

滯洪池量體估算研析-以草漯市地重劃工程為例

鄭文明

中興工程顧問
股份有限公司

水利技師、工程師

魏永坤

中興工程顧問
股份有限公司

技術經理

吳建鎰

中興工程顧問
股份有限公司

水利技師、計畫經理

摘要

依照排水管理辦法第 12 條規定，「於區域排水集水區域內辦理土地開發利用或變更使用計畫之面積達 2 公頃以上，致增加其集水區域內之逕流量者，該土地利用計畫之開發人、經營人、使用人或土地所有權人應依本辦法擬具排水規劃書及排水計畫書送目的事業主管機關轉該區域排水之管理機關審查核定後始得辦理。」。因此在行集水區內之土地開發前，必須提出滯洪、蓄洪、雨水貯留、增加入滲或其他減洪設施等削減其排水出口洪峰流量，使不得超出開發前 10 年重現期距洪峰流量，且不得大於其排水出口下游排水系統現況通洪能力。一般而言，設置滯洪池為達成削減排水出口洪峰流量最有效之手段，而滯洪池量體之計算方式，可依「水土保持技術規範」所列之計算公式估算滯洪池所需量體，以及依「中央管區域排水計畫書審查作業要點」規定格式之逕流量推估與放流量值估算滯洪池所需量體。本研究以上述兩種滯洪池估算所需量體，並以桃園市草漯市地重劃工程為例，採 SWMM(Storm Water Management Model，美國環保署暴雨經理模式)進行滯洪池水平衡計算，以分析比較不同滯洪池量體估算方式所造成之差異。

一、滯洪池所需量體估算方式介紹

(一) 開發前後之集流時間及逕流係數

1. 開發前後之集流時間

本計畫採流入與流下時間分段計算，公式如下

$$t_c = t_1 + t_2$$

$$t_1 = l/v$$

其中， t_c ： 集流時間(min)

t_1 ： 流入時間(min)

t_2 ： 流下時間(min)

l ： 漫地流長度(m)

v ： 漫地流速(一採採用 0.3~0.6m/s)

流下速度之估算，於人工整治後之規則河段，應根據各河斷面、坡度、粗糙係數、洪峰流量之大小，依曼寧公式計算；天然河段得採用下列芮哈(Rziha)經驗公式估算：

$$t_2 = L/W, W = 20(H/L)^{0.6}$$

其中， t_2 ： 流下時間(min)

W ： 流下速度(m/s)

H ： 縱斷面高程差(m)

L ： 溪流長度(m)

漫地流流動長度之估算，在開發坡面不得大於 100 公尺，在集水區不得大於 300 公尺。

2. 開發前、後之逕流係數

本研究參考營建署「雨水下水道設計指南」並為簡化研究，一般而言開發前用地以綠地為主時，逕流係數採 0.67；開發後以住宅區為主時，逕流係數採 0.89 設計。

(二) 滯洪池所需量體依水土保持技術規範估算

1. 開發前後逕流量分析

本基地集水分區面積均小於一千公頃，故採用合理化公式計算各集水分區開發前、後逕流量，其公式列如下所示：

$$Q_p = \frac{C \times I \times A}{360}$$

式中， Q_p 為洪峰流量(cms)； C 為逕流係數，開發前後採不同值； I 為降雨強度(mm/hr)，開發前後依不同重現期計算； A 為集水面積(ha)。茲將各區集水分區劃分與開發前、後逕流量分析說明如下。

2. 滯洪池量體估算

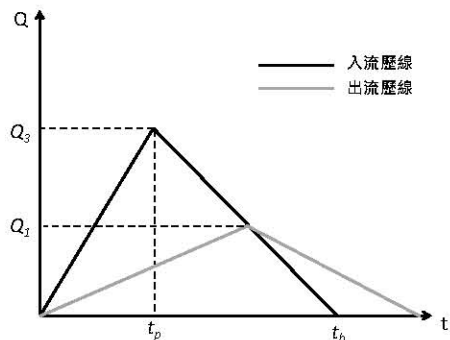
依照水土保持技術規範 96 條，利用開發前後之洪峰流量繪製成三角單位歷線圖，以三角形同底不等高，依下列公式求出滯洪量。

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

$$t_p = 0.6t_c + t_c^{0.5}$$

$$t_b = 2.67t_p$$

$$V_{sd} = 1.1V_{s2}$$



其中， V_{s2} ：永久滯洪量(立方公尺)

Q_1 ：開發前之洪峰流量(立方公尺/秒)

Q_3 ：開發後之洪峰流量(cms)

t_b ：基期(hr)，基於安全考量，設計基期至少應採一小時以上之設計(不足一小時者，仍以一小時計算)。

V_{sd} ：設計永久滯洪量(m^3)

t_c ：集流時間(hr)

t_p ：洪峰到達時間(hr)

上式若考量滯洪池出口下游水路允許排放量為 Q_0 時，則將 Q_1 置換為 Q_0 。

(三) 滯洪池所需量體依中央管區域排水排水計畫書審查作業要點規定格式估算

1. 集水區水文分析方法

(1) 開發前逕流量分析(允許排放量)

- A. 檢核點之逕流分配量(Q_1) 可由管制點之比流量計算得之，或依據排水規劃報告採用之水文分析方法重新計算得之(上述管制點係指已核定之區域排水規劃報告內計畫排水量分配圖中鄰近開發基地之控制點；檢核點係指檢核點係指開發基地進行排水衝擊評估時，為計算開發前後流量變化及評估減洪設施成效，所選擇作為洪峰流量變化檢算的位置。檢核點的位置必須能反應因土地利用與地形地貌改變所造成水文量的變化，原則上應位於開發基地排水出口或下游處。)
- B. 以水文分析方法計算之檢核點開發前 10 年重現期距之洪峰流量(Q_2)。
- C. 若下游排水路現況通洪能力等於或大於 10 年重現期距洪峰流量，則開發基地之允許排放量(Q_a)取 Q_1 與 Q_2 之小值。
- D. 若下游排水路現況通洪能力小於 10 年重現期距洪峰流量，則開發基地之允許排放量(Q_a) 不得大於下游排水路現況通洪能力。

(2) 開發後逕流量分析

- A. 各重現期距暴雨量依據排水規劃報告為原則。
- B. 降雨延時以 24 小時為原則。
- C. 雨型以 Homer 雨型為原則。
- D. 降雨損失採美國水土保持局之曲線號碼法(SCS, Curve Number Method) 為原則。
本研究為簡化研究複雜度，開發前用地以綠地為主時曲線值 CN 採 50；開發後以住宅區為主時曲線值 CN 採 95 設計。
- E. 集流時間採漫地流加渠道流速法計算為原則。
- F. 降雨逕流模式採修正三角形單位歷線法為原則。

二、滯洪池量體估算-以草漯市地重劃工程為例

(一) 研究區域介紹

本研究以桃園市草漯區市地重劃工程第3區為例，相關位置如圖1所示，集水區面積為37.19公頃，集流時間為11.27分鐘，出口排入富林溪之廣福溝支線屬公告區排，並於105年完成治理規劃報告。

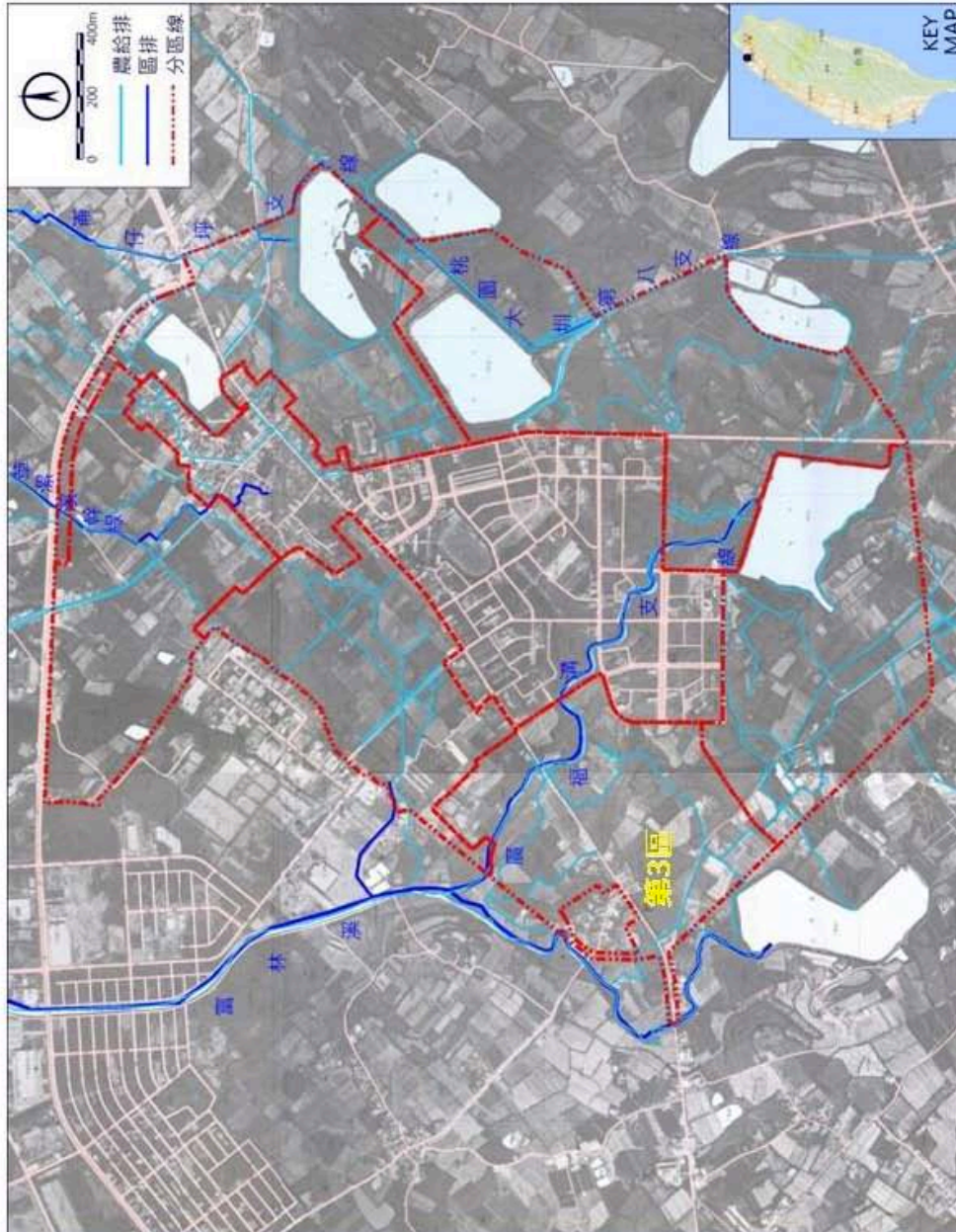


圖1 桃園市草漯區市地重劃工程第3區位置

(二) 降雨強度公式選用

本研究降雨強度公式採「97年桃園縣易淹水地區雨水下水道建設整體重新檢討規

劃及現況調查」之中壠站降雨強度公式如下表所示，表中 I_t 為降雨延時為 t 分鐘之降雨強度(mm/hr)； t 為降雨延時(min)； a 、 b 、 c 為係數。

表 1 中壠站各頻率年降雨強度-延時及 Homer 公式參數表

Homer 公式	重現期	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年
$I_t = \frac{a}{(t+b)^c}$	a	2866.244	2485.168	1750.527	1292.410	963.484
	b	29.710	29.340	26.100	22.500	18.500
	c	0.826	0.756	0.640	0.549	0.461

註：資料來源為桃園縣政府「97 年桃園縣易淹水地區雨水下水道建設整體重新檢討規劃及現況調查」。

(三) 集水區出口允許排放量

本研究集水區排放之區外渠路為廣福溝支線，參考 105 年「富林溪水系富林溪治理規劃報告檢討」，考量其可通過 10 年重現期之設計流量，以 10 年重現期之比流量(14.93cms/km²)乘以集水分區面積所得之逕流量為 5.55cms；若以 10 年重現期降雨強度搭配合理化公式，考量開發前逕流係數估算得開發前逕流量為 10.46cms。比較兩種計算方式，挑選保守者 5.55cms 作為集水區出口允許排放量。

(四) 集水區開發後洪峰流量

1. 依水土保持技術規範估算

以 100 年重現期降雨強度搭配合理化公式，考量開發後逕流係數估算得開發後逕流量為 18.53cms。

2. 依中央管區域排水排水計畫書審查作業要點規定格式估算

依照中央管區域排水排水計畫書審查作業要點附件一，中央管區排水計畫書格式及內容進行水文分析，採用經濟部水利署 Homer 雨型公式，以交替組體法設計 24 小時暴雨雨型，考量降雨損失採美國水土保持局曲線號碼法，配合修正三角形單位歷線，計算各檢核點 100 年重現期距之洪峰流量。茲將暴雨雨型分析、降雨損失採美國水土保持局曲線號碼法、修正三角形單位歷線與各集水區滯洪池容量推算成果說明如後。

(1) 暴雨雨型分析

依「97 年桃園縣易淹水地區雨水下水道建設整體重新檢討規劃及現況調查」之中壠站 Homer 公式，以交替組體法設計 24 小時暴雨雨型，由於本研究各集水區集流時間為 0.187 小時(11.27 分鐘)，為更精確計算各集水區之洪峰流量，

因此本研究設計降雨組體圖之時間間隔 Δt 採 1 分鐘，茲將本研究集水區採用之 100 年重現期 24 小時暴雨雨型列如圖 2 所示。

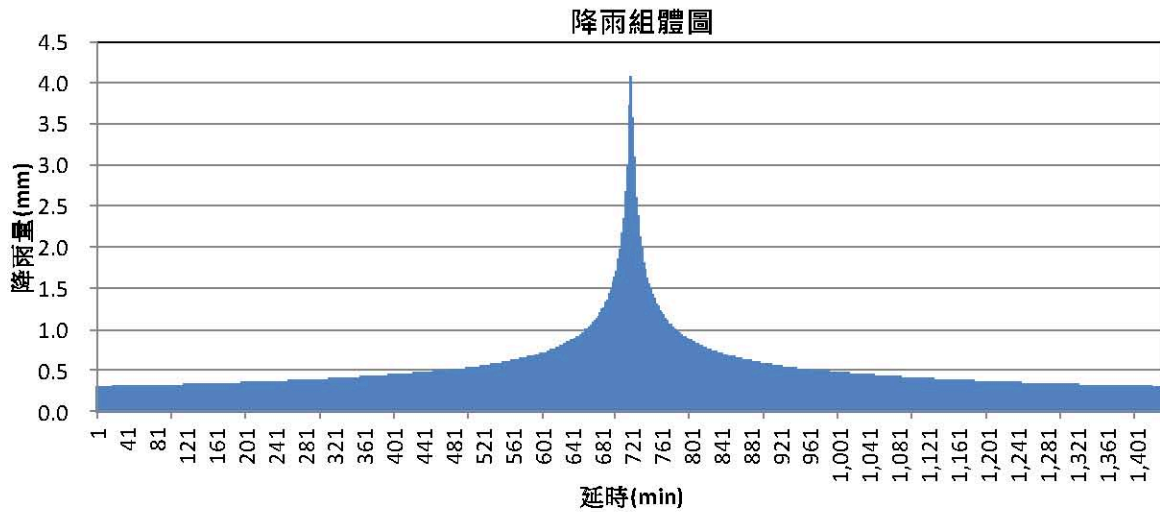


圖 2 100 年重現期距之降雨組體圖($\Delta t=1\text{min}$)

(2) 降雨損失採美國水土保持局曲線號碼法

SCS 曲線值法為美國水土保持局(U.S. Soil Conservation Service)經由實驗與經驗累積所創立之方法。本研究集水區採用 SCS 曲線值法將降雨分離為入滲與超滲降雨，以估計降雨損失及求得超滲降雨，其推估公式如下：

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

上式中， P_e 為累積超滲降雨(mm)； P 為累積降雨量(mm)； S 為土壤最大蓄水量(mm)，須由土壤條件決定。根據美國農業部工程手冊(National Engineering Handbook)標準，將土壤依最小入滲率大小分為四種土壤類型，而土壤覆蓋則依土地利用、耕作方式、水文條件及土壤種類而異。SCS 法依上述方式定出曲線號碼 CN 值(Curve Number)，定義如下：

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

本研究集水區考量開發後之土地利用情況，訂定 CN=95 為集水區之代表曲線號碼值，經由上兩式搭配 Horner 雨型公式之降雨組體圖，即可求得有效降雨設計雨型，再搭配修正形三角形單位歷線，計算本研究集水區之洪峰流量。

(3) 集水區修正三角形單位歷線

修正三角形單位歷線公式如下：

$$Q_p = \frac{0.208 AR_e}{T_p}$$

$$T_p = 0.6T_c + \sqrt{T_c}$$

$$T_b = 2.67T_p$$

- 式中
- Q_p: 洪峰流量(cms)
 - A: 集水區面積(km)
 - R_e: 單位有效降雨量(mm)
 - T_p: 洪峰到達時間(hr)
 - T_c: 集流時間(hr)
 - T_b: 歷線基期(hr)

本研究各集水區根據上述公式，在一單位有效降雨 1mm 下，計算修正三角形單位歷線，如圖 3 所示；本研究集水區修正三角形單位歷線相關計算結果，如表 2 所示。

本研究以 24 小時暴雨雨型，考量降雨損失採美國水土保持局曲線號碼法，配合修正三角形單位歷線，計算集水區 100 年重現期流量歷線如圖 4 所示，其對應之洪峰流量為 20.37cms。

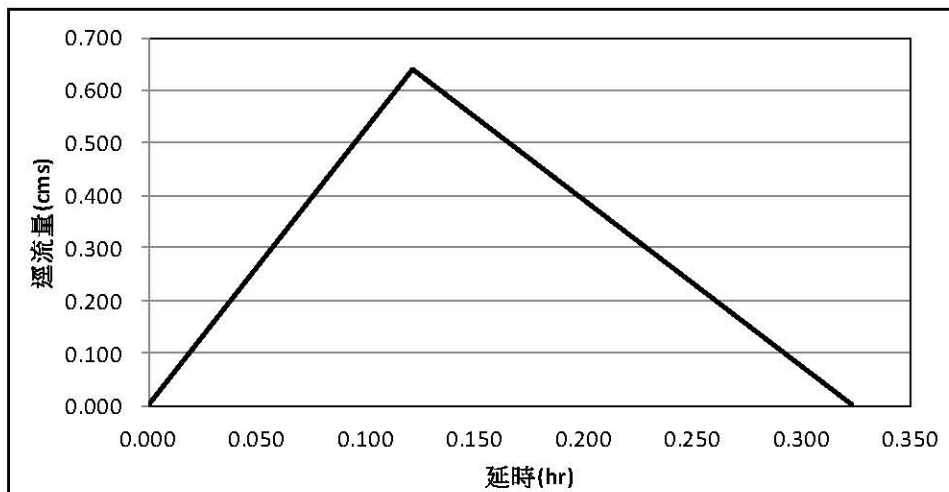


圖 3 本研究集水區修正三角形單位歷線

表 2 本研究集水區修正三角形單位歷線相關參數

洪峰流量 Q_p (cms)	0.639
洪峰到達時間 T_p (hr)	0.121
集流時間 T_c (hr)	0.372
歷線基期 T_b (hr)	0.323

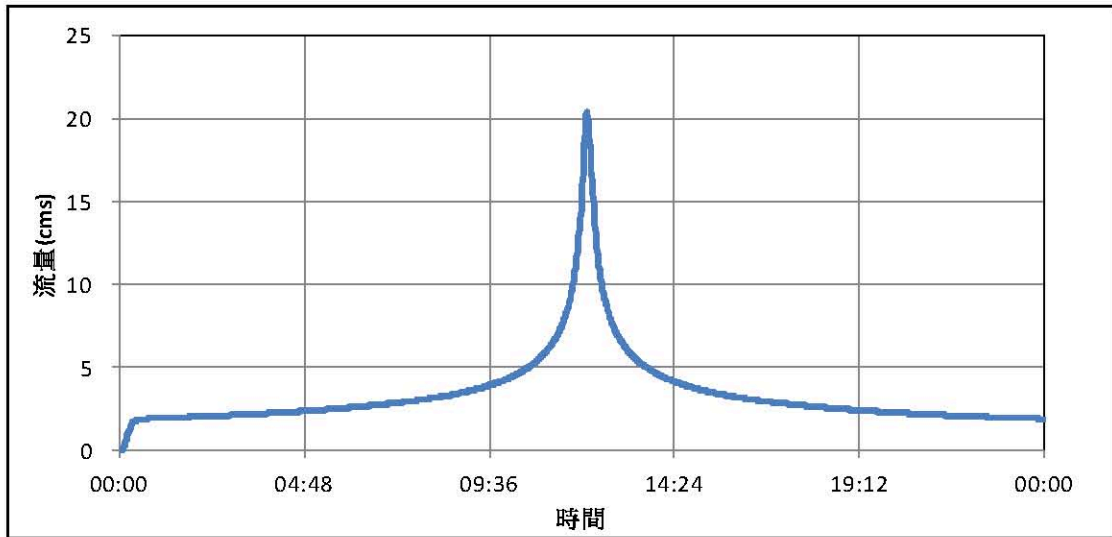


圖 4 集水區 100 年重現期 24 小時流量歷線

三、滯洪池量體估算成果與比較

(一) 滯洪池量體依水土保持技術規範估算

考量開發後 100 年重現期三角形單位歷線洪峰流量 18.53cms，以及下游出口允許排放量 5.55cms(以孔口限制)，以 SWMM 模式模擬滯洪池入流與出流歷線(如圖 5 所示)，分析所需滯洪池所需量體為 35,195m³(若以水土保持技術規範估算 $V_{s2}=34,088\text{m}^3$ 、 $V_{s1}=37,497\text{m}^3$)。

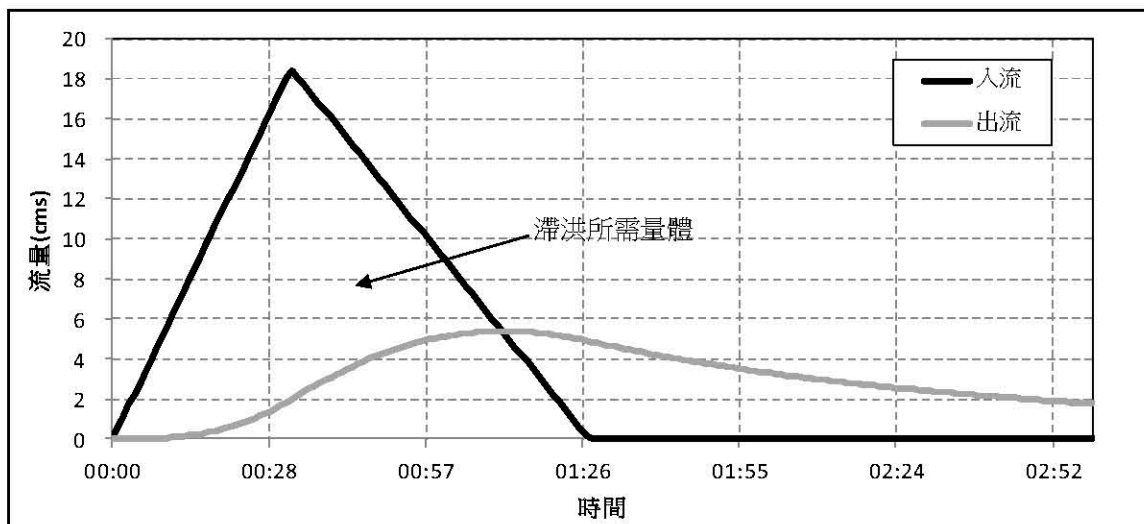


圖 5 滯洪池量體依水土保持技術規範估算入流與出流歷線

(二) 滯洪池量體依中央管區域排水排水計畫書審查作業要點規定格式估算

考量開發後 100 年重現期 24 小時流量歷線洪峰流量 20.37cms，以及下游出口允許排放量 5.55cms(以孔口限制)，以 SWMM 模式模擬滯洪池入流與出流歷線(如圖 6 所示)，分析所需滯洪池所需量體為 114,937m³。

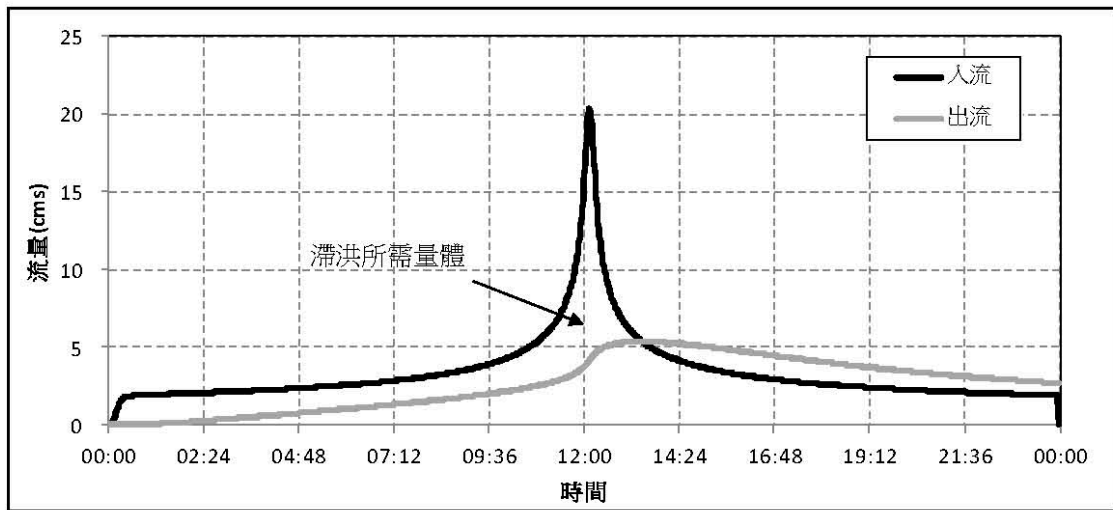


圖 6 滯洪池量體依中央管區域排水排水計畫書審查作業要點規定格式估算入流與出流歷線

四、結論與建議

本研究對於滯洪池量體之估算，採用水土保持技術規範以及中央管區域排水排水計畫書審查作業要點規定格式，於研究區域兩者量體相差約 3.27 倍，造成所需滯洪量體差異之原因，主要係入流歷線之基期與洪峰流量之差異所造成，若考量滯洪池有效深度相同之條件下，兩者計算方式所需滯洪池頂面積則亦有相同比例之差距。建議未來可就不同集流時間與集水面積比例進行相關研究，以分析所需滯洪池體積與各影響變數之敏感度。

投稿 106.04.21
校稿 106.04.24
定稿 106.04.26