

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹

陳志明 台灣省水利技師公會常務監事

賴桂文 台灣省水利技師公會監事

鄭文明 中興工程顧問股份有限公司工程師、水利技師

一、前言

設置滯洪池目的在於降低洪峰流量及洪峰水位，並使集水區之洪水得以安全排出而不致造成災害，不論在槽滯洪池或離槽滯洪池，一般滯洪池組成單元主要設施包括入流設施、貯留蓄洪空間及出流設施及沉砂前池等。因而在滯洪池設計及滯洪功能評估上，有①入流設施構造類別、尺寸、結構配置，②滯洪池貯留蓄洪空間尺寸大小、外型及高程之設計，③出流設施構造類別、尺寸、結構配置等三主要項目必須進行設計或評估，而通常就洪峰流量及滯洪效益妥為規劃或評估各單元尺寸規模，並經水文水理演算決定之。

一般水文水理演算係以水文平衡方程式(大多使用水庫演算法)進行，因演算過程涉及各單元尺寸規模之決定及不同運轉情境之組合，雖目前有試算表程式可資利用，其步驟仍甚為繁複。目前雖有試算表程式使可資利用，惟其步驟仍甚為繁複。而市面上已有多個數值模式可供運用，在此介紹應用SWMM5模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例供參考。

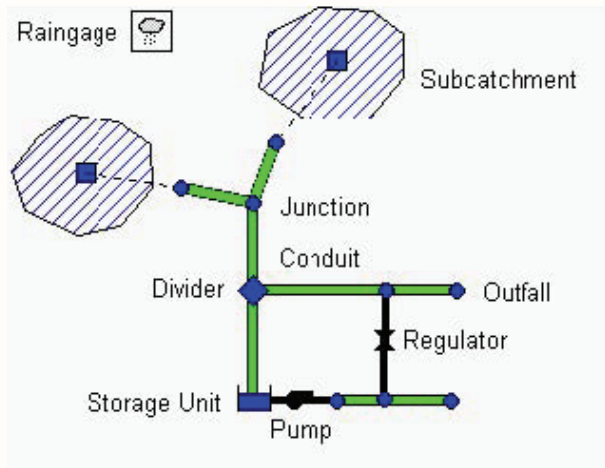
二、SWMM5數值模式介紹

SWMM5為美國環保署公開發行應用於暴雨逕流管理之軟體，係於1971年首次發行，隨後歷經多次的重大修定及升級，其除可模擬集水區或都市內因雨量衍生逕流量對排水系統所衍生之水量變化的現象，亦可模擬其所衍生之水質變化現象。可結合雨水下水道、污水下水道、滯留設施、雨水貯留及其他相關系統，目前仍持續且廣泛地被應用於規劃、分析和設計都市區域或非都市區域之暴雨逕流排水系統、混合流式下水道系統及其它排水系統。

SWMM5是一個動態的降雨逕流模擬模式，用於單一事件或長期模擬地面逕流量和水質，同時提供了圖形化使用者界面(GUI)，以利於進行水文、水力和水質之模擬，並透過圖表等多種格式查看模擬結果。SWMM5模式是美國環境保護署為解決日益嚴重的都市排水問題所公開發行之軟體，可用來模擬都市區域導因於一個事件或長期(連續)的降雨衍生之逕流所引起排水系統水量和水質變化現象，這個排水系統可由一個或多個之管涵、渠道、窪蓄/處理裝置、泵浦或和調節設施等構件所組成，如圖一所示。其在水理演算(hydraulic routing)方面之基本理論如下。

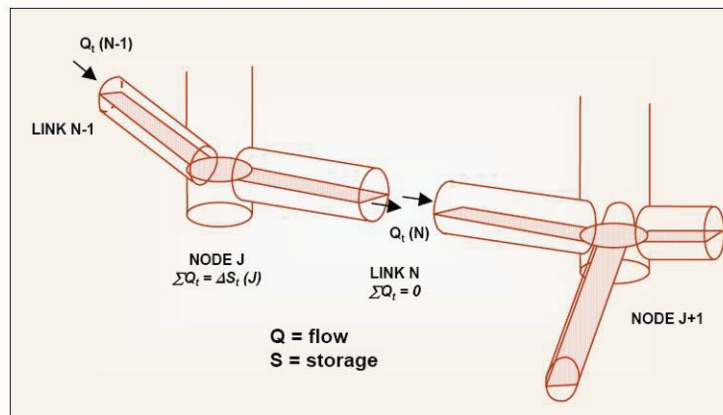
《經驗交流》

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹



圖一 SWMM5 模式構件項目示意圖

雨水降落地面形成漫地流，經由側溝匯集進入人孔，再由人孔進入排水幹道，因此在各幹道中流動之水流時有流量加入，總流量也隨流程在改變。SWMM5 即依排水系統的水流動態及特性，採用 Link - Node 之觀念來模擬分析排水系統；即在管涵(Link，聯結)中流量不變且滿足動量方程式，而在人孔(Node，節點)處則滿足連續方程式，藉以了解各管渠中之流量以及各人孔處可能之溢流量(Surcharge)，作為檢討管渠排水之能力及排水系統改進之參考，如圖二所示。



圖二 SWMM5 模式 Link - Node 示意圖

1. 動量方程式

為求正確的流速及水深，SWMM5 模式係利用一維聖凡南(Saint-Venant)變量流方程式，列如下：

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$
$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} = S_o - S_f$$

式中

Q ：流量； x ：沿流動方向之空間座標；
 V ：斷面之平均流速； y ：水深；
 t ：時間座標； g ：重力加速度；
 S_o ：渠底之縱向坡度；
 S_f ：能量坡度線，可利用曼寧公式計算，即

$$S_f = \frac{V^2 n^2}{R^{4/3}}$$

式中

n ：曼寧糙度係數； R ：水力半徑；

2. 連續方程式

由一節點的連續方程式寫出 H 、 Q 的相關性：

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\sum Q_i}{AS_i}$$

根據上列二式可推導出在任一個節點之 H 與 Q 之關連性，再利用差分法求解，詳細解法請參考 SWMM5 模式使用手冊及其相關文獻。

在使用 SWMM5 進行模擬演算時可視狀況及需要選擇完整利用 Saint-Venant 公式或省略公式內部分項目，即可在下列三個項目下作選擇：Steady Flow、Kinematics Wave、Dynamic Wave，當選擇 Dynamic Wave 時，因其係將解動量方程式所有項次均併入求解，故能模擬迴水效應及逆坡現象。

三、SWMM5適用構件及參數

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計或評估，一般有兩個方式：一為利用 SWMM5 模式之水文模組及水力模組兩個模組，即經由水文模組由雨量資料產生模擬場址之地表逕流，再利用水力模組進行滯洪池之設計或評估；另一個方式則僅利用 SWMM5 模式之水力模組，係將經由其它方式推估之地表逕流資料，輸入 SWMM5 模式之水力模組進行滯洪池之設計或評估。SWMM5 模式之水文模組，主要有雨量計及次集水區；SWMM5 模式之水力模組主要有節點模組與聯結模組。水文模組及水力模組之構件及參數說明如后。

1. 水文模組(Hydrology Module)

(1). 雨量計(Rain Gages)

主要係使用構件中名稱(Name)、雨量格式(Rain Format)、時間間隔(Time Interval)、資料來源(Data Source)及時間序列(Time Series)之選項。模式建立時依照所蒐集之資料形式之即時雨量資料設定雨量格式，資料來源選擇時間序列，將雨量資料依各降雨事件，整理成各事件時間序列以及 SWMM5 可讀之格式，完成雨量計構件之設置。

《經驗交流》

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹

(2). 次集水區(Subcatchments)

主要係使用構件中名稱(Name)、雨量計(Rain Gage)、出口(Outlet)、面積(Area)、寬度(Width)、坡降(Slope)、不透水鋪面百分比(Percent of Impervious Area)、不透水鋪面曼寧糙度因子(Manning's N for Impervious Area)、透水鋪面曼寧糙度因子(Manning's N for pervious Area)、入滲(Infiltration)等選項。構件在設定時依照現地情況，設定次集水區之面積大小、出流之出口、漫地流寬度、坡降、不透水鋪面百分比等。其中透水與不透水鋪面曼寧糙度因子依現地鋪面情況可參考 SWMM5 使用手冊設定。

2. 水力模組(Hydraulic Module)之節點模組(Node Module)

(1). 匯流點(Junctions)

主要係使用構件中名稱(Name)、高程(Elevation)等選項。

(2). 出流口(Outfalls)

主要係使用構件中名稱(Name)、高程(Elevation)、種類(Type)等選項。高程部分則係依現地出口之絕對或相對高度所設置，種類則依模擬情境及現地情況擇定。

(3). 蓄水設施(Storage Units)

主要係使用該構件中名稱(Name)、高程(Elevation)、最大水深(Max. Depth)、蓄水面積(Ponded Area)或蓄水曲線(Storage Curve)等選項。高程部分為蓄水池底高程；最大水深即為蓄水池之最大可蓄水池深度；蓄水面積與蓄水曲線則係依現地情況訂定對應值。

3. 水力模組(Hydraulic Module)之聯結模組(Link Module)

(1). 管路(Conduits)

主要係使用該構件中名稱(Name)、形狀(Shape)、長度(Lenth)、曼寧糙度(Roughness)等選項。形狀與長度部分現地情況或申請資料，輸入其尺寸大小、形狀及長度，曼寧糙度值可參考 SWMM5 使用手冊之建議或其他參考資料擇定。

(2). 抽水機(Pump)

主要使用之設定有名稱(Name)、抽水機曲線(Pump Curve)、起始狀態(Initial Status)、起抽水深(Startup Depth)、停抽水深(Shutoff Depth)。抽水機曲線為水深與抽水量之關係曲線；一般抽水機起始狀態在模擬開始時，設定為關閉之狀態；起抽與停抽水深則係依模擬情境及現地資料設定。

(3). 孔口(Orifices)

主要係使用該構件中名稱(Name)、入流節點(Inlet Node)、出流節點(Outlet Node)、種類(Type)、形狀(Shape)、入口偏移量(Inlet Offset)、流量係數(Discharge Coeff.)等選項。其中入流及出流節點，則依模擬情況設定孔口之上下游節點構件名稱；孔口種類則依實際現況選定孔口位於裝置設施底部(Botton)或側面(Side)；孔口形狀則依實際現況選定圓形或矩形，包含其尺寸大小；入口偏移量為孔口底部與裝置設施底部之高差，通常係指孔口底部距裝置設施底部之距離；流量係數可參考 SWMM5 使用手冊之建議或其他參考資料擇定。

(4). 堰(Weirs)

主要係使用構件中名稱(Name)、入流節點(Inlet Node)、出流節點(Outlet Node)、種類(Type)、高度(Height)、堰長(Length)、入口偏移量(Inlet Offset)、流量係數(Discharge Coeff.)等選項。其中入流及出流節點，則係依模擬情況設定堰之上下游節點構件名稱；堰種類則依實際現況選用直接出流型式(Transverse)或側邊出流型式(Sideflow)；堰高度及堰長則依實際現況設定；入口偏移量為堰所裝置設施底部至堰開口底部之高差。

四、滯洪池設計案例--AA滯洪池

1. 緣由

AA 滯洪池位於苗栗縣頭份鎮之山區，位置見圖三，曾於民國 93 年颱風暴雨因洪峰量超過原排水設施(匯流井及排水渠道)之負荷，導致洪水越過匯流井頂而經由緊鄰之陡坡瀉流而下，沖刷護坡造成災損。經評估後決定新增滯洪池乙座及其上、下游銜接設施，以降低洪峰量。為推估增建滯洪池之規模除對此地區水文、地文、排水路及相關設施進行調查、分析外，並對已興建完成之排水設施之排洪能力加以檢核，以整合排洪並降低暴雨逕流之威脅。



資料來源：Google Earth

圖三 AA 滯洪池位置

2. 檢核及規劃原則

本案新增滯洪池及其上、下游水路設施進行水文水理檢核暨規劃時，必須滿足以下幾點原則：

- (1). 依據「水土保持技術規範」第九十五條規定，滯洪設施之規劃設計其入流歷線至少採重現期距五十年以上之洪水，出流歷線則為重現期距二十五年以下之洪水。滯洪設施對外排放之洪峰流量，不得超過開發前之洪峰流量。且基地開發後之出流洪峰流量應小於入流洪峰流量百分之八十，並不得大於開發前之洪峰流量。且不應超過下游排水系統之容許排洪量，為4.33cms。

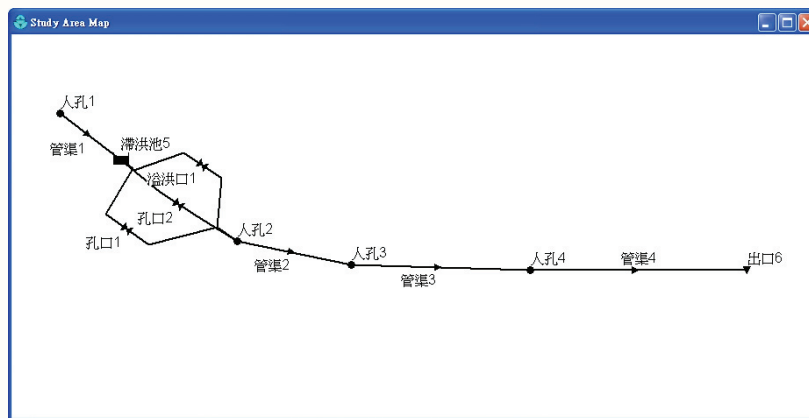
《經驗交流》

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹

- (2). 滯洪池之容量必須在發生100年重現期距設計雨型所產生之入流洪峰流量時，不致發生溢堤現象。
- (3). 滯洪池在佈置上應考量未來購地之完整性。
- (4). 新增滯洪池位置須考量蓄水後，其是否會因滲流水頭增加而危及邊坡之安全，滯洪池之水位於暴雨時應控制使其低於EL.91.0。

3. SWMM5 輸入資料說明

本案例係利用其它方式推估地表逕流資料，而將地表逕流資料輸入 SWMM5 模式之水力模組進行滯洪池之設計或評估，即僅利用之水力模組。圖四為本計畫自上游入流點、經滯洪池至下游排放點之系統平面示意圖，各節點及連接設施之代表意義說明如下：



圖四 AA 滯洪池 SWMM5 模擬系統平面示意圖

(1). 節點模組構件

- 人孔1：設置於滯洪池上游
- 滯洪池5：為新增滯洪池，在應用上以容積曲線表示其滯流容量，並輸入各重現期距之入流歷線於此處。
- 人孔2：為設於滯洪池之出口工。
- 人孔3：為新增滯洪池下游排放設施連接之原有匯流井。
- 人孔4：為位於下游原有渠道中之原有匯流井。
- 出口6：為本系統水道模擬之排放點。

(2). 聯結模組構件

- 管渠1：為引上游逕流入滯洪池之土渠。
- 管渠2：為排放人孔2(出口工)洩洪量至下游原有匯流井之暗渠。
- 管渠3、管渠4：為下游連接現有匯流井之混凝土明渠。
- 孔口1：設於出口工處底部附近，用以排放平常入流量以避免滯洪池積水過深。

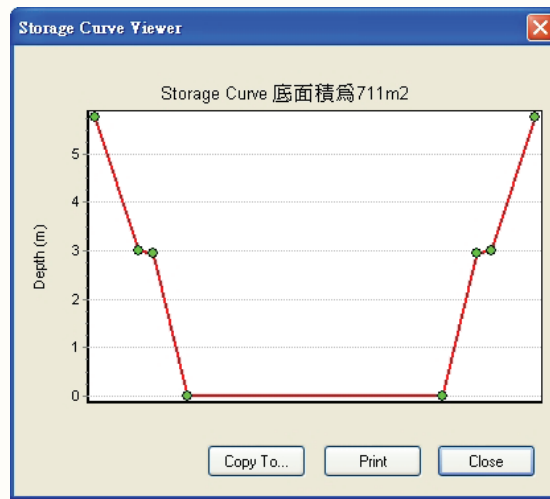
《經驗交流》

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹

- 孔口2：設於出口工中間部位用以排放暴雨來臨時之入流量，在設計上用以控制50年重現期距入流流量時其排放量不超過下游排水系統之容許排洪量。
- 溢洪口：設於出口工頂部，在設計上用以排放超過50年重現期距之入流流量，並有足夠能力排放50年重現期距入流流量而不發生溢堤現象。

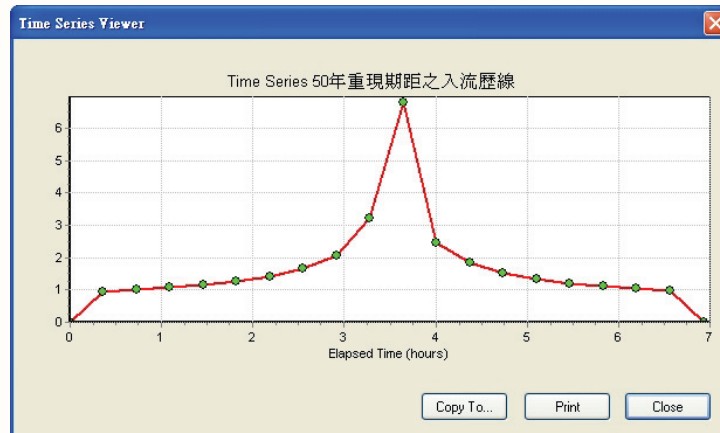
(3). 其它輸入資料

- 滯洪池容積曲線：見圖五扣除維修用地後，滯洪池底部面積為711m²，滯洪池頂部面積為2,110m²。



圖五 AA滯洪池面積曲線

- 入流量歷線：本案例係應用代表集水區雨量站「水文設計應用手冊」之降雨強度公式，配合集水區之集流時間，並以合理化公式法推求所需50年及100年重現期距的洪峰流量；再以交替序位法方式，推求總降雨延時為6.6小時50年及100年重現期距之設計雨型，其中50年重現期距時洪峰流量為6.79cms，100年重現期距時洪峰流量為7.28cms，圖六為輸入SWMM5模式之50年重現期距入流量歷線。



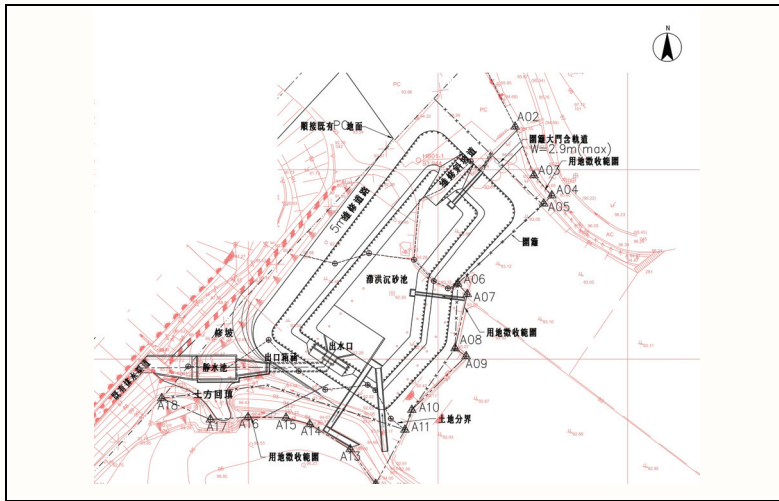
圖六 AA滯洪池50年重現期距入流量歷線

《經驗交流》

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹

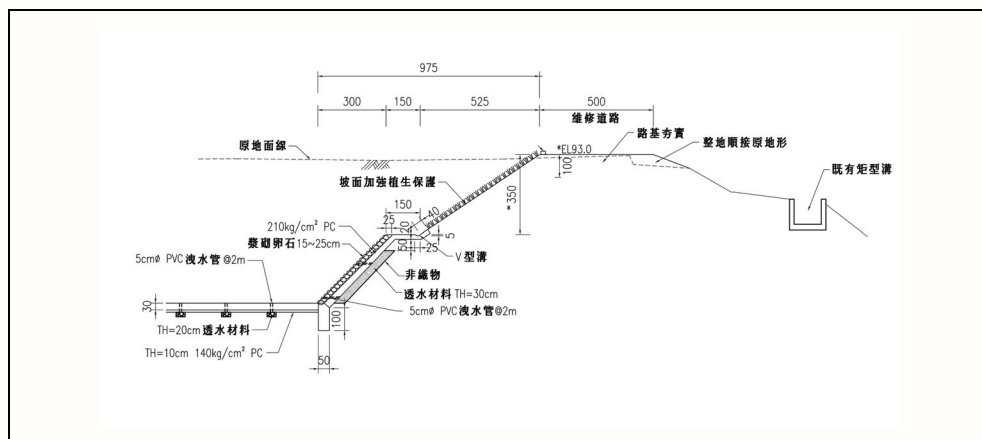
4. 推估結果說明

所需滯洪池容量係考慮在入流量歷線已知下，流入滯洪池之水量經由出口工排放設施控制出流量，使得最大出流量不超過下游允許排放量。模式執行過程乃先設定出口工型式及尺寸，並依據滯洪池規劃方案其高程與面積之關係，予以推估最大出流量是否不大於或近於下游原設計排放量 4.33cms 之條件，並再推估於 100 年重現期距入流量下其最高水位用是否滿足不高於 EL.91.0 公尺之條件。經數次推估後乃決定興建一豎井式出口工，設有兩個孔口設施並利用豎井頂部為溢洪設施，圖七為滯洪池平面圖，滯洪池暨各排洪設施最終尺寸高程等相關資料彙整理如下：



圖七 AA 滯洪池平面圖

- (1). 滯洪池內部採兩階段階梯式護坡，見圖八，池底高程訂於EL86.50m，戽台高程為EL89.50m，戽台以下護坡採用坡度1.0V:1.0H三明治漿砌卵石護坡，戽台以上採用1.0V:1.5H自然邊坡加強植生。扣除維修用地後，滯洪池底部面積為711m²，滯洪池頂部面積為2,110m²。



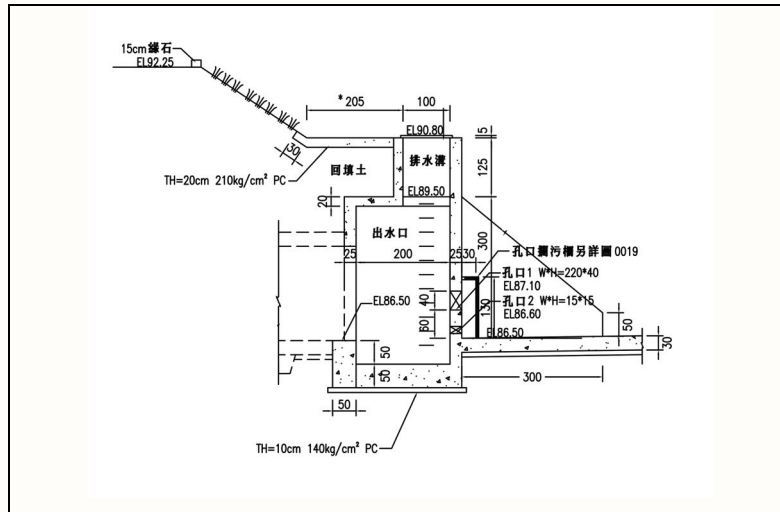
圖八 AA滯洪池內部採兩階段階梯式護坡圖

- (2). 豎井式出口工，見圖九，設有兩個孔口設施並利用豎井頂部為溢洪設施，兩個孔口及溢洪口型式、尺寸如下：

孔口 1：尺寸 0.15m 寬 x 0.15m 高，孔口底離池底 0.10m。

孔口 2：尺寸 2.20m 寬 x 0.40m 高，孔口底離池底 0.60m。

溢洪口：豎井高度為 4.30m，於兩側再加設各長 3.5m 之 1.0m 寬 x 1.0m 深之洩水溝，其總長度約 10m。



圖九 AA 滯洪池豎井式出口工構造圖

- (3). 出口箱涵尺寸為 2.0m(寬)X2.0m(高)，上游底部高程 EL.86.50m，下游底部高程 EL.86.0m。
- (4). 另利用現場東南側之低窪地(EL.86.0m)設置一消能靜水池，並設置一陡槽連接排放箱涵與消能靜水池；消能靜水池再與既有匯流井相連接，而將入流量導入既有之下游溝渠。

5. SWMM5 輸出結果說明

50 年入流歷線及 100 年入流歷線情況下之輸出結果見表一，茲節錄 SWMM5 輸出結果如下：

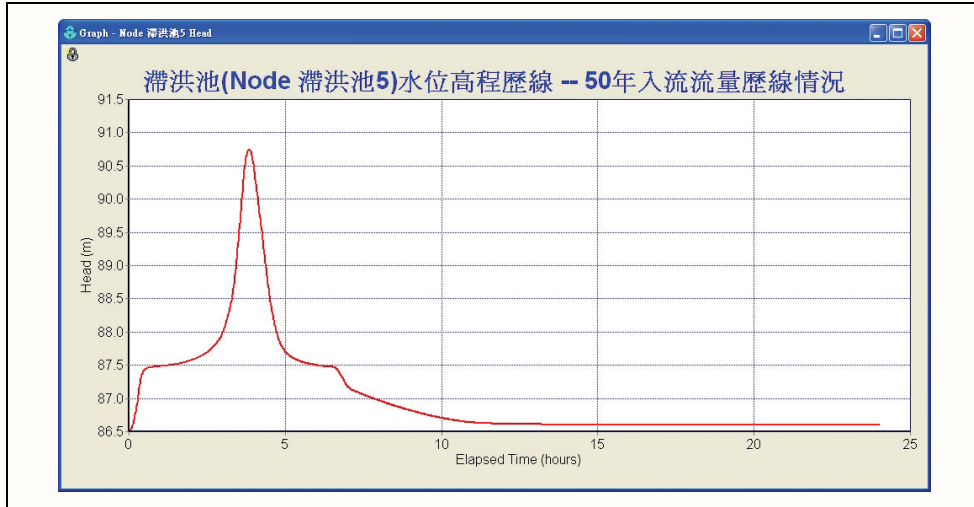
表一 AA 滯洪池排水系統 SWMM5 模擬結果摘要

項目	50年重現期距	100年重現期距
洪峰入流量(cms)	6.79	7.28
最大出流量(cms)	4.38	7.08
滯洪池最高水位(m)	4.25 (EL.90.75)	4.60 (EL.91.10)
最大滯洪容積(m ³)	4,723.0	5,331.0
靜水池最高水位(m)	1.02 (EL.86.22)	1.52 (EL.86.72)
原有溝渠最高水位(m)	1.25	1.84

《經驗交流》

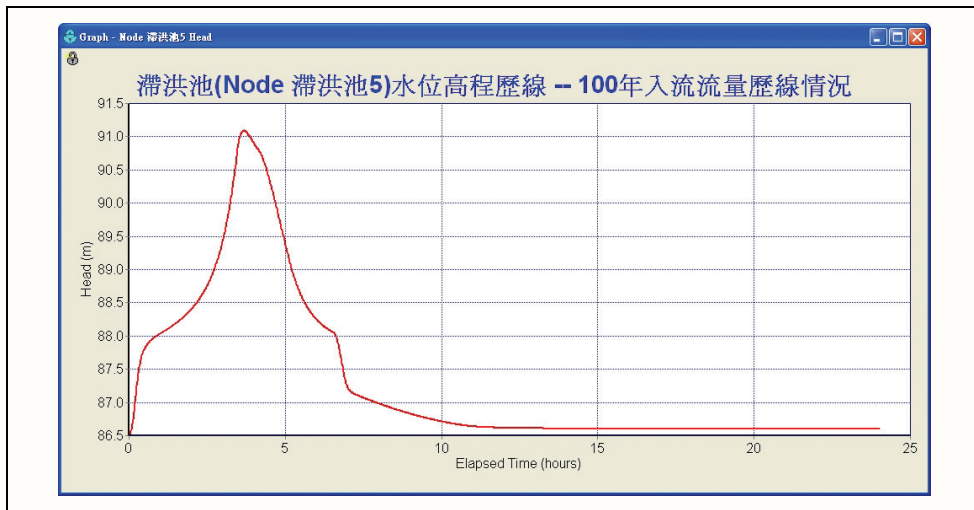
應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹

- (1). 在50年入流歷線情況下出口工最大出流流量為4.38cms，略大於允許排放流量4.33cms；滯洪池水深最深為4.25m，滯洪池最高水位為EL.90.75m，50年重現期距滯洪池水位高程歷線見圖十。



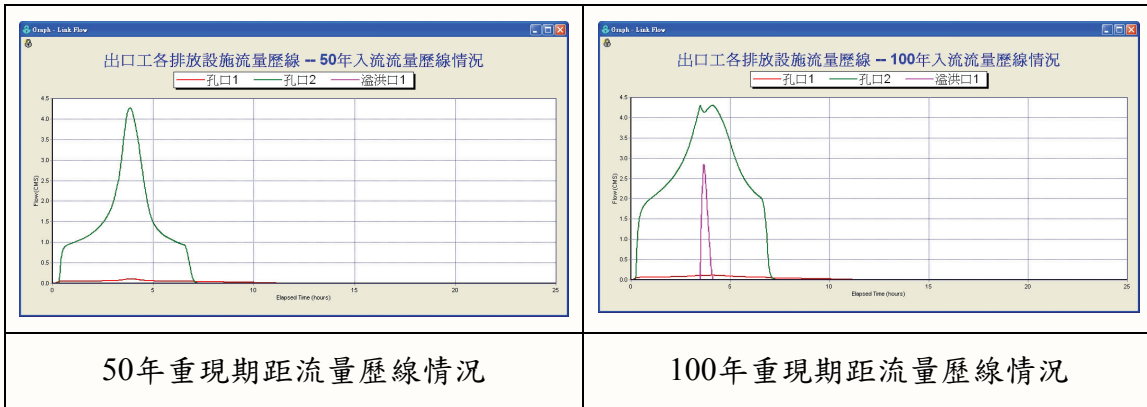
圖十 AA滯洪池50年重現期距滯洪池水位高程歷線

- (2). 在100年入流歷線情況下出口工最大出流流量為7.08cms，小於100年入流尖峰流量7.28cms；滯洪池池水深最深為4.60m，水位高程為EL.91.10m，在滯洪池池頂標高EL.92.25m下並未發生溢堤現象，惟略高於EL.91.0m，100年重現期距滯洪池水位高程歷線見圖十一。



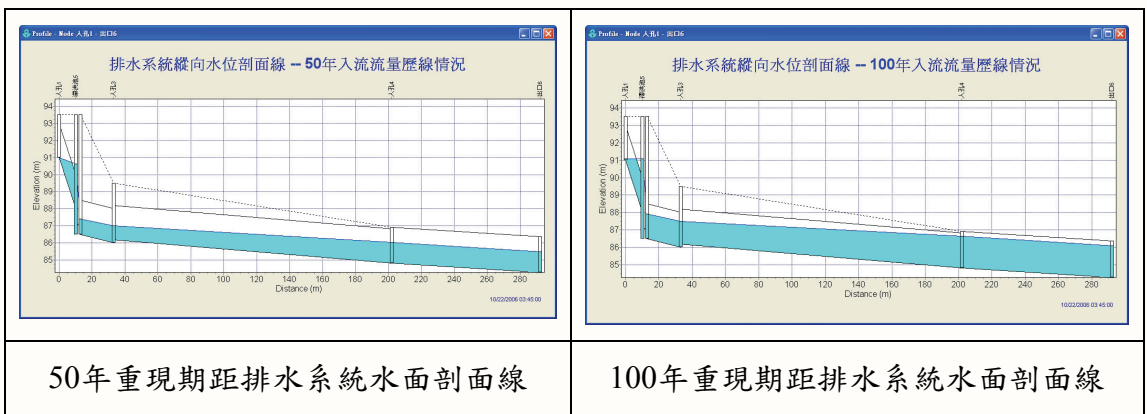
圖十一 AA滯洪池100年重現期距滯洪池水位高程歷線

- (3). 兩個孔口及溢洪口於50年重現期距、100年重現期距時之流量歷線，如圖十二，可看出位於豎井頂部之溢洪口於50年重現期距時並無溢洪現象，而於100年重現期距時則發揮快速排洪降低滯洪池水位之功能。



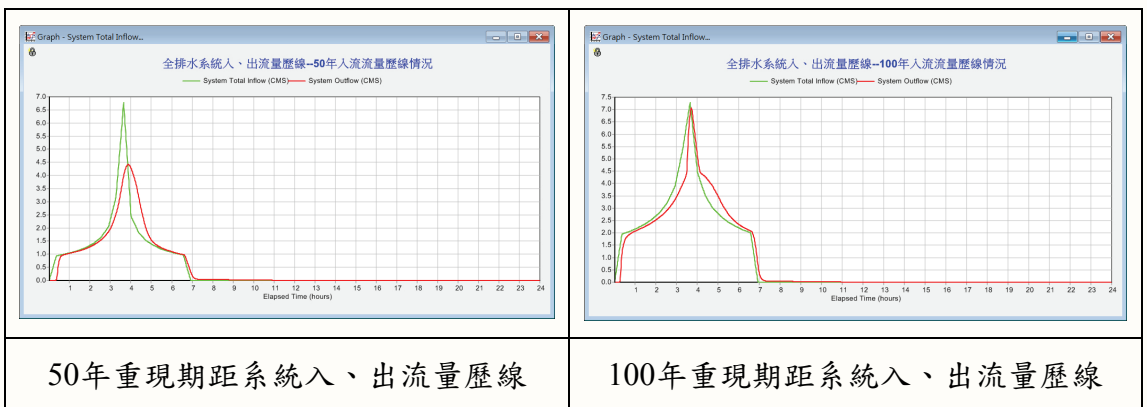
圖十二 AA 滯洪池豎井式出口工流量歷線

(4). 排水系統於50年重現期距、100年重現期距在最大出流量時之水面剖面線如圖十三，在100年重現期距時下游原有溝渠其最高水深為1.84m，均未超過渠高2.0m。



圖十三 AA 滯洪池排水系統水面剖面線

(5). 於50年重現期距、100年重現期距之排水系統入、出流量歷線分別圖示如圖十四。



圖十四 AA 滯洪池系統入、出流量歷線

《經驗交流》

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹

五、滯洪功能評估案例—林口頭湖國小雨水滯留設施

1. 緣由

台灣省水利技師公會於民國 100 年 12 月接受新北市政府水利局委託辦理「新北市林口區實施雨水貯留設施現地調查暨觀測建置作業」案，工作項目包括評估林口地區雨水滯留設施之成效，共擇定了十二個包含各種雨水滯留類型及不同放流類型之場址採用 SWMM5 進行模擬評估，而林口頭湖國小為所選模擬場址之一。

本案例利用 SWMM5 模式之水文模組及水力模組兩個模組，即經由水文模組由雨量資料產生模擬場址之地表逕流，再利用水力模組進行滯洪池之評估，水文模組雨量計構件方面共有歷史颱風雨量資料之實際降雨雨型及降雨強度法資料之設計雨型等兩種雨型條件，在此僅摘述頭湖國小在歷史颱風雨量資料之實際降雨雨型之模擬結果。

實際降雨雨型資料用以模擬各重現期之降雨情形，瞭解雨水滯留設施在各種重現期暴雨下之運作效果。係由水利署林口(1)站由林口(1)站 2001~2010 年近 10 年之雨量資料中，彙整各年一日最大暴雨並列出所對應之重現期，如表二所示，再挑選具代表性之雨量資料做為 SWMM5 模擬雨型資料之輸入。本計畫挑選相對較高重現期之颱風事件為 2001 年納莉颱風，其對應之一日暴雨重現期為 100 年以上；相對較低重現期之颱風事件為 2004 年海馬颱風，其對應之一日暴雨重現期為 2.47 年；蒐集資料中相對中重現期之颱風事件為 2007 年柯羅莎與 2008 年辛樂克颱風，其對應之一日暴雨重現期分別為 9.29 與 9.73 年。

表二 2001~2010 年一日最大暴雨所對應之重現期

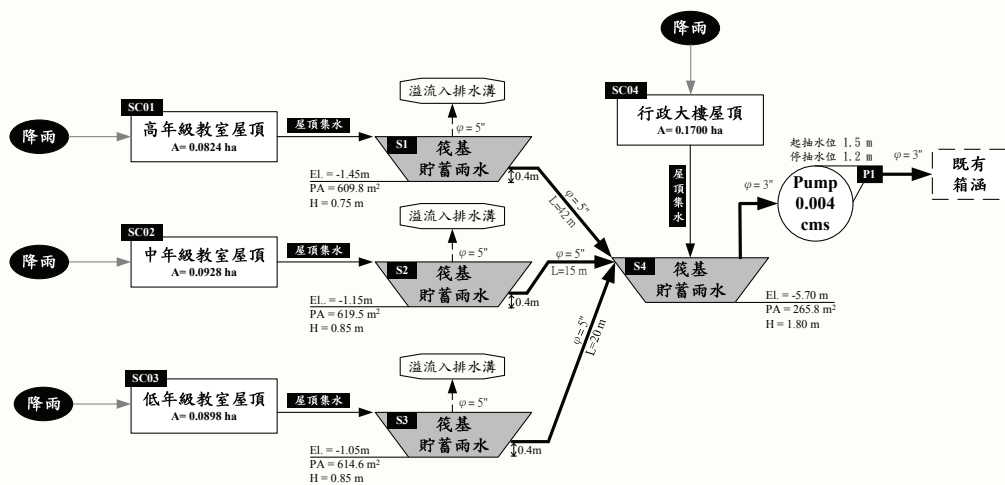
年份	颱風名稱	一日最大暴雨量 (mm)	發生日期	對應重現期(year)
*2001	納莉	363	9/17	100 以上
2002	娜克莉	83	7/10	2 以下
2003	-	78	4/3	2 以下
*2004	海馬	168	9/11	2.47
2005	-	200	5/15	4.23
2006	珊珊	184	9/10	3.35
*2007	柯羅莎	243	10/6	9.29
*2008	辛樂克	246	9/13	9.73
2009	-	153	6/4	2 以下
2010	南修	130	8/30	2 以下

註：標註*者為本計畫模擬用之颱風事件

SWMM5 模式建置

本計畫 SWMM5 模式建立時，各模擬場址集水區等相關排水設施輸入參數，係參照現地勘查、實地訪談及雨水貯留設申請資料建置。由現地勘查可瞭解集水區鋪面特性，以及水體輸送歷程與方式，再參考 SWMM5 模式使用手冊曼寧地表逕流糙度表，對應之糙度係數數值輸入至所對應之集水區。各集水區之集水面積、集水區坡降、集水區透水與不透水鋪面百分比、排水管線配置、雨水滯留設施容量、地表逕流寬度、抽水機構件及其他水利構造物設施等相關資料，則由雨水貯留設申請資料及實地訪談獲得，其中模式輸入輸水管線曼寧糙度之選用，本計畫依現地管線材質參考 SWMM5 模式使用手冊曼寧管線糙度表之數值，將糙度係數數值輸入至所對應之輸水管線構件。

本計畫將本案例之頭湖國小實際之集水區與排水設施，進行適當簡化與假設，以方便 SWMM5 數值模式之建置。圖十五為頭湖國小 SWMM5 模擬示意圖，再係依照此示意圖之說明於 SWMM5 建置此建築基地之數值模式，圖十六為本計畫所建置之頭湖國小 SWMM5 模擬圖。

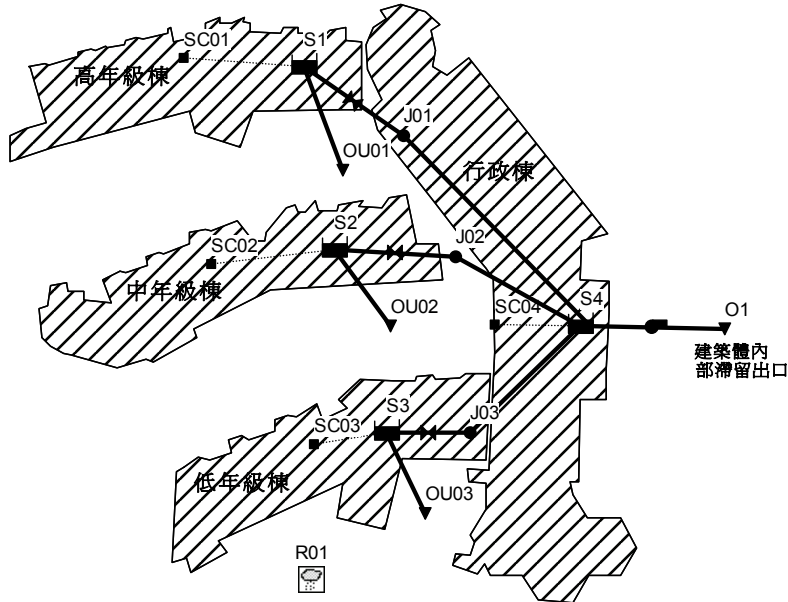


註：當馬達開始抽水時，各教室地下筏基貯水池無法流至行政大樓地下筏基貯水池。

圖十五 頭湖國小 SWMM5 模擬示意圖

《經驗交流》

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹



圖十六 頭湖國小 SWMM5 模擬系統平面示意圖

於 SWMM5 模式主要係將頭湖國小之集水區分為 4 個區塊，各集水區集水面積、地表逕流寬度及曼寧地表逕流糙度係數彙整如表三所示。有關集水區入滲部分，本模擬使用 SWMM5 入滲模組中之 SCS 及美國水土保持局入滲公式，主要係輸入曲線值即 CN 值，以模擬集水區之入滲量，參考 SWMM5 使用者手冊頭湖國小集水區不透水鋪面所對應之 CN 值為 98。

表三 頭湖國小 SWMM5 模式集水區輸入資料表

SWMM5 集水區代號	集水區面積 (ha)	集水區地表 逕流寬度 (m)	曼寧漫地流 糙度係數 n	集水區內容
SC01	0.082373	12	不透水鋪面：0.012	高年級棟教室頂 不透水鋪面
SC02	0.092828	14	不透水鋪面：0.012	中年級棟教室頂 不透水鋪面
SC03	0.089815	13	不透水鋪面：0.012	低年級棟教室頂 不透水鋪面
SC04	0.170049	80	不透水鋪面：0.012	行政棟樓頂不透 水鋪面

雨水滯留設施部分，頭湖國小在各大樓地下筏基間設置滯留槽，各大樓地下筏基之貯蓄面積、貯蓄水深、貯蓄體積及池底高程整理如表四所示。

雨水滯留設施排水部分，於高年級棟、中年級棟及低年級棟之貯蓄池距池底 0.4m 處，分別以直徑 5" 的圓形暗管，輸送至行政棟之貯蓄池，當行政棟之

貯蓄水位高於 1.5m 時，抽水馬達隨即開啟並以 0.004cms 之抽水量抽排至校區外既有箱涵，直抽至貯蓄水位低於 1.2m 時抽水馬達關閉，而在馬達啟動抽水同時輸水至行政棟貯蓄池之管線目前以管閥控制使其呈關閉狀態，以防其他貯蓄池之池水流入，待抽水馬達關閉後再度開啟通路。若高年級棟、中年級棟及低年級棟之雨水滯留槽，蓄水位高於設計水位時，則可經由池頂 5”的圓形暗管，溢流至教室外之排水箱涵，再集中輸至綜合棟之地下滯留槽，另以孔口放流至校區外排水箱涵。

表四 頭湖國小 SWMM5 模式雨水貯蓄設施輸入資料表

SWMM5 貯蓄設施代號	貯蓄面積 (m ²)	貯蓄水深 (m)	貯蓄體積 (m ³)	池底高程 (m)	所在位置
S1	609.80	0.75	457.35	-1.45	高年級棟教室地下筏基間
S2	619.52	0.85	526.59	-1.15	中年級棟教室地下筏基間
S3	614.63	0.85	522.44	-1.05	低年級棟教室地下筏基間
S4	265.84	1.80	478.51	-5.70	行政棟地下筏基間

2. 頭湖國小 SWMM5 模擬結果

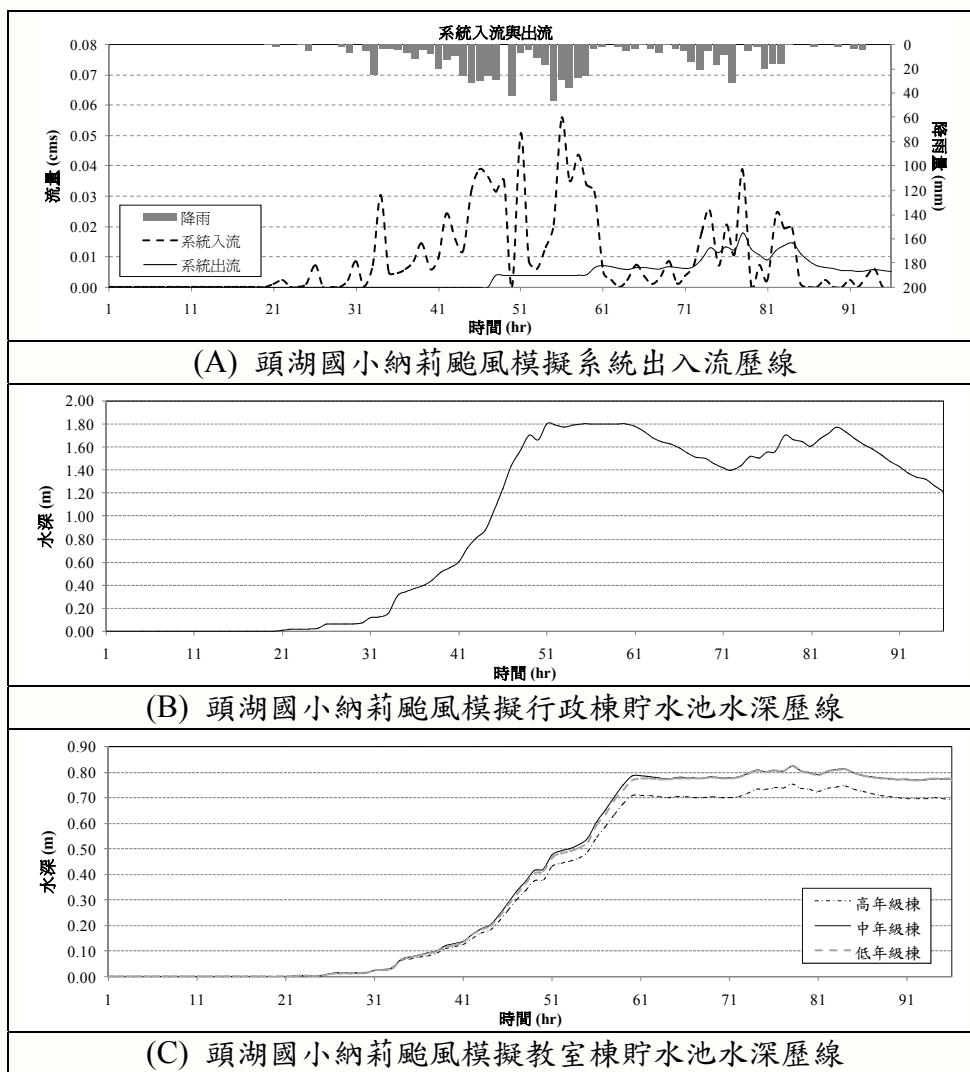
頭湖國小在歷史颱風雨量資料之實際降雨雨型之模擬結果摘述如下。

(1). 納莉颱風模擬結果

本計畫將納莉颱風實際降雨雨型模擬之系統入流及出流歷線結果，繪如圖十七(A)所示，由模擬結果入流及出流歷線可知，入流歷線之最大值為 0.0556cms，出流歷線之最大值為 0.01783cms，洪峰出流量小於洪峰入流量，即此模擬場址之雨水滯留設施，可有效地降低洪峰流量 0.03777cms，約為洪峰入流量之 67.93%，洪峰延遲部分模擬結果顯示，入流洪峰與出流洪峰發生時間差約 22.33 小時，即此雨水滯留設施可明顯地錯開洪峰發生時間；另行政棟雨水滯留槽模擬結果繪如圖十七(B)所示，由圖可知水位歷線之最高水位為 1.800m，超過最高貯水位 1.800m，即此滯留槽發生溢流之情況，應係降雨強度與延時過大使得馬達抽水不及，造成溢流情況持續約 6.2 個小時；圖十七(C)為各年級棟之雨水滯留槽模擬結果，其中高年級棟水位歷線之最高水位為 0.75m，超過最高貯水位 0.75m，應係馬達開啟抽水時高年級棟通往行政棟之雨水滯留槽管線封閉，造成高年級棟雨水貯水池溢流管線宣洩不及，持續淹水之情況約有 24 分鐘，而其他年級棟之雨水滯留槽颱風期間則無溢流之現象。綜上所述，頭湖國小之雨水滯留設施，由本計畫模擬之結果顯示，在納莉颱風相當 100 年以上重現期之一日暴雨下，無法完全順利將洪水排出而發生淹水之狀況。

《經驗交流》

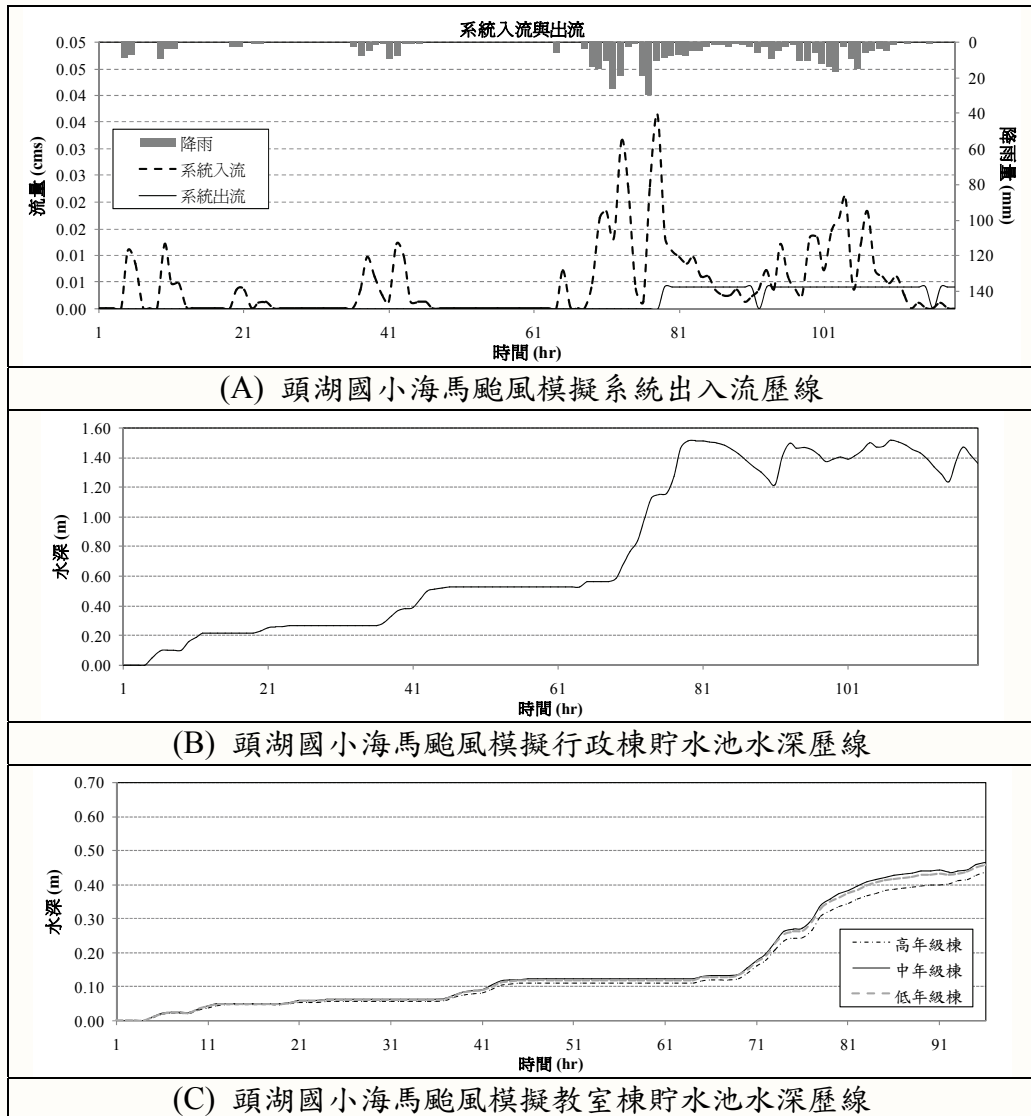
應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹



圖十七 納莉颱風 SWMM5 模式模擬結果

(2). 海馬颱風模擬結果

本計畫將海馬颱風實際降雨雨型模擬之系統入流及出流歷線結果，繪如圖十八(A)所示，由模擬結果入流及出流歷線可知，入流歷線之最大值為 0.03627cms，出流歷線之最大值為 0.004cms，洪峰出流量小於洪峰入流量，即此模擬場址之雨水滯留設施，可有效地降低洪峰流量 0.03227cms，約為洪峰入流量之 88.97%，洪峰延遲部分模擬結果顯示入流洪峰與出流洪峰發生時間差約 40 分鐘，即此雨水滯留設施可錯開延緩洪峰發生時間，並大大地減少洪峰出流量；另行政棟雨水滯留槽模擬結果繪如圖十八(B)所示，由圖可知水位歷線之最高水位為 1.515m，未超過最高貯水位 1.800m，即此滯留槽不會發生溢流之情況；圖十八(C)為各年級棟之雨水滯留槽模擬結果，由圖可知各年級棟之雨水滯留槽於海馬颱風相當 5 年以下重現期之一日暴雨下，無溢流之現象。



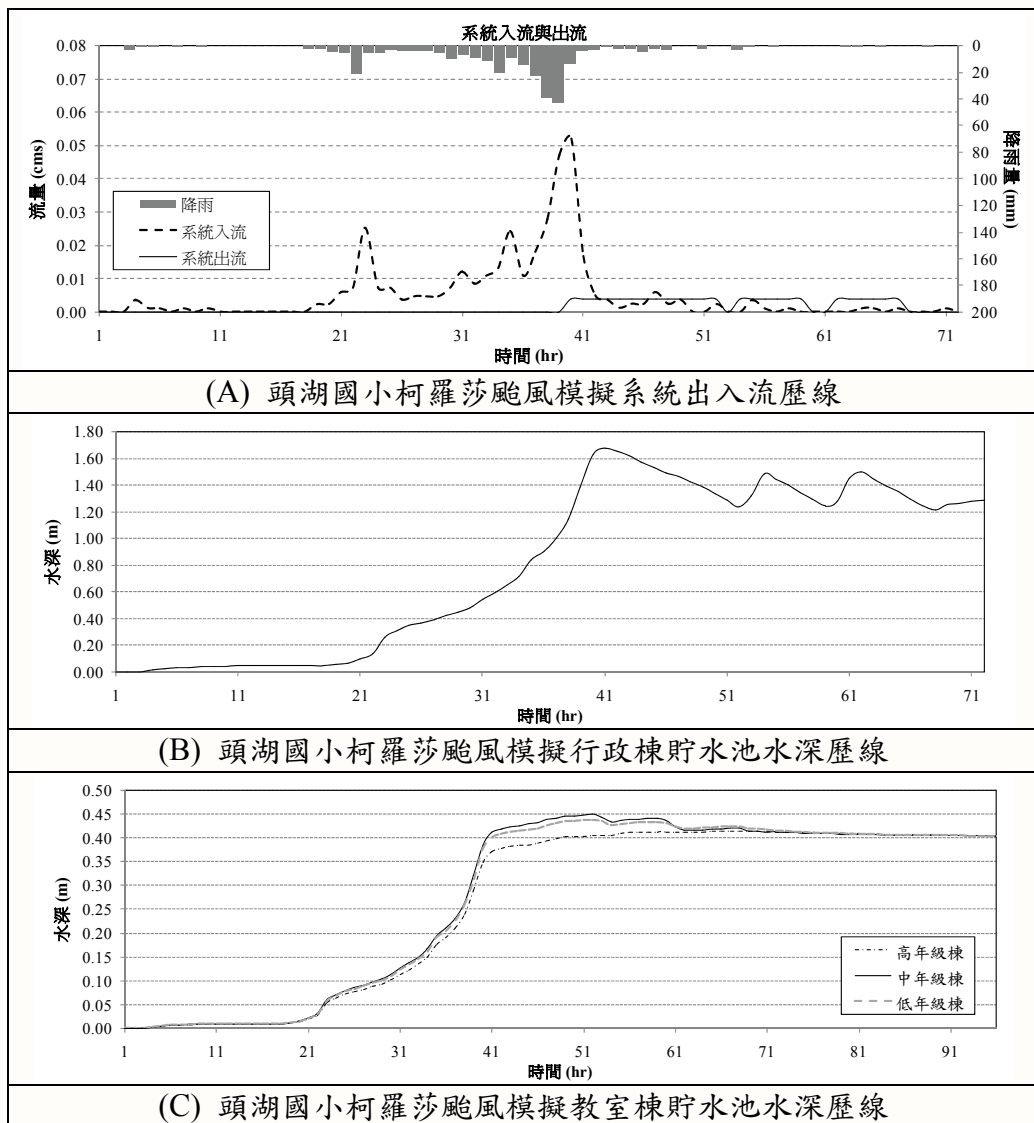
圖十八 海馬颱風 SWMM5 模式模擬結果

《經驗交流》

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹

(3). 柯羅莎颱風模擬結果

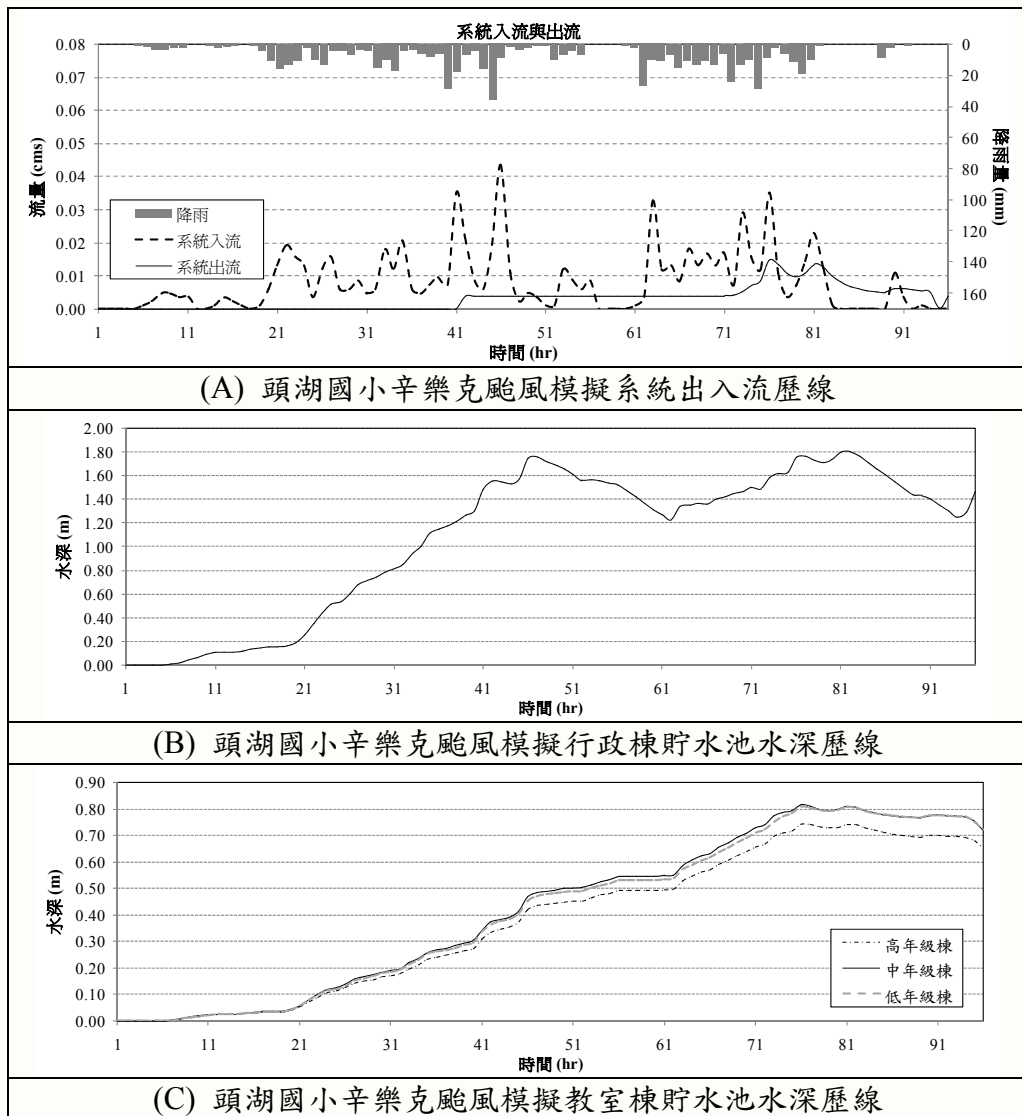
本計畫將柯羅莎颱風實際降雨兩型模擬之系統入流及出流歷線結果，繪如圖十九 (A)所示，由模擬結果入流及出流歷線可知，入流歷線之最大值为 0.05197cms，出流歷線之最大值为 0.004cms，洪峰出流量小於洪峰入流量，即此模擬場址之雨水滯留設施，可有效地降低洪峰流量 0.04797cms，約為洪峰入流量之 92.30%，入出流洪峰延遲部分模擬結果顯示無明顯之時間差；另行政棟雨水滯留槽模擬結果繪如圖十九(B)所示，由圖可知水位歷線之最高水位為 1.673m，未超過最高貯水位 1.800m，即此滯留槽不會發生溢流之情況；圖十九(C)為各年級棟之雨水滯留槽模擬結果，由圖可知各年級棟之雨水滯留槽於柯羅莎颱風相當 10 年以下重現期之一日暴雨下，亦無溢流之現象。



圖十九 柯羅莎颱風 SWMM5 模式模擬結果

(4). 辛樂克颱風模擬結果

本計畫將辛樂克颱風實際降雨雨型模擬之系統入流及出流歷線結果，繪如圖二十(A)所示，由模擬結果之入流及出流歷線可知，入流歷線之最大值为 0.04351cms，出流歷線之最大值为 0.01465cms，洪峰出流量小於洪峰入流量，即此模擬場址之雨水滯留設施，可有效地降低洪峰流量 0.2886cms，約為入流量之 66.33%，洪峰延遲部分模擬結果顯示入流洪峰與出流洪峰發生時間差約 30.5 小時，即此雨水滯留設施可明顯地錯開洪峰發生時間；另行政棟雨水滯留槽模擬結果繪如圖二十(B)所示，由圖可知水位歷線之最高水位為 1.800m，超過最高貯水位 1.800m，即此滯留槽發生溢流之情況，應係該場暴雨事件之降雨型態主要包含兩尖峰，當第二場暴雨尖峰到達時，馬達不及將第一場暴雨之貯水量抽出，造成第二場暴雨來臨時發生短暫溢流之情況約持續 55 分鐘；圖二十(C)為各年級棟之雨水滯留槽模擬結果，由圖可知各年級棟之雨水滯留槽於辛樂克颱風相當 10 年以下重現期之一日暴雨下，亦無溢流之現象。



圖二十 辛樂克颱風 SWMM5 模式模擬結果

《經驗交流》

應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹

(5). 成果匯整說明

綜上所述，頭湖國小之雨水滯留設施，由本計畫模擬之結果顯示，雖辛樂克颱風之一日暴雨量與柯羅莎颱風相近，但由於辛樂克之降雨型態延時較長，兩日暴雨總量高於柯羅莎颱風，其三日暴雨之重現期距超過百年，故在第二場暴雨來臨時不及宣洩第一場暴雨之貯水量，因而造成行政棟雨水滯留槽馬達抽水不及而溢流淹水。

本計畫將各颱風事件頭湖國小 SWMM5 模擬結果，整理如表五所示。由表五之分析結果可知，頭湖國小之雨水滯留設施，在一日暴雨 10 年重現期以下之條件下，可順利吸納暴雨產生之逕流量，滯留於建築物地下筏基間之雨水滯留槽中，再以機械抽排之方式排到區外箱涵，但若要抵禦更高重現期之暴雨，或係高強度長延時之暴雨情況，尚須加強其馬達抽水容量，或係檢討其起抽或停抽水水位，方能容納更高重現期距之暴雨逕流量。綜合來說，由本計畫之模擬結果可見，頭湖國小雨水滯留設施對於洪峰流量之削減，都可達到六成五以上的水準，甚至於在柯羅莎颱風之情境模擬下減少了九成之出流量，而且還明顯地延後洪峰發生時間，可見頭湖國小之雨水滯留設施發揮了強大的滯留滯洪功能，有效地降低集水區之洪峰出流量。

表五 頭湖國小 SWMM5 模擬結果彙整表

颱風名稱	一日暴雨量 (mm)	最大降雨強度 (mm/hr)	洪峰入流量 (cms)	洪峰出流量 (cms)	洪峰削減百分比 (%)	行政棟貯水池最高水位 (m)
納莉	363.00	46.00	0.05560	0.01783	67.93	1.800
海馬	168.00	30.00	0.03627	0.00400	88.97	1.515
柯羅莎	243.00	43.00	0.05197	0.00400	92.30	1.673
辛樂克	246.00	36.00	0.04351	0.01465	66.33	1.800

投稿 104.03.30
校稿 104.04.17
定稿 104.04.20