

アクリル樹脂で炭素繊維成形板を接着した疲労亀裂対策の検討

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

1. はじめに

鋼橋の疲労亀裂における一般的な補修対策にはストップホール法があり、亀裂が発見された際の応急処置として用いられている。本手法は亀裂先端に円孔を設け、応力集中を緩和させて亀裂の進展を抑制するが、あくまで応急処置が目的であり、その後当て板補修を行うことではじめて恒久的な対策となる。ストップホール法に代わる簡易な応急処置として、一般的なエポキシ樹脂で炭素繊維成形板(以下、CFRP板とする)を接着する補修方法が検討されている¹⁾が、エポキシ樹脂では接着剤が硬化するまでに時間を要する。本稿では施工性の観点から硬化時間の短い接着剤を用いてCFRP板を接着し、引張疲労試験により亀裂の発生および進展の抑制効果(以下、延命効果という)について評価したので報告する。

2. 試験方法

検討した補修方法は、応力集中部を設けた鋼材の表面にCFRP板を両面から接着する方法である。試験に用いたCFRP板は高強度タイプとし、接着剤の物性の違いにより延命効果に差が出ることが考えられるため、硬化時間が短いアクリル樹脂と速硬化型エポキシ樹脂の2種類を用いて接着した。供試体形状を図1に示す。

基準供試体Nは、鋼材(SS400)中央部の片側に長さ15mmのスリットをレーザー加工で設けた。

評価供試体AおよびEは、Nと同じ形状の鋼材の中央部に幅50mm、長さ100mm、厚さ1.0mmのCFRP板を、アクリル樹脂(供試体A)およびエポキシ樹脂(供試体E)を用いて接着した。またストップホール法とも比較するため、φ20mmの円孔を切削加工し、孔壁を棒グラインダーで滑らかに仕上げた比較供試体Sも試験した。

供試体数は、NとSは3体、Aは2体、Eは1体とし、供試体の各物性値を表1に示す。供試体の表面処理方法は、鋼材部をサンドブラスト、CFRP板の接着側の表面をサンドペーパー#100で目粗し

表1 供試体材料の物性値

材料	物性値 (N/mm ²)	
	鋼材	弾性係数: 203,900 降伏点: 323
CFRP板	弾性係数: 165,000	引張強度: 3,062
アクリル樹脂	弾性係数: 1,358	引張せん断 接着強さ: 39.4
速硬化型 エポキシ樹脂	—	引張せん断 接着強さ: 19.4

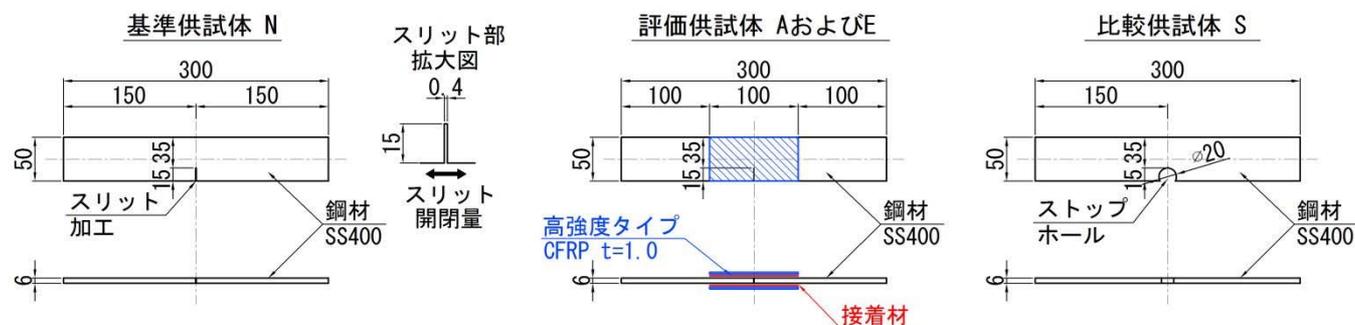


図1 供試体形状(単位:mm)

キーワード 疲労亀裂, ストップホール, 炭素繊維成形板, アクリル樹脂, エポキシ樹脂

連絡先 〒305-0004 茨城県つくば市桜 1-17 ショーボンド建設(株) 補修工学研究所 TEL 029-857-8101

を行った。荷重振幅が 0~29.5kN (応力振幅 0~100N/mm²)、荷重速度が 20 万回まで 1Hz、100 万回まで 3Hz、以降試験終了まで 5Hz とし、荷重波形は正弦波とした。

3. 試験結果

評価項目は、鋼材が破断するまでの荷重回数とした。N と S は、鋼材が破断する直前に亀裂が急進したため、その時点で鋼材が破断したと判定し、試験を停止した。各供試体の鋼材が破断するまでの荷重回数を図 2 に示す。N と S は各 3 体の平均回数を記載した。試験後の供試体の外観を写真 1 に示す。

N が平均 2.7 万回で破断したのに対し、ストップホールを模した S は平均 14.5 万回で破断し、5.5 倍の延命効果があった。CFRP 板を接着した、A1 は 240 万回、A2 は 220 万回、E は 72.4 万回で鋼材が完全に破断した。アクリル樹脂で CFRP 板を接着することにより、基準供試体 N の 80 倍以上の延命効果を有しており、ストップホールを模した供試体 S と比較しても 15 倍以上と十分な延命効果を有していた。接着剤の違いによる比較では、アクリル樹脂を用いた方がエポキシ樹脂を用いた場合の 3 倍以上の延命効果を有しており、本試験結果の範囲では、アクリル樹脂で接着したものが最も延命効果があった。

A1 は、鋼材破断後も CFRP 板は接着しており、引き続き荷重を継続できた。荷重回数が 439 万回を超えたあとに CFRP 板が完全に剥離した。A2 も 220 万回で鋼材が破断した後も CFRP 板は接着していたことから、A1 と同じように、更に 200 万回程度荷重できる可能性があるかと判断できるが、250 万回で荷重を終了した。図 3 に、鋼材側面のスリット開閉量 (S はストップホール) を荷重回数毎に示す。N3 は、5000 回程度で、スリット先端から疲労亀裂が発生し、開閉量が急増した。A1, A2 および E はいずれも 10 万回辺りから開閉量が徐々に増加した。鋼材表面を CFRP 板で覆っているため確認することはできないが、10 万回程度でスリット先端から亀裂が発生したと推測される。亀裂の進展速度は E に比べて A の方が遅かった。S2 も 10 万回程で孔壁から疲労亀裂が発生し、その後、数万回で亀裂が進展した。

4. おわりに

鋼材の応力集中部に CFRP 板を接着することで、ストップホール法と同等以上に延命効果があった。施工性の観点から速硬化型の接着剤を検討し、エポキシ樹脂よりもアクリル樹脂を用いた方が本試験の範囲内では延命効果があった。今後は本手法の実用化に向けた検討を行う。

参考文献

1) 柿市拓巳, 石川敏之, 山田健太郎: 実働荷重下での鋼床版デッキプレートへの CFRP 板接着の適用, 鋼構造年次論文報告集, 第 18 巻, pp.525-530,2010

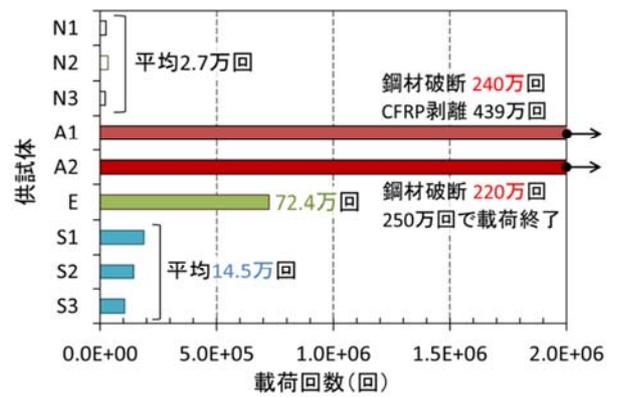


図 2 各供試体の荷重回数



写真 1 試験後の供試体 (左から N, A, S)

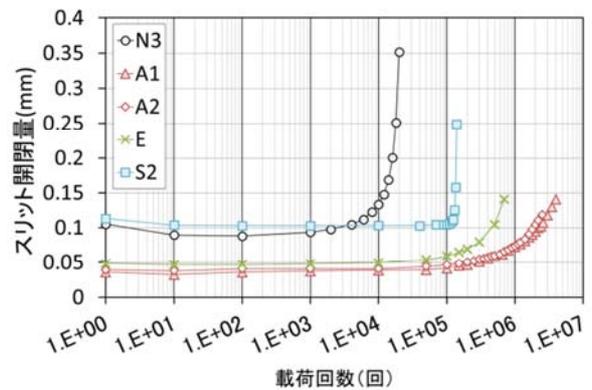


図 3 スリット開閉量-荷重回数