

SFRC 舗装鋼床版試験体における接着剤接合部の経年劣化傾向

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

(国研) 土木研究所 正会員 高橋実

1. はじめに

鋼床版の疲労き裂に対する対策工法として、鋼繊維補強コンクリート(以下、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¹⁾。本工法は、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、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、工法適用時に耐久性検証のために輪荷重疲労試験を実施し¹⁾、その後、屋外に2年間、室内に10年間保管されたSFRC舗装を敷設した鋼床版試験体を対象として、接着剤接合部の引張強度及び破壊性状の経年劣化状況を調査した結果について報告する。

2. 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。本試験体は実橋を模擬した実大鋼床版試験体から切り出した一部である。本試験体のSFRC舗装接合に使用した接着剤は本工法用に開発された高耐久性エポキシ樹脂系接着剤であり、現在広く使用されている。表-1 に接着剤の性状及び硬化後の材料物性を示す。急速施工を想定して超速硬セメント(圧縮強度:51N/mm²(材齢7日))を使用し、75mm厚の1層としている。SFRCの配合仕様と使用材料は表-2のとおりである。図-1に試験概要を示す。試験は、コアカッターを用いて直径100mm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(7854mm²)で除した値を引張強度とした。

過年度の試験は、輪荷重走行試験終了時、2年間屋外暴露後、5年間室内保管後に実施しており²⁾、今回の試験は10年間室内保管後に相当する。試験体が所定の温度に達し安定するまで1日以上恒温室に保管した後、試験時の温度をパラメータとし、常温(20℃)に加えて、低温(-10℃)、高温(50℃)時の計3ケースで試験を実施した。試験体数は各ケースにつき7体とした。

なお、同様の試験を2016年度にも実施しており、今回(2020年度)の試験結果との比較を行った。また、常温(20℃)時に関しては、以上の3ケースに加えて、接着剤接合部への水分の浸入が破壊性状に与える影響を確認するため、切り込みを導入し、以下の3ケースの環境負荷を与えた後に、試験を実施した。3ケースは、1)温冷繰返し(-10℃気中6時間、50℃気中6時間を1サイクルとし、これを85日間実施、3体)、2)20℃水中

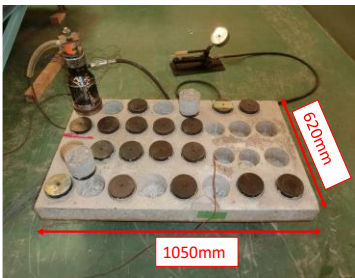


写真-1 試験体とコア抜き引張試験

表-1 接着剤の性状及び硬化後の材料物性

項目	主 剤	硬化剤
主 成 分	エポキシ樹脂	脂肪族ポリアミン
外 観	白色ペースト状	青色液状
混 合 比	主剤:硬化剤=5:1(質量比)	
硬化物比重	1.40±0.20 (JIS K 7112)	
圧 縮 強 さ	50 N/mm ² 以上 (JIS K 7181)	
圧縮弾性係数	1.0x10 ³ N/mm ² 以上 (JIS K 7181)	
曲 げ 強 さ	35 N/mm ² 以上 (JIS K 7171)	
引張せん断接着強さ	10 N/mm ² 以上 (JIS K 6850)	

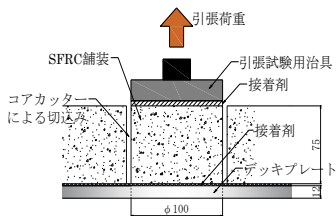


図-1 コア抜き引張試験の概要

表-2 試験体のSFRC配合条件

セメントの種類	コンクリート					鋼繊維		
	設計基準圧縮強度(3時間 N/mm ²)	水セメント比W/C (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	粗骨材の最大寸法 (mm)	寸法 (mm)	使用量 (kg/m ³)
超速硬セメント	24	40	50.1	5.0±1.5	3.0±1.5	13	Φ0.6×30	100

キーワード 鋼床版, 疲労対策, SFRC 舗装, 接着剤接合部, 引張強度

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

浸漬(56日間, 4体), 3)50℃水中浸漬(56日間, 4体)である。ケース2, 3では, 接合部が乾燥する前に試験を実施した。

3. 試験結果と考察

図-2 に試験時温度毎の引張強度の関係を示す。試験時温度が高温になるにつれて, 引張強度は低下する傾向にある。試験時温度 20℃での引張強度に対して, -10℃では約 1.1 倍, 50℃では約 0.85 倍になっている。また, 温冷繰返しによる接合部の強度低下はみられなかった一方, 水中浸漬の場合には, 強度の若干の増加が見られており, 接合部の強度発現に何らかの影響を及ぼしたものと考えられる。

写真-2 にデッキ側の破壊面の状況例を示す。接着剤接合部の破壊性状は, その破壊位置により, 一般に界面破壊(接着剤と被着体との界面で破壊), 凝集破壊(接着層内で破壊), 材質破壊(被着体内で破壊)の状態に分類される。青い箇所は接着剤を表しており, 接着剤の凝集破壊が生じたものと考えられる。すべてのコアが, 接合面からわずかに SFRC 側に入った部分で破壊している。図-3 に, 破壊面全体のうち接着剤が現れていない部分の面積割合を示す。試験時温度の増加とともに, 破壊面積における SFRC 部分の割合が若干増加する傾向がみられる。SFRC は接着剤が硬化する前に現場打設されるため, 接合面の近接部に SFRC と接着剤が混合した部分が存在する。破壊面の強度特性は, 接合面に接する SFRC 部分や接着剤と SFRC 混合部分の強度特性に依存しているものと推測される。また, 水中浸漬の場合には, 破壊面に接着剤の点在面積が若干増加し, 凝集破壊と推測される部分が増加する傾向がみられた。

図-4 に引張強度の経年変化を示す。図中には常温時(環境負荷なし)の平均値, 標準偏差を示している。常温時(環境負荷なし)の引張強度(平均値)に関して, 今回の試験結果(2.14N/mm²)は, 輪荷重試験終了時(3.20N/mm²)から約 33%, 2年間屋外暴露後(3.25N/mm²)から約 34%, 輪荷重走行試験8年後(2.37N/mm²)から約 10%低下していた。試験体は, 疲労試験後に約2年間屋外暴露した後に, 実験棟内で約10年間保管しており, 接合面の強度低下については温度変化等の継続的な環境作用が影響したものと考えられる。

4. まとめ

疲労試験後に約2年間屋外暴露後, 10年間屋内に保管していた SFRC 舗装の接着剤接合部を模擬した試験体においてコア抜き引張試験を実施し, 接着剤接合部の経年劣化傾向を確認した。また, 環境負荷による接合部の強度低下は見られなかったが, 破壊位置はほぼ SFRC 側にわずかに入った部分であり, 接合部の強度は接合面に接する SFRC 部分もしくは SFRC と接着剤の混合部分に依存している可能性が示唆された。

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) 佐藤他:鋼床版実大試験体上面に敷設した SFRC 舗装接合面の引張強度の経年変化に関する調査, 第九回道路橋床版シンポジウム論文報告集, 2016.7.

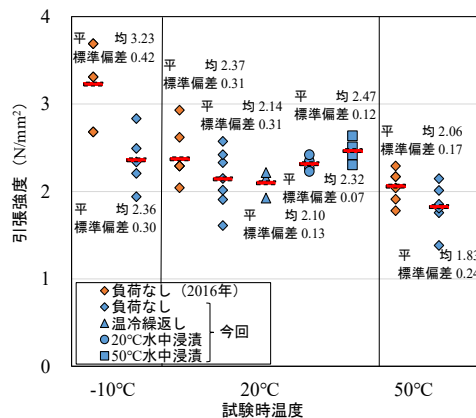


図-2 試験時温度毎の引張強度

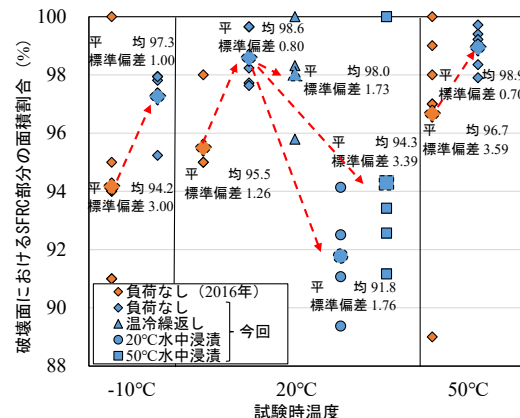


図-3 試験時温度毎の破壊位置の面積割合

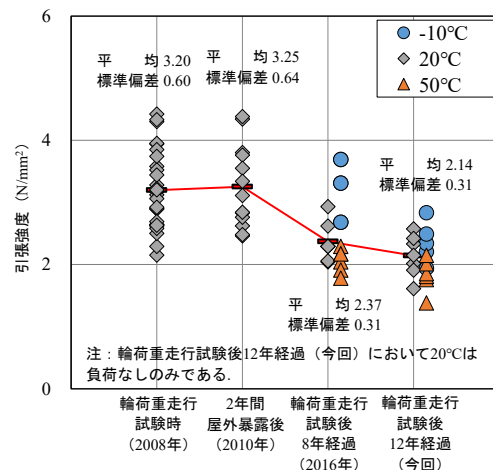


図-4 引張強度の経年変化

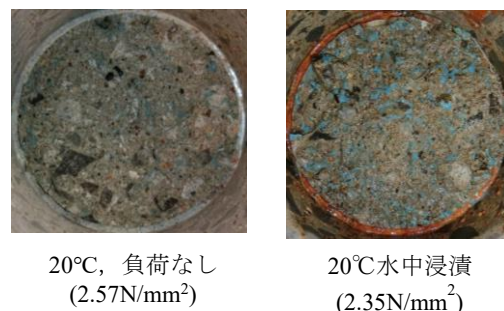


写真-2 デッキ側破壊面の状況例