

多元性廢棄物資源化於透水性混凝土磚 及標準規範制定之研究

蘇茂豐¹ 李婉諦¹ 陳立² 王義基³ 陳炯立³

¹台灣綠色生產力基金會工程師 ²樹人醫護管理專科學校資管科助理教授

³經濟部工業局永續發展組

摘要

現代城鄉環境之鋪面多由水泥、瀝青、地磚、金屬等不透水材料組成，車道、步道、停車場、廣場等常設計為不透水之硬質地面，阻絕了雨水滲透進入土壤之管道。為提升大地的滲透功能，將人造環境進行全面透水化的設計確有必要，而具體且簡易之方式即為採用「透水鋪面」的地表鋪設法。在鋪面表層採用耐壓且孔隙率高的透水性地磚，配合高透水性之砂石基層，使地表水藉由表層面材及其縫隙滲入地表下方，使得整體鋪面具有良好的透水性能。

本文係探討多元性廢棄物與透水磚(bricks)的整合應用及國家標準與施工綱要規範之推動，針對廢陶瓷、廢玻璃、爐碴、大理石、花崗石等公告再利用之事業廢棄物，將之取代天然骨材(natural aggregate)拌製成透水性混凝土磚，進行工程力學性質試驗。試驗內容包括吸水率、抗壓強度、抗彎強度、耐磨性及透水係數等。經一系列試驗結果顯示，此類多元性廢棄物製成之透水性鋪面建材具有極佳之工程性質。此外，因應透水性鋪面的設計需求，擬藉由透水性混凝土磚之試驗結果進行評估，作為推動透水性混凝土磚鋪設施工規範及「透水性混凝土磚」CNS 國家標準審查作業之參考，進而完成「透水性混凝土磚」CNS 14995 標準之通過，更有利於綠建築方案中透水性鋪面工作之推動。

【關鍵詞】透水鋪面、多元性廢棄物、透水性混凝土磚

主要聯絡人：蘇茂豐

單位：台灣綠色生產力基金會

電話：04-23508042-108

傳真：0423508043

E-mail：x0073@tgpf.org.tw

一、前言

以往建築基地環境開發常採用不透水鋪面設計，造成大地喪失良好的吸水、滲透、保水能力，減弱滋養植物及蒸發水分潛熱的能力，無法發揮大地自然調節氣候之功能，甚至引發居住環境日漸高溫化的「都市熱島效應」。廣義的透水性鋪面材料包括泥土、砂石級配、透水性瀝青、透水磚與植草磚等，不但具基地保水、地下涵水等優點外，對於降低鋪面溫度亦有極佳的功效，與一般鋪面材料相較，透水性鋪面平均可降低 30°C 左右，因為其孔隙較大，抗壓與抗彎強度較一般鋪面材料低，但使用上需視適用場所而定。如人行道多為行人及腳踏車等輕荷載重，則考量透水磚。對於小客車行駛與停置之場地如停車場或車道可採用透水性瀝青鋪面或無細骨材混凝土鋪面。本文研究係以透水性混凝土磚為主要訴求，為因應透水性鋪面之設計需求，國內業者推出部分透水性混凝土磚產品，政府部門(工業局)亦協助推動「透水性混凝土磚」之 CNS 國家標準送審作業，如能同時促成透水性混凝土磚鋪設之施工綱要規範通過，將更有利於綠建築方案中透水性鋪面之推動工作。

有鑑於國內目前推動透水性鋪面的需求，有必要針對透水性混凝土磚建立試驗及品質檢驗標準，尤其是透水係數之試驗方式尚未明確，故須建立適當的試驗設計供未來品質檢驗之用。對於多元性廢棄物(包括廢陶瓷、廢玻璃、爐渣、大理石、花崗石等公告再利用之事業廢棄物)再利用於製作透水性混凝土磚之可行性，目前尚缺乏足夠佐證資料，亦可透過本研究之進行使用多元性廢棄物為原料所製造之透水性地磚進行試驗評估，並與一般傳統原料製作之透水性混凝土磚之性能加以比較，藉以建立使用多元性廢棄物製作透水性混凝土磚之商業化產品性能，以利資源再生之推廣應用。另一方面，目前業界使用透水性地磚時，並無適當之材料規範及設計、施工規範及標準可供國內公共工程及施工單位參考使用，故將以此評估作為依據，同時參酌目前地磚業界所使用之規範，作為擬定透水性混凝土磚鋪設施工規範草案之依據，及作為透水性混凝土磚國家標準草案擬定之參考。

二、試驗材料與方法演進

由於透水性混凝土磚目前尚無標準規範可供依循，故須針對透水性混凝土磚之特殊需求，參考其他地磚材料之檢驗方法，建立專屬之試驗方法及設備，供後續透水磚產品之品質評估依據。尤其是透水係數之量測，必須建立可行而有效之測定方法，作為推動 CNS 標準及施工綱要規範之依據。本研究除試驗材料係選用廢陶瓷、廢玻璃、爐渣、大理石、花崗石等公告再利用之事業廢棄物進行資源化透水地磚之製作外，亦進行透水係數量測設備之建立。

1. 試驗材料

本試驗材料係以上述公告再利用之事業廢棄物，依現行商業化製程將該類廢棄物採部分或全取代天然骨材拌製成透水性凝土地磚，進行工程力學性質之試驗評估，並以天然粒料製成之透水磚為控制組，探討以不同粒料或再生資源為原料所製成之透水性凝土地磚，其力學性質是否符合相關規範之需求。

試驗試體係由三家廠商所提供之透水性凝土地磚，分別為編號 A：天然粒料透水磚(控制組)、編號 B：廢陶瓷透水磚(摻配比 25% 取代粗骨材)、編號 C：廢玻璃透水磚(摻配比 25% 取代粗骨材)、編號 D：爐渣透水磚(摻配比 25% 取代粗骨材)、編號 E：大理石透水磚(摻配比 100% 全取代粗細骨材)、編號 F：花崗石透水磚(摻配比 100% 全取代粗細骨材)。

2. 試驗方法

依三家廠商所提供之六組(A、B、C、D、E、F)試體進行相關試驗，試驗方法依據 CNS 規範之品質項目要求，分別說明如下：(1)透水磚外觀檢查、形狀尺度量測、吸水率、抗壓強度及抗彎強度等，依 CNS 13295「高壓凝土地磚」規範之品質項目進行試驗。(2)透水磚之體積磨耗損失量依據 CNS 13297 凝土地磚製品耐磨性試驗求出透水磚磨耗係數。(3)透水磚之透水係數係參考 CNS 13298 土工織物正向透水率試驗法規範求出透水磚透水係數。

3. 透水係數儀器設備原理及裝置

1856 年達西 (Darcy) 對於通過飽和土壤之水流速度提出一簡單之公式，表示為：

$$V = k i \quad (\text{式1})$$

其中 V = 水流速度， i = 水力坡度， k = 滲透性係數。

由達西定律知水流速度和水力坡度成一線性關係，可應用於水流為層流 (laminar flow) 且流經土壤顆粒尺寸小於 1 mm 之孔隙中。流經石頭、卵石、和較粗的砂中之水流，可能會產生亂流 (turbulent flow)；在此情況下，達西公式應改寫為：

$$V = k i^\phi \quad (\text{式2})$$

實驗值中， ϕ 通常介於 0.61 和 1 之間。

欲直接測定滲透係數時，其方式須採用兩種實驗室決定土壤滲透性係數的標準型式為定水頭試驗(constant head test)和變水頭試驗(variable head test)。本研究採定水頭試驗，並參考 CNS 13298 土工織物正向透水率試驗法規範，以 10、20、30、40、50、60 及 70 mm 水頭進行試驗，每個水頭至少 3 次讀數，之後繪製 V 與 I 之關係圖，並以此數據求得層流區(層流區 V 與 i 呈線性之關係)。透水磚之透水係數應大於 0.01 cm/sec，方可滿足要求，透水儀器之平面圖如圖 1 所示；照片如圖 2 所示。

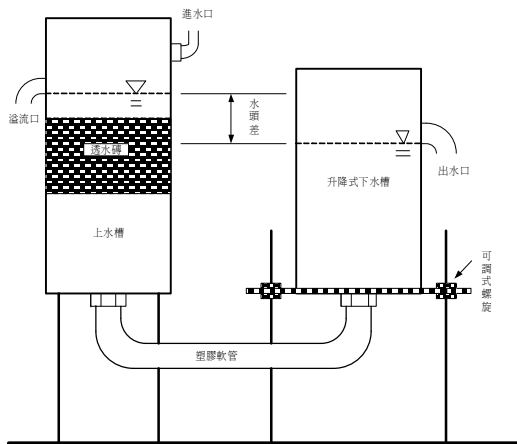


圖 1 透水試驗裝置平面圖



圖 2 透水試驗裝置照片

4. 透水係數試驗方法修正

透水係數係檢驗透水性凝土地磚之透水性能重要參數之一，因此制定品質標準之同時，亦須建立其試驗方法，以提供遵循標準者參考使用。由於目前各界使用之透水試驗方法因其試驗目的及對象不同而異，故須考量制定適合透水性凝土地磚簡易試驗方式且符合透水係數品質要求之方法，本研究以國內現行標準或規範進行檢討，以下簡述試驗方法內容及建議修正方向。

(1) 中國國家標準 CNS 13298 [土工織物正向透水率試驗法] 之內容及修正

CNS 13298 [土工織物正向透水率試驗法] 之制定對象主要針對土工織物，了解材料對水之導流性之試驗方法，其中定水頭試驗係指將土工織物上之水頭維持在 50 mm，在固定時間內測量其流量。

由於 CNS 13298 所應用之土工織物為薄片狀，現有試驗設備之放置試片空間無法置入透水性凝土地磚進行試驗，因此本研究修正試驗設備如圖 1 (照片如圖 2) 所示，將試體部分修改為可供調整尺寸之型式，配合透水性凝土地磚之產品尺寸彈性調整，分別以 10、20、30、40、50、60 及 70 mm 水頭進行試驗，以確認修正試驗設備之適用性。

(2) 施工綱要「第 02797 章 排水性改質瀝青混凝土鋪面—附錄五、排水性瀝青混凝土透水試驗 (室內透水試驗法)」之內容及修正

施工綱要第 02191 章中附錄五之制定對象主要針對排水性瀝青混凝土試體之滲透性係數試驗，作為工地品質控制之用。其試體來源為現場排水性瀝青混凝土面層鑽心試體，透水性試驗儀示意如圖 3 (照片如圖 4) 所示。試體可依設備需求鑽心至適當尺寸後套入透水試模中，再於其上注入試驗用水，在一定時間內測量其流量可計算試體之透水係數。

由於本研究係以透水性混凝土磚為研究對象，故將試驗方法修正為可直接以地磚或鑽心試體為試體，並以修正之 20°C 透水係數平均值為品質規範之依據。

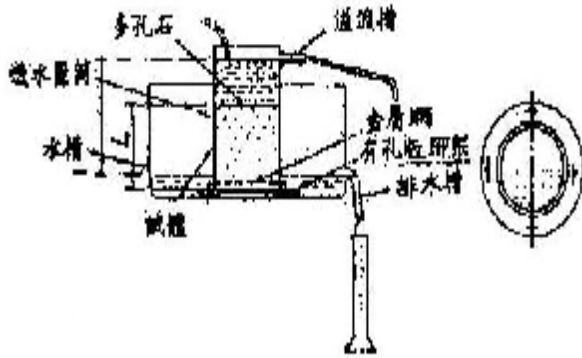


圖 3 透水性試驗儀示意圖



圖 4 透水性試驗儀照片

三、試驗結果與裝置改良

1. 透水磚品質試驗結果

由三家廠商所提供之六組(A、B、C、D、E、F)試體，依相關 CNS 標準進行外觀檢查、形狀尺度量測、吸水率、抗壓強度、抗彎強度、體積磨耗損失量及透水係數等試驗，茲將試驗結果說明如下：

(1) 外觀檢查

由廠商所提供之六組(A、B、C、D、E、F)試體之外觀檢查結果，除 E 組磚之表面質地較為細緻外，其餘磚的表面質地粗糙，且磚之邊角均無明顯破損。

(2) 形狀尺度量測

由各組透水磚中各取三塊進行尺度測量，試驗結果可見透水磚之標稱尺度以 200×100 mm 之矩形為主；厚度方面，透水磚之厚度介於 50~70 mm 之間不等。本試驗結果均符合 CNS 13295 高壓混凝土磚之規定。

(3) 吸水率及體積磨耗損失量

將六組透水磚試體各取三塊依 CNS 13295 進行吸水率試驗，試驗結果如表 1。各組透水磚試體均能符合單一試體吸水率不超過 9% 之規定(CNS 13295)，但平均值均需達到所規定之 7%，其中 E、F 二組試體之吸水率試驗結果大於 7%，推測其原因可能是取樣數不足所致，其餘組別均符合 CNS 13295 吸水率之規定。

由於透水磚表面質地粗糙，未進行磨耗試驗前，試體表面呈現多處不平整之凹洞，因此在磨耗試驗後以黏土補平凹洞求其磨耗體積時，不易分辨為原先試體表面之多孔隙不平整表面，抑或為磨耗試驗所造成之凹洞，因此僅以此試驗結果

探討其磨耗損失量。磨耗試驗係使用人工磨料以噴槍對透水磚表面產生磨耗，之後以黏土填補磨耗面積，並據以計算單位面積上的磨耗量。高壓混凝土磚規範要求之體積損失量為須小於 0.30 cm (15 cm³/50 cm²)。由表 1 中可知各透水磚皆能滿足體積損失量小於 0.30 cm 之要求。

表 1 六組透水磚試體吸水率及體積磨耗損失量試驗結果

試驗組別	吸水率 (%)	規範值	體積磨耗損失量 (cm)	規範值
A	5.4	CNS 13295 「高壓混凝土磚」試驗規範規定 C 級吸水率平均值應在 7.0% 以下，且不得有任一試體測定值超過 9.0%	0.15	CNS 13295 「高壓混凝土磚」規範之要求，厚度磨耗平均值不得超過 0.3cm
B	6.0		0.19	
C	4.7		0.28	
D	5.8		0.14	
E	7.2		0.24	
F	8.0		0.30	

(4) 抗壓及抗彎強度

將六組透水磚試體各取三塊依 CNS 13295 進行抗壓及抗彎強度試驗，試驗結果如表 2。與日本規範人行道及自行車道要求約 180 kgf/cm²、廣場、停車場要求 210 kgf/cm² 比較，皆能符合規範要求。但若與 CNS 13295 「高壓混凝土磚」規範中 C 級標準(450 kgf/cm²)比較，則無法達到其要求。此乃因透水性混凝土磚之透水性主要原理是利用級配調整使粗細粒料間之孔隙率提高至 20% 以上，使降於鋪面上之水分可由大量孔隙迅速排除，避免在鋪面上形成水膜，而影響其透水功能。又因孔隙率增加，方可增加透水係數，因而導致抗壓及抗彎強度下降。因此在進行 CNS 14995 「透水性混凝土磚」制定時，審查委員接受各單位修正之意見，最後同意將抗壓強度訂為 280 kgf/cm²，本試驗結果完全符合 CNS 14995 「透水性混凝土磚」之規定。抗彎試驗結果與抗壓強度雷同，但由於試體長度並未超過 CNS 14295 「高壓混凝土磚」規範之要求(>280mm)，故此試驗結果僅供參考。但若將表 2 中之抗彎強度換算成破壞載重，發現均高於 2000kgf，因此不論採用何種粒料或再生資源為原料所製成之透水性混凝土磚，其抗彎及抗壓強度均符合相關規範。

表 2 六組透水磚試體抗壓強度試驗結果

試驗組別	抗壓強度 (kgf/cm ²)	抗彎強度 (kgf/cm ²)	規範值	
			CNS 14995	CNS 13295
A	362	79	抗壓強度平均值應在 28 MPa(280 kgf/cm ²)以上，且不	C 級之抗壓強度平均值應在 45 MPa(450kgf/cm ²) 以上，且不得有任一試樣測試
B	284	70		
C	306	66		

D	376	88	得有任何一試樣測試值低於 25 MPa(250kgf/cm ²)者	值低於 40 MPa(400 kgf/cm ²)者；若長度或寬度超過 280mm 時，其抗彎破壞載重需大於 12kN{1200kgf}
E	357	98		
F	333	75		

(5) 透水係數

透水係數(coefficient of permeability)單位與速度相同，在 SI 制單位以 m/sec 表示，一般透水性混凝土的透水係數以 cm/sec 表示。內政部營建研究所於「綠建材解說與評估手冊」中，建議鋪面材料透水性能之透水係數在 1×10^{-2} cm/sec 以上，且測試方法以 CNS 13298「土工織物正向透水率試驗法」原理之定水頭試驗量測，因此本研究在設計透水試驗方法即以此為標準。

透水試驗為透水磚評估重點，透水係數高之透水磚方可達到基地保水功能，一般要求透水磚之透水係數應大於 0.01 cm/sec。試驗結果如表 3 所示，6 組透水性凝土地磚在透水係數方面均能符合內政部建築研究所高性能透水綠建材規範(透水係數 $> 1 \times 10^{-2}$ cm/sec)及日本透水結構工程規範之透水性要求。顯示不論採用何種粒料或再生資源為原料，均能製造出具有透水功效之地磚。

表 3 六組透水磚試體之透水係數

試驗組別	透水係數(cm/sec)	規範值
A	0.020	內政部建築研究所高性能透水綠建材規範及日本透水結構工程規範之透水性要求，透水係數 $> 1 \times 10^{-2}$ cm/sec。
B	0.157	
C	0.150	
D	0.106	
E	0.040	
F	0.059	

(6) 小結

由上述各項試驗結果顯示，透水性凝土地磚規格品無論在抗壓強度、透水係數及抗磨耗能力方面之表現均相當一致而穩定，顯示不論採用何種再生資源為透水磚粒料原料或添加材料，均能產製出成效良好之人行鋪面透水磚產品。與一般傳統原料製作之透水性凝土地磚性能加以比較，均能符合相關標準，藉由本試驗研究建立使用多元性廢棄物製作透水性凝土地磚之商業化產品，足可作為透水性凝土地磚國家標準草案及行政院公共工程委員會施工綱要規範草案擬定之參考，且有利資源再生利用之推廣應用。

2. 改良式透水係數試驗裝置

本研究中對於透水性混凝土磚之透水係數試驗方法以兩種方式進行比較，其中以中國國家標準 CNS 13298〔土工織物正向透水率試驗法〕修正裝置試驗結果如前所述。以施工綱要「第 02797 章 排水性改質瀝青混凝土鋪面—附錄五、排水性瀝青混凝土透水試驗（室內透水試驗法）」修正裝置試驗結果如表 4 所示，四組透水性混凝土磚在透水係數除 G 組之滲透係數略低外，其餘三組均能符合施工綱要「第 02797 章 排水性改質瀝青混凝土鋪面」第 2.6.2 節滲透係數 1×10^{-2} cm/sec 以上規範之要求，且以添加石材廢料製作者其滲透係數最高。

表 4 四組透水磚試體之透水係數試驗結果

試驗組別	透水係數(cm/sec)			使用廢棄物種類	規範值
	第一批次	第二批次	平均值		
G	7.40×10^{-3}	1.11×10^{-2}	9.25×10^{-3}	廢陶瓷磚瓦	依施工綱要「第 02797 章 排水性改質瀝青混凝土鋪面」第 2.6.2 節滲透係數 1×10^{-2} cm/sec 以上。
H	2.70×10^{-2}	3.61×10^{-2}	3.16×10^{-2}	廢陶瓷磚瓦	
I	2.95×10^{-2}	3.55×10^{-2}	3.25×10^{-2}	廢陶瓷磚瓦	
J	8.62×10^{-2}	9.41×10^{-2}	9.02×10^{-2}	石材廢料	

由於本研究修正之試驗方法及裝置實際為配合產品標準研訂所需，故宜配合國內既有實驗室之現有試驗設備及能力，目前已有認證實驗室具有現行施工綱要「第 02797 章 排水性改質瀝青混凝土鋪面—附錄五、排水性瀝青混凝土透水試驗（室內透水試驗法）」之設備及人力；而以中國國家標準 CNS 13298〔土工織物正向透水率試驗法〕修正之試驗設備，目前僅及於部分研究單位進行研究之用，故本研究考量資源化產品推動之時效性，以前者已具有實際試驗設備之方法作為制定標準之依據。

依施工綱要「第 02797 章 排水性改質瀝青混凝土鋪面—附錄五、排水性瀝青混凝土透水試驗（室內透水試驗法）」改良後之裝置如圖 5 示，對現行已具相關設備之實驗室在改良技術上預期不致造成困難或增加成本。

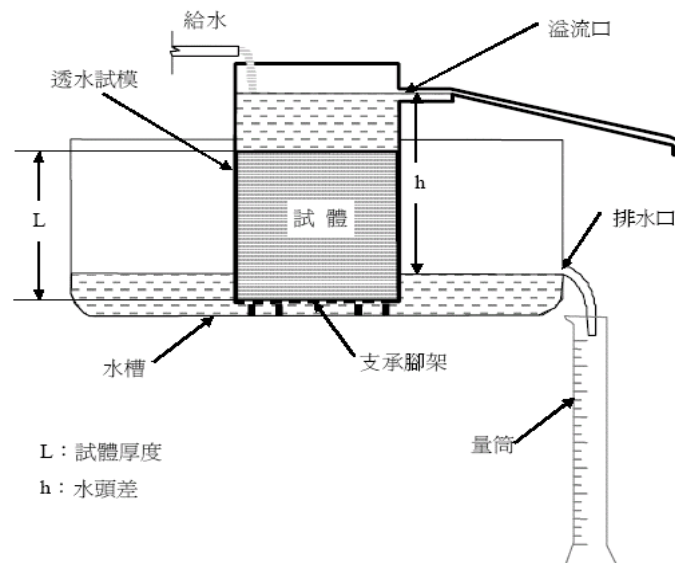


圖 5 改良式透水性混凝土磚透水試驗裝置示意圖

四、CNS 14995 [透水性混凝土磚] 標準制定及應用

依據我國「標準法」之規定，訂定標準之目的為謀求改善產品、過程及服務之品質、增進生產效率、維持生產、運銷或消費之合理化，以增進公共福祉。故為協助再生資源及再生產品之推廣，研訂相關品質及檢驗方法標準，不僅可保障業者產品之品質，並增加資源再利用之經濟效益。

由於國內外尚無針對透水性混凝土磚制定相關規範，故本研究於研訂產品標準時同時參酌類似產品於應用及品質上相關要求，由廠商協助製作試體經由學校及認證實驗室之試驗，確認符合相關品質要求後，再著手撰寫標準草案條文。然由於制訂國家標準必須依照相關法定程序運作，依「國家標準制定辦法」之規定，國家標準之制定程序包括：建議、起草、徵求意見、審查、審定及核定公布等階段。透水性混凝土磚之標準草案在歷經國家標準審查委員會二次審查後，並在經濟部工業局、台灣區水泥製品公會及再利用業者共同協助下，於 95 年 4 月 19 日由經濟部核定公布。

CNS 14995 [透水性混凝土磚] 之用途及相關內容摘要如下，提供生產及應用者參考：

- 1.透水性混凝土磚主要適用於鋪設自行車及人行道地面，其抗壓強度平均值應在 280 kgf/cm^2 以上，產品長度超過 280 mm 者其抗彎破壞載重須大於 1200 kgf，試驗方法參照 CNS 13295 [高壓混凝土磚] 之相關規定。
- 2.為符合透水性需求，修正 20°C 之透水係數平均值不得小於 $1 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ ，試驗方法及設備依本文前述參照施工綱要「第 02797 章 排水性改質瀝青混凝土鋪面—附錄五、排水性瀝青混凝土透水試驗（室內透水試驗法）」修正。
- 3.可作為原料之廢棄物種類包括：廢陶瓷、廢磚瓦、廢玻璃、廢鑄砂、爐渣、大理石、花崗石或其他石材類下腳料經由破碎處理之粒料，以無害於透水地磚性能者為原則，且須符合主管機關相關之規定。

五、施工綱要「第 02795 章 透水性混凝土人行地磚」規範制定及應用

經一系列實驗及改良式透水試驗裝置試驗結果顯示，以廢陶瓷、廢玻璃、爐渣、大理石、花崗石等公告再利用之事業廢棄物所製成之透水性混凝土磚具有極佳之工程特性，為使其廣泛被應用於各類透水鋪面工程中，遂於 94 年 6 月完成研擬「透水性混凝土人行地磚」施工綱要規範草案並提送行政院公共工程委員會技術處(以下簡稱工程會)進行審查。經 94 年 9 月 5 日工程會審議結論，同意將此草案

納入專章中並以「第 02795 章透水性混凝土人行地磚」進行修正，俟相關 CNS 標準審查通過後，再將相關品質規範納入章節後提出審查。於 95 年 4 月 19 日獲致通過並公告 CNS 14995〔透水性混凝土磚〕標準，因此配合 CNS 標準之公告，又於 95 年 7 月 20 日提送「第 02795 章透水性混凝土人行地磚」施工綱要規範修正版至工程會審查，期望以此施工規範草案作為工程界在透水鋪面設計之依據，並藉由多元性廢棄物資源化再利用成功之案例，作為未來廢棄物資源化應用模式之參考。

六、結論

- 1.經一系列試驗(包括吸水率、抗壓強度、抗彎強度、耐磨性及透水係數等)結果顯示，以廢陶瓷、廢玻璃、爐渣、大理石、花崗石等公告再利用之事業廢棄物所製成之透水性鋪面建材具有極佳之工程性質，以本研究使用之各廠透水磚透水係數而言，各透水磚皆高於要求標準甚多，顯示不論採用何種粒料或再生資源為原料，均能製造出具有透水功效之地磚。
- 2.考量國內既有認證實驗室之能力，透水性混凝土磚之透水係數以施工綱要「第 02797 章 排水性改質瀝青混凝土鋪面—附錄五、排水性瀝青混凝土透水試驗(室內透水試驗法)」之裝置進行改良，並將其推動為品質標準試驗法之依據。
- 3.透水性混凝土磚之品質標準及試驗方法經標準檢驗局審查後，已於 95 年 4 月 19 日由經濟部核定公布，將作為資源再利用廠商製造產品之依循，以提升資源化產品價值並擴大其應用之範圍。
- 4.第 02795 章「透水性混凝土人行地磚」施工綱要規範草案目前審議中，期望以此施工規範草案作為工程界在透水鋪面設計之依據，並藉由多元性廢棄物資源化再利用成功之案例，作為未來廢棄物資源化應用模式之參考。

七、誌謝

本研究承蒙經濟部工業局「資源化工業輔導計畫」之經費支持，得以順利完成，謹此致謝。

八、參考文獻

- 1.臺灣營建研究院，「多元性營建資源再利用於透水性組合設計之研究期末報告(初稿)」，行政院公共工程委員會，2003 年 11 月。
- 2.林登峰、廖啟州、詹明勇，「多元性廢棄物資源化於透水性鋪面可行性之研究」，台灣公路工程，第三十卷，第八期，第 34-48 頁(2004)。

- 3.經濟部工業局，93 年資源化工業輔導計畫執行成果報告之附件 4.8.1-3「再生資源應用於透水性凝土地磚鋪設施工規範之試驗報告」(2004)。
- 4.CNS 13295 高壓凝土地磚，民國 91 年 12 月 9 日。
- 5.CNS 13297 凝土製品耐磨性試驗法，民國 83 年 12 月 23 日。
- 6.CNS 13298 地工織物正向透水率試驗法，民國 83 年 12 月 23 日。
- 7.CNS 14995 透水性凝土地磚，民國 95 年 4 月 19 日。
- 8.施工綱要「第 02797 章 排水性改質瀝青凝土鋪面—附錄五、排水性瀝青凝土透水試驗（室內透水試驗法）」，第 1.2 版，民國 93 年 7 月 22 日。