

滯洪池長、短延時之滯洪容量分析探討

～以信義水森坡地區防洪蓄水池為例～

翁志偉¹ 李明德²

1 台灣世曦工程顧問公司水及環境工程部工程師、土木技師

2 台灣世曦工程顧問公司水及環境工程部顧問、水利技師

一、前言

國內都市化程度極高之地區，如：臺北市，其行政區內所屬河川及區域排水之堤防或護岸，與雨水下水道系統等相關防洪設施大多已治理或建置完成，若為因應未來極端氣候降雨，所造成計畫排水量增加而欲大範圍拓寬渠道或加大雨水下水道斷面，常易受限於土地取得問題而無法於短期內施作，使得易積淹水地區，未能獲得有效改善，因此，近年國內水道及排水系統治理手段，已由早年築堤束洪，逐漸朝向分洪或滯洪等洪峰消減治理對策，以降低其下游排水路負擔或改善局部地區易淹水問題。

本文主要以滯洪池長、短延時之滯洪容量分析為探討主軸，並藉由實際案例之分析與比較，期能有助於日後規劃或設計作參考。

二、滯洪池型式與滯洪容量分析方法說明

(一) 滯洪池型式

滯洪池型式一般分為在槽式及離槽式，若欲於同一塊用地設置滯洪池，在相同之上、下游邊界條件，並採同樣之分析方法，在槽式滯洪池所推估之滯洪容量明顯會高於離槽式滯洪池，

又若滯洪池設置之功能係採蒐納開發地區所產生之逕流，以不增加下游排水路負擔之情形下，一般多採在槽式滯洪池，如同「水土保持技術規範」及「非都市土地開發審議作業規範」設置滯洪池之功能需求；而若滯洪池設置之功能無需考慮開發行為，僅單純以洪峰消滅方式改善既有水路通水斷面不足之問題，則在槽式與離槽式滯洪池皆可採用，如一般河川及區域排水中、下游治理。

為利後續滯洪池長、短延時之水文水理分析比較，本文以在槽式滯洪池為討論對象。

(二) 滯洪容量分析方法

長、短延時一般以12小時作區分，延時超過12小時為長延時，延時小於12小時為短延時，常見滯洪容量分析方法有2種，分別為「波爾斯水庫演算法」(Puls reservoir routing method)及「滯洪池三角單位歷線法」，相關推估方法概述如下：

1. 波爾斯水庫演算法

流量歷線基期一般至少為24小時，屬長延時分析方法，其理論為水文平衡方程式，假設在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 之演算時距內，以下關係式成立：

$$\bar{I} - \bar{O} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (\text{A.1})$$

滯洪池長、短延時之滯洪容量分析探討
 ～以信義水森坡地區防洪蓄水池為例～

其中， Δt ：洪水演算時距；
 ΔS ：在 Δt 時間內蓄水改變量，即
 $\Delta S = S_2 - S_1$ ；
 \bar{I} ：在 Δt 時間之平均入流量；
 \bar{O} ：在 Δt 時間之平均出流量。
 依式(A.1)改寫，可得：

$$\frac{(I_1 + I_2)}{2} \Delta t + (S_1 - \frac{1}{2} O_1 \Delta t) = S_2 + \frac{1}{2} O_2 \Delta t \quad (A.2)$$

經由已知 t_1 時間之入流量 I_1 、出流量 O_1 、蓄水量 S_1 及 t_2 時間之入流量 I_2 ，計算 t_2 時間之出流量 O_2 及蓄水量 S_2 ，以求得滯洪池之出流歷線，並配合與出流歷線之關係，依下列公式推估滯洪容量，示意如圖 1 所示。

$$V_S = \sum (Q_{in} - Q_{out}) \times \Delta t \times 60 \quad (A.3)$$

其中， V_S ：滯洪容量(m^3)；
 Q_{in} ：入流量，即入流歷線(cms)
 Q_{out} ：排放流量，即出流歷線(cms)；
 Δt ：洪水演算時距(min)。

2. 滯洪池三角單位歷線法

為「水土保持技術規範」常用之分析方法，其流量歷線基期一般短於 12 小時，屬短延時分析方法；依據民國 101 年「水土保持技術規範」第 96 條之規定，利用開發前、中、後之洪峰流量繪製成三角單位歷線圖，示意如圖 2 所示，以三角形同底不等高，依下列公式求出滯洪容量：

$$V_{s1} = \frac{T_b(Q_2 - Q_1)}{2} \times 3600$$

$$V_{s2} = \frac{T_b(Q_3 - Q_1)}{2} \times 3600$$

其中， V_{s1} ：臨時性滯洪量(m^3)；
 V_{s2} ：永久性滯洪量(m^3)；

Q_1 ：開發前之洪峰流量與下游容許排放量之小值(cms)；
 Q_2 ：開發中之洪峰流量(cms)；
 Q_3 ：開發後之洪峰流量(cms)；
 T_b ：基期(hr)(不足 1 小時，採 1 小時計算)。

臨時性滯洪設施： $V_{sd} = 1.3V_{s1}$

永久性滯洪設施： $V_{sd} = 1.1V_{s2}$

三、滯洪池滯洪容量分析方法主要影響差異點比較

前述 2 種分析方法之分析流程，彙整如圖 3 及圖 4 所示，其主要差異點，說明如下：

(一) 滯洪容量推估精度不同

「波爾斯水庫演算法」可選用較小之演算時距，透過設計兩型以完成基期為 24 小時之入流歷線，該出、入流歷線一般為曲線，依微積分觀念，其可切割單位時間之流量(面積)愈小，所求得滯洪容量愈為精準，而「滯洪池三角單位歷線法」之基期係依集流時間配合經驗公式估算，依「水土保持技術規範」第 96 條，基期至少為 1 小時，該出、入流歷線一般為三角形，利用三角形幾何原理(同底不同高)，即可推估滯洪容量，故「波爾斯水庫演算法」之滯洪容量推估精度較「滯洪池三角單位歷線法」為高。

(二) 滯洪池池型規劃設計與滯洪容量推估先後順序不同

「波爾斯水庫演算法」需先規劃設計滯洪池高程與其相應投影面積關係，以利特性曲線製作及推估出流歷線，進而計算滯洪容量與其相應最大洪水位；「滯洪池三角單位歷線法」無需先規劃設計滯洪池池型，即可藉由不同開發行為水文量之推估，進而計

算滯洪容量，並以該滯洪容量為控制因素，再規劃設計滯洪池池型，一般採「滯洪池三角單位歷線法」無需推求最大洪水位，因為滯洪池孔口底至溢流堰底間之滯洪體積需大於或等於所推估滯洪容量，因此，其最大洪水位已間接被控制於孔口底至溢流堰底之間。

(三) 歷線觀念不同

「波爾斯水庫演算法」之歷線較為貼近真實歷線，其需逐步推求不同時間，出、入流歷線、滯洪容量及洪水位之關係，由於演算基期時間長，對於滯洪池操作或緊急疏散機制評估較為方便；「滯洪池三角單位歷線法」為一假設三角形之歷線，其實際只推估流量尖峰值，無法精確瞭解各時間出、入流歷線之關係，雖可由流量尖峰值與起點時間及基期時間連線成三角型歷線，但為瞭解不同時間滯洪容量及洪水位之關係，仍需先完成滯洪池池型之規劃設計，並依各延時滯洪容量反求洪水位，且一般其基期時間很短，僅數小時，對於滯洪池操作或緊急疏散機制評估成果之代表性並不高。

(四) 滯洪池滯洪容量推估過程複雜度不同

經由前述說明，若採用「波爾斯水庫演算法」推估滯洪容量，其成果未能符合實際需求時，可能會面臨滯洪池池型重新規劃設計之窘境，而若採用「滯洪池三角單位歷線法」推估滯洪容量，僅需已知滯洪池設置位置，即控制點位置，運用水文分析配合簡單數學幾何公式，不必描繪出、入流歷線，即可推估滯洪容量，且相關滯洪池池型規劃與設計工作可先擱置於

最後，倘若其成果未能符合實際需求時，相關修正與調整工作，遠比採用「波爾斯水庫演算法」減化甚多。

四、以實例探討滯洪池滯洪容量分析方法之比較

本文以臺北市信義水森坡地區防洪蓄水池為例，詳細分述如下：

(一) 防洪蓄水池基本條件

防洪蓄水池位於臺北市信義區水森坡地區，鄰近虎山，基地面積為 10,007 平方公尺，集水面積為 35.87 公頃，臺北市政府為顧及當地水土保持及公共安全，於民國 77 年都市計畫劃設該用地為防洪蓄水池用地。

(二) 配合「波爾斯水庫演算法」之相關先前作業

規劃設計池型如圖 5 所示，並繪製調洪沉砂池之標高及池面積、標高及池容積之特性曲線，如圖 6、7 所示；依孔口幾何斷面性質，推求標高及出流量 O 之特性曲線，如圖 8 所示；依前述特性曲線，推求並繪製出流量 O 及蓄水量 S 、 $S \pm \frac{1}{2}O\Delta t$ 之特性曲線，如圖 9 所示；依序推求各時間之出流量 O ，即得防洪蓄水池之出流歷線，依出、入流歷線分析成果，如圖 10 所示，配合前述公式(A.3)，即可推估滯洪容量。

(三) 滯洪容量推估成果比較與討論

依「波爾斯水庫演算法」及「滯洪池三角單位歷線法」推估滯洪容量之成果，整理如表 1 所示，觀察可知，短延時分析方法所推估之滯洪容量明顯大於長延時分析方法，表示短延時分析方法較為保守，類似觀念如降雨型態，其一般分為短時間暴雨及長時

間颱風雨，故降雨強度公式分別有暴雨及颱風雨之稱，於相同延時條件暴雨降雨強度(短延時)推估成果明顯會大於颱風雨降雨強度(長延時)推估成果，恰與本文滯洪容量分析成果趨勢類似。

五、結論

(一) 「波爾斯水庫演算法」之優缺點及適用時機

1. 優點

本法精度較高，可適用於任意延時基期之滯洪容量推估，可瞭解不同時間，出、入流歷線、滯洪容量及洪水位之關係，對於滯洪池操作或緊急疏散機制評估較為方便。

2. 缺點

推估滯洪容量前需完成滯洪池高程及其所相應投影面積之規劃與設計，若滯洪容量推估成果未能符合實際需求時，可能會面臨滯洪池池型重新規劃設計之窘境。

3. 適用時機

滯洪池設置之功能無需考慮開發行為，僅改善既有水路通水斷面不足之問題，無論在槽式與離槽式滯洪池皆可適用本法。

(二) 「滯洪池三角單位歷線法」之優缺點及適用時機

1. 優點

推演過程簡單，滯洪容量推估成果保守，無需先規劃設計滯洪池池型，即可先推估滯洪容量。

2. 缺點

滯洪容量推估成果保守，故滯洪池所需體積較為龐大，影響土地利用，較不經濟，此法雖稱歷線法，實際只

推估流量尖峰值，無法精確瞭解各延時出、入流歷線之關係，對於滯洪池操作或緊急疏散機制評估較為不便。

3. 適用時機

涉及開發行為之山坡地範圍及非都市土地，其滯洪池設置之功能係採蒐納開發地區所產生之逕流，以不增加下游排水路負擔，故一般多配合採在槽式滯洪池。

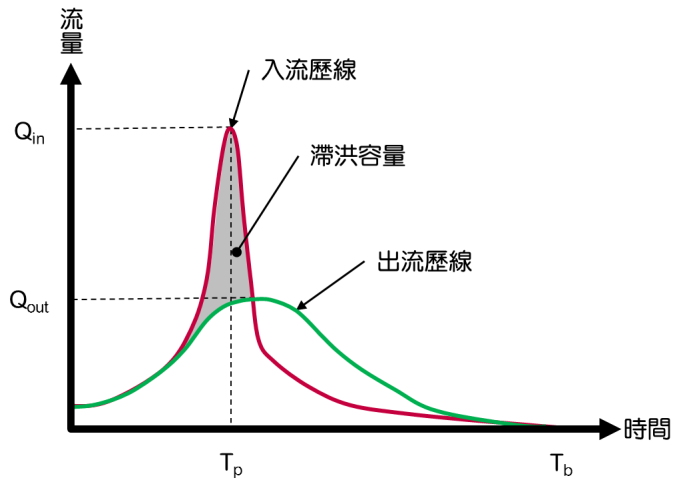
六、建議

本文以臺北市信義水森坡地區為例，其除了防洪蓄水池外，另有2座沉砂池，其亦規劃具有滯洪功能，故同樣採「波爾斯水庫演算法」(長延時)及「滯洪池三角單位歷線法」(短延時)，進行滯洪容量推估與比較，亦存在滯洪容量於短延時分析方法大於長延時分析方法之趨勢；期後續能有更適當之理論依據，可驗證該趨勢存在是否恆真。

參考文獻

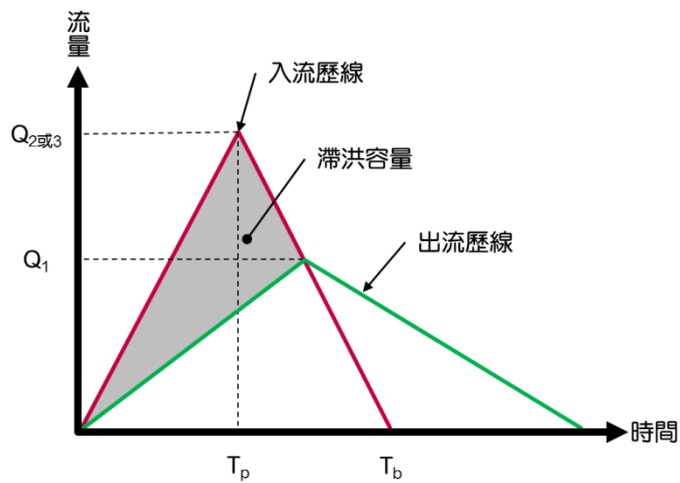
1. 信義水森坡地區設置調洪沉砂池可行性評估及規劃，2013，臺北市政府工務局水利工程處
2. 臺北市雨水下水道設施規劃設計規範，2010，臺北市政府工務局水利工程處
3. 台北市雨水下水道規劃手冊，1989，臺北市政府工務局新建工程處
4. 雨水下水道系統規劃原則檢討，2010，內政部營建署
5. 水土保持技術規範，2012，行政院農業委員會
6. 水土保持手冊，2005，行政院農業委員會水土保持局
7. 非都市土地開發審議作業規範，2013，內政部營建署

投稿 103.04.11
修改 103.04.17
定稿 103.04.20



註： T_p 為尖峰入流量發生時間； T_b 為基期。

圖 1 「波爾斯水庫演算法」流量歷線示意圖



註： T_p 為尖峰入流量發生時間； T_b 為基期。

圖 2 「滯洪池三角單位歷線法」流量歷線示意圖

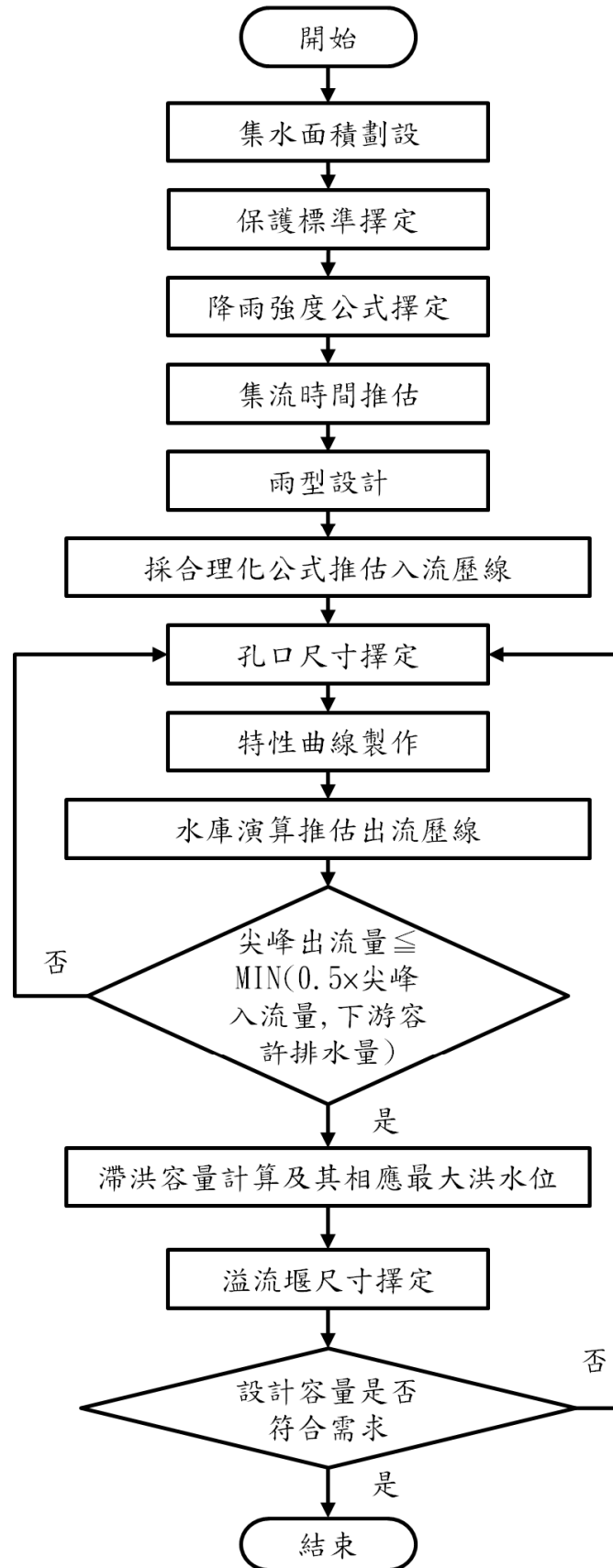


圖 3 「波爾斯水庫演算法」分析流程圖

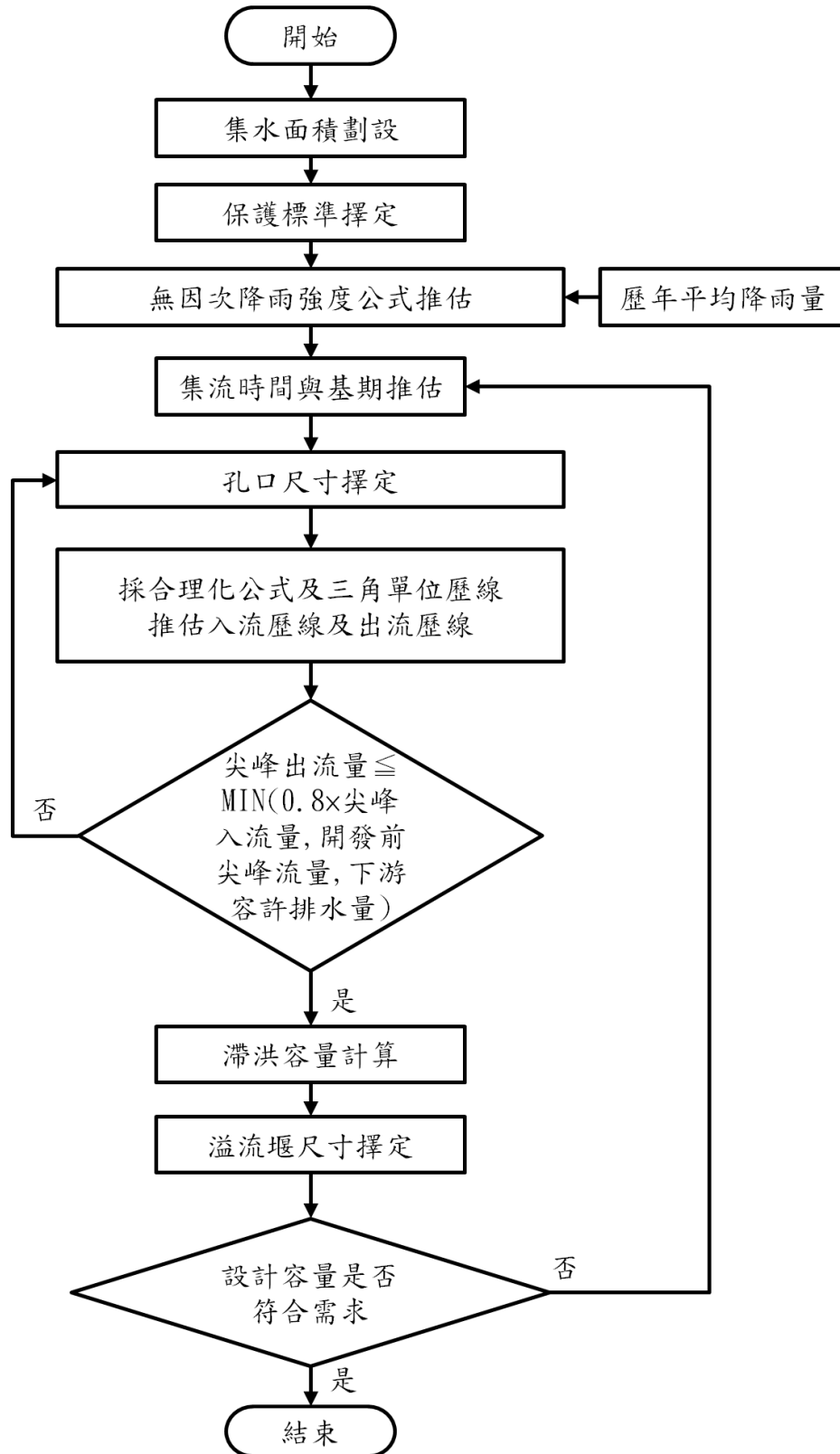


圖 4 「滯洪池三角單位歷線法」分析流程圖

滯洪池長、短延時之滯洪容量分析探討
～以信義水森坡地區防洪蓄水池為例～

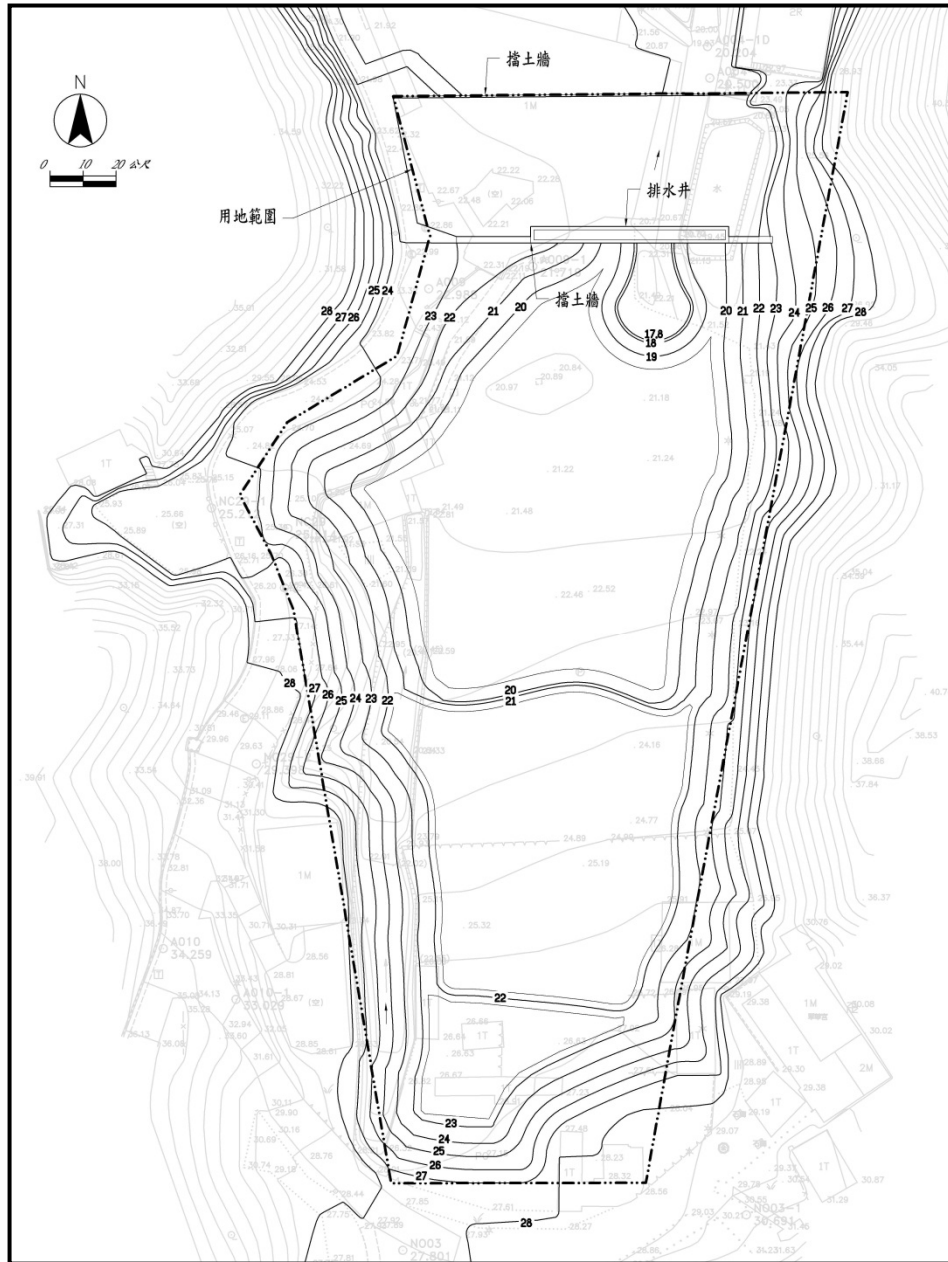


圖 5 防洪蓄水池設計等高線套繪現況地形示意圖

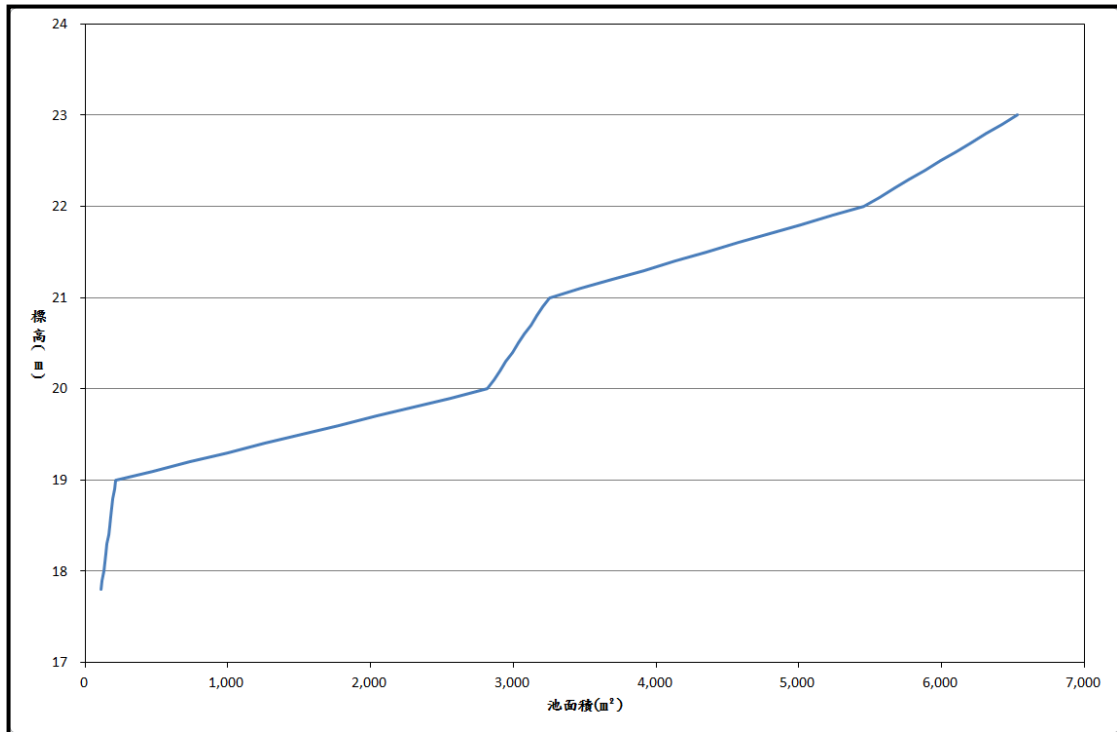


圖 6 防洪蓄水池標高與池面積特性曲線圖

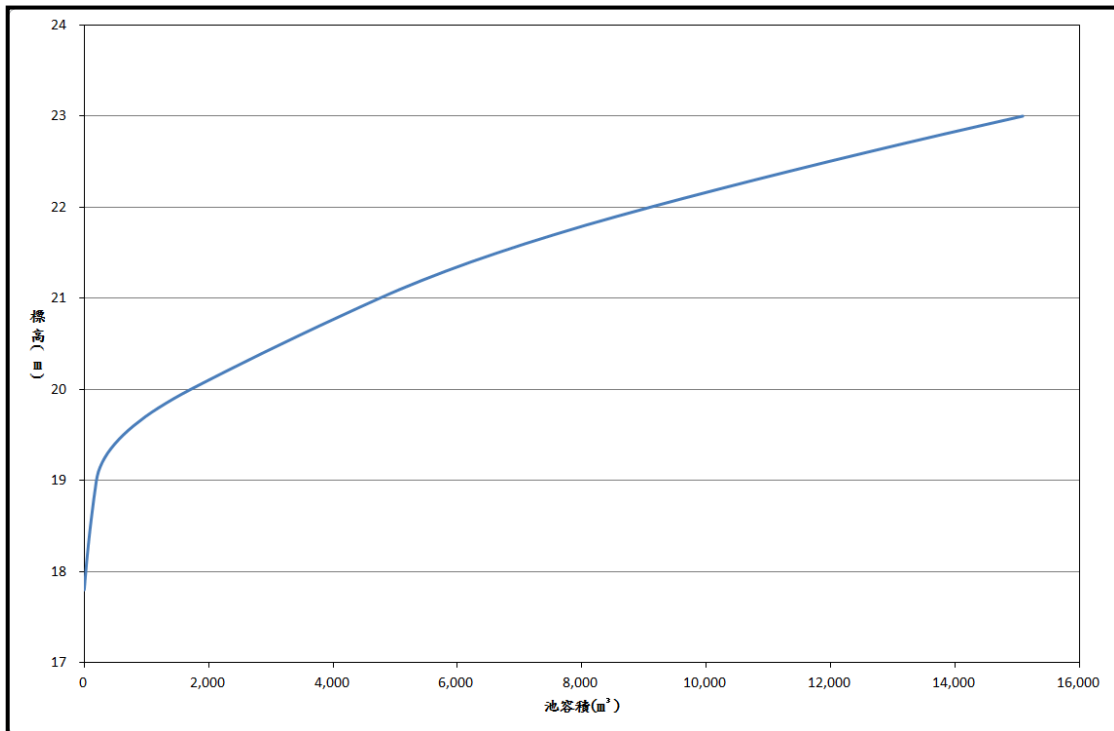


圖 7 防洪蓄水池標高與池容積特性曲線圖

滯洪池長、短延時之滯洪容量分析探討
 ～以信義水森坡地區防洪蓄水池為例～

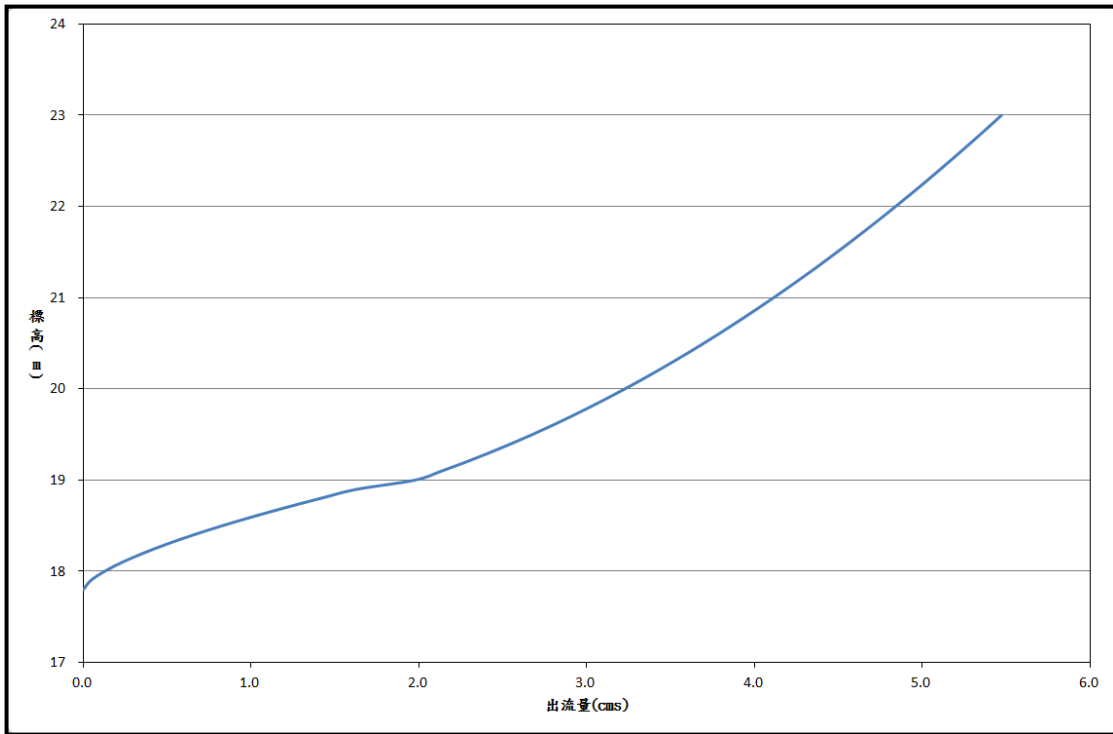


圖 8 防洪蓄水池標高與出流量特性曲線圖

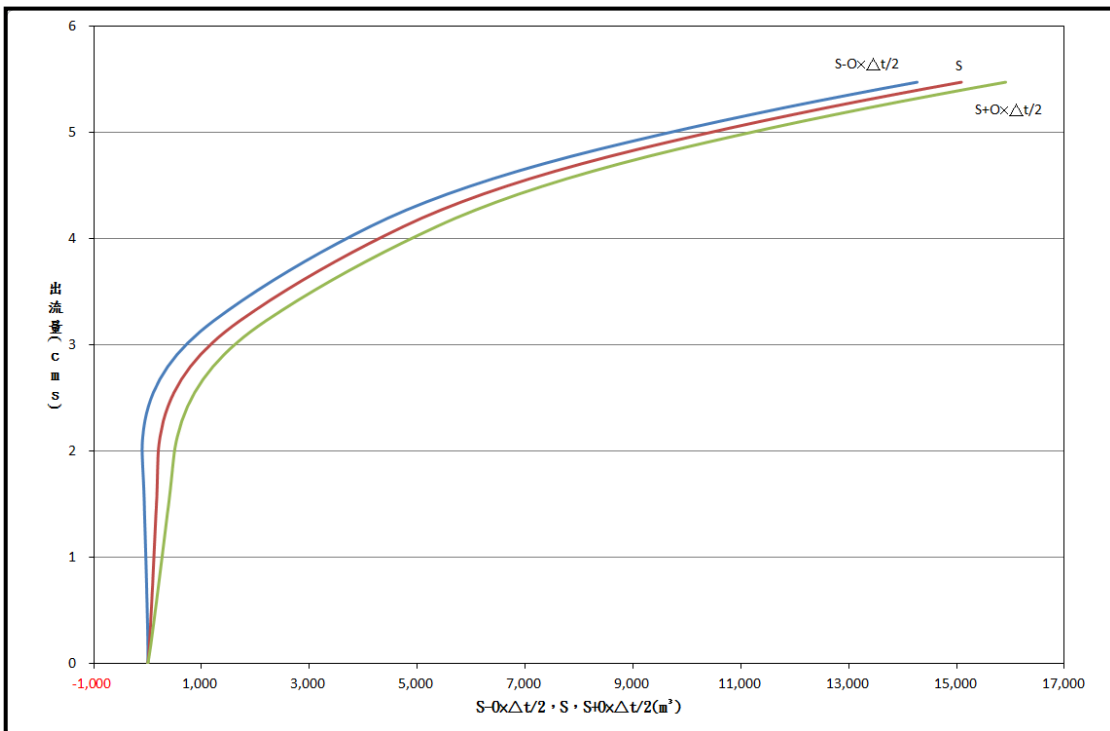


圖 9 防洪蓄水池出流量與蓄水量特性曲線圖

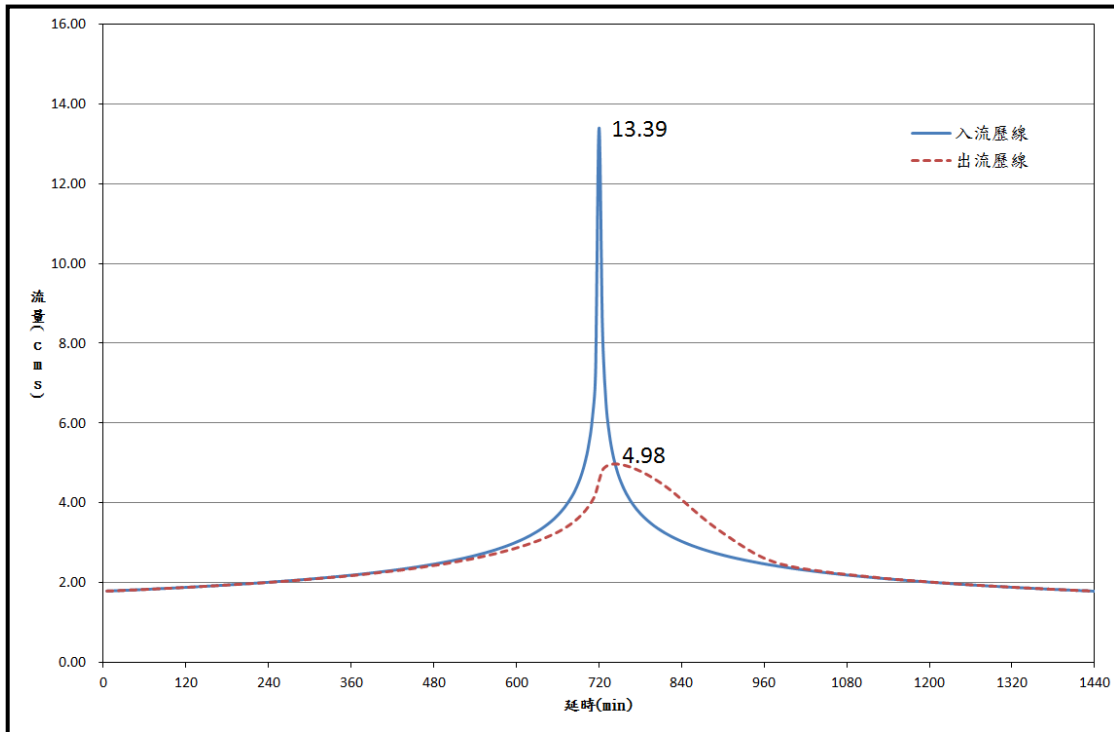


圖 10 防洪蓄水池出、入流歷線示意圖

表 1 滯洪池長、短延時之滯洪容量分析比較表

項次	項目	單位	波爾斯 水庫演算法 (長延時)	滯洪池 三角單位歷線法 (短延時)
1	集水面積	ha	35.87	
2	集流時間	min	7	11.15
3	基期	hr	24	1.45
4	尖峰入流量	cms	13.39 (20年重現期距)	9.56 (50年重現期距)
5	尖峰出流量	cms	4.98	5.88
6	下游容許排水量	cms	6.00	
7	孔口尺寸	m	□0.8×1.2	□1.15×1
8	溢流堰尺寸	m	□29×0.6	□12×0.6
9	孔口底端高程	EL. m	17.80	
10	最大洪水位	EL. m	22.20	22.27(註)
11	溢流堰底高程	EL. m	22.40	
12	出水高	m	0.50	0.60
13	池頂端高程	EL. m	23.00	
14	滯洪容量	m ³	10,060	10,557
15	設計容量	m ³	15,088	

註：依短延時滯洪容量對應「標高與池容積特性曲線圖」反求得之。