

（1）若戸大橋ケーブル関係の健全度調査および補修工事

Q1) 現況は健全度に問題ないのはよくわかったが、将来的に劣化速度は早くなると思われる。その将来予測の方法、あるいは例えばどうすれば腐食の進行を止められるかなど、橋建協としての提案はないか？

A1) ケーブルストランドの腐食防止を目的に、橋台前面や中間塔前面に FRP 製のカバーを設置し、内部の除湿を施すシステムを導入した。また将来的には主ケーブルの乾燥システムの導入も視野に入れている。鋼部材に関しては定期的に塗り替えを行うことで腐食を防止できることは本橋で明らかである。

Q2) ケーブルバンドボルトを全数取り替えたとのことだが、緩みについては供用しながら増し締めをするのが良いと思われる。若戸大橋においては軸力低下の根拠は何か？

A2) 本橋のケーブルバンドボルトは、M45 という伸びが小さいことと片側ナット形式を採用していたので現実的に増し締めが困難であった。よって今回はボルト径を小さくし両側ナットとすることで増し締め可能なものとした。軸力低下の原因としては、発表の中でボルト軸力の回帰曲線を示したが大きな変動が確認されており、主に RC 床版から鋼床版に変更し拡張したことで荷重の再配分が発生しそれが影響していると思われる。

Q3) ケーブルの張力測定は振動法と EM センサーを使用する方法を実施しているが、コスト面や経験上どちらが優位か？

A3) どちらも精度上は良好である。EM センサーは計測にあたり装置をケーブルに装着しないとイケない。それに対し振動法は非常に簡易な器具で計測が可能であるので、今後は振動法を用いていくのが良いと思われる。

Q4) ケーブルの素線の破断が見られるが、素線破断の際はかなり大きな音が発生していると予想される。今回はかなり大掛かりな作業をされていてお金もかかる。今後、点検のコスト面からは音響センサーを設置してモニタリングする方法もある。そうすると 24 時間継続的に管理もできる。今後橋梁においても取り入れていくべきないかと思う。

A4) 貴重なご意見ありがとうございます。

Q5) 本橋はパイオニア的な長大橋であるが、若い世代の技術者はなかなか携わることが出来ない。そのような環境で、若い世代が維持管理を担っていかなければならないことに危惧を感じるが、このような状況の中で、今後の維持管理におけるポイント、アドバイスがあればお願いしたい。

A5) とにかく見えない部分、普段見ることがない箇所への対応、配慮が重要であると思う。

Q6) 主ケーブルの素線の破断が見られるが、今後破断数は増えていかないのか？

A6) 破断の原因は、バンドボルトの締付けにより曲げが作用したことが主な原因と考えられる。またバンドボルトは降伏点近くまで締付けていたことも要因の一つである。今回の補修工事では、バンドボルトを細径のボルトに交換して軸力管理をし易いものとした。適切な軸力管理を行えるので破断は少なくなると思われる。

Q7) 主ケーブル素線破断の対策として、水抜き孔を設けるとあったが、それ以外に抜本的な対策はあるのか？

A7) その他の対策としては、将来的に乾燥システムの導入の計画がある。

Q8) 長大吊橋の調査や補修工事は実績が非常に少ないと思われるが、苦労された点を教えていただきたい。

A8) 今回ケーブルバンドを撤去、ハンガーロープの取り替えを行う際に吊橋としてもつのかどうかの検証を3次元骨組解析で行ったが、実物のサグの影響を解析に反映することに苦労した。また、昔の完成図面に頼らず実物の実測が不可欠であるが、供用中での調査・計測はやはり誤差を持っており、実測を反映したにも関わらず製作した補強部材が現場で合わないことも度々あり、実測値の確からしさの確認が難しいと感じた。

(2) 耐候性鋼橋梁の損傷分析とさび外観評価システムの提案

Q1) 補修塗装の具体的な仕様は？

A1) 塗装便覧のRC1系が基本となっている。1種ケレンでさびが除去できなければパワーツール等を使って欲しい。塩分付着が多い場合には水洗いで除去し、板厚の減耗量が耐荷力に影響なければ、そのまま補修塗装を行うことで構わないと考える。

Q2) 現状、さびの評価はある時点での外観による判断であるが、保護性さびの形成速度が重要と考えられる。今後、保護性錆の形成速度を何らかの方法で評価していくことを考えているか？

A2) 維持管理における補修の判断について、まずは現状のさびの状態を正確に評価して、必要に応じて補修や補強を実施することが現時点では最も重要であると考え、本発表の技術を開発しているが、理想としては保護性さびの形成速度で評価すべきであるため、今後は時間軸を取り入れた評価方法を検討していく。

Q3) 補修塗装を行う際の注意点は？

A3) 現場ではいくら念入りに素地調整を行っても付着塩分が残留する場合がありますので、きちんと確認することが重要であると考えます。

Q4) スライドの事例写真の中で最も酷い事例として層状錆があったが、層状錆の発生方法は？

A4) 現場においては乾湿が繰り返されることで錆が促進されるので、錆は上から発生していく。

(3) 第二音戸大橋

Q1) 砲弾型ジャッキの採用経緯や長所について

A1) 基本、一般ジャッキは一軸方向のみで橋軸方向・橋軸直角方向に対して2台必要となるが、本ジャッキでは2軸方向同時の調整ができることが大きい。今回の架設では大ブロックで吊った状態で軸力をメインに伝えているが、もし想定外にせん断力が発生しても十分なせん断耐力も有しているため、砲弾で抵抗できる。

Q2) 陸上部ベント上のジャッキ操作による大ブロック架設の支間調整量について、どの程度上げたのか？

A2) ジャッキの上げ下げにより陸上部のアーチを前後させ調整する計画であったが、大ブロックの地組立精度がよく、支間長・支口間隔は設計値通りとして、陸上部のアーチを予めセットバックさせることはしなかった。架設途中で間隔が合わなければジャッキで調整する計画としたが、特に問題なく架設ができたため、結果、ジャッキを使用することはなかった。

Q3) 今回の大ブロック架設において、FC解放に際してかんぬきを工夫した工法としているが、それ以外に設計上、架設上、配慮した点は？

A3) 本架設における最大の課題は、航路制限の限られた時間の中で、いかに早くかつ精度よくアーチリブを接合させることであった。そのためにはボルトを本締めしている余裕がないし、位置調整に時間を要することが懸念されたので、かんぬきを用いて素早く位置決めをし、アーチに作用する軸力をジャッキで受ける方式を採用した。さらに、ずれ防止として誘導ガイドを設置し、かんぬきの強度としてもせん断耐力に余裕を持たせたものになっている。また、架設ステップを細かく定め周知会を開催して作業員全員の意思統一を図り、現地では4つの仕口同時に作業状況が把握できるように無線で緊密に連絡を取れるように配慮した。

Q4) ケーブルの張力管理について、張力導入および調整、確認はどの段階でどのように行っているのか？

A4) ケーブルは工場での地組立時に設置し、FCによる浜出し前および架設完了時に張力計測、調整を行っている。

Q5) 台船積み込み時のV字補強材について、長孔を利用して解体時に無応力となるとのことだが、FCで吊っている状態では有効だったか？また邪魔にならなかったか？

A5) FCで吊っている状態ではV字補強材は期待していない。特に問題とはならなかった。

Q6) アーチ仕口部の連結板は架設後に計測して製作したのか？

A6) 架設時は仮の連結板を設置し、隙間を実測して本連結板を製作した。

- Q7) アーチ部は日照の影響などで変形すると思われるが、仕口の間隔はジャッキで調整したのか？
- A7) 本橋では日照の影響はほとんどなく、ジョイントの隙間は動いていなかった。うまくボルトを設置することができた。

(4) 100年橋梁を目指して

- Q1) 道路管理者として、耐久性に関する見解を聞きたい。例えば、コンクリートの膨張剤は 200μ 程度の効果はあるが、コンクリートは 700μ 収縮するのでひび割れは必ず発生する。また、塩カリの散布は、日本では50%ぐらいの地域で行っており他国に比べて非常に厳しい環境にある。グレーチング床版は鋼板が薄く不具合が出ているが、合成床版で同じような不具合を出さない対策、100年橋梁を目指した場合のなすべき手法は？
- A1) まず重要であるのは床版に水を浸入させないことであると考え。そのために防水層を確実に施工することがあげられるが、ひび割れについてはひび割れ幅が一定以上開かない配慮もすべきであり、合成床版はRC床版に比べるとひび割れは大きくなる。今後は、寿命の定量化や塩分環境が異なる場合の耐用年数の検証などが課題と考えている。
- Q2) 橋梁の定期点検においては、基本は目視点検が中心で、漏水が確認されると詳細点検を行い補修補強の必要性を判定するものと思われるが、具体的にどのような状況となれば補修補強が必要となるのか？
- A2) 合成床版においては内部に水が浸入しているかどうか非常に重要な確認項目である。そこで腐食が確認されれば、早い段階で補修することである。床版内部の状況の判断には、まずモニタリング孔から水が出ていないか、水が出ている場合は水の浸入経路を詳細点検で確認することが特に重要であると考え。
- Q3) すべての橋の点検を行うことは非常に難しいと思うが、損傷を想定すると何年後に点検すべきなのか？
- A3) 通常の状態では損傷することはなく100年もつと考えているが、当然不安をもたれると思うので確認は必要です。現在、国交省では工事完成後に初回の点検と5年に一度の詳細点検を実施されているのでそれで良いと考えます。

(5) 我が国の鋼床版疲労対策技術と最近のプロジェクト

- Q1) 疲労対策としてUリブの内外の両側を溶接する手法の紹介があったが、内側の溶接の品質管理は具体的にどうするのか？
- A1) Uリブの内側に小型カメラやレーザー測定器を挿入して確認できる。試験施工において、試験体を開放して肉眼観察で比較検証している。

- Q2) Uリブの内側を溶接してもデッキ貫通き裂は発生するおそれがあると思われるが、溶接ビードの大きさなどで緩和することはできないのか？
- A2) ビードの大きさの違いがどの程度影響があるのかの比較検証は残念ながらできていない。今後行いたいと考えている。

(6) 道路ネットワーク維持管理の必要性和鋼橋の更新時期について

- Q1) 緊急工事における苦労点は？
- A1) 補修方法は自分自身が現場で考えた。自碇式吊橋の設計経験からある程度のイメージが出来た。例えば追加サドルを設置するにあたり、テキストに書いてある間隔調整材を設けたり、塔頂部の形状に合うか、ケーブルが納期（1週間）に間に合うかなど色々な状況があったが、現場は待たなしであった。現場よりも調査や設計、製作の工程など工事全体の施工管理がもっとも重要であって、現場では段取りが8割出来ていれば施工可能であることから、自分1人で手配から問題解決まで対応したことが一番の苦労であった。
- Q2) 保全工事を担当する技術者について、御社ではどのように育成しているか？
- A2) 保全工事のロットが大きくなっていることから、会社でも今後重要な工事になっていくと捉えており、中途採用を実施している。若手、特に20代は不景気から採用を抑えたことにより少ないが、若手自身が自発的に残業時間等で勉強会を実施している。それに対して我々中堅社員が現場に連れて行くなど色々体験させる手助けをし、オールマイティな技術者を育てようとしている。協会としては、発注者内の講習会協力や大学への出前講座を通して技術者の育成をはかっている。また学生に対して魅力ある業界に入ってもらえるよう努力している。
- Q3) 原田橋について、ひずみゲージを設置してデータ採取しており、ワイヤの損傷が激しく今後の進展が懸念されると思われるが、現在までの採取データで懸念されるような変化はなかったか？
- A3) モニタリングを始めてから1年経過するが、誤作動を除くと劣化と判断されるような状況は見られない。ひずみが大きく出て警報が鳴ったこともあったが、原因は落雷により電源が切れたことであつた。

(7) 船舶衝突による合成桁斜張橋の損傷と補修

- Q1) 国外と国内の工事の違いは？
- A1) ODA案件ということで、設計・施工が日本企業だったので、ほとんど日本品質でおこなわれており、あまり違いは感じなかった。ただ事務的な面、言葉の違いやすべての書類にサインが必要などの違いがあった。ODA案件、技術的な面では国内と変わらないと考える。