

中華民國第四十四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

030803

臺北縣立永和國民中學

指導老師姓名

陳永福

作者姓名

謝環宇

梁翔勝

林記揚

蔡子平

中華民國第 44 屆中學科學展覽會

作品說明書

科 別：應 用 科 學

組 別：國 中 組

作品名稱：「**碳**」為觀止----碳纖維的運用與展望

關 鍵 詞：**碳**、碳纖維、荷重比

編 號：

目錄

壹、摘要	3
貳、研究動機	3
參、研究目的	3
肆、研究設備及器材	3
伍、研究過程	4
一、研究 A	4
二、研究 B	4
三、研究 C	5
四、研究 D	6
五、研究 E	7
六、研究 F	8
七、研究 G	8
八、研究 H	9
九、研究 I	10
十、研究 J	11
十一、研究 K	12
十二、研究 L	13
十三、研究 M	13
陸、研究結果	14
柒、討論	15
捌、結論	15
玖、參考資料	16
拾、附件	18

(備註：本研究依照國展規定為 7,000 字，不含表格、圖表及圖片。)

「碳」為觀止——碳纖維的運用與展望

壹、摘要

本研究以充分利用國中所學的力學與力學在營建科技的應用，使用碳纖維絲、棒等的材料，模擬碳纖維包裹而成的樑板柱體，來對有關**碳纖維作用力運用於日常生活的產品的研究**。經由參考課本及一些論文文獻等知道碳纖維有質輕、剛性強等特性，由於在歷屆科展中並無對此主題有相關之探討，因此經過本組在實驗中發現問題與討論後，我們得到下列結論：藉由材料因荷重變形的現象，來比較碳纖維在不同產品中的應用，確實呈現其**重量輕且又剛性強的特性**。並且將碳纖維運用於不同建物，如橋樑等亦然。發現在考慮其所使用的位置與時機的環境與產品的特性時，**當選對地方與使用時機，碳纖維才能發揮比其他材料更輕但剛性更強的優點**。

貳、研究動機

由於去年曾參加國立台灣師範大學科學中心舉辦的「創意思考能力競賽」，我們實做了如何運用一定數量的筷子和橡皮筋組合而成的結構體，試試哪一種組合的結構最輕且負荷重力最強。在自然與生活科技第3冊第一章**常見的非金屬元素中提到碳元素**與第4冊第六章的力與壓力第二節**力學在營建科技的應用**和第4冊第七章製造科技的世界第三節**塑膠製造科技提到環氧樹脂**，若能將此類技術應用在日常生活，將無往不「力」。我們於是展開了一連串有關碳纖維運用的探索過程。

參、研究目的

- 一、研究重量輕且有較大荷重力的材料。
- 二、驗證材料與碳纖維結合後是否增強其特性。
- 三、驗證碳纖維是否適用於各種構件補強(樑、柱、板等)
- 四、經由斜張橋與拱橋的碳纖維仿製模型驗證前述實驗結果。

肆、研究設備及器材

一、材料：

- | | | |
|-----------------|-------------|--------------|
| (一)木板(不同厚度各數十片) | (五)珍珠板(十片) | (九)紙板(十片) |
| (二)木棒(圓形與方形) | (六)疊疊樂(一盒) | (十)碳纖維(五平方米) |
| (三)碳纖維管(10米) | (七)羽毛球拍(3支) | (十一)鋁管(5米) |
| (四)環氧樹脂(三瓶) | (八)硬化劑(一瓶) | (十二)牙膏盒(十六個) |

二、器具：

- (一)法碼(各式重量一箱，見圖一)
- (二)電子秤、磅秤(120g、1.2kg、7kg、36Kg、130Kg 共五台)
- (三)**自製簡易測量儀器**(大小數座)



(四)載重物 (各式重量五箱與書籍與蒸餾水 20 公升一桶)

圖一：各式重量法碼一箱。

(五)數位相機一台

(六)筆記型電腦壹台

伍、研究過程

我們將從「實驗不同材質的承受力」、「取較佳承受力的材質與碳纖維的結合再測其承受力」、「實驗不同形狀的材質與碳纖維的結合再測其承受力」及「實驗碳纖維與碳纖維管的承受力」。分別敘述如下：

一、研究 A：以單片的單一材料來作承重的實驗（見圖二）。

(一) 方法：

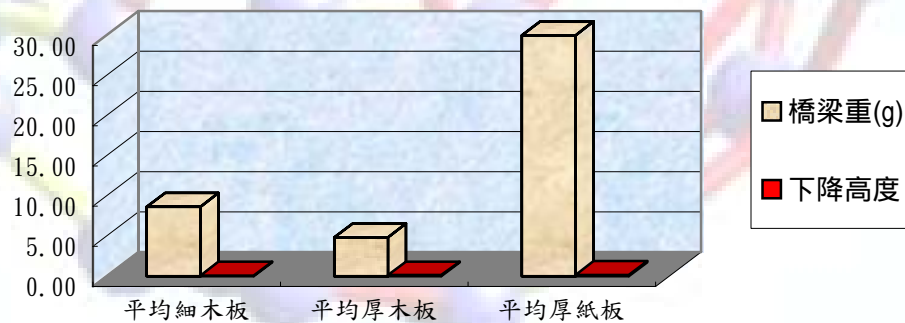
1. 選用同長度與同寬度的不同木材、厚紙板來作實驗。
2. 設計橋墩為 1*2 比例層層相疊的木塊。
3. 將板放置在兩個木塊橋墩上模擬橋面。
4. 施以重量，紀錄下降高度變化值。
5. 每個實驗做兩次取其平均值。



圖二：運用不同木材、厚紙板實驗。

(二) 結果：

材質	橋梁重 (g)	加重量	下降高度 (cm)
平均薄木板	8.65	99.5	0.10
平均厚木板	4.86	99.5	0.11
平均厚紙板	30.50	99.5	0.14



(三) 構想：

厚木板所能承受的力量較大，若改變不同的厚度，承重量是否會改變？

二、研究 B：以同材料不同厚度來作承重的實驗（見圖二）。

(一) 方法：

1. 選用同木材不同厚度來作實驗。
2. 設計橋墩為 1*2 比例層層相疊的木塊。
3. 將板放置在兩個木塊橋墩上模擬橋面。
4. 施以重量，紀錄下降高度變化值。每個實驗做兩次取其平均值。

(二) 結果：

材質	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	橋樑重(g)	加重量	下降高度
厚木板*1	30	4	0.30	4.86	101.00	0.12
厚木板*1	30	4	0.30	4.86	525.00	0.43
厚木板*2	30	4	0.60	11.85	101.00	0.05
厚木板*2	30	4	0.60	11.85	525.00	0.23
平均厚木板*1	30	4	0.30	4.86	313.00	0.28
平均厚木板*2	30	4	0.60	11.85	313.00	0.14

(三) 構想：

愈厚的木板所能承受的力量較大，若改變不同的密度，承受量是否會改變？

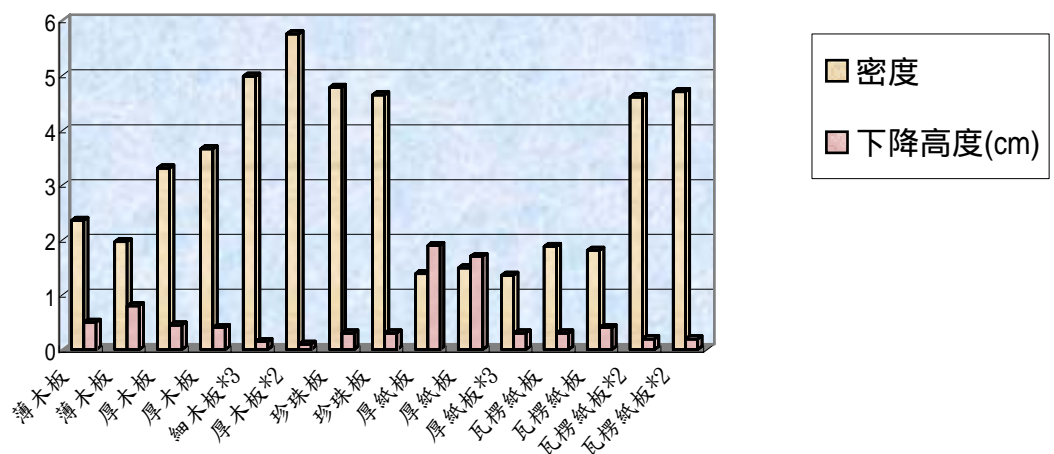
三、研究 C：用不同密度的材料來作實驗（見圖二）

(一) 方法：

1. 選用同長度與同寬度的不同材質不同厚度板來作實驗。
2. 設計橋墩為 1*2 比例層層相疊的木塊。
3. 將板放置在兩個木塊橋墩上模擬橋面。
4. 施以重量，紀錄下降高度變化值。
5. 每個實驗做兩次取其平均值。

(二) 結果：

材質	長(cm)	寬(cm)	厚(cm)	體積	橋樑重(g)	密度	荷重(g)	下降高度(cm)
薄木板	29.90	4.05	0.21	25.43	10.76	2.36	101.00	0.50
薄木板	30.05	3.98	0.16	19.14	9.69	1.97	101.00	0.80
厚木板	30.11	4.08	0.33	40.54	12.25	3.31	525.00	0.45
厚木板	30.05	4.02	0.34	41.07	11.22	3.66	525.00	0.40
細木板*3	29.95	4.05	0.80	97.04	19.46	4.99	522.50	0.15
厚木板*2	30.11	4.08	0.78	95.82	16.65	5.76	522.50	0.10
珍珠板	29.85	4.22	0.57	71.80	15.02	4.78	522.50	0.30
珍珠板	30.08	4.07	0.57	69.78	15.02	4.65	522.50	0.30
厚紙板	30.01	3.93	0.21	24.77	17.98	1.38	101.00	1.90
厚紙板	30.01	4.06	0.22	26.80	17.93	1.49	101.00	1.70
厚紙板*3	30.12	4.15	0.43	53.75	39.93	1.35	522.50	0.30
瓦楞紙板	28.95	4.15	0.25	30.04	15.96	1.88	101.00	0.30
瓦楞紙板	28.01	4.10	0.23	26.41	14.58	1.81	101.00	0.40
瓦楞紙板*2	30.65	4.09	0.75	94.02	20.41	4.61	522.50	0.20
瓦楞紙板*2	30.83	4.17	0.75	96.42	20.53	4.70	522.50	0.20



(三) 構想：

之前做的都是單一材質，若把單片材料加上另一種材質，承重量是否會改變？

四、研究 D：增加不同的材質作成複合材質，來作承重的實驗（見圖三）

(一) 方法：

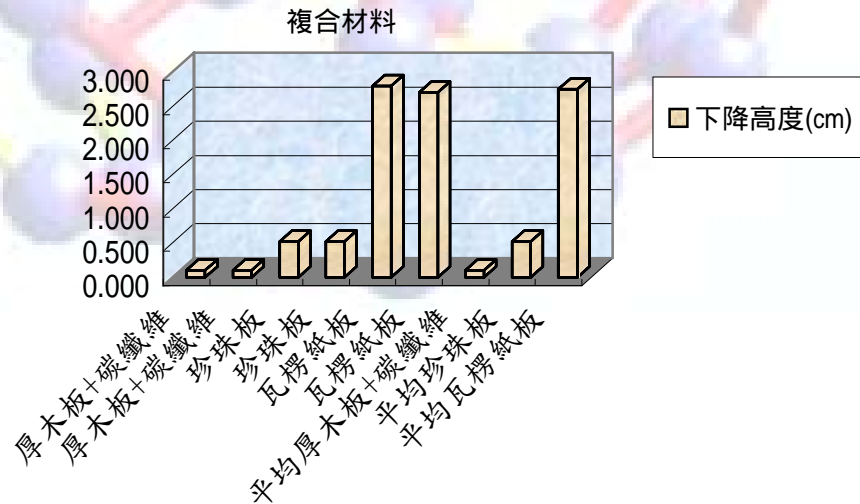
1. 選用同長度與同寬度的不同複合材質板來作實驗。(碳纖維用粗的)
2. 設計橋墩為 1*2 比例層層相疊的木塊。
3. 將板放置在兩個木塊橋墩上模擬橋面。
4. 施以重量，紀錄下降高度變化值。每個實驗做兩次取其平均值。



圖三：使用複合材質作承重實驗。

(二) 結果：

材質	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	體積	橋樑重(g)	密度(g/cm ³)	加重量(g)	下降高度(cm)
厚木板+碳纖維	30	4	0.41	49.2	19.89	0.404	525.0	0.100
厚木板+碳纖維	30	4	0.42	50.4	19.78	0.392	522.5	0.100
珍珠板	30	4	0.50	60.0	6.65	0.11	525.0	0.52
珍珠板	30	4	0.50	60.0	6.63	0.11	522.5	0.52
瓦楞紙板	30	4	0.40	48.0	9.89	0.21	525.0	2.80
瓦楞紙板	30	4	0.40	48.0	9.89	0.21	522.5	2.70
平均厚木板+碳纖維	30	4	0.42	49.8	19.84	0.40	523.75	0.10
平均珍珠板	30	4	0.50	60.0	6.64	0.111	523.8	0.520
平均瓦楞紙板	30	4	0.40	48.0	9.89	0.206	523.8	2.750



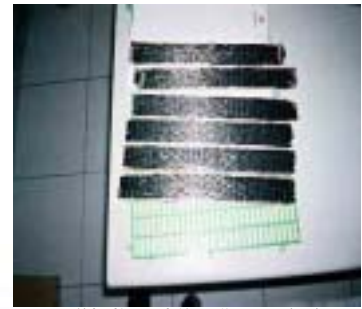
(三) 構想：

要是把碳纖維貼在上下兩面，承重量是否會改變？

五、研究 E：改變增加物所貼的位置，來作承重的實驗（見圖四）

(一) 方法：

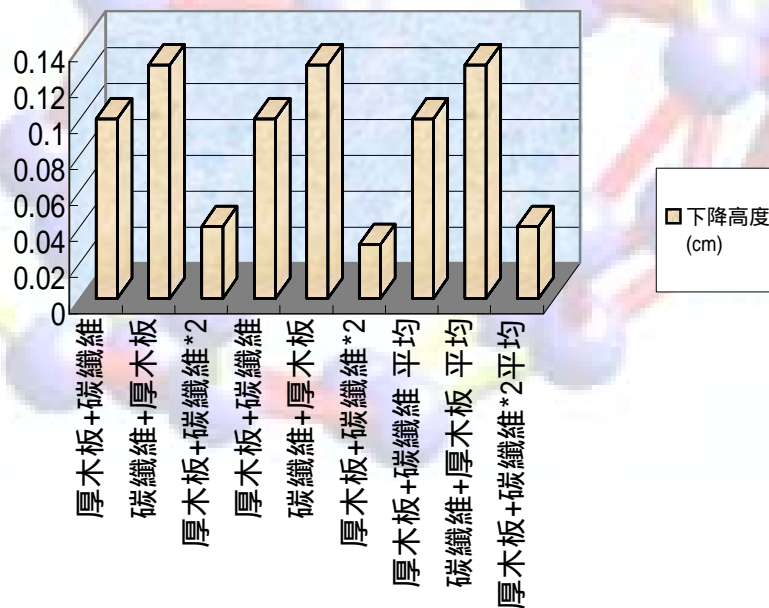
1. 把粗碳纖維貼在厚木板的上下兩面，來測試壓力及拉力並分別使用不同的重量來測試。
2. 選用同長度與同寬度的複合材質板來作實驗。
3. 設計橋墩為 1*2 比例層層相疊的木塊。
4. 將板放置在兩個木塊橋墩上模擬橋面。
5. 施以重量，紀錄下降高度變化值。
6. 每個實驗做兩次取其平均值。



圖四：增加物所貼位置作承重實驗。

(二) 結果：

材質	長(cm)	寬(cm)	厚(cm)	橋樑重(g)	荷重(g)	下降高度(cm)
厚木板+碳纖維	30	4	0.41	19.89	525	0.1
碳纖維+厚木板	30	4	0.41	19.89	525	0.13
厚木板+碳纖維*2	30	4	0.56	31	525	0.04
厚木板+碳纖維	30	4	0.42	19.78	522.5	0.1
碳纖維+厚木板	30	4	0.42	19.78	522.5	0.13
厚木板+碳纖維*2	30	4	0.52	28.24	522.5	0.03
厚木板+碳纖維 平均	30	4	0.42	19.84	523.75	0.1
碳纖維+厚木板 平均	30	4	0.42	19.84	523.75	0.13
厚木板+碳纖維*2平均	30	4	0.54	29.62	523.75	0.04



(三) 構想：

之前的實驗都是用一片片的材料，如果使用柱體來作實驗，承重量是否會改變？

六、研究 F：使用柱體來作承重的實驗（見圖五）。

（一）方法：

1. 使用不同尺寸的方木棍和圓木棍，以不包碳纖維和包上碳纖維來作測試。
2. 以兩張倒置圓板凳的四隻腳模擬橋墩(見圖六)。
3. 將棍放置在兩個圓板凳間模擬橋面。
4. 施以重量，紀錄下降高度變化值。



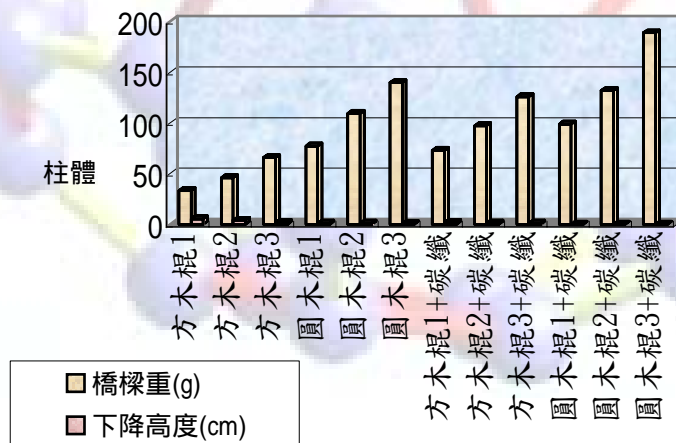
圖五：使用柱體作承重實

（二）結果：

材質	長(cm)	寬(cm)	厚(cm)	橋樑重(g)	荷重(g)	下降高度(cm)
方木棍1	89.70	0.99	0.99	33.26	3029.00	5.30
方木棍2	90.00	1.50	1.00	46.12	3029.00	4.10
方木棍3	89.50	1.50	1.50	65.88	3029.00	2.00
圓木棍1	90.00	1.20	1.20	77.09	3029.00	1.10
圓木棍2	90.00	1.50	1.50	109.51	3029.00	1.00
圓木棍3	90.00	1.70	1.70	139.87	3029.00	0.50
方木棍1+碳纖維	89.70	1.22	1.29	73.19	3029.00	1.50
方木棍2+碳纖維	90.00	1.77	1.20	97.47	3029.00	1.40
方木棍3+碳纖維	89.50	1.79	1.62	126.10	3029.00	1.20
圓木棍1+碳纖維	89.80	1.31	1.31	98.82	3029.00	0.18
圓木棍2+碳纖維	90.30	1.61	1.61	131.98	3029.00	0.14
圓木棍3+碳纖維	90.10	1.85	1.85	189.05	3029.00	0.11



圖六：板凳模擬橋墩作實驗。



（三）構想：

圓棍比方棍更能承受壓力，若使用樑柱來測實驗，承重量是否會改變？

七、研究 G：用中空的樑柱，來作承重的實驗（見圖七）。

（一）方法：

1. 使用不同材質的材料作成中空型(樑柱)來作測試。
2. 設計橋墩為 1*2 比例層層相疊的木塊。
3. 將板放置在兩個木塊橋墩上模擬橋面。



圖七：不同中空樑柱作實驗。

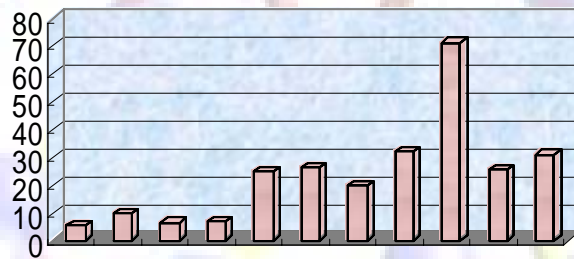
4. 施以重量，紀錄破壞時的荷重。
5. 每個實驗做兩次取其平均值。

(二) 結果：

材質	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	橋樑重(g)	荷重(Kg)	荷重比
空心紙板樑	30.12	1.95	2.3	19.29	5.5	285.12
空心紙板樑	30.07	2.01	2.21	19.08	9.6	503.14
空心紙板樑	30.11	1.12	1.25	9.64	6.6	684.65
空心紙板樑	30.09	1.12	1.22	9.74	6.8	698.15
空心珍珠板樑	29.97	2.07	3.04	14.17	25	1764.29
空心珍珠板樑	29.96	1.99	3.15	14.25	26.2	1838.6
空心木板樑	30.01	1.02	1.61	6.16	20	4870.13
空心木板樑	30.04	0.99	1.64	6.48	32	4938.27
空心紙板樑平均	30.1	1.55	1.75	14.44	71.25	542.77
空心珍珠板樑平均	29.97	2.03	3.1	14.21	25.6	1801.44
空心木板樑平均	30.03	1.01	1.63	6.32	31	4904.2

空心柱

□ 荷重(Kg)



(三) 構想：

木板所能承受的力量是最大的，若使用現成的空心樑柱(牙膏盒)來作實驗，承重量是否會改變？

八、研究 H：用空心的盒子，來作承重的實驗（見圖八）。

(一) 方法：

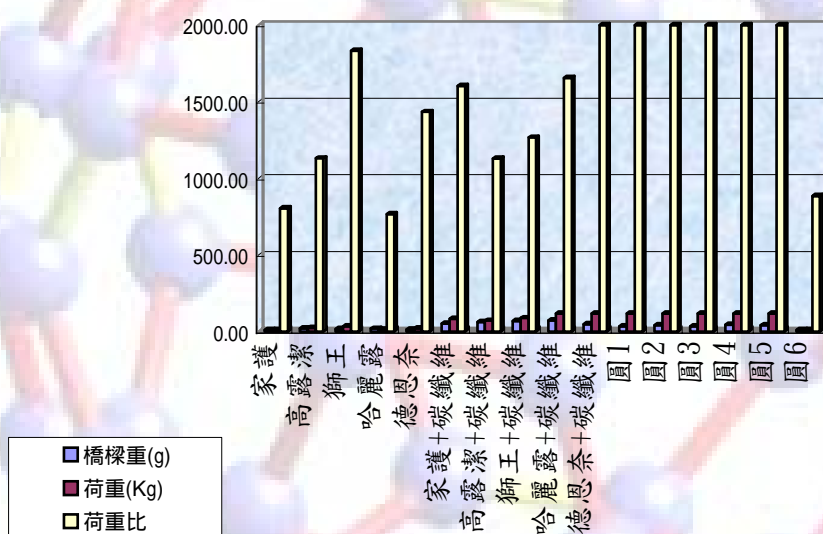
1. 用不同廠牌的空心牙膏盒，以及空心的圓柱來作測試。
2. 再分別包裹橫方向的碳纖維來作測試。
3. 豎立後施以重量，紀錄破壞時的荷重。



圖八：用空心的牙膏盒作實驗。

(二) 結果：

名稱	橋樑重(g)	荷重(Kg)	荷重比
家護	12.40	10.00	806.45
高露潔	21.67	24.50	1130.60
獅王	19.65	36.00	1832.06
哈麗露	19.96	15.30	766.53
德恩奈	15.35	22.00	1433.22
家護+碳纖維	53.05	85.00	1602.26
高露潔+碳纖維	63.77	72.00	1129.06
獅王+碳纖維	70.69	89.50	1266.09
哈麗露+碳纖維	72.48	120.00	1655.63
德恩奈+碳纖維	49.93	120.00	2403.36
圓1	35.30	120.00	3399.43
圓2	42.17	120.00	2845.62
圓3	36.34	120.00	3302.15
圓4	46.84	120.00	2561.91
圓5	42.98	120.00	2792.00
圓6	11.31	10.00	884.17



(三) 構想：

用不同材質的管、棒來作實驗，承重量是否會改變？

九、研究 I：用不同材質的管、棒來作實驗（見圖九）。

(一) 方法：

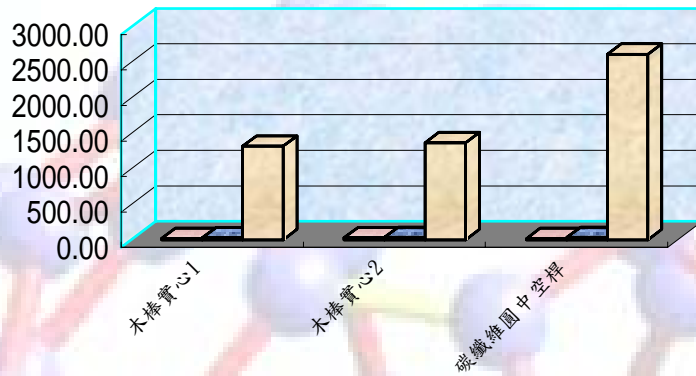
1. 用碳纖維圓管、木棒來做比較實驗。
2. 將管或棒穿入荷重吊繩中。
3. 兩邊同時抬起離開地面維持 10 秒鐘，紀錄破壞時的荷重。



圖九：以不同材質的管、作棒實驗。

(二)結果：

材質	橋樑重(g)	荷重(kg)	荷重比	長(cm)
木棒實心1	18.62	24.50	1315.79	1.19
木棒實心2	24.93	34.00	1363.82	1.19
碳纖維圓中空桿	13.03	34.00	2609.36	0.75



圓桿

橋樑重(g) 荷重(kg) 荷重比

(三)構想：

碳纖維的抗壓、拉力很強，那彈力呢？

十、研究 J：用不同材質的羽球拍來作實驗（見圖十）。

(一)方法：

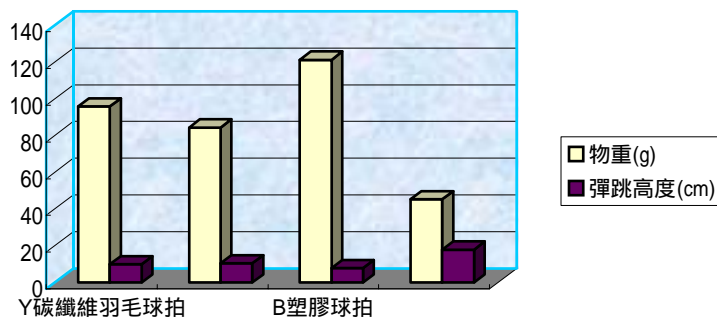
1. 使用不同材質的羽球拍和使用滑溜球當反彈體。
2. 羽球拍固定懸空長度，並固定滑溜球落下高度。
3. 紀錄滑溜球以自由落體方式落下撞擊羽球拍後彈起來的高度。



圖十：用不同材質的羽球拍作實驗。

(二)結果：

材料	懸空長度(cm)	落下高度(cm)	物重(g)	球重(g)	彈跳高度(cm)
Y碳纖維羽毛球拍	40	83	96	45.5	9.9
M碳纖維羽毛球拍	40	83	84.5	45.5	10.5
B塑膠球拍	40	83	121.5	45.5	8
碳纖維棒	40	83	45.5	45.5	18



(三) 構想：

若把碳纖維製作成座橋時，荷重量是否會改變？

十一、研究 K：製作拱橋來作承重的實驗的比較（見圖十一、十二）。

(一) 方法：

1. 製作平板與拱型結構(先將一個紙板包上碳纖維，把他彎成拱形。
2. 用四片短板來支撐平板橋面
3. 使用水與書籍來當荷重，紀錄破壞時的荷重。

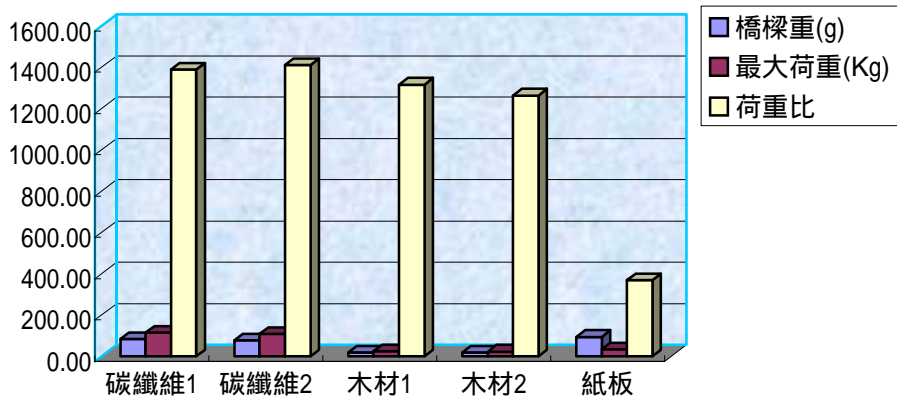


圖十一、圖十二：製作碳纖維橋作承重比較。

(二) 結果：

材料	橋樑重(g)	最大荷重	荷重比
碳纖維 1	83.50	116.00	1389.22
碳纖維 2	78.00	110.00	1410.26
木材 1	39.00	48.00	1230.77
木材 2	39.00	47.00	1205.13
紙板	95.00	35.00	368.42





(三) 構想：如果用碳纖維管製作一個金字塔，承重量會是多少？

十二、研究 L：製作金字塔型結構來作承重的實驗的比較（見圖十三、十四）

(一) 方法：

1. 分別選用 8 支 7.5mm 碳纖維管與鋁管製作金字塔型結構。



圖十三：製作碳纖維管金字塔作承重實驗。

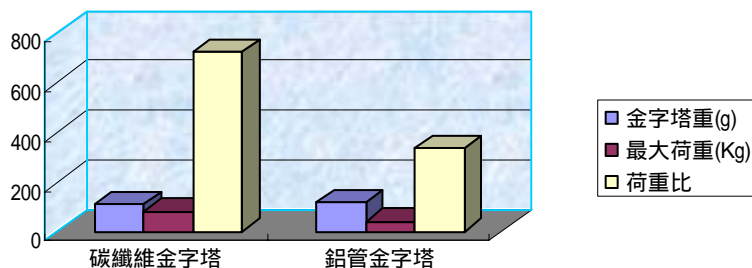


圖十四：製作鋁管金字塔作承重實驗。

2. 用鐵線與牙籤連接管材(再用分別以環氧樹脂黏住接點)。
3. 使用塑膠桶裝 20L 蒸餾水與書籍來當荷重，紀錄破壞時的荷重。

(二) 結果：

材料	金字塔重(g)	最大荷重(Kg)	荷重比
碳纖維	111	80	720.72
鋁管	120	40	333.33



(三) 構想：如果用碳纖維製作一個斜張橋，承重量會是多少？

十三、研究 M：製作斜張橋型結構來作承重的實驗的比較（圖十五、十六）

(一) 方法：

1. 分別選用碳纖維管與竹筷木板製作斜張橋型結構。
2. 用釣線與連接管材(再用分別以環氧樹脂黏住接點)。
3. 使用塑膠桶裝 20L 蒸餾水與書籍來當荷重，紀錄破壞時的荷重。



圖十五：製作碳纖維橋作承重比較。

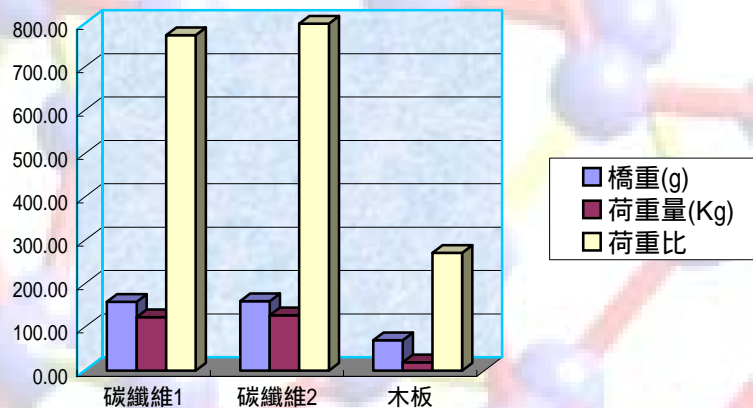
圖十六：製作木板橋作承重比較。

(二) 結果：

材質	橋重(g)	荷重量(Kg)	荷重比
碳纖維1	159.00	123.00	773.58
碳纖維2	160.00	128.00	800.00
木板	70.00	19.00	271.43



斜張橋



(三) 構想：如果用碳纖維製作一個斜張橋金字塔，承重量會是多少？

陸、研究結果

- 一、厚木板比薄木板和厚紙板來得更能承受重量。
- 二、相同的材質的厚木板，越厚的木板所能承受的重量越大。
- 三、若把相同材質的厚木板黏起來，兩片木板比一片的木板所能承受的重量大約為 2.2 倍。
- 四、密度較大的材料所能承受的重量較大。
- 五、複合材料的試驗中，加上碳纖維的複合材料比其他的複合材料所能承受的力量大約為 2 倍，而粗木板加碳纖維所能承受的力量大約為薄木板加碳纖維的 2 倍。
- 六、碳纖維貼在木板下面比貼在上面所能承受的力量較大，表示說碳纖維的抗拉力較大；而貼上下兩片的碳纖維複合材料所能承受的力量更大。
- 七、圓木棍的承受重量比方木棍的承受重量要來的強，大約為 4 倍；而且加上碳纖

維的承受量又比沒有加的要來的強，大約為 10 倍。

- 八、空心的木板樑所能承受的力量大於空心的紙板樑及珍珠板樑，大約為 8 倍和 4 倍。
- 九、牙膏盒加上碳纖維的所能承受的力量比沒有加上碳纖維更大。
- 十、碳纖維圓管所能夠承受的壓力大約為 28Kg，比實心木棍還大。
- 十一、碳纖維羽球拍的彈力比鋁或鐵質的球拍的彈力來的好，彈性比約 2 倍。
- 十二、碳纖維作成的拱橋梁承受力達到 125 公斤 得到荷重比約 621。
- 十三、碳纖維管作成的金字塔承受力達到 80.0 公斤，荷重比達到 720.72。
- 十四、碳纖維管作成的斜張橋承受力達到 128 公斤，荷重比達到 800.0。

柒、討論

- 一、壓力等於垂直方向的作用力除以受力面積， $\text{壓力} = \text{垂直方向的作用力} / \text{受力面積}$ 材料彎曲的程度和楊式係數(彈性係數)成反比，同時也與材料的寬度，厚度成反比。研究一的結果可以說明厚木板比細木板荷重力好。
- 二、依據壓力的定義可以知道相同材料其厚度愈厚它的荷重能力愈好。研究二的結果可以說明越厚的木板所能承受的重量越大，荷重力愈好。
- 三、相同的材質荷重能力的比率相同，因材料變形的程度和楊式係數(彈性係數)有關，楊式係數相同變形量也是呈反比現象。研究三得知密度較大的材料所能承受的重量較大，木材 > 紙板 > 珍珠板。
- 四、材料若加上碳纖維而成的複合材料所能承受的力量大約為紙或木板材質的兩倍，而厚木板加碳纖維所能承受的力量大約為薄木板加碳纖維的兩倍。如研究五的結果：厚木板 > 薄木板。
- 五、以樑受力時的狀擴來分析，可知道上層區域是壓力區而下層是張力區。因此若要加強樑的荷重力量應該在樑的下層補強。研究五結果顯示加碳纖維方式的荷重比如下：貼上下兩層 > 貼下面一層 > 貼上面一層。
- 六、面積與荷重有相互關係，以面積相同的正方形與圓形來比較，圓形荷重會比正方形來的大 因材料彎曲的程度和楊式係數(彈性係數)成反比，同時也與材料的寬度，厚度成反比。同面積時圓形的寬度會比正方形大。
- 七、碳纖維棒的彈性也比同面積的鐵管或鋁管的彈性佳，如研究九。
- 八、碳纖維補強功能能增加荷重能力 如研究六與研究八。
- 九、碳纖維在塗上硬化劑與環氧樹脂混合劑後，需等待 8-12 小時間陰乾硬化後才能做實驗。塗樹脂時要專心才能均勻，否則會產生纖維與材料接合不均勻，影響應力的均勻性。
- 十、作研究八時在黏合碳纖維在牙膏盒上時，由於牙膏盒是光滑面，沒有毛細孔所以不好黏合。(平面玻璃與保鮮膜都是一樣沒有毛細孔所以環氧樹脂混合劑不會黏在表面上)。碳纖維若無法與牙膏盒密合則無法發揮增加荷重的功能。
- 十一、碳纖維硬化後，變的很堅硬，周圍的絲有點像針，裁剪時很容易去刺傷手，所以要戴手套來工作。製作碳纖維板時必須要隨時注意纖維的密合性，也要邊作邊壓緊，才能使碳纖維與材質間密合，避免壓力無法均勻分散至整個試片。

捌、結論：

- 一、碳纖維絲本身細小不容易處理使用，但是經樹脂結合後可以形成棒型或板型發揮更強的功能。也可以將其絞合成繩，如吊橋的鋼索都是絞合的形式以便發揮強大的拉力。
- 二、用較薄的相同的紙或木板材料黏合後與同厚度的材質比較，所能承受的重量比較大。因為單純材料加上黏合劑的組合形成複合材料型式，此種狀況因硬度變大承受彎曲力量也增加，如同夾板利用度同材質經高壓高熱處理後硬度增加的特性。
- 三、相同的紙或木板材料越厚的材質彎曲程度較小。因彎曲程度與厚度成反比，同寬度的材料其截面積越大相對彎曲程度越小，所能承受的重量越大。
- 四、木材加上碳纖維的複合材料，承受的力量增大比單一木材材料承受的力量比較大。因彎曲程度與厚度成反比，複合材料的截面積相對變大，相對彎曲程度越小，所能承受的重量越大。
- 五、碳纖維貼在木板下面比貼在上面所能承受的壓力較大，因木板承受壓力時木板下方因彎曲受力形成拉力變形部分，而碳纖維貼在木板下面可以減少變形，因此碳纖維加在抗拉力部分效益較大。
- 六、相同截面積的圓木棍的承受重量比方木棍的承受重量要來的強，而且加上碳纖維的承受重量又比沒有加碳纖維的要來的強。而加上碳纖維所增加的重量很少，卻產生的很大的荷重比。
- 七、碳纖維中空棒的承受重量比相同面積的圓木棍或方木棍的承受重量要來的強。證明碳纖維重量輕但是剛性強的特性。
- 八、碳纖維、綜合組成之球拍（1）彈性好（2）重量輕（3）伸展性佳（4）品質、結構佳（5）多數球員喜愛（6）耐用。
- 九、碳纖維具有高強度比（抗拉強度與比重的比值）高彈性比（彈性模量與比重的比值）抗疲勞等優異性能，是一種高功能纖維。
- 十、碳纖維複合材料的使用範圍相當廣泛，複合材料是一種組合式材料，由於它們是由多種互補的材料所組成，而每種材料都可提功單一的物理與化學特性。碳纖維在質輕、強力、耐用等方面，有超出其他材料的卓越性能。
- 十一、碳纖維不僅正在取代鋼鐵和混凝土，並通過生產碳纖維與鋁的合金，和碳纖維與橡膠的結合，使其應用形式正趨多樣化。我們肯定，碳纖維是具有巨大潛在增長能力的有前途的材料。例如日本清水建築提出『東京金字塔』摩天樓——這些高達30層的大樓不僅有底座支撐，它們還通過輕型納米碳管與金字塔城的外殼相連。

玖、參考資料（書目按中文筆劃順序排列）

- 一、安得固 AEC 碳纖維補強系列技術資料 <http://www.anchors.com.tw/index.htm>
- 二、東京金字塔
http://www.discoverychannel.com.tw/extremeengineering/pyramid_explore/pyramid_explore.html
- 三、高科技紡織品的發展趨勢 myweb.hinet.net/home1/imagedeep/imagedeep24.htm
- 四、國中自然與生活科技，第三冊第一章「常見的非金屬元素」，台南：南一書局，第

15 頁，2003。

五、國中自然與生活科技，第四冊第六章「力與壓力」，第二節「力學在營建科技的應用」，台南：南一書局，第 126~127 頁，2004。

六、國中自然與生活科技，第四冊第七章「製造科技的世界」，第三節「塑膠製造科技」第 148 頁，台南：南一書局，2004。

七、第一座奈米碳纖維橋 <http://isaturn.isl.net.tw/~newnano/news/index.phtml>

八、第一座奈米碳纖維橋 www.netcomposites.com/news.asp?1699

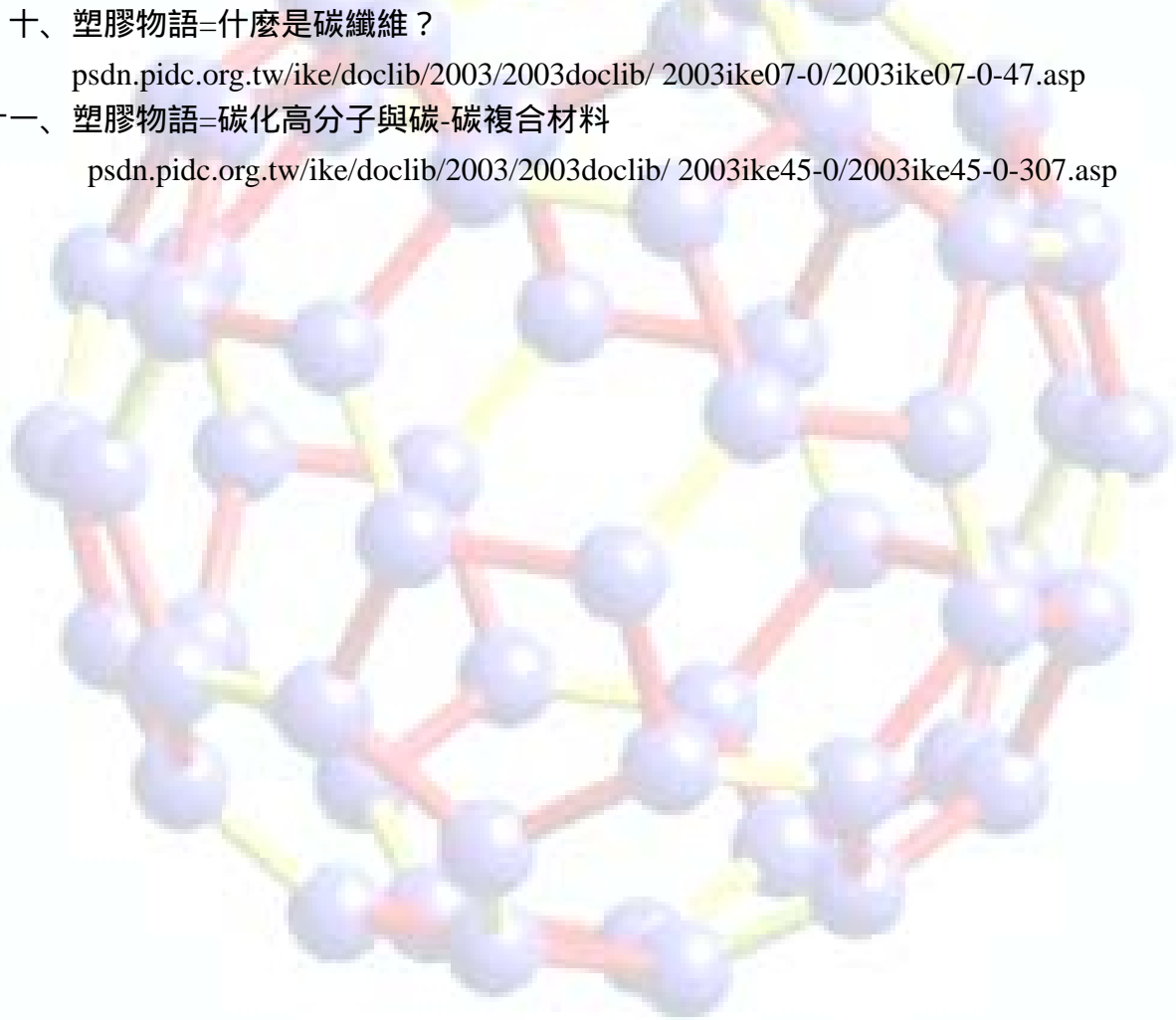
九、第一座碳纖維橋在美國 www.pci.org/pdf/journal/bridge_street.pdf

十、塑膠物語=什麼是碳纖維？

psdn.picd.org.tw/ike/doclib/2003/2003doclib/2003ike07-0/2003ike07-0-47.asp

十一、塑膠物語=碳化高分子與碳-碳複合材料

psdn.picd.org.tw/ike/doclib/2003/2003doclib/2003ike45-0/2003ike45-0-307.asp



評語

030803 國中組生活與應用科學科

碳為觀止—碳纖維的運用與展望

本作品主要為探討碳纖維在營建科技上的應用，藉由單片的單一材料承重實驗、複合材質承重實驗、碳纖維黏貼不同地方之承重實驗、不同材質柱體承重實驗、中空樑柱承重實驗、拱橋承重實驗、及金字塔型、斜張橋型結構承重實驗等，探討與比較碳纖維之強度增加效果，實驗工作豐富，所得結果也具參考價值，若未來能將「應力」與「應變」的關係納入，所獲得的結果將有助於碳纖維在營建科技上之推廣與應用。