

千歳橋の補修について ～技術提案・交渉方式での橋梁補修～

山内 聡¹・溝口 正二郎²・中野 周史³

^{1, 2}九州地方整備局 佐賀国道事務所 道路保全課 (〒849-0924 佐賀県佐賀市新中町5-10)

³九州地方整備局 佐賀国道事務所 鳥栖維持出張所 (〒841-0012 佐賀県鳥栖市田代昌町492)

国道3号千歳橋は、PCケーブルの破断や腐食などの損傷が多数確認され、耐荷力の不足が懸念された。「連続ケーブル桁吊工法」特有の課題やPCケーブル張替え時のリスク回避が求められ、九州管内で初めて技術提案・交渉方式（ECI方式）での橋梁補修が実施された。

本稿では、ECI方式の実施経緯、橋梁補修への適用で得られた効果について報告する。

キーワード 橋梁補修, 外ケーブル, ECI方式, 工期短縮

1. はじめに

国道3号に架橋する千歳橋（L=177m, RC7径間ゲルバー橋, 昭和30年竣工）は、平成5年の道路橋示方書改定に伴い、ゲルバーヒンジ支点部のB活荷重補強対策として、PCケーブルによる「連続ケーブル桁吊工法」を平成8年に、全国で初めて採用した（写真-1）（図-1）。



写真-1 千歳橋全景

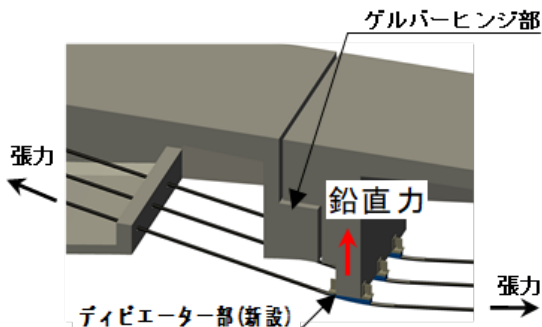


図-1 連続ケーブル桁吊工法概要

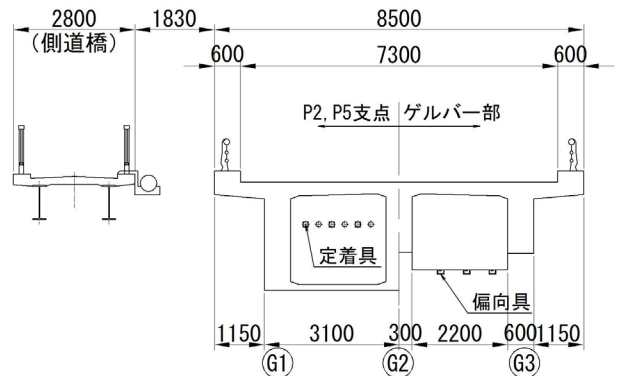


図-2 橋梁断面図 (mm)

定期点検の結果、PCケーブルの破断やケーブル素線の腐食などの損傷が多数確認され、耐荷力不足が懸念されたため、速やかなPCケーブルの更新が必要となった。（写真-2）。



写真-2 外ケーブル損傷状況

更新に際しては、「連続ケーブル桁吊工法」特有の課題や腐食状態にあるPCケーブルの張替え時のリスクを考慮する必要があることから、設計段階から施工者独自の技術を取り入れる発注方式であるECI方式（技術提案・交渉方式）を採用することとした。

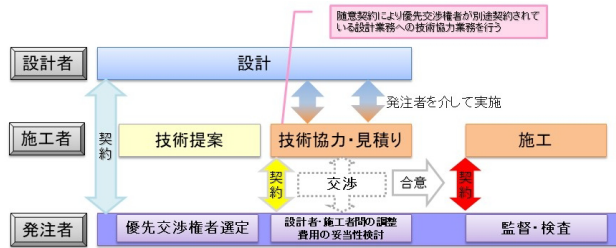


図-3 技術協力・施工タイプにおける契約形態

発注前の検討において、ECI方式による効果を従来の設計・施工分離発注と比べ、①複数班の施工による現場工期の短縮②材料調達に係る市場調査や早期発注による工期短縮③三者協議や設計と現地相違による設計変更に係る期間の短縮を想定した。

2. 千歳橋におけるECI方式の実施経過

ECI方式では、技術提案に基づき選定された優先交渉権を持った施工予定者と技術協力業務を締結し、別契約で実施している詳細設計業務の設計内容に技術提案内容を反映させ、施工予定者と価格等の交渉が成立した場合に、工事契約の相手方に決定する。

施工予定者の選定は、技術提案書の審査を行い、優先交渉権者及び次順位以降の交渉権者を決定する方法とした。技術提案等の審査・評価は、佐賀国道事務所の入札契約手続運営委員会に諮ったうえで、決定した。また、中立かつ公正な審査・評価の確保を図るため、学識経験者4名で構成する「技術提案・交渉方式に係る専門部会」を設置し、3回開催した（表-1）。

表-1 工事請負契約者決定までの主な経緯

日付	内容
令和元年11月27日	技術提案・交渉方式に係る専門部会（第1回）
令和元年12月3日	入札・契約手続運営委員会（公示内容確認）
令和元年12月10日	契約手続開始の公示
令和元年12月10日～ 令和2年1月23日	申請書及び技術提案書の提出期間
令和2年1月29日、31日	技術提案書提出者に対するヒアリング
令和2年2月12日	技術提案・交渉方式に係る専門部会（第2回）
令和2年2月18日	入札・契約手続運営委員会 （優先交渉権者決定）
令和2年2月21日	優先交渉権者選定通知
令和2年3月3日	基本協定締結、技術協力業務委託契約 設計協力協定締結
令和2年7月16日	価格等交渉（1回）
令和2年7月20日	技術提案・交渉方式に係る専門部会（第3回）
令和2年7月21日	入札・契約手続運営委員会（契約相手方特定）
令和2年7月27日	特定通知
令和2年8月3日	見積り合せ
令和2年8月3日	工事請負契約締結

千歳橋のECI方式で求めた技術提案は、1）技術協力業務の実施に関する提案、2）外ケーブルの損傷原因をとらえた有効な補修工法の提案、3）現道交通への影響の最小化に有効な工法等の提案、4）河川内における出水期施工可能な工法の提案の4項目である。評価方法は、技術提案書の内容において、理解度、実施手順及び実施体制、提案の的確さ、実現性を評価した（表-2）。

表-2 技術提案評価項目

1) 技術協力業務の実施に関する提案	<ul style="list-style-type: none"> ・業務目的、現地条件、与条件の理解度 ・与条件に対して、主要ポイントの抽出に対する着眼点が適切さ ・本業務の内容と規模に対して、十分な実施体制が確保
2) 外ケーブルの損傷原因をとらえた有効な補修工法の提案	<ul style="list-style-type: none"> ・損傷状況やその原因に関する理解度 ・上部工の安全性に配慮した有効な補修工法等の提案 ・施工時に想定されるリスクとその回避方法に関する有効な提案
3) 現道交通への影響の最小化に有効な工法等の提案	<ul style="list-style-type: none"> ・交通状況や周辺環境等の与条件が適切に理解されている場合 ・工期短縮や工事の品質向上に有効な補修工法や規制手法等の提案
4) 河川内における出水期施工可能な工法の提案	<ul style="list-style-type: none"> ・工期短縮方法あるいは出水期施工可能な工法の提案

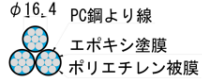
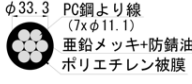
価格等の交渉では、発注者及び優先交渉権者が、技術協力業務を踏まえて作成する設計の内容や成果物に基づき、工事費の見積りの内容、その他工事契約締結に必要な条件等について協議し、合意を目指すプロセスである。価格の妥当性の検証については、原則、標準歩掛を使用し、優先交渉権者独自のものは、別途見積りを依頼し、優先交渉権者との価格交渉及びこれまでの類似実績等を参考に、妥当性を確認した。

3 技術提案を反映した補修

(1) 想定されるリスクを回避した補修

外ケーブルの損傷要因は、緊張時のケーブルの伸びや活荷重による振動でPC鋼材と偏向具側面の接触箇所での摩擦が発生し、PC鋼材を覆う被覆材が剥がれ、伸縮装置からの漏水により、鋼材の腐食が進行し破断に至ったと推測される。このため、外ケーブルの補修は、既存の3S15.2mm・6箇所(全18本)の外ケーブルを、タイプル方式F100TS・6箇所(全6本)のケーブルへ交換し、PC鋼材と偏向具との接触による摩擦の防止を図った。表-3にPC鋼材の諸元を示す。腐食要因となった偏向具フラット形状の鋼製偏向具から、耐摩耗性・耐衝撃性に優れたナイロン樹脂製に交換、ケーブルと偏向具の接触面にフッ素樹脂被覆処理を施したスライドプレートを設置し摩擦の影響が小さい構造とし、再発防止を図る補修計画とした（写真-3）。

表-3 PC鋼材の諸元

名称	3S15.2mm	F100TS
規格	3×φ15.2mm	7×φ11.1mm
断面積	416.1mm ²	519.3mm ²
引張荷重	783kN	966kN
定着方式	くさび式定着	ねじ式定着
断面図	 <p>φ16.4 PC鋼より線 エポキシ塗膜 ポリエチレン被膜</p>	 <p>φ33.3 PC鋼より線 (7×φ11.1) 亜鉛メッキ+防錆油 ポリエチレン被膜</p>

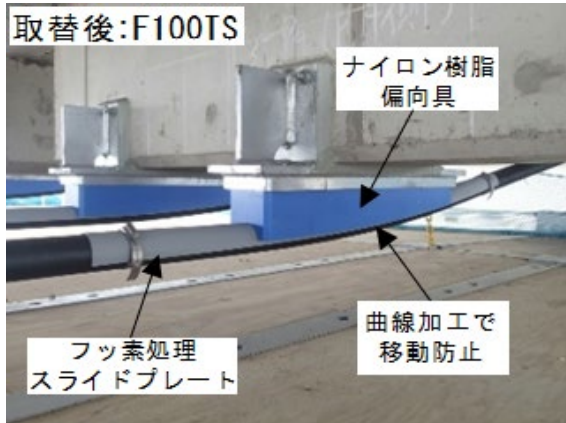


写真-3 交換後の偏向具

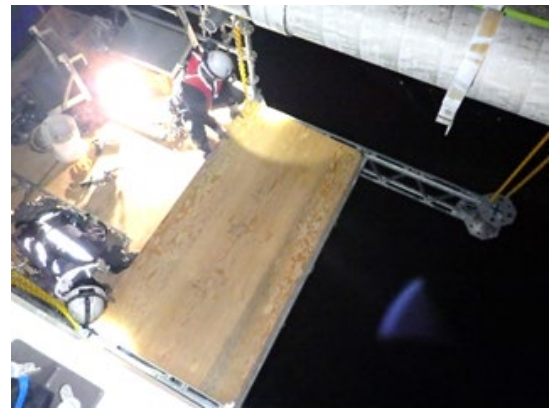


写真-4 先行足場設置状況



写真-5 システム吊り足場

(2) 現道交通への影響の最小化を図る仮設足場

国道3号の千歳橋周辺の12時間交通量は、約1.7万台(大型車混入率約29%)で、昼夜を問わず非常に交通量が多いため、現道交通への影響を最小限にする施工工法の選定が課題となった。そのため、補修足場の計画では、従来の単管パイプや足場板を使用したパイプ式吊足場と比べ、吊りチェーン間隔を拡大することで設置するアンカー数の低減し、組立解体の効率化により交通規制日数の低減が図れ、また、出水のリスクを考慮し、比較的容易にリフトアップダウンできる先行床施工式フロア型システム吊り足場(図-4)を採用した。

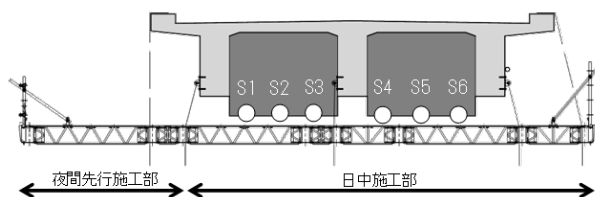


図-4 先行床施工式フロア型システム吊り足場断面図

吊りチェーン間隔を最大2500mmまでに拡大し(写真-4,5),アンカー削孔箇所は、標準パイプ式吊り足場の90箇所/10mを約75%減の24箇所/10mに低減し、夜間の交通規制日数は、当初計画48日を30日削減となる計画18日とした。

4 外ケーブル補修工事

(1) 施工フロー

本工事の施工フローを図-5に示す。既設ケーブルの撤去から取替え後の外ケーブル緊張までを1サイクルとし、1列毎に全6回繰り返して施工を行った。また、足場設置に合わせて、橋梁本体の断面修復やひび割れ補修、ゲルバーヒンジ部の表面被覆などの補修も同時に実施した。

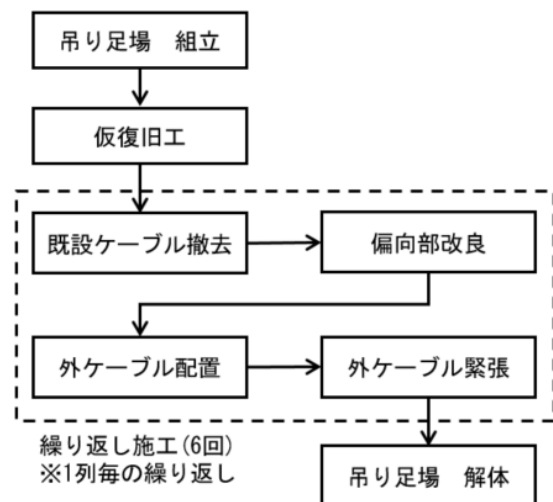


図-5 施工フロー

(2) 吊り足場の施工

出水期の夜間片側規制にてアンカー削孔を行った際は、超ロングブームを有する大型橋梁点検車を使用することで、片側規制のみで全てのアンカーを設置することができるため、規制日数を計画より約半分に短縮できた。

非出水期の吊り足場の組立は、歩道側と車道側の分割施工とし、夜間片側規制で歩道側の1パネルを全長にわたって先行して設置し、組立てた吊り足場を車道側足場材の仮置き場とした(図-6)。これにより、車道側の組立作業を交通規制が伴わない昼間の作業とし、夜間の規制日数を削減した。

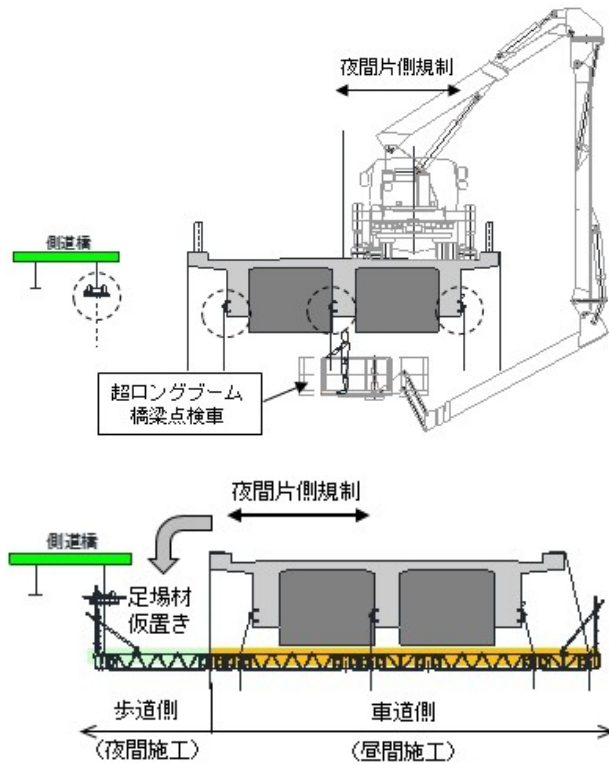


図-6 上：出水期の吊り足場施工
下：非出水期の吊り足場施工

(3) 外ケーブルの補修

a) 3次元測量

3次元測量を実施し、中間横桁部の定着位置、および、貫通孔位置の座標を取得し、貫通部の干渉具合やケーブルの配置位置、ケーブルの長さ等を決定した。

b) 既設ケーブルの仮復旧

既設ケーブルにより耐荷力を確保した状態で外ケーブル

ルの取替えを行うために、破断した2本のケーブルを、仮設ケーブル(1S15.2mm)にて復旧した後に、外ケーブルの取替えを行う計画とした。ケーブルの仮復旧を行うことで、素線が腐食しているケーブルを含む残り16本が負担する張力変化の影響を軽減し、取替え作業時に懸念されるケーブル破断の連鎖や想定しない下部工の変形などのリスク回避を図った。(写真-6)



写真-6 外ケーブルの仮復旧状況

c) 外ケーブルの取替え

外ケーブルの交換手順は、外ケーブルの損傷状況をグループ化し、劣化したケーブルから優先的に交換する計画とした。(図-7)。橋脚への影響を最小限に留めるため、1列毎に既設ケーブルの撤去、取替えケーブルの緊張を段階的に実施した。外ケーブルの緊張作業を写真-7に示す。



写真-7 外ケーブルの緊張

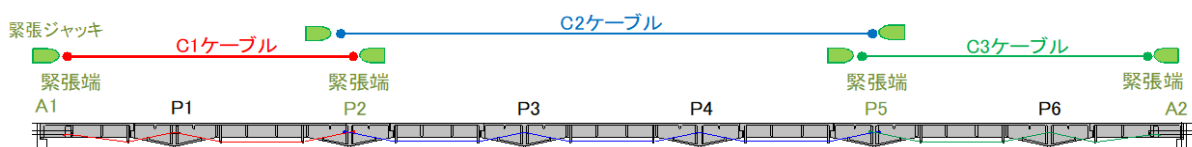


図-7 外ケーブルによる同時作業

d) モニタリング

モニタリングは、補修工事作業中の橋梁本体への影響や、ケーブル張力変動を確認し、突然のケーブル破断などのリスクを回避するなど、橋梁利用者、工事作業員の安全を確保することを目的に実施した。施工時の張力変化も微小で、破断のリスクはなく、PCケーブル補修（復旧）による張力回復を確認できた。（図-8）

また、今回計測したデータは初期値計測として、今後の定期点検など維持管理に活用できるものである。

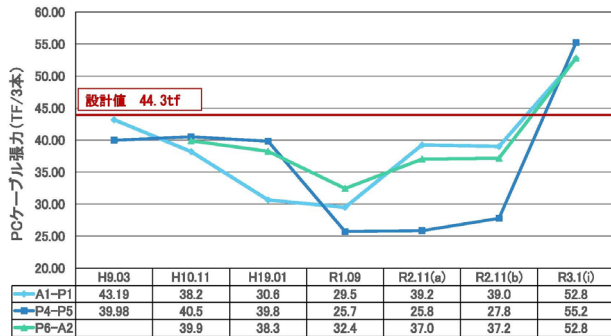


図-8 外ケーブル張力計測結果（S5）

5 ECI方式の効果

(1) 損傷原因をとらえた補修

「連続ケーブル桁吊り工法」は他に事例がなく、外ケーブルの損傷原因をとらえた補修に対して実現性が求められた。ECI方式における価格交渉前段階で、補修工事に必要となる工種及び外ケーブル等の計測計画について、事前の調整を行うことで損傷原因に対する対策を的確に実施し、設計による手戻りがなく円滑に施工できた。

(2) 工期短縮の効果

図-9に橋梁補修工を除く施工日数の比較を示す。当初は現場施工期間が230日（夜間規制日数48日）の計画であったところ、前述の通りシステム式吊り足場の採用や大型橋梁点検車の使用などにより、現場施工期間を56日（夜間規制日数30日）短縮する計画であった。実作業においては、外ケーブル取替えのサイクル施工が回を重ねる度に作業効率が向上したことで、システム式吊り足場の採用で段差のない作業床により施工性が向上したことから、提案計画よりさらに現場施工期間を14日（夜間規制日数3日）短縮することができた。橋梁補修工で追加工種があったが、前述の通り実施工程では現場施工期間160日（夜間規制日数15日）に短縮でき余裕工程を確保したことで、10月から5月の非出水期内に足場解体までの全工程を完了させることができた。

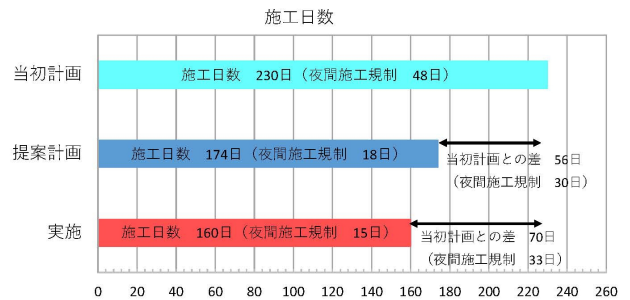


図-9 施工日数の比較

(3) その他

千歳橋の補修では、事業課題を明確にしたうえで事前に施工業者からの提案を想定し、早期に確実な補修が実施されるよう技術提案は自由度の低い4項目に絞られている。3か月の技術協力期間で施工者の提案技術の適用、設計課題を踏まえた改善が図られた。また、施工中に新たに損傷が発見された際の対応方針も、3者で協議がなされ、設計変更が生じた場合でも円滑に対応できた。

一方、技術提案の審査にあたって、提案項目に対して評価項目とすべき根拠を整理したうえで、的確性や実現性を評価内容として、工法採用の妥当性、リスクへの対応や施工実績の裏付け等の確認作業に労力を要した。ECI方式の適用を早期に検討することで、専門部会の運営をはじめ、発注者の負担を考慮した提案課題数を設定するなど業務の効率化に期待できると考える。

6 おわりに

ECI方式の採用は、「発注者が最適な仕様の設定ができない」もしくは「仕様的前提となる条件の確定が困難」な工事とされている。千歳橋の補修では、連続ケーブル桁吊り工法で補強された「外ケーブルの補修方法」や「現道交通への影響を最小化」などの技術的課題を抽出し、施工者の技術を早期から設計に取り込む、あるいは実施工に配慮した設計を行うことで、手戻りの少ない効率的な施工ができた。

今後も、維持管理分野において、不確定要素（リスク）があり、かつ早期補修が求められる工事でも、適切に課題を設定し、短期間の技術協力でECI方式を活用することは、工事の品質確保や施工の効率化に有効であると考えます。

謝辞：本工事に際し貴重な御意見をいただいた専門部会の委員各位、設計コンサルタント、工事関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通省直轄工事における技術提案・交渉方式の運用ガイドライン，2020.1
- 2) 橋梁と基礎 2022 VOL.56 2022年5月号 ECI を活用した千歳橋の補修設計・施工