の-0.6~+1.9の範囲で精度良く追従した。また、温度履歴の傾向も下降勾配については、温度の制御にややばらつきが認められたが、概ね模擬柱部材コア近傍部と同様であった。

b) 圧縮強度

積算温度と各種圧縮強度の関係を図-2に示す。養生条件によらず積算温度に対する圧縮強度は増加する傾向にあるが、標準養生強度の増加に対する温度追従養生及びコア強度の増加は小さかった。また、水セメント比が大きいほど構造体の最高温度が低いため、温度追従養生及びコア強度の増加が大きかった。

温度追従養生強度はコア強度とほぼ同等の推移を示した。

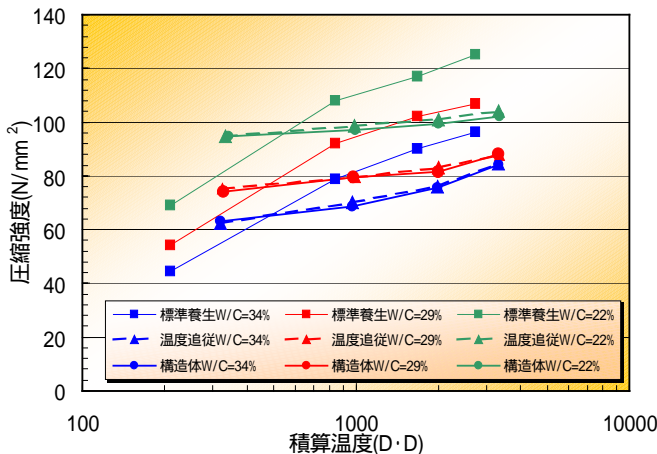


図-2 積算温度と各種圧縮強度

4. 標準期を想定した温度履歴の解析 (ステップ)

(1) 温度履歴解析条件

コンクリートの温度履歴の解析は、1/4 の柱の解析モデルで株式会社計算力学研究センター ASTEA- MACS を使用した 3 次元 FEM 解析を行った。

(2) 解析結果

模擬柱部材コア近傍部の温度履歴の解析値を図-3 に示す。部材内部温度履歴の解析温度は、打込み後 24 ~ 36 時間で最高温度に到達した。その後温度は下降し、材齢 7 日程度で外気温とほぼ同様となった。ステップでの模擬柱部材のコア近傍部の最高温度は水セメント比 22%では 65.9、29%で 56.1、34%では、49.0 であった。図-3 に示すように温度解析における模擬柱部材コア近傍部の最高温度は、実測値に比べて 0.7 ~ 2.9 の範囲で低く、最高温度到達時間は、3 ~ 5 時間遅かった。

また、解析値の方が実測値に比べて昇温時期が早く、降温勾配がやや緩やかであった。しかし、いずれの調合においても比較の実測値との整合性の高い解析結果が得られた。

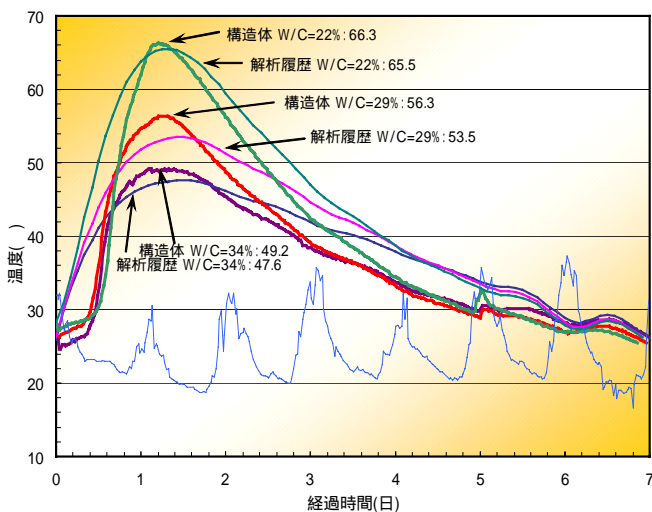


図-3 部材内部温度履歴と解析値

5. 標準期を想定した冬期での円柱供試体を用いた解析温度履歴による実験 (ステップ)

(1) 実験概要

a) 使用材料と調合

コンクリートの使用材料および計画調合は、ステップの実験と同様とした。

b) コンクリートの製造

コンクリートの製造および供試体の製作は、ステップの実験と同様とした。

c) 解析温度履歴養生供試体の製作

解析温度履歴養生供試体の製作は、ステップの温度追従養生供試体と同様に行った。

d) 解析温度履歴養生

供試体の養生は、コンクリートの打ち込み時から実大試験体の内部温度が、外気温とほぼ同様になる材齢 7 日まで図-3 の解析温度履歴養生とし、7 日以降から試験材齢までは、ステップの実験での外気温の平均値(材齢 7 ~ 28 日:21、材齢 28 ~ 56 日:24、材齢 56 ~ 91 日:25)を用いて定温養生とした。

(2) 実験結果と考察

解析温度履歴養生強度とコア強度の関係を図-4 に示す。解析温度履歴養生強度はコア強度に対して、-1.2 ~ 5.5 N/mm² の範囲にあり、解析温度履歴養生強度の方がやや高い傾向にある。しかし、その相関性は比較的高いといえる。

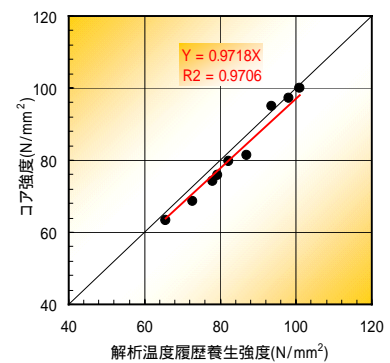


図-4 解析温度履歴養生強度とコア強度

6. まとめ

本研究の結果をまとめると、以下の通りである。

温度追従養生箱内部の最高温度は模擬柱部材コア近傍部の最高温度の-0.6 ~ +1.9 の範囲で精度良く追従しており、概ね模擬柱部材コア近傍部と同様であった。

積算温度に対する温度追従養生強度はコア強度とほぼ同等の推移を示した。

積算温度に対する解析温度履歴養生強度は、コア強度とほぼ同様に推移し、同等かやや高い傾向にある。

解析温度履歴養生強度とコア強度との相関性は比較的高い。

以上、解析温度履歴養生を行うことにより、施工時期の変動を考慮した高強度コンクリートの構造体強度の推定を、通常の円柱供試体で任意の季節に行うことが可能であると考えられる。

Key Words: 解析温度履歴、高強度コンクリート、構造体強度、強度推定