

## 29. 併用調査法による古いため池の地盤構造と流動地下水経路の推定

Estimation between bank structure and flowing groundwater paths in old irrigation pond  
by using combined geophysical survey methods

○古谷 元 (富山県立大学), 牟田庄吾 (名古屋市), 竹内篤雄 (自然地下水調査研究所),  
王 功輝 (京都大学), 油谷洋志 (金沢市), 林 久夫 (ジオックスコンサルタント)  
Gen Furuya, Syogo Muta, Atsuo Takeuchi, Gonghui Wang, Hiroshi Aburatani, Hisao Hayashi

## 1. はじめに

我が国のため池の多くは江戸時代までに築堤されている。そのため老朽化による堤体の安定性低下、異常気象等に起因した崩壊が懸念される。このことより詳細な堤体構造を事前に把握することは、地域防災を検討する上で重要である。しかしながら築堤時の記録が残っているものは殆どまれであり、多数のボーリング調査等を展開するのはコスト面で事実上困難である。

このような背景のもと筆者らは、築堤時期が古い堤体の内部構造の全容を把握するために、富山県内のため池を試験地に取り上げて併用調査を実施した。本報告ではこの検討で得られた知見の一部について述べる。

## 2. 試験地の概要

本研究の試験地は、富山県射水市の南部に位置するため池（以後、W池と称する）である（図-1）。W池は江戸時代末期に築造され、その後昭和62年～平成3年に改修工事が実施されている。W池では築堤時の記録は残っておらず、改修計画時の平面図、標準断面図等の記録のみが残っている。改修後の諸元は堤高6.6m、堤長166m、天端幅5.6m、集水面積5.5ha、貯水量145千 $m^3$ である。周辺の地質・地形は、下位の新第三紀の泥岩の上に礫および砂・泥岩が分布する丘陵地が広がり、下条川とその支川によって樹枝状に開析されている。W池周辺ではこのような地形を利用したため池が多く存在している。



図-1 試験地の位置 電子国土 web に加筆)

## 3. 調査手法の概要

本研究ではW池の天端、小段、法尻付近、および水田の畦に調査測線を設けたが、ここでは主として天端と小段における調査について取り上げる。調査測線を図-2に、調査種類を表-1に示す。

## 4. 探査・調査結果

W池では2012年より小段で1m深地温探査・測定を実施している。これらの結果より堤体の中央部から右



図-2 調査平面図

表-1 探査・原位置試験内容

測線位置	探査・原位置試験等	内容
天端	高精度表面波探査 チェーンレイ探査	高精度表面波探査・2m間隔で実施 チェーンレイ探査 地震計は1辺2mの正三角形の連続配置
小段	高精度表面波探査 ・1m深地温探査 (1m深地温測定) 簡易貫入試験	高精度表面波探査、1m深地温探査、簡易貫入試験とも2m間隔で実施 ・1m深地温測定は探査測点No.25-44で定点観測

岸側に3箇所（測点No. 28, 34, および41）の流動地下水脈（水みち）箇所が推定された。図-3に6月25日から9月24日の結果に流動地下水脈の箇所を示す。これまでの測定結果によると各測点では、夏季は3点共に同程度の低温度値、冬季はNo. 41のほうがNo. 28, No. 34に比べて地温が高い特徴を有する。

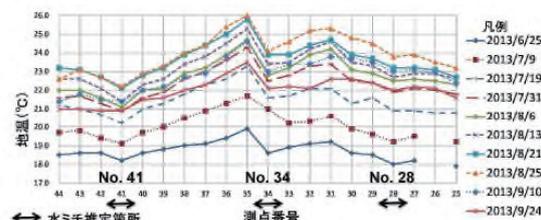


図-3 1m深地温測定結果の例  
2013年6月25日～9月24日)

図-4は天端で実施した高精度表面波探査結果である。この図において20m付近の余水吐の影響箇所を除いて俯瞰すると、堤体内部は均一な速度構造を示しておらず、ムラのある、換言すると不均質な構造を反映した速度構造を示している。堤体の高さが6.5mであるので、これを考慮して両岸の深度6～7m付近の代表的なS波速度を抽出すると180m/sであった。この速度分布の箇所注目すると80m～130m付近では、95m付近が凹状になる形状を呈していた（図中の白の点線）。図

は省略するが、小段で実施した高精度表面波探査結果でもよく似た構造が得られた。この凹状の速度分布は元地盤（おそらく旧河道）の地形を反映したものと推定される。なお、法尻や畦道で実施した高精度表面波探査結果からも旧河道の存在を窺わせる低速度構造が得られている。

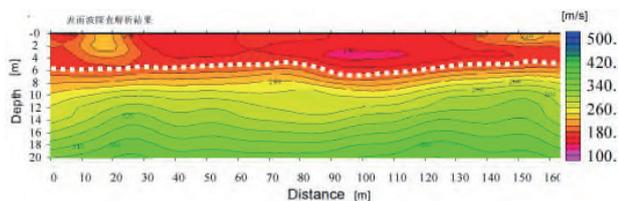


図-4 天端における高精度表面波探査結果

図-5は天端で実施したチェーンアレイ探査結果である。この図の深度5m以浅に注目すると、位相速度構造が斑状に分布しており、図-4よりも堤体構造の不均質性が反映した結果になった。また深度6m付近に180m/sの速度分布も認められ（図中の白の点線）、80～120m付近で凹状の速度構造を呈していた。この形状は高精度表面波探査の結果に似ている。なお、60m付近で速度構造の急変が認められるが、これは局所的な構造変化の可能性が考えられる。また10m付近と130m付近でそれぞれ深度5～13m、10～23m付近に楕円形状の局所的な速度異常部が存在する。これらはそれぞれ余水吐と樋管の下部になる。おそらくこれらの影響を受けたものと思われる。

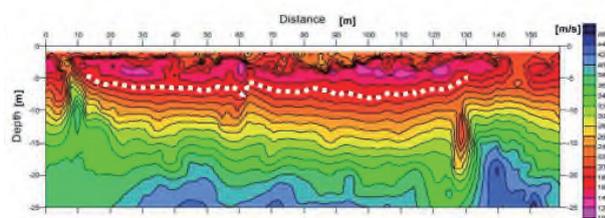


図-5 天端におけるチェーンアレイ探査結果

一般的に原位置で地盤の硬軟を把握するために貫入試験が実施されている。本研究では堤高と作業性を勘案して簡易貫入試験を採用し、堤体小段の高精度表面波探査の測点で深度3.2mまで実施した。なお、堤体小段より堤内地側で改修時に吸出防止材の礫が充填されており、簡易貫入試験の結果の一部でこの礫の影響を受けた。この影響を除いた貫入抵抗値  $N_d$  と高精度表面波探査より得られたS波速度との相関を検討したところ、以下の関係が得られた。

$$N_d = 0.2299V_s - 28.789 \quad (1)$$

$$\text{相関係数 } R = 0.74$$

この相関関係に関しては、今後事例を増やして詳細な検討を行う必要があるものの、ある程度の地盤強度を評価することが可能である。

## 5. 堤体内部の構造と流動地下水経路の推定

(1)式に基づいて堤体天端における貫入抵抗を評価

した結果を図-6に示す。この図より堤体内部の地盤強度は均質でないことが示されているが、特に30～50m付近の表層部と80～125m付近の深度約1.5m以深の  $N_d$  値が5未満で評価されている。特に後者は高精度表面波探査やチェーンアレイ探査結果より180m/sのS波速度が凹状の分布を示した箇所である。このことより後者の箇所では、元地盤の構造に関連した弱部が潜在していると推察される。

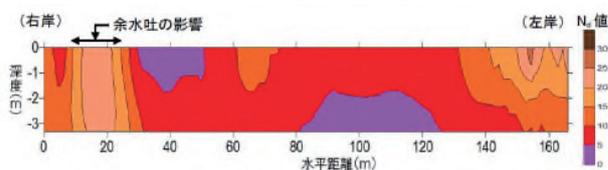


図-6 天端における  $N_d$  値の分布

上述した3箇所の流動地下水脈の供給源を推定するために、夏季と冬季のデータを用いて竹内（1983）の2次元モデルで水脈規模を求め、これと降水量（伏木のAMeDASの月間データ）との関係について検討した。なお、2013年8月の結果については8月23日以降に降雨が集中したために検討から除外した。検討結果を図-7に示す。この図よりNo.41は降水量と流動地下水の水脈規模との間に明瞭な相関 ( $R^2=0.746$ ) があり、他の2点は相関が認められない。このことよりNo.41の供給源は、元地盤（右岸側地山）からの浸透水、他の2点のそれは、冬季に地温が低下する傾向があるためにため池からの漏水と推察される。

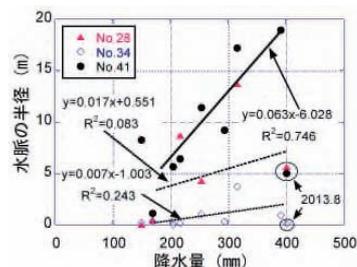


図-7 降水量と流動地下水脈の規模の関係

## 6. まとめ

本研究では、築堤時の記録が残っていない古いため池の堤体の内部構造の全容を把握するために1m深地温探査（測定）、高精度表面波探査、およびチェーンアレイ探査を富山県内のため池で展開した。その結果、併用調査法により堤体の不均質性、旧地形の推定が可能であることを示した。また、堤体内の流動地下水がため池の漏水だけでなく、地山（元地盤）からも供給されていることを示した。

【参考文献】竹内（1983）：地すべり地温測定による地下水調査法，吉井書店，196p.，油谷（2013）：富山県立大学工学部卒業論文，26p.，牟田（2014）：富山県立大学工学部卒業論文，37P.

謝辞 本研究の一部は富山第一銀行研究助成金，および東京大学地震研究所・京都大学防災研究所拠点間連携共同研究の助成を受けた。また金山地区土地改良組合，富山県高岡農林センターのお世話になった。紙面を借りて謝意を表す。