

報告

低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装

郭 度連*, 組永健一**, 荒井 撰***, 中村俊一****

* 博(工), ショーボンド建設株式会社, 補修工学研究所 (〒305-0003 茨城県つくば市桜 1 丁目 17 番)

** 株式会社ダンテック, 工務部 (〒861-8035 熊本市東区御領 6 丁目 4-33)

*** ショーボンド建設株式会社, 営業本部営業部 (〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 7-8)

**** ショーボンドマテリアル株式会社, 統括営業部 (〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 7-8)

床版上面の断面修復および橋面コンクリート舗装用の材料として、低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを開発した。既設床版同等の静弾性係数と接着剤による既設床版との一体化の担保、ラテックス改質による優れた物質浸透抵抗性、超速硬性等の特長は、橋面コンクリート舗装として適していると考えられる。一方、絶乾骨材の使用によるコンクリートのブレミックス化は品質安定性を担保する大きなメリットである。市町村の中小規模橋梁の長寿命化のために、低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装は非常に有効な対策と考えており、施工事例を報告するものである。

キーワード：橋面コンクリート舗装，低弾性，ラテックス改質，超速硬

1. はじめに

2014 年から義務付けられた橋梁・トンネル等の 5 年に 1 回の定期点検の 1 巡目が終わっており、インフラの実情は徐々に見えてきているが、老朽化した構造物を如何に効率よく維持管理していくかについてはまだ課題がたくさん残っている。平成 25 年の国土交通白書のデータをみると、全国の通行規制等の橋梁数は約 1400 橋あり、その中の 1200 橋強が市町村の管理橋梁である¹⁾。すなわち、適切な補修・修繕が行われていない橋梁は、全国の市町村において大きく増加しており、その内情をみると、財源の不足、技術力の不足、人員の不足がますます市町村管理の中小規模橋梁に押し掛かることになると考えられる。

その対策としては、低コストの材料、特殊な設備が必要なく、だれでも簡単に施工できる材料が望まれる。コスト面ではライフサイクルコスト (LCC) を考慮し、その橋梁の寿命までメンテナンスフリーで維持管理できるものが望ましい。そのような市町村の中小規模橋梁の維持管理の対策として、筆者らは低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを検討してきた²⁾。

ラテックスによる改質を行うとともに、既存の超速硬コンクリートとは異なる速硬化技術によって、3 時間に 24N/mm² の圧縮強度を発現する。曲げ強度および付着強度の増進効果、物質透過抵抗性等の耐久性は非常に高く、さらには静弾性係数を低く抑えることによって既設構造

物との弾性係数の差を極めて低く抑えることができ、既設構造物との一体化挙動を担保するものである。

このような基礎物性の特徴は、床版の補修材料として適しており、NEXCO 構造物施工管理要領の「床版上面における断面修復の性能照査」³⁾を満足している。表-1 にその性能照査の試験結果を示すが、その要求性能は、塩分浸透性、乾燥収縮ひずみ、静弾性係数など多数の項目があり、一つ一つの項目も厳しい基準値が設けられている。現在は、主にモルタル系の断面修復材が規定を満足しているが、道路橋床版の大規模かつ、大断面修繕が想定される中、恒久対策としては粗骨材を用いたコンクリート系の断面補修材が必要である。本材料は 13mm, 20mm 骨材を用いたコンクリートとして本規定を満足しており、20mm コンクリートとしては、初めての性能照査を満足する材料である。

筆者らはこのような基礎物性は、床版の断面修復のみならず、橋面コンクリート舗装としての適用を十分に可能にすると考えている。橋面舗装用のコンクリートに求められる材料的性能が規定されていない現状からは、この性能照査を満足する上で、舗装コンクリートとしての性能が加われば、橋面コンクリート舗装としての性能は十分担保できると考えている。

床版防水は橋梁の寿命と直結する重要な要因であり、その重要性は日々増している。しかしながら、市町村の橋梁で床版防水がしっかり行えるかを考えると少し疑問が残るものである。その一つのソリューションとして、

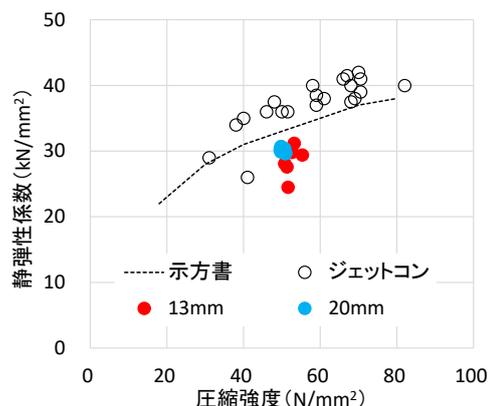
表一 NEXCO 構造物施工管理要領「床版上面における断面修復の性能照査」

要求性能	試験項目	基準値	温度	CPJ-L 13mm	CPJ-L 20mm
施工性能	硬化時間	始発：30分以上	5℃	71分	62分
			23℃	52分	55分
			35℃	49分	40分
	初期強度	2時間：10N/mm ² 以上	5℃	13.7N/mm ²	17.0N/mm ²
			23℃	24.1N/mm ²	24.6N/mm ²
			35℃	22.5N/mm ²	23.8N/mm ²
4時間：24N/mm ² 以上		5℃	30.5N/mm ²	30.8N/mm ²	
		23℃	29.2N/mm ²	30.6N/mm ²	
		35℃	27.6N/mm ²	28.6N/mm ²	
力学的性能	弾性係数	材齢28日：26.5±5kN/mm ²	5℃	27.9kN/mm ²	30.1kN/mm ²
			23℃	30.6kN/mm ²	30.6kN/mm ²
			35℃	28.6kN/mm ²	29.8kN/mm ²
断面修復に要する性能	寸法安定性	2h基長、28日：0.025%以下	23℃	0.0173%	0.0153%
	ひび割れ抵抗性	5面拘束試験でひび割れなし	23℃	ひび割れなし	ひび割れなし
	熱膨張率	1.0×10 ⁻⁵ /℃±0.5	23℃	1.0×10 ⁻⁵ /℃	1.1×10 ⁻⁵ /℃
	コンクリートとの付着性	1.5N/mm ² 以上	23℃	3.0N/mm ²	3.2N/mm ²
耐久性性能	中性化抵抗性	設計で定めた中性化速度係数と同等	23℃	2.33mm/√週	1.99mm/√週
	凍結融解抵抗性	相対動弾性係数60%以上	23℃	103%	104%
		負荷後の付着強度1.5N/mm ² 以上	23℃	2.08N/mm ²	2.79N/mm ²
	遮塩性	設計で定めた塩化物イオン拡散係数と同等	23℃	0.296cm ² /年	0.354cm ² /年

低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装が考えられる。現状は床版の補修を行った後、アスファルト舗装を行うことが一般的であるが、床版の補修を行うと同時に同一材料でコンクリート舗装まで打設することが効率的である。そのためには、用いられるコンクリートは床版と一体化して挙動する必要があるとともに、防水層としての役割も果たすためには、極めて高い物質透過抵抗性が求められる。また、舗装コンクリートとしてはすべり抵抗性や耐摩耗性、施工性も要求される。一体化挙動のためには、既設床版との付着強度が高く、収縮が少なく寸法安定性に優れる、輪荷重に対する床版の挙動から既設床版同等の弾性係数が望ましいと考えられる⁴⁾。

なお、低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを用いた橋面舗装のメリットとしては、構造的に寄与しないアスファルト舗装から取り換えることによって、床版の増厚効果による耐荷力の改善が期待できる。また、市町村の小規模橋梁では、構造上、増厚できない場合もあるが、その際にもアスファルト舗装の代わりに適用でき、自重の増加もない。もちろん、3時間で交通開放できるので、迅速施工が可能である。橋梁の寿命まではほぼメンテナンスフリーのコンクリート舗装であり、ライフサイクルコストの低減にもつながる。

本稿では、このように床版上面の断面修復および橋面コンクリート舗装用の材料として開発された「低弾性ラテックス改質超速硬コンクリート」(以下、CPJ-L)の特



図一 圧縮強度と静弾性係数の関係

長を紹介するとともに、2020年3月に熊本県阿蘇市の合戦場橋で行った橋面コンクリート舗装の施工概要を報告するものである。

2. 低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートの概要

ラテックスによるコンクリートの改質効果は、大浜らが先進的に行った研究であり、その効果はポリマーによるフィルム膜の形成で説明されている⁵⁾。本報告で用いたSBR系のポリマーは直径約200nmの球形粒子であり、練り混ぜ直後はマトリックスの自由水の中に浮遊している状態である。セメントの水和に伴い、自由水は減少し、粒子間距離が近くなっていく。最終的には自由水が乾燥し、骨材間の脆弱部である遷移帯やセメント粒子間にフ

イルム膜が形成される。その形成によって劣化因子の浸透経路となる空隙が減少し、物質透過抵抗性は極めて高く、脆弱部の補強効果で曲げ強度の増進等の力学的特性の向上が得られる。

図-1 には圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。図中の点線はコンクリート標準示方書で材料の設計値として示されている値である⁶⁾。ジェットコンは通常の一般的な超速硬コンクリートの値を既往の研究から抜粋したものである。通常の超速硬コンクリートは、終局強度が高く、静弾性係数は示方書式よりもかなり高い傾向がある。一方、CPJ-Lは13mm、20mm配合のそれぞれ9本ずつ、18本の結果をプロットしており、示方書式やジェットコンと比べると、大幅に弾性係数が低減されていることがわかる。床板上面の補修コンクリートに求められる要求性能として、輪荷重作用下で既設床板と一体化して挙動するためには、既設床板同等の静弾性係数が望ましい⁴⁾。通常の超速硬コンクリートの静弾性係数は、既設床板とかなり乖離することになり、繰り返し輪荷重載荷による剥離が懸念される。

ラテックスの種類にもよるが、ラテックス改質によって弾性係数は低減することが知られている⁷⁾。モルタルならその低減効果は顕著であるが、コンクリートでは骨材の影響が大きく、弾性係数の低減は非常に技術的ハードルが高くなる。骨材量を少なくする、骨材の粒形を小さくする、弾性係数の小さい軽量骨材を使用する等の低減方法が考えられるが、本材料はラテックスによる改質効果とともに、骨材を工夫することによって弾性係数の低減が達成できている。

3. 合戦場橋の概要

合戦場橋は熊本県阿蘇市に位置し、1973年に供用された全長36.8m、有効幅員3mの2径間単純非合成H型鋼橋である。設計は昭和39年鋼道路橋示方書に準拠しており、床版厚は140mm、床版の上に50mmのコンクリート舗装が施されている状態であった。写真-1に施工前の合戦場橋の全景を、写真-2に施工前の橋面の状況を示す。橋面のコンクリートの劣化は顕著であり、幅1.5mm程度の大きなひび割れも多数散見され、一部では床版まで貫通していると推察される。写真-3に示すように、床版下面にも鉄筋に沿って大きなひび割れが発生しており、かぶりコンクリートの剥落が認められる。

4. 施工概要

図-2にCPJ-Lの概要を、図-3にCPJ-Lの適用範囲を示す。細骨材・粗骨材は絶乾の骨材を用いることによって、コンクリートとしてのプレミックス化が可能になった。所定量のラテックス混和液で練り混ぜることによってどこでも誰でも均質のコンクリートが製造できる。



写真-1 施工前の合戦場橋の全景



写真-2 施工前の橋面の状況



写真-3 施工前の床版下面の状況

区分	13mm 骨材配合	20mm 骨材配合	CPJ-L ミニパック (約21ℓ)	
ミニパック (約21ℓ/セット)	ミニパック	25kg(袋)		
	専用粗骨材	20.3kg(袋)	22.3kg(袋)	
	混和液	3ℓ~4.0kg		
	㎡当り使用量	約48セット		
区分	13mm 骨材配合	20mm 骨材配合	CPJ-L ベースパック (約150ℓ)	
ベースパック (約150ℓ/セット)	ベースパック	334kg(袋)		
	混和液	18ℓ(缶)		
	水	9.5~10.5kg	8.5~9.5kg	
	㎡当り使用量	約7セット(6.6セット)		

図-2 CPJ-L の概要

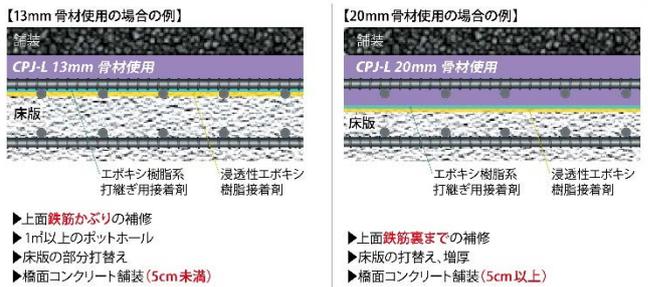


図-3 13mmと20mmの適用範囲

13mm 骨材配合と20mm 骨材配合の適用範囲は、打設深さによって変わるが、50mm以上の打設深さでは20mm 骨材配合が使用される。

合戦場橋の施工は床版上面の補修とコンクリート舗装を兼ねており、コンクリート打設高さは5~8cmであるため、20mmコンクリートのベースパック(150ℓ/セット)を用いた。ミキサーは、コンクリート用のミキサーであれば、どんなミキサーでも容易に練混ぜ可能であり、当



写真-4 ミキサーとバケット

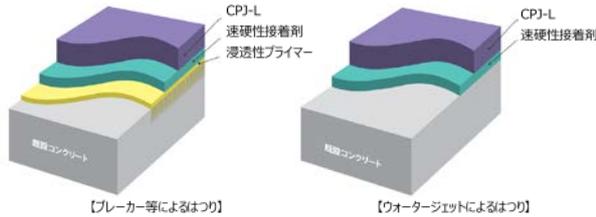


図-4 ハツリ方法による接着剤の使用



図-5 CPJ-L 橋面コンクリート舗装工法



写真-5 施工完了と供用2ヶ月の合戦場橋

現場では写真-4 に示すエンジン式の強制練りミキサーとバケットによる打設を行った。径間ごとに二日に分けて行い、初日 21 バッチ、二日目 26 バッチを2~2.5 時間で打設完了した。1 バッチ当り 6 分、1 時間当たり 10 バッチを製造し、打設量は約 7 m³であった。

図-4 にはつり方法による接着剤の使用法を示す。プレーカー等による脆弱部のはつりを行った床版は微細クラックが残存するため、高浸透性プライマーの塗布により、微細クラックを補修する。引続き、速硬性接着剤を塗布し、床版とコンクリートとの一体性を担保する。

図-5 に合戦場橋の CPJ-L 橋面コンクリート舗装工法の施工手順を示す。CPJ-L の打設には特殊な機械等は

切使わず、地元の左官工による人力施工を行った。市町村の小規模橋梁に対応するためには、どこでもだれでも同質のコンクリートが製造でき、施工しやすい材料である必要があり、CPJ-L はコンクリートのプレミックス化による品質安定、ラテックスによるフレッシュ性状の改善を図ったものである。コンクリートの目標スランプは 18±2.5 cm、空気量は 2.0±1.5% であり、勾配に対する抵抗性と作業性を両立させるフレッシュ性状を目指している。棒パイプレーター、レーキ、こて、仕上げ補助剤を用いて施工し、最終仕上げは舗装コンクリートとしてのすべり抵抗性を確保するためにほうき目仕上げを行った。圧縮強度は 2h で 10N/mm² 以上、4h で 24N/mm² 以上を発現するものであり、当現場では 4h で 32.1N/mm² (初日)、29.3N/mm² (二日目) の圧縮強度を発現している。

写真-5 に施工完了および供用 2 ヶ月の写真を示すが、広い面積にも関わらず、ひび割れは 1 本もなく良好な状態である。

5. まとめ

本稿では、床版上面の断面修復及び橋面コンクリート舗装材料として開発した低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを用いた施工事例を報告した。市町村の中小規模橋梁の長寿命化のために、橋面コンクリート舗装は非常に有効な手段であり、低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを用いた CPJ-L 橋面コンクリート舗装工法は特殊な装置、特殊な技術がなくても施工可能であることが確認できた。今後は追跡調査や施工事例を重ねることによって、インフラマネジメントに貢献していきたい所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成 25 年度国土交通白書，pp.30, 2014
- 2) 郭度連，白井悠：道路橋床版の補修材料に適した低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートの開発，第 33 回日本道路会議，論文番号 3184，2019
- 3) NEXCO3 社：構造物施工管理要領，pp.III-79, 2017
- 4) 松本政徳，後藤昭彦，渡邊晋也，一瀬八洋：RC 床版における断面修復部の耐久性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.35, No.2, pp.673-678, 2013
- 5) Y.Ohama：Polymer Modified Mortars and Concrete, Concrete Admixtures Handbook, pp.341-342, 1984
- 6) 土木学会：2012 年制定コンクリート標準示方書設計編，pp.39, 2013
- 7) よくわかる「ポリマーセメントコンクリート」の基本と応用，大濱嘉彦監修，2007

(2020 年 7 月 17 日受付)