

紫外線硬化型樹脂シートによる疲労き裂の進展抑制

(株)BMC 正会員 ○浅岡敏明 (株)BMC 正会員 貝戸清之
 (株)BMC 正会員 蔦 守隆 川鉄テクノリサーチ(株) 成本朝雄
 明星大学 正会員 鈴木博之 サンコーテクノ(株) 佐藤貴志

1. はじめに

鋼部材において破断が懸念される疲労き裂が発見された場合には、き裂先端での応力集中の緩和を目的としてストップホールが採用されることが多い。これは、恒久対策を講じるまでの期間内に、部材の安全性を確保するための応急的な対策である。現状では、施工は専門業者によって実施される。現場の検査員がその場で対処でき、かつ安全を保障し得る対策があるならば、それは損傷検出後の対応の迅速性向上、費用面での合理化という観点からは有効である。本研究ではそのような条件を満足する手法として紫外線で硬化する樹脂シートに着目し、疲労き裂に対する進展抑制の効果を疲労試験により確認した。

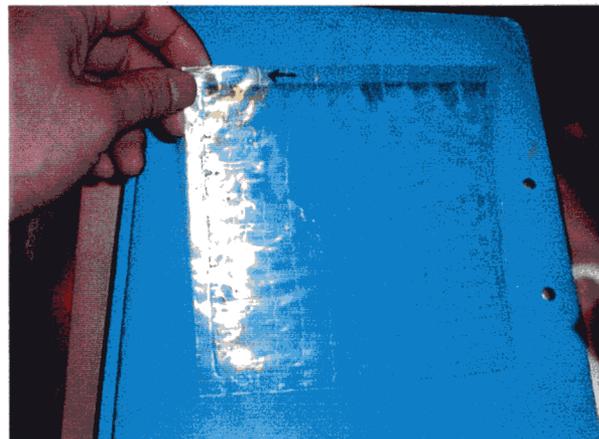


写真-1 紫外線硬化型樹脂シート

2. 紫外線硬化型樹脂シートの概要

本シートは、エポキシアクリレート樹脂にガラス繊維で強化したもの（ガラス繊維の種類は1方向とランダムとの2種類）で、紫外線によって硬化する特性を持つ。硬化前のシートには柔軟性があり、貼付する対象物の形状に合わせた変形や、はさみでの切断が容易にできる。硬化に要する時間は、太陽光の下で約5~20分である。また、従来主な使用用途がFRP部材に対する補修・補強であったので、硬化後の強度は一般的なFRPと同程度である。

3. 疲労試験による進展抑制効果の検証

疲労き裂に対する進展抑制効果を確認するために、本シートを貼付した供試体と貼付しない供試体のそれぞれに対して疲労試験を行った。

供試体は、図-1に示すCT試験片を4体使用した。これらに予め a_0 mmの疲労き裂を導入し、焼鈍してき裂導入荷重の影響を除去した後、表-1の条件で本シートを貼付して試験に供した。シートはガラス繊維が一方向に配合されたものを用いた。なお、この際に、シート自体にも接着能力はあったが、供試体により強固に接着させるために接着剤（プライマー）を使用した。硬化方法と硬化時間も表-1に併せて記載する。プライマーの速乾性という問題は、実用上での今後の課題である。

疲労試験には5t油圧サーボ制御型の疲労試験機を用いた。荷重載荷サイクルは30Hzとし、応力拡大係数範囲 ΔK はき裂進展を確認できる $30\text{kgf/mm}^{-3/2}$ 程度とした。

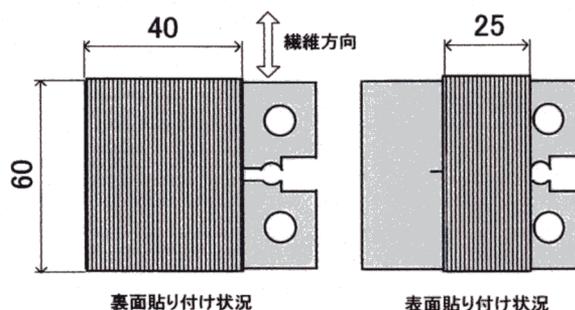
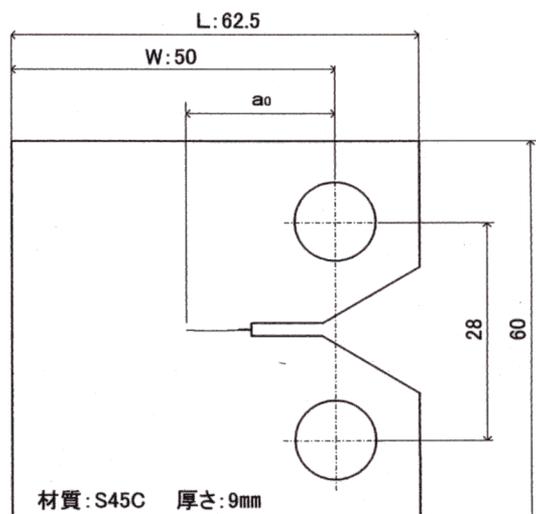


図-1 試験片の諸元

キーワード：疲労き裂、紫外線硬化型樹脂、応急対策、疲労試験、進展抑制

連絡先：〒261-7125 千葉県美浜区中瀬 2-6 WBG マリブウエスト 25 階 株式会社 BMC, e-mail: abem@hashimori.jp

表-1 供試体に対する紫外線硬化型樹脂の貼付条件

供試体 番号	初期亀裂長さ a_0 (mm)	シート貼付 状況	接着方法 プライマーの有無	硬化時間
1	22.5	なし	—	—
2	31.1	片面	有	2hr (紫外線照射) + 20hr (常温放置)
3	24.7	両面	有	2hr (紫外線照射) + 20hr (常温放置)
4	22.0	片面	無	2hr (紫外線照射)

4. 試験結果およびその考察

各供試体に対して、先の条件にて疲労試験を行った。き裂進展がある程度進んだ段階毎に、き裂の進展量を読み取り顕微鏡で測定し、き裂進展速度と応力拡大係数範囲¹⁾を算出した。

$$\Delta K = \frac{\Delta P}{B\sqrt{W}} \frac{(2+\alpha)}{(1-\alpha)^{3/2}} \times (0.886 + 4.64\alpha - 13.32\alpha^2 + 14.72\alpha^3 - 5.6\alpha^4) \quad (1)$$

式中、 ΔP ：载荷荷重変動幅、 B ：試験片の厚み、 W ：図-1 参照、 $\alpha=a/W$ 、 a ：き裂進展長さである。以上より得られた試験結果を図-2 に示す。総合的には、①本シートの貼付によりき裂進展速度を1/10～1/3 に減速することが可能で、低 ΔK 域ほど効果が大きい、②シートの貼付が片面と両面では違いがない、③接着剤を用いない場合には抑制効果はほとんどない、という結果を得た。

また、荷重载荷時の状況を観察したところ、载荷回数の増加とともにき裂部分を中心として補強シートの接着部が剥離していき、き裂の根元付近では部分的に繊維の破断が見られた。一例として、15万回载荷時点での疲労試験の様子を写真-2 に示す。剥離部分が白く浮き上がっていることがわかる。接着剤の耐久性によるものと考えられるが、詳細な検討は行っていない。ただし、この状態であっても1/3程度の抑制効果を期待できるのであれば、この剥離を目印にき裂進展を確認するという、逆発想的な実務上での利点も一方ではある。

5. まとめ

本研究では、供試体を用いた疲労試験を通して、紫外線硬化型樹脂シートを疲労き裂に貼付することでその進展を1/3に減速する効果があることを確認した。紫外線硬化型樹脂シートは携帯性に優れ、施工が容易であることから実用性は高いと考えられる。しかし、より実用性を高めるには、接着剤の速乾性と耐久性の向上、シートの紫外線劣化に対する耐久性の確認（少なくとも本対策までの半年間程度）、施工手順・施工後の管理等の適用のための標準化等の課題に対して取り組んでいく必要がある。

【参考文献】1) ASTM : E647-99, Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates, 1999.5

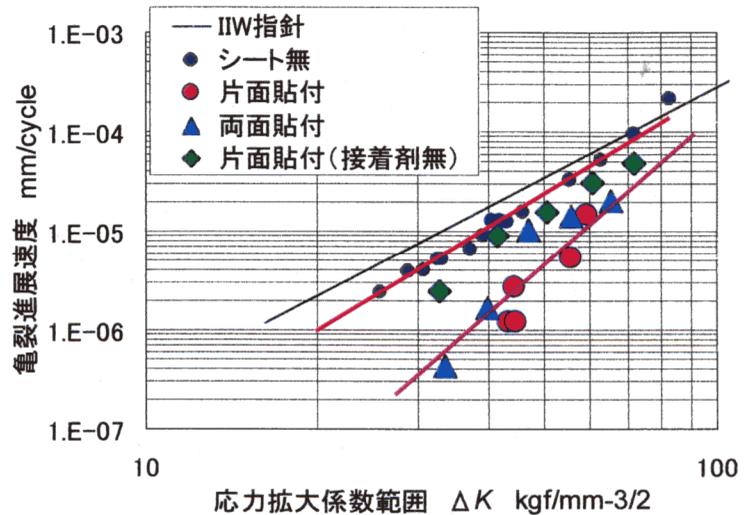


図-2 疲労試験結果

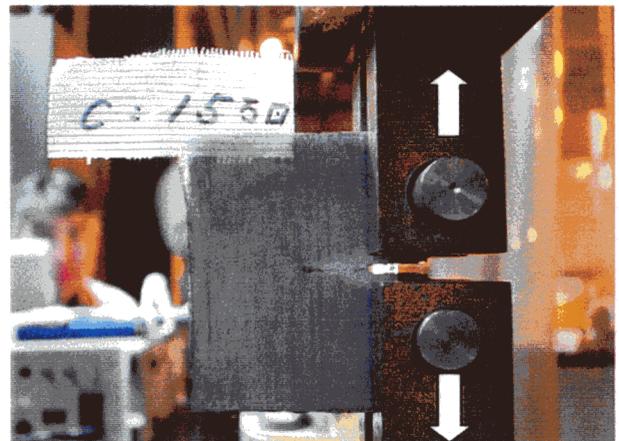


写真-2 疲労試験状況