

第69回(2025年度) 北海道開発技術研究発表会論文

十勝川左岸二期地区における関山橋撤去・新設 に係る設計・施工について

—非破壊探査システムを活用した不可視部調査—

帯広開発建設部 鹿追地域農業開発事業所 ○立川 愛理
川岸 佳史
平野 知弘

国営かんがい排水事業十勝川左岸二期地区では、湛水被害の改善及び通水能力を確保する目的から、排水路の改修を実施している。排水路改修に伴う既設橋梁の撤去・新設にあたり、建設当時の既存資料が残っていないため、非破壊探査システムを用いた埋設深度調査により、既設橋梁の底面位置の推定を行った。本報では、事前の埋設深度調査結果及び工事実施時における現地下部工底面の状況との整合性について報告する。

キーワード：排水計画、橋梁、非破壊調査

1. 地区概要

国営かんがい排水事業十勝川左岸二期地区は、北海道河東郡音更町、上川郡清水町及び河西郡芽室町に位置する6,560haの畑作地帯であり、小麦、てんさい、ばれいしょ、スイートコーン、えだまめ等を組み合わせた農業経営のほか、飼料作物を栽培し乳用牛を飼養する酪農経

営が展開されている。

地区内の排水施設は、国営祥栄土地改良事業（昭和45年度～昭和57年度）等により造成されたが、降雨条件の変化による流出量の増加に伴い、排水路の排水能力が不足し湛水被害が生じており、農業生産性が低下するとともに、効率的な農作業に支障をきたしている。

このため、本事業では、水需要の変化に対応するため

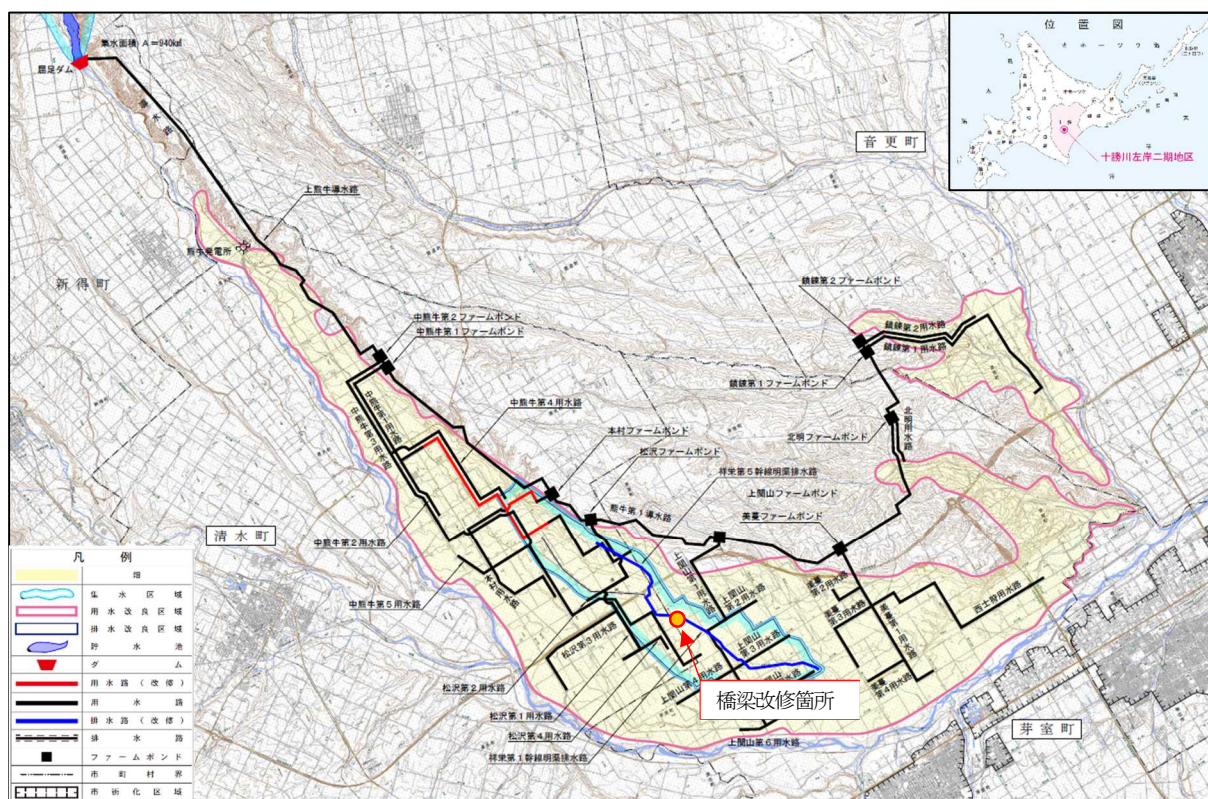


図-1 十勝川左岸二期地区事業計画図

TACHIKAWA Airi, KAWAGISHI Yoshihumi, HIRANO Tomohiro

の畑地かんがい用水を確保するとともに、貯水池、用水路及び排水路を整備することにより、農業用水の安定供給、施設の維持管理の軽減及び農地の湛水被害の解消を図り、農業生産性の向上及び農業経営の安定に資するものである。

2. 非破壊探査システムを活用した背景

令和7年度工事において、図-2のとおり、排水路断面拡幅に伴い既設橋梁の河川断面では足りないことから橋梁改修を行う。

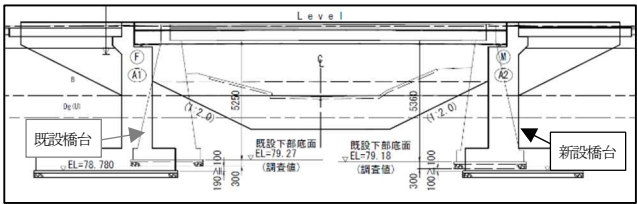


図-2 橋梁改修断面図

橋梁の改修設計において既設橋台の根入れ深さ（埋設深度）の把握が不可欠である。その理由として、改修時には既設橋台を産業廃棄物処理法に基づきすべて撤去しなければならず、新設橋台の根入れが既設橋台より浅い場合、撤去後に地盤中に空隙が生じる可能性があるためである。この空隙は基礎支持条件の不連続を生じさせ、追加対策が必要となり、設計・施工上の大きなリスクとなる（図-3）。

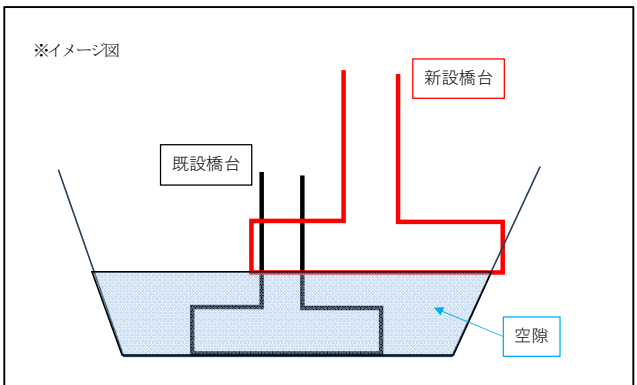


図-3 既設橋台撤去後の地盤空隙イメージ図

したがって、既設橋台の根入れ深さを事前に把握することは、改修設計における基礎条件を確定する上で最も重要な課題の一つである。

しかし、改修する橋梁の施工年次（昭和61年造成）が古く建設当時の資料が残っていないため、既設橋台の根入れ深さが不明であり、新設橋台の根入れ設定が不可能であった。そのため、既設橋台の根入れ深さを調査する

必要がある。

3. 調査方法の比較検討

既設橋台の根入れ深さを把握するための調査方法を比較した結果を表-1に示す

表-1 比較検討結果表

方法	原理・概要	精度	実施性	特記事項
直接掘削 (全面/部分)	橋台周囲を掘り下げて下端を露出・実測	◎ (実測)	× (調査開始～工事完了まで全面通行止め)	最も確実だが社会的影響・コストが大きい。
コア採取 (垂直コア)	躯体に縦方向のコア孔を穿孔し、下端まで到達するかで深さを確認	△ (到達すれば直接確認)	× (調査開始～工事完了まで片側交互通行)	根入れ深さが深い場合は不可能。構造損傷のリスクが大きい。
衝撃弾性波反射法 (オーリス法等)	打撃による反射波の伝播時間から深さを逆算して推定	○ (1～10m程度で適用実績)	◎ (供用中で短時間実施可)	伝播速度 V_p 設定に注意する必要がある。材質不均一で誤差拡大する。
電気探査 (ERT等)	電気抵抗率分布の不連続を解析	△ (定性的)	△ (大規模調査必要)	地盤とコンクリート境界の分解能力に限界がある。

以上の検討結果から、不可視部調査において実施性で有利な「衝撃弾性波反射法（オーリス調査）」を選定し、既設橋台の根入れ深さの調査を実施した。

4. オーリス調査の概要

(1) オーリス調査（非破壊探査システム）の原理

本技術は、(財)先端建設技術センターにおいて先端建設技術審査証を取得している技術である¹⁾。

この探査技術は衝撃弾性波による反射法の原理に基づくもので、探査対象の天端面に受信センサーを取り付け、そのすぐ際をハンドハンマーで鉛直に打撃することで弾性波を発生させて行う²⁾。

発生した弾性波は、構造物の先端部や下端部及び亀裂や打ち継ぎ目等の不連続面で反射を生じる。反射した弾性波は上部へ回り、上部天端に返ってきた反射波を受信センサーで検知する。打撃した瞬間の弾性波と検知した反射波が計測・記録装置に波形として瞬時に表示され、打撃した瞬間から反射波が返ってくるまでの伝播時間を計測する。計測した伝播時間と探査対象物の所定の伝播速度から構造物の先端部や下端部の深度位置、あるいは亀裂位置を推定することができる。

打撃ハンマーは高周波成分をより多く発生させるために、高硬度の鋼製ハンマーを使用する。また、受信センサーは共振周波数が高周波数範囲にある圧電センサーを用いる。センサーの共振特性と減衰特性および指向性を生かして、特定周波数範囲の反射波を受信する。センサーで受信した反射波信号はオーリス本体に備える特殊フィルターで処理され、最も卓越した反射を選択・検知することができる。この方法により、構造物の先端部や下端部及び亀裂等の不連続面から再現性の良い明瞭な反射波

を選択・検知することができる。なお、解析で得られる推定深度位置は、これまでの探査実績から、推定長に対して概ね±5%程度の誤差が生じる。

図-4に探査波形図例を示しており、波形図の左側に位置する非常に大きな振幅を有する波形が、衝撃弾性波（入力波形）である。右側に出現する相対的に大きく振幅する波形が先端反射波である。左側の赤い縦の実線カーソル（入力波形が最初に入力された時間）が計測スタート位置を示し、右側点線カーソル（先端反射波形）が反射波の出現時間を示す。この実線と点線で示す区間の横軸が伝播時間となり、計測時間は左下に「Time」として計測表示される。

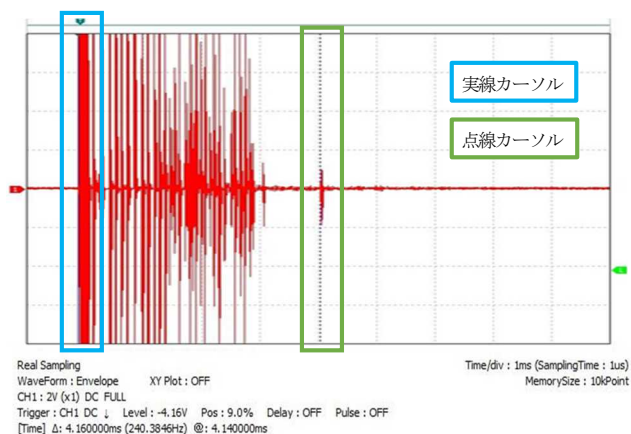


図-4 探査波形図例（反射法による）

この波形図で得られた伝播計測時間 ΔT と、伝播速度 V_p から次の式(1a)を用いて構造物の長さ H を推定する。

なお、オーリス調査で用いる伝播速度は、現場で実測できる部分で伝播時間を計測して、距離と伝播時間から伝播速度を逆算する方法を用いて設定する。

$$H = (\Delta T \times V_p) / 2 \quad (1a)$$

(2) 使用する主な機器

オーリス調査で使用した主な機器については下記のとおりである（図-5）。



図-5 探査機器一式（非破壊試験機オーリスⅢ）

①受振・起振センサー（各1個）、②増幅装置、③フィルタ装置、④A/D変換器、⑤表示・記録装置（ノートパソコン）、⑥打撃用ハンマー、⑦研磨機、⑧発電機 を使用して調査を実施した。

(3) 調査手順

調査手順については下記の通りとなる。

- ・ 事前踏査・探査計画立案
- ・ 現地オーリス調査
 - a) 探査機器の運搬
 - b) 探査測点位置の確認
 - c) 探査面の整形研磨
 - d) 受信センサーの設置
 - e) 周波数ハンマー選定等の予備探査
 - f) 本探査の実施（データの記録保管）
 - g) 探査機器の撤去
 - h) 作業終了確認
- ・ 解析・探査報告書作成

調査箇所は図-6, 7に示すように排水路左岸部、右岸部それぞれの橋台において上流側、下流側の計4点で行った。



図-6 調査箇所



図-7 調査箇所（沓座面）

5. 調査結果と解析

オーリス調査では、複数回測定を繰り返して再現性の高い波形を3波抽出し、その平均値を測定値（伝播時間T）として解析を行った。

今回の調査では、右岸及び左岸の橋台においてそれぞれコンクリート伝播速度 V_p を測定して解析に採用した。伝播速度 V_p の計測は、沓座面に起振センサーを設置し、側面に受振センサーを一定の間隔（現場で実測できる部分）で設置して、起振センサーのすぐ際を打撃して行った（図-8）。

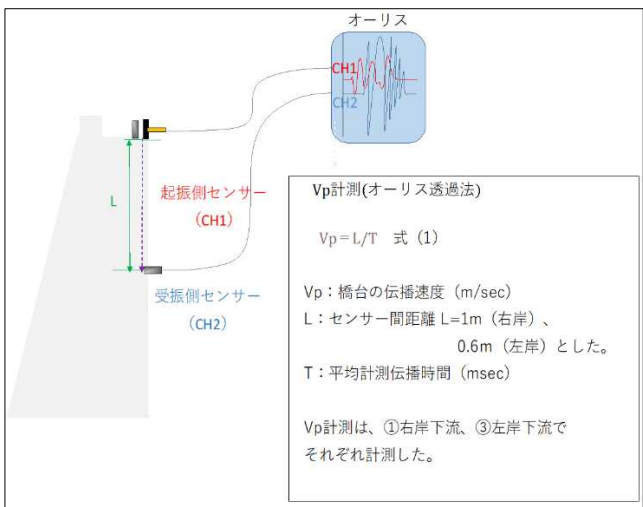


図-8 伝播速度 V_p 計測のイメージ図

現場で実測した伝播速度 V_p は右岸、左岸それぞれ、4,418m/sec、4,511m/sec であった。この結果を用いて以後の橋台高さ調査の解析を行った。

解析結果を表-2に示す。

表-2 橋台高さ解析結果

測点	波形図 No.	計測 伝播時間 t(msec)	平均計測 伝播時間 T(msec)	設定 伝播速度 V_p (m/sec)	推定根入れ深さ $H=T \times V_p/2$ (m)
①右岸下流	1m01	2.31	2.28	4,418	5.0
	1m02	2.27			
	1m03	2.27			
②右岸上流	2m001	2.27	2.26	4,418	5.0
	2m002	2.26			
	2m003	2.26			
③左岸下流	3h001	2.15	2.12	4,511	4.8
	3h002	2.11			
	3h003	2.11			
④左岸上流	4h01	2.28	2.28	4,511	5.1
	4h02	2.29			
	4h03	2.28			

(msec : 10^{-3} sec)

6. 解析結果と実測値の比較と考察

令和7年度工事の橋梁改修に伴い、現地開削により、既設の橋台根入れ深さを実測した。実測値及びオーリス調査による解析結果を比較した結果を表-3のとおり示す。

表-3 実測値と解析結果の比較表

測点	既設橋台 根入れ深さ (実測(m))	オーリス調査 推定長(m)	差(m)	オーリス調査の 想定誤差 $\pm 5\%$ (m)		
				-	+	
①右岸下流	3.55	5.0	1.45	0.25	4.75	5.25
②右岸上流	3.65	5.0	1.35	0.25	4.75	5.25
③左岸下流	3.57	4.8	1.23	0.24	4.56	5.04
④左岸上流	3.66	5.1	1.44	0.26	4.85	5.36

オーリス調査の結果による推定長 4.8~5.1m に対して、既設橋台の実測値は、約 3.55~3.66m であった。実測値とオーリス調査の結果を比較した結果、約 1.23~1.45m ほど差があり、これは想定誤差（ $\pm 5\%$ ）を大きく超えるものである。

(1) 要因分析

今回のオーリス調査では、橋台沓座面に受信センサーを取り付け、右岸側、左岸側の橋台においてそれぞれ伝播時間を計測し、そこから逆算して算出した伝播速度 V_p を使用して既設橋台の根入れ深さの推定を行った。

オーリス調査の結果が橋台の実測値より深かった要因としては、逆算して算出した伝播速度が速かったのではないかと考える。

(2) 考察

今回は、沓座面から1.0m（右岸）と0.6m（左岸）のところで計測した伝播時間から伝播速度を逆算した。沓座付近の条件（伝播速度）を全体に適用したため、コンクリートの品質や性状の違いにより、沓座付近の伝播速度と躯体全体での伝播速度に差が生じてしまい、これが推定深度に影響したと考える。また、「橋梁基礎構造の形状および損傷調査マニュアル（平成11年12月）」によると、伝播速度は良質なコンクリート杭では3,500~4,000m/sec程度とされている。コンクリート杭の場合には、コンクリートの養生日数や品質によっても波速が変化するので注意が必要であると記載されていることから、同じ橋台の中でも、沓座付近と躯体全体では伝播速度の差が生じたことで、推定根入れ深さに大きく影響したと考えられる⁴⁾。

(3) 橋台施工への影響

今回、現地開削した実測値は、オーリス調査の推定長に比べ浅い位置であったため、設計に影響はなかった。

なお、オーリス調査の結果に基づいて橋梁設計を行っているため、実測値が推定長より深い位置の場合は、別途対応が必要であったが、今回は推定長より浅い位置であり、設計に影響は無いため当初設計どおり施工を実施した。

がある。躯体部分の計測については、打ち継ぎ等があることも考慮し、いくつかの範囲で調査を行うことが重要と考える。沓座面と躯体部分で計測することにより、伝播速度の違いの有無を確認する。

また、それぞれの橋台により、施工年次や材齢劣化等が異なるため、今後、橋梁設計を行う中で、建設当時の資料がない箇所については、オーリス調査と現地開削を並行して実施し、オーリス調査の精度を確認することが重要である。

7. 今後の対応について

今回の結果から今後の対応について検討する。

既設橋台の根入れ深さを推定するために、今回同様、沓座面で伝播速度を計測するが、実際に工事が始まり現地開削した際にも、躯体部分の伝播速度を計測する必要

参考文献

- 1)財団法人先端建設技術センター：オーリス(非破壊探査システム)，先端建設技術・技術審査証明報告書
- 2)特許庁：特許第 2877759 号，杭または構造物の動的診断方法
- 3)特許庁：特許第 2944515 号，自然構造物の形状診断方法
- 4)橋梁基礎構造の形状および損傷調査マニュアル