

# 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

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  
八千代エンジニアリング株式会社 福塚康三郎、佐藤敏明、○若林栄一、永富大亮、小林海央  
大和探査技術株式会社 内藤好裕、羽佐田葉子

## 1. はじめに

砂防堰堤の機能を長期間にわたって発揮させるためには、計画的な機能向上及び機能保全を行うことが必要である。砂防堰堤のようなマスコンクリート構造物では、経年的に進行するコンクリートの構造変質を評価し、適切な対策を行うことが求められる。堤体コンクリートの構造変質を評価する手法としては、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、ボーリング調査は堤体に及ぼす影響が大きいことやコストが高いこと、仮設の規模が大きいこと等の課題を有している。

本研究では、比較的簡易かつ低コストで実施できる弾性波探査（改良型）（以下、弾性波探査）により、クローズ型砂防堰堤の堤体コンクリートの構造変質を評価し、機能向上及び機能保全に反映することを目的として、施設完成後の経過年数が異なる5基の砂防堰堤を対象として、弾性波探査や強度試験等を行った。その結果、堤体コンクリートの弾性波速度が施設完成後の経過年数の増加とともに小さくなることや、変質の進んだ低速度スポットの出現箇所が経過年数に応じて増加すること、コンクリートの圧縮強度が弾性波速度の低下とともに小さくなることなど、弾性波探査により構造変質を評価する有効性を示す知見が得られたので、その結果を報告する。

## 2. 調査の概要

### 2.1 対象施設

K川流域に設置されている砂防堰堤のうち、施工後の経過年数が異なる以下の5基を調査対象とした（表-1）。

表-1 対象施設一覧表

堰堤名	堰堤タイプ	堤高(m)	堤長(m)	準拠基準(基準書名/年)	施工着手年月日	完成年月日	完成後経過年数
O堰堤	クローズ型	12.0	97.0	河川・砂防技術基準(案)(建設省)※ S33	S36.11.18 (1961)	S37.09.11 (1962)	51年(H25年時点)
K堰堤	クローズ型	12.0	134.0	河川・砂防技術基準(案)(建設省)※ S33	S38.06.12 (1963)	S39.12.10 (1964)	49年(H25年時点)
S堰堤	クローズ型	16.0	81.0	河川・砂防技術基準(案)(建設省)※ S33	S48.11.01 (1973)	S52.02.17 (1977)	36年(H25年時点)
T堰堤	クローズ型	16.0	80.0	砂防施設設計指針(案)(中部地建)※ S57	S61.10.01 (1986)	H02.09.25 (1990)	23年(H25年時点)
H堰堤	クローズ型	14.0	39.4	改訂河川砂防技術基準(案)(建設省) H09	H15.12.24 (2003)	H19.06.29 (2007)	06年(H25年時点)

※推定

### 2.2 調査内容

調査対象施設について、以下の調査を実施した。本報告では、主に弾性波探査の解析結果について述べる。

- ①外観調査、②弾性波探査（改良型）、③熱赤外線探査、④コア抜き調査、
- ⑤室内材料試験（中性化、密度、圧縮強度、静弾性係数、超音波速度（P波）、アルカリ骨材反応）

### 2.3 弾性波探査（改良型）の概要

図-1に示す通り、弾性波探査（改良型）では、堰堤天端上に1m間隔で受振器を設置し、堰堤上部（天端）と堰堤下部（正面）において打撃・発振することにより、精度向上を図った（従来型は発振1測線+受振1測線）。

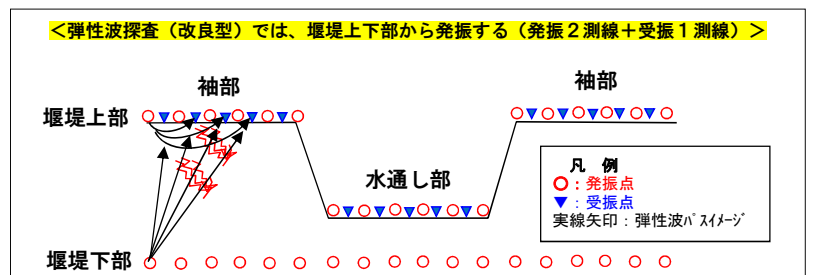


図-1 弾性波探査（改良型）の概念図

## 3. 調査結果

### 3.1 施工後の経過年数と弾性波速度との関係

弾性波探査では、構造物の変質が進み間隙が多く存在する場合やその間隙が浸透水により満たされる場合は弾性波速度が遅くなる傾向が得られる。反対に、間隙が少なく健全な構造物では弾性波速度が速くなる。図-2に示すように施工後の経過年数が多い砂防堰堤では、低速度のスポット的なエリアが多く出現することに対し、施工後の経過年数が少ない砂防堰堤では低速度のスポット的なエリアは出現していないため、弾性波探査により砂防堰堤の構造変質を視覚的に把握することが可能と考えられる。また、各砂防堰堤全体の弾性波速度（平均値、最小値）と施工後の経過年数の関係（図-3）を比較すると、経過年数に比例して弾性波速度が低下していることが分かり、弾性波探査を用いて砂防堰堤の構造変質状況を定量的に評価することも可能と考えられる。

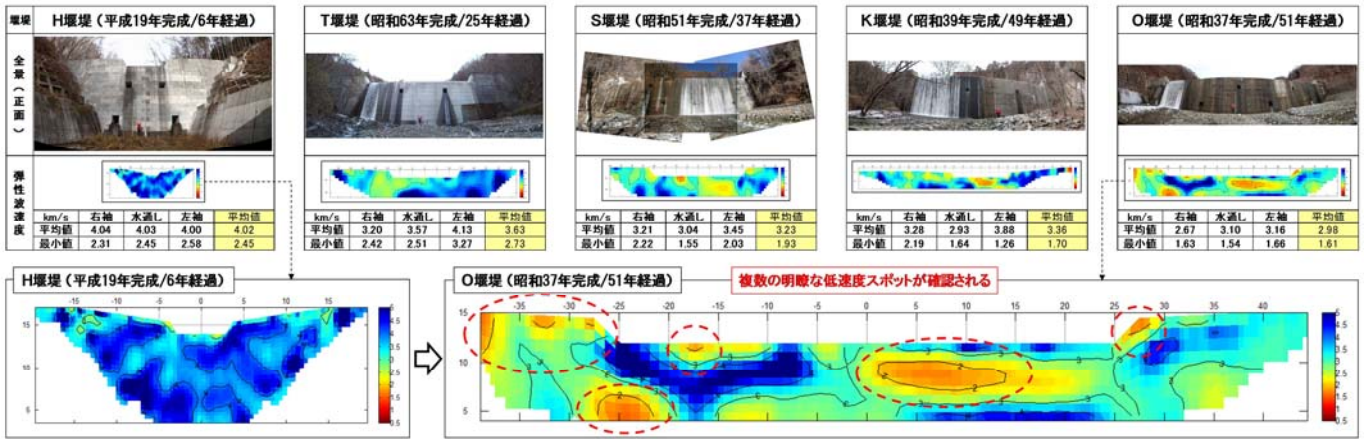


図-2 施工後の経過年数と弾性波速度との関係 (※弾性波速度は1m×1mメッシュの平均値)

### 3.2 各種物性値と設計基準値及び弾性波速度との関係

図-4に堤体コンクリートの物性値 (①中性化深度、②単位体積重量、③圧縮強度) と弾性波速度との関係を示す。

- ①中性化深度：データのバラつきは認められるが、弾性波速度の低下に伴い、コンクリートの中性化深度は大きくなる傾向が現れており、弾性波速度によりコンクリート表層部の変質状況が捉えられているものと考えられる。
- ②単位体積重量：弾性波速度が3.0km/s以下では、最小値(下限値)が速度の低下に伴い、やや低下する傾向が認められ、同時にバラつきも大きくなる傾向が認められる。
- ③圧縮強度：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以下では設計基準強度(22N/mm<sup>2</sup>)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いことから、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考えられる。

### 4. まとめ

今回の調査及び検討結果から、弾性波探査を用いた砂防堰堤の構造変質に関する評価に対して、以下の知見が得られた。

- ①本探査手法により得られた弾性波速度を用いて、砂防堰堤の構造変質を定量的に評価することが可能と考えられる。
- ②砂防堰堤の機能向上及び機能保全においては、ライフサイクルコストを低減することが重要となる。今回採用した本探査手法を用いて、堤体を面的に可視化することにより、部分的な構造変質を把握することが可能となった。このため、構造が変質した部分のみを対策することで、よりコストを低減した機能向上や機能保全が可能と考えられる。
- ③弾性波速度が1.5km/s以下の箇所では、圧縮強度が設計基準強度以下となることが予見された。このため、弾性波速度分布状況に基づき、「健全(3.0km/s以上)」「要観察(3.0~1.5km/s)」「要対策(1.5km/s以下)」の区分を行うことで、計画的な機能向上及び機能保全が可能になると考えられる。

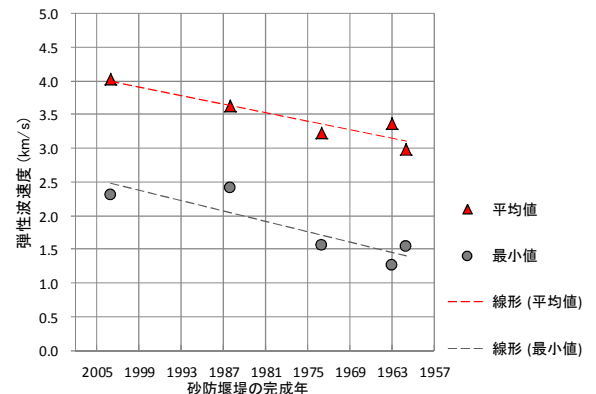


図-3 施工後の経過年数と弾性波速度との関係

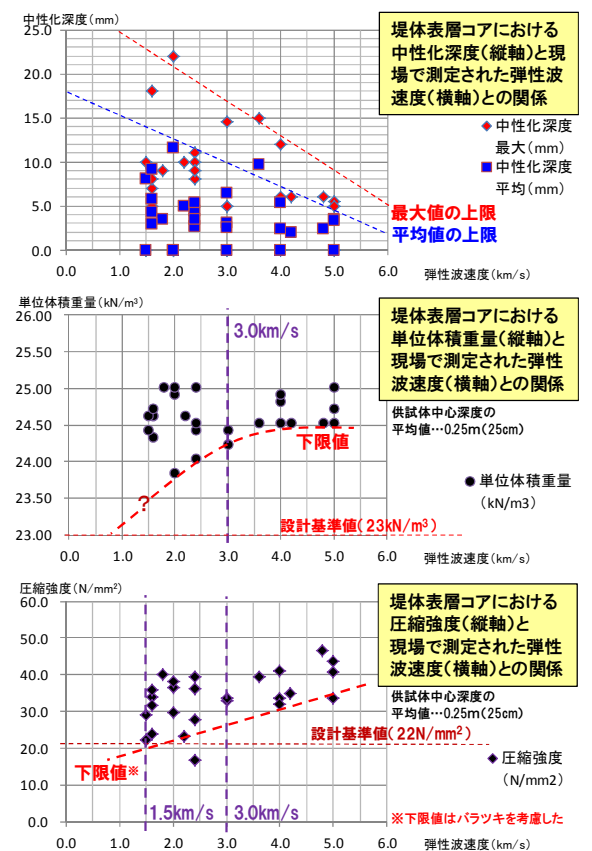


図-4 各種物性値と弾性波速度との関係 (設計基準値は中部地方整備局資料に基づく)