

UFC 複合構造の疲労および静的曲げ載荷による検討

東日本高速道路(株) 正会員 塩畑 英俊
(株)大林組 正会員 ○佐々木 一成, 大場 誠道, 米津 佳佑

1. はじめに

道路橋床版の劣化要因となる水や凍結防止剤に含まれる塩化物の侵入防止を目的として、高速道路の床版には床版防水工が施工される。リニューアルプロジェクトで行う床版取替工事では交通規制期間をより短く、かつ、予定規制期間内に施工することが求められる。そこで、防水性能を有する超高強度繊維補強コンクリート(Ultra high strength fiber reinforced concrete : 以下, UFC)を床版上面に20mm以上の厚さで予め工場で施工したプレキャストPC床版(以下, UFC 複合床版)を採用することで、現場の天候に左右される床版防水工の施工を不要とする工法を開発したり。

本開発においてUFC層厚20mmとした床版に対する輪荷重走行試験により性能を確認しているが²⁾、負曲げが作用するケースやUFC層の厚さが異なるケースなど輪荷重走行試験で確認できないケースもある。本検討では、UFCとコンクリートを打ち重ねて一体化させたUFC複合構造の梁を疲労および静的曲げ載荷することにより、一体性や疲労耐久性を検証した。

2. 試験方法

(1) 試験体

試験体を図1に示す。配筋は一般的な220mm厚のプレキャスト床版を参考にした。寸法は長さ2800mm、幅542.5mm、厚さ220mmで、コンクリートとUFCを複合させた断面である。プレストレスをPC鋼棒によりポストテンションで導入している。UFC層の厚さおよび位置をパラメータとした。

(2) 使用材料

使用した材料の諸元を表1、表2に示す。コンクリートは呼び強度40N/mm²の早強コンクリートとした。UFCは、鋼繊維を2.0vol.%混入し、標準養生により材齢28日で特性値として圧縮強度180N/mm²を満足する材料である³⁾。

(3) 試験体作製方法

下部のコンクリートを200mm(No.2は170mm)打込んだ後、硬化しないうちにUFCを20mm(No.2は50mm)打ち重ねて一体化させた。打重ね界面となる下部コンクリートの表面は木ゴテで高さを整える程度として、凹凸が残る状態とした。UFC表面は金ゴテで仕上げ、乾燥しないよう、養生フィルムおよび湛水により湿潤状態とし、常温で養生した。材齢6日でPC鋼棒によりプレストレスを導入した。導

入された緊張力(疲労載荷開始時)は表3のとおりである。

(4) 載荷方法および計測方法

載荷概要を図1に示す。載荷スパン500mm、支点間スパン2500mm(せん断スパン1000mm)の4点曲げとした。No.3はUFC層に引張を作用させるため上下反転させており、UFC層が下面に位置している。疲労載荷における上限および下限荷重を表3に示す。上限荷重および緊張力は、UFC層に作用する応力が実橋の試設計により算出された値と同等となるように決定した。載荷は荷重振幅による片振りとし、正弦波により最大5Hzで200万回載荷した。載荷回数0, 1, 100, 1000, 1万, 10万, 40万, 80万, 120万, 160万, 200万回目で静的に載荷し、コンクリート, UFC表面, 鉄筋のひずみおよびたわみを計測した。200万回の疲労載荷

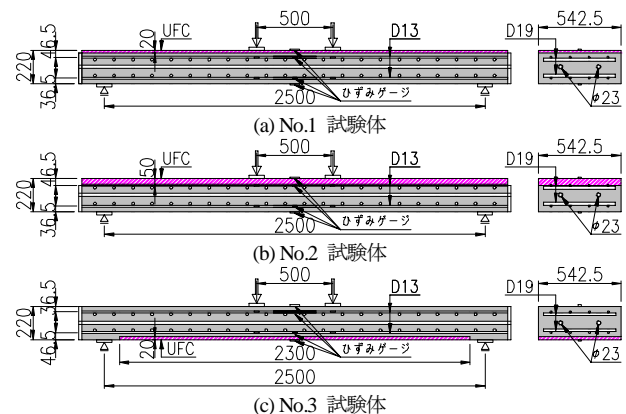


図1 試験体および載荷条件(mm)

表1 使用材料(コンクリート, UFC)(疲労載荷開始時)

	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比
コンクリート	62.7	3.54×10 ⁴	0.18
UFC	193.6	4.61×10 ⁴	0.23

表2 使用材料(鉄筋)

	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
D13	362	545	1.94×10 ⁵
D19	357	605	1.91×10 ⁵

表3 載荷荷重

試験体	UFC 位置 層厚	載荷荷重 (kN)		応力状態 (N/mm ²) (- : 引張, + : 圧縮)			導入 緊張力 (kN)
				Con	UFC	UFC 振幅	
No.1	上面 20 mm	上限	65	-3.5	13.2	8.1	408
		下限	6.3	2.7	5.1		
No.2	上面 50 mm	上限	66	-3.4	12.9	8.1	395
		下限	6.3	2.6	4.8		
No.3	下面 20 mm	上限	65	10.4	-4.6	8.1	422
		下限	6.3	4.1	3.5		

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート, UFC, プレキャスト床版

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組 技術研究所 構造技術研究部

後、破壊するまで静的に1方向に荷重した。

3. 実験結果

疲労荷重による上下たわみ差—荷重回数関係を図2に示す。上下たわみ差とは上限荷重時のたわみから下限荷重時のたわみを減じた値である。UFC層を圧縮側に配置したNo.1, No.2は荷重の繰り返しにもなるとたわみが増加した。一方、UFC層を引張側に配置したNo.3はたわみの増加がほとんど見られなかった。

断面のひずみ分布を図3に示す。ひずみは疲労荷重前を0とし、プレストレスによるひずみは含んでいない。No.1は下部コンクリート下面のひび割れ発生によるひずみの変動がみられるが、No.3はUFC層にひび割れが発生することがなく、200万回荷重後も線形性を保っている。いずれのケースにおいてもUFC層とコンクリートの界面剥離などは見られず、一体性が確保されていることが確認された。

疲労荷重後、1方向に静的荷重した荷重—たわみ関係を図4、図5に示す。材料試験値を用い、平面保持を仮定して算出した曲げ耐力、ひび割れ発生荷重の計算値をあわせて記載している。UFCの応力—ひずみ関係はUFC指針⁴⁾に従って仮定した。UFC層を圧縮側に配置したNo.1, No.2はUFCが圧壊に抵抗することから曲げ耐力は大きくなった。UFC層を引張側に配置したNo.3は圧縮側コンクリートが圧壊したのち、荷重が低下しており、曲げ耐力は計算値とほぼ同等であった。いずれのケースにおいても、圧壊時までUFC層とコンクリートとの一体性は保たれており、界面における剥離は見られなかった。下部コンクリート、UFCのひび割れ発生荷重も計算値とほぼ同等であった。本複合構造に配置したUFCにUFC単体のひび割れ強度および引張強度を見込むことができるといえる。

4. まとめ

UFC複合構造の疲労耐久性について、輪荷重走行試験で確認することができない負荷曲げが作用するケースやUFC層が厚いケースを想定して、梁による疲労・静的荷重試験により性能を検証した。その結果、以下のことが確認された。

- UFC層厚20～50mmで一体性は確保される。
- UFC層に設計上想定される引張応力が繰り返し作用してもひび割れは生じない。
- UFCを圧縮側に配置することにより曲げ耐力は向上する。
- 本構造のUFC層はUFC単体の設計強度を用いることにより安全側に設計可能である。

以上より、UFC複合構造の健全性が確認できた。

参考文献

- 1) 安川義行, 大場誠道: 防水性能を有するプレキャストPC床版の実用化, 道路, pp.46-47, 2020.8
- 2) 佐々木一成, 大場誠道, 広瀬泰之: UFC複合床版の輪

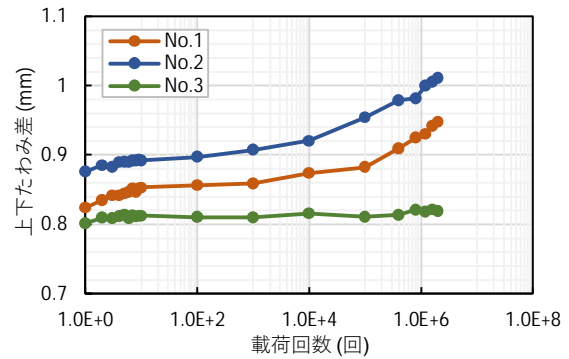


図2 たわみ—荷重回数関係

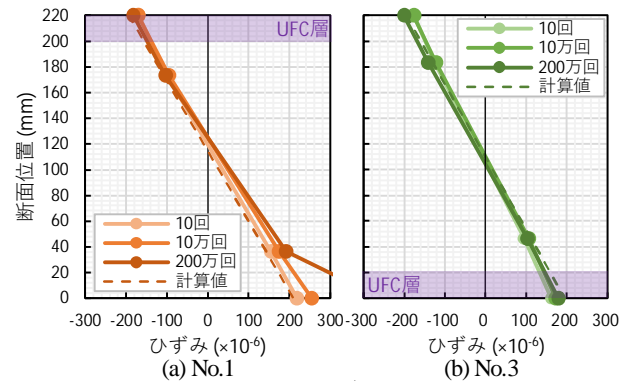


図3 断面ひずみ分布

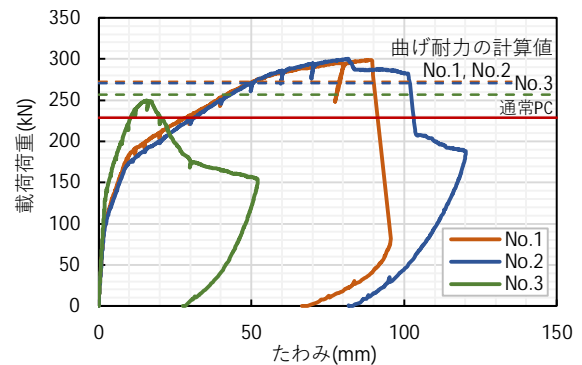


図4 載荷荷重—たわみ関係

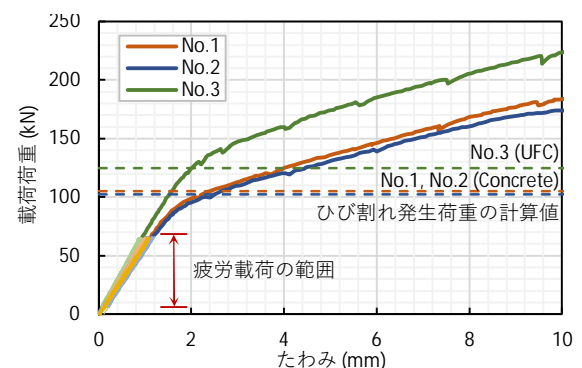


図5 載荷荷重—たわみ関係 (たわみ10mmまで)

荷重走行試験による疲労性能の検討, 土木学会全国大会第76回年次学術講演会, V-473, 2021

- 3) 土木学会: 超高強度繊維補強コンクリート「スリムクリート」に関する技術評価報告書, 技術推進ライブラリー, No.10, 2012
- 4) 土木学会: 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案), コンクリートライブラリー113, 2004