

## 流出抑制設施執行技術規範及未來走向之討論

陳意文

云鼎工程技術  
顧問有限公司 負責人  
水利技師

凌邦暉

山水綜合技術  
顧問(股)公司 總經理  
水利技師、水保技師

陳正宏

承信工程技術  
顧問有限公司 負責人  
水利技師

### 一、前言

由臺北市近 4 年來已執行雨水流出抑制設施案之類型觀之，建商於不須另行支出大額經費之經濟考量下，大部分利用建物筏基空間設置雨水貯集滯洪池，再採機械抽排方式予以排放至區外。採此法雖然設計簡易，但降雨逕流不論是否大於允許最大排放量皆全部進入筏基池內再予以機械抽排，抽水機隨時處於待命狀態，對小型降雨而言，一抽一排之間不僅耗能，貯集空間利用效益更無法達最大化。

爰上，台北市水利公會(以下簡稱市水利)協助臺北市政府工務局水利工程處進行流出抑制執行檢討，除檢討國內外流出抑制相關規範外，並預計擬定臺北市版的「流出抑制設施設計參考手冊(草案)」，手冊中將針對不同基地條件提出之設計圖說範例及設計說明，並提出包括:重力排放、機械抽排、機械及重力併存等 3 種樣態基本設計，同時設計中將結合保水、貯集理念，提供多樣化的設計方式，以供申請單位、建築師及承辦技師參考。

### 二、國內外流出抑制設施相關技術規範

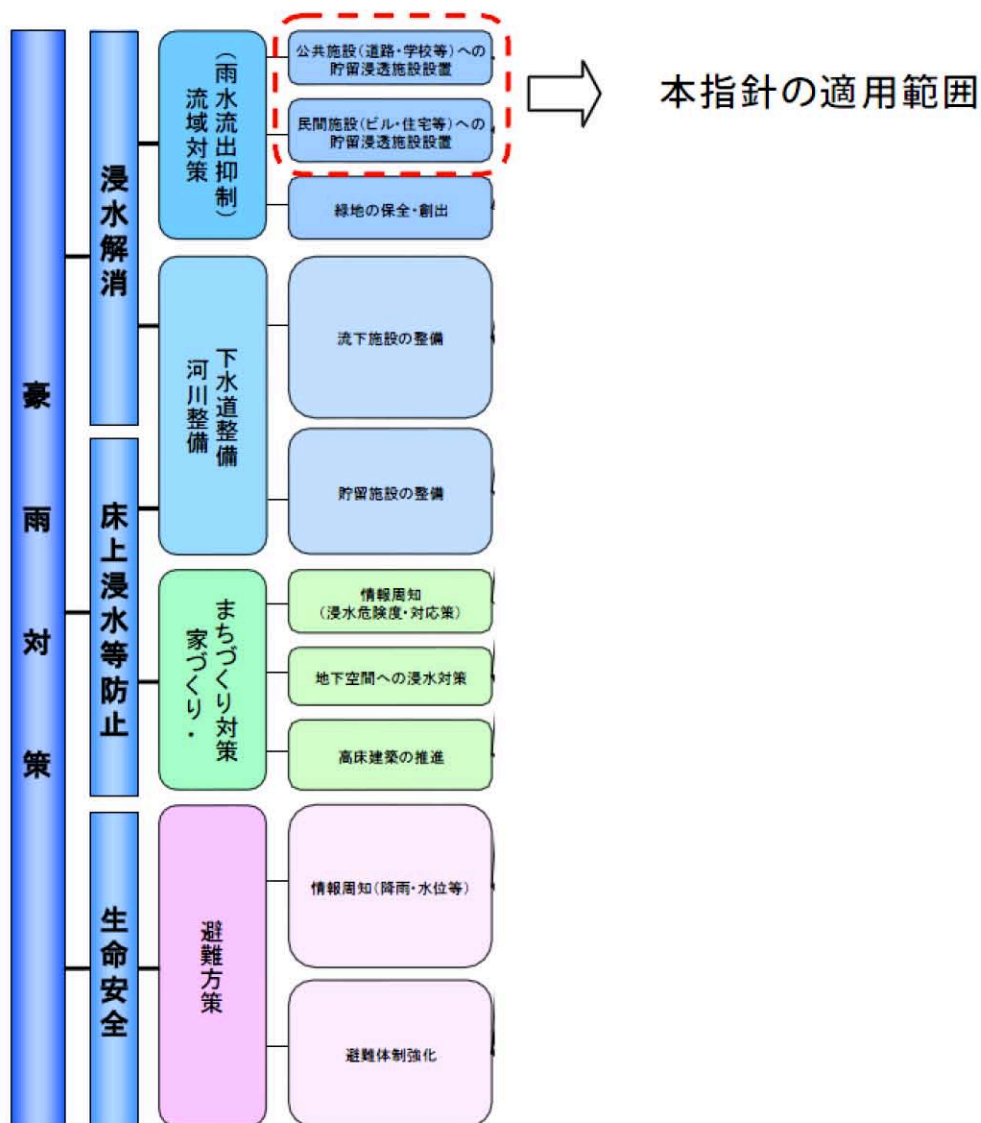
鄰近之日本、新加坡等國，與台灣地理環境及氣象水文條件相類似，對都市暴雨、防災等經驗豐富，相關技術規範完整；另美國各州對於暴雨逕流管理亦有完整設計手冊。相較於台灣流出抑制設施(亦稱貯集滯洪設施)目前僅有法規，但尚無相關之流出抑制設計規範(手冊)可供參考。

本文擬就目前蒐集之國內外各類相近案例，就其適用範圍、貯留類型、量體等層面比較優劣，並綜整建議適合方案供未來流出抑制設施技術手冊之編擬及參考。

#### (一)日本東京都規範


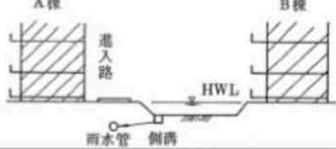
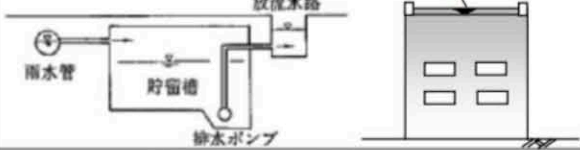

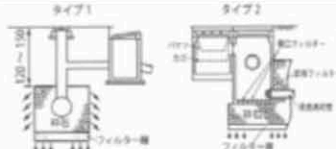


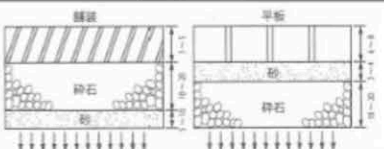
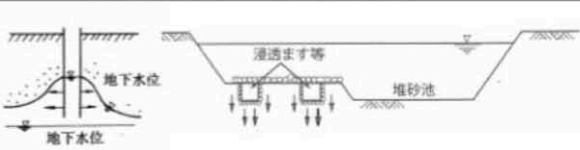
依據 2009 年「東京都雨水貯留・浸透施設技術指針」，設計準則定位為滲透設

施、貯(滯)留規劃之技術手冊，其緣自於 1991 年日本為小型和中型流域之綜合治水策略；特別是在昭和 40 年代以後，開發住宅社區，經常面臨到供水與排水等水問題，社會上要求抑制雨水流出的聲浪高漲，所以身為公民合營機構，也一直都以調節池等積極因應。但是要設置調節池，在土地利用的計畫上必須規劃出符合調節池用的用地。所以，公民合營機構為有效運用寶貴的用地並減少建設流出抑制設施的成本，進行很多試驗，至今仍持續研究。圖 1 為東京對豪雨整體對策之體系圖，如圖所示，其中流出抑制設施為一項重要的措施，貯留與浸透(入滲)設施的分類詳如圖 2。



資料來源：東京都雨水貯留・浸透施設技術指針

圖 1 東京都豪雨對策體系圖

貯留・浸透施設	施設名	概要図
貯留施設	校庭貯留、 公園貯留	
	棟間貯留 (平常時、駐車場として利用してれば駐車場貯留となる)	
	地下貯留、 屋上貯留	
浸透施設 (浸透施設の碎石部では空隙貯留を行う。)	浸透ます	
	道路浸透ます	
	浸透トレンチ	
	浸透側溝	
	透水性舗装 (施設は浸透施設であるが、本指針では貯留量として評価を行う。)	
	浸透井、浸透池	

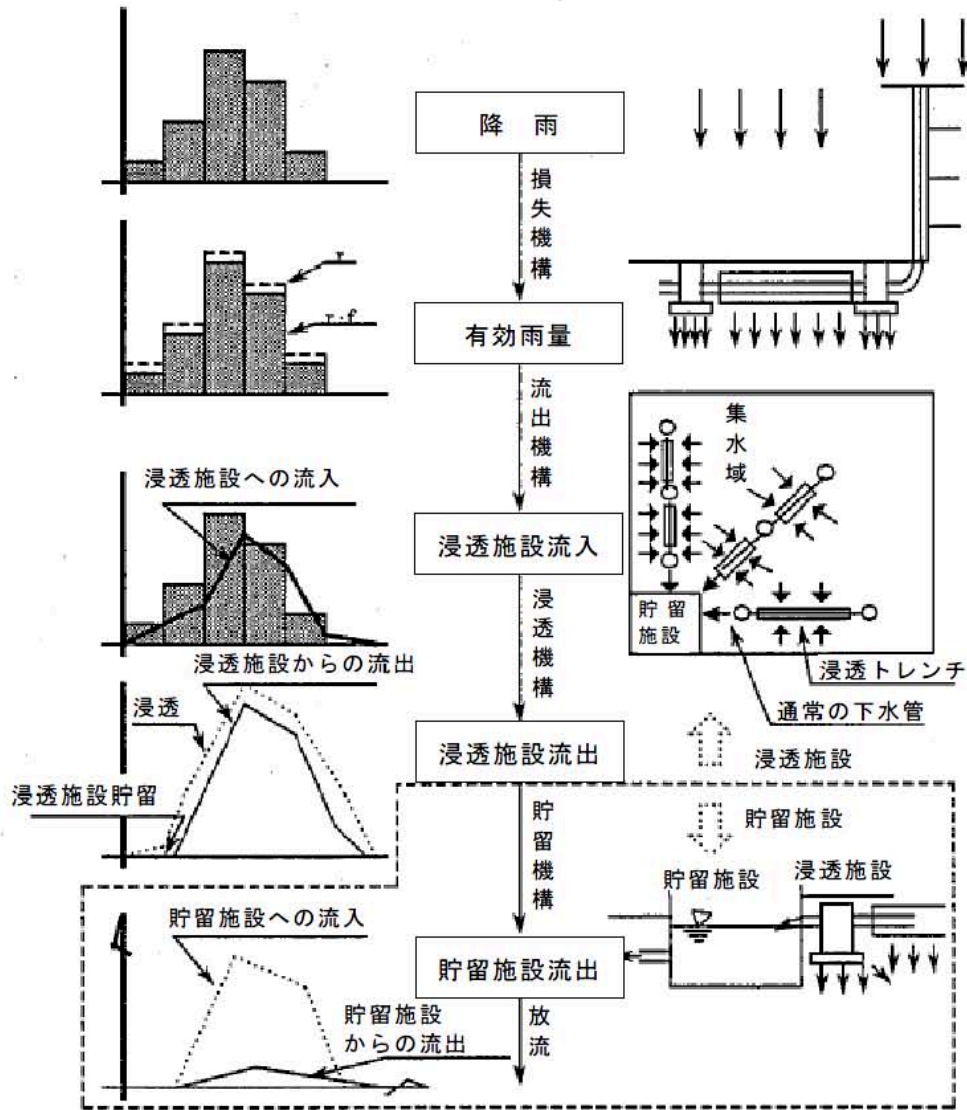
資料來源：東京都雨水貯留・浸透施設技術指針

圖 2 東京都貯留入滲措施分類圖

### 1. 貯留與浸透(入滲)設施的設計

#### (1) 雨水流出抑制的概念

雨水流出抑制旨在實現減少有效降雨成為逕流，貯存設施主要削減洪峰，滲透性則可提供一部分的功能，概念如圖 3。



資料來源：東京都雨水貯留・浸透施設技術指針

圖 3 雨水貯留滲透水文模式概念圖

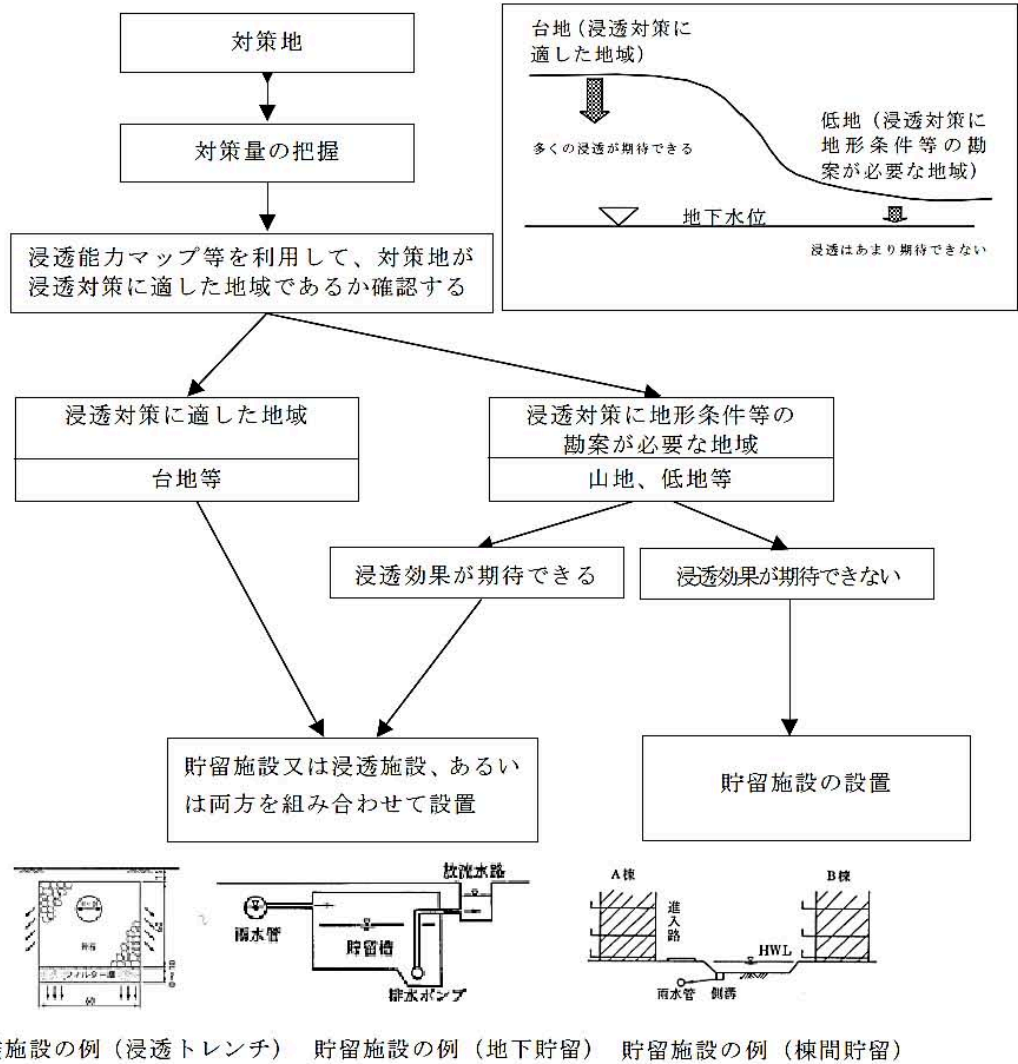
(2) 雨水流出抑制的計畫內容

東京雨水流出抑制的計畫內容簡要匯整包含如下：

- I. 計畫目的
- II. 基礎資料的蒐集分析
- III. 設施的設計
- IV. 設施的施工計畫

(3) 貯留入滲設施設置區位的選擇

貯留入滲設施設置區位應考量地形、地下水位等條件，並非所有的地區均適合設置滲透設施，東京都貯留入滲設施選用流程如圖 4。



浸透施設の例（浸透トレンチ） 貯留施設の例（地下貯留） 貯留施設の例（棟間貯留）

資料來源：東京都雨水貯留・浸透施設技術指針

圖 4 東京都貯留入滲設施選用流程

(4) 貯留入滲設施的入滲量

入滲設施的選擇應考慮工址所在地的滲透性、地下水位及地形等因素，以確保滲透設施之功能。

入滲量之評估係由設施比滲透量、基地所在區域飽和透水係數及設施數量來決定，基本公式如下：

$$\text{入滲設施入滲量 (m}^3/\text{hr)}$$

$$= \text{基準入滲量 (} Q_f \text{)} \times \text{設施設置個數、面積}$$

$$= C \times \text{比入滲量(K)} \times \text{飽和透水係數(f)} \times \text{設施設置個數、面積}$$

其中 C 為影響係數（依地下水影響決定），比入滲量 K 值計算案例參見表 1。

表 1 比入滲量 K 值計算表(例一)

施設		透水性舗装浸透池	浸透側溝及び浸透トレんチ	円筒ます			
浸透面		底面	側面及び底面	側面及び底面		底面	
模式図							
算定式の適用範囲の目安	設計水頭	$H \leq 1.5\text{m}$	$H \leq 1.5\text{m}$	$H \leq 1.5\text{m}$		$H \leq 1.5\text{m}$	
	施設規模	底面積が約400m <sup>2</sup> 以上	$W \leq 1.5\text{m}$	$0.2\text{m} \leq D \leq 1\text{m}$	$1\text{m} < D \leq 10\text{m}$	$0.3\text{m} \leq D \leq 1\text{m}$	$1\text{m} < D \leq 10\text{m}$
基本式		$K = aH + b$ H: 設計水頭 (m)	$K = aH + b$ H: 設計水頭 (m) W: 施設幅 (m)	$K = aH^2 + bH + c$ H: 設計水頭 (m) D: 施設直径 (m)	$K = aH + b$ H: 設計水頭 (m) D: 施設直径 (m)		
係数	a	0.014	3.093	0.475D + 0.945	6.244D + 2.853	1.497D - 0.100	2.556D - 2.052
	b	1.287	1.34W + 0.677	6.07D + 1.01	0.93D <sup>2</sup> + 1.606D - 0.773	1.13D <sup>2</sup> + 0.638D - 0.011	0.924D <sup>2</sup> + 0.993D - 0.087
	c	-	-	2.570D - 0.188	-	-	-
備考		比透水量は単位面積当たりの値	比透水量は単位長さ当たりの値	-	-	-	-

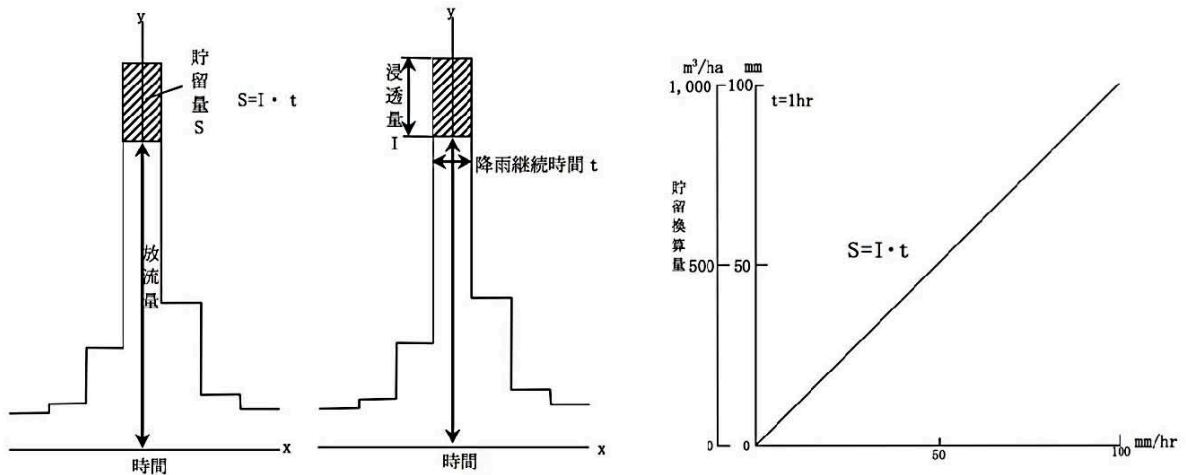
注. 透水性舗装は、目詰まり等による機能低下が著しいため、貯留量(歩道 20mm、駐車場 50mm)で評価する

資料來源：東京都雨水貯留・浸透施設技術指針

(5) 入滲施設の貯留量換算

入滲施設貯留體積及入滲量最後均可納入雨水抑制貢獻中，公式及圖示說明如下：

入滲施設空隙貯留量 (m<sup>3</sup>)  
 = 透水管體積 + 充填材料體積 × 空隙率

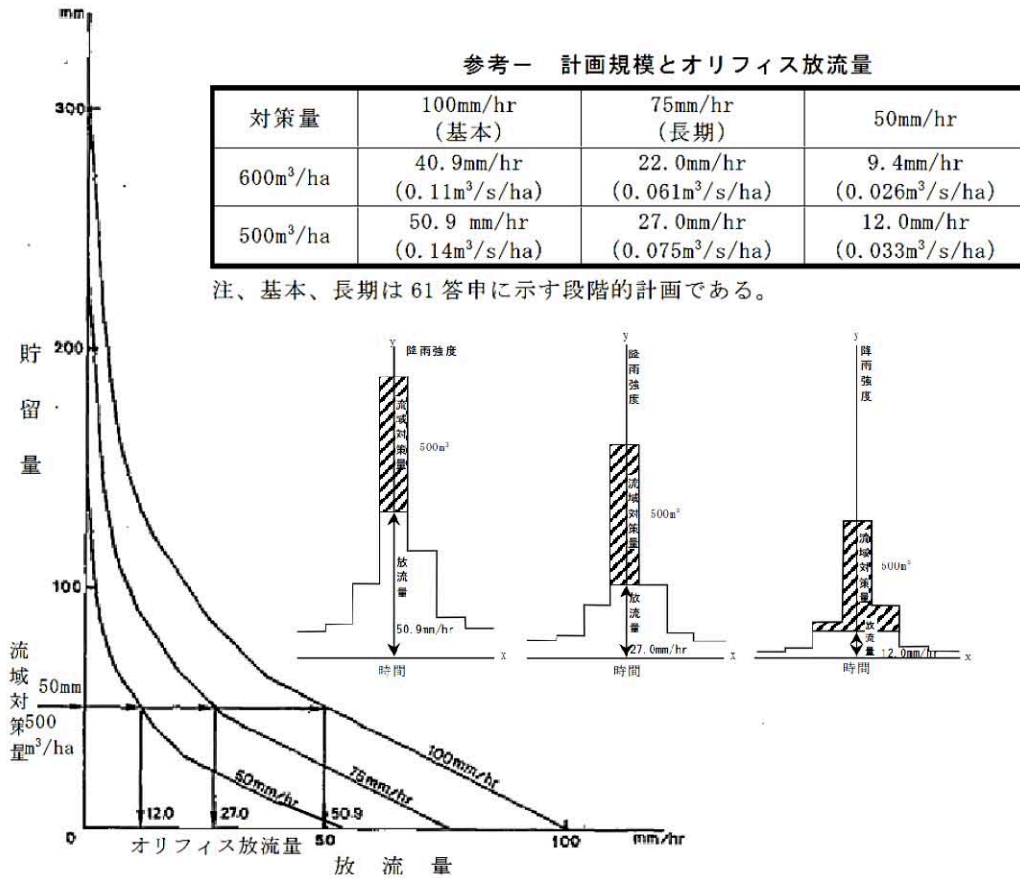


$S = I \cdot t$  ( $I \leq$  計畫降雨強度)

其中 S：貯留換算量 (m<sup>3</sup>)、  
 I：入滲施設入滲量 (m<sup>3</sup>/hr)、  
 t：降雨延時 (= 1hr)

(6) 排水設施的設計

放流量的決定與所定的流域對策量(即保護標準)及貯留量三者互為關係，三者關係示意如圖 5。



資料來源：東京都雨水貯留・浸透施設技術指針

圖 5 東京都在不同流域對策及貯留量下之放流量關係圖

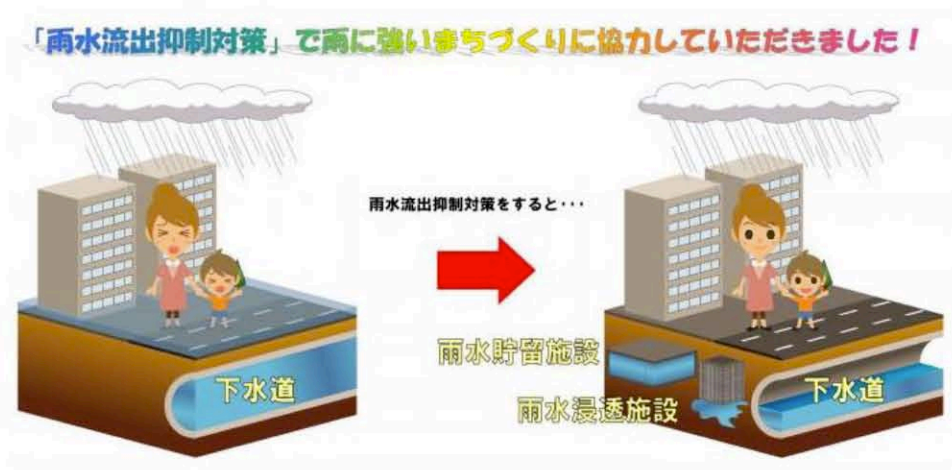
(二) 日本札幌市規範

「札幌市雨水流出抑制技術指針」規範雨水流出抑制設施之規劃、設計、施工及維護管理。札幌市規範是以 10 年重現期降雨量 35mm/hr 設計，管制標的為流出係數 0.6 以上之開發行為，札幌市流出抑制技術基礎流出係數如表 2，概念如圖 6。

表 2 札幌市流出抑制技術基礎流出係數

工種	屋根・舗装	透水性舗装	間地
基礎流出係数	0.90	0.40	0.20

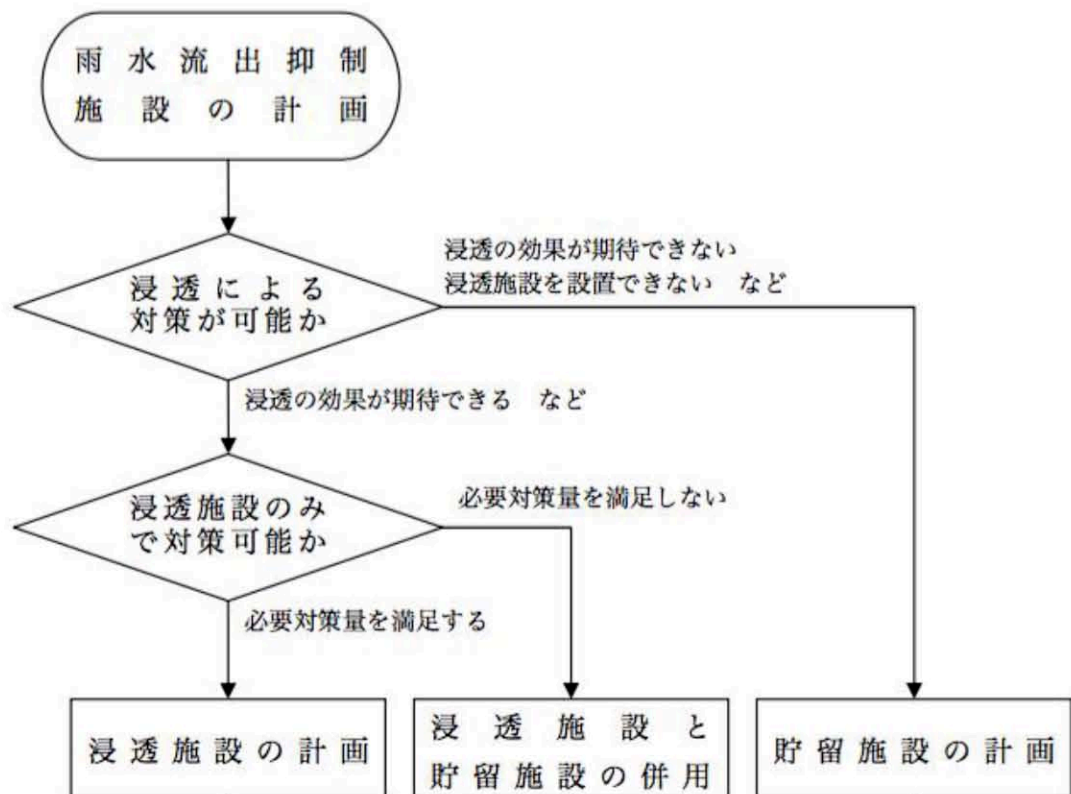
資料來源：札幌市雨水流出抑制技術指針



資料來源：札幌市雨水流出抑制技術指針

圖 6 日本札幌市流出抑制設施概念圖

是否採用滲透性設施，需視區域地下水位與地質材料而定，若地下水文條件符合預期，才採用入滲型流出抑制設施，否則應採取貯留型設施，流出抑制選用原則及區位詳如圖 7~8，針對流出抑制入滲單元計算詳如圖 9。

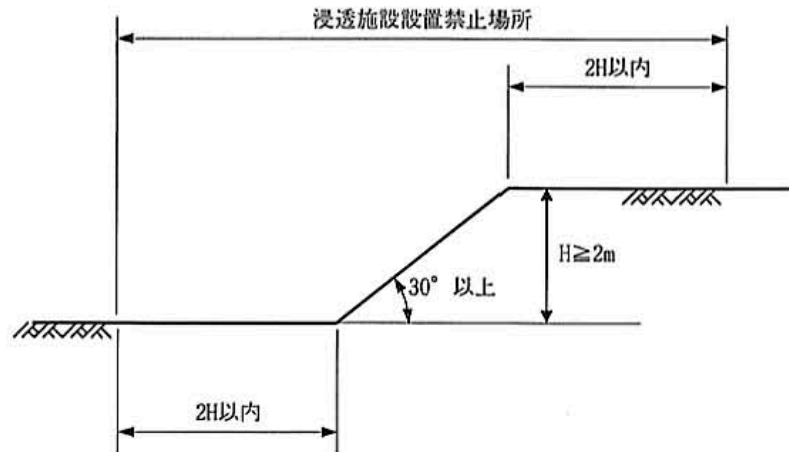


資料

來源：札幌市雨水流出抑制技術指針

圖 7 札幌市流出抑制選用原則





資料來源：札幌市雨水流出抑制技術指針

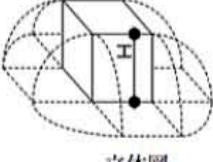
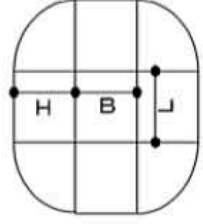
圖 8 札幌市流出抑制禁採入滲型設施區位

$$q_m = K [B \times L + 2H(B + L) + \pi H^2] \times C \times 3,600 \text{ 秒}$$

$$= 1,440 \times K [B \times L + 2H(B + L) + \pi H^2]$$

$q_m$  : 單位設計浸透量 (m<sup>3</sup>/個)  
 K : 飽和透水係數 (m/s)  
 B : 浸透域の幅 (m)  
 L : 浸透域の長さ (m)  
 H : 浸透域の高さ (m)  
 C : 目詰まりの影響係数 0.4

注) B、L、Hは浸透部分(碎石)の長さを用いること  
飽和透水係数は単位に注意すること

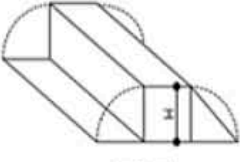
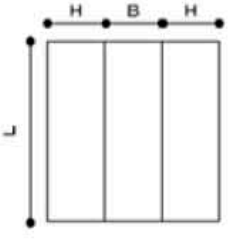
立体図                      平面図

---

$$q_t = K (B + 2H) \times C \times 3,600 \text{ 秒}$$

$$= 3,240 \times K (B + 2H)$$

$q_t$  : 單位設計浸透量 (m<sup>3</sup>/m)  
 K : 飽和透水係數 (m/s)  
 B : 浸透域の幅 (m)  
 H : 浸透域の高さ (m)  
 C : 目詰まりの影響係数 0.9

立体図                      平面図

資料來源：札幌市雨水流出抑制技術指針

圖 9 札幌市流出抑制入滲單元量計算

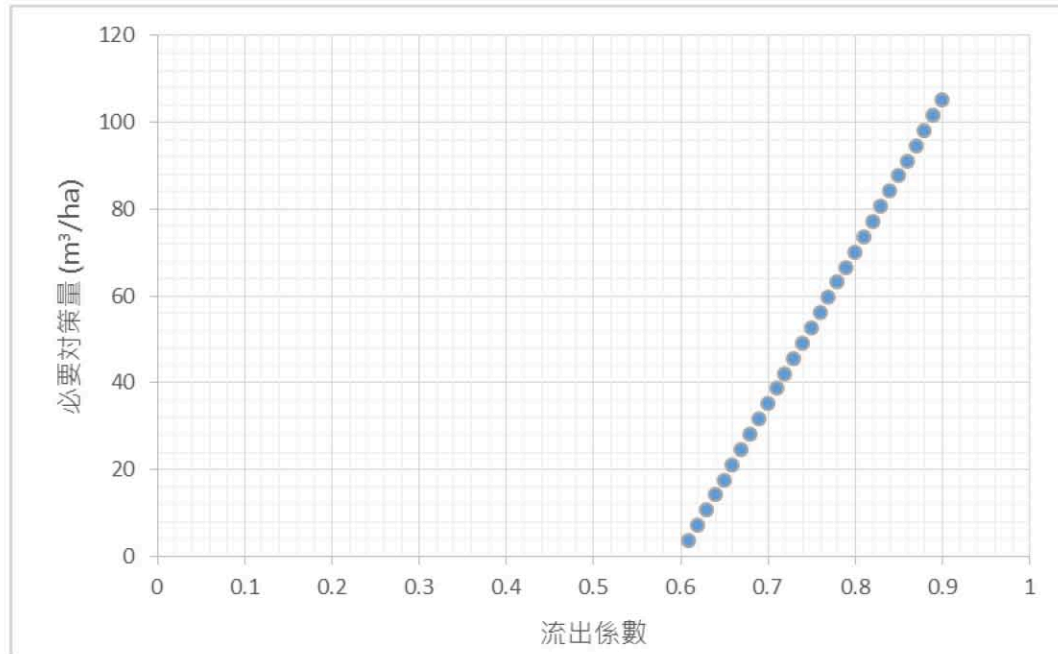
札幌市流出抑制規範之允許排放量採下式估算：

$$F = 1/360 \times 0.6 \times 35(\text{mm/hr}) \times a = 0.058 \times a$$

式中 F:允許排放量( $m^3/s$ )

a:排水面積(ha)

貯留量則依開發基地流出係數而相應調整，關係如圖 10。



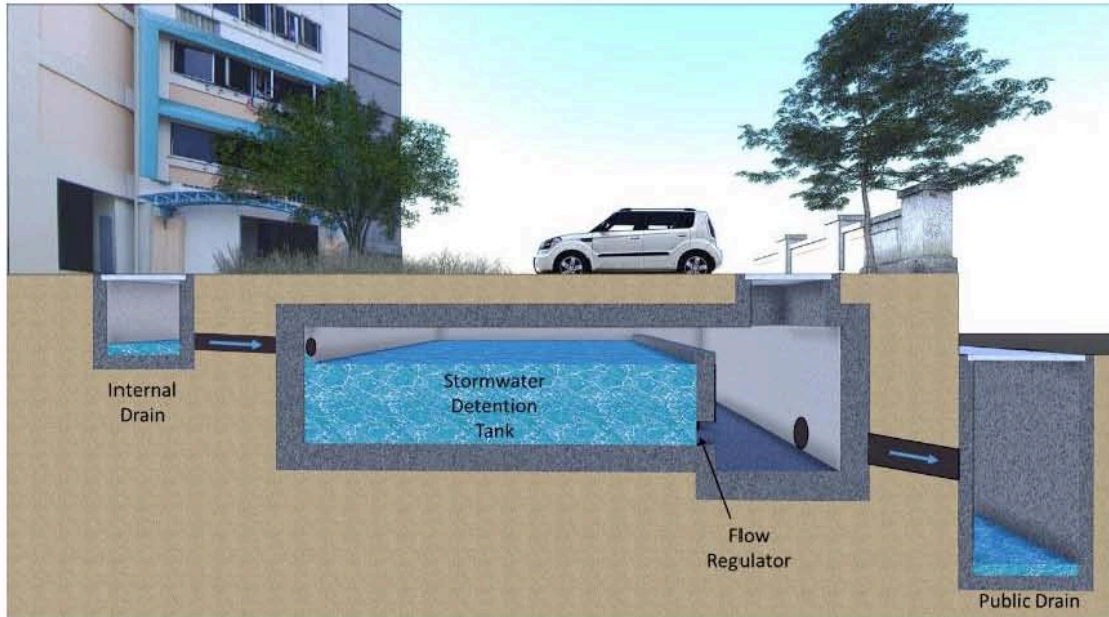
資料來源：札幌市雨水流出抑制技術指針

圖 10 札幌市流出係數與貯留量關係圖

### (三) 新加坡規範

新加坡 (Pub. Singapore's National Water Agency) 訂有「On-site Stormwater Detention Tank Systems Technical Guide」，其規定工業、商業、機關和住宅發展大於或等 0.2 公頃 必需進行遲滯洪峰設施之管制，概念如圖 11 所示。允許排放量以逕流係數 0.55，與 10 年重現期暴雨及延時 4 小時估算。

手冊中主要說明流出抑制手段中，針對各類滯洪池也有詳細的說明，其對滯洪池以滯洪池貯蓄時機及排放方式進行分類比較如表 3 所示，在槽及離槽式滯洪池示意如圖 12。

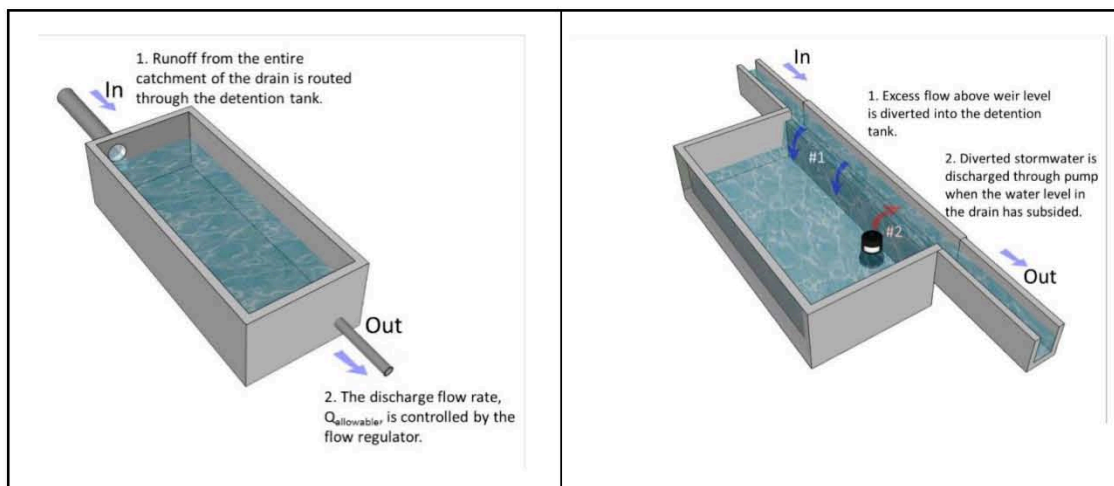


資料來源：On-site Stormwater Detention Tank Systems Technical Guide

圖 11 新加坡遲滯洪峰設施概念示意圖

表 3 各類型滯洪池分類比較

滯洪池型式	在槽			離槽
	降雨期間	降雨期間	降雨結束後	降雨結束後
放流時機	降雨期間	降雨期間	降雨結束後	降雨結束後
排放條件	重力	抽水機	重力或抽水機	重力或抽水機
說明	滯洪池集取全降雨歷程期間逕流，滯洪池外排流量取決於放流工型態	滯洪池集取全降雨歷程期間逕流，滯洪池外排流量取決於抽水機	滯洪池集取全降雨歷程期間逕流，滯洪池外排流量取決於集水區允許排放設定之限制	滯洪池集取部份降雨歷程期間降雨逕流，下排及入池流量取決於側流堰布置的方式或型態
機械、電力、水位計及控制系統	不需要	抽水機、水位計	控制閥、抽水機、水位計	控制閥、抽水機、水位計
優點	不需機械及電力	幾乎適用於所有形態基地	對下游保全功能最佳	滯洪體積需求較小；僅在較大降雨事件才會需要外排操作
缺點	滯洪池底與外排渠底必需有適合高差	每場暴雨都必需操作抽水機	需要較大池體空間	需要機械、電力需定期維護，以確保降雨期間能正常運作
設計方式	修正合理法	修正合理法、降雨逕流模擬	降雨總體積估算	修正合理法、降雨逕流模擬



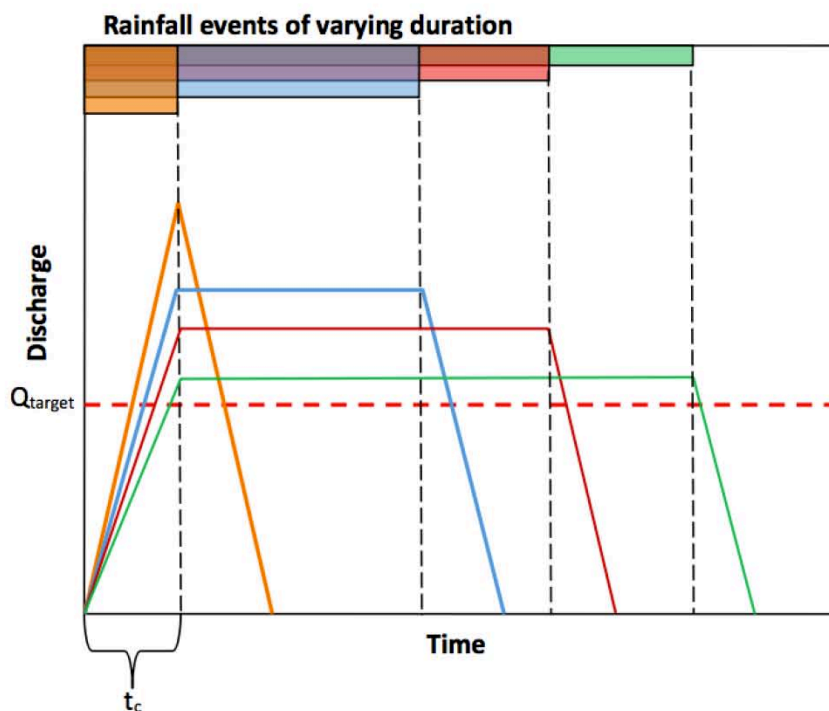
資料來源：On-site Stormwater Detention Tank Systems Technical Guide

圖 12 在槽及離槽滯洪池示意圖

1. 新加坡各類滯洪池水文分析方法

本指引的水文分析方法主要採用修正合理法。修正合理法是基於合理化公式依其集流時間簡化之三角型單位歷線，圖 13 即為不同重現期—延時情況下修正合理法之歷線形態。

當降雨延時=集流時間時其歷線呈三角形，當降雨延時大於集流時間時歷線型即呈現梯形，而歷線峰值  $Q_p=CIA$ 。

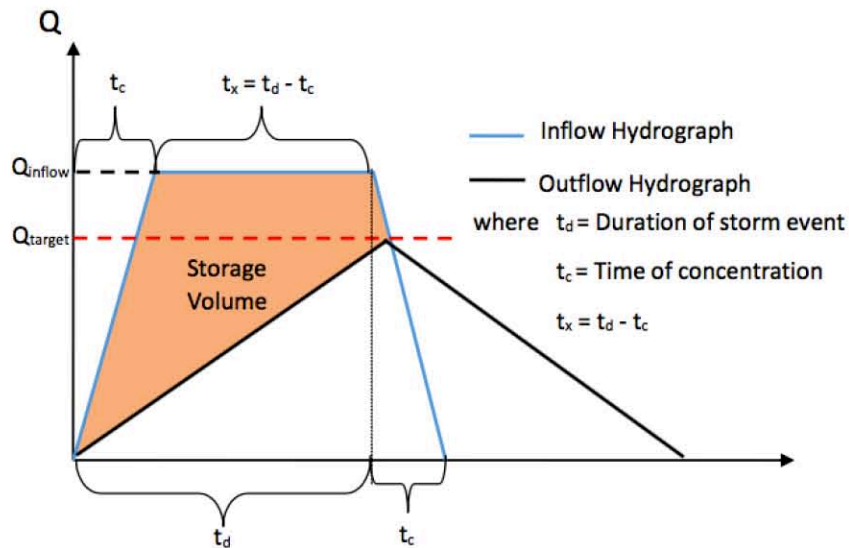


資料來源：On-site Stormwater Detention Tank Systems Technical Guide

圖 13 修正合理法歷線示意圖

滯洪池所需空間由簡化之入、出流歷線決定，圖 14 中梯形之三角形間所夾區域即為滯洪空間，其值為：

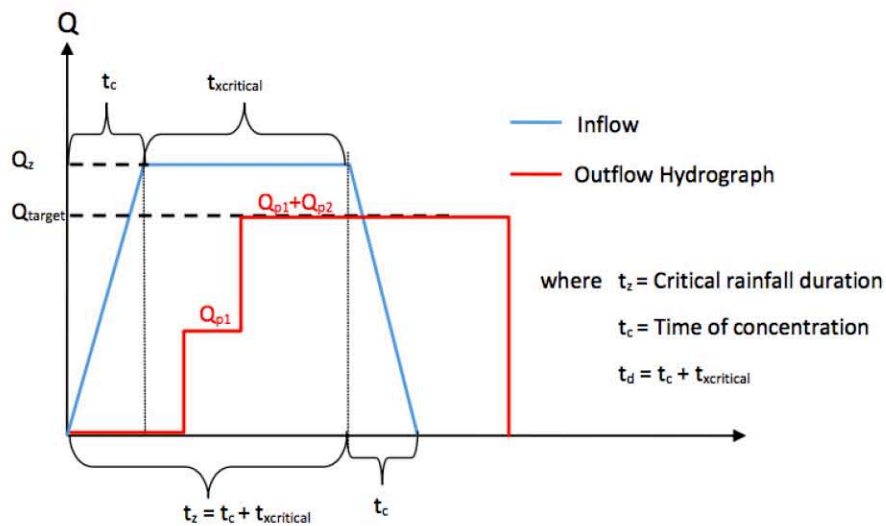
$$\text{Storage Volume, } V_t = Q_{\text{inflow}}(t_c + t_x) - \frac{1}{2} Q_{\text{target}}(2t_c + t_x) \text{ [m}^3\text{]}$$



資料來源：On-site Stormwater Detention Tank Systems Technical Guide

圖 14 修正合理法滯洪量分析示意圖

而若滯洪池外排採抽水機型式，則入、出流歷線型態呈圖 15 型式：



資料來源：On-site Stormwater Detention Tank Systems Technical Guide

圖 15 抽水型式入、出流歷線示意圖

## 2. 新加坡放流工之設計

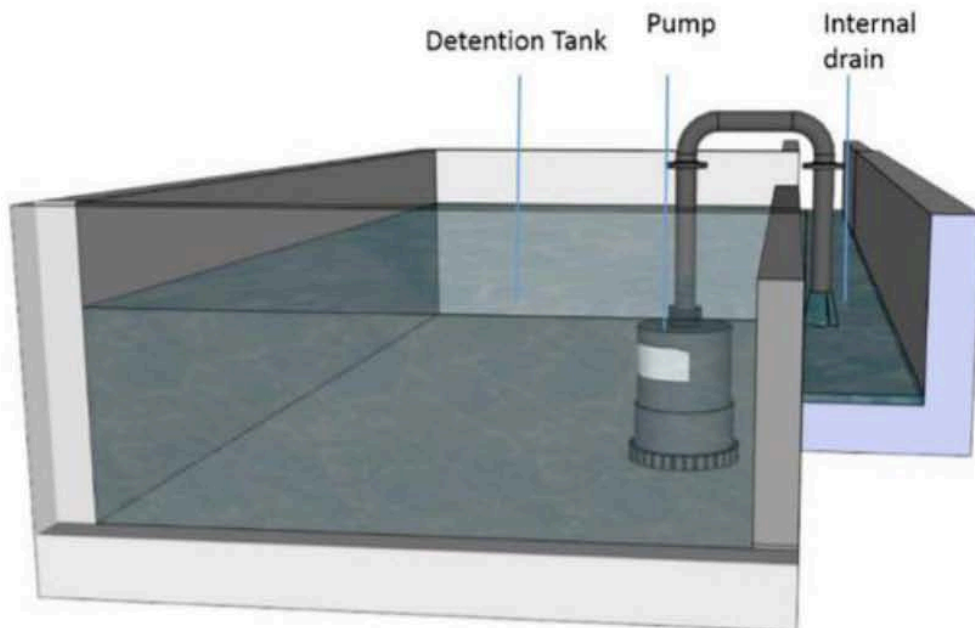
以孔口方式排放之滯洪系統，入、出流管之配置決定有效滯洪空間，一旦決定滯洪池深度時，即可依其有效深度以孔口流方式計算滯洪池排出量，示意如圖 16。

採抽水機為出流設置之滯洪池，最小抽水機抽水量需能在降雨結束後4小時排空池體。抽水機以自動操作為原則，必要時可改為手動。抽水機抽出後必需先排入基地排水系統，不得直接抽排進入公共排水溝，示意如圖 17。



資料來源：On-site Stormwater Detention Tank Systems Technical Guide

圖 16 採孔口放流滯洪池示意圖



資料來源：On-site Stormwater Detention Tank Systems Technical Guide

圖 17 採機械抽排放流滯洪池示意圖

#### (四) 美國丹佛市規範

「丹佛市及縣暴雨排水設計和技術標準手冊」(Storm Drainage Design & Technical Criteria, City and County of Denver, Department of Public Works Wastewater Management Division Engineering Division, 2013)，手冊的目的是提供公、私有建設防洪排水及水質的設施選擇，提供設計和維護指引，旨在保護公眾安全，並盡量減少對環境的不利影響。雨水管理的設計充分考慮對下游和區外逕流進入系統之影響，並須評估下游輸送系統，以確保它有足夠的能力來接受設計排放量。本手冊內容涵蓋排水、滯洪及水質等內容，茲摘錄與流出抑制設施相關部份說明如下：

滯洪容積設計以 100 年重現期 24 小時估計容積再乘上 1.5 倍，另加計 1 英尺出水高；蓄洪池應優先採滲漏方式設計於 72 小時內降至起蓄水位，若無法以滲漏方式達到此一目的，則需另配置一出水口以釋放池體空間，滯洪設施標準圖範例如圖 18。

池體空間可採以下簡易方式計算：

$$V_r = 1.5 \times [(r_{eff} / 12) \times A]$$

其中：

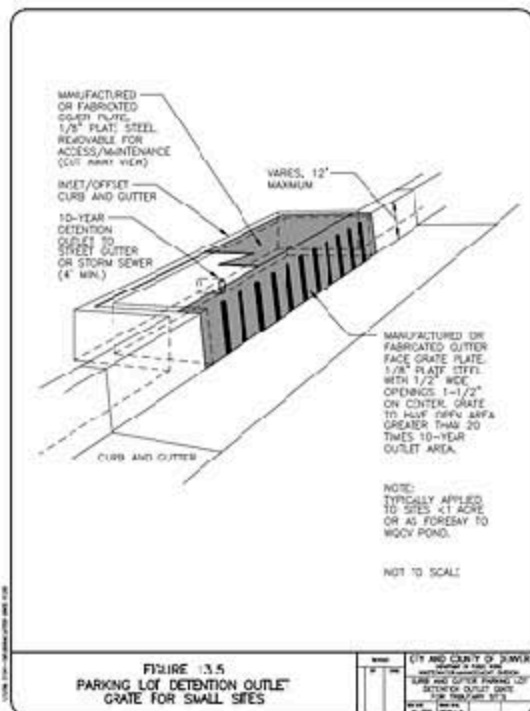
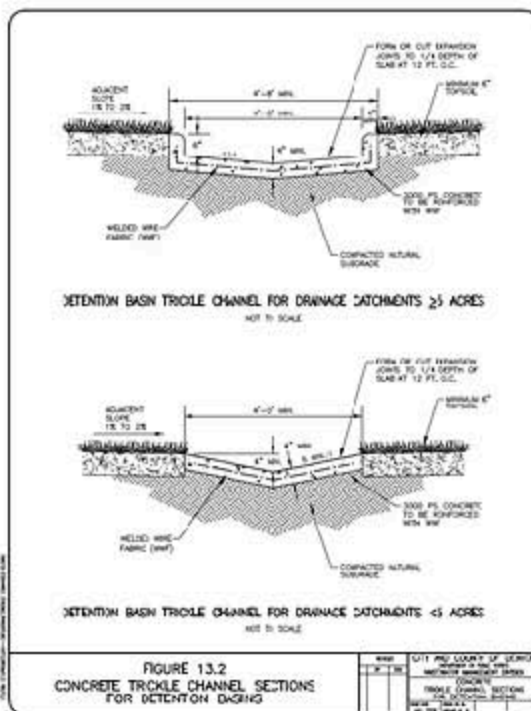
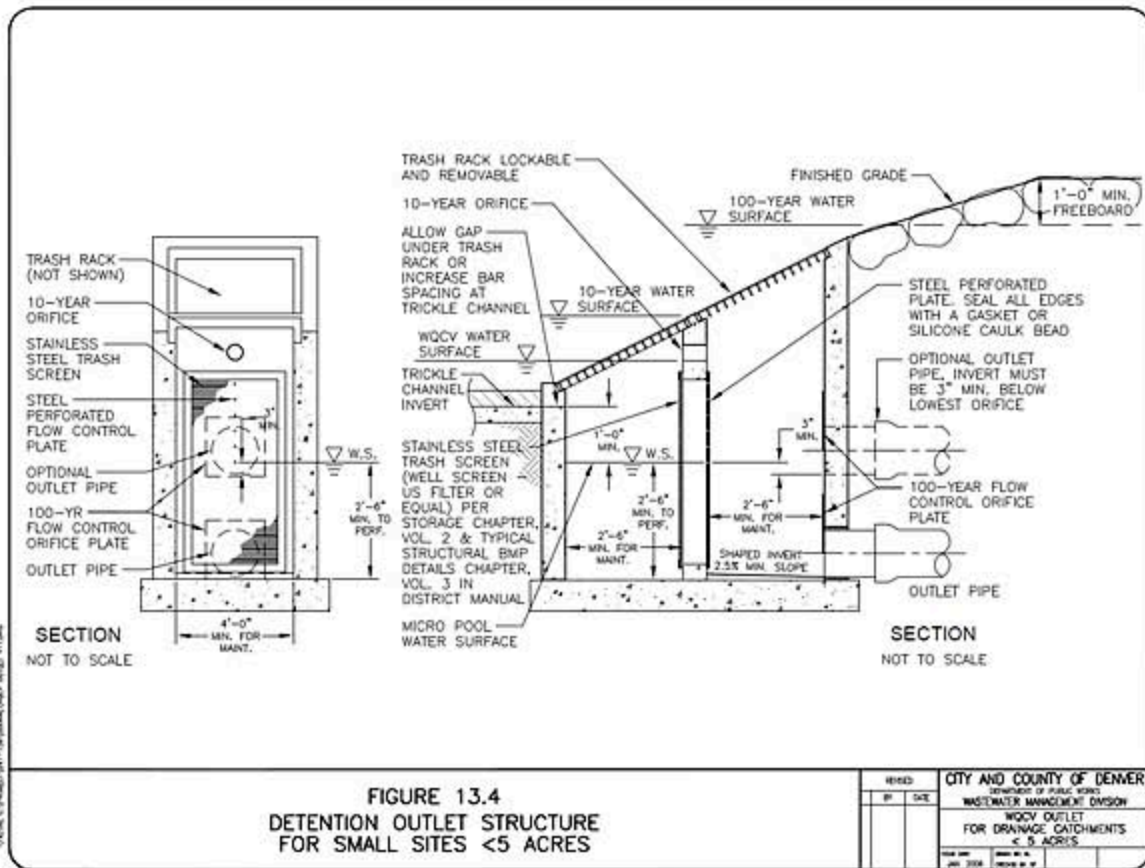
$V_r$  = 滯洪量 (acre-feet)

$r_{eff}$  = 有效降雨量 (如表 4) (inches)

$A$  = 開發基地面積(acres)

**表 4 丹佛市滯洪量計算所需有效降雨量表**

% Impervious	Effective Rainfall ( $r_{eff}$ )	% Impervious	Effective Rainfall ( $r_{eff}$ )
35	2.56	70	3.54
40	2.70	75	3.68
45	2.84	80	3.82
50	2.98	85	3.96
55	3.12	90	4.10
60	3.26	95	4.24
65	3.40	99	4.35



資料來源：丹佛市及駱基兩排水設計和技術標準手冊

圖 18 丹佛市滯洪設施標準圖範例

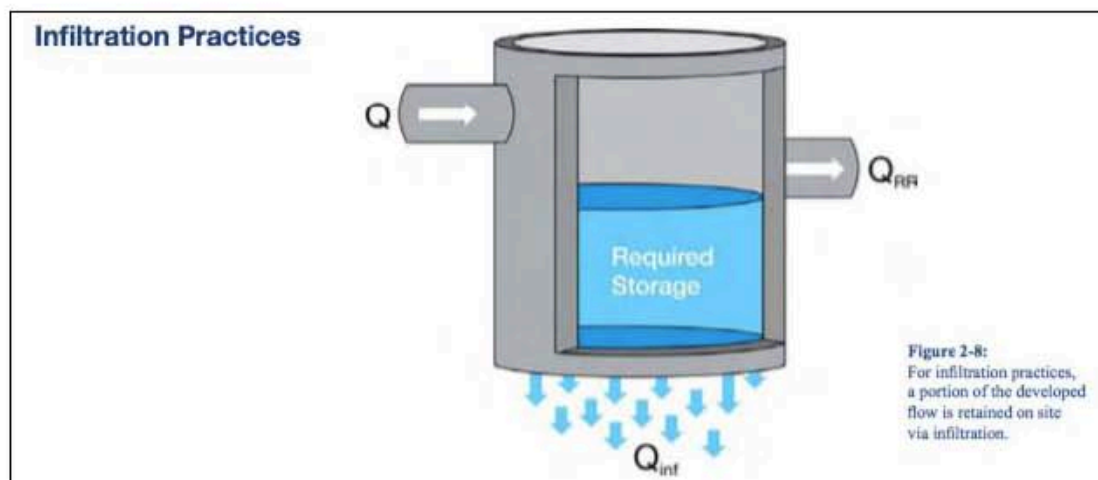


### (五) 美國紐約市規範

紐約市在 2010 年公布「紐約市暴雨管理系統設計及施工規範」(Guidelines for the Design and Construction of Stormwater Management Systems, NYC Environmental Protection, 2012)。2010 年紐約市發布的綠色基礎設施計畫，計畫在 2030 年全市 10% 不透水面積內管理 1 英吋降雨並納入污水系統，為此承諾當局準備花費 \$ 1.5 億美元構建綠色基礎設施項目。

本手冊允許不同類型的雨水管理系統，包括地面及屋頂雨水回收系統，儲存雨水後緩慢釋放進入下水道系統或通過入滲系統進入土壤。

入滲系統的效果可參考鑽探成果及入滲試驗成果決定，將入滲量與雨水放流率 (stormwater release rate) 組合，可以決定一個適當的儲存量，示意如圖 19。



資料來源：紐約市暴雨管理系統設計及施工規範

圖 19 入滲量、貯留量與入出流關係示意圖

手冊歸納六種常見逕流控制工法，可適用於不同工址條件，這六種控制工法又可概分為地下系統 (subsurface system) 及屋頂系統 (rooftop system)。

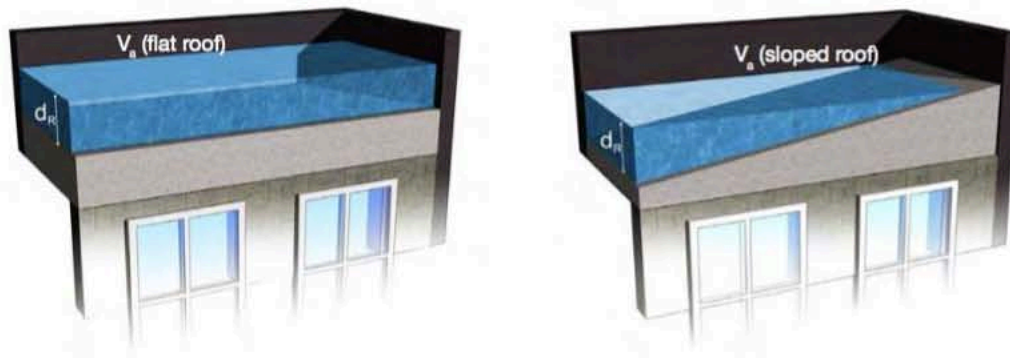
#### 1. 地下系統

- (1) 地下貯水槽：可為混凝土結構、涵管等型式，可採封底或不封底結構。
- (2) 礫床：以級配材料裝鋪的面層，由級配孔隙作為貯水空間，以提供滯洪及入滲功能。
- (3) 開孔管：同來與不同貯水及輸水系統結合，提供入滲功能。
- (4) 下滲式雨水井：以不封底方式提供滯洪及入滲功能。

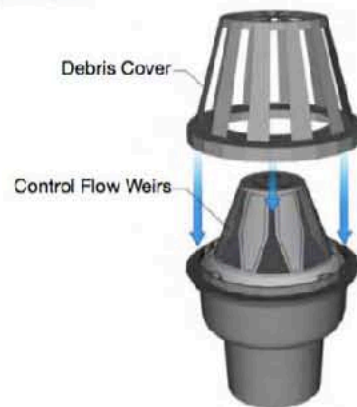
#### 2. 屋頂系統

- (1) 藍屋頂 (blue roofs)：設置於屋頂的滯洪系統，提供暫時滯洪空間，於暴雨期間緩慢釋放流量進入下水道系統，並設有溢流設施，示意如圖 20。

### Roof Slope and Storage Volume



### Controlled Flow Roof Drain



資料來源：紐約市暴雨管理系統設計及施工規範

圖 20 藍屋頂貯水空間及控制流出閘件示意圖

- (2)綠屋頂 (green roofs)：表面有植生覆蓋，植生下有級配層保水，綠屋頂系統可提供保水及蒸發散功能。

## 三、 流出抑制設施設計參考

臺北市流出抑制設施設計目前主要依據「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準」為主，其內容主要規範「最小保水量」(已建議修改為「最小貯集滯洪量」)及最大排放量，然對於流出抑制設施配置及相關計算並無明確訂定。因此臺北市政府工務局水利工程處預計訂定「流出抑制設施設計參考手冊」：本文僅就目前進行中可能之用語定義、適用範圍、設計要點、設計基準及案例等進行說明，希望能提供未來設計者作為流出抑制設施設計時之參考。

### (一) 用語定義

- 1.1 最小貯集滯洪量：基地開發應貯集或滲透之最小雨水總體積，以基地面積每平方公尺應貯集 0.078 立方公尺之雨水體積為計算基準。

- 1.2 最大排放量：基地開發每秒鐘得允許排放之最大雨水體積，以基地面積每平方公尺每秒鐘允許排放 0.0000173 立方公尺之雨水體積為計算基準。
- 1.3 雨水流出抑制設施：控制排放雨水逕流量至基地外之設施。
- 1.4 基地開發面積：基地開發面積基準說明詳下表

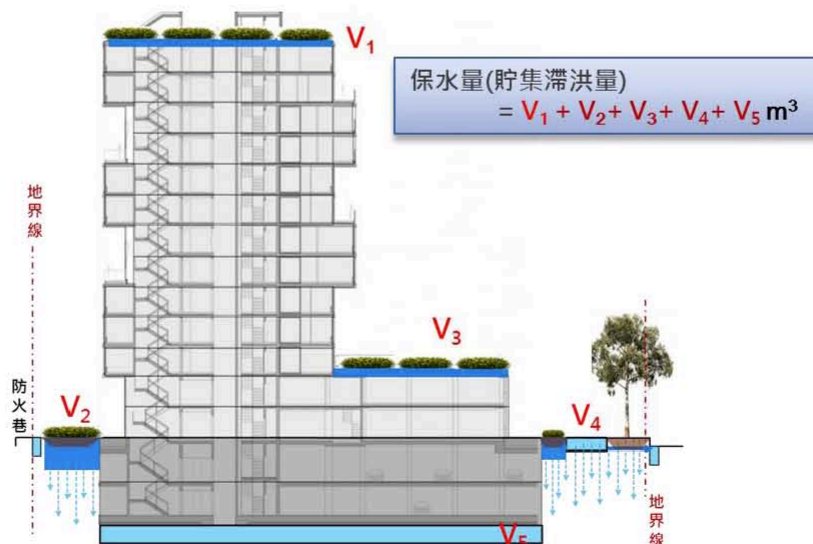
開發行為別	基地開發面積計算基準(m <sup>2</sup> )
新建	依地地事業主管機關核准開發或利用許可之面積
增加原建築第一層樓地板面積	以實際增建建築面積除以法定建蔽率計算
改建	以實際改建建築面積除以法定建蔽率計算

表列增加原建築第一層樓地板面積及改建面積為建管處認定之一層建築面積(不含騎樓)，此面積可參照建造執照內建築物概要表。

- 1.5 停機水位須高於抽水機設備本身持續運轉最低水位。
- 1.6 起抽水位為抽水機持續運轉 15 分鐘以上之設計水位。
- 1.7 貯集滯洪池有效水深為起抽水位至貯集滯洪池設計最高水位。

## (二) 設計要點

- 2.1 流出抑制設施規劃前應詳細檢討基地周邊既有排水設施條件，優先採用重力式排放。
- 2.2 流出抑制設施可於法定空地、建築物屋頂、地面層、地下層或筏基內設置水池或雨水花園、水槽等多元雨水貯集或入滲手法，以收集屋頂、外牆面或法定空地之雨水，並連接至控制排放量設施後再排出至建築基地外雨水下水道系統，示意如圖 21。



資料來源：水環境低衝擊開發示範與推動計畫及本計畫修編

圖 21 各類貯集滯洪量設於建築體示意圖

- 2.3 綠建築相關保水設施之量體，得納入貯集滯洪量一併檢討，但其納入量以所需貯集滯洪量之百分之二十為上限。(貯集滯洪量之設定主要目的為協助防洪減災，雖然保水入滲對於臨前降雨有其協助防洪之功效，但對削減高重現期距暴雨事件洪峰量則功效有限；然考量保水對水循環及微氣候均具調節功能，因此有必要鼓勵設置，但量不宜過大，否則將減損防洪功能。)
- 2.4 無法以重力式排放雨水而採機械抽排者，為避免機組故障影響設施之安全，應設有備用機組及必要之溢流措施。
- 2.5 抽水機抽出後應先排入消能設施，不得直接抽排進入公共排水溝；若基地條件受限者，應提出其他替代方案。
- 2.6 電動閥或電磁閥須考慮停電時可手動關閉機制。
- 2.7 機械抽排設計需檢討進、出水管設置位置之妥適性，不得影響建築結構安全及其他設施功能。
- 2.8 流出抑制設施型式應考量日後使用人之維護管理及使用便利性。基地使用人依據「臺北市下水道管理自治條例」第九條，對設置之相關流出抑制設施應負維護責任，市府日後得對已完工設施定期進行查核及輔導工作。

### (三) 設計流程

流出抑制設施設計除基地內設施配置外，亦須考量基地周邊高程及既有排水設施現況，以避免排水設計不良造成後續維管問題，設計流程如圖 22：

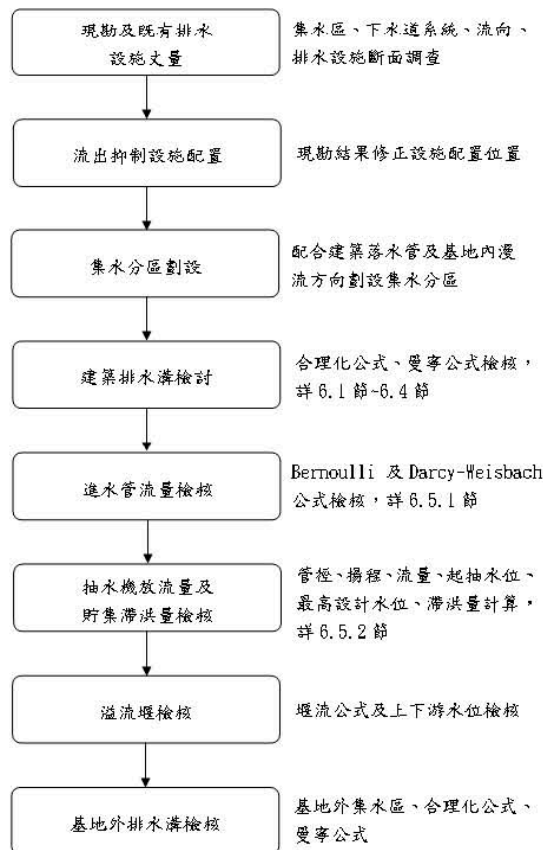


圖 22 設計流程圖

## (四) 設計型式及案例說明

流出抑制設施設計主要為重力排放、機械抽排、機械及重力排放並存等型式，以下針對各型式設計樣態表列如表 5。

表 5 流出抑制設施設計樣態比較表

設計方式	重力排放	機械抽排	機械及重力 排放並存
收水方式	皆收進貯集滯洪池	皆收進貯集滯洪池	雨量小直接排放，雨量大時則收進貯集滯洪池
排放方式	重力式排放	機械抽排	雨量小採重力式排放，雨量大採機械抽排
適用條件	貯集滯洪池最低水位高於區外排水設施設計水位	基地內排水溝渠底高程低於區外排水設施設計水位。	基地內排水溝最下游渠底高程高於銜接區外排水設施設計水位高程。
設施元件	流量控制設施	1.制水閥件(設計者選用) 2.抽水系統 3.流量控制設施	1.制水閥件(設計者選用) 2.抽水系統 3.流量控制設施
耗能	低	高	中
維護管理 難易度	低	高	高

流出抑制設施設計型式並非一成不變，以下提供範例說明相關計算方式。此範例含三種設計型式，分別為抽水、重力及抽水併存、重力型式，另於有範例結合雨水回收池、保水設施等設計理念。設計前應詳細檢討基地周邊既有排水設施條件，優先採用重力式排放：

1. 若基地內雨水貯集滯洪池設置位置及基地外既有排水溝、集水井或人孔設施深度能符合重力排放條件，則以重力型式設計；
2. 若雨水貯集滯洪池設置位置受限，則可採重力及抽水併存型式設計；
3. 若完全無重力排條件，最後再採抽水型式設計。

## (1) 重力型式及相關計算（配置示意如圖 23）

雨水貯集滯洪池採重力排放相關公式簡化如下：

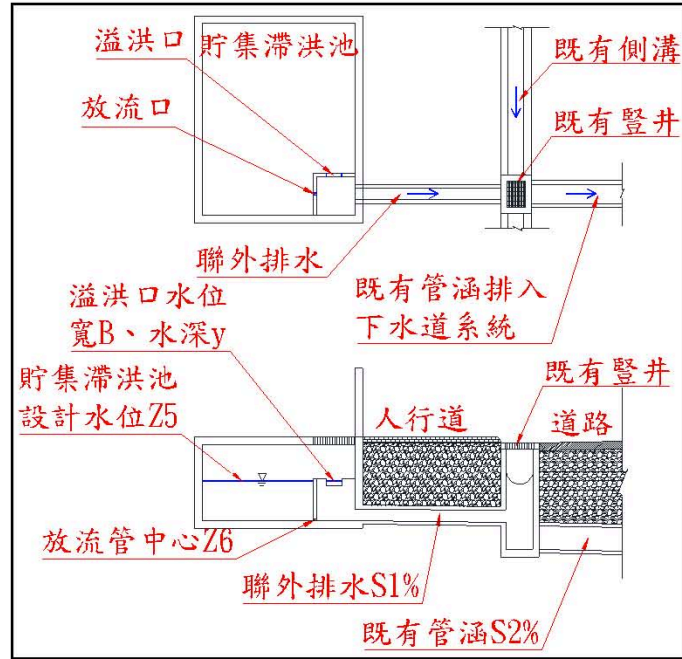


圖 23 重力型式貯集滯洪配置示意圖

I. 放流口流量

$$Q = 2.0862 \times L \times L \times (Z5 - Z6)^{0.5} \quad (3-1)$$

II. 溢洪口流量

$$Q = 1.767 \times B \times y^{3/2} \quad (3-2)$$

III. 聯外排水及既有管涵

曼寧公式計算流速及流量

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (3-3)$$

其中：V：流速(m/sec)，R：水力半徑(m) =  $A/P$ ，

A為通水面積(m<sup>2</sup>)，P為濕周(m)，S：排水溝坡度，n：粗糙係數。

(2) 抽水型式及相關計算

I. 進流管示意及水理計算

進水管(配置示意如圖 24)採用 Bernoulli equation 計算，水頭損失主要有摩擦、入口、出口、彎頭、電動閥(或電磁閥)等，計算如下：

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_L \quad (3-4)$$

式中， $P_1=0$ 、 $P_2=0$ 、 $V_1=0$

$$Z_1 = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_L$$

$$Z_1 = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \lambda \frac{L}{D} \times \frac{V_2^2}{2g} + K \times \frac{V_2^2}{2g}$$

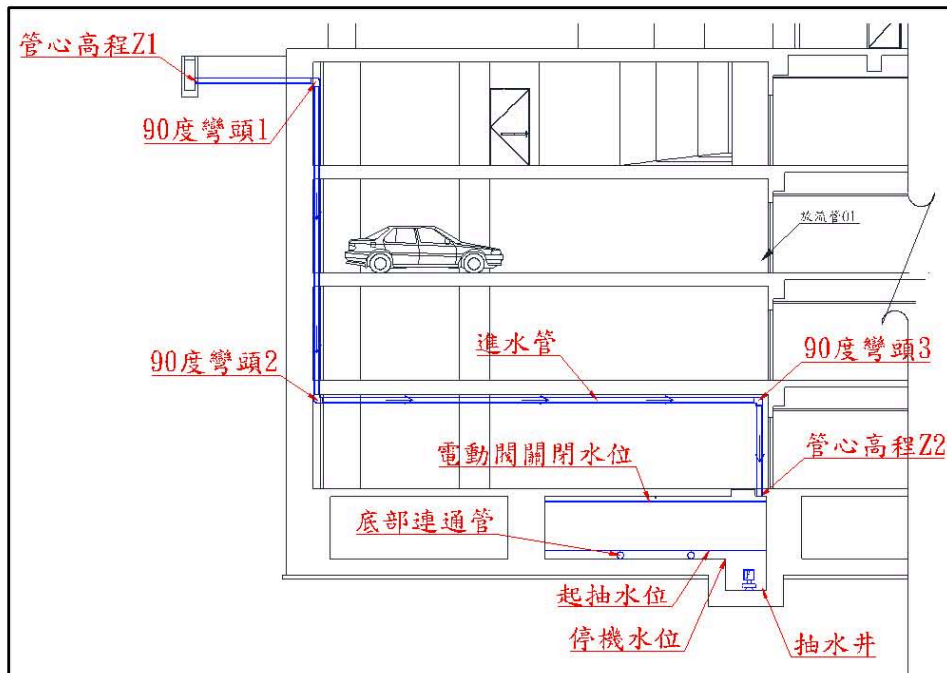


圖 24 抽水型式進流管配置示意圖

## II. 放流管示意及水理計算

放流管(配置示意如圖 25)依抽水機型式、計算揚程包含之損失主要有摩擦、入口、出口、彎頭、逆止閘、閘閥、防震接頭損失等，計算示如下：

$$D = 146 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

依抽排量  $Q$ ，並設得  $V=2.0\sim 3.0\text{m/sec}$ ，求得適當管徑  $D$ ，且須符合市面常用規格。

依抽水機動力計算公式及選取之抽水機性能曲線對應，以試誤法求得符合揚程及流量之抽水機。

$H$ ：總揚程(m)

$$= H_a(\text{淨揚程}) + H_f(\text{摩擦損失水頭}) + H_{f'}(\text{其他零星損失水頭})$$

$$H_a(\text{淨揚程})=Z_3-Z_4$$

$$H_t(\text{摩擦損失水頭}) = \lambda \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$H_f(\text{其他零星損失水頭})= K \times \frac{V^2}{2g} \quad , \text{查表求得 } K$$

抽水機設置於抽水井井底，雨水貯留池最高水位高程  $Z_4$ ，放流管出口處管中心高程  $Z_3$ ，其淨揚程為兩者之高程差。

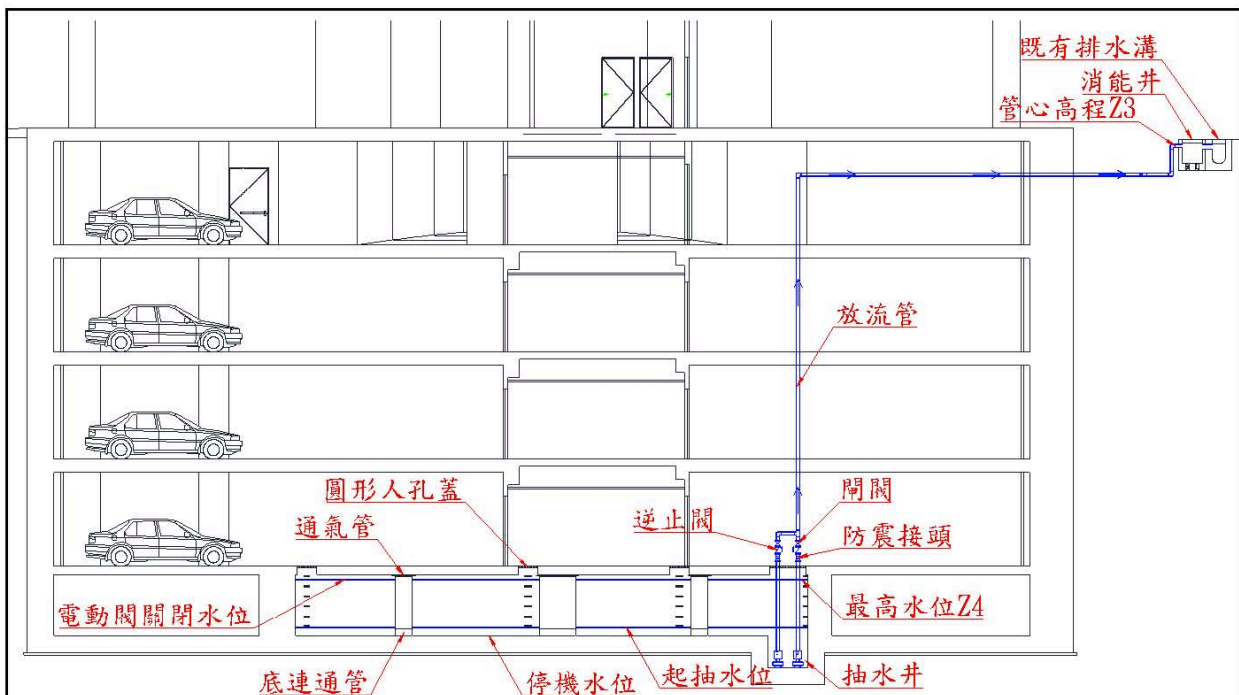


圖 25 抽水型式放流管配置示意圖

依據抽水量  $Q \text{ m}^3/\text{min}$  及總揚程  $H$ ，對應抽水機性能曲線，求得符合揚程及流量之抽水機，如圖 26。



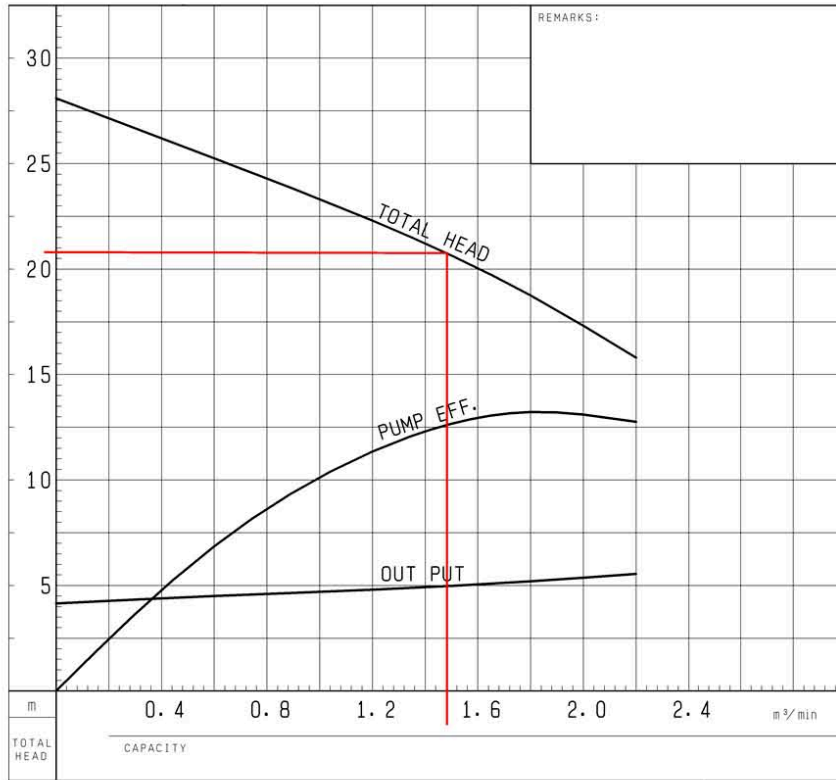


圖 26 抽水機性能曲線選用示意圖

(3) 重力及抽水併存

I. 範例一

建築排水溝與集水井銜接處設一矮墩，並設置放流管排至基地外排水溝，低流量時以此放流管外排，高流量時，排水溢過矮墩由進水管排入雨水貯集滯洪池再以抽水機放流；當流量大過設計流量時，再由溢洪口外排，低流量放流管及抽水機放流量之加總須小於規範值，配置示意如圖 27，放流計算如下：

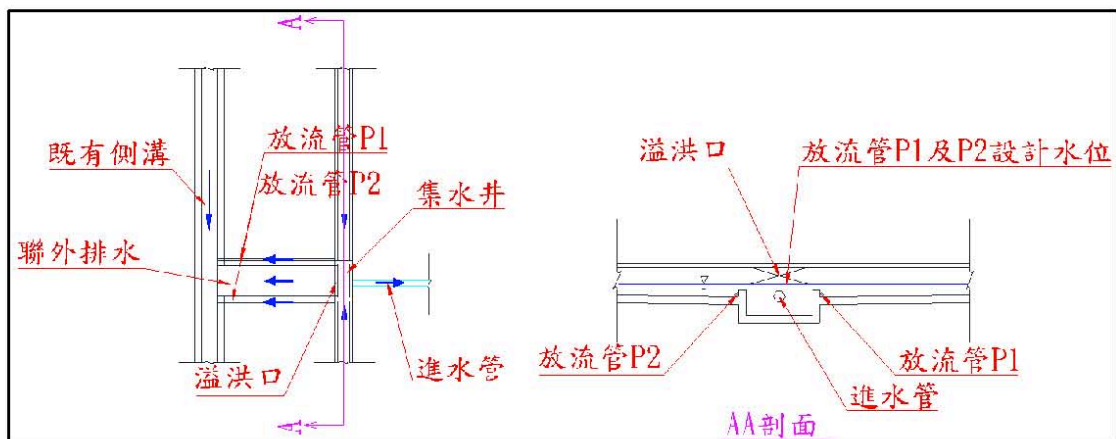


圖 27 重力及抽水併存配置範圍一示意圖

a. 溢洪口流量

以溢洪口斷面推算設計水位

溢流量計算公式如下：

$$Q = 1.767 \times B \times h^{3/2}$$

b. 進水管、小流量放流管流量

進水管及小流量放管均採Bernoulli equation計算，惟小流量放流管上游水位須設計於溢流堰堰頂位置。

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_L$$

式中，P=壓力，Z=位置水頭(m)，V=流速(m/sec)

$H_L$ =水頭損失(m)

c. 抽水機放流管流量

抽水機放流管同前節抽水機放流管計算方式，惟抽水機放流管及小流量放流管流量合計不能大於允許放流量。

II. 範例二

集水井溢流堰堰身處設置一矩形窄堰，並於建築排水溝側壁開設側堰，低流量時以此矩型窄堰放流，高流量時由側堰排入雨水貯集滯洪池，當流量大過設計流量時，再由溢流堰外排，溢流窄堰及抽水機放流量加總須小於規範值。示如圖 28。

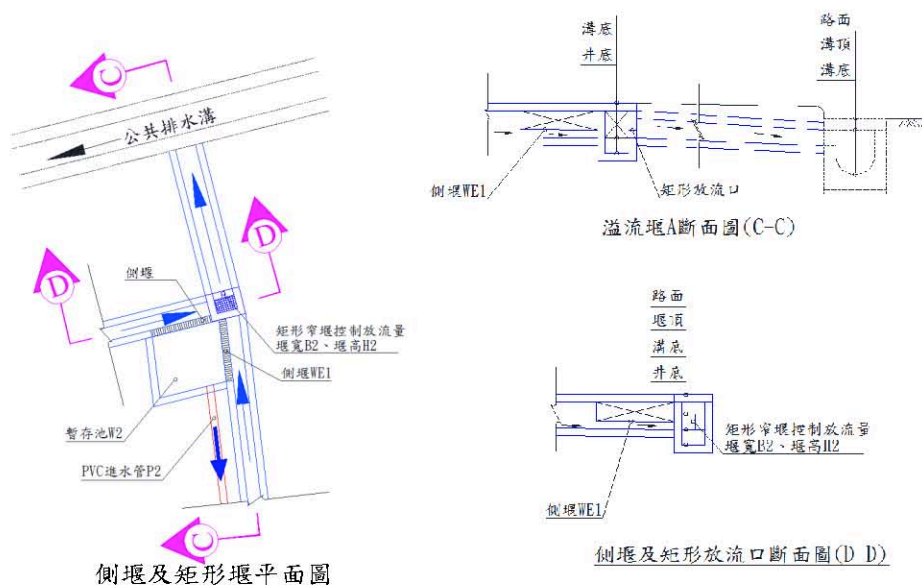


圖 28 重力及抽水併存配置範例二示意圖

a. 溢洪口流量

以溢洪口斷面推算設計水位

計算方式詳前節溢洪口流量計算公式(3-2)。

b. 矩型窄堰流量

以矩形窄堰斷面推算放流量

計算方式詳前節溢洪口流量計算公式(3-2)。

c. 側堰

以側堰斷面推算入流量

溢流量計算公式如下：

$$Q = 0.825 \times B \times h^{3/2}$$

d. 進水管流量

將設計水位帶入伯努力方程式計算進水管流量

計算方式詳前節進水管流量計算公式(3-4)。

(4) 結合雨水回收池

進水管直接排入雨水回收池，當雨水回收池水位滿過溢流堰後再排入雨水貯集滯洪池，可提升雨水回收利用水量，示意如圖 29。

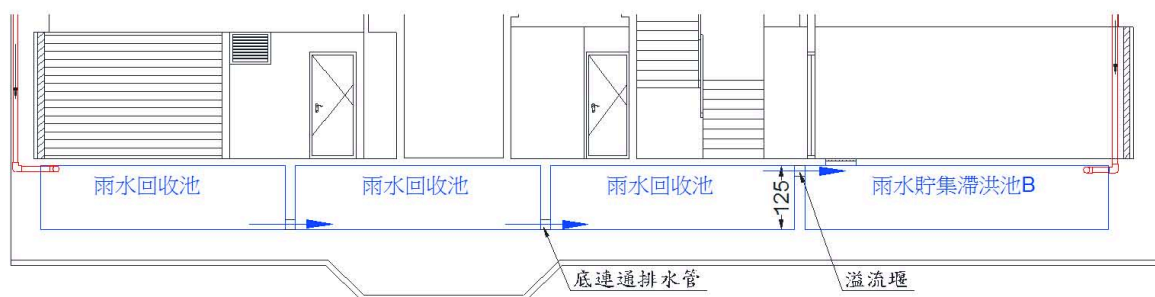


圖 29 雨水回收池與貯集滯洪池結合示意圖

(5) 結合保水、透水

雨水除進入雨水貯集滯洪池外，亦可由植生綠地、草溝、花臺、綠屋頂、透水鋪面等設施貯及滯洪，此範例以植生綠地及多孔透水管方式搭配，設計詳圖請參考保水設計示意圖 30。

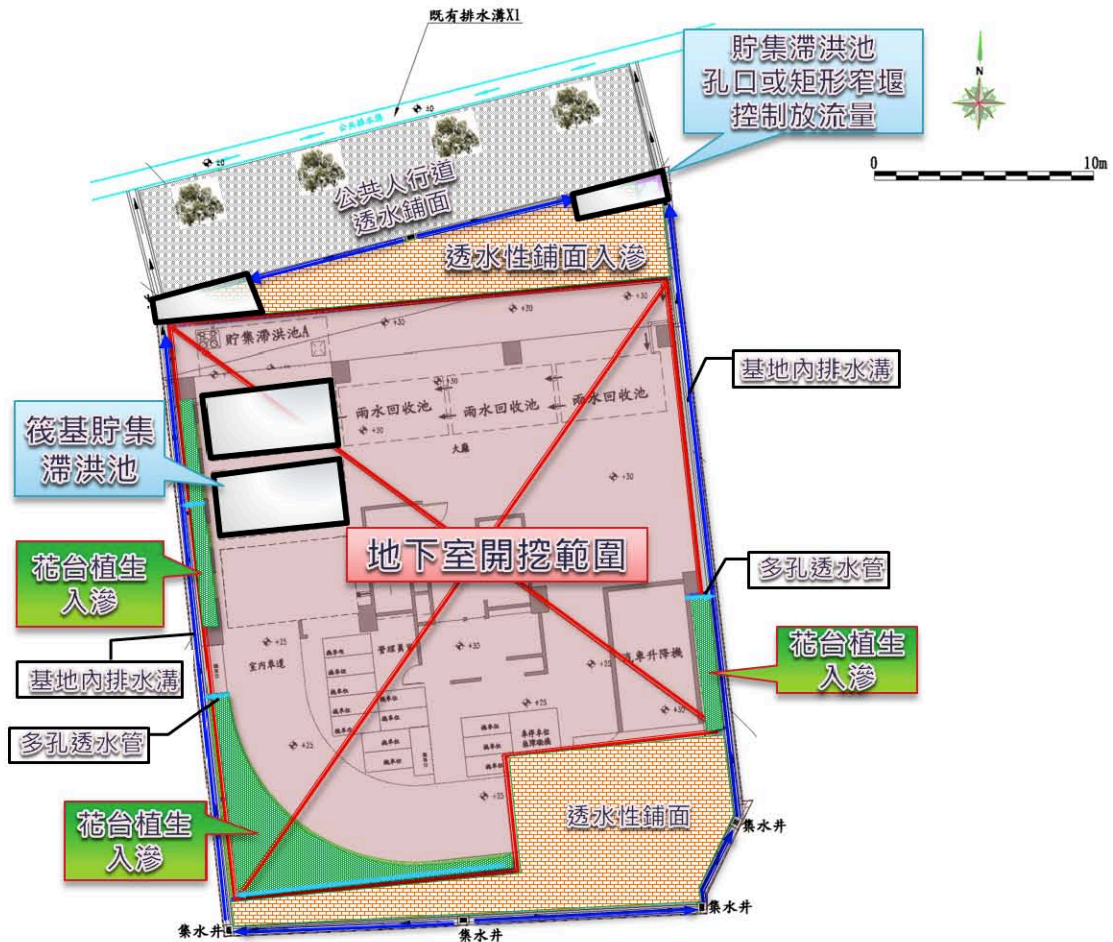


圖 30 保水、透水與貯集滯洪池結合示意圖

#### 四、 結論與建議

- (一) 臺北市執行流出抑制申請執行已近四年，於設計及維護管理等陸續出現問題亟需調整及改進。臺北市政府水利處本於對環境及防災保護的堅持，雖然遇有許多壓力但仍持續推動，除修正改進相關法規外並推動技術規範之擬定，以化反對的意見為贊成想法。
- (二) 本文為提供目前所蒐集之國內、外相關規範案例供參。希望能藉由案例之提出，並經由各界提供不同的專業意見，以供未來執行相關流出抑制設施時能有更佳及多元的設計方案出現，以達防災節能的目的。
- (三) 目前營建署正委託推動「水環境低衝擊開發示範與推動計畫」，訂有各類低衝擊開發 (Low Impact Development, LID) 設施操作手冊，如何應用此設施以有效協助削減高重現期距暴雨事件洪峰量，將是未來持續推動的一項課題。

投稿 106.04.21  
校稿 106.04.24  
定稿 106.04.26