

既往物理探査手法による土中のゆるみ域の把握に関する実験的検討について

九州大学 学〇笠 修平

九州大学 大学院 F 安福 規之 九州大学 大学院 正 石蔵 良平

建設技術研究所 松下 俊樹

1. はじめに

堤防は、歴史的特徴があり、複雑な断面構成となっていることが多い。また、昔は使用材料(運搬)や締固めの技術等が充実しておらず、現在の堤体に求められるような材料・締固めに至っていないことが多い。多様な地形・地質上に築堤されてきていることより、堤防縦断方向・断面と、三次元的に、不均一性が形成されている。

また、照査・設計手法は地質を一次元でしか抑えられないボーリング土質調査、物理探査手法が用いられている。しかし近年、弱地盤上でのすべり破壊、写真1で示すように矢部川などに見る浸透決壊などが発生してきており、それらの地質データでは抑えきれなかった局所的弱部(=ゆるみ部:透水性の高い、間隙比が大きいなど)が決壊にいたる懸念部分となることがある。

それらのことから、局所的に存在する弱部を事前に把握し、対策するために、堤防のゆるみ部を高精度でかつ簡便に探し出せる技術の開発が求められている。そこで本研究では、最初として、高透水性箇所に着目し、既往物理探査手法でどこまで精度よく、また基地盤に対してどれほどの透水性の違いまで把握できるのかを確認するための実験、水撒き後に探査を行うことで精度等にどのような影響があるかを調査するための実験、二つを行なった。

2. 研究内容

2-1 現場実験概要

写真2で示すように地盤内にゆるみ体(基地盤より透水係数の高い試料)を人工的に設け、その範囲を対象に各物理探査手法(表面波探査、レーダー探査、電気探査)を用いて測定を行った。

それぞれの寸法は、ゆるみ体:一辺0.5mの立方体、設置場所深さ:0.5m、幅:4.0m、ゆるみ体間隔:1.0mである。(図2参照)測定は通常状態(手法全て)、水撒き後(レーダー、電気)の2ケースを行なった。水撒き後の使用探査手法として、レーダー探査・電気探査を選んだ理由は、電気を用いる物理探査手法は水の有無で実験結果に影響があり、ゆるみ部を通常より精度良く捉えられる可能性があること、また土中の水移動の経時変化をレーダー探査で追跡できるのかということ、二点を確認するためである。

2-2 各物理探査手法の特徴・実験条件

2-1の概要に示した以外にも、各物理探査手法における調整可能パラメータの情報から、測定に用いる道具等の条件を変えて実験を行うことでゆるみ部を把握することにどのような影響があるのかということを知るための実

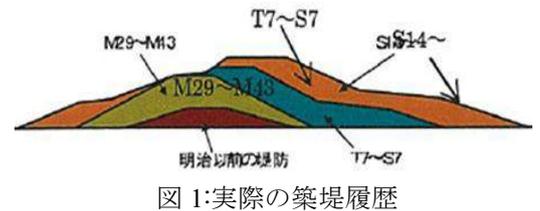


図1:実際の築堤履歴



写真1:平成24年7月九州北部豪雨矢部川決壊 (出典:矢部川堤防調査委員会)



写真2:地盤内にゆるみ部を設置

[写真:右から K-2・K-3・K-4 (熊本珪砂)]

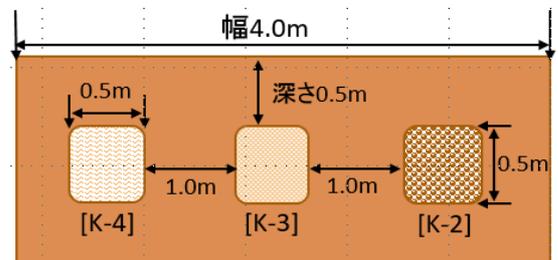


図2:ゆるみ部設置詳細

表1:透水係数(種類別)

	K-2	K-3	K-4	地盤
透水係数 (m/s)	7.74×10^{-3}	5.09×10^{-3}	2.09×10^{-3}	1.23×10^{-4}

験を行なった。表2は今回に使用物理探査手法をまとめたものである^{1),2)}。

表2：使用物理探査手法表

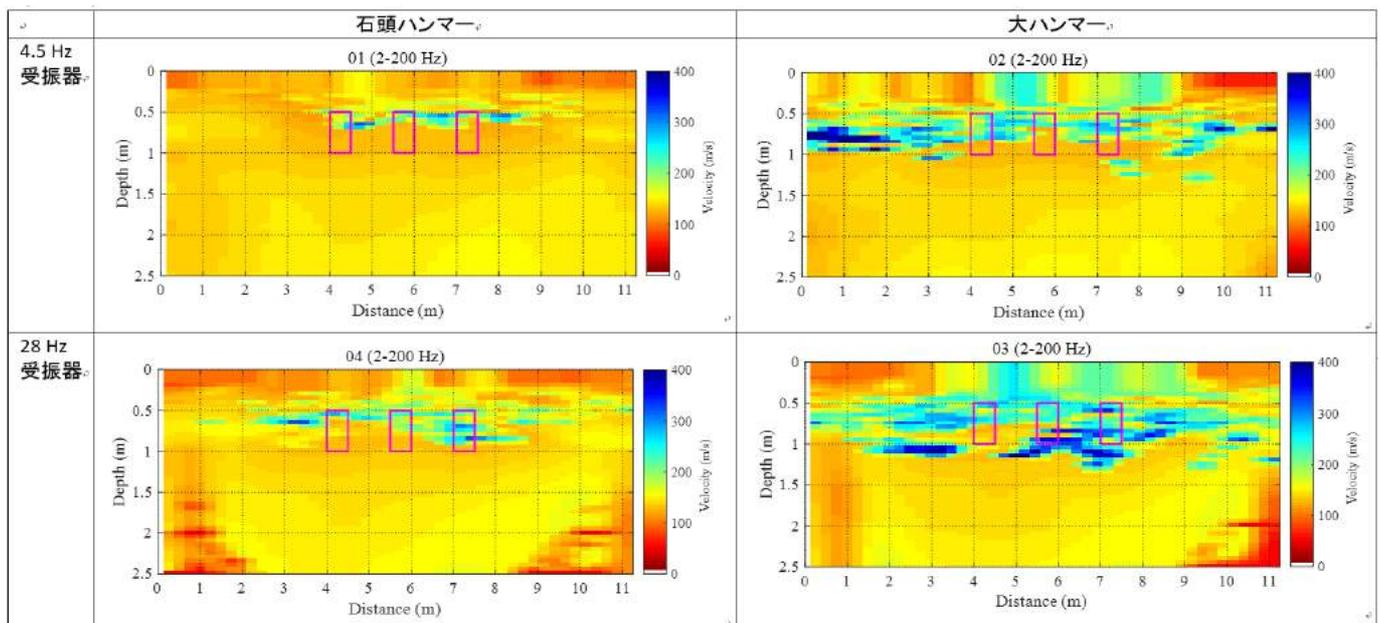
	表面波探査	地中レーダー探査	電気探査
原理・特徴	周波数によって伝搬速度が変化するという特性を利用表面波速度の深さ分布を捉えることができる	地中に放射した電磁波の反射を受信、反射波を並べた断面、画像処理した断面に現れるパターンから、埋設物や地下構造の形状を推定	地盤の見かけ比抵抗値を求め、相対変化等から地下構造を調査(浸透危険箇所や堤防土材の不均質箇所の抽出等)
方法	地表を打撃・起震、地面に設置した受信器で波形を受信	電磁波を地中に放射し、反射波を受信する	地面に打ち込んだ電極から地中に電気を流し、比抵抗を計測
得られる情報	S波速度構造	反射強度(反射異常)	比抵抗構造
適用範囲(深度)	15~20m程度	1.5~4.0m程度(10m以深はほぼ不適)	数m~数百mまで(測線長の1/2まで)
分解能	1m程度以上(計測間隔、計測深度により異なる)	10cm~50cm(深度の依存性あり)	1m程度以上(計測間隔により異なる)
適合性	地盤構成・ゆるみ空洞・強度特性	空洞箇所(以深測定不可)	地盤構成・水位・滞水状況
調整可能パラメータ	受信間隔、打診回数、周波数、ハンマーの重さ・種類、受信器の種類	誘電率、アンテナ	電極配置、電流を上げる、通電時間、通電回数
計測時間・間隔	1計測10分	1計測10分	1計測30分
測定可能範囲	線上(周波数毎に深度が異なる)	線上(測定機直下)	線上、三次元可
実験測定方法	チャンネル数:24	ユーティリティスキャンDF(中心周波数:300MHz,800MHz)	電極配置:2極法(解析方法:2極法、ウェンナー法、ダイポール・ダイポール法)
	受信間隔:0.5m 発信間隔:0.5m 発振回数:3回/点		
	受信器:4.5Hzジオフォン・28Hzジオフォン	SIR-3000(中心周波数:200MHz,400MHz)	電極間隔:0.5m
	振源:石頭ハンマー・大ハンマー		遠電極:各100m

S波速度構造はN値、比抵抗は透水性と相関関係にあるといわれている。

3.まとめ

3-1 解析結果 (表面波探査)

表3：表面波探査 (S波速度構造)



3-2 結論

表面波探査は幅 11m、深さ 2m を対象に行い、試料を埋めるため掘削し埋め戻した箇所が大まかではあるが把握されている。またゆるみ部付近の S 波速度は大きくなっているが、試料それぞれの違いを判別できていない。

今回のデータ上では埋め戻し箇所、それぞれの試料箇所が基地盤より締め固まっていることになっている (S 波速度が低い=ゆるんでいる)。今後なぜそのような結果になったのかを基礎データ等と照らし合わせ考察していく。

レーダー探査・電気探査 (水無し、水有り) については、解析結果が届き次第確認する。

謝辞：本研究の一部は、気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) の支援を得て実施した。

(参考文献) 1) 防災・維持管理分野における物理探査の適用報告書 (平成 19 年 8 月・社会法人全国地質調査業協会連合会)、2)地盤工学会ガイドブック,pp376~383 (物理検層・探査)