

鋼 I 桁下フランジに接着した高弾性 CFRP 板の連結板周辺部の定着方法に関する実験的研究

明石工業高等専門学校 正会員 越智内士
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村政秀
 三菱樹脂 (株) 正会員 久部修弘

1. 研究背景：現在，経年劣化に伴う鋼板の板厚減少や設計活荷重の増加により作用応力が大きくなり，補強が必要な鋼 I 桁橋が数多くある．このような鋼 I 桁に対する補強方法として，鋼板を溶接あるいはボルト接合する方法が多く用いられているが，重機や，母材に騒音を伴う孔明け加工が必要となるなど，施工性や施工環境に改善の余地があると考えられる．そこで，近年，施工性にも有利な方法として，炭素繊維樹脂強化板（以下，CFRP 板）の接着接合による補強が適用されつつある．しかし，鋼 I 桁には高力ボルトによる継手部が存在し，CFRP 板を連続して貼付することが出来ないため，CFRP 板の十分な貼付長が確保できない場合には，荷重载荷によって下フランジの連結板近傍の CFRP 板端部に剥離が生じる可能性がある¹⁾．そこで，本研究では，鋼 I 桁下フランジに接着した CFRP 板の連結板周辺部の剥離防止および剥離後の CFRP 板の落下防止の両対策を兼ねた定着方法を提案し，それらの妥当性を曲げ载荷実験により検討している．なお，CFRP 板には補強効率に有利な高弾性タイプを用いる．

2. 実験供試体および CFRP 板端部の定着方法：まず，図-1 に示すように，カバープレート（溶接接合）した H100×50×7×5 mm の H 形鋼（SS400）の下フランジ全長にわたって高弾性 CFRP 板を貼付することを想定する．ここで，载荷点から支点方向へ 800 mm の位置まで貼付した供試体 H100_800 および図-2 に示すように継手部が存在することを想定し载荷点から 500 mm の位置まで貼付した供試体 H100_500 について 4 点曲げ試験を行っている．つぎに，下フランジの連結板周辺部の CFRP 板端部の定着方法として図-3 および図-4 の 2 種類を提案している．図-3 は，ボルト接合した鋼板で CFRP 板端部の浮き上がりを押さえて剥離を防止し，さらに連結板を跨いで CFRP 板を貼付する方法（ブリッジ補強）である（供試体 H100j_500_4*）．さらに，図-4 は，CFRP 材料のみの接着接合により図-3 と同様な補強効果を期待した方法であり，つまり，CFRP 板端部上に波形 CFRP プレート（高強度）を設置し，その上から炭素繊維シート（高強度）を巻き立て接着している．それらに加えて CFRP ロッド（高弾性）によりブリッジ補強している（供試体 H100j_500_4*）．これらの連結板周辺部のブリッジ補強の様子を図-5 に示す．また，CFRP 板補強およびブリッジ補強の効果は，それぞれ，CFRP 板を貼付しない実験供試体 H100_0（継手なし）およ

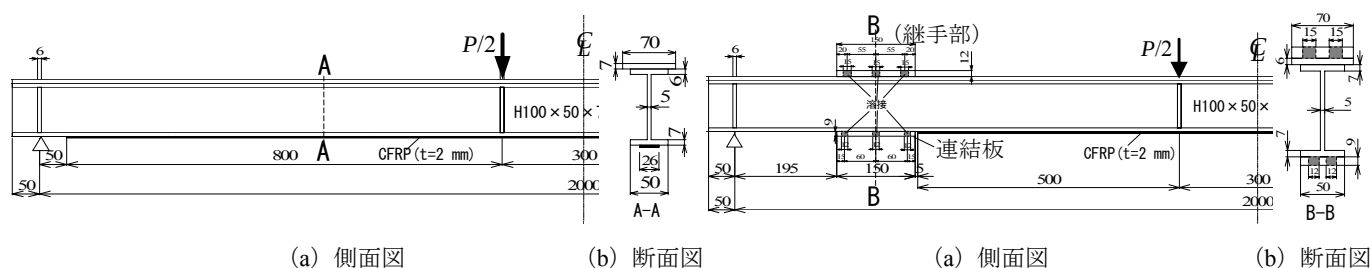


図-1 継手のない鋼 I 桁への CFRP 板接着による補強 図-2 継手のある鋼 I 桁への CFRP 板接着による補強

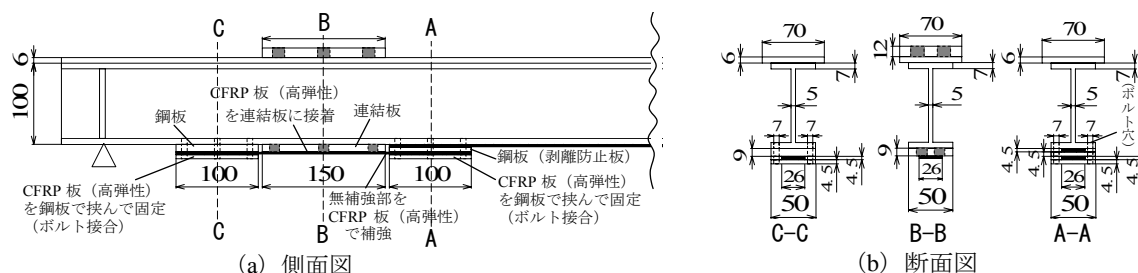


図-3 下フランジの連結板周辺部の CFRP 板端部の定着方法（その 1）

キーワード 高弾性 CFRP 板，鋼桁，補強，剥離防止，ブリッジ補強

連絡先 〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 明石工業高等専門学校 都市システム工学科 TEL：078-946-6173

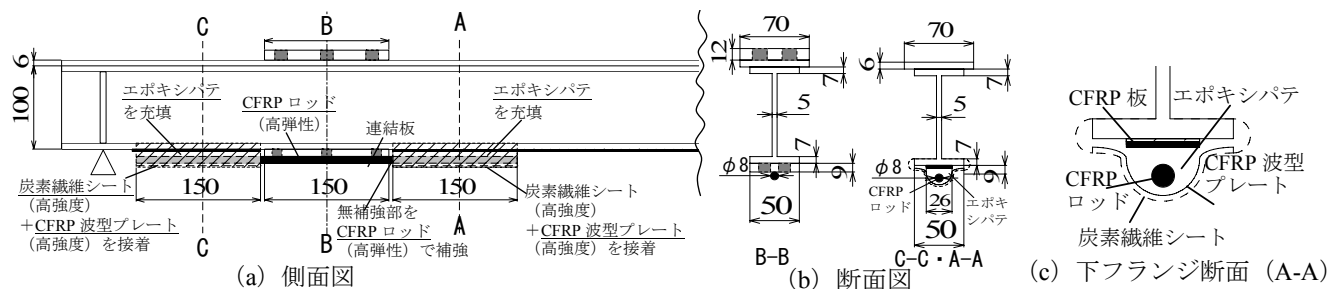


図-4 下フランジの連結板周辺部の CFRP 板端部の定着方法 (その2)

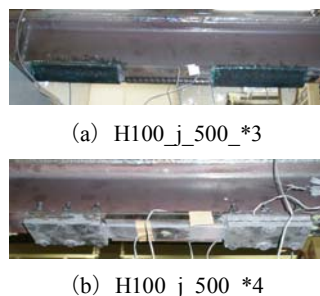


図-5 連結板周辺部

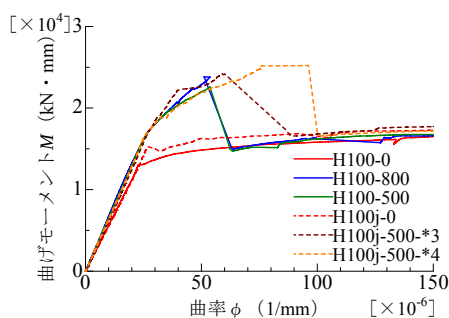


図-6 曲げモーメントー曲率の関係

表-1 実験供試体に用いた材料の機械的性質

		降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	破断ひずみ
H形鋼	H100_ (継手なし)	326.4	454.5	2.03×10 ⁵	—
	H100j_ (継手あり)	338.8	459.5	2.03×10 ⁵	—
高弾性CFRP		—	1363.3	4.46×10 ⁵	2916μ

表-2 最大曲げモーメント

実験供試体	P_{max} (kN)	M_{max} (kN·mm)	M_Y (kN·mm)	M_{max}/M_Y
H100_0	44.1	1.876×10 ⁴	1.355×10 ⁴	1.384
H100_800	56.1	2.382×10 ⁴	1.711×10 ⁴	1.392
H100_500	53.1	2.257×10 ⁴	1.711×10 ⁴	1.319
H100j_0	44.9	1.910×10 ⁴	1.389×10 ⁴	1.375
H100_500_3	57.0	2.421×10 ⁴	1.754×10 ⁴	1.380
H100_500_4	59.3	2.520×10 ⁴	1.754×10 ⁴	1.437

表-3 初期曲げ剛性

実験供試体	弾性理論値 $E_s I_{xs}$	補強効果 (%)	実験値 M/ϕ	補強効果 (%)
H100_0	5.365×10 ⁸	—	5.643×10 ⁸	—
H100_800	6.295×10 ⁸	17.35	6.738×10 ⁸	19.40
H100_500	6.295×10 ⁸	17.35	6.501×10 ⁸	15.20
H100j_0	5.365×10 ⁸	—	5.554×10 ⁸	—
H100_500_3	6.295×10 ⁸	17.35	6.178×10 ⁸	11.24
H100_500_4	6.295×10 ⁸	17.35	6.399×10 ⁸	15.21

び H100j_0 (継手あり) の実験結果と比較して考察する。なお, CFRP 板には高弾性 CFRP 板 (三菱樹脂 (株) 製 HM520) を, CFRP 板の接着およびエポキシパテ (図-4) には三菱樹脂 (株) 製エポサームパテ L-600 を用いた。

3. 実験結果および考察: 表-1 には本実験で用いた材料の機械的性質を示している。図-6 にはスパン中央断面の曲げモーメント M と曲率 ϕ との関係を示す。曲率 ϕ は, 供試体のスパン中央部に貼付したひずみゲージの値より算出した。下フランジ全長に CFRP 板を貼付した H100_800 の CFRP 板は端部剥離せず, スパン中央部で破断した (破断時ひずみ: 3932 μ) が, H100_500 では端部剥離によって最大曲げモーメントの低下が見られた。H100j_500_3 および 4 では, 定着部材を設置により CFRP 板は最大曲げモーメントまで剥離することなく, スパン中央部 (破断時ひずみ: 4,530 μ および 3,899 μ), 剥離防止板周辺部の順で破断し終局状態に至った。なお, 連結板周辺部の定着部材には損傷は確認されなかった。表-2 には最大曲げモーメントを, 表-3 には図-6 より算出した初期曲げ剛性および理論剛性 $E_s I_{xs}$ (E_s : 鋼のヤング係数, I_{xs} : 図-1 の A-A 断面の重心軸に関する鋼換算断面二次モーメント) を示す。これらより, CFRP 板を貼付した場合では初期曲げ剛性で約 11~19%, 最大荷重で約 20~32% 改善されている。

4. まとめ: 継手部を有する鋼 I 桁下フランジへ高弾性 CFRP 板を接着接合する場合の継手部周辺の CFRP 板端部の定着方法に関して提案を行い, それらの方法を用いた鋼 I 桁の小型試験体について曲げ載荷試験を実施した。それらの結果, 本研究で提案した継手部周辺の CFRP 板端部の定着方法によって CFRP 板端部の剥離防止, 初期剛性の増大, および終局強度の上昇の効果が確認でき, 有効性が検証された。今後は, 大型の実験供試体についても実験を実施し, 実際に存在する鋼 I 桁においても同様な効果が得られるのかについて確認をしていきたい。

謝辞: CFRP 板の提供および本実験供試体の製作において, 三菱樹脂株式会社から多大なるご支援をいただきましたことに感謝を申し上げます。実験実施においては, 明石工業高等専門学校都市システム工学科の上田博之, 岩間翔太氏のご協力に対し感謝申し上げます。

参考文献: 1) 越智内士・松村政秀・久部修弘: 鋼 I 桁下フランジに貼付した高弾性 CFRP 板による補強効果および剥離現象について, 土木学会第 64 回年次学術講演会, I-549, pp.1097-1098, 2009。