

UFC パネルと鋼板の接着接合部の疲労評価に関する検討

北海道大学工学院

学生会員

○長谷川昌平

北海道大学工学研究院

フェロー

上田 多門

北海道大学工学研究院

正 会 員

古内 仁

電気化学工業（株）

正 会 員

高橋 順

電気化学工業（株）

正 会 員

藤間 誠司

1. はじめに

現在、日本国内には耐用年数を経過しても、なお使われ続けている構造物が存在し、その多くは劣化が進行しているため補強、補修が急がれている。様々な補強工法がある中で、本研究においては樹脂を用いて超高強度繊維補強コンクリート（以下 UFC）を接着する工法に着目し、その接着特性を検討するための実験を行った。日本国内では既に実用化され、経年劣化した橋梁の鋼床板を補修するためなどに使うことが検討されている。本研究は、UFC の実用性を高めることを目的に行われた。

2. 実験概要

供試体は、図-1 に示すように間隔を空けて 2 枚の鋼板を並べ、同じ寸法の UFC パネル 2 枚で上下から挟み、樹脂で接着して作製した（図は接着長が 50mm の供試体の例である）。供試体に用いた UFC パネルは、幅 60mm、厚さ 30mm である。UFC パネルと樹脂の接着長が 50mm のものと、120mm のものがある。各供試体には無接着区間が設けられており、接着長が 50mm のものでは 50mm、接着長 120mm のものでは 10mm である。接着樹脂にはアクリル樹脂を用い、厚さは全供試体に共通で 2mm である。接着母材である鋼板は

SS400 を用い、幅 60mm、長さ 320mm、厚さ 9mm である。これらの供試体に対して引張試験を行い、静的試験と疲労試験両方の観点から破壊特性を検討した。実験変数は、表-1 に示すように接着長と試験の種類（静的または疲労試験）である。また疲労試験において上限荷重を変数とし、下限荷重は全供試体に共通して 1kN として実施した。

3. 実験結果

3.1 疲労寿命

実験結果を表-1 に、荷重と繰り返し回数の関係を図-2 に示す。図には、既往の気中および水中での曲げ疲労試験における結果¹⁾に本実験データを追加して示したものである。図の縦軸は応力振幅を静的強度で除して正規化している。既往のデータは、曲げ疲労破壊を表しており、応力レベルが 0.7 程度を境にして、グラフの勾配が異なっている。高応力レベルの領域では繊維の抜け出しが支配的で、低応力レベルでは繊維の破断が支配的であると推察される。一方、本研究の実験データは、UFC の破断または樹脂層の剥離破壊（未破壊を含む）である。本研究のデータと既往の研究のデータとの比較から、剥離破壊の方が疲労強度（静的強度に対する相対値）が低い可能性が伺える。

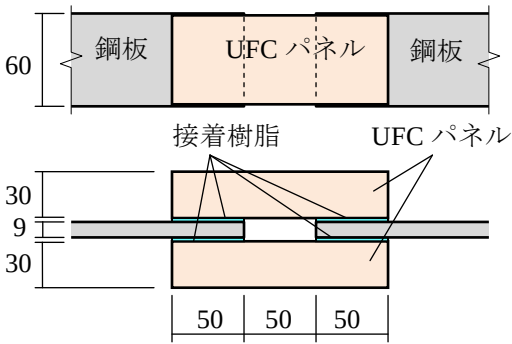


図-1 供試体（接着長 50mm の場合）

表-1 実験変数と実験結果

供試体 No.	接着長 (mm)	試験 種類	最大荷重 (kN)	上限荷重 (kN)	疲労寿命 (回)	破壊形式
01	50	疲労	—	12.05	25	樹脂剥離
02	〃	疲労	—	9.76	607,157	樹脂剥離
03	〃	静的	21.12	—	—	樹脂剥離
04	〃	疲労	—	12.68	10,000	UFC 破断
05	120	静的	49.02	—	—	UFC 破断
06	〃	静的	28.74	—	—	UFC 破断
07	〃	疲労	—	24.73	2,000,000	未破壊
08	〃	静的	27.75	—	—	UFC 破断

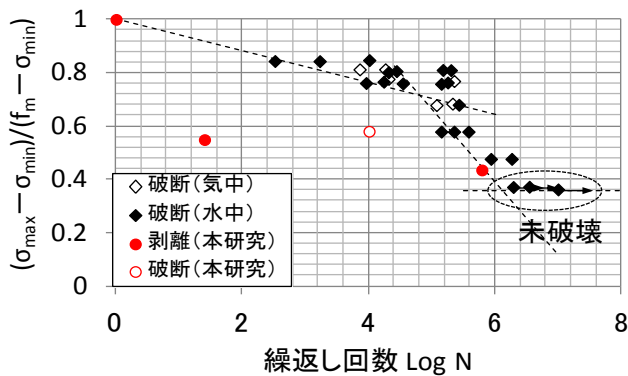


図-2 荷重と繰返し回数の関係

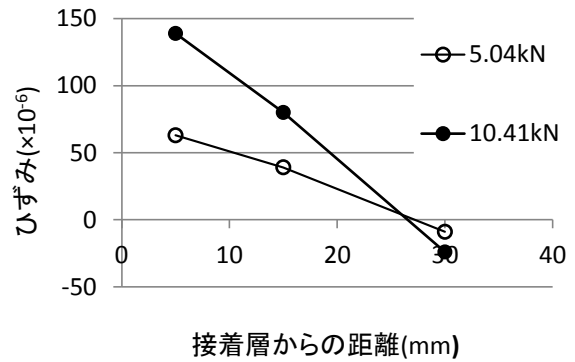


図-3 UFC パネル厚さ方向のひずみ分布

図-3 に無接着区間の中心部における UFC パネルの厚さ方向のひずみ分布を示す。無接着区間では UFC パネルに曲げがはたらき、想定された力より大きな引張応力がはたらいていた部分が存在した。このことが原因で、UFC パネル単体に引張試験を行ったときより今回の実験における引張疲労強度が既往の結果より低くなったと考えられる。

3.2 剥離界面

図-4 に剥離破壊を起こした供試体の破壊後の様子と、剥離破壊を起こした接着界面の様子を示す。剥離破壊した供試体は、全て UFC パネルと樹脂の界面での剥離であった。したがって、本実験条件ではアクリル樹脂の凝集破壊や鋼板と樹脂の間の剥離よりも UFC パネルと樹脂の界面での剥離の方が起こりやすいといえる。

3.3 破壊までの過程

図-5 に静的試験を行った供試体 No.03 (接着長 50mm) の接着層付近のひずみ分布を示す。10.41kN から 12.21kN にかけてひずみが大きく減少している点がある。このときもし剥離が起こっていれば中心からの距離が 50mm の位置でひずみが増加しているはずであるが、実際には起こっていないため UFC と樹脂との界面剥離は起こっていなかったと考えられる。したがって、図-5 のひずみの減少は無接着区間に近い部分の UFC パネルに生じるひび割れであると考えられる。これは「引張破断」を起こした供試体に発生したひび割れと同等のものであると考えられる。また、測定データの分析が可能なもののうち、このような挙動を示す供試体は 8 体中 4 体あったが、剥離を示している供試体はなかった。したがって、UFC パネルと接着樹脂の界面での剥離が起きるより先に UFC パネルにひび割れが起こりやすいといえる²⁾。

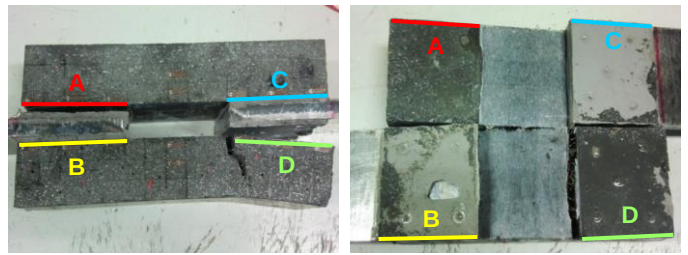


図-4 剥離破壊を起こした界面の様子

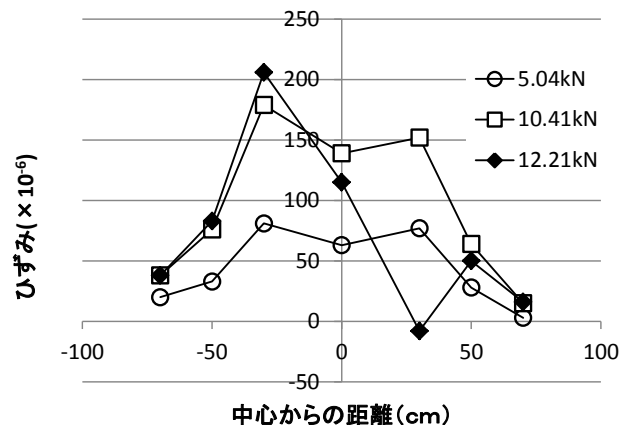


図-5 接着層付近のひずみ分布

4. まとめ

- (1) 剥離破壊時の疲労強度は、UFC パネル破断時の疲労強度より低くなる傾向が見られた。
- (2) 本実験ではアクリル樹脂の脆性破壊や鋼板と樹脂の間の剥離よりも、UFC パネルと樹脂の界面での剥離の方が起こりやすかった。
- (3) 破壊に至る場合は始めに UFC パネルにひび割れが起こり、次いで UFC 破断もしくは接着界面での剥離が起こった。

【参考文献】

- 1) 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針，コンクリートライブラリー，113，(社)土木学会，2004
- 2) 高橋順，藤間誠司，上田多門，古内仁：UFC パネルで補強する際の接着接合部の評価に関する検討，土木学会第 68 回年次学術講演会概要集，第 5 部，2013