

市區道路 透水性鋪面使用手冊



委託單位：  內政部營建署

執行單位：  社團法人中華鋪面工程學會

中華民國 104 年 11 月

市區道路

透水性鋪面使用手冊

計畫名稱：101 年度「道路工程透水性鋪面設計規範專章可行性評估及示範計畫」

委託單位：內政部營建署

執行單位：社團法人中華鋪面工程學會

中華民國 104 年 11 月

目錄

圖目錄	IV
表目錄	VI
名詞說明	VII
第一章 總則	1-1
1.1 緣起	1-1
1.2 透水性鋪面種類	1-2
1.3 透水性鋪面效益	1-3
1.4 透水性鋪面不適用條件及狀況	1-3
1.5 透水性鋪面規劃設計流程	1-4
第二章 環境調查與評估	2-1
2.1 車道、停車場鋪面	2-1
2.2 人行道及廣場鋪面	2-5
第三章 設計	3-1
3.1 設計流程	3-1
3.2 美國州公路及運輸官員協會(AASHTO)鋪面厚度設計	3-3
3.3 透水功能性設計法	3-3
3.4 車道及停車場建議斷面	3-4
3.5 人行道及廣場建議斷面	3-6
第四章 材料	4-1
4.1 一般原則	4-1
4.2 面層材料	4-1
4.2.1 多孔隙瀝青混凝土	4-1
4.2.2 透水混凝土	4-3
4.2.3 透水性混凝土磚	4-4

4.2.4 滲透排水管	4-5
4.2.5 其他材料	4-5
4.3 底層材料	4-7
4.3.1 透水碎石級配	4-7
4.3.2 透水混凝土	4-9
4.3.3 多孔隙瀝青處理底層	4-12
4.4 過濾層材料	4-13
第五章 施工	5-1
5.1 擬定施工計畫	5-1
5.2 施工方法	5-2
5.2.1 過濾層	5-2
5.2.2 水泥混凝土底層材料	5-2
5.2.3 碎石級配底層材料	5-3
5.2.4 瀝青混凝土面層材料	5-4
5.2.5 水泥混凝土地磚	5-5
5.2.6 水泥混凝土面層材料	5-6
5.2.7 防水層施作	5-6
5.2.8 滲透排水管理設	5-7
第六章 試驗、檢驗及成效評估	6-1
6.1 檢測方法	6-1
6.2 建議觀測項目	6-12
第七章 透水性鋪面維護	7-1
7.1 一般原則	7-1
7.2 面層	7-1
7.3 底層及路基	7-2
7.4 透水磚	7-3

參考文獻

附錄.....

A、各設計法厚度設計案例 A-1

B、透水性鋪面專家諮詢系統建置 B-1

C、透水性鋪面規範彙整..... C-1

圖目錄

圖 1.1	豪大雨肆虐市區道路造成水患.....	1-1
圖 1.2	透水性與不透水性鋪面比較.....	1-1
圖 1.3	透水性鋪面型式斷面示意圖.....	1-3
圖 1.4	透水性鋪面規劃設計流程.....	1-4
圖 2.1	地下管線淺埋處.....	2-3
圖 2.2	透水性鋪面結合排水設施.....	2-3
圖 2.3	透水性鋪面結合箱涵設施.....	2-3
圖 2.4	透水性鋪面結合蓄水池.....	2-4
圖 3.1	透水性鋪面厚度設計流程.....	3-2
圖 3.2	全保水參考斷面.....	3-4
圖 3.3	半保水參考斷面.....	3-5
圖 3.4	機構排水參考斷面.....	3-5
圖 3.5	人行道建議斷面 A.....	3-6
圖 3.6	人行道建議斷面 B.....	3-6
圖 4.1	多孔混凝土管.....	4-5
圖 4.2	網式滲透管.....	4-5
圖 4.3	管式透水性鋪面工法.....	4-5
圖 4.4	管式透水性鋪面工法完成圖.....	4-5
圖 4.5	瓷石鋪面剖面圖.....	4-6
圖 4.6	瓷石透水性水溝蓋.....	4-6
圖 5.1	過濾層滾壓.....	5-2
圖 5.2	透水混凝土鋪設.....	5-3
圖 5.3	透水混凝土鋪設.....	5-3
圖 5.4	碎石級配料滾壓.....	5-4
圖 5.5	碎石級配料鋪設.....	5-4
圖 5.6	多孔隙瀝青混凝土鋪設.....	5-5
圖 5.7	多孔隙瀝青混凝土滾壓.....	5-5
圖 6.1	葛洛夫透水試驗儀.....	6-5
圖 6.2	動態圓錐貫入儀.....	6-6
圖 6.3	衝擊土壤試驗儀.....	6-7
圖 6.4	現場透水試驗儀.....	6-8
圖 6.5	現場透水試驗.....	6-8
圖 6.6	彭柯曼梁試驗.....	6-10
圖 6.7	英式擺錘試驗儀.....	6-11
圖 6.8	簡易氣象站.....	6-13

圖 7.1	多孔隙瀝青混凝土粉塵阻塞.....	7-2
圖 7.2	維修區域標記.....	7-3
圖 7.3	接縫砂之處理.....	7-4
圖 7.4	透水磚之移除.....	7-4
圖 7.5	T 型斷面.....	7-5
圖 A.1	AASHTO 求鋪築結構強度(SN)計算圖.....	A-5
圖 A.2	AASHTO 求水泥處理底層 a_2 係數.....	A-6
圖 A.3	AASHTO 求碎石級配粒料底層 a_2 係數.....	A-7
圖 A.4	車道、停車場建議施工圖說.....	A-20
圖 A.5	人行道、廣場建議施工圖說.....	A-21
圖 B.1	透水性鋪面資料庫專家系統.....	B-1
圖 B.2	建立系統架構之流程圖.....	B-2
圖 B.3	諮詢系統架構圖.....	B-3
圖 B.4	塑性圖.....	B-8
圖 B.5	統一土壤分類法流程.....	B-8
圖 B.6	鋪面設計子系統流程.....	B-9

表目錄

表 2.1	土壤分類與水力傳導係數對照表.....	2-2
表 2.2	AIIS-181 交通量級別.....	2-5
表 3.1	透水性鋪面設計注意事項.....	3-2
表 4.1	多孔隙瀝青混凝土粒料級配之規範.....	4-2
表 4.2	多孔隙瀝青混凝土之品質規定.....	4-2
表 4.3	透水混凝土面層之品質要求.....	4-3
表 4.4	透水性混凝土磚之品質規定.....	4-4
表 4.5	底層級配粒料之品質規定.....	4-7
表 4.6	底層級配粒料之要求.....	4-8
表 4.7	碎石級配之級配規定.....	4-8
表 4.8	透水混凝土之水泥、粒料等之要求.....	4-9
表 4.9	透水混凝土之配比設計參考.....	4-9
表 4.10	透水混凝土材料建議比例.....	4-10
表 4.11	透水混凝土品質要求.....	4-11
表 4.12	低密度再生透水混凝土品質要求.....	4-11
表 4.13	多孔隙瀝青處理底層粒料粒徑建議範圍.....	4-12
表 4.14	多孔隙瀝青處理底層品質規定.....	4-12
表 4.15	過濾層通過 200 號篩（孔徑 0.075 mm）規定表.....	4-13
表 6.1	透水性鋪面施工前及施工中之建議檢驗標準與頻率.....	6-3
表 6.2	透水性鋪面施工後成效追蹤.....	6-4
表 6.3	三米直規標準差.....	6-12
表 6.4	監測儀器.....	6-13
表 A.1	鋪面厚度設計條件設定-材料條件.....	A-1
表 A.2	當量軸次決定瀝青混凝土最少厚度使用表.....	A-2
表 A.3	柔性鋪面基底層級配料 m_i 使用表.....	A-14
表 A.4	厚度檢核.....	A-19

名詞說明

■ 累計當量軸次

於鋪面厚度設計時，需訂定一標準軸重作為設計標準，當計算交通量時，不同車型即有不同之換算係數，計算軸次以進行厚度設計。

■ 水力傳導係數

又稱滲透係數(hydraulic conductivity)。在各向同性介質中，定義為單位水力梯度下的單位流量，表示流體通過孔隙骨架的難易程度。

■ 磁磚防滑試驗機組 (OY-PSM)

由東京工業大學所研發之防滑係數量測儀器，將人們所感受到的打滑度予以量化作為評定。此儀器可模擬人體腳步行走模式，量測穿鞋及赤腳之防滑係數值，分別以 C.S.R 值及 C.S.R · B 值評估之。

■ AASHTO 鋪面厚度設計法(AASHTO Guide for Design of Pavement Structures)

美國州公路及運輸官員協會(AASHTO)所提出之鋪面厚度設計法，屬經驗法則，其設計方式乃是根據 1950 年代末期，於伊利諾州所執行完整的試鋪道路所發展而來，其考量完備並具有許多設計因子考量。

■ 回彈模數試驗

係指在降伏點之前，應力與應變函數圖形所圍之面積。回彈模數就是在降伏之前儲存在材料點內的應變能。所以回彈模數愈大，即表示在降伏之前材料所能儲存的能量愈多。

■ 土壤阻力值 (Resistance Value, 簡稱 R 值)

為計算路基強度試驗方法之一，由美國加州公路局之威氏與卡曼兩位工程師所創造與改良。

- **CBR 值試驗法(California Bearing Ratio Test)**

於美國加州公路局於 1930 年發展，即為土壤或級配料之承載力之百分比值，可以作為鋪面厚度設計之用，亦可用於路基及底層施工時品質控制之依據。
- **控制性低強度回填材料 (Controlled Low Strength Material, 簡稱 CLSM)**

係由水泥、卜作嵐摻料、粒料及水依設定比例拌和而成，必要時得使用化學摻料。
- **多孔隙瀝青混凝土 (Porous Asphalt Concrete, 簡稱 PAC)**

發展最早始於歐洲，多孔隙瀝青混凝土係指高孔隙之排水材料，1970 年代中期歐洲地區大量鋪設使用，日本則是於 1980 年代開始發展至今。主要的原理係利用級配調整使粗骨材間的孔隙率提高至 20% 左右，使降於鋪面上的水可由孔隙迅速滲透至路基。
- **C-40 碎石級配**

C-40 碎石級配根據日本工業規格規範「JIS A5001 道路用碎石」一章中所規定，為一指定之粒徑分布方式且最大粒徑為 40 mm 之碎石材料。
- **排水性鋪面**

排水性鋪面多以面層為可透水層，底層與路基不透水，透過面層排水使得路面不至於積水導致路滑、水霧或表面逕流等，增加行車安全性。
- **透水性鋪面(Permeable Pavement)**

透水性鋪面與排水性鋪面不同在於能使雨水滲透至底層或路基，又可分為全保水、半保水或機構排水三種模式。
- **全保水**

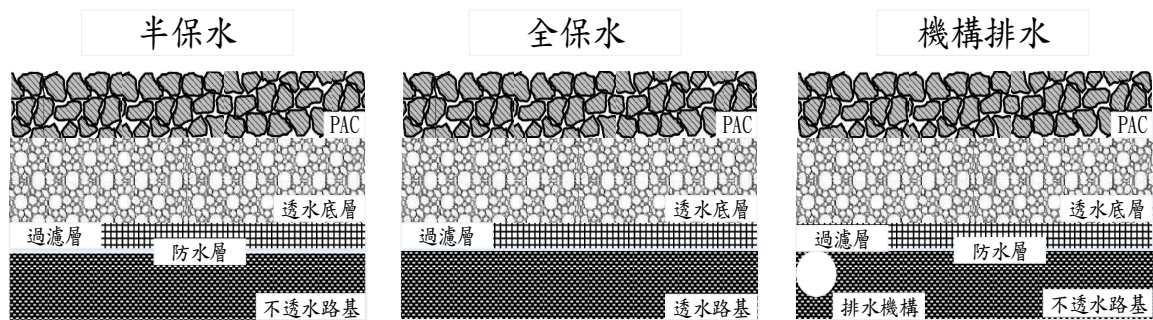
全保水係指雨水透過鋪面滲透至路基而達到抑制逕流及挹注地下水的效果。

■ 半保水

半保水係指將雨水暫時儲存在鋪面內部以抑制逕流，於路基上方鋪設防水層以防止水份滲入路基，適用於路基不透水的地區。

■ 機構排水

機構排水係指利用排水機構（滲透排水管），將暫時儲存之雨水排出，可增加透水性鋪面抑制表面逕流的能力，利用於面層、底層為透水材料而路基為不透水材料案例。



透水性鋪面模式斷面示意圖

第一章 總則

1.1 緣起

道路鋪面原用意為避免雨天時路面產生泥濘及乾燥時產生沙塵，過去常採用不透水性鋪面設計，但不透水設計使地表產生逕流，喪失土地良好滲透吸水及涵養保水之能力，亦剝奪土壤內微生物之生存條件，降低大地滋養植物的能力。

隨著都市化程度日益趨高，人口成長迅速對住宅需求與日俱增，都市開發程度上升，使得不透水性鋪面使用大為增加，而大量的不透水性鋪面設計，相對地減少自然植生的被覆面，雨水滲入地面的機會大減（同時依賴水份蒸發、地表降溫的可能性劇降），致使都市高溫化和乾燥化情形日益嚴重；過去都市防洪的觀念，是希望將雨水儘速排除，正因如此，亦造成都市公共排水設施的負擔，每逢颱風、豪雨時，都市近郊低窪地區因匯集各地雨水，一時無法完全排出而造成淹水現象發生，如圖 1.1 所示。此類不考慮土地保水、滲透及滯流的觀念，反而造成環境破壞及生命財產損失。為改善大地滲透能力，增加保水功效，必須使用透水性鋪面以增加地表透水面積，亦不影響都市開發或環境保護，圖 1.2 為車道透水性與不透水性鋪面比較。



圖 1.1 豪大雨肆虐市區道路造成水患



圖 1.2 透水性與不透水性鋪面比較

1.2 透水性鋪面種類

行政院公共工程委員會所訂定之施工綱要規範（以下簡稱施工綱要規範）「第 02794 章 透水性鋪面之一般要求」定義透水性鋪面為「使雨水通過人工鋪築之多孔性鋪面，直接滲入路基，而具有使水還原於地下之性能。」。

日本「道路路面雨水處理手冊草案」定義透水性鋪面是「使雨水滲透到路面以下，將雨水暫時儲存在面層、基底層或路基內部以控制雨水逕流量而進行排水的鋪面類型。」。日本「透水性鋪裝技術指南 2007」則定義透水性鋪面為「能使雨水通過面層、底層甚至路基以下之鋪面結構。」。而透水性鋪面依水份滲流路徑可分為路基滲透型與暫時貯留型，其意義類似全保水鋪面與半保水鋪面。全保水鋪面可讓雨水直接滲入路基，達到挹注地下水源之功能；而半保水鋪面在路基與底層間會增設防水層，僅允許水份滲透至基底層。以下針對此兩種透水性鋪面說明，斷面示意圖如圖 1.3。

一、路基浸透型

路基滲透型之透水性鋪面為使雨水透過鋪面滲入路基達到抑制逕流及挹注地下水的效果，又稱全保水鋪面。適用於未經穩定處理也具有一定支撐力，且浸水不會造成承载力驟降的地質環境，其水力傳導係數一般大於 10^{-3} cm/sec。

二、暫時貯留型

將雨水暫時儲存在鋪面內部以抑制逕流產生，路基與底層間鋪設防水層以防止水份滲入路基，亦稱半保水鋪面，適用於路基需經穩定處理的地質環境。

此類鋪面如配合滲透、儲存設施或排水設施來排除暫留於鋪面內部之水份，可減緩逕流產生並達到雨水儲存再利用的目標，則稱為機構排水型。暫時儲存型在考慮地質、地形等條件下，亦能配合抑制逕流的滲透溝、滲透槽、滲透排水管、排水管等滲透設施或排水設施使用。

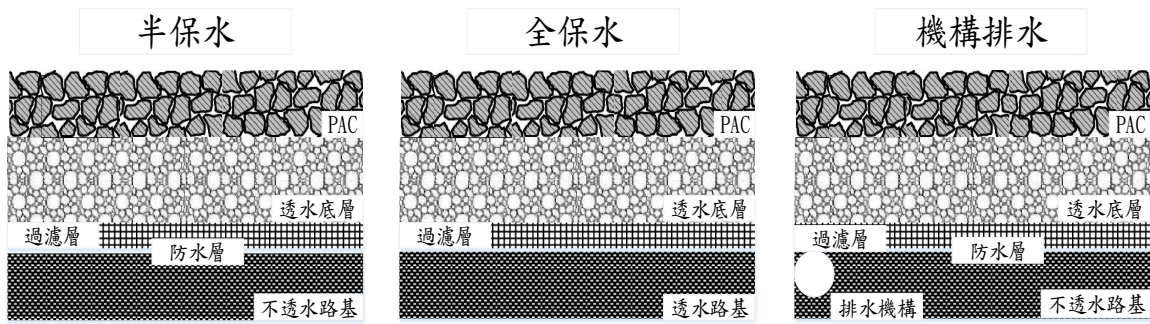


圖 1.3 透水性鋪面型式斷面示意圖

1.3 透水性鋪面效益

透水性鋪面係於路基上鋪設透水性材料，使雨水降於鋪面上能滲入鋪面中，以達到保水目的，進而減少表面逕流；透水性鋪面可增加地下水的涵養，避免過度利用地下水所引起的地層下陷，或導致河流及湖泊的枯竭。此外，國內、外之研究亦提出透水性鋪面能改善都市熱島效應的作用。而多孔隙瀝青混凝土因具有孔隙，可有效降低雨天行車輪胎濺起的水霧、降低行車噪音及降低雨天行車的反光。綜合上述透水性鋪面之效益如下：

- 一、地下水涵養。
- 二、改善地底環境，維持生態系平衡。
- 三、防止路面積水，改善行走的舒適度及交通安全的提升。
- 四、減少地表逕流，降低都市河川洪患。
- 五、降低行車噪音。
- 六、降低熱島效應，減少能源損耗。

1.4 透水性鋪面不適用條件及狀況

透水性鋪面使用時須針對結構、使用材料、施工方法等進行充分的分析與討論，配合不同設計、排水設施，達到透水性鋪面的效益，特別是以下狀況應盡量避免使用。

- 一、區域性排水不佳，易淹水地區或位置屬於低窪地區。
- 二、雨水滲透至路基，而導致路基強度衰減的狀況。
- 三、地下水位距地表 1.5m 時之狀況。

1.5 透水性鋪面規劃設計流程

透水性鋪面規劃設計流程基本上分為三步驟，分別為環境調查與評估、透水性鋪面厚度設計與透水性鋪面成效評估及維護，如圖 1.4 所示，後續將於第二章、第三章、第六章及第七章詳述。第四章為透水性材料之介紹、第五章為介紹施工計畫及施工方法。

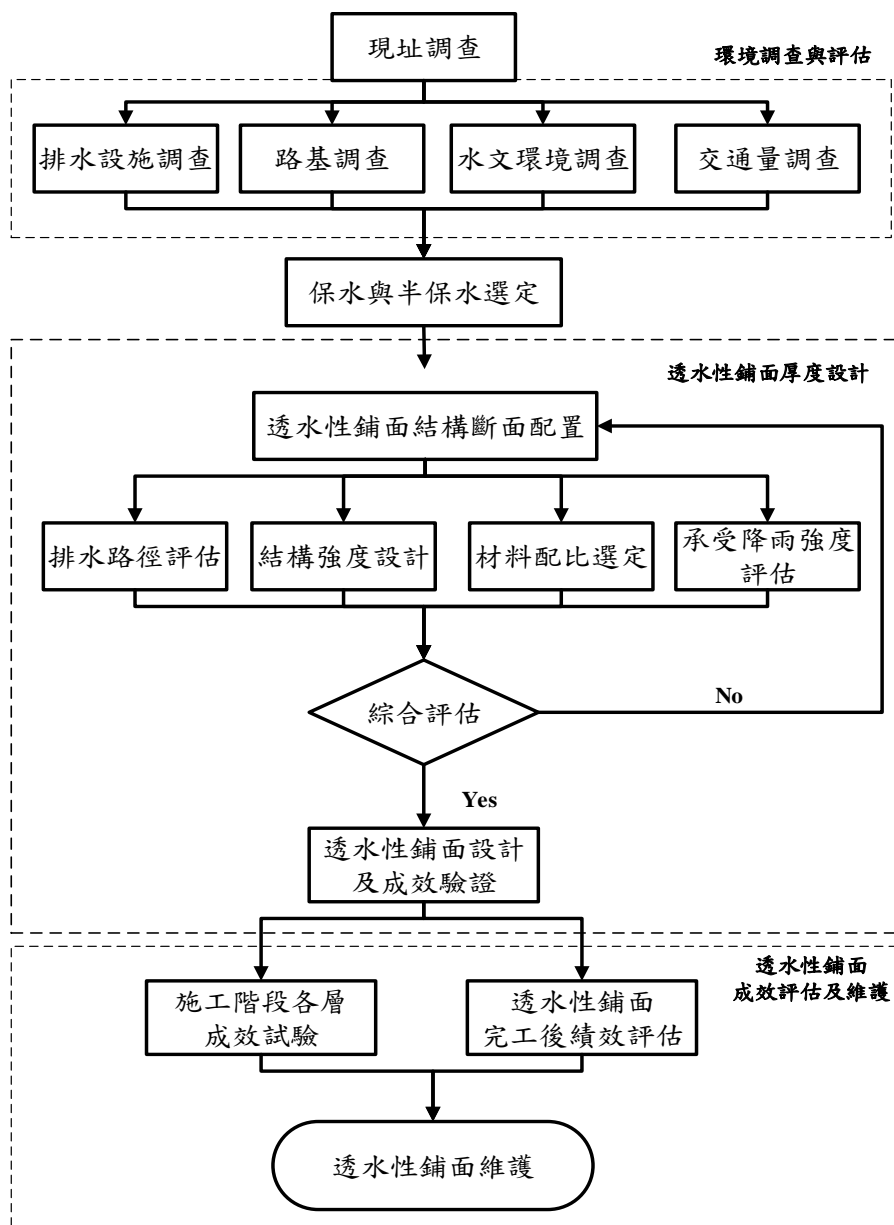


圖 1.4 透水性鋪面規劃設計流程

第二章 環境調查與評估

本章依車道、停車場鋪面與人行道及廣場鋪面建議環境調查與評估項目。

2.1 車道、停車場鋪面

規劃車道、停車場之透水性鋪面時，須考量本節所列之環境調查與評估項目，並考量交通量需滿足道路基本承载力之要求，亦可整合道路鄰近附屬排水設施，以減少鋪面產生逕流現象。

一、地質條件

確認路基之地質條件，分析路基承载力、水力傳導係數等條件是否符合設計之需求，如後二、三所述。其路基承载力由加州承载比(CBR)值來判定強度是否足夠，而水力傳導係數則是用來判斷須使用何種類型之透水性鋪面。

二、路基承载力及浸水強度變化

國內柔性鋪面結構設計所慣用的路基強度表示法，主要為美國加州公路局採用的加州承载比 CBR 試驗法與路基阻力值 R 值試驗法，以及美國瀝青協會 AI 與美國州公路及運輸官員協會採用的路基回彈模數 M_R 值試驗法。傳統鋪面結構設計多以不透水性鋪面為主，因此透水性鋪面的地質調查除需了解一般情況下的路基承载力，也必須考慮雨水可能對路基造成的影響。

三、路基的滲透性

規劃透水性鋪面的雨水處理方式時，若底層土壤之水力傳導係數太低，則雨水難以滲入地下，無法挹注地下水，且鋪面結構內部蓄水飽和後，降低洪峰功能也會受限。因此若底層土壤之水力傳導係數過低，應特別注意雨水流向規劃。表 2.1 為土壤分類與水力傳導係數對照表。

表 2.1 土壤分類與水力傳導係數對照表

土層分類描述	粒徑 D10 (mm)	統一土壤分類	水力傳導係數 (k) (cm/s)	透水性質
不良級配礫石	0.4	GP	10^{-1}	最佳
良級配礫石		GW	10^{-2}	最佳
沉泥質礫石		GM		尚佳—劣
黏土質礫石		GC		劣—不透水
不良級配砂		SP		10^{-3}
良級配砂	0.1	SW	最佳	
沉泥質砂	0.01	SM	10^{-5}	尚佳—劣
黏土質砂		SC		劣—不透水
泥質黏土	0.005	ML	10^{-6}	劣—不透水
低塑性黏土	0.001	CL	10^{-7}	不透水
高塑性黏土	0.00001	CH	10^{-9}	不透水
註：屬於相同土壤統一分類的不同土質，會因緊密程度以及組成的不同，其水力傳導係數的值會有所差異，最大會有 $\pm 10^1$ 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。				

四、鄰近結構物及地下管線之考量

設計透水性鋪面時須考量周遭結構體是否因雨水滲入而造成結構物侵蝕或損壞，在後續設計時必須採取適當的措施，如防水層等。而路面既有地下管線若埋設較淺，如圖 2.1 所示，亦會影響透水性鋪面施工，因此須與管線單位於施工前進行協調。

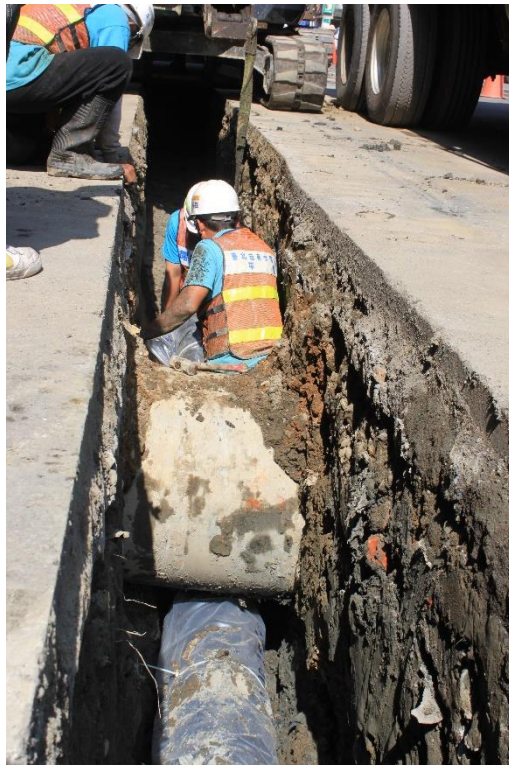


圖 2.1 地下管線淺埋處

五、排水設施調查

透水性鋪面設計上分為全保水設計（路基滲透型）及半保水設計（暫時儲存型），設計時可以利用鄰近相關排水設施或公共設施進行整合，例如排水溝、雨水箱涵、蓄洪池、埤塘、疏洪道等排水、蓄水設施。如圖 2.2~2.4。

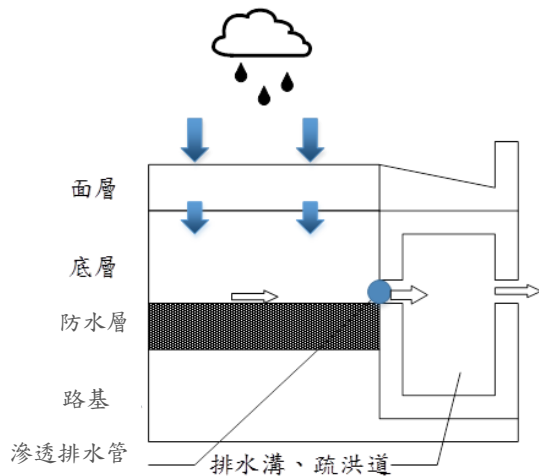


圖 2.2 透水性鋪面結合排水設施

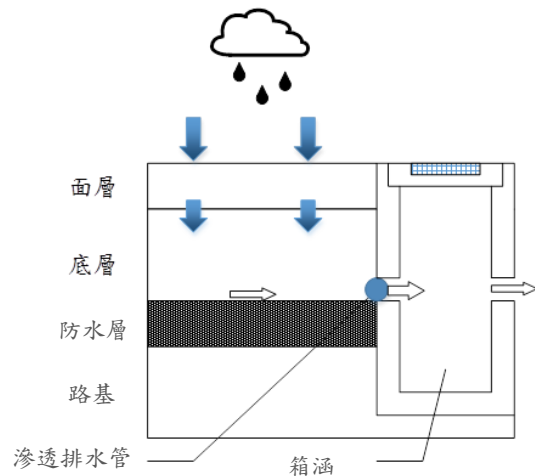


圖 2.3 透水性鋪面結合箱涵設施

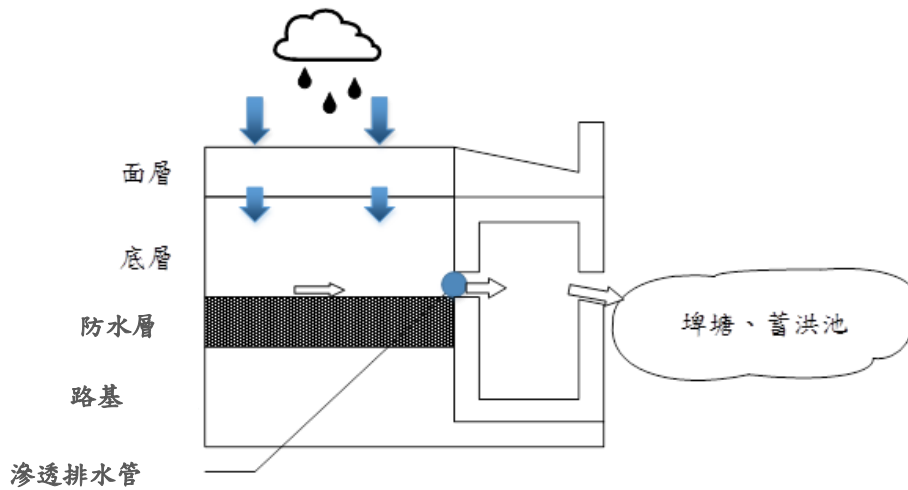


圖 2.4 透水性鋪面結合蓄水池

六、既有路面與透水性鋪面介面建議處理方式

既有路面與透水性鋪面交界處，為防止雨水滲入，可在交界處塗上乳化劑，或設置防水布、密級配瀝青混凝土等不透水材料，避免雨水滲透到既有鋪面。

七、水文環境調查

在進行鋪面設計需先調查該地區的雨量資料作為保水量設計的依據，建議調查該地區近 5 年平均最大降雨強度(60min)作為設計參考之依據。

八、交通量調查

透水性鋪面設計和一般傳統鋪面相同需調查交通量，以年平均每日交通量估算設計年限所需承受的交通量，對於鋪面結構最大的影響為重車，交通量單位採用累計當量軸次(Equivalent Single Axle Loadings, ESALs)，參考美國瀝青學會(Asphalt Institute) AI IS-181 之交通量級別如表 2.2。

表 2.2 AIIS-181 交通量級別

交通量 級別	分析年限累積交通量		市街或公路類別
	設計當量軸次	重型貨車 (輛)	
I	5×10^3	$\leq 7,000$	停車場、住宅通路 輕級交通量住宅街道 輕級交通量農路
II	10^4	7,000 ~ 15,000	住宅區街道 鄉村農路及住宅區道路
III	10^5	70,000 ~ 150,000	都會區次要集散街道 鄉村次要集散道路

2.2 人行道及廣場鋪面

人行道及廣場鋪面之環境調查與評估項目基本上與車道、停車場鋪面相同，因人行道為提供行人及自行車等輕交通量使用，尚不需考量交通量；但在有車輛違規行駛疑慮之地區時，需將承载力納入考量。

第三章 設計

3.1 設計流程

車道、停車場透水性鋪面厚度設計時除需達到透水功能外，還需維持基本承載力，設計時應參採不同設計法並遵照流程逐步檢核，以達到其功能。人行道及廣場鋪面厚度設計可採透水功能性設計法，因人行道及廣場鋪面無需考慮承載力，設計時僅須考慮其計畫雨水處理量及雨水暫時儲存量即可。

一、設計採用方法

- (一)、AASHTO 設計法
- (二)、透水功能性設計法

二、設計步驟

透水性鋪面厚度設計首先需決定設計參數。

- (一)、材料強度
- (二)、路基水力傳導係數
- (三)、孔隙率、連續孔隙率
- (四)、交通量
- (五)、計畫雨水處理量

先以 ASSHTO 設計法計算承載力所需厚度，若使用之材料會因浸水而折減，則需使用浸水折減後之材料強度進行承載力檢核。車道、停車場之厚度設計流程如圖 3.1。經結構設計法計算後，再利用透水性鋪面進行計畫雨水處理量檢核厚度是否足夠，並推算其可暫時儲存雨水量，供設計上之參考。各種場所之透水性鋪面設計上應留意之重點，如表 3.1。

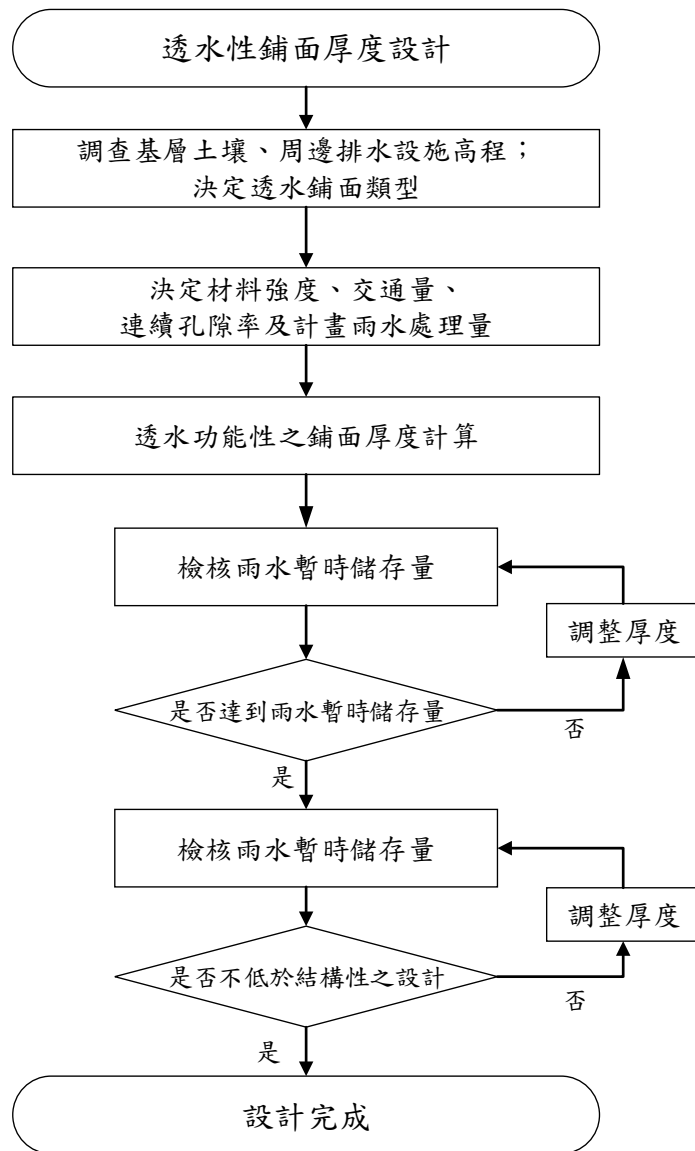


圖 3.1 透水性鋪面厚度設計流程

表 3.1 透水性鋪面設計注意事項

適用場所 設計方法	車道及停車場	人行道及廣場
結構設計	因荷重較大，通常需要採取路基承載力設計限度等結構強化對策。	荷重較小，通常採用和一般鋪面相同之斷面設計即可。
透水功能性設計	各層均需採用儲存性能較高之材料	
	為強化鋪面承載力而設定較厚的斷面，亦可確保水份儲存能力。	設計斷面通常較薄，若換算雨水儲存能力不足時，可依需求增加斷面厚度。

3.2 美國州公路及運輸官員協會(AASHTO)鋪面厚度設計

若考量結構安全及成本進行厚度設計時，建議採用 AASHTO 鋪面厚度設計法，AASHTO 設計方法(AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993)緣於 AASHO 道路試驗(1958)，於 1962 年依照 NCHRP (National Cooperative Highway Research Program)論著而頒布，更新順序為 1972、1981、1986、1993，現階段採用 1993 年版為藍本，AASHTO 設計方法計算方式參考附錄 A 進行鋪面厚度之計算。

3.3 透水功能性設計法

透水功能性設計法係利用計畫雨水處理量決定厚度，再利用各層材料間之孔隙率及雨水暫存量進行厚度計算，計算步驟如下所示。

一、計畫雨水處理量

計畫雨水處理量 Q_0 計算如式 3.1：

$$Q_0 = (0.1i - 3600k) \times (t/60) / 100 \quad (\text{式 3.1})$$

式中 Q_0 ：計畫雨水處理量(m^3/m^2)

i ：降雨強度(mm/hr)

k ：路基水力傳導係數(cm/sec)

t ：降雨延時

二、透水功能所需厚度

將以上條件代入「透水性鋪裝技術指南 2007」依透水能力考量之鋪面厚度計算公式如式 3.2：

$$H = (0.1i - 3600k) \times \frac{100t}{60V} \quad (\text{式 3.2})$$

式中 i ：降雨強度(mm/hr)

t ：降雨延時(min)

k ：路基平均水力傳導係數(cm/sec)

V ：平均孔隙率(%)

三、雨水暫時儲存量

鋪面內部的雨水暫時儲存量可依式 3.3 計算。保留既有路基來設計透水性鋪面時，須將原有路基視為不透水層，只計算新鋪之構造層。

$$Q = \sum_{i=1}^n (H_i / 100) \times (V_i / 100) \quad (\text{式 3.3})$$

式中 Q：鋪面內的雨水暫時儲存量(m)

H_i ：各層厚度(cm)

V_i ：各層之連續孔隙率(%)

n：鋪面結構之層數

四、結構厚度設計安全性檢核

利用 AASHTO 鋪面厚度設計法進行透水性鋪面承载力檢核，並參考雨水暫存量試算該單位面積可儲存之雨量進行複核。

3.4 車道及停車場建議斷面

車道及停車場，需考量所需儲存之雨水量外，各層厚度需經由厚度設計及地區環境考量因素，以免導致路面承载力不足或功能性不足之情形。

一、全保水

適用條件：路基為透水性良好之土壤。

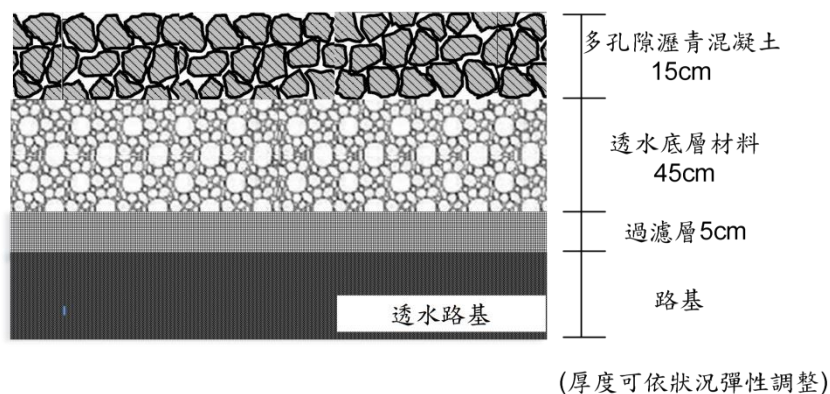


圖 3.2 全保水參考斷面

二、半保水

適用條件：路基為透水性不佳之土壤。

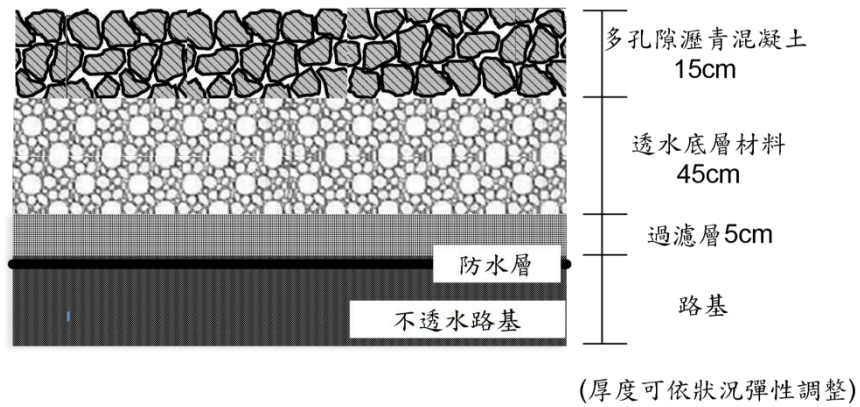


圖 3.3 半保水參考斷面

三、機構排水

適用條件：路基為透水性不佳之土壤。

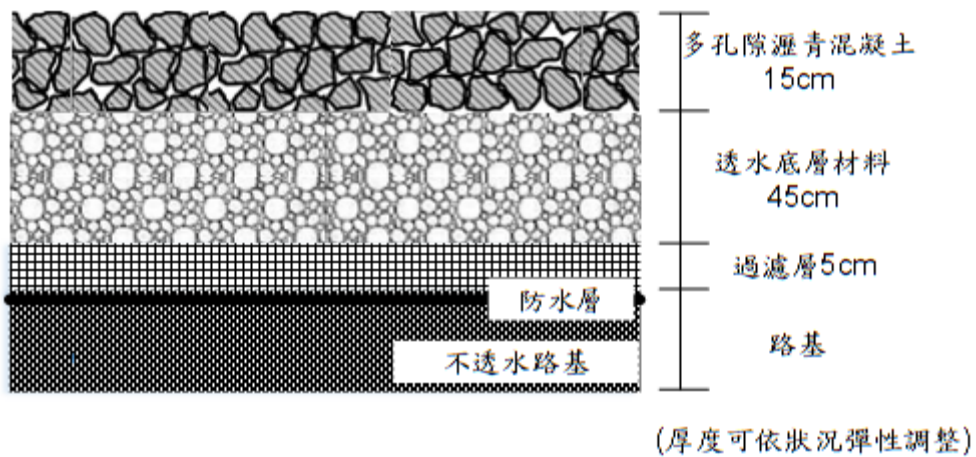


圖 3.4 機構排水參考斷面

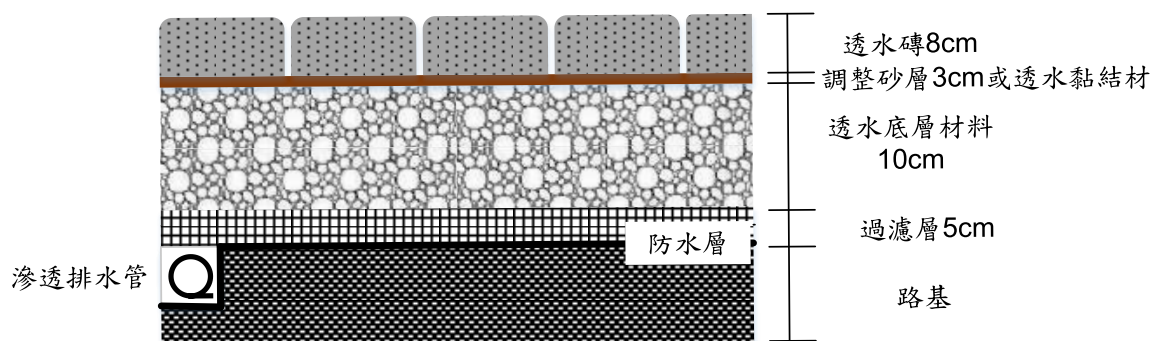
3.5 人行道及廣場建議斷面

人行道及廣場之設計不需考慮車輛行駛，僅需考量所需儲存之雨水量即可，以下設計範例可供參考，實際使用之材料可依狀況調整，如美觀、施工便利性等。

一、人行道範例 A

適用地區：步道、廣場、徒步區、慢跑步道、腳踏車道

使用對象：行人、腳踏車通行的步道，腳踏車專用道



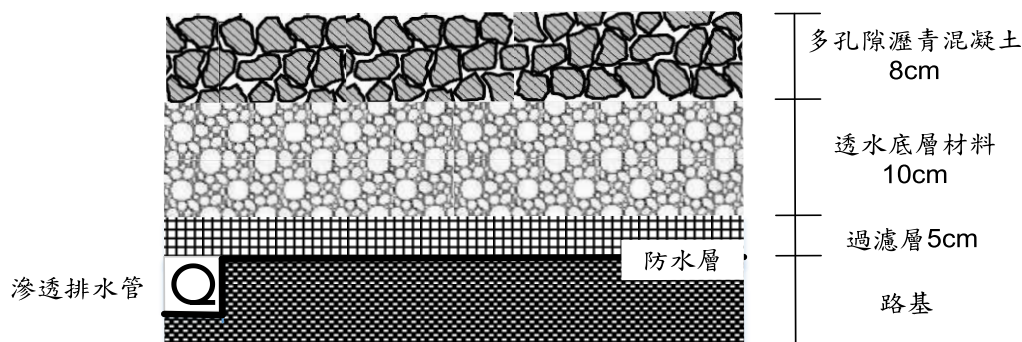
(厚度可依狀況彈性調整)

圖 3.5 人行道建議斷面 A

二、人行道範例 B

適用地區：步道、廣場、徒步區、慢跑步道、腳踏車道

使用對象：行人、腳踏車通行的步道，腳踏車專用道



(厚度可依狀況彈性調整)

圖 3.6 人行道建議斷面 B

第四章 材料

4.1 一般原則

透水性鋪面為使用具有透水性能之材料，讓雨水能夠滲透至鋪面或暫時儲存於鋪面之功能，材料之選用須配合當量軸次、路基條件及雨水之影響等，確保鋪面的結構強度。

材料之選用除參考施工綱要規範「第 02794 章 透水性鋪面之一般要求」、「第 02795 章 透水性混凝土地磚」、「第 02798 章 多孔隙瀝青混凝土鋪面」及「第 03341 章 低密度再生透水混凝土」，另參考日本工業標準調查會(1995)「日本工業規格 JIS A 5001 道路用碎石」等規範建議。

4.2 面層材料

面層材料須能承受所須之當量軸次，且具備使雨水滲透至底層之性能。面層材料有多孔隙瀝青混凝土、透水混凝土及透水性混凝土地磚等，分別如後所述。

4.2.1 多孔隙瀝青混凝土

多孔隙瀝青混凝土一般使用於車道上，停車場、人行道及廣場亦可採用。
說明：

- 一、國內已有明確且完備之規範，如施工綱要規範「第 02798 章 多孔隙瀝青混凝土」，表 4.1 跟 4.2 分別為粒料級配規範及品質規定。
- 二、軸重當量較多之路口、車道或轉彎處，應考慮使用高黏滯度之改質瀝青或防剝劑等防止剝脫。
- 三、使用再生材料時，須符合相關再生材料之使用規定。

表 4.1 多孔隙瀝青混凝土粒料級配之規範

試驗篩 (mm)	試驗篩通過重量百分率(%) (mm 標稱粒徑)	
	19.0mm	12.5mm
25.0	100	
19.0	95~100	100
12.5	64~84	90~100
9.5	—	—
4.75	10~31	11~35
2.36	10~20	10~20
1.18	—	—
0.075	3~7	3~7

(資料來源：施工綱要規範 第 02798 章)

表 4.2 多孔隙瀝青混凝土之品質規定

試驗項目	規範值
試體上下端各夯打次數	50
穩定值 KN (kgf)	3.5(350)
流度值 (0.1mm)	20~40
孔隙率 (%)	15~25
動態穩定值 (次/mm)	1500 以上
滯留強度指數 (TSR) (%)	80 (75)以上
肯塔堡(Cantabria)飛散試驗 (%)	20 以下
垂流試驗 (%)：網籃法(AASHTO T305)	0.3 以下
水力傳導係數 (cm/sec)	10^{-2} 以上

(資料來源：施工綱要規範 第 02798 章)

4.2.2 透水混凝土

透水混凝土使用於面層案例並不多，建議使用於人行道及廣場。

說明：

- 一、標準之配合設計目前並無相關規範，使用時可參考過往之案例或經濟部水利署施工規範「第 03378 章 多孔混凝土」、施工綱要規範「第 02794 章 透水性鋪面之一般要求」及「透水性鋪裝技術指南 2007」建議之設計參考。
- 二、使用於面層時需於適當距離下設置伸縮縫，以避免熱脹冷縮產生應力破壞，建議長 4 m、寬 3~5m 設置一伸縮縫，寬度 3~5 cm、深度 4 cm。

表 4.3 透水混凝土面層之品質要求

項目	規範值
最大粒徑(mm)	13
車道—28 天抗彎強度(kgf/cm ²)	46 以上
人行道停車場—28 天抗彎強度(kgf/cm ²)	25 以上
水力傳導係數(cm/sec)	10 ⁻³ 以上
孔隙率(%)	15~20

(資料來源：透水性鋪裝技術指南 2007)

4.2.3 透水性凝土地磚

透水性凝土地磚係使用水泥、粒料、攪和物、化學添加劑及其他無機物質添加物為原料，依照適當配比，添加適當的水拌和均勻，以模壓或鑄模方法成形後，經適當養護而成。

說明：

- 一、透水性凝土地磚鋪設時須考量使用場所的需求及環境條件，使用不同形狀與強度之透水性凝土地磚。
- 二、透水性凝土地磚底下一般使用墊砂層，使用時須注意防止墊砂層的流失。
- 三、通常人行道及廣場厚度使用之地磚厚度以 60 mm 為主，如停車場或有車輛通行之廣場建議採用厚度 80 mm。

表 4.4 透水性凝土地磚之品質規定

品質項目	試驗值	試驗方法
透水係數 (cm/sec)	1×10^{-2} 以上	CNS 14995
抗壓強度 (kgf/cm ²)	280 以上	CNS 13295
抗彎強度 (kgf)*	1200 以上	CNS 13295

*僅適用於透水性凝土地磚之長度或寬度超過 280 mm 者
(資料來源：施工綱要規範 第 02795 章)

4.2.4 滲透排水管

滲透排水管可將透水性鋪面所收集之雨水導入水利設施中，管的材質包括有孔塑膠管、多孔混凝土管、蜂巢管、網式滲透管、尼龍紗管或不織布透水管等，材質的選定應視現場狀況、施工性、經濟性及維護管理的條件而定。



圖 4.1 多孔混凝土管



圖 4.2 網式滲透管

4.2.5 其他材料

改良式透水性鋪面，利用管式透水性鋪面工法結合透水磚使用，如圖 4.3、4.4 所示，亦可達到透水效果。



圖 4.3 管式透水性鋪面工法



圖 4.4 管式透水性鋪面工法完成圖

陶瓷透水性鋪面係採用高分子材料、再生陶瓷材料與建築廢棄物等再生粒料相結合之多孔隙結構性鋪面，可有效資源再利用達到永續發展。面層為再生陶瓷材料，具有耐磨、止滑、永不退色、良好透水性與高孔隙率的特性，可使雨水快速由面層直接滲透至底層，如圖 4.5、4.6。

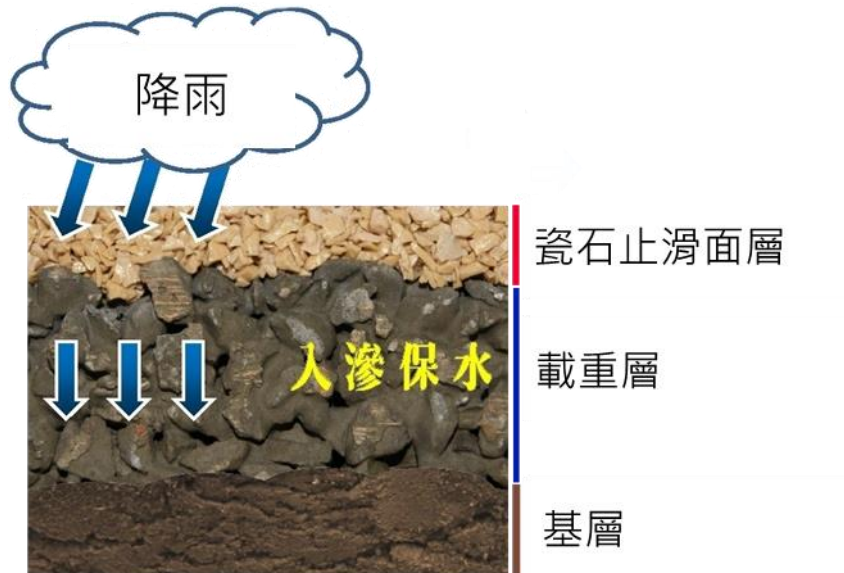


圖 4.5 瓷石鋪面剖面圖



圖 4.6 瓷石透水性水溝蓋

4.3 底層材料

透水底層材料須能暫時儲存路面之雨水，並將雨水滲透至路基之功能，且能夠維持其結構強度，選擇透水性佳且細粒料較少的材料為佳。底層材料一般採用碎石級配底層、透水混凝土以及多孔隙瀝青處理底層。

4.3.1 透水碎石級配

透水碎石級配材料具有透水及保水之功能，須考量其保水後之結構強度。

說明：

- 一、人行道鋪平底層材料作業時通常在狹小的施作環境，大多須要採取人工作業。為預防材料分離，最好採用最大粒徑為 C-30 和 C-20 粒徑較小的材料。車道用材料則建議採用最大粒徑為 C-40 的材料。
- 二、在材料的選擇上，須考慮材料力學性質、透水性能等。
- 三、須參考 CNS 12382 A3280 進行夯實土壤加州承載比試驗(CBR)。
- 四、使用再生材料時，須符合相關再生材料之使用規定。

表 4.5 底層級配粒料之品質規定

項目	試驗項目	規範值	試驗方法
碎石級配	PI	6 以下	CNS 5088 A3087
	CBR (%)	80 以上	CNS 12382 A3280

(資料來源：鋪面設計施工指南 (2006 年版))

表 4.6 底層級配粒料之要求

材料名	水力傳導係數(cm/sec)	孔隙率(%)
碎石級配	$3 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-2}$	6~18

(資料來源：鋪面設計施工指南 (2006 年版))

表 4.7 碎石級配之級配規定

級配	試驗篩通過重量百分率(%)						
	37.5 mm	31.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	4.75 mm	2.36 mm
C-40	100~95	-	-	80~50	-	40~15	25~5
C-30	-	100~95	-	85~55	-	45~15	30~5
C-20	-	-	-	100~95	90~60	50~20	35~10

C：最大標稱粒徑

C-40：最大標稱粒徑達 40 mm 之碎石級配

(資料來源：JIS A5001 道路用碎石)

4.3.2 透水混凝土

透水混凝土、低密度再生透水混凝土底層材料，建議使用在車道底層。

說明：

- 一、使用上須考慮材料力學性質、透水性能等。
- 二、使用再生材料時，須符合相關再生材料之使用規定。

表 4.8 透水混凝土之水泥、粒料等之要求

原料名稱	性能要求
水泥	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水泥應符合第 03052 章「卜特蘭水泥」之規定。 2. 使用的粒徑越小，水泥顆粒亦應相對變小。
粒料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 粗粒料應為單一級配。如 10 mm~20 mm、10 mm~30 mm 等不宜小於 5 mm 或大於 40 mm。 2. 以卵石最好，碎石次之，粗粒料至少須含 90%（重量比）破碎顆粒，且該破碎顆粒至少須具一個破碎面。 3. 碎石型粗粒料之針、片狀總量最好小於 15%，粒料含泥量不宜大於 1%。

（資料來源：施工綱要規範 第 02794 章）

表 4.9 透水混凝土之配比設計參考

水泥：粒料	水灰比	水泥 kg/m ³	用水量 kg/m ³	碎石 kg/m ³
1：10	0.364	157	57.0	1570
1：10	0.582	152	88.0	1520
1：12	0.408	133	54.0	1597
1：15	0.410	107	44.0	1598
1：8	0.350	201	70.0	1608
1：10	0.360	158	57.5	1580

註：水灰比之理想範圍介於 0.45~0.6，較低者可選用 0.35。

（資料來源：施工綱要規範 第 02794 章）

表 4.10 透水混凝土材料建議比例

材料名稱	添加比例
水泥	1. 道路鋪面：總含量應不低於 630 磅/立方碼。 2. 人行道鋪面：總含量應不低於 600 磅/立方碼。
輔助膠凝材料	1. 飛灰：最大 25%。 2. 矽灰：最大 50%。
水灰比	1. 道路鋪面：0.30。 2. 人行道鋪面：0.35。
粒料	依據 ASTM C29 中單位重計算方法，粒料之每平方碼體積應為 27 立方英尺。
添加劑	添加劑應按照生產廠商的說明和建議使用。
拌合水	拌合水之品質應使水泥漿體在不流離粒料下表面呈現濕金屬光澤，若拌合水產生之漿體呈現枯乾狀態的話將無足夠之水分進行水化反應，而水分不足將導致不一致的配比及粒料顆粒間貧弱之黏結強度，水分過高時則會降低或消除試體內部對於孔隙率所需之孔隙系統。

(資料來源：ACI522 波特蘭水泥透水混凝土鋪面建議規範)

表 4.11 透水混凝土品質要求

項目	規範值
單軸抗壓強度 7 天(kgf/cm ²)	20
水力傳導係數(cm/sec)	10 ⁻³ 以上

(資料來源：日本透水性鋪裝技術指南 2007)

表 4.12 低密度再生透水混凝土品質要求

試驗項目	試驗方法	容許值	
		底層	基層
單位重(kg/m ³)	CNS 11151	1500~2000	
坍度(mm)	CNS 1176	0~50	0~160
3 天抗壓強度 (kgf/cm ²)	CNS 1232	10 以上	5 以上
28 天抗壓強度 (kgf/cm ²)	CNS 1232	25~50	15~40
透水量 (ml/15 sec)	「排水性鋪裝技術指南」 現場透水性試驗法	600 以上	300 以上

註：除透水量試驗外，其餘各項試驗皆須登載於配比設計報告內
現場透水性試驗法與施工綱要規範 第 02798 章附錄四相同

(資料來源：施工綱要規範 第 03341 章)

4.3.3 多孔隙瀝青處理底層

多孔隙瀝青處理底層材料，使用於車道底層。

說明：

- 一、須注意水份侵害後，瀝青之剝脫情況，適當的使用防剝劑或使用改質型、高黏滯度改質瀝青，防止剝脫。
- 二、使用再生材料時，須符合相關再生材料之使用規定。

表 4.13 多孔隙瀝青處理底層粒料粒徑建議範圍

試驗篩及含油量		粒徑範圍
試驗篩 通過重量 百分率(%)	37.5 mm	100
	31.5 mm	95~100
	25.0 mm	90~100
	19.0 mm	75~95
	12.5 mm	40~70
	4.75 mm	10~31
	2.36 mm	10~20
	0.075 mm	3~7
含油量(%)		4~6

(資料來源：透水性鋪裝技術指南 2007)

表 4.14 多孔隙瀝青處理底層品質規定

項目	規範值
孔隙率(%)	20
穩定值 KN (kgf)	3.5 (350)
水力傳導係數(cm/sec)	10^{-2} 以上

(資料來源：透水性鋪裝技術指南 2007)

4.4 過濾層材料

過濾層材料為防止底層材料中細石流入路基而設計。亦可使用可達到同樣效果之材料，可以不織布代替。

說明：

- 一、使用過濾層時，須確保過濾層之水力傳導係數，必須配合上層材料及當地之降雨強度等。
- 二、過濾層材料應使用顆粒狀之材料，以不妨礙透水能力為原則，不得含有黏土、沉泥、廢棄物或垃圾之材料。
- 三、使用再生材料時，須符合相關再生材料之使用規定。
- 四、過濾層之水力傳導係數應超過 10^{-3} cm/sec。

表 4.15 過濾層通過 200 號篩（孔徑 0.075 mm）規定表

項目	規定
通過 200 號篩（孔徑 0.075 mm）重量百分比	6% 以下

（資料來源：施工綱要規範 第 02794 章）

第五章 施工

透水性鋪面為可將雨水滲透至路面結構之鋪面，因此在施工時須考量各層的透水機能在不會被影響的情況下施工。施工前需確認路基狀況，視情況進行補強，避免影響路面的強度及性能。

5.1 擬定施工計畫

透水性鋪面施工須兼顧其透水功能並滿足其設計軸重當量下之結構強度，因此在規劃設計、機械運用、材料選擇、施工方法、維護管理及安全性上需要詳細擬定並遵循，在擬定透水性鋪面施工計畫時應考量以下各項目：

一、施工前路基調查

- (一)、如事前的環境調查為可透水之路基，且設計為可使雨水滲透之透水性鋪面，則須事先確認路基是否與當初設計相同。不論為何種路基，如強度不足皆須視情況進行改良，以免造成結構性破壞。
- (二)、如施工之路基下有既有埋設物或管線，則須確認其回填之狀況，視情況進行補強，必要時應與管理單位進行協調是否能遷移或整理。
- (三)、路基平整度為施作透水性鋪面須確認之重要項目，特別是設計為不透水路基時，須留意水流末端或容易汲水之區域，必要時設計滲透排水管或排水設施，避免路面結構長期浸水。
- (四)、施工前之檢驗標準及頻率請參考本手冊第 6-3 頁表 6.1。

二、過濾層

選擇可達到均等、均質且合宜之鋪設法（機械），避免不平整。

三、底層

依據適用性選擇不同類型之底層材料，並依據其擬定適合之施工方法，確保其透水性與結構強度。

四、面層、底層材料之生產、運輸及施工

面層使用多孔隙瀝青混凝土時，因其使用具透水性的瀝青混合物，須特別注意溫度控制，其相較於一般密級配瀝青混凝土容易降溫。使用透水混凝土時，因其使用高粗骨材之粒徑，需注意透水混凝土屬於容易析離之材料，因此須進行攪拌及儘速施工。透水磚運載時須謹慎避免材料破損。

5.2 施工方法

5.2.1 過濾層

過濾層為雨水流出底層時避免細砂粒流失或流入路基之設計。

說明：

- 一、濾層材料傾卸至工地後應先以機動平路機、其他機具或人工推平，應注意交界面或坑洞之填充，避免受壓後有大幅坍塌或滑動。
- 二、以 10 噸壓路機來回震動滾壓夯實，可噴灑適量水份以減少材料滑動情形，並檢視交界面與坑洞是否有效填充。
- 三、滾壓完成後，應先作全面目視檢查，凡有顯著凹凸不平、波浪狀等缺陷部分，均應立即改善，如圖 5.1。



圖 5.1 過濾層滾壓

5.2.2 水泥混凝土底層材料

水泥混凝土底層材料之施工方式係參考施工綱要規範「第 02794 章 透水性鋪面之一般要求」、水利署施工規範「第 03378 章 多孔混凝土」及施工綱要規範「第 03341 章 低密度再生透水混凝土」為主。

說明：

- 一、水泥混凝土底層材料因為比表面積大，水泥漿較少之故，須特別留意材料的乾燥問題。運搬及鋪設之際，應控制於水泥混凝土材料初凝時間前完成。
- 二、水泥混凝土底層材料運送的機具可採具傾卸功能之卡車或混凝土預拌車，惟利用傾卸式卡車運送時，必須有防止水泥混凝土底層材料水份散失措施（如：裝載完成後，立刻蓋上防水布，直到澆置前必須保持覆蓋狀態）。
- 三、利用具傾卸功能之車輛運搬過程中，骨材與漿體有分離的可能性，於澆置前混凝土底層材料需再攪拌均勻。
- 四、透水混凝土應連續鋪築且應以適當之厚度分層鋪設（以鋪裝機鋪築時建議以每層 25 cm 為上限），並應於下層透水混凝土強度足夠時再行鋪築上層（建議養護時間為 24 小時）。施工現況如圖 5.2、圖 5.3。
- 五、以挖土機進行夯實時，如同以機械夯實土坡的要領，以挖槽斜面來按壓之。利用壓路機進行夯實時，均等的將所定之鋪設厚度攤平後進行夯實工作，並分層夯實直到設計厚度為止。
- 六、施工中之檢驗標準及頻率請參考本手冊第 6-3 頁表 6.1。



圖 5.2 透水混凝土鋪設



圖 5.3 透水混凝土鋪設

5.2.3 碎石級配底層材料

碎石級配料之鋪築滾壓係參考施工綱要規範「第 02794 章 透水性鋪面之一般要求」與「第 02726 章 碎石級配底層」。

說明：

- 一、在撒鋪之前，如工程司認為必要，應按其指示在路基上灑水，以得一適宜之濕度。
- 二、級配粒料應按設計圖說厚度分層均勻鋪設，每層厚度應相等。
- 三、每層壓實度視滾壓機具之能量而異，每層最大壓實厚度不得超過 20 cm，但亦不得小於所用粒料標稱最大粒徑之 2 倍。
- 四、因材料之均勻性影響透水性能很大，鋪設時應注意材料是否析離，由目視檢查材料之混合程度。施工現況如圖 5.4、圖 5.5。
- 五、施工中之檢驗標準及頻率請參考本手冊第 6-3 頁表 6.1。



圖 5.4 碎石級配料滾壓



圖 5.5 碎石級配料鋪設

5.2.4 瀝青混凝土面層材料

瀝青混凝土面層材料目前國內已有明確且完備之規範，如施工綱要規範「第 02798 章 多孔隙瀝青混凝土」。

說明：

- 一、瀝青混凝土面層材料施工時須注意溫度之控制。
- 二、於施工之介面不須噴灑黏層或透層，避免滲透的功能下降。施工現況如圖 5.6、圖 5.7。
- 三、施工時應以適當厚度分層進行鋪設，分層鋪設以最高 5 cm 一層為限。
- 四、施工中之檢驗標準及頻率請參考本手冊第 6-3 頁表 6.1。



圖 5.6 多孔隙瀝青混凝土鋪設



圖 5.7 多孔隙瀝青混凝土滾壓

5.2.5 水泥混凝土地磚

水泥混凝土地磚之施工須注意墊砂層厚度、防止流失之情形的。

說明：

- 一、墊砂層之厚度一般以 2~3 cm 為主，必須達到一定之平整度，如有凹凸不平之現象，將是未來破損主要原因之一。
- 二、如有墊砂層流失之可能性，有使用不織布於墊砂層下方防止流失之案例。
- 三、亦有以透水砂漿代替墊砂層的使用，做為水泥混凝土地磚與底層黏結材料的應用。
- 四、設置標線將每塊透水地磚位置預先定妥，由一端開始鋪設，磚縫寬度一致並不得大於 3 mm，鋪設時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，厚度在 80 mm 以下者，不得有高度超過 2 mm 瑕疵突出物；厚度超過 80 mm 者則不得有高度超過 3 mm。
- 五、地磚鋪設完成後，將細砂掃入磚縫內，並於完成面上鋪設夾板，於震動機上加墊橡膠墊後，以每秒 20 次之震動頻率來回震動夯實，使鋪面緊密結實，再將細砂掃入磚縫即完成。
- 六、施工中之檢驗標準及頻率請參考本手冊第 6-3 頁。

5.2.6 水泥混凝土面層材料

水泥混凝土面層材料之施工方式係參考施工綱要規範「第 02794 章 透水性鋪面之一般要求」、水利署施工規範「第 03378 章 多孔混凝土」及施工綱要規範「第 03341 章 低密度再生透水混凝土為主」。

說明：

- 一、透水混凝土因為比表面積大，水泥漿較少之故，須特別留意材料的乾燥問題。運搬及鋪設之際，應控制於透水混凝土初凝時間前完成。
- 二、透水混凝土運送的機具可採具傾卸功能之卡車或混凝土預拌車，惟利用傾卸式卡車運送時，必須有防止透水混凝土水份散失措施（如：裝載完成後，立刻蓋上防水布，直到澆置前必須保持覆蓋狀態）。
- 三、須使用適當之機具使其達到規定之厚度。
- 四、透水混凝土應連續鋪築並進行養護（建議養護時間為 24 小時）。
- 五、施工中之檢驗標準及頻率請參考本手冊第 6-3 頁表 6.1。

5.2.7 防水層施作

施作防水層如使用防水布則需以鋼釘固定於路基上，並於防水布交界處建議重疊 30 cm 之長度。如使用其他材料，如密級配瀝青混凝土，則需依照各施工綱要規範進行施作。

5.2.8 滲透排水管理設

若採用機構排水之模式，可參考此節內容進行滲透排水管之施作。

- 一、依規劃設計之管線路徑與線型埋設滲透排水管。
- 二、組裝及包裹滲透排水管時須留意實心之部分應朝向下方，以確保水流由上方滲入，並經由下方實心部分導入窰井。
- 三、滲透織布之包覆應全面並完整，並以束帶綁紮固定，以避免砂石粉塵侵入滲透排水管及窰井。
- 四、各斷面設置一獨立滲透排水管，且其位置為橫向坡度之最低點。
- 五、滲透排水管理設時周圍應包覆過濾層，埋設時底部應先鋪設部分過濾層，避免管下方空隙造成弱點。

第六章 試驗、檢驗及成效評估

6.1 檢測方法

一、施工中檢測

(一)、確認路基水力傳導係數是否與設計相同。

(二)、確認路基 CBR 值是否達到設計要求。

使用儀器：衝擊土壤試驗儀(CIST)或其他可測量 CBR 值之儀器。

(三)、確認底層水力傳導係數是否達到規範要求。

1. 依據透水性鋪裝技術指南規定級配層之水力傳導係數須達 $3 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-2}$ cm/sec。

使用儀器：葛洛夫透水試驗儀或其他可量測水力傳導係數之儀器。

2. 依據施工綱要規範「第 03341 章 低密度再生透水混凝土」須達 600 ml/15 sec 以上。
3. 依據施工綱要規範「第 02794 章之規定，透水混凝土」須達 10^{-3} cm/sec 以上。

使用儀器：現地透水試驗儀。

4. 依據日本透水性鋪裝技術指南 2007 建議，檢驗頻率為 1000 m²。

(四)、確認底層強度（透水混凝土為抗壓強度、抗彎強度、級配層為 CBR 值）是否達到規範要求。

1. 依據施工綱要規範第「02726 章 級配料底層」，級配底層 CBR 值須達 80 以上。

使用儀器：衝擊土壤試驗儀(CIST)或其他可測量 CBR 值之儀器。

2. 依據施工綱要規範「第 03341 章 低密度再生透水混凝土」，配比設計 3 天抗壓強度須達到 10 kgf/cm²、28 天抗壓強度 25~50 kgf/cm²。
3. 依據日本透水性鋪裝技術指南 2007 建議，透水混凝土配比設計 7 天抗壓強度須達到 20 kgf/cm²。

(五)、確認面層水力傳導係數是否達到規範要求

1. 依據施工綱要規範第 02798 章 多孔隙瀝青混凝土規定，面層之透水量須達 900 ml/15 sec 以上。

使用儀器：現地透水試驗儀。

(六)、須確認各層平整度是否達到規範要求。

1. 路基平整度單點高低差不得大於 3cm。
2. 低密度再生透水混凝土、透水混凝土底層平整度單點高低差不得大於 1.5 cm。
3. 多孔隙處理底層平整度單點高低差不得大於 0.6cm。
4. 面層平整度標準差不得大於 0.26 cm、單點高低差不得大於 0.6 cm。

使用儀器：三米直規或高低平坦儀。

(七)、其餘未提及項目則依據施工綱要規範規定辦理。

表 6.1 透水性鋪面施工前及施工中之建議檢驗標準與頻率

施工前檢驗					
種類	項目		標準規範值	參考規範或試驗方法	
路基整理	水力傳導係數		報告值	鋪裝設計施工指針 施工綱要規範第 02336 章	
	CBR 試驗		CBR 值 20 以上		
施工中檢驗					
種類	項目	頻率	標準規範值	參考規範或試驗方法	
路基整理	CBR 試驗	1,000m ²	CBR 值 20 以上	施工綱要規範第 02336 章	
	平整度	每 1.5m	與設計斷面許可差不得大於 3cm		
底層	碎石級配	水力傳導係數	每 1000m ²	3×10 ⁻³ ~4×10 ⁻² cm/sec	鋪裝設計施工指針
		CBR 試驗	120~600m ³	CBR 值 80 以上	施工綱要規範第 02726 章
		平整度	每 1.5m	單點高低差不得大於 1.5cm	
	低密度再生 透水混凝土	現地透水	每 1,000m ²	600 ml/15sec 以上	施工綱要規範第 03341 章
		平整度	每 1.5m	單點高低差不得大於 1.5cm	
		抗壓強度	3 天強度	10kgf/cm ²	
	28 天強度		25~50kgf/cm ²		
	透水混凝土	水力傳導係數	每 1000m ²	10 ⁻³ cm/sec 以上	施工綱要規範第 02794 章
		抗壓強度	7 天強度	20 kgf/cm ²	日本透水性鋪裝技術指南 2007
		平整度	每 1.5m	單點高低差不得大於 1.5cm	施工綱要規範第 03341 章
	多孔隙瀝青 處理底層	水力傳導係數	每 1,000m ²	10 ⁻² cm/sec 以上	施工綱要規範第 02794 章
		平整度	每 1.5m	單點高低差不得大於 0.6cm	施工綱要規範第 02714 章
面層	多孔隙 瀝青混凝土	現地透水	每 1,000m ²	900 ml/15sec 以上	施工綱要規範第 02798 章
		平整度	每 1.5m	標準差不得大於 0.26cm、 單點高低差不得大於 0.6cm	施工綱要規範第 02742 章
	透水混凝土	水力傳導係數	每 1,000m ²	10 ⁻³ cm/sec 以上	施工綱要規範第 02794 章
		抗彎強度	28 天強度	46 kgf/cm ² 以上 (車道用)	日本透水性鋪裝技術指南 2007
				25 kgf/cm ² 以上 (人行道、停車場)	
	平整度	每 1.5m	標準差不得大於 0.26 cm、 單點高低差不得大 0.6 cm	施工綱要規範第 02742 章	
	透水水泥混凝 土地磚	水力傳導係數	每批量	10 ⁻² cm/sec 以上	CNS 13295
			10,000 以下抽 6 個		
			10,000 以上抽 12 個		
			超過 100,000 抽 18 個		

備註：本表僅針對透水性鋪面施工前及施工中之建議檢驗標準與頻率

二、施工後成效追蹤及建議

- (一)、結構成效追蹤：彭柯曼梁撓度試驗或 FWD（落重撓度檢測）追蹤鋪面承載力。
- (二)、功能性成效追蹤：現地面層透水試驗。
- (三)、安全性成效追蹤：抗滑試驗。
- (四)、鋪面服務成效追蹤：
 1. 平整度檢測:平整度標準差、單點高低差或國際糙度指標(IRI)。
 2. 車轍量測。
 3. 剝脫。
- (五)、施工後之成效追蹤建議三個月一次

表 6.2 透水性鋪面施工後成效追蹤

種類	項目（頻率：每三個月一次）	參考規範或試驗方法
結構成效	彭柯曼梁試驗 落重撓度檢測	AI MS-17 ASTM D4694
功能性成效	現地面層透水試驗	施工綱要規範第 02798 章
安全性成效	抗滑試驗	ASTM E303
鋪面服務成效	平整度(單點高低差、平整度標準差或國際糙度指標,IRI)	施工綱要規範第 02742 章、 CNS 15046
	車轍量測	ASTM D6433
	剝脫	目視
保水與降溫成效	土壤水份計監測 道路各層溫度監測 各斷面流量監測 氣象站（至少包含溫度、濕度、照度、風速）	依附錄規範要求精度，全時間採自動紀錄，記錄間格至少 10 min 一筆

備註：施工後成效追蹤不建議納入保固

三、各項儀器使用方法

(一)、葛洛夫透水試驗儀（路基、底層透水試驗）

本試驗係利用定水頭原理，快速地求得現地透水參數之裝置，儀器照片如圖 6.1，所求得之現地透水參數包含飽和水力傳導係數及基質流通勢能。計算方式有兩雙儲水管及內儲水管兩種方式。

試驗設備：

1. 水容器和水管
2. 支持套件工具包
3. 儲存裝備
4. 井口量表及上部空氣管
5. 真空測試手動幫浦
6. 支撐管和下部空氣管
7. 螺旋手柄組件
8. 三腳架

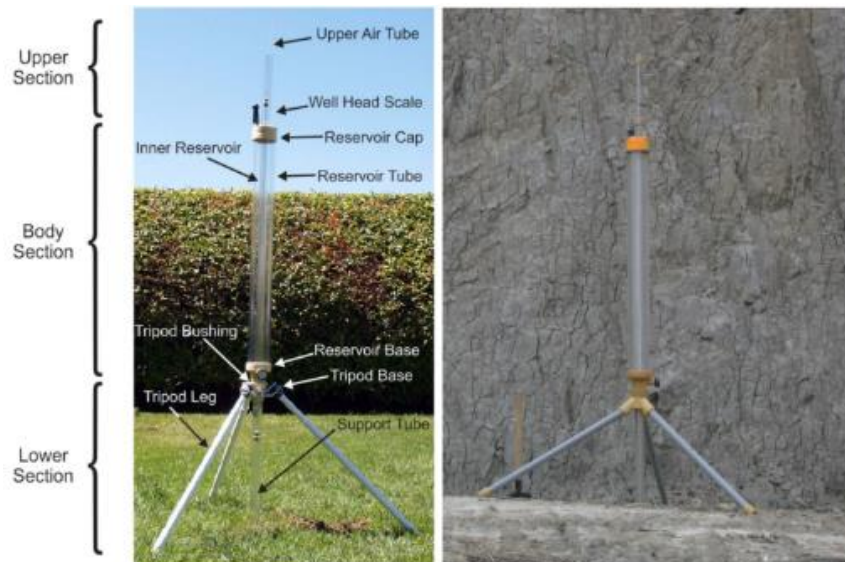


圖 6.1 葛洛夫透水試驗儀

(二)、動態圓錐貫入儀(Dynamic Cone Penetrometer, DCP)

DCP 動態圓錐貫入儀於 1974 年已被美國 Minnesota 州公路系統應用於量測現地基底層土壤之回彈模數(Modulus)，並將 DCP 試驗法納入 ASTM D6951 中儀器如圖 6.2。試驗步驟如下：

1. 選取代表性試驗點位。
2. 用鑽心儀器鑽探至底層或達基層，將試驗點位孔洞內殘餘水吸乾，避免影響試驗的精確度。
3. 組裝 DCP 各組件並以螺絲拴緊，將 DCP 尖端圓錐頭插入底層。
4. 一手握住上部把手，另一手拿起落錘達特定高度落下，使下部錐頭貫入試體。
5. 紀錄打擊次數，並利用鋁製直尺量取貫入深度。
6. 重複第 3 步驟，至錐頭貫入至所需深度，錐頭若有變形損壞，須取下更換。
7. 夯打到貫入深度不再變化，繪製打擊次數、貫入深度曲線。

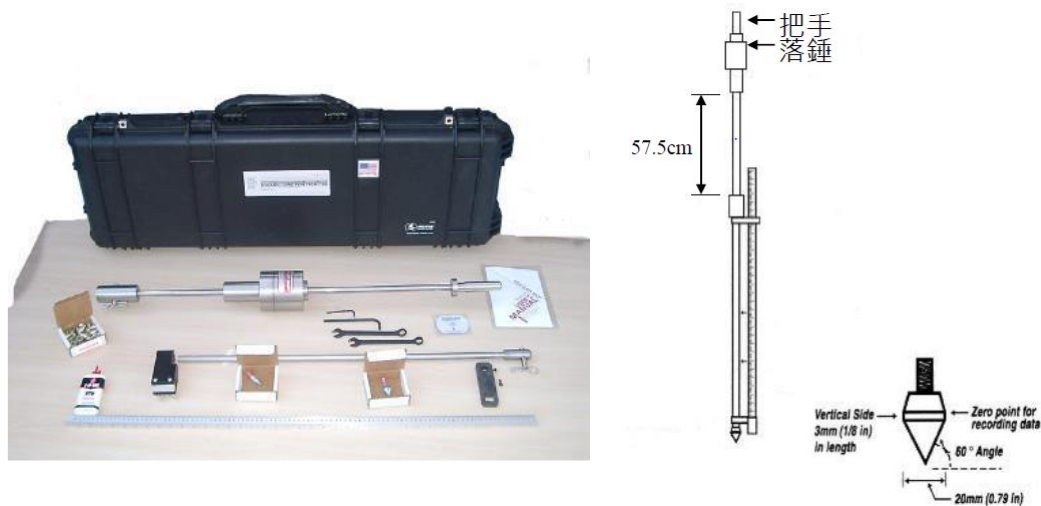


圖 6.2 動態圓錐貫入儀

(三)、衝擊土壤試驗儀(Clegg Impact Soil Tester, CIST)

CIST 衝擊土壤試驗儀器於 1960 年開始推廣及實務應用，於 2002 年正式納入 ASTM D5874 標準試驗規範。此儀器用於土壤壓實度測驗，利用夯垂由固定高度墜落可得到 Impact value (CIV)。CIST 試驗可被用於監控壓密過程中或隨時間、環境、交通的改變而強度的變化。儀器照片如圖 6.3。CIV 值可直接應用於鋪面的設計及建造。一般則用於現地工程壓實的控制和評估材料的強度。CIV 值為判定土壤強度之一種，並由測值可研判某層土壤的緊密狀況。CIV 值可藉由公式推估 CBR 值，公式如下：

$$\text{CBR} = (0.24 (\text{CIV}) + 1)^2 \quad (\text{式 6.1})$$



圖 6.3 衝擊土壤試驗儀

(四)、現地透水試驗(多孔隙瀝青混凝土面層、透水混凝土層)

本試驗參考日本道路協會「鋪裝試驗法便覽」，及「施工綱要規範第 02798 章 多孔隙瀝青混凝土」於工地現場評估排水性鋪面之透水能力，以鋪面 177 cm² 之表面積測定通過 400 ml 水流下之時間，換算成 15sec 流下的水量為透水量(ml/15 sec)。

1. 試驗方法：日本道路協會「鋪裝試驗法便覽」(現場透水量試驗方法)、施工綱要規範第 02798 章 多孔隙瀝青混凝土。

2. 試驗設備：

- (1) 現場透水試驗器：如圖 6.4 之示意圖及圖 6.5 現場量測照片，包括內徑約 5 cm，高約 34 cm，可承接 400 ml 以上水量之壓克力製透明量筒、5 kg 重環狀加重塊，內徑 0.8 cm 之導水銅管，直徑 6 in 止水套環。
- (2) 其他設備：油性黏土、碼錶等。

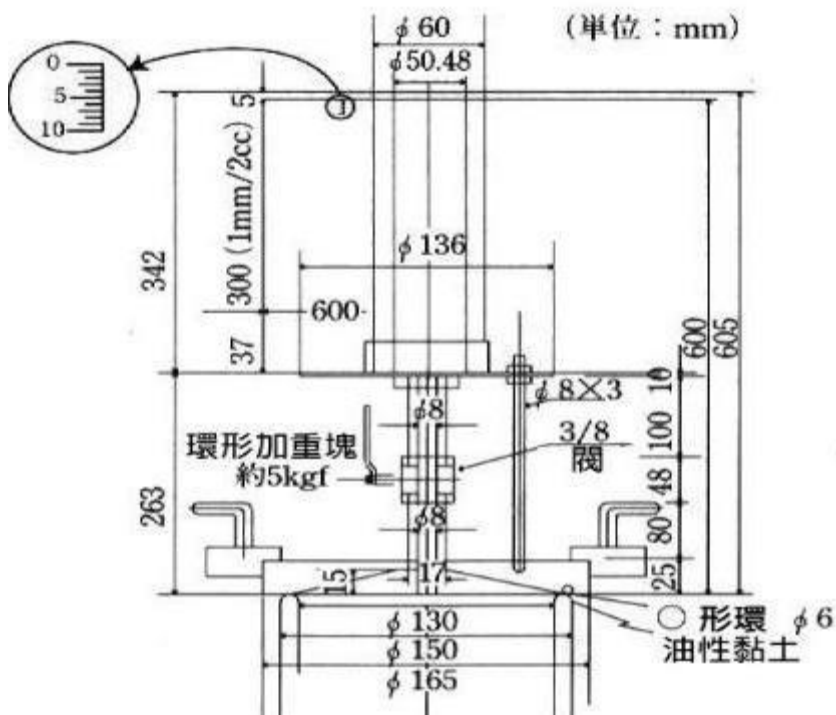


圖 6.4 現場透水試驗儀



圖 6.5 現場透水試驗

3. 計算：

$$\text{透水量} \left(\frac{\text{ml}}{15\text{sec}} \right) = \frac{400\text{ml}}{T} \times 15 \quad (\text{式 6.2})$$

式中：T=筒內水位從 X₁ 降至 X₂ 的經過時間(sec)

(五)、彭柯曼梁撓度試驗

由美國公共道路局(Bureau of Public Roads)研究工程師彭柯曼(Mr.A.C.Benkelman)於 1953 年所發明，以標準軸重 8,200 kg(18,000 lb)，輪胎尺寸(10×20 in，12 ply)，複輪之輪胎最小淨距 50 mm(2 in)，充氣壓力 5.6 kg/cm²(80 psi)下，測定鋪面之靜彈性撓度，藉由強度回算評估鋪面結構承載能力，作為道路結構設計及道路壽命之評估，試驗設備及現場試驗情形如圖 6.6。

1. 試驗方法：AIMS-17 (彭柯曼梁撓度試驗法)

- (1) 選定試驗點，並於路面作記號，將卡車後複輪之中心點在選定之際號上，該中心點距記號點在 75 mm 以內。
- (2) 將彭柯曼梁之探測桿頭放置選定點之兩輪間，並鬆開梁之鎖栓，調整前支承使梁之導桿針頭與測微錶之桿端接觸，錶桿衝程保持約 13 mm。
- (3) 啟動按壓梁上之蜂鳴器並記錄測微錶初始讀數，記完讀數後立即將卡車緩緩向前移動 0.5 m 並記錄讀數，移動至 3 m 後再依每 3 m 記錄讀數，直至 9 m 以上。
- (4) 當測微錶移動停止時，即關閉蜂鳴器此時測微錶可能略停止後又繼續移動，不必予以測讀。
- (5) 量測路表面溫度，通常一次路面溫度量測一小時便已足夠。

2. 試驗設備：

- (1) 彭柯曼梁：儀器如圖 6.5 所示，各部尺寸如下。
 - A. 探測桿之支軸至探測點之長度：244 cm(8 ft.)。
 - B. 探測支軸至測微錶之長度：122 cm(4 ft.)。
 - C. 支軸至前支承之距離：25.4 cm(10 in.)。
 - D. 支軸至後支承之距離：166.4 cm(65.5 in.)。

(2) 載重卡車之後軸重為 8,200 kg(18,000 lb)，均勻分布於兩側輪間，後輪胎壓力為 5.6 kg/cm²(80 psi)。

(3) 胎壓計、溫度計等。



圖 6.6 彭柯曼梁試驗

3. 計算：

$$\text{路面撓度 } D(\text{mm})=2(D_f - D_i) \quad (\text{式 } 6.3)$$

式中： D_i ＝測微錶初讀數。

D_f ＝測微錶末讀數。

(六)、英式擺錘抗滑試驗

本試驗參考 ASTM E303，使用儀器為一種手提式表面摩擦性試驗儀，可用於室內及工地現場測試，為英國道路研究室(Road Research Laboratory)所發展，如圖 6.7。測定在潮濕路面的行車基本抗止滑安全性，所測的 BPN (British Pendulum Number, BPN)，摩擦力愈大，BPN 值會愈高。

1. 試驗方法：ASTM E303 (以英式擺錘試驗儀量測表面摩擦性質試驗法)、日本道路協會編印之「鋪裝試驗法便覽冊」。
2. 試驗設備：英式擺錘試驗儀、摩擦長度規、灑水罐、溫度計。



圖 6.7 英式擺錘試驗儀

3. 計算：

$$BPN = \frac{(R1+R2+R3+R4)}{4} \quad (\text{式 6.4})$$

式中：R1、R2、R3、R4＝試驗四次之讀數，且測值誤差不得超過 5。

$$C_{20} = -0.0071t^2 + 0.93t - 15.79 + C_t \quad (\text{式 6.5})$$

日本道路協會編印之「鋪裝試驗法便覽別冊」

式中：C₂₀＝為 20°C 修正之 BPN

C_t＝試驗表面溫度為 t°C 時所測得之 BPN

t = 試驗表面溫度(°C)

(七)、三米直規、高低平坦儀（平整度試驗）

平整度標準差主要之原理來自於統計的理論，主要分為兩種方式，平均全距法以及統計方法，在過去科技尚未發達時，平均全距法因其計算方法較容易，因此較為廣泛使用。其檢測方法檢測間距每 1.5 m 取 1 點高低差，最短距離 108 m，將 6~10 個數據為 1 組，由各組內全距計算平均全距，再依照組內點數對照不同統計系數(d₂)，如表 6.3。再將平均全距除以統計係數即為平均全距法。

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (\text{式 6.6})$$

式中：σ＝三米直規標準差(mm)

\bar{R} =平均全距(mm)

表 6.3 三米直規標準差

組內點數	統計係數
6	2.534
7	2.704
8	2.847
9	2.970
10	3.078

隨者科技的進步，計算的工作便由電腦、計算機代替，因此平整度標準差以開始使用 d_i 直接計算，利用樣本標準差之運算方式。

$$\sigma = \sqrt{\frac{[\sum d_i^2 - \frac{(\sum d_i)^2}{n}]}{n-1}} \quad (\text{式 6.6})$$

式中 σ ：三米直規標準差(mm)

d_i ：單點高低差(mm)

n ：計算點數

6.2 建議觀測項目

透水性鋪面建議觀測各斷面入滲雨水排出之水量，而觀測站內設置數據紀錄器蒐集斷面內地溫計、流量計與雨量計之數據與紀錄；簡易氣象站用於監測試鋪道路整體環境溫度、濕度、雨量、日照、風速及風向等，各項監測儀器如表 6.4。

表 6.4 監測儀器

儀器項目	建議規格
含水量計	監測氣候變化時，評估鋪面底層與路基保水程度。量測精度為±4 %。
地溫計	監測鋪面各層溫度，建議採用 K or T type thermal couple。精度為±0.5 °C。
流量計	監測雨水入滲至鋪面內部水量。精度為±0.2 公升。
風速計	評估透水性鋪面對環境改善之成效。須能夠長期記錄相關數據之紀錄。
風向計	
日照計	
雨量感測計	



圖 6.8 簡易氣象站

第七章 透水性鋪面維護

7.1 一般原則

透水性鋪面的保水量為鋪設厚度與孔隙率相乘，但隨時間增加造成孔隙阻塞，滲透能力會逐漸降低，為確保所須滲透能力，鋪面的維護與清潔相當重要。道路上的垃圾、周邊的砂土或落葉等皆會阻塞孔隙，但通常僅附著於道路表面，因此只要將道路表面加以洗淨，即可恢復部分透水能力，但有時砂土還是會滲入鋪面內部，無法完全洗淨造成孔隙嚴重阻塞，此時須進行部分鋪面更換的修補作業，另由於鋪面破損或開挖等情況，也須進行相關維護與修補。

針對不同的透水性鋪面材料，維護上方法不盡相同，以下針對國內、外常用的維護方法，依不同結構層來論述。

7.2 面層

透水性鋪面面層之維護，最常見為多孔隙瀝青混凝土之維護方法。以多孔隙瀝青混凝土為例，日本道路協會建議方法有利用高壓水柱洗淨、壓縮空氣清除及真空壓力吸除粉塵，以上方法雖可拉長透水鋪面功能性的生命週期，但是維護成本相對提高，而目前國內尚無此種設備，故建議以微刨或直接刨除重鋪之方式進行改善，刨除後必須以適量乳化型黏層進行噴撒，但必須注意不能堵塞孔隙導致影響透水功能。

以日本東京有樂町人行道為例，施工後之透水性鋪面水力傳導係數約為 10^{-2} cm/sec。1~3 年間因孔隙阻塞導致水力傳導係數約降為 10^{-3} cm/sec，相較於新工時的水力傳導係數約降低 60%，孔隙阻塞物幾乎為 0.6 mm 以下的砂質黏土，且阻塞範圍為距表面數公釐，阻塞示意圖如圖 7.1，鋪面仍保有中度的透水能力，但經過一段時間後可能出現表面逕流或積水的狀況。



圖 7.1 多孔隙瀝青混凝土粉塵阻塞

7.3 底層及路基

透水性底層及路基之維護案例並不多。在斷面設計時，應於底層與路基間設計過濾層，可防止原土層的黏土或灰塵進入透水性底層，避免底層及路基之孔隙阻塞。使用透水混凝土為底層之透水性鋪面，進行維護時建議以整區塊移除重新鋪設；使用 C-40 碎石級配為底層之透水性鋪面，則必須進行區域性之挖除，重新進行 C-40 碎石級配之拌合再行填築，以延長透水性鋪面生命週期。

7.4 透水磚

一般而言，透水磚鋪面於鋪設完畢開放交通，經過長時間的交通載重後，若發生大範圍嚴重的磚塊破損、鬆動以及磚塊翹起的現象，可利用維修方法使其回復原本之服務品質。臺灣透水磚鋪面之維修尚無一可供參考之施工程序，因此參考英國預鑄混凝土協會 InterPave 設計手冊中之維修方法，建議程序如下：

一、維修區域標記

進行透水磚鋪面維修前，須先針對欲維修之區域進行標記，標記範圍可分為預計挖除區域以及挖除延伸區。由於進行挖除時，恐影響其餘支撐良好之透水磚區域，因此須向外延伸 2 個磚塊長度之區域，如此可保護其餘區域之墊砂層以及底層，如圖 7.2。

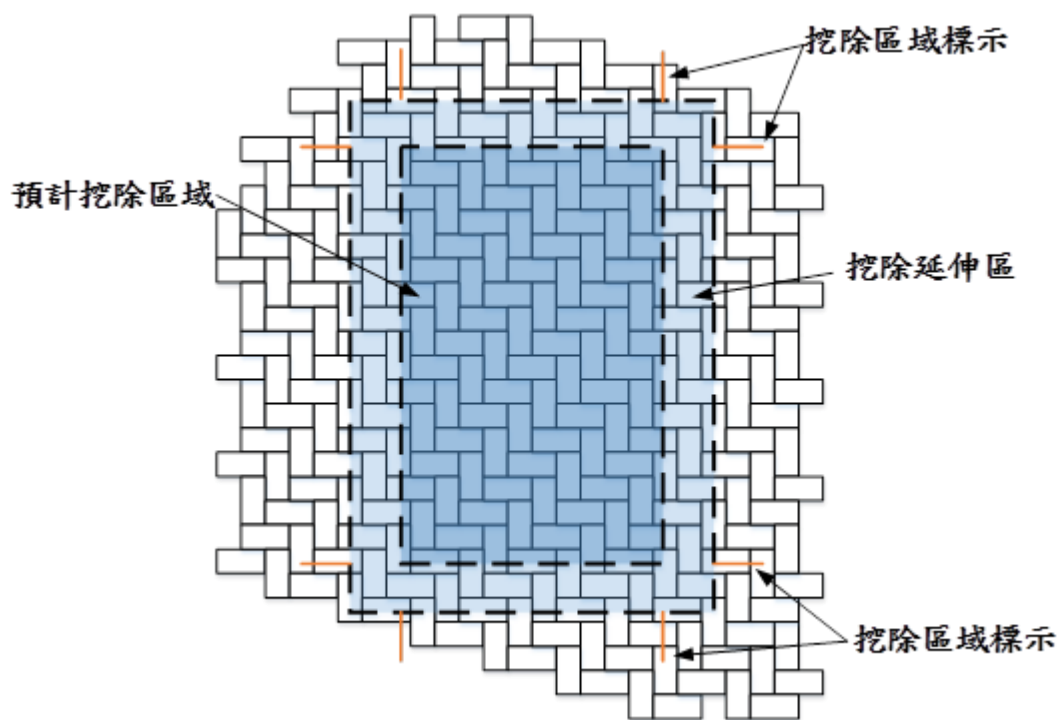


圖 7.2 維修區域標記

二、透水磚移除

標記確定欲維修之區域後，即可進行首塊透水磚之移除。移除方法先利用小螺絲起子或刮刀，清除第一塊移除透水磚之接縫砂，如圖 7.3。清除完畢後，即可利用大螺絲起子進行首塊透水磚之移除，如圖 7.4。亦有專用之移除工具，可更快速地對透水磚進行移除。

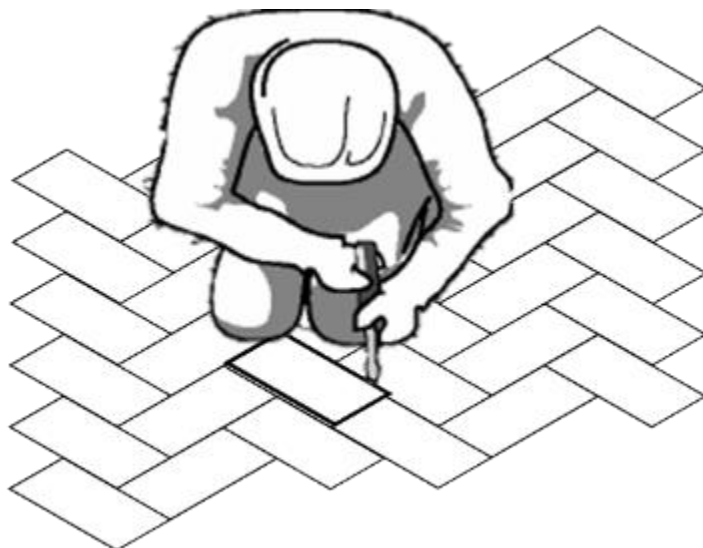


圖 7.3 接縫砂之處理

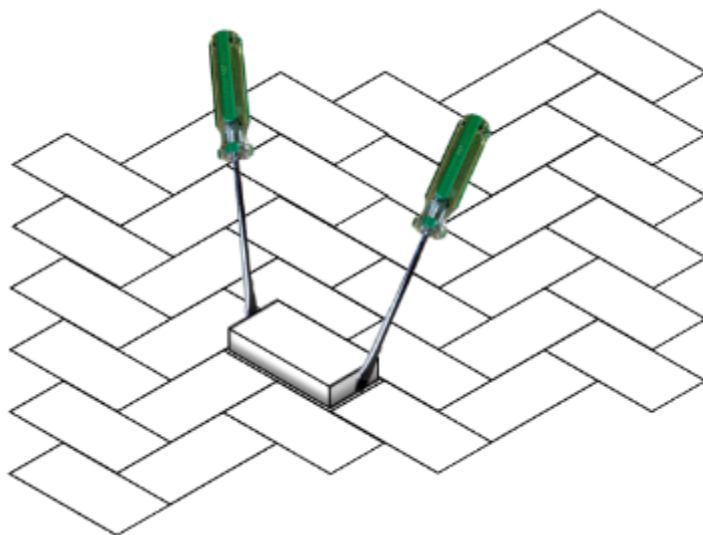


圖 7.4 透水磚之移除

三、其餘透水磚移除

當第一塊透水磚移除後，其餘透水磚由於喪失旁邊之支撐能力，因此可非常容易進行移除。為使快速移除透水磚，可利用振動之方式使其旁邊之透水磚之互鎖效應降低。若為移除大範圍之透水磚鋪面，亦有專用移除機械可供使用，可一次移除 1 m² 的面積，可加速移除其餘欲維修之透水磚。

四、墊砂層、底層材料移除

當透水磚移除完畢後，下一層即為墊砂層。移除前須先將墊砂層的砂耙鬆才可進行移除，移除的砂可再使用，須特別注意若砂堆中混合到其他材料則不可再使用，如使用移除的砂須先完全耙鬆才可再使用。若底層材料亦須進行移除，可利用挖土機或人工方式挖除，須特別注意在挖除墊砂層時，挖除範圍須距良好透水磚鋪面至少 15~30 cm，以確保其餘透水性鋪面之墊砂層保持不被擾動且穩定之狀態。當墊砂層與底層完全移除後，會形成 T 型斷面，如下圖 7.5 所示。

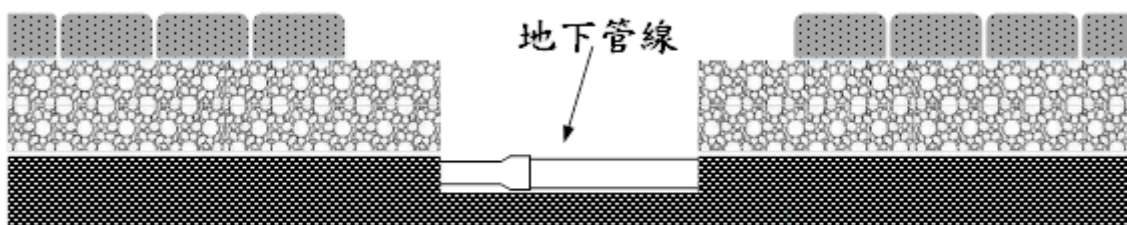


圖 7.5 T 型斷面

五、底層材料回填

建議採用與原先底層相同之材料進行填補，回填時應以每層厚度 5~10 cm 回填並逐層夯實，須達到 95 % 之壓實度。底層夯實完成後，利用工地密度儀求得壓實度，才可確保未來底層之結構強度，並求得底層之水力傳導係數，例如葛洛夫滲透儀(Guelph permeameter)，確保底層材料之滲透功能與原設計相同。

六、墊砂層回填

墊砂層回填之材料應為乾淨、未混合其他材料的砂。回填時應先以一木板對鋪撒的砂進行鏟平，其填補處邊緣最低高度應高於原先路基至少 7 mm；中央高度至少應高於原先路基 13 mm。鏟平後對路基進行夯實，夯實後填補處邊緣最低高度應高於原先路基至少 2 mm；中央高度至少應高於原先路基 5 mm。以確保透水磚填補後不因墊砂層厚度不足而產生磚塊翹起、鬆動之情形，導致再次破壞之情況。

七、透水磚填補與接縫砂回填

墊砂層回填後即可進行透水磚的填補，依照原透水磚排列方式逐一進行填補。填補完成後在接縫處回填接縫砂，確定接縫與原始設計間距相同，並利用夯實機以最小 5000 lbf (22 KN)進行震動夯實，確保透水磚及接縫砂可牢固於墊砂層上，與相接之透水磚產生互鎖效應。在透水磚鋪設完成後，以三米直規量測與原始透水磚鋪面之高低差以確保平整度。如此即可完成透水磚鋪面維修。

參考文獻

1. AASHTO, (1998) "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures" 4th ed.
2. AASHTO, (1993) "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures".
3. Interpave, CONCRETE BLOCK PERMEABLE PAVEMENTS Maintenance Guidelines(2015)。
4. 日本工業標準調查會，1995，日本工業規格 A 5001 道路用碎石。
5. 葉銘欽，2006，「透水性鋪面專家諮詢系統建置之研究」，中央大學土木工程學系碩士論文。
6. 社團法人日本道路協會，2007，透水性鋪裝技術指南。
7. 社團法人日本道路協會，1996，鋪裝試驗法便覽。
8. 獨立行政法人土木研究所，2005，「道路路面雨水處理手冊草案 2005」，山海堂株式會社。
9. 內政部營建署，2009，「透水性鋪面養護工法參考手冊」。
10. 魏嘉慧，2013，「市區道路透水性鋪面設計方法評估」，國立中央大學土木工程學系碩士論文。
11. 劉人慈，2013，「焚化爐底渣再利用於透水混凝土之研究」，國立中央大學土木工程學系碩士論文。
12. 許柏謙，2013，「混凝土再生粒料應用於透水性鋪面底層適用性分析」，國立中央大學土木工程學系碩士論文。
13. 林珈汶，2013，「台灣地區建立永續透水人行道之初步探討」，逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文。
14. 張堡清，2014，「透水性鋪面保水與溫差成效之評估-以中壢市龍慈路為例」，國立中央大學土木工程學系碩士論文。
15. 行政院公共工程委員會，2001，施工綱要規範第 02714 章 V2.0-瀝青處理底層。
16. 行政院公共工程委員會，2015，施工綱要規範第 02726 章 V7.0-級配粒料底層。
17. 行政院公共工程委員會，2013，施工綱要規範第 02742 章 V9.0-瀝青混凝土鋪面。
18. 行政院公共工程委員會，2013，施工綱要規範第 02794 章 V4.0-透水性鋪面之一般要求。

19. 行政院公共工程委員會，2013，施工綱要規範第 02798 章 V3.0-多孔隙瀝青混凝土。
20. 行政院公共工程委員會，2009，施工綱要規範第 03051 章 V1.0-再生粒料混凝土。
21. 行政院公共工程委員會，2012，施工綱要規範第 03341 章 V1.0-低密度再生透水混凝土。
22. 經濟部水利署，2011，施工規範第 03378 章多孔混凝土。
23. 內政部營建署，2009，透水性鋪面養護工法參考手冊。

附錄

A、各設計法厚度設計案例

一、設計參數

表 A.1 鋪面厚度設計條件設定-材料條件

層別	材料規格	孔隙率	連續孔隙率 %	未浸水 M _R (MPa)	浸水衰減 %	浸水 M _R (MPa)
面層	20 萬 Poise 高黏滯度多孔隙 瀝青混凝土	20.0	14.0	2,991	20.5	2,377.9
底層	JIS-C-40 標準 碎石級配	18.0	12.0	258	25.9	191.2
底層	透水混凝土	15.0	12.0	6,894	-	-
底層	低密度再生 透水混凝土	21.7	18.7	4,481	-	-
路基 土壤	現地土壤	-	-	52	32.4	35.2

(一)、設計軸重當量=10⁵

(二)、計畫雨水處理量

桃園地區 5 年頻率 60min 延時之降雨強度為：

$$i = 7748 / (60 + 46.22) = 72.94 \text{ mm/hr}$$

計畫雨水處理量 Q₀ 計算如下式：

$$Q_0 = (0.1 i - 3600 k) \cdot (t/60) / 100 \quad (\text{式 A.1})$$

$$\Rightarrow Q_0 = (0.1 \times 72.94 - 3600 \times 0) \cdot (60/60) / 100 = 0.07294 \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{)}$$

表 A.2 當量軸次決定瀝青混凝土最少厚度使用表

設計當量軸次	瀝青混凝土最少厚度(cm)
小於 10^4	7.5
$10^4 \sim 10^6$	10.0
大於 10^6	12.5

資料來源:柔性鋪面設計規範

二、透水混凝土底層透水性鋪面厚度設計

(一)、AASHTO 鋪面厚度設計

1. 設計參數:

設計軸重當量 $W_{18} = 10^5$

2. 材料參數:

(1) 20 萬 poise 高黏滯度瀝青面層 $MR_1 = 2991 \text{ MPa} = 433808 \text{ psi}$ 。

(2) 透水混凝土底層 $MR_2 = 6894.7 \text{ MPa} = 1.0 \times 10^6 \text{ psi}$ ，

(3) 路基 $MR_3 = 52 \text{ MPa} = 7542 \text{ psi}$ (CBR 值約 8)

3. 統計參數:

(1) 可靠度水準 $R_L = 95\%$; $Z_R = -1.645$

(2) 臺灣地區柔性鋪面 S_0 建議值為 0.40~0.50。取中間值令 $S_0 = 0.45$

(3) ΔPSI 初期路面現況服務力指數 $P_0 = 4.0$ 終期路面現況服務力指數 $P_t = 2.0$ 。 $\Delta PSI = P_0 - P_t = 2.0$

4. 計算流程

(1) 求 SN_1 (面層需要之結構強度值):

若透水混凝土底層之 $M_{R2} = 1.0 \times 10^6$ psi, 然後與 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$, $Z_R = -1.645$, $S_o = 0.45$ 及 $\Delta PSI = 2.0$ 等資料代入圖 A.1 或式 4.15 可求出 $SN_1 = 0.02$ 。

(2) 求 SN_1^* (面層設計之結構強度值):

$$a_1 = 0.394 (\log M_{R1}) - 1.787 \quad (\text{式 A.2})$$

A. 瀝青混凝土之 $a_1 = 0.394 (\log M_{R1}) - 1.787 = 0.434$ 。

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad (\text{式 A.3})$$

B. $D_1^* \geq \frac{0.02}{0.434} = 0.04 \text{ in} = 0.1 \text{ cm}$, 但因 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$, 面層最低厚度為 10 cm。

$$SN_1^* = \frac{0.434 \times 10}{2.54} = 1.7 \geq 0.02, \text{ OK}。$$

(3) 求 SN_2 (面層加底層需要之結構強度值):

若路基料之 $M_{R3} = 7542$ psi, 然後與 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$, $Z_R = -1.645$, $S_o = 0.45$ 及 $\Delta PSI = 2.0$ 等資料代入圖 A.1 或式 A.5 可求得 $SN_2 = 2.486$ 。

(4) 求 D_2^* (底層設計厚度):

若底層為透水混凝土時, 需查圖 A.2, 得 $a_2 = 0.28$,

$$D_2^* = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2} \quad (\text{式 A.4})$$

$D_2^* = \frac{2.486 - 1.7}{0.28} = 2.80 \text{ in} = 7.11 \text{ cm}$, 因此底層厚度假設為 10 cm

(5) 鋪築結構厚度:

面層瀝青混凝土 = 10 cm

底層透水混凝土 = 10 cm

合計 20 cm

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1)$$

$$-0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07 \quad (\text{式 A.5})$$

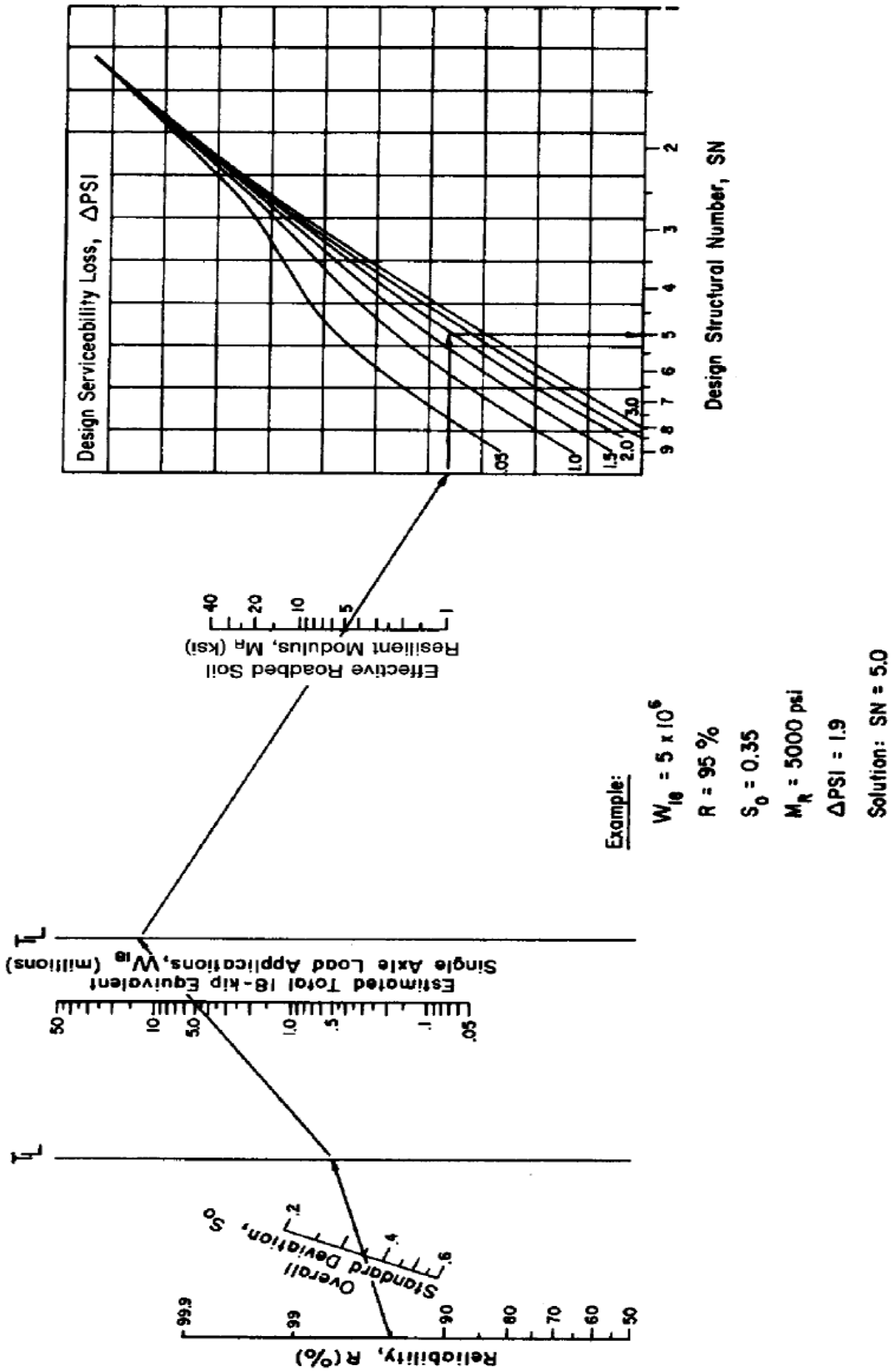
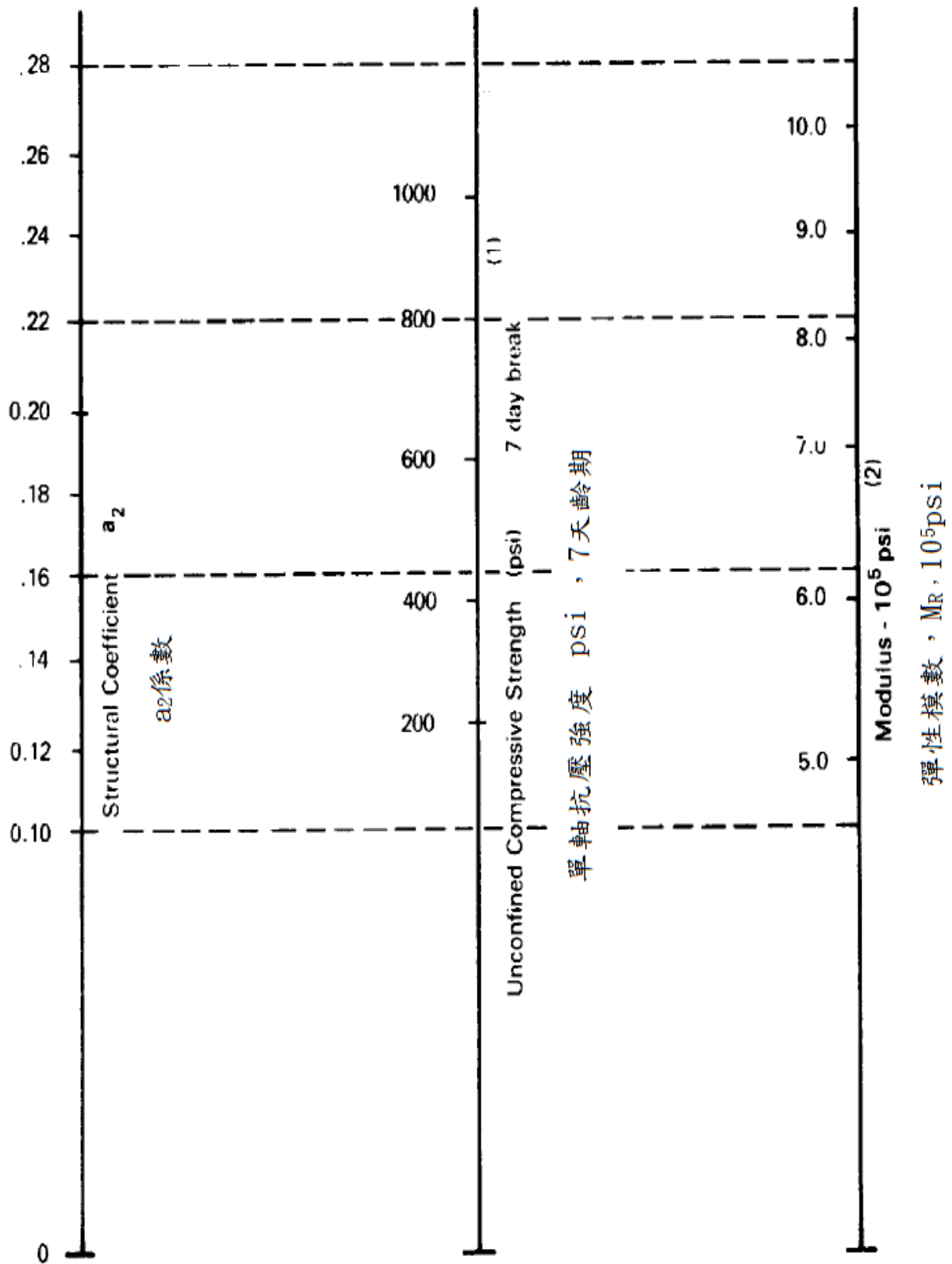


圖 A.1 AASHTO 求鋪築結構強度(SN)計算圖



- (1) Scale derived by averaging correlations from Illinois, Louisiana and Texas.
- (2) Scale derived on NCHRP project (3).

圖 A.2 AASHTO 求水泥處理底層 a_2 係數

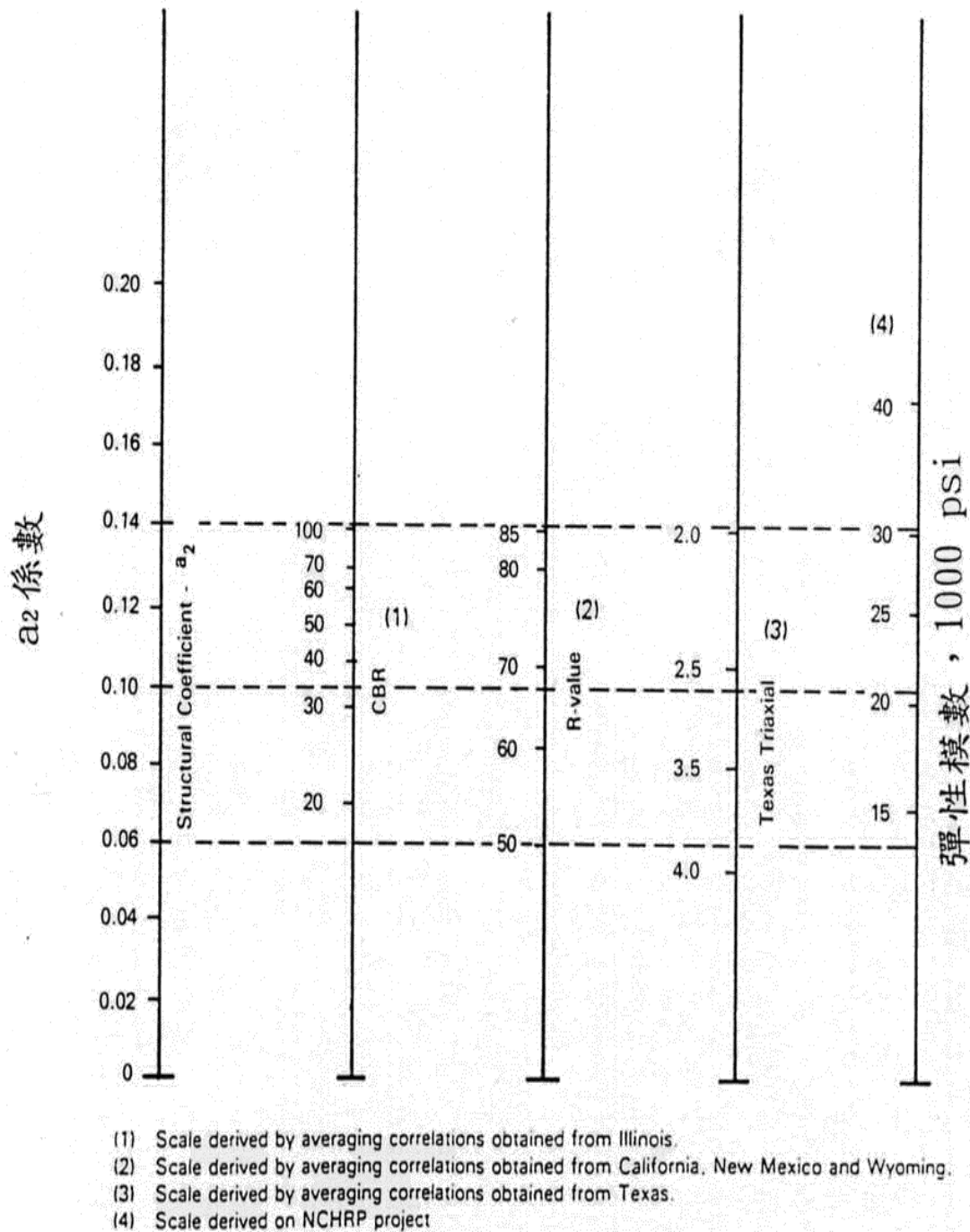


圖 A.3 AASHTO 求碎石級配粒料底層 a_2 係數

(一)、透水功能性設計法

1. 透水功能所需厚度

將下列參數代入日本「鋪裝設計施工指南」依透水能力考量之鋪面厚度計算公式 A.6：

$$H = (0.1i - 3600k) \cdot \frac{100t}{60V} \quad (\text{式 A.6})$$

降雨強度 $i = 72.94 \text{ mm/hr}$

降雨延時 $t = 60 \text{ min}$

路基不透水，平均水力傳導係數 $k = 0 \text{ (cm/sec)}$

平均孔隙率 $V = 17.5 \%$

$$H = (0.1 \times 72.94) \cdot \frac{100 \times 60}{60 \times 17.5} = 41.68 \text{ cm}$$

將透水設計所需總厚度定為 41.68 cm ，

初步決定鋪面總厚度為 45 cm 。

並採用 10 cm 高黏滯度瀝青面層和 35 cm 之透水混凝土底層。

2. 檢核設計斷面之雨水暫時儲存可能量

「鋪裝設計施工指南」依計算雨水暫時可儲存量之公式如下式：

$$Q = \sum_{i=1}^n (H_i / 100) \cdot (V_i / 100) \quad (\text{式 A.7})$$

Q ：鋪面內的雨水暫時儲存可能量 (m^3/m^2)

H_i ：各層厚度 (cm)

V_i ：各層之連續孔隙率 (%)

$$\text{連續孔隙率}(\%) = V - (W_A - W_W) / V \quad (\text{式 A.8})$$

V ：試體體積(cm^3)

W_A ：試體在空氣中重(g)

W_W ：試體在水中重(g)

n ：構成鋪面之層數

代入

面層 $H_1 = 10 \text{ cm}$

面層 $V_1 = 14 \%$

底層 $H_2 = 35 \text{ cm}$

底層 $V_2 = 12\%$

$$\Rightarrow Q = (10/100) \cdot (14/100) + (35/100) \cdot (12/100) = 0.056 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$$

雨水暫時可儲存量 $0.056 < \text{計畫雨水處理量 } 0.07294 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$

檢核不符。

調整底層厚度為 45 cm，面層厚度為 15 cm。

以調整後之設計斷面再次核算。

$$\Rightarrow Q = (15/100) \cdot (14/100) + (45/100) \cdot (12/100) = 0.075 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$$

雨水暫時可儲存量 $0.075 > \text{計畫雨水處理量 } 0.07294 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$

檢核通過，確定最終設計厚度為 15 cm 高黏滯度瀝青面層與 45 cm

透水混凝土底層。

三、低密度再生透水混凝土底層透水性鋪面厚度設計

(一)、AASHTO 鋪面厚度設計

1. 設計參數:

設計軸重當量 $W_{18} = 10^5$

2. 材料參數:

(1) 20 萬 poise 高黏滯度瀝青面層 $M_{R1} = 2991 \text{ MPa} = 433808 \text{ psi}$ 。

(2) 低密度再生透水混凝土底層 $M_{R2} = 4481.5 \text{ MPa} = 6.5 \times 10^5 \text{ psi}$

(3) 路基 $M_{R3} = 52 \text{ MPa} = 7542 \text{ psi}$ (CBR 值約 8)

3. 統計參數:

(1) 可靠度水準 $R_L = 95\%$; $Z_R = -1.645$

(2) 臺灣地區柔性鋪面 S_0 建議值為 0.40~0.50。取中間值令 $S_0 = 0.45$

(3) ΔPSI 初期路面現況服務力指數 $P_0 = 4.0$ 終期路面現況服務力指數 $P_t = 2.0$ 。 $\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t = 2.0$

4. 計算流程

(1) 求 SN_1 (面層需要之結構強度值):

若低密度再生透水混凝土底層之 $M_{R2} = 6.5 \times 10^5 \text{ psi}$ ，然後與 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$ ， $Z_R = -1.645$ ， $S_0 = 0.45$ 及 $\Delta\text{PSI} = 2.0$ 等資料代入圖 A.1 或式 A.5 可求出 $SN_1 = 0.137$ 。

(2) 求 SN_1^* (面層設計之結構強度值):

A. 瀝青混凝土之 $a_1 = 0.394 (\log M_{R1}) - 1.787 = 0.434$ 。

B. $D_1^* \geq \frac{0.137}{0.434} = 0.31 \text{ in} = 0.78 \text{ cm}$ ，但因 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$ ，面層

最小厚度為 10 cm。

$$SN_1^* = \frac{0.434 \times 10}{2.54} = 1.7 \geq 0.137, \text{ OK}。$$

(3) 求 SN_2 (面層加底層需要之結構強度值):

若路基之 $M_{R3} = 7542\text{psi}$ ，然後與 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$ ， $Z_R = -1.645$ ， $S_o = 0.45$ 及 $\Delta\text{PSI} = 2.0$ 等資料代入圖 A.1 或式 A.5 可求得 $SN_2 = 2.486$ 。

(4) 求 D_2^* (底層設計厚度)：

若底層為透水混凝土時，需查圖 A.2，得 $a_2 = 0.177$ ，則得

$$D_2^* = \frac{2.486 - 1.7}{0.177} = 4.44\text{in} = 11.27\text{cm}，\text{因此底層厚度假設為 } 15$$

cm

鋪築結構厚度：

面層瀝青混凝土 = 10 cm

底層低密度再生透水混凝土 = 15 cm

合計 25 cm

(二)、透水功能性設計法

1. 透水功能所需厚度

將下列參數代入公式 A.6：

降雨強度 $i = 72.94\text{ mm/hr}$

降雨延時 $t = 60\text{ min}$

路基不透水，平均水力傳導係數 $k = 0\text{ (cm/sec)}$

平均孔隙率 $V = 20.9\%$

$$\Rightarrow H = (0.1 \times 72.94) \cdot \frac{100 \times 60}{60 \times 20.9} = 34.90(\text{cm})$$

將透水設計所需總厚度定為 34.90 cm，

初步決定鋪面總厚度為 35 cm。

採用 10 cm 高黏滯度瀝青面層和 25 cm 低密度再生透水混凝土。

2. 檢核設計斷面之雨水暫時儲存可能量

計算雨水暫時可儲存量，將下列參數代入之公式 A.7：

面層 $H_1 = 10 \text{ cm}$

面層 $V_1 = 14 (\%)$

底層 $H_2 = 25 \text{ cm}$

底層 $V_2 = 18.7 (\%)$

$$\Rightarrow Q = (10/100) \cdot (14/100) + (25/100) \cdot (18.7/100) = 0.0608 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$$

雨水暫時可儲存量 $0.0608 < \text{計畫雨水處理量 } 0.07294 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$

檢核不符，調整底層厚度為 35 cm ，面層厚度不變，仍為 10 cm

以調整後之設計斷面再次核算

$$\Rightarrow Q = (10/100) \cdot (14/100) + (35/100) \cdot (18.7/100) = 0.0795 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$$

雨水暫時可儲存量 $0.0795 > \text{計畫雨水處理量 } 0.07294 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$

檢核通過，確定最終設計厚度為 10 cm 高黏滯度瀝青面層與 35 cm

低密度再生透水混凝土。

四、C-40 碎石級配底層透水性鋪面厚度設計

(一)、AASHTO 鋪面厚度設計

1. 設計參數:

設計軸重當量 $W_{18} = 10^5$

2. 材料參數:

(1) 20 萬 poise 高黏滯度瀝青面層 $M_{R1} = 2991 \text{ MPa} = 433808 \text{ psi}$ 。

(2) C-40 碎石級配底層 $M_{R2} = 191.2 \text{ MPa} = 27731.2 \text{ psi}$

(3) 路基 $M_{R3} = 52 \text{ MPa} = 7542 \text{ psi}$ (CBR 值約 8)

3. 統計參數:

(1) 可靠度水準 $R_L = 95\%$; $Z_R = -1.645$

(2) 臺灣地區柔性鋪面 S_0 建議值為 0.40~0.50。取中間值令 $S_0 = 0.45$

(3) ΔPSI 初期路面現況服務力指數 $P_0 = 4.0$ 終期路面現況服務力指數 $P_t = 2.0$ 。 $\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t = 2.0$

4. 排水係數:

因底層為碎石級配料故需導入排水係數 m_i ，基底層級配料蓄水排除時間約為 1 週內，排水品質尚可。但因屬透水性鋪面，鋪面材料接近飽和之時間百分率大於 25%，對照排水係數 m_i 表 A.3，設定 $m_i = 0.8$ 。

表 A.3 柔性鋪面基底層級配料 m_i 使用表

水排除 時間	排 水 品 質	鋪面材料接近飽和程度之時間百分率			
		少於 1%	1%-5%	5%-25%	大於 25%
2 小時	優良	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
1 天	良好	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
1 週	尚可	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
1 個月	較差	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
無法排除	極差	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

5. 計算流程

(1) 求 SN_1 (面層需要之結構強度值):

若低密度再生透水混凝土底層之 $M_{R2} = 37420$ psi, 然後與 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$, $Z_R = -1.645$, $S_o = 0.45$ 及 $\Delta PSI = 2.0$ 等資料代入圖 A.1 或式 A.5 可求出 $SN_1 = 1.314$ 。

(2) 求 SN_1^* (面層設計之結構強度值):

A. 瀝青混凝土之 $a_1 = 0.394 (\log M_{R1}) - 1.787 = 0.434$ 。

B. $D_1^* \geq \frac{1.314}{0.434} = 3.03$ in = 7.70 cm, 但因 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$, 面層最小厚度為 10 cm。

$$SN_1^* = \frac{0.434 \times 10}{2.54} = 1.7 \geq 1.314, \text{ OK}。$$

(3) 求 SN_2 (面層加底層需要之結構強度值):

若路基之 $M_{R3} = 7542$ psi, 然後與 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$, $Z_R = -1.645$, $S_o = 0.45$ 及 $\Delta PSI = 2.0$ 等資料代入圖 A.1 或式 A.15 可求得 $SN_2 = 2.486$

(4) 求 D_2^* (底層設計厚度) :

若 $a_2 = 0.249 \times \log(Mr_2) - 0.977 = 0.11$, $m_2 = 0.8$, 則得

$$D_2^* = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 \times m_2} = \frac{2.486 - 1.7}{0.11 \times 0.8} = 8.93 \text{ in} = 22.66 \text{ cm} , \text{ 因此底層}$$

厚度假設為 25 cm

(5) 鋪築結構厚度 :

面層瀝青混凝土 = 10 cm

底層低密度再生透水混凝土 = 25 cm

合計 35 cm

(二)、透水功能性設計法

1. 透水功能所需厚度

將下列參數代入公式 A.6 :

降雨強度 $i = 72.94 \text{ mm/hr}$

降雨延時 $t = 60 \text{ min}$

路基不透水，平均水力傳導係數 $k = 0 \text{ (cm/sec)}$

平均孔隙率 $V = 19$

$$H = (0.1 \times 72.94) \cdot \frac{100 \times 60}{60 \times 19} = 38.39(\text{cm})$$

=>

將透水設計所需總厚度定為 38.39 cm ,

初步決定鋪面總厚度為 40 cm 。

採用 10 cm 高黏滯度瀝青面層和 30 cm C-40 碎石級配底層 。

2. 檢核設計斷面之雨水暫時儲存可能量

計算雨水暫時可儲存量，將下列參數代入之公式 A.7

面層 $H_1 = 10 \text{ cm}$

面層 $V_1 = 14 \text{ (\%)}$

底層 $H_2 = 30 \text{ cm}$

底層 $V_2 = 12$ (%)

$$\Rightarrow Q = (10/100) \cdot (14/100) + (25/100) \cdot (12/100) = 0.0608 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$$

雨水暫時可儲存量 $0.0608 <$ 計畫雨水處理量 $0.07294 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$

檢核不符

調整底層厚度為 45 cm ，面層厚度為 15 cm

以調整後之設計斷面再次核算

$$\Rightarrow Q = (15/100) \cdot (14/100) + (45/100) \cdot (12/100) = 0.075 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$$

雨水暫時可儲存量 $0.075 >$ 計畫雨水處理量 $0.07294 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$

檢核通過。

五、AASHTO 鋪面厚度設計 (C-40 碎石級配底層鋪面材料浸水狀況)

(一)、設計參數：

交通量 $W_{18} = 10^5$ (都會區次要集散街道、鄉村次要集散道路)

(二)、材料參數(浸水狀況):

1. 20 萬 poise 高黏滯度瀝青面層 $M_{R1} = 2377.9 \text{ MPa} = 344877.4 \text{ psi}$
2. C-40 碎石級配底層 $M_{R2} = 191.2 \text{ MPa} = 27731.2 \text{ psi}$
3. 路基 $M_{R3} = 35.2 \text{ MPa} = 5105.2 \text{ psi}$ (CBR 值約 8)

(三)、統計參數:

1. 可靠度水準 $R_L = 95\%$; $Z_R = -1.645$
2. 臺灣地區柔性鋪面 S_0 建議值為 0.40~0.50。取中間值令 $S_0 = 0.45$
3. ΔPSI 初期路面現況服務力指數 $P_0 = 4.0$ 終期路面現況服務力指數 $P_t = 2.0$ 。 $\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t = 2.0$

(四)、排水係數：

因考慮底層級配材料浸水狀況下，排水品質較差。但因屬透水性鋪面，鋪面材料接近飽和之時間百分率大於 25%，參照表 A.3，設定 $m = 0.6$ 。

(五)、計算流程:

1. 求 SN_1 (面層需要之結構強度值):

若底層碎石級配料之 $M_{R2} = 27731.2 \text{ psi}$ ，然後與 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$ ， $Z_R = -1.645$ ， $S_0 = 0.45$ 及 $\Delta\text{PSI} = 2.0$ 等資料代入圖 A.1 或式 A.5 可求出 $SN_1 = 1.494$ 。

2. 求 SN_1^* (面層設計之結構強度值):

瀝青混凝土之 $a_1 = 0.394 (\log MR_1) - 1.787 = 0.395$ 。

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1.494}{0.395} = 3.78$$

in = 9.60 cm，面層最小厚度為 10 cm。

$$SN_1^* = \frac{0.395 \times 10}{2.54} = 1.55 \geq 1.494, \text{ OK}。$$

3. 求 SN_2 (面層加底層需要之結構強度值)：

若路基之 $M_{R3} = 5105.2$ psi，然後與 $W_{18} = 1.0 \times 10^5$ ， $Z_R = -1.645$ ， $S_o = 0.45$ 及 $\Delta PSI = 2.0$ 等資料代入圖 A.1 或式 A.5 可求得 $SN_2 = 2.86$ 。

4. 求 D_2^* (底層設計厚度)：

若 $a_2 = 0.249 (\log MR_2) - 0.977 = 0.129$ ， $m = 0.6$ ，則得

$$D_2^* = \frac{2.86 - 1.55}{0.129 \times 0.6} = 17.05 \text{ in} = 43.31 \text{ cm} = 45 \text{ cm}$$

5. 鋪築結構厚度：

面層瀝青混凝土 = 10 cm

底層碎石級配料 = 45 cm

合計 55 cm

(六)、檢核設計斷面之雨水暫時儲存可能量

「鋪裝設計施工指南」依計算雨水暫時可儲存量之公式如下式：

面層 $H_1 = 10$ cm

面層 $V_1 = 14$ %

底層 $H_2 = 45$ cm

底層 $V_2 = 12$ %

$$Q = (10/100) \cdot (14/100) + (45/100) \cdot (12/100) = 0.068 \text{ (m}^3/\text{m}^2)$$

單位面積可儲存 68 mm 之雨量

六、厚度檢核

經由各設計法及材料強度計算，厚度如表 A.4 所示。

(一)、透水混凝土以透水功能性設計法才能滿足暫時可儲存量之理想設計，因此採用透水估能設計法所計算之厚度。

(二)、低密度再生透水混凝土以透水功能性設計法才能滿足暫時可儲存量之理想設計，因此採用透水估能設計法所計算之厚度。

(三)、C-40 碎石級配以透水功能性設計法才能滿足暫時可儲存量之理想設計，且強度折減過後，其厚度亦低於透水功能性設計法所計算之厚度，因此採用透水功能性設計法所計算之厚度。

表 A.4 厚度檢核

設計方法	透水功能性設計			AASHTO 法			
				未浸水			浸水
面層(cm)	15	10	15	10	10	10	10
底層 (cm)	45 透水混 凝土	35 低密度 再生透 水混凝 土	45 C-40 碎 石級配	10 透水混 凝土	15 低密度 再生透 水混凝 土	25 C-40 碎 石級配	45 C-40 碎 石級配
總厚度 (cm)	60	45	60	20	25	35	55
暫時可儲 存之雨量 (mm)	75	79.5	75	26	42	44	68

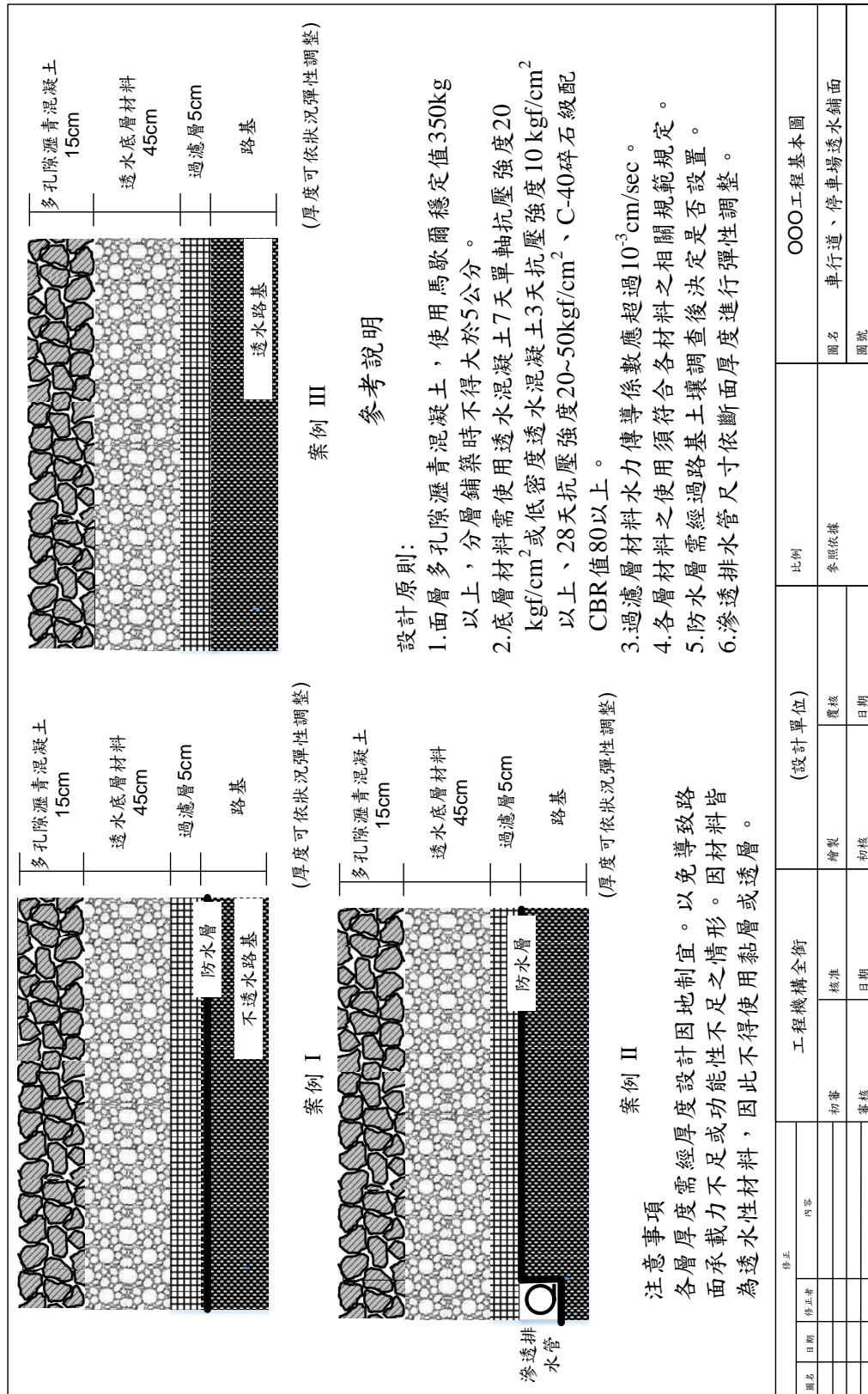


圖 A.4 車道、停車場建議施工圖說

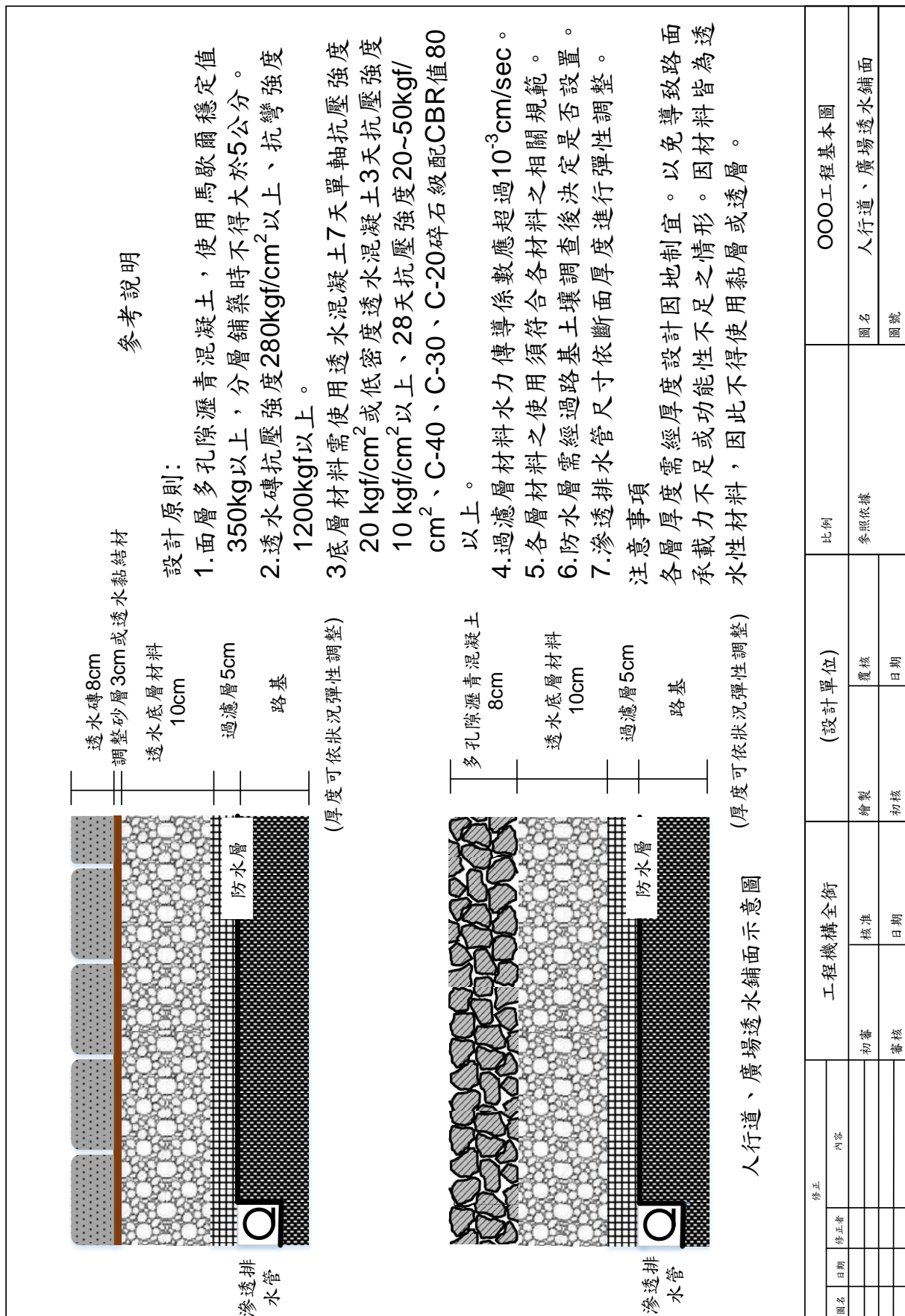


圖 A.5 人行道、廣場建議施工圖說

B、透水性鋪面專家諮詢系統建置

一、系統設計原理

系統主要根據英國之 Interpave 設計手冊中進行其設計流程之擬定，由其設計方法可發現其已將降雨量之觀念導入設計方法中，以供未來國內透水性鋪面設計之參考。

專家問卷：

系統以透水性鋪面諮詢系統為主題，利用專家問卷的方式，擷取專家經驗與看法，架構透水性鋪面專家諮詢系統。系統內容包括規劃調查、鋪面設計、材料與施工檢驗、鋪面維護與歷史資料庫。本系統還可對不同施工方式、材料使用進行工程成本的計算，以作為資源分配之依據。此外，以往鋪面軟體的開發僅以單機版為限，本系統以網路版的架設方式，透過網路資訊的互流，整合透水性鋪面工程案例與專家經驗，可做為未來透水性鋪面的設置與相關研究之參考依據。



圖 B.1 透水性鋪面資料庫專家系統

二、系統因子架構

系統初擬透水性鋪面專家諮詢系統架構問卷後，依據修正式德爾菲法對回收問卷因子項目執行收斂性檢定，最後擬定系統因子，以架構諮詢系統開發之參考。圖 B.2 為本研究之建立系統架構流程圖；圖 B.3 為系統建置主要五大構面：規劃調查、設計、施工與材料檢驗、維護與系統管理。

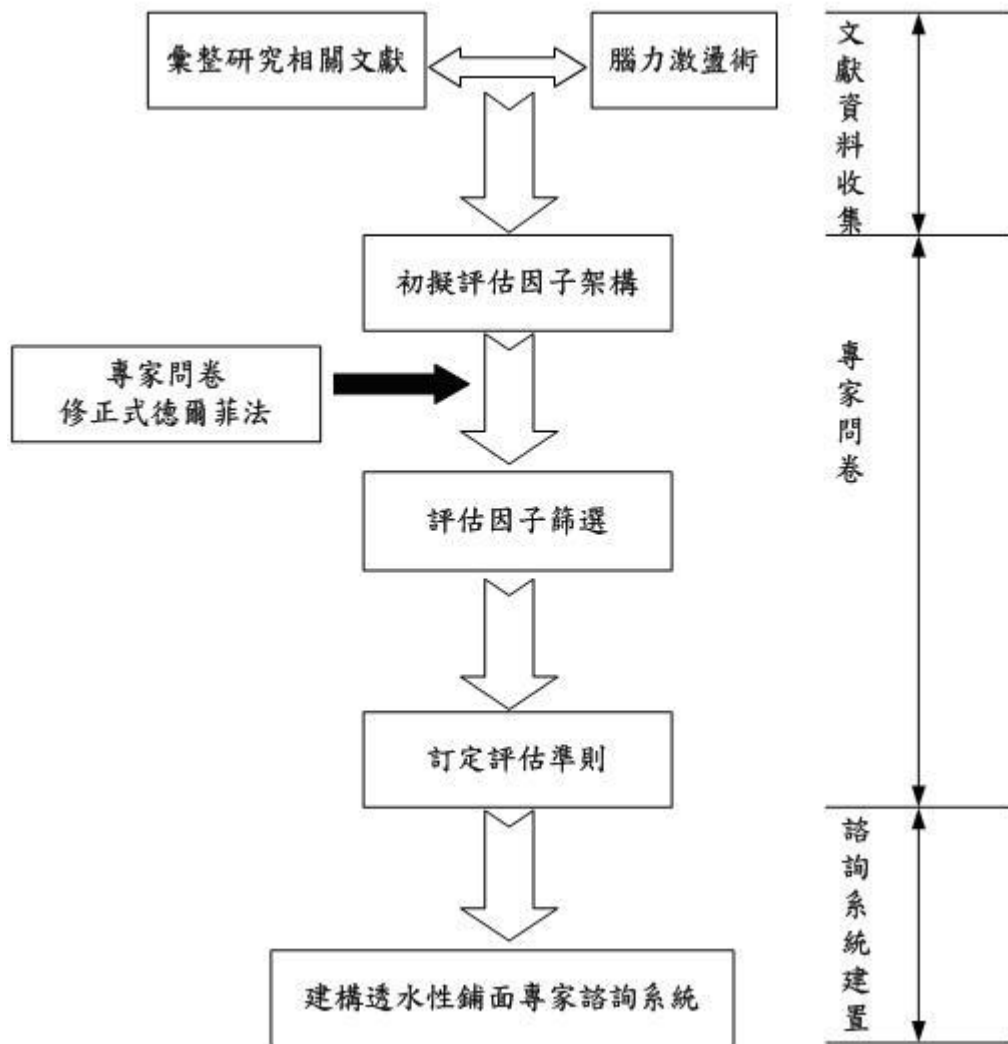


圖 B.2 建立系統架構之流程圖

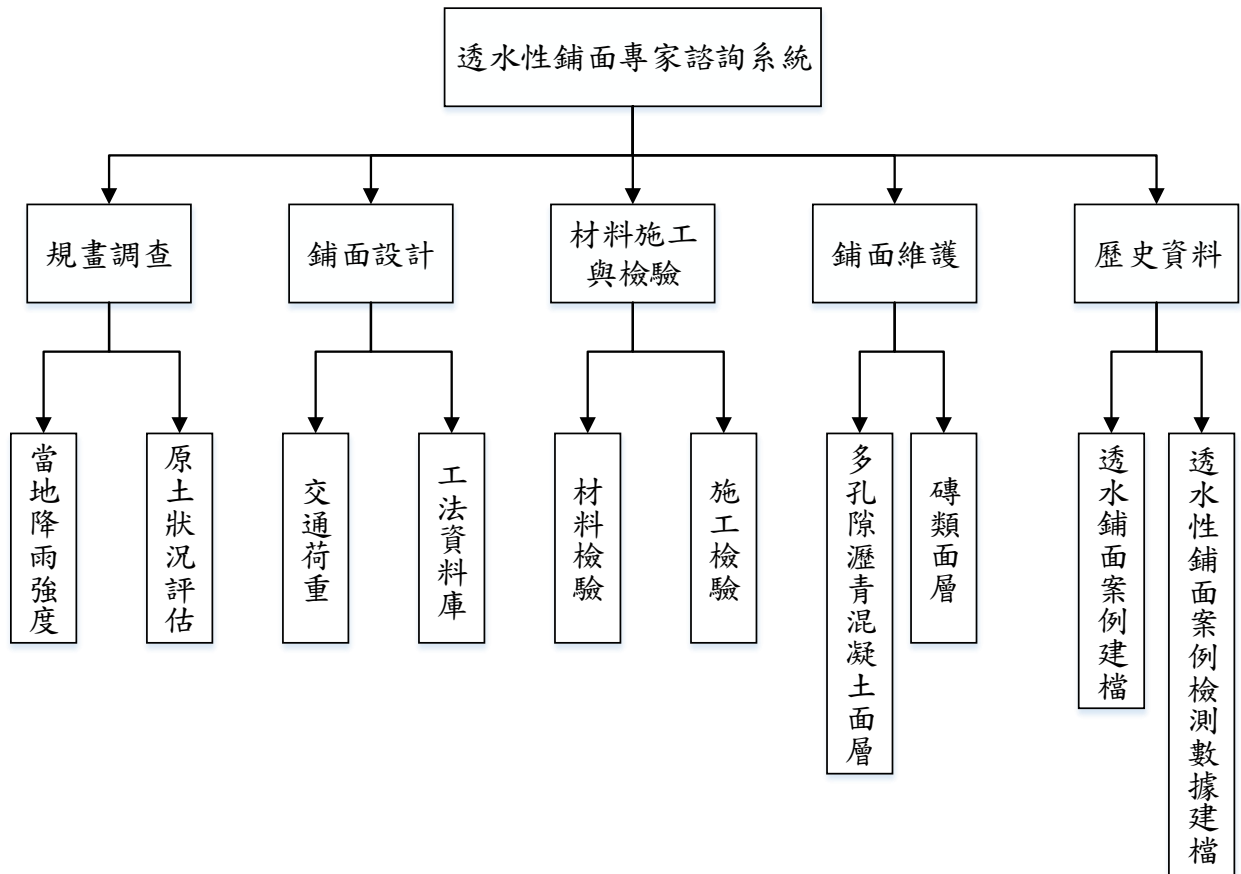


圖 B.3 諮詢系統架構圖

三、系統建構

本系統共分為規劃調查、鋪面設計、材料與施工檢驗、鋪面維護及案例紀錄五大子系統。以下針對各子系統架構概念進行說明：

(一)、規劃調查

規劃調查子系統包含工址基本資料、建築項目以及選址評估。建築項目規劃之目的在於判斷是否進行保水性指標的計算。依建築技術規則設計施工篇促進建築基地涵養、貯留、滲透雨水功能之設計。選址評估則有降雨強度與原土狀況評估；以日本東京透水性鋪面標準規範為例，都會區內河川及地下水等的設計上所使用的降雨強度 40-50 mm/ hr 的雨水必需全部滲透。

在工程實務上，土壤參數與純土壤力學的情況並不相同，須加以理想化，以利於實際之設計與分析。因此工址調查的最終工作目標是對地盤或

土層作明在工程實務上，土壤參數與純土壤力學的情況並不相同，須加以理想化，以利於實際之設計與分析。因此工址調查的最終工作目標是對地盤或土層作明確的區分，並求出代表各土層之土壤參數。而透水性鋪面之工址調查首先必須採用表層土壤取樣法來取得試樣，其中選取土樣分為原狀土樣、非原狀土樣及路基 R 值取樣三類，不同之取樣方式可實行不同之試驗，以求的土壤參數，而方便將現地土壤依統一土壤分類法進行分類，能夠有效的利用現地土壤，來進行透水性鋪面之選址工作。統一土壤分類法步驟如下：

- 1、假如試樣通過 $75\ \mu\text{m}$ (No.200)篩部份 50%或更多（乾重），定義為細顆粒土壤。
- 2、若試樣停留於 $75\ \mu\text{m}$ (No.200) 篩部份超過 50%（乾重），定義為粗顆粒土壤。細顆粒土壤的分類步驟通過 $75\ \mu\text{m}$ (No.200) 篩部份等於或大於 50%。
- 3、若在塑性指數對液性限度圖（圖 D.4），落於‘A’線上或高於‘A’線，而塑性指數大於 4，且有機物質不影響，則土壤屬無機質粘土。
- 4、若液性限度低於 50，見圖 D.4 之 CH 區，土壤分類為低塑性粘土 (CL)。
- 5、若液性限度等於或大於 50，見圖 D.4 之 CH 區，土壤分類為高塑性粘土(CH)。若液性限度大於 110 或塑性指數大於 60，塑性圖可按原比例延伸 A 線按原斜率伸長。
- 6、若於塑性指數對液性限度圖的位置落於，“A”線上或高於“A”線，且塑性指數範圍為 4 至 7，見圖 D.4 之 CL-ML 區，則土壤分類為粉土質粘土(CL-ML)。

- 7、若位於圖 D.4 之塑性指數對液性限度圖的“A”線以下，或塑性指數低於 4，且有機質物質不影響所決定之液性限度，則土壤為無機質粉土。
- 8、若液性限度低於 50 見圖 D.4 為 ML 區，土壤分類為粉土(ML)。
- 9、若液性限度等於或大於 50 見圖 D.4 為 MH 區，土壤分類為彈性粉土(MH)。
- 10、若具有足夠量的有機物質以影響，所決定之液性限度，則土壤為有機質粉土或粘土。
- 11、若土壤顏色為深色，且在溫濕下含有機質臭味，應將試樣於 110 °C 下烘乾至常重，並做第二次之液性限度試驗，一般烘乾時間超過一個晚上。
- 12、若烘乾後之液性限度低於原樣品，烘乾前所決定液性限度(參閱 ASTM D2217 之步驟 B)75 %，則土壤為有機質粉土或有機質粘土。
- 13、若液性限度未烘乾低於 50%，土壤分類為有機質粉土或有機質粘土(OL)。若塑性指數低於 4，或位於塑性指數對液性限度圖之“A”線以下，土壤分類為有機質粉土(OL)；若塑性指數等於或大於 4，且在塑性指數對液性限度圖之位置落在或高於“A”線，土壤分類為有機質粘土(OL)見圖 D.4 之 OL 或 CL-ML 區。
- 14、若液性限度(未烘乾)等於或大於 50，土壤分類為有機質粘土或有機質粉土(OE)。若在塑性指數對液性限度圖之位置落於“A”線下，土壤分類為有機質粉土(OH)；若在塑性指數對液性限度圖之位置落在或高於“A”線，土壤分類為有機質粘土(OH)，見圖 D.4 之 OH 區。

- 15、若試驗樣品停留於 75 μm (No.200)篩佔 30 % 或 15 % 及以上 “含有砂及礫石” 之字應加入群名，例如含砂低塑性粘土(CL)，含砂及礫石粉土(ML)。
- 16、若試驗樣品停留於 75 μm (No.200)篩等於或大於 30 %，“砂質或礫石質” 字應加入群名，若試驗樣品停留於 75 μm (No.200)篩等於或大於 30 %，且粗顆粒部份主要為砂，則加 “砂質” 字眼；若試驗樣品停留於 75 μm (No.200)篩等於或大於 30%，且粗顆粒部份主要為礫石，則加礫石質字眼，例如砂質低塑性粘土 (CL)、礫石質高塑性結黏土(CH)、砂質粉土(ML)。
- 17、粗顆粒土壤分類步驟停留在 75 μm (No.200)篩，超過 50%。
- 18、若停留在 4.75 mm(NO.4)篩的粗料大於 75 μm (No.200)篩，大於 50%，則土壤分類為礫石。
- 19、若通過 4.75 mm(No.4)篩的粗料大於 75 μm (No.200)篩，等於或大於 50 %，則土壤定義為砂。
- 20、若試驗樣品通過 75 μm (No.200)等於或少於 12 %，並以方程計算均勻係數 C_u 及曲率係數 C_c ：
$$C_u = D_{60} / D_{10} ; C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60}) \quad (\text{式 B.1})$$
式中
D10，D30 及 D60 為累積粒徑分佈曲線通過百分率為 10、30、60 % 所對之粒徑。
- 21、若試樣通過 75 μm (No.200)篩少於 5 %，土壤分類為良好級配礫石(GW)，或良好級配砂(SW)，若 C_u 大於是 1.0 則為礫石， C_u 大於 6.0 則為砂，而 C_c 在 1.0 至 3.0 之間。
- 22、若試樣通過 75 μm (No.200)篩少於 5 %，而 C_u 或 C_c 之一不通於級配良好土壤，則土壤分類為貧級配礫石(GP)，或貧級配砂(SP)。

- 23、若試樣通過 75 μm (No.200)篩大於 12 %，土壤應被考慮為含細料之粗顆粒土壤，細料依據圖 D.4 之塑性指數對液性限度圖決定為粘土質或粉土質。
- 24、若細料為粘土質，而圖 D.4 之塑性指數對液性限度圖之位置落在或高於“A”線，且塑性指數大於 7，則土壤分類為肥土質礫石(GC)或粘土質砂(Sc)。
- 25、若細料為粉土質，而圖 D.4 之塑性指數對液性限度圖之位置低於“A”線，或塑性指數低於 4.0，土壤分類為粉土質礫石(GM)或粉土質砂(SM)。
- 26、若細料為粉土質粘土(CL-ML)，粗料為礫石，土壤分類為粉土質粘土質礫石(GC-GM)；粗料為砂，土壤分類為粉土質粘土質砂(SC-SM)。
- 27、若試樣通過 75 μm (No.200)篩 5 %至 12 %，土壤則使用兩個群號做雙重分類。
- 28、第一個群號對應的是具有少於 5 %細料的礫石或砂 (GW、GP、SW、SP)，而第二個群號對應具有超過 12 %細料之礫石或砂 (GC、GM、SC、SM)。
- 29、群名對應於第一個群號加“含粘土”或“含粉土”，以指出細料之塑性特性。例如：含粘土級配良好礫石(GW-GC)；含粉土級配不良砂(SP-SM)，若細料為粉土質粘土(CL-ML)第二個群號應為 GC 或 SC 之一。例如：不良級配砂含 10 %細料，液性限度為 20，且塑性指數為 6，則可能分類為含粉土質粘土級配不良砂(SP-SC)。
- 30、若樣品主要是砂或礫石含有 15 %或更多的其它顆粒組織，群名應加上“含礫石”或“含砂”，例如：含砂之礫石，含礫石之粉質砂。

31、若工地樣品含有任何卵石或巨石或兩者皆有，群名應加上“含卵石”或“含巨石”之石粉土質礫石(GM)。

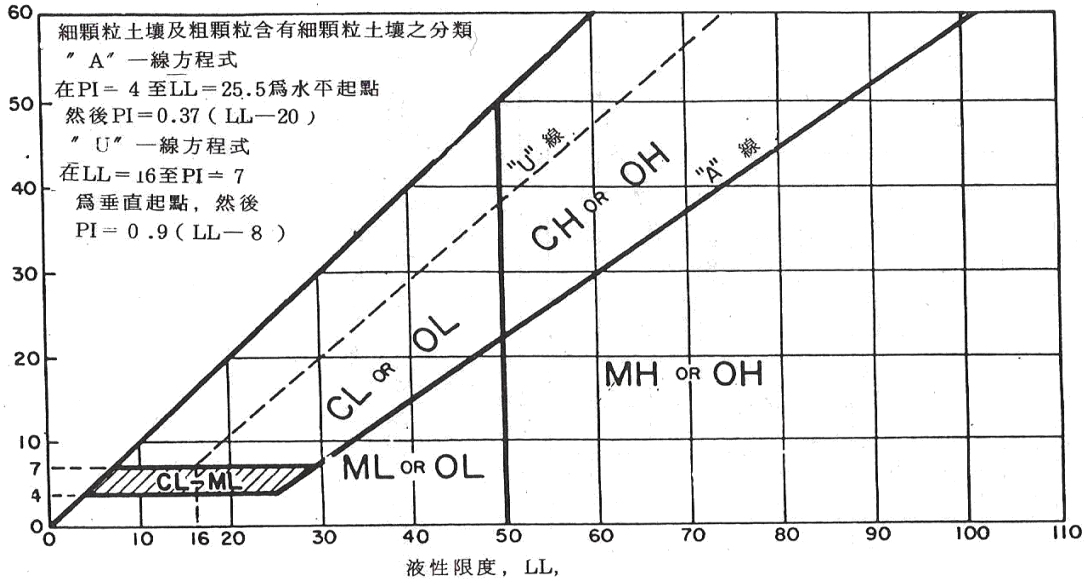


圖 B.4 塑性圖

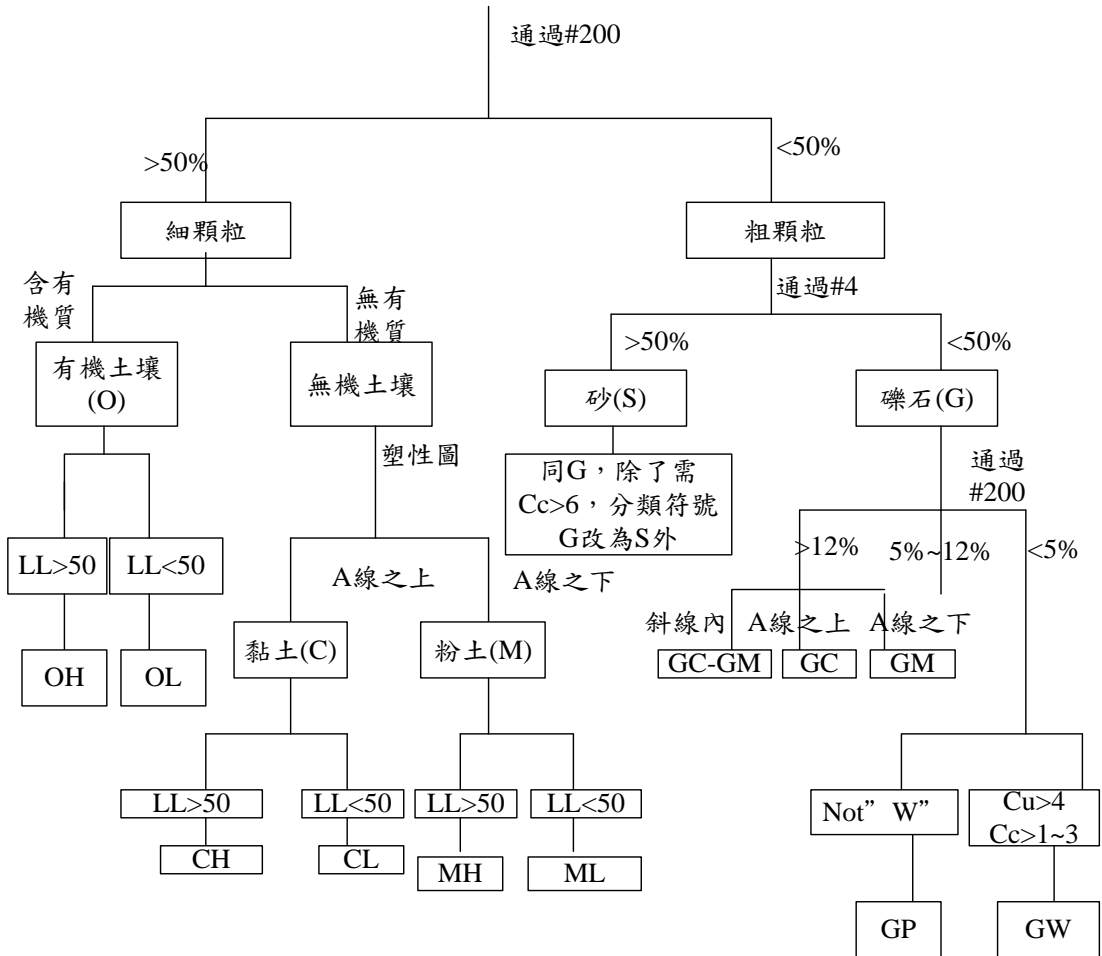


圖 B.5 統一土壤分類法流程

(二)、鋪面設計子系統

此項子系統包含厚度設計流程與斷面設計工法資料庫；透水性鋪面設計法除考量結構安全性外，尚需針對其功能性做考量。透水性鋪面厚度會影響其表面溢流與基地保水效果；以往鋪面厚度設計為了排除水因子對瀝青混凝土面層的剝脫與底層材料強度的折減，設計考量以排水為主。目前強調鋪面保水原則下，傳統的厚度設計方式需做修正，礙於國內目前透水性鋪面於起步階段，設計規範尚未完備，因此鋪面設計子系統厚度設計部份乃引用國外發展經驗公式。本子系統流程如圖 B.6 示。

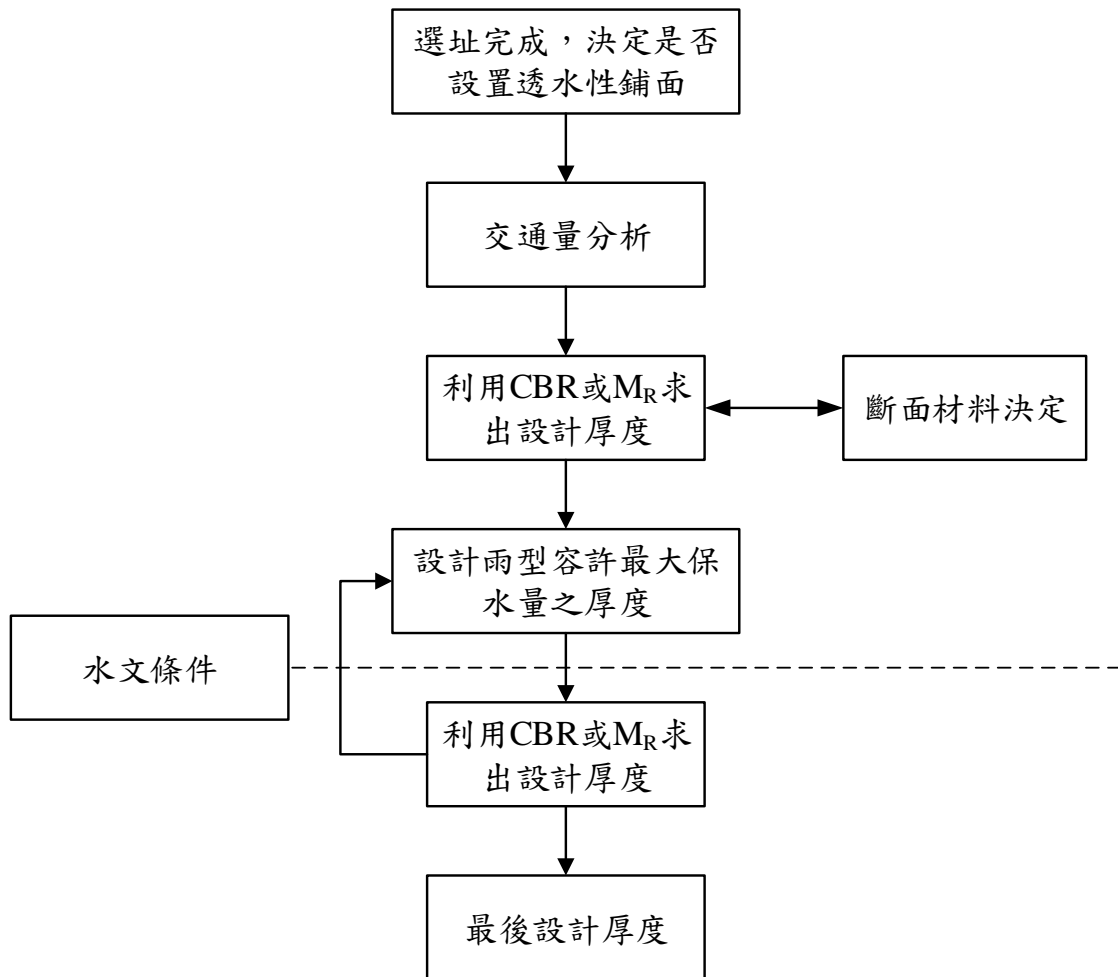


圖 B.6 鋪面設計子系統流程

(三)、材料與施工驗收子系統

材料與施工的檢驗影響鋪面建置後成效的表現。本子系統建構方式乃以材料與施工之驗收項目為主要內容。磚類材料驗收規範依據除以 CNS 13295 高壓混凝土磚檢驗標準外，還對於磚類水力傳導係數進行試驗。透水瀝青混凝土方面則對於骨材、瀝青膠泥、纖維材料進行檢驗規範值的建置，可藉由試驗結果的輸入，迅速判斷材料之良窳。施工成效檢驗方面，系統主要針對規範要求之鋪面各層水力傳導係數、基底層材料強度、基底層壓實度做建置。

(四)、鋪面維護子系統

鋪面從開始鋪設到銑鈹整個生命週期裡，鋪面適時的維護除了可有效延長使用年限外，亦可降低社會成本。對於鋪面維護手冊以電子系統化的建立可減輕工程人員的負擔外，透過網路的傳輸，可將維修資訊立即傳至工程人員，以做為現場鋪面維修判斷之參考。

(五)、案例紀錄子系統

透水性鋪面尚於發展階段，因此相關案例的紀錄與建檔可作為未來於規劃設計時資料的回饋，經由資料長期的回饋與紀錄，可做為未來透水性鋪面規劃設計之準則依據。

C、透水性鋪面規範彙整

表 C1 現行規範彙整

規範	施工綱要規範第 02794 章透水性鋪面之一般要求	施工綱要規範第 03341 章低密度再生透水混凝土	經濟部水利署施工規範第 03378 章多孔混凝土																																																																										
產品	<ol style="list-style-type: none"> 單位重(kg/m³)1500~2000。 坍度(mm) (底層) 0~50、(基層) 0~160。 3 天抗壓強度(kg f/cm²) (底層) 10 以上、(基層) 5 以上。 28 天抗壓強度(kg f/cm²) (底層) 25~50 以上、(基層) 15~40 以上。 透水量(ml/15sec) (底層) 600 以上、(基層) 300 以上。 	<ol style="list-style-type: none"> 抗壓強度約在[200 psi(1.5 Mpa)~2000 psi(14 Mpa)]之間。 其水力傳導係數隨含砂量而不同，一般均大於[10⁻³cm/sec]。 	<ol style="list-style-type: none"> 藉由配合設計(由均勻級配之粗粒料、微量或無細粒料、且無足量之水泥漿)與製程控制其特性以達適合之強度、高透水性、無析離與無垂流等工程需求。其性能隨粒料粒徑大小與水泥漿體含量而不同，水力傳導係數一般均大於每秒 10⁻³ cm/sec、孔隙率大於 20%、垂流量≤1%。 																																																																										
材料與配比設計	<ol style="list-style-type: none"> 粗粒料應為單一級配。如 10~20 mm、10~30 mm 等，不宜小於 5 mm 或大於 40 mm。 粗粒料至少須含[90%][](重量比)破碎顆粒，且該破碎顆粒至少須具[一個][]破碎面。 粗粒料之扁平率應小於 15%，粒料含泥量應小於 1%。 <table border="1" data-bbox="145 885 622 1177"> <thead> <tr> <th>水泥：粒料</th> <th>水灰比</th> <th>水泥 Kg/m³</th> <th>用水量 Kg/m³</th> <th>碎石 Kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:10</td> <td>0.364</td> <td>157</td> <td>57</td> <td>1570</td> </tr> <tr> <td>1:10</td> <td>0.582</td> <td>152</td> <td>88</td> <td>1520</td> </tr> <tr> <td>1:12</td> <td>0.408</td> <td>133</td> <td>54</td> <td>1597</td> </tr> <tr> <td>1:15</td> <td>0.41</td> <td>107</td> <td>44</td> <td>1598</td> </tr> <tr> <td>1:8</td> <td>0.35</td> <td>201</td> <td>70</td> <td>1608</td> </tr> <tr> <td>1:10</td> <td>0.36</td> <td>158</td> <td>57.5</td> <td>1580</td> </tr> </tbody> </table>	水泥：粒料	水灰比	水泥 Kg/m ³	用水量 Kg/m ³	碎石 Kg/m ³	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	<ol style="list-style-type: none"> 參考水泥用量為[125]kg/m³。 道路開挖土石料及水泥混凝土回收料，限使用停留於 0.60 mm(No.30)試驗篩以上粒料。 回收瀝青混凝土粒料限使用瀝青老化黏度 50,000poises 以上或針入度 15 以下粒料，且使用量不得超過粒料總量之[30]%。 用於底層或基層之粒料最大粒徑不得超過 37.5 mm。 	<ol style="list-style-type: none"> 粗粒料建議使用六分石(粒徑約介於 10~20 公釐)、三分石(粒徑約介於 5~10 公釐)粒群及單一粒徑(如: 3/4 英吋、1/2 英吋、3/8 英吋與 No.4)或同等材料中的適合者。 粗粒料之規定除粒徑外，其餘均須符合 CNS 1240 中對粗粒料之規定。 同一標稱抗壓強度之多孔混凝土，其契約總量大於[2000 立方公尺]時，需進行配比設計與配比試拌。 配比設計所提送資料中至少須包括下列資料： <ol style="list-style-type: none"> 水泥及添加物照第 03052 章 1.6 項「資料送審」之各款文件。 粒料物理性質試驗結果。 粒料與水泥之重量比。 水與水泥之重量比，或水與膠結料之重量比。 多孔混凝土抗壓強度(fc') (6 種齡期以上)與孔隙率。 <p>建議配比表：</p> <table border="1" data-bbox="1227 1120 2112 1386"> <thead> <tr> <th>骨材粒徑</th> <th>水灰比</th> <th>骨材量 (Kg/M³)</th> <th>水泥 (Kg/M³)</th> <th>水 (Kg/M³)</th> <th>抗壓強度 (Kg/cm²)</th> <th>垂流量 (%)</th> <th>孔隙率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">三分石 (5~10 公釐)</td> <td rowspan="5">0.25</td> <td rowspan="5">1475</td> <td>189.66</td> <td>47.42</td> <td>30</td> <td rowspan="5">0</td> <td>43.0</td> </tr> <tr> <td>227.60</td> <td>56.90</td> <td>34</td> <td>42.6</td> </tr> <tr> <td>265.53</td> <td>66.38</td> <td>36</td> <td>42.3</td> </tr> <tr> <td>303.46</td> <td>75.87</td> <td>41</td> <td>41.6</td> </tr> <tr> <td>174.31</td> <td>52.29</td> <td>44</td> <td>39.8</td> </tr> <tr> <td>0.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	骨材粒徑	水灰比	骨材量 (Kg/M ³)	水泥 (Kg/M ³)	水 (Kg/M ³)	抗壓強度 (Kg/cm ²)	垂流量 (%)	孔隙率 (%)	三分石 (5~10 公釐)	0.25	1475	189.66	47.42	30	0	43.0	227.60	56.90	34	42.6	265.53	66.38	36	42.3	303.46	75.87	41	41.6	174.31	52.29	44	39.8	0.30					0	
水泥：粒料	水灰比	水泥 Kg/m ³	用水量 Kg/m ³	碎石 Kg/m ³																																																																									
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																																																																									
骨材粒徑	水灰比	骨材量 (Kg/M ³)	水泥 (Kg/M ³)	水 (Kg/M ³)	抗壓強度 (Kg/cm ²)	垂流量 (%)	孔隙率 (%)																																																																						
三分石 (5~10 公釐)	0.25	1475	189.66	47.42	30	0	43.0																																																																						
			227.60	56.90	34		42.6																																																																						
			265.53	66.38	36		42.3																																																																						
			303.46	75.87	41		41.6																																																																						
			174.31	52.29	44		39.8																																																																						
	0.30					0																																																																							

規範	施工綱要規範第 02794 章透水性鋪面之一般要求	施工綱要規範第 03341 章低密度再生透水混凝土	經濟部水利署施工規範第 03378 章多孔混凝土							
						209.17 244.03 278.89 161.25 193.50 225.75 258.00 150.01 180.01 210.01 240.02	62.75 73.21 83.67 56.44 67.72 79.01 90.30 60.00 72.01 84.01 96.01	46 46 59 49 58 67 63 51 59 84 70	0 0	39.0 38.2 38.8 37.8 37.0 33.2 34.0 34.5 33.9 34.0 34.9 37.8 37.6 36.8 36.0 41.5 41.2 38.6 37.6 39.2 38.6 35.0 36.6 38.2 37.9 33.6 31.5
施工	<p>1. 拌和及運送 要特別注意乾燥或日曬造成之粒料過熱以及拌和溫度之變化。 冬季施工或長距離運送時，必須特別注意溫度之保持。</p> <p>2. 鋪平 進行人工鋪設時，在混合物溫度未降低前，必須迅速進行鋪設，而且必須注意材料有無產生析離之現象。 進行機械鋪設時，必須注意以人工修正時會產生表面性質改變及無法均勻地修飾等現象。</p> <p>3. 接縫</p>	<p>1. 為避免施工過程影響道路基、底層填築時，應使用整平工具或鋪裝機施作，且底層於乾固後，表面以 3m 直規平行於或垂直於路幅中心線測量時，其高低差不得大於 1.5 cm。</p> <p>2. 混凝土滲透性及單位重，建議整平工具使用總重 3 t 以下之滾壓機械。</p>	六分石 (10~20 公釐)	1544					<p>1. 澆置前之準備 預埋物應依照設計圖說位置準確定位並妥為固定，澆置多孔混凝土時應注意防止預埋物之發生位移。 澆置前之通知：澆置多孔混凝土應於[24 小時]前通知工程司。未經工程司同意，不得於構造物之任何部位澆置多孔混凝土。</p> <p>2. 運送設備 多孔混凝土運送機具可採具傾卸功能之卡車或混凝土預拌車，惟利用可傾卸式卡車運送時，必須有防止多孔混凝土水份散失措施（如：裝載完成後，立刻蓋上防水布，直到澆置前必須保持覆蓋狀態）。</p> <p>3. 準備工作 將堤防護岸基礎所在之表面整平夯實，依設計鋪設濾層以防止土壤材料之析出。 澆置前經工程司檢查符合規定後，始得進行澆置多孔混凝土。</p> <p>4. 一般規定 澆置多孔混凝土前，應先清除模板面及接觸面之雜物。 多孔混凝土因為比表面積很大，水泥漿較少之故，須特別留意材料的乾燥問題。</p>	

規範	施工網要規範第 02794 章透水性鋪面之一般要求	施工網要規範第 03341 章低密度再生透水混凝土	經濟部水利署施工規範第 03378 章多孔混凝土																										
	透水性鋪面鋪設時，由於橫縫、縱縫及構造物間之續接部分特別容易成為鋪設弱點，必須充份進行壓實及接著作業。 工作縫是利用鋪設型板，以垂直方式施工避免重疊。		<p>運搬及澆置之際，從多孔混凝土出貨至澆置為止的時間，以低於 60min 為宜。利用具傾卸功能之車輛運搬過程中，骨材與漿體有分離的可能性，於澆置前再予多孔混凝土攪拌均勻。</p> <p>混凝土應連續澆置且應以適當之厚度分層澆置，並應於下層混凝土凝結前澆置上層混凝土，一般上下層間之澆置間隔時間不超過 45min，以免形成脆弱面。</p> <p>5. 夯實 以挖土機進行夯實時，如同以機械夯實土坡的要領，以挖槽斜面來按壓之。利用振動壓路機進行夯實時，均等的將所定之鋪設厚度攤平後，進行夯實工作，並分層夯實直到設計厚度為止。 進行填充工時，為了防止漿體化之填充材漏出，在多孔混凝土澆置前有時應依設計預先鋪設過濾材。</p> <p>6. 施工接縫 依本署施工規範第 03310 章--結構用混凝土規定辦理。</p> <p>7. 養護 多孔混凝土在澆置後立即以充分吸水的麻布或帆布覆蓋，防止多孔混凝土表面乾燥，及依施工網要規範第 03390 章--混凝土養護規定連續養護 7 日以上。</p>																										
檢驗	---	<p>1. 混凝土填築時，承包商應依 CNS 1176 進行[坍度]試驗，並記錄於自主檢查表，提送工程司備查，試驗頻率不得少於抗壓強度試驗組數之[1]倍。</p> <p>2. 施工期間，每日施工數量依各種齡期至少取樣一組(3 個/組)，並按 CNS 1231 製作圓柱試體，於出廠 3 天後及 28 天檢驗其抗壓強度。</p> <p>3. 基層、底層於乾固後，依現場透水試驗法評估透水性能。每[1000]m² 應配合檢測透水性一組(每組 5 點求取平均值)，檢測之位置由隨機方式產生或由工程司指定。</p>	<p>1. 新拌多孔混凝土的品質管理 卸貨時新拌多孔混凝土的品質檢驗項目、方法、時機與頻率依下表辦理，未達允收標準不得施作並予退料。</p> <table border="1" data-bbox="1211 810 2125 1042"> <thead> <tr> <th data-bbox="1211 810 1323 850">項目</th> <th data-bbox="1323 810 1570 850">試驗方法</th> <th data-bbox="1570 810 1951 850">試驗時機與頻率</th> <th data-bbox="1951 810 2125 850">允收標準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1211 850 1323 943">孔隙率</td> <td data-bbox="1323 850 1570 943">新拌多孔混凝土孔隙率測定試驗[註 1]</td> <td data-bbox="1570 850 1951 1042" rowspan="2">混凝土送達施工現場時；1 次/100 立方公尺</td> <td data-bbox="1951 850 2125 943">為設計值之± 15%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1211 943 1323 1042">垂流量</td> <td data-bbox="1323 943 1570 1042">垂流量試驗[註 1]</td> <td data-bbox="1951 943 2125 1042">2% 以內</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. 硬固多孔混凝土的品質管理 硬固多孔混凝土的品質檢驗項目、試驗方法與頻率依下表辦理，未符判定基準依評估不合格之規定處理。</p> <table border="1" data-bbox="1211 1137 2125 1262"> <thead> <tr> <th data-bbox="1211 1137 1323 1262">種類</th> <th data-bbox="1323 1137 1391 1262">試驗項目</th> <th data-bbox="1391 1137 1496 1262">試驗方法</th> <th data-bbox="1496 1137 1809 1262">試驗頻率</th> <th data-bbox="1809 1137 1912 1262">試體採樣時期與試體材齡</th> <th data-bbox="1912 1137 2125 1262">判定基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				項目	試驗方法	試驗時機與頻率	允收標準	孔隙率	新拌多孔混凝土孔隙率測定試驗[註 1]	混凝土送達施工現場時；1 次/100 立方公尺	為設計值之± 15%	垂流量	垂流量試驗[註 1]	2% 以內	種類	試驗項目	試驗方法	試驗頻率	試體採樣時期與試體材齡	判定基準						
項目	試驗方法	試驗時機與頻率	允收標準																										
孔隙率	新拌多孔混凝土孔隙率測定試驗[註 1]	混凝土送達施工現場時；1 次/100 立方公尺	為設計值之± 15%																										
垂流量	垂流量試驗[註 1]		2% 以內																										
種類	試驗項目	試驗方法	試驗頻率	試體採樣時期與試體材齡	判定基準																								

規 範	施工網要規範第 02794 章透水性鋪面之一般要求	施工網要規範第 03341 章低密度再生透水混凝土	經濟部水利署施工規範第 03378 章多孔混凝土					
			硬 固 多 孔 混 凝 土	抗 壓 強 度	參 照 CNS 1232	每 100 立方公尺採取 1 次及每澆置 1 日採取 1 次以上之試體。而且 1 次試驗須提供 3 個試體供試。	試 驗 齡 期 28 天	任 1 個試體均不得低於 0.85fc'，且平均抗壓強度須等於或超過 fc'。
				孔 隙 率	孔 隙 率	每 100 立方公尺採取 1 次，不足 100 立方公尺者，以 100 立方公尺計。而且 1 次試驗須提供 3 個試體供試。	試 驗 齡 期 28 天	任 1 個試體均不得低於 0.85 設計值，且平均孔隙率須等於或超過設計值。
				鑽 心 抗 壓 強 度	參 照 CNS 1232	每 100 立方公尺採取 1 次試體，未滿 100 立方公尺者亦須 1 次。而且 1 次試驗須提供 3 個試體供試。	施 工 後 所 採 取 的 試 體， 試 驗 齡 期 28 天	任 1 個試體均不得低於 0.70fc'，且平均抗壓強度須等於或超過 0.80fc'。