

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

第二名

080827

鞋子修補 DIY-吸震與防滑鞋的改良測試

學校名稱： 國立花蓮教育大學附設實驗國民小學

作者：	指導老師：
小五 吳岳涵	周裕欽
小五 鄭丞鈞	陳貞芳
小五 許儷璇	
小五 葉宇心	
小五 張雨捷	
小五 吳宗奇	

關 鍵 詞：鞋墊改良、鞋底改良、摩擦力



鞋子修補 DIY－吸震與防滑鞋的改良測試

研究摘要

每次下雨，總會看到許多同學在川堂上滑倒。爲了減少這種現象發生，我們自行設計「吸震」與「防滑」實驗平台，並蒐集破舊鞋子，進行「鞋墊」與「鞋底」的改良。實驗結果發現以「聚丙烯」(地毯)材質作成的鞋墊吸震效果最好。此外，爲了增強鞋墊的吸震效果，我們運用軟塑膠及小氣球等材料，設計了具有氣囊效果的鞋墊，發現吸震效果比舊鞋好很多。

在防滑鞋底的部份，我們發現「EVA」材質(露營用地墊)的防滑效果最好。爲了簡便製作防滑鞋底，我們探究不同形狀、面積及位置的鞋底設計的防滑效果，發現最佳的防滑貼片大小以 1/4 比例鞋底面積、形狀爲三角形的貼片，並貼在「鞋底中上段」所產生的摩擦力最大。

最後，我們進行研究樣品效果的測試，在「乾燥」、「加水」及「加油」等三種不同情況的地板及磨石子與塑膠等不同材質的溜滑梯上，進行防滑貼片與舊鞋的摩擦力比較。發現加上防滑貼片的鞋子摩擦力較大，可見這種防滑貼片有防滑的效能！再從成本效益的角度來看，我們設計的吸震鞋墊平均單價一雙爲 22 元，防滑貼片一片也只需 2 元，這種既經濟又實用的設計發現，值得大家多多採用！

關鍵字：鞋墊改良、鞋底改良、摩擦力

壹、研究動機

唉喲，又滑倒了！每次下雨，總會看到許多同學在川堂上滑倒。當時我們就想設計一雙可以防止滑倒，並且能夠保護雙腳的鞋子。於是找了幾位志同道合的同學，一起討論這個構想之後，發現這個研究不僅可以增加我們的科學知識，也可以藉此修改自己的舊鞋子，讓我們的鞋子重新恢復保護及防滑的功能！因此決定請老師指導我們，共同探究這個迷人的議題。

貳、相關文獻

一、防滑鞋底的設計原理與我們的研究方向

五上自然摩擦力單元學到兩個互相接觸的物體，發生相對運動或相對運動的趨勢時，接觸面會產生一種阻止運動的力，這就是摩擦力。因此我們決定從「摩擦力」的原理著手，探討如何改善鞋底的摩擦力。找了許多摩擦力的資料，並經過統整歸納之後發現：「不同的鞋底材質，會有不同的摩擦力」及「改變鞋底的紋路設計，也可以改變鞋子的摩擦力」兩個通則。這些通則對於我們的幫助很大，讓我們釐清了研究方向。只是在挑選鞋底材質的過程中，我們發現除非花大錢向製鞋的廠商訂購鞋底的材料，否則很難找到合適的規格，因此我們決定蒐集隨手可得的日常用品，看看是否可經過適當的改良，即可做出防滑效果不錯的鞋底。

二、吸震鞋墊的設計原理與我們的研究方向

設計一雙保護效果佳的鞋子，除了考慮鞋面外，也要考慮鞋墊。由於我們的時間有限，因此決定將這次的焦點放在鞋墊的設計與改良上。在找了許多資料之後，發現要設計吸震效果良好的鞋墊，必須考慮材質是否具有彈性及吸震力之功能，因此我們決定分頭蒐集類似鞋墊的日常用品，看看是否經過簡單的改良，即可做出吸震效果不錯的鞋墊。

參、研究目的

- 一、探究鞋底的防滑原理，並設計製作防滑鞋底。
- 二、探究鞋墊的吸震原理，並設計製作防震鞋墊。
- 三、將防滑鞋底及防震鞋墊運用在舊鞋子改良上，以增長鞋子的使用壽命。

肆、研究問題

- 問題一：鞋子有哪些基本結構及功能？
- 問題二：如何設計「吸震效果」實驗平台，並評估它的穩定度？
- 問題三：日常用品中，哪種材質做成的鞋墊吸震效果最好？
- 問題四：不同厚度鞋墊的吸震效果比較？
- 問題五：氣囊鞋墊的設計及吸震效果比較？
- 問題六：影響鞋底摩擦力大小的因素有哪些？
- 問題七：如何設計「防滑效果的測量平台」，並評估它的測量穩定度？
- 問題八：日常用品中，哪種材質做的鞋底防滑效果最好？
- 問題九：不同面積大小的鞋底設計，它的防滑效果如何？
- 問題十：不同鞋貼位置的防滑效果如何？
- 問題十一：相同面積與位置，不同形狀的鞋貼設計，防滑效果如何？
- 問題十二：相同面積與形狀，不同紋路的鞋底設計，防滑效果如何？
- 問題十三：吸震防滑鞋的實地測量成效如何(一)？在不同濕滑度面板上的防滑比較。
- 問題十四：吸震防滑鞋的實地測量成效如何(二)？在不同材質地板的防滑比較。
- 問題十五：三角形鞋貼與市售鞋貼的摩擦力比較。
- 問題十六：吸震防滑鞋的改良設計步驟與單價比較。

伍、研究流程與器材

一、研究樣本處理過程

(一)、鞋墊材料的取得與規格化的過程

我們到五金行及大賣場購買製作鞋墊的日常生活用品。經過篩檢與討論，決定保留下列材料作為設計吸震鞋墊的素材。此外，我們將每一種材料裁剪成鞋墊的形狀，並將鞋墊的厚度設計成 0.6 公分，以作為實驗基準（如下表一）。



圖1、各種鞋墊材料



圖2、不同鞋墊材質：地毯、抹布、棉網、櫥櫃墊、軟木、止滑墊、塑膠墊

表一 吸震鞋墊材料與材質對照表

材料名稱	地毯	抹布	棉網	櫥櫃墊	軟木	止滑墊	塑膠墊
材質	聚丙烯	嫘縈棉	純棉	GE+PE	軟木	塑膠	塑膠
鞋墊長度	28cm	28cm	28cm	28cm	28cm	28cm	28cm
鞋墊寬度	9.5cm	9.5cm	9.5cm	9.5cm	9.5cm	9.5cm	9.5cm
鞋墊重量	59.65g	21.05g	8.75g	14.15g	60.85g	36.05g	16.00g

(二)、鞋底材料的取得與規格化的過程

鞋底的取得過程與鞋墊一樣，只是鞋底因要注意摩擦力，所以我們挑選的材質比較注意堅固程度。表二是我們設計防滑鞋底的基本素材。我們將每一種材料裁剪成鞋底的形狀，也因為鞋底在測試防滑實驗時，講求重量相同才能讓實驗公平，所以我們運用加黏土的方法將重量規格化，以作為實驗基準。



圖3、鞋底取樣過程



圖4、不同鞋底材質：
輪胎底、拖鞋底(一)、拖鞋底(二)、露營地墊、塑膠墊



圖5、鞋底規格化：各鞋底的尺寸與重量一致
加上黏土使各鞋底的重量一致

表二、 防滑鞋底材料與材質對照表

材料名稱	輪胎底	拖鞋底(一)	拖鞋底(二)	露營地墊	塑膠墊
材質	橡膠	人工乳膠	泡棉	EVA	塑膠
長度	27cm	27cm	27cm	27cm	27cm
寬度	8.5cm	8.5cm	8.5cm	8.5cm	8.5cm
重量	55.25g	55.25g	55.25g	55.25g	55.25g

二、研究器材

進行研究所需要的器材與材料，如表三所列：

表三、研究器材分類表

研究工具	研究材料
鋸子、螺絲起子、活動板手、砂紙、剪刀、美工刀、雙面膠、黏著劑、捲尺、電算器、鞋墊樣本、鞋底樣本、電子秤、碼錶、量角器。	夾蛋器、鐵架、螺帽、螺絲、固定夾、木板、鐵片、L型支架、螺絲、螺帽、黏土。

陸、研究方法與結果

一、問題一：鞋子有哪些基本結構及功能？

1.研究方法：資料查閱與分析歸納法

2.研究步驟：

- (1) 蒐集鞋子結構的資料。
- (2) 閱讀與歸納整理資料。
- (3) 以表格的方式呈現資料。

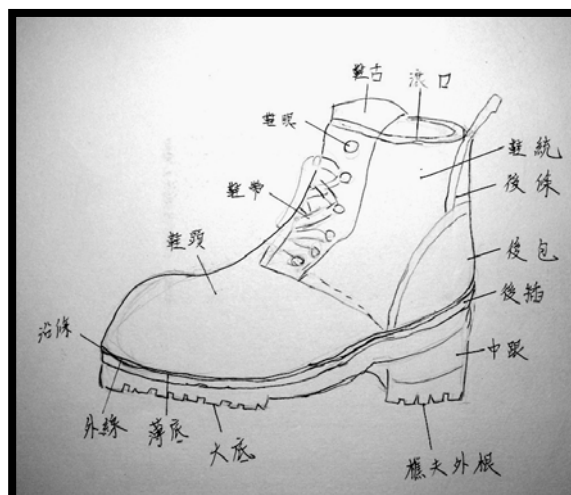
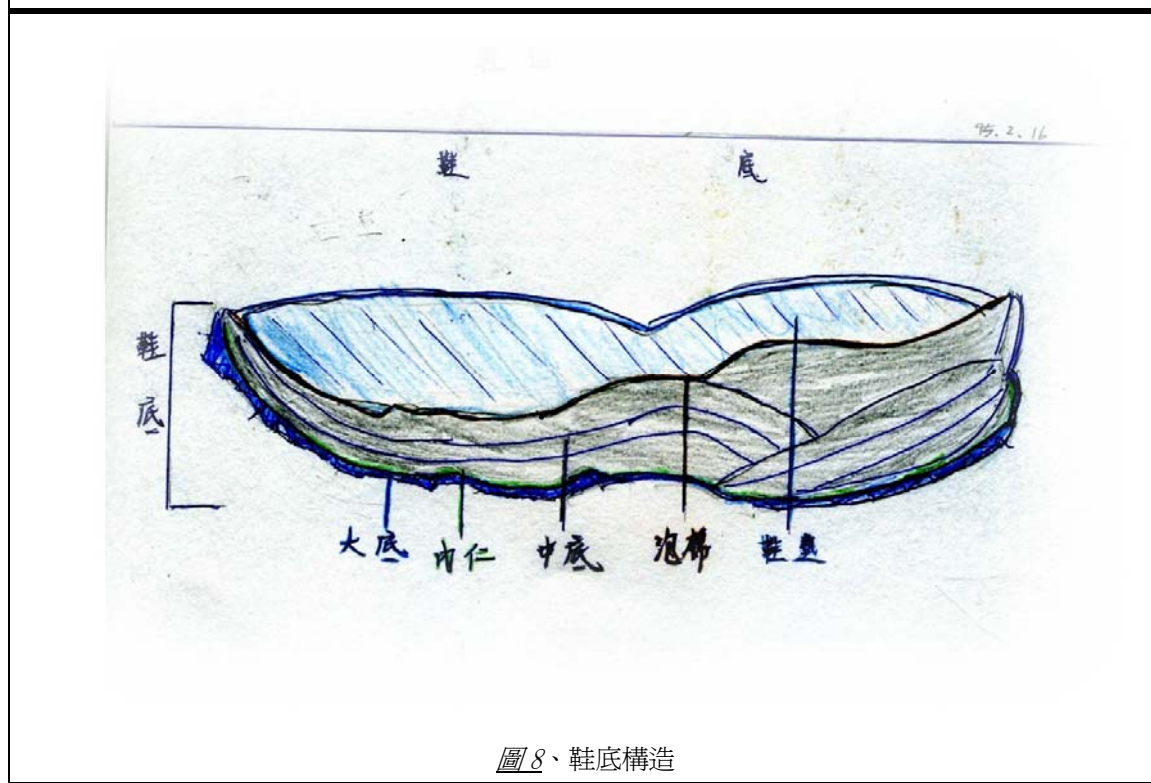
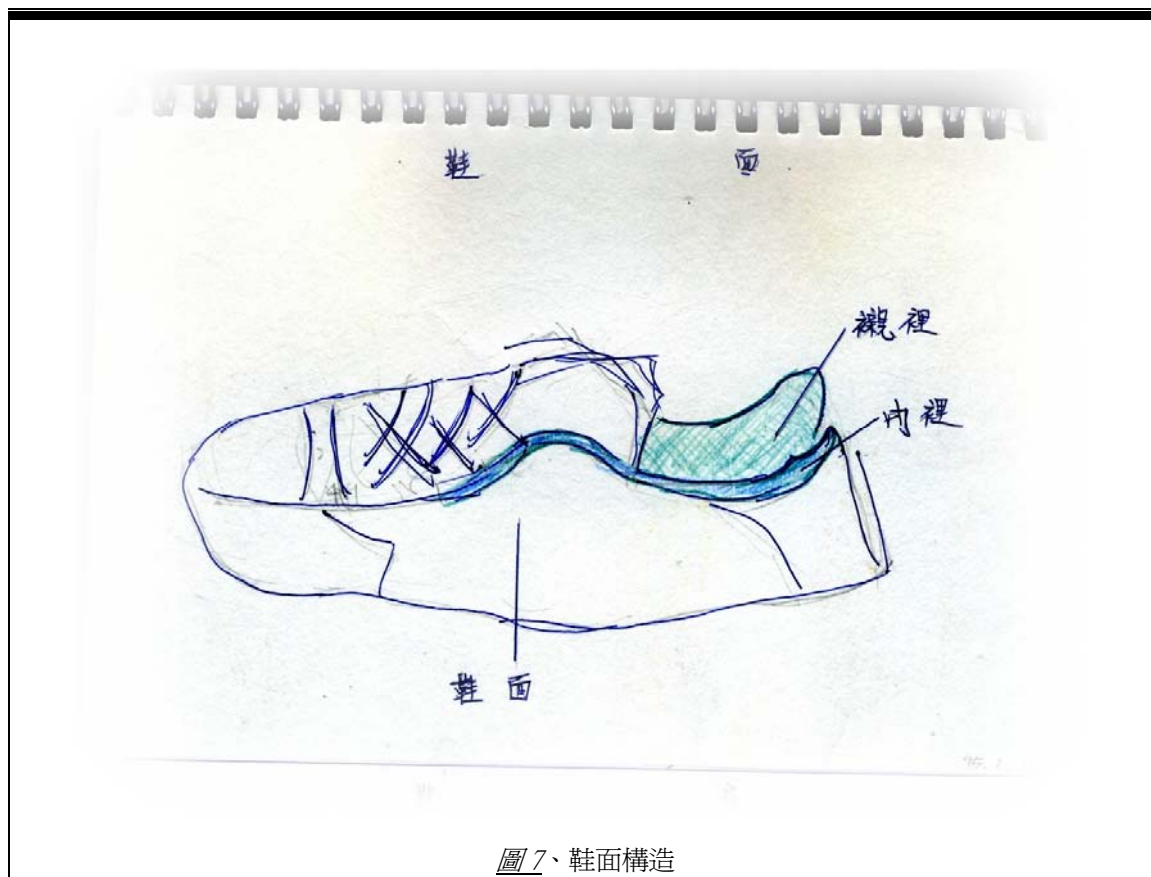


圖6、鞋子構造示意圖

3.研究結果：

我們發現，鞋子可分成鞋面與鞋底兩部分。鞋面由外而內的結構分別為表面、內裡及襯裡三個部份（如圖7）；鞋底的結構由下而上，分別為大底、內仁、中底、泡棉及鞋墊（如圖8）。由於鞋子最容易毀損的地方在於鞋底，而鞋墊和我們的腳底相接觸，具有保護雙腳的功能，因此我們決定將本研究焦點放在「鞋底」與「鞋墊」的改良與設計上。



爲了要設計具有吸震效果的鞋子，我們需要一個可以測量「吸震效果」的實驗平台；問題二即在探討與解決吸震實驗平台的設計、製作與穩定度評估的過程。

二、問題二：如何設計「吸震效果」實驗平台，並評估它的穩定度？

(一)、設計「測量吸震效果平台」，並評估它的測量穩定度。

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

- (1) 構思平台的結構與功能，並畫出設計圖。
- (2) 到五金行購買所需材料。
- (3) 組裝成測量平台。
- (4) 進行「吸震效果測試平台」穩定度的測試。以粉筆代替煮熟的雞蛋置於夾蛋器內使粉筆落下，測試在不同高度落下的粉筆，在擊打到平台後，粉筆與平台面板接觸點的落點位置是否能集中在固定的區域內，以數個「落點」的範圍在夾蛋器與平台面板垂直線交點 1 公分範圍圓面積之內爲原則。

3.研究結果：

(1)「吸震效果測試平台」的設計與組裝過程

爲了測量不同材質鞋墊的吸震效果，我們必須設計一個實驗平台。經過許多的思考與討論過程，我們終於把平台架設完成了（如圖9、10），緊接著就要進行平台穩定度的實驗了！

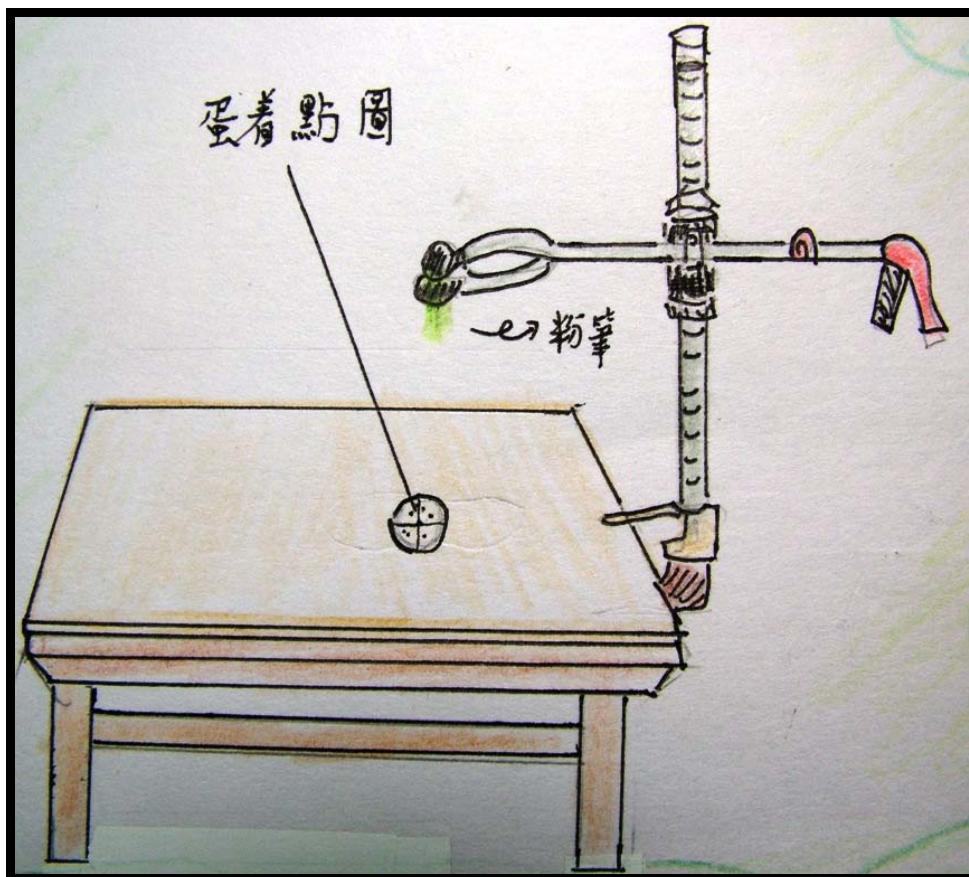


圖9、吸震平台的設計圖：

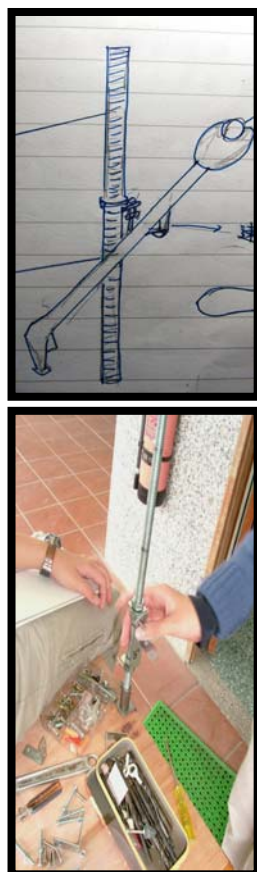


圖10、設計與組裝過程



圖 11、測試平台穩定性檢證



圖 12、修正測試平台角度

(2) 測試平台修正與穩定度的測量過程

爲了要讓每次的蛋著點都精準落到我們設定位置，我們進行了一系列的「蛋著點」穩定度實驗，並在實驗過程中調整「吸震效果測試」平台的結構。

圖 13、14、15、16 說明了第一、二、三、四次測試，蛋著點(粉筆落點)的位置及我們的修正結果。到了第四次，終於達成「蛋著點」控制在直徑一公分的圓心範圍內(如表四)。



圖 13、「蛋著點」測試一：
粉筆的落點多偏右下角 45 度

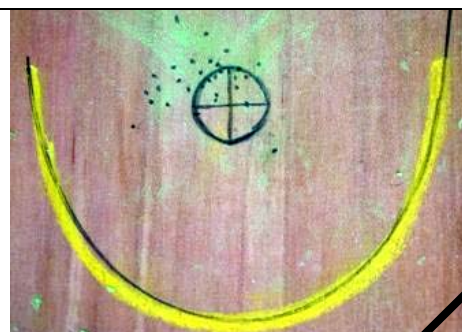


圖 14、「蛋著點」測試二：
粉筆的落點偏左上角 45 度

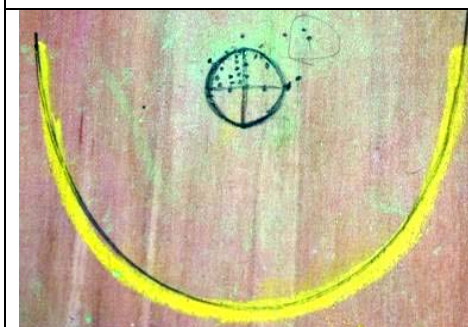


圖 15、「蛋著點」位置測驗測試三：
粉筆的落點微偏左

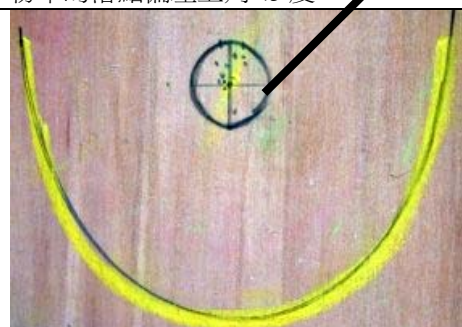


圖 16、「蛋著點」測試四：
粉筆的落點在半徑 1 公分圓面積內

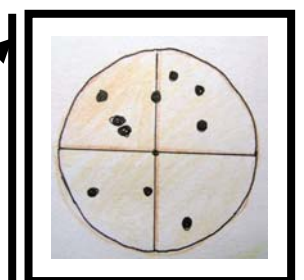


圖 17、落點集中於
1cm 直徑圓面積內

表四、平台穩定度第四次蛋著點的測試結果

次數 不同高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
50 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
70 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
90 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



圖18-1、測量過程

三、問題三：日常用品中，哪種材質做成的鞋墊吸震效果最好？

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

- (1) 將鞋墊材質固定在平台中央。
- (2) 記錄雞蛋在不同高度時落下的變化。以煮熟的雞蛋置於夾蛋器內使蛋落下，測試在不同高度落下的蛋，在擊打到平台的鞋墊後，蛋殼是否破裂。假使，在落下後蛋殼破裂了，則推論該鞋墊的吸震效果較差。
- (3) 選出吸震效果最佳的鞋墊材料。



圖18-2、固定鞋墊位置

表五、不同材質鞋墊的吸震效果比較

品名 材質	地毯 聚丙烯	抹布 螺縐棉	棉網 純棉	櫥櫃墊 GE+PE	軟木 軟木	止滑墊 塑膠	塑膠墊 塑膠
10 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
40 cm	✓	✓	✓	✓	X ⁺ (0.8 cm)	✓	✓
50 cm	✓	✓	✓	X ⁺ (1 cm)	X ⁺	✓	X ⁺ (2.5 cm)
60 cm	✓	X ⁺ (0.4 cm)	X ⁺ (3.5 cm)	X ⁺	X ⁺	X ⁺ (6 cm)	X ⁺
70 cm	✓	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺
80 cm	X ⁺ (1 cm)	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺
90 cm	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺	X ⁺

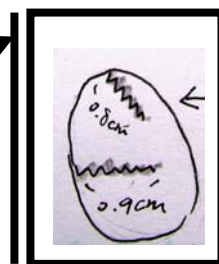


圖19、蛋裂開程度

說明：「x」表示在此高度下落下的雞蛋破掉；表格內的數字表示雞蛋裂開的程度。

3.研究結果：我們發現聚丙烯（地毯）材質製作成的鞋墊吸震效果最好；在蛋落點測試下，一直到距離平台檯面垂直 80 公分的高度，落下的蛋才出現裂痕（如上表五）。因此我們認為可以用聚丙烯(地毯)的材質做為本研究要製做的改良鞋之鞋墊。

四、問題四：不同厚度鞋墊的吸震效果比較？

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

（1）以梯形遞增的方式，逐漸增加吸震鞋墊的厚度，並測量吸震效果。（如下圖 20）

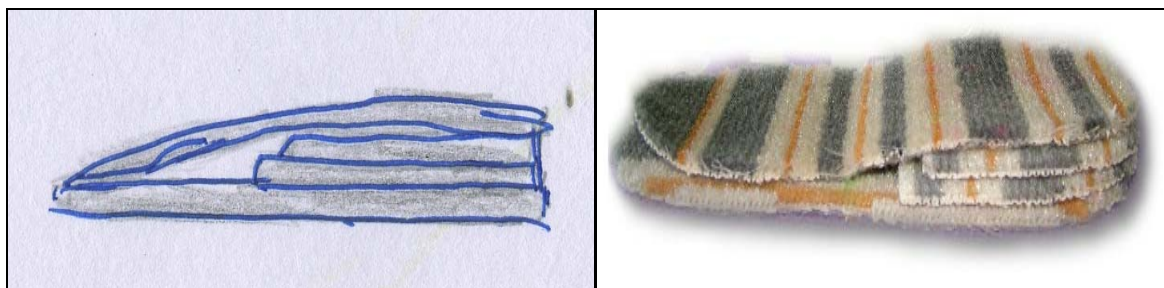






圖 20、鞋墊厚度的設計

（2）持續進行到腳穿不下的厚度，紀錄測量不同厚度鞋墊的吸震效果。

（3）選出吸震效果最佳的鞋墊厚度設計。

表六、增加鞋墊厚度後，原鞋子是否穿得下的測試表

項目	可穿戴性	穿著舒適度	備註
原樣本	是	很硬，像踏在木地板上。	
一片	是	比「原樣本」有彈性，像踏在草地上。	
二片	是	更有彈性，柔軟度較「一片」的還好。	
三片	是	柔軟度與彈性都跟「二片」的差不多。	
四片	是	柔軟度和彈性都比「三片」的好。	
五片	否	感覺鞋子隨時都要掉下來。	有輕微鬆脫的跡象。 不列入測試範圍。

說明：穿到第五片時，有些鬆脫與穿不下的現象，因此第五片後，就不列入我們的測試範圍。

表七、不同厚度鞋墊的吸震測試比較

實驗比較	原樣本	吸震鞋墊的厚度			
數量 高度	(厚度 1.5cm) PU 材質	一片 (厚度 0.5cm) 聚丙烯材質	二片 (厚度 1cm) 聚丙烯材質	三片 (厚度 1.5cm) 聚丙烯材質	四片 (厚度 2cm) 聚丙烯材質
10 cm	✓	✓	✓	✓	✓
20 cm	✓	✗ (7.5cm)	✓	✓	✓
30 cm	✓	✗	✓	✓	✓
40 cm	✓	✗	✓	✓	✓
50 cm	✓	✗	✓	✓	✓
60 cm	✓	✗	✓	✓	✓
70 cm	✗ (6 cm)	✗	✓	✓	✓
80 cm	✗	✗	✗ (8.5cm)	✓	✓
90 cm	✗	✗	✗	✗ (6.5cm)	✓

說明：增加的鞋墊越厚，吸震效果越好。我們一致決定採用四片厚度作為我們研究的最佳發現。

3.研究結果：我們發現鞋墊增加到四片的厚度時（2.0 公分），穿著的舒適度及吸震效果都比原樣本好（如表六、表七），為最佳的鞋墊厚度。

五、問題五：氣囊鞋墊的設計及吸震效果比較？

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

（1）蒐集軟塑膠、海綿及小氣球作為製造氣囊的填充物。

（2）將不同材質的氣囊填充物切割成一立方公分的小球。

（3）將不同數量、材質與排列方式的小球黏貼於實驗鞋墊上。

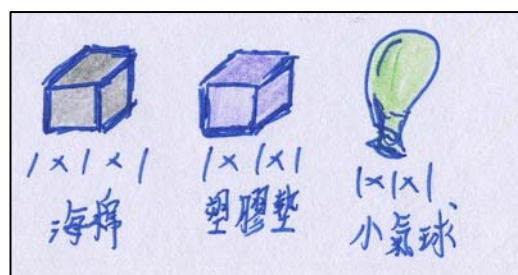


圖 21-1、氣囊的材質

（4）在黏好小球後的鞋墊上，再加蓋上一片鞋墊，製作出氣囊的效果。

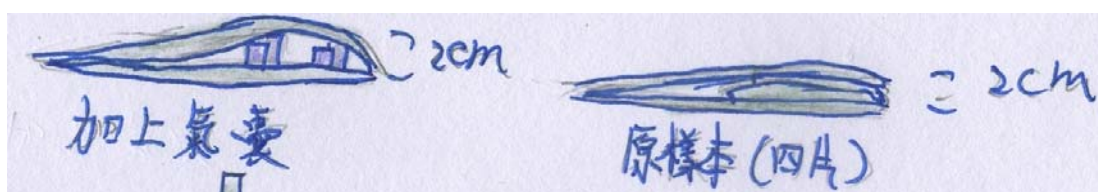


圖 21-2、氣囊設計的想法

(5) 測試不同材質與填充物數量的吸震效果，以找出最佳的氣囊鞋墊設計。



圖 21-3、氣囊鞋墊的樣本

表八、各材質與填充數量的吸震鞋墊及聚丙烯四片厚度鞋墊的吸震比較結果

氣囊材質	海綿			小氣球			塑膠墊			聚丙烯(四片)
數量	3 個	4 個	5 個	3 個	4 個	5 個	3 個	4 個	5 個	4 片
高度										
80 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
90 cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
100 cm	X (8 cm)	X (5.5 cm)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
110 cm	X	X	✓	X (7.7 cm)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
120 cm	X	X	X (8 cm)	X	✓	✓	X (6.3 cm)	X (8.7 cm)	X (9 cm)	X (7 cm)
130 cm	X	X	X	X	X (7.5 cm)	X (9 cm)	X	X	X	X
140 cm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
150 cm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
160 cm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

各材質與填充數量的及聚丙烯四片厚度的吸震比較結果：

3 個：聚丙烯＝塑膠墊＞小氣球＞海綿。

4 個：小氣球＞聚丙烯＝塑膠墊＞海綿。

5 個：小氣球＞聚丙烯＝塑膠墊＝海綿。

因此我們推論，填充四個小氣球的氣囊鞋墊設計，有最好的吸震效果。

3.研究結果：填充四個小氣球的氣囊鞋墊設計，有最好的吸震效果。填充四個小氣球做為氣囊材質的鞋墊一直到高度 130 公分時蛋才開始出現裂痕，而且裂痕較小，因此為最佳的填充氣囊設計。

六、問題六：影響鞋底摩擦力大小的因素有哪些？

1.研究方法：資料查閱與分析歸納法

2.研究步驟：

- (1) 蒐集影響鞋子摩擦力的資料。
- (2) 閱讀與歸納整理資料。
- (3) 以表格的方式呈現資料。

3.研究結果：我們發現影響鞋子摩擦力大小的主要變因有「鞋底材質」、「鞋底面積大小」、「鞋底紋路設計」及「不同的地板狀況」等因素。以下將以表九為依據，逐一探究影響鞋底摩擦力的秘密。

表九、影響鞋底摩擦力大小的因素分析表

變因	鞋底材質	鞋底面積大小	鞋底紋路設計	地板狀況
說明	不同的材質會影響物體的摩擦力大小。	不同的面積大小，也會影響摩擦力大小。	紋路的形狀、長寬等會影響物體的摩擦力。	地板的材質及狀況等會影響物體的摩擦力。
與本研究的關係	日常生活中有哪些材質可以充當鞋底，值得我們進一步探究。	面積大小會影響摩擦力，因此鞋底面積大小，值得我們進一步探究？	我們運用不同形狀與大小的防滑鞋底材質，創造出不同的鞋底紋路貼片方式，並探究不同鞋底貼片的紋路設計防滑效果。	在實地測試的時候探討這個變因，試試看我們的防滑鞋子是否能夠適應不同地面的狀況。
備註	問題八	問題九	問題十、問題十一	問題十二、十三

七、問題七：如何設計「防滑實驗平台」，並評估它的穩定度？

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

- (1) 構思平台的結構與功能，並畫設計圖。
- (2) 找到並購買合適的材料。
- (3) 組裝成測量平台。
- (4) 進行「防滑效果的測量平台」穩定度測試。

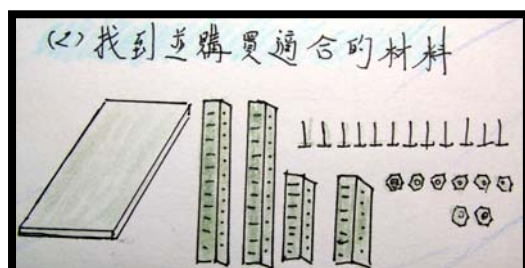


圖 22-1、防滑平台材料示意圖

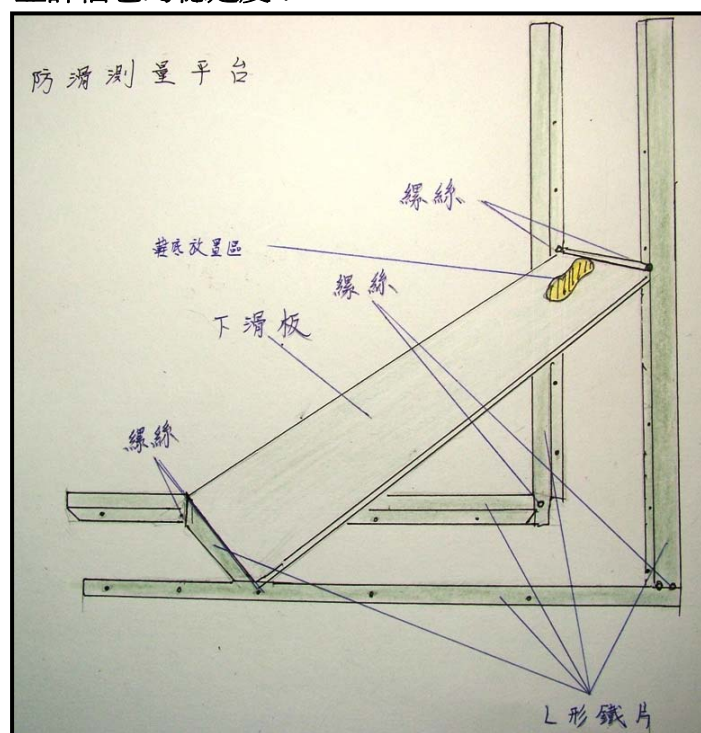


圖 22-2、防滑平台設計圖

3.研究結果：

我們先完成平台設計的草圖，緊接著到五金行購買所需的材料，並進行組裝及平台角度的測試（如圖 21）。緊接著，為了確保我們的測試平台的軌道能夠正常運作，我們進行了平台軌道穩定度的先前測試！經過十次的測量結果，我們的防滑平台都能夠準確的從起點落到終點，因此我們認為，我們的防滑平台已具有足夠的穩定性。



圖 23、防滑平台組裝過程

八、問題八：日常用品中，哪種材質做的鞋底防滑效果最好？

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

- (1) 準備各種不同材質鞋底，分別加上 16 號鉛塊與 22 號鉛塊，增加鞋底的重量。
- 實驗樣本分為三種：原鞋底、原鞋底加 16 號鉛塊、原鞋底加 22 號鉛塊。
- (2) 依序測量各樣本的下滑時間及距離。
- (3) 選出下滑時間最長、下滑距離最短的樣本。

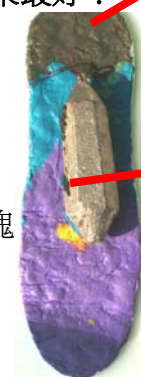


圖 24-1、增加載重



圖 24-2、各種鞋底材質(55.25g)



圖 24-3、16 號鉛塊(298.75g)
22 號鉛塊(873.75g)

3.研究結果：

- (1) 測試平台面板傾斜角度為 40 度時：最佳的防滑材質為 EVA 及塑膠。

表士、傾斜 40 度角測量結果

結果	材質	橡膠		人工乳膠		泡棉		EVA		塑膠	
		滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數
55.25g	第一次	120cm	6.31	0.5cm	10	120cm	1.09	0cm	10	0cm	10
	第二次	120cm	2.31	0.3cm	10	120cm	1.14	0cm	10	0cm	10
	第三次	120cm	1.4	0cm	10	120cm	0.97	0cm	10	0cm	10
	第四次	120cm	4.13	0.2cm	10	120cm	1.21	0cm	10	0cm	10
	平均	120cm	3.54	0.25cm	10	120cm	1.1	0cm	10	0cm	10
	平均秒速	33.9 公分/每秒		0.025 公分/每秒		109 公分/每秒		0 公分/每秒		0 公分/每秒	
354.00g	第一次	120cm	1.01	120cm	1.72	120cm	1.0	0cm	10	0cm	10
	第二次	120cm	0.93	120cm	2.07	120cm	1.23	0cm	10	0cm	10
	第三次	120cm	0.87	120cm	1.68	120cm	14.15	0cm	10	0cm	10
	第四次	120cm	0.87	120cm	3.53	120cm	240.6	0cm	10	0cm	10
	平均	120cm	0.92	120cm	2.25	120cm	44.24	0cm	10	0cm	10
	平均秒速	130.4 公分/每秒		53.3 公分/每秒		2.71 公分/每秒		0 公分/每秒		0 公分/每秒	
929.00g	第一次	0cm	10	120cm	13.32	120cm	1.2	0cm	10	0cm	10
	第二次	0cm	10	120cm	1:19.5	120cm	1.44	0cm	10	0cm	10
	第三次	0cm	10	120cm	2:3.8	120cm	1.84	0cm	10	0cm	10
	第四次	0cm	10	120cm	3:31.2	120cm	8.42	0cm	10	0cm	10
	平均	0cm	10	120cm	106.95	120cm	3.23	0cm	10	0cm	10
	平均秒速	0 公分/每秒		1.12 公分/每秒		372 公分/每秒		0 公分/每秒		0 公分/每秒	

當測試平台的傾斜角度為 40 度時，重量 55 公克的各材質鞋底，各材質的防滑效果依序是 EVA=塑膠>人工乳膠>橡膠>泡棉。

在加掛鉛塊後重量 350 公克的各材質鞋底，各材質的防滑效果依序是 EVA=塑膠>泡棉>人工乳膠>橡膠。

而在加掛鉛塊後重量 930 公克的各材質鞋底，各材質的防滑效果依序是 EVA=塑膠=橡膠>人工乳膠>泡棉。

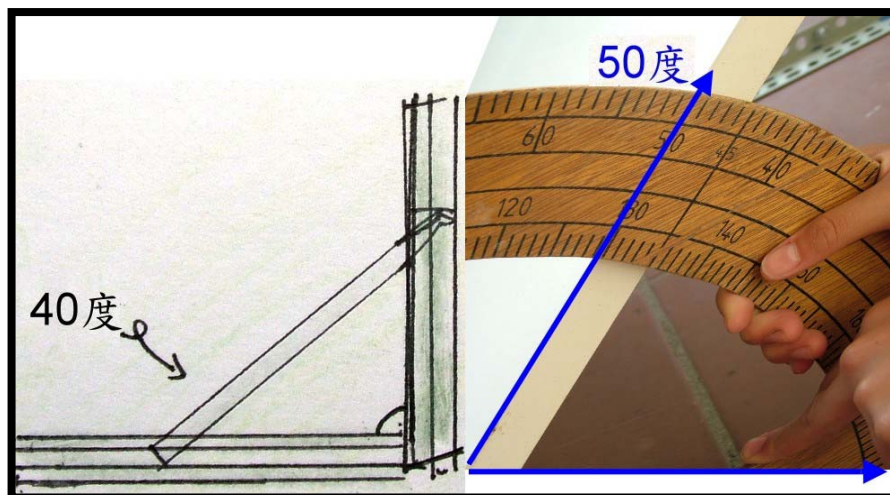


圖 24-4、測試平台各種傾斜角度示意

(2) 測試平台面板傾斜角度為 50 度時：最佳的防滑材質為 EVA。

表十一、傾斜 50 度角測量結果

結果 重量	材質	橡膠		人工乳膠		泡棉		EVA		塑膠	
		滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數
55.25g	第一次	120cm	0.69	120cm	1.26	120cm	0.83	0cm	10	0.5cm	10
	第二次	120cm	0.66	120cm	1.07	120cm	0.63	0cm	10	0cm	10
	第三次	120cm	0.62	120cm	1.2	120cm	0.63	0cm	10	0cm	10
	第四次	120cm	0.67	120cm	1.47	120cm	0.64	0cm	10	0cm	10
	平均	120cm	0.66	120cm	1.25	120cm	0.68	0cm	10	0.13cm	10
	平均秒速	181 公分/每秒		96 公分/每秒		176 公分/每秒		0 公分/每秒		0.013 公分/每秒	
354.00g	第一次	120cm	0.58	120cm	1.01	120cm	0.74	0cm	10	4.5cm	54.8
	第二次	120cm	0.54	120cm	1.2	120cm	0.91	0cm	10	0	10
	第三次	120cm	0.5	120cm	1.09	120cm	0.66	0cm	10	0	10
	第四次	120cm	0.56	120cm	1.07	120cm	1.17	0cm	10	0	10
	平均	120cm	0.55	120cm	1.09	120cm	0.87	0cm	10	1.13	7.64
	平均秒速	218 公分/每秒		110 公分/每秒		138 公分/每秒		0 公分/每秒		0.15 公分/每秒	
929.00g	第一次	120cm	2.67	120cm	1.34	120cm	1.15	0cm	10	5.4cm	36
	第二次	120cm	1.79	120cm	1.67	120cm	0.89	0cm	10	0cm	10
	第三次	120cm	2.13	120cm	22.94	120cm	0.89	0cm	10	0cm	10
	第四次	120cm	1.67	120cm	41.8	120cm	0.9	0cm	10	0cm	10
	平均	120cm	2.1	120cm	16.94	120cm	0.96	0cm	10	1.35cm	16.5
	平均秒速	57 公分/每秒		7.1 公分/每秒		125 公分/每秒		0 公分/每秒		0.08 公分/每秒	

當測試平台的傾斜角度為 50 度時，重量 55 公克的各材質鞋底，在下滑實驗中測試的結果，各材質的防滑效果依序是 EVA>塑膠>人工乳膠>泡棉>橡膠。在加掛鉛塊後重量 350 公克的各材質鞋底，各材質的防滑效果依序是 EVA>塑膠>人工乳膠>泡棉>橡膠。而在加掛鉛塊後重量 930 公克的各材質鞋底，各材質的防滑效果依序是

EVA > 塑膠 > 人工乳膠 > 橡膠 > 泡棉。

(3) 測試平台面板傾斜角度為 60 度時：最佳的防滑材質為 EVA。

表十二、傾斜 60 度角測量結果

結果 重量	材質	橡膠		人工乳膠		泡棉		EVA		塑膠	
		滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數
55.25g	第一次	120cm	0.53	120cm	0.67	120cm	0.55	0cm	10	2.4cm	28.43
	第二次	120cm	0.57	120cm	0.61	120cm	0.55	11cm	0.57	120cm	0.71
	第三次	120cm	0.5	120cm	0.6	120cm	0.58	25.5cm	0.52	2cm	17.47
	第四次	120cm	0.47	120cm	0.63	120cm	0.49	0cm	10	1.8cm	12.19
	平均	120cm	0.52	120cm	0.63	120cm	0.54	9.13cm	5.27	31.6cm	14.7
	平均秒速	230 公分/每秒		190 公分/每秒		222 公分/每秒		0.17 公分/每秒		2.15 公分/每秒	
354.00g	第一次	120cm	0.65	120cm	0.37	120cm	0.62	0cm	10	120cm	32.39
	第二次	120cm	0.62	120cm	0.42	120cm	0.74	0cm	10	120cm	19.38
	第三次	120cm	0.57	120cm	0.68	120cm	0.67	0cm	10	120cm	27.89
	第四次	120cm	0.45	120cm	0.49	120cm	0.65	0cm	10	120cm	13.94
	平均	120cm	0.57	120cm	0.49	120cm	0.67	0cm	10	120cm	35.9
	平均秒速	210 公分/每秒		245 公分/每秒		179 公分/每秒		0 公分/每秒		3.34 公分/每秒	
929.00g	第一次	120cm	0.57	120cm	0.53	120cm	0.71	120cm	0.53	120cm	0.5
	第二次	120cm	0.73	120cm	0.57	120cm	0.53	120cm	0.77	120cm	0.74
	第三次	120cm	0.63	120cm	0.54	120cm	0.49	120cm	1.07	120cm	0.67
	第四次	120cm	0.59	120cm	0.59	120cm	0.68	120cm	0.77	120cm	0.92
	平均	120cm	0.63	120cm	0.56	120cm	0.6	120cm	0.76	120cm	0.71
	平均秒速	190 公分/每秒		214 公分/每秒		200 公分/每秒		158 公分/每秒		169 公分/每秒	

當測試平台的傾斜角度為 60 度時，重量 55 公克的各材質鞋底，防滑效果依序是 EVA > 塑膠 > 人工乳膠 > 泡棉 > 橡膠。在加掛鉛塊後重量 350 公克的各材質鞋底，各材質的防滑效果依序是 EVA > 塑膠 > 泡棉 > 橡膠 > 人工乳膠。而在加掛鉛塊後重量 930 公克的各材質鞋底，各材質的防滑效果依序是 EVA > 塑膠 > 橡膠 > 泡棉 > 人工乳膠。

經過比較，我們發現 EVA 材質在各個指標上都是最好的防滑材料，因此接下來的實驗我們將以「EVA」材質作為防滑鞋底的材料，繼續探討不同面積大小對於設計防滑鞋子效果的影響。

九、問題九：不同面積大小的鞋底設計，它的防滑效果如何？

1. 研究方法：實驗法

2. 研究步驟：

- (1) 找出鞋底破舊的鞋子當樣本(重量 350g)。
- (2) 以 EVA 材質做為材料，裁出「全面積」、「1/2 面積」、「1/3 面積」、「1/4 面積」等四種不同面積大小的防滑貼片作為實驗鞋底。
- (3) 依序測量每種大小不同的 EVA 鞋底貼片，在平台上不同角度的下滑時間及距離。
- (4) 選出最佳防滑效果貼片大小。

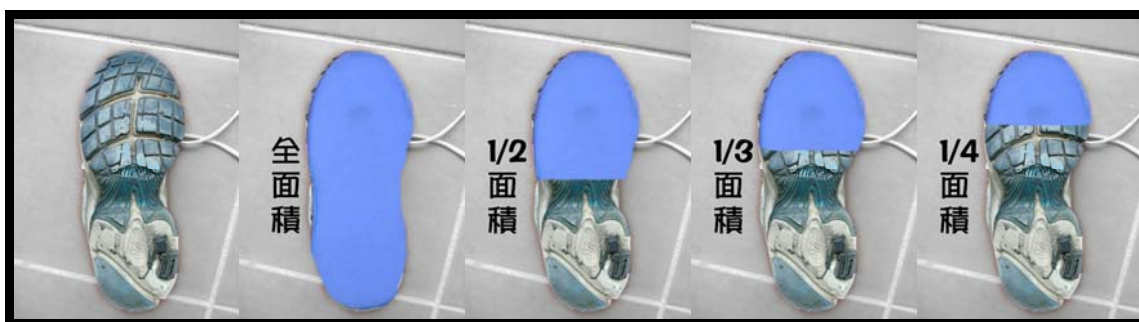


圖 25、不同防滑貼片大小：原樣本、「全面積」、「1/2 面積」、「1/3 面積」、「1/4 面積」

3.研究結果：加裝貼片的防滑效果比原樣本的防滑效果好；且雖然我們發現「全面積」的防滑效果最好，但由於差距不大，又在考量應用價值與成本效益等因素，我們認為貼片大小以「1/4 面積」比例最為合適。

(1) 測試平台面板傾斜角度為 40 度時

表十三、傾斜 40 度角測量結果

結果 重 量	面積	原樣本		全面積		1/2 面積		1/3 面積		1/4 面積	
		滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數
350g	第一次	120cm	7.5	0cm	10	0cm	10	0cm	10	0cm	10
	第二次	120cm	7.6	0cm	10	0cm	10	0cm	10	0cm	10
	第三次	120cm	8.2	0cm	10	0cm	10	0cm	10	0cm	10
	第四次	120cm	8.1	0cm	10	0cm	10	0cm	10	0cm	10
	平均	120cm	7.8	0cm	10	0cm	10	0cm	10	0cm	10
	平均秒速	154 公分/每秒		0 公分/每秒		0 公分/每秒		0 公分/每秒		0 公分/每秒	

當測試平台的傾斜角度為 40 度時，加貼 EVA 材質防滑貼片後，不論貼片的面積大小為何，其防滑效果都比原樣本的防滑效果來得好。

(2) 測試平台面板傾斜角度為 50 度時

表十四、傾斜 50 度角測量結果

結果 重 量	面積	原樣本		全面積		1/2 面積		1/3 面積		1/4 面積	
		滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數
350g	第一次	120cm	0.54	2.5	7.31	8.4	7.4	12	7.3	14.2	8.7
	第二次	120cm	0.59	1.5	2.61	9.2	6.4	11	7.3	11.5	4.8
	第三次	120cm	0.69	1.5	1.83	7.3	8.7	13.4	8.2	13.2	8.3
	第四次	120cm	0.58	2.5	2.83	1.8	12.5	9.8	6.3	10.7	7.4
	平均	120cm	0.6	2	3.64	6.67	8.75	11.55	7.2	12.4	7.3
	平均秒速	200 公分/每秒		0.55 公分/每秒		0.76 公分/每秒		1.6 公分/每秒		1.7 公分/每秒	

當測試平台的傾斜角度為 50 度時，加貼 EVA 材質防滑貼片，其防滑效果都比原樣本的防滑效果來得好。而各貼片的防滑效果依序是：「全面積」>「1/2 面積」>「1/3 面積」>「1/4 面積」>原樣本。

(3) 測試平台面板傾斜角度為 60 度

表十五、傾斜 60 度角測量結果

結果 重量	面積	原樣本		全面積		1/2 面積		1/3 面積		1/4 面積	
		滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數
350g	第一次	120cm	0.47	120cm	0.84	120cm	0.70	120cm	0.60	120cm	0.49
	第二次	120cm	0.57	120cm	0.69	120cm	0.67	120cm	0.57	120cm	0.73
	第三次	120cm	0.43	120cm	0.90	120cm	0.59	120cm	0.60	120cm	0.75
	第四次	120cm	0.58	120cm	0.84	120cm	0.80	120cm	0.55	120cm	0.83
	平均	120cm	0.52	120cm	0.82	120cm	0.69	120cm	0.58	120cm	0.7
	平均秒速	231 公分/每秒		146 公分/每秒		174 公分/每秒		207 公分/每秒		172 公分/每秒	

當測試平台的傾斜角度為 60 度時，發現加貼 EVA 材質防滑貼片，其防滑效果都比原樣本的防滑效果來得好。而各貼片的防滑效果依序是：「全面積」>「1/4 面積」>「1/2 面積」>「1/3 面積」>原樣本。

本實驗小結：

加貼 EVA 材質的防滑鞋底不論是在任何角度，防滑效果都比原樣本好，可見防滑貼片的確可以發揮防滑的功能。當測試面板傾斜的角度在 40 度時，四種不同大小的防滑貼片的效果都一樣；當測試面板傾斜的角度在 50 度時，「全面積」貼片的防滑效果雖然最好，但與其餘不同大小的貼片防滑效果的差距卻很微小；當測試面板傾斜的角度在 60 度時，「全面積」貼片的防滑效果最好，但同樣與其餘大小防滑貼片的防滑效果差距很小。

在綜合考量了成本與實用的因素之後，我們一致決定以「1/4」比例作為貼片大小的設計。因此接下來的實驗，我們將以 1/4 的「EVA」鞋底大小，作為防滑鞋底的設計，繼續探討以下的實驗。

十、問題十：不同鞋貼位置的防滑效果如何？

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

- (1) 找出鞋底破舊的鞋子當樣本(重量 258g)。
- (2) 以 EVA 材質做為原料，裁出四塊 1/4 面積大小作為實驗測試材料。
- (3) 測試不同鞋貼位置的下滑時間及距離。
- (4) 選出最佳防滑效果的鞋底貼片位置。

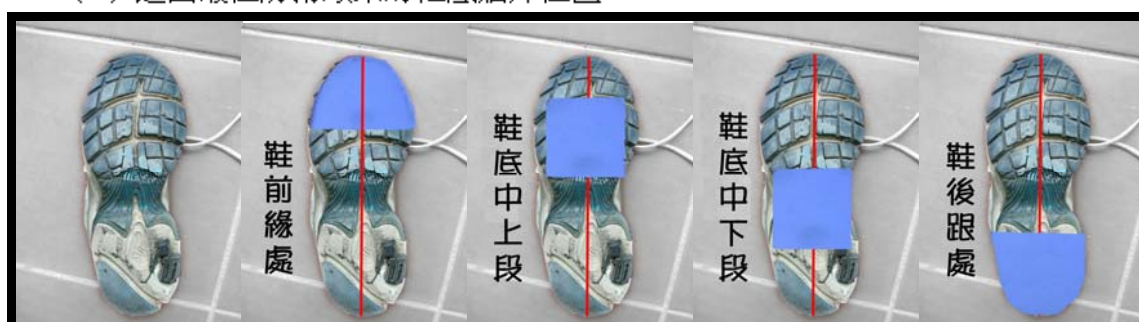


圖 26、不同防滑貼片位置：原樣本、「鞋底前緣」、「鞋底中上段」、「鞋底中下段」、「鞋底後跟」

3.研究結果：

(1) 測試平台面板傾斜角度為 40 度時

表十六、傾斜 40 度角測量結果

結果 重量	位置	原樣本 (未貼)		鞋面前緣處		鞋底中上段		鞋底中下段		鞋底後跟處	
		滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數
258g	第一次	120cm	5.03	9cm	29.17	4.5cm	27.79	7cm	0.32	13.4cm	0.89
	第二次	120cm	2.43	33.5cm	54.29	2cm	33.05	6.2cm	0.61	13cm	0.99
	第三次	120cm	1.87	120cm	1.34	1.5cm	32.07	7.6cm	0.39	14cm	1.17
	第四次	120cm	2.93	2.5cm	12.74	1.4cm	21.91	11.5cm	0.55	11.5cm	2.33
	平均	120cm	3.07	41.3cm	24.39	2.4cm	28.71	8.08cm	0.47	12.9cm	1.34
	平均秒速	392 公分/每秒		1.7 公分/每秒		0.08 公分/每秒		172 公分/每秒		9.62 公分/每秒	

當測試平台的傾斜角度為 40 度時，不同鞋貼位置的防滑效果依序是：「鞋底中上段」>「鞋面前緣處」>「鞋底後跟處」>「鞋底中下段」>「原樣本」(未貼)。

(2) 測試平台面板傾斜角度為 50 度時

表十七、傾斜 50 度角測量結果

結果 重量	位置	原樣本 (未貼)		鞋面前緣處		鞋底中上段		鞋底中下段		鞋底後跟處	
		滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數
258g	第一次	120cm	0.93	120cm	0.75	3.3cm	32.74	120cm	2.19	120cm	1.2
	第二次	120cm	0.90	120cm	0.90	3cm	19.71	28.5cm	1.07	120cm	1.1
	第三次	120cm	0.93	120cm	0.88	2.3cm	42.33	120cm	1.12	120cm	1.06
	第四次	120cm	0.86	120cm	1.11	3.5cm	59.23	20.9cm	1.45	120cm	0.93
	平均	120cm	0.91	120cm	0.91	3cm	38.5	72.3cm	1.46	120cm	1.073
	平均秒速	132 公分/每秒		132 公分/每秒		0.08 公分/每秒		49.5 公分/每秒		112 公分/每秒	

當測試平台的傾斜角度為 50 度時，不同鞋貼位置的防滑效果依序是：「鞋底中上段」>「鞋底中下段」>「鞋底後跟處」>「鞋面前緣處」>「原樣本」(未貼)。

(3) 測試平台面板傾斜角度為 60 度時

表十八、傾斜 60 度角測量結果

結果 重量	位置	原樣本 (未貼)		鞋面前緣處		鞋底中上段		鞋底中下段		鞋底後跟處	
		滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數	滑動 距離	滑動 秒數
258g	第一次	120cm	0.61	120cm	0.54	120cm	1.00	120cm	0.73	120cm	0.53
	第二次	120cm	0.53	120cm	0.56	120cm	1.9	120cm	0.83	120cm	0.59
	第三次	120cm	0.57	120cm	0.70	120cm	1.03	120cm	0.73	120cm	0.58
	第四次	120cm	0.61	120cm	0.69	120cm	1.10	120cm	0.73	120cm	0.59
	平均	120cm	0.58	120cm	0.62	120cm	1.00	120cm	0.76	120cm	0.57
	平均秒速	207 公分/每秒		194 公分/每秒		120 公分/每秒		158 公分/每秒		211 公分/每秒	

當測試平台的傾斜角度為 60 度時，發現不同鞋貼位置的防滑效果依序是：「鞋底中上段」>「鞋底中下段」>「鞋面前緣處」>「原樣本」(未貼)>「鞋底後跟處」。經過比較，我們發現貼於「鞋底中上段」，在各個角度都是最好的防滑設計，因此接下來的實驗我們將以「鞋底中上段」處做為鞋底防滑貼片的設計位置，繼續探討以下的實驗。

十一、問題十一：相同面積與位置，不同形狀的鞋貼設計，防滑效果如何？

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

(1) 計算出 1/4 鞋底的面積大小為 36 平方公分。

(2) 以 EVA 材質做為原料，裁出底 9 公分高為 8 公分的三角形；邊長為 6 公分的正方形；及長為 9 公分，寬為 4 公分的長方形等三種相同面積但不同形狀的鞋底。



圖 27、不同形狀鞋底樣本



(3) 將上述不同形狀鞋貼貼在「鞋底中上段」處，測試下滑時間及距離。

(4) 選出最佳防滑效果的鞋底貼片位置。

表十九、40 度時的測試結果

角度為40度時									
形狀		三角形		正方形		長方形		原樣本	
重量	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	11.5cm	41.81	120cm	1.59	12cm	0.68	120cm	1.01
	第二次	5.5cm	20.37	120cm	1.52	8cm	0.56	120cm	1.06
	第三次	7.3cm	5.42	120cm	1.53	13cm	0.46	120cm	0.99
	第四次	8cm	13.34	120cm	1.25	10cm	0.39	120cm	1.28
	平均	8.08cm	20.235	120cm	1.4725	10.75cm	0.5225	120cm	1.085
	平均秒速	0.4cm／每秒		81.49cm／每秒		20.57cm／每秒		110.6cm／每秒	
三角形＞長方形＞正方形＞原樣本。角度為40度時，三角形的防滑效果最好。									

表二十、50 度時的測試結果

角度為50度時									
重量	形狀	三角形		正方形		長方形		原樣本	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120cm	1.34	120cm	0.69	120cm	1.12	120cm	0.6
	第二次	120cm	1.5	120cm	0.78	120cm	0.75	120cm	0.62
	第三次	120cm	1.7	120cm	0.72	120cm	1.21	120cm	0.62
	第四次	120cm	1.49	120cm	0.87	120cm	1.12	120cm	0.61
	平均	120cm	1.5075	120cm	0.765	120cm	1.05	120cm	0.6125
	平均秒數	79.6cm／每秒		156.86cm／每秒		144.29cm／每秒		195.92cm／每秒	
三角形>長方形>正方形>原樣本。角度為50度時，三角形的防滑效果最好。									

表二十一、60 度時的測試結果

角度為60度時		三角形		正方形		長方形		原樣本	
重量	形狀	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120cm	0.73	120cm	0.67	120cm	0.75	120cm	0.55
	第二次	120cm	0.8	120cm	0.61	120cm	0.75	120cm	0.69
	第三次	120cm	0.78	120cm	0.73	120cm	0.68	120cm	0.47
	第四次	120cm	0.81	120cm	0.52	120cm	0.81	120cm	0.53
	平均	120cm	0.78	120cm	0.6325	120cm	0.7475	120cm	0.56
	平均秒數	153.35cm／每秒		189.72cm／每秒		160.54cm／每秒		214.29cm／每秒	

三角形>長方形>正方形>原樣本。角度為60度時，三角形的防滑效果最好。

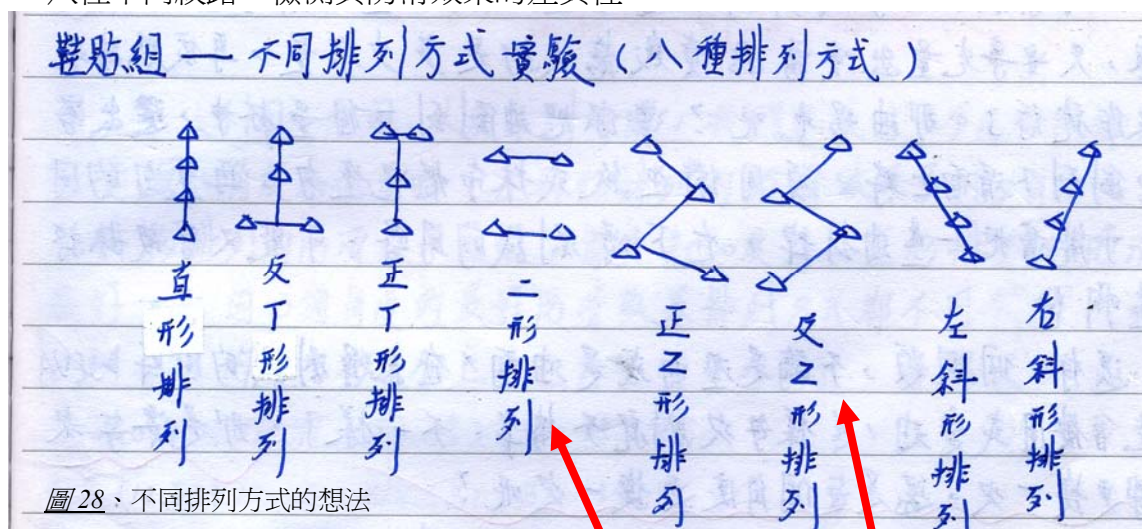
3.研究結果：三角形鞋貼的防滑效果最好。因此接下來的實驗我們將以三角形做為鞋底防滑貼片的設計位置，繼續探討以下的實驗。

十二、問題十二：相同面積與形狀，不同紋路的鞋底設計，防滑效果如何？

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

- (1) 將面積為 36 平方公分的鞋貼平均剪成四塊一樣大小的三角形。
- (2) 將四塊三角形鞋貼以「直形、正 T、反 T、二形、正 Z、反 Z、左斜、右斜」等八種不同紋路，檢測其防滑效果的差異性。



- (3) 依序測量不同紋路設計的防滑效果。
- (4) 選出最佳防滑效果的鞋底紋路設計。



3.研究結果：右斜形紋路鞋底設計在 40、50、及 60 度的每秒平均下滑距離最短，平均下滑速度為每秒 97.39 公分，在本實驗所操控的八種紋路中表現最好。但進一步與問題十一的三角型貼片的下滑速度比較，我們發現一整片的三角形貼片的摩擦力，比起四塊小塊三角形貼片所排成的右斜形紋路的摩擦力還大。換句話說，本實驗所操縱的八種紋路設計，並未增加鞋底的摩擦力。因此本研究後續的實驗，將採用問題十一發現的一整片三角型貼片做為防滑鞋底設計。

表二十二、40 度時的測試結果

角度為40度時									
重量	排列	直型排列		正T型排列		反T型排列		二型排列	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	1.07	78 cm	2.89	120 cm	1.32	120 cm	1.69
	第二次	120 cm	1.31	19 cm	0.77	120 cm	1.01	120 cm	1.58
	第三次	120 cm	1.12	13 cm	1.04	120 cm	1.31	120 cm	1.25
	第四次	120 cm	1.25	12 cm	0.67	120 cm	1.12	120 cm	1.25
	平均	120 cm	1.19	30.5cm	1.34	120 cm	1.19	120 cm	1.44
	平均秒數	100.84 cm / 每秒		22.76 cm / 每秒		100.84 cm / 每秒		83.19 cm / 每秒	
重量	排列	正Z型排列		反Z型排列		左斜型排列		右斜型排列	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	1.56	10 cm	0.25	120 cm	1.19	2 cm	1.66
	第二次	120 cm	1.57	120 cm	1.75	120 cm	1.51	20 cm	2.27
	第三次	120 cm	1.45	120 cm	2.19	120 cm	1.6	22 cm	1.13
	第四次	120 cm	1.37	120 cm	1.95	120 cm	1.18	20 cm	2.06
	平均	120 cm	1.49	120 cm	1.54	120 cm	1.37	16 cm	1.78
	平均秒數	80.67 cm / 每秒		78.17 cm / 每秒		87.59 cm / 每秒		8.99 cm / 每秒	
右斜形排列>正T形排列>反Z形排列>正Z形排列>二形排列>左斜形排列>直形排列、反T形排列。角度為40度時，右斜形排列的防滑效果最好。									

表二十三、50 度時的測試結果

角度為50度時									
重量	排列	直型排列		正T型排列		反T型排列		二型排列	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	0.87	120 cm	0.6	120 cm	0.82	120 cm	0.94
	第二次	120 cm	1	120 cm	0.77	120 cm	0.82	120 cm	0.94
	第三次	120 cm	0.95	120 cm	0.63	120 cm	0.69	120 cm	0.75
	第四次	120 cm	0.81	120 cm	0.7	120 cm	0.68	120 cm	0.75
	平均	120 cm	0.9075	120 cm	0.675	120 cm	0.7525	120 cm	0.85
	平均秒數	132.23 cm / 每秒		177.77 cm / 每秒		159.46 cm / 每秒		142.01 cm / 每秒	
重量	排列	正Z型排列		反Z型排列		左斜型排列		右斜型排列	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	0.69	120 cm	0.94	120 cm	0.56	120 cm	0.98
	第二次	120 cm	0.75	120 cm	0.87	120 cm	0.57	120 cm	0.97
	第三次	120 cm	1	120 cm	0.93	120 cm	0.82	120 cm	1.04
	第四次	120 cm	1	120 cm	0.89	120 cm	0.81	120 cm	1.05
	平均	120 cm	0.69	120 cm	0.9075	120 cm	0.69	120 cm	1.01
	平均秒數	174.55 cm / 每秒		132.23 cm / 每秒		173.91 cm / 每秒		118.81 cm / 每秒	
右斜形排列>直形排列、反Z形排列>二形排列>反T形排列>左斜形排列>正Z形排列>正T形排列。角度為50度時，右斜形排列的防滑效果最好。									

表二十四、60 度時的測試結果

角度為60度時									
重量	排列	直型排列		正T型排列		反T型排列		二型排列	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	0.75	120 cm	0.63	120 cm	0.68	120 cm	0.62
	第二次	120 cm	0.77	120 cm	0.54	120 cm	0.56	120 cm	0.56
	第三次	120 cm	0.68	120 cm	0.61	120 cm	0.67	120 cm	0.51
	第四次	120 cm	0.59	120 cm	0.63	120 cm	0.69	120 cm	0.64
	平均	120 cm	0.6975	120 cm	0.6025	120 cm	0.65	120 cm	0.58
	平均秒數	172.04 cm / 每秒		199.17 cm / 每秒		184.61 cm / 每秒		206.01 cm / 每秒	
重量	排列	正Z型排列		反Z型排列		左斜型排列		右斜型排列	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	0.63	120 cm	0.67	120 cm	0.64	120 cm	0.77
	第二次	120 cm	0.5	120 cm	0.63	120 cm	0.64	120 cm	0.76
	第三次	120 cm	0.77	120 cm	0.57	120 cm	0.64	120 cm	0.67
	第四次	120 cm	0.63	120 cm	0.67	120 cm	0.56	120 cm	0.72
	平均	120 cm	0.63	120 cm	0.635	120 cm	0.62	120 cm	0.73
	平均秒數	189.72 cm / 每秒		188.97 cm / 每秒		193.54 cm / 每秒		164.38 cm / 每秒	
直形排列>反T形排列>反Z形排列>正Z形排列>左斜形排列>正T形排列>右斜形排列>二形排列。角度為60度時，直形排列的防滑效果最好。									

表二十五、各種排列方式的下滑總平均秒數

	直型排列	正T型排列	反T型排列	二型排列	正Z型排列	反Z型排列	左斜型排列	右斜型排列
40度	100.84	22.76	100.84	83.19	80.67	78.17	87.59	8.99
50度	132.23	177.77	159.46	142.01	174.55	132.23	173.91	118.81
60度	172.04	199.17	184.61	206.01	189.72	188.97	193.54	164.38
平均	135.04	133.23	148.30	143.74	148.31	133.12	151.68	97.39

說明：表 24 說明各種排列方式的下滑總平均秒數。右斜形紋路鞋底設計在 40、50、及 60 度的每秒平均下滑距離最短，平均下滑速度為每秒 97.39 公分，在本實驗所操控的八種紋路中表現最好。

十三、問題十三：吸震防滑鞋的實地測量成效如何(一)？ ---在不同濕滑度面板的防滑比較。

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

- (1)剪一塊底 9 公分高 8 公分的三角形貼片，貼於「鞋底中上段」。
- (2)與不加貼片的鞋子在乾燥的、潮濕的及加油的面板進行摩擦力比較。
- (3)觀察紀錄加裝貼片與原鞋子在不同性質面板的摩擦力大小。

3.研究結果：加貼片的防滑鞋子，在不同角度、不同性質面板的摩擦力均比原鞋子大，因此我們推論我們設計出來的貼片可以用來增強鞋底適應與提升不同面板的摩擦力，增加鞋底的防滑效果。



圖 29-1、不同濕滑度面板



圖 29-2、實驗樣本

表二十六加貼片 40 度時的測試結果

角度為40度時							
重量	狀況	乾面		濕面		油面	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	1.81	120 cm	0.62	120 cm	0.62
	第二次	120 cm	1.87	120 cm	0.62	120 cm	0.57
	第三次	120 cm	1.76	120 cm	0.62	120 cm	0.69
	第四次	120 cm	1.67	120 cm	0.69	120 cm	0.57
	平均	120 cm	1.78	120 cm	0.64	120 cm	0.61
	平均秒速	67.51 cm/每秒		188.24 cm/每秒		195.92 cm/每秒	

表二十七未加貼片舊鞋 40 度時的測試結果

角度為40度時							
重量	狀況	乾面		濕面		油面	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	1.07	120 cm	0.61	120 cm	0.65
	第二次	120 cm	0.87	120 cm	0.47	120 cm	0.47
	第三次	120 cm	0.64	120 cm	0.65	120 cm	0.52
	第四次	120 cm	0.81	120 cm	0.58	120 cm	0.54
	平均	120 cm	0.85	120 cm	0.58	120 cm	0.55
	平均秒速	141.18 cm/每秒		206.9 cm/每秒		218.18 cm/每秒	

表二十八加貼片 50 度時的測試結果

角度為50度時							
重量	狀況	乾面		濕面		油面	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	0.95	120 cm	0.55	120 cm	0.58
	第二次	120 cm	0.7	120 cm	0.56	120 cm	0.56
	第三次	120 cm	0.88	120 cm	0.59	120 cm	0.64
	第四次	120 cm	0.82	120 cm	0.53	120 cm	0.64
	平均	120 cm	0.84	120 cm	0.56	120 cm	0.61
	平均秒速	143.28 cm/每秒		215.25 cm/每秒		198.35 cm/每秒	

表二十九、未加貼片舊鞋 50 度時的測試結果

角度為50度時							
重量	狀況	乾面		濕面		油面	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	0.62	120 cm	0.64	120 cm	0.45
	第二次	120 cm	0.62	120 cm	0.56	120 cm	0.51
	第三次	120 cm	0.55	120 cm	0.49	120 cm	0.48
	第四次	120 cm	0.58	120 cm	0.57	120 cm	0.43
	平均	120 cm	0.59	120 cm	0.57	120 cm	0.47
	平均秒速	203.39 cm/每秒		210.53 cm/每秒		255.32 cm/每秒	

表三十、加貼片 60 度時的測試結果

角度為60度時							
重量	狀況 結果	乾面		濕面		油面	
		下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	0.56	120 cm	0.51	120 cm	0.49
	第二次	120 cm	0.5	120 cm	0.5	120 cm	0.45
	第三次	120 cm	0.56	120 cm	0.5	120 cm	0.5
	第四次	120 cm	0.57	120 cm	0.51	120 cm	0.43
	平均	120 cm	0.55	120 cm	0.51	120 cm	0.47
	平均秒速	219.18 cm/每秒		237.62 cm/每秒		256.68 cm/每秒	

表三十一 未加貼片舊鞋 60 度時的測試結果

角度為60度時							
重量	狀況 結果	乾面		濕面		油面	
		下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120 cm	0.64	120 cm	0.63	120 cm	0.49
	第二次	120 cm	0.53	120 cm	0.52	120 cm	0.39
	第三次	120 cm	0.46	120 cm	0.43	120 cm	0.39
	第四次	120 cm	0.59	120 cm	0.43	120 cm	0.36
	平均	120 cm	0.56	120 cm	0.5	120 cm	0.41
	平均秒速	214.29 cm/每秒		240 cm/每秒		292.68 cm/每秒	

十四、問題十四：吸震防滑鞋的實地測量成效如何（二）？

---在不同材質地板的防滑效果比較。

1. 研究方法：實驗法

2. 研究步驟：

- (1) 找到磨石子材質及塑膠材質溜滑梯。
- (2) 分別在磨石子溜滑梯、塑膠溜滑梯上測試鞋底「未加鞋貼」空鞋，與真人穿上鞋子情況下的下滑時間及距離。
- (3) 分別在磨石子溜滑梯、塑膠溜滑梯上測試鞋底「加鞋貼」空鞋，與真人穿上鞋子情況下的下滑時間及距離。



圖 30、鞋底加裝防滑貼片實地測試

3. 研究結果：

(1) 磨石溜滑梯的測試結果

①單腳測試結果：平均下滑秒數由慢到快依序是：「加鞋貼空鞋測試」(0cm/每秒) > 「加鞋貼真人測試」(21.6cm/每秒) > 「未加鞋貼真人測試」(43.7cm/每秒) > 「未加鞋貼空鞋測試」(64.59cm/每秒)。可見「加鞋貼」的效果不論是在「空鞋測試」或是「真人測試」的情況之下，效果均比「未加鞋貼」的摩擦力大，可見「防滑貼片」在此產生增加摩擦力的效果。

②雙腳測試結果：「有貼防滑貼片」的效果(14cm/每秒)比「未貼防滑貼片」(19.1cm/每秒)的效果好，可見「防滑貼片」在雙腳測試時，產生了增加摩擦力的效果。

(2) 塑膠溜滑梯的測試結果

①單腳測試：平均下滑秒數由慢到快依序是：「加鞋貼真人測試」(35.4cm/每秒) > 「加鞋貼空鞋測試」(118.98cm/每秒) > 「未加鞋貼真人測試」(125.38cm/每秒) > 「未加鞋貼空鞋測試」(177cm/每秒)。可見「加鞋貼」的效果不論是在「空鞋測試」或是「真人測試」的情況之下，均比「未加鞋貼」的摩擦力大，可見防滑貼片在此實驗中產生增加摩擦力的效果。

②雙腳測試結果：「有貼防滑貼片」的效果(19.3cm/每秒)比「未貼防滑貼片」(37.3cm/每秒)的效果好，可見「防滑貼片」在雙腳測試時，產生了增加摩擦力的效果。

綜合以上的發現，加上貼片的防滑鞋子的摩擦力較大，可見防滑貼片的確有防滑的效果！

表三十二、防滑鞋底的實地測量表

結果 變因			磨石溜滑梯				塑膠溜滑梯			
			滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數	滑動距離	滑動秒數
未加鞋貼	空鞋測試		單腳(左腳)		雙腳		單腳(左腳)		雙腳	
		第一次	290cm	3.89	x	x	163cm	1.16	x	x
		第二次	290cm	5.1	x	x	163cm	0.22	x	x
		第三次	290cm	4.16	x	x	163cm	1.16	x	x
		第四次	290cm	4.82	x	x	163cm	1.15	x	x
		平均	290cm	4.49	x	x	163cm	0.92	x	x
		平均秒速	64.59cm/每秒		未測		177cm/每秒		未測	
	真人測試		單腳(左腳)		雙腳		單腳(左腳)		雙腳	
		第一次	290cm	7.08	290cm	14.21	163cm	1.34	163cm	4.6
		第二次	290cm	6.57	290cm	15.09	163cm	1.36	163cm	4.3
		第三次	290cm	7.67	290cm	15.09	163cm	1.09	163cm	3.8
		第四次	290cm	5.2	290cm	14.16	163cm	1.4	163cm	4.8
		平均	290cm	6.63	290cm	14.63	163cm	1.3	163cm	4.37
		平均秒速	43.7cm/每秒		19.1cm/每秒		125.38cm/每秒		37.3cm/每秒	
加上鞋貼	空鞋測試		單腳(左腳)		雙腳		單腳(左腳)		雙腳	
		第一次	0cm	10	x	x	163cm	1.74	x	x
		第二次	0cm	10	x	x	163cm	1.12	x	x
		第三次	0cm	10	x	x	163cm	1.24	x	x
		第四次	0cm	10	x	x	163cm	1.38	x	x
		平均	0cm	10	x	x	163cm	1.37	x	x
		平均秒速	0cm/每秒		未測		118.98cm/每秒		未測	
	真人測試		單腳(左腳)		雙腳		單腳(左腳)		雙腳	
		第一次	290cm	13.37	290cm	23.27	163cm	5.4	163cm	7.9
		第二次	290cm	13.42	290cm	19.24	163cm	3.6	163cm	5.7
		第三次	290cm	13.46	290cm	17.99	163cm	3.7	163cm	8.9
		第四次	290cm	13.37	290cm	21.82	163cm	5.7	163cm	11.3
		平均	290cm	13.40	290cm	20.58	163cm	4.6	163cm	8.45
		平均秒速	21.6cm/每秒		14cm/每秒		35.4cm/每秒		19.3cm/每秒	

註1：磨石溜滑梯全長：290cm，滑面的坡度：25度；塑膠溜滑梯全長：163cm，滑面的坡度：27度。

註2：在「雙腳測試」部份，僅進行真人測試，乃在於人可以將左右兩隻鞋子加以控制，使其以相同的間距下滑，而空鞋則有困難，因此在此部份僅進行「真人測試」部份數據的比較。

十五、問題十五：三角形鞋貼與市售鞋貼的摩擦力比較

1.研究方法：實驗法

2.研究步驟：

- (1) 到市場選購防滑貼片，並依照說明將貼片貼到鞋底。
- (2) 比較市場貼片、三角形貼片與原鞋子的摩擦力。

3.研究結果：三角形鞋貼的摩擦力最好，其次為市售鞋貼。原樣本的摩擦力最差。因此可推論本研究設計的三角形防滑貼片具有顯著的功能。

表三十三、40 度的測量結果

角度為40度時							
重量	鞋貼	三角形鞋貼		市售鞋貼		原樣本	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	11.5cm	41.81	120cm	1.44	120cm	0.8
	第二次	5.5cm	20.37	120cm	1.51	120cm	0.93
	第三次	7.3cm	5.42	120cm	1.62	120cm	1.06
	第四次	8cm	13.34	120cm	1.39	120cm	0.94
	平均	8.08cm	20.235	120cm	1.49	120cm	0.9325
	平均秒數	0.4cm / 每秒		80.5cm / 每秒		128.7cm / 每秒	

三角形鞋貼>市售鞋貼>原樣本。角度為40度時，三角形鞋貼的防滑效果最好。

表三十四、50 度的測量結果

角度為50度時							
重量	鞋貼	三角形鞋貼		市售鞋貼		原樣本	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120cm	1.34	120cm	0.81	120cm	0.51
	第二次	120cm	1.5	120cm	0.64	120cm	0.57
	第三次	120cm	1.7	120cm	0.69	120cm	0.62
	第四次	120cm	1.49	120cm	0.69	120cm	0.62
	平均	120cm	1.5075	120cm	0.7075	120cm	0.58
	平均秒數	79.6cm / 每秒		169.6cm / 每秒		206.9cm / 每秒	

三角形鞋貼>市售鞋貼>原樣本。角度為50度時，三角形鞋貼的防滑效果最好。

表三十五、60 度的測量結果

角度為60度時							
重量	鞋貼	三角形鞋貼		市售鞋貼		原樣本	
	結果	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數	下滑距離	下滑秒數
	第一次	120cm	0.73	120cm	0.68	120cm	0.56
	第二次	120cm	0.8	120cm	0.63	120cm	0.56
	第三次	120cm	0.78	120cm	0.68	120cm	0.56
	第四次	120cm	0.81	120cm	0.7	120cm	0.56
	平均	120cm	0.78	120cm	0.6725	120cm	0.56
	平均秒數	153.35cm / 每秒		178.4cm / 每秒		214.3cm / 每秒	

三角形鞋貼>市售鞋貼>原樣本。角度為60度時，三角形鞋貼的防滑效果最好。

十六、問題十六：吸震防滑鞋的改良設計步驟與經濟效益比較。

1. 研究方法：實驗法

2. 研究步驟：

- (1) 準備好鞋子樣本。
- (2) 將「吸震鞋墊」－聚丙烯材質及「防滑鞋貼」－EVA 進行剪裁規格化。
- (3) 將規格化後的鞋墊放入鞋內，鞋貼貼於「鞋底中上段處」。
- (4) 完成一雙「吸震防滑鞋」。

3. 研究結果：吸震防滑鞋的改良設計步驟如圖31-34。在經濟效益的部份，我們計算了「吸震鞋墊」及「防滑鞋貼」的平均單價，發現我們鞋墊的平均單價每個大約只要 11.5 元，一雙只要 22 元。鞋貼更便宜了，每個只要兩塊錢。遠比起市面上所販售的鞋墊及鞋貼，每組單價在 80~300 元之間的價格。我們的結果真是既便宜又好用。

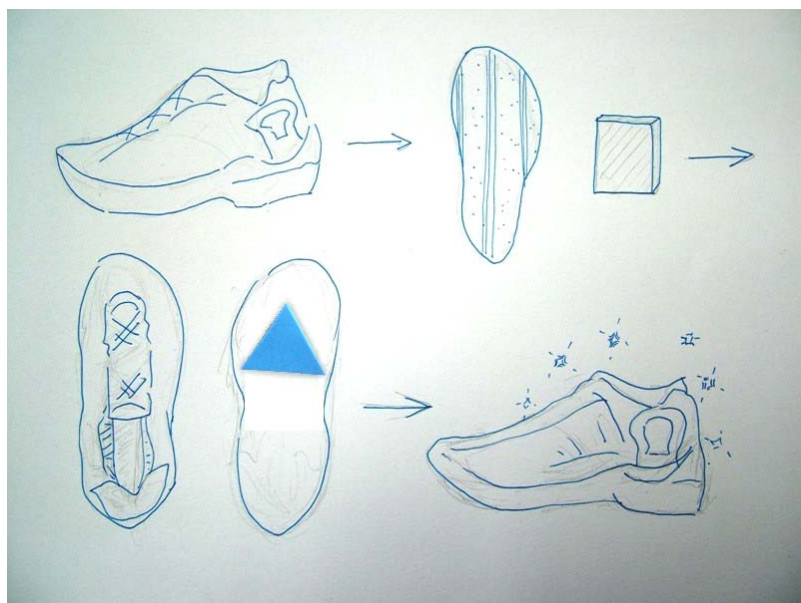


圖31、「吸震防滑鞋」設計圖

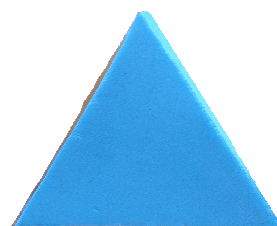


圖32、「吸震防滑鞋」材料的準備



圖33、完成鞋墊裁切與防滑鞋墊的製作



圖34、「吸震防滑鞋」

表三十六、本研究鞋墊與鞋貼的平均單價

比較項目	吸震鞋墊	防滑鞋貼
材料及單價	地毯（聚丙烯材質）/115 元（個）	露營用地墊（EVA 材質）/159 元（個）
可剪裁的數量	10 片	80
平均單價	11.5 元	2 元

柒、研究與結論

一、由問題一發現，鞋子的基本結構可分成「鞋底」與「鞋面」兩部分。「鞋底」的結構由下而上，分別為大底、內仁、中底、泡棉及鞋墊；「鞋面」由外而內的結構分別為表面、內裡及襯裡三個部份。

二、由問題二發現，可以運用丟蛋實驗測試鞋墊的吸震效果。「吸震效果測試平台」的設計與裝設，最需要考慮的因素是平台的高度調控與穩定度。

三、由問題三發現，我們所挑的「聚丙稀」材質（地毯），它的吸震效果最好；因此我們認為可以運用「聚丙稀」材質(地毯)作為我們的防震鞋墊。

四、由問題四發現，鞋墊增加到四片的厚度時（2 公分），穿著的舒適度及吸震效果都比原樣本好，為最好的鞋墊厚度設計。

五、由問題五發現，填充四個小氣球做為氣囊的鞋墊設計，一直到高度 130 公分時蛋才開始出現裂痕，而且裂痕較小，因此為最佳的填充氣囊設計。

六、由問題六發現，影響鞋子摩擦力大小的主要變因有「鞋底材質」、「鞋底面積大小」、「鞋底材質的重量」、「鞋底紋路設計」及「地板的狀況」等因素。

七、由問題七發現，可利用角鋼及舊桌面設計「防滑效果測試平台」，在設計與裝設的過程中最需考量測試平台的角度與鞋子滑道的穩定度兩項變因。

八、由問題八發現，「EVA」材質（露營用的地墊）在不同的角度或是不同的載重之下，防滑效果都是最好的，因此是最佳的防滑鞋底。

九、由問題九發現，加裝「EVA」材質貼片的鞋底防滑效果，比原樣本(未加防滑貼片)的防滑效果好；且我們認為防滑貼片的大小以「1/4 面積」的比例最為合適。

十、由問題十發現，不同鞋貼位置的防滑效果，以將鞋貼置於「鞋底中上段」處的效果最好。

十一、由問題十一發現，三角形鞋貼的防滑效果最好。↵

十二、由問題十二發現：右斜形紋路的鞋底是八種鞋底紋路中摩擦力最大的。但我們發現一整片的三角形貼片的摩擦力，比右斜形紋路的摩擦力還大。因此最佳的防滑設計還是以一整片三角形貼片最好。↵

十三、由問題十三發現，不論是在乾燥、加油及加水的面板，加貼防滑貼片的摩擦力比未貼防滑貼片的舊鞋摩擦力大，可見貼片的確增加了鞋子適應不同場地的摩擦力，提升了舊鞋子的防滑效果！↵

十四、由問題十四發現，不論是在磨石溜滑梯、或是塑膠溜滑梯上，加上「防滑貼片」的防滑鞋子的摩擦力較「未貼防滑貼片」的鞋子來的大，可見貼片的確增加了鞋底的摩擦力！↵

十五、由問題十五發現，三角形鞋貼的摩擦力大於市售鞋貼，也大於原樣本舊鞋。因此可推論本研究設計的三角形防滑貼片具有顯著的功能。↵

十六、由問題十六發現：吸震防滑鞋的改良設計步驟簡單，且平均單價吸震鞋墊一雙只要22元。鞋貼每個只要兩塊錢。遠比起市面上所販售的鞋墊及鞋貼便宜又好用。這種既經濟又實用的設計發現，歡迎大家多多採用！↵

捌、參考資料

王海山（民92），科學方法百科辭典。台北市：探索家出版社，。↵

彭博勛（民94），經典【鞋】奏曲。台北市：柏室科技藝術出版。↵

教育部（民90），自然與生活科技教學指引-摩擦力單元。第107-134頁。↵

陳福興（民87），製鞋小常識。台北市：台灣區製鞋工業同業公會。↵

黃崇城（民92），牛頓版第六冊自然與生活科技一力的世界單元。台北市：牛頓出版社。↵

評	語
---	---

080827 鞋子修補 DIY-吸震與防滑的改良測試

本作品探討不同材料改良鞋底的吸震及防滑性能，作品內容充實完整，兼具科學精神與創意，取材亦適切而具實用性，簡報表達清楚，對所提問題也能正確回答，實為一優秀作品，故推薦之。