

# 國內 淺井의 井戶 水頭 損失

## Well Loss of Shallow Water well in South Korea

韓 禎 相

Han, Jeong Sang

### Abstract

43,000 shallow water wells have been installed as a part of all weather irrigation water supply project executed during 1969 to 1970 in all over Korean peninsula in order to solve water shortage problem of farming land by developing shallow ground water reserved in unconsolidated materials. But after 3 years later it was reported that 34% of the wells were abandoned by the reasons of artificial and natural defects.

48 wells distributed uniformly in the peninsula are selected to determine their well loss constants, relation between well loss and specific capacity, and geologic and topographic classification of the well loss on the shallow water well.

The results show that average well loss constant and the value of  $CQ^2/S_w$  is ranged from  $5.95 \times 10^{-5}$  to  $3.65 \times 10^{-8} \text{Day}^2 \text{M}^{-5}$  and from 35.5% to maximum 68.48% respectively and that relation between specific capacity and well loss constant can be approximately formulated as  $C=0.61S_w^{2.246}$

However this result indicates that most wells installed in this time have too high value of well loss constant  $CQ^2/S_w$  in comparison with properly designed well. The most favorable and producible water bearing formation among unconsolidated deposits such as sand & gravel, boulderly gravel, clayey boulderly gravel, and sand formation in Korea is sand formation deposited in center of valley.

### 1) 序 言

構造物을 築造할 때 아무리 좋은 地盤에 아무리 좋은 材料를 使用하더라도 設計가 제대로 施行되지 않은 構造物은 築造後에 到來될 結果는 엄청날 것이다. 이와 마찬가지로 아무리 좋은 井戶를 設置했다고 하더라도 新設한 井戶에 對해 井戶形成을 잘못 施行했거나 아무리 良好한 帶水層이 發達되어 있더라도 井戶設計를 適切히 施行치 않고 이를 設置하면 그 効率が 底下되어 水井戶로서의 계수실을 할 수 없게 된다. 이러한 井戶設置 以後의 井戶 効率和 安定度를 判定할 수 있는 方法으로 널리 利用되고 있는 方法이 段階 帶水性 試驗이며 이로부터 求해낸 井戶損失係數(C)와 井戶損

失率( $CQ^2/S_w$ )을 利用하여 井戶設置方法이 適切히 施行되었는지의 如否를 알아낼 수 있다.

특히 우리나라와 같이 經濟成長, 國民生活 水準의 急激한 發展 및 大都市의 膨脹과 産業發展 등으로 여러 面에서 물 需要는 急增하나 이를 適期에 充足시킬 수 있는 諸施設物이 短時日內에 擴大 增設이 不可能하고 水資源 綜合開發 計劃으로 計劃된 모든 利水用 및 多目的댐을 建設하더라도 1990年代에는 年間 約 81.6億 屯에 該當하는 莫大한 用水不足을 招來케 되며 漢江流域의 境遇만 하더라도 2000年代에는 流域內 全體 利用可能 地表水를 모두 使用하더라도 全 需要量의 75%밖에 充足할 수 없어 殘餘 25%는 地下水 資源이나 他水 資源을 利用 充當해야 함을 勘案할 때 地下水資源의 綜合的인 調查 開發은 現時點에서 時急한 課題가 아닐 수 없다. 이러한 用水 不足現象의 解決을 爲해 政府에

서는 1969년부터 1970年度사이 에 全天候 農業用水 開發計劃의 一環으로 人力管井 34,000餘孔 機械管井 9,300餘孔 總 43,800餘孔의 地下水管井을 全國으로 開發한바 있다.

그後 1973年 上記 井戶들에 對한 井戶現況 調查를 實施한 結果 43,300餘孔中 人力管井은 그 36.5%에 該當하는 12,400餘孔이, 機械管井은 그 24.7%에 該當하는 2290餘孔에 이르는 全體 開發孔의 34%나 되는 14,700餘孔이 廢棄 狀態였음을 確認한바 있고 그 原因이 井戶로 細粒質 物質이 自然的으로 充填되었거나 人爲的인 異質物의 投入, 採水量 不足等 地下水 施設物에 對한 管理疎忽과 地下水 資源에 對한 認識不足等を 들 고 있다. 그 原因이야 어떠한 間에 1個開發 計劃에 依據 施行된 事業이 3年이란 짧은 時間동안에 그 34%에 該當하는 施設物이 廢棄 및 再生不能 狀態라던 이는 莫大한 國家的인 損失이 아닐 수 없다.

故로 筆者는 上記 地下水 施設物에 對해 이미 實施한 各種 帶水性 試驗 資料를 利用하여 이들 施設物의 效率度의 尺度가 될수 있는 井戶損失(WELL LOSS)을 求해 보았고 그 結果 分析이 追後淺層 地下水 開發의 보탬이 되길 바란다.

2) 國內淺井의 井戶水頭 損失

一般的으로 井戶를 通해 地下水를 採水하면 그 採水로 因하여 地下水位가 下降한다. 이때 發生하는 地下水位 降下는 地下水가 帶水層의 空隙을 通해 流出할 때 帶水層 構成粒子和 地下水의 磨擦 損失로 消滅되는 帶水性 損失(Aquifer loss, BQ)과 帶水層內의 地下水가 一但有孔管을 通해 比較的 빠른 流速으로 井戶內로 流入하여 揚水機의 取水部까지 케싱을 따라 上昇할 때 地下水와 케싱 및 有孔管사이의 磨擦에 依해 發生하는 井戶 損失(一名 井戶 水頭 損失 CQ<sup>2</sup>)로 構成된다.

故로 井戶 設置 當時에 良好한 井戶設計에 依해 設置된 井戶는 井戶損失이 매우 작은 值를 나타낼 것이다. 가장 理想的으로 設置된 井戶는 帶水層 損失率이 全 水位降下의 100%를 이루고 井戶損失이 0%인 井戶라 할 수 있다.

故로 損失率(井戶 損失÷全 水位降下)을 利用하면 適定 井戶 設置 基準으로 利用할 수 있다.

지금 地下水 採水로 因해서 發生한 地下水位降下를 S라 하면

$$S = BQ + CQ^2 \dots\dots\dots(1)$$

로 表示할 수 있으나 Jacob은 段階 帶水性 試驗時 各 段階別로 揚水量을 增加시키기 以前 各段階末의 地下水 흐름이 定常流이고 規定 時間內에서 一定率로 採水되는 揚水井에서 水位降下를 S<sub>w</sub>라 하면 (1)式 대신

$$S_w = BQ + CQ^2 \dots\dots\dots(2)$$

式으로 簡單히 表示할 수 있다고 했다.

一般的으로 井戶附近的 亂流에 對해서는 n值가 그보다 약간 크긴 하지만 R.W. Stallman, Jacob, W.F. Guyton 및 Rorabough等 많은 地下水理學者들은 이 問題에 對해 比단 地下水가 亂流狀態이라 할지라도 n=2의 값을 使用하는 것이 가장 合理的이라고 한바 있다.

上記 (2)式에서 BQ를 帶水層 損失이라고 하고 CQ<sup>2</sup>를 井戶損失이라 한다. 特히 여기서 C를 井戶損失 係數라 하며 그 單位는 Day<sup>2</sup>·M<sup>-5</sup>이다.

段階 帶水性 試驗時 C值는 (Jacob 1946) 다음式을 利用하여 求한다.

$$C = \frac{\frac{\Delta S_i}{\Delta Q_i} - \frac{\Delta S_{i-1}}{\Delta Q_{i-1}}}{\Delta Q_i + \Delta Q_{i-1}} \dots\dots\dots(3)$$

여기서 C는 井戶損失係數, ΔQ는 단계시험時의 양수 증가량, ΔS는 양수증가에 따른 수위강하이다.

그런데 1968年 美國 이리노이스 大學의 W.C. WALTON은 段階 帶水性 試驗時 求한 C值를 利用하여 다음 第一表와 같이 井戶의 安定度を 알아낼 수 있다고 했다.

表-1. 井戶損失係數와 井戶의 安定度

群	井戶損失係數 (C, day <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	井戶의 安定度
1	C < 5 × 10 <sup>-8</sup>	1. 井戶形成이 適切히 實施되었음. 2. 井戶設計가  잘된것.
2	10 <sup>-7</sup> < C < 5 × 10 <sup>-8</sup>	1. mild deterioration
3	C > 4 × 10 <sup>-7</sup>	1. 被蝕 現象이 甚하게 發生. 2. 再生不能狀態의 惡화된 地層

政府에서는 1973年에 이미 設置된 43,000餘孔의 管井中 48個孔을 選定하여 各孔別로 3~5段階씩 3회에 걸쳐 段階帶水性 試驗을 實施한바 있다. 本資料들을 再分類하여 이를 各各 帶水層의 構成物質別 地形別 및 地域別로 全體水位降下對 井戶損失水頭(CQ<sup>2</sup>)와의 比와 井戶 損失係數(C)를 求한바 그 結果는 다음 第2表와 같다.

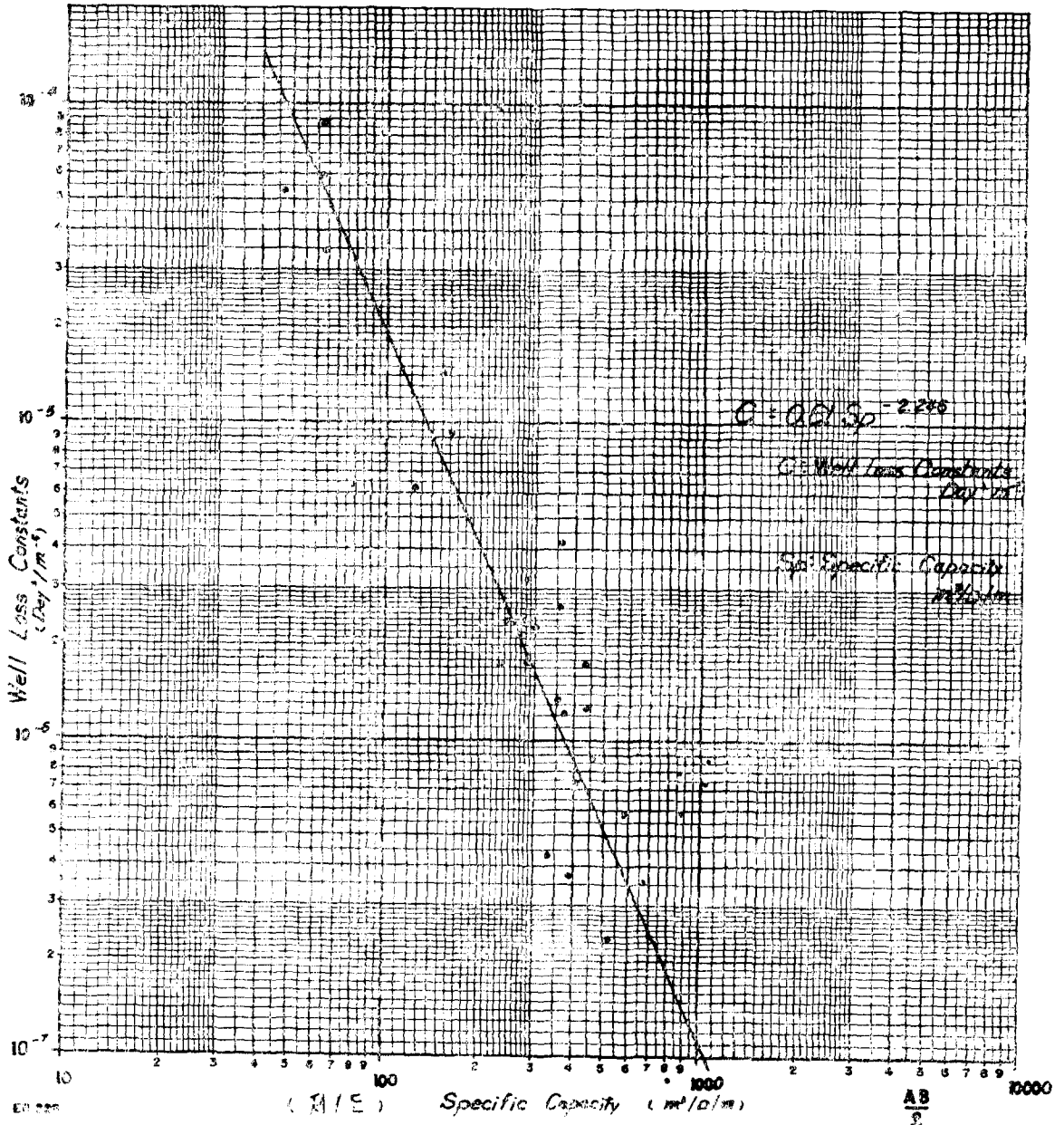
2-1) 地質別 分類

全國으로 分布된 48個 淺井戶의 地質別 C와 CQ<sup>2</sup>/SW의 値는 第二表와 같다. 但 試驗分析 結果中 CQ<sup>2</sup>/SW值가 100% 以上되는 것은 理論的으로나 實際的으로 存在 不可能한 것이기 때문에 이는 帶水性 試驗 當時의 誤差에 依해 發生한 것으로 看做했으며 本 分析 時에는 其中 利用 可能 資料만 選定해서 分析했음을 附言해 둔다.

第二表에서와 같이 各種 非固結 堆積物에 設置한 井

表-2. 地質別 分類

地 質	內 容	井戶損失係數 (C) M <sup>-5</sup> Dag <sup>2</sup>		井戶損失率 (CQ <sup>2</sup> /SW)	
		範 圍	平 均	範 圍(%)	平 均(%)
豆 砂	叫 轉 石	6.39×10 <sup>-6</sup> ~2.38×10 <sup>-7</sup>	2.5×10 <sup>-6</sup>	8.1~63.3	35.5
砂 礫	混 轉 石	9.8×10 <sup>-5</sup> ~3.65×10 <sup>-8</sup>	8.15×10 <sup>-6</sup>	3.6~87.5	36.4
砂 礫	層 轉 石	5.95×10 <sup>-5</sup> ~8×10 <sup>-7</sup>	1.55×10 <sup>-5</sup>	44.8~74.9	60.5
粘 土 質 砂 礫	混 轉 石	5.26×10 <sup>-5</sup> ~1.36×10 <sup>-6</sup>	1.52×10 <sup>-5</sup>	50.5~94.1	68.48



戶들 중에서 比較의 透水性이 良好한 모래質 堆積層이 汎土質 砂礫混轉石層보다 井戶 損失率이나 井戶損失系數가 훨씬 적은데 이는 前者가 後者보다 井戶形成이 用易하게 이루어 졌음을 意味한다. 그러나 全般的으로 率이 너무 크다.

實際 WALTON의 基準値에 比해보면 WALTON의 一群에 屬하는 것은 48孔中 5個資料뿐이며 그 以外는 모두 2~3群에 屬하는 低質의 井戶이다.

井戶 損失率은 最少 8.1%에서 最大 94.1%까지 나타나고 모래質 帶水層의 平均 井戶 損失率이 35.5%로써 이는 井戶 效率이 64.5% 밖에 안된다는 뜻과 同一하다.

第一圖 各 試驗井의 比揚水野(Specific Capacity, m<sup>3</sup>/1m) 對 井戶 損失 係數(C)와의 相關 關係를 圖式化한 것으로 그 關係式은 大體的으로  $C=ASP^{-n}$ 으로 表示할 수 있으며 國內의 경우 A는 平均 0.61이고 n 値는 2.246 정도로서 우리나라 淺層地下水의 境遇에 比揚水野의 값이 적을 때는 井戶 損失 係數가 커지고, 그 反對로 比揚水野이 큰 井戶에서는 C 값이 적게 나타난다. 換원하면 帶水層의 透水量 係數는 比揚水量에 比例하므로 透水量 係數가 적은 井戶에서는 井戶損失 係數가 增加한다는 뜻과 同一하다.

例를들면 24時間 揚水後의 比揚水量이 約350T/日/m 인 井戶에서는 井戶 損失 係數가第一圖에 依하면 約  $1.17 \times 10^{-6} \text{Day}^2/\text{m}^5$ 이므로 本 揚水井에서의 全體水位 降下量이 1,47. m<sup>3</sup>/日이면 그때의 井戶損失은 約 2.52m 이므로 井戶 損失率은 60.0%이다. 이에 比해 揚水量이 4,200T/日이고 比揚水量이 1,000T/D/m이며 全體 水位降下가 4.2m인 井戶에서 井戶 損失은 第一圖에서  $C=1.1 \times 10^{-7}$ 이고  $Q=1,000 \text{m}^3/\text{日}$ 이므로  $CQ^2=1.1 \times 10^{-7} \times (10^3)^2=0.11 \text{m}$ 이다. 故로 井戶損失率은 2.6%밖에 되지 않는다. 따라서 比揚水量과 井戶損失係數는 서로 逆比例하고 井戶 效率과는 正比例한다고 할 수 있다. 그리고 井戶損失係數 C와 比揚水量(S<sub>p</sub>)와의 關係가  $C=0.61 \times SP^{-2.246}$ 이므로 國內 淺井의 比揚水量을 알면 大體的인 井戶 損失量을 알아낼 수 있다.

2-2) 地型 및 地域別 分類

第三表는 C 및 CQ<sup>2</sup>/SW를 地形別로 分類한 것이고 第四表는 이를 地域別로 分類한 것이다. 上記 2個表에 의하면 井戶의 安定度는 大體的으로 粗粒質物質로 構成된 谷間平野에 堆積된 沖積堆積物에 設置된 井戶가 가장 良好하고 그 다음이 海岸平野이며 井戶의 效率面에서는 海岸平野가 가장 良好한 것이 그 特徵이다

그外 構成堆積物의 母岩을 基準으로 分類해보면 粗粒質 花崗岩 起源의 堆積物이 變成岩 起源의 堆積物보

表-3. 地域別 分類

地 型	內 容	C 平均値	CQ <sup>2</sup> /SW (%)
海 岸 平 野		$2.02 \times 10^{-6}$	35.4%
汜 濫 原		$1.34 \times 10^{-6}$	41.6%
學 間 平 野		$1.13 \times 10^{-6}$	45.7%
河 岸 平 野		$3.4 \times 10^{-5}$	53.2%

다 井戶損失 적이 가다. 即 花崗岩 起源의 井戶損失率 (CQ<sup>2</sup>/SW)은 平均値가 39.5% 인데 反해 變成岩 起源의 井戶 損失率은 이보다 9%가 더 큰 48.5%를 나타낸다.

表-4. 地域別 分類

地 域	內 容	C 平均値	井戶損失率 (%)
京 畿 道		$1.74 \times 10^{-6}$	44.3
江 原 道		$1.76 \times 10^{-6}$	35.1
忠 清 南 道		$1.76 \times 10^{-6}$	42.5
全 羅 北 道		$1.55 \times 10^{-6}$	51.4
全 羅 南 道		$2.24 \times 10^{-5}$	55.7
慶 尙 北 道		$4.27 \times 10^{-6}$	53.3
慶 尙 南 道		$4.33 \times 10^{-6}$	32.4

井戶 損失率과 井戶 損보失數로 地域別로 分類한다는 것은 變로 意味가 없다. 왜냐하면 各地域마다 帶水層의 性格이 서로 다른 堆積物이 複雜하게 分布되어 있고 또한 여러가지 母岩으로 構成되어있기 때문이다. 그러나 上記와 같이 地域別로 分類를 誠圖한 理由는 細粒質 變成岩과 堆積岩을 主 母岩으로 하고 있는 全北, 全南, 慶北이 他地域보다 井戶損失率이 比較의 کم을 알 수 있기 때문이다.

結 言

近年에 와서 國內에서는 水資源의 一部로서 地下水 資源의 認識이 國家의인 見地에서 보다는 各個個 產業界에서 보다 切實히 要求되어 이를 널리 探查 開發하고 있는 實情이다. 1960年代에는 全天候 農業用水 開發 計劃의 一部로서 淺層 地下水가 全國的으로 널리 開發된 바 있으나 今番 分析結果에서 나타난바와 같이 地下水 施設物 設置者들의 地下水 開發에 따른 適定 井戶 設計 및 井戶設置法에 對한 認識不足으로 거의 再生 不能狀態의 井戶를 設置하므로써 或者로 하여금 國內 地下水 資源賦存이 稀薄하다는 懷疑의인 生覺을 가지게끔 한 것 같다.

그러나 現在 國內 地下水資源은 終來의 淺層 地下水 開發에서 深層 地下水 開發로 轉換하고 있으며 國內 곳곳에 相當量의 地下水를 岩盤에서 開發하고 있는 階

象 뿐만 아니라 물 문제가 가장深刻했던 琴湖江 流域 만 하더라도年間 7億屯以上の 深層地下水를 開發 可能한 것으로 보아 새로운 水資源으로서의 地下水 資源은 자못 重要하다고 볼 수 있다.

國內 淺層 地下水는 粗粒質 母岩에서 由來된 沖積堆積物이 細粒質 母岩에서 由來된 沖積堆積物에 設置한 井戶보다 그 井戶損失率이 約 9% 적으며 그 効率이나 安定度도 높을게 特徵이다. 一般的으로 淺層地下水 採水用 井戶의 効率은 32%~64% 程度로 아주 不良하며 比揚水量과 井戶損失 係數는 서로 逆比例하고 그 實驗式은  $C=0.61SP^{-2.213}$ 로 表示 可能하다.

참 고 문 헌

1. Walton, W.C., "Selected Analatical Methods for Well and Aquifer Evaluation", Bulletin 9 Illinois

State Water Survey, p.63-66, 1964.  
 2. Rorabaugh, M.I." Graphical and Theoretical Analysis of Step Drawdown Test", ASCE, Vol.9 p.362-1-362-13, 1953  
 3. Han, J.S., "Hydrogeology", Han Kook Kun Up Construction Co., p.135-157, 1977.  
 4. Jacob, C.E., "Drawdown Test to Determine Effective Radius of Artesian Well", American Society of Civil Engineers, Transactions paper No. 2321, p.1047-1070  
 5. "旣設管井觀測調查報告書" 農業振興公社 p.8-9, p.333-376, 1974  
 6. 安養川示範地域地下水調查報告書, 漢江流域合同調查團 p.20-24, DEC. 1969

會 費 納 付

지난 2月 16日 第11回定期總會에서 學會財政形便을 勘案하여 77年度부터 正會員會費를 500원을 引上 年間 2,000원으로 決議하였기에 이점 많은 理解있으시기를 바랍니다.

毎年 莫重한 事業을 推進하면서도 恒常 會費納付가 지연되고 있어 學會 運營에 많은 지장을 받고 있습니다.

여러분이 納付하는 會費는 本學會 運營의 動脈이 되오니 學會財政을 十分 惠諒하시어 現在까지 未納하신 會員은 다음과 같이 早速한 時日內에 納付하여 주시기 바랍니다.

納付金 : 75年度 ₩1,000, 76年度 ₩1,500, 77年度 ₩2,000

納付金 : 直接納付 또는 振替口座로 서울 505545에 佛入하여 주시면 當學會에 入金됩니다.

會 員 移 動 事 項

會員여러분께서 다음처럼 移動事項이 있을 때에는 本人은 勿論 親知께서 즉시 本會 事務局에 連絡하여 주시기 바랍니다.

接受되는데로 會員動靜欄에 紹介하여 드리겠습니다.

1. 宅이 이사했을 때 : 住所 및 電話番號
2. 職場이 移動되었을 때 : 職場名, 職位, 所在地 및 電話番號
3. 其他 學位를 받은 경우, 海外旅行을 하는 경우 特別한 事業에 參與하는 경우 등