

明治用水頭首工の漏水事故対応で活用した調査、技術の紹介



つづき あき ひろ
都 築 章 宏

NTCコンサルタンツ(株)
中部支社技術部

一、はじめに

明治用水頭首工は、国営農業水利事業により昭和26年から32年にかけて造成された農業用水を供給する基幹的農業水利施設であるとともに、工業用水、水道用水も供給する西三河地域の重要な社会インフラ施設である。

令和4年5月に漏水事故が発生し、漏水事故の発生直後から、用水を確保するためのポンプの設置等が進められるとともに、漏水発生の原因分析や対策工事の実施に向けた現地調査が進められた。

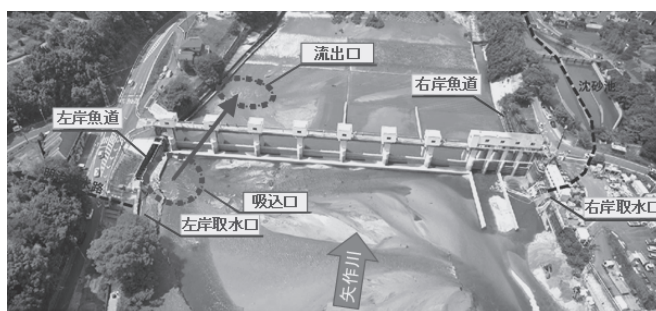


図1 漏水発生直後の頭首工全景（令和4年5月19日撮影）

二、各種現地調査の概要

①漏水・空洞の状況、②止水の状況、③堰本体・付帯工の状況等を確認するために、主として表1に示す現地調査を実施した。

表1 現地調査一覧表

	調査方法	調査目的
①	魚道底版の削孔調査	底版下部の空洞の確認
	地中レーダー探査	張コンクリートの空洞の有無・範囲の確認
	ボーリング調査	構造物下の空洞、岩盤線、透水層の確認
	下流エプロンの削孔調査	下流エプロン下の空洞の確認
	トレーサー試験	ミズミチの位置・延長等の確認
	水中3Dスキャナ	吸込口・流出箇所等の穴の大きさ等の確認
②	磁気探査	止水矢板の有無・深度、岩着の確認
	レベル測量	構造物の変形を確認
	傾斜測定	堰柱の傾きの確認
③	エプロン表面の状況調査	エプロンの健全性の確認
	振動測定	構造物の状態変化の把握
	音響探査	流出箇所の状態把握

三、調査において活用した手法、技術

(一) 初動調査（5月下旬～6月上旬）

漏水事故の発生直後から、漏水部の拡大を防止することを目的として緊急対策工事（大型土のうによる仮締切）が開始されたが、この段階では空洞の状況や構造物の安全性が把握できていないことから、河川内

への立ち入りは危険と判断され、調査位置や調査方法が限定された。一方、漏水の吸込口の位置・状況から、漏水発生直後に上流エプロンと魚道の間を多量の河川水が流下したことから張コンクリート下に大規模な空洞ができていたと想定された。このため、早急に河川内に立ち入ることなく実施可能な空洞調査として、張コンクリートの地中レーダー探査を実施した。なお、調査方法は、レーダーアンテナのみを張コンクリート上に下ろして魚道内から操作することにより作業の安全性を確保した。後に張コンクリートを切断・撤去した結果、地中レーダー探査と同範囲の空洞が確認されたことにより、地中レーダーによる探査結果の妥当性が確認された。

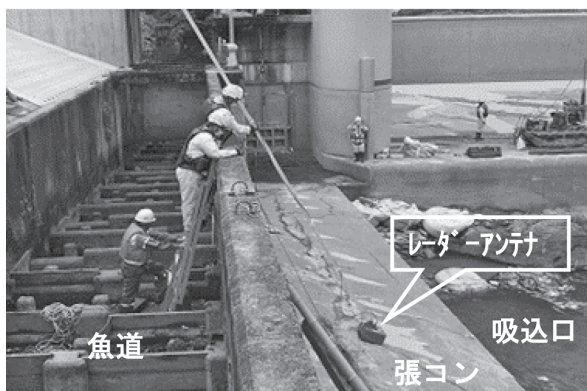


図2 地中レーダー探査作業状況

(二) 河川内調査（6月中旬～8月下旬）

出水期の河川内調査であるため、気象情報（天気予報、台風情報）を随時確認するとともに、河川管理事務所から洪水情報（上流ダムの放流予定）の提供を受け、頭首工地点での水位上昇を想定して河川外への退避、機材の全撤収等を行うことにより、安全性に留意して作業を進めた。

①ボーリング調査

調査ボーリング（計20本）及び原位置試験により、構造物（堰体、エプロン）下の空洞分布（範囲、深さ）及び地質状況を確認するとともに、調査孔を利用した空洞内の水中カメラ調査、流向・流速調査により空洞内の状況を確認した。なお、堰体上へのボーリングマシン及び資機材の搬入は、用水確保のための応急対策工事において左岸道路に常設されていたラフテレーンクレーン200t吊（作業半径45m）を利用することにより、迅速に作業（設置撤去、緊急時の撤収等）を進めることが出来た。

②下流エプロンの削孔調査

コアドリルによりエプロンコンクリートを削孔（計62本）し、エプロン下の空洞分布（範囲、深さ）を確認するとともに、調査孔を利用した簡易貫入試験、水中カメラ調査、流向・流速調査、水圧測定により空洞内の状況、被圧水頭を確認した。また、エプロンコンクリートの継目部を削孔することにより、継目に止水板が設置されていないことを確認

した。

③トレーサー試験

流入及び流出箇所が不明瞭であった河川内調査の初期段階において、上流エプロン流入箇所付近に色水を投入し、下流からの流出を確認することにより、空洞内の平均流速、流出箇所（複数）を特定した。

④水中3Dスキャナ

流入及び流出箇所において、3D水中スキャナによる計測を行い、空洞位置、形状・面積等を確認した。計測画像は、漏水の流入及び流出箇所の形状に加え、既設エプロンの崩壊状況や露出した遮水矢板の形状等も明瞭に確認された。

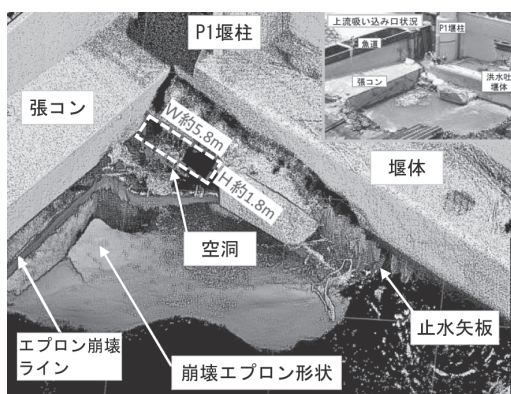


図3 水中3Dスキャナ計測画像

⑤磁気探査

磁気探査は、磁場の乱れ（磁気異常）を計測して地中の強磁性体の分布を推定し、対象物（鋼矢板）を検知する調査であり、止水矢板

の設置範囲、深度等を確認するために堰体において削孔した調査ボーリング孔を利用して実施した。なお、止水矢板の設置範囲（左岸端部）は、水中3Dスキャナによる結果と概ね合致した。

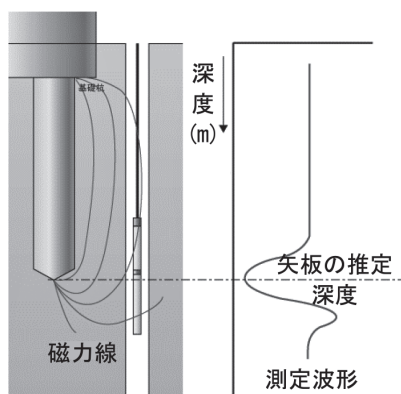


図4 磁気探査概要図

⑥空洞分布の把握

前述の各種調査結果により、堰体、エプロン下の空洞分布状況を把握し、下流エプロンの流出口付近では最大5mを越える空洞を確認した。空洞は、P1堰柱から左岸寄りに連続性を示し、パイピングの進行に伴い拡大するとともに下流エプロン下部で蛇行したものと想定され、複雑な形状を示していた。

四、おわりに

本調査は、段階毎の調査結果を踏まえ、多くの関係者により調査の手法・範囲を随時、議論・検討しながら進められ、漏水の原因究明及び対策工事の実施に向けた基礎資料となる空洞の分布状況や構造物

の状態を早期に把握することが出来た。また、地中レーダー探査や水中3Dスキャナ、磁気探査等について、各種調査結果や対策工事による構造物撤去後の空洞状況等と突合することにより、調査手法や調査結果の妥当性が確認された。今後、全国における頭首工の調査を実施するに当たって、これら非破壊調査や新技術を含めた調査の活用が期待される。

（2023年8月受稿）

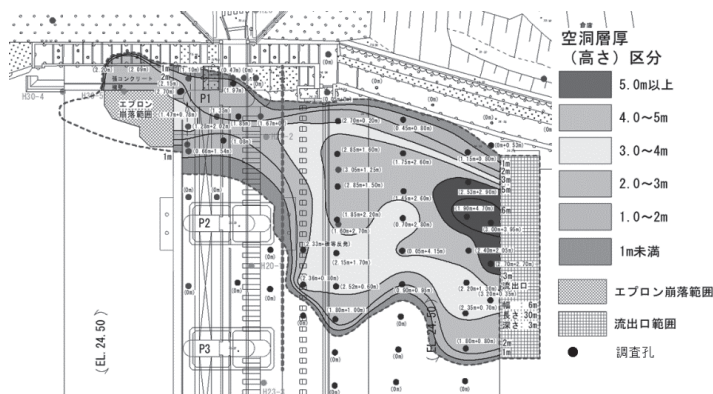


図5 空洞分布図