

ソールプレート取付け部の GFRP による補強

明星大学 正会員 鈴木 博之
明星大学 学生員 〇福元 弘幸
明星大学 学生員 福治 基樹

1. はじめに

小型のリブ十字溶接継手試験片にガラス繊維強化樹脂(以下, GFRP と記す)を貼付すると疲労き裂の発生を抑制する効果があることが報告されている。

本研究では, 中型試験体を用いて, 既設橋において疲労き裂の発生が報告されているソールプレート取付け部に GFRP を貼付することによる応力低減効果および疲労強度の改善効果について実験的に検討する。

2. 試験方法

試験体形状を図-1 に示す。実橋ではソールプレートは支承との取合い部である桁端の下フランジに溶接されており, 支承が正常に機能していれば疲労き

裂は発生しないが, 埃, ゴミなどがたまり支承が正常に働かなくなると, 桁は単純梁として機能しなくなり, ソールプレートの前面すみ肉溶接部から疲労き裂が発生すると考えられている。以上を考慮し, 実験では桁の天地を逆にして試験体の上フランジ(アクチュエーター側)にソールプレートを配置した試験体とした。試験体の材質は SM400A である。着目部は上フランジに取付けられたソールプレートの前面すみ肉溶接部止端である。一方の前面すみ肉溶接部(図-1 の右側)を GFRP で補強し, もう一方(図-1 の左側)は無補強とした。GFRP には一方向材を使用し, 一層あたりの厚さ 0.6mm のものを二層貼付した。ソールプレートの板厚は実橋と同程度の 32mm とした。

図-1 における A 部の詳細図を図-2 に示す。応力集中ゲージはウェブ直上の上フランジ上面に図に示すような位置に貼付した。

試験体に用いた鋼材, GFRP, および鋼材と GFRP の接着に使用したプライマーの機械的性質を表-1 に示す。表-1 より GFRP の弾性係数は, 鋼材の約 1/15 であり, プライマーの弾性係数は, 鋼材の約 1/45 であることがわかる。

写真-1 に載荷状況を示す。荷重はソールプレート中央に 250×300×300(W×H×L)mm の治具を介して載荷する

表-1 機械的性質

	引張強度 (MPa)	弾性係数 (MPa)	繊維含有率 (w/w%)
H形鋼	462	2.1×10^5	—
GFRP	201	1.4×10^4	22~36
プライマー	52	4.6×10^3	—

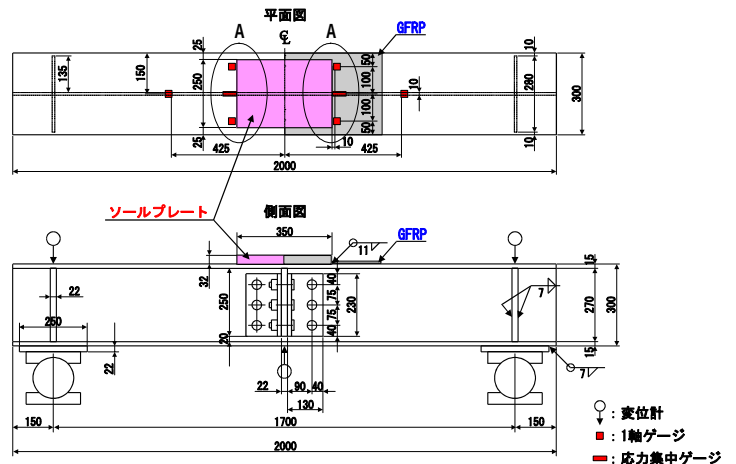


図-1 試験体形状

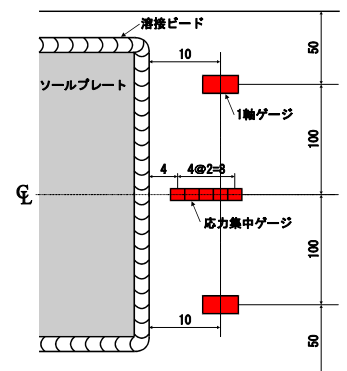


図-2 A 部詳細図

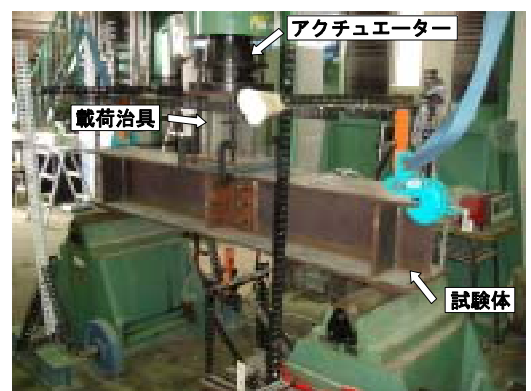


写真-1 載荷状況

キーワード 補強, 疲労, ガラス繊維強化プラスチック

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

こととした。疲労試験における最小荷重は 30kN とした。最大荷重は GFRP 貼付前の静的载荷試験より求め、補強側ならびに無補強側におけるウェブ直上の上フランジ上面の溶接ビード止端から 10mm 離れた位置の応力範囲の平均値が 155MPa、125MPa となる荷重とした。以下、 $\Delta \sigma = 155\text{MPa}$ および $\Delta \sigma = 125\text{MPa}$ で疲労試験を行う試験体を SP-1、SP-2 と記す。なお、繰返し回数 20 万回ごとに静的载荷試験を実施し、目視により疲労き裂の発生および GFRP の剥離の有無も調査した。また、繰返し回数 20 万回ごとに最小応力を上げて振幅を半分にし、ビーチマークを入れることによりき裂の進展状況を調査することとした。

3. 試験結果および考察

静的载荷試験の結果、上述の位置の応力範囲が 155MPa および 125MPa となる最大荷重は、SP-1 は 360kN、SP-2 は 315kN となった。

図-3 に SP-1 の最大荷重時(360kN)における試験体長軸方向の応力分布を示す。図より、溶接止端から 6mm 以上離れた位置では補強前と補強後にほとんど有意な差は見られないが、溶接止端から 4mm の位置では応力範囲が約 30MPa 低減していることがわかる。

溶接止端から 10mm の位置における試験体幅方向の応力分布に関しては、補強前と補強後に有意な差は得られなかった。また、SP-2 に関しても長軸方向ならびに幅方向において SP-1 とほぼ同様の結果となった。

図-4 に S-N 線図を示す。図には鋼道路橋の疲労設計指針の疲労強度等級も示した。S-N 線図から、SP-1 の無補強側では、繰返し回数 40 万回終了時に応力範囲に変化が表れており、補強側では、繰返し回数 100 万回終了時に応力範囲が変化していることがわかる。SP-2 の無補強側では SP-1 と同様に繰返し回数 40 万回終了時に応力範囲が大きく低下している。補強側では、繰返し回数 180 万回終了時に応力範囲に変化が見られるが、200 万回終了時も 180 万回終了時と同等の応力範囲となっている。また、SP-2 の補強側においては繰返し回数 200 万回終了時においても GFRP の剥離は確認されなかった。鋼道路橋の疲労設計指針によるとソールプレートをすみ肉溶接で取付けた非仕上げの継手は G 等級とされているが、図-4 より、SP-1 の無補強側は F 等級、SP-2 の無補強側は G 等級を満たしており、補強側は SP-1、SP-2 ともに D 等級を満たしていることがわかる。

写真-2 に疲労き裂の破面を示す。写真には読み取れたビーチマークも記入した。圧縮応力が作用する部位に発生した疲労き裂であり、ビーチマークをすべて読みとることはできなかった。写真-2 より溶接止端に沿って複数の疲労き裂が発生し、それらが合体して進展したことがわかる。

4. まとめ

本研究ではソールプレート取付け部に GFRP を貼付することによる応力の低減効果および疲労強度の改善効果について実験的に検討した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 静的载荷試験の結果、GFRP は溶接止端の応力集中を低減させる効果があるものと判断された。
- 2) 疲労試験の結果、ソールプレート取付け部に GFRP を貼付することによる疲労強度の改善効果があることが明らかになり、実構造物への適用が期待される。

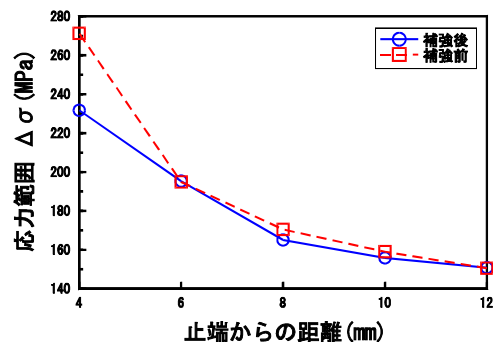


図-3 長軸方向の応力分布(SP-1,0回時)

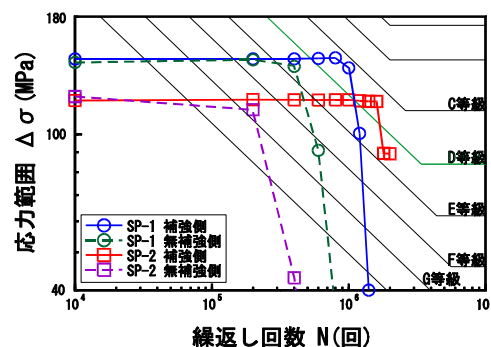


図-4 S-N 線図

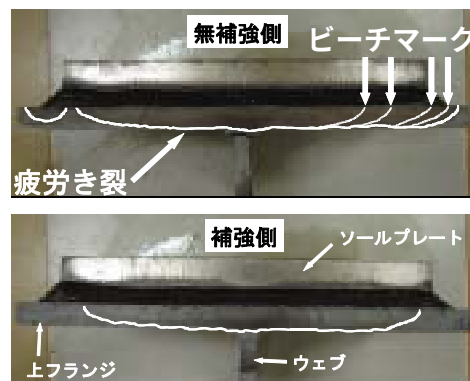


写真-2 破面