

(Ⅲ-87) 東京礫層の帯水層定数の把握について

東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 正会員 ○下大蘭 浩
 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 正会員 成田 昌弘
 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 正会員 松沢 智之

1. はじめに

東京の地形は主として山手台地と下町低地により構成されているが、下部においては全域にわたって東京礫層と呼ばれる洪積砂礫層が見られ、重要構造物の支持層として用いられている。戦後の経済成長時に大量の地下水汲み上げが行われ地下水位はこの層の下まで低下したが、その後の地下水汲み上げ規制の結果、現在では水位が回復して東京礫層は帯水層となるに至った。今回、揚水試験を行って東京礫層の透水量係数と貯留係数を把握したので、その手順および結果について報告する。

2. 対象地盤および井戸の構造と配置

今回揚水試験を行った地点における地質を図-1および表-2に示す。ここに、図-3のような配置の井戸を掘削し、これを用いて試験を行った。なお、井戸の構造を図-4に示す。

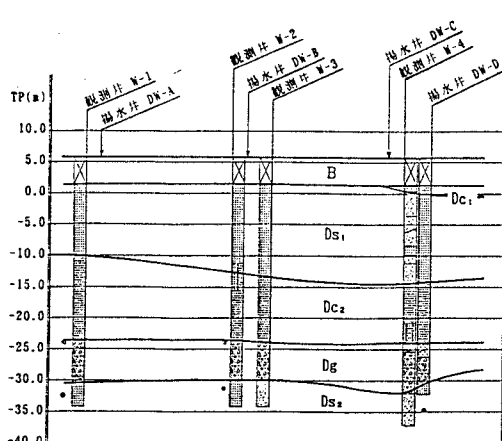


図-1 地質断面図

表-2 地質層序図

地質時代	地層名	地質名	記号	層厚(m)	N値
現世埋	土	埋土	B	4.40~4.60	—
洪積世	東京層	粘性土	Dc1	0.90~1.50	—
		砂質土	Ds1	11.50~14.90	—
	東京礫層	粘性土	Dc2	9.50~13.50	14~15
		礫質土	Dg	6.10~8.10	50以上
	江戸川層	砂質土	Ds2	5.10以上	50以上

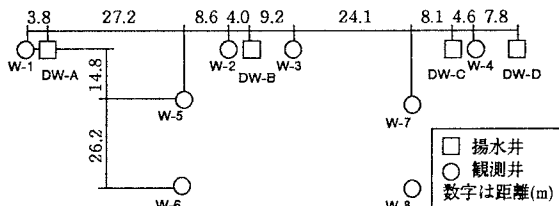


図-3 揚水井および観測井の配置

3. 試験方法

今回の試験では、揚水を始める前に5分間隔で2日間にわたる常時水位観測を行って通常の水位変化を把握したのち、予備揚水試験、段階揚水試験、連続揚水試験および回復試験を行った。

予備揚水試験ではポンプの試運転を行って揚水井の最大揚水量と仕上がり状況を把握した。

段階揚水試験では段階的に揚水量を増やしながら一定サイクル時間の揚水を行い、各段階における最終水位降下量を測定して、この結果から限界揚水量を求めた。

連続揚水試験では帯水層定数(透水量係数および貯留係数)を求めるために事前に求めた限界揚水量の8割で3日間にわたる揚水を行い、時間の経過に伴う各井戸の水位降下量を測定した。また、連続揚水試験終了後の水位回復時にも各井戸の水位を測定して透水量係数を算定した。なお、今回の試験では揚水井が4本あるため、各1本のみで揚水する単井の試験と、4本同時に揚水する群井試験を行い、それぞれについて結果を解析して帯水層定数を算出した。

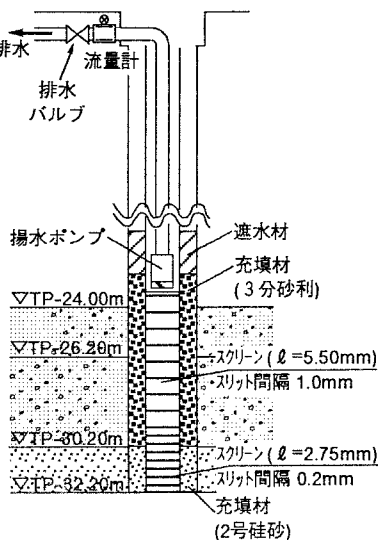


図-4 井戸構造図(DW-D)

4. 試験結果および解析

常時水位観測の結果、今回の観測地点においては潮汐によるゆるやかな水位変動はみられるものの、地下水利用等による急激な水位変動は観測されなかった。

予備揚水試験の結果は表-5に示す通りである。4本の揚水井のうち2本の最大揚水量が小さく、仕上がりが不良と判断されたが、これは今回の観測地点で過去に施工された薬液注入による影響であると考えられる。しかし、ポンプ自体は試験を行う上で支障はなく、以後の試験は4本の揚水井全てについて行った。

段階揚水試験では揚水量の増加とともに水位降下量も増加するが、ある揚水量を境にして水位降下量の増分が変化する。これが限界揚水量であり、DW-Dの例を図-6に示す。このようにして求めた各揚水井の限界揚水量は表-5に掲げるとおりであった。なお、DW-AおよびDW-Cの2本の揚水井では水位降下量の増分に変化がみられなかったため、揚水ポンプ最大量を限界揚水量とした。

連続揚水試験および回復試験の結果から、透水量係数、貯留係数が解析されるが、解析手法は揚水継続時間 t と水位降下量 s との関係を用いるタイスの標準曲線法、ヤコブの直線法、および揚水井から観測井までの距離 r と水位降下量 s との関係を用いるチームの平衡式による方法が一般的である。今回の揚水試験では井戸配置が現場の制約を受けるため、タイスの標準曲線法およびヤコブの直線法による解析を行った。図-7はDW-Bの解析図であるが、同様にして他の揚水井に関して解析した結果を表-8にまとめる。

なお、揚水試験に先立ち揚水井のボーリング孔を利用した現場透水試験を実施した。その結果は東京礫層の透水係数は $1 \times 10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$ を示した。

5. 結論

今回の揚水試験の結果、東京礫層の透水量係数は $4.23 \times 10^3 \text{ cm/min}$ 、貯留係数は 7.31×10^{-4} と算出できた。単井試験と群井試験の結果も良く一致している。透水量係数は過去に既存井戸データを用いて推定された値と同一オーダーであり、およそ 10^3 cm/min であることが確認できた。これに対し、貯留係数は各井戸でかなりの差異がみられたが、これは今回の試験地点付近で過去に行われた薬液注入の影響と考えられる。現場透水試験から得られた透水係数が揚水試験の解析結果に比べ著しく小さいのも、試験自体に誤差を含むものであると同時に薬液注入の影響であると考えられる。

今回の試験から、各井戸まわりの土質条件に差異があると考えられる場合でも多孔式揚水試験を行うことで正確な帯水層定数を把握できることが分かった。また、多項式揚水試験を行う場合、解析手法を適切に選択することで、井戸配置に制約を受ける条件下でも正確な帯水層定数の把握が可能であることが確認できた。

表-5 予備揚水試験および段階揚水試験の結果

揚水井	予備揚水試験		段階揚水試験
	最大揚水量 (ℓ/min)	仕上がり 状況	限界揚水量 (ℓ/min)
DW-A	800	良	750
DW-B	400	不良	300
DW-C	700	良	650
DW-D	200	不良	100

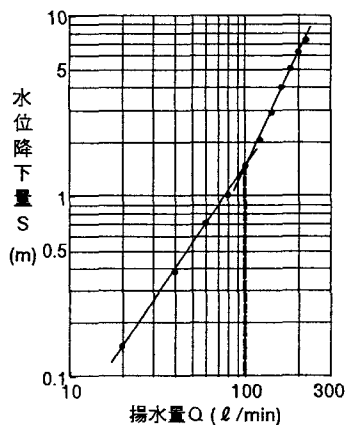


図-6 DW-D段階揚水試験結果図

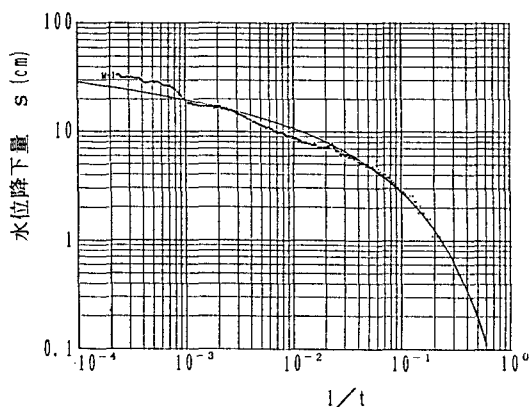


図-7 DW-B連続揚水試験解析図（タイスの標準曲線法）

表-8 水理定数一覧表

揚水井	透水量係数 T (cm^2/min)	透水係数 K (cm/sec)	貯留係数 S
DW-A	5.03E+03	1.32E-01	1.55E-03
DW-B	2.38E+03	6.25E-02	1.38E-02
DW-C	5.95E+03	1.56E-01	8.96E-05
DW-D	4.04E+03	1.06E-01	8.77E-05
群井	4.73E+03	1.24E-01	1.24E-03
平均	4.23E+03	1.11E-01	7.31E-04

透水係数は帯水層厚を6.35mとしたときの値