

## 鋼床版橋下面からの CFRP 成形材による補強に関する施工試験

日鉄ケミカル&マテリアル 正会員 ○櫻井俊太, 秀熊佑哉  
ものづくり大学 正会員 大垣賀津雄, PHAM NGOC VINH  
東日本高速道路 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<sup>1)</sup>。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。本研究では、交通開放下での施工を前提に U リブ間に交通荷重を模擬した定点繰り返し载荷をしながら、U リブ間のデッキ下面に CFRP 成形材を接着し、CFRP 成形材による補強効果と樹脂硬化段階の影響を把握することを目的に試験を行った。

## 2. 実験概要

本研究では、表面のケレン、プライマー及び高伸度弾性パテ材の塗布、CFRP 成形材の貼付け施工などの一連の作業を行った。

図-1 に本供試体の概要を示す。施工後 2 日間（48 時間）供用状態を再現したような荷重載荷状態とするため、6m 支間中央に、約 2 分毎に 50kN の定点荷重繰り返し载荷を行いながら、上述の CFRP 成形材の接着施工を行い、樹脂硬化までの段階における U リブ溶接部近傍のひずみを測定した。その後 4 日間は、12 時間毎に载荷を行い、FEM 解析結果と同様の補強効果が得られ

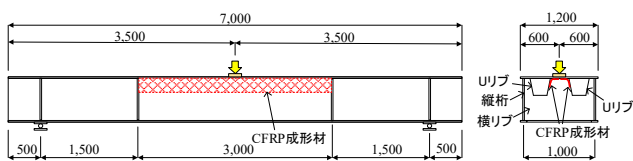


図-1 CFRP 成形材による鋼床版実寸大供試体  
(単位：mm)



図-2 鋼床版の実験状態

るか検証した。ここで、鋼床版実寸大供試体の形状と実験状況を図-2 に示す。

## 3. 解析概要

解析対象は、図-1 に示した鋼床版実寸大供試体と同様とした。解析モデルの概要とメッシュ形状を、表-1 と図-3 に示す。本解析では、鋼床版実寸大供試体のフルモデルを用いて FEM 解析を実施することにより、得られた実験結果と応力低減効果を比較した。補剛材、下フランジは 8 節点シェル要素で、その他の横リブ、デッキプレート、U リブおよびその溶接部は 20 節点ソリッド要素で構成した。鋼材料は弾性体 ( $E_s = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ) とし、メッシュサイズは一般的な部材を約 15mm、溶接ルート部の最小メッシュサイズを 0.25mm とした。また、

表-1 解析モデルの概要（線形解析）

部材	板厚 (mm)	要素	材料	メッシュサイズ
縦桁	12	8 節点曲げシェル要素 (CQ40S)	弾性体 ( $E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$ )	桁端部の部分 (100mm)
下フランジ	12			
横リブ	12			
U リブ	6			
デッキプレート	12			
U リブ溶接部	2.4			
CFRP 成形材	-	20 節点ソリッド要素 (CHX60)	異方特性 ・ CFRP 成形材の構成 CF 外/GF/CF 内=1.934 mm/3.515 mm/3.868 mm ・ 炭素繊維シート E90 = $E_0 = 2.13 \times 10^5 \text{ (MPa)}$ ・ ガラス繊維シート E90 = $E_0 = 0.28 \times 10^5 \text{ (MPa)}$	中央部分 (10mm) 溶接部 (最小メッシュサイズを 0.25mm とした)
エポキシ樹脂層	0.5		弾性体 ( $E = 2500 \text{ MPa}$ )	
ポリウレアパテ	1		弾性体 ( $E = 80 \text{ MPa}$ )	

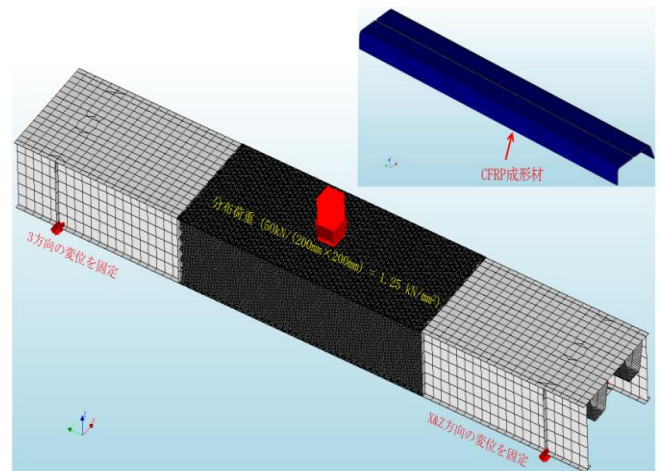


図-3 解析モデルの形状

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

3,500

7,000

3,500

1,200

600 600

ポアソン比は ( $\nu=0.3$ ) とし, 分布荷重 ( $50\text{kN}/(200\times 200)=1.25\text{N}/\text{mm}^2$ ) で解析を行った.

#### 4. 結果および考察

荷重実験中, 3~6 時間おきに, 油圧オイルの温度上昇 (オーバーヒート) により 50kN 荷重試験機が非常停止する現象が生じた. 復旧に 1 時間強が必要となり, その間, 装置のクロスヘッド部分の質量約 2 トンが試験体に荷重された状態となった.

図-4 に 50kN 荷重時の応力ピーク包絡線を示す. ひずみは着目点に最も大きな応力が発生する横リブ間中央の値である. 同図中実線は補強前, 破線は補強後の解析値を示し, 計測点 A~D 位置での実験値と比較した. 同図より, 0 時間~12 時間の間で鋼材における応力低減の効果は小さいが, 12 時間~30 時間の間で接着樹脂の硬化に伴い応力低減効果が徐々に発揮された. そして, 約 30 時間後には接着樹脂が硬化し, 各点におけるひずみは, それ以降, 概ね一定に推移した. したがって, 接着樹脂硬化途中に定点繰り返し荷重を受ける場合においても, U リブ溶接部近傍の鋼材の応力低減効果が発揮されることが確認された.

接着樹脂硬化 (約 48 時間) 以降, A 点では解析結果と同様の補強効果が現れているが, B~D 点では実験値のひずみ (絶対値) が解析結果より若干大きいことが確認された. これは各点, 無補強時の解析結果が実験値 (0 時間) のひずみ (絶対値) より小さいため, 補強後の解析結果についても CFRP 成形材による補強効果を過大評価している可能性があること, 試験機の停止により鋼床版が変形した状態で樹脂の硬化が進んだことが原因として考えられる.

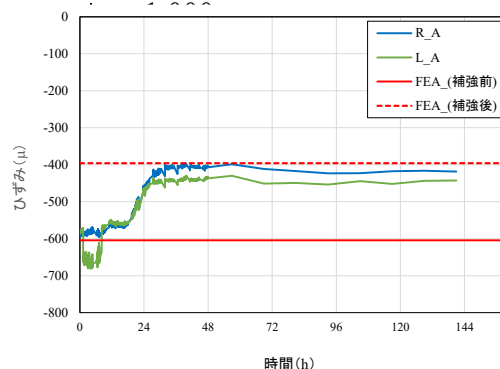
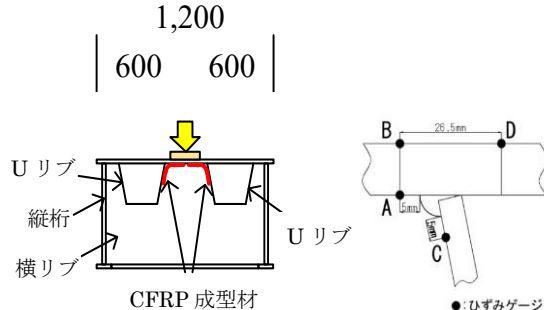
#### 5. まとめ

本研究では, U リブ間に定点繰り返し荷重をしながら, U リブ間のデッキ下面に CFRP 成形材を接着し, CFRP 成形材による補強効果と樹脂硬化段階の影響を調査した. その結果は以下の通りである.

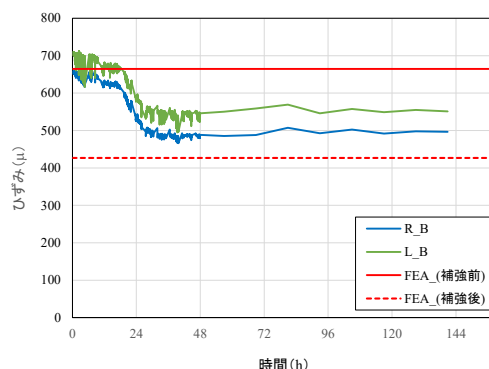
12 時間~30 時間の間で樹脂硬化に伴い応力低減効果が現れ, 約 48 時間後に鋼材における応力低減効果が収束していることが確認された. そして, 実験値と解析値が概ね一致しており, CFRP 成形材による U リブ溶接部近傍の補強効果が確認された.

#### 参考文献

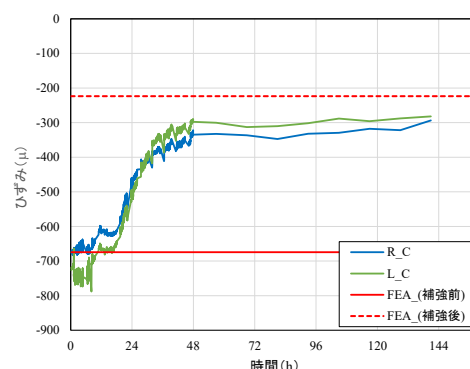
1) 土木学会: 鋼床版の疲労 [2010 年改訂版], 鋼構造シリーズ 19, 2010.12



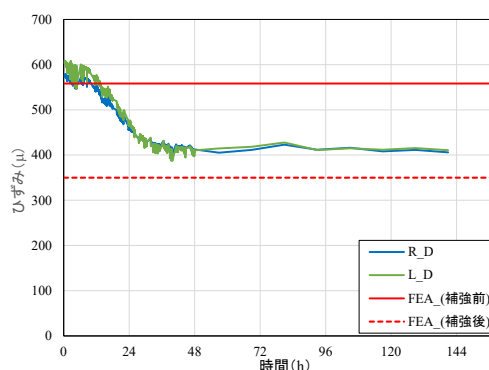
(a) A 点



(b) B 点



(c) C 点



(d) D 点

図-4 ひずみ-時間の関係の包絡線