

低品質材料を有効活用したフィルダム堤体材料の試験・検討

八千代エンジニアリング株式会社 正会員○片山善郎 正会員 下馬場潤一 原 成市

1. はじめに

フィルダムの最大の特徴は、ダムサイト近傍で得られる材料を、その特性に応じて適材適所に用いることである。しかし、近年、良好な材料が得られにくくなっており、また各機能を受け持つ材料については定量的な基準が設定されていないことから、堤体材料の使用可否の判断に苦慮している状況である。

本報文は、フィルダム堤体材料として低品質の材料について、室内試験、現場盛立試験、材料区分基準、堤体ゾーニングの検討を行うことによって、有効活用を図ることができた事例について報告するものである。

2. 有効活用の経緯

(1) 原石山の地質と当初計画

原石山の地質は、新第三紀鮮新世の釈迦岳火山岩類である輝石安山岩(Ap2)を主体としている。Ap2 の状況は、その生成過程から溶岩フローにともなう自破砕層が幾層も見られた。当初、堤体のロックゾーンは均一とし、調査結果から吸水率5%程度以下の良好な材料が得られ、ロック材の設計値は内部摩擦角 $\phi=40^\circ$ としていた。

(2) 材料採取時

原石山掘削を開始したところ、全体的に割れ目が発達しており、地山深部まで割れ目沿いの流入粘土の挟在、断層や割れ目沿いの酸化による軟質化・粘土化が進んでいた。このため、材料採取時に軟質部や粘土質部の混入が避けられない状況にあり、吸水率5%以上が半分以上を占めた。原石山の変更は現時点では不可能であり、低品質材料の有効活用を図る必要があった。

3. 試験・検討

低品質材料の有効活用を図るためには、ロック材のゾーニングを行うとともに、室内試験と現場盛立試験の結果を考慮し、さらに材料掘削に伴う材料の発生の仕方を踏まえた、最適なゾーニング形状を決める必要があった。

(1) 室内材料試験（強度・耐久性）

図-1 に示す吸水率と安定性損失重量の関係(ボーリングコア試料)から、吸水率 $Q=5\%$ 以下(安定性損失重量12%以下)であれば耐久性が得られる。図-2,3 に三軸圧縮試験(条件:飽和状態,相対密度 $D_r=85\%$)による乾燥密度と内部摩擦角の関係、吸水率と内部摩擦角の関係を示す。いずれも内部摩擦角との相関性が強く、乾燥密度が大きくなるほど、吸水率が小さくなるほど内部摩擦角は大きくなる傾向にある。吸水率 $Q=9\%$ 程度以下、または乾燥密度 1.75g/cm^3 程度以上であれば内部摩擦角 $\phi=38^\circ$ は得られる。

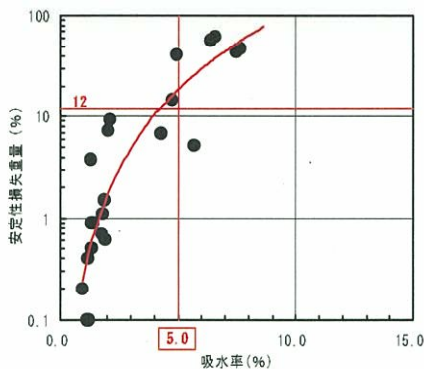


図-1 吸水率と安定性損失重量

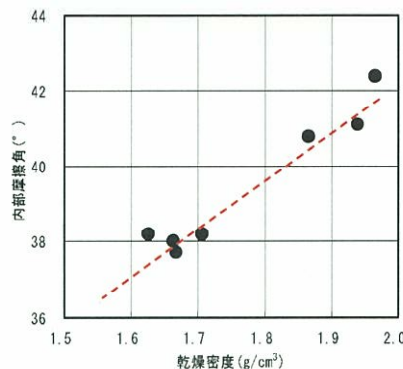


図-2 乾燥密度と内部摩擦角

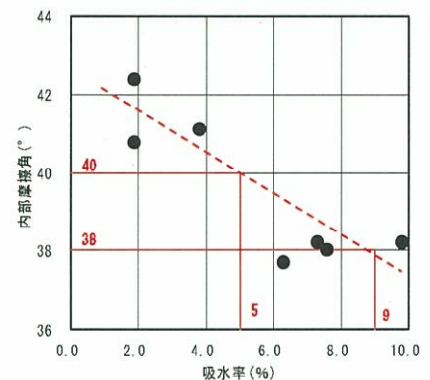


図-3 吸水率と内部摩擦角

(2) 現場盛立試験

代表粒径(63.5~106mm)の吸水率が $Q=5\%$ 程度の材料と、 $Q=9\%$ 程度の材料について、現場盛立試験を実施した。

キーワード：フィルダム、ロック材、低品質材料、有効利用

連絡先：〒810-0062 福岡市中央区荒戸2丁目1番5号 八千代エンジニアリング株式会社九州支店 TEL092-751-1431

転圧機械は 10t 級振動ローラ(最大起振力 21,000kg)とし、仕上り厚はいずれも 1.0m とした。

a) 現場密度(水置換法: φ1.5m, H1.0m)

図-4 に現場盛立試験の転圧回数と乾燥密度の関係を示す。代表粒径の吸水率が Q=9%程度以下の材料はバラツキが大きいものの、転圧回数 6 回以上で乾燥密度 $\rho_d=1.75\text{g/cm}^3$ 以上が得られた。また、図-2 から乾燥密度 $\rho_d=1.75\text{g/cm}^3$ 以上であれば内部摩擦角 $\phi=38^\circ$ 以上は得られる。

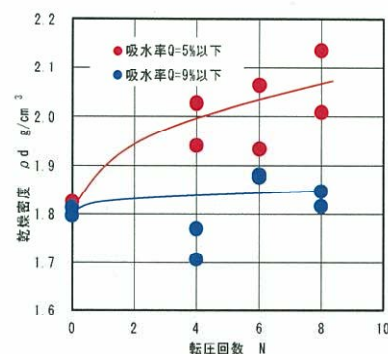


図-4 転圧回数と乾燥密度

b) 排水性

図-5 に代表粒径の吸水率が Q=9%程度フルサイズ粒度を示す。室内大型透水試験(試験試料:-63.5mm 供試体: φ=30cm, H=35cm 締固め時間:60 秒)の結果は、透水係数 $5.5 \times 10^{-4}\text{cm/s}$ となり、ロック材としての目安である $1.0 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ 以上が得られなかった。しかし、この材料は粒径 63.5mm 以下の割合が 30%程度と多く、室内試験ではロック材としての排水性を適切に評価できないと判断した。そこで、フルサイズとしての排水性を確認するため、現場透水試験を実施した。この結果、下限値でも透水係数 $5.5 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ が得られた。

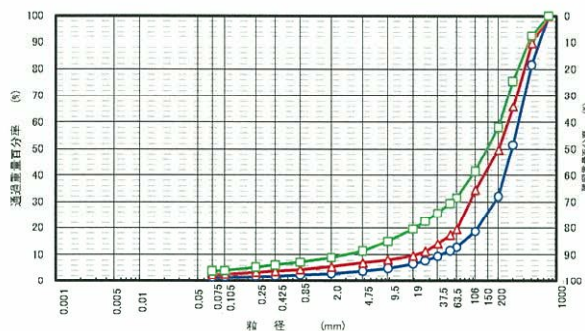


図-5 代表粒径の吸水率 Q=9%程度フルサイズ粒度

(3) 材料区分基準と品質管理基準

材料区分は吸水率を基準の目安とした。また、粒径 63.5mm 以下の試料ではフルサイズとしてのロック材を適切に評価できないことから代表粒径(63.5~106mm)で判断するものとした。室内材料試験(図-1,2,3)、現場盛立試験(図-4)、および以下に示す堤体安定性の検討結果から、外部ロック材は内部摩擦角 $\phi=40^\circ$ 、吸水率基準は 5%以下とし、内部ロック材は内部摩擦角 $\phi=38^\circ$ 、吸水率基準は 9%以下とした。また、品質管理基準は、外部ロック材の乾燥密度は $\rho_d=1.85\text{g/cm}^3$ 以上、内部ロック材の乾燥密度は $\rho_d=1.75\text{g/cm}^3$ 以上とした。

4. 堤体ゾーニングの検討

(1) 堤体の安定性検討

追加ボーリング調査の結果、原石山掘削勾配の見直しにより、外部ロック材約 58 万 m^3 、内部ロック材約 45 万 m^3 が確保できることが明らかになった。これら両材料の

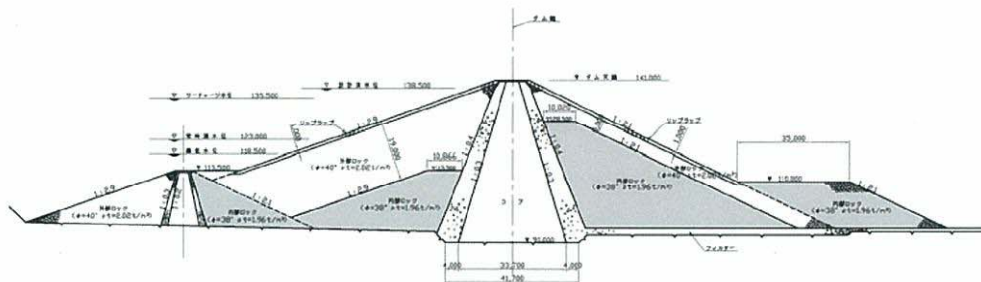


図-6 堤体ゾーニング最終形状

賦存量、および現場施工が始まっていることを考慮し、上下流面勾配を当初設計から変えず、堤体の安定性を満足する堤体ゾーニングの検討を行った。図-6 に堤体ゾーニングの検討結果を示す。仮縮切下流を内部ロック材、本体上流側は貯水池の水位変動を考慮して内部ロック材を最低水位以下、本体下流側は本体のすべりによる必要外部ロック材厚さ(5.0m)となるように配置した。

(2) ロック材バランスの検証

堤体ゾーニングの最終形状において、堤体盛立量と原石山からの材料発生量の関係から外部ロック材の仮置き発生量の検証を行った。この結果、大規模な材料の仮置きは必要なく、計画では最大でも 5 万 m^3 程度の仮置きで済むことが明らかになった。

5. まとめ

低品質材料の特性を十分把握し、適切な材料評価ならびに合理的な堤体ゾーニングを行うことで、コストの増加を発生させることなく、工事進捗に影響を与えずに低品質材料の有効活用を図ることができた。