

# 建築基地保水滲透技術設計規範與 法制化之研究

子計畫一：滲透管溝滲透試驗  
及電腦輔助設計軟體之研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 95 年 12 月

PG9502-0272

# 建築基地保水滲透技術設計規範與 法制化之研究

## 子計畫一：滲透管溝滲透試驗 及電腦輔助設計軟體之研究

受委託者：台灣雨水利用協會

研究主持人：廖副教授朝軒

協同主持人：蔡助理教授耀隆

研究助理：劉冠廷、蘇嘉民

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 95 年 12 月

ARCHITECTURE & BUILDING RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF INTERIOR  
RESEARCH PROJECT REPORT

Study on the Design Guideline and  
Regularization of Rainwater  
Conservation and Infiltration Techniques  
at Building Site  
Sub-project I: The Experimental Analysis  
and Design Package of Infiltration  
Gutters and Pipes

BY

CHAO HSIEN LIAW

YAO LUNG TSAI

KUAN TING LIU

JIA MIN SU

Dec 20, 2006

## 目次

表次	· · · · ·	
圖次	· · · · ·	
摘要	· · · · ·	IX
第一章 前言	· · · · ·	1
第一節 計畫緣起與目的	· · · · ·	1
第二節 計畫工作項目與內容	· · · · ·	2
第二章 滲透管溝之型式與特性	· · · · ·	9
第一節 滲透管溝之型式	· · · · ·	9
第二節 滲透管溝之影響因素	· · · · ·	12
第三節 滲透管溝之初步選址探討	· · · · ·	16
第三章 滲透管溝之設計理論探討及試驗規劃	· · · · ·	19
第一節 滲透排水管設計理論之探討	· · · · ·	19
第二節 滲透管溝現地施工規劃	· · · · ·	25
第三節 滲透管溝模組化試驗模型建置	· · · · ·	33
第四節 滲透管溝試驗規劃	· · · · ·	40
第四章 滲透管溝滲透性能分析	· · · · ·	51
第一節 滲透排水管試驗與結果分析	· · · · ·	51
第二節 不同型式滲透排水管滲透性能探討	· · · · ·	60
第三節 不同型式滲透排水管保水性能探討	· · · · ·	63
第四節 不同型式滲透管溝保水性能探討	· · · · ·	66
第五章 滲透管溝之法制化研究	· · · · ·	73
第一節 設計技術規範之研擬	· · · · ·	73
第二節 電腦輔助設計軟體	· · · · ·	75

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

第三節 建築基地保水設計方法之探討	81
第六章 結論與建議	95
第一節 結論	95
第二節 建議	98
附錄一 建築基地保水滲透設計技術規範(草案)	101
附錄二 審查會議紀錄及處理情形	161
參考書目	169

## 表次

表 2-1 土壤種類與入滲率及最大設計深度 之關係表	14
表 2-2 滲透管溝設置前之初步建議調查項目 與評估原則	17
表 3-1 滲透側溝之分類一覽表	40
表 3-2 滲透排水管之分類一覽表	42
表 4-1 滲透排水管（開孔率 3.7%）滲透試驗結果	53
表 4-2 滲透排水管（開孔率 1.8%）滲透試驗結果	56
表 4-3 滲透排水管（開孔率 1.2%）滲透試驗結果	57
表 4-4 滲透排水管（開孔率 81%）滲透試驗結果	59
表 4-5 不同型式滲透管溝之設計公式	72
表 5-1 土壤分類與土壤滲透係數、最終入滲率對照表	85
表 5-2 保水指標計算結果	86
表 5-3 土壤滲透性較小與不同延時下 保水指標計算結果	87
表 5-4 保水量設計公式建議修訂方式	93

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

## 圖次

圖 1-1 都市化造成之水循環影響	1
圖 1-2 研究流程示意圖	6
圖 2-1 基地保水滲透設施整體規劃配置示意圖	9
圖 2-2 滲透排水管示意圖	10
圖 2-3 滲透側溝示意圖	11
圖 2-4 滲透陰井示意圖	12
圖 2-5 滲透管溝與（滲透）陰井組合配置 構造示意圖	12
圖 2-6 三角座標土壤分類	13
圖 3-1 滲透井示意圖	20
圖 3-2 滲透排水管入滲示意圖	22
圖 3-3 滲透排水管貯蓄狀況示意圖	25
圖 3-4 試驗區施作範圍配置圖	26
圖 3-5 滲透側溝現地開挖概況	27
圖 3-6 現場會商討論概況	29
圖 3-7 二不同材質滲透側溝斷面圖	29
圖 3-8 二不同材質滲透側溝剖面圖	29
圖 3-9 滲透側溝選用之級配	30
圖 3-10 滲透側溝施工概況	31
圖 3-11 滲透側溝完工後概況	32
圖 3-12 滲透管溝模組化室內試驗模型構造圖	34
圖 3-13 滲透管溝模組化室內試驗模型裝設 施工概況	37



圖 3-14 滲透側溝之材料	41
圖 3-15 滲透排水管之材料	42
圖 3-16 滲透排水管之開孔型式	42
圖 3-17 滲透排水管試驗模型	43
圖 3-18 滲透排水管試驗模型裝設概況	44
圖 3-19 滲透排水管試驗模型防水施作	46
圖 3-20 滲透排水管試驗測試	47
圖 3-21 地面貯水槽位置圖	48
圖 3-22 試驗用水回收水管	48
圖 3-23 試驗用水管線配置上視圖	49
圖 3-24 試驗用水管線配置側視圖	49
圖 4-1 試驗概況	52
圖 4-2 滲透排水管（開孔率 3.7%） $A_{u.s}$ 與 $H$ 關係圖	54
圖 4-3 滲透排水管密封施作及試驗概況	55
圖 4-4 滲透排水管（開孔率 1.8%） $A_{u.s}$ 與 $H$ 關係圖	56
圖 4-5 滲透排水管（開孔率 1.2%） $A_{u.s}$ 與 $H$ 關係圖	58
圖 4-6 網狀滲透管	58
圖 4-7 滲透排水管（開孔率 81%） $A_{u.s}$ 與 $H$ 關係圖	59
圖 4-8 滲透排水管（開孔率 3.7%） $A_{u.s}$ 、 $H$ 與 $R$ 設計曲線	61
圖 4-9 滲透排水管（開孔率 1.8%） $A_{u.s}$ 、 $H$ 與 $R$ 設計曲線	61

圖 4-10 滲透排水管 (開孔率 1.2%) $A_{u.s}$ 、 $H$ 與 $R$ 設計曲線 . . . . .	62
圖 4-11 滲透排水管 (開孔率 81%) $A_{u.s}$ 、 $H$ 與 $R$ 設計曲線 . . . . .	62
圖 4-12 滲透排水管 (開孔率 3.7%) 單位長度 保水量設計曲線 . . . . .	63
圖 4-13 滲透排水管 (開孔率 1.8%) 單位長度 保水量設計曲線 . . . . .	64
圖 4-14 滲透排水管 (開孔率 1.2%) 單位長度 保水量設計曲線 . . . . .	64
圖 4-15 滲透排水管 (開孔率 81%) 單位長度 保水量設計曲線 . . . . .	65
圖 4-16 滲透排水管之形狀設計因子關係圖 . . . . .	65
圖 4-17 不同開孔率滲透排水管之 $A_{u.s}$ 變化趨勢 ( $R=0.2m$ ) . . . . .	67
圖 4-18 不同開孔率滲透排水管之保水曲線 ( $K_{soil}=10^{-3}m/s$ ) . . . . .	69
圖 4-19 不同開孔率滲透排水管之保水曲線 ( $K_{soil}=10^{-5}m/s$ ) . . . . .	69
圖 4-20 不同開孔率滲透排水管之保水曲線 ( $K_{soil}=10^{-7}m/s$ ) . . . . .	70
圖 4-21 不同開孔率滲透排水管之保水曲線 ( $K_{soil}=10^{-9}m/s$ ) . . . . .	70
圖 4-22 滲透陰井構造示意圖 . . . . .	71
圖 5-1 評估系統架構 . . . . .	76

圖 5-2 評估系統操作視窗	76
圖 5-3 設計兩型與側溝水位變化示意圖	89
圖 5-4 滲透管溝構造圖	91

## 摘 要

關鍵詞：滲透管溝、綠建築、基地保水

### 一、研究緣起

由於都市地區日漸不透水化，因而產生種種的都市化問題，這些問題大部分可透過「建築基地保水滲透技術」加以改善；然而目前我國的綠建築政策對於此技術尚處於理論假設之計算層次，故如何落實於執行面以利推廣應用實為當務之急。本整合型研究計畫即是基於前述理念，進行「建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究」；本子計畫為「建築基地保水滲透技術」中「滲透管溝」工法之性能實驗解析四年計畫第年度計畫，主題為：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計軟體之研究。

### 二、研究方法及過程

#### (一) 滲透排水管之試驗規劃與研究

本跨年度計畫迄今已進行四不同型式（透水磚、紅磚及二排水型側溝）滲透側溝之滲透試驗，並初步建立不同型式滲透側溝與土壤滲透性下之保水量計算公式。為使相關研究更趨完備，本年度擬以「滲透管溝模組化室內試驗模型」進行不同型式滲透排水管觀測試驗，目前已初步針對二不同型式（開孔率）之滲透排水管進行試驗。

#### (二) 理論及計算方法之發展與修正

本年度擬發展滲透排水管之保水容量設計理論，並輔以試驗結果進行修正，以建立其保水量之設計方法。同時對於之前發展之滲透側溝之保水量設計理論與方法，則持續進行試算與修正，以使能符合建築師現地使用。

#### (三) 更新修訂技術手冊

本年度將進一步彙整相關成果進行整合，研擬「建築基地保水滲透設計技術規範」，內容包含「滲透管溝」及「透水鋪面」二項保水設計。

#### (四) 設計軟體之研究

計畫之研究成果必須轉化成建築師或設計師可資應用與參考之準則與推動依據，方能獲致實質應用之意義。故本計畫擬以發展之理論方法為基礎，

研發「滲透管溝電腦輔助設計軟體」。

#### (五) 設計軟體之整合

建立「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」套裝軟體，主要內容除包含「滲透管溝電腦輔助設計軟體」外，並整合「透水鋪面」及「雨水貯留利用」二子計畫之設計程式。在實務設計上，「滲透陰井」常與「滲透管溝」合用，且內政部建築研究所自辦研究案—「滲透陰井之試驗解析」業已獲得極佳之成果；故本計畫擬在軟體整合時亦將其納入，以健全評估系統之完整性。此評估系統可節省規劃設計時之人力、物力及時間，極具推廣及應用價值。

### 三、重要發現

#### (一) 滲透排水管滲透性能及容量設計理論之探討

本計畫以達西定律推導滲透側溝入滲性能公式，將滲透排水管之入滲性能以一參數「比滲透面積」表示，此結論並從三維穩定流滲透設施入滲理論得到證實。同時以此為基礎進一步建立單位長度保水量設計公式。相關公式經試驗數據率定參數後，可用於估算在不同土壤情況下，滲透排水管之設計保水量。

#### (二) 滲透管溝室內試驗規劃

本計畫以「滲透管溝模組化室內試驗模型」對滲透排水管進行非流動穩態滲透試驗，以作為容量設計理論發展之依據。因此依據上述試驗項目擬定相關試驗步驟，並已規劃建置試驗供水系統，此供水系統可將試驗用水回收循環使用。

「滲透管溝模組化室內試驗模型」於94年度上半年度完成，下半年度即進行模型校正、試驗規劃並完成二不同型式之側溝試驗。本年度則進行模組變更，重新進行試驗規劃並完成四不同形式之滲透排水管試驗。由試驗之過程及結果顯示，藉由「滲透管溝模組化室內試驗模型」進行試驗，模組變更容易且不受天候影響，遠較現地試驗有效率，模型之建立符合預期之規劃目標。

#### (三) 滲透管溝之分類

本計畫對於滲透管溝之種類進行初步探討，首先就滲透側溝而言，依據

雨水經由滲透材料滲透的方式，其滲透機制可區分為三類，分別為：全面滲透、部分滲透及排水機制。新店試驗區之透水磚側溝及紅磚側溝即分屬於第一類及第二類。而滲透排水管方面，亦依據雨水經由滲透材料滲透的方式，可分為排水機制與全面滲透二類。

#### (四) 滲透排水管室內試驗規劃

考慮推廣及實用性並參考「綠建築解說與評估手冊」，滲透排水管採用「有孔排水管」為試驗對象。本計畫採用之滲透排水管為高密度聚乙烯材質，內徑為 20cm，排水孔直徑為 0.7mm，可視實際需要加鑽或塞住部分排水孔以模擬不同開孔率（開孔面積/單位長度排水管面積）之滲透排水管滲透情形。

#### (五) 試驗結果分析與理論之落實－保水量設計公式之建立與應用

本計畫對於不同開孔率之有孔排水管進行滲透試驗，開孔率分別為 81%、3.7%、1.8%與 1.2%。結果顯示開孔率 1.2%、1.8%排水管之滲透性分別約為開孔率 3.7%排水管之 66%與 85%，而開孔率 3.7%排水管之滲透性則為開孔率 81%排水管之 68%，且隨著開孔率之增加，其滲透能力增加漸緩。同時進一步以本計畫推導之相關設計公式經試驗數據率定參數後，建立不同管徑及水位下，滲透排水管之設計保水量、設計入滲率計算公式，相關成果可做為規劃設計之依據。

#### (六) 基地保水指標計算公式之探討

目前保水指標計算公式是以土壤之飽和滲透係數為計算保水量依據，然現實狀況土壤多呈未飽和情形，因此本計畫以「最終（穩定）入滲率」計算保水指標並與原方法比較。結果顯示原計算方法之指標值偏高，特別在設計降雨延時、土壤滲透係數較小時尤為明顯，導致基地保水評定時較易通過，本計畫之計算方法則較不明顯。故在保水指標的計算上，應可採「最終入滲率」的觀念進行計算；而在設計降雨延時之選取上，本計畫則建議以目前對於颱風降雨之設計降雨延時，即 24 小時為計算依據。

#### (七) 跨年度成果整合－研擬建築基地保水滲透設計技術規範之內容

本計畫上一年度已研擬「滲透管溝設計技術規範（草案）」，此規範除彙整本計畫「滲透側溝」之研究成果，研擬修正規範條文外；本年度並整合「滲透排水管」及內政部建築研究所自辦案「滲透陰井」之計畫成果，同時進一

步納入「透水鋪面」子計畫研擬之規範內容，統整為「建築基地保水滲透設計技術規範」，以健全設計技術規範之完整性。規範中之各作業項目盡量以條例化呈現，並於各條例後撰寫說明條文及相關規劃步驟或設計原則，必要時附上相關圖表或設計圖以供參考。

#### (八) 跨年度成果整合－設計軟體之建立

本計畫目前已建立「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」套裝軟體，包含五個子系統：滲透管溝、透水鋪面、屋頂雨水貯集系統、土壤飽和滲透係數、及保水場址可行性評估。

其中「滲透管溝保水量計算」包括：滲透側溝、滲透排水管保水量計算模組，並整合建研所自辦案成果，建立「滲透陰井保水量計算模組」；而「透水鋪面」及「雨水貯留利用」計算模組則是納入另二子計畫發展之設計程式。軟體之建立能有效落實成果並獲致實質應用之意義。

#### (九) 跨年度成果整合－成果發表

本計畫迄至目前已彙整相關成果，並於 Conference on Sustainable Building South-East Asia 發表，論文作者及題目如下：

- Chen, J.L., C.Z. Huang, H.H. Hsu, Y.L. Tsai, and C.H. Liaw, “On- Site Tests on the Permeability of Infiltration Gutters,” Conference on Sustainable Building South East Asia, Kuala Lumpur, Malaysia, 2005.

此外，並將歷年成果發表於國際相關學術期刊，論文作者及題目如下：

- C. H. Liaw, Y.L. Tsai, W.M. Huang, C.Z. Huang, and J.L. Chen, “Pilot On-Site Tests to Evaluate the Permeability of Infiltration Gutters,” Water Environment Research, 2006 (SCI, in press).
- C. H. Liaw, Y.L. Tsai, W.M. Huang, C.Z. Huang, and J.L. Chen, “On-site Test on the Permeability of an Infiltration Gutter,” Building and Environment, 2005 (submitting, SCI).

藉由相關成果之發表以彰顯研究成效並進行國際經驗交流；除吸收目前各國對於基地保水滲透技術之觀念與技術，並由國際學者審視本研究之可行性、適用性、周密性與嚴謹度。

#### 四、主要建議事項

針對上述計畫成果，本計畫提出建議如下：

立即可行之建議：

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

本計畫迄今已初步彙整各年度計畫成果，建立滲透管溝保水量計算公式，並已初步研擬「設計技術規範（草案）」，此規範可作為未來修訂「綠建築解說與評估手冊」之參考。

長期性建議：

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

本計畫目前以滲透管溝為主題進行研究並已獲不錯之成果，而目前在保水設計上皆是以單一設施、單一地點的方式進行設計。若由「綠建築」拓展至「綠社區」，由「點」擴展至「面」，以「生態社區」等較大尺度為保水設計範圍，則涉及到設施串並連之保水設計方法、保水設計與區域排水介面間之整合、整體保水成效評估乃至於區域水循環效益量化評估等，實乃重要且刻不容緩之研究課題。建議主辦機關後續可朝此方向進行研究，已彰顯並擴大綠建築基地保水之整體效益。



## ABSTRACT

Keywords: Infiltration gutters, green building, rainwater conservation

There are nine indicators in the evaluation system of “Green Building” in Taiwan. The indicator of water conservation at construction site is to maintain the hydrologic conditions between pre- and after-development at the construction site. Various techniques to retain and infiltrate water are recommended in the evaluation manual. Among them, infiltration gutters are most popular used.

The purpose of the study is to analyze the characteristics of infiltration buried porous pipe and develop the design package of infiltration gutters and pipes.

The infiltration buried porous pipe of having for turning on hole rate differently, these are 81%, 3.7%, 1.8% and 1.2% respectively to hold the hole rate. The result shows 1.2%, 1.8% of hole rate of water infiltrated are for 66% and 85% separately of hold rate 3.7% infiltration buried porous pipe. The infiltration buried porous pipe of 3.7% hole rate of water infiltrated is for 68% of 81% hole rate infiltration buried porous pipe. Based on these specify results, the water retention capability for different water depths and diameter of these infiltration buried porous pipes can be obtained.

According to results above, this project developed the package “The assessment system of rainwater retention and infiltration on at building site”. This package include five subsystems: Infiltration pipe and gutter, Permeable pavement, Roof rainwater catchment system, Soil hydraulic conductive coefficient and Site set up feasible assessment. This design package developed by the study provide as the practical tools for designing infiltration gutters.

## 第一章 前言

### 第一節 計畫緣起與目的

本世紀初僅有 13%的世界人口居住在都市，而根據聯合國預測，在 2010 年將會有超過 51%的人口居住在都市地區；而台灣地狹人稠，而且工商產業發展迅速，已有將近 80%的口居住於都市計劃地區，並逐步朝向高都市化的社會發展，這不僅意味著都會紀元的來臨，更代表過多人口之集中消費，將造成局部資源的耗竭，且在都市化影響下可能造成更大範圍的水環境危機。都市化造成之水循環問題如圖 1-1 所示。

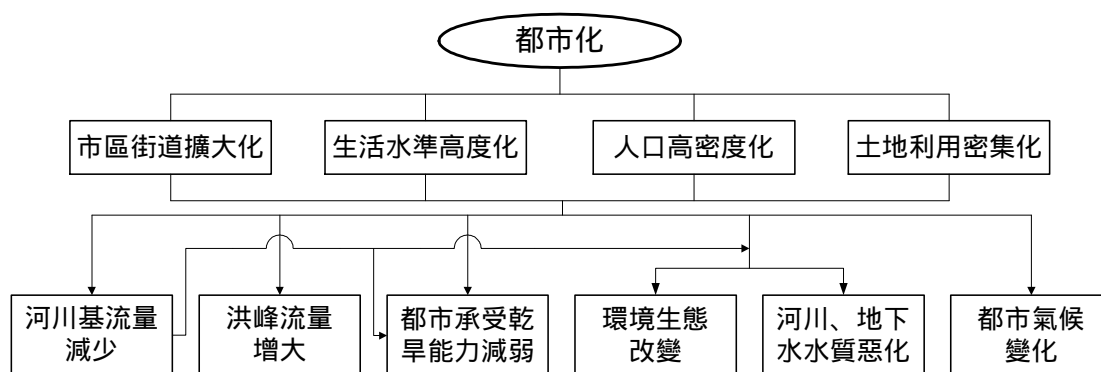


圖 1-1 都市化造成之水循環影響

資料來源：廖朝軒，2002。

台灣近年來在經濟快速發展造成之都市化期間，大多數都市計畫對逕流的處理觀念皆以遮蔽雨水（不透水鋪面）和盡早由建築物排出的方式處理，即集中末端處理的排水概念，由於這樣的逕流處理觀念使得現有都市區域缺乏保水機能，因此都市計畫應該重新考慮架構都市發展與水循環的關係。有鑑於此，內政部建研所提出「綠建築評估指標體系」，並於其中規劃「建築基地保水滲透技術」來提升基地之保水能力。

所謂「建築基地保水滲透技術」主要包括：「滲透管溝」及「透水鋪面」二項技術。然而目前我國的綠建築政策對於此二項技術尚處於理論假設計算層次，既無試驗根據亦無設計標準，尤其尚無適於台灣水/地文條件之標準，且都市計畫亦無法源賦予規劃設置之義務，因而影響了發展速度和工程質量。「建築基地保水滲透技術」因不同技術而有相異之規劃設計程序，應該根據當地情況與現場試驗研究來訂定設計及施工標準，並應修改建築技術規則及法制化工作，以為政

府落實永續城鄉建設之依據。

本子計畫為「建築基地保水滲透技術」二項技術中「滲透管溝」工法之性能試驗解析四年計畫。滲透管溝包含「滲透側溝」及「滲透排水管」，計畫目的為透過相關文獻收集、設計參數及工法歸納與試驗研究，彙整相關影響因素及建立試驗流程；並發展本土化之滲透管溝容量計算及規劃方法，進而建立適於台灣應用之滲透管溝設計技術規範，以作為日後推廣之依據；最後擬以發展之理論方法為基礎，研發「滲透管溝電腦輔助設計軟體」，並整合「透水鋪面」及「雨水貯留利用」二子計畫之成果，建立「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」套裝軟體，以落實研究成果於實際應用及推廣之價值。

## 第二節 計畫工作項目與內容

本子計畫為四年計畫中第四年度計畫，各年度計畫工作項目與內容概述如后。

第一年：「滲透管溝」調查試驗研究（九十二年度，已完成）

### 1. 國外滲透管溝設計現況調查分析

滲透管溝工法於歐美等國已行之有年，而台灣尚在起步階段，故本計畫擬收集國外有關滲透管溝工法相關文獻、案例、使用概況、遭遇之問題等資料，進行彙整歸納。

### 2. 滲透管溝試驗研究

為探討滲透管溝性能，建立本土化設計參數，本計畫擬規劃與選擇一試驗區設置滲透管溝試驗模型進行長期觀測。土壤入滲率影響滲透管溝性能甚鉅，故本研究擬建立土壤現地滲透試驗標準作業流程，並進行測試與修正。

### 3. 分析、歸納滲透管溝相關設計工法及參數

本計畫擬藉由國內外資料收集，分析、歸納滲透管溝相關工法及設計參數，以便進行現地試驗觀測，試驗結果可作為設計及容量理論發展之依據。

#### 4. 進行滲透管溝第一階段法制化研究

技術面之落實得先有法制化作業層面之實現，本計畫第一年度擬探討基地保水滲透設計工法對於現行相關法規，如建築法規等之適用性；同時收集、歸納國內、外相關法規及使用經驗，探討其在設計、施工及維護管理所需考慮之層面，草擬滲透管溝設計、施工及維護管理規範大綱。

第二年：「滲透管溝」容量設計與試驗研究（九十三年度，已完成）

#### 5. 滲透管溝試驗規劃

本計畫上一年度年度已完成滲透管溝模型初步建置，本年度除初步彙整模型建置成果外，並規劃現地試驗用水配置以進行觀測實驗，最後建立滲透側溝穩態滲透試驗之試驗規劃與步驟。

#### 6. 滲透管溝試驗研究

本計畫擬進行非流動穩態滲透試驗，探討側溝各方向之入滲能力，並進行流動穩態滲透試驗，以作為容量設計理論發展之參考，進而建立滲透管溝滲透能力參考曲線。

#### 7. 發展適於台灣之滲透管溝容量計算方法

本計畫擬初步整理歸納相關滯蓄設施之容量設計方法，並考慮滲透管溝之特性，參考入滲、容量設計等相關理論，檢討現行設計公式，發展適於台灣之滲透管溝容量計算方法。

#### 8. 滲透管溝第二階段法制化研究

本年度擬針對上年度之成果，廣泛收集資料並徵詢各業管單位及專家學者之意見，同時依據上年度草擬之規範大綱，草擬提出各部分應包含之內容。

第三年：研擬「滲透管溝」設計技術規範與法制化工作（九十四年度，已完成）

#### 9. 規劃設計「滲透管溝模組化室內試驗模型」

有鑑於戶外現地觀測試驗易受天候影響及現地模型不易變更等因素，本計畫擬規劃設計「滲透管溝模組化室內試驗模型」，以進行不同型式管溝相關觀測試驗。由於模型製作費用昂貴，製作內容涉及試驗模型本體之製作、相關觀測儀器之購置以及相關水電設施之裝設等；故本計畫擬建請由建研所協助發包製作，以利計畫之遂行、貫徹計畫之目的及成果之落實。

#### 10. 滲透管溝試驗研究

依據上一年度建立之試驗步驟，利用「滲透管溝模組化室內試驗模型」繼續進行不同材質、型式之滲透管溝相關觀測試驗，並擬分析其主要影響變數，作為理論修正及設計、施工之依據。

#### 11. 發展並修正滲透側溝容量計算方法

本計畫目前已初步發展本土化之滲透側溝容量計算理論，後續擬持續整理歸納相關滯蓄設施之容量設計方法，並參考水文、地下水等相關理論，同時以試驗結果修正現行設計公式並率定參數，使理論更趨完備，最後建立不同型式之「滲透管溝保水（滲透）能力設計曲線」。

#### 12. 研擬修正滲透管溝設計技術規範草案

依據建立之容量計算理論及試驗結果，並區別各不同型式滲透管溝工法之適用性，持續研擬修正「滲透管溝設計技術規範（草案）」；將滲透管溝設計方法、步驟予以標準化，並盡量以條列、圖形或工作表方式呈現，使得建築師在實務設計上有依據且易於使用。

### 第四年：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計軟體之研究（九十五年度）

綜合前幾年度成果，本計畫目前已建立土壤滲透能力試驗標準流程、計算步驟；且先後設置滲透側溝戶外現地試驗觀測模型及室內模組化試驗模型，分別針對透水磚、紅磚及二不同型式排水性側溝進行試驗。同時發展本土化之滲透側溝

容量計算理論,並配合試驗結果進行修正,最後建立不同型式滲透側溝之保水(滲透)能力設計曲線及保水(滲透)能力標準計算步驟。相關成果並已初步彙整研擬為設計技術規範內容。本年度研究內容主要為延續性之研究,相關內容概述如后:

### 13. 滲透排水管之試驗規劃與研究

本跨年度計畫迄今已進行四不同型式(透水磚、紅磚及二排水型側溝)滲透側溝之滲透試驗,並初步建立不同型式滲透側溝與土壤滲透性下之保水量計算公式。為使基地保水滲透技術之研究更趨完備,本年度計畫擬以「滲透管溝模組化室內試驗模型」進行不同型式滲透排水管觀測試驗。

### 14. 理論及計算方法之發展與修正

本年度擬發展滲透排水管之保水容量設計理論,並輔以試驗結果進行修正,以建立其保水量之設計方法。同時對於之前發展之滲透側溝之保水量設計理論與方法,則持續進行試算與修正,以使能符合建築師現地使用。

### 15. 追蹤試驗測結果並更新修訂技術手冊

本年度除持續進行滲透管溝模型觀測試驗外,相關成果將彙整納入設計技術規範並持續修訂。

### 16. 設計軟體之研究

計畫之研究成果必須轉化成建築師或設計師可資應用與參考之準則與推動依據,方能獲致實質應用之意義。故本計畫擬以發展之理論方法為基礎,研發「滲透管溝電腦輔助設計軟體」。

### 17. 設計軟體之整合

建立「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」套裝軟體,主要內容除包含「滲透管溝電腦輔助設計軟體」外,並整合「透水鋪面」及「雨水貯留利用」二子計畫之設計程式。在實務設計上,「滲透陰井」常與「滲透管溝」合用,且內政部建築研究所自辦研究案—「滲透陰井之試驗解析」業已獲得極佳之成果;故本計畫擬在軟體整合時亦將其納入,以健全評估系統之完整性。此評估系統可節省規劃設計時之人力、物力及時間,極具推廣及應用價值。

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究

基於上述工作項目與內容，本計畫之研究步驟與流程如圖 1-2 所示。

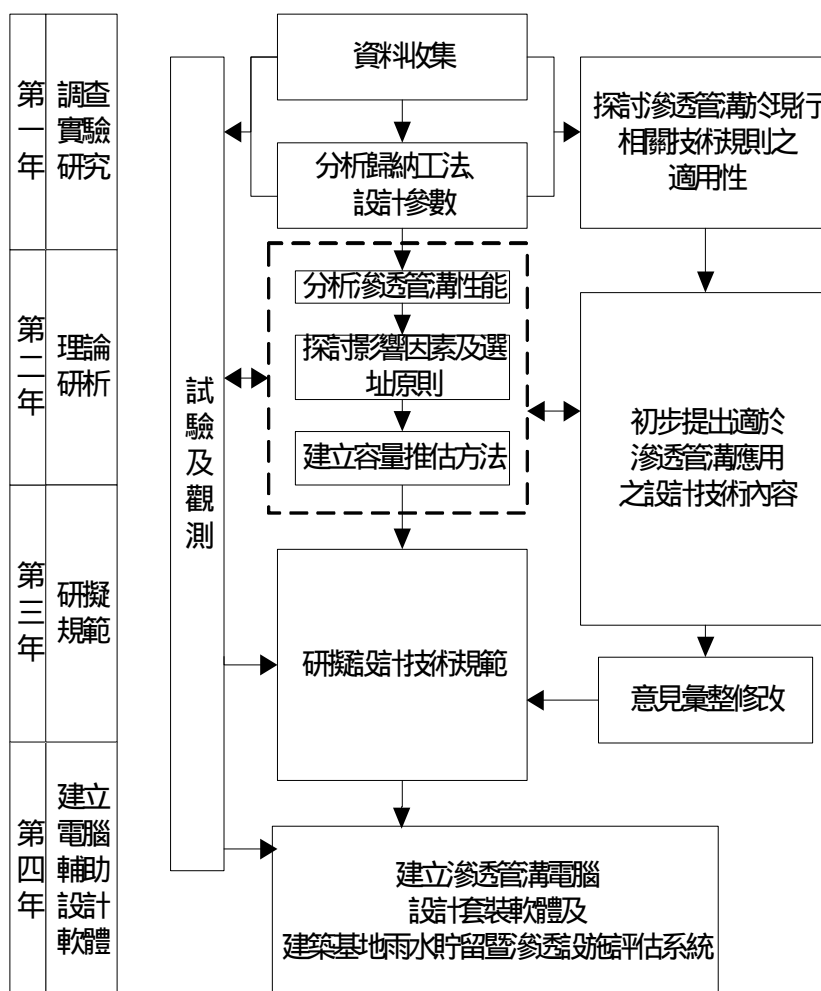


圖 1-2 研究流程示意圖

歷年成果整理如下表：

一、綜合資料表

總計畫名稱	「建築基地保水滲透技術」設計規範與法制化之研究	
子計畫名稱	92年度：子計畫一：滲透管溝工法性能實驗解析 93年度：子計畫一：滲透管溝容量設計與試驗研究 94年度：子計畫一：滲透管溝設計技術規範語法制化之研擬 95年度：子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計軟體之研究	
執行單位	台灣雨水利用協會	
主持人	姓名：廖朝軒	職稱：教授
協同主持人	姓名：林憲德、蔡耀隆	職稱：教授、助理教授
執行期間	自 92 年 1 月 1 日 起 至 95 年 12 月 31 日 止	
研究性質	( )基礎研究 ( )應用研究 ( )技術研究 ( )商品化	
研究經費	3,825,000	
關鍵字	滲透管溝	
	綠建築	
	基地保水	
摘要		
<p>由於都市地區日漸不透水化，因而產生都市化問題，這些問題大都可透過「建築基地保水滲透技術」加以改善；然而目前於此技術尚處於理論假設之計算層次，故如何落實於執行面以利推廣應用實為當務之急。本整合型研究計畫即是基於前述理念，進行「設計規範與法制化之研究」；本子計畫為「建築基地保水滲透技術」中「滲透管溝（滲透側溝及滲透排水管）」工法之性能實驗解析，為四年度延續型計畫。</p> <p>本計畫已成功發展本土化之滲透管溝容量計算及規劃方法，同時檢討修正基地保水指標計算方法，據以研擬並完成適於台灣應用之「滲透管溝設計技術規範」。同時並進一步以建立之理論方法為基礎，研發「滲透管溝電腦輔助設計軟體」，且整合「透水鋪面」、「雨水貯留利用」及建研所自辦案等計畫之成果，建立「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」套裝軟體。規範之研擬及軟體之開發，極具應用及推廣之價值，相關成果並已發表於國際研討會及學術期刊。</p>		
聯絡人	姓名：廖朝軒 職稱：教授	
	通信地址：基隆市北寧路二號河海工程學系	
	電話：(公)02-24622192-6120 傳真機：02-24624053(宅)02-29426598	



二、成果重點說明表

<p>計畫 緣起</p>	<p>由於都市地區日漸不透水化，因而產生種種的都市化問題，大部分可透過「建築基地保水滲透技術」加以改善。本整合型研究計畫即是基於前述理念，進行「建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究」；本子計畫為「建築基地保水滲透技術」中「滲透管溝（滲透側溝及滲透排水管）」工法之性能實驗解析，各年度計畫主題為：92 年度 - 「滲透管溝調查試驗研究」；93 年度 - 「滲透管溝容量設計與試驗研究」；94 年度 - 「滲透管溝設計技術規範與法制化工作」；95 年度 - 「滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計軟體之研究」。</p>
<p>計畫 內容</p>	<p>第一年：「滲透管溝」調查試驗研究              1. 國外滲透管溝設計現況調查分析              2. 滲透管溝試驗研究              3. 分析、歸納滲透管溝相關設計工法及參數              4. 進行滲透管溝第一階段法制化研究              第二年：「滲透管溝」容量設計與試驗研究              5. 滲透管溝試驗規劃              6. 滲透管溝試驗研究              7. 發展適於台灣之滲透管溝容量計算方法              8. 滲透管溝第二階段法制化研究              第三年：研擬「滲透管溝」設計技術規範與法制化工作              9. 規劃設計「滲透管溝模組化室內試驗模型」              10. 滲透管溝試驗研究              11. 發展並修正滲透側溝容量計算方法              12. 研擬修正滲透管溝設計技術規範草案              第四年：「滲透管溝」滲透試驗及電腦輔助設計軟體之研究              13. 滲透排水管之試驗規劃與研究              14. 理論及計算方法之發展與修正              15. 追蹤試驗測結果並更新修訂技術手冊              16. 設計軟體之研究              17. 設計軟體之整合</p>
<p>成果與 效益</p>	<p>1. 建立不現地土壤滲透試驗標準試驗流程。              2. 建立滲透管溝設置場址評估原則與評分標準。              3. 建立滲透管溝試驗流程。              4. 建立不同型式滲透側溝保水量計算方法。              5. 建立不同型式滲透排水管保水量計算方法。              6. 建立滲透管溝標準構造斷面。              7. 建立滲透管溝構造材料標準。              8. 建立滲透側溝施工流程。              9. 建立滲透排水管施工流程。              10. 建立室內模組化試驗模型。              11. 檢討並修正基地保水指標計算方法。              12. 建立「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」。              13. 完成「建築基地保水滲透設計技術規範」。              14. 研究成果已發表於國際研討會及國外學術期刊，顯示研究成果不僅具實用性，亦具有學術價值。              效益：上述成果、經驗，均可落實於執行面之應用，且可作為後續研究之參考、依據。</p>

## 第二章 滲透管溝之型式與特性

滲透設施是少數能同時控制暴雨逕流的四項因子：體積、流量、時間及污染物，因此對於都市化效應所造成的種種問題具有減輕的功效，同時可盡量回復到開發前自然地貌覆蓋狀態下的水文情況；經由前面的探討，基地保水滲透設施基本上可概分為「建築基地保水滲透技術」與「建築基地保水貯集技術」，本章首先將介紹建築基地保水滲透技術中滲透管溝的型式，然後進一步探討其影響因素，最後並提出初步選址原則。

### 第一節 滲透管溝之型式

在基地中，可於道路等公共空間，或利用自然地形廣設保水滲透設施，以達到減少逕流及都市化效應的目的，各設施分別有其特性及適用性，設計方法也各異，然保水概念相似，且於建築基地規劃時卻又必須依現場狀況進行整體規劃，互相搭配使用（如圖 2-1 所示）。

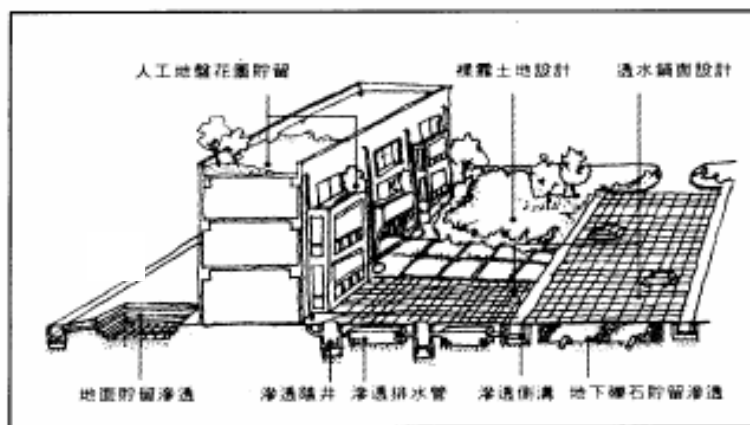


圖 2-1 基地保水滲透設施整體規劃配置示意圖

資料來源：內政部建築研究所，2002。

圖中各設施可依現場狀況單獨或數種型式搭配使用，其中綠地、被覆地、草溝；透水鋪面及人工地盤花園貯留等是屬於「常用保水設計」；而滲透排水管及滲透側溝合稱「滲透管溝」，在保水設計中屬於「特殊保水設計」，故本計畫即以「滲透管溝」為研究對象進行探討，並對滲透陰井進行介紹。

## 一、滲透排水管

在都市高密度開發地區，往往無法提供足夠的裸露地及透水鋪面來供雨水入滲，此時，便需要人工設施來使雨水儘可能入滲至地表下，目前較常用的設施可分為水平式的「滲透排水管」、垂直式「滲透陰井」，及屬於大範圍收集功能的「滲透側溝」。

所謂「滲透排水管」，便是將基地內無法由自然入滲排除之降水設法集中於管內後，然後慢慢入滲至地表中，達到其輔助入滲的效果（如圖 2-2 所示）。透水管的材料從早期的陶、瓦管、多孔混凝土管、有孔塑膠管進化為蜂巢管、網式滲透管、尼龍紗管至最近之不織布透水管等，它可以利用毛細現象將土壤中的水引導入管內，再緩緩排除，外層的材料不僅有足夠的抗壓強度，也可避免泥砂滲入造成淤積。

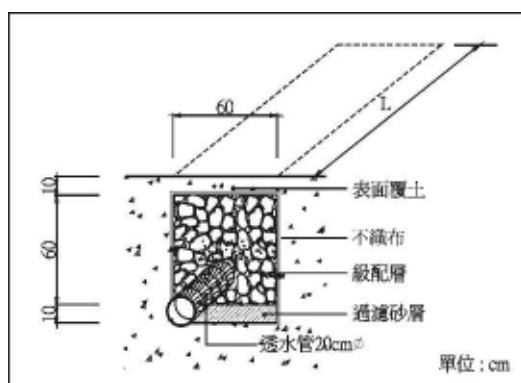


圖 2-2 滲透排水管示意圖

資料來源：內政部建築研究所，2005。

## 二、滲透側溝

上述「滲透排水管」及「滲透陰井」通常設置於建築物周圍來收集屋頂的排水，或是使用於較小型的排水區域之中。「滲透側溝」則是收集經由「滲透排水管」及「滲透陰井」所排出的雨水，來組成整個滲透排水系統。滲透側溝利用透水性混凝土材，於側溝底部及側面填充碎石，收集之雨水由底部及側面滲透，其構造如圖 2-3 所示。

滲透側溝也可以單獨使用於較大面積的排水區域邊緣，來容納較大之水量，因此，滲透側溝的管涵斷面積也較上述兩者為大，在管涵材料的選擇上，必須以多孔隙的透水混凝土為材料，或是將混凝土管涵設計為具有穿孔的型式，以利雨水入滲，同時也必須定期清洗以防青苔、泥沙阻塞孔隙而失去功能。

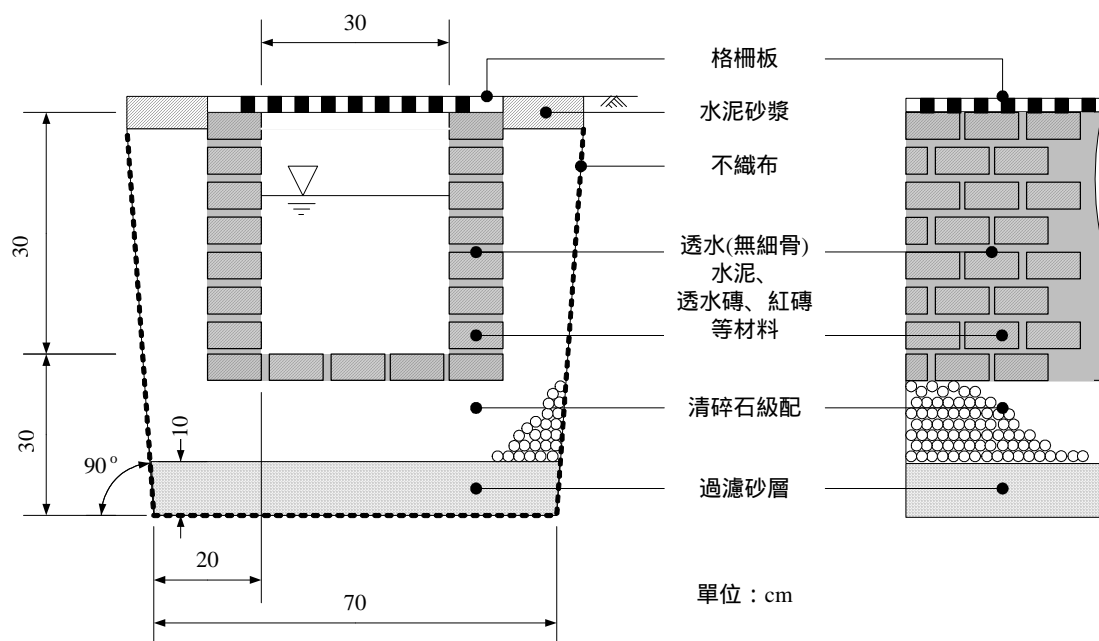


圖 2-3 滲透側溝示意圖

### 三、滲透陰井

「滲透陰井」與「滲透排水管」的原理是類似的，都是利用內部的透水涵管來容納土壤中飽和的雨水，待土壤中含水量降低時，再緩緩排除。「滲透陰井」是屬於垂直式的輔助入滲設施，不僅可以有較佳的貯集滲透的效果，同時亦可做為「滲透排水管」之間連接的節點，可容納排水過程中產生的污泥雜物，以方便定期清除來保持排水的通暢，滲透陰井之構造如圖 2-4 所示。

滲透陰井周圍覆蓋的級配層則是為了增加雨水貯集的空間，並且防止細小的泥沙造成管壁的阻塞現象。然而，滲透陰井之滲透孔隙很容易遭到垃圾、泥沙、青苔的阻塞而失去功能，設計時可在底部設置可拆裝網罩，以利清理而維持滲透之功能。

通常「滲透陰井」常與「滲透管溝」配合，運用於建築基地之中。滲透管溝收集基地之雨水，後經由重力流情況排水，可能常有砂土、垃圾等流入而使功能降低，故於管溝入流處應設置陰井，進行初步之穩流與沈砂。滲透管溝受基地之坡度或地勢變化關係，故設計時常需配置有（滲透）陰井等附屬設施，以維持其結構穩定；且滲透管溝於彎折、寬度變化點亦應設置（滲透）陰井。滲透管溝與（滲透）陰井組合配置構造如圖 2-5 所示。

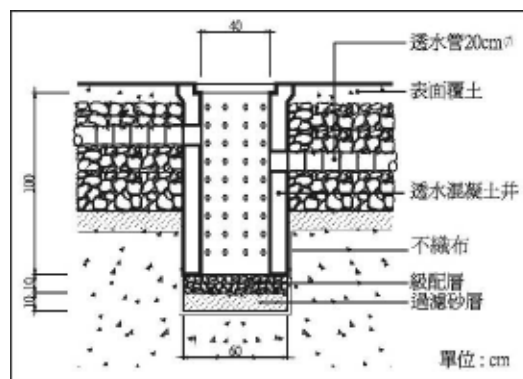


圖 2-4 滲透陰井示意圖

資料來源：內政部建築研究所，2005。

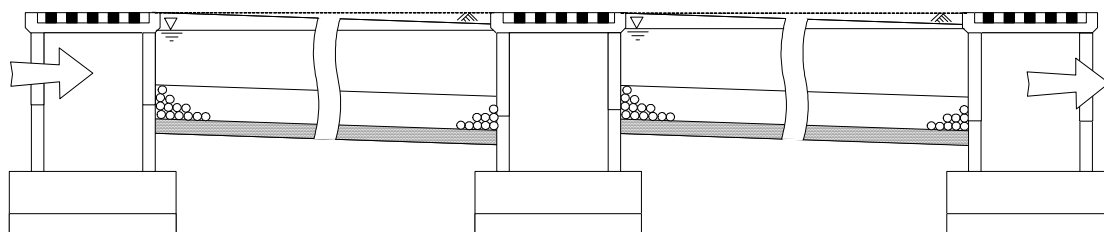


圖 2-5 滲透管溝與（滲透）陰井組合配置構造示意圖

## 第二節 滲透管溝之影響因素

本節前面對於滲透管溝的型式、特性及性能等歸納結果，綜合地探討設置滲透管溝時之影響因素。滲透管溝將現地逕流蓄存以入滲至地下含水層或蒸發至大氣，且其常配合著植生使用，而為了達到蓄存逕流體積的目標，滲透管溝常以複合配置來達到最大蓄存容量，故影響滲透設施的因子頗多，有：氣候、土壤、池蓄時間、地形與地質、地下水、植生緩衝帶、土地使用計畫與限制及潛在污染等，以下將分別敘述說明。

### 一、降雨

降雨量的多寡與強度、降雨延時、降雨事件間的時間間距、日照的強度及蒸發量的多寡均影響地表水文，均會影響滲透設施之入滲性能。一般而言，在規劃

滲透設施是假設降雨產生之逕流是立刻流入滲透設施，且同時發生入滲現象，而入滲現象將會持續到降雨事件結束後；故由設計的觀點來看，設計降雨延時的決定不僅影響規劃之滲透設施規模，也影響滲透設施的使用性能，因此若於規劃初期謹慎的設計降雨延時，將有助於滲透設施提升性能與使用效率。

## 二、土壤

滲透設施的逕流調節效能與土壤種類有很大的關係，高滲透性的土壤在較短的時間內就能將滯留之水入滲至土壤中，還原設施之滯蓄空間，故土壤滲透性影響設施性能甚鉅。本計畫前幾年度已對土壤之滲透性之觀測做過全面的探討，認為入滲率之決定宜以現場試驗為主，如無法現場試驗則以試驗室試驗為主。

地表土壤顆粒較大入滲率佳，通常為設置滲透設施的理想位置，而不同的土壤性質會影響其排水速率，因此在滲透設施的選址上，土壤性質往往是一項重要的判釋，一般建議水文土壤分類為 A 或 B 者；若以三角座標土壤分類，則以黏土比例小於 30% 且沈泥比例小於 40% 之土壤較佳，三角座標土壤分類及建議之土壤如圖 2-6 所示。

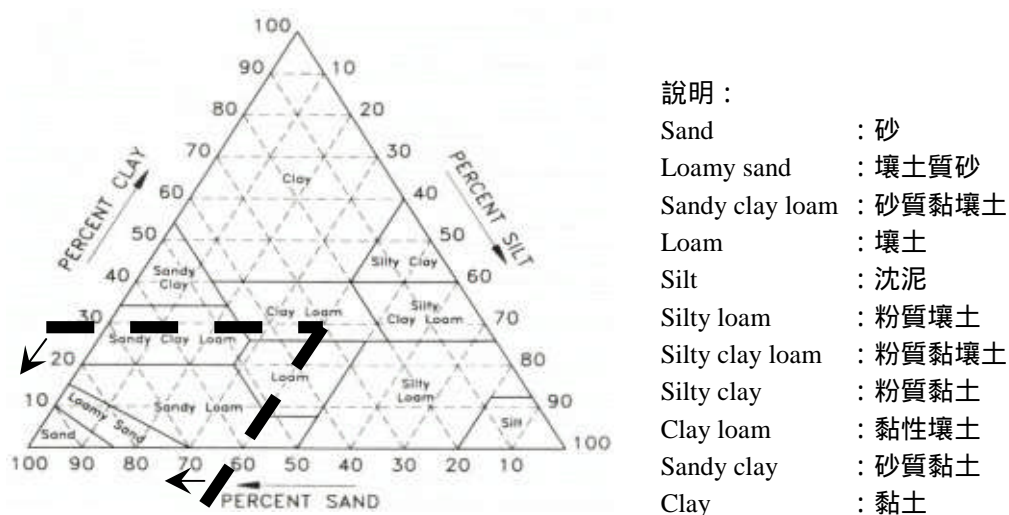


圖 2-6 三角座標土壤分類

## 三、池蓄時間

另一影響滲透設施性能的要害即是其所能容許的最大池蓄時間（Ponding time），池蓄時間的訂定在滲透設施的設置上是一個重要的步驟，因為池蓄時間即是將暴雨時儲存於設施之逕流予以完全入滲至地下所需之時間，其與滲透設施

之設計深度有密切的關係。

土壤是由岩石風化作用而成，依不同顆粒及組成大小來分類，由於土壤物理特性諸如質地、表土深度、剖面結構、有機含量等，故各種土壤對水分的入滲能力有所不同，各種土壤種類之入滲率及其水文土壤分類（H.S.G）詳如表 2-1 所示。

表 2-1 為土壤種類與入滲率及最大設計深度的關係表。由表中可知 H.S.G D 類的土壤入滲率較小，設計深度亦較小；而在設計上考慮滯留之水對於環境的影響，通常以 24 至 72 小時為宜，而入滲率隨水深而改變，較高的設施深度水頭較高能將水以高壓滲入地下，且底部阻塞時邊壁仍可繼續滲漏，故在實務設計上宜考慮現場狀況採用最大之設計深度。

**表 2-1 土壤種類與入滲率及最大設計深度之關係表**

土壤種類	H.S.G	最小入滲率 (mm/hr)	T <sub>p</sub> (hr)					
			24	48	72	24	48	72
			d <sub>max</sub> (m) = f T <sub>p</sub>			d <sub>max</sub> (m) = f T <sub>p</sub> / V <sub>r</sub> , V <sub>r</sub> = 0.4		
Sand	A	210.06	5.04	10.08	15.12	12.60	25.21	37.81
Loamy sand	A	61.21	1.47	2.94	4.41	3.67	7.35	11.02
Sandy loam	B	25.91	0.62	1.24	1.87	1.55	3.11	4.66
Loam	B	13.21	0.32	0.63	0.95	0.79	1.58	2.38
Silt loam	C	6.86	0.16	0.33	0.49	0.41	0.82	1.23
Sandy clay loam	C	4.32	0.10	0.21	0.31	0.26	0.52	0.78
Clay loam	D	2.29	0.05	0.11	0.16	0.14	0.27	0.41
Silty clay loam	D	1.52	0.04	0.07	0.11	0.09	0.18	0.27
Sandy clay	D	1.27	0.03	0.06	0.09	0.08	0.15	0.23
Silty clay	D	1.02	0.02	0.05	0.07	0.06	0.12	0.18
Clay	D	0.51	0.01	0.02	0.04	0.03	0.06	0.09

資料來源：1. Bruce K. Ferguson, Introduction to stormwater, John Wiley & Sons, INC. 1998.  
 2. 本計畫整理。

#### 四、地形與地質

地形的變化會影響水的流動，愈陡的坡，水流速度愈快，但水排的越快，則滲透至土壤的量越少，故為使滲透設施有較佳的入滲效率，在地形上必須做適當的考慮評估；一般而言，透水性鋪面或植生帶之設置坡度不可超過 5%，其他種類滲透設施則不可超過 20%。在地質的考慮上，設置前詳細的地質調查是必須的（地質鑽孔等），為求有效的入滲效率，滲透設施底部至少距離岩盤 1m。在某些地質，是潛在著較高地下水污染率，例如水蝕石灰岩敏感區，石灰岩會經由逕流沖刷、溶解而進入設施，阻塞設施底部或入滲至地下水層造成污染，故於此區

設置需注意三點：1. 盡量使用前處理設施（Pre-treatment practices）；2. 滲透設施設計深度不宜過深；3. 滲透面需做植生處理。

### 五、地下水位

地下水位高低會影響滲透設施的入滲效率，較高的地下水位對滲透設施有不利的影響，而低窪地區易因下雨而造成地下水位上升，滲透設施之入滲量將受影響，故在設置規劃時需對地區之地下水位做一現場調查，一般建議滲透設施底部距季節性地下水位至少距離 1m 以上；而若無地區之地下水位資料，建議滲透設施底部至少距離地下水位 1.5m；而根據國外設置經驗，設置滲透設施之區域可能會成地下水位湧高的現象，因此設置滲透設施時，應預先對地下水的分佈狀態特性進行調查。

### 六、植生緩衝帶

一般於規劃時在置滲透設施周圍設置植生緩衝帶（Vegetative buffer）以防止逕流中較大顆粒阻塞設施降低其入滲效能，且植生緩衝帶也具有降低流速、增加集流時間及入滲的功能，藉由上述功能以過濾、吸附及重力沈降等作用移除逕流中之懸浮顆粒。滲透設施可能會將地面水污染經由入滲進入地下水層造成地下水污染，此現象可藉由植生緩衝帶等前處理設施減低此風險；而對於植生之植物以較具耐水性及較能吸附溶解性污染物之植物為佳；植物具有季節性且其吸附污染物能力會隨時間而逐漸降低，故對於植生之植物應按季節性及其吸附能力定期更換。

### 七、土地使用計畫與限制

滲透設施之設置地點可能與都市、社區緊密結合，故土地的分類使用將會影響到置滲透設施所截蓄之水量及水質，故對於土地利用計畫也應加以掌握，如舊工廠廠址、掩埋場等，因土壤受污染，若設置滲透設施將造成污染擴散反而污染地下水，以不設置為宜；而附近如有抽水井則至少需距 30m 以上方可設置滲透設施。

對於坡度大、有崩陷危險地區應詳加調查，不宜在此區域設置滲透設施，而土地依法禁止開發或擬不開發地區，則應予以除外；而滲透設施設置位置的選擇能決定其用於做單功能或多功能標的，故有些滲透設施平時可能作為開放空間供



休閒遊憩等使用，此類設施應限制其用途，如避免重型機械、車輛進入等限制，以免影響設施運作；設置地點之土地權屬對其後續的維護保養影響甚大，公有地較易取得且易於維護管理，故於選址時也需注意。

## 八、潛在污染

地表逕流之污染成份會造成滲透設施阻塞，且可能會污染地下水質，故必須對水質及土壤進行調查，以明瞭是否有潛在污染，尤其滲透設施是以微管理及分散配置的方式遍佈於集水區中，若受到污染可能遍及整個集水區，故應充分調查，調查對象包括：地表逕流水質調查、地下水質調查及土壤調查，分析項目則依放流水標準與環境及人體相關之項目，調查頻率則視實際需要而定。

### 第三節 滲透管溝之初步選址探討

滲透設施與一般以防洪為主的滯留設施不同，因它尚有以入滲來減少地表逕流的功能，故於基地規劃設置時應先對於各可能地點予以初步評估；本節根據前面之歸納探討，本計畫建議滲透管溝設置前之初步調查項目如下：

- 設置區域滲透區域與不滲透區域比例
- 地表土壤組成概況
- 地表下土壤組成概況
- 地表坡度
- 地表覆蓋及植生狀況
- 土地使用概況

根據上述調查項目，初步擬定滲透管溝設置前之初步調查項目與評估原則，如表 2-2 所示；為若滲透設施預定地之總分高於 30 分，表此位置適合設置入滲措施；總分介於 20 至 30 分之間表有條件設置滲透設施；總分小於 20 分則不適合設置入滲措施。

表 2-2 滲透管溝設置前之建議初步調查項目與評估原則

評 估 項 目	評 分
1. 滲透設施控制區域（含滲透設施區域）不滲透區域（ $A_{IMP}$ ）與可入滲區域（ $A_{INF}$ ）之比例：	
■ $A_{INF} > 2A_{IMP}$	15
■ $A_{IMP} < A_{INF} < 2A_{IMP}$	10
■ $0.5A_{IMP} < A_{INF} < A_{IMP}$	5
■ $A_{INF} < 0.5A_{IMP}$	0
2. 滲透設施預定地地表土壤組成概況：	
■ 含有少許有機物粗粒土壤	7
■ 自然腐質土壤（Humus Soil）	5
■ 含有大量有機物之細粒土壤	0
3. 滲透設施預定地地表下土壤組成概況：	
• 礫石、砂或含礫石、砂之冰河沈積土（Glacial till）	7
• 泥質砂（Silty sand）或壤土	5
• 細砂泥（Fine silt）或黏土	0
4. 地表坡度（S）：	
■ $S < 7\%$	5
■ $7\% < S < 20\%$	3
■ $S > 20\%$	0
5. 滲透設施預定地地表覆蓋及植生狀況：	
■ 覆蓋良好之表面	7
■ 覆蓋良好之草地	5
■ 新植生之草地	3
■ 無植生—裸露之地表	0
6. 滲透設施設置位置土地使用概況：	
■ 使用頻率較低之區域	10
■ 常使用之徒步區域	7
■ 使用頻繁之徒步區域	5
■ 使用頻率較低之車輛行駛區域	3
■ 使用頻繁之車輛行駛區域	0
總 分	說 明
> 30	最佳的設置位置，滲透設施可發揮極佳的效能。
30	良好的設置位置，建議設置前處理措施以防止滲透設施阻塞而失去效能。
20	中等的設置位置，必須設置前處理措施以防止滲透設施阻塞而失去效能。
< 20	較差的設置位置，需審慎估算池蓄時間且必須設置前處理設施。
< 20	不適合設置滲透設施。

資料來源：內政部建築研究所，2003。

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

### 第三章 滲透管溝之設計理論探討及試驗規劃

經由前面的探討，滲透管溝為具有「多功能」及「多樣化」的逕流處理設施，在歐美等國亦被廣泛採用；然國內目前對於此技術尚處於理論假設計算層次，既無試驗根據亦無設計標準，尤其尚無適於台灣水/地文條件之標準，因此本計畫之目的之一即為建立滲透管溝本土化之設計參數及容量設計。本計畫上年度已發展滲透側溝保水量設計理論，本年度則以滲透排水管為研究對象，進行方式則以相關理論配合試驗進行驗證與探討，相關容量設計理論及試驗規劃說明如后。

#### 第一節 滲透排水管設計理論之探討

本節首先將介紹三維穩定流入滲理論模式並探討其特性，然後據其概念建立滲透排水管穩定入滲量推估近似方程式（Simplified equation）及入滲容量設計公式，以作為後續研究之依據。

##### 一、三維穩定流入滲理論模式

土壤傳輸水份的能力以飽和水力傳導度（ $K_{sat}$ ）為最具代表性的參數，以圓柱形滲透井為例，圓柱形滲透井（如圖 3-1 所示）之滲透方式分為徑向壓力通量 $\bar{v}_{rp}$ 、垂直壓力通量 $\bar{v}_{zp}$ 與垂直重力通量 $v_g$ ，由 Darcy-Buckingham 公式表示如下：

$$\bar{v}_{rp} = -K(h) \frac{\partial h}{\partial r} \Big|_{r=a} \bar{r} \quad (3-1)$$

$$\bar{v}_{zp} = -K(h) \frac{\partial h}{\partial z} \Big|_{z=0} \bar{k} \quad (3-2)$$

$$\bar{v}_g = -K(h) \frac{\partial h_z}{\partial z} \Big|_{z=0} \quad \bar{k} = -K_{sat} \bar{k} \quad (3-3)$$

式中：\$h\$ 為任一方向之水深變量；\$K\$ 為滲透係數。

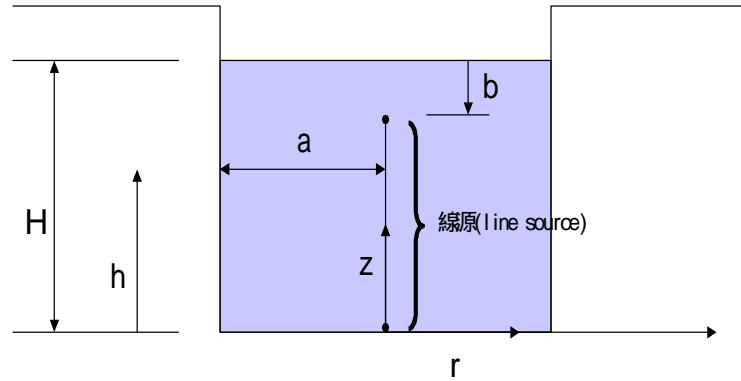


圖 3-1 滲透井示意圖

入滲流量 (\$Q\_t\$) 可以表示為：

$$Q_t = \int_{A_w} \bar{v}_{rp} \cdot d\bar{A}_w + \int_{A_b} \bar{v}_{zp} \cdot d\bar{A}_b + \int_{A_b} \bar{v}_g \cdot d\bar{A}_b \quad (3-4)$$

式中：\$d\bar{A}\_w = 2\pi a \cdot dz\$ (\$\bar{r}\$) 為井的側向面積；\$d\bar{A}\_b = 2\pi r \cdot dr\$ (\$-\bar{k}\$) 為井的底面面積；\$a\$ 為井之半徑。將式(3-1)、(3-2)、(3-3)代入式(3-4)，並整理得：

$$Q_t = 2\pi H^2 \left[ \frac{1}{C^*} + \frac{K_{sat}}{2} \left( \frac{a}{H} \right)^2 \right] \quad (3-5)$$

式中：\$H\$ 為井之水深；\$C^\*\$ 為一形狀係數。

在均質、等向與多孔的土壤介質中，水流可以利用理查方程式來表示：

$$\nabla \cdot [K(h)\nabla h] = 0 \quad (3-6)$$

上式即為在均質、等向與多孔的未飽和土壤介質中之地下水流質量守恆 (Conservation of mass) 方程式；將上式以圓柱座標表示，同時假設滲透井為線型水源 (Line source)，並與式(3-5)解聯立方程式，可得：

$$K_{sat} = \frac{CQ_t - 2\pi H\phi_m}{2\pi H^2 \left[ 1 + \frac{C}{2} \left( \frac{a}{H} \right)^2 \right]} \quad (3-7)$$

$$C = \frac{H^2 \left\{ \frac{(H-b)}{H} \sinh^{-1} \left[ \frac{(H-b)}{a} \right] - \sqrt{\left( \frac{a}{H} \right)^2 + \left[ \frac{(H-b)}{H} \right]^2} + \frac{a}{H} \right\}}{(H-b)^2} \quad (3-8)$$

式中： $\phi_m$  為土壤未飽和區的勢能 ( Potential )； $C$  為形狀參數； $b$  為線源高度至水面之距離。

若假設線源高度延伸至水面 ( 即  $b = 0$  )，並忽略重力項與基質潛勢通量 (  $\phi_m$  ) 所得之結果，即為著名的 Glover solution。Glover solution 公式表示如下：

$$K_{sat} = \frac{Q_t \left\{ \sinh^{-1} \left( \frac{H}{a} \right) - \left[ \left( \frac{a}{H} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{a}{H} \right\}}{2\pi H^2} \quad (3-9)$$

式中： $K$  為土壤之飽和滲透係數，單位為[L/T]； $Q_t$  為最終入滲率，其單位為[L<sup>3</sup>/T]； $a$  為試驗孔半徑，單位為[L]； $H$  為試驗孔之水頭高，其單位為[L]。

式(3-9)可進一步表示為如下之型式：

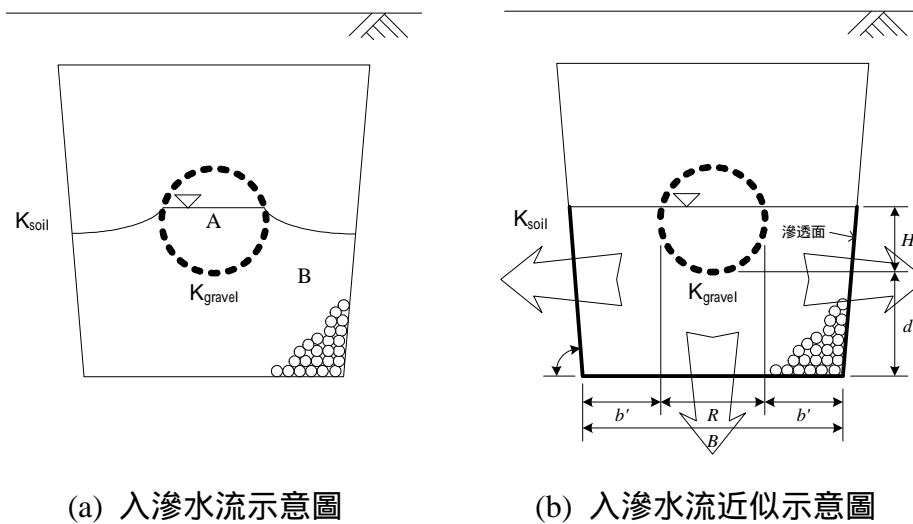
$$A_s = \frac{2\pi H^2}{\sinh^{-1} \left( \frac{H}{a} \right) - \left[ \left( \frac{a}{H} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{a}{H}} \quad (3-10)$$

$A_s$  為為最終入滲流量  $Q_t$  與土壤飽和水力傳導度  $K_{sat}$  之比值，單位為[L<sup>2</sup>]，故本計畫在此將其定義為比滲透面積。

由圓柱形試驗井滲透能力之分析過程中得知，比滲透面積僅與滲透設施之幾何形狀 ( 水深  $H$  與底面半徑  $a$  ) 有關，與土壤特性並無直接關係。本計畫將利用上述概念建立滲透管溝入滲量設計公式。

## 二、滲透排水管入滲量推估近似方程式

滲透排水管可概分為二部分，即由可滲透材料做成之排水管(如圖 3-2(a)之 A 部分)及由級配組成之地下貯水槽(如圖 3-2(a)之 B 部分)二部分；通常級配之飽和滲透係數 ( $K_{gravel}$ ) 遠大於土壤之飽和滲透係數 ( $K_{soil}$ )，故滲透排水管在入滲穩定時之水位可表示如圖 3-2(a)所示，其在地下貯水槽之水位會呈現衰減的現象。



(a) 入滲水流示意圖

(b) 入滲水流近似示意圖

**圖 3-2 滲透排水管入滲示意圖**

若忽略此衰減現象，可將滲透排水管之入滲機制以如圖 3-2(b)的方式近似，由於  $K_{gravel} \gg K_{soil}$ ，故其穩定入滲能力可假設只取決於其滲透面之面積、斷面水位深 ( $H+d$ ) 及  $K_{soil}$ ；則滲透排水管之穩定入滲率 ( $Q_{All}$ ) 可表示為：

$$Q_{All} = Q_{BOTTOM} + 2Q_{SIDE} \quad (3-11)$$

式(3-11)中， $Q_{BOTTOM}$  為底面穩定入滲率； $Q_{SIDE}$  為單一側面之穩定入滲率。依據 Darcy's law 及水壓之分佈， $Q_{BOTTOM}$  與  $Q_{SIDE}$  可分別表示為：

$$Q_{BOTTOM} = K_{soil} A_{BOTTOM\ perc} \quad (3-12)$$

$$Q_{SIDE} = 0.5 K_{soil} A_{SIDE\ perc} \quad (3-13)$$

式中： $A_{BOTTOM\ perc}$  底面入滲面積； $A_{SIDE\ perc}$  為側面入滲面積，若滲透排水管之長度為  $L$ ，則各面入滲面積可分別表為下面型式：

$$A_{BOTTOM\ perc} = BL \quad (3-14)$$

$$A_{SIDE\ perc} = (H+d)L \csc \theta \quad H > R \quad (3-15)$$

將式(3-12)、(3-13)、(3-14)及(3-15)代入式(3-11)中，則可得到下面之關係式：

$$A_{u.s}^{SE} = \frac{Q_{All}}{KL} = [R + 2b' + (H+d) \csc \theta] \quad H > R \quad (3-16)$$

式中： $R$  為滲透排水管之管徑， $A_{u.s}^{SE}$  為理論近似之單位長度比滲透面積。

式(3-16)即為滲透排水管入滲量推估近似方程式，其僅與滲透設施之幾何形狀有關，與土壤特性並無直接關聯。

本計畫建立之滲透排水管入滲量推估近似方程式，其呈現之物理關係與式(3-10)相同，惟其為一近似方程式，故在推估實際單位長度比滲透面積( $A_{u.s}$ )上應乘以一修正參數  $C^{**}(H)$ ，可表示為：

$$A_{u.s} = [C^{**}(H)] [A_{u.s}^{SE}] \quad (3-17)$$

式中  $C^{**}(H)$  為常數；因此，若能經由試驗數據率定出修正參數  $C^{**}(H)$  之函數型式，即可建立不同水深、寬度之比滲透面積關係，再藉由現地試驗求得土壤之飽和滲透係數 ( $K_{soil}$ )，即可得到滲透排水管之穩定入滲率。

### 三、滲透排水管入滲容量設計公式

為便於推導滲透排水管之入滲容量設計公式，在此以降雨事件為例，將滲透排水管之入滲狀況分為兩階段，如圖 3-3 所示，各階段說明如下：



- 第一階段

當滲透排水管達到穩定入滲時，其入滲情況如圖 3-3(a)所示，此時之入滲容量 ( $F_1$ ) 可由式(3-17)求得，即：

$$F_1 = A_{u.s} K_{soil} t L \quad (3-18)$$

式中  $t$  為降雨延時。

- 第二階段

因為滲透排水管之地下貯水槽通常為較大孔隙率 ( $n$ ) 及高滲透係數之級配，故雨停後排水管之入流量驟減，則滲透排水管在排水管底面以上之水會迅速經由排水管排向下游，則其貯水狀況變為圖 3-3(b)之情況；此時其貯蓄量 ( $V_B$ ) 即為其入滲容量 ( $F_2$ )，可表示為：

$$F_2 = V_B = \frac{(B_T L + BL)n}{2} d \quad (3-19)$$

且

$$B_T = R + 2(b' + d \cot \alpha) \quad (3-20a)$$

$$B = R + 2b' \quad (3-20b)$$

則滲透排水管之入滲容量 ( $F_{ALL}$ ) 為上兩階段之入滲容量之和，即：

$$\begin{aligned} F_{ALL} &= F_1 + F_2 \\ &= A_{u.s} K_{soil} t L + L(R + 2b' + d \cot \alpha) n d \end{aligned} \quad (3-21)$$

式(3-21)中  $d$  為滲透排水管之池蓄深度。

因此由式(3-17)及式(3-21)，若已知滲透排水管之入滲性能及相關形狀設計參數，即可得滲透排水管之入滲容量，即保水量；反之，若基地之目標保水量或逕流減少量已知，則可得到相關形狀設計參數；故本計畫後續擬以上面推導之相關理論為基礎，配合試驗率定參數及驗證，建立滲透排水管之性

能及容量設計曲線。

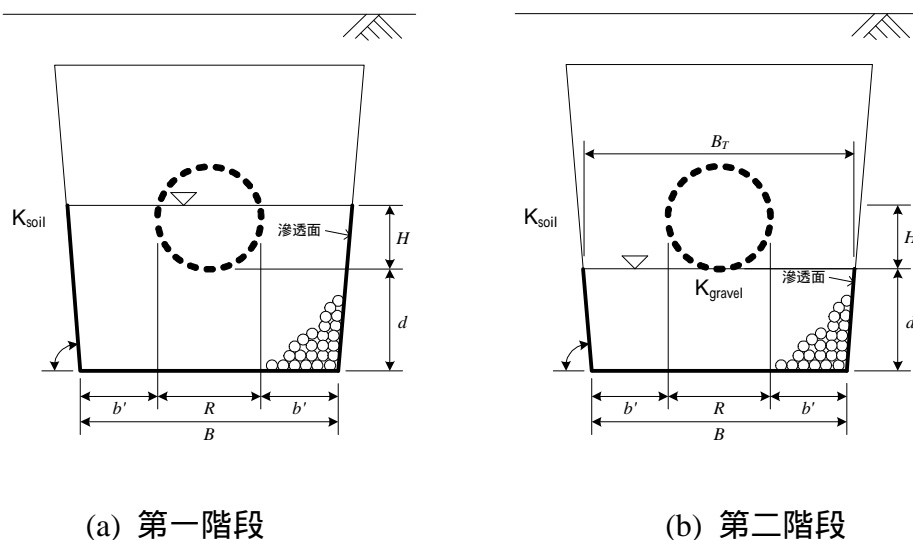


圖 3-3 滲透排水管貯蓄狀況示意圖

## 第二節 滲透管溝現地施工規劃

本計畫執行期間，研究團隊主持人及共同主持人均同時兼職協助內政部建築研究所，綠色廳舍暨學校改善計畫專案之規劃甄選及執行任務。由於本計畫經費資源有限，同時要建構試驗裝置，在經費預算上恐怕難以達成目標；因此，本計畫擬有效整合既有設施資源，充分利用國家經費資源，整合執行中之綠色廳舍案例，以經濟部水利署台北辦公區新店辦公區為試驗基地，進行長期觀測試驗。

滲透管溝之滲透側溝與滲透排水管工法相近，可互為參考；經考慮推廣及應用性，本計畫首先以管溝中之滲透側溝為建置對象。本綠廳舍案例已於民國92年12月完工，其建置規劃概況概述如后。

經濟部水利署台北辦公區新店辦公室之基地施作範圍如圖3-4所示；依據試驗區現地條件，並配合透水鋪面觀測試驗及雨水貯留設備觀測試驗，初步擬定滲透設施之試驗模型規劃配置原則，各原則概述如下：

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

1. 於辦公區入口車道旁，設置不同材質之滲透側溝觀測試驗模型二座，長度約5.5m。
2. 監測設備二組。
3. 利用過濾裝置收集雨水貯留設備收集之雨水，作為滲透管溝觀測試驗之自然水源。
4. 所有規劃設計力求與辦公廳舍結為一體，將辦公廳舍與基地保水滲透做有效的結合。

基於上述原則，試驗區之配置概如圖3-4所示，現地開挖概況如圖3-5所示。

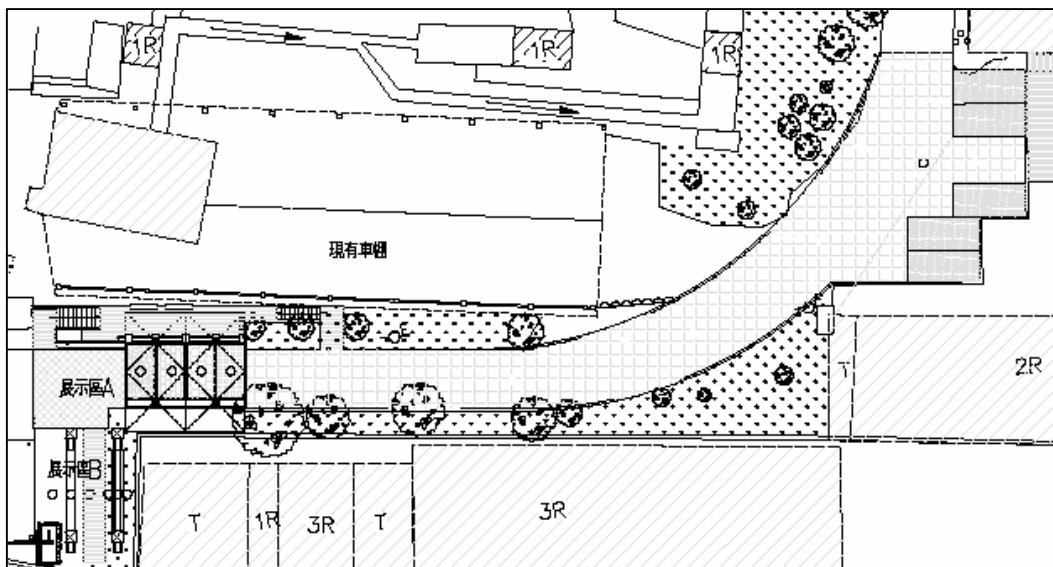


圖3-4 試驗區施作範圍配置圖

滲透側溝預定地經本計畫研究人員初步以人工開挖判定其土壤組成，發現充滿碎磚塊、廢棄砂袋等，大多為工程廢棄土（如圖3-5(c)所示）；經進一步以挖土機開挖探究其土壤組成，結果亦為工程廢棄土（如圖3-5(d)所示），與試驗區其他位置開挖土壤明顯不同，可能為昔日新店辦公區興建工程廢棄土回填所致。

滲透側溝之材料與配置方式經多次與建築師及現場施工人員會商（如圖

3-6所示)，考量後續滲透側溝之推廣及實用性，認為滲透側溝之材料選擇需考慮兩點：

1. 側溝之材料需為國內易於取得之材料
2. 需為目前國內可行之施工技術

因此二滲透側溝擬為磚砌型式，材料分別為透水磚襯砌及紅磚襯砌，二不同材質之滲透側溝斷面如圖3-7所示，其剖面如圖3-8所示。



(a) 滲透側溝試驗模型施工前現場



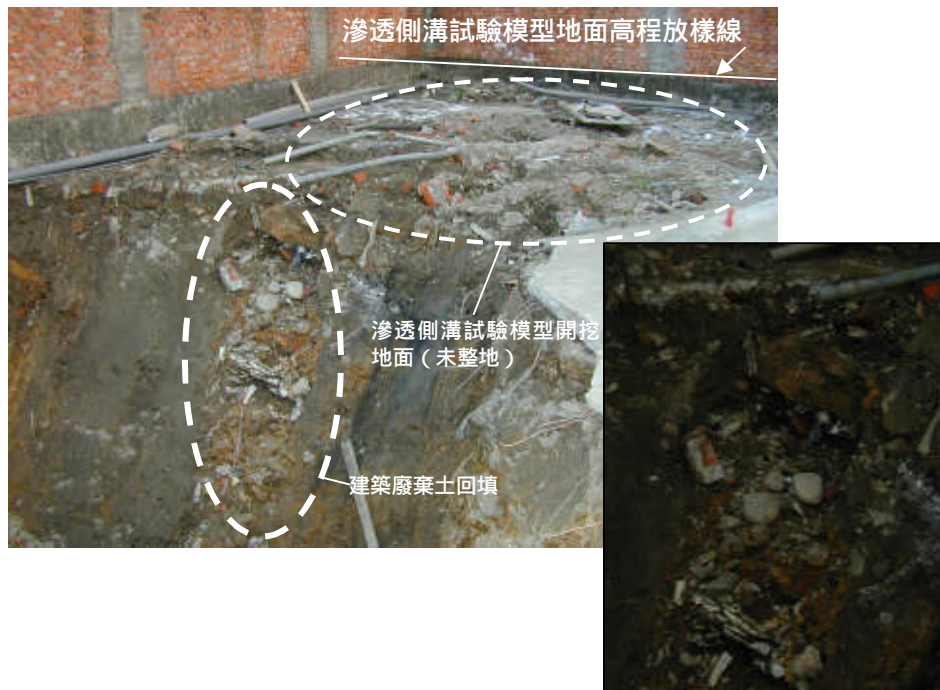
(b) 滲透側溝試驗模型放樣概況



(c) 滲透側溝預定地人工初步開挖

圖 3-5 滲透側溝現地開挖概況

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究



(d) 滲透側溝預定地 (未整地)



(e) 滲透側溝預定地 (整地後)

續圖 3-5 滲透側溝現地開挖概況



圖3-6 現場會商討論概況

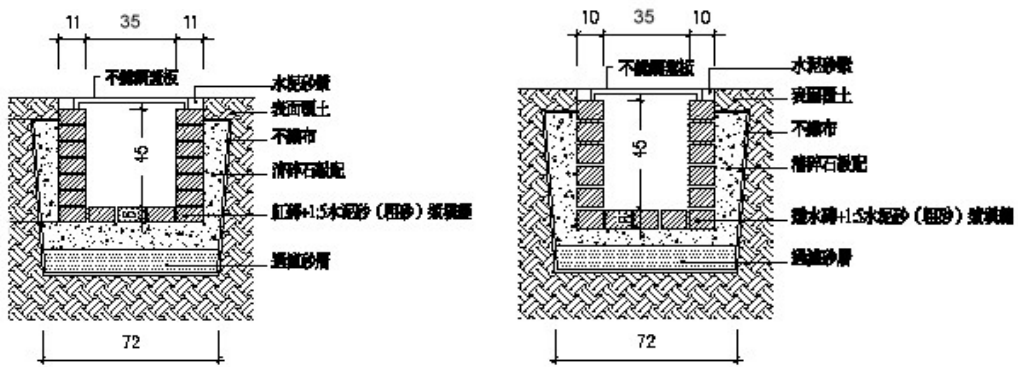


圖3-7 二不同材質滲透側溝斷面圖

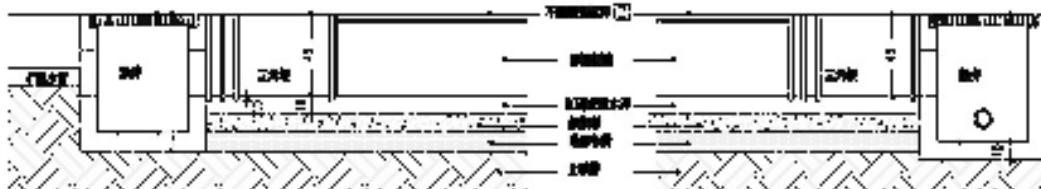


圖3-8 二不同材質滲透側溝剖面圖

為使滲透側溝具良好之滲透性，側溝磚砌縫隙將使用具透水性之水泥粗砂漿填縫，經與現場施工人員研討，初步選用10~30mm之礫石預拌水泥粗砂漿；而側溝之清碎石級配原則上需使用單一粒徑之級配，然目前國內之供給級配粒徑最小約為5mm，其次則為10~40mm；故經初步篩選後，使用之清碎石級配粒徑約介於20~30mm之間，故選用之級配如圖3-9所示。

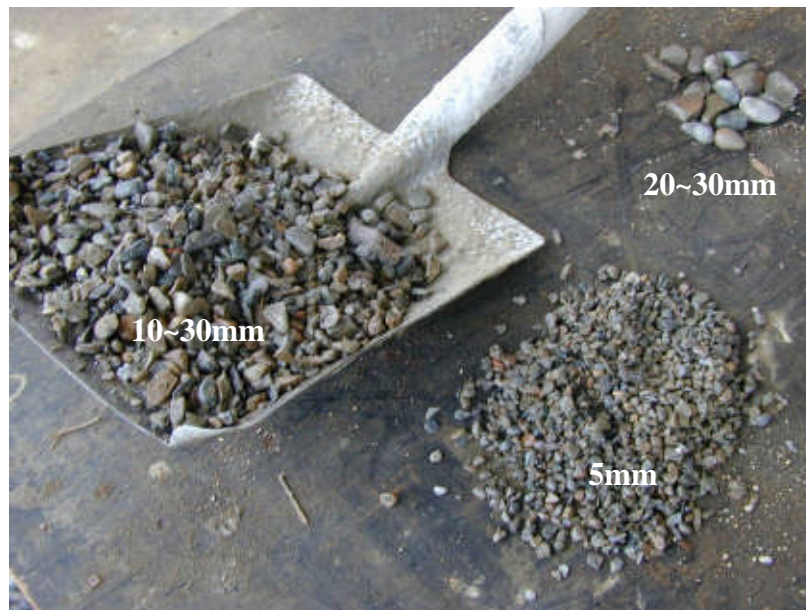


圖3-9 滲透側溝選用之級配

將透水磚送交材料試驗室進行測試，其透水係數 ( $K_{gutter}$ ) 約為  $2.1 \times 10^{-3} \text{m/s}$ ；而紅磚側溝之滲透面積為透水磚側溝之20%，故其 ( $K_{gutter}$ ) 為  $4.2 \times 10^{-4} \text{m/s}$ 。本試驗模型於民國92年12月完工驗收，滲透側溝施工概況如圖3-10所示，及完工後照片如圖3-11所示。滲透側溝相關施工經驗，如：構造圖說、材料要求及施工方法步驟等，本計畫已初步彙整研擬為設計技術規範，請參閱附錄。



(a) 埋設陰井



(b) 鋪設不織布



(c) 透水磚側溝鋪設不織布級配後概況



(d) 紅磚側溝鋪設不織布級配後概況

**圖3-10 滲透側溝施工概況**



建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究



(a) 紅磚側溝



(b) 透水磚側溝

圖 3-11 滲透側溝完工後概況

### 第三節 滲透管溝模組化試驗模型建置

本計畫目前已初步建立本土化之滲透側溝容量計算理論，並配合戶外現地試驗結果進行修正，最後建立滲透側溝（透水磚及紅磚型式）保水（滲透）能力設計曲線及保水（滲透）能力標準計算步驟；相關成果並已初步彙整研擬為設計技術規範內容。

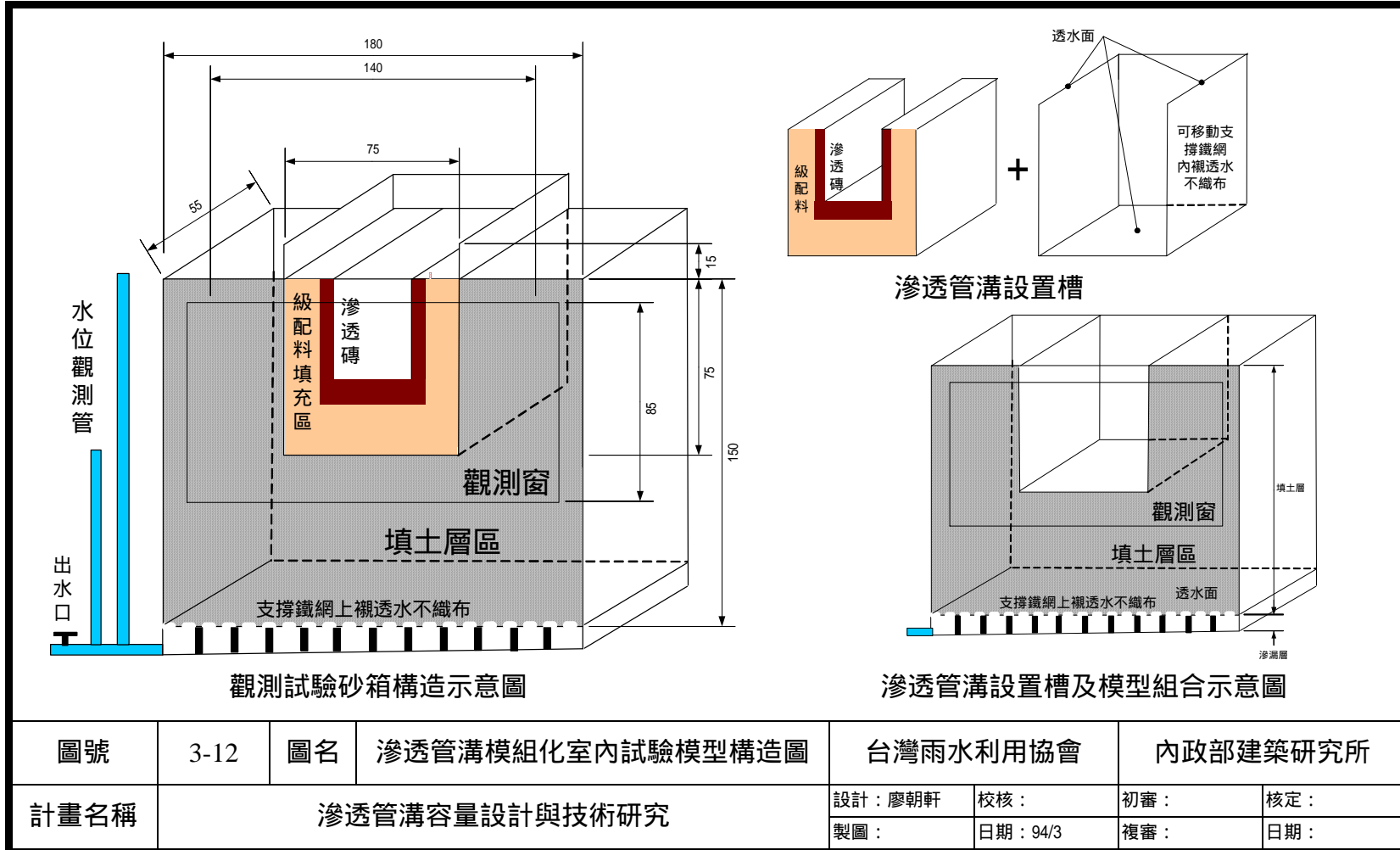
然而戶外現地觀測試驗易受天候影響且現地模型不易變更，故本計畫擬規劃設計「滲透管溝模組化室內試驗模型」，以進行不同型式管溝相關觀測試驗；模型已於民國 94 年 5 月發包製作，同年 8 月完成驗收。

「滲透管溝模組化室內試驗模型」主要為測試不同型式滲透管溝之滲透性，模型主要分為三部分，分別為：觀測試驗砂箱；滲透管溝設置槽及水位觀測設施。模型以組合搭配方式設置各種型式之滲透管溝以進行定水頭試驗，觀測滲透管溝滲漏水量、以及模擬不同地下水位下之滲漏情況。「滲透管溝模組化室內試驗模型」主要架構請參考圖 3-12，模型建置規劃說明如后。

#### 一、觀測試驗砂箱

觀測試驗砂箱以不銹鋼組成，長 180cm、寬 55cm、高 150cm，前方設置觀察面，接縫處需以不滲水方式處理。區分為：填土層及滲漏層。

1. 填土層：模型內層填充土方，各層土方需壓實，土方底層與模型之接觸面需整面為透水面。
2. 滲漏層：滲漏層用以承接填土層之滲漏水量，需有一定之洩水坡度以將水由出水口排出，不得產生滯蓄（Ponding）現象。



## 二、滲透管溝設置槽

滲透管溝設置槽未來試驗時滲透管溝設置槽需填充級配及混凝土滲透側溝、滲透管等，以組合搭配方式配合各種滲透管溝。

滲透管溝設置槽為不銹鋼架構，為一四面之立體結構，需維持三面整面為透水面，外長 75cm、寬 55cm、高 75cm 內襯以透水不織布。

## 三、水位觀測、地下水位模擬及排水等設施

此部分主要用來觀測砂箱水位、模擬地下水位、將模型滲漏水順利排出及量測砂箱之滲漏水量。

滲透管溝模組化室內試驗模型規格說明如后：

### 一、觀測試驗砂箱

1. 外形尺寸：請參考圖 3-12。
2. 材質：不銹鋼體（至少 2mm）、附觀測視窗（至少 1.5mm）。
3. 內附砂土填充槽、襯透水不織布。
4. 填充砂土需具一定夯實度 90%，飽和滲透係數需達  $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{cm/s}$  範圍內。
5. 填充砂土之種類需告知甲方。
6. 填充砂土時需埋設偵測裝置，並能測得砂土之濕潤變化。
7. 需達一定承載力，以承載填充土方及滲透管溝。
8. 需檢附相關監測軟體（Windows XP 作業系統相容）。

### 二、滲透管溝設置槽

1. 需有三面為透水面。
2. 在未裝入試驗砂箱情形下，不得產生滯蓄現象。
3. 需達一定承載力，以承載填充物。

### 三、水位觀測、地下水位模擬及排水等設施

1. 需具有迅速排水的功能，不得使滲漏層積水。
2. 地下水位模擬設施需能控制砂箱內水位高度以模擬地下水位。
3. 排水管需能將模型滲漏水順利排出，不可讓模型內產生滯蓄現象。
4. 需能量測不同地下水位情況下之滲漏水。

### 四、滲漏層

1. 需維持全面滲漏。
2. 不得使觀測砂箱產生滯蓄現象。
3. 滲漏層需於適當位置設置支架，以支撐上部結構。

滲透管溝模組化室內試驗模型裝設施工概況如圖 3-13 所示。



(a) 試驗模型 (未裝設前)



(b) 施工工作窗



(c) 底部滲漏層



(d) 排水裝置

圖 3-13 滲透管溝模組化室內試驗模型裝設施工概況

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究



(e) 填充砂土（過篩前）



(f) 填充砂土（過篩後）



(g) 填土

續圖 3-13 滲透管溝模組化室內試驗模型裝設施工概況

第三章 滲透管溝之設計理論探討  
及試驗規劃



(h) 管溝設置槽不織布鋪設



(i) 管溝設置槽裝設



(j) 完工概況



(k) 放水測試

續圖 3-13 滲透管溝模組化室內試驗模型裝設施工概況



#### 第四節 滲透管溝試驗規劃

為探討滲透管溝性能，建立本土化設計參數，本計畫擬利用「滲透管溝模組化室內試驗模型」進行觀測試驗，進而建立滲透管溝滲透能力參考曲線。以下分別針對擬進行試驗之滲透管溝種類、試驗用水配置方式、土壤滲漏觀測及管溝滲透觀測試驗之試驗方式進行說明。

##### 一、滲透管溝之分類

建置「滲透管溝模組化室內試驗模型」的目的，即是擬針對不同種類之滲透管溝進行滲透觀測試驗，因此必須對於滲透管溝之種類進行初步探討，以為後續試驗進行之基礎。

滲透側溝可分類如表3-1所示；依據目前市面上常使用之建材，可區分為四類，分別為：單元透水磚、剛性透水建材、單元高壓磚及其他類。

表3-1 滲透側溝之分類一覽表

分類	常見建材	說明	材料來源	透水機制
滲透側溝	單元透水磚 如：透水磚、單元性透水混凝土等。	塊狀材料所構成，磚本身具透水孔隙，以非連續拼接之方式鋪設。	天然骨材 回收再生骨材	全面滲透
	剛性透水建材 如：透水性混凝土、多孔性混凝土之預鑄構造、透水性樹脂混合骨材之構造等。	可經由預鑄或現場澆置成形之滲透建材，其透水性能主要由材料本身之孔隙來達成。	天然骨材 回收再生骨材	
	單元高壓磚 如：紅磚等。	塊狀材料所構成，磚本身無透水孔隙，以非連續拼接之方式鋪設，主要以各單元磚間之孔隙透水。	天然骨材 回收再生骨材	部分滲透
	其他 前三類中未分類者，如：具排水管或排水孔之側溝、磚砌未滿漿之側溝等。	利用建材之排水管（孔）或各磚間之空隙等型式以達透水要求。	天然骨材 回收再生骨材 人工材料	排水

若依據雨水經由滲透材料滲透的方式，其滲透機制可區分為三類，分別為：全面滲透、部分滲透及排水機制。

新店試驗區之透水磚側溝及紅磚側溝即分屬於第一類：單元透水磚，及第二類：單元高壓磚類；而第三類剛性透水建材則如透水性混凝土或樹脂混合骨材等之透水材料，如圖 3-14(a) (b)所示；第四類則如圖 3-14(c)所示。



(a) 透水性混凝土 (b) 樹脂混合骨材之透水材料 (c)具排水孔之側溝

圖3-14 滲透側溝之材料

本計畫93年度已完成透水磚及紅磚二不同型式側溝之現地試驗，94年度更進一步完成不同開孔率之「排水性側溝」，並利用試驗成果發展、整合為一綜合考量側溝材質、形狀及土壤滲透性等因子之保水量設計公式。本年度將針對不同型式之滲透排水管進行探討，滲透排水管之分類如表3-2所示。

在滲透排水管型式之選擇上，本計畫認為在選擇需考慮：1. 為國內易於取得之材料、2. 為目前國內可行之施工技術外、及3. 推廣及實用性；且目前「綠建築解說與評估手冊」是以有孔排水管為建議型式，故本計畫以圖3-15(a)之「有孔排水管」為試驗對象。

滲透排水管為高密度聚乙烯材質，內徑為20cm，與「綠建築解說與評估手冊」建議之內徑同，排水孔直徑為7mm；未來可視實際需要加鑽排水孔或塞住部分排水孔以模擬不同開孔率（開孔面積/單位長度排水管面積）之滲透

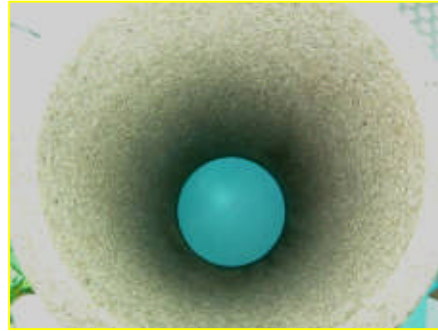
排水管滲透情形，滲透排水管試驗模型之開孔型式如圖3-16所示。

**表3-2 滲透排水管之分類一覽表**

分類	常見建材	說明	材料來源	透水機制
滲透排水管	有孔排水管 於地下排水管設置排水孔，材料可為混凝土、塑膠及高密度聚乙烯等。	利用建材之排水孔以達透水要求。	天然骨材 回收再生骨材 人工材料	排水
	剛性透水建材 如：透水性混凝土、多孔性混凝土之預鑄構造、透水性樹脂混合骨材之構造等。	可經由預鑄或現場澆置成形之滲透建材，其透水性能主要由材料本身之孔隙來達成。	天然骨材 回收再生骨材	全面滲透



(a) 有孔排水管



(b) 剛性透水建材

**圖3-15 滲透排水管之材料**



**圖3-16 滲透排水管之開孔型式**

為使試驗易於進行，本計畫另設計製作L型導水管，如圖3-17(a)所示；只需將滲透排水管貼上防水膠布（圖3-17(b)），即可與L型導水管進行組裝，故可與不同型式之排水管進行組合，組裝完成如圖3-17(c)所示。試驗時只需將水由L型導水管之注水孔注入，即可模擬排水管中不同水位之情況。



圖3-17 滲透排水管試驗模型

圖3-16、圖3-17中之滲透排水管試驗模型之開孔率為3.7%；若開孔數（面積）減半，則其開孔率為1.8%。本計畫初步將針對此二種型式之滲透排水管進行試驗。由於室內模組化試驗模型之前已進行過滲透側溝之試驗，故需先將原側溝試驗模型移除，並酌予重新填充級配及鋪設新不織布，以確保其滲

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

透性。滲透排水管試驗模型之裝設概況如圖3-18所示。



(a) 清碎石級配過篩



(b) 清碎石級配 (粒徑3/4 ”約20mm)

**圖3-18 滲透排水管試驗模型裝設概況**



(c) 移除滲透側溝並準備填充級配



(d) 滲透側溝移除後之試驗模型  
(右上方為鋪設新不織布後之管溝設置槽)



(d) 填充碎石級配

### 續圖3-18 滲透排水管試驗模型裝設概況

為確保滲透排水管與觀測視窗之接合處能確實防水，初步嘗試以防水橡膠進行防水施作，但效果不佳；後改以油性黏土進行防水施作則可有效防水，防水施作過程概如圖3-19所示。

模型組合完成後旋即進行試驗前之滲透測試，以確定相關設計、組裝是

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

否能達預期效果，並可確保後續試驗過程之穩定及正確性。當水注入L型導水管後，水由導水管之穩流槽緩緩溢出至滲透排水管（圖3-20(a)），同時水位穩定升高（圖3-20(b)），最後充滿整個排水管（圖3-20(c)），符合原先設計之目的。滲透測試過程概如圖3-20所示。



(a) 防水橡膠防水（無法防水）

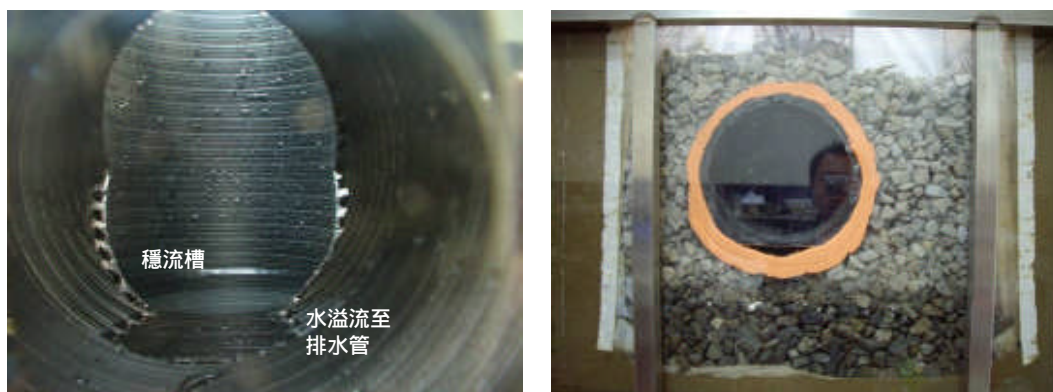


(b) 油性黏土防水施作



(c) 油性黏土防水（有效防水）

**圖3-19 滲透排水管試驗模型防水施作**



(a) L型導水管導水概況

(b) 低水位滲透測試



(c) 高水位滲透測試

圖3-20 滲透排水管試驗測試

### 三、試驗用水配置規劃

滲透管溝試驗用水由地面貯水槽供應，其水源取得有二種方式：

- 藉由自來水管線補充地面貯水槽，如圖 3-21 所示。
- 經由模型滲漏之水由回收水管（如圖 3-22 所示）收集後，送回地面貯水槽循環使用。



建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

試驗用水管線配置如圖 3-23 及圖 3-24 所示。試驗時，由馬達直接抽取由地面貯水槽水，經由試驗用水管供給試驗用水；並設置二不同型式之出水口以便未來串接試驗模型之加水設備。試驗用水管線適當地方設置洩壓閥，而出水量之控制方式有兩種，分別為：

- 將洩壓閥關閉，僅由出水控制閥控制水量大小；適用於試驗用水量較大時。水量之大小可直接由水表（最小量測單位：0.25L）讀取。
- 由洩壓閥及出水控制閥之開啟程度控制水量，此時多餘之水可由洩壓閥排出；適用於試驗用水量較小時；水量之大小若無法由水表直接讀取，可利用壓力計與量杯於試驗前先率定水量大小。



圖 3-21 地面貯水槽位置圖



圖 3-22 試驗用水回收水管



圖 3-23 試驗用水管線配置上視圖



圖 3-24 試驗用水管線配置側視圖

#### 四、滲透觀測試驗步驟

由於本計畫上一年度已建立滲透側溝室內試驗試驗標準作業流程，故滲透排水管之試驗步驟擬以上一年度之步驟為基礎進行修正。初步擬定之試驗步驟如下：

##### 步驟 1: 裝置試驗裝置

將試驗裝置、級配置入滲透管溝設置槽並與滲透砂箱組合，空隙處以油性黏土或矽膠填補。

##### 步驟 2: 注水

啟動馬達，將出水控制閥旋至一定開度，開始向 L 型導管注水。

##### 步驟 3: 控制水位

微調出水控制閥及洩壓閥，當排水管的水位固定時，各閥門不得再轉動。

##### 步驟 4: 量測水位

利用量尺水位。

##### 步驟 5: 量測穩定水位

隨者時間增加，水位會緩慢上升，當水位不再上升時，此時之水位即為穩定水位。

##### 步驟 6: 量測穩定入滲率

當達到穩定水位時，此時之入滲率穩定入滲率；穩定入滲率之量測可利用馬錶計時，計算水錶 600 秒的平均流量(cms)。

##### 步驟 7: 紀錄數據

紀錄觀測之穩定入滲量與相對應之水位，並分別以入滲量、水位為座標軸，點繪其關係曲線。

##### 步驟 8: 模型排水

當觀測之穩定入滲量與水位之關係出現非線性情形時，則停止試驗，俟模型排水完畢後再繼續進行試驗。

##### 步驟 9: 計算單位長度比滲透面積

依據式(3-17)計算即可得單位長度比滲透面積。

## 第四章 滲透管溝滲透性能分析

滲透排水管之滲透性能除與本身材料性質有關外，土壤之滲透能力亦為一重要影響因素之一。本章將依據前面前建立的性能推估理論，以有孔排水管為試驗對象進行滲透及保水能力探討，以分析歸納不同開孔率滲透排水管之滲透特性，作為技術規範研擬及後續設計之依據。

### 第一節 滲透排水管試驗與結果分析

本計畫依據前面擬定的試驗方法與步驟，以模組化試驗模型對於滲透排水管進行滲透試驗，並嘗試改變其開孔率，分別探討不同開孔率排水管之滲透性能。首先對於開孔率為 3.7% 之滲透排水管進行試驗，再對於開孔率為 1.8% 之滲透排水管進行試驗；試驗流程與結果分析說明如后。

#### 一、開孔率 3.7% 之滲透排水管試驗結果分析

本計畫針對如圖 3-16 之滲透排水管進行滲透試驗，試驗時應盡可能以不同水位進行試驗，方能充分瞭解排水管之入滲狀況與性能。試驗用水之控制方式因水量大小而有所不同，經初步測試顯示將洩壓閥開至一定開度，由出水控制閥控制水量較易控制水位，然後由量杯量取單位時間之流量。

經測試調整結果試驗之最低水位控制在約 0.03m，而試驗最高水位原則上只需將出水控制閥開度開大即可，因此試驗之最高水位控制在約 0.2m，其餘不同水位則調整出水控制閥之開度。

試驗過程概如圖 4-1 所示。首先由 L 形導水管注水（圖 4-1(b)、(c)），經由試驗觀察，由於級配層孔隙率遠大於土壤，水流傳導速率亦遠大於土壤，故無法及時入滲土壤的水會於級配層內產生積水作用（如圖 4-1(d)所示），抬升水位並擴大滲透面積，增加水流入滲土壤的機會。然後隨著時間管內水位逐漸上升（如圖 4-1(e)所示），最後管內水位與級配層水位相同，進而達到穩定狀態。顯示在穩定狀態時，滲透排水管之滲水機制與側溝同；圖 4-1(f)、(g)及(h)分別為低、中及高水位時之試驗概況。

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究



(a) 滲透管溝試驗模型



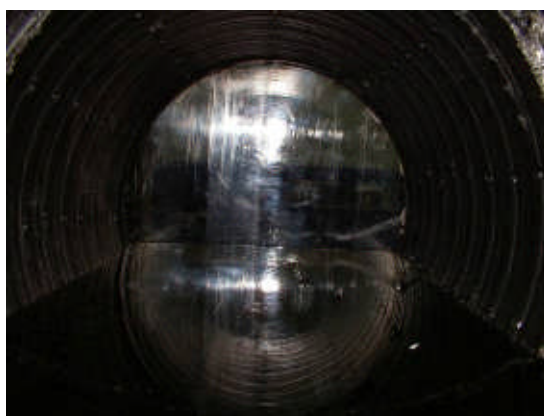
(b) 注水概況(1)



(c) 注水概況(2)



(d) 級配層積水概況



(e) 排水管內積水概況



(f) 低水位試驗概況 (水位 0.02m)

圖 4-1 試驗概況



(g) 中水位試驗概況 (水位 0.11m)      (h) 高水位試驗概況 (水位 0.19m)

#### 續圖 4-1 試驗概況

開孔率 3.7% 之滲透排水管滲透試驗數據整理如表 4-1, 進一步利用土壤飽和滲透係數可求得比滲透面積 ( $A_{u,s}$ ); 而比滲透面積與水位之關係則如圖 4-2 所示, 結果顯示滲透排水管之穩定入滲率隨著穩定水位增高而增加。

表 4-1 滲透排水管 (開孔率 3.7%) 滲透試驗結果

試驗名稱	滲透管溝穩態滲透試驗					
試驗人員	簡吉甫、劉冠廷、蘇嘉民、卓禹見					
管溝名稱	滲透排水管 (開孔率 3.7%)					
試驗組別	試驗 1	試驗 2	試驗 3	試驗 4	試驗 5	試驗 6
穩定水深(cm)	3.0	7.2	11.4	12.1	15.2	19.2
穩定水深(m)	0.030	0.071	0.114	0.121	0.152	0.192
平均注水量( $10^{-5}$ , cms)	0.44	0.94	0.92	1.16	1.41	1.94
土壤飽和滲透係數 ( $K_{soil}$ , m/s)	$5.37 \times 10^{-6}$					
單位長度 比滲透面積( $A_{u,s}$ , $m^2/m$ )	6.31	13.52	13.20	16.61	20.15	27.75

為瞭解比滲透面積與水位之變化關係, 本計畫將試驗數據進行迴歸分析, 結果如圖 4-2 所示。

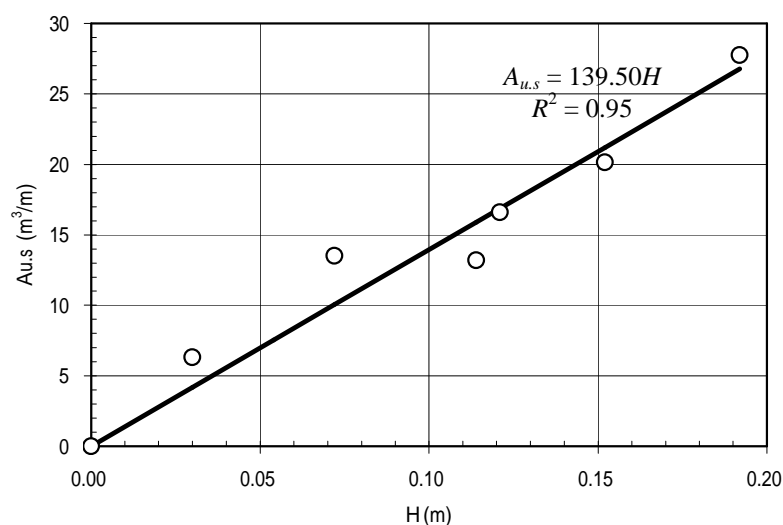


圖 4-2 滲透排水管（開孔率 3.7%） $A_{u,s}$  與  $H$  關係圖

雖然滲透排水管為圓形斷面，與側溝之矩形斷面截然不同，但由圖顯示二者之滲透能力與水位之變化趨勢相同，即呈線性關係。進一步觀察試驗時之排水管之水位、滲水狀況及級配層之蓄水現象，由於本研究探討的是穩定水位後之最終入滲率，而排水管及礫石之滲透性遠高於填土層，故水位穩定時管內外水位一致，此時溝槽之貯水現象與側溝相同，故其呈現相同趨勢。進一步由迴歸分析顯示比滲透面積與水位可以一線性方程式表示，如式(4-1)所示。

$$A_{u,s} = 139.50H, r^2 = 0.95 \quad (4-1)$$

式中： $A_{u,s}$  為單位長度比滲透面積（ $m^2/m$ ）； $H$  為滲透排水管之設計水位（ $m$ ）； $r^2$  為決定係數（Coefficient of determination）。

式(4-1)顯示，只要決定滲透排水管之設計水位，即可得到單位長度比滲透面積，再乘以土壤之飽和滲透係數即可得到滲透排水管的穩定入滲率，故此關係式可用來作為推估不同設計水位下，滲透排水管之入滲性能。

## 二、開孔率 1.8% 之滲透排水管試驗結果分析

經由前面的試驗與探討，本計畫繼續將排水管之開孔率由 3.7% 減至 1.8%，以探討不同型式排水管之滲透特性。採用方式為利用油性黏土將開孔率 3.7% 之排水管一半排水孔密封，密封施作過程如圖 4-3(a)所示，密封完成如圖 4-3(b)及 (c)所示，試驗概況如圖 4-3(d)所示。



圖 4-3 滲透排水管密封施作及試驗概況

試驗時，經測試調整結果試驗之最低水位控制在約 0.03m，而試驗最高水位原則上只需將出水控制閥開度開大即可，因此試驗之最高水位控制在約 0.2m，其餘不同水位則調整出水控制閥之開度。

試驗數據整理如表 4-2，所示試驗結果顯示滲透排水管之穩定入滲率隨著穩定水位增高而增加，而進一步可利用土壤之飽和滲透係數可求得比滲透面積 ( $A_{u,s}$ )

為瞭解比滲透面積與水位之變化關係，本計畫將試驗數據進行迴歸分析，結果如圖 4-4 所示；由迴歸分析結果顯示比滲透面積與水位可以一線性方程式表示，如式(4-2)所示。



表 4-2 滲透排水管（開孔率 1.8%）滲透試驗結果

試驗名稱	滲透管溝穩態滲透試驗					
試驗人員	簡吉甫、劉冠廷、蘇嘉民、卓禹見					
管溝名稱	滲透排水管（開孔率 1.8%）					
試驗組別	試驗 1	試驗 2	試驗 3	試驗 4	試驗 5	試驗 6
穩定水深(cm)	3.2	6.5	7.9	12.4	16.0	17.8
穩定水深(m)	0.032	0.065	0.079	0.124	0.160	0.178
平均注水量( $10^{-5}$ , cms)	0.47	0.61	0.65	0.93	1.32	1.58
土壤飽和滲透係數 ( $K_{soil}$ , m/s)	$5.37 \times 10^{-6}$					
單位長度 比滲透面積( $A_{u,s}$ , $m^2/m$ )	6.71	8.77	9.31	13.35	18.96	22.63

$$A_{u,s} = 121.66H, r^2 = 0.96 \quad (4-2)$$

式中： $A_{u,s}$  為單位長度比滲透面積 ( $m^2/m$ )； $H$  為滲透排水管之設計水位 (m)； $r^2$  為決定係數 (Coefficient of determination)。

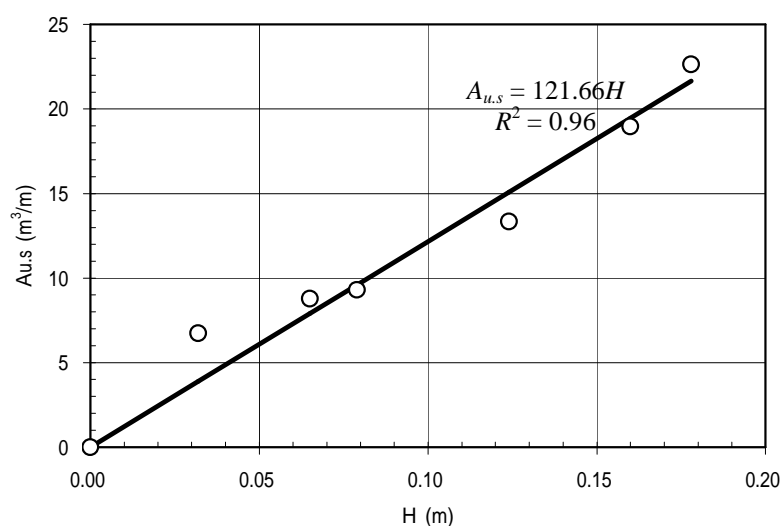


圖 4-4 滲透排水管（開孔率 1.8%） $A_{u,s}$  與  $H$  關係圖

式(4-2)顯示，只要決定滲透排水管之設計水位，即可得到單位長度比滲透面積，再乘以土壤之飽和滲透係數即可得到滲透排水管的穩定入滲率，故此關係式可用來作為推估不同設計水位下，滲透排水管入滲之性能。

## 三、開孔率 1.2% 之滲透排水管試驗結果分析

經由前面的試驗與探討，本研究進一步將排水管之開孔率由 3.7% 減至 1.2%，以探討不同型式排水管之滲透特性。採用方式為利用油性黏土將開孔率 3.7% 之排水管 2/3 排水孔密封。

試驗數據整理如表 4-3，所示試驗結果顯示滲透排水管之穩定入滲率隨著穩定水位增高而增加，而進一步可利用土壤之飽和滲透係數可求得比滲透面積。

為瞭解比滲透面積與水位之變化關係，本計畫將試驗數據進行迴歸分析，結果如圖 4-5 所示；由迴歸分析結果顯示比滲透面積與水位可以一線性方程式表示，如式(4-3)所示。

表 4-3 滲透排水管（開孔率 1.2%）滲透試驗結果

試驗名稱	滲透管溝穩態滲透試驗								
試驗人員	簡吉甫、劉冠廷、蘇嘉民、卓禹見								
管溝名稱	滲透排水管（開孔率 1.2%）								
試驗組別	試驗 1	試驗 2	試驗 3	試驗 4	試驗 5	試驗 6	試驗 7	試驗 8	試驗 9
穩定水深(cm)	3.3	5.5	8.0	9.6	12.3	14.3	17.2	17.4	18.3
穩定水深(m)	0.033	0.055	0.08	0.096	0.123	0.143	0.172	0.174	0.183
平均注水量( $10^{-5}$ , cms)	0.53	0.56	0.65	0.63	0.70	0.91	1.22	1.21	1.02
土壤飽和滲透係數 ( $K_{soil}$ , m/s)	$5.37 \times 10^{-6}$								
單位長度 比滲透面積( $A_{u,s}$ , $m^2/m$ )	7.52	7.96	9.27	8.96	10.07	13.04	17.52	17.28	14.64

$$A_{u,s} = 94.77H, r^2 = 0.83 \quad (4-3)$$

式中： $A_{u,s}$  為單位長度比滲透面積 ( $m^2/m$ )； $H$  為滲透排水管之設計水位 (m)； $r^2$  為決定係數 (Coefficient of determination)。

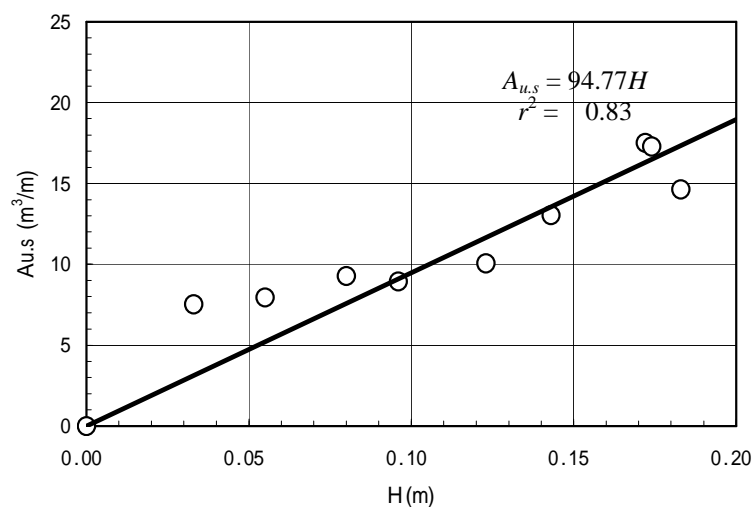


圖 4-5 滲透排水管（開孔率 1.2%） $A_{u,s}$  與  $H$  關係圖

#### 四、網狀滲透管之滲透排水管試驗結果分析

本計畫為對於滲透排水管之滲透性能有一完整之探討，進一步以「網狀滲透管」進行滲透試驗。網狀滲透管之開孔率為 81%（如圖 4-6 所示），遠大於之前試驗之滲透排水管，而試驗數據整理如表 4-4。試驗結果顯示滲透排水管之穩定入滲率隨著穩定水位增高而增加，而進一步可利用土壤之飽和滲透係數可求得比滲透面積（ $A_{u,s}$ ）。



圖 4-6 網狀滲透管

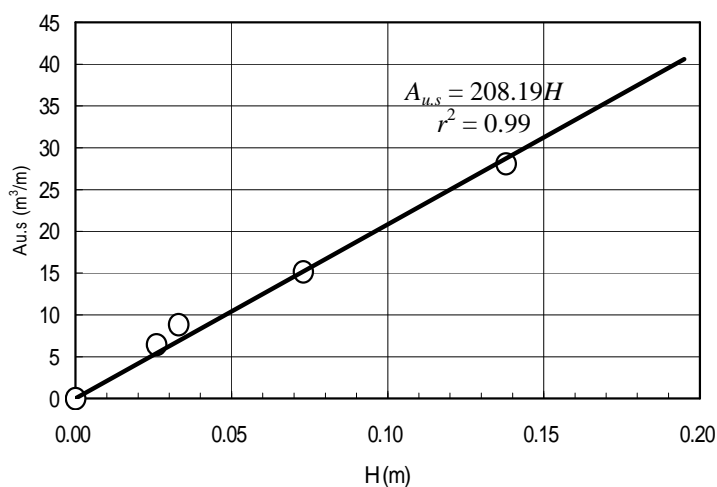
表 4-4 滲透排水管（開孔率 81%）滲透試驗結果

試驗名稱	滲透管溝穩態滲透試驗			
試驗人員	簡吉甫、劉冠廷、蘇嘉民、卓禹見			
管溝名稱	滲透排水管（開孔率 81%）			
試驗組別	試驗 1	試驗 2	試驗 3	試驗 4
穩定水深(cm)	2.6	3.3	7.3	13.8
穩定水深(m)	0.026	0.033	0.073	0.138
平均注水量( $10^{-5}$ , cms)	0.451	0.616	1.06	1.96
土壤飽和滲透係數 ( $K_{soil}$ , m/s)	$5.37 \times 10^{-6}$			
單位長度 比滲透面積( $A_{u,s}$ , $m^2/m$ )	6.46	8.83	15.15	28.09

為瞭解比滲透面積與水位之變化關係，本計畫將試驗數據進行迴歸分析，結果如圖 4-7 所示；由迴歸分析結果顯示比滲透面積與水位可以一線性方程式表示，如式(4-4)所示。

$$A_{u,s} = 208.19H, r^2 = 0.99 \quad (4-4)$$

式中： $A_{u,s}$  為單位長度比滲透面積 ( $m^2/m$ )； $H$  為滲透排水管之設計水位 (m)； $r^2$  為決定係數 (Coefficient of determination)。

圖 4-7 滲透排水管（開孔率 81%） $A_{u,s}$  與  $H$  關係圖

## 第二節 不同型式滲透排水管滲透性能探討

本計畫採用之滲透排水管管徑 ( $R$ ) 為 0.2m，故式(4-1)至式(4-4)僅適用於上述管徑使用；但滲透排水管之入滲性能，設計管徑之大小亦為一影響因素。根據「下水道用戶排水設備標準」：「排水面積在 600m<sup>2</sup> 以下，雨水管渠管徑需使用 0.15m 以上；排水面積在 601~1000m<sup>2</sup>，雨水管渠管徑需使用 0.2m 以上」。故本計畫將根據前面發展之滲透排水管設計公式，建立滲透排水管不同管徑、設計水位與比滲透面積之關係。

參考圖 2-2 之建議設計斷面，並將式(3-16)代入式(3-17)，則滲透排水管之單位長度比滲透面積( $A_{u.s}$ )可表示為：

$$A_{u.s} = [C^{**}(H)] [0.6+R+H] H R \quad (4-5)$$

式中： $R$  為滲透排水管之管徑 (m)； $H$  為滲透排水管之水位 (m)； $C^{**}(H)$  為修正係數。

將式(4-1)及式(4-2)入式(4-3)，並利用試驗數據進行率定式(4-3)中之修正係數  $C^{**}(H)$ ，令  $\alpha = 1$ ，則  $C^{**}(H)$  可表示為：

$$C^{**}(H) = 80.27(1 - e^{\frac{-H}{0.447}}) \quad \text{for 開孔率 3.7\% 滲透排水管} \quad (4-5a)$$

$$C^{**}(H) = 67.35(1 - e^{\frac{-H}{0.447}}) \quad \text{for 開孔率 1.8\% 滲透排水管} \quad (4-5b)$$

$$C^{**}(H) = 54.59(1 - e^{\frac{-H}{0.447}}) \quad \text{for 開孔率 1.2\% 滲透排水管} \quad (4-5c)$$

$$C^{**}(H) = 119(1 - e^{\frac{-H}{0.447}}) \quad \text{for 開孔率 81\% 滲透排水管} \quad (4-5d)$$

因此，由式(4-5)及式(4-4a)~式(4-5d)可得到在不同設計水位及管徑下，滲透排水管之入滲性能曲線，如圖 4-8 至圖 4-11 所示。

根據如圖 4-8 至圖 4-11，規劃設計者可得到在設計管徑及水位下的比滲透面積，再由設置地區的土壤飽和滲透係數即可得到滲透排水管的設計入滲率

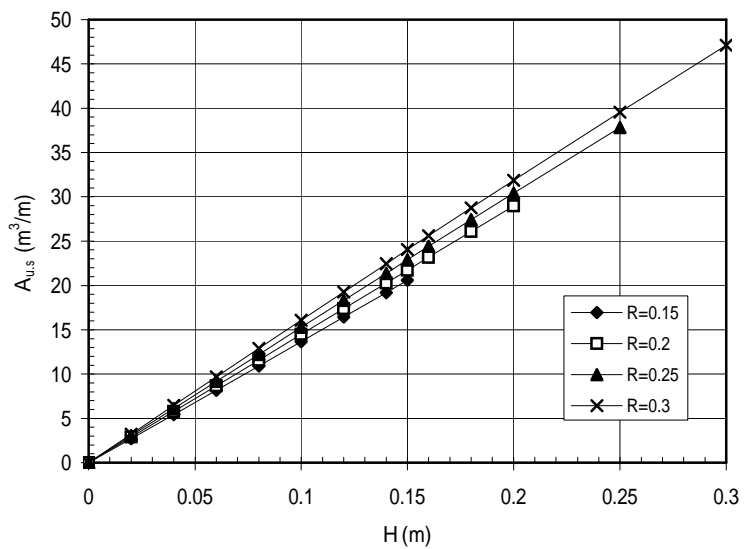


圖 4-8 滲透排水管 (開孔率 3.7%)  $A_{u,s}$ 、 $H$  與  $R$  設計曲線

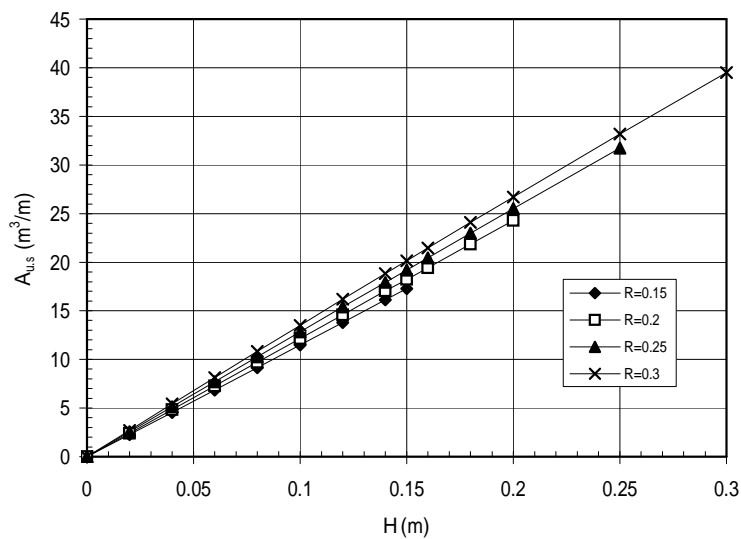


圖 4-9 滲透排水管 (開孔率 1.8%)  $A_{u,s}$ 、 $H$  與  $R$  設計曲線

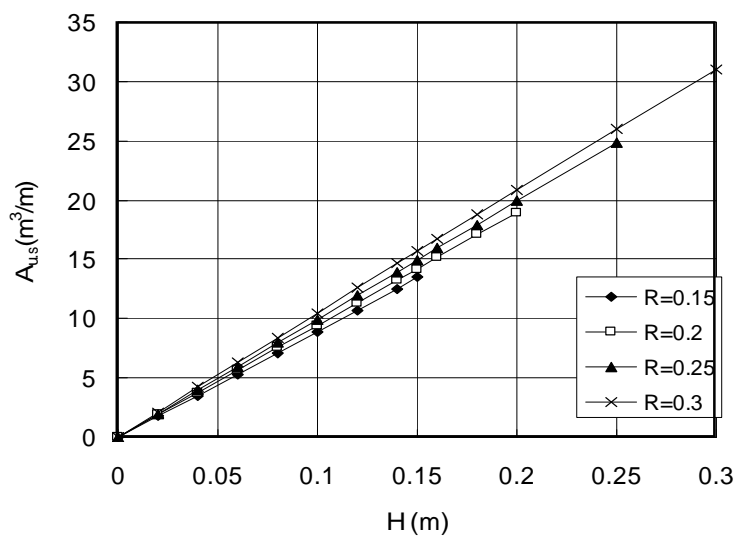


圖 4-10 滲透排水管 (開孔率 1.2%)  $A_{u,s}$ 、 $H$  與  $R$  設計曲線

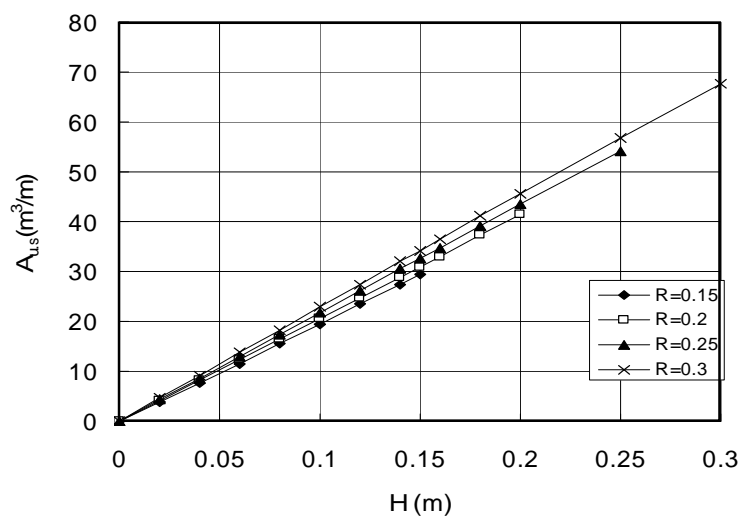


圖 4-11 滲透排水管 (開孔率 81%)  $A_{u,s}$ 、 $H$  與  $R$  設計曲線

## 第三節 不同型式滲透排水管保水性能探討

由圖 4-8 至圖 4-11，規劃設計者可得到在設計管徑及水位下的比滲透面積，再由設置地區的土壤飽和滲透係數即可得到滲透排水管的設計入滲率；但在綠建築基地保水設計中，如何進一步計算保水量及決定適合的設計形狀參數為一值得探討的問題。

為探討此一問題，本計畫將式(4-5)代入式(3-21)，並參考「綠建築解說與評估手冊」建議之設計斷面，即圖 3-3 中之  $d = 0.2\text{m}$ 、 $b' = 0.2\text{m}$  及  $\theta = 90^\circ$ ，則可建立滲透排水管單位長度的保水量 ( $F_{UL}$ ) 與各設計參數之關係。

$$F_{UL} = C^{**}(H) (0.6+R+H) K_{soil} t + 0.1(R+0.4) H \quad R \quad (4-6)$$

因為目前都市排水大多採用 60~90min 降雨延時為設計標準，故本計畫初步將設降雨延時假設為 60min，則滲透排水管單位長度保水量 ( $F_{UL}$ ) 與設計深度 ( $H$ ) 及設計管徑 ( $R$ ) 之關係可表示如圖 4-12 至圖 4-15 之型式。

圖 4-12 至圖 4-15 為在  $K_{soil}=5.37 \times 10^{-6} \text{ m/s}$  狀況下之結果，規劃設計者可依據現地條件，在選定的設計管徑及水位下得到單位長度的保水量；或者在選定設計保水量或逕流減少量 ( $F$ ) 下，依據現地條件與設計曲線決定適當的設計管徑及水位。滲透排水管之形狀設計因子如圖 4-16 所示，由上述得到之設計管徑與水位，再依據圖 4-16 之形狀因子關係，即可得到滲透排水管之實際設計尺寸。

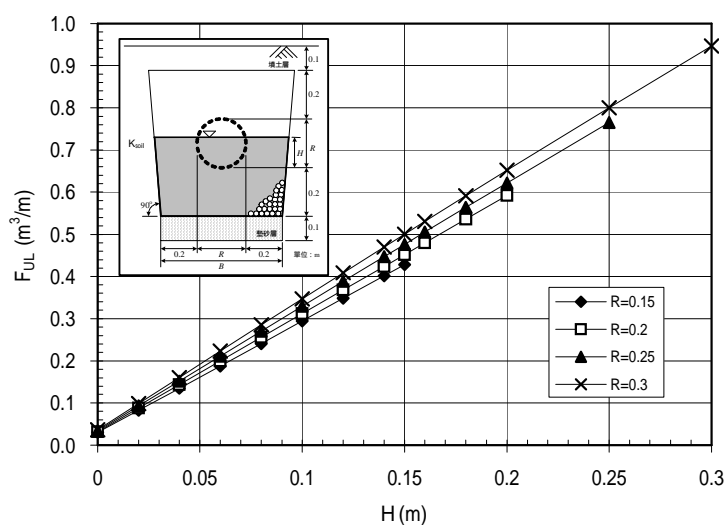


圖 4-12 滲透排水管（開孔率 3.7%）單位長度保水量設計曲線



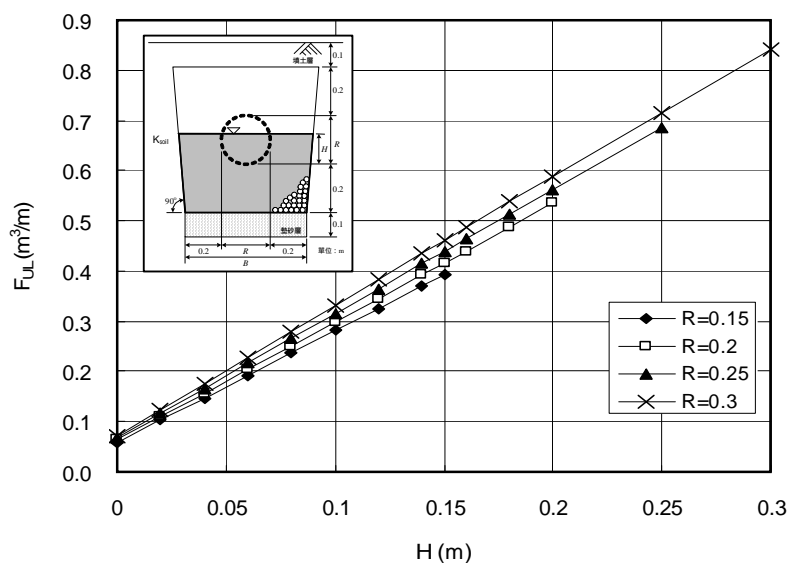


圖 4-13 滲透排水管（開孔率 1.8%）單位長度保水量設計曲線

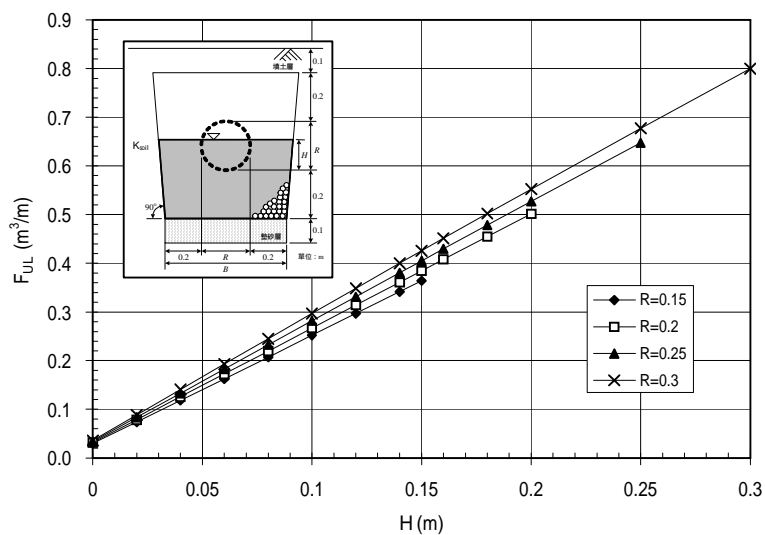


圖 4-14 滲透排水管（開孔率 1.2%）單位長度保水量設計曲線

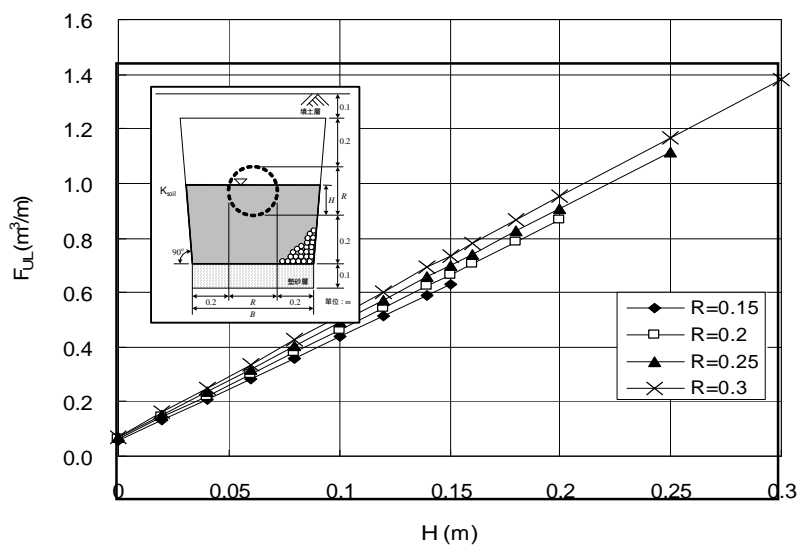


圖 4-15 滲透排水管（開孔率 81%）單位長度保水量設計曲線

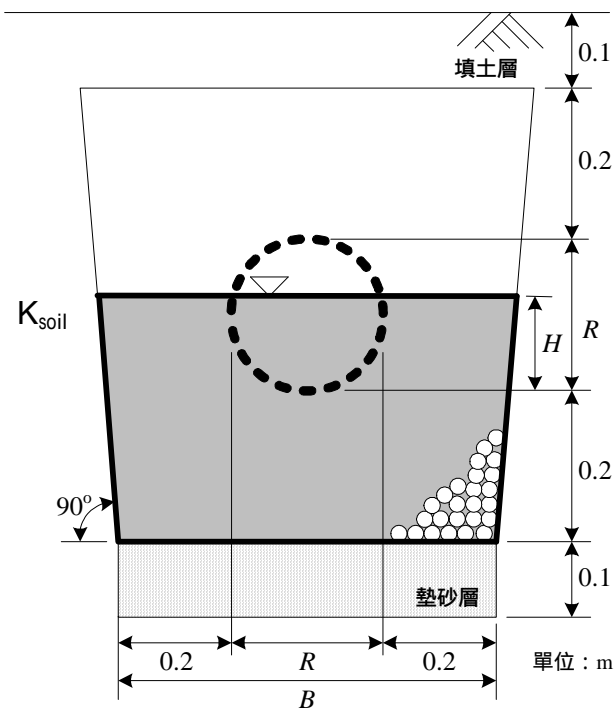


圖 4-16 滲透排水管之形狀設計因子關係圖

#### 第四節 不同型式滲透管溝保水性能探討

本節將進一步整合跨年度之試驗成果，以及本計畫發展之滲透管溝滲透量及保水量推估理論，據以建立滲透管溝保水量計算之流程，以供技術規範修正、研擬之依據。根據本年度及前二年度之試驗結果，茲將不同型式之滲透管溝滲透量及保水量設計公式，包括：滲透側溝；滲透排水管；及建研所自辦案滲透陰井，進行歸納探討。

##### 一、滲透側溝

首先就滲透側溝而言，滲透側溝之滲透性能主要與其本身材質及其底層土壤之滲透性有關，而不同型式之滲透側溝雖使用之材料、工法與透水機制互有不同；但若由保水量設計的觀點來看，不同型式之滲透側溝應以一單一因子，即側溝本身之滲透係數 ( $K_{gutter}$ ) 來表示。依據表 4-5 之設計公式，單位長度保水量可以函數型態表示如下：

$$F_{UL} = f [ A_{u.s}(K_{gutter}, K_{soil}, H, b), t ] \quad (4-7)$$

由式(4-7)顯示滲透側溝保水量之設計涉及參數頗多，為使在實務計算上更為簡易，故假設側溝之設計水深 ( $H$ ) 及寬度 ( $b$ ) 均採用 0.3m，則經由回歸分析，不同型式側溝之單位長度滲透量計算公式可簡化為：

$$A_{u.s} = -6 + 116 K_{gutter}^{0.1}, H=0.3m; b=0.3m; K_{gutter} > 0, \quad r^2 = 0.99 \quad (4-8)$$

則單位長度保水量之計算公式可表示為：

$$F_{UL} = (-6 + 116 K_{gutter}^{0.1}) K_{soil} t + 0.1, H=0.3m; b=0.3m; K_{gutter} > 0 \quad (4-9)$$

上式中，「 $-6 K_{soil} t$ 」項對於保水量較不敏感，故式(4-9)可進一步簡化為：

$$F_{UL} = 116 K_{gutter}^{0.1} K_{soil} t + 0.1, H=0.3m; b=0.3m \quad (4-10)$$

式(4-10)中等號右邊第一項為滲透項，表示側溝之滲透能力；第二項為貯水項，表示側溝級配層之貯水量。式(4-10)為「滲透側溝保水量整合計算公式」，設計者可得到設計水深及寬度分別為 0.3m 下，不同側溝型式 ( $K_{gutter}$ ) 及土壤情況 ( $K_{soil}$ ) 下之保水量。

二、滲透排水管

滲透排水管之滲透性能主要與其本身材質及其底層土壤之滲透性（土壤滲透係數， $K_{soil}$ ）有關；而不同型式之排水管雖使用之材料、工法與透水機制互有不同，但若由保水量設計的觀點來看，不同型式之滲透排水管應可以一單一因子，即排水管本身之開孔率來表示。本計畫亦已將土壤滲透係數（ $K_{soil}$ ）納入比滲透面積（ $A_{u.s}$ ）此特性參數一併考量，此特性參數可表示滲透側溝於單位土壤滲透係數下之滲透性能；故不同型式滲透排水管之滲透性能應可以排水管本身之開孔率與比滲透面積（ $A_{u.s}$ ）之關係表示，則不同型式滲透排水管之滲透性能曲線如圖 4-18 所示。

由圖顯示當開孔率增加，其比滲透面積亦隨之增加，但比滲透面積隨著開孔率過臨界值後則漸趨平緩。

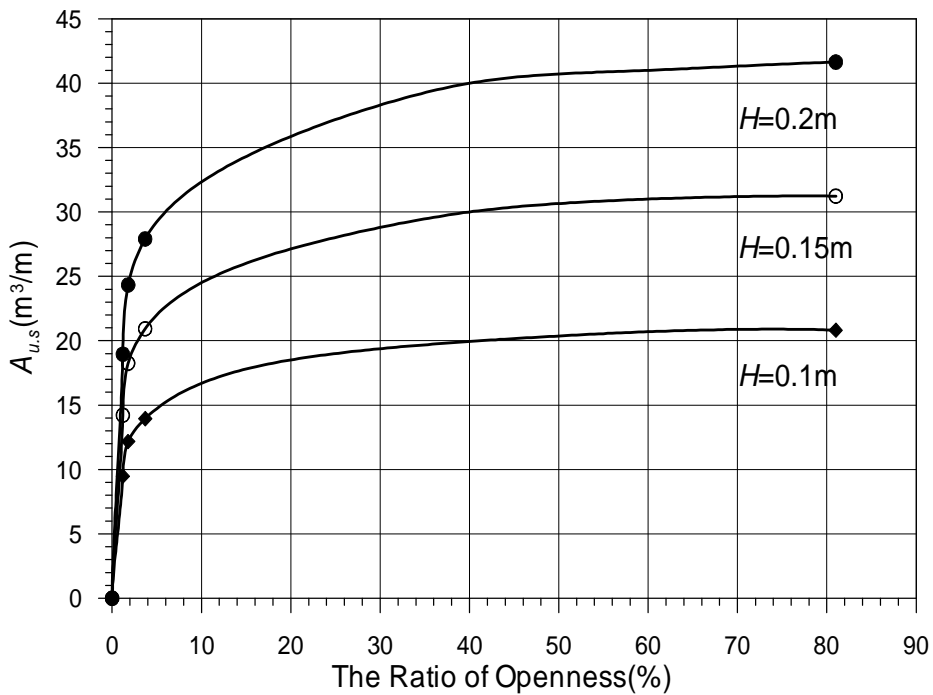


圖 4-17 不同開孔率滲透排水管之  $A_{u.s}$  變化趨勢 ( $R=0.2m$ )

若假設滲透排水管之設計水深 ( $H$ ) 及管徑 ( $R$ ) 採用 0.2m，則經由回歸分析，不同開孔率  $x$  (%) 排水管之單位長度滲透量計算公式簡化為：

$$A_{u.s} = -0.415 + 21.631 x^{0.158}, H=0.3m; b=0.3m; x > 0, \quad r^2 = 0.99 \quad (4-11)$$

將上式代入式(4-6)，則不同開孔率滲透排水管單位長度保水量之計算公式可表示為：

$$F_{UL} = (-0.415 + 21.631 x^{0.158}) K_{soil} t + 0.08 \\ H = R = 0.2m; \quad x > 0 \quad (4-12)$$

為便於計算，式(4-12)可進一步簡化為：

$$F_{UL} = 21.6 x^{0.2} K_{soil} t + 0.1, \quad H = R = 0.2m; \quad x > 0 \quad (4-13)$$

式(4-13)中等號右邊第一項為滲透項，表示滲透排水管之滲透能力；第二項為貯水項，表示滲透排水管之貯水量。式(4-13)為「滲透排水管保水量整合計算公式」，設計者式(4-13)得到設計水深 ( $H$ ) 及管徑 ( $R$ ) 分別為 0.2m 下，不同開孔率 ( $x$ ) 及土壤情況 ( $K_{soil}$ ) 下之保水量。

根據式(4-13)，若設計降雨延時 ( $t$ ) 採 1hr，則不同土壤滲透性下，當排水管之設計水深 ( $H$ ) 與管徑 ( $R$ ) = 0.2m 時，不同開孔率之排水管保水曲線繪如圖 4-18 至圖 4-21 所示。

由圖 4-18 至圖 4-21 之曲線結果顯示，當  $K_{soil} = 10^{-7}$ m/s 時，滲透排水管之保水量幾乎相同，故當土壤滲透性較小時，應可以  $K_{soil} = 10^{-7}$ m/s 之曲線進行設計。

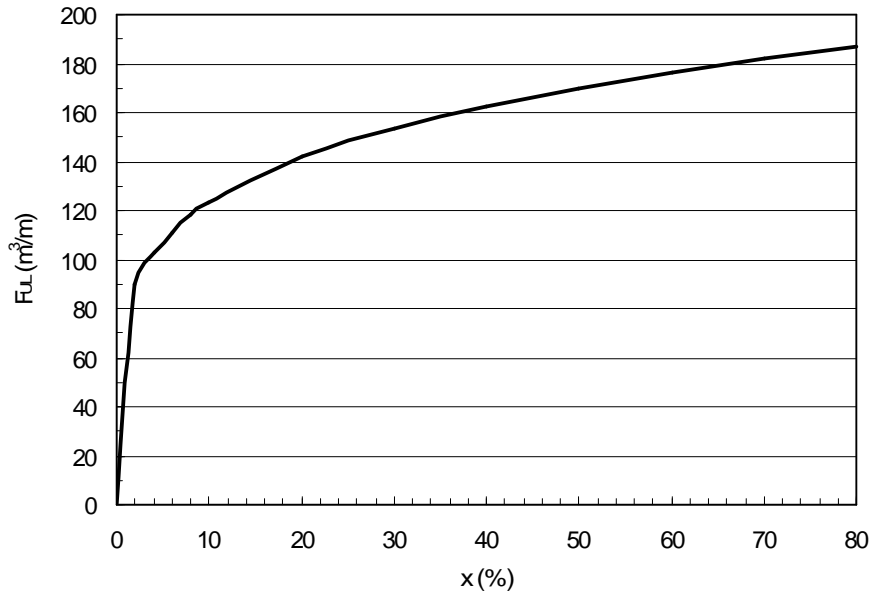


圖 4-18 不同開孔率滲透排水管之保水曲線 ( $K_{soil} = 10^{-3} \text{m/s}$ )

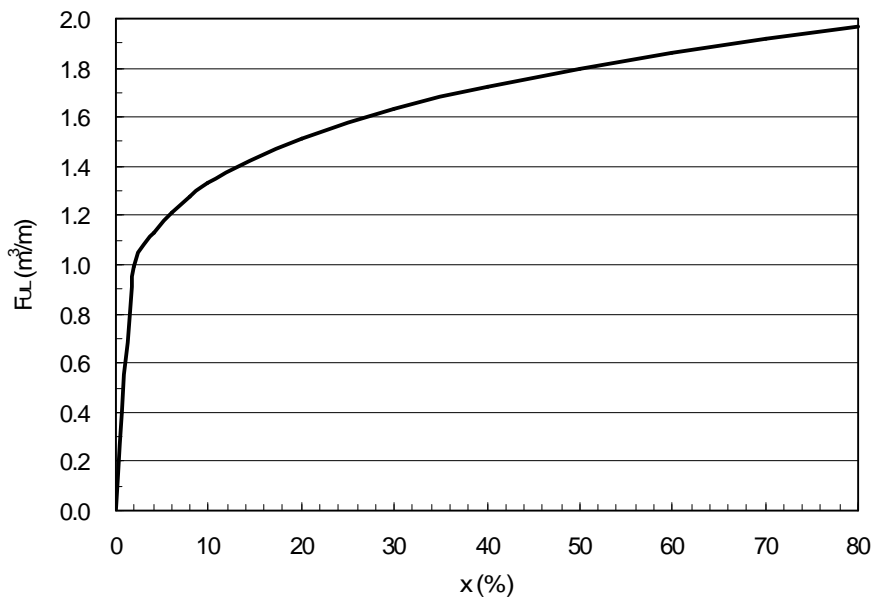


圖 4-19 不同開孔率滲透排水管之保水曲線 ( $K_{soil} = 10^{-5} \text{m/s}$ )

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

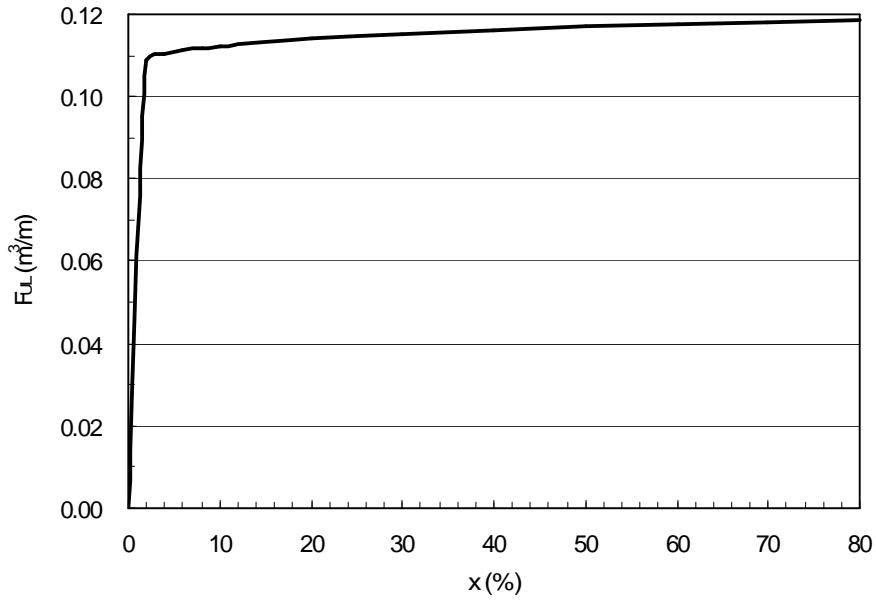


圖 4-20 不同開孔率滲透排水管之保水曲線 ( $K_{soil} = 10^{-7} \text{ m/s}$ )

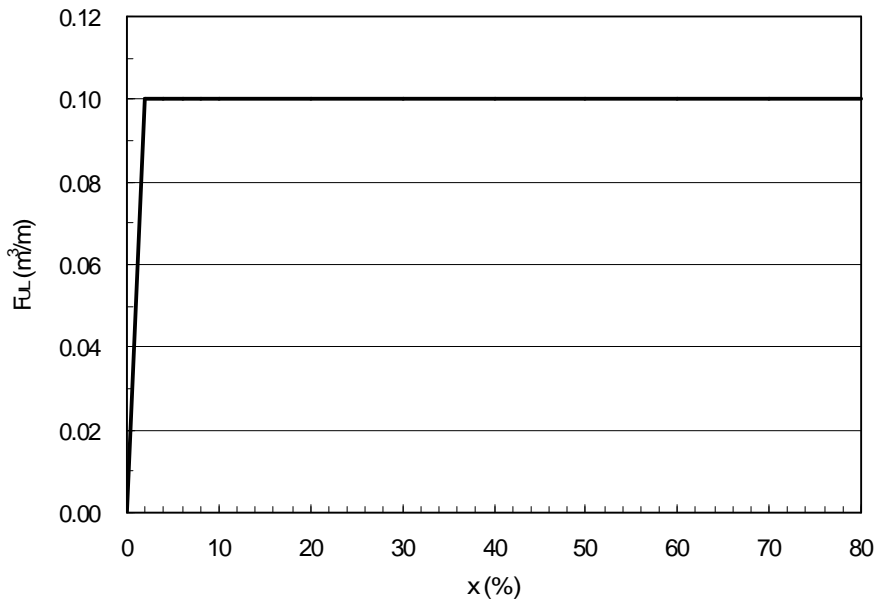


圖 4-21 不同開孔率滲透排水管之保水曲線 ( $K_{soil} = 10^{-9} \text{ m/s}$ )

三、滲透陰井

以下節錄建研所自辦案「滲透陰井滲透性能之研究」之成果，以作為後續計畫成果整合之用。滲透陰井之構造如圖 4-22 所示。

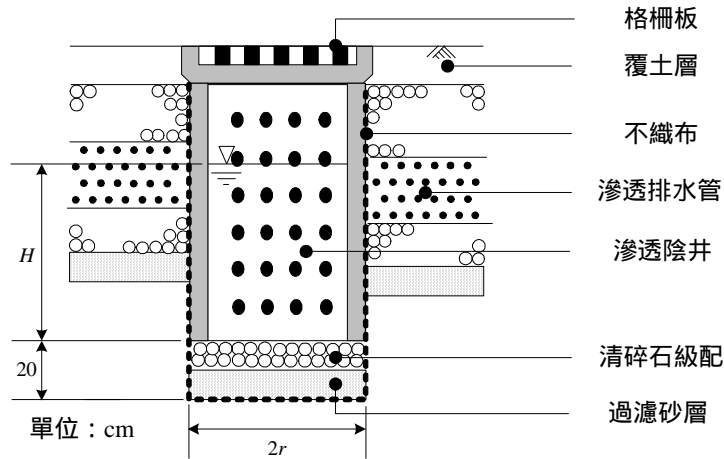


圖 4-22 滲透陰井構造示意圖

資料來源：本計畫自行繪製。

試驗時採用直徑 20、40 及 50cm 之三種高密度聚乙烯陰井，加鑽直徑 5mm 之排水孔，每 5cm 鑽一孔，經估算開孔率約為 1.0%。假設滲透陰井之穩定入滲能力只取決於其滲透面之面積、斷面水位深 ( $H+d$ ) 及土壤飽和滲透係數  $K_{soil}$ ，則滲透陰井之穩定入滲率 ( $Q_{All}$ ) 可視為底面穩定入滲率與側面穩定入滲率之總和。依據 Darcy's law、本計畫發展之滲透管溝入滲量推估近似公式及現地試驗觀測結果，則滲透陰井之保水量 ( $F_{ALL}$ ) 可表示：

$$F_{ALL} = 582(1 - e^{\frac{-H}{0.243}})(r + H + 0.2)r K_{soil} t + 0.12r^2 \quad \text{for 開孔率 1.0\%} \quad (4-14)$$

滲透管溝，包括滲透側溝、滲透排水管及滲透陰井之保水設計公式彙整如表 4-5 所示。



表 4-5 不同型式滲透管溝之設計公式

計畫年度	管溝型式		比滲透面積 ( $A_{u.s}$ , $m^3/m$ )			單位(長度)滲透量 ( $Q$ , $m^3/s$ )	單位保水量 ( $F_{UL}$ , $m^3/m$ )	保水量 整合計算公式
	名稱	滲透係數 ( $K_{gutter}$ , $m/s$ )	試驗結果	計算公式	a			
93 年度	紅磚側溝	$4.2 \times 10^{-4}$	$A_{u.s} = 146.65H,$ $b=0.35m$	$A_{u.s} = C^{**}(H) (0.7+b+H)$  $C^{**}(H) = a (1 - e^{-\frac{H}{0.588}})$	83.25	$Q = A_{u.s} K_{soil}$	$F_{UL} = A_{u.s} K_{soil} t + 0.1(b+0.4)$	$F_{UL} = 116K_{gutter}^{0.1} K_{soil} t + 0.1$ $H=0.3m$ $b=0.3m$
	透水磚側溝	$2.1 \times 10^{-3}$	$A_{u.s} = 176.41H,$ $b=0.35m$		100.11			
94 年度	排水性側溝 (開孔率 0.21%)	$5.0 \times 10^{-3}$	$A_{u.s} = 205.90H,$ $b=0.30m$		116.84			
	排水性側溝 (開孔率 0.42%)	$1.0 \times 10^{-2}$	$A_{u.s} = 211.22H,$ $b=0.30m$		119.86			
95 年度	滲透排水管 (開孔率 $x=1.2\%$ )	N/A	$A_{u.s} = 94.77H$ $R=0.20m$	$A_{u.s} = C^{**}(H) (0.6+R+H)$  $C^{**}(H) = a (1 - e^{-\frac{H}{0.447}})$	54.59		$F_{UL} = A_{u.s} K_{soil} t + 0.1(R+0.4)$	$F_{UL} = 21.6 x^{0.2} K_{soil} t + 0.1$ $H=0.2m$ $R=0.2m$
	滲透排水管 (開孔率 $x=1.8\%$ )	N/A	$A_{u.s} = 121.66H,$ $R=0.20m$		67.35			
	滲透排水管 (開孔率 $x=3.7\%$ )	N/A	$A_{u.s} = 139.50H,$ $R=0.20m$		78.93			
	網狀滲透 排水管 (開孔率 $x=81\%$ )	N/A	$A_{u.s} = 208.19H$ $R=0.20m$		119.00			
自辦 案	滲透陰井 (開孔率 $x=1.0\%$ )	N/A	$A_{u.s} = 1549.7H$ $R=0.40m$	$A_{u.s} = C^{**}(H) r(0.2+r+H)$ $C^{**}(H) = a (1 - e^{-\frac{H}{0.243}})$	185.35	$F_{UL} = A_{u.s} K_{soil} t + 0.12r^2$	N/A	

## 第五章 滲透管溝之法制化研究

技術面之落實得先有法制化作業層面之實現，本章根據之前研擬之設計技術規範大綱，收集、歸納國內、外相關文獻及本計畫之成果，探討其在設計、施工及維護管理所需考慮之層面，草擬、修訂各部分之內容。

### 第一節 設計技術規範之研擬

本計畫之前已研擬「滲透管溝設計技術規範（草案）」，其內容所涉及之作業項目及相關理論、方法繁多，故必須以有系統的方式歸納、彙整並轉化為具體且可應用之規範說明條文，使建築師於規劃時易於參考。本年度將進一步彙整相關成果進行整合，研擬「建築基地保水滲透設計技術規範」，內容包含「滲透管溝」及「透水鋪面」二項保水設計。「建築基地保水滲透設計技術規範」之大綱架構初擬如下：

#### 第一篇 總則篇

- 1-1 依據
- 1-2 目的
- 1-3 主管機關
- 1-4 適用範圍
- 1-5 用語定義

#### 第二篇 規劃篇

- 2-1 基本資料調查
  - 2-1-1 基地基本資料調查
  - 2-1-2 設置點可行性評估
  - 2-1-3 基地滲透能力評估

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

2-1-4 滲透設施之選擇

2-2 保水目標值訂定

2-2-1 建築基地保水指標

2-2-2 滲透管溝

一、滲透側溝

二、滲透排水管

2-2-3 滲透陰井

2-2-4 透水鋪面

2-3 影響係數

第三篇 構造篇

3-1 滲透管溝及陰井

一、構造概要

二、使用材料之要求

3-2 透水鋪面

一、構造概要

二、使用材料之要求

第四篇 施工篇

4-1 滲透管溝及陰井

4-2 透水鋪面

附錄 維護管理篇

一、教育與宣導

二、沖蝕與淤積控制

三、工程進行中之維護

四、調查與後續維護

本計畫將依據上述大綱研擬各相關內容及設計原則，規範中之各作業項目盡量以條例化呈現，並於各條例後撰寫說明條文及相關規劃步驟或設計原則，必要時附上相關圖表或設計圖說以供參考；「建築基地保水滲透設計技術規範（草案）」內容詳見附錄。

### 第二節 電腦輔助設計軟體

研究成果必須轉化成建築師或設計師可資應用與參考之準則與推動依據，方能獲致實質應用之意義。故本計畫擬以發展之理論方法為基礎，研發「滲透管溝」、「土壤飽和滲透係數」及「保水場址可行性評估」電腦輔助設計軟體。

此外，擬進一步整合「透水鋪面」及「雨水貯留利用」二子計畫之設計程式；而在實務設計上，「滲透陰井」常與「滲透管溝」合用，且內政部建築研究所自辦研究案—「滲透陰井之試驗解析」業已獲得極佳之成果，故本計畫擬在軟體整合時亦將其納入，最後建立「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」套裝軟體。此評估系統可節省規劃設計時之人力、物力及時間，極具推廣及應用價值。

「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」以 Visual BASIC 語言撰寫，採用圖形使用者介面（Graphic User Interface, GUI）。評估系統包含五個子系統：

子系統一：滲透管溝—主要計算滲透管溝保水量

包含：滲透側溝模組

滲透排水管模組

滲透陰井模組

子系統二：透水鋪面—主要計算透水鋪面保水量

子系統三：屋頂雨水貯集系統—主要計算雨水貯集系統供水率

子系統四：土壤飽和滲透係數—主要計算土壤飽和滲透係數

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究

子系統五：保水場址可行性評估—針對現地條件評估設置可行性

「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」目前已建置「滲透管溝保水量計算(滲透側溝模組)」、「土壤飽和滲透係數計算」及「設施場址可行性評估」子系統。系統之架構如圖 5-1 所示，而初步完成之軟體操作視窗如圖 5-2 所示。

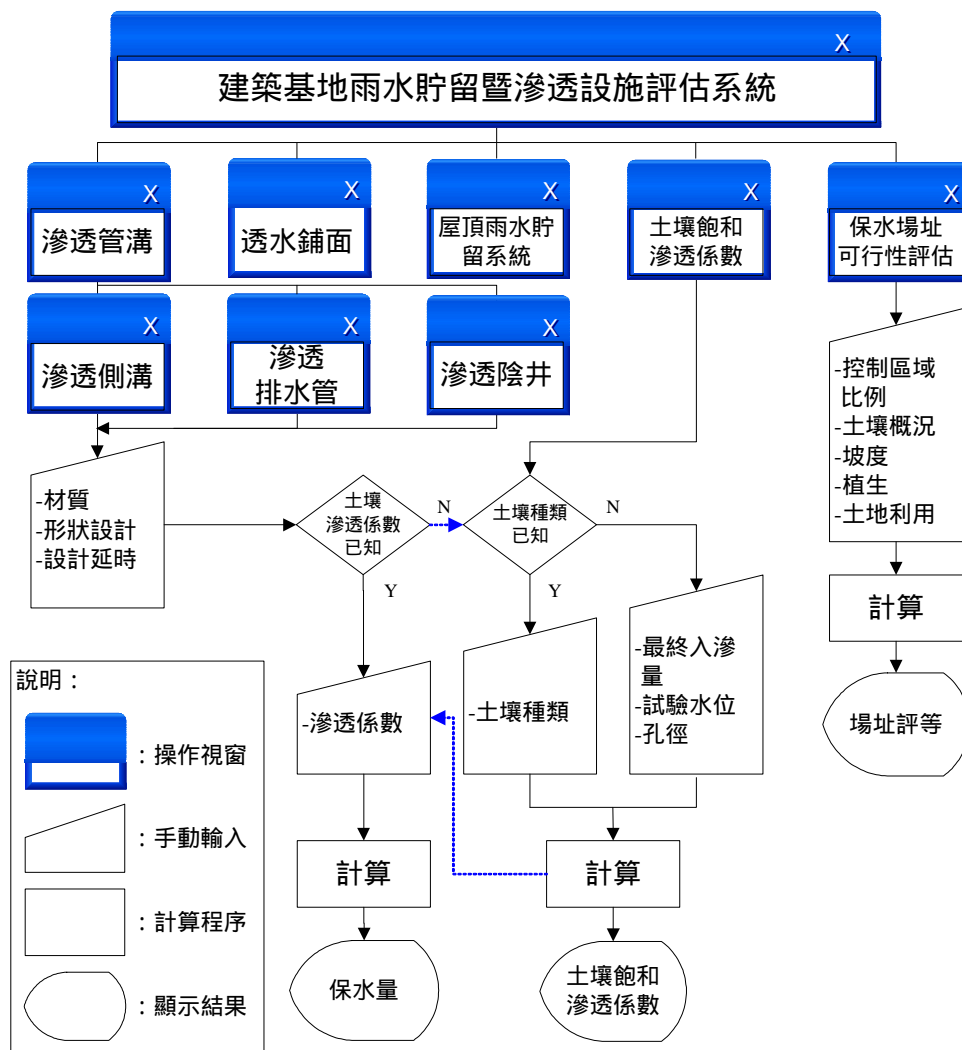
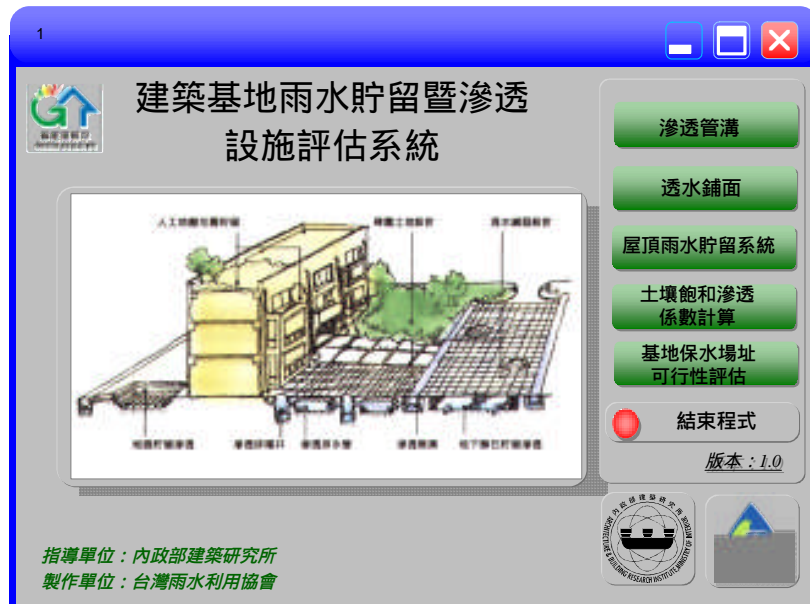
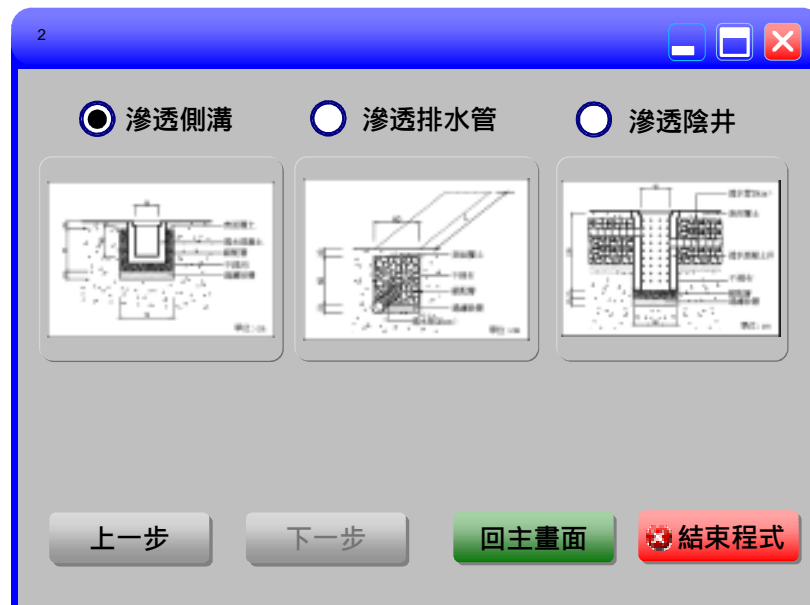


圖 5-1 評估系統架構



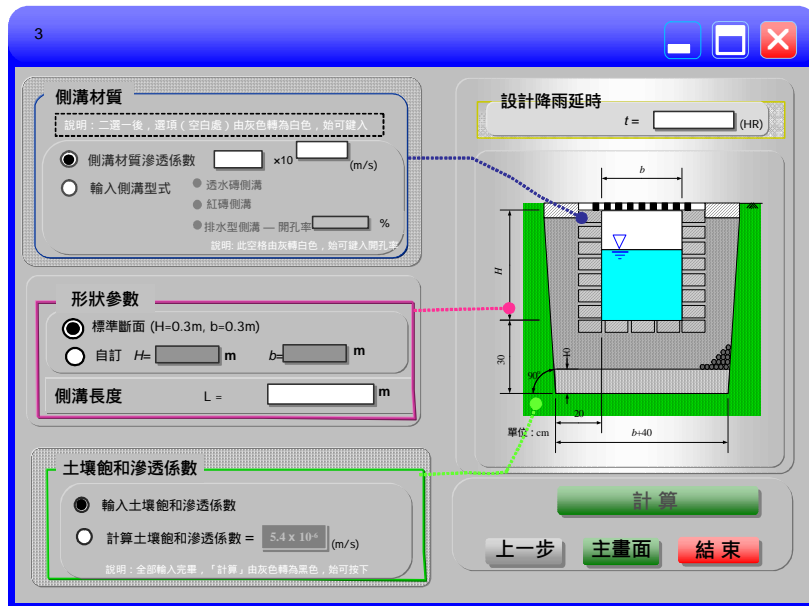
(a) 評估系統主視窗



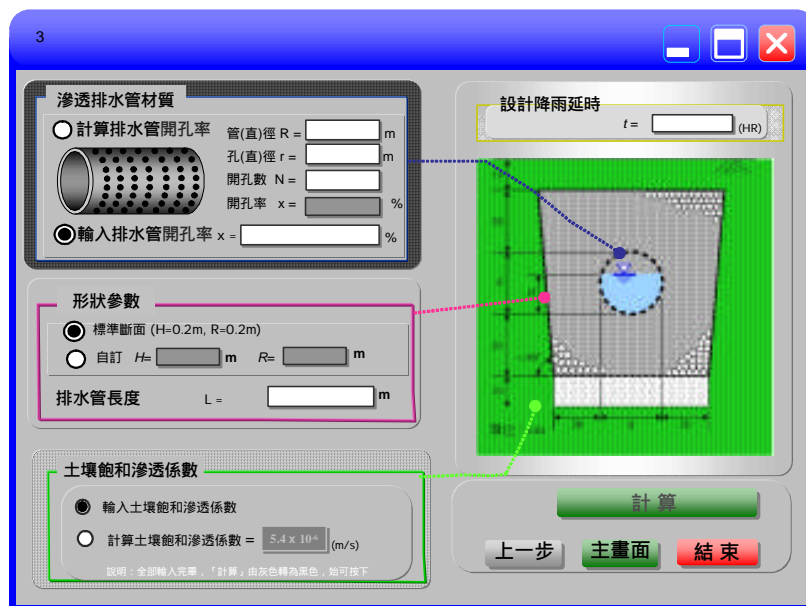
(b) 滲透管溝選擇視窗

圖 5-2 評估系統操作視窗

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究

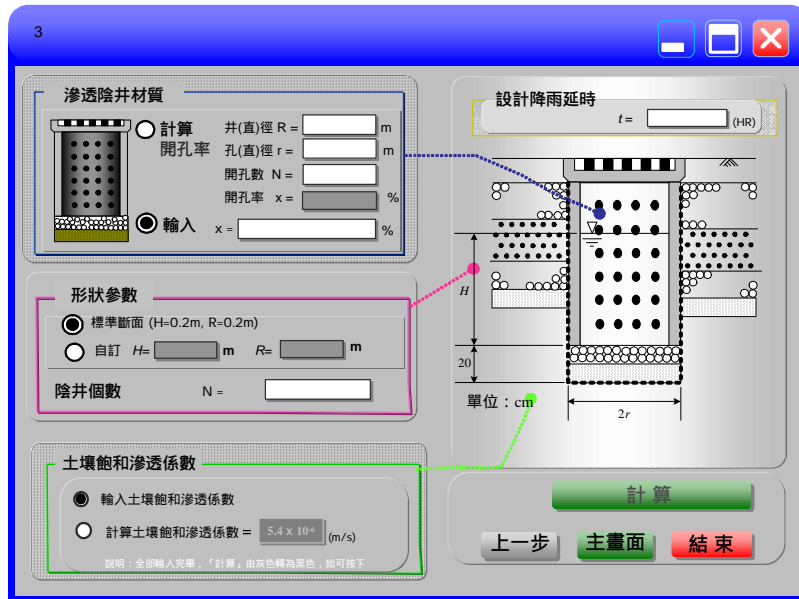


(c) 滲透側溝設計參數輸入視窗

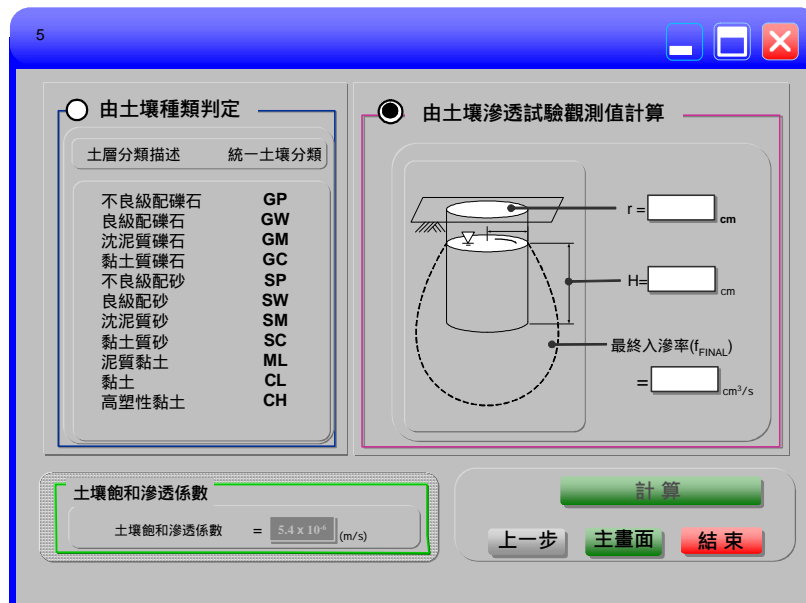


(d) 滲透排水管設計參數輸入視窗

續圖 5-2 評估系統架構



(e) 滲透陰井設計參數輸入視窗

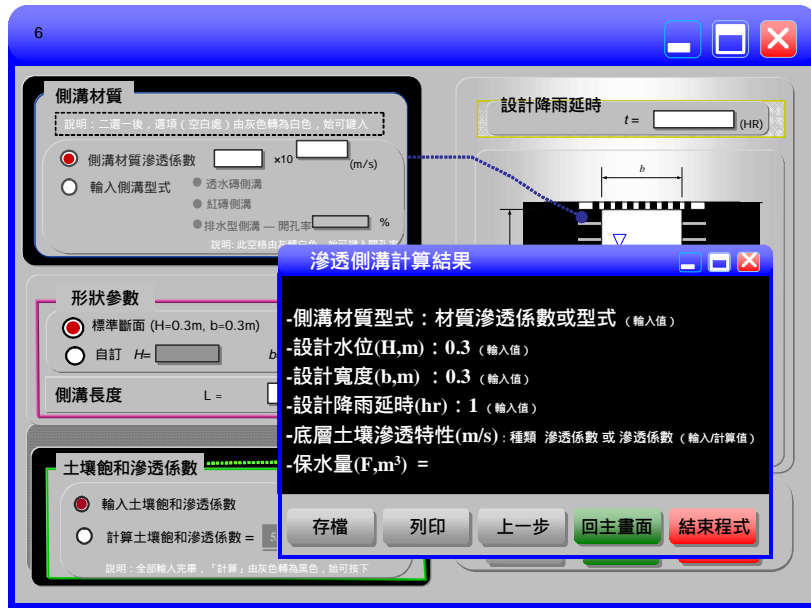


(f) 土壤飽和和滲透係數計算視窗

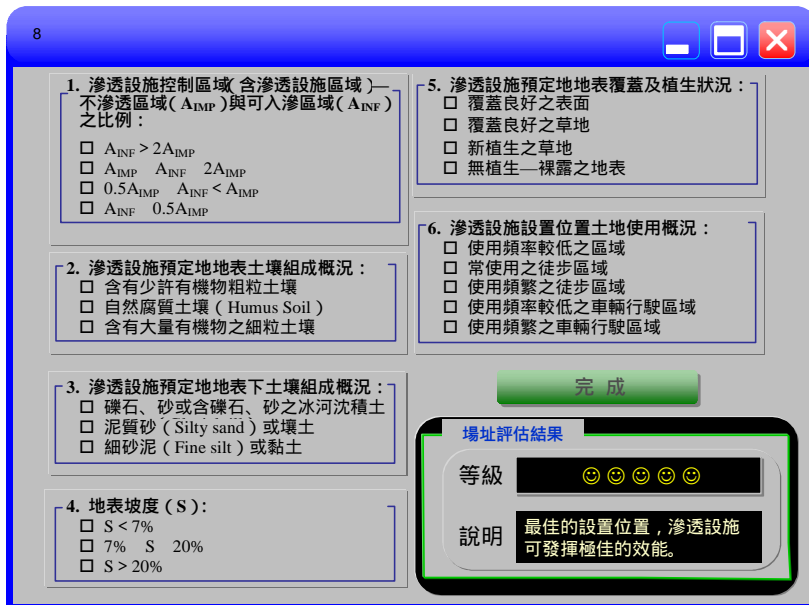
續圖 5-2 評估系統架構



建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究



(g) 結果輸出視窗



(h) 保水場址可行性評估視窗

續圖 5-2 評估系統架構

### 第三節 建築基地保水設計方法之探討

本節首先針對綠建築解說與評估手冊中之滲透側溝保水設計公式與本計畫發展之公式進行比較。其次以一假設之建築基地保水設計案例為例，分別以土壤之「飽和滲透係數」及「最終入滲率」來計算基地保水指標，探討二設計方法之差異。然後並嘗試研擬設透管溝、陰井之適當設計水位與滲透設施之影響係數。最後提出保水量設計公式的建議修改方式，以作為修訂規範之參考。

#### 一、滲透側溝保水量與計算方法之比較

現行之滲透側溝設計斷面如第二章中之圖 2-3 所示，其係以依標準尺寸的設計斷面來作為計算上之依據，其保水量計算方法如下式所示。

$$Q_8=(2.0K_{soil}Lt)+(0.057L) \quad (5-1)$$

式中  $Q_8$  為滲透側溝之設計保水量； $t$  為最大降雨延時(s)。

式(5-1)中，「 $2.0K_{soil}Lt$ 」為滲透側溝側面及底面在降雨事件中之滲透量，「 $0.057L$ 」為側溝本身的貯水量。

假設土壤之  $K_{soil} = 10^{-5}$  m/s，降雨延時採用 1hr，依據式(5-1)則其保水量為：

$$\text{保水量} : 0.302 \text{ m}^3 = 0.072 \text{ m}^3 \text{ (滲透量)} + 0.230 \text{ m}^3 \text{ (貯水量)} \quad (5-2)$$

若依據本計畫發展之保水量設計公式，則透水磚側溝之保水量為：

$$\text{保水量} : 1.962 \text{ m}^3 = 1.872 \text{ m}^3 \text{ (滲透量)} + 0.070 \text{ m}^3 \text{ (貯水量)} \quad (5-3)$$

由以上比較顯示，二不同計算公式所得之結果有明顯差異。

本計畫發展之計算公式是以土壤之最終入滲率為計算依據，而最終入滲

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

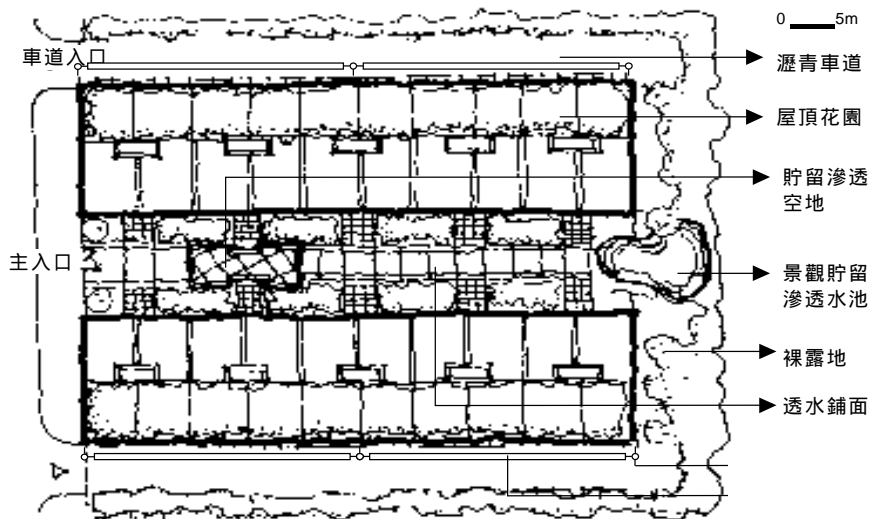
率為飽和滲透係數之函數。最終入滲率是指在土壤表面飽和時（飽和滲透係數為土體飽和時），水垂直通過土壤的能力；因此最終入滲率之值會比飽和滲透係數高，導致式(5-3)之滲透量比式(5-2)高出甚多。

而在貯水量方面，由於側溝之地下貯水槽通常為較大孔隙率（ $n$ ）及高滲透係數之級配，故雨停後側溝之入流量驟減，則側溝在排水溝底面以上之水會迅速經由排水溝排向下游。因此本計畫將側溝之貯水容量設定在排水溝底面以下之級配層，所以式(5-3)之貯水量遠低於式(5-2)之結果。整體而言，式(5-3)計算所得之保水量遠高於式(5-2)計算之保水量。

## 二、建築基地保水設計探討

以下以「綠建築解說與評估手冊」之案例為例，進行保水指標計算之探討。

計算案例：透天集合住宅



### 1. 建築基本資料：

基地面積：2500m<sup>2</sup>，地面層面積：1250m<sup>2</sup>

法定建蔽率：50%，實際建蔽率：50%

基地無鑽探資料，經判斷屬於粉土層( $K_{soil}=10^{-7}$  m/s)

2.保水設計概要：

- (1) 住戶入口中庭部分為透水鋪面，面積為 275 m<sup>2</sup>，透水鋪面基層厚度為 20cm。後方庭院為裸露地，面積為 708 m<sup>2</sup>。
- (2) 中庭有貯集滲透空地及景觀貯集水池的設置，貯集滲透空地面積為 40 m<sup>2</sup>，可貯集體積為 12 m<sup>3</sup>，景觀貯集水池可透水面積為 35 m<sup>2</sup>，高低水位間體積為 16 m<sup>3</sup>。
- (3) 頂樓有屋頂花園設置，面積為 500 m<sup>2</sup>，覆土深度為 0.5m。
- (4) 降雨延時 44hr。

3.指標計算與檢討：

**STEP1 檢驗各類保水設施之規定以決定計算方式及各項變數**

- (1) 裸露土地保水量  $Q_1$ ：裸露土地面積為 708 m<sup>2</sup>，其上方及下方均無人工構造物，且其土質為粉土層， $K_{soil}$  為  $10^{-7}$  m/s。
- (2) 透水鋪面設計保水量  $Q_2$ ：透水鋪面面積為 275 m<sup>2</sup>，透水鋪面基層厚度為 20cm。採用每塊 24cm×12cm 的連鎖磚(其面積小於 0.25 m<sup>2</sup>)，且其下方無人工構造物，故可視為透水鋪面計算。
- (3) 人工地盤花園貯集設計保水量  $Q_3$ ：屋頂花園土壤體積經計算為 250 m<sup>3</sup>，屋頂花園土壤由於下方為人工地盤，故可直接將體積代入計算。
- (4) 地面貯集滲透設計保水量  $Q_4$ ：貯集滲透空地面積為 40 m<sup>2</sup>，可貯集體積為 12 m<sup>3</sup>，景觀貯集水池可透水面積為 35 m<sup>2</sup>，高低水位間體積為 16 m<sup>3</sup>。由於「貯集滲透空地」內採用上述之連鎖磚鋪設，故可視為貯集滲透空地計算。而「景觀貯集水池」底部的邊緣採用透水性級配鋪設，中央部分則採用不透水材質以維持低水位，故可視為景觀貯集水池計算。

**STEP2 依上述其方式計算  $Q'$ 、 $Q_0$  及  $\lambda$**

由上述之分析，將各項變數代入計算式中，可得本基地各類保水設計之保水量總和為：

- (1) 裸露土地保水量

$$Q_1 = (708 \times 10^{-7} \times 158400) = 11.21$$

- (2) 透水鋪面設計保水量

$$Q_2 = (275 \times 10^{-7} \times 158400) = 4.36$$

- (3) 人工地盤花園貯集設計保水量

$$Q_3 = 250 \times 0.05 = 12.50$$

- (4) 地面貯集滲透設計保水量

$$Q_4 = 40 \times 10^{-7} \times 158400 + 12 + 35 \times 10^{-7} \times 158400 + 16 = 29.19$$

- (5) 保水設計之保水量總和

$$Q' = \sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 11.21 + 4.36 + 12.50 + 29.19 = 57.26$$

- (6) 原土地保水量

$$Q_0 = 2500 \times 158400 \times 10^{-7} = 39.6$$

- (7) 基地保水指標

$$\lambda = \frac{Q'}{Q_0} = \frac{57.26}{39.6} = 1.45$$

**STEP3 求出本基地保水及格基準值  $\lambda_c$  並檢討是否及格**

本基地保水及格基準值  $\lambda_c = 0.8 \times (1 - 50\%) = 0.40$

由上述計算得本基地保水指標 = 1.45 > 0.40 故本基地保水指標及格

上述計算，是以土壤之飽和滲透係數為計算保水量依據，然現實狀況土壤多呈未飽和情形，此時土壤之滲透性能通常以其「最終（穩定）入滲率」表示，故以下將以此概念計算保水指標並與原方法比較。

各類土壤之最終入滲率與飽和滲透係數如下表所示。依據表 5-1，粉土

之  $K_{soil}$  為  $10^{-7}$  m/s，最終入滲率為  $10^{-6}$  m/s；計算結果如表 5-2 所示。

表 5-1 土壤分類與土壤滲透係數、最終入滲率對照表

土層分類描述	統一土壤分類	土壤滲透係數 $K_{soil}$ (m/s)	最終入滲率 $f_{fin}$ (m/s)
不良級配礫石	GP	$10^{-3}$	$10^{-3}$
良級配礫石	GW	$10^{-4}$	$10^{-4}$
沈泥質礫石	GM		
黏土質礫石	GC		
不良級配砂	SP	$10^{-5}$	$10^{-5}$
良級配砂	SW		
沈泥質砂	SM	$10^{-7}$	$10^{-6}$
黏土質砂	SC		
泥質黏土	ML	$10^{-8}$	$10^{-7}$
黏土	CL	$10^{-9}$	$10^{-7}$
高塑性黏土	CH	$10^{-11}$	$10^{-7}$

註：屬於相同土壤統一分類的不同土質，會因為緊密程度以及組成的不同，其滲透係數的值會有所差異，最大會有  $\pm 10'$  的誤差。本表為求評估上之客觀，乃是取其最小值，可使評估結果較為保守可信。

表 5-2 為考慮不同土壤滲透係數、最終入滲率及降雨延時條件下之計算結果。基本上，在相同降雨延時條件下，不論採用土壤滲透係數或最終入滲率計算，隨著土壤滲透係數（最終入滲率）之降低，保水指標值越大。這是因為保水指標之分母，即「原基地保水量」，會隨著土壤滲透係數（最終入滲率）之變動呈線性比例變化。

而指標分子，即「保水設計保水量」，因為其值為「滲透量」加「貯蓄量」，所以土地滲透狀況改變時，無法與分母呈線性比例變化；且在土壤滲透性較小時，保水量大多由「貯蓄量」所貢獻，故指標值較高，這突顯了「貯蓄層」在保水設計之重要性。

表 5-2 保水指標計算結果

	手冊計算方法 (方法 A)					本計畫建議計算方法 (方法 B)				
	$K_{soil}(m/s)$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-7}$	$f_{fin}(m/s)$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
$t = 44hr$	$Q_1$	112147.2	11214.7	1121.5	11.2	$Q_1$	112147.2	11214.7	1121.5	112.1
	$Q_2$	43565.5	4361.5	441.1	9.9	$Q_2$	43565.5	4361.5	441.1	49.1
	$Q_3$	12.5	12.5	12.5	12.5	$Q_3$	12.5	12.5	12.5	12.5
	$Q_4$	11908.0	1216.0	146.8	29.2	$Q_4$	11908.0	1216.0	146.8	39.9
	$Q'=\Sigma Q_i$	167633.2	16804.7	1721.9	62.8	$Q'=\Sigma Q_i$	167633.2	16804.7	1721.9	213.6
	$Q_0$	396000.0	39600.0	3960.0	39.6	$Q_0$	396000.0	39600.0	3960.0	396.0
	$\lambda$	<b>0.423</b>	<b>0.424</b>	<b>0.435</b>	<b>1.585</b>	$\lambda$	<b>0.423</b>	<b>0.424</b>	<b>0.435</b>	<b>0.539</b>
$t = 1hr$	$Q_1$	2548.8	254.9	25.5	0.3	$Q_1$	2548.8	254.9	25.5	2.5
	$Q_2$	995.5	104.5	15.4	5.6	$Q_2$	995.5	104.5	15.4	6.5
	$Q_3$	12.5	12.5	12.5	12.5	$Q_3$	12.5	12.5	12.5	12.5
	$Q_4$	298.0	55.0	30.7	28.0	$Q_4$	298.0	55.0	30.7	28.3
	$Q'=\Sigma Q_i$	3854.8	426.9	84.1	46.4	$Q'=\Sigma Q_i$	3854.8	426.9	84.1	49.8
	$Q_0$	9000.0	900.0	90.0	0.9	$Q_0$	9000.0	900.0	90.0	9.0
	$\lambda$	<b>0.428</b>	<b>0.474</b>	<b>0.934</b>	<b>51.534</b>	$\lambda$	<b>0.428</b>	<b>0.474</b>	<b>0.934</b>	<b>5.534</b>
$t = 6hr$	$\lambda$	<b>0.424</b>	<b>0.432</b>	<b>0.508</b>	<b>8.942</b>	$\lambda$	<b>0.424</b>	<b>0.432</b>	<b>0.508</b>	<b>1.275</b>
$t = 24hr$	$\lambda$	<b>0.423</b>	<b>0.425</b>	<b>0.444</b>	<b>2.553</b>	$\lambda$	<b>0.423</b>	<b>0.425</b>	<b>0.444</b>	<b>0.636</b>

由上表之結果顯示，採用方法 A 與方法 B 計算之保水指標值相近，惟在土壤滲透性較小時有明顯差異，且方法 A 在土壤滲透性較小時之指標值遠高於土壤滲透性較大時。為進一步分析此現象，茲將結果摘錄於表 5-3。

表 5-3 土壤滲透性較小與不同延時下保水指標計算結果

滲透性 $\lambda$ 降雨延時	手冊計算方法 (方法 A)	本計畫建議計算方法 (方法 B)
	土壤滲透係數： $10^{-7}$ m/s	最終入滲率： $10^{-6}$ m/s
t=44hr	1.585	0.539
t=24hr	2.553	0.636
t=6hr	8.942	1.275
t=1hr	51.534	5.534

經由表 5-2、表 5-3 之分析與探討，可得下列結果：

- 整體而言，方法 A 之指標值高於方法 B，且在設計降雨延時、土壤滲透係數較小時，指標值易偏高，基地保水評定時較易通過。
- 在土壤滲透性較小時，方法 A 之指標值遠高於土壤滲透性較大時。
- 採用方法 B 計算對於設計降雨延時較不敏感，且與土壤滲透性較大時之指標值差異不大。
- 在水文機制上，最終入滲率較能代表降雨時地表逕流之滲透能力

故在保水指標的計算上，應可採用方法 B，即以「最終入滲率」的觀念進行計算；而在設計降雨延時之選取上，方法 A 係以台北市最大降雨延時(44 小時)為計算依據，本計畫則建議以目前對於颱風降雨之設計降雨延時，即 24 小時為計算依據。



### 三、影響係數之探討

滲透管溝包含「滲透側溝」及「滲透排水管」，本計畫在此納入滲透陰井一併探討。影響滲透管溝保水量之因子包括：土壤滲透性、設施形狀因子、設計水位、地下水位、堵塞等；本計畫再研擬相關保水設計公式時，已將前三項已納入考量，惟設計水位受到降雨逕流之影響，而地下水位、堵塞等因子亦會影響保水量之大小，故以下針對此三影響因子進行探討，以提供保水設計時之參考。

- 滲透管溝滲透量影響係數

滲透管溝之保水量為管溝之「滲透量」與底部之「貯水量」之總和。當降雨發生時，並非在降雨期間管溝內皆呈滿水位，故若設計水位直接採用設施之構造深度或管徑，則可能有高估保水量的情形。

若從降雨隨時間分佈的型態來看，一般降雨之雨型可以圖 5-3 之設計雨型近似之。因此本計畫假設在降雨初期，管溝內水位為 0，而在尖峰降雨時管溝內水位為滿水位，而在降雨後期，管溝內水位逐漸遞減，至降雨停止時水位為 0，故管溝之水位平均為滿水位之 1/2。

因此根據上述水位變化之假設，本計畫將管溝之「滲透量」再乘上一滲透量影響係數 ( $SF_{INF}$ )，而  $SF_{INF}$  為：

$$SF_{INF} = 0.5 \quad \text{for 管溝} \quad (5-4)$$

- 滲透陰井

在滲透陰井之設計水位方面，則參考「下水道用戶排水設備標準」第 19 條：

陰井底部構造規定如下：

一、雨水陰井底部應設置十五公分以上之沉砂槽。

二、污水陰井底部應設置凹形導水槽；其坡度不得低於上下游管渠坡度，槽頂二側並應留設適當坡度。

本計畫之研究對象「滲透陰井」屬於「雨水陰井」，因為陰井大多用來作為管溝之連接點，且雨停後雨水則順著管溝向下游排放，僅剩底部滯留之雨水，因此本計畫建議陰井之設計水位採用 0.15m 進行設計。

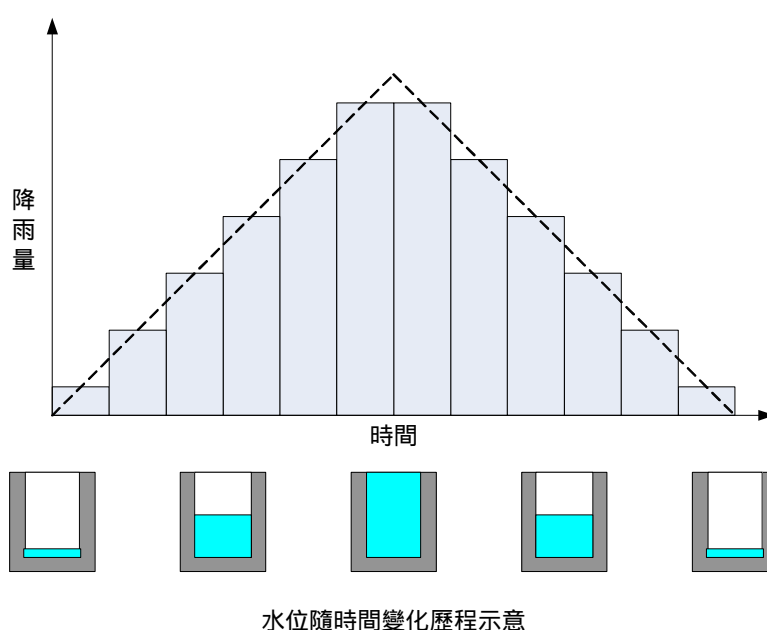


圖 5-3 設計雨型與側溝水位變化示意圖

- 滲透設施之保水量影響係數

A. 堵塞影響係數

滲透設施經長期使用後，會因堵塞影響而影響其保水能力，而堵塞又以底部最容易發生。經本計畫試驗結果，滲透管溝底部阻塞後，仍可維持近 80% 的滲透能力，而其他種類滲透設施亦可能發生阻塞，故建議堵塞影響係數 ( $SF_{CLOG}$ ) 為：

$$SF_{CLOG} = 0.8 \quad (5-5)$$

#### B. 地下水影響係數

雖然本計畫前幾年度在探討滲透設施之影響因子時，已針對地下水位之影響進行探討，並將其設置限制條件納入設計技術規範(草案)中(詳附錄)；然而滲透設施設置地區仍有可能因滲透雨水而造成局部地下水位暫時性(季節性)的壅高，因而影響滲透能力。故本計畫認為在計算保水量時，可考慮乘上一地下水影響係數；經參考國內外相關文獻、案例，建議地下水影響係數( $SF_{GW}$ )為：

$$SF_{GW} = 0.9 \quad (5-6)$$

因此，滲透設施之保水量影響係數( $SF$ )可表示為：

$$SF = SF_{CLOG} \times SF_{GW} = 0.8 \times 0.9 = 0.7 \quad (5-7)$$

綜上所述，並參考滲透側溝及排水管之構造(如圖 5-4 所示)，茲將相關結果彙整如下：

#### 設計水位：

- 滲透側溝：

$$\text{設計水位} = H \quad (5-8)$$

- 滲透排水管：

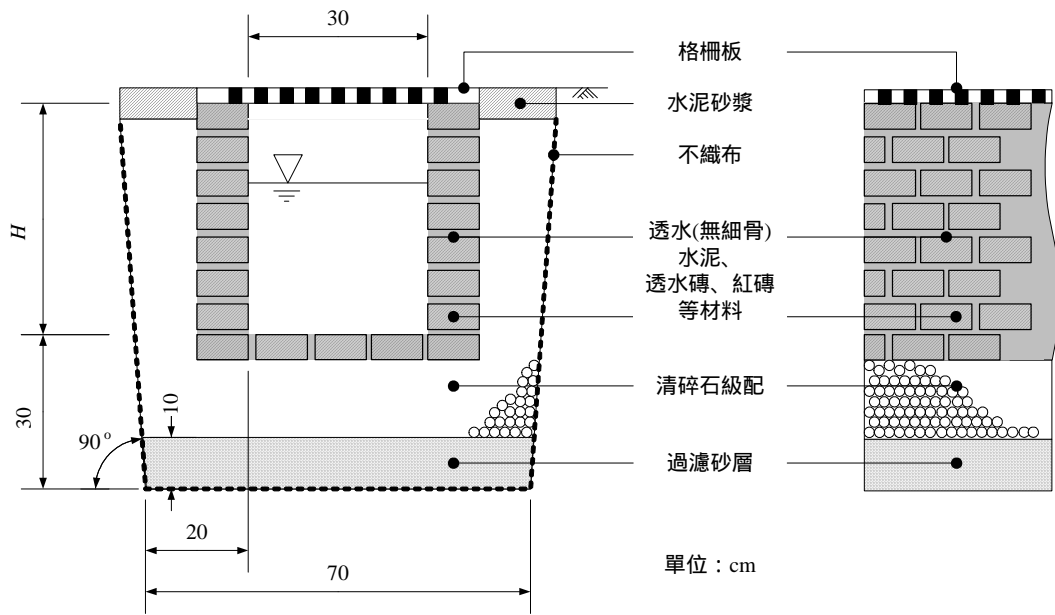
$$\text{設計水位} = R \quad (5-9)$$

- 滲透陰井：

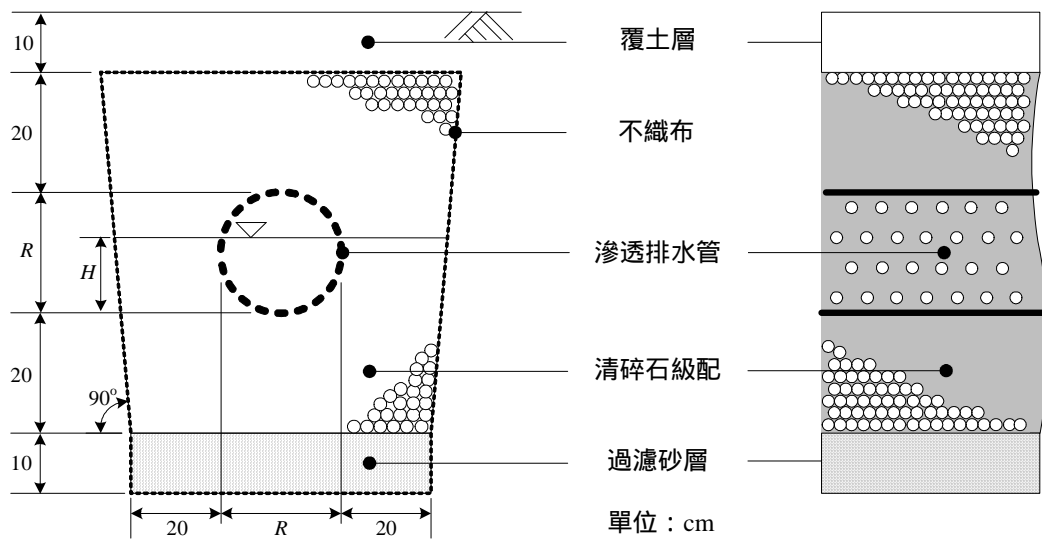
$$\text{設計水位} = 0.15\text{m} \quad (5-10)$$

#### 滲透設施影響係數：

$$SF = 0.7 \quad (5-11)$$



(a) 滲透側溝



(b) 滲透排水管

圖 5-4 滲透管溝構造圖

因此，表 4-5 之滲透管溝單位長度保水量設計公式可修正為：

$$F_{UL} = SF_{INF} A_{u.s} K_{soil} t + 0.1(b + 0.4) \quad \text{for 滲透側溝} \quad (5-12)$$

$$F_{UL} = SF_{INF} A_{u.s} K_{soil} t + 0.1(R + 0.4) \quad \text{for 滲透排水管} \quad (5-13)$$

根據式 (5-13)，則式 (5-3) 之滲透側溝 (管溝深度 0.3m、設計水位 0.3m) 單位長度保水量修正為：

$$0.5 \times 1.872 \text{ m}^3 + 0.070 \text{ m}^3 = 1.006 \text{ m}^3 \quad (5-14)$$

(滲透量)      (貯水量)

而進一步考慮影響係數，則設計保水量為：

$$\text{設計保水量} = 1.006 \text{ m}^3 \times 0.7 = 0.7 \text{ m}^3 \quad (5-15)$$

#### 四、保水量設計公式之修訂

綜合上述結果，本計畫針對保水設計中之特殊保水設計，包含：滲透側溝及滲透排水管，提出保水量設計公式之建議修訂方式，以作為研擬「設計技術規範 (草案)」之參考。建議修訂方式歸納如表 5-4 所示。

表 5-4 保水量設計公式建議修訂方式

		型式	本計畫建議			原手冊規定		
			種類	保水量計算公式	斷面尺寸	種類	保水量計算公式	斷面尺寸
特殊 保水設計	滲透側溝	全滲透型	透水磚側溝 透水混凝土側溝	$F_{UL} = 26 K_{soil} t + 0.1$	1. 設計水位、寬度： 0.3m。 2. 其他尺寸另式計算，詳附錄。	透水混凝土側溝	$Q_8 = 2.0K_{soil}Lt + 0.057L$ L：長度(m)	設計水位、寬度： 0.3m。
			排水性側溝	$F_{UL} = 31 K_{soil} t + 0.1$			N/A	
		紅磚側溝	$F_{UL} = 21 K_{soil} t + 0.1$					
	其他	$F_{UL} = 58 K_{gutter}^{0.1} K_{soil} t + 0.1$						
	滲透排水管	有孔排水管	$F_{UL} = 11 x^{0.2} K_{soil} t + 0.1$ x：開孔率(%)	1. 設計水位、管徑： 0.2m。 2. 其他尺寸另式計算，詳附錄。	未明確分類	$Q_6 = 2.0K_{soil}Lt + 0.069L$ L：長度(m)	設計水位、管徑： 0.2m。	
設計降雨延時	$t = 24 \text{ hr}$			$t = 44 \text{ hr}$				
影響係數	1. 阻塞影響係數 $SF_{CLOG} = 0.8$ 2. 地下水影響係數 $SF_{GW} = 0.9$ 3. 總影響係數 $SF = SF_{CLOG} SF_{GW} = 0.7$			N/A				
說明：		1. 排水性側溝：以透水孔將水排入土壤，孔直徑 1cm，每 10cm 一孔。 2. 透水磚側溝：為透水磚襯砌，磚砌縫隙以透水混凝土填縫。			3. 紅磚側溝：為紅磚襯砌，磚砌縫隙以透水混凝土填縫。 4. 其他材質側溝：以側溝材質之飽和滲透係數 $K_{gutter}$ (m/s) 訂之。 5. $K_{soil}$ ：基地土壤飽和滲透係數。x：開孔率(%)，滲透管溝之開孔面積與其滲透面之面積比，以百分比表示。			

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

## 第六章 結論與建議

本計畫為四年度連續計畫，本年度為第四年度，計畫主題為「滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計軟體之研究」，本年度結論與建議分述如后。

### 第一節 結論

#### 一、滲透排水管滲透性能及容量設計理論之探討

本計畫以達西定律推導滲透側溝入滲性能公式，將滲透排水管之入滲性能以一參數「比滲透面積」表示，此結論並從三維穩定流滲透設施入滲理論得到證實。同時以此為基礎進一步建立單位長度保水量設計公式。相關公式經試驗數據率定參數後，可用於估算在不同土壤情況下，滲透排水管之設計保水量。

#### 二、滲透管溝施工方法之彙整

滲透管溝之滲透側溝與滲透排水管工法相近，可互為參考。本計畫於經濟部水利署台北辦公區新店辦公室設置兩座滲透側溝試驗模型進行長期觀測，因此二滲透側溝為磚砌型式，材料分別為透水磚襯砌及紅磚襯砌。建置期間相關施工經驗，如：構造圖說、材料要求及施工步驟等，並參考國外相關施工經驗，已初步彙整研擬為設計技術規範。

#### 三、滲透管溝室內試驗規劃

本計畫以「滲透管溝模組化室內試驗模型」對滲透排水管進行非流動穩態滲透試驗，以作為容量設計理論發展之依據。因此依據上述試驗項目擬定相關試驗步驟，並已規劃建置試驗供水系統，此供水系統可將試驗用水回收循環使用。

「滲透管溝模組化室內試驗模型」於 94 年度上半年度完成，下半年度即



進行模型校正、試驗規劃並完成二不同型式之側溝試驗。本年度則進行模組變更，重新進行試驗規劃並完成四不同形式之滲透排水管試驗。由試驗之過程及結果顯示，藉由「滲透管溝模組化室內試驗模型」進行試驗，模組變更容易且不受天候影響，遠較現地試驗有效率，模型之建立符合預期之規劃目標。

#### 四、滲透管溝之分類

本計畫對於滲透管溝之種類進行初步探討，首先就滲透側溝而言，依據雨水經由滲透材料滲透的方式，其滲透機制可區分為三類，分別為：全面滲透、部分滲透及排水機制。新店試驗區之透水磚側溝及紅磚側溝即分屬於第一類及第二類。而滲透排水管方面，亦依據雨水經由滲透材料滲透的方式，可分為排水機制與全面滲透二類。

#### 五、滲透排水管室內試驗規劃

考慮推廣及實用性並參考「綠建築解說與評估手冊」，滲透排水管採用「有孔排水管」為試驗對象。本計畫採用之滲透排水管為高密度聚乙烯材質，內徑為 20cm，排水孔直徑為 0.7mm，可視實際需要加鑽或塞住部分排水孔以模擬不同開孔率（開孔面積/單位長度排水管面積）之滲透排水管滲透情形。

#### 六、試驗結果分析與理論之落實 - 保水量設計公式之建立與應用

本計畫對於不同開孔率之有孔排水管進行滲透試驗，開孔率分別為 81%、3.7%、1.8%與 1.2%。結果顯示開孔率 1.2%、1.8%排水管之滲透性分別約為開孔率 3.7%排水管之 66%與 85%，而開孔率 3.7%排水管之滲透性則為開孔率 81%排水管之 68%，且隨著開孔率之增加，其滲透能力增加漸緩。同時進一步以本計畫推導之相關設計公式經試驗數據率定參數後，建立不同管徑及水位下，滲透排水管之設計保水量、設計入滲率計算公式，相關成果可做為規劃設計之依據。

### 七、基地保水指標計算公式之探討

目前保水指標計算公式是以土壤之飽和滲透係數為計算保水量依據，然現實狀況土壤多呈未飽和情形，因此本計畫以「最終（穩定）入滲率」計算保水指標並與原方法比較。結果顯示原計算方法之指標值偏高，特別在設計降雨延時、土壤滲透係數較小時尤為明顯，導致基地保水評定時較易通過，本計畫之計算方法則較不明顯。故在保水指標的計算上，應可採「最終入滲率」的觀念進行計算；而在設計降雨延時之選取上，本計畫則建議以目前對於颱風降雨之設計降雨延時，即 24 小時為計算依據。

### 八、跨年度成果整合 - 研擬建築基地保水滲透設計技術規範之內容

本計畫上一年度已研擬「滲透管溝設計技術規範（草案）」，此規範除彙整本計畫「滲透側溝」之研究成果，研擬修正規範條文外；本年度並整合「滲透排水管」及內政部建築研究所自辦案「滲透陰井」之計畫成果，同時進一步納入「透水鋪面」子計畫研擬之規範內容，統整為「建築基地保水滲透設計技術規範」，以健全設計技術規範之完整性。規範中之各作業項目盡量以條例化呈現，並於各條例後撰寫說明條文及相關規劃步驟或設計原則，必要時附上相關圖表或設計圖以供參考。

### 九、跨年度成果整合 - 設計軟體之建立

本計畫目前已建立「建築基地雨水貯留暨滲透設施評估系統」套裝軟體，包含五個子系統：滲透管溝、透水鋪面、屋頂雨水貯集系統、土壤飽和滲透係數、及保水場址可行性評估。

其中「滲透管溝保水量計算」包括：滲透側溝、滲透排水管保水量計算模組，並整合建研所自辦案成果，建立「滲透陰井保水量計算模組」；而「透水鋪面」及「雨水貯留利用」計算模組則是納入另二子計畫發展之設計程式。軟體之建立能有效落實成果並獲致實質應用之意義。

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

#### 十、跨年度成果整合 - 成果發表

本計畫迄至目前已彙整相關成果，並於 Conference on Sustainable Building South-East Asia 發表，論文作者及題目如下：

- Chen, J.L., C.Z. Huang, H.H. Hsu, Y.L. Tsai, and C.H. Liaw, “On- Site Tests on the Permeability of Infiltration Gutters,” Conference on Sustainable Building South East Asia, Kuala Lumpur, Malaysia, 2005.

此外，並將歷年成果發表於國際相關學術期刊，論文作者及題目如下：

- C. H. Liaw, Y.L. Tsai, W.M. Huang, C.Z. Huang, and J.L. Chen, “Pilot On-Site Tests to Evaluate the Permeability of Infiltration Gutters,” Water Environment Research, 2006 (SCI, in press).
- C. H. Liaw, Y.L. Tsai, W.M. Huang, C.Z. Huang, and J.L. Chen, “On-site Test on the Permeability of an Infiltration Gutter,” Building and Environment, 2005 (submitting, SCI).

藉由相關成果之發表以彰顯研究成效並進行國際經驗交流；除吸收目前各國對於基地保水滲透技術之觀念與技術，並由國際學者審視本研究之可行性、適用性、周密性與嚴謹度。

## 第二節 建議

### 建議一

綠建築解說與評估手冊之修訂：立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

本計畫迄今已初步彙整各年度計畫成果，建立滲透管溝保水量計算公式，並已初步研擬「設計技術規範（草案）」，此規範可作為未來修訂「綠建築解說與評估手冊」之參考。

建議二

區域保水設計及水環境效益量化評估：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

本計畫目前以滲透管溝為主題進行研究並已獲不錯之成果，而目前在保水設計上皆是以單一設施、單一地點的方式進行設計。若由「綠建築」拓展至「綠社區」，由「點」擴展至「面」，以「生態社區」等較大尺度為保水設計範圍，則涉及到設施串並連之保水設計方法、保水設計與區域排水介面間之整合、整體保水成效評估乃至於區域水循環效益量化評估等，實乃重要且刻不容緩之研究課題。建議主辦機關後續可朝此方向進行研究，已彰顯並擴大綠建築基地保水之整體效益。

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

# 附錄一 建築基地保水滲透設計技術規範 (草案)

## 第一篇 總 則

### 一、依據

本規範依據「建築技術規則」設計施工編第三〇七條規定訂定之。

### 二、目的

1. 為改善土壤生態環境、調節環境氣候、降低區域洪峰、減少洪水發生率，提供建築基地涵養雨水及貯集滲透雨水的設計標準。
2. 本建築基地（以下簡稱基地）保水規範以代表建築基地涵養水分及貯集滲透雨水能力的基地保水指標 $\lambda$ 為評估指標。
3. 提供基地保水設計方法與施工標準。

### 三、主管機關

本規範以××××××（以下簡稱本×）為主管機關，本×（所屬單位）為管理機關。

### 四、適用範圍

指促進建築基地涵養、貯留、滲透雨水功能之設計，其適用範圍為建築技術規則設計施工篇第五章第四節規定之學校、第十二章高層建築物及第十五章實施都市計畫地區建築基地綜合設計之新建建築物。

建築基地保水滲透設計之規劃、設計、施工及維護管理，依本規範各篇辦理，但特別用途之建築物專業法規另有規定者，各該專業主管機關應商請中央主管建築機關轉知之。

## 五、用語定義

本規範之用語定義如下：

### 1. 基地保水指標

表示建築基地涵養雨水及貯留雨水的性能標示。

### 2. 基地保水量

建築基地理論上可能涵養雨水及貯留雨水的體積。

### 3. 降雨延時基準值

以秒為單位計算之連續降雨時間標準值。

### 4. 最終入滲率

水分被土壤吸收之速度達於定值時稱之為最終入滲率。

### 5. 滲透係數

水在一單位水力坡降下，經過土壤單位面積之流率。

### 6. 綠地、被覆地或草溝

利用植物，如樹木或草等來控制雨水逕流之基地保水滲透設施；「綠地」、「被覆地」就是在裸露土地上全面以地披、樹皮、木屑、礫石覆蓋之地面；草溝為寬而淺，內部植草之排水道。

### 7. 滲透管溝

滲透側溝與滲透排水管之統稱。

### 8. 滲透側溝

與一般排水溝類似，但具有滲透的功能；「滲透側溝」利用透水性混凝土材，於側溝底部及側面填充碎石，收集之雨水由底部及側面滲透，可使雨水在排出基地的同時一邊入滲於土壤。

### 9. 滲透排水管

將基地內無法由自然入滲排除之降水設法集中於埋設於地下有孔隙之排水管內後，然後慢慢入滲至地表中之設施。

### 10. 滲透陰井

與一般陰井類似，但具有滲透的功能，是屬於垂直式的輔助入滲設施，可作為做為「滲透排水管」或一般排水溝之聯接的節點。

11. 全保水鋪面

雨水能滲透到透水性鋪面的的路基土壤並加以儲存保水者稱之為全保水鋪面。

12. 半保水鋪面

雨水只能滲透到透水性鋪面的基底層稱之為半保水鋪面。

13. 比滲透面積

滲透管溝在土壤單位飽和滲透係數下的入滲能力。

14. 設計水深

滲透管溝為達設計保水量所需設計的貯水深度，側溝、排水管分別取其深度、管徑之 1/2；陰井則為 0.15m。

15. 影響係數

滲透設施保水量之折減係數，主要因阻塞、地下水位等而影響保水量。

16. 開孔率

滲透管溝之開孔面積與其滲透面之面積比，比百分比表示。



## 第二篇 規劃設計準則

### 2-1 基本資料調查

#### 2-1-1 基地基本資料調查

設置保水滲透設施所需蒐集計畫地區現況資料，包括地質條件、地形、土地利用情形以及現有排水系統等；基本資料調查方式包括資料蒐集、現地探勘或地下探勘等方法，其地下探勘原則依據建築技術規則建築構造篇第二節辦理。

##### 1. 地形

由各機關現有之地形圖（1/1000）、實測地圖、航照圖及 GIS 等判斷之。

##### 2. 地質

保水滲透設施的設置位置多近於地表面，必須能充分掌握表層土壤、表層地質、填土狀況等資料。

##### 3. 基地土地利用

蒐集現地土地利用資料

##### 4. 地下探勘

原則及內容：按建築技術規則建築構造篇第六十四條辦理。

探勘點數：按建築技術規則建築構造篇第六十五條辦理。

試驗方法：按建築技術規則建築構造篇第六十五之一條辦理。

調查報告：按建築技術規則建築構造篇第六十六條辦理。

##### 5. 限制區域

(1) 雨、污水未分流區域。

(2) 可能造成地下水污染之虞處。

(3) 沖積低地、人工堆積地、切土舊河道、濕地、舊湖泊及有潛在污染之區域，如化工廠、掩埋場等

(4) 坡地、檔土牆及有地盤滑動流失之虞處。

- (5) 依法禁止開發之區域。
- (6) 建築基地坡度超過 20%。
- (7) 建築基地距離岩盤小於 1m。
- (8) 建築基地距地下水位小於 2m。
- (9) 距離抽水井小於 30m 者。
- (10) 建築技術規則設計施工篇第二六〇條規定之山坡地。
- (11) 地盤滑動危機之區域。
- (12) 基地上遇有 30 度以上坡坎時，距離其高差兩倍以內之區域。
- (13) 中央建築機關另有規定之區域。

## 6. 土壤改良

表層土壤土質、滲透性等條件較差者，可評估施行土壤改良。施作土壤改良時，不得對鄰近構造物或環境造成不良影響，必要時採行適當之保護措施。

### 2-1-2 設置點可行性評估

保水滲透設施與一般以防洪為主的滯留設施不同，因它尚有以入滲來減少地表逕流的功能，故於基地規劃設置時應先對於各可能地點予以初步評估。

#### 1. 保水滲透設施設置前之調查項目

- 設置區域滲透區域與不滲透區域比例
- 地表土壤組成概況
- 地表下土壤組成概況
- 地表坡度
- 地表覆蓋及植生狀況
- 土地使用概況

#### 2. 篩選原則

—總分高於 30 分：適合設置

—總分介於 20 至 30 分之間：有條件設置

—總分小於 20 分：則不適合設置

詳細評分內容如表 2-1 所示。

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究

表 2-1 保水滲透設施設置前之初步建議調查項目與評估原則

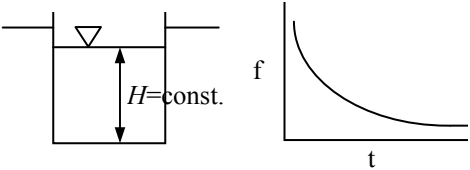
評 估 項 目	評 分
1. 滲透設施控制區域（含滲透設施區域）不滲透區域（ $A_{IMP}$ ）與可入滲區域（ $A_{INF}$ ）之比例：	
■ $A_{INF} > 2A_{IMP}$	15
■ $A_{IMP} \leq A_{INF} \leq 2A_{IMP}$	10
■ $0.5A_{IMP} \leq A_{INF} < A_{IMP}$	5
■ $A_{INF} \leq 0.5A_{IMP}$	0
2. 滲透設施預定地地表土壤組成概況：	
■ 含有少許有機物粗粒土壤	7
■ 自然腐質土壤（Humus Soil）	5
■ 含有大量有機物之細粒土壤	0
3. 滲透設施預定地地表下土壤組成概況：	
• 礫石、砂或含礫石、砂之冰河沈積土（Glacial till）	7
• 泥質砂（Silty sand）或壤土	5
• 細砂泥（Fine silt）或黏土	0
4. 地表坡度（S）：	
■ $S < 7\%$	5
■ $7\% \leq S \leq 20\%$	3
■ $S > 20\%$	0
5. 滲透設施預定地地表覆蓋及植生狀況：	
■ 覆蓋良好之表面	7
■ 覆蓋良好之草地	5
■ 新植生之草地	3
■ 無植生—裸露之地表	0
6. 滲透設施設置位置土地使用概況：	
■ 使用頻率較低之區域	10
■ 常使用之徒步區域	7
■ 使用頻繁之徒步區域	5
■ 使用頻率較低之車輛行駛區域	3
■ 使用頻繁之車輛行駛區域	0
總 分	說 明
>30	最佳的設置位置，滲透設施可發揮極佳的效能。
30	良好的設置位置，建議設置前處理措施以防止滲透設施阻塞而失去效能。
	中等的設置位置，必須設置前處理措施以防止滲透設施阻塞而失去效能。
20	較差的設置位置，需審慎估算池蓄時間且必須設置前處理設施。
<20	不適合設置滲透設施。

2-1-3 基地滲透能力評估

基地滲透能力應於滲透管溝設置預定位置進行，應開挖至滲透設施預定深度，由現地試驗之最終入滲率計算飽和滲透係數，以為基地滲透能力評估之依據。

滲透試驗設施原則上以設置容易且可節省用水者，而採用之試驗方法為定水頭試驗，其原則上如下表 2-2 所示。

表 2-2 定水頭試驗方法解說表

實驗說明	實驗原理示意圖
注水入圓筒至鎖定之水位，並保持水位不變，然後記錄經過時間之注水量，至注入量不變。右圖中 H 為固定水位；f 為入滲率；t 為經過時間。	

基地滲透能力試驗流程如后：

步驟 1. 開挖試驗孔

土壤之透水性可以使用土質分析結果或現場滲透試驗來估計，由於土壤各層之透水性可能存在相當差異，因此土質分析土樣之採取或現場滲透試驗，都應在滲透設施底部之預定深度進行。滲透試驗鑽孔開挖時，一般開挖一垂直圓孔，圖 2-1 為一般常用的綜合型手持採土器（Hand auger）。

步驟 2. 確認土壤

開挖時除判斷土壤外，必要時需採取代表性土壤進行試驗室分析。

1. 土壤取樣

土壤取樣應在滲透設施底部之預定深度進行。

## 2. 室內土壤物理性質試驗

室內試驗為土壤一般物理性質試驗，試驗項目包括顆粒分析（篩分析、沉降分析）、比重及阿太堡限度之測定等；藉由一般物理性質試驗結果，可將土壤依據統一土壤分類法予以分類。各試驗項目分述如下：

### (1) 比重試驗

根據美國材料試驗學會ASTM 854之規定實施。

### (2) 粒徑分析

顆粒大小分析試驗包括比重計分析（沉降分析）及篩分析試驗。篩分析主要在分析粒徑為4.75mm(#4)~0.075mm(#200)之土壤顆粒；沉降分析則是分析通過#200號篩之細顆粒。

— 沉降分析：根據美國試驗學會ASTM D422之規定實施。

— 篩分析：根據美國試驗學會ASTM D452之規定實施。

### (3) 阿太堡限度試驗

根據美國試驗學會ASTM D4318之規定實施。

### (4) 土壤分類

根據美國試驗學會ASTM D2487之規定實施。



圖 2-1 綜合型手持採土器

## 步驟 3. 整理滲透面

鑽孔時，由於土屑之附著與掉落，可能於孔底殘留堆積土屑，而孔壁滲透面也可能因鑽孔而壓縮，故必須觀察孔內的狀態，必要時需將以刷子輕刷孔壁且掘屑除去，以免影響滲透面之滲透能力。

步驟 4. 置入填充材

鑽孔後，為防止注入水時對滲透面造成沖刷或攪動泥土，可於孔底填入一些砂礫及碎石，也可以不織布代替，填充方式如圖 2-2 所示。

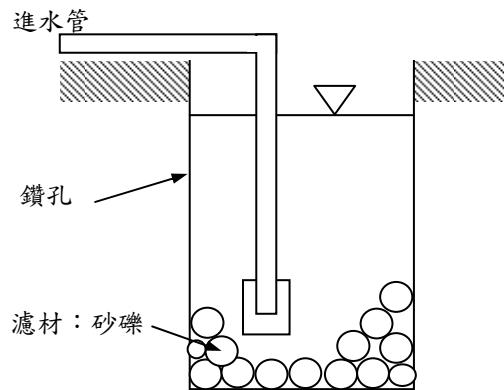


圖 2-2 試驗孔填充方式示意圖

步驟 5. 定水頭試驗

定水頭試驗之試驗步驟概述如下：

- (1) 訂定試驗孔浸水深度以為初始深度。
- (2) 依實際情況訂定記錄時間間距，量測注入量。
- (3) 持續記錄注入量，以確定達到穩定入滲率。
- (4) 試驗完成後，宜以不同浸水深度依上述步驟再試驗之。

步驟 6. 記錄

將製作圖表（記錄表）以紀錄、整理並保存之。記錄表除應紀錄設施之形狀入滲量外對於位置及設定浸水深度等皆應記錄；記錄表格式範例如下所示。

步驟 7. 回填

試驗完成後，需將開挖之土壤予以回填並夯實。

步驟 8. 試驗結果整理及數據計算

依據現場試驗之最終入滲量，依據下式計算飽和滲透係數。

$$K_{soil} = A^{-1} f_{FINAL}$$

式中： $K_{soil}$  為飽和滲透係數(cm/s)； $f_{FINAL}$  為現地土壤滲透試驗試驗井半徑  $r$ 、

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究

水位 H 時，量測之最終入滲率( $\text{cm}^3/\text{s}$ )；A 為一待定係數( $\text{cm}^2$ )，可由下表查得。

表2-3 土壤現地滲透試驗紀錄表格範例

試驗地點：		記錄人員：	
試驗日期： 年 月 日		試驗時刻： 時 分 至 時 分	
天氣： <input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨		備註：	
試驗孔深： 公分(cm)		現地土壤及試驗概況描述：	
試驗孔徑： 公分(cm)			
儀器：			
備考：			

試驗水頭 H= 公分(cm)									
No.	累積時間 <input type="checkbox"/> min <input type="checkbox"/> sec	時間間格 <input type="checkbox"/> min <input type="checkbox"/> sec	水位或流量 計標示 單位：_____	單位時間累 計滲透量 單位：_____	No.	累積時間 <input type="checkbox"/> min <input type="checkbox"/> sec	時間間格 <input type="checkbox"/> min <input type="checkbox"/> sec	水位或流量 計標示 單位：_____	單位時間累 計滲透量 單位：_____
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

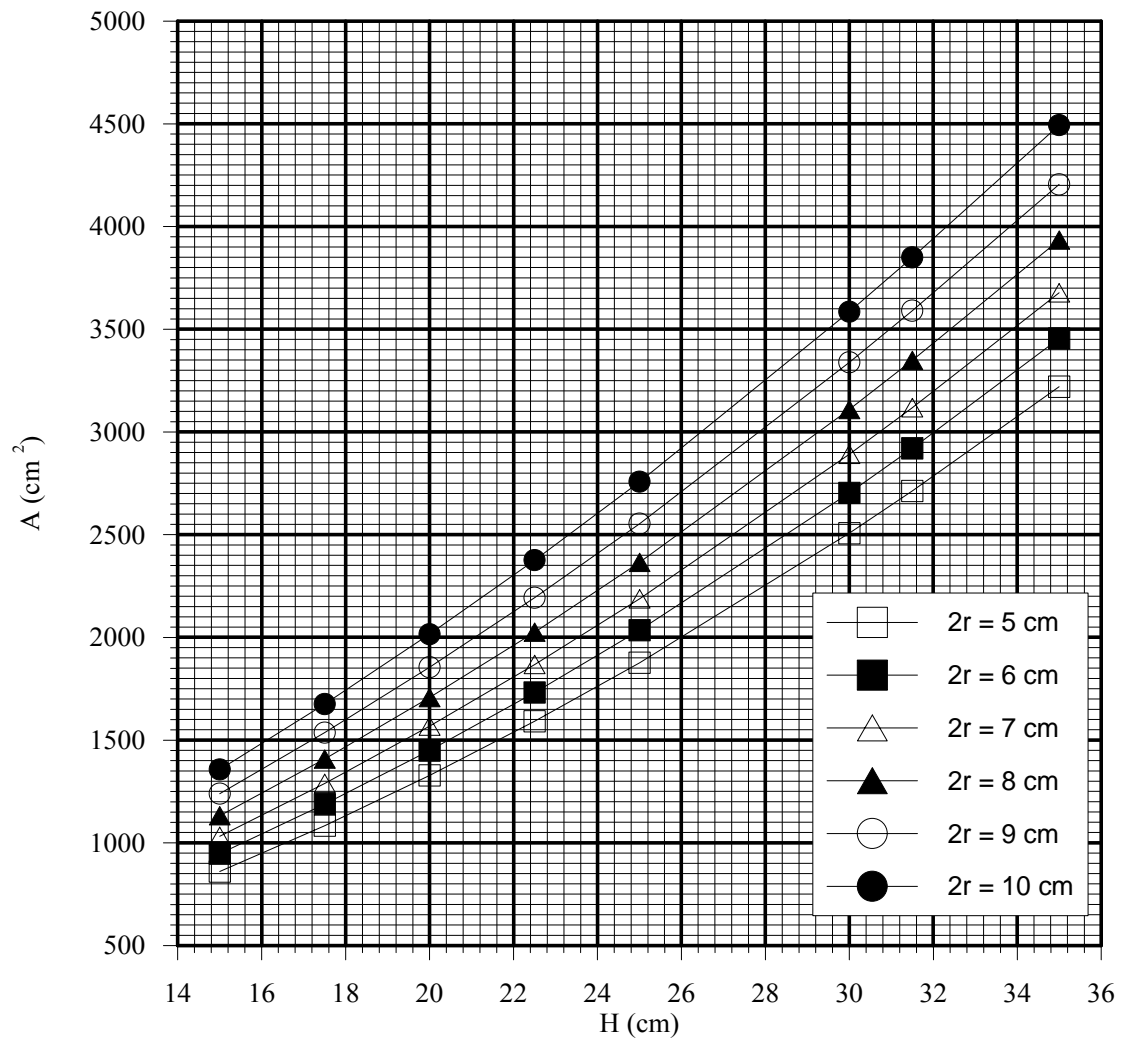


圖 2-3 係數 A、試驗孔水深 H 及半徑 r 關係曲線圖

表 2-4、表 2-5 為幾種典型土壤與其飽和滲透係數一覽表，可作為初步判斷土壤性質之參考，但土壤滲透性應以現地試驗為主方能客觀評估土壤之滲透能力。土壤飽和滲透係數計算步驟整理如表 2-6 所示。



表 2-4 土壤種類及其滲透係數一覽表

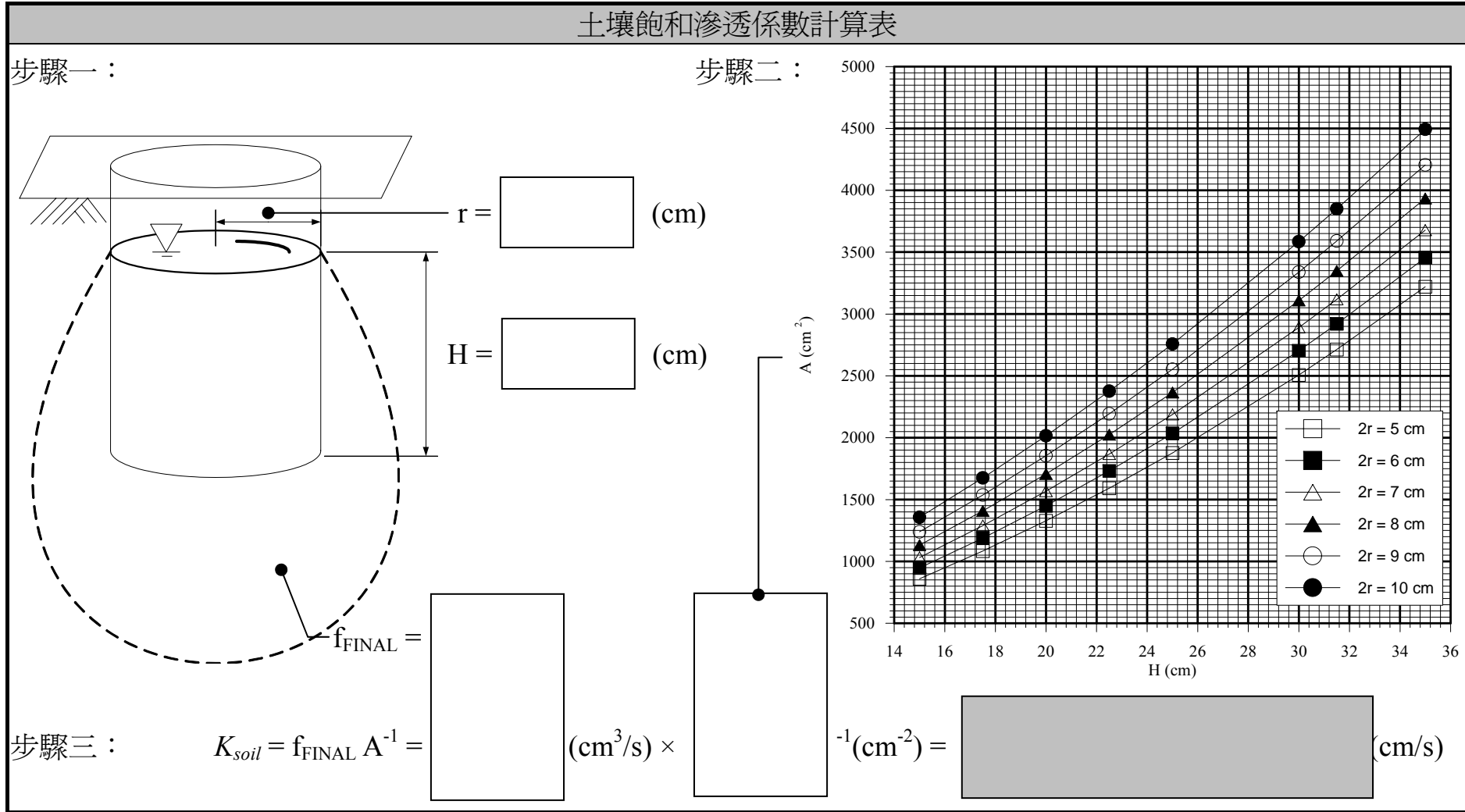
土壤種類	滲透係數( $K_{soil}$ , m/s)	滲透性
礫石(Gravel)	$> 10^{-3}$	高
砂質礫石(Sandy gravel) 細砂(Fine sand)	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	中
砂(Sand) 粉土質砂(Silty sand)	$10^{-5} \sim 10^{-7}$	低
粉土(Silt) 粉土質黏土(Silty clay)	$10^{-7} \sim 10^{-9}$	非常低
黏土(Clay)	$< 10^{-9}$	幾乎不透水

表 2-5 統一土壤分類與土壤滲透係數 K 值對照表

土層分類描述	粒徑 $D_{10}$ (mm)	統一土壤分類	土壤滲透係數 $K_{soil}$ (m/s)
不良級配礫石	0.4	GP	$10^{-3}$
良級配礫石		GW	$10^{-4}$
沈泥質礫石		GM	
黏土質礫石		GC	
不良級配砂		SP	$10^{-5}$
良級配砂	0.1	SW	
沈泥質砂	0.01	SM	$10^{-7}$
黏土質砂		SC	
泥質黏土	0.005	ML	$10^{-8}$
黏土	0.001	CL	$10^{-9}$
高塑性黏土	0.00001	CH	$10^{-11}$

註：屬於相同土壤統一分類之不同土質，會因為緊密程度以及組成的不同，其滲透係數的值會有所差異，最大會有 $\pm 10'$ 的誤差。本表為求評估上之客觀，乃是取其最小值，可使評估結果較為保守可信。

表 2-6 土壤飽和滲透係數計算表



#### 2-1-4 滲透設施之選擇

在計畫設置滲透設施時，依據前面幾節的內容，先勘查設置場所的條件，評估可能之設置地點及預定位置的土壤滲透性後，皆下來就需選定適當的滲透設施進行規劃設置。

滲透設施可單獨設置也可組合設置，不過在選定構造組合時，應充分考慮設置場所的土地利用型態、集水區域及設置場所空間，選擇適合的滲透設施。滲透設施之選擇可參考表 2-7 的建議項目進行選擇。

在滲透設施的選擇上，可把握下列原則：

- 滲透陰井較少單獨使用，多配合其他設施使用。
- 滲透排水管與滲透陰井較適合集水面積較小的區域。
- 滲透排水管、滲透陰井通常設置於建築物周圍來收集屋頂的排水。
- 滲透側溝與透水鋪面多用於較大的集水區域。
- 對於使用頻率較高的區域，積水需迅速排除，故滲透側溝較適用。
- 滲透側溝可收集經由滲透排水管及滲透陰井所排出的雨水，組成區域滲透排水系統。
- 充分考慮佔地、建築物配置、集水對象及區域排水設施狀況。

因滲透設施為一小型的逕流抑制設施，也可藉由搭配組合以整體配置的方式達到區域保水滲透的功效，上述原則及表 2-7 為一建議的選擇方式。建築師宜應現場之條件，配合本規範之建議原則，審慎選擇之。

表 2-7 滲透設施選擇參考表

土地利用		集水區域	設置場所	設 施 名 稱						
				滲透側溝	滲透排水管	滲透陰井	滲透排水管+滲透陰井	滲透側溝+滲透陰井	透水鋪面	
住宅用地	獨戶住宅	屋頂、庭院		X	○	○	○	X		
		停車場		△	○	X	○	△		
	集合住宅	屋頂	建築物周圍	△	○	○	○	△		
		棟間	停車場		○	○	X	○	○	
			道路		○	○	X	○	○	
		植栽用地		○	○	X	○	○		
公共設施用地	學校	校舍	建築物周圍	○	○	△	○	○		
		綠地		○	△	X	△	○		
		停車場		○	△	X	△	○		
	事業、公共場所等	屋頂	建築物周圍	○	○	△	○	○		
		廣場、植栽地等		○	△	X	△	○		
		停車場		○	△	X	△	○		
公共用地	公園綠地	運動廣場		○	△	X	△	○		
		空地	綠地	○	△	X	△	○		
		停車場		○	△	X	△	○		
	道路	人行	車道	○	X	X	X	○		
		道路	步道	○	X	X	X	○		
		車用專用道路		○	X	X	X	○		

註：○：較適用 △：適用 X：有條件適用

## 2-2 保水目標值訂定

### 2-2-1 建築基地保水指標

建築基地應具備原裸露基地涵養或貯留滲透雨水之能力。建築基地之基地保水指標計算值應依下式計算，其計算值 $\lambda$ 應大於基地保水基準值 $\lambda_c$ 。

$$\lambda = \frac{\text{開發後基地保水量}}{\text{原基地保水量}} = \frac{F'}{F_0} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{A_0 f_{fin} t} \geq \lambda_c = C(1-r)$$

其中：

$\lambda$ ：基地保水指標，無單位；

$\lambda_c$ ：基地保水指標基準，學校建築  $C=0.5$ ，其他  $C=0.8$ ；

$F'$ ：各類保水設計之保水量總和( $m^3$ )，即  $\sum_{i=1}^n F_i$ ；

$F_i$ ：各類保水設計之保水量( $m^3$ )；

$F_0$ ：原基地保水量( $m^3$ )， $F_0 = A_0 f_{fin} t$

$r$ ：法定建蔽率；

$f_{fin}$ ：基地土壤最終入滲率( $m/s$ )，以表層 2m 以內土壤認定之。

應先依建築技術規則建築構造篇第六十四條的規定做鑽探調查表層 2m 以內之土壤；未符合上述條文規定而無需進行鑽探調查者，得援用當地或鄰近曾經實用之調查資料。但  $f_{fin} < 10^{-7} m/s$  時，則令  $f_{fin} = 10^{-7} m/s$ ；亦即  $f_{fin}$  基準值不得小於  $10^{-7} m/s$ 。

$t$ ：降雨延時基準值( $s$ )，取 86400 s (24hr)。

$A_0$ ：基地總面積 ( $m^2$ )；

建築基地之保水設計檢討以一宗基地為原則；如單一宗基地內之局部新建執照者，得以整宗基地綜合檢討或依基地內道路分割範圍單獨檢討。

表 2-8 統一土壤分類與最終入滲率  $f_{fm}$  值對照表

土層分類描述	粒徑 $D_{10}$ (mm)	統一土壤分類	最終入滲率 $f_{fm}$ (m/s)
不良級配礫石	0.4	GP	$10^{-3}$
良級配礫石		GW	$10^{-4}$
沈泥質礫石		GM	
黏土質礫石		GC	
不良級配砂		SP	
良級配砂	0.1	SW	$10^{-5}$
沈泥質砂	0.01	SM	$10^{-6}$
黏土質砂		SC	
泥質黏土	0.005	ML	$10^{-7}$
黏土	0.001	CL	$10^{-7}$
高塑性黏土	0.00001	CH	$10^{-7}$

註：屬於相同土壤統一分類的不同土質，會因為緊密程度以及組成的不同，其滲透係數的值會有所差異，最大會有  $\pm 10'$  的誤差。本表為求評估上之客觀，乃是取其最小值，可使評估結果較為保守可信。

表 2-9 土壤最終入滲率  $f_{fm}$  值簡易對照表

土 質	砂土	粉土	黏土	高塑性黏土
土壤最終入滲率 $f_{fm}$ (m/s)	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-7}$

## 2-2-2 滲透管溝

### 一、滲透側溝

依據滲透側溝之型式及設計水位 ( $H$ ) 為考慮因素，並配合土壤之飽和滲透係數計算滲透側溝設計保水量；而基地內總保水量為基地內各種滲透側溝設計保水量之總和。

滲透側溝之設計斷面如圖 2-4 所示，當設計水位 ( $H$ ) 為 0.3m，設計寬度 ( $b$ ) 為 0.3m 時，其單位長度設計保水量 ( $F_{UL}$ ,  $m^3/m$ ) 可以下表公式計算。

表 2-10 滲透側溝保水量計算公式

		型式	種類	保水量計算公式
特殊 保水 設計	滲 透 側 溝	全 滲 透 型	透水磚側溝 透水混凝土側溝	$F_{UL} = 26 K_{soil} t + 0.1$
			部 分 滲 透 型	打孔側溝
		紅磚側溝		$F_{UL} = 21 K_{soil} t + 0.1$
		其他	$F_{UL} = 58 K_{gutter}^{0.1} K_{soil} t + 0.1$	
<p>說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 側溝之設計水位 (<math>H</math>)、設計寬度 (<math>b</math>) 皆為 0.3m。</li> <li>2. 打孔側溝：為透水孔直徑 1cm，每 10cm 一孔。</li> <li>3. 透水磚側溝：為透水磚襯砌，磚砌縫隙以透水混凝土填縫。</li> <li>4. 紅磚側溝：為紅磚襯砌，磚砌縫隙以透水混凝土填縫。</li> <li>5. 其他材質：以側溝材質之飽和滲透係數 <math>K_{gutter}</math> (m/s) 訂之。</li> </ol>				

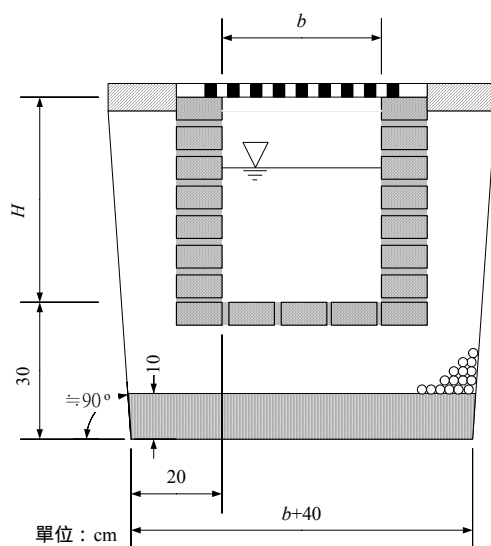


圖 2-4 滲透側溝設計斷面圖

若設計降雨延時 ( $t$ ) 採用 1hr，則滲透側溝之保水設計曲線如圖 2-5 至圖 2-8 為所示。設計者可由圖得到設計水深及寬度分別為 0.3m、設計降雨延時 1hr 下，不同側溝型式 ( $K_{gutter}$ ) 及土壤情況 ( $K_{soil}$ ) 下之滲透側溝之保水量，或直接由上

表計算得設計保水量；也可在選定設計保水量或逕流減少量 (F) 下，依據現地條件與設計曲線決定適當的設計長度。設計曲線使用方式詳見下列範例，或依據表 2-11 之計算步驟進行設計。

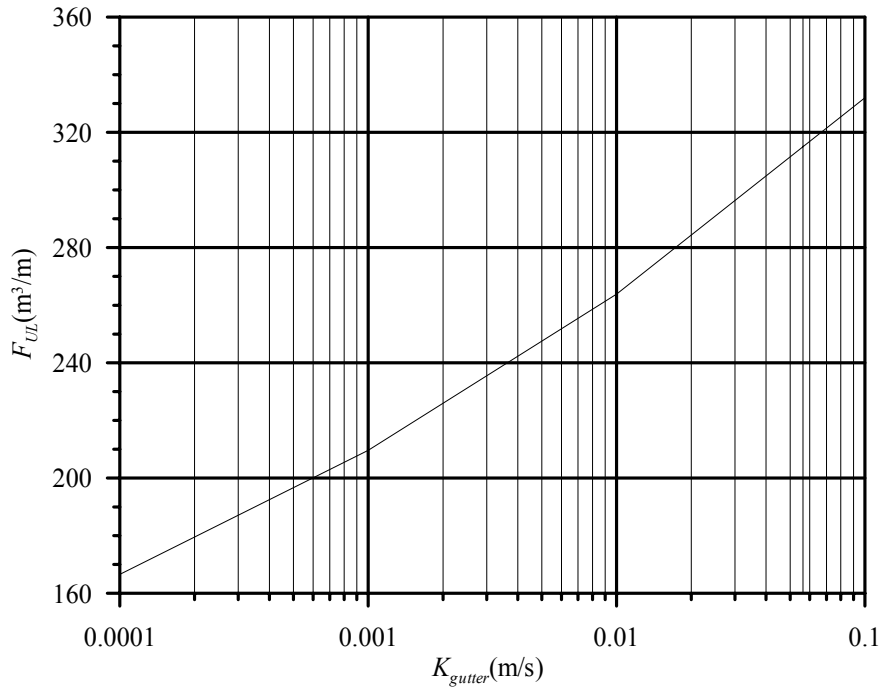


圖 2-5 不同型式滲透側溝之滲透性能曲線 ( $K_{soil}=10^{-3}m/s$ )

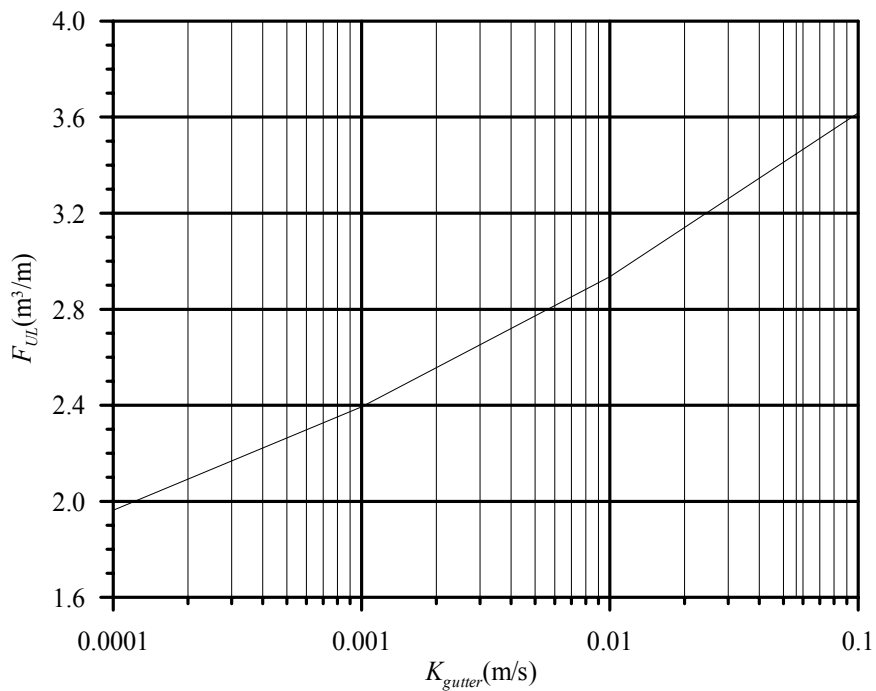


圖 2-6 不同型式滲透側溝之滲透性能曲線 ( $K_{soil}=10^{-5}m/s$ )



建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究

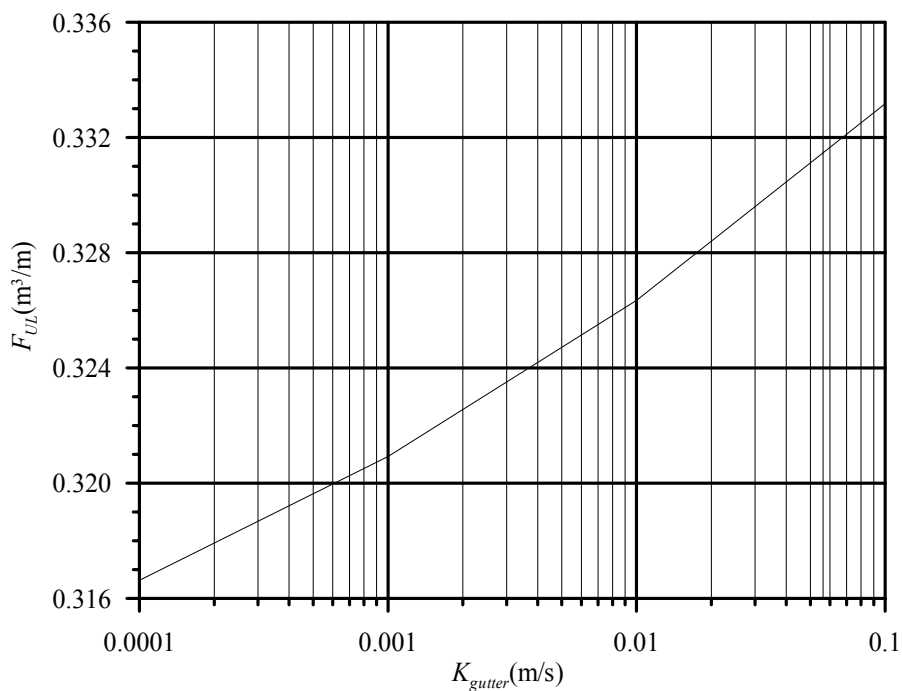


圖 2-7 不同型式滲透側溝之滲透性能曲線 ( $K_{soil}=10^{-7}m/s$ )

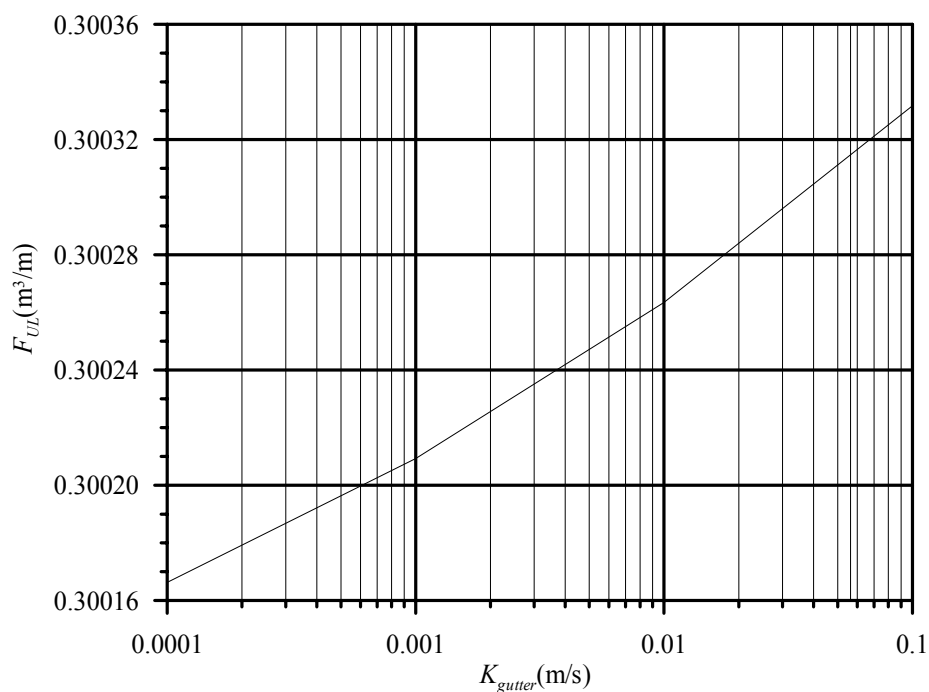


圖 2-8 不同型式滲透側溝之滲透性能曲線 ( $K_{soil}=10^{-9}m/s$ )

範例一：直接查圖法	
已知：	滲透側溝係以透水磚磚砌而成，透水磚之飽和滲透係數 $K_{gutter} = 2.1 \times 10^{-3}$ m/s，側溝之設計寬度 $b = 0.3$ m、設計水深 $H = 0.3$ m；基地之土壤飽和滲透係數 $K_{soil} = 10^{-5}$ m/s。
求：	單位長度保水量 $F_{UL}$
解：	直接查圖 2-6，得 $F_{UL}$ 為 $2.55 \text{ m}^3/\text{m}$
範例二：查圖內差法	
已知：	滲透側溝係以透水磚磚砌而成，透水磚之飽和滲透係數 $K_{gutter} = 2.1 \times 10^{-3}$ m/s，側溝之設計寬度 $b = 0.3$ m、設計水深 $H = 0.3$ m；基地之土壤飽和滲透係數 $K_{soil} = 5.9 \times 10^{-5}$ m/s
求：	單位長度保水量 $F_{UL}$
解：	<p>Step 1. 查圖 2-5，得 <math>K_{soil} = 10^{-3}</math> m/s 之 <math>F_{UL}</math> 為 <math>225 \text{ m}^3/\text{m}</math></p> <p>Step 2. 查圖 2-6，得 <math>K_{soil} = 10^{-5}</math> m/s 之 <math>F_{UL}</math> 為 <math>2.55 \text{ m}^3/\text{m}</math></p> <p>Step 3. 內差：  <math display="block">\frac{F_{UL} - 2.55}{225 - 2.55} = \frac{5.9 \times 10^{-5} - 10^{-5}}{10^{-3} - 10^{-5}}</math> <math display="block">\Rightarrow F_{UL} = 13.56 \text{ m}^3/\text{m}</math></p>

表 2-11 滲透側溝設計滲透量及保水量計算表

## 滲透側溝設計滲透量及保水量計算表

步驟一：土壤飽和滲透係數  $K_{soil} =$  \_\_\_\_\_ (cm/s)  $\times 10^{-2}$  (m/cm) = \_\_\_\_\_ (m/s)

步驟二：計算比滲透面積

透水磚側溝  紅磚側溝  排水性側溝

$$A_L = 0.7 + b + H$$

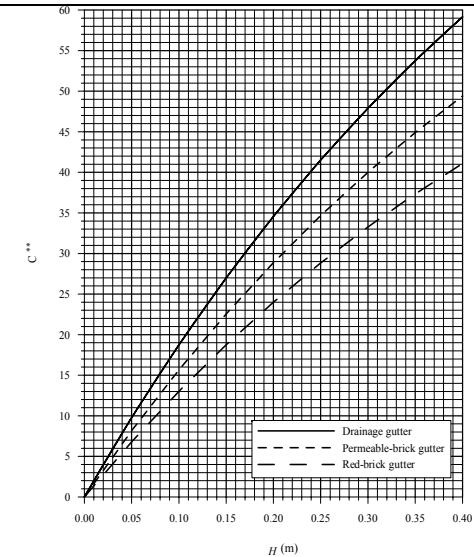
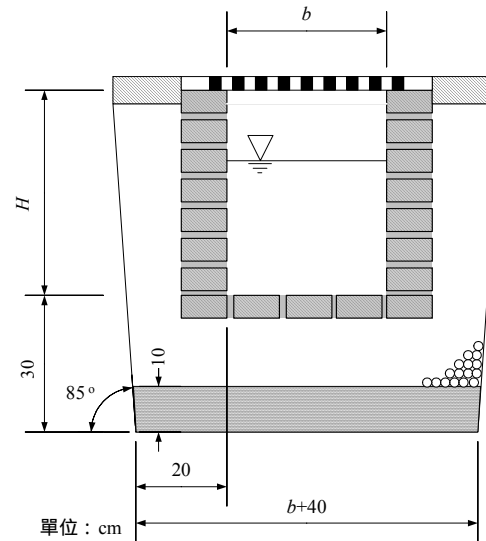
$$= 0.7 + \text{_____ (m)} + \text{_____ (m)}$$

$$= \text{_____ (m)}$$

$$A_{u.s} = C^{**} A_L$$

$$= \text{_____} \times \text{_____ (m)}$$

$$= \text{_____ (m}^2\text{/m)}$$



步驟三：計算單位長度設計入滲量  $Q = A_{u.s} K_{soil} =$  \_\_\_\_\_ (m<sup>2</sup>/m)  $\times$  \_\_\_\_\_ (m/s) = \_\_\_\_\_ (m<sup>3</sup>/s.m)

步驟四：計算單位長度設計保水量  $F_{UL} = 0.5 Q t + 0.1 (0.4 + b)$

$$= 0.5 \times \text{_____ (m}^3\text{/s.m)} \times \text{_____ (s)} + 0.1 [0.4 + \text{_____ (m)}] \text{ (m}^3\text{/m)} = \text{_____ (m}^3\text{/m)}$$

二、滲透排水管

依據滲透排水管之型式及設計水位為考慮因素，並配合土壤之飽和滲透係數計算滲透排水管設計保水量；而基地內總保水量為基地內各種滲透排水管設計保水量之總和。

滲透排水管之設計斷面如圖 2-9 所示，當設計水位( $h$ )等於其管徑( $R$ )0.2m，設時，其單位長度設計保水量 ( $F_{UL}$ ,  $m^3/m$ ) 可以下式計算：

$$F_{UL} = 11 x^{0.2} K_{soil} t + 0.1$$

式中： $x$  為滲透排水管之開孔率 (%)。

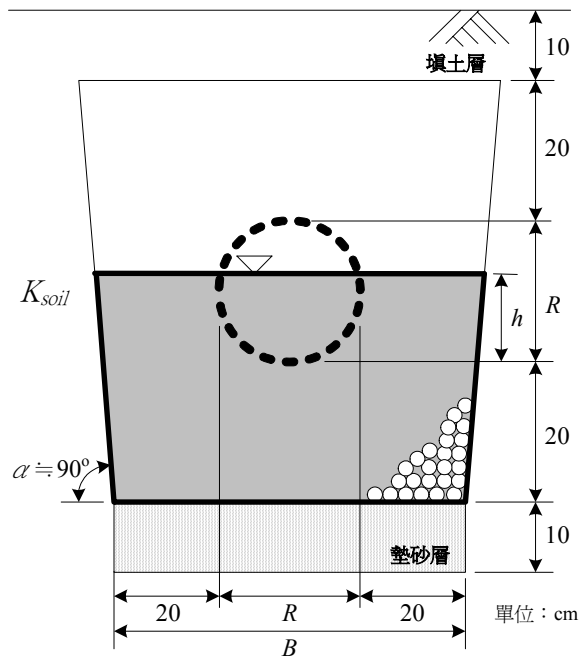


圖 2-9 滲透排水管設計斷面圖

設計者可由上式計算得設計保水量；也可依據表 2-12 之計算步驟進行設計，依據滲透排水管之設計管徑與水位，並配合土壤之飽和滲透係數即可計算滲透排水管之設計滲透量，並進一步得到保水量。

表 2-12 滲透排水管設計滲透量及保水量計算表

滲透排水管設計滲透量及保水量計算表

步驟一：土壤飽和滲透係數  $K_{soil} =$  \_\_\_\_\_ (cm/s)  $\times 10^{-2}$  (m/cm) = \_\_\_\_\_ (m/s)

步驟二：計算比滲透面積

$$A_L = 0.6 + R + h$$

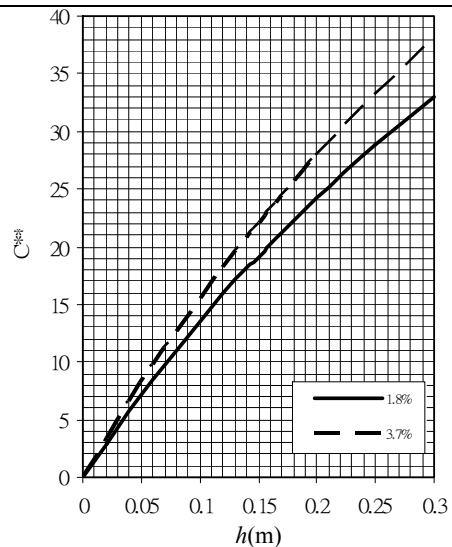
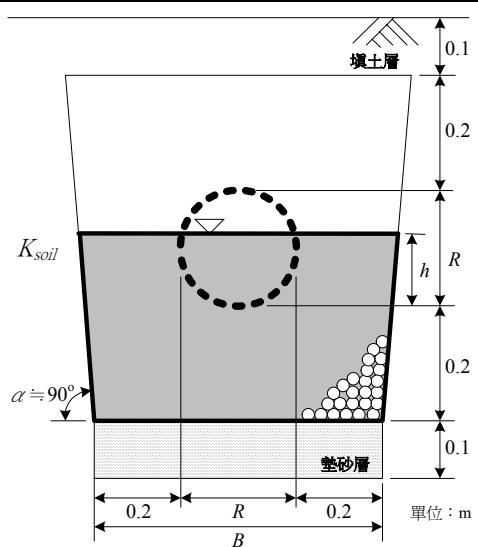
$$= 0.6 + \text{_____ (m)} + \text{_____ (m)}$$

$$= \text{_____ (m)}$$

$$A_{u.s} = C^{**} A_L$$

$$= \text{_____} \times \text{_____ (m)}$$

$$= \text{_____ (m}^2\text{/m)}$$



步驟三：計算單位長度設計入滲量  $Q = A_{u.s} K_{soil} =$  \_\_\_\_\_ (m<sup>2</sup>/m)  $\times$  \_\_\_\_\_ (m/s) = \_\_\_\_\_ (m<sup>3</sup>/s.m)

步驟四：計算單位長度設計保水量  $F_{UL} = 0.5Q t + 0.1 (0.4 + R)$

$$= 0.5 \times \text{_____ (m}^3\text{/s.m)} \times \text{_____ (s)} + 0.1 [0.4 + \text{_____ (m)}] \text{ (m}^3\text{/m)} = \text{_____ (m}^3\text{/m)}$$

2-2-3 滲透陰井

依據滲透陰井之型式及設計水位為考慮因素，並配合土壤之飽和滲透係數計算滲透陰井設計保水量；而基地內總保水量為基地內各種滲透陰井設計保水量之總和。

滲透排陰井之設計斷面如圖 2-10 所示；當滲透陰井之開孔率為 1%時，其單位長度設計保水量 ( $F_{UL}$ ,  $m^3/m$ ) 可以下式計算：

$$F_{UL} = A_{u,s} K_{soil} t + 0.12r^2$$

式中： $A_{u,s}$  為比滲透面積 ( $m^3/m$ )，可表示為：

$$A_{u,s} = C^{**}(H) \pi r (r + H + 0.2)$$

$C^{**}(H)$  為修正參數，可表示為：

$$C^{**}(H) = 185.35(1 - e^{\frac{-H}{0.243}})$$

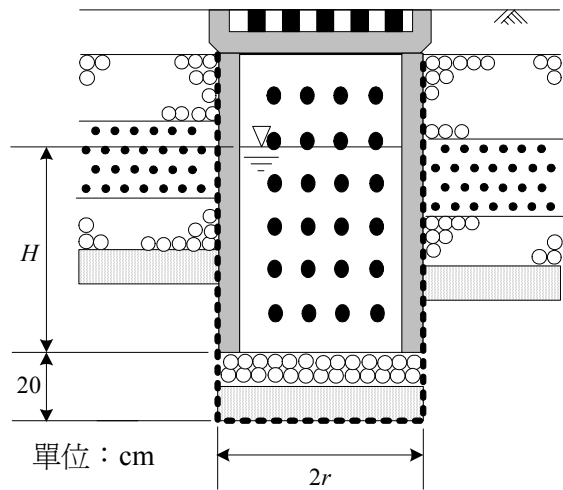


圖 2-9 滲透排水管設計斷面圖

設計者可由上式計算得設計保水量，而其計算步驟如表 2-13 所示，依據滲透陰井之設計管徑與水位，並配合土壤之飽和滲透係數即可計算滲透陰井之設計滲透量，並進一步得到保水量。

表 2-13 滲透陰井設計滲透量及保水量計算表

## 滲透陰井設計滲透量及保水量計算表

步驟一：土壤飽和滲透係數  $K_{soil} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (cm/s)} \times 10^{-2} \text{ (m/cm)} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (m/s)}$

步驟二：計算比滲透面積

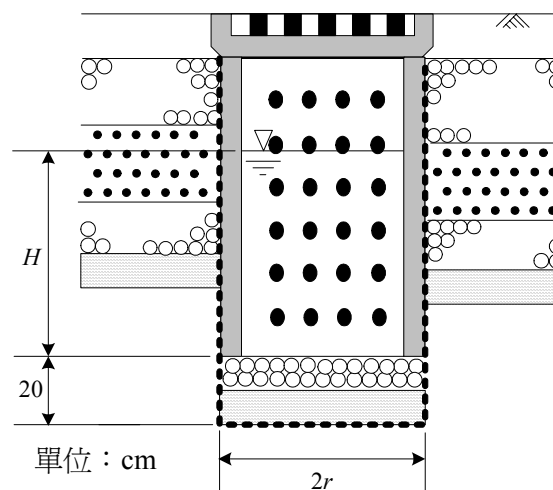
$$A_L = \pi r (r + H + 0.2)$$

$$= 3.14 \times \underline{\hspace{1cm}} \text{ (m)} \times (\underline{\hspace{1cm}} \text{ (m)} + \underline{\hspace{1cm}} \text{ (m)} + 0.2)$$

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ (m)}$$

$$A_{u.s} = 185.35(1 - e^{\frac{-H}{0.243}}) A_L = 185.35(1 - e^{\frac{-(\underline{\hspace{1cm}})(m)}{0.243}}) \times \underline{\hspace{1cm}} \text{ (m)}$$

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ (m}^2\text{/m)}$$



步驟三：計算單位設計入滲量  $Q = A_{u.s} K_{soil} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (m}^2\text{/m)} \times \underline{\hspace{2cm}} \text{ (m/s)} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (m}^3\text{/s)}$

步驟四：計算單位設計保水量  $F_{UL} = Q t + 0.12r^2$

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ (m}^3\text{/s)} \times \underline{\hspace{2cm}} \text{ (s)} + 0.12 (\underline{\hspace{2cm}} \text{ (m)})^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (m}^3\text{)}$$

#### 2-2-4 透水鋪面

透水鋪面可分為全保水鋪面及半保水鋪面，各保水鋪面之保水量可依下面公式進行設計。

- 全保水鋪面：

$$F_2 = A_2 \times f_{in} \times t$$

式中： $A_2$ ：全保水鋪面面積 ( $m^2$ )

- 半保水鋪面：

$$F_3 = A_3 \times f_{in} \times t + 0.15 \times h \times A_3$$

式中： $A_3$ ：半保水鋪面面積 ( $m^2$ )； $h$ ：透水鋪面基層厚度(m)

#### 2-3 影響係數

滲透設施經長期使用後，可能會因一些影響因子而使其保水量有衰減的情形，故在設計滲透設施保水量時，宜將保水量再乘以「影響係數」。

##### 1. 堵塞影響係數

滲透設施經長期使用後，會因堵塞影響而影響其保水能力，而堵塞又以底部最容易發生。經試驗結果，滲透設施底部阻塞後，仍可維持近 80% 的滲透能力，故建議堵塞影響係數 ( $SF_{CLOG}$ ) 為：

$$SF_{CLOG} = 0.8$$

##### 2. 地下水影響係數



雖然在本規則 2-1-1「限制區域」中，已針對地下水位之影響列示設透設施之設置限制條件；然而滲透設施設置地區仍有可能因滲透雨水而造成局部地下水位暫時性（季節性）的壅高，因而影響滲透能力。故在計算保水量時，可考慮乘上一地下水影響係數。

地下水影響係數（ $SF_{GW}$ ）為：

$$SF_{GW} = 0.9$$

### 3. 滲透設施保水量影響係數

滲透設施之保水量影響係數（ $SF$ ）為上述二影響係數之乘積，為：

$$SF = SF_{CLOG} \times SF_{GW} = 0.8 \times 0.9 \doteq 0.7$$

## 第三篇 構造篇

通則：

構造要件：

1. 滲透設施為了讓設施本體的透水功能能長期發揮效果，因此其構造需考量防止阻塞與易於清掃、維護管理；同時應考慮設置場所之使用強度，設置安全構造，且設施沒有景觀上之障礙。
2. 與周圍泥砂之接觸面，應以不織布與周邊土層隔離，以防泥砂進入填塞鋪碎石孔隙。
3. 設施底面容易應砂土、垃圾等堆積而造成阻塞，因此設施之側面一定必須是透水構造。
4. 透水構造若是「有孔構造」，其孔徑應小於填充之碎石級配粒徑，孔徑應小於 20mm 為標準。

共同材料：

1. 滲透管溝應用之各種材料，除×××××標準有規定者從其規定外，應依本規範規定。但因當地情形，難以應用符合本規範與×××××標準材料，經×××××主管建築機關同意修改者，不在此限。
2. 各滲透設施所使用的共同材料，有鋪面用砂、填充用礫石及透水布織布等，必須採用規定之透水率、礫徑及強度等

### 3-1 滲透管溝及陰井

#### 一、構造概要

##### (一) 滲透側溝

滲透側溝係屬地區排水明溝，為基地之地面排水設施，係以系統幹支線水路，匯集水路周邊之大片地區地面雨水。滲透側溝側溝也可為道路工程設計配合之路面排水設施，亦為兼負道路兩旁住居建築之落水管及其地面排水之銜接水路，係提供水流通水斷面，使水路能以重力流情況往下排流。

滲透側溝為一透水材料構造，以碎石填充周邊之排水溝，使其除具排水功能外並能使雨水從側面及底部滲入土壤之入滲設施。滲透側溝由格柵板、不織布、透水材料、碎石級配及過濾砂層等所構成。滲透側溝之構造如圖3-1所示。

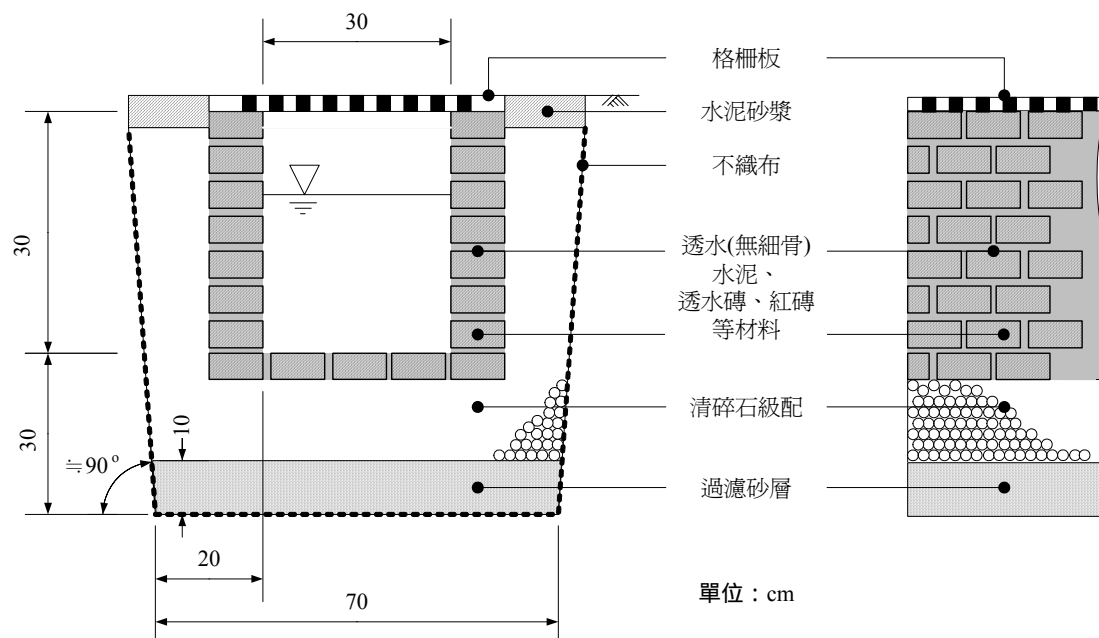


圖 3-1 滲透側溝構造圖

側溝斷面之決定方式：

1. 側溝之最小斷面不得小於 30cm，深度不得大於 1m。
2. 側溝之斷面也可依計畫雨水逕流量計算，再以曼寧公式進行管渠水力計算；側溝之流量採計畫雨水量核計時，其流速最小為 0.8m/s，最大為 3m/s。
3. 計畫雨水逕流量之計算、管渠水力計算請參考「台灣省下水道工程設施標準」及「台灣省下水道用戶排水設備標準」。

## (二) 滲透排水管

在都市高密度開發地區，往往無法提供足夠的裸露地及透水鋪面來供雨水入滲，或足夠的空間來設置滲透側溝；此時便需要「埋入式」的滲透設施來使排放雨水並儘可能入滲至地表下，「滲透排水管」為一常用的方式。

所謂「滲透排水管」，便是將基地內無法由自然入滲排除之降水設法集中於管內後，然後慢慢入滲至地表中，達到其輔助入滲的效果。

「滲透排水管」是「埋入式」的滲透設施，所以：

1. 地表能維持一定的使用強度。
2. 由於不易清理隨雨水進入後之沈積砂土等，因此應在前後設置「滲透陰井」，以防止砂土進入。

透水管的材料從早期的陶、瓦管、多孔混凝土管、有孔塑膠管進化為蜂巢管、網式滲透管、尼龍紗管至最近之不織布透水管等，它可以利用毛細現象將土壤中

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究

的水引入管內，再緩緩排除，外層的材料不僅有足夠的抗壓強度，也可避免泥砂滲入造成淤積。滲透排水管構造如圖 3-2 所示。

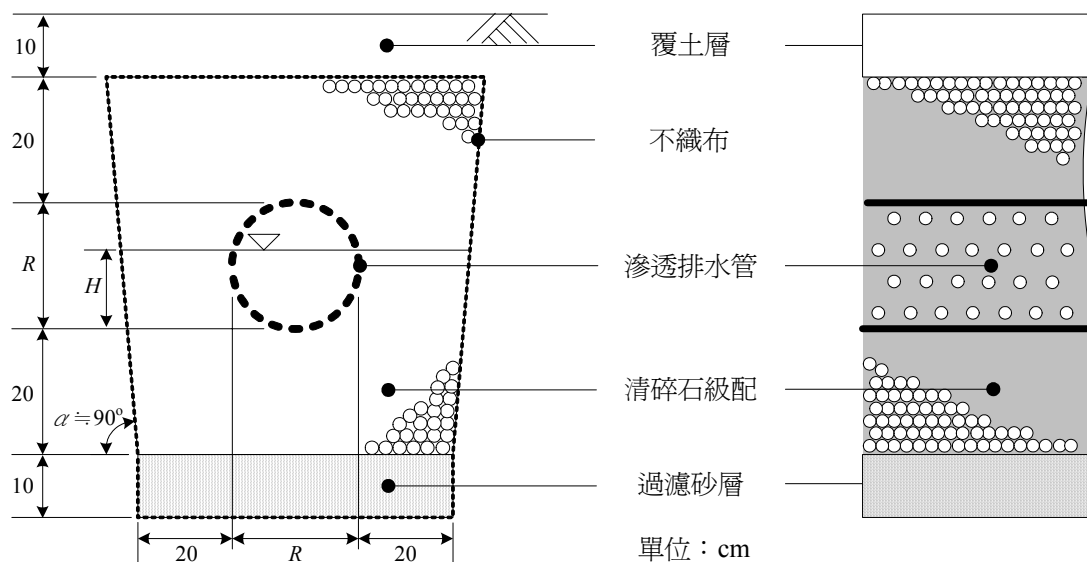


圖 3-2 滲透排水管構造圖

排水管斷面之決定方式：

- 滲透排水管之管徑規定如下：

表 3-1 滲透排水管管徑規定

排水面積 (m <sup>2</sup> )	600 以下	601 至 1000
排水管管徑 (mm)	150 以上	200 以上
備註：管渠非圓形者，以相當斷面積計算。		

如排水面積超過規定者，管徑計算如下：

1. 依計畫雨水逕流量計算，再以曼寧公式進行排水管排水管水力計算；排水管之流量採計畫雨水量核計時，其流速最小為 0.8m/s，最大為 3m/s。
2. 計畫雨水逕流量之計算、管渠水力計算請參考「台灣省下水道工程設施標準」及「台灣省下水道用戶排水設備標準」。

- 滲透排水管之覆土深度規定如下：

表 3-2 滲透排水管覆土深度規定

管渠位置	建築基地內	後巷或私設道路 (不通行汽車者)	人行道	寬度<6m 道路	寬度>6m 道路
覆土深度 (cm)	20 以上	40 以上	75 以上	100 以上	120 以上
備註：管渠埋設之覆土深度無法達到前項規定深度時，應加保護設施。					

### (三) 滲透陰井

1. 「滲透陰井」是屬於垂直式的輔助入滲設施，一般做為「滲透管溝」之間連接的節點。
2. 「滲透陰井」可容納排水過程中產生的污泥雜物，以方便定期清除來保持排水的通暢；或使管溝流水順暢易於檢查清理之設施。
3. 滲透陰井底部應設置十五公分以上之沉砂槽。

不論滲透側溝或排水管，用戶應於都市計畫建築線或現有道路旁內側之私地設置公私分界點之人孔或陰井，再排放至管涵；但經管理機關核准免設者，不在此限。

滲透陰井周圍覆蓋的級配層則是為了增加雨水貯集的空間，並且防止細小的泥沙造成管壁的阻塞現象。然而，滲透陰井之滲透孔隙很容易遭到垃圾、泥沙、青苔的阻塞而失去功能，設計時可在底部設置可拆裝網罩，以利清理而維持滲透之功能。

「滲透陰井」與「滲透排水管」的原理是類似的，都是利用內部的透水涵管來容納土壤中飽和的雨水，待土壤中含水量降低時，再緩緩排除。滲透陰井之構造如圖 3-3 所示。

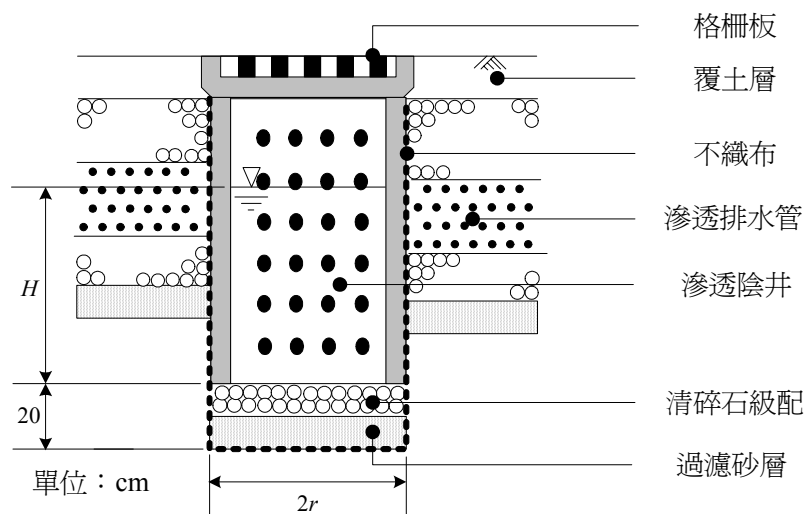


圖3-3 滲透陰井構造圖

#### (四) 滲透管溝、陰井縱剖規劃

通常「滲透陰井」常與「滲透管溝」配合，運用於建築基地之中。

滲透管溝收集基地之雨水，後經由重力流情況排水，可能常有砂土、垃圾等流入而使功能降低，故於管溝入流處應設置陰井，進行初步之穩流與沈砂。

滲透管溝於彎折、會合點、寬度變化點應設置（滲透）陰井。

滲透管溝受基地之坡度或地勢變化關係，故設計時常需配置有（滲透）陰井等附屬設施，以維持其結構穩定。

在同一管徑直線部分之間距應依表 3-3 規定或以不超過管徑之 120 倍以內設置之陰井。

表 3-3 滲透陰井與管溝合用之設置最大間距

管徑 (公厘)	最大間距 (公尺)
150	20
200	25
600	70

陰井上游管溝底與下游管溝底應有至少 1cm 之落差。

滲透管溝與（滲透）陰井組合配置構造如圖 3-4 所示。

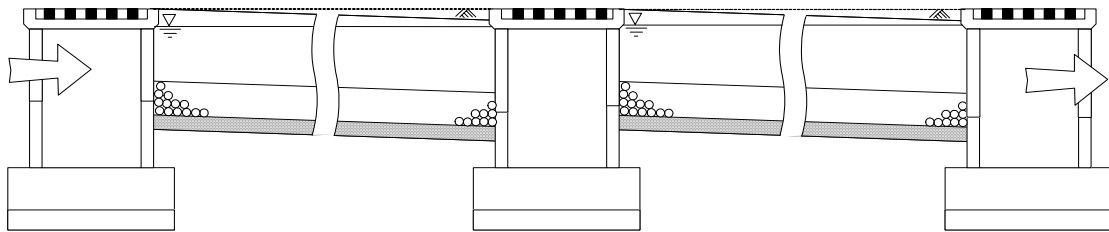


圖 3-4 滲透側溝與（滲透）陰井組合配置構造示意圖



## 二、使用材料之要求

### 1. 碎石級配

- (1) 碎石級配是用來回填於設施本身與滲透面間，兼具滲透面保護與貯留水量的功能。
- (2) 使用粒徑大、孔隙率高之碎石，一般採用單一粒徑 20~30mm 之碎石級配，亦可使用符合前述標準之再生廢建材。
- (3) 回填前應事先洗淨。

### 2. 透水不織布

- (1) 透水不織布主要用來防止砂土流入。
- (2) 透水不織布必須具有一定程度的承載力及抗腐蝕，其透水係數需達  $10^{-2}$ cm/s 以上，厚度 0.1~0.2mm 之標準。
- (3) 透水不織布一般使用合成塑脂、塑膠，使用前必須注意因負荷承載而破裂與透水性減低的問題。

### 3. 回填砂

- (1) 回填砂是用來作為隔層保護並維持因開挖外露之滲透面的滲透性。
- (2) 回填砂之材料可使用河砂、山砂等。
- (3) 回填砂宜採用粗粒乾淨之砂。

### 4. 滲透管溝、陰井之透水材料

- (1) 滲透側溝底面易阻塞，所以側面之透水性更顯得重要。
- (2) 如過管溝是採用「多孔」的構造，以「排水」的方式進行滲透，則其孔徑需小於填充之礫石，以 20mm 以下為準。
- (3) 滲透管溝使用之透水材料，如滲透管、透水磚、透水混凝土等應符合內政

部「高性能綠建材」規範。

### 3-2 透水鋪面

目前常見之透水鋪面形式有，多孔隙瀝青混凝土、非連續拼接或鏤空的鋪面、無細骨材混凝土鋪面、具透水管透水鋪面等，如表 3-4 所示。

表 3-4 透水鋪面種類

類別	常見透水鋪面	說明
一	單元塊磚鋪設透水鋪面(軟底施工)常用的非連續拼接之鋪面設計：如透水磚、連鎖磚、植草磚等	塊狀材料所構成，其構工法能有效維持滲透至下層土壤之滲透性。
二	現場整體澆置之透水鋪面(硬底施工)如：透水性瀝青、透水性混凝土、多孔性凝板構造、透水性樹脂混合天然石砂粒等。	透水性能主要由表層材料本身孔隙來達成。
三	單元塊磚表層+沙層+透水基層(硬底軟面)	兼顧表層磚抗壓及透水硬底性態。
四	其他型透水鋪面 如：具透水管之鋪面	其他由構造設計之多孔性透水鋪面，可達透水要求。

#### 一、構造概要

##### (一) 多孔隙瀝青混凝土

孔隙瀝青混凝土需要以粗骨材間之互相接觸而獲得其強度及排水性能，對於骨材的要求比傳統密級配瀝青混凝土要嚴格。

由於其骨材級配中，粗骨材佔了大部分的比例(約 85%)，因此特別需要注重粗骨材對瀝青的附著性、抗磨耗性、抗破碎及抗磨損性、抗凍融能力，以及骨材間的互鎖(interlocking)。下表為各國多孔隙瀝青混凝土之級配建議。

由表 3-5 可以看出其實國內透水瀝青混凝土鋪面之配比是參考日本鋪裝技術指針，但日本與台灣之氣候、雨量都大不相同是否真的適用於台灣的鋪面事實上還需多加驗證，故台灣目前透水瀝青混凝土之級配是還有再本土化的空間。

表 3-5 各國多孔隙瀝青混凝土級配設計

粒徑範圍/通過百分比		日本排水性鋪裝技術指針		日本瀝青鋪裝要綱	西班牙 P 級配	西班牙 PA 級配	瑞典 DRAINOR12	瑞典 DRAINOR16	台灣
篩號	(mm)								
1"	25.0	100							
3/4"	19.0	95-100	100	100	100	100	100	100	100.0
1/2"	12.5	64-84	90-100	90-100	75-100	70-100	88-100	53-67	90-100
3/8"	9.5				60-90	55-80	53-67	26-40	
#4	4.75	10-31	11-35	11-35	32-50	15-30	20-30	17-27	11-35
#8	2.36	10-20	10-20	8-25	10-18	10-22	8-15	8-15	10-20
#16	1.18						7-14	7-14	
#30	0.60			5-17	6-12	6-13	6-12	6-12	
#50	0.30			4-14			5-10	5-10	
#100	0.15			3-10			4-8	4-8	
#200	0.075	3-7	3-7	2-7	3-6	3-6	3-6	3-6	3-7

(二) 非連續拼接或鏤空的鋪面(透水磚、植草磚、連鎖磚)

非連續拼接鋪面設計，在鋪面與鋪面間有很大的間隙可填入砂土，儘管路基可能打入不透水之混凝土層，但仍然提供了一些植被生長的機會。而鏤空的路面，如植草磚，則直接提供植被生長的環境，使得人車行走於上面，而不至於造成植被壞死。

非連續拼接或鏤空的鋪面，如：透水磚與植草磚，這兩種鋪面在台灣應用最廣，非連續拼接的鋪面其接縫寬度之範圍約在 20 至 35mm，接縫之建造方式可以人工排列或是以永久性之間隔物(spacer)來控制。此種型式的鋪面可以承受較大的載重，因此可用於中度載重量的停車區域。鏤空的鋪面一般以植草磚較為人

所知，但若要求較高的透水率時便不應植草，此種鋪面可承受較多孔鋪面與非連續拼接鋪面為大的載重量。

透水磚強度之規範應依使用功能，建議之強度規範如表 3-6、3-7 所示。透水磚之構造標準斷面圖如圖 3-5 所示。

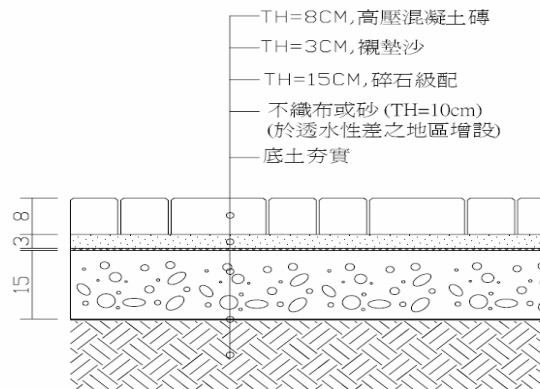
表 3-6 透水磚之規範要求

透水磚	材質	厚度	透水係數	吸水率
規規範要求	採用大理石、蛇紋石、紅化石、寒水石等	應大於 8 mm	應大於 $1 \times 10^{-2}$ cm/sec	應大於 5%

表 3-7 透水磚之強度規範

使用範圍	停車場 (小型客車)	(輕交通量) 機車、腳踏車	人行步道
透水磚	抗壓強度 > 210 kgf/cm <sup>2</sup>	抗壓強度 > 170 kgf/cm <sup>2</sup>	抗壓 > 140 kgf/cm <sup>2</sup>

圖 3-5 透水磚構造標準斷面圖



(三) 透水混凝土 (無細骨材混凝土, No-fines concrete)

透水混凝土為一種含有狹窄級配之粗骨材、微量或無細骨材、且無足量水泥漿之混凝土材料。

透水混凝土靠自重下料即可成型，施工簡易而方便，對於工人的施工技術要求不高更是其主要特色。透水混凝土使用的材料是由一般的水泥、粗骨材和水拌合而成，有時也會加入少量的砂。粗骨材可以是碎石、卵石，也可以是人造輕骨材或再生骨材、工業的爐渣廢料以及其它強度較高的建築廢棄物等。其強度的發揮性，藉著粗骨材表面的一般水泥漿體，使之骨材表面接觸互相固結，形成多孔隙的結構體，因此具有相當大的透水性。使用之水泥、骨材等之要求如下表 3-8、3-9 所示。

表 3-8 透水混凝土規範要求

原料名稱	規範要求
水泥	1. 滿足國家要求者 2. 使用的粒徑越小，水泥顆粒亦應相應變小。
骨材	1. 粗骨材應為單一級配。如 10mm~20mm、10mm~30mm 等不宜小於 5mm 或大於 40mm。 2. 碎石型粗骨材之針、片狀總量最好小於 15%，骨材含泥量不宜大於 1%。 3. 亦可使用再生骨材、人造骨材等。

表 3-9 無細骨材混凝土水泥之配比設計參考

水泥：骨材	水灰比	水泥 kg/m <sup>3</sup>	用水量 kg/m <sup>3</sup>	碎石 kg/m <sup>3</sup>
1：10	0.364	157	57	1570
1：10	0.582	152	88	1520
1：12	0.408	133	54	1597
1：15	0.41	107	44	1598
1：8	0.35	201	70	1608
1：10	0.36	158	57.5	1580

#### (四) 具排水管之透水鋪面

面層為一般之水泥混凝土，於一般不透水鋪面之差異為面曾留有孔洞，於基底層設有一空調導水管，將表面逕流導至碎石層、級配層儲水。

目前國內透水鋪面抗壓強度比較以此工法的抗壓強度最強，因為其表面為一般水泥混凝土，其抗彎強度也較其他鋪面良好，但其工法價格昂貴，每平方公尺價格為其他鋪面之 4 至 5 倍，於國內推行不易。其維護方式是以高壓水柱沖洗表面之預留孔，清洗空調導水管之堵塞物即可，如圖 3-6 所示

圖 3-6 高壓水柱沖洗堵塞物



## 二、使用材料之要求

### (一) 透水瀝青混凝土鋪面

#### 1. 基、底層材料：

- (1) 供步行、自行車之鋪面，其級配層厚度應為 10cm 以上，若供輕型車輛行駛及停放之鋪面，其級配層厚度應為 15cm 以上，若有較大載重之路面，需另外提出解決透水鋪面承載之方案。
- (2) 襯墊砂層應為堅硬、潔淨、乾燥之細砂，且不含黏土、植物、石子或其它雜質。規格應為 0.3mm~1.2mm，厚度約為 3~6cm。填縫砂之規格亦同。

- (3) 人行道：人行道的底層材料，可使用未過篩的碎石或粒徑大的碎石。通過 ASTM 40 號篩(孔徑 0.425mm)的部份。

表 3-10 透水性瀝青處理底層的混合料的標準級配範圍表

CNS386 試驗篩 (mm)	通過重量百分率 (%)
31.5	100
25	95~100
19	90~100
13.2	25~85
4.75	10~45
2.36	10~25
0.3	4~16
0.075	2~7
瀝青用量 (%)	2.5~4.5

表 3-11 透水性瀝青處理底層混合料之品質規定

項 目	特 性 值
穩定值[N(kgf)公斤]	250 以上
流度值 (0.1mm)	20~40
空隙率 (%)	12 以上
滲透係數 (cm/sec)	1.0~10 <sup>-2</sup> 以上

## 2. 面層及油膜厚度

開放級配的瀝青混凝土需參考馬歇爾試驗的特性及經過瀝青膜厚度計算及拌和試驗。適當的膜厚，一般為 8~10μ 左右。由瀝青的重量和粒料的表面積求出膜厚之經驗，公式如下：

$$\text{瀝青膜厚} = \frac{\text{瀝青重量 (占粒料的\%)}}{2 + 0.02a + 0.04b + 0.08c + 0.14d + 0.3e + 0.6f + 1.6q} \times 48.74$$

其中，a、b、c、d、e、f、q 分別為 4.75、2.36、1.18、0.6、0.3、0.15、0.075mm 篩的通過重量百分率。由此公式求得之瀝青量可作為上限值。

表 3-12 透水性瀝青混合料級配範圍表

CNS386 試驗篩 (mm)	通過重量百分率(%)
19	100
13.2	95 ~ 100
4.75	20 ~ 35
2.36	12 ~ 25
0.3	5 ~ 13
0.075	3 ~ 6
瀝青用量(%)	3.5 ~ 5.5

表 3-13 透水性瀝青混合料的配合要求及滲透係數表

項 目	特 性 值		備 註
	人行道	車行道	
穩定值[N(kgf)公斤]	400 以上	500 以上	夯實次數，上下兩面各 50 次。
流度值 (0.1mm)	20~40		
空隙率 (%)	12 以上		
滲透係數 (cm/sec)	$1.0 \times 10^{-2}$ 以上		
飽和度 (%)	40~55		

#### (二) 高壓透水磚鋪面之設計準則

相同於多孔性瀝青混凝土之設計準則，此不作贅述請參考之。

#### (三) 植草磚鋪面

相同於多孔性瀝青混凝土之設計準則，此不作贅述請參考之。

#### (四) 具排水管之透水鋪面

相同於多孔性瀝青混凝土之設計準則，此不作贅述請參考之。

若為車道建議其面層設計厚度至少需 15cm。



## 第四篇 施工篇

通則：

滲透設施的開挖、回填及夯實等施工必須做事前調查、工法選擇、工程計畫及安全計畫等施工計畫之擬定，且必須考慮有無損及該地區自然的滲透功能；因此必須注意以下施工原則：

### 事前調查

事前調查是掌握地下埋設物、地上障礙物等及周邊概況，掌握現場設置條件，同時調查地形及排水系統等調查。另外，滲透設施流出水流入下水道之流路、與公共下水道連接情形等亦需調查。

### 工法選擇

在工法的選擇上必須考慮易於施工、經濟、安全性，而根據用地限制與施工規模，檢討人力施工或同時進行機械施工，如果是崩塌性地質，必須檢討檔土工的必要性。

### 工程計畫

應規劃每日最適合的工作量，為保護開挖之滲透面，應盡量避免降雨或多雨時期施工；相關原則請參閱「附錄 維護管理準則」。

### 安全計畫

為防止施工中的災害應根據工程規模及周邊概況擬定安全計畫。

## 4-1 滲透管溝及陰井

滲透側溝、滲透排水管與陰井施工工法大致相同，故在此一並說明。

### (1) 表層開挖

- ① 開挖可以人力或機械進行。
- ② 開挖底面應與設計之管渠中心線及坡度一致。
- ③ 側壁無須刻意整平，而有崩塌之虞時，應採用檔土措施。
- ④ 開挖時，側溝底面切勿重壓或踩踏壓密，以維持滲透功能。
- ⑤ 若發現土壤與原規劃差異過大，應檢討改善或對應對策。
- ⑥ 工程廢棄土棄置應離施工區域，以避免隨雨水混入開挖面。



圖 4-1 滲透側溝開挖概況

### (2) 不織布鋪設

- ① 不織布應較開挖面大，以便於鋪設。
- ② 若不織布需重疊鋪設，重疊處應夠寬，以防止砂土滲入。
- ③ 不織布需鋪設完成後需。

### (3) 底層砂土過濾層鋪設

- ① 底層砂土之鋪設應以人工施工。
- ② 鋪設後清踏夯實，避免機械夯實。

#### (4) 級配碎石清洗

級配碎石回填前應請洗，以確保無殘留之泥砂，避免泥砂阻塞孔隙。



圖 4-2 不織布鋪設概況

#### (5) 級配碎石填充（側溝、排水管、陰井底部）

- ① 填級配碎石時應避免砂土混入。
- ② 填充時避免將不織布拖入。
- ③ 回填後予以輕微夯實，應避免過度夯實而減少碎石孔隙。

#### (6) 滲透管溝、陰井之安裝

- 滲透側溝（排水管）安裝
  - ① 材料必須將表面的淤砂清洗乾淨。
  - ② 側溝（排水管）安裝時，可先鋪設不透水布，以遮斷由上部流入的雨水，防止砂土流入。
- 滲透陰井安裝
  - ① 材料必須將表面的淤砂清洗乾淨。
  - ② 滲透陰井安裝時，上部暫時用蓋子蓋上，以遮斷由上部流入的雨水，防止砂土流入。
  - ③ 接上管溝，需注意上下游之底部高程至少需距 1cm，且底部需至少有 15cm 之沈砂槽。

(7) 級配碎石填充（側溝側面、排水管上方）

- ① 填級配碎石時應避免砂土混入。
- ② 填充時避免將不織布拖入。
- ③ 回填後予以輕微夯實，應避免過度夯實而減少碎石孔隙。

(8) 回填

- ① 回填後予以輕微夯實，以避免沈陷。
- ② 回填後，若有多餘之不織布應予以清除。



圖 4-3 回填概況

(9) 餘土、廢料處理與清掃

側溝完工後，剩餘之餘土、廢棄材料應儘速清除，以免隨雨水流入。



圖 4-4 透側溝完工後概況

## 4-2 透水鋪面

### 一、透水瀝青混凝土鋪面

#### (一) 路基整修(路床整理)

1. 路基面要做成規定的形狀原路基土與設計的假定路基土不同或路基土的狀態分佈不勻時，應和工地技術管理人員研究處理。
2. 人行道路床夯實前，除依規定得予保留之公共設施外，應先將其範圍內之樹木、雜草、樹根、混凝土塊、石塊及其他一切障礙物，全部予以清除，並將原有地面整修平順，然後予以夯實。
3. 經乙方檢測後，並報甲方指派之工程司勘驗簽認後，鋪設符合 CNS11228 規範中第一類別之不織布透水層後，方可進行透水瀝青之澆築工作。
4. 若需壓實時，以小型堆土機或壓土機壓實，尤其粘性土和含水量大的土，注意不要揉搓和過分的滾壓。

5. 降雨時避免雨水進入工地。
6. 對較不易滲透路基可用垂直透水孔，內填砂以助滲透或以地下透水管收集水或溢滿滲透水並導至滯洪池或過濾池。

## (二) 基、底層

### 1. 人行道

底層用小型推土機或人工攤鋪，依規定作成形狀。在最佳含水量的情況下，可用小型壓路機滾壓，須注意到適當的密度和透水能力。

### 2. 停車場、廣場等其他路面

- (1) 材料的析離影響底層的透水功能很大，因此在攤鋪時必須充分注意。因此，在攤鋪過程中，要注意滾壓的厚度，一層約為 20cm，超過 20cm 時需要分兩層攤鋪，由於碎石所鋪成基、底層被視為儲水層，碎石須經清洗。
- (2) 鋪面層前，需要保持其底層表面清潔，防止被灰塵、泥土、垃圾等污染。
- (3) 基層：基層的材料，一般採用未過篩的碎石，其施工要點如人行道底層，滾壓時使用雙輪或三輪壓路機進行壓實。
- (4) 底層：底層材料在採用碎石時，可按照基層的施工方法進行，使用透水性的瀝青處理過的混合料時，須按照面層施工之方法。

## (三) 過濾層（黏結層）

1. 為確保透水層與其下不透水層間增進接觸面接著力及防水滲透功效，尤指加鋪層，在兩者之間的透層或黏層均勻澆鋪乳化橡膠瀝青，其用量每平方公尺約 0.4~0.6 公升，依設計圖規定或工程司之指示辦理。
2. 在低溫氣候澆鋪時，為使縮短養護時間，可用路用加熱器加溫，或分二次澆鋪。
3. 塗抹黏層之任何構造物或既有鋪面之切割面應平順以避免妨礙透水。
4. 對原有加鋪面或刨除面，若發現有縫隙，龜裂等等能產生滲水現象者，應對該等現象先予處理，以確保不透水層之不透水性。

## (四) 面層

### 1. 拌和與運輸

透水性的瀝青混合料另須注意下列事項：

- (1) 要特別注意拌和時乾燥鼓內粒料的加熱溫度及拌和溫度不可過熱，控制在 180°C 以下。因透水性的瀝青混合料中，細顆粒成份較少，於鼓內易

過熱，待拌和時會促使瀝青老化。

- (2) 為確保達到目標孔隙率  $20\% \pm 1\%$ ，須嚴加控制通過 2.36mm 篩號之粒料通過量在設計值內維持不變。
- (3) 高黏度改質瀝青混凝土較易黏著於搬運車上及施工車輛輪胎上，若使用防黏著油，其用量以不使瀝青產生分離現象為原則。
- (4) 運送、施工時不使溫度下降，透水性的瀝青混合料比一般的瀝青混凝土，較快冷卻，易形成團塊，攤鋪時造成拖痕或粘接不良的現象，導致面層粒料的剝落。
- (5) 於氣溫  $15^{\circ}\text{C}$  以上，混合料溫度介於  $110^{\circ}\text{C} \sim 127^{\circ}\text{C}$  間，用攤鋪機攤鋪之後，若須施以人工修整，常不能保持其均勻性。因此在用機械攤鋪時，要儘可能攤鋪平整，避免人工修整。
- (6) 滾壓完成，須避免車輛進入，直至鋪面足夠堅硬，一般至少須一天。

## 2. 鋪築與滾壓

### (1) 人行道

- a. 進行攤鋪工作後，應立即用振動壓路機或平板振動機夯實後，進行第一次滾壓。
- b. 在第二次滾壓時，則可能拉長距離連續振動滾壓，以確保平整。
- c. 若用人工攤鋪時，溫度下降很快，所以滾壓必須迅速。

### (2) 停車場、廣場等其他路面

- a. 主要使用雙輪壓路機滾壓，但也可使用三輪或輪胎壓路機。
- b. 第一次滾壓會引起混合料變位，要在不出現細裂紋的情況下，盡可能在高溫下滾壓。
- c. 第二次滾壓緊接著第一次滾壓進行，並注意滾壓要充分。
- d. 最後的滾壓要消去壓路機的輪跡。
- e. 透水性的瀝青混合料料般瀝青混合料的溫度下降快，在攤鋪及碾壓中，要充分注意溫度的控制。
- f. 人工攤鋪混合料時，注意勿使材料的粗、細顆粒分離。

## 3. 注意事項

- (1) 透水性瀝青混凝土混合料應以自動式鋪築機依設定之路線、高程及橫斷坡度鋪築於已整理之底層或原有面層上。
- (2) 接縫應平接，而不能搭接在鋪築過程中，要隨時進行工地滲透試驗，在

肯定其透水狀況下連續施工。

- (3) 鋪築前，應先測訂基準線，俾鋪築機有所依據。鋪築時應自路中心開始，且平行路中心線以鋪成平整之鋪面。
- (4) 緣石、邊溝、人孔、原有面層之垂直切面及建築物表面與透水性瀝青混凝土混合料相接合處，應全部均勻塗刷速凝油溶瀝青或乳化瀝青一薄層，使有良好的結合。
- (5) 築機之速度必須妥為控制，為使鋪築機不間斷的均勻鋪築，一般以不超過每分鐘 3~4 公尺。鋪築時，混合料不得有析離現象發生，並完成後之表面均勻平整，經壓實後能符合設計圖所指示之線形，坡度及橫斷面。如有析離現象時，應立即停止鋪築工作，並查明原因予以適當校正後始可繼續施工。
- (6) 透水性瀝青混凝土混合料倒入鋪築機進料斗鋪築時之溫度由工程司決定之，惟不得低於 170°C。
- (7) 鋪築工作應儘可能保持連續、均勻、不間斷的鋪築。在鋪築機的後面，應配有足夠之鏟子及耙子等。熟練工人，俾於鋪築中發現有任何瑕疵時，能在壓實前予以適當的修正，所使用工具均必須充分預熱。
- (8) 鋪築機不能到達而需用人工鋪築之外，應先將透水性瀝青混合料堆放於鐵板，然後由熟練工人用熱工具鏟入耙平均鋪築，使之有適當之鬆厚度，俾能於壓實後達到所規定之厚度及縱橫坡度。瀝青混合料如結成團狀，須先於搗碎後，方能使用。所用工具之加熱溫度，不得高於瀝青混合料之鋪裝溫度，僅使透水性瀝青材料不黏著即可。
- (9) 透水性改質混凝土鋪面如係分層鋪築時，應於鋪裝前兩小時內，先將一層表面清理潔淨，並依工程司之指示，均勻噴灑黏層以增強兩層間之黏結。
- (10) 透水性改質混凝土鋪面分層鋪築時，其上下各層縱橫接縫不得築在同一垂直面上，縱向接縫至少應相距 15cm，橫向接縫至少應相距 60cm。如為雙車道時，鋪面頂層之縱向接縫，宜接近鋪面之中心位置，兩車道上時，宜接分道線。
- (11) 工作人員進入施工中之鋪面上工作時，應穿乾淨之靴鞋，以免將泥土及基地其他雜物帶入瀝青混合料中。施工中間雜人等，應嚴禁入內。



## 二、高壓透水磚鋪面

### (一) 路基整修(路床整理)

1. 依鋪面使用類型規劃設計斷面高程，設計圖說經放樣、整平、填級配料、滾壓、訂基線等施工程序，級配壓實密度需達 95% 以上，方得鋪設透水磚。
2. 路基面要做成規定的形狀原路基土與設計的假定路基土不同或路基土的狀態分佈不勻時，應和工地技術管理人員研究處理。人行道路床夯實前，除依規定得予保留之公共設施外，應先將其範圍內之樹木、雜草、樹根、混凝土塊、石塊及其他一切障礙物，全部予以清除，並將原有地面整修平順，然後予以夯實。
3. 一般透水性塊狀鋪面應用於中、低承載量路面，如人行道或停車場，其中碎石層會因使用需求不同而有不同規定厚度，故需規劃設計斷面高程，以提供良好之承載力。為使鋪面能具有保水滲透能力，故橫坡度以 1.5% ~2.0% 為宜，縱坡度最大不可超過 8% 。
4. 檢查級配底層是否滾壓平整，不得有雜物或凹凸不平現象。

### (二) 級配層

1. 鋪面設計需於路基上分別配置約 20~15cm 之碎石層，人行道則因承載量較低，可免配置碎石層。
2. 各型鋪面均需配置約 10cm 之級配層於碎石層或路基土壤上。
3. 碎石層及級配層，每鋪設約 10cm 厚度，需振動壓實。
4. 另可視鋪築當地排水狀況配置盲管輔助排水。

### (三) 過濾層（黏結層）

目前國內之透水磚鋪設方式有兩種，以下分兩種介紹：

#### 1. 透水砂漿

- (1) 鋪築過濾層破壞路基，且厚度要均勻。
- (2) 人工攤鋪，用小型壓路機、夯土机等碾壓。
- (3) 將鬆散墁材（水泥 1 對砂 3 之比例混合）以混練機充分混練之，對於垂直面磚鋪設方向上已調狀方式鋪上適當寬度及厚度之黏結層以利黏結透水磚鋪面。
- (4) 於其表面以磨刀壓萍並同時調整水平。

## 2. 襯墊砂

- (1) 鋪築過濾層破壞路基，且厚度要均勻。
- (2) 人工攤鋪，用小型壓路機、夯土机等碾壓。
- (3) 先鋪設不織布後再鋪設襯墊砂，檢視路面是否滾壓平坦，不得有凹凸不平之現象
- (4) 襯墊砂應為堅硬，潔淨之細砂，不含黏土、植物、石子或其他雜質。
- (5) 襯墊砂應依設計為 3~5cm，並設置水平基準線後整平夯實，整平後不得踐踏。

### (四) 面層

1. 鋪設透水磚時需先以木槌或橡皮榔頭輕擊透水磚表面使其緊密接觸，同時調整高度。
2. 磚石塊均依照設計圖說之平面配置圖鋪設，鋪貼時需使磚石塊與水泥砂漿緊密接合。
3. 以振動機震實鋪面振動機之震壓方向應一致，振動機施震面不得傾斜並重複施作。
4. 填充隙縫砂，以細砂撒佈於鋪面並掃入磚縫中，直至鋪面磚砌合穩固。

## 三、植草磚鋪面

### (一) 路基整修(路床整理)

1. 依鋪面使用類型規劃設計斷面高程，設計圖說經放樣、整平、填級配料、滾壓、訂基線等施工程序，級配壓實密度需達 95% 以上，方得鋪設透水磚。
2. 路基面要做成規定的形狀原路基土與設計的假定路基土不同或路基土的狀態分佈不勻時，應和工地技術管理人員研究處理。
3. 人行道路床夯實前，除依規定得予保留之公共設施外，應先將其範圍內之樹木、雜草、樹根、混凝土塊、石塊及其他一切障礙物，全部予以清除，並將原有地面整修平順，然後予以夯實。
4. 一般透水性塊狀鋪面應用於中、低承載量路面，如人行道或停車場，其中碎石層會因使用需求不同而有不同規定厚度，故需規劃設計斷面高程，以提供良好之承載力。為使鋪面能具有保水滲透能力，故橫坡度以

1.5% ~2.0% 為宜，縱坡度最大不可超過 8% 。

5. 檢查級配底層是否滾壓平整，不得有雜物或凹凸不平現象。

## (二) 級配層

1. 依鋪面使用類型規劃設計斷面高程，鋪面設計需於路基上分別配置約 20cm~15cm 之碎石層。
2. 人行道則因承載量較低，可免配置碎石層。
3. 各型鋪面均需配置約 10cm 之級配層於碎石層或路基土壤上，碎石層及級配層，每鋪設約 10cm 厚度，需振動壓實。
4. 另可視鋪築當地透水狀況配置盲管輔助透水。

## (三) 過濾層（黏結層）

### 1. 透水砂漿

- (1) 鋪築過濾層破壞路基，且厚度要均勻。
- (2) 人工攤鋪，用小型壓路機、夯土机等碾壓。
- (3) 將鬆散墁材（水泥 1 對砂 3 之比例混合）以混練機充分混練之，對於垂直面磚鋪設方向上已調狀方式鋪上適當寬度及厚度之黏結層以利黏結透水磚鋪面。
- (4) 於其表面以磨刀壓萍並同時調整水平。

### 2. 襯墊砂

- (1) 鋪築過濾層破壞路基，且厚度要均勻。
- (2) 人工攤鋪，用小型壓路機、夯土机等碾壓。
- (3) 先鋪設不織布後再鋪設襯墊砂，檢視路面是否滾壓平坦，不得有凹凸不平之現象
- (4) 襯墊砂應為堅硬，潔淨之細砂，不含黏土、植物、石子或其他雜質。
- (5) 襯墊砂應依設計為 3~5cm，並設置水平基準線後整平夯實，整平後不得踐踏。

## (四) 面層

以設計圖說設置基準線，於緣石與基準線間之空係以砂漿填實，由緣石邊線依序鋪設地磚，而地磚間之縫隙約為 0.3cm，鋪設完成之鋪面應予敲實整平。詳細步驟如下

1. 鋪設透水磚時需先以木槌或橡皮榔頭輕擊透水磚表面使其緊密接觸，同時調整高度。

2. 磚石塊均依照設計圖說之平面配置圖鋪設，鋪貼時需使磚石塊與水泥砂漿緊密接合。
3. 在完成面上鋪設夾板，並在以震動機上加墊橡膠墊後，以每秒二十次之震動頻率來回震動夯實，振動機之震壓方向應一致，振動機施震面不得傾斜並重複施作。
4. 填充隙縫砂，以細砂撒佈於鋪面並掃入磚縫中，直至鋪面磚砌合穩固。

#### 四、具排水管之透水鋪面

##### (一) 路基整修(路床整理)

1. 因使用需求不同而有不同規定厚度，故需規劃設計斷面高程，以提供良好之承載力。
2. 為使鋪面能具有保水滲透能力，故依設計完成路面之高度，整平地面。

##### (二) 級配層

依鋪面使用類型規劃設計斷面高程，鋪面設計需於路基上分別配置約 15cm~20cm 之碎石層，並振動壓實。

##### (三) 過濾層（黏結層）

1. 在「級配層」上鋪上 15cm 卵石或粗砂層，並用滾輪壓平。
2. 鋪設導水管系統並將連結還扣好，導水管下方開口需插入卵石層或粗砂層

##### (四) 面層（黏結層）

1. 注入每  $m^3$  有加 1kg 防裂纖維絲的細料 3000psi 以上的混凝土。
2. 在混凝土未完全乾固前施灑硬化料並輕輕的拍壓或用鏟刀抹過則可與混凝土完全結成一體。
3. 在混凝土未乾前施灑色料。
4. 3~6 小時後待硬化料乾固開始拆除「導水管」系統之上蓋或紙模板。
5. 使用吸塵器清除碎屑殘渣。
6. 於表面清潔完成後噴灑養護劑即完成。
7. 在施工完成後應於施工地坪以 3~6 公尺距離切一道伸縮縫以防止熱脹冷縮。
8. 伸縮縫應採用預製接縫之填縫料填充、填縫料應填滿鋪面全寬並與版邊

緣相齊平，填縫料之頂面應低於完成鋪面之頂面大約[12mm]，當混凝土澆置及整平施工時，填縫料應牢固且緊密地與路基面連接。

9. 收縮縫，深度及寬度依設計圖說所示，鋸縫應整齊、清潔、平直，應於混凝土鋪面澆置後 8 至 24 小時內施作為確保鋸縫於前述時限內完成，必要時得允許承包商夜間施工鋸縫時損壞之養護膜應於受損 20 分鐘內，設法予以替換或更新以免鋪面邊緣及表面失去保護。應用水或空氣噴射或兩者兼用徹底清除鋸縫內之任何有害物質並乾燥之。乾燥後之鋸縫應以填縫劑依照製造廠之使用說明予以填滿。
10. 縱向縫可由相鄰版塊間之施工縫或鋸縫形成，惟需經工程司核准。
11. 表面修飾，混凝土澆置與搗實整平之後，應立即使用經核准之動力修面機械縱向刮除表面不規則之混凝土，並修平使鋪面表層產生均勻之紋理。
12. 完成混凝土鋪面施工後，用適當之修邊工具將伸縮縫旁之混凝土邊角修成半徑 6mm 之弧角。

## 附錄 維護管理準則

維護管理之目的為使滲透管溝於完工後能達到預期的功能，希冀藉由簡單之維護管理可長期發揮滲透管溝之功能

### 一、教育與宣導

在規劃滲透管溝時，需要多方面的教育與宣導，特別是對於：設施的設計者、規劃方案的審核單位（者）、設施檢查單位（者）、承包商及維護單位（者），因為這些人是第一線的規劃維護團隊，對於設施的成敗有極重要的影響，必須確實瞭解入滲設施的設計及操作規則；設施檢查單位（者）與規劃維護團隊的聯絡機制必須建立及維持暢通，隨時將那些設施運作、故障等情況傳給其他成員以便即時處置。當設施設置時，設計者及設施檢查單位（者）需與現場工程師及承包商會勘現地以詳細瞭解現地狀況。

### 二、沖蝕與淤積控制

入滲設施必須避免地表淤積物的進入，特別是工程進行的過程，而完工後必須等入滲設施控制的集水區地表穩定後才可使用入滲設施；雖然工程完成後地表淤積物會減少，但阻塞仍會持續發生，因此前處理設施，如植生帶需予以設置來控制沖蝕與沈積。

### 三、工程進行之維護

大多數規劃維護者對於入滲設施維護，皆注重在設施使用期間，殊不知在工程施工期間的管理不當，可能造成入滲設施失去效用，故在工程進行中，必須考慮實行一些預防管理設施，以維護入滲設施的效能；預防管理措施如下：

1. 對於工程作一時程控制，避免在雨季施工而在生長季節施工。
2. 選定之規劃設施地點，必須予以標記，土地使用狀況需調查，使交通工具或重機械遠離規劃設置地點以防止土壤被壓密。

3. 必須有受過入滲設施相關教育訓練，對於入滲設施之目的及相關知識有概念的人進行監工。
4. 開挖後，必須調查開挖後裸露土壤之入滲率是否如預期估計，若不如預期則分析決定是否變更設計。
5. 在基地周邊地表不穩定時不宜貿然施工，如一定需施工則需做下列三點維護設施以避免周圍之砂土流入造成淤積。
6. 在工程進行中，基地周圍以導水道將逕流及地表淤積物導離基地。
7. 沖蝕與沈積控制計畫必須定位在使逕流及地表淤積完全導離基地。
8. 施工時設施不要挖到最底層，留至少 10cm 的覆土以防止設施底層入滲面淤積，直到整個區域地表穩定。
9. 在工程進行中，入滲區域不應該用來當作暫時沈積池，如果工程進行中的入滲設施即使用，土壤會淤於底層造成阻塞，雖然完工後，工程施工期間之累積淤砂可再挖除至規劃設計深度，但仍會造成入滲設施的高失敗率。
10. 為了解決砂土隨雨水混入的問題，除了在施工時防止砂土的混入，同時應於工程區域上面鋪設不透水布，遮斷由上部流入的雨水。
11. 工程施工時使用輕機械，避免壓密土壤。
12. 工程廢棄土棄置應離施工區域，以避免淤積。
13. 工程進行中基地土壤或多或少仍會被壓密，故完工後底層土壤需予以翻動。
14. 用於入滲設施的工程材料必須將表面的淤砂清洗乾淨。
15. 在鋪設地工織布前必須小心的加以檢查、清洗以維持其良好的滲透性。
16. 完工後，入滲設施必需被覆蓋直到集水區域穩定且前處理設施設置後才可使用。
17. 透水瀝青必須是受過透水瀝青施工程序的工人才可進行施工。
18. 工程完工後，入滲設施經過植生後一週後才可穩定，對於剛萌芽之植生草地需先使以低度維護，並時常檢查生長情況，必要時予以矯正。
19. 為了預入滲設施發生阻塞的情況以及考慮入滲設施之水質管理問題，植樹最好種植落葉較少的植物。

#### 四、調查與後續維護

為了確保入滲設施能達預期目標，工程進行時的調查是必須的，建議至少實行四項調查：

1. 入滲設施設置工程施工前
2. 基地開挖過程中
3. 基地開挖完成後
4. 入滲設施設置工程完工後

入滲設施啟用後，必須每半年調查一次以確保其能持續運作，設施底層空隙部份因砂土等混入，而使貯留機能逐年降低，故入滲設施定期及不定期的維護是必須的，維護的頻率視當地的懸浮污染狀況及前處理設施應用情況而定；一般而言，入滲設施的主要維護與檢查項目應包括：

1. 前處理設施的使用狀況
2. 入滲設施與前處理設施有無損壞
3. 入滲設施與前處理設施有無垃圾、落葉及砂土等流入之狀況
4. 入滲設施與前處理設施之阻塞狀況
5. 入滲設施與前處理設施之周邊狀況
6. 入滲設施平時可能作為開放空間供休閒遊憩等使用，故具有此種功用的設施不但要留意在水邊休閒人們的安全，也須維持貯存的水質在良好狀態，故適當的設立告示牌與巡察是必須的。

而檢查方法可歸納如下表所示。



滲透管溝檢查內容、項目及方法

內容 \ 項目	功能檢查	安全檢查
設施周邊檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂、垃圾、落葉堆積狀況</li> <li>前處理設施阻塞狀況</li> <li>蓄水狀況</li> <li>周邊砂土是否易流入</li> <li>落葉是否易進入</li> <li>樹根是否易侵入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>側溝蓋或陰井盖等上蓋是否破損</li> <li>設施是否損壞、變形</li> <li>地面是否沈陷</li> </ul>
設施本體檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>以目視判斷土砂、垃圾等外物侵入情形</li> <li>雨天時滲透情形確認</li> <li>以水桶注水，檢查滲透狀況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>以目視檢查設施外觀</li> <li>以鐵鎚輕敲確認有無裂痕</li> </ul>
週邊環境檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>空地、道路之排水是否直接流入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>交通量是否超過負荷</li> <li>附近地面是否沈陷</li> </ul>
檢查時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 定期檢查： 每半年一次</li> <li>◎ 不定期檢查： 梅雨或颱風季等雨量較多時期 發佈大雨特報時 周邊進行工程前、中及完工後時 有使用者通報事件時</li> </ul>	

## 附錄二 審查會議紀錄及處理情形

### 期初審查會議紀錄及處理情形

時間：95年1月5日（星期四）下午2時30分

地點：內政部建研所會議室

主持人：丁所長育群

出席人員：何明錦副所長、陳瑞鈴組長、陳建忠組長、何家偉技士、陳志隆技士、鄭光炎教授、廖文水副總經理、林憲德教授、林志棟教授、鄭政利教授、廖朝軒副教授、蔡耀隆先生。

評審意見	處理情形
<p>鄭教授光炎</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由於本案的滲透管溝及透水鋪面兩項子計畫，其實均屬綠建築基地保水的範疇，因此建議未來兩者相關的設計規範及電腦輔助設計軟體，應予以整併並相互支援，如此方可有效提供設計者使用。</li> <li>2. 本案在相關技術規範初建完成及軟體試用階段，應同時進行問卷調查並辦理專家座談，充分瞭解使用者需要，以擴大成效。</li> <li>3. 針對台灣落塵、落葉及水體含沙量均高的情況，相關滲透設施的維護管理，建議均應在維護管理手冊中敘明，以延續構造設施的壽命。</li> <li>4. 由於針對建築基地或公共設施所進行的保水設計會有所不同，因此未來設計規範是否應進一步予以整併，請研究單位研議。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員指導，本計畫當遵照辦理。</li> <li>2. 謝謝委員指導，本計畫當諮詢相關專家意見，以有效落實研究成果。</li> <li>3. 謝謝委員指導，本計畫將在研擬規範時納入辦理。</li> <li>4. 謝謝委員指導，本計畫後續將納入考量。</li> </ol>
<p>廖副總經理文水</p> <p>建議未來透水性材料可考量採用符合綠建材的再生骨材，以符合去(94)年3月9日立法院通過的「資源回收再利用法」精神。</p>	<p>謝謝委員指導，本計畫團隊將與建研所及建築技術規則綠建築專章專案小組商討。</p>

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究

<p>陳組長仁仲</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案對於整體基地保水設計具有正面貢獻，值得肯定。</li> <li>2. 另外在滲透管溝部分，由於前三年已充分針對國內外相關文獻進行蒐集，且依據原規劃內容，本（95）年度的執行重點，應放在輔助設計軟體的開發與法制化修訂建議為主，因此相關工作時程及重點，請研究單位予以斟酌調整。</li> <li>3. 本案兩項子計畫在基地保水具有相輔相成的效果，因此未來在軟體開發上應予以整合，同時為減少軟體設計與實際施工間的落差，建議未來設計軟體應將地質、地形資料納入資料庫，並進行設計判斷與工法建議等的比對，同時研究中也應研提上述可能造成施工盲點之改善建議，以充分發揮軟體功效。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員鼓勵。</li> <li>2. 謝謝委員指導，本計畫當遵照辦理；另為健全相關滲透管溝設計工法之完整性，本計畫除繼續進行「滲透排水管」之試驗研究外，並將納入建研所自辦案「滲透陰井」之研究成果。</li> <li>3. 謝謝委員指導，相關意見本計畫後續將納入考量。</li> </ol>
<p>陳組長瑞鈴</p> <p>本案研究單位本（95）年度所提計畫內容，符合本所原規劃內容，本所原則同意，惟請未來在相關輔助設計軟體的開發時，應兼顧實用及操作容易等目的，如此方可有效提供使用者使用，並達到推廣之目的。</p>	<p>謝謝委員鼓勵與指導，本計畫當遵照辦理。</p>

期中審查會議紀錄及處理情形

時間：95 年 6 月 30 日（星期五）上午 9 時 30 分

地點：內政部建研所會議室

主持人：李主任秘書玉生

出席人員：陳瑞鈴組長、林之瑛組長、歐陽嶠暉教授、鄭光炎教授、林憲德教授、林志棟教授、鄭政利教授、廖朝軒教授、蔡耀隆助理教授、劉冠廷副研究員。

評審意見	處理情形
<p>林組長之瑛</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有關本案的適用對象及功效，建議應予以補充，另應進一步簡化其應用方式，並提供相關設計實務等案例圖說，以利推廣。</li> <li>2. 由於構造設施本身具有孔隙，因此應針對環境污染及設施老化、變形與阻塞等問題，進行分析探討，並提供相關應變對策說明。</li> <li>3. 未來手冊之編撰除相關設計工法之介紹外，建議應將成本效益、維護保養與相關施工大樣圖說等資料納入，以提高實用性。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員指導。本案之適用對象係依據「建築技術規則第 298 條」之規定，請委員參閱附錄一「設計技術規範」第一篇「總則」；而應用功效則以案例呈現，應用上亦已簡化，請委員參閱 5-3 節及附錄一「設計技術規範」。</li> <li>2. 謝謝委員指導。本計畫前幾年度已對設施之底部阻塞進行試驗，並據以研擬影響係數以作為設計依據，請委員參閱 5-3 節，另相關維護措施已列於附錄一「設計技術規範」，請委員參閱。</li> <li>3. 謝謝委員指導。成本效益部分涉及大尺度的長期觀測研究，本計畫將建請建研所納入未來研究課題中探討。維護保養、施工圖說等資料已遵照委員指示辦理，請委員參閱附錄一「設計技術規範」。</li> </ol>
<p>鄭教授光炎</p> <p>在滲透管溝子計畫部分，報告 P.21 式子 (3-13) 中，其係數 0.5 如何產生？請補充說明。另外滲透排水管室內滲透試驗的部分，建議應增加不同孔徑的試驗有孔板，以模擬現地不同土壤孔隙之情況。</p>	<p>謝謝委員指導。式 (3-13) 係考慮側向之水壓分佈，其平均水壓為底部之半，故乘以係數 0.5。另本試驗之管溝設置槽採用有孔板，以維持三面皆為透水面，不會影響水之流動以模擬水在土壤中滲流之情形。相關內容已分別補充於 p20、p33 頁，請委員參閱。</p>

建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
軟體之研究

評審意見	處理情形
<p>歐陽教授嶠暉</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 在滲透管溝子計畫部分，其設計規範應力求簡化，不同大小的陰井、測溝及透水管，其透水量應考量以單位時間之單位設備或長度來表示，如此方能有效提供設計單位參考。</li> <li>2 考量實務需要，在設計上，滲透管末端應增設阻水設施以提高管內水位，如此將可有效提高滲透管的透水能力。</li> <li>3 另外在施工規範部分，除相關設計準則外，亦應增加設計限制及設施檢驗標準等規定。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員指導。本計畫遵照辦理。</li> <li>2. 謝謝委員指導。滲透管溝屬於基地內之排水設施，本計畫將參考下水道用戶排水設備等相關規範，考慮設計之可行性。</li> <li>3. 謝謝委員指導，本計畫遵照辦理。相關內容已列於附錄一「設計技術規範」2-1、第三篇「構造篇」，請委員參閱。</li> </ol>
<p>陳組長仁仲</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 在滲透管溝子計畫部分，其評估系統架構將屋頂雨水貯留納入，這與另一子計畫易造成混淆，且兩者是否具備相同的計算基準，建議應予以釐清以免誤用。</li> <li>2 相關滲透試驗已於前三年完成，本（95）年度的執行重點，應放在輔助設計軟體的開發，並考量建築師之使用需求，另佐以下拉視窗的方式設計，以簡化系統。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員指導，本計畫遵照辦理。</li> <li>2. 謝謝委員指導，本計畫遵照辦理。本計畫之設計軟體，考慮與各子計畫軟體之連結與便於操作，採用中控面版，按鈕式設計。</li> </ol>
<p>陳組長文卿</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 在滲透管溝子計畫部分，對於滲透管溝滲透試驗之試驗材料、模組構造以及試驗方法皆有詳細介紹，並據此得到四個不同型式滲透側溝的滲透試驗結果數據，實驗規劃嚴密，可信賴度高。但此試驗模組已進行四年實驗，請說明是否曾長時間進行自然的滲透，期間是否曾作過清理，否則 93、94、95 年的試驗結果是否有差異？另外在報告 P.28，已說明各材料的透水係數，此係數是否將為設計規範指定的範圍？若是，則根據何在？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員鼓勵。 (1) 本計畫旨在探討不同型式滲透管溝之保水設計方法，故未進行長時間之自然滲透。試驗期間定期進行清理，管溝、填充級配。本計畫各年度已分別針對不同型式之滲透管溝進行試驗，各型式之管溝試驗結果歸納如表 4-5，請委員參閱。 (2) 此透水係數僅為本計畫現地試驗所使用材料之透水性，並未指定其為材料標準。</li> </ol>

<p>2. 本案兩個子計畫所研擬之規範草案，為能確實落實，建議應召開專家及業界座談會討論，以符合產業界實際需要。</p>	<p>2. 謝謝委員指導。本計畫在規範研擬過程即多方參考建築師、水利技師、營建業、產業界及相關專家之意見，俟本計畫研擬完成後，將視實際需要與建研所商討辦理。</p>
<p>陳組長瑞鈴                  滲透設施的設置應考量在雨污水分流且無污染的地區，至於如何應用筏基儲水，以及後續的維護管理該如何執行，這一部份應納在未來設計規範中註明。</p>	<p>謝謝委員指導，本計畫遵照辦理。相關內容已列於附錄一「設計技術規範」2-1，請委員參閱。</p>

期末審查會議紀錄及處理情形

時間：95 年 11 月 13 日（星期一）上午 9 時 30 分

地點：內政部建研所會議室

主持人：何所長明錦

出席人員：陳瑞鈴組長、林之瑛組長、謝政道組長、蕭江碧教授、鄭光炎教授、  
 陳仁仲組長、林憲德教授、林志棟教授、鄭政利教授、廖朝軒教授、  
 劉冠廷副研究員。

評審意見	處理情形
<p>林組長之瑛</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>鑑於「建築技術規則」基地保水指標之實施，本案所完成的滲透管溝材料與工法實驗成果，有助於基地保水指標之提升。</li> <li>由於本案研究成果豐碩，建請未來透過座談會方式，廣徵業界意見，並據以做為未來手冊修訂及規範制訂之參考。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>謝謝委員鼓勵。</li> <li>謝謝委員鼓勵。本計畫團隊將建請建研所納入考慮。</li> </ol>
<p>陳組長仁仲</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>計畫中有關電腦輔助設計套裝軟體的開發部分，過程中已納入多元專家的意見誠屬可貴，惟針對目標使用者的意見回饋，或是試用心得建議等，現階段報告中尚無法明確看出，建議應予以補強。</li> <li>目前每個子計畫的軟體呈現方式均不一致，但這是一個整體計畫，且軟體是要供產業界運用，因此為使大眾的觀感一致，是否需在版面的呈現及操作邏輯等進行整合，請研究單位考量。</li> <li>保水工作與基地的自然背景及範圍等有絕對密切關係，同一區域內不同基地間是否為獨立事件，其保水成效是否都是線性增加，這部分則有待未來考量探討。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>謝謝委員鼓勵。本計畫團隊將建請建研所納入考慮。</li> <li>謝謝委員建議。本計畫目前係以一整合介面連結各子計畫軟體，後續將參考委員意見予以修正。</li> <li>謝謝委員建議。本計畫團隊將建請建研所納入未來研究課題中探討。</li> </ol>

<p>鄭教授光炎</p> <p>本計畫相關研究成果，如降雨延時大小等，應予以統一。此外保水設施設計場址的地下水位高低與土壤滲透係數大小等，均為重要影響參數，建議應予以規範限定。</p>	<p>謝謝委員建議。本計畫已於「設計技術規範(草案)」中予以規範，請委員參閱；後續當與團隊成員及所方持續研討，以務求相關參數限定之合理性。</p>
<p>蕭教授江碧</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在滲透管溝設計規範中，管溝堵塞及受地下水位的影響係數，分別採用 0.8 及 0.9，其依據為何？請於計畫中說明。此外管溝的設計應與土壤的透水性有關，建議應將其納入設計規範中考量。</li> <li>2. 考量實務需要，在設計上，應可針對常用材料的滲透管溝性能訂定設計值，而不需利用現階段建立的評估模式來估算，以簡化規範便於設計者使用。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員建議。堵塞及地下水位的影響係數，前者是以前三年度之試驗結果擬定，而後者係參考國內、外相關文獻擬定。本計畫已針對委員意見加以說明考量，請委員參閱第五章及「設計技術規範(草案)」。</li> <li>2. 謝謝委員建議。本計畫已針對委員意見加以考量，以常用材料之滲透管溝為試驗對象並發展其設計公式，而評估模式則以前述之設計公式予以建構。</li> </ol>
<p>謝組長政道</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案以長期試驗方式，驗證滲透管溝保水技術理論與實務，最後並彙整為設計技術規範，及提供作為「綠建築解說與評估手冊」修正參考，成果值得肯定。</li> <li>2. 滲透管溝最後以影響係數作為阻塞評估依據，其係數的訂定係參考文獻，亦或經由試驗數據而來？另本案滲透管溝已針對現行保水量計算提出修正建議，透水鋪面的保水量設計是否有所改變？請執行單位一併列入報告中敘明。</li> <li>3. 一般保水設施係以長時間下之基地保水為設計目的，然而現行都市防洪設計上係以短時間，特定設計暴雨下之減低洪峰量為設計依據，兩者如何結合？建議主辦單位可納入未來研究課題考量。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員鼓勵。</li> <li>2. 謝謝委員建議。本案「滲透管溝」計畫之以影響係數：堵塞及地下水位的影響係數，前者是以前三年度之試驗結果擬定，而後者係參考國內、外相關文獻擬定。</li> <li>3. 謝謝委員建議。本計畫團隊將建請建研所納入未來研究課題中探討。</li> </ol>



建築基地保水滲透技術設計規範與法制化之研究  
 子計畫一：滲透管溝滲透試驗及電腦輔助設計  
 軟體之研究

<p>陳組長文卿</p> <p>將基地保水滲透設施之技術規範納入建築技術規則，未來實施後，可能面臨建築師對於成本是否增加之疑慮。故本案建議應以實際案例模擬方式，針對設施配置、相關設施的界面整合、預估成本及國內業界的供應能力等進行說明。</p>	<p>謝謝委員建議。本計畫團隊將建請建研所納入未來研究課題中探討。</p>
<p>陳組長瑞鈴</p> <p>依預期成果工作項目，本案應完成設計技術規範之訂定，並將研究成果進行論文發表，相關成果辦理情況，請於報告中敘明。</p>	<p>謝謝委員建議。本計畫目前已將「滲透管溝」與「透水鋪面」整合為「建築基地保水滲透設計技術規範(草案)」，而「滲透管溝」部分成果業已於國際研討會及期刊發表；未來當遵照委員指示持續整理相關成果發表，以彰顯計畫之研究成果。相關內容已於第六章結論與建議中說明，請委員參閱。</p>
<p>何所長明錦</p> <p>相關設施的維護頻率與研究成果涉及國家標準部分，請研究單位配合於相關規範、手冊中修訂。</p>	<p>謝謝委員建議。「滲透管溝」相關檢查內容、項目、方法及維護頻率已彙整於「建築基地保水滲透設計技術規範(草案)」之附錄「維護管理準則」，請委員參閱。</p>