



中部ミニフォーラム優秀論文



中部ミニフォーラム

非破壊探査を用いた基礎形状調査事例

東邦地水(株) 保坂 瓦

1. はじめに

先の東日本大震災を受けて、あるいは高度経済成長期に建設されたインフラが今後一斉に更新期を迎えるようとしていることを受けて、既設構造物の能力再検証や改修等が増える可能性がある。これらを行うには、構造物の基礎形状は重要な情報であるが、設計当時の図面が紛失されてしまっているケースがある。

本発表では、東南海地震による津波が懸念される海岸において、実際に設計図面の残っていない護岸等の基礎形状を、非破壊探査を用いて把握した事例を紹介する。

2. 探査機器概要

基礎形状推定のための探査には、インティグリティ試験と同様の原理である「オーリス」(NETIS登録)^①を用いた。本機器は、従来のインティグリティ試験より高周波を利用している。

2.1 探査の原理

本技術の探査の原理を図-1に示す。

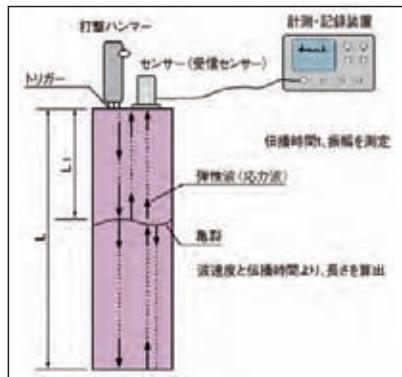


図-1 探査原理の概念図

原理は、対象構造物の上面を鋼製ハンマーで打撃することで弾性波を発生させ、構造物の端部や亀裂で生じた反射波の走行時間より、反射面までの長さを推定するものである。これにより構造物の端部や亀裂の位置を推定する。

2.2 本機器の特徴

本機器のセンサーは、高周波に対する高い指向性（特定の方向から伝わる波に強く反応する性質）を有する。また、構造物表面では表面波が大きく減衰することから、高い周波数帯の反射波を効率よく受信することができる。さらに、受信した反射波形にフィルターをかけることにより、

最も卓越して反射する特定の周波数の波を選択して取得可能である。

これらの特徴により、構造物の端部や亀裂の探査が可能となっている。

なお、機器本体は6kg程度と軽量・コンパクトであり、機動性に優れている。

3. 調査事例

調査は、既設護岸等の耐震性評価を行うに当たり、必要な地盤性状を把握する目的で実施したものであった。調査を進める中で、既設護岸の基礎形状の資料が無いことが判明した。

基礎形状を把握する案として、ボーリングにより直接形状を確認する案が挙げられたが、工期等の制約もあり採用されなかった。そこで、機動性に優れ、短い期間で探査可能な本非破壊探査を提案・実施した。

探査の流れを図-2に示す。

3.1 探査計画立案

探査前には、現地状況と探査の性質を考慮した探査位置の選定を行った。探査対象の全4箇所の内、代表的な2箇所の地質断面図を図-3に示す。なお、護岸背面ではそれぞれ調査ボーリングを実施しており、地層状況を確認している。

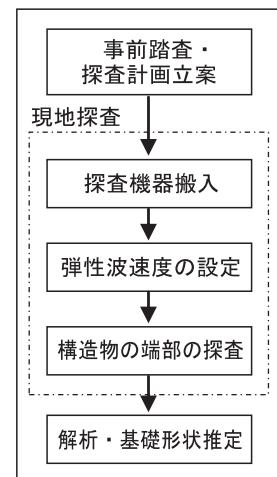


図-2 探査フロー

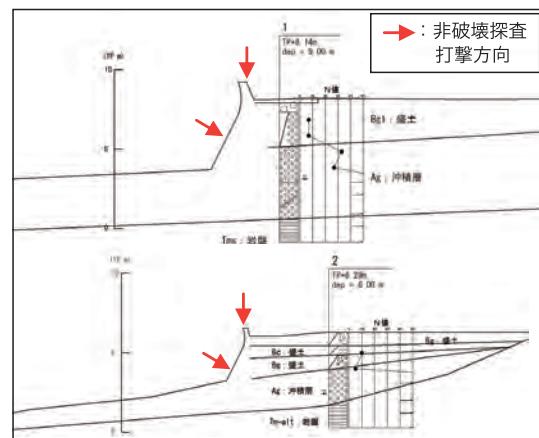


図-3 地質断面図および探査計画

図-3に示すように、対象の護岸の前面側は1:0.5と急勾配になっている。基礎形状を推定するためのハンマー打撃位置は、①基礎の深さを把握するために護岸天端、②基礎の厚さ(断面方向)を把握するために護岸前面に計画した。

3.2 弹性波伝播速度Vpの設定

対象構造物の固有値であるVpを得るために、本探査では護岸の天端において表面2点法によりVpを求めた。表面2点法とは、CH1・CH2の2つのセンサーを設置し、片側(CH1)で発生させた弾性波を、もう片方のセンサー(CH2)で検知させ2点間の伝播時間 Δt を計測し、この時間と距離LからVpを求める方法である。

$$V_p = L / \Delta t$$

表面2点法で得られた弾性波波形および伝播時間 Δt を図-4に示す。本方法で求めたVpを用いて、基礎の深さおよび厚さの探査を行った。

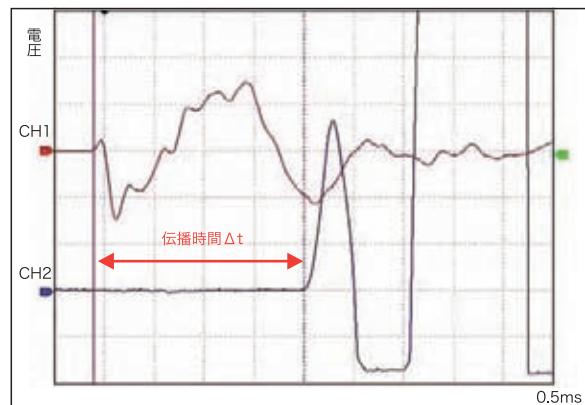


図-4 表面2点法で得られた波形および伝播時間

3.3 探査結果

図-5には、例としてボーリングNo.2付近の護岸における、天端からの基礎までの深さ方向の探査で得られた波形を示す。本地点では、再現性の良好な反射波が伝播時間 $\Delta t=2.39\text{ms}$ の位置で測定された。

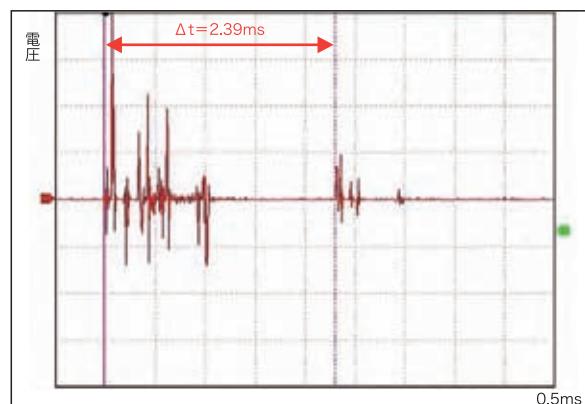


図-5 探査結果波形

探査結果をまとめた調査結果断面図を図-6に示す。本図に示すように、基礎深さはボーリングNo.1付近では、N値50以上の沖積砂礫層の上面付近に、ボーリングNo.2付近では、岩盤上面付近に推定された。

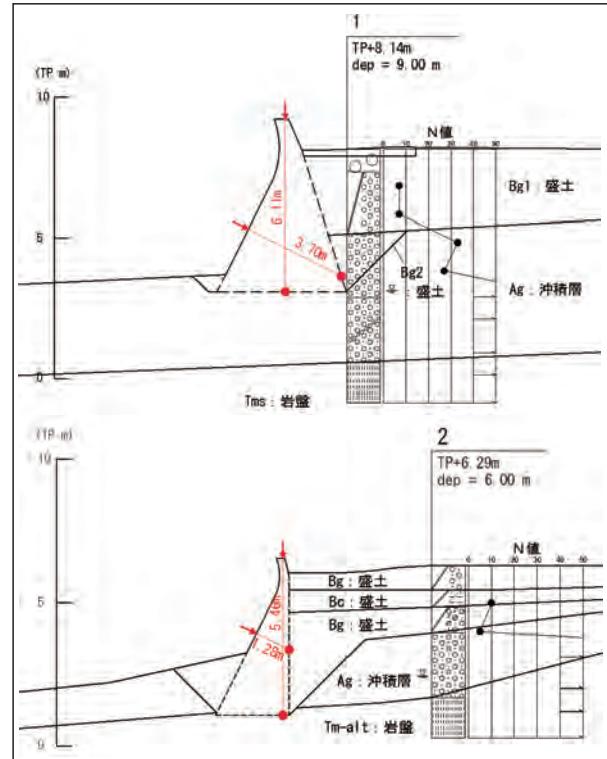


図-6 調査結果断面図

3.4 コンクリート圧縮強度との関係

本調査ではコンクリートの健全性評価のために、護岸天端付近から試料を採取し、コンクリートの圧縮強度試験も行っている。コンクリート圧縮強度Fは、弾性波速度Vpとの相関関係があるとされる。

本調査におけるVpとFとの関係を図-7に示す。本図に示すように、概ねVpの増加に従いFも増加する関係が確認された。

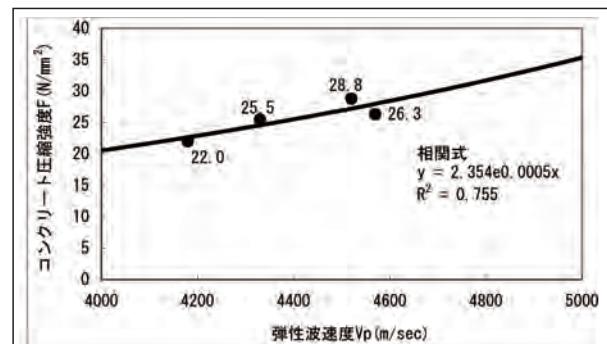


図-7 弹性波速度Vpと圧縮強度Fとの関係

4. おわりに

亀裂等のない一体の構造物形状の把握には、本探査手法は非破壊であり機動性にも優れるため有効な手段である。本調査では実現できなかったが、可能であれば代表地点において調査ボーリング等により構造物の実際の深さの確認を行い、探査結果との整合をとることが望ましいと考える。

参考文献

- 1)(財)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,1997

樋管補修設計のための 調査手法について

～ボアホールカメラ調査の有効性～

中部ミニフォーラム

玉野総合コンサルタント(株) 岩田 淳
○久保 健一

1. 背景

A河川及びその支流沿いには、堤防を横断するコンクリート構造物（樋管）が多数存在する。これらは設置後40～50年が経過し、老朽化による補修が必要となってきている。

樋管の補修設計に必要な調査には、資料整理、外観調査、函内調査、連通試験等がある。A川流域で実施した調査例について、調査の流れと各調査法を紹介するとともに報告する。

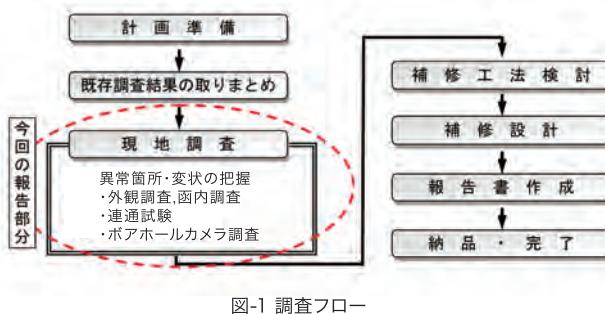
2. 業務概要と調査の概要

本業務では、樋管約80箇所の内、過年度の「空洞化調査業務」と「補修検討業務」結果を基に選定された10箇所についての補修設計を行うことを目的としている。

本業務は補修設計の基礎資料となる、図-1に示す樋管の異常箇所・変状の把握（位置・規模・量等）を目的として、以下のフローに従って調査を進めた。

<今回報告部分>

- 樋管の外観調査、函内調査を行い、各部位における異常・変状の把握と補修設計に必要な箇所の抽出・整理
- 過年度報告書において空洞の可能性が指摘された7樋管における連通試験及びボアホールカメラによる空洞部の評価



3. 調査内容

3.1 外観調査、函内調査

外観調査及び函内調査は、表-1のように各部位ごとの着目点を評価項目に設定し、「樋門補強マニュアル(案)」1)に準じて表-2に示すA～Dの4ランクで評価を行った。

表-1 部位及び評価項目

部位	調査項目	
堤体	抜け上がり(不同沈下)	堤防天端 裏法・小段
	ゆるみ・陥没	堤防継断方向 堤防横断方向 深さ
	クラック	幅 方向
	漏水	漏水部位 状況
	植生変化	
		抜け上がり量 胸壁・門柱との段差
護岸		門柱との段差
	クラック	幅(補修の有無)
	目地開き	幅(補修の有無)
	不同沈下・陥没	翼壁背後 法面
	植生変化	
		止水板切れ 補修箇所数 不同沈下(直接基礎)
本体(函体・胸壁)		クラック
		補修の有無 剥離 遊離石灰 豆板・空洞 すりへり・浸食 欠損
		コンクリート劣化状況
		函体内縦手開口 胸壁～翼壁接続部開口
		開きの幅 段差
		方向 角度
門柱	傾倒	補修の有無 剥離 遊離石灰 豆板・空洞 すりへり・浸食 欠損
	クラック	
		コンクリート劣化状況
		方向 角度
		補修の有無 剥離 遊離石灰 豆板・空洞 すりへり・浸食 欠損
		コンクリート劣化状況
翼壁,操作台	クラック	
		補修の有無 剥離 遊離石灰 豆板・空洞 すりへり・浸食 欠損
		コンクリート劣化状況
		腐食 変形 損傷
		腐食 変形 損傷 亀裂
		土砂等の堆積状況 ボルトの緩み
扉体	スキンプレート	
		腐食 変形 損傷
	主桁,補助桁	
		腐食 変形 損傷 亀裂
戸当り	土砂等の堆積状況	
	ボルトの緩み	
	腐食,変形,損傷	
	管理橋	腐食,変形,損傷,ボルトの緩み
開閉装置	発錆,ワイヤーロープ ごみ・異物の付着	
	台座の損傷,ボルトの緩み	

表-2 評価区分

判定区分	状態
A	健全である
B	ほぼ健全であり、補修等により容易に回復が見込める
C	今後危険な状態に進行する可能性がある
D	危険な状態であり、根本的な対策が必要



写真-1 外観調査状況



写真-3 鉄筋探査状況



写真-2 函内調査状況



写真-4 連通試験状況

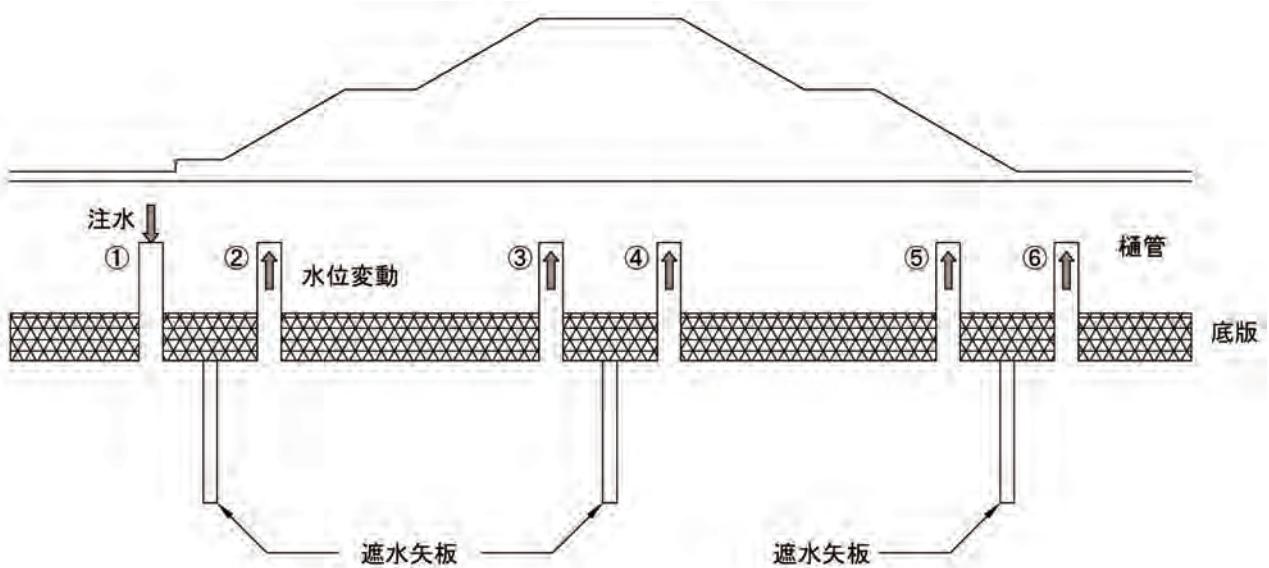
3.2 連通試験

周辺地盤の沈下や構造物の老朽化により、矢板の側方を迂回する浸透流の発生や遮水矢板の破損等が懸念される。これが進行すれば樋管の機能損失、破堤の原因となる。

連通試験は、図-2に示すように、底版に設置した観測孔に注水した時の各孔の水位変化から、樋管に沿った空洞・水みちの有無、あるいはその連続性(以降「連通」と称す)を確認するための試験である。

本試験は、過年度のレーダー探査、削孔調査、グラウトホール調査結果により「空洞あり」と評価された7樋管について、「樋門等構造物周辺堤防点検要領」2)に準拠して実施した。

なお観測孔設置にあたり、底版の削孔を行う際には、磁気探査機による鉄筋探査をおこない、鉄筋を破断しないよう留意している。



遮水矢板等の止水構造を挟む位置（①と②、③と④、⑤と⑥）の底版を削孔し、観測孔を設置する。

そのうちの1孔から注水（①）し、他孔（②～⑥）での水位変動を観察する。
観察孔②～⑥へも順次注水し、同様に観察する。

図-2 連通試験の概要

3.3 ポアホールカメラ調査

本調査には、既存グラウト孔及び連通試験実施のために削孔した孔を用いた。ポアホールカメラ調査に際し、特に注視したのは、図-3に示す「保孔管先端」、「樋管底版(均しコンクリートを含む)と地山境界」である。

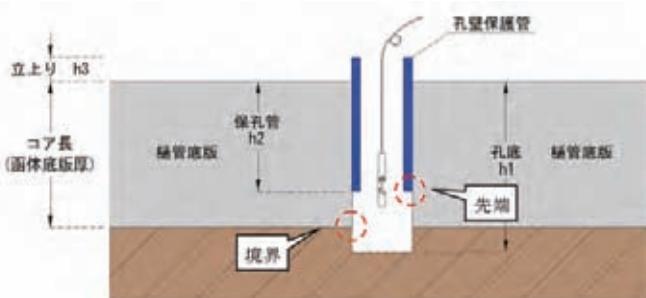


図-3 ポアホールカメラ調査概要

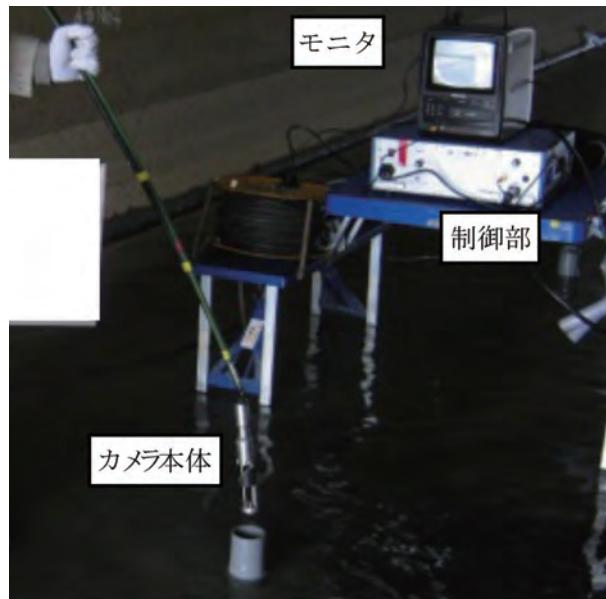
写真-6.2 変状の例
(上:護岸目地開き, 中:函内継手開口, 下:戸当たりの腐食)

写真-5 ポアホールカメラ調査状況

4. 調査結果

4.1 外観調査、函内調査

外観調査、函内調査結果では全ての樋管において補修の必要なC, Dランク以上の変状が確認された。代表的な変状は、翼壁背後の沈下、護岸目地開き、函体内継手開口、戸当たり腐食などが挙げられる。これら補修工法選定、補修設計数量算出に必要な損傷の種類及びその規模についての現地調査結果は、補修設計に引き継ぐことができた。



写真-6.1 変状の例(翼壁背後の沈下)

4.2 連通試験

連通試験結果では7樋管の内、2樋管で反応(注水による他孔への水位変化)がみられた。以下に、試験結果の例を示す。

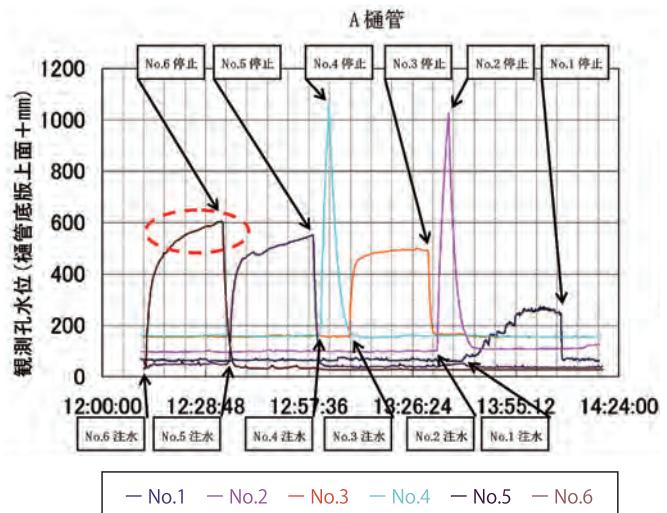


図-4 反応がみられなかったA樋管の連通試験結果

図-4に示すようにA樋管では、観測孔No.6から注水後の水位が樋管底版上面+500～600mmにて平衡水位となる。その後20分程度平衡状態を維持させても、他の観測孔の水位の上昇はみられず連通は確認できない。

一方、図-5に示すようにB樋管では、No.4からの注水にともない、水位が樋管底版上面+330mm程度で平衡状態となるが、同時にNo.5水位も樋管底版上面+280mmまで上昇する反応がみられ、連通が認められた。他にNo.5注水時のNo.4水位、No.2注水時のNo.1、No.3～No.5水位、No.1注水時のNo.2～No.4水位が顕著に反応

している。この結果は「矢板を迂回した連通」と評価されるものの、川裏一川表まで通じる、対策の必要な連通ではなかった。

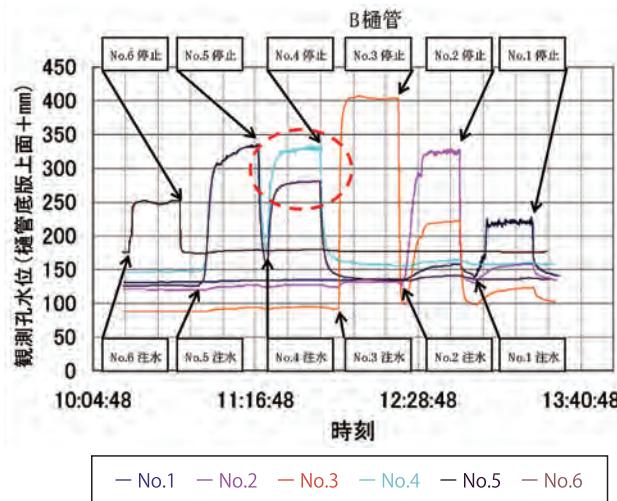


図-5 反応がみられたB樁管の連通試験結果

4.3 ポアホールカメラ調査

ポアホールカメラ調査結果では、7樁管の観測孔全てにおいて、樁管底版（敷き均しコンクリートを含む）と土砂の境界部は概ね密着していたことが確認された。

このように連通試験結果では、2樁管において「矢板を迂回する連通」が認められたが、ポアホールカメラの調査結果では、全ての樁管において空洞は確認されなかった。つまり、連通試験で確認された、「矢板を迂回する連通」は、大きな空洞の存在による連通ではなく、カメラで確認できない程度の小さな水みちまたは透水性のよい土層状況などに起因するものと推定される。

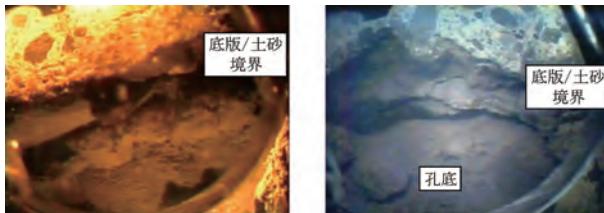


写真-7 ポアホールカメラ調査結果の例

5. 過年度調査との検証

過年度調査で「空洞あり」と評価されていた7樁管については、本調査では空洞は確認されなかった。この違いは以下のことが考えられる。

図-6左のように過年度調査は、探針棒の感触により樁管底版厚③や孔底深さ①を想定している。この値と本調査での底版削孔時に確認されたコア長、またはボアホールカメラによる確認値を比較した結果、図-6右のようにほぼ「孔底深さ①」＝「コア長（版厚）」、「底版厚③」＝「補孔管先端長」となっていた。

のことから過年度は、「底版底面＝補孔管先端位置」を前提としているため、

- ・「底版厚（実際）を孔底深さ①（想定）」
 - ・「補孔管先端長（実際）を底版厚③（想定）」
- と誤認したと推察される。

6. おわりに（今後の展望）

樁管の補修設計に必要な調査として、資料整理、外観調査、函内調査、連通試験等が挙げられるが、連通試験までの詳細調査が実施された事例は少ないため、報告した。

ポアホールカメラ調査は、連通試験で使用する観測孔を用いて直接目視観察できるため、本調査で報告したように、連通試験と組み合わせることは、有効な手法であるといえる。

実際の現場作業では、観測孔内水のにごりなどにカメラの視界が左右されたため、確実な視界のクリア化が今後の課題として挙げられる。

参考文献

- 1)国土交通省河川局治水課、「樁門補強マニュアル（案）」、平成12年3月
- 2)国土交通省河川局治水課、「樁門等構造物周辺堤防点検要領」、平成13年5月

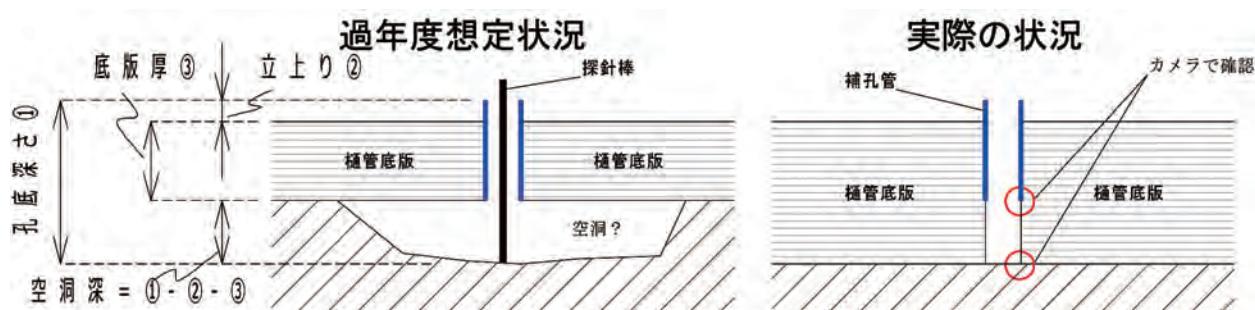


図-6 過年度想定状況と今年度確認状況