

炭素繊維成形板接着時の磁石による面圧作用が疲労寿命に与える影響

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 松本理佐, 正会員 河野広隆
 関西大学 正会員 石川敏之

1. はじめに

鋼部材の疲労亀裂対策として、炭素繊維成形板（以下、CFRP 板）を接着する方法が検討され、実構造物にも適用されている。筆者らは施工性と亀裂進展の抑制効果（以下、延命効果）の観点からアクリル樹脂を接着剤に用いた方法を検討してきた^{1), 2)}。

本稿では、養生時にネオジム磁石（以下、Nd 磁石）を用いることで、現場での施工性と延命効果がさらに向上することを確認したので報告する。

2. 検討した亀裂対策方法

CFRP 板による亀裂補修方法は、鋼材表面を目粗しした後、鋼材と CFRP 板をハネムーン接着型のアクリル樹脂で接着、養生するものである（図 1）。接着剤が硬化するまでの間 CFRP 板を仮固定することと、接着剤に面圧を与えて接着層厚を低減することを目的に、養生時に Nd 磁石を用いることを試みた。

3. 評価試験方法

供試体 N は、図 2 に示す形状で、中央部に長さ 5mm、幅 0.4mm 程度のスリットがレーザー加工で導入されており、予備载荷として繰り返し引張荷重を与え、スリット先端から疲労亀裂（予亀裂）を 5mm 進展させた。

供試体 P は、供試体 N に幅 50mm、長さ 100mm、厚さ 1.2mm の CFRP 板（高強度タイプ）を上記の方法で貼り付けた（図 3）。養生時の Nd 磁石の有無による効果の違いを確認するため、CFRP 板貼り付け後 Nd 磁石を用いずに養生した供試体 A も同様に作製した（写真 1）。供試体に用いた材料の物性値を表 1 に示す。

引張疲労試験での鋼材の応力範囲は 80, 100, 120N/mm² の 3 種類とし、繰返し载荷により鋼材が破断するまでの回数を疲労寿命とした。

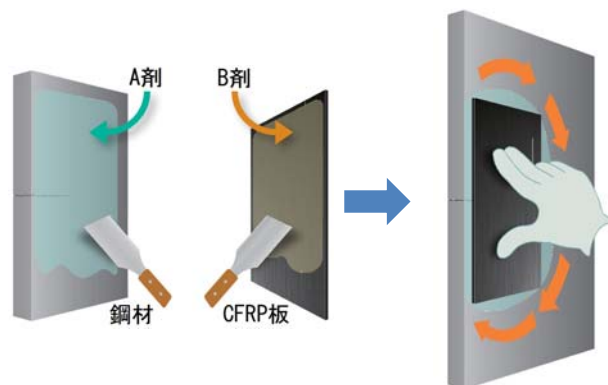


図1 接着方法のイメージ

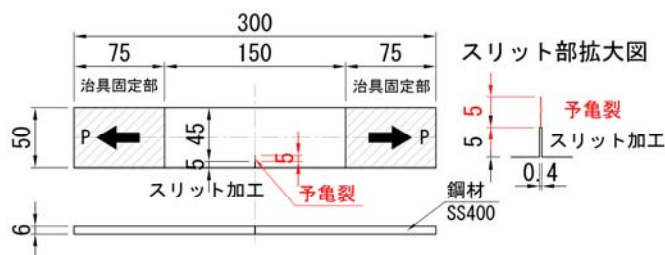


図2 供試体 N の形状（単位：mm）

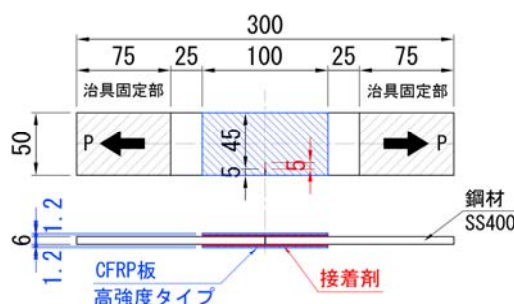


図3 供試体 P および A の形状（単位：mm）

表1 供試体材料の物性値

	物性値 (N/mm ²)	
	降伏点	引張強度
鋼材	293	449
CFRP 板	弾性係数：175,000	引張強度：3,410
アクリル樹脂	弾性係数：1,358	引張せん断 接着強さ：39.4

キーワード 疲労亀裂, 炭素繊維成形板, CFRP 板, アクリル樹脂, ハネムーン接着

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

4. 試験結果

各供試体の試験結果の一覧を表 2 に示す。

養生時に磁石を使用しなかった供試体 A は、いずれの応力範囲でも亀裂が進展した。供試体 A80 は、試験後 800 万回まで CFRP 板表面のひずみ範囲が増加したが、それ以降はひずみ範囲が停滞したため 2,000 万回で試験を終了した。試験後に供試体を観察すると、端部から 37mm の位置で亀裂が停止していたがその理由は不明である。また、試験時に導入したビーチマークからも 800 万回程で亀裂の進展の停止が確認できた。

養生時に Nd 磁石を用いた供試体 P は、3 体とも CFRP 板のひずみ範囲が増加しなかったことから、亀裂が進展していないと判断し、表中の載荷回数で試験を終了した。養生時に Nd 磁石で面圧を作用させたことにより、接着層が全体的に薄くなり、鋼材と CFRP 板間のせん断変形が減少して亀裂進展を抑制していると考えられる。ただし供試体 P と供試体 A の比較では CFRP 板や鋼材のひずみの違いとなつては表れなかった。

接着剤の厚さは直接計測できなかったため、鋼材と CFRP 板単体の実測厚さの和と供試体の総厚の差を接着剤の厚さと定義した。1 層当たりの平均厚さは、供試体 P が約 0.01mm、供試体 A が約 0.11mm であった。ただし、CFRP 板の表面は凹凸処理が施されており、その凹部の接着剤は接着厚さに含めていない。

供試体 P および供試体 A の疲労寿命は無補強供試体 N の 100 倍以上の疲労寿命を有しており、さらに養生時に Nd 磁石を用いることで、より延命効果を発揮できることが確認できた。

5. おわりに

簡便な疲労亀裂対策方法を検討し、引張疲労試験で疲労寿命の延命に効果的であることを確認した。本試験の範囲では、養生時に Nd 磁石を用いることで亀裂を完全に停止させることができた。

参考文献

1) 竹村学, 平塚慶達, 石川敏之, 松本理佐, 河野広隆: 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, 土木学会第 70 回年次学術講演会, I -536, pp.1071-1072, 2015.

2) 竹村学, 松本理佐, 平塚慶達, 石川敏之, 河野広隆: アクリル樹脂で CFRP 板を接着した鋼材の応力集中部の疲労挙動, 鋼構造年次論文報告集, 第 23 巻, pp.500-506, 2015.

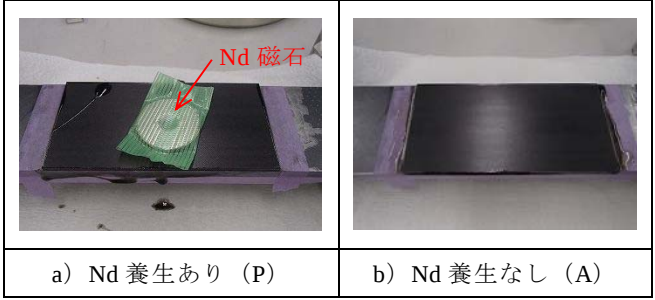


写真 1 養生時の状況

表 2 試験結果一覧

応力範囲 (N/mm ²)	供試体	疲労寿命 (×10 ⁴ 回)	鋼材の 亀裂進展
80	N80-1	8.8	進展⇒破断
	N80-2	10.0	進展⇒破断
	P80	1,000*	進展なし
	A80	2,000*	進展⇒停止
100	N100-1	4.0	進展⇒破断
	N100-2	3.6	進展⇒破断
	P100	600*	進展なし
	A100	690	進展⇒破断
120	N120-1	2.1	進展⇒破断
	N120-2	1.9	進展⇒破断
	P120	1,000*	進展なし
	A120	225	進展⇒破断

*印は破断に至らず終了

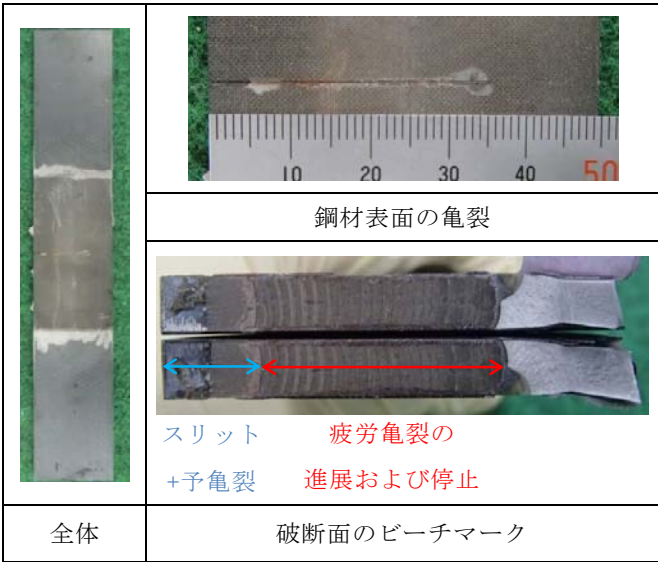


写真 2 試験後の供試体 A80 の鋼材部分