

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080121

「濕」在必行 —— 雨天對最大靜摩擦力的影響

學校名稱： 雲林縣斗六市斗六國民小學

作者：	指導老師：
小五 廖芯喬	翁雅雪
小五 洪子晴	黃玫婷
小五 徐凱祥	
小五 鄭喬軒	

關鍵詞： 最大靜摩擦力、水量、鞋紋

「濕」在必行 —— 雨天對最大靜摩擦力的影響

摘要

連續雨天引發穿拖鞋上學是否安全的討論，我們發現課本裡對水與摩擦力的關係探討有限，因此透過實驗研究四種水量（0mL、5mL、30mL、67mL）下，不同類型鞋子（運動涼鞋、拖鞋、慢跑鞋、登山鞋）、地面材質（磨石子、標線、通學步道、柏油路）、重量（38g、500g、1000g）和鞋紋（樣式、數量、外框）與摩擦力的關係。結果顯示，在磨石子地上，拖鞋遇水就滑，應避免穿著；運動涼鞋、慢跑鞋、登山鞋相對防滑；柏油路防滑效果最佳，標線遇水就滑；重量可以增加摩擦力；沒有特定的鞋紋樣式能在四種不同水量下都有高摩擦力；鞋紋數量多和無框設計有助防滑。影響摩擦力的因素很多，未來還可以進一步研究鞋底材質與步行方式等的影響。

壹、前言

一、研究動機

連續幾個下雨天，FB 正在論戰「為什麼雨天不能穿拖鞋或涼鞋上學？」有人說學校規定，有人認為不安全！令我們感到好奇的是穿拖鞋真的比較不安全嗎？有一次我看到同學穿著新買的運動鞋走在濕漉漉的走廊上，也差點跌倒呀！五年級的自然課本說摩擦力跟接觸面材質有關，還說水或油會降低摩擦力，但每次搓不開垃圾袋，我們都用生活小技能——「沾一點水」就輕易搓開塑膠袋口了，水到底是增加還是減少摩擦力，真是令人費解。

針對我們的疑問，老師帶我們搜尋和摩擦力有關的科展資料，摘取三份與地面摩擦力最有關的研究結果如下：車體的有效面積越小、輪胎越大、數量越多、胎紋(橡皮筋數量)越多，滑行距離越遠；廁所地板乾燥時摩擦力最好，有潤髮乳會變差；摩擦力在粗糙面（砂紙）水量多（噴水次數）人字拖鞋大，在光滑面下水量大橡膠人字拖鞋大。可惜的是令人好奇的水量、鞋子紋路、上學路面的相關研究較少，所以我們透過實驗來解決疑惑。

二、研究目的

- (一)「水量」與「四種鞋子」的最大靜摩擦力關係
- (二)「水量」與「接觸地面」的最大靜摩擦力關係
- (三)「水量」與「重量」的最大靜摩擦力關係
- (四)「水量」與「鞋底紋路」的最大靜摩擦力關係

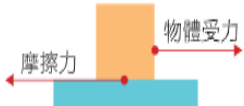

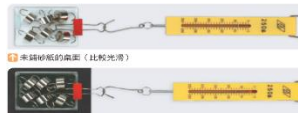

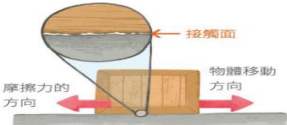

- 1.鞋紋樣式：直條、橫條、點狀、曲線
- 2.鞋紋數量：4 條、12 條、21 條
- 3.鞋紋外框：有、無

三、文獻比較

(一)教科書裡的摩擦力

表 1：國小五年級自然科學領域課本的摩擦力比較表

(資料來源：南一版、康軒版及翰林版課本)

版本	說明	操縱變因	測量方法
南一	<p>物體和接觸面之間，阻止物體運動的作用力，與物體的受力方向相反。</p> 	接觸面材質 (砂紙、光滑紙)	<p>1. 硬幣移動距離</p>  <p>2. 最大靜摩擦力</p> 
康軒	<p>物體在地面移動時，地面產生讓物體運動速度越來越慢，最後停下來之力。</p>	接觸面材質 (砂紙、瓦楞板)	<p>1. 硬幣移動距離</p> 
翰林	<p>摩擦力來自於兩個物體接觸時的細微凹凸表面，是和物體運動方向相反的作用力。</p> 	接觸面材質 (砂紙、卡紙)	<p>1. 硬幣移動距離</p> 

摩擦力指物體移動時的相反阻力，三家出版社相同處：用移動距離代表摩擦力大小。不同處：南一出版社有拉動 60 g 砝碼的最大靜摩擦力。

(二) 歷屆全國科展「摩擦力」主題相關研究

表 2：歷年科展摩擦力研究摘要表

(資料來源：國立臺灣科學教育館作品索引系統)

屆數 /組別	題目	主研究方法	結果
46/ 國小 自然	它抓得住我？ —紋路對摩擦力的影響	動摩擦力: 彈簧秤拉動輪胎一小段距離，測等速前進的動摩擦力	1.輪胎有無紋路，摩擦力沒有差異。 2.沒有形變，接觸面積大小不影響。有形變，面積越大摩擦力越大。 3.水會使車胎和路面間的摩擦力降低。 4.橫紋輪胎摩擦力稍大，直紋輪胎較小。
52/ 國中 物理	顛覆教科書的「摩」力觀點-摩擦力跟接觸面積真的有關係	最大靜摩擦力: 置物台移動瞬間的力。	摩擦力受微觀層面的「實際接觸面積」影響：不同接觸面積會有不同的單位面積正向力，使微觀層面的「實際接觸面積」有所不同，使摩擦力造成差異。
52/ 國中 物理	水的「摩」力	最大靜摩擦力: 拉動噴水 1-3 次皮革的力。	1. 多少水量會減少最大靜摩擦力，沒有一定數值，與材質、重量有關。 2. 加水後，柏油、水泥、磁磚的最大靜摩擦力都減少，只有磨石子增加。
52/ 國小 物理	那些年，我們一起玩的 ㄅ ㄅ ㄅ 車	車體滑行距離	車體的有效面積越小、輪胎越大數量越多、胎紋(橡皮筋數)越多、物品離重心的位置越近，滑行距離越遠。
53/ 國小 生活 應用	防滑好絕配-提高浴室安全	摩擦力係數=動摩擦力(持續拉動的施力)/正向力(物體質量)	1. 防滑效果，磨石子地板最好，光亮磁磚地板最差。 2. 防滑效果，塑膠硬底鞋最佳，紙質室內鞋最差。 3. 摩擦力，乾燥地板最好，含潤髮乳的地板最差。 4. 乾燥地板，浴室防滑鞋防滑效果無差別，沒有哪一種浴室防滑鞋在不同的地板都有最佳防滑效果，有些浴室防滑鞋的防滑效果比一般室內鞋差。
56/ 國小 物理	魔力！摩力的考驗-紙類摩擦力之探究	滑到底部的時間，無法下滑到底部，則記錄一分鐘的移動距離。	壹、紙張互疊所夾面積大，厚度厚，摩擦力較大。 貳、0.1mm 影印紙在斜面（25 度）摩擦力大。 參、紋路改變摩擦力。摩擦力小的影印

			紙，貼各種紙紋路，摩擦力變大。 肆、無水、噴水 1 次和 5 次的摩擦力。粗糙面，水多，人字拖鞋大；未噴水，珠光皮拖鞋大。光滑面，水多，橡膠人字拖鞋大；未噴水，黃色室內拖鞋大。
--	--	--	---

（三）本研究採用的摩擦力

從教科書及相關研究發現以彈簧秤拉動鞋紋板及鞋子的最大靜摩擦力較易準確測得，雖然肉眼不易準確判斷，但用平板錄影，慢速回播，就可以判讀。

為了減少操作時的誤差，研究中的摩擦力指數都是我們操作多次，去除異常值得到的五次平均數。



照片 1: 使用平板輔助判讀最大靜摩擦力

(老師拍攝)

（四）本研究的降水量來源

全國科展六份「摩擦力」相關文獻中，有四份提到水的影響，皆用噴水次數當作水少水多的依據。我們希望藉由實驗結果，在看到中央氣象局預告雨跡、小雨或大雨時，可以預估鞋子的摩擦力變化，所以本研究的降水量採中央氣象局的標準換算。

（五）自製鞋紋板

全國科展六份「摩擦力」相關文獻中，有二份提到橫紋、直紋與摩擦力的關係，也都以綁橡皮筋做鞋紋，其中一份提到橫綁的橡皮筋易翻轉，導致車子翻覆。為了更貼近真實鞋子的紋路和材質，本研究用 $0.3\text{ cm} \times 0.3\text{ cm}$ 的橡膠條緊黏在 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 的切割墊上，解決翻轉問題，進一步進行鞋紋樣式、數量、外框的研究。

貳、研究設備及器材

一、研究器材

表 3：研究器材

水量固定板 外層 40 cm × 60 cm 內層挖空 20 cm × 50 cm	標線板 20 cm × 50 cm	鞋紋板 10 cm × 10 cm	橡膠條 0.3 cm × 0.3 cm
彈簧秤 250g、500g、1 kg	量筒 25mL、50mL	砝碼 2g、10g、20g	油土
壓力雙面膠帶	保鮮膜	載物盒	電子磅秤
水平儀	地板刷	吸水布	水桶
真空噴水瓶	油漆刷	油漆托盤	瞬間黏膠
拖鞋	涼鞋	運動鞋	登山鞋

二、測量工具

平板攝影器、EXCEL 統計軟體



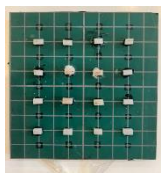
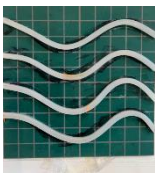



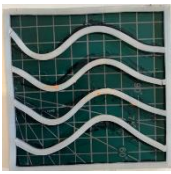
三、自製實驗器材

(一) 製作鞋紋板

第一輪：不同鞋紋樣式、外框


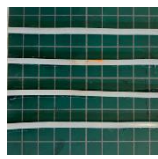










1. 調查常見鞋紋⇨自製鞋底紋路
2. 鞋底重量一致化：將 PP 材質切割墊切成 10 cm ×10 cm 的板子，黏上 0.3 cm × 0.3 cm 的橡膠條作鞋紋，並配合最重的有框曲線鞋紋板（53.5 g），統一鞋紋板的重量。

表 4：不同樣式、外框的 4 條鞋紋板(學生自拍)

樣式 外框	直條	橫條	點狀	曲線
(開放式-無框)				
(封閉式-有框)				

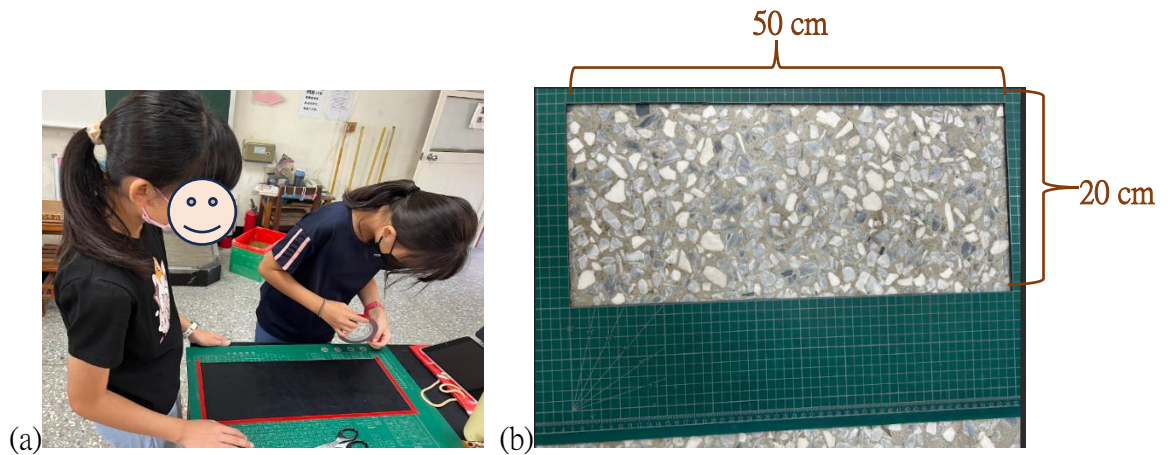
第二輪：不同鞋紋數量

表 5：不同鞋紋數量的鞋紋板(學生自拍)

樣式(外框) 數量	直條 (開放式-無框)	橫條 (開放式-無框)	直條 (封閉式-有框)	橫條 (封閉式-有框)
疏-4 條				
密-12 條				
緊密-21 條				

(二) 製作水量固定板

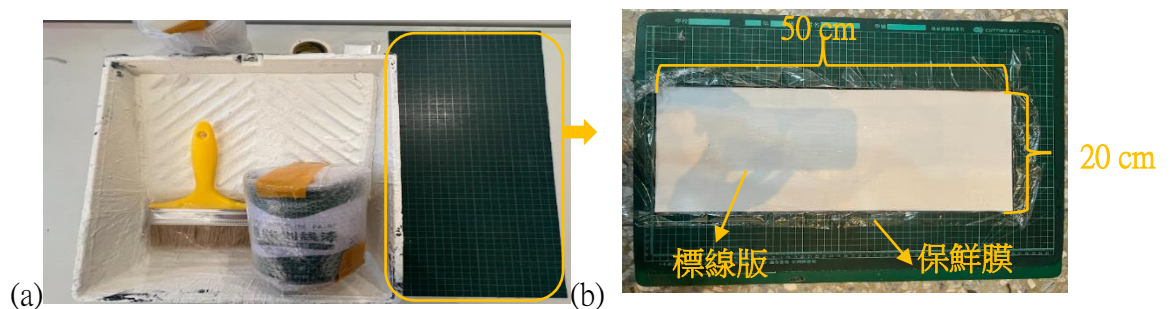
1. 選用材質緊密，沒有孔隙，不吸水的 PP 材質切割墊（長 60 cm × 寬 40 cm）。
2. 用超強黏性且不透水的壓力雙面膠，將 2 片切割墊黏貼在一起。
3. 為了讓水不流掉，用美工刀挖出長 50 cm × 寬 20 cm × 高 0.8 cm 的洞。



照片 2：(a)以壓力雙面膠黏貼 2 片水量固定板，增加水量固定板的高度為 0.8 cm
(b)以壓力雙面膠將水量固定板固定於地面（學生自拍）

(三) 製作標線板

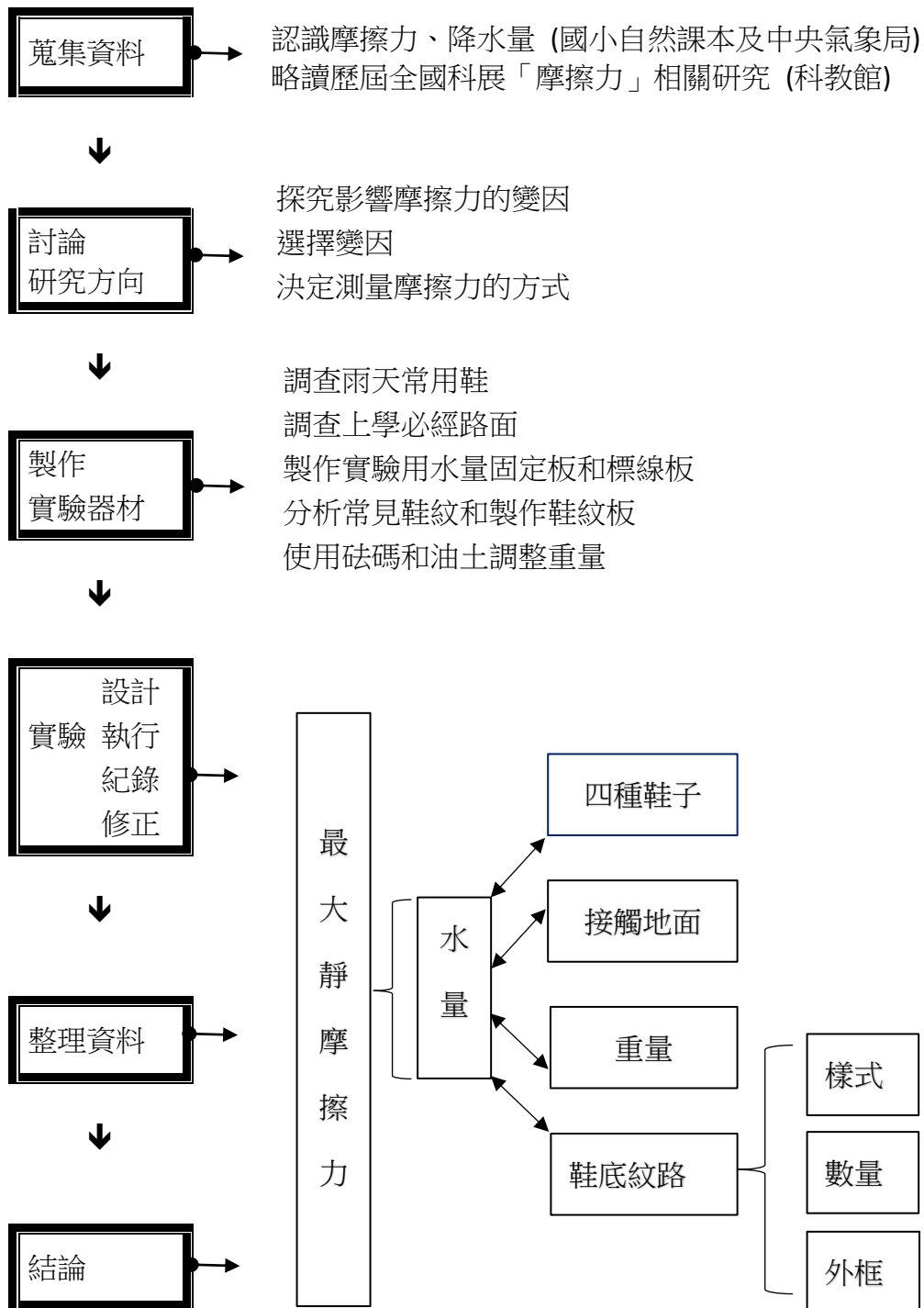
1. 調查上學動線⇒選出最常出現的 4 種地面:柏油、標線、安全步道、磨石子。
2. 為了實驗時的安全，減少在馬路上的時間，購買馬路專用標線油漆，在 50 cm × 20 cm 的切割墊上油漆，自製標線板。



照片 3：(a)以馬路專用標線油漆自製標線板 (b)標線板套上保鮮膜，卡進水量固定板，再進行四種水量的實驗（學生自拍）

參、研究過程與方法

一、研究流程



二、調查雨天常用鞋

(一) 訪問 5 年 6 班和 5 年 7 班同學，選出 4 種最常於雨天穿著的鞋。

(二) 使用砝碼和油土，將 4 支不同的鞋子都調整成 500 g。

表 6：四種鞋子分析表 (學生自拍)

鞋子類型	① 運動涼鞋	② 慢跑鞋	③ 拖鞋	④ 登山鞋
				
鞋底紋路				
大底材質與特性	合成橡膠， 偏軟、輕， 有彈性， 不易吸水， 耐磨性差。	合成橡膠， 軟硬適中，輕， 有彈性， 不易吸水， 耐磨性適中。	材質 EVA， 偏軟、輕， 有彈性， 不易吸水， 耐磨性最差。	橡膠防磨片， 偏硬，偏重， 不易變形， 不易吸水， 耐磨性高。

三、降水量轉換為可實驗的水量

根據中央氣象局的公告資訊：X 表示無紀錄值；T 表示雨跡，雨跡指無法累積到可測量的量，但可觀察到地面微潮濕或零星水滴，本研究的降水量雨跡為 10 分鐘 0.5 mm，大雨 40 mm / 1 h，小雨取雨跡 ~ 大雨之間，再換算成 1 分鐘落在 1000 cm² 地面的平均降水量(如表 7)。

表 7：水量轉換表 (資料來源：交通部中央氣象局)

名稱	中央氣象局	本實驗研究 (1 分鐘落在 1000 cm ² 地面的平均降水量)
雨跡	10 分鐘降水量小於 0.5 mm	5 mL
小雨	雨跡和大雨之間	30 mL
大雨	40 mm / 1 h 以上	67 mL

地面為了排水，通常有傾斜度，為避免水量集中一區，我們用水平儀測量，盡量選擇水平度比較一致的路面進行實驗。

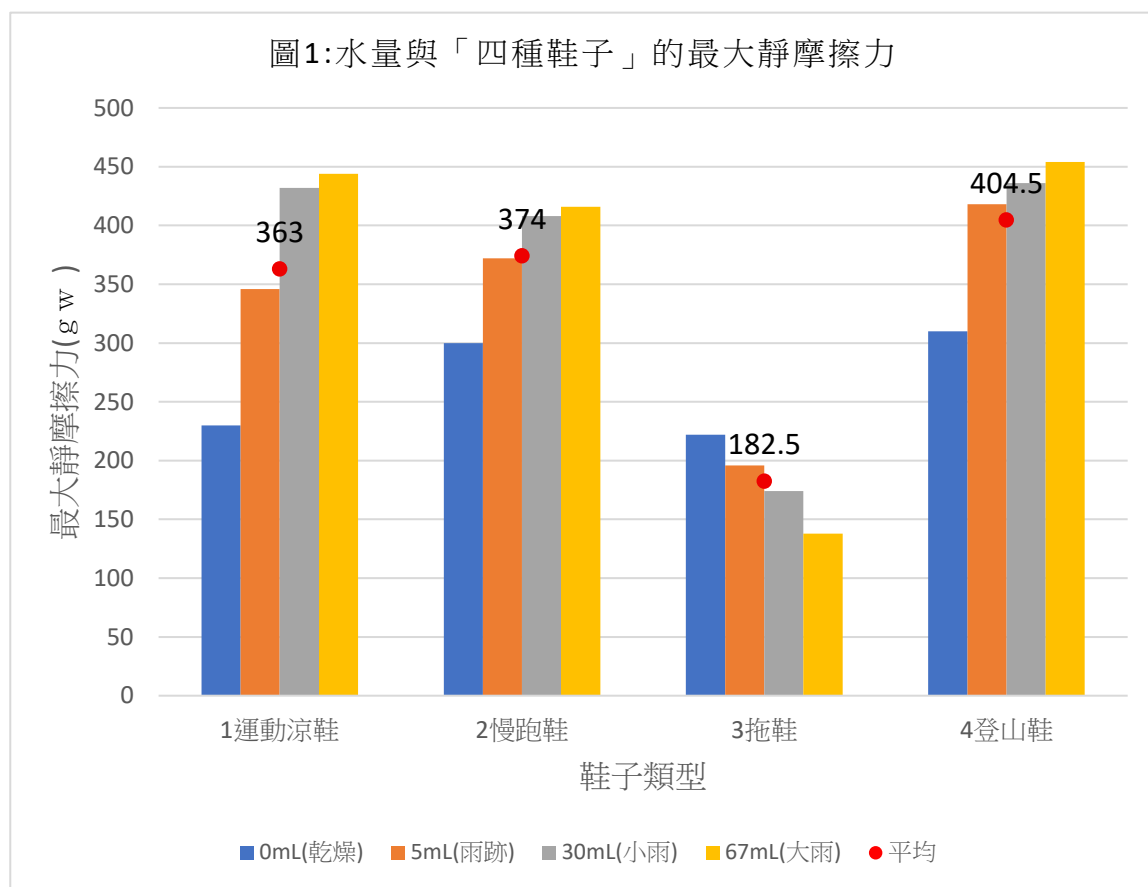
肆、研究結果

一、「水量」與「四種鞋子」的最大靜摩擦力關係

控制變因：地面材質（磨石子）、鞋子重量（500g）

表 8：水量與四種鞋子的最大靜摩擦力（單位 gw）

鞋子 類型	① 運動 涼鞋	① 運動 涼鞋	① 運動 涼鞋	① 運動 涼鞋	② 慢跑 鞋	② 慢跑 鞋	② 慢跑 鞋	② 慢跑 鞋	③ 拖鞋	③ 拖鞋	③ 拖鞋	③ 拖鞋	④ 登山 鞋	④ 登山 鞋	④ 登山 鞋	④ 登山 鞋
水量	0mL	5mL	30mL	67mL	0mL	5mL	30mL	67mL	0mL	5mL	30mL	67mL	0mL	5mL	30mL	67mL
1	250	320	420	420	300	350	400	440	250	200	165	130	300	400	440	460
2	220	340	450	480	310	350	410	410	210	200	160	140	310	420	440	460
3	230	350	440	440	290	400	410	410	190	190	165	140	320	410	440	460
4	240	360	410	450	290	380	410	410	240	200	190	150	310	420	440	440
5	210	360	440	430	310	380	410	410	220	190	190	130	310	440	420	450
平均	230	346	432	444	300	372	408	416	222	196	174	138	310	418	436	454
四種 水量 平均	363				374				182.5				404.5			



(一) 相同鞋子，「四種水量」的最大靜摩擦力

1. ①號運動涼鞋、②號慢跑鞋、④號登山鞋的摩擦力，都是水量 $67\text{ mL} > 30\text{ mL} > 5\text{ mL} > 0\text{ mL}$ ；③號拖鞋相反， $0\text{ mL} > 5\text{ mL} > 30\text{ mL} > 67\text{ mL}$ 。

(二) 相同水量，「四種鞋子」的最大靜摩擦力

1. 乾燥 (0mL) 時

①號運動涼鞋 (230 gw) 和 ③號拖鞋 (222 gw) 的摩擦力較小，兩者間無顯著差異；②號慢跑鞋 (300 gw) 和 ④號登山鞋 (310 gw) 的靜摩擦力較大，兩者間無顯著差異。

2. 水量為雨跡 (5 mL) 時

摩擦力為④號登山鞋 (418 gw) $>$ ②號慢跑鞋 (372 gw) $>$ ①號運動涼鞋 (346 gw) $>$ ③號拖鞋 (182.5 gw)。

3. 水量為小雨 (30 mL) 時

摩擦力為④號登山鞋 (436 gw) $>$ ①號運動涼鞋 (432 gw) $>$ ②號慢跑鞋 (408 gw) $>$ ③號拖鞋 (138 gw)。

4. 水量為大雨 (67 mL) 時

摩擦力為④號登山鞋 (454 gw) $>$ ①號運動涼鞋 (444 gw) $>$ ②號慢跑鞋 (416 gw) $>$ ③號拖鞋 (138 gw)。

6. 四種水量的總平均摩擦力為 ④號登山鞋 (404.5 gw) $>$ ②號慢跑鞋 (374 gw) $>$ ①號運動涼鞋 (363 gw) $>$ ③號拖鞋 (196 gw)。

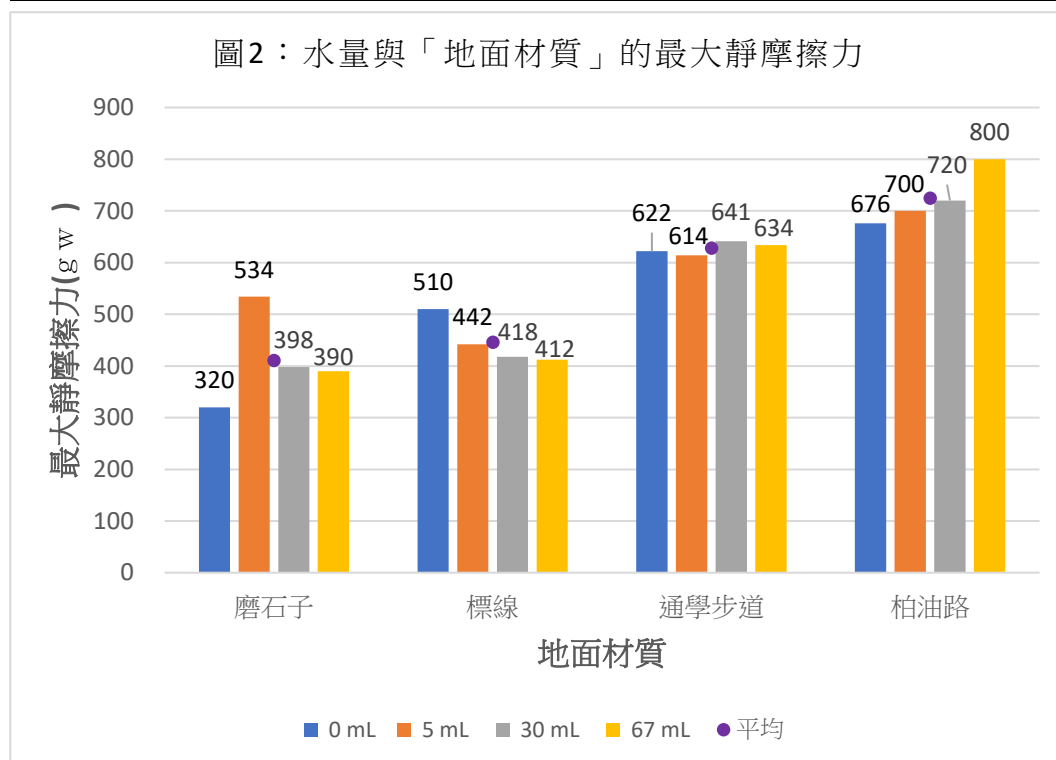
比較四種水量，乾燥和有雨跡時，②慢跑鞋 $>$ ①運動涼鞋；但小雨和大雨時逆轉，①運動涼鞋 $>$ ②慢跑鞋。

二、「水量」與「地面材質」的最大靜摩擦力關係

控制變因：鞋紋板（1000g / 曲線 / 4 條 / 無外框）

表 9：水量與地面材質的最大靜摩擦力(單位 gw)

地面材質 \ 水量	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	平均
磨石子	320	534	398	390	411
標線	510	442	418	412	446
通學步道	622	614	641	634	628
柏油路	676	700	720	800	724



1. 「磨石子地」的摩擦力，水量 5 mL 時最大（平均 534 gw），水量 30 mL（398 gw）與 67 mL（390 gw）次之，且摩擦力相近，水量 0 mL 最小（320 gw）。

顯示少量水提升防滑性，但過多會降低摩擦力。

2. 「標線」的摩擦力，水量 0 mL 時最大（510 gw），5 mL 次之（442

gw)，30 mL (418 gw) 和 67 mL (412 gw) 較小，且摩擦力相近。

3. 「通學步道」的摩擦力，水量 30 mL (641 gw) > 67 mL (634 gw) > 0 mL (622 gw) > 5 mL (614 gw) 最小，但落差不大。
4. 「柏油路」的摩擦力，水量 67 mL (800 gw) > 30 mL (720 gw) > 5 mL (700 gw) > 0 mL 最小 (676 gw)。
5. 「磨石子地」在水量 5 mL 較防滑；「標線」在 0 mL 較防滑；「通學步道」在各種水量的防滑性相近；「柏油路」在 67 mL 時最防滑。

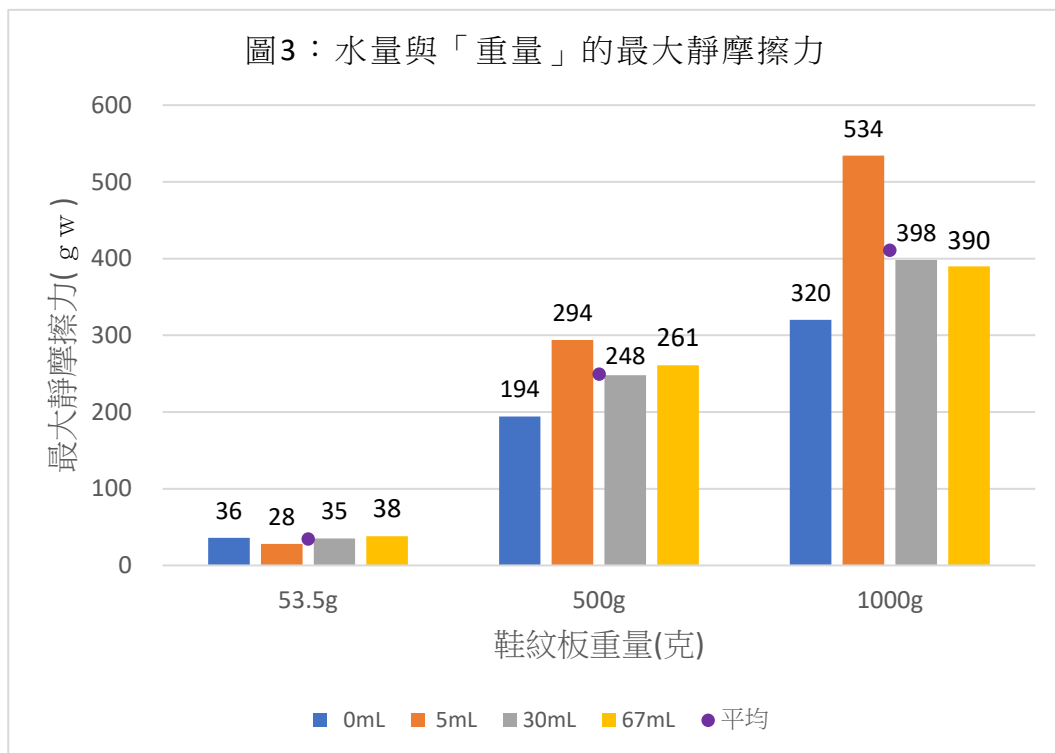
綜觀四種水量，「柏油路」的摩擦力都居冠，「通學步道」次之，「磨石子地」和「標線」相對低。

三、「水量」與「重量」的最大靜摩擦力關係

控制變因：地面材質（磨石子）、鞋紋板（曲線 / 4 條 / 無外框）

表 10：水量與重量的最大靜摩擦力(單位 gw)

重量 \ 水量 最大靜摩擦力	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	平均
53.5g	36	28	35	38	34
500g	194	294	248	261	249
1000g	320	534	398	390	411



1. 「53.5 g」鞋紋板的摩擦力，在 0 mL (36 gw)、5 mL (28 gw)、30 mL (35 gw) 和 67 mL (38 gw) 四種水量時，都是最小的，且摩擦力相近。
2. 「500 g」鞋紋板的摩擦力，水量 5 mL (294 gw) > 67 mL (261 gw) > 30 mL (248 gw) > 0 mL (194 gw)。
3. 「1000 g」鞋紋板的摩擦力，水量 5 mL 時，摩擦力最高 (534 gw)，明顯高於居中的 30 mL (398 gw) 和 67 mL (390 gw)，且 30 mL 和 67 mL 摩擦力相

近，0 mL (320 gw) 最小。

4. 「53.5 g」鞋紋板在各種雨量的摩擦力無明顯差異，「500 g」和「1000 g」鞋紋板在 5mL 較防滑。

綜觀：四種水量下，摩擦力都是重量「1000 g」 > 「500 g」 > 「38 g」。

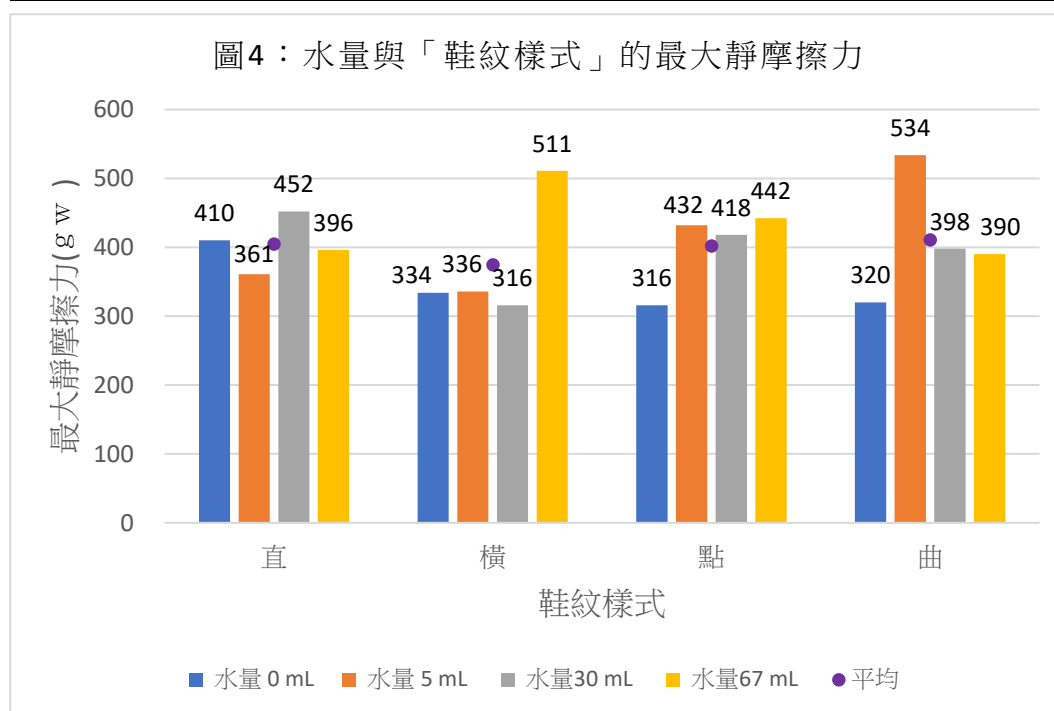
四、「水量」與「不同的鞋底紋路」的最大靜摩擦力關係

(一)「鞋紋樣式」與最大靜摩擦力的關係

控制變因：地面材質（磨石子）、鞋紋板（1000g、4條、無外框）

表 11：水量與鞋紋樣式的最大靜摩擦力(單位 gw)

鞋紋樣式 \ 水量	水量				平均
	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	
直	410	361	452	396	405
橫	334	336	316	511	374
點	316	432	418	442	402
曲	320	534	398	390	411



1. 「直條」鞋紋的摩擦力，水量 30 mL (452 gw) > 0 mL (410 gw) > 67 mL (396 gw) > 5 mL (361 gw)。
2. 「橫條」鞋紋的摩擦力，水量 67 mL (511 gw) > 0 mL (334 gw) > 5 mL (336 gw) > 30 mL (316 gw)。
3. 「點狀」鞋紋的摩擦力，水量 67 mL (442 gw) > 5 mL (432 gw) > 30 mL (418

gw) > 0 mL (316 gw)。

4. 「曲線」鞋紋的摩擦力，水量 5 mL (534 gw) > 30 mL (398 gw) > 67 mL (390 gw) > 0 mL (320 gw)。

5. 水量 0 mL，「直條」鞋紋的摩擦力最好；水量 5 mL，「曲線」鞋紋的摩擦力最好；水量 30 mL，「直線」鞋紋的摩擦力最好；水量 67 mL，「橫」鞋紋的摩擦力最好。

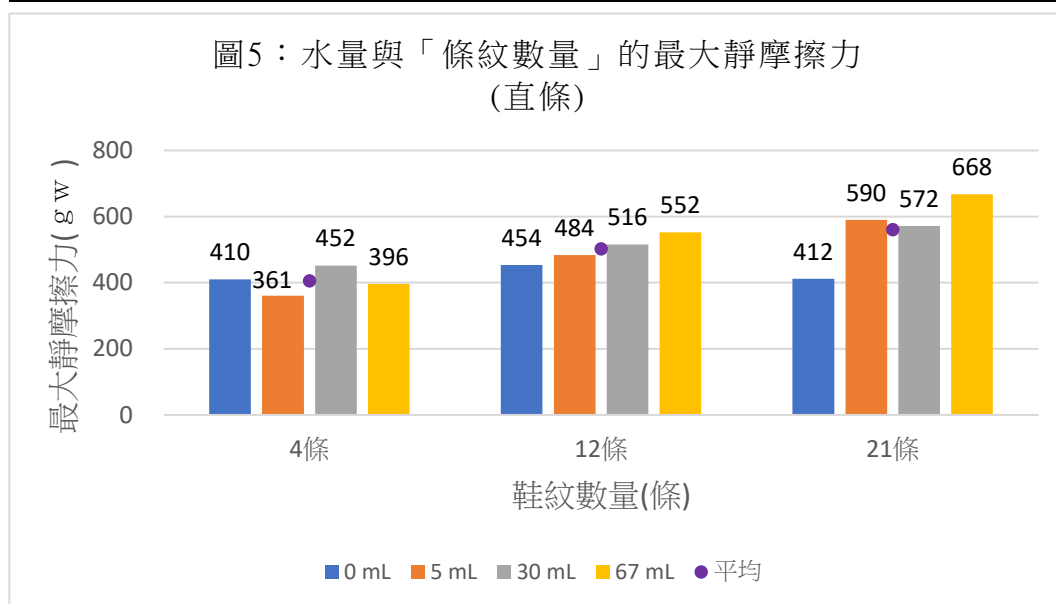
綜觀：磨石子地，沒有特定的鞋紋樣式能在四種不同水量條件下，都具有最佳摩擦力。

(二)「鞋紋數量」與最大靜摩擦力的關係

1.控制變因：地面材質（磨石子）、鞋紋板（1000g、直條、無外框）

表 12：水量與直條鞋紋數量的最大靜摩擦力(單位 gw)

鞋紋數量 \ 水量	水量				平均
	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	
4 條	410	361	452	396	405
12 條	454	484	516	552	502
21 條	412	590	572	668	561



(1)「4 條直紋」鞋紋的摩擦力，水量 30 mL (452 gw) > 0 mL (410 gw) > 67 mL (396 gw) > 5 mL (361 gw)。

(2)「12 條直紋」鞋紋的摩擦力，水量 67 mL (552 gw) > 30 mL (516 gw) > 5 mL (484 gw) > 0 mL (454 gw)。

(3)「21 條直紋」鞋紋的摩擦力，水量 67 mL (668 gw) > 5 mL (590 gw) > 30 mL (572 gw) > 0 mL (412 gw)。

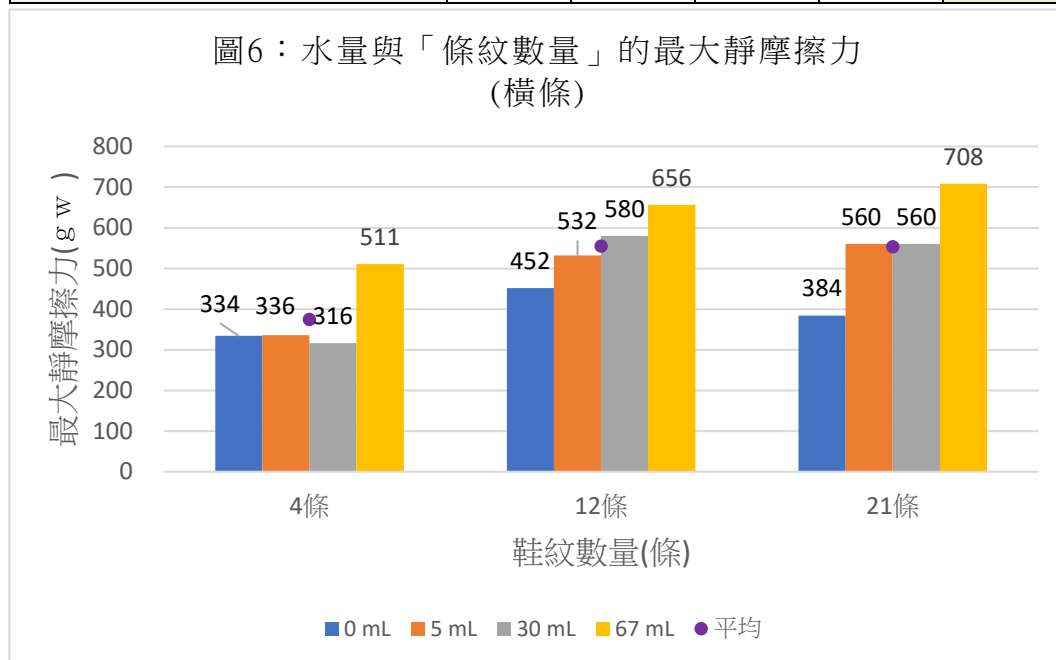
(4)水量 0 mL 時，「12 條直紋」鞋紋的摩擦力最高，「4 條直紋」和「21 條直紋」鞋紋次之，且摩擦力相近；水量 5 mL、30 mL 和 67 mL 時，都是鞋紋數量 21 條直紋 > 12 條直紋 > 4 條直紋。

綜觀：乾燥的磨石子地，「12 條直紋」較防滑，有雨的狀況，「21 條直紋」較防滑。

2. 控制變因：地面材質（磨石子）、鞋紋板（1000g、**橫條**、無外框）

表 13：水量與橫條鞋紋數量的最大靜摩擦力(單位 gw)

鞋紋數量 \ 水量	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	平均
4 條	334	336	316	511	374
12 條	452	532	580	656	555
21 條	384	560	560	708	553



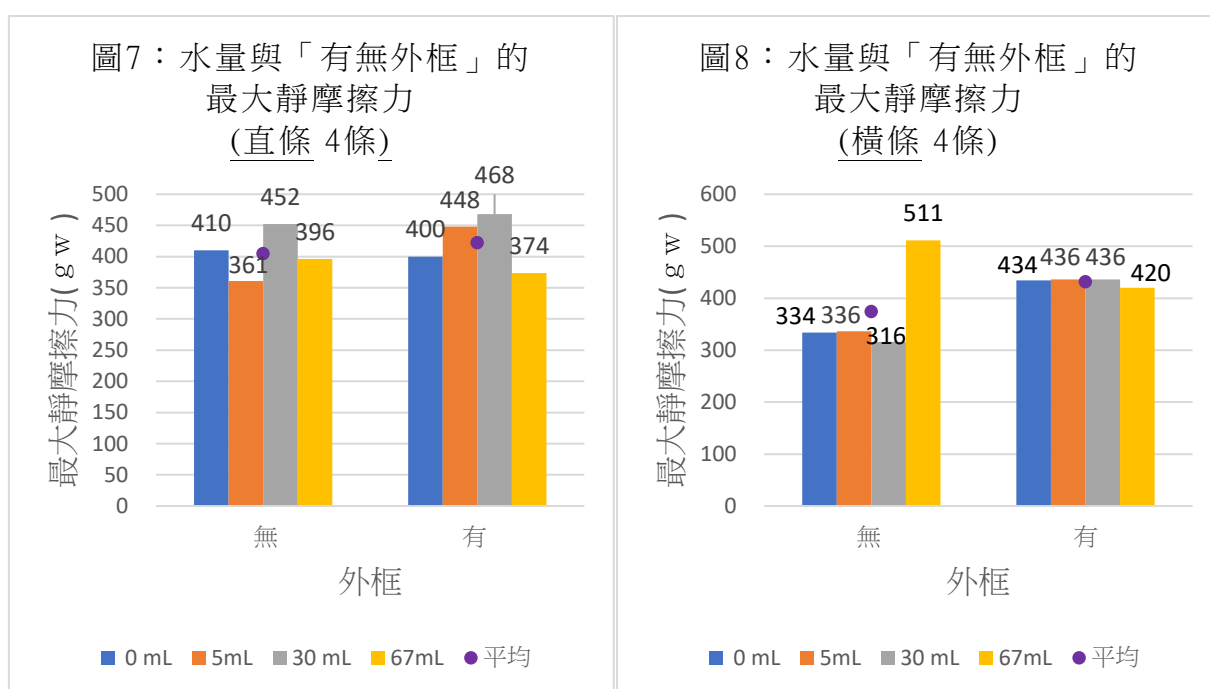
- (1) 「4 條橫紋」鞋紋的摩擦力，水量 67 mL (511 gw) 最大， 0 mL (334 gw) 和 5 mL (336 gw) 居中， 30 mL (316 gw) 最小。
 - (2) 「12 條橫紋」鞋紋的摩擦力，水量 67 mL (656 gw) > 30 mL (580 gw) > 5 mL (532 gw) > 0 mL (452 gw)。
 - (3) 「21 條橫紋」鞋紋的摩擦力，水量 67 mL (708 gw) 特別高，5 mL (560 gw) 和 30 mL (560 gw) 居中，0 mL (384 gw) 最小。
 - (4) 水量 0 mL 和 30 mL 時，都是 12 條橫紋 > 21 條橫紋 > 4 條橫紋；水量 5 mL 和 67 mL 時，都是鞋紋數量 21 條橫紋 > 12 條橫紋 > 4 條橫紋。
- 綜觀：各種水量下，12 條橫紋和 21 條橫紋都比 4 條橫紋防滑。

(三)「鞋紋外框」與最大靜摩擦力的關係

1.控制變因：地面材質（磨石子）、鞋紋板(1000 g、4 條)

表 14：水量與 4 條鞋紋外框的最大靜摩擦力(單位 gw)

直條 4 條			橫條 4 條		
框	無	有	框	無	有
0 mL	410	400	0 mL	334	434
5mL	361	448	5mL	336	436
30 mL	452	468	30 mL	316	436
67mL	396	374	67mL	511	420
平均	405	422	平均	374	432



- (1) 4 條直紋鞋紋板的摩擦力，水量 5 mL 時，「有」外框（448 gw）＞「無」外框（361 gw）；0 mL、30 mL 和 67 mL，「有」「無」外框沒有顯著差異。
- (2) 4 條橫紋鞋紋板的摩擦力，水量 0 mL、5 mL 和 30 mL 時，「有」外框＞「無」外框；水量 67 mL 時，「無」外框（511 gw）＞「有」外框（420 gw）
- (3) 4 條直紋和 4 條橫紋的鞋紋板摩擦力，水量 5 mL 時，都是「有」外框＞「無」外框；67 mL 時，都是「無」外框＞「有」外框。

2.控制變因：地面材質（磨石子）、鞋紋板(1000g、21條)

表 15：水量與 21 條鞋紋外框的最大靜摩擦力(單位 gw)

直條 21 條			橫條 21 條		
框	無	有	框	無	有
0 mL	412	394	0 mL	384	420
5mL	590	320	5mL	560	524
30 mL	572	408	30 mL	560	528
67mL	668	410	67mL	708	544
平均	561	383	平均	553	504

圖9：水量與「有無外框」的最大靜摩擦力
(直條 21條)

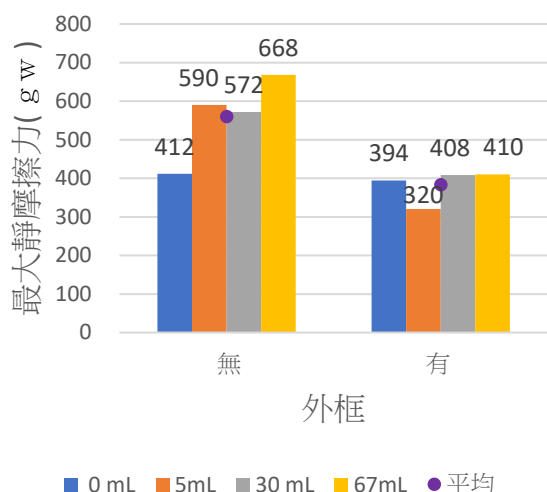
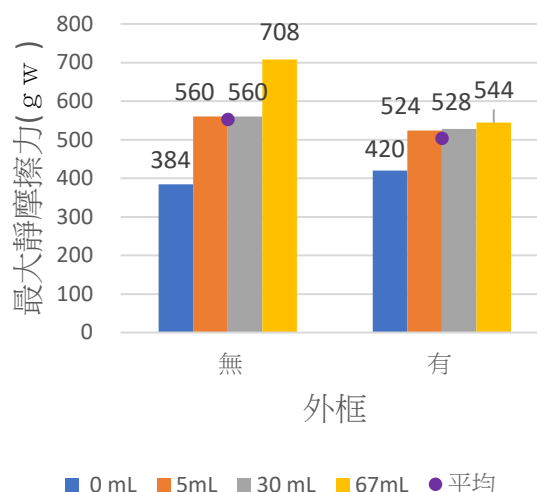


圖10：水量與「有無外框」的最大靜摩擦力
(橫條 21條)



- (1) 21 條直紋鞋紋板的摩擦力，四種水量下，都是「無」外框 > 「有」外框。
- (2) 21 條橫紋鞋紋板，在水量 0 mL 時，摩擦力是「有」外框（420 gw）> 「無」外框（384 gw）；在水量 5 mL、30 mL 和 67 mL 時，都是「無」外框 > 「有」外框。
- (3) 21 條直紋和 21 條橫紋的鞋紋板摩擦力，水量 5 mL、30mL 和 67 mL 時，都是「無」外框 > 「有」外框。

伍、討論

一、「水量」與「四種鞋子」的最大靜摩擦力關係

隨著水量的增加，只有③號拖鞋的摩擦力逐步下降；①號運動涼鞋、②號慢跑鞋和④號登山鞋，有水時的摩擦力都比乾燥時高，尤其④號登山鞋在各種水量都是最防滑的。

所以，只要有飄雨，就盡量不要穿③號類型的拖鞋。穿著①號運動涼鞋、②號慢跑鞋和④號登山鞋，搭配平穩地前進，在有雨跡、小雨、大雨時，都相對安全。

二、「水量」與「地面材質」的最大靜摩擦力關係

地面材質與摩擦力有關，四種水量的最大靜摩擦力，「柏油路」>「通學步道」>「標線」>「磨石子地」，「柏油路」在各種雨量的最大靜摩擦力都最佳，斗六市新設置的「通學步道」次之，「標線」、「磨石子地」差異不大，「磨石子地」在水量 5 mL 時的摩擦力最大，「標線」在乾燥時的摩擦力最大，且不管雨量大小，遇到水就會變滑。

只要飄雨，最安全的做法是建議走在柏油路上或盡快走上通學步道，避免沿著道路邊緣行走而踩到標線；磨石子地則在雨跡的狀況下最防滑，磨石子地大多在走廊或教室裡，不會直接淋到雨，如果下雨時能勤勞拖地，不積水時也相對安全。

三、「水量」與「重量」的最大靜摩擦力關係

重量與摩擦力有關，四種水量下，都是「1000g」>「500g」>「38g」，在水量 5 mL 時，重量「500g」和「1000g」的摩擦力增加幅度大，30 mL 和 67 mL 時，摩擦力下降。

有雨跡時，重量增加，摩擦力成長幅度大。

四、「水量」與「不同的鞋底紋路」的最大靜摩擦力關係

（一）「鞋紋樣式」，與最大靜摩擦力的關係

乾燥的磨石子地面，「直條」鞋紋的摩擦力最高；水量 5 mL 時，「曲線」鞋紋的摩擦力最高；水量 30 mL 時，「直條」鞋紋的摩擦力最高；水量 67 mL 時，「橫條」鞋紋的摩擦力最高。

磨石子地較常出現在建築物的走廊或教室裡，通常比較不會大量積水，但容易因為人來人往，讓地面有少量的水，出現類似雨跡的狀況，此狀況下，穿著「曲線」的鞋紋比較防滑。

（二）「鞋紋數量」，與最大靜摩擦力的關係

乾燥的磨石子地面，直條和橫條的最大靜摩擦力都是鞋紋數量「12 條 > 21 條 > 4 條」；地面上只要有水，最大靜摩擦力大多是鞋紋數量「21 條 > 12 條 > 4 條」。

不管是乾燥或有水的磨石子地，「鞋紋數量少」的摩擦力都偏低。所以，走在磨石子地上，盡量不要穿鞋紋過疏的鞋子。

（三）「鞋紋外框」，與最大靜摩擦力的關係

1. 4 條條紋

磨石子地面，鞋紋板為 4 條時，「有無外框」不一定是增加或減少最大靜摩擦力的關鍵，討論與蒐集資料後，發現 4 條紋路間的空隙過大，條紋間的水不會和鞋紋形成一個大平面，所以，除非水量達到 67 mL，否則鞋紋外框「有無」，水都可以順利排出。

進一步實驗鞋紋板為 21 條時，鞋紋外框「有無」的影響。

2. 21 條條紋

乾燥的磨石子地面，鞋紋板為 21 條時，鞋紋外框「有無」的最大摩擦力沒有很大的差異；但在有水的狀況下，「有」外框讓鞋底無法順利排水，最大靜摩擦力降低。

陸、結論

一、雨天應避免穿 3 號拖鞋，選擇 4 號登山鞋相對安全

磨石子地上，相同重量的四種鞋子中，③號拖鞋水量越多越滑，但①號運動涼鞋、②號慢跑鞋、④號登山鞋在有水時比乾燥時更防滑，搭配平穩步伐行走，能降低滑倒風險。分析④號登山鞋鞋底紋路空隙大，排水佳，且鞋底紋路最為粗糙，所以有最大靜摩擦力；③號拖鞋紋路空隙小，材質柔軟，附載重量時，鞋底紋路容易被壓平，空隙變小，更不利排水，容易形成水上漂，最不適合於下雨天穿著上下學。

二、有水時，路面防滑效果：柏油路 > 通學步道 > 磨石子地 > 標線

實驗結果符合國小自然科學領域學習內容：路面材質越粗糙，摩擦力越高的原則，數據顯示柏油路在任何水量下的防滑效果都是最好的，通學步道次之，標線遇水就變滑，應盡量避免踩踏，磨石子地在雨跡時最防滑，但小雨和大雨變滑，只要勤加拖地，不要積水也相對安全。本研究結果發現水量不但不會全面性的降低摩擦力，還有可能增加摩擦力，數據結果顯示，雨跡時的磨石子地和大雨的柏油路都有較高的最大靜摩擦力，分析原因為水量足以隔開鞋底與地面的接觸面時，確實會降低摩擦力，但水量不足以塞滿鞋紋空隙和地面空隙時，少量的水會與異類分子間產生較強的附著力，反而提升了鞋底與地面的最大靜摩擦力。

三、重量增加摩擦力，少量的水（雨跡）能提升鞋底抓地力

實驗結果符合重量(正向力)越大，摩擦力越大的原則。在磨石子地上，少量水（如雨跡）有助於增加摩擦力，但水量再增，隔開鞋底與地面兩個接觸面，水分子間容易互相滑動，讓整體最大靜摩擦力降低。

四、鞋紋設計影響摩擦力，但沒有哪一種鞋紋適用於各種水量

乾燥時，直條鞋紋摩擦力較高；水量 5mL 時，曲線鞋紋較防滑；水量 30mL 時，直條鞋紋較佳；水量 67mL 時，橫條鞋紋較防滑。採購鞋子，可選擇複合各種紋路的鞋底，更能應付各種水量的變化。

五、鞋紋數量過少，防滑效果較不佳

鞋紋數量過少的鞋款在乾燥與潮濕環境下都相對比較滑，建議選擇鞋紋較多的鞋子，以提升防滑效果。

六、鞋紋多時，鞋邊無框設計有助於排水，減少滑倒風險

鞋紋條數多時（如 21 條），有外框會阻礙排水，所以更滑。鞋邊無框能有效排水，降低滑倒風險。

七、影響摩擦力的因素複雜，可以再深入探討更多變因

透過實驗研究，我們更深入了解摩擦力，但影響摩擦力的變因還有很多沒有探討，例如：鞋底材質、鞋底硬化、鞋紋深度、鞋紋寬度、步行方式等。

分析結果時，我們發現實驗結果與第 52 屆國中組物理科水的「摩」力研究結果有一點不同的地方，我們的實驗結果：磨石子地上，③號拖鞋在乾燥時摩擦力較大，①號運動涼鞋、②號慢跑鞋、④號登山鞋在有水時摩擦力增加；第 52 屆國中組物理科水的「摩」力研究結果：加水後，磨石子的最大靜摩擦力增加。不同的原因來至鞋底材質（EVA / 皮革）、紋路深度（0.3 公分 / 不明顯）、水量計法（雨量毫米 / 噴水 1-3 次）不同，交互影響造成的，可見得影響摩擦力的因素是很多樣化的。

我們期望持續增長知識和能力，未來能進行更深入的研究，更全面了解影響摩擦力的各項變因。

柒、參考文獻資料

南一書局（2024）。*南一版自然科學五上*。台南：南一。

康軒文教事業（2024）。*康軒版自然科學五下*。新北：康軒。

翰林出版事業（2024）。*翰林版自然科學五上*。台南：翰林。

摩擦力（20151224）。*生活裡的科學*。取自

<https://www.youtube.com/watch?v=mT1lBNsVnt>。

新雨量分級（20200301）。*交通部中央氣象局*。取自

https://www.cwa.gov.tw/V8/C/K/CommonFaq/rain_all.html

它抓得住我？－紋路對摩擦力的影響。*中華民國第46屆中小學科學展覽會國小組自然科*。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/elementary/0815/081519.pdf>。

顛覆教科書的「摩」力觀點－摩擦力跟接觸面積真的有關係。*中華民國第52屆中小學科學展覽會國中組物理科*。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/NPHSF2018-080116.pdf>。

水的「摩」力。*中華民國第52屆中小學科學展覽會國中組物理科*。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/030111.pdf>。

那些年，我們一起玩的ㄅㄅ車。*中華民國第52屆中小學科學展覽會國小組物理科*。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/080111.pdf>。

防滑好絕配-提高浴室安全。*中華民國第53屆中小學科學展覽會國小組生活應用科*。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/53/pdf/080823.pdf>。

魔力！摩力的考驗-紙類摩擦力之探究。*中華民國第56屆中小學科學展覽會國小組物理科*。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080114.pdf>。

【評語】 080121

此作品探討水對最大靜摩擦力的影響，透過實驗研究四種水量下，不同類型鞋子、地面材質、重量和鞋紋（樣式、數量、外框）與摩擦力的關係。研究能結合氣象局的標準來量化降水量，使實驗更接近真實情況。作者自己設計實驗，自製實驗器材。進行實驗，並根據結果歸納出得出結論。作品內容完整，結果有助於設計防滑鞋子，具實用性。是件有趣及實用的作品。

作品海報



「濕」在必行



雨天對最大靜摩擦力的影響

摘要

連續雨天引發穿拖鞋上學是否安全的討論，我們發現課本裡對水與摩擦力的關係探討有限，因此透過實驗研究四種水量下，不同類型鞋子（運動涼鞋、慢跑鞋、拖鞋、登山鞋）、地面材質（磨石子地、標線、通學步道、柏油路）、重量（53.5g、500g、1000g）和鞋紋（樣式、數量、外框）對摩擦力的影響。結果顯示，在磨石子地上，拖鞋遇水就滑，應避免穿著；運動涼鞋、慢跑鞋、登山鞋相對防滑。柏油路防滑效果最佳，標線遇水就滑。重量可以增加摩擦力。沒有任何特定的鞋紋樣式能在四種不同水量條件下都最防滑。鞋紋數量多和無框設計有助於防滑。摩擦力受多重因素影響，未來可進一步研究鞋底材質與步行方式等的影響。

壹、前言

一、動機

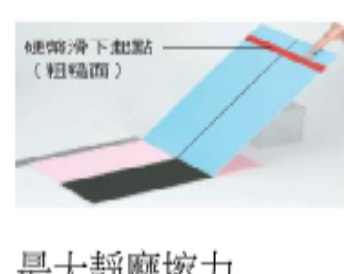
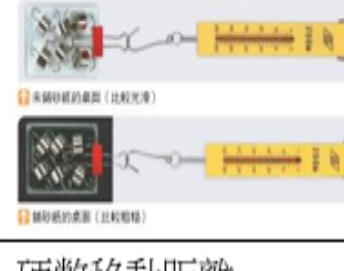

連續幾天下雨，引發我們對於「雨天為何不能穿拖鞋或涼鞋上下學」的好奇與討論。有人擔心的是安全問題，但有一次同學穿新買的運動鞋走在濕漉漉的走廊上也差一點跌倒呀！五年級的自然科學領域課本指出摩擦力跟接觸面材質有關，但課本裡只做測量錢幣在一般紙張和砂紙上滑動距離的實驗，還說加水或油可以減少摩擦力，但是每次搓不開垃圾袋時，沾水又可以增加摩擦力，這讓我們感到困惑。為了深入理解，我們參考了歷年科展資料，發現有研究車輛輪胎大小、數量、胎紋多寡的摩擦力，也有廁所地板、液體種類對摩擦力的影響。然而，關於雨天上下學，水量、走過的路面材質和穿著的鞋子條件的研究較少。因此，我們決定進行實驗，探討不同水量條件下，路面材質、重量和鞋底紋路等對摩擦力的影響，希望解開水量與影響摩擦力因素間的疑惑。

二、目的

- (一)「水量」與「四種鞋子」的最大靜摩擦力關係
 - (二)「水量」與「接觸地面」的最大靜摩擦力關係
 - (三)「水量」與「重量」的最大靜摩擦力關係
 - (四)「水量」與「鞋底紋路」的最大靜摩擦力關係
- 鞋紋樣式：直條、橫條、點狀、曲線
 - 鞋紋數量：4條、12條、21條
 - 鞋紋外框：有、無

三、文獻比較

教科書裡的摩擦力

自然科學版本	摩擦力的意思	操縱變因	測量摩擦力的方法
南一	物體和接觸面之間，阻止物體運動的作用力，與物體的受力方向相反。 	接觸面材質（砂紙、光滑的紙）	1. 硬幣移動距離  2. 最大靜摩擦力 
康軒	物體在地面移動時，和地面產生讓物體運動速度越來越慢，最後停下來之力。	接觸面材質（砂紙、瓦楞板）	1. 硬幣移動距離 
翰林	摩擦力來自於兩個物體接觸時的細微凹凸表面，是一種和物體運動方向相反的作用力。 	接觸面材質（砂紙、卡紙）	1. 硬幣移動距離 

本研究的降水量來源

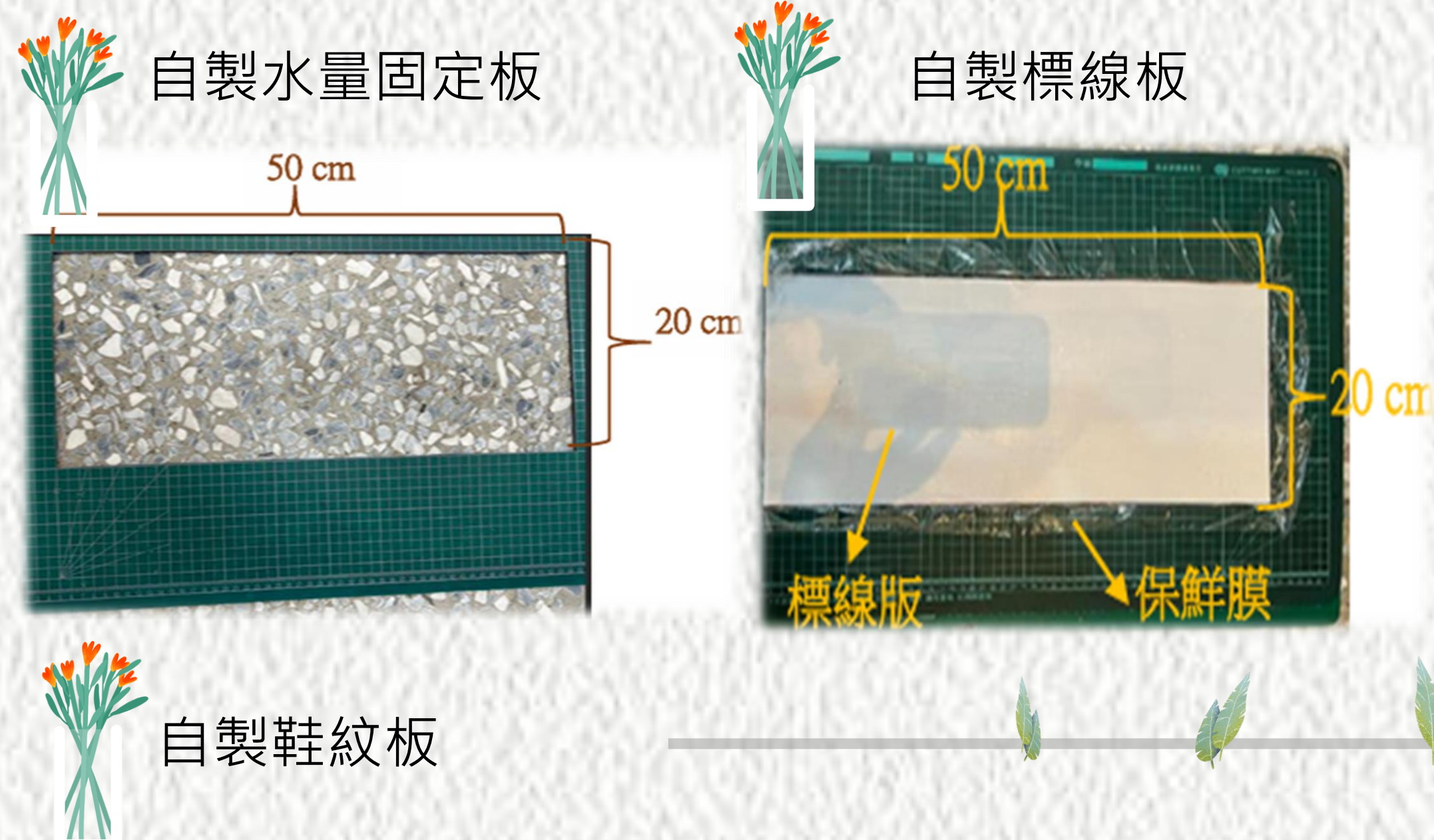
表 7：水量轉換表（資料來源：交通部中央氣象局）

名稱	中央氣象局	本實驗研究 (1分鐘落在 1000 cm ² 地面的平均降水量)
雨跡	10 分鐘降水量小於 0.5 mm	5 mL
小雨	雨跡和大雨之間	30 mL
大雨	40 mm / 1 h 以上	67 mL

本研究的自製鞋紋板

以往研究用綁橡皮筋當鞋紋，為避免橡皮筋翻轉翻，也更貼近真實鞋子的紋路和材質，本研究用0.3 cm × 0.3 cm 的橡膠條緊黏在10 cm × 10 cm的切割墊上當鞋紋板。

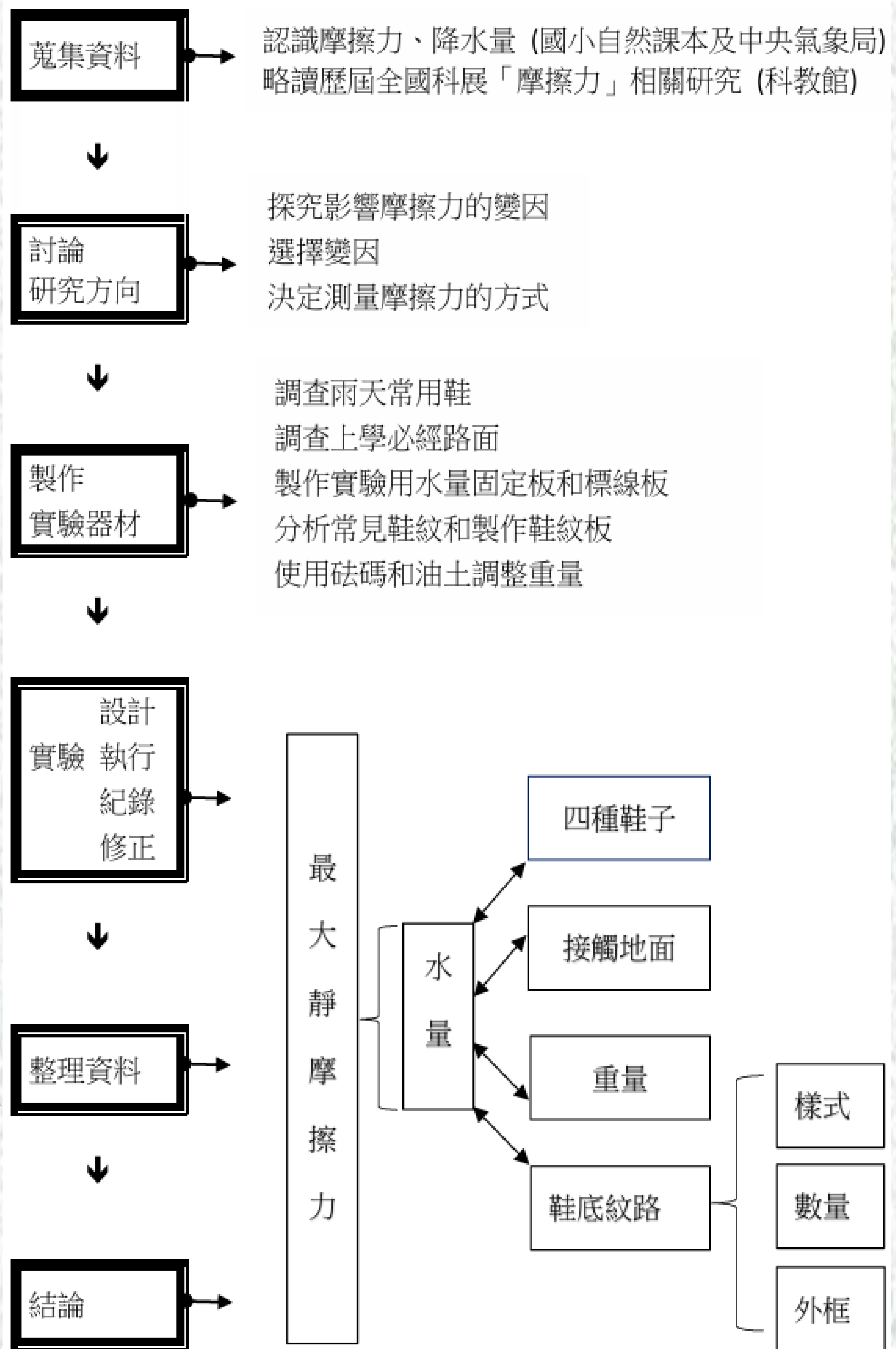
貳、研究設備和器材



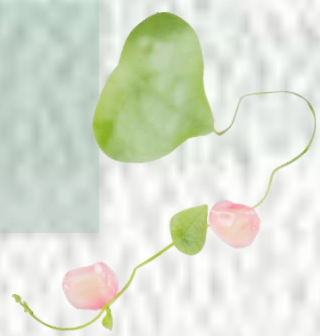
樣式	直條	橫條	點狀	曲線
外框 (開放式-無框)				
(封閉式-有框)				

樣式(外框)	直條 (開放式-無框)	橫條 (開放式-無框)	直條 (封閉式-有框)	橫條 (封閉式-有框)
數量				
疏-4 條				
密-12 條				
緊密-21 條				

參、研究過程與方法



肆、研究結果與討論



一、【「水量」與「四種鞋子」的最大靜摩擦力關係】

「四種鞋子」

- 調查並選出4種最常於雨天穿著的鞋。
- 用砝碼和油土將重量調整成500g。

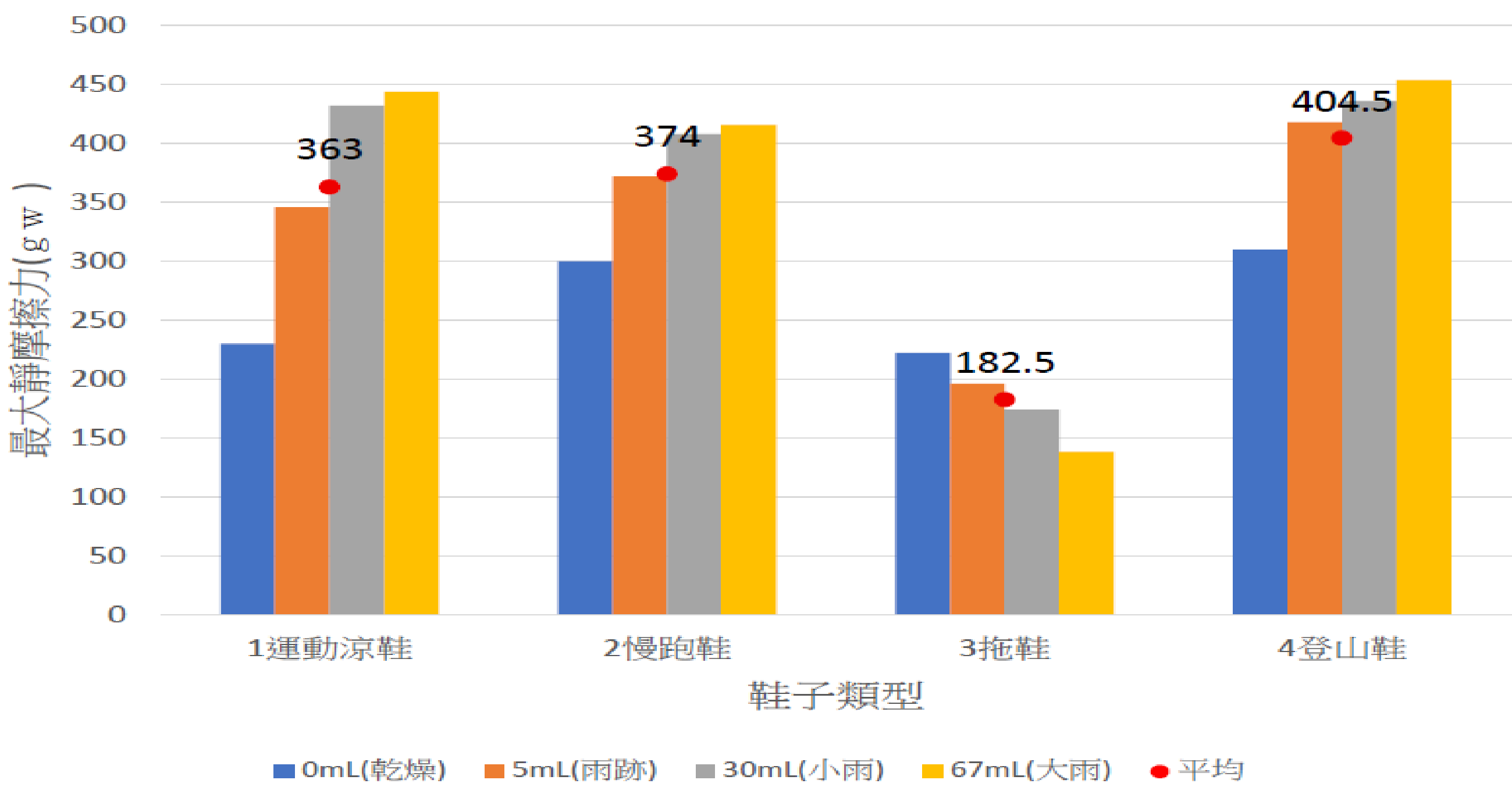
鞋子類型	① 運動涼鞋	② 慢跑鞋	③ 拖鞋	④ 登山鞋
鞋底紋路				
大底材質與特性	合成橡膠，偏軟、輕，有彈性，不易吸水，耐磨性差。	合成橡膠，軟硬適中，輕，有彈性，不易吸水，耐磨性適中。	材質 EVA，偏軟、輕，有彈性，不易吸水，耐磨性最差。	橡膠防磨片，偏硬，偏重，不易變形，不易吸水，耐磨性高。

控制：地面材質(磨石子地)、鞋紋板(500g)

表 8：水量與四種鞋子的最大靜摩擦力（單位 gw）

鞋子類型	① 運動涼鞋	① 運動涼鞋	① 運動涼鞋	① 運動涼鞋	② 慢跑鞋	② 慢跑鞋	② 慢跑鞋	② 慢跑鞋	③ 拖鞋	③ 拖鞋	③ 拖鞋	③ 拖鞋	④ 登山鞋	④ 登山鞋	④ 登山鞋	④ 登山鞋
水量	0mL	5mL	30mL	67mL	0mL	5mL	30mL	67mL	0mL	5mL	30mL	67mL	0mL	5mL	30mL	67mL
1	250	320	420	420	300	350	400	440	250	200	165	130	300	400	440	460
2	220	340	450	480	310	350	410	410	210	200	160	140	310	420	440	460
3	230	350	440	440	290	400	410	410	190	190	165	140	320	410	440	460
4	240	360	410	450	290	380	410	410	240	200	190	150	310	420	440	440
5	210	360	440	430	310	380	410	410	220	190	190	130	310	440	420	450
平均	230	346	432	444	300	372	408	416	222	196	174	138	310	418	436	454
四種水量平均	363				374				182.5				404.5			

圖 1：水量與「四種鞋子」的最大靜摩擦力



二、【「水量」與「地面材質」的最大靜摩擦力關係】

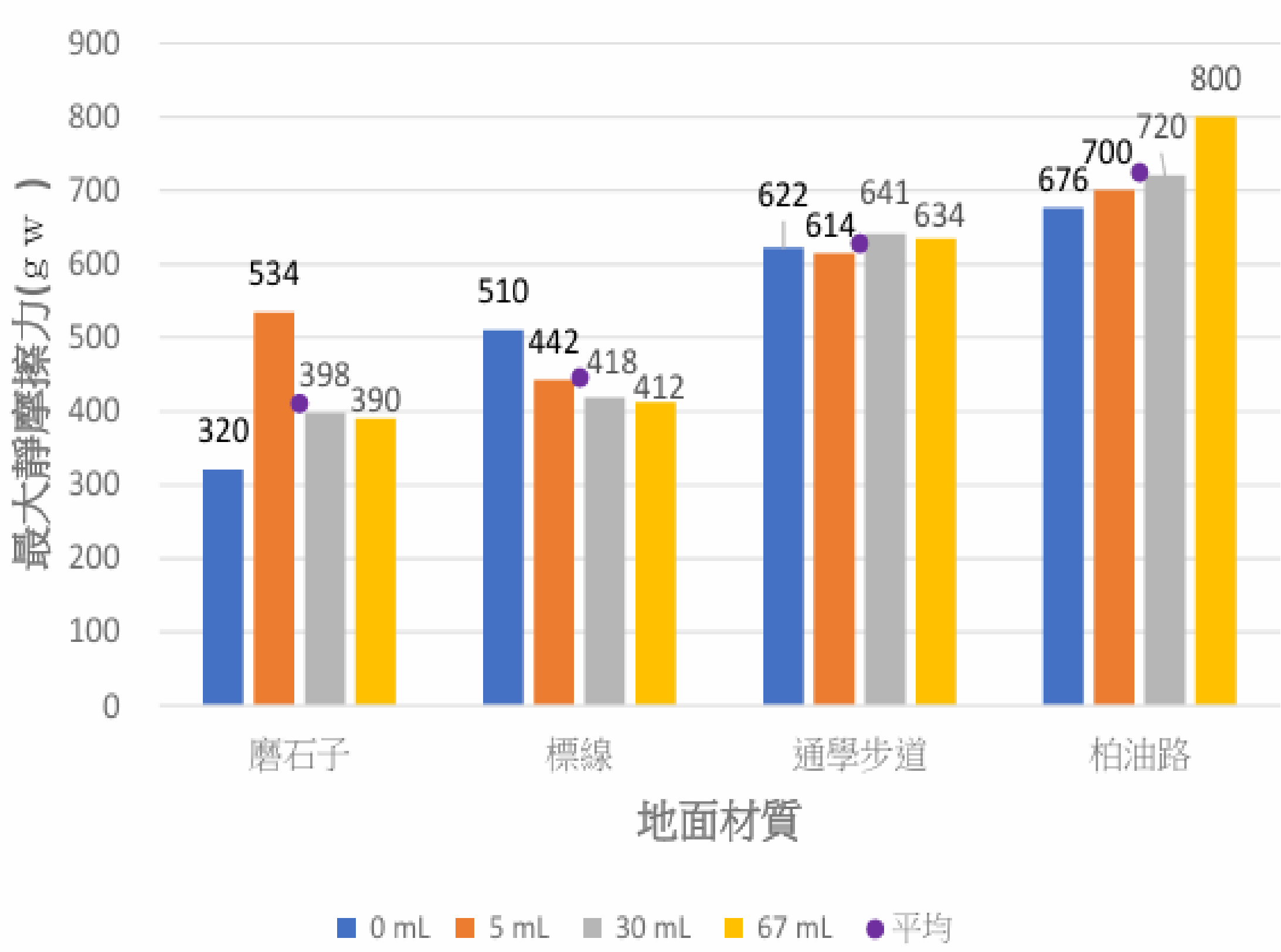
控制：鞋紋板(1000g、曲線/ 4條/無外框)

表 9：水量與地面材質的最大靜摩擦力(單位 gw)

地面材質	水量				
	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	平均
磨石子	320	534	398	390	411
標線	510	442	418	412	446
通學步道	622	614	641	634	628
柏油路	676	700	720	800	724

- 磨石子地」在水量 5 mL 較防滑；「標線」在 0 mL 較防滑；「通學步道」在各種水量的防滑性相近；「柏油路」在 67 mL 時最防滑。綜觀四種水量，「柏油路」的摩擦力都居冠，「通學步道」次之，「磨石子地」和「標線」相對低。

圖 2：水量與「地面材質」的最大靜摩擦力



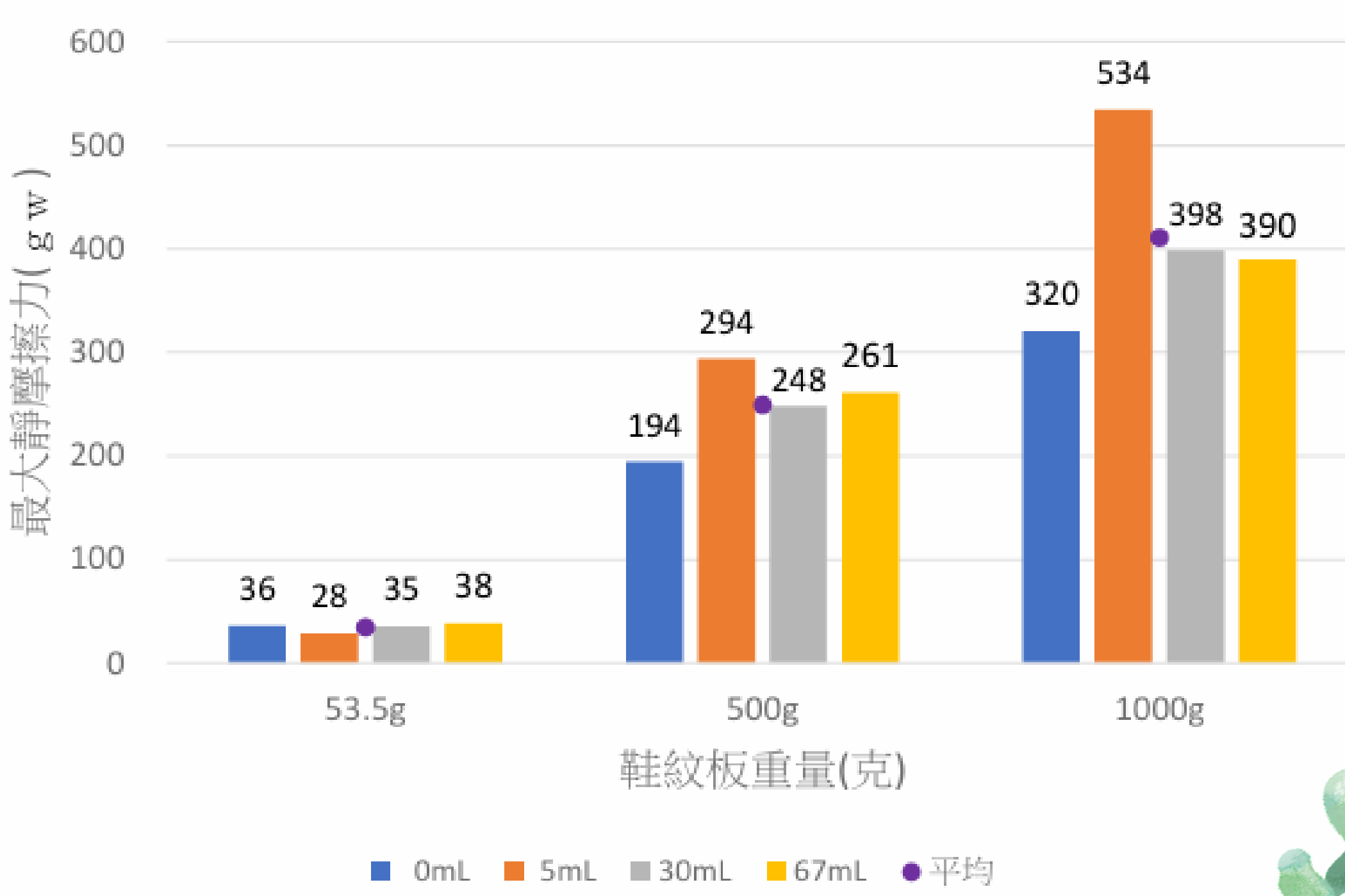
三、【「水量」與「重量」的最大靜摩擦力關係】

控制：地面材質(磨石子地)、鞋紋板(曲線/4條/無外框)

表 10：水量與重量的最大靜摩擦力(單位 gw)

重量	水量				
	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	平均
53.5g	36	28	35	38	34
500g	194	294	248	261	249
1000g	320	534	398	390	411

圖 3：水量與「重量」的最大靜摩擦力



四、【「水量」與「不同的鞋底紋路」的最大靜摩擦力關係】

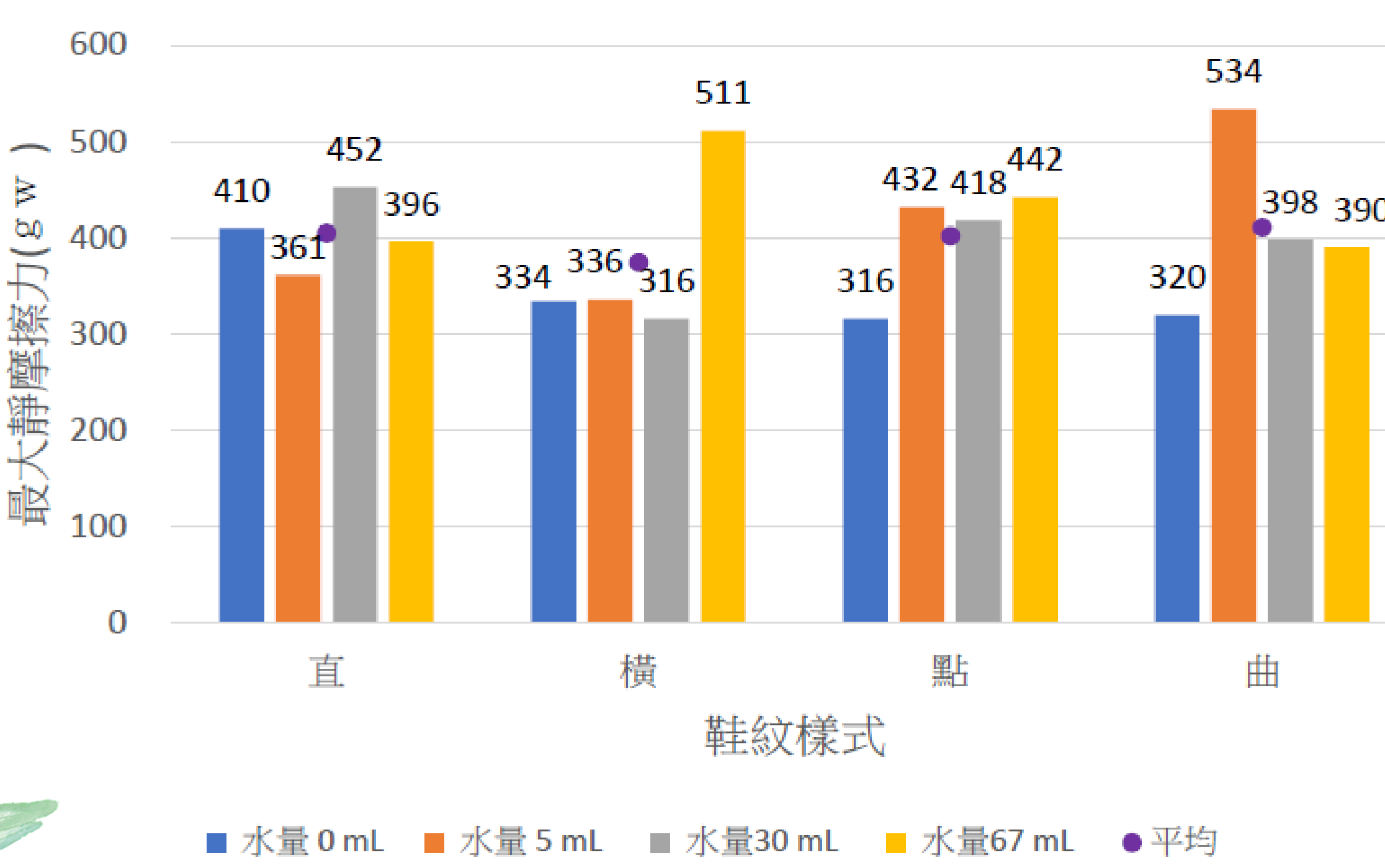
(一) 鞋紋「樣式」

控制：地面材質 (磨石子地)、鞋紋板(1000g 、 4條、無外框)

表 11：水量與鞋紋樣式的最大靜摩擦力(單位 gw)

鞋紋樣式	水量				
	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	平均
直	410	361	452	396	405
橫	334	336	316	511	374
點	316	432	418	442	402
曲	320	534	398	390	411

圖 4：水量與「鞋紋樣式」的最大靜摩擦力



- 「53.5 g」鞋紋板在各種雨量的摩擦力無明顯差異，「500 g」和「1000 g」鞋紋板在 5 mL 較防滑。綜觀四種水量下，摩擦力都是重量「1000 g」>「500 g」>「53.5 g」。

- 水量 0 mL，「直條」鞋紋的摩擦力最好；水量 5 mL，「曲線」鞋紋的摩擦力最好；水量 30 mL，「直線」鞋紋的摩擦力最好；水量 67 mL，「橫」鞋紋的摩擦力最好。

四、【「水量」與「不同的鞋底紋路」的最大靜摩擦力關係】

(二) 鞋紋「數量」

控制：地面材質（磨石子地）、鞋紋板(1000g、無外框)

表 12：水量與直條鞋紋數量的最大靜摩擦力(單位 gw)

鞋紋數量 \ 水量	水量					
	最大靜摩擦力	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	平均
4 條		410	361	452	396	405
12 條		454	484	516	552	502
21 條		412	590	572	668	561

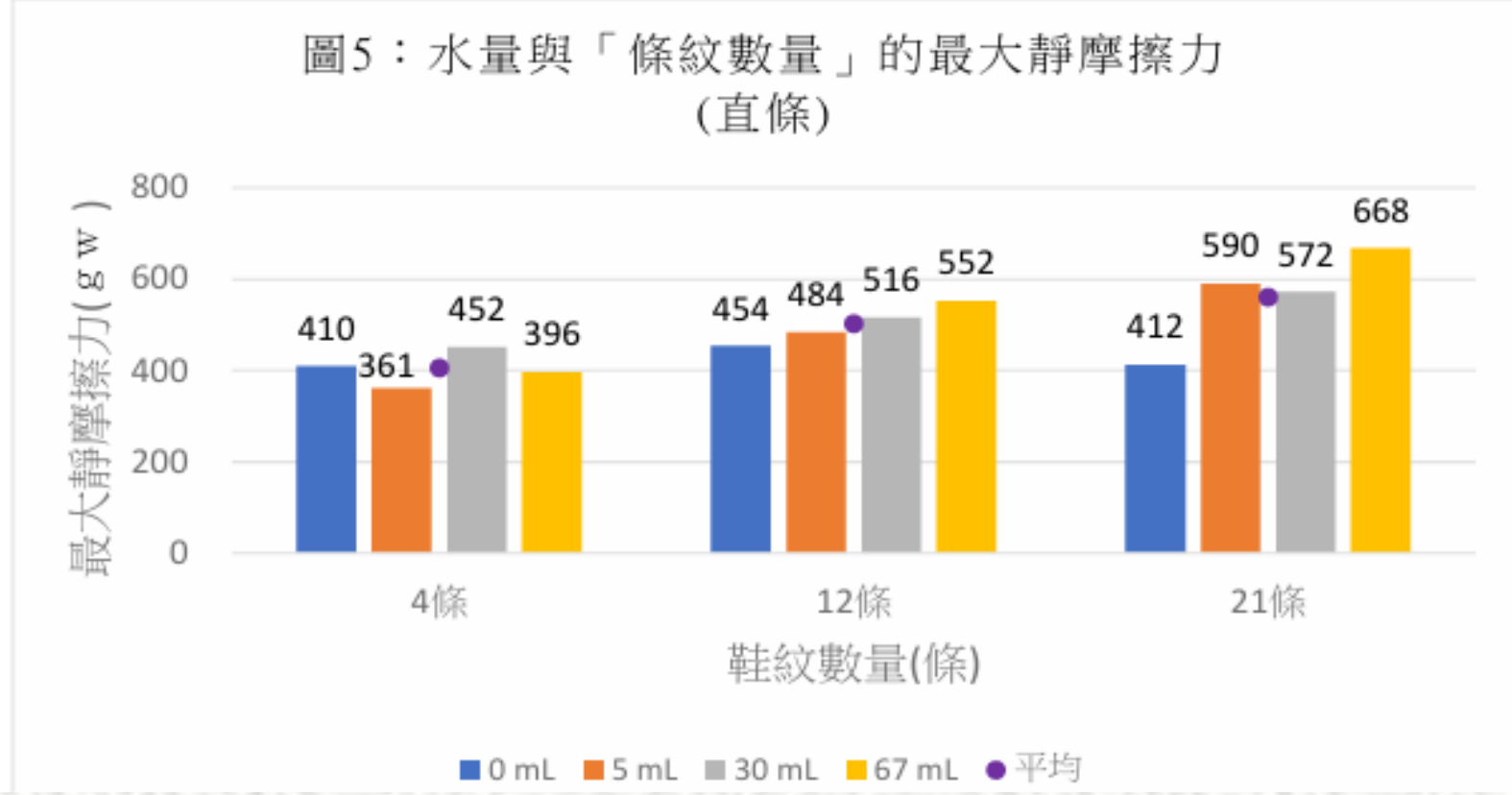
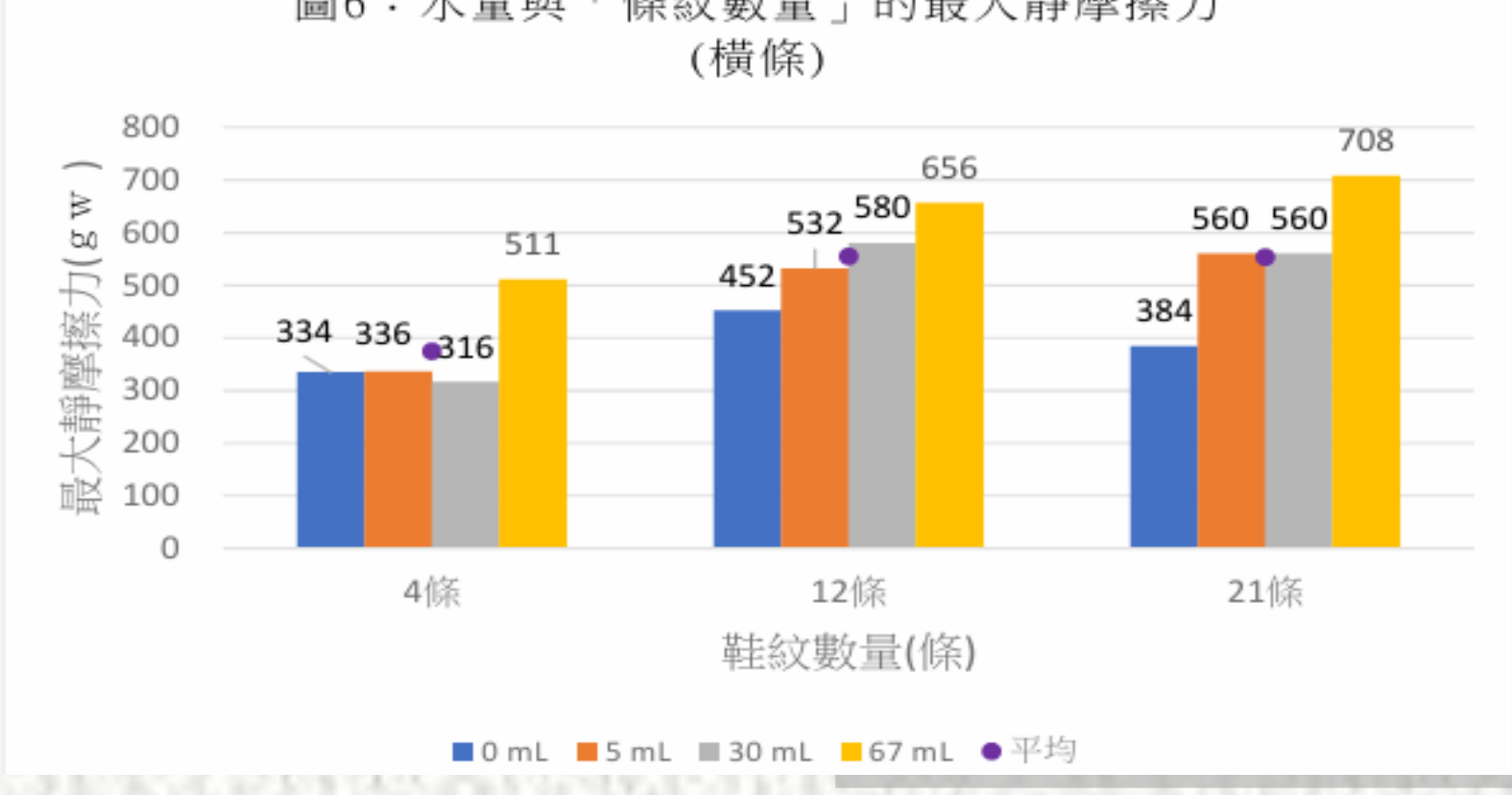


表 13：水量與橫條鞋紋數量的最大靜摩擦力(單位 gw)

鞋紋數量 \ 水量	水量					
	最大靜摩擦力	0 mL	5 mL	30 mL	67 mL	平均
4 條		334	336	316	511	374
12 條		452	532	580	656	555
21 條		384	560	560	708	553

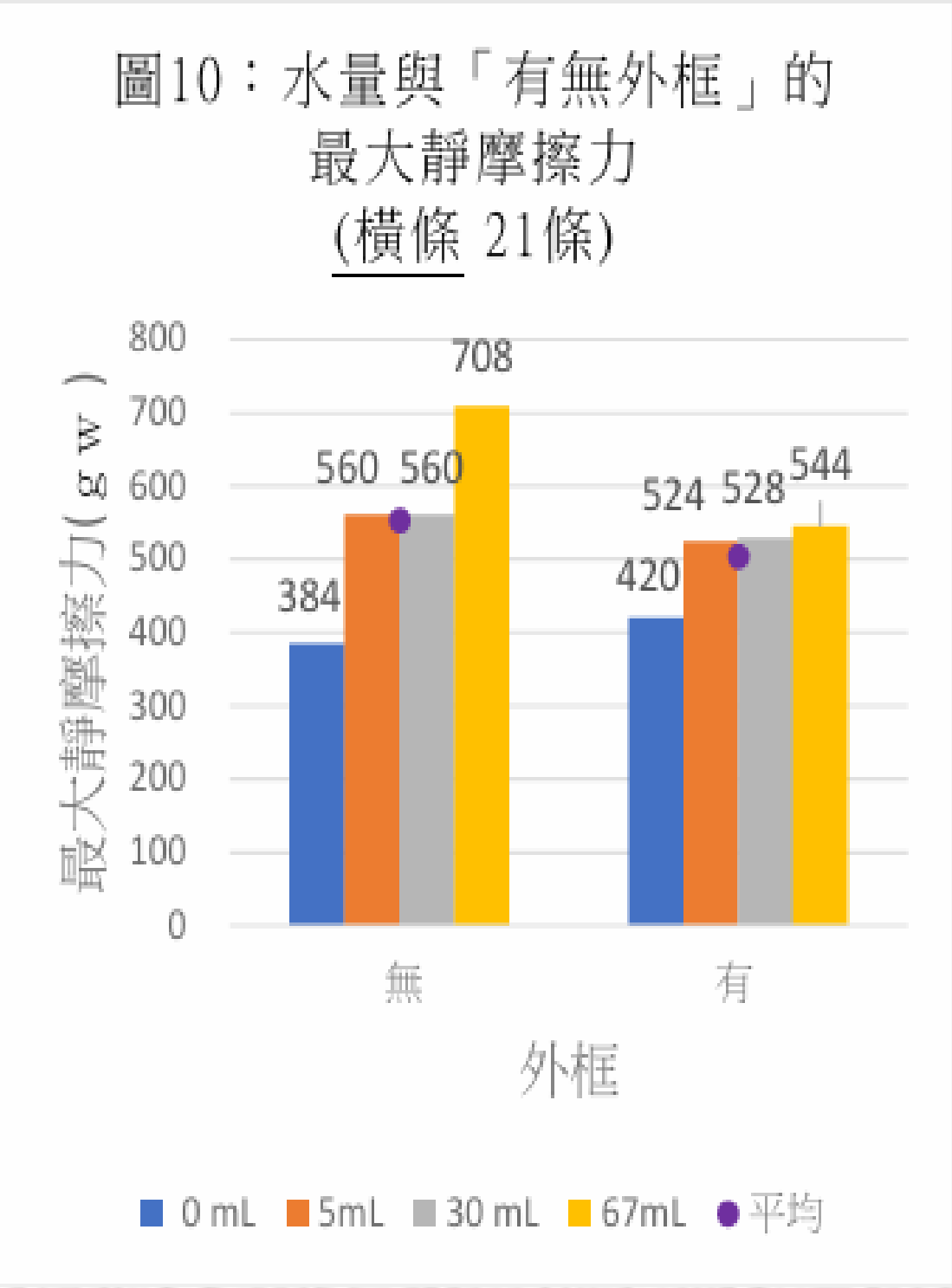
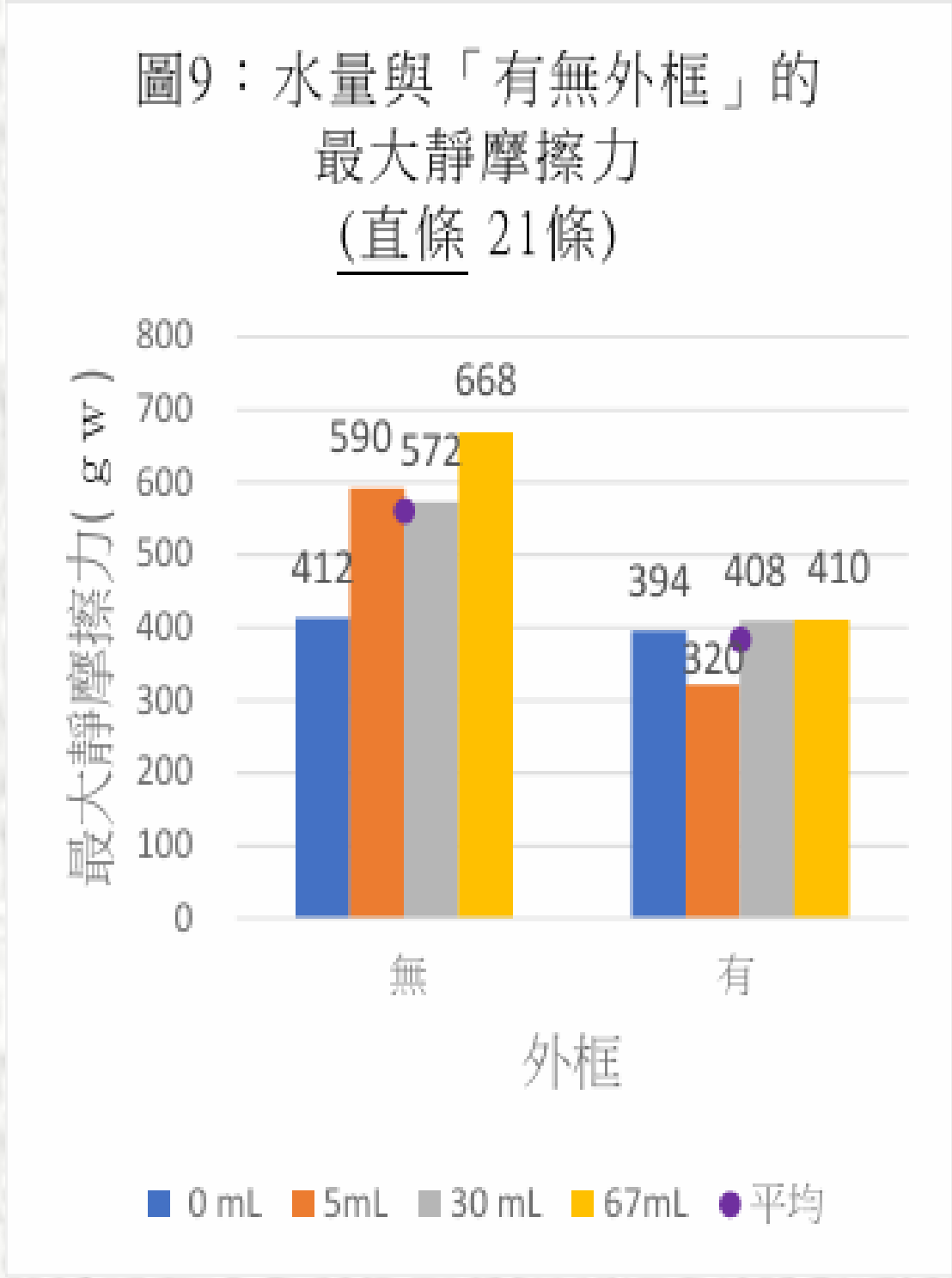
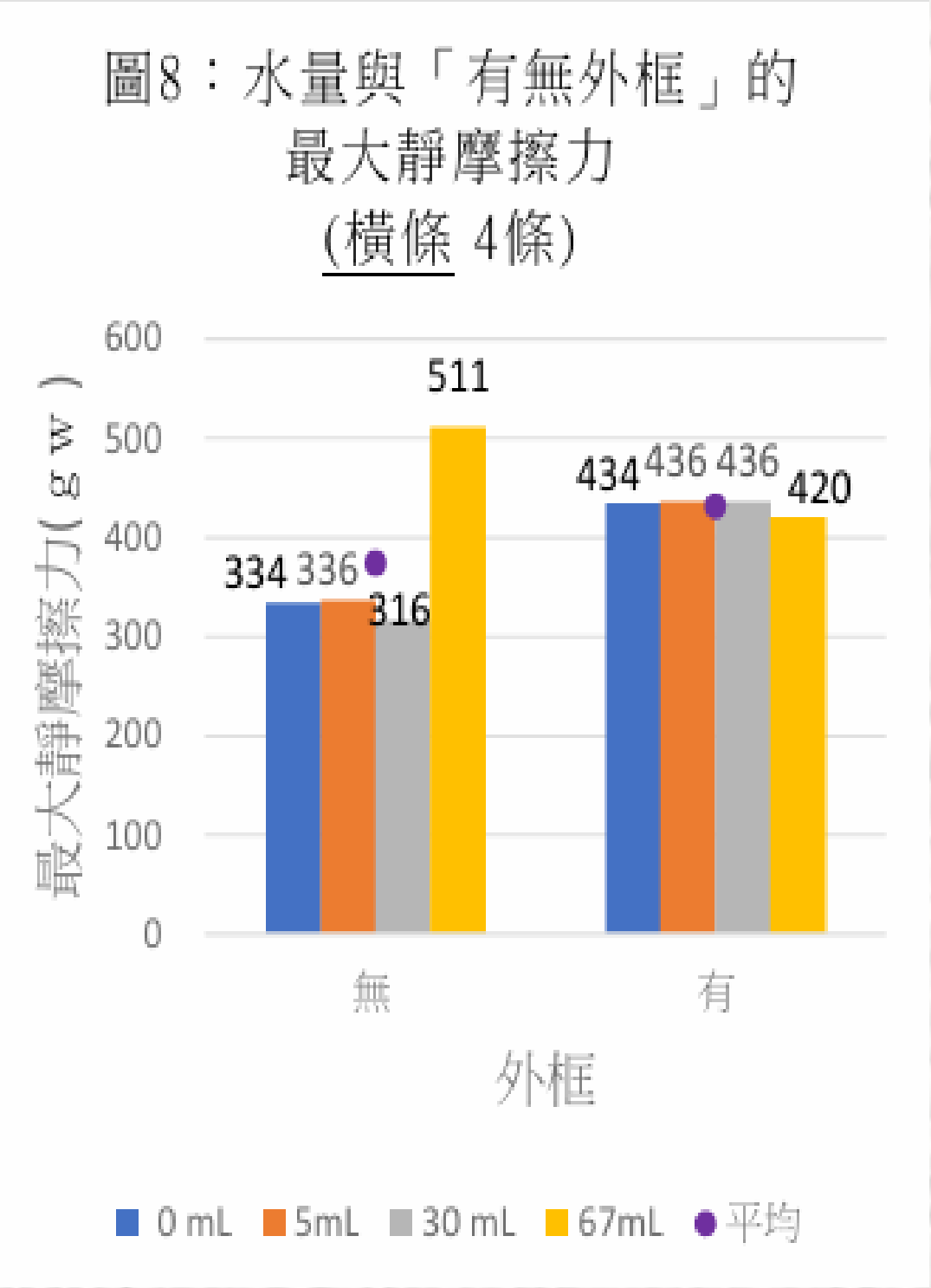
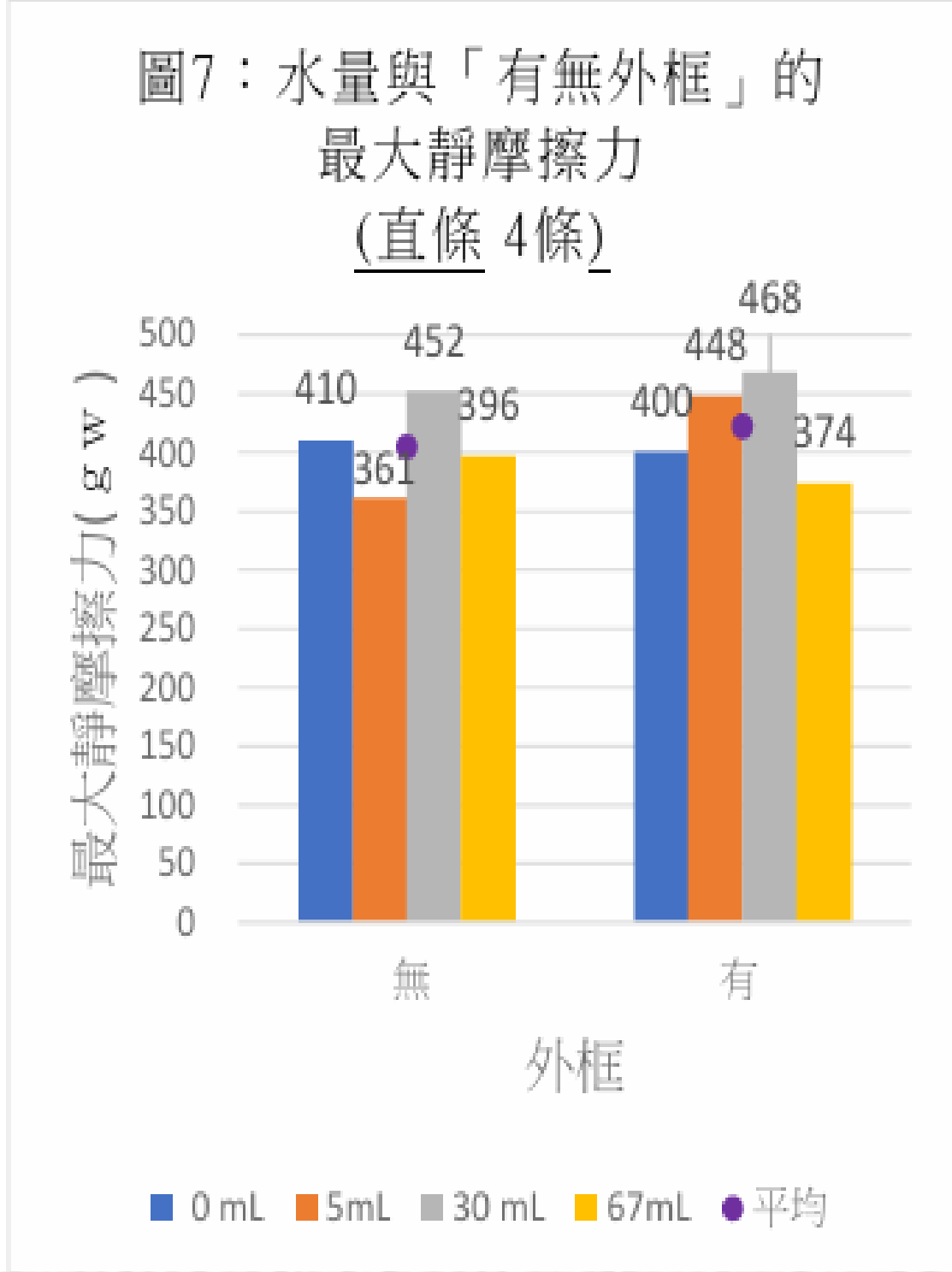


- 直條鞋紋板，乾燥時「12條」較防滑；有雨時，「21條」較防滑。
- 橫條鞋紋板，水量 0 mL 和 30 mL時，「12條」較防滑；水量 5 mL和 67 mL時，「21條」較防滑。
- 綜觀各種水量下，鞋紋數量12條和21條，都比4條防滑。

(三) 鞋紋「外框」

控制：地面材質（磨石子地）、鞋紋板(1000g、4條)

控制：地面材質（磨石子地）、鞋紋板(1000g 、 21條)



4條條紋

「有」「無」外框不一定是增加或減少摩擦力。
經討論與蒐集資料，發現4條紋路間的空隙過大，條紋間的水比較不會和鞋紋形成一個大平面，較沒有排水的問題。

21條條紋

乾燥時，「有」「無」外框的摩擦力沒有很大的差異；
有水時，「有」外框讓鞋底無法順利排水，摩擦力降低。

伍、結論

一、雨天應避免穿拖鞋，選擇登山鞋相對安全

磨石子地，拖鞋紋路空隙小，材質柔軟，附載重量時，鞋底紋路容易被壓平，空隙變小，更不利排水，容易形成水上漂，最不适合於下雨天穿著上下學；運動涼鞋、慢跑鞋、登山鞋在有水時相對防滑，搭配平穩步伐，能降低滑倒風險；尤其登山鞋鞋底紋路空隙大，排水佳，且鞋底紋路最為粗糙，有最大靜摩擦力。

二、有水時，路面防滑效果：柏油路 > 通學步道 > 磨石子地 > 標線

路面材質越粗糙，摩擦力越高。柏油路在任何水量都最防滑，通學步道次之。標線遇水變滑，避免踩踏；磨石子地有雨跡時最防滑，勤拖地，不積水較安全。本研究結果發現水量能降低最大靜摩擦力，也能增加最大靜摩擦力，數據結果顯示，雨跡時的磨石子地有較高的最大靜摩擦力，分析原因為水量不足以塞滿鞋紋空隙和地面空隙時，少量的水分子會與異類分子產生較強的附著力，反而提升了鞋底與地面的最大靜摩擦力。

三、重量增加摩擦力，少量的水（雨跡）能提升鞋底抓地力

重量(正向力)越大，摩擦力越大。在磨石子地上，少量水（如雨跡）有助於增加摩擦力，但水量再增（如小雨、大雨），隔開鞋底與地面兩個接觸面，水分子間容易互相滑動，讓整體最大靜摩擦力降低。

四、鞋紋樣式影響摩擦力，但沒有哪一種鞋紋樣式適用於各種水量

乾燥時，直條鞋紋摩擦力較高；水量5mL時，曲線鞋紋較防滑；水量30mL時，直條鞋紋較佳；水量67mL時，橫條鞋紋較防滑。採購鞋子，可選擇複合各種紋路的鞋底，更能應付各種水量的變化。

五、鞋紋數量多比鞋紋數量少，更具有防滑效果

不管是乾燥或有水的磨石子地，鞋紋數量過少的鞋款在乾燥與潮濕環境下都相對比較滑，建議選擇鞋紋較多的鞋子，以提升防滑效果。

六、鞋紋數量多時，鞋邊無框設計有助於排水，減少滑倒風險

七、影響摩擦力的因素複雜，可以再深入探討更多變因

實驗結果與第52屆國中組物理科水的「摩」力研究結果有一點不同的地方，可能原因為實驗鞋底材質(EVA/皮革)、鞋底紋路深度(0.3公分/不明顯)、水量計法(雨量毫米/噴水1-3次)不同，交互影響造成的，可見得影響摩擦力的因素是很多樣化的。我們期望持續增長知識和能力，未來能進行更深入的研究，更全面了解影響摩擦力的各項變因。

陸、參考資料

南一書局（2024）。南一版自然科學五上。台南：南一。

康軒文教事業（2024）。康軒版自然科學五下。新北：康軒。

翰林出版事業（2024）。翰林版自然科學五上。台南：翰林。

摩擦力（20151224）。生活裡的科學。取自 <https://www.youtube.com/watch?v=mT11BNsVnt>。

新雨量分級（20200301）。交通部中央氣象局。取自 https://www.cwa.gov.tw/V8/C/K/CommonFaq/rain_all.html

它抓得住我？－紋路對摩擦力的影響。中華民國第46屆中小學科學展覽會國小組自然科。取自<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/elementary/0815/081519.pdf>。

顛覆教科書的「摩」力觀點－摩擦力跟接觸面積真的有關係。中華民國第52屆中小學科學展覽會國中組物理科。取自<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-080116.pdf>。

水的「摩」力。中華民國第52屆中小學科學展覽會國中組物理科。取自<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/030111.pdf>。

那些年，我們一起玩的ㄅㄞㄅㄞ車。中華民國第52屆中小學科學展覽會國小組物理科。取自<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/080111.pdf>。

防滑好絕配-提高浴室安全。中華民國第53屆中小學科學展覽會國小組生活應用科。取自<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/53/pdf/080823.pdf>。

魔力！摩力的考驗-紙類摩擦力之探究。中華民國第56屆中小學科學展覽會國小組物理科。取自<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080114.pdf>。