

コルゲートチューブを用いたセメントペーストの長さ変化について

Length Changes of cement paste through Corrugated mold

苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 ○学生員 佐藤亜沙美 (Asami Sato)
苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 正 員 渡辺 暁央 (Akio Watanabe)
苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 正 員 廣川 一巳 (Kazumi Hirokawa)

1. まえがき

コンクリートは通常、硬化後に体積変化は生じないものとして扱うが、現実には水和反応などに起因する体積変化が発生し、さまざまな問題を発生させる。ある水セメント比(W/C)以下になると硬化後に巨視的に体積減少が生じる自己収縮も、コンクリートにとって有害な体積変化である。自己収縮の発生は通常のコンクリートの場合、水セメント比が約 40%以下の場合に発生し、それ以上の高水セメント比の場合は発生しないとされている。特に水セメント比が 30%以下の高性能減水剤を用いたコンクリートにおいて自己収縮の発生が顕著である。この自己収縮の測定は硬化後の体積変化を測定しており、打設直後から硬化に至るまでの収縮現象を検討することはほとんどなかった。

しかし ASTM C 1698-09 に準じ、コルゲートチューブを用いた長さ変化試験装置を改良しレーザー変位計による測定を行うことにより、打設直後から硬化に至るまでの体積変化を測定することが可能となった¹⁾。この手法により打設直後から 24 時間後までの間に大きな収縮が発生していることが示された。一方で、本手法は自己収縮の研究で使用されており、打設後から 24 時間以内の大きな収縮現象が低水セメント比特有の自己収縮により発生したもののは明らかにされていない。本研究では、水セメント比が 20~60%のセメントペーストでコルゲートチューブのレーザー変位計測定により長さ変化を測定して、水セメント比の変化による初期の体積変化について明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比 20%、30%、40%、50%、60%の 5 種類のセメントペーストを作製した。なお、水セメント比 20%のセメントペーストについてはポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を使用した。

2.2 実験方法

直径約 30mm、長さ約 425mm のポリエチレン製コルゲートチューブを振動台の上に鉛直に設置し、振動を加えながら、セメントペーストを上部から注ぎこんだ。その後、テフロン製の栓をして、長さ変化試験用の供試体とした。これを 20℃の恒温槽で 30°の角度に固定した台に設置し、写真-1 に示す長さ変化測定装置を用いて長さ変化を測定した。供試体本数はそれぞれの配合に対



写真-1 長さ変化試験装置

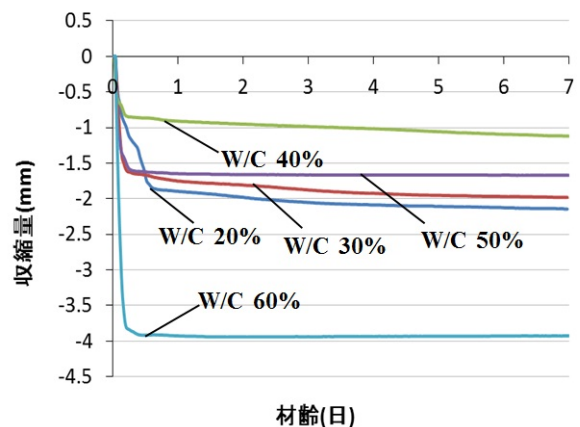


図-1 長さ変化測定結果

して2本ずつ測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 実験結果

コルゲートチューブによる長さ変化試験の結果を図-1に示す。収縮量はコルゲートチューブの基準長の425mmからの長さ変化である。いずれのセメントペーストにおいても材齢1日までの間に急激な収縮が発見できる。すなわち、打設後の急激な収縮は、低水セメント比の自己収縮特有の現象でないことがわかる。この収縮は最も水セメント比の高い水セメント比 60%が一番大きく、水セメント比 40%が最も小さい。また、水セメント比 60%および 50%は初期の大きい収縮が終了すると、それ以降の長さ変化は認められない。一方、水セメ

ント比 40%以下のセメントペーストは、初期の大きな収縮後にも継続して徐々に収縮しており、この継続する収縮現象が自己収縮特有の現象と判断される。水セメント比 20%では、初期の大きな収縮が終了するまでの時間がほかのセメントペーストより長くなっている。これは高性能 AE 減水剤の混入による凝結の遅れに伴う現象と推定される。

3.2 考察

本実験では打設から1日までに自己収縮とは異なる大きな収縮が確認されている。これは凝結前のフレッシュ状態において水和反応による化学収縮が発生し、コルゲートチューブという密閉された空間では、直接体積減少として計測された可能性が考えられる。Powers モデルによれば、セメントの水和反応は化学収縮が発生することが示されている。図-2、図-3、図-4 は Powers モデルにより計算した水セメント比 20%、40%、60%の水和度と内部構成相(体積率)との関係を示したものである²⁾。このモデルより化学反応収縮量を計算すると、理論上の最大水和時における化学収縮による空間は水セメント比 20%および 60%よりも水セメント比 40%が大きい。しかし、凝結までに必要な水和反応は高水セメント比の方が大きいと考えられ、水セメント比 60%の収縮が大きい原因と考えられる。一方で、水セメント比 40%より小さい場合、水セメント比が小さいほど初期の収縮が大きくなるのは、化学収縮と自己収縮の複合的な作用である可能性が考えられる。正確には水和度の測定を行い検討する必要があるが、少なくともフレッシュ時のセメント水和反応では化学収縮が巨視的な体積変化を生じさせる可能性があることを示していると推測される。コンクリートの打設においてはフレッシュから硬化に至る過程で、ブリージングによる体積減少があることが知られているが、本結果はブリージング現象のみでなく、水和による化学収縮による体積減少も無視できない量であることを示唆するものといえる。

4. まとめ

本研究ではコルゲートチューブを用いてセメントペーストの初期の収縮現象の検討を行った。その結果を以下に示す。

- (1) いずれの水セメント比においても、打設直後から数時間の間に大きな収縮を示し、この収縮は水セメント比 60%が大きく、水セメント比 40%が小さい。
- (2) 水セメント比 40%以下の水セメント比では、初期の大きな収縮の後に継続した収縮が徐々に進行している。

参考文献

- 1) 荒金延明、五十嵐心一、小池祐輝：空間分布特性から見た超吸収性ポリマーの内部養生効果、コンクリート工学年次論文集、Vol.32, No.1, pp.449-454, 2010
- 2) Jensen, O.M. and Hansen, P.F. : Water-entrained

cement-based materials I. Principles and theoretical background, Cement and Concrete Research Vol. 31, pp.647-654, 2001

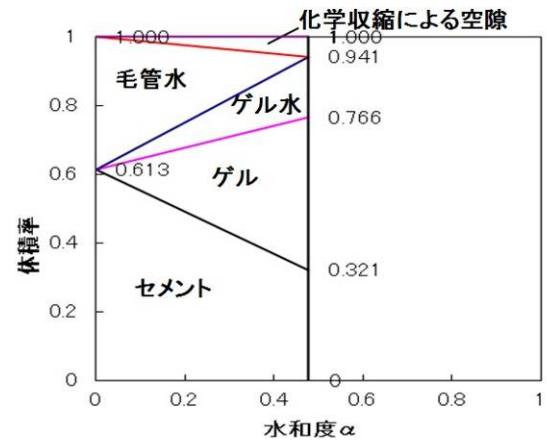


図-2 Powers モデルによる水和度と内部構成相との関係(W/C=20%)

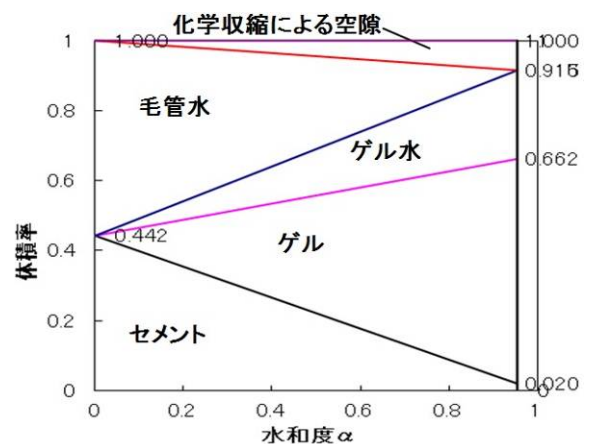


図-3 Powers モデルによる水和度と内部構成相との関係(W/C=40%)

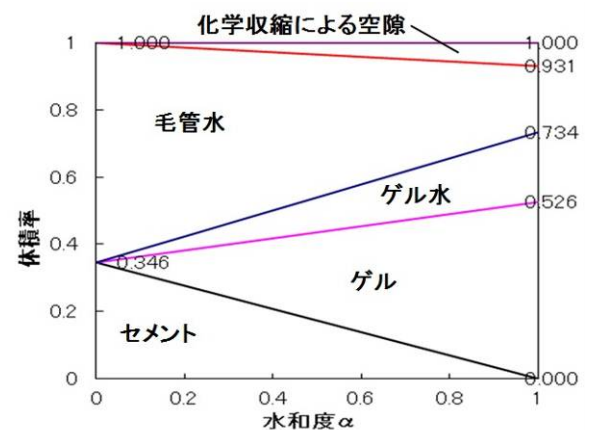


図-4 Powers モデルによる水和度と内部構成相との関係(W/C=60%)