

# 早強セメントを用いた鋼床版 SFRC 舗装における接着剤接合部のせん断疲労強度

東京都立大学大学院 学生会員 ○白河拓丈

東京都立大学大学院 正会員 村越潤  
施工技術総合研究所 正会員 小野秀一

## 1. はじめに

近年、交通条件の厳しい鋼床版橋において、デッキプレートと U リブの溶接部等に疲労損傷が報告されている。この対策として、既存のアスファルト舗装を、比重がほぼ同じで剛性の高い鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRC）舗装に置き換え、接着剤により床版と一体化させる工法が提案され、既設鋼床版に広く適用されている。本工法における接着剤接合部の疲労挙動については、先行研究<sup>1)</sup>において S-N 線や破壊性状が明らかにされているが、超速硬セメントを用いた SFRC 舗装を対象としており、材料が異なる場合の疲労挙動や耐久性については依然として知見が少ない状況である。本検討では、材料が異なる場合の接着剤接合部の輪荷重載荷に対する疲労性状の相違を明らかにするために、接合部を模擬した小型試験体のせん断疲労試験を実施し、先行研究<sup>1)</sup>との比較分析を行った。

## 2. 試験体と試験方法

図-1 にせん断試験に使用した小型試験体の寸法形状を示す。試験体の製作手順及び試験方法は、先行研究<sup>1)</sup>と同一とした。SFRC の材料には、本工法の施工マニュアル<sup>2)</sup>を参考に早強ポルトランドセメントを使用し、デッキプレートを模擬した鋼材上面に素地調整(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 75mm 厚の SFRC を打設し、28 日間の気中養生 (20℃) を行った。

表-1 に SFRC 舗装の接合に使用した 2 種類のエポキシ系接着剤の性状及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接着剤であり、広く使用されている。接着剤 B は本工法の開発当初に使用されていたが、現在は使用されていない。接着剤の塗布量は、接着剤 A では 1.4kg/m<sup>2</sup>、B では 1.35 kg/m<sup>2</sup> (平均塗布厚 1mm 相当) とした。SFRC の圧縮強度は、67.1N/mm<sup>2</sup> (材齢 7 日間)、80.3N/mm<sup>2</sup> (材齢 28 日) である。

表-2 に試験条件ごとの試験体数を示す。これらについて、静的せん断試験と疲労試験を 100kN 疲労試験機で実施した。試験結果については、超速硬セメントを使用した先行研究の試験結果 (S-N 線)<sup>1)</sup>と比較した。

写真-1 にせん断試験の状況を、図-2 に載荷方法を示す。試験体を横置きし、専用の治具を用いて、50mm 厚の鋼材部分を接合面まで固定し、一面せん断に近い載荷条件とした。載荷圧の極端な偏りがないことを確認するために、図-1 に示す位置にひずみゲージ (ゲージ長:10mm) を貼付し、試験時の接合部付近のコンクリート部のひずみを計測した。静的せん断試験では載荷速度 1mm/min の変位制御とし、試験体の鋼材部と SFRC 部の接着接合部が破壊するまで載荷し、計測した破壊時の荷重値を試験体断面積 (10,000mm<sup>2</sup>) で除した値を静的せん断強度とした。疲労試験では載荷速度 10Hz で最長 10<sup>7</sup> 回まで繰返し載荷を実施し、

キーワード 鋼床版, 疲労, SFRC, 接着剤, せん断疲労試験

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 TEL : 042-677-2782 E-mail : shirakawa-takumi@ed.tmu.ac.jp

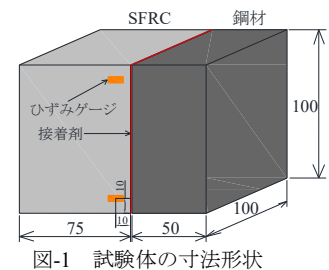


図-1 試験体の寸法形状

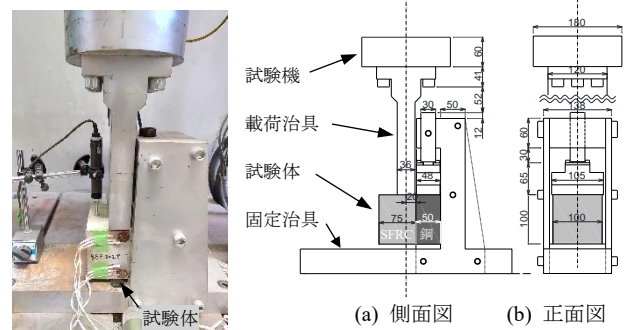
表-1 接着剤の性状及び硬化後の材料物性

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	乳白色粘濁液	黄色透明液
混合比 (質量比)	主剤:硬化剤=5:1		主剤:硬化剤=4:1	
硬化物比重	1.40±0.20 (JIS K 7112)		1.35±0.05 (JIS K 7112)	
圧縮強度	50N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7181)		60N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7208 <sup>3)</sup> )	
圧縮弾性係数	1.0×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7181)		2.0×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7208 <sup>3)</sup> )	
曲げ強度	35N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7171)		40N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 7203 <sup>3)</sup> )	
引張せん断接着強度	10N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 6850)		10N/mm <sup>2</sup> 以上 (JIS K 6850)	
ガラス転移温度	56℃		54℃	

(注) 各社技術資料より作成、※印は廃止規格を示す。

表-2 試験体一覧

試験種別	接着剤	試験体数
静的試験	A	3
	B	3
疲労試験	A	9
	B	9



(a) 側面図 (b) 正面図

図-2 載荷方法

写真-1 試験状況

試験中の挙動変化を確認するために、荷重及びひずみを1/200秒ごとに計測した。各試験体の応力範囲は、超速硬セメントの場合の試験結果<sup>1)</sup>を参考に疲労強度の傾向が得られるように適宜調整した。また、破壊性状については、試験体破断面の外観を写真撮影し、材料破壊、凝集破壊、界面破壊の3種類の破壊性状の面積をCAD上で読み取り、面積割合を算出した。なお、一連の試験は2022年2月～3月に室内で実施しており、試験時の温度は5～20℃前後である。

### 3. 試験結果と考察

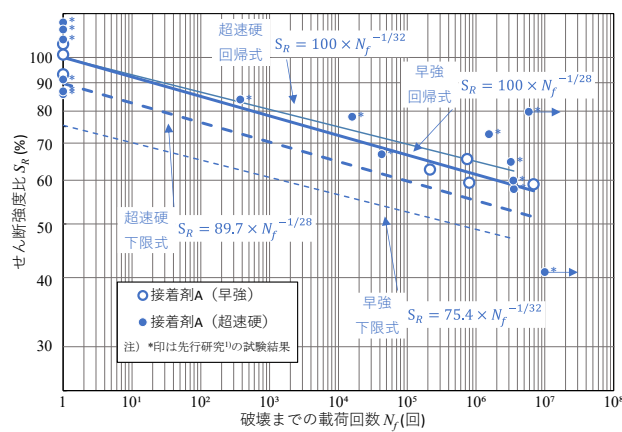
静的せん断強度は、接着剤Aで平均6.49N/mm<sup>2</sup>（標準偏差0.33N/mm<sup>2</sup>）、接着剤Bで平均7.62N/mm<sup>2</sup>（標準偏差0.56N/mm<sup>2</sup>）であった。

図-3に、せん断疲労試験結果を示す。異なる材料を用いたことによる疲労性状の違いを比較するために、先行研究<sup>1)</sup>での超速硬セメントの結果を併記した。縦軸のせん断強度比 $S_R$ は、静的せん断強度に対する疲労強度の変化傾向を把握するために、静的強度の平均値により無次元化した疲労強度である。図中の実線は、 $N_f = 1$ で $S_R = 1$ となるよう求めた回帰式であり、破線はこの回帰式を2×標準偏差だけ下方にずらした下限式である。早強セメントを太い線で、超速硬セメントを細い線で示した。静的強度は接着剤Bの方が大きいものの、回帰式により求めた荷重200万回時の疲労強度比 $S_R$ は、接着剤A、Bではそれぞれ60.0%、49.9%であり、Aの方が大きくなる傾向がみられた。

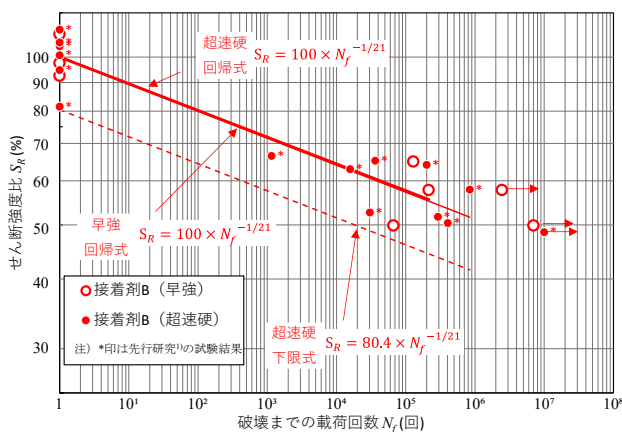
図-4に破壊性状ごとの面積割合を、写真-2に破壊面の状況を示す。接着剤Aでは静的、疲労試験ともに、接合部付近での材料破壊が主体的となった。接着剤Bでは、静的試験では材料破壊が主体となったが、疲労試験では強度の信頼性が低いとされる界面破壊が主体となった。

以上の接着剤毎の疲労強度及び破壊性状の傾向は、先行研究における超速硬セメントの場合の試験結果と類似しており、せん断強度比で整理した疲労試験結果やせん断強度比に対する回帰式は使用セメントの種類によらず概ね近い値を示している。したがって、同一の接着剤を用い、破壊性状が材料破壊主体となる場合は、材料の種類にかかわらず、接着剤接合部に対し同様のS-N線で整理できる可能性があると考えられる。

参考文献1) 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, pp.72-83, 2020.5. 2) 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，2009.10.

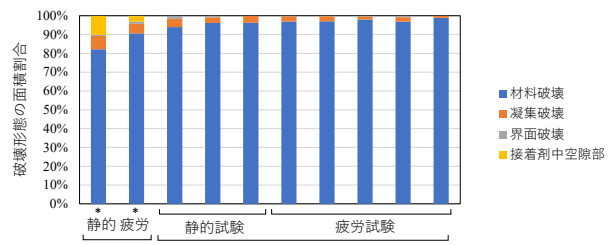


(a) 接着剤 A

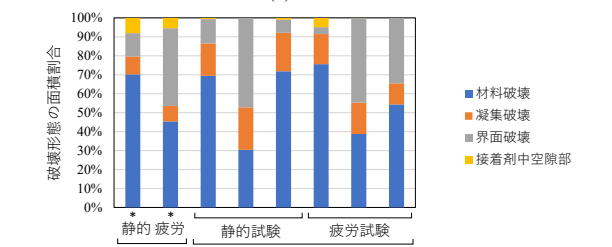


(b) 接着剤 B

図-3 せん断疲労試験結果 (S-N 関係)

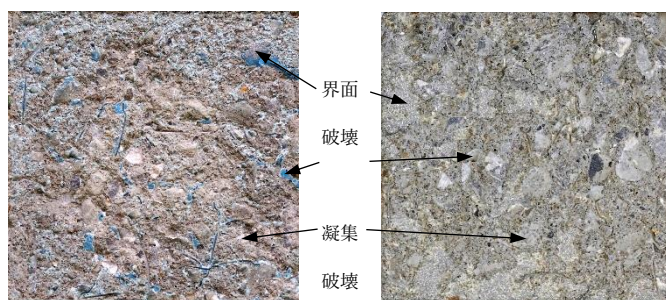


(a) 接着剤 A (注)\*印は先行研究<sup>1)</sup>での平均値



(b) 接着剤 B (注)\*印は先行研究<sup>1)</sup>での平均値

図-4 破壊性状ごとの面積割合



(a) 接着剤 A ( $N_f=214,869$ ) (b) 接着剤 B ( $N_f=66,414$ )

写真-2 破壊面の状況 (鋼床側, 100×100mm)