

鋼床版と SFRC 舗装の接着剤接合部における環境負荷後の劣化特性

首都大学東京 学生会員 ○宋戸洗希
 施工技術総合研究所 正会員 小野秀一

首都大学東京 正会員 村越潤
 施工技術総合研究所 正会員 佐々木良輔
 鹿島道路(株) 正会員 千葉 浩幸

1. はじめに

鋼床版の疲労対策として、既存のアスファルト舗装を剛性の高くかつ比重のほぼ変わらない鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRC）舗装に置き換え、接着剤により一体化を図る工法が提案され、既設鋼床版に適用されている。SFRC 舗装については、輪荷重の繰り返し作用や環境作用下での経年劣化への懸念がある一方で、その性能評価法が確立されているわけでない。本文では、接着剤接合部の水や温度に対する耐久性を明らかにするとともに、性能評価法に関する基礎データを得るために、実施工における接着剤接合部を模擬した小型試験体を製作し、環境負荷を与えた後の引張強度特性について調査した結果を報告する。

2. 試験体

図-1 に接着剤接合部の引張試験に用いた小型試験体の寸法形状を示す。試験体はデッキ面を模した厚さ 12mm の鋼材表面に素地調整（ブラスト工法、投射密度 150kg/m²）を行った後に接着剤を塗布し、その上に SFRC 舗装を厚さ 75mm で敷設している。接着剤の塗布量は標準的な使用量 10/m²（平均塗布厚 1mm 相当）とした。表-1 に SFRC 舗装の接合に使用した 3 種類の接着剤の性能および硬化後の材料物性を示す。各接着剤のガラス転移点はいずれも 50℃ 台である。SFRC には急速施工を前提として超速硬セメントを使用し、配合条件は過年度実施したコア抜き引張試験²⁾と同じとした。SFRC の圧縮強度は、材齢 3 時間、28 日、350 日に対して、それぞれ 33.8N/mm²、64.6N/mm²、76.2N/mm²である。

3. 試験方法

(1) 載荷方法

図-1 の試験体に対して接着剤接合面を対象としてコア抜き引張試験を実施した。図-2 に試験方法の

概要を示す。

まず 1 試験体に $\phi 80, 100\text{mm}$ （各 3 箇所）の切込みを、コアカッターを用いてデッキ上面に達するまで入れ、所定の環境負荷を与えた。その後、舗装表面に載荷治具を設置し、常温（20℃）下で、毎秒 0.1N/mm² 程度の載荷速度で、デッキと SFRC 舗装の接着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で除した値を引張強度とした。また、破壊面の状況を破壊の生じた位置から材料破壊、凝集破壊、界面破壊の 3 種類に分類し、破壊面の各面積割合を調べた。面積割合は、コア破断面の外観を写真撮影し、CAD 上で抽出し算出した。界面破壊については、一般に接着性能のばらつきが大きく信頼性が低下して接着性能としては不十分とされており、破壊性状の変化を劣化の一つの指標と考えた。なお、切込み時には接合面を極力傷めないように配慮して施工を行った。また、載荷時には曲げ等が作用しないように配慮した。

(2) 環境負荷条件

環境負荷として、試験体を 50,70℃ の恒温に保った水槽に浸漬した。負荷期間は 56 日～168 日とし、1 負荷期間に対して 3 体分

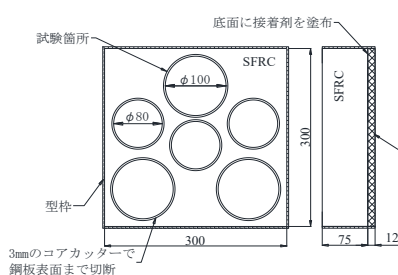


図-1 引張試験用試験体の寸法形状

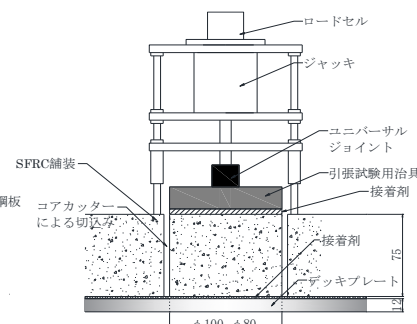


図-2 試験方法の概要

表-1 接着剤の性状および硬化後の材料特性

項目	接着剤A		接着剤B		接着剤C	
	主剤	硬化剤	主剤	硬化剤	主剤	硬化剤
主成分	エポキシ樹脂	脂肪族ポリアミン	エポキシ樹脂	ポリチオール、脂肪族ポリアミン	エポキシ樹脂	ポリアミン類
外観	白色ペースト状	青色液状	白色粘濁液状	淡黄色液状	黄色粘濁液状	青色液状
混合比	主剤：硬化剤 = 5：1（質量比）		主剤：硬化剤 = 4：1（質量比）		主剤：硬化剤 = 5：1（質量比）	
硬化物比重	1.40±0.20（JIS K 7112）		1.20±0.10（JIS K 7112）		1.40±0.20（JIS K 7112）	
圧縮強さ	50N/mm ² 以上（JIS K 7181）		50N/mm ² 以上（JIS K 7208 [※] ）		50N/mm ² 以上（JIS K 7181）	
圧縮弾性係数	1.0×10 ³ N/mm ² 以上（JIS K 7181）		1.0×10 ³ N/mm ² 以上（JIS K 7208 [※] ）		1.0×10 ³ N/mm ² 以上（JIS K 7181）	
曲げ強さ	35N/mm ² 以上（JIS K 7171）		35N/mm ² 以上（JIS K 7203 [※] ）		35N/mm ² 以上（JIS K 7171）	
引張せん断接着強さ	10N/mm ² 以上（JIS K 6850）		10N/mm ² 以上（JIS K 6850）		10N/mm ² 以上（JIS K 6850）	

注）メーカーの技術資料等をもとに作成した。 ※印は廃止規格を表す。

キーワード 鋼床版、疲労対策、SFRC、接着剤、引張試験

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京

TEL：042-677-2782 E-mail：shishido-koki@ed.tmu.ac.jp

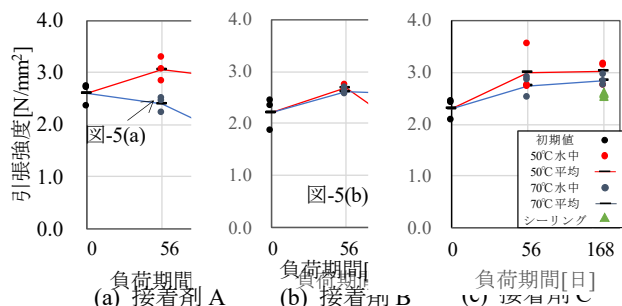


図-3 環境負荷期間と引張強度の関係

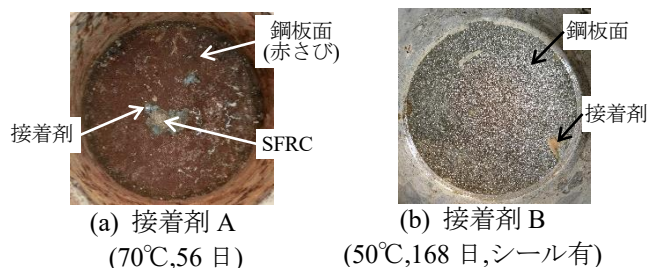


図-5 界面破壊の発生例(鋼板側)

の試験を実施した。なお、試験は恒温水槽から取り出した後、20°Cの恒温室に1日間置いてから実施している。また、水の浸入による影響を検討するために、コアの切込みを入れず試験体側面の接合部をシーリングした試験体を別途用意し、50°C水中に168日間浸漬した。これらの試験体は恒温水槽から取り出した後、コア切り込みを設け引張試験を実施した。

4. 試験結果と考察

(1) 環境負荷期間と強度、破壊性状の関係

負荷期間に対するコア径別の強度特性に大きな相違は見られなかったため、 $\phi 100$ に関して、図-3に3種類の接着剤の環境負荷期間と引張強度の関係を、図-4に環境負荷期間とデッキ面積割合の関係を示す。また、図-5に、界面破壊の発生例について鋼材面側の状況を示す。負荷56日では、接着剤Aの70°C負荷を除き、SFRCと接着剤の両者ともに養生効果により、強度が上昇した。破壊性状は、材料破壊が支配的であった。168日では、強度は、2ケース（接着剤Aの70°C負荷、接着剤Bの50°C負荷では強度は低下）を除き、ほぼ横ばい状態であった。

破壊性状に関して、接着剤Cでは168日まで材料破壊が支配的であり、強度の低下は見られなかった。その他の接着剤では界面破壊への移行が見られた。また、接着剤A,B,Cともに高温の70°Cの方が、界面破壊が増加する傾向であった。接着剤Aの70°C負荷については、過年度の同条件の試験²⁾では168日まで材料破壊が支配的（強度も増加）であったが、本試験では56日時点ではほぼ界面破壊（図5(a)参照）への移行と強度低下が見られた。鋼

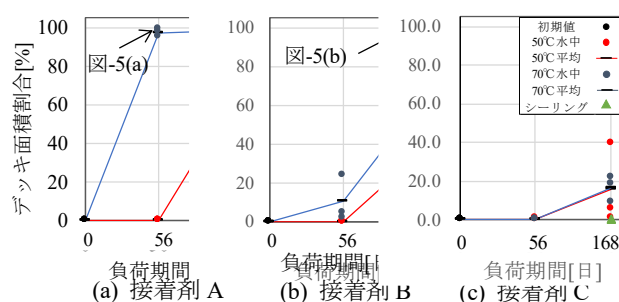


図-4 環境負荷期間とデッキ面積割合の関係

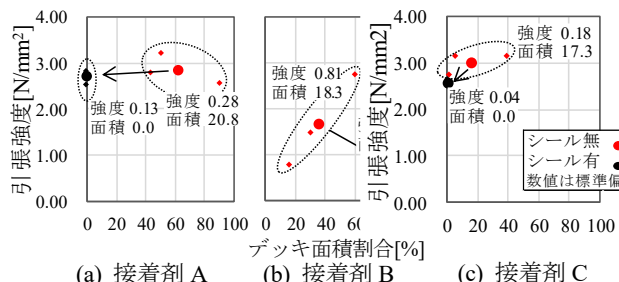


図-6 シールの有無による影響 (168日負荷)

板側の表面には、全面に赤さびが発生しており、負荷中に接合部に水が浸入したものと推測される。

(2) シールの有無による強度、破壊性状の相違

図-6に、50°C負荷168日でのシールの有無による、強度とデッキ面積割合を比較して示す。接着剤A,Cでは、強度は同程度であるが、破壊性状は異なる。シール有では材料破壊であるのに対して、シール無しでは界面破壊となっている。一方、接着剤Bでは、接着剤A,Cと異なり、シール有の場合に強度が低いまま界面破壊が発生しており、温度のみの影響により界面破壊に移行するとともに、顕著な強度低下を起こした。

5. まとめ

本試験の環境負荷期間と実環境条件との関連付けには至っていないが、養生効果も踏まえると、接着剤の性能を相対比較する上では少なくとも6ヶ月程度の負荷を行い、強度と破壊性状の両者に基づき評価することの重要性が示唆される結果であった。接着剤Aの70°C負荷56日及び接着剤Bの50°C負荷168日(シーリング有)の条件での破壊傾向については、過年度の試験²⁾と異なる、特異な破壊性状であり、その原因については今後の課題である。

本研究は、日本学術振興会科研費基盤研究(c)(一般)18K04326の補助を受けて実施した。

参考文献

- 1) (独)土木研究所他：鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究(その2・3・4)報告書—SFRC 舗装による既設鋼床版の補強に関する設計・施工マニュアル(案)—、共同研究報告書 No.95, 2009.10., 2) 幅他：鋼床版とSFRC 舗装の接着剤接合部における劣化特性, 土木学会第73回年次学術講演会概要集, I-436, pp.871-872, 2018.8.