

高耐食 HybridFRP 部材を端対傾構に適用した際の耐荷力特性と設計手法に関する研究

宮地エンジニアリング 〇松井尚輝 山下修平
琉球大学 下里哲弘
日鉄ケミカル&マテリアル 秀熊佑哉
フクビ化学工業 成沢良輔

1. 研究背景・目的

鋼橋の桁端部では、湿気が高く伸縮装置からの漏水により腐食損傷が激しい部位である。その桁端部にある端対傾構についても同様に、桁端部の激しい腐食環境による腐食損傷が多い部位であり、端対傾構に腐食損傷が生じることで、端対傾構としての機能が失われることが問題とされている¹⁾。

そのような現状において、耐食性および施工性に優れた材料である FRP を用いた補修方法が検討されている。本研究では、HybridFRP 部材を、既設橋では腐食した端対傾構の部材と取り換え、新設橋では端対傾構の部材として適用することを想定している。しかし、端対傾構に用いる HybridFRP 部材の耐荷力特性は解明されていない。

そこで、端対傾構に用いる HybridFRP 部材の耐荷力特性の解明を目的に、圧縮実験および FEM 解析を用いて地震荷重に対する解析的評価を行った。

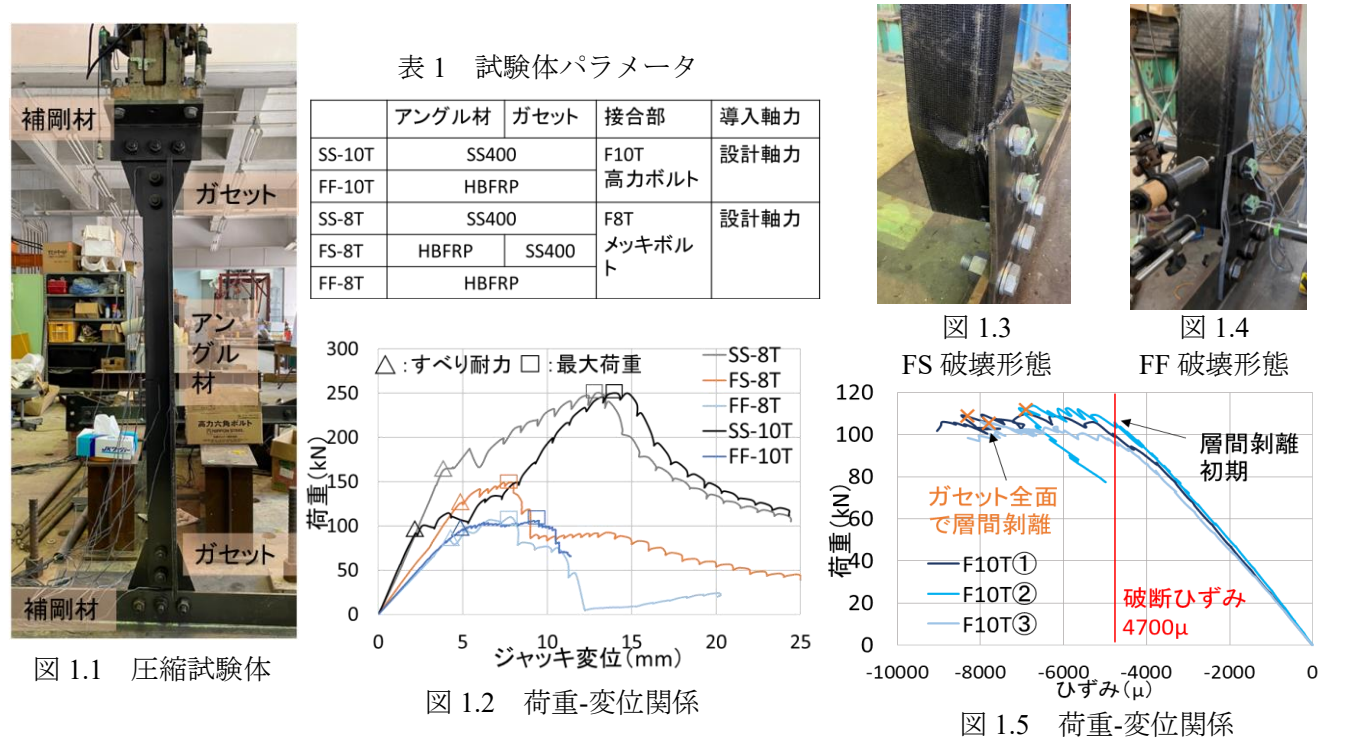
2. HybridFRP 部材の圧縮耐荷力実験

2.1 圧縮試験方法

本研究で用いた HybridFRP は山形断面 (100×100×14) の部材であり、その積層構成は、アングル材の軸方向に炭素繊維、多軸方向にガラス繊維が積層された Hybrid な積層構成である。圧縮試験体を図 1.1 に示す。圧縮試験体は端対傾構の構造を想定して設計しており、柱部のアングル材の両端にガセットプレート、補剛材ウェブ部を連結させ、試験体を作成した。試験体の柱部 (アングル材長さ) は、1400mm であり、細長比は 50 前後の試験体とした。試験体パラメータを表 1 に示す。鋼材同士の SS に加え、HybridFRP 部材を用いた FS、FF のパラメータで実験を行った。圧縮試験は最大荷重 300kN の圧縮試験機を用いて行い、載荷方法は、変位制御で行った。

2.2 圧縮試験結果

荷重-変位結果を図 1.2 に示す。それぞれの試験ケースでは、ボルトのすべりが発生した後、最大荷重で試験体が破壊した。最大荷重を比較すると、SS は 250kN であり、FS は 150kN、FF は 110kN であった。試験ケース FS、FF の破壊形態を図 1.3、1.4 に示す。FS の破壊形態は、鋼ガセットの塑性変形による HybridFRP アングル材の局所破壊であり、FF の破壊形態は、HybridFRP ガセットの層間剥離であった。試験ケース FF の HybridFRP ガセットに設置したひずみゲージの計測結果を図 1.5 に示す。ひずみの計測結果より 4700μ 前後で層間剥離が発生し始めていることがわかる。このことより、HybridFRP ガセットの破断ひずみを 4700μ と定義した。



キーワード：端対傾構，HybridFRP，圧縮耐荷力，地震荷重，FEM 解析
連絡先：903-0123 沖縄県中頭郡西原町千原 1 番地 080-7980-1438

3. HybridFRP 部材の地震荷重に対する解析的評価

3.1 FEM 解析での HybridFRP 部材の妥当性の検証

FEM 解析を用いて圧縮試験体をモデル化し、HybridFRP 部材の妥当性を検証した。解析モデルはソリッド要素を用いて構築し、HybridFRP の材料特性はヤング率のみを定義した。FF の解析結果を図 2.1 に示す。ガセットプレートのひずみの出方をそれぞれ比較すると、おおむね一致していることから妥当性があるとした。破壊までは解析で再現できていないため、終局状態を定義した。終局状態の定義は、HybridFRP ガセットのひずみが破断ひずみに達した時を終局状態とした。

3.2 端対傾構に作用する地震荷重に対する評価

a) 解析モデル概要

橋梁の設計事例集²⁾に記載されている 4 主桁、支間長 33m の橋梁の端対傾構を参考に、1 つの端対傾構をモデル化し、レベル 1, 2 地震動に対する HybridFRP 部材の耐荷力を評価した。端対傾構の設計事例を図 2.2 に、解析モデルを図 2.3 に示す。荷重の載荷方法は実設計例を参考に、上弦材および下弦材の位置に集中荷重を与えて載荷した。解析パラメータを表 2 に示す。床版ありは、実構造物を模擬した解析モデルであり、床版なしは、設計モデルを模擬した解析モデルである。

b) 解析結果

参考にした橋梁のレベル 1 地震動は 137kN であり、レベル 2 地震動は 411kN である。解析ケース FF, FF-2 の HybridFRP ガセットのひずみを図 2.4, 2.5 に示す。レベル 1 地震動時は解析ケース FF, FF-2 において端対傾構の部材は終局状態に達しておらず、端対傾構の安全性が確保されていた。レベル 2 地震動時は、床版ありとした解析ケース FF では、端対傾構の部材が終局状態に達しておらず端対傾構の安全性が確保されていた。床版なしとした解析ケース FF-2 では、端対傾構の部材が終局状態に達していた。しかし、橋梁全体は崩壊しておらず、終局部位が端対傾構のガセットプレートのみであることから、レベル 2 地震動相当の大型の地震が生じた際に、早期復旧が可能であることが考えられる。

4. まとめ

- 圧縮試験の結果より SS の最大荷重は 250kN、FS は 150kN、FF は 110kN 程度であった。
- SS の破壊形態は鋼アングル材の座屈であり、FS は鋼ガセットの塑性変形による HybridFRP アングル材局所の圧縮破壊、FF は HybridFRP ガセットの層間剥離だった。
- ガセットおよびアングル材に HybridFRP を用いた端対傾構は、実構造物を模擬した解析ケース FF においてレベル 1 および 2 地震時に終局状態に達しておらず、端対傾構の安全性が確保されていた。

参考文献

- 長坂康史, 下里哲弘, 田井政行, 玉城喜章, 日和祐介: 3DCG による可視化技術を利用した鋼橋の腐食点検学習システムの開発, 土木学会論文集, pp35-47, 2019
- 日本橋梁建設協会: 合成桁の設計例と解説, pp.68-78, 1995

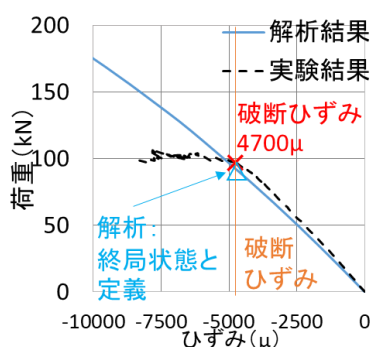


図 2.1 解析ケース FF

ガセットのひずみ

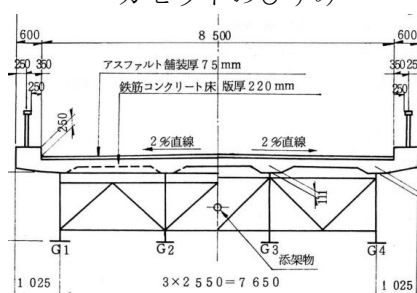


図 2.2 端対傾構の実設計例

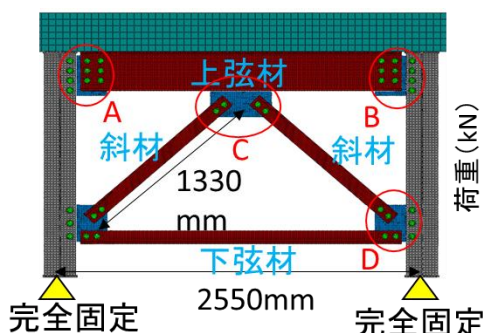


図 2.3 端対傾構の解析モデル

表 2 解析パラメータ

	名称	床版	弦材/斜材	ガセット
実構造モデル	SS	あり	SS400	SS400
	FF		HBFRP	HBFRP
従来の設計モデル	SS-2	なし	SS400	SS400
	FF-2		HBFRP	HBFRP

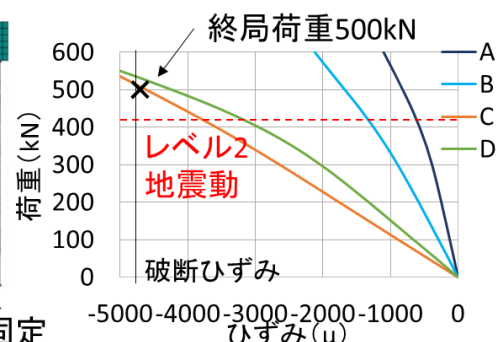


図 2.4 FF のガセットのひずみ

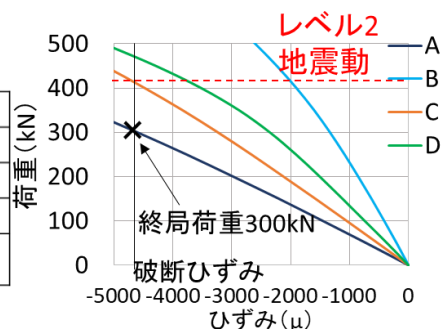


図 2.5 FF-2 のガセットのひずみ