

III-422

遮水性土留壁を用いた大規模開削工事における地下水処理工法の研究

鴨川電気鉄道株式会社 正員 向井 寛行 下条 弘
中央復建コンサルタント株式会社 正員 八谷 誠 中廣 俊幸
正員 福田 勇治

1. まえがき

地下構造物建設に伴う地盤の開削工事に際しては、掘削の安全性、作業性、迅速性を確保するため、ほとんどの場合地下水処理工が実施される。地下水処理工法としては、一般に重力排水法としての釜揚排水工法、強制排水工としてのウエルポイント工法、ディープウエル工法等が用いられているが、工事の大規模化に伴い、ディープウエル工法が多く適用されている。ディープウエル工法（以下DW工と略す）は設備そのものはかなり大がかりとなるが、掘削敷内の湧水処理のみならず、掘削時に発生するボーリング・クリックサンド及び盤ぶくれ等の対策としても有効である。開削工事におけるDW工を計画するに当たっては、まず対象地盤の水理特性を把握する必要がある。その手法としては多孔式の揚水試験が用いられる。それによって得られた揚水量と水位低下量の関係により、DWの設計を行うのが一般的である。しかし、ここで用いられる水理特性の推定法（ヤコブ式、タイス式、ティーム式）は、水理的に均質等方地盤を対象としたものであり、また、今日のように遮水性の高い土留壁を用いる場合、その適用に当たっては充分検討し、柔軟な考え方が必要と考えられる。本論において述べる事例は、我々が上記の問題点に直面したものであり、今後の同様な問題に対する対処例として示すものである。

2. 工事概要

鴨川電気鉄道は、京都市左京区三条から出町柳までの延長2.3kmを全区間ボックス式の地下構造物で、その施工は開削工法で行われている。掘削深さはGL-15～-20mである。当区間は北から南へ流下する鴨川の左岸沿岸で、鴨川にはば並行して施工される。従って、当初から地下水処理は大きな問題であり、土留壁も遮水性の高い泥水固化系柱列壁が適用された。対象地域の地盤は、京都盆地の北部扇状地地帯に当り、北山あるいは東山から土石流的に流出した扇状地性堆積物、及び鴨川の氾濫堆積物を主体としている。土層構成状態は、GL-5～-9m付近までが沖積層、それ以深が洪積層と推定される。沖積層は砂礫を主体とし、玉石、転石も多く分布している。洪積層も砂礫を主体とするが、部分的に厚さ1～2m程度の粘性土層が不連続に挟在するとともに、シーム状にも多く分布する。全体的に地下水を豊富に帯水する地層である。

3. 地下水位低下工法の設計

工事区間内4つの工区において、各々大規模揚水試験を実施した。その時の試験条件及び結果を図-3に示す。これらの結果から、土留壁の有無による差は顕著に現れており、DW工の設計に当たっては、透水量係数 $T=1.1 \text{ m}^2/\text{min}$ （透水係数 $k=10^{-1} \text{ cm/sec}$ 、帯水層厚

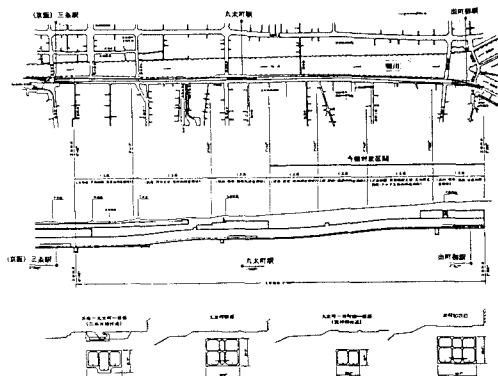


図-1 鴨東線路線図

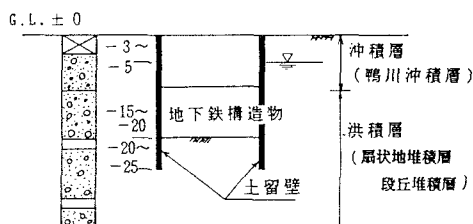


図-2 土層横断面図

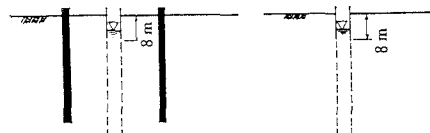


図-3 揚水試験結果
両側または川側に土留がある場合 $T=1.0 \sim 1.1 \text{ m}^2/\text{min}$ 土留板がない場合 $T=3.8 \text{ m}^2/\text{min}$

図-3 揚水試験結果

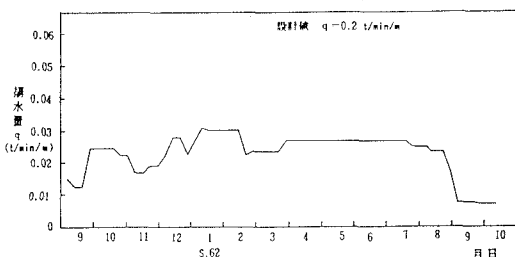


図-4 揚水量経時変化図

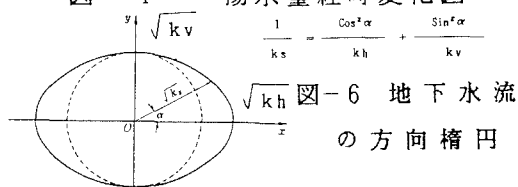


図-6 地下水流
の方向楕円

$D=20\text{m}$ ）を適用した。その結果、目標水位低下量に対する必要揚水量は約 0.2t/min/m となった。

4. 施工実績による検証

前項に示した設計値（揚水量）に基づいて施工した結果を、先行した1つの工区についてみると、揚水量 0.03t/min/m で目標水位低下量が確保され、その時の土留壁背面近傍の水位低下量は $0.5\sim 1.5\text{m}$ 程度であり、設計値とかなりの差違があった。この原因としては、(1)揚水試験の設備不良（目詰り、ポンプ障害等）、(2)水理特性計算の誤り、(3)水理特性決定時の条件設定の誤り、等が考えられる。この内、(1)及び(2)については充分なチェックをした結果問題はなかったと考えられる。次に(3)について検討した結果、揚水量を過大評価する要因としては、

- (a) 帯水層厚（ D ）の過大設定
- (b) 水理特性の異方性

が考えられる。そこで、今回の問題に対して、上記各要因がどのように関連するかについて掘削数面の水位低下量を一定とし、その時の揚水量（ q ）に着目して有限要素法による二次元浸透流解析にて検証した。

(a) 帯水層厚（ D ）の過大設定

$D \sim q$ 関係は一般に正比例の関係にあり、 D が大きくなるにつれて q も多くなる。今回の場合について同様の関係を求めると図-5のようである。この結果からわかるように、実揚水量（ $q=0.03\text{t/min/m}$ ）に対する D は 2m 程度となり、全く非現実的な値となる。従って、この要因は今回の主因としては考え難い。

(b) 水理特性の異方性

地盤の水理特性の異方性を充分評価する手法はまだ確立されていないが、今回一手法として図-6に示す松尾ら¹⁾によって提案されている楕円関数の考え方に基づき、実揚水量に見合う各透水係数成分（水平方向： k_h 、鉛直方向： k_v ）を同定した。ここで k_s は今回の揚水試験によって得られた透水係数であり、4分の1楕円の面積を等分する方向を示しているものと考えた。

この結果図-7に示すように、 k_v と k_h の比は、1対50程度となり、同定された水理特性の異方性を考慮することにより、実測値と一致することがわかる。次に k_v 、 k_h の妥当性を検証するため、非定常解析により、土留壁背面水位の経時的な変動を実測値と対比した。その結果を図-8に示す。これより、土留壁背面及び周辺の水位低下量は異方性を考慮することにより、比較的実測値と一致していることがわかる。

5. まとめ

以上の事より、今回対象している地盤については、地下水処理工の設計に際して、水理特性の異方性に着目して行う必要があることが判明した。そこで、残り工区についてはその結果に基づいて再設計を行い、ほぼ問題なく進んでいる。

この種の問題は、自然地盤を対象とする限り大なり小なり起こる可能性があり、今後、合理的、経済的な設計、施工を行うため異方性の水理特性を求める調査、解析手法の確立を計っていく必要がある。

参考文献

- 1) 松尾 新一郎，河野 伊一郎：一地下水位低下工一

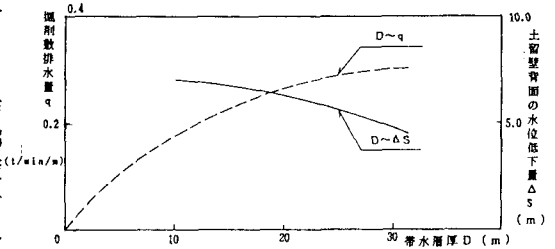


図-5 帯水層厚と排水量および水位低下量関係図

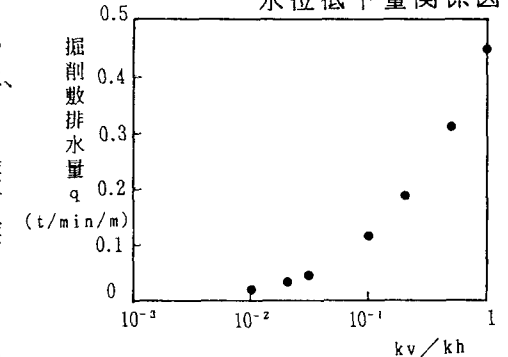
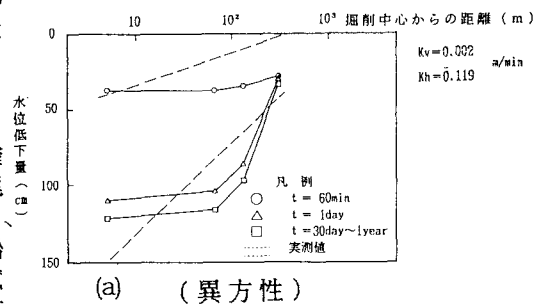
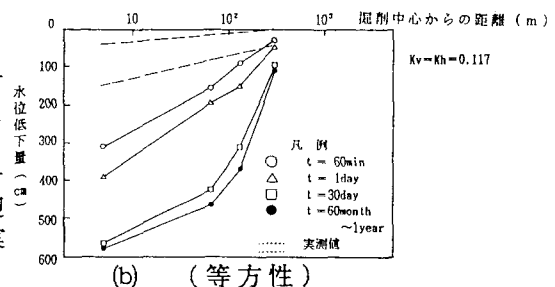


図-7 $q \sim k_v/k_h$ の相関



(a) (異方性)



(b) (等方性)

図-8 経時的な水位低下量変化図