

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

鞋底紋路設計對防滑性之影響( )

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-216-006-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：中華大學工業管理學系

計畫主持人：李開偉

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93年9月7日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 鞋底紋路設計對防滑性之影響(II)

### Effects of groove design of shoe / sole on slip resistance (II)

計畫編號：NSC 92-2213-E-216-006

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：李開偉 中華大學工業管理學系

#### 一、中文摘要

滑跤與跌倒是普遍的工作與生活中的問題，滑跤的風險與鞋底材料、地板材料、地面狀況等因子有關。在鞋底設計各式的紋路是很普遍。上一個年度作者分析了不同寬度的紋路對於防滑性的影響，本年度則分析鞋底紋路的方向性在不同鞋材、地板、地面狀況下會造成摩擦係數之差異。研究結果發現鞋材種類、地板狀況、地板種類與紋路寬度與方向等因子與其因子間之交互作用均是影響摩擦係數的顯著因素。在鞋材種類中以 Neolite 鞋材的平均摩擦係數值最高(0.037)，而 EVA 鞋材的值最低(0.026)；地板方面則是以塑膠地板的平均摩擦係數值最高(0.038)，不銹鋼板最低的(0.024)；至於地板狀況則是以地面上為水時其平均摩擦係數最高(0.052)，當地板面為油時最低(0.013)；在紋路寬度方面則是紋路寬度為 9 mm 者最大(0.041)，而紋路寬度為 3 mm 者最小(0.021)；紋路方向則 0°與 90°之狀況較高(均為 0.033)，45°之紋路設計最(0.027)。

**關鍵詞：**防滑、摩擦係數、鞋底紋路設計

#### Abstract

Slipping/falling are common problems both at worksites and in leisure activities. The risks of slipping are related to factors such as shoe/sole material, floor material, and floor condition. Groove design is very common in footwear. Last year, we have investigated the effects of tread groove width on slip resistance. This year, we expand the study

into the consideration of tread groove orientation to slip resistance. The purpose of this study was to investigate the effects of various groove orientation and width on the slip resistance under various floor, shoe materials and floor conditions.

The results of the study showed that shoe material, floor tile, floor surface condition, and groove width and groove orientation were all significant factors affecting slip resistance. Among the shoe materials, Neolite showed the highest mean COF (0.037) and EVA showed the lowest (0.026). For the floor tiles, vinyl showed the highest COF (0.038) and the steel shoed the lowest (0.024). For the floor surface conditions, wet floor showed the highest COF (0.052) and the oily condition was the lowest (0.013). For the groove width, the 9 mm groove width condition showed the highest COF (0.041) and the 3 mm groove width condition showed the lowest (0.007). For groove orientations, both 0° and 90° had higher mean COF (both 0.033) as compared to the 45° condition (0.027).

**Keywords:** Slip resistance, coefficient of friction, groove design of the sole

#### 二、緣由與目的

走路滑倒是許多人都有共同經驗，也是很嚴重的職業安全衛生的問題。滑倒可能造成不同程度的肌肉骨骼系統的拉傷、挫傷或是撞傷，也可能進一步的因身體失去平衡引起更嚴重的傷亡事件，例如由高處墜落，肢體侵入危險之作業區域而遭切割、撞傷等。

滑倒常常發生在走路的過程中，走路時吾人之雙腳必須交替地踩踏在地面上，而身體的重心則不斷地向前移動，在此過程中身體之穩定性必須仰賴腳在地面上獲得穩定的支撐。走路時腳與地面接觸的過程可分為以下三個階段：腳跟著地、腳底貼地及腳跟離地。在腳跟著地的階段，身體之重心位於前腳跟之後方，由於重心前移之影響，讓腳跟對地面產生了一個向前之推力。此一推力必須由腳跟與地面間之摩擦力來抵抗，若摩擦力低於腳跟向前之推力，則會產生向前之滑行。腳在地面向前滑行若是幅度很小，則往往不會被察覺。若是滑行的幅度增加，則會被感覺到。此時身體會本能的產生動作來抑制滑行，若是滑行的幅度很大，而身體重心的位置無法被有效控制，則會造成人員跌倒。

摩擦力是影響的重要因子，摩擦力可分為靜摩擦與動摩擦兩種，其間之差別在於接觸面上之兩方是否有相對運動的產生。此二種摩擦力分別由靜摩擦係數( $\mu_s$ )與動摩擦係數( $\mu_d$ )決定。

在預測滑倒的研究與實務的領域中，訂定適當的地面摩擦係數值一直是許多學者專家努力之目標，然而究竟採用 $\mu_s$ 或 $\mu_d$ 則是一直未有定論。Myung et al. [8] 曾觀察走路時腳在地面上滑動的距離發現此距離與 $\mu_s$ 成反比，因此他們主張提高 $\mu_s$ 可增加防滑效果。Ekkubus 與 Killey[6]提出當腳踏在地板上時，其相對於地板是靜止的，因此 $\mu_s$ 是影響腳在地板上是否會滑動之主要項目。Chaffin 與 Andersson[2]提出 $\mu_s$ 在 0.5 以上可防止滑動的發生，Irvine[7]也指出 $\mu_s$ 是考量防滑時的主要設計參數。由於量測方便， $\mu_s$ 被廣泛的運用在許多的防滑量測上。美國的材料暨測試協會(American Society for Testing and Materials, 簡稱 ASTM)建議採用 $\mu_s$ 在 0.5 以上為具有防滑性之地面環境[1]。

而依據流體力學之壓縮薄膜理論，接觸面之間的摩擦係數會因為存在於接觸面間的液體而降低，若是接觸面間有凹槽設

計，則兩平面接觸時其間的液體會由凹槽處排放而減少其對兩平面接觸之抵抗，平面間之防滑性因此較不易降低。故根據這種理論，鞋底的紋路設計會影響鞋底與地板間的摩擦係數，尤其是在地面有液體污染物的時候。目前鞋底紋路的設計已是非常普遍，但是不同的紋路設計對於防滑性究竟有何影響，卻是缺乏研究數據的佐證，因此本研究的目的在於探討鞋底紋路寬度與方向設計對於防滑性的影響。

### 三、研究方法

#### 3.1 實驗設計

本研究為一五因子實驗設計，實驗因子包括地板種類、鞋底材種類、地面狀況及鞋底材之底紋寬度及紋路方向。在地板種類，共選擇了三種地板，分別為：不銹鋼板、塑膠板及磨石子地板；鞋底材料包括：Neolite、EVA、橡膠發泡等三種鞋材；而地面狀況則包括了：水 清潔劑水溶液(清潔劑濃度 5%)及沙拉油(刷油 2 cc)等三種污染物；鞋底設計則包括兩種紋路寬度(分別為 3 mm、9 mm)及三種方向( $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ )；每種實驗狀況重複兩次。

#### 3.2 摩擦係數量測儀器

本研究在摩擦係數的量測上則是採用 Brungraber Mark II (BM II)測量器。BM II 其主要構造包括一金屬支架及一具有測試片之人工腳，人工腳的上端為一只重錘，重錘下為具有轉軸之金屬支撐，金屬支撐下方則為測試片。BM 測試器以  $\tan$  來做為靜摩擦係數並顯示於刻度上。BM II 之標準操作過程，已被材料暨測試協會列入其標準中 (ASTM F-1677-96, 1996) [1]。

#### 3.3 量測過程

在測試之前為了控制鞋材的表面狀況的一致性，因此鞋材均需經過砂紙磨擦，其磨擦規則為採用 Chang[3][5]所採行之規則來進行。測試時可將整個測試器置於測試地板上，並以手或腳部將其固定，隨後

將卡榫放鬆，人工腳可向下滑動，其下端之測試片即撞擊地面有如走路時腳部著地之狀況一般。在摩擦係數值之判斷上為採用 Chang[4]所採用之判斷標準。

### 3.4 資料分析

實驗所得之鞋材與地板間之摩擦係數將依變異數分析來分析因子對於摩擦係數之影響，而達到顯著水準之因子則將再依 Duncan Multiple Range 來進行多重比較。

## 四、結果

在實驗數據的變異數分析中，鞋材種類、地板狀況、地板種類、紋路寬度與紋路方向等主因子之影響均達顯著水準 ( $p < 0.0001$ )；而這五個實驗因子的交互作用中，除了鞋材種類×紋路寬度、地板種類×紋路方向、地板種類×紋路寬度×紋路方向與鞋材種類×地板種類×紋路寬度×紋路方向此四個實驗組合的交互作用無達顯著水準外，其他的實驗組合也達顯著水準 ( $p < 0.05$ )。

表 1 為鞋材種類的 Duncan 檢定，結果顯示 EVA 與 RF 兩種鞋材的摩擦係數值是無顯著性差異，但對於 Neolite 鞋材則是達顯著水準的，同時 EVA 與 RF 兩種鞋材的摩擦係數亦是顯著的低於 Neolite 鞋材 ( $p < 0.05$ )。

表 1 鞋材種類之 Duncan 多重檢定

鞋材種類	平均值	子集
EVA	0.02491	A
RF	0.02556	A
Neolite	0.03269	B

由表 2 可發現地板狀況油、清潔劑與水三者間是有顯著性 ( $p < 0.05$ ) 差異的，且地板狀

況為水之摩擦係數顯著的高於清潔劑與油的狀況，而地板狀況為清潔劑時摩擦係數亦顯著的高於油的狀況；地板狀況為油時則摩擦係數最低。

表 2 地板狀況之 Duncan 多重檢定

地板狀況	平均值	子集
油	0.013	A
清潔劑	0.026	B
水	0.045	C

表 3 顯示了不銹鋼、磨石子與塑膠地板三種地板之摩擦係數間是有顯著 ( $p < 0.05$ ) 差異的。塑膠板的摩擦係數顯著的高於不銹鋼板與磨石子地板，而磨石子地板的摩擦係數顯著的高於不銹鋼地板。

表 3 地板種類之 Duncan 多重檢定

地板種類	平均值	子集
不銹鋼	0.02287	A
磨石子	0.02657	B
塑膠板	0.03370	C

表 4 顯示三種紋路方向之多重檢定結果，其中 45°、90°與 0°三種方向間的摩擦係數達  $p < 0.05$  的顯著水準。紋路方向為 0°時其摩擦係數顯著的高於紋路方向呈現 45°與 90°時的摩擦係數，另外紋路方向為 90°時其摩擦係數亦顯著的高於紋路方向為 45°時的摩擦係數；而紋路方向為 45°時摩擦係數是最低的。

表 4 紋路方向之 Duncan 多重檢定

紋路方向	平均值	子集
45°	0.02269	A
90°	0.02759	B
0°	0.03287	C

表 5 則顯示了兩種紋路寬度間的比

較。結果顯示當紋路寬度為 9mm 時，其摩擦係數值顯著的高於紋路寬度為 3mm 時之摩擦係數。

表 5 紋路寬度之比較結果

紋路寬度	平均值	結果
3mm	0.02117	A
9mm	0.03426	B

## 五. 結論

鞋材種類、地板狀況、地板種類與紋路寬度與方向等主效果與此五個實驗因子的部份交互作用對於摩擦係數的影響均達顯著水準( $p < 0.0001$ )，顯示摩擦係數受到鞋材種類、地板狀況、地板種類與紋路寬度與方案的影響而不同。鞋底紋路在各種情況下寬度較大者其摩擦係數較較高，因此較寬的鞋底紋路對於在有液體污染的地板上抗滑性的提昇的助益是肯定的，此與上一年度的結果吻合；在紋路方向則以  $45^\circ$  紋路設計下之摩擦係數最低，因此斜向設計相對於橫向或縱向之紋路對於提高鞋底抗滑性的較無助益，應避免使用。

## 六. 參考文獻

1. American Society for Testing and Materials F-1677-96(1996), Standard Method of Test for Using Portable Inclineable Articulated Strut Slip Tester(PIAST), Annual Book of Standards. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
2. Chaffin, D.B.(1984), Anderson, G.B., Occupational Biomechanics, John Wiley & Sons.
3. Chang, W.R.(1999), The effect surface roughness on the measurement of slip resistance, International Journal of Industrial Ergonomics, 24, 299-313.
4. Chang, W.R.(2002), The effects of slip criteria and time on friction measurements. Safety Science. 40, 593-611.
5. Chang, W.R., Cotnam, J. P., Matz, S.(2003), Field evaluation of two commonly used slipmeters. Applied Ergonomics (in press).
6. Ekkubus. C.F., Killey, W.(1973), Validity of 0.5 static coefficient of friction (James Machine) as a measure of safe Walkway Surfaces. Soap Cosmetics/Chemical Specialities, 49(2), 40-45.
7. Irvine, C.H.(1996), Evaluation of some factors Affecting Measurement of slip Resistance of shoe sole Materials on Floor surface, Journal of Testing and Evaluation, 4(4), 133-138.
8. Myung, R., Smith, J.L., Leamon, T.B.(1992), Slip distance for slip/fall studies. Advances in Industrial Ergonomics and Safety ,983-987.