

## ロックフィルダムの上下流変形挙動に関する検討

### - 実測挙動に基づく影響要因の検討 -

前田建設工業（株）技術研究所 正会員 菅井正澄 前田和亨 石黒 健  
 東京電力（株） 栃木支店 正会員 内山浩史 鈴木英雄

#### 1. はじめに

揚水式発電所の上部ロックフィルダムにおいて堤体天端の上下流変形が上流側に変位している事例がある。本論文は、K ダム及び他の複数のダムの実測挙動を分析し、上下流変形に影響を及ぼす各種要因の検討を行ったものである。検討の結果、堤体天端の上下流変形には、主に 上流ロックゾーンの沈下、下流ロックゾーンの剛性（湛水荷重に対する下流側堤体の変形抵抗性）、貯水位の運用レベルが、影響を与えていることが明らかとなった。

#### 2. 実測値に見られる変形挙動

図-1 に検討対象となった K ダム堤体の変位ベクトルを示す。堤体天端が僅かに上流側に変位しているものの、下流ロックゾーン、上流ロックゾーンは下流側への変位となっている。このことは、堤体の上流側への変形が天端付近の局所的な挙動であることを示唆している。また上流ロックゾーンの沈下が、下流ロックゾーンに比べて大きいことが特徴的である。図-2 に堤体天端における鉛直変位と上下流変位の経時変化を貯水位履歴とともに示す。上下流変位には貯水位の変動に応じた弾性的な挙動が見られ、平均的な運用レベルの変化にも影響を受けていることを示している（図中の上下流変位の変曲点は、平均的な貯水位レベルの運用 から運用 への変化時点に対応）。

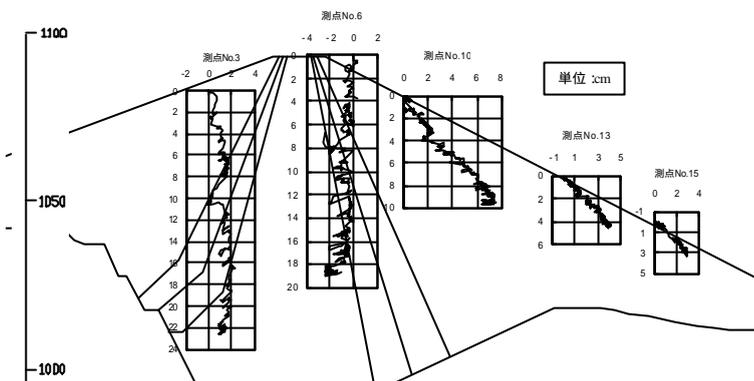


図-1 堤体の変位ベクトル

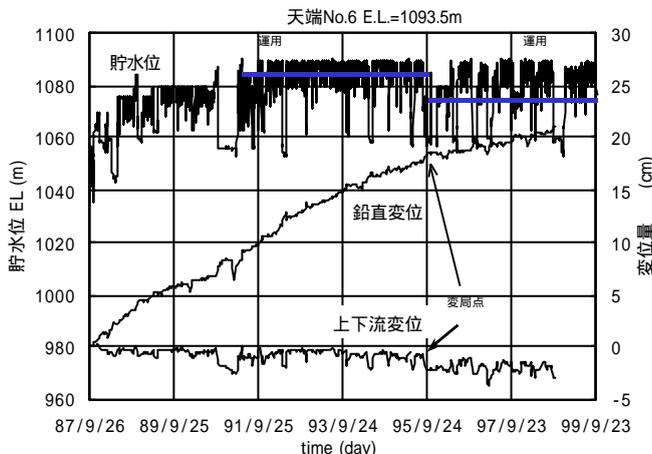


図-2 堤体天端における鉛直変位と上下流変位の経時変化

#### 3. 他ダムとの比較による影響要因の検討

図-3 に各ダム上流ロックゾーンの沈下ひずみ（沈下量 / 標の高さ、で定義）の経時変化を示す。湛水開始後 3000 日後では、N ダム、T ダム、K ダムの順で沈下ひずみが大きくなっていることがわかる。図-4 に各ダムの下流ロックゾーンのせん断ひずみ（上下流変位 / 標の高さ、で定義）と上流ロックゾーンの沈下ひずみの関係を示す。図中には K ダム、H ダムに対する試解析の結果<sup>1)</sup>を、白抜きのプロットにより併記している。この図から、上流ロックゾーンの沈下が大きいほど（K ダムが最大）、また下流ロックゾーンの上下流ひずみが小さいほど（K ダムが最小）、すなわち図中の左下の条件に近づくほど、天端の下流側への変位が小さくなることがわかる。なお、下流ロックゾーンの上下流ひずみは、湛水荷重による堤体の下流側への変形に対する堤体の変形抵抗性（下流ロックゾーンの剛性、基盤の三次元効果などを含む）を表すことになる。ではなぜ、K ダム上流ロックゾーンの沈下が最も大きくなったのか。図-5 は図-3 に示した上流ロックゾーン

キーワード：ロックフィルダム / 上下流変形 / 沈下ひずみ / せん断ひずみ

連絡先：〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16/TEL03-3977-2241/isigurot@jcity.maeda.co.jp

の沈下ひずみを、ロック材の平均粒径との関係で示したものである。ロック材の平均粒径が大きいほど、その沈下量が大きくなることを示している。同じ上載荷重を受けた場合、ロック材の粒子間に作用する粒子間伝達荷重は、粒径が大きい材料ほど粒子接触点数が少なくなるため、大となる。このため同じ上載荷重であっても、粗粒側の材料ほど変形が大きくなると考えられる<sup>2)</sup>。K ダムでは、図-2 に示したように大幅な貯水位低下が数多く繰り返されており、このような材料特性と運用条件の影響が顕著に生じたものと考えられる。表-1 に各ダムの貯水位運用レベルと天端上下流ひずみの関係を示す。ここでは貯水位の運用レベルを表す指標として、運用高さ比(貯水位の平均運用高さ( $h_w$ ) / 堤高(H))を定義した。表に示されるように、運用高さ比 0.9 が下流側への変形と上流側への変形の境界値となることが示唆される。なお表中の N ダム は、当初下流側へ変形していたものが、ある時期に上流側への変形に移行した事例である。図-6 に以上の検討結果で明らかとなった堤体上下流変形のメカニズムを模式的に示す。堤体の上下流変形の影響要因は、主に上流ロックゾーンと下流ロックゾーンの沈下のバランス、貯水位の運用レベルと運用条件、湛水荷重に対する下流側堤体の変形抵抗性にあるものと考えられる。

なお堤体の間隙水圧分布は正常で安定しており、堤体の安定は問題ないと考えている。

《参考文献》

- 1)内山、鈴木、菅井、前田、石黒：ロックフィルダムの上下流変形挙動に関する検討(その2)弾塑性連成解析による変形メカニズムの検討、土木学会第57回年講(投稿中)、2002.9.
- 2)森、内田、中野、吉越、石黒、太田：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, 233-247, 2001.9

表-1 各ダムの利用水深とダム天端の上下流ひずみ

ダム名	Kダム	Kダム	Tダム	Nダム	Nダム	Sダム	Hダム
定常利用水深 EL (m)	1080-1090	1080-1090	1165-1172	1040-1045	1022-1045	1268-1278	1460-1481
定常運用幅 (m)	10	10	7	5	23	10	-
平均利用水深 EL (m)	1083	1077	1168.5	1043	1033.5	1273	(1481)
平均運用高さ $h_w$ (m)	87	81	107.5	114	104.5	166	(825)
堤高 H (m)	97.5	97.5	116	125	125	176	89
運用高さ比 $h_w/H$	0.89	0.83	0.93	0.91	0.84	0.94	(0.93)
ダム天端上下流ひずみ (%)		-0.03	0.07		0.03 マイナス側へ変位	0.06	0.11

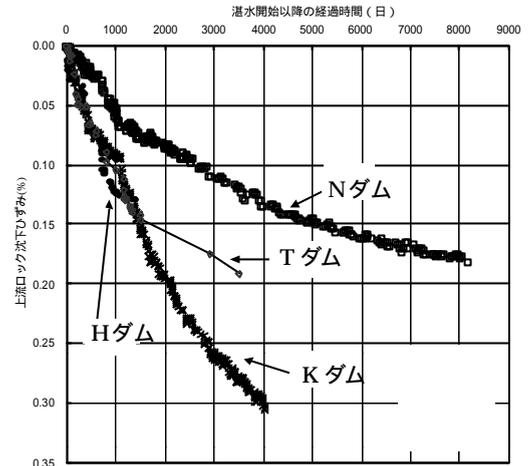
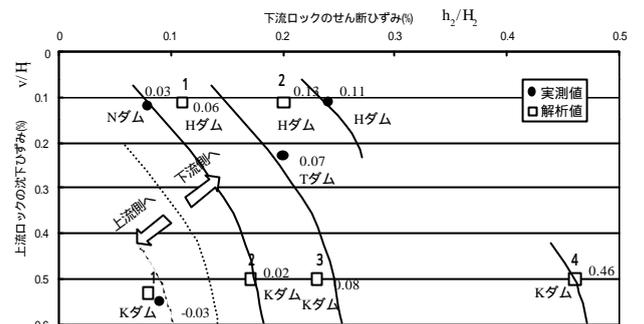


図-3 各ダム上流ロックゾーンの沈下ひずみ



\*) 図中の数字は  $h_w/H$  を表す  
\*) の上部番号は試解析のケース番号である

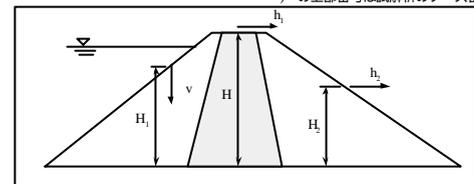


図-4 下流ロックせん断ひずみと上流ロック沈下ひずみの関係

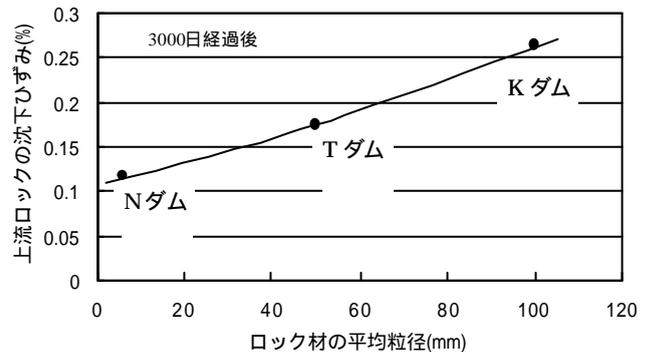


図-5 ロック材の平均粒径と上流ロックゾーンの沈下ひずみ関係

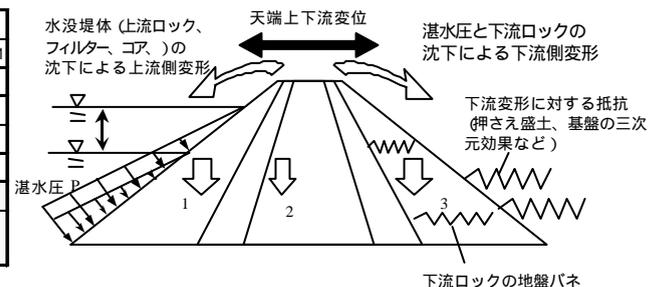


図-6 ロックフィルダム上下流変形の概念図