

牽引式電気探査を用いた河川堤防のパイピング弱部抽出

応用地質株式会社 ○小泉慎太郎, 小野哲治, 塚田秀太郎, 横井恵太

1. はじめに

河川堤防のパイピングに対する安全性照査は、一般に堤防形状、堤体及び基礎地盤の土質、治水地形、被災履歴等を基に区間を細分化し、細分区間の中から堤内地盤高が低い箇所や堤防幅が狭い箇所等、浸透に対して相対的に厳しい箇所を代表断面として選定し実施している。

しかし、堤防縦断方向の地層データは数百 m～数 km 間隔のボーリングデータを基に推定するため、地層構造を十分に反映できない場合もあり、相対的に浸透に対して弱部となる箇所を見落としている可能性がある。

本論文では、牽引式電気探査により地盤の比抵抗値を連続的に把握することでパイピングに対する弱部を抽出し、さらに三次元地盤モデルを作成した事例を紹介する。

2. 河川堤防のパイピング

河川堤防のパイピングは、上昇した外水の水圧による川裏法尻付近の漏水や噴砂をきっかけとし、堤体あるいは基礎地盤内の土が徐々に噴砂孔から排出されることによって、パイプ状の空洞が川裏側から川表側に向かって進展する現象である。パイプが川表側まで貫通すると同時に、大量の水が流れ、パイプを急激に拡大させる。それにより安定を失った堤体が沈下・陥没し、最終的には破堤に至るものと考えられている¹⁾。わが国では、平成24年の矢部川堤防などの数事例が知られている²⁾。

近年の研究結果³⁾では、パイピング発生要因の着眼点として、①被覆土層厚、②行き止まり構造、③複層構造の3つが挙げられており、堤内地の表層2～4m付近の地盤構造を詳細に把握することが重要である(図-1参照)。

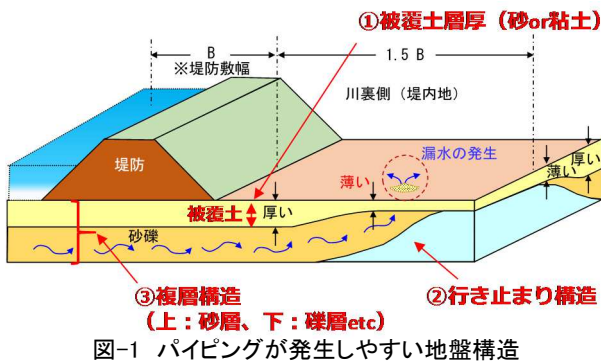


図-1 パイピングが発生しやすい地盤構造

3. 調査方法

パイピングに対する弱部抽出は、次の手順で実施した。

(1) 牽引式電気探査(写真-1:左側)

牽引式電気探査は、地盤の比抵抗値を連続的に測定し、地盤状況を概略的に把握することを目的として実施した。今回は、パイピングの評価に重要な浅部(表層2～4m

付近)の分解能が高い「改良型オームマップパー(平板電極型)」を採用した。

(2) 簡易ボーリング(写真-1:右側)

簡易ボーリングは、牽引式電気探査で求めた地盤の比抵抗値と実際の土質を対比し、調査対象区間の土質の分布状況を推定・評価するために実施した。



写真-1 現地調査状況(牽引式電気探査, 簡易ボーリング)

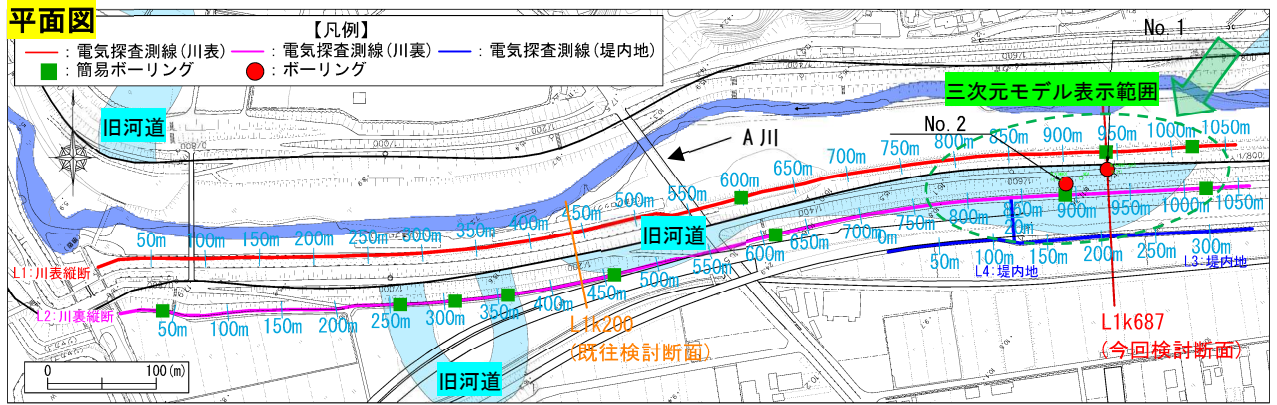
4. 調査結果(弱部抽出結果)

図-2に牽引式電気探査および簡易ボーリングによる現地調査結果を示す。牽引式電気探査および簡易ボーリングの結果、当該地付近の基礎地盤表層は、比抵抗値が $100 \Omega \cdot m$ 以下(低比抵抗)の粘性土が主に分布することが確認できた。一方、L1測線(川表)の測点900～1000m付近やL2測線(川裏)の測点870～900m付近では、比抵抗値が $300 \Omega \cdot m$ 以上(高比抵抗)の礫質土が局所的に分布することを確認した。さらに、堤内側(L3, L4測線)でも牽引式電気探査を実施した結果、堤内側では全般的に低比抵抗であり、表層は粘性土が分布するものと推定される。上記の結果から、次の2点を確認できた。①:局所的(延長30～100m)の範囲に透水性の高い礫質土が分布する。②:①付近においても堤内側は相対的に粘性土が厚く分布しており、砂礫層が堤内側で途切れてはいないが、行き止まりに近い構造となっている。

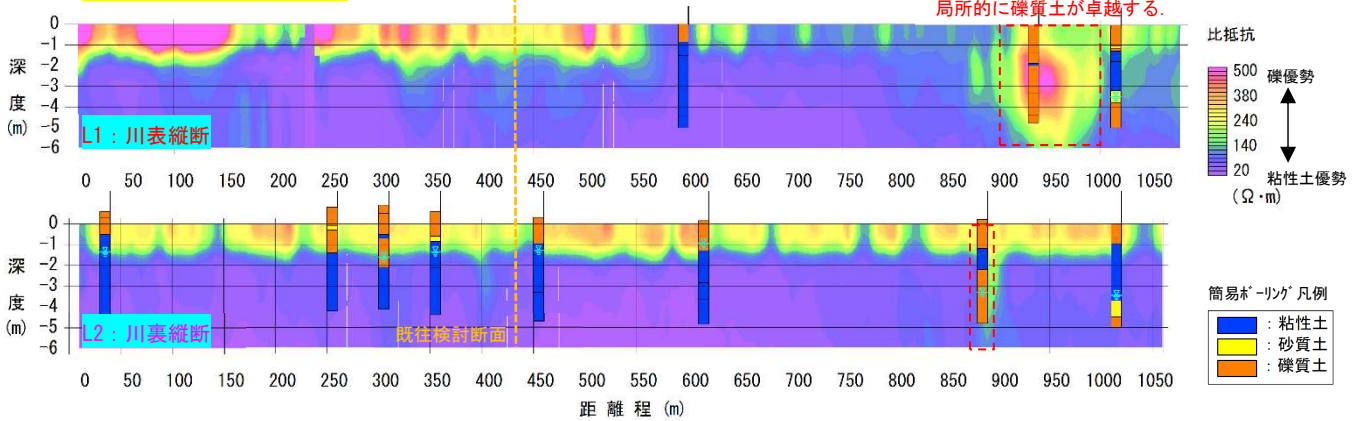
当該区間の既往検討断面は、測点440m付近に相当し、基礎地盤は透水性の低い粘性土が厚く分布しているものとして安全性照査が検討されていた。しかし、今回、牽引式電気探査により地盤の比抵抗値を連続的に把握したことにより、相対的に浸透に対して弱部とみられる箇所を抽出できた。なお、本業務では牽引式電気探査および簡易ボーリング等から得たデータから基礎地盤表層付近の三次元地盤モデルを作成した。

5. 浸透に対する安全性の再照査

探査結果を踏まえ、一連区間において浸透に対して弱部と評価した断面で浸透に対する安全性照査を実施した結果、盤ぶくれ指数(G/W)= $0.88 < 1.0$ となり基準値を満足しないことを確認した。

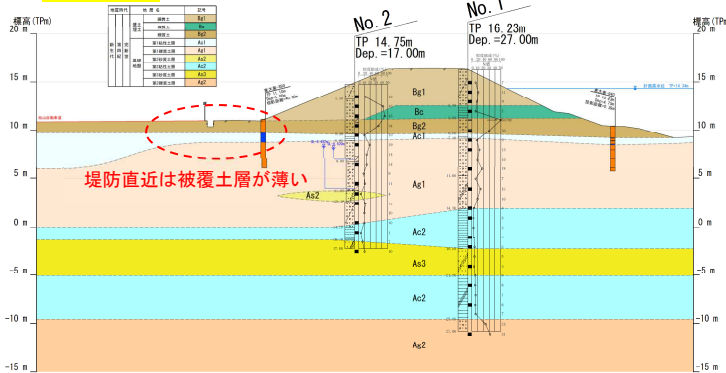


牽引式電気探査結果

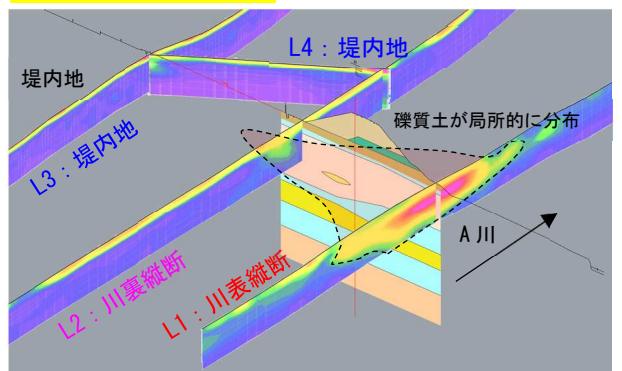


当該区間は粘性土が主体であるが、局所的に礫質土が卓越する。

解析断面



準三次元地盤モデル



三次元地盤モデル

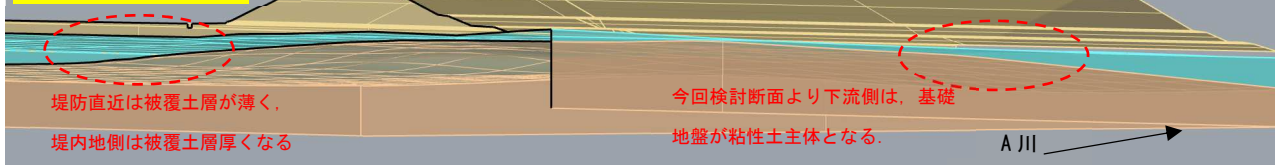


図-2 現地調査結果

6. おわりに

今回の調査結果では、既往業務で設定した代表断面よりも厳しい条件の断面を抽出することができ、さらに三次元化することにより弱部を視覚的にわかりやすく表現できたことから、本手法はパイピング弱部抽出に対して適用性が高いものとする。今後は比抵抗値と土質の関係性についてデータの蓄積を図ることにより、より汎用性を高めることが必要とする。

《引用・参考文献》

- 1) 田中秀岳, 笹岡信吾, 下津隆介, 福島雅紀: 河川堤防基礎地盤におけるパイピング進行評価の検討. 第6回河川堤防技術シンポジウム論文集, 2018
- 2) 矢部川堤防調査委員会: 矢部川堤防調査委員会報告, 2013
- 3) 国土交通省 河川技術研究開発制度 河川技術分野: 透水性基礎地盤を有する河川堤防の進行性破壊を考慮した総合的安全性点検のための評価手法と破壊抑制に関する技術研究開発, 2018