

硬化前載荷が鋼板接着工法による性能回復効果へおよぼす影響

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

筆者らは、接着剤を用いて腐食部に鋼板を接着する方法(以下鋼板接着工法と呼ぶ)が、腐食した部材の強度回復に有効であることを確認した^{1,2)}。実務においては、とくに鉄道橋では、夜間の列車運行休止中に補修工事を行なうことが多いが、この場合、夜間に接着作業をして、翌朝には接着剤の硬化中に荷重が作用すること(以下、硬化前載荷)が起こりうる。本研究では、接着作業終了の数時間後から定期的に載荷を実施することにより、硬化前載荷が曲げ耐荷力におよぼす影響を実験的に調査する。

2. 実験概要

2.1 供試体(桁)

本実験に用いた供試体は、圧延 I 形鋼(300×150×13×8 mm)で、無腐食の供試体(G-0)、および上フランジの腐食を模擬して、図-1に示すように、上フランジの板厚を局部的に減肉させた供試体を作成した。上フランジ腐食タイプ4体のうち、1体は無補強(G-1)とし、他3体に鋼板接着工法を適用した(G-11~G-13)。上フランジの腐食は、鉄道橋特有のまくらぎ下の局部腐食を模擬しており、腐食長は、まくらぎ幅(200 mm)である。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、減肉後の板厚はフランジの元板厚の1/2(6.5 mm)とした。供試体の鋼種はSS400である。

2.2 当て板

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)を用いて接着長さ L を決めた。

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

ここに、 σ_y は桁の上フランジの降伏強度、 τ_a は接着剤のせん断強度である。本供試体では $L \geq 97.5$ mm となり、接着長さは100 mmとした。また、当て板の両端部には応力集中を緩和させるために、角度20度のテーパを設けている。

当て板の接着面も桁と同様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。

2.3 曲げ載荷実験

曲げ載荷実験は、支間4,000 mmで2点支持2点載荷の条件の下、中央1000 mmを純曲げ区間とした。硬化前載荷の荷重($P=30$ kN)は、実際の鉄道橋での発生応力(30 MPa)に対応するように決めた。硬化前載荷は接着作業終了の5時間後から開始し、24時間経過するまでは3時間毎、それ以降は1日毎に載荷を実施した。

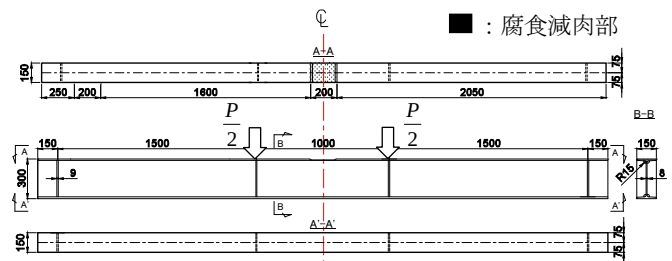


図-1 供試体概要

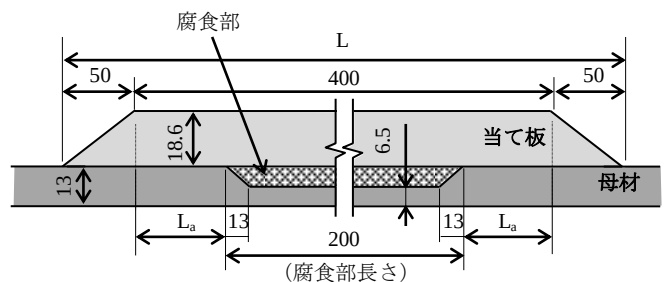


図-2 当て板接着部

キーワード：鋼板接着工法、硬化前載荷、曲げ耐荷力、当て板、接着剤

連絡先：〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科社会基盤環境工学専攻 TEL 082-424-7792

3. 実験結果

3.1 曲げ耐力

実験から得られた各供試体の最高荷重を表-1 に、荷重-中央のたわみ関係を図-3 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はり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。当て板を接着した供試体は、最高荷重に達すると同時に当て板が剥離した (G-12 は除く)。図中、急激な荷重の低下は当て板が剥離したことを示している。表-1 から、G-13 では無腐食 G-0 の耐力力まで回復できていることがわかる。しかし、G-11、G-12 では、回復効果が小さい。これは、硬化前载荷の影響よりも素地調整の違いに起因する。すなわち、G-11 と G-12 は、防錆のために塗布した防錆剤 (油) が残留したと考えられる。一方、G-13 はブラスト処理ままの状態であることから、接着面の油分や汚れの除去が重要であるといえる。

G-13 の結果から、接着剤硬化中にある荷重が作用しても接着効果には影響しないと言える。

また図-3 より、当て板を接着した 3 体の供試体の見かけ上の曲げ剛性は、無補強よりも大きいことが確認できる。

3.2 曲げひずみ分布の時間変化

硬化前载荷において、供試体 G-13 で測定した接着剤の硬化にともなう曲げひずみの時間変化を図-4 に示す。ひずみは、支間中央部の軸方向ひずみを測定した。図中 5 時間後において、最も高い圧縮ひずみは上フランジで測定したひずみである。図より、接着作業から 5 時間では全く当て板に荷重が伝達していないのに対し、約 24 時間が経過すると接着剤は硬化し荷重を当て板に伝達できていることがわかる。素地状態の違いが剥離荷重におよぼした影響は大きかったが、硬化前载荷時に生じた曲げひずみは 3 体とも変化はなく、硬化前载荷の影響は小さいと考えられる。

表-1 最高荷重 (剥離荷重)

	無腐食	上フランジ腐食			
	G-0	G-1	G-11	G-12	G-13
M _u (kN m)	216.4	167.6	176.6	147.8	219.2
M _u /M _y	1.14	0.89	0.93	0.78	1.16

(P_u : 最高荷重, M_u : 最大曲げモーメント, M_y : はり理論から求めたフランジ降伏モーメント)

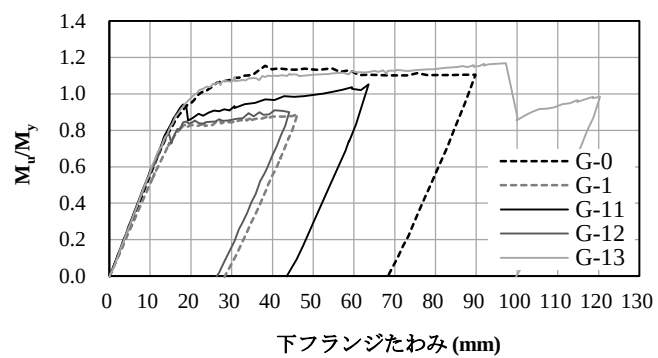


図-3 荷重-たわみ関係

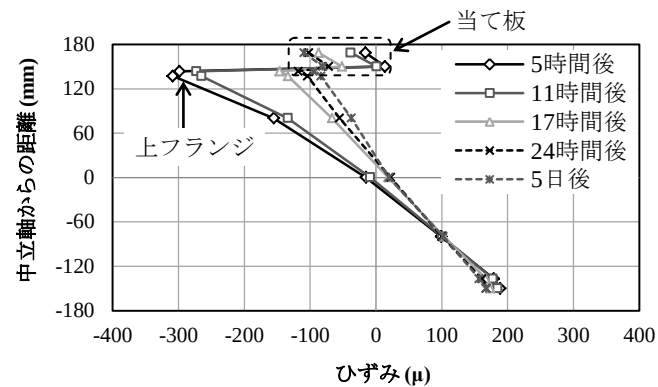


図-4 曲げひずみ (時間変化, G-13)

4. 結論

- (1) G-13 は硬化前载荷の影響をほとんど受けず、供試体 G-0 の強度まで回復させることができた。したがって、接着剤が硬化する前に活荷重が作用しても補修効果には影響しない。また、接着面積は、式(1)に基づいて設計してよいと考えられる。
- (2) G-11 および G-12 の最高荷重は、効果はあるものの若干小さくなった。これは素地調整の違いによる。
- (3) 弾性域における見かけの曲げ剛性は、当て板を接着したすべての供試体で無腐食の桁の剛性よりも大きくなった。これは、当て板の板厚が、フランジの減肉板厚よりも厚いことによる。

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, pp. 747-755, 2011.

2) 福田光央, 藤井堅, 中山太士, 堀井久一: 鋼板接着補強された腐食プレートガーダーの曲げ耐力実験, 鋼構造年次論文報告集, Vol. 19, 2011.