

電源開発株式会社 正 ○ 大町達夫
電力中央研究所 正 駒田広也

1. 緒言 現実のダムサイトにおける浸透水の挙動がとらえ難いことの要因として、土中水の浸透性状が多様なことや自然の地形・地質が複雑なことなどが挙げられる。水が土の間隙を満たしていない自由水面上の不飽和部においても毛管水帯のサイホン作用により浸透現象がみられることは周知の通りであるが、この種の流動は飽和部の浸透流動に関するダルシーの式と同形式のリチャードの式で表現できるとされている¹⁾で、両者を結合させれば飽和・不飽和部の浸透流動を一括して取扱うことができる。また解析手法として3次元有限要素法を適用すれば地形や地質構造の複雑さをある程度勘案した解析が可能であるので解析結果に対する信頼度を高めることができる。本報告はこのような視点から開発された浸透流解析手法のフィルダムへの適用例のうち、特にダム基礎および地山内の迂回浸透流について紹介するものである。

2. 解析手法 不飽和浸透流に関するリチャードの式は次式で与えられる。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = C \frac{\partial h_p}{\partial t} = \nabla [K(\theta) \nabla (h_p + h_e)] + Q \quad (1)$$

ここで θ は体積含水率、 h_p は土のサクション圧(負圧)、 h_e は位置水頭、 Q は湧出量であり、 $K(\theta)$ は含水率に依存して変化する不飽和透水係数である。また C は比水分容量と呼ばれ h_p - θ 関係より $C = \frac{d\theta}{dh_p}$ として求められる。飽和部については h_p に正の圧力水頭をとり、 $C=0$ 、 $K(\theta)=一定$ と考えることにより、上式は飽和浸透流に関するダルシーの法則も含むと見なすことができる。

重みつき残差法を利用した有限要素法を用いれば(1)式は数値的に解析することができる。以下に示す数値解析例においては、有限要素として6面体アイソパラメトリック要素を用いた。

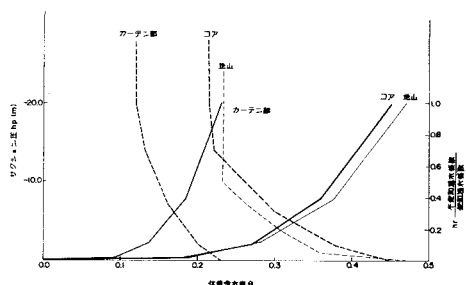
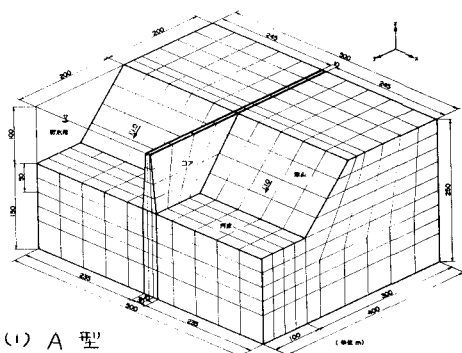
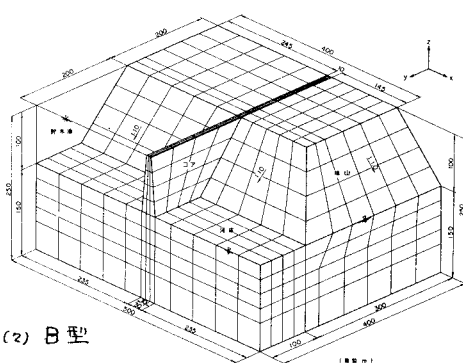


図1 不飽和領域の透水特性

3. 解析例 使用したモデルは図2に示すように、下流側取付地山の河流方向に十分広い場合のモデル(A型)と、それが比較的せまい場合のモデル(B型)の2タイプである。水位条件は貯水池水深100mとし、下流側では河床と同標高とした。飽和透水係数はコア部、グラウトカーテン部、基礎および地山部でそれぞれ 1×10^{-6} 、 1×10^{-5} 、 1×10^{-4} cm/sとし不飽和透水係数は図1のように想定した。

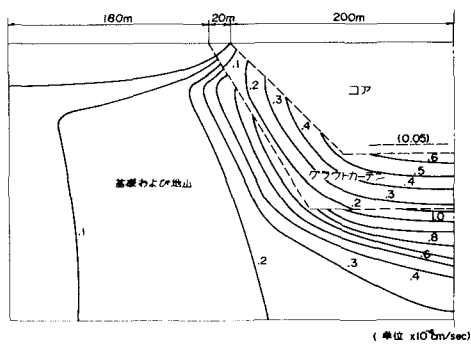


(1) A型

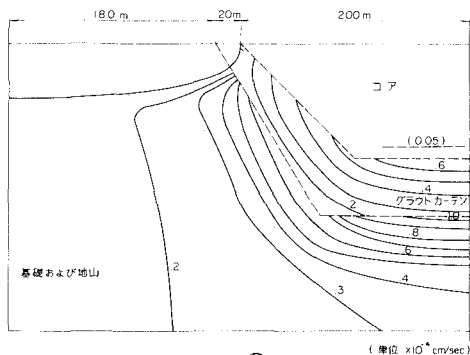


(2) B型

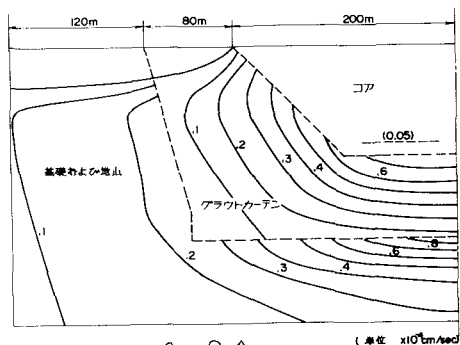
図2 3次元モデル



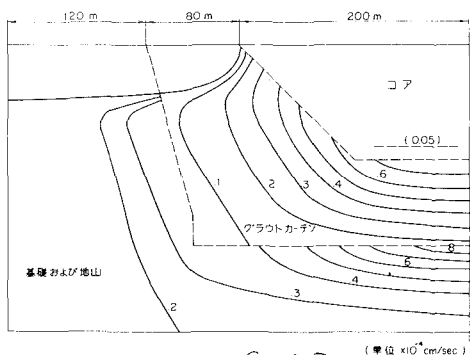
(1) Case 1-A



(3) Case 1-B

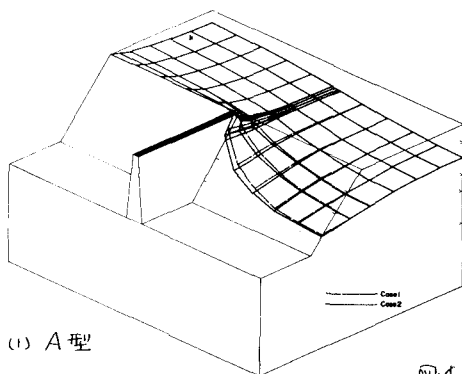


(2) Case 2-A

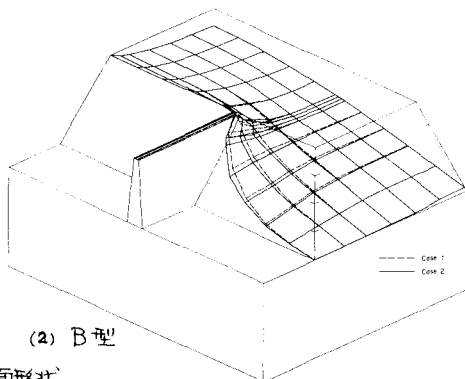


(4) Case 2-B

図3 ダム軸断面内の上下流方向流速分布



(1) A型



(2) B型

図4 自由水面形状

計算は各モデルのグラウトカーテンを図3中の破線で囲まれた範囲とするそれぞれ2ケースについて行った。ダム軸断面内での河流方向の流速分布を図3に、左岸地山における自由水面形状を図4に示す。また本解析により得られた貯水池左半からの浸透流量は表1の通りである。

モデル	A	B
Case 1	1.08	1.29
Case 2	1.04	1.21

表1 浸透流量 (m³/分)

4. 結語 単純なモデルを用いた三次元浸透流解析により得られた地山迂回流の流動状況やグラウトカーテンの初果等について略述した。今後は岩盤割れ目を考慮した解析や実測値との比較などを進めて行く予定である。終りに、計算に際し多大な協力を得た(株)開発計算センター井田文雄氏に末筆ながら謝意を表したい。

文献 1) 駒田広也「飽和・不飽和土中の非定常浸透流解析」電力中央研究所報告 No.377015, 昭和53年2月。
2) 駒田広也、大町達夫「フィルダムの三次元浸透流解析」大ダム, No.86, 1978.12 (投稿中)