

鋼桁腹板部の補修・補強方法開発に向けた CFRP 接着鋼桁のせん断座屈試験

高速道路総合技術研究所 正会員 若林大, 緒方辰男

東日本高速道路株式会社 正会員 ○藤野和雄

長岡技術科学大学 学生員 奥山雄介, 正会員 宮下剛, 長井正嗣

川崎重工業 正会員 大垣賀津雄, 小出宜央

新日鉄マテリアルズ 正会員 小林朗, 小森篤也

倉敷紡績 正会員 堀本歴

1. はじめに

鋼構造物の代表的な鋼橋においては、機能向上対策以外の理由で架け替えとなるものの大部分が、鋼材の腐食が原因となっている。劣化を生じた鋼構造物の性能を回復させるために、ボルトや溶接によって鋼板を添接する当て板補修や、損傷部材を交換する部材交換等が行われてきた。しかし、これらの補修・補強方法では、ボルト孔による断面欠損や溶接入熱による熱影響が生じること、大型の重機や交通規制が必要となるなど、様々な制約を受けることとなる。そのため供用中の制約条件下での効果的な補修、補強工法が求められている。そこで、より効率的、経済的な補修方法として、炭素繊維強化樹脂材料（以下、CFRP と記す）を接着する工法が注目されており、これまでに多くの研究が報告されている^{1),2)}。

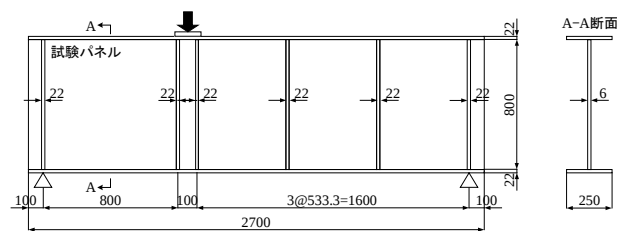
既往の研究では、主に、トラス橋やアーチ橋の軸力部材、桁橋のフランジなど、断面の垂直応力に対する補修を対象としている。しかしながら、実際の橋梁においては、曲げやせん断を受ける腹板部での腐食損傷が数多く報告されており、この部位に CFRP を適用した事例はこれまでほとんど報告されていない。

そこで、本研究では、腹板の腐食に対して CFRP を接着する補修工法の確立に向けた基礎研究として、CFRP 接着鋼桁のせん断座屈試験を実施する。本試験では、CFRP による補強効果および腹板の斜張力場形成後のはく離挙動について検討する。

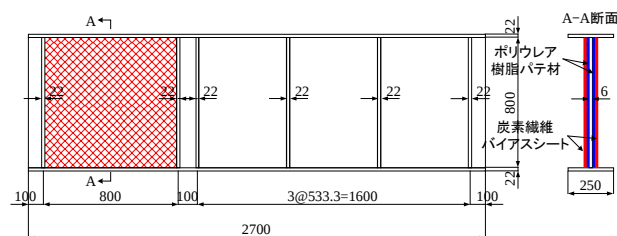
2. 試験概要

2.1 試験体

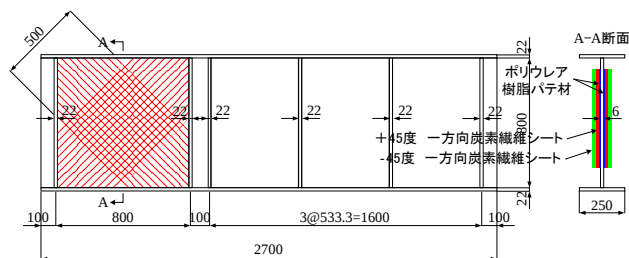
本試験では、鋼種 SS400（降伏応力度 383MPa）、腹板高さ 800mm、桁長 2700mm、アスペクト比 1.0 の試験パネルを持つ小型鋼桁を用い図-1(a)に示すように 3 点



(a) 無補強鋼桁 (G1-1)



(b) バイアスシート貼付け (G1-2)



(c) 一方向炭素繊維シート貼付け (G1-3)

図-1 せん断座屈試験体

曲げにより試験パネルにせん断力を負荷した。

繊維シートは、高弾性型炭素繊維をベースとした炭素繊維バイアスシート（繊維を±45度で積層，ヤング係数 743GPa，引張強度 2697MPa，繊維目付量 300g/m²（1方向 150g/m²））および一方向炭素繊維シート（ヤング係数 743GPa，引張強度 2697MPa，繊維目付量 300g/m²）の 2 種類を用いた。

また、座屈変形のような大変形に対して、補強効果を発揮するためには、繊維シートのはく離を抑制する必要があるため、本研究では、鋼材と CFRP の間に弾

キーワード

CFRP, 鋼桁腹板, せん断座屈試験, 補修, 補強, 腐食

連絡先

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1903-1 長岡技術科学大学 建設構造研究室 0258-47-9641

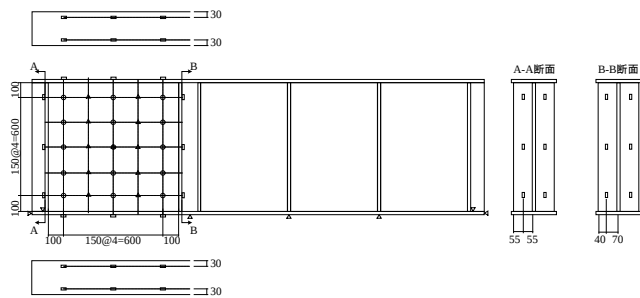


図-2 ひずみ・変位測定位置

性係数が小さく、破断延びの大きいポリウレア樹脂パテ材（ヤング係数 56MPa、破断延び 360%）を挿入することとし、はく離の抑制を図っている。

2.2 試験ケース

図-1 に示す通り、無補強鋼桁 (G1-1)、バイアスシート 1 層全面貼付け (G1-2)、幅 500mm の一方炭素繊維シートを対角線方向に各 1 層 X 字型に貼付け (G1-3) の 3 ケースで試験を実施した。

2.3 ひずみおよび変位測定位置

ひずみおよび変位の測定位置を図-2 に示す。図中の□印が一軸ゲージ、○印が 3 軸ゲージ、△印が変位計を示している。

3. せん断座屈試験結果および考察

せん断座屈試験により得られたそれぞれの最大荷重 P_{max} を表-1 に示す。表には、鋼桁単体での Basler 式による理論値 P_u も合わせて示している。また、鋼桁腹板の CFRP による補強効果を以下の式を用いて算出した。

$$\text{補強効果(\%)} = (P_{max} - P_u) / P_u \times 100 \quad (1)$$

表-1 には、最大荷重時のパネル中央の面外変位と載荷点直下の鉛直変位も合わせて示している。これより、最大荷重に達した時の鉛直変位は、どの試験体でも 3~4mm であるが、パネル中央の面外変位について見ると、G1-3 の変位が小さいことがわかる。図-3 には、荷重-鉛直変位関係曲線を示す。

G1-2 では、最大荷重 1255kN であり、約 7% の補強効果が見られる。図-3 より、最大荷重に達した後、荷重の低下が見られるが、これはパネル引張側に貼付けたシートに破断が生じたことが原因と考えられる。その後荷重の上昇と破断による荷重の低下を繰り返し終局に至った。

G1-3 では、最大荷重 1328kN であり、約 13% の補強効果が見られる。図-3 より、G1-3 でも最大荷重に達した後、荷重の低下が見られるが、こちらも G1-2 と同様にパネル引張側に貼付けたシートに破断が生じたこと

表-1 試験結果一覧

試験体記号		G1-1	G1-2	G1-3
最大荷重	kN	1182	1255	1328
鋼桁単体の理論値 (Basler式)	kN	1171		
最大荷重時の面外変位	mm	13.5	14.1	5.8
最大荷重時の鉛直変位	mm	3.3	3.51	3.2
補強効果	%	0.94	7.17	13.41

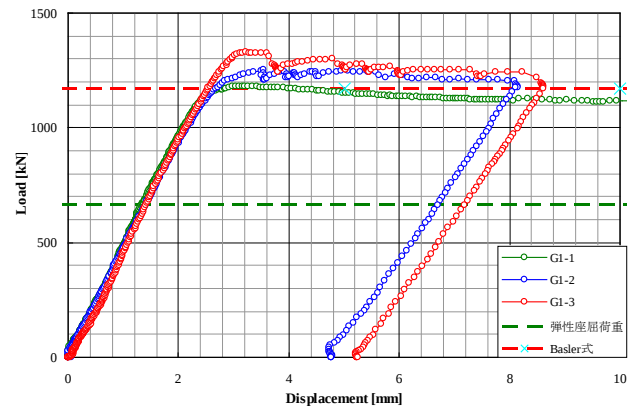


図-3 荷重-鉛直変位関係曲線

が原因である。その後荷重の上昇と破断による荷重の低下を繰り返し終局に至った。本試験では、どちらの試験体でも鋼材と CFRP の間に弾性係数の小さいポリウレア樹脂パテ材を使用しており、荷重の上昇、シートの破断を繰り返したものの、はく離には至らなかったと考えられる。

4. まとめ

CFRP による補強効果および斜張力場形成後のはく離挙動を把握するために実施した、CFRP 接着鋼桁のせん断座屈試験より、以下の知見が得られた。

- 1) 腹板パネルにバイアスシートを 1 層貼付けた場合には約 7%、一方炭素繊維対角線方向に各 1 層貼付けた場合には約 13% の補強効果があることを確認した。
- 2) シートの破断は生じるものの、ポリウレア樹脂パテ材の使用により、はく離の防止に効果があることを確認した。

今後の課題として、異種繊維の組合せや貼付方法について、パラメータを変化させて追加試験を実施する必要があると考える。

参考文献

- 1) 稲葉尚文, 富田芳男, 紫桃孝一郎, 鈴木博之, 岡本陽介: GFRP シート貼付によるリブ十字溶接継手の補強に関する一提案, 土木学会論文集 No.798, VI-68, pp.89-99, 2005.
- 2) 杉浦江, 稲葉尚文, 小林朗, 大垣賀津雄, 長井正嗣: 鋼部材補修における炭素繊維シートの剥離挙動に関する実験研究, 鋼構造論文集, 第 16 巻, 日本鋼構造協会, pp.87-98, 2009.