

河川堤防のモニタリングにおける物理探査の適用性の検討

国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 ○落合 清治
 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 金澤 裕勝
 国土交通省国土技術政策総合研究所 堀内 輝亮

1. はじめに

堤防モニタリングは、堤防の要注意箇所を把握することを目的の1つとし、効率的かつ効果的な対策を実施する上での基礎資料としている。これまで、直轄河川において実施されてきた堤防の詳細点検は、堤体への浸透に対して最も危険な箇所を、一連区間から選定し、既往の知見から、現地ボーリング及び非正常浸透流解析等を実施して安全性評価を行っている¹⁾。しかし、実際の被災状況を見てみると、対象とした一連区間で最も安全性が低いと評価されていない箇所で被災するなど、モニタリングのさらなる精度向上が必要となっている。

2. 本研究の目的及び方法

本研究は、ボーリング調査による点の地盤情報を基礎情報とし、堤防縦断方向に物理探査を実施することで、ボーリング調査を補完し、堤防の浸透に対する弱点箇所を把握することを目的とした。具体的には、地盤の硬軟及び締め固め度が把握可能な表面波(S波)探査、土質(粒度)構成が把握可能な比抵抗電気探査を実施し、縦断的な地盤情報を把握し、特異な地質を示す箇所を抽出する手法の検討を行った。なお、本探査結果のみでは、相対的な物性を示すに過ぎず、一連区間において安全性を定量的に評価するには至らない。そこで本研究では、既存のボーリング位置での土質性状と物性値との関係から閾値を設定し、堤防の縦断的な層構成の表示、堤防断面のモデル化及び土質定数設定による安定解析を実施し、物理探査の適用性の検討を行った。

3. 物理探査結果の活用(A川をモデルとして)

研究対象とした東北地方のA川は、平成19年9月に計画高水位を超える大出水があり、直轄区間内の数カ所で、法崩れや噴砂を伴う漏水により被災を受けた河川である。本研究では、噴砂を伴う漏水のあった距離標左岸15.0kp~17.0kp区間の天端及び堤内側法尻の2測線において物理探査を実施した。

実際の探査結果例を図-1, 2に示す。表面波探査結果より基礎地盤線より上方の堤体土が比較的緩い土質(S波速度が低い値)を示している。また、比抵抗電気探査結果より、基礎地盤面付近に比較的高い比抵抗値を示している。なお、16.0kp-30m付近の基礎地盤下部において非常に低い比抵抗値を示しているが、これは、工事に設置していた敷鉄板が存在しており、電導性の高い金属に反応したためと思われる。

本研究では、物理探査で得られた物性値を用いて定量的な評価を行うことを試みた。具体的には、本調査結果及び本調査区間内の既存ボーリング(17.0kp)を用いて各測線(天端及び小段又は法尻)において閾値の設定を行った。(図-3) 使用した既存ボーリングの土層構成は、上層から堤体土である緩い砂質土(N値4~5程度、a層)、基礎地盤上面に存在する礫混じり

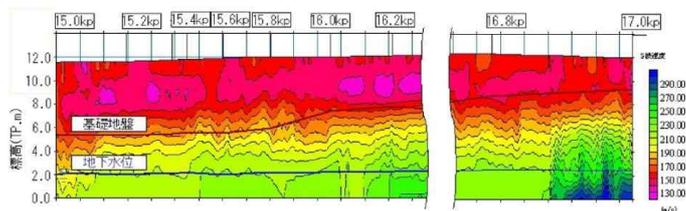


図-1 S波速度分布例(天端)

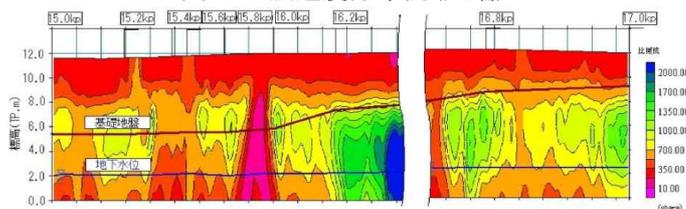


図-2 比抵抗分布例(天端)

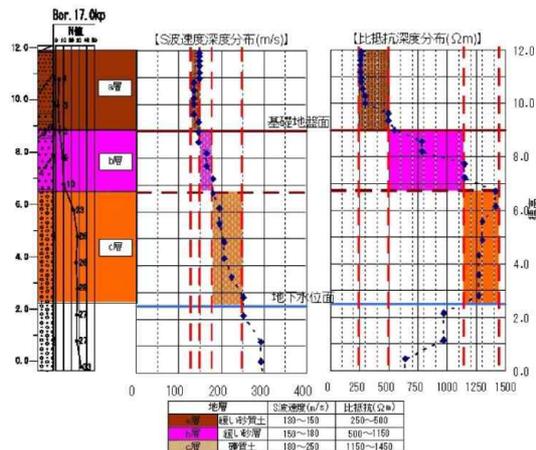


図-3 既往ボーリングによる閾値の設定例(天端)

の緩い砂層(N 値 9~10 程度, b 層)及び基礎地盤下面の比較的締まった礫質土層(N 値 25 程度以上, c 層)に分割される。ただし, 地下水位以下については, 地下水により物性値が大きく変化するため, 本検討では, 地下水位以上の土層を対象として閾値の設定を行った。設定した閾値により表示した縦断面図を図-4, 5 に示す。

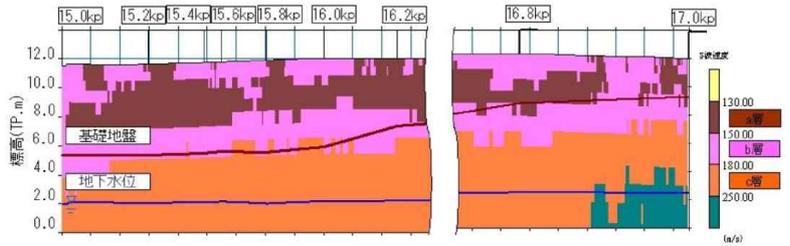


図-4 閾値設定による S 波速度分布(天端)

図-4 より, S 波速度による区分で, 堤体土と基礎地盤面との土質の区分が明瞭に表示されている。また, 図-5(堤内側法尻または小段)では, 被災位置に b 層(礫混じりの緩い砂層)と同様の物性値を持つことが認められる。ただし, 下流区間(15.0kp~16.0kp)全般において, 既存ボーリング(17.0kp)では閾値として設定できない範囲の物性値(比抵抗値 450 Ωm 未満)が広く存在している。

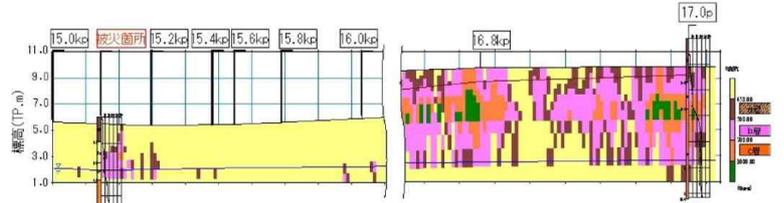


図-5 閾値設定による比抵抗分布(裏法尻または裏小段)

4. 堤防断面のモデル化による検証

噴砂を伴う漏水の被災箇所(左岸 15.0kp+81m)において, 物理探査による層構成を用いたモデル, 及び被災後に実施したボーリング調査によってモデル化した断面を図-6 に示す。探査測線である法尻及び天端付近については概ね層区分が概ね表現できている。また, 横断面のモデル化及び土質定数の設定については, 既往ボーリング(17.0kp)において設定した土質定数を基本として用いることとし, S 波速度分布から

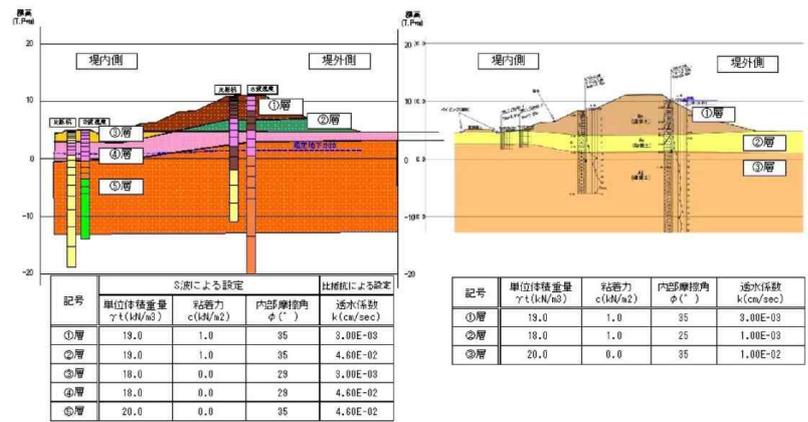


図-6 物理探査によるモデル(左)とボーリングによるモデル(右)

表-1 非定常浸透流解析結果

検討断面	検討ケース	評価項目	計算結果	許容値	判定	
15.0kp+81m (被災断面)	(1) 物理探査	局所動水勾配	i_v	1.45	0.50	OUT
		裏のりすべり	F_s	1.26	1.32	SAFE
	(2) 現位置ボーリング	局所動水勾配	i_v	0.88	0.50	OUT
		裏のりすべり	F_s	1.41	1.32	SAFE

単位体積重量 γ_t , 粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ , 比抵抗分布から飽和透水係数 k_s を設定した。設定したモデルを元に, 非定常浸透流解析を実行した。計算モデルは, (1)物理探査結果に基づくモデル, (2)被災後に被災箇所で行ったボーリング結果に基づくモデル化を行って検証した。検証の結果, (1)物理探査によるモデルの計算と(2)被災後の現位置ボーリングによるモデルの計算結果が同様の傾向を示す結果となり, 実現象においてパイピングによる漏水が発生したことを裏付ける結果となった(表-1)。

5. 本研究の成果と今後の課題

本研究でのモデル河川である A 川においては, 比抵抗電気探査及び表面波探査を適用して, 堤防の縦断的な層構成の表示, 堤防断面のモデル化及び浸透流解析による実現象との妥当性において概ね同様の結果を得ることができた。ただし, 既往ボーリングでは表現できない物性値の取扱いや地下水位以下の物性値の考え方, 縦断的な層構成の妥当性および精度の評価など問題点も多い。また, 無被災箇所との差異も今後検討していく必要がある。今後, 土質の異なる堤防での物理探査の適用性の検討, チェックボーリング等による妥当性の検証を行うなど知見を増やし精度向上を図るとともに, 物理探査の実施が必要な区間の選定方法(事前の調査区間の絞り込み手法)の検討, 堤防の浸透に対する安全性を縦断的に評価できる手法の検討を行う予定である。

参考文献 1)(財)国土技術研究センター: 河川堤防構造検討の手引き, 2002

キーワード 堤防モニタリング, 物理探査, 比抵抗電気探査, 表面波探査

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭1 国土交通省国土技術政策総合研究所 TEL 029-864-2211