

小石原川ダムにおけるロック材に対する品質判定の定量化

(独)水資源機構 正会員 福島雅人 坂本博紀  
鹿島建設(株) 正会員 ○小原隆志 小林弘明

1. はじめに

ロックフィルダムにおけるロックゾーンの要求性能には、①重量・強度（比重・吸水率、内部摩擦角）、②圧縮抵抗性、③排水性（透水係数）、④耐久性（乾湿繰返し、凍結融解）が挙げられる。そのため、原石山の地質とその物理的・力学的特性に基づき、堤体の適切な位置に適切な品質のロック材を配置する必要がある。

ロック材の品質管理では、目視、ハンマー打検に基づきその品質を判定する手法が一般的であり、判定者の主観に頼る一面があるため、材料判定の定量化が課題となっている。

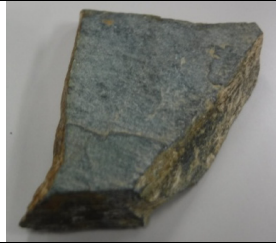
本稿は、福岡県内に(独)水資源機構が建設中の小石原川ダムにおけるロック材を対象として、目視、ハンマー打検の補助ツールとして導入した帯磁率計、打球探査法の有効性について報告するものである。

2. 原石山の地質と材料判定における課題

小石原川ダムの原石山は、古生代末～中生代初期に変成作用を受けた三郡変成岩類が分布しており、表-1 に示すように、塩基性片状ホルンフェルス（以下、bHf という）と互層様片状ホルンフェルス（薄層の泥岩と砂岩が互層状をなすもの）（以下、aHf という）が主に賦存している。ロック材としての物理的・力学的特性は、bHf は比重・強度ともに大きい一方、aHf は耐久性に劣るため、図-1 に示すようにロックゾーンを区分し、前者を外部ロック材、後者を内部ロック材とした上で、それぞれの品質規格が設定された。

現場における材料判定は、「硬さ」をハンマー打検により、「割れ目間隔（粒径）」、「割れ目の状態（風化度）」を目視により判別し、表-2 に示す判定表に基づき RA～RC2 に区分する。さらに「岩種」との組み合わせにより使用するロックゾーンを決定している。施工最盛期には約 2 万 m<sup>3</sup>/日を超えるロック材の供給量を確保するため、複数の判定者によって材料判定をほぼ毎日実施する中、人為的な判定結果のばらつきを低減する必要があっ

表-1 小石原川ダムの主な岩種とその特徴

| 岩 種                | 塩基性片状ホルンフェルス (bHf)                                                                  | 互層様片状ホルンフェルス (aHf)                                                                   |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 外 観                |  |  |
| 特 徴                | 緑色で比重が大きい                                                                           | 黒色で片理構造を有する                                                                          |
| 賦存量                | △                                                                                   | ○                                                                                    |
| 比 重                | ○                                                                                   | △                                                                                    |
| 強 度                | ○                                                                                   | △                                                                                    |
| 耐久性                | ○                                                                                   | ×                                                                                    |
| 適合材料 <sup>*1</sup> | 内部ロック材・外部ロック材                                                                       | 内部ロック材                                                                               |

\*1：図-1 の品質規格値を満たす材料

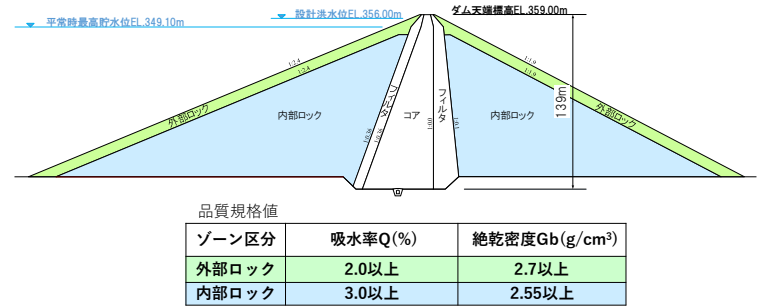


図-1 小石原川ダムの標準断面（ゾーニング）およびロック材の品質規格値

表-2 ロック材の材料判定表

| 区分要素   | 記号  | 性 状                          | 硬 さ |     |     |     | 硬さA |     |     |     | 硬さB |     |     |     | 硬さC |     |     |     | 材料判定                                               |       |
|--------|-----|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------------------------------|-------|
|        |     |                              | 状態a | 状態b | 状態c | 状態d | 状態a | 状態b | 状態c | 状態d | 状態a | 状態b | 状態c | 状態d | 状態a | 状態b | 状態c | 状態d | bHf-RA<br>bHf-RB                                   | 外部ロック |
| 硬 さ    | A   | ハンマー打撃で金属音を発する               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |
|        | B   | ハンマーの打撃で鋭い金属音を発し、ハンマーの打撃で割れる |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |
|        | C   | ハンマーの打撃で鈍い音を発し、容易に割れる        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |
|        | D   | 100cm以上                      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |
| 割れ目間隔  | I   | 50～100cm                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | bHf-RC1<br>aHf-RB<br>aHf-RC1<br>bHf-RC2<br>aHf-RC2 | 内部ロック |
|        | II  | 15～50cm                      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |
|        | III | 5～15cm                       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |
|        | IV  | 2～5cm                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |
| 割れ目の状態 | a   | 密着しており、分離面は全く酸化していない         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | bHf-RC2<br>aHf-RC2                                 | 廃 棄   |
|        | b   | 割れ目は酸化している                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |
|        | c   | 割れ目に軟質物質を挟み込み、割れ目沿いに軟質化する    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |
|        | d   | 割れ目として識別できない                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                    |       |

キーワード ロックフィルダム、品質管理、帯磁率計、打球探査法、迅速試験

連絡先 〒812-8513 福岡市博多区博多駅前 3-12-10 鹿島建設(株)九州支店 TEL092-481-8001

た。特に岩種については、写真-1に示すように、aHf と bHf の混在・狭在、天候、風化、粉塵の影響などにより、判別が困難な場合があった。

### 3. 帯磁率計・打球探査法の導入

材料判定の人為的ばらつきを低減するため、岩種判別に帯磁率計を、硬さ判別に打球探査法<sup>1)</sup>を判定の補助ツールとして試験的に導入した。

帯磁率とは、磁場と誘導磁気との比で定義される物理量で、主に岩石に含まれる磁性鉱物の量と種類により定まる。帯磁率計は非破壊測定が可能である上に、計器が軽量で即時に結果が得られるため簡便である。図-2は熟練者2名の目視による岩種判別結果と帯磁率計による計測結果である。bHfはaHfに比べてマグネシウム等の磁性鉱物の含有量が多く帯磁率が大きい傾向にある。aHfとbHfは混ざっている場合があるため、熟練者でも判定結果が異なることがあるが、帯磁率は岩種の混ざりを定量的に表現できていると考えられる。そこで、 $0.3 \times 10^{-3}(\text{SI})$ を岩種判別の目安とし、帯磁率を目視の参考値として活用することとした。

打球探査法は、加速度計を取り付けた金属製の球形ハンマーで対象物を直角に打撃した時の応答加速度波形から、Herzの理論式を用いて変形係数を算出する原位置迅速試験法である。図-3に全岩種の変形係数と吸水率の関係を示す。変形係数の範囲は岩種毎に明確に分かれなかったが、aHfの場合、変形係数が概ね10GPa未満で吸水率が急増(内部ロックの品質規格値である3%を超過)するケースがあることが分かった。そこで、10GPaを廃棄岩判定の目安とし、変形係数をハンマー打検の参考値として活用することとした。

### 4. 試験結果

図-4は絶乾密度・吸水率の試験結果と帯磁率、打球探査法の結果に品質規格値(赤線)を示したものである。絶乾密度と吸水率は、岩種の違いにより2つの分布範囲に分かれており、帯磁率による区分と整合していることから、帯磁率によって岩種を判別できていると考えられる。また、変形係数によって品質規格を逸脱する岩を一定の精度で判別できていることから、変形係数が廃棄岩の判定指標になり得る。

### 5. まとめ

小石原川ダムにおけるロック材の品質判定に帯磁率計と打球探査法を試験的に導入した結果、品質判定の補助ツールとしての有効性が確認された。今後これらの補助ツールを用いることで材料判定指標の定量化がなされ、人為的な判定結果のばらつきが低減できると考える。

**参考文献** 1)白鷺ら：打球探査法による岩の変形特性評価と岩級および原石品質の判定への適用，ダム工学，25(2)，79-88，2015。



写真-1 発破後の切羽の外観 (岩種判別が困難な例)

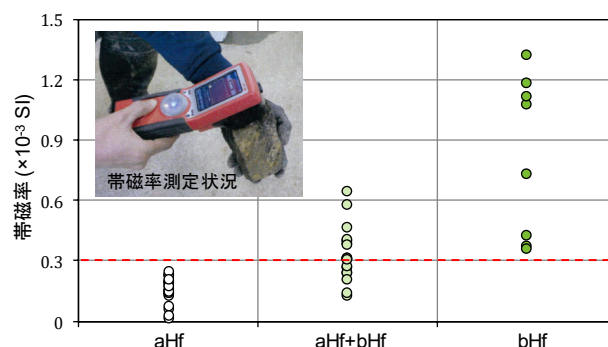


図-2 目視による岩種判別結果と帯磁率の関係

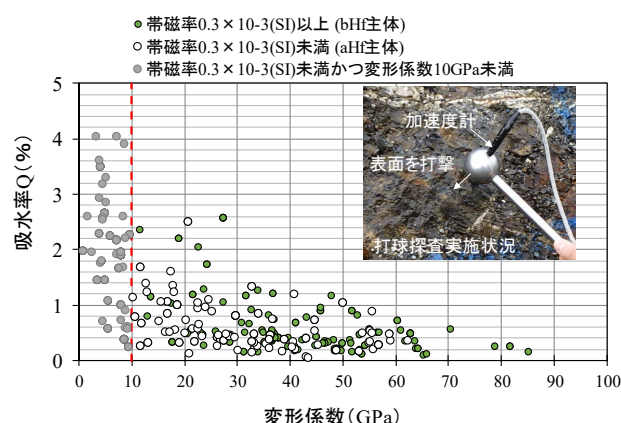


図-3 吸水率と変形係数の関係

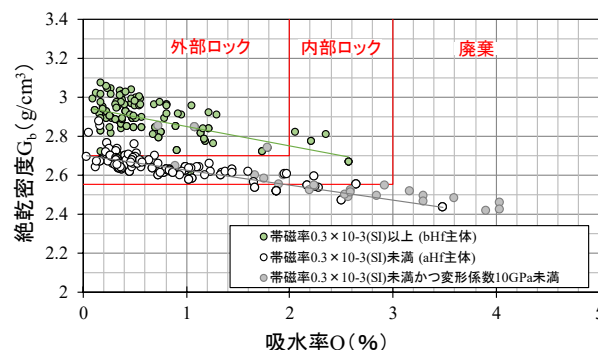


図-4 絶乾密度・吸水率と迅速試験結果の関係