

簡易ボーリング孔を利用した高密度弾性波探査手法を用いた砂防堰堤内部調査の一例

国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所 中谷洋明 鈴木豊 荒井良介
玉野総合コンサルタント株式会社 ○長谷川謙二 岩田淳 深谷雄二

1. はじめに

近年、砂防事業等で過去に整備した施設の構造変質と共に施設の効率的な更新が課題となっており、砂防施設の保全及び機能向上の観点から、必要性・緊急性が高い施設の保全・機能向上が重点的に実施されるよう、事前に変質等に対する対応策の必要性や対策方法を検討する必要がある。

砂防施設の変状や損傷の要因は、大きく分けて外力や衝撃力による”外的要因”とコンクリートの材質変化等の”内的要因”に区分することができる。外的要因による損傷や変状は、定期的に行われている施設点検や出水時等の緊急点検により把握されているが、内的要因は必ずしも外観調査によっては把握できていないことから、外観調査に加えて構造物内部の状況を把握し、評価することも重要である。本稿では、砂防施設内部の状況を把握する調査手法の有効性や適用性について検討を行った結果を報告する。

検討に際しては、点検調査結果による外見上の損傷の判定に基づいた優先順位を設定すると共に、施設の変状等の現状を勘案した調査対象施設を抽出して調査を実施し、施設の機能保全上の課題点を抽出した。

本検討では、外観調査による優先順位上位の施設で、内的要因による施設内部の状態の推定及び調査手法の適用性の検証を行った。検討対象とした施設は、天竜川上流河川事務所三峰川流域の5つの不透過型コンクリート砂防堰堤であり、弾性波トモグラフィー探査、地下レーダ探査及びコンクリートコア調査・試験を行った。

2. 外観調査による優先度設定

事務所管内の砂防施設の定期点検では、施設のクラック、欠損、遊離石灰、漏水等の状態を目視により観察調査しており、それぞれの観察項目について『早急な対応が必要』、『対応が必要』、『継続的な観察が必要』の3段階の評価をしている。検討対象施設は、外観調査による施設の定期点検結果を点数化して、変状や損傷状況及び建設年代等について整理を行い調査優先度順位を設定して抽出した。全体としては、建設後の経過年数が多い施設で優先順位が高い傾向にあった(図1)。

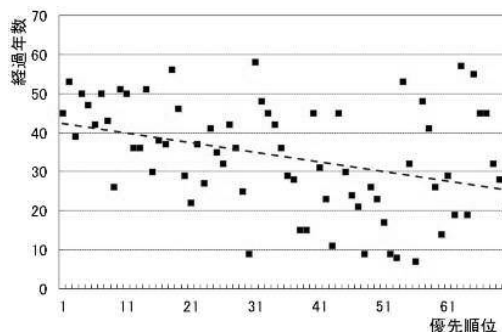


図1 三峰川流域砂防施設の建設後経過年数と優先順位

3. 弾性波トモグラフィー探査について

物理探査の一手法である弾性波トモグラフィー探査の受振器の展開は、堰堤下流面の基部付近でハンマー等による起振を行って堰堤の天端に受振器を配置して解析を行う方法(ここでは「表面探査」と呼称)が一般的である。しかし、この測線展開方法では、構造物の表面あるいは表面近くを通った波を計測しているため、堤体の内部の情報を反映していない懸念があった。

今回は内部構造の把握を目的として、堰堤縦断方向の断面で起振点と受振点が調査対象区間を挟み込むように配置する展開方法(「断面探査」と呼称)により探査を実施し、堰堤の内部状況を推定と探査手法の適用性の検証を行った。

「断面探査」探査の測線展開方法としては、コア抜きによる水平孔または、堰堤の上流側のり面沿いに掘削したボーリング孔を利用して受振器を設置すると共に堰堤の下流側のり面表面で起振(図4)を行い、探査対象を挟み込むような測線展開方法による、P波を利用した弾性波トモグラフィー探査を行った(図2)。

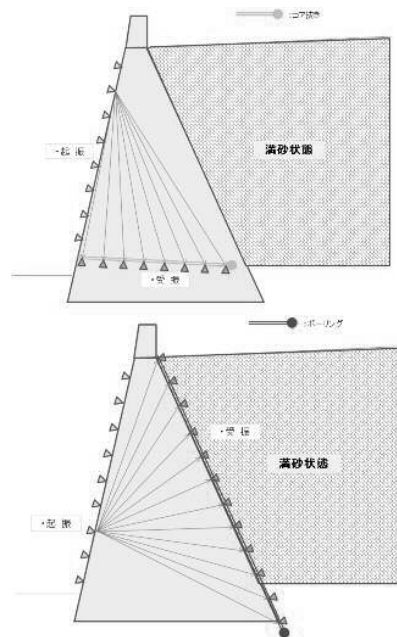


図2 測線展開状況

4. 解析結果

- ① 「表面探査」では、表面付近の状況を捉えているが、堰堤内部の情報はほとんど反映していない（図3）。
- ② ある程度亀裂・空隙が多くなった場所については、弾性波速度の低下として現れている。
- ③ 断面探査の結果はいずれも堰堤内部に向かって速度値が上昇する結果となった。
- ④ 弾性波速度は、亀裂状況だけでなくコンクリートの含水状態の影響も反映していると考えられる。
- ⑤ 袖部天端において実施した地中レーダ探査では、骨材の分離によると想定される反射及び深部まで進行している亀裂を捉えており、弾性波トモグラフィー探査結果と調和的である。
- ⑥ 表面状態の変化と速度面積率との相関は現時点では判然としないが、ASTM 基準の「良い」と「やや良い」の境界である 3.8km/sec 未満の面積率を指標とすると、表面探査では、設置年代との間に一定の相関が伺える（図5）。

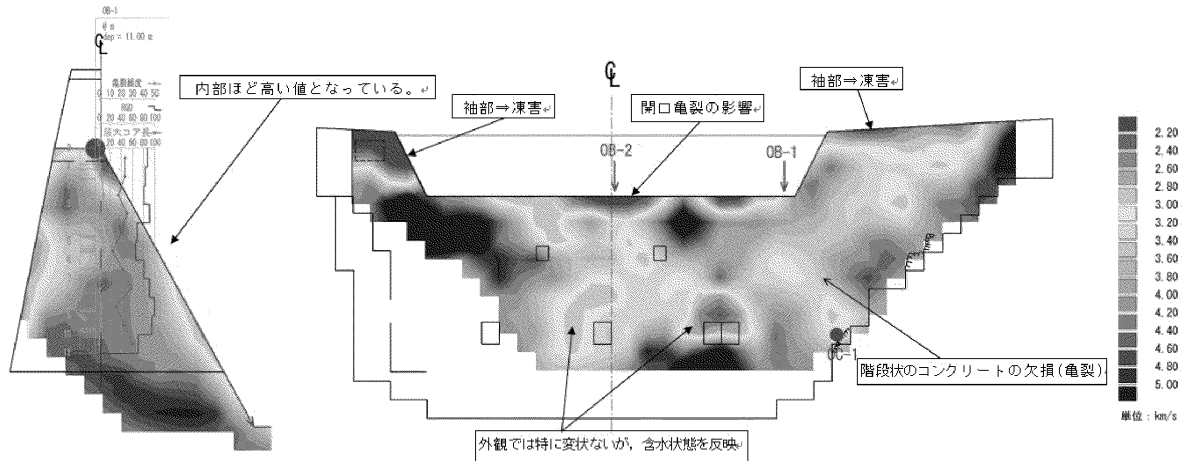


図 3 解析結果



図 4 堰堤下流面における起振状況

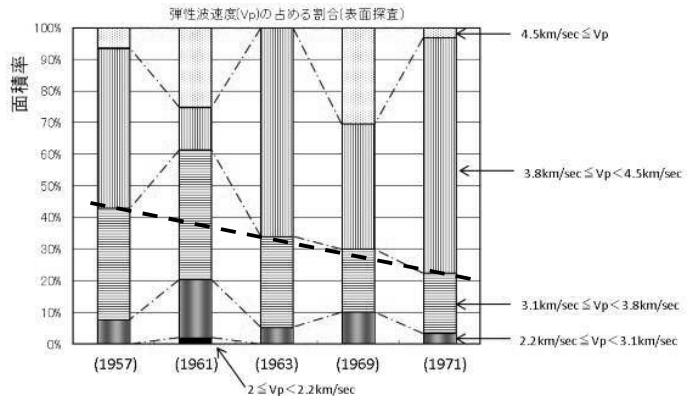


図 5 弾性波速度分布面積率

5. まとめ

- ① 施設縦断方向に実施した弾性波トモグラフィー探査（断面探査）では、損傷は表面付近であり、施設の深部まで進行していないことが明らかになった。
- ② 袖部天端に見られる亀裂は、凍結融解作用だけでなくアルカリ骨材反応により亀裂拡大した可能性があるが、地中レーダでも捉えられている。
- ③ いずれの施設もコンクリート強度や密度は設計基準を満足しており、安定上の問題はないと判断できる。
- ④ 今後は、外観調査を継続していくと共に、粗石から生コンに移行した 1965 年以前に建設された古い施設と外観調査より変状が確認された施設でも同様の調査を行い、外観調査結果と内部状態との関係についてのデータを蓄積することが必要である。

現象	外観調査の適否	外観調査以外の調査手法	今後の展開
土石等の衝撃力による影響	○	マーキング等による進展の監視	定期的な外観調査主体
地すべりや溪岸崩壊等「応力」による影響	○	動態調査	定期的な外観調査主体
洗掘や浸透等による浸食作用	○	マーキング等による進展の監視	定期的な外観調査主体
摩耗（水通し部周り）	○	マーキング等による進展の監視	定期的な外観調査主体
経年変化による性状変化等	○	弾性波探査	定期的な外観調査主体
凍結融解	△	地中レーダ・弾性波探査	外観調査で抽出
中性化	×	試薬による試験	目安として実施
Ca分溶出による変質	△	-	定期的な外観調査主体
化学的腐食（硫酸水等）	△	土壌・水質調査	必要に応じて
アルカリ骨材反応	△	骨材試験・弾性波探査	必要に応じて