

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030821

輕質看板之結構設計與線型角架合體的行動研究

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者： 國二 涂力魁 國一 塗振育 國一 呂浩瑋	指導老師： 賴月琴 林勝結
---	-----------------------------

關鍵詞：輕質看板、線型支架之結構設計、負荷承載
重

輕質看板之結構設計與線型角架合體的行動研究

中文摘要

為了達到輕鬆搬且便宜、易收易放的輕質看板功能，我們研究以冷氣封板塑材、四尺鋁條、1 號及 2 號壓線條等主要材料，成功地製造出防水且輕質的全座型看板。

為了解決輕質看板承載桌面的負荷重問題，我們從容易操作的不同種類紙質的負重能力，開始比較堅固的結構狀態；以鐵絲製作不同的線形排列角架，進行比較負荷承載重物的最佳結構型態及使用較少原物料的設計。

為了解決全座型的輕質看板「迎風偏移及傾倒」的問題，我們以縮小輕質看板與線型角架合體的不同排列方式，企圖找出較佳的迎風強度結構。

為了取代舊型書桌承載看板桌面負荷重的問題，我們最後以塑膠水管製作可伸縮且定位高度的線型角架設計，以達到改進校內科展看板存放空間、佈置及校外科展看板搬運佈置的省力、省時、省錢的終極目的。

研究報告

壹、研究動機

每次爸爸開車經過環中路時，我都忍不住注視高架橋下的支撐鐵架，不管我們曾經經過了幾次，它始終都沒有被壓跨，我覺得這種結構很厲害。

現在十二年國教我們都要有服務學習認證的時數，我覺得這樣很好，可以服務又可以學習。聽同學說，他的哥哥從一年級就參加學校的科展；現在二年級時，他們繼續做科展也同時去申請當設備組的服務志工；我們也一起報名，等候機會，有時看著學長們每天都忙得很高興、很充實，讓我們很羨慕！終於，我們在佈置校內科展時，倆人搬著半座的舊看板放到兩張舊型學生書桌上，兩張書桌上要先放梯形桌面，再把還舊看板立起來，打開後卡在梯形桌面的 L 型夾中，我還不小心被夾到過一次，真是痛死了！！

為什麼要做這麼重的看板？只有半座而已就要兩個人搬，我們是能理解啦~，若是全座的看板，大概憑我們兩個一年級的小男生，大概也搬不動…。突然！那高架橋和那支撐鐵架的畫面閃過了我的腦海，我忍不住和組長提出我們想做「輕的看板和支撐架」的看法，沒想到，立刻提案通過，科展實作之路就開始展開了！

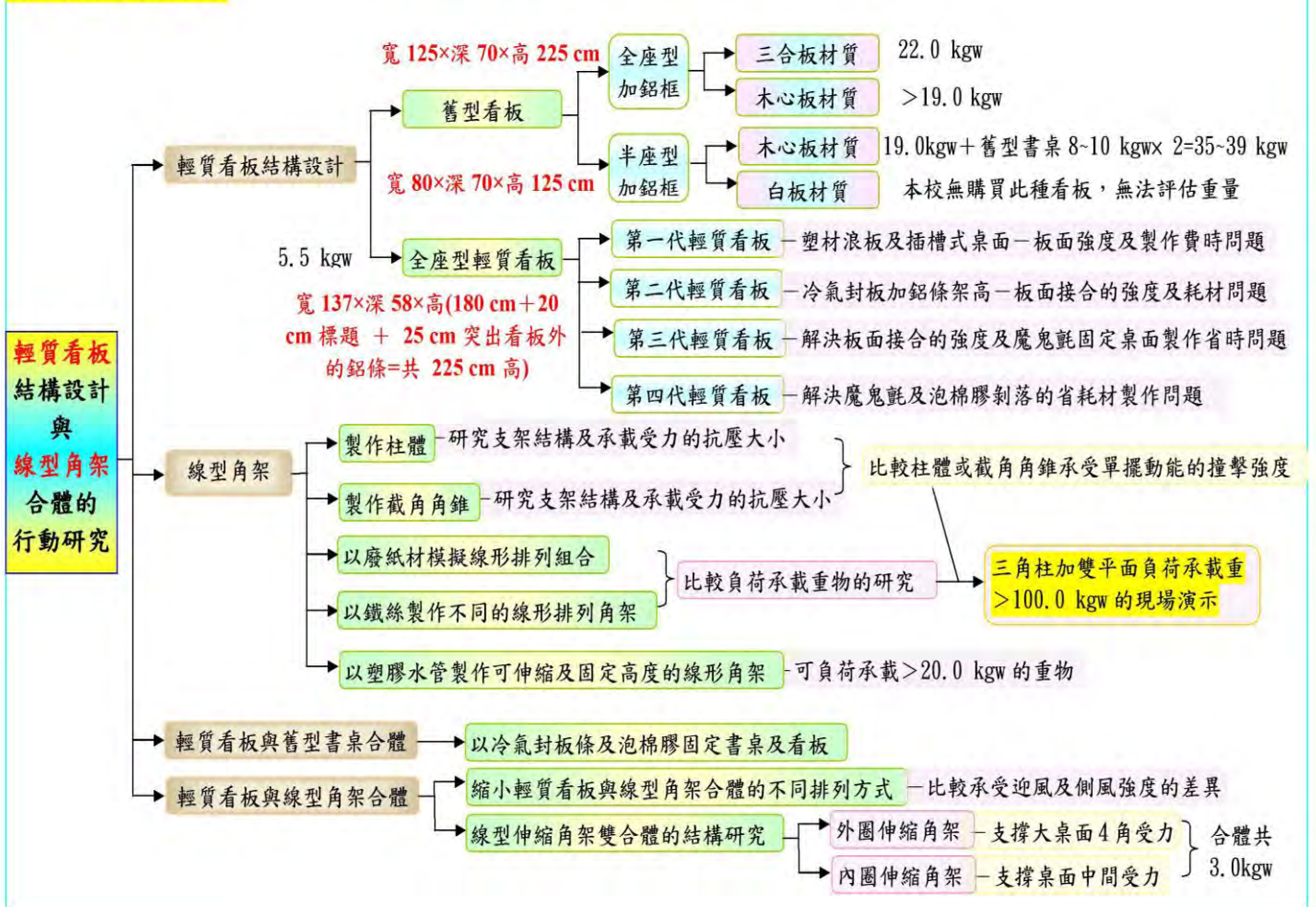
貳、研究目的

- 一、輕質看板材料的比較及結構的設計
- 二、以縮小輕質看板的的不同排列方式比較承受迎風及側風強度的差異
- 三、柱體的支架結構及承載受力的抗壓大小研究
- 四、截角角錐的支架結構及承載受力的抗壓大小研究
- 五、三邊形及四邊形柱體或截角角錐承受單擺動能撞擊強度的比較
- 六、以報廢電腦卡及廢紙箱模擬最少線形排列組合負荷承載重物的研究
- 七、以鐵絲製作不同的線形排列角架比較負荷承載重物的研究
- 八、縮小輕質看板與線型角架合體的不同排列方式比較承受迎風及側風強度的差異

參、研究設備器材

磅秤、砂子、回收粉筆盒、膠帶、不同材質的紙(報紙、影印紙、西卡紙、厚紙板)、小刀、剪刀、不同粗細的鐵絲、電火布、魔帶、21 號折線、金蔥線、塑材浪板、冷氣封板、封板膠帶、魔鬼氈、鋁板、泡棉膠、水管、螺絲、螺絲板手、丸母、螺帽、水管剪子、鑽孔機、數位相機、電腦、自製線型支架、自組單擺裝置、自製輕質看板、自製伸縮水管角架、自製線型紙板合體桌面

創新研發的架構流程



肆、研究過程或方法

研究一、輕質看板材料的比較及結構的設計

(一)現有訂製及傳統早期的看板

1. 傳統早期的全座看板有用三合板的，學校也有，但放在倉庫最裡層，不少已蛀蝕得差不多了。
2. 傳統後期的全座看板為實心木質的，買價不斐，每座得要一萬多元、即使半座的也要七千多元。
3. 傳統半座看板就是重及貴，加上還要用兩張舊型學生書桌當支撐架，每架完一件作品的看板，不止累得半死，整個童軍大教室放了十幾件就得移動書桌好幾次，才勉強讓評審動線順暢一些。

(二)全國紙看板

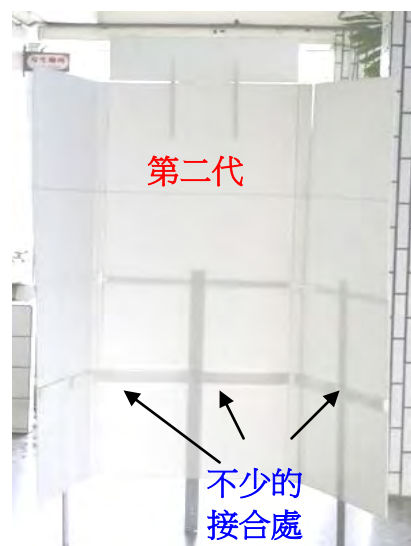
1. 學校還有幾件半座紙看板，據說是從全國賽搬回來的比賽後即統一回收處理掉的資源垃圾，我們在校內科展佈置時有組裝及搬運過，組裝時須將半座紙板的上下方對插，再放到梯形板上以魔鬼氈固定，因為夠輕，易搬也易移位。
2. 紙材看板易形變及懼水：紙看板曾不小心浸到水，已呈現看板兩側不等高及形變的現象。

(三)輕質看板材料找尋及研發過程

1. 經過我們密集的討論及研究，我們的輕質看板是必須捨棄紙材的(即使用防水紙材也是表層防水膜一破就完了，強度也不夠)。
2. 老師提議我們到店家、賣場、夜市及百貨公司等參觀各種實際陳列的看板及立板…。最後，我們共同討論出，以防水的塑材浪板為材料，因為，我們向店家要了一塊準備回收丟棄的塑材浪板回來。
3. 我們在老師的指導下，製作了第一代的輕質看板，老師很不放心，覺得塑材浪板的強度還不夠，還特地到五金

店比較各種塑材，最後，找到了冷氣封板用的塑材。

4. 我們又製作了第二代的全座輕質看板，我們覺得在接合處製作不易且須額外封板支條固定及泡棉膠黏合，無疑地又增加了製作成本。
5. 五金店市售的冷氣封板規格是 $90 \times 90\text{cm}^2$ ，而比賽型規定的看板規格是半座長 130 cm、桌面高度 75 cm，標題板 20 cm，也就是說相當於全座高度為 225 cm，接合製作看似無法避免，多虧老師和五金店老闆的接洽和想到了好的策略，終於解決了我們減少接合製作的目標問題。第三代的輕質看板如右圖所示。



(四) 全座輕質看板的桌面設計

1. 為了整體的美觀，我們決定桌面也用冷氣封板材料，但製作梯形桌面相當耗材，所以我們決定有些用整片的裁切，有的則用接合方式以節省材料。



2. 第一代桌面為插槽式的，我們發現製作難度提高，擺放費時，好不容易插好了，桌子一擺下去，奇怪，有的剛好；有的桌面卻浮起來，原來有的桌子高度不一。



3. 第二代桌面固定用魔鬼氈，因為它有一定的寬度，所以，桌子高度差一、二公分均無妨。第二代的桌面如右上圖所示。

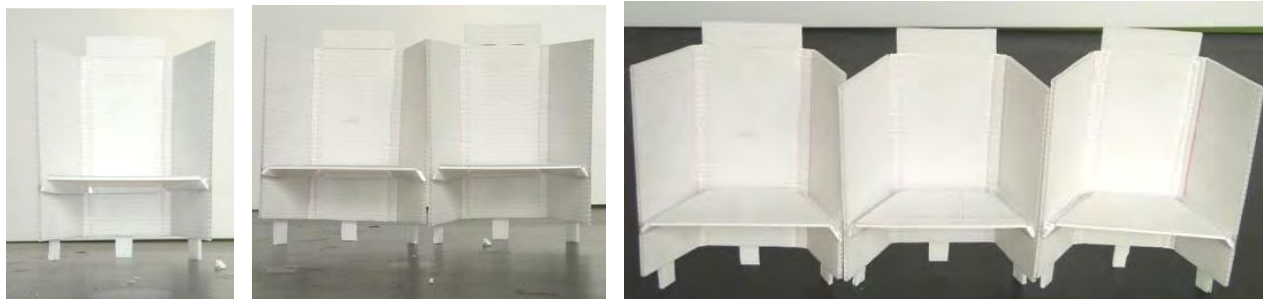
(五) 看板桌面支撐度問題

1. 因為第二代的桌面只是三側分別用魔鬼氈固定，如果桌面下有一張舊書桌撐著當然中間放東西沒問題，但是，梯形桌面前寬 137 cm，後貼合板面的只有 75 cm，也就是說舊書桌兩旁的空位是無法放重物的。

2. 輕質看板因為質輕，如果迎風面，很快就會吹倒了。為了解決這個問題，我們在老師的指導下，先製作縮小為 1/10 尺寸的輕質看板四座，準備進行研究二的主題，以解決下學年校內科展看板排放時，可能會遇到的輕質看板被吹倒踢問題。

研究二、以縮小輕質看板的不同排列方式比較承受迎風及側風強度的差異

我們發現輕質看板和舊書桌兩側，分別用長條剪折成 M 型條加魔鬼氈固定於看板兩側的後端，就可以解決輕質看板迎風被吹倒踢的問題，問題是舊型書桌學校存貨很少，且有些蛀蝕或桌面和桌子抽屜處有分離的情形…。問題真是不少，為了解決看板桌面支撐問題，自己來製作支撐角架是無可避免的努力方向！



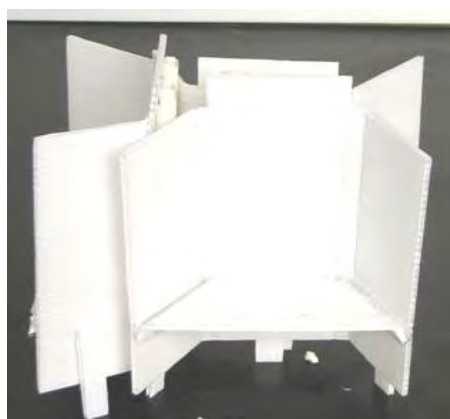
單一座

雙並排雙座

參並排參座



單靠背雙座



參垂直參座

風扇級數及距離的風速強度測定

量測風速的距離 cm	100	200	300	400	500	600
風扇 1 級	4.6	4.6	3.1	2.3	1.8	0.8
風扇 2 級	9.5	5.0	4.7	3.0	1.2	1.3
風扇 3 級	11.7	6.4	4.7	3.5	3.8	2.0

輕質看板縮小為實體的 1/10 大小，以不同擺法陳列，對迎接不同風速強度的比較

輕質看板的不同擺法及迎風面		單座正面迎風	單座側面迎風	雙並排正面迎風	雙並排側面迎風	單靠背正面迎風	單靠背側面迎風
風扇 1 級及量測風速的距離 cm	100	×	×	×	×	✓	✓
	200	×	×	×	✓	✓	✓
	300	×	✓	×	✓	✓	✓
	400	×	✓	×	✓	✓	✓
	500	×	✓	✓	✓	✓	✓
	600	✓	✓	✓	✓	✓	✓

風扇 2 級 及量測 風速的 距離 cm	100	×	×	×	×	√(晃)	√(晃)
	200	×	×	×	×	√	√
	300	×	√	×	√	√	√
	400	×	√	×	√	√	√
	500	×	√	×	√	√	√
	600	√	√	√	√	√	√
風扇 3 級 及量測 風速的 距離 cm	100	×	×	×	×	×	√(晃)
	200	×	×	×	×	√	√
	300	×	×	×	×	√	√
	400	×	√	×	√	√	√
	500	×	√	×	√	√	√
	600	√	√	√	√	√	√
可承受的風扇級數 及迎風距離 cm	1 級:550	1 級:340	1 級:490	1 級:250	1 級:110	1 級:50	
	2 級:550	2 級:395	2 級:585	2 級:299	2 級:210	2 級:110	
	3 級:585	3 級:400	3 級:590	3 級:395	3 級:205	3 級:210	

輕質看板的不同擺 法及迎風面		參並排正 面迎風	參並排側 面迎風	雙靠背正 面迎風	雙靠背側 面迎風	參垂直正 面迎風	參垂直背 面迎風
風扇 1 級 及量測 風速的 距離 cm	100	×	√	×	×	×	×
	200	×	√	√	×	√	√
	300	×	√	√	√	√	√
	400	√	√	√	√	√	√
	500	√	√	√	√	√	√
	600	√	√	√	√	√	√
風扇 2 級 及量測 風速的 距離 cm	100	×	×	×	×	×	×
	200	×	×	×	×	√	√
	300	×	√	√	√	√	√
	400	×	√	√	√	√	√
	500	√	√	√	√	√	√
	600	√	√	√	√	√	√
風扇 3 級 及量測 風速的 距離 cm	100	×	×	×	×	×	×
	200	×	×	×	×	×	×
	300	×	×	×		×	×
	400	×	√	√	√	√	√
	500	×	√	√	√	√	√
	600	√	√	√	√	√	√
可承受的風扇級數 及迎風距離 cm	1 級:350	1 級:100	1 級:150	1 級:200	1 級:150	1 級:150	
	2 級:400	2 級:250	2 級:250	2 級:250	2 級:200	2 級:250	
	3 級:600	3 級:350	3 級:350	3 級:300	3 級:400	3 級:350	

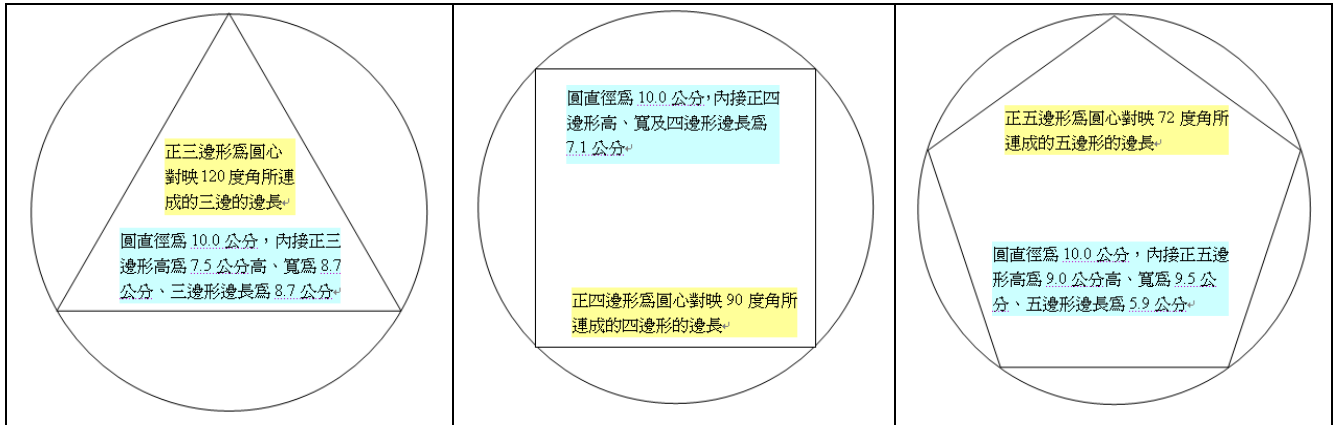
研究三、柱體的支架結構及承載受力的抗壓大小研究

(一)以平面繪製展開柱體的研究

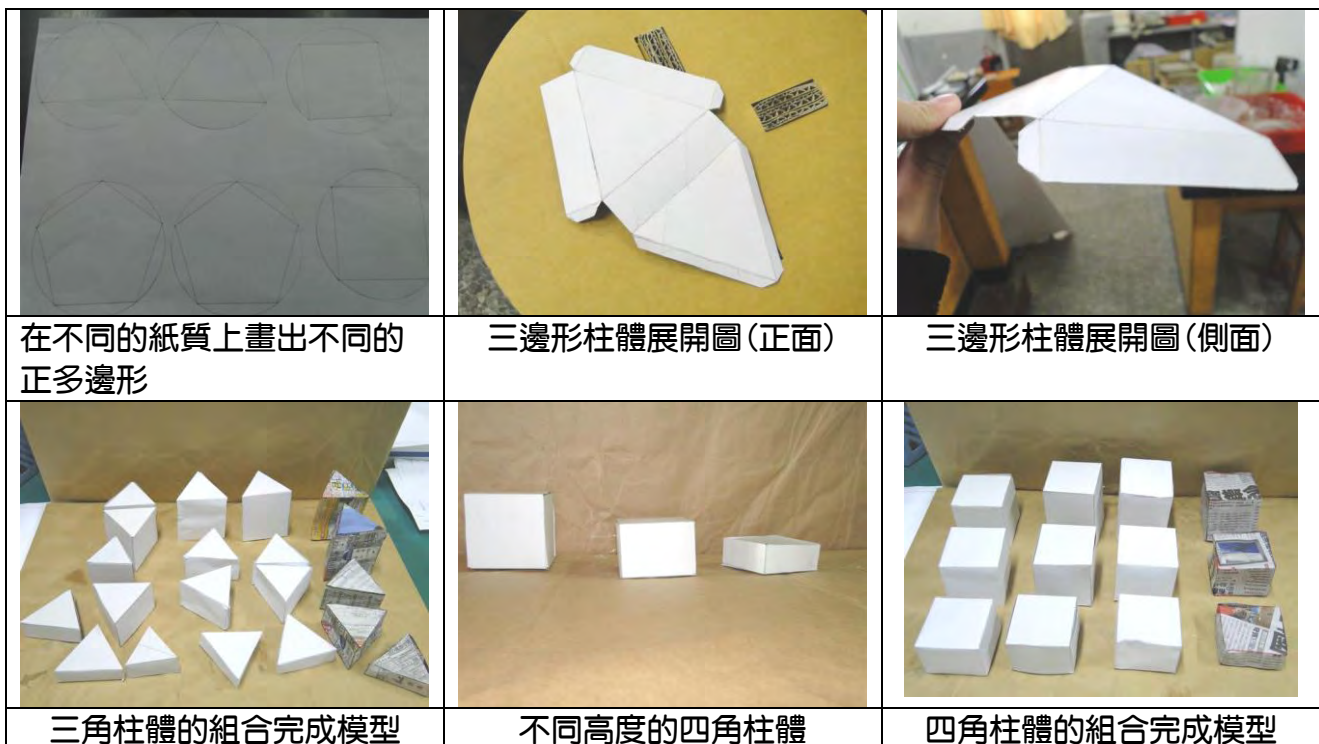
為了比較柱體受力面積大小與抗壓的關係，我們讓不同邊形的柱體面積接近才可以，因此，我們決用同圓半徑內接多邊形的方式！

1. 以 Microsoft Word 畫出同圓半徑，內接不同邊長正多邊形，再依據每種邊形畫出高 2.5 cm、5.0cm、7.5cm、10.0cm、12.5cm 的長方形，再以 A4 投影片為材質列印出圖形。

同圓 5cm 半徑、不同邊形圖示如下：



2. 將 A4 投影片上各圖形以尺校準，再用無水原子筆用力壓線，以做為畫在不同紙質上的複製裁片。圖示相片如下：



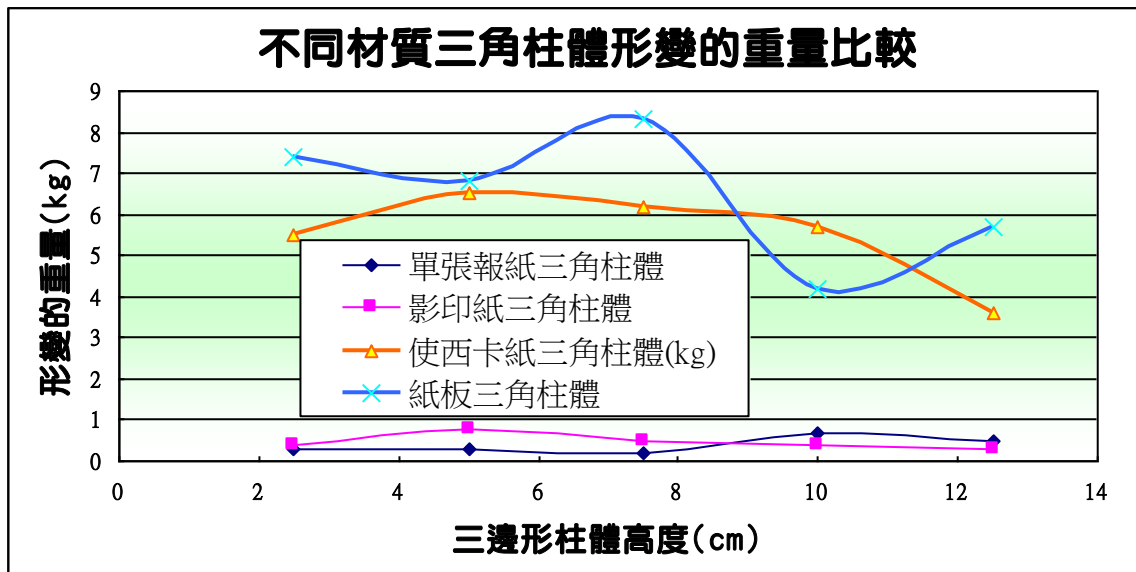
(二)不同邊形柱體承載受力的抗壓大小比較

實測相片圖示如下：



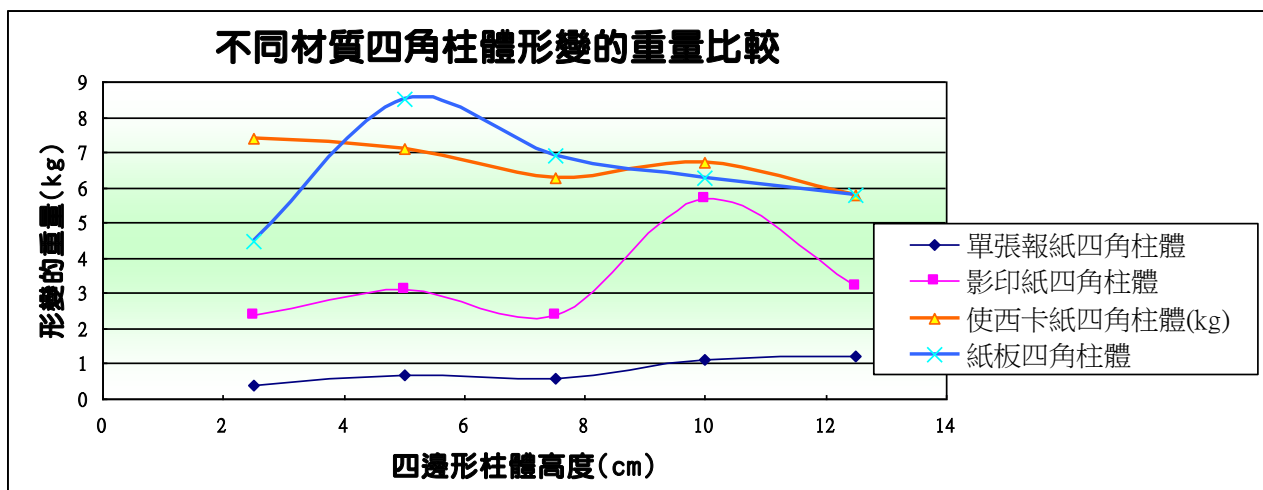
1. 不同高度、不同材質的三角柱體之負荷重比較 (以下為記錄使柱體形變的重量)

三邊形柱體高度(cm)	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5
使單張報紙三角柱體形變的重量(kg)	0.3	0.3	0.2	0.7	0.5
使影印紙三角柱體形變的重量(kg)	0.4	0.8	0.5	0.4	0.3
使西卡紙三角柱體形變的重量(kg)	5.5	6.5	6.2	5.7	3.6
使紙板三角柱體形變的重量(kg)	7.4	6.8	8.3	4.2	5.7



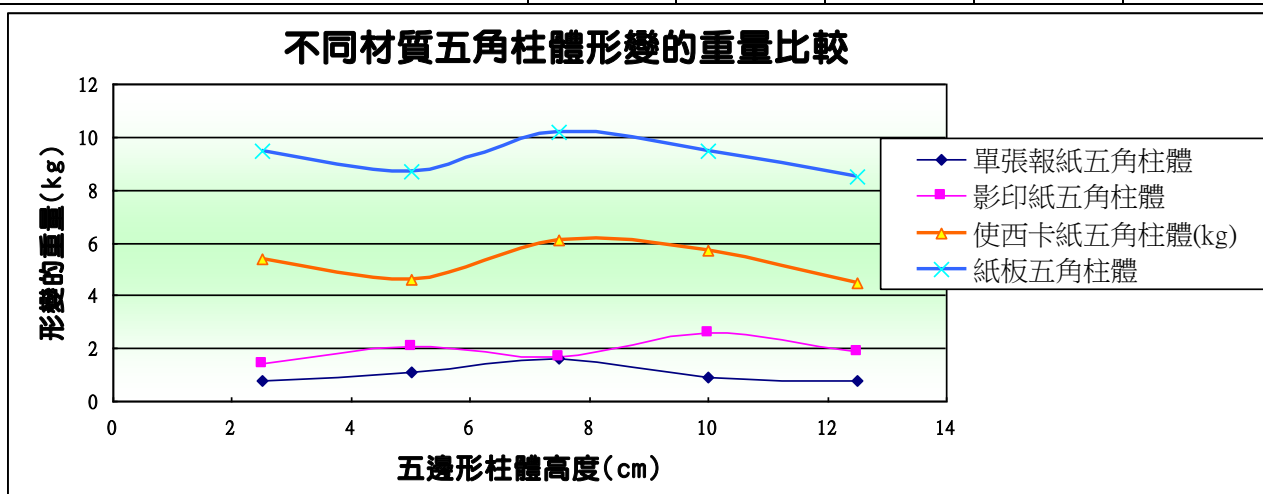
2. 不同高度、不同材質的四角柱體之負荷重比較 (以下為記錄使柱體形變的重量)

四邊形柱體高度 (cm)	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5
使單張報紙四角柱體形變的重量(kg)	0.4	0.7	0.6	1.1	1.2
使影印紙四角柱體形變的重量(kg)	2.4	3.1	2.4	5.7	3.2
使西卡紙四角柱體形變的重量(kg)	7.4	7.1	6.3	6.7	5.8
使紙板四角柱體形變的重量(kg)	4.5	8.5	6.9	6.3	5.8



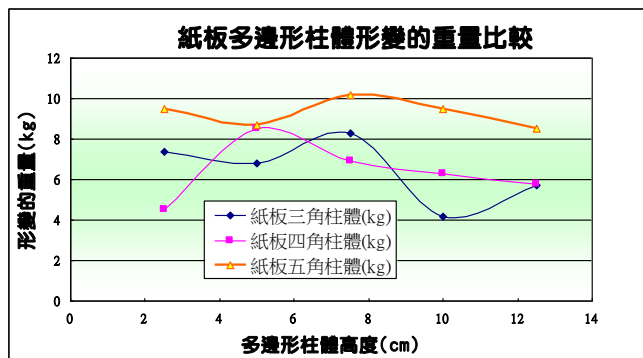
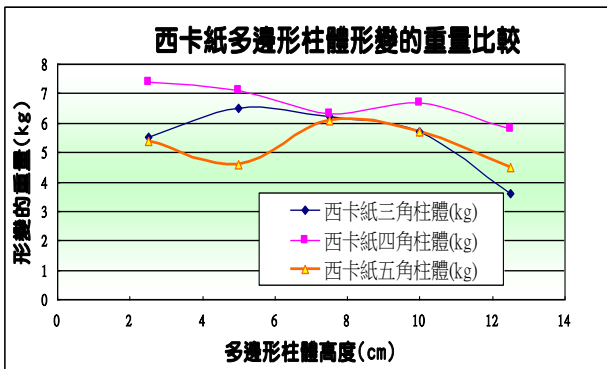
3. 不同高度、不同材質的五角柱體之負荷重比較 (以下為記錄使柱體形變的重量)

五邊形柱體高度 (cm)	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5
使單張報紙五角柱體形變的重量 (kg)	0.8	1.1	1.6	0.9	0.8
使影印紙五角柱體形變的重量 (kg)	1.4	2.1	1.7	2.6	1.9
使西卡紙五角柱體形變的重量 (kg)	5.4	4.6	6.1	5.7	4.5
使紙板五角柱體形變的重量 (kg)	9.5	8.7	10.2	9.5	8.5

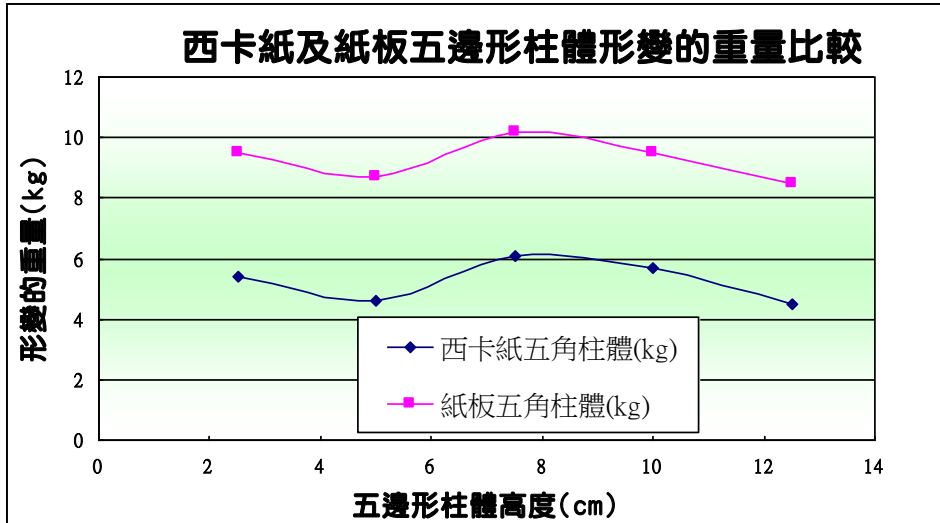
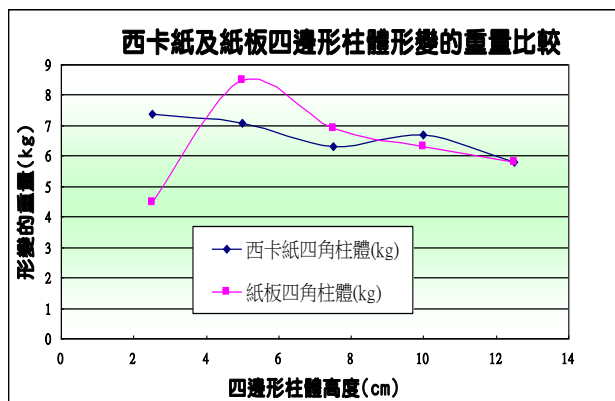
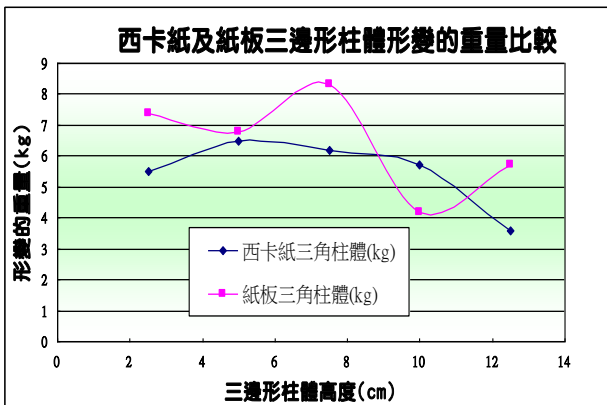


4. 綜合實測結果

(1) 將各同材質、不同邊形柱體形變的負荷重比較



(2) 將結果較佳的兩種不同材質、相同邊形柱體形變的負荷重比較



紙板材質兩薄層紙膠合中間波浪紙的強度比起壓合成厚厚的西卡紙承載重物的負荷量大，而且，柱體愈多邊形，負荷承載差異似乎愈明顯。

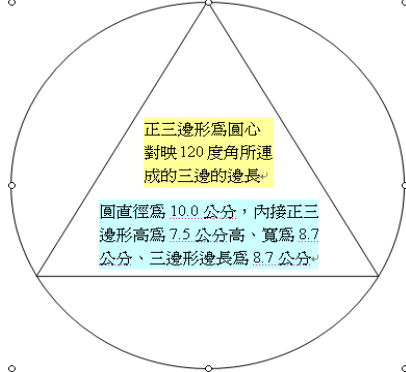

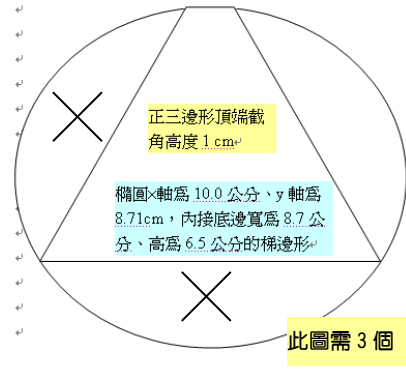

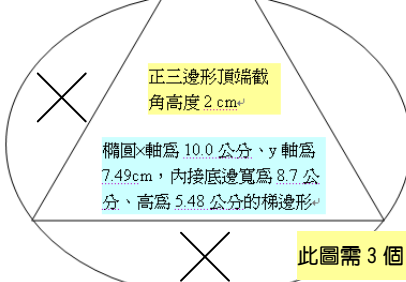

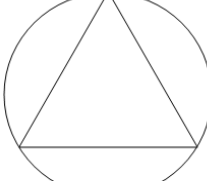
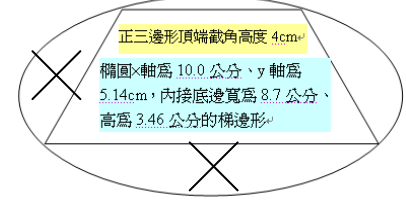
那截角角錐的情形是否也是如此呢？

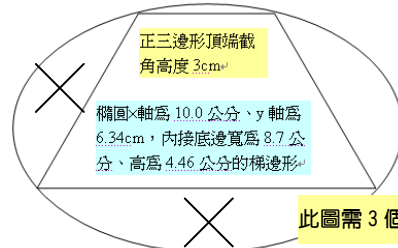
研究四、截角角錐的支架結構及承載受力的抗壓大小研究

(一)以平面繪製展開角錐及截角的角錐研究

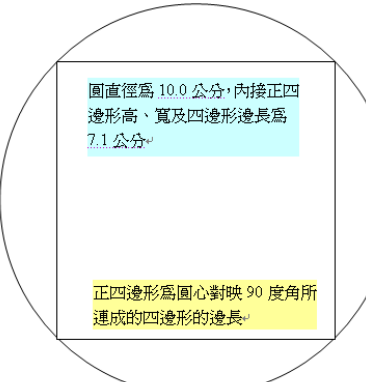
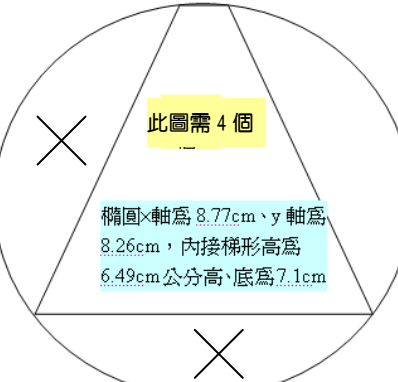

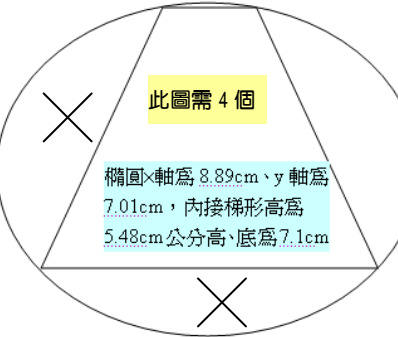
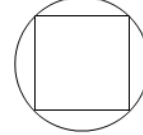
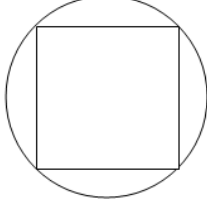
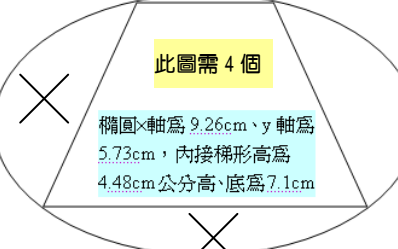
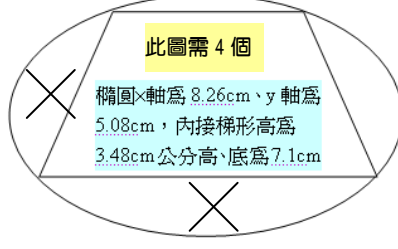
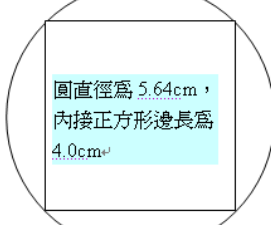
1. 我們繪製角錐展開圖組成模型時，因為頂部為點狀而非平面，所以，我們需將頂部截角，形成截角的角錐上下為不同邊長的相同邊形多面體。同研究一，同樣需要預留黏接面，組成立體模型時才會堅固。
2. 我們仍然採用圓內接多邊形的方式來繪製角錐，唯不同的是截角的角錐無法像柱體的長方形連續接圖畫，所以，截角的角錐還是採用間隔橢圓內接梯邊形的方式預留兩兩相接梯邊形的黏接面！
3. 以 Microsoft Word 畫出同圓半徑，內接不同邊長正多邊形，再依據每種邊形畫出高 1.0 cm、2.0cm、3.0cm、4.0cm 的梯邊形(底邊長需與圓內接的多邊形同邊長)；而這些梯邊形需採用間隔橢圓內接梯邊形的方式預留兩兩相接梯邊形的黏接面，再以 A4 投影片為材質列印出圖形，以做為畫在不同紙質上的裁片。同圓 5cm 半徑、不同邊形截角的角錐體圖示如下：

(1). 邊長 7.5 cm 正三角錐截角 1~4cm 高的截角三角錐體圖示

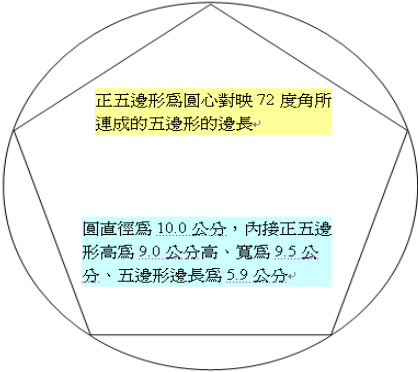
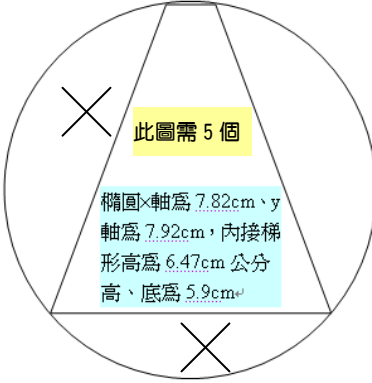

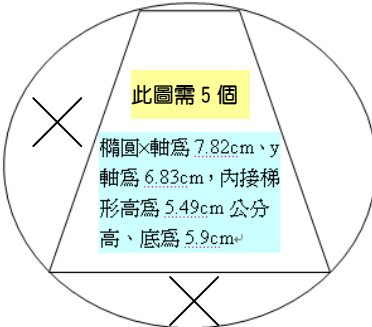
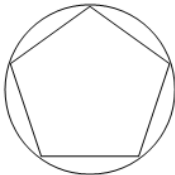
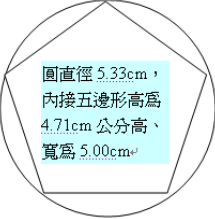
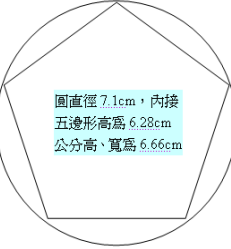
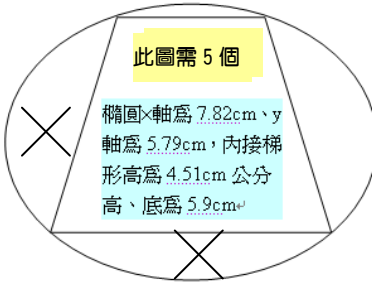
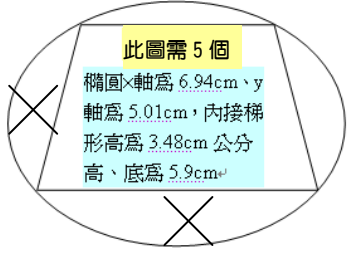
 <p>正三邊形為圓心對映120度角所連成的三邊的邊長。</p> <p>圓直徑為10.0公分，內接正三邊形高為7.5公分高、寬為8.7公分、三邊形邊長為8.7公分。</p> <p>每一個截角三角錐體皆需這個底圖</p>	 <p>橢圓直徑 X 軸為 1.23cm，Y 軸為 1.57 cm，內接正三邊形高為 1 公分高、寬為 1.16 公分</p> <p>截角 1cm 高度的截角三角錐體 上端三角形受力面積，三角形外圓為黏著部份</p>	 <p>正三邊形頂端截角高度1cm。</p> <p>橢圓x軸為10.0公分、y軸為8.71cm，內接底邊寬為8.7公分、高為6.5公分的梯邊形。</p> <p>此圖需 3 個</p>
<p>共需 5 個圖示以組合截角 1cm 高的截角三角錐體，其餘的以此類推。 以下為不同截角高度的截角三角錐體圖示，每做一個立體的截角三角錐體均需 5 片圖形組合。</p>	 <p>橢圓直徑 X 軸為 2.45cm，Y 軸為 3.07 cm，內接正三邊形高為 2 公分高、寬為 2.32 公分</p> <p>截角 2cm 高度的截角三角錐體 上端受力面積</p>	 <p>正三邊形頂端截角高度2cm。</p> <p>橢圓x軸為10.0公分、y軸為7.49cm，內接底邊寬為8.7公分、高為5.48公分的梯邊形。</p> <p>此圖需 3 個</p>
 <p>橢圓直徑 X 軸為 3.88cm，Y 軸為 4.13cm，內接正三邊形高為 3 公分高、寬為 3.48 公分</p>	 <p>橢圓直徑 X 軸為 5.25cm，Y 軸為 5.4 cm，內接正三邊形高為 4 公分高、寬為 4.64 公分</p> <p>截角 4cm 高度的截角三角錐體</p>	 <p>正三邊形頂端截角高度4cm。</p> <p>橢圓x軸為10.0公分、y軸為5.14cm，內接底邊寬為8.7公分、高為3.46公分的梯邊形。</p> <p>此圖需 3 個</p>

 <p>正三邊形頂端截角高度 3cm</p> <p>橢圓x軸為 10.0 公分、y 軸為 6.34cm，內接底邊寬為 8.7 公分、高為 4.46 公分的梯邊形</p> <p>此圖需 3 個</p>	<p>上端受力面積</p>	
--	---------------	--

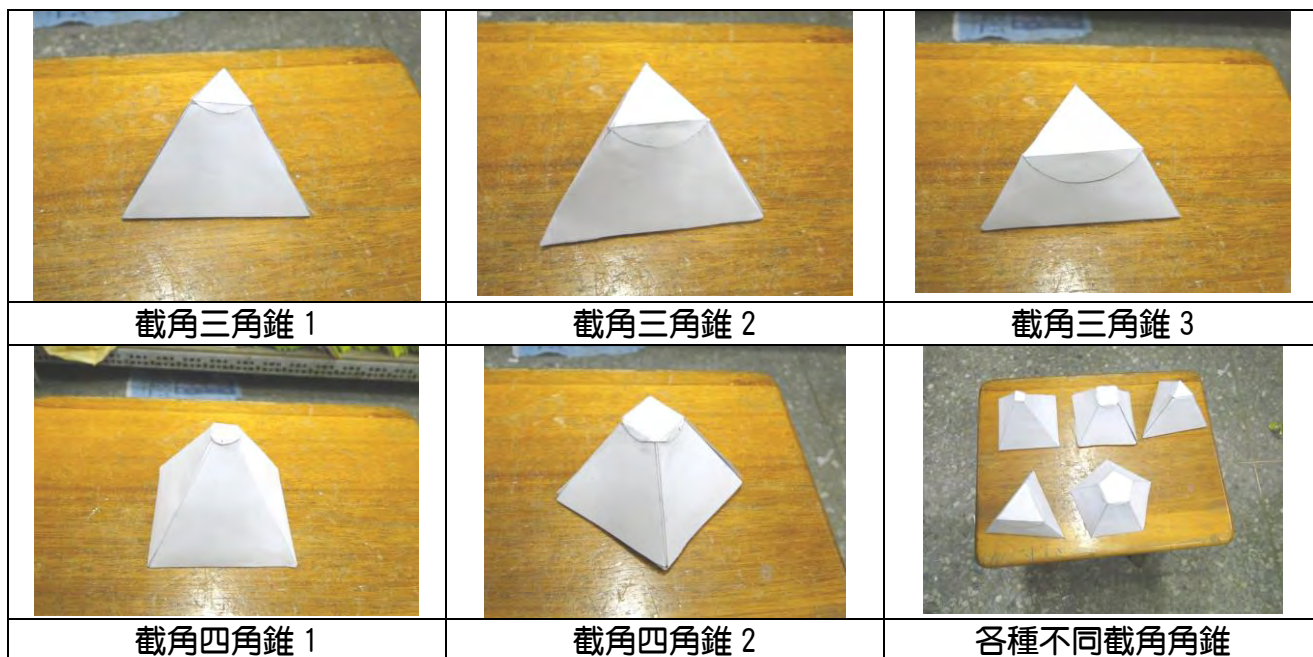
(2). 邊長 7.1 cm 正四角錐截角 1~4cm 高的截角四角錐體圖示

 <p>圓直徑為 10.0 公分，內接正四邊形高、寬及四邊形邊長為 7.1 公分</p> <p>正四邊形為圓心對映 90 度角所連成的四邊形的邊長</p>	 <p>此圖需 4 個</p> <p>橢圓x軸為 8.77cm、y 軸為 8.26cm，內接梯形高為 6.49cm 公分高、底為 7.1cm</p>	 <p>圓直徑為 1.41cm，內接正方形邊長為 1.0cm</p> <p>截角 1cm 高度的截角四角錐體上端四角形受力面積，四角形外圓為黏著部份</p>
<p>每一個截角四角錐體皆需這個底圖</p> <p>共需 6 個圖示以組合截角 2cm 高的截角四角錐體，其餘的以此類推。</p> <p>以下為不同截角高度的截角四角錐體圖示，每做一個立體的截角四角錐體均需 6 片圖形組合。</p>	 <p>此圖需 4 個</p> <p>橢圓x軸為 8.89cm、y 軸為 7.01cm，內接梯形高為 5.48cm 公分高、底為 7.1cm</p>	 <p>圓直徑為 2.82cm，內接正方形邊長為 2.0cm</p> <p>截角 2cm 高度的截角四角錐體上端四角形受力面積</p>
 <p>圓直徑為 4.23cm，內接正方形邊長為 3.0cm</p> <p>截角 3 cm 高度的截角四角錐體上端四角形受力面積</p>	 <p>此圖需 4 個</p> <p>橢圓x軸為 9.26cm、y 軸為 5.73cm，內接梯形高為 4.48cm 公分高、底為 7.1cm</p> <p>右下圖為截角 4cm 高度的截角四角錐體上端四角形受力面積</p>	 <p>此圖需 4 個</p> <p>橢圓x軸為 8.26cm、y 軸為 5.08cm，內接梯形高為 3.48cm 公分高、底為 7.1cm</p>  <p>圓直徑為 5.64cm，內接正方形邊長為 4.0cm</p>

(3). 邊長 5.9 cm 正五角錐截角 1~4cm 高的截角五角錐體圖示

 <p>正五邊形為圓心對映 72 度角所連成的五邊形的邊長。</p> <p>圓直徑為 10.0 公分，內接正五邊形高為 9.0 公分高、寬為 9.5 公分、五邊形邊長為 5.9 公分。</p>	 <p>此圖需 5 個</p> <p>橢圓×軸為 7.82cm、y 軸為 7.92cm，內接梯形高為 6.47cm 公分高、底為 5.9cm。</p>	 <p>圓直徑 1.76cm，內接五邊形高為 1.54cm 公分高、寬為 1.63cm</p> <p>截角 1cm 高度的截角五角錐體上端五角形受力面積，五角形外圓為黏著部份</p>
<p>每一個截角五角錐體皆需這個底圖共需 7 個圖示以組合截角 1cm 高的截角五角錐體，其餘的以此類推。以下為不同截角高度的截角五角錐體圖示，每做一個立體的截角五角錐體均需 7 片圖形組合。</p>	 <p>此圖需 5 個</p> <p>橢圓×軸為 7.82cm、y 軸為 6.83cm，內接梯形高為 5.49cm 公分高、底為 5.9cm。</p>	 <p>圓直徑 3.55cm，內接五邊形高為 3.14cm 公分高、寬為 3.33cm</p> <p>截角 2cm 高度的截角五角錐體上端五角形受力面積</p>
 <p>圓直徑 5.33cm，內接五邊形高為 4.71cm 公分高、寬為 5.00cm。</p> <p>截角 3cm 高度的截角五角錐體上端五角形受力面積</p>  <p>圓直徑 7.1cm，內接五邊形高為 6.28cm 公分高、寬為 6.66cm</p> <p>截角 4cm 高度的截角五角錐體上端五角形受力面積</p>	 <p>此圖需 5 個</p> <p>橢圓×軸為 7.82cm、y 軸為 5.79cm，內接梯形高為 4.51cm 公分高、底為 5.9cm。</p>	 <p>此圖需 5 個</p> <p>橢圓×軸為 6.94cm、y 軸為 5.01cm，內接梯形高為 3.48cm 公分高、底為 5.9cm。</p>

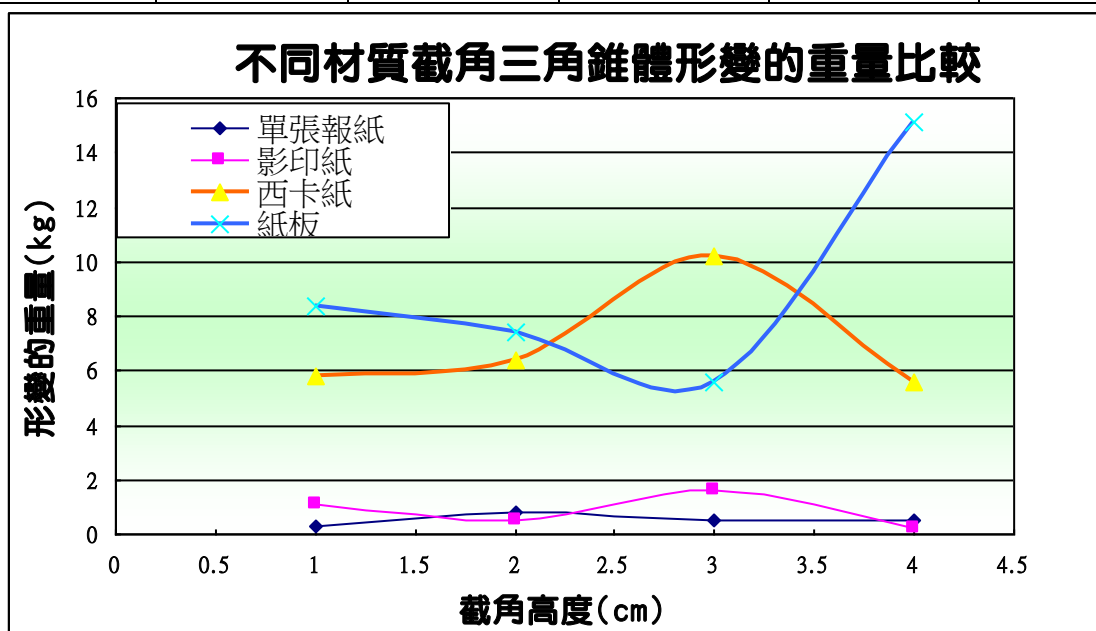
(4) 將 A4 投影片上各圖形以尺校準，再用無水原子筆用力壓線，以做為畫在不同紙質上的複製裁片。圖示相片如下：



(二) 不同邊形截角角錐承載受力的抗壓大小比較

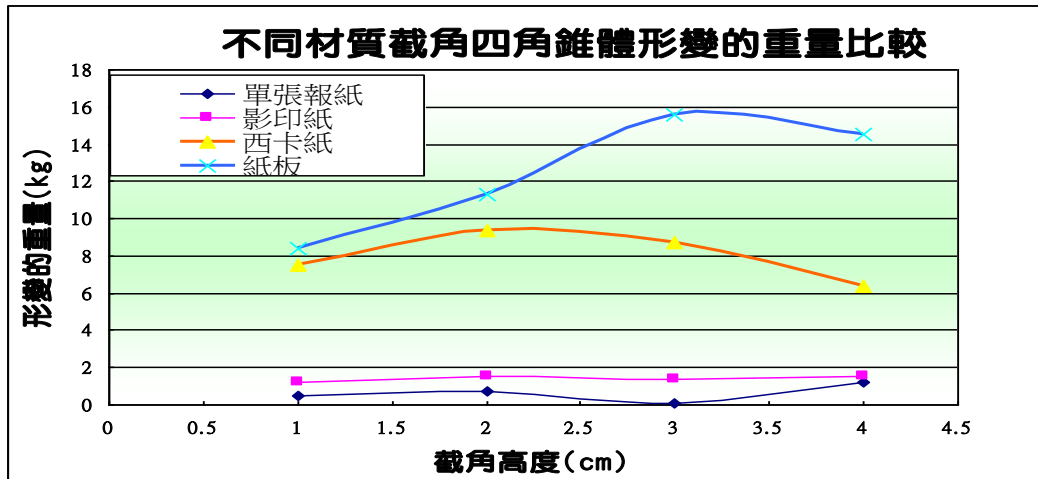
1. 同圓 5cm 半徑三邊形邊長 7.5cm、相同高度 5cm 截角三角錐體；不同截角高度、不同材質的截角三角錐體之負荷重比較 (以下為記錄使柱體形變的重量)

三角錐截角高度(cm)		1	2	3	4
使截角三角錐體形變的重量(kg)及材質種類	單張報紙	0.3	0.8	0.5	0.5
	影印紙	1.1	0.5	1.6	0.2
	西卡紙	5.8	6.4	10.2	7.2
	紙板	8.4	7.4	5.6	15.1



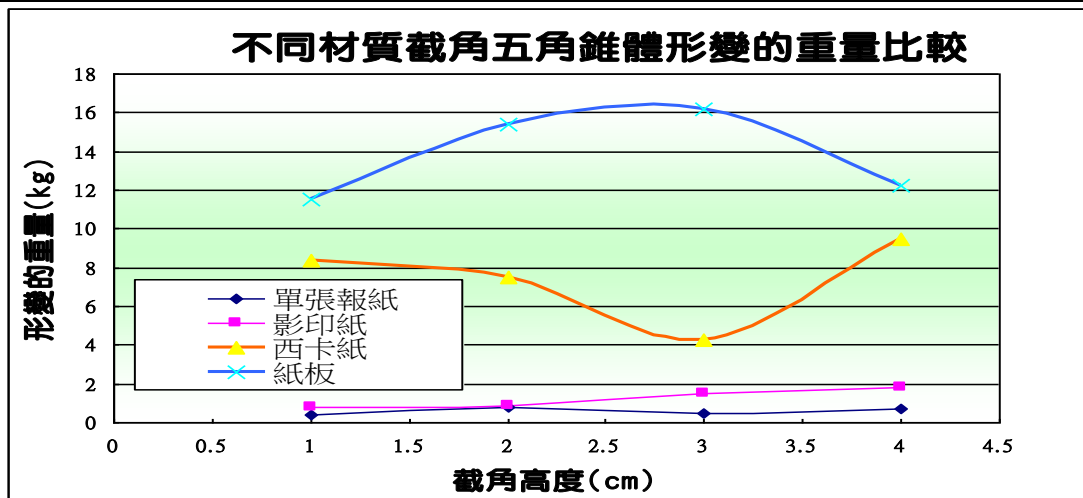
2. 同圓 5cm 半徑四邊形邊長 7.1cm、相同高度 5cm 截角四角錐體；不同截角高度、不同材質的截角四角錐體之負荷重比較

四角錐截角高度(cm)		1	2	3	4
使截角四角錐體形變的重量(kg)及材質種類	單張報紙	0.5	0.7	0.1	1.2
	影印紙	1.2	1.5	1.4	1.5
	西卡紙	7.5	9.4	8.7	6.4
	紙板	8.4	11.3	15.6	14.5



3. 同圓 5cm 半徑五邊形邊長 5.9cm、相同高度 5cm 截角五角錐體；不同截角高度、不同材質的截角五角錐體之負荷重比較

五角錐截角高度(cm)		1	2	3	4
使截角五角錐體形變的重量(kg)及材質種類	單張報紙	0.4	0.8	0.5	0.7
	影印紙	0.8	0.9	1.5	1.8
	西卡紙	8.4	7.5	4.3	9.5
	紙板	11.5	15.4	16.2	12.2



截角角錐體的負荷承載差異情形也是和柱體的結果大同小異。但是我們考量五邊形的柱體或截角角錐體較難製作，因此接下來，用不同撞擊的能量來比較三邊形及四邊形的柱體或截角角錐體的負荷撞擊強度差異。

研究五、三邊形及四邊形柱體或截角角錐承受單擺動能撞擊強度的比較

測量不同的柱體所能承受單擺的最大撞擊角度，單擺質量為 2.3kg，利用國三的位能

轉動能公式 $m \times g \times h = \frac{1}{2} \times m \times v^2$ 知道擺角愈大，撞擊力道愈大。

(一) 同圓 5cm 半徑三邊形邊長 7.5cm 的不同高度柱體承受單擺撞擊比較

(記錄使柱體形變的角度)

三邊形柱體高度 (cm)	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5
使單張報紙三角柱體形變的角度	2°	3°	2°	3°	1°
使影印紙三角柱體形變的角度	7°	5°	5°	6°	8°
使西卡紙三角柱體形變的角度	23°	35°	27°	38°	15°
使紙板三角柱體形變的角度	35°	24°	51°	37°	46°

(二) 同圓 5cm 半徑四邊形邊長 7.1cm 的不同高度柱體承受單擺撞擊比較

(記錄使柱體形變的角度)

四邊形柱體高度 (cm)	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5
使單張報紙四角柱體形變的角度	3°	2°	2°	2°	3°
使影印紙四角柱體形變的角度	3°	2°	5°	6°	4°
使西卡紙四角柱體形變的角度	17°	25°	56°	25°	24°
使紙板四角柱體形變的的角度	34°	42°	75°	36°	54°

圖示相片如下：



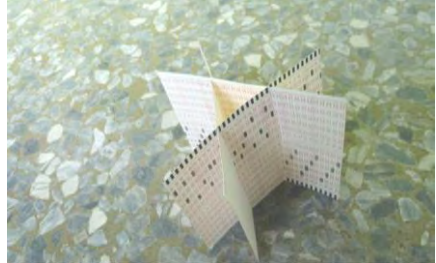


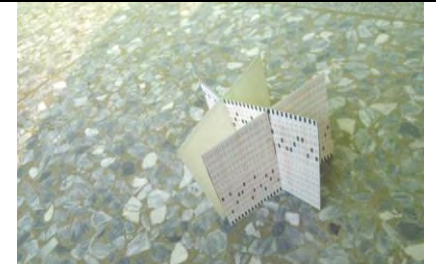
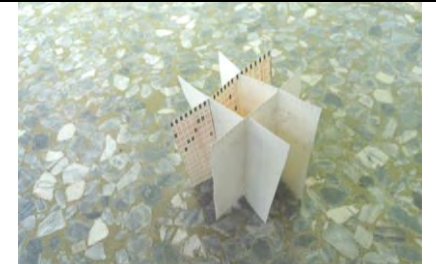
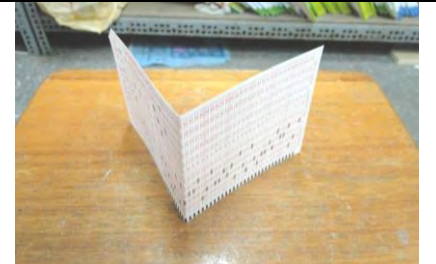
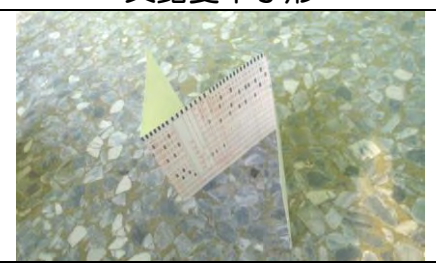
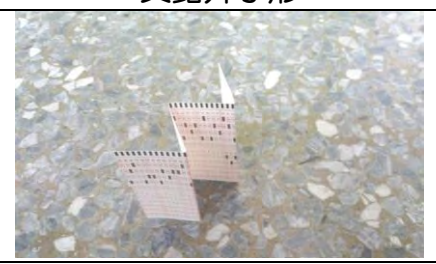
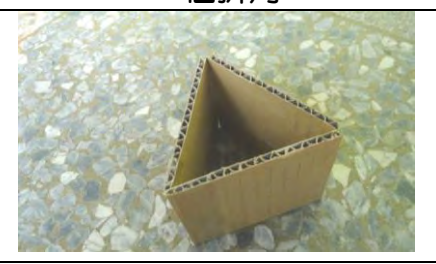


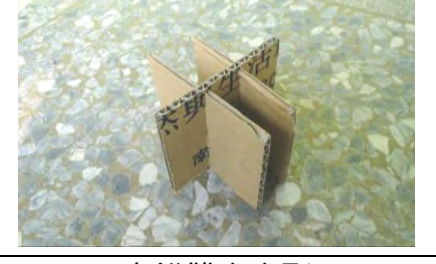



		
三角柱撞擊結果	四角柱開始撞擊	四角柱撞擊結果
		
報紙開始撞擊	報紙撞擊結果	撞擊結果

單擺移動的擺角角度愈大，擺錘所儲備的能量愈高，代表柱體所能承受單擺撞擊的能量愈大。由實驗結果可知，我們推測兩薄層紙中間膠合波浪紙的結構有分散單擺撞擊的能量。因此，下一個實驗，我們決定以紙材模擬不同線型排列組合所能負荷承載重的差異量。

研究六、以報廢電腦卡及廢紙箱模擬最少線形排列組合負荷承載重物的研究

(一)以不同彎折形狀、不同紙材的線形排列

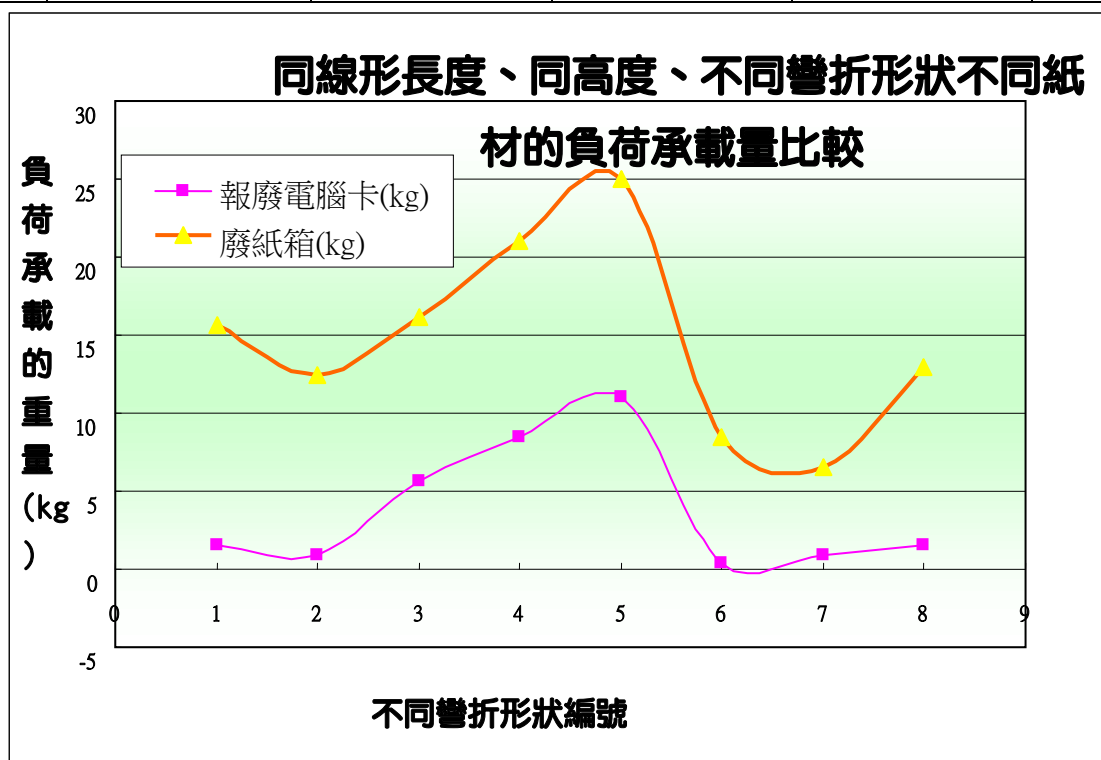
1. 以報廢電腦卡及廢紙箱等紙材，裁剪成總線形長度 30cm、同為高度 8.3cm 的紙材(配合電腦卡的規格)。
2. 將可能製作的不同線形彎折及組合形狀設計如下實作之圖示相片：

		
三角形	四邊形	交錯十字形
		
交錯雙十字形	交錯井字形	一個折角
		
二個折角	三個折角	三角形
		
四邊形	交錯十字形	交錯雙十字形
		
交錯井字形	一個折角或二個折角	三個折角

(二)不同線形彎折形狀、不同紙材的承載物重的負荷量大小比較

1. 以同承載容器，同承載接觸面，不同的內容物重量，分別將各紙材及各線形彎折形狀一、一測試可承載的負荷重。
2. 每測完一種，所承載的容器內均淨空，再重新加不同內容物重，直到各線形彎折形狀產生形變為止。
3. 各線形彎折形狀可承載的負荷重，記錄如下表：

編號		1	2	3	4
線形彎折形狀		三角形	四邊形	交錯十字形	交錯雙十字形
邊長(cm)		10	7.5	15	10
紙材	報廢電腦卡(kg)	1.6	0.9	5.7	8.5
	廢紙箱(kg)	15.6	12.5	16.2	20.9
編號		5	6	7	8
線形彎折形狀		交錯井字形	1個折角	2個折角	3個折角
邊長(cm)		7.5	15	7.5	5
紙材	報廢電腦卡(kg)	10.8	0.4	0.9	1.5
	廢紙箱(kg)	25.4	8.4	6.5	12.7

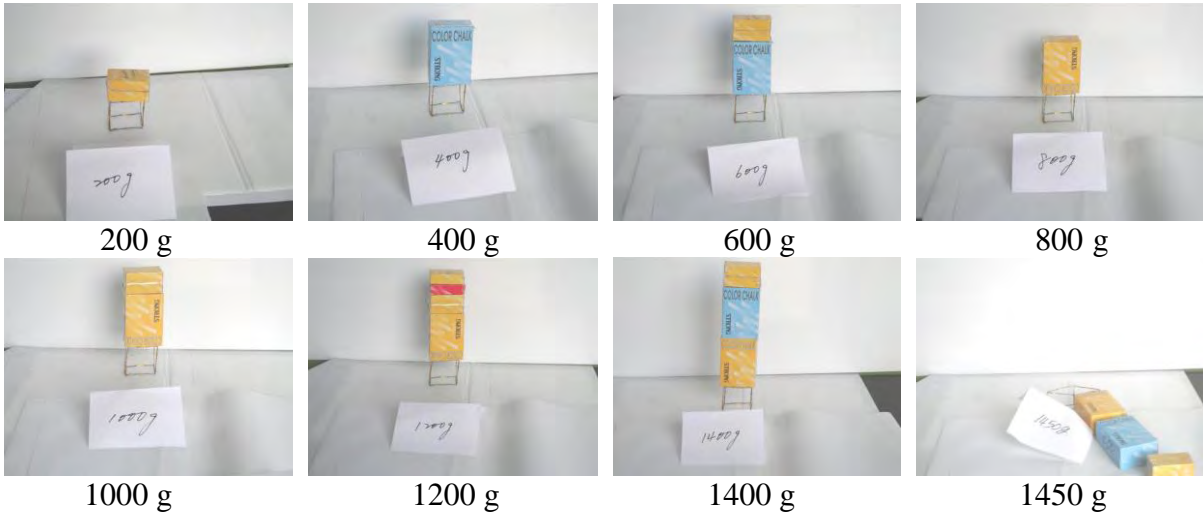


各線形彎折形狀可承載的負荷重，均為各不同邊長的紙箱優於電腦卡之紙材；而且其中以交錯井字形優於交錯雙十字形及交錯十字形。

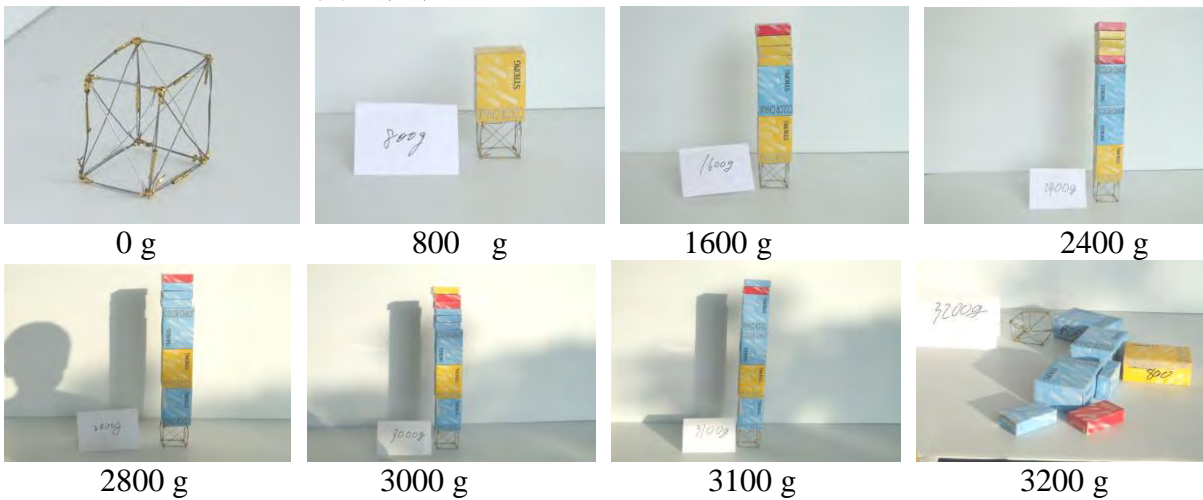
研究七、以鐵絲製作不同的線形排列角架比較負荷承載重物的研究

有了前面四項研究的經驗，再加上觀察高架橋下的支撐鐵架以及上網終於找到國內專門承包公共工程，例如高架橋與科技廠房的昊記支撐架，不管我們曾經經過了幾次，它始終都沒有被壓跨，我覺得這種結構很厲害！為此，我們做了好多次的線型角架組，最後，才算滿意。

1.線型角架承載負荷重實驗(一)



2.線型角架承載負荷重實驗(五)








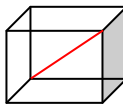
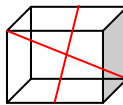
線型角架承載負荷重實驗(十)



其餘幾種線型角架承載負荷重實驗圖示，敬請看現場資料，謝謝！

以下為 10 種實作線型角架承載負荷重的統計圖表：

線型角架承載負荷重比較表

線型角架單側類型						
合成型方 支架 承載 負荷 重後 是否 倒塌	200	✓	✓	✓	✓	✓
	400	✓	✓	✓	✓	✓
	600	✓	✓	✓	✓	✓
	800	✓	✓	✓	✓	✓
	1000	✓	✓	✓	✓	✓
	1200	✓	✓	✓	✓	✓
	1400	✓	✓	✓	✓	✓
	1450	×	✓	✓	✓	✓
	1500	×	✓	✓	✓	✓
1550	×	×	✓	✓	✓	
支架倒塌變形的質量(g)		1450	1500	2350	2100	3200
線型角架單側類型						
合成型方 支架 承載 負荷 重後 是否 倒塌	200	✓	✓	✓	✓	✓
	400	✓	✓	✓	✓	✓
	600	✓	✓	✓	✓	✓
	800	✓	✓	✓	✓	✓
	1000	✓	✓	✓	✓	✓
	1200	✓	✓	✓	✓	✓
	1400	✓	✓	✓	✓	✓
	1450	✓	✓	✓	✓	✓
	1500	✓	✓	✓	✓	✓
1550	✓	✓	✓	✓	✓	
支架倒塌變形的質量(g)		1400	2600	2700	2000	1700

我們選擇以上四種承載負荷重最強的線型角架，準備與縮小實體 1/10 大小的輕質看板合體，以不同擺法陳列，對迎接不同風速、風向強度的差異再做比較，以為最後放大為實物大小時，擺放佈置可能面對迎風偏移、倒蹋等問題，做好因應的設計。

研究八、縮小輕質看板與線型角架合體的不同排列方式比較承受迎風及側風強度的差異

輕質看板縮小為實體的 1/10 大小，與承載負荷重最強的線型角架合體，以不同擺法陳列，對迎接不同風速強度的比較

圖形									
輕質看板與角架合體擺法及迎風面		正面	側面	正面	側面	正面	側面	正面	側面
風扇 1 級及量測風速的距離 cm	100	×	✓	×	✓	×	×	×	×
	200	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×
	300	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×
	400	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
風扇 2 級及量測風速的距離 cm	100	×	✓(轉)	×	×	×	×	×	×
	200	×	✓	×	×	×	✓	×	×
	300	×	✓	×	✓	×	✓	×	×
	400	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×
	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
風扇 3 級及量測風速的距離 cm	100	×	×	×	×	×	×	×	×
	200	×	✓	×	×	×	×	×	×
	300	×	✓	×	×	×	✓	×	×
	400	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	×
	500	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	×
	600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
可承受的風扇級數及迎風距離	1 級:200	1 級:200	1 級:400	1 級:100	1 級:400	1 級:200	1 級:400	1 級:500	
	2 級:350	2 級:150	2 級:450	2 級:250	2 級:500	2 級:250	2 級:400	2 級:550	
	3 級:400	3 級:200	3 級:500	3 級:350	3 級:550	3 級:300	3 級:400	3 級:600	

與前面研究二比較，只加 21 號鐵絲製成的線型角架與輕質看板合體就可承受更近距離的迎風強度，看樣子，我們更有信心可以把問題解決了…。

伍、實驗結果

1. 以冷氣封板塑材、四尺中空鋁條、1 號及 2 號壓線條等主要材料，成功地達到我們想設計「輕鬆搬看板、成本便宜、易收易放防水且輕質的」全座型看板的目的是。
2. 為了解決輕質看板桌面承載的問題，在柱體方面以五角柱體的負重能力最強，錐體方面也是以五角錐體的負重能力最強，但考量製造時間及材料準備均比第二名的四角柱體或四角錐體多出許多；同樣的，線形排列組合方面則是以交錯井字形的負重能力最強，而第三名的交錯十字形不錯，製作時間及材料準備就少非常多。這樣的結果，可以做為製造線型角架時的參考條件。
3. 我們以 21 號極細的鐵絲製作出 10 種相同長、寬的長方體支架，再加上線形組合，排列出不同的線型角架，進行找出比較負荷承載重物的最佳結構型態及使用較少原物料的設計原則，也印證了交錯型的角架是不錯的選擇。
4. 全座型輕質看板太輕，迎風面積又大，為解決其「迎風偏移及傾倒」問題，我們以縮小輕質看板與線型角架合體的不同排列方式，企圖找出較佳的迎風強度結構，有了不錯的成果及作法。
5. 我們發現輕質看板和舊書桌兩側，分別用長條剪折成 M 型條加魔鬼氈固定於看板兩側的後端，就可以解決輕質看板迎風被吹倒踢的問題，問題是舊型書桌學校存貨很少，且有些蛀蝕及佔太多空間問題…。但是，梯形桌面前寬 137 cm，後貼合板面的只有 75 cm，也就是說舊書桌兩旁的空位是無法放置重物的。因此，製作支撐角架是非常必要的！
6. 由研究五得知交叉型的線型角架能承載重物的負荷重最大，但要挑戰省空間、可重疊及現場可快速伸縮固定高度之機能性，若以粗鐵絲做成實際放大的多層線型角架製作費時且不易製品規格化，研發到最後，以「塑膠水管製作可伸縮且定位高度的線型角架設計」最具成效，希望未來可將「輕質看板與可伸縮水管線型角架合體及設計可承載負荷重的實作效能」提昇至量化推廣製作的地步。

陸、參考資料

1. 國中自然第四冊 第六章 力與壓力、第七章 適材適用
2. 國中自然第六冊 第五章 珍惜常用的資源
3. 國中數學第四冊 第二章 幾何圖形
4. 吳記支撐架 <http://www.autowork.com.tw/case/twhc/casedoc.htm>

【評語】 030821

本案利用厚紙板實作看板模型角架合體測試其穩定度、負重能力，並用風速測試。

優點：能有實作模型，了解各形狀的角架等結構的穩定與負荷能力。

建議：能從各種形狀模型、表面積、支撐點等歸納出大致上的關係。