

国道157号犀川大橋における 技術協力・施工タイプ（ECI方式）での 補修設計について

山科盛人¹・脇坂哲也¹・中狭靖¹・吉澤直子¹・清水英樹¹

¹大日本コンサルタント（株）北陸支社（〒930-0175 富山県富山市願海寺633番地）

犀川大橋は、大正13年竣工（登録有形文化財）の下路式曲弦ワーレントラス橋である。本橋は厳しい施工条件や、現状把握が不十分な箇所があり、発注者が最適な仕様の設定が困難な工事と考えられたため、ECI方式を適用した補修設計となった。本業務の取り組みを報告することで、設計者の立場におけるECI方式の利点および課題の共有を目的とする。

今回適用したECI方式は、施工者独自の視点と技術を設計段階で取り入れることにより、事前に不明瞭な現状（不可視部等）を把握し、問題を明確化、意思統一することで、補修工法における実現性の確認、および現場施工の効率化が可能となった。

Key Words : ECI, 登録有形文化財, 重交通, 電磁波床版非破壊調査, 下路式曲弦ワーレントラス橋

1. はじめに

(1) 背景及び目的

犀川大橋は、下路式曲弦ワーレントラス橋（図-1、2）で支間長60.96m、主構高約9.8m、鋼重570tのリベット橋である。大正13年（1924年）竣工の歴史ある橋梁（登録有形文化財）となっている。過去に補修補強が繰り返されているが、直近の点検等で伸縮装置付近の異常音・漏水や端縦桁の腐食・欠損等の損傷が確認され、橋梁補修が必要となった。本橋は日交通量約32000台のバス路線で、架橋地点の左右堤内地は、古くからの繁華街となっており、今も商業施設や住宅が多数密集しているため、以下の施工条件がある。

- (1) 観光資源であり、イベント時には工事不可
- (2) 車線規制を伴う工事は、月～木曜日の深夜から明け方にかけて(3.5h)が基本
- (3) 文化財であることから大きな外観の変更は不可
このような厳しい施工条件のもと、補修にあたっての複数の課題（A2橋台伸縮装置から原因不明の

異常音が発生（図-3）、橋台コンクリートおよび舗装下等の不可視部の存在）より、発注者が最適な仕様の設定が困難な工事と考えられたため、技術協力・施工タイプ（ECI方式）を適用した補修設計となった。

ECI方式はH26年度に「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の改正により制度化されてから現時点まで数件の適用しかなく、橋梁補修設計における適用は本業務が全国で初めての事例である。

そこで、今後増加が予想されるECI方式を採用した補修設計について、本業務の取り組みを報告することで、設計者の立場におけるECI方式の利点および課題の共有を目的とする。

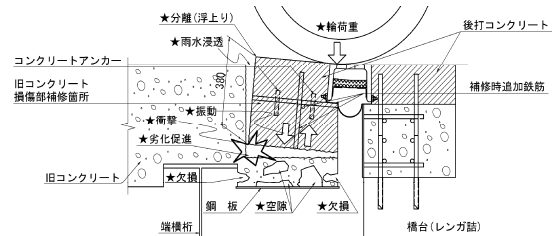


図-3 伸縮装置からの異常音

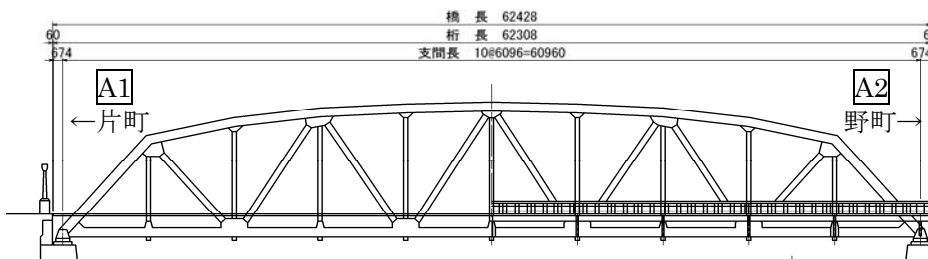


図-1 側面図

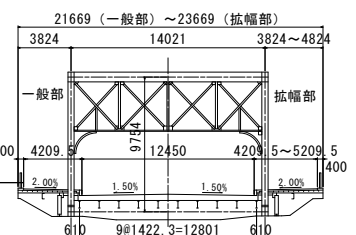


図-2 断面図

(2) 技術協力・施工タイプ（ECI方式）とは

ECIとは「Early Contractor Involvement」の略で、発注者が最適な仕様を設定できない工事、又は仕様の前提となる条件の確定が困難な工事において、施工業者が優先交渉権者として技術協力業務の契約を締結し、その業務の中で設計業務に技術提案を行う。その後、設計業務において設定した仕様で施工業者が施工契約を締結する方法である。

2. 本業務におけるECI方式の位置付け

本業務では、点検結果を基に行われた既往の補修設計をベースとし、必要な追加調査項目の選定、補修工法の選定、施工計画について、技術協力業務と連携しながら進めた。本業務の進め方をフローに示す（図-4）。中長期的な耐久性の確保、重交通路線での施工時安全確保、住民への影響、歴史的景観の維持等を配慮した最適な仕様の設定を目指した。

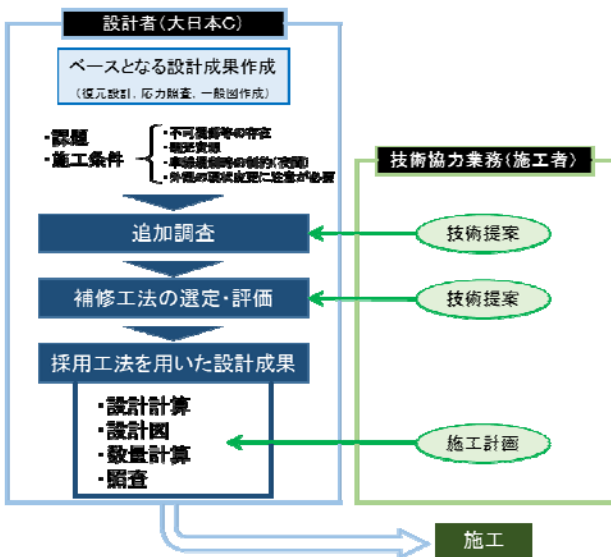


図-4 補修設計実施の流れ

3. 各段階における取り組み

(1) 追加調査

追加調査項目では、技術協力業務からの技術提案を参考にしながら、不可視部等の現状把握が必要な既設構造物の状態(形状、強度等)を中心に新たに10項目の調査(表-1)を実施した。

追加調査項目について主要な項目を詳述する。

表-1 実施した詳細調査項目

| 鋼材関係 | コンクリート関係 | その他 |
|---------------|------------------------|-----------------|
| 端横桁たわみ・ひずみ調査 | 床版コンクリートの調査 | 舗装の試掘調査 |
| 鋼材・リボットの腐食度調査 | パラペットコンクリートの材料調査(水平) | |
| PC鋼棒の健全度調査 | 電磁波床版非破壊調査(床版キャッチャー) | 歩車道境界部水樋の排水機能調査 |
| 遊間量調査 | パラペット上部のコンクリート材料調査(鉛直) | |

※色付きは技術提案項目

a) パラペットコンクリートの材料調査(水平)

ベースとなる既往の補修設計において、パラペット全体打替えが提案されていたが、調査の結果、写真-1のA2橋台水平コアでは圧縮強度23.3N/mm²、静弾性係数23.5kN/mm²と健全であることが判明し、パラペット全体の打替えは不要となった。



写真-1 A2橋台パラペットコア

b) 電磁波床版非破壊調査(床版キャッチャー)

交通規制なしにRC床版や橋台背面の損傷状況を把握することを目的に、電磁波床版非破壊調査(図-5)を行った。A2橋台背面の埋設物と踏掛版位置を確認し、伸縮装置付近の施工計画に反映した。

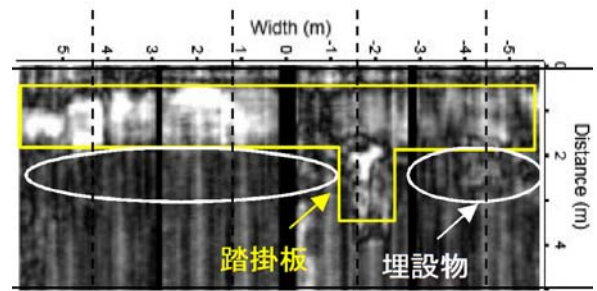


図-5 舗装下状況

c) 端横桁たわみ・ひずみ調査

伸縮装置の損傷原因として端横桁のたわみが懸念されたことから、車両通行に伴う端横桁のたわみ及びひずみの挙動を24時間計測(図-6)し、大型車両通過時の挙動把握を行った。

図-7に計測結果の最大値を示す。最大変位(たわみ)0.523mm(許容値3.55mm),最大応力7.088N/mm²(許容応力度140N/mm²)と小さく、端横桁の剛性が非常に高いことが判明した。そのことから、たわみが伸縮装置の損傷要因ではないと判断した。

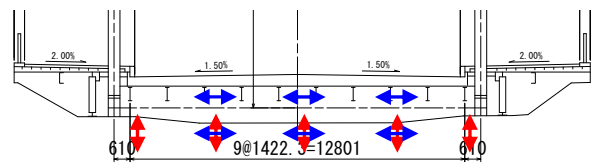


図-6 計測器断面図(↓:たわみ計測、→:ひずみ計測)

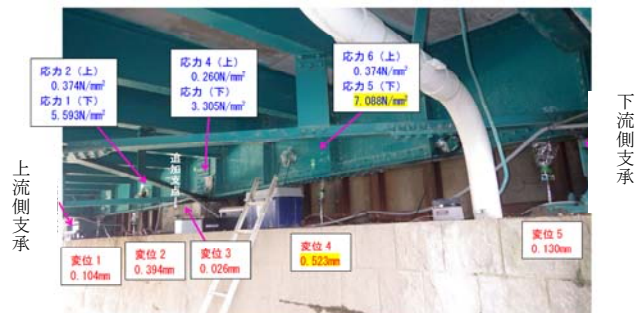


図-7 A2橋台 変位・ひずみ計測点設置状況と最大値

d) 床版コンクリートの調査

床版厚や床版コンクリート劣化範囲を把握するため、床版下面から床版貫通コアを採取し、圧縮強度等を調査した。床版厚は205mm~235mm、圧縮強度は27.2~42.9N/mm²と良好で、その他の静弾性係数、中性化深さ、塩化物イオン濃度も対策が必要な数値ではなかった。

d) 鋼材・リベットの腐食度調査

腐食損傷が著しいトラス格点、横桁等で鋼材の減肉量や破断の有無について調査を実施した（写真-2,3）。特に大きな損傷が確認された部材は、端縦桁、中間横桁の下フランジ、下横構のガセットプレートである。また、リベットの緩みは無かったものの、頭部の腐食が著しい箇所については取替工が必要となった。



写真-2 トラス格点部



写真-3 下横支材

e) PC鋼棒の健全度調査

TL-25に対応するため垂直材に設置された（平成6年度）防護管内のPC鋼棒の健全性（腐食の有無、張力）について調査を行った。全40本中20本において腐食および現在導入されている張力を調査したところ、全てのPC鋼棒において腐食等はなく、施工時に導入された張力を確認し、健全であることを確認した。また許容値560N/mm²に対して310N/mm²の実張力であり、導入張力に余裕があった。



写真-4 PC損傷状況

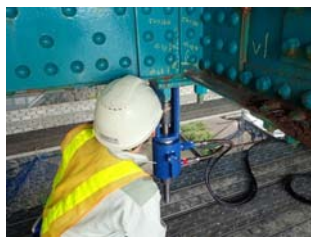


写真-5 張力試験作業状況

(2) 補修工法の選定

伸縮装置の異常音、橋座面への漏水、パラペットコンクリートの低強度化等、補修が必要だと考えられる個別箇所について、複数種類の損傷を同時に補修する等、現場状況に即した無駄のない工法を選定した。

ここでは損傷が集中し施工条件の厳しい、伸縮装置付近の補修工法と、主構部材の腐食に対する補修工法を紹介する。

a) 伸縮装置付近の補修工法

既設計では、伸縮装置における車両通行時の異常な音と橋座面への漏水に対して、伸縮装置本体の取替えと、パラペットコンクリート全体の打替えを想定していた。

詳細調査の結果、端縦桁は腐食が著しく伸縮装置本体との一体化が不十分であることが判明した。なお、パラペットコンクリートは、何度か伸縮装置を取替えている上部のみ貧配合で、大部分は十分な圧縮強度を有していることがわかった。

そこで図-8に示すように、橋梁側は撤去新設した端縦桁上に、下鋼板を配置しスタッドを用いて伸縮後打ちコンクリートとの一体化を図った。橋台側は伸縮装置箱抜き幅で、パラペット上部の貧配合コンクリートまでカッターを入れ、残った背面のパラペットを土留めとし、コンクリートを打替える工法を採用した。補修作業は夜間のみで昼間は伸縮箱抜き厚さ分の覆工板を敷き、全面交通解放させた。

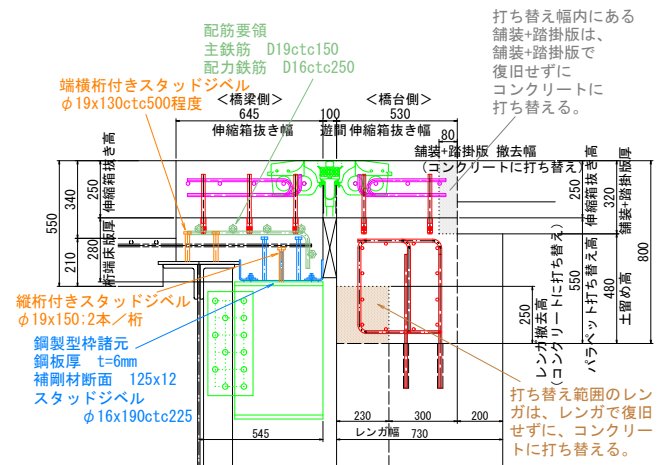


図-8 伸縮装置付近補修採用工法

b) 主構部材の腐食に対する補修工法

各部材において減肉を考慮した断面計算を行い、発生応力度に応じて当て板補修や再塗装等の判断をした。斜材、垂直材、下弦材に関しては、一部を除いて現段階で許容値を満足していたため、再塗装のみの補修とした。最も腐食が進行していた上流側垂直材（V1、V3、V7）（図-9）については、腐食後断面積が設計時の80%程度だったため、補強PC鋼棒を再緊張し導入張力を増加させることで、当板等の直接的な補修を回避した。

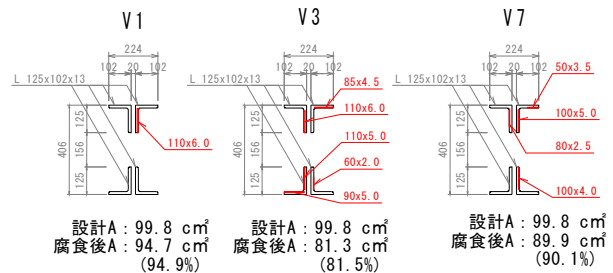


図-9 垂直材の腐食後断面

(3) 施工計画

本業務では、技術協力業務から提案を受けた施工計画についてチェックリストを作成し、これに基づき照査を行った。チェックリストは、4つの大項目（コスト削減、性能・機能の確保、社会的要請への対応、河川影響）と中・小項目に分かれ、全34項目の照査事項を設定した。その対象となる施工計画は、全体計画を始め、施工時に問題が生じる可能性が高いと予想された伸縮装置取替工、防食工等、6つの工種について照査を行った。以下に設計者－施工者間のやり取りの流れを示す（図-10）。

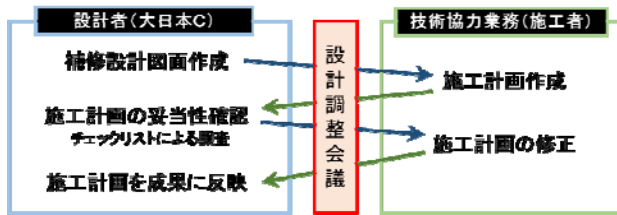


図-10 施工計画のやり取り

4. まとめ

本業務での契約形態の利点と課題を以下にまとめる（表-2）。

追加調査では、技術協力業務からの技術提案を参考にしながら、不可視部等を中心に新たに10項目の調査を実施した。現状把握が必要な既設構造物の状態(形状、強度等)は、適切な調査項目を選定できた。課題は、調査のために必要な足場や規制を伴う道路使用許可等の手配に期間を要することが挙げられる。

補修工法の選定では、伸縮装置の異常音、橋座面への漏水、パラペットコンクリートの低強度化等、補修が必要だと考えられる個別箇所について、複数種類の損傷を同時に補修する等、現場状況に即した効率的な工法を選定できたことが利点である。

施工計画では、設計調整会議にて、施工における問題点を共有し、3者で問題を解決しながら計画に反映することで、施工時の手戻り、現場工程の遅延を最小化することができた。課題は、問題点の解決に向けた意思統一を行うための、設計者－施工者間のやり取りが何度も必要となり、多くの時間を要す

ることである。

以上より、ECI方式を適用した工事における橋梁補修設計の利点は、施工者独自の視点と技術を設計段階で取り入れることにより、事前に不明瞭な現状(不可視部等)を把握し、問題を明確化、意思統一することで最適な仕様を設定できる点、これによる補修工法の実現性の確認、および現場施工の効率化をはかることが可能な点である。これら利点は結果的に工期短縮およびコスト削減につながっている。課題は、様々な調整を行うための余裕を持った設計工期の確保だと考える。

表-2 技術協力・施工タイプ業務(ECI方式)の利点と課題

| 項目 | 利点 | 課題 |
|------|---|--|
| 全般 | <ul style="list-style-type: none"> ●現場施工に向けた課題の明確化と共有⇒設計・調査に反映 ●3者の共通認識による積算精度の向上 ●設計思想を技術協力業務が理解することで、的確な提案が可能 ●事前に課題を解決することで、施工時の手戻り、現場工程の遅延を防止 ●実現性の高い合理的な仕様を確定 | <ul style="list-style-type: none"> ●技術協力業務が1社であり、提案内容がその会社の実績や能力の高さに依存⇒2,3社から提案を受けられると、より良い ●補修設計図面を確認後に、現場施工に必要な調査を技術協力業務が提案すると、設計者側の工期や設計費用を圧迫 |
| 詳細調査 | <ul style="list-style-type: none"> ●設計者だけでは、手配に苦慮する吊り足場設置撤去や舗装試掘等を技術協力業務が協力することで順調に実施 | <ul style="list-style-type: none"> ●ベースとなる標準補修案が揃っていないと、技術協力業務からの適切な提案ができない |
| 工法選定 | <ul style="list-style-type: none"> ●技術協力業務が補修工法を提案することによって、現場状況に即した工法が選定され設計成果に反映 | <ul style="list-style-type: none"> ●図面作成(設計者)→施工計画作成(技術協力業務)→施工計画の妥当性確認(設計者)→施工計画の修正(技術協力業務)→施工計画を成果に反映(設計者)というように、何度も設計者と技術協力業務の間にやり取りが必要となり多くの時間を要する。⇒余裕をもった発注計画が必要 |
| 施工計画 | <ul style="list-style-type: none"> ●技術協力業務が施工計画を実施することによって、現場施工に即した工法の選定や施工数量を設計成果に反映 | |

5. 今後に向けて

本業務を遂行するにあたり、発注者、設計者、施工者(技術協力業務)による3者合同協議や、合同現地踏査を実施し、それぞれの視点から技術的な知識および経験を基に議論する場が多数存在した。この場が技術力向上に有効になると考えられる。

制度化されて間もなく、課題も多く存在するが、本論文を通じて、施工者の視点や考え方を獲得する機会となることを示すとともに、今後増加が予想されるECI方式を活用した工事における設計について本論文が参考になることがあれば幸いである。