

管井의 配列數 및 揚水量의 相互關係에 關한 實驗

Experiment for the Relation Between Arrangement, Numbers and Pumping Rates of Well

權 武 男*

Moo Nam Kwon

劉 漢 烈**

Han Yeol Ryu

Summary

The purpose of this experiment is to determine the relations between numbers, arrangements and pumping rates of wells.

In this experiment, well pipes were vertically set up in an artificial water-bearing sand layer of homogeneous quality. Wells were arranged in different ways and their number was varied in order to observe the variation of pumping rates. Sands were filled in a square tank, 183cm × 91.5cm × 91.5cm so as to secure a water-bearing layer. Water was constantly supplied from a supply tank located at an end of the tank.

The number of well pipes was varied from one to four. Well pipes were connected by a horizontal header pipe located above them and one pump was used. Pumping rates were measured, when they were arranged in longitudinal and lateral directions. They were also arranged in a square and triangle.

The main results thus obtained are presented as follows:

- (1) When well pipes are laid out in a longitudinal line, i. e., in a flow direction, the ratios of pumping rates of one-pipe well and wells 2-, 3- and 4-pipe t, are 1.903, 2.506 and 2.66, respectively.
- (2) When well pipes are laid out in a lateral line, i. e., in a perpendicular direction to flow, the same ratios as (1) are 1.912, 2.527 and 2.88.
- (3) When four pipes are laid out in a square and three pipes are laid out in a triangle, pumping rates are decreased, Comparing with the cases when pipes are laid out in a straight line.

I. 序 論

地下水는 地表水에 比하여 水質이 良好하여 人間은 옛날부터 地下水를 飲料水의 供給源으로 利用해 왔으며, 오늘날 그 利用範圍가 相當히 넓어져서 飲料用으로는 勿論 灌溉用水, 工業用水 등으로 利用되고 있다.

例로서 美國의 地下水 利用狀況을 보면 1950年代에 總地下水 揚水量이 300~500億 gal/day 나 되는데 이것은 灌溉用水, 工業用水, 上水道用水로 使用되는 總用水量의 17~20%에 該當하는 것이었다고 하며, 特히 乾燥한 美國의 南西部地域에서는 灌溉를 爲하여 總地下水量의 3/4을 開發했다고 한다.

이와 같이 美國뿐아니라 先進國에서는 오래전부터 地下水開發이 可用水資源으로서 매우 重大한 役割을 하고 있다.

反面에 우리나라에서는 比較的 降水量이 豊富하여 地下水開發이 事實上 度外視되어 있다.

그러나 近年에 이르러 몇차례의 旱魃을 겪고나서는 地下水에 對한 開發意識이 高潮되어 가고 있는 實情에 있는 것이다.

地下水를 合理的으로 利用開發하기 爲해서는 많은 研究되어야 할 因子들이 다루어져야 하는데 本實驗에서는 그 여러 因子들 중에서 管井의 數, 그의 配列 方法을 다르게 했을 때 揚水量이 어떻게 變化하는 가에 重點을 두고, 그들사이의 關係를 究明하고자 하였다.

II. 使用材料

(1) 모래 : 水槽內에 人工的인 地下水層 即 帶水層을 만들기 爲하여 比較的 粒徑이 크고, 粘土나 실트가 적은 모래를 경기도 화성군 대송면 금곡리, 금곡천에서 採取하였다. 모래의 粒度分析表는 表

* 水資源開發公社 ** 서울大學校農科大學

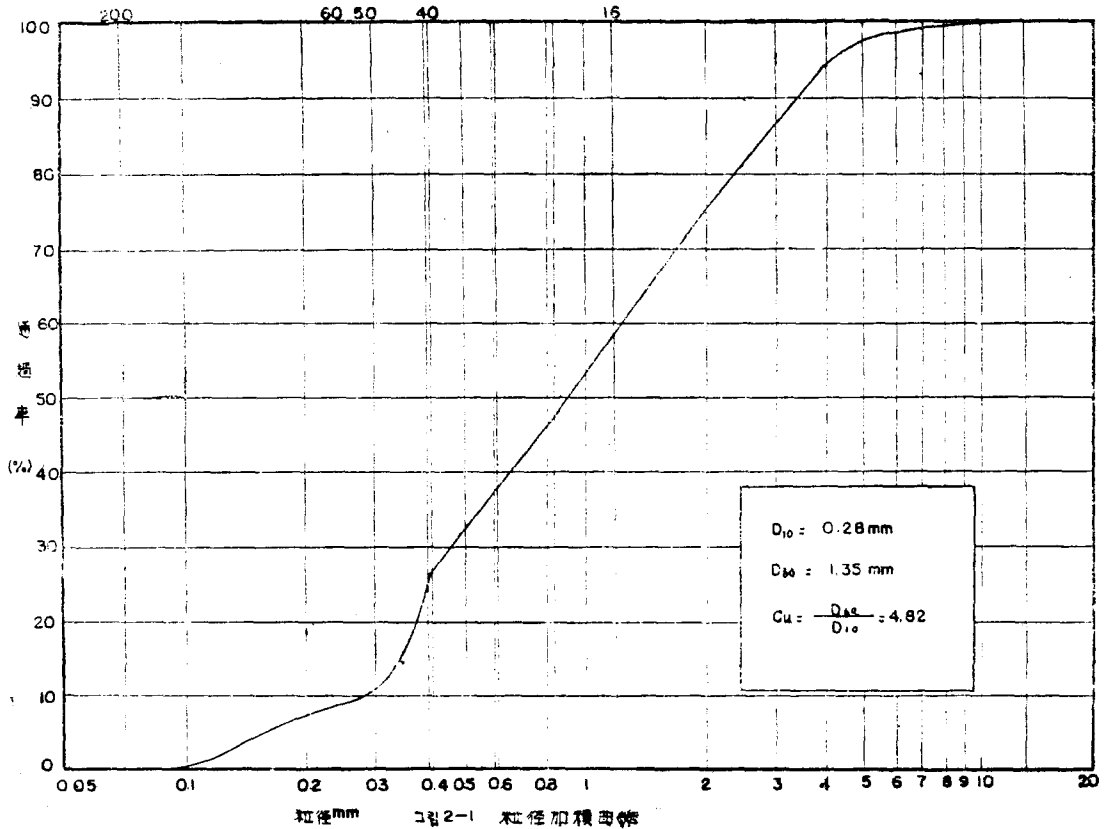
(2-1)과 같으며 이는 試料 1kg을 KSF(2302)(韓國工業規格)에 依하여 4回分析하여 그 平均値를 表示한 것이며, 分析한 結果 有效徑 $D_{10}=0.28\text{mm}$ 이고,

均等係數 $Cu=4.82$ 이 었다. 粒徑加積曲線은 그림(2-1)과 같으며, 水槽內에 들어간 모래의 量은 0.872m^3 이었다.

試料 1kg의 粒徑分析表

(KSF 2302에 依한)

粒徑 (mm)	重 量 (gr)	殘 留 率 (%)	加積殘留率 (%)	加積通過率 (%)
13 以上	0	0	0	100
13 ~ 10	8.3	0.83	0.83	99.17
10 ~ 4.75	23.3	2.33	3.16	96.84
4.75 ~ 1.995	23.5	22.35	25.51	74.49
1.999 ~ 0.841	272.1	27.21	52.72	47.28
0.841 ~ 0.387	207.7	20.77	73.49	26.51
0.387 ~ 0.207	158.6	15.85	89.34	10.66
0.207 ~ 0.185	31.9	3.19	92.53	7.47
0.185 ~ 0.15	54.6	54.6	97.99	2.01
0.15 ~ 0.104	9.7	0.97	98.96	1.04
0.104 ~ 0.074	8.6	0.86	99.82	0.18
0.074 以下	1.8	0.18	100.0	0



(2) 鐵板; 規格 183cm×91.5cm×3mm 3枚로 水槽를 만들기 爲하여 使用하였으며, 또한 規格 91cm×91cm×1.8mm 鐵板 1枚로 water source(給水槽)를 水槽內에 만들기 爲하여 使用했다.

(3) 아크릴板, 全面이 透明한 規格 182cm×91cm×5mm 1枚를 水槽前面에 附着시켜 給水槽의 水位 變化狀態 및 帶水を 觀察하기 爲하여 使用했다.

(4) Angle; 規格 2in×2in×3mm, 길이 10.98m를 水槽의 外部에 附着하여 水槽를 堅固하게 製作하는데 使用했다.

(5) Bolt, Nut 및 Rivet; 鐵板과 angle, 아크릴板과 Angle 을 組立하는데 使用했다.

(6) Pipe

ㄱ) 안지름 1in의 鐵管(上水道用)은 길이 211cm를 header pipe 로 使用하였다.

ㄴ) 안지름 1/2in의 鐵管(上水道用)은 길이 105cm 4個를 header pipe 에 連結하여 well point로 使用했는데 末端에 그림(2-2)와 같은 well screen 을 製作使用했다. 가장 良好한 揚水を 할 수 있는 構造인 流入孔의 지름이 $\frac{5}{32}$ in(0.397cm)이고, 流入孔의 延面積이 pipe 斷面積의 2.5~3倍로 하였다. (문헌 22)

screen의 길이는 12.5cm로 했고, 流入孔은 1.4cm 間隙으로 40個를 뚫었으며 screen 外部는 모래가 流入하는 것을 防止하기 爲하여 30mesh의 網을 附着해서 使用했다.

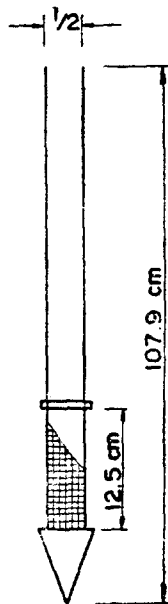
ㄷ) 안지름1cm, 길이 40cm의 鐵管에 全面的으로 流入孔을 뚫고, 末端口를 막아 揚水井周圍에 2個를 打設하여 觀測井으로 使用했다(透水係數測定時)

(7) Gate Valve: 안지름 1/2in의 brass로 製作된 것을 4個의 揚水用, pipe에 裝置하여 各 well別 揚水量을 區分하여 測定할 수 있도록 하는데 使用했다

(8) Elbow, Tee; 規格 1/2in, 1in의 것을 pipe 를 連結하기 爲하여 使用했다.

(9) Water pump

그림 (2-2) Well Screen의 構造



ㄱ) 遠心 pump; 안지름 $1\frac{1}{2}$ in, $\frac{1}{2}$ Hp, 回轉數 3,450 RPM의 美國 Sears Ruebuck & Co의 製品으로 揚水量을 測定하기 爲하여 使用했다.

ㄴ) 齒車 pump; 안지름 1/2in, 1/2Hp이며 電動機는 美國 Sears, Ruebuck & Co 製品의 1/2Hp, 回轉數 3,450 RPM을 pulley의 比를 2:1로 gear pump의 回轉數를 1725RPM으로 하여 透水係數를 測定하고, 帶水의 水位別 揚水量을 測定하기 爲하여 使用했다.

(10) 揚水量測定用 Tank: 안지름 100cm, 높이 1.5m의 圓筒形水槽와, 가로 100cm, 세로 40cm, 높이 50cm의 直六面水槽를 亞鉛鍍鐵板으로 製作使用했다.

(11) 저울: 容量 120kg짜리 물무게를 다는데 使用했다.

(12) Stop watch: 揚水量測定을 할때 時間을 재기 爲하여 使用했다.

(13) 水位測定用 浮標: 지름 1.5cm의 plastic ball에 지름 2mm, 길이 20.5cm의 대나무를 附着한 浮標의 길이가 22cm인 것을 무게가 같도록 2個를 製作하여 觀測井에 꽂아 使用했다.(그림 2-3)

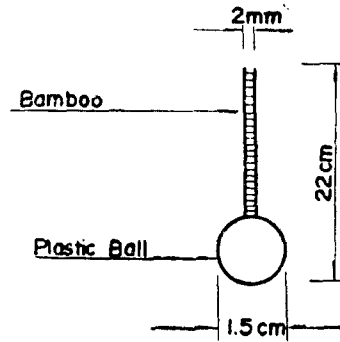


그림 (2-3) 水位測定用 浮標

Ⅲ. 實驗裝置 및 方法

(1) 實驗設計 및 裝置

ㄱ) 人工帶水를 만들기 爲한 모래는 粒度를 均一하게 하기 爲하여 물에 씻고, 粒徑이 4.75mm ~0.841mm의 範圍內가 되도록 했으며, 水槽內에 帶水層의 土層높이는 63.5cm가 되도록 했다.(그림 3-1).

ㄴ) 水槽의 크기는 183cm×91.5cm의 直六面體이고, 全容量이 1.532m³이며, 前面은 透明한 아크

릴판을 附着하여 觀察할 수 있도록 設計製作하였다. (그림 3-1).

ㄷ) 帶水層의 側壁에서 물을 自由롭게 亂流를 發生하지 않고 流入시키기 爲하여 水層의 左端에서 33cm 떨어진 곳에 one line water source (一方給水源) 裝置는 크기 91cm×18mm의 鐵板에 지름 1cm의 流入孔을 1cm 間隔으로 272個를 뚫어 수조(水槽)에 수직으로 세우고 流入孔으로 모래가 침투하는 것을 防止하기 爲하여 鐵板에 0.841mm의 網을 附着하여 製作했다.

ㄹ) header pipe의 總길이는 211cm로 揚水用 pipe (안지름 1/2in, 길이 105cm) 四個와는 elbow 및 tee로 結合하도록 했고 header pipe는 water pump와 連結되도록 裝置했다. (그림 3-1), (寫眞 3-2).

ㄱ) 管井의 配列은 水槽에 縱方向으로 하여 左로부터 井1, 井2, 井3, 井4의 順으로 配列하였고 (그림 3-1) 各 管井의 間隔은 共히 25.6cm로 하였다.

ㄴ) 管井을 水槽에 橫方向으로 配列한 境遇는 앞에서부터 뒤로 井1, 井2, 井3, 井4로 各 管井에 番號를 두었고, 寫眞(3-3) 各 管井의 間隔은 ㄱ)에서와 같이 25.6cm로 하였다.

ㄷ) 우물을 水槽內에 正四角形으로 配列한 境遇는 一邊의 間隔을 51.2cm로 하였다. 寫眞(3-4)

ㄹ) 우물을 水槽內에 正三角形으로 配列한 境遇는 正三角形 一邊의 長이 51.2cm로 하였다. (寫眞 3-5).

ㅈ) sluice valve를 設置하지 않았을 때와 帶水層의 水位別 揚水量 測定裝置는 water source에서

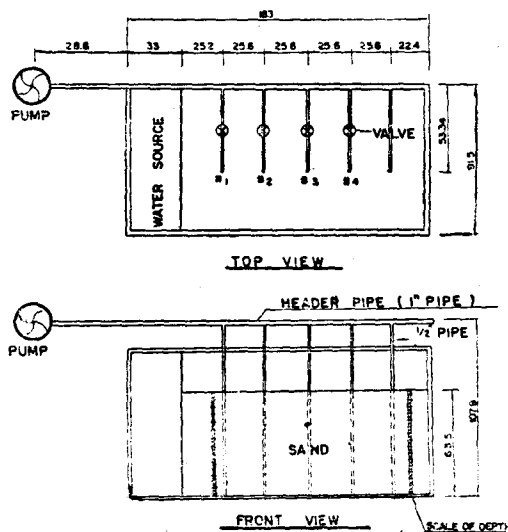


그림 (3-1) 管井을 縱으로 配列한 그림

127.6cm 떨어진 같은 곳에 設置하였다.

ㅊ) 1/2 in 지름의 pump를 使用하여 管井 1個, 2個 일체의 揚水量을 各各 1分間式 10回 測定하였다.

(2) 實驗方法

ㄱ) 管井을 水槽에 縱方向으로 配列했을 때(寫眞 3-2)

ㄴ) 管井을 水槽에 橫方向으로 配列했을 때(寫眞 3-3)

ㄷ) 管井을 水槽內에 正四角形으로 配列했을 때 (寫眞 3-4)

ㄹ) 管井을 水槽內에 正三角形으로 配列했을 때 (寫眞 3-5)

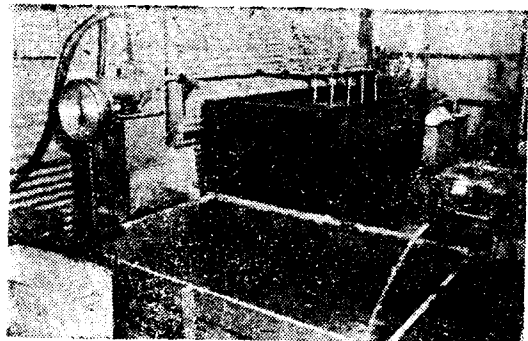
ㄱ), ㄴ), ㄷ), ㄹ)의 境遇에 帶水層內의 水位를 60cm로 固定시켜서 揚水를 施行했는데, 이 때 揚水는 空氣混合時間이 끝난 後부터 물이 完全히 揚水되는 것을 기다려서 1分式 10回 各 境遇마다 揚水量을 測定하였으며 附錄에 있는 表 (4-1), (4-2), (4-3), (4-4), (4-5), (4-6), (4-7) (4-9), (4-10) 들은 그들의 揚水量表이다.

ㄱ) sluice valve를 設置하지 않았을 때, water urce에서 水槽의 左側으로 127.6cm 떨어진 곳에 Sluice valve를 設置하지 않고 마찬가지로 揚水量을 1分式 10回測定했다. 表 (4-11)은 揚水量表이다.

ㄴ) 帶水層內의 水位別 揚水量을 測定할 때

ㄱ) 에서와 같은 位置에서 帶水層의 水位를 60cm, 50cm, 40cm, 30cm로 變化시키면서 各各의 境遇 揚水量을 1分式 10回 測定했는데 이 때 使用한 pump는 안지름1/2in, 1/2Hp의 gear pump를 回轉數 1,725RPM으로한 것이었다. 表 (4-12)에 揚水量表가 있다.

ㄷ) 1/2 in 지름의 gear pump를 使用했을 때: 안지름 1/2 in의 gear pump를 使用하여 管井 1個 및 2個 때의 揚水量을 測定하였다 表 (4-3).



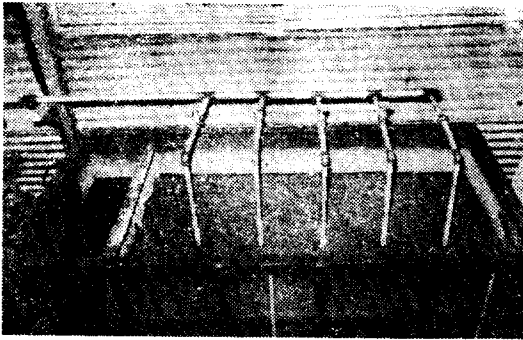
寫眞 (3-1) 實驗裝置의 全景

IV. 實驗結果 및 考察

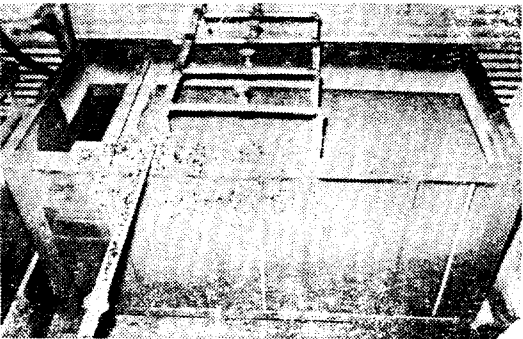
(1) 管井을 水槽에 縱方向으로 配列한 境遇

ㄱ) 管井 1 個當 水量

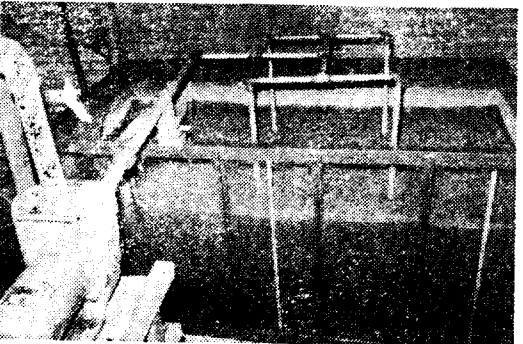
表 (4-1)에서 보는 바와 같이 water source 에서 제일 가까운 管井 井1에서 揚水量이 53.55l/min 으로 가장 많았고 管井 井2에서는 50.04l/min 管井 井3에서는 48.56l/min이였으며 water source 에서 제일 멀리 떨어진 管井 井4에서는 44.86l/min 로 제일 적게 揚水되었다. 이 現象은 回歸方程式 $Q_1 = 56.137 - 2.754N_1$ 으로 表示할 수 있으며 그림 (4-1)은 揚水量의 變化와 回歸直線을 表示하고 있다.



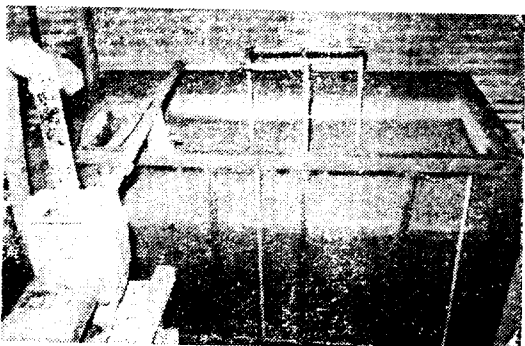
寫眞 (3-2) 管井을 縱方向으로 配列한 裝置



寫眞 (3-3) 管井을 橫方向으로 配列한 裝置



寫眞 (3-4) 管井을 正四角形으로 配列한 裝置



寫眞 (3-5) 管井을 正三角形으로 配列한 裝置

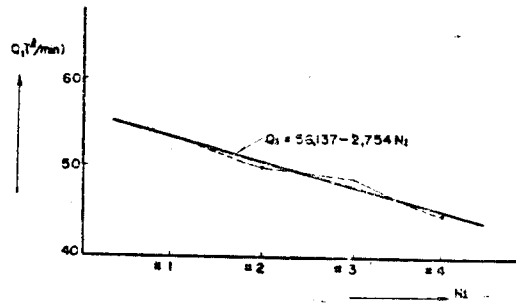


그림 (4-1)

ㄴ) 管井 2 個當 揚水量

表 (4-2)에서 보는 바와 같이 water source 에서 가까이 있는 2 個當의 揚水量은 많았고 멀리 있는 것 일수록 揚水量이 적어진 것을 觀察할 수 있었다. 即 井(1,2)에서는 99.84l/min 로 제일 많았고, 井(1,3)에서는 96.77l/min 이 그런데 井(1,4)에서 94.16l/min 井(2,3)에서 94.1l/min 로 揚水量이 비슷한 것은 water source 에서 井(1,4)나 井(2,3)까지의 平均 距離가 102.0cm도 같기 때문에 그러한 現象이 생긴 것 같이 思慮된다.

이들의 揚水量 變化도 最少 自乘法의 理論을 適用하여 回歸方程式을 求해본 結果 $Q_2 = 101.956 - 2.349N_2$ 로 나타났다.

그림 (4-2)는 揚水量 變化와 回歸直線을 表示한 것이다.

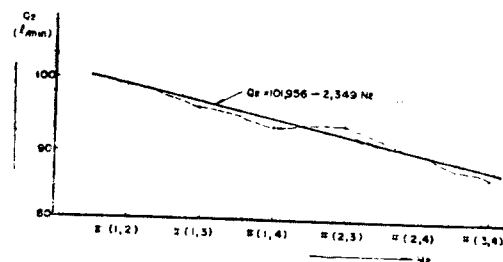


그림 (4-2)

ㄷ) 管井 3 個當 揚水量

表 (4-3)에서 보는 바와 같이 마찬가지로 나타났으며 回歸直線의 方程式은 $Q_3 = 129.58 - 2.472N_3$ 와 같다.

그림 (4-3)은 揚水量 變化的 回歸直線을 表示하고 있다.

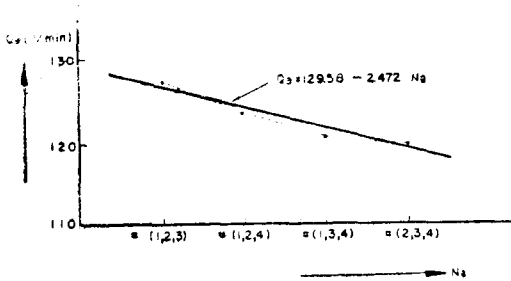


그림 (4-3)

ㄹ) 우물 4 個當 揚水量

表 (4-4)에서 보여주는 것과 같이 揚水量은 142.24 l/min 로 나타났다.

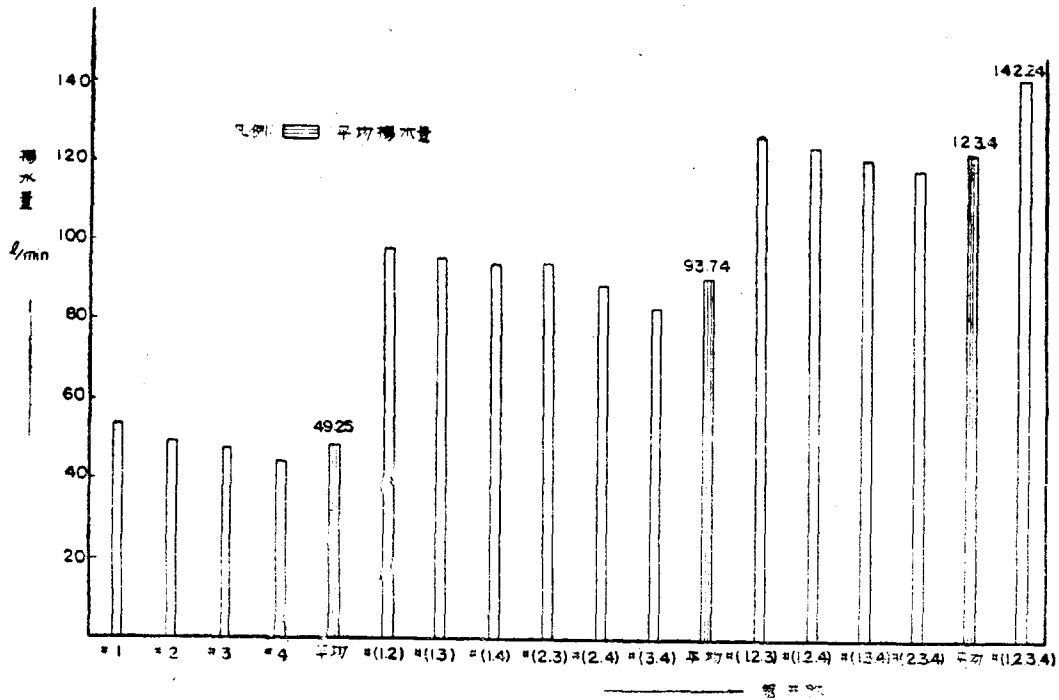


그림 (4-4)

[2] 管井들을 水槽에 橫方向으로 配列한 境遇

ㄱ) 管井 1 個當 揚水量

表 (4-5)에서 보는 바와 같이 우물의 配列이

* (1) ㄱ), ㄴ), ㄷ), ㄹ) 各境遇의 比較考察.

① ㄱ)과 ㄴ)의 平均揚水量의 比는 1:1.903이며 最大揚水量의 比는 1:1.864 였고 最少揚水量의 比는 1:1.947 이었으나 結果的으로 實驗結果로 有用性 있는 것은 平均揚水量의 比인 1:1.903으로 即 一個當 揚水量보다 2 個當의 揚水量이 1,903倍로 增加되었다는 것을 알 수 있었다.

② ㄱ)과 ㄷ)의 平均揚水量의 比는 1:2.506이고 最大揚水量의 比는 1:2.382이며, 最少揚水量의 比는 1:2.458 로 나타났다.

即 管井 1 個當의 揚水量보다 管井 3 個當의 揚水量이 2.506倍로 增加되었음을 알게 된다.

③ ㄱ)과 ㄹ)의 境遇 平均揚水量 比는 1:2.6 最大揚水量과의 比는 1:2.888 最少揚水量과의 比는 1:3.172였다.

即 1 個當의 揚水量보다 4 個當의 揚水量이 2.66 倍로 增加되었다.

그림 (4-4)는 管井들을 縱方向으로 配列했을 때의 揚水量比較를 表示하며 平均揚水量도 表示하고 있다.

water source에 平行하기 때문에 帶水層의 巾이 넓은 井2, 井3에서의 揚水量이 井1, 井4에서보다 약간 많은 揚水量을 할 수 있었다. 이것은 사진 (3-3)

에서 보는 바와 같이 帶水層의 周圍巾이 제일 넓은 井3에서의 揚水量이 51.1/min로 제일 많았고 帶水層의 巾이 제일 좁은 井4에서의 揚水量이 41.49/min으로 제일 적게 나타난 것으로 보아 帶水層의 周圍巾이 좁으면 揚水量이 減少되는 것을 말하고 있는 것으로 생각된다.

ㄴ) 管井 2個當 揚水量

表 (4-6)에서 보는 바와 같이 帶水層의 巾을 넓게 차지한 井(2,3)에서의 揚水量이 95.86/min로 제일 많았고 帶水層의 巾을 좁게 차지한 井(1,4)에서 82.88/min로 揚水量이 제일 적게 나타났는데 이것도 ㄱ)에서 論한 바와 같은 理由때문인 것으로 생각된다.

ㄷ) 管井 3個當 揚水量

表 (4-7)에 揚水量表가 있으며 井(1, 2, 3)에서 122.82/min로 가장 揚水量이 많았고 井(1, 3, 4)에서 116.22/min로 가장 揚水量이 적게 나타났으며 井(1, 2, 4)에서 揚水量 116.58/min와 井(1, 3, 4)의 揚水量이 비슷한 것은 帶水層의 周圍巾을 서로 거의 같게 차지한 때문인 것 같다.

ㄹ) 管井 4個當 揚水量

表 (5-8)에서 보는 바와 같이 揚水量이 133.92/min로 나타났다.

* (2), ㄱ) ㄴ) ㄷ) 各境遇의 比較考察

① ㄱ)과 ㄴ)의 平均揚水量의 比는 1:1.912이고, 最大揚水量의 比는 1:1.876이며, 最少揚水量의 比는 1:1.997이었다. 平均揚水量을 比較한다면 管井 1個當 揚水量 보다 管井 2個當의 揚水量이 1.912倍로 增加했다는 것을 알 수 있다.

② ㄱ)과 ㄷ)의 平均揚水量의 比는 1:2.527이고, 最大揚水量의 比는 1:2.407이며 最少揚水量의 比는 1:2.8이었다.

即 우물 1個當 揚水量보다 우물 3個當 揚水量이 2.527倍로 增加된 것을 알 수 있다.

③ ㄱ)과 ㄹ)의 平均揚水量의 比는 1:2.527이고, 最大揚水量의 比는 1:2.8이며 最少揚水量의 比는 1:3.227이었다.

即 管井 1個當의 揚水量보다 管井 4個當의 揚水量이 2.88倍로 增加된 것을 알 수 있다.

그림 (4-5)는 管井들을 橫方向으로 配列했을 때의 揚水量比較를 表示하며 平均揚水量도 表示하고 있다.

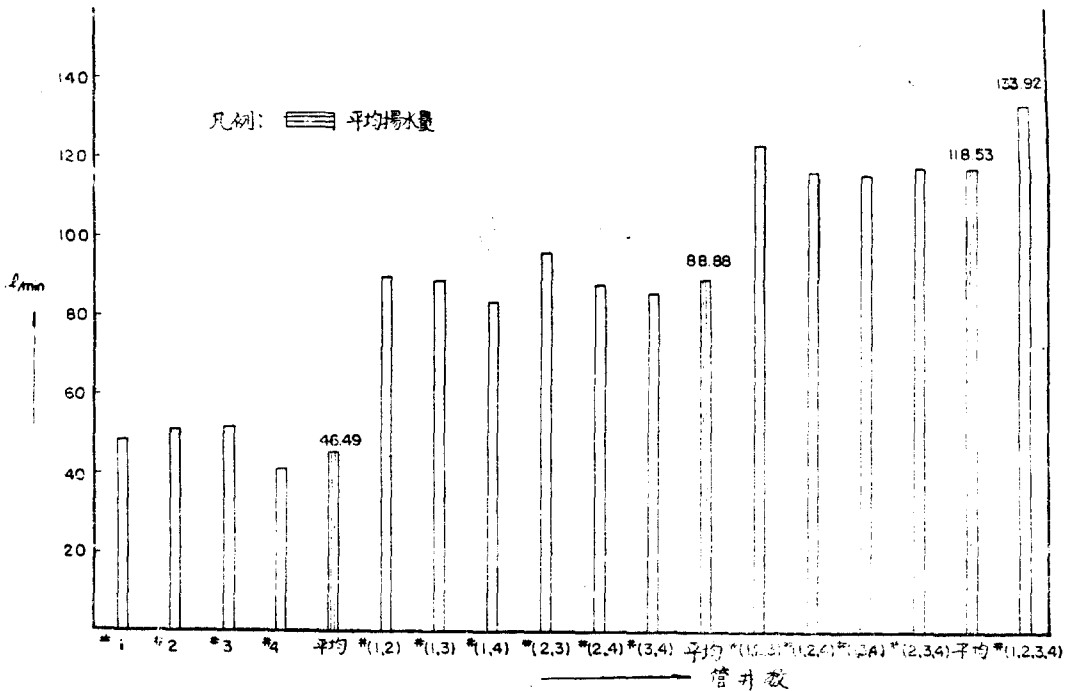


그림 (4-5)

[3] 管井들을 正四角形 및 正三角形으로 配列했을 때:

表 (4-9), (4-10)에서 보는 바와 같이 平均揚水量은 各各 69.45/min, 67.45/min로 管井을 縱 및

橫으로 配列했을 때의 揚水量보다 훨씬 적게 揚水되었다. 그 理由는 管斷面의 擴大 및 縮少로 因한 損失水頭가 생겼기 때문이다.

[4] water source에서 127.6cm 떨어진 곳에

sluice valve를 設置하지 않았을 때 :

이 때의 揚水量은 表 (4-11)에서 보는 바와 같이 53.76^l/min로 揚水量이 橫 및 縱으로 配列했을 때 보다 약간 增加되었다.

이것은 sluice valve에 의한 摩擦損失이 적었기 때문에 생긴 현상이라 생각된다.

[5] 帶水層의 水位別 揚水量

表 (5-12)에서 보는 바와 같이 水位가 낮아질 때 따라 揚水量이 漸次 減少되는 것을 알 수 있으며 水位가 60cm, 50cm 40cm 30cm로 10cm式 低下시킬 때는 減少率이 거의 비슷하였는데 30cm 일 때 揚水量이 갑자기 줄어든 것은 揚水時에 生기는 管井을 둘러싸고 있는 地下水面(動水傾斜線)이 well screen의 높이 以下로 내려가 流入孔으로 空氣가 混合되어 들어 갔기 때문에 생긴 現象이라 思慮된다.

그림 (4-8)에서 보는 바와 같이 $Q_A = 30.792 - 1.23D$

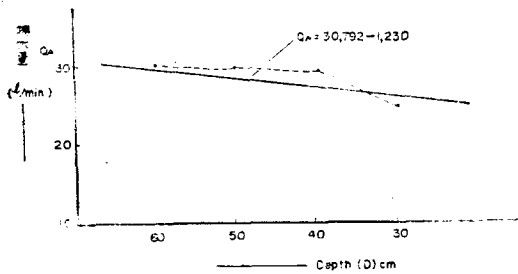


그림 4-8

[6] 1/2 in 지름의 gear pump를 使用했을 때 表(4-13)에서 보는 바와 같이 管井 1個의 揚水量과 2個의 揚水量의 差가 거의 없이 나타났다.

[7] 透水係數 測定

透水係數 測定은 自由面地下水를 揚水하는 境遇 우물바닥이 不透水層에 達하고, 地下水가 側壁에서 流入할 때를 假定하여 G. Thiem 氏가 誘導한 平衡公式

$$K = \frac{0.732Q(\log r_2 - \log r_1)}{(h_1 + h_2)(n_1 - n_2)} \text{ (cm/sec)}$$

을 利用할 수 있도록 裝置를 하고, 水位를 平衡狀態로 維持시키기 爲하여 one line water source를 帶水層의 左側에 設置하고, water source에서 127.6 cm 떨어진 곳에서 揚水를 繼續하여 帶水層의 水位가 61cm 固定되었을 때 周圍에 打設한 觀測井에 그림 (2-3)과 같은 부표를 꽂아 그의 水位를 測定하였다. 이때 測定한 값들은

$$Q = 427.5 \text{ cm}^3/\text{sec.}$$

$$r_1 = 16 \text{ cm, } r_2 = 37.2 \text{ cm}$$

$$h_1 = 54.3 \text{ cm, } h_2 = 54.85 \text{ cm}$$

$$n_1 = 6.7 \text{ cm } n_2 = 6.15 \text{ cm 이었다.}$$

이 값들을 式(4-1)에 代入하여 計算한 값은 다음과 같다.

$$K = \frac{0.732 \times 427.5 (\log 37.2 - \log 16)}{(54.3 + 54.85) (6.7 - 6.15)} \\ = \frac{0.732 \times 427.5 (1.571 - 1.204)}{109.15 \times 0.55} \\ = 1.192 \text{ cm/sec}$$

그림 (4.9)는 透水係數를 測定하는 그림이다.

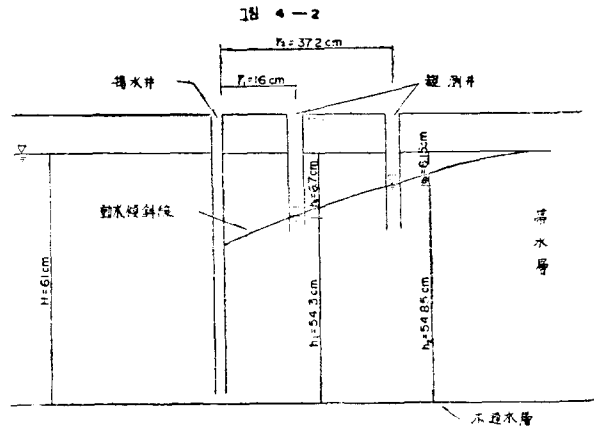


그림 (4-9) 透水係數測定

6. 結 論

本 實驗에서 管井의 數와 配列方式에 따른 揚水 量과 帶水層의 水位別 揚水量 및 sluice valve가 없을 때 1/2 in 지름의 gear pump를 使用했을 때의 揚水量을 測定한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

- ① 管井을 水槽에 縱으로 配列했을 때는 管井의 數가 1個일 때보다 2個, 3個, 4個일 때에 揚水量이 各各 1.903, 2.506, 2.66 倍로 增加하였다.
- ② 管井을 橫으로 配列했을 境遇에도 管井의 數가 1個일 때에 比하여 2個, 3個, 4個일 때에 揚水量이 各各 1.912, 2.527, 2.88 倍로 增加되었으며 縱으로 配列했을 때와 거의 差異가 없음을 나타냈다.
- ③ 管井을 正四角形으로 配列했을 때와 正三角形으로 配列했을 때는 縱 및 橫으로 配列했을 때보다 揚水量이 減少되었다.
- ④ 管井을 縱으로 配列했을 때에는 管井이 water source에서 멀어 질수록 揚水量이 減少했으며 帶水層의 水位別 揚水量도 水位가 낮아질수록 減少했음을 나타냈다.

⑤ sluice valve 를 設置하지 않은 境遇는 sluice valve 를 設置한 境遇보다 揚水量이 增加했다.

⑥ $\frac{1}{2}$ -in 지름의 gear pump 를 使用했을 때는 1個 인덕와 2個인덕에 있어서 揚水量에 거의 變化가 없었다.

REFERENCES

1. Calvin Victor Davis, Editor-in-Chief: Handbook of Applied Hydraulics, Second Edition. McGraw-Hill Book Company Inc., New York.
2. Edward E. Johnson; The Principles and Practical Methods of Developing Water Wells.
3. G. A. Leonards Editor; Foundation Engineering, p.241-350. McGraw-Hill Book Co. Inc, 1962
4. Griffin Well Point Corporation; The Well Point System in Principle and Practice.
5. Linsley and Franzini; Water-Resources Engineering, p72-109, McGraw-Hill Book Co., Kgakusa.
6. Proceeding of the American Society of Civil Engineering; The Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division(p1-15), Vol. 89. No. SM. 5, 1963. 9.
7. Richard K. Frevert, Glenn O. Schwab, Talcott W. Ediminster and Kenneth K. Barnes; Soil and Water Conservation Engineering, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1955.
8. Tolman C. F.; Ground Water, McGraw-Hill Book Co Inc., 1937.
9. Transaction of the American Society of Civil Engineering, Vol. 122, 1957, New York.
10. W. M. Bollenback; Ground Water, Its Development, uses and Conservation, Edward E. Johnson, Inc., St. Paul, Minnesota.
11. 村下敏夫 著, 地下水學要論, 東京 昭晃堂版.
12. 農業土木學會編; 農業土木ハンドブック, 丸

表 (4-1) Unit: l/min

Well No. 觀測回數	井1	井2	井3	井4
1	53.5	50.0	48.6	44.9
2	53.6	50.0	48.5	44.0
3	53.5	50.1	48.7	44.9
4	53.5	50.1	48.5	44.9
5	53.6	49.9	48.5	44.7
6	53.5	50.1	48.6	44.9
7	53.6	50.0	48.5	44.9
8	53.6	50.1	48.6	44.8
9	53.6	50.1	48.6	44.7
10	53.5	50.0	48.5	44.9
Av.	53.55	50.04	48.56	44.86

表 (4-2) Unit: l/min

Well No. 觀測回數	井(1,2)	井(1,3)	井(1,4)	井(2,3)	井(2,4)	井(2,4)
1	99.8	96.9	94.2	94.2	90.2	87.5
2	99.7	96.7	94.1	94.1	90.2	87.4
3	99.9	96.8	94.2	94.2	90.1	87.3
4	99.8	96.7	94.1	94.1	90.2	87.3
5	99.9	96.8	94.2	94.2	90.2	87.4
6	99.8	96.7	94.2	94.0	90.1	87.3
7	99.9	96.9	94.1	94.1	90.1	87.4
8	99.9	96.7	94.2	94.0	90.2	87.3
9	99.9	96.8	94.1	94.1	90.3	87.4
10	99.9	96.7	94.2	94.0	90.2	87.3
Av.	99.84	96.77	94.16	94.1	90.18	87.36

丸善株式會社, 1957年.

13. 箭内寛治; 減壓井戸に 關する 基本的な 二, 三の 問題について, 土と基礎, VoL 10, No. 5, 1962.7., 社団法人 土質工學會
14. 中堀和英; ウェルポイントの ビツチ(打設間隔) 決定に對する考察, 土と基礎, VoL No. 4, 1968.8. 社団法人 土質工學會.
15. 瀨古新助 著; ウェルポイント及び サンド

レン工法, No. 510, 理工圖書.

16. 劉漢烈, 崔榮博 共著; 大學水理學.
17. 崔榮博, 安守漢 共著; 水理學.
18. 邊普擘 著; 土質力學演習, 서울東明社 發行.
19. 土聯, 農業土木研究所, 地下水圏域管理, 1965.12

表 (4-3)

Unit: l/min

Well No. 観測回数	井(3, 2, 3)	井(1, 2, 4)	井(1, 3, 4)	井(2, 3, 4)
1	127.6	124.4	121.4	120.2
2	127.6	124.3	121.4	120.3
3	127.6	124.3	121.5	120.4
4	127.5	124.3	121.5	120.3
5	127.6	124.2	121.5	120.2
6	127.5	124.3	121.5	120.3
7	127.6	124.3	121.4	120.3
8	127.5	124.3	121.5	120.3
9	127.6	124.4	121.4	120.3
10	127.6	124.3		120.2
Av.	127.57	124.31	121.46	120.28

表 (4-4)

表 (4-5)

Unit: l/min

Well No. 観測回数	井(1, 2, 3, 4)	Table 観測回数	井 1	井 2	井 3	井 4
1	142.2	1	45.5	47.9	51.1	41.6
2	142.3	2	45.4	47.9	51.1	41.5
3	142.2	3	45.4	48.0	51.1	41.4
4	142.3	4	45.4	47.8	51.2	41.5
5	142.2	5	45.5	47.9	51.2	41.4
6	142.3	6	45.6	48.0	51.0	41.6
7	142.2	7	45.4	47.9	51.1	41.5
8	142.2	8	45.5	47.9	51.0	41.4
9	142.2	9	45.5	48.0	51.2	41.6
10	142.2	10	45.6	47.9	51.0	41.4
Av.	142.24	Av.	45.48	47.92	51.1	41.49

20. 農林部; 農業土木設計便覽, p.213~227
 21. 閔丙燮 著, 農業水利,
 22. 農村振興廳 農工利用研究所. 試驗研究報告書
 (p. 13~44) 1967.

23. 劉漢烈, 崔禮煥, Well Screen 의 構造가 揚水
 量에 미치는 影響,
 農工學會誌, 第4號, 1967. 5.

表 (4-6)

Unit: l/min

Well No. 觀測回數	井(1.2)	井(1.3)	井(1.4)	井(2.3)	井(2.4)	井(2.4)
1	90.9	89.2	82.8	95.8	88.0	86.9
2	91.0	89.0	82.9	95.9	87.9	86.9
3	91.0	89.0	83.0	95.9	7.9	87.0
4	91.0	89.1	82.8	95.9	87.8	87.0
5	91.0	89.2	82.9	95.8	97.9	86.9
6	90.9	89.1	82.8	95.9	88.0	86.8
7	90.9	89.0	82.9	95.8	87.8	86.9
8	91.0	89.2	83.0	95.9	87.9	86.8
9	91.0	89.0	82.9	95.8	87.9	86.9
10	90.9	89.1	82.8	95.9	88.0	86.9
Av.	90.64	89.09	82.88	95.86	87.91	86.9

表 (4-7)

Unit: l/min

Well No. 觀測回收	井(1,2,3)	井(1,2,4)	井(1,3,4)	井(2,3,4)
1	122.8	116.6	116.2	118.5
2	122.7	116.5	116.2	118.4
3	122.8	116.7	116.3	118.5
4	122.8	116.6	116.1	118.6
5	122.9	116.6	116.3	118.4
6	122.9	116.6	116.2	118.6
7	122.9	116.5	116.3	118.4
8	122.7	116.6	116.2	118.5
9	122.8	116.5	116.3	118.5
10	122.9	116.5	116.1	118.4
Av.	122.82	116.58	116.22	118.48

表 (4-8) Unit: l/min

Well No.	井(1, 2, 3, 4)
観測回数	
1	133.9
2	133.9
3	134.0
4	133.9
5	134.0
6	133.9
7	133.8
8	134.0
9	133.9
10	133.9
Av.	133.92

表 (4-9) Unit: l/min

Well No.	正四角形
観測回数	
1	69.5
2	69.4
3	69.5
4	69.5
5	69.4
6	69.3
7	69.5
8	69.5
9	69.4
10	69.5
Av.	69.45

表 (5-10) Unit: l/min

Well No.	正三角形
観測回数	
1	67.5
2	67.5
3	67.4
4	67.5
5	67.3
6	67.4
7	67.5
8	67.5
9	67.4
10	67.5
Av.	67.45

表 (4-11) Unit: l/min

Well No.	No. Sluice Valve
観測回数	
1	53.7
2	53.8
3	53.7
4	53.7
5	53.8
6	53.8
7	53.8
8	53.8
9	53.7
10	53.8
Av.	53.76

表 (4-12) Unit: l/min

水位	60(cm)	50	40	30
観測回数				
1	29.0	28.6	28.4	24.9
2	29.0	28.6	28.3	25.0
3	29.0	28.5	28.3	25.0
4	29.0	28.6	28.4	25.0
5	28.95	28.6	28.3	25.0
6	29.0	28.6	38.3	24.9
7	29.0	28.6	28.3	25.0
8	28.95	28.5	28.3	25.0
9	29.0	28.6	28.4	24.9
10	29.0	28.6	28.3	25.0
Av.	28.99	28.58	28.33	24.97

表 (4-13) Unit: l/min

管井数	1	2	6	28.2	28.6
観測回数					
1	28.2	28.5	7	28.4	28.7
2	28.3	28.7	8	28.2	28.4
3	28.1	28.4	9	28.3	28.5
4	28.3	28.5	10	28.4	28.7
5	28.3	28.4			
Av.				28.27	28.54