

ウレタン発泡体を用いた床材の疲労耐久性 における荷重通行位置の影響

大西 弘志¹・西田 雅之²

¹正会員 岩手大学准教授 工学部社会環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5)

E-mail: onishi@iuate-u.ac.jp

²日本エフ・アール・ピー株式会社 技術部 (〒541-0057 大阪府大阪市中央区北久宝寺町2-2-13)

E-mail: nishida@nihonfrp.co.jp

筆者らは下に支持構造体がある部位において床材として使用されることを想定した、床材中に発泡ウレタンを充填したFRP床材の開発・性能評価を行っている。従来の研究において、この床材の内部に配置されている補剛リブの有無が輪荷重に対する疲労耐久性に大きな影響を与えることが明らかにすることができた。しかしながら、リブの位置と荷重走行位置の相対的な関係がその疲労耐久性に与える影響については確認できていなかったため、本研究では荷重走行位置を補剛リブに対して少しずつ変化させた試験を実施し、荷重走行位置が変化することによる影響を確認することにした。

Key Words : FRP, Expanded foam, Wheel load running test, Fatigue durability, Running position

1. はじめに

我が国では長年にわたり道路橋の疲労耐久性に関する研究が進められている¹⁾。その成果の一環として、これまでに疲労耐久性に優れた多くの形式の床版が提案され、実用化されている(図-1参照)。これらの床版の多くは鋼とコンクリートの組み合わせで構成されており、建設分野としては新素材となる繊維補強樹脂(Fiber reinforced Polymer, 以下、FRPとする)等の活用はまだ十分には進んでいないと思われる。このような状況において、筆者らは近年提案されているFRPと発泡材料を組み合わせた超軽量床材に着目し、この床材が構造体としてどの程度の性能を持っているのかを調査した²⁾。当該床材は中空FRPに発泡材料を充填している構造を有しており、非常に軽量なものである。調査の結果、当該床材は内部に配置された補剛リブの有無により、大きく性能が変動することが確認された。そこで、当該床材における補剛リブの影響範囲を確認するための輪荷重走行試験を実施することにした。

2. 既往の研究²⁾

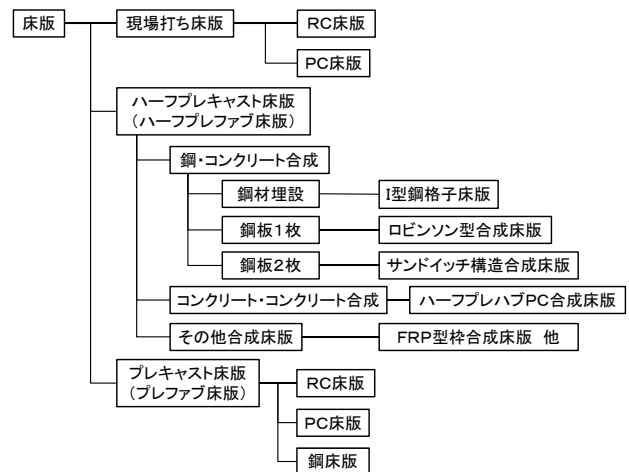


図-1 道路橋床版の種類¹⁾

(1) 静的載荷試験・定点疲労試験

今回の調査対象であるFRPと発泡材を組み合わせた床材の基本的な性能を確認するために静的載荷試験や定点疲労試験が行われている。これらの試験では図-2に示されるような試験体を用いている。この試験体ではGFRP(弾性率13.7GPa, 引張強度147MPa程度)と発泡体(圧縮強度0.05MPa程度)が用いられている。この時の支持条件は底面において一様な支持としている。この理由としては、この床版の利用用途として延長床版等の下面にお

いて支持を設けることができる用途を考えていたためである。

この試験の結果として静的載荷試験ではFRPの厚さが小さかった（ $t=3\text{mm}$ ）にもかかわらず、 $P_{\max}=29.26\text{ kN}$ を確認することができた。また、定点疲労試験では当初予想よりも高い耐久性を確認することができている（図-4）。これらの試験における破壊モードはFRPの押し抜き破壊であった。

(2) 輪荷重走行試験

また、実際の道路への適用性について検討するための資料を得るために輪荷重走行試験が実施されている。この時に得られた結果（表-1）では、輪荷重走行位置が床材内部の補剛リブの位置と合致した時には比較的良好な疲労耐久性を示しているが、補剛リブが存在していない状態では非常に短い疲労寿命であるとの結果を得ている。このような結果は定点疲労試験の結果と矛盾しているように見えるが、定点疲労試験では $R=0.1$ （ R ：応力比）となる設定で疲労試験を実施していたのに対し、輪荷重走行試験では輪荷重の侵入時に衝撃が出ないように軌道に鉄板を敷設するなどの対応を行ったものの、完全には衝撃を解消できていなかったことに起因しているものと考えられる。この試験結果から、本床材に対して十分な疲労耐久性を与えるためには補剛リブの配置間隔に関する検討が必要であることがあきらかになったものと考えられる。

3. 実験の概要

本研究では既往の研究において調査できていなかった、輪荷重の走行位置と床材内部の補剛リブとの相対的な位置関係が床材の疲労耐久性に与える影響を明らかにするための実験を行った。本章では実施した実験の概要を示す。

(1) 試験体

本研究で用いた試験体の形状を図-5に示す。この試験体は幅300mm、長さ305mmであり、既往の研究（文献2）で用いたものと全く同じ寸法、材質となっている。

(2) 輪荷重走行位置

本研究では、補剛リブの影響範囲を明確にするために、輪荷重の走行位置を橋軸直角方向に変化させることにした。走行位置の変化量は車輪の走行位置が完全に補剛リブの上から外れてしまう50mmと走行位置の一部が補剛リブにかかる25mmとした（図-6参照）。なお、今回の試験における輪荷重の大きさは6.91kNであり、接地面に

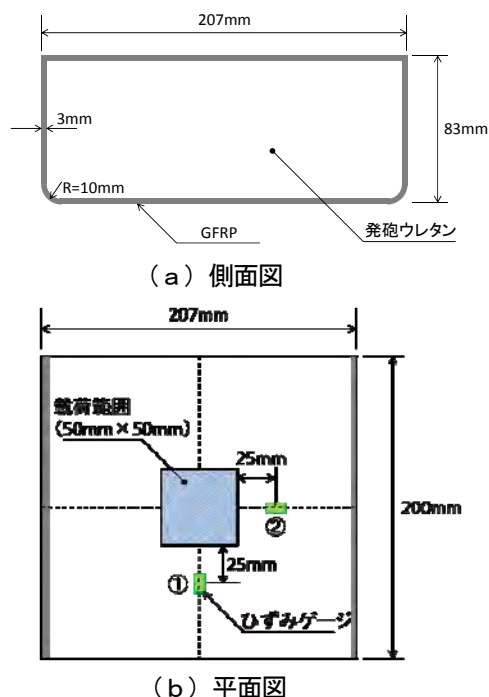


図-2 静的載荷・定点載荷疲労試験 試験体概要

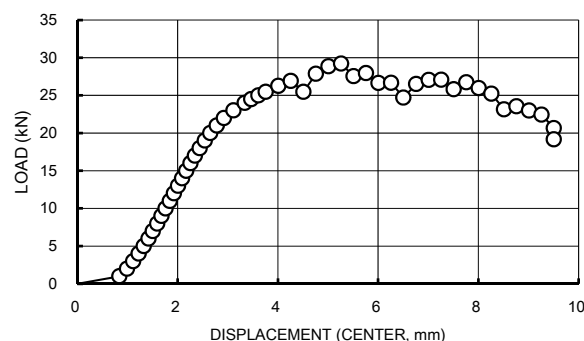


図-3 静的試験 荷重-変位関係

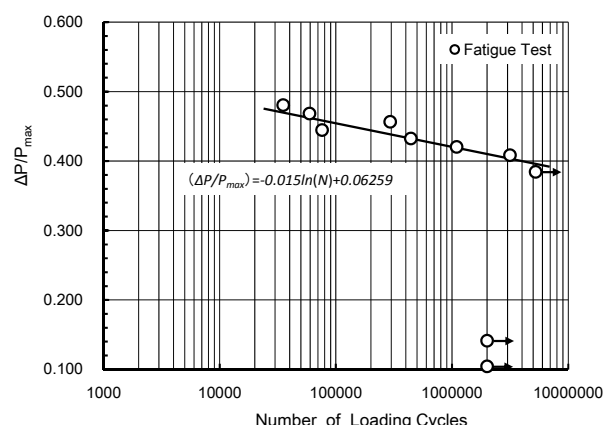


図-4 定点疲労試験 S-N 関係

表-1 輪荷重走行試験の結果

No.	リブの有無	最大走行往復回数	最終状況
1	あり	210,000	破壊
2	なし	25,000	破壊
3	なし	59,600	破壊

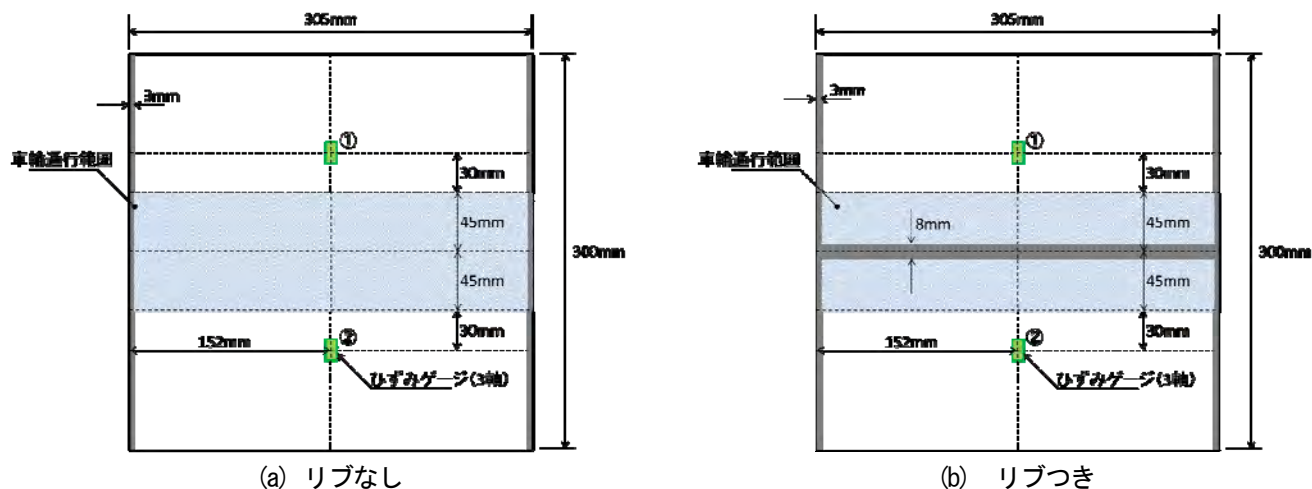


図-5 試験体形状

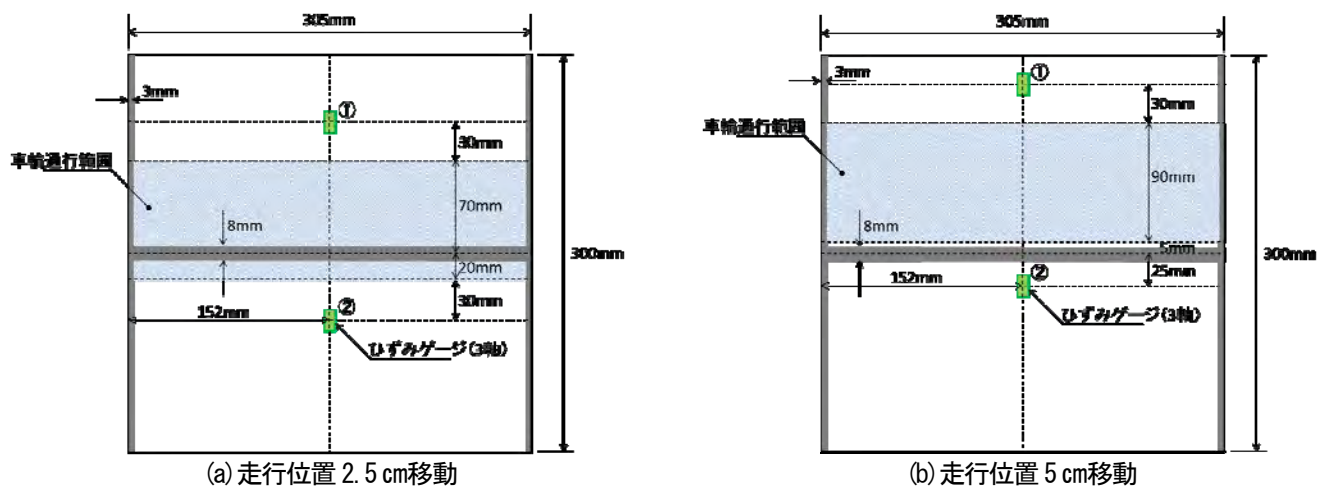


図-6 輪荷重走行位置

表-2 輪荷重走行試験の結果

No.	リブの有無	走行位置	最大走行往復回数	最終状況
1	なし	中央	10,140	破壊
2	あり	中央	199,176	未破壊
3	あり	2.5cm	66,872	破壊
4	あり	5 cm	5,697	破壊

作用する面圧は17.3MPa程度となっている³⁾。この接地圧はホイールトラッキング試験で採用されている面圧のほぼ2倍である。

(3) 計測項目

今回の輪荷重走行試験では試験体上面中央付近でFRPに発生するひずみ量を確認するために 図-5、図-6 に示す位置にひずみゲージを貼付した。今回の試験ではこれらのゲージを小型動ひずみレコーダーに接続し、試験期間中200Hzの速度で継続的に動的計測を実施した。

4. 実験の結果と考察

(1) 実験結果の概要

本研究で実施した輪荷重走行試験の結果を表-2に示す。

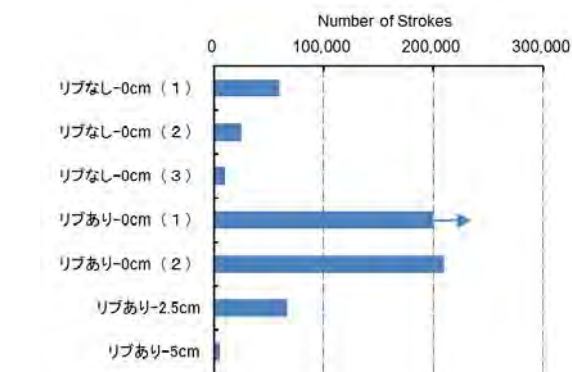
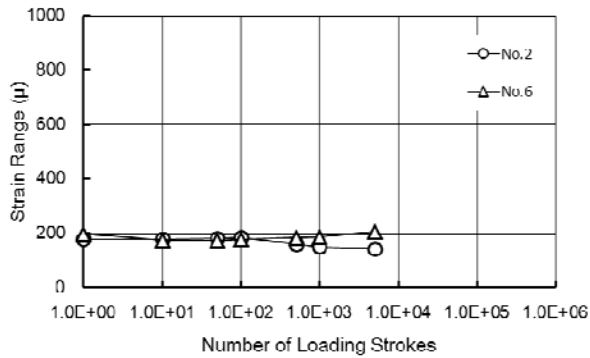
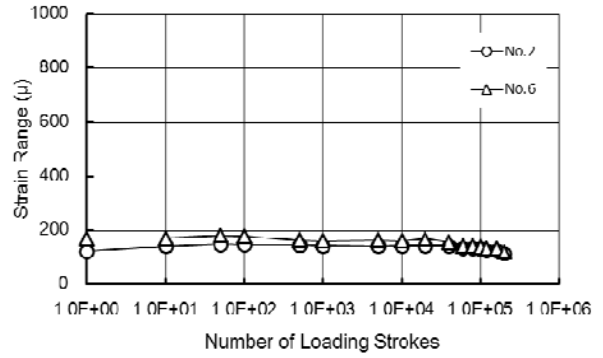


図-7 輪荷重走行試験結果の比較

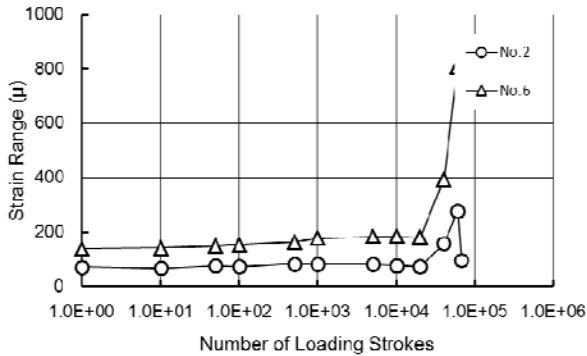
今回の試験では比較用として実施した、補剛リブなしの試験体が輪荷重走行開始後10,140往復で破壊したのに対し、補剛リブを有する試験体に対して中央に輪荷重を走行させた場合には199,176往復経過後も試験体の破壊は認められなかったが、輪荷重の走行位置を中央から2.5cmずらした場合には66,872往復、5cmずらした場合には5,697往復で破壊を生じた。今回の試験結果と既往の文献²⁾で示された試験結果を合わせて比較した。補剛リブの真上を輪荷重が走行するときには200,000往復程度の疲労耐久性を示しているのに対し、輪荷重走行位置が



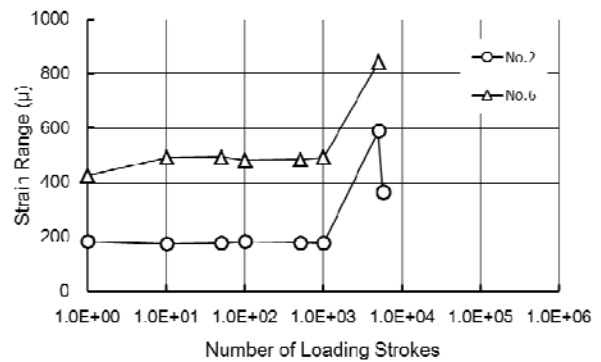
(a) リブなし中央載荷



(b) リブあり 中央載荷 (0cm)

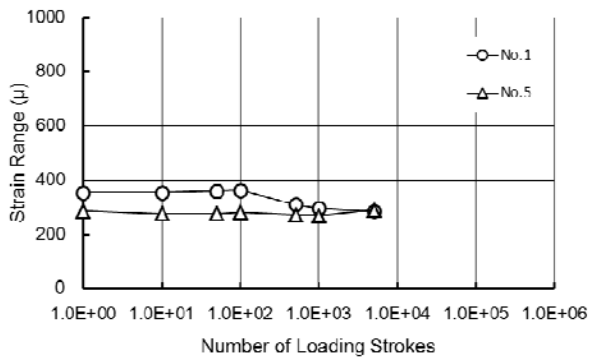


(c) リブあり 偏心載荷 (2.5cm)

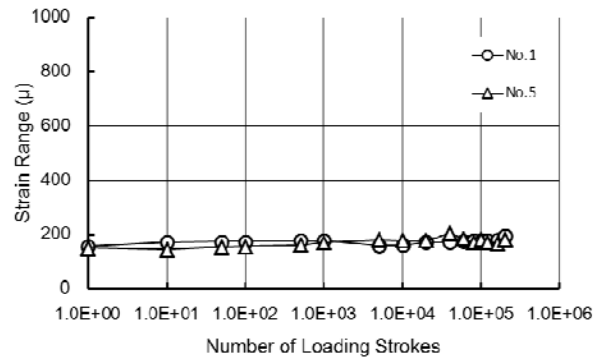


(d) リブあり 偏心載荷 (5cm)

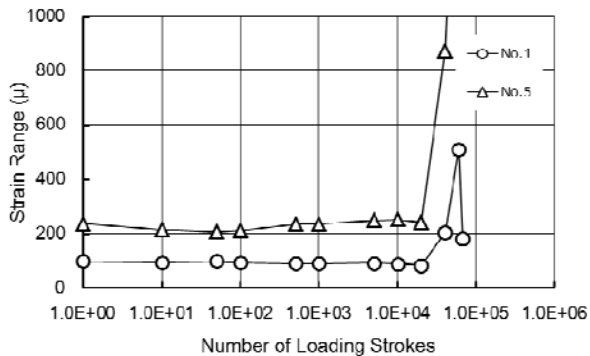
図-8 輪荷重走行試験結果 (荷重走行方向ひずみ)



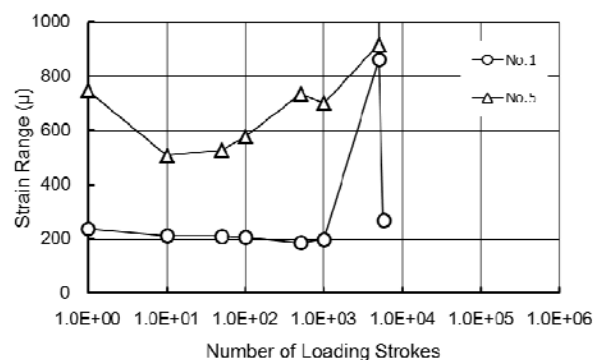
(a) リブなし中央載荷



(b) リブあり 中央載荷 (0cm)



(c) リブあり 偏心載荷 (2.5cm)



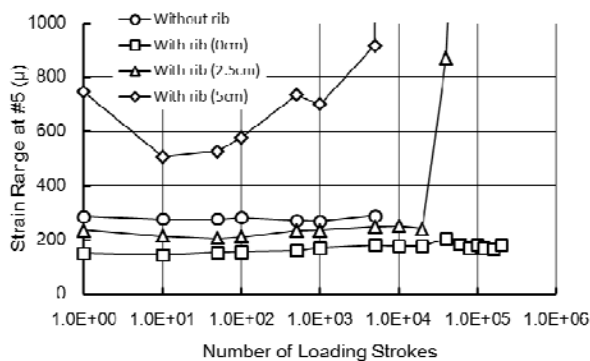
(d) リブあり 偏心載荷 (5cm)

図-9 輪荷重走行試験結果 (荷重走行直角方向ひずみ)

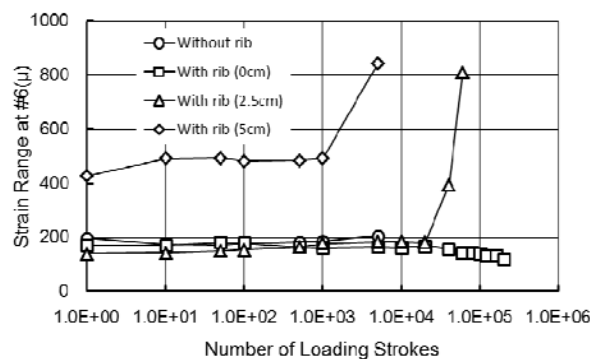
2.5cmずれた時にはリブなしと同程度、5cmずれた時にはリブなしよりも疲労耐久性が劣るという傾向にあることがわかる。

(2) ひずみ計測結果

本研究では、ひずみゲージは各試験体に対して2枚ずつ使用されている。本研究では図-5、図-6における②のゲージに含まれる素子にNo.1～No.3と名付け、①の位置



(a) 荷重走行直角方向ひずみ



(b) 荷重走行方向ひずみ

図-10 輪荷重走行試験結果の比較



(a) 上面



(b) 破壊時状況

写真-1 試験体破壊状況 (リブあり 2.5cm)

に含まれる素子にNo.5～No.7と名付けた。これは実際に計測する際の計測機のch番号と一致させた名前である。荷重走行方向のひずみの変動を図-8に示す。この図を見るとリブなしとリブありの中央載荷の場合には①と②ではゲージの応答値に大きな差は認められないが、リブありの試験体でも荷重走行位置の偏心量が大きくなるにつれて①と②における応答値に大きな差が生じている。この傾向は図-9においても同様である。このような傾向は試験体の中央に配置されている補剛リブの存在により、荷重の影響がリブの片側に制限される傾向があることを示唆すると同時に、剛な補剛リブが存在することで、荷重の作用がより発現しやすくなっている可能性があるのではないかと考えられる。

(3) ひずみ計測結果の比較

今回の実験において、各試験体間でより大きな変動を確認できる①のゲージについて、ひずみの出力値を比較した結果を図-10に示す。②のゲージでは応答値が200μ前後にとどまる場合が多かったのに対し、①のゲージでは偏心量の増加に伴ってひずみの値が増大し、リブがない場合よりも大きな値を示している。ただし、リブあり



写真-2 試験体破壊状況 (リブあり 5cm)

で偏心量が5cmの場合には荷重端と試験体の縁端までの距離が小さくなっており、端部における荷重支持能力に不足が生じていた可能性が極めて大きいため、単純に輪荷重と補剛リブの相対位置のみで論ずることは問題がある可能性が高い。このため、輪荷重の大きさや位置と補剛リブの関係性によって床材の疲労耐久性にどのような影響が与えられるのかに関してはさらなる検討が必要であると考えらる。

ただし、写真-1や写真-2にみられるように、試験体上面のFRPの破壊は補剛リブの端に沿って亀裂が生じるこ

とによって発生している傾向にあるとみられる。このことから、補剛リブによる拘束がFRPに与える影響についても同時に検討する必要がある。

5. 結論

本研究により得られる結論は次のとおりである。

- 1) 輪荷重走行試験の結果より、本床材においては補剛リブの存在により床材の疲労耐久性に好ましくない影響を与える場合があることがわかった。
- 2) 輪荷重の走行位置と補剛リブの位置関係によっては床材上面のFRPに大きなひずみが発生してしまい、疲労耐久性に影響を与えている可能性がある。
- 3) 破壊形態の観察から、リブつきの床材における輪荷重による疲労破壊のモードは上面FRPの補剛リブ

付近における破断となる可能性が高いことがわかった。

参考文献

- 1) 例えば、松井繁之編著：道路橋床版，森北出版，2007.10
- 2) 大西 弘志，西田 雅之：発泡材料を活用した床版の力学挙動に関する基礎的研究，第7回道路橋床版シンポジウム論文報告集，2012.6
- 3) 青木康素，大西弘志，松井繁之，田口仁：床版防水システムのせん断付着疲労耐久性評価に関する研究，第五回道路橋床版シンポジウム講演論文集，pp.143-148，2006.07

INFLUENCE OF LOAD PASSING POSITION ON THE FATIGUE DURABILITY OF DECKS WITH URETHANE FORM

Hiroshi ONISHI and Masayuki NISHIDA

The authors have carried out some research works with FRP decks using urethane form. In previous research works, it was cleared that the influence of existence of strengthening rib in the deck is much effective on fatigue of decks. However, we can't confirm the effect of relative position between wheel load and strengthening rib in decks on its fatigue durability. Then the authors carried out the wheel load running test of the FRP decks using urethane form with some different position for wheel load running and investigated the influence of running position.