

ロックフィルダムの動態解析に用いる物性値（現場計測より求めた場合）

飛島建設 正会員○福島浩人 国土交通省 木内良春

飛島建設 武氣士郎 飛島建設 正会員 沼田淳紀

飛島建設 正会員 荒井幸夫 東京工業大学 フェロー会員 太田秀樹

1. はじめに

筆者らはロックフィルダム堤体内の詳細な応力状態や間隙水圧を把握し、築堤時から初期湛水時までの水理破碎に対する安定性を検討する目的で動態解析¹⁾を実施している。手法としては堤体材料を関口・太田モデルによる粘弾塑性材料として、土／水連成圧密解析を適用している（解析コード；DACSAR）。ここでは、大型重機により転圧して築造される堤体の構成材料は転圧荷重を先行圧縮応力とする過圧密土として扱っている²⁾。本論文では現場計測データや盛立て時に実施した品質管理試験から設定した物性値の設定根拠を示す。

2. 現場計測および品質管理試験概要

(1) 現場計測概要

摺上川ダムは、堤高 105m、堤頂長 718.6m、堤体積 8,300,000m³の中央コア型ロックフィルダムである。最大断面で埋設計器が配置されている No.28 断面（解析断面）を図－1 に示す。

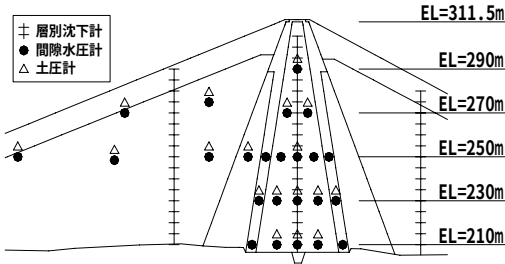
(2) 品質管理試験概要

堤体築造時に実施した品質管理試験の項目および頻度を表－1 に示す。

3. 品質管理試験結果及び計測結果

(1) 深度分布図

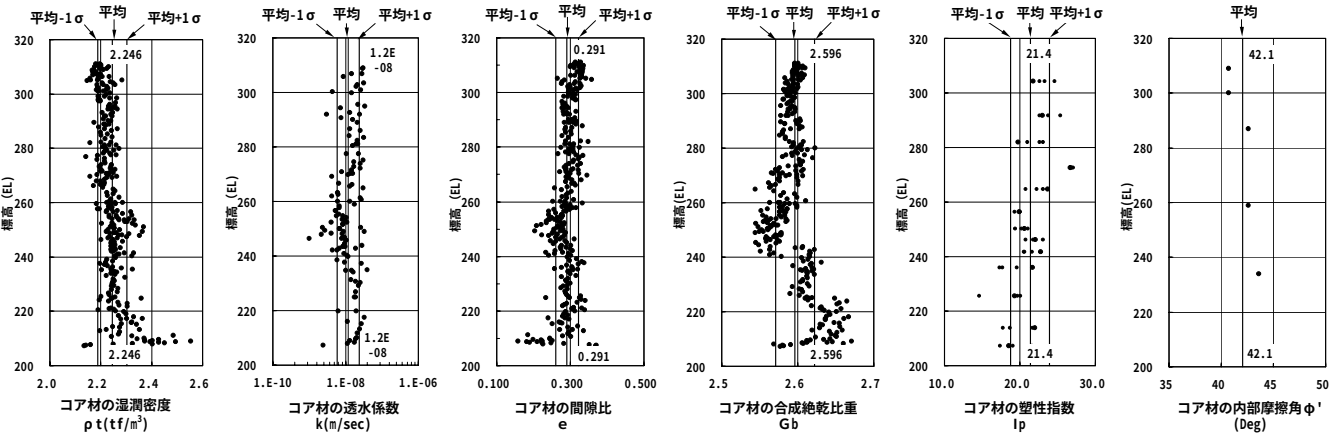
現場で実施した品質管理試験のうち、入力定数に必要となる項目を中心に標高方向の分布図としてまとめた。コア材の深度分布図の一例を図－2 に、各項目の計算式を表－2 に示す。図－2 には平均値と±1σの値を同時に示しているが解析では平均値を用いた。



図－1 ダム断面図

表－1 堤体における品質管理試験頻度

場所	試験項目	試験頻度			
		コア材	細粒・粗粒フィルター	内部ロックII-①	内部・外部ロック
盛 立 時	現場密度試験	砂置換法：3ヶ所／層 SRID法：10ヶ所／層 (Ri法：3ヶ所／層(4方向／ヶ所))	1回／ 10,000m ³	1回／ 50,000m ³	1回／100,000m ³
	現場透水試験	1回／10,000m ³ (3ヶ所／回)	1回／ 10,000m ³	1回／ 50,000m ³	1回／100,000m ³
	粒度試験	1ヶ所／層	1回／ 20,000m ³	1回／ 50,000m ³	1回／100,000m ³
	含水比試験	3ヶ所／層	1回／ 10,000m ³	1回／ 50,000m ³	1回／100,000m ³
	比重・吸水試験	(ストックパイルにて実施)	1回／ 10,000m ³	1回／ 50,000m ³	1回／100,000m ³
	室内 三軸圧縮試験	1回／200,000m ³	1回／200,000m ³	1回／100,000m ³	1回／600,000m ³



図－2 コア材物性値の深度分布

キーワード ロックフィル，有効応力解析，現場計測，品質管理試験

連絡先 〒102-8332 東京都千代田区三番町二番地 飛島建設株式会社 TEL(03)5214-7089 FAX(03)3288-5285

表－２ 各項目の計算式

項目	記号	計算式	
乾燥密度	ρ_d	$\frac{W_d}{V}$	V：体積 (m ³) W _d ：全粒径における乾燥質量 (t)
湿潤密度	ρ_t	$\frac{W_t}{V}$	W _t ：全粒径における湿潤質量 (t)
間隙比	e	$\frac{G_b}{\rho_d} - 1$	P _{-37.5} ：37.5mm粒径未満の残留率 (%) P _{+37.5} ：37.5mm粒径以上の残留率 (%) G _b ：全粒径の合成乾比重
合成乾比重	G _b	$\frac{100}{\frac{\rho_w \times P_{-37.5}}{\rho_{s-37.5}} + \frac{P_{+37.5}}{G_{b+37.5}}}$	$\rho_{s-37.5}$ ：37.5mm粒径以下の土粒子密度 (t/m ³) (9.5mm以下の値を代用した) G _{b+37.5} ：37.5mm粒径以上の乾比重
飽和度	S _r	$\frac{w}{\frac{1}{\rho_d} - \frac{1}{G_b}}$	ρ_w ：水の密度 (1t/m ³) w：全粒径の合成含水比
含水比	w	$w_{-37.5} \times \frac{P_{-37.5}}{100} + w_{+37.5} \times \frac{P_{+37.5}}{100}$	W _{-37.5} ：37.5mm粒径以下の含水比 W _{+37.5} ：37.5mm粒径以上の含水比 (コア・バールで得られた礫の吸水率とした)

(2) 三軸圧縮試験結果

品質管理試験において、各材料の三軸圧縮試験を実施している。コア材についてCU試験の結果を平均有効主応力と軸差応力の関係で整理したものを図－3に示す。この応力経路図から限界応力比Mを求めた。フィルター材、ロック材についてはCD試験より求められた内部摩擦角 ϕ_d (粘着力=0)から限界応力比Mを求めた。

(3) 圧縮曲線

ロックフィルダムの材料は築堤時の土荷重の増加に従い、弾塑性的な挙動を示す。そこで、現場から得られた初期間隙比と層別沈下計から得られたデータの層間の変位よりひずみを求め、これを間隙比の変化に換算し、横軸に上載圧をとってe-log σ_v' 曲線を描いた。その曲線から、圧縮指数、膨潤指数、先行圧縮応力、先行時の間隙比を算出した。図－4にコア材の圧縮曲線を示す。

4. まとめ

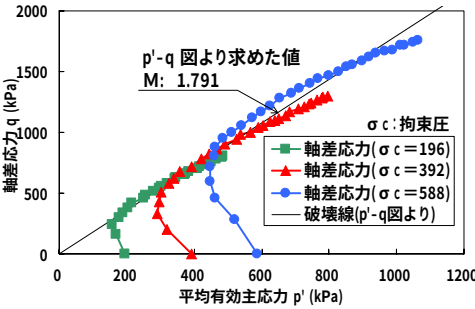
求められた堤体および基礎岩盤の各種物性値とその決定方法を表－3に示す。

表－３ 品質管理試験および現場計測から設定した物性値

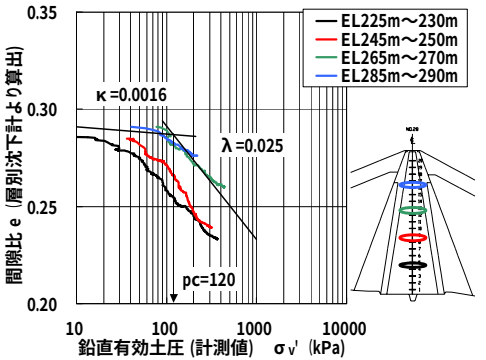
	コア	細粒フィルター	粗粒フィルター	ロックII	ロックII-①	ロックI	基礎岩盤	グラウト	パラメーターの決定方法
湿潤密度 ρ_t (t/m ³)	2.246	2.294	2.201	2.130	2.113	2.109	2.200	2.200	品質管理試験(堤体)、事前調査資料(基礎岩盤)
先行時の間隙比 e_0	0.287	0.212	0.200	0.224	0.229	0.282	—	—	e-log p 曲線により算定
先行圧縮応力 p_c (kPa)	120	170	270	320	240	340	—	—	層別沈下計の計測結果(コアとロックIIとロックII-①)
圧縮指数 λ	0.025	0.0076	0.0075	0.024	0.0136	0.027	—	—	三軸試験結果(フィルター)
膨潤指数 κ	0.0016	0.0011	0.0022	0.0019	0.0018	0.0021	—	—	
内部摩擦角 ϕ' (°)	42.1	45.4	47.4	47.8	47.7	44.2	—	—	$\sin \phi' = 3M / (6+M)$ (コア)、CD試験結果(フィルター、ロック)
ヤング係数 E(kPa)	—	—	—	—	—	—	2.75×10^6	2.75×10^6	岩盤変位計計測結果
透水係数 k (m/sec)	1.2×10^{-8}	2.6×10^{-5}	2.0×10^{-4}	6.5×10^{-4}	5.4×10^{-4}	1.1×10^{-3}	1.2×10^{-7}	2.7×10^{-10}	現場透水試験(堤体)、ルジオン値(基礎岩盤、グラウト部) $1Lu = 1.3 \times 10^{-7}$ m/s、グラウト部は試験結果の1/100とした試験結果(コア)
塑性指数 Ip	21.4	—	—	—	—	—	—	—	$D = (\lambda - \kappa) / M(1+e_0)$
グレイタンシ係数 D	0.0105	0.0029	0.0023	0.0092	0.0049	0.0107	—	—	$\Lambda = 1 - \kappa / \lambda$
非可逆比 Λ	0.936	0.855	0.707	0.921	0.868	0.922	—	—	応力経路(コア)、 $M = 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi')$ (フィルター、ロック)
限界応力比 M	1.73	1.87	1.95	1.97	1.96	1.82	—	—	$v' = K_0 / (1 + K_0)$ (堤体)、事前調査(岩盤)
ポアソン比 ν'	0.346	0.311	0.310	0.309	0.309	0.312	0.300	0.300	$K_0 = 0.44 + 0.42p \times 10^{-2}$, $\sin \phi' = 0.81 - 0.233 \log p$
先行時の静止土圧係数 K_0	0.530	0.451	0.449	0.448	0.448	0.453	—	—	
盛り立て要素の厚さ (m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	—	—	
現位置有効上載圧 σ_{vi}' (kPa)	9.3	9.7	9.0	8.5	8.3	8.3	—	—	
過圧密比 OCR	12.8	17.5	30.0	37.8	28.8	40.9	—	—	$OCR = p_c / \sigma_{vi}'$
原位置土圧係数 K_i	1.685	2.048	2.731	3.084	2.668	3.198	—	—	$K_i = K_0(OCR)^{0.54 \exp(-Ip/122)}$, $\sin \phi' = 0.81 - 0.233 \log p$
二次圧密係数 α	9.7×10^{-4}	3.1×10^{-4}	3.1×10^{-4}	9.8×10^{-4}	5.5×10^{-4}	1.1×10^{-3}	—	—	$\alpha_e = 0.05 \lambda$, $\alpha = \alpha_e / (1 + e)$

(参考文献)

- 1) 荒井幸夫・三浦清志・武氣士郎・福島浩人・太田秀樹：ロックフィルダムの築堤時動態解析，第40回地盤工学研究発表会，投稿中。
- 2) 森吉昭・内田善久・中野靖・吉越洋・石黒健・太田秀樹：現場転圧された粗粒材料の高応力下における圧縮性状と材料定数，土木学会論文集，No.687/III-56，pp.233-247，2001.9。



図－３ コア材の応力経路



図－４ コア材の圧縮曲線