

雨水貯留與滯洪之運用

羅慶瑞

台灣省水利技師公會 監事

亞洲理工學院 工學博士

亞太工程師 國際工程師

一. 介紹:

“水”乃生命的本體，亦是生活之必需，不是無盡的資源，卻蘊育無窮的生命。此物多一分成災，而少一分為旱；如何善與之處，則成了一大學問。此一學問，小可影響身心之健康，而大可憾動國之基本，故此，如何運用“水”——興水之利，怯水之弊，便成了今日經濟發展及社會安定的一大課題。

雨水之貯留與利用，並不是現在的人才有的舉止。想起小時，見祖父母及父母以水缸取雨水，以明礬淨之，再予以使用；憶起這些，心中有些許懷念，亦有些許甜蜜。

雨水貯留與利用，具有開源、節流與水源調配之特性，不但是今日替代水源之思考方向，更是防災工作中之滯洪、蓄法與分洪、減洪不可或缺者，觀諸台灣的特有地形、地質及水文特性，更有其思考及利用的價值。雨水貯留與利用，應由公務機關及工業區開始施行，不但可以將雜用水量由雨水來替代，同時更將此等量的水儲於水庫中，如此不但不必急於興建水庫，更可以縮短缺水期限。因此，中水道系統(Dual-Water Supply System)將會因孕而生。在大型社區開發中，更可利用綠地、停車場作為地表或地下之滯洪區，不但可減分洪，更可將所蓄之雨水部份作為消防、景觀用水，實乃一舉兩得也！

二. 雨水貯留作為滯洪設施之實施範例:

例一：開發地區之概要

1.流域面積 A：1.864 ha，見圖一。

2.開發前之現況:傾斜山林

3.降雨強度式:當地為雨水貯留設施之設置社區開發範圍地域，開發地區下游之下水道部份未完成，故有雨水貯留設施之計畫。雨水貯留設施以率定年超越機率3年降雨規模作雨水貯留設計基準，降雨強度式

$$r_t = \frac{1,000}{t^{2/3} + 6.5} \text{ (mm/hr) 。}$$

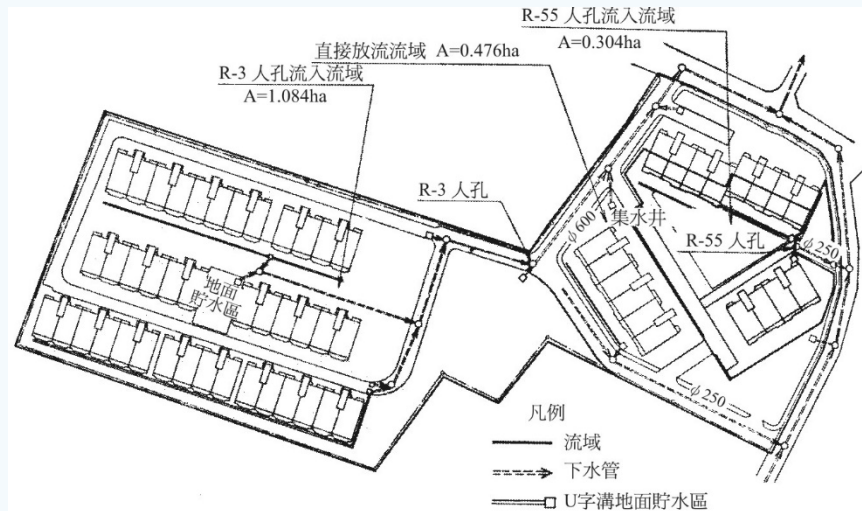
4.洪水到達時間: $t=t_1+t_2$ (min) t_1 : 流入時間 $t_1=7$ (min)

$$t_2: \text{流下時間 } t_2 = \frac{L}{60 \times V} \text{ (min)}$$

L: 流下距離 (m) V: 平均流速 $V=1.0$ m/sec (假設)

$$t_2 = \frac{240}{60 \times 1} = 4 \text{ (min)}$$

$$t = t_1 + t_2 = 7 + 4 = 11 \text{ (min)}$$



圖一 流域圖

5. 流出係數:

開發前：開發地區坡度平緩，下水道設施流出係數 $f=0.3$ 。

開發後：開發後的土地利用現況，下水道設施用流出係數乘以加重平均流出係數求出。平均流出係數試算結果見表一

表一 平均流出係數率定表

諸元 種別	用途別逕流 係數： f	合計		下水道流入區域		直接放流區域	
		面積 A(ha)	f · A	面積 A(ha)	f · A	面積 A(ha)	f · A
建物	0.90	0.600	0.540	0.503	0.453	0.097	0.087
道路	0.85	0.334	0.284	0.17	0.145	0.164	0.139
停車場	0.85	0.085	0.072	0.047	0.040	0.038	0.032
綠地	0.10	0.630	0.063	0.453	0.045	0.177	0.018
公園	0.10	0.215	0.022	0.215	0.022	0	0
合計		1.864	0.981	1.388	0.075	0.476	0.276
平均逕流 係數		0.981/1.864=0.53		0.075/1.388=0.51		0.276/0.476=0.58	

6. 容量率定方法 水文平衡方程式計算

$$7. \text{容許放流量 } Q = \frac{1}{360} \times f \times r \times A, \quad r = \frac{5,000}{t + 40}$$

(公共下水道中放流下水道公式)

$$\text{容許放流量 } Q_c = \frac{1}{360} \times 0.3 \times \frac{5,000}{11+40} \times 1.864 = 0.1523 \text{ (m}^3/\text{sec)}$$

$$\text{直接放流量 } Q_1 = \frac{1}{360} \times 0.58 \times \frac{5,000}{11+40} \times 0.476 = 0.0752 \text{ (m}^3/\text{sec)}$$

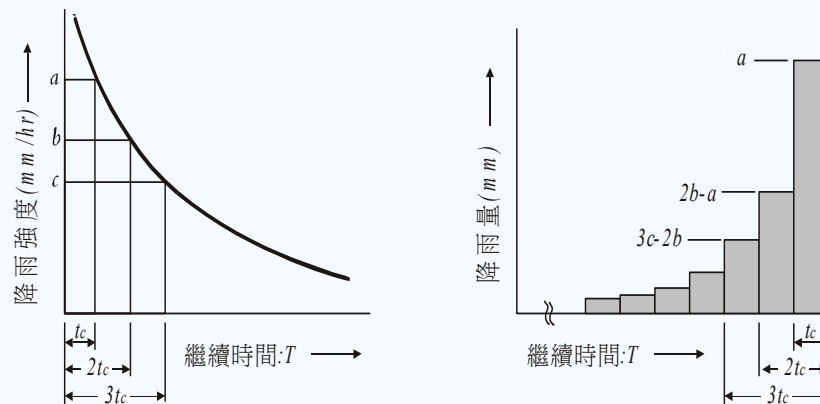
$$\text{下水道承受流量 } Q_c^* = Q_c - Q_1 = 0.0771 \text{ (m}^3/\text{sec)}$$

8. 降雨波形計算間隔:

降雨雨型為後方集中型。計算間隔為洪水到達時間(11分)，取用10分鐘為一間隔。

9. 設計(時間-降雨量曲線):

以三年超越機率來考慮降雨強度曲線計畫之安全性，以後方集中型之降雨雨型作成之設計時間-降雨量曲線如圖二。降雨繼續時間以24時間為考量。



圖二 後方集中型降雨雨型

10. 檢討有關結果: 檢討流程圖三之結果見表二所示。

(1) 貯水容量

R-3 人孔

管內貯留量: HP ϕ 600 L=58.0m V=16.4 m³

HP ϕ 250 L=55.0m V=2.7 m³

地下之貯留量: 面積 270 m² 水深 23cm V=62.1 m³

合計: 81.2 m³

R-55 人孔

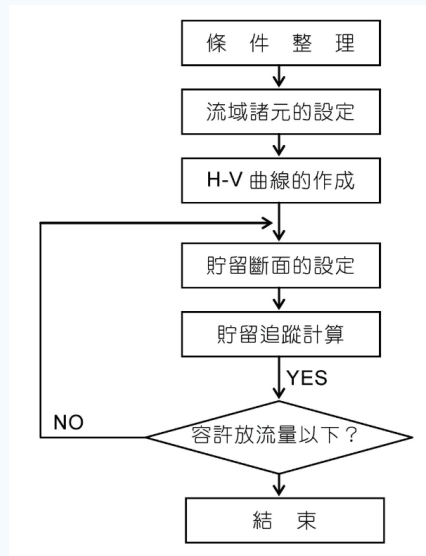
地下之貯留量 : 面積 570 m² 水深 20cm V=114 m³

(2) 有關各貯水區 其依流域貯水之人孔排放水斷面分配:

容許放流量 $Q_c=0.0771 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以下的配水決定

R-3 0.07 m³/sec

R-55 0.0071 m³/sec



圖三 檢討作業流程圖

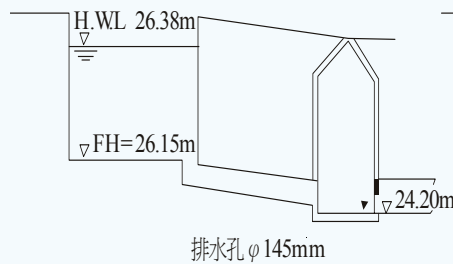
表二 設計成果總表

諸 元		單位	全體	雨水貯留設施		摘 要		
				R-3 断面	R-55 断面			
流域 諸元	流域	計畫對象區域	ha	1,864	—	—		
	面積 (A)	人孔流入流域	ha	1,388	1.084	0.304		
		直接放流流域	ha	0.476	—	—		
	流係出 數(F)	現 況	—	0.30	—	—	直接放流流域	
		開 發 後	—	0.53	0.51	0.51	f=0.58	
洪水到達時間：t		min	11	—	—			
計畫降雨規模：T		年	1/3	—	—	降雨波形： 後方集中型		
降雨強度形式：r		mm/hr	1,100 $t^{2/3}+6.5$	—	—			
容 放 許 流 量	地區全體：Q _c		m ³ /sec	0.1523	—	—	直接放流量	
	下水道			0.0771	0.0700	0.0071	Q=0.0752m ³ /sec	
放 設 流 施	位置：EL		T.P.+m	—	24.20	21.95	人孔內所設置	
	管徑：φ		mm	—	145	35		
貯 水 設 施	計畫高水位：H.W.L		T.P.+m	—	26.38	25.05		
	貯 容 水 量	地 面 貯 留		m ³	176.1	62.1	114.0	地下貯水深度
		管 內 貯 留			19.1	19.1	—	R-3 0.23m
		合 計			195.2	81.2	114.0	R-55 0.20m
貯水水位：W.L		T.P.+m	—	26.357	25.001			
貯留量：V		m ³	—	75.021	88.766			
放流量：Q		m ³ /sec	—	0.0633 (<0.0700)	0.0045 (<0.0071)			

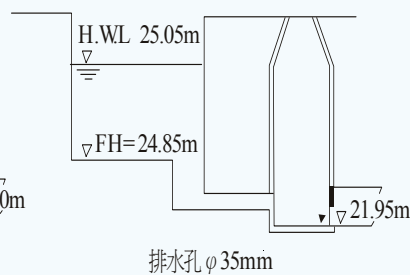
(3) 設計排水斷面之計算結果(見圖四，圖五)

$$\begin{aligned}
 Q &= C \times a \times \sqrt{2 \times g \times h} \\
 &= 0.60 \times \frac{3.1416}{4} \times (0.145)^2 \times \sqrt{19.6 \left(2.18 - \frac{0.145}{2} \right)} \\
 &= 0.0636 \text{ m}^3 / \text{sec} (< 0.0700 \text{ m}^3 / \text{sec})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= C \times a \times \sqrt{2 \times g \times h} \\
 &= 0.60 \times \frac{3.1416}{4} \times (0.035)^2 \times \sqrt{19.6 \left(3.10 - \frac{0.035}{2} \right)} \\
 &= 0.0045 \text{ m}^3 / \text{sec} (< 0.0071 \text{ m}^3 / \text{sec})
 \end{aligned}$$



圖四 R-3 斷面模式圖



圖五 R-55 斷面模式圖

例二：運用停車場及管內貯留來作為雨水貯留或滯洪之例子如下：

有關開發區之平面圖及流域圖如圖六及圖七所示，而有關調整池之規模及標準圖如下節所述：

1. 平面圖與流域圖：

見圖六、圖七開發面積 3.09ha，其中直接放流流域 0.43ha，調整池流入流域 2.66ha，配置計畫上將以兩個調整池來分別調整及收集雨水。

2. 調整池之規模見表三，標準構造圖見圖八所示。

3. 設計諸元：

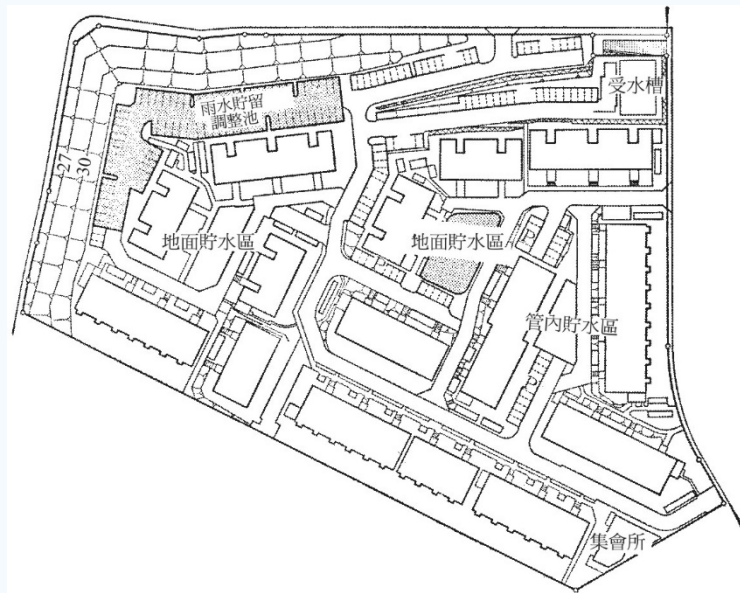
洪水洪峰流量
$$Q_p = \frac{1}{360} \times f \times R \times A$$

Q_p ：洪水洪峰流量(m³/sec)

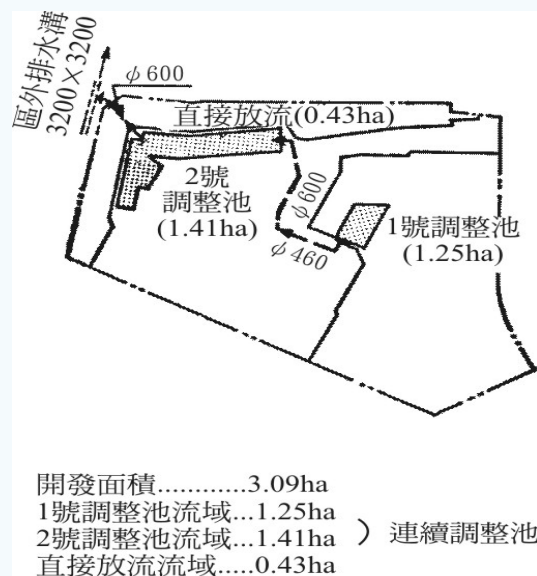
r ：降雨強度(mm/hr)

f ：逕流係數

A ：流域面積(ha)



圖六 平面圖



圖七 流域圖

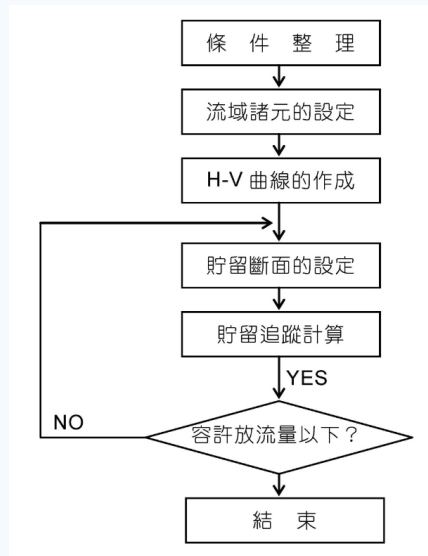
逕流係數: 開發前 $f=0.4$; 開發後 $f=0.55$;

計畫降雨量: 降雨強度 $r=30\text{mm/hr}$;

降雨繼續時間: 3 小時;

降雨分佈: 矩形分佈降雨。

容許放流量: $0.083\text{m}^3/\text{sec}$



圖八 標準構造圖

(連續調整池之情形，2 號調整池其容許放流量不得大於此值。)

表三 調整池的規模

名稱	(管內貯留)		地面貯留		其他(放流塔 U 型溝)	貯留 可能量
	φ 2,000mm	φ 1,500mm	公園貯留	停車場貯留		
1 號調整池	管長：65.0m 貯留量：204.2m ³	—	面積：310m ² 水深：0.2m 貯留量：62m ³	—	貯留量：27.3m ³	393 m ³
2 號調整池	—	管長：105.0m 貯留量：185.5m ³	—	面積：1,336 m ² 水深：0.1m 貯留量：133.6m ³	貯留量：22.0m ³	341 m ³
(計)						634 m ³

調整池出流口斷面：調整池出流口以圓形斷面設計。

$$Q = C \times \pi \times r^2 \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad Q: \text{放流量(m}^3/\text{sec)} \quad C: \text{流量係數(0.6)}$$

r：圓形孔口的半徑(m)

H：孔口中心水深(m)

$$\text{上式} \quad r = \left(\frac{Q}{\sqrt{2 \times g \times H} \times \pi \times C} \right)^{1/2}$$

(i) 1 號調整池:

$$r = \left(\frac{0.042}{\sqrt{2 \times 9.8 \times 2.8 \times \pi \times 0.6}} \right)^{1/2} = 0.055 (D = 110\text{mm})$$

(ii) 2 號調整池

$$r = \left(\frac{0.083}{\sqrt{2 \times 9.8 \times 2.736 \times \pi \times 0.6}} \right)^{1/2} = 0.0775 (D = 155\text{mm})$$

洪水調節計算: 降雨採用矩形分佈雨型, 假設單位時間流入量假設固定, 水理計算流入及流出體積, 以 5 分鐘間隔計算之。

5 分間之流入量

(i) 1 號調整池 $Q = 0.057 \text{ m}^3/\text{sec} \times 300\text{sce} = 17.1 \text{ m}^3$
 $(1/360 \times 0.55 \times 30\text{mm/hr} \times 1.25\text{ha} = 0.057 \text{ m}^3/\text{sec})$

(ii) 2 號調整池 $Q = 0.065 \text{ m}^3/\text{sec} \times 300\text{sce} = 19.5 \text{ m}^3$
 $(1/360 \times 0.55 \times 30 \times 1.41 = 0.065 \text{ m}^3/\text{sec})$

5 分間之放流量

(i) 1 號調整池 $Q = 0.6 \times \pi \times r^2 \times \sqrt{2 \times g \times H} = 7.6 \sqrt{H} \text{ m}^3$

(ii) 2 號調整池 $Q = 0.6 \times \pi \times r^2 \times \sqrt{2 \times g \times H} = 15.0 \sqrt{H} \text{ m}^3$

4. 異常流量地表截流計算:

異常流量, 100 年發生 1 次之洪水洪峰流量的 1.44 倍為異常洪水量之設計值。(異常洪水量 $Q = 1.44Q_p$)

$$Q_p = \frac{1}{360} \times f \times r \times A \quad Q_p: \text{洪水流量}; \quad A: \text{流域面積}(\text{ha})$$

f : 逕流係數 0.55

r : 到達時間內的降雨強度

$$r = \frac{4,811}{t^{0.88} + 21.7} = 170 \text{ mm/hr} \quad t: \text{流達時間 } 9.6 \text{ 分}(t_1 + t_2)$$

t_1 : 流入時間 7.0 分

t_2 : 流下時間 2.6 分

$$t_2 = \frac{L}{M} \quad W: \text{洪水傳播速度}(\text{km/hr})$$

$$W = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \quad L: \text{流路延長}(\text{km}) \quad H: \text{標高差}(\text{m})$$

(i) 1 號調整池

$$Q_p = \frac{1}{360} \times 0.55 \times 170 \times 1.25 \times 1.44 = 0.4675 (\text{m}^3 / \text{sec})$$

(ii) 2 號調整池

$$Q_p = \frac{1}{360} \times 0.55 \times 170 \times 1.41 \times 1.44 = 0.5273 (\text{m}^3 / \text{sec})$$

$Q = CBH^{1.5}$ 溢流水深 H 待求。

$$H = \left(\frac{Q}{C \times B} \right)^{2/3} \quad C : 1.8 \quad B : \text{溢流堰頂寬}$$

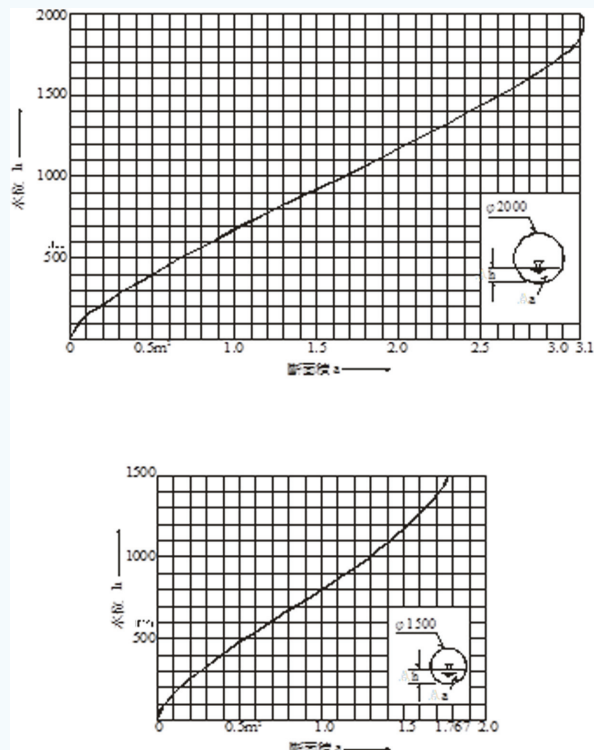
(i) 1 號調整池 $H = \left(\frac{0.4675}{1.8 \times 10.00} \right)^{2/3} = 0.088 \text{m}$

(ii) 2 號調整池 $H = \left(\frac{0.5273}{1.8 \times 25.00} \right)^{2/3} = 0.052 \text{m}$

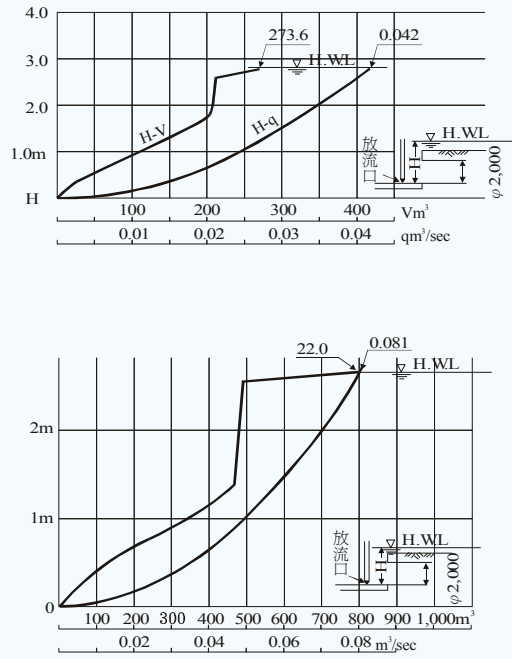
放流管之計算

(i) 1 號調整池 $Q_R = 0.4675 \text{ m}^3/\text{sec}$ 取用 $\phi 600$ $S = 0.70/100$
(令 $n = 0.014$) $V = 1.687 \text{ m/sec}$, $Q = 0.4770 \text{ m}^3/\text{sec}$

(ii) 2 號調整池 $Q_R = 0.5273 \text{ m}^3/\text{sec}$ 取用 $\phi 700$ $S = 0.40/100$
 $V = 1.413 \text{ m/sec}$, $Q = 0.5439 \text{ m}^3/\text{sec}$



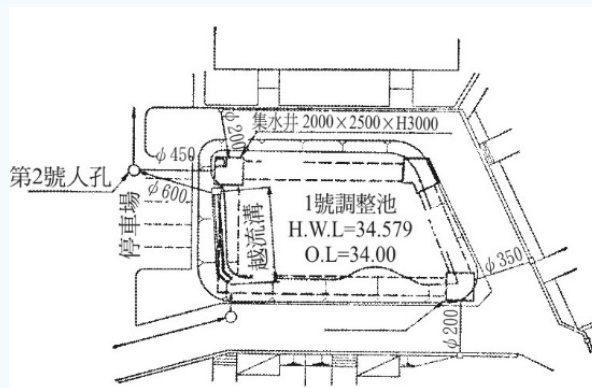
圖九 $\phi 2000\text{h-a}$ 曲線(1 號調整池)與 1500h-a 曲線(2 號調整池)



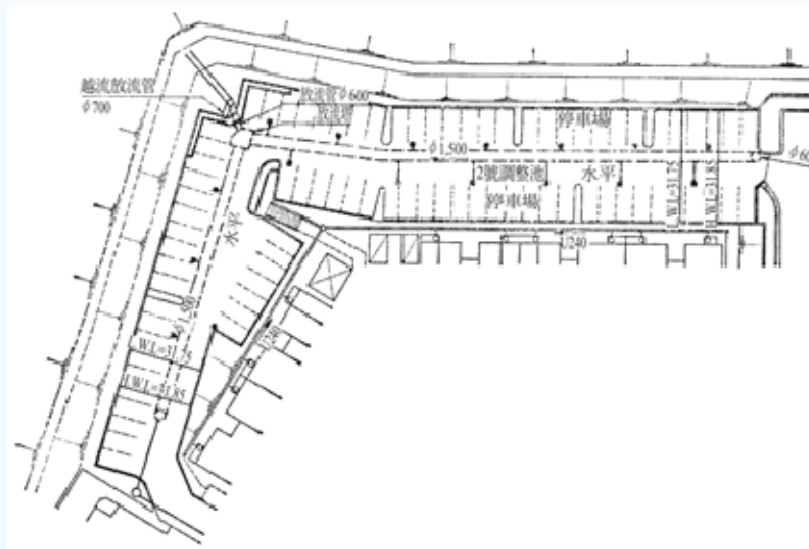
圖十 1號調整池 2號調整池 H-V，H-q 曲線

5.設計佈置

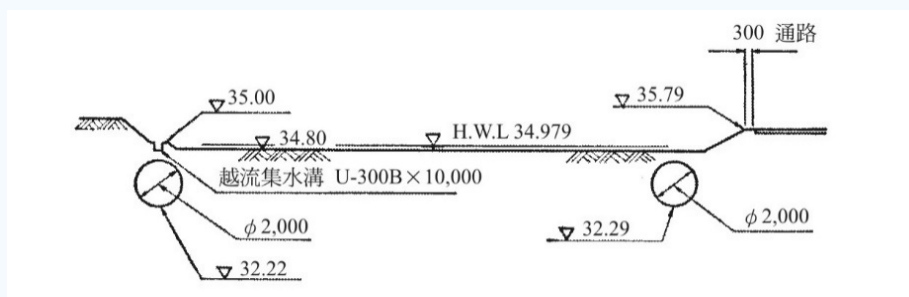
計算之有關水位—容量相關圖見圖九～圖十所示調整池計畫平面圖見圖十一及圖十二，斷面圖見圖十三及圖十四，有關二號調整池集水溝之取水管詳細圖十五。完成後之一號調整池見照片 1.所示，而二號調整池及異常暴雨地表截水見照片 2 及照片 3。



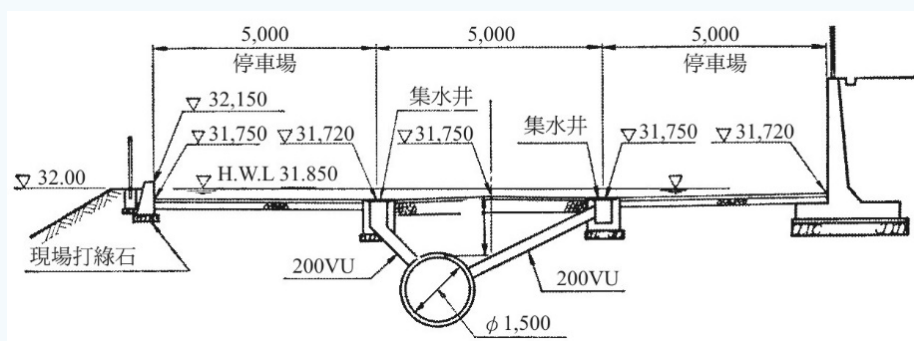
圖十一 1號調整池平面圖



圖十二 2號調整池平面圖



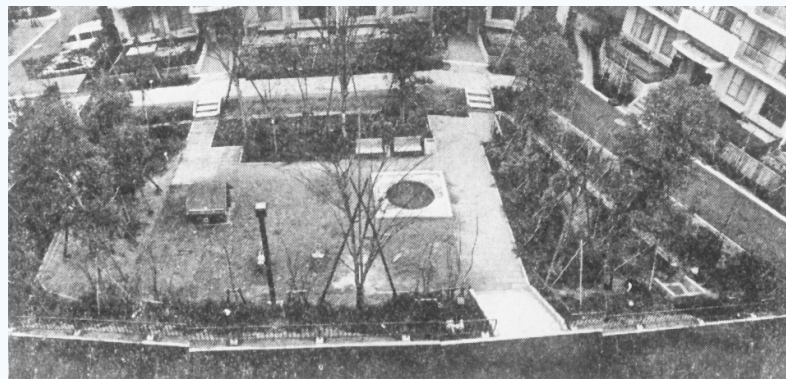
圖十三 1號調整池斷面圖



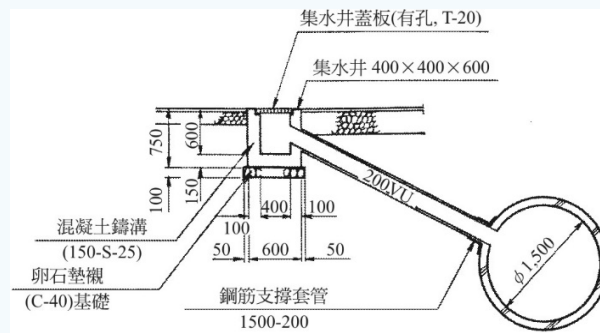
圖十四 2號調整池斷面圖

結語:

台灣地區每人每年所能分配之降雨量為世界平均值的八分之一，屬於缺水地區。同時台灣地區降雨之時空分佈不均，豐枯水期之水量相差懸殊，區域性之乾旱時有所見。又台灣地區可供興建水庫之壩址有限，以及環保意識高漲，土地取得不易，加上地方要求回饋等因素，不但使得新址難求，開源不易，更使開發成本高不可攀。國人缺乏節水、愛水的觀念，而國內水價又過於低廉，致使國人養成浪費用水之習性。



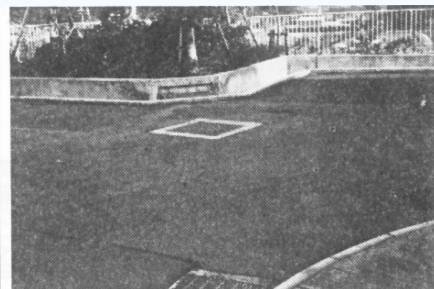
照片 1 1號調整池全景



圖十五 2號調整池集水溝



照片 2 2號調整池全景



照片 3 2號調整池出水高

水為國家所有的有限天然資源，在家上水權分配不均，用水之經濟效率低落，建立合理之水權分配制度，乃為當務之急。水資源永續發展工作，所需考量的層面相當廣泛，包含社會、經濟等等層面，因此為達成此一方面的目標，提升國民生活品質，維持經濟持續成長，實需由多方面琢磨評量所需以採行必要之策略。

現今全球氣候變遷現象日趨明顯，永續發展是未來全人類共同理念，「綠色建築」及「全球環保綠色指數」皆談到水資源的保存與利用，水資源為廿一世紀人類最重要的生活資源之一，而「雨水」即為上蒼賜予人類最重要的寶貴水資源，如何將「雨水」充分利用使之對人類有利而不是為害，必是當前最重要課題。

參考文獻

- 1.“常用水文預報算法和計算程序” 翟家瑞 黃河水利出版社 (1995)
- 2.”泥石流 滑坡 陡坡崩坍 防治工程手冊” (日) 矢野義男, 渡正 亮合著
河海大學
出版社 (1994)
- 3.”雨水貯留設施之計畫與設計” (日文) 熊谷純一郎, 原田幸雄合著 鹿島
出版社(1993)

投稿 104.04.24
校稿 104.05.08
定稿 104.05.12