

給水養生時のコンクリートの湿潤膨張特性に関する研究

石川工業高等専門学校 学生会員 ○東 佑樹
 石川工業高等専門学校 正会員 福留 和人
 安藤ハザマ 正会員 齋藤 淳

1. 目的

コンクリートの養生作業は、コンクリート構造物の性能確保の上で極めて重要である。コンクリートは養生過程で水分を供給（以下、給水養生）すると吸水しセメントの水和がより確実に進行することから給水養生が理想的である。養生中の吸水量は、セメントの水和収縮による体積減少分に相当すると想定されるが、既往研究によれば、セメントの水和収縮に相当する量をはるかに越える吸水が継続することが明らかとなっている¹⁾。これは、セメントの水と結合しようとする能力に起因するものであり、給水を継続すればセメントゲルが水を吸収して膨張する、いわゆる湿潤膨張が生ずるためと考えられる。給水養生を確実に実施してセメントの水と結合しようとする能力を最大限発揮させて湿潤膨張を引き出せば表層部に圧縮応力が蓄積されることになり、表層品質の確保だけでなく、初期ひび割れの抑制にも寄与することが期待される。さらに、湿潤膨張させることによる乾燥収縮低減効果も考えられる。本研究では、給水養生の継続による湿潤膨張特性の把握および湿潤膨張させることによる乾燥収縮低減効果を確認し、給水養生期間が乾燥収縮特性に及ぼす影響を把握することを目的に実験的検討を行う。さらに、コンクリート材料性能解析プログラム DuCOM-SD²⁾を用いた解析を行い、湿潤養生条件が湿潤膨張および収縮特性に及ぼす影響の予測の可能性を検討した。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合 表-1 に使用材料を示す。セメントは、セメント協会から提供されるセメント標準物質（強さ試験用）とした。細骨材は、JIS R 5201 セメントの物理試験方法の強さ試験に用いる標準砂とした。表-2 にモルタルの配合を示す。水セメント比W/Cの影響を評価するために、40、50 および 60%とした。W/C 50%は、JIS R 5201 の強さ試験のモルタルの配合とし、W/C 40、60%は、単位水量が一定となるように、セメント容積の増減に応じて標準砂の量を増減した。

(2) 練混ぜ及び供試体の作製方法 モルタルの練混ぜおよびモルタル供試体の作製は、JIS R 5201 セメントの強さ試験の機械練りによる方法およびテーブルバイブレータによる方法に準じて行った。供試体寸法は 40×40×160mm とし、ゲージプラグを供試体の両側面中央に埋め込んだ。養生条件は水中 7、28 および 91 日養生とした。水中養生終了後は、20℃、相対湿度 60%の恒温恒湿槽に保存した。

(3) 測定方法 測定項目は、長さ変化および質量とし、長さ変化は、JIS A 1129 モルタルの長さ変化試験方法のダイヤルゲージ法に準じて測定を行った。測定は、水中養生および乾燥開始 1、2、4、8、13、26 週後に実施し、いずれも脱枠時（材齢 24 時間）を基準とした。

(4) 解析概要 解析には、コンクリート材料性能プログラム DuCOM-SD²⁾を用いた。DuCOM-SD は、コンピュータ上の仮想空間にバーチャルコンクリート構造を製造・建設する総合シミュレーション技術である。

表-1 使用材料

材料	種類	仕様
セメント	普通ポルトランドセメント (セメント標準物質)	密度 3.15g/cm ³
砂	標準砂	密度 2.64g/cm ³

表-2 モルタルの配合

水セメント比 (%)	水 (g)	セメント (g)	標準砂 (g)
40	225	563	1255
50	225	450	1350
60	225	375	1413

キーワード 養生, 湿潤膨張, 乾燥収縮, 質量減少, 解析

連絡先 〒929-0392 石川県津幡町北中条 石川工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL076-288-8162

3. 結果及び考察

図-1 に材齢と乾燥収縮ひずみの関係を、図-2 に材齢と質量変化の関係を示す。図-3 および図-4 にそれぞれに対応する解析結果を示す。

図-1 から水中養生中に $100 \sim 200 \times 10^{-6}$ 程度の湿潤膨張が生じていることがわかる。材齢 28 日までは水セメント比の影響はほとんど見られないが、材齢 91 日では水セメント比が小さくなるほど湿潤膨張が大きくなる傾向が見られる。水セメント比が小さくセメント量が多いほど、セメントゲルの容積も大きくなるため、水を吸収しようとするポテンシャルが高くなることによると考えられる。乾燥開始後の収縮特性も水セメント比による差異が見られ、水セメント比 50 および 60% では、水中養生期間の延長による乾燥収縮の低減効果はほとんど見られないが、水セメント比 40% では、水中養生期間延長による乾燥収縮効果が顕著である。一方、図-3 の解析結果では、水中養生時には長さ変化は見られず湿潤膨張は評価できていないが、乾燥開始後の収縮挙動は、実測の挙動とほぼ一致している。すなわち、水セメント比が小さいほど養生による乾燥収縮低減効果が大きくなる傾向が明確に評価されている。

水中養生中の質量増加、すなわち吸水量は、水セメント比の影響が見られるが、一定の傾向ではなく、水セメント比 40% および 60% で大きく、50% が最も小さくなっている。水セメント比 40% で吸水が大きくなるのは、セメント量が多いほど、水和収縮が大きいことおよびセメントゲルの水を吸収しようとするポテンシャルが大きくなることによると考えられる。図-4 の解析結果をみると、水セメント比が小さいほど吸水量が大きくなる傾向が明確に評価されている。実測値に比べて絶対値が小さいこと、また、長期の吸水量の増加がほとんど見られないことからセメントゲルの水の吸水は評価されていないためと考えられる。

4. まとめ

水中養生中の湿潤膨張および水中養生の延長による乾燥収縮の低減効果は、水セメント比が小さいほど大きいことが明らかとなった。また、DuCOM-SD²⁾は、水中養生中の湿潤膨張、セメントゲルの吸水挙動は評価できないものの、水中養生中の吸水挙動および水中養生の延長による乾燥収縮に及ぼす水セメント比の影響を適切に評価できることを確認した。

参考文献

- 1)古川幸則, 福留和人, 庄野昭, 齋藤淳: 各種ポルトランドセメントを用いたコンクリートの養生中の吸水量に関する一考察, 土木学会第 67 回年次学術講演会 V-411, pp.821-822, 2012
- 2)前川宏一, 岸利治, R.P.Chaube, 石田哲也: セメントの水和発熱・水分移動・細孔組織形成の相互連関に関するシステムダイナミクス, セメントコンクリートの反応モデル解析に関するシンポジウム論文集, 日本コンクリート工学協会, pp.45-52, 1996

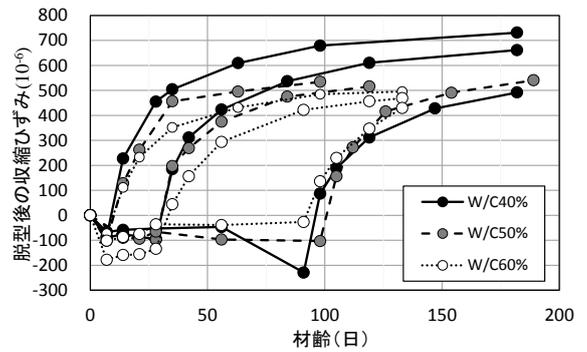


図-1 材齢と収縮ひずみの関係

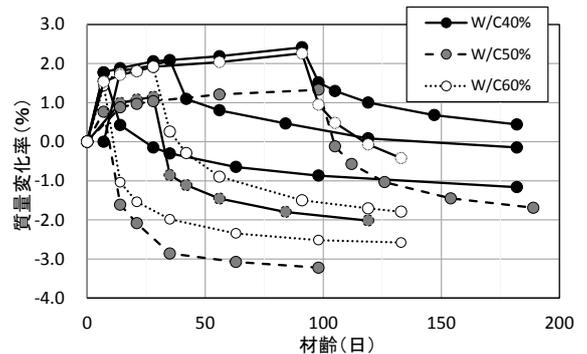


図-2 材齢と質量変化の関係

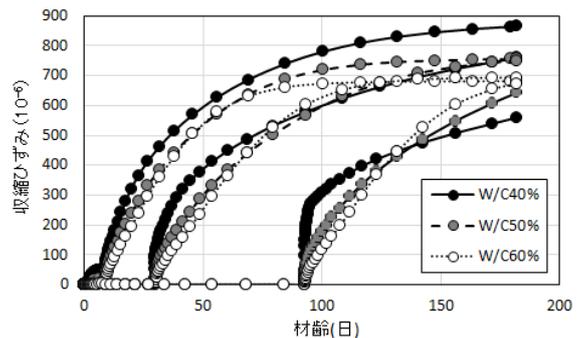


図-3 材齢と収縮ひずみの関係の解析結果

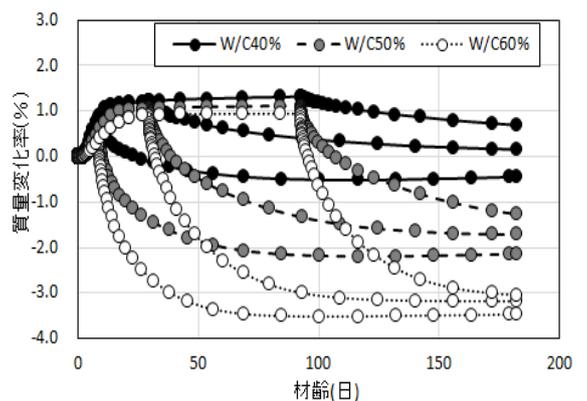


図-4 材齢と質量変化率の関係の解析結果