

練石積砂防えん堤(大源太川第1号砂防えん堤)に対する調査手法と変状特性

(株)キタック ○江川千洋 涌井正樹 島健 和田幸永
国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所 萬徳昌昭 梅田ハルミ

1 はじめに

土木構造物の老朽化が社会的問題として取り上げられるようになり、今後どのように維持・管理していくかが重要な課題となっている。老朽化した構造物の現状を把握し、適切な補修及び補強を行うことで長寿命化が図れると考えられるが、練石積砂防えん堤には、現状を把握することが困難な構造的特徴がある。

本稿では、北陸地方整備局湯沢砂防事務所管内において築70年以上経過した大源太川第1号砂防えん堤の現状を把握するための調査手法として、外観変状調査が有効であったことを示すとともに、明らかとなった本えん堤の変状(劣化・損傷)特性について考察を行う。

2 練石積砂防えん堤の特徴と問題点

練石積砂防えん堤は積石を型枠代わりとし、内部に径30~40cmの粗石を並べた状態で貧配合コンクリートを流し込むことで作られる。そのため練石積砂防えん堤は、厚さ30~40cm程度の硬質な外壁を有し、内部に低品質のコンクリートが存在するという二重構造になっている(図-1)。堤体の現状を把握するという事は、内部の粗石コンクリートを把握することであり、以下のような問題を有している。

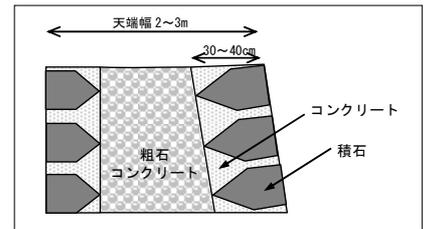


図-1 練石積粗石コンクリート製砂防えん堤の模式断面図

- ① 内部の粗石コンクリートを見ることができない。
- ② 堤体表面に硬いもの、内部に軟らかいものという物理的特性を有している(弾性波探査が困難)。

3 調査手法と調査結果

粗石コンクリートの現状を把握するために、以下のような仮説を立てた。

- ① 粗石コンクリートの劣化(品質)の違いは、同時期に施工された外壁(練石積)にも現れる。
- ② 粗石コンクリートに生じた損傷は、一体化している外壁(練石積)にも現れる。

3.1 外観変状調査と結果

上記の仮説に基づくと、外壁である練石積の変状を詳細に調査することで、内部の粗石コンクリートの変状(劣化・損傷)を間接的に知ることができると考えられる。

以上より、クライミング技術を用いた詳細な外観変状調査を実施し、大源太川第1号砂防えん堤の外観変状状況図を作成した。大源太川第1号砂防えん堤の外壁にはさまざまな程度の変状が生じていたため、程度に応じて表-1のような区分を行った。各変状項目のうち、程度の大きなものについて整理した結果が図-2である。これらの図からも分かるように、変状はえん堤の外壁全面に生じているわけではなく、その分布は限られた範囲に集中しているのがわかる。

表-1 大源太川第1号砂防えん堤の外壁に生じた代表的な変状内容と程度による区分

代表的な変状項目	変状程度	変状内容(模式図)
積石の隙間幅	15mm以上	
	15mm未満	
積石の隙間深さ	20cm以上	
	20cm以下	
漏水	1,800ml以上	
	1,800ml未満	

積石の隙間幅とは、積石と積石の間の隙間を計測したものである。分布範囲をみると、えん堤天端以深3~9mの範囲で水平方向に集中しているのが明瞭である。また、右岸側の天端付近にも集中箇所が認められる。積石の隙間深さとは、前記の隙間の深さ(奥行き)について計測したものである。分布範囲をみると、えん堤の右岸側及び左岸側に集中箇所が認められる。漏水とは、前記の隙間から湧出してくる水の量を計測したものである。分布範囲をみると、えん堤の右岸側及び左岸側の天端付近に集中箇所が認められる。これらの調査結果をもとに表-2のような考察を行い、これを検証する目的でボーリング調査及び各種原位置試験について実施した。

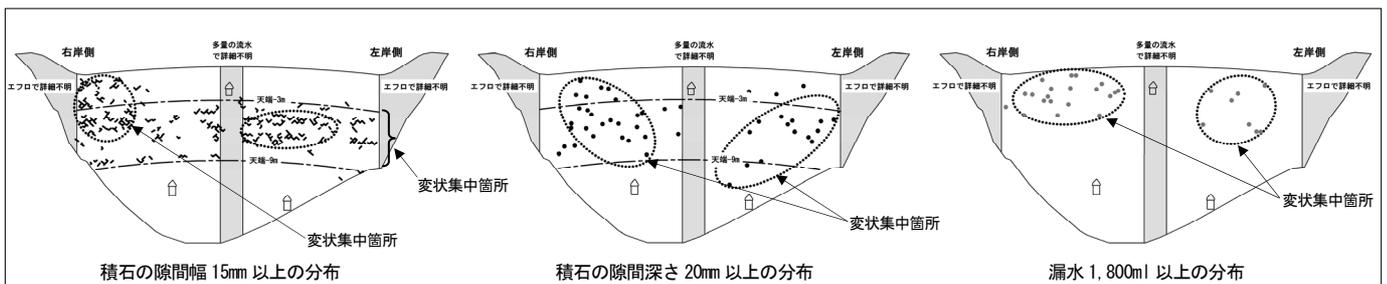


図-2 代表的な変状項目の分布範囲

表-2 外観変状調査結果にもとづく考察

代表的な変状項目	外壁の変状集中箇所	外観変状調査結果の考察
積石の隙間幅	天端以深3~9m 水平方向	隙間幅が広い原因については、施工時の品質(積石の整形不良)に起因していると考えられ、そこには管理者、工事関係者、施工時期等が関与していると考えられる。よって、同時期に施工された内部の粗石コンクリートにも同様の変状(劣化)が生じていると考えられる。
	右岸側の上部	
積石の隙間深さ	右岸側及び左岸側の 上~中部	上記と同様に施工時の品質に起因した変状(劣化)である可能性が考えられるが、分布範囲が限られているため外力による変状(損傷)の可能性が高い。よって、内部の粗石コンクリートにも何らかの損傷が生じていると考えられる。
漏水		

3.2 ボーリング調査及び原位置試験と結果

劣化部(積石の隙間幅が広い箇所)を確認するためにえん堤中央部、損傷部(積石の隙間深さや漏水の大きい箇所)を確認するためにえん堤左右岸の合計3箇所ではボーリング及びポアホールスキャナを実施し、粗石コンクリートの状態について確認を行った。また、粗石コンクリートの物性値をできるだけ正しく評価するために、原位置試験(孔内水平載荷試験及び密度検層)を行った。

コンクリートの硬さ、コア形状、空隙(ジャンカ)の割合に着目すると、粗石コンクリートは2種類に区分される。分類に用いた基準と原位置試験により求めた各粗石コンクリートの物性値は表-3の通りである。また、粗石コンクリートには、A及びBに関わらず亀裂が形成されている。亀裂を抽出する際には、面に沿ってせん断破壊が生じているかを判断基準とした。これらの分布範囲を示したものが図-3である。粗石コンクリートBの分布範囲をみると、いずれの孔でも天端以深3~10m間に集中箇所が認められる。ただし、右岸側のNo.1では深度0~3m間にも粗石コンクリートBが分布する。つぎに粗石コンクリートに形成された亀裂の分布範囲をみると、右岸側及び左岸側の孔で深度0~10m間、中央部の孔で深度4~15m間に集中しているのが認められる。

表-3 コンクリートの分類基準と物性値一覧表

	硬さ	コア形状	空隙長の割合	変形係数	密度
粗石コンクリートA	ハンマーの打撃で金属音を発し、軽打で割れる程度の硬さ	おもに棒状	16%	363MN/m ²	2.367g/cm ³
粗石コンクリートB	ハンマーの打撃で濁音を発し、容易に崩せる程度の硬さ	おもに角礫~片状	58%	94MN/m ²	2.259g/cm ³

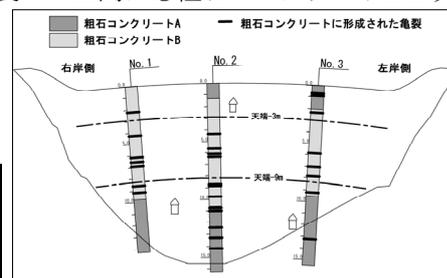


図-3 粗石コンクリートの分類と亀裂位置図

3.3 調査結果の検討

上記の調査結果を総合的に検討した結果、表-4のような大源太川第1号砂防えん堤の変状特性が考えられる。

表-4 大源太川第1号砂防えん堤の変状特性

外壁の変状集中箇所	外壁の変状集中箇所における粗石コンクリートの変状	変状集中箇所における変状特性
えん堤中央部 水平方向	粗石コンクリートB (低強度)	積石の整形が不足し積石間の隙間が大きい範囲では、内部の粗石コンクリートは低強度のコンクリートBであることが判明した。以上より、この範囲の変状特性は、上下部と比較して低品質であったため劣化の進行性が速かったことが原因であると考えられる。
右岸側及び左岸側の 上~中部	亀裂	積石間のモルタルが奥深くまで欠損している範囲、もしくは湧水の多い範囲では、内部の粗石コンクリートに亀裂が発達していることが判明した。以上より、この範囲における変状特性は、外力によりえん堤が損傷した結果であると考えられる。

4 結論

ほぼ仮説通りに内部の粗石コンクリートの変状は、何らかの形で外壁である積石の変状として現れていることが判明した。そして、大源太川第1号砂防えん堤の変状には、施工時の品質に起因した「劣化」と外力に起因した「損傷」があることが分かった。品質の違いについては、積石間の隙間(整形不足)やコンクリートの空隙の割合(充填不足)からもわかるように、施工管理等が影響したものと考えられる。このような品質の違いによって現れる「劣化」は、ほぼ水平方向に連続し、外観変状調査及びボーリング等の調査によっても比較的判別し易いのが特徴である。損傷については、えん堤が有する強度以上の外力が加わったことで生じる変状である。このような変状は、純コンクリート構造物では、構造物表面に亀裂となって現れるため判断し易いが、練石積粗石コンクリートでは物性の大きく異なるものが組み合わさって造られていることから、連続性の良い亀裂となって現れ難い。また、ボーリングコアで亀裂を確認したとしても、三次元的な連続性を把握することは困難であり、外力の原因を特定する際に情報不足となる。大源太川第1号砂防えん堤では、外観変状調査における「積石の隙間深さ」と「漏水」の分布、ポアホールスキャナによる「亀裂の走向傾斜」を基に判断し損傷箇所の特定を行った。その結果、亀裂の位置と連続性について把握することができた。その一方で、今回用いた変状の基準値を他のえん堤に適用するには問題があると考えられる。これまでの経験上、練石積粗石コンクリート製の砂防えん堤は、施工時期、施工者、えん堤型式、流域等でさまざまなものが存在している。基準値は、各えん堤において相対的評価に基づき設定されるものであると考えられる。

本稿では、練石積粗石コンクリート製砂防えん堤の変状特性を把握するには、すべての調査に先立って詳細な外観調査を実施するのが効果的、かつ重要であることを示した。外観変状状況を丁寧に観察し、えん堤に生じた変状を「劣化」と「損傷」に分けて考察することが、つぎのボーリング調査や原位置試験に繋がり、さらには長寿命化対策を検討する際の貴重な基礎データとなればと考えている。今後の課題としては、外壁に現れた変状と内部の粗石コンクリートの変状で整合がとれなかった箇所に対する検証の他、堤体の損傷に関与した外力の特定について検討する必要がある。