

3. 合成床版の最新の知見

—鋼・コンクリート合成床版の維持管理計画—

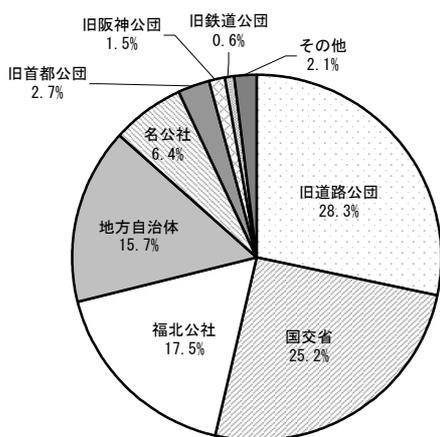
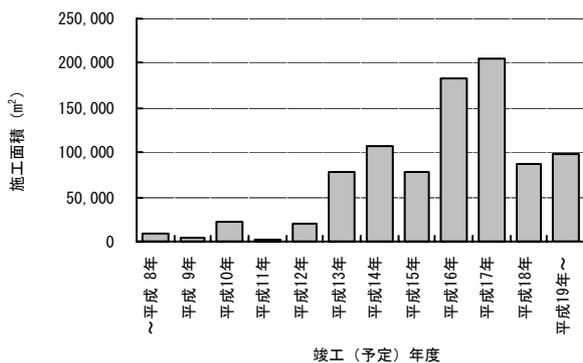
技術委員会 床版小委員会

1. はじめに

近年の鋼橋技術においては、ライフサイクルコスト最小化を目指した床版の高耐久性化・高機能化に関する技術開発が進められ、少数 I 桁橋や開断面箱桁橋などに代表される合理化形式の橋梁構造の採用とともに、床版は橋の立体的機能を担う重要な部材としてその技術は大きく向上してきた。そのなかでも鋼・コンクリート合成床版（以下、合成床版という）は、施工性や高耐久性によるライフサイクルコスト低減およびコンクリート剥落防止等の特長を有することから、各機関で広く採用されるようになってきている。

において同等以上の耐久性を保有することが確認されている。このような合成床版の優れた疲労耐久性を保証する上で重要な事項は、鋼板パネルの工場製作時および場所打ちコンクリート施工時の適切な品質管理とともに、点検項目や補修・補強の判定および補修・補強方法の一連の維持管理体系が明確なことが要求される。合成床版は、多くの鋼材を用いるためのコンクリート充填性に対する懸念、ならびに床版下面の底鋼板により損傷や劣化を直接目視できないなどの課題が指摘されている。そのため、合成床版メーカーはコンクリート充填施工試験を実施して施工要領を確立し、コンクリート充填状況に問題のないことを確認するとともに、輪荷重走行試験で明らかになったひび割れ性状や一般的な鉄筋コンクリート床版の損傷メカニズムを参考にして合成床版の損傷メカニズムを推測するなど、合成床版の維持管理方法に関する検討も行ってきた。

本報告は、(社)日本橋梁建設協会の会員である合成床版メーカー各社が数多く実施してきた研究成果や施工から得られた知見を基に、合成床版の維持管理に対する考え方をまとめた橋建協テキスト「鋼・コンクリート合成床版 維持管理の計画資料」から抜粋したものである。この橋建協テキストを、維持管理の計画を行っていくうえでの資料として活用していただければ幸いである。

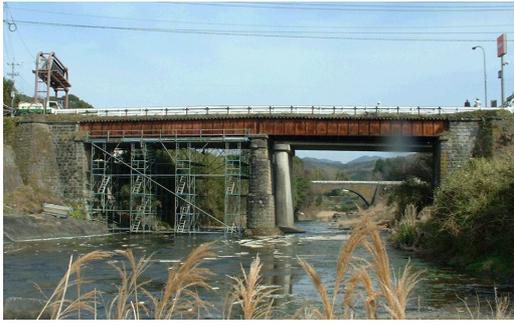


図一 合成床版の施工実績 (平成 18 年現在)

合成床版は輪荷重走行試験による疲労耐久性の検証が行われており、既往の床版との相対的な比較

2. 合成床版の歴史^{1),2)}

鋼板とコンクリートを組み合わせた床版は古くから用いられており、明治 35 年 (1902 年) に大分県臼杵市の旧国道 10 号線・津野川に架けられた明治橋は、供用中の鋼 I 桁橋としてはわが国最古であり、床版支間 4.9m の合成床版を有する鋼 2 主桁橋である (写真-1)。この床版は現在の合成床版とは異なり、合成構造という概念によるものでなく、波型トラフ鋼板を強度部材として形状保持材であるコンクリートを介して荷重伝達する設計思想であった³⁾。



写真－1 明治橋（平成13年土木学会調査風景）

鋼板とコンクリートとの合成効果を積極的に利用した床版は、長大橋の床版重量を低減するために、フランスで1950年代に開発されたロビンソン型合成床版である⁴⁾。このタイプの合成床版は、わが国でも鋼製型枠を用いた合成床版として試験研究が行われ⁵⁾、昭和54年（1979年）に首都高速道路・枝川ランプ橋に初めて採用されている。

1980年頃からは大阪大学で輪荷重走行試験機を用いた床版の疲労耐久性に関する研究が行われるようになり、合成床版についてもロビンソン型とともにトラスジベル型合成床版の輪荷重走行試験が実施され、トラスジベル型は平成3年（1991年）に阪神高速湾岸線・脇浜工区で採用された。その後もずれ止め形式の異なる様々なタイプの合成床版の研究開発が行われ、それらの研究成果として平成9年（1997年）に土木学会より鋼構造設計指針PART Bが刊行されており、合成床版の最小床版厚や設計曲げモーメント式などが規定された⁶⁾。また、建設省（現国土交通省）から提唱された「公共工事コスト削減のための新行動計画（平成9年）」を契機として、長支間の高耐久性床版と合理化橋梁の採用が進められるようになり、土木研究所との共同研究⁷⁾の成果によって、合成床版はプレストレストコンクリート床版（以下、PC床版という）と同様に、長支間化が可能な高耐久性床版と位置づけられ注目されるようになった。平成10年（1998年）に建設された千歳ジャンクション・Cランプ橋は、合成床版を用いた連続合成開断面箱桁橋で、合成床版としては初めての長支間床版（床版支間5.2m）として孔あき帯板タイプの合成床版が採用された。

福岡高速道路5号線では、開断面箱桁や細幅箱桁

に合成床版を適用した連続合成桁橋が採用され、合理化橋梁のひとつの形式として認識されている。これまでに建設された合成床版の多くは床版支間が6m以内であるが、第二東名高速道路の上倉橋（下り線、床版支間8.7m、2003年）など6mを超える長支間の実績も増加している。

平成14年に改訂された道路橋示方書には、新しい形式の床版形式として要求性能を満足することが確認できれば、合成床版も用いることが可能であることが記述されている⁸⁾。しかしながら、合成床版の品質確認の方法や要求性能の検証手法については明確に示されたものがないことから、合成床版の良好な品質を確保し、道路橋示方書に基づく要求性能を検証するための方法が求められている。これらに対しては、施工時の管理要領および留意事項、ならびに設計における要求性能の明確化と検証方法がまとめられ、一定の評価が可能な状況となっている。

このような経緯によって、合成床版は各機関で広く採用されるようになってきている。日本橋梁建設協会はこれまで、平成13年（2001年）に「橋建協標準合成床版」を策定して床版厚や床版重量の統一などを図り、協会員向けの資料として「合成床版設計・施工の手引き（初版）」を発刊した。これらは施工実績から得られた知見などを基にして改訂しており、新たに平成18年（2006年）には「鋼・コンクリート合成床版の計画資料（設計例と解説）」を発刊している。さらに、非破壊検査の適用を含めた品質管理および維持管理に関する検討なども継続的に実施し、合成床版の普及に努め現在に至っている。

3. 合成床版の維持管理方針

3.1 維持管理の意義と目的

合成床版を含めて、構造物の寿命（その性能がある水準より低下するまでの期間）は設計・施工の良否はもとより、補修・補強を含めた維持管理によって大きく左右される。図－2に示すように、構造物の健全度は経年により低下するが、維持管理により耐用年数は延び、維持管理はその性能の経時的な変化に大きな影響を与えている。合成床版は床版の高

耐久化を目指して開発されたもので、RC床版と比較して高い疲労耐久性を有している。ただし、コンクリート系床版はひび割れからの雨水の浸透により床版の劣化は著しく加速されることが明らかとなっているため⁹⁾、合成床版においてもその優れた疲労耐久性を保持するためには、維持管理を適切に行う必要がある。

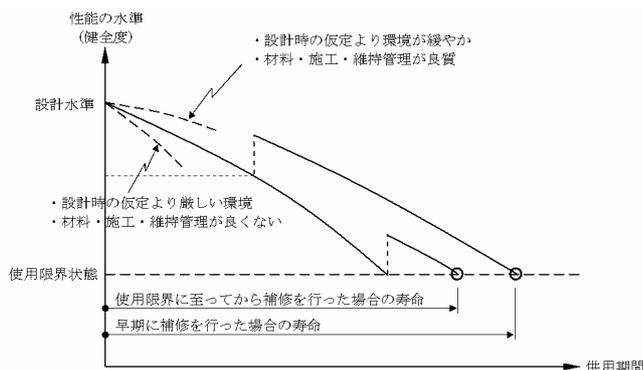


図-2 性能水準と寿命

3.2 維持管理に関わる設計・施工の留意事項¹⁰⁾

一般にコンクリート床版は車両などによる活荷重の繰り返しによる疲労損傷、温度変化による膨張・収縮、ひび割れ内に浸透した水分の凍結・融解などの他、鉄筋などの鋼材の腐食による鋼材の劣化やコンクリートのひび割れ、コンクリート材料の中酸化、落下物や衝突による衝撃的な破壊などによって損傷を生じ、劣化していく。

合成床版は、底鋼板や鋼製の主部材の強度が床版強度に占める割合が高いため、活荷重に対する疲労強度はRC床版に対して高く、輪荷重走行試験の結果からもその耐久性が確認されている。コンクリート材料の中酸化に対しても、合成床版はその上面が舗装および防水層に、下面が底鋼板に覆われており、大気(炭酸ガス)との接触面積が非常に小さいことから、中酸化の進行は劣化としてほとんど配慮する必要がない程度と考えられる。したがって、合成床版の高い耐久性を確保するためには、床版コンクリートの乾燥収縮、クリープによるひび割れと床版内への水の浸入を防ぐことが肝要である。ただし、万が一コンクリートに損傷が発生したとしても、合成床版は下面が底鋼板で覆われているため、破片が落

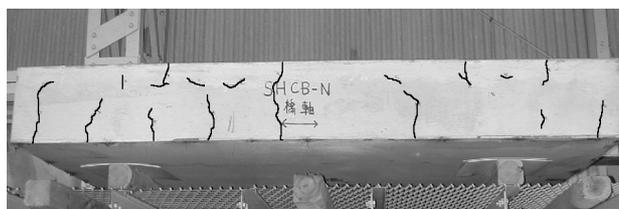
下して第三者への二次的な災害を引き起こす恐れがないことは、合成床版の大きな特長の一つである。

以下に、合成床版の維持管理において留意すべき事項を挙げる。

3.2.1 初期ひび割れの防止

合成床版の当初建設時に、ひび割れがなく鋼部材との付着のしっかりした高品質のコンクリートを施工することが、床版の耐久性を確保するために重要である。

コンクリート床版はブリーディングによって、コンクリート施工時に沈下ひび割れやプラスチック収縮ひび割れを生じることがあり、合成床版はコンクリート打込み後の乾燥収縮などが底鋼板により拘束されるため、補強材やずれ止め位置にひび割れが生じ易いと考えられる。このようなひび割れ発生を防止するためには、膨張材の使用が効果的であることを長期のコンクリートの収縮挙動を計測するために実施した試験で確認しており¹¹⁾、このことから合成床版では膨張コンクリートの使用を原則としている。なお、写真-2(a)はひび割れ分布を記録するためにひび割れを油性ペンでなぞったものであり、実際のひび割れ幅は微細なものである。



(a) 膨張コンクリートを使用しない場合



(b) 膨張コンクリートを使用した場合

写真-2 材齢2年の合成床版の乾燥収縮ひび割れ

3.2.2 防水層の設置

合成床版は下面が底鋼板に覆われているため、水分が浸入すると完全に排水することは困難である。そのため、橋面防水による浸水の防止は重要である。

特に、床版コンクリートと中央分離帯や地覆部のコンクリート打継目から雨水が浸入することが考えられるが、このような箇所の防水工は施工の手順から打継目が避けられないため、慎重な施工を行うとともにこれを補完する防水層の設置についても浸水を極力なくすように施工する必要がある。これらの箇所の他に排水柵の周りでも雨水が浸透しやすいため、配慮が必要となる。

3.2.3 滞水の防止

設計段階において床版上面における縦横断方向の排水勾配の確保や、低くなる箇所への舗装内導水管の設置など、床版上面に滞水しないように配慮することが必要である。



写真-3 舗装内導水管

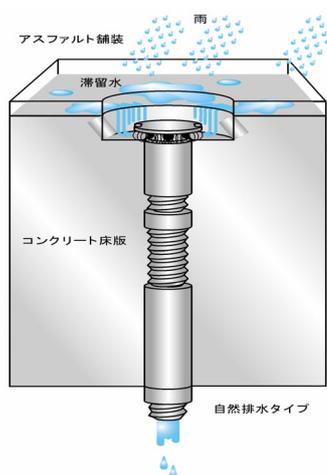


図-3 床版水抜きパイプ

3.2.4 底鋼板の防錆

合成床版は下面が鋼板で覆われ、また床版強度が鋼板強度に依存する割合が大きいため、鋼板の防錆も耐久性確保に重要である。

底鋼板下面の防錆方法は、鋼桁と同じ塗装仕様を

採用するほか、溶融亜鉛めっき、金属溶射、耐候性鋼材の使用など、鋼桁の防錆仕様に合わせる事ができる。

鋼板パネル内面のコンクリート接触面は、通常ジンクリッチプライマーを塗布することが原則となっている。寒冷地などで凍結防止剤や融雪剤が散布される地域に合成床版を適用する場合には、滞水が生じた場合の底鋼板の腐食対策として、防錆仕様を溶融亜鉛めっきとするか、あるいは厚膜のポリマーセメント系材料などによる内面塗装を行うことが有効であると思われる。



(a) 溶融亜鉛めっき



(b) ポリマーセメント系塗装

写真-4 内面重防食仕様の例

3.3 維持管理の手順

一般にメンテナンスマネジメントは、図-4に示すサイクルに準じて実施される^{12)、13)}。

このような維持管理サイクルによりデータを蓄積していくことが重要であり、将来的に管理の高度化・合理化を実現することが可能となる。このようなサイクルを考慮した合成床版の一般的な維持管理手順を図-5に示す^{14)、15)}。

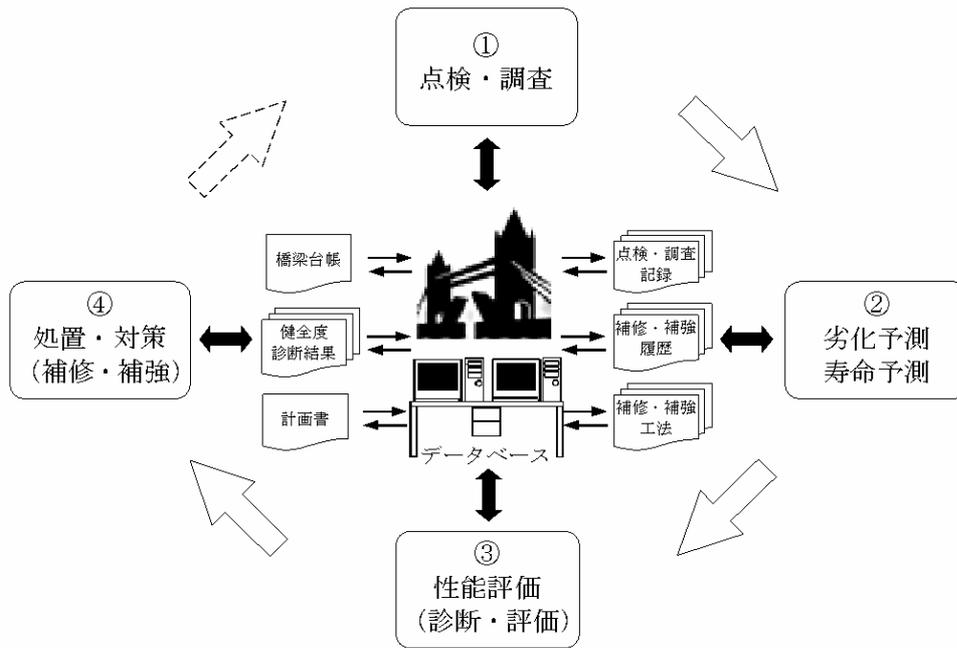


図-4 一般的な維持管理サイクルの考え方

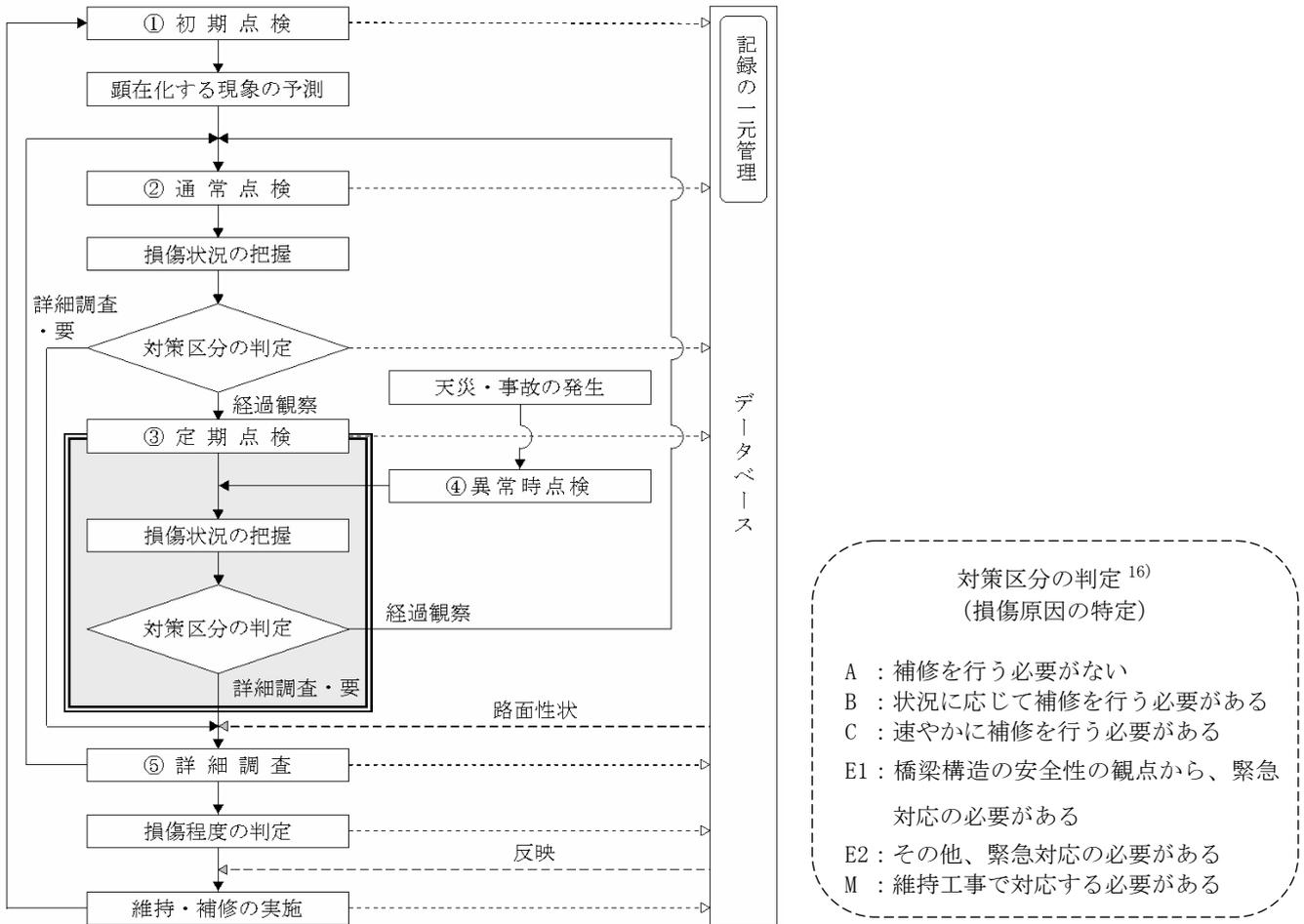


図-5 一般的な合成床版の維持管理フロー

3. 4 点検調査の基本方針

合成床版は底鋼板を有するため、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上の課題となるが、輪荷重走行試験での疲労損傷過程などから以下の状況が顕在化すると考えられる。

①合成床版の疲労耐久性の低下は、ずれ止めの疲労損傷（ずれ止め鋼材の損傷またはずれ止めまわりのコンクリート損傷）およびコンクリート内部ひび割れ損傷の進展によるものであり、疲労損傷の進展に伴い床版剛性が低下して床版たわみが増加する。

②床版剛性の低下に伴いたわみが増加することにより、橋面において舗装のひび割れやポットホールが発生する。

③床版内部に水が浸入する場合、床版剛性の低下に至らない段階で、舗装のひび割れや泥状化したコンクリートが上面に堆積する。

④床版コンクリートに貫通ひび割れが発生している場合は、床版内部へ浸入した雨水などが鋼板パネルの継手部やモニタリング孔から漏水する。

したがって、合成床版の維持管理における通常および定期点検の段階では「舗装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、および詳細調査の段階では「床版のたわみで損傷状態を評価する」ことを基本方針と考えるものとする。

合成床版は高耐久性床版のためRC床版より点検頻度を下げることは可能と考えられるが、定期的な点検は必要である。損傷や劣化が発見された場合には、適切な対策を検討し補修を実施する必要がある。

なお、漏水を監視するために設けるモニタリング孔は、足場工を設置する場合は止水テープなどで養生し、コンクリートの硬化後に撤去する方法が一般的に用いられている。足場を設置しない場合にこのような方法で止水するときは、高所作業車などを使用して止水テープなどを撤去することが望ましい。このような方法によらない場合には、コンクリート打込み時の止水によって漏水を監視する機能が損なわれることも考えられるため、施工試験によりモニタリング機能を確認している写真-5、6の例の

ような方法を参考にして、適切な止水を行う必要がある。

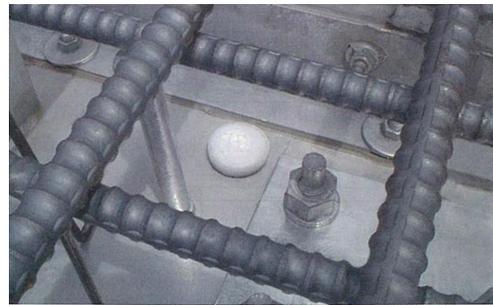


写真-5 樟腦を用いた止水栓の例¹⁷⁾



写真-6 先行モルタル施工による止水の例¹⁸⁾

4. 点検および調査の方法

4.1 点検・調査の種類および内容^{16)、19)、20)}

一般に点検・調査には、初期点検、初期点検以後の点検（通常点検、定期点検、異常時点検、詳細調査）があり、構造物の重要度および劣化予測を基に適切な点検を行う必要がある。

(1) 初期点検

初期点検は、構造物が適切に施工あるいは補修・補強されているか否かを調べるとともに、構造物の維持管理を始めるに当たっての基本となるデータを集めるという目的で行う点検である。初期点検としては、次の3種類が考えられる。

- ①新設構造物の供用以前において行う点検。竣工検査を初期点検とすることもできる。
- ②既設構造物において、維持管理行為を目的とする初めての点検。
- ③大規模な対策を行い構造物が新設同様になった場合、その後初めて行う点検。

(2) 通常点検（日常点検）

損傷の早期発見を図るために、道路の通常巡回として実施するもので、点検員による目視を主体とした点検をいう。

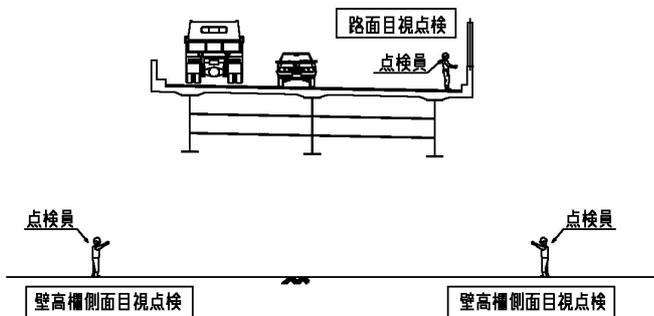


図-6 通常点検の例

(3) 定期点検

構造物の損傷状況を把握し損傷の判定を行うために、頻度を定めて定期的実施するもので、近接目視を基本としながら目的に応じて必要な点検機械・器具を用いて実施する詳細な点検をいう。

供用後2年以内に初回点検を行うものとし、2回目以降は5年以内を目安とする。

(4) 異常時点検（臨時点検）

異常時点検は、地震や台風などの天災、火災およ

び車両・船舶の衝突などが構造物に作用した場合に実施する点検であり、構造物の状況を的確に把握するとともに、対策の要否を判定することを目的とする。なお、異常時点検の特殊なものとして、構造物の変状に起因する事故が生じた場合に行う緊急点検がある。この点検は、同様の事故の発生を未然に防ぐことを目的として、事故が生じた構造物と類似の構造物に対して一斉に行う必要がある。

(5) 詳細調査

詳細調査は、目視による点検では劣化機構の推定や劣化の状態、性能低下の評価および判定が困難な場合や損傷、劣化による性能低下が顕著な場合において補修・補強を目的として、構造物の劣化や性能低下に関する詳細資料を得るために行うものである。

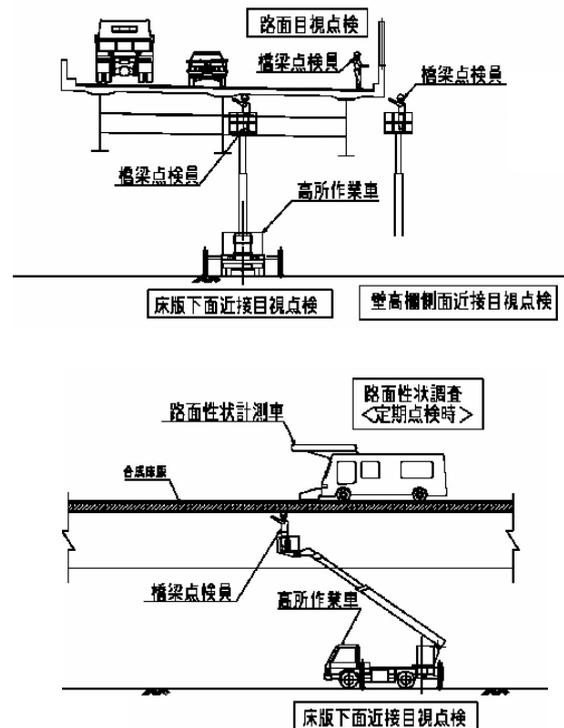


図-7 高所作業車による詳細調査の例

4.2 調査、試験や検査の方法

合成床版の維持管理における点検・調査は目視観察による方法を基本とし、損傷や劣化が生じた場合など詳細な試験や検査を行う場合には、必要に応じて非破壊検査による方法などを検討するものとする。

(1) 目視観察による方法²⁰⁾

コンクリートの劣化が進行すると、その変状が舗装表面に顕在化してくることが多いことから、点検の第一歩として舗装表面状況の目視観察を行う。点検者が舗装表面に近接できない場合は、双眼鏡などを用いることが有効である。合成床版は底鋼板により床版下面からの損傷の発生と進行を直接目視することはできないが、高い耐荷力と耐久性を有することにより供用性および安全性に問題ないなかで、経過観察を行えることも合成床版の特長と考えることができる。したがって、底鋼板面に関しても目視により漏水の有無などを観察することが望ましい(写真-7)。



(a) 舗装損傷の確認



(b) 床版下面の確認

写真-7 目視観察

目視観察により変状が確認された場合には、巻尺などにより変状の長さ、面積など定量的な評価を行うために、簡易な計測機器を用いるのがよい。また、底鋼板のうきやパネル継手部のボルトの変状などに対しては、テストハンマーを用いた打音(たたき)試験を併用することにより、その状況を把握することが有効と思われる(写真-8)。



写真-8 打音(たたき)試験

(2) 非破壊検査による方法

目視観察および打音(たたき)による試験のみでは十分な情報が得られない場合には、非破壊検査機器を用いた試験を実施するのがよい。非破壊検査機器を用いた試験を実施するに際しては、その目的、適用範囲、必要とされる計測精度を明確にしたうえで、適切な機器を選定する必要がある。

従来から、鋼材の亀裂の検出には浸透探傷試験(PT)、磁粉探傷試験(MT)、超音波探傷試験(UT)などの方法が一般的に用いられており、超音波厚さ計などによる底鋼板厚の測定などの方法は合成床版に対しても適用できる。また、非破壊試験を用いたコンクリート構造物の健全度の診断に関する研究は近年盛んに行われており、音響(AE)法、超音波法、反発硬度法、電磁誘導法、自然電位測定法、赤外線サーモグラフィ法など様々な試験方法が適用可能とされている(図-8)²¹⁾。合成床版への非破壊試験の適用も検討が進められ、ここに挙げたほとんどの方法は適用できると考えられる。これらの非破壊試験方法の詳細については、

| | | |
|----------------------------|---|--|
| 圧縮強度の推定 | ┆ 打撃法 ┆ 局部破壊法 ┆ 超音波法 ┆ 複合法 | ┆ 表面硬度法 ┆ 反発硬度法 ┆ 貫入抵抗法 ┆ 引き抜き法 |
| 動弾性係数の測定 | ┆ 超音波法 | |
| 厚さの測定、内部キズの検出 | ┆ 超音波法 ┆ 衝撃弾性波法 ┆ 放射線透過試験 ┆ 電磁波法 | |
| 空洞・浮きの検出 | ┆ 打撃法 ┆ 赤外線法 ┆ 電磁波法 | |
| ひび割れの長さ・幅 | ┆ 目視法 ┆ 赤外線法 ┆ レーザー法 ┆ 写真画像法 | |
| ひび割れ深さの測定 | ┆ 超音波法 | |
| 載荷履歴・品質 | ┆ 音響（AE）法 | |
| 鉄筋位置・径・かぶりの測定 | ┆ 電磁誘導法 ┆ 放射線透過試験 ┆ 電磁波法 | |
| 鉄筋腐食の状況 | ┆ 電気法 ┆ 放射線透過試験 | ┆ 自然電位法 ┆ 分極抵抗法 |
| 配合・アルカリ骨材反応 中性化深さ・塩分含有量 | ┆ 局部破壊検査法 | |

図-8 非破壊検査方法適用の例

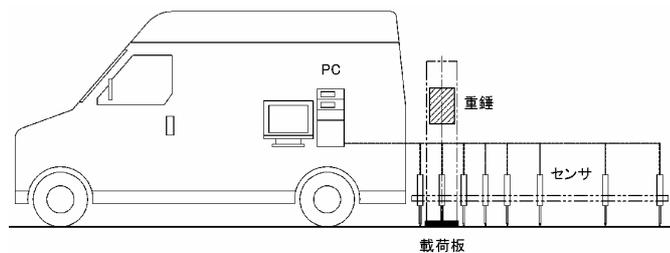


図-9 FWDの概要

参考文献等を参照されたい。合成床版への非破壊試験の代表的な適用事例については、橋建協テキスト「鋼・コンクリート合成床版 維持管理の計画資料」を参照していただきたい。

たわみ計測については、変位計を用いるほか舗装用に開発された動的たわみ測定機FWD（フォーリングウェイトデフレクトメータ）を用いて、床版上面からたわみを測定する方法がある（図-9）。この方法は床版に対して測定精度 0.1mm でたわみ計測が可能であり、実橋床版でも適用されている²²⁾。

（3）局部的に破壊する試験による方法

目視観察および打音試験、あるいは非破壊検査機器を用いる試験で十分な情報が得られない場合、あるいはさらに精度の高い情報が必要とされる場合は、合成床版の一部を局部的に破壊する試験を行うこともできる。このような試験には、コンクリートのコア抜きなどがある。そのほか、底鋼板の一部を切断（コアドリルによる孔あけ）する方法なども、耐荷力・耐久性に問題のない箇所を選定して行うことは可能である。



写真-9 コンクリートコア削孔試験の例



写真-10 底鋼板コア削孔試験の例

5. 評価および判定

5.1 損傷程度の評価

損傷程度の評価では、損傷種類に応じて定性的な区分で評価するものと定量的な数値データとして

評価されるもの、あるいはその両方で評価することが必要なものがある。

合成床版に生じる可能性がある変状では、床版のたわみは定量的な評価が可能である。合成床版開発会社に対するアンケート調査によれば、引張側コンクリートを無視した断面性能（＝設計性能）が確保された状態での活荷重たわみは床版支間Lに対してL/2000、水平ひび割れが生じて二層化した場合の断面性能による活荷重たわみはL/1000程度であることから、たわみ計測と図-10 に示す概念によって評価が可能と考えている¹⁵⁾。

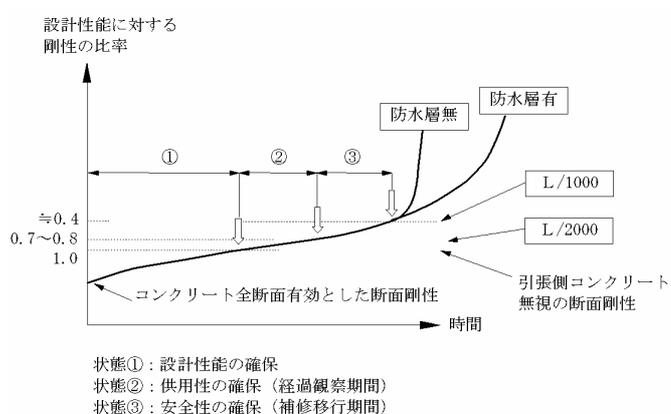


図-10 合成床版のたわみ変化の概念

5.2 対策区分の判定

損傷程度の評価に基づく対策区分の判定は、合成床版の性能低下の程度や維持管理区分を考慮して行う必要がある。各道路管理機関における既往の床版の判定法は、ひび割れの観察に基づいたひび割れ間隔、ひび割れ幅、ひび割れ密度などを基準としており、一部床版下面からの漏水やエフロレッセンスの浸出・沈着の状況が取り入れられている²³⁾。

合成床版の対策区分は、「国土交通省：橋梁定期点検要領（案）¹⁶⁾」に示された対策区分を参考に、交通機能の確保や車両走行への影響度を勘案して、舗装路面の異常と床版からの漏水を組み合わせた判定方法が提案されている（表-1）¹⁴⁾。この判定方法によれば、合成床版は急激に耐荷力が低下する恐れが極めて低いことから、判定区分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こととしている。

表-1 合成床版の対策区分の例

| 【床版張出部】 | | | | | | | |
|---------|---------|------|----------|------|--------------|----------|-----------|
| 損傷の種類 | 舗装路面の異常 | | | | | | |
| 床版下面の漏水 | 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 |
| | 漏水なし | ◎ | □ | □ | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 漏水あり | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 遊離石灰あり | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 錆汁あり | ▲ | × | × | × | × | × |

| 【車道部】 | | | | | | | |
|---------|---------|------|----------|------|--------------|----------|-----------|
| 損傷の種類 | 舗装路面の異常 | | | | | | |
| 床版下面の漏水 | 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 |
| | 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

6. 合成床版の補修・補強

合成床版を維持管理するうえで、予防保全によって舗装路面の異常と床版下面の漏水の有無を点検し、早期に損傷を把握するように努め、大掛かりな補修を必要としない段階で損傷の進行を抑えることが重要である。しかしながら、維持管理の体系としては、万が一の事態を想定し、損傷の程度に合わせた補修方法等をあらかじめ検討しておくことも必要である。このような場合、合成床版は底鋼板を有することにより、足場工や型枠支保工を設置することなく床版上面からの作業のみで補修が可能になる。合成床版は底鋼板によって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一方で、万が一損傷が進みコンクリート打換え等の補修を行う必要が生じた場合は、補修を行い易い床版であると言える。なお、損傷原因を特定し、補強が必要な場合には底鋼板への補強部材の取り付けなどにより対応が可能である。

合成床版の補修実施事例は現時点では報告がないため、以下では、補修工法の施工実験の例^{14)、15)}を示す。

6. 1 交通規制

合成床版の補修は、床版上面からの作業に対しては、図-11 に示すように1車線ずつ片側交互通行を確保し、最小限の交通規制と最短の現場工期により補修を行うことが可能と考えている。

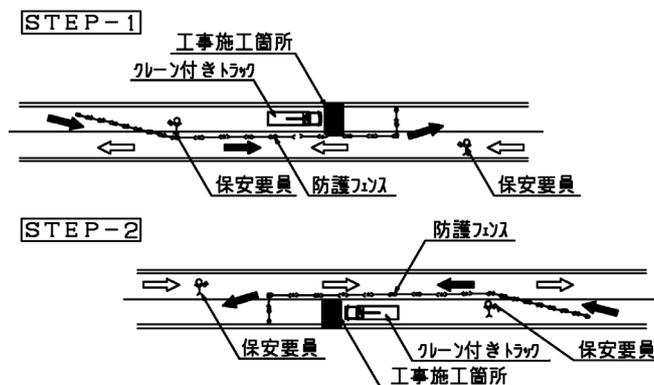


図-11 部分補修時の交通規制の計画例

6. 2 コンクリート部分補修

(1) ひび割れ補修

軽微なひび割れや錆汁を伴わない漏水に対しては、ひび割れ補修もしくは止水を行うものとする。ひび割れ幅が0.2mmを超える場合は注入工法等で対応する²⁴⁾。

(2) コンクリート部分打換え

著しいひび割れによって床版剛性が低下している場合、損傷部を部分的に床版上面よりはつり、コンクリートの再打込みを行う。補修作業は、①準備工、②舗装および損傷コンクリート部の撤去、③コンクリート打込み・養生、④防水層・舗装の施工の順で行う。コンクリートをはつる方法としては、ブレーカーによる方法、ウォータージェット（ロボット）による方法などが考えられる。写真-11 に、近年注目されているウォータージェットによる方法の検討事例として、はつり試験施工の状況を示す。また、図-12 に施工イメージを示す。

写真-12 は、はつり部に再度コンクリートを打込み、新旧コンクリートの一体化を施工試験で確認した事例を示す。

ウォータージェットを用いた方法は、合成床版の場合は底鋼板によって床版下面へのコンクリート

片の落下や圧力水の流出を防ぐことができるため、防護工を特に必要としない。したがって、コンクリート部分打換えに対しては効率的な施工が可能となることから、合成床版の補修に適した方法であると言える。



(a) ウォータージェットロボット



(b) コンクリートはつり後の状況

写真-11 ウォータージェット工法の試験施工

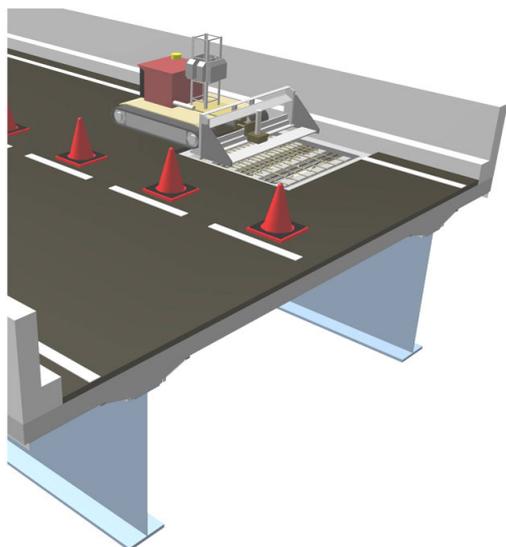


図-12 実橋合成床版の施工イメージ²⁵⁾



(a) ロボットによるはつり状況



(b) コンクリートはつり後



(c) はつり部への再打込み



(d) 新コンクリートの締固め



(e) 試験体の切断



(f) 切断面の観察

写真-12 コンクリート部分補修の試験施工

6. 3 鋼板パネル部分取換え

コンクリートの損傷が広い範囲に及ぶ場合、鋼板パネルにき裂などが発生した場合、または異常時に床版パネル全体に損傷が生じた場合は、床版パネル取換えにより機能回復を図るものとする。この場合、コンクリートの部分補修と同様に車線規制を行う必要があり、一般に、①足場工、②縦桁補強などの準備工、③床版カッター工、既設床版撤去工・搬出工、④鋼板パネル架設、コンクリート施工・養生、⑤防水層・舗装の施工、⑥足場解体の順序で作業を行う。図-13に鋼板パネル取換え要領の例を示す。また、このような部分取換えの工程計画の例を図-14に示す。

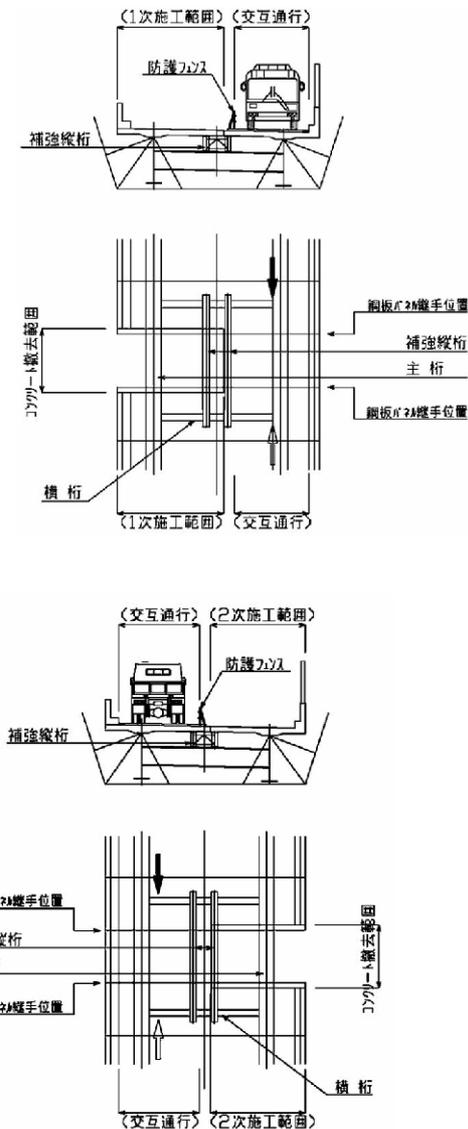


図-13 合成床版パネル取換えの例

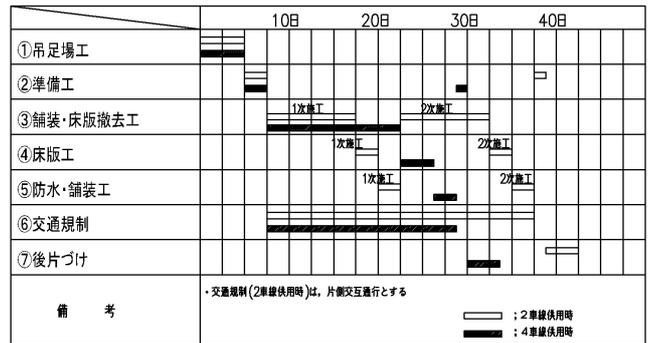


図-14 部分取換え時の工程計画の例

7. おわりに

鋼・コンクリート合成床版の維持管理に対する考え方を報告した。これらの中には今後解決していくべき課題も残されているが、今後の技術開発や維持管理の実践を通じてより良い技術の蓄積に努めたいと考えている。

参考文献

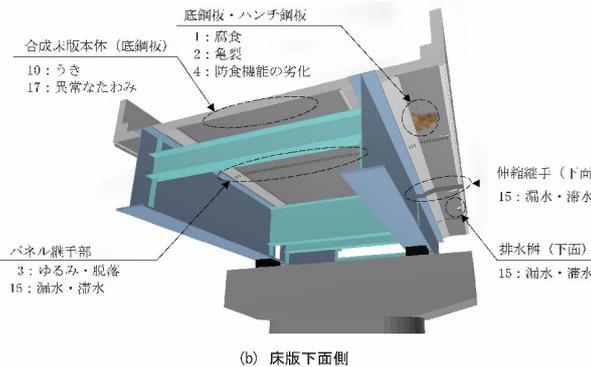
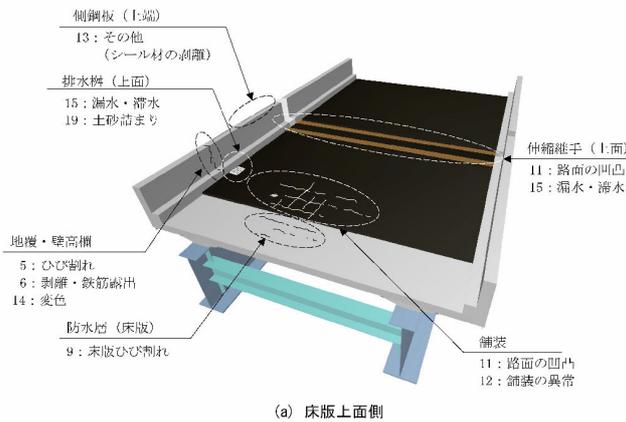
- 1) 松井・西川・大田：合成床版、橋梁と基礎 98-11、建設図書、平成 10 年 11 月
- 2) 日本橋梁建設協会技術委員会床版小委員会：合成床版への取組み - 開発の歴史・現在および将来、平成 18 年 10 月
- 3) 例えば、大田・財津・杉原：明治橋の構造的特徴と歴史遺産としての評価、第 5 回道路橋床版シンポジウム講演論文集、土木学会、平成 18 年 7 月
- 4) R. P. Johnson and R. J. Buckby : COMPOSITE STRUCTURE OF STEEL AND CONCRETE、Volume 2 : Bridges、Blackwell Science、1986
- 5) 大貫・結城・恩地：鋼製型枠を用いた合成床版の開発、第 34 回年次学術講演会講演概要集第 1 部、I-59、土木学会、昭和 54 年 10 月
- 6) 土木学会：鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物、平成 9 年 9 月
- 7) 国土交通省土木研究所：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 5) - 評価編 -、平成 13 年 3 月
- 8) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編、平成 14 年 3 月

- 9) 松井：移動荷重を受ける道路橋RC床版の疲労強度と水の影響について、コンクリート工学年次論文報告集 9-2、コンクリート工学協会、1987年
- 10) 土木学会鋼構造委員会鋼橋床版の調査研究小委員会：道路橋床版の新技术と性能照査型設計、第2分科会報告 床版の構造と設計、第2編 合成床版編、土木学会、平成12年10月
- 11) 日本コンクリート工学協会：膨張コンクリートによる構造物の高機能化／高耐久性化に関するシンポジウム委員会報告書、平成15年9月
- 12) 土木学会メンテナンス工学連合小委員会編：社会基盤メンテナンス工学、第2章 メンテナンスマネジメントシステム、東京大学出版会、2004年3月
- 13) 玉越・小林・武田：道路橋の維持管理に関する取り組み、土木技術資料 Vol. 48 No. 11、土木研究センター、平成18年11月
- 14) 山下・保呂・奥村・佐藤・永来：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考察、第五回道路橋床版シンポジウム講演論文集、土木学会、平成18年7月
- 15) 橘・横山・上村・高田・数藤・佐藤：鋼・コンクリート合成床版の施工と維持管理について、第五回道路橋床版シンポジウム講演論文集、土木学会、平成18年7月
- 16) 国土交通省道路局国道・防災課：橋梁定期点検要領（案）、平成16年3月
- 17) 泉谷・榊田・末武：消える止水栓 ～合成床版モニタリング孔用止水栓の開発～、川田技報 Vol. 25、2006
- 18) 熱海・佐藤・鈴木・内田：合成床版の止水性に関する施工試験 一大高跨線橋（鋼上部工）工事一、宮地技報 No. 19、2003
- 19) 国土交通省道路局国道・防災課：橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領（案）、平成16年3月
- 20) 土木学会：2001年制定コンクリート標準示方書 [維持管理編]、平成13年1月
- 21) 土木研究所・日本構造物診断技術協会編著：非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル、技報堂出版、2003年10月
- 22) 関口：FWDによる床版たわみ測定手法の検討、第58回年次学術講演会講演概要集、CS6-051、土木学会、平成15年9月
- 23) 松井・西川・大田：既設橋梁床版の維持管理（その1）、橋梁と基礎 99-1、建設図書、平成11年1月
- 24) 例えば、成井・上阪・坂手：コンクリート構造物の維持と補修、第5章 コンクリート構造物の補修、鹿島出版会、昭和60年4月
- 25) 日本橋梁建設協会：鋼・コンクリート合成床版の計画資料（設計例と解説）、付録 合成床版のQ&A、平成18年4月

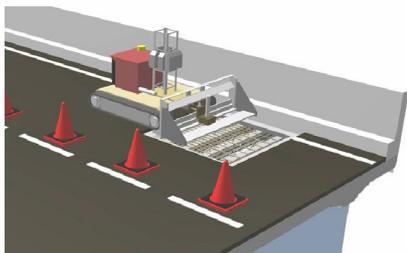
「鋼・コンクリート合成床版 維持管理の計画資料」発刊のお知らせ

近年、道路橋の床版は橋の立体的機能を担う重要な部材として着目され、その技術は大きく向上してきました。鋼・コンクリート合成床版は、施工性や高耐久性によるライフサイクルコスト低減およびコンクリートの剥落防止などの特長から、各機関で広く採用されるようになってきました。

優れた耐久性の実現のためには、適切な施工管理に加え、一連の維持管理体系が明確なことが重要です。本資料は、会員各社が数多く実施してきた研究の成果や施工実績から得られた知見に基づき、考え得る損傷の過程を明確にした上で、点検・調査、補修・補強の方法を具体的に示すなど、維持管理全般を系統立てて整理したのとなっています。

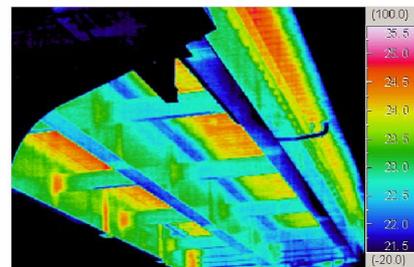


合成床版の主な変状の種類と着目箇所(本文より)



コンクリート部分打換えの施工イメージ(本文より)

- 第1章 序説
 - 1.1 適用の範囲
 - 1.2 用語の定義
 - 1.3 合成床版開発の歴史
- 第2章 合成床版の要求性能
 - 2.1 道路橋床版としての要求性能
 - 2.2 合成床版の維持管理性能
- 第3章 合成床版の変状と疲労損傷メカニズム
 - 3.1 鋼部材およびコンクリート部材の変状
 - 3.2 RC床版の疲労損傷メカニズム
 - 3.3 合成床版の疲労損傷メカニズムの推測
 - 3.4 合成床版に顕在化が予測される変状
- 第4章 合成床版の維持管理方針
 - 4.1 維持管理の意義と目的
 - 4.2 維持管理に関わる設計・施工上の留意事項
 - 4.3 維持管理の手順
 - 4.4 点検調査の基本方針
- 第5章 点検および調査の方法
 - 5.1 点検・調査の種類および内容
 - 5.2 調査、試験や検査の方法
- 第6章 評価および判定
 - 6.1 損傷程度の評価
 - 6.2 対策区分の判定
- 第7章 合成床版の補修・補強
 - 7.1 交通規制
 - 7.2 コンクリート部分補修
 - 7.3 鋼板パネル部分取換え
- 添付資料Ⅰ 合成床版の非破壊検査適用事例
- 添付資料Ⅱ 点検調査(案)



赤外線サーモグラフィ法適用の一例(添付資料より)



(頁数: 本文 45 頁)

(価格: 1,500 円 消費税込)