

# SCデッキの開発

## ～横リブで補強したロビンソン型合成床版～

### Development of Steel Plate-Concrete Composite Deck with Transverse Stiffeners

渡辺 滉

Hiroshi WATANABE

川田工業㈱橋梁事業部技術部統括部長

片岡 章悟

Shogo KATAOKA

川田工業㈱生産本部四国工場橋梁部部長

山岸 武志

Takeshi YAMAGISHI

川田工業㈱橋梁事業部技術部富山技術部  
設計二課課長

内田 修平

Shuhei UCHIDA

川田工業㈱生産本部四国工場橋梁部  
橋梁技術一課課長

街道 浩

Hiroshi KAIDO

川田工業㈱橋梁事業部技術部東京技術部  
設計二課係長

石井 等

Hitoshi ISHII

川田工業㈱橋梁事業部技術部東京技術部  
設計二課

A steel plate-concrete composite deck with transverse stiffeners (SC-DECK) has been developed based on the steel-concrete composite deck girder developed in 1986. SC-DECK consists of steel-form, concrete and upper reinforcement, and needs no shores and staging.

Fabricating test of steel form, concrete-casting test and wheel trucking test of SC-DECK are conducted using real-size models. Results of these tests show that SC-DECK has no structural problems and has the required strength and durability.

The cost of SC-DECK is nearly equal to that of the site-casting reinforced concrete slab.

Key words : steel plate-concrete composite deck, steel-form fabricating test, concrete casting test, wheel trucking test

## 1. はじめに

従来、鋼道路橋の床版には、経済性に優れていることや比較的施工が容易であることなどから、鉄筋コンクリート床版（以下、RC床版と略す）が用いられてきた。しかしながら、近年、RC床版の繰り返し荷重による損傷の発生が多数報告されており、その補修・補強方法および設計方法が問題となっている。また、都市部の高架橋や跨線・跨道橋などでは、床版施工用の足場や型枠の支保工の設置・解体時およびコンクリート打設時の桁下の安全性の確保にも課題が残される。このようなRC床版の短所を踏まえ、これに代わることができる床版形式のひとつとして合成床版が考えられる。合成床版の主な長所は、以下に示すとおりである。

- ・床版施工用の足場や型枠の支保工が不要で、省力化や工期短縮が図れる。
- ・鋼断面比が大きく応力伝達が床版全域に及ぶため、耐荷力や耐久性が高い。
- ・コンクリート版厚の低減により、鋼桁の負担が少ない。

さらに、最近、第二東名神などで採用されている、鋼少数主桁橋に用いられているような6m程度の床版支間にも適用が可能であるという特徴も備えている。

著者らの一部は文献1)、2)などにおいて、図1に示す縦リブおよび横リブで補強したロビンソン型の合成床

版を開発し、すでに実橋に適用している。この合成床版は、主桁の上フランジと合成床版の鋼製型枠とを一体化した合成鋼床版合成桁であり、縦リブおよび横リブをデッキプレートの下側に取り付けていることが特色である。

一方、本報告で提案するSCデッキは、上述の合成鋼床版合成桁から鋼製型枠を分離して床版支間ごとにパネル化し、横リブを鋼製型枠の上面に配置する。これにより、以下の条件および形式の橋梁に適用できる床版形式を目指したものである。

- ・高架橋、跨線橋、跨道橋
- ・床版の補修、打ち換え
- ・オープンボックス桁

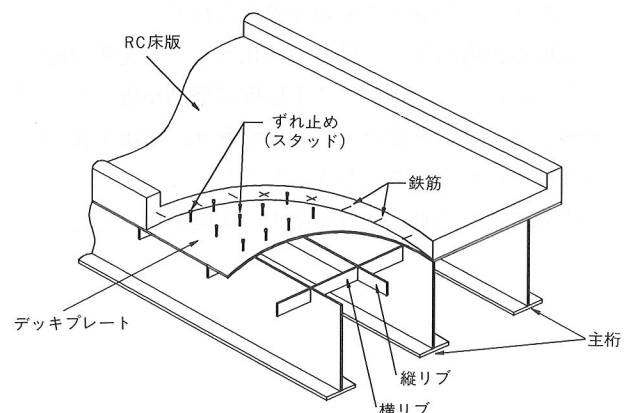


図1 合成鋼床版合成桁の概念図

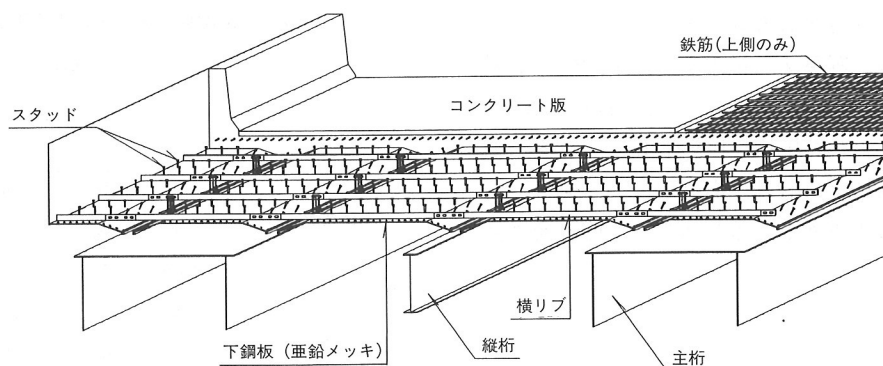


図2 SCデッキの概念図

本報告は、日本道路公団東海北陸自動車道の荏安賀高架橋南を対象として、SCデッキの開発を行った結果について述べるものである。荏安賀高架橋南は、桁下に高架橋に平行する主要地方道があり、床版施工時に、床版施工用の足場および型枠の支保工の省略が必要であった。SCデッキの開発は、施工試験と輪荷重移動載荷試験を実施し、床版の施工性および耐荷力・耐久性に関する確認を行っている。

## 2. SCデッキの構造

SCデッキの概念図を図2に示す。SCデッキの基本的構造要素は、鋼製型枠である下鋼板、コンクリート版、上側鉄筋である。対象橋梁の最大床版支間である3mの場合、SCデッキの橋軸直角方向の断面図は図3に示すとおりである。このうち、下鋼板はコンクリートの型枠および合成後の下側鉄筋の役割を担当するものである。すなわち、床版施工用の足場および型枠の支保工が不要になるとともに、下側の鉄筋を省略することができる。また、上側の鉄筋についてはすべて直筋とすることが可能である。なお、対象橋梁の場合、下鋼板の片持ち部の先端に鋼製型枠を取り付け、壁高欄の背面型枠の省略も行っている。また、下鋼板の防錆方法については、防錆効果を高める目的で溶融亜鉛メッキを採用している。

下鋼板を構成する部材は以下のとおりである。

- ・ 鋼板 (板厚 9 mm)
- ・ 横リブ (平鋼100mm×16mm)
- ・ 頭付きスタッド (φ16mm×120mm)

ここで、横リブの役割は、コンクリート打設時の下鋼板のたわみを抑え、作業の安全性および床版厚の精度を確保するものである。横リブの間隔は、下鋼板のたわみを5mm程度に抑えるために750mmとしている。また、頭付きスタッドの役割は、鋼板とコンクリート版とを一体化するものであり、その間隔は250mmとしている。

下鋼板の支持方法は、写真1に示すように横リブの継手部において添接板として山形鋼を使用し、山形鋼の下面に溶接したナットにボルトを差し込み、このボルトを

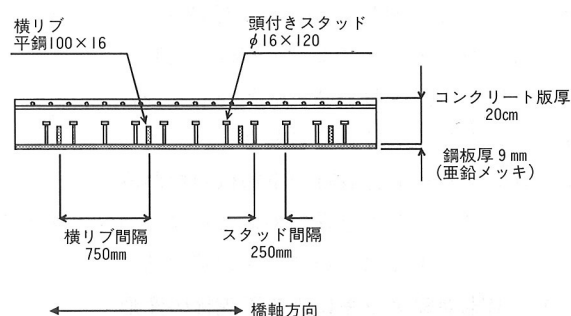


図3 SCデッキの断面図

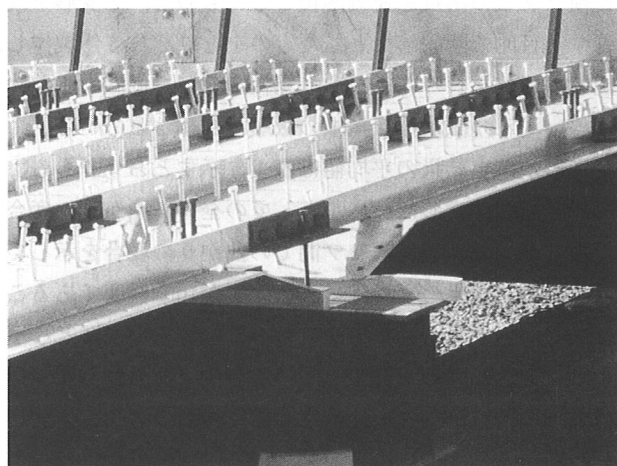


写真1 下鋼板の支持方法

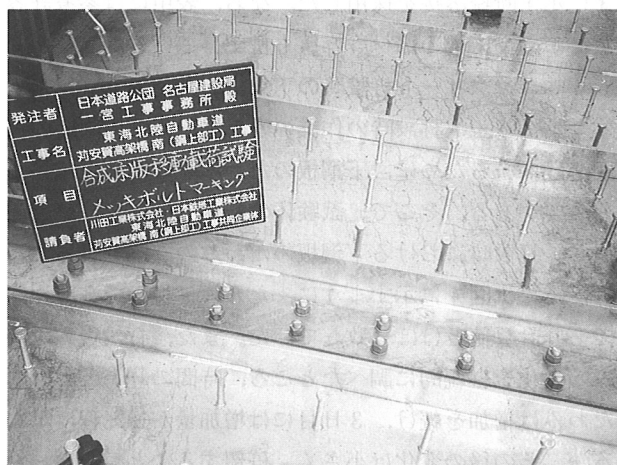


写真2 下鋼板の継手部

支点として下鋼板を支持する方式である。

下鋼板の継手部は、写真2に示すように下鋼板の上側のみに添接板を設置する1面摩擦とし、高力ボルトにはF8Tの溶融亜鉛メッキ高力ボルトを採用している。下鋼板の継手位置は横桁上に設け、高力ボルトは横桁の足場を利用して下鋼板の下面から差し込み、上側で締め付けを行うものとした。

### 3. 施工試験

SCデッキの対象橋梁への適用に先立って、実物大の試験体を用いた施工試験を実施し、以下の項目についてSCデッキの製作精度と施工性の確認を行った。

- ① 溶融亜鉛メッキによる下鋼板の変形
- ② 下鋼板の添接および主桁との取り合い
- ③ コンクリート打設時の漏水
- ④ コンクリート打設時の下鋼板のたわみ
- ⑤ コンクリートの乾燥収縮によるひびわれの発生状況

このうち、①④について以下に述べる。

#### (1) 溶融亜鉛メッキによる下鋼板の変形

溶融亜鉛メッキによる下鋼板の変形を調べるために、実物大の下鋼板の試験体を製作した。試験体は、①鋼板と横リブとの溶接を連続溶接としたものと、②変形を改善する目的で断続溶接としたものをそれぞれ3体製作し、両者の比較を行った。なお、鋼板の変形を低減するために、いずれの試験体も鋼板の板厚は9mmとしている。

変形の測定結果の平均値は表1に示すとおりである。ここで、全体変形はパネルとしての全体の曲がりの度合であり、局部変形は横リブ間での曲がりの度合を示している。測定結果のうち、最大の変形が10mm程度であることから、いずれの溶接方法についても施工が困難となるような大きな変形が発生していないことを確認した。連続溶接と断続溶接とを比較すると、後者の方が全体変形で20%（2～3mm）程度、局部変形で40%（1～3mm）程度小さいことが分かる。このため、対象橋梁には写真3に示す断続溶接を採用した。なお、表中には参考許容値として鋼床版の部材許容値も併記している。

#### (2) コンクリート打設時の下鋼板のたわみ

コンクリート打設時の作業の安全性および床版厚の精度を確保するために、下鋼板のたわみを5mm程度に抑える必要がある。そこで、試験体の断面方向に変位計を配置し、打設時における下鋼板のたわみの計測を行った。計測結果は図4に示すように、たわみは最大で5mm程度であり計算値とはほぼ一致していた。また、打設後のたわみの変化を継続的に調べたところ、時間の経過とともにたわみは増加を続け、3日目には増加量が10%程度となるが、その後の変化は小さく、停留することが分かった。

なお、確認事項の②③⑤についても、施工に関しては

表1 溶融亜鉛メッキによる下鋼板の変形

|                 |       | 支間部          |              | 張出し部         |              |
|-----------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                 |       | 連続溶接<br>(mm) | 断続溶接<br>(mm) | 連続溶接<br>(mm) | 断続溶接<br>(mm) |
| 全体変形<br>(全体パネル) | メッキ後  | -10.5        | 9.0          | 11.5         | 9.0          |
|                 | メッキ前  | -8.5         | 3.0          | 14.0         | 8.5          |
|                 | 参考許容値 | 37.3         | 37.3         | 37.3         | 37.3         |
| 局部変形<br>(横リブ間)  | メッキ後  | 8.0          | 5.0          | 2.0          | 1.0          |
|                 | メッキ前  | 4.0          | 1.6          | 1.5          | 1.0          |
|                 | 参考許容値 | 5.0          | 5.0          | 5.0          | 5.0          |

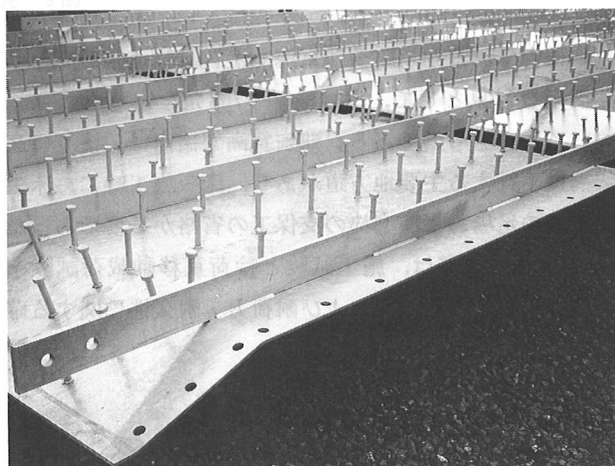


写真3 鋼板と横リブとの断続溶接

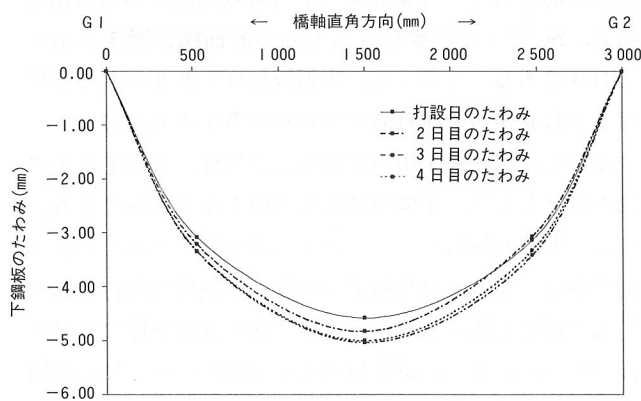


図4 コンクリート打設時の下鋼板のたわみ

何ら支障のないことを確認している。

### 4. 輪荷重移動載荷試験

SCデッキの実物大の試験体を用いた輪荷重移動載荷試験を、大阪工業大学八幡工学実験場構造実験センターにおいて実施した。試験の状況を写真4に、試験体の断面図を図5に示す。この試験により確認する項目は以下に示すとおりである。

- ① 耐荷力・耐久性の確認
- ② 横リブの構造の比較
- ③ コンクリートの乾燥収縮によるひびわれの発生状況
- ④ 下鋼板添接部の挙動の把握

SCデッキのように横リブをコンクリート版の中に埋め込む形式の合成床版において、横リブの上端から上向きに床版上面に向かってひびわれが発生した場合、床版の機能に大きな損傷を与えるおそれがある。その防止策を検討するために、表2に示すような3種類の横リブの形式を設定し、その効果の比較を行った。このうち、①基本タイプはひびわれ対策を施さないもの、②溶接金網タイプは横リブの上に溶接金網を載せひびわれを分散させるもの、③異形鉄筋タイプは横リブの頂部に異形鉄筋を断続溶接しアンカー効果を持たせるものである。

試験体の各横リブ形式の配置は図6に示すとおりである。橋軸方向にA～Dの4パネルに分割し、基本タイプと膨張コンクリートとの組み合わせをAパネル、普通コンクリートとをBパネルとし、溶接金網タイプ、異形鉄筋タイプと普通コンクリートとの組み合わせをそれぞれC,Dパネルとした。なお、③の項目の確認のために、試験体の橋軸方向の中央に下鋼板の継手部を設け、試験体の橋軸方向の端部には、一方向版の性状を損なわないように、端部に横ばりを設置して床版を支持している。

この試験体を用いて、輪荷重が10～19tfの範囲において、総計11.7万回の繰り返し移動走行載荷を行った。その結果を以下に示す。

#### (1) 床版上面のひびわれ

移動載荷試験完了後におけるA～Dの各パネルの床版上面のひびわれ状況を、それぞれ図7 a)～d)に示す。いずれのパネルにおいてもひびわれは主に橋軸直角方向に発生し、図中に示した横リブ位置および上側主鉄筋位置と比較すると、ほぼ上側主鉄筋位置に一致することが分かる。このため、これらのひびわれは、横リブの上端から発生する有害なひびわれではないものと判断した。

上側主鉄筋上のひびわれは、コンクリートの乾燥収縮により鉄筋直上に発生したひびわれが、移動載荷により発達したものと考えられる。また、これらのひびわれの幅は非常に小さく、最大ひびわれ幅が0.08mmにとどまっている。

#### (2) 床版のたわみ

Bパネルについて床版支間中央のたわみを図8に示す。図8 a)に総たわみから残留たわみを差し引いた弾性たわみを、図8 b)にB活荷量の後輪荷量10tfに相当するように換算された弾性たわみを示す。換算された弾性たわみにおいて、輪荷重が15tf以上の範囲でコンクリート断面の引張領域を無視したヤング係数比15の計算値を上回っている。これは、ここで示す弾性たわみが、橋軸方向の支持架台の変形に起因した計測方法によるものであると考えられる。しかし、弾性たわみの急激な変化が見られないため、床版の耐荷力・耐久性には問題がないものと判断した。

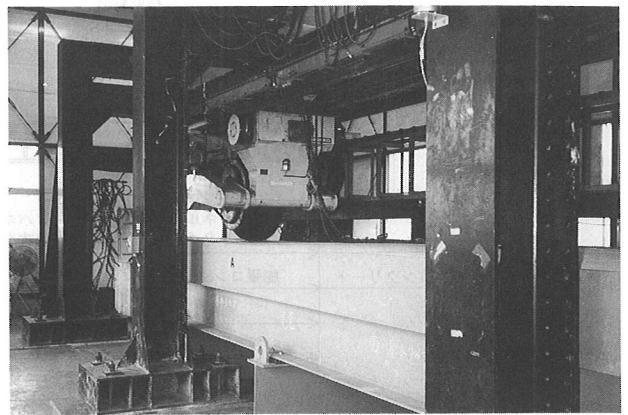


写真4 輪荷重移動載荷試験の状況

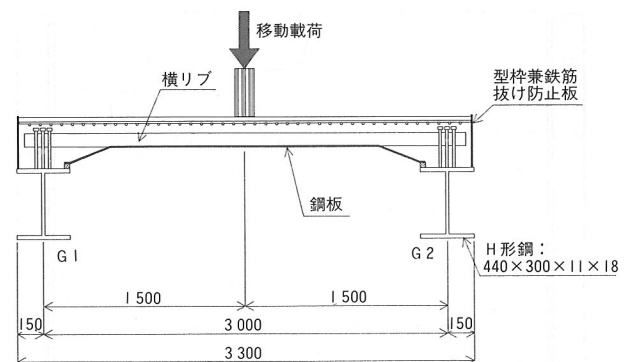


図5 試験体の断面図 (mm)

表2 横リブの形式

| 横リブ形式    | 構成部材    | 概略図                               |
|----------|---------|-----------------------------------|
| ①基本タイプ   | 平鋼      | 平鋼 100×16、鋼板 t=9                  |
| ②溶接金網タイプ | 平鋼、溶接金網 | 溶接金網 3.2×150×150、平鋼 100×16、鋼板 t=9 |
| ③異形鉄筋タイプ | 平鋼、異形鉄筋 | 異形鉄筋D16を溶接、平鋼 100×16、鋼板 t=9       |

#### (3) 下鋼板下面のひずみ

Bパネルについて床版支間中央の下鋼板下面のひずみを図9に示す。図9 a)に総ひずみから残留ひずみを差し引いた弾性ひずみを、図9 b)に10tfの輪荷重に換算された弾性ひずみを示す。換算した弾性ひずみは、輪荷重が10tfの場合においてコンクリート断面を全断面有効としたヤング係数比7の計算値と、コンクリート断面の引張領域を無視したヤング係数比15の計算値との間を推移し、走行回数の増加にともなって、ひずみもしだいに増大する傾向にあることが分かる。他のパネルにおける



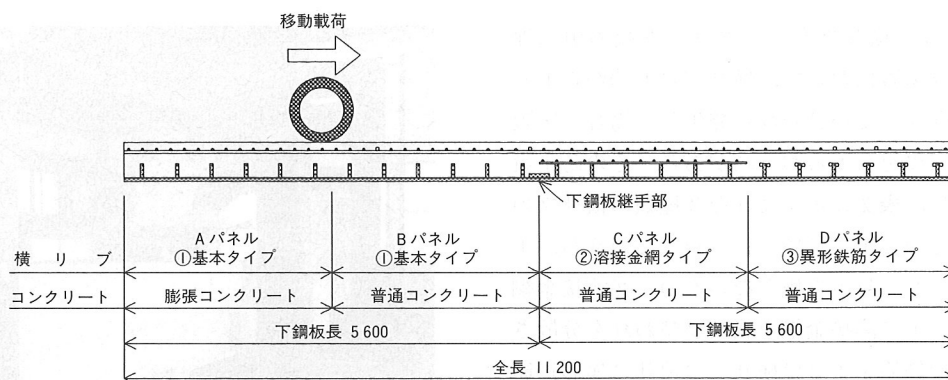


図6 各横リブ形式の配置 (試験体側面図) (mm)

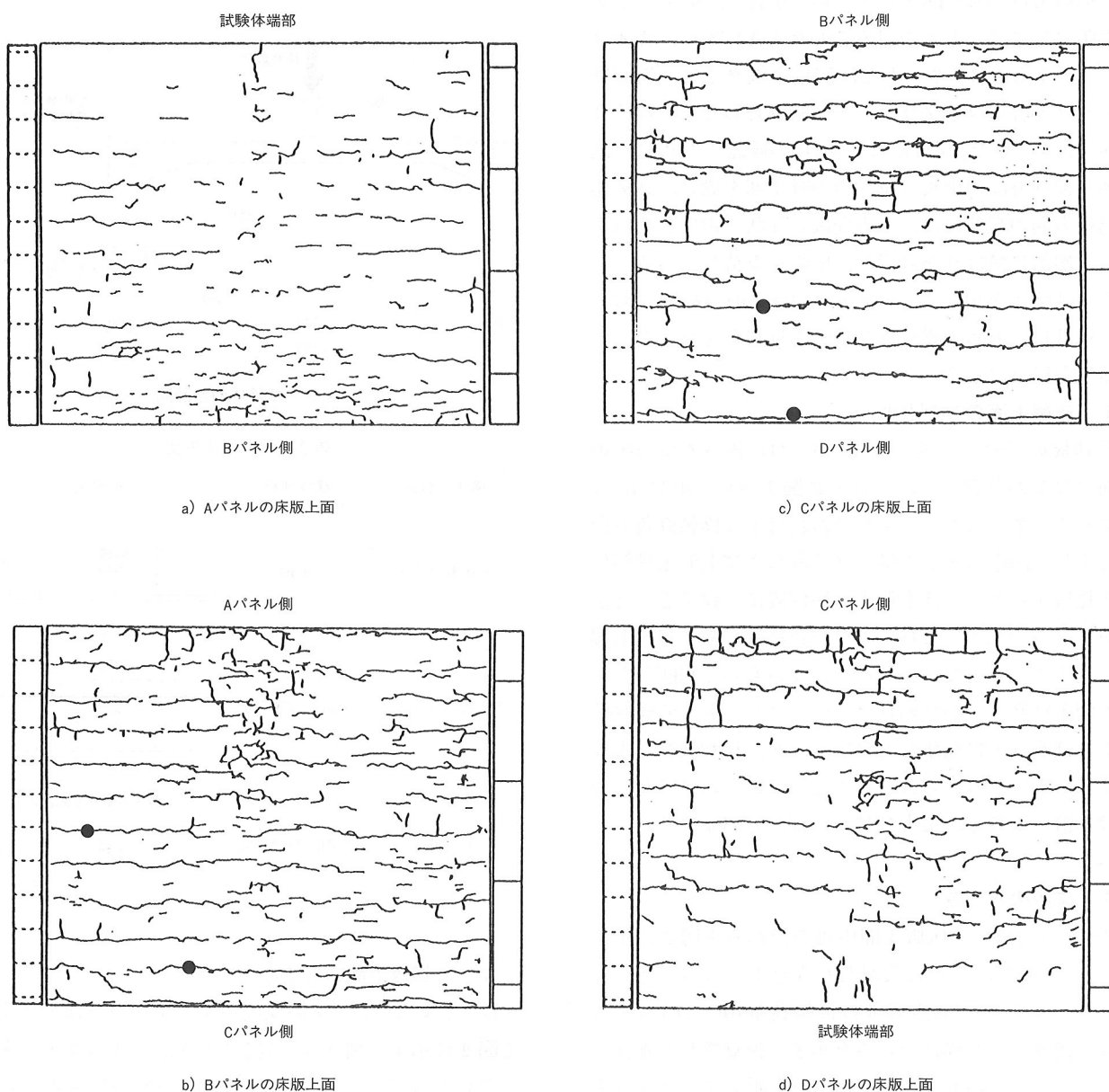


図7 床版上面のひびわれ状況

下鋼板下面の弾性ひずみについても、弾性ひずみの急激な変化が見られないことから、たわみと同様に床版の耐力・耐久性に問題がないものと判断した。

#### (4) 横リブ形式の決定

以上を示した輪荷重移動載荷試験の結果、いずれのパネルにおいても有害と認められるひびわれが発生せず、耐力・耐久性に関して問題がないことが分かった。このため、最も経済的であるBパネルの基本タイプと普通コンクリートとの組み合わせを対象橋梁の床版に適用するものとした。なお、実橋については、床版の上面に耐久性の面から防水層を設けるものとしている。

#### (5) 下鋼板の継手部の挙動

下鋼板の継手部の変形は、輪荷重19tfを移動載荷した場合において、床版支間中央に設けた継手部の水平面内の開きが0.02mm、鉛直方向の段差が0.004mmにとどまっております。継手部の安全性が確認できた。

### 5. おわりに

以上のように、提案するSCデッキが、十分な施工性

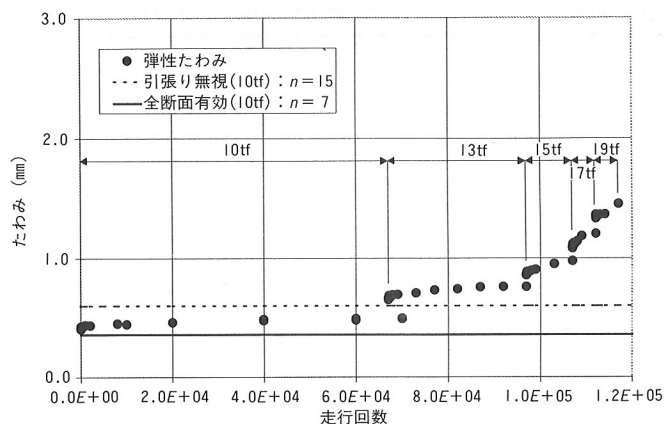
および耐力・耐久性を有することを確認することができた。今後の課題としては、横リブが水平せん断力を分担する効果を明確にすることによりスタッド本数を低減すること、また、下鋼板の橋軸および橋軸直角方向の継手構造を簡略化することなどが重要であると考えられる。

なお、SCデッキの経済性は、桁下空間の利用に制限がある場合には、場所打ちRC床版と同程度であると試算される。

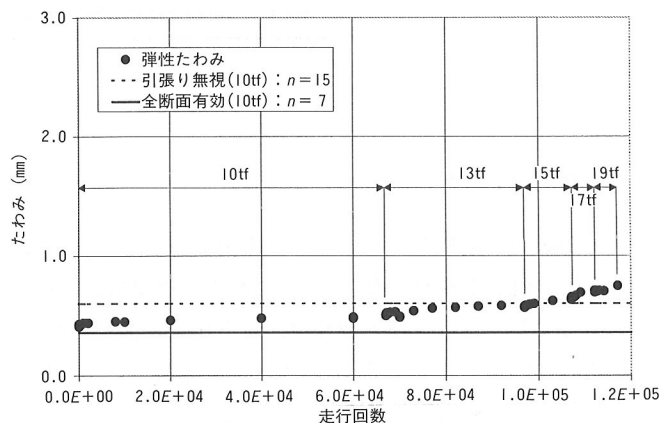
最後に、本文をまとめるにあたり、多大なるご指導を賜った日本道路公団名古屋建設局構造技術課および一宮工事事務所の皆様方、ならびに大阪大学・松井繁之教授、大阪工業大学・堀川都志雄教授に心から感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 松井・秋山・渡辺・武田：合成鋼床版合成桁 田中橋の設計と施工，橋梁，pp.31~39,1986-11.
- 2) 松井・佐々木・福本・渡辺：走行荷重下における合成床版の疲労特性，土木学会第42回年次学術講演会，I-164, pp.362~363,1987-9.

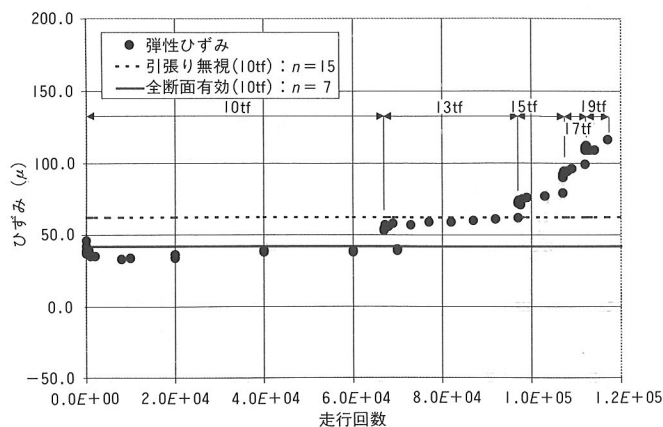


a) 弾性たわみ

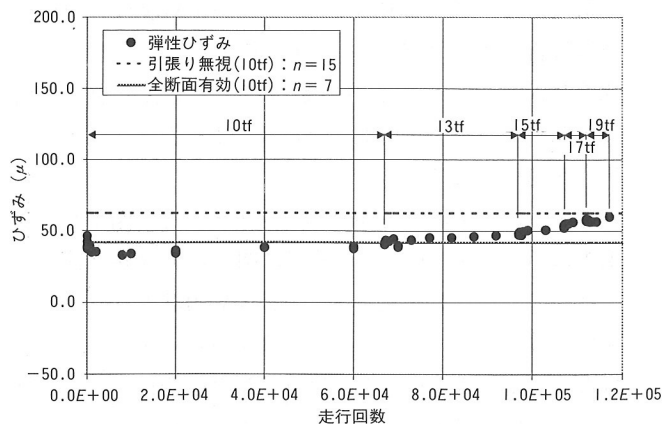


b) 換算弾性たわみ

図8 Bパネルの床版の弾性たわみの経時変化



a) 弾性ひずみ



b) 換算弾性ひずみ

図9 Bパネルの下鋼板下面の弾性ひずみの経時変化