

## 鋼・コンクリート合成床版の要求性能と検証方法に関する一提案

### Proposal on Required Performance and Verifying Method for Steel-Concrete Composite Slab

山下 修平\*, 保呂 秀次\*\*, 奥村 恭司\*\*, 佐藤 徹\*\*\*, 永来 良吾\*\*\*\*

YAMASHITA Shuhei, HORO Hidetsugu, OKUMURA Kyouji, SATO Toru and EIRAI Ryougo

- \* (株) 宮地鐵工所 千葉工場生産設計グループ (〒290-8580 千葉県市原市八幡海岸通3番地)
- \*\* (株) 宮地鐵工所 設計部設計グループ (〒290-8580 千葉県市原市八幡海岸通3番地)
- \*\*\* (株) 宮地鐵工所 設計部技術開発グループ (〒290-8580 千葉県市原市八幡海岸通3番地)
- \*\*\*\* 国土交通省関東地方整備局高崎河川国道事務所 (〒370-0841 群馬県高崎市栄町6-41)

The construction of Kameizumi Viaduct, which consists of four steel bridges: rationalized plate girder bridge with steel-concrete composite slab, was contracted as a “design-build project”. Steel-concrete composite slab has been adopted widely and its number of construction examples has been increasing remarkably. However, design method and regarded regulations for steel-concrete composite slab are not described clearly in Specifications for Highway Bridges. This paper presents a verifying method for steel-concrete composite slab to satisfy the required performances of bridge deck, which showed in Specifications for Highway Bridges. And an outline for maintenance management of steel-concrete composite slab is also presented.

**Key Words:** design-build system, steel-concrete composite slab, required performance, maintenance

キーワード: デザインビルド方式, 鋼・コンクリート合成床版, 要求性能, 維持管理

#### 1. はじめに

亀泉高架橋工事は、国土交通省関東地方整備局より設計・施工一括方式で発注された工事である。橋梁形式として、社会的要求であるコスト縮減や工期短縮の観点から、鋼コンクリート合成床版を有する鋼少数I桁橋を提案し、採用されることとなった。

鋼コンクリート合成床版は、平成14年3月に改訂された道路橋示方書・同解説（以下、道示という）II鋼橋編で「鋼板や型鋼等の鋼部材とコンクリートが一体となって荷重に抵抗するよう合成構造として設計される床版」と記されているが、この床版形式に関係する設計手法や構造細目などの仕様は明確に規定されていない。ただし、新しい形式の床版であっても道示の規定を満足すれば用いることが可能とされることから、本工事への鋼コンクリート合成床版の適用に際し、発注者が設置する技術評価検討委員会において、道示に規定された要求性能との適合性について評価が行われることとなった。評価検討においては本工事が国道17号線という重要路線に位置していることもあり、床版の基本的な要求性能である耐力および疲労耐久性などとともに、設計・施工一括発注

方式におけるリスク分担の考え方に基づいて維持管理性能についても重点が置かれた。そのほか橋の立体的機能、耐震性能や品質管理方法などについても鋼コンクリート合成床版の課題について附帯条件が設定された。

本稿は図-1に示すT形リブを用いた鋼コンクリート合成床版（以下、合成床版という）と鋼少数鉄桁を組み合わせた橋梁形式に対し、道示の要求性能を満足することを検証するために行った検討結果をまとめ、性能規定型設計に対する一手法および合成床版の維持管理要領を提示するものである。

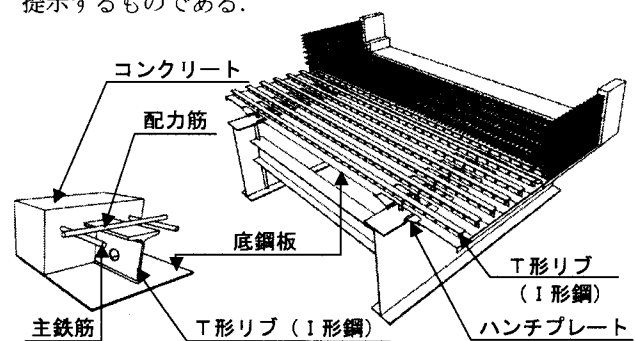


図-1 T形リブを有する合成床版の構造概要

## 2. 道路橋示方書の要求性能

鋼橋床版に求められる基本的な機能は、道示Ⅱ鋼橋編「8章 床版」に示されているとおり、床版に作用する活荷重等を桁構造に安全に伝達することである<sup>1)</sup>。したがって床版の設計においては、①活荷重に対して断面が抵抗できる“耐荷力性能”，②活荷重等に対して疲労耐久性を損なう有害な変形が生じないようにする“供用性能”，③自動車の繰返しによって疲労しない“疲労耐久性”などの性能を満足することを検証する必要がある。そのほか、④主桁間の荷重分配作用を考慮する場合の“荷重分配性能”や、⑤地震などによる横荷重に対する影響を評価する“横荷重抵抗性能”を満足することが求められる。近年では床版が橋梁構造物の一部として極めて重要な部材と位置付けられており、⑥構造物としての性能を確保するための“立体的機能”，⑦部材の腐食や疲労に対する安全性を確保するための“材料耐久性能”も床版の要求性能に挙げられる。また、合成床版は床版下面が鋼板で覆われるため、コンクリ

ートの剥落などによる第三者災害を未然に防止する上では有効である一方で、目視による損傷状態の確認が困難というリスクがある。そこで、⑧維持管理を容易に行うことができる“維持管理性能”もまた、発注者と受注者がリスクを分担する上で考え方を示す必要がある。なお、これらの要求性能を満足するためには、製作および施工品質が確保されていることが前提となる。そのため、品質管理方法や保証方法を明示することが必要となる。

## 3. 要求性能の検証方法

合成床版および合成床版を有する少数主桁橋が道示の要求性能を満足することを検証するために、前項に挙げた8項目の要求性能に対する本工事の課題、その対応策および検証方法を整理した(表-1)。この中の検証方法は表-2に示すように、実物大の実験等による直接的方法、部分モデル実験やFEM解析による間接的手法、および道示のみなし仕様を準用する等の経験的手法に分類される<sup>2)</sup>。

表-1 道路橋示方書の要求性能に対する課題と対応

道路橋示方書の要求性能	亀裂高架橋の課題	対応策	検証の手法
<p>＜(A)立体的機能＞ 道示Ⅱ 7.1, 10.6 橋の断面形の保持、剛性の確保、横荷重の支承への伝達が図れる構造とする。</p>	<p>主桁の削減と横橋の省略に対して橋の立体的機能が確保できること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主桁・橋点垂直補剛材、横橋で構成されるラーメン構造で剛度を照査</li> <li>ねじり抵抗機能の確保</li> <li>横橋れ座屈の照査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路橋設計便覧 下路式プレートガーダーの剛度</li> <li>中間横橋を6m以下の間隔で配置、主桁の剛力で抵抗</li> <li>主桁間隔に対する主桁支間長みの比を18以下確保</li> </ul>
<p>＜(B)耐荷力性能＞ 道示Ⅱ 8.1.2(1) 直接支持する活荷重等の影響に対して安全なようにする。</p>	<p>鋼とコンクリートの合成構造であり、道示に準拠して設計する場合、平面保持、等方向など適用性を確認する必要があること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>平面保持、等方向、ヤング係数比の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土研荷重重走行試験の結果とFEM解析結果の対比</li> </ul>
<p>＜(C)供用性能＞ 道示Ⅱ 8.1.2(1) 荷重に対して疲労耐久性を損なう有害な変形が生じないようにする。</p>	<p>活荷重による床版の変形によって支持桁の構成部材や床版と桁の接合構造に疲労損傷が生じないこと。</p> <p>主桁の削減と横橋の省略の影響を確認する必要があること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>曲げモーメントに対する照査</li> <li>せん断力に対する照査</li> <li>曲げ耐力の照査</li> <li>押抜きせん断耐力の照査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>曲げ応力度：RC断面計算と同様</li> <li>せん断応力度：FEM解析</li> <li>曲げ耐力：設計曲げモーメントに対する終局曲げモーメントの比率</li> <li>押抜きせん断：大阪大学での実験の結果かぶり部分のコンクリートの押抜きせん断</li> </ul>
<p>＜(D)疲労耐久性性能＞ 道示Ⅱ 8.1.2(1)(2) 自動車の繰返し通行に対して疲労耐久性が損なわれなくするものとする。</p>	<p>主桁の削減と横橋の省略の影響を確認する必要があること。</p> <p>実績が遠く、橋樑メカニズムが必ずしも明確でないため、荷重重走行試験等により既往の床版との相対比較による検証が必要であること。</p> <p>連続桁であるため、中間支点上は主桁作用による負曲げの影響を考慮する必要があること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ずり止め、底橋板継手部等の合成床版特有の部位についても確認する必要があること。</li> <li>荷重伝達機能の確保</li> <li>鉛直曲げ耐力の確保</li> <li>活荷重たわみの照査</li> <li>床版としての疲労耐久性照査</li> <li>主桁作用負曲げ部の疲労耐久性照査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>孔あきジベル：鋼構造物設計指針 PART B</li> <li>底橋板継手部：道示Ⅱ 6.3 高力ボルトの継手</li> <li>輸送時・架設時：FEM解析</li> <li>床版と支持桁の接合部にてPC設置</li> <li>PC床版の曲げ剛度と対比</li> <li>主桁を含むモデルによるFEM解析</li> <li>荷重重走行試験による基準床版(RC)との比較</li> <li>引張応力作用下における荷重重走行試験</li> </ul>
<p>＜(E)材料耐久性能＞ 道示Ⅱ 5.2 鋼材、コンクリートに供用期間中に有害な劣化、劣化が生じないようにする。</p>	<p>本橋に固有の課題はないが、既往の床版と同様の対応策の必要があること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼材部耐力範囲照査</li> <li>コンクリート内部の応力状態照査</li> <li>コンクリート部耐力範囲照査</li> <li>継手部の疲労耐久性照査</li> <li>潜水状態における耐力力の照査</li> <li>腐食状態における耐力力の照査</li> <li>床版防水システムの設置</li> <li>潜水抑制システムの設置</li> <li>コンクリート充填試験による施工方法の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「鋼道路橋の疲労設計指針」の手法準用</li> <li>FEM解析</li> <li>曲げ応力履歴を既往の床版のレベルと対比</li> <li>荷重重走行試験における継手部の目視量</li> <li>鋼板/パネルのみモデルによるFEM解析</li> <li>腐食時断面モデルによる安全率照査</li> </ul>
<p>＜(F)維持管理性能＞ 道示Ⅱ 1.5 点検が容易であること、補修・復旧が容易であること。</p>	<p>底橋板により床版下面のひび割れを直接目視できないため、間接的に損傷の進行度を把握する必要があること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄筋かぶりの確保、底橋板の塗装</li> <li>床版防水システムの設置：防水材と舗装による床版防水機能+舗装の耐久性を向上させる排水機能</li> <li>路面排水計画：計画降水量に対し、路肩の幅で過水し流下させる。</li> <li>ひび割れ幅の抑制：引張側コンクリートのひび割れ、許容幅以下</li> <li>鉄筋かぶりの確保、底橋板の塗装</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>足場、型枠の設置が不要であるため安全かつ短期に、交通規制を必要最小限に抑えて床版の補修・復旧が可能である。</li> </ul>
<p>＜(G)荷重分配性能＞ 道示Ⅱ 8.1.2(2) 床版に主桁間の荷重分配作用を考慮した設計を行う場合には、その影響を適切に評価し、それらに対して安全なようにするものとする。</p>	<p>本橋の設計では床版に荷重分配機能を求めないため、本体構造(主桁、横橋)のみで荷重を分配させる必要があること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計手法の適用：鉛直荷重に対し、主桁と横橋で構成される骨組構造にて荷重を分配する。</li> <li>荷重分配可能な横橋構造：荷重分配に伴う曲げモーメント、せん断力を伝達出来る横橋構造とする。</li> <li>支持桁の不平等下による付加曲げモーメントの影響照査：必要床版厚の確保</li> </ul>	
<p>＜(H)横荷重抵抗性能＞ 道示Ⅱ 8.1.2(2) 地震の影響や風荷重等の横荷重に対して床版が抵抗する設計を行う場合には、その影響を適切に評価し、それらに対して安全なようにする。</p>	<p>本橋は非合成桁であるが、横橋を設けないため、横荷重に対して床版が抵抗するように設計する必要があること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性の確保：床版本体の耐久性確保</li> <li>断面形状の保持：主桁、橋点垂直補剛材、横橋にてラーメン構造を形成</li> <li>剛性の確保：地震時面外曲げモーメントによる各部の応力照査の結果、許容応力度以下</li> <li>荷重の伝達機能：地震時横荷重に対する有効範囲に引抜きスタッドを必要本数配置する。</li> </ul>	

表-2 検証手法の分類

検証手法	検証方法の例
①直接的手法	・実橋による検証 ・実物大供試体を用いた試験検証
②間接的手法	・部分、縮小供試体を用いた試験検証 ・構造解析による検証
③経験的手法	・道示のみなし仕様の準用 ・望ましくない構造細目の排除 ・施工品質の確保

以下に、主な要求性能に対する検証手法を示し、その考え方を説明する。

### 3-1. 耐力性能の検証

合成床版の耐力性能については、作用する断面力によって生じる各部の応力度が許容応力度を満足することを確認する応力的検証が基本となるが、その検証が成立するための前提条件が必要となる。すなわち、断面力算定においては道示のT荷重による設計曲げモーメントを適用するための「床版の等方性の保証」、応力度算定においては「平面保持の成立」、「鋼とコンクリートのヤング係数比の設定」などである。これらは主に、輪荷重走行試験など部分縮小モデルによる静的載荷試験のひずみ計測データから確認しており、FEM解析との対比も含めて「間接的手法」を適用している。

### 3-2. 疲労耐久性の検証

現状の床版疲労設計法は道路橋床版としての要求性能に対する明確な規定はない。鉄筋コンクリート床版のように損傷メカニズムがある程度明らかになっている構造に対しては、損傷メカニズムに対する理解に基づいて疲労耐久性を向上できる仕様が定められてきた経緯から、仕様を満足することによって必要な性能が確保されるものとみなされている。一方、床版に求められる性能を満足すれば合成床版などの新しい床版構造の採用が可能となっているが、合成床版の施工実績は多くはなく、実橋に供用されている期間も10年程度と比較的短く問題となる損傷が生じていない、輪荷重走行試験で破壊させた事例も極めて少ないなど、損傷メカニズムが明確なものとはなっていない。そのため、疲労耐久性を確保するための仕様を規定すること、または疲労耐久性の照査手法を示すことは困難である。一般的に、合成床版の疲労耐久性が道示の要求性能を満足していることを検証する方法については、輪荷重走行試験によって性能がある程度確認されている鉄筋コンクリート床版およびプレストレストコンクリート床版との相対的な比較を行うことによって、それらの床版と同等以上であるとしている。しかしながら、輪荷重走行試験の供試体と実橋の合成床版の断面諸元は同一ではないため、実橋に作用する活荷重に対して床版各部に発生する応力度が輪荷重試験で生じた応力度以下であり、さらに一定以上の余裕を確保することとした。また鋼部材に対しては、疲労強度が確認されている継手構造の適用と品質管理による「経験的手法」を取り入れている(表-3)。

表-3 疲労指針<sup>3)</sup>を準用した鋼部材の疲労照査の概要

確認項目	適用	内容
疲労設計の基本	①疲労耐久性に配慮した継手・構造の採用 ②継手の疲労強度等級と前提となる継手品質	継手位置：Tリブと底鋼板の接合部 継手の種類：連続すみ肉溶接継手、脚長6mm
公称応力と実応力の関係	輪荷重載荷時試験体の実応力と同試験体をモデル化したFEM解析結果の応力を比較	主鉄筋方向：設計計算補正係数 $\alpha' = 0.52$ 配力筋方向：設計計算補正係数 $\alpha = 0.38$
継手の強度等級	疲労指針3.2を準用	主鉄筋方向：縦方向溶接継手(すみ肉溶接) D等級 配力筋方向：荷重非伝達型十字溶接継手 E等級 鋼板ハネル継手部(H T B摩擦接合部母材) B等級
疲労強度	疲労指針3.1を準用	D等級：打ちり限界(一定振幅応力) 84 (N/mm <sup>2</sup> ) E等級：打ちり限界(一定振幅応力) 62 (N/mm <sup>2</sup> )
最大応力範囲評価方法	2主・3主鉄筋と合成床版(全断面有効)を考慮した代表モデル(亀泉高架橋の仕様)によるFEM解析。同解析結果を元に実橋の断面剛度(引張側コンクリート無視)に補正して算定	
FEM解析モデル	解析モデルは、Tリブ・底鋼板等、床版厚等、亀泉高架橋で適用する仕様に合わせてQSSスラブをモデル化する。さらに主桁系の影響を考慮するため、亀泉高架橋の2主・3主桁各々2径間分の主桁・横桁もモデル化し、支間中央と中間支点上に着目する。	
載荷荷重	疲労指針 表付2.3.1の荷重モデル、代表的な幹線道路における実交通荷重の実態調査結果、のうち支配的な荷重(大型トラック、大型ダンプ、セミトレーラー)を載荷。荷重載荷位置は着目点が最大となるように設定。	
T荷重補正係数	実態荷重モデル載荷のため、実車両の様々な軸距や軸数を考慮済み。	補正しない(係数=1.0)
衝撃係数 i	疲労指針4.2.2(2).2) $i = 1.0 / (5.0 + L)$ を適用	$L = 4m$ より $i = 0.185 \rightarrow$ 上限値 0.2
構造解析係数 $\gamma$	疲労指針4.2.2(2).3)注) を準用	上記、公称応力と実応力の関係： $\alpha' < 0.8$ より $\gamma_{\alpha} = 0.8$ が適用可能と考えるが、 $\gamma_{\alpha} = 1.0$ にて照査
隣接車線の影響 k	FEM解析時に隣接車線のT荷重を考慮済み	補正しない(係数=1.0)
平均応力補正係数 $C_m$	疲労指針3.3を準用	補正係数 $C_m = 1.0$ (安全側)
板厚補正係数 $C_T$	疲労指針3.4を準用	補正係数 $C_T = 1.0$ (安全側)
二方向応力の影響	「鋼構造の疲労設計指針・同解説(JSSC)」の、「非線形性が大きくない状態に対しては、継手平行方向の応力による影響は無視してよい」との記述より、主鉄筋方向、配力筋方向の各々照査する。	

### 3-3. 維持管理性能の検証

合成床版の維持管理を行う上では、実際の床版がどのような損傷過程を辿って破壊に至るかを把握する必要がある。しかしながら、合成床版の損傷メカニズムは明らかでないため、既往の鉄筋コンクリート床版の損傷過程<sup>4)</sup>を参考として、図-2に示す合成床版の破壊を確認するために実施した湿潤状態での輪荷重走行試験結果<sup>5)</sup>などの知見を基に、合成床版の損傷過程を推測した(図-3)。

合成床版のひび割れは、輪荷重走行試験終了後の切断面の観察によって、コンクリートの橋軸直角方向ひび割れ発生、橋軸方向ひび割れ、水平ひび割れおよびせん断ひび割れの発生が確認されている。したがって、損傷過程としては鉄筋コンクリート床版と同様に、一方向ひび割れから二方向ひび割れへの進展、水平ひび割れの発生、ひび割れの貫通、梁状化などを経て、最終的には押し抜きせん断破壊に至るものと予測した。また、底鋼板を用いてコンクリートと一体化するためのずれ止めや補強リブ構造が多様である各種合成床版特有の問題として、床版コンクリートのひび割れ発生から、最終段階である押し抜きせん断破壊までの過程の間には、ずれ止めの劣化や損傷、コンクリートひび割れから床版内浸水による鋼部材の腐食などが生じることも考えられる。そこで、図-4に示す3種類の合成床版の破壊パターンに対応するよう、全ての破壊に対する部材断面の状態を想定した応力的検証を行い、合成床版が損傷した状態でも一定の力学的安全性を保証することとした。

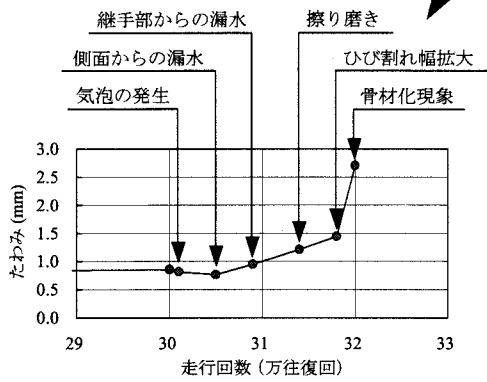
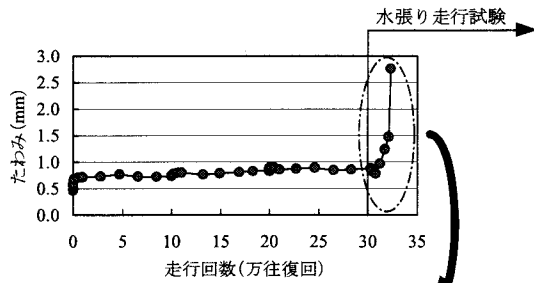


図-2(a) たわみの変化と損傷状態

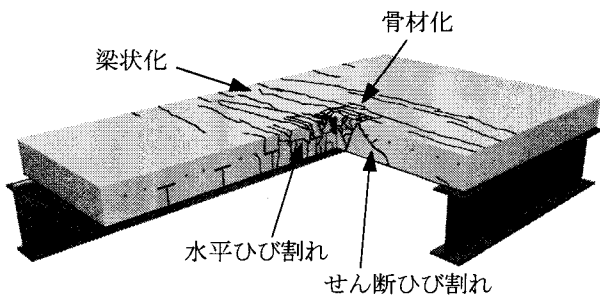


図-2(b) ひび割れ発生状態

Phase	参考:RC床版		例:コンクリート合成床版		床版の劣化・現在化する現象
	損傷過程	損傷過程	損傷過程	損傷過程	
①		初期段階		初期段階	打音試験を行えば劣化の発生がみられる
		・転倒収縮ひび割れ		・付着切れ	
		・一方向ひび割れ(転倒収縮ひび割れ)		・一方向ひび割れ(転倒収縮ひび割れ)	
②		・二方向ひび割れ・間隙およびすりきり発生		・二方向ひび割れ・間隙は重荷で増大	たわみは安定状態
		・ひび割れ網化		・ひび割れ網化	
③~④		・貫通ひび割れ・間隙およびすりきりによる劣化の加速		・貫通ひび割れ・間隙は重荷で増大	損傷部のたわみ(弾性)増加がみられる
		・せん断破断の減少		・せん断破断の減少	
⑤		・押し抜きせん断破断		・押し抜きせん断破断	高弾性的な現象
		・押し抜きせん断破断		・押し抜きせん断破断	

図-3 合成床版の損傷過程の推定

①ずれ止め損傷鋼部材先行型 (タイプ1)

底鋼板とコンクリートを一体化するためのずれ止めが疲労によって破断するパターン

②ずれ止め損傷コンクリート先行型 (タイプ2)

ずれ止め近傍のコンクリートが塑性化するパターン

③重ねばり化型 (タイプ3)

補強鋼材位置から水平ひび割れが発生し、コンクリートが上下に分離して床版の剛性低下を招くパターン

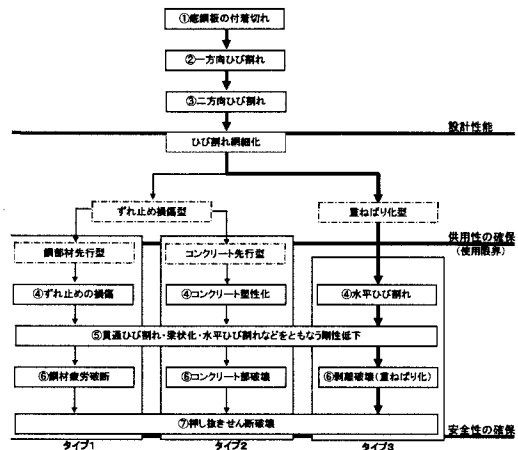


図-4 各種合成床版の破壊パターン

4. 維持管理要領の提案

一般に合成床版に限らずコンクリート系床版では、適切なコンクリートの品質管理および舗装や防水層を含めた防水システムにより、床版の耐久性を確保することとしている。しかしながら、橋梁を保全し所要の耐用年数を確保するためには、維持管理方法を示す必要がある。また、本橋は国道17号線という重要路線にあるため、地震時などの異常時においても、ある程度交通機能を確保することが求められた。

合成床版は底鋼板を有するため、コンクリート剥落など第三者災害に対する危険が軽減されるという特長があるものの、床版下面のコンクリートのひび割れを直接目視することができないことが維持管理におけるリスクとなる。そこで、合成床版において顕在化する損傷等の異常を想定し、現象と損傷の程度を間接的に把握する点検手法を検討した。図-2(a)に示したように、ひび割れの進展に伴い床版剛性が低下してたわみが増加したことなど、合成床版の損傷状態とたわみの変化には相関性が見られたことから、“路面の異常と床版下面からの漏水の有無を重点的に点検すること、および“床版のたわみで損傷状態を評価すること”を合成床版の維持管理の基本方針とし、点検要領は「国土交通省国道・防災課：橋梁定期点検要領(案)、平成16年3月」に基づくものとした。以下に、合成床版の維持管理要領を概説する。

4-1. 点検フロー

合成床版の維持管理における損傷等の検出方法は、目視によることを基本とし、図-5に示すフローに従って点検・調査を行うものとする。

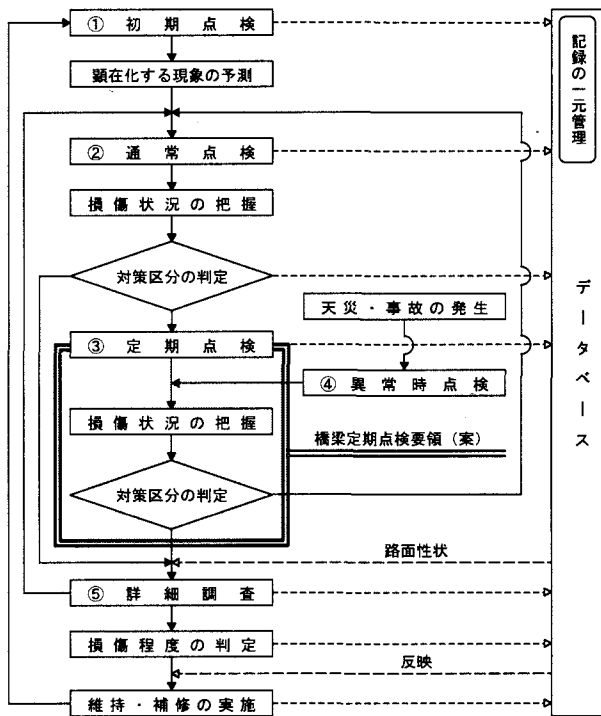


図-5 合成床版の維持管理フロー

#### 4-2. 点検項目

合成床版に発生が予測される損傷について、損傷の種類、着目箇所、損傷の特徴を表-4および図-6に示す。

表-4 合成床版の損傷

点検項目	損傷の種類	着目箇所	損傷の特長
鋼材	腐食	底鋼板下面	集中的な錆
	き裂	底鋼板	疲労き裂
	ゆるみ・脱落	パネル継手	高力ボルト
	破断	底鋼板	脆性破面
コンクリート	防食機能の劣化	鋼材外面	塗膜変色、剥離
	ひび割れ	地覆・壁高欄	ひび割れ幅
	剥離・鉄筋露出	地覆・壁高欄	鉄筋の錆
	錆汁・エフロレッセンス	継手、開口部	変色を伴う漏水
	床版ひび割れ	路面	ひび割れ位置
その他	浮き	路面	舗装の剥離
	路面の凹凸	路面	凹凸や段差
共通	舗装の異常	路面	ポットホール
	変色・劣化	地覆・壁高欄	コンクリート
	漏水・滞水	伸縮装置	常時
	異常なたわみ	底鋼板	剛性低下
	変形・欠損	不特定	部材の
	土砂詰まり	排水桝	排水機能低下

#### 4-3. 対策区分の判定方法

対策区分の判定は、舗装路面と床版下面の点検を行い、両者の損傷程度の組合せにより行う方法とした(表-5)。車道部と床版張出部の区別は、緊急時における交通機能確保の観点から、走行への影響の重要度を勘案したものである。この対策区分の判定に基づいて詳細調査を実施し、補修・補強の要否を判定するものとする。詳細調査は必要に応じて非破壊検査等を採用するのが望ましい。

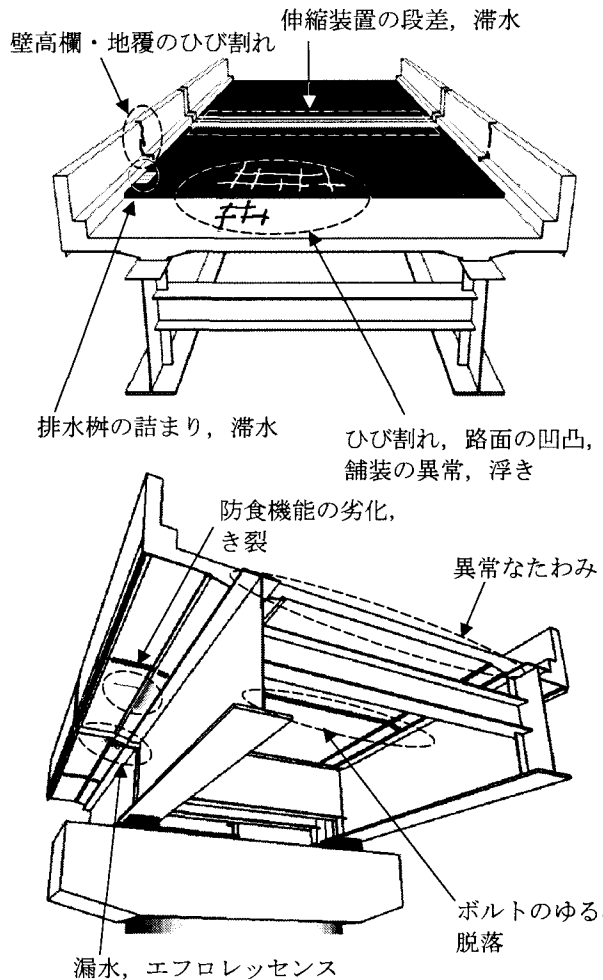


図-6 合成床版を有する橋梁の主な損傷例

表-5 対策区分の判定

【車道部】		舗装路面の異常					
損傷の種類	損傷の程度	異常なし	ポットホール発生	うき発生	ポットホール規則的*に発生	うき規則的*に発生	網目状ひび割れ発生
床版下面の漏水	漏水なし	◎	□	□	▲	▲	▲
	漏水あり	×	×	×	×	×	×
	遊離石灰あり	×	×	×	×	×	×
	錆汁あり	×	×	×	×	×	×

\*支保工リブ間隔500mm毎

【床版張出部】		舗装路面の異常					
損傷の種類	損傷の程度	異常なし	ポットホール発生	うき発生	ポットホール規則的*に発生	うき規則的*に発生	網目状ひび割れ発生
床版下面の漏水	漏水なし	◎	□	□	▲	▲	▲
	漏水あり	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	遊離石灰あり	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	錆汁あり	▲	×	×	×	×	×

◎:記録 □:舗装の機能保全 ▲:追跡調査 ×:詳細調査

## 5. 品質管理

合成床版の品質は、鋼板パネルの構造およびコンクリートの材料特性から、鋼材の溶接品質およびコンクリートの施工品質に依存するところが大きい。特に耐荷力・耐久性などの所要の性能を満足するためには、コンクリートが確実に充填されている必要がある。しかしながら床版コンクリートの充填性は、床版の完成後に確認することは困難であることから、各段階の施工要領に従った適切な施工を行うプロセス管理によって、所定の品質を確保することが基本と考えている。

### 5-1. 鋼材の溶接品質

合成床版の製作においては、底鋼板とT形リブの溶接継手の品質確保が重要となる。継手に要求される品質を確保するために、鋼板厚、すみ肉溶接脚長など道示のみなし仕様を適用するとともに、一般構造用鋼材（SS400）を用いることから、溶接施工試験を実施して施工要領を確認することとしている。

### 5-2. コンクリートの充填性

合成床版のハンチ部の構造、または補強鋼材の形状によって狭隘部が存在し、コンクリートの充填性がリスクとなる場合がある。そのため、コンクリートの品質管理として床版内に空隙等が生じないことを保証する必要がある。そこで、良好な施工品質が確保できる方法をあらかじめ確認しておくために、コンクリート施工確認試験を実施することとした。コンクリート施工要領の主な着目点は、打込み時のスランプ、内部振動機の挿入時間および間隔の設定、打継目のせき板の構造などとした（写真-1）。なお、合成床版に使用するコンクリートは、初期ひび割れの防止を目的として膨張コンクリートを使用している。

コンクリート硬化後に実施した切断面の観察の結果、コンクリートの配合および締固め方法など施工要領の相違による品質への影響は確認されず、想定内のいずれの方法においてもコンクリートの充填性を満足できることを確認した。実橋では表-6に示す主な施工要領を施工計画へ反映し、適切なプロセス管理を行うこととしている。

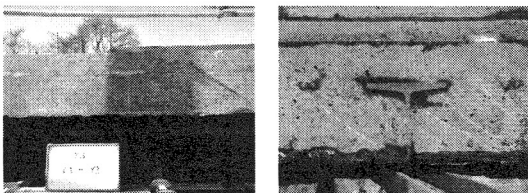


写真-1 コンクリート施工確認試験状況

表-6 コンクリート施工要領

項目		施工条件
スランプ		8 cm
内部振動機	挿入時間	3 秒×2 回
	挿入間隔	25 cm～40 cm

また、合成床版の維持管理に関連して、万が一コンクリートの損傷が進行し、打換え補修が必要となった場合を想定した検討も合わせて行った。合成床版はコンクリート打込み時の型枠を底鋼板が兼用するため、比較的容易に補修を行うことができると考えている。試験ではウォータージェットマシンによりコンクリートをはつり、ジェットコンクリートを用いて再打込みを行っており（写真-2）、十分に補修工法として適用できることを確認している。

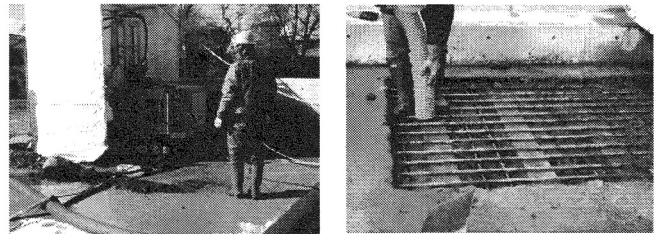


写真-2 ウォータージェットによるはつり試験

## 6. おわりに

建設コスト削減などの社会的要求を受けた合理化構造の採用促進に伴い、鋼コンクリート合成床版の実績も増加傾向にある。しかしながら、その歴史は浅く疲労耐久性能の確認や維持管理手法の確立など、未だ多くの課題を残しているのが実状である。本報告が今後の鋼コンクリート合成床版の発展と、設計手法の確立のための一助となれば幸いである。

最後に、亀泉高架橋工事技術評価検討委員会の委員の皆様方、委員会を運営された（財）先端建設技術センターの事務局の方々には多大なる御指導を賜りました。ここに深甚なる感謝を申し上げます。

### 【参考文献】

- 1) 玉越, 川畑: 鋼道路橋床版の設計と留意点 一道路橋示方書改訂について一, 第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集, 2003.6, 土木学会
- 2) 鋼コンクリート合成床版施工技術検討会: 設計のガイドライン (案), 2005.3, 先端建設技術センター
- 3) 鋼道路橋の疲労設計指針, 2002.3, 日本道路協会
- 4) 例えば松井, 他: RC床版とその損傷 (その2), 橋梁と基礎, 1998.6, 建設図書
- 5) 林, 他: T形リブを用いた鋼・コンクリート合成床版の中間支部部輪荷重走行試験, 第四回道路橋床版シンポジウム講演論文集, 2004.11, 土木学会