

改良型弾性波探査による砂防堰堤の健全度調査事例

大和探査技術株式会社 ○児島 悠司, 内藤 好裕, 羽佐田 葉子
株式会社阿部測量設計事務所 高橋 善清

1. はじめに

砂防堰堤のようなマスコンクリート構造物の劣化状況を評価する手法として、外観調査をもとにボーリング調査や各種材料試験等を行う方法が一般的であるが、堤体に及ぼす影響や高コスト等の課題がある。そこで、改良型弾性波探査を用いて、マスコンクリート内の弾性波速度構造を面的に可視化し、劣化状況を非破壊で定量的に評価できる手法(特許第 6396074 号)が開発されている。

本稿では、築造年数の異なる 2 基の砂防堰堤に改良型弾性波探査を適用し、構造物の全体的な健全度の評価・比較を行った事例について報告する。

2. 調査概要

(1) 対象施設

福島県伊達郡川俣町に設置されている2基の砂防堰堤を調査対象とした(表-1)。

表-1 対象施設一覧表

名称	2号砂防堰堤	芹ヶ沢堰堤
堤長(m)	37.5	39.2
堤高(m)	8.5	12
完成年	2001年	1975年
経過年数(2022年時点)	21年	47年

(2) 調査方法

図-1に示すように堤体上面に1m 間隔で受振器を設置し、堤体上面および下流側の堤体下端部においてハンマーで堤体を打撃することにより発振を行った。発振間隔は原則1mとし、上面では受振点の中間を発振点とした。発生した弾性波(P波)は各受振器に到達すると電気信号に変換され、テークアウトケーブルを介して測定器に記録される。測定波形例を図-2に示す。得られた測定記録から初動走時を読み取り、トモグラフィ解析を行って堰堤全体の弾性波(P波)速度分布を求めた。

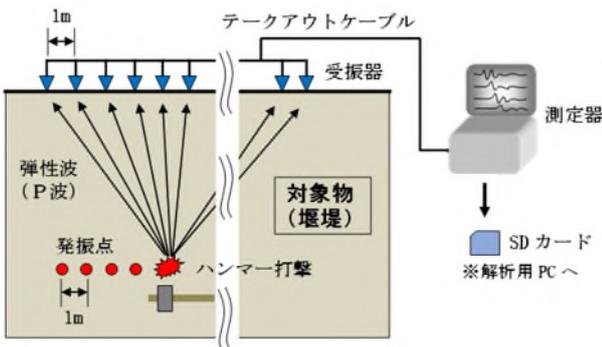


図-1 改良型弾性波探査測定方法概略図

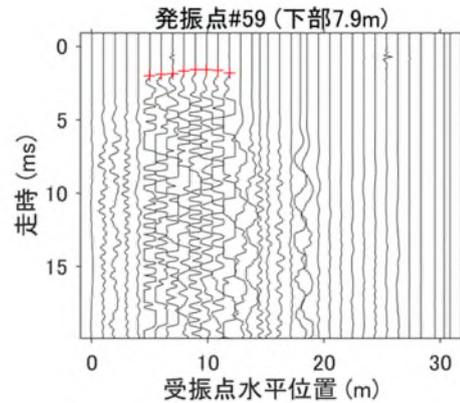


図-2 測定波形例(堤体下端からの発振)

3. 調査結果

(1) 2号砂防堰堤

初めに全ての読み取り走時データを用いた弾性波トモグラフィ解析(全体解析)を行った。得られた弾性波速度構造モデルを図-3に示す。2号砂防堰堤では堤体の構造に起因すると考えられる弾性波の減衰が認められ、その影響として、弾性波速度の低い部分が帯状に現れている。堤体が波の減衰する境界でブロックに分かれていると推定した。

ブロック境界の影響を取り除き、堤体コンクリート自体の性質を分かりやすくするため、ブロック境界を横断する波線経路に対応する走時データを除き、それぞれのブロック内を通過する波線経路のみを使用した解析(分割解析)を行った。分割解析で得られた弾性波速度モデルを図-4に示す。全体解析の結果で見られた低速度帯は生じず、全体的に高速度の結果となった。

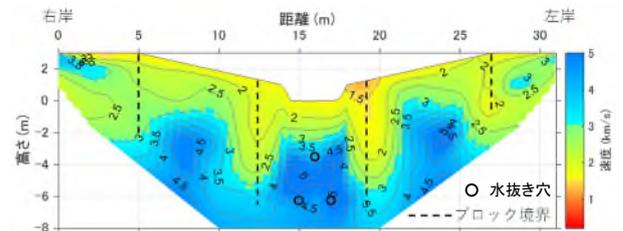


図-3 全体解析による弾性波速度モデル(2号砂防堰堤)

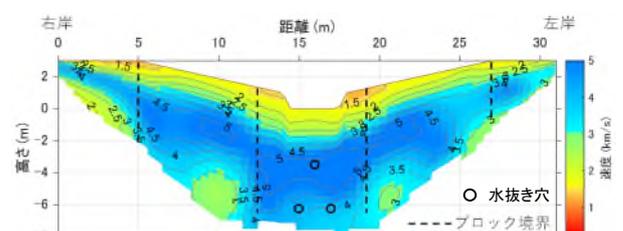


図-4 分割解析による弾性波速度モデル(2号砂防堰堤)

(2) 芹ヶ沢堰堤

芹ヶ沢堰堤では弾性波の大幅な減衰を示す構造は認められなかったため、走時の読み取り誤差が小さい波形データのみに用いてトモグラフィ解析を行った。解析の結果得られた弾性波速度モデルを図-5に示す。

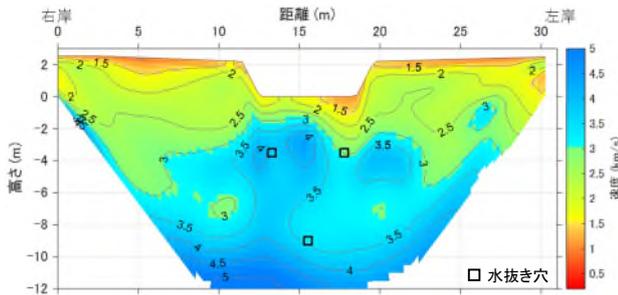


図-5 芹ヶ沢堰堤の解析で得られた弾性波速度モデル

4. 考察

砂防堰堤における弾性波速度と健全度との相関について、過去の調査から得られた一軸圧縮強度と弾性波速度との関係を図-6に示す¹⁾。この図から弾性波速度の低下に伴い、圧縮強度も低下する傾向が認められる。弾性波速度が3.0km/s 以下の場合、圧縮強度が設計基準強度に近づき、一部は下回る傾向がみられる。また、1.5km/s 以下では設計基準強度を下回る可能性が大きくなる。このことから、弾性波速度により砂防堰堤の健全度を評価することが可能となる。

調査結果として得られた弾性波速度モデルから、右岸側袖部・水通し部・左岸側袖部の3箇所に分けて速度分布の平均値・最大値・最小値を求めた(表-2)。2号砂防堰堤については、分割解析の結果を採用した。全体に、芹ヶ沢堰堤の弾性波速度が2号砂防堰堤のものより小さく求まった。これは経過年数に伴う全体的な健全度の低下を示すものと考えられる。

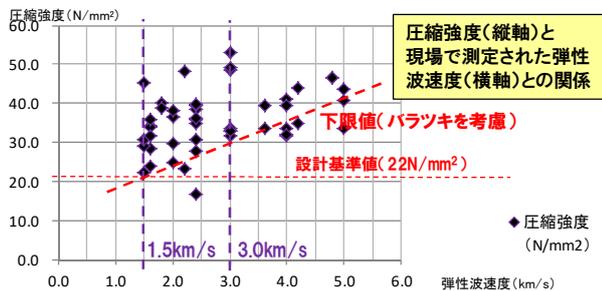


図-6 コアサンプルの一軸圧縮強度と弾性波速度の関係¹⁾

表-2 得られた弾性波速度分布の平均値・最大値・最小値

km/s	2号砂防堰堤			芹ヶ沢堰堤		
	右岸側袖部	水通し部	左岸側袖部	右岸側袖部	水通し部	左岸側袖部
平均	2.92	3.03	3.70	2.34	2.36	2.58
最大	4.40	4.30	5.00	4.17	3.27	4.11
最小	1.45	1.36	1.33	1.12	1.04	0.99

2号砂防堰堤については、目視点検の結果、健全度 A であり、ひび割れ等の変状は認められなかった。弾性波速度は図-4で示したように天端付近を除きほとんどの部分が3km/s 以上であり、全体的に健全と見なされる範囲内であった。天端付近については、発振位置と受振位置の3次元的な配置を2次元に投影した補正による誤差等も含まれていると考えられる。

芹ヶ沢堰堤については、天端から5m 以内が全体に3km/s 未満となった。図-7に芹ヶ沢堰堤の弾性波速度分布と点検結果による変状との比較を示す。カラースケールには、図-6で示した関係から推定される圧縮強度の下限値も示した。天端付近の破損やひび割れが生じている箇所は速度が1~1.5km/s 程度となり、劣化を反映していると考えられる。ただし、遊離石灰や剥離が生じている箇所は弾性波速度との明瞭な相関は見られなかった。これらの変状は表面近くにとどまり、弾性波速度が反映している堤体内部の全体的な健全度には影響が及んでいないと推測される。

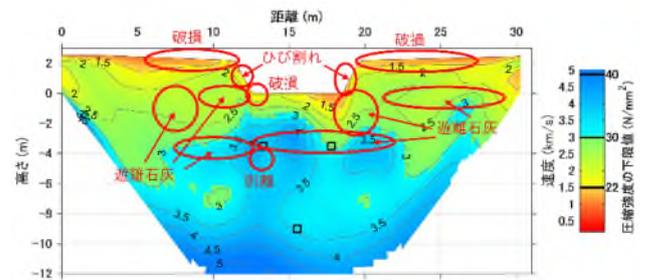


図-7 芹ヶ沢堰堤の弾性波速度分布と点検結果との比較

5. まとめ

築造年数の異なる砂防堰堤に改良型弾性波探査を適用した結果、弾性波速度の分布に明瞭な差が認められ、施設の健全度評価における有効性が認められた。従来の調査に比べて機材の可搬性が良く、測定を短期間で終了できるため、この手法が構造物の健全度調査の効率化に寄与するものと考えており、今後も事例を増やしていくことにより、精度の更なる向上につなげていきたい。

謝辞

本調査を実施するにあたり、施設の管理者である福島県県北建設事務所の皆様には多大なるご協力を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

《引用・参考文献》

- 1) 中谷洋明・鈴木豊・荒井良介・福塚康三郎・佐藤敏明・若林栄一・永富大亮・小林海央・内藤好裕・羽佐田葉子(2014)：弾性波探査(改良型)を用いた砂防堰堤コンクリートの構造変質の評価について、平成26年度砂防学会研究発表会概要集, B-408~B-409