

## 土地開發排水計畫書實務檢討與精進研究

王 順 加

以樂工程顧問股份有限公司 總經理

### 摘 要

國內現階段中央管區域排水計畫書之減洪設施檢核標準係以入流量100年重現期，出流量10年重現期且不影響下游通洪能力為原則。但實務推動上在水文計算方法、允許排放量及減洪設施檢核標準尚有疑義。經本研究探討國內外有關土地開發出流管制之相關規定及考量國內土地開發有關公共設施的相關法規後，並蒐集國內已核定之排水計畫書21個案例，以各案例之水文條件及地文條件採相同之水文計算方法，探討不同的減洪設施檢核標準，分析滯洪設施面積與開發面積之占比，在考量排水設計基準條件下達到開發零增量的原則下及可用公共設施面積下提出減洪設施檢核標準的建議。

本研究之成果與計算方法僅供參考，實際之排水計畫書計算方法仍須依據水利署公布為原則。

### 一、前言

臺灣近來因經濟發展需求，都市化快速增長導致地表不透水面積造成颱風期間地表逕流與洪峰流量增加。經濟部水利署為避免因為土地開發導致集水區逕流增加與淹水潛勢加劇，於民國 103 年 8 月 28 日函頒修正之「中央管區域排水計畫書審查作業要點」規範中央管區域排水計畫書的送審時機、審查流程、內容及檢核標準等做為土地利用及開發行為出流管制之手段，落實土地開發不增加區域排水尖峰流量之目的。然而在實務執行上，各地方政府針對排水計畫書內之計算方法與檢核標準並不完全一致，且排水計畫書中允許排放量決定(計畫流量之比流量推估與水文分析推算)與減洪設施檢核原則(100年重現期距24小時暴雨之標準計算為原則，排放流量不得大於允許排放量)規定尚有部分疑義，需進一步檢討。本研究係參考國內外之計算方法及國內目前推動上遇到的困難，研擬土地開發排水計畫書實務上精進之作法，研究成果可提供經濟部水利署後續排水計畫書編撰及審查作業之推動。

### 二、國內外土地開發排水計畫相關規定

### (一)英國

英國國家環境部門(Department for Environment Food & Rural Affairs)訂定綠地之土地開發之降雨逕流管理手冊主要規定原則為：

- 1、開發後各重現期之逕流量都須降低出流洪峰量及延緩洪峰時間。
- 2、以100年重現期及延時6小時為滯洪池體積，若無法達到滯洪體積則須進行入滲措施或限制出流量不得大於該開發區年平均峰值逕流量。
- 3、水文計算方法依開發面積級距選用， $A \leq 50$ 公頃，可由IH Report 124法或FEH等方法計算或採 $A=50$ 公頃之流量以比面積法推估； $A > 50$ 公頃，IH Report 124或FEH方法計算。

### (二)美國

美國科羅拉多州訂定之土地開發之降雨逕流管理手冊主要規定原則為：

- 1、開發後100、50年、25年、10年、5年及2年重現期出流峰值小於開發前各重現前流量，其中100年重現期出流量需小於 $0.9 \times$ 開發前100年重現期流量峰值。
- 2、100年重現期開發前後歷線體積差值。(一般約略大於2年重現期體積)。
- 3、水文計算方法依開發面積級距選用， $A \leq 4.05$ 公頃，以簡化公式或是UD-FSD/UD-Detention； $A > 4.05$ 公頃，CUHP/SWMM Routing或UD-FSD/UD-Detention。

### (三)日本

靜岡市於平成25年(2013)年依平成16年(2004)制定之「特定都市河川氾濫災害對策」於二級河川巴川流域內進行土地開發影響雨水滲透所必須進行的相關措施所定訂「靜岡市雨水貯留滲透設施設計、施工技術指針」，針對排水計畫書之計算重點說明如下：

- 1、採用10年重現期為規劃設計標準(出流與入流標準)。
- 2、採用24小時降雨延時，降雨間隔10分鐘之雨型。
- 3、洪峰降低對策採用貯留設施與滲透設施。

#### (四)台灣

##### 1. 中央管區域排水計畫書審查作業要點(經濟部水利署，103.08.28)

審查作業要點規範辦理土地開發利用或變更使用計畫，致增加中央管區域排水之逕流量且面積達二公頃以上者，該土地開發義務人應檢具排水計畫書送請水利署審查。開發基地不得增加下游水路負荷，應達成開發前10年重現期暴雨零增量之標準，其基地開發之減洪設施減洪量應以100年重現期距24小時暴雨之標準設計為原則。

##### 2. 桃園市政府排水計畫書審查作業要點(桃園市政府，104.11.12)

土地開發面積達1公頃以上者，該土地之開發人、經營人、使用人、或所有人應檢具排水計畫書送水務局審查。檢洪設施效果之檢核部分，若開發區屬於都市計畫區，其允許排放量不得超過開發前十年重現期降雨強度計算得之最大逕流量，且不能超過下游水路現況之設計標準，其滯洪池之設計容量至少應採用開發後五十年以上降雨強度計算得之最大逕流量。若於非都市計畫區，其允許排放量不得超過開發前二十五年重現期降雨強度計算得之最大逕流量，且不能超過下游水路現況之設計標準，其滯洪池之設計容量至少應採用開發後一百年以上降雨強度計算得之最大逕流量。

##### 3. 臺中市排水計畫書審查作業辦法(臺中市政府，103.10.1)

地開發面積達一公頃以上者，其排水計畫書應送水利局審查，並繳納審查費。檢洪設施效果之檢核部分，若開發區屬於都市計畫區，其允許排放量不得超過開發前十年重現期降雨強度計算得之最大逕流量，且不能超過下游水路現況之設計標準，其滯洪池之設計容量至少應採用開發後五十年以上降雨強度計算得之最大逕流量。若於非都市計畫區，其允許排放量不得超過開發前二十五年重現期降雨強度計算得之最大逕流量，且不能超過下游水路現況之設計標準，其滯洪池之設計容量至少應採用開發後一百年以上降雨強度計算得之最大逕流量。

上述之計算方法摘錄如表1，其中桃園市政府排水計畫書審查作業要點及臺中市排水計畫書審查作業辦法大部分均採與水土保持計畫書相同之短延時水文計算方法。

### 三、國內目前推動排水計畫書面臨課題

本研究蒐集臺中市23個排水計畫書及臺南市政府12個排水計畫書，探討其核定

的體積、面積、水文分析方法、減洪設施檢核標準及滯洪機制。研究執行期間訪談水利署河川局、臺中市政府及臺南市政府等單位。主要面臨課題如下：

#### (一)減洪設施檢核標準方面

中央與地方規定之檢核標準並不一致，惟都是高重現期入流量，低重現期出流量，該減洪標準規定會有較大的滯洪貯留體積需求，造成小面積市地重劃開發，通常無多餘公共設施可供使用，一般會採取利用雨水下水道為滯洪箱涵；或將逕流量導入建築物筏基，再利用機械抽排方式排出。較大面積開發部分，亦面臨可用公共設施面積未必可滿足減洪標準之情況。

#### (二)水文計算方法方面

主要短延時採合理化公式三角形面積法、長延時採單位歷線法、取短延時與長延時比較取量體較大者等三種方式，不同計算方式亦造成檢核標準之不一致。而在集流時間、基期、降雨強度、降雨量、雨型以及降雨損失與入滲等，目前皆有不同方法與公式選用，不同計算方法往往造成審查者或是主辦單位的困擾，有時無法形成專業上的共識。

### 四、不同檢核標準案例分析與探討

本研究藉由設定不同的減洪標準評估所需滯洪量體及滯洪池面積占開發基地的面積比，提供研擬減洪標準的參考。演算案例選取臺中市政府及臺南市政府已核定的排水計畫書，採用各已核定排水計畫書中開發基地之地文特性與排水系統配置為基礎，並依本研究計畫擬定的水文計算方法進行分析，以達到分析過程的一致性。案例模擬之水文計算方式採用美國水土保持局發展之SCS無因次單位歷線法進行集水區之降雨逕流演算，如圖1所示。集流時間開發前亦採用SCS集流時間計算方式，開發後則採流入加流下時間，雨型及降雨量之計算分別採Horner雨型採交替區塊法(Alternating Block Method)設計，降雨組體圖以10分鐘(0.167小時)為降雨間距，以及該區域之排水治理規劃報告之一日暴雨量為主，降雨損失則採美國水土保持局之曲線號碼法(SCS Curve Number Method)為原則。

美國水土保持局 SCS 無因次單位歷線法洪峰流量與洪峰時間計算公式如下：

$$T_b = 2.67 \times T_p$$

$$T_p = \frac{t_r}{2} + T_{lag}$$

$$T_{lag} = 0.6T_c$$

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

式中

$T_b$ ：逕流歷線基期(小時)；

$Q_p$ ：洪峰流量(立方公尺/秒)；

$R$ ：單位有效降雨量(公釐)；

$A$ ：集水區面積(平方公里)；

$T_p$ ：洪峰到達時間(小時)；

$t_r$ ：單位降雨延時(小時)；

$T_c$ ：集流時間(小時)；

$T_{lag}$ ：洪峰稽延時間(小時)。

降雨損失計算以美國水土保持局(Soil Conservation Service，簡稱 SCS)之曲線號碼法(Curve Number，簡稱 CN)計算方法如下：

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

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

式中，

$P_e$ ：累積有效降雨量(公釐)；

$P$ ：累積降雨量(公釐)；

$S$ ：集水區最大蓄水量(公釐)；

CN：曲線號碼。

集流時間應考量地表逕流至開發基地內排水路之流入時間，及流至開發基地排水出口之流下時間，計算方法如下：

$$T_c = T_1 + T_2$$

式中

Tc：集流時間(小時)；

T1：流入時間(小時)；

T2：流下時間(小時)。

1.開發基地無明顯流路其逕流屬於漫地流型態者，採 SCS 集流時間公式計算如下：

$$T_1 = L^{0.8} \frac{(S + 25.4)^{0.7}}{4238 \cdot H^{0.5}}$$

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

T1：流入時間(小時)；

L：流路長度(公尺)；

H：集水區地表平均坡度(%)；

S：集水區最大蓄水量(公釐)；

CN：曲線號碼。

2.開發基地屬雨量降於房舍或地面之雨水經由側溝系統流入下水道管渠或排水路者，其採計時間如下：

(1)側溝及雨水井：T1=5 分鐘至 10 分鐘。

(2)雨水下水道幹支線系統：T1=10 分鐘至 15 分鐘。

3.流下時間採渠流流速法並依曼寧公式計算：

$$T_2 = \frac{L}{V}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

式中，

L：流路長度(公尺)；

T2：流下時間(小時)；

V：渠流速度(公尺/秒)；

R：排水路水力半徑(公尺)；

S：排水路坡度(%)；

n：排水路的糙度係數。

本研究案例模擬成果顯示以下特性：

(一) 情境一： Q100-Q100(Q表示長延時分析，入流量100年重現期，出流量100年重現期，適用以下各情境表達方式)

- 1.單位面積滯洪體積平均值：617m<sup>3</sup>/ha。
- 2.滯洪面積占總開發面積比：5.9%。

(二) 情境二： Q100-Q10

- 1.單位面積滯洪體積平均值：1,284m<sup>3</sup>/ha。
- 2.滯洪面積占總開發面積比：11.3%。

(三) 情境三： Q50-Q50

- 1.單位面積滯洪體積平均值：561m<sup>3</sup>/ha。
- 2.滯洪面積占總開發面積比：5.4%。

(四)情境四： Q25-Q25

- 1.單位面積滯洪體積平均值：504m<sup>3</sup>/ha。
- 2.滯洪面積占總開發面積比：4.9%。

(五) 情境五： Q10-Q10

- 1.單位面積滯洪體積平均值：431m<sup>3</sup>/ha。
- 2.滯洪面積占總開發面積比：4.3%。

由上面顯示情境二入流量開發後 Q100，出流允許排放量 Q10 則單位滯洪體積達 1,284m<sup>3</sup>/ha，滯洪池面積占比 11.3%。情境一 Q100-Q100、情境四 Q25-Q25 及情境五 Q10-Q10，滯洪池面積占比介於 4~6%。

若將長延時單位歷線計算得之滯洪體積演算成果，與水土保持計畫書對滯洪體積需求規範(q50-q25，q表示短延時分析，入流量 50 年重現期，出流量 25 年重現期，適用以下各情境表達方式)及都市/非都市審議規範對滯洪體積需求規範(q100-q25)比較，可發現長延時 Q10-Q10 單位滯洪體積 431m<sup>3</sup>/ha 大於水保技術規範(q50-q25)單位滯洪體積 382m<sup>3</sup>/ha，略小於都市/非都市審議規範(q100-q25)單位滯洪體積 447 m<sup>3</sup>/ha；然而長延時 Q25-Q25 單位滯洪體積 504 m<sup>3</sup>/ha 均大於水保技術規範 q50-q25 單位滯洪體積 382 m<sup>3</sup>/ha

及都市/非都市審議規範 q100-q25 單位滯洪體積 447m<sup>3</sup>/ha。以 Q25-Q25 (約 1.2 倍的 Q10-Q10 量體)訂為滯洪池體積，可涵蓋水土保持計畫書對滯洪體積需求規範(q50-q25) 及都市/非都市審議規範對滯洪體積需求規範(q100-q25)。

## 五、允許排放量標準的檢討

現階段允許排放量之計算方法可依以下三種方法計算得：1.由控制點處排水路河段之比流量推估；2.由控制點處下游排水路所屬河段比流量-集水面積進行迴歸分析，再採該迴歸式推估；3.由治理規劃報告之水文分析方法及參數配合土地利用直接計算，此計算方法為直接計算之方法。本研究參考二處排水計畫書案例，分別採用上述計算方式進行分析，並比較演算洪峰流量之差異，如表 2 與表 3 所示。

根據研究案例成果可知，無論是用直接推估比流量法或採比流量～面積迴歸推估的方法所推估的允許放流量(開發前流量)會有一定的差異，甚至有如表 3 開發前高於開發後的洪峰流量的情形。本研究為求水文量計算方式一致性及避免允許放流量(開發前)之偏估，建議開發前後所使用的水文量計算方法應統一(SCS CN 降雨損失+SCS 無因次單位歷線法)。

表2 臺中精密園區開發前後Q10洪峰流量比較

計算方式	開發前(cms)	開發後(cms)
SCS CN +SCS 無因次單位歷線	6.43	9.82
比流量法-直接推估	8.30	-
比流量～面積法-迴歸推估	8.70	-

表3 南屯區寶山段1032開發前後洪峰流量比較(Q10)

項目	開發前(cms)	開發後(cms)
SCS CN +SCS 無因次單位歷線	0.293	0.350
比流量法-直接推估	0.428	-
比流量～面積法-迴歸推估	0.563	-

## 六、減洪設施檢核標準的探討

藉由國內外相關資料蒐集分析及國內案例進行不同計算標準的分析及意見調查後，減洪設施檢核標準的訂定將依排水計畫書之目的、排水設計基準與地區保護基準的標的、



與相關法規之競合、水文系統一致性以及實務推動的可行性等 5 個層面進行探討，以期達到一個合理且可操作的標準。本研究建議土地開發設置減洪措施各重現期距逕流零增量示意如圖 2 所示，減洪設施檢核標準依開發面積級距說明如下：

#### (一)土地開發面積大於5 公頃

- 1.土地開發後開發基地排水出口2年、5年及10年重現期距之洪峰流量分別不得大於開發前2年、5年及10年重現期距之洪峰流量。
- 2.聯外排水通洪能力低於10年重現期距者，土地開發後開發基地排水出口10年重現期距之洪峰流量不得大於聯外排水通洪能力。
- 3.聯外排水為開發基地排水出口至區域排水間之聯接水路(如圖3)。
- 4.減洪設施體積之安全係數為1.2。

土地或水利主管機關得衡量開發基地之重要性，或集水區內土地開發情形提高開發基地保護基準，其檢核原則如下：

- 1.在相同重現期距(大於10年重現期距)下土地開發後之洪峰流量不大於開發前之洪峰流量。
- 2.滯洪池體積之安全係數為1.2，並不得小於前項之體積。
- 3.基地排水出口得採機械抽排方式，其抽排量應依前二項規定辦理。
- 4.開發基地同時位於水土保持計畫適用範圍者，減洪設施量體應以水土保持計畫及排水規劃書或排水計畫書所計算之量體較大者設置。

#### (二)開發基地屬道路、鐵路等帶狀開發或符合下列條件者

開發基地屬道路、鐵路等帶狀開發或符合下列條件者其減洪設施量體之規劃設計與檢核原則得採簡易計算方式：

- 1.開發基地面積等於或小於五公頃。
- 2.開發基地排水出口可重力排水，且不受外水影響。
- 3.土地或水利主管機關未提高開發基地保護基準。
- 4.聯外排水通洪能力達開發前10年重現期距洪峰流量。

減洪設施量體之規劃設計與檢核原則之簡易計算方式如下：

- 1.單位面積最小減洪量體為520(立方公尺/公頃)。

- 2.單位面積容許最大出流量為0.16(立方公尺/秒/公頃)。
- 3.開發基地同時位於水土保持計畫適用範圍者，減洪設施量體應以水土保持計畫及排水規劃書或排水計畫書所計算之量體較大者設置。

## 八、結論與建議

- (一)經訪查水利署河川局審查人員及市政府水利局，現階段中央管區域排水排水計畫書之減洪設施檢核標準Q100-Q10(開發後100年重現期入流量，允許排放流量開發前10年重現期流量峰值，並以水庫演算法計算滯洪體積)過高，致使滯洪池所需面積大於土地開發所能提供的公共設施空間，部分案例以地下結構或擴大雨水下水道方式以滿足要求，這也造成後續維護管理的困難，部分案例則無法達成該減洪設施檢核標準。
- (二)由都市計畫法第45條及都市計畫定期通盤檢討實施辦法18條規定「公園、綠地、廣場、體育場所、兒童遊樂場用地」總面積不得少於全部計畫面積的10%。考量不影響原設施使用功能條件，若以一半公共設施可以做為滯洪設施的原則，則可以使用之滯洪面積約為全部開發計畫面積之5%是較易推動的面積比例。
- (三)本研究建議排水計畫書之減洪設施檢核標準採Q10-Q10(開發後10年重現期入流量，允許排放流量開發前10年重現期流量峰值，並以水庫演算法計算滯洪體積)之體積的1.2倍，且並不影響下游河道通洪能力，其滯洪池面積約占開發面積5%，在實務推動上較為可行。
- (四)本研究建議鐵路及道路帶狀開發或開發面積小於等於五公頃之開發計畫且在一定的條件下，單位滯洪體積520(立方公尺/公頃)，單位面積容許最大出流量為0.16(立方公尺/秒/公頃)。
- (五)為使排水計畫書之計算與審查具有一致性，本研究建議水文分析方法採美國水土保持局SCS 無因次單位歷線，降雨損失採SCS CN曲線號碼，集流時間若為漫地流採SCS 集流時間公式計算，若為渠流則採曼寧公式計算。
- (六)為落實排水計畫書減洪設施及後續維護管理，目前尚未有罰則法源依據，建議水利法應增訂相關條文，以確保土地開發能達到出流管制的目的。

表1 排水計畫書水文水理分析常用之方法

項目	短延時合理化公式 (桃園及臺中市政府之規定)	長延時單位歷線 (中央管區域排水計畫之規定)
降雨強度公式 或降雨量	降雨強度公式： 1.99年「水土保持技術規範」之無 因次降雨強度公式自行分析(一 般以須提送水土保持計畫的排 水計畫書採用，如臺中精密園區 案) 2.92年「臺灣地區雨量測站降雨強 度—延時Horner公式分析」 3.100年「臺灣地區雨量測站降雨 強度-延時Horner公式參數分析」	降雨量： 1.治理規劃報告之1日雨量 2.其他研究報告1日雨量(如臺中市淹 水潛勢圖第二次更新計畫等) 3.92年「臺灣地區雨量測站降雨強 度—延時Horner公式分析」 4.100年「臺灣地區雨量測站降雨強度 -延時Horner公式參數分析」
集流時間	Kirpich、加州公式、Rziha、SCS、 周文德	Kirpich、加州公式、Rziha、SCS、周 文德
降雨損失 (入滲)	以逕流係數計算	1.入滲指數，3mm/hr~4mm/hr 2.降雨損失SCS CN
雨型	-	HORNER 雨型交替區塊法
洪峰流量/ 流量歷線	洪峰流量：合理化公式 $Q=CIA$ 1.入流量：開發後50年重現期 2.允許排放量:開發前10年重現期	1.入流量：開發後100年重現期 2.允許排放量：以允許排放流量為控制 流量 3.單位歷線採用三角形單位歷線法或 SCS無因次單位歷線法
允許排放量	1.排放處下水道者5年或2年 2.排放處之排水10年重現期比流 量推估(排入排水者) 3.排放量不影響下游通洪能力	1.以排放處之排水10年重現期比流量 推估 2.排放量不影響下游通洪能力
減洪標準	1.採合理化公式法，開發後50年- 開發前10年 2.以合理化公式及長延時比較開 發前後洪峰差值，取差值大的計 算(臺中及臺南) 3.以合理化公式及長延時比較開 發前後滯洪體積，取體積大的計 算(較少案例)	中央管區排 1.入流量：開發後100年重現期 2.出流量：允許排放量(10年重現期) 或下游河道通洪能力
滯洪池量體 計算方式	以水保計畫書中三角形歷線面積 法計算	以水庫滯洪演算

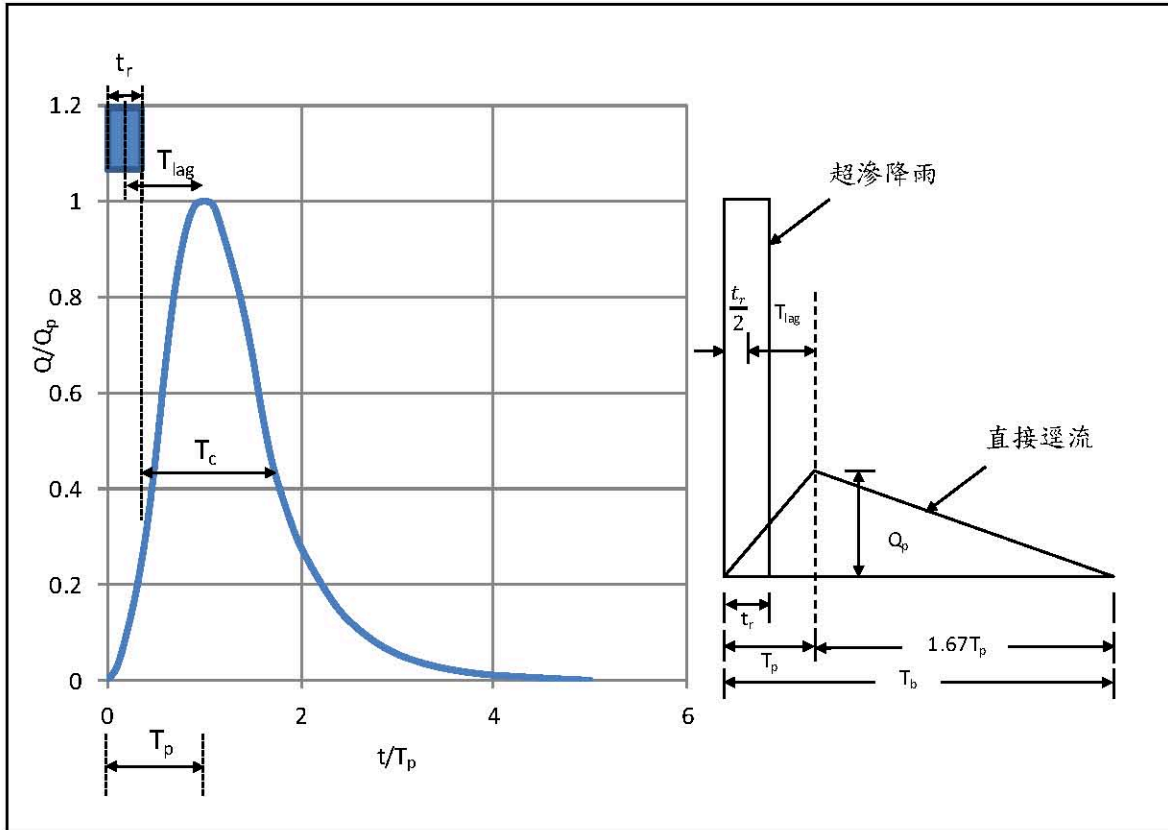


圖1 美國水土保持局(SCS)無因次單位歷線

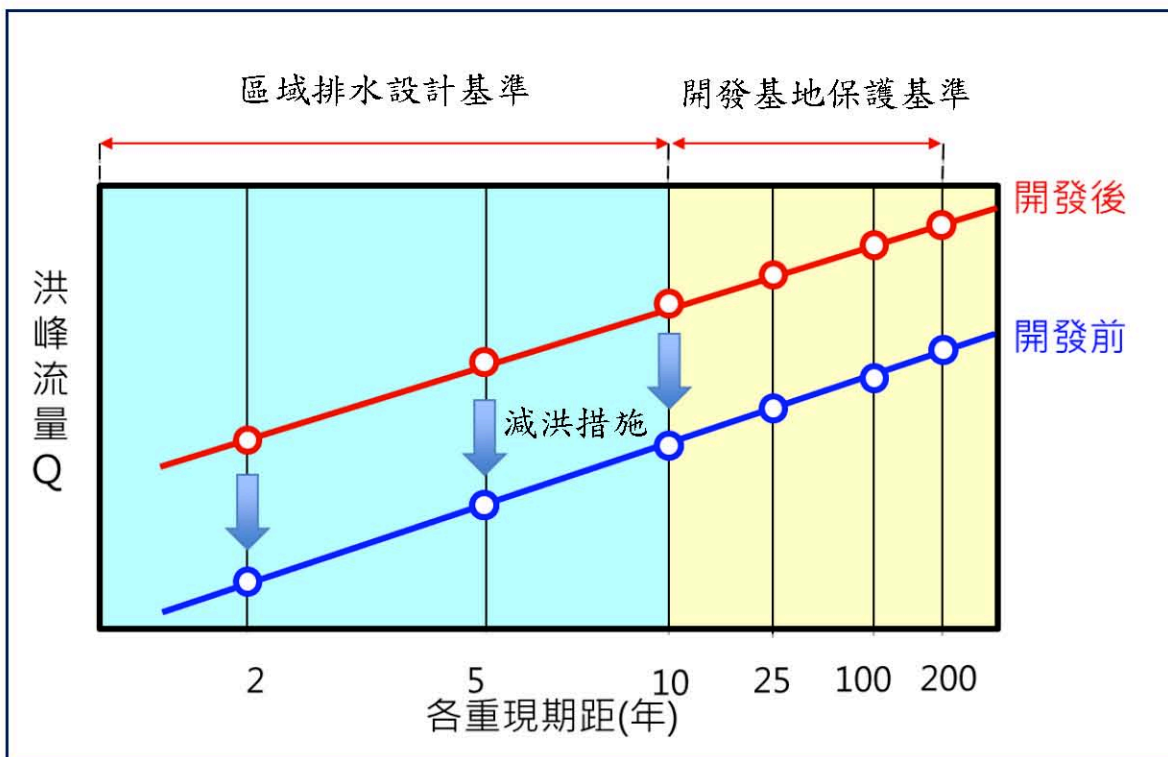


圖2 土地開發設置減洪措施各重現期距逕流零增量示意圖

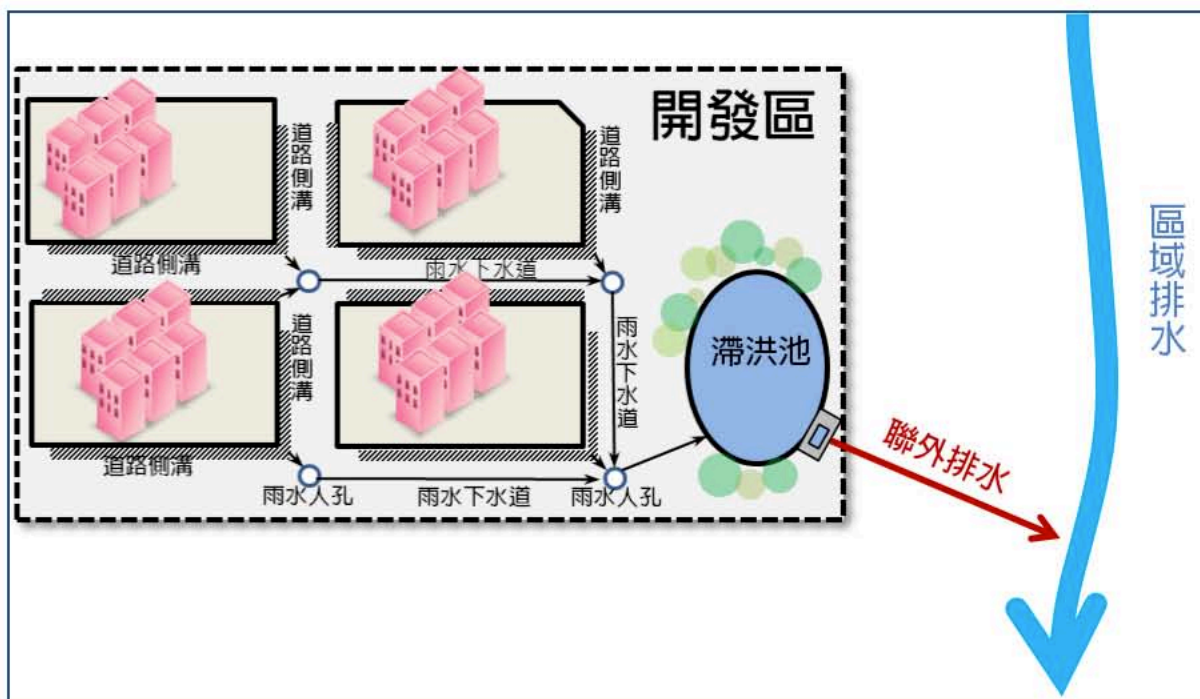


圖3 開發基地聯外排水示意圖

## 九、參考文獻

1. 中央管區域排水計畫書審查作業要點，經濟部水利署，2014.08。
2. 桃園市政府排水計畫審查作業要點，桃園市政府，2015.11。
3. 臺中市排水計畫審查作業辦法，臺中市政府，2014.10。
4. 靜岡市雨水貯留滲透設施施工技術指南，靜岡市，2013。
5. URBAN STORM DRAINAGE CRITERIA MANUAL-Volume 1-3 Management, Urban Drainage and Flood Control District, 2016.
6. Rainfall Runoff Management for Developments - Revision E, Environment Agency, 2013.10.

投稿 106.04.21  
校稿 106.04.24  
定稿 106.04.26