

徳山ダムにおけるロック材料の採取管理と採取実績
独立行政法人水資源機構 徳山ダム建設所 道路工事課 坂本 博紀

1. はじめに

徳山ダムは堤体積 1,370 万 m³ のわが国でも屈指のロックフィルダムである。その堤体積の 9 割弱を占めるロック材料を効率的に採取し廃棄岩の発生を抑制することはコスト縮減においては極めて重要な項目のひとつであるとともに、掘削量・捨土量を減ずることで地形改変による環境への影響を抑制するという効果も期待される。本稿では徳山ダムにおけるロック材料の採取管理に関わる課題と採取管理事例および採取結果について現場報告を行なう。

2. 現状と課題

ロックフィルダムの材料採取計画は綿密な地質調査のもと材料賦存量を推定し策定するが、不確定要素が多いため、一般的に工事の進捗に応じて材料採取計画を適宜修正する必要がある。また、ロック材の材料判定には、個人差が出やすく安全側の管理となり、廃棄岩が多くなる傾向もある。これらの一般的な課題に加え、徳山ダムの原石山は、高品質材と低品質材が互層で分布するという地質分布特性を持つため異種材料の混合は避けられない状況にあった。このため、低品質材量を有効活用するためゾーニング設定に加え、これらの混合材料を有効に活用するための判定基準を明確にする必要があった。また、コスト縮減という社会的な要請が高まる中、施工段階においても廃棄岩を減じ、材料採取コストを抑える採取管理を行うことが大きな課題の一つであった。

3. 採取管理

3. 1. ロック材の設計値

徳山ダムは土質材の遮水ゾーン、砂礫材の半透水ゾーン、ロック材の透水ゾーンから構成される中央遮水型のゾーン型ロックフィルダムである。ロックゾーンについては低品質材料を有効利用できるようゾーニングを行うのが一般的であるが、徳山ダムにおいても外部ロック（Ⅰ材）と内部ロック（Ⅱ，Ⅲ材）により構成されており、内部ロックについては、ダム軸下流の内部ロック及びダム軸上流の最低水位以下かつ中央に近い範囲の内部ロックについてはより低品質な材料を使用して施工することとしている（図-1 参照）。ロックゾーンに使用する材料の設計値および材料区分を表-1 に示す。フィルダムロックゾーン

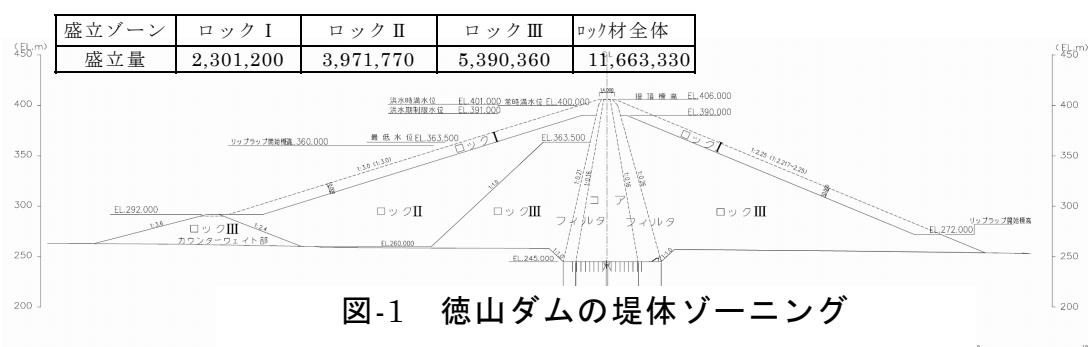


表-1 ロック材の設計値・材料区分

設計値		ロックⅠ材	ロックⅡ材	ロックⅢ材	
絶乾密度 Gb(g/cm³)※		2.73	2.64	2.57	2.50
絶乾間隙比 eb※		0.29	0.29	0.29	0.255
吸水率 ω (%)		1.3	1.0	2.0	
内部摩擦角 φ (°)		41	41	39	
粘着力 c (tf/m²)		0	0	0	
透水係数 k (cm/s)		1×10⁻²以上	1×10⁻²以上	1×10⁻³以上	
岩種 岩級 区分	輝緑凝灰岩	C M級以上	C M級以上	C L級以上	
	粘板岩	—	C H級	C L級以上	

※ 絶乾密度 Gb, 絶乾間隙比 eb は絶対乾燥状態における密度, 間隙比を示す。

表-2 混合材料の材料判定基準

混 合 割 合				盛立区分
ロックⅠ材	ロックⅡ材	ロックⅢ材	ロックⅡ+Ⅲ材	
70%以上	30%以下	—	—	ロックⅠゾーン
70%以下	30%以上	—	—	ロックⅡゾーン
80%以上	—	20%以下	20%以下	ロックⅠゾーン
80%以下	—	20%以上	20%以上	ロックⅢゾーン
—	70%以上	30%以下	—	ロックⅡゾーン
—	70%以下	30%以上	—	ロックⅢゾーン

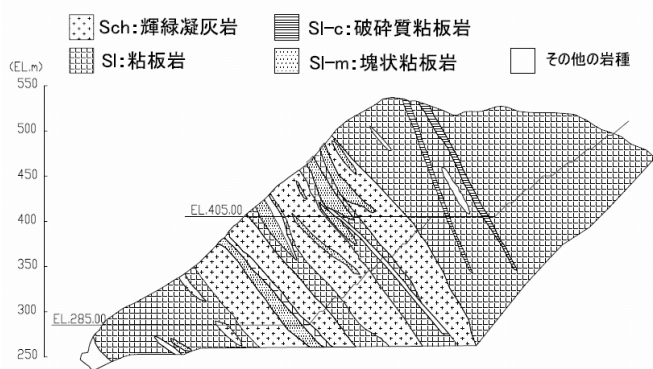


図-2 当初地質分布及び掘削形状

堆積物、崖錐堆積物、現河床堆積物がみられる。地質構造は地層の走向は岩種を問わず概ね N-S 方向、傾斜は西（山側）に 40～70°の同斜構造で分布する（図-2,3 参照）。採取方法はベンチカット工法（ベンチ高=15m）を採用しており、盛立最盛期であった平成 16 年度では日平均で約 18,000 m³、日最大で約 37,000 m³という大規模な盛立量に見合うロック材の材料採取を実施してきた。

3. 3. 材料区分

徳山ダムにおける材料区分は表-1 に従いロックⅠ材、Ⅱ材、Ⅲ材に区分している。単独岩種の岩級区分は記述式（電研式）と要素組合わせ式（土研式）の併用方式を採用し、「岩片の硬さ」「割目間隔」「割目の状態」によって岩級判定を行っている。また、廃棄岩とすべきか判定に窮する材料についても減圧法に

の設計値は密度・剪断強度・透水係数により決定される。徳山ダムでは現場での品質管理を行うにあたり、設計で規定した内部摩擦角を満足するために必要な絶乾密度と絶乾間隙比を室内試験結果より表-1 のとおり規定しており、現場での品質管理はこの絶乾密度と絶乾間隙比を用いて管理している。

ロックⅢ材については、絶乾密度が $2.50 \leq Gb \leq 2.57$ の低品質材料においても、絶乾間隙比 $eb \leq 0.255$ を満たしていれば、設計上の内部摩擦角・密度等が満足することが確認された。さらに盛立試験の結果から、これらの材料が実施工において絶乾間隙比 $eb \leq 0.255$ および透水係数の設計値を満足することを確認したため、低品質材料の有効利用の観点から材料の使用範囲を広げている。

3. 2. 材料採取の概要

原石山はダムサイトから上流約 1.0km に位置する東西方向に延びる幅 500～600m の尾根である。地質は美濃帯中古生層に属する坂内層の輝緑凝灰岩と粘板岩を主体に構成され、被覆層としては段丘

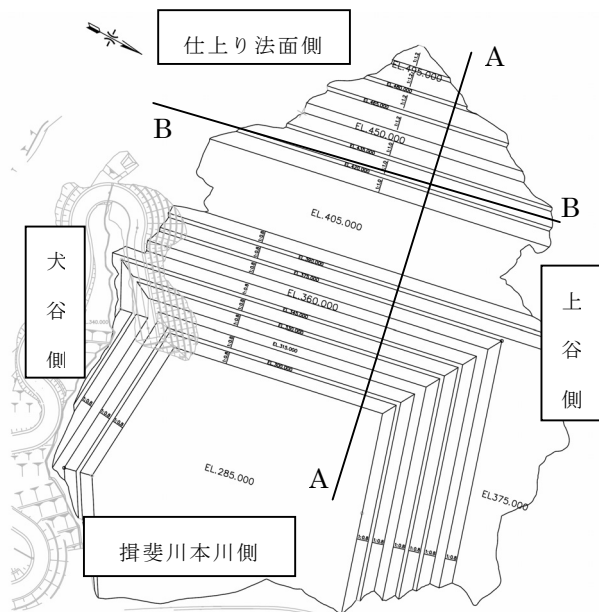


図-3 切羽管理

による密度・吸水率の急速判定法を採用することで迅速に試験結果を確認することが可能となり、安全側の判定による廃棄岩の発生を抑制した。

輝緑凝灰岩と粘板岩では同じ岩級であっても密度・耐久性の面からロック材料としての品質に差があるため、表-1 のとおり区分している。このため、岩種の異なる材料の混合は材料判定を行うにあたって好ましくない。しかしながら原石山の地質分布が、輝緑凝灰岩と粘板岩が互層の同斜構造となっているため、ベンチカット工法による材料採取時の異材

料の混合が避けられない状況にある（図-2 参照）。そこで、数種のロック材が混合した材料については、表-2 にしたがって管理している。なお、表-2 に示す混合比率は、混合比率を変化させた試料を用いて実施した三軸圧縮試験の結果から、設計条件を満足する比率を設定している。

3. 3. 切羽管理

各ベンチにおける掘削は、犬谷側から上谷側に向かって図-3 の A-A 断面・B-B 断面と平行線を保つ形で切羽を広げていくことを基本とし、特に A-A 断面の切羽を優先して掘削することとしている。これは走向が A-A 断面にほぼ垂直方向に走っているため切羽を A-A 断面と平行に保つことで切羽面の状況と、先に発破した切羽の材料発生状態から次の発破範囲の材料予測が容易になるためである。このような切羽管理を行うことで、盛立の進捗に応じて必要採取量が変化する各ゾーンの材料を常に確保し、必要材料と発生材料の不一致に起因する廃棄岩の発生量を抑制するとともに、堤体の盛立の進捗に影響を与えることなく無災害で盛立終了までの原石採取を完了した。

3. 4. 施工管理上の工夫

本項では特に廃棄岩発生量を抑制するために行った施工管理について記載する。本項で対象とした廃棄岩は以下の 2 種類である。

① 破碎質粘板岩を含む掘削岩

② 堤体高標高部の盛立施工時に発生するロックⅡ、Ⅲ材

破碎質粘板岩とは全体が強く破碎され、その片状の構造に沿って暗灰色の粘土を含むもので、これらが材料に混入するとロック材料として必要とされる密度や透水性といった特性が著しく損なわれるため、①に分類される材料は廃棄岩として区分している。②について、堤体盛立標高が EL.390m よりも高標高部においてはロックゾーンはロックⅠ材のみで構成されるため（図-1 参照）、こ

の段階で発生するロックⅡ、Ⅲ材は全て廃棄岩となる。

3. 4. 1. 破碎質粘板岩の選択採取

破碎質粘板岩が混入する掘削岩については廃棄岩となるため、材料採取にあたっては（i）発破範囲に破碎質粘板岩が予め確認できる場合は除去してから発破する。（ii）破碎質粘板岩が分布する範囲のみ選択的に発破して、周囲の材料となり得る岩が廃棄岩となることを防ぐ。（iii）発破後に混入してしまったものについては破碎質粘板岩のみを分別して廃棄する。などの対応を取ることで廃棄岩の発生を抑制した。

3. 4. 2. 堤体高標高部盛立時の施工

堤体の高位標高部の盛立に使用するロックⅠ材の採取においては、ロックⅠ材相当材料が下位材料との混合することで表-2における下位材料に区分されることを避けねばならない。よって材料の混合を避けるよう切羽の選定を行えるよう、地質分布と採取範囲の見直しを逐次行い切羽管理の精度を高めることに努めた。また、混合が発生し、Ⅰ材としての許容範囲を超える混合状態となった場合には全量を廃棄するのではなく、混合状況の変化に合わせて材料の再判定を行うことで廃棄岩の発生量を低減した。

4. 採取実績

廃棄岩・表土の発生率について水資源機構が管理している他ダムとの比較を表-3に示す。本稿では原石山の全掘削量に対する廃棄岩数量・表土数量の比率を発生率と定義する。廃棄岩発生率は他ダムが19.0%、16.0%であるのに対して1.0%であり（表-3のW/Aを参照）他ダムと比較しても非常に小さいといえる。また、使用材料の歩留り（材料掘削量／（全掘削量－表土掘削量））は98.8%であり材料の有効活用度は極めて高い。

表-3 廃棄岩・表土発生率の他ダムとの比較

ダム名		奈良俣ダム	味噌川ダム	徳山ダム
原石山全採取量	A	15,376,500	12,801,000	11,671,678
ロック材採取量	R	9,454,000	5,915,000	9,708,675
コア・フィルタ等採取量	CF	0	2,791,000	0
廃棄岩発生量	W	2,915,500	2,046,000	111,600
表土発生量	S	2,817,000	2,049,000	2,328,736
材料採取率	(R+CF)/A	61.5%	68.0%	79.9%
廃棄岩発生率	W/A	19.0%	16.0%	0.9%
表土発生率	S/A	18.3%	16.0%	19.2%
歩留り	(R+CF)/(A-S)	76.0%	81.0%	98.9%

※1 味噌川ダムは材料山でロック材以外にコア材、フィルタ材等も採取しているため「材料採取率」「歩留り」算出時の分子にはロック材・コア材・フィルタ材の合計量を用いている。

※2 徳山ダムの廃棄岩数量は高標高部の施工に伴い発生するロックⅡ材、ロックⅢ材の廃棄岩処理数量（約63,000m³）を含む。

5. おわりに

徳山ダムの原石山採取管理においては、廃棄岩発生量を低減させることで大幅なコスト縮減を行うとともに、結果として地形改変に伴う環境への影響を減じた。この施工管理の多くは特殊な施工技術を要するものではなく、原石山の持つ地質特性を理解した上で日々の切羽管理・品質管理においてコスト縮減を意識し、細かな管理を実施することで実現されたもので、今後のダム施工においても十分適用可能なものと考えられる。