

愛知工業大学 正会員 ○木村 勝行

" " 大根 義男

" 学生員 佐藤 浩一

1. 序 定常浸透問題は与えられた境界条件を満たすようにラプラスの方程式を解く問題に帰する。しかし、自由水面を有する浸透流については自由水面形状が最初には未知であることなどから数学的な解を得ることは困難であり、特にそれが三次元流の場合はほとんど不可能である。したがってその解析は近似解法によらざるを得ない。種々の近似解法の中で二次元流に対して有力なものに流線網図法がある。三次元流に対しては二次元流における流線に代えて流管を考えればよいのであるが、個々の流管について満足すべき条件（等ポテンシャル面により区切られる流管の小部分の断面積と長さの比をすべての小部分について等しくする）を満たしつつ浸透流を形成していくことは二次元流における流線網の構成には及びもつかない労力を要し現実的でない。このため三次元流については、浸透領域の平面図に対して二次元流におけるのと同じ要領で流線網を描き、それによって浸透流の概略をつかむ簡便な方法が考えられている。本報文は三次元浸透流に対する室内実験および数値計算による結果と、三次元流を二次元流として解析する簡便法による結果を対比させて検討し、その結果を基に二次元流と三次元流の浸透性状の相違について述べたものである。

2. ポテンシャル線および流線の比較 解析の対象とした三次元浸透流のモデルの概略は図-1に示してある。これはダム取り付け部の地山に設けられた止水壁を迂回する浸透流を想定している。検討の際、三次元流の浸透流量、自由水面形、底面および自由水面上の流線は室内実験により観測されたものを用い、底面の水頭および浸透流内部の流線は緩和法により計算したものを用いた。

図-2は流線および等ポテンシャル線を二次元流と三次元流の底面および自由水面上とで比較したものである。図から、等ポテンシャル線は三次元流の底面および自由水面の方が二次元流より浸透水の進行方向に移動していることがわかる。また流線については、二次元流と比較して三次元流の底面では内側を、自由水面では外側を通過していることがわかる。

図-3は止水壁軸上の鉛直断面における自由水面形および底面の水頭分布を示したものである。図から、止水壁端より地山内部の鉛直不透水面に至る断面においては自由水面の水頭は止水壁から遠ざかるにつれて減少しているが、底面の水頭は逆に増加している。すなわち、この断面を通過する際の流線の方向は、自由水面上では水際線より遠ざかる方向を向いているのに対し、底面では水際線に近づくような向きであることがわかる。さらに図-3には、止水壁軸上の上流側水面下A点より始まる流線も描いてある。この流線はB点を回りC点で下流側自由水面上に現われ、その後は止水壁から離れていく。以上のことから、図-1に示すような三次元流は二次元流のように流れが鉛直面内で生じているのではないことがわかる。

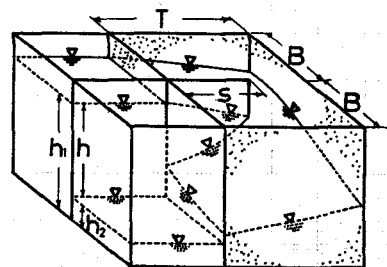


図-1

3 考察 図-1 に示したような3次元流の浸透流量は浸透領域の平面図に対して水平面内の2次元浸透流を考へ、上下流の水位差 h 、透水層厚 $(h_1+h_2)/2$ として求まる2次元流の浸透流量をもって推定される。¹⁾ このことと、等ポテンシャル面は2次元流より3次元流の方が浸透水の進行方向に移動していることについて考察を加えてみる。

簡便法は浸透流の厚さが変化する3次元流を水平面内の2次元流として解析する方法である。いま、浸透流の厚さが変化する2次元流に対して簡便法を用いてみる。

図-4(a)は2次元長方形断面堤体内の流れである。この場合の単位幅当りの浸透流量 q_2 は

$$q_2 = \frac{k(h_1^2 - h_2^2)}{2L} = kD \frac{(h_1 + h_2)}{2} \quad (1)$$

である。²⁾ また、図-4(b)のような水平1次元浸透流の単位幅当りの浸透流量 q_1 は

$$q_1 = kD \quad (2)$$

となる。ここで、 $D = (h_1 + h_2)/2$ とすると(1)式と(2)式の右辺は等しくなり、図-4の(a)と(b)の2次元流と1次元流は浸透流量が等しくなる。一方、図-4(a)の平面図に流線網を描くと、上下流間を等ポテンシャル線により l に区切った場合に流線は単位幅の平行線で表わされるから、図-4(c)のようになる。これは図-4(b)の1次元流の平面図における流線網でもある。この図-4(c)の流線網によって単位幅当りの浸透流量 q_2 を求めると

$$q_2 = kD \frac{(h_1 + h_2)}{2} \quad (3)$$

となり、鉛直断面に対して得られた(1)式と等しい浸透流量が浸透領域の平面図に描いた流線網から得られる。

図-4(a)の自由水面および底面における等ポテンシャル線を平面的に表わすと図-4の(a)および(e)のようになる。これらを図-4(c)と見比べると、下流側への移動は明らかである。

ここで得られた2次元流と1次元流の関係をそのまま3次元流と2次元流の関係に拡張して適用することには問題があるが、その関係には双方で類似性が認められる。特に浸透流量については3次元流に簡便法を用いても良い結果が得られるようである。

[参考文献] 1)大根, 木村(1976):「ダム浸透性について」, 第11回フルガム施工技術講習会テキスト, 日本ダム協会 2) Polubarinova-Kochina, P. Ya. (1962): "Theory of Ground Water Movement", Princeton Univ. Press, pp. 281-282

$T=22.5\text{cm}$, $B=40\text{cm}$, $s=12.5\text{cm}$
 $h_1=30\text{cm}$, $h_2=0\text{cm}$

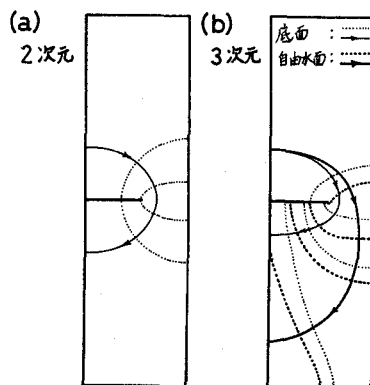


図-2

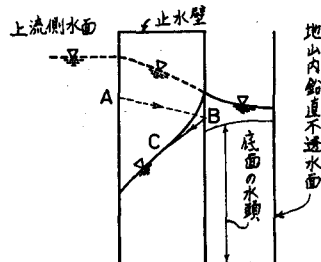


図-3

透水係数: k

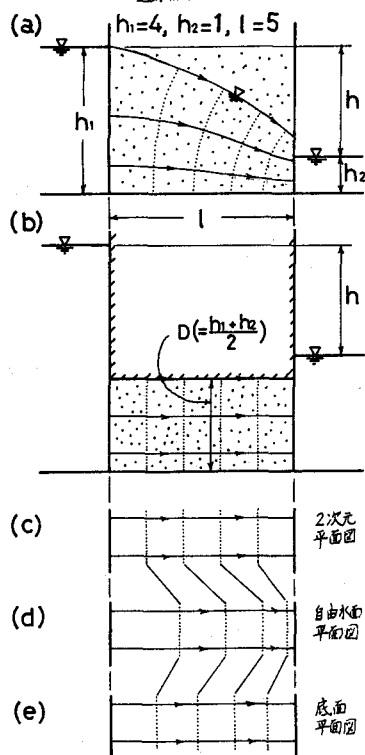


図-4