

ラテックス改質速硬コンクリートの自己収縮特性評価

太平洋セメント(株) 正会員 ○ 井口 舞 兵頭 彦次
太平洋マテリアル(株) 正会員 郭 度連 山中 幸俊

1.はじめに

ラテックス改質速硬コンクリート(以下、LMFC と称す)は、速硬コンクリートに SBR(スチレン・ブタジエンゴム)ラテックスを組み合わせたものであり、早期の強度発現を保持しつつ、物質浸透抵抗性や付着性などの向上を図ったものである。そのため、早期交通解放が求められる道路構造物の補修材への適用が検討されている。

補修材は、既設コンクリートと一体化することが重要である。したがって、補修材には高い寸法安定性が求められる。これまで、LMFC の乾燥収縮が普通コンクリートよりも大幅に小さいことを報告した¹⁾。これは、ラテックスが硬化にともなってフィルムを形成し、外部への水分逸散を抑制したことが主要因と考えられた。一方、LMFC は、水結合材比が小さい。そのため、水分逸散がなくても、セメントの水和にともなって内部乾燥が生じ、自己収縮が顕在化する可能性がある。

本検討では、LMFC の自己収縮・自己収縮応力試験を実施し、寸法安定性、ひび割れ抵抗性について評価を行った。

2.実験概要

2.1 コンクリートの使用材料・配合

表-1 に、コンクリートの使用材料を示す。上水道水、普通ポルトランドセメント、山砂、砕石 2005、高性能 AE 減水剤、カルシウムアルミネート系の速硬性混和材、硬化調整剤、SBR 系のラテックス(固形分 45%)を使用した。

表-2 に、コンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの性状を示す。コンクリートの種類は、LMFC および比較用の高強度コンクリート(以下、HSC と称す)の 2 種類とした。LMFC の水およびラテックスの総量(W+L)と、セメントおよび速硬性混和材の総量の比(C+F)を水結合材比とすると 36%になる。HSC の水セメント比(W/C)はこれに一致させた。速硬性混和材および硬化調整剤は、コンクリートに対して外割りで使用した。

2.2 試験項目・方法

表-3 に、試験項目および方法を示す。凝結、圧縮強度、静弾性係数、引張強度はそれぞれ JIS 試験方法に準じた。供

試体は、所定材齢まで型枠内に存置および打込み面を封緘した。自己収縮ひずみおよび自己収縮応力は、JCI 自己収縮委員会試験方法(案)(JCI-SQA4, JCI-SQA5)に準じた。自己収縮ひずみの計測は、埋込み型ひずみ計を使用した。いずれの供試体も、20℃恒温室で保管した。

3.実験結果

3.1 力学特性

図-1 に、圧縮強度、静弾性係数、引張強度の発現性を示す。LMFC の圧縮強度は、材齢 0.25 日(6 時間)で 15N/mm²程度、材齢 1 日で 50 N/mm²程度発現しており、速硬性が確認された。HSC の圧縮強度は、LMFC の圧縮強度と材齢 7 日ではほぼ一致、材齢 28 日でやや上回る結果であった。静弾性係数の発現挙動は、圧縮強度と同様であった。引張強度は、材齢によらず LMFC が HSC を上回った。これは、形成されたフィルムの引張特性に起因すると考えられる。

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	種類
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント
細骨材	S	山砂
粗骨材	G	砕石 2005
化学混和剤	Ad	高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系)
速硬性混和材	F	カルシウムアルミネート系
硬化調整剤	Re	オキシカルボン酸系
ラテックス	L	SBR 系(固形分 45%)

表-2 コンクリートの配合

種類	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)						外割 ³⁾ (kg/m ³)		フレッシュコンクリートの性状	
		W	L	C	S	G	Ad ²⁾	F	Re	スランプ (cm)	Air (%)
LMFC	36 ¹⁾	54	120	336	833	927	—	144	3.36	19.0	2.1
HSC	36	174	—	480	774	866	3.35	—	—	46 ⁴⁾	1.1

1)LMFC の W/B は(W+L)/(C+F)、2)化学混和剤 Ad は単位水量 W の一部、3)混和材 F・硬化調整剤 Re はコンクリートに対し外割りで使用、4)HSC はスランプロー値。

表-3 試験項目・方法

試験項目	方法
凝結試験	JIS A 1147
圧縮強度	JIS A 1108, 供試体寸法: φ100×200mm
引張強度	JIS A 1113, 供試体寸法: φ100×200mm
静弾性係数	JIS A 1149, 供試体寸法: φ100×200mm
自己収縮ひずみ	JCI-SQA4, 供試体寸法: 100×100×400mm
自己収縮応力	JCI-SQA5, 供試体寸法: 100×100×1500mm, 鉄筋の呼び名: D32, 鉄筋比(公称鉄筋断面積/コンクリート純断面積): 8.6%

キーワード 速硬コンクリート, ラテックス, 自己収縮, 自己収縮応力, ひび割れ抵抗性

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント株式会社 中央研究所 TEL:043-498-3852

3.2 自己収縮ひずみ

図-2 に、自己収縮ひずみの発現挙動を示す。なお、ひずみの起点は、凝結の始発(LMFC : 0.15 日, HSC : 0.26 日)とした。LMFC は、凝結後ただちに 50μ 程度の収縮ひずみを発現した。これは、速硬性材料であるため、初期の急速な水和反応によって内部が急激に乾燥したと考えられる。その後、カルシウムアルミネート系の速硬性混和材の反応と自己収縮の兼ね合いと思われるひずみの微増減を繰り返した。材齢2日ごろからLMFCは、緩やかな膨張ひずみを生じた。材齢28日の自己収縮ひずみは、HSCが -120μ 程度であるのに対し、LMFCは 20μ 程度膨張しており、LMFCは水結合材比が小さいにもかかわらず、高い寸法安定性が確認された。

LMFCの自己収縮が小さい理由は、フィルム形成によって空隙の連続性が変化したことが考えられる。すなわち、自己収縮は、セメントの水和反応によって水が消費され、空隙水が大きな細孔から小さな細孔へ移動し、内部が乾燥することがそのメカニズムと考えられている。一方、LMFCは、小径の連続空隙が顕著に減少することが確認されている²⁾。そのため、LMFCでは大径から小径への空隙水の移動が制限され、内部乾燥が進行しなかったものと考えられる。

3.3 自己収縮応力

図-3 に、自己収縮応力の発現挙動を示す。自己収縮応力は、力のつり合いとひずみ測定位置における変位の適合を仮定し、鉄筋ひずみの測定値からコンクリート応力を算出した。LMFCは、材齢0.2~0.3日ごろから応力を発現した。前述したように、LMFCは、凝結直後から自己収縮ひずみが急増したが、ごく初期は、ヤング係数をはじめとする強度特性の発現が小さい期間であるため、応力導入にはほとんど影響しなかったと考えられる。それ以降は、自己収縮ひずみと同様の挙動を示した。材齢28日の自己収縮応力は、HSCの場合 1N/mm^2 程度の引張応力が、LMFCの場合 -0.1N/mm^2 程度の圧縮応力がコンクリート断面に生じた。

図-4 に、各材齢での自己収縮応力 σ_c と引張強度 f_t の比(応力強度比 σ_c/f_t)を示す。低自己収縮かつ高引張強度の特性が相まって、LMFCの応力強度比は小さく、ひび割れ抵抗性に優れることが確認された。

4.まとめ

本検討ではラテックス改質速硬コンクリートの自己収縮ひずみ・応力を測定し、寸法安定性、ひび割れ抵抗性について評価した。その結果、同じ水結合材比の高強度コンクリートと比べて自己収縮が極めて小さく、高い引張強度特性と相まって、ひび割れ抵抗性に優れることが確認された。

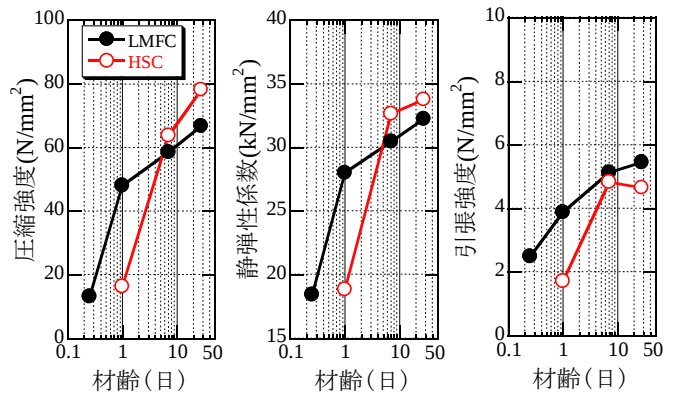


図-1 コンクリートの力学特性

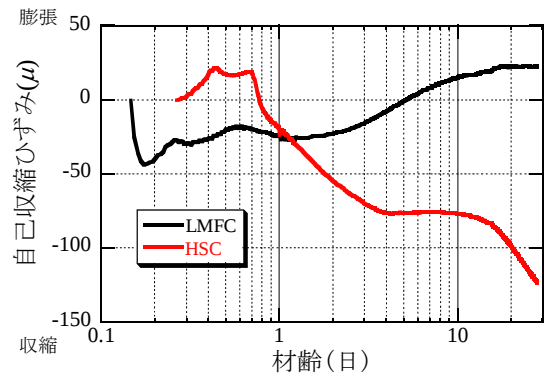


図-2 自己収縮ひずみ

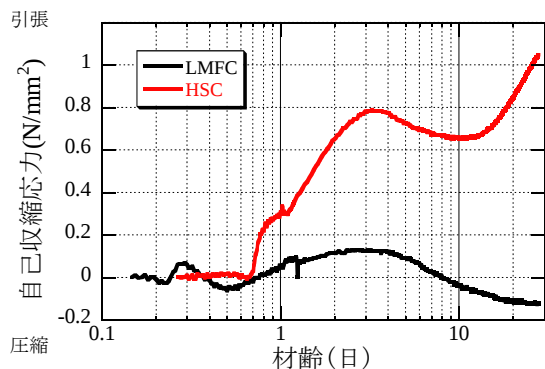


図-3 自己収縮応力

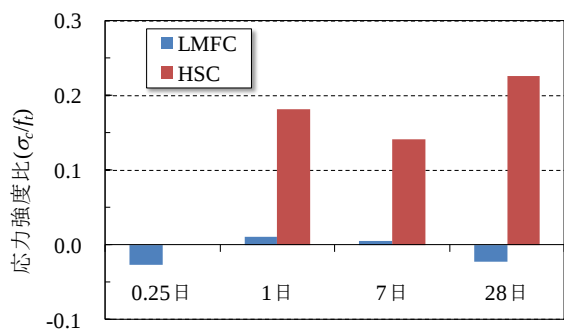


図-4 自己収縮応力と引張強度の比

参考文献

- 1) 郭 度連ほか：ラテックス改質速硬コンクリートの基礎物性と耐久性能に関する基礎的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No.1，pp.1939-1945，2015.7
- 2) 李 春鶴ほか：異なるラテックス添加量がラテックス改質速硬コンクリートの耐久性および細孔構造に及ぼす影響，第70回セメント技術大会講演概要集，2016(投稿中)