

若材齢における高強度コンクリートの線膨張係数に関する実験的検討

広島大学大学院 学生会員 ○竹内崇剛
 宇都宮大学大学院 学生会員 楊楊
 広島大学工学部 正会員 佐藤良一

1.はじめに

高強度コンクリートにおいては、自己収縮を起因とするひび割れの発生が明らかになってきた。若材齢においては温度変形と自己収縮ひずみが共に発生するが、自己収縮ひずみを求める際に線膨張係数の経時変化が無視され一定値が用いられている。本研究は供試体を冷却し温度ひずみのみ発生させる手法を用いて、線膨張係数の時間依存性を実験的に解明することを目的とする。さらに異なる温度履歴を受けるコンクリートについて、線膨張係数の経時変化を考慮し自己収縮の温度依存性を検討する。

2.実験方法

2.1 実験概要

本実験では、普通ポルトランドセメントを用いた W/B25,35%高強度コンクリートを対象とし、混和材料としてシリカフュームは置換率 10%、高炉スラグ微粉末は置換率 50%で混入した。W/B25%,シリカフューム置換率 10%のセメントペースト供試体を用いて結合水量を測定することにより、低温による水和反応抑制効果を確認した。その上で供試体に $-1^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ の温度変化を与え、所定の測定材齢において、 20°C 恒温養生と準断熱養生を用いて自己収縮に及ぼす温度の影響を検討した。

2.2 結合水量

恒温養生をした供試体と、線膨張係数測定時と同様の手法で冷却した供試体について、冷却前後において試料を採取した。この試料を、水和反応を止めるためにアセトンに浸漬し、1週間真空乾燥させた後質量を測定し、さらに 1000°C の電気炉で12時間乾燥させ質量を測定した。この時の質量減少量を結合水量とした。

2.3 線膨張係数

供試体の測定開始材齢を表-1に示す。供試体の温度を測定するため供試体の中心と表面から2.5cmの位置に熱電対を埋込んだ。測定する供試体は測定開始材齢の1時間前に脱型し、側面を厚さ0.067mmの耐低温ポリエステルフィルム、端面をアルミ箔粘着テープでシールした。

また継ぎ目をパラフィンでコーティングして不凍液の浸入を避けた。この供試体を図-1に示す供試体スタンドに設置し、準断熱槽に入れ $-1\sim 5^{\circ}\text{C}$ の温度変化を降温、昇温の順に与え、長さ変化を測定した。測定は測温機能付高感度変位計(測定範囲 $\pm 5\text{mm}$ 、測定精度 0.001mm)で行い、温度ひずみを求めた。また、鋼製スタンドの温度ひずみ、変位計の零点移動を校正試験を行い補正した。

2.4 自己収縮

恒温養生する供試体については $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ の恒温室で、準断熱養生する供試体については発泡スチロール製の準断熱箱に型枠を設置して打設し、養生、測定した。恒温養生コンクリートの長さ変化の測定は端部に測定用プラグを埋込み、測温機能付高感度変位計を接触させて行い、材齢3日で脱型し、直ちにアルミ箔粘着テープでシールした。準断熱養生コンクリートのひずみについては埋込型ひずみ計で測定し、材齢7日で脱型、シールした。

表-1 測定開始材齢

供試体寸法	W/B(%)	材齢(h)
100×100×400mm	25	9,12,16,20,24,72,168
	35	10,13,16,20,24,72,168

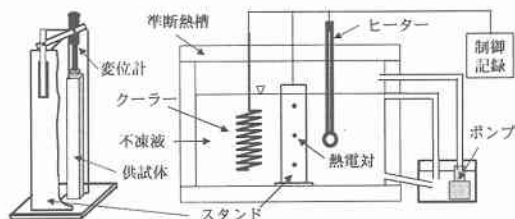


図-1 線膨張係数測定装置の概要

3. 実験結果及び考察

3.1 結合水量

測定した結合水量から、線膨張係数の測定期間における結合水量の増加率を算出した結果を図-2に示す。この図から、冷却した供試体の結合水量増加率を20℃一定条件下の結合水量増加率と比較すると、冷却により水和反応が抑制され増加率が小さくなったといえる。このことから自己収縮の影響は小さく温度ひずみを精度よく測定することができると考えられる。

3.2 線膨張係数

本研究で得た低温での線膨張係数を、エル・ア・ノビツキー

【1】らの実験データを参考にし、常温での線膨張係数として評価することは妥当であるとした。一例として図-3に W/B25%のシリカフューム混入コンクリート供試体(材齢9h)の温度変化量～温度ひずみ関係、図-4にシリカフューム混入供試体の線膨張係数の測定結果を最小二乗法で得られた回帰式とともに示した。温度降下時、温度上昇時の勾配がほぼ等しく、かつ線形関係にあると言える。他の配合においても同様の傾向が見られた。W/B25%とW/B35%で線膨張係数を比較すると25%のほうが大きかった。これはセメント硬化体と骨材では骨材のほうが線膨張係数が小さく、コンクリートでも骨材量が少ないほうが線膨張係数は大きいためである。材齢3日になると水和反応の進行による供試体内部組織構造がほぼ形成されるため線膨張係数は一定の値に収束すると考えられる。

3.3 自己収縮ひずみ

W/B25%の高炉スラグ微粉末混入供試体の受けた恒温養生と準断熱養生における温度履歴と自己収縮ひずみを、図-5に示す。準断熱養生の線膨張係数を一定($10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)として求めた自己収縮ひずみは、線膨張係数の経時変化を表す回帰式を用いて求めた自己収縮ひずみより小さく、過小評価する可能性があると考えられる。また準断熱養生した供試体の自己収縮ひずみは恒温養生したものと比較して大きかった。これはシリカフュームと高炉スラグ微粉末の水和反応は温度が高いほどよく反応するが、この温度依存性がポルトランドセメントより大きいためと考えられる。

4. 結論

供試体を冷却することにより水和反応が遅くなり、高強度コンクリートの自己収縮を抑制できるため温度ひずみを精度よく検出することができ、線膨張係数を求めることが可能である。コンクリートの線膨張係数は、材齢とともに小さくなり、材齢3日になると内部組織構造がほぼ形成されるため一定の値に収束する。本実験の配合では異なる温度履歴を受けた自己収縮ひずみを有効材齢で評価できない。

参考文献【1】エル・ア・ノビツキーら：低温度における材料の熱物理的性質,日ソ通信社,pp183-190,1976.9

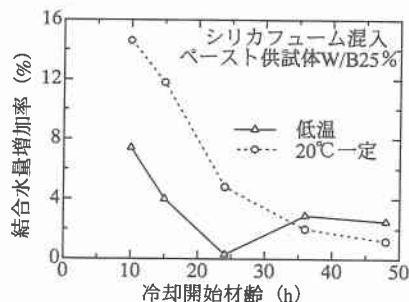


図-2 結合水量増加率

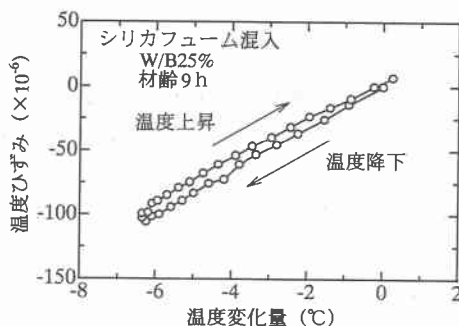


図-3 温度変化量と温度ひずみ

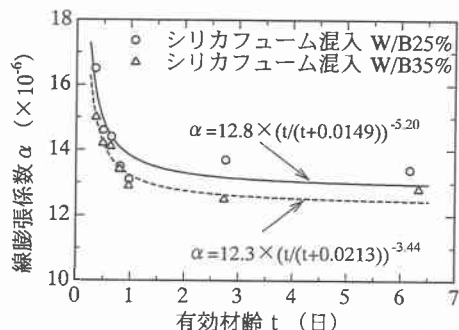


図-4 線膨張係数の経時変化

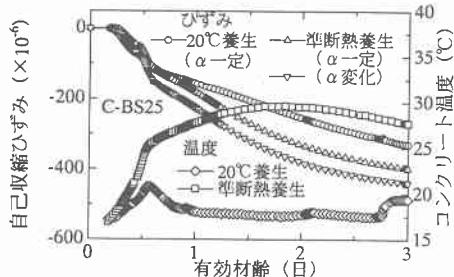


図-5 温度履歴と自己収縮ひずみ