

豊川分水工の被災状況について —基礎杭の健全性調査と復旧工法—

室蘭開発建設部 胆振農業事務所 第1工事課 ○春田 恵太
坂戸 学
早田 吉郎

平成30年北海道胆振東部地震では、厚真町内の多くの農業水利施設が被災した。この内、豊川分水工付近の施設では、大きな地震動と地すべり等によるカルバート水路等の被災が確認された。とくに、基礎杭については、工事を進める中で新たな被災が確認されるなど、被災の大きさを改めて認識したところである。本稿では、工事の中で行った基礎杭の調査方法と撤去を含む復旧工事の施工方法について報告する。

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、災害復旧、基礎杭、健全性

1. はじめに

平成30年9月6日に発生した「北海道胆振東部地震」では、厚真町、むかわ町、安平町において多くの農業水利施設が被災した。事業実施中の国営かんがい排水事業「勇払東部地区」（図-1）で整備した厚幌導水路では、広範囲にわたる被災が確認された。

本稿では、今年度実施した厚幌導水路の付帯施設である「豊川分水工」の被災状況、工事を進める中で新たに確認された基礎杭の健全性調査方法、撤去を含む復旧工事の施工方法等について報告する。

2. 事業概要

国営かんがい排水事業「勇払東部地区」（以下「基本事業」）は、北海道の胆振地方東部に位置し、勇払郡厚真町、むかわ町の3,224haを受益とする農業地帯である。

地域の農業は、水稻を主体として水田の畑利用による小麦、大豆、野菜等を組み合わせた営農が展開されている。地域の農業用水は、厚真川とその支流河川に造成された頭首工、揚水機場等の小規模な取水施設に依存しており、河川流況が不安定であること、近年の営農技術に応じた農業用水が確保されていない等の課題が生じている。そのため、本事業により、厚幌導水路等の用水施設の整備を行い、農業用水の安定供給、用水管理の合理化等を図り、農業生産性の向上と農業経営の安定に資することを目的としている。

基本事業は平成31年度の事業完了に向けて事業推進していたところ、平成30年北海道胆振東部地震が発生し、地域の農業用水施設に甚大は被害を受けた。そのため、直轄災害復旧事業「勇払東部地区」に着手し、令和5年度の事業完了に向けて復旧工事を実施中である。



図-1 勇払東部地区 豊川分水工 位置図

3. 豊川分水工の被災状況

豊川分水工は、厚幌導水路のNo.165+97.49地点に位置し、厚幌導水路（ $\phi 2000\text{mm}$, $Q=5.351\text{m}^3/\text{s}$ ）から豊川分水路（ $\phi 1350\text{mm}$, $Q=3.287\text{m}^3/\text{s}$ ）へ分水するスライドゲートを有したオーバーフロースタンド型分水工である。厚幌導水路はオープンタイプのパイプラインとなっており、分水工上流側は $\phi 2000\text{mm}$ （FRPM管）、下流側約178mまではRCボックスカルバート（H1500×B1500）、その下流側は $\phi 1500\text{mm}$ （FRPM管）となっている。

豊川分水路は、分水工直下流の急斜面部は現場打カルバート工（H1500×B3500）と $\phi 1800\text{mm}$ （鋼管）となっ

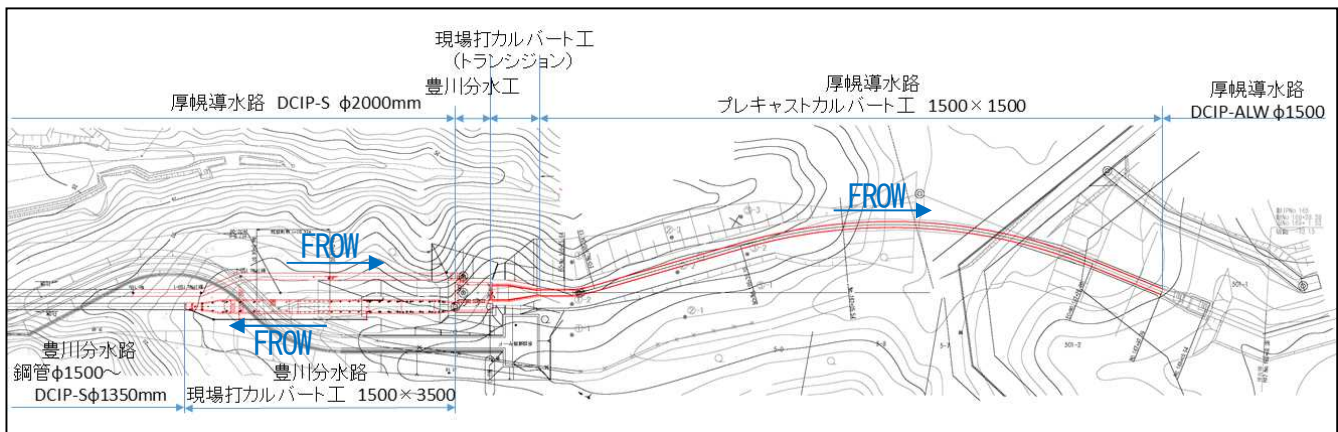


図-2 豊川分水工全体平面図

ており、その下流側はφ1350mm (FRPM管) のオープンタイプパイプラインとなっている。

オープンタイプのパイプラインにおける分水施設は、分水位を確保するために高台部に設けられることが多く、豊川分水工においても、路線計画を検討した結果、高台部における沢地形の中腹に計画され建設された。

今回の胆振東部地震では、震度7の強振動の発生に加え、地震発生前の6～8月に降雨が多く(平年の約1.6倍)、低強度の火山灰質土に多くの土壌水分が含まれていたことから、大規模な斜面崩落が発生したことが特徴的であるが、豊川分水工地点においても大規模な斜面崩落が発生したことにより、カルバート工の変位やパイプライン部の破損、離脱等の被害が発生した(図-3、写真-1～3)。

震災直後における目視調査等により、豊川分水工を災害復旧区間に位置付け、復旧工事にあたり詳細設計を

行い、計測結果により構造物に傾斜や移動が確認された範囲については、基礎杭も含めて健全性は保たれていないと判断し、復旧対象範囲を決定して工事発注を行った(図-4)。

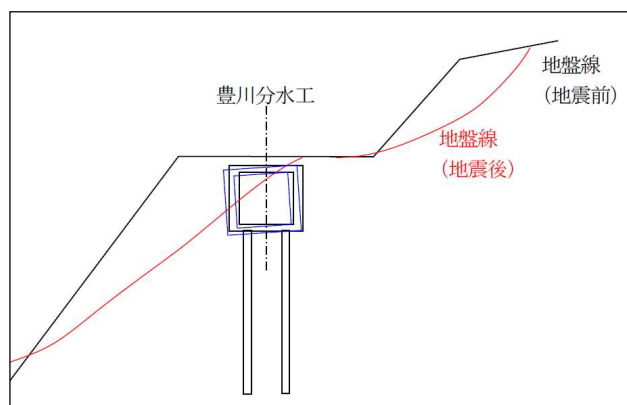


図-3 豊川分水工被災イメージ



写真-1 損傷状況 (図-4の①)



写真-2 管水路状況 (図-4の②)



写真-3 目地状況 (図-3の③)

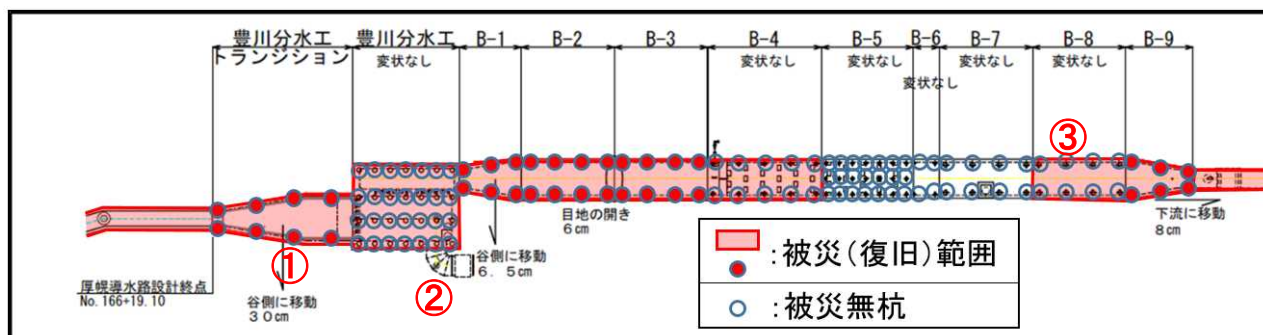


図-4 目視調査結果

工事発注後に詳細設計で決定した復旧範囲について、既設構造物の撤去を行ったところ、基礎杭の折損や傾斜の被災が確認された（写真-4、5）。また、詳細設計において健全と判断した範囲においても試掘により側面からの目視確認を行ったところ、基礎杭の折損が確認されたことから、事前に設定した復旧範囲外の構造物についても撤去を行い、基礎杭全数の健全性調査を実施することとした。

4. 基礎杭の健全性調査

調査対象とする区間の基礎杭は、PHC杭（φ300～450mm、L=7.0m～16.0m）であり、目視による折損及び傾斜が確認される杭は調査対象外として51本の基礎杭を対象に調査を実施した。

基礎杭の健全性調査は、農業水利施設を対象とした事例は少なく、マニュアル等も整備されていないことから、土木研究所と阪神高速道路公団、(財)土木研究センター、その他民間12社の共同研究により策定された「橋梁基礎構造の形状および損傷調査マニュアル（案）平成11年12月」⁹⁾を参考として調査手法等の選定を行った。損傷調査手法の適用性を表-1に示す。

今回の調査は、最長でL=16.0mある基礎杭について、折損等の損傷の有無を把握することが目的である。そのため、表-1に示す調査法の内、経済的かつ即時対応が可能であったインテグリティ試験（以下、IT試験）を採用して調査を実施することとした。

IT試験は、杭施工時の品質管理のために開発されたものであり、杭長の確認や不良杭の抽出を目的として数多くの調査実績を有する。

試験原理は杭頭部をハンドハンマにより軽打することにより発生する低レベルのひずみの応答を加速度計などで計測することで杭の健全性を確認する試験方法である。

打撃により発生した入力波は、瞬時に杭全体に広がって杭先端に向かって伝達し、杭の材質が均一で断面積に変化がない場合には一定の速度で振幅を弱めながら進み、杭先端部において反射波が生じることになるが、杭の途中で折損等がある場合にはその時点で反射波が生じるため、杭の折損位置の特定が可能となるものである。

表-1 損傷調査手法の適用性

調査法	ポアホールカメラ調査	インテグリティ試験	AE法	衝撃振動試験
適用条件				
調査対象構造物	杭基礎 ケーソン基礎	杭基礎 ケーソン基礎	杭基礎 ケーソン基礎	基礎を含めた下部工
調査深度	任意	60m程度まで	任意 (荷重伝達可能な深度)	任意
調査項目	損傷位置 損傷程度	○ △	○ △	基礎全体の健全性
損傷が複数ある場合	○	△	○	○
非破壊検査が可能	×	○	○	○
ボーリングの有無	有	無*	有	無
フーチングの影響	無	有	無	無
簡便性	試験方法 結果の評価	△ ○	△ △	△ ○
特記事項	削孔時にクラック部に角欠けが生ずる場合がある	*：フーチング部を削孔し、杭頭部で試験する場合もある	載荷が必要	固有値解析のデータが必要

○：適用可，△：条件によって適用可，-：実績が少ない



写真-4 基礎杭の折損状況（近景）



写真-5 基礎杭の折損状況（全景）

図-5に反射波形の例を示す。前述のとおり、杭が健全な場合は杭先端部において反射波が生じ杭長の2倍（往復分）の時間を経過して「(1)断面変化がない場合」のように波形として現れる。

部分的な損傷がある場合は、波動の一部が断面変化部において反射が生じ波形として現れ、残りの波動は杭先端部において反射波が生じ、「(2)(3)のように断面変化がある場合」のように波形として現れる。

折損等がある場合は、損傷部において反射が生じ、短い周期で繰り返しの反射として波形が現れる。この時、杭先端部へは波動は伝播しないため、杭先端部の反射波による波形は現れず、「(4)全断面にわたる損傷がある場合」のようになる。

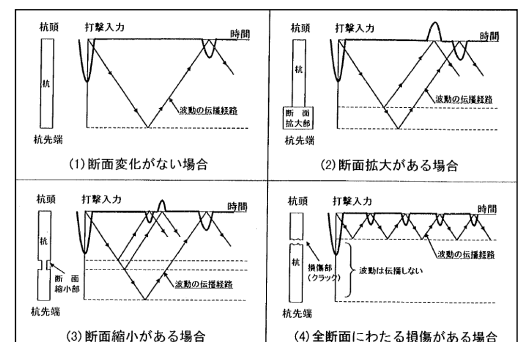


図-5 反射波形の例

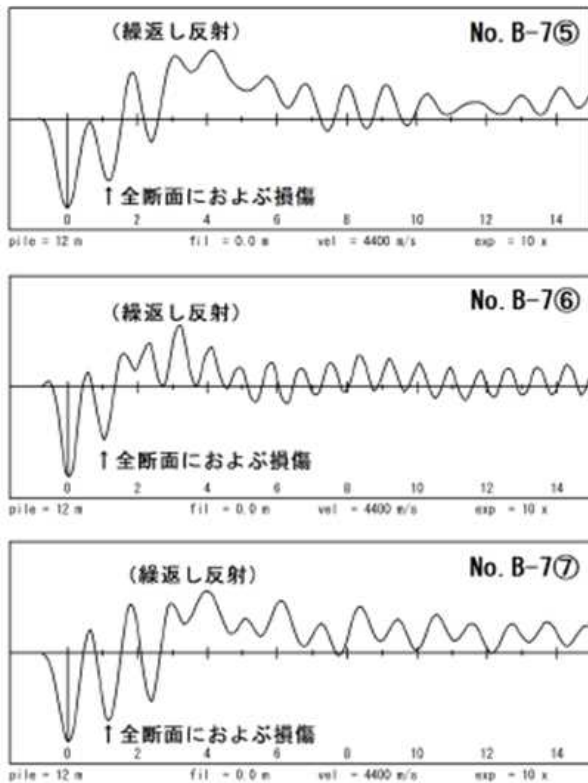


図-6 調査結果

I T試験による基礎杭の調査結果²⁾を図-6に示す。横軸が杭長に相当する波形の伝播時間、縦軸が波形の大きさを示す。

対象としたB-7の基礎杭はPHC杭(φ450, L=9.0m)であるが、約1m程度の短い繰返し反射による波形が確認された。これは「(4)全断面にわたる損傷がある場合」に該当するものであり、写真-4で確認されたような杭の折損が杭頭から1m程度の位置に発生していることが確認された。試験結果を検証するため、現地を試掘して折損位置を確認した結果、概ね試験結果と同位置にて基礎杭の折損が確認された。

以上の調査を対象基礎杭に実施した結果、構造物の目視及び計測では健全と判断された基礎杭においても折損による損傷が確認される結果となり、調査対象としたPHC杭全51本全てが被災していることが確認された。

5. 復旧工事の施工方法

健全性調査の結果により、図-4で「変常なし」としていた範囲の基礎杭にも被災が確認されたことから、基礎杭の撤去・復旧本数が当初計画の36本から87本に変更となり、併せて構造物本体も撤去復旧が必要となった。

基礎杭の撤去は、「リーダ式ケーシング回転掘削工法(以下、BG工法)」を採用した。BG工法の施工手順を図-7に示す。本工法は既存の杭径よりも200mm程度大きいケーシングを押し込み、オーガーにより破碎しながら



写真-6 I T試験実施状況



写真-7 BG工法施工状況

ら基礎杭を撤去する工法である(写真-7)。本工事のように、既存の基礎杭が折損等し、ワイヤーによる引抜工法だと折損部以深の杭が撤去できない場合に採用されることが多い工法である。

基礎杭撤去後は、ケーシング内径の空洞ができるため、充填が必要となる。充填材には砂やエアームタル、貧配合のセメントミルク等が用いられるが、本工事では基礎杭の撤去位置に再度新設基礎杭を打設する計画としていたことから、エアームタルやセメントミルクなどの固化する充填材を使用すると、新設基礎杭の打設時に破壊による空隙が生じることが想定されたため、安価で施工性が良い砂による充填工法を採用した。

また、BG工法は、前述した通りオーガーにより破碎しながら基礎杭を撤去する工法であることから、既存杭の先端まで撤去する際に、先端支持層を乱すことが想定された。そのため、新設基礎杭は既存杭よりも一律1m長い杭を採用し必要な支持力を得られるように設計した。実際の施工においては、既存杭+20cm程度の位置で必要支持力が得られたので、適切な高さで切断、杭頭処理を行い施工した。

既設基礎杭撤去に係る施工管理としては、撤去長を計測する必要があるが、BG工法では撤去と同時に基礎杭が破碎されてしまうことから、撤去杭の出来形を実測す

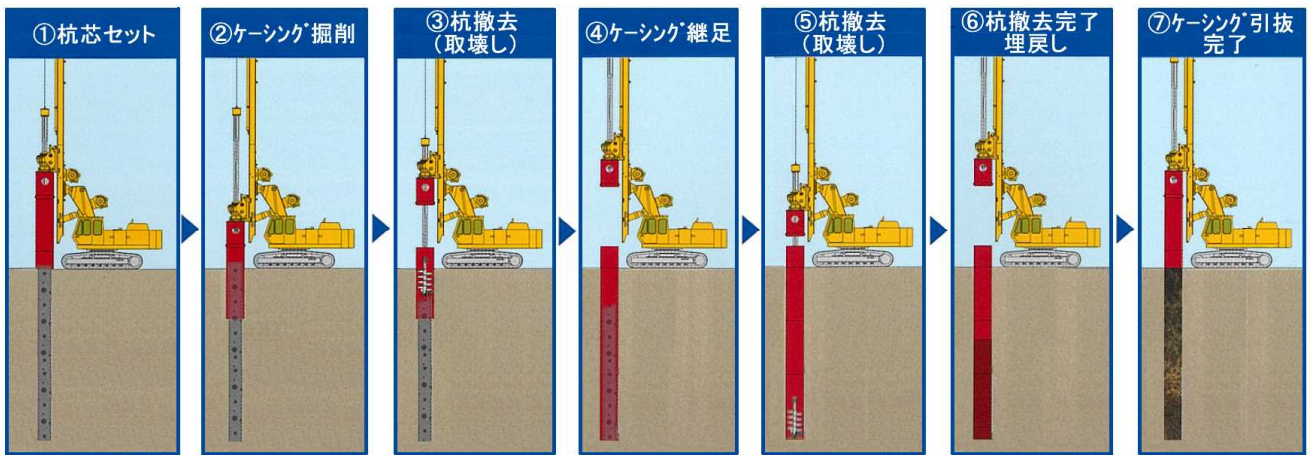


図-7 BG工法施工手順

ることは不可能である。そのため、PHC杭の先端の継手金物の回収により撤去完了を確認し、ケーシングの埋設深により掘削深を確認することで出来形管理を行った（写真-8）。

6. おわりに

本稿では、北海道胆振東部地震により被災した厚幌導水路と豊川分水工について、工事を進める中で確認された新たな被災状況とその調査方法、復旧工事の施工方法について施工事例を交えて報告した。

現地踏査による目視の範囲で被災のすべてを把握することは困難であり、工事が始まってから明らかとなった被害の大きさを改めて認識することとなった。

現在、工事は令和4年度の試験通水に向けて、既設基礎杭の撤去及び新設基礎杭の打設が完了し、構造物本体の施工を実施中であり、大幅な工事内容の変更と工期延伸により、令和4年8月の完了に向けて施工中である（写真-9）。

北海道胆振東部地震が発生してから4年目となり、災害復旧事業も終盤を迎えているが、一刻も早い復興と「勇払東部地区」の農業用水による地域農業の持続的な発展がなされるよう、引き続き事業推進していく所存である。

参考文献

- 1) 土木研究所、阪神高速道路公団、(財)土木研究センター、その他民間12社の共同研究（平成11年12月）：橋梁基礎構造の形状および損傷調査マニュアル（案）
- 2) 株式会社東京ソイルリサーチ（令和3年7月）：勇払東部地区厚幌導水路美里下流工区災害復旧工事 杭の健全性調査報告書



写真-8 撤去した基礎杭（先端継手金物）



写真-9 豊川分水工（R3.12.6撮影）