

物理探査による河川堤防材料の評価に関する考察

建設技術研究所 正会員 李 圭太

名城大学 正会員 小高 猛司

ジオ・インフォメーション 正会員 佐野 彰彦

建設技術研究所 正会員 ○岡嶋 義行, 田川 央

1. はじめに

河川堤防は治水上重要な河川管理施設であり、多種多様な地盤の上に築堤され、長い治水事業で様々な補修変遷を経験した長大な構造物である。したがって基礎地盤や堤体の土質構成は一樣ではなく、堤体の形状は同じであっても内部構造は不均質であることが多い。直轄河川での河川堤防の評価・設計は「河川堤防の構造検討の手引き」を準用しており、この手引きではボーリング調査を基本としている。堤防縦断方向の調査は効率的かつ経済的に実施するため、地形地質特性、築堤履歴や被災の履歴、既往のボーリング調査などの結果を活用し、浸透の面からみた対象区間の細分を行い、細分した区間毎に相対的に最も危険と想定される箇所を選定してボーリング調査を行い検討・設計を実施している。そこで、物理探査は堤防と基礎地盤の内部物性構造を連続的かつ非破壊で把握することができると考えられ、その活用が期待されている。しかしながら、適用する手法、解析方法などが多くあり¹⁾、場合によっては期待された成果が得られないこともある。そこで、本文では石混じり砂礫を主体とする堤防（以下、砂礫堤防）および、シルト・粘土を主体とする堤防（以下、粘性土堤防）を対象に代表的な物理探査を行い、河川堤防材料の評価に関する考察を行う。

2. 調査・試験の概要

S波弾性波探査は表層除去法（ハギトリ法）の解析法を適用した。起振は人力による板たたき法でS波を発生させ、測定幅:38~48m、測定間隔:2m、成分数:24、起振点数:4~5の測定条件で、記録装置はGEODAS7-20DSを用いた。電気探査は比抵抗法を適用し、見かけ比抵抗値を測定し、測線沿いに等間隔の多数点の電極を設置し、大量の地盤の見かけ比抵抗データを高密度に自動測定を行い二次元逆解析による高密度解析（比抵抗分布の初期モデルを作成して測定電極配置に対する理論計算値と測定値との差が小さくなるように最小二乗法を用いた計算）によって、地盤の真の比抵抗分布断面を求める。本調査では測定幅: 37~60m、電極・電線は水平距離 1m で設置、デジタル比抵抗測定器:McOHM Profiler-4 型を用いた。電極配置は、ウェンナー法配置とエルトラン法配置の四極法を用い、これらを合成させ比抵抗分布断面を作成した。ウェンナー法配置は水平地盤構造に対する探査感度がエルトラン法配置より高く、エルトラン法配置は垂直地盤構造に対する探査感度がウェンナー法配置より高いという特徴がある。

3. 調査結果

3.1 堤防の状況

この砂礫堤防は、写真 1 に示すように石分を含む砂礫主体であり、ボーリング結果より堤体の N 値は 10 程度、基礎地盤も堤体と同様の粒度分布を有し N 値は 30 程度以上、堤体下部には緩いシルト層が 2m 程度堆積している。堤内側は耕作地である。粘性土堤防は、写真 2 に示すように粘性土が主体で、3 本のボーリング結果より堤体 N 値は 2~5 程度、基礎地盤は、2~3m 程度の砂層を挟んで粘性土が主体で、 N 値は 5~9 程度である。堤外側は砂礫による腹付け盛土となっている。



写真 1 砂礫堤防の状況



写真 2 粘性土堤防の状況

キーワード 屈折法地震探査 高密度電気探査 河川堤防

(株) 建設技術研究所大阪本社水工部 (〒541-0045 大阪府中央区道修町 1-6-7 TEL: 06-6206-5555(大代表))

3.2 砂礫堤防の調査結果

図1に高密度解析によるS波弾性波速度層断面図を示す。堤体は190~200m/s, 基礎地盤部は300m/s程度以上を示している。図2に電気探査により求めた比抵抗分布断面図を示す。堤体中央部は比抵抗値が大きくなっており, 堤体下部と堤内側の地表面の比抵抗値は小さい値を示している。この部分は緩いシルト層と耕作土を捉えていると考えられ, 砂礫主体の堤体と比べて比抵抗値に明確な差が見られる。両手法を比較すると, 各手法の堤体部分に大きな値の差はなく, 堤体材料が単一である傾向を示し, 堤内側の地表面の耕作土部分の値が小さくなっている。電気探査では, 堤体下部の緩いシルト層の存在を示す傾向を得たが, S波弾性波探査ではその傾向は見られなかった。

3.3 粘性土堤防の調査結果

図3に高密度解析によるS波速度分布図を示す。堤体地表部は170~180m/s, 堤体中央部は270~280m/s程度を示している。基礎地盤部は370m/sを示している。川裏表面に低速度帯が確認されている。この低速度帯は, 堤体の緩みが発生している箇所²⁾となっている。図4に電気探査により求めた比抵抗分布断面図を示す。川表の砂礫の腹付盛土の状況が確認できる。両手法を比較すると, 川裏表面の緩みの部分は両手法とも明瞭なコントラストが確認できる。堤体部分においては電気探査で見られる腹付け盛土の傾向が, S波速度分布では見られない。

4. まとめ

砂礫を主体とする堤防, 粘性土を主体とする堤防を対象に, S波弾性波探査と電気探査を実施した。その結果, S波弾性波探査では, それぞれの堤体に大きな速度の違いがない結果が得られ, 表層の緩み領域を捉えることができた。砂礫堤防の堤体下部の緩いシルト層を把握できなかった要因は, 表層除去法では, 深度方向にS波弾性波速度が速くなる前提であるためと考えられる。電気探査では, 砂礫層と粘性土層の分布を把握することができた。今後, 調査サンプルを増やし, 堤防材料の物理特性, 強度特性とS波速度, 比抵抗値との関連について引き続き検証する必要があるが, 堤防に対してS波弾性波探査と電気探査を併用することにより, 堤防材料と強度の推定精度の向上に繋がると考えられる。

参考文献: 1) 李ら: 河川堤防を対象とした物理探査の適用に関する考察, 2017 地盤工学研究発表会

2) 李ら: 被災した河川堤防の復旧断面設定における物理探査の適用に関する考察, 2018 地盤工学研究発表会

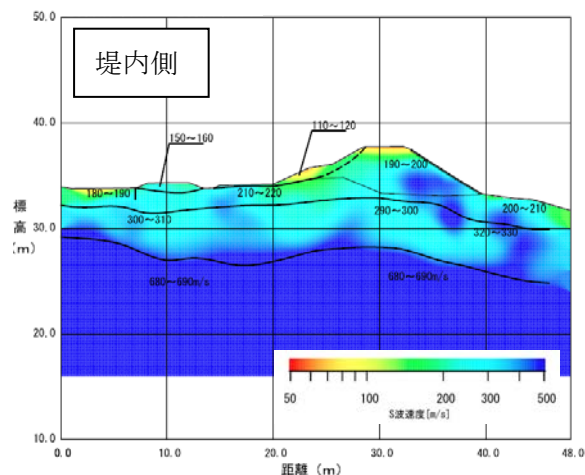


図1 S波弾性波速度層断面図(砂礫堤防)

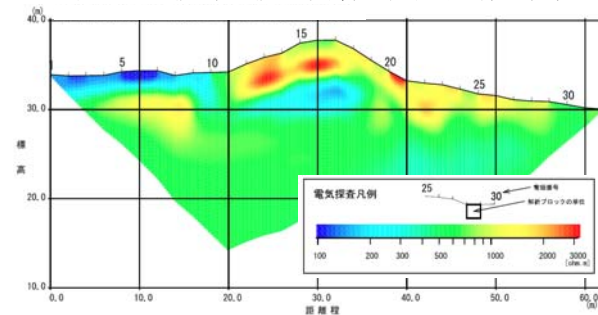


図2 比抵抗分布断面図(砂礫堤防)

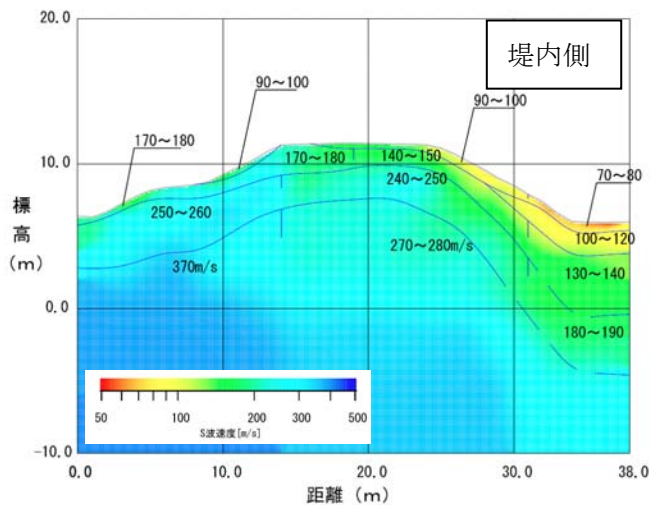


図3 S波弾性波速度層断面図(粘性土堤防)

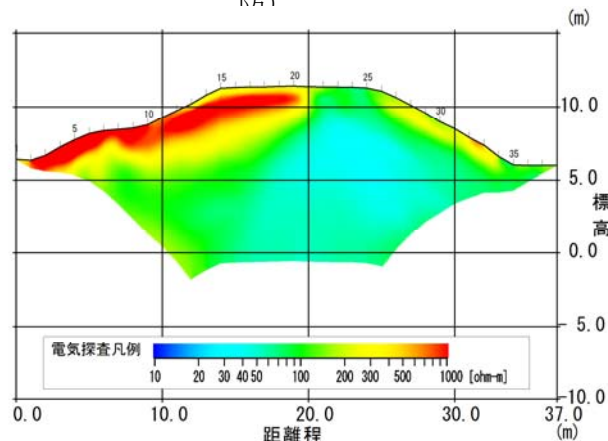


図4 比抵抗分布断面図(粘性土堤防)