

野洲川における空洞・異物調査について

佐々木 隆行¹

¹近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 調査第二課 (〒668-0025兵庫県豊岡市幸町10-3)

野洲川の高水敷では地表面の窪みや陥没の発生が多数確認された。また陥没調査の過程において、野洲川の堤防や高水敷下には、江戸時代などに設置された水利施設「伏樋」が残存している可能性があることが分かった。陥没は高水敷利用者の安全性を脅かすものであり、また伏樋が残存していた場合は、陥没現象や漏水現象の原因となり、重大な被災に発展する危険性をはらんでいる。本報告は、堤防や高水敷の沈下・陥没に対する安全性確認とその調査手法の検討を目的として実施した「伏樋の残存調査」と、「高水敷下の空洞・陥没調査」の中間結果をまとめたものである。

キーワード 空洞、危機管理、新工法

1. はじめに

2014年9月、野洲川の高水敷において深さ約2mの陥没が発見され、試掘調査の結果、地中内部に多量の木片等の埋設が確認された。原因究明のための文献等調査の過程において、野洲川にはかつて「伏樋」と呼ばれる堤体下や高水敷下を横断する水利施設が存在していたことが判明した。同時に伏樋の廃止に伴う撤去や閉塞等の処置に関する記録がなく、現在も残存している可能性があることがわかった。また、野洲川ではこれ以外にも、高水敷で小規模な陥没の発生が多数確認された。

以上から、本報告は堤防や高水敷の沈下・陥没に対する安全性確認とその調査手法の検討を目的として「伏樋の残存調査」「高水敷下の空洞・陥没調査」を実施したものである。

2. 野洲川での陥没実績

野洲川で近年発生した、陥没の状況と地盤内の試掘調査の結果を以下に示す。

(1) 野洲川左岸8.7k付近の高水敷

2014年9月、野洲川左岸8.7k付近の高水敷において陥没(写真-1)が発生し、試掘を行ったところ多くの木片(木材の束)(写真-2)が確認された。



写真-1 陥没発生状況
(φ80cm×160cm)



写真-2 試掘状況
(複数の木材を確認)

(2) 野洲川左岸8.2k付近「野洲川ふれあい広場」

2014年10月から2015年12月にかけて、野洲川左岸8.2k付近の「野洲川ふれあい広場」では以下に示す計4箇所の陥没が確認された。試掘調査の結果、1箇所(試掘箇所b)を除いて、地盤内に木片、あるいは非常に緩い土層のいずれかが確認された。「野洲川ふれあい広場」では、このほかにも地表面が浅く窪んでいる箇所が多数確認された。



写真-3 陥没箇所a発見時
(縦60cm×横60cm×深さ40cm)



写真-4 陥没箇所a試掘状況
(腐植した木材を確認)



写真-5 陥没箇所b発見時
(深さ80cm×延長140cm)



写真-6 陥没箇所b試掘状況
(緩い礫混じりシルトが分布)



写真-7 陥没発生c発見時
(縦130cm×横100cm×深さ50~100cm)



写真-8 陥没箇所d発見時
(縦30cm×横40cm×深さ70cm)

3. 伏樋調査

(1) 伏樋とは

「伏樋」とは、河川敷内伏流水を地下で集水し、堤防下を「埋樋」にて堤内側へ導水し、おもに「田養（用）水」として利用する水利施設のことである。（地元関連機関への聞き取り調査より）

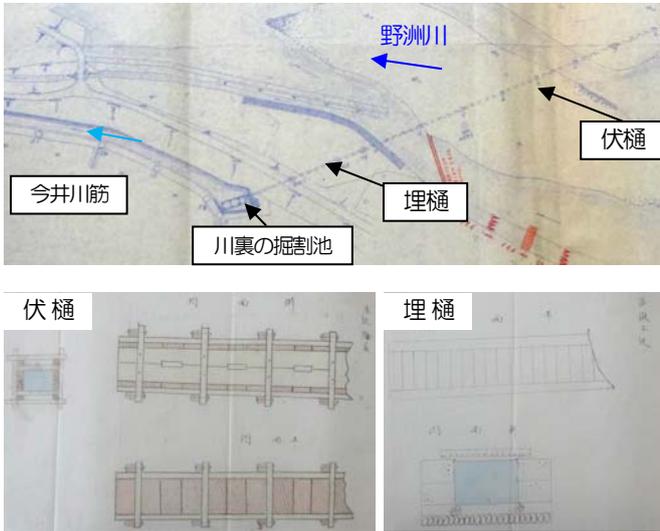


図-1 平面図及び構造図（今井）

(2) 伏樋が残存していた場合の問題点

伏樋が残存した場合、安全性の観点で以下のような問題が懸念される（図-1）ことから、残存しているか否かを明らかにし、適切な対策をとる必要がある。

- ① 空洞が残存し伏樋が損傷している場合の伏樋内部への土砂の吸い出しや木材の腐朽により、伏樋と地盤内の間に空洞が生じることで高水敷が陥没し、利用者の安全性へ影響を与える可能性がある。
- ② ①の陥没現象が堤防近傍であった場合、出水時に洗掘、堤防法尻部の崩壊が発生し堤防の安全性に影響を与える。
- ③ 樋門と同様に、伏樋と周辺地盤との境界部分では性状の違いにより、水みちが形成されやすく、洪水時にはパイピング破壊が発生する恐れがある。

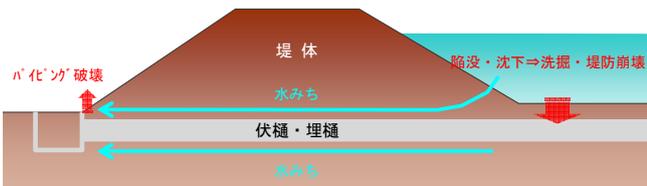


図-2 伏樋が残存する場合の問題点

(3) 調査計画

調査は（図-3）を基本とし、文献等調査・情報整理により、調査実施箇所を選定を行い、物理探査を実施した。また、物理探査によって顕著な反応が検出された場合は、必要に応じて簡易貫入試験等を実施することとし、伏樋の存在の可能性が高い場合は試掘調査により目視確認を行うこととした。

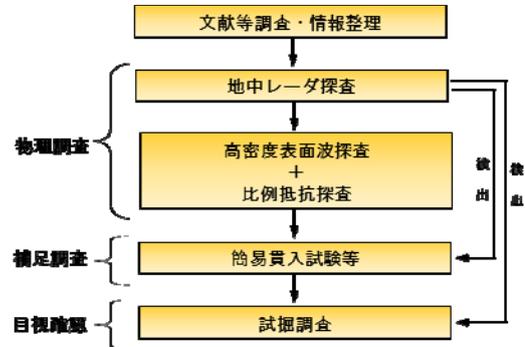


図-3 調査フロー

(4) 文献等調査・情報整理

a) 文献等調査

伏樋に関する情報を得るため、文献及び地元関連機関への聞き取り調査を実施し、かつて伏樋として利用されていた水利施設が 15 箇所存在することが明らかになった。

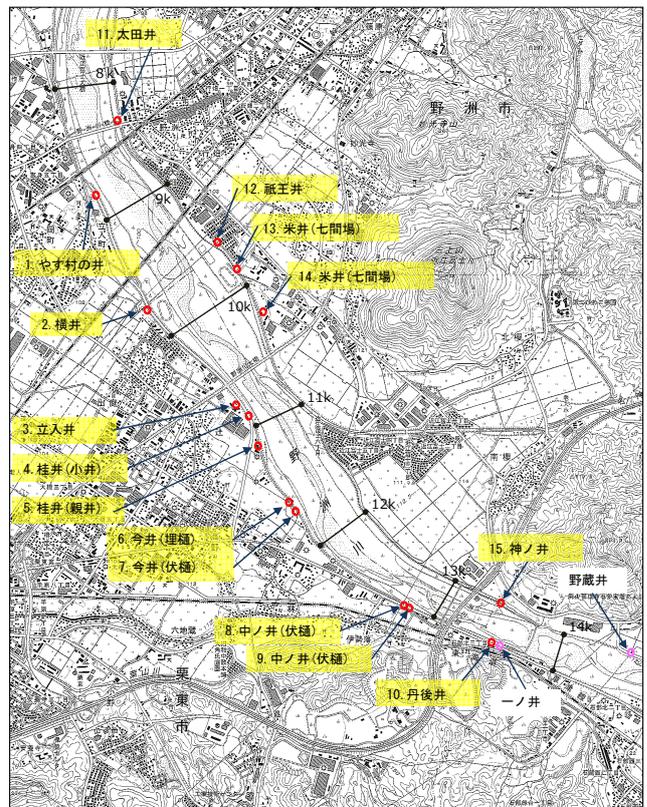


図-3 伏樋及び埋樋等箇所図

b)位置情報整理

位置情報を整理するため、まず初めに概略位置を古い井筋絵図(元禄11年)から整理した。その位置を農業水利施設に関する調査資料(大正13年)の付図に記載される井筋や川裏側の湧出口などの取水施設遺構をもとに、順次、現在の地形図に転写したうえで、現地確認を行い、おおよその位置を整理した。さらに、明治初年に全国的に作成された「地券取調総絵図」をもとに一部の伏樋の具体的な位置を特定した。

c)材料・構造諸元の情報の整理

材料や構造諸元に関する情報は、野洲川土地改良区から提供いただいた資料、滋賀県県政資料室蔵の歴史的文書をもとに収集・整理した。

調査の結果、野洲川に設置されている伏樋の材料は、木製、石製及びコンクリートブロック製であり、施設規模は概ね1m以下であることが判明した。また、埋設深度に関する情報はほぼ得られなかった。

(5) 物理探査

a)調査手法

調査手法は、堤防や高水敷利用への影響の最小化と今後調査を実施していくうえでの調査効率を考慮し、物理探査による非破壊調査手法を基本とした。また、埋設深度に関する情報を得ることが出来なかったため、深度の浅い範囲を「地中レーダ探査」、深い範囲を「高密度表面波探査+比抵抗二次元探査」と段階的に調査した。

b)調査対象施設

調査対象施設は、調査の確実性を重視したことから、位置が精度よく特定されており、残存の可能性が高い(コンクリートブロック製)施設として、「今井」を調査対象施設とした。

c)調査概要

調査は以下の内容で実施した。

調査日: 2016年1月13日(水)

探査側線: 3側線(伏樋が連続体であることを考慮して横断方向に複数設置)

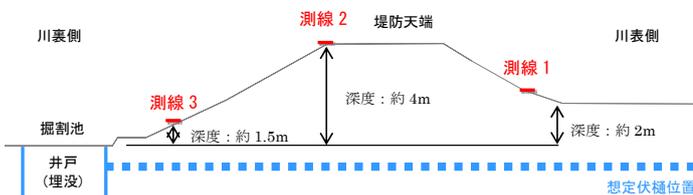


図4 測線位置横断面図

※対象施設である「今井」の高水敷の地盤高が高いことや官民境界位置が堤防法面上にあり、平坦地での調査が困難であるため、可探深度が小さく、調査地が平坦地に限られる地中レーダ探査は実施しないこととした。

d)物理探査結果

図-4に示す測線1及び3における高密度表面波探査と比抵抗二次元探査の結果は図-5のとおりとなった。測線ごとに並べることでそれぞれの異常反応の位置関係を

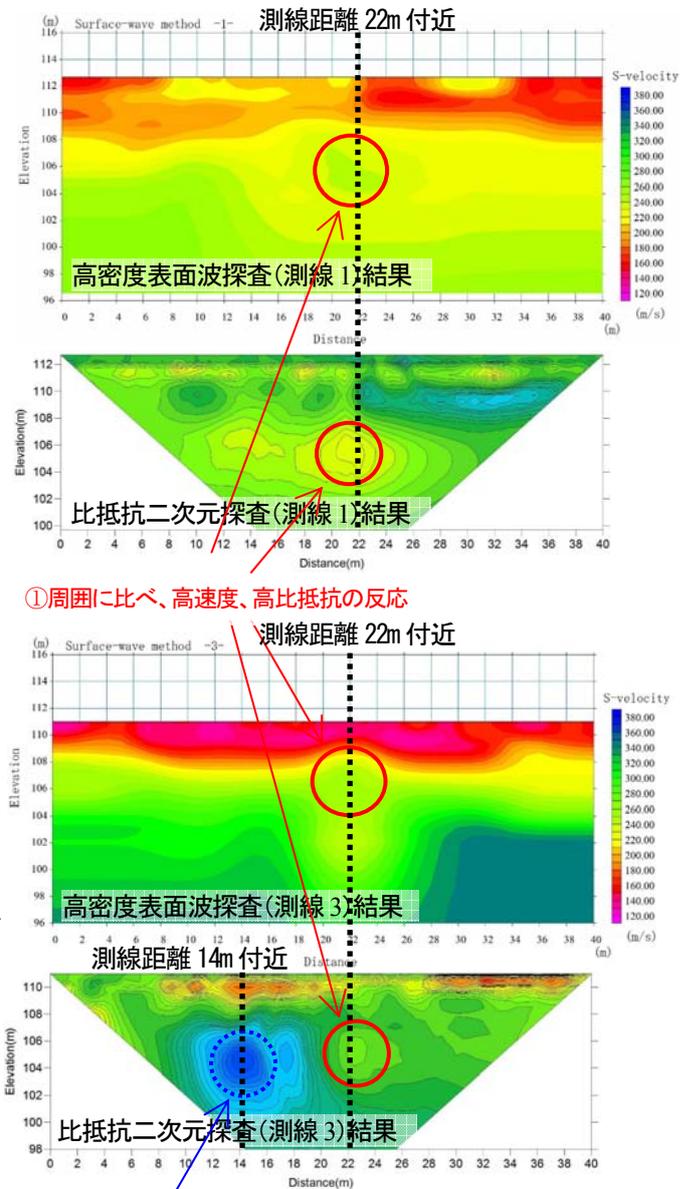
確認し、その特徴を整理する。なお、天端に設置した測線2においては、伏樋と考えられる明瞭な反応は検出されなかった。

①測線1及び測線3において、測線距離21~22m 標高106m付近において高速度、高比抵抗の反応がみられる。

⇒調査対象の伏樋はコンクリートブロック製であるため、周囲に比べ、高速度、高比抵抗の反応を示すことが予想される。

②測線3の比抵抗探査の結果、測線距離14m、標高105m付近で顕著な低比抵抗の反応がみられる。

⇒伏樋の内部や周辺が水みちとなり、低比抵抗を示している可能性がある。



①周囲に比べ、高速度、高比抵抗の反応

②顕著な低比抵抗の反応

図-5 測線ごとの物理探査結果図

e)補足調査

反応が検出された2箇所は、伏樋が接続していた掘割池の近傍である。そのことから、この2地点において、伏樋の有無を直接確認するための補足調査を行った。調査方法は、調査箇所の地盤が硬質地盤であったことから、土質ボーリングを採用した。また、調査地点は調査対象までの深度が浅い測線3で実施した。

- ①調査の結果、両地点において伏樋の素材であるコンクリートブロックの痕跡は確認できなかった。
- ②ボーリング調査結果と物理探査結果の比較から、B-1地点の低速度領域は、周囲に比べ密度の低い土層に反応したものと考えられる。またB-2地点の低比抵抗領域は含水が多い土層に反応したものと考えられる。

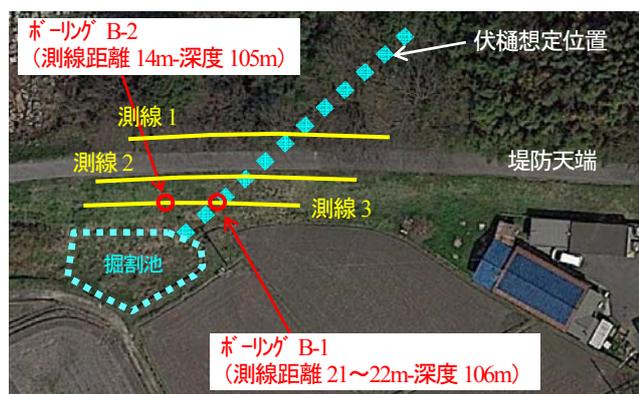


写真9 ボーリング位置図

(4) 今後の調査方針

直接確認を目的として、ボーリング調査を実施したが、文献に記載されるようなコンクリートブロック造りの伏樋の痕跡は確認されなかった。そのため、これらの調査手法の伏樋への有効性は未だ定かではない。したがって、今後の調査として、まずは今回調査地点において試掘調査を実施し、残存の有無を確認する必要がある。

①試掘調査で伏樋が残存していなかった場合

調査手法の有効性が確認できていないことから、他の残存の可能性が高い施設に対して、引き続き調査手法の検証を行う。ただし、調査手法の有効性の検

証は施設に対して行うことに意味があることから、伏樋と同規模の樋門や用排水管を対象に、物理探査手法の感度分析を、その適用性を評価したうえで、伏樋に対して適用する。

②試掘調査で伏樋の残存が確認できた場合

調査対象とした伏樋は、他の伏樋に比べて規模が大きいが明確な反応が検出されなかったため、コンクリートブロックや空洞に対しては、採用した手法での検出が困難は施設に対して行うことに意味があることから、伏樋と同規模の樋門や用排水管を対象に、物理探査手法の感度分析を行い、その適用性を評価したうえで、伏樋に対して適用する。難と考えられる。今回採用した調査手法は、比較的堤防の土質調査等で実績の多いものを採用してきたことから、実績の少ない「連続波レーダ探査」や新技術等の活用を検討する。

4. 高水敷下の空洞・陥没調査

(1) 調査概要

a)調査目的

平成27年12月17日、野洲川左岸8.2k付近の河川敷の野洲川ふれあい広場で、縦130cm、横100cm、深さ50~100cm程度の陥没が確認された。対象箇所は、公園整備された場所であり、一般に広く利用されている場所である。また広場には過去にも陥没が発生しており、現在も地表が浅く沈下している箇所が点在している。そのことから、早急に陥没につながる地盤内の空洞等の有無の確認を目的とした調査を実施する。

b)調査手法

調査手法には地中レーダ探査を採用した。採用理由は、①過去の試掘調査の結果、陥没箇所の深度2m以内において原因と考えられる木片や緩みが確認されていること、②早期に陥没につながる地中内部の異常は、浅い深度にあると考えられること、③容易且つ迅速に調査結果を得ることができるためである。また探査の結果から空洞の存在する可能性が高い箇所においては試掘調査を実施することとした。

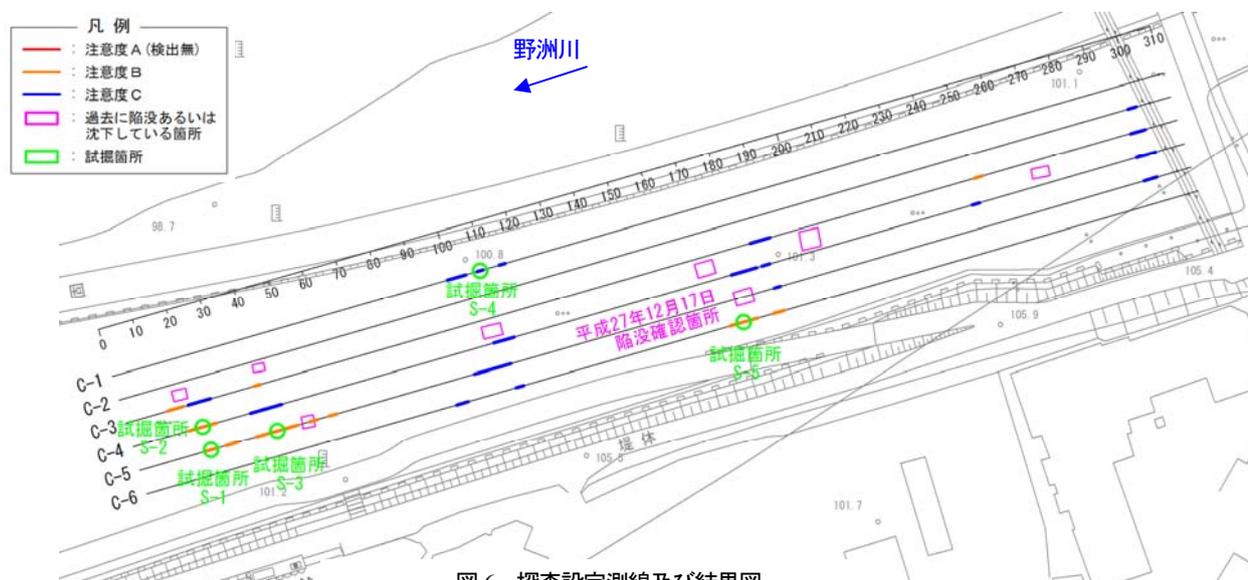


図6 探査設定測線及び結果図

c) 調査実施日

地中レーダ探査実施日 : 2015年 12月 22日 (火)

試掘調査実施日 : 2016年 2月 5日 (金)

d) 設定測線

設定測線は、図-6に示す6測線 (1測線310m) である。

(2) 地中レーダ探査

a) 調査結果区分

調査結果を「注意度A」「注意度B」「注意度C」の3段階で区分して評価した。

- 注意度A : 早急に処置を要する空洞と考えられる反応
- 注意度B : 下向きの凹状形状を示す反応や強い反応などで地層境界とは異なり、木材や人工物などの異物の可能性が考えられる反応
- 注意度C : 下向きのやや凹状形状を示す反応や弱い反応で地層の違い、礫等と考えられる反応

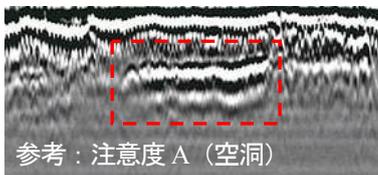
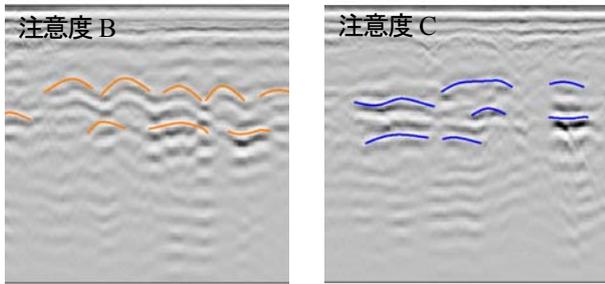


図-7 地中レーダ探査 反射画像

b) 地中レーダ探査結果

地中レーダ探査の結果、注意度Aに相当する空洞と考えられる反応は認められなかったものの、異物と考えられる注意度Bまたは注意度Cの反応は認められた。

また、空洞と考えられる反応は確認されなかったものの、過去に発生した陥没箇所のひとつで地盤内に木片が確認されており、調査結果においても数か所で異物と考えられる反応が認められた。

そのことから、異物と考えられる注意度Bに相当する反応のあった箇所のうち、反応が集積しており、地表への影響が大きく発生すると予想される注意Bの4箇所、及び注意度Cの1箇所を試掘調査を行うこととした。

(3) 試掘調査結果

調査の結果、5箇所のうち、S-3とS-5の2箇所では明瞭な反応はなかった位置において、腐朽した木片を確認した。

(写真-11・12・13・14) また、S-5では、木材の周囲に、奥行き0.8mの空洞も確認された。(写真-13)

またS4では比較的明瞭な反応を検出した位置において、礫の分布を確認した。(写真-15) したがって、反射面はこの礫を捉えたものと考えられる。

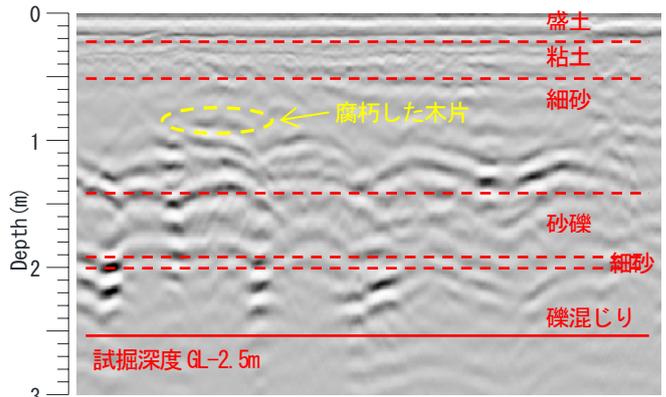


図-8 S-3 地中レーダ反射画像



写真-11 S-3の地中内で確認した木片

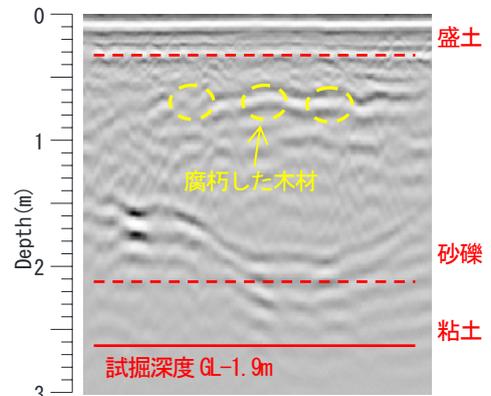


図-9 S-5 地中レーダ反射画像



写真-12 S-5の地中内で確認した木材



写真-13 S-5で確認された木材周辺の空洞



写真-14 S-5で確認した木材

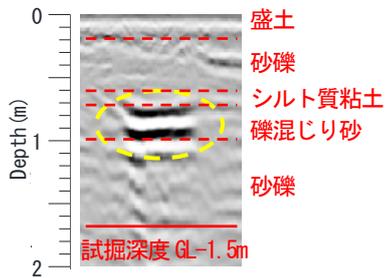


図-10 S4地中レーダ反射画像



写真-15 S4: 反応を検出した位置で分布していた礫

5. おわりに

伏樋調査では、現時点で伏樋の残存を直接確認できていないため、調査手法の有効性は確認できていない。

一方、高水敷下の空洞・陥没調査では、地中レーダ探査後に試掘調査を行い、一部ではあるものの、反射面が確認された箇所では礫や木材が確認され、調査手法の有効性を確認することができた。特に、地中レーダ探査の結果、今回の土層の礫層において明瞭な反射面を検出したものの、腐朽した木材に対しては明瞭な反射面の検出が困難であることがわかった。ただし、本調査では一部の調査結果に過ぎないため、今回の調査結果を踏まえて、河川堤防や高水敷利用者の安全性に影響を及ぼす埋設物及び地盤内の空洞の調査手法について、今後も引き続き検証を行っていく必要があると考える。

参考文献

1) 滋賀県県政資料室蔵 歴史的な文書 (昭ぬ79-57-3)

「河川敷内に養水路施設として工作物設置工事許可申請、設計書ほか」昭和11年3月 葉山村・物部村組合管理者⇒知事宛