

道路橋 UFC プレキャスト床版の輪荷重走行試験による耐疲労性の検証

首都高速道路(株)	工修	○岸田 政彦
首都高速道路(株)	正会員 工修	石原 陽介
大成建設(株)	工修	小尾 博俊
大成建設(株)	正会員 工修	岩崎 郁夫

キーワード：UFC，2方向リブ付き床版，輪荷重走行試験，耐疲労性

1. はじめに

近年、道路橋床版の劣化が顕著となりつつあり、将来にわたる安全性確保のため床版の更新が検討されている。新設床版を現行の設計基準を満たすRC床版で更新すると、既設の床版より重量が増すことが予測される。そこで、著者らは、下部工の負担を低減するため軽量化し、かつ、急速施工を可能とする2方向リブ付き形状のUFCプレキャスト床版を開発した。このUFC床版に対しては、既に定点疲労試験、押抜きせん断試験および床版接合部の曲げ試験を実施し、基本的な構造性能を確認している。本研究では、UFC床版の耐疲労性の検証を目的として、車両走行を模擬した輪荷重走行試験を行った。ここでは、その結果について報告する。

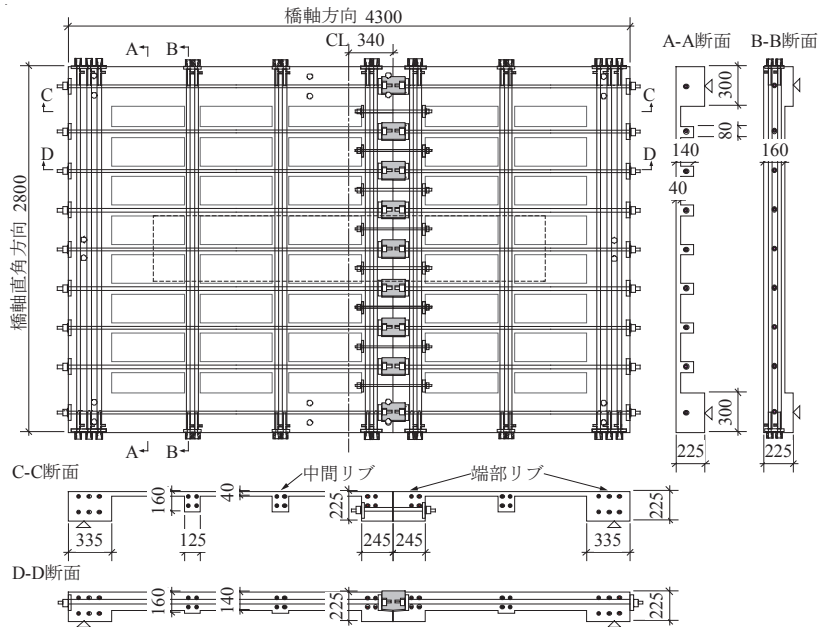


図-1 試験体

2. 2方向リブ付きUFC床版

輪荷重走行試験に用いた試験体を図-1に示す。試験体は床版接合部を含む実寸大の2方向リブ付きUFC床版であり、リブ以外のスラブ厚さは40mmである。床版接合部は試験体の中央から右側に340mm移動させた位置に設けた。これは先に行った床版接合部の曲げ試験結果から、接合部よりも一般部の方がクリティカルになると判断したためである。また、2方向リブへのプレストレスの導入はポストテンション方式とし、橋軸方向にはPC鋼棒φ23を、橋軸直角方向には中間リブにPC鋼より線1S15.2を、端部リブに1S17.8をそれぞれ用いた。

試験体の変位計測には図-2に示すように橋

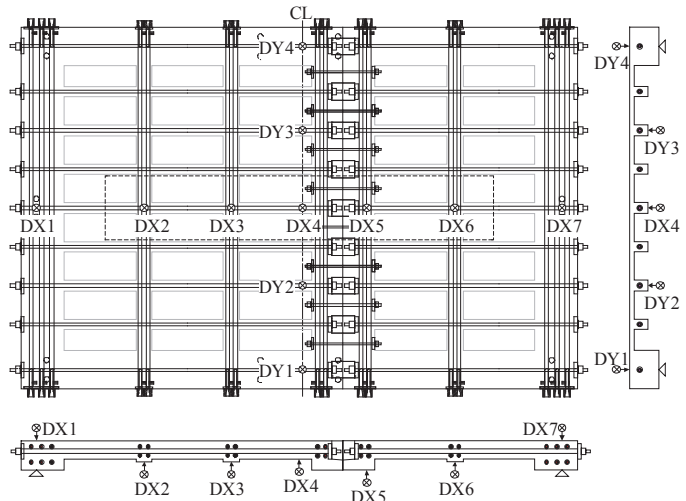


図-2 変位計

軸方向に7点 (DX1~7), 橋軸直角方向に4点 (DY1~4) の変位計を設けた。また, 床版接合部では図-3に示すように目開き2点 (CP1, 2) および接合用PC鋼棒のひずみ4点 (PC1~4) を計測した。なお, 本試験で使用した UFC は参考文献 1)の条件を満たしたものであり, その力学特性値は, ヤング係数が $5.21 \times 10^4 \text{N/mm}^2$, 圧縮強度が 215N/mm^2 , 引張強度が 11.7N/mm^2 であった。

3. 輪荷重走行試験の概要

輪荷重走行試験機を図-4に示す。本試験機の駆動方式はクランク式, 車輪(鉄輪)は径750mm×幅320mm, 走行範囲は±1.5m, 載荷速度は20rpm (40回/分) の仕様である。本試験の載荷方法は図-5に示すように初

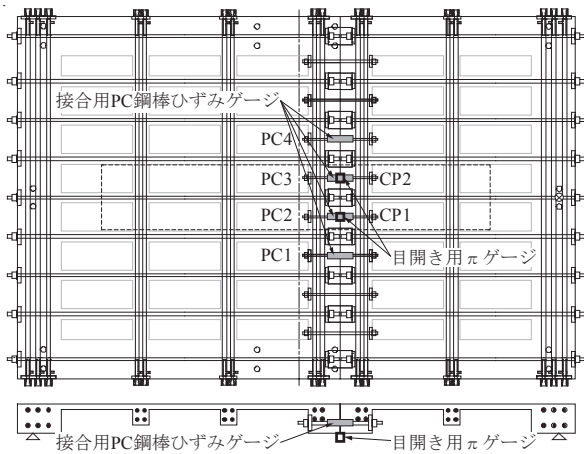


図-3 πゲージとPC鋼棒ひずみゲージ

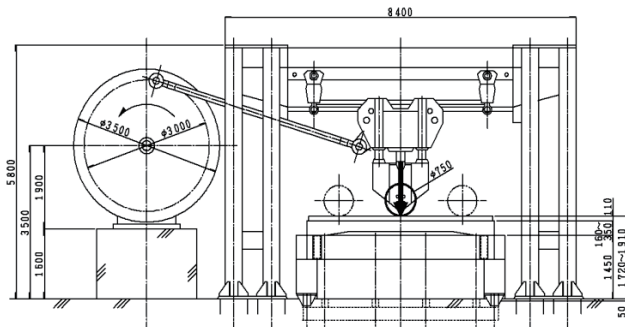


図-4 クランク式輪荷重走行試験機

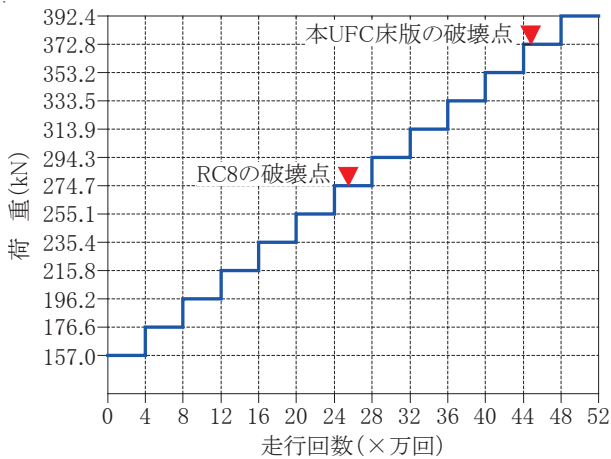
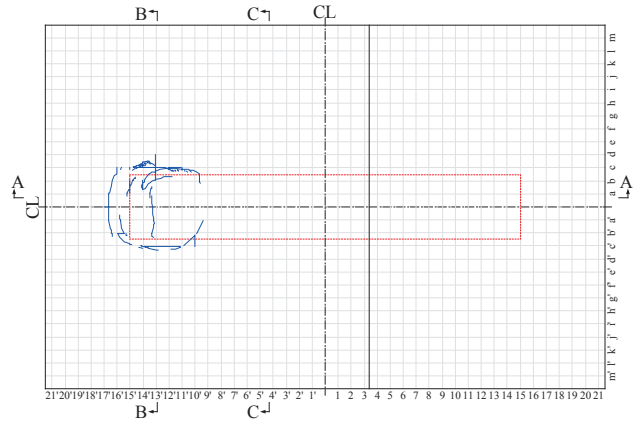
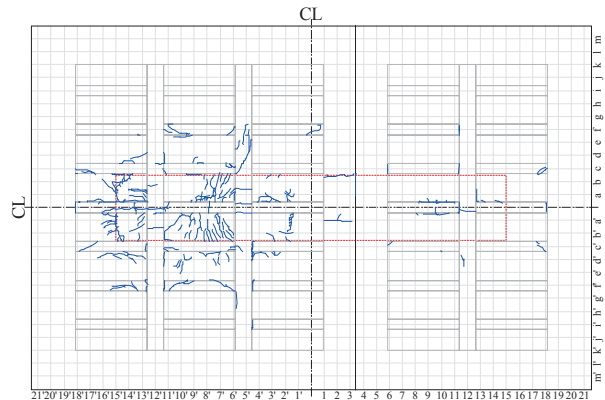


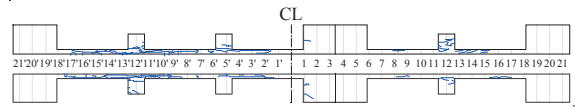
図-5 階段状漸増載荷と破壊点



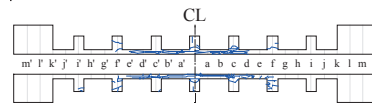
(a) 上面



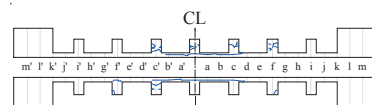
(b) 下面



(c) 切断面 A-A



(d) 切断面 B-B



(e) 切断面 C-C

図-6 ひび割れ図

期荷重を 157.0kN とし、走行回数 4 万回毎に荷重が 19.6kN (2 トン) ずつ増加する階段状漸増荷重²⁾とした。試験体は架台に備え付けのボルト・ナットにより設置し、試験体の橋軸方向はピン支承により中心方向へのたわみを許容する構造とした。また、試験体とピン支承の間には鋼板とグラウト材を敷設し、試験体端部に集中荷重がかからないように配慮した。荷重にあたっては、試験体上面(輪荷重走行面)の凹凸による偏心荷重を避け、試験機および試験体の安定性を確保するため、試験体の上にゴム材を内在した鉄板を敷設した。その上に荷重ブロックを載せ、最上層には加圧用鋼板を敷設しボルトにてこれらを固定した。

4. UFC 床版の耐疲労性

階段状漸増荷重により行われた平成 8 年版道路橋示方書に準拠した RC 床版 (以下、RC8 と呼ぶ) は、走行回数 25.56 万回、荷重 274.7kN 時に押抜きせん断により破壊に至ったことが報告されている²⁾。これに対し本試験体は、走行回数 44.75 万回、荷重 372.8kN 時に変位計が制限値(輪荷重走行時 15mm に設定)に達したため荷重を停止した。試験体の上面および下面を観察した結果、押抜きせん断破壊が生じていることを確認した。荷重終了後の試験体上面、下面および切断面のひび割れ発生状況を図-6 に示す。試験体上面は左端から約 850mm の位置を中心に、径 700mm 程度の範囲がわずかに陥没しひび割れが生じていた。下面は左側の中間リブを中心に、複数本のリブを含めたスラブにひび割れが生じていた。また、切断面からはスラブ厚さ 40mm の中に水平に近い傾きのひび割れが複数観測された。

走行回数 2 万回毎に行った静的荷重における床版中央の変位を図-7 に示す。RC8 に比べ、荷重時、除荷時の変位ははるかに小さく、変位増加の勾配も緩やかであることが分かる。

図-8 には橋軸方向、橋軸直角方向の変位分布を示した。橋軸方向の変位は走行回数 40 万回

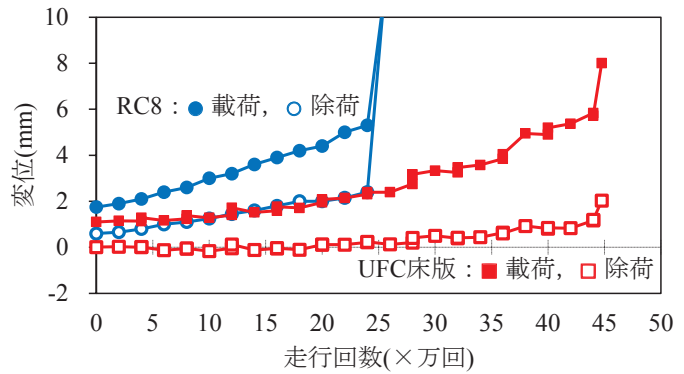


図-7 中央変位の比較

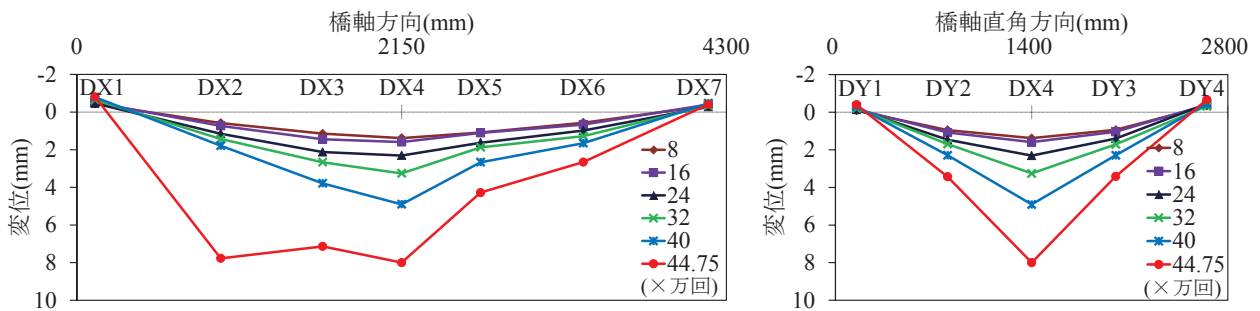


図-8 変位の分布

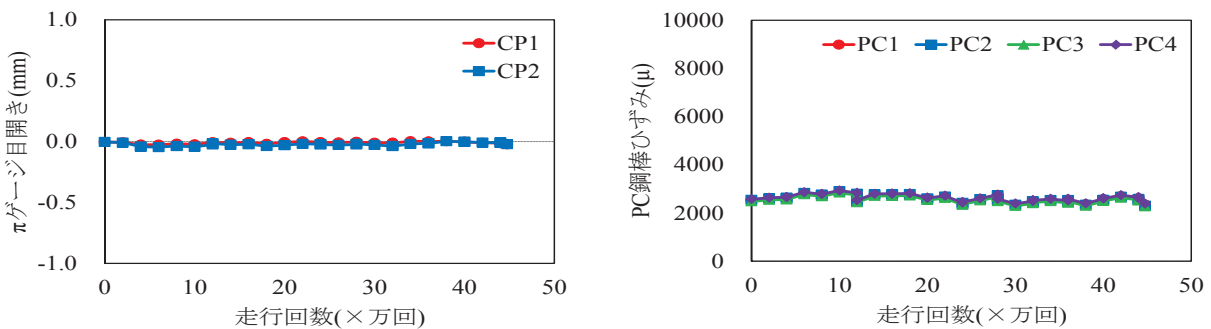


図-9 接合部の目開きと PC 鋼棒ひずみ

まではほぼ左右対称に分布している。DX5の変位がやや小さいのは床版接合部であり剛性が高いためである。破壊時 44.75 万回の変位は、試験体中央での载荷にもかかわらず、DX2 と DX4 はほぼ等しい変位が生じている。このことから左側の中間リブを中心とした破壊であることが分かる。橋軸直角方向の変位は最後まで対称形に分布している様子が見て取れる。また、床版接合部の目開きと PC 鋼棒ひずみを図-9 に示す。目開きおよび PC 鋼棒のひずみにほとんど変化は見られず、最後まで健全であることが確認できた。

次に、破壊時の走行回数から UFC 床版と RC8 の耐疲労性を比較検討するため、基本輪荷重 98kN に換算した等価繰返し回数を次式により算出した³⁾。

$$n_{eq-ac} = \sum (P_{ex-i}/P_{ac-o})^m \cdot n_{ex-i} \tag{1}$$

ここに、 n_{eq-ac} : 载荷荷重を基本輪荷重に換算した繰返し回数

n_{ex-i} : 階段状漸増载荷での各荷重で実施した繰返し回数

P_{ex-i} : 階段状漸増载荷での各荷重

P_{ac-o} : 基本輪荷重 (98kN)

m : 設計疲労曲線の傾きの逆数の絶対値 (RC 床版の実験結果³⁾ から 12.76 を使用)

表-1 に上式により求めた、輪荷重走行試験の走行回数と基本輪荷重に換算した等価繰返し回数の関係を示す。この表から、RC8 の基本輪荷重に置き換えた等価繰返し回数は 20.22×10 億回、UFC 床版の等価回数は $1,138.93 \times 10$ 億回となり、本 UFC 床版は RC8 に対しおよそ 50~60 倍の耐久性を有すると推定できる。

5. まとめ

本研究は2方向リブ付き UFC 床版の耐疲労性を検証するため輪荷重走行試験を実施し、基本輪荷重を基にした耐久性の推定について検討を行った。本研究の条件内で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 本試験体に階段状漸増载荷による輪荷重走行試験を実施した結果、走行回数 44.75 万回、荷重 372.8kN で押抜きせん断破壊を生じた。
- 2) 走行回数 2 万回毎に実施した静的载荷の変位は、比較対象とした RC8 に比べ、はるかに小さい変位量であった。
- 3) 破壊時の走行回数を基本輪荷重 98kN による等価繰返し回数に換算し RC8 と比較すると、およそ 50~60 倍の回数となり、本 UFC 床版の優れた耐疲労性を確認することができた。

表-1 走行回数と基本輪荷重による等価回数の関係

载荷荷重 (kN)	輪荷重走行試験		基本輪荷重(98kN)による等価繰返し回数(×10億回)	
	各荷重	走行回数(×万回)	各荷重	累計
156.96	4.00	4.00	0.02	0.02
176.58	4.00	8.00	0.07	0.09
196.20	4.00	12.00	0.28	0.37
215.82	4.00	16.00	0.95	1.32
235.44	4.00	20.00	2.88	4.20
255.06	4.00	24.00	7.99	12.19
274.68	1.56	25.56	8.03	20.22
274.68	4.00	28.00	20.58	32.77
294.30	4.00	32.00	49.63	82.41
313.92	4.00	36.00	113.09	195.50
333.54	4.00	40.00	245.12	440.62
353.16	4.00	44.00	508.31	948.93
372.78	0.75	44.75	190.00	1,138.93
372.78	4.00	48.00	1,013.33	1,962.26
392.40	4.00	52.00	1,949.83	3,912.09

謝辞

本研究を行うにあたり、日本大学岩城教授にご指導をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 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)，2004.
- 2) 建設省土木研究所：道路橋床版の輪荷重走行試験における疲労耐久性評価手法の開発に関する共同研究報告書 (その2)，1999.10
- 3) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版，2007.