

岡山大学工学部 正員 ○ 河野伊一郎
 同上 正員 西垣 誠
 同上 学生員 田中 慎一

1. まえがき

近年、海岸地下水の塩水化等の社会問題が生じている。こうした問題にかんがみ、海岸帯水層中に存在する淡水と塩水の境界面の挙動を有限要素解析する手法について研究している。本研究は、その解析手法の精度を検討する目的で実験を実施したものである。淡水と塩水が画一面で接しているものと考えられる場合の境界面の経時的变化を解明するために、細管網モデルを用いて鉛直2次元2層浸透実験を行ない、その実験結果と有限要素解析の結果と比較検討を行なった。

2. 実験装置および実験方法

ここで用いる細管網モデルとは、細管を網目状に接続して、このネット内に粘性流を生じさせ浸透流を解析するものである。この細管網モデルは製作が容易であるばかりでなく、次のような長所を有している。

- (1) 細管の径や網目の間隔を変えることにより、不均質性地盤を作ることが可能である。
- (2) 境界条件の設置が簡単である。
- (3) 流体を着色することにより、淡水と塩水の境界面の変動の観察が容易である。

一方、網目があらい場合には差分的な近似解を得ることになる。しかし要求する精度に応じて網目の間隔を小さくすることにより誤差を減少せしめることができると考えられる。

実験装置を図-1に示す。内径3 mmのビニールパイプを細管に用い、接点のアクリル樹脂に四方から孔をあけ、これにビニールパイプを差し込みシリコンで接着している。網目の間隔は10 cmの正方形とし、高さ40 cm、長さ180 cmの鉛直2次元被圧帯水層モデルである。

使用した粘性流体は、淡水としてCMC 5%溶液 ($\nu^2 = 1.00 \text{ cm}^2/\text{sec}$, $\mu^2 = 27.71 \text{ cm} \cdot \text{ポイズ}$)、塩水としてCMC 5%溶液に砂糖7%を加え過マンガン酸カリウムで着色した液体 ($\nu^2 = 1.029 \text{ cm}^2/\text{sec}$, $\mu^2 = 22.86 \text{ cm} \cdot \text{ポイズ}$) を用いた。ただし、 ν および μ は液温15℃のときである。ここに、 $\nu^2/\mu^2 = 1.029 \text{ cm}^2/\text{sec} / 22.86 \text{ cm} \cdot \text{ポイズ} = 1.25$ となり実際の淡水と塩水をほぼ満足するものと考えられる。実験としては、表-1に

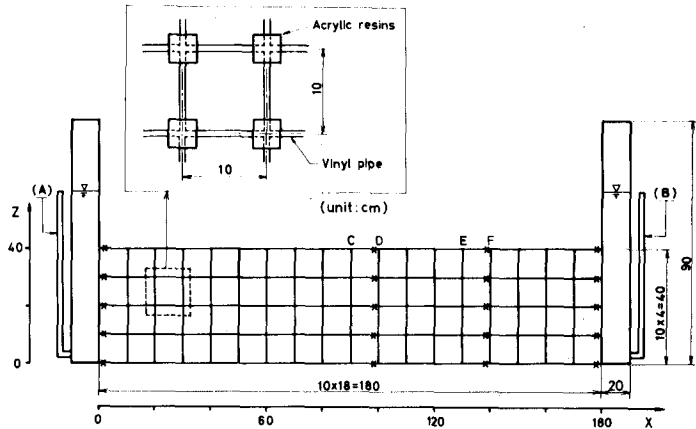


Fig.1 Schematic diagram of the experimental equipment and dimensions capillary tube model.

Table 1 Table of the execution.

Case	Position of initial interface (cm)	Sheet pile	Boundary condition of fresh water		Boundary condition of salt water		Permiability		Viscosity	
			Water level (cm)	Imper-vious	Water level (cm)	Imper-vious	K^1 x10 ⁻⁶ cmsec ² /cmsec	K^2 x10 ⁻⁶ cmsec ² /cmsec	μ^1 (cP)	μ^2 (cP)
A	100		60		60		9.03	10.4	28.64	23.39
B	100	○	60		60		9.03	11.5	28.64	21.23
C	100		60			○	8.04	9.86	32.14	24.74
D	100			○		○	8.61	9.32	31.71	24.59
E	100	○ at 0<t<5	60		60		8.33	10.1	31.00	23.17
F	140		60		60		9.26	10.7	27.91	22.79

示すように、 $t = 0$ 分における境界面の位置、矢板の有無、淡水ならび塩水の境界条件を変えることにより6ケースについて実験を行なった。図-1の×印の位置で大型クリップを用いてパイプを栓塞し、左側に淡水(CMC 5%溶液)を、右側に塩水(CMC+砂糖+過マンガン酸カリウム)を満たした。 $t = 0$ 分において、大型クリップを取り除き境界面の経時の変化を $z = 0$ (下部境界)、10、20、30、40(上部境界)のそれぞれのパイプについて肉眼により測定した。各実験とき境界面が左右の境界に達するまで測定した。

3. 実験結果と数値解析結果の比較

図-2にCase-A(淡水と塩水の水頭が一定で、初期境界面の位置が $x = 100\text{cm}$ にある場合)、また図-3にCase-D(淡水と塩水の両境界が不透水層で、初期境界面の位置が $x = 100\text{cm}$ にある場合)の境界面の経時の変化を示している。それぞれの図において、横軸に淡水領域の左端の境界からの水平変位 x (cm)をとり、縦軸に下部境界からの鉛直変位 z (cm)をとった。Case-Aにおいて、実験開始後7分と12分に $z = 20\text{cm}$ のパイプに浸入した塩水が縦方向のパイプを通り $z = 30\text{cm}$ のパイプに浸入したため、 $z = 30\text{cm}$ のパイプにおいて急に10cmの変位が生じている。Case-Dでは、 $z = 20\text{cm}$ のところで淡水が塩水側に、塩水が淡水側に浸入する範囲に分かれていて対称になっている。

また、図-4にCase-Dの境界面の先端(toe)の動きを示している。図-4において、横軸に時間Time(min)を、縦軸に初期境界面の位置からの変位Distance(cm)をとった。先端の動きは約12分までは実験値が数値解析値を上回っているが、その後は逆になっている。しかし全体として比較的良好に一致しているといえよう。

以上、細管網モデルを用いて淡水と塩水の境界面の経時の変化の実験を行ない、実験結果を有限要素法による数値解析結果と比較を行なった。その結果この問題に関して、有限要素解析の信頼性を実証することができたと考えている。

参考文献 1) 河野伊一郎他: 非常常2層浸透流に関する有限要素解析, 第14回土質工学研究発表会論文集 1979年

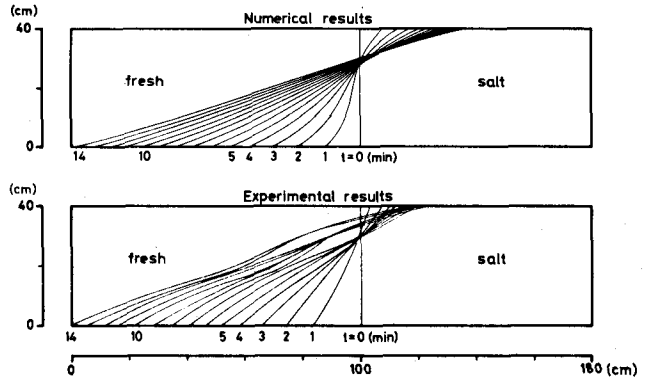


Fig.2 Comparison between the numerical and experimental shapes of the interface (Case-A).

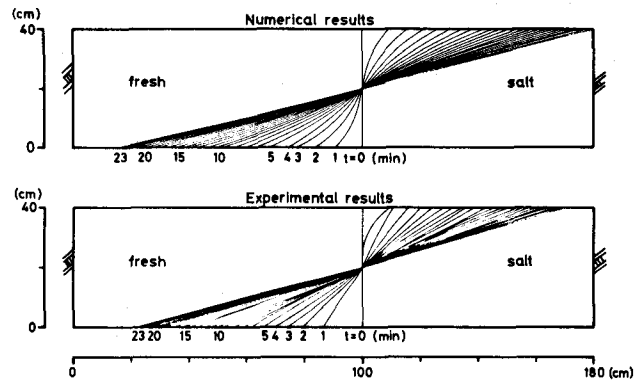


Fig.3 Comparison between the numerical and experimental shapes of the interface (Case-D).

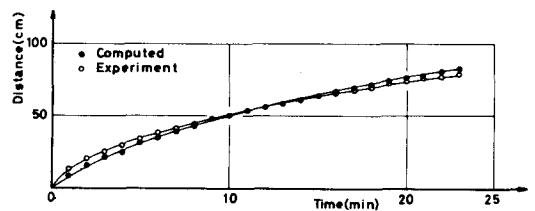


Fig.4 Motion of the interface toe (Case-D).