

# 砂防施設の劣化診断と維持管理のあり方について

會田 和広<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東北地方整備局 福島河川国道事務所 工務第一課 (〒960-8584 福島県福島市黒岩字榎平36)

阿武隈川水系の砂防事業は昭和11年に始まり、これまで事業を実施している。施設完成後50年以上経過している施設もあり、歴史的に重要な施設である砂防えん堤9基について平成19年度に登録有形文化財へ登録されている。これら老朽化施設の延命化を図るには、事前に施設状況を把握し対策を講じていくことが重要であることから、既存施設の健全度を把握するための評価手法（非破壊調査手法）について検討した。

キーワード 砂防, 劣化診断, 維持管理

## 1. はじめに

阿武隈川水系の砂防事業は昭和11年より荒川流域、昭和25年より松川流域、昭和52年より須川流域が直轄編入され、この3流域にて直轄砂防事業をしている。

完成した砂防施設には50年以上経過している施設もあり、歴史的に重要な施設9基について平成19年12月7日に登録有形文化財へ登録されている。

これら老朽化施設の延命化を図るには、事前に施設状況（施設健全度）を把握し対策を講じていくことが重要である。

しかし、年代の古い砂防えん堤は粗石積コンクリート造であるため、従来実施されている目視観察による砂防施設点検からは老朽化状況の判断は困難であり、必ずしも外観状況と内部の劣化が一致しているとは限らない。内部状況を的確に把握するにはボーリング調査により把握する手法が一般的であるが、ボーリング調査を実施する明確な判断基準がないこと。山間部であるため機材の搬入が困難であり、時間や費用を要すること。登録有形文化財施設においては、施設を傷めることとなる。

以上の課題から、老朽化砂防施設の健全度を簡便に判定するため、非破壊試験調査手法による砂防施設への適用性の検討を実施し、事前に施設健全度を評価する健全度評価手法について検討したものである。

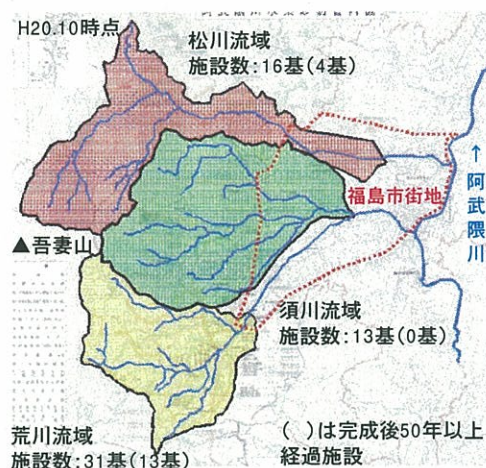


図-1 阿武隈川水系直轄砂防流域図



写真-1 登録有形文化財 荒川第6砂防えん堤 [粗石積]

### ■ 登録有形文化財「荒川本川の砂防堰堤群9基」一覧

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| ○ 地藏原堰堤 : 大正14年5月17日       | ○ 川上第1堰堤 : 昭和21年5月31日  |
| ○ 荒川第1堰堤 : 昭和12年7月31日      | ○ 荒川第5堰堤 : 昭和29年3月31日  |
| ○ 荒川第2堰堤 : 昭和13年6月30日(主堰堤) | ○ 荒川第6堰堤 : 昭和25年12月29日 |
| : 昭和16年6月25日(副堰堤)          | ○ 荒川第7堰堤 : 昭和26年10月26日 |
| ○ 荒川第3堰堤 : 昭和15年11月15日     | ○ 荒川第8堰堤 : 昭和27年7月7日   |

## 2. 施設健全度調査計画

調査検討フローを図-2 に示す。

始めに施設数が多く古い施設の多い荒川流域の砂防えん堤を対象として、現地調査により施設の状況確認を実施した。

次に適用可能な非破壊調査手法を複数選定し、現地施設にて調査を実施した。

次に各調査手法において適用性を評価し非破壊調査手法を決定した。

最後に決定した調査手法による砂防施設の健全度を評価するための評価手法の検討を実施した。

以下に今回の検討結果を示す。

## 3. 非破壊調査手法の検討

机上検討により適用可能な非破壊調査手法として選定された以下に示す2手法にて現地確認調査を実施した。

評価手法は非破壊調査とポーリング調査を同時に実施し、ポーリング調査で確認された亀裂や空洞箇所との整合性により調査精度の検証を実施した。かつ砂防施設は山間部にあるため調査の簡便性についても評価対象とした。

以下に各調査手法の概要を示す。

### (1) 電磁波レーダー法

概念図を図-3 に示す。

電磁波をレーダアンテナから送受信することにより、電磁波の反射波形の特徴から調査対象内の状況を調査する手法。

一般にコンクリート中の鉄筋探査やトンネル覆工の空洞調査等に適用されている。

### (2) 弾性波透過法

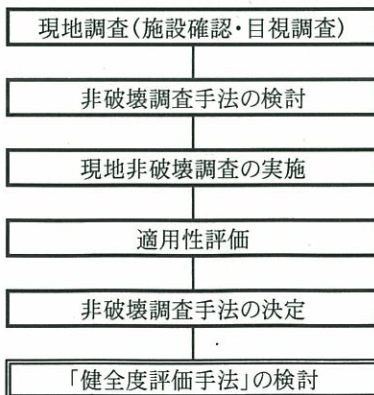


図-2 調査検討フロー

概念図を図-4 に示す。

ハンマ打撃地点からセンサ間へ伝搬された弾性波の到達時間より伝搬速度を求める手法。

一般にコンクリート構造物の密実性を伝搬速度で評価することを目的とする。

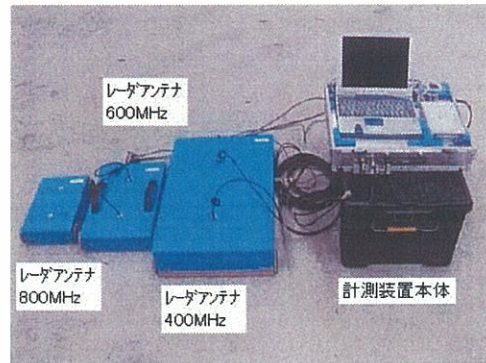
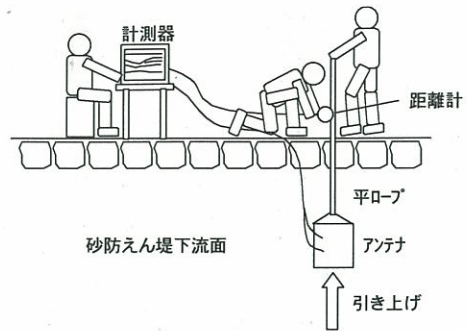


図-3 電磁波レーダ法概念図

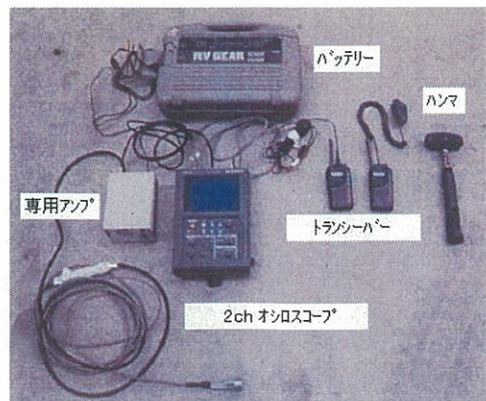
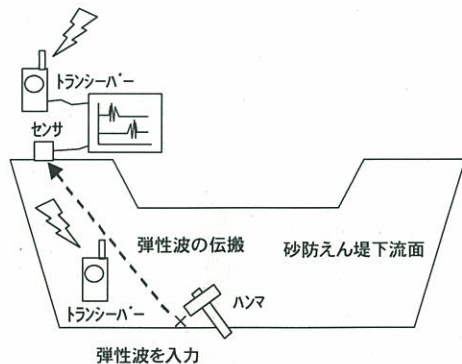


図-4 弾性波透過法概念図

以上の2手法による調査結果から現地施設への適用性について評価した結果、ボーリングで確認された空洞箇所との整合性が確認され、かつ調査の簡便性が最も容易である「弾性波透過法」が有効であることが確認された。評価結果を表-1に示す。

#### 4. 健全度評価手法の検討

弾性波透過法による現地調査データから施設健全度評価に必要な判定基準を設定した。

判定基準の設定においては、現地確認調査を実施した2えん堤での弾性波伝搬速度の測定結果とボーリング結果より設定することとした。

表-1 非破壊調査手法による適用性評価表

| 調査手法      | 電磁波レーダ法  | 弾性波透過法   |
|-----------|--|--|
| 簡便性       | 計測機器の設定に時間を要する。<br>1日約1~2堤体(4測線/堤体)<br>計測要員:3人<br>計測機材総重量:約32kg  | 計測機器の設定は容易。<br>1日約2堤体<br>計測要員:3人<br>計測機材総重量:約11kg  |
|           | 電磁波の反射波の評価に時間を要する。   | 作業は弾性波の伝搬速度計算のみであり簡便である。   |
| ボーリング比較結果 | ボーリング調査にて空洞が確認された範囲において反射波の変化が確認できたが、堤体表面の凹凸でも同様に確認されたため、空洞からの反射波を捉えているのか断定できない。よって、ボーリング調査との明確な相関はないと考えられる。 | ボーリング調査にて空洞が確認された範囲において同様の傾向を示した。(空隙+角礫状の割合が30%以上の箇所→弾性波速度1900m/s、空隙+角礫状の割合が10%未満の箇所→弾性波速度2800m/s)よって、ボーリング調査にて確認された空洞を弾性波透過法にて反映した結果となった。 |
| 適用性       | 計測は簡便性に欠ける。データ評価も困難。   | 堤体コンクリートの評価可能。データの蓄積により弾性波伝搬速度で定量的な評価基準の設定が可能。   |
| 総評        | △  | ○  |

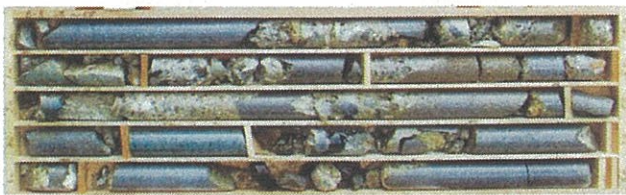


写真-2 老朽化の進行が著しい施設でのボーリングコア状況

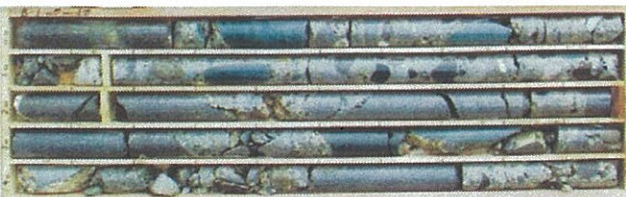


写真-3 健全であった施設でのボーリングコア状況

現地調査結果を整理したものを表-2に示す。

しかし、現地調査を実施した2えん堤での調査データのみで全てのえん堤の老朽化判定基準を設定するには、調査データが不足しており信頼性に欠けるため判定基準の設定が困難である。

そこで、不足している調査データを補うため、既に諸外国で設定されている弾性波伝搬速度での施設老朽化判定基準を参考に判定基準を設定した。

最終的に設定した弾性波透過法による砂防施設老朽化判定基準を表-3に示す。

今回調査対象とした施設において弾性波伝搬速度2000m/sを下回り、表-3に示す判定基準より施設健全度が不良と判定される施設が確認されたことから、図-5に示す非破壊調査手法による健全度評価後の対策フローのとおり、ボーリングによる詳細調査を行い劣化状況を確認し、補修工法の検討を行い、補修工事を実施している。

表-2 現地調査結果整理表

| 施設老朽化の程度                       | 老朽化の進行が著しい施設 | 健全であった施設 |
|--------------------------------|--------------|----------|
| 弾性波透過法による調査結果(弾性波伝搬速度)         | 1900m/s      | 2800m/s  |
| ボーリング調査結果(えん堤内部の空隙+角礫状の割合:推定値) | 30%以上        | 10%未満    |

表-3 弾性波透過法による砂防施設老朽化判定基準

| 基準:弾性波伝搬速度             | 2000m/s未満 | 2000m/s以上<br>2800m/s未満 | 2800m/s以上<br>3300m/s未満 | 3300m/s以上 |
|------------------------|-----------|------------------------|------------------------|-----------|
| コンクリートの状態に関する推定        | 多くの変状あり   | 変状あり                   | やや変状あり                 | 健全        |
| コンクリート中の空隙+角礫状の割合(推定値) | 20%以上     | 10~20%                 | 10%未満                  |           |

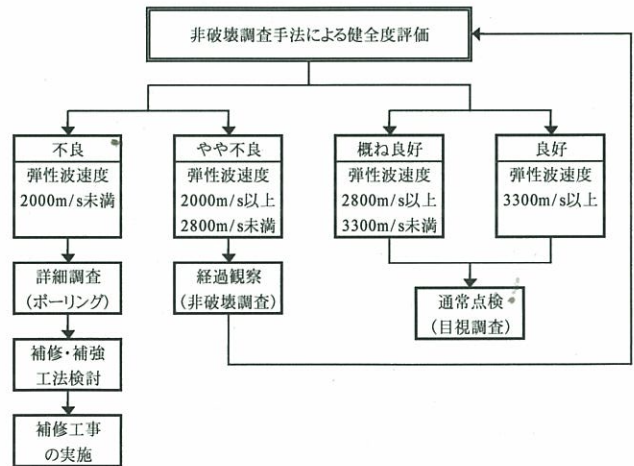


図-5 非破壊調査手法による健全度評価後の対策フロー

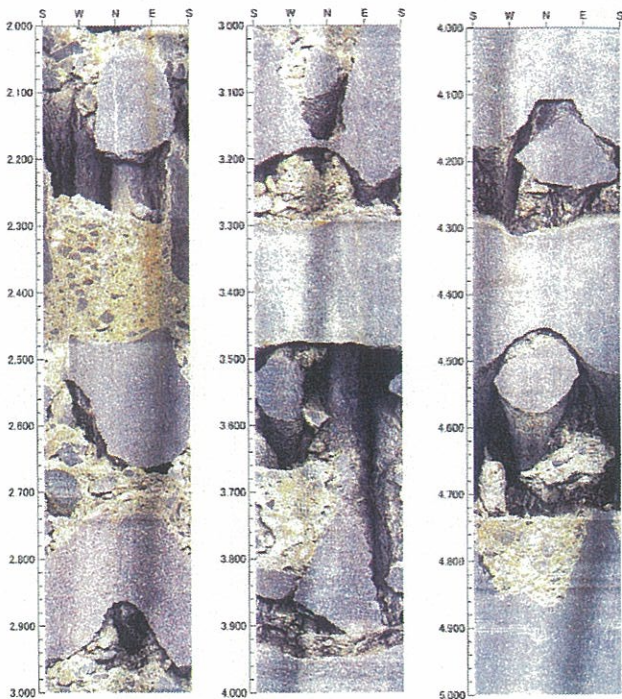


写真-4 ボアホールカメラによる堤体内部の空洞状況

詳細調査時におけるボアホールカメラによる確認では、事前の弾性波透過法による調査で懸念された、えん堤内部の空洞箇所が確認され、ボーリングコアの観察結果から空隙+角礫状の割合が20~30%であることが確認された。

以上の結果からも表-3に示す「弾性波透過法による砂防施設老朽化判定基準」が妥当であることが確認された。

補修工事は、調査時に確認された空洞箇所への対策工法として、堤体内部へのグラウチング処理を実施している。

グラウチング処理後のチェックボーリング結果から、空洞箇所へのセメントミルクの充填が確認されたことより、空洞箇所の補修が完了したと判断できたことから補修工事を完了している。

## 5. まとめ（健全度評価手法を活用した維持管理手法）

阿武隈川水系における砂防事業は土砂整備率が低く、今後も施設数は増加していく状況である。かつ事業完了までには長期間を要するため50年以上経過した老朽化施設についても増加していくことが明確である。

これら老朽化施設の延命化を図る上でも、状態の監視と評価、及び評価に基づいた対策が不可欠である。適切な維持管理を実施するためには、全ての施設において事前に健全度を確認しておく必要があるが、確実性のあるボーリング調査により実施した場合には時間と費用を要し、かつ山間部での作業となるため非効率な調査となる。

事前に非破壊調査手法（弾性波透過法）により施設健全度を確認し、その結果により、その後の詳細調査（ボーリング調査）実施の判断をすることによって、過大な調査をなくし、効率的に健全度調査を行うことが可能となる。また、登録有形文化財施設においては施設を傷めることなく健全度を確認する有効な手段となる。

今回は現地調査データと諸外国で既に設定されている弾性波伝搬速度による判定基準を参考にして判定基準を設定し、詳細調査を実施したが、さらに継続的な調査を実施し、調査データを蓄積することによって判定基準の適合性を検証し、経年変化による施設外部及び内部の劣化状況を的確に把握するための調査手段の精度向上を図っていく。