

Ⅲ-A314

漏水性複層地盤における止水壁効果の評価方法

清水建設株式会社 正会員 高坂 信章

1. はじめに

地下水位より深い中規模以上の地下工事では、止水壁とディープウェルなどを用いた止水・排水併用型の地下処理工法が一般的である。止水壁を透水性の低い難透水層へ根入れして掘削内への地下水流入量を減じたうえで、掘削内に設置したディープウェルでこれを揚水することが効率的である。このとき、掘削内への流入量や掘削内での水頭面形状、水頭低下効率などは難透水層および止水壁の透水性の相互関係に依存する。

本報文では、複層地盤に止水壁を設置した場合の止水効果を有限要素法による軸対称浸透流解析により評価したうえで、単層地盤における止水壁ファクターの考え方を応用し適用する手法を提案する。

2. 検討モデル

検討モデルを図-1に示す。上層、下層の2つの帯水層とこの間に難透水層が介在する複層地盤を考える。各層の透水係数、層厚などは図中に示すとおりであり、 $R=1000\text{m}$ の地点を影響圏半径と考えてここを定水頭境界とした。難透水層の透水係数 k' および止水壁の透水係数 k_w をパラメータとして変化させる。半径 $r_0=40\text{m}$ の範囲を掘削領域と考え、ここに厚さ $d=0.5\text{m}$ の止水壁を上層を遮断する深度まで設置する。この掘削領域の中心に設置したディープウェルから上層のみを対象とした揚水を行ったときの水頭低下性状について評価する。解析は定常解析とした。

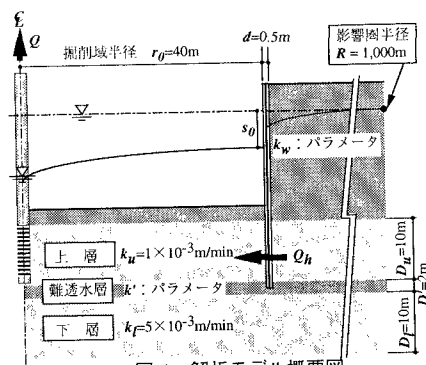


図-1 解析モデル概要図

3. 解析結果

(1) 水頭低下状況 難透水層の透水係数を $k'=1 \times 10^{-5}\text{m/min}$ で固定して止水壁の透水係数 k_w を変化させたときの水頭低下状況を図-2に、 k_w を $1 \times 10^{-6}\text{m/min}$ で固定して k' を変化させたときの水頭低下状況を図-3に、それぞれ $s/Q \cdot \log(r)$ プロットで表示した。 k_w および k' が小さくなるにつれ水頭低下曲線は下方に移動するが k_w の変化による変動幅は k' の変化による変動幅に比べて小さい。また、 $r=10 \sim 40\text{m}$ の範囲の水頭低下曲線の勾配に着目すると k_w の変化に対してはその変化は小さいが、 k' が小さくなるにつれて勾配が急になることが確認できる。

(2) 地下水の流入状況 揚水量 Q について止水壁からの流入量 Q_h と難透水層からの流入量 Q_v に分離する。図-4に k_w および k' に対する Q_h/Q の変化を示した。 k_w の減少に対しては Q_h/Q は徐々に減少し0に収束する。 k' の減少に対しては Q_h/Q は増加傾向を示し、 k' が無限小になれば $Q_h/Q=1.0$ となることが想定される。 k_w および k' の相互的な変化により支配的流れ方向が変化することがわかる。

(3) 掘削域内の水頭低下形状 掘削域内の水頭低下形状を半径 $r=10, 20, 30, 40\text{m}$ の点における水頭低下プロットから算出した対数近似曲線の勾配 $\Delta(s/Q)$ で表現する。図-5に $\Delta(s/Q)$ の k_w および k' に対する変化を示した。水頭低下勾配は水平方向の流量に影響されるため、図-4に示した Q_h/Q の変化と同様の傾向で $\Delta(s/Q)$ も変化するが、 k_w の変化に対してはその変動幅が小さく、 k' に対しては大きく変動している。

(4) 水頭低下効率 揚水による水頭低下効率を掘削領域周端部の水頭低下量 s_0 を揚水量 Q で割った s_0/Q により表現する。図-6に k_w および k' に対する s_0/Q の変化を示した。透水係数 (k_w および k') の減少に伴い s_0/Q が増大するが、この図と図-4の比較より k_w の変化に対しては Q_h/Q と s_0/Q は負の比例関係にあること、 k' の変化に対しては Q_h/Q と s_0/Q は正の比例関係にあることがわかる。

4. 漏水性複層地盤における止水壁ファクター

解析結果をふまえ、難透水層の浸透特性を止水壁の透水抵抗に換算してこれらを総合的に評価する手法を提案する。止水壁および難透水層の透水抵抗はその面積および透水係数に比例し、厚さに反比例するものとする。

つまり、止水壁の透水抵抗係数

$$: P_w = 2 \pi r_0 D_u k_w / d$$

キーワード：止水壁、複層地盤、水位低下、有限要素法、漏水

連絡先：〒135-8530 江東区越中島三丁目4-17 TEL 03-3820-5519 FAX 03-3820-5955

難透水層の透水抵抗係数

$$: P' = \pi r_0^2 k' / D' = 2 \pi r_0 D_{eq} k_w / d$$

難透水層を止水壁に換算したときの等価根入れ長: $D_{eq} = d r_0 k' / 2 D' k_w$

難透水層、止水壁の換算透水量係数

$$: T' = (D_u + D_{eq}) k_w$$

ここに、 D_u : 上層の層厚、 d : 止水壁の壁厚、 D' : 難透水層の層厚。単層地盤で定義した止水壁ファクター F_w の考え方¹⁾をここに導入すると、次式により掘削域周端部の水頭低下量が算出できる。

$$\frac{s_0}{Q} = \frac{1}{2\pi T} \ln \left(\frac{F_w R}{r_0} \right) \cdots (1)$$

$$F_w = \left(\frac{r_0 + d}{r_0} \right)^{(T-T')/T'} \cdots (2)$$

ここで、 R : 影響圏半径、 T : 止水壁外側の透水量係数（上層、下層の和）である。(1)式により算定した s_0/Q を図-7に解析結果と比較して示した。両者は実用上、十分な精度で一致している。

5. おわりに

本報文では漏水性複層地盤に止水壁を設置したときの掘削域内の水頭低下挙動を解析的に検討した。その結果、
・ 止水壁および難透水層の透水性変化による掘削域内地下水流入状況、水頭低下形状、水頭低下効率の挙動
・ 漏水性複層地盤における止水壁ファクターの適用方法と適用性
が明らかになった。以後、これらを掘削域内の地下水処理設計に反映する手法について検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 高坂信章：止水壁内側からの揚水による帯水層の水頭低下特性、土木学会第52回年講、1997.9、III-A247, pp.494-495.

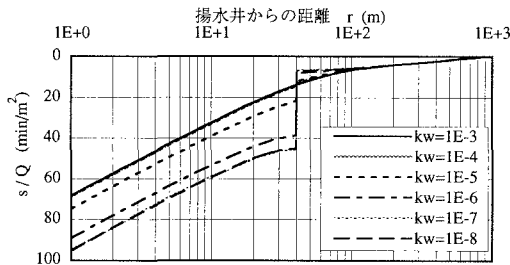


図-2 k_w の変化による水頭低下曲線の変化

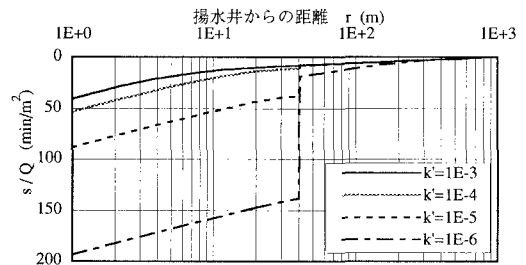


図-3 k' の変化による水頭低下曲線の変化

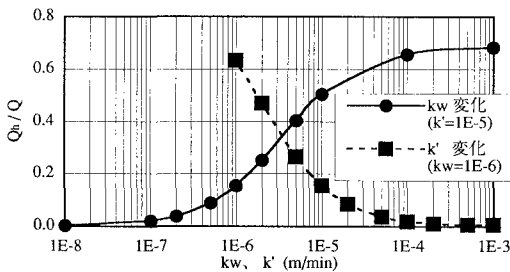


図-4 k_w および k' による止水壁部流入率の変化

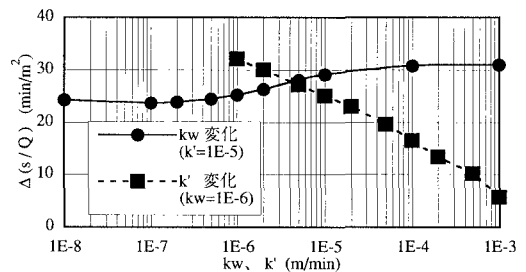


図-5 k_w および k' による水頭低下勾配の変化

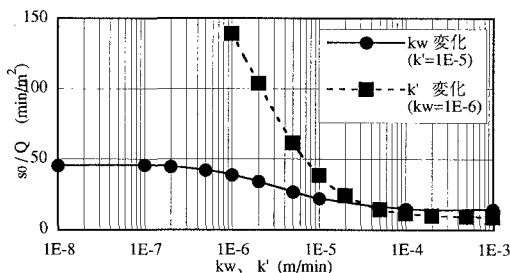


図-6 k_w および k' による水頭低下効率の変化

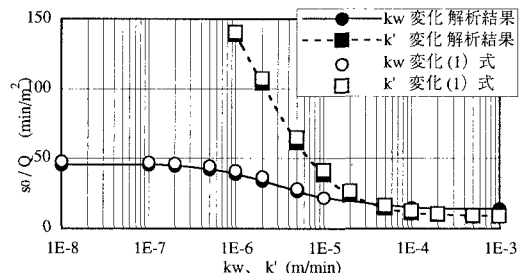


図-7 止水壁ファクターによる水頭低下効率の評価