

報告

ラテックス改質速硬コンクリートを用いた 橋面コンクリート舗装の供用性評価

小島克仁*, 岸良竜**, 岡田明也***, 長塩靖祐****, 河野克哉**

* 太平洋セメント（株）中央研究所（〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2）

** 博士（工学），太平洋セメント（株）中央研究所（〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2）

*** 修士（工学），太平洋セメント（株）中央研究所（〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2）

**** 博士（工学），太平洋マテリアル（株）開発研究所（〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2）

ラテックス改質速硬コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装の供用性を評価することを目的に、実橋の既設の鉄筋コンクリート床版において試験施工を実施し、供用 4 年目までの現地調査を行った。供用 4 年時点において、平坦性やわだち掘れは供用直後からの大きな変化は確認されなかった。また、すべり抵抗性は、維持修繕の要否判断の目標値を満足していた。橋面コンクリート舗装と床版間に浮きや剥離は認められず、水や空気の浸透に対しても高い抵抗性を維持していた。

キーワード：ラテックス改質速硬コンクリート，橋面コンクリート舗装，物質浸透抵抗性，供用性

1. はじめに

我が国の道路橋の多くは、高度経済成長期に建設され、10 年後には 50% 以上が建設後 50 年を迎えることから、今後、急速に老朽化が進むことが懸念されている。道路橋を構成する部材のうち鉄筋コンクリート床版（以下、RC 床版）は、交通荷重が直接作用する部材である。これまで RC 床版の劣化は、交通荷重の繰返し作用による疲労が主要な劣化とされていた。しかしながら近年では、凍害や凍結防止剤の散布による塩害などの材料劣化と疲労の複合作用による RC 床版の早期の劣化が問題となっている²⁾。そのため、RC 床版の長寿命化を図るには、力学的な性能の改善に加え、水や凍結防止剤などの劣化因子の侵入を防止することが重要となる。

我が国では RC 床版上の舗装は、アスファルト舗装とすることが一般的である。一方、RC 床版上にコンクリート舗装を適用し、RC 床版と一体化させた場合は、実質的な増厚効果により構造的な補強効果が期待できる。また、物質浸透抵抗性の高いコンクリートを用いることで、劣化因子からの RC 床版の保護機能も期待できる。なお、既設 RC 床版上に適用する場合は、橋面舗装に用いるコンクリートには早期交通開放性、寸法安定性、付着性などが要求される。

このような要求に対して、ラテックス改質コンクリートと速硬性混和材を組み合わせたテックス改質速硬コンクリート（以下、LMC）³⁾が検討されている。LMC は、

スチレン・ブタジエンゴムラテックスを使用したポリマーセメントコンクリートである。LMC は、通常のコンクリートと比較して寸法安定性、付着性および物質浸透抵抗性が高く、既設 RC 床版との一体化や凍結防止剤などの劣化因子に対する浸透抵抗性に優れている。また、速硬性の混和材を用いることにより、材齢 6 時間での交通開放強度の発現が可能である。これまで国内において、LMC を RC 床版上の橋面コンクリート舗装に適用した報告はなく、その有効性は明らかとされていない。そこで筆者らは、2017 年に実橋の RC 床版において試験施工を行い、施工性ならびに供用 1 年までの供用性を確認した結果を報告した⁴⁾。

本報では、供用 4 年が経過した時点での路面性状などの調査を行い、供用性の評価を行った結果を報告する。

2. 試験施工の概要⁴⁾

2.1 対象橋梁

試験施工の対象とした橋梁は、北海道北斗市市街地と峯山鉾山をつなぐ市道にある宗山川 3 号橋（供用開始 1993 年、橋長 29.3m、有効幅員 7.5m、橋面積 220m²）である。試験施工前の既設 RC 床版は、点検による判定区分は「I」であり、道路橋床版としての機能に支障は生じていない状態であった。一方、RC 床版上のアスファルト舗装は、積雪寒冷地に位置し、さらに鉾山から骨材を積載した大型車両が頻りに往来することから、舗装にひ

表-1 LMC の配合

施工 区画	W/C (%)	s/a (%)	単体量(kg/m ³)								フレッシュ性状			圧縮強度 (N/mm ²)
			W	L	C	F	S	G	Ad	Re	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度(°C)	
L側	48.3	45.0	63	120	378	167	799	980	1.9	0.654	19.0	2.5	11.0	32.0(材齢6h)
R側										0.545	22.0	3.2	4.5	

1) W:工業用水, L:ラテックス混和液, C:普通セメント, F:速硬性混和材, S:砕砂, G:砕石, Ad:AE減水剤, Re:硬化時間調整剤
 2)目標スランプ 16.0~22.0cm, 目標空気量 2.0±1.5%



写真-1 施工状況



写真-2 供用中の状況

表-2 調査項目および調査方法

調査項目	調査方法
平坦性	舗装調査・試験法便覧S28
わだち掘れ	舗装調査・試験法便覧S30
すべり抵抗性	舗装調査・試験法便覧S021-3
きめ深さ	舗装調査・試験法便覧S022-3
付着特性	打音検査, インパクトエコー法
圧縮強度	リバウンドハンマー (JISA 1155) により得られた反発度から算出
表面吸水速度	SWAT 法
表面透気係数	トレント法による表面透気試験

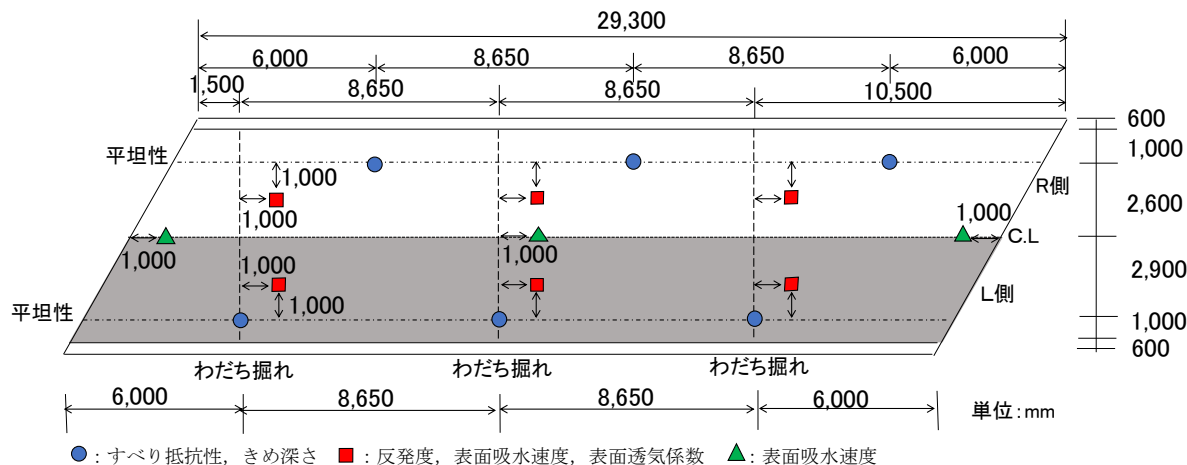


図-1 調査箇所

び割れやポットホールなどの損傷が生じ、補修を繰り返している状況であった。

2.2 LMC の概要

表-1 に LMC の配合を示す。圧縮強度の目標は材齢 6 時間で 24N/mm² 以上とし、施工時の外気温に応じて硬化時間調整剤 (Re) の使用量を調整した。品質試験の結果、フレッシュ性状ならびに圧縮強度は、いずれの施工区画においても目標値を満足した。

2.3 施工の概要

既設アスファルト舗装の厚さは平均 7cm であり、同じ厚さを LMC で打ち換えた。施工は 2017 年 11 月に実施した。LMC の打込みに先立ち、既設アスファルト舗装を撤去し、スチールショットブラスト (投射密度 150kg/m³) による下地処理を行った。接着剤の有無による既設 RC 床版と LMC の付着性の比較を目的に、L 側のみ既設 RC 床版上面にエポキシ樹脂系のプライマーおよび接着剤を全面に塗布した。施工中および供用前の目視調査では、LMC の施工時のプラスチック収縮ひび割れや硬化後

の収縮・温度ひび割れは確認されなかった。写真-1 に施工状況を、写真-2 に供用中の状況を示す。

3. 供用性調査

3.1 調査概要

表-2 に調査項目および調査方法を、図-1 に調査箇所を示す。舗装性能の評価として平坦性、わだち掘れ、すべり抵抗性およびきめ深さを測定した。また、既設 RC 床版との付着特性について、打音検査ならびにインパクトエコー法により評価を行った。測定は、1×2m 間隔で舗装表面の 90 箇所を測定した。LMC の強度特性として、反発度をリバウンドハンマーにて測定し、圧縮強度を推定した。物質浸透抵抗性の評価として、表面吸水試験および表面透気試験を実施した。測定においては、事前に舗装表面の含水率が 5.5%以下であることをコンクリート・モルタル水分計により確認した。なお、表面吸水試験は施工継目位置でも測定した。

3.2 調査結果

(1) 舗装性能

図-2 に舗装表面の縦断形状を、図-3 に舗装表面の横断形状の結果の一例を示す。供用前から供用 4 年にかけて縦断形状および横断形状に大きな変化は認められず、供用 4 年時点における平坦性は 3.52~5.38mm、わだち掘れは 2~4mm であった。

図-4 に 60km/h における動摩擦係数を示す。動摩擦係数は、供用前から供用 6 ヶ月にかけて大きく低下した後、緩やかに低下する傾向がみられた。図-5 にきめ深さを示す。図より、きめ深さは供用にもない概ね一定の割合の低下傾向にあることがわかる。すべり抵抗には路面のテクスチャが影響するとされ、テクスチャは路面波長に応じてマクロテクスチャ（路面波長 0.5~50mm）とマイクロテクスチャ（路面波長 0.5mm 以下）に分類されるが、CT メータで測定したきめ深さは主にマクロテクスチャの変化を表している⁹⁾。動摩擦係数の低下は、車両走行時のタイヤから受ける摩耗作用により、路面テクスチャが変化したことが一因と考えられる。供用 4 年時点の動摩擦係数は 0.25~0.26 となり、維持修繕の要否判断の目標値である動摩擦係数 0.25(60km/h)を満足していた。

(2) 付着特性

打音検査およびインパクトエコー法の結果、供用 4 年目においても浮きや剥離が発生していると考えられる箇所は確認されなかった。すなわち、供用 4 年経過後も LMC と既設 RC 床版との一体性は維持されていると判断できる。

(3) 強度特性

図-6 にリバウンドハンマーによる強度の推定結果を示す。なお、強度の推定には、高強度コンクリートも適用できるとされる式 (1)⁹⁾を用いた。

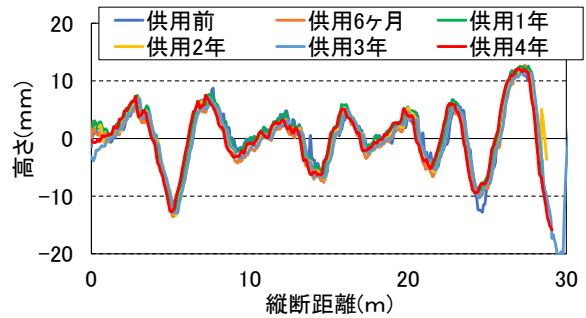


図-2 縦断形状 (L側)

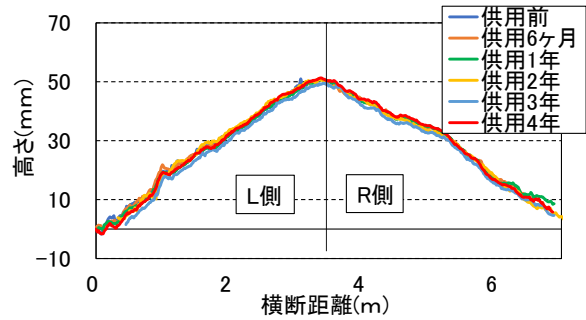


図-3 横断形状

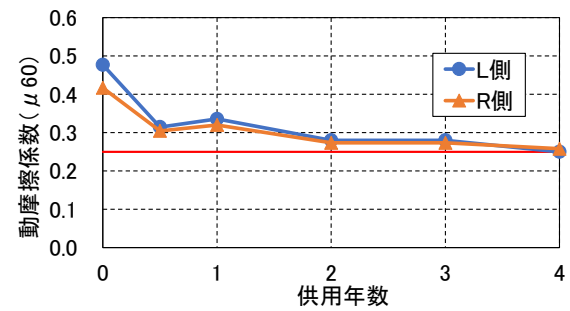


図-4 動摩擦係数

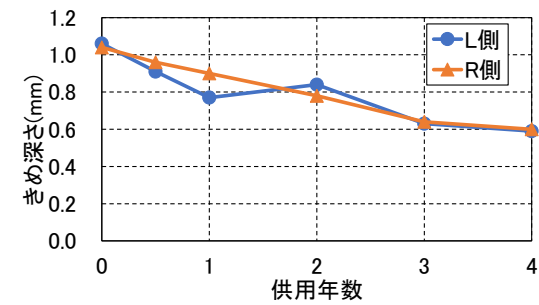


図-5 きめ深さ

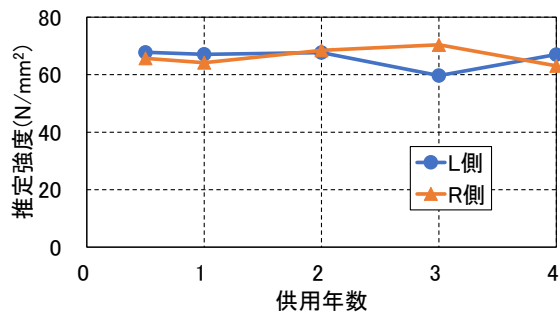


図-6 推定強度

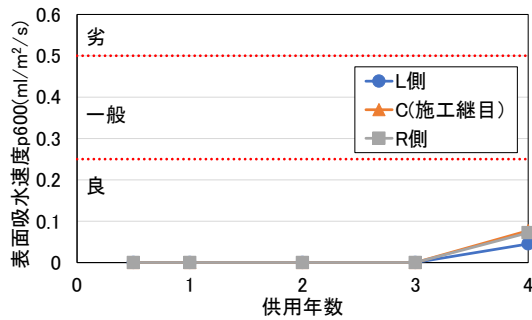


図-7 表面吸水速度

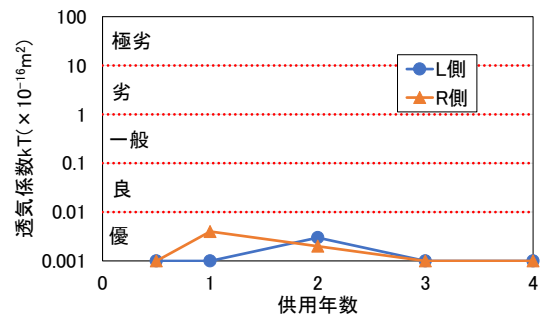


図-8 表面透気係数

表-3 表面吸水試験の判定基準⁷⁾

	良	一般	劣
P600(ml/m²/s)	0.25以下	0.25~0.5	0.5以上

表-4 表面透気試験の判定基準⁸⁾

	優	良	一般	劣	極劣
透気性グレード	1	2	3	4	5
kT(×10 ⁻¹⁶ m²)	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100

$$F=0.15+1.32 \times R \quad (1)$$

ここに、 F : 推定強度(N/mm²)、 R : 反発度、である。推定強度は、供用6ヶ月から供用4年目まで大きな変化はみられず、供用4年目における推定強度は、61.9~70.0N/mm²であった。

(4) 物質浸透抵抗性

図-7に表面吸水試験により得られた注水600秒の表面吸水速度を示す。供用3年まではいずれの測定箇所においても吸水は確認されなかったが、供用4年目で表面吸水速度0.036~0.103ml/m²/sの吸水が確認された。車両走行に伴い、路面の表層に微細なひび割れが生じ吸水に影響した可能性が考えられるものの、現時点では原因は明らかではない。表-3に表面吸水試験の判定基準⁷⁾を示すが、いずれの測定箇所も「良」(表面吸水速度: 0.25ml/m²/s以下)と判定され、表面の吸水の程度は僅かなものと考えられる。

図-8に表面透気係数を、表-4に表面透気試験の判定基準を示す。表面透気係数は供用6ヶ月からの大きな変化は確認されず、供用4年目における透気係数は0.001~0.003×10⁻¹⁶m²となった。表面透気係数は、いずれの測定箇所も評価基準⁸⁾の中で最も高い「優」(表面透気係数: 0.001~0.01×10⁻¹⁶m²)であった。これらの結果から、供用4年目においてもLMCは高い物質浸透抵抗性を維持していることを確認した。

4. まとめ

ラテックス改質速硬コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装の供用性を評価することを目的に、実橋のRC床版に試験施工を行い、供用4年目までの橋面コンクリート舗装の路面性状などの調査を実施した。本検討で得られた知見を以下に示す。

(1)平坦性やわだち掘れは、供用前から大きな変化は確認

されなかった。すべり抵抗性は、供用6ヶ月までに大きく低下した後、緩やかに低下する傾向を示したものの、道路維持修繕要綱で示されている維持修繕の要否判断の目標値を満足していた。

(2)打音検査より、浮きや剥離の発生はみられず、接着剤の有無に関わらずLMCと既設RC床版との一体性は良好であった。

(3)表面吸水試験ならびに表面透気試験より、LMCは高い物質浸透抵抗性を維持していることを確認した。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局: 道路メンテナンス年報, 2021
- 2) 公益社団法人土木学会: 道路橋床版の維持管理マニュアル2020, pp30-44, 2020
- 3) 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, Vol37, No.1, pp1939-1944, 2015
- 4) 兵頭彦次ほか: ラテックス改質速硬コンクリートを用いた道路橋床版の長寿命化の取組み, セメント・コンクリート, No.867, pp.8-14, 2019
- 5) 土木学会舗装工学委員会: 路面テクスチャとすべり, pp1-122013
- 6) 濱尚史ほか: 反発硬度法による高強度・高流度コンクリートの強度推定に関する実験, 土木学会第56次学術講演会講演概要集, 第5部, pp858-859, 2001
- 7) Concrete Society Working Party: Permeability Testing of Site Concrete - A Review of Methods and Experience, Concrete Society Technical Report, No.31, pp.1-95, 1987
- 8) R.J.Torrent: A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site, Materials and Structures, 25, pp358-365, 1992

(2022年7月8日受付)

(2022年9月9日受理)