

鋼床版橋下面からの CFRP 成形材および軽量樹脂モルタルによる補強効果に関する研究

ものつくり大学 学生会員 ○渡邊 健也, 増渕 悠希
 ものつくり大学 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
 太平洋マテリアル 正会員 石田 学, 赤江 信哉
 日鉄ケミカル&マテリアル 正会員 秀熊 佑哉, 櫻井 俊太

1. はじめに

近年, 都市内高速道路の鋼床版橋梁において, U リブ溶接部から疲労き裂が多数発生している¹⁾。鋼床版の疲労損傷の中で, U リブ溶接部に発生するき裂を放置すると, 進展して道路としての機能の低下につながる²⁾。このような疲労損傷の対策は SFRC 舗装工法など種々講じられているが, 重交通区間も多く鋼床版上面からの対策は課題も山積している。そこで現在, 鋼床版下面からの補強工法として, CFRP 成形材と軽量樹脂モルタルを用いた工法が検討されている。本研究では, 補強工法に関して, 静的載荷試験および FEM 解析により補強効果の確認を行った。

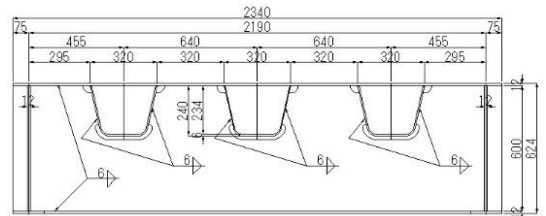


図-1 供試体概略図

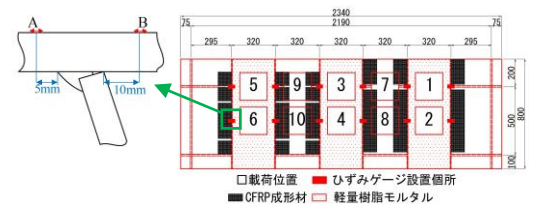


図-2 供試体載荷位置, ゲージ位置

2. 実験概要

製作した鋼床版実験供試体の概略図を図-1 に示す。供試体は, U リブ 3 本, 横リブ 2 枚を有し, 実橋と同様にデッキ厚は 12 mm, U リブのサイズは 320×240×6 mm, 供試体の材質は SM400 である。また U リブ溶接部は, 実橋のデータを参考に 40%溶け込みとした。本補強工法は, U リブ外面側はデッキプレートと U リブ溶接部を含むコーナー部に CFRP 成形材をポリウレアパテを介して接着, U リブ内部に軽量樹脂モルタルを充填することにより, デッキプレート U リブ溶接部の応力を低減する工法である。なお, U リブ内部は軽量樹脂モルタル充填後, デッキプレートと密着させるためエポキシ樹脂二次注入を行っている。図-3 に載荷状況を示す。また, 載荷荷重は, 道路橋示方書³⁾の T 荷重を参考に, 250kN を想定した大型車の後輪輪重 50kN とし, 補強前後でひずみを計測した。載荷位置およびゲージ位置は図-2 に示す通りである。



図-3 載荷状況

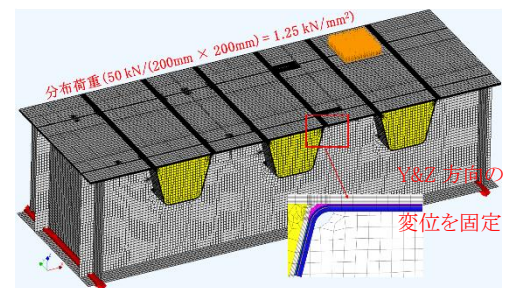


図-4 解析モデル

3. 解析概要

発生応力の挙動を評価することを目的として FEM 解析を実施するにあたり, デッキ貫通やビード貫通の起点と推定されるルート部に着目した。解析モデルを, 図-4, 表-1 に示す。補剛材, 下フランジ, CFRP 成形材を接着する範囲外の横リブは 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, 軽量樹脂モルタル, CFRP 成形材およびポリウレアパテ等は 20 節点ソリッド要素で構成した。メッシュサイズは一般的な部材を約 15 mm, 溶接ルート部の最小メッシュサイズを 0.25 mm とした。また, ポアソン比は ($\nu=0.3$) とし, 分布荷重 ($50 \text{ kN}/(200 \times 200) = 1.25 \text{ N/mm}^2$) で解析を実施した。

キーワード 鋼床版, U リブ, CFRP 成形材, 樹脂モルタル, FEM 解析

連絡先 〒361-0038 埼玉県行田市前谷 333 番地 ものつくり大学 建設学科 TEL048-564-3907

4. 実験と解析結果

図-5~7 に実験結果載荷位置 1,2,8 における補強前と補強後の比較のグラフを示す。また図-8 に解析によるルート部のミーゼス応力を示す。これらの結果より、以下のことがわかる。

図-5~7 から実験のひずみは図-2 の載荷位置 1 (Uリブ直上) において補強前 A,B(536 μ ,946 μ)、補強後 A,B(20 μ , 65 μ)、図-2 の載荷位置 2 (Uリブ直上) で補強前 A,B(566 μ ,823 μ)、補強後 A,B(75 μ , 54 μ)、とひずみが減少している。これは、軽量樹脂モルタル充填により Uリブ直上載荷時に溶接部にかかる応力が低減されたと考えられる。また図-2 の載荷位置 8 (Uリブ間) で補強前 A,B(700 μ ,517 μ)、補強後 A,B(283 μ , 301 μ)、とひずみが減少している。これは CFRP 成形材を Uリブ外面に接着することにより、Uリブ間載荷時の溶接部にかかる応力が低減されたと考えられる。また、実測値と解析値の傾向が比較的良好に一致しており、弾性的な挙動が伺えることがわかる。

また図-8 に示した解析結果により、本補強対策工により Uリブ直上載荷時にルート部のミーゼス応力が 87%低下し、Uリブ間載荷時にルート部のミーゼス応力が 66%低下しており、十分な補強効果があることを確認できた。

表-1 解析モデル概要

部材	板厚 (mm)	要素	ヤング係数 (MPa)	メッシュサイズ
補剛材	12	8 節点曲げシェル要素 (CQ40S)	$E_s=2 \times 10^5$	一般的な部材 (15mm)
下フランジ	12			
3面 CFRP 成形材を接着する範囲以外の横リブ	9			
Uリブ	6			
デッキプレート	12	20 節点ソリッド要素 (CHX60)	異方特性	溶接部 (最小メッシュサイズを 0.25 とした)
Uリブ溶接部	2.4※			
CFRP 成形材				
エポキシ樹脂層	0.5			
ポリウレアパテ層	1			
軽量樹脂モルタル	-		2500	
			80	
			1000	

注) ※は Uリブ板厚 6mm の 40% 溶け込みとした。

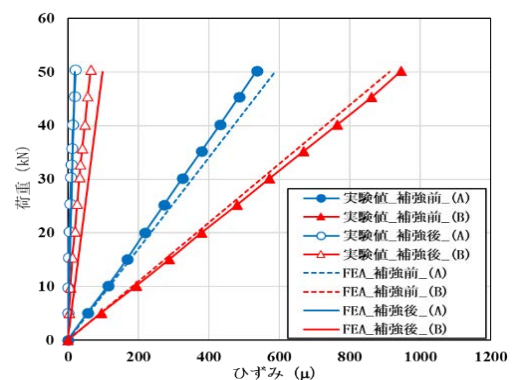


図-5 載荷位置 1

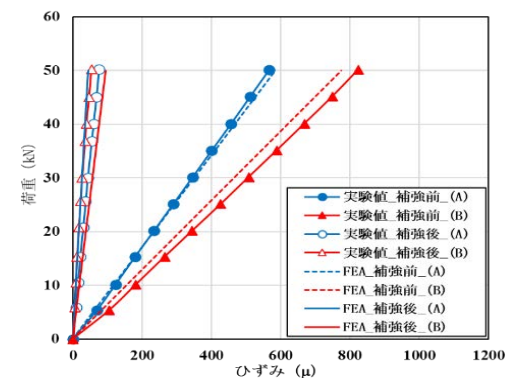


図-6 載荷位置 2

5. まとめ

鋼床版に本補強対策工をすることにより、Uリブ溶接ルート部の応力が低減され、疲労き裂の発生や進展の抑制効果が期待できるといえる。

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) 日名誠太，平野秀一，：首都高速道路における鋼床版の疲労損傷と対策，橋梁と基礎，2020.8
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2017.11

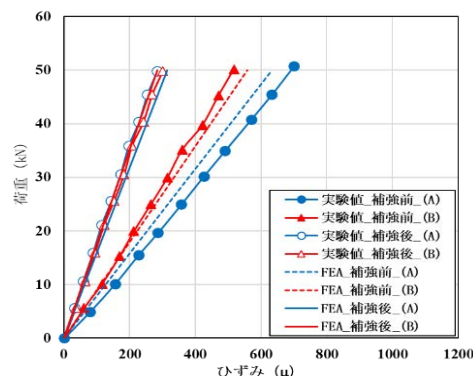
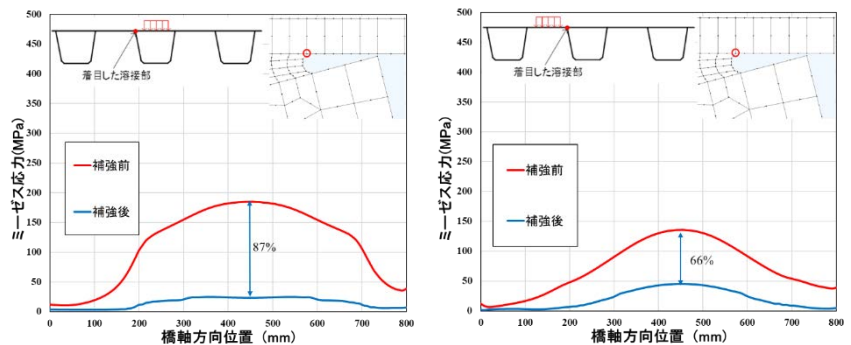


図-7 載荷位置 8



a) Uリブ直上載荷 b) Uリブ間載荷
図-8 ルート部の発生応力解析結果