

多層地盤における揚水試験結果を用いた帯水層定数の推定

清水建設(株) 正会員 ○石川 明 高坂信章 三宅紀治
同上 黒田英高 相京博幸

1. はじめに

大深度掘削工事の地下水処理を検討するに際しては、各帯水層毎に帯水層定数(透水係数)を求め、掘削が実際に行なわれる前に揚水量、水頭低下量を精度よく予測する必要がある。本研究では、3次元定常浸透流 FEM 解析を用いて、現場で実施した揚水試験結果に合致するような各帯水層の透水係数を求めた。求めた帯水層定数を用いて、山留め壁施工後の揚水量・水頭低下量を予測し、実データとの比較・検討を行なった。図-1 に大深度掘削工事の地下水処理方法の検討フローについて示す。

2. 揚水試験設備

図-2 に揚水試験設備の平面図、断面図を示す。現場には帯水層毎に揚水が可能な構造のリチャージディープウェル(以後 RDW と呼ぶ)A, B, C と 2 本の観測井 K1, K2 が設置されている。各井戸および観測井には深度別に 3～4 個水圧計が設置されている。RDW B を揚水井として①第 1、第 2 帯水層揚水試験、②第 2 帯水層揚水試験、③第 3 帯水層揚水試験、を実施した。

3. 3次元浸透流解析によるシミュレーション

試験結果をシミュレートするために 3 次元定常浸透流解析を行った。解析条件を図-3 に示す。RDW B の揚水対象層のスクリーン部分を水頭固定条件とし、 $r=1000\text{m}$ を定水頭境界とした。RDW B の各スクリーン外部には水圧計が設置しており、ディープウェル内の水頭低下量も計測しているが、各帯水層揚水時の井戸損失が明らかでないため、水頭固定値を変化させ計算を行なった。地下水処理の計画、求めたい未知定数は第 1, 2, 3 帯水層の透水係数 k および各帯水層間の加圧層(難透水層)の k' である。これらを求めるための観測値として、各間隙水圧計の水頭と RDW B の揚水量を用いた。

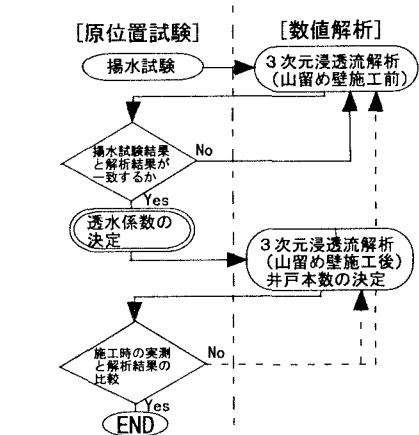
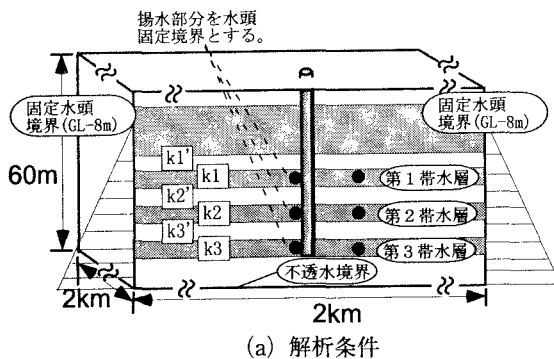


図-1 掘削工事の地下水処理方法のフロー

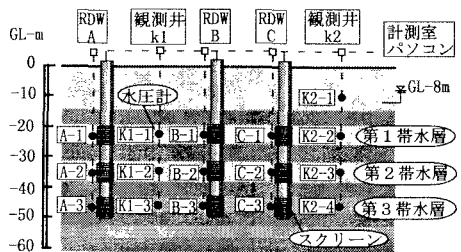


図-2 地盤条件と揚水試験設備

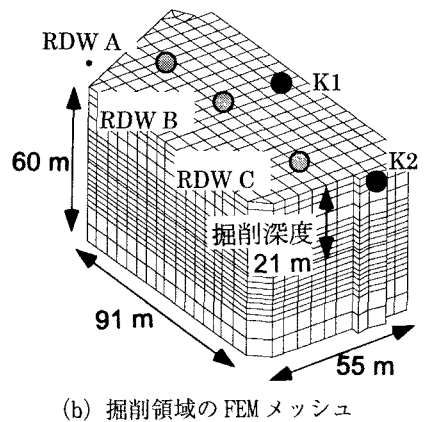


図-3 解析モデル

Parameter Identification Using the Results of Multi-layered Pumping Test

Akira ISHIKAWA, Nobuaki KOHSAKA, Noriharu MIYAKE, Hidetaka KURODA, Hiroyuki AIKYO

(Shimizu Corporation)

4. 揚水試験結果と解析結果の比較 各帯水層揚水時における定常状態の実測値と解析結果の水頭低下分布を図-4(a)～(c)に $s/Q - \log(r)$ プロットとして示す。実測値をみると、4(a)に示した第1, 第2帯水層揚水試験において、第2帯水層における水頭低下量が第1帯水層と比べて大きく、また距離による差も小さい。また、4(a)の結果を4(b)に示した第2帯水層揚水試験の結果と比べると第2帯水層の s/Q に大きな差がなく第1, 第2帯水層揚水試験では第1帯水層からの揚水量は少ないことが予測される。さらに、4(c)に示した第3帯水層の揚水試験結果は他の試験に比べて s/Q が小さく第3帯水層の透水性が大きいこと、他層への影響が小さく第3帯水層上部の加圧層の透水性が小さいことなどが想定される。

4(a), (b), (c)を通して、実測値と解析結果では DWB からの水頭低下曲線の形状にやや違いがみられるものの、系全体の水頭低下量(s/Q)をみると本モデルが現場の水頭低下特性をほぼ表現していると考えられる。曲線形状の違いの原因は各帯水層の空間的な透水係数のばらつきによるものと思われる。表-1に最終的に定めた各帯水層の透水係数の値を示す。

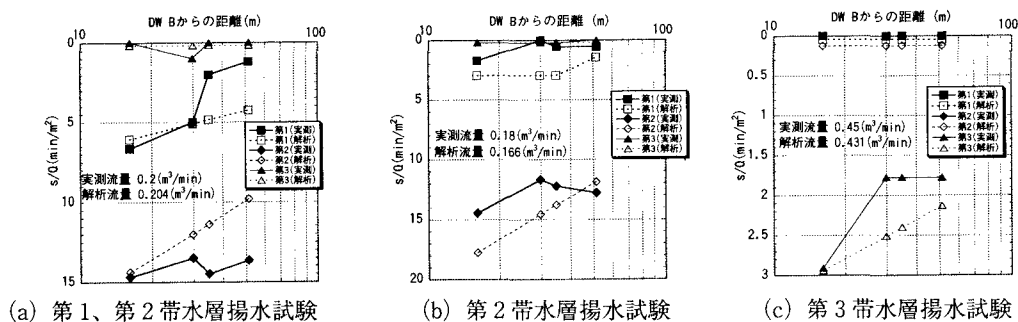


図-4 揚水試験結果 ($s/Q - \log(r)$ プロット)

5. 山留め壁施工後の水頭低下予測解析

3., 4. により決定した透水係数(表-1)を用いて山留め壁施工後の水頭低下挙動を予測解析した。現場の山留め壁長は GL-32m であり、解析上は山留め壁部分を2重節点とすることにより不透水境界とした。最深掘削深度(GL-21m)より、最終根切り段階では第1帯水層の水頭を GL-21m 以下まで低下させ、また盤ぶくれを防止するために第2帯水層の水頭を GL-16m 以下に保つ必要がある。2つの異なる管理値をもった帯水層の状態を3次元モデル上につくり、各水圧計位置の水頭と各揚水井の揚水量を調べた。

その結果、予測したとおり揚水井の水頭管理をした場合、山留め壁施工後の最終根切り段階での実測値は解析値と比較して(表-2 参照)、現場全体の揚水量誤差を数 10(l/min)、水頭誤差を数 10cm の範囲で押さえられることがわかった。図-6に上記管理水頭を実現した場合の解析結果を示す。

6. おわりに

多層帯水層地盤で、3次元定常浸透流解析を用いて山留め壁施工前の揚水試験結果をシミュレートした。求めた透水係数を用いて山留め壁施工後の水頭低下挙動を予測し、実用的に十分な精度の結果を得た。今後は非定常状態の水頭低下曲線を用いた効率的なパラメータ同定手法についても検討したい。なお、ディーブウェルの本数は当初設置した3本で充分であることを本解析によって確認している。また、実際は第3帯水層にリチャージを行なっているが、第1, 第2帯水層への影響がないため、今回の検討から除いた。

表-1 解析に用いた各帯水層の透水係数

レイヤー番号	深度(m)	透水係数(cm/sec)		
		kx	ky	kz
1	8-13m	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-03
2	13-22m	3.00E-06	3.00E-06	3.00E-06
3	第1帯水層 22-28m	6.00E-04	6.00E-04	6.00E-04
4	28-33m	6.00E-05	6.00E-05	6.00E-05
5	第2帯水層 33-39m	3.00E-03	3.00E-03	3.00E-03
6	39-42m	6.00E-06	6.00E-06	6.00E-06
7	第3帯水層 42-48m	2.10E-02	2.10E-02	2.10E-02
8	48-60m	6.00E-05	6.00E-05	6.00E-05

表-2 最終根切り段階における予測値と実測値との比較

	設置深度(m)	解析結果(水頭GL-m)	実測(水頭GL-m)
K1-1	第1帯水層 -26	-23.15	-23.29
K1-2	第2帯水層 -36	-18.71	-18.47
K2-1	-10	-8.289	-7.83
K2-2	第1帯水層 -26	-11.19	-10.36
K2-3	第2帯水層 -36	-15.8	-16.15
揚水量		364 (l/min)	440 (l/min)

実測は96.12.4に計測されたデータである。

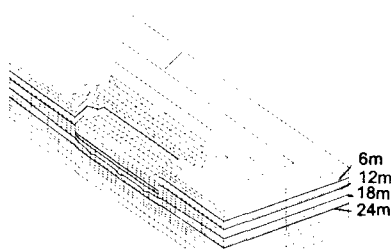


図-6 井戸3本稼動時の水頭低下状況(山留め壁施工後：掘削領域の半断面)