

東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 正会員 ○石川 文雄

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 新堀 敏彦

1. はじめに

現在、構造物の建設において揚水試験は地下の諸状を知る上で、また地盤改良など様々な分野、施工において欠くことが出来ないものとなっている。今回、東京礫層の水理定数を求めるために揚水試験を行い、実施した揚水試験の相対的良否を判断するために、群井揚水試験と単井揚水試験の水位降下量の結果を比較し両者の関連について検討したので以下に報告する。

2. 地質概要(図1)

調査地は武蔵野台地と下町低地の境界付近に位置し、調査地西北部の台地寄りでは台地を構成する洪積層が直接露出し、低地部においても沖積層の発達は極めて弱い。調査地内では実施したボーリング結果及び地質調査より今回揚水試験の対象となる東京礫層は、N値は50回以上で、φ5～50mmの円礫を主体とし基盤は砂である。

3. 試験概要

揚水試験に先立って現場透水試験及び室内土質試験を行った。揚水試験は、一般的に予備揚水試験、段階揚水試験、連続揚水試験及び回復試験の4試験を行う。今回は図に示した地点 DW-A、DW-B、DW-C、DW-Dのそれぞれの井戸において上記の4試験を行った。連続揚水試験においては、段階揚水試験により求められた限界揚水量以下で、適正な揚水量を決定し長時間連続の揚水を行う。連続揚水試験は、帯水層の透水量係数及び透水係数、貯留係数、影響圏を求める目的で行った。試験は、時間の経過に伴う水位の降下量を測定し解析を行う。解析に当たり、揚水井と観測井間の距離は表1に示すとおりである。なお、群井試験において、同一帯水層を同一地域内(同一影響圏)により揚水するため、下記条件により次式で等価距離(r')を求めることができる。

◇水位降下量と距離の対数は反比例の関係

◇水位降下量と揚水量は比例の関係

また、下記に一般的な解析手法を示す。

- ・タイスの標準曲線法
- ・ヤコブの直線法
- ・チームの式(平衡式)
- ・回復法

これらの4手法により解析を行う。

4. 試験結果

各揚水井および群井で行った連続揚水試験の解析により、水理定数を求め

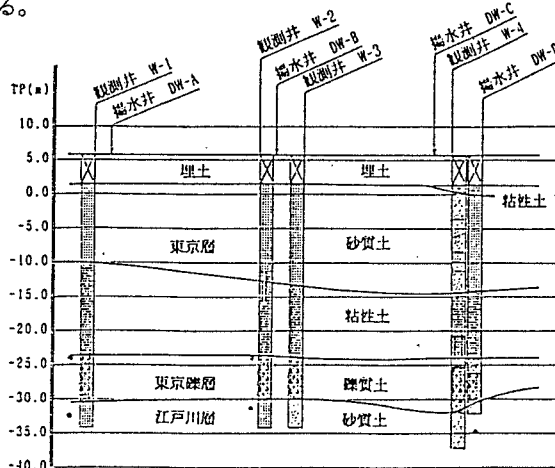


図-1. 地質断面図

び回復試験の4試験を行う。今回は図に示した地点 DW-A、DW-B、DW-C、DW-Dのそれぞれの井戸において上記の4試験を行った。連続揚水試験においては、段階揚水試験により求められた限界揚水量以下で、適正な揚水量を決定し長時間連続の揚水を行う。連続揚水試験は、帯水層の透水量係数及び透水係数、貯留係数、影響圏を求める目的で行った。試験は、時間の経過に伴う水位の降下量を測定し解析を行う。解析に当たり、揚水井と観測井間の距離は表1に示すとおりである。なお、群井試験において、同一帯水層を同一地域内(同一影響圏)により揚水するため、下記条件により次式で等価距離(r')を求めることができる。

$$\log r' = \frac{(\log r_1 Q_1 + \log r_2 Q_2 + \dots + \log r_n Q_n)}{(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n)}$$

表-1. 揚水井と観測井の距離(m)

	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7	W-8	DW-D	DW-A	DW-B	DW-C
DW-D		44.6	7.8		67.4	78.2	26.6	46.4	—			
DW-A	3.8	48.4	85.2	35.8	31.0	49.0	74.5	83.4	93.0	—	39.8	80.6
DW-B	43.6	8.6	45.4	4.0	19.0	42.5	36.8	52.0	53.2	39.8	—	40.8
DW-C	84.4	32.2	4.6	44.8	55.4	68.0	18.8	42.3	12.4	80.6	40.8	—
群井	(19.1)	(30.5)	(25.0)	(26.5)	(35.5)	(54.2)	(38.9)	(59.2)	(39.0)	—	—	—

W-1～8: 観測井
DW-A～D: 揚水井

帯水層厚：6.35mとしたときの透水係数（ k ； $k=T/m$ ）を表-2に示す。また、連続揚水は、層流状態で実施する条件より段階揚水試験で求まっている限界揚水量の8割に当たる揚水量（ Q ）で行った。揚水により発生する水位降下の影響圏としては、DW-A、B、Cの各揚水井からの揚水試験結果をチームの平衡式により解析し各揚水井の影響圏を求める。（図-2）

以上のように求めた各揚水井の影響圏の平均を採用するため、単位揚水量としたときの水位降下量を求め、図-3に示す。この結果より、影響圏（ r_0 ）は409mと推定することができる。また粒度試験（東京礫層）によると、粒径1～10mmが主体であると考えられるため、一般的には影響圏としては400m～1,500mであると考えられる。

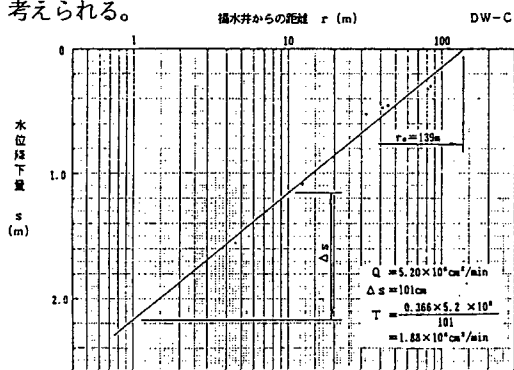


図-2. チームの図解法（平衡式）・・・DW-C

5. まとめ

今回実施した揚水試験の相対的良否を判断するために、群井揚水試験の水位降下量と単井揚水試験の結果を比較したものを表-4に示した。群井による任意地点の水位降下量は個々の井戸による任意の地点の水位降下量を加え合わせる。すなわち重ね合わせの原理に基づいて計算できることにより単井試験の総和と群井試験とでは、最大水位差が29cmとなりこの値は誤差の範囲内と解釈することができ、よく一致した試験結果とみることができる。

以上、東京礫層を中心とした揚水試験を行い、単井と群井による試験結果を解析し両者を比較したが、単井試験の水位降下量は各揚水井においてばらつきがあり、水理定数においても同じような傾向がみられたが、単井試験の総和と群井試験の結果を照合するとよく一致していることがわかる。今回の揚水試験において群井揚水試験は、揚水により発生する水位降下の影響圏を与える上で、また各揚水井の揚水試験の良否を判断する上でも有効であったといえる。現場透水試験結果より求めた東京礫層の透水係数は $1 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ (cm/sec)を示した。これは一般的な東京礫層の水理定数から著しく小さく原因としては周辺に薬液等の注入があったものと考えられる。また、粒度試験結果よりクレーガーによる透水係数の推定を行うとほぼ 2×10^{-1} (cm/sec)となった。以上のことより調査地付近の東京礫層の透水係数としては、揚水試験結果より求めた値 $k = 1.11 \times 10^{-1}$ (cm/sec)が妥当な値と言える。

表-2. 水理定数一覧表

解析法	透水係数 T (cm ² /min)	貯留係数 S	透水係数 k (cm/sec)
DW-A	タイス	5.85×10^4	2.10×10^{-4}
	ヤコブ	5.13×10^4	2.93×10^{-4}
	図解法	4.73×10^4	—
	チーム	2.61×10^4	—
平均	5.83×10^4	1.24×10^{-3}	1.32×10^{-1}
DW-B	タイス	3.50×10^4	1.27×10^{-4}
	ヤコブ	2.98×10^4	6.42×10^{-4}
	図解法	1.48×10^4	—
	チーム	8.17×10^3	—
平均	2.38×10^4	1.38×10^{-3}	6.25×10^{-1}
DW-C	タイス	7.65×10^4	5.23×10^{-4}
	ヤコブ	7.29×10^4	1.16×10^{-4}
	図解法	6.22×10^4	—
	チーム	1.88×10^4	—
平均	5.95×10^4	8.96×10^{-4}	1.56×10^{-1}
DW-D	タイス	5.03×10^4	4.65×10^{-4}
	ヤコブ	5.58×10^4	3.96×10^{-4}
	図解法	2.74×10^4	—
	チーム	—	—
平均	4.54×10^4	8.77×10^{-4}	1.06×10^{-1}
群井	タイス	4.82×10^4	1.40×10^{-4}
	ヤコブ	4.78×10^4	1.02×10^{-4}
	図解法	4.97×10^4	—
	チーム	2.15×10^4	—
平均	4.73×10^4	1.24×10^{-3}	1.24×10^{-1}
平均	4.23×10^4	7.31×10^{-4}	1.11×10^{-1}

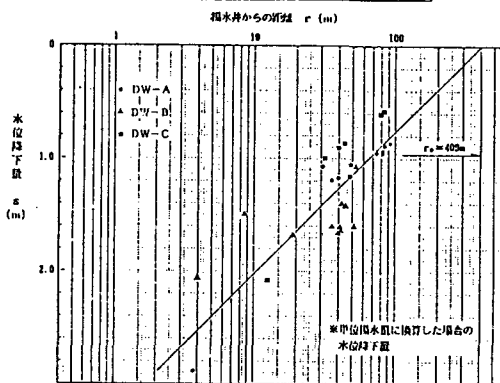


図-3. 単位揚水量とした場合の影響圏

表-4. 単井・群井 比較表

観測井 揚水井	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	揚水量
DW-A	1.731	0.669	0.530	0.714	0.518	600
DW-B	0.337	0.356	0.341	0.497	0.290	240
DW-C	0.308	0.523	1.558	0.453	1.081	520
合計	2.376	1.548	2.429	1.664	1.879	1360
群井	2.447	1.838	2.647	1.705	2.153	1360
水位差	0.071	0.290	0.218	0.041	0.274	