

第 02794 章 V3.0

透水性鋪面

1. 通則

1.1 本章概要

1.1.1 說明透水性鋪面工程中之材料配合設計、檢驗、施工及養護等相關規定。

1.1.2 透水性鋪面的型式包括多孔隙瀝青混凝土鋪面(porous asphalt)、無細粒料混凝土(No-fines concrete)、連鎖磚(open-celled stones)及礫石鋪面(gravel pave)等為使雨水通過人工鋪築多孔隙鋪面，直接滲入路基，而具有使水還原於地下之性能，可減輕地下排水道負擔、延緩洪峰流量並可減緩熱島效應，進而達到生態效益。

1.1.3 透水性鋪面強度低於傳統瀝青或水泥鋪面，因此適用於輕交通量及低承載之路面，如人行道、停車場、廣場等，除此之外，為考量透水成效，避免孔隙阻塞，鋪面應避免設於滲透係數低之土層(如黏土層)及裸露地有大量鬆散砂土等地區，如需設於上述地區，建議留設相關排水設施。

1.2 工作範圍

1.2.1 透水性鋪面之一般之設計及施工要求。

1.2.2 基、底層、面層材料之鋪築及壓實。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02742 章--瀝青混凝土鋪面

1.3.2 第 03052 章--卜特蘭水泥

1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準(CNS)

(1) CNS 13295 高壓混凝土地磚

(2) CNS 15305 級配粒料基層、底層及面層用材料

(3) CNS 15358 公路或機場底層、基層用碎石級配粒料

(4) CNS 386 試驗篩

CNS 386-1 試驗篩—營建工程用

(5) CNS 10090 瀝青物針入度試驗法

1.4.2 美國材料及試驗協會 (ASTM)

(1) ASTM C936 連鎖磚

1.4.3 日本道路建設協會

透水性瀝青路面

1.5 定義

1.5.1 透水性鋪面：使雨水通過人工鋪築之多孔隙鋪面，具有滲透功能之鋪面。

(1) 多孔隙瀝青混凝土鋪面(porous asphalt):具有高孔隙之排水材料，乃調整級配使粗粒料間的空隙率提高至 20%左右，以使降於鋪面上的水可迅速滲透至路基。

(2) 無細粒料混凝土(No-fines concrete)：又稱透水性混凝土，定義為由均勻級配之粗粒料、微量或無細粒料、且無足量之水泥砂漿之混凝土材料。其藉由粗粒料表面的水泥砂漿體，使粒料表面接觸互相固結而發揮強度，同時形成多孔隙的結構體，提供透水功能。

(3) 塊狀或鏤空鋪面：塊狀鋪面係以非連續性拼接塊狀鋪面，鋪面間有較大之間隙可填入砂土，鋪面下採用透水性底層如無細粒料混凝土、砂土層。鏤空鋪面如植草磚等，具足夠之空隙可直接提供植被生長之環境。

1.6 資料送審

透水性鋪面工程於訂約後規定日期內，根據契約所訂工期，承包商應編訂詳細施工計畫，品質管理計畫及透水性鋪面工程之基、底及面層所使用材料之配合設計報告，提送工程司核定，施工中並應嚴格控制生產與施工品質及數量。

1.6.1 品質管理計畫

- 1.6.2 施工計畫
- 1.6.3 廠商資料
- 1.6.4 材料應提送樣品
- 1.6.5 各項檢驗及試驗報告

2. 產品

2.1 設計概要

2.1.1 多孔隙瀝青混凝土(porous asphalt)

多孔隙瀝青混凝土鋪面係將加熱之粗粒料、細粒料、瀝青膠泥、纖維材料及乾燥之填充料，按配合設計所定配合比例拌和均勻後，依設計圖所示之線形、坡度、高程及橫斷面，按第 02798 章多孔隙瀝青混凝土鋪面之規定鋪築。

2.1.2 無細粒料混凝土(No-fines concrete)

藉由配合設計(由均勻級配之粗粒料、微量或無細粒料、且無足量之水泥砂漿)與製程控制其特性以達適合之強度、高透水性、無析離等工程需求，一般作為無須壓密之回填材料或水工構造物，抗壓強度約在 200psi(1.5Mpa)~2000psi(14Mpa)之間。其滲透係數隨含砂量而不同，一般均大於 1.0×10^{-3} cm/sec，無細粒料混凝土為增加透水性而犧牲強度，因此無法承受太大的載重，一般適合使用於載重較小的區域，如人行道、停車場或行人廣場等。

2.1.3 塊狀或鏤空鋪面

塊狀或鏤空連鎖磚鋪面，係為目前最常見的為混凝土面磚，面磚類別有透水及高壓連鎖磚等，鋪面磚需符合設計圖說之規定，或按 CNS 13295 高壓混凝土連鎖地磚之相關規定辦理。

2.2 材料之一般規定

2.2.1 過濾層材料

透水性路面所使用的過濾層材料(細粒料)，其滲透係數應超過 10^{-3} cm/sec(或使用非織物代替)，其理想級配如下表：

過濾層過試驗篩 0.075 mm (200 號篩) 規定表

項 目	規 定
試驗篩 0.075 mm (200 號篩) 之通過量	6%以下

2.2.2 基或底層材料

(1) 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，塑性指數須小於 6。其級配如下表：

人行道碎石級配表

試驗篩 (mm) 名稱	通過重量百分率(%)				
	25	19	12.5	4.75	2.36
碎石級配	100	95~100	56.7~86.7	20~50	10~33

(2) 停車場、廣場等其他路面

基或底層材料可使用未過篩的碎石或具有透水性且經瀝青處理作為底層，亦可採用無細粒料混凝土作為底層，上鋪塊狀連鎖磚形成甚佳之透水性鋪面(示如圖 1)。

A. 碎石：碎石與人行道之底層材料相同，修正 CBR，基層定為 20%以上，底層定為 60%以上，通過 40 號篩的部份，其塑性指數在基層定為 6 以下，在底層定為 4 以下，在大型車交通量大的道路，底層則使用透水性的瀝青混合料。

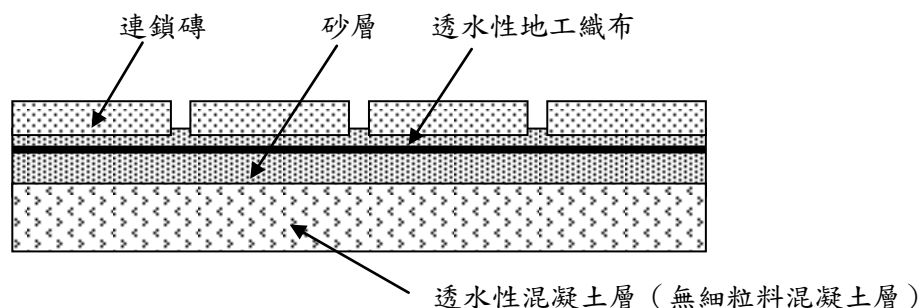


圖 1 透水性混凝土（無細粒料混凝土）作為連鎖磚鋪面底層之示意圖

(資料來源：經濟水資源局，2001，集水區親水及生態工法之建立 2/4)

B. 瀝青處理底層：若採用透水性的瀝青處理底層時，其混合料之級配範

圍如下表。

透水性瀝青處理底層的混合料的標準級配範圍表

試驗篩 (mm)	通過重量百分率 (%)
37.5	100
25	95 ~100
19	90 ~100
12.5	23.8~81.7
4.75	10 ~45
2.36	10 ~25
0.3	4 ~16
0.075	2 ~7
瀝青用量 (%)	2.5~4.5

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 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)	$1.0 \sim 10^{-2}$ 以上

C. 細粒料混凝土：對細粒料混凝土之水泥、粒料及配合設計要求如下表。

無細粒料混凝土之水泥、粒料等之要求

原料名稱	性能要求
水泥	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	1. 粗粒料應為單一級配。如 10mm~20mm、10mm~30mm 等不宜小於 5mm 或大於 40mm。 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%。

細粒料混凝土之設計參考

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	0.36	157	57	1570
1:10	0.58	152	88	1520
1:12	0.41	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

(註) 水灰比之理想範圍介於 0.45~0.6 之間，較低者可選用 0.35。

2.2.3 面層材料

(1) 多孔隙瀝青混凝土

- A. 石油瀝青：透水性瀝青混合料中瀝青之規格，係經 CNS 10090 瀝青物針入度試驗，其為針入度 60~80 之路用石油瀝青。欲改善瀝青之性質，可加入適當之橡膠的瀝青或樹脂。欲防止剝離時，可加入礦質材料總重量約 2% 之消石灰或水泥。
- B. 粒料：粒料之品質需符合 CNS 15305 級配粒料基層、底層及面層用材料及 CNS 15358 公路或機場底層、基層用碎石級配粒料之規定，其質量與級配之要求如下表所示。

粗粒料規範表

項 目	規 定
比重	2.45 以上
吸水率%	3.0 以下
磨損率%	30.0 以下

碎石粒徑級配表

稱號	粒徑範圍 mm	通過篩網之重量百分率(%)					
		25mm	19mm	12.5mm	4.76mm	2.36mm	1.18mm
S-13(6 號)	13-5	-	100	78~93	0-15	-	-
S-5 (7 號)	5-2.5	-	-	100	85-100	0-25	0-5

C. 粒料瀝青混合料：面層混合料之級配範圍和配比要求如下表。

透水性瀝青混合料級配範圍表

試驗篩 (mm)	通過重量百分率(%)
19	100
12.5	88.8~94.6
4.75	20 ~ 35
2.36	12 ~ 25
0.3	5 ~ 13
0.075	3 ~ 6
瀝青用量(%)	3.5 ~ 5.5

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 (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)	1.0×10^{-2} 以上		
飽和度 (%)	40~55		

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 $8 \sim 10 \mu$ 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。

(2) 塊狀或鏤空鋪面

塊狀或鏤空鋪面之材料，須依我國國家標準 CNS 13295 高壓混凝土連鎖地磚或 ASTM C936 之規定。

2.3 工廠品質管理

2.3.1 材料及瀝青混合料之試驗

瀝青材料、粒料及所拌瀝青混合料，應依中華民國國家標準（CNS）、美國州公路及運輸官員協會（AASHTO）或美國瀝青學會（AI）最新修訂之試驗方法，若設計圖說無特別規定時，可依第 02742 章「瀝青混凝土鋪面」列舉之試驗方法，分別辦理材料之各項試驗。

3. 施工

3.1 一般之設計及施工要求

3.1.1 塊狀或鏤空鋪面

(1) 依鋪面使用類型規劃設計斷面高程

一般透水性塊狀或鏤空鋪面應用於中、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%。

(2) 按鋪面使用種類配置級配層與碎石層

A. 鋪面設計需於路基上分別配置約 20 公分與 15 公分之碎石層，人行道則因承載量較低，可免配置碎石層。

B. 各型鋪面均需配置約 10 公分之級配層於碎石層或路基土壤上。

C. 碎石層及級配層，每鋪設約 10 公分厚度，需振動壓實。

D. 另可視鋪築當地排水狀況配置盲管輔助排水。

(3) 鋪設襯墊細粒料層

- A. 砂層鋪設前，應先檢視級配層是否凹凸不平，若未平整密實，需重新滾壓。
- B. 襯墊細粒料層壓實前厚度約為 5 公分，振動壓密後約為 3 公分。
- C. 設置水平準線並整平。

(4) 鋪設地磚

- A. 設基準線，於緣石與基準線間之空係以砂漿填實。
- B. 由緣石邊線依序鋪設地磚，而地磚間之縫隙約為 0.3 公分。
- C. 鋪設完成之鋪面應予敲實整平。
- D. 地磚應為完整、無裂縫，如配合現場狀況無法以整塊磚鋪築區段，應以機器平整割鋸塊磚，不得以鐵鎚或其他工具敲割，以免破壞磚面或弧線無法平順。

(5) 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。

(6) 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。

3.1.2 透水性瀝青鋪面

(1) 施工計畫：透水性鋪面之施工計畫與普通瀝青路面工程之施工計畫相同，但下列幾點攸關鋪面透水性成效，須注意事項如下：

- A. 施工前及施工中避免逕流挾帶泥砂進入施工地點。
- B. 各層要採用適宜壓實方法及重型機具勿置於欲鋪透水性鋪面之路基上。
- C. 加熱制成的混合料，對其級配特性、拌和、運輸及鋪築之溫度控制宜加以管理。

(2) 路基

- A. 路基表面盡量不受破壞，按規定之縱、橫斷面形狀，以人工或小型推土機整平。
- B. 路基挖好後應立即鋪設上層材料。
- C. 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。

D. 降雨時避免雨水進入工地。

E. 對較不易滲透路基可用垂直排水孔，內填砂以助滲透或以地下排水管收集水或溢滿滲透水並導至滯洪池或過濾池。

(3) 過濾層

A. 過濾層的攤鋪厚度要求均勻，需用人工或小型推土機。

B. 過濾層內不應混入路基土，兩者間可加地工織物，可同時利用推土機攤平及滾壓。

C. 滾壓時不可破壞路基土壤。

(4) 基或底層

A. 人行道

a. 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。

B. 停車場、廣場等其他路面

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，由於碎石所鋪成基或底層被視為儲水層，碎石須經清洗，另在鋪面層前，需要保持其底層表面清潔，防止被灰塵、泥土、垃圾等污染。

a. 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。

b. 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。3.2 面層

(1) 拌和與運輸

拌和與運輸和一般的熱拌瀝青混合料採取同樣的方法，但透水性的瀝青混合料另須注意下列事項：

A. 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。

- B. 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。
- C. 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。
- D. 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。
- E. 於氣溫 15°C 以上，混合料溫度介於 $110^{\circ}\text{C} \sim 127^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ}\text{F} \sim 260^{\circ}\text{F}$) 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。因此在使用機械攤鋪時，要儘可能攤鋪平整，避免人工修整。
- F. 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) 壓實

A. 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。

B. 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。

C. 注意事項

- a. 因第一次滾壓時溫度過高，壓路機重量過大易引起混合料變位而破壞其平整度。因此，須事先考慮適合壓實條件之滾壓溫度及壓路機之重量。
- b. 夯壓時應使用 10 噸以上的鋼輪壓路機，在小範圍處雖可使用振動式壓路機，但為避免壓碎粒料，仍宜使用鋼輪壓路機。攤鋪厚度達 5cm

時，亦可用三輪滾壓，但為使表面的粒料有更好地粘結，在高溫時還是使用較輕的雙輪滾壓 1~2 次為宜。

- c. 在高溫狀態下，在進行第二次滾壓時，混合料中的瀝青砂漿會堵塞面層的孔隙，致使透水性不良，因此宜使用裝有寬輪胎的輪胎滾壓機。
- d. 透水性瀝青混合料容易粘於輪胎上，而使面層形成坑洞，故需要在工作進行中採取一些措施，如事前先對滾壓進行預熱，或噴灑少量的水或輕油等方法。在最後的滾壓時，倘若留有滾痕或接在不平行等現象，且逐漸擴大粒料的剝離，因此，要用雙輪滾壓機仔細完成最後的滾壓。

(3) 接續

- A. 在透水性路面，縱、橫接觸，以及凡和構造物的接觸部份，都有可能成為路面的弱點，因此，必須充份壓實，使之粘結緊密。
- B. 接續處新鋪面混合料高程必須事先研究好，避免使用後輪壓造成高低不平的面。
- C. 鋪築透水性瀝青混合料的接續處，不允許重疊，接續處的高低不平，往往會造成粒料剝離，特別是在車行道上，因此須注意其平整度。
- D. 注意事項
 - a. 多孔隙瀝青於加熱後鋪築，縱向接縫一般鋪築成梯形。於後方鋪築機刮板需確實地對準已鋪築的面層。因接縫鋪築成梯形，故可使鄰接的面層容易結合、接縫兩側的面層密度相同，且形成一不斷裂的堅固黏結。
 - b. 若交通狀況不允許鋪成梯形以防縱向接縫過冷時，則鋪築鄰近的面層時，須將接縫的斷面及任一橫向接縫處再加熱，加熱時須避免面層直接暴露在火燄下。

3.3 檢測

施工前、中、後，對各層材料品質、鋪設厚度及透水性等均須加以檢測，以求符合規定。

- (1) 施工前對所用材料須就級配、重量、潔淨、強度、流度及透水係數加以檢測是否符合本章 2.2 節材料之規定。
- (2) 施工中及完工須進行厚度、級配、壓實度、溫度及滲透性等項目檢測有關其頻率及標準要求範圍參考下表。

檢測表

工 種		項 目	次 數	標準要求範圍
人行道	路基	-	-	-
	過濾層	厚度 級配(200 號篩通過量)	隨時 隨時	6%以下
	底層	高程 厚度	每隔 20m 一處 每隔 20m 一處	±5mm -4.5mm
	面層	厚度	每隔 20m 一處	-10%
		溫度	隨時	±12%
		級配(8 號篩通過量)	1 次/日	±5%
		級配(200 號篩通過量)	1 次/日	±5%
		瀝青用量	1 次/日	±0.5%90%以上
		壓實度	每隔 1000m ² 1 次	
		外觀 滲透性(工地滲透試驗)	隨時 每隔 1000m ² 1 次	400ml/15sec 以上
停車場、廣場等其他路面	路基	符合標準的滾壓	隨時	
	過濾層	厚度 級配(200 號篩通過量)	隨時 隨時	6%以下
	基層	高程	每隔 20m 一處	±5mm
		厚度	每隔 20m 一處	-4.5mm
		壓實度	隨時	93%以上
	底層	碎石	厚度	每隔 20m 一處
			壓實度	每隔 1000m ² 1~2 次
		透水性瀝青混合料	厚度	每隔 20m 一處
			溫度	隨時
			級配(8 號篩通過量)	每隔 1000m ² 1 次
	面層	透水性瀝青混合料	級配(200 號篩通過量)	每隔 1000m ² 1 次
			瀝青用量	每隔 1000m ² 1 次
			壓實度	每隔 1000m ² 1 次
		面層	厚度	每隔 20, 一處
			溫度	隨時
			級配(8 號篩通過量)	1 次/日
		面層	級配(200 號篩通過量)	1 次/日
			瀝青用量	1 次/日
			壓實度	每隔 1000m ² 1 次
		面層	外觀	隨時
			滲透性(工地透水試驗)	每隔 1000m ² 1 次
				-10%
		面層	厚度	±12%
			溫度	±5%
			級配(8 號篩通過量)	±0.5%94%以上
		面層	壓實度	±1.2%
			外觀	93%以上
			滲透性(工地透水試驗)	400ml/15sec 以上

3.4 管理與維護

- (1) 鋪面完工前四個月，每月檢視一次，往後每年檢視四次。
- (2) 於大雨後即刻檢視表面是否積水，若發現鋪面嚴重阻塞，需適時翻修。
- (3) 透水鋪面強度較弱，應設置告示牌禁止重型車進入，避免不當使用造成結構破壞。
- (4) 鋪面應避免堆置砂土及其它粒料或粉狀物料，及避免含泥砂之車輛進入，以免破壞鋪面透水性。
- (5) 鋪面周圍地面宜種植草皮，避免裸露地之砂土進入。
- (6) 鋪面若接受臨近地區排水，應視需要設置前處理設施，以去除漂浮物及沉渣，延長鋪面使用壽命。
- (7) 鋪面應於每年雨季來臨前檢測透水性，透水性降低至一定程度，應即進行清洗。
- (8) 鋪面每年宜清理四次。

4. 計量與計價

4.1 計量

以現場完成並經驗收之各種材料厚度以立方公尺為計量單位，面層材料若為預鑄之塊磚，則以平方公尺為計量單位。

4.2 計價

付款應按契約詳細價目表所列之單價計付。單價包括一切人工、材料、機具、設備、運輸及其現場構築之透水性鋪面工程所需之附屬工作，包括模板之供應與架設、伸縮縫之裝置等。

〈本章結束〉