

面外ガセット溶接継手の疲労強度向上に関する研究

明星大学 正会員 鈴木 博之
明星大学大学院 学生会員 岡本 陽介
明星大学 学生会員 ○ 伊東 益邦

1. はじめに

近年、鋼橋において疲労損傷の発生が数多く報告されている。鋼橋の疲労損傷の多くは、形状の変化の著しい溶接止端部から生じている。特に面外ガセット溶接継手は、疲労強度が低く、疲労損傷が生じやすい。この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、ガセット長 l が 100mm 以上の面外ガセット溶接継手の場合、溶接止端の仕上げは完全溶込溶接に限られており、すみ肉溶接の仕上げについては記述されていない。

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ット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する。また、**ガラス繊維強化プラスチック**（以下、GFRP と記す）による補強を行い、疲労強度向上効果をグラインダー仕上げの場合と比較する。

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)、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。TYPE3~6 の仕上げには、現場での作業性、扱い易さ等を考慮し、バーグ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ることにした。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 およ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。

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。図中の中抜きシンのシンボル (Δ , $\diamond$, ∇ , $\star$) 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 および 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 ($l \geq 100\text{mm}$) の疲労強度等級は G 等級と明記されているが、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、疲労強度向上効果が確認される。したがって、止端仕上げおよび GFRP 貼付による補強は、疲労強度の向上に寄与していると言える。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 より若干ではあるが疲労強度が高くなっている。したがって、

キーワード：面外ガセット、疲労、止端仕上げ、GFRP
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/FAX 042-591-9645

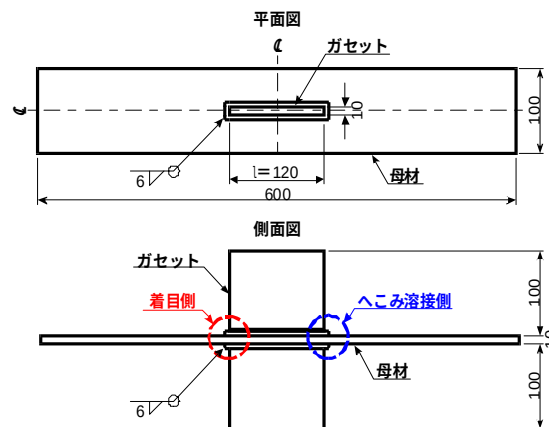


図-1 試験片形状

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	8.1×10^4	4.6×10^4
降伏点 (MPa)	307	—	—
引張強さ (MPa)	448	—	52
伸び (%)	32	—	—

仕上げ範囲については、回し溶接部だけでなく、側面すみ肉溶接部（50mm）も仕上げた方が疲労強度向上効果は高いと言える。次に、仕上げ範囲が同じで溶接方法が異なる 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。しかしながら、TYPE3 と TYPE4 の止端仕上げ範囲を考えると、TYPE3 の疲労限は、 $\Delta \sigma = 120\text{MPa}$ となることも不自然ではないと思われ、TYPE3 と TYPE4 の S-N 線に有意な差はないと推察される。したがって、回し溶接部だけを仕上げる場合、角切り（5C）後に溶接しなくても、すみ肉溶接のままでも同等の疲労強度が得られると言える。同様に、TYPE5 と TYPE6 を比較する。破壊したデータが TYPE5 の $\Delta \sigma = 160\text{MPa}$ だけであるので、比較が難しいが、TYPE5 の疲労限が $\Delta \sigma = 170\text{MPa}$ であり、TYPE6 の疲労限は $\Delta \sigma = 160\text{MPa}$ となっているので、両者に有意な差はないと推察される。したがって、ガセットと母材の溶接を完全溶込溶接とするまでもなく、すみ肉溶接のままでも同等の疲労強度が得られるものと思われる。

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、かつ止端仕上げの困難な部位については、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。また、GFRP 貼付による補強を行い、疲労強度向上効果をグラインダー処理の場合と比較した。得られた結果は以下の通りである。

- 1) 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の疲労強度は、角切り（5C）後に溶接された継手の回し溶接部の止端だけを仕上げた継手の疲労強度とほぼ同等であった。
- 2) すみ肉溶接された面外ガセットの回し溶接部および側面すみ肉溶接部（50mm）の止端を仕上げた継手の疲労強度は、完全溶込溶接された継手の回し溶接部および側面すみ肉溶接部（50mm）の止端を仕上げた継手の疲労強度とほぼ同等であった。
- 3) 止端仕上げの範囲は、回し溶接部だけでなく、側面すみ肉溶接部（50mm）も仕上げた方が、疲労強度向上効果は大きかった。
- 4) 応力範囲の低い領域で、かつ止端仕上げの困難な部位については、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、鋼橋技術研究会の補助を受け、維持管理部会の活動の一環として実施したものである。記して、謝意とします。

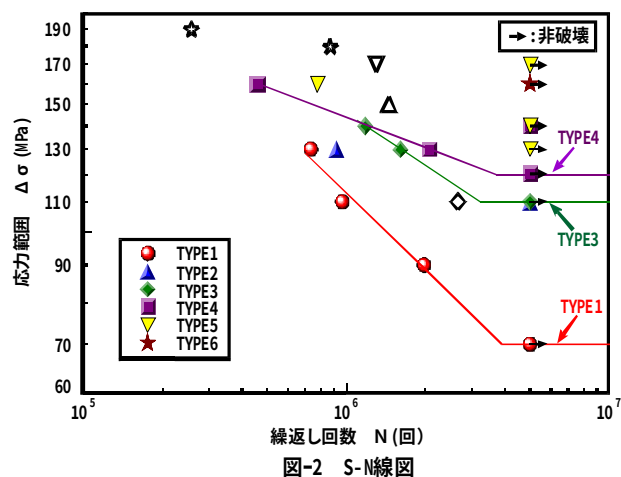
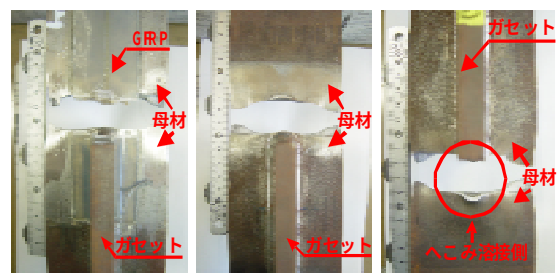


図-2 S-N線図



(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