

論文

床版用補修材の長さ変化試験方法に関する検討

杉野雄亮*, 和田吉憲**, 渡邊晋也***, 佐竹紳也*, 大久保藤和*

* 太平洋マテリアル株式会社 (〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2)

** 株式会社高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)

*** 一般社団法人施工技術総合研究所 (〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

RC 床版補修部の再損傷の原因として、補修材のひび割れや床版との界面剥離が推定され、耐久性を確保するために、ひび割れが生じ難い材料が望ましい。しかし、従来の長さ変化試験では、基長以前の長さ変化を把握できず、速硬性材料では過小評価になり、危険側の評価となり得る可能性がある。そこで本論文では、補修材の長さ変化率を、材齢初期を基長とする試験方法により測定した。その結果、同材齢における長さ変化率は、その測定方法や供試体寸法によって異なり、乾燥条件や温度履歴が影響すると考えられた。また、材齢 28 日時点で、薄板の長さ変化率が他試験方法による長さ変化率よりも収縮側に最も大きく、安全側の評価ができると考えられた。

キーワード：寸法安定性，長さ変化試験，補修材，RC 床版

1. はじめに

RC 床版の劣化は、疲労、塩害および凍害等の劣化要因により床版上面のコンクリートの砂利化が進行し、アスファルト舗装部が陥没することにより顕在化する。一般に、劣化部は速硬性を有する補修材により断面修復されるが、補修した箇所が比較的短期間のうちに再損傷する事例が報告されている¹⁾。RC 床版の再損傷の原因のひとつに、補修材の収縮に伴うひび割れおよび既設床版との界面剥離が推定され、さらに、ひび割れからの水の浸透により、RC 床版や補修材の劣化が促進すると考えられる。したがって、補修材の耐久性を確保するためには、寸法安定性の高い材料であることが望ましい。

寸法安定性は、長さ変化により評価され、一般的な試

験方法として、JISA 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」が挙げられる。しかしながら、この試験方法は、材齢 7 日を基長とするため、速硬性を有する材料では、基長以前に収縮が進み、危険側の評価となる可能性がある。そこで、本論文では、測定方法や供試体寸法の異なる試験を行い、同材齢における長さ変化率を比較し、最も安全側の評価となり得る長さ変化試験方法について検討した結果を報告する。

2. 試験概要

2.1 配合

使用材料を表-1 に示す。使用した材料は、すべて速硬性を有しており、道路橋床版の補修に用いられるもの

表-1 使用材料

名称	練混ぜおよびフレッシュ性状	始発 (分)	終結 (分)	圧縮強度 (N/mm ²)		
				2 時間	4 時間	28 日
ゴムラテックス混入 超速硬ポリマーセメントモルタル	傾胴式ミキサにて練混ぜ スランブ (cm) : 13.0	43	51	26.1	33.4	47.0
「超速硬型」無収縮モルタル	ハンドミキサにて練混ぜ J ₁₄ ロート流下値 (s) : 6.3	37	38	24.2	25.4	62.0
超速硬コンクリート	強制練りミキサにて練混ぜ スランブ (cm) : 6.0	41	43	47.0	48.6	69.4

から選択した。いずれも1時間以内に終結し、材齢2時間で強度が発現する材料である。

2.2 試験方法

各試験方法を以下に示す。長さ変化試験は、温度20℃、相対湿度60%の環境にて行った。なお、材齢2時間で脱型し、養生方法はすべて気中養生とした。

(1) コンタクトゲージ方法による長さ変化試験

コンタクトゲージ方法による長さ変化試験は、JIS A 1129-2「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」を参考とし、ホイットモア式ひずみゲージによる測定を行った。供試体の寸法は、100×100×400mmである。ただし、長さ変化は、材齢2時間を基長および材齢7日を基長とした2パターンとし、材齢35日まで測定した。また、供試体の質量は材齢28日まで測定した。

(2) 薄板の長さ変化試験

薄板の供試体を写真-1に示す。供試体の寸法は、1000×50×10mmであり、底面に厚さ1.0mmの鋼製ボードを埋設した。この鋼製ボードにより、供試体下面の水平方向の動きが拘束され、材料が膨張・収縮するとき、供試体上下面の長さに差が生じ、供試体両端に反りが発生する。供試体両端部の反りが中心部より上方にある場合を収縮反りとし、供試体両端部の反りが中心部より下方にある場合を膨張反りと判別した。供試体の厚さ(d)、供試体のたわみ(h)は、打設直後を基長とし、材齢28日まで測定した。長さ変化率の算出方法を式(1)に示す。なお、式(1)は、供試体のたわみが供試体の長さに対して十分小さいときに成立する。超速硬コンクリート(以下、コンクリート)は、粗骨材の粒径が10mm以上あり、供試体の寸法精度に影響するため、材料を練り混ぜた後、ウェットスクリーニングにより粗骨材を取り除いて打設した。また、供試体の重量は、材齢2時間から材齢28日まで測定した。

$$\varepsilon = \frac{b_0 - b_1}{b_0} = \frac{dh}{125000} \quad \text{式(1)}$$

ε：長さ変化率 (×10⁻⁶)

b₀：供試体下面の長さ (1000mm)

b₁：供試体上面の長さ (mm)

d：供試体の厚さ (mm)

h：供試体のたわみ (mm)

(3) 埋め込み式ひずみゲージによる長さ変化試験

埋め込み式ひずみゲージによる長さ変化率の測定は、「(参考) 高流動コンクリートの自己収縮試験方法」を参考とし、100×100×400mmの角柱供試体中央部に埋め込

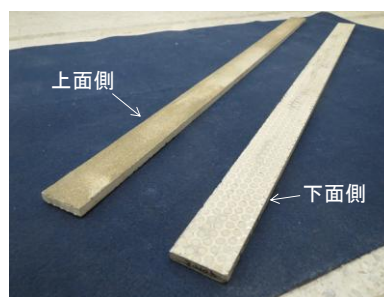


写真-1 薄板の供試体

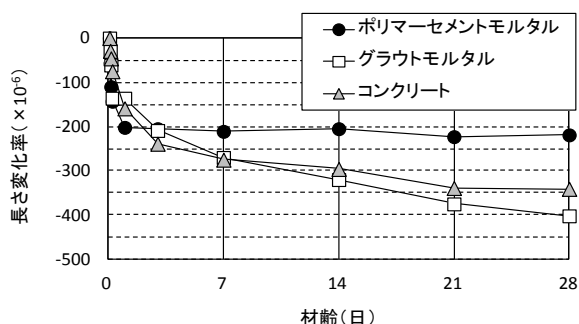


図-1 コンタクトゲージ方法の長さ変化率 (材齢2時間を基長とする)

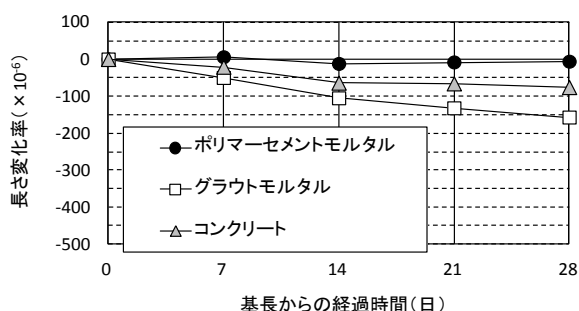


図-2 コンタクトゲージ方法の長さ変化率 (材齢7日を基長とする)

み式ひずみゲージを埋設して行った。ただし、供試体は材齢2時間で脱型し、供試体に被覆は施していない。長さ変化は、始発を基長とし、材齢28日まで測定した。なお、ひずみの算出において、測定データに供試体の温度補正は加えていない。また、供試体中心部の温度を材齢28日まで測定した。

3. 試験結果

3.1 長さ変化率

材齢2時間を基長とする場合のコンタクトゲージ方法による長さ変化試験の結果を図-1に示す。「超速硬型」無収縮モルタル(以下、グラウトモルタル)およびコンクリートは、材齢28日まで収縮が続き、材齢28日以降も、さらに収縮すると考えられる。一方、ゴムラテック

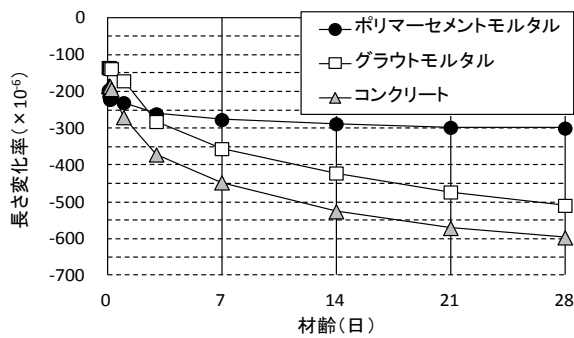


図-3 薄板の長さ変化率

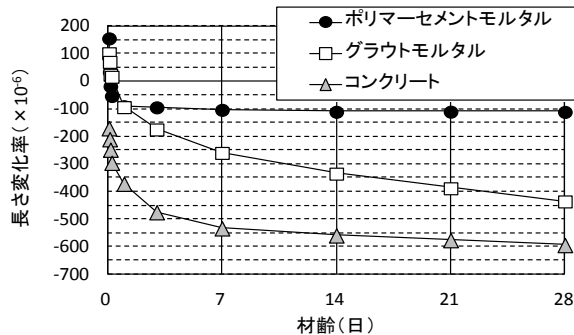


図-4 埋め込み式ひずみゲージの長さ変化率

ス混入超速硬ポリマーセメントモルタル（以下、ポリマーセメントモルタル）は、材齢 1 日以降、ほとんど収縮していないことが分かる。また、基長を材齢 7 日とする場合の長さ変化率を図-2 に示す。材齢 7 日を基長とする長さ変化率は、基長以前の長さ変化が含まれていないため、材齢 2 時間を基長とする長さ変化率に比べて小さい。すなわち、材齢 7 日を基長とする長さ変化率の方が、危険側の評価となることが考えられる。

薄板の長さ変化試験の結果を図-3 に示す。グラウトモルタルおよびコンクリートは、材齢 28 日まで収縮が続いており、材齢 28 日以降も収縮すると考えられる。一方、ポリマーセメントモルタルは、材齢 7 日以降、ほとんど収縮していないことが分かる。

埋め込み式ひずみゲージによる長さ変化試験の結果を図-4 に示す。始発を基長とした場合、ポリマーセメントモルタルおよびグラウトモルタルは、材齢 2 時間で長さ変化率が膨張側に推移する。材齢初期の長さ変化は、供試体の硬化反応による温度上昇と材料の膨張・収縮に伴う長さ変化が混在しており、基長とする材齢や材料の種類によって、膨張を示すことも考えられる。しかしながら、硬化直後の線膨張係数は材齢の経過とともに大きく変化していくため、両者を判別することが難しいと考えられる。

3.2 質量変化率

薄板およびコンタクトゲージ供試体の質量変化率を図-5 および図-6 に示す。薄板およびコンタクトゲ

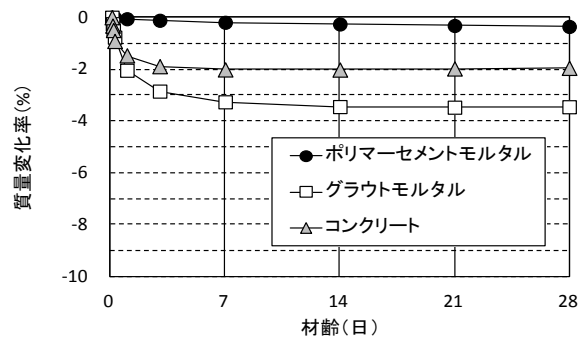


図-5 薄板供試体の質量変化率

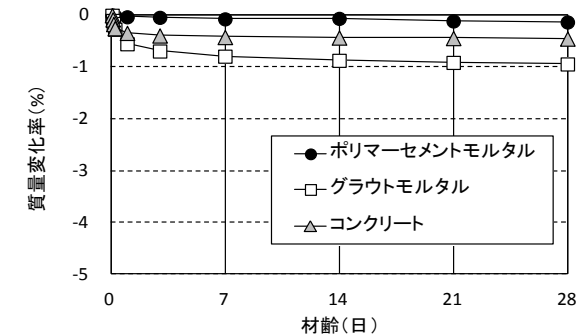


図-6 コンタクトゲージ供試体の質量変化率

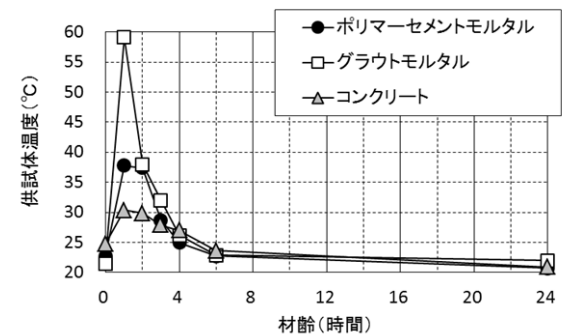


図-7 埋め込み式ひずみゲージの供試体温度

ジの長さ変化試験方法において、ポリマーセメントモルタルの質量変化率は、グラウトモルタルおよびコンクリートよりも小さい。なお、いずれの材料も、薄板供試体の質量変化率は、コンタクトゲージ供試体の質量変化率に比べ、大きいことが分かる。供試体の体積あたりの表面積の比率を算出すると、薄板供試体が 0.24 に対し、コンタクトゲージ供試体は 0.05 である。つまり、薄板供試体の方が、より乾燥しやすい供試体形状であると考えられる。床版の施工環境は、体積あたりの表面積が大きくなり、乾燥しやすい条件であると考えられるため、薄板の長さ変化試験は、補修材の寸法安定性をより安全側に評価できる可能性が高い。

3.3 供試体温度

埋め込み式ひずみゲージにより測定した、供試体内部の温度を図-7 に示す。埋め込み式ひずみゲージによる

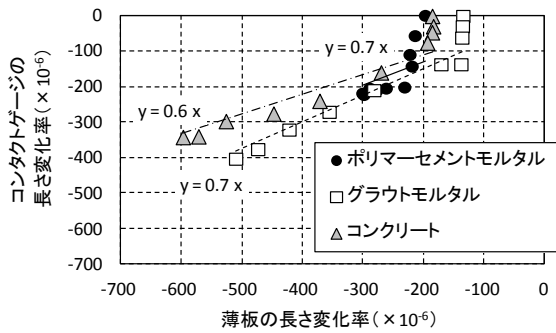


図-8 同材齢におけるコンタクトゲージ方法と薄板の長さ変化率

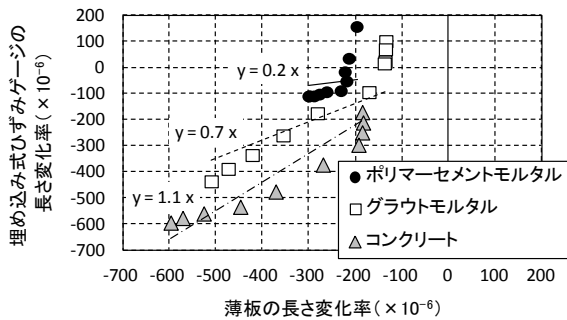


図-9 同材齢における埋め込み式ひずみゲージと薄板の長さ変化率

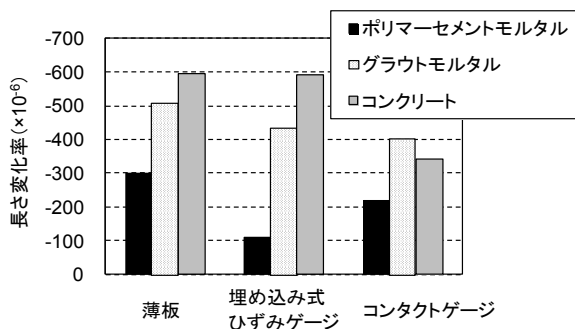


図-10 材齢28日の長さ変化率

長さ変化試験の供試体形状は、薄板の供試体よりも体積あたりの表面積が小さく、供試体表面からの放熱量が少ないため、材料温度が上昇しやすいと考えられる。床版の施工環境を想定した場合、体積あたりの表面積が小さいと、材料の温度履歴に乖離が生じ、実環境に即した長さ変化率を把握できないことが懸念される。なお、コンタクトゲージ方法による長さ変化試験においても、供試体サイズが同じであり、同様の傾向を示すと考えられる。

3.4 長さ変化試験方法の比較

同材齢におけるコンタクトゲージ方法と薄板の長さ変化率を図-8に示す。また、切片を0とする直線を近似し、その数式を図中に併せて示す。直線の傾きが1に

近いほど、両測定結果の相関が高いことを表している。近似直線の傾きは、いずれの材料においても同程度であり、材料による相関性の違いは認められない。また、近似直線の傾きから、測定値を平均すると、コンタクトゲージの長さ変化率は、薄板の長さ変化率の0.6~0.7倍となる。したがって、コンタクトゲージと薄板の長さ変化率には差異があり、コンタクトゲージの方が危険側の評価となると考えられる。

同材齢における埋め込み式ひずみゲージと薄板の長さ変化率を図-9に示す。また、切片を0とする直線を近似した数式を図中に併せて示す。コンクリートの場合、近似直線の傾きが1.1であり、測定値を平均して、埋め込み式ひずみゲージと薄板の長さ変化率には、概ね相関が認められる。一方、ポリマーセメントモルタルおよびグラウトモルタルの近似直線の傾きは1より小さく、測定値を平均したとき、埋め込み式ひずみゲージの長さ変化率の方が危険側の評価となると考えられる。

材齢28日の長さ変化率を図-10に示す。コンクリートの場合、長さ変化率は、薄板および埋め込み式ひずみゲージによる試験方法にて同等であり、コンタクトゲージ方法による長さ変化率はそれよりも収縮側に小さい。また、グラウトモルタルの場合、薄板、埋め込み式ひずみゲージ、コンタクトゲージによる試験方法の順に、長さ変化率が収縮側に大きい。一方、ポリマーセメントモルタルでは、薄板、コンタクトゲージ、埋め込み式ひずみゲージによる方法の順に、長さ変化率が収縮側に大きいことが分かる。したがって、いずれの材料においても、材齢28日の薄板の長さ変化率が収縮側に最大であり、薄板の長さ変化率試験は、最も安全側の評価であると考えられる。今後、薄板の厚さをパラメータとしたデータを拡充し、供試体の乾燥条件や温度履歴が長さ変化に及ぼす影響をより詳細に検討したいと考えている。

4. まとめ

本検討で得られた知見を以下に示す。

- (1) 長さ変化率は、その測定方法や供試体寸法により異なる。試験方法により長さ変化率が異なる原因として、供試体の乾燥条件や温度履歴の違いが影響していると考えられる。
- (2) いずれの材料も、薄板の長さ変化率が収縮側に最も大きく、薄板の長さ変化試験は、材齢28日時点において、安全側の評価ができると考えられる。

参考文献

- 1) 後藤昭彦:既設コンクリート床版における上面部分補修部の変状要因に関する一考察, 土木学会第67回年次学術講演会, pp.545-546, 2012.