

鋼板接着補強された桁における性能回復効果の実験的研究

広島大学 学生会員 ○福田 光央
西日本旅客鉄道 正会員 中山 太士

広島大学 正会員 藤井 堅
コニシ株式会社 正会員 堀井 久一
広島大学 学生会員 植村 俊哉

1. はじめに

鋼鉄道橋では、供用後 100 年以上経過する橋梁が多数存在し、著しい腐食が確認されている。腐食減肉した鋼橋の部材性能を回復させるために、いままでに当て板による補強等が実施されている。当て板を接合する性能回復法では、高力ボルトと溶接による 2 種類の工法があるが、それぞれの工法において問題点が考えられる。そこで、施工が容易な方法として、当て板を接着剤で接着する工法（以下；鋼板接着工法）が考えられるようになった。

筆者ら¹⁾は鋼板接着工法の引張軸力に対する性能回復効果を確認した。しかしながら、曲げを受ける桁のフランジに関しては十分には明らかにされていない。そこで本研究では、実橋梁を想定した桁（I 形鋼）のフランジに鋼板接着工法を適用し、曲げを受ける桁における性能回復効果を実験的に調査する。

2. 実験供試体

本実験に用いた供試体は圧延 I 形鋼（300×150×13×8 mm）であり、無腐食（無加工）の供試体 1 体（G-0）、まくらぎ下の局部腐食を模擬した上フランジ腐食タイプの供試体 2 体（G-1、G-1c）と下フランジの様な腐食を模擬した下フランジ腐食タイプの供試体 2 体（G-2、G-2c）の計 5 体である。上フランジに腐食を模擬した供試体の詳細図を図-1 に示す。図に示した腐食減肉部の長さは、上フランジ腐食タイプはまくらぎ幅の 200 mm、下フランジ腐食タイプは 600 mm とし、フランジを元板厚から 50% 削り取ることで腐食を模擬した。なお、供試体の鋼種は SS400 である。

当て板接着部の詳細図を図-2 に示す。当て板は、減肉による降伏強度低下分を当て板に伝達できる接着面積を確保するために、式(1)から求められる接着長さ L を確保した。

$$L \geq \frac{\sigma_y B (t_f - t_f')}{\tau_a b_a} \quad (1)$$

ここに、 σ_y は桁の降伏強度、 τ_a は接着剤のせん断強度を示す。本供試体では $L \geq 97.5$ mm であり、接着長さは 100 mm 確保した。また、当て板の両端部には応力集中を緩和させるために、図-3 のような角度 20 度のテーパを設けている。

桁と当て板の接着面は、接着性を高めるためにサンドブラスト処理を施した。接着剤は、2 液混合型金属接着用エポキシ樹脂系の接着剤を使用した。

3. 実験概要

当て板を接着した供試体（G-1c と G-2c）と接着していない供試体（G-1 と G-2）をそれぞれ 1 体ずつ作製し、載荷実験を実施した。実験は、支間 4000 mm で 2 点支持 2 点載荷の条件の下、支間中央 1000 mm を純曲げ区間となるように載荷した。

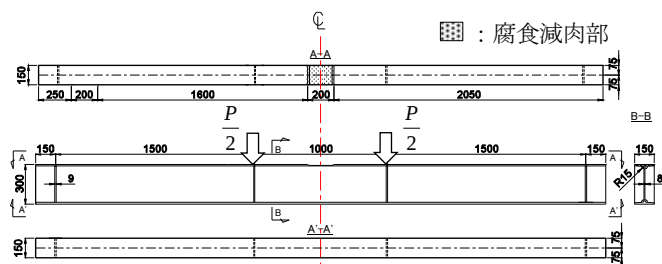


図-1 供試体概要（上フランジ腐食タイプ）

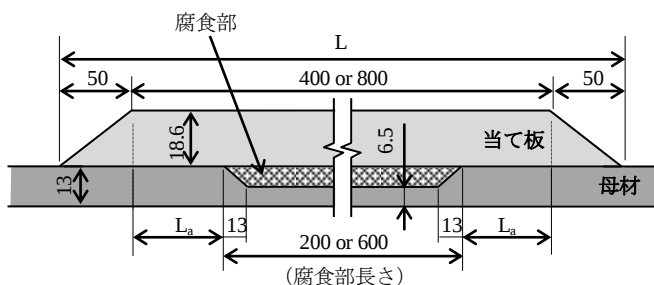


図-2 当て板接着部

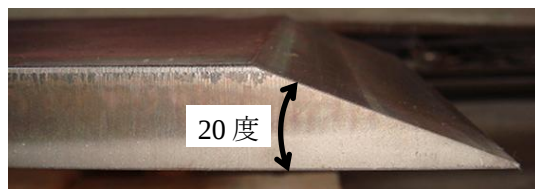


図-3 当て板端部（テーパ部）

4. 実験結果

4.1 崩壊性状

当て板を接着した供試体は、いずれも載荷途中で大きな音とともに当て板が剥離し、荷重低下を起こした。これらの供試体の曲げ耐荷力は、当て板の剥離によって決まった。

載荷中で目視により接着剤の剥離を調べたが、音とともに荷重低下を起こすまでは接着剤界面の剥離は確認できなかった。剥離が発生すると中央部まで一気にひび割れが生じた。

4.2 荷重-たわみ関係

実験から得られた最高荷重を表-1に、荷重-たわみ関係を図-4に示す。グラフの縦軸は、ロードセルで計測した荷重値 P から求めた曲げモーメント M_u を無腐食の桁においては理論から求めたフランジ降伏モーメント $M_y (=189.0 \text{ kN} \cdot \text{m})$ で無次元化したものである。

表-1および図-4から、G-1cとG-2cの最高荷重は無腐食の供試体G-0と比較すると、若干低いものの無腐食の供試体のフランジ降伏曲げモーメント M_y 付近まで強度回復できており、本論文で提案する鋼板接着工法は強度回復に有効であることがわかる。

さらに、弾性域において、当て板を接着した供試体のみかけの曲げ剛性（荷重-たわみ曲線の傾き）が、無腐食のそれよりもわずかに大きいことに気づく。これは、桁のフランジ腐食部にかなり厚い当て板を接着したために曲げ剛性が無腐食の状態よりも大きくなったことを示している。

4.3 曲げひずみ分布

各供試体の200 kN時の曲げひずみ分布を図-5に示す。図には、当て板を含めた断面全体が有効と仮定して弾性はり理論から得られる曲げひずみ分布もあわせて破線で示している。図の縦軸は、無腐食の桁の中立軸（桁高中央）からの距離を示しており、上フランジ腐食タイプでは上縁、下フランジ腐食タイプでは下縁のひずみ値が当て板表面のひずみである。

図より、鋼板接着工法を適用した供試体の曲げひずみ分布は、ほぼはり理論値に一致していることがわかる。また、中立軸はG-0の中立軸からそれぞれ当て板側に移動している。このことから、桁と接着された当て板は、ほぼ一体化していると考えられる。

また図-5から、G-1cとG-2cの曲げひずみ分布の勾配は両者ともほぼ同じであり、無腐食のG-0の曲げひ

ずみ分布の勾配よりも急である。このことから、当て板を接着したことにより、曲げ剛性が無腐食の桁まで回復できていることがわかる。

表-1 最高荷重

	無腐食	上フランジ腐食		下フランジ腐食	
	G-0	G-1	G-1c	G-2	G-2c
M_u (kN m)	216.4	167.6	209.6	158.4	180.2
M_u/M_y	1.14	0.89	1.11	0.84	0.95

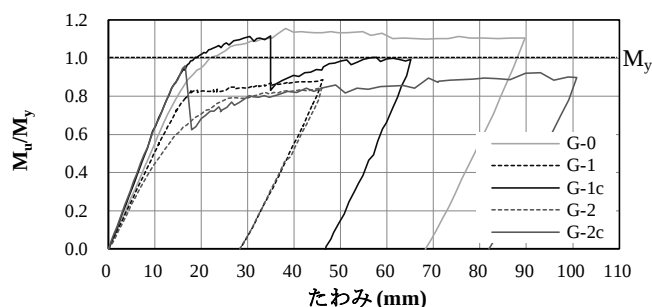


図-4 荷重-たわみ関係

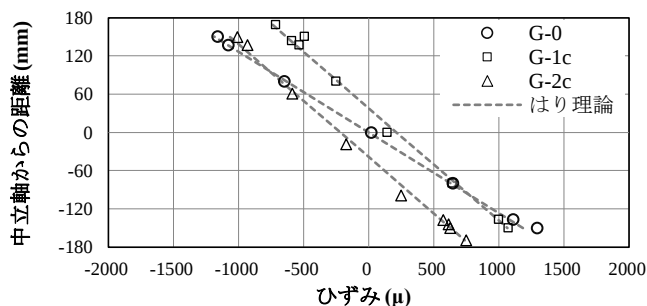


図-5 曲げひずみ分布（200 kN 時）

5. 結論

- (1) フランジが減肉した桁に鋼板接着工法を適用すると、無腐食の桁のフランジ降伏モーメント M_y 付近まで強度回復でき、なおかつ曲げ剛性の回復も可能である。
- (2) 当て板を接着した供試体では、荷重が接着剤を介して効果的に当て板に伝達されており、桁と当て板がほぼ一体化して挙動しているとみなしてよいことがわかった。

参考文献

- 1) 森下太陽, 藤井堅, 森田和也, 堀井久一, 中村秀治: 腐食した鋼板の鋼板接着による性能回復, 構造工学論文集, Vol. 57A, CD-ROM, 2011.