

# 建設コンサルタントからの要望・質問と回答

平成 18 年 3 月

日本橋梁建設協会

## 【協会の取組み】

D-1 橋建協HP内で橋梁データベースの充実を計ってほしい。

A-1 橋梁データベースとして、協会では毎年「橋梁年鑑」を発行しております。書籍のため目を通す機会、あるいは利用される機会が一部の方々のみとなっているのが現状かと思われます。

「橋梁年鑑」の一部の情報は当協会のホームページから検索できるようになっておりますが、さらに充実に努めてまいります。 【広報小委員会】

D-2 PC建協と協賛した複合構造関係の書物を発行してほしい。

A-2 現在のところPC建協殿と共同して技術公表する動きはしておりませんが、今後の複合構造の動向などを踏まえながら、中長期的観点から調査研究を進めていきます。 【広報小委員会】

D-3 先駆的な橋梁について技術的なトピックス・解説・技術データを年毎に集めて出版したらどうか。

A-3 新橋建設工事や橋梁補修補強工事における最近の新技术につきましても、毎年各地で開催される当協会の「技術講習会」、あるいは平成16年度から開催している「鋼橋技術発表会」において紹介させて頂いております。ご提言ありました技術資料冊子の発行ですが、鋼橋の普及という観点から最新の技術をダイジェスト版にまとめることによって活用されることが望ましいと考えます。今後、整備に努めてまいります。 【広報小委員会】

D-4 連続合成桁についての設計法・細部項目について取り纏めたものがほしい。(研究事例・工事実績ではなく、設計実務に使える手引き書)

D-5 少主桁についての設計法・細部項目について取り纏めたものがほしい。(研究事例・工事実績ではなく、設計実務に使える手引き書)

A-4,5 「連続合成2主桁橋の設計例と解説(改訂版)」(平成17年8月発行)をご参照ください。

【設計小委員会】

D-6 中小橋梁への取組みをしてほしい。(PC橋と比較する鋼橋がない)

A-6 桁高が比較的強く制限される場合に対応する「合成床版橋」が、いくつかの会員会社で開発されています。この合成床版橋は支間長が約10~40mに適用でき、桁高/支間比はおおよそ1/30以下とできます。また、新しい合成橋梁(コンクリート充填鋼管、コンクリート充填I桁、など)もいくつか研究されています。詳細は下記の各会社にお問い合わせください。 【設計小委員会】

- ・SC ガーダー橋, SC スラブ橋, トライビーム合成桁橋 [川田工業(株)]
- ・KCSB [川鉄橋梁鉄構(株)]
- ・Uリブ合成床版橋 [JFEエンジニアリング(株)]
- ・PANNEL-HBB [新日本製鐵(株)]
- ・TUFブリッジ [(株)東京鉄骨橋梁]
- ・QSブリッジ [宮地鐵工所(株)]
- ・パワーブリッジ [横河ブリッジ(株)]

D-7 海浜耐候性鋼材・高耐候性鋼材について取り纏めたものがほしい。(研究事例・工事実績ではなく、設計実務に使える手引き書を要望)

A-7 海浜耐候性鋼材・高耐候性鋼材は、ニッケル系高耐候性鋼と呼んでいます。採用の可否に関しては、耐候性合金指標(V)と特に飛来塩分量に関係する地域環境腐食性指標(Z)から架橋環境における腐食量の推定を行って決める方法があります。これらの考え方も含めて下記の文献1)に詳しく

記述されておりますので、これをご参照ください。

【製作小委員会】

[参考文献]

1) 三木, 市川編著: 現代の橋梁工学(塗装しない鋼と橋の技術最前線), 数理工学社, 2004年12月.

D-8 「鋼橋海上架設マニュアル」を購入したい。

A-8 当協会としては「工法別架設計算例題集 フローティングクレーン工法 H8.11」があります。

【架設小委員会】

D-9 橋梁の撤去工法に関する技術資料がほしい。

A-9 ご要望の資料として「橋梁等撤去技術マニュアル委員会編: 橋梁撤去技術マニュアル(一般橋梁編・改訂版) 北陸橋梁撤去技術協会発行、2000年5月」があります。当協会としては現時点では纏まった資料はありません。今後、データを収集し、資料を纏める予定です。

【架設小委員会】

D-10 各橋梁形式での大型・小型材片毎の金額や、概算工費算出の参考となる資料を開示してほしい。

A-10 当協会より「鋼橋上部工基本計画検討資料」を発行しておりますので、これを元にご検討ください。

【経済小委員会】

D-11 概算で架設費がつかめるような資料を開示してほしい。

A-11 当協会より「鋼橋上部工基本計画検討資料」を発行しております。この資料によりTCベント工法、送り出し工法およびケーブルクレーン工法の概略架設費を検討することができます。

【経済小委員会】

## 【風による振動】

Q-12 少数主桁橋の耐風安定照査法と耐風安定性の向上にはどのような方策がありますか。

A-12 橋梁の耐風安定照査法としては、一般に、「道路橋耐風設計便覧」(日本道路協会、1991年)による方法が知られています。しかしながら、少数主桁橋の場合には、ねじれ剛性が低いために振幅の大きなねじれの渦励振が発生する等、従来形式の橋梁とは異なる耐風特性を持つことが指摘されています。そこで、当協会では平成14年度から3年間、土木研究所との共同研究を行い、系統的な風洞試験による振動発生風速の評価や実橋の振動試験による構造減衰率の測定を実施しました。その結果、一部の強風地域を除き、最大支間長が70m程度までの少数主桁橋であれば、無対策で耐風安定性が確保できることを明らかにしました。一方で、最大支間長が70mを大きく超えるような少数主桁橋を計画する等のケースでは、個別に風洞試験により照査を行うか、類似橋梁の風洞試験結果を参照して判断することが必要と考えられます。なお、これらの共同研究の試験結果に基づき、現在改定中の「道路橋耐風設計便覧」では耐風安定性に関する予測式の見直しが行われつつあり、近い将来には風洞試験なしで、より精度の高い予測が可能になると思われます。

少数主桁橋の耐風対策は一般的な橋梁と同様であり、剛性/質量/減衰の増加などの構造力学的な方法と、整流板の設置などの空力的な方法とがあります。このうち、ねじれ剛性の低さが要因となる、ねじれの発散振動等の対策としては、横構を設けてねじれ剛性を上げるなどの方法が特に有効となります。なお、空力的な方法の有効性については、風洞試験によって検証する必要があります。

【設計小委員会】

Q-13 平成8年の道路橋示方書改訂以降、耐震性能を向上させるために鋼橋にもゴム支承が多く使用されるようになっていますが、耐風性の面で特に考慮すべきことはありますか。

A-13 ゴム支承は、平成7年に発生した兵庫県南部地震以降、鋼橋全体系の耐震性能を向上させるた

めに多く使用されてきましたが、ゴム支承を使用した橋梁においては、耐風性を評価するときにも、その影響を適切に考慮する必要があります。特にゴム支承を使用した場合、鋼製支承の場合と比較して構造減衰が半分程度にまで小さくなると言われており、この点を考慮に入れて耐風性を評価する必要があります。現在改定作業中の「道路橋耐風設計便覧」(日本道路協会)の中では、ゴム支承を用いた場合の鋼桁橋の構造減衰予測式が新たに提示される予定となっています。 【設計小委員会】

Q-14 橋梁に取り付けられている標識柱・照明柱の柱基部に振動が原因と思われる疲労損傷事例が報告されていますが、標識柱・照明柱の振動問題に対してどのような対策がありますか。

A-14 橋梁に取り付けられている標識柱・照明柱の振動は、車両走行(特に大型車)による交通振動に起因したものと、風による空力振動(カルマン渦励振)に起因したものに分けられます。従って、標識柱・照明柱の振動発生要因を明らかにしてから振動対策を実施する必要があります。その対策方法には以下のようなものがあります。

応力低減対策

制振装置による対策

耐風安定材による対策

応力低減対策は構造物に剛性を付加することによって応力低減させ、疲労耐久性を向上させるものです。剛性付加方法としては、柱基部への無収縮モルタルの充填などが挙げられます。また、柱基部の補強リブを三角形リブからダブリング構造にすることで応力集中が緩和されることも報告<sup>1)</sup>されています。

制振装置による対策は、構造物の減衰を増加させる制振装置を設置することによって振動を抑制させるものです。制振装置としては、ダンパー(オイル/チェーン)や摩擦および衝撃を利用したエネルギー吸収装置(鋼球式制振装置等)あるいは質量と復元力から成る副振動系を付加する TMD 装置などがあります<sup>2), 3), 4)</sup>。

耐風安定材による対策は構造物の幾何学的形状を工夫し、作用する流体力を低減することによって振動を抑制させようとする方法です。照明柱での施工事例としては、円弧状の整流板を設置したものが報告<sup>5)</sup>されています。 【設計小委員会】

[参考文献]

- 1) 阪神高速道路公団(財) 阪神高速動労管理技術センター：阪神高速道路における鋼橋の疲労対策，平成 14 年 3 月
- 2) 和田，恵谷，東田，高野：横浜ベイブリッジの耐風対策，橋梁と基礎 89-8，1989 年 8 月
- 3) 藤澤，園部：橋桁の渦励振とその制振，橋梁と基礎 89-8，1989 年 8 月
- 4) 安藤，松本，迫田，南条他：高架道路上の F 型標識柱に対する制振装置の振動抑制効果について，平成 16 年度土木学会年次講演会講演概要集
- 5) 山田，秋元：大鳴門橋照明柱の耐風検討，本四公団技報 No.36，1985 年 12 月

【交通振動】

Q-15 桁橋の低周波対策の事例が知りたい。

A-15 低周波音とは可聴音の中で 20~100Hz の音で波長は 3~17m になります。また、超低周波音と言われるものは普通では聞こえない 1~20Hz 以下の音で波長は 17~340m に達します。波長が非常に長いので減衰しにくく、遠くまで伝播することが特徴です。

橋梁における低周波音は、車輛が伸縮継手の段差を通過するときの衝撃的な振動(ジョイント音)と車輛が支間中央を通過するときの比較的定常的な振動(スパン音)があると言われています。いずれにしても車輛を動揺させる原因は伸縮装置の段差の影響が大きいと思われます。

低周波音を防止する対策としては、ノージョイント化、衝撃の少ない伸縮装置の採用、桁端部の補強(端横桁コンクリート巻き立て、ウェブへ制振材設置など)、桁端部床版の補強(打ち下ろし範囲

の拡大、など)、桁の剛性増加、ダンパー設置などが考えられます。

当協会では伸縮装置での衝撃を低減する対策として、土木研究所との共同研究により「延長床版」を提案しております。すでに試験施工を実施し、試験成果を報告しております。(各地で予定の橋梁技術講習会でも報告いたします。)

【設計小委員会】

Q-16 桁橋の騒音・振動対策で施工実績のある連続化(ノージョイント工法)の適用事例と設計・施工方法について知りたい。

A-16 桁橋の騒音・振動対策として、連続化はいくつか施工事例があり、その効果などが公開されています。桁の連続化には、主桁の連続化、床版の連続化、舗装の連続化(埋設ジョイント)の3種があります。

#### 1) 主桁の連続化

主桁の連続化は、ウエブを連結板により連結する工法であり、中央自動車道や阪神高速道路での報告事例があります<sup>1), 2)</sup>。また、端部をRC巻立てにより連続化した事例もあります<sup>3)</sup>。

#### 2) 床版の連続化

伸縮継手部の床版及び上フランジを連結し、舗装を連続化する工法で、阪神高速道路や首都高速道路で実績があります<sup>4)</sup>。

#### 3) 舗装の連続化(埋設ジョイント工法)

既設の伸縮装置を撤去し路面を連続化する工法です。騒音低減効果については東京都の神田川に掛かる小滝橋の報告例があります<sup>5)</sup>。設計・施工方法については、

- ・(社)日本橋梁建設協会：桁連続化の設計例と解説，平成12年7月。
- ・(財)道路保全技術センター：既設橋梁のノージョイント化工法の設計施工手引き(案)，平成7年1月。

が参考となります。

【架設小委員会】

#### [参考文献]

- 1) 徳永他；高速道路における交通振動と苦情要因に関する研究、橋梁と基礎 98-3 (1998年3月)
- 2) 新開他；中央道の単純桁橋(PC・鋼)のノージョイント化、橋梁と基礎 94-8 (1994年8月)
- 3) 宮越他；RC巻立てによる鋼桁連続化工法の設計・施工、ハイウェイ技術 No.14(1999年10月)
- 4) 熊谷；床版連結による鋼桁のノージョイント化、橋梁と基礎 94-8 (1994年8月)
- 5) 平成10年度東京都土木技術研究所年報

### 【複合ラーメン】

Q-17 複合ラーメンのスパンは、110mが限界ですか。

A-17 複合ラーメン橋は、鋼桁がRC橋脚と剛結されているため従来の連続桁橋に比べて長支間に対応できます。我国での施工実績としては、I桁形式で最大支間長85m(三重県・河内橋)箱桁形式で190m(鋼床版箱桁、日本道路公団・吉野川橋)があります。また、ドイツのハセルタル橋(ストラット付き開断面箱桁)は方杖を設けることで、最大支間長175mに適用されています。

試設計による検討では、I桁形式で中間支点付近の下フランジに下コンクリート版を設置した二重合成複合ラーメン橋とすることで110mの支間に適用可能です。このように種々工夫を施せば100mを超える長大支間にも適用可能です。

【設計小委員会】

Q-18 複合ラーメンの温度応力はどのように考えればよいですか。

A-18 剛結構造は温度の影響を受けるので、設計時に温度応力の照査をしておく必要があります。しかし、高橋脚橋梁の場合は下部構造の剛性が比較的低下するため、温度応力が支配的になる場合は少ないと思われます。また、支点部で合成されるコンクリートが若材令時に桁の伸縮の影響を受ける場合は、桁の閉合をコンクリート硬化後にするなどの配慮を必要とすることがあります。【設計小委員会】

Q-19 橋台を剛結した時の設計上の問題点は何ですか。

A-19 橋台と鋼桁を剛結したインテグラルアバットは、支承、伸縮装置、落橋防止装置が省略できることで経済的となり、維持管理も有利となります。ただし、設計では従来の桁橋にはない温度応力、背面土圧に対する照査が必要になります。さらに、剛結部の設計と杭基礎の剛性の設定も重要になります。 【設計小委員会】

Q-20 複合ラーメン橋の施工実績は既に多数ありますが形状管理、精度管理等に着目した設計、施工上の留意点を教えてください。

A-20 複合ラーメン橋は、支間長が 60～100m クラスの比較的長径間の橋梁に適用します。耐震性、耐風安定性とも優れており、現地工事についても、山岳部等の地形条件が厳しく、重機の進入およびベント設置が困難な条件においても、中間橋脚直下に搬入路が確保できれば張出し架設を行うことにより容易に施工可能です。発想の原点はPC橋の張出し工法との競争の過程において、有効な橋梁形式として'90年代に見直されてきたものです。これからも当協会として更なるコストダウン、一層の工程短縮の観点から継続的な研究、開発が必要な橋梁形式であると認識しています。

特に留意すべき事項としては下記2点です。

(1) 下部工と上部工の許容施工誤差の相違に起因する取り合い誤差の吸収方法の確立。

過去の実施工事においては以下の方法によって吸収した事例があります。

下部工と上部工の芯ずれが通常の誤差範囲の場合、下部工の後打ちコンクリート部で相互に斜めにすりつけて対応した事例とか積極的に段差を設置して一体化した事例があります。

極端な誤差の場合、下部工を作り直した事例があります。

今後は、ある程度の誤差を許容するような考え方も提案する方向で施工側とも協議をしていきたいと考えています。

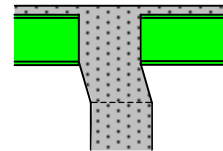


図 上部工と下部工の擦り付け例

(2) 温度応力への配慮

ラーメン橋の特性として温度応力の吸収方法が課題となりますが、ここでは誤差吸収にも配慮して以下の手法を紹介します。

TCベント工法を前提とした場合、架設順序として「中間支点上主桁仮置き 両サイド主桁仮ボルトによる連結 桁全量架設 セッティングビーム使用による両サイド桁仮ボルト解放 温度応力解放、誤差調整 桁全体剛結 中間橋脚上脚、桁コンクリート打設」という工法があります。実績として、旧JH四国の伊予高架橋に対してこの工法が採用されています。

河川上橋梁の場合、台船工法にて桁をすべて架けた後に剛結部のコンクリートを打設した事例があります。実績として、関東地整の新神宮橋(利根川上)にこの工法が採用されています。

上記 および の場合、温度応力による伸縮でコンクリートが固まるまでにひび割れしないようにする配慮が必要で、このためにアンカーフレームや架台が大きくなることもあり、経済性などが課題となります。

その解決策として、セッティングビームを残し、コンクリート打設前に鋼桁を橋脚両サイドゲルバー系にした上でコンクリート打設という工法も考えられ、ひび割れの懸念は解消される可能性もあると思います。

また、構造的にも最近の工夫点としては孔明き鋼板ジベルを採用するなど剛結部を簡略化するなどの工夫を重ね、上記の問題は解決しやすくなっています。 【架設小委員会】

Q-21 複合ラーメンの閉合作業に問題はありませんでしたか。

A-21 今別府川橋では当初心配しましたが、RC橋脚でも30m程度の高橋脚になると意外に小さな力（150t程度）でセットバックでき、60mmの遊間が確保できました。また、閉合部材は実測後切断加工して片側を連結しておき、トラベリングエレクションガントリー（TEG）クレーンを側径間に後退させることにより高さ調整を行い、閉合することができました。【架設小委員会】

Q-22 複合ラーメンでは下部工業者が施工したRC橋脚の施工精度への対応に問題はありませんでしたか。（上部工が管理する精度と大きく違うはずです）

A-22 Q-20の問題以外にも、下部工では、橋脚単体での配筋や躯体形状などの精度が確保されていても、支間長や中心線の通りなどの誤差が問題となることがあります。特に数社の別業者で施工されている場合などは、相対的な誤差の処理に対して配慮が必要になります。【架設小委員会】

Q-23 コンサルタントの設計段階で、剛結部のアンカーフレーム（架台）の詳細設計は必要ですか。

A-23 架設材としては、剛結部を固定するまでベントやブラケットあるいは架台によって支持する必要があります。したがって、発注時に何らかの架設治具を工事費に反映できる程度に設計しておくことが必要です。さらに、できれば架台を埋設できれば経済的であり、その方法で検討願います。【架設小委員会】

Q-24 「張出し工法を適用した鋼・コンクリート複合ラーメン橋」のパンフレットにある複合ラーメンの工費を算出したモデルは、どのようなものですか。

A-24 4径間連続橋で、60～90mの4ケース試設計し算出しました。この際、トラベリングエレクションガントリー（TEG）クレーンを1基として架設用設備費を低減し、1つの中間橋脚からの張出し架設が完了したあと、次の中間橋脚へ移動させます。このような架設工法で、トラッククレーンベント工法と同程度の工費となりました。【架設小委員会】

## 【疲労】

Q-25 疲労について、円柱隅角部の補強動向が知りたい。

A-25 鋼製橋脚の隅角部補修については、国土交通省をはじめとして各高速道路株式会社（旧JHなどの公団）等にて行われています。製作年代や製作方法の違いなどがあるため、それぞれの橋脚に応じた補修方法を検証し、実施工事での適用を図っています。

緊急を要する構造物につきましては、当て板補強を行うなどの工法により補修補強が行われ、ほぼ完了しています。今後は想定される重交通に対応するために、各種形状の橋脚特性に応じた補修補強工法を取り入れる研究や調査が進められており、日本橋梁建設協会も共同研究に参加するなどして、安全な構造物としての保全対策が行われています。

阪神高速（株）（旧：阪神高速道路公団）で実施されている円柱隅角部の補強では、完全亀裂となった場合でもフェールセーフ機能を有した当て板工法を採用するなどの事例を見る事が出来ます。同様に、首都高速（株）でも、5号線で最初の円柱橋脚隅角部の補強を行っております。詳しくは、文献1）を参照願います。考え方は阪神公団と同様ですが、補強は外隅角方式を採用しております。また、当協会「疲労技術Q&A」<sup>2)</sup>のNo.4-6、No.4-14にも補強事例を紹介していますので参考にしてください。

【鋼製橋脚特別委員会】

## 【参考文献】

- 1) 黒河，越谷，山本哲：首都高速5号線 鋼製橋脚補強工事1-1（東京）工事報告 - 円柱鋼製ラーメン橋脚隅角部の疲労損傷対策の事例 - ，横河ブリッジ技報34号，平成16年．
- 2) 日本橋梁建設協会：疲労技術Q&A，平成17年11月．

Q-26 最近の問題となっている鋼床版デッキとトラフリブの疲労について説明をしてほしい。また、その亀裂の補強方法が知りたい。

A-26 鋼床版デッキプレートとUリブの溶接部亀裂については、その発生メカニズムは研究途上であり、亀裂調査は目視点検に頼らざるを得ないところがあります。

当協会では移動輪荷重試験機を用いた疲労試験を実施し、その結果も踏まえて、国土技術政策総合研究所、土木研究所と原因や補修補強方法について共同研究中です。さらに、亀裂や損傷の状況については各機関での調査が鋭意進められており、局所的な応力集中による亀裂の発生が認められています。

デッキプレートとUリブで囲まれる溶接箇所は閉塞空間となるために点検が困難で、補修補強方法も容易ではありません。また、詳細点検のためには供用中の道路舗装を剥がす必要もあり、復旧方法との整合性や交通開放とのタイミングなどを考慮しながら、総合的な補修補強方法の研究が進められています。

当協会では、発生要因の解明と対策を主眼とした鋼床版特別委員会を組織して調査研究を行っており、亀裂安全性の照査方法や新技術の開発などを含めた成果については、逐次、情報公開してまいります。なお、補強事例については当協会「疲労技術 Q&A」<sup>1)</sup>の No.4-25 に紹介しております。

【鋼床版特別委員会】

[参考文献]

1) 日本橋梁建設協会：疲労技術 Q&A，平成 17 年 11 月。

Q-27 鋼橋の疲労損傷の原因は何ですか。

A-27 大きな要因としては交通量の急激な増加と車輛大型化（過積載車輛）など、活荷重の増大があります。また、不適切な構造詳細や溶接欠陥に伴う応力集中や極端な軽量化による剛性の不足等、構造や形状に起因する事例があります。さらに、維持管理を怠った事による部材の腐食や支承部の機能不全などにより、設計当初の応力状態が変化している事もあります。

平成 14 年の道路橋示方書改訂以前は、鋼橋には疲労を考慮しなくとも良いという規定が記載されていたこともあって、不適切な構造詳細になっている事例もありました。旧示方書で設計されている多くの橋梁にあっては、今後の交通量増大に伴い、疲労損傷の問題が生じてくる可能性もあります。従って、今後はこれらの既設橋梁に対する定期的な調査・点検が重要な意味を持つてくると思われます。

【鋼床版特別委員会】

Q-28 疲労損傷の解析は F E M（有限要素法）でなければ出来ませんか。

A-28 疲労設計では骨組解析と断面計算を組み合わせることで継手の公称応力を求め、対応する継手の疲労強度と比較します。しかし、2 次応力のように継手に発生する応力が骨組解析で評価できない場合や変形に起因して応力が集中する場合は FEM により応力を解析する必要があります。このような鋼板の板厚程度の寸法での応力分布を解析する場合にはシェル要素を使うことが多いのですが、溶接止端部での疲労強度等級が明確でないためにホットスポット応力を求める場合にはソリッド要素を用いて溶接ビードまでモデル化します。このように複雑な形状や境界条件に対応できる応力解析法としては FEM が最も有効であると思います。当協会の「疲労技術ガイドライン Q&A」<sup>1)</sup>No.4-31 に鋼製橋脚隅角部の FEM モデル例を紹介していますのでご参照ください。

さらに、有限要素法では応力拡大係数などの破壊力学パラメータを解析することができますので、研究が進み一般化すれば実務レベルで疲労亀裂進展解析を実施することができるようになると思われます。

【設計小委員会】

[参考文献]

1) 日本橋梁建設協会：疲労技術 Q&A，平成 17 年 11 月。



Q-29 鋼製脚隅角部の応力集中を少なくする補強対策として、スカラップ（プレート接合部）をあける手法を提示頂きましたが、新設橋脚でも採用すべきではないでしょうか。

A-29 既設橋脚のスカラップ補修は未溶着部を除去することで、そこからの疲労亀裂の発生を防止することを目的に実施されております。新設橋脚でも、当初からスカラップを設けることにより3線交差部の溶接を避ける方法が考えられており、首都高速（株）で実施されています。

【鋼製橋脚特別委員会】

### 【鋼床版舗装】

Q-30 縦断勾配が急な鋼床版舗装の問題点と対策について教えてください。また、どのくらいの勾配の施工実績がありますか。

A-30 縦断勾配の定量的な評価は困難ですが、勾配が急な鋼床版舗装の問題は高温時の流動変形です。流動変形の防止対策としては、グースアスファルトに代えてSFRC（鋼繊維補強コンクリート）舗装や碎石マチック舗装を使用することです。碎石マチックアスファルトは熱可塑性ポリマーと食物繊維を添加した改質アスファルトで、鋼床版舗装に必要なたわみ性と水密性も兼ね備えています。グースアスファルトのように専用の施工機械が必要なく工費の点からも有利になることがあるので、縦断勾配にかかわらず鋼床版舗装への採用が増えています。

大きな縦断勾配への適用事例としては9%の例が文献1)に紹介されています。 【設計小委員会】

[参考文献]

1)湯本ら：調布鶴川陸橋の設計と施工，橋梁と基礎，2004年6月。

### 【防食・耐候性鋼材】

Q-31 金属溶射とフッ素樹脂塗装を組み合わせると耐用年数90年としていますが、90年後の塗り替えはどのような仕様となりますか。また、C-4塗装系の耐用年数と塗り替えの仕様はどうなりますか。

A-31 厳しい環境において、亜鉛アルミ溶射（封孔処理まで含む）とフッ素樹脂塗装を組み合わせると耐用年数は、亜鉛アルミ溶射（60年）＋フッ素樹脂塗装（30年）の合計で90年としています。この場合の塗り替えでは1種ケレンを原則とし、C-3塗装系で全面再塗装を行えばその時の耐久性はさらに30年期待できるとしています。また、初期をC-4塗装系とした場合は初期の耐用年数を30年、塗り替え時に1種ケレンをしてC-3塗装系で全面再塗装することによりさらに30年期待できると考えております。

【製作小委員会】

Q-32 厳しい環境における塗装系（C-4，溶融亜鉛メッキ＋全面フッ素塗装，亜鉛アルミ溶射＋全面フッ素塗装）の塗り替えについて，

[質問-1] 2種ケレンではだめですか。

[質問-2] 2種ケレンで行った場合、耐用年数を何年間か割り引いて考えるのですか。

A-32: 塗り替えは1種ケレンを原則としてC-3塗装系で全面再塗装を行えば、その後の耐久性はさらに30年期待できると考えています。

回答-1: 一般的な仕様としては可能ですが、塗り替え後に30年の耐久性は確保できません。新設後の塗り替え到達時期は防食効果が消滅する期間（劣化面積0.3%）で設定しており、塗り替え時の発錆の率は高く、防錆下地のジンクリッチペイントは劣化していると考えられます。したがって、塗り替えのC-3塗装系は鋼材面まで露出させて有機ジンクリッチペイントを塗装する系ですが、現地で動力工具を用いる2種ケレンでは既存のジンクリッチペイント塗膜を広い範囲で全面的に除去することは難しいと考えます。新設後の塗り替え時期を早めないで塗り替え後の耐用年数が極端に短くなる恐れがあります。

回答-2: 発錆が進行した被塗物の塗り替えになる場合が多いため、1種ケレンよりは耐用年数を割り

引く必要があります。耐用年数の割引については、ケレンの程度によりバラツキが生じます。

【製作小委員会】

Q-33 沖縄で耐候性鋼材は使用可能ですか。また、新しい耐候性鋼材（高ニッケル鋼）はどうですか。

A-33 基本的には使えない規準となっています。しかし、全く健全な耐候性鋼材橋梁もあります。したがって、現地の飛来塩分量の測定や気象条件等により判断すべきですが判断の仕方は非常に難しいと思われます。高ニッケル系鋼材に関してもJIS鋼材よりも飛来塩分環境の厳しい地点で使えることではありますが限度があります。この鋼材の適用性は文献1)で紹介されている耐候性合金指標(V)と地域環境腐食性指標(Z)から腐食減耗量を予測する方法や、飛来塩分量などの現地環境調査により十分に検討する必要があります。また、場合によってはさび安定化補助処理剤の適用も検討すべきと思われます。

【製作小委員会】

[参考文献]

1) 三木, 市川: 現代の橋梁工学 - 塗装しない鋼と橋の技術最前線, 数理工学社, 2004年12月.

【合成床版】

Q-34 合成床版のコンクリート打設で未充填部分は生じませんか。もしも、若干の空隙が残った場合の耐久性に問題はありますか。

A-34 補強材の形状によりコンクリート施工時の留意点は多少異なるが、適切なコンクリート配合・施工方法等を守れば未充填箇所は生じません。一般的な鉄筋コンクリート梁理論の計算によると、若干のコンクリート断面欠損でも各種応力度に影響はなく、設計的には問題ないことを確認しています。

【床版小委員会】

Q-35 合成床版の寒中養生における留意点は何ですか。

A-35 (1) 合成床版では、足場を用いない施工計画もあり、寒中コンクリートが必要ない時期に施工を計画することが原則です。

(2) 合成床版は、一般には同規模の RC 床版に比べて工期が短いことから、寒中コンクリートの必要のない時期にコンクリート打設が出来るように計画し、寒中コンクリートの施工のために別途養生や足場に費用をかけることはできるだけ避けます。

(3) 合成床版でやむを得ず寒中養生をしなければならない時には、気象条件によって床版上面のほか下面・壁高欄側面からの給熱養生を行う必要があり、養生用に足場の設置を計画します。

(4) 養生方法は通常の寒中コンクリートの施工と同じように合成床版の上下面を断熱性の高い材料で覆い、セメントの水和熱を利用して所定の強度が得られるまで保温します。保温のみで凍結温度以上の適温に保つことが不可能な条件下では練炭コンロやジェットファンヒーターなどを使用して給熱養生を行います。養生用上屋内の温度はコンクリート打設時から養生期間終了までコンクリート温度が 5 以上に保てるように配慮します。コンクリート温度は圧縮強度 5 N/mm<sup>2</sup> が得られるまでは 5 以上に保ち、さらに 2 日間はコンクリート温度を 0 以上に保たなければなりません。

(5) 寒中コンクリートの施工例



写真-1 給熱養生用上屋内での床版コンクリートの打込み作業



写真-2 コンクリート打設後のジェットファンヒーターによる給熱保温養生

(6) 気象条件と養生方法の選択

気象条件と養生方法

気象条件		養生方法
初期養生中の 外気温	一時的にでも 0 以下になる恐れのある場合	露出面を断熱性の高い適切な材料で覆う。
	数日にわたり 0 ~ - 3 (未満)になる恐れのある場合	上記に加え、開口部を塞ぎ、さらに外気温の程度により養生上屋を設ける。
	一時的にでも - 10 以下になる恐れのある場合	床版上面には養生上屋を設け、また下面にも養生用の足場を設置した上で適切な養生を行った後、それぞれ給熱保温養生を行う。
	多雪地域の場合	原則として冬季の施工は行わない。

【床版小委員会】

Q-36 合成床版の補修方法について；合成床版が損傷した場合、交通止めをして補修しなければならないとすると高規格道路での採用は可能ですが、一般国道での採用は難しいのではないですか。

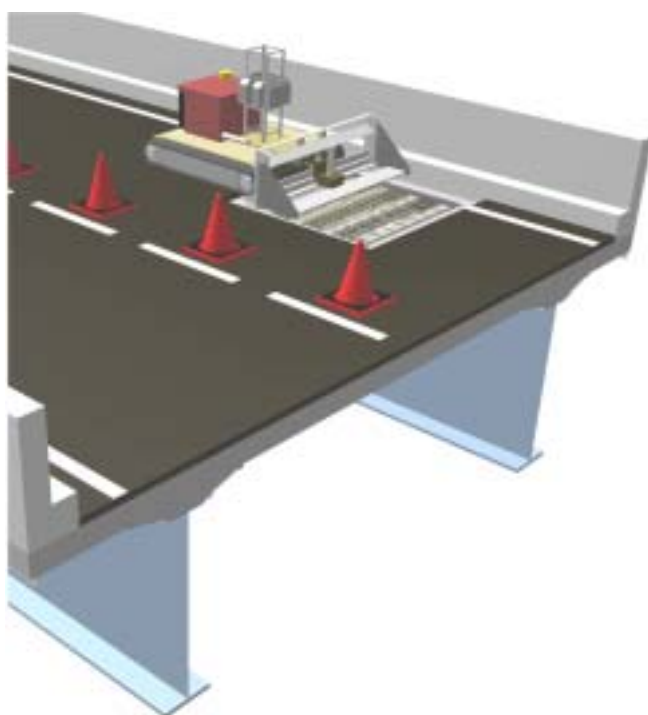
A-36 橋建協としては合成床版の補修方法について研究を行っており、交通止めをしなくても最小限の交通規制により補修は可能と考えています。床版コンクリートの部分打換えおよび鋼板パネルの部分取替えの補修要領検討例を以下に示します。

(1) コンクリート部分打換え

床版コンクリートの損傷部を床版上面よりはつり、再度コンクリートを打設して補修する方法です。補修は一般に、車線規制、舗装および損傷コンクリート部のはつりおよび除去、コンクリート打設および養生、防水層・舗装の施工の順で行います。コンクリートをはつる方法としては、鋼材に損傷を与えることなくコンクリート部分のみをはつることが可能な、ウォータージェットによる方法が効果的と考えられます。



図 - 1 合成床版の部分打換え時の交通規制



< 補修施工イメージ図 >



< 試験施工写真 >

図 - 2 ウォータージェット工法によるコンクリートはつり施工

(2) 鋼板パネル部分取替え

鋼板パネルに疲労き裂などの損傷が生じた場合や、異常時に床版パネル全体に損傷が生じた場合に、床版パネル取替えにより機能回復を図る方法です。コンクリート部分打換えと同様に車線規制が必要

となりますが、片側交互通行を確保して補修を行うことができます。補修施工は一般に、足場などの準備工、車線規制、床版カッター工、既設床版撤去工・搬出工、新設鋼板パネル架設・鉄筋配筋・コンクリート施工、防水層・舗装の施工、足場解体の順序で行います。

【床版小委員会】

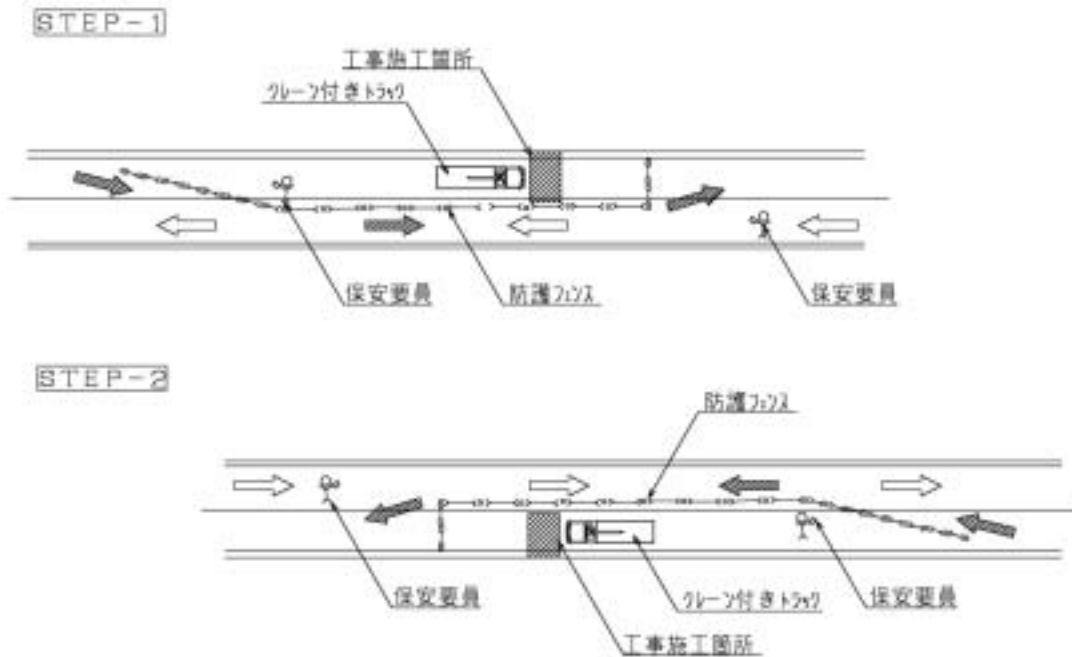
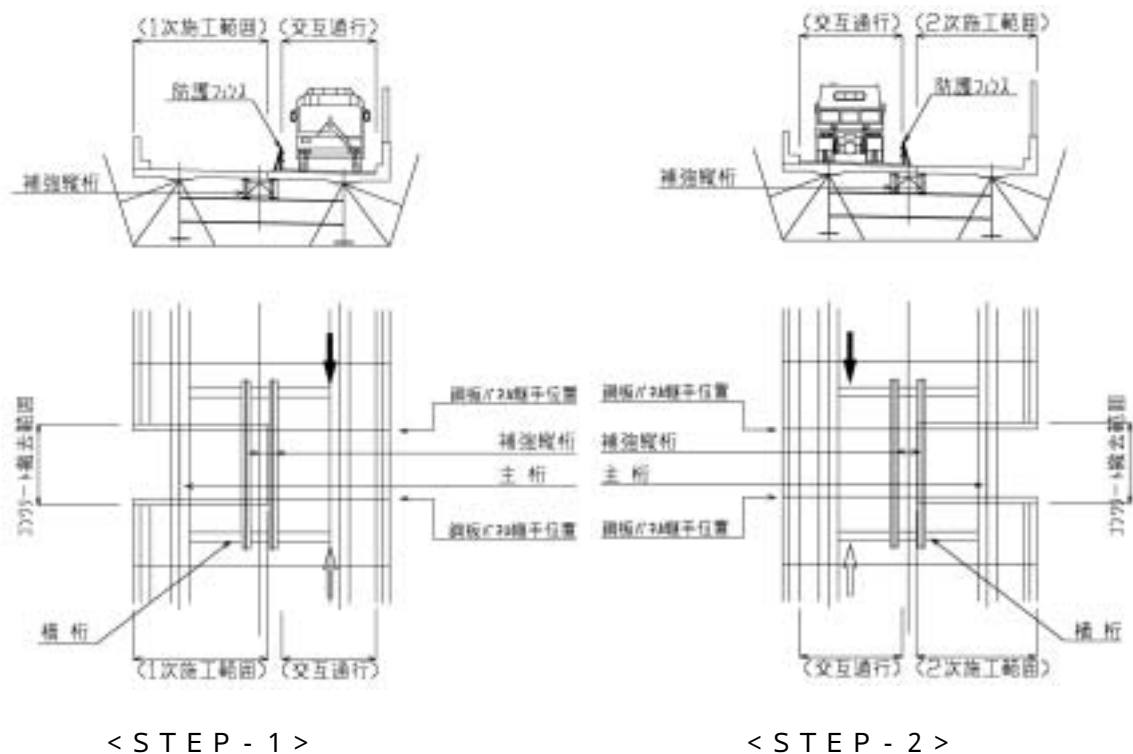


図 - 3 合成床版の部分取替え時の交通規制



<STEP - 1>

<STEP - 2>

図 - 4 鋼板パネル取換え要領の例

【床版防水工】

Q-37 歩道付きの道路橋で、車道部と歩道部が縁石（床版一体型）で分離されている場合の床版防水工の仕様はどうなりますか。すべてシート防水でもかまわないですか。

A-37 (1) 車道・歩道共に防水層を設置します。

(2) 車道部と歩道部は、縁石をはさんで設計条件が異なります。交通条件・道路構造を勘案して防水層の仕様を決める必要があります（設計条件を整理して、その条件に合った系列の防水層を選択する必要があります）。

(3) 防水層は「塗膜系」「シート系」「ウレタン系」「セメント系」「浸透系」に分類されます。

(4) 縁石等との境界部では防水層を立ち上げます。

下記に「防水層を歩車道で分離する場合の構造例」と「防水層の端部立ち上げ処理」を示します。

【床版小委員会】

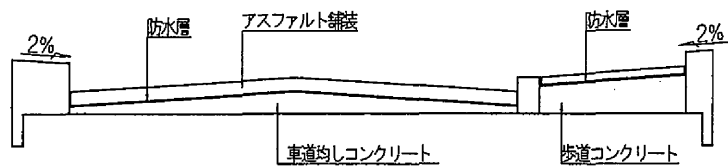


図 - 1 防水層分離型の構造例：出典「道路橋設計施工要領」北海道開発局

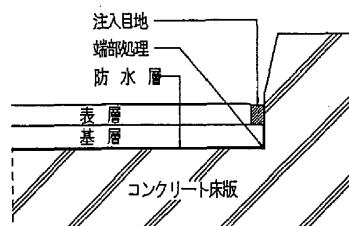


図 - 2 防水層の端部立ち上げ処理：出典「道路橋設計施工要領」北海道開発局

(5) 防水層を歩道・車道部通して施工した場合の例を下記に示します。

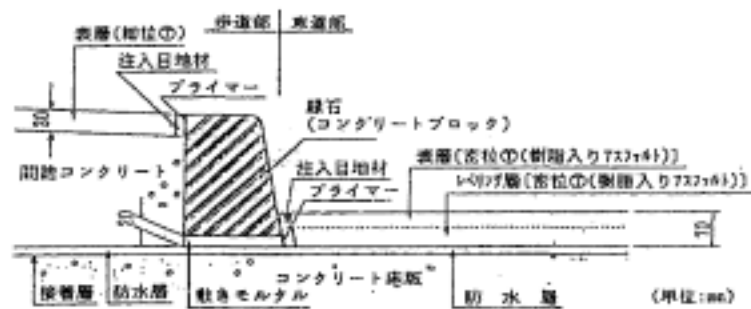


図 - 3 防水層の歩道・車道同一型構造例：出典「橋面舗装設計施工要領」

東京都建設局

## 【補修・補強】

Q-38 活荷重の増大 - 交通量の急激な増加と車両の大型化（過積載車両）、B活荷重への対応に対して、どのような対策がありますか。

A-38 床版性能の向上については、縦桁増設工法、床版増厚工法（上面・下面）、鋼板接着工法、高強度繊維接着工法、等があります。主桁性能の向上については、増設主桁工法、フランジ増設工法（カバーPLを含む。）、外ケーブル補強工法、その他ケースバイケースでの特殊工法、等があります。

床版性能の向上工法の～は広く採用されていますが、主桁性能向上工法の～については、種々の課題があり実績はありますが広く採用されていないのが実情です。特に主桁性能向上工法の～は、既存の荷重を増設構造で分担することができず、施工後に作用する後荷重のみを分担する構造となるため、費用対効果の面が課題となっています。当協会では、既存荷重まで増設構造で荷重分担できる増設主桁構造について研究中であります。 【保全小委員会】

Q-39 交通量の増大や車両の大型化は道路橋のみの問題です。鉄道橋ではどうですか。

A-39 鉄道橋では列車荷重が確定しており、また道路橋に比べて繰り返し載荷となる活荷重（列車荷重）の比重が高くなり、応力振幅が高くなるので、旧来より疲労設計が行われてきました。また列車荷重自体も、車両の軽量化が進み当初設計時の設計荷重を下回る傾向にあり、応力振幅の低減化で、疲労耐力が向上する方向にあります。

一方維持管理の面においても、構造物のデータベース化がすすんでおり、計画的な維持補修工事が実施されています。このようなことから、鉄道橋では未だ健全な長寿命橋梁が多く見られます。

【保全小委員会】

Q-40 現行示方書にそった耐荷力計算を行うと、すべての部材、部位がNGとなる場合、補強方法としては、外ケーブル工法程度しかないのでしょうか。（昭和46年竣工単純鋼鈹桁橋L=40m）

A-40 補強方法は種々あります。前記（A-38）では、供用下で施工可能な工法について記しましたが、RC床版の打替え時に併せて主桁部分の補強を行う事例が多くあります。このような場合は比較的フリーな補強が可能であり、現場条件に合わせて補強工法が検討できます。また、既設RC床版を鋼床版や合成床版・PC床版に置き換えて、死荷重軽減による主桁耐荷性能の向上をはかることも可能となります。各ケースの補修補強工法の選定につきましては、当協会の「鋼橋の補修・補強事例集」<sup>1)</sup>があり、代表的な施工実績を記載していますので参考にしてください。 【保全小委員会】

[参考文献]

1) 日本橋梁建設協会：鋼橋の補修・補強事例集，平成14年10月。

Q-41 交通規制が困難で供用しながら作業しなければならない状況で、溶接部の亀裂を再溶接することはできるでしょうか。

A-41 基本的に現場溶接を振動下で行うことは望ましくありませんが、文献1)の記述を満足する範囲であれば可能です。但し、溶接割れの発生原因を明らかにして、これに対する対策がなければ、施工後に同じような亀裂が発生することになり、原因究明を徹底させて、適切な補修・補強対策を検討する必要があります。亀裂の発生要因や既設構造から、高力ボルトによる補強・補修方法との併用を検討することも可能であり、再溶接だけに固執する必要はないと思われます。当協会では、亀裂の再溶接について東日本高速道路（株）と共同研究を実施中で、施工性を含めて具体的な検討を進めております。 【保全小委員会】

[参考文献]

1) 日本鋼構造協会：供用下にある鋼構造物の溶接による補強・補修指針(案)，昭和63年2月。

Q-42 歩道の拡幅工事において、疲労対策や他に考慮すべき条件はあるのでしょうか。

A-42 新設の側桁本体は歩道であることから、応力振幅が小さく疲労の影響は極めて小さいと思われますが、側桁と既設桁をつなぐ横桁やブラケットの接合方法について慎重な対応が必要と思われます。横桁やブラケット、あるいはそのコネクションプレートや仕口を既設主桁と接合する方法は、基本的に高力ボルト接合が無難と思われます。しかし、溶接での接合が避けられない場合は既設鋼材の溶接性を確認する必要があり、また構造的には応力集中箇所付近を避ける必要があります。

また、疲労以外に配慮が必要なものは、新設側桁のキャンバーの設定方法、既設床版鉄筋との摺り合せ、既設桁の縦断曲線形状への摺り合わせ、供用下でコンクリートを打設する場合は初期硬化時の振動対策等があります。 【保全小委員会】

Q-43 名古屋高速道路での支承取り替えでは、ソールプレートを撤去しないのを原則としていますが、理由は何ですか。

A-43 名古屋高速道路公社では、新しい耐震設計による実験をして、現状の健全な支承が十分に新示方書基準に耐え得ると判断しているため、健全な支承は原則交換しないものとしている。また交換する場合においても、極力既設母材に熱を入れないこととしており、ソールPL取替えとなればガウジングまたはガス切断および新規部材の溶接等の作業が必要となり、かなりの熱量が入ることになる。よってソールPLの取替えを行わないのを原則としています。 【保全小委員会】

Q-44 普通、ローラー支承の耐久年数は何年ですか。

A-44 一般的には支承耐久年数は30～50年と言われていますが、当初の支承構造や材質、環境（土砂塵の侵入・滞水状況・塩分（凍結防止剤含む）飛散状況、清掃・簡易補修等の維持補修の実施状況等により、耐久年数は大きく変動しますが、一番大きな要素は日常の維持補修であります。維持補修の行き届いたものには60年以上経過後で未だ健全なものもありますし、反面維持管理の疎かなものでは供用30年を待たずして、支承本来の機能を失ったものもあります。

また一見健全と思われるもののなかにも、ローラー部の腐食摩耗や塵詰まりで本来のローラー機能を失って、ローラーと上沓の滑りで伸縮に対応している例もあります。 【保全小委員会】

Q-45 一つの支承が損傷した場合、他の支承、上部工へどのような影響がありますか。このとき、荷重分配率はどう変わるのですか。

A-45 支承の損傷には、本来の機能を損なうものや、沓座の損壊等により支承本来の位置を保持できないものがあります。本項では、水平変位・回転変位の吸収機能を失った損傷と沓座損壊による支承が沈下した場合について、下記でお答え致します。

水平変位・回転変位吸収機能を失った場合

本来円滑に変位するべきものが変位せず、上部工の各部位に想定されていない応力が発生致します。また活荷重による変形は動的で繰り返し生じるものであり、床版や主桁本体の亀裂を生じさせることも考えられます。また支承に対しても、想定外の水平力や曲げモーメントが発生することになり、支承本体の損傷や沓座の損壊へ発展することになります。

沓座の損壊等により支承が沈下した場合

一つの支承線で1支点だけが支点変位することになり、支点変位の影響で反力も変化することになります。沈下した支承の反力は低下して、その分を他の支承が受け持つことになり、場合によっては支点反力が(0)以下となることもあります。沈下による各支承の反力変動は、(a)沈下量(b)支点間距離(c)上部工横剛性(床版・横桁等の剛性)から算出することが出来ます。また支点高の変化により、上部工(床版・横桁等)に想定外の付加応力が発生することになり、これらを損傷させることにもなります。場合によっては活荷重の載荷状態で、浮き沈みが繰り返されることにもなり、騒音の原因にもなっています。通常対傾構形式の構造であれば、反力変動による支承を含む桁本体への影響よりも、支点変位による床版応力超過の問題の方が大きいと思われます。 【保全小委員会】



Q-46 主桁連結工法において、連結部には負の曲げモーメントが若干発生するはずですが、これは連結板で抵抗していると考えてよいですか。

A-46 通常の桁連結工法では、活荷重のみを連結系で負担するとし、死荷重は当初の系で負担するものとして設計されています。従って活荷重載荷状態では、連結部付近は負曲げモーメント領域となり、これに対して連結板が抵抗することになります。当協会では、「桁連続化の設計例と解説」<sup>1)</sup>を発刊しております。ご参照ください。 【保全小委員会】

[参考文献]

1) 日本橋梁建設協会：桁連続化の設計例と解説，平成 12 年 7 月。

Q-47 伸縮装置や排水装置の補修事例が知りたい。

A-47 伸縮装置の補修事例については、文献 1) に代表的な補修事例を掲載しているのので、ご参照ください。また排水装置の補修事例ですが、損傷の箇所別に下記に紹介致します。

(A) 排水管

- 補修事例(1) 排水勾配の改善と管径の拡大
- 補修事例(2) ジェットまたは水圧による堆積土砂の撤去と定期清掃
- 補修事例(3) 排水樹流出孔にフィルター設置
- 補修事例(4) 排水樹追加により、箇所当り土砂流失量の抑制

(B) 排水樹

- 補修事例(1) 排水樹蓋の破損・飛散 蓋構造の補強およびチェーンの取付けで飛散養生
- 補修事例(2) 排水樹腐食や容量変更による取替 一般的には床版コンクリートはつりによる施工
- 補修事例(3) 小規模排水樹の取替 コアカッターによる既設樹撤去・エポキシ樹脂による新規樹の固定

(C) 床版天端滞水の排水

- 補修事例(1) ドレンパイプ設置により排水
- 補修事例(2) 排水樹側面に排水孔を設けて、滞水防止対策

【保全小委員会】

[参考文献]

1) 日本橋梁建設協会：鋼橋の補修・補強事例集，平成 14 年 10 月。