

## 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 ○幅三四郎  
 施工技術総合研究所 正会員 小野秀一 (国研) 土木研究所 (現 首都高速道路(株))

首都大学東京 正会員 村越潤  
 正会員 佐藤歩  
 法政大学 正会員 森猛

### 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<sup>1),2),3)</sup>, 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はない.

本文では, 接着剤接合部の水や温度に対する耐久性評価のための基礎データを得るために, 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. 試験体の概要

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<sup>1)</sup>を, 表-1 に SFRC の配合条件を示す. 既設橋での交通規制下での急速施工を前提として超速硬セメントを使用した. 表-2 に SFRC 舗装の接合に使用した 2 種類の接着剤の性能および硬化後の材料物性を示す.

接着剤 A は, 本工法用に開発された高耐久性のエポキシ系接着剤で現在広く使用されている. 接着剤 B は比較用のエポキシ系接着剤であり, 同工法の開発当初, 一部の実橋に使用されていたが現在では使用されていない. 接着剤 A,B のガラス転移点は 60°C 前後である.

試験体は過年度に著者らが実施した引張試験<sup>1)</sup>時と同様の方法により製作している. デッキ面を模した鋼材表面に素地調整(ブラスト工法, 投射密度 150kg/m<sup>2</sup>)を行った後に接着剤を塗布し, その上に SFRC 舗装を厚さ 50mm で敷設している. SFRC の圧縮強度は, 33.8N/mm<sup>2</sup> (材齢 3 時間), 64.6N/mm<sup>2</sup> (材齢 28 日)であった. 接着剤の塗布量は標準的な使用量 10/m<sup>2</sup> (平均塗布厚 1mm 相当)とした.

### 3. 試験方法と環境負荷条件

#### (1) 試験方法

図-1 の試験体に対して接着剤接合部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. 試験体に対して 28 日間の気中養生 (20°C) を行った後, コアカッターを用いて φ100mm の円形の切込みをデッキ上面に達するまで導入した. その後, 所定の環境負荷を与えた後, 舗装表面に引張試験用治具を接着剤で接合固定し, 毎秒 0.1N/mm<sup>2</sup> の載荷速度で, 常温 (20°C) 下で, デッキと SFRC 舗装の接着剤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 (7854mm<sup>2</sup>) で除した値を引張強度とした. 試験に際して, 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

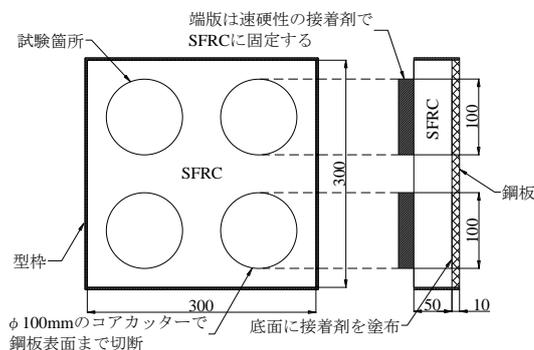


図-1 引張試験用試験体の寸法形状

表-1 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)	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 使用量 (kg/m <sup>3</sup> )
超速硬セメント	24N/mm <sup>2</sup>	40	50.1	5.0±1.5	3.0±1.5	15	φ0.6×30mm 100

表-2 接着剤の性状および硬化後の材料物性

項目	接着剤A		接着剤B	
	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
外観	白色ペースト状	青色液状	乳白色粘稠液	褐色透明液
混合比	主剤:硬化剤=5:1(質量比)		主剤:硬化剤=4:1(質量比)	
硬化物比重	1.40±0.20 (JIS K 7112)		1.35±0.05 (JIS K 7112)	
圧縮強度	50 N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7181)		70 N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7208 <sup>※</sup> )	
圧縮弾性係数	1.0×10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7181)		1.5×10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7208 <sup>※</sup> )	
曲げ強度	35 N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7171)		40 N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7203 <sup>※</sup> )	
引張せん断接着強度	10 N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 6850)		10 N/mm <sup>2</sup> 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, 補強, SFRC, 接着剤, コア抜き引張試験

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 TEL:042-677-2782 E-mail: haba-sanshiro@ed.tmu.ac.jp

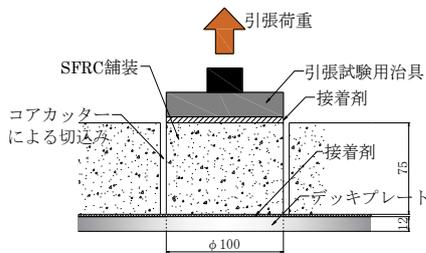


図-2 コア抜き引張試験の概要

た。界面破壊の場合は、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。

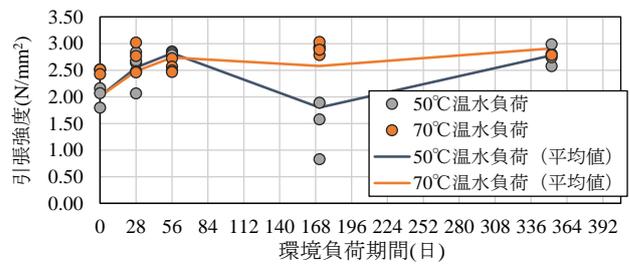
(2)環境負荷条件

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 14 日 (2 週間) ~350 日 (50 週間) とし、1 負荷期間に対して 4 体分の試験を実施した。なお、試験前には温水槽から取り出した後、恒温室に 1 日間置いている。接着剤 A,B では、別途実施している環境負荷後の強度特性の調査結果<sup>3)</sup>を踏まえ、負荷期間を若干ずらしている。

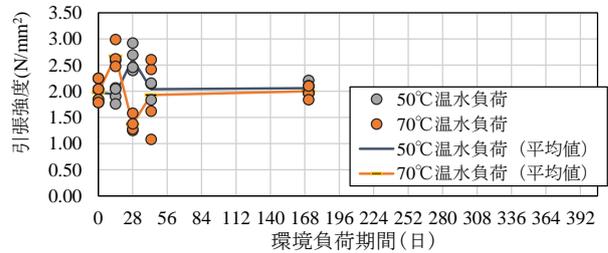
4. 試験結果

図-3 に 2 種類の接着剤の環境負荷期間と引張強度の強度変化を示す。50℃温水負荷による SFRC の圧縮強度は、64.6 (28 日) ~84.6N/mm<sup>2</sup> (199 日) であった。接着剤 A では、負荷期間の初期は接着剤の養生効果の影響により強度が増加する傾向が見られた。しかし、負荷期間が 56 日以降では、50℃温水負荷で強度低下が見られ、その後、ほぼ横ばい状態となった。一方、接着剤 B については、負荷期間の初期は温水による接着剤の養生と負荷の影響により、温度条件により異なる強度の変動が生じており複雑な挙動を示した。

図-4 に環境負荷期間とデッキ面積割合の関係を示す。デッキ面積割合とは、コア破断面の外観を写真撮影し、デッキ表面露出部分を CAD 上で抽出し算出したものである。接着剤 A に関して、負荷期間が 56 日までは接合部から SFRC 側に若干入った部分の材料破壊が支配的であったが、以降の負荷期間では接着剤とデッキ面の間の破壊 (界面破壊) に移行し、352 日負荷の時点で界面破壊が支配的となった。接着剤 B に関して、初期はばらつきが大きいものの負荷期間が長くなるにつれて界面破壊が支配的となり、両者ともに接着剤接合部に作用する温水負荷が、破壊性状の変化に影響を与え

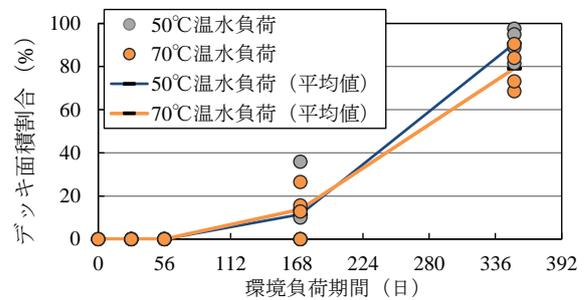


(a) 接着剤 A

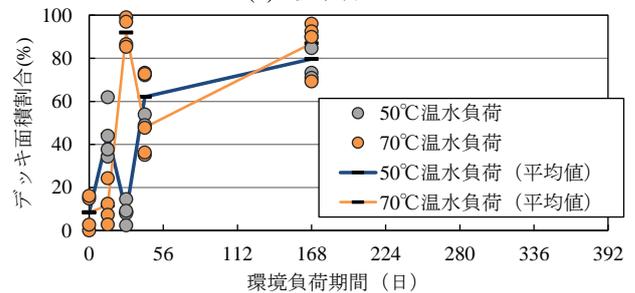


(b) 接着剤 B

図-3 環境負荷期間と引張強度の関係



(a) 接着剤 A



(b) 接着剤 B

図-4 環境負荷期間とデッキ面積割合の関係

ていることが確認された。

強度、破壊性状の変化について、さらなる分析を行うとともに、接合部の耐久性に関する適切な性能評価法について引き続き検討していく予定である。本研究の一部は、国土交通省建設技術研究開発費補助金による研究 (平成 27~28 年度) の一環として実施した。

参考文献

(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., 村越潤, 木ノ本剛, 春日井俊博, 児玉孝喜, 辻井豪：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 (構造・地震工学), Vol.69, No.3, pp.416-428, 2013.9., 幅三四郎, 村越潤, 小野秀一, 佐藤歩：屋外暴露した鋼床版 SFRC 舗装の接着剤接合部の経年劣化傾向, 鋼構造年次論文報告集, 17121,2017.11.