ハイブリッド FRP 引抜成形アングル部材により補修された腐食した鋼桁端部の耐荷力実験

名古屋大学大学院 学生会員 〇上山 裕太 名古屋大学大学院 正会員 北根 安雄 東レ株式会社 正会員 松井 孝洋 名古屋大学大学院 正会員 舘石 和雄 福井県 正会員 後藤 基浩

1. 研究目的

鋼橋の中でも腐食環境が厳しいことで知られる鋼橋桁端部¹⁾が腐食した場合の補修に,高強度,軽量性, 高耐食性等の優れた材料特性を有する FRP が適用されるケースが増えている.腐食減肉箇所に,FRP 板を接 着したり,FRP シートを積層する工法が提案されている²⁾.しかし,アングル材等のFRP 部材を用いた腐食 に対する補修に関しては、これまで検討事例が少なく、その補修効果が明らかにされていない、そこで本研 究では、鋼桁端部を模擬した供試体に腐食減肉を模擬した断面欠損を人工的に設け、ハイブリッド FRP 引抜 成形アングル部材を接着接合もしくは接着接合とボルト接合の併用接合によって供試体に接合した補修供試 体に対して、支点上鉛直荷重に対する耐荷力実験を行うことで、補修効果を実験的に明らかにした.

2. 供試体の概要

本研究で用いた健全供試体 GEO の寸法を図-1 に示す.供試体は非合成単純プレートガーダー橋の桁端部の 一部のみを対象とした 2/3 スケールである.また、桁端部の腐食としては支点部下側領域での腐食が多く報 告されているため³⁾, 腐食供試体 GE1 では図-2 に示すようにウェブおよび補剛材の下から 100mm, 下フラ ンジ全面の領域を供試体の橋軸方向全長に渡って、板厚の1/4 ずつ板の両面から切削することで腐食による 断面欠損を模擬した.また補修供試体の内訳は、アングル材を支点上補剛材とウェブにウェブ高にわたって

4 本接着した GE2, GE2 と同様にアングル材を 4 本接着し、端部 と中央に FRP ボルト (M16) を配置した GE3, 短いアングル材で 支点上補剛材とウェブの下部のみ補修し、端部に FRP ボルトを配 置した GE4 である.供試体の鋼種は SM400A を用いた.また図-3 に FRP アングル部材の断面形状を,表-1 に材料特性を示す.補剛 材は片面から 2.25mm 切削されており、それを補うためには、ア ングル材の圧縮弾性率が 72.9GPa であることから, 6.17mm 厚の アングル材と同じ材料が必要になる.アングル材は板厚 14mm で あるため、単純に板厚のみで換算するのであれば、2 倍以上の厚 さの部材で補修を行っていることになる. 接着剤には金属/CFRP 用2液性エポキシ樹脂接着剤を使用した.また FRP ボルトの強化 繊維はガラス繊維であり、アングル材を接着して固定するための クランプ力を与えるためと、荷重載荷時に接着剥離を抑制する目





図-1 健全供試体と変位とひずみの測定箇所

表-1 FRP アングル材の材料特性

試験	弾性率(GPa)	強度(MPa)
引張	76.6	1353
圧縮	72.9	462
曲げ	69.2	676
層間せん断	2.58	35.3
支圧(ピン接合法)	-	310



06.

140

Od b 140

(d) GE4

¢© ‡40

(kN)

975

468

1990

1988

967

最大荷重/

GE0の最大荷重

1.00

048

2.04

2.04

0.99

- GEO

GE1

8

表-2 座屈開始荷重と最大荷重 一座屈開始時の 最大荷重 最大

荷重 (kN)

511

250

1347

1545

521

健全 GE0

腐食 GE1

補修 GE2

補修 GF3

補修 GE4

2200 2000

1800

的で配置した.

3. 実験方法

図-1の矢印のように集中荷重を受ける支点上の柱部材を想定した圧縮荷重を載荷する.横倒れを防止するため,図-5に示すように上フランジは4箇所で横方向に支持されている.実験では,載荷荷重,図-1に示す位置での鉛直方向のひずみおよび鉛直変位を計測した.

4. 実験結果と考察

図-4 に実験で得られた荷重-鉛直変位関係を示す.また,表-2 には,各供試体のウェブの座屈開始時の荷重と実験で得られた最 大荷重を示す.図-5 に実験後の供試体の外観を示す.

健全供試体 GEO では、ウェブの一部で降伏ひずみに達したのち、 511kN でウェブの座屈変形が始まり、支点上補剛材も座屈したの ち,変形が徐々に大きくなり,最大荷重に至る挙動を示した.腐 食供試体 GE1 では、ウェブおよび補剛材の腐食部と健全部を境界 とした部分を座屈波形の頂点とした座屈変形が生じ、最大荷重は GE0 の 48% であった. 補修供試体 GE2 では, ウェブの座屈変形は 約 1347kN で始まり、変形は腐食部のみに生じた. ただし、荷重 が載荷装置の最大荷重に達したため、途中で載荷を中止し除荷し た. また図-5に示すように、アングル材の腐食部側の端部で接着 の剥離(接着剤の凝集破壊)が見られた.接着とボルトを併用し た補修供試体 GE3 では、GE2 とほぼ同じ挙動を示したが、ウェブ の座屈開始が 1545kN ごろから始まり, GE2 よりも高い荷重とな っている.実験後、接着端部の剥離は確認できなかった.座屈開 始が遅れたのはボルトが接着剥離を抑制したためだと推測される. 短いアングル材を接着とボルトを併用接合した補修供試体 GE4 では,健全供試体とほぼ同じ挙動を示した.座屈開始時の荷重と 最大荷重も健全供試体と1~2%の差しかなく、耐荷性能を回復さ せるためにはアングル材の長さが 306.5mm でも十分であること が明らかになった.

1600 2¹⁴⁰⁰ --- GE2 - · - GE3 1200 peo 1000 ----- GE4 800 600 400 200 0 0 2 6 Displacement (mm) 図-4 桁端供試体の荷重-変位関係



(c) GE2 の外観と部材端部での接着剥離図-5 供試体の外観と部材端部での接着剥離

5. 結論

- アングル材をウェブと補剛材に当てることにより、ウェブおよび補剛材下端が腐食した桁端部の柱の耐 荷力を補修できることが明らかとなった.
- 2) 健全供試体まで性能回復するのであれば、ウェブ高さ全高にL形部材を当てる必要はなく、腐食部分を カバーする短部材でも性能回復することができた.
- 3) 接着のみでなく、ボルトを併用することは、ウェブの座屈荷重を増加させた.

参考文献

- 1) 名取暢,西川和廣,村越潤,大野崇(2001):鋼橋の腐食事例調査とその分析,土木学会論文集, No. 668, pp. 299-311.
- 2) 土木学会:FRP 接着による鋼構造物の補修・補強技術の最先端,土木学会 複合構造委員会 FRP と鋼の接合方法 に関する調査研究小委員会,複合構造レポート 05, 2012.
- 3) 国土技術政策総合研究所(2006):国土技術政策総合研究所資料 No.294, pp.14-18.

本研究は、地方創生推進交付金を受け、福井県が中心となって平成28年度に実施した研究プロジェクトの一部である.