

東海大学工学部 正員 稲田 倍徳
東海大学工学部 正員 本間 重雄

財新日本開発工業 正員 太田 正彦
東海大学大学院 学員 ○稲場 弘之

1. まえがき

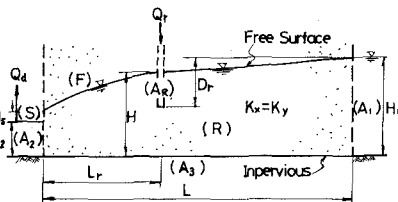
近年地下水の定常浸透問題の理論解析手法として有限要素法が取り入れられ成果をあげてきているが、復水を伴う揚水現象に対する本法の適用については自由水面や浸出点の位置決定ならびに復水井および揚水側浸出面における境界条件の与え方等に関して未解決の部分が多い。すなわち復水を伴う揚水時においては、復水井より揚水側の部分で動水勾配の急な領域が現れるため揚水点において発生する浸出面の定量的評価が重要となる。

今回は、以上の諸点について2次元砂モデルによる復水実験結果等をもとにしたモデル解析を行い、解析手法に関し一定の知見を得ることができたので研究の概要について若干の考察を加えて報告する。

2. 復水を伴う揚水現象への有限要素法の適用

解析の対象とする浸透モデルは、現在まで筆者らが研究中の2次元砂モデル実験に基づきFig.1に示すような復水モデル(復水はトレンチから静水圧による)を考え、問題の簡単化のため自由水面上での水収支はないものとした。

解析の方法として多くの解析法があげられるが、筆者らはNeumann¹⁾ Witherspoon²⁾、山上³⁾等が提案している揚水側境界面上(A_2, S)の流出流量を考慮した解析法に基づき解析を行なった。このモデルにおいて給水面、揚水面、復水井周囲は、それぞれ全て水頭一定の固定境界条件(Dirichlet型)と考えた。復水井に関しては復水量 Q_R を既知とする自由境界条件として与えることも考えられるが、砂モデル実験との比較も考慮してここでは H_R 一定の固定境界条件を採用することとした。以下に解析手順を簡単に示す。



注) H_1 : 総水頭水位
 H_2 : 揚水側水位
 H_3 : 揚水位置での静水水位
 H_4 : 揚水側での水頭損失
 Q_1 : 復水量
 Q_2 : 揚水量
()内は境界記号

Fig. 1

- 1) 自由水面および浸出面の位置を任意に仮定し、自由水面(F)、浸出面(S)、給・排水面(A_1, A_2)、復水井周囲面(A_3)をポテンシャル既知なる条件のもとに領域全体のポテンシャル分布を求める。
- 2) 1)の結果から浸出面を含む揚水側境界面上の節点流量 Q_n を計算する。
- 3) 次に自由水面、浸出面をポテンシャル未知とし浸出面を含む揚水側境界面を流量既知の境界として再度解析し領域内のポテンシャル分布を求める。
- 4) 収束の判定。収束していなければ1)~4)の手順を繰り返す。

よって上述の手順は、その反復過程において固定境界条件と自由境界条件とを交互に課する2段の反復となる。

3. 解析および考察

3.1 浸出点の決定に関する解析結果と実験値との比較

復水を伴う揚水時には復水井より揚水側で動水勾配が急となるため、揚水点において大きな浸出面が発生する。この様な浸透問題を解析するにあたっては揚水側の浸出点の決定が重要なポイントとなる。そこで解析結果の妥当性を検証するため単に揚水の浸透モデル(Fig.1に示したモデルにおいて $D_1=H_1=H_2$ の場合の復水井より揚水側までの L_r 部分に相当する)について有限要素法により解析した。

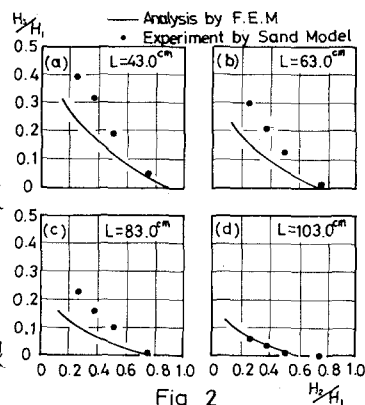


Fig. 2

3.2 復水を伴う揚水現象へのF.E.M解析の適用性

との浸出面におけるロスの相違に起因するものであり、実験では前述したスリットの抵抗等が現われているものと思われる。ポテンシャルの分布は給水側ではほぼ一致し、揚水側では自由水面付近で多少の不一致がみられるが、これも上記同様浸出面でのロスに基づくものであると思われる。一方流量に関しては揚水量 Q_d はほぼ同量の値が得られたのに対し、復水量 Q_r は20%程実験値が上回っている。この原因は実験において復水井から砂層中へ浸透が行なわれる際に抵抗が生じるため同一水位を維持するためにはための流量を必要とすること、ならびに復水井付近では動水勾配の変化が比較的大きく、解析に用いている要素の平均流速は本来用いなければならぬ復水井壁面の流速よりも小さくなる傾向にあることなどがあげられる。しかし以上の様な部分的な相違はあるにせよ領域全体での浸透流の様相については解析結果はその特徴をよく再現し得ているものと思われる。

Figure 4 consists of two graphs, (a) and (b), showing the dependence of the ratio Q_d/Q_o on the ratio H_1/H_2 .

Graph (a) shows the dependence of Q_d/Q_o on H_1/H_2 for different diameters D_r (17.5, 35.0, 52.5 cm) and heights H_2 (35.0, 52.5 cm). The y-axis ranges from 0.0 to 4.0, and the x-axis ranges from 0.7 to 1.0. The legend indicates that open symbols represent $H_2 = 35.0$ cm and filled symbols represent $H_2 = 52.5$ cm. The legend also indicates that dashed lines represent analysis and symbols represent experiment.

Graph (b) shows the dependence of Q_d/Q_o on H_1/H_2 for different heights H_2 (62.5, 65.0, 67.5, 70.0 cm) and diameter $D_r = 52.5$ cm. The y-axis ranges from 0.0 to 4.0, and the x-axis ranges from 0.2 to 1.0. The legend indicates that dashed lines represent analysis and symbols represent experiment.

参考文献

- 106