

面外ガセツ溶接継手の疲労強度向上に関する研究

鋼橋技術研究会 維持管理部会 正会員 ○中嶋 浩之
鋼橋技術研究会 維持管理部会 中村 英紀
明星大学大学院 学生会員 岡本 陽介
明星大学 正会員 鈴木 博之

1. はじめに

鋼橋の疲労損傷の顕在化及び耐久性向上を背景に、「道路橋の疲労設計指針（平成 14 年 3 月）」が発行され、鋼橋の設計にあたっては、疲労の影響を考慮することとされた。設計時に考慮される一次応力による疲労照査では、継手強度等級の低い水平補剛材及びラテラルガセツの回し溶接部（G 等級）で疲労照査を満足しない場合が見受けられる。このような面外ガセツ溶接継手は供用されている多くの橋梁に存在することから、将来の疲労損傷の増大が懸念されるところである。

面外ガセツ溶接継手の疲労強度を改善するため、溶接止端を仕上げ、疲労強度等級を 1 等級上げる処置がとられることがある。しかしながら、鋼道路橋の疲労設計指針においては、ガセツ長 l が 100mm を超える面外ガセツ溶接継手の場合、溶接止端の仕上げは完全溶込溶接に限られており、すみ肉溶接への適用は記述されていない。

そこで本研究では、溶接方法および仕上げ範囲を変えた面外ガセツ溶接継手の疲労試験を行い、これらが疲労強度に及ぼす影響について実験的に検討した。また、既設橋の面外ガセツ溶接継手の疲労強度向上を目的として、ガラス繊維強化プラスチック（以下、GFRP と記す）による補強効果についても実験的に検討した。

2. 試験方法

試験片形状を図-1 に示す。試験片の材質は SM400A である。試験片の種類を表-1 に示す。試験片は、無補強試験片（TYPE1）、GFRP を貼付した補強試験片（TYPE2）、及び溶接方法および仕上げ範囲を変えた試験片（TYPE3～6）の 6 種類である。TYPE3 は回し溶接止端部のみの仕上げ、TYPE4 は回し溶接部のルート破壊を防止する目的で 5C の角切り溶接後、回し溶接部のみ止端仕上げを行った。TYPE5 は仕上げ範囲を回し溶接部から 50mm 側面すみ肉溶接側に延長した。TYPE6 は試験片を完全溶込溶接とし、仕上げ範囲は TYPE5 と同様とした。TYPE3～6 の仕上げには、バークラインダーを用いて、溶接継手の母材側止端だけを仕上げた。また、き裂が片側の回し溶接部だけに生じるよう、着目部と反対側の回し溶接部がへこみ溶接となるように溶接ビードを十分に研削した。TYPE2 においては、表裏面の非仕上げの回し溶接部に 2 液混合エポキシ樹脂接着剤を用いて GFRP を貼付した。鋼板、GFRP 及び接着剤の機械的性質を表-2 に示す。GFRP には、チョップ材（チョップドストランドマット）を使用し、これを 4 層貼付することとした。なお、疲労試験にあたっては、最小応力を 10MPa とし、最大応力を変化させた。

キーワード：面外ガセツ、疲労、止端仕上げ、GFRP

連絡先：〒323-0811 栃木県小山市犬塚 996（株）巴コーポレーション TEL/FAX 0285-27-2263/0285-27-3765

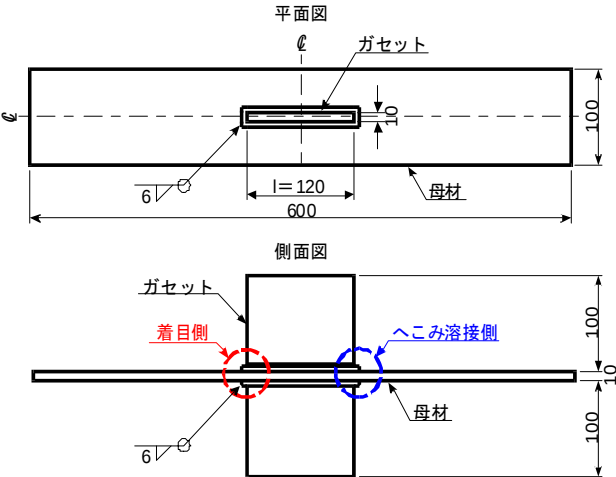


図-1 試験片形状

表-1 試験片の種類

試験片名	条件	
	溶接方法	止端仕上げ範囲またはGFRP貼付
TYPE1	すみ肉溶接	溶接まま
TYPE2	すみ肉溶接	非仕上げ+GFRP貼付
TYPE3	すみ肉溶接	回し溶接部のみ仕上げ
TYPE4	角切り (5C) + 溶接	回し溶接部のみ仕上げ
TYPE5	すみ肉溶接	回し溶接部および側面すみ肉溶接部50mmを仕上げ
TYPE6	完全溶込溶接	回し溶接部および側面すみ肉溶接部50mmを仕上げ

表-2 機械的性質

	鋼板	GFRP	接着剤
弾性係数 (MPa)	2.1×10^5	8.1×10^3	4.6×10^4
降伏点 (MPa)	307	—	—
引張強さ (MPa)	448	—	52
伸び (%)	32	—	—

3. 試験結果および考察

疲労試験結果を図-2に示す。縦軸は試験片平行部の応力範囲であり、横軸は繰返し回数である。図中の中抜き（△、◇、▽、☆）は、着目側と反対側（へこみ溶接側）から破断した試験片であり、図中の実線は、TYPE1、TYPE3及びTYPE4の回帰線である。なお、今回の試験では500万回を疲労限の一つの目安としている。

鋼道路橋の疲労設計指針においては、非仕上げの面外ガセット溶接継手（ $l > 100\text{mm}$ ）の疲労強度等級はG等級であるが、本実験のTYPE1はE等級を満たしていた。図-2のTYPE1とTYPE2～6とを比較すると、TYPE2～6は、TYPE1より明らかに疲労強度が高くなっており、GFRP貼付及び止端仕上げによる疲労強度向上効果が確認される。

溶接方法が同じで仕上げ範囲が異なるTYPE3とTYPE5を比較すると、TYPE5の方がTYPE3より疲労強度が高くなっているように思われるが、TYPE5の実験結果はバラツキが大きいため、仕上げ範囲の影響と断定するに至っていない。仕上げ範囲については、TYPE1との比較より、回し溶接部のみで十分な疲労強度向上効果があると考えられる。

次に、回し溶接部のみを仕上げ範囲とし、溶接方法が

異なるTYPE3とTYPE4を比較する。TYPE3の疲労限は $\Delta\sigma = 110\text{MPa}$ で、TYPE4の疲労限は $\Delta\sigma = 120\text{MPa}$ となっている。TYPE3とTYPE4のS-N線に有意な差はないと推察される。しかしながら、角切り（5C）溶接のTYPE4は全て止端破壊となっており、ルート破壊を防止し疲労強度を向上させる継手方法として有効と考えられる。

TYPE2については、TYPE2に最も近い実験結果であるTYPE3と比較する。 $\Delta\sigma = 130\text{MPa}$ において、TYPE2はTYPE3に比べて寿命が短く、TYPE1とほぼ同じ疲労寿命となっており、TYPE2については高応力範囲での補強効果をあまり期待できない。しかし、TYPE2の疲労限は $\Delta\sigma = 110\text{MPa}$ であり、TYPE3と同じ疲労限となっているので、応力範囲の低い領域では、TYPE3とほぼ同様の効果が確認される。よって、応力範囲の低い領域ではGFRPを貼付することによって、止端仕上げと同程度の補強効果を得ることができるものと判断される。写真-1に破断後の試験片の例を示す。写真-1（a）および（b）は、回し溶接止端部から破断に至った試験片である。TYPE2においては、き裂がGFRPを越えた後でもGFRPは剥離することがなく、写真（a）のように破断した。写真-1（c）は、へこみ溶接側から破断した例である。破断面を観察したところ、ルート部からき裂が発生したものと確認され、余盛部の仕上げを行ったためにのど厚が減少し、十分なのど断面が確保できなかったことが原因である。

4. まとめ

本研究では、面外ガセット溶接継手のGFRP貼付による補強、溶接方法および止端仕上げの範囲を変えた疲労試験を行い、疲労強度の向上効果について実験的に検討した。得られた結果は以下の通りである。

- すみ肉溶接された面外ガセットの回し溶接部の止端だけを仕上げた継手は、角切り（5C）溶接を行うことでルート破壊を防止するとともに、疲労強度向上に有効であった。
- 応力範囲の低い領域では、GFRP貼付による補強を施すことによって、止端仕上げと同程度の補強効果が得られた。

本研究は、「鋼橋技術研究会 維持管理部会」の活動の一環として実施したものである。

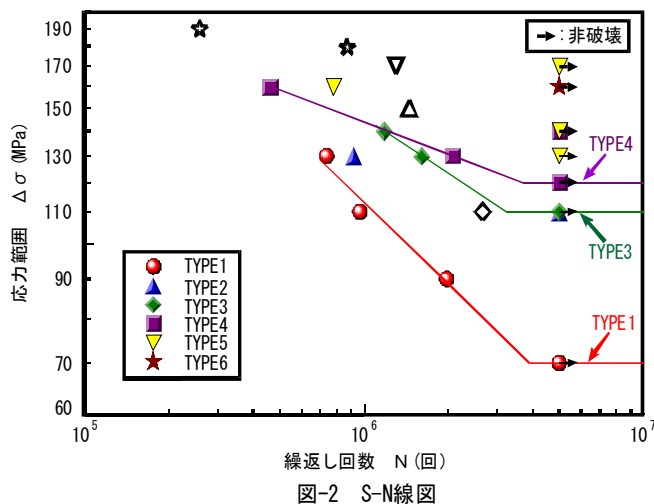
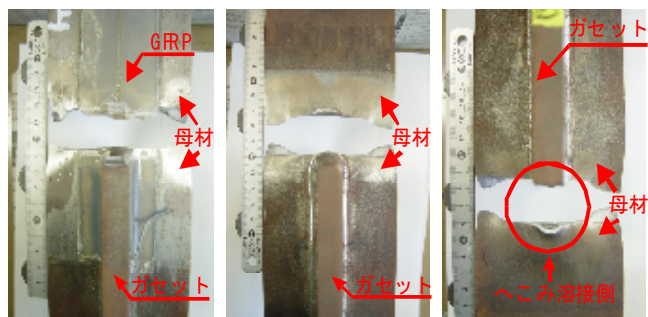


図-2 S-N線図



(a) TYPE2 (止端破壊) (b) TYPE4 (止端破壊) (c) TYPE5 (ルート破壊)

写真-1 破断後の試験片の例