

道路橋床版補修に適する超緻密高強度繊維補強材料の開発

Development of high performance fiber reinforced concrete for rehabilitation of bridge deck slabs

(株) サンプリッジ
(株) ビービーエム
(一財) 災害科学研究所

正 員 ○三田村 浩 (Hiroshi Mitamura)
正 員 今井 隆 (Takashi Imai)
名誉会員 松井 繁之 (Shigeyuki Matsui)

1. はじめに

道路橋の鉄筋コンクリート床版は、高度経済成長期を中心に建設された橋梁において深刻な劣化の顕在化が目立つ。中でも、寒冷地では床版上面の凍害劣化の進行により押し抜きせん断耐力が著しく低下して陥没に至る事例も散見されている¹⁾。これらの事象は、橋梁の老朽化に伴い更なる増加が予想されるため、合理的かつ高耐久性を有する補修工法の研究・開発が急務である。これらの背景の下、筆者らは床版上面の断面修復材に適する材料として、劣化因子の遮断と密実で流動性および材料分離抵抗性に優れる超緻密高強度繊維補強材料（以下 J-THIFCOM）を開発した²⁾。輪荷重走行試験³⁾により、本材料の疲労耐久性と既設床版界面の材料分離抵抗性について確認を行った。本稿では、これらの研究成果と試験施工について報告する。

2. 開発した新材料の特性

本材料は、スイスで補修・補強を目的として研究されているものを我が国のコンクリート構造物に適用するにあたり、日本の材料に対応した配調合設計を構築し、本論に示す補修材料として開発した。本材料の圧縮強度は材齢1日で100N/mm²以上の高強度を発現し、その後、緩やかに4週強度まで上昇傾向を示した（図-1）。応力-歪関係ではコンクリートを遥かに上回る応力、歪まで持ち堪え、歪硬化変形性能が本材料の自己収縮範囲（平均500～900）よりも大きい結果を示した（図-2）。これは、ひび割れ抵抗性が極めて高いことを意味する。写真-1には、スランプフロー試験の結果と試験後の材料を手で持ち運びできる性状から、高流動性で自己充填性能が高く、かつ高い粘性と材料分離抵抗性を保有していることを示している。これらの材料特性を表-1にまとめて掲載した。

表-1 J-THIFCOM の材料特性

項 目	特 性 値	備 考
圧縮強度（設計）	130 N/mm ² 以上	1 日 で 100 N/mm ² 以上 （材 齢 28 日）
引張強度	13N/mm ² 以上	ひび割れ発生強度 10N/mm ²
曲げ強度	35 N/mm ² 以上	試験 JIS A 1171 (材 齢 28 日)
ヤング係数	3.5×10 ⁴ N/mm ²	（材 齢 28 日）
フロー値	打設条件に適合する範囲	試験 JIS R 5201 モルタルフロー
付着強度	2.1 N/mm ² 以上	試験 JIS A 1171 (材 齢 28 日)
長さ変化率	収縮 684×10 ⁻⁶	試験 JSCE-K561-2010 (材 齢 28 日)
塩化物イオン浸透深さ	0mm	試験 JIS A 1171 (材 齢 28 日)
中性化深さ	0mm	試験 JIS A 1171 (材 齢 28 日)
透気係数	0.001×10 ⁻¹⁶ m ² 以下	透気係数試験（トレント法）

本材料の引張試験ではコンクリートの母材破壊のため界面付着力は 2.1N/mm² 以上である。併せて、遮水性に優れること、塩化物イオン浸透深さおよび中性化深さ試験では透過 0mm と劣化因子の抑止性能も極めて優れており、更に、空気透過性も非常に低く、高気密材料であることを示した。これらの材料特性試験結果から、本材料は高気密・高強度な性能を保有しつつ、今までにない現場での連続施工が可能な補修材料になり得るものと言える。

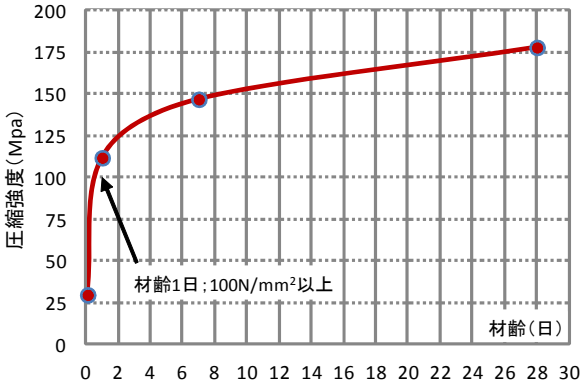


図-1 圧縮強度試験結果の実験値

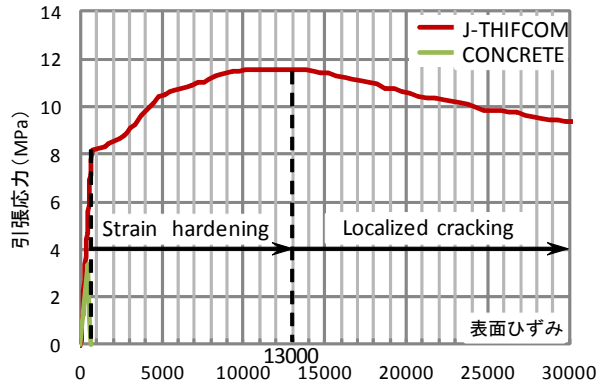


図-2 応力-歪曲線の実験値

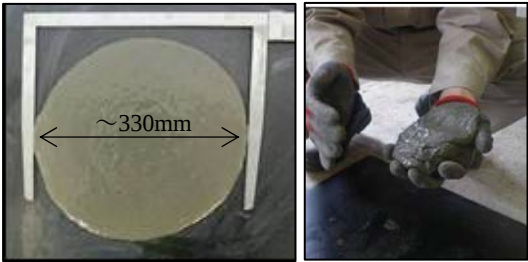


写真-1 スランプフロー試験性状

3. 輪荷重走行試験による床版上の特性検証

既設床版を疑似化（曲げひび割れを発生）した実物大 RC 床版供試体上面の輪荷重走行部に J-THIFCOM に打継ぎ部を設けて 20mm 厚で施工し、疲労耐久性および既存床版界面の付着抵抗について検証した。輪荷重は初期値 120kN から 200kN まで増加させて、150 kN 換算で合計 200 万回の走行回数になるまで実施した。その結果、補修材料の浮や損傷は見られない。また、試験後の打音検査でも剥離音は発生していなかったことから付着抵抗に優れることを確認した（写真 2, 3）。

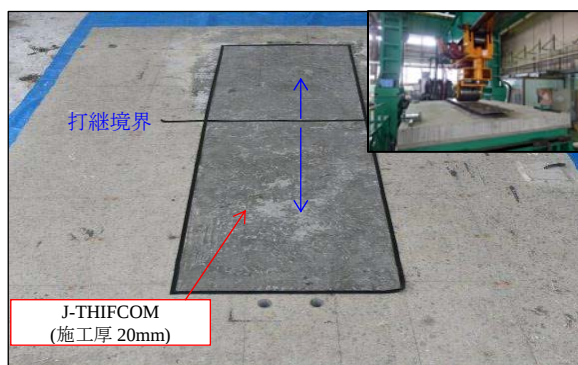


写真-2 輪荷重走行試験状況

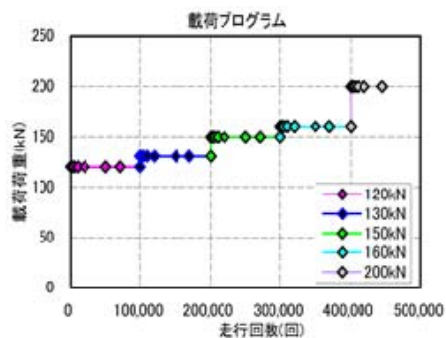


写真-3 載荷プログラム

4. 試験施工

この開発した新材料を用いて我が国最初の試験施工を実施した。対象橋梁は北海道庁が管轄する道路橋で、建設後 48 年経過した単純鉄桁橋である。近年の橋梁調査において床版上面の著しい凍害劣化が認められ、耐荷力確保が急務であった。対策として床版上面をウォータージェットによりはつり、平均厚 3.5cm で J-THIFCOM を施工した（写真-4）。本構造は表-1 に示す材料特性から従来施工していた床版防水層は必要としていない。



写真-4 J-THIFCOM 打設状況

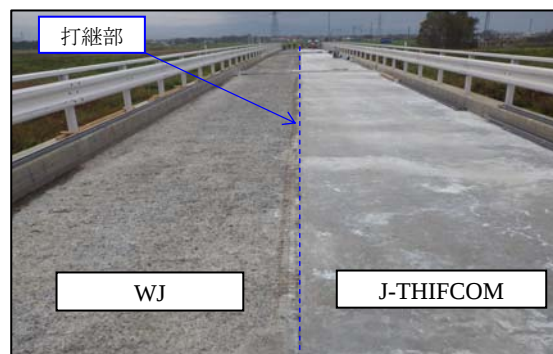


写真-5 床版上面断面修復の状況



写真-6 補修施工後の漏水の有無状況

写真-5 に示す、片車線施工後に滞水した状況での床板下面を観察すると、補修無しの左車線床版下面のひび割れから漏水が視認された。補修後の右車線のひび割れからは漏水は発生していないことから高い遮水性能を確認することができた(写真-6)。

4. まとめ

劣化因子を遮断できる材料を開発し、既設橋損傷床版の補修工事として試験施工を実施した。

- (1) 本稿に示す J-THIFCOM は、超緻密・高強度・高耐久性を実現した材料で、床版の補修・補強材として最適な材料であることを一連の実験から確認した。
- (2) 輪荷重走行試験から、J-THIFCOM は、損傷や剥離は発生せず、疲労耐久性の向上を確認した。
- (3) 既設床版上の脆弱部をウォータージェットで除去後施工することで、既設床版との一体性並びに防水機能を有することを現場施工から確認した。

参考文献

- 1) 三田村浩, 佐藤京, 本田幸一, 松井繁之: 道路橋鉄筋コンクリート床版上面の凍害劣化と疲労寿命への影響, 構造工学論文集 Vol.55A, pp.1420-1431, 2009.
- 2) Eugen Brühwiler: Bridge “Examineering” or how monitoring and UHPFRC improve the performance of structures. 7th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, China, Shanghai, 7 - 11 July 2014.
- 3) (一財) 災害科学研究所: 床版上面に THIFCOM を用いた大型床版輪荷重試験報告書, 2014.