

炭素繊維強化プラスチック補強による鋼構造物端部切欠き部の疲労特性

京橋メンテック(株)	正会員	神園	卓海
京橋メンテック(株)	正会員	岡本	陽介
京橋工業(株)	正会員	並木	宏徳
西安交通大学		蔡	洪能

1. 目的

近年、鋼構造物に疲労き裂の発生が数多く報告されている。鋼構造物に、一旦疲労き裂が発生すると、き裂は進展し、崩壊に至る可能性もあり、き裂は補修、補強されなければならない。そして、今後老朽化した鋼構造物の疲労き裂の発生が多くなってくると、その疲労き裂に対して効果的かつ効率的な補修を行うことが重要な課題となってくる。そこで近年、炭素繊維強化プラスチック(以後、CFRPと記す)板を用いた鋼構造物の補強が注目されている。CFRP板は、高強度、高耐久性の特徴を有し、比重が鋼板の1/5程度と軽量であるので、補修箇所が狭い場合でも、搬入、取り付けが容易である。また、施工に当たっても接着剤で貼付するだけと簡単であり、特に専門的な技術も必要としないので、き裂を発見したときに大がかりな工具を必要とせずに処置ができるという利点がある。本研究では、端部切欠きき裂のある鋼構造物を模した試験片にCFRPシートを貼付し、そのき裂伝播の影響および疲労繰返し数について実験的に検討する。

2. 実験方法

(a) CT試験片 端部切欠きき裂を有する鋼構造物を模したCT試験片を用いる。その試験片は鋼構造物でよく用いられるSM490YAとし、その降伏強度および引張強度はそれぞれ44.6MPa、55.7MPaである。またその表面は防腐処理を施してある。そのCT試験片の形状をFig.1に示す。

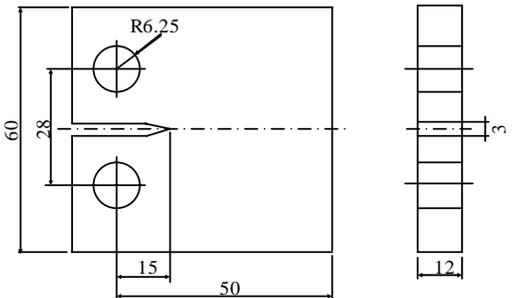


Fig. 1 Configuration and size of specimen

(b) CFRPシート CFRPシートの板厚は1.1mmとし、このCFRPシートをFig.2のように両側から対称的に貼付する。接着剤にはエポキシ樹脂(E2370MW)を用いる。貼付位置はき裂先端から5mmとし、シートのサイズL×B×tは20×8×1.1とする。

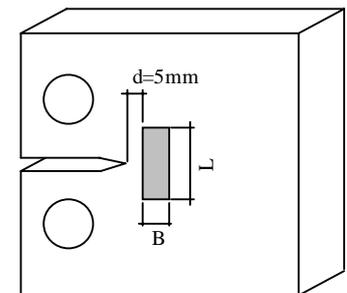


Fig. 2 Configuration of reinforcement detail

(c) 実験装置 実験状況をPicture 1に示す。疲労試験機として20ton油圧疲労試験機を用いた。予めき裂を発生させるために20kNから10kNまで20%毎、4段階に荷重を下げた。各荷重で0.5mmのき裂を生じさせ、その初期き裂長さは2mmとした。それから、疲労試験は、最大荷重8kN、負荷比0.1の正弦波(周波数15Hz)を載荷した。そのき裂伝播の測定はマイクロメータJXD-Bを用い、その測定精度は0.01mmである。また各試験片の試験条件をTable 1に示す。

3. CFRPシート貼付範囲の疲労繰返し数の比較

Fig. 3にCFRPにより補強された試験片7および補強されていない試験片3のき裂進展の実験結果を示す。き裂がCFRPシートに達するまでは、補強されていない試験片3に比べて、補強されている試験片7の方がき裂進展は早い。き裂がCFRPシートを通過して進展した後は補強した試験片の方が遅くなっていることが分かる。



Picture 1 Installation for fatigue tests with crack length monitor

キーワード 鋼構造物, CFRPシート, 補修, き裂進展速度, 疲労

連絡先 〒536-0014 大阪市城東区鳴野西2-2-21 京橋メンテック(株) Tel 06-6961-6173

Table 1 Test scheme

Type of specimen	Specimen number	Surface Preparation
Unreinforced specimen	1, 2, 3	Sand-papering grinding plus polishing
Reinforced specimen	4, 5, 6, 7, 8	Sand-papering grinding, polishing and Sand-blasting

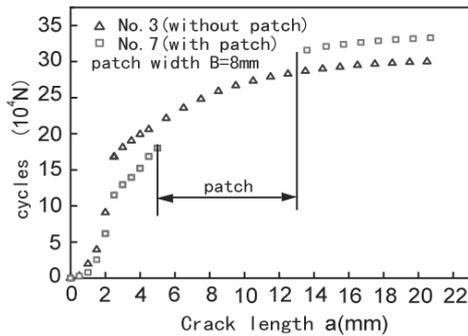


Fig. 3 Fatigue cycle versus crack length

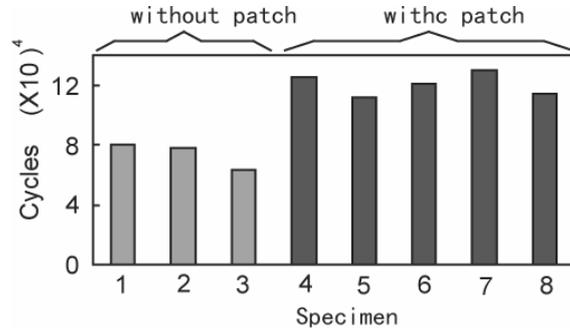


Fig. 4 Comparison of cycle number in patch applied area

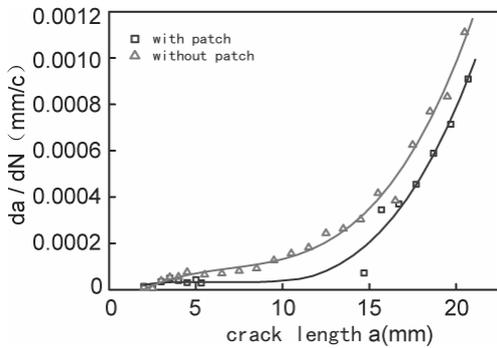
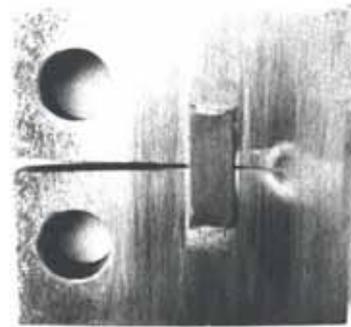


Fig. 5 Crack growth rate versus crack length



Picture 2 Failure of specimen reinforced by FRP after fatigue test

またき裂が、CFRPシートが貼付してある範囲(Crack length 5 ~ 13mm=8mm)を進展するまでの荷重繰り返し数の比較を Fig. 4 に示す。CFRP で補強されていない試験片とされている試験片では、それぞれ平均で 73800 回および 120272 回であり、CFRP シート補強により 63% に平均き裂進展速度を低減でき、CFRP シートが試験片にかかる荷重を軽減することが分かる。このことから、き裂の先端に CFRP シートを完全に貼付すれば、疲労繰り返し数は増加し、き裂の進展を抑制できると考えられる。

4 . CFRP シート貼付範囲のき裂進展速度の比較

き裂進展速度とき裂長さの関係を Fig. 5 に示す。き裂長さが 5mm(CFRP シートの端部)に達したときに 2 つのき裂進展曲線は徐々に分かれるのが確認できる。補強された試験片のき裂進展速度は、き裂の先端が CFRP シートの終端(13mm)に達するまでほぼ一定に保たれるが、一方、補強されていない試験片のき裂進展速度は、5mm に達するまでのき裂進展速度よりも高くなっていることが分かる。これより、CFRP シート接着による補強は損傷を受けた鋼構造物のき裂進展速度を抑制でき、き裂が CFRP シートを通り越した後でもその効果を発揮する。試験後の CT 試験片を Picture 2 に示す。

5 . おわりに

本研究では、端部切欠きき裂を有する鋼製の試験片に CFRP シートを貼付して、そのき裂進展に対する抑制効果を実験的に検討した。端部切欠きき裂を有する鋼構造物を CFRP シートにより補強すれば、き裂進展速度を抑制できることを実験的に示した。今後、最適な補強効果を得るために、CFRP シートの形状や寸法による補強効果への影響を検討する必要がある。

参考文献

田中基嗣他:鋼橋の CCF プレートによる Pre-Stress 補強における接着はく離の有限要素解析, FRP シンポジウム 2005.3