

## GFRP を貼付された対傾構取付け部の疲労強度

明星大学 正会員 鈴木 博之

**1. はじめに** 筆者はこれまでに小型試験片を用いてガラス繊維強化樹脂（以下、GFRP と記す）を用いた疲労き裂の予防保全について検討してきており、小型試験片においては GFRP は疲労き裂の予防保全に有効であるとの結果を得ている。本研究では、実際のプレートガーダー橋の対傾構取付け部にほぼ等しいディテールを有する試験体を用いて小型試験片の成果を検証することとし、GFRP を対傾構取付け部に貼付することによる疲労強度の改善について実験的に検討した。

**2. 実験方法** 試験体形状を図-1 に示す。鋼部材の材質は SM400A である。荷重はコンクリート床版中央に 200×500mm の治具を介して載荷することとした。図-1(b)に示すように、全部で 4ヶ所ある対傾構取付け部のうち、S1,S2 を無補強とし、S3,S4 を補強することとした。図-2 に GFRP 貼付位置を示す。S3,S4 にはガラス長繊維がランダムに配置されている厚さ 1.5mm の GFRP(チョップドストランドマット)を 2層貼付した。なお、接着には、エポキシアクリレート系樹脂プライマーを使用した。図-2 に示すように、ガセット払い込み側を表側、反対側を裏側と呼ぶこととし、表側には 4ヶ所に、裏側には 3ヶ所にゲージ長 2mm の 3軸ゲージ(ゲージ番号 から )を貼付した。GFRP 及びプライマーの機械的性質を表-1 に示す。表-2 に試験体名及び荷重条件を示す。実験には、Sb-2 と Sb-3 の 2体の試験体を使用した。Sb-2r は、Sb-2 の応力範囲を上げ、再試験した試験体である。疲労試験における最小荷重は 10kN とした。最大荷重は、GFRP 貼付前の静的載荷試験において、S1 から S4 のゲージ番号 の最小主応力範囲の平均値が、表-2 に示す最小主応力範囲となる荷重とした。繰返し回数 20 万回ごとに静的載荷試験を実施した。また、繰返し回数 20 万回ごとに目視により疲労き裂ならびに GFRP の剥離の有無を調査した。

**3. 実験結果及び考察** 図-3 に Sb-2 における S4 の GFRP 補強前と補強後の最小主応力を示す。横軸は図-2 に示したゲージ番号であり、縦軸は最小荷重時ならびに最大荷重時における最小主応力である。図より、補強後の最小主応力は、補強前に比べ低減していることがわかる。これは、GFRP が荷重を負担しているためである。また、裏側の S4- は、表側の S4- に比べ最小主応力が約 2 倍となっていることがわかる。これは、垂直補剛材とガセットが重ね継手として取り付けられ、垂直補剛材が面外変形しているためである。

図-4 に S-N 線図を示す。図には、鋼道路橋の疲労設計指針における疲労強度等級も示した。Sb-2( $\Delta\sigma=125\text{MPa}$ )では、繰返し回数 1000 万回終了時においても疲労き裂ならびに GFRP の剥離は認められなかったため、応力範囲を  $\Delta\sigma=155\text{MPa}$  に上げ、再試験(Sb-2r)を行った。Sb-2r( $\Delta\sigma=155\text{MPa}$ )では、繰返し回数 160 万回終了時に S1 に疲労き裂の発生が目視により確認された。写真-1 に Sb-2r の繰返し回数 1000 万回終了時における S1 の疲労き裂の進展状況を示す。補強側については、繰返し回数 1000 万回終了時においても GFRP の剥離は見られなかった。Sb-3( $\Delta\sigma=190\text{MPa}$ )では、繰返し回数 60 万回終了時に S1,S2 に疲労き裂の発生が目視により確認され、繰返し回数 180 万回終了時に S4 で GFRP の剥離が確認された。写真-2 に繰返し回数 500 万回終了時の Sb-3 における S4 の GFRP の剥離状況を示す。実験終了後に GFRP を剥がして疲労き裂を調査したところ、S4 では垂直補剛材こば側の回し溶接部止端から長さ約 25.0mm の疲労き裂が確認された。また、GFRP の剥離が見られなかった S3 においても、垂直補剛材こば側の回し溶接部止端から長さ約 16.5mm の疲労き裂が確認された。疲労き裂の発生後も GFRP が剥離しなかったのは、疲労き裂が小さいために GFRP を剥離させるまでに至らなかったためである。以上より、 $\Delta\sigma=155\text{MPa}$  及び  $\Delta\sigma=190\text{MPa}$  においては、GFRP を貼付することにより疲労き裂の発生を抑制する効果があると結論される。

キーワード 補強, ガラス繊維強化プラスチック, 疲労

連絡先 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部 TEL/FAX042-591-9645

本実験においてき裂が発生した溶接継手を荷重非伝達型十字溶接継手とみなすと、鋼道路橋の疲労設計指針においては、止端仕上げしたすみ肉溶接継手であれば、疲労強度等級は D 等級、非仕上げのすみ肉溶接継手であれば E 等級と規定している。図-4 より、疲労き裂が発生した溶接継手の疲労強度等級は、S1,S2 では C 等級、S3,S4 では B 等級を満たしていることがわかる。したがって、GFRP を貼付することにより止端仕上げと同様の効果が得られ、疲労強度を 1 等級改善することができると結論される。

**4.まとめ** 本研究では、疲労き裂の発生を予防する補強材として GFRP を取り上げ、これを対傾構取付け部に貼付することによる補強効果について調査した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 対傾構取付け部に GFRP を貼付することによってこの部位の応力が低減した。
- 2)  $\Delta\sigma=155\text{MPa}$  及び  $\Delta\sigma=190\text{MPa}$  における疲労試験の結果、GFRP を貼付することによって疲労き裂の発生が抑制されることが明らかとなった。

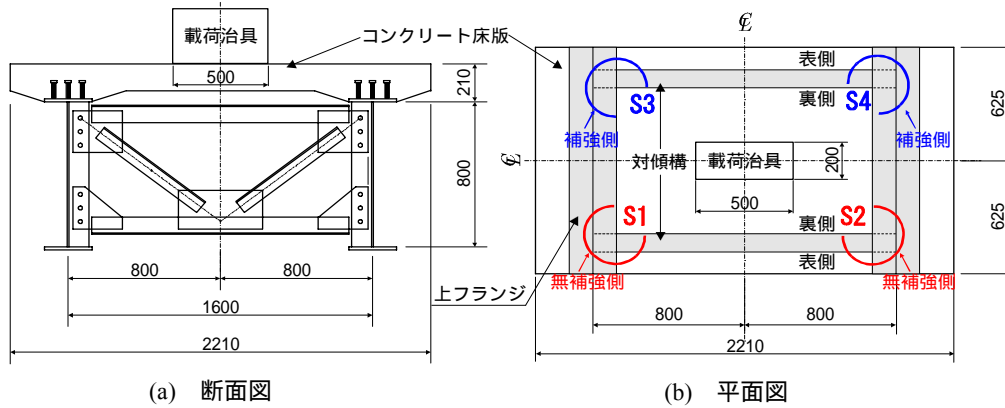


図-1 試験体形状

表-1 機械的性質

	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	弾性係数 (MPa)
鋼部材 (SM400A)	245	400	$2.1 \times 10^5$
GFRP	-	114	$8.1 \times 10^3$
プライマー	-	52	$4.6 \times 10^3$

表-2 試験体名及び荷重条件

試験体名	最小主応力範囲 (MPa)	最小荷重 (kN)	最大荷重 (kN)
Sb-2	125	10	140
Sb-2r	155	10	163
Sb-3	190	10	204

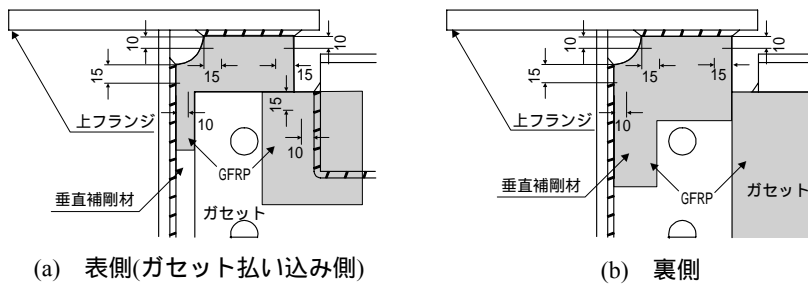


図-2 GFRP 及びひずみゲージ貼付位置

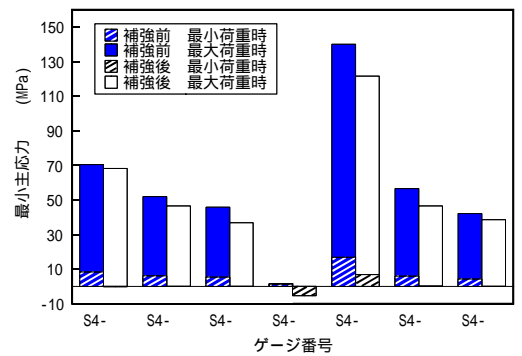


図-3 最小主応力(Sb-2,S4)

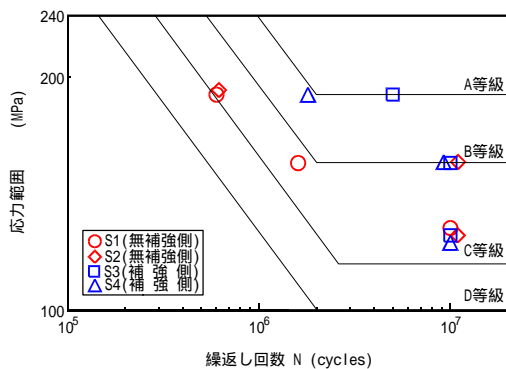


図-4 S-N 線図

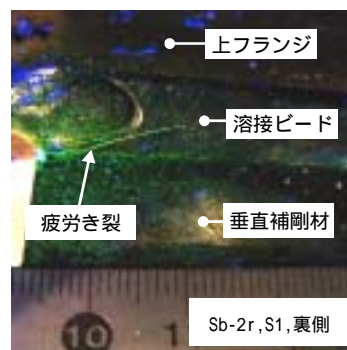


写真-1 き裂進展状況



写真-2 剥離状況