

中部電力株式会社 正員 宮口 友延 金 武夫

1. まえがき

静水圧、あるいは浸透圧が作用している土中の任意の面における有効応力(σ)は、その面に作用する全垂直応力(σ_v)からその位置に作用している水圧(p)を差し引いたものである。

$$\sigma = \sigma_v - p \quad (1)$$

2. のような有効応力を導入して土斜面のすべり安定が検討されるようになってから、すでにスレーにもかわらず、現場技術者にとってしばしばこのような有効応力にもとづいた安定解析法が、不可解に思われるのは、一つに土中の全応力の評価が困難である場合が多いことがあげられる。

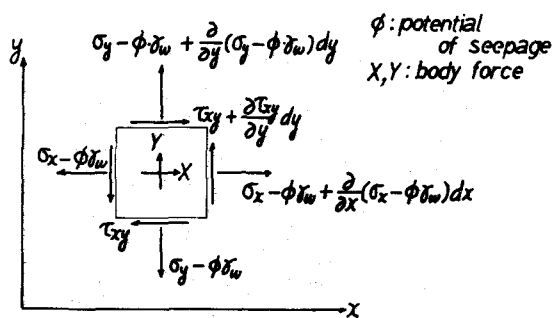
浸透流下における、あるいは圧入過程等における全応力の決定はかなり困難な問題である。これら問題の、浸透流がダルレーの法則にしたがい、そのポテンシャルの分布が得られる場合にあって、有限要素法により、有効応力を算定すること、フィルダムを対象に試みしたので、以下に述べる。

2. 定常浸透流—ある場合の2次元的有效応力

浸透流下における有効応力とポテンシャルの1次元的關係は、 $d\sigma/dx = \gamma_w i$ (i : 長さ, i : 動水勾配) で表わされるが、2次元の場合の物体力を含む一般的な力の釣り合い方程式は、図-1の釣り合いから、次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} &= \frac{\partial \phi}{\partial x} \gamma_w - X \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} &= \frac{\partial \phi}{\partial y} \gamma_w - Y \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

上式は通常の力の釣り合い方程式の物体力の項に、 $\gamma_w \partial \phi / \partial x$ および $\gamma_w \partial \phi / \partial y$ をそれぞれ加えたものであり、浸透流による有効応力は、ポテンシャル勾配を物体力と同じよう



(図-1)

にとりまつかうことによつて得られることを示している。もちろん、土の変形が有効応力にもとづいて Terzaghi の仮説に、これはもとづいている。

したがつて浸透流による有効応力は、そのポテンシャルの分布が得られれば、通常の連続体応力問題と同じようにして、有限要素法等により求めることができる。さらにポテンシャル分布自体が、有限要素法により求めることができるから、同法は浸透流下の有効応力の効果的な解析手法であるといえる。ただしこのためには土の力と変形の関係があらわにされる必要がある。

3. 計算例

ロックフィルダムにつて、浸透流による応力の分布を求めたものを以下に示す。

図-2の(a)は、ダム満水時の定常浸透流のポテンシャル分布と有限要素法により求めた結果である。このポテンシャル分布から、各要素の $\partial \phi / \partial x$, $\partial \phi / \partial y$ を算定し、これを物体力として有限要素

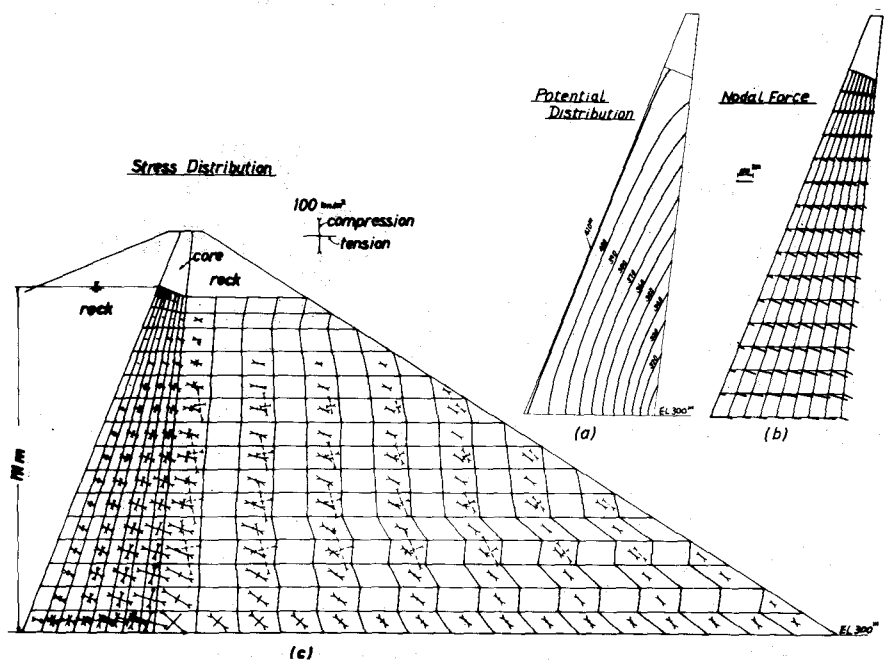
節点力にふさかえたのか、同図(b)である。とうせんこの節点力の合計はコア上流面に作用する全水压に一致する。次にこれらの節点力を外荷重としてコア内およびロック部の応力を算定した結果が同図(c)である。この段階では、コアおよびロックの變形特性を導入すべきであるが、ここではコアとロックの弾性係数比を1:5、ポアソン比をそれぞれ0.4として有限要素法による弾性算定をおこなった。

コア内の応力分布をみると、上流面から下流面にかけて、ほぼ水平な圧縮主応力が漸次増加し、下流面近くでは土の自重による鉛直応力とほぼ等しい値となるから、コア内すべり面上での制限釣合い状態を検討するうえで、浸透流による有効応力を考慮するかどうかは、そのすべり抵抗の評価、いかんにかえればその安全率にかなりの影響を与えたと考えられる。一方ロック部の応力分布をみると、コアとの接触面の近くで最大値を示すほぼ水平な圧縮応力は、下流斜面近くでも $20 \sim 30 \text{ t/m}^2$ とかなり大きく、下流側ロック部のスベリ安定についても、このような浸透流による応力の影響を無視することとはできなうと考えられる。

4. おまけ

フィルダムがその安定上、通常土斜面と大きく異なる点は、水をせき止める構造体であるために、横からの水压を受け、浸透流を生ずることである。このような構造体の安定問題に対して、有限要素法は以上述べたごとく効果的に適用されうると考える。

最後に多くの助言をいただいた名大川本助教授および駒田氏に深く感謝いたします。



(図-2)