

コルゲートチューブ法による膨張材の硬化過程の長さ変化

Study on change in the length of expansion in material curing process of corrugated tube method.

苫小牧工業高等専門学校 ○学生員 岡田朋貴 (Tomoki Okada)
苫小牧工業高等専門学校 正 員 渡辺暁央 (Akio Watanabe)
苫小牧工業高等専門学校 正 員 土門寛幸 (Hiroyuki Domon)

1. 初めに

コンクリートを打設すると、コンクリートの体積に収縮が発生し、収縮によりコンクリートにひび割れが生じることがある。そこで、コンクリートの収縮を抑えるためにコンクリートの打設時に混和材の一種である膨張材を混ぜ、収縮を抑制する対策を行うことがある。膨張材による体積変化の評価は、JIS A6202 の拘束膨張性試験に基づき評価される。この試験は、拘束棒を設置した長方形型枠にモルタルあるいはコンクリートを打設し、材齢1日の脱型後を基準に拘束棒の長さ変化を測定する試験である。膨張材の基本的な考え方として、拘束環境下でを使用すること、および硬化後の収縮によるひび割れを抑制することに主眼が置かれているため、このような試験方法を採用していると考えられる。一方、膨張材は、酸化カルシウム等を主材料とし、水酸化カルシウムやエトリンガイトの生成により、膨張を発生させている。そのため、原理的には練り混ぜ直後から反応が発生し、硬化過程においても膨張作用が発生している。この硬化過程の体積変化については、ひび割れの発生にはあまり影響しないため、あまり検討はされていない。しかし、硬化過程における膨張作用は、打設時の沈下ひび割れの防止やハンチ部の仕上りの良さなどに影響を与えるため、全く無意味なものではないと考えられる。

本研究では、膨張材を使用したモルタルについて、打設から硬化までの過程における体積変化について検討することを目的とする。硬化過程の体積変化を測定する方法として、ASTM C1698 に準じたコルゲートチューブを用いたモルタルの長さ変化試験を行った。この試験は低水セメント比のセメントペーストあるいはモルタルの自己収縮を測定することを目的とした試験である。凝結終了後の長さを基準として、ダイヤルゲージを使用して収縮量を測定するものである。この試験装置を改良し、レーザー変位計による自動計測を行うことにより、フレッシュ時からの硬化過程を評価することが可能である¹⁾。また、密閉環境下にあるセメントペーストあるいはモルタルの長さ変化を測定するため、純粋に水和反応による体積変化を評価することができる。この試験装置を膨張材混入モルタルに適用して、膨張材の置換量の相違による硬化過程の長さ変化を測定し、初期の体積変化について考察する。

2. 実験概要

使用材料は、普通ポルトランドセメント（密度：

3.16g/cm³）、水酸化カルシウム生成型の低添加型膨張材および標準砂を使用した。JIS R5201 のセメント強さ試験に基づき、水セメント比が 50%、セメント：砂比が 1:3 のモルタルを基準に、セメント質量に対して、0～10%の範囲で膨張材を置換したモルタルを作製した。配合を表-1 に示す。

ASTM C1698 に準じて、直径約 30mm、長さ約 425 mm 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、振動を加えながらモルタルを上部から注ぎ込んだ。その後、コルゲートチューブにテフロン製の栓をして長さ変化測定用の供試体とし、これを 20℃の恒温室内で写真-1 に示すように 30° の角度に固定した台に設置した。レーザー変位計とデータロガーを用いて、打設日は 30 分おきに長さ変化の測定を行った。

表-1 モルタルの配合表

置換率	W/C	水	セメント	膨張材	標準砂
(%)	(%)	(g)	(g)	(g)	(g)
0	50	225	450	0	1350
2			441	9	
4			432	18	
6			423	27	
8			414	36	
10			405	45	



写真-1 コルゲートチューブ法による長さ変化試験

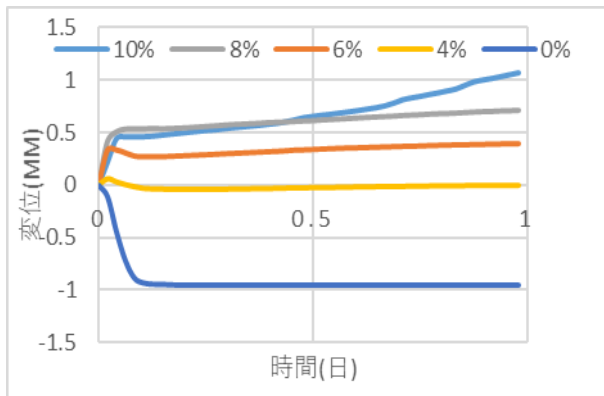


図-1 長さ変化試験の結果

3. 結果および考察

長さ変化試験の結果を図-1 に示す。膨張材を混入しない標準モルタル（0%）は、打設後から 3 時間程度まで急激な収縮を示す。既往の研究により、自己収縮が発生しない水セメント比が 40%程度以上の配合の初期収縮は、打設から終結までの間のフレッシュ時に発生することが分かっている²⁾。この収縮は、建設現場で沈下ひび割れの要因となる収縮であると推定され、硬化過程における大きな収縮（沈下）として現場技術者の間で認識される現象と合致している。本研究で使用している水セメント比が 50%のような高水セメント比の配合では、凝結終了後の長さ変化は発生していない。

膨張材を置換したモルタルは、標準モルタル（0%）で発生した打設直後の収縮が抑制され、膨張挙動を示す。置換率 4%では、収縮と膨張のバランスがとれており、ほとんど長さ変化が発生していない。打設後 1 時間程度若干の膨張を示した後、打設後 3 時間程度までの間にその膨張量と同程度の収縮を示し、その後長さ変化が発生していない。

置換率が 6%では、打設後 1 時間程度急激な膨張を示し、その後置換率 4%と同様に若干の収縮を示す。この収縮は打設後 3 時間程度で終了し、その後緩やかな膨張が継続する。

置換率が 8%では、置換率 6%と同様に打設後 1 時間程度急激な膨張を示す。また、この初期の膨張量は 6%と比較して大きくなっている。一方、置換率 4%および 6%で確認された打設後 1～3 時間の間の収縮は確認されず、初期の急激な膨張が終了すると、その後継続的な緩やかな膨張挙動へと変化する。

置換率が 10%になると、初期の急激な膨張量は置換率 8%と同程度であるが、1 時間以降の膨張量は置換率 6%および 8%と比較して大きくなる傾向を示している。置換率 6%および 8%の 3～24 時間の膨張量が 0.2mm 程度に対して、置換率 10%は 0.7mm 程度になっており、初期の 1 時間までに発生する 0.5mm 程度の急激な膨張量を超える長さ変化になっている。

以上の結果からフレッシュ時から硬化過程において発生している反応について考察する。膨張材を添加してい

ない標準モルタルでは、凝結終了までの約 3 時間の間に、活発な水和反応による大きな収縮が発生していると推定される。膨張材を混入すると、膨張材の主成分である酸化カルシウムと水の反応が 1 時間程度発生するようであり、この反応による膨張量は置換率 4%程度で、セメントの水和反応による収縮量を相殺するようである。これより置換量が多くなると、セメントの水和反応による収縮量を超える膨張挙動が発生する。しかし、急激な膨張挙動は 1 時間程度であるため、凝結終了までの 3 時間程度までの間、セメントの水和反応による収縮が卓越し、若干の収縮が確認されることもあったと考えられる。一方で初期の膨張は、置換率に比例して増加するわけではなく、8%程度で頭打ちになっており、置換率を増加させると 1 時間以降の膨張挙動が大きくなるようであり、置換率をさらに増加させた配合でデータを蓄積して検討する必要性が認められる。

4. まとめ

本研究は、ASTM C1698 に準じたコルゲートチューブを用いた長さ変化試験を膨張材混入モルタルに適用して、フレッシュ時から硬化過程における体積変化を評価した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 膨張材を使用していない標準モルタルは、打設後から数時間の間、急激な収縮を示す。
- (2) 膨張材置換率が 4%のモルタルは、ほとんど長さ変化が発生せず、収縮と膨張のバランスがとれている。
- (3) 膨張材置換率が 6%以上になると、打設後 1 時間程度急激な膨張を示し、その後 3 時間程度まで若干の収縮が認められるケースもあるが、基本的には緩やかな膨張が継続する。
- (4) 膨張材置換率が 10%になると初期の 1 時間の急激な膨張が終了した後の継続的な膨張量が、置換率 6%および 8%と比較して大きくなる傾向を示す。

参考文献

- 1) 上村清志，廣川一巳，渡辺暁央：焼成ホッキ貝殻粉末を混入したモルタルの初期膨張特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.34, No.1, pp.556-561, 2012
- 2) 渡辺暁央，近藤崇，廣川一巳：水セメント比が異なるセメントペーストのフレッシュ時の収縮現象に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.37, No.1, pp.547-552, 2015