鋼トラス橋下弦材の腐食損傷に対する FRP 接着補修工法に関する一検討

長野工業高等専門学校　学生員　○髙森　敦也，正会員　奥山　雄介
高速道路総合技術研究所　正会員　広瀬　剛，原田　拓也
長岡技術科学大学　正会員　宮下　剛
新日鉄住金マテリアルズ　正会員　秀熊　佑哉，小林　朗
ものつくり大学　正会員　大垣　賀津雄

1. はじめに

鋼トラス橋では，弦材や格点部といった主要部材近傍での腐食損傷が多数報告されている．特にガセット・プレート近傍や下弦材下フランジ溶接部での損傷が多い．これらの箇所に対しては，アングル材等をワンサイドボルトによって添接する工法が用いられている [1] が，部材の全長に渡って腐食が進行しているケースなども多く，補修の合理化に向けた検討の余地があると言える．

著者らはこれまでに，上記のような部位に対する炭素繊維シート接着工法の適用について検討を進めている [2]．これにより，腐食損傷については，断面欠損分を補うようにシート枚数を決定することで，健全時の挙動に回復することを確認している．

本研究では，より損傷が進行している場合の補修方法について，検討する．

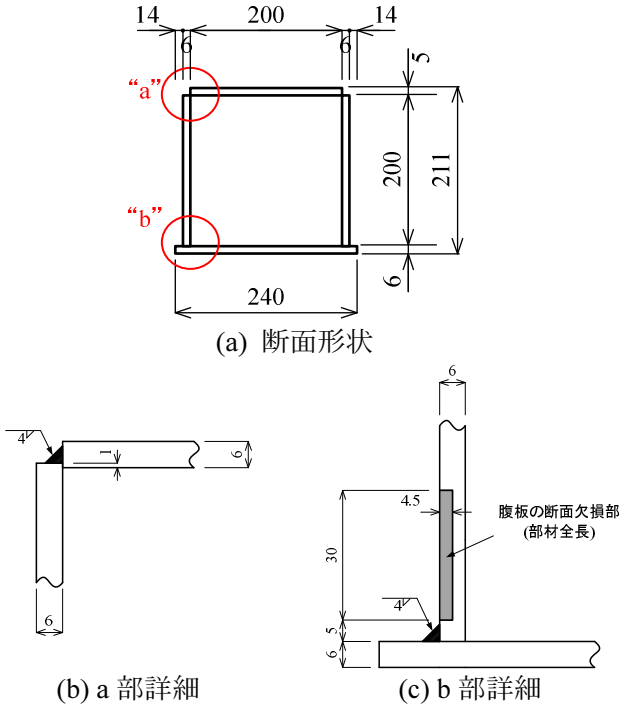

図-1　試験体形状

2. 試験概要

本試験で用いた供試体は，鋼種 SS400，断面寸法 200 × 200 mm（実橋梁の 1/2 サイズ程度）の箱型断面で，長さ 500 mm，両端にはエンドプレートを設けている．供試体形状を**図-1** に示す．供試体の中央部に腐食を模擬した断面欠損を与え，炭素繊維シートおよびアラミド繊維シートを用いて補修を行う．

次に試験ケースを**表-1** に基づいて説明する．試験は全 11 体実施する．損傷のない健全なモデルを N とし，上フランジ溶接部(a 部)を中央 300 mm の範囲で欠損させたケースを type-A，下フランジ溶接部(b 部)を中央 300 mm の範囲で欠損させたケースを type-B，type-A に腹板の断面欠損を追加したものを type-C，type-B に腹板の断面欠損を追加したものを type-D，上下フランジ溶接部の溶接線を欠損させたものを type-E とし，それぞれ補修の有無について比較検討を行う．断面欠損部については，NEXCO 総研のマニュアル [3] に準拠した方法を用いて補修を実施し，溶接線欠損部については以下の方法を用いて，補修量を決定した．

$$n = \frac{\sigma_{AFRP}}{\tau_{y,S}} \times t_{AFRP} \tag{1}$$

ここで，σ_{AFRP} はアラミド繊維シートの引張強度 (2,060 MPa)，$\tau_{y,s}$ は鋼材の降伏せん断応力($\sigma_y/\sqrt{3}$ = 141 MPa)，t_{AFRP} はアラミド繊維シートの厚さ(0.193 mm)である．これより，1 層あたりの強度換算厚は 2.81 mm となる．失われた溶接のど厚は 2.83 mm であるから，必要積層数は 1.01 層となり，本ケースにおいては 1 層とした．巻付け範囲は，炭素繊維シートの場合と同様に，対象範囲を覆うように巻き付けた．

キーワード　FRP(Fiber Reinforced Polymer)，鋼トラス橋，腐食損傷，維持管理，補修・補強
連絡先　〒381-8550　長野県長野市徳間 716　長野工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL. 026-295-7096

表-1　試験ケース

試験ケース	補修の有無	欠損パターン			補修方法	
		上フランジ溶接線	下フランジ溶接線	ウェブ断面欠損	溶接線欠損	断面欠損
N	-	-	-	-	-	-
type-A-1	-	○	-	-	-	-
type-A-2	○	○	-	-	AFRP 1 層	-
type-B-1	-	-	○	-	-	-
type-B-2	○	-	○	-	AFRP 1 層	-
type-C-1	-	○	-	○	-	-
type-C-2	○	○	-	○	AFRP 1 層	CFRP 10 層
type-D-1	-	-	○	○	-	-
type-D-2	○	-	○	○	AFRP 1 層	CFRP 10 層
type-E-1	-	○	○	-	-	-
type-E-2	○	○	○	-	AFRP 1 層	-

AFRP は繊維目付量 280g/m2，引張強度 2060MPa 以上の一方向繊維シート
CFRP は繊維目付量 300g/m2，弾性係数 640GPa 以上の一方向繊維シート

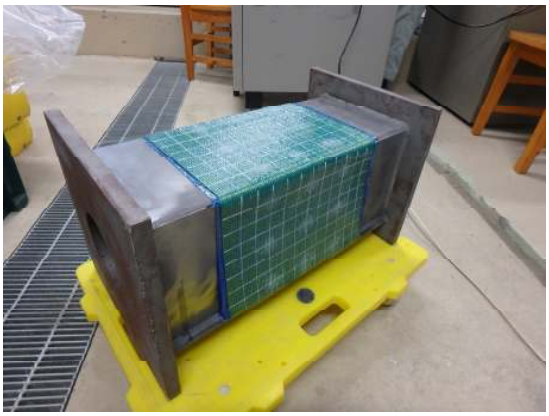

図-2　アラミド繊維シートにより補修した供試体

図-2 にアラミド繊維シートによる補修状況を示す.

3. 試験結果

試験により得られた最大荷重を表-2 に示す．これより，欠損を与えたいずれのケースについても，溶接線が損傷を受けた際には 20 %程度の強度低下を引き起こしていることが確認できる．一方，補修を行った供試体では，いずれも健全時と同程度の強度まで回復していることが確認できる．しかしながら，溶接範囲が異なる場合や長柱の場合については実験を実施していないため，検討が必要である．

さらに，試験で得られた最大荷重を鋼材断面から算出される降伏荷重で除した値 (P_u/P_y) についてみると，欠損を与えたケースでは，降伏荷重の 70 %程度の強度であるのに対し，健全時，補修後ともに 85 %程度となっていることが確認できる．言える．この他の結果については，紙面の都合上省略し，発表時に報告する．

表-2　試験結果一覧

試験ケース	最大荷重 [kN]	N に対する強度比	P_u/P_y
N	1,486	1.000	0.842
type-A-1	1,176	0.791	0.667
type-A-2	1,510	1.016	0.856
type-B-1	1,248	0.840	0.707
type-B-2	1,496	1.007	0.848
type-C-1	1,258	0.847	0.713
type-C-2	1,496	1.007	0.850
type-D-1	1,290	0.868	0.731
type-D-2	1,519	1.022	0861
type-E-1	1,227	0.826	0.696
type-E-2	1,476	0.993	0.837

P_y: 鋼材断面(断面欠損を考慮)のみの全塑性軸力 (N で 1,764 kN)

4. まとめ

本研究により，著しく損傷が進んだ鋼トラス橋に対して，炭素繊維シートおよびアラミド繊維シートを用いて補修を行うことで，健全時の挙動まで回復させることが可能であることが確認された．今後は，より詳細な検討として，長柱による連成座屈実験や FEA を用いて最適な補修範囲や補修量の検討を進める．

参考文献

1) 段下義典，湯本大祐，米倉健二：川田技報 Vol.29 技術紹介 横浜ベイブリッジの下路トラス桁耐震補強，2010.
2) 高速道路総合技術研究所：炭素繊維シートによる鋼構造物の補修・補強工法　設計・施工マニュアル，2013.
3) 高速道路総合技術研究所：炭素繊維シートによる鋼構造物の補修・補強工法　設計・施工マニュアル，　2013