

第 部門

鋼構造物の疲労寿命に与える炭素繊維強化プラスチックを用いた補修効果

京橋メンテック(株)

正会員 ○岡本 陽介

京橋メンテック(株)

正会員 神園 卓海

京橋工業(株)

正会員 並木 宏徳

西安交通大学

蔡 洪能

1. はじめに

近年、鋼構造物の溶接継手からの疲労き裂の発生が数多く報告されている。疲労き裂は放置すると進展し、鋼構造物の崩壊に至る可能性もあり、疲労き裂の進展を防止あるいは遅延するための補修および補強が重要である。この補修・補強として、引張剛性と強度に富む炭素繊維(以下、CFRP と記す)を鋼部材に貼付する方法も、鋼部材に対するより施工性に有利で効果的な補修・補強方法として、採用される例も見られる。また、より効果的な貼付方法として、プレテンションを導入して CFRP を鋼板に貼付する方法が考えられるが、CFRP には引張力が導入されるため、特に CFRP の端部で発生する CFRP と鋼板との剥離の発生の有無が問題となる。著者らはこれまでに、プレテンションが導入された CFRP を鋼板に貼付し、剥離限界および剥離制御板の設置効果を実験的に検討しており、一応の成果を得た¹⁾。

そこで本研究では、疲労き裂の補修に CFRP を用いた場合のき裂進展速度の遅延効果および温度変化による補修効果について実験的に検討する。

2. 実験方法

試験片形状を図-1 に示す。CT 試験片の材質は SM490YA を用い、図-1 に示すように切欠きの先端に幅 10mm、厚さ 1.2mm、長さ 24mm の CFRP をエポキシ樹脂を用いて 2 層貼付した。接着作業は室温で無載荷状態で行った。なお、使用した CFRP は炭素繊維が長手方向にだけ配置されている一方向材である。試験片に用いた鋼板、CFRP およびエポキシ樹脂の機械的性質を表-1 に示す。試験片は、無補修試験片(N)、CFRP を貼付した試験片(C)および CFRP を覆うように鋼板を剥離制御板として

取り付けした試験片(CH)の 3 パターンである。疲労試験は $P_{max}=8kN$ 、 $R=0.1$ 、 $f=20Hz$ で行った。さらに CH を用いて、試験片の温度を -10 、 0 、 $RT(20 \sim 25)$ 、 50 に変化して疲労試験を実施した。各々、CH(-10)、CH(0)、CH(RT)、CH(50)と記す。温度調整は赤外線ランプおよび液体窒素を用いて行った。

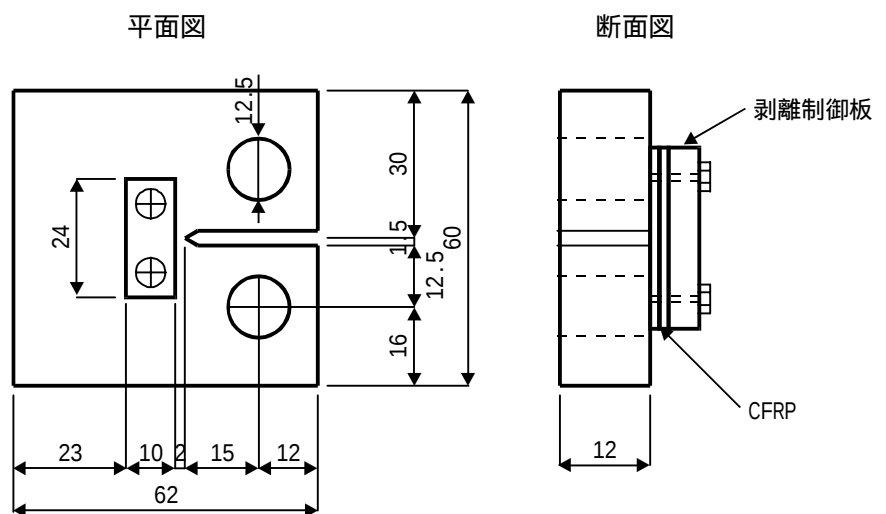


図-1 試験片形状 (mm)

表-1 機械的性質

		弾性係数 (N/mm^2)	降伏点 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)
鋼材	SM490YA	2.1×10^5	446	557
CFRP	高強度CFRP	1.5×10^5		2350
剥離制御板	SS400	2.1×10^5	446	557

3. 実験結果および考察

図-2 に各試験片の疲労試験結果を示す。図の縦軸は繰返し回数であり、疲労試験開始から終了までの総繰返し回数である。図より、CFRP を貼付することによる疲労強度改善効果は確認されない。CH(-10)、CH(0)においては、無補修試験片である N より疲労強度が低下している。これは、試験片が低温になったことにより破壊靱性値が低下したためであると考えられる。CH を比較し CFRP の補修効果に与える温度変化の影響に着目すると、低温では有意な効果が期待できないと推察される。次に、CFRP 貼付域におけるき裂進展の遅延効果に着目する。図-3 に CFRP 貼付域での疲労試験結果を示す。き裂進展の測定にはマイクロメータを用いた。なお CH(-10)、CH(0)については、試験温度を低下させるために試験片を試験槽で覆ったため、CFRP 貼付域における繰返し回数を把握することができなかった。図より CFRP を貼付することによる疲労き裂進展速度の遅延効果が確認される。剥離制御板を取付けた試験片は、試験結果にばらつきが見られるものの、効果が認められる。これらのばらつきの原因として、試験片準備段階での一方向性の CFRP に穿孔する際、および鋼板にタップ孔を設ける際に施工不良が発生した可能性が考えられる。従って、本試験条件において、室温以上での試験結果では CFRP を貼付することにより疲労き裂の進展速度を遅延することができ、剥離制御板を設けることで、より補修効果が高くなることが判断された。しかしながら、低温度条件での無補修試験片の試験結果がないため、低温度での CFRP による補修効果は把握できない。この点については今後のデータの蓄積を待ちたい。さらに、応力範囲を変えて疲労試験を行い、CFRP による補修および補強の適用範囲を検討したい。

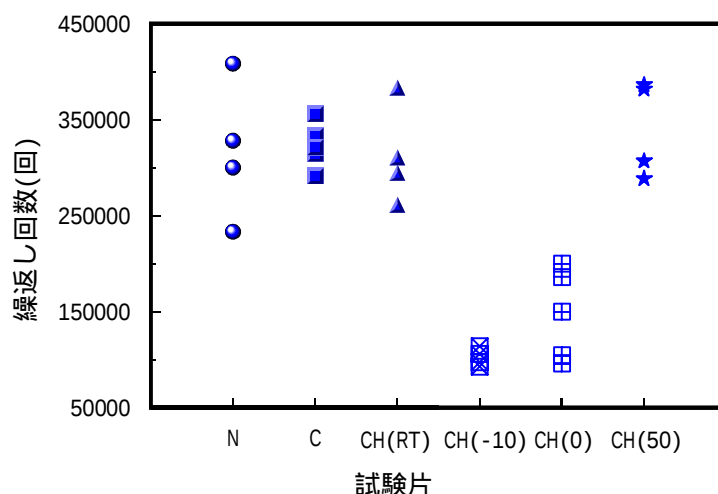


図-2 疲労試験結果(破断寿命)

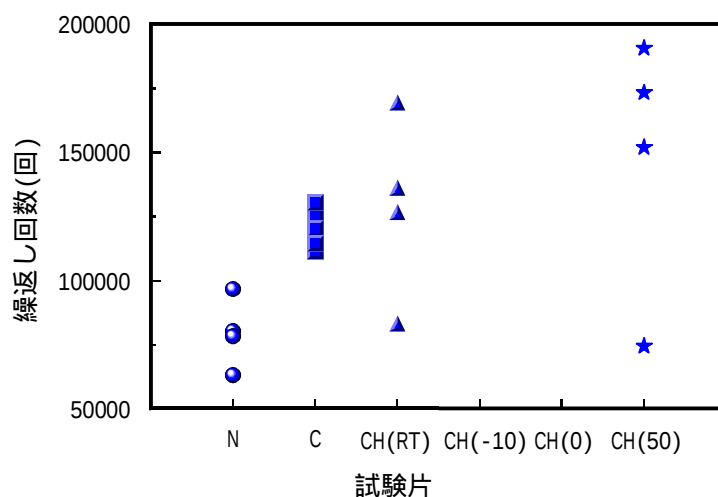


図-3 疲労試験結果(CFRP貼付域伝播寿命)

4. まとめ

本研究では、CT 試験片を用い、CFRP 単独で補修および CFRP と剥離制御板を併用して補修することによる疲労強度の改善効果を実験的に検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) CFRP を貼付することにより、疲労き裂進展速度の遅延効果が確認された。さらに剥離制御板と併用することにより、より効果が高くなると判断された。
- (2) CFRP の補修効果に与える温度変化の影響は、温度が高い方がき裂進展速度の遅延効果が高いことがわかった。

参考文献：1) プレストレスを導入して貼付した炭素繊維シートと鋼板との接着性に関する基礎的研究 土木学会関西支部年次学術講演会，pp.I-54，2004，5