



# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 多孔隙瀝青混凝土受水份侵害之評估研究(II) Evaluation of Stripping of Porous Asphalt (II)

計畫編號：NSC-90-2211-E-032-013

執行期限：90年08月01日至91年07月31日

主持人：劉明仁 副教授

執行單位：淡江大學土木工程學系

### 一、中文摘要

多孔隙瀝青混凝土在國內已漸漸展開試用階段，為了達到雨天迅速排水之功能，其孔隙率較大，但以國內高溫多雨之環境，一旦水分對多孔隙瀝青混凝土產生侵害，在承受交通荷重後鋪面必定會發生更嚴重之損壞，故對多孔隙瀝青混凝土受水分侵害之特性更須瞭解清楚，方能做出有效之處理。歐美及日本等國家目前皆已發展出評估瀝青混凝土抵抗水分侵害能力之輪跡試驗儀（wheel tracking device），考慮類似設備取得不易之情況下，本研究嘗試以試驗室內現有輪跡試驗儀，採用試體預先浸水養治之方式，配合浸水及試驗時間之變化來進行多孔隙瀝青混凝土水分侵害特性之試驗，並探討各變數對試驗結果影響，期望可由不同試驗組合中得到具判斷力能之試驗方式，以提出初步結論供後續研究參考之用。

**關鍵詞：**多孔隙瀝青混凝土、輪跡試驗儀、水分侵害、剝脫

### Abstract

Porous asphalt possesses high air voids in order to drain the rainwater on the road surface effectively. However, porous asphalt pavements are susceptible to stripping and resulting in more serious damage with traffic loadings in hot and wet environment. Therefore, it is necessary for us to be aware of the stripping characteristics of the material in depth. Several wheel-tracking devices have already been developed in foreign countries for use to evaluate the moisture susceptibility of asphalt concrete. Because of the difficult of the acquisition of those devices, this research attempted to utilize the domestic wheel-tracking device to evaluate moisture damage of porous asphalt with

pre-conditioning of specimens by immersion, so-called the pre-immersing treatment.

After executing examinations of basic physical properties on asphalt cement and aggregate, asphalt concrete mix designs, performance tests and stripping tests (including Immersed Marshall Test and Immersed Cantabro Test), the wheel tracking test was utilized in this research to investigate moisture damage of porous asphalt. The immersing schemes were 24-hr and 48-hr, and the testing schemes were 1-hr and 6-hr. The parameters used to analyze testing results were percentage of stripping range (PSR), Dynamic Stability (DS), and the observed trends of deformation of specimens after 6-hr testing. Major results of this study were summarized as follows:

1. Results of wheel tracking test on pre-immersing specimens and traditional stripping tests showed that porous asphalt was weaker than DGAC in resisting moisture damage, and hydrated lime could enhance the ability of porous asphalt in stripping resistance. However, there was no difference in the PSR value when specimens were immersed for 48-hr whether porous asphalt adding hydrated lime or not. In addition, the immersion of specimens seemed slash the DS value of porous asphalt, and the DS value of DGAC showed an unusual variation when immersing time increases.
2. The analysis method of deformation trend of the Hamburg Wheel Tracking Test was employed in this research. Results indicated that the analysis method of Hamburg Wheel Tracking Test is not applicable to the wheel-tracking test using pre-immersing specimens. It probably was

due to the different mechanisms of these two wheel-tracking tests. The analysis method of Purdue Wheel Tracking Test that uses the number of passes producing a specific deformation seemed more rational for the wheel-tracking test using pre-immersing specimens.

3. There were generally specific correlations between the result of wheel tracking test using pre-immersing specimens and that of traditional stripping tests. After comparing all the testing conditions, it was found that the PSR and DS value of specimens pre-immersed for 24-hr had better correlations with the results of traditional stripping tests.

**Keywords :** porous asphalt, wheel tracking device, moisture damage, stripping

## 二、緣由與目的

輪跡試驗儀可以用來評估瀝青混凝土永久變形行為，近年來輪跡試驗儀應用於瀝青混凝土受水分侵害的相關研究也為數不少，且已展現出相當成果。因為設計理念及設計功能之不同，造成輪跡試驗儀種類繁多，世界各國常用的輪跡試驗儀包括下列種類：

1. 喬治亞載重輪試驗儀 (Georgia Loaded Wheel Tester, GLWT)
2. 瀝青鋪面分析儀 (Asphalt Pavement Analyzer, APA)
3. 漢堡輪跡試驗儀 (Hamburg Wheel-Tracking Device, HWTD)
4. 法國車轍試驗儀 (French Rutting Tester, FRT)
5. 普渡大學輪跡試驗儀 (Purdue Wheel Tracking Device, PURwheel)
6. VIT 輪跡試驗系統 (VTI's Wheel Tracking Test System)
7. 日本浸水輪跡試驗儀

由於浸水輪跡試驗採取車輪滾壓試體的方式，與其他之傳統評估剝脫試驗方法在特徵上有所不同，被認為能夠真實地模擬瀝青混凝土路面受交通作用影響，故輪跡試驗儀應用於評估瀝青混凝土剝脫現象也逐漸地受到研究單位之重視，其試驗結果之分析方法主要有下列兩種：

1. 以繪圖方式進行試驗結果分析
2. 觀察剝脫情形方式進行試驗結果分析

## 三、試驗結果與討論

1. 輪跡試驗之剝脫面積率結果分析

試體斷面剝離面積率是日本浸水輪跡之分析參數，本試驗僅作車輪單方向移動，在計算剝脫面積率時僅評估與車輪行進方向平行之斷面剝脫情形。

由結果得知隨著試體浸水養治時間及試驗時間之增加，多孔隙級配之剝脫面積率皆有增加趨勢，且密級配剝脫面積率同樣有增加趨勢，但在整體上密級配剝脫面積率皆低於多孔隙瀝青混凝土，顯示以剝脫面積率為抗剝脫能力判斷準則時，多孔隙瀝青混凝土抗剝脫能力較低於密級配瀝青混凝土。

多孔隙級配在添加熟石灰處理後，整體剝脫面積率有減低趨勢。以統計分析於  $\alpha = 0.05$  條件下進行變異數分析，結果顯示在浸水養治 48 小時後，多孔隙瀝青混凝土添加熟石灰前後之剝脫面積率並無顯著差異，產生此結果原因可能是浸水養治 48 小時對多孔隙級配之水分侵害甚大，因此無法藉由剝脫面積率判斷熟石灰對多孔隙級配抵抗水分侵害能力的提升。對於剝脫面積率在多孔隙瀝青混凝土浸水養治 24 小時具有判斷水分侵害特性之能力，但於浸水養治 48 小時卻無判斷能力之現象，推測可能是浸水養治 48 小時的條件對多孔隙瀝青混凝土過於嚴苛所致。

### 2. 輪跡試驗之動穩定值結果分析

動穩定值 (Dynamic Stability, DS) 屬於車轍輪跡試驗中特有之分析參數，多孔隙級配之動穩定值變化幅度較大且隨著試體浸水養治時間增加而下降。相較於多孔隙級配而言，密級配瀝青混凝土之動穩定值變化幅度較小，但卻出現浸水養治 48 小時之動穩定值高於浸水養治 24 小時之動穩定值的異常現象。在檢查試體變形量試驗數據後，發現隨著浸水養治時間增加變形量亦隨之上升的情形為正常，對於動穩定值呈現下降再上升之異常變化趨勢，與一般認為浸水時間越久對瀝青混凝土之侵害程度越大，動穩定值應會越低之認知並不一致，經了解動穩定值的推導與計算理念後可得知，動穩定值以試驗第 45 分鐘及第 60 分鐘試體變形量計算之理念恐怕不適用於本研究之浸水試體輪跡試驗。

日本浸水輪跡試驗之結果分析原採用剝脫面積率進行而非動穩定值，以動穩定值作為判斷水分侵害分析參數係為本研究之初步嘗試。由本研究多孔隙瀝青混凝土及密級配瀝青混凝土之動穩定值分析結果存有許多疑點看來，在浸水試體輪跡試驗中採用動穩定值作為判斷水分侵害之分析參數仍有後續深入研究空間。

3. 輪跡試驗長期車輪作用下之變形量分析

外國評估瀝青混凝土抗剝脫能力之浸水輪跡試驗中，以漢堡輪跡試驗發展最為久遠。漢堡輪跡試驗之結果分析係以試體變形量與車輪作用次數關係圖進行，以求取剝脫屈折點（stripping inflection point, SIP）以及剝脫斜率（stripping slope）作為分析參數。剝脫屈折點對應之車輪作用次數便為水分侵害開始支配試體行為之作用次數，剝脫斜率則是剝脫屈折點產生後線性區之斜率，利用此斜率可計算試體因水分侵害所產生變形量之多寡。

將車輪作用 6 小時次數與試體變形量計算剝脫屈折點及剝脫斜率，得知試驗並無法求得剝脫屈折點及剝脫斜率，無法作相同分析。因漢堡輪跡試驗在試體浸泡溫水中超過 30 分鐘後便可開始，試驗時試體仍浸泡於溫水中進行，隨著試驗時間及載重次數作用增加水分便慢慢傷害試體，最後並導致試體快速破壞。而本試驗採用試體預先浸水養治方式進行，待試體受到特定程度水分侵害後再進行車輪載重作用，故兩試驗方式對試體傷害機制有所差異，可能導致分析方法並不適用。

本試驗預先對試體浸水養治，於試驗前試體已受特定程度之水分侵害，試驗開始後載重使試體產生加速破壞，剝脫屈折點便極可能於試驗初期的短暫時間內就發生，故不易以轉折點方式反應於變形量曲線上。

4. 浸水輪跡試驗與傳統剝脫試驗結果比較  
傳統剝脫試驗方法之浸水 Cantabro 試驗之數據分析，係選用試體養治後磨耗損失率作為判斷依據，浸水馬歇爾試驗則是採用滯留強度指數作為判斷依據。結果可知對於級配間抵抗水分侵害能力之鑑別結果，本次分析選用剝脫面積率及動態穩定值皆顯示多孔隙瀝青混凝土抵抗水分侵害能力遜於密級配瀝青混凝土，而浸水馬歇爾試驗及浸水 Cantabro 試驗之結論亦與之相符，顯示在解釋級配間水分侵害特性差異之結論上，本次分析選用剝脫面積率及動態穩定值等參數與浸水馬歇爾及浸水 Cantabro 等剝脫試驗有相同之判斷結果。

雖然剝脫面積率及動態穩定值皆能鑑別級配間抗水分侵害能力之差異，並可判斷熟石灰對多孔隙瀝青混凝土抗水分侵害能力的提升，但在不同養治時間及試驗時間條件下，浸水試體輪跡試驗與傳統剝脫試驗其結果相關性如何則是另一個需探討之問題。本研究採用 Spearman 等級相關進行分析，整體說來以剝脫面積率與磨耗損失率間關聯性較佳，尤其在試體浸水養治 24 小時之情況下，剝脫面積率與磨耗損失率間之  $r_s$  為 1，表示兩分析變數對數據點高低順序結論一致。反觀剝脫面積率與

滯留強度指數間之  $r_s$  均不為 1，顯示在三種不同級配情況下，剝脫面積率與滯留強度指數各自對級配抗水分侵害能力並無一致之解釋，初步推論剝脫面積率與滯留強度指數間相關性並不理想。

動穩定值與滯留強度指數及磨耗損失率間之相關性，則發現不同養治時間下，動穩定值分別與兩傳統剝脫試驗結果呈現不錯的相關性，其中在浸水養治 24 小時條件下之動穩定值與滯留強度指數間  $r_s$  為 1，在浸水養治 48 小時條件下之動穩定值與磨耗損失率間  $r_s$  等於 -1，顯示上述二情況下之剝脫分析參數對級配抗水分侵害能力之解釋相同，具有較佳相關性。

#### 四、計畫成果

綜合上述試驗結果及討論，本計畫成果如下：

1. 本研究進行浸水馬歇爾試驗及浸水 Cantabro 試驗評估瀝青混凝土抗水分侵害之能力，此二試驗結果趨勢皆一致顯示多孔隙瀝青混凝土抗水分侵害能力較密級配瀝青混凝土為差。
2. 本研究針對多孔隙瀝青混凝土添加熟石灰作防剝處理後，進行浸水馬歇爾試驗及浸水 Cantabro 試驗，其結果皆判斷熟石灰確實可提升多孔隙瀝青混凝土抗水分侵害能力。
3. 本研究使用輪跡試驗儀評估瀝青混凝土受水分侵害特性之試驗中，以剝脫面積率及動穩定值作為判斷準則時皆顯示多孔隙瀝青混凝土抗剝脫能力較密級配瀝青混凝土為差，而此二結果與浸水馬歇爾及浸水 Cantabro 試驗之結論相同。但在使用剝脫面積率作為分析準則時，結果顯示對浸水養治 48 小時之試體，剝脫面積率並無法鑑別出熟石灰對多孔隙級配抗剝脫能力之提升。
4. 對浸水養治後之多孔隙瀝青混凝土進行輪跡試驗，發現其動穩定值會較試體未浸水前呈現大幅度之下降；而密級配瀝青混凝土在浸水養治前後之動穩定值下降幅度較小，但卻出現浸水養治 48 小時動態穩定值高於浸水養治 24 小時動穩定值之異常情形，在觀察試體變形量後發現變形量隨浸水養治時間增加而上升之變化趨勢並無誤。對密級配而言，動穩定值目前之計算方式恐怕不適用於浸水試體輪跡試驗結果分析，可能需經修正後方能適用。
5. 將浸水試體進行輪跡試驗之總車輪作用次

數與總試體變形量繪成關係圖，並無法得到如漢堡輪跡試驗之圖形趨勢，可能是兩種試驗之水分對試體侵害機制不同所致，故漢堡輪跡試驗分析方式不適用於本研究浸水試體輪跡試驗。

6. 經 Spearman 等級相關分析後，得知浸水養治 24 小時試體之剝脫面積率與浸水 Cantabro 試驗結果關聯性較佳，但浸水養治 24 小時試體之動穩定值則與浸水馬歇爾試驗結果有較佳相關性；而浸水養治 48 小時試體之動穩定值與浸水 Cantabro 試驗結果有不錯關聯性。
7. 本研究受限於時間及試驗規模，僅選用多孔隙瀝青混凝土為主要試驗對象並用密級配作為對照，建議未來可使用多種級配組合進行試驗、真空抽氣處理、AASHTO T283 剝脫試驗作對照比較、現地績效資料作分析比較、瀝青油膜包裹粒料厚度分析等，以增加分析可靠性，進而尋求適用於浸水試體輪跡試驗之剝脫分析參數。
8. 輪跡試驗執行較一般試驗費力及耗時，在與傳統剝脫試驗判斷能力相同之情況下恐不易獲實務單位青睞，根據本研究推測多孔隙瀝青混凝土浸水養治 48 小時後進行輪跡試驗恐有過於嚴苛之虞，建議後續研究可嘗試不同試驗流程與耗時較短之試體處理方式（如試體烘箱養治步驟之簡化或變化浸水養治時間等等），以尋求具鑑別能力且省時之試驗步驟。
9. 本研究初步結果認為動穩定值具有判斷多孔隙瀝青混凝土受水分侵害特性之能力，但由於動穩定值原先是推導作為評估瀝青混凝土永久變形特性用，故動穩定值於本試驗之適用程度仍須後續深入探討，待確定動穩定值於浸水輪跡試驗之適用性後，進而研擬動穩定值於浸水輪跡試驗之規範值。

## 五、參考文獻

1. 祝錫智、劉明仁、高金盛，「高速公路多孔隙排水面層試鋪及績效評估之研究」，期末報告，交通部台灣區國道高速公路局，民國八十八年。
2. Hicks, R. G., "Moisture Damage in Asphalt Concrete," National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 175.
3. 日本道路協會，「鋪裝試驗法便覽」，日本昭和六十三年。
4. Aschenbrener, T., "Evaluation of Hamburg Wheel-Tracking Device to Predict Moisture

Damage in Hot-Mix Asphalt," Transportation Research Record 1492, TRB, Washington, D.C., 1995, pp.193-201.

5. Izzo, R. P. and M. Tahmoressi, "Use of the Hamburg Wheel-Tracking Device for Evaluation Moisture Susceptibility of Hot Mix Asphalt," Transportation Research Record 1681, TRB, National Research Council, Washington, D. C., 1999, pp.76-85.
6. Pan, C. and T. D. White, "Evaluation of Stripping for Concrete Mixtures Using Accelerating Methods," Transportation Research Record 1630, TRB, National Research Council, Washington, D. C., 1998, p.98-105.
7. Cooley Jr., L. A., P. S. Kandhal, M. S. Buchanan, F. Fee, and A. Epps, "Loaded Wheel Testers in the United States: State of the Practice," NCAT Report No.2000-4, 2000.