空気圧連通試験と高密度電気探査の組合せによる不飽和の高透水域の抽出方法の検討

パシフィックコンサルタンツ㈱	正会員	○舘川	逸朗
パシフィックコンサルタンツ(㈱	正会員	新村	卓也
パシフィックコンサルタンツ(㈱	正会員	藤吉	秀彰
パシフィックコンサルタンツ(㈱	正会員	斉藤	泰久
岡山大学大学院 環境生命科学研究科	国際会員	西垣	誠
㈱ 地球科学技術研究所		今里	武彦

1. はじめに

河川堤防の現行基準では洪水時の浸透安定検討ではパイピングの照査が実施されている.しかし、小高らは堤防土質と 地盤状況が一定の条件の場合に矢部川等で発生した浸透破壊に起因する堤防決壊が生じた模型実験結果を示している.¹⁾ 一方,こうした浸透破壊の可能性が高い領域の把握(弱点箇所の抽出)が重要だが、不飽和状態の高透水域を対象にして いることから有効な調査手法は確立されていない.また、浸透安定検討に必要な地盤情報は縦断と横断方向に不連続に配 置されるボーリング調査から得ており、不規則に分布する弱点箇所(水ミチ)の把握には不十分である.著者らは既往の ボーリング調査間に潜在する弱点箇所を抽出する手法として、複数の調査法を組合せた手法とその結果について報告して きた.²⁾本論文では、空気圧連通試験と高密度電気探査を組合せて、実河川の低水敷を対象に行った実証実験結果と、 不飽和状態の高透水域(水ミチ)の抽出の可能性について考察する.

2.実証実験の概要

小高ら¹¹の研究によると,図-1のような河川堤体の薄い被覆土層の下に薄 い砂質土・厚い高透水礫質土が分布するような場合に,浸透破壊が懸念され ると示唆している¹¹.本研究では,近傍の既往ボーリング結果から実証実験 箇所を選定し、堤体からはやや離れるものの,低水敷において実施した.図 -2に高密度電気探査の測線配置と注圧深度の粒度試験結果,空気圧による連 通試験の配置を示す.空気圧連通試験は半径 10mの同心円上に4箇所の受信 孔と,円の中心に1箇所発信孔を配置した.高密度電気探査の測線は発信孔 と受信孔の中間付近に2測線を配置した.

3. 調查·解析方法

3-1.空気圧連通試験:「空気圧を用いた連通試験」のイメージを図-3 に示 す.同調査は、河川堤防に調査孔を配置するとともに、堤体及び基礎地盤表層 付近の不飽和透水層へ空気を注入し、空気圧の伝播特性(タイムラグ、空気圧 の低下等)に着眼し、地盤内に部分的に潜在する高透水層や水ミチの有無・広 がりを把握するものである.空気圧を計測するための圧力計、その上下にパッ カーを配置した.

3-2. 高密度電気探査: 地盤の物性を間接的に求める手法としては,点の調 査としてのボーリングやサウンディングが一般的で,線の調査として物理探査 があるが実績は少ない.しかし,水ミチは砂層・礫層の中に局所的に不規則に 分布するため、点の調査では把握は困難である。高密度電気探査は比抵抗の断 面分布により地盤の状況(水分量・細粒分含有率・相対密度)を判定する手法 である.近年,比抵抗値の鉛直方向の変化を2次微分することによって土層境界 を客観的に判定する方法が提案されている³.

そして、同じ箇所の同一深度の探査結果をボーリング調査結果・物理試験結 果と比較してキャリブレーションを実施することで、高い精度で土層区分が可 能になるだけでなく、空気圧連通試験と併用することで地盤のゆるみ領域も 検出可能である.





図-3 空気圧による連通試験のイメージ

キーワード 河川堤防,空気圧連通試験,高密度電気探査

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地(テラススクエア) パシフィックコンサルタンツ株式会社 TEL 03-6777-3001

3-3. 高密度電気探査における2次微分解析

比抵抗値が急変する部分(2次微分解析値がプラスからマイナス,もしくはその逆に変化し,微分値がゼロ(白領域)となる)では,地層境界と一致する結果が報告されている³⁾.2次微分の計算方法は図-4及び以下に示す通りである.

一次微分=(R_i-R_i-1)/(X_i-X_i-1) (式-1)

二次微分=((R_i-R_i-1)-(R_i+1-R_i))/(X_i-X_i-1) (式-2)

X は等間隔なので分母は X となり、X が 1m 間隔のとき以下の式 となる.

二次微分=2*R_i-R_{i-1}-R_{i+1} (式-3)

4. 空気圧連通試験と高密度電気探査の結果

4-1. 高密度電気探査結果と試験孔の柱状図からの土層断面

試験孔の柱状図を用いてキャリブレーションを実施した高密度 電気探査結果(2次微分)に基づく土層断面を図-5(a),(b),(c) に示す.(a)と(b)の電気探査結果は柱状図の砂質土層と粘土層 の区分と一致し,層境界(断面図の白い部分)が明確である.ま た、透水性が高い(比抵値の変化が大きい)箇所は,この断面では 赤色のコントラストが強く表示されている.

4-2.空気圧連通試験の結果

「空気圧を用いた連通試験」の結果を図-6 に示す. 空気注入は2 回実施し,最終的に注入空気量は段階的に 2000L/min まで上昇さ せ,この時の発信孔内の空気圧は 1.0kPa 程度まで上昇した. 受信 孔の空気圧は下流側で 0.049 k Pa まで,上流側で 0.12 k Pa 程度ま で上昇し,高い空気圧を計測した上流側に向かって水ミチとなり える透水性の高いゾーンが存在する可能性が高いと判断した.

なお,実験中に受信孔ではパッカーの不具合で局所的に空気漏 れが生じた.このため,パッカーを補修しつつ計測を続けたため 受信孔の空気圧の計測データは安定していない.

4-3.空気圧連通試験時の高密度電気探査結果の変化

空気圧連通試験前と注圧時の高密度電気探査結果から顕著な比 抵抗値の変化が確認できた領域を図-7に示す.空気圧連通試験前 と比べて空気注入後の探査結果では、高透水意気における比抵抗 値の変化が確認できる。これらの結果より,高密度電気探査によ って,空気圧連通試験だけでは把握できない脈列的な空気伝播を 比抵抗値の変化(差分)から捉えることができた.

5.まとめ

本研究では、空気圧連通試験と高密度電気探査を組合せて、河 川の低水敷を対象に実証実験を行った結果、空気圧連通試験結果 の有効性を確認した.今後は、実証実験結果を基に再現解析を実 施していくとともに、異なる条件の現地試験と解析ケースを充実 させて、抽出手法の確立を目指していく.

謝辞

本研究の実施にあたっては国土交通省岡山河川事務所よりフィールドを提供して頂いた上に, 貴重な資料を提示して頂いた. ここに厚く感謝の意を表する.

【参考文献】 1)小高ら:基礎地盤の被覆構造が河川堤防の浸透破壊に及ぼす影響,第52回地盤工学研究発表会,2017 2)舘川 逸朗・新村卓也・藤吉秀彰・西垣誠・西村伸一・齋藤雅彦:河川堤防における弱点箇所抽出を目的とした組合せ調査法と再現解 析による妥当性検証,第73回年次学術講演会,2018 3)野池・松澤・南・斉藤,浅層電磁探査法を用いた土層厚推定手法の検 討,平成30年度砂防学会研究発表会概要集,2018



図-4 高密度電気探査の二次微分計算方法の説明図









Distance (m)

(c)測線2の電気探査結果に基づく断面

図-5 二次微分電気探査結果等に基づく土層断面



図-6 空気圧連通試験結果(注入量と空気圧の変化)



図-7 空気圧連通試験前後の探査結果の変化