

質問内容と回答

1. 三宝第1工区鋼桁及び鋼製橋脚工事の設計・工事報告

Q1：既設鋼床版を再利用して、新設橋梁に使用したとのことですが、鋼床版デッキと縦リブ・横リブ・垂直補剛材等の溶接部に疲労による損傷は見られなかったのか？

また、その判断方法は目視のみで行ったのか？非破壊検査等も行ったのか？

A1：鋼床版の健全度調査は目視点検のみで実施した。また、阪神高速道路よりいただいた今までの調査点検結果から疲労き裂が発生していないことを確認した。

Q2：既設橋梁改築再利用において、資源の有効活用と環境負荷低減について成果はあったが、コスト面での成果についてはどうだったのか？現地からの持ち帰り、工場での処置、再利用する際の精度確保などでコストがかかると思われるが、新設との比較でどちらが安価だったのか？

A2：発注者サイドからすれば、桁を新規に製作しなくてもよいため、材料費・製作費がかからず安価になっている。しかし、弊社の費用に関しては、当初想定していたよりも作業人工がかかってしまい予算オーバーした。その要因として『図面の照査』『実測』『桁を持ち替えた際の損傷の補修』などの見込み違いがある。

Q3：複合橋脚は既設橋脚と拡幅部を一体化した構造になっているが、既設橋脚の耐力は現況の基準で満足されていないと思われる。そこで、橋脚全体での耐力を確保するために、例えば、『既設橋脚の補強』や『支承取替による支持条件の変更』などといった対策を行ったのか？

A3：支承取替は行っていない。耐力を上げるために炭素繊維の巻立てを行っているが、弊社の施工範囲外のため詳しいことはわからない。

2. ベトナム：ニャッタン橋の建設工事

～東南アジア最大級の6径間連続合成斜張橋の建設～

Q1：温度、湿度の管理方法は？

A1：湿度は特に管理していません。形状計測時の温度については主塔同士、ケーブル同士、桁同士、各2度以内で管理しています。

Q2：将来の形状変化に対しては何か対応をしていますか？

A2：完成10年後の形状を想定して解析を行っています。

Q3：形状管理の夜間作業について、日本国内では職人も対応してくれると思いますが、現地のワーカーの対応はどうでしたか？

A3：ベトナムは暑い国なこともあり、元気に対応してくれました。日本人のSVを派遣し、その下で直接雇用したワーカーを配置しましたが、SV指導の下よく働いてくれました。

Q4：架設のサイクルは主桁、横桁の架設、ケーブル架設、プレキャスト床版、ケーブル調整などがありますが、各工程の所要日数とサイクル架設の日数はどの程度でしたか？

A4：架設は24時間、昼夜2交代で行い、桁架設に1日程度、ケーブル架設に各1日、ケーブル緊張に1日、プレキャスト床版に各1日、エレベーション調整に1日、場所打ちコンクリートに1日、場所打ちコンクリートの養生期間に2～3日で、1サイクルあたりは11～12日です。場所打ちコンクリートの養生期間はクリティカルなので、できるだけ休日になるよう工程調整しました。

サイクル架設は昼夜2交代、桁架設に昼・夜で1日半、プレキャスト床版6枚の設置＋ケーブル架設は塔側・桁側2本で1日、反対側のプレキャスト床版6枚＋ケーブル架設も2本で1日、プレテンションで1日、プレキャスト床版24枚の設置＋次のサイクルの準備で2日、ケーブル調整で半日、間詰コンクリート打設で1日、コンクリート養生2日、休日1～2日、全部で11日～12日のサイクル。

Q5：作業箇所は2主塔で並行して行っていると思いますが、2主塔それぞれの施工パーティは固定していたのですか？

A5：職員の配置は固定しています。ワーカーの配置は固定していません、その日の作業により臨機応変に配置しています。

Q6：部材の搬入方法は、直下吊りですか、主塔側から橋面を運搬ですか？

A6：水上の主塔では、床版をタワークレーンで搬入、桁を台船クレーンで第1段ケーブルと主塔の隙間から搬入、陸上の主塔では移動式クレーンで搬入し、橋面上をトレーラーで先端まで移動しました。

Q7：と言うことは桁上のトレーラーや台船クレーンは常駐ですか？

A7：常駐です。

Q8：現地の機材調達は日本からですか？

A8：150tクローラクレーン、50tラフタークレーンは日本から調達しました。

Q9：現地のワーカーは直備したとのことですが、日本人SVと現地のワーカーは最大で何人程度でしたか？

A9：最大で日本人の職員が20名、日本人SVが10名、ローカルのエンジニアが120名、ワーカーが500名程度です。

Q10：ベトナムのPMU側の設計承認への関与はありましたか？

A10：技術的にはあまり関与はありませんでした。材料承認、業者の承認が必要でしたが、採用業者に対しての要望がありました。これによって業者の承認に時間がかかるがありました。

Q11：それにより工程に影響はありませんでしたか？

A11：工程に影響はありませんでした。

Q12：現地施工時にローカルのパートナーは採用しましたか？

A12：鋼橋部分については現地の下請は採用していません。作業員を直接雇用し、日本人のSVを派遣してその指導の下、工事を行いました。コンクリート橋部分については現地大手ゼネコンのVINACONEXと言う企業を下請けとして採用しました。

Q13：7,600t をベトナム国内にて製作したとのことですが、溶接の非破壊検査はどのように行いましたか？

A13：現地の非破壊検査専門会社を採用または工場内の非破壊検査に対応できる職員で実施しています。基本的に自主検査は工場内で対応、第三者機関の検査が必要な場合は非破壊検査会社にて行いました。

Q14：検査方法はなんですか？

A14：UTです。

Q15：プレキャスト床版の材料はなんですか？

A15：コンクリートです。

Q16：閉合部の長さ調整はどのように行いましたか？

A16：通常の方法と同様に閉合直前に形状計測を行い、その結果に合わせて工場にて切断しました。

Q17：孔明もですか？

A17：そうです。

Q18：閉合時のPCストランドは本設ですか、仮設ですか？

A18：仮設備です。取付ピースは残置しています。PCストランドやジャッキは取り外しました。外観に影響ないのでそうしています。

Q19：PC箱桁の架設工法は張出架設ですか？

A19：一般部は支保工による架設、道路上は張出架設です。

Q20：杭のローディングテストは行っていますか、支持層の確認方法は？

A20：スペックでは日本と同様の確認を行うことが要求されています。詳しくは後日ホームページで回答いたします。ベトナムでは杭の耐力確認に関する要求が厳しく、第三者機関による確認が要求されています。また、ニャットン橋では完成後も経時的に基礎沈下の確認を実施しています。

Q21：鋼構造物の製作をベトナム国内で行ったとのことですが、本体製品や仮設材に現地にて調達した材料を使用したことはありますか。あった場合、その品質など信頼性はいかなもののでしょうか？

A21：本体製品は日本の材料を使用しました。仮設材では現地または近隣諸国の材料を使用したものもあります。ミルシートや品質証明書などを受領していますが、信頼性に疑問があったので、抜き取りで引張試験を行うなどの対応をしました。また仮設構造物の重要性に応じて、重要度の高いものには日本の材料を使用しました。

3. 頭付きスタッドを用いた鋼-コンクリート接合部の耐力評価に関する解析的研究

Q1：床版打設後に接合部を施工していたが、その他にどのような方法があるのでしょうか？

A1：接合部施工後に床版打設する場合や、接合部を先行して施工し桁支間部の桁架設、床版打設を後に施工するステップなどがあります。接合部施工後床版を打設した場合は、接合部へ床版や鋼重分の曲げモーメントが作用しないため、接合部への負担が減り、接合部をコンパクトにできます。接合部施工後床版を打設する場合は、接合部の負担は増えますが、桁への負担は減り、支間中央断面をコンパクトにできます。架設条件と構造条件を考慮し総合的に選択する必要があります。

Q2：塑性化部位として、局所的な圧壊について検討したか？

A2：終局耐力を検討する際には、検討していません。

Q3：鋼-コンクリート接合部のフランジ拡幅をしてはいけない理由は何でしょうか。

A3：過度なフランジ拡幅は、製作性、部材ロス率や局部座屈が懸念されるため、フランジは同幅とするのが良いと考えます。

Q4：フランジに孔を開けて鉄筋を通す方法や孔あき鋼板ジベルとするのでは無く、頭付スタッドとする理由は何でしょうか。

A4：複雑な設計となる孔あきリブではなく、頭付スタッドを用いたシンプルな設計とすることで、自治体においても普及を図っていきたいと考えています。

また、鋼コンクリート剛結部に用いる孔あき鋼板ジベルは特許取得されたずれ止めであり、道路橋示方書でずれ止めとして一般に用いられている頭付スタッドを対象としています。

Q5：フランジの上下面にスタッドを打設してウェブ自体を無くす設計は可能でしょうか。

A5：架設系で仮支点となる部位であり、ウェブを無くすことはできません。また、フランジ上下面へのスタッド打設は、狭隘となるためコンクリートの充填性等、問題が多いため、フランジ片面にスタッド配置するのが良いと考えます。

Q6：上部工にはP C橋も考えられると思いますが、上部工に鋼橋を採用した橋台ジョイントレス構造のメリットについて、もう少し詳しく教えてください。

A6：上部工を鋼橋とした場合のメリットの一つ目は、施工スピードの速さです。河川上やオーバーパスといった架橋地点でも、工場製作した桁を持ち込んでスピーディな架設が可能で、二つ目は、鋼桁を仮支点で支持して架設・床版打設後に接合部を結合する架設ステップとすることで、鋼桁と床版自重分の曲げモーメントを接合部に伝達しなくて済むため、橋台ジョイントレス構造の接合部をコンパクトに設計できる点が挙げられます。

メリットの三つ目は、死荷重が小さいことです。共同研究で別途実施している供試体実験でも地震時のじん性が十分に確保できることが確認されており、高い耐震性を有します。鋼橋のメリットを活かし、より合理的なジョイントレス構造を提案できる可能性があると考えています。

4. 日本と米国における取り替え鋼床版事例の調査報告

Q1：採用されている表面処理を教えてください

A1：橋軸直角方向のパネル継手上にひび割れが発生しているG橋は、凍結抑制を目的としてゴム入りアスファルト舗装を適用していました。しかし、その他の橋梁の舗装構成は調査できておりません。

Q2：パネル同士の連結に必要な考え方（設計上）がご教授頂ければ幸いです

A2：取替鋼床版のパネル継手の考え方は、基本的に新設橋と同じです。ただし、分割施工、工期短縮等から HTB 継手とすることが多く、また、既設主桁や横桁の上フランジ等が HTB の締め付けに支障となることがあり、デッキプレート上面側から締め付けることが多いと考えられます。その場合、HTB 部の舗装厚が不足し、舗装の耐久性が低下することがありますので、デッキプレート下面から HTB の締め付け作業ができるスペースを確保することが重要と考えられます。

Q3：①取替え鋼床版の疲労損傷は、新設の鋼床版と同じと考えて良いか？

②取替え鋼床版は全ての橋梁形式に適用可能か？

A3：①新設の U リブ鋼床版は、U リブと横リブ交差部や U リブとデッキプレートの縦方向溶接部が課題であり、これは取替え鋼床版においても同じである。古い RC 床版で構造高が低い場合には、既設主桁と取替え鋼床版の接合構造について施工性を踏まえ検討する必要があると考えている。

②本日報告した事例調査結果にもある通り、吊橋やアーチ橋、トラス橋にも適用されており、全ての橋梁形式に適用可能と考えている。しかし、現場条件により適用の可否や制限が出てくるので注意が必要である。

Q4：事例報告においてパネル継手部の損傷が紹介されていたが、その対策は？

A4：今回は事例調査結果を報告したものであり、対策についてはこれから検討したいと考えている。

5. 寒冷地における鋼橋 RC 床版の耐久性向上対策

Q1：凍結防止剤の散布は全国各地で実施されているが、寒冷地で散布されている量はどの程度で、劣化を著しくしている散布量の目安はあるのか？

A1：高速道路会社や地域によって差があり、散布量を平均的に示すことはできません。東北地整の北部での公表値としては、太平洋側で年間 10t/km、日本海側で 30t/km と報告されています。また、散布量と劣化には相関はあると考えますが、どこまで散布すると劣化が進展するかといった指標は今のところないと考えます。これはコンクリートの品質や道路線形（勾配）によっても劣化の進展が異なるので、現地条件を踏まえて定期的な点検が不可欠と考えられます。

6. 製作技術の変遷と今後の展望

Q1: 近い将来は、本日の発表でCIMに関わる発展があることはわかりましたが、今後、20年、30年後どのようなになっているか想像のつく範囲で教えてください。

A1: ロボット溶接のティーチング、プログラムも進歩発展してきていますので、更に自動化が進んでいくと思われます。

CIMの説明で、3D化がありました。3Dプリンターの発展も目覚しく、発泡スチロールで模型を製作して、製作性の確認をしていましたが、3Dプリンターを用いて簡単に製作検討ができるようになりました。

その発展で、20年後は難しいかもしれませんが、時間のかかる厚板の溶接も、3Dプリンターのように、スイッチを押せば溶接してくれるようなことができると思います。

また、個人的な意見ですが、橋梁本体についても、人、自動車を通すものだけでなく、橋の振動で発電を行うとか、橋梁は耐震性に優れているので災害時の避難シェルターと同期させるとか付加価値が付いていけばさらに魅力ある業界になるのではと考えています。

7. 震災時における補修・補強事例 ～応急対応から本復旧まで～

Q1: 事例3のトラス桁支承部、桁端部の損傷に対して、応急対応は構造面からみると強引な方法と思われるが、本復旧で苦労した点をお聞かせいただきたい。また、別法として想定されるものがあれば、教えていただきたい。

A1: 構造的な観点で見ると、固定側だけならまだしも、可動側についても巻き立てられて両端固定とされてしまったのは、本復旧を行う上では厳しい条件であった。余震等による落橋を恐れての緊急対応ということだったと思うが、格点部にベントを設けていたことも考えると、両端を固めるまでしなくてもよかったのではないかと思う。

他の方法としては、H23年度の技術発表会にて保全委員会より報告した、トラス斜材を追加して仮受け位置を設ける方法が参考になると思う。ただし、今回の事例のような支座位近傍の損傷度合いや、早期の対応が必要という状況では、採用は難しいと思われる。

Q2: はく離剤による塗装塗替え時にスティフナー等溶接部の裏側がはがれにくくなってしましますが、その要因又はメカニズムを教えてください。

A2: 剥離剤メーカーにヒアリングしたところ、

- ・補剛材等の溶接部の裏側はプライマーが焼ける
- ・今なら外面塗装前に製品ブラストをかけるが、昔はかけていなかった
- ・焼けたプライマーが鋼材面にこびりついているので剥離剤では剥がしづらいことが多いとのことでした。

いずれにしても、剥離剤を使用した場合、最後に残った剥離剤・溶けた塗膜を除去する作業が必要になるので、その作業の中でこびりついたプライマーも除去するという手順になるかと思います。なお、プライマーにPCBや鉛が入っている可能性は低いのでそこまでくれば動力工具で除去しても問題ないと思われます。

Q3：事例1に関して20頁で取替部材を現場溶接されていますが、

- ①切断はガスでされたのでしょうか？
- ②ウェブは腐食がなかったのでしょうか？
- ③切断、溶接の熱による変形のようなものは無かったのでしょうか？
- ④最近、点検結果はどうだったのでしょうか？

A3：①ウェブフランジ溶接部のビードはガウジングにて撤去した後、フランジを撤去しています。

- ②健全性を損なう程の腐食はありませんでした。
- ③顕著な変形は生じませんでした。
- ④点検結果については施主からの情報提示がなかったため確認しておりません。

Q4：①発表されたような応急処置や本復旧の方法等はコンサル等を通さずに直接業者が提案しているのでしょうか？※地方部の市町村ではあまり直接施工業者が工法を提案することができないと考えます。(道路や河川は出来るが、橋等の特殊な構造物の場合は、発注者→コンサル→業者の流れがほとんどです。(今後の市町村支援の為、コンサルを通さない提案等が可能か確認したいです)

- ②パーポイント P21 で鉸の支承取替時に主桁の部分取替を行う際、鋼材調査の実施とありますが、溶接は新設部材と既設部材の溶接であるためZ方向引張試験まで必要だったのでしょうか？※Z方向の引張を受けるのは新設部材ではないのでしょうか？また、鋼材調査、Z方向試験実施にあたり、費用はどの程度発生し、その金額は発注者よりもらったのでしょうか？

A4：①コンサルタント様の計画・設計がある場合と無い場合、両方のケースがあるかと思いません(緊急を要する場合や応急対策には無いケースが多い)。前者については、コンサルタント様の計画・設計に基づき確認し、変更等が必要であれば提案させていただいています。後者については現地確認後に応急(緊急)対策を検討・実施した後、本復旧のための調査、設計を行った上で施工に入ります。

- ②既設橋の古材(鋼材)に溶接するということで、鋼材の成分分析を総合的に行う必要があると判断し、Z方向の試験も含めて実施しました。費用、設計変更の有無については施主との関係もありますので、差し控えさせていただきます。