

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 物理科

040109

玻璃風爆

學校名稱：臺中市立西苑高級中學

作者：	指導老師：
高一 周祐利	葉文琦
高一 李振維	楊惠君
高一 蕭諺璟	

關鍵詞： 玻璃、膠帶、風壓

玻璃風爆

摘 要

颱風天時，許多人在玻璃上貼膠帶，想防止玻璃被風吹破。但在玻璃上貼膠帶是否能增加玻璃的抗壓性，且貼哪種字型、哪種材質的膠帶所產生的效果較佳，眾說紛紜，因此我們自製加壓箱，並藉由壓力計及空氣壓縮機等器材，測量不同情形下玻璃抗壓性的變化。我們發現玻璃是由中心附近向外輻射破裂，且貼膠帶後確實能增加玻璃抗壓性，當膠帶貼到玻璃中心或四邊，增強效果都不錯。彈性較佳的布紋封箱膠帶所造成的效果比透明、紙封箱膠帶好。將實驗數據與各級風壓進行比較，顯示就算玻璃不貼膠帶，也可抵擋台灣歷年來最強颱風所產生的風壓，更別說是玻璃貼上膠帶了。但以上結果只適用於我們實驗用的玻璃，當玻璃大小、厚度、材質等不同時，則結果需作調整。

壹、研究動機

記得 2005 年 7 月 18 日，巨大的強烈颱風海棠登陸了，那真是一個風雨交加的夜晚！一聽見颱風要來了，許多商家、住家紛紛做起防颱準備，除了忙著將招牌及各種重型器具牢牢固定外，也有人會利用封箱膠帶將玻璃貼牢，有人貼 X 字形，有人貼十字形，也有人會貼成米字形。花蓮美侖飯店的落地玻璃因這次颱風所帶來的 17 級強風而破掉了。

究竟用膠帶貼玻璃是否真的能有助於玻璃抵抗強風呢？我們藉由網路查詢相關資料，發現說法眾說紛紜。有人認為膠帶可以增強玻璃的抗壓性，且以貼 X 字形的最好，也有人認為貼井字形的好；但是，也有人認為其實貼什麼形都可以，因為貼膠帶根本無法增強玻璃的抗壓性，只是當玻璃破掉時較好收拾罷了。後來，我們打電話詢問台灣玻璃工業公司的人員，他們也認為貼膠帶沒有太大用處。

爲了釐清上述的說法，我們決定藉由實驗模擬，以探討玻璃貼膠帶後的抗壓性變化，且如果貼膠帶真的可以使玻璃較能承受強風的吹襲，那貼哪種形狀、哪種材質的膠帶比較有效呢？希望下次颱風來時，我們的防颱準備可以做得更好。

貳、研究目的及原理

一、研究目的

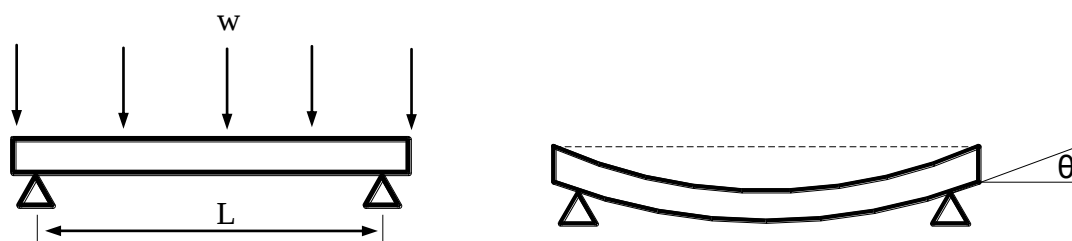
- (一) 觀察四周有框架支撐的正方形玻璃在加壓下破裂的情形及抗壓性。
- (二) 比較正方形玻璃使用布紋封箱膠帶貼上不同字型後的抗壓性。
- (三) 比較正方形玻璃使用不同材質膠帶貼上 X 字型後的抗壓性。

二、研究原理

- (一) 由材料力學得知，一簡支樑（兩端有支點的樑，支點距離為 L ）在平均受壓（每單位長度的均佈載重為 w ）下：

1. 彎曲力矩最大值發生在正中間（ $M_{\max} = \frac{wL^2}{8}$ ）。

2. 最大撓曲角發生在兩端點（ $\theta_{\max} = \frac{wL^3}{24EI}$ ， E 為楊氏模數、 I 為慣性力矩）（圖一）。



圖一 左圖為簡支樑變形前的情形，右圖為簡支樑變形後的情形， θ 為撓曲角。

若將簡支樑的情形推演至我們的實驗，我們認為四周有支撐的玻璃在平均受壓下，彎曲力矩及撓曲角的最大值應該也是發生在正中間。

- (二) 由靜力學得知，由兩端懸吊的繩子，越靠近懸吊點，繩子與水平夾角越大，故張力越大，伸長量越大。若將此結果推演至我們的實驗，我們認為四周有支撐的玻璃在平均受壓下，越靠近框架四周的玻璃伸長量越大。

參、研究設備及器材

本研究所使用的設備及器材如表一、圖二、圖三所示。

表一 研究設備及器材

名 稱	數 量
平板玻璃〈長 29cm 寬 29cm 厚 0.3cm〉	300 片
布紋封箱膠帶〈寬 4.8 cm〉	20 卷
透明膠帶〈寬 4.8cm〉	1 卷
紙封箱膠帶〈寬 6.0cm〉	1 卷
尺、剪刀、刷子、吸盤、手套	各數個
透明塑膠軟墊	10 片
加壓箱	1 個
高壓管	1 條
數位式壓力計	1 台
空氣壓縮機	1 台
等高的椅子	2 張
中空石塊	1 個
DV	1 台



圖二 研究設備及器材〈一〉。



圖三 研究設備及器材〈二〉。

加壓箱是由厚 1.6mm 的鋼板所製作而成的方形箱子，其中一面鏤空，鏤空面所形成的框架外圈長寬皆為 30.5cm，內圈長寬皆為 25cm，箱子深度約為 32cm〈圖四〉在框架內部貼上泡棉膠帶。利用接環，在加壓箱外連接高壓管、數位式壓力計與空氣壓縮機〈圖三〉。



圖四 加壓箱。

肆、研究方法與過程

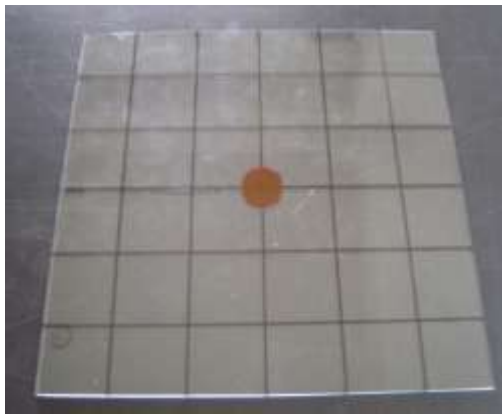
一、研究方法

將玻璃放入加壓箱內置於加壓箱鏤空處，以空氣壓縮機緩慢地注入空氣，利用數位式壓力計測量加壓箱內的加壓數值，當玻璃承受不住壓力而破裂時，讀取數位式壓力計的數值，並記錄下來。

二、研究過程

〈一〉實驗一：觀察四周有框架支撐的正方形玻璃在加壓下破裂的情形及抗壓性。

1.用麥克筆在玻璃中心處標記，且每隔 5cm 畫格線，共畫 15 片玻璃（圖五）。



圖五 玻璃的標記方式。

2.在空曠處放兩張等高椅子，中間放上一中空石塊，將 DV 置入中空石塊中，並蓋上兩層透明塑膠軟墊作為保護〈圖六〉。



圖六 透明塑膠軟墊放置的情形。

3.將玻璃放入加壓箱內，並置於鏤空處（圖七）。



圖七 玻璃的放置方式。

4.將加壓箱放在等高的椅子間，鏤空處朝下〈圖八〉。



圖八 加壓箱的放置方法。

5.待所有人員都進入實驗室內，將門與窗關緊。〈做此實驗時一定要特別小心〉

6.啓動空氣壓縮機及壓力計後，扳動加壓把手，緩慢地注入空氣。

7.觀察壓力計上的數值，直至玻璃破裂爲止，並紀錄破裂時的數值。

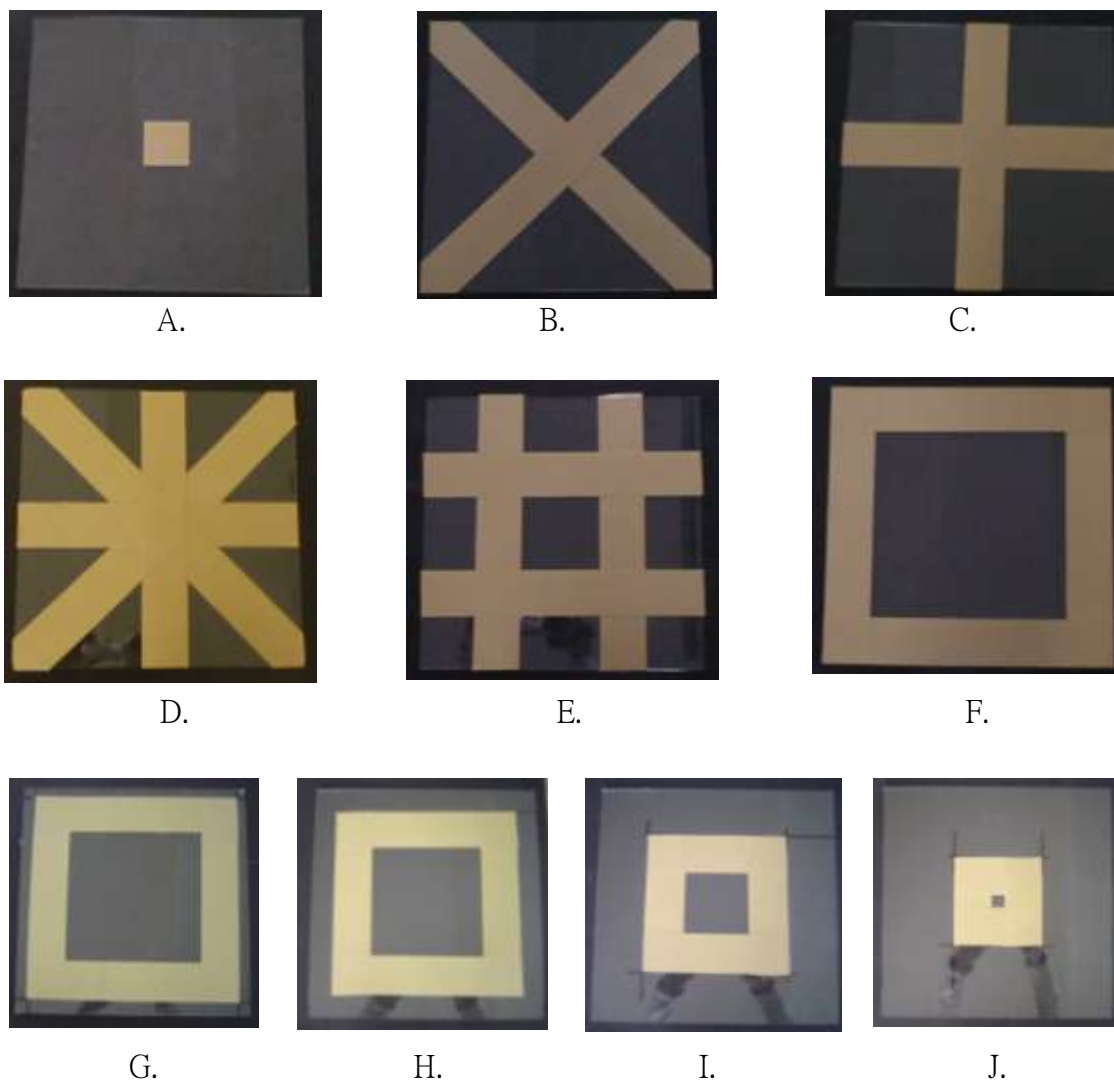
8.重複上述步驟 3~7，共 15 次。

備註：爲了減少玻璃爆破時在透明塑膠軟墊上產生刮痕而影響拍攝效果，建議平均每
爆破三片玻璃就必須更換透明塑膠軟墊。

〈二〉實驗二：比較正方形玻璃使用布紋封箱膠帶貼上不同字型後的抗壓性。

1.用布紋封箱膠帶貼上不同字型於玻璃上：中間〈雙層〉、X 字型、十字型、米字型、井字型、口字型〈邊框〉、口字型〈距邊 1.5cm〉、口字型〈距邊 3cm〉、口字型〈距邊 6cm〉、口字型〈距邊 9cm〉，每種字形貼 15 片玻璃〈圖九〉。

2.重複實驗一步驟 3~7，將貼上不同字型的玻璃一一爆破，各 15 次。



圖九 布紋封箱膠帶貼上不同字型於玻璃上。

A.中間〈雙層〉：在玻璃正中央貼兩層。

B.X 字型：沿玻璃對角線貼成 X 字型。

C.十字型：沿玻璃各邊中點貼成十字型。

D.米字型：將 X 字型與十字型重疊貼成米字型。

E.井字型：沿玻璃各邊三分點貼成井字型。

F.口字型〈邊框〉：沿玻璃的四邊貼成口字型。

G~J.口字型：分別在玻璃四邊向內縮 1.5、3、6、9 cm，貼成口字型。

〈三〉實驗三：比較正方形玻璃使用不同材質膠帶貼上 X 字型後的抗壓性。

- 1.用布紋封箱膠帶、透明膠帶、紙封箱膠帶貼上 X 字型於玻璃上〈透明膠帶內的空氣要確實擠出〉。
- 2.重複實驗一步驟 3~7，將貼上不同材質膠帶的玻璃一一爆破，各 15 次。

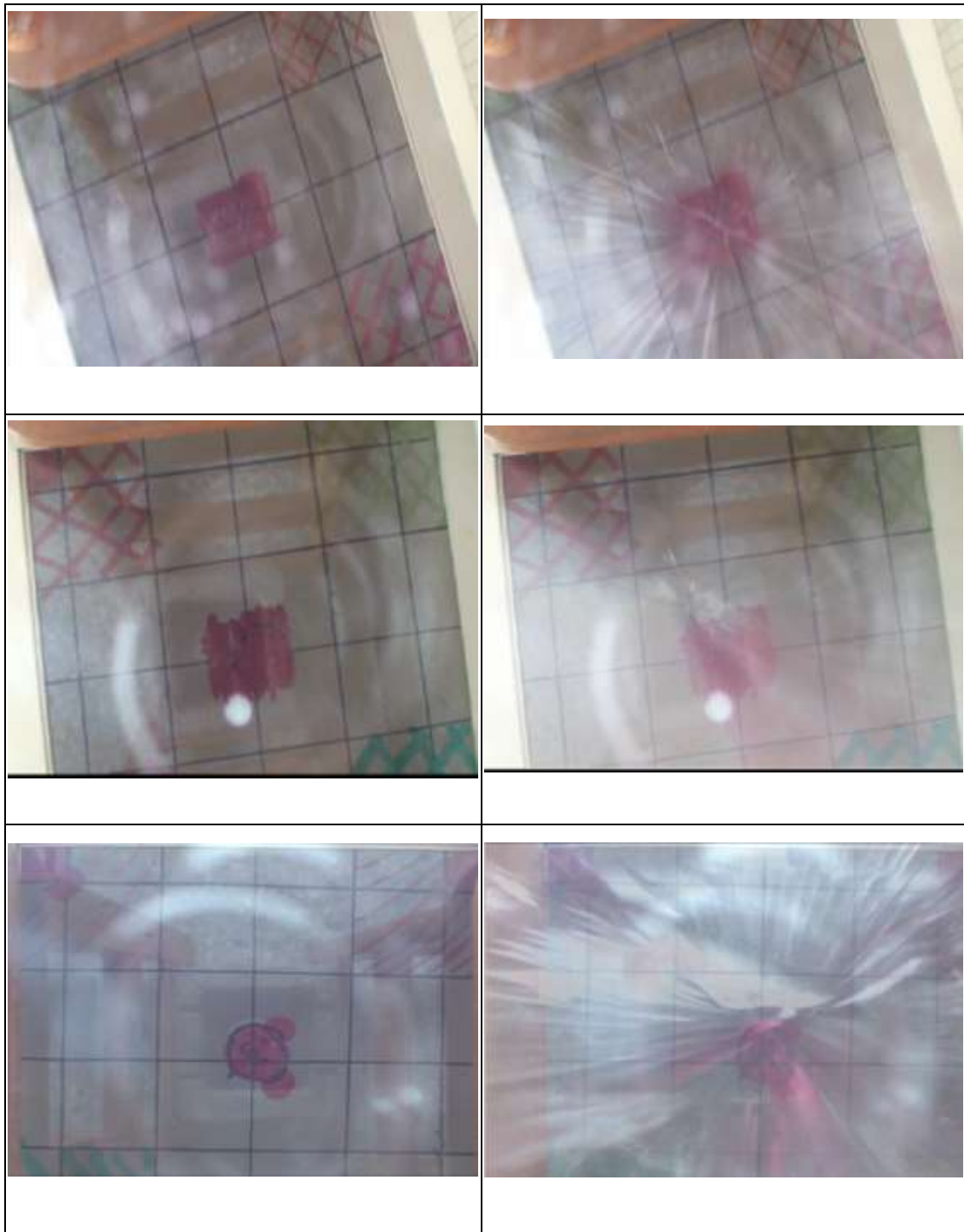
伍、研究結果

一、實驗一：觀察四周有框架支撐的正方形玻璃在加壓下破裂的情形及抗壓性。

〈一〉將 DV 攝錄下來的影片傳至電腦中，藉由影片處理軟體〈會聲會影〉觀察玻璃破裂瞬間的情形，並擷取成照片，如表二所示。由表二可知，玻璃皆由中間附近向外破裂。

表二 玻璃破裂前後的情形

玻璃破裂前	玻璃破裂瞬間
	
	
	



〈二〉正方形玻璃未貼膠帶時爆破的壓力值。

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	101	107	105	111	105	121	101	123	92	94	102	102	112	123	129

平均 108.5 kpa

二、實驗二：正方形玻璃使用布紋封箱膠帶貼上不同字型後爆破的壓力值。

〈一〉中間〈雙層〉：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	118	110	112	138	117	121	132	117	127	134	139	134	128	146	116

平均 125.9 kpa

〈二〉X 字型：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	140	110	129	116	121	129	139	121	128	129	144	143	148	121	149

平均 131.1kpa

〈三〉十字型：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	138	139	138	121	117	129	115	115	148	145	111	148	149	132	149

平均 132.9kpa

〈四〉米字型：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	138	135	121	127	124	124	127	123	127	135	122	123	139	133	134

平均 128.8kpa

〈五〉井字型：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	132	133	110	138	135	127	128	123	140	129	144	148	123	116	107

平均 128.9kpa

〈六〉口字型〈邊框〉：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	134	132	122	133	151	151	143	134	140	132	148	157	145	149	144

平均 141kpa

〈七〉口字型〈距邊 1.5cm〉

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	129	145	127	134	139	140	123	129	144	138	127	145	139	134	137

平均 135.3kpa

〈八〉口字型〈距邊 3cm〉

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	115	121	101	104	122	104	135	112	95	135	132	139	128	107	104

平均 116.9kpa

〈九〉口字型〈距邊 6cm〉

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	134	129	133	112	122	121	123	129	121	104	110	102	116	100	128

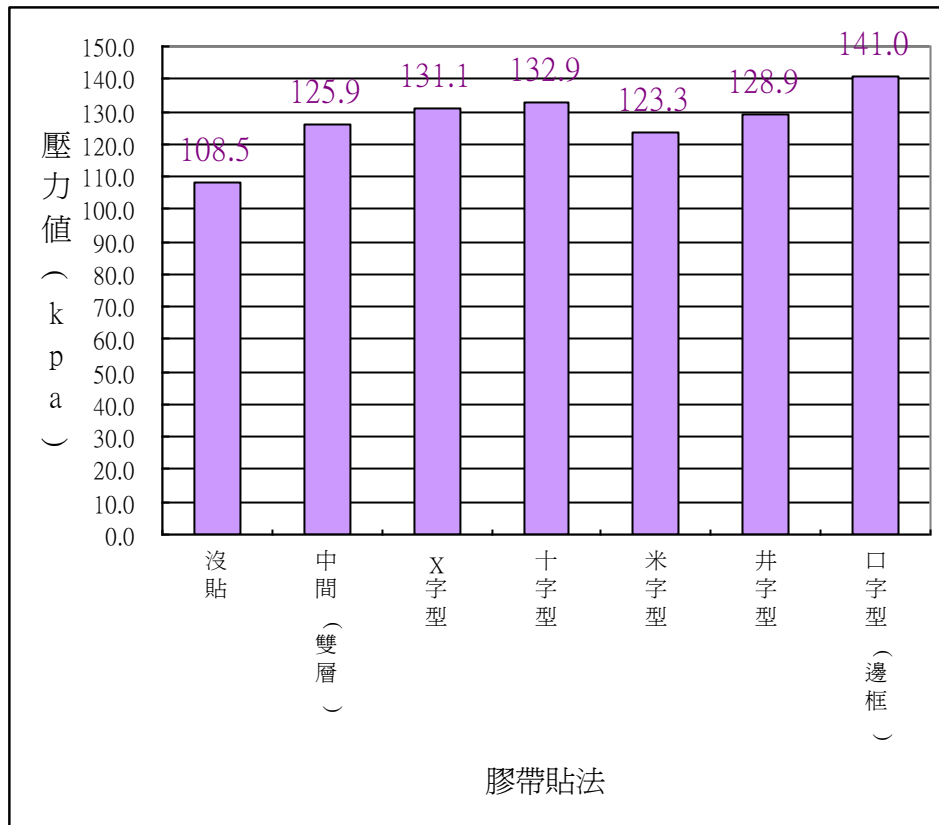
平均 118.9kpa

〈十〉口字型〈距邊 9cm〉

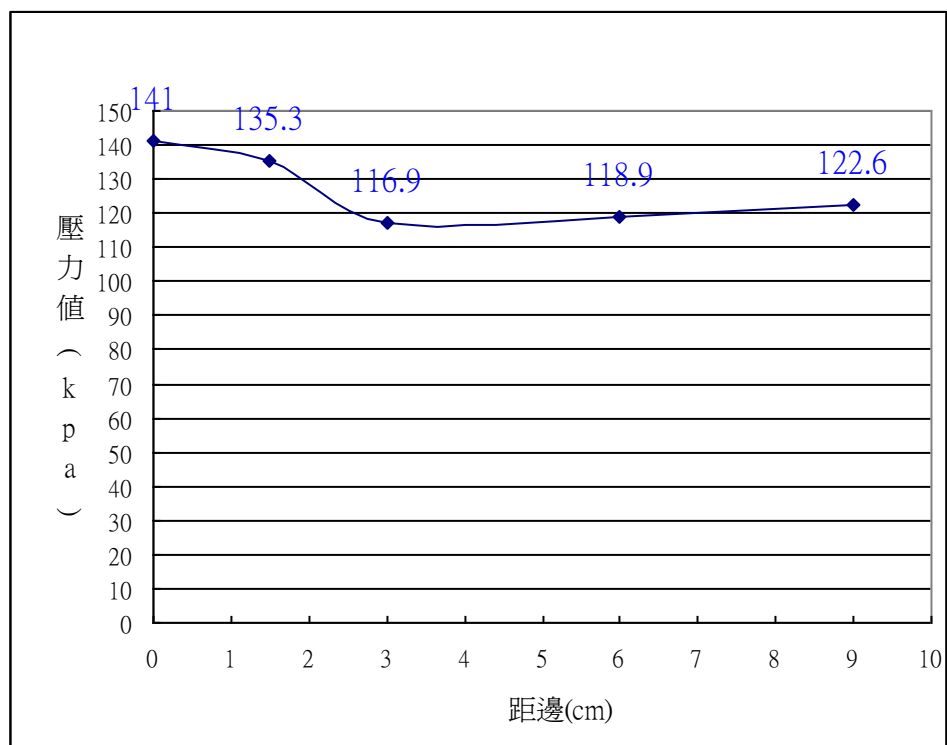
次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	113	116	116	121	127	115	117	124	132	116	137	116	133	133	123

平均 122.6kpa

將膠帶貼法和實驗一、實驗二所得爆破時的壓力值畫成關係圖，如圖十、圖十一所示。由圖十可知有貼膠帶比沒貼膠帶的抗壓性好，且有貼到玻璃中間或是邊框的抗壓性都不錯，又以貼邊框的效果最佳。由圖十一可知，各種口字型貼法中，當膠帶貼的位置靠近玻璃邊緣或中心時，抗壓程度皆會變大，其中又以接近邊緣時抗壓增強效果較為明顯。



圖十 膠帶貼法和爆破時壓力值的關係圖。



圖十一 口字型貼法中，膠帶位置和爆破時壓力值的關係圖。

三、實驗三：正方形玻璃使用不同材質膠帶貼上 X 字型後爆破的壓力值。

〈一〉布紋封箱膠帶：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	140	110	129	116	121	129	139	121	128	129	144	143	148	121	149

平均 131.1kpa

〈二〉透明膠帶：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	135	132	124	129	128	106	118	107	118	117	102	118	130	104	102

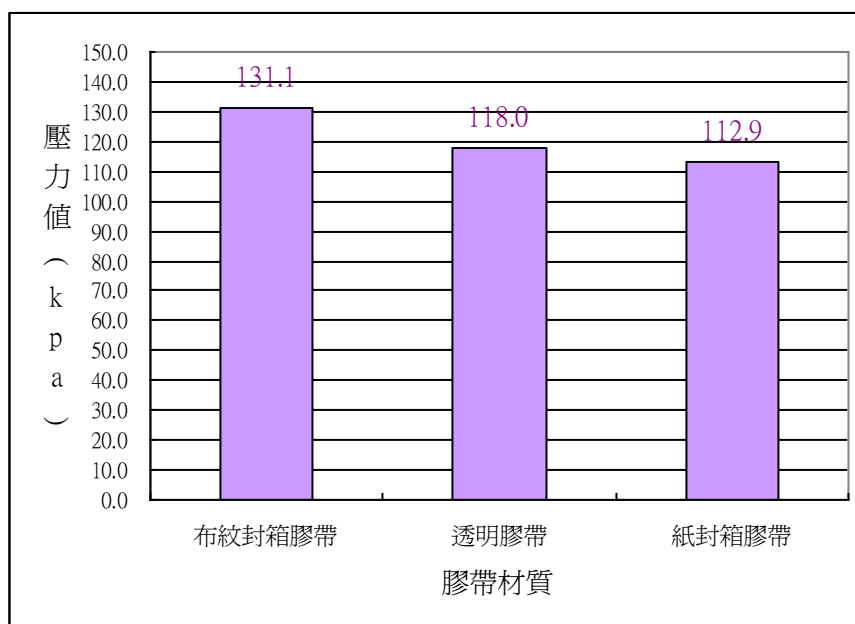
平均 118kpa

〈三〉紙封箱膠帶：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
壓力值 〈kpa〉	104	111	105	123	95	106	129	110	112	132	111	94	100	134	128

平均 112.9kpa

將膠帶材質和實驗所得爆破時的壓力值畫成關係圖，如圖十二所示。由圖十二可知布紋封箱膠帶的抗壓性最好。



圖十二 膠帶材質和爆破時壓力值的關係圖。

陸、討論

一、實驗結果的探討

〈一〉玻璃在加壓下破裂的情形

我們從影片中可看到玻璃因受壓而變形的情形，且當玻璃爆破時，會從玻璃中間附近由內向外破裂，觀察玻璃碎片，也可發現輻射狀的裂痕〈圖十三〉。

若將簡支樑在平均受壓下彎曲力矩最大值發生在正中間的情形推演至我們的實驗，我們認為四周有支撐的玻璃在平均受壓下，彎曲力矩最大值應該也是發生在正中間，因此玻璃應從中心附近開始破裂。



圖十三 玻璃碎片呈現輻射狀。

〈二〉玻璃貼上不同字型膠帶後的抗壓性

1. 貼到玻璃中間的字型~~中間〈雙層〉、X 字型、十字型、米字型的探討：

由我們查詢的資料可發現，大部分的人為了防止玻璃破裂，多半採用 X 字型及十字型這兩種貼法。一開始我們猜測 X 字型所造成的抗壓效果會比十字型好，因為我們認為貼 X 字型時是將膠帶從角拉到斜對角，而十字型只有將膠帶從邊拉到對邊，X 字型將膠帶延伸較長，所產生的張力應該比十字型來得強，但經由實驗結果可知，無論貼 X 字型還是十字型，都可增加玻璃的抗壓性，但效果非常接近，約增加玻璃抗壓力 23~24kpa。比較這兩種貼法，我們發現 X 字型和十字型有一個共同點，那就是貼住了玻璃一開始破裂的地方——玻璃正中間，我們推測這是因為膠帶使玻璃較不易變形，造成中間的彎曲力矩降低，進而達到抗壓力增強的效果，但並未因 X 字型膠帶延伸較長而使效果較佳。

後來，我們試著只在玻璃中心點貼上兩層膠帶，想看看是否也能和 X 字型、

十字型一樣增加玻璃的抗壓性。實驗後發現只在玻璃中間貼膠帶明顯地比完全沒貼膠帶時的抗壓效果好，約增加玻璃抗壓力 17kpa，但和 X 字型、十字型相較之下，就差了一些。所以，只要保護住玻璃的中間，就能因彎曲力矩變小，而顯著地增加玻璃的抗壓力，若能再將膠帶延伸至玻璃四邊，那效果會更好。

米字型是由 X 字型和十字型組合而成，原本我們認為米字型貼了更多的膠帶，那照理說應該會增加更多的抗壓力。但由實驗結果卻發現貼米字型後所增加的抗壓力並沒有想像中的好，約增加玻璃抗壓力 20kpa，和 X 字型、十字型的結果差不多，表示貼上越多的膠帶未必能有更好的效果。

2. 未貼到玻璃中間的字型~~井字型、各種口字型的探討：

當我們轉而保護玻璃破裂的出口——邊框，將膠帶貼住玻璃四邊，測量玻璃抗壓性的變化，意外地發現膠帶貼邊框居然造成玻璃增強抗壓的效果最好，約增加玻璃抗壓力 33kpa。原本我們推測可能因為邊框的貼法所使用的膠帶較多，導致抗壓效果較佳，但當我們比較同樣使用四條膠帶的井字型時，發現貼邊框的抗壓效果明顯地比井字形好，所以，膠帶貼的位置一定也是影響抗壓效果的因素之一，我們推測可能是因為玻璃在均壓下變形時，近邊框處的伸長量較大，導致四邊較脆弱且易破碎，因此近邊框處貼上膠帶，使得玻璃伸長量減少，而達到很好的增強抗壓效果。

為了更加確定膠帶位置與抗壓力的關係，所以我們仿效貼邊框的方法，將膠帶位置往內縮，做了口字型〈距邊 1.5cm〉、口字型〈距邊 3cm〉、口字型〈距邊 6cm〉、口字型〈距邊 9cm〉四種貼法，觀察抗壓力隨膠帶位置變化的情形。由實驗結果（圖十一）可知，膠帶位置靠近邊框或中心處，抗壓程度皆會變大，正如我們上方所探討的結果，保護住玻璃的中間或邊框就能增加玻璃的抗壓力。

玻璃貼膠帶後的抗壓力與膠帶是否有拉到玻璃四周，有著很大的關聯，那麼將口字型〈距邊 6cm〉的貼法向外延伸，拉長膠帶到玻璃的邊框所形成的井字型貼法，抗壓效果應該更強。由實驗結果發現，井字型的抗壓力確實是比口字型〈距邊 6cm〉還大，約大了 10kpa。

我們最後的結論是，玻璃有貼上膠帶的抗壓效果確實是比完全沒貼膠帶時來的好（但貼四條並不會比貼兩條好），當膠帶貼到玻璃的中間時，可使彎曲力矩變小；膠帶貼在近玻璃邊框時，可使玻璃伸長量減少，兩者都會明顯地使玻璃有較強的抗壓力。玻璃貼上膠帶不僅是方便清理，它確實有增加玻璃抗壓的能力。

〈三〉玻璃貼上不同材質膠帶的抗壓性

在做過各種不同的貼法後，我們確定了貼膠帶確實可增加玻璃的抗壓力，但貼上何種材質的膠帶才有最好的效果，我們則無法確定，因此我們拿了市面上常看到的三種不同材質的膠帶：布紋封箱膠帶、透明膠帶、紙封箱膠帶，且同時貼上 X 字型來實驗何種材質對增加玻璃的抗壓效果最好。從實驗結果可清楚的發現，造成玻璃的抗壓力增強效果由大到小依序為布紋封箱膠帶、透明膠帶、紙封箱膠帶。我們推測造成此結果的原因與膠帶的彈性有關，這三種膠帶在彈性的比較上由大到小依序也是布紋封箱膠帶、透明膠帶、紙封箱膠帶，膠帶彈性和玻璃抗壓力增強效果的排序是完全相同的。所以貼上不同材質的膠帶也會有造成不同的增強效果，且以彈性最好的布紋封箱膠帶的效果最好。

〈四〉誤差的探討

- 1.因壓力計和加壓箱間有一段距離，加壓箱的壓力有可能會比壓力計的數值小，所以在扳動加壓把手時要慢一點，減少兩者的差異。
- 2.當膠帶沒有確實貼緊時，那膠帶幾乎沒拉住玻璃，也就不會增加玻璃的抗壓力，所以貼膠帶時一定要盡量將膠帶壓緊。
- 3.每一片玻璃在製作時不會完全相同，抗壓性也會有些不同。
- 4.搬玻璃的過程中難免有些微的碰撞，因而產生小裂痕使數值偏小。
- 5.加壓箱鏤空面比玻璃大了一些，若放玻璃時沒將玻璃放在框架正中間，較遠離加壓箱內緣的那邊會產生空隙，造成漏氣，玻璃因此較不易破裂，所得到的壓力值就會不同，所以在放玻璃時要盡可能的放在中間。

二、實驗結果與生活的關係

〈一〉爲了探討玻璃在何種強度的風吹襲下即破裂，將我們實驗的結果和風的強度做一比較。因而從網路上查了風級、風速和風壓換算的資料，再和中央氣象局依據颱風近中心平均風速的分級做比較，結果如表三所示。但因查詢到的風壓單位和我們實驗所使用的壓力單位不同，因此我們換算實驗結果的單位，如表四所示。

表三 風級、風速與風壓及對應的颱風強度

風級	風速〈m/s〉	風壓〈kgw/m ² 〉	颱風強度
0	0. 至 0.2	0	
1	0.3 至 1.5	小於 1	
2	1.6 至 3.3	1	
3	3.4 至 5.4	1 至 3	
4	5.5 至 7.9	3 至 7	
5	8.0 至 10.7	7 至 14	
6	10.8 至 13.8	14 至 23	
7	13.9 至 17.1	23 至 35	
8	17.2 至 20.7	35 至 52	輕度颱風
9	20.8 至 24.4	52 至 72	
10	24.5 至 28.4	72 至 97	
11	28.5 至 32.6	97 至 128	
12	32.7 至 36.9	128 至 164	中度颱風
13	37.0 至 41.4	164 至 206	
14	41.5 至 46.1	206 至 256	
15	46.2 至 50.9	256 至 312	
16	51.0 至 56.0	312 至 377	強烈颱風
17	56.1 至 61.2	377 至 449	
大於 17	大於 61.2	大於 449	

註：本表所列風速是指 10 分鐘內平均風速。

表四 實驗數據換算單位後的結果

膠帶貼法	壓力差〈kpa〉	風壓〈kgw/m ² 〉
沒貼	108.5	11071.4
中間〈雙層〉	125.9	12846.9
X 字型	131.1	13377.6
十字型	132.9	13561.2
米字型	128.8	13142.9
井字型	128.9	13153.1
口字型〈邊框〉	141.0	14387.8

我們將表四的結果對照表三後，發現其實我們實驗的玻璃不貼膠帶時就已足夠抵擋十七級的強風吹襲，且差距非常大，而我們從網路上搜尋到台灣目前所經歷過最強的颱風，是發生在 1959 年的「瓊安」颱風，它的中心氣壓 885 百帕，近中心最大風速為 80 公尺/秒，此強度已超過十七級強風，經由我們換算成風壓後(約 765.7 kgw/m²)，發現就我們實驗的玻璃而言，就算沒貼膠帶也能夠承受此風壓，那更別說是有貼膠帶的玻璃，它所能夠承受的壓力是更強的，要使它被風吹破的可能性實在是不大，因此膠帶是否有貼並不會造成很大的影響。

對應網路上及台灣玻璃工業公司人員的說法，許多人認為貼上膠帶對於抵抗風壓是沒有多大用處的，只是可以在清理上比較方便而已，但根據我們實驗的數據顯示，貼上膠帶的確能增加玻璃的抗壓性，只是對於我們想使玻璃抵抗風壓的目的並不是那麼地必要，或許正因如此而造成他們認為貼膠帶只是為了方便清掃而已。而之前美侖大飯店的玻璃因海棠颱風的強風而破裂，造成這玻璃破裂的原因不太可能是強風本身的風壓，而較可能是因強風吹起的小石子或樹枝等異物的敲擊所致。

〈二〉我們實驗的玻璃與一般的家用或商店玻璃在大小、形狀、厚度和材質並不相同，所以對於一般玻璃而言，不會有相同的結果。

- 1.大小：由最大撓曲角 $\theta_{\max} = \frac{wL^3}{24EI}$ 可知，當我們使用的是較大的框架及玻璃時，框架與玻璃中心點距離較遠 (L 較大)，若玻璃破裂時的彎曲程度是相同的 (最大撓曲角相同)，則 w 會較小，亦即玻璃所能承受的壓力較小，所以較容易破裂。
- 2.形狀：我們使用的玻璃是正方形，當膠帶貼住到玻璃的中間或是邊框時，都會使玻璃有較強的抗壓力，但若換成其他形狀的玻璃，則結果不一定會是如此。

- 3.厚度：由最大撓曲角 $\theta_{\max} = \frac{wL^3}{24EI}$ 可知，厚度越厚的玻璃（I 越大），若玻璃破裂時的彎曲程度是相同的（最大撓曲角相同），則 w 需較大，亦即玻璃所能承受的壓力較大，所以較不易破裂。我們使用的是厚 0.3cm 的玻璃，但一般的玻璃以厚 0.5cm 為主，而由上述討論可知要讓厚度只有 0.3cm 的玻璃被風吹破已經很困難了，更何況是厚度 0.5cm 的玻璃。此外，玻璃厚度越厚，膠帶造成玻璃抗壓性增加的效果也未必會如我們實驗結果這麼明顯。
- 4.材質：從網路上的資料搜尋得到，現在居家或是商店為了安全上的考量，大型的玻璃大多會使用安全玻璃，而就相同厚度 0.5cm 的玻璃而言，水平強化安全玻璃的耐壓、耐衝擊強度約為普通玻璃的 5 倍。由實驗結果可知，我們所使用的普通玻璃足以抵擋十七級的強風，更何況是比普通玻璃耐壓、耐衝擊度強上 5 倍的強化安全玻璃。

三、未來研究方向

- 〈一〉膠帶貼在玻璃邊框或中心皆可使玻璃抗壓效果增加，但兩者原因並不相同，而我們研究數據不夠多（圖十一），故無法看出兩者對抗壓力影響的確切關係，未來可在這方面多做一些實驗數據，分析出正確的關係公式。
- 〈二〉使用膠帶的面積多寡也可能是影響玻璃抗壓力的原因，所以可以嘗試以固定面積來貼不同形狀或是固定形狀但貼面積大小不同的膠帶，研究膠帶面積與抗壓力的關係。

柒、結論

- 一、四周有框架支撐的正方形玻璃在加壓下爆裂時，會從中心附近的一點向外破裂。
- 二、玻璃貼上膠帶後的抗壓效果確實是比完全沒貼膠帶時來的好，貼上膠帶不僅是方便清理，它確實有增加玻璃抗壓的能力。
- 三、不同貼法的膠帶對玻璃抗壓性增強的效果會不同。當膠帶貼到玻璃的中間時，可使彎曲力矩變小；膠帶貼在近玻璃邊框時，可使玻璃伸長量減少，兩者都會明顯地使玻璃有較強的抗壓力。
- 四、不同材質的膠帶對玻璃抗壓性增強的效果會不同。彈性越好的膠帶，效果越好。因此，以彈性最佳的布紋封箱膠帶所產生的抗壓性最強。
- 五、就我們實驗的玻璃而言，當玻璃完全沒貼膠帶時的抗壓力已遠比十七級強風的風壓還來的大，即使是台灣歷年來最強的颱風所造成的風壓，還不及玻璃完全沒貼膠帶的抗壓力，更別說是玻璃貼上膠帶了，因此才會造成多數人認為貼上膠帶是無效的觀念。玻璃的破裂較不可能是風本身的風壓所致，較可能是被風所吹起的異物所擊破的。

捌、參考資料

- 一、Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston Jr 著。朱紹鎔、蘇金佳譯。材料力學。初版。台北市：麥格羅·希爾出版：東華發行。民 85。
- 二、林明瑞等人。普通高級中學基礎物理全一冊。台南市：南一。民 95。
- 三、林明瑞等人。普通高級中學物質物理上、下冊。台南市：南一。民 95。
- 四、范光榮等人。普通高級中學基礎地球科學全一冊。台北市：三民。民 95。
- 五、中央氣象局網站。<http://www.cwb.gov.tw/>。
- 六、台灣玻璃工業公司。<http://www.taiwanglass.com/tc/index.html>。

【評語】 040109

由日常生活中的觀察再進一步的探討玻璃黏膠帶的現象，充分顯現實事求是的科學精神，非常可取，唯實驗設計上仍有改善空間。例如玻璃與加壓箱密合度的改進，另外在實驗結果，所取的數據未必能區分各種膠帶貼黏方式。