

道路橋UFCプレキャスト床版の耐荷性能に関する検証実験

大成建設(株) 正会員 工修 ○北村 健
 大成建設(株) 工博 趙 唯堅
 首都高速道路(株) 峯村 智也
 日本大学 正会員 工博 岩城 一郎

キーワード：UFC，2方向リブ付き床版，プレキャスト床版，定点疲労試験

1. はじめに

近年，道路橋を含めた社会インフラの老朽化に伴い，各種社会インフラの更新が検討されている。特に，既設の道路橋床版の劣化が顕著となっており，本研究では更新用の新設床版構造を検討している。既設床版の構築時期を考慮すると，新設床版を現行指針に準拠し設計した場合，床版重量が増えるため下部構造への影響が大きい。そこで，軽量化した2方向リブ付形状のUFCプレキャスト床版を開発し，その適用性を順次検証している。床版間の接合部を模擬した静的載荷試験，床版上面を乾燥状態もしくは水張状態で輪荷重相当の定点疲労試験を実施し，新設床版の耐荷性能ならびに耐疲労性を検証した。ここでは，その結果を報告する。

2. UFCプレキャスト床版の概要

本検討における道路橋床版の構造条件は，3主桁桁上に配置された床版であり，更新前後では鋼桁と床版を合成構造とした。床版構造の概要を図-1に示す。

新設床版の構造は，床版の軽量化を目指して，コンクリート材料には超高強度繊維補強コンクリート (UFC) を使用し，形状はスリム化を図るため，2方向にリブを設け，おのおののリブ内にPC鋼材を配置した2方向PCリブ付き床版とした。なお，本床版におけるUFCの力学特性は，圧縮強度 180N/mm^2 ，ひび割れ発生強度 8.0N/mm^2 ，ヤング係数 50kN/mm^2 で，補強用鋼材に繊維長 15mm の鋼繊維を $2\text{vol.}\%$ 混入したものである。

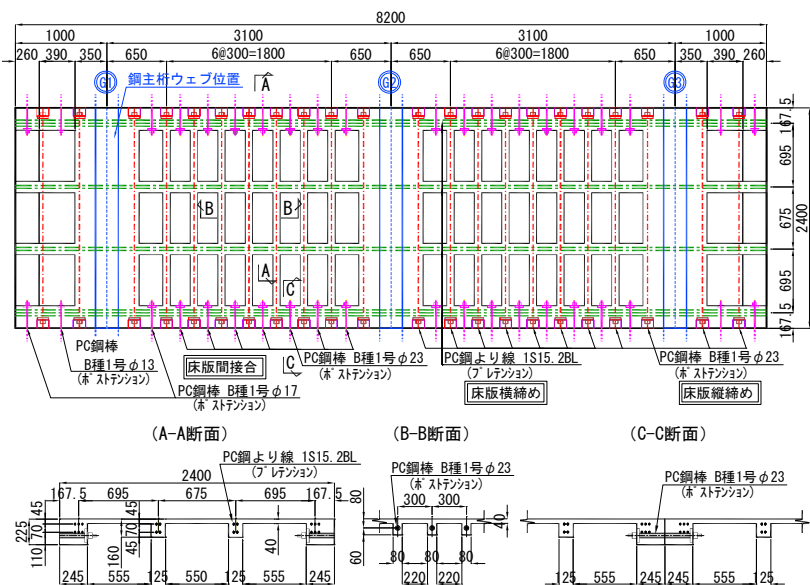


図-1 UFC 床版構造概要

断面形状は，床版一般部の厚さを 40mm ，リブの高さは橋軸方向 160mm ，橋軸直角方向 140mm である。

PC鋼材は，橋軸方向では1リブあたりポストテンション方式でPC鋼棒B種1号 $\phi 23$ を1本，橋軸直角方向は1リブあたりプレテンション方式でPC鋼より線 $\phi 15.2$ (SWPR7B)を4本配置を基本とした。

床版間の接合は，プレキャスト床版をマッチキャストで製作し，設置後に，接合箇所橋軸直角方向のリブ同士を短尺PC鋼棒B種1号 $\phi 23$ で緊張接合する。なお，接合用のPC鋼棒は，1枚ごとの交換を可能とするため，グラウトをせず，ダクロタイズド処理等の防錆仕様を想定した。

3. 床版接合部曲げ試験

3. 1 実験概要

試設計したUFCプレキャスト床版は2方向にリブを有する形状である。また、前述の通り、橋軸方向のプレストレスは、床版一般部と接合部では別々のPC鋼棒を用いて緊張力を導入している。本実験は接合部近傍に等曲げモーメントを加える載荷実験により、床版本体および床版接合部が設計上必要とする構造性能を有することを確認する。

試験体を図-2に示す。試験体の寸法は、橋軸方向には1接合面を中心に両側の床版一般部を考慮した4,800mmとし、橋軸直角方向には単位幅として840mmを切り出した。橋軸直角方向のPC鋼材は省略し、橋軸方向の1方向板とした。また、単位幅の都合上、床版本体の橋軸方向のPC鋼材は、試験体中央は設計仕様のφ23を使用し、両側の2本は設計仕様より1ランク下げφ17とし、PCによるプレストレス導入力を設計と同等にした。

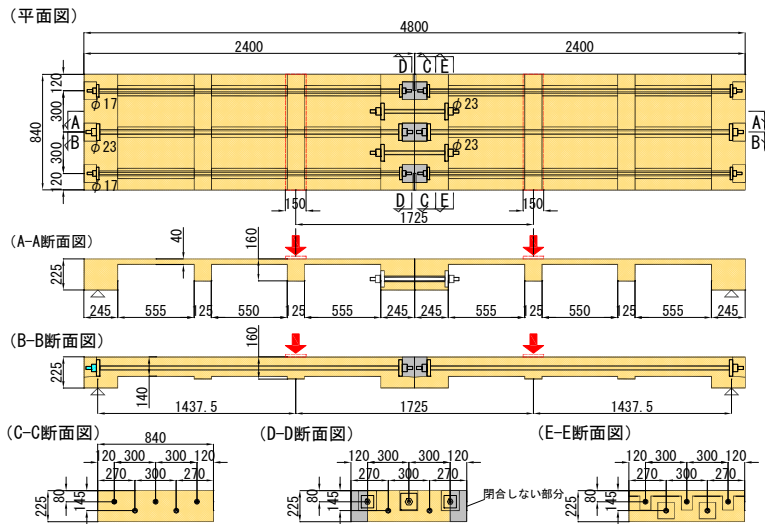


図-2 試験体概要図

床版接合面においては、任意の接合用PC鋼棒2本分に相当する分担面積を考慮し、接合面の両端に非接触部を設けた。なお、一般部PC鋼棒と接合用PC鋼棒の有効プレストレスは、試設計通り380N/mm²、500N/mm²とした。

載荷は10MN試験機を使用して、単調載荷とした。試験概要図を図-3に、試験時の計測項目ならびに計測箇所を、図-4に示す。

表-1 試験目的

No	確認事項	判定基準・測定事項 等
1	設計荷重作用時 [24.3kN] (設計上必要な構造性能)	(一般部) [設計曲げモーメント16.8kNm時] 【UFC引張応力】 ≤ 8N/mm ² , ひび割れ発生しない
		(接合部) [設計曲げモーメント16.8kNm時] フルプレ状態保持, 目開き発生しない
2	破壊に至る挙動・変状の把握	(一般部) ひび割れ発生荷重, 部位, 進行状況
		(接合部) 目開き発生荷重, 進行状況 破壊形態 (部位とモード)

表-2 試験時の材料強度

UFCブロック	PC鋼棒グラウト	間詰めモルタル
圧縮強度 (材令31日)	圧縮強度 (材令14日)	圧縮強度 (材令7日)
199 N/mm ²	56.7 N/mm ²	57.9 N/mm ²

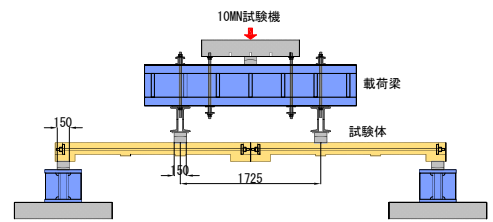


図-3 試験概要図

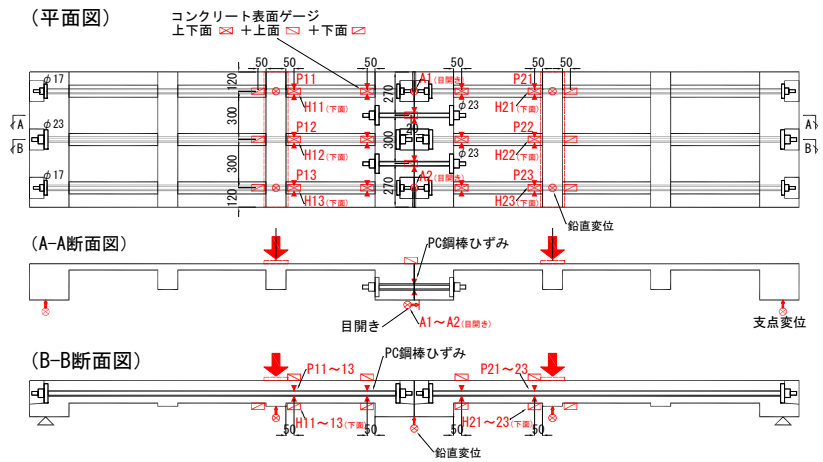


図-4 計測項目ならびに計測箇所

3. 2 実験結果の概要

支間中央部における荷重-鉛直変位の関係を、事前に行った3次元FEM解析の結果を併せて図-5に示す。また、接合部の目開きを図-6に、リブ下面のコンクリート表面ひずみを図-7に、一般部ならびに接合

部のPC鋼棒のひずみを図-8に示す。

設計荷重 (24.3kN) 作用時は試験体のひび割れ発生や、接合部の目開きの発生がなく健全であることを確認した。また、実験における最大荷重は95.1kNであり、設計上の曲げ耐力 (94.3kN : $\gamma_c=1.3$, $\gamma_b=1.1$) とほぼ同等であった。終局時には事前解析より想定された通り、等曲げ区間で本体のPC鋼棒は降伏に達したが、接合部のPC鋼棒は最後まで弾性範囲内にあることが確認できた。

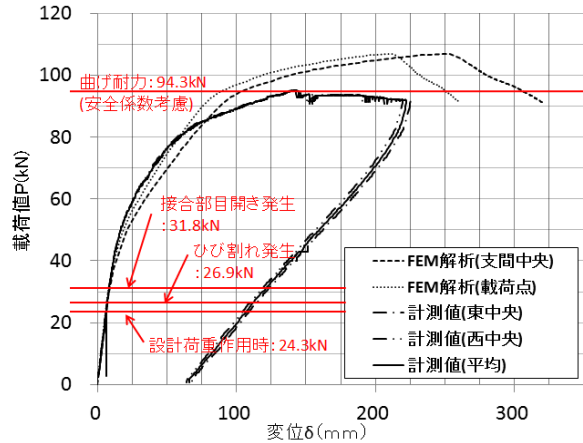


図-5 荷重-変位

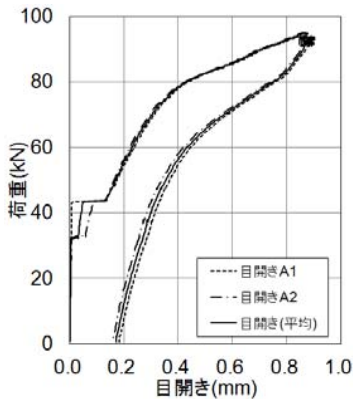


図-6 荷重-目開き

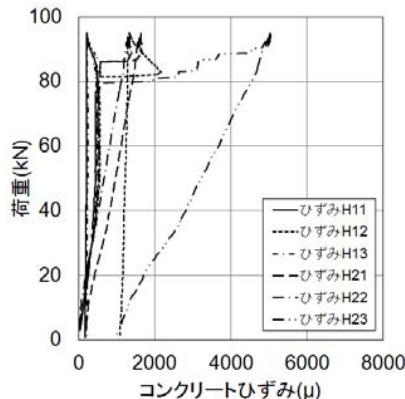


図-7 荷重-ひずみ

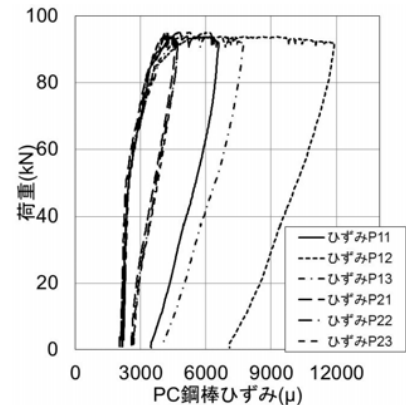


図-8 荷重-ひずみ

一方、コンクリートのひび割れは、図-9のように床版下面の縦横リブの交差部で縦リブ側の付け根に損傷が集中した。

これは、一律断面の梁部材の場合はUFC内部の鋼繊維の効果により発生したひび割れも分散するが、本床版の断面は橋軸方向の縦リブが横リブとの交差部付近で断面剛性が急激に変化しているため、境界部にひび割れが集中したためと考えられる。

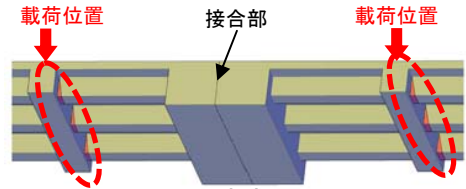


図-9 破壊位置

4. 定点疲労試験

4. 1 試験概要

試設計したUFCプレキャスト床版の特徴は、2方向リブ付床版であり、リブ以外の床版厚さを最薄部で40mmとしたことである。そこで、本試験は、UFC床版の所定載荷面に集中荷重を繰返し載荷し、床版の耐疲労性を確認することとした。

試験体を図-10に示す。試験体寸法は、UFC床版を橋軸方向に2,400mm、橋軸直角方向に1,675mmとし、両方向のPCはポストテンション方式により、床版の2方向に設計と同等のプレストレスを導入し、床版中央部の応力状態を再現した。

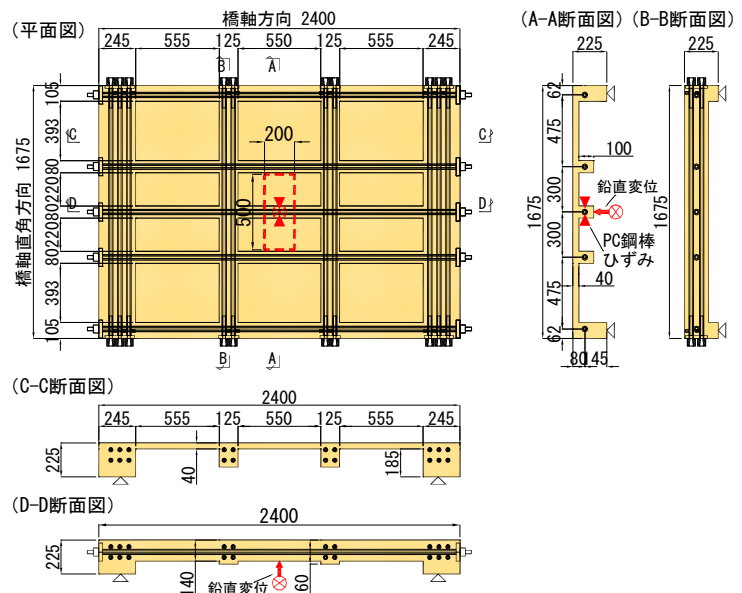


図-10 試験体概要

本試験は、外周4辺を単純支持し、床版中心部に設けた載荷板 (500mm×200mm) を介して集中荷重として載荷した。試験装置概要を 図-11 に示す。

載荷荷重と繰り返し回数は、橋梁マネジメントシステム¹⁾により算出される実橋での繰り返し回数と衝撃を考慮した走行荷重から、実橋での100年間の累積損傷度を求め、同程度の累積損傷度以上となるように実験での載荷荷重ならびに繰り返し回数を設定した。また、乾燥状態とは別に、雨天時を想定して年間降水日数を考慮し、同様の方法で、水張状態の試験条件を設定した。載荷荷重ならびに繰り返し回数の設定を、表-4 に示す。また、試験時の計測に関しては、図-10 の試験体に併記した。

4. 2 実験結果

所定の繰り返し回数後の静的載荷試験における載荷点直下での荷重-鉛直変位の関係を 図-12 に示す。鉛直変位は、測点での鉛直変位から支承変位の平均値を差し引いたものを補正変位として整理した。鉛直変位は約1.0mmで推移しており、0～130万回を通して、変位量はほぼ一定であり、荷重-変位関係は概ね直線であった。次に、PC鋼材のひずみを 図-13 に示す。荷重-ひずみ関係の傾きも全体を通してほぼ一定であった。また、試験後、床版上下面を肉眼で確認したが、床版表面にひび割れ等の発生は一切確認されなかった。以上のことから、本UFC床版は、定点疲労に対して十分な耐疲労性を備えていると判断した。

5. まとめ

道路橋へのUFCプレキャスト床版の構造性能を実験により検証した。得られた結果は以下の通りである。

- 1)床版接合部曲げ試験にて、接合部に所定の耐力が得られた。また、終局時には、床版一般部の縦横リブ交差近傍の断面変化部でひび割れが集中した。設計荷重作用時は、ひび割れ発生や目開き等の変状はなく、構造的に問題の無いことを確認した。
- 2)定点疲労試験では、乾燥状態ならびに水張状態を含め計130万回繰り返し載荷を実施したが、床版表面にひび割れ等の異常が発生せず、健全な状態を保持していた。

参考文献

- 1)国土技術総合研究所：道路橋の計画管理に関する調査研究-橋梁マネジメントシステム-，2009.3

表-3 試験時の材料強度

UFCブロック	PC鋼材グラウト
圧縮強度 (材令31日) 199 N/mm ²	圧縮強度 (材令14日) 56.7 N/mm ²

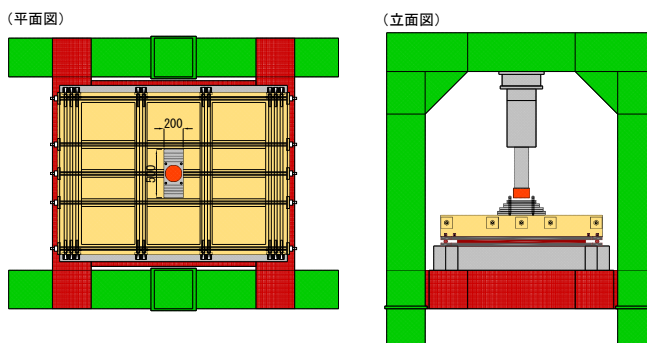


図-11 試験装置概要

表-4 試験条件

載荷荷重	$P_{max} = 160kN$	
繰り返し回数	乾燥状態	100万回 (100年相当：65万回)
	水張状態	30万回 (100年相当：15万回)
	合計	130万回
載荷サイクル	4Hz	
静的載荷試験実施	(下記の疲労回数完了時) 1, 1,000, 10,000, 50,000, 100,000, 200,000, 300,000, 500,000, 700,000, 1,000,000, 1,300,000	

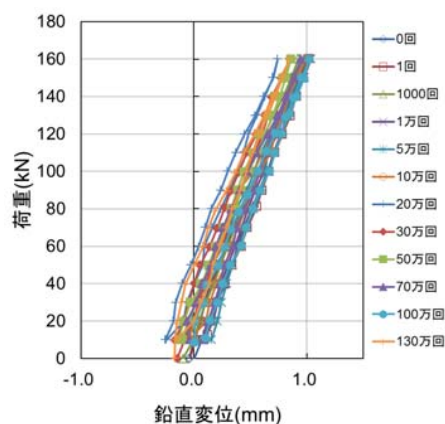


図-12 荷重-補正変位

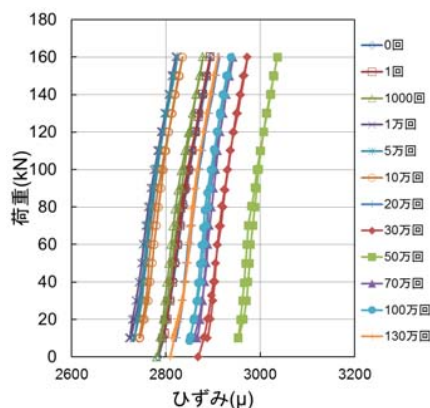


図-13 荷重-PC 鋼材ひずみ