

CFRP 成形材のマトリックス樹脂の違いによる鋼材への付着性能に関する研究

日鉄ケミカル&マテリアル
ものづくり大学
フクビ化学工業
東日本高速道路

正会員 ○櫻井俊太, 秀熊佑哉
正会員 大垣賀津雄, PHAM NGOC VINH, 安田翼
正会員 鈴木秀武, 成沢良輔
正会員 紫桃孝一郎

1. はじめに

現在、高速道路等の橋梁において、鋼床版デッキプレート等に疲労き裂が多数発生している¹⁾。そこで、著者らは、車線規制が不要な鋼床版下面からの予防保全対策として、CFRP（炭素繊維強化ポリマー）成形材接着で鋼床版デッキプレート U リブ溶接部の局部応力低減を図る補強工法を提案した²⁾。本研究では、本工法で使用する CFRP 成形材のマトリックス樹脂の違いによる鋼部材との付着性能を確認するため、建研式接着試験及び接着端部に着目した振動疲労試験を行った。

2. 実験概要

本検討では既往の研究²⁾と同様の積層構成の CFRP 成形材を用いた。図-1 に建研式接着試験供試体の概要図を示す。鋼製治具の接着は、CFRP 成形材および鋼製治具の表面をやすり掛けし、CFRP 成形材に本工法で使用するエポキシ樹脂を用いて鋼製治具を接着した。着目する接着界面は CFRP 成形材-接着樹脂間とした。

図-2 に振動疲労試験の供試体を示す。既往の研究³⁾と同様の方法で試験を行った。CFRP 成形材の接着には端部 50mm の範囲にはく離を抑制するためのポリウレアパテ材を塗布し、エポキシ樹脂を用いて CFRP 成形材を接着した。

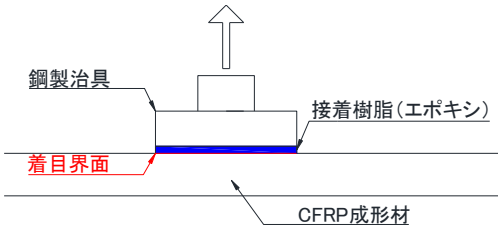


図-1 建研式接着試験供試体概要図

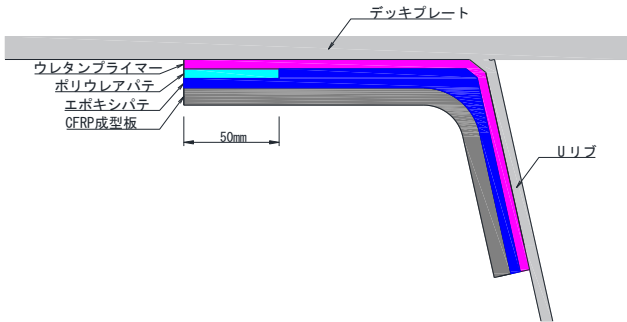
表-1 試験供試体一覧

供試体名	マトリックス樹脂	熱履歴	建研式	振動疲労
V-N	ビニルエステル樹脂	無	○	○
E-N	エポキシ樹脂	無	○	○
E-H		有	○	-

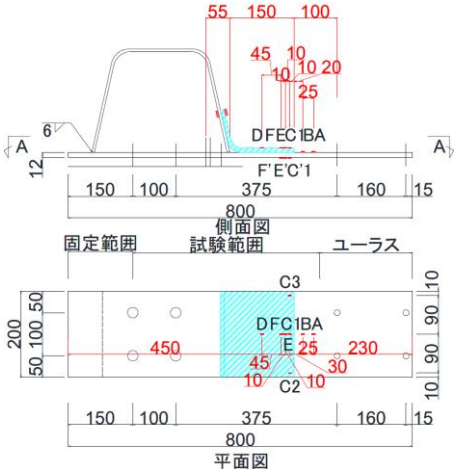
表-1 に各試験の供試体一覧を示す。CFRP 成形材のマトリックス樹脂をビニルエステル樹脂もしくはエポキシ樹脂とした。また、建研式接着試験では鋼床版上面へグースアスファルトを打設した際に発生する熱の影響を考慮し、グースアスファルト打設時相当の熱履歴の有無をパラメータとした。振動疲労試験の応力範囲は、解析で最も厳しい輪荷重載荷状態を求めた CFRP 成形材端部で 110N/mm² として 200 万回の振動疲労試験を行った。

3. 結果および考察

図-3 にグースアスファルト打設時の鋼床版下面の温度履歴および、建研式供試体に与えた温度履歴を示す。表-2 に試験結果一覧を、写真-1 に破壊状況例を



(a) 接着部詳細



(b) 疲労試験供試体

図-2 振動疲労試験供試体概要図

キーワード CFRP 成形材, 鋼床版補強, 施工, 疲労

連絡先 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-13-1 日鉄ケミカル&マテリアル (株) TEL : 03-3510-0341

示す。接着強度は V-N 供試体で平均 2.9N/mm²、E-N 供試体で平均 4.0N/mm²、E-H 供試体で平均 4.6N/mm² であり、CFRP 成形材のマトリックス樹脂をエポキシ樹脂として熱履歴を与えた供試体が最も接着強度が高かった。また、破壊状況は V-N 供試体では繊維層間はく離が先行したのに対し、E-N、E-H 供試体では層間剥離せずに CFRP 成形材-エポキシ樹脂界面でのはく離であった。そのため、CFRP 成形材のマトリックス樹脂をエポキシ樹脂とした方が鋼材との接着性能が向上することが確認され、グースアスファルト打設時相当の熱による接着強度の低下もないと考えられる。

図-4 に各供試体の応力範囲-振動回数の関係を示す。同図より、V-N、E-N 両供試体において振動回数 200 万回時点まで各測定点の応力変範囲に有意な変化は確認されず、CFRP 成形材のはく離は確認されなかった。したがって、接着強度の最も小さかった V-N 供試体においても CFRP 成形材のはく離が生じなかったことか

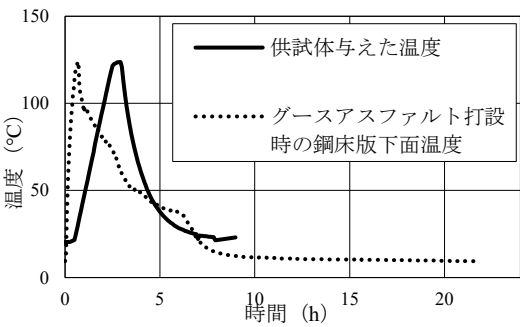


図-3 建研式試験供試体に与えた温度履歴

表-2 建研式接着試験結果一覧

供試体名	No.	接着強度 (N/mm ²)	破壊箇所
V-N	1	2.6	繊維層間
	2	3.0	繊維層間
	3	3.2	繊維層間
E-N	1	3.7	CFRP-接着樹脂間
	2	4.1	CFRP-接着樹脂間+ 治具-接着樹脂間
	3	4.2	CFRP-接着樹脂間+ 治具-接着樹脂間
E-H	1	4.6	CFRP-接着樹脂間
	2	4.6	CFRP-接着樹脂間
	3	4.6	CFRP-接着樹脂間



(a) 繊維層間 (V-N) (b) CFRP-接着樹脂間 (E-H)

写真-1 建研式試験破壊状況例

ら、グースアスファルト打設時相当の熱履歴が与えられた場合においても、疲労による CFRP 成形材のはく離が生じないと考えられる。

4. まとめ

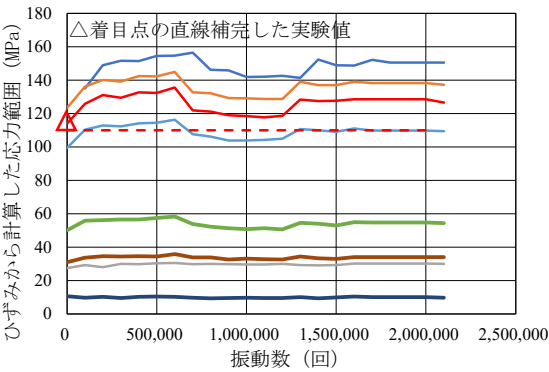
CFRP 成形材のマトリックス樹脂をパラメータとした建研式接着試験の結果から、マトリックス樹脂をエポキシ樹脂とした方が鋼材との接着性能が良いことが確認された。また、振動疲労試験の結果から疲労による CFRP 成形材のはく離が生じないことが確認された。

参考文献

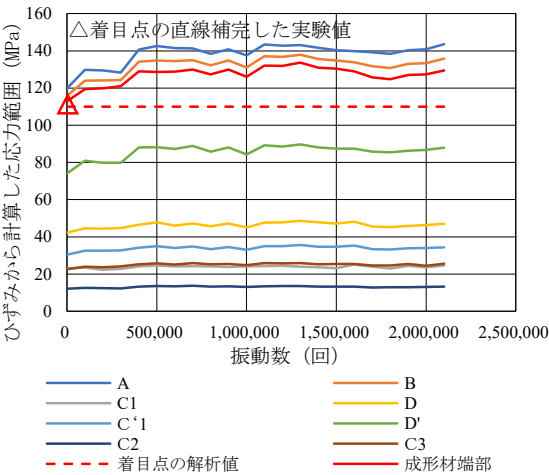
1) 土木学会：鋼床版の疲労[2010 年改訂版]，鋼構造シリーズ 19，2010.12

2) 櫻井俊太，大垣賀津雄，Pham Ngoc Vinh，秀熊佑哉，紫桃孝一郎：鋼床版下面からの CFRP 成形材による補強に関する施工試験と解析の比較，第 12 回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.235-240，2022.9

3) 安田翼，大垣賀津雄，VINH PHAM NGOC，秀熊佑哉，櫻井俊太，紫桃孝一郎：鋼床版 U リブ溶接部補強のための CFRP 成形材接着部の疲労強度確認試験，第 12 回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.235-240，2022.9



(a) V-N 供試体



(b) E-N 供試体

図-4 疲労試験結果