

地下水 수자원 分布에 관한 조사연구

(경북 달성군 巴湖洞을 중심으로)

Investigation on the Distribution of the Groundwater at paho-Dong Area

羅 仁 燁*
Na In Yup

Summary

This study has been conducted to find out the location and amount of the subterranean water body developed in the alluvial stratum in Paho-Dong, Sungsee-Myon, Dalsung-Kun area.

An earlier test drilling was done in this area by R. O. K. Agricultural Promotion Corporation. The area consists of a small river basin and surrounding low hills developed around the junction of the Nakdong and Kumho Rivers. The strata of this area are made of Paldal gravel, Bokhyundong and Banyawol layers which were formed in the cretaceous period of the Meso-sauera or acid dikes and covered with irregular alluvial layers.

The alluvial layer in this area is composed of rather minute particles and proportional electric resistance tests on this layer show $10^3 \sim 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$.

The drillings up to 12 meters deep showed only the sand layer (From 3 to 26 meters in thickness) contains water. The sand layers can not be considered a good water trapping one.

Applying the data from the drillings to A. Hazen's equation $K = cd_0^2 (1.47 - 0.031)$ to get the theoretical value of the water infiltrated, I calculated it as $K = 13.92 \text{ m/day}$. And again the value was set to Dupuit equation: $Q = 1.365 \times \frac{K(2Y-S)S}{R}$ to acquire the pumping water amount the result was $Q_1 = 75.20 \text{ m}^3/\text{day}$. When the data applied to the equation for pumping water amount, $Q_1 = \frac{Q_0}{15} \left(\cos \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2Y-S}{20}} H^{\frac{3}{2}} \right)$, the results were $Q_1 = 122.39 \text{ m}^3/\text{day}$ and $K = 38 \text{ m/day}$. Q_1 and Q_2 (low types of pumping water amount) represent proper value decrease and maximum value decrease respectively. Therefore, Q_1 is the least amount of water we can pump.

The area covers about $1,555,000 \text{ m}^2$ and the maximum water needed in this area amounts to $155,000 \text{ m}^3$. That means we have to drill 1,406 pumping wells.

It is concluded that undertaking the project in this area is irrational or even desperate and surface water should be developed more favorably.

* 本学会 正会員 韓國社会事業大学 併設專門大学 電算課長

1. 序 言

地下水는 다른 水資源과 比較하여 여러가지 利點도 가지고 있지만 동시에 欠點도 가지고 있다

地下水는 地表水에 比할 수가 없으나 직접적인 性格 혹은 埋藏성에 依한것은 他水源이 比할 수가 없는 것이다.

地表水도 어디까지나 自然的인 것이나 地下水는 屬地性이고 選拔的資源이라고 할 수 있다.

따라서 本人은 이 點을 감안하여 이에 農業振興公社에서 試錐 鑿井한 것을 資料로 하여 研究檢討한 것이다

本 研究의 主內容은 地下水運動係數를 決定하고 이 地下水運動係數(透水係數)를 갖고 本地域에 對한 地下水 分布 및 地下水 涵養關係를 究明한 것이다.

調査 研究地는 慶北 遂城郡 城西面 巴湖洞 一帶에 分布하는 沖積層의 發達地이다.

2. 地形 및 地質

가. 地表地質

本地域은 琴湖江과 洛東江과의 合流點의 東邊에 位置하고 比較的 완만한 傾斜을 갖고 252m-600m 內외의 南低北高의 丘陵形態로 分水嶺을 形成하고 있다.

本流域의 水系는 流域이 狹어 水系發達이 貧弱하여 小河川이 弓山에서 發源하여 西流하여 琴湖江 또는 洛東江으로 流入되고 있으나 地表水量은 極히 少量에 지나지 않고 있어 流域 周邊의 昭高地가 多少 設置되고 있다.

本流域盆地는 北側에 弓山 南側에 葛山으로 西側에 低地帶를 形成하고 있으나 東側에는 低丘陵으로 되고 있어 盆水嶺이라 하기에는 困難한 地勢이다.

本地域 附近의 地質은 中生代 白堊紀 中~末에 堆積된 堆積岩으로 基盤을 하고 이에 中性 및 火成岩類들이 貫入하고 있다

堆積岩類들은 下部慶尙 層群에 屬하는 粘粉層 및 上部慶尙層群에 屬하는 八達礫岩層, 伏賢洞層 등으로 構成되어 있다. 粘粉層에는 赭色세일 및 砂岩들이 發達하고 八達礫岩에는 礫岩 및 砂岩으로 堆積하고 伏賢洞層에는 赭色세일 및 綠灰色세일과 砂岩으로 構成되고 半夜洞層은 綠灰色 및 黑色세일, 泥質세일, 灰岩으로 構成되고 있다.

이들 地層의 走向 및 傾斜은 N30~60 E, 10~20 SE이다

中性 및 酸性火成岩中 中性火成岩類들은 주로 安山岩質岩들의 脈岩들이고 酸性岩類들은 거의 大部分 鉻長岩類이다.

本調査地의 沖積層은 本調査地의 大部分을 차지하고

있으며 農耕地로 利用되고 나머지는 本沖積地를 發達시킨 河川의 河岸을 이루고 있다.

沖積層의 厚이는 12m 程度에 이르며 주로 粘土質砂層을 形成하고 있다.

本地域의 地質系統은 다음과 같다.

沖積層

~不整合~

酸性岩脈

中性岩脈

~貫入~

半夜洞層

伏賢洞層

八達礫岩層

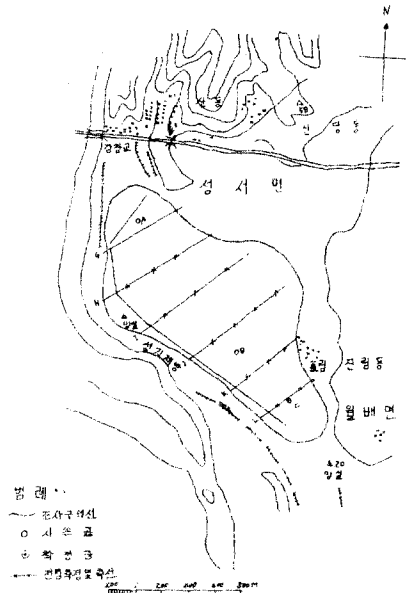


그림 - 1 調査範圍의 電探試錐位置圖

가. 地下地質

(1) 電氣探査

本地域의 地下地質을 判斷하기 위하여 電氣探査를 6 個地點을 選定하여 沖積層의 比抵抗率을 測定하였다. 測定地點은 그림-1과 같다. 機器는 比抵抗測定器 Type 3144 型(Yoko Ga Wa)을 使用하였고 方法으로서는 垂直探査인 Wenner 方式을 適用하였다.

이는 基盤岩과 沖積層의 比抵抗 差를 利用하여 沖積層의 두께를 同時에 산출 할 수 있기 때문이다.

測定順序를 G,H,I,J,K,L으로 하였다. 이 6 個中의

表-1. 전담곡선 해석 총괄표

측정번호	표 노 증		중 직 증		분 화 대	
	심 도	비 저항치	심 도	비 저항치	심 도	비 저항치
	m	$Q-cm$	m	$Q-cm$	m	$Q-cm$
G-1	0-3.2	1.4×10^7	3.2-10.2	2.1×10^7	10.2-	1.4×10^7
2	0-2.6	6×10^6	2.6-8.9	1.2×10^7	8.9-	5×10^6
3	0-2.0	1.5×10^7	2.0-10.2	1×10^7	10.2-	2×10^7
4	0-3.6	2.0×10^7	3.6-8.6	7.2×10^6	8.6-	7.2×10^7
5	0-3.2	1.2×10^7	3.2-8.4	8×10^6	8.4-	3×10^7
H-1	0-3.0	1×10^7	3.0-8.0	6.7×10^6	8.0-	4.1×10^7
2	0-3.4	6×10^6	3.4-8.7	2×10^7	8.7-	2×10^7
3	0-3.7	1.0×10^7	3.7-7.8	2.0×10^7	7.8-	1.5×10^7
4	0-2.5	9×10^6	2.5-8.6	2.0×10^7	8.6-	2.2×10^7
I-1	0-2.3	3.6×10^7	2.3-8.4	10.8×10^6	8.4-	7.2×10^7
2	0-2.8	4.4×10^7	2.8-9.4	8.8×10^6	9.4-	13.3×10^7
3	0-2.2	4.1×10^7	3.2-15	1.5×10^7	15-	8.3×10^7
4	0-2.4	2.5×10^7	3.4-15	3.0×10^7	14-	10.1×10^7
J-1	0-3.4	7.0×10^7	3.4-16.7	10.5×10^6	16.7-	7.0×10^7
2	0-1.0	2.0×10^7	1.0-1.9	1.5×10^7	1.9-	1.3×10^7
3	0-2.4	3×10^7	2.4-8.0	12.8×10^6	8.0-	6.4×10^7
4	0-2.7	1×10^7	2.7-14.0	11.4×10^6	14.0-	2.2×10^7
K-1	0-5.3	3.1×10^7	5.3-13.5	2.0×10^7	13.5-	4.1×10^7
2	0-2.5	2.8×10^7	2.6-12.2	1.4×10^7	12.2-	3.4×10^7
3	0-2.7	4.9×10^7	2.7-15.0	3.8×10^7	15.0-	6.5×10^7
L-1	0-2.8	2.0×10^7	2.3-12.0	1.1×10^7	12.0-	3.7×10^7
2	0-3.0	3.0×10^7	3.0-9.0	4.6×10^7	9.0-	1.3×10^7
3	0-3.6	4.2×10^7	3.6-16.0	1.8×10^7	16.0-	9.2×10^7
4	0-3.1	3.5×10^7	3.1-17.0	6.3×10^6	17.0-	1.5×10^7

表土層(地表) 2~6m(表土), H地點은 $1.2 \times 10^7 Q-cm$ 인데 관하여 1, 2, 3, 4은 $4 \times 10^7 Q-cm$ 으로 比抵抗값이 커지고 있다. 粘土質砂層(深度 2.8~6.4m)은 1, 2, 3, 4은 大部分 커지고 있으나 $10^7 Q-cm \sim 10^8 Q-cm$ 으로 되어 있어 砂層이나 粘土質礫層의 거의 같은 比抵抗값을 갖고 있다. 다만 K地點만이 $10^4 Q-cm$ 로 되어 比較的 높은 값이다. 그러나 他地域에 比較하면 一般적으로 낮은 比抵抗값을 갖고 있음이 殊異없는 事實이다. 따라서 本地域은 含水성이 큰 地質現象이나 滲水性이 적은 地層임을 알 수 있다.

比抵抗測定値 및 曲線圖은 表-1과 그림 2, 3과 같다. (2) 試錐調査

本地域의 試錐調査는 2個地域(A地域 파호동, B地域 응림동)을 選定하여 岩盤까지 試錐한 것과 1個所의 鑿井이다.

A地域인 파호동 附近의 試錐한 것을 보면 지표 ~ 2.6m가 粘土層(表土), 深度 2.8m ~ 6.4m 粘土質砂層,

深度 6.4m ~ 9.4m 砂層, 9.4m ~ 11.6m 粘土 砂礫層, 11.6m ~ 12.5m 風化帶, 以下 基盤岩에 達한다. 全試錐層厚는 11.6m으로 이 중 砂層이 帶水層 役割을 한다.

B지역인 파호동 附近의 試錐한 것을 보면 地層의 厚薄과 거의 같이 地表 2.1 ~ 2.4m 粘土層(表土), 深度 2.4 ~ 6.6m 粘土質砂層, 深度 6.6 ~ 9.3m 砂層, 9.3 ~ 12.1m 粘土質砂層, 深度 12.1m ~ 12.9m 風化帶이고, 이 以下가 岩盤이다. 帶水層은 역시 砂層이 된다.

B지역은 上流에 位置하고 揚水을 爲한 鑿井이다. 本地域은 上流와 거의 같이 地表 ~ 2.6m 粘土質(表土), 深度 2.6 ~ 6.8m 粘土質砂層, 6.8m ~ 9.4m 砂層, 9.4m ~ 12.2m 粘土質砂層, 12.2m ~ 14.6m 風化帶, 柱狀圖에서와 같이 (그림-4 참조) 下流地域으로 갈수록 沖積層의 층두께는 두꺼워지나 帶水층두께는 적은 양상을 띤다. 試錐位置는 그림-1과 같다.

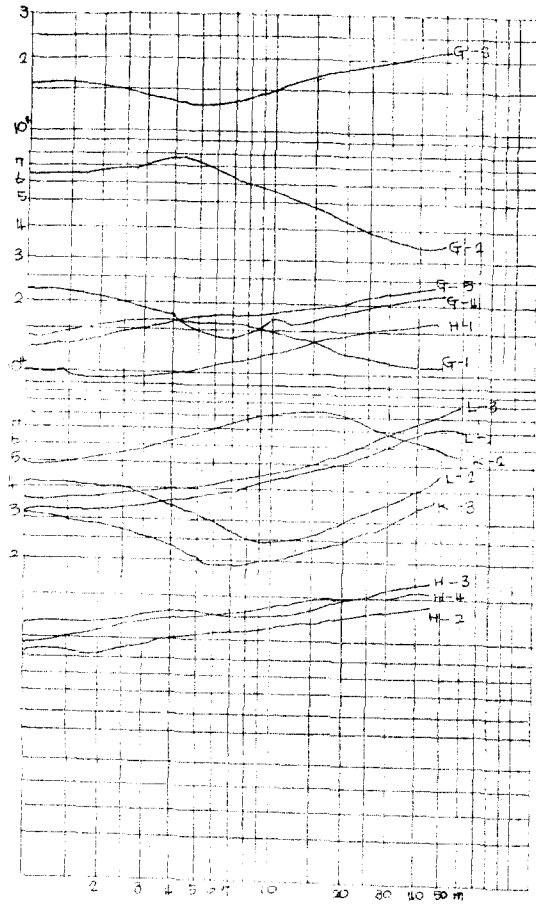


그림 - 2 전기탐사해석곡선도

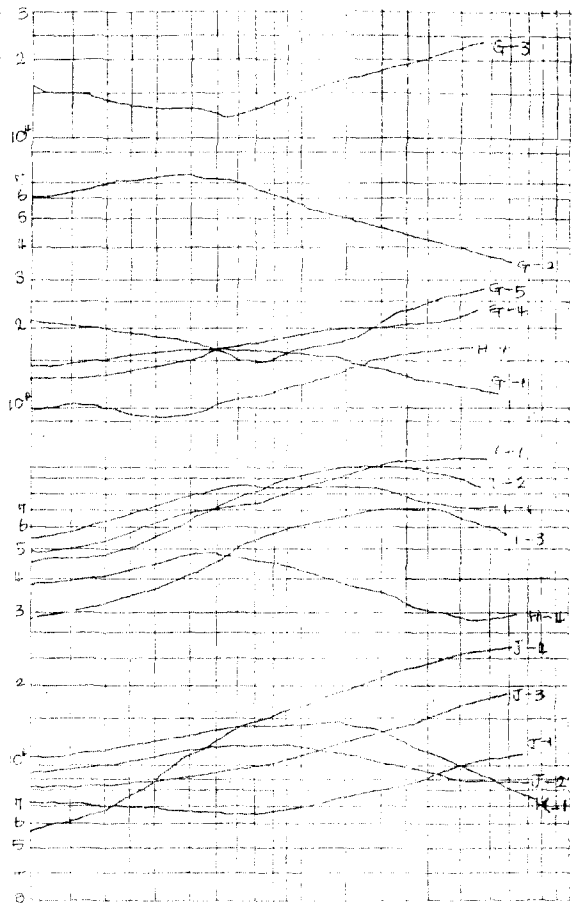


그림 - 3 전기탐사해석곡선도

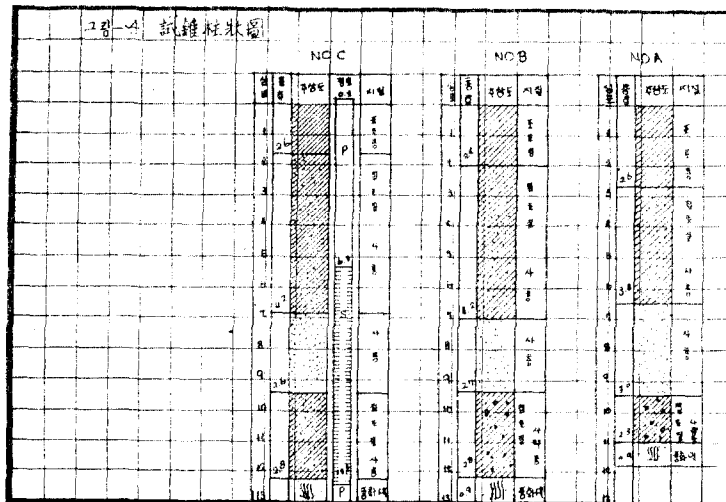


그림 - 4 試錐柱狀圖

3. 水理 地質

가. 一般水理

(1) 降水 및 氣溫

水文의 要素를 大邱地方에 準하여 해석하여 보면 降水量은 年平均 1,022mm로서 他地方에 比하여 매우 적은 것이다. 冬期에는 月平均 50mm 以內이나, 7,8月은 200mm 以上이다. 氣溫도 역시 內陸盆地의 特性을 顯 나타낸다.

(2) 증 발

증발량은 O.W. Thovrthwaite (1931) $\frac{P}{E} = 11.5 \times$

표-2. 10年間平均降水 및 氣溫

(단위: mm 및 °C)

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년평균강수량 및 평균기온
강 수	18.6	23.8	56.8	67.2	85.5	109.8	261.7	275.2	132.5	42.2	37.9	11.8	1,022.6
기 온	-12	0.9	6.4	12.4	18.1	21.8	25.5	26.4	20.8	14.6	8.1	1.4	12.9

지 못하기 때문에 滲透量은 없으며 많이 왔을 경우에도 지층 30cm를 완전히 포화시키자면 시간의 所要되기 때문에 늦게 기록된다. 또 滲透量과 증발散量과 강수량은 土質과 傾斜각도에 의해서 달라진다. 이에 어떤 상관관계가 이루어지는 지는 아직 資料가 없기 때문에 이 資料를 그대로 引用한다.

표-3. 평균 삼투량 및 증발산량

삼투량 (mm/year)	증발산량(mm)	년평균증발산량(mm)
1.15	0.79	10.83

(4) 水 資 源

本地域의 流域면적은 11,330,000 m²에 대한 繪水資源(유역면적×강수량)은 13,731,258 m³이다. 이 중 증발량은 122,703.9 m³이고 滲透量은 13,029.5 m³, 증발산산양 8,950.7 m³ 임으로 유출량은 13,586,573.9 m³가 된다.

표-4. 本地域內의 연간 水理狀況 (m³/year)

수자원량	증발량	삼투량	증발산량	유출량
13,731,258	122,703.9	13,029.5	8,950.7	13,586,573.9

(5) 農水資源

本流域內의 調査對象면적은 1,555,000 m²로서 이에 必要한 水資源量은 155,500 m³(농경지면적: 0.1m에 연중 가장 많은 물을 必要로 할 때 관개용수량)이다.

나. 地下水理

本地域은 小河川의 범람지역인 동시에 琴湖江의 범람地域이라 할 수 있다.

$(\frac{P}{T-10})^{\frac{10}{9}}$ (P: 降水量, E: 증발량, T: 온도)에 의하여 氣溫을 °C 및 降水量을 mm로 환산하면 $\frac{E}{P} = 0.17(\frac{P}{T+12.2})^{\frac{10}{9}}$ 으로 되어 이 式에 本地域의 降水量 및 기온을 대입하면 증발량은 10.83 mm 수 있다.

(3) 滲透量 및 증발산양

이 調査資料는 대구地方의 地層두께 30cm(점토+사질 30%)로서 잔리물 기준으로 산출된 資料이다. (農業 진흥소, 칠곡農業試驗所)

비가 적게왔을 경우 지층 30cm를 완전히 포화시키

또한 洛東江과 合浦地点이라 比較的 水源供給이 充分한 지역이라 할 수 있겠다. 그러나 本沖積層의 堆積狀은 比較的 不良한 것이다. 帶水層이다 할 수 있는 砂層은 2.7m 内外뿐이고 粘土度砂層이나 粘土, 砂礫層은 微細粒子인 粘土의 含量이 많으므로 層 두께는 약 4m~3m나 되고 있으나 良好한 帶水性은 못된다고 할 수 있다(試錐柱狀圖 참조).

C點인 穴井된 곳에 揚水試驗을 실시하였다. 50mm의 口径 Steel pipe를 설치하여 삼각 V-Notch를 利用하여 양수량을 측정 하였다.

실험 시간은 150分 이었고 이때의 自然水位은 0.25m였었고, 揚水量 242 m³/day였을때 水位降下는 5.65m였다.

試驗結果는 다음 표-5와 같다.

표-5. 揚水試驗結果表

구분	관측 시간	자 정 수위	수위 정지	양수량	정정 구경	스트레나	
	분	m	m			간격	정공용
C	120	0.25	2.46	242	50	60	22%

4. 結果 및 考察

以上에서 調査試驗한 結果를 가지고 本地域에 對한 地下水運動常數를 決定하고 地下水流動 및 地下水滲透에 對하여 考察하면 下記와 같다.

가. 透水係數 및 揚水量決定

(1) 理論值의 透水係數 및 揚水量

A. Hazen의 理論에 의한 式을 利用하여 地下水運動常數 透水係數를 算定 할 수 있다

A. Hazen 式에 의한 透水係數 K는

$$K = Cde^2(0.7 + 0.03t) \dots\dots\dots(1)$$

K : 透水係數 C : 係數(400)
de : 有郊粒徑 t : 滲透水の 溫度(15 °C)
0.7 + 0.03 t : 溫度補正

有郊粒徑 de는 本地域 帶水層의 平均構成粒徑 5.5 mm로 이를 本式에 代入하면 K=13.92 m/day가 되고 이 값이 이 地域의 理論上의 透水係數이고 이를 利用하여 揚水量을 決定할 수 있다. 上記 K값을 Dupuit 式에 依하여 揚水量을 求하면

$$Q = 1.3/5 \times \frac{K(2H-S)^2}{\log R - \log r} \dots\dots\dots(2)$$

Q : 揚水量 R : 영향半徑
H : 帶水두께 r : 孔井半徑
S : 水位降下 K : 揚水係數

여기서 影响半徑 R은 Qusakin의 式 $K=2S\sqrt{HK}$ S=2.46 m, H=2.7 m, K=13.92 m/day을 式(3)에 代入하면 R=30.16 m가 되고 이를 式(2)에 代入하면 Q=77.20 m³/day가 얻어진다.

(2) 實驗值에 依한 透水係數 및 揚水量의 實際값을 揚水試驗時 使用한 triangular wein(三角 V-Notch)를 利用하여 求할 수 있다.

$$Q = \frac{8}{15} C \tan \frac{a}{2} \sqrt{2g} H^{5/2} \dots\dots\dots(4)$$

Q : 揚水量, C : 流出係數(0.6)
g : 重力加速度 a : wein角(90°)
H : 水位, 下(2.46 m)

上式에 代入하면 122.39 m³/day 이 된다. 이를 式(2)에 變形式

$$\log K = \frac{2.73(2H-S)S}{Q} K - 2 \log \frac{2S\sqrt{H}}{r} \dots\dots(5)$$

Q=122.39 m³/day를 利用하여 K를 求할 수 있다. 式(5)에서 左邊에 log 曲線을 右邊에 常數項을 가지는 曲線으로 나타낸다.

$$N_1 = \log K$$

$$N_2 = \frac{2.73(2H-S)S}{Q} K - 2 \log \frac{2S\sqrt{H}}{r}$$

여기서 다시 N₁를 변형 시키며

$$A = \frac{2.73(2H-S)S}{Q}$$

$$B = 2 \log \frac{2S\sqrt{H}}{r}$$

라 두면 N₁ = log K, N₂ = A_K - B가 成立되는데 이때 N₁ 과 N₂ 가 만나는 點이 透水係數 K값이 된다(그림-

5 참조).

이에 依하여 揚水試驗에 따른 透水係數 K=38 m/day가 되고 있다. 이값에 依하여 影响半徑 R를 구하면 R=54.70 m가 된다.

나. 地下水 流動 및 影响半徑

流動速度는 Darcy의 式(Q=KIA)에서 V=KI, (I는 揚水勾配) $I = \frac{S}{K}$, S=2.46, R=30.16을 代入하면 流動速度를 計算할 수 있다. 즉 V=1.14 m/day가 된다. 理論值을 適用함.

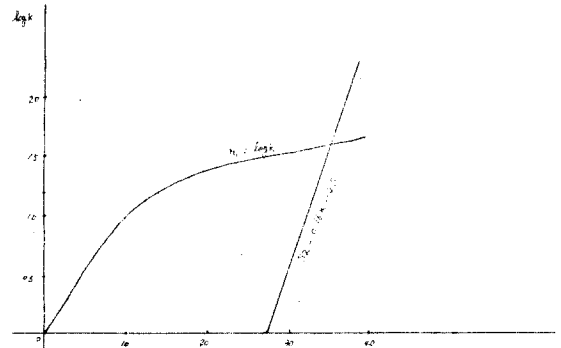


그림-5 N₁ 및 N₂ 函數值

다. 水位降下曲線

透水係數 K를 決定하였으므로 이를 使用하여 測定한 井戸에서 水位降下曲線式을 얻을 수 있다. 그림(6)에서 처럼 井戸의 中心으로부터의 水平거리를 X라 하고 X地點에서의 水位를 y라 하면 이들 관계는

$$Y = \sqrt{h^2 + 0.773 \frac{Q}{K} (\log X - \log r)} \dots\dots\dots(6)$$

로 주어지고 이 曲線을 水位降下曲線이라 부르며 上記 값을 式(5)에 代入하면 그림-(7)과 같다.

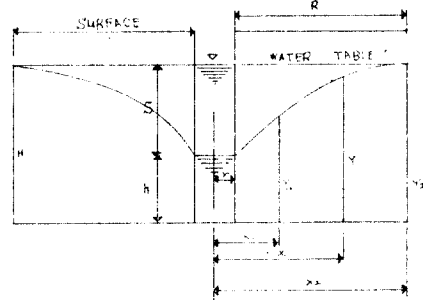


그림-6 지하수 감하곡선도

라. 限界揚水量

揚水量(Q)와 水位降下(S)와의 사이에는 流動관계가 있어 Dupuit 式의 변형式에서 限界揚水量을 求할 수 있다.

$$Q = \frac{1.365 K (2H - S) S}{\log S + \log \left(\frac{2S\sqrt{HK}}{r} \right)} \dots\dots\dots (7)$$

이 식에 의하면 限界揚水量的 曲線圖를 얻을 수 있다(그림-8 참조).

여기서 限界揚水量 110.60 m³/day가 되고 이때의 水位降下는 약 2.5 m가 된다.

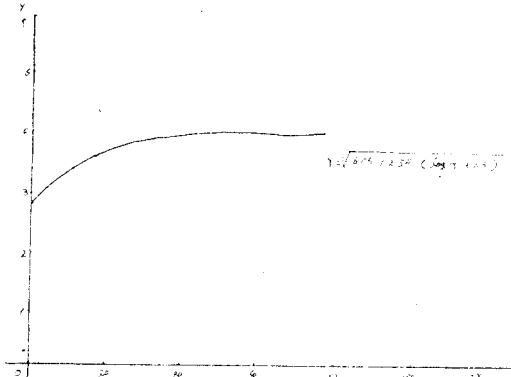


그림-7 水位降下曲線圖

마. 平均 揚水量

理論値와 實驗値를 다음 式에 依하여 本地域에 對한 平均透水係數를 求할 수 있어 이 透水係數에 따라 平均 揚水量을 求할 수 있다.

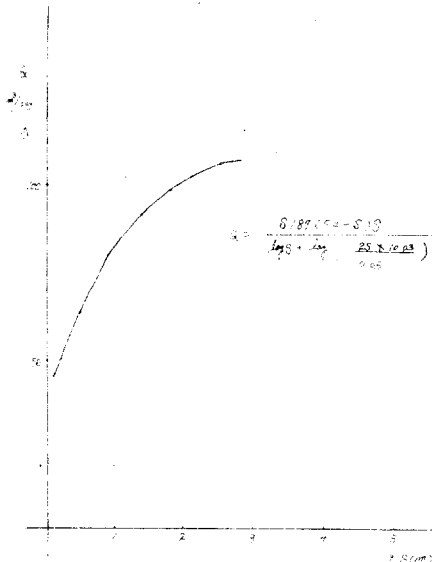


그림-8 限界揚水量曲線圖

理論値 $Q_1 = 77.20 \text{ m}^3/\text{day}$
 $K_1 = 13.92 \text{ m/day}$

實驗値 $Q_2 = 122.39 \text{ m}^3/\text{day}$
 $K_2 = 38 \text{ m/day}$
 $R_2 = 54.70 \text{ m}$

$$\left. \begin{aligned} K_{\max} &= \frac{K_1 + K_2}{2} \\ K_{\min} &= \frac{2}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

이 값을 平均하면 23.19 m/day가 된다. 이 값을 式(2)에 代入하여 揚水量을 算定하면 $Q = 121.13 \text{ m}^3/\text{day}$

이 값은 理論上 맞지않는 값이다. 限界揚水量 算定 式에서 透水係數 38 m/day를 適用하였을 때 限界揚水量 110.60 m³/day였는데 上記 平均揚水量보다 未達되고 있어 實際의인 透水係數도 훨씬 적을 것이다.

바. 最大揚水量

最大揚水量은 式(2)에서 水位降下가 最大로 降下하여 試錐最低까지 下降했을때를 말한다. 즉

$$Q_{\max} = \frac{1.365 K \cdot H^2}{\log K - \log r} \dots\dots\dots (9)$$

式(9)에 $K = 38 \text{ m/day}$, $R = 54.70 \text{ m}$, $r = 0.05 \text{ m}$, $H = 2.7 \text{ m}$ 를 代入하여 계산하면

$$Q_{\max} = 124.38 \text{ m}^3/\text{day}$$

이 값은 揚水試驗値의 값과 같고 또 平均揚水量과 같다. 따라서 本地域의 最大水位降下 $Q_{\max} = 124.38 \text{ m}^3/\text{day}$ 였기 때문에 本地域에 있어서는 이 揚水量을 초과할 수가 없으며 試驗揚水量値는 最大揚水量임을 알 수 있다.

5. 結 語

本地域은 琴湖江과 洛東江의 合流點 沿岸에 位值하는 裂隙地下水를 形成하는 水理的與件이 좋은 곳이라 하겠으나 산수호의 兪達이 微弱하여 含水性은 크나 透水性은 적어 良好한 帶水層 역할을 하지 못하고 있는 水理地質的與件을 갖는 地域이라 하겠다.

이 地域의 管井面積 1,555.600 m²이고 1個井當 地下水揚水에 의한 영향範圍가 54.70 m이므로 약 166個의 井戶를 本地域에 設置 可能하게 된다.

그러나 이 地域의 管井面積에 必要한 水量이 155,500 m³이고 1個井戶當限界揚水量은 110.60 m³/day 이므로 管井面積을 完全 충족시키자면 1,406個의 井戶가 요구 된다.

위의 事實로 보아 地下水에 의한 安全永利畧은 不可 能하다는 것이 된다. 따라서 地表水 利用과 병행하여 야 할 것이다.