

乾燥時の温湿度条件が高強度コンクリートの収縮挙動に及ぼす影響

東北大学 正会員 ○岩城 一郎

東北大学 木村悠一郎

東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

高強度コンクリートは緻密な細孔組織を有していることから，外部からの塩分の浸透を抑制するなど高耐久コンクリートとしての役割も期待されている．しかしながら，既往の研究において高強度コンクリートは自己収縮および乾燥収縮に起因する収縮ひび割れが発生しやすく，この種のひび割れが高強度コンクリートに本来期待されている耐久性能を著しく低下させる恐れのあることが指摘されている¹⁾．収縮ひび割れはコンクリートの引張強度，鉄筋等による拘束度，弾性係数，クリープ，自己収縮および乾燥収縮といった要因の経時的な相互作用に支配される複雑な現象であるが，このうち高強度コンクリートの自己収縮および乾燥収縮挙動に関する既往の研究は，主として使用材料や配合条件といった内的要因による影響を調べたものが主流であり，周囲の温湿度条件といった外的要因が収縮挙動に及ぼす影響を調べた研究例は数少ない．そこで本研究では，乾燥時の温湿度条件および乾燥開始材齢といった乾燥条件が高強度コンクリートの収縮挙動に及ぼす影響を究明することを目的とし，同一乾燥条件下で測定した普通強度コンクリートの収縮挙動と比較検討を行った．

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメントを使用した．実験で使

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)						
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤		
								SP	AE-1	AE-2
W/C25	20	25	48	170	680	711	844	8.84	0.024	
W/C60	20	60	42	170	283	759	1149			0.071

示す．表中の高強度コンクリート（W/C25）は水セメント比 25%で，自己充てん性を付与させるため（目標スランプフロー 650 ± 50mm），比較的多量の高性能減水剤（SP）を添加している．一方，普通強度コンクリート（W/C60）の水セメント比は 60%である．両コンクリートとも単位水量を 170kg/m³一定とし，どちらも AE コンクリート（目標空気量 5 ± 1%）とするためタイプの異なる AE 剤を添加している．供試体形状は 10 × 10 × 40cm の角柱供試体とし，鉄筋等の拘束は与えていない．コンクリートは 20 恒温室内で打込み，直ちに封かん養生を行い，材齢 2 日で脱型した後，各乾燥条件に供した．供試体の長さ変化率測定方法は JIS A 1129-2 2001（コンタクトゲージ法）に従った．乾燥開始材齢は，脱型直後の 2 日，7 日，28 日の 3 ケースとし，乾燥開始までの間は 20 恒温室内で封かん養生を継続した．乾燥時の温湿度条件は我が国の気象条件を考慮し，20 60%，30 30%，30 60%，5 45%の 4 ケースとした．なお，標準尺および供試体の測定値は 20 恒温室内で測定しているため，30 および 5 で乾燥を行なった場合，測定値には熱膨張による影響が含まれることになる．そこで，本研究では事前に高強度コンクリートと普通強度コンクリートの熱膨張係数の値を測定しておき，各測定値に対する熱膨張の影響を補正することとした．

3. 結果と考察

図-1 に各乾燥条件に対する高強度コンクリートと普通強度コンクリートの収縮挙動を示す．図中の凡例は乾燥開始材齢 - 温湿度条件を表しており，Sealed - 20 （実線）は 20 一定封かん養生を継続した場合の長さ

キーワード 高強度コンクリート，普通強度コンクリート，乾燥収縮，自己収縮，温湿度条件

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 TEL 022-217-7428

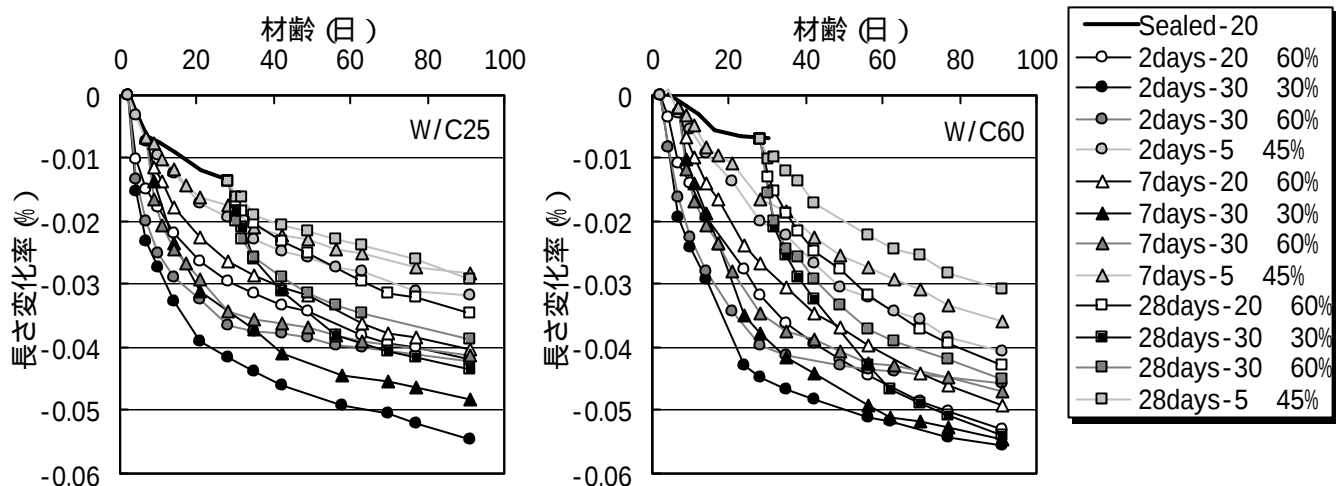


図-1 各乾燥条件に対する高強度コンクリートと普通強度コンクリートの収縮挙動

さ変化率，すなわち自己収縮量を表している．図より既往の研究で指摘されている通り，高強度コンクリートは普通強度コンクリートに比べ自己収縮が大きく，乾燥収縮は逆に小さくなる傾向を示している．

同一乾燥開始材齢における温湿度条件の違いに着目すると，収縮量は総じて $30\text{ }30\% > 30\text{ }60\% > 20\text{ }60\% > 5\text{ }45\%$ の順に減少しており，温度が同じであれば相対湿度が低いほど，また相対湿度が同じであれば温度が高いほど収縮量は大きくなる傾向を示した．特に低温環境下（ $5\text{ }45\%$ ）においては他の温湿度条件と比べ，著しく収縮の進行が遅延する結果となった．高温環境下（ $30\text{ }30\%$ ）における収縮挙動を比較すると， $30\text{ }30\%$ と $30\text{ }60\%$ では乾燥開始後7日前後までの収縮量はほぼ同じ値を示しており，乾燥直後の収縮挙動は湿度の影響をあまり受けない可能性が示唆される結果を得た．ただし， $30\text{ }60\%$ はその後収縮の進行が停滞し，次第に $30\text{ }30\%$ の収縮挙動と開きが生じると共に， $20\text{ }60\%$ の収縮挙動に近づくあるいは追い越される結果となった．同一供試体による質量変化率の測定結果より， $30\text{ }60\%$ では $20\text{ }60\%$ に比べ，乾燥に伴う水分逸散量は明らかに多いにもかかわらず，材齢91日における収縮量は同等あるいはそれ以下となった理由は，急速な乾燥による微細な収縮ひび割れの発生に伴い組織が弛緩し，その後の収縮の進行を妨げたためであると推察される．一方 $30\text{ }30\%$ では $30\text{ }60\%$ とは異なり，長期にわたり収縮が進行しているが，これは乾燥に伴う毛細管張力以外のメカニズムが作用し，収縮が進展した可能性が示唆される．

次に，同一温湿度条件における乾燥開始材齢の違いに着目すると，常温下（ $20\text{ }60\%$ ）においては一般に言われているように乾燥開始材齢が遅くなるほど収縮量が減少する傾向を示しているが，高温環境下（ $30\text{ }30\%$ ）では高強度コンクリート， $30\text{ }30\%$ の場合を除き，材齢91日における収縮量が乾燥開始材齢によらずほぼ同じ値に収束する結果となった．この理由は早期に乾燥を開始させた場合，厳しい乾燥条件に曝されるほど水分逸散量が増加し，乾燥収縮を引き起こすと考えられるが，一方で水和に必要な水分も不足することになり，その結果セメント硬化体の細孔組織が粗雑化し，長期材齢において収縮の進行が停滞したためであると推察される．高強度コンクリートの $30\text{ }30\%$ ではこれとは異なる傾向を示しているが，その理由は上述の機構の違いが影響している可能性もあり今後の研究課題である．

4. まとめ

高強度コンクリートの収縮挙動は，乾燥時の温湿度条件および乾燥開始材齢によって複雑に変化する傾向が示された．またその理由はこれらの乾燥条件に応じたセメント硬化体の水分逸散性や細孔組織の緻密性と密接に関連することが示唆される結果を得た．

参考文献

- 1) 例えば，三橋博三，若材齢コンクリートのひび割れ制御に関する研究の現状，コンクリート工学，Vol.40，No.11，pp.3-12，2002．