

動的繰返し荷重下における CFRP 補強桁の接着剤硬化時の応力状態

株式会社 平設計 ○ 正会員 山田 稔

首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科 学生員 大久保智

首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科 正会員 長嶋文雄

1. はじめに

CFRP 板を鋼橋の補修・補強材料として用いる工法は、実用化に向けて開発、研究が盛んに行われている。しかし、実橋での適用事例はいまだ少なく、その一因として動的に荷重が载荷された供用下での接着性能に関するデータが少ないことが挙げられる。補修・補強作業は道路交通を規制することなく供用させたままで行うことが望まれるが、その際、活荷重による橋梁の振動が接着特性に及ぼす影響を明らかにすることが必要である。梁に CFRP 板を貼り付けた後、動的繰返し荷重を作用させた試験体のひずみを計測することで接着剤の硬化の状況を明らかにすることを試みた。接着剤の硬化に伴い補強断面に付加応力度が発生することを確認し、この付加応力度は繰返し荷重の大きさによっては無視できない値となることがわかった。

2. 接着剤硬化にともなう動的繰返し荷重下での梁のひずみ

曲げモーメントを受ける梁 (H 形鋼 100×50×5×7, 支間長 700mm) の下フランジに補強材として CFRP 板 (幅 50mm×厚さ 5mm×長さ 600mm) をパテ状エポキシ樹脂接着剤で貼付して載荷試験を実施した。繰返し荷重作用下で H 形鋼および CFRP 板の支間中央のひずみを測定した。

ひずみゲージ位置を図-1 に示す。図-2 は最大荷重 30kN

～最小荷重 5kN, 載荷速度は 0.25Hz の試験体における (a) 荷重載荷直後、(b) 接着剤硬化後および (c) 除荷後の時間経過によるひずみを表す。接着剤の硬化は CFRP 板のひずみから確認することができる。すなわち、荷重載荷直後は CFRP 板のひずみはわずかに引張側に振れているが (これは、硬化する前の接着剤の粘性と脱落防止用に取り付けた治具の影響で弱い合成効果が生じているためと考えられる)、時間の経過とともに CFRP 板のひずみは引張側と圧縮側に両振れしながら増加していることで応力が伝達されていることが認められた。ひずみが両振

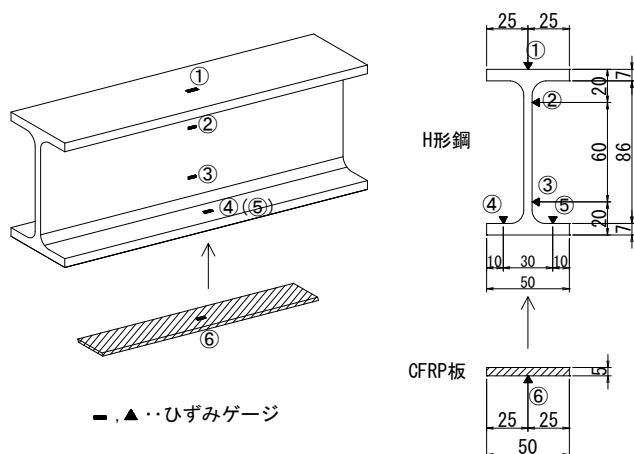


図-1 試験体とひずみゲージ貼付位置

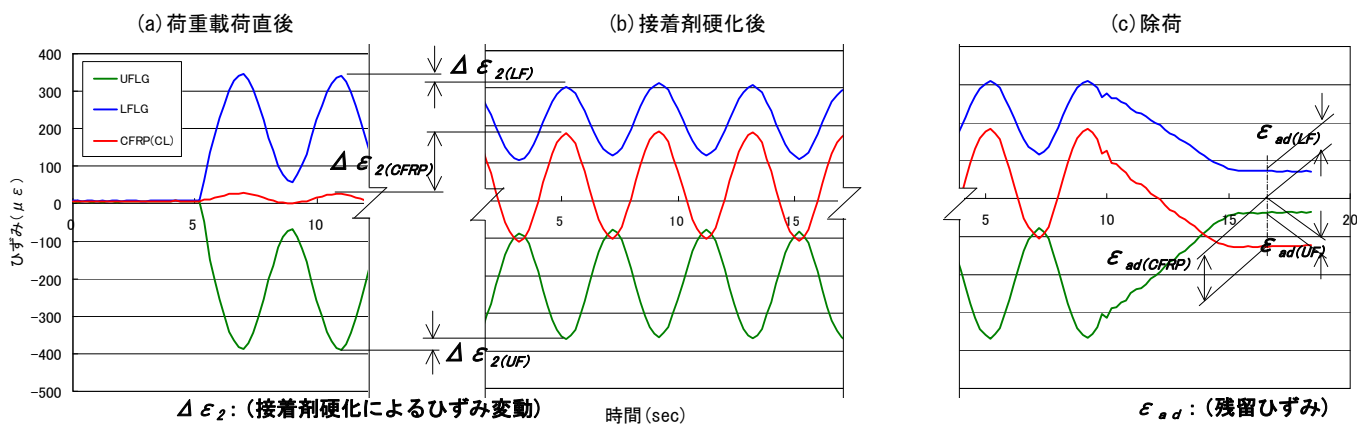


図-2 時間経過とひずみの変化状況

キーワード：動的繰返し荷重, CFRP 板, 接着剤硬化, 付加応力度

連絡先：(株)平設計 技術部 〒110-0005 東京都台東区上野 3-17-11, TEL03-3836-3246, FAX03-3833-7467

れするのは、接着剤の硬化はすでに繰返し荷重が作用している状態から始まるため、接着剤の硬化は変動する荷重の中央値（平均荷重）付近を境に引張と圧縮の応力を繰返し受けながら促進するためである（図-3）。

3. 接着剤硬化にともなう梁の応力度

接着剤が硬化する時の応力度の変化を模式図で示すと図-4 のようになる。縦軸は応力度、横軸は経過時間を示し、上フランジ、下フランジおよび CFRP 板の応力度の変化を表している。応力度は繰返し荷重の最大値での値を示している。ここでは応力状態の変化を以下の3つのモードとして示す。

(1)接着直後の応力度(MODE1)： 接着直後に荷重が載荷されると、曲げモーメントが作用し H 形鋼の上フランジおよび下フランジは補強前の断面剛度で応力度を計算することができる。CFRP 板にはわずかに応力度が発生している。

(2)接着剤硬化による CFRP 板への伝達応力度と H 形鋼の低減応力度(MODE2)： 接着剤の硬化にともない、CFRP 板の応力度は増加し、上フランジおよび下フランジの応力度は減少する。これは接着剤が硬化することで補強効果が発揮され、補強断面として CFRP 板に力が伝達され、それにより鋼部材では応力度の負担が軽減されるためである。

(3)除荷後の付加応力度(MODE3)： 荷重を除荷すると H 形鋼の応力度は零にはならず、わずかな応力度が残っている。CFRP 板には大きな圧縮側の応力度が生じる。これらが接着剤硬化後の梁に生じる付加応力である。接着剤硬化にともない変化する応力度は、梁の断面諸量、荷重の大きさから計算で求めることが可能である。図-5 に状態毎に試算した応力度から換算した残留ひずみと実験から得られたひずみを比較した結果を示す。両者はよく一致した結果であった。

4. おわりに

動的繰返し荷重下で接着剤が硬化する場合、梁に付加応力度が生じ、その値を算出する方法を示した。現在、CFRP 板を用いた鋼橋の補強工法的设计は、補強前の断面は既存の死荷重を負担し、補強後の断面は後死荷重と活荷重を負担するという考えで行われているが、今後は、付加応力度を考慮した設計法の検討を行う必要があることがわかった。

【参考文献】 S. S. J. Moy, A. G. Bloodworth : Strengthening a steel bridge with CFRP composites, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Structures & Buildings 160, Issue SB2, pp.89-93, 2007.4

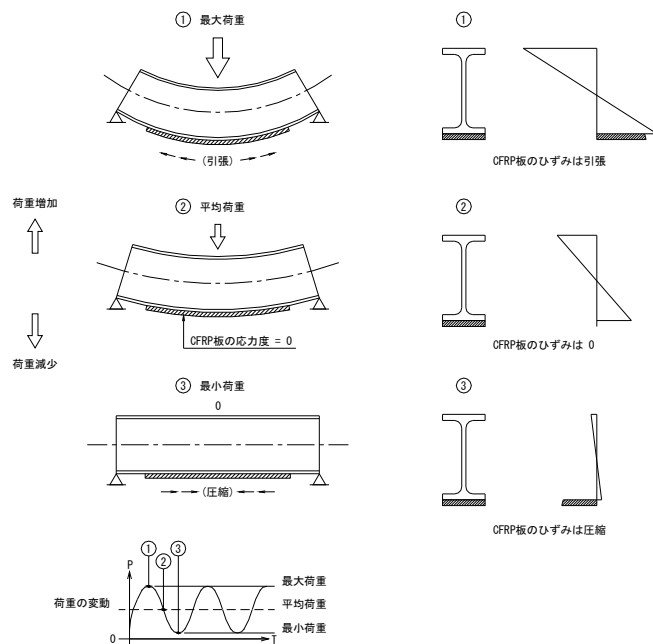


図-3 CFRP 板のひずみの発生状況

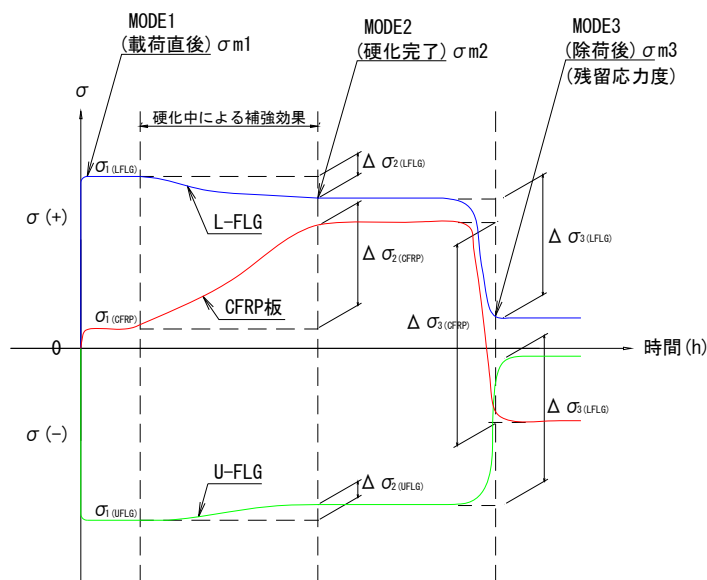


図-4 接着剤の硬化にともなう応力度の変化

ひずみ値の比較(計算値と実測値) D-025-5-30

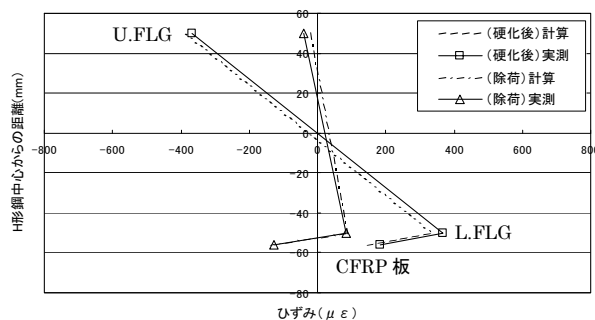


図-5 残留ひずみ(応力度)の比較