

実環境下で長期間暴露した SFRC 舗装実大試験体の経年劣化傾向

東京都立大学大学院 学生会員 ○魏宗鐸 正会員 村越潤
 施工技術総合研究所 正会員 小野秀一 正会員 佐々木良輔

1. はじめに

鋼床版の疲労き裂への対策工法として、SFRC 舗装による補強工法が開発され、2004 年ごろより現場適用され実用化・普及に至っている。本工法は、鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRC）を現場打設時に、接着剤によりデッキプレート（以下、デッキ）と一体化させ、溶接部の局部応力を軽減するものである。ただし、実環境下で接着剤接合部の耐久性については、検証例が少なく必ずしも明確ではない。本文では、工法適用初期に耐久性検証のために輪荷重疲労試験を実施し、その後、屋外に保管された SFRC 舗装を敷設した実大鋼床版試験体について、接着剤接合部の引張強度及び破壊性状の経年調査結果を報告する。

2. 暴露試験体の概要と試験方法

写真-1 に対象とした試験体を示す。SFRC 舗装と接着剤は実橋仕様と同様としており、防せい用のプライマーと接着剤を併用している。表-1 に接着剤とプライマーの性状及び硬化後の材料物性を示す。SFRC には早強ポルトランドセメントを使用（圧縮強度：50.8N/mm²（材齢 30 日））し、75mm 厚の 1 層としている。図-1 に輪荷重載荷位置を示す。輪荷重疲労試験（2006～2007 年に実施）では軸重 14 トンのダブルタイヤ（輪重 7 トン）・タンデム軸により 472 万回～944 万回載荷している。輪位置により負曲げ（縦桁上を挟み込み載荷）、正曲げ（U リブ上載荷）の 2 載荷ケースである。疲労試験前に、舗装上にひび割れを模擬した幅 4mm のスリットを 70mm 位置まで導入（図-1 参照）し、載荷時にスリット部のひび割れがデッキ面に達していることを確認している。試験終了後、施工総合技術研究所の敷地内に屋外保管し、暴露 1 年目（コア抜き箇所：15 箇所）、3 年目（4 箇所）、10 年目（21 箇所）、14 年目（48 箇所）において、コ

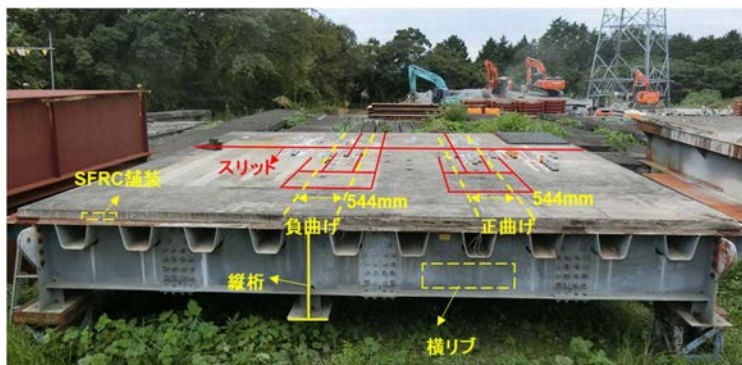


写真-1 SFRC 舗装付き実大鋼床版試験体屋外保管状況

表-1 接着剤とプライマーの材料物性

項目	接着剤 (E200)		Eプライマー	
	主剤	硬化剤	主剤	硬化剤
主成分	エポキシ樹脂	ポリチオール脂 脂肪ポリアミン	エポキシ樹脂	アミドアダクト
外観	白色粘濁液状	淡黄色液状	白色液状	褐色透明液
混合比	主剤：硬化剤＝4：1（質量比）		主剤：硬化剤＝1：1（質量比）	
硬化物比重	1.35±0.05（JIS K7112）		1.20±0.10	0.90±0.10
圧縮強さ	70N/mm ² 以上（JIS K 7208 [※] ）		—	
圧縮弾性係数	1.5×10 ⁴ N/mm ² 以上（JIS K 7208 [※] ）		—	
曲げ強さ	40N/mm ² 以上（JIS K 7203 [※] ）		—	
引張せん断接着強さ	10N/mm ² 以上（JIS K 6850）		—	

注）各社の技術資料を基に作成。※印は廃止規格を表す

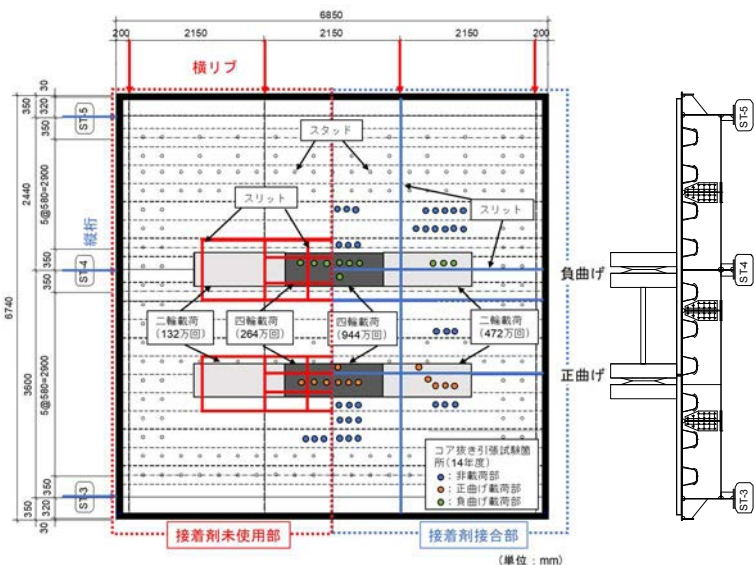


図-1 試験体の寸法形状及びコア抜き引張試験箇所

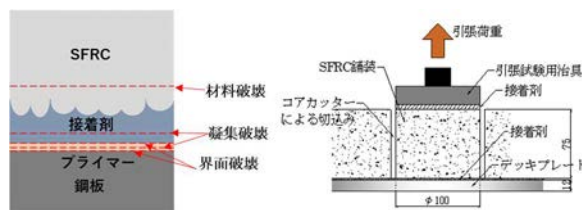


図-2 接合部の破壊位置の模式図

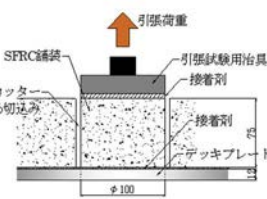


図-3 引張抜き試験試験概要

キーワード 鋼床版、疲労対策、SFRC 舗装、引張強度、接着剤接合部

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 E-mail : wei-zonuduo@ed.tmu.ac.jp

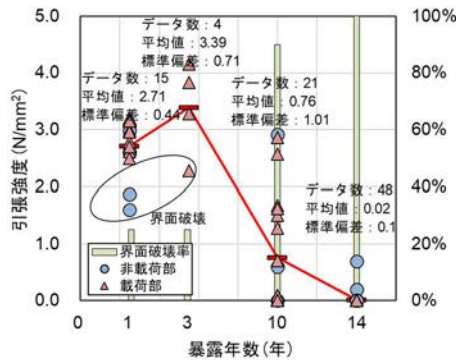


図-4 引張強度及び界面破壊率の経年変化

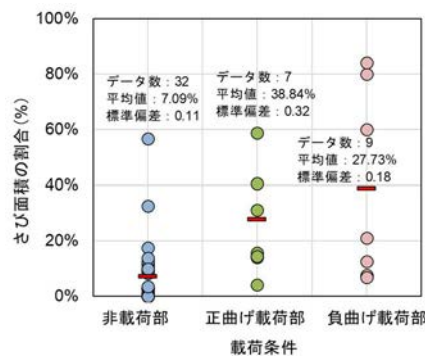


図-5 負荷条件毎に接合面のさび面積割合

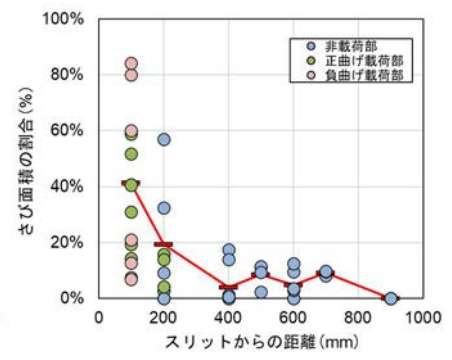


図-6 スリットとの距離と接合面のさび面積の関係

ア抜き引張試験により接合部の引張強度を調査している。保管中のデッキ下面の温度履歴は、気温-デッキ下面温度との関係(計測値)より、概ね-5～49℃と推測された。破壊面の状態については、図-2 に従って破壊面の外観観察により区分した。

図-1 中に暴露 14 年目のコア抜き箇所を、図-3 に試験概要を示す。コアカッターを用いてφ80mmの切込みをデッキ上面に達するまで設け、載荷治具を舗装面に接着後、建研式試験機により、毎秒約0.1N/mm²の載荷速度で、デッキとSFRC舗装の接合部が破壊するまで載荷し、破壊時の荷重値を計測した。この荷重値をコア断面積(5024mm²)で除した値を引張強度とした。以下では、主に暴露 14 年目の試験結果を述べる。

3. 試験結果と考察

図-4 に暴露年数と引張強度及び界面破壊率の関係を示す。界面破壊率とは、各年数の全試験箇所数のうち、界面破壊が生じた箇所数の比率を示している。暴露 3 年目では強度は一旦増加しており、接着剤の養生効果による接合部の強度増加によるものと考えられる。その後、強度は低下し、暴露 14 年目(平均値:0.02N/mm², 標準偏差:0.1N/mm²)では、ほぼ喪失していた。また、暴露 3 年目まではSFRC部での材料破壊が主体であったが、10 年目ではプライマーとデッキ間の界面破壊に移行した。本試験体の経年的な強度低下については、温度変化や雨水の浸入による継続的な環境作用が影響した可能性が考えられる。別途実施した接着剤と鋼板間の引張せん断試験体の環境促進試験(本試験体の接合部と同仕様、50℃温水負荷)²⁾では、破壊形態が界面破壊に移行する傾向が確認されており、同様の劣化傾向となっている。

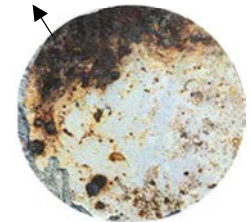
写真-2 にコア側の破壊面の例を示す。水分の浸入によりデッキ面にさびが生じ、コア側に付着したものである。また、図-5 に輪荷重載荷位置毎のさび面積割合を、図-6 に各試験箇所のコア面のさび面積割合とスリットからの距離の関係を示す。部位別では、載荷部(輪荷重直下の部分)で、かつ負曲げ載荷の部位の方がさび面積が大きくなる傾向が見られた。負曲げ部では、スリット先端での接合部のひび割れが発生し、水が浸入し易くなった可能性が考えられる。また、ひび割れを模擬したスリットからの距離に応じてさび面積は低下しており、実橋においては、ひび割れ箇所や打継ぎ目からの接合部への水の浸入を防ぐことが重要と考えられる。

4. まとめ

暴露 14 年目では、輪荷重載荷条件によらず引張強度がほぼ喪失し、破壊形態は材料破壊からプライマーとデッキ間の界面破壊に移行していた。また、コア面のさび面積は非載荷部より載荷部のほうが大きく、スリットからの距離に応じて小さくなる傾向を確認した。輪荷重疲労試験後では強度低下が見られていないことを踏まえると、経年的な強度低下に関して、主に温度や水などの環境作用が直接的な要因と推測される。

参考文献 1) 村越他:既設鋼床版のSFRC舗装による補強工法と耐久性評価に関する実験的検討, 土木学会論文集 A1, Vol.69, No.3, pp.416-428, 2013.9. 2) 松本他:鋼床版SFRC舗装における接着剤接合部のせん断疲労挙動に関する実験的検討, 土木学会論文集 A1, Vol.76, No.5, p. II_72-II_83, 2020.5.

コア側面に付着した錆



負曲げ載荷部、さび面積割合:21%

写真-2 コア側の破壊面