

表面波探査による水路トンネルかぶり部の空洞調査 Cavity survey in the ground covering water tunnel using surface wave method

○井上敬資*, 森充広*, 中里裕臣*, 吉迫宏*, 正田大輔*

INOUE Keisuke, MORI Mitsuhiro, NAKAZATO Hiroomi,

YOSHISAKO Hiroshi and SHODA Daisuke

1. はじめに

水路トンネルでは、施工後耐用年数を超える年月が経過し、周辺環境の変化等により土かぶり部に空洞が存在する場合があります、時には地表面で陥没が発生することもある。このため、適切な対策を行うためにトンネル上方の空洞の有無などの地盤情報を把握する必要がある。覆工背面の空洞調査として地中レーダが用いられることが多いが、数 m を超える規模の土かぶり地盤内の空洞の検出は困難であると考えられる。そこで、本研究では深度 20m 程度までの S 波速度分布を推定する表面波探査を水路トンネルかぶり部において実施した事例を報告する。

2. 調査の概要

調査地では水路トンネル覆工厚が一部薄くなっている箇所があり、砂の抜け出しや地表面の沈下が見られた。そこで、水路トンネル（土かぶり約 10 m、直径約 2 m）直上部の土かぶり内の地盤情報を得るために、図 1 に示すように、水路トンネルを横断する 3 測線を設置し、表面波探査を実施した。表面波探査は人工起振によって発生した地表面の表面波を複数の地震計で計測し、地盤の S 波速度分布を求める手法である¹⁾。測線 1 は直近でボーリング調査が行われている箇所、測線 2 は地表面で変状が確認されていない箇所、測線 3 は道路の沈下を確認されている箇所である。なお、過去に実施されたボーリング調査の結果、本地区の地質は、地表面からローム層、粗砂層、砂礫層が確認され、深さ 5m 前後の位置に 0.5 - 0.7 m の空洞が確認されている。表面波探査データは応用地質製 McSEIS-SXW により測定し、S 波速度分布は応用地質製 SeisImager によって解析した。

3. 調査結果

図 2 に測線 1 における S 波速度分布を示す。表層部の S 波速度構造は概ね地質区分に対応しているが、ボーリングで空洞の存在が確認された深度 5.3~5.8m では、明瞭な S 波速度の変化は見られなかった。表面波探査の分解能は探査深度の半分程度といわれている²⁾ことから、空洞の規模に対して探査深度が深く分解能が低下し、空洞の検出が出来なかつ

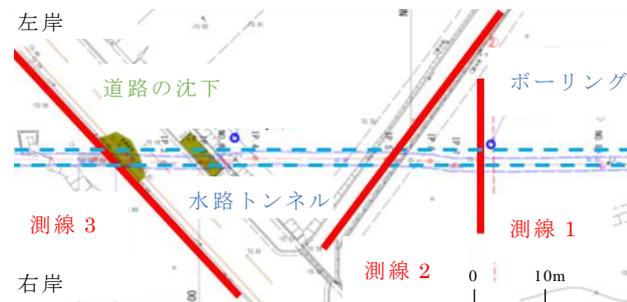


図 1 調査測線位置図
Index map of survey

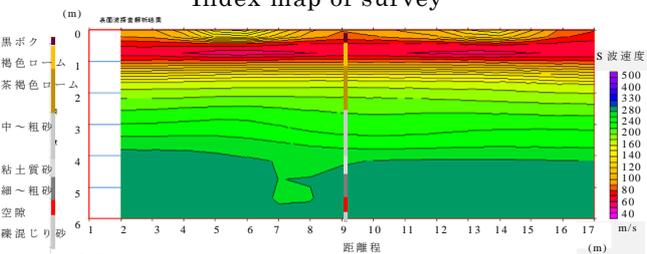


図 2 測線 1 における S 波速度分布
(センサ間隔 0.5m)
S-wave velocity along line 1

*農研機構 National Agriculture and Food Research Organization 水路トンネル, 空洞, 表面波探査

たとえ推測される。ただし、距離 7m、深度 5m の位置で相対的に速度の遅い範囲が確認できた。S 波速度は N 値と相関があることが知られており³⁾、地盤の締り具合を反映していると考えられる。このことから、空洞周辺にゆるみが発生し、それが低速度範囲として表れている可能性も考えられる。図 3 は測線 2 における S 波速度分布である。層構造を示し水路トンネル上部において S 波速度の水平方向の変化は特にみられない。図 4 は測線 3 における S 波速度分布である。水路トンネル周辺において S 波速度 300-330m/s と周辺地盤よりも速度が低い範囲が広がっており、地表部でも相対的に速度の低い範囲が広がっている。沈下が起こるようなゆるみが水路トンネル周辺および上部で起こっており、その影響が低速度として解析されている可能性が考えられる。

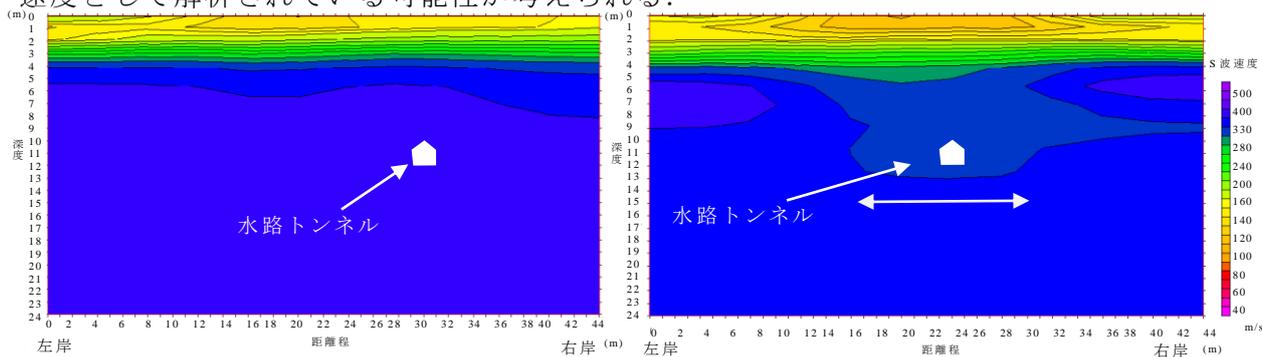


図 3 地表で変状が見られない測線 2 の S 波速度分布 (センサ間隔 2m)

図 4 地表で沈下がみられる測線 3 の S 波速度分布 (センサ間隔 2m)

S-wave velocity along line 2

S-wave velocity along line 3

この低速度範囲の成因を探るため、農村工学研究所において地盤の掘削前後での S 波速度の相違を試験的に探査した。結果を図 5、6 に示す。現地盤の S 波速度分布に対して、約 2.5m 深まで掘削し、埋め戻した後の S 波速度は、150m/s 以下まで低下した。埋め戻した地盤は締り固め度が低いため、その影響が S 波速度の低下として表れたと考えられる。図 4 に示す道路沈下が見られた測線での探査結果もゆるみを反映している可能性が考えられる。

謝辞

本研究の一部は、総合科学技術会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム「基幹的農業水利施設の戦略的なアセットマネジメント技術の開発」(管理人 JST)によって実施されました。現地調査においては、九州農政局の中澤克彦氏、山本常雄氏、NTC コンサルタントの後藤光敦氏にご協力を頂きました。ここに感謝を申し上げます。

参考文献 1) 林ら(2001)人工震源を用いた表面波探査の開発とその土木地質調査への適用, 応用地質技術年報(21), 9-39. 2) 物理探査学会(2008)物理探査適用の手引き-土木物理探査マニュアル-. 3) 今井ほか(1975): 日本の地盤における弾性波速度と力学的特性, 第 4 回日本地震工学シンポジウム論文集, 89-96.

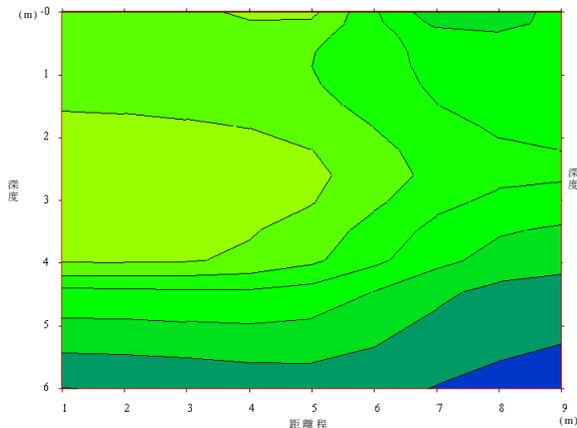


図 5 掘削前の S 波速度分布 (センサ間隔 0.5m)

S-wave velocity before digging

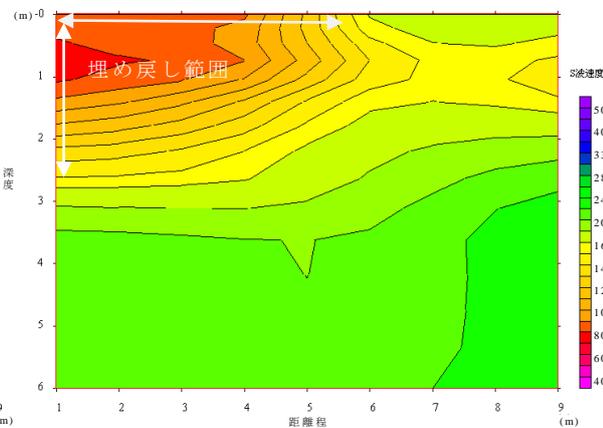


図 6 埋め戻し後の S 波速度分布 (センサ間隔 0.5m)

S-wave velocity after back-filling