

## Ⅶ-22

## 比重の大きい溶液の移流拡散現象の考察(第二報)

(株)大林組技術研究所 正会員 西田 憲 司

同 上 正会員 上野 孝 之

## 1. はじめに

近年、環境問題の一つとして地下水汚染がクローズアップされており、汚染状況を予測する技術の重要性が増している。そこで、これまでに有限要素解析プログラムを独自に開発し、室内模型実験とそのシミュレーション解析によって解の妥当性を確認した<sup>1)~3)</sup>。しかし、解析結果と実際の現象との比較検討は十分ではないと考えられる。そこで、実際の汚染現場を想定し、比重の大きい汚染物質溶液を対象として自然地下水流れのない条件下<sup>4)</sup>と流れのある条件下の検討を行った。検討にあたっては、汚染現場を想定したシミュレーション解析を実施し、解の特性を検討した。そして、室内模型実験装置を用いて比重の大きい溶液の移流拡散現象を把握するとともに、解の妥当性も検証した。以下に、その地下水流れのある条件下での検討結果を詳述する。

## 2. 解の特性検討

ここでは、動水勾配 $i=0.1$ の地下水流れのある被圧帯水層において、ある時点( $t=0$ )から一定の水頭差で濃度 $C_0=1$ の汚染水が流入する現場を想定した。この汚染水が流入してからの汚染物質の広がりをシミュレートするため、図-1に示す解析モデルを作成した。解析は奥行き方向(X方向)1要素の三次元解析である。物性値は図-1および表-1に示す値を入力したが、これらの物性値は、別途実施した室内模型実験<sup>1)</sup>から得られた値に基づいている。実験では縦分散 $\varepsilon_L=1.67\text{cm}$ 、横分散 $\varepsilon_T=0.334\text{cm}$ が得られたため、この値を10倍、0.1倍したCase1~3の3とおりの分散能を設定した。要素分割は要素数565、接点数1,232、時間刻みは $\Delta t=18\text{sec}$ とした。汚染水は比重1.2とし、汚染物質は土粒子には吸着しないと仮定した。解析結果として図-2に各ケースにおける $t=60\text{min}$ の等比濃度線 $C/C_0=0.5, 0.9$ を示した。溶液は自然流れとともに下流側に流れ、また比重が大きいため供給位置から鉛直下方向へ大きく広がっている。分散係数の違いによる広がり、 $C/C_0$

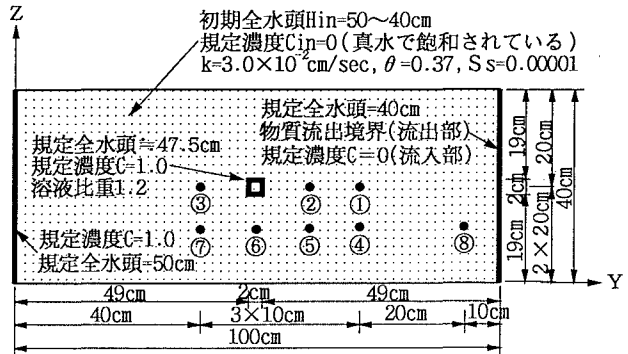


図-1 解析モデル

表-1 解析条件一覧表

|     |       |                                                                       |
|-----|-------|-----------------------------------------------------------------------|
| 分散能 | Case1 | 縦 $\varepsilon_L=16.7\text{cm}$<br>横 $\varepsilon_T=3.34\text{cm}$    |
|     | Case2 | 縦 $\varepsilon_L=1.67\text{cm}$<br>横 $\varepsilon_T=0.334\text{cm}$   |
|     | Case3 | 縦 $\varepsilon_L=0.167\text{cm}$<br>横 $\varepsilon_T=0.0334\text{cm}$ |

$=0.5$ 線は各ケースほとんど同じであるが、 $C/C_0=0.9$ 線(図示していない $C/C_0=0.1$ 等)はCase1が他ケースと大きな差を生じている。したがって、予測すべき物質濃度が $C/C_0=0.5$ 以外の場合は、分散能の入力値に注意を要すると考えられる。図-3には、Case2における $t=60\text{min}$ の等比濃度線 $C/C_0$ 分布を示した。濃度の高い範囲は供給位置の下流側および鉛直下方向に広く分布し、低い濃度範囲は鉛直下方向よりも下流側に広く分布する様子がシミュレートできている。

室内実験, 数値解析, 地下水, 飽和土, 有限要素法

〒204-0011 東京都清瀬市下清戸4-640 TEL:0424-95-0910 FAX:0424-95-0903

### 3. 実験概要

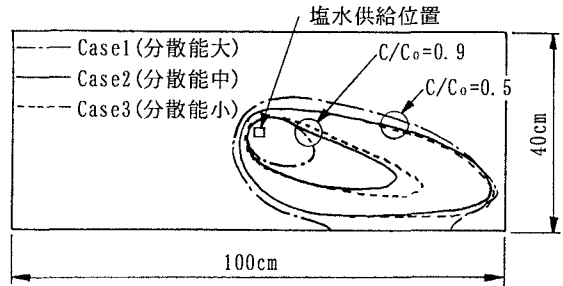
実験は、図－4に示す長さ100cm×高さ40cm×奥行5cmの土槽を用い、図中に示した条件でNaCl溶液の流れを観察した。試料にはφ0.2mmガラスビーズを用いた。真水によって供試体（空隙率 $\theta = 0.37$ ）のを飽和させた後、左右の真水槽水位高さを供試体底面からそれぞれ50.0cm、40.0cmに保って動水勾配 $i = 0.1$ の地下水流れを発生させ、供試体中央部の塩水供給位置から塩水を通水し始めた。塩水には移動の様子を観察できるように着色して比重1.2に調整し、水位高さは供試体底面から43.0cmとした。この供試体の分散能は別途行った実験から表－1のCase 2の値が得られているため、解析結果Case2と実験結果を比較した。実験結果の真水と塩水の境界線が解析における比濃度 $C/C_0$ のいくらの値に相当するかは不明であるが、図－3に $t = 60\text{min}$ における境界線を重ねて描くと、 $C/C_0 = 0.7$ に比較的一致する。これは地下水流れのない場合の検討<sup>4)</sup>と同じである。しかし、塩水供給部直下の供試体底面付近においては、解析結果と実験結果に傾向の違いが確認できる。すなわち、解析では物質が下流側へ流れているのに対し、実験の真水と塩水の境界線は、上流側へも潜り込むような広がりがあることが確認できる。なお、実験に用いた電導度計は高濃度に対応しておらず、比濃度 $\geq 0.2$ は測定できないため、測定位置の濃度上昇開始時刻が分かるだけであるが、④⑤⑥は解析結果とほぼ同時刻に濃度が上昇し始めていることを確認した。したがって、鉛直下方向の塩水の動きはうまくシミュレート解析できると考えられる。

### 4. おわりに

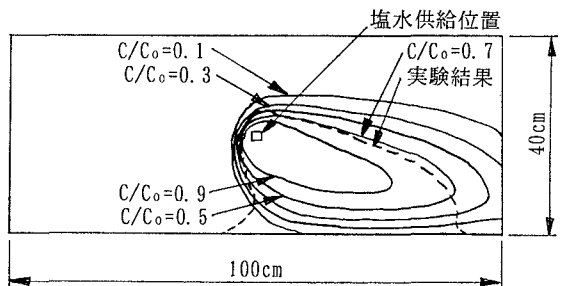
比重の大きい溶液の移流浸透拡散現象について室内実験とシミュレーション解析によって考察した。今後は、室内実験結果を解析によってうまくシミュレートできなかった部分について再考していく予定である。

#### 【参考文献】

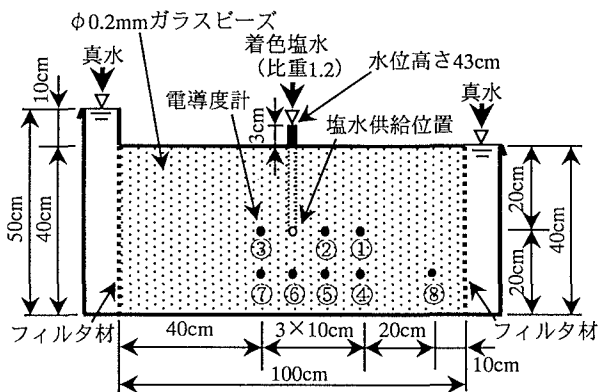
- 1) 西田，他：土木学会第50回年次学術講演会第3部，p. 178～179，平成7年。
- 2) 西田，他：第31回土質工学研究発表会，p. 2085～2086，平成8年。
- 3) 西田，他：土木学会第51回年次学術講演会第3部，p. 178～179，平成8年。
- 3) 西田，他：第32回地盤工学研究発表会，p. 2085～2086，平成9年。
- 4) 西田，他：第33回地盤工学研究発表会，平成10年（投稿中）。



図－2  $t = 60\text{min}$ の解析結果（各ケースの等比濃度線）



図－3  $t = 60\text{min}$ の解析結果Case2（等比濃度線）と実験結果（真水・塩水境界線）



図－4 実験概要