

透水鋪面入滲率與使用年相關性分析

吳政庭(Cheng-Ting Wu)

台北科技大學 土木工程系 學生

*江奕霆(Yi-Ying Chiang)

台北科技大學 土木工程系 學生

許智捷(Chih-Chieh Hsu)

台北科技大學 土木工程系 學生

陳起鳳(Chi-Feng Chen)

台北科技大學 土木工程系 副教授

摘要

近年來氣候變遷的速度加快，全球平均溫度逐漸升高導致極端自然災害事件頻傳，並隨著各國都市化的比例上升，大量的開發導致地表不透水面積增加，改變原有的自然生態環境，水無法入滲至土壤以至於蒸發散量減少，引發都市熱島效應。為改善過度開發對環境造成的負面影響，需導入低衝擊開發(Low Impact Development, LID)的概念並應用於城市基礎設施，加強極端氣候下城市之韌性，並探討透水鋪面之滲透性是否會隨著使用時間的增加而可能會有所降低。

本研究以臺北市五處多孔隙透水磚人行道為研究區域，試驗場址與使用年份別為吉林路 (10 年)、松江路 (8 年)、復興南路 (4 年)、忠孝東路 (3 年)、八德路 (1 年)，使用現地式入滲儀進行入滲實驗，再依照達西定律 (Darcy's Law) 求出各鋪面之水力傳導係數 (K 值)。分析結果五處場址入滲率由高到低為八德路(0.054 cm/sec) > 忠孝東路(0.022 cm/sec) > 復興南路(0.02 cm/sec) > 松江路(1.999×10^{-3} cm/sec) > 吉林路(5.198×10^{-3} cm/sec)，建議每四年使用吸塵器及高壓水柱沖洗，以利於保持原有的透水性。

關鍵詞：透水鋪面、滲透性試驗、低衝擊開發、都市熱島效應、水力傳導係數

Correlation analysis of infiltration rate and service life of permeable pavement

Abstract

In recent years, the speed of climate change has accelerated, and the global average temperature has gradually increased, leading to frequent extreme natural disasters. With the increase in the proportion of urbanization in various countries, a large number of developments have led to an increase in the impermeable surface area, changing the original natural ecological environment, and strengthening the natural environment. After the rainfall, most of the water will flow out in the form of surface runoff, and the water cannot penetrate into the soil so that the evapotranspiration decreases, causing the urban heat island effect. In order to improve the negative impact of over-development on the environment, the concept of Low Impact Development (LID) is introduced and applied to urban infrastructure to strengthen the resilience of

cities under extreme climates, and explored whether the permeability of permeable pavements will change with It may decrease with the increase of usage time.

This study takes five porous permeable brick sidewalks in Taipei City as the research area. The test road sections and construction years are Jilin Road (Ten years), Songjiang Road (Eight years), Fuxing South Road (Four years), Zhongxiao East Road (Three years), Ba Delu (One year), conducted infiltration experiments using in-situ infiltration instruments, and then calculated the hydraulic conductivity (K value) of each pavement according to Darcy's Law. Analysis results The infiltration rate of the five road sections from high to low is Bade Road(0.054 cm/sec)>Zhongxiao East Road(0.022 cm/sec)>Fuxing South Road(0.02 cm/sec)>Songjiang Road($1.999 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$)>Jilin Road($5.198 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$). It is recommended to use vacuum cleaners and high-pressure water jets to flush every four years to maintain the original water permeability .

Keywords : Permeable paving, permeability testing, low impact development, urban heat island effect, hydraulic conductivity coefficient

一、前言

都市化的速度加快，大量的氣體排放造成溫室氣體增加及過多開發導致不透水面積增大，且密集的建築物，造成環境的負面影響，使市區有水患問題以及溫度也大大提升熱島效應。透水鋪面係指利用透性較佳或高孔隙的材料製作而成，使雨水能夠透過多孔隙的人工鋪面滲入路基與土壤的工法，降低路面積水，行車打滑，減少路面排水設施及減輕地下排水系統的負擔，有效涵養地表水分，降低都市溫度，減低能源消耗，進而達到排水防洪與生態養護的效益。低衝擊開發減緩熱島效應的設施有綠色屋頂（Green Roof）、透水性鋪面（Porous Pavement）、雨水儲集系統(Rainwater Harvesting)、植生滯留槽(Bioretention)、植物草溝（Vegetated Swales）等，幾乎只要有助於水份入滲的方法，都能有減緩熱島效應的效果(Rajagopal, P.,2023)。

臺北市作為臺灣的首都，勢必要將海綿城市概念列入城市發展為首要目標，臺北市政府於民國104年開始推動海綿城市政策，以韌性水調適、永續水利、友善水環境作為三大願景，並設立六大目標分別為健全都市水循環、提升防洪容受度、多元活絡水利用、穩定供水有效用水、生態多樣水棲地、豐富魅力水遊憩。其中內容大致為增加透水鋪面面積、增設基地保水設施、汗水再利用、綠屋頂、環境復育等手法打造出臺北市的海綿城市。本研究以北市五處多孔隙透水磚人行道進行滲透性試驗，探討使用年對於透水鋪面入滲率的影響。

二、研究方法

2.1 臺北市透水鋪面分布

臺北市近年來積極推廣水綠環境，臺北市政府工務局於2018年公布臺北市水綠地圖，統計至2022年全市面積為27180公頃，透水鋪面面積為77.15公頃，其中多孔隙瀝青混凝土鋪面(Porous Asphalt Concrete, PAC)占51.6%、人行道占25.6%、公園占15.8%、學校占3.6%、停車場占3.4%占比圖與臺北市人行道透水鋪面分布圖如下圖1、圖2所示。本研究不考慮PAC路面、植草磚以及連鎖磚等其他形式之透水鋪面，僅以人行道單元透水磚透水鋪面的滲透性進行比較。

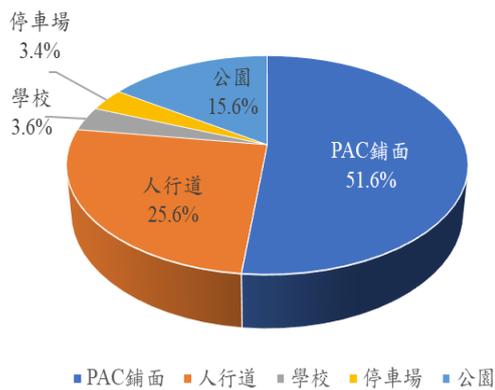


圖1 透水鋪面占比

資料來源：臺北市政府工務局，2022

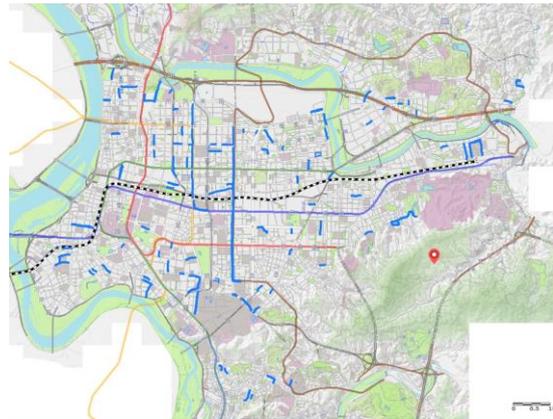


圖2 臺北市人行道透水鋪面分布

資料來源：臺北市政府工務局，2022

2.2 試驗場址及監測儀器介紹

本研究欲探討透水鋪面的滲透性。需要在戶外進行實驗，應要將日照、人為使用、環境等因素納入考量，盡可能在相同情境下進行試驗，將可控制因素的誤差來源降至最低，有利於後續探討使用年份越久是否會影響水的滲透。此次試驗地點位於臺北市中心，且五處場址的鋪面材料性質相同(圖3)，其中透水鋪面剖面示意圖如下圖4，試驗場址與使用年分別為吉林路 (10年)、松江路 (8年)、復興南路 (4年)、忠孝東路(3年)、八德路 (1年)，地點如下圖5所示。



圖3 鋪面現況圖



圖4 透水鋪面剖面圖



圖5 試驗場址示意圖

針對透水鋪面的滲透性量測，本研究採用現地式入滲儀來進行實驗，儀器構造如圖6及圖7。此入滲儀是以變水頭試驗(Falling-head Test)原理，藉由選擇不同路段的透水鋪面，進行入滲試驗，再依照達西定律 (Darcy's Law) 求出各路段的水力傳導係數 (K 值)。

$$K = \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad \text{式(1)}$$

K：水力傳導係數(cm/sec)

L：滲流經過土壤的長度(cm)

A：流經土壤的斷面積(cm²)

Q：t 時間內之入滲量(cm³)

a：入滲管截面積(cm²)

h₁、h₂：上、下水頭高度(cm)

t₁、t₂：初始、結束時間(sec)



圖6 入滲試驗儀外觀



圖7 入滲試驗儀底部橡膠

2.3 入滲率試驗

本研究選定該五處場址皆為相同材料之多孔隙透水磚鋪面，為了解透水磚之滲透能力與阻塞情況，故每個區域會定點量測3次，且五個區域於同一天施測完

畢，利用入滲儀量測其入滲率(詳圖7)，並計算其水力傳導係數K後，進一步分析時間對入滲率的影響，水力傳導係數測定的步驟說明如下：

- 一、觀察透水磚間的高低落差，挑選相對水平之鋪面。
- 二、去除周遭之雜物與青苔，使黏土得以順利黏著於鋪面。
- 三、將入滲儀架設於定位後之鋪面上並用黏土封死入滲儀外框與鋪面間之縫隙。
- 四、關閉入滲儀之閥門，將水注滿入滲儀，加至約 30~50 公分處。
- 五、開啟入滲儀之閥門，水位迅速下降的同時重複加水，直到速率大致穩定。
- 六、量測穩定時 5~20 公分之流經時間並紀錄，依據土壤飽和程度，重複測量 3-5 次，或者前後秒數差值不致太大時方可停止。
- 七、將時間、地點、秒數與水頭差紀錄於紀錄紙上，並利用達西定律公式計算其水力傳導係數 K。



圖8 入滲試驗操作情況

三、結果與討論

3.1 水力傳導係數結果

本研究採用現地式入滲儀，入滲管直徑為 5 cm 及底部橡膠直徑為 14.5 cm，水頭高固定由 20 cm 下降至 5 cm，土壤厚度統一使用 60 cm，分別對應到式 1 中 a、A、h1、h2、L，共五處場址的試驗數據如下：

$$\text{內圓面積 } a = \text{入滲管直徑} \times \pi = 78.54 \text{ cm}^2$$

$$\text{外圓面積 } A = \text{底部橡膠直徑} \times \pi = 660.52 \text{ cm}^2$$

表 1 試驗數據

地點	吉林路	松江路	復興南路二段	忠孝東路	八德路二段
年份	2013	2015	2019	2020	2022
使用年	10 年	8 年	4 年	3 年	1 年
第一次試驗(2023/07/17)					
時間(sec)	5050	2027	478	440	188
水力傳導 係數 K (cm/sec)	1.958×10^{-3}	4.879×10^{-3}	0.021	0.022	0.0526

第二次試驗(2023/07/24)					
時間(sec)	4921	1991	518	455	187
水力傳導 係數 K (cm/sec)	2.009×10^{-3}	4.967×10^{-3}	0.0191	0.022	0.053
第三次試驗(2023/07/25)					
時間(sec)	4875	1721	520	462	192
水力傳導 係數 K (cm/sec)	2.029×10^{-3}	5.747×10^{-3}	0.019	0.021	0.056

依 110 年經濟部水利署規範要求，透水鋪面之水力傳導係數 K 值理論係要 $\geq 1 \times 10^{-2}$ cm/sec。透過試驗數據得出符合規範者僅有三處，由此可知使用年份久遠會影響 K 值的大小，年份大於五年的透水鋪面，其水力傳導係數值可能就會有較明顯的下降。造成透水鋪面之水力傳導係數下降原因可能多數為粉塵阻塞、人為汙染，例如攤販的油汙、垃圾等，改善方式可以透過定期的清潔或翻修來維持透水鋪面的使用性。

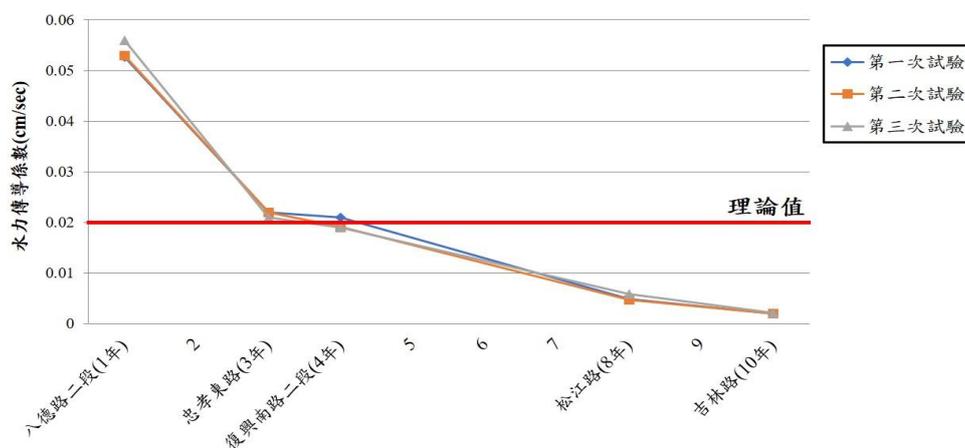


圖 9 各場址試驗數據圖

四、結論

透過實驗數據得出各鋪面的水力傳導係數，根據年份之使用時間，得出年份愈久透水鋪面的效果愈差；若要改善或增加使用時間，可依行政院公共工程委員會規範，有說明嚴重阻塞時需清理或翻修、雨季來臨前檢測透水性，若透水性降至一定程度，應立即清洗，但政府機關與相關文獻尚未有明確做法及作法說明透水鋪面的維護，若只有公共工程委員會規範卻沒辦法落實進行檢測或是維護等工作，如同虛設一般。由此研究結果，建議每四年使用吸塵器及高壓水柱沖洗，可以提供數據給各單位及政府機關，在將來能更有效的使透水鋪面的效果發揮更大，讓環境更好。

五、參考文獻

1. 臺北市政府工務局，臺北市水綠地圖，2023，取自 <https://pwdgis.taipei/wg/>。
2. 臺北市政府工務局水利工程處，復興南路 2 段大安高工前人行道鋪面排水監測案，2019。
3. 臺北市政府工務局新建工程處，「打造臺北市海綿城市-以市區道路人行道透水性鋪面之透水率及都市效能為例」，2015。
4. 內政部營建署，透水性鋪面養護工法參考手冊，2009。
5. 劉英偉、劉茹如、陳仙州、孫百慶、鐘文青，「透水性鋪面現地透水係數測定法之比較」，第十七屆鋪面工程學術研討會，2014。
6. 黃一平、陳昭志、李岳洋，「人行道透水鋪面透水率衰減監測計畫」，鋪面工程，第十五卷第二期，2017。
7. Uribeetxebarria, E. M., Antín, M. G., Eguilegor, G. A., Doménech, I. A., “Analysis of the hydraulic performance of permeable pavements on a layer-by-layer basis”, Construction and Building Materials, 387, pp. 131587, July 2023.
8. Rajagopal, P., Priya, R. S., Senthil, R., “A review of recent developments in the impact of environmental measures on urban heat island”, Sustainable Cities and Society, 88, pp.104279, January 2023.
9. Chu, L., Fwa, T. F., “Evaluation of surface infiltration performance of permeable pavements”, Journal of Environmental Management, 238, pp. 136-143, May 2019.