

CFRP を用いた鋼桁腹板部の腐食部補修法に関する実験的研究

長岡技術科学大学 学生員 ○西巻宏晃, 奥山雄介
 正会員 宮下 剛, 長井正嗣
 高速道路総合技術研究所 正会員 若林 大
 川崎重工業 正会員 小出宜央
 新日鉄マテリアルズ 正会員 小林 朗, 秀熊佑哉
 倉敷紡績 正会員 堀本 歴

1. はじめに

周知の通り, 鋼橋に発生する腐食損傷は桁端部に多く見られる. 鋼橋の形式として広く普及している鈹桁橋を考えると, 桁端部腹板パネルの断面欠損はせん断耐力の低下, また, 支点部の断面欠損は橋梁の支持機能の低下に結びつく. 腐食損傷に対する補修・補強方法として, 鋼板添接による当て板が一般に行われている. しかし, 鋼板を高力ボルトで添接する際に, 重機を必要とするなど現場での施工性に優れない面がある. また, 損傷に対して応急的な処置を施すことが難しいと考えられる.

そこで, 軽量かつ高強度, 高耐久性といった特徴を有する炭素繊維強化樹脂材料 (以下, CFRP) を用いて鋼橋の腐食を補修・補強することを目的とした研究が数多く行われている. 本工法では, 鋼材表面をケレンして CFRP を接着すれば良いので, 現場での施工性に優れ, 損傷に対して応急処置を迅速に行うことも可能となる.

著者らは, 鋼橋桁端部の腐食損傷を対象として, 連続炭素繊維シート (以下, CF シート) を用いた補修・補強工法の開発を進めている¹⁾. そこで, 本研究では, 次の研究ステップとして, 腐食を模擬した断面欠損を腹板に与えたせん断試験体を製作する. そして, 腹板に部分的あるいは全面に CFRP シートを接着してせん断座屈試験を行い, 提案工法の補修効果を実験的に把握することを目的とする.

2. せん断座屈試験

2.1 供試体

製作する鋼桁の諸元は, アスペクト比 1.0, 桁長 2700mm, 腹板高さ 800mm, 腹板板厚 6mm である. 鋼種は SS400 であり, 降伏応力は材料試験結果から, 腹板で 322MPa, 上下フランジと補剛材で 270MPa となった. ここで, 桁端部の腹板が腐食した場合を想定して, 腐食を模擬した断面欠損を腹板に導入する.

具体的には, 腹板下端から 50mm の高さで, 腹板パネルの板厚を 50%と 100%減少させることとした. 板厚を 50%減少させる場合はザグリ加工を施して腹板の両面の板厚減少量が等しくなるようにし, また, 板厚を 100%減少させる場合は腹板に貫通孔を設けることとした. 前者と後者の実

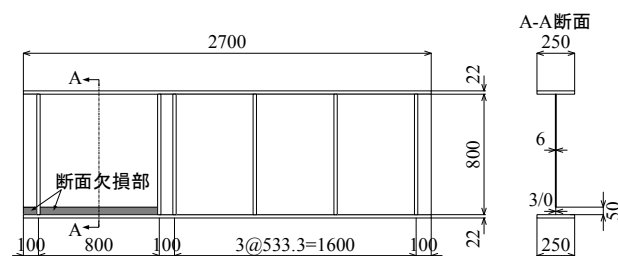


図-1 試験体形状

験シリーズをそれぞれ G3 シリーズ, G4 シリーズと呼ぶこととする. 製作した供試体形状を図-1 に示す. 各シリーズで製作した試験体数は 3 体であり, 合計 6 体の試験体を製作した.

2.2 CFRP シート貼付け方法

本試験で用いた CFRP 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 (2 層のシートを積層して 1 枚としたシート) と一方向炭素繊維シートの 2 種類である. また, 座屈変形のような大変形に対して, 補強効果を発揮させるためには, 繊維シートのはく離を抑制する必要がある. そこで, 本研究では, 鋼材と CFRP の間に弾性係数が小さく, 破断伸びの大きいポリウレタ樹脂パテ材を挿入することとし, はく離の抑制を図ることとした.

試験ケースとして, G3 と G4 シリーズのそれぞれについて, 無補修のケース, 断面欠損部に CFRP シートを部分的に貼り付けて耐力を回復させることを目的としたケース (以下, 部分補修と呼ぶ), 断面欠損部のみならず腹板全面に CFRP シートを貼り付けて耐力を回復させることを目的としたケース (以下, 全面補修と呼ぶ) を設けることとした. 図-2 に CFRP シートによる補修パターンを示す.

3. 実験結果

3.1 せん断耐力と補修効果

表-1 に本実験から得られた最大荷重の一覧を示す. ここで, 本実験では, 腹板に損傷がないケースを実施していない. そのため, 損傷がない鋼桁 (以下, G3-0 とする) のせん断耐力を Basler 式で計算し, この値を基準値として耐力の低下率ならびに補修効果を評価する.

キーワード

CFRP, 鋼桁, 腐食, 補修, せん断座屈試験

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

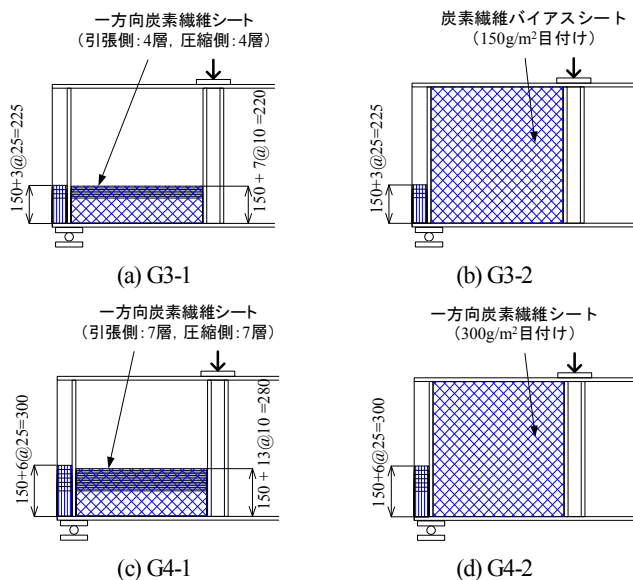


図-2 CFRP 貼付け形状

表-1 より, CFRP シートを貼り付けていない G3-1 と G4-1 の耐力低下率は, それぞれ 10.4%, 21.0% となった。

G3 シリーズでは, 部分補修した G3-2 で 4.5%, 全面補修した G3-3 で 0.8% であった。また, G4 シリーズでは, 部分補修した G4-2 で -3.2%, 全面補修した G4-3 で -3.1% であった。これより, G3-0 の耐力と比較して, G3, G4 シリーズの部分補修, 全面補修ともに, 健全時の耐力まで概ね回復したと言える。

3.2 CFRP の破壊形態

図-6 は, 試験体の終局時の状況の一例として G3 シリーズについて示したものである。図中の赤丸は, CFRP シートの初期破断位置を示している。部分補修とした G3-2, G4-2 では, 載荷点直下の腹板下端部で CFRP の破断が生じた。その後, 腹板の面外変形が進行するに伴い, 引張応力, 圧縮応力を受ける CFRP の両者に破断が生じた。CFRP の破断の発生角度は炭素繊維の配向方向に沿った 45 度方向であった。全面補修とした G3-3, G4-3 では, せん断座屈による腹板の面外変形の曲率が最も大きくなる支点部直上の腹板上部で CFRP の破断が生じた。さらに, 荷重が増加するにつれて, 引張応力, 圧縮応力を受ける CFRP の両者に破断が生じた。G4-3 では, 最大荷重に達するまで, 腹板中央部の面外変形が進行していたものの, 荷重の増加に伴って, 腹板中央の変形が止まり, 断面欠損部での変形が進んだ。

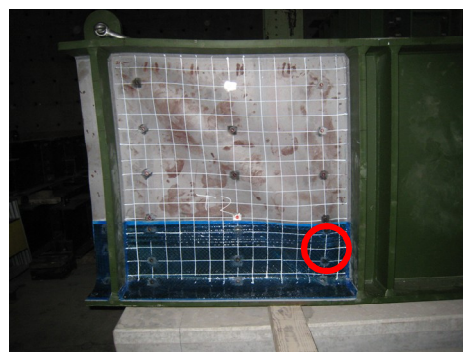
4. まとめ

本研究では, 鋼橋桁端部の腹板に生じた腐食損傷に対し, CFRP シートを用いて補修する工法の効果を実験的に検討した。具体的には, せん断試験体の腹板に腐食を模擬した断面欠損を与え, CFRP シートを腹板に部分的あるいは全面に接着してせん断座屈試験を実施した。本研究の検討項目から得られた知見を以下に示す。

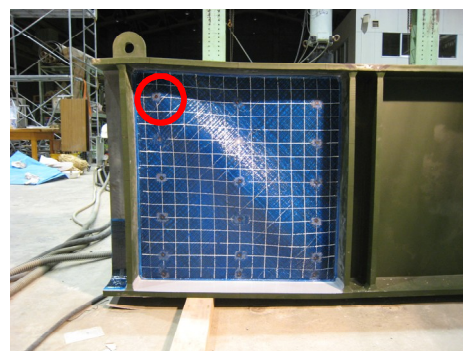
- 1) 腹板の板厚減少量をパラメータとし, 板厚を 50% 減少

表-1 最大荷重と補修効果

試験ケース	最大荷重 (kN)	耐力低下率 (%)	補修効果 (%)	備考
G3-0	1063	-	-	Basler 式
G3-1	952	-10.4	-	無補修(50%欠損)
G3-2	1111	-	4.5	部分補修(50%欠損)
G3-3	1071	-	0.8	全面補修(50%欠損)
G4-1	840	-21.0	-	無補修(100%欠損)
G4-2	1029	-	-3.2	部分補修(100%欠損)
G4-3	1030	-	-3.1	全面補修(100%欠損)



(a) G3-2



(b) G3-3

図-3 供試体の終局状況(○: CFRP の初期破断位置)

させたケース (G3 シリーズ) と板厚を 100% 減少させたケース (G4 シリーズ) で試験を実施した。その結果, 無補修の鋼桁では, 耐力が G3 で 10.4%, G4 で 21.0% 低下する結果となった。

- 2) いずれの試験体でも最大荷重に達するまで CFRP に破断が生じることはなく, 板厚減少がない鋼桁のせん断耐力まで概ね回復する結果となった。
- 3) 耐力の回復量は, 板厚減少がない鋼桁のせん断耐力と比較して, G3 シリーズの部分補修と全面補修で, それぞれ 4.5%, 0.8% となった。また, G4 シリーズの部分補修と全面補修で, それぞれ -3.2%, -3.1% となった。

参考文献

- 1) 奥山雄介, 宮下剛, 緒方辰男, 藤野和雄, 大垣賀津雄, 秀熊佑哉, 堀本歴, 長井正嗣: 鋼桁腹板の合理的な補修・補強方法の確立に向けた FRP 接着鋼板の一軸圧縮試験, 土木学会構造工学論文集, Vol.57A, pp735-746, 2011.