水槽 容量 決定理論과 實際

漢陽大學校 敎授
申 應 培

水資源의 效率的 利用과 管理를 爲하여 때로는 물의 適量을 貯溜할 必要가 있으며 이를 위한 수단은 여러가지가 있다. 이러한 저유 手段을 適切히 利用하므로서 貯水池에 依한 治水計劃 및 用水計劃의 效率性을 提高한다.

上記와 같은 貯水의 大規模的 수단으로 治水와 利水를 위한 人工貯水池가 있으며 小規模的 手段으로 個人家庭의 물탱크가 利水目的으로 使用되고 있다. 이와같은 두 極端의 경우 以外 近年에 와서 大單位 아파트 團地 및 其他 單一用水團地의 出現으로 中規模的 貯水水槽(一般的 上水用 配水塔 및 高架水槽)의 必要性이 漸高되고 있다.

本 論文에서는 貯水水槽의 容量 決定 方法論을 그 理論的 解析方法과 實業務에의 應用方法을 論하므로서 工學的 業務에 도움이 되고저 한다.

1. 必要 貯溜容量

貯水池의 貯水容量評價 理論은 다음과 같은 簡單한 物質收支連續方程式에 基礎한다. 즉,

$$\begin{bmatrix}\triangle t\text{동안의}\\ \text{流入水量}\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\triangle t\text{동안의}\\ \text{貯溜量 變化}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\triangle t\text{동안의}\\ \text{流出水量}\end{bmatrix}$$

$$I(t)\triangle t+\triangle S(t)=O(t)\triangle t\ [L3]\ \cdots\ ①$$

I(t) : 流入率
O(t) : 流出率
S(t) : 貯溜量

貯水池 追跡인 경우 洪水波의 到來와 同時에 Input Hydrograph, 즉 I(t)는 旣知이며 O(t)와 S(t)가 未知이며 이를 알기위하여 式①의 解를 求하게된다. 式①의 未知數 S(t)와 O(t)는 各己 貯水標高 H의 函數이므로 獨立變數 H를 媒介變數로 하여 S(t)−O(t)의 關係를 規明할 수 있다. 즉,

$$S(t)=f(H)$$
$$O(t)=g(H)\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots②$$

이와 같은 關係로 부터 上記 連續式 ①은 旣知의 I(t)와 未知의 H의 關係式으로 表示 되므로 주어진 時刻 t에 對應하는 H를 求할수 있다.

이때 直接解는 容易하지 않으므로 式①을 다음의 式③과 같이 變形하여 數値解을 시도하므로써 H를 求하고 역으로 式②에

의하여 貯水量과 流出流量을 求한다.

$$\{I(t_1)+I(t_2)\}+\{\frac{2S(t)}{\Delta t}-O(t_1)\}$$

$$=\{\frac{2S(t_2)}{\Delta t}+O(t_2)\}\quad [L^3T^{-1}]\cdots\cdots\cdots\cdots③$$

上記式의 解를 求하기 위하여 Rippl은 Mass Diagram을 利用한 圖式解를 提唱하였다. 이와 같이 治水 및 利水를 위한 貯水池 解析法의 理論은 小規模 貯水塔 또는 Tank의 解析에도 適用되어 Tank 容量決定에도 利用된다.

貯水池의 境遇 I(t)가 時間에 따라 變하며 O(t)는 시간에 따라 一定率인 反面 高架水槽(또는 Tank)의 경우는 反對로 流入率 I(t)가 一定率이며 需要率이 時間에 따라 變한다.

2. 貯溜탱크(또는 配水탱크)의 容量 決定

用水의 저류탱크(또는 配水탱크)는 用水量이 時間에 따라 크게 變할 때에 上水 供給體系에 필요한 施設로서 그 容量決定은 24時間의 豫想最大 需要를 基準하여 정하여 진다. 이때에 비상시를 대비한 追加容量도 당연히 고려되어야 한다.

流入水의 流入率 I(t) 즉, 펌프의 揚水率은 펌프의 運轉 지속시간 동안 一定率로 揚水하며 이는 平均 時間 需要 流量과 같다. 즉 時間別 流出率(수요량)을 O(t)라면 $\bar{I}(t)=(1/24)\sum_{1}^{24}O(t)\Delta t$로 決定된다. 累積流入曲線은 直線으로 表示되며 累積 流出線은 曲線으로 표시된다. 이때 流出曲線의 最大点(이때에 저류탱크는 最低水位임)에 接하며 流入累積直線에 平行한 直線과 流出累積 曲線의 最小 지점까지의 垂直線은 必要容量을 表示하게 된다. 이와 같은 관계는 다음의 그림-1로 설명될 수 있다.

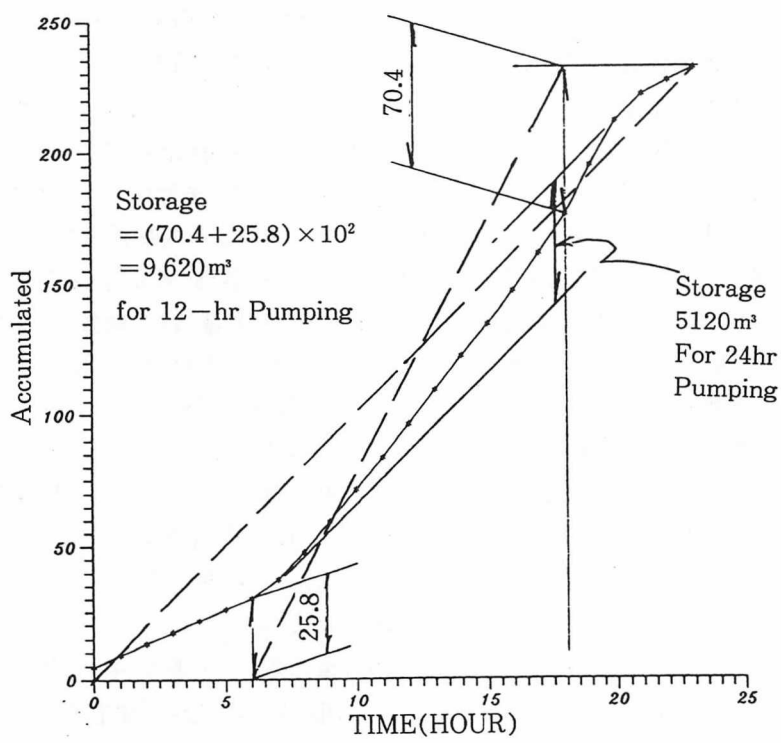
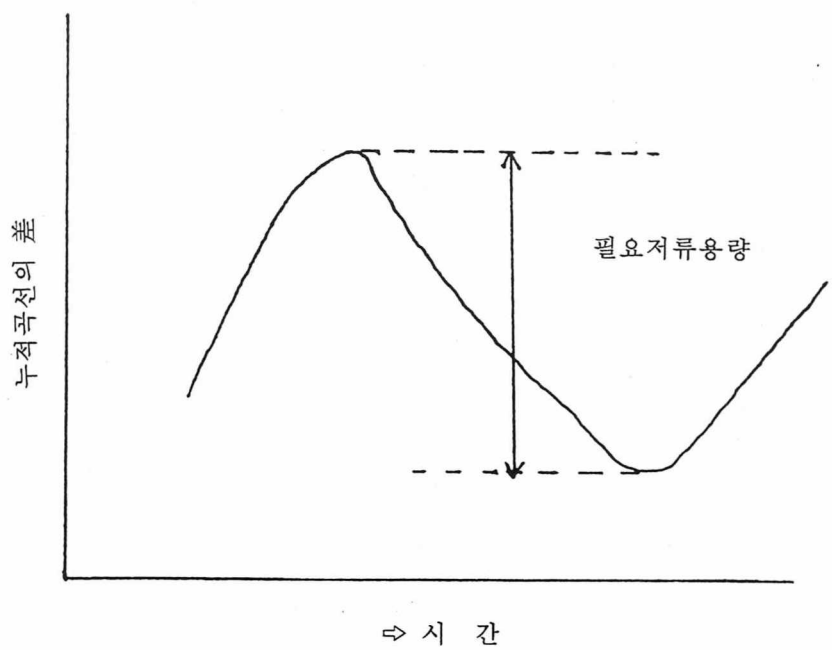


그림-1

以上의 方法以外에 累積 流入 流出量의 差를 利用하는 方法도 있다. 즉,

①	②	③	④	⑤	⑥
t	O(t)	O(t)△t	(∑③)	∑I(t)△t	누적차(⑤−④)
	(m^3/hr)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
1	$O(t_1)$	$O(t_1)$	$O(t_1)\triangle t$	$I(t_1)\triangle t$	$I(t_1)t-O(t_1)\triangle t$
2	$O(t_2)$	$O(t_2)\triangle t$	$\triangle t(O(t_1)+O(t_2))$	$2I(t)=I(t_1)+I(t_2)$	$2I(t_1)\triangle t-\triangle t\sum O(t)$
3	$O(t_3)$	•	•	$3I(t)=\sum I(t)$	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
24	$O(t_{24})$	$\triangle t\sum O(t)$	$\triangle t\sum O(t)$	$24I(t)=\sum(t)$	

1. 平均時間 需要流量 $= (1/24)(\sum_{1}^{24} O(t)\ t) = \bar{I}(t)$
2. 必要容量 = 最高点과 最小点 사이의 垂直線



그림−2

容量決定 例 1) 最大需要日의 時間需要流量이 表 column ②에 주어져 있다.

1. 24－hr 均一 揚水일때의 所要貯溜容量과
2. 6 am － 6 pm 12hr 揚水일때 容量

1. 24 時間 揚水일때

가. 平均需要流量 즉 揚水流量

$I(t) = 23{,}110\,m^3/24hr = 962.9\,m^3/hr$ $[m^3hr^{-1}]$

나. 時間別需要水量 col③＝co②×1hr $(0(t)\triangle t)$ $[m^3]$

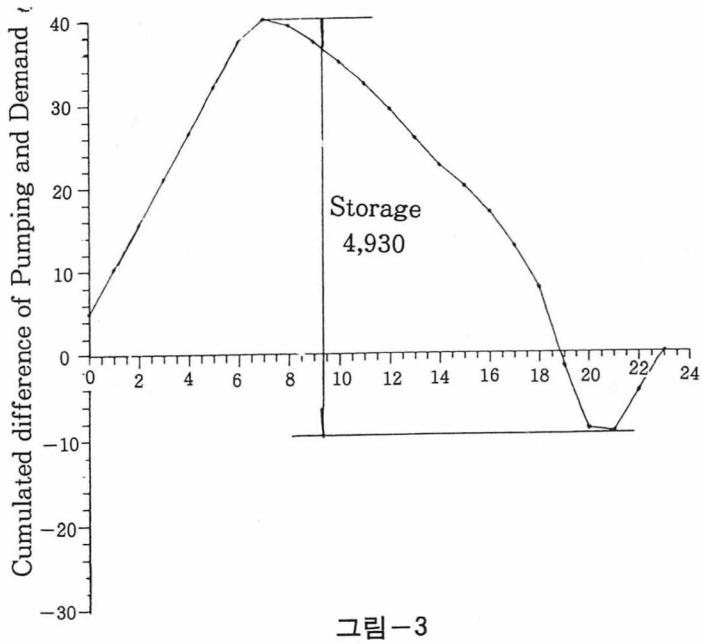
다. col④＝∑col③＝∑0(t)△t $(\sum demand)$ $[m^3]$

라. col⑤＝∑I(t)△t $(\sum pumping)$ $[m^3]$

마. col⑥＝col⑤－col④＝∑pumping－∑demand $[m^3]$

바. 所要容量＝最大差＝4,930㎥(그림－3 참조)

				24－hr Pumping		24－hr Pumping	
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
time	Hourly Demand Rate,0(t)	Hourly Demand Rate,0(t)△t	∑③ ∑0(t)△t	Cumulative pumping for 24hr ∑I(t)△t	Cumulative Difference Col⑤-col④	Cumulative pumping for 12hr ∑I(t)△t	Cumulative Difference Col⑦-col④
	m^3/hr	m^3	$m^3\times10^2$	$m^3\times10^2$	$m^3\times10^2$	$m^3\times10^2$	$m^3\times10^2$
12MN	460	460	4.6	9.6	5.0	0	−4.6
1 am	440	440	9.0	1.3	10.3	0	−9.0
2	430	430	13.3	28.9	15.6	0	−13.3
3	420	420	17.5	38.5	21.0	0	−17.5
4	410	410	21.6	48.1	26.5	0	−21.6
5	415	420	25.8	57.8	32.0	0	−25.8
6	430	430	30.1	67.4	37.3	19.3	−10.8
7	700	700	37.1	77.0	39.9	38.5	1.4
8	1050	1050	47.6	86.7	39.1	57.8	10.2
9	1160	1160	59.2	96.3	37.1	77.0	17.8
10	1200	1200	71.2	105.9	34.7	96.3	25.1
11	1220	1220	83.4	115.5	32.1	115.6	32.2
12N	1270	1270	96.1	125.2	29.1	134.8	38.7
1 pm	1300	1300	109.1	134.8	25.7	154.1	45.0
2	1290	1290	122.0	144.4	22.4	173.3	51.3
3	1220	1220	134.2	154.1	19.9	192.6	58.4
4	1280	1280	147.0	163.7	16.7	211.8	64.8
5	1370	1370	160.7	173.3	12.6	231.1	70.4
6	1470	1470	175.4	183.0	7.6	231.1	55.7
7	1900	1900	194.4	192.6	−1.8	231.1	36.7
8	1680	1680	211.2	202.2	−9.0	231.1	19.9
9	1000	1000	221.2	211.8	−9.4	231.1	9.9
10	400	500	226.2	221.5	−4.7	231.1	4.9
11	490	490	231.1	231.1	0.0	231.1	0.0
Total		23110					



그림－3

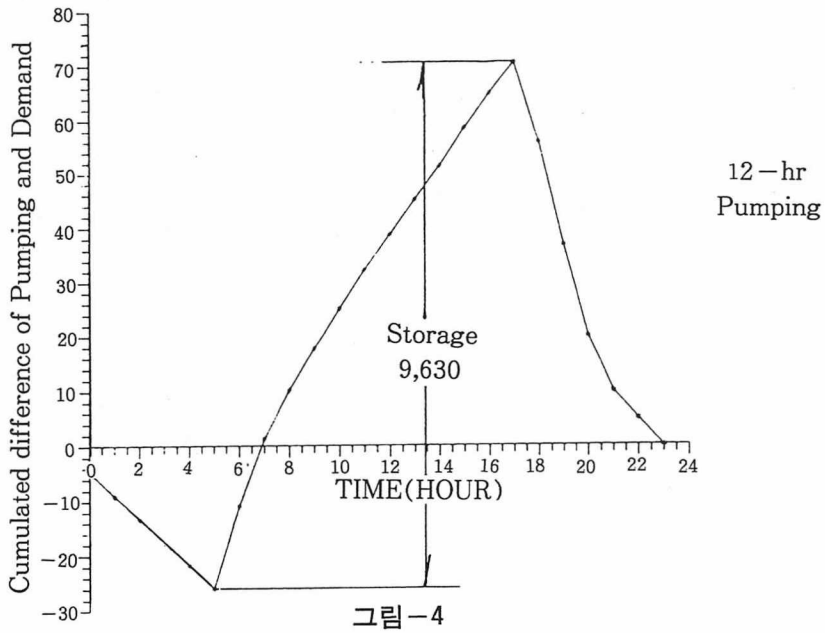
2. 12時間 揚水일때

가. I(t)＝23,110㎥/12hr＝1,925.8㎥/hr [㎥/hr⁻¹]

col⑦＝∑I(t)△t (∑pumping) [㎥]

col⑧＝col⑦－col④＝∑pumping－∑demand [㎥]

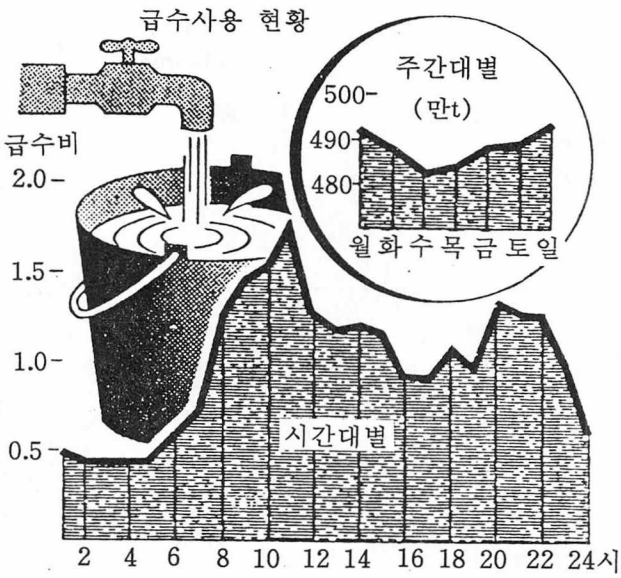
바. 所要容量＝最大差＝9,620㎥(그림－4 참조)



그림－4

3. Rippl 方法

그림－1과 같음



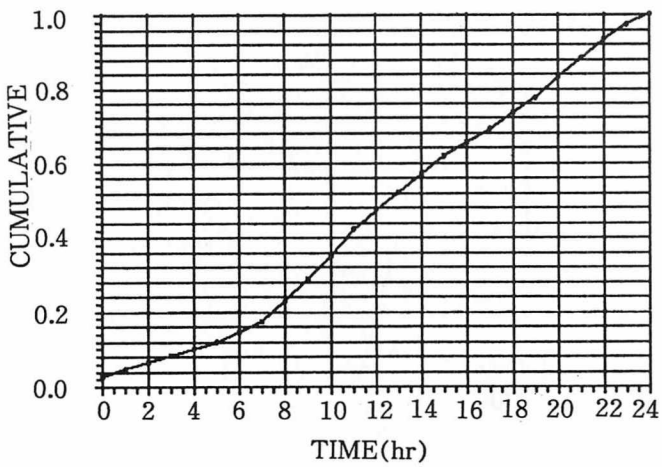


그림-5

물사용 일요일에 가장 많아

서울시 하루 급수사용량은 3월 현재 4백88만5천t. 한주일중 일요일에 쓰는 물이 4백93만6t천으로 가장 많고 수요일이 4백83만5천t으로 가장 적다.

서울시 상수도사업본부는 주말에는 각가정에서 잔디에 물주기 빨래하기등으로 물을 많이 사용하고 주중에는 주로 밖에서 일을 하기 때문에 물사용이 적은 것으로 분석했다.

또 하루중 물사용량은 주부들이 집안일을 하는 오전 8시 이후 증가하기 시작, 오전11시경 가장 많은 물을 사용하고 저녁시간인 오후8시부터 10시 사이에도 비교적 물을 많이 사용하고 있다.

容量決定 例 2)

1993年 5月 7日 東亞日報에 게재된 서울시의 물使用 時間別 變化를 利用하여 서울市內 1,000세대 아파트 團地의 물탱크 容量決定함.

단, 團地내 最大日 물使用량 1,000kℓ/day