# 実橋における鋼床版 SFRC 舗装によるひずみ低減効果

Effect of reducing strains by SFRC pavement on Orthotropic Steel deck of Ohira Viaduct

児玉孝喜\*, 一瀬八洋\*\*, 加形護\*\*\*, 大田孝二\*\*\*\*, 新延泰生\*\*\*\*\* Takayoshi Kodama, Yatsuhiro Ichinose, Mamoru kagata, Koji Ohta, Yasuo Niinobe

\*博(工),鹿島道路株式会社,技術部,構造物解析・対策グループ,課長(〒112-8566 文京区後楽 1-7-27) \*\*鹿島道路株式会社,技術部,構造物解析・対策グループ(〒112-8566 文京区後楽 1-7-27) \*\*\*博(工),鹿島道路株式会社,技術研究所,所長(〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1) \*\*\*\*工博,新日本技研株式会社,技師長(〒105-0014 港区芝 2-1-23) \*\*\*\*\*工博,東洋大学,理工学部,都市環境デザイン学科,教授(〒350-8585 川越市鯨井 2100)

There have been reported fatigue damages of orthotropic steel bridge decks. As countermeasure of improving fatigue durability of existing orthotropic steel decks covered with asphalt bitumen, steel fiber reinforced concrete (SFRC) pavement is expected from the viewpoint that the deck plate is stiffened by the composite action of the concrete and the distribution of wheel loads is reduced by stiffness of it.

Static loading tests using 200kN dump truck were conducted on the orthotropic steel deck of Ohira viaduct. This paper reports the results of strains measurement before and after the construction of SFRC pavement that shows the great reduction effects of the local strains of steel decks.

Key words: Fatigue damage, SFRC pavement, Epoxy resin adhesives キーワード: 疲労損傷, SFRC 舗装, エポキシ樹脂接着剤

# 1. はじめに

近年,重車両が走行する鋼床版橋梁において多くの疲 労損傷き裂が発生している.とくにデッキプレートを貫 通するき裂は,橋軸方向に徐々に進展し,最終的には輪 荷重により舗装が陥没する事例も報告<sup>1),2)</sup>されており,路 面管理上の大きな課題となっている.このような疲労損 傷き裂に対して,鋼床版上 SFRC 舗装にて路面陥没を防 止する工法が実施されている.

鋼床版上 SFRC 舗装とは,鋼床版と剛性の高い鋼繊維 維補強コンクリート(以下,SFRC と称す)を高耐久型 エポキシ樹脂を用いた接着接合による一体化によって鋼 床版の曲げ剛性の増加を図る舗装工法である.この剛性 増加によって,輪荷重による鋼床版の局部変形ならびに 局部応力の低減により溶接部の疲労耐久性を向上させる ものである.

これまでの主な施工実績としては、横浜ベイブリッジ 下層部の一般国道 357 号<sup>3),4)</sup>、湘南大橋<sup>5),6)</sup>、首都高速道 路(株)の鋼床版橋梁<sup>7)</sup>などが挙げられる.しかしなが ら施工実績はあるものの、実橋において既設アスファル ト舗装に対する SFRC 舗装のひずみ低減効果を評価した 事例はほとんどなく、その効果についてはかならずしも 明らかとなっていない.そのため、本論文では実橋にお いて、アスファルト舗装時と SFRC 舗装時での荷重載荷 試験を実施しひずみ低減効果を評価した.その結果,各 部位でのひずみ低減効果が明らかとなり、例えばデッキ プレートの貫通き裂を生じさせるひずみが、SFRC 舗装 によって 1/10 程度まで低減しており、SFRC 舗装による 補強効果が明らかになった.また、荷重載荷試験を弾性 有限要素解析(以下、FE 解析)にて補強前後における輪 荷重によって発生するひずみを再現できることを明らか にし、鋼床版橋梁の構造が異なる場合、例えばUリブ形 状やUリブ支間長が異なる場合において FE 解析にてひ ずみ低減効果が確認できることを示唆した.

輪荷重載荷試験にて確認できない、デッキプレートの 局部変形については、FE 解析を用いて曲率半径を算出し、 アスファルト舗装時よりも SFRC 舗装時の方が局部的な 変形が大きく緩和されていることを明らかにした.

#### 2. SFRC 舗装の適用

#### 2.1 大平高架橋の概要

輪荷重載荷試験は大平高架橋にて実施した.大平高架 橋は国道 50 号の 31 径間,全長 987m の道路橋である. 1983 年に上り線 2 車線(高崎方向)が完成し,2005 年 に上り線に並行して下り線 2 車線が開通した. 交通車両 の一方向交通量は約20,000台/日,大型車混入率は約35% である.輪荷重載荷試験は,SFRC舗装が採用された鋼 床版3橋のうちで最も径間長の長い3径間連続鋼床版箱 桁(橋長147m)を対象とした.対象橋梁の主な寸法は, デッキプレート厚が12mm,Uリブが幅320mm,高さ 200mm,厚さ6mmであり,支間長は40m,56m,50m である.

点検調査は2005年と2006年に実施された.疲労損傷 の主なタイプを図-1に、各径間の疲労損傷数を表-1 に示す.疲労損傷は車輪直下のデッキプレートとUリブ とのすみ肉溶接部(Type -A)、デッキプレートと垂直補 剛材とのすみ肉溶接部(Type-C)や横リブとUリブの溶 接部(Type-D)に多数発生している.

#### 2.2 SFRC 舗装の概要

SFRC 舗装の断面を図-2 に示す. SFRC 舗装の厚さは 既設アスファルト舗装厚と同じ 75mm とした. 径 φ9mm, 高さ 30mm のスタッドジベルを施工幅の両端部および施 工目地部に橋軸直角方向 2 列, 300 mm 間隔に設置した. なお,スタッドジベルは乾燥収縮による SFRC 舗装版の 反り上がりの影響がある版端において,万一,接着剤が 剥がれた場合の担保的な位置づけで設けており,デッキ プレートと SFRC 舗装とを合成させる効果は期待してい ない.

接着剤は水浸輪荷重疲労試験<sup>8</sup>にて、水浸での繰り返 し走行後に付着強度の低下が認められなかった高耐久 型のエポキシ樹脂系接着剤を 1.4kg/m<sup>2</sup> の量で塗布した. さらに、SFRC 舗装端部からの浸水を防ぐために、SFRC 同士の施工継目部や SFRC と既設アスファルト舗装や伸 縮装置との接合など、全ての鉛直面に本接着剤を塗布し た.接着剤の圧縮強さは 50N/mm<sup>2</sup>以上、曲げ強さは 35N/mm<sup>2</sup>以上で塗りムラが目視で判断できるように青色 に着色されたものを用いた.

使用コンクリートは、交通規制条件が、上り線2車線 を約1.5ヶ月間交通止め可能であったことから早強コン クリートを用いた.コンクリートの設計基準圧縮強度は 29.4N/mm<sup>2</sup>であり、コンクリートの練り混ぜはバッチャ ープラントで行った.膨張剤は低添加型とし20 kg/m<sup>3</sup>を プラントで添加した.鋼繊維は長さ30mm,径0.6mmの ものとし、現場まで運搬した後に120kg/m<sup>3</sup>をアジテータ 車に空気圧送しアジテータの回転攪拌により分散混入 させた.スランプはSF 混入後のアジテータ車からの排 出性から5~6.5cm 程度を目標とした.

箱桁主桁ウェブ直上の SFRC 舗装内には負曲げによる ひび割れ後の剛性確保のため、100mm メッシュの炭素繊 維強化プラスチックグリッド筋(以下, CFRP 格子筋と 称す)を主桁ウェブ中心に幅方向 1.0m,下かぶり 30mm に設置した.なお,CFRP 格子筋の断面積は 39.2mm<sup>2</sup>, 引張強度は 1,400N/mm<sup>2</sup>,弾性係数は 100,000N/mm<sup>2</sup>のも のを用いた.



図-1 疲労損傷の主なタイプ



|              | Type-A | Type-B | Type-C | Type-D | Туре-Е | Type-F | 計   |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| P3~P4        | 31     | 0      | 15     | 5      | 0      | 0      | 51  |
| $P4\sim P5$  | 42     | 0      | 19     | 19     | 2      | 0      | 82  |
| $P5 \sim P6$ | 26     | 0      | 10     | 10     | 2      | 0      | 48  |
| 計            | 99     | 0      | 44     | 34     | 4      | 0      | 181 |



#### 3. 荷重載荷試験の方法とFE解析

# 3.1 ひずみ測定位置

測定対象橋梁の平面図と計測位置を図-3 に、断面図 を図-4 に示す.輪荷重載荷試験は主桁作用による正曲 げモーメントが生じる支間中央部と、負曲げモーメント が生じる中間支点部の2箇所を対象とした(図-3にお けるゲージの貼付け位置1と2).すなわち、ひずみゲー ジ貼付け位置1は、橋梁の鉛直たわみが比較的大きな位 置としてP4とP5の支間中央付近を、ひずみゲージ貼 付け位置2は、比較的たわみが小さな中間支点P5に近 い位置として選定した.

橋軸直角方向における測定位置は、計測が容易な箱桁 (G1 桁)位置内とし追越し車線側(中央分離帯側)付近 とした.測線の位置は図-5に示すとおり、車輪走行位 置とUリブ位置から測線 a~fの6 側線とした.測線 a か ら e では走行車の右車輪が測線を通るように、f では左



車輪が測線を通ることを想定した.

なお、デッキプレートとUリブとの溶接に生じたき裂 の数を図-5 に丸数字で示す. き裂は車輪直下のUリブ 番号6の左側に36ヶ所,左側(主桁腹板側)に16ヶ所, Uリブ番号5の右側に1ヶ所,Uリブ番号3の右側に18 ヶ所であった<sup>9</sup>.

### 3.2 荷重載荷試験の方法

載荷には3軸のダンプトラックを用いた. 前輪がシン グルタイヤ、後輪が2軸で各々の軸の両側にダブルタイ ヤがあるタイプであり、総重量は 220kN 程度で前輪 56.4kN, 後前輪 87.0kN, 後後輪 73.3kN である. 既設ア スファルト舗装時点ならびに SFRC 舗装時点での載荷ト ラック軸重にほとんど差がないことから、同じ荷重のト ラックが載荷されたとしてデータを整理した.

載荷状況の全景を写真-2 に、トラックの前輪、後前 輪,後後輪の車輪配置の詳細を図-6 に示す. なお、タ イヤの接地面積は感圧紙を用いて測定した値の平均値 を示している.後軸のダブルタイヤの載荷は後輪のダブ ルタイヤの中心線が測線と一致するよう載荷した. ここ で、前輪の幅員方向の載荷位置は、図-6 に示すように 外側輪から45mm程内側に位置している. このため後輪 のダブルタイヤがちょうど測線を跨ぐような位置関係 では、前輪はUリブのちょうど中央位置を走行すること になる.

載荷試験は、トラックの橋軸方向移動によるひずみ変 動の影響(図-5、測線c,dを対象)を測定するため、



図-5 トラック載荷の測線位置 3220



図-6 トラックの車輪配置と接地面積の詳細



写真-2 載荷状況(橋軸方向への移動載荷)

図-7に示すように、橋軸方向に 700mm ずつ移動させた 全 15 ケースについて実施した.また、トラックの橋軸 直角方向位置(図-5、測線 a~f)によるひずみ変動の 影響を測定するため、着目横リブと着目補剛材上に前輪 を載荷したケース3、ケース5と、後輪2軸の中央、後 前輪、後後輪を載荷したケース16からケース19を実施 した.なお、橋梁上面からはひずみゲージ断面の正確な 位置や箱桁内のUリブ位置を把握することは難しいた め、橋軸方向は伸縮継ぎ手や排水桝位置から、橋軸直角 方向については壁高欄や歩道の立ち上がり位置からひ ずみゲージ断面位置や測線 a~fの位置を定めた.

# 3.3 測定ひずみゲージの位置

ひずみの測定は、図-8 に示すように図-1 の Type-A ~Type-E に着目し、デッキプレートのUリブ支間中央と 横リブ近傍で測定した.横リブとUリブとの交差位置で



図-7 橋軸方向の輪荷重位置

は主応力方向が不明確であることから3軸のロゼットゲージを使用した.スカーラップ位置でのひずみゲージは、 ゲージ長3mmのものを溶接止端部から5mmの位置に貼り付けた.ゲージと溶接止端部の離れを図-9に示す. なお、ゲージ貼付け位置2のゲージ番号は貼付け位置1 の番号に100を加えた値とする.





● 例)4(鉛)

溶接止端

## 3.4 弾性有限要素解析による検討

## (1) 解析の目的

デッキプレートとUリブ溶接部の疲労損傷について は、デッキプレートの局部変形を抑えることが有効であ ることが報告<sup>10</sup>されている.今回の荷重載荷試験は各部 位のひずみ値の計測であり、デッキプレートの変形量を 計測していないことから、局部変形とひずみの関係が明 らかとなっていない.そのため、局部的な変形量につい ては FE 解析を用いて曲率半径として評価した.また、 荷重載荷試験と FE 解析のひずみ値を比較することでモ デル化の妥当性を検証した.

### (2) 解析モデル

ひずみ計測において、支間中央と中間支点上の計測結 果に違いがないことから、解析モデルは床組作用に着目 し橋軸方向に横リブ3パネル(3x2800=8400mm)の範囲 とした.また、境界条件はモデル端部において、主桁腹 板下端の8節点の鉛直方向を固定とした.FE解析のプロ グラムは maidas FEA Ver.280 を使用した.

舗装,接着剤,デッキプレートは材料特性が異なる3 層の合成部材であるためソリッド要素を用い,その他の Uリブ,横リブ,主桁などは板要素とした.メッシュサ イズは着目部の垂直補剛祭近傍は約10mmサイズ,その 他は約100mmサイズとした.SFRC舗装厚は75mmを4

9550 9550 9550 車輪 (ケース9) 主桁G 1 上桁G 1 上桁G 1

<sub>主桁G2</sub> (a) 全体を表示



図-10 全体モデル図

分割, デッキプレート厚は12mmを1層のサイズとした.

全体モデル図を図-10に、断面図を図-11に、材料特 性を表-2 に示す. SFRC 舗装の弾性係数は, 同様の工事 で測定した弾性係数を参考にして、初期材令時の 25,000N/mm<sup>2</sup>を用いた. また, アスファルト舗装の弾性 係数は、温度や車両速度(荷重の載荷時間)によって変 化することが知られている. 久利らの研究11)では、アス ファルト混合物は載荷時間や温度に応じてスチフネス が変化するという材料非線形性を有しており図-12 に 示される密粒度アスファルト混合物 (Gmax13mm, ポリ マー改質アスファルトⅡ型)での測定結果の例が報告さ れている.また、同様な測定事例として、密粒度アスフ アルト混合物 (Gmax13mm, ストレートアスファルト 80/100) を用いた笠原らの研究<sup>12)</sup> においては舗装温度 20℃,1秒程度で約 500N/mm<sup>2</sup>との報告もある.そこで、 本測定時のアスファルト舗装の温度は 23℃前後であり、 静的に荷重を載荷したことから、温度20℃、載荷時間3 秒時のスチフネス 500N/mm<sup>2</sup>を FE 解析時のアスファル トの弾性係数とした.

SFRC 舗装にひび割れがない状態であることから、ひ び割れ後に効果を発揮する CFRP 格子筋については、モ デル化を行っていない.また、スタッドジベルについて も、接着剤が剥離した場合に効果を発揮する部材である



図-11 断面図

| 表-2 材料特性     |      |                   |                              |           |  |  |  |
|--------------|------|-------------------|------------------------------|-----------|--|--|--|
|              | 要素種類 | 要素数(個),<br>厚さ(mm) | 弹性係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソ<br>ン比 |  |  |  |
| アスファル<br>ト舗装 | ソリッド | 116,570<br>75mm   | 500                          | 0.35      |  |  |  |
| SFRC 舗装      | ソリッド | 93,256<br>74.2mm  | 25,000                       | 0.2       |  |  |  |
| 接着剤          | ソリッド | 23,314<br>0.8mm   | 2,000                        | 0.2       |  |  |  |
| デッキ<br>プレート  | ソリッド | 23,314<br>12mm    | 205,000                      | 0.3       |  |  |  |
| その他<br>の鋼材   | 板    | 34,095            | 205,000                      | 0.3       |  |  |  |

ことからモデル化を行っていない.

輪荷重は、3.2 に示す荷重載荷試験のダンプトラックの軸重を用いた.また、車輪配置および接地面積は図-6のとおりとした.

## 4. 結果および考察

## 4.1 ひずみ計測の結果

SFRC 舗装のひずみ低減効果について,着目部位の記号と名称を表-3に,SFRC 補強前後の比較をまとめた結果を図-13に示す.ひずみは疲労照査で用いる車両走行時の最大ひずみと最小ひずみの幅であるひずみ範囲を使用した.なお,図-13におけるひずみゲージの番号について,二桁は支間中央,三桁は中間支点上のひずみゲージ貼付位置を示している.SFRC 補強前後の比較は,SFRC 補強前を 100 とした場合の SFRC 補強後の比率%

(100×補強後/補強前)とし、ひずみ範囲(棒グラフ)の右側に数字で示した.デッキプレート貫通き裂を生じさせるひずみ(記号 A1, F1)では、10%以下となっているものが多い.

支間中央と中間支点上(P5付近)の計測結果について は大きな差異は生じていない(例えば、ゲージ番号1と 101の比較).本計測において、主桁全体系の鉛直たわみ の大小は計測値にほとんど影響がなかったと考えられ る.

デッキプレートと U リブの溶接部に着目(記号 A1) すると、輪荷重によるひずみ範囲は、アスファルトの段 階では 200×10<sup>6</sup>~400×10<sup>6</sup>(42~82N/mm<sup>2</sup>)であったも のが、SFRC 補強後はすべてが 50×10<sup>6</sup>(10N/mm<sup>2</sup>)に達 していない.また、デッキプレートと横リブの溶接部(記 号 E1)についても 20%にまで低下しているものも多く、 SFRC 舗装が鋼床版の疲労き裂の対策として、十分な効 果を有していることが期待される結果となっている.

### 4.2 デッキプレートのひずみ低減効果

デッキプレートとUリブ溶接部に生じるき裂は、デッ キプレートに進展する可能性があり、この位置は最も SFRC 舗装にて補強する必要がある部位と考えられる. そのため、この部位のゲージ番号2、3(Uリブ支間中央)、 ゲージ番号17、18(横リブ交差部)に着目し、車輪を橋 軸方向に移動させた場合の、アスファルト舗装時と

表-3 着目部位の記号と名称

| 記号 | ゲージ番号           | 着目部位                    | ひずみの方向      |
|----|-----------------|-------------------------|-------------|
| A1 | 1~3,101~103     | デッキプレートとUリブとの溶接部        | デッキプレートのひずみ |
| A2 | 4~6,104~106     | (Uリブ支間部)                | Uリブの鉛直ひずみ   |
| В  | 7,107           | デッキと垂直補剛材との溶接部          | デッキプレートのひずみ |
| С  | 8,108           | 主桁と垂直補剛材との溶接部           | 主桁の鉛直ひずみ    |
| D  | 9,109           | Uリブの突合せ溶接部              | Uリブのひずみ     |
| E1 | 10,11 , 110,111 | 横リブとリリブまたはデッキプレートと      | デッキプレートのひずみ |
| E2 | 12~15,112~115   | の溶接部                    | 横リブ3軸ひずみ    |
| F1 | 16~18,116~118   | デッキプレートとUリブとの溶接部        | デッキプレートのひずみ |
| F2 | 19~21,119~121   | (横リプ交差部)                | Uリブの鉛直ひずみ   |
| G1 | 22~24,122~124   | 樺口ゴと口口ゴとの溶接如(下側)        | 横リブ3軸ひずみ    |
| G2 | 25~27,125~127   | 傾り ノ こ り ノ こ の 溶接命 (下風) | Uリブの鉛直ひずみ   |



図-12 アスファルト舗装のスチフネスの例



図-13 SFRC 補強前後のひずみ範囲

SFRC 舗装時のひずみを図-14~図-17 に示す. また. FE 解析値についても合わせて図示した. なお, 活荷重の 載荷位置は、車輪を橋軸方向に移動させた場合に、大き なひずみが生じる測線 c (最も損傷が多く発生している 部位) とした. ただし、ゲージ番号 2.3 については後 前輪を直上に載荷した場合については測定していない ため解析のみ実施した.

アスファルト舗装時のひずみを赤線,SFRC 舗装時の ひずみを青線にて示している. どのゲージにおいてもア スファルト舗装時に 250×10<sup>6</sup>~300×10<sup>6</sup> 程度であった ひずみ範囲が 50×10<sup>6</sup>以下に低減している. また, ゲー ジ番号 2,3 においては、アスファルト舗装時に車輪が 直上に来た場合は圧縮ひずみが生じるが、SFRC 舗装時 では引張ひずみが生じる結果となった. これは, アスフ アルト舗装時は SFRC 舗装に比べ剛性が小さいため、デ ッキプレートが局部変形し負曲げモーメントが生じデ ッキプレート下面が圧縮となる。一方、SFRC 舗装時は 局部変形が抑制されることからデッキプレート下面が 引張となるためであり、次節の局部変形とひずみの比較 においても同様の傾向が確認できる.

車輪の移動にともなう測定値と FE 解析値のひずみに ついて,両方の傾向は同様であり,FE解析でほぼ荷重載 荷試験を再現できているといえる.特にアスファルト舗 装時についてはゲージ番号3に前輪のひずみ計測位置へ の漸近によって、ひずみは圧縮から引張に転じ(ケース 1~4),前輪がゲージ直上の場合(ケース5)に大きく圧 縮となる.また、前輪通過後は、後輪の影響によりひず みが大きく引張に転じ, 前輪と同様に直上で正負交番す る複雑な変化であるが, FE 解析でも同様の結果が得られ た. 一方, ゲージ番号2, 17, 18 については, 車輪がゲ ージ直上の場合にのみ、大きな圧縮ひずみが生じる傾向 となっている. ゲージ番号3は垂直補剛材の影響を受け るため、ゲージ番号2と異なり引張ひずみが生じたと考 えられる.

> 9100 9800

9100 800



なお、ひずみ測定と FE 解析では、ひずみ値に若干の 差が生じているが、これはトラック車輪載荷位置の計測 上のズレなどが主な原因と考えられる.

## 4.3 局部変形とひずみの比較

局部変形とひずみの比較は、前節と同様にデッキプレ ートとUリブ溶接部について比較した.比較するゲージ は測定したゲージ番号 1, 2, 3, 7(Uリブ支間中央), ゲージ番号 16, 17, 18(横リブ交差部)とし,活荷重の 載荷位置は前輪がゲージ直上の場合と後後輪がゲージ 直上の場合とした.

局部変形が生じている位置では曲率半径が小さいと考 えられることから、デッキプレート下面の曲率半径とひ





ずみを比較することとした.また,アスファルト舗装の ひび割れを抑制するために,デッキプレートの曲率半径 は20m以上<sup>13)</sup>が望ましいとされていることから,SFRC 舗装によってアスファルト舗装時の曲率半径がどの程 度抑制されるかを求めた.

複雑な変形状態であるため,曲率半径はFE 解析において隣り合う3つの節点の変位後の位置を通る円の半径として,主桁間内の曲率半径の分布を求めた.

デッキプレート下面のひずみ,鉛直変位,曲率半径を 図-18~図-21に示す.なお,曲率半径は100m以下を 図示した.また,ひずみの計測値についても合わせて図 示した.

Uリブ支間中央に前輪が載荷された場合(図-18)で



は、アスファルト舗装時は SFRC 舗装時と比較し鉛直変 位量が大きく、曲率半径が 20m 程度であることから垂直 補剛材位置に大きなひずみが発生している.

後後輪が載荷された場合(図-19)のアスファルト舗装時においては,輪直下にUリブ腹板位置を支点として W形に局部変形が生じており,曲率半径は最小10m程度 となっている.一方,SFRC 舗装時には,垂直補剛材部 で曲率半径が50m程度となるものの,その他の位置では 100m以上となっており,W形の局部変形は生じておら ず,ひずみが低減されている.また,アスファルト舗装 時は前輪,後後輪のどちらの場合においても,垂直補剛 材位置に大きな圧縮ひずみが生じる傾向にある.

横リブとUリブ交差部のデッキプレート(図-21,図 -22)は、Uリブ間は横リブ腹板に変形を拘束されるが、 Uリブ内は自由な変形が可能な構造的な特徴を有して いる.そのため、アスファルト舗装時において、Uリブ 内に前輪と後輪が載荷された場合の傾向は同じであり、 Uリブ腹板位置の曲率半径は最小 20m 程度となってお り、この位置を支点として局部的な変形が生じることで、 大きなひずみが発生したと考えられる.一方、SFRC 舗 装時においては、曲率半径は 100m 以上となっており、 Uリブ内に局部的な変形は生じておらず、ひずみが低減 されている.以上より、SFRC 舗装によりひずみが低減 されたのは、輪直下の局部的な変形が抑えられたためで あるといえる.

## 5. まとめ

本論文で鋼床版にSFRC舗装による補強工法を実施し, 各溶接部のひずみ低減効果を実車両による静的載荷試 験および弾性有限要素解析を行い,鋼床版における SFRC舗装の補強効果を検証した.

今回の範囲内において,得られた主な結果は以下に示 すとおりである.

輪荷重載荷試験は SFRC 舗装による補強効果がもっと も期待できる補強直後に行われたものであるが、鋼床版 の疲労耐久性の向上に資すると考えられる大きなひず み低減効果がみられた.経過観察を今後も行い、今回施 工した SFRC 舗装の鋼床版の疲労予防対策としての効果 とその持続性、舗装自身の耐久性等について検証する必 要があると考えられる.なお、曲率半径の小さな部位と 舗装の耐久性の関連については今後の課題であり、今後 も研究を続けることとしたい.

- (1)デッキプレート位置におけるひずみ低減効果はきわ めて大きく,とくに,デッキプレートとUリブとの溶 接部においては,SFRC 補強前後で 1/10 程度にまでひ ずみ値が低下している.
- (2)横リブとUリブとの溶接部についても、そのひずみは SFRC 補強前後で 1/2 から 1/3 に減じており、デッキプ レートほどではないが、ひずみの低減効果は認められ

る.

- (3)横リブとデッキプレートとの溶接部については、デッ キプレートのひずみは SFRC 補強前後で 1/7 から 1/10, 横リブのひずみは 36%から 86%程度であり、デッキプ レート側の低減効果が大きい.
- (4)アスファルト混合物のスティフネスを適切に設定す ることで、弾性有限要素解析を用いて発生ひずみを良 好に再現することができる.
- (5)デッキプレートの局部変形とひずみに相関関係があることが、弾性有限要素解析にて確認できた.
- (6)局部的な変形量を曲率半径で評価すると、既設アスフ アルト舗装では、垂直補剛材上で最小10m程度、Uリ ブ腹板上で最小20mであったものが、SFRC舗装を用 いることで、垂直補剛材上で50m程度、Uリブ腹板上 で100m以上となり、局部的な変形が大きく緩和され ていた。

## 参考文献

- 1) 西川和廣: SFRC による鋼床版舗装 鋼とコンクリートの新しい関係-,橋梁と基礎, pp.84-87, 2005.8
- 2) 山田健太郎:重交通下における鋼床版の疲労損傷– 名古屋周辺での事例–,土木学会 第10回鋼構造と 橋に関するシンポジウム,pp.11-18,2007.8
- 加形護,児玉孝喜,中丸貢,西川隆晴,石田稔,栗 原和彦:SFRC舗装による鋼床版の疲労損傷対策---般国道 357 号横浜ベイブリッジ舗装工事-,橋梁と基 礎,pp.27-32,2004.10
- 山田博道:SFRC 舗装による鋼床版の疲労低減効果, 第62回土木学会年次学術講演会, pp.197-198, 2007.9
- 5) 菊池孝雄, 児玉孝喜, 後藤和満: 湘南大橋における 鋼床版の疲労対策, 土木学会 第10回鋼構造と橋に 関するシンポジウム, pp.1-10, 2007.8
- 児玉孝喜,加形護,後藤和満,近藤充志:供用下に おける SFRC による鋼床版の疲労対策,橋梁と基礎, pp.30-38,2006.11
- 7) 牛越裕幸,下里哲弘,弓削太郎,児玉孝喜:実橋における既設鋼床版へのSFRC 補強効果確認測定,第
  62 回土木学会年次学術講演会,pp.59-60,2007.9
- 8) 小野秀一,牛越裕幸,下里哲也,稲葉尚文,冨田芳男:鋼繊維補強コンクリートを敷設した鋼床版の水浸輪荷重疲労試験,第62回土木学会年次学術講演会, pp.57-58,2007.9
- 9) 児玉孝喜,緑川和由,加形護,伊藤清志,一瀬八洋, 勝俣盛,山岸俊一,鈴木康範:舗装による鋼床版の 長寿命化,セメント協会,セメントコンクリート No.740, pp.24-33, 2008.10
- 小野秀一,下里哲弘,増井隆,町田文孝,三木千壽: 既設鋼床版の疲労性能の向上を目的とした補強検討, 土木学会論文集,No.801/I-71, pp.213-226, 2005.10
- 11) 久利良夫, 佐藤彰紀, 鎌田修, 芳賀潤一, 児玉孝喜:

高温域を考慮したアスファルト混合物のスチフネス 推定方法に関する研究,土木学会舗装工学論文集, 第13巻, pp.39-46, 2008.12

12) 笠原篤,岡川秀幸,菅原照雄:アスファルト混合物 の動的性状とその舗装構造の力学解析への利用,土 木学会論文報告集, 第 254 号, pp.107-117, 1976.10

13)(社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説,Ⅱ鋼橋編, p273, 2002.3

(2009年9月24日受付)