

○ 中央大学 学生員 北野 祐介
佐藤工業(株) 正 員 金子 典山
中央大学 正 員 川原 陸人

1. 序論

近年、大規模な地下構造物の施工が盛んに行われ、それらの掘削工事を進めるにあたって地下水の挙動を予測する事が必要不可欠となっている。これらの地下水浸透流の解析にはFEMが極めて実用的とされ、広く用いられに至っている。しかし、止水壁を含んだ領域などの複雑な三次元的解析には、まだ幾つかの研究課題が残されている。そこで、本研究では掘削工事開始前及び施工中の止水効果を確認する為の一手法として、平面二次元の浸透流解析を行う。また、止水壁部分を一次元要素でモデル化した疑似三次元FEM解析を提案する。このようにモデル化することで止水効果を表現出来ることを示し、更に止水壁下の滞水層の厚さを表すパラメータ $\alpha = (D/L)$ を共役勾配法の手法に従って同定する。

2. 基礎方程式

地下水浸透流は本来三次元的な流れではあるが、本研究では鉛直方向の流れを無視し、二次元平面問題として取り扱う。更に止水壁を一次元要素を重ね合わせるにより表現し、その効果を示すパラメータ $\alpha = (D/L)$ を含む不均質等方性非定常浸透流の支配方程式を以下のように示す。

$$\frac{\partial}{\partial s} \left(\alpha k B \frac{\partial h}{\partial s} \right) = Q + \alpha B S_t \frac{\partial h}{\partial t}$$

ここに、 h :地下水位、 k :透水係数、 S_t :貯留係数、 Q :揚水量、 B :モデル化幅、 s :空間係数、 t :時間変数、 $\alpha = (D/L)$:止水効果を表すパラメータ、(D :止水壁下の層厚、 L :止水壁の厚み)をそれぞれ

示す。

また、本研究では支配方程式の空間方向の離散化にGalerkin法に基づく有限要素法を適用し、時間方向には完全陰的解法を適用した。

3. 数値計算例

本手法の有効性を検討するために、次に示す図-1の仮想領域(モデル1)を用いた解析を行う。この解析領域内では透水係数及び貯留係数は一定で、また境界条件として流入部と流出部に一定水位が与えられるものとし、それらの値は図中に示す。更にその他の境界は不透水境界とした。止水効果を表すパラメータ α を変化させた5ケースの数値解析を行ない、本解析モデルの妥当性を検証する。

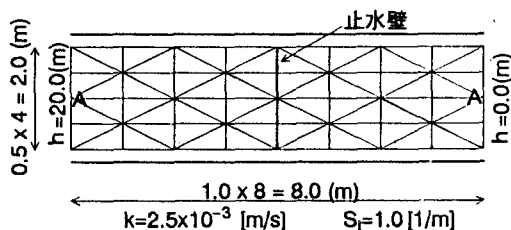
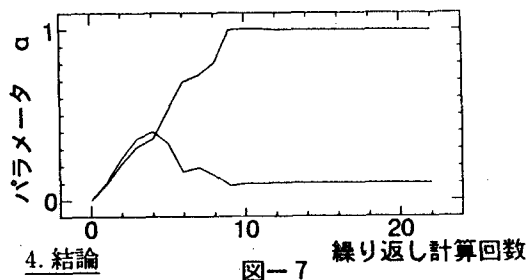
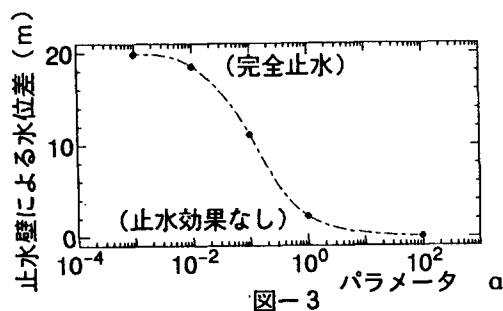
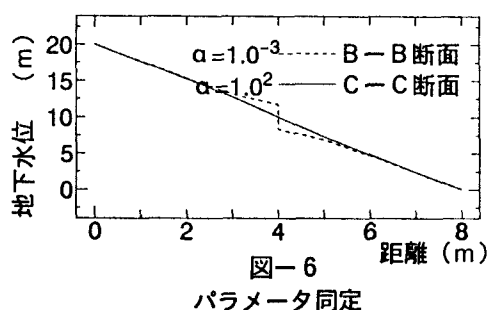
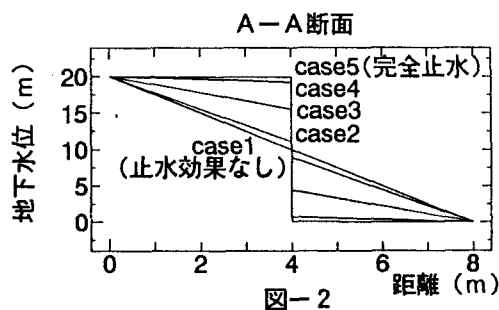


図-1 解析モデル1

$\alpha = 1.0 \times 10^2$ (case1)	$\alpha = 1.0 \times 10^{-1}$ (case3)
$\alpha = 1.0 \times 10^0$ (case2)	$\alpha = 1.0 \times 10^{-2}$ (case4)
	$\alpha = 1.0 \times 10^{-3}$ (case5)

上記のパラメータを用いた5ケースの計算を行い定常状態での止水効果とパラメータの関係を以下のように示す。



次に示す図-4の仮想領域(モデル2)は二つの異なったパラメータを持つ止水壁がある場合の解析でその止水効果と水位差との関係をB-B, C-C断面で比較しその時の流速を示した(図-5)。この結果より複数のパラメータをもつ止水壁であっても解析が可能であることを示した。また図-7は図-6の結果を基にテスト的に同定を行ったものである。

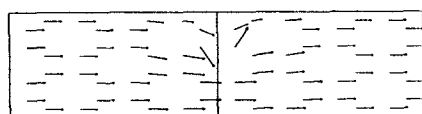
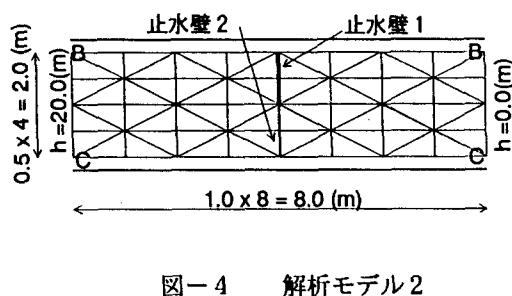


図-2に示されるグラフは本研究のテーマである止水効果を表すパラメータ $\alpha = (D/L)$ と水位差との関係を示したものである。図-3は α そのものが物理的意味をもったパラメータであるかどうかの検証のための、 α と止水壁による水位差との関係をグラフにしたものである。止水壁部分を二重節点で置き換え一次元のトラス部材で接続したモデル化の妥当性について考察すると、case1では止水壁で水位差が生じていない。これは止水壁が全くない状態が再現されていて、またcase5では水位差が20mと、完全止水を示している。 α は無次元パラメータで表され図-3で示されるような水位差との関係をもつことがわかる。これが対数で示されているのは完全止水に近いほどその影響が大きくあらわれ止水効果に敏感に反応しているからである。今後はこの未知パラメータ α の物理的意味を追求することが大きな課題である。またこれらの準解析のモデル化が確立されれば実際の施工における情報化施工につながると考えている。同定手法の詳細については参考文献に委ねることとする。

参考文献

- [1] 佐野泰彦、安重晃、川原睦人 "現地観測データを用いた地盤内熱伝導係数の同定" 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集