

電力中央研究所 正員 ○駒田広也  
 電源開発株式会社 正員 金沢紀一  
 電源開発株式会社 正員 北村邦雄

1. まえがき

近年 大型揚水発電用のダムとして 多くのフィルダムが建設されている。 揚水発電用のダムでは、毎日1～2回、貯水池水位を30m～50m だけ急降下させなければならない場合がある。 貯水位を急降下させるとゾーン型のフィルダムでは、上流側フィル内に生ずる残留間げき水圧の分布状況が堤体の滑り安定に大きな影響を与える恐れがある。 そこで 貯水位急降下時の堤体内の残留間げき水圧を求めむための非定常浸透流解析法を開発し 貯水位急降下時の堤体の安定性を動的に検討することにした。

2 非定常浸透流解析

貯水池水位の急降下時に フィルダム内に発生する残留間げき水圧の分布を求める数値解析の手法の信頼性を高めるために、自由水面が低下するときの間げき比と含水比をパラメーターとした排水係数を導入した自由水面の変化の解析手法を実用化した。 この解析法により、貯水池水位の変動に応じたフィルダム内の自由水面および水圧分布の変動を追跡することができる。 さらに、粘性流体相似法の Hele-Shaw モデルによる模型実験結果と数値計算結果とを比較すると(図-1)、おおむね一致が見られ、数値解析の妥当性が確かめられた。

3. 堤体の安定解析

浸透流を受ける堤体内の応力は 自重による有効応力と浸透力による土粒子に働く応力とに大別される。

浮力を考慮した自重による応力を求めるための堤体内の単位体積重量は、自由水面より上部では湿润重量  $\gamma_{wet}$ 、自由水面より下部では水中重量  $\gamma_{sub}$  を用いる。

つぎに 流れの場の土粒子の単位体積に作用する浸透力は、その点における動水勾配に水の単位体積重量  $\gamma_w$  を乗じた物体力として与えられる。 すなわち 座標方向成分で表示すれば 次式になる。

$$X = -\gamma_w \frac{\partial H}{\partial x} \quad , \quad Y = -\gamma_w \frac{\partial H}{\partial y} \quad (1)$$

この解析法により、中央コア型ロックフィルダムについて貯水池水位の急降下時における安定解析をおこなった。 以下のような結果が得られた。

貯水位急降下後の堤体内のポテンシャル分布(図-2)から、式(1)の浸透力の等価節点力を求めると、コア部では下流側に作用しているが、上流側ロックフィル部では斜面のすべり面に沿うように作用していて、堤

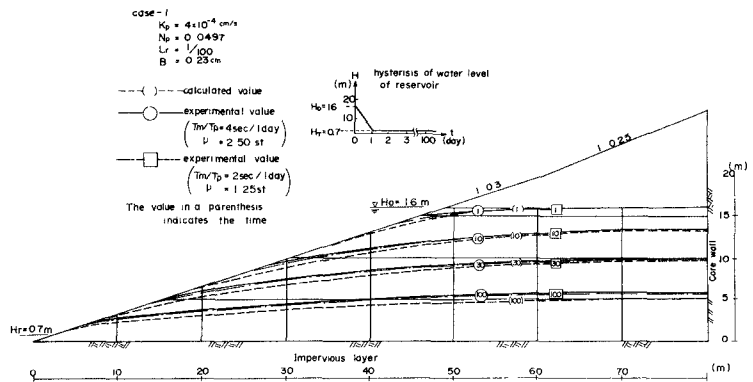


図-1 有限要素法と Hele-Shaw モデルによる比較

体の安定上好ましくない状態が生じている。

この浸透力による堤体の変形を求めると図-4になる。上流側斜面では、ロックフィル部における上流側への浸透力のため貯水位急降下時に特有な浮き上がり、および、はらみ出しがみられる。そして上流側ロック部のコア一部付近では下向きの浸透力が作用しているため、下流側ロック部よりも大きな沈下が生じている。中央コア型ロックフィルダムの場合、実測によると、一般に下流側ロックフィル部よりも、上流側ロックフィル部に大きな沈下が生じている。この1つの原因として、上に述べた貯水位急降下時における上流側ロックフィル部での下向きの浸透力が原因しているものと考えられる。

貯水位急降下時の浸透力によって、上流側ロックフィル部では、ほぼ全域にわたって安全率が低下し、特に貯水位が降下する範囲の安全率(図-6)の低下が著しく、浸透力を考慮しない場合の安全率(図-5)の約6割に減少している(図-7)。さらに図-6に示したような局所的な不安定領域を多く含む仮想すべり面に対して、クーロンの摩擦の法則による抵抗せん断力と応力解析で得られた作用せん断力とから求めた安全率は1.77となった。

謝辞 本報告において、模型実験では電源開発株式会社吉岡邦明氏に、計算プログラムの作製では周発計算センター斎藤俊彦氏に種々なる御助力を頂いたことを記し、感謝の意を表するものである。

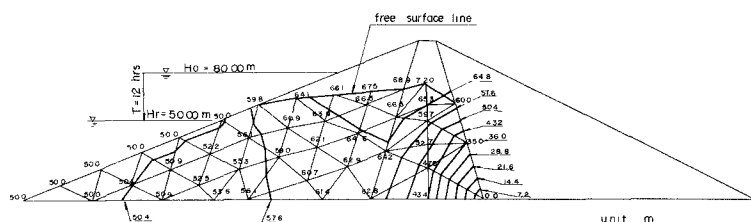


図-2 貯水池急降下後(1/2時間後)のポテンシャル分布

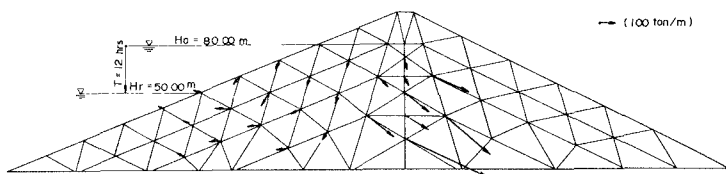


図-3 貯水池急降下後の浸透力の等価節点力

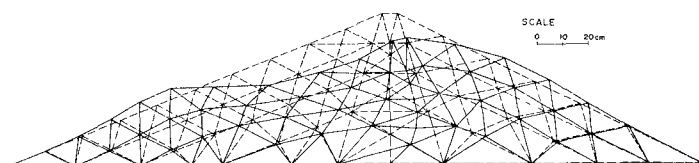


図-4 浸透力による変形

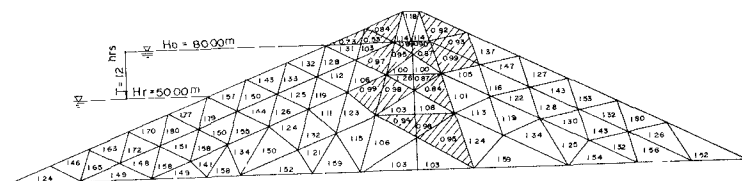


図-5 自重による安全率の分布  $SF_w$

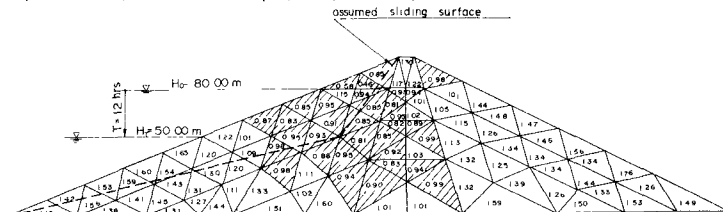


図-6 自重と浸透力による安全率の分布  $SF_w + s$

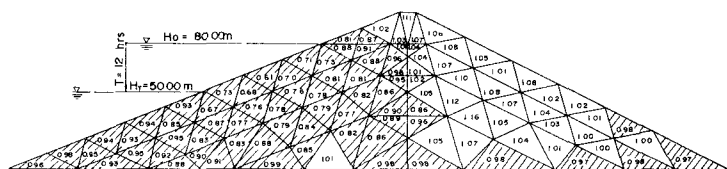


図-7 浸透力による安全率の変化  $SF_w + s / SF_w$