

自由水面を有する浸透問題の自動プログラムの開発

佐賀大学 学生員 ○松井 マスミ

佐賀大学 正 員 荒牧 軍治

1. まえがき

最近、境界要素法が新たな数値解析法として、実際問題へ適用されるようになってきた。境界要素法は、線形弾性問題、ポテンシャル問題では境界のみの未知変量で、場の全ての点の挙動を表わすことができるので、モデルの作成が非常に容易となる。この利点は3次元問題では一層顕著となる。また自動水平問題のように境界自体が移動する問題では、境界のみを移動すれば良く、有限要素法、有限差分法に比較して大きな利点となる。本研究はダムの浸透問題の自由表面を境界要素法を用いて自動的に決定するプログラムの開発を行うものである。

2. 自由表面の決定方法

自由表面は次のプロセスを繰り返すことにより決定する。

- 1) 低面及び自由水面を不透水層面とし、 $\partial\phi/\partial n=0$ の境界条件を与える。また、各境界交点をダブル・ポイントにして、境界要素点及び内点を決め、その座標と境界要素数及び内点数、境界条件をデータとして与える。(図-1参照)
- 2) 線形要素を用いた境界要素法により境界点及び内点のポテンシャル値を求める。
- 3) $\phi=k(Z+P/\rho g)$ より、圧力値を求める。
- 4) 自由水面上の境界要素点とx座標値が等しい内点のうち、y座標値が最大の点を求める。
- 5) 一次関数の式により、自由水面上の境界要素点及び4)で求めた内点の、y座標値と圧力値とから圧力が0となる点のy座標値を求める。
- 6) 自由水面上の境界要素点のうち、浸出面とのダブル・ポイントを除く浸出面側2点の、x座標値と5)で求めたy座標とから、y軸上に頂点を持つ二次関数を決定する。
- 7) 二次関数と浸出面との交点の座標を求め、ダブル・ポイントとする。
- 8) 4)で求めた内点の最大y座標値と、5)で求めた境界要素点のy座標値との差が、境界要素点間のx方向の最大距離の1/2以上になるように、内点の最大y座標値を決める。
- 9) 以上のようにして求まった境界要素点及び内点の座標、及びそれに伴う境界条件を新たなデータとして、自由水面上の境界要素点の圧力値が許容範囲内に納まるまで、繰り返し計算を行う。

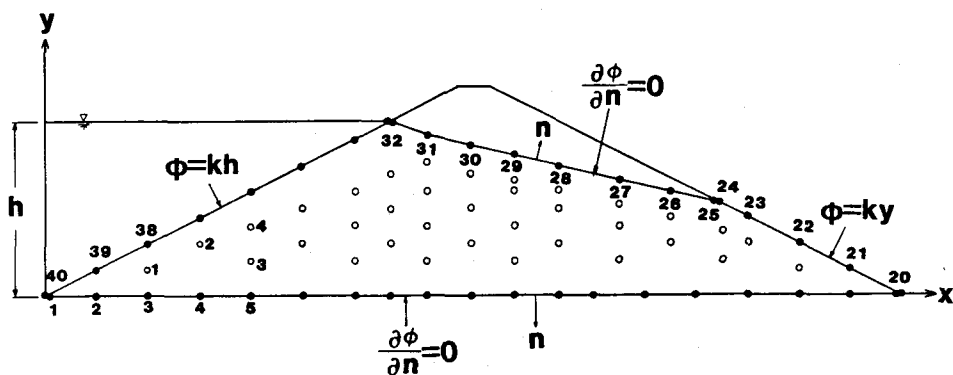


図-1 解析モデル

2. 自由水面と浸出面との交点におけるダブル・ポイントの処理

- 1) 浸出面上の境界要素点のうち、求めた交点の x 座標値に最も近い x 座標値を持つ点を、交点として、交点の位置にずらす。
- 2) 交点とした境界要素点の次の点を、交点のダブル・ポイントとして、 x 座標値を交点の x 座標値の極わずかに左にとり、二次関数の式によって y 座標値を求める。
- 3) 前交点と、新たに求めた交点の境界要素番号が異なる場合、前回、自由水面上の浸出面側ダブル・ポイントだった境界要素点は、 x 座標値はそのままにして、二次関数の式によって y 座標値を求める。

3. プログラムの使用例

傾斜断面を持つ堤体を考え、最初の自由水面を図-2のように仮定する。

繰り返し計算を行い、途中の仮定自由水面を図-3に示す。仮定自由水面の移動に伴い、境界要素点や内点の移動が自動的に行われている。

自由水面上の境界要素点の圧力値が小さくなり、点の移動が行われなくなった時の自由水面を図-4に示す。この時の自由水面上の境界要素点の圧力値は、浸出面とのダブル・ポイントを除いていずれも十分小さく、許容範囲内にある。ダブル・ポイントの自由水面上の境界要素点の圧力値は、許容範囲内には納まらなかったが、かなり小さい値となった。

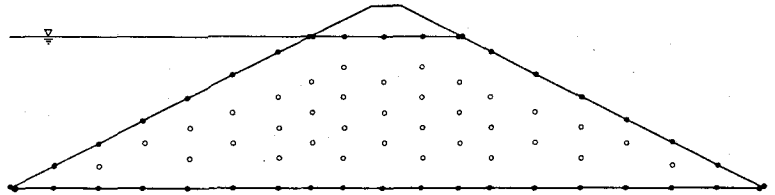


図-2 仮定した自由水面（初期）

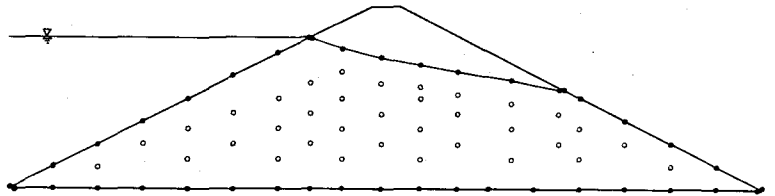


図-3 計算途中の自由水面

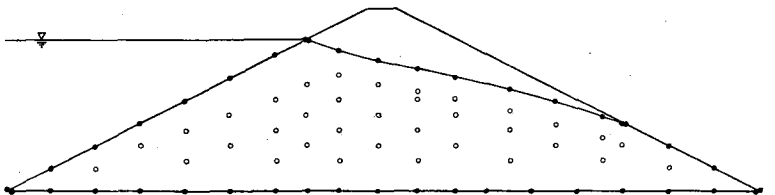


図-4 最終的に決定された自由水面

4. 結び

本研究は、浸透水による自由水面を自動的に決定するプログラムを開発したものである。透水係数及び水の単位体積重量は、直接プログラム内の式に与えているため、問題により変更する必要があるが、あとは境界条件及び各点の座標を与えるデータを変えるだけでよい。データを与える際、圧力値が0となる境界要素点の y 座標値を求めるために、境界要素点と内点の x 座標値が等しくなるよう考慮しなければならないが、境界要素点と内点を適当間隔に取り、その座標値を与えれば、自由水面が決定される。

今回の研究では均質な物性値を有する堤体を考えたが、不均質な物性値を有する場合も、同様の手法で解析可能である。