

地震被害を受けた既存ため池堤体のせん断波速度構造

愛媛大学工学部 学生会員 ○古川 将也
愛媛大学大学院 フェロー 森 伸一郎

1. はじめに

ため池は全国に約 21 万ヶ所あり、それらの多くは老朽化が進んでいる。2001 年の芸予地震では愛媛県内 53 ヶ所で被害を受ける¹⁾など、過去の地震で数多くのため池堤体が被害を受けており、発生が想定されている大規模地震に対する堤体の脆弱性が懸念される。安全に水を溜め止水するという機能が必要なため池堤体の維持管理は、漏水と堤体変形という 2 つの指標のみでなされており、健全性や耐震性を評価する指標としては十分ではない。慣性力や液状化が被害素因であり、それらにつながる堤体の増幅特性に関わる物理指標として堤体のせん断波速度 (V_s) が耐震性指標として有望である。

そこで本研究では、地震被害を受けた既存ため池堤体において表面波探査を実施し、堤体のせん断波速度構造や、基盤位置の把握を試みた。

2. 測定対象と実施内容

愛媛県今治市の NK 池という谷池を測定対象とした。図-1 に対象ため池の平面図を示す。この堤体は、堤長約 75 m、堤高約 13 m、堤頂幅 5 m である。2009 年に下流側法面（図中に示した位置）に漏水が認められ、ボーリング調査より堤頂から深度 4 ～5 m の位置に漏水経路（水みち）が確認されている。また、調査のため水位を下げたところ上流側堤体法面に崩壊が見つかった。図-2 に堤体の C-C 断面図を示す。堤体は、盛土 1 から盛土 3 で歴史的に構築されており、新たに上流側に腹付けされた盛土 3 は 1994 から 1995 年にかけて施工された。前述の崩壊は盛土 3 の法面の下部で発生していた。2001 年芸予地震の被害によるものと考えられる。

この堤体の表面波探査を 2 測線実施した。図-3 と図-4 に堤体の上流側からの正面図と背面透視図に探査測線を示す。堤頂での堤軸線に沿う測線を A 測線（全長 93 m）とし、左岸側の地山を始点、右岸側の切土道路を終点とした。また、堤体の下流側法面に設けられた斜道に沿う測線を B 測線（全長 93 m）とし、県道から堤頂の洪水吐の位置までを対象とした。図-4 に示すように、漏水は斜道より下の位置（図中の 28 - 44 m）で確認されている。図-1 および図-3 に示すように、堤体の

下には底樋がほぼ水平に通っており、探査測線の直下においては、25 m 地点付近を通過していると考えられる。

表面波探査には McSEIS-SXW（応用地質社製）を用い、固有振動数 4.5 Hz の受振器を 2 m 間隔で 24 個をランドストリーマーに取り付け移動展開方式として実施した。起振はかけやにより、探査深度は 20 m である。解析ソフト(SeisImager/SW)²⁾を用い、2 次元の V_s 構造図を得た。

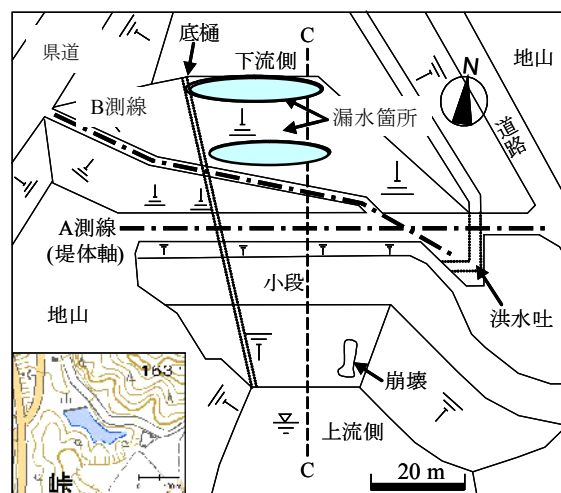


図-1 測定対象ため池平面図

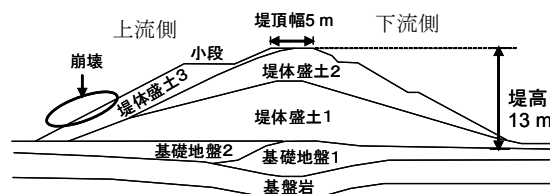


図-2 C-C断面における堤体断面図

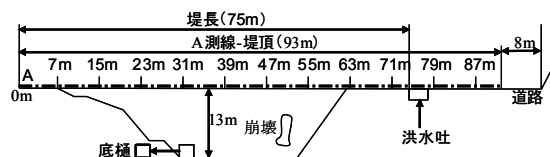


図-3 堤体の上流側正面図と探査測線

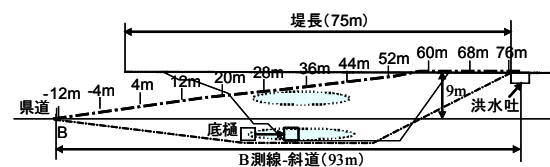


図-4 堤体下流側の法面斜道の探査測線

3. 表面波探査結果

図-5、図-6 に A、B 測線での表面波探査より得られたせん断波速度構造図を示す。図-5 に基づいて算定すると堤体の V_s は平均が 340 m/s であることがわかる。また、深度 17 m を境に V_s が 600 m/s 程度の基盤層が現れており、45 m 地点のボーリングにより堤頂から基盤層までの深さが 17 m であることから、基盤深度を表面波探査で把握できたことが検証された。20 m～30 m 地点にかけて深度 12 m での V_s が低くなっているのは、底樋自体もしくは底樋周辺の締固め度の低い土の領域を捉えているものと考えられる。

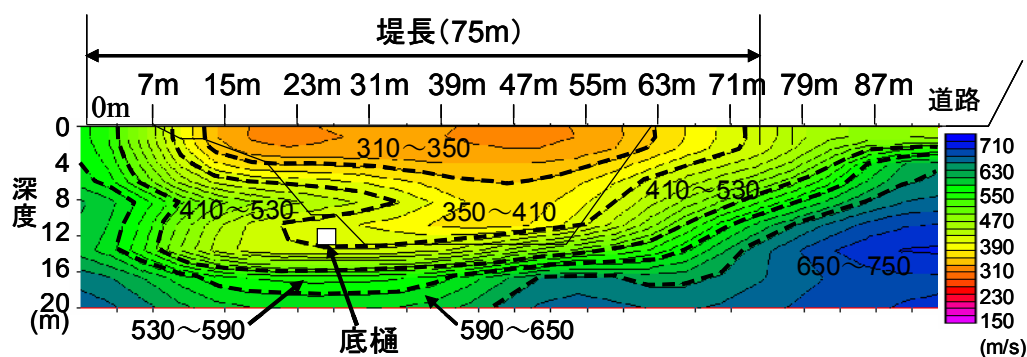


図-5 A 測線の探査で得たせん断波速度構造図

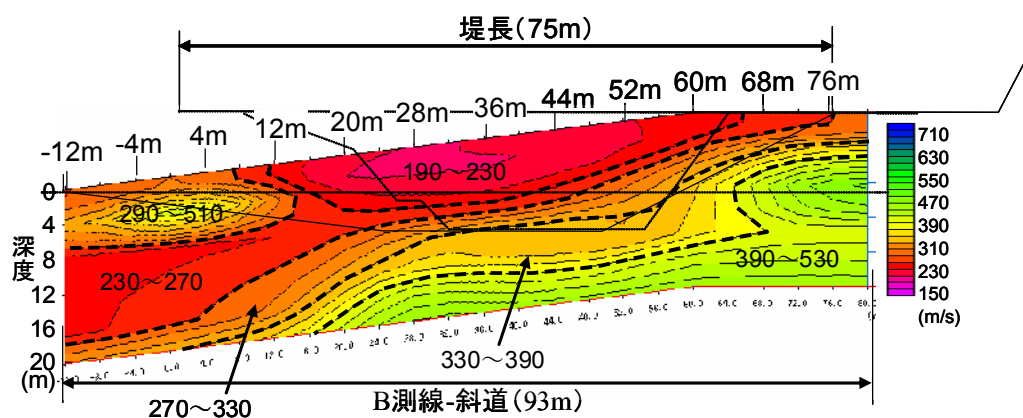


図-6 B 測線の探査で得たせん断波速度構造図

図-6 より、斜道中央 28 m から 44 m までの区間で表層 4 m の V_s が 230 m/s 以下になっており、堤体の他の領域の V_s と比べて著しく低くなっている。前述の法面漏水箇所がこの領域に対応することから、低 V_s 領域の発生と漏水の因果関係はわからないが、ある程度の広がりを持つ低 V_s 領域は表面波探査で確認することができることがわかった。しかし、A 測線での結果には著しい低下部分はなく、漏水経路（水みち）のような極めて局所的な緩み部は検出されなかった。

また、NK 池の地震被害は、上流側に新しく腹付けされた堤体盛土 3 の一部分の崩壊と変状である。崩壊の形態が円弧すべり状であったことから地震時慣性力によると考えられるが、堤体中央部に位置することから堤体の増幅が最も大きくなる場所に位置しており、堤体による増幅との関連を今後検討する必要がある。今回の探査により堤体（堤体盛土 1・2）は V_s の平均が 340 m/s と高い値であることから、この崩壊原因考察には堤体盛土 3 の V_s や前述の局所増幅の影響を考慮する必要がある。

4. 結 論

愛媛県今治市の地震被害を受けた NK 池の堤体における表面波探査より得られた知見は次の通りである。

- (1) 谷池である NK 池の堤体で、堤体で 300～380 m/s と基盤層で 600 m/s 以上の V_s 分布を把握できた。
- (2) 漏水が確認された範囲の表層 4m は、一様に V_s が 230m/s 以下であり、周囲に比べて著しく低下していた。
- (3) 水みちのような局所的な緩み部は検出できないが、底樋やその周辺の低 V_s 領域は検出可能である。

謝辞：愛媛県農地整備課と今治市農業土木課には情報提供と調査実施にお世話になりました。増田信氏（キンキ地質センター）、神野邦彦氏（愛媛建設コンサルタント）には調査協力戴きました。記して謝意を表します。

参考文献：1) 小林 範之，吉武 美孝：芸予地震の概要と愛媛県における農業水利施設の被害，農業土木学会大会講演会講演要旨集，pp.106-107，2005 2) 林 宏一：表面波探査における CMP 解析，物理探査学会第 105 回学術講演論文集，pp.13-16，2001