

フィルダム堤体材料試験と設計・施工への適用例について

中国電力(株)伊野川発電所建設所 正会員 佐々木 清
中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○折口 良二

1. まえがき

フィルダム堤体材料は最寄りの天然材料を使用するもので、材料試験法および試験結果の設計・品質管理への適用については各地実の特性を考慮して実施されており、ここでは土用ダムの主としてコア材についての適用例を述べるものである。土用ダムは伊野川発電所(純揚水式、120万KW)の上部調整池ダムとして、岡山県真庭郡新庄村地内に計画されており、ダム高87m、ダム体積270万 m^3 の中央コア型ロックフィルタイプダムである。堤体材料としてコア材は調整池内の花崗斑岩風化土を使用し、ロック材は片岩類およびそれに入る花崗斑岩から成るロッキン材料を使用する。

2. コア材の試験結果および設計値

コア材の土質は礫をほとんど含まないまさら土であり、室内における力学的試験用供試体の締固のエネルギーは3Ec($\approx 16.8 \text{ m} \cdot \text{kgf/cm}^3$)と規定した。これは材質の類似している中国電力(株)明神・南原ダム(両ダムとも花崗斑岩風化土)の軟圧試験結果から、現場軟圧施工が可能なものとして室内試験の条件を決めたものである。

コア材の室内土質試験結果を要約すれば、次のとおりである。

- 乾燥密度(ρ_d)とせん断抵抗角(ϕ)とは有意な相関があり、 $\rho_d \geq 1.55 \text{ g/cm}^3$ であれば $\phi \geq 30^\circ$ が得られる(図-2)。
- 含水比が23%以下であれば、乾燥密度は 1.55 g/cm^3 以上ある。
- 含水比が17~24%であれば、透水係数は $1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 以下となる。
- 含水比が23%以下であれば、所要のトラフィカビリティを得ることができる。
- 2)~4)より施工含水比は19~23%程度になるものと考えられ、平均的な乾燥密度は 1.65 g/cm^3 となる(図-1)。---施工含水比の乾燥側については、しゅ水性の安全を考慮した。

以上により、設計値を表-1のように決定した。この場合、単位体積重量にはバラツキがあっても、安定計算には上載荷重として使用するので平均値を採用し、せん断強度については弱層面が連続することも考慮して、せん断抵抗角は最小値を採用し、さらに安全のため粘着力を無視した。

図-2. コア材の ρ_d と ϕ の関係

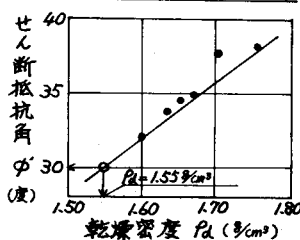


図-1. コア材の締固の透水試験結果

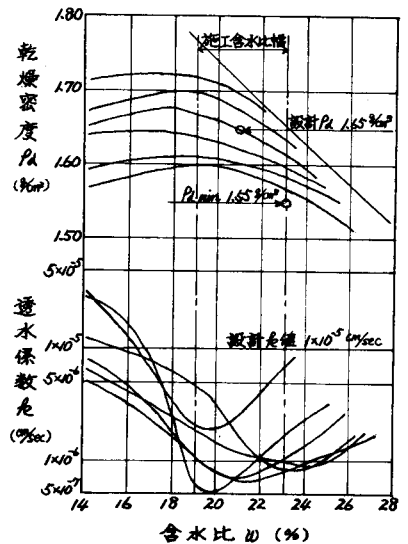


表-1. コア材の設計値

項目	細目	設計値
単位体積重量	乾燥時	1.65 t/m^3
	湿潤時	2.00 "
	飽和時	2.03 "
せん断強度	せん断抵抗角	30°
	粘着力	0
透水係数		$1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$

3. コア材の品質管理基準

コア材の設計値を確保するための基本的な品質管理項目は、含水比、締固の乾燥密度および粒度であると考えられる。そこでこの3項目にそれぞれ最も関係が深いと考えられる品質管理条件を設定して検討した結果、表-2に示す品質管理基準を得た。

表-2. コア材の品質管理基準

項目	品質管理条件	品質管理基準
含水比 (W)	透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ トラフィカビリティ $g_c \geq 12 \text{ kg/cm}^2$	$P_{7\%} < 20\%$ の場合, $W_{opt} \sim W_{opt} + 3\%$ $20\% \leq P_{7\%} \leq 30\%$ " $W_{opt} - 1\% \sim W_{opt} + 3\%$ $P_{7\%} > 30\%$ " $W_{opt} - 2\% \sim W_{opt} + 3\%$
締固め乾燥密度 (ρ_d)	せん断抵抗角 $\phi \geq 30^\circ$ 透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$	$\rho_d \geq -0.05 \cdot W + 2.48 \text{ g/cm}^3$ ただし $\rho_d \geq 1.55 \text{ g/cm}^3$
粒度 ($P_{7\%}$)	透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ せん断抵抗角 $\phi \geq 30^\circ$	$14\% \leq P_{7\%} \leq 40\%$

注) $P_{7\%}$: 74 μm フル通過率 g_c : コーン支持力 W_{opt} : 最適含水比

1) 含水比について

含水比の下限は透水性により、上限はトラフィカビリティで規定するのが妥当であると判断した。また、細粒分 ($P_{7\%}$) が多い材料ほど含水比範囲を乾燥側に広くとれるものと判断した (図-3)。

2) 締固め乾燥密度について

せん断抵抗角 (ϕ) は乾燥密度 (ρ_d) と有意な相関があり、 $\rho_d \geq 1.55 \text{ g/cm}^3$ であれば $\phi \geq 30^\circ$ が得られる (図-2)。また、含水比に応じた乾燥密度の規制により $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ を得ることができると判断した (図-4)。

3) 粒度について

含水比基準範囲内での粒度 ($P_{7\%}$) と透水係数 ($k_{max} \sim k_{min}$) および乾燥密度 ($\rho_{dmax} \sim \rho_{dmin}$) の関係について検討したところ、それぞれ両者とも有意な相関が認められ、 $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ より $P_{7\%}$ の下限を、 $\phi \geq 30^\circ$ すなわち $\rho_d \geq 1.55 \text{ g/cm}^3$ により $P_{7\%}$ の上限を規定するのが妥当であると判断した (図-5、図-6)。

4. ロック材の特殊試験

ロック山の地質は片岩類 (雲母片岩、雲母石英片岩、石英片岩) およびそれに進入する花崗斑岩で構成されている。一般に片岩類は形状が扁平になり易く、耐風化抵抗にも問題がある場合が多いようであるが、当地域の場合は花崗斑岩の進入による熱変成作用を受けているため片理が密着し、緻密堅固になっており、試験機坑での掘削岩屑は塊状と認められ、ボーリングコアによる圧縮試験結果ならびに耐風化抵抗性も良好であることを確認した (表-3)。

5. あとがき

コア材の設計値および品質管理基準については、現場転圧試験を実施してそれらの妥当性を確認するが、これについては今後行う計画である。

図-3. コア材下限含水比の検討

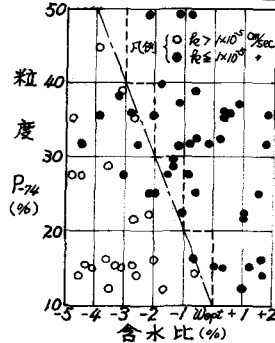


図-4. コア材締固め密度の検討

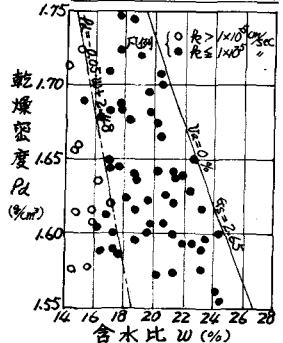


図-5. コア材下限粒度の検討

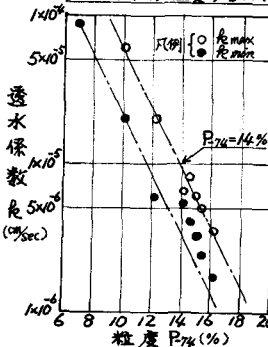


図-6. コア材上限粒度の検討

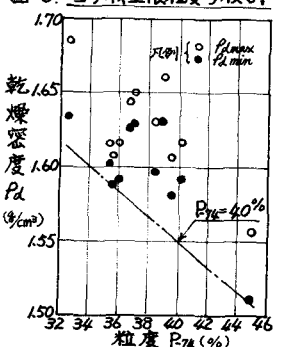


表-3. 雲母片岩の岩石試験結果

岩級	一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)		耐風化損失率 (%) *
	片理面を考慮しない	片理面と直交方向	
CM	260	800	4.2
CM~CH	570	1,000	1.9
CH	990	1,000%以上	0.1

* 過飽和硫酸ナトリウム溶液 20°C、12時間浸漬 → 5回くり返し → 乾燥炉 110°C、12時間乾燥