

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082925

地震疏散有一「套」-自製防災頭套保護效果之
探討

學校名稱：新北市板橋區中山實驗國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃元倫	黃如君
小五 陳宣寰	蔣倩雯
小六 蔡程宇	
小六 戴正謙	
小五 張旖捷	
小六 李健誠	

關鍵詞：地震、防災頭套、撞擊

摘要

本研究發現市售的防災頭套在受到掉落物體撞擊時，保護效果其實並不好，只能抵禦很輕並且不高的掉落物，若是地震發生時，手邊剛好有其他的護具(如機車安全帽等)，應該優先使用護具，如果沒有護具，則建議選擇堅硬的材質當作外層(例如精裝書、塑膠、不鏽鋼等)，內層墊著手邊有的任何 3cm 厚的緩衝材(如記憶枕、毛巾衣物、氣泡袋等)，效果都比防災頭套還要好喔！也可以利用資源回收的材料按照我們的研究結果自己製作不花錢的防災頭套，讓你面對地震時也有一「套」！

壹、研究動機

在五上單元「力與運動」中，我們有學過力的作用會造成物體的形狀改變；而六上單元「變動的大地」中介紹了地震及防災措施。台灣是時常發生地震的地區，根據陳逸嫻(2002)的研究顯示，九二一死亡人數中，顱內損傷致死有 639 人，死亡外傷受傷的部位以頭頸部 69% 為最多。所以在地震發生時，如果能加強頭部的保護避免頭部受傷，就可以增加存活的機率。

每年學校總是會舉行地震防災演練，在地震發生時要「趴下、掩護、穩住」，搖晃停止後再迅速冷靜的疏散到安全的空曠處；我們五、六年級學生在疏散的時候，通常都是拿一本課本擋在頭上，避免行進時有物品掉落砸在頭上導致嚴重傷害，而一到四年級的學弟妹們頭上都會戴著橘黃色的防災頭套，感覺保護效果比較好，還可以空出雙手保護自己。

所以我們很好奇防災頭套的保護效果真的有比課本好嗎？到底能不能有效減緩物品砸在頭上的力量？甚至能安全的保護頭部？也想要測試身邊常見的護具(如機車安全帽)、手邊有的護具(如直排輪安全帽、跆拳道護頭)的保護效果如何？另外，我們也想到是否可以利用隨手可得的回收材料來製作簡易卻有效的防災頭套？讓沒有防災頭套的高年級同學們都可以不用花錢就能擁有更安全的防護措施。

貳、研究目的

- 一、不同高度與不同重量的重物掉落撞擊油土的凹陷程度的差異。
- 二、在不同的常見安全護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。
- 三、在常見安全護具保護下，在不同高度的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。
- 四、在常見安全護具保護下，不同重量的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。
- 五、在自製護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。

參、研究設備及器材

一、實驗器材：

1.重物掉落軌道：

以 pvc 水管裁切成 0.5m、1m、1.5m 三種高度作為重物掉落的軌道。


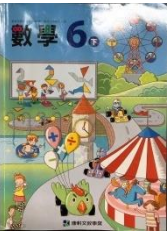



2.掉落重物：







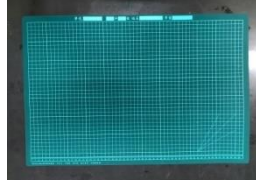
以相同的 600ml 寶特瓶，內裝三種不同材質的物體，作為不同重量的三種重物，並進行秤重。分別為水(662.8g)、石頭(1000g)以及鋼珠(2900g)。撞擊接觸面為寶特瓶蓋，瓶蓋直徑約 2.8cm。

3.常見安全護具：

防災頭套	數學課本	直排輪安全帽	跆拳道護頭	機車安全帽
				














4.生活中常見的物品(作為自製護具的外層)：

壓克力板 厚度 0.3cm	課本 厚度 0.28cm	塑膠瓦楞板 (PP 材質) 厚度 0.3cm	巧拼 (EVA 材質) 厚度 1.11cm	資料夾 厚度 0.26cm
				
單層板夾 (ABS 樹脂材質)	雙層板夾 (外層塑膠皮)	墊板 (壓克力材質)	精裝書 (兒童繪本)	不鏽鋼鍋子 厚度 0.26cm

厚度 0.26cm	內層厚紙板) 厚度 0.24cm	厚度 0.08cm	厚度 0.36cm	
				
雙層桌墊 (軟 PVC 材質) 厚度 0.24cm		切割墊 (硬 PVC 材質) 厚度 0.2cm		
				

5.自製護具的內層緩衝材：

蒐集資源回收常見的緩衝材作為自製護具的內層。以汽車的安全氣囊為發想，蒐集了各式 PE 氣泡袋，以及常見安全護具中具有彈性的各式包裝材料。另外我們也以家中常見的毛巾及記憶枕作為內層進行測試。

連通氣泡袋 厚度約 1cm	圓形氣泡袋(小) 厚度約 0.19cm	圓形氣泡袋(大) 厚度約 0.6cm	方形氣泡袋(小) 厚度約 1.5cm	方形氣泡袋(大) 厚度約 3cm
				
水果網袋 厚度約 0.5cm	薄海綿 厚度約 0.43cm	EPE 發泡板 ($\rho=1.7$) 厚度 1cm	EPE 發泡板 ($\rho=1.7$) 厚度 3cm	EPE 發泡布 (舒美布) 厚度約 0.13cm
				
長條氣泡袋 厚度約 1.5cm	毛巾 厚度約 0.17cm	記憶枕 厚度約 7cm		
				

二、其他器材：

油土、保鮮膜、圓型塑膠筒、壓克力板、電子秤、電子游標尺。

肆、研究過程或方法

一、【實驗一】不同高度與不同重量的重物掉落撞擊油土的凹陷深度的差異：

(一) 實驗步驟：

1.寶特瓶裝滿水後秤重。

2.將油土放在平面上。

3.將 0.5 公尺水管垂直立好。

4.將寶特瓶放置於水管上方掉落起始點。

5.放手使寶特瓶自由落下撞擊油土。

6.測量油土凹陷深度並記錄下來。

7.復原油土，並重複 1~6 步驟兩次。

8.更換水管長度為 1 公尺，重複 1~7 步驟三次；更換水管長度為 1.5 公尺，重複 1~7 步驟三次。

9.更換寶特瓶內容物(石頭、鋼珠)，重複 1~8 步驟(共九次實驗)。



二、【實驗二】在不同的常見安全護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

(一) 實驗步驟：

1.寶特瓶裝滿石頭後秤重。

2.將油土放在撞擊支架上並戴上防災頭套。

3.將 1 公尺水管垂直立好。

4.將寶特瓶放置於水管上方掉落起始點。

5.放手使寶特瓶自由落下撞擊油土。



6.測量油土凹陷深度及壓扁程度並記錄下來。

7.復原油土，並重複 1~6 步驟兩次。

8.將防災頭套依序更換為課本、跆拳道護頭、直排輪安全帽、機車安全帽，並重複以上步驟。

三、【實驗三】在常見安全護具保護下，在不同高度的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

(一) 實驗步驟：

1.寶特瓶裝滿水後秤重。

2.將油土放在撞擊支架上並戴上直排輪安全帽。

3.將 0.5 公尺水管垂直立好。

4.將寶特瓶放置於水管上方掉落起始點。

5.放手使寶特瓶自由落下撞擊油土。

6.測量油土凹陷深度及壓扁程度並記錄下來。

7.復原油土，並重複 1~6 步驟兩次。

8.更換水管高度為 1 公尺，重複 1~7 步驟三次；更換水管高度為 1.5 公尺，重複 1~7 步驟三次。

9.將直排輪安全帽依序更換為跆拳道護頭、防災頭套、課本、，並重複以上步驟。



四、在常見安全護具保護下，不同重量的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

(一)【實驗四】撞擊物：石頭(1000g)

實驗步驟：

1.寶特瓶裝滿石頭後秤重。

2.將油土放在撞擊支架上並戴上直排輪安全帽。

3.將 0.5 公尺水管垂直立好。

4.將寶特瓶放置於水管上方掉落起始點。

5.放手使寶特瓶自由落下撞擊油土。



6.測量油土凹陷深度及壓扁程度並記錄下來。

7.復原油土，並重複 1~6 步驟兩次。

8.更換水管高度為 1 公尺，重複 1~7 步驟三次；更換水管高度為 1.5 公尺，重複 1~7 步驟三次。

9.將直排輪安全帽依序更換為跆拳道護頭、防災頭套、課本，並重複以上步驟。

(二)【實驗五】撞擊物：鋼珠(2900g)

實驗步驟：更換寶特瓶內容物為鋼珠，重複上述 1~9 步驟。

五、在自製護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。

(一)【實驗六】外層**壓克力板**搭配各種內層緩衝材測試：

根據實驗二及實驗三的結果發現，較堅硬的材質可以減少重物掉落時的凹陷深度，但無法抵抗重物落下產生的壓扁變形，故自製護具我們決定選用壓克力板作為外層，內層加上各種緩衝材來進行測試。實驗步驟如下：

1.寶特瓶裝滿石頭後秤重。

2.將油土放在撞擊支架上並放上連通氣泡袋(內層)及壓克力板(外層)。

3.將 1 公尺水管垂直立好。

4.將寶特瓶放置於水管上方掉落起始點。

5.放手使寶特瓶自由落下撞擊油土。

6.測量油土凹陷深度及壓扁程度並記錄下來。

7.復原油土，並重複 1~6 步驟兩次。

8.更換內層緩衝材，並重複以上步驟。

(二)【實驗七】外層**課本**搭配各種內層緩衝材測試：

實驗步驟：更換外層材質為課本，重複上述 1~8 步驟。



(三)【實驗八】外層**塑膠瓦楞板**搭配各種內層緩衝材測試：

實驗步驟：更換外層材質為塑膠瓦楞板，重複上述 1~8 步驟。

(四)【實驗九】外層**巧拼**搭配各種內層緩衝材測試：

根據實驗五～實驗七的結果，我們淘汰了不適合製作防災頭套的內層緩衝材，並挑選效果最好的五種材質，再加上兩種生活中可隨手取得的緩衝物，及方便製作防災頭套的長條狀氣泡袋，繼續以下實驗。實驗步驟：更換外層材質為巧拼，重複上述 1~8 步驟。

(五)【實驗十～實驗十七】替換各種外層材質，搭配各種內層緩衝材測試：

實驗步驟：將外層材質依序更換為**資料夾、單層板夾、雙層板夾、墊板、雙層桌墊、切割墊、精裝書、不鏽鋼鍋子**後，重複上述 1~8 步驟。

伍、研究結果

一、【實驗一】不同高度與不同重量的重物掉落撞擊油土的凹陷程度的差異：

掉落高度	重物	水	石頭	鋼珠
		662.8g	1000g	2900g
0.5m	第一次	0.4	0.65	2
	第二次	0.3	0.65	2.2
	第三次	0.35	0.7	1.9
	平均	0.35	0.67	2.03
1m	第一次	0.5	0.9	3.1
	第二次	0.6	0.8	2.7
	第三次	0.5	0.7	3.1
	平均	0.53	0.80	2.97
1.5m	第一次	0.5	1.1	3.5
	第二次	0.8	1.4	3.6
	第三次	0.75	1.5	3
	平均	0.68	1.33	3.37

二、【實驗二】在不同的常見安全護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

撞擊物：石頭(1000g) 撞擊高度：1m																				
防護裝置	防災頭套				課本				跆拳道護頭				直排輪安全帽				機車安全帽			
	凹	撞	撞	壓	凹	撞	撞	壓	凹	撞	撞	壓	凹	撞	撞	壓	凹	撞	撞	壓
撞擊結果	陷	擊	擊	扁	陷	擊	擊	扁	陷	擊	擊	扁	陷	擊	擊	扁	陷	擊	擊	扁
	深度	前	後	程度	深度	前	後	程度	深度	前	後	程度	深度	前	後	程度	深度	前	後	程度
	(cm)	度	度	(cm)	(cm)	度	度	(cm)	(cm)	度	度	(cm)	(cm)	度	度	(cm)	(cm)	度	度	(cm)
第1次	0.55	5.5	5.25	0.25	0.1	6.6	6	0.6	0.6	6	5.5	0.5	0	5.5	4.9	0.6	0	6.5	6.1	0.4
第2次	0.6	6.85	5.5	1.35	0.05	5.6	5	0.6	0.4	6.5	5.85	0.65	0	5.75	5.35	0.4	0	6.3	5.8	0.5
第3次	0.6	6.5	6	0.5	0.05	6.45	5.5	0.95	0.5	6.45	6.15	0.3	0	5.85	5.3	0.55	0	6.2	5.6	0.6
平均	0.58			0.70	0.07			0.72	0.50			0.48	0.00			0.52	0.00			0.50

三、【實驗三】在常見安全護具保護下，在不同高度的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

撞擊物：水(662.8g)																		
防護裝置	防災頭套				課本				跆拳道護頭				直排輪安全帽					
	凹	撞	撞	壓	凹	撞	撞	壓	凹	撞	撞	壓	凹	撞	撞	壓		
撞擊高度	陷	擊	擊	扁	陷	擊	擊	扁	陷	擊	擊	扁	陷	擊	擊	扁		
	深度	前	後	程度	深度	前	後	程度	深度	前	後	程度	深度	前	後	程度		
	(cm)	高度	高度	(cm)	(cm)	高度	高度	(cm)	(cm)	高度	高度	(cm)	(cm)	高度	高度	(cm)		
0.5m	第1次	0.05	5.95	5.6	0.35	0	6.25	5.8	0.45	0	6.3	6	0.3	0	6.7	6.4	0.3	
	第2次	0.1	6.3	5.9	0.4	0	5.85	5.45	0.4	0	6.3	6.2	0.1	0	6.2	6	0.2	
	第3次	0.05	6.4	6.1	0.3	0	6.3	5.8	0.5	0	6.2	6.05	0.15	0	5.6	5.4	0.2	
	平均	0.07			0.35	0.00			0.45	0.00			0.18	0.00			0.23	
1m	第1次	0.15	6.1	5.15	0.9	0	6.3	5.5	0.8	0.05	6.3	5.7	0.6	0	6.55	6.05	0.5	

	第2次	0.1	6.2	5.85	0.35	0	5.9	4.9	1	0	6.25	6.1	0.2	0	6.55	6	0.55
	第3次	0.3	6.3	5.75	0.55	0	6.45	5.4	1.05	0.05	6.2	5.8	0.4	0	6.45	6	0.45
	平均	0.18			0.62	0.00			0.95	0.03			0.38	0.00			0.50
1.5m	第1次	0.25	5.95	5.05	0.9	0	5.8	5.15	0.6	0	6.3	5.85	0.45	0	6.15	5.45	0.7
	第2次	0.25	6.15	5.6	0.55	0	6.45	5.55	0.9	0.05	6.25	5.8	0.45	0	6.15	5.55	0.6
	第3次	0.3	6.3	5.6	0.7	0	6.2	4.75	1.45	0.5	6	5.1	0.9	0	6.75	6.15	0.6
	平均	0.27			0.72	0.00			1.00	0.18			0.60	0.00			0.63

四、在常見安全護具保護下，不同重量的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

(一)【實驗四】撞擊物：石頭(1000g)

撞擊物：石頭(1000g)																	
撞擊高度	防護裝置	防災頭套				課本				跆拳道護頭				直排輪安全帽			
		凹陷深度	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度	凹陷深度	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度	凹陷深度	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度	凹陷深度	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0.5m	第1次	0.3	5.5	5.3	0.2	0	5.8	5.5	0.3	0	6.1	5.9	0.2	0	6.45	6.25	0.2
	第2次	0.3	6.5	6.2	0.3	0.1	6.4	6	0.4	0.05	5.8	5.8	0	0	5.45	5.35	0.1
	第3次	0.2	5.6	5.15	0.45	0	5.7	5.4	0.3	0.05	6	5.8	0.2	0	5.9	5.7	0.2
	平均	0.27			0.32	0.03			0.33	0.03			0.13	0.00			0.17
1m	第1次	0.55	5.5	5.25	0.25	0.1	6.6	6	0.6	0.6	6	5.5	0.5	0	5.5	4.9	0.6
	第2次	0.6	6.85	5.5	1.35	0.05	5.6	5	0.6	0.4	6.5	5.85	0.65	0	5.75	5.35	0.4
	第3次	0.6	6.5	6	0.5	0.05	6.45	5.5	0.95	0.5	6.45	6.15	0.3	0	5.85	5.3	0.55
	平均	0.58			0.70	0.07			0.72	0.50			0.48	0.00			0.52
1.5m	第1次	1	6.6	5.40	1.2	0.2	6.2	5.4	0.8	0.5	5.9	5.45	0.45	0	6.2	5.6	0.6
	第2次	0.65	5.35	4.9	0.45	0.2	5.85	5.05	0.8	0.6	6.2	5.6	0.6	0	6.1	5.65	0.45
	第3次	0.9	6.25	5.4	0.85	0.2	6.4	5.7	0.7	0.6	6.5	5.7	0.8	0	6.35	5.7	0.65
	平均	0.85			0.83	0.20			0.77	0.57			0.62	0.00			0.57

(二)【實驗五】撞擊物：鋼珠(2900g)

撞擊物：鋼珠(2900g)																	
撞擊高度	防護裝置	防災頭套				課本				跆拳道護頭				直排輪安全帽			
		凹陷深度	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度	凹陷深度	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度	凹陷深度	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度	凹陷深度	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0.5m	第1次	1	5.95	5.00	0.95	0.25	6.5	5.7	0.8	0.6	6.6	5.8	0.8	0	6.45	4.8	1.65
	第2次	1.5	5	4.25	0.75	0.5	6	4.5	1.5	0.65	5.8	5.2	0.6	0	5.95	4.75	1.2
	第3次	1.5	6.2	5.1	1.10	0.5	5.9	5	0.9	0.95	4.6	4	0.6	0	6.35	5.5	0.85
	平均	1.33			0.93	0.42			1.07	0.73			0.67	0.00			1.23
1m	第1次	2.2	6.25	4.7	1.55	0.7	6.2	4.5	1.7	1.4	6	5	1	0	6	4.45	1.55
	第2次	2	5.75	4.5	1.25	0.6	6	4.1	1.9	2	6	4.4	1.6	0	5.4	3.7	1.7
	第3次	2	5.2	3.85	1.35	0.5	6.25	4.45	1.8	1.5	6.7	5.8	0.9	0	5.2	3.3	1.9
	平均	2.07			1.38	0.60			1.80	1.63			1.17	0.00			1.72
1.5m	第1次	2.7	6.5	4.9	1.6	0.85	6.4	3.8	2.6	2.7	6.15	4	2.15	0	6.3	4.2	2.1
	第2次	2.85	6.4	4.5	1.9	0.6	6	4.05	1.95	2	6	4.5	1.5	0	6.2	4.15	2.05
	第3次	2.5	6.25	4.35	1.9	0.7	6.1	3.75	2.35	2.9	5.8	3.7	2.1	0	6.3	4	2.3
	平均	2.68			1.80	0.72			2.30	2.53			1.92	0.00			2.15

五、在自製護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。

(一)【實驗六】外層使用壓克力板，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：壓克力板 內層厚度：3cm															
內層材質 \ 撞擊結果	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	壓扁程度 (cm)	
連通氣泡袋	0	6.3	5.8	0.5	0	6.4	6	0.4	0	6	5.4	0.6	0	0.50	3
圓形氣泡袋(小)	0	6.3	6.15	0.15	0	6.1	5.4	0.7	0	6.45	6.3	0.15	0	0.33	16
圓形氣泡袋(大)	0	5.95	5.6	0.35	0	6	5.75	0.25	0	6.5	6.3	0.2	0	0.27	6
方形氣泡袋(小)	0	6.35	5.8	0.55	0	6.4	5.85	0.55	0	6.1	5.7	0.4	0	0.50	2
方形氣泡袋(大)	0	6	5.7	0.3	0	6	5.85	0.15	0	6.6	6.4	0.2	0	0.22	1
水果網袋	0	6	5.85	0.15	0	6.45	6.35	0.1	0	5.9	5.8	0.1	0	0.12	6
薄海綿	0	5.8	5.35	0.45	0	6.5	6	0.5	0	6.05	5.55	0.5	0	0.48	7
EPE 發泡板(薄)	0	6.2	5.8	0.4	0	6.45	6.15	0.3	0	6.1	5.65	0.45	0	0.38	3
EPE 發泡板(厚)	0	6.4	6.25	0.15	0	6.2	5.8	0.4	0	6.1	5.95	0.15	0	0.23	1
EPE 發泡布	0	6.4	5.6	0.8	0	6	5.7	0.3	0	6.3	6	0.3	0	0.47	24

(二)【實驗七】外層使用課本，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：課本 內層厚度：3cm															
內層材質 \ 撞擊結果	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	壓扁程度 (cm)	
連通氣泡袋	0.2	6.4	5.9	0.5	0.15	6.05	5.6	0.45	0.2	6.2	5.6	0.6	0.18	0.52	3
圓形氣泡袋(小)	0.1	6.4	5.8	0.6	0	6.55	5.9	0.65	0	6.7	6.5	0.2	0.03	0.48	16
圓形氣泡袋(大)	0.05	5.85	5.35	0.5	0	6.7	6.1	0.6	0.05	6.7	6.1	0.6	0.03	0.57	6
方形氣泡袋(小)	0	6.2	5.85	0.35	0.05	6.3	5.85	0.45	0.05	6	5.35	0.65	0.03	0.48	2
方形氣泡袋(大)	0	6.05	5.75	0.3	0	6	5.75	0.25	0	6.25	5.85	0.4	0.00	0.32	1
水果網袋	0	6.2	5.9	0.3	0	6.4	5.75	0.65	0	6.7	6.15	0.55	0.00	0.50	6
薄海綿	0.15	6.8	5.9	0.9	0.1	6.45	6	0.45	0	6.35	5.7	0.65	0.08	0.67	7
EPE 發泡板(薄)	0	6.3	5.75	0.55	0	6	5.7	0.3	0.05	6.5	5.95	0.55	0.02	0.47	3
EPE 發泡板(厚)	0	6.1	5.55	0.55	0	6.1	5.7	0.4	0	6.55	6.1	0.45	0.00	0.47	1
EPE 發泡布	0.15	6.25	5.6	0.65	0.2	6.05	5.15	0.9	0.1	6	5.1	0.9	0.15	0.82	24

(三)【實驗八】外層使用塑膠瓦楞板，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：塑膠瓦楞板 內層厚度：3cm															
內層材質 \ 撞擊結果	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	凹	撞	撞	壓	凹	撞	撞	壓	凹	撞	撞	壓	凹	壓	

內層材質	撞擊結果														
	陷深度 (cm)	擊前高度	擊後高度	扁程度 (cm)	陷深度 (cm)	擊前高度	擊後高度	扁程度 (cm)	陷深度 (cm)	擊前高度	擊後高度	扁程度 (cm)	陷深度 (cm)	扁程度 (cm)	層數
連通氣泡袋	0.35	5.95	5.5	0.45	0.35	6.7	6.5	0.2	0.25	6.4	5.85	0.55	0.32	0.40	3
圓形氣泡袋(小)	0	6.1	5.75	0.35	0	6.7	6.3	0.4	0	6.55	6.2	0.35	0.00	0.37	16
圓形氣泡袋(大)	0	6.15	5.85	0.3	0	6.6	6.1	0.5	0	6.9	6.5	0.4	0.00	0.40	6
方形氣泡袋(小)	0.1	5.95	5.35	0.6	0	5.5	5.4	0.1	0	5.95	5.8	0.15	0.03	0.28	2
水果網袋	0	6	5.8	0.2	0	6.1	5.9	0.2	0	6.2	5.7	0.5	0.00	0.30	1
薄海綿	0.4	6	5.6	0.4	0.2	5.8	5.05	0.75	0.05	5.95	5.6	0.35	0.22	0.50	6
EPE 發泡板(薄)	0	6.1	5.8	0.3	0	6.1	5.85	0.25	0	6	5.7	0.3	0.00	0.28	7
EPE 發泡板(厚)	0	5.85	5.5	0.35	0	5.9	5.6	0.3	0	6.2	5.8	0.4	0.00	0.35	3
EPE 發泡布	0	6	5.5	0.5	0	6.3	5.4	0.9	0	6.25	5.8	0.45	0.00	0.62	1

(四)【實驗九】外層使用巧拼，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：巧拼 內層厚度：3cm															
內層材質	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	壓扁程度 (cm)	
水果網袋	0.4	6.1	5.9	0.2	0.3	6.2	5.8	0.4	0.3	6	5.7	0.3	0.33	0.30	6
EPE 發泡板(厚)	0	5.9	5.7	0.2	0	6.2	6	0.2	0	5.8	5.5	0.3	0	0.23	1
EPE 發泡板(薄)	0	6.1	5.9	0.2	0	5.8	5.5	0.3	0	6	5.8	0.2	0	0.23	3
圓形氣泡袋(大)	0	6.1	5.7	0.4	0	5.8	5.4	0.4	0	5.6	5.2	0.4	0	0.40	5
圓形氣泡袋(小)	0	5.9	5.6	0.3	0	5.5	5	0.5	0	5.6	5.3	0.3	0	0.37	16
長條氣泡袋	0.4	5.4	4.8	0.6	0.4	5.2	4.9	0.3	0.4	4.8	4.5	0.3	0.4	0.40	2
記憶枕	0	6	5.9	0.1	0	5	5	0	0	5.5	5.5	0	0	0.03	1(7cm)
毛巾	0	5.4	5	0.4	0.3	6	5.5	0.5	0.4	6.4	6	0.4	0.23	0.43	18

(五)【實驗十】外層使用資料夾，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：資料夾 內層厚度：3cm															
內層材質	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	壓扁程度 (cm)	
水果網袋	0	6.1	5.6	0.5	0	5.9	5.5	0.4	0	6.9	6.3	0.6	0	0.50	6
EPE 發泡板(厚)	0	6.4	5.9	0.5	0	6.1	5.5	0.6	0	6.5	5.9	0.6	0	0.57	1
EPE 發泡板(薄)	0	5.9	5.5	0.4	0	6.1	5.6	0.5	0	6	5.5	0.5	0	0.47	3
圓形氣泡袋(大)	0	6.2	6	0.2	0	6.6	6.2	0.4	0	6.4	6.2	0.2	0	0.27	5
圓形氣泡袋(小)	0	6.2	5.7	0.5	0	6.8	6.3	0.5	0	6.8	6.5	0.3	0	0.43	16

長條氣泡袋	0	6.7	6	0.7	0	6.4	5.8	0.6	0	6.2	5.6	0.6	0	0.63	2
記憶枕	0	6.3	6.2	0.1	0	6.5	6.3	0.2	0	6.9	6.7	0.2	0	0.17	1(7cm)
毛巾	0	6.5	6	0.5	0	6.3	5.9	0.4	0	6.4	5.8	0.6	0	0.50	18

(六)【實驗十一】外層使用單層板夾，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：單層板夾 內層厚度：3cm															
內層材質	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	撞擊結果 凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	壓扁程度 (cm)	
水果網袋	0	6.2	5.8	0.4	0	6.3	5.8	0.5	0	6.4	5.8	0.6	0	0.50	6
EPE 發泡板(厚)	0	6.1	5.6	0.5	0	6.3	6	0.3	0	6.3	6	0.3	0	0.37	1
EPE 發泡板(薄)	0	6.4	6	0.4	0	6.4	5.8	0.6	0	6.5	6	0.5	0	0.50	3
圓形氣泡袋(大)	0	6.5	6.1	0.4	0	6.4	5.8	0.6	0	6.3	5.9	0.4	0	0.47	5
圓形氣泡袋(小)	0	6.5	6	0.5	0	6.3	5.9	0.4	0	6.6	6.3	0.3	0	0.40	16
長條氣泡袋	0	6.6	6	0.6	0	6.4	5.9	0.5	0	6.3	5.8	0.5	0	0.53	2
記憶枕	0	6.5	6.2	0.3	0	6.6	6.5	0.1	0	6.4	6.3	0.1	0	0.17	1(7cm)
毛巾	0	6.5	5.8	0.7	0	6.1	5.5	0.6	0	6.1	5.6	0.5	0	0.60	18

(七)【實驗十二】外層使用雙層板夾，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：雙層板夾 內層厚度：3cm															
內層材質	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	撞擊結果 凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	壓扁程度 (cm)	
水果網袋	0	6.7	6.3	0.4	0	6.9	6.4	0.5	0	6.5	6.1	0.4	0	0.43	6
EPE 發泡板(厚)	0	6	5.5	0.5	0	6.5	6	0.5	0	6.5	5.9	0.6	0	0.53	1
EPE 發泡板(薄)	0	6	5.6	0.4	0	6.5	6	0.5	0	6.3	5.9	0.4	0	0.43	3
圓形氣泡袋(大)	0	6.4	5.9	0.5	0	6.1	5.7	0.4	0	6.5	5.8	0.7	0	0.53	5
圓形氣泡袋(小)	0	6.5	6.2	0.3	0	6.1	5.7	0.4	0	6.3	5.7	0.6	0	0.43	16
長條氣泡袋	0	6.8	6.1	0.7	0	6.2	5.8	0.4	0	6.6	5.8	0.8	0	0.63	2
記憶枕	0	6.5	6.3	0.2	0	6.5	6.1	0.4	0	6.5	6.1	0.4	0	0.33	1(7cm)
毛巾	0	6.5	6	0.5	0	6.6	6	0.6	0	6.5	5.8	0.7	0	0.60	18

(八)【實驗十三】外層使用墊板，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：墊板 內層厚度：3cm															
內層材質	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	撞擊結果 凹陷深	撞擊前	撞擊後	壓扁程	凹陷深	撞擊前	撞擊後	壓扁程	凹陷深	撞擊前	撞擊後	壓扁程	凹陷深	壓扁程	

內層材質	度 (cm)	高 度	高 度	度 (cm)	度 (cm)	高 度	高 度	度 (cm)	度 (cm)	高 度	高 度	度 (cm)	度 (cm)	度 (cm)	
水果網袋	0	6.5	6.2	0.3	0	5.9	5.7	0.2	0	6.1	6	0.1	0	0.20	6
EPE 發泡板(厚)	0	6.4	6.1	0.3	0	6.5	6.2	0.3	0	6.1	6	0.1	0	0.23	1
EPE 發泡板(薄)	0	6	5.9	0.1	0	6.5	6.3	0.2	0	5.8	5.7	0.1	0	0.13	3
圓形氣泡袋(大)	0	6.2	5.8	0.4	0	6.5	6	0.5	0	6.3	6	0.3	0	0.40	5
圓形氣泡袋(小)	0	6.2	6	0.2	0	6.4	6	0.4	0	6.5	6.2	0.3	0	0.30	16
長條氣泡袋	0	6.1	5.9	0.2	0	6.7	6.2	0.5	0	6.4	6.2	0.2	0	0.30	2
記憶枕	0	6.2	6	0.2	0	6.4	6.2	0.2	0	6.7	6.5	0.2	0	0.20	1(7cm)
毛巾	0	6.2	5.9	0.3	0	6.4	6.1	0.3	0	6.5	6.2	0.3	0	0.30	18

(九)【實驗十四】外層使用**雙層桌墊**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：雙層桌墊 內層厚度：3cm															
內層材質	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	撞擊結果 凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	壓扁程度 (cm)	
水果網袋	0	6.4	5.7	0.7	0.1	6.4	5.7	0.7	0.05	6.5	5.8	0.7	0	0.70	6
EPE 發泡板(厚)	0	6.3	6	0.3	0	6	5.5	0.5	0	6.3	5.7	0.6	0	0.47	1
EPE 發泡板(薄)	0	6.6	6	0.6	0	6.8	6.2	0.6	0	6.7	6.1	0.6	0	0.60	3
圓形氣泡袋(大)	0	6.3	5.9	0.4	0	6.6	6.3	0.3	0	6.7	6.2	0.5	0	0.40	5
圓形氣泡袋(小)	0	6.1	5.7	0.4	0	6.2	5.7	0.5	0	6.5	6	0.5	0	0.47	16
長條氣泡袋	0.1	6.7	6.1	0.6	0.1	6.5	6	0.5	0.2	6.5	5.7	0.8	0.13	0.63	2
記憶枕	0	6.7	6.1	0.6	0	6.5	6	0.5	0	6.4	6	0.4	0	0.50	1(7cm)
毛巾	0	6.3	5.8	0.5	0	6.2	5.9	0.3	0	6.5	6	0.5	0	0.43	18

(十)【實驗十五】外層使用**切割墊**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：切割墊 內層厚度：3cm															
內層材質	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	撞擊結果 凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度 (cm)	凹陷深度 (cm)	壓扁程度 (cm)	
水果網袋	0	6.5	5.6	0.9	0	6.4	5.5	0.9	0	6.2	5.3	0.9	0	0.90	6
EPE 發泡板(厚)	0	6.5	5.9	0.6	0	6.4	5.7	0.7	0	6.4	5.7	0.7	0	0.67	1
EPE 發泡板(薄)	0	5.8	5	0.8	0	6.6	5.7	0.9	0	6.6	5.7	0.9	0	0.87	3
圓形氣泡袋(大)	0	6.5	5.8	0.7	0	6.4	5.8	0.6	0	6.4	5.7	0.7	0	0.67	5
圓形氣泡袋(小)	0	6.4	5.8	0.6	0	6.2	5.8	0.4	0	6.6	5.7	0.9	0	0.63	16
長條氣泡袋	0	6.6	6	0.6	0	6.5	6	0.5	0	6.5	5.7	0.8	0	0.63	2
記憶枕	0	6.3	6	0.3	0	6.2	5.8	0.4	0	6.3	6	0.3	0	0.33	1(7cm)
毛巾	0	6.7	6	0.7	0	6.4	5.5	0.9	0	6.5	5.8	0.7	0	0.77	18

(十一)【實驗十六】外層使用**精裝書**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：精裝書 內層厚度：3cm															
撞擊結果 內層材質	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	凹陷深度(cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度(cm)	凹陷深度(cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度(cm)	凹陷深度(cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度(cm)	凹陷深度(cm)	壓扁程度(cm)	
水果網袋	0	6.3	6	0.3	0	6.8	6.4	0.4	0	6.5	6.2	0.3	0	0.33	6
EPE 發泡板(厚)	0	6.4	6	0.4	0	6.4	6	0.4	0	6.2	6	0.2	0	0.33	1
EPE 發泡板(薄)	0	6.5	6.3	0.2	0	6	5.7	0.3	0	6.5	6.2	0.3	0	0.27	3
圓形氣泡袋(大)	0	6.5	6.1	0.4	0	6.5	6.2	0.3	0	6.5	6.3	0.2	0	0.30	5
圓形氣泡袋(小)	0	6.3	6.2	0.1	0	6.2	6.1	0.1	0	6	5.9	0.1	0	0.10	16
長條氣泡袋	0	6.2	6	0.2	0	6.6	6.4	0.2	0	6.4	6.2	0.2	0	0.20	2
記憶枕	0	6.2	6.1	0.1	0	6.2	6.2	0	0	6.5	6.3	0.2	0	0.10	1(7cm)
毛巾	0	6.1	5.9	0.2	0	6.3	6	0.3	0	6.5	6.2	0.3	0	0.27	18

(十二)【實驗十七】外層使用不鏽鋼鍋子，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

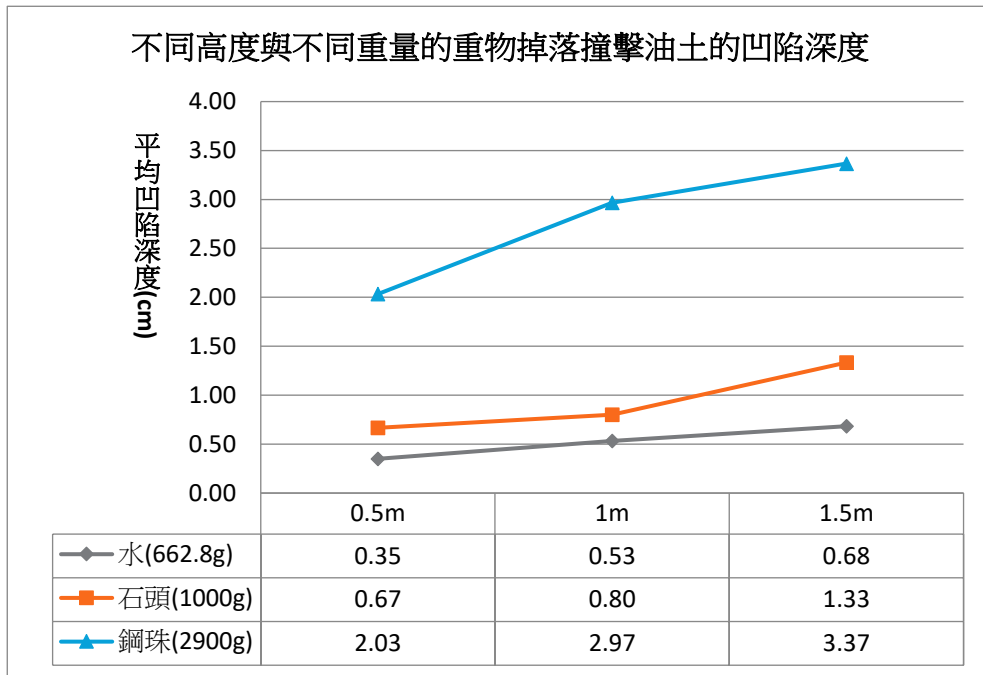
撞擊物：石頭(1000g) 高度：1m 外層：不鏽鋼鍋子 內層厚度：3cm															
撞擊結果 內層材質	第一次				第二次				第三次				平均		內層層數
	凹陷深度(cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度(cm)	凹陷深度(cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度(cm)	凹陷深度(cm)	撞擊前高度	撞擊後高度	壓扁程度(cm)	凹陷深度(cm)	壓扁程度(cm)	
水果網袋	0	6.4	6.3	0.1	0	6.1	6	0.1	0	6.2	6.1	0.1	0	0.10	6
EPE 發泡板(厚)	0	6.4	6.2	0.2	0	6.2	6.1	0.1	0	6.1	6.1	0	0	0.10	1
EPE 發泡板(薄)	0	6.3	6.2	0.1	0	6.2	6.1	0.1	0	6.1	6.1	0	0	0.07	3
圓形氣泡袋(大)	0	6.5	6.4	0.1	0	6.3	6.2	0.1	0	6.5	6.4	0.1	0	0.10	5
圓形氣泡袋(小)	0	6.3	6.1	0.2	0	6.5	6.4	0.1	0	6.4	6.1	0.3	0	0.20	16
長條氣泡袋	0	6.3	6.2	0.1	0	6.8	6.6	0.2	0	6.3	6.2	0.1	0	0.13	2
記憶枕	0	6.1	6	0.1	0	6.3	6.1	0.2	0	6.2	6.2	0	0	0.10	1(7cm)
毛巾	0	6	6	0	0	6.1	6.1	0	0	6.3	6.2	0.1	0	0.03	18

陸、討論

一、【實驗一】不同高度與不同重量的重物掉落撞擊泥土的凹陷深度的差異：

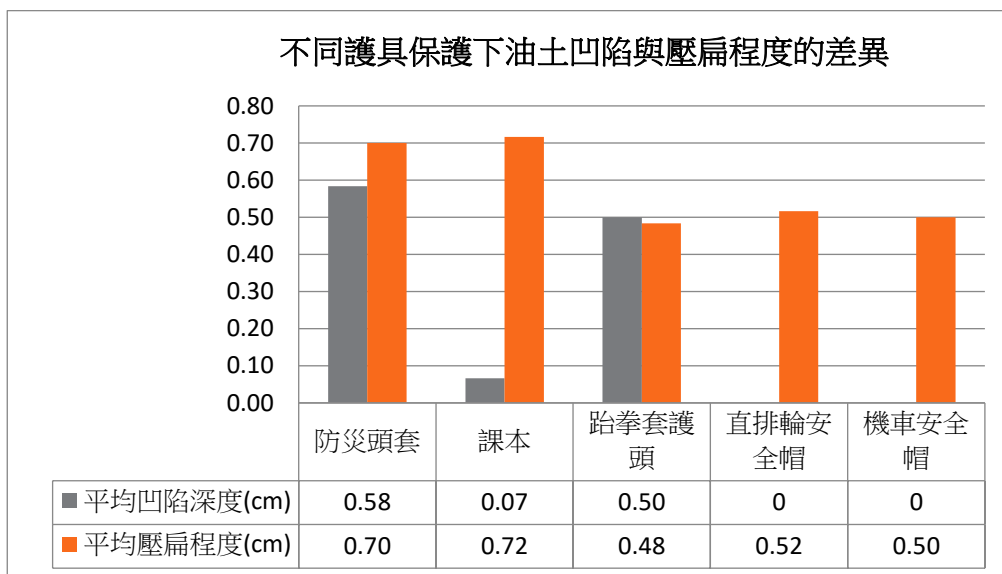
1. 在相同掉落高度下，掉落物重量越重，造成的凹陷深度就越深。平均凹陷深度：鋼珠(2900g) > 石頭(1000g) > 水(662.8g)。
2. 三種重量的掉落物撞擊泥土造成的凹陷程度，都是隨著掉落高度越高，凹陷深度就越深。而且重量越重，不同掉落高度造成的凹陷深度差異越大。平均凹陷深度：1.5m >

1m > 0.5m。



二、【實驗二】在不同的常見安全護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

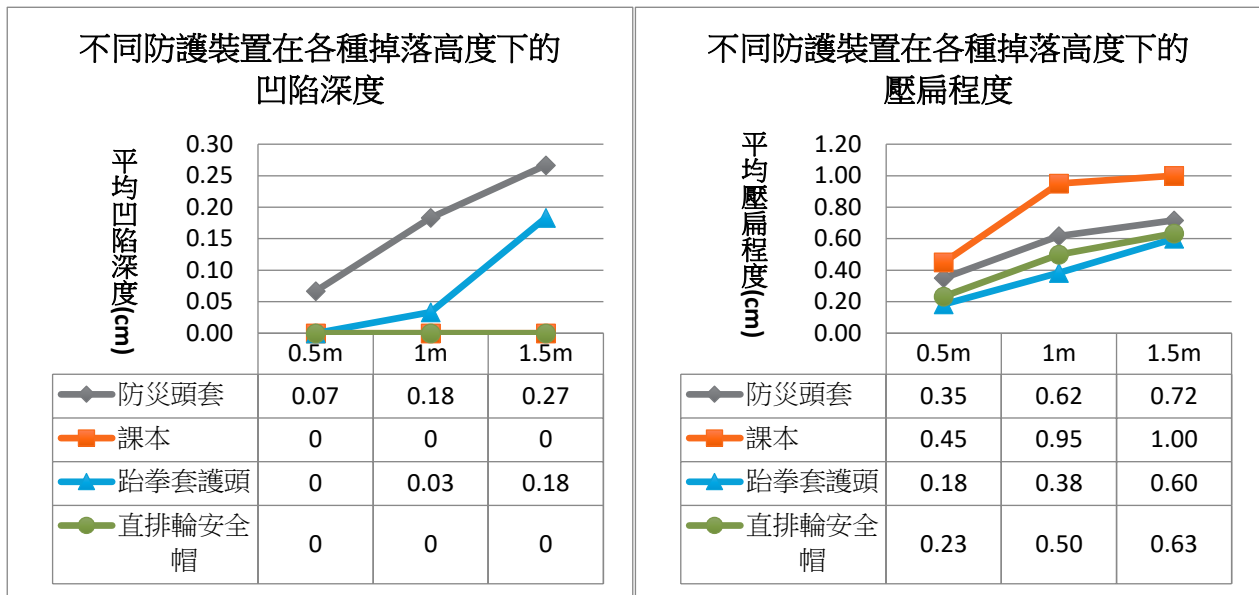
撞擊物：石頭(1000g) 撞擊高度：1m



1. 在高度 1m 重量 1000g(石頭) 的撞擊下，油土的平均凹陷深度是：防災頭套 > 跆拳道護頭 > 課本 > 直排輪安全帽 = 機車安全帽。
2. 平均壓扁程度是：課本 > 防災頭套 > 直排輪安全帽 > 機車安全帽 > 跆拳道護頭。

三、【實驗三】在常見安全護具保護下，在不同高度的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

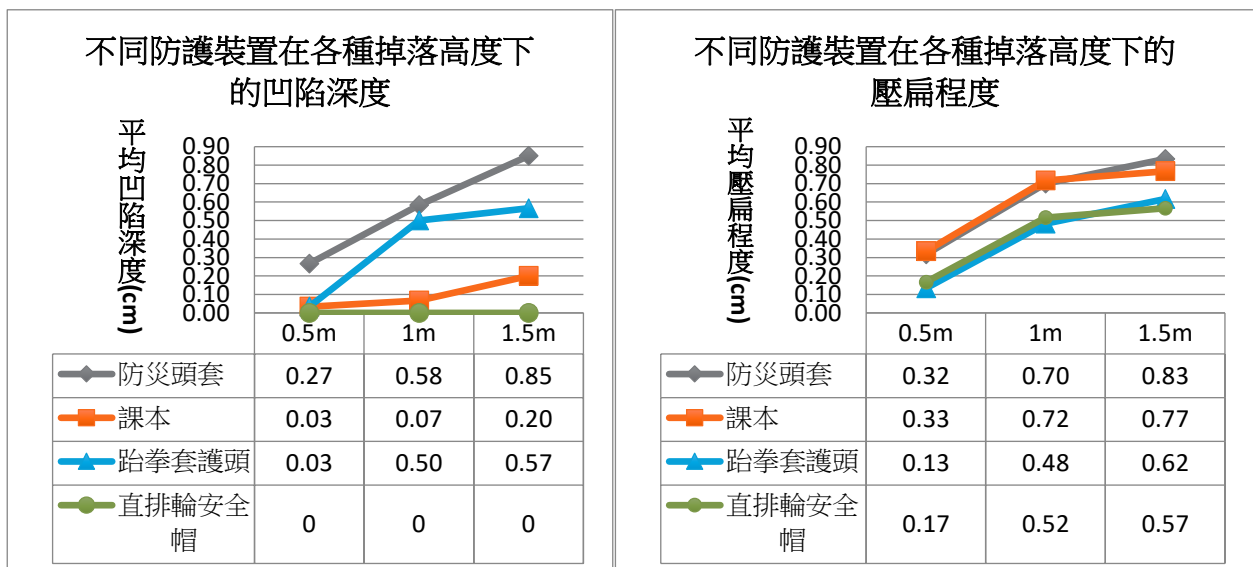
撞擊物：水(662.8g)



1. 在重量 662.8g(水) 的撞擊下，泥土的平均凹陷深度是：防災頭套 > 跆拳道護頭 > 課本=直排輪安全帽。
2. 在掉落高度 0.5m 以下，跆拳道護頭的凹陷深度和課本、直排輪安全帽相同=0。
3. 平均凹陷深度：1.5m > 1m > 0.5m。
4. 在重量 662.8g(水) 的撞擊下，泥土的平均壓扁程度是：課本 > 防災頭套 > 直排輪安全帽 > 跆拳道護頭。
5. 平均壓扁程度：1.5m > 1m > 0.5m。

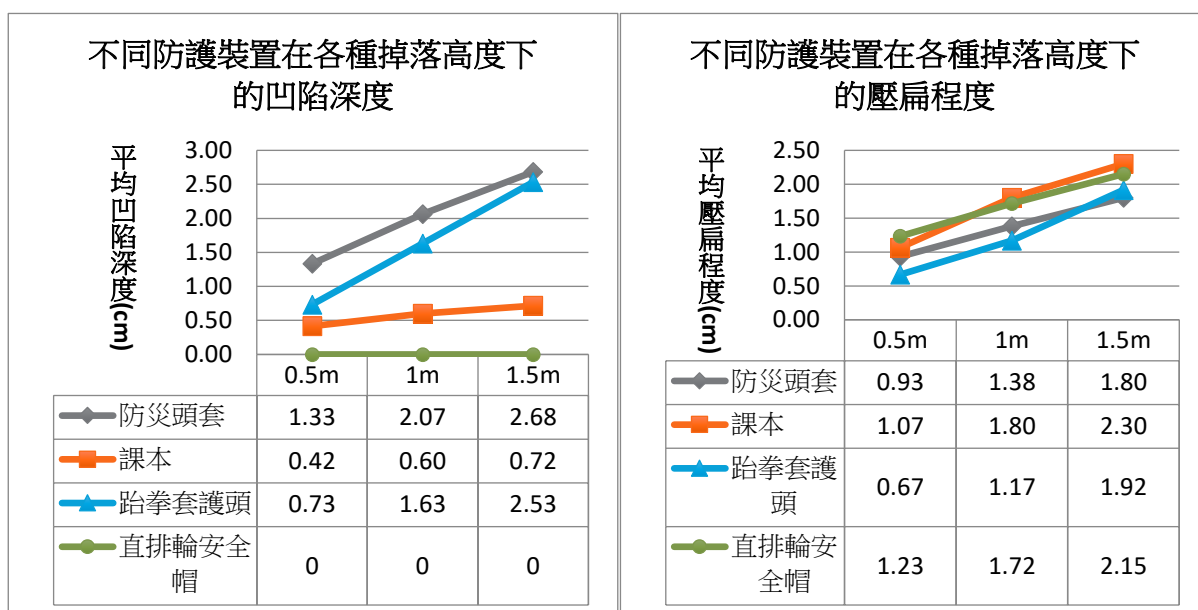
四、在常見安全護具保護下，不同重量的重物掉落撞擊後，泥土凹陷與壓扁程度的差異：

(一) 【實驗四】撞擊物：石頭(1000g)



1. 在重量 1000g(石頭) 的撞擊下，油土的平均凹陷深度是：防災頭套 > 跆拳道護頭 > 課本 > 直排輪安全帽。
2. 在掉落高度 0.5m 以下，跆拳道護頭的凹陷深度和課本相同。
3. 在重量 1000g(石頭)的撞擊下，0.5m 和 1m 的油土的平均壓扁程度是：課本 > 防災頭套 > 跆拳道護頭；1.5m 的油土的平均壓扁程度是：防災頭套 > 課本 > 跆拳道護頭 > 直排輪安全帽。

(二) 【實驗五】撞擊物：鋼珠(2900g)



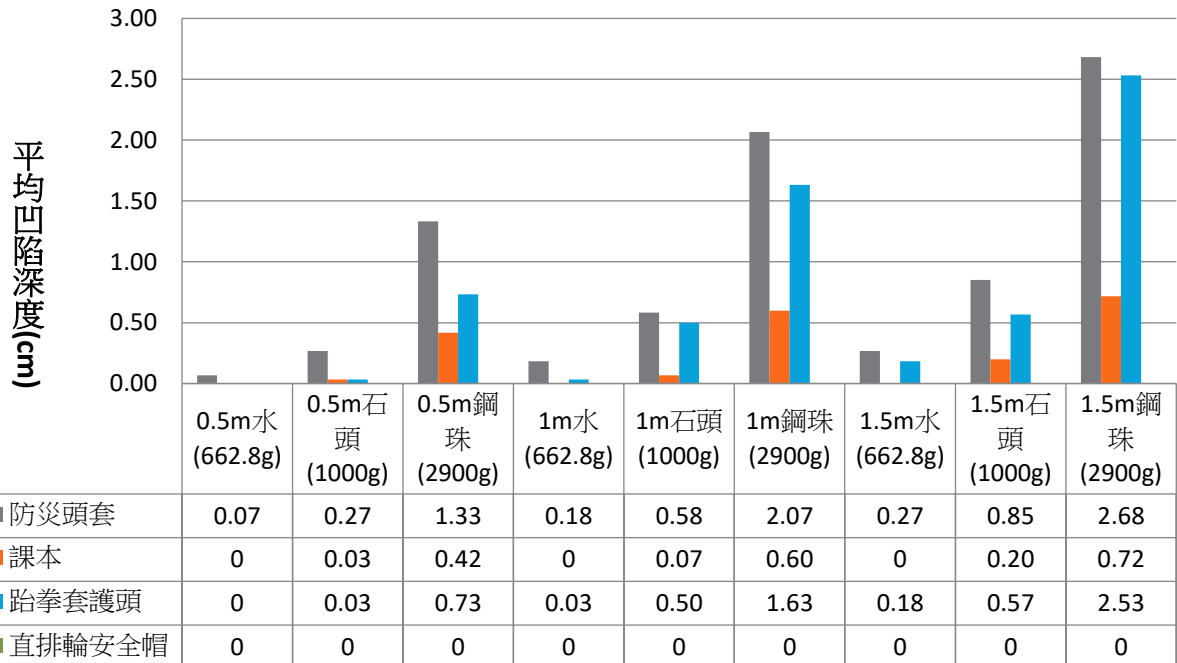
1. 在重量 2900g(鋼珠)的撞擊下，油土的平均凹陷深度是：防災頭套 > 跆拳道護頭 > 課本 > 直排輪安全帽。
2. 在重量 2900g(鋼珠)的撞擊下，0.5m 的油土的平均壓扁程度是：直排輪安全帽 > 課本 > 防災頭套 > 跆拳道護頭；1m 的油土的平均壓扁程度是：課本 > 直排輪安全帽 > 防災頭套 > 跆拳道護頭；1.5m 的油土的平均壓扁程度是：課本 > 直排輪安全帽 > 跆拳道護頭 > 防災頭套。

(三) 實驗四、實驗五綜合比較：

高度	平均凹陷深度(cm) 重物	防護裝置			
		防災頭套	課本	跆拳道套護頭	直排輪安全帽
0.5m	水(662.8g)	0.07	0	0	0
0.5m	石頭(1000g)	0.27	0.03	0.03	0

0.5m	鋼珠(2900g)	1.33	0.42	0.73	0
1m	水(662.8g)	0.18	0	0.03	0
1m	石頭(1000g)	0.58	0.07	0.50	0
1m	鋼珠(2900g)	2.07	0.60	1.63	0
1.5m	水(662.8g)	0.27	0	0.18	0
1.5m	石頭(1000g)	0.85	0.20	0.57	0
1.5m	鋼珠(2900g)	2.68	0.72	2.53	0

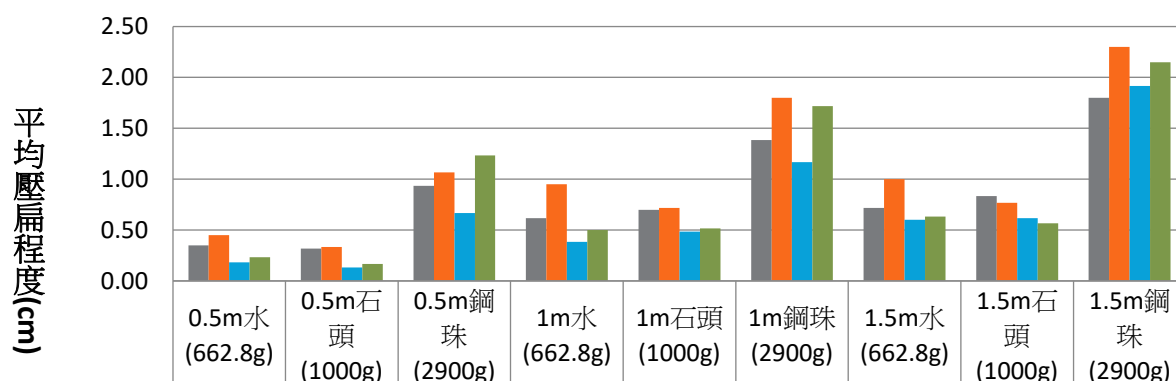
不同防護裝置在各種掉落高度重量下的凹陷深度



1. 直排輪安全帽的凹陷深度在任何狀況下都=0。
2. 課本除了重量 2900g(鋼珠)的撞擊外，凹陷深度都低於 0.2cm。
3. 三種重量及高度下，泥土的平均凹陷深度都是：防災頭套 > 跆拳道護頭 > 課本 > 直排輪安全帽。

高度	平均壓扁程度(cm) 重物	防護裝置			
		防災頭套	課本	跆拳道護頭	直排輪安全帽
0.5m	水(662.8g)	0.35	0.45	0.18	0.23
0.5m	石頭(1000g)	0.32	0.33	0.13	0.17
0.5m	鋼珠(2900g)	0.93	1.07	0.67	1.23
1m	水(662.8g)	0.62	0.95	0.38	0.50
1m	石頭(1000g)	0.70	0.72	0.48	0.52
1m	鋼珠(2900g)	1.38	1.80	1.17	1.72
1.5m	水(662.8g)	0.72	1.00	0.60	0.63
1.5m	石頭(1000g)	0.83	0.77	0.62	0.57
1.5m	鋼珠(2900g)	1.80	2.30	1.92	2.15

不同防護裝置在各種掉落高度重量下的壓扁程度

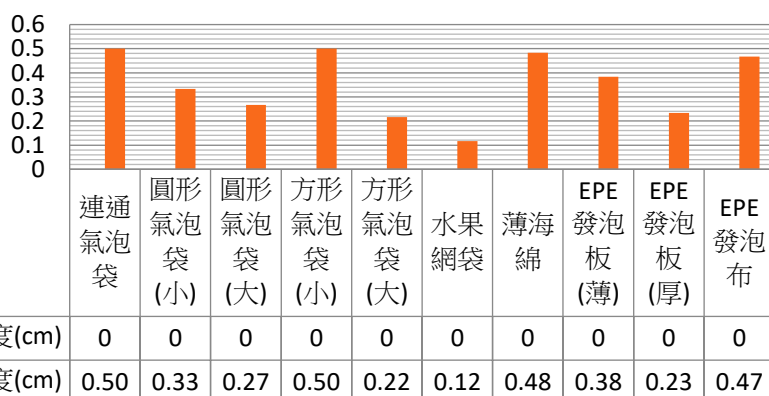


- 三種重量及高度下，油土的平均壓扁程度大致上多為：課本 > 防災頭套 > 直排輪安全帽 > 跆拳道護頭。

五、在自製護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。

(一)【實驗六】外層使用**壓克力板**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

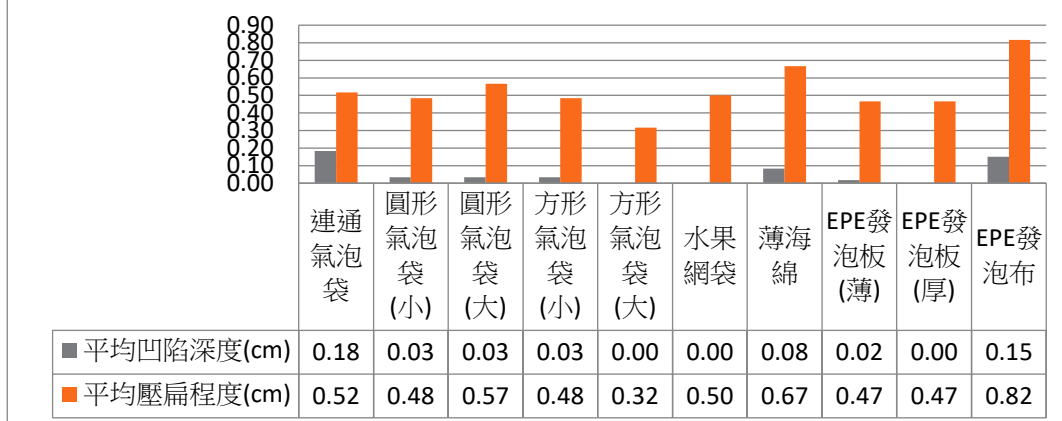
外層壓克力板搭配各種內層在撞擊下的凹陷深度及壓扁程度



- 外層使用壓克力板效果極佳，平均凹陷深度都是 0cm。
- 內層緩衝材的平均壓扁程度：水果網袋 < 方形氣泡袋(大) < EPE 發泡板(厚)；連通氣泡袋、方形氣泡袋(小)、薄海綿、EPE 發泡布最差。

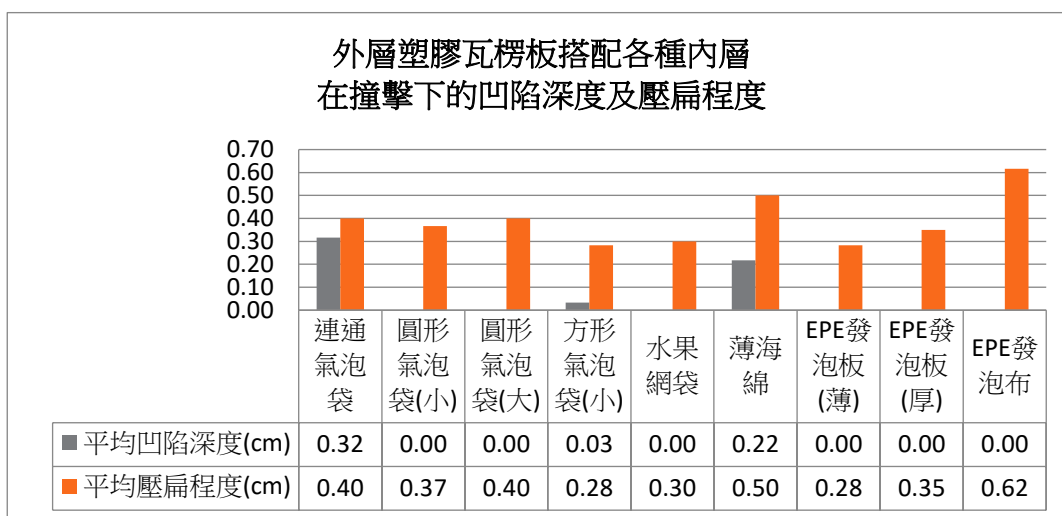
(二)【實驗七】外層使用**課本**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

外層課本搭配各種內層
在撞擊下的凹陷深度及壓扁程度



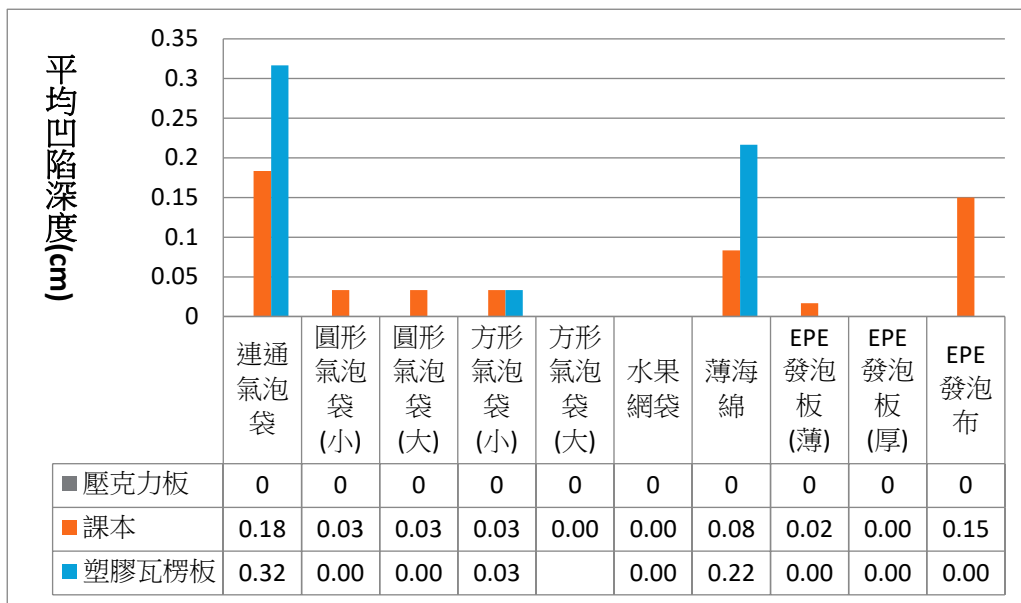
1. 外層使用課本，平均凹陷深度都在 0.2cm 以下。
2. 內層緩衝材的平均壓扁程度：方形氣泡袋(大)最小；EPE 發泡板(厚)、EPE 發泡板(薄)、圓形氣泡袋(小)、方形氣泡袋(小)、水果網袋、連通氣泡袋次之；圓形氣泡袋(大)、薄海綿、EPE 發泡布最大。

(三)【實驗八】外層使用塑膠瓦楞板，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

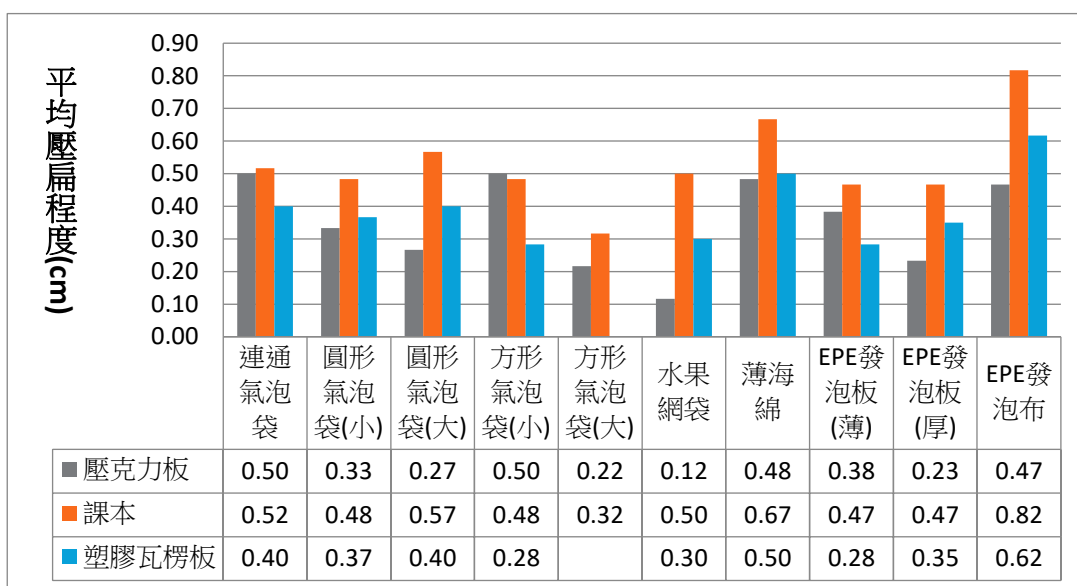


1. 外層使用塑膠瓦楞板，平均凹陷深度大多=0，其他都在 0.32cm 以下。
2. 內層緩衝材的平均壓扁程度：EPE 發泡板(薄)、方形氣泡袋(小)、水果網袋最小；EPE 發泡板(厚)、圓形氣泡袋(小)、連通氣泡袋、圓形氣泡袋(大)次之；薄海綿、EPE 發泡布最大。

(四) 綜合比較：



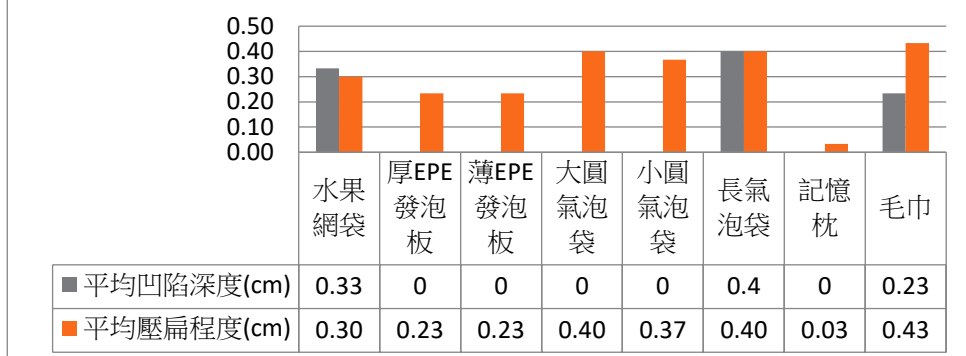
1. 外層使用壓克力板效果極佳，平均凹陷深度都是 0cm。
2. 塑膠瓦楞板搭配連通氣泡袋和薄海綿效果不佳。
3. 課本搭配連通氣泡袋、EPE 發泡布、薄海綿效果不佳。



1. 外層使用壓克力板，內層搭配水果網袋，抗壓扁效果極佳。
2. 方形氣泡袋(大)、EPE 發泡板(厚)搭配壓克力板外層，效果次之。
3. 抗壓扁效果最差的內層是 EPE 發泡布和薄海綿。

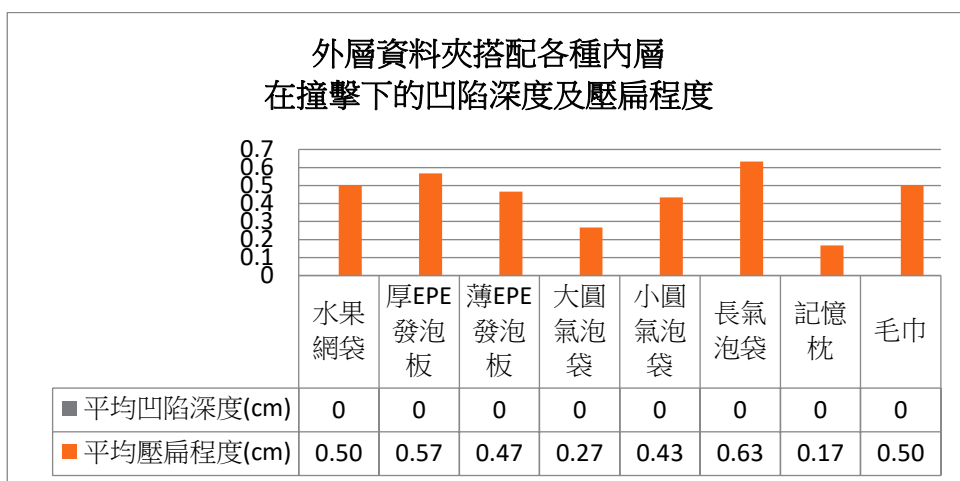
(五)【實驗九】外層使用巧拼，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：

外層巧拼搭配各種內層
在撞擊下的凹陷深度及壓扁程度



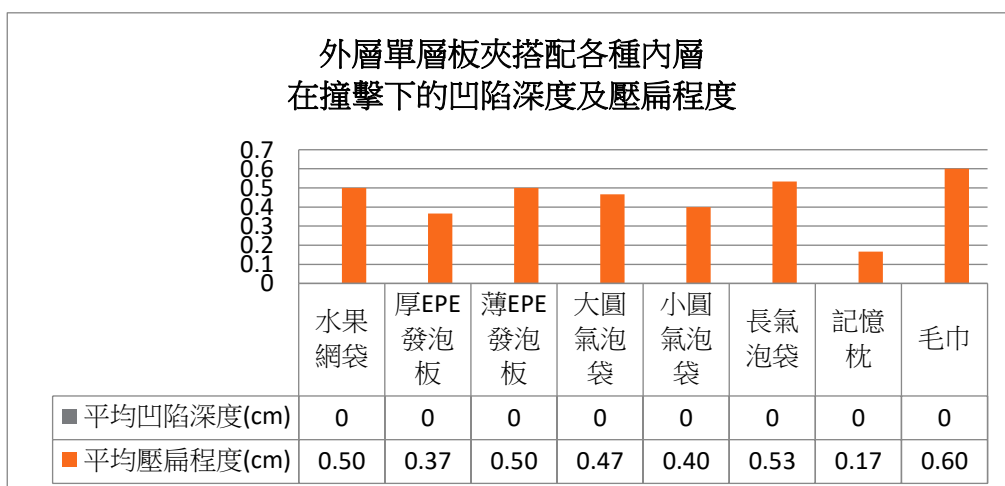
1. 外層使用巧拼，搭配內層長氣泡袋、水果網袋、毛巾的抗凹陷效果不佳。
2. 內層使用記憶枕效果極佳，厚PEP發泡板、薄PEP發泡板效果次之。

(六)【實驗十】外層使用資料夾，搭配厚度3cm的各種內層材質：



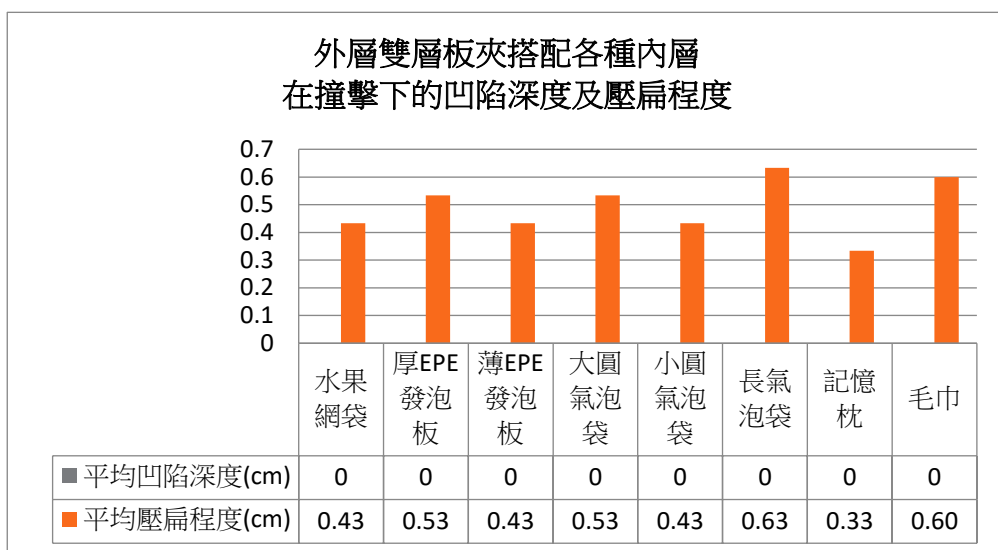
1. 外層使用資料夾，抗凹陷效果極佳。
2. 內層使用記憶枕效果最佳，大圓氣泡袋效果次之。

(七)【實驗十一】外層使用單層板夾，搭配厚度3cm的各種內層材質：



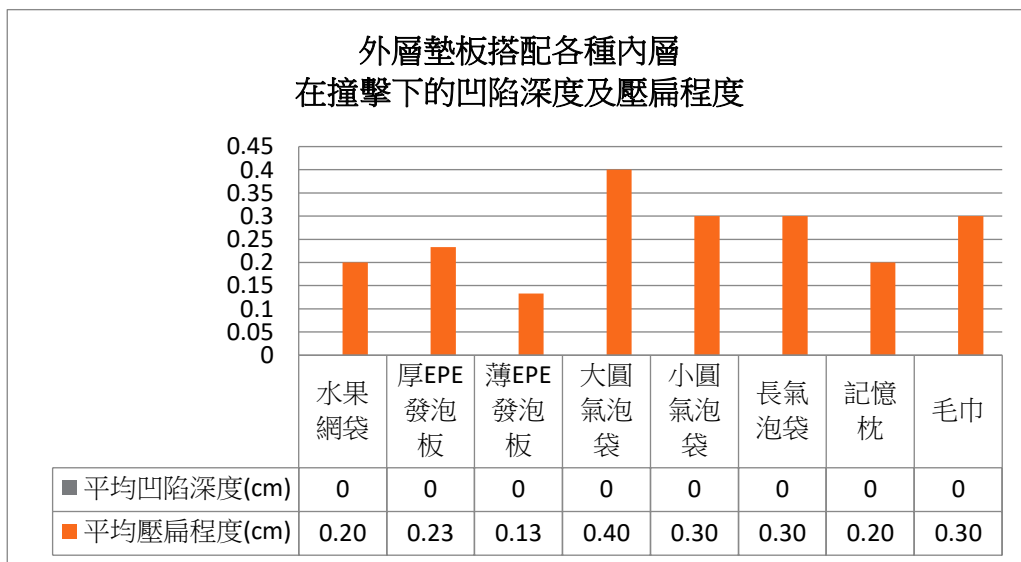
1. 外層使用單層板夾，抗凹陷效果極佳。
2. 內層使用記憶枕效果最佳，厚 PEP 發泡板效果次之。

(八)【實驗十二】外層使用**雙層板夾**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：



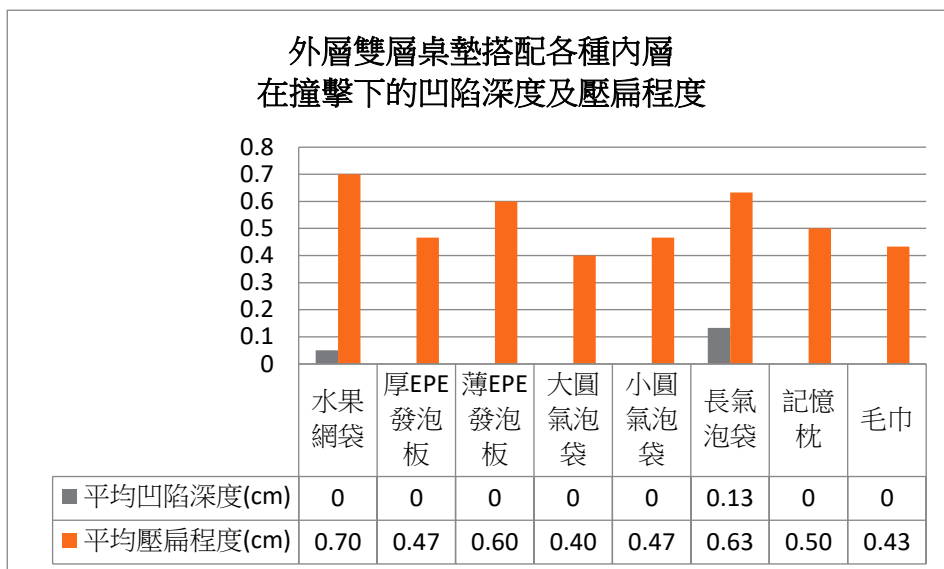
1. 外層使用雙層板夾，抗凹陷效果極佳。
2. 內層使用記憶枕效果最佳，水果網袋、薄 PEP 發泡板、小圓氣泡袋效果次之。

(九)【實驗十三】外層使用**墊板**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：



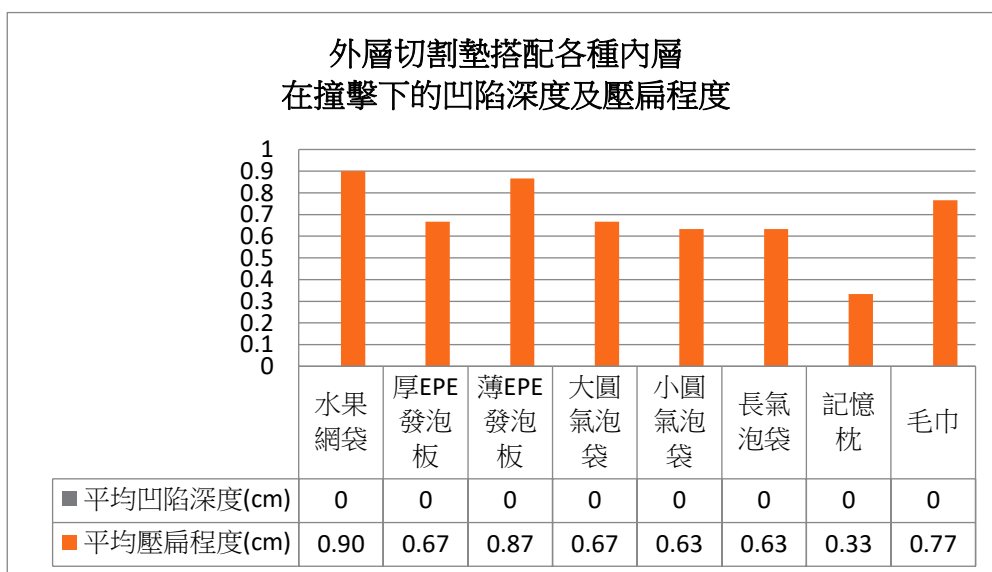
1. 外層使用墊板，抗凹陷效果極佳。
2. 內層使用薄 PEP 發泡板效果最佳，水果網袋、記憶枕、厚 PEP 發泡板效果次之。

(十)【實驗十四】外層使用**雙層桌墊**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：



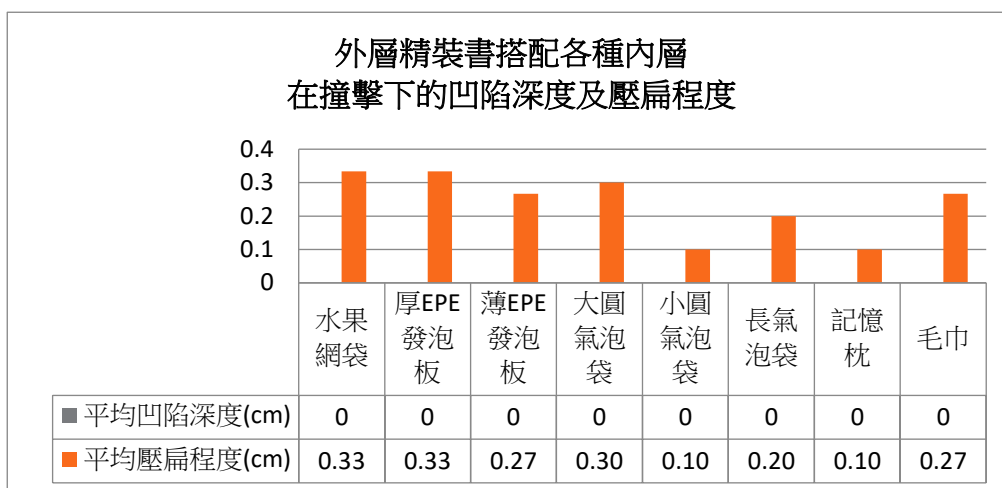
1. 外層使用雙層桌墊，搭配內層長氣泡袋、水果網袋的抗凹陷效果不佳。
2. 內層使用大圓氣泡袋效果最佳，毛巾、厚 PEP 發泡板、小圓氣泡袋、記憶枕效果次之。

(十一)【實驗十五】外層使用**切割墊**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：



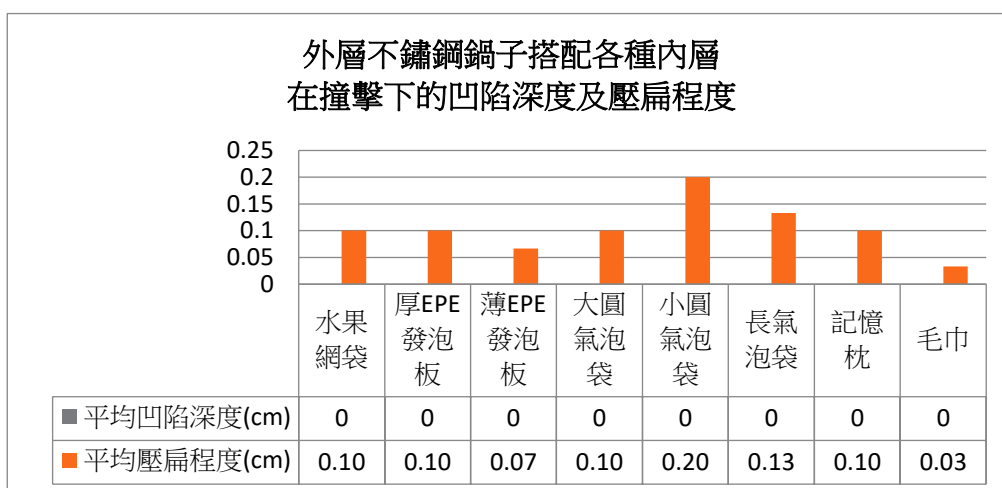
1. 外層使用切割墊，抗凹陷效果極佳。
2. 內層使用記憶枕效果最佳，小圓氣泡袋、長氣泡袋、厚 PEP 發泡板、大圓氣泡袋效果次之。

(十二)【實驗十六】外層使用**精裝書**，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：



1. 外層使用精裝書，抗凹陷效果極佳。
2. 內層使用小圓氣泡袋、記憶枕效果最佳，長氣泡袋效果次之。

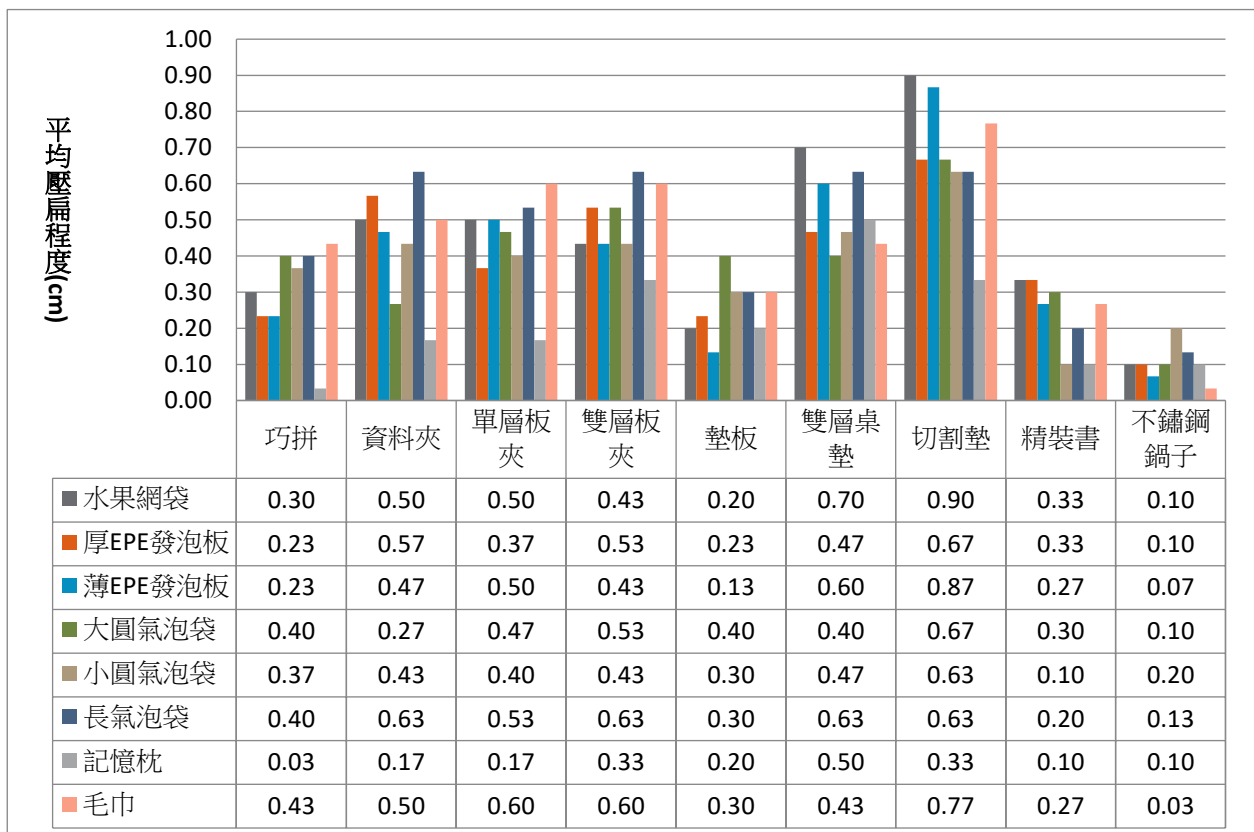
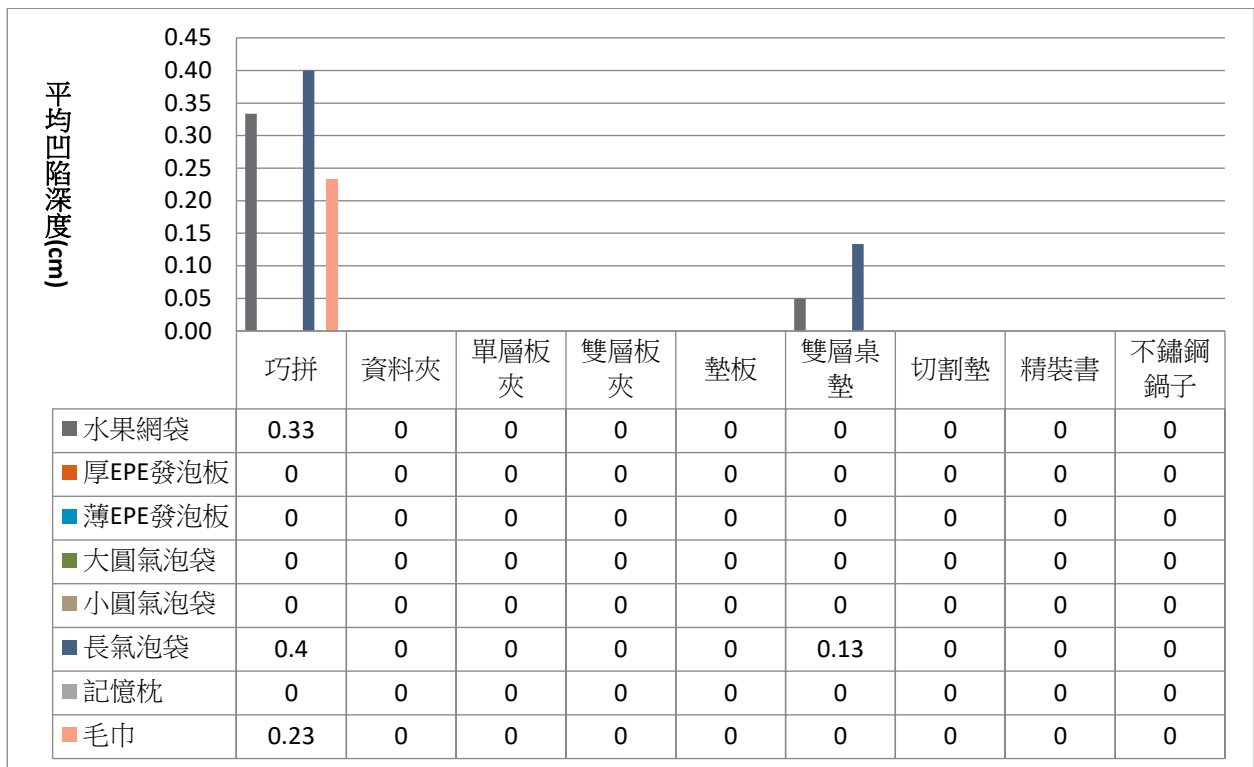
(十三)【實驗十七】外層使用不鏽鋼鍋子，搭配厚度 3cm 的各種內層材質：



1. 外層使用不鏽鋼鍋子，抗凹陷效果極佳。
2. 內層使用毛巾效果最佳，薄 PEP 發泡板效果次之。

(十四) 綜合比較：

1. 外層材質的抗凹陷效果最差的是巧拼，其次是雙層桌墊。
2. 巧拼和雙層桌墊和其他材質相比，都是屬於比較柔軟的材質，故我們推論柔軟材質較不適於當自製防災頭套的外層，抗凹陷效果不佳。
3. 兩者都以搭配內層長氣泡袋效果最不佳。



1. 外層材質搭配內層後的抗壓扁效果最好的是不鏽鋼鍋子，其次是墊板和精裝書，最差的是切割墊。
2. 內層效果不佳的材質以毛巾和長氣泡袋居多。
3. 各種外層搭配內層記憶枕大多效果不錯(平均壓扁程度不超過 0.5cm)。

柒、結論

一、【實驗一】不同高度與不同重量的重物掉落撞擊油土的凹陷深度的差異：

1. 高度越高的掉落物對頭部撞擊造成的傷害越大。
2. 重量越重的掉落物對頭部撞擊造成的傷害越大。
3. 重量越重的掉落物，當掉落高度越高時，造成的凹陷差異越大。
4. 當掉落物重量 2900g (鋼珠)、高度 1.5m 時，造成的平均凹陷深度已達 3.37cm，推測已會對頭部造成非常嚴重的傷害。

二、【實驗二】在不同的常見安全護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

1. 在高度 1m 重量 1000g(石頭) 的撞擊下，對於凹陷的保護效果是：直排輪安全帽、機車安全帽最好，防災頭套最差。
2. 對於壓扁的保護效果是：跆拳道護頭、機車安全帽、直排輪安全帽較好，防災頭套、課本不佳。

三、【實驗三】在常見安全護具保護下，在不同高度的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

1. 所有護具的平均凹陷深度和平均壓扁程度都是：1.5m > 1m > 0.5m。
2. 在重量 662.8g(水)的撞擊下，對於凹陷的保護效果是：直排輪安全帽=課本 > 跆拳道護頭 > 防災頭套。
3. 對於壓扁的保護效果是：跆拳道護頭 > 直排輪安全帽 > 防災頭套 > 課本。
4. 所有護具的平均凹陷深度和平均壓扁程度都是：1.5m > 1m > 0.5m。

四、在常見安全護具保護下，不同重量的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

(一)【實驗四】撞擊物：石頭(1000g)

1. 在重量 1000g(石頭)的撞擊下，對於凹陷的保護效果是：直排輪安全帽 > 課本 > 跆拳道護頭 > 防災頭套。
2. 0.5m 和 1m 的壓扁保護效果是：跆拳道護頭 > 直排輪安全帽 > > 防災頭套 > 課本；
1.5m 的壓扁保護效果是：直排輪安全帽 > 跆拳道護頭 > 課本 > 防災頭套。

(二)【實驗五】撞擊物：鋼珠(2900g)

1. 在重量 2900g(鋼珠)的撞擊下，對於凹陷的保護效果是：直排輪安全帽>課本>跆拳道護頭>防災頭套。
2. 0.5m 的壓扁保護效果是：跆拳道護頭>防災頭套>課本>直排輪安全帽；1m 的壓扁保護效果是：跆拳道護頭>防災頭套>直排輪安全帽>課本；1.5m 的壓扁保護效果是：防災頭套>跆拳道護頭>直排輪安全帽>課本。

(三)【實驗三~實驗五】綜合比較：

1. 三種重量及高度下的抗凹陷效果都是：直排輪安全帽>課本>跆拳道護頭>防災頭套。
2. 重量小於 662.8g 時，課本的抗凹陷效果非常好(=0)。
3. 直排輪安全帽因為有堅硬的塑膠外殼，故不會造成凹陷(都=0)；課本因有一定的厚度，所以撞擊時也有一定的抗凹陷效果；而防災頭套對於撞擊造成凹陷的保護效果最差。
4. 高度低於 0.5m 且重量小於 1000g，或高度低於 1m 且重量小於 662.8g 時，跆拳道護頭、課本、直排輪安全帽的抗凹陷效果都很好(<0.1cm)。
5. 抗壓扁效果大致上多為：跆拳道護頭>直排輪安全帽>防災頭套>課本。
6. 課本雖然有很好的防止凹陷效果，但是因為沒有任何緩衝，所以撞擊後壓扁狀況最明顯，在實際狀況下可能會造成頭部的腦震盪。
7. 原本預期效果應該不錯的防災頭套，防止凹陷狀況最差，抗壓扁狀況也不佳。
8. 直排輪安全帽的塑膠外殼可以抗凹陷，但是內層泡棉較硬，故抗壓扁程度沒有跆拳道護頭的效果好。

五、在自製護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：

我們從直排輪安全帽優秀的抗凹陷效果及跆拳道護頭的抗壓扁效果中得到了製作自製防災頭套的好點子，我們決定將防災頭套分為內外兩層不同材質，外層選用較堅硬的壓克力板、課本、塑膠瓦楞板，以抗凹陷為目的，內層則要找出回收常見的緩衝材中，哪些可以有較好的抗壓扁效果。

(一)【實驗六~實驗八】外層使用**壓克力板、課本、塑膠瓦楞板**，搭配厚度 3cm 的各種內

層材質綜合比較：

1. 外層三種材質，壓克力板的抗凹陷效果最佳，另外二種除了搭配連通氣泡袋、薄海綿、EPE 發泡布效果較差外，其他效果都很好，也都比用防災頭套(平均凹陷深度 0.58cm、平均平均壓扁程度 0.7cm)的效果好。
2. 以汽車安全氣囊為發想的素材—方形氣泡袋(大)當內層的效果最佳，但是在受到撞擊的瞬間會被壓破，並且產生巨大的爆破聲，製成頭套戴在頭上恐會造成聽力的損傷，所以並不適合製成防災頭套。
3. 效果次之的水果網袋輕便好固定，是我們認為最適合做為防災頭套的內層材質，只是因體積小需要事先製作，防範於未然，並不適合突然發生地震時臨時拿來使用。
4. EPE 發泡板、圓形氣泡袋、方形氣泡袋(小)的效果也不錯，且都是常見又易隨手取得的材料。
5. 依照實驗結果，每一種緩衝材搭配壓克力板的保護效果都比防災頭套(平均凹陷深度 0.58cm、平均壓扁程度 0.7cm)及只用課本(平均凹陷深度 0.07cm、平均壓扁程度 0.72cm)還要好。
6. 我們淘汰了效果最差的 EPE 發泡布、薄海綿和連通氣泡袋，以及發出爆破聲的方形氣泡袋(大)，和不易取得的方形氣泡袋(小)，取最佳五種內層緩衝材繼續以下實驗。

(二)【實驗九～實驗十七】外層使用巧拼、資料夾、單層板夾、雙層板夾、墊板、雙層桌墊、切割墊、精裝書、不鏽鋼鍋子，搭配厚度 3cm 的各種內層材質綜合比較：

1. 外層材質的抗凹陷效果最差的是巧拼，其次是雙層桌墊。
2. 巧拼和雙層桌墊和其他材質相比，都是屬於比較柔軟的材質，故我們推論柔軟材質較不適用於當自製防災頭套的外層，抗凹陷效果不佳。
3. 兩者都以搭配內層長氣泡袋效果最不佳。
4. 外層材質搭配內層後的抗壓扁效果最好的是不鏽鋼鍋子，其次是墊板和精裝書，最差的是切割墊。
5. 內層效果不佳的材質以毛巾和長氣泡袋居多。
6. 各種外層搭配內層記憶枕大多效果不錯(平均壓扁程度不超過 0.5cm)。

7. 以上實驗結果都比用防災頭套(平均凹陷深度 0.58cm、平均平均壓扁程度 0.7cm)的效果好。

本研究發現市售的防災頭套在受到掉落物體撞擊時，保護效果其實並不好，只能抵禦很輕並且不高的掉落物。若是地震發生時，手邊剛好有其他的護具(如機車安全帽等)，應該優先使用護具，如果沒有護具，則建議遵循外層堅硬、內層有彈性的大原則，就近選擇手邊堅硬的材質當作外層(例如精裝書、塑膠、不鏽鋼等)，內層墊著任何 3cm 厚的緩衝材(如記憶枕、毛巾衣物、氣泡袋等)，效果都比防災頭套還要好喔！而像我們每年都會進行防災演練的學生，可以利用學校課程結合防災教育，事先製作好自己的防災頭套。本研究中，我們一共測試了 101 種外層加內層的組合，其中 96% 的組合都比使用防災頭套的效果好(平均凹陷深度 0.58cm、平均壓扁程度 0.7cm)，也比平時只拿一本課本的效果好(平均凹陷深度 0.07cm、平均壓扁程度 0.72cm)。可以參考我們的研究結果，選擇你身邊現成的材料製作，例如：平時外層是桌墊或資料夾，內層是午睡枕或毛巾，發生地震時可以一秒結合，變身為最安全的防災頭套，讓大家在疏散時能保護頭部，面對地震時也有一「套」！

捌、參考資料及其他

1. 防撞逃生艙(無日期)。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品說明書。2020 年 3 月 7 日，取自
<http://ftp.slps.tn.edu.tw/eduweb/natural%20science/51%E5%B1%86%E4%BD%B3%E4%BD%9C-%E9%98%B2%E6%92%9E%E9%80%83%E7%94%9F%E8%89%99.pdf>
2. 柯皓翔(2019 年 9 月 20 日)。**【科普圖解】**穿越地心，透析 921——地球告訴我們的地震祕密與防災之道。2020 年 3 月 7 日，取自
<https://www.twreporter.org/a/921-earthquake-20th-popular-science>
3. 黃鈺程、姜右軒、葉政嘉(2018)襲從天降~緩衝材料吸收撞擊之實驗探討。中華民國第 58 屆中小學科學展覽作品。2020 年 3 月 7 日，取自
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-051811.pdf>

【評語】 082925

本研究改良日常防震頭套，主張隨機應變，選擇身邊現成的材料製作地震防災頭套。共測試了 101 種外層加內層的組合，歸納出有效的使用原則，達成地震時的防護效果，用心良苦。在保護能力的評估已凹陷與壓扁狀況來評估不同材料組合與實際狀況不盡相符，應考慮人腦受創不是在於頭骨是否凹陷，而是反作用力對腦漿的傷害。

摘要

本研究發現市售的防災頭套在受到掉落物體撞擊時，保護效果其實並不好，只能抵禦很輕並且不高的掉落物，若是地震發生時，手邊剛好有其他的護具(如機車安全帽)，應該優先使用護具，如果沒有護具，則建議將課本(書本)當作外層，內層墊著手邊有的任何 3cm 厚的緩衝材，效果都比防災頭套還要好喔！也可以利用資源回收的材料按照我們的研究結果自己製作不花錢的防災頭套，讓你面對地震時也有一「套」！

研究動機

去年，是 921 地震的 20 週年，在 921 死亡人數中，顱內損傷致死有 639 人，死亡外傷受傷的部位以頭頸部 69% 為最多，所以在地震發生時，如果能加強頭部的保護避免頭部受傷，就可以增加存活的機率。每年的 9 月 21 日國家防災日，都會舉辦防災演練，在疏散時看到中低年級學弟妹頭上戴著防災頭套，我們除了羨慕，也很想知道高年級頭上頂著一本課本到底有沒有保護作用？因次開始了這次的研究。

我們很好奇防災頭套的保護效果真的有比課本好嗎？也想要測試身邊常見的護具(如機車安全帽)的保護效果如何？另外，我們也想到可以利用隨手可得的身邊物品及回收材料來製作簡易卻有效的防災頭套，希望我們的實驗結果可以為防災盡一份力，用最少的錢與最好的材質，給國家人民一頂安全方便的防災頭套！

研究目的

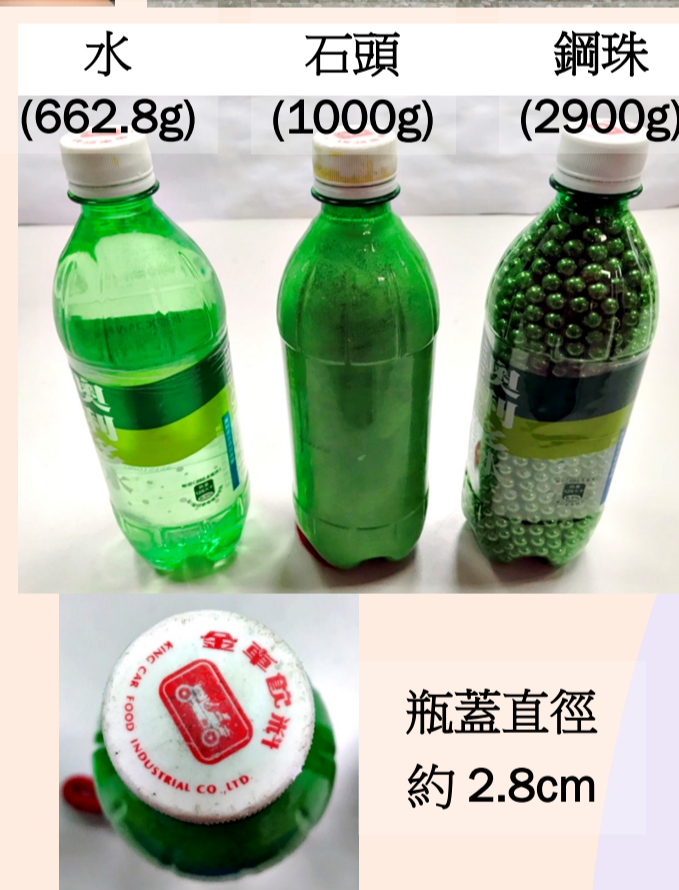
- 一、不同高度與不同重量的重物掉落撞擊油土的凹陷程度的差異。
- 二、在不同的常見安全護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。
- 三、在常見安全護具保護下，在不同高度的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。
- 四、在常見安全護具保護下，不同重量的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。
- 五、在自製護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。

研究設備及方法

使用 PVC 水管作為撞擊軌道，以寶特瓶作為掉落物撞擊油土，再進行凹陷深度及壓扁程度的測量，每種組合都撞擊 3 次再取平均值。



1. PVC 水管有三種高度：0.5 m、1m、1.5m。
2. 寶特瓶內裝三種不同材質的物體：水(662.8g)、石頭(1000g)以及鋼珠(2900g)。
3. 撞擊接觸面為寶特瓶蓋，瓶蓋直徑約 2.8cm。
4. 避難中使用的護具：



5. 生活中常見安全護具：



6. 生活中常見的物品(作為自製護具的外層)：共 12 種

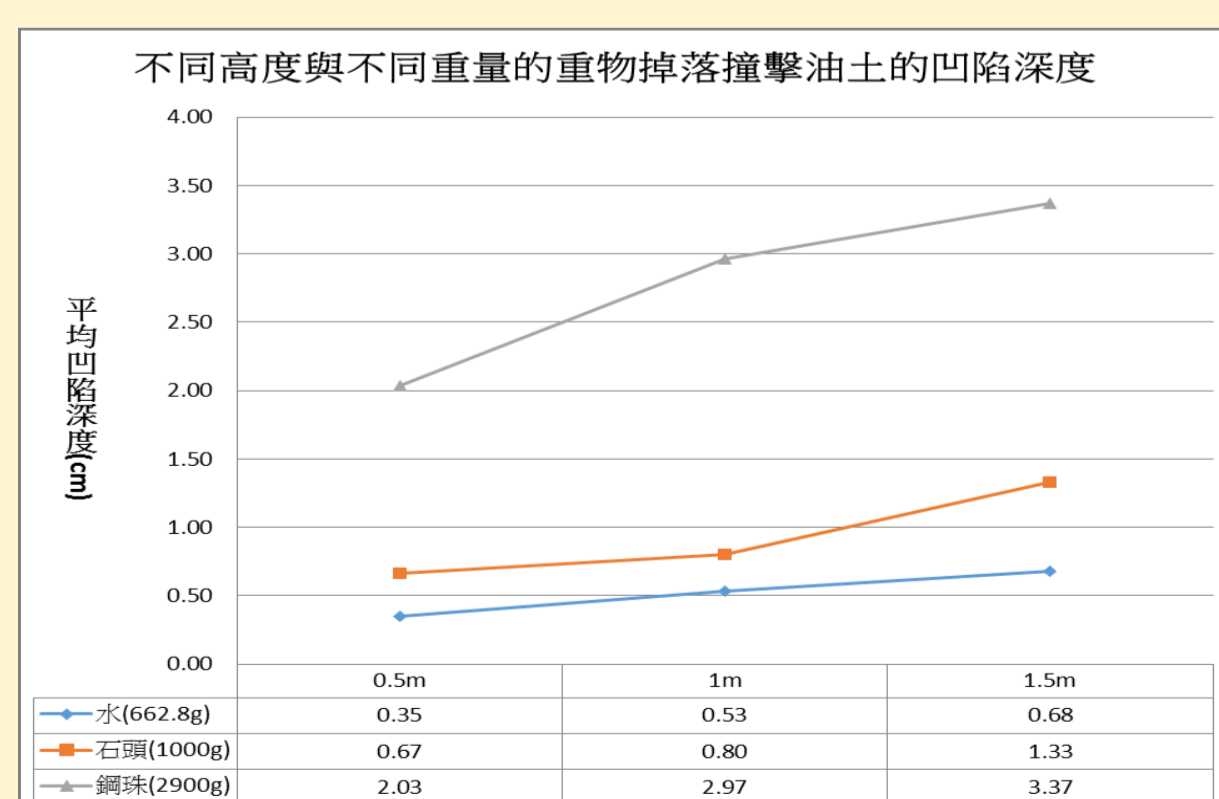
壓克力板 厚度 0.3cm	課本 厚度 0.28cm	塑膠瓦楞板 (PP 材質) 厚度 0.3cm	巧拼 (EVA 材質) 厚度 1.11cm	資料夾 厚度 0.26cm
單層板夾 (ABS 樹脂材質) 厚度 0.26cm	雙層板夾 (外層塑膠皮 內層厚紙板) 厚度 0.24cm	墊板 (壓克力材質) 厚度 0.08cm	精裝書 (兒童繪本) 厚度 0.36cm	不鏽鋼鍋子 厚度 0.26cm
雙層桌墊 (軟 PVC 材質) 厚度 0.24cm	切割墊 (硬 PVC 材質) 厚度 0.2cm			

7. 自製護具的內層緩衝材：共 13 種

連通氣泡袋 厚度約 1cm	圓形氣泡袋(小) 厚度約 0.19cm	圓形氣泡袋(大) 厚度約 0.6cm	方形氣泡袋(小) 厚度約 1.5cm	方形氣泡袋(大) 厚度約 3cm
水果網袋 厚度約 0.5cm	薄海綿 厚度約 0.43cm	EPE 發泡板 ($\rho=1.7$)厚度 1cm	EPE 發泡板 ($\rho=1.7$)厚度 3cm	EPE 發泡布(舒美布) 厚度約 0.13cm
長條氣泡袋 厚度約 1.5cm	毛巾 厚度約 0.17cm	記憶枕 厚度約 7cm		

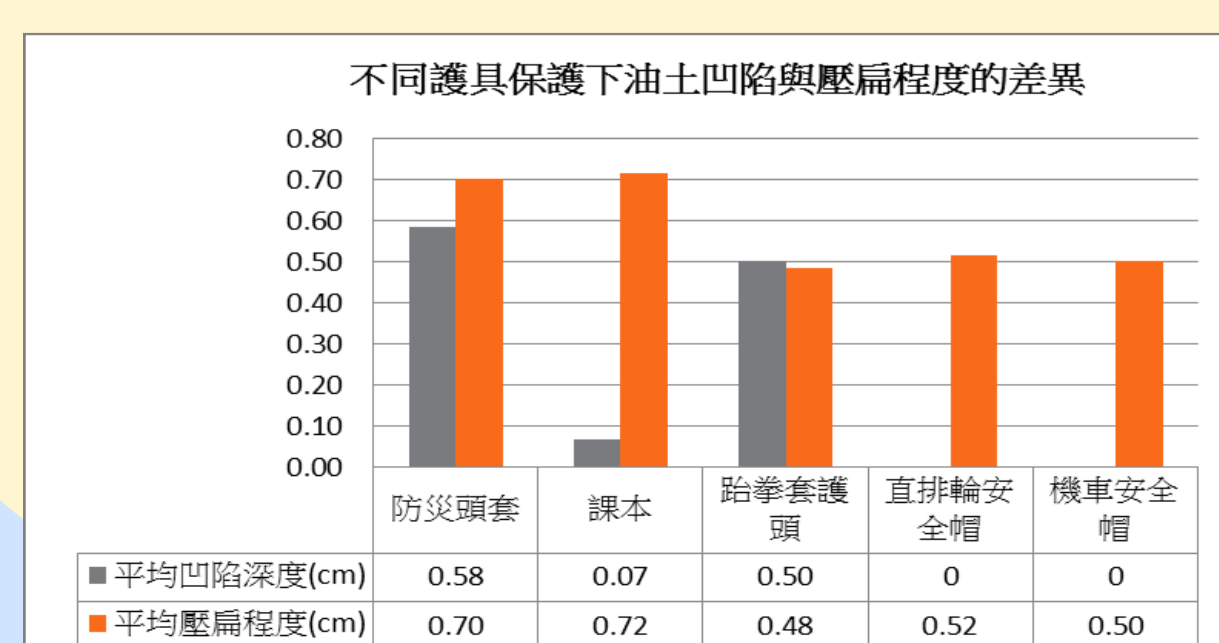
研究結果與討論

- 一、【實驗一】不同高度與不同重量的重物掉落撞擊油土的凹陷程度的差異：



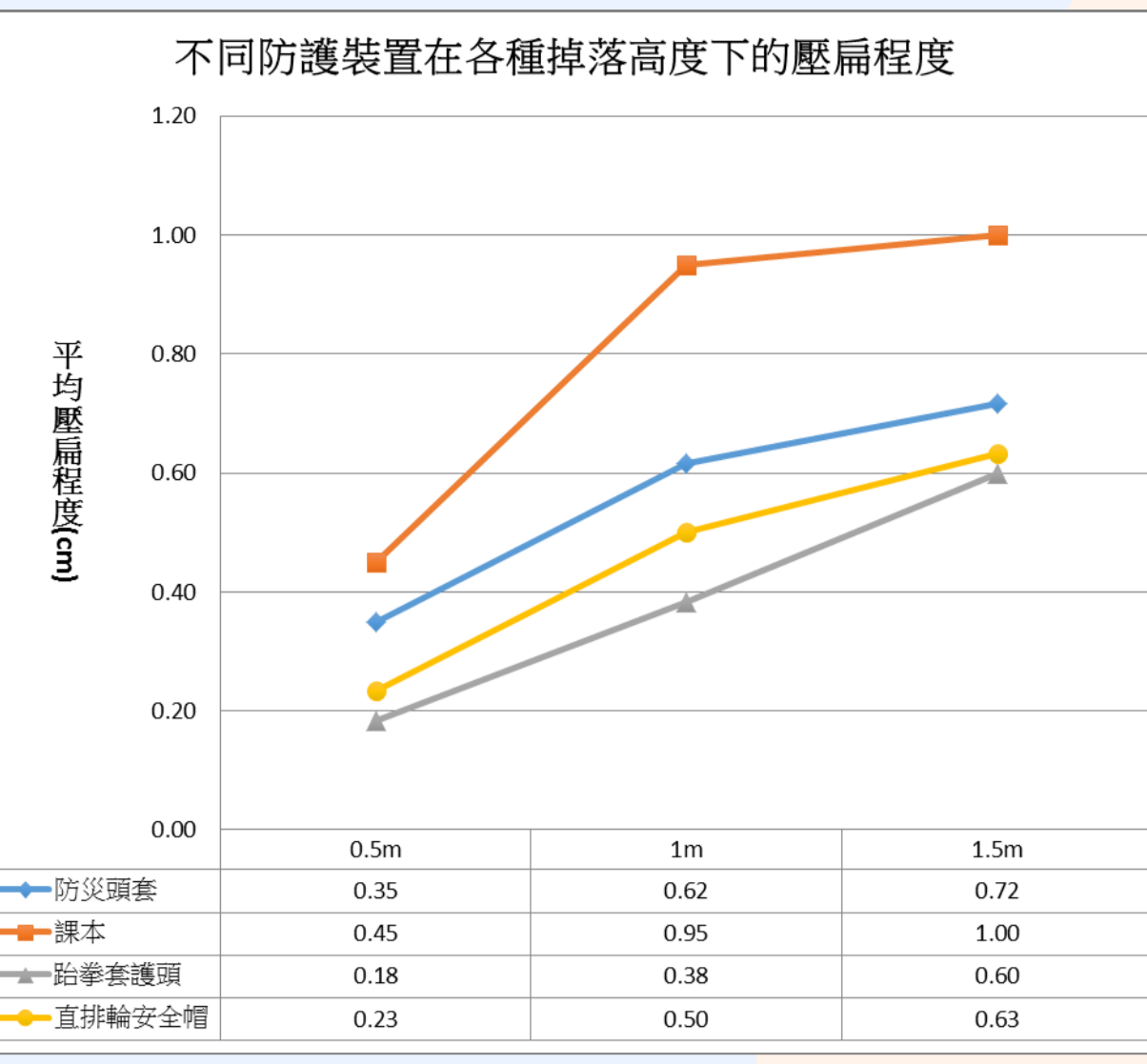
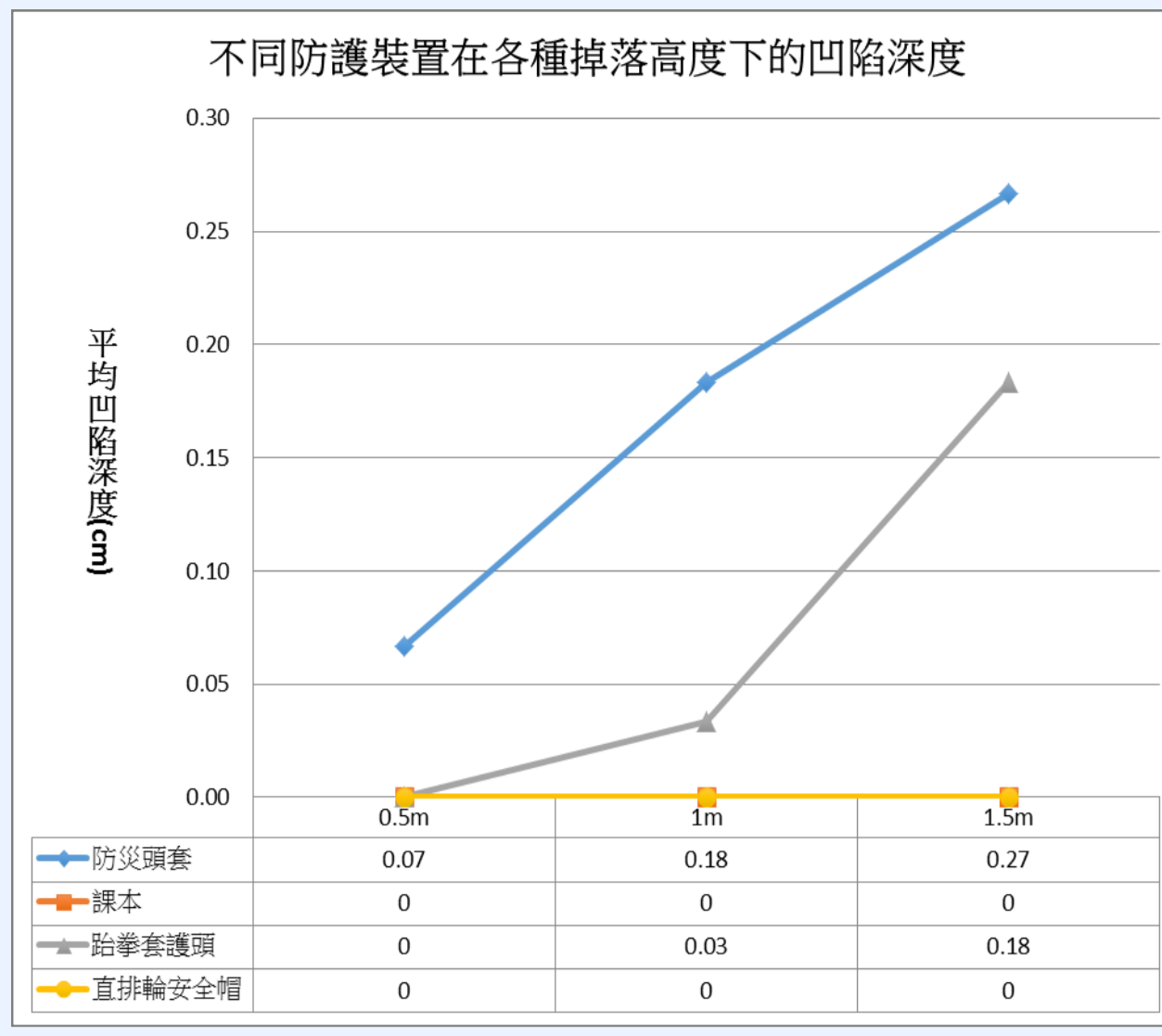
1. 高度越高的掉落物對頭部撞擊造成的傷害越大。
2. 重量越重的掉落物對頭部撞擊造成的傷害越大。
3. 重量越重的掉落物，當掉落高度越高時，造成的凹陷差異越大。
4. 當掉落物重量 2900g (鋼珠)、高度 1.5m 時，造成的平均凹陷深度已達 3.37cm，推測已會對頭部造成非常嚴重的傷害。

- 二、【實驗二】在不同的常見安全護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：



1. 在高度 1m 重量 1000g(石頭) 的撞擊下，對於凹陷的保護效果是：直排輪安全帽、機車安全帽最好，防災頭套最差。
2. 對於壓扁的保護效果是：跆拳道護頭、機車安全帽、直排輪安全帽較好，防災頭套、課本不佳。

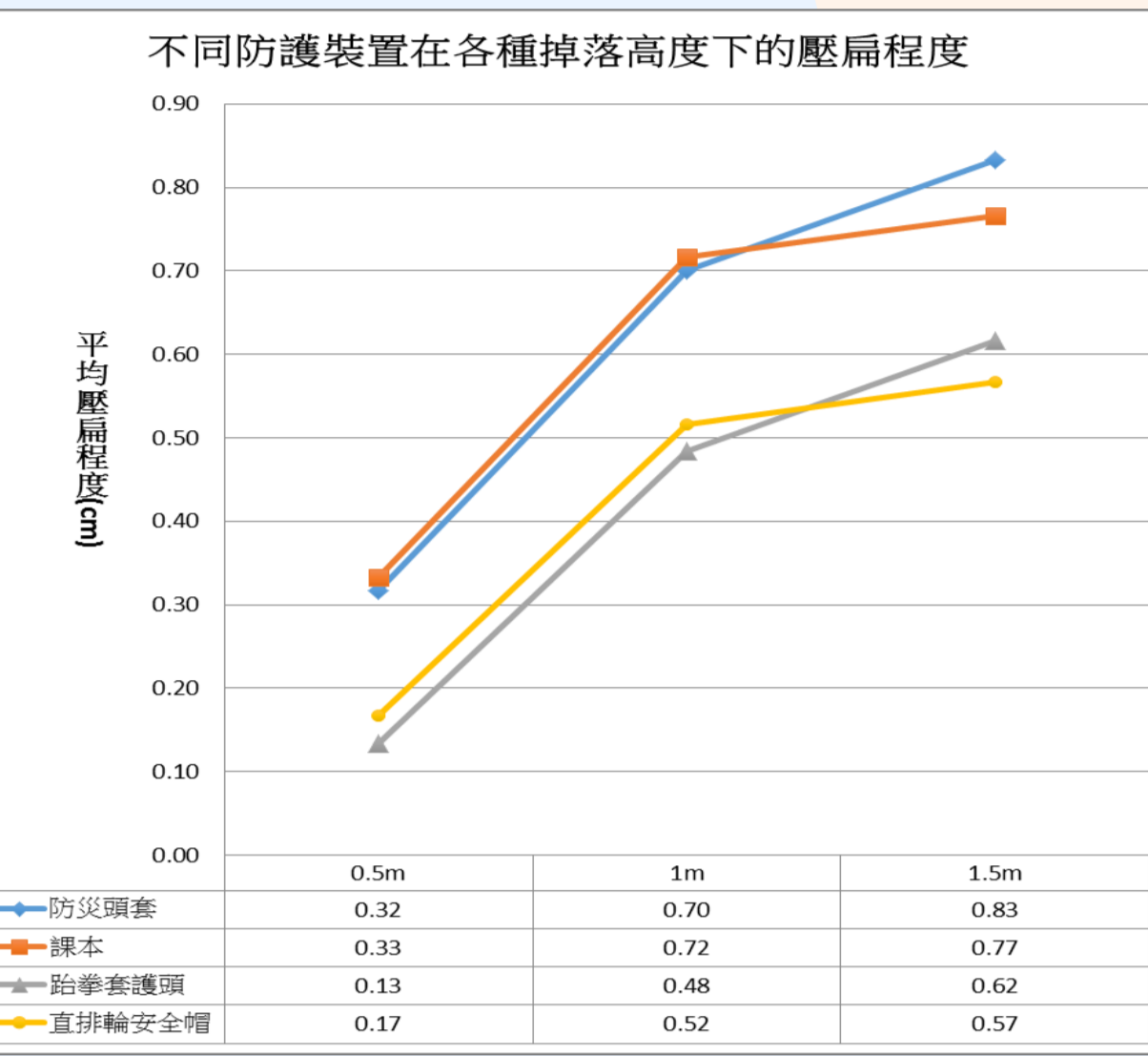
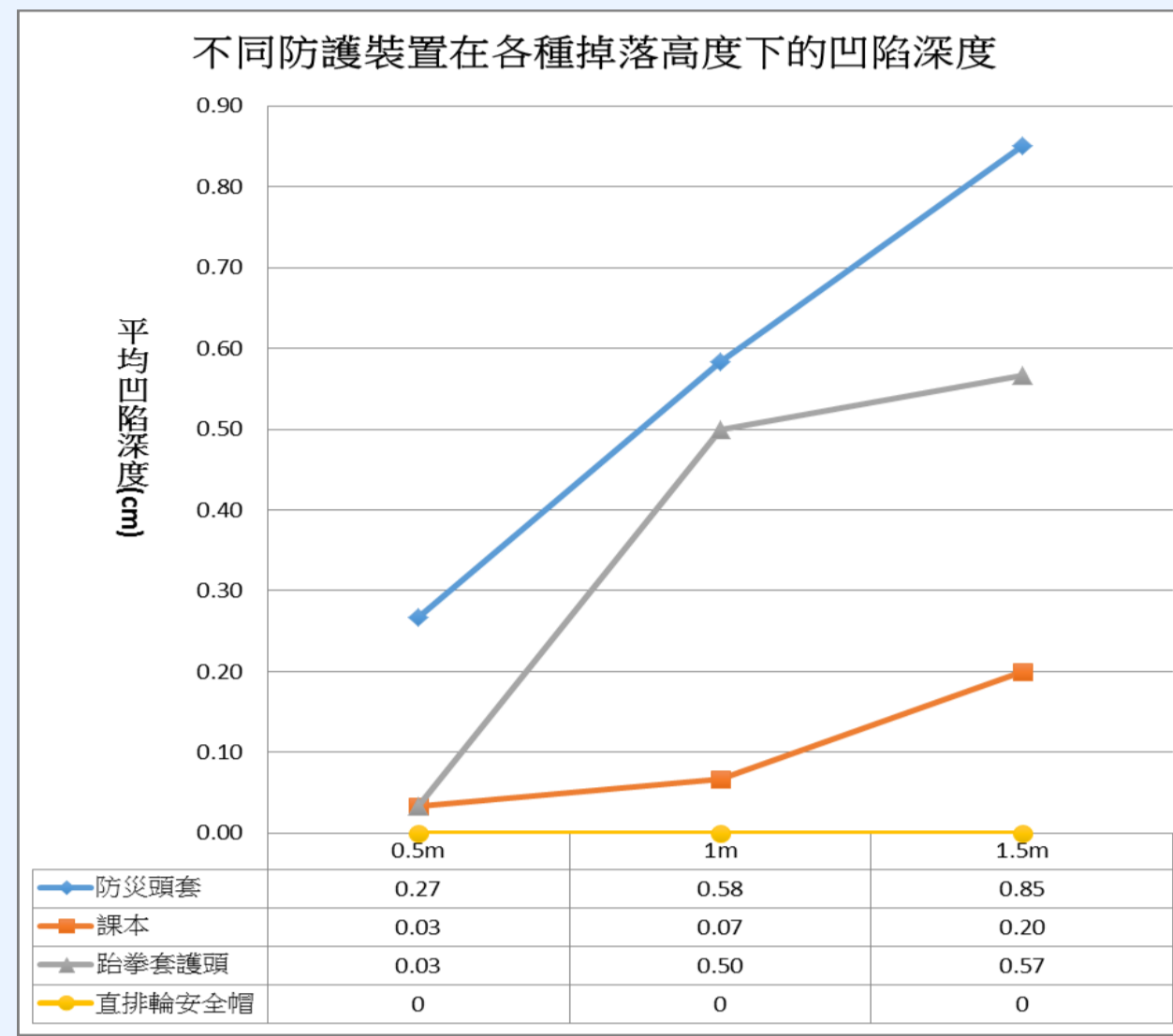
三、【實驗三】在常見安全護具保護下，在不同高度的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異：



- 1.所有護具的平均凹陷深度和平均壓扁程度都是： $1.5m > 1m > 0.5m$ 。
- 2.在重量 662.8g(水)的撞擊下，對於凹陷的保護效果是：直排輪安全帽=課本 > 跆拳道護頭 > 防災頭套。
- 3.對於壓扁的保護效果是：跆拳道護頭 > 直排輪安全帽 > 防災頭套 > 課本。

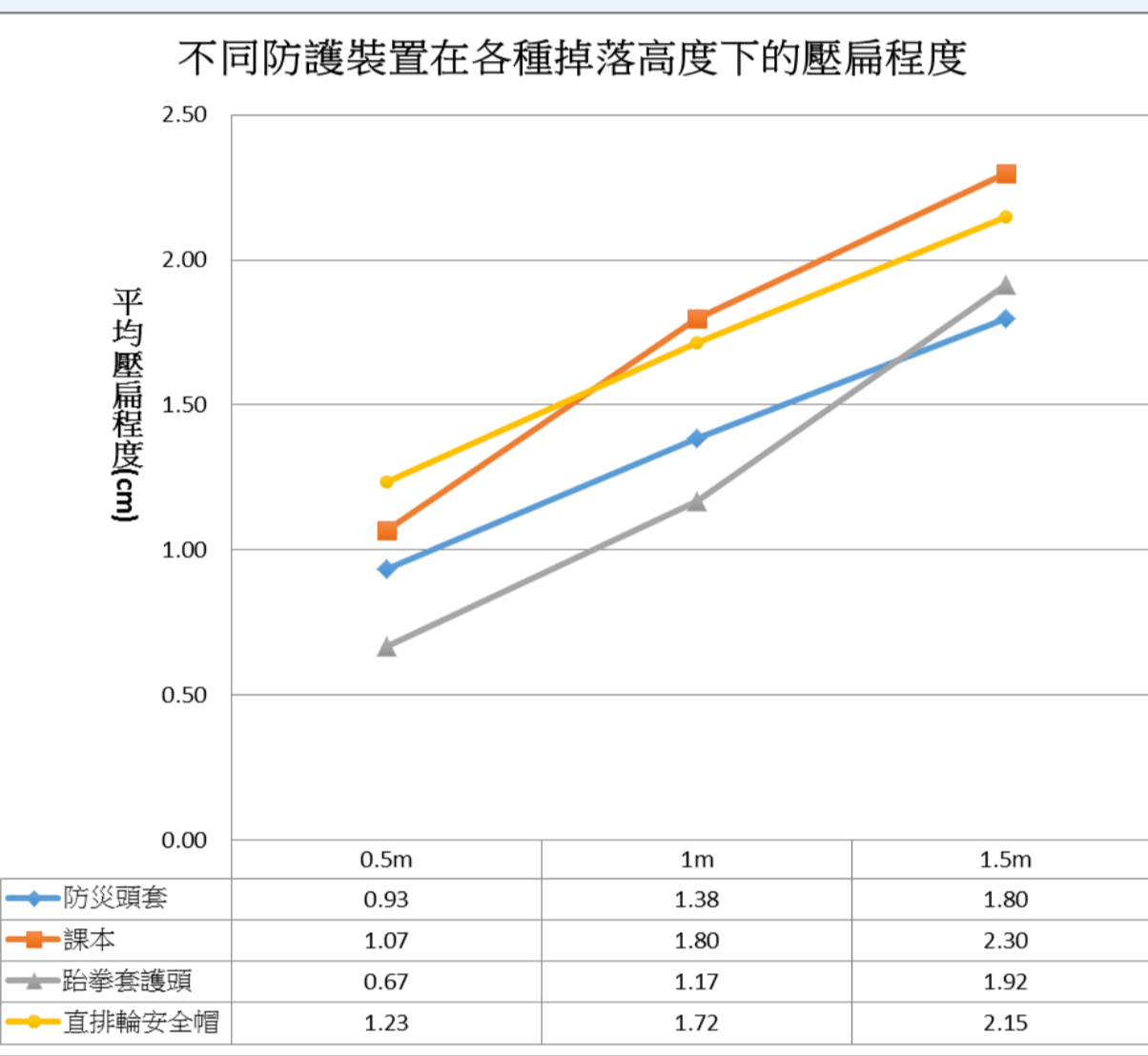
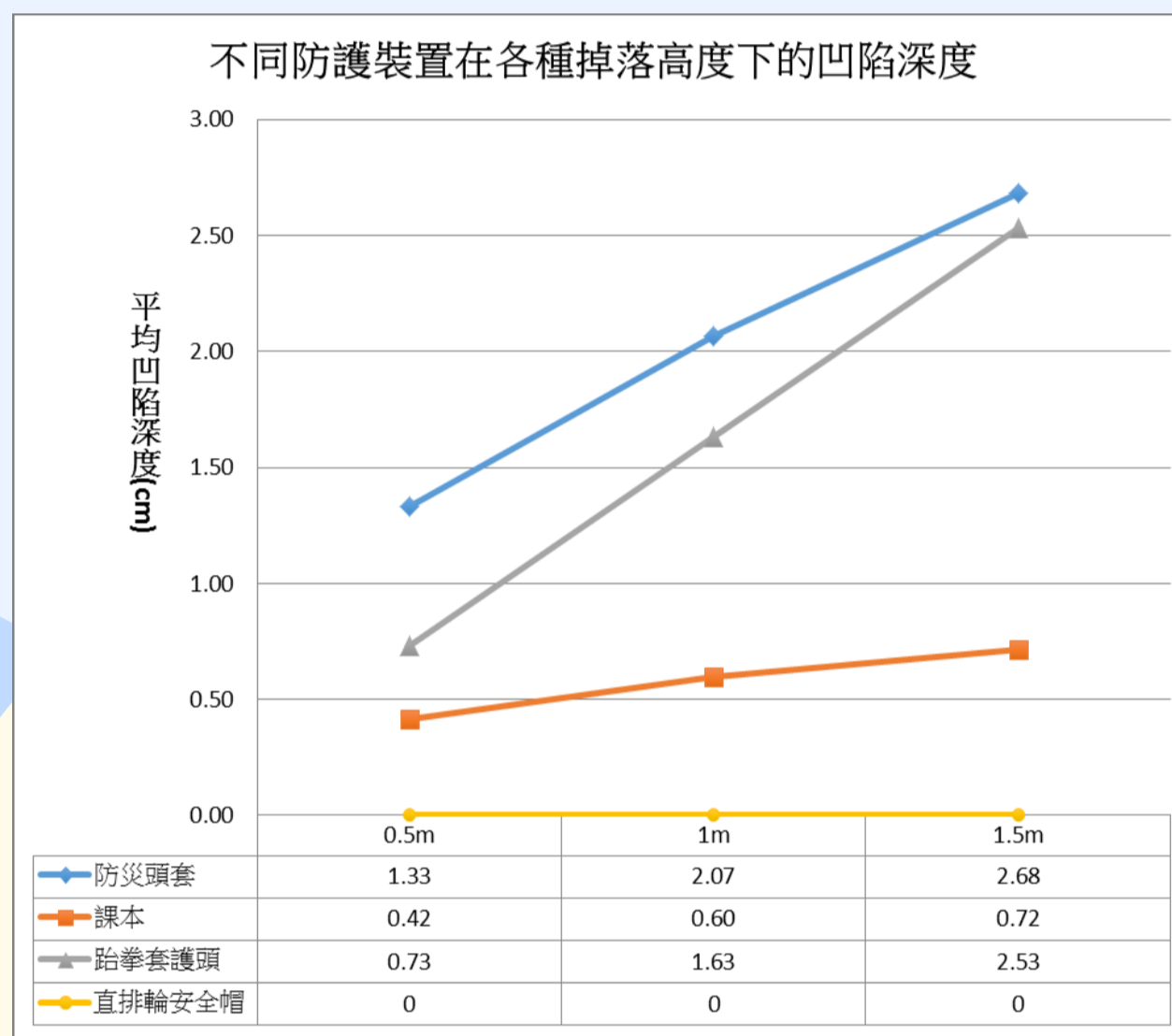
四、在常見安全護具保護下，不同重量的重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。

(一)【實驗四】撞擊物：石頭(1000g)：



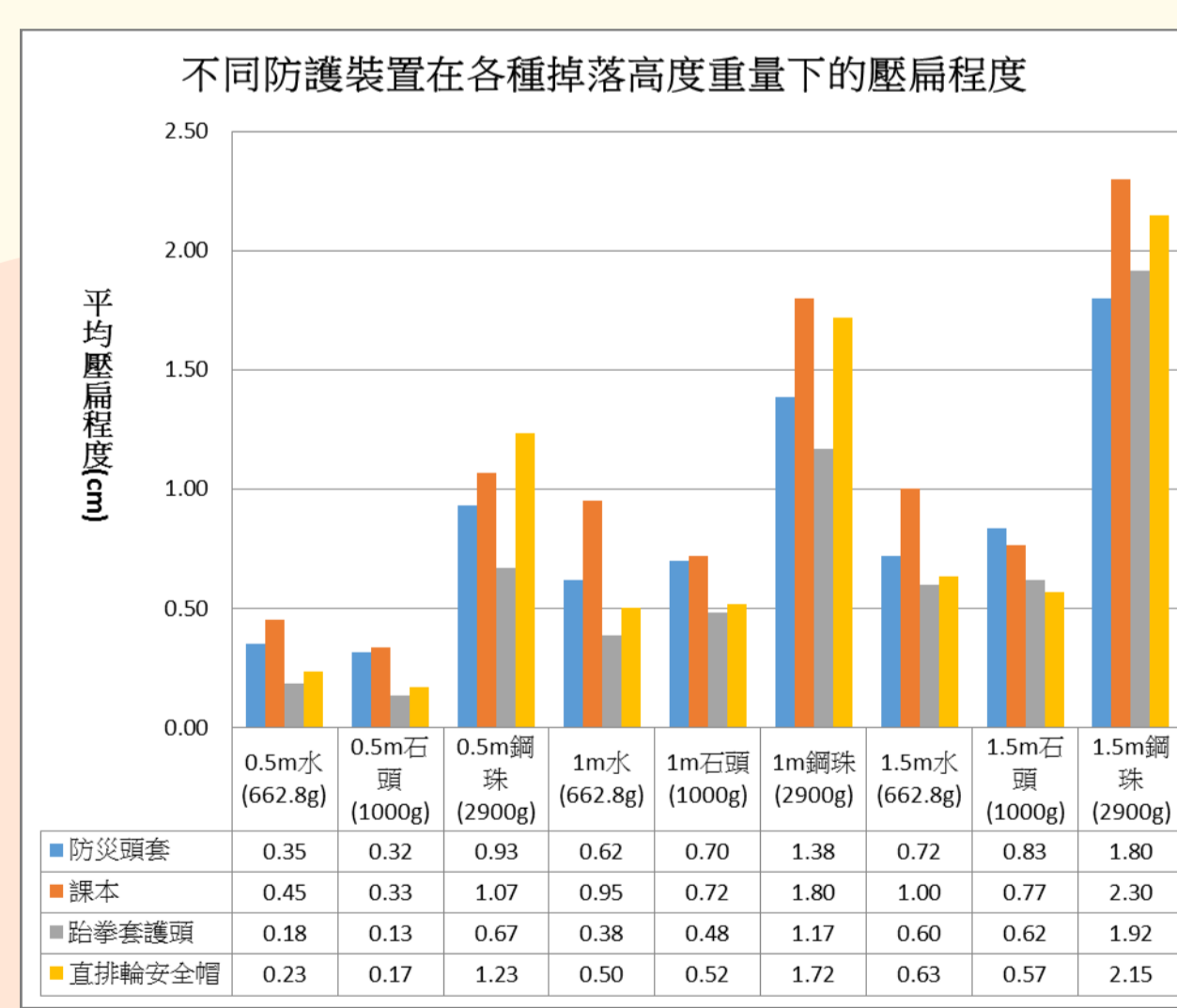
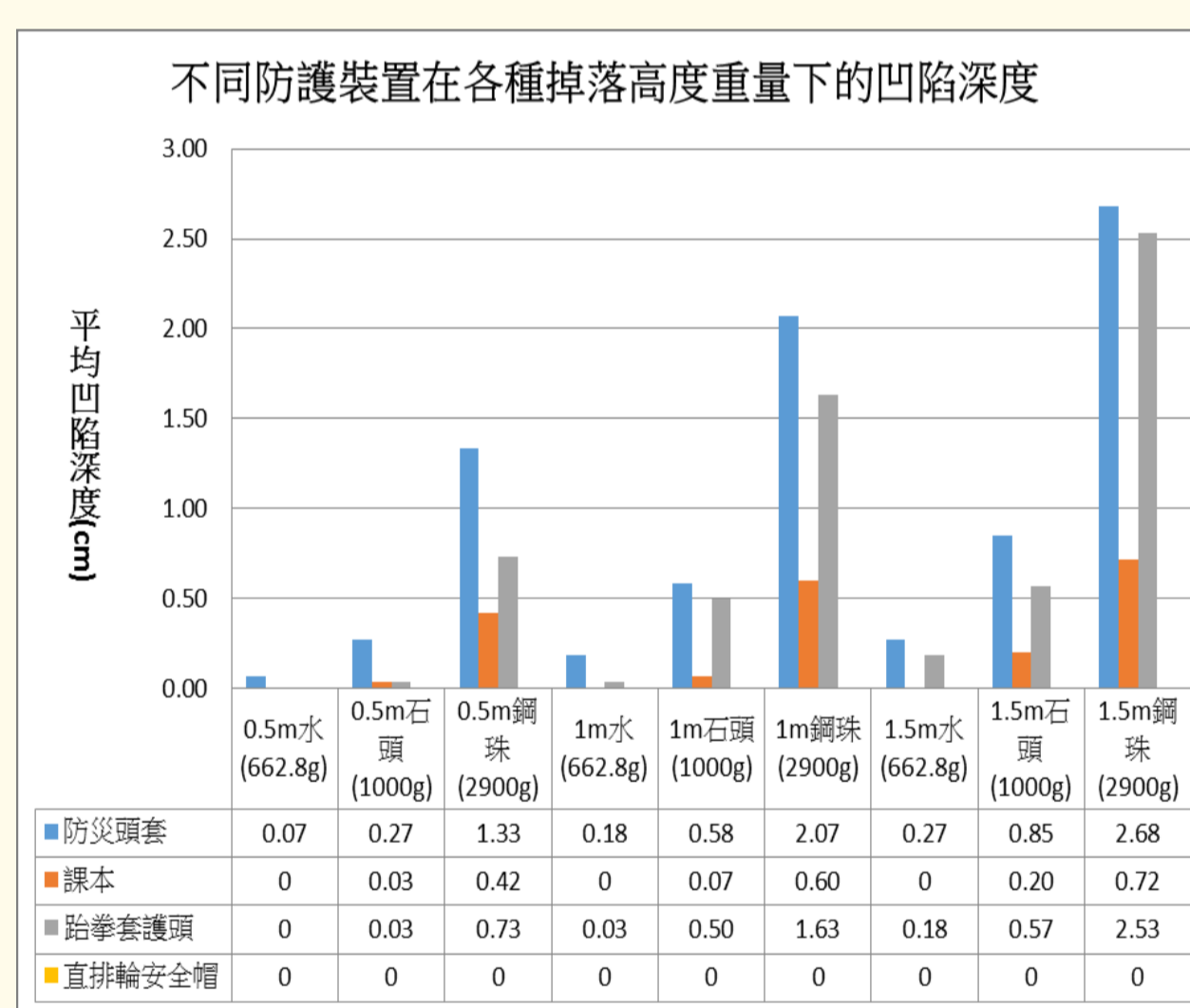
- 1.在重量 1000g(石頭)的撞擊下，對於凹陷的保護效果是：直排輪安全帽 > 課本 > 跆拳道護頭 > 防災頭套。
- 2.在 0.5m 和 1m 的壓扁保護效果是：跆拳道護頭 > 直排輪安全帽 > 防災頭套 > 課本；1.5m 的壓扁保護效果是：直排輪安全帽 > 跆拳道護頭 > 課本 > 防災頭套。

(二)【實驗五】撞擊物：鋼珠(2900g)：



- 1.在重量 2900g(鋼珠)的撞擊下，對於凹陷的保護效果是：直排輪安全帽 > 課本 > 跆拳道護頭 > 防災頭套。
- 2.在 0.5m 的壓扁保護效果是：跆拳道護頭 > 防災頭套 > 課本 > 直排輪安全帽；在 1m 的壓扁保護效果是：跆拳道護頭 > 防災頭套 > 直排輪安全帽 > 課本；在 1.5m 的壓扁保護效果是：防災頭套 > 跆拳道護頭 > 直排輪安全帽 > 課本。

(三) 實驗三～實驗五綜合比較：

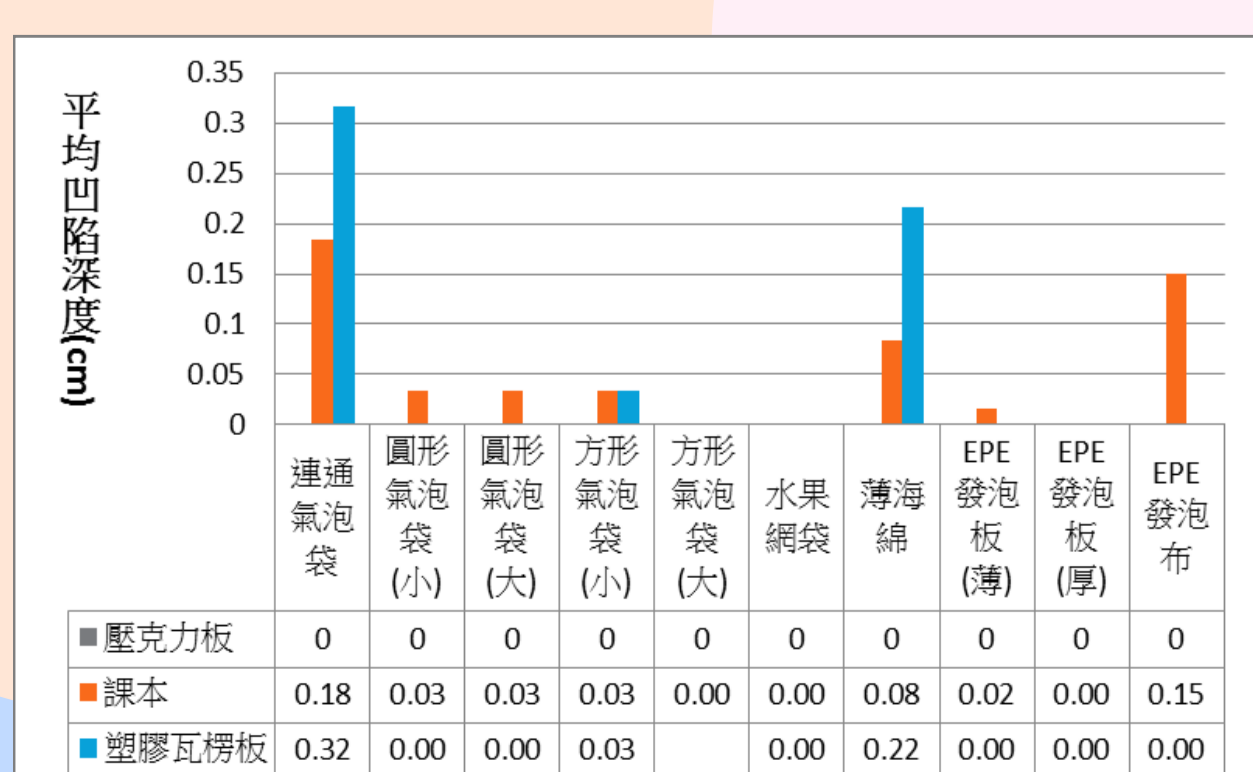


- 1.三種重量及高度下的抗凹陷效果都是：直排輪安全帽 > 課本 > 跆拳道護頭 > 防災頭套。
- 2.重量小於 662.8g 時，課本的抗凹陷效果非常好(=0)。
- 3.直排輪安全帽因為有堅硬的塑膠外殼，故不會造成凹陷(都=0)；課本因有一定的厚度，所以撞擊時也有一定的抗凹陷效果；而防災頭套對於撞擊造成凹陷的保護效果最差。
- 4.高度低於 0.5m 且重量小於 1000g，或高度低於 1m 且重量小於 662.8g 時，跆拳道護頭、課本、直排輪安全帽的抗凹陷效果都很好(<0.1cm)。
- 5.抗壓扁效果大致上多為：跆拳道護頭 > 直排輪安全帽 > 防災頭套 > 課本。
- 6.課本雖然有很好的防止凹陷效果，但是因為沒有任何緩衝，所以撞擊後壓扁狀況最明顯，在實際狀況下可能會造成頭部的腦震盪。
- 7.原本預期效果應該不錯的防災頭套，防止凹陷效果最差，抗壓扁狀況也不佳。
- 8.直排輪安全帽的塑膠外殼可以抗凹陷，但是內層泡棉較硬，故抗壓扁程度沒有跆拳道護頭的效果好。

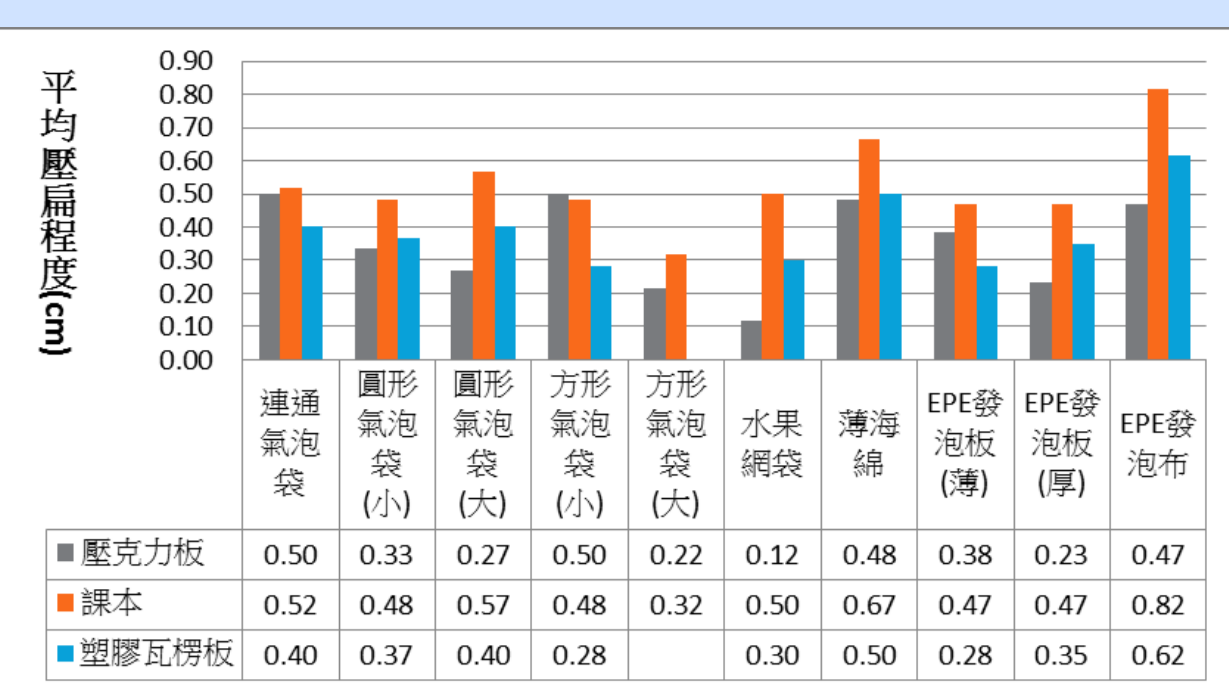
五、在自製護具保護下，重物掉落撞擊後，油土凹陷與壓扁程度的差異。

從直排輪安全帽優秀的抗凹陷效果及跆拳道護頭的抗壓扁效果中得到了製作自製防災頭套的好點子，我們決定將防災頭套分為內外兩層不同材質，外層選用較堅硬的壓克力板、課本、塑膠瓦楞板，以抗凹陷為目的，內層則要找出回收常見的緩衝材中，哪些可以有較好的抗壓扁效果。

(一)【實驗六～實驗八】外層使用壓克力板、課本、塑膠瓦楞板，搭配厚度 3cm 的各種內層材質綜合比較：



- 1.外層三種材質，壓克力板的抗凹陷效果最佳，另外二種除了搭配連通氣泡袋、薄海綿、EPE 發泡布效果較差外，其他效果都很好，也都比用防災頭套(平均凹陷深度 0.58cm、平均平均壓扁程度 0.7cm)的效果好。
- 2.效果最佳的水果網袋輕便好固定，是我們認為最適合做為防災頭套的內層材質，只是因為體積小需要事先製作，若臨時要用，可以先用塑膠袋裝起來，再墊在內層使用。



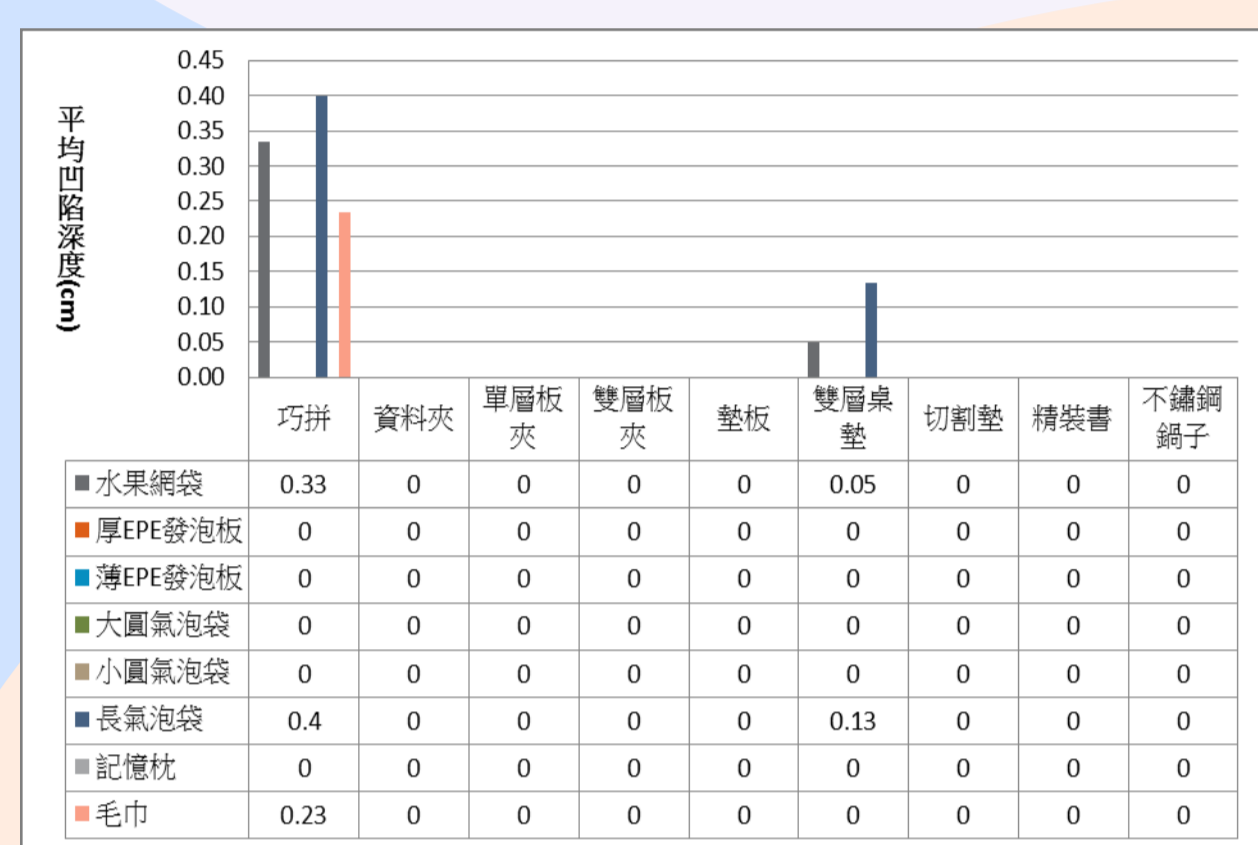
3.以汽車安全氣囊為發想的素材—方形氣泡袋(大)當內層的效果次之，但是在受到撞擊的瞬間會被壓破，並且產生巨大的爆破聲，製成頭套戴在頭上恐會造成聽力的損傷，所以並不適合製成防災頭套。

4.EPE 發泡板、圓形氣泡袋的效果也不錯，且都是常見又易隨手取得的材料。

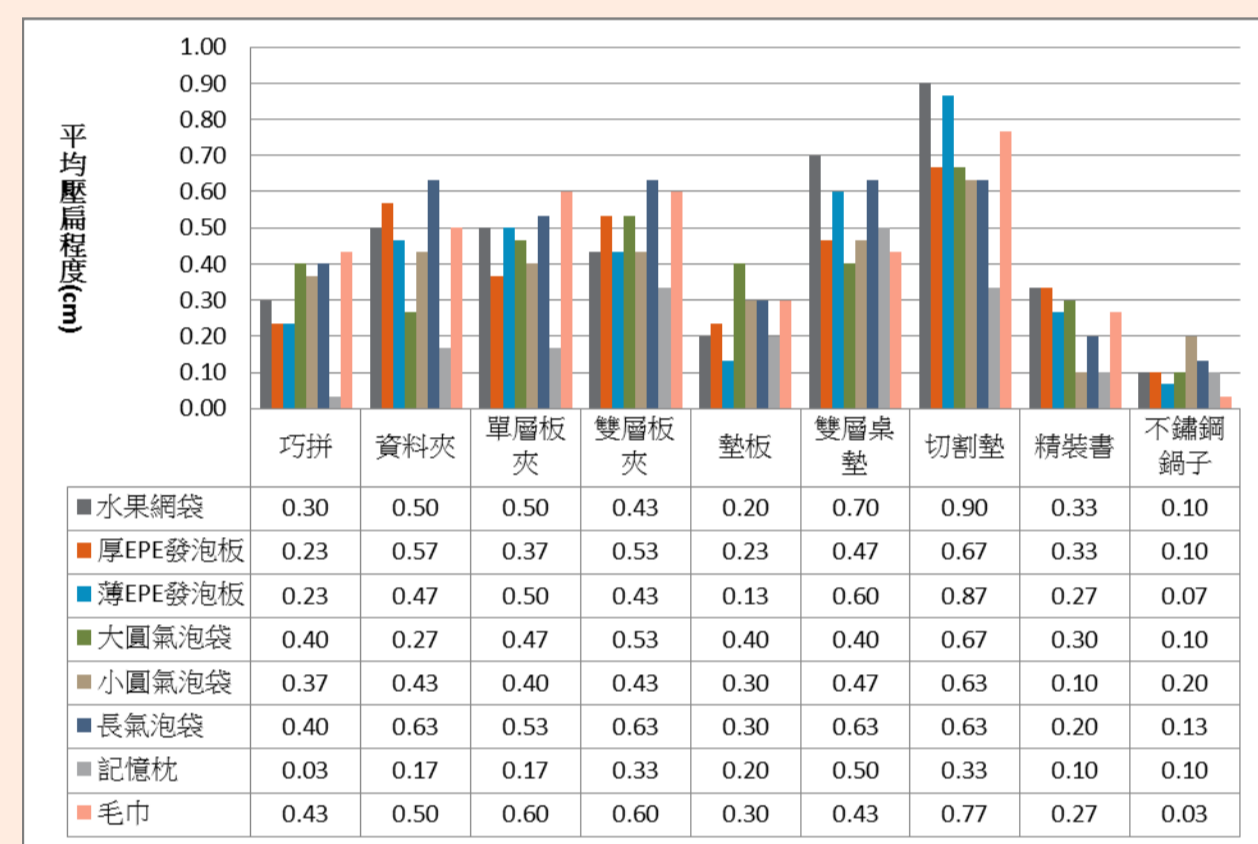
5.依照實驗結果，每一種緩衝材搭配壓克力板的保護效果都比防災頭套(平均凹陷深度 0.58cm、平均壓扁程度 0.7cm)及只用課本(平均凹陷深度 0.07cm、平均壓扁程度 0.72cm)還要好。

6.我們淘汰了效果最差的 EPE 發泡布、薄海綿和連通氣泡袋，以及發出爆破聲的方形氣泡袋(大)，和不易取得的方形氣泡袋(小)，取最佳五種內層緩衝材繼續以下實驗。

(二)【實驗九～實驗十七】外層使用巧拼、資料夾、單層板夾、雙層板夾、墊板、雙層桌墊、切割墊、精裝書、不鏽鋼鍋子，搭配厚度 3cm 的各種內層材質綜合比較：



- 1.外層材質的抗凹陷效果最差的是巧拼，其次是雙層桌墊。
- 2.巧拼和雙層桌墊和其他材質相比，都是屬於比較柔軟的材質，故我們推論柔軟材質較不適於當自製防災頭套的外層，抗凹陷效果不佳。
- 3.兩者都以搭配內層長氣泡袋效果最不佳。
- 4.外層材質搭配內層後的抗壓扁效果最好的是不鏽鋼鍋子，其次是墊板和精裝書，最差的是切割墊。
- 5.內層效果不佳的材質以毛巾和長氣泡袋居多。
- 6.各種外層搭配內層記憶枕大多效果不錯(平均壓扁程度不超過 0.5cm)。
- 7.以上實驗結果大多都比用防災頭套(平均凹陷深度 0.58cm、平均壓扁程度 0.7cm)的效果好。



結論

我們的研究發現市售的防災頭套在受到掉落物體撞擊時，保護效果其實並不好，只能抵禦很輕並且不高的掉落物。若是地震發生時，手邊剛好有其他的護具(如機車安全帽等)，應該優先使用護具，如果沒有護具，則建議遵循外層堅硬、內層有彈性的大原則，就近選擇手邊堅硬的材質當作外層(例如精裝書、塑膠、不鏽鋼等)，內層墊著任何 3cm 厚的緩衝材(如記憶枕、毛巾衣物、氣泡袋等)，效果都比防災頭套還要好喔！而像我們每年都會進行防災演練的學生，可以利用學校課程結合防災教育，事先製作好自己的防災頭套。

本研究中，我們一共測試了 101 種外層加內層的組合，其中 96% 的組合都比使用防災頭套的效果好(平均凹陷深度 0.58cm、平均壓扁程度 0.7cm)，也比平時只拿一本課本的效果好(平均凹陷深度 0.07cm、平均壓扁程度 0.72cm)，其中 69% 的組合都比使用機車安全帽的效果好(平均凹陷深度 0cm、平均壓扁程度 0.5cm)。可以參考我們的研究結果，選擇你身邊現成的材料製作，例如：平時外層是桌墊或資料夾，內層是午睡枕或毛巾，發生地震時可以一秒結合，變身為最安全的防災頭套，讓大家在疏散時能保護頭部，面對地震時也有一「套」！

參考資料及其他

- 1.防撞逃生艙(無日期)。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品說明書。2020 年 3 月 7 日，取自 <http://ftp.slps.tn.edu.tw/eduweb/natural%20science/51%E5%B1%86%E4%BD%B3%E4%BD%9C-%E9%98%B2%E6%92%9E%E9%80%83%E7%94%9F%E8%89%99.pdf>
- 2.柯皓翔(2019 年 9 月 20 日)。【科普圖解】穿越地心，透析 921——地球告訴我們的地震祕密與防災之道。2020 年 3 月 7 日，取自 <https://www.twreporter.org/a/921-earthquake-20th-popular-science>
- 3.黃鈺程、姜右軒、葉政嘉(2018)襲從天降~緩衝材料吸收撞擊之實驗探討。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會作品。2020 年 3 月 7 日，取自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-051811.pdf>