

UHPFRC による橋梁床版の補修・補強工法における界面の引張疲労付着試験

鹿島建設(株) 正会員 ○松田有加 渡邊有寿 一宮利通 横田祐起
中日本高速道路(株) 正会員 牧田 通 北川寛和

1. はじめに

橋梁の鉄筋コンクリート床版の補修・補強や、鋼床版の補強には、鋼繊維補強コンクリートが使用されることが多いが、より高耐久・高強度な材料である超高性能繊維補強コンクリート（以下、UHPFRC）を使用することで、耐久性・耐荷性能が向上することが期待される。一方、UHPFRC で打ち替えた新設部と既設部の一体性を確保するためには界面の付着特性が重要となる。そこで、本研究では以前実施した静的引張付着試験¹⁾（以下、静的試験）に引き続き、UHPFRC とコンクリート・鋼板の界面を再現した試験体の疲労強度の検討を行った。

2. 試験概要

2.1 試験方法

試験では、図-1 のように試験体上下面を治具に接着し、引張载荷を行った。同治具と試験機はピンジョイントを介して接続し、曲げの作用を排除した。载荷応力はすべて下限値を 0.1N/mm^2 とし、別途実施した静的試験の結果を基に载荷応力の上限值と下限値の差、すなわち垂直応力範囲を定めた。静的試験の結果と载荷応力の値を表-1 に示す。

2.2 試験体製作

(1) コンクリートと UHPFRC

300×300×50mm のコンクリート基盤に厚さ 50mm の UHPFRC を打ち継ぎ、UHPFRC とコンクリートからなる 300×300×100mm の平板から図-1 のような 100×100×60mm の角柱を切り出すことで試験体を製作した。コンクリートは強度 $50.4\sim 56.5\text{N/mm}^2$ 、粗骨材の最大寸法を 20mm とした。実工事を想定し、打継ぎ面となるコンクリート表面をウォータージェットで 5mm 程度研った。その後 UHPFRC を打ち込み、圧縮強度 180N/mm^2 に達するまで 40°C で封緘養生した。なお、ケースによっては、UHPFRC の打設直前に、UHPFRC との一体性を確保を目的としてコンクリート表面に接着剤を塗布した。接着剤は、昨年度実施した静的試験¹⁾に用いた接着剤 A²⁾と、新たに接着剤 C³⁾を使用した。どちらも 2 液混合型のエポキシ系接着剤であり、コンクリートの打継ぎ用接着剤として実績があるものとした。なお、接着剤 A・接着剤 C はそれぞれ、付着強度が $2.9\text{N/mm}^2\cdot 3.0\text{N/mm}^2$ 、各可使時間が 37 分・15 分であると確認されている。²⁾³⁾

(2) 鋼板と UHPFRC

100×100×30mm の鋼板に UHPFRC を打ち込み、コンクリートの場合と同様な 100×100×60mm の角柱試験体を製作した。鋼板表面をショットブラストにより素地調整した後に接着剤 A の塗布を行った。

3. 試験結果

表-1 に試験結果を示す。また、試験結果として図-2 にはコンクリートと UHPFRC、図-3 には鋼板と UHPFRC のケースの応力比と载荷回数の関係を示す。なお、応力比は垂直応力範囲を静的強度で除した値である。白抜きのプロットは、载荷回数が 500 万回に到達した試験体を、応力比を増加させて再度载荷した延長ケースであり、累積損傷度は考慮していない。また、図-2 と図-3 には文献⁴⁾に則して導出した S-N 曲線を実線で示した。導出した式は試験結果を安全側に評価しているため、床版の性能照査に使用することができる。

(1) コンクリートと UHPFRC

試験体はすべてコンクリート母材で破壊したため、基盤材料をコンクリートとしたケースの打継ぎ部は接着剤

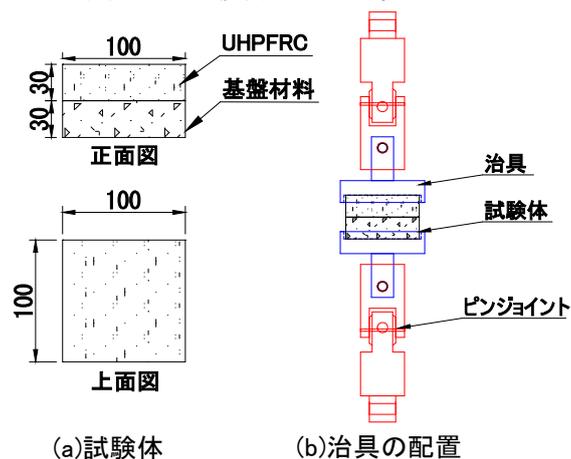


図-1 引張疲労付着試験の試験体および治具

キーワード：大規模更新・修繕、道路橋床版、打替え・補強、超高性能繊維補強コンクリート、付着疲労特性
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6729

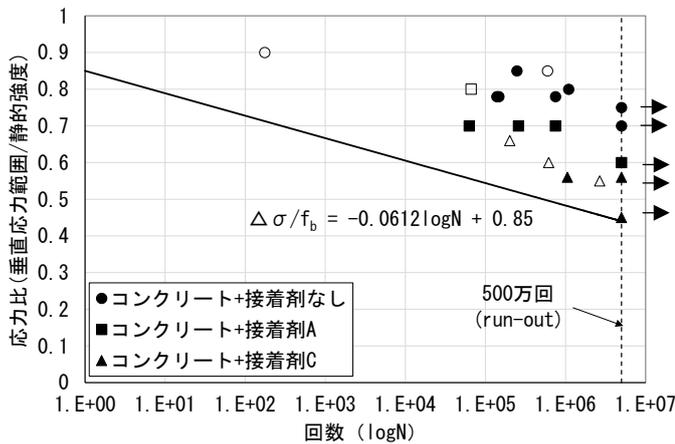


図-2 コンクリートと UHPFRC

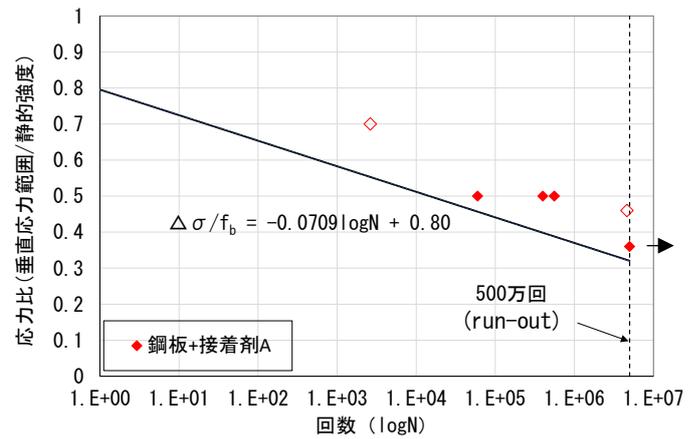


図-3 鋼板と UHPFRC

の有無および種類に関わらず十分な付着強度を有しており、UHPFRC を用いた補修・補強において、打継ぎ部の付着強度は問題とならない可能性がある。

(2) 鋼板と UHPFRC

コンクリートを基盤材料としたときのように母材破壊した試験体は見られず、すべて鋼板と UHPFRC の界面で破壊した。また、試験体数は少ないものの、コンクリートを基盤材料とした場合と比較して、静的強度に対する疲労強度の比は小さくなる傾向があった。今後は接着剤の効果を確認するため、鋼板と UHPFRC の界面に接着剤を塗布しないケースの引張付着疲労実験も行う予定である。

表-1 引張疲労付着試験結果の一覧

試験体No.	基盤材料	界面の接着剤	静的強度 f_b (N/mm ²)	垂直応力範囲 $\Delta\sigma$ (N/mm ²)	下限応力 (N/mm ²)	上限応力 (N/mm ²)	載荷回数	
1-1	コンクリート	なし	2.32	0.7 · f_b	1.62	0.1	1.72	5000000
1-2				0.75 · f_b	1.74	0.1	1.84	5000000
1-3(1)				0.78 · f_b	1.81	0.1	1.91	139032
1-3(2)				0.78 · f_b	1.81	0.1	1.91	750297
1-3(3)				0.78 · f_b	1.81	0.1	1.91	146787
1-4				0.8 · f_b	1.86	0.1	1.96	1095330
1-5				0.85 · f_b	1.97	0.1	2.07	247615
1-1延長				0.9 · f_b	2.09	0.1	2.19	175
1-2延長				0.85 · f_b	1.97	0.1	2.07	595711
2-1				コンクリート	接着剤A	2.92	0.6 · f_b	1.75
2-2(1)	0.7 · f_b	2.05	0.1				2.15	62576
2-2(2)	0.7 · f_b	2.05	0.1				2.15	258652
2-2(3)	0.7 · f_b	2.05	0.1				2.15	748212
2-1延長	0.8 · f_b	2.34	0.1	2.44	66341			
3-1	コンクリート	接着剤C	3.11	0.45 · f_b	1.40	0.1	1.50	5000000
3-2(1)				0.56 · f_b	1.74	0.1	1.84	1058272
3-2(2)				0.56 · f_b	1.74	0.1	1.84	5000000
3-1延長				0.55 · f_b	1.71	0.1	1.81	2675825
3-1延長				0.6 · f_b	1.87	0.1	1.97	617667
3-2(2)延長	0.66 · f_b	2.05	0.1	2.15	201285			
5-1	鋼板	接着剤A	4.44	0.36 · f_b	1.60	0.1	1.70	5000000
5-2(1)				0.5 · f_b	2.22	0.1	2.32	398844
5-2(2)				0.5 · f_b	2.22	0.1	2.32	59811
5-2(3)				0.5 · f_b	2.22	0.1	2.32	557451
5-1延長				0.46 · f_b	2.04	0.1	2.14	4624972
5-3※	0.7 · f_b	3.11	0.1	3.21	2627			

※0.55 · f_b で 200 万回の載荷を行った後、0.7 f_b で載荷を行っている。

4. おわりに

本研究では、UHPFRC で補修・補強されたコンクリート床版および鋼床版の補強界面の引張に対する疲労特性を確認し、性能照査に使用可能な S-N 曲線を導出した。今後は、導出した式を用いて UHPFRC で補修・補強した床版の性能照査方法の検討を行っていく。

参考文献

- 1)渡邊ら：道路橋床版の打替え・補強工法における UFC 界面の付着特性に関する検討 土木学会第 73 回年次学術講演会 講演概要集 pp.277-278 2018
- 2)児玉ら：エポキシ樹脂の機械塗布による付着オーバレイ工法の実用化に関する研究 土木学会論文集 Vol.65 No.4
- 3)中日本高速技術マーケティング(株)：RC 床版上面断面修復システム PD 工法 http://www.c-nexco-tech.co.jp/product/pdf/pd_koho.pdf (閲覧日：2019年4月1日)
- 4)Hobbacher, A. : Recommendations for fatigue design of welded joints and components, International Institute of Welding (IIW), IIW document IIW-1823-07 ex XIII-2151r4-07/XV-1254r4-07, 2008, pp.501-515, 2009