

CFRP 板が接着された面外ガセット継手の疲労寿命延命効果

京都大学大学院 学生員 ○松本 理佐, 正会員 石川 敏之, 河野 広隆
 ショーボンド建設(株) 正会員 竹村 学, 平塚 慶達

1. はじめに

1990年代後半から、疲労き裂の簡易な補修法の一つとして、炭素繊維強化樹脂成形板(以下、CFRP板)の接着に関する研究が行われている¹⁾。これまでの研究では、主に軸方向力を受ける場合に対してCFRP板接着によるき裂の進展抑制効果を検討している。また、CFRP板接着による実構造物に発生した疲労き裂の補修は、国内外で試験的に適用されているのみであり、積極的に利用されていないのが現状である²⁾。本研究では、CFRP板接着工法の実用化に向けて、板曲げ荷重下で発生したき裂に対して、CFRP板接着によるき裂進展抑制効果を実験によって明らかにする。

2. 試験体

試験には、図-1に示すような面外ガセット試験体(SM490Y材)を用いた。疲労試験では、図-2に示すような、板曲げ振動疲労試験機を用い、バネを押し下げることによって溶接止端の応力比を $R=0$ とした。試験体の溶接止端からき裂が発生し、母材に10mmき裂が進展した段階で、50mm×2.1mm×100mm(板幅×板厚×長さ)のCFRP板(長手方向のヤング率 $E_c=450\text{kN/mm}^2$)を図-2の位置に、アクリル樹脂で接着した。鋼板の表面は、粗さ#100のサンドペーパーで目粗しを行った。

3. 疲労試験結果

図-3に疲労試験の結果を示す。疲労寿命は、き裂が母材に10mm進展してからき裂が母材の裏面に発生するまでの回数 $N_{10} \rightarrow N_t$ とした。試験体AWは溶接ままの試験体、試験体 $N_{10}+CFRP$ はCFRP板を接着した試験体である。応力範囲は、载荷初期時の図-1のゲージA、Bの平均値に弾性係数を乗じることで求めた。試験体 $N_{10}+CFRP$ は、応力範囲 $\Delta\sigma=60, 80, 100, 120\text{N/mm}^2$ で試験を行った。全ての試験体で、母材のおもて面のき裂が再進展し、その後母材の裏面からき裂が発生した。

試験体完成時に、CFRP板が一部はく離していた試験体(図中の“d”の付いた試験結果)の疲労寿命向上効果が若干小さくなっているが、CFRP板を接着することで、全ての応力範囲で4倍以上の疲労寿命が向上したことがわかる。

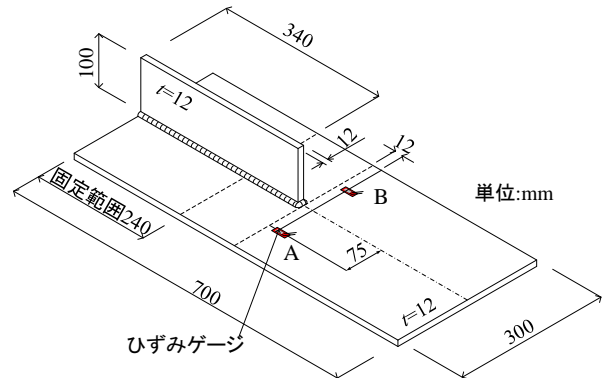


図-1 面外ガセット試験体

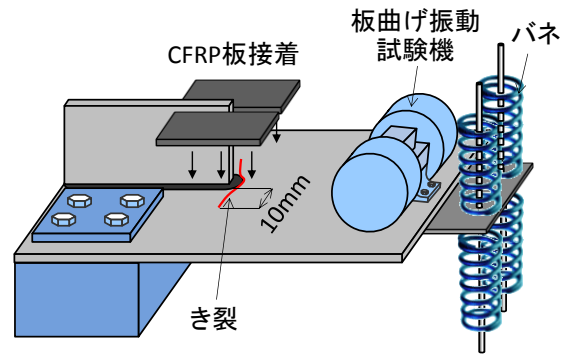


図-2 板曲げ振動疲労試験

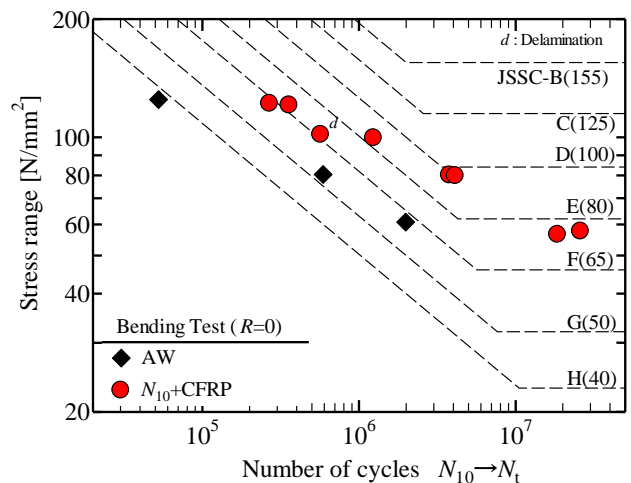


図-3 疲労試験結果

キーワード CFRP板, き裂進展抑制効果, 面外ガセット, 板曲げ荷重

連絡先 〒615-8161 京都府京都市西京区京都大学桂 京都大学桂キャンパス TEL 075-383-3321

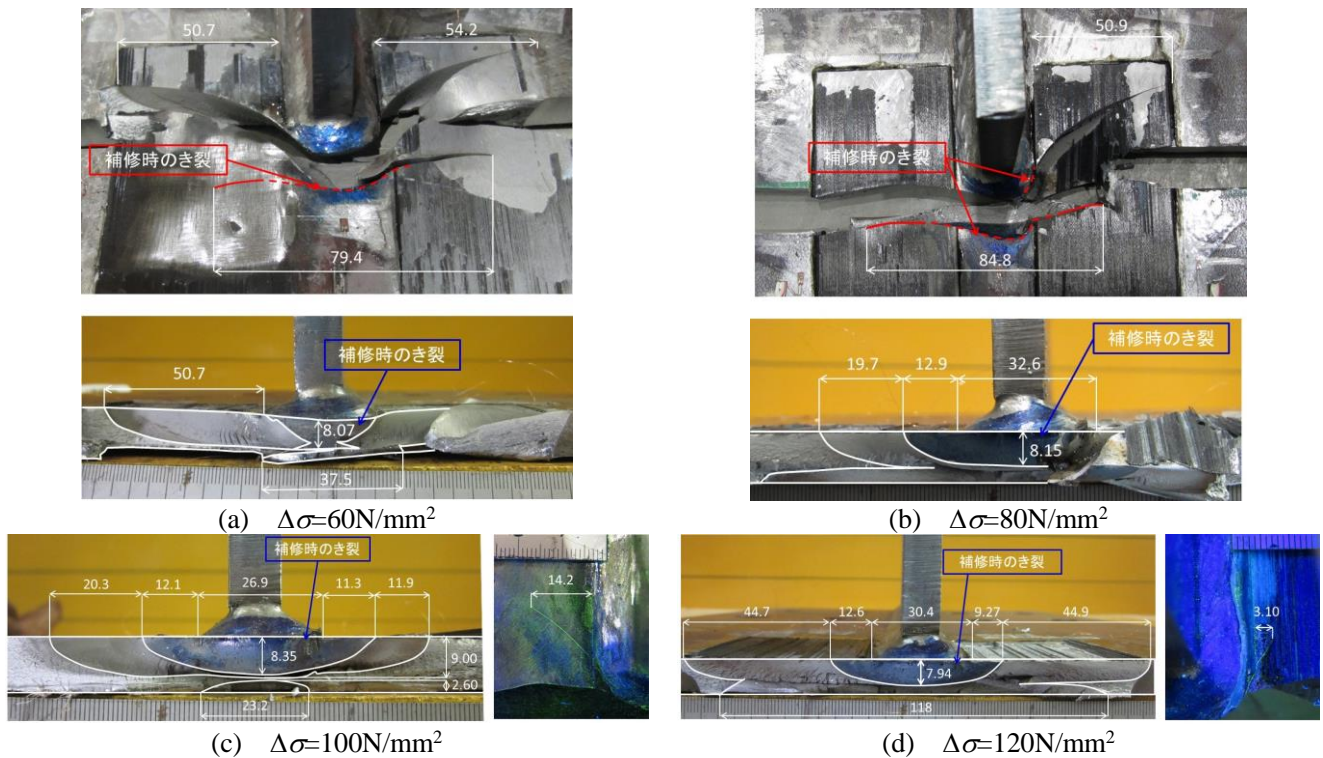


図-4 疲労試験終了後の破面

疲労試験終了後に、内部でのき裂の進展を確認するために、試験体を破断させた。図-4に、試験体 $N_{10}+CFRP$ の破面の一例を示す。応力範囲 $\Delta\sigma=60, 80\text{N/mm}^2$ で試験を行った試験体に関しては、図-4(a), (b)に、破断させた試験体の全体の様子も示している。母材の裏面にき裂が発生した後も、おもて面のき裂が CFRP 板幅よりも長くなるまで疲労試験を実施したため、図ではき裂長さが長くなっている。図-4(a)より、応力範囲 $\Delta\sigma=60\text{N/mm}^2$ の場合、補修時のき裂の再進展と、まわし溶接を回り込むようなき裂が進展していた。最終的にはまわし溶接を回り込んだき裂が先に CFRP 板の幅よりも長くなった。 $\Delta\sigma=80\text{N/mm}^2$ の場合も $\Delta\sigma=60\text{N/mm}^2$ と同様の傾向となった。一方、図-4(c), (d)より、 $\Delta\sigma=100\text{N/mm}^2, 120\text{N/mm}^2$ の場合は、補修時のき裂が先に CFRP 板の幅よりも長くなった。図-4(c), (d)には、まわし溶接部に対して磁粉探傷試験(以下、MT)を行った結果も示しているが、 $\Delta\sigma=100\text{N/mm}^2, 120\text{N/mm}^2$ の場合もまわし溶接を回り込むようなき裂が進展していたが、その進展長さは、 $\Delta\sigma=60, 80\text{N/mm}^2$ と比べて小さかった。

4. まとめ

本研究では、板曲げ荷重下での CFRP 板接着によるき裂進展抑制効果を実験によって明らかにした。以下に、得られた知見を示す。

- 1) 応力比 0, 板曲げの応力範囲 $60\sim 120\text{N/mm}^2$ では、CFRP 板を接着することで面外ガセットの溶接止端から発生したき裂が母材を貫通するまでの疲労寿命が 4 倍以上向上した。
- 2) 応力範囲が小さい場合、補修時のき裂よりも、まわし溶接を回り込むようなき裂が先に CFRP 板の幅よりも長くなった。しかし応力範囲が高くなると、まわし溶接を回り込むようなき裂も進展していたが、補修時のき裂が先に CFRP 板の幅よりも長くなった。

参考文献

- 1) 中村一史, 姜 威, 前田研一, 鈴木博之, 入部孝夫, 福田欣弘: CFRP 板接着により補修された面外ガセット溶接継手部き裂の疲労寿命予測, 構造工学論文集, Vol.57A, pp.842-851, 2011.
- 2) 複合構造委員会 FRP と鋼の接合方法に関する調査研究小委員会: FRP 接着による鋼構造物の補修・補強技術の最先端, 複合構造レポート 05, 2012.