

鋼桁端部に用いる高耐食性部材の耐荷力特性に関する研究

琉球大学 ○松井尚輝 下里哲弘 田井政行
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

鋼橋の桁端部は湿度が高く、伸縮装置からの漏水により、腐食損傷の激しい部位である。図1に示す端対傾構も同様に激しい腐食環境による損傷が発生し、対傾構としての機能を失うことがある。そのため、端対傾構に用いるアングル材およびガセット材には錆にくい又は錆びない高耐食性材料の適用が検討されている。本研究では、既設橋では腐食損傷した部材を高耐食性部材に取り換え、新設橋では高耐食性部材の適用を目的としており、その対傾構に高耐食性部材を用いた際の耐荷力性能を評価する。そこで、高耐食性部材を高力ボルトで接合した際の引張強度特性を解明するために引張試験を行った。

2. 引張試験方法

2-1 試験方法および試験体パラメーター

引張試験は 2000kN の万能試験機を用いて変位制御で破壊するまで試験を行った。試験体パラメーターを表-1に示す。本研究では高耐久性材として FRP を用いた。鋼材同士の組み合わせを基準として、アングル材およびガセットに FRP を用いたケースで試験を行った。また、ボルト軸力のリラクゼーション対策として、ボルトを2度締めしたケースでも試験を行った。

2-2 引張試験体

引張試験体を図2-1(a), (b)に示す。図2-1(a)はFRP-SSの試験体であり、図2-1(b)はFRP-FRPの試験体である。試験体は100×100×14mmのアングル材にガセットプレートを連結させた。摩擦面の処理として、ガセットプレートは黒皮、アングル材は無処理で行った。部材の接合は摩擦接合とし、ボルトの軸部に貼ったひずみゲージの値から軸力が205kNとなるように制御して導入した。軸力導入後はリラクゼーション計測を行い、軸力が20%~30%落ちた状態でボルトの2度締めを行った。引張試験体のひずみゲージ位置は、事前にFEM解析を行い、図2-3のように決めた。

3. 引張試験結果

3-1 ボルト軸力のリラクゼーション計測結果

軸力導入7日後のボルト軸力のリラクゼーション計測結果を図3-1に示す。なお、2度締めした試験体は2度締め後2日経過後の結果である。図より、FRPのリラクゼーションは鋼材よりも大きく、FRP-SSはSS-SSの約3倍、FRP-FRPはSS-SSの約4倍の軸力低下が生じた。2度締めを行った試験体は2日経過時点で軸力の低下が3~5%と小さく、リラクゼーション対策として有効であると考えられる。

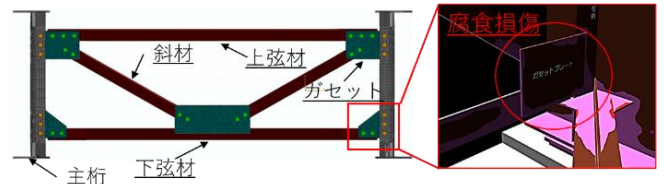


図1 端対傾構の腐食損傷

表-1 引張試験体パラメーター

	アングル材	ガセット	ボルトの2度締め	試験体数
1-1	SS-SS	SS400	なし	各ケース 3体ずつ
2-1	FRP-SS	SS400	なし	
2-2	FRP-SS-2		あり	
3-1	FRP-FRP	FRP	なし	
3-2	FRP-FRP-2		あり	
合計				

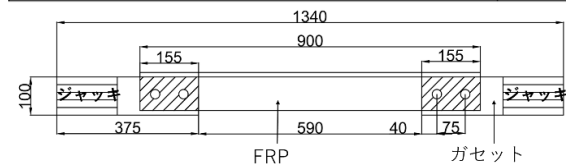


図2-1 (a) FRP-SSの引張試験体

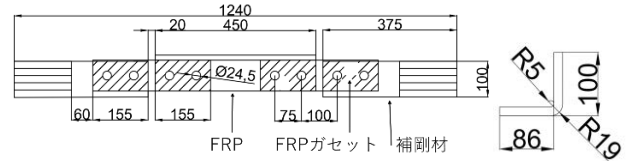


図2-1 (b) FRP-FRPの引張試験体

図2-2 FRPの断面

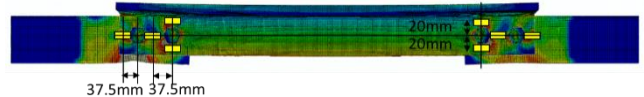


図2-3 FEM解析によるひずみゲージ位置

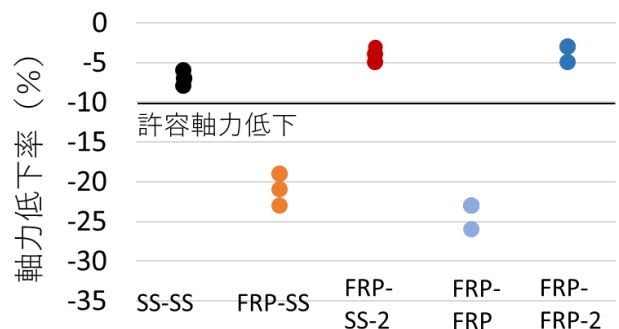


図3-1 ボルトリラクゼーション計測結果

キーワード：端対傾構，高耐食性材料，FRP，すべり耐力，引張試験，リラクゼーション
連絡先：琉球大学大学院理工学研究科 (〒901-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地)

3-2 すべり耐力特性と破壊形態

(1) SS-SS

荷重 239kN でボルトのすべりが発生し、最大荷重は 284kN だった。破壊形態は図 3-2 (a) に示すガセットのボルト孔からの破壊であった。鋼材と鋼材の摩擦係数は 0.52 であった。

(2) FRP-SS

荷重 133kN でボルトのすべりが発生し、最大荷重は 268kN だった。破壊形態は図 3-2 (b) に示すアングル材の FRP から支圧破壊であった。FRP と鋼材の摩擦係数は 0.35 であった。

(3) FRP-FRP

荷重 96kN でボルトのすべりが発生し、最大荷重は 233kN だった。破壊形態は図 3-2 (c) に示すガセットの FRP からの支圧破壊であった。FRP と FRP の摩擦係数は 0.29 であった。

3-3 荷重変位特性

各試験体ケースの荷重—変位関係を図 3-3-1 に示す。SS-SS はボルトのすべり発生時に荷重が大きく低下したのに対し、FRP-SS、FRP-FRP は大きな荷重低下がなく、支圧接合に移行した。FRP-SS のすべり耐力は鋼材と比較して小さかったが、鋼材の設計値に対するすべり耐力は 1.35 という結果が得られた。FRP-FRP の鋼材の設計値に対するすべり耐力は 1.00 であった。FRP の試験体の最大荷重は鋼材の最大荷重と大きな差はなかった。

リラクセーション対策を行った試験体の荷重—変位関係を図 3-3-2 に示す。リラクセーション対策を行うことにより試験体のすべり耐力は上昇した。FRP-FRP に関しては 2 度締めを行うことにより、鋼材の設計値に対するすべり耐力を上回る結果になった。ボルトすべり後の挙動は 2 度締めなしの試験体と同じ挙動を示し、FRP の支圧破壊により破壊した。

4. まとめ

- 1) 引張試験の結果より、対傾構を FRP と鋼ガセットとした FRP-SS は既往の鋼材同士の SS-SS よりすべり耐力が低く、FRP 同士の FRP-FRP はさらにすべり耐力低い結果が得られた。しかしながら最大荷重はほぼ同等であり、破壊形態は FRP のボルト孔壁の支圧破壊だった。
- 2) FRP を用いた試験体のすべり耐力は、表面処理なしのアングル材、黒皮のガセットプレートの組み合わせで現行の鋼材設計値を上回る結果を示した。
- 3) リラクセーション対策として 2 度締めした FRP の試験体はすべり耐力が上昇し、最大荷重はリラクセーション対策なしの試験体と同様の結果が得られ、破壊形態は FRP からの支圧破壊が発生した。

今後、FRP 試験体の圧縮試験による耐荷力の解明を行い、FEM 解析によるモデル化を行う。



図 3-2 (a)
SS-SS 破壊形態



図 3-2 (b)
FRP-SS 破壊形態

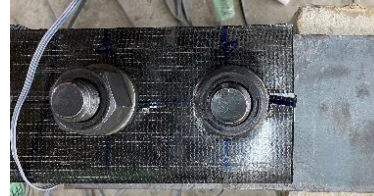


図 3-2 (c) FRP-FRP 破壊形態

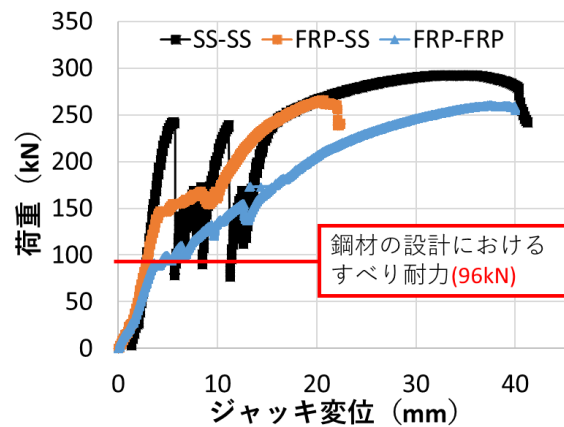


図 3-3-1 荷重変位関係

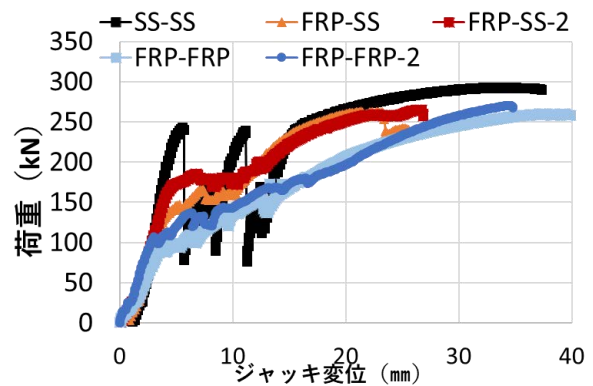


図 3-3-2 リラクセーション対策結果

表 2 引張試験結果

		すべり耐力	設計値に対するすべり耐力	最大荷重	摩擦係数
1-1	SS-SS	239kN	2.49	281kN	0.52
2-1	FRP-SS	133kN	1.35	268kN	0.35
2-2	FRP-SS-2	159kN	1.65	268kN	0.36
3-1	FRP-FRP	96kN	1.00	236kN	0.29
3-2	FRP-FRP-2	110kN	1.15	270kN	0.26