

異なる温度条件下におけるコンクリートの乾燥収縮挙動

東北大学大学院 学生会員 木村悠一郎
 東北大学大学院 千葉 裕人
 東北大学大学院 正会員 岩城 一郎
 東北大学大学院 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

コンクリートの乾燥収縮のメカニズムに関しては、以前から様々な研究がなされてきた¹⁾。しかし、既往の研究は収縮挙動に及ぼす使用材料や配合の影響に関するものが主であり、温度条件に関する研究例は極めて少ない。また、乾燥収縮はセメント硬化体からの水分逸散性と密接に関わるものであり、水分逸散性は温度条件に大いに依存することが予想される。そこで本研究では、相対湿度を一定として温度条件を変化させた高強度コンクリート及び普通強度コンクリート供試体の収縮挙動を比較検討するとともに、同一供試体において質量変化率の経時変化を測定することで、収縮挙動と水分逸散性との関係について考察を行った。

2. 実験概要

本実験に使用したコンクリートの配合を表-1に示す。W/C25は水セメント比25%の高強度コンクリートであり、高性能AE減水剤を添加し、高流動性（スランプフロー値 $650 \pm 50\text{mm}$ ）を付与した。W/C60は水セメント比60%の普通強度コンクリートである。両コンクリートとも単位水量は 170kg/m^3 一定とし、十分な耐凍害性を有するよう、異なる種類のAE剤を添加した（空気量 $5.0 \pm 1.0\%$ ）。供試体は $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を各条件につき3本作製した。供試体の長さ変化率は、JIS A 1129-2 2001に従い、型枠脱型（材齢2日）以降の各測定材齢における供試体の両側面に貼り付けたゲージプラグ間の距離（基長 300mm ）をコンタクトストレインゲージにより測定することにより算出した。供試体は、型枠脱型時まで20℃恒温室内で封かん養生を行い、その後相対湿度60%一定とした4種類の温度条件（10℃、20℃、30℃、40℃）の恒温恒湿器に移し、乾燥を開始させた。これらの温度条件は我が国の気象条件を想定したものであるが、40℃については、乾燥に対するより厳しい条件を設定することで、幅広い温度範囲における収縮挙動の違いを明確にする目的もある。供試体の長さ変化率は、各恒温恒湿器内で測定することが困難なため、20℃恒温室で測定した。その際、20℃以外の温度条件の供試

表-1 配合表

記号	粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m^3)						
								混和剤		
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	SP	AE-1	AE-2
W/C25	20	25	48	170	680	711	844	9.52		0.024
W/C60	20	60	42	170	283	759	1150		0.071	

体は熱膨張の影響を考慮する必要があるため、予備実験において各配合と同一配合の供試体の熱膨張係数を測定しておき、この影響を補正した。さらに同一供試体により、型枠脱型時の質量を基準とした各材齢における質量変化率を算出した。

3. 実験結果及び考察

図1に両コンクリートの各温度条件に対する材齢と質量変化率との関係を示す。図より、両コンクリートとも、温度が高いほど質量変化率が大きくなる傾向を示しており、このことから、温度が高いほど、コンクリート中の水分が蒸発しやすくなると言える。また、その傾向は自由水の多い普通強度コンクリートでより顕著に現れている。

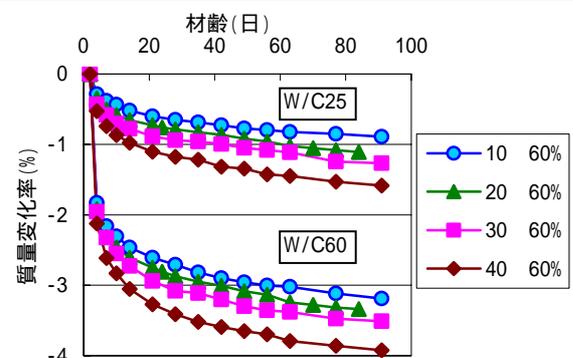


図1 各温度条件に対する材齢と質量変化率との関係

キーワード 乾燥収縮，温度条件，水分逸散性，耐久性

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL022-217-7432

図-2 に各温度条件に対する材齢と長さ変化率との関係を示す。図より温度条件の違いに着目すると、両コンクリートとも、材齢 28 日付近までは温度が高いほど収縮量が大きくなる傾向を示した。しかしそれ以降、10、20 はほぼ一定速度で収縮し続けたのに対し、30、40 は収縮速度が低下する、あるいは頭打ちとなる傾向を示し、20 の収縮挙動にほぼ追い付かれる（W/C25）あるいは追い越される（W/C60）結果となった。高温下で初期の収縮量が大きくなったのは、高温ほど水分逸散量が多くなる（図-1 参照）上、初期の水和反応が促進し、組織が早期に緻密化するためであると考えられる。一方、長期材齢において収縮量の増加が頭打ちの傾向を示したのは、初期の急激な乾燥により早期に水和反応が停滞し、さらに乾燥による微細ひび割れが発生したことにより、十分な毛細管張力が得られなかったためと推察される。また、10 や 20 といった低温や常温では、水和反応が遅く、乾燥の程度も小さいため、長期にわたって収縮が持続したものと考えられる。

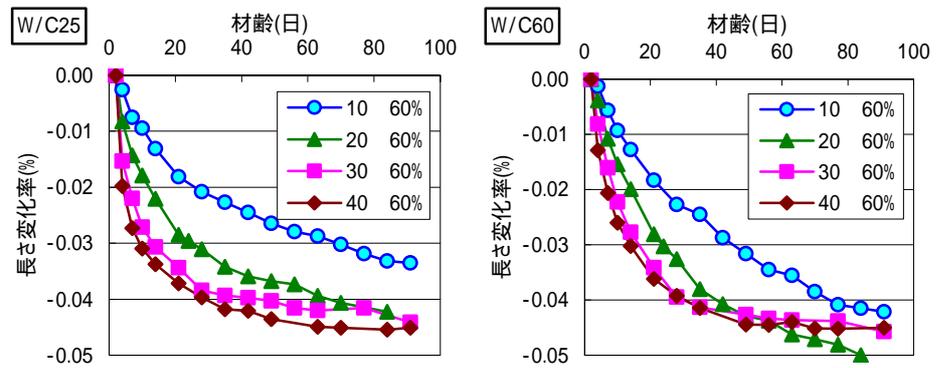


図 2 各温度条件に対する材齢と長さ変化率との関係

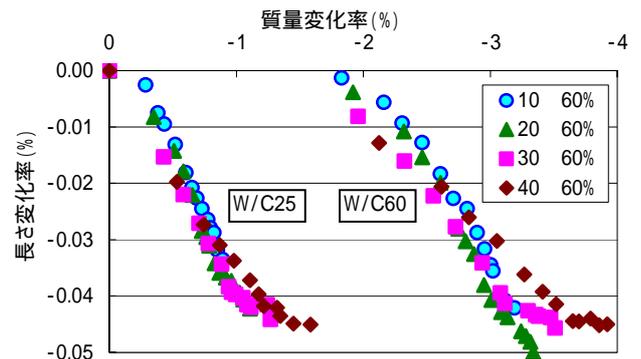


図 3 各温度条件に対する質量変化率と長さ変化率との関係

各温度条件に対する質量変化率と長さ変化率との関係を図-3 に示す。図より、高強度コンクリートは質量減少とほぼ同時に収縮し始めるのに対し、普通強度コンクリートは乾燥開始初期に収縮を伴わない質量減少が現れ、その後で収縮を開始するという 2 段階に分かれる傾向を示した。これは後者において、収縮に寄与しない自由水が乾燥開始時に多量に残存しているためであると考えられる。次に温度条件の違いに着目すると、高強度コンクリートでは顕著な違いは見られなかった。普通強度コンクリートについては、W/C60 のプロットのうち、直線的に推移していると思われる部分を取り出して直線近似した。結果、その傾きは 20 (0.039)、10 (0.037) といった常温、低温が、30 (0.027)、40 (0.021) といった高温よりも明らかに大きくなった。ここで、() 内は傾きの値である。傾きは同量の水分逸散に対する収縮の大きさを表しており、この値が大きいほど、効率的に毛細管張力が作用していることになる。さらに、30 や 40 といった高温条件においては、水分逸散が続いているにもかかわらず収縮が停滞する傾向を示しており、厳しい乾燥による組織の粗雑化と乾燥収縮ひび割れの影響が卓越したことが考えられる。

4. まとめ

(1) コンクリートの収縮量は温度条件に依存し、初期の収縮速度は同一湿度では温度が高いほど大きくなるが、高温条件ではその後、頭打ちの傾向が現れる。

(2) 普通強度コンクリートの収縮挙動は水分逸散量と収縮量の関係から 2 段階に分けて考えることが可能であり、その傾向は細孔中の自由水量や温度条件に依存した水和と乾燥の両面から支配される組織の緻密化と密接に関係していることが示唆された。

【参考文献】

1) 例えば、コンクリート構造物のクリープ及び収縮による時間依存変形研究委員会：報告書，日本コンクリート工学協会，2001. 7.