

中華民國第 58 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

第三名

082915

酒研英雄

學校名稱：金門縣金城鎮中正國民小學

作者：	指導老師：
小五 陳柏澄	李麗娟
小五 黃天睿	葉炳煙
小五 陳威廷	
小六 歐陽凱宸	
小六 蔡顯擎	

關鍵詞：綠建材、環保、高粱酒瓶

摘要

堆積如山的廢棄金門高粱酒瓶沒有妥善回收，是金門的棘手問題，危險又危害環境。

從實驗發現：以廢棄高粱酒瓶碎粒取代砂子，對水泥砂漿試體的抗壓結果，實驗組強度均高於對照組，所以酒瓶碎粒可取代砂子。且實驗組吸水率均較對照組低，即使梅雨季，牆面也不易潮濕，又可達到耐久使用的需求。由文獻發現：砂與玻璃碎粒的主要成分皆為二氧化矽，但玻璃無氯離子，可避免有「海砂屋」疑慮。

因此，以酒瓶碎粒取代砂子，既可達到廢棄物減量，經過循環再利用，又可重新賦予酒瓶新生命，降低材料成本，符合海島型氣候的金門特色綠建材。

金門高粱酒一生鞠躬盡瘁，「始」而後已，不僅是創造金門經濟奇蹟的「酒國英雄」，更是打造環保綠建築的「酒斫英雄」。

壹、研究動機

「被退貨啦！」、「天啊！我們班沒做好垃圾分類」、「學務處說如果再這樣鎮公所要拒收我們學校垃圾」，晚上回到家媽媽也抱怨「垃圾車到底要幾點才來啊？」原來金門沒有垃圾焚化爐，島上垃圾得運往台灣本島處理，可是因為沒有做好垃圾分類，被台灣拒收退貨了，因此辛苦的清潔隊員需要破袋逐一檢查，以致延誤時間啊！

剛好六下康軒版社會 4-1 介紹綠建築綠建材、六下康軒版自然 3-2 介紹綠色行動，三下康軒版 6-1 關懷家鄉的問題，老師帶我們前往金城垃圾場參訪，希望能為金門垃圾危機盡一份心力，可是一踏進大門，卻被堆積如山的廢棄金門高粱酒瓶嚇到了，工作人員說：「金門高粱酒是我們的金雞母，年產值驚人，但廢棄高粱酒瓶卻是我們環保人員心中的巨大煩惱啊！如果我們可以循環再利用廢棄高粱酒瓶，不再為了運往台灣而煩惱，那該有多好啊！」

澄澄突然靈機一動想起曾經在大陸旅遊時看到閃閃發亮的馬路，假如我們把廢棄的金門高粱酒瓶回收再利用，是不是可以利用玻璃碎粒取代其它建材成分變成綠建材嗎？老師和爸爸非常讚許我們創新的想法，持續與我們討論，更陪伴我們四處探索尋求協助，一起高唱「酒斫英雄」！

課程相關單元：

表 1-1：本研究與課程相關單元

社會	康軒版	3 下	6-1 6-2	關懷家鄉的問題 愛護家鄉的行動
社會	康軒版	4 上	第四單元	環境守護者
社會	康軒版	5 上	第二單元	自然環境
社會	康軒版	5 下	第六單元	生活與環境
自然	康軒版	6 下	3-2	綠色行動
社會	康軒版	6 下	4-1	愛護環境：綠建築








貳、研究目的









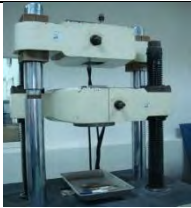
- 一、探討每年廢棄金門高粱酒瓶產生幾噸垃圾？造成地球多大負擔。
- 二、由於水泥砂漿在建築工程中，使用量極大，所以探究以廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度的影響。
- 三、探究以廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度，並找出可行替代率。
- 四、探究廢棄金門高粱酒瓶碎粒水泥砂漿試體吸水率，並討論是否影響耐久性。
- 五、探討廢棄金門高粱酒瓶碎粒水泥砂漿的可行性。

參、研究設備及器材

這次科展「酒斫英雄」研究，我們尋求鄰近的國立金門大學土木與工程管理學系協助相關器材與設備，並向金門地區唯一 TAF 認可實驗室紹青科技檢驗公司，商借科展所需使用的研究實驗設備與器材，更謝謝秀中水泥預拌廠免費提供我們水泥和砂。本研究的相關設備與器材彙整照片如下：

表 3-1：研究設備與材料

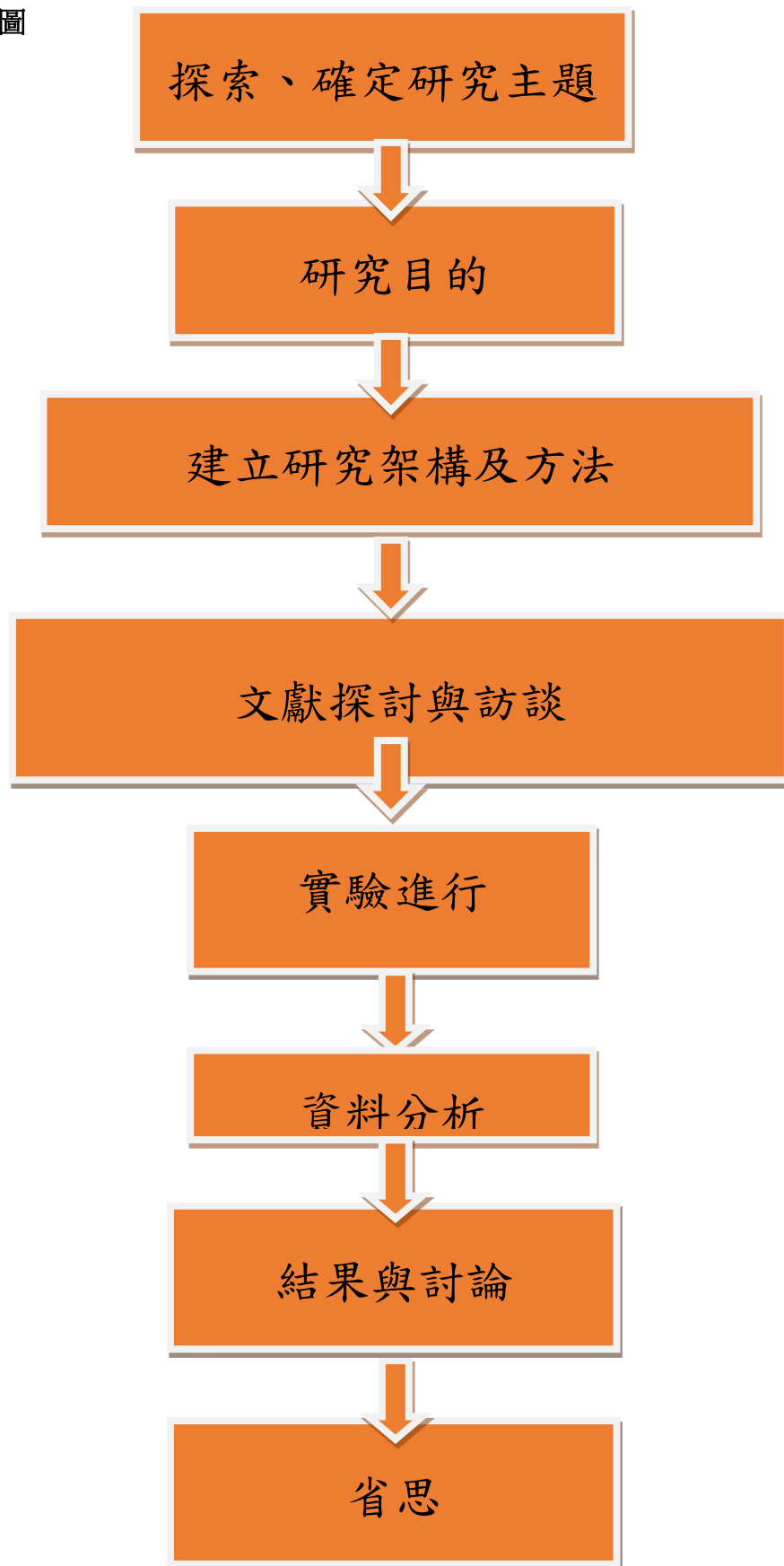
名稱	圖片	用途	備註
廢棄金門高粱酒瓶		搗碎篩析後欲代替摻入試體的材料。	
水泥		水泥砂漿原料之一，凝結砂與砂之間的膠體或材料。	種類：卜特蘭水泥 使用總量：約 12 kg
玻璃碎粒		搗碎後欲代取砂子摻入試體的材料。	使用總量：約 15~20 kg
細砂		水泥砂漿成分之一。	使用總量：約 15~20 kg
篩網		篩析細砂及廢棄金門高粱酒瓶碎粒。	大小：8 英吋 孔徑 4.75 mm 數量：1 個
烘箱		烘乾廢棄金門高粱酒瓶碎粒及砂去除水分。	數量：1 台
電子秤		測量所有實驗材料的重量。	承載最大值：2750 g 精密度：0.1 g

養護水槽		恆溫 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ 且裝滿飽和石灰水環境下養護試體。	
試體模具		灌製試體的標準模具。	尺寸：5x5x5 數量：2 組
拌和器		拌和水泥砂漿。	為了要讓水泥砂漿拌和均勻。
自製紙漏斗		自製紙漏斗倒粗玻璃砂至夯模，預防灑出，再夯打擊碎成更小顆粒	
搗棒		搗實水泥砂漿試體。	數量：10 支 材質：壓克力
針車油		塗抹在針車油於模具內壁，讓試體容易拆模。	數量：1 瓶
夯模		搗碎廢棄金門高粱酒瓶。	數量：1 組
夯錘			
電腦伺服式萬能試驗機		測試試體的抗壓強度。	最大承壓荷重：100 噸 精密度：1 %

自來水		拌和水泥砂漿。	數量：約 6 公升
刷子		將針車油塗抹在模具內。	
鏟刀		試體製作完成後，整平試體及刮除多餘的砂漿。	
抹布		擦乾試體秤重	
工作手套		實驗時使用避免受傷	
拌合容器軟性碗		盛裝材料秤重	
拌合容器		攪拌水泥砂漿的容器	

肆、研究過程及方法

一、研究流程圖



二、我們的工作日誌

(一)探討可行性與尋求資源 (107 年 1 月)

我們為了確立研究主題，四處尋求協助，探討是否可行，共拜訪五個場所，與專業人士對談。

- 1、金城資源回收場
- 2、金酒公司
- 3、國立金門大學土木與工程管理學系
- 4、TAF 紹青材料實驗室
- 5、台灣省土木技師公會金門辦事處

(二)實驗階段 (107 年 2 月 - 3 月)

	DAY1	DAY2	DAY3	DAY4	DAY5	DAY6	DAY7	DAY8	DAY9	DAY10	DAY11	DAY12	DAY13	DAY14	DAY15	DAY16	DAY17
製作試體	SI-6	A1-6	B1-6	C1-6	D1-6	E1-6	F1-6	G1-6	H1-6	I1-6	J1-6						
拆模		拆 SI-6	拆 A1-6	拆 B1-6	拆 C1-6	拆 D1-6	拆 E1-6	拆 F1-6	拆 G1-6	拆 H1-6	拆 I1-6	拆 J1-6					
浸泡飽和石灰水		泡 SI-6	泡 A1-6	泡 B1-6	泡 C1-6	泡 D1-6	泡 E1-6	泡 F1-6	泡 G1-6	泡 H1-6	泡 I1-6	泡 J1-6					
測面乾飽和重			測 SA-6	測 AA-6	測 BA-6	測 CA-6	測 DA-6	測 EA-6	測 FA-6	測 GA-6	測 HA-6	測 IA-6	測 JA-6				
試體養護			SI-6	A1-6	B1-6	C1-6	D1-6	E1-6	F1-6	G1-6	H1-6	I1-6	J1-6				
試體養護				SI-6	A1-6	B1-6	C1-6	D1-6	E1-6	F1-6	G1-6	H1-6	I1-6	J1-6			
試體養護					SI-6	A1-6	B1-6	C1-6	D1-6	E1-6	F1-6	G1-6	H1-6	I1-6	J1-6		
7天強度						SI-3	A1-3	B1-3	C1-3	D1-3	E1-3	F1-3	G1-3	H1-3	I1-3	J1-3	

	DAY18-26	DAY27	DAY28	DAY29	DAY30	DAY31	DAY32	DAY33	DAY34	DAY35	DAY36	DAY37	DAY38
試體養護	SA-6-JA-6												
試體烘乾		SA-6	AA-6	BA-6	CA-6	DA-6	EA-6	FA-6	GA-6	HA-6	IA-6	JA-6	
測量乾重			測 SA-6	測 AA-6	測 BA-6	測 CA-6	測 DA-6	測 EA-6	測 FA-6	測 GA-6	測 HA-6	測 IA-6	測 JA-6
28天強度			SA-6	AA-6	BA-6	CA-6	DA-6	EA-6	FA-6	GA-6	HA-6	IA-6	JA-6

(三) 整理實驗數據資料，完成書面報告 (107 年 4 月)

我們將文獻探討、訪談資料與分析實驗數據整理，完成最後的書面報告。

三、研究方法

(一)文獻探討與資料收集

金門酒廠，全名金門酒廠實業股份有限公司，簡稱金酒、KKL，是金門一家以生產、銷售金門高粱酒為主的公司，為金門縣政府所經營之縣營事業機構。金門酒廠提供金門在地人許多工作機會，並成為縣府稅收的主要來源之一。金酒公司於民國四十

一年誕生，除積極廣納各方人才精英，注入公司新活力外，亦不斷提昇技術水準，開發新產品，一切以顧客至上為經營理念。以繁榮金門經濟，縣民共享福利為使命。祈望從酒香四溢、詩酒並雅的白酒文化島嶼發展成為世界級的白酒王國。

(二)訪談

我們訪問金城垃圾場工作人員、金酒公司副總、台灣省土木技師公會金門辦事處副處長、國立金門大學土木與工程管理學系教師

1、金城垃圾場：

工作人員告訴我們由於金門沒有焚化爐，垃圾必須運往台灣處理，但因為民眾沒有確實做好分類，以致被台灣退貨了，垃圾場內堆積如山的金門高粱酒瓶是他們的巨大煩惱，危險又危害環境。工作人員說：「金門高粱酒是我們的金雞母，年產值驚人，但廢棄高粱酒瓶卻是我們環保人員心中的巨大煩惱啊！如果我們可以循環再利用廢棄高粱酒瓶，不再為了運往台灣而煩惱，那該有多好啊！」目前工作人員有將部分高粱酒瓶回收再利用製成杯子。但剩下的 3 分之 2 瓶身仍是煩惱啊，還要運回台灣。

2、金酒公司：

金酒公司非常友善，訪談當日先由專業解說人員為我們導覽，緊接著由副總親自接待我們幾位小學生，讓我們受寵若驚，副總告訴我們金酒公司每年約需要四千萬瓶金門高粱酒瓶，需求量極大，所以由台灣 4 家廠商供應，金酒公司已繳交每支酒瓶回收獎勵金 1 元，所以目前場內沒有回收金門高粱酒瓶重複灌裝金門高粱酒，如果要做回收，還要增加廠房、設備、人員……從事回收消毒工作，成本極大，目前暫不考慮回收。每年直接購置新的高粱酒瓶，灌裝高粱酒。

3、台灣省土木技師公會金門辦事處：

副處長接受我們訪談，誇讚我們創新的「大膽假設」，鼓勵我們「小心求證」做研究，會全力支援與教導我們專業知識，協助我們找尋研究方向，確立研究目的，並告訴我們水泥砂漿是由水泥+砂+水組成，用途廣泛，可以粉刷牆面、砌

磚、填補縫隙……等功能，砂在工程上用量很大，金門島禁止採砂，完全仰賴進口，且教導我們水泥砂漿試體配比，及練習試算比例。

4、國立金門大學土木與工程管理學系

教授聽到我們要做科展，大大給予我們掌聲，讚賞我們的勇氣與自己動手做的決心，提供許多寶貴意見給我們參考，並表示只要我們需要任何專業協助與實驗器材，一定協助到底，若有不會的地方儘管問，一定用我們聽得懂的方式，講到懂為止。還馬上教導我們如何規劃工作日誌，每天必須做那些試驗，如何搗實、清洗與組裝器材…等等，離開時教授立刻搬出相關實驗設備，借我們科展使用。

表 4-1：訪談實錄

			
			
金城垃圾回收場	金酒公司副總	台灣省土木技師公會 金門辦事處副處長	國立金門大學土木系

(三) 實驗器材與方法

1、廢棄高粱酒瓶收集：

- (1)、金城垃圾場蒐集廢棄金門高粱酒瓶
- (2)、學校附近餐廳每天都有許多顧客喝光的廢棄金門高粱酒瓶
- (3)、家裡長輩喝光的廢棄金門高粱酒瓶

2、試體模具規格：

我們依據國立金門大學土木與工程管理學系提供借用的模具製作試體與專業導棒搗實製作試體，依據中國國家標準 CNS1010 規範，採用尺寸規格為 5x5x5 cm 的正立方體。我們透過討論與專家建議選定以水泥砂漿試體作為實驗研究對象。

3、水泥砂漿試體製作及配比設定：

首先依據中國國家標準 CNS1010 規定配比，製作一組水泥砂漿之常用配比 1：2.75：0.485 為對照組，即 1 份水泥，2.75 份砂子，0.485 份水。廢棄金門高粱酒瓶碎粒分別依不同比率取代等量之砂子，直到完全取代（A 組～J 組）水泥砂漿的配比設定。由於廢棄金門高粱酒瓶是回收環保再利用資源，成本為零，所以這樣整體材料成本一定會降低。

4、標準試體養護法：

依中國國家標準 CNS1231 規定將所有製作完成試體置於 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ 且裝滿飽和石灰水的恆溫水槽中養護試體。依據政府部門執行公共工程合約要求，試體強度測試時間應為期齡 7 天、28 天。7 天為早期強度參考用，28 天為判定強度用。

5、試體抗壓強度測試：

7 天、28 天養護期滿後，依據編號將試體放進「電腦伺服式萬能試驗機」內進行抗壓強度的實驗，並同時紀錄下實驗數據，獲取每一試體破壞時的抗壓強度。

6、廢棄金門高粱酒瓶碎粒水泥砂漿試體吸水率測試：

透過吸水率試驗，可瞭解每一個試體的吸水率，藉以評估試體內孔隙的吸水能力，分別就對照組與實驗組（A 組～J 組）測試結果，比較差異，並分析結果做成結論。

三、實驗設計

(一) 對照組 S 與實驗組 A-J 試體製作：

每組製作六顆試體編號 1、2、3 供 7 天實驗用，編號 4、5、6 供 28 天實驗用。

1. 對照組 S 水泥砂漿試體製作

表 4-2：對照組水泥砂漿試體製作配比表

試體	水泥：砂：水		
標準配比	配比	1：2.75：0.485	
	重量	500 g：1375 g：242 g	

說明：對照組試體材料配比依據 CNS 標準配比的數值設定，以便於實驗組取代率的選定與計算。每一個配比可製作六個 5x5x5 cm 試體

2. 實驗組 A-J 水泥砂漿試體製作




表 4-3：實驗組水泥砂漿試體製作配比表








試體	水泥：廢棄金門高粱酒瓶碎粒：砂：水			廢棄金門高粱酒瓶碎替代砂比例	
A	重量	500g：	137.5g：1237.5g：	242g	10%
B	重量	500g：	272g：1100g：	242g	20%
C	重量	500g：	412.5g：962.5g：	242g	30%
D	重量	500g：	550g：825g：	242g	40%
E	重量	500g：	687.5g：687.5g：	242g	50%
F	重量	500g：	825g：550g：	242g	60%
G	重量	500g：	962.5g：412.5g：	242g	70%
H	重量	500g：	1100g：275g：	242g	80%
I	重量	500g：	1237.5g：137.5g：	242g	90%
J	重量	500g：	1375g：0g：	242g	100%







說明：
 替代率：指廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂的比例，
 替代率 = $\frac{\text{廢棄金門高粱酒瓶碎粒}}{\text{砂} + \text{廢棄金門高粱酒瓶碎粒}}$

(二) 實驗步驟



表 4-4：實驗步驟流程表

<p>1、準備實驗材料： 水泥、砂、水和廢棄金門高粱酒瓶</p>	
<p>2、秤廢棄金門高粱酒瓶重量： 試算每年產生幾公噸垃圾量。</p>	
<p>3、搗碎廢棄金門高粱酒瓶 利用鐵製夯鎚及夯模搗碎玻璃瓶，需搗碎至與砂子顆料接近大小。利用 4.75mm 篩網，取通過篩網的玻璃碎粒使用。</p>	
<p>4、自製紙漏斗： 自製紙漏斗倒粗玻璃砂至夯模，預防灑出，再夯打成更小顆粒。</p>	
<p>5、篩析： 利用篩網分別篩析廢棄金門高粱酒瓶碎粒至儲存桶。砂子也要以通過 4.75mm 篩網方可使用，顆粒太大，則移除粗砂，保留細砂使用</p>	
<p>6、組裝試體模具： 金屬製標準方塊方式模具 5cm x 5cm x5cm。</p>	
<p>7、塗抹針車油： 使用針車油塗抹於模具內，方便隔天拆模。</p>	

<p>8、秤取原料：</p> <p>依配比秤取製作試體所需要的材料重量。</p>	
<p>9、乾料拌和：</p> <p>將配比完成的砂、水泥和玻璃碎粒放進拌合桶裡，利用飯匙攪拌，方便加水後拌和時能更均勻。</p>	
<p>10、拌和：</p> <p>將一定配比的水，緩慢的倒進拌合桶內，利用飯匙均勻拌合。</p>	
<p>11、灌漿：</p> <p>(1)、第一次將 3 個試體皆裝 1/2 材料，依序搗實。</p> <p>(2)、搗實完畢再裝全滿，再搗實。</p>	
<p>12、搗實：</p> <p>把配比出來的水泥砂漿，放進模具裡，分 2 層搗實，每層搗實量固定，讓它不會鬆散，完成後，放置等待 24 小時後拆模。</p> <p>(1)、填充約 1/2 滿拌合好的水泥砂漿，依序搗實 8 下，第 2 次變換方向 8 下，均勻搗實，每層搗實 16 下。</p> <p>(2)、然後全裝滿後再搗實 8 下，再變換不同方向 8 下，每個試體完成時，均搗實 32 下。</p> <p style="text-align: center;">$\underline{8X2}+\underline{8X2}=32$ 下</p>	 
<p>13、鏟刀抹平：</p> <p>試體製作完成，立即以鏟刀抹平，移除多餘的水泥砂漿，並將試體整平。</p>	

<p>14、拆試體：</p> <p>將試體靜置二十四小時後試體拆模，以確保試體已達初步凝固。</p>	
<p>15、測試體面乾內飽和重：</p> <p>將製成試體自飽和石灰水取出，15 秒內用布擦乾試體表面水，立即稱重，紀錄面乾內飽和重。</p> <p>所謂面乾飽和重就是試體吸飽水，無表面水的狀態。</p>	
<p>16、養護：</p> <p>將靜置二十四小時後拆模的試體，置於 23±1℃ 飽和石灰水的恆溫水槽中養護試體。</p>	
<p>17、測試體乾重：</p> <p>抗壓前將製成試體自飽和石灰水取出，以 110±5℃ 烘乾 24 小時，再測乾重紀錄。</p>	
<p>18、測量製成試體之吸水率</p> <p>(1)、首先測試體面乾內飽和重：</p> <p>將製成試體自飽和石灰水取出，15 秒內用布擦乾試體表面水，立即稱重，紀錄面乾內飽和重。</p> <p>(2)、測試體乾重：</p> <p>將製成試體自飽和石灰水取出，以 110±5℃ 烘乾 24 小時，再測乾重紀錄</p> $\text{吸水率} = \frac{\text{面乾內飽和重} - \text{乾重}}{\text{乾重}} \times 100\%$	
<p>15、抗壓試驗：</p> <p>將試體養護 7 天和 28 天後，以電腦伺服式萬能試驗機，測試試體的抗壓力。</p>	

四、實驗過程實錄

		
收集廢棄金門高粱酒瓶	2.搗碎廢棄金門高粱酒瓶	自製紙漏斗
		
篩廢棄金門高粱酒瓶碎粒	廢棄金門高粱酒瓶碎粒	砂子
		
水泥灰	秤重水泥灰	秤重廢棄金門高粱酒瓶碎粒
		
加水 242g	攪拌	塗抹針車油
		
模具組裝完成	灌漿 1/2 搗實	灌漿全滿搗實
		
完成灌漿、搗實	試體完成寫編號	拆試體
		
試體養護	擦乾試體	測試體面乾內飽和重
		
烘乾及測試體乾重	試體抗壓實驗	試體抗壓實驗

伍、 研究結果與討論

一、探討每年廢棄金門高粱酒瓶產生幾噸垃圾，造成地球多大負擔

《結果》我們經由訪談得知金酒公司每年需求約四千萬瓶金門高粱酒瓶，需求量極大，由台灣 4 家廠商供應，金酒公司已繳交每支酒瓶回收獎勵金 1 元，所以目前場內沒有回收金門高粱酒瓶重複灌裝金門高粱酒，如果要做回收，還要增加廠房、設備、人員……從事回收消毒工作，成本極大，目前暫不考慮回收。另實驗結果得知，每瓶高粱酒重量 500 公克。

《發現》每瓶高粱酒重量 500 公克，每年約四千萬瓶，所以一年產生約 2 萬噸垃圾，不僅造成金門垃圾場負擔，擔心運回台灣本島回收不易，更是造成地球巨大的傷害啊！

$$40000000 \text{ 瓶/年} \times 0.5 \text{ kg/瓶} = 20000000 \text{ kg} , \quad 20000000 \text{ kg} = 20000 \text{ 噸重}$$

二、以廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度結果

(一)對照組 S 水泥砂漿試體抗壓試驗結果

對照組水泥砂漿試體抗壓試驗結果如表 5-1 所示，7 天平均強度為 340 kgf/cm²，28 天平均強度為 404kgf/cm²。

表 5-1：對照組 S 水泥砂漿試體抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	328	356	336			
	7 天平均值	340					
	28 天				417	439	356
	28 天平均值				404		

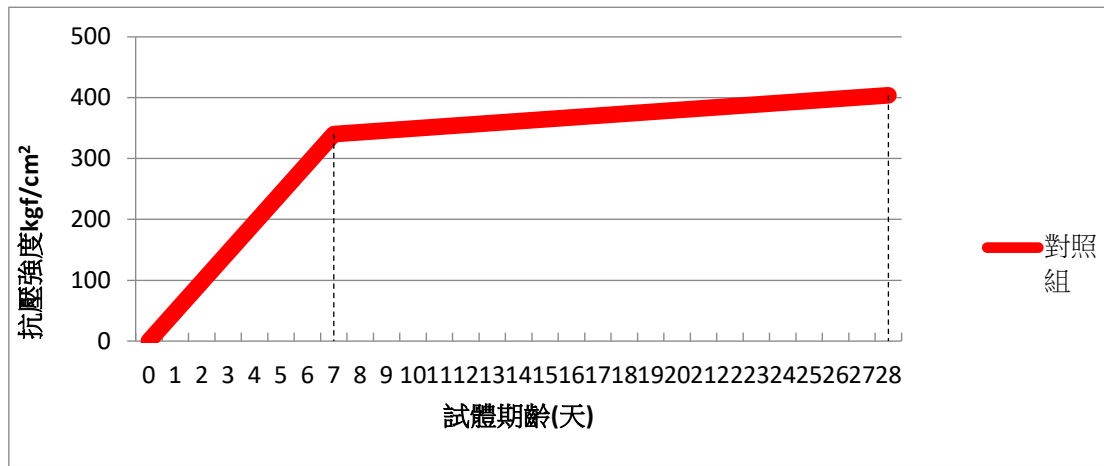


圖 5-1：對照組 S 水泥砂漿試體抗壓試驗結果折線圖

(二)實驗組-A(10%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-A(10%替代率)抗壓試驗結果如表 5-2 所示，7 天平均強度為 479kgf/cm²，28 天平均強度為 487 kgf/cm²。

表 5-2：實驗組-A(10%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	452	483	502			
	7 天平均值	479					
	28 天				427	519	516
	28 天平均值				487		

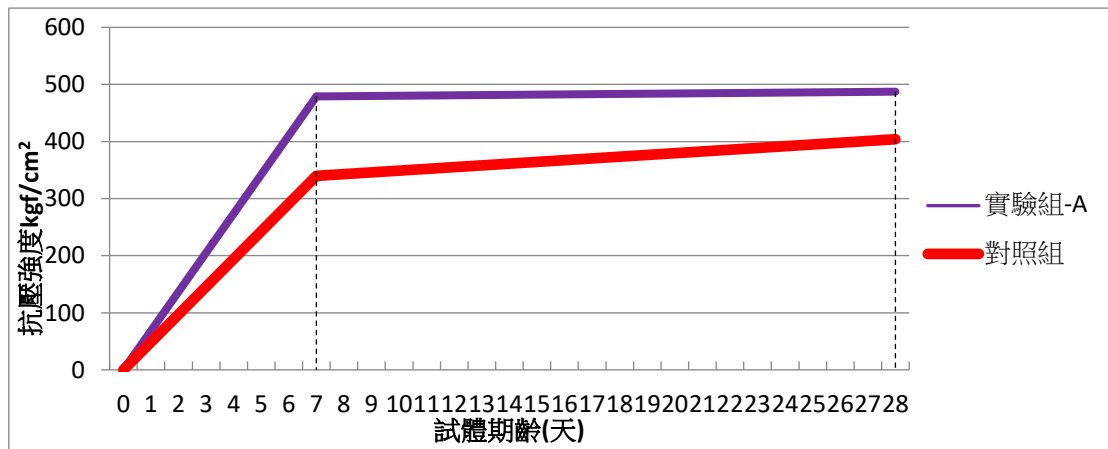


圖 5-2：實驗組-A(10%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(三)實驗組-B(20%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-B(20%替代率)抗壓試驗結果如表 5-3 所示，7 天平均強度為 470 kgf/cm²，28 天平均強度為 523kgf/cm²。

表 5-3：實驗組-B(20%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	483	452	474			
	7 天平均值	470					
	28 天				519	507	543
	28 天平均值				523		

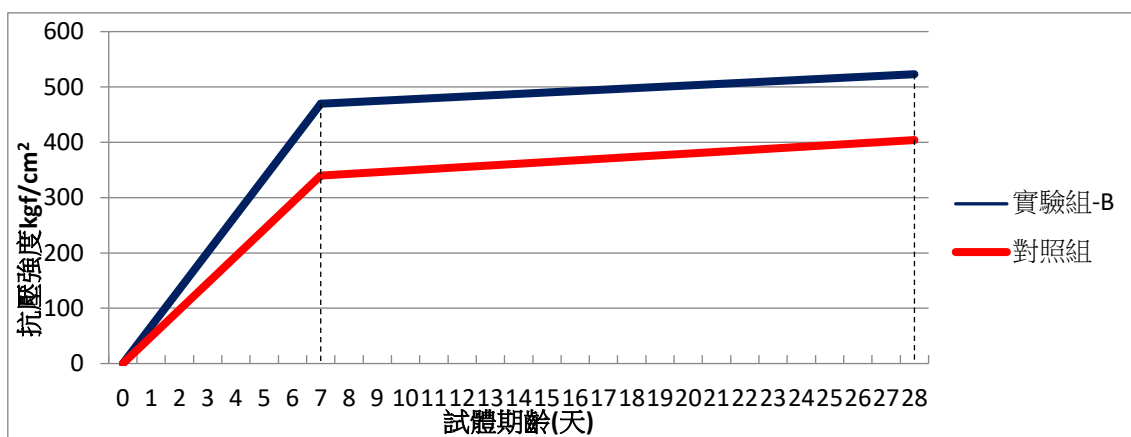


圖 5-3：實驗組-B(20%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(四)實驗組-C(30%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-C(30%替代率)抗壓試驗結果如表 5-4 所示，7 天平均強度為 406 kgf/cm²，28 天平均強度為 439kgf/cm²。

表 5-4：實驗組-C(30%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	401	401	416			
	7 天平均值	406					
	28 天				433	437	447
	28 天平均值				439		

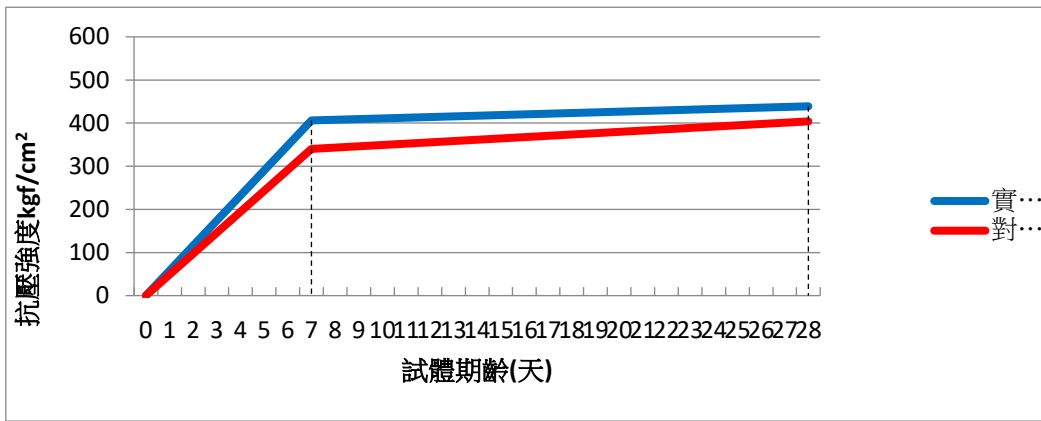


圖 5-4：實驗組-C(30%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(五)實驗組-D(40%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-D(40%替代率)抗壓試驗結果如表 5-5 所示，7 天平均強度為 356 kgf/cm²，28 天平均強度為 441kgf/cm²。

表 5-5：實驗組-D(40%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	355	344	369			
	7 天平均值	356					
	28 天				415	432	476
	28 天平均值				441		

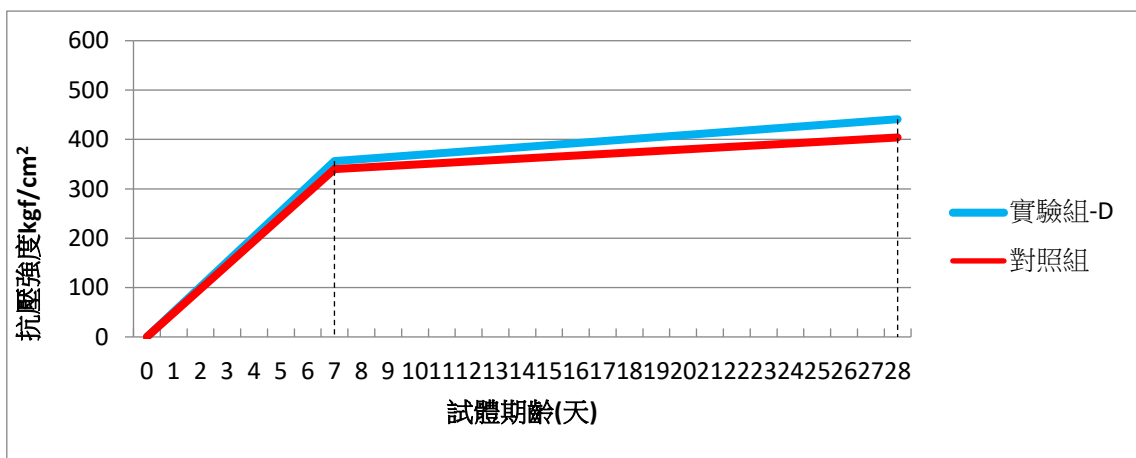


圖 5-5：實驗組-D(40%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(六)實驗組-E(50%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-E(50%替代率)抗壓試驗結果如表 5-6 所示，7 天平均強度為 488 kgf/cm²，28 天平均強度為 527 kgf/cm²。

表 5-6：實驗組-E(50%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	495	480	489			
	7 天平均值	488					
	28 天				488	533	560
	28 天平均值				527		

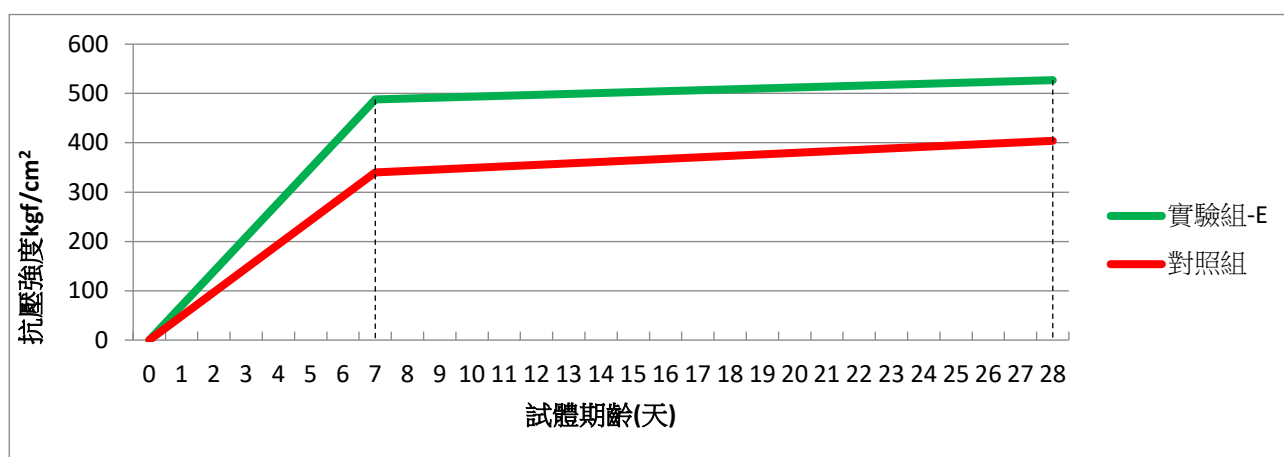


圖 5-6：實驗組-E(50%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(七)實驗組-F(60%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-F(60%替代率)抗壓試驗結果如表 5-7 所示，7 天平均強度為 404 kgf/cm²，28 天平均強度為 474kgf/cm²。

表 5-7：實驗組-F(60%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	410	399	402			
	7 天平均值	404					
	28 天				467	477	478
	28 天平均值				474		

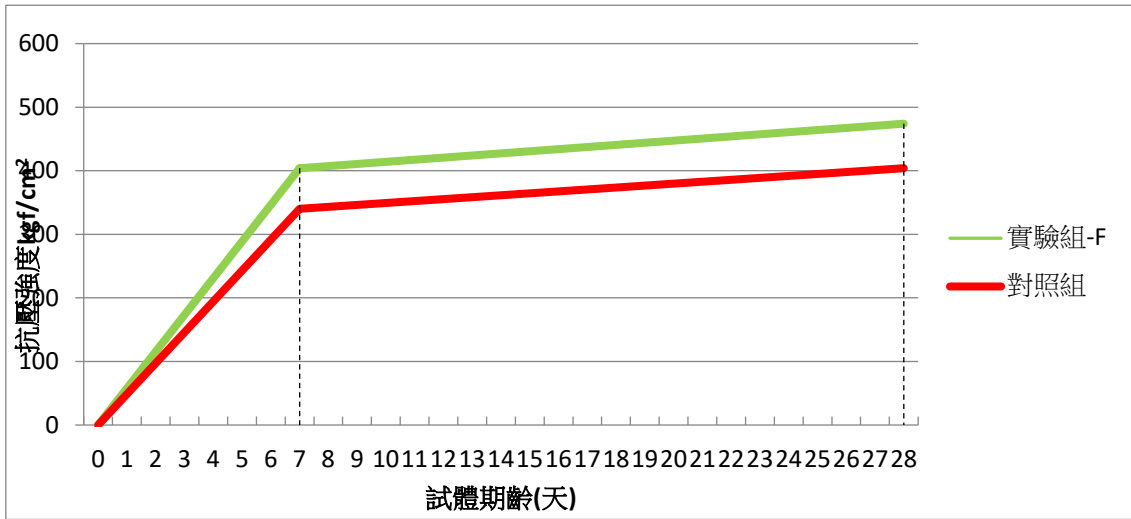


圖 5-7：實驗組-F(60%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(八)實驗組-G(70%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-G(70%替代率)抗壓試驗結果如表 5-8 所示，7 天平均強度為 299 kgf/cm²，28 天平均強度為 442kgf/cm²。

表 5-8：實驗組-G(70%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	312	325	260			
	7 天平均值	299					
	28 天				443	453	431
	28 天平均值				442		

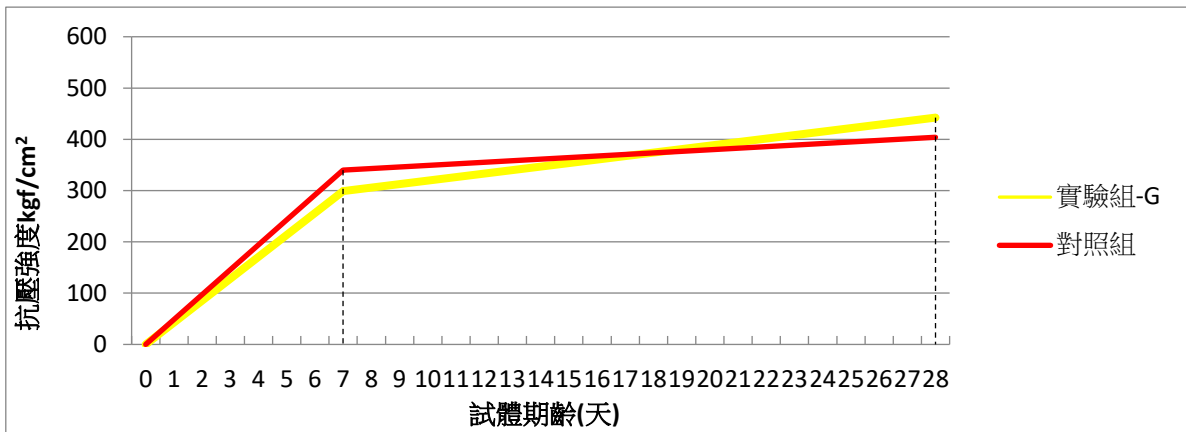


圖 5-8：實驗組-G(70%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(九)實驗組-H(80%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-H(80%替代率)抗壓試驗結果如表 5-9 所示，7 天平均強度為 419 kgf/cm²，28 天平均強度為 441kgf/cm²

表 5-9：實驗組-H(80%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	445	418	393			
	7 天平均值	419					
	28 天				434	438	450
	28 天平均值				441		

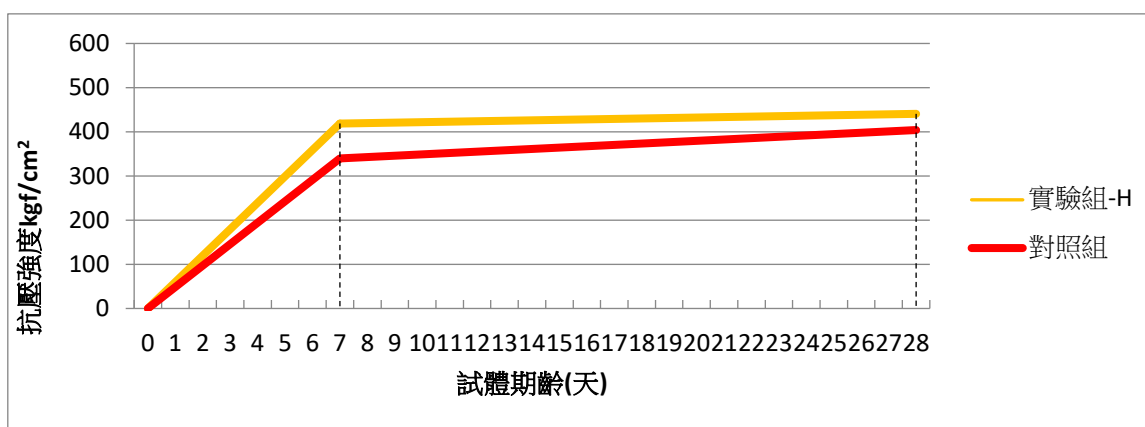


圖 5-9：實驗組-H(80%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(十)、實驗組-I(90%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-I(90%替代率)抗壓試驗結果如表 5-10 所示，7 天平均強度為 415 kgf/cm²，28 天平均強度為 451 kgf/cm²。

表 5-10：實驗組-I(90%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號					
		I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	398	430	418			
	7 天平均值	415					
	28 天				451	443	459
	28 天平均值				451		

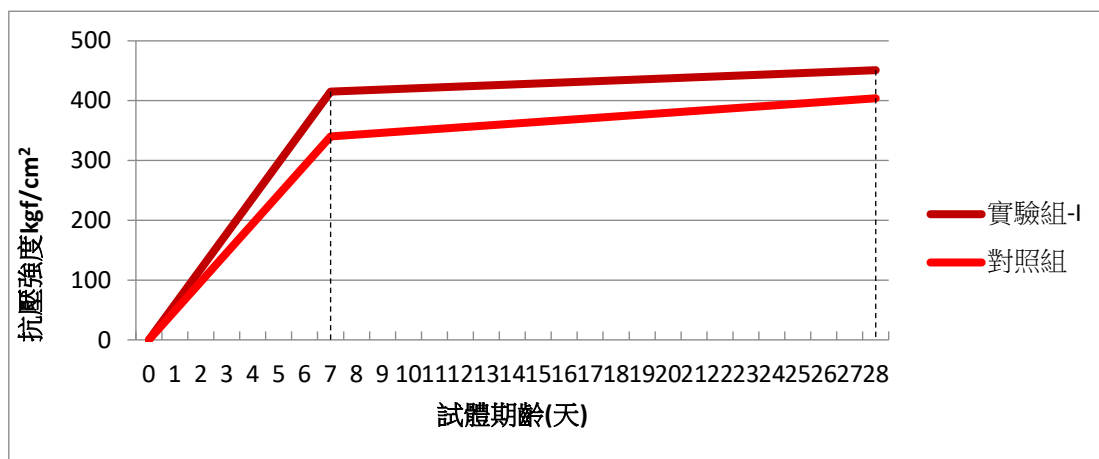


圖 5-10：實驗組-I(90%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(十一)實驗組-J(100%替代率)抗壓試驗結果

實驗組-J(10%替代率)抗壓試驗結果如表 5-11 所示，7 天平均強度為 372 kgf/cm²，28 天平均強度為 454kgf/cm²。

表 5-11：實驗組-J(100%替代率)抗壓試驗結果統計表

期齡(天)		試體編號						平均值
		J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	J-6	
抗壓強度 (kgf/cm ²)	7 天	390	344	382				kgf/cm ²
	7 天平均值	372						
	28 天				482	482	397	kgf/cm ²
	28 天平均值				454			

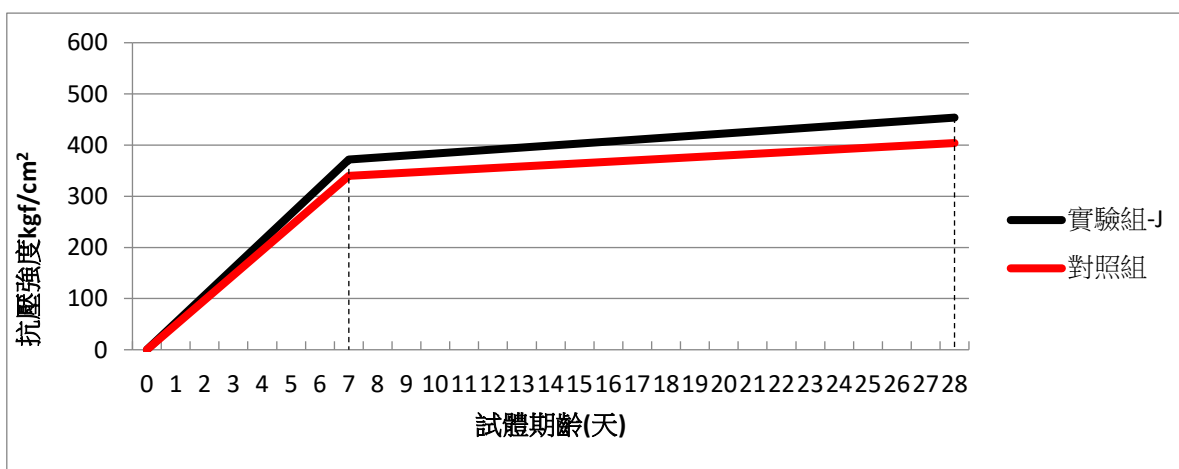


圖 5-11：實驗組-J(100%替代率)抗壓試驗結果折線圖

(十二)對照組與實驗組 A-J 試驗結果比較

由圖 5-12 可知第 7 天、28 天以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體抗壓結果套疊於同一曲線圖內，發現實驗組 A-J 抗壓強度均大於對照組，強度雖呈現微幅下降的趨勢，但後續趨於平緩，強度無明顯降低。

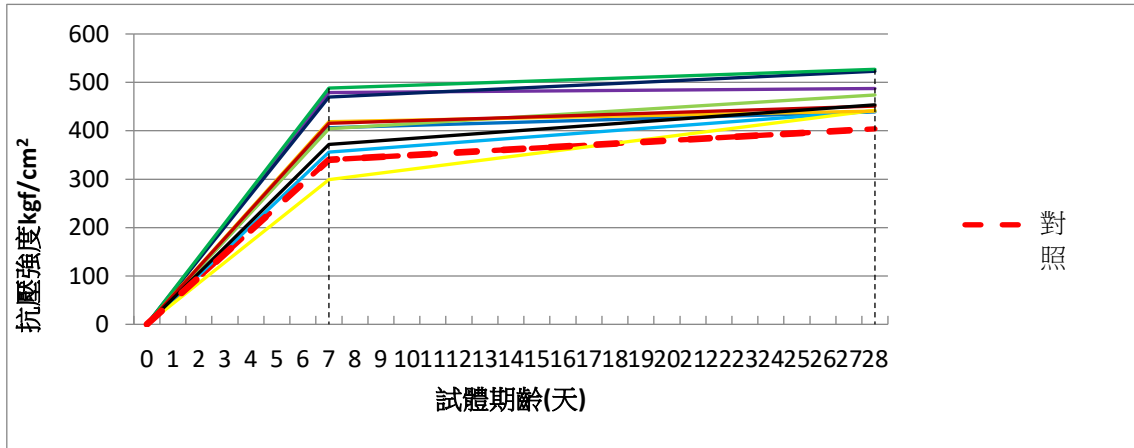


圖 5-12：對照組與實驗組 A-J 試驗結果比較折線圖

三、以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度的可行替代率結果

《結果》由圖 5-13 可知第 7 天、28 天以廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂子對水泥砂漿試體抗壓結果套疊於同一曲線圖內，可發現替代率 10% 至 100% 間，實驗組抗壓強度均大於對照組

《發現》替代率越高，強度雖呈微幅下降的趨勢，但後續趨於平緩，強度無明顯降低，因此可得知無替代限制。

表 5-12：以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度的可行替代率

7 天抗 強度試 驗結果	試驗組別	S	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
	平均抗壓強度(kgf/cm ²)	340	479	470	406	356	488	404	299	419	415	372
28 天抗 強度試 驗結果	試驗組別	對照組	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	替代率	S	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率
	替代率	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
	平均抗壓強度(kgf/cm ²)	404	487	523	439	441	527	474	442	441	451	454

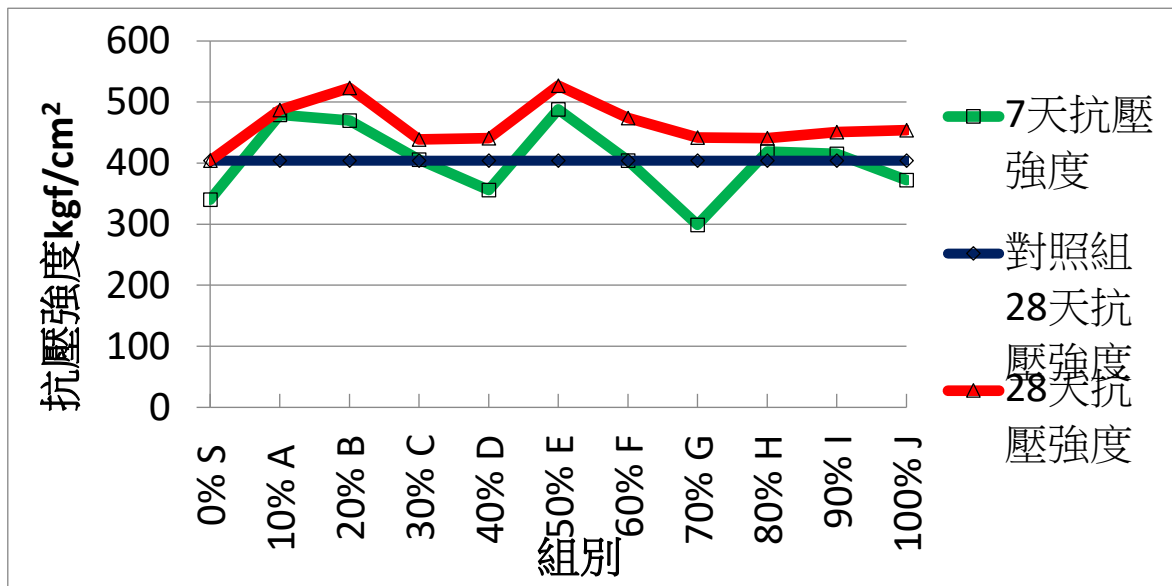


圖 5-13：以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度的結果折線圖

四、探究廢棄金門高粱酒瓶碎粒水泥砂漿試體吸水率並討論是否影響耐久性。

《結果》由吸水率實驗結果得知，對照組的吸水率為 7.6%，實驗組(A-J 組)的結果介於 5.2~7.0%。

《發現》以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子水泥砂漿試體的吸水率完全低於對照組，且以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代越多的水泥砂漿試體的吸水率具有逐漸下降的趨勢。

表 5-13：以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體吸水率實驗結果表

	S組			A組			B組			C組		
試體編號	S4	S5	S6	A4	A5	A6	B4	B5	B6	C4	C5	C6
試體面乾內飽和重(g)	294	296	298	295	291	285	299	297	298	297	294	295
試體乾重(g)	274	274	277	275	270	269	281	278	286	279	279	276
吸水率(%)	7.30%	8.03%	7.58%	7.27%	7.78%	5.95%	6.41%	6.83%	4.20%	6.45%	5.38%	6.88%
吸水率平均值(%)	7.6%			7.0%			5.8%			6.2%		

	D組			E組			F組			G組		
試體編號	D4	D5	D6	E4	E5	E6	F4	F5	F6	G4	G5	G6
試體面乾內飽和重(g)	297	294	295	292	293	290	302	303	305	282	285	283
試體乾重(g)	280	279	275	276	283	273	285	285	286	264	267	265
吸水率(%)	6.07%	5.38%	7.27%	5.80%	3.53%	6.23%	5.96%	6.32%	6.64%	6.82%	6.74%	6.79%
吸水率平均值(%)	6.2%			5.2%			6.3%			6.8%		

	H組			I組			J組		
試體編號	H4	H5	H6	I4	I5	I6	J4	J5	J6
試體面乾內飽和重(g)	290	289	290	294	295	292	273	279	289
試體乾重(g)	274	274	276	277	278	275	261	267	267
吸水率(%)	5.84%	5.47%	5.07%	6.14%	6.12%	6.18%	4.60%	4.49%	8.24%
吸水率平均值(%)	5.5%			6.1%			5.8%		

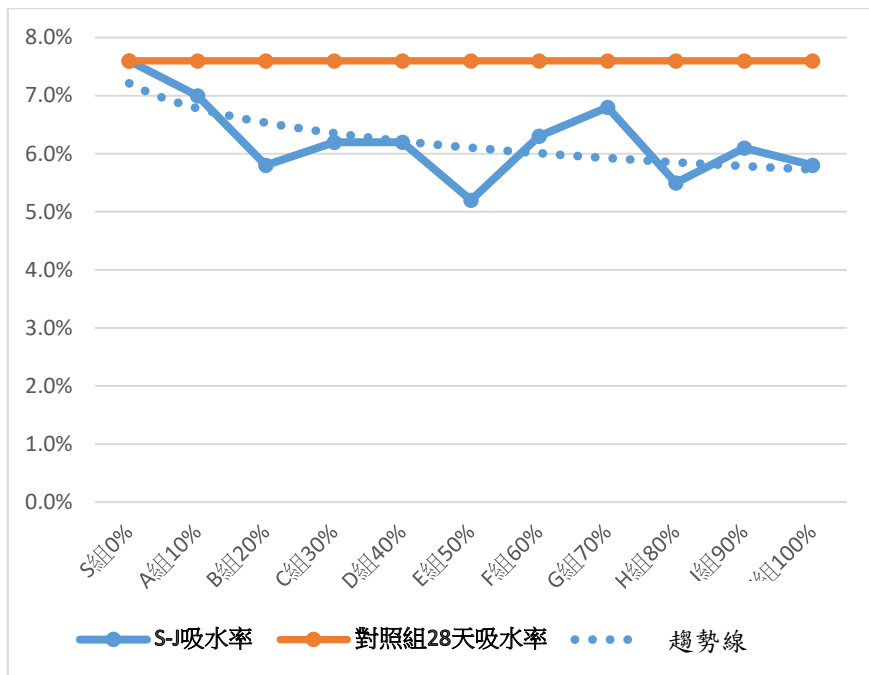


圖 5-14：以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體吸水率實驗結果折線圖

五、探究以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體可行性

《結果》由抗壓強度結果和吸水率實驗結果得知：以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體強度均高於對照組，且吸水率完全低於對照組，並有逐漸下降的趨勢。

《發現》以廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂子對水泥砂漿試體是可行，而且可以減少廢棄金門高粱酒瓶的垃圾量，降低材料成本，因為廢棄金門高粱酒瓶再生利用，重新賦予生命，完全符合「綠建材」概念。

陸、結論

一、金酒公司並沒有回收金門高粱酒瓶重複灌裝金門高粱酒，初估每年廢棄金門高粱酒瓶約產生約 2 萬噸垃圾，十年約造成 20 萬噸垃圾，經年累月不僅造成金門垃圾場負擔，擔心運回台灣本島回收不易，更造成地球巨大的傷害！

二、以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子水泥砂漿試體，實驗組抗壓強度均大於對照組。

因此證明以廢棄金門高粱酒瓶碎粒是可完全取代砂，作為水泥砂漿的拌合材料，且無替代限制。

三、摻有廢棄金門高粱酒瓶碎粒的實驗組吸水率均較對照組低，且替代率越多的水泥砂漿試體的吸水率具有逐漸下降的趨勢。當構造物內孔隙較少時，可儲存水分的空間減少，所以吸水能力低，即使在梅雨季節或空氣中濕度較大時，牆面不易潮濕，可延長牆面壽命，達到耐久需求。所以廢棄金門高粱酒瓶碎粒是可以當作水泥砂漿的拌合材料。

四、廢棄金門高粱酒瓶碎粒可完全取代砂子，解決堆積如山的廢棄金門高粱酒瓶，廢棄物減量，降低材料成本，增加經濟效益，也因廢棄金門高粱酒瓶再生利用，再循環重新賦予生命，所以是符合海島型氣候的金門特色新興綠建材。

柒、未來展望

廢棄金門高粱酒瓶沒有被妥善回收利用，是金門面臨的棘手問題，堆積如山的酒瓶危險又危害環境，該何去何從呢？

我們的地球只有一個，「生態、節能、減廢、健康」的「綠建築」觀念蔚為風尚，金門高粱酒名聞遐邇，年產量驚人，但廢棄高粱酒瓶卻成為巨大垃圾，這次科展實驗經由討論與專家建議，我們以「廢棄金門高粱酒瓶碎粒」取代砂的水泥砂漿實驗，達成「垃圾變黃金」的想法，希望能減量金門島堆積如山的廢棄金門高粱酒瓶，進一步推行至全國、全世界。

金門本島已經禁止採砂很多年，所有的砂都仰賴進口，成本極高，如果我們以廢棄金門高粱酒瓶取代砂，就可減少外援，未來在推廣時，建議金酒公司購買大型輾碎機，結合金門海島風大的特色「風能」，來進行酒瓶輾碎，節省電力，並以低於進口砂價格，提供給公部門、民間營造單位公司……等，鼓勵用於建築物、道路、公共設施與景觀……等，既可達到廢棄物減量，經過回收再製，循環再利用，更可重新賦予酒瓶新生命，降低工程材料的成

本，增加經濟效益，還符合綠建材「生態」、「健康」、「高效能」、「再生」四大指標，是符合海島型氣候的金門在地特色新興綠建材。

金門高粱酒一生鞠躬盡瘁，「始」而後已，是創造金門經濟奇蹟的「酒國英雄」，更是打造環保綠建築的「酒釀英雄」。

後續研究

- 一、 可以嘗試將「廢棄金門高粱酒瓶碎粒」應用在建築物用混凝土的實驗，測試廢棄金門高粱酒瓶碎粒對混凝土抗壓強度的影響性，進而廣泛用於建築物，避免擔心不肖商人使用海砂，產生「海砂屋」的疑慮。
- 二、 嘗試統計每年金門全島申請的新建建築物總面積，以此換算需要多少水泥砂漿，就可以知道每年建築物需要消耗掉的建築用砂，如果使用砂大於每年高粱酒瓶的總噸數，就可證明每年產生的廢棄金門高粱酒瓶可被完全消除，達到廢棄物減量，並再生利用，且降低建築成本，增加經濟效益，何樂不為？
- 三、 這次實驗我們以廢棄金門高粱酒瓶為例，下次也可嘗試使用廢棄台灣啤酒瓶、彈珠汽水、飲料.....等等不同廠牌的玻璃瓶實驗，嘗試找出哪一種廢棄玻璃瓶效果更好，或是改以瓷瓶來測試抗壓強度和吸水率，嘗試找出更多可替代的綠建材。
- 四、 未來我們想要嘗試製作「**創意金門磚**」，是以廢棄金門高粱酒瓶取代砂製成的水泥砂漿磚，鋪在廣場、巷弄、人行道，金門夜晚很暗，我們利用玻璃的反光效果，預估可以減少照明設備設置，且就地取材成本較低，也可減少進口石磚。

捌、省思

一、玻璃為什麼可以取代砂子？我們也百思不解並努力求證，查詢相關文獻、網站還與專家討論，得知：

- 1、砂與玻璃的主要成分都是二氧化矽，所以可以用玻璃取代砂子，且廢棄金門高粱酒瓶沒有氯離子含量，可免除不肖商人使用海砂，產生「海砂屋」的疑慮。
- 2、即使未經化學強化，理論上玻璃就可以承受百億帕(10 Gigapascals)的壓力。百億帕的壓力有多大呢？一萬頭大象疊在一起所產生的壓力是 10 億帕。所以百億帕壓力是非

常非常巨大的。

3、玻璃具有防水、不滲透的特性，因此幾千年來才廣泛的將玻璃當作容器使用。一個氧分子需要兩星期的時間才能穿透過 1 公厘的塑膠，但卻需要千萬兆年才能穿透過 1 公厘的玻璃。

4、綜上所述，玻璃可以抗壓、防水與具有不滲透的特性，剛好和我們的實驗結果不謀而合，所以玻璃可以取代砂子。

二、實驗 G 組抗壓強度突然下降？我們經由討論可能是實驗過程的誤差

1、每次搗實不確實，或是力道不均，造成誤差。

2、本次實驗篩網規格為 4.75mm，但在搗碎過程中，通過 4.75mm 篩網的酒瓶碎粒仍有大小差異，無法控制到每組每顆大小均勻一致，所以造成誤差。

3、每天做實驗的空氣濕度不同，所以造成砂的表面含水率不同，無法完全控制砂的乾燥程度，導致實驗誤差。

玖、心得

一、我當初單純想說要讓「**垃圾變黃金**」的想法，加上課本教「綠建築」的概念，沒想到竟然可以衍生變成做科展，心裡真是開心，雖然剛開始也懷疑實驗有可能成功嗎？可是我們不死心一直請問專家，互相討論，並天天做實驗，有時候會感到很辛苦，因為同學在玩，我卻要天天記得做試體、拆試體、秤重……，但看到實驗結果出來開心很有成就感，也為自己的恆心毅力拍拍手，「羅馬真的不是一天造成的」我辦到了。

二、在這次科展過程中，我終於體會「做工」的心情，我的爺爺是「土水師」，爸爸是土木技師，但我從沒來沒碰過水泥砂漿，也因為這次科展爺爺告訴我一些「土水師」的專業，爸爸也教我土木工程的知識，更親自教導我們如何做實驗，一步一步也不可馬虎，不可偷懶，也因為這次科展讓我學會攪拌水泥砂漿、用鏟刀磨平，頓時對「土水師」產生極大的崇拜，以前總覺得做工很簡單，沒想到自己親自動手才發現真不簡單啊！尤其我們將剩下的水泥砂漿，自己動手修補學校花圃破洞，每次經過看到補好的花圃，心裡好有成就感啊！這是做科展的意外收穫。

三、**勇敢提出質疑批判**是我這次做科展最大的收穫，剛開始做科展時，我的大腦有很多存疑？可是也不好意思表達講出來，擔心被取笑，可是老師鼓勵我盡可能將心中的為什麼講出來，慢慢地我放開心中顧忌，**勇敢提出疑惑，找尋問題答案，透過大家互相討論、研究、實驗、請教專家，我發現收穫反而更多。**

四、從小我就是個「**好奇寶寶**」喜歡問問題，這次科展剛好讓我發揮淋漓盡致，每一次參訪、訪談實驗過程都讓我好奇引發許多問題，也因為好奇，我學到許多課本學不到的知識，**所以保持好奇心是尋找真理的最佳原動力，這是我做科展的心得。**

五、做科展最大的體會是**團隊合作很重要**，以前我總是認為「自己最厲害，不需要別人幫忙」，但這次我們的實驗工作很複雜，在同一時間內，要同時進行很多事情，所以一定要靠大家分工互相幫忙，才可以成功的，不是單打獨鬥，所以**做科展我學會團隊合作的可貴。非常謝謝老師給予我機會參與科展學習，更謝謝金城垃圾場、金酒公司、台灣省土木技師公會金門辦事處、金大土木系、紹青實驗室和秀中水泥預拌廠給予我們專業協助。**

拾、參考資料

- 1、林憲德(民105)。綠建築91技術。台北市：詹氏出版社。
- 2、林憲德(民103)。我愛綠建築。台北市：新自然主義。
- 3、康軒文教機構(民106)。國民小學自然與生活科技六下。台北市：康軒文教機構。
- 4、康軒文教機構(民106)。國民小學社會六下。台北市：康軒文教機構。
- 5、康軒文教機構(民106)。國民小學社會五下。台北市：康軒文教機構。
- 6、康軒文教機構(民106)。國民小學社會五上。台北市：康軒文教機構。
- 7、康軒文教機構(民106)。國民小學社會三下。台北市：康軒文教機構。
- 8、康軒文教機構(民106)。國民小學社會四上。台北市：康軒文教機構。
- 9、經濟部智慧財產局(<https://www.tipo.gov.tw/ct.asp?xItem=526073&ctNode=7649&mp=1>)。
- 10、關於康寧(https://www.corning.com/careers/tw/zh_tw/about-corning.html)

【評語】 082915

本作品以玻璃酒瓶再利用，將玻璃酒瓶破碎後取代沙子，除了解決當地問題，更開發出新的綠建材，深具創意與實用性，值得鼓勵。建議可加強文獻蒐集，可對於目前現有的綠建材進行比較，或是對於玻璃再利用的案例做比較，增加作品的獨特性，並可討論本材料的隔熱或降溫的效果，更增加作品的實用性。

摘要

堆積如山的廢棄金門高粱酒瓶沒有妥善回收，是金門的棘手問題，危險又危害環境。從實驗發現：以廢棄高粱酒瓶碎粒取代砂子，對水泥砂漿試體的抗壓結果，實驗組強度均高於對照組，所以酒瓶碎粒可取代砂子。且實驗組吸水率均較對照組低，即使梅雨季，牆面也不易潮濕，又可達到耐久使用的需求。由文獻發現：砂與玻璃碎粒的主要成分皆為二氧化矽，但玻璃無氯離子，可避免有「海砂屋」疑慮。

因此，以酒瓶碎粒取代砂子，既可達到廢棄物減量，經過循環再利用，又可重新賦予酒瓶新生命，降低材料成本，符合海島型氣候的金門特色綠建材。

金門高粱酒一生鞠躬盡瘁，「始」而後已，不僅是創造金門經濟奇蹟的「酒國英雄」，更是打造環保綠建築的「酒斫英雄」。

壹、研究動機

「被退貨啦！」、「天啊！我們班沒做好垃圾分類」、「學務處說如果再這樣鎮公所要拒收我們學校垃圾」，晚上回到家媽媽也抱怨「垃圾車到底要幾點才來啊？」原來金門沒有垃圾焚化爐，島上垃圾得運往台灣本島處理，可是因為沒有做好垃圾分類，被台灣拒收退貨了，因此辛苦的清潔隊員需要破袋逐一檢查，以致延誤時間啊！

剛好六下康軒版社會4-1介紹綠建築綠建材、六下康軒版自然3-2介紹綠色行動，三下康軒版6-1關懷家鄉的問題，老師帶我們前往金城垃圾場參訪，希望能為金門垃圾危機盡一份心力，可是一踏進大門，卻被堆積如山的廢棄金門高粱酒瓶嚇到了，工作人員說：「金門高粱酒是我們的金雞母，年產值驚人，但廢棄高粱酒瓶卻是我們環保人員心中的巨大煩惱啊！如果我們可以循環再利用廢棄高粱酒瓶，不再為了運往台灣而煩惱，那該有多好啊！」

澄澄突然靈機一動想起曾經在大陸旅遊時看到閃閃發亮的馬路，假如我們把廢棄的金門高粱酒瓶回收再利用，是不是可以利用玻璃碎粒取代其它建材成分變成綠建材嗎？老師和爸爸非常讚許我們創新的想法，持續與我們討論，更陪伴我們四處探索尋求協助，一起高唱「酒斫英雄」！

貳、研究目的

- 一、探討每年廢棄金門高粱酒瓶產生幾噸垃圾？造成地球多大負擔。
- 二、由於水泥砂漿在建築工程中，使用量極大，所以探究以廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度的影響。
- 三、探究以廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度，並找出可行替代率。
- 四、探究廢棄金門高粱酒瓶碎粒水泥砂漿試體吸水率，並討論是否影響耐久性。
- 五、探討廢棄金門高粱酒瓶碎粒水泥砂漿的可行性。

參、研究設備及器材



肆、研究過程與方法

- 一、文獻探討與資料收集(107年1月)
- 二、訪談(107年1月)
- 三、製作水泥漿試體實驗(107年2-3月)：依據國家標準CNS1010規範，採用尺寸規格為 5x5x5 cm的正立方體。
- 四、水泥砂漿試體配比設定：製作一組水泥砂漿配比為1：2.75：0.485是對照組，即1份水泥，2.75份砂子，0.485份水。廢棄金門高粱酒瓶碎粒分別依不同比率取代等量之砂子，直到完全取代（A組~J組）水泥砂漿的配比設定。
- 五、試體抗壓強度測試：7天、28天養護期滿後，依據編號將試體放進「電腦伺服式萬能試驗機」內進行抗壓強度的實驗。
- 六、廢棄金門高粱酒瓶碎粒水泥砂漿試體吸水率測試：藉以評估試體內孔隙的吸水能力。
- 七、整理與分析實驗數據完成報告(107年4月)



金城垃圾回收場 收集高粱酒瓶 訪問金酒公司副總 訪問土木技師公會金門辦事處副處長 金門大學土木系借用器材

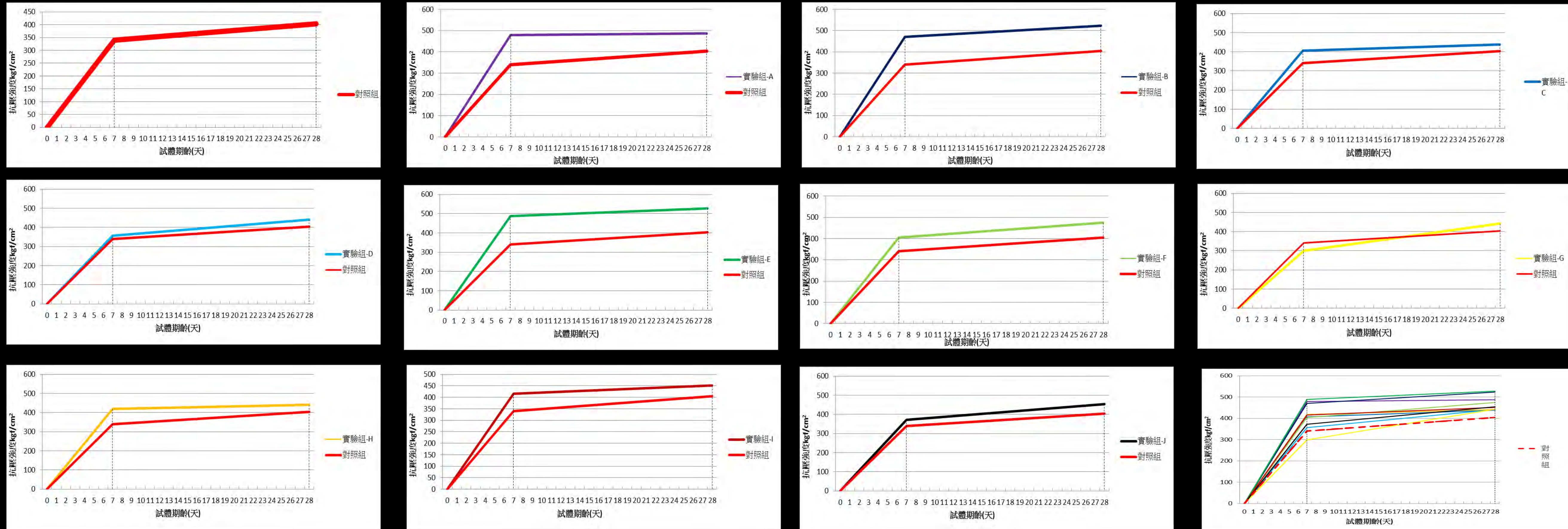
	DAY1	DAY2	DAY3	DAY4	DAY5	DAY6	DAY7	DAY8	DAY9	DAY10	DAY11	DAY12	DAY13	DAY14	DAY15	DAY16	DAY17
製作試體	S1-6	A1-6	B1-6	C1-6	D1-6	E1-6	F1-6	G1-6	H1-6	I1-6	J1-6						
拆模	拆S1-6	拆A1-6	拆B1-6	拆C1-6	拆D1-6	拆E1-6	拆F1-6	拆G1-6	拆H1-6	拆I1-6	拆J1-6						
浸泡飽和石灰水	泡S1-6	泡A1-6	泡B1-6	泡C1-6	泡D1-6	泡E1-6	泡F1-6	泡G1-6	泡H1-6	泡I1-6	泡J1-6						
測面乾飽和重		測S4-6	測A4-6	測B4-6	測C4-6	測D4-6	測E4-6	測F4-6	測G4-6	測H4-6	測I4-6	測J4-6					
試體養護			S1-6	A1-6	B1-6	C1-6	D1-6	E1-6	F1-6	G1-6	H1-6	I1-6	J1-6				
試體養護				S1-6	A1-6	B1-6	C1-6	D1-6	E1-6	F1-6	G1-6	H1-6	I1-6	J1-6			
試體養護					S1-6	A1-6	B1-6	C1-6	D1-6	E1-6	F1-6	G1-6	H1-6	I1-6	J1-6		
7天強度							S1-3	A1-3	B1-3	C1-3	D1-3	E1-3	F1-3	G1-3	H1-3	I1-3	J1-3

	DAY18-26	DAY27	DAY28	DAY29	DAY30	DAY31	DAY32	DAY33	DAY34	DAY35	DAY36	DAY37	DAY38
試體養護	S4-6-J4-6												
試體烘乾		S4-6	A4-6	B4-6	C4-6	D4-6	E4-6	F4-6	G4-6	H4-6	I4-6	J4-6	
測量乾重			測S4-6	測A4-6	測B4-6	測C4-6	測D4-6	測E4-6	測F4-6	測G4-6	測H4-6	測I4-6	測J4-6
28天強度			S4-6	A4-6	B4-6	C4-6	D4-6	E4-6	F4-6	G4-6	H4-6	I4-6	J4-6



伍、研究結果與討論

一、以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度結果

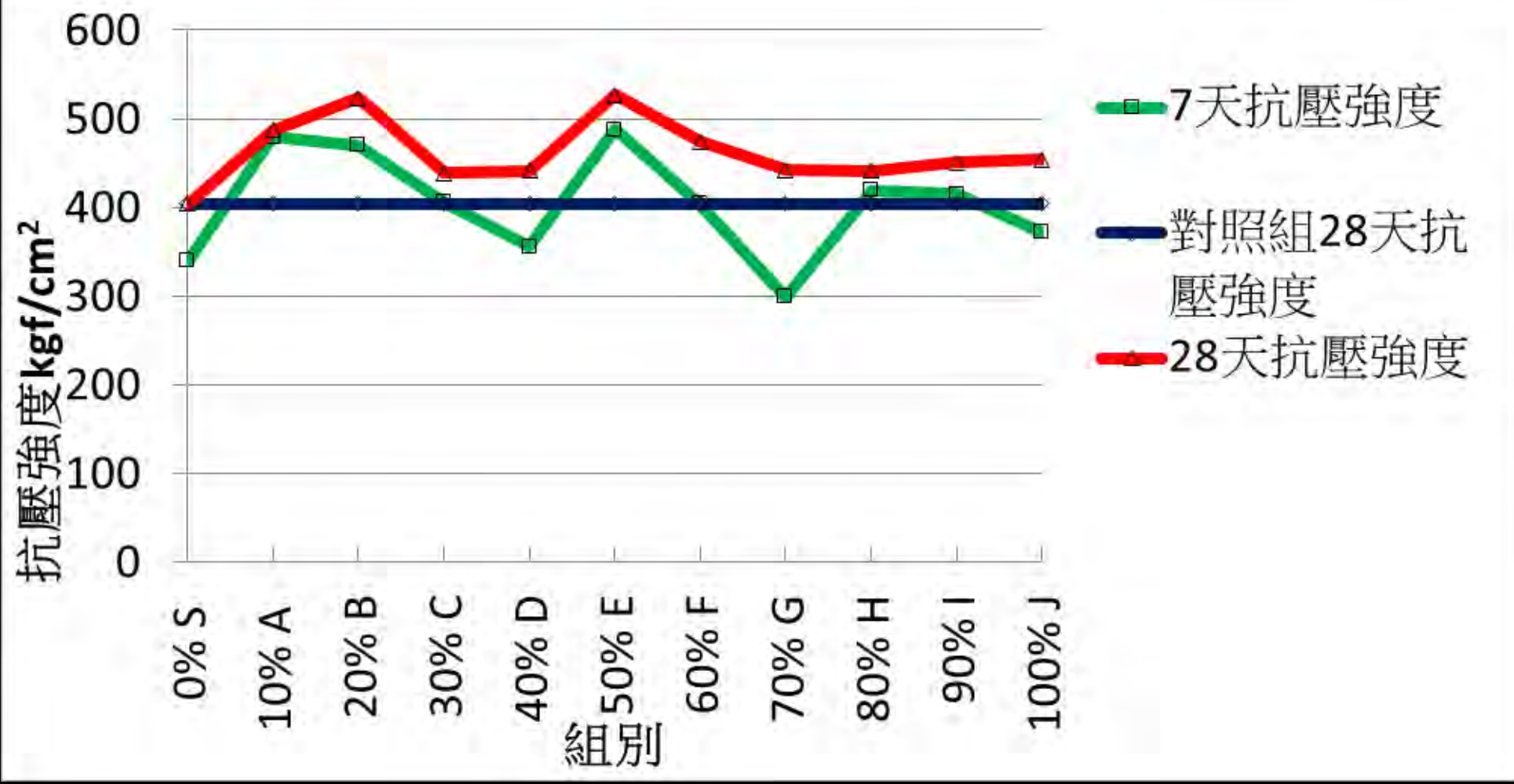


二、以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體抗壓強度的可行替代率結果

《《結果》》 第7天、28天以廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂子對水泥砂漿試體抗壓結果套疊於同一曲線圖內，可發現替代率10%至100%間，實驗組抗壓強度均大於對照組。

《《發現》》 替代率越高，強度雖呈微幅下降的趨勢，後續趨於平緩，強度無明顯降低，因此可得知但無替代限制。

7天抗壓強度試驗結果	試驗組別	S	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率
	平均抗壓強度(kgf/cm ²)	340	479	470	406	356	488	404	299	419	415	372
28天抗壓強度試驗結果	試驗組別	對照組	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	替代率	S	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率	替代率
	平均抗壓強度(kgf/cm ²)	404	487	523	439	441	527	474	442	441	451	454



三、探究廢棄金門高粱酒瓶碎粒水泥砂漿試體吸水率並討論是否影響耐久性。

《《結果》》 由吸水率實驗結果得知，對照組的吸水率為7.6%，實驗組(A-J組)的結果介於5.2~7.0%。

《《發現》》 以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子水泥砂漿試體的吸水率完全低於對照組，且以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代越多的水泥砂漿試體的吸水率具有逐漸下降的趨勢。

	S組			A組			B組			C組		
試體編號	S4	S5	S6	A4	A5	A6	B4	B5	B6	C4	C5	C6
試體面乾內飽和重(g)	294	296	298	295	291	285	299	297	298	297	294	295
試體乾重(g)	274	274	277	275	270	269	281	278	286	279	279	276
吸水率(%)	7.30%	8.03%	7.58%	7.27%	7.78%	5.95%	6.41%	6.83%	4.20%	6.45%	5.38%	6.88%
吸水率平均值(%)	7.6%			7.0%			5.8%			6.2%		

	D組			E組			F組			G組		
試體編號	D4	D5	D6	E4	E5	E6	F4	F5	F6	G4	G5	G6
試體面乾內飽和重(g)	297	294	295	292	293	290	302	303	305	282	285	283
試體乾重(g)	280	279	275	276	283	273	285	285	286	264	267	265
吸水率(%)	6.07%	5.38%	7.27%	5.80%	3.53%	6.23%	5.96%	6.32%	6.64%	6.82%	6.74%	6.79%
吸水率平均值(%)	6.2%			5.2%			6.3%			6.8%		

	H組			I組			J組		
試體編號	H4	H5	H6	I4	I5	I6	J4	J5	J6
試體面乾內飽和重(g)	290	289	290	294	295	292	273	279	289
試體乾重(g)	274	274	276	277	278	275	261	267	267
吸水率(%)	5.84%	5.47%	5.07%	6.14%	6.12%	6.18%	4.60%	4.49%	8.24%
吸水率平均值(%)	5.5%			6.1%			5.8%		



四、探究以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體可行性。

《《結果》》 由抗壓強度結果和吸水率實驗結果得知：以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子對水泥砂漿試體強度均高於對照組，且吸水率完全低於對照組，並有逐漸下降的趨勢。

《《發現》》 以廢棄金門高粱酒瓶碎粒取代砂子對水泥砂漿試體是可行，而且可以減少廢棄金門高粱酒瓶的垃圾量，降低材料成本，因為廢棄金門高粱酒瓶再生利用，重新賦予生命，完全符合「綠建材」概念。

陸、結論

- 一、金酒公司並沒有回收金門高粱酒瓶重複灌裝金門高粱酒，初估每年廢棄金門高粱酒瓶約產生約2萬噸垃圾，十年約造成20萬噸垃圾，經年累月不僅造成金門垃圾場負擔，擔心運回台灣本島回收不易，更造成地球巨大的傷害！
- 二、以廢棄金門高粱酒瓶碎粒替代砂子水泥砂漿試體，實驗組抗壓強度均大於對照組。因此證明以廢棄金門高粱酒瓶碎粒是可完全取代砂，作為水泥砂漿的拌合材料，且無替代限制。
- 三、摻有廢棄金門高粱酒瓶碎粒的實驗組吸水率均較對照組低，且替代率越多的水泥砂漿試體的吸水率具有逐漸下降的趨勢。當構造物內孔隙較少時，可儲存水分的空間減少，所以吸水能力低，即使在梅雨季節或空氣中濕度較大時，牆面不易潮濕，可延長牆面壽命，達到耐久需求。所以廢棄金門高粱酒瓶碎粒是可以當作水泥砂漿的拌合材料。
- 四、廢棄金門高粱酒瓶碎粒可完全取代砂子，解決堆積如山的廢棄金門高粱酒瓶，廢棄物減量，降低材料成本，增加經濟效益，也因廢棄金門高粱酒瓶再生利用，再循環重新賦予生命，所以是符合海島型氣候的金門特色新興綠建材。

柒、未來展望

金門高粱酒瓶沒有被妥善回收利用，是金門面臨的棘手問題，堆積如山的酒瓶危險又危害環境，該何去何從呢？

金門本島已經禁止採砂很多年，所有的砂都仰賴進口，成本極高，如果我們以廢棄金門高粱酒瓶取代砂，就可減少外援，未來在推廣時，建議金酒公司購買大型碾碎機，結合金門海島風大的特色「風能」，來進行酒瓶碾碎，節能電力，並以低於進口砂的價格，提供給公部門、民間營造單位公司等使用，鼓勵用於建築物、道路、公共設施與景觀...等。既可達到廢棄物減量，經過回收再製，循環再利用，更可重新賦予酒瓶新生命，降低工程材料的成本，增加經濟效益，符合綠建材「生態」、「健康」、「高效能」、「再生」四大指標，是符合海島型氣候的金門在地特色新興綠建材。

捌、後續研究

- 一、可以嘗試將「廢棄金門高粱酒瓶碎粒」應用在建築物用混凝土的實驗，測試廢棄金門高粱酒瓶碎粒對混凝土抗壓強度的影響性，進而廣泛用於建築物，避免擔心不肖商人使用海砂，產生「海砂屋」的疑慮。
- 二、嘗試統計每年金門全島申請的新建建築物總面積，以此換算需要多少水泥砂漿，就可以知道每年建築物需要消耗掉的建築用砂，如果使用砂大於每年高粱酒瓶的總噸數，就可證明每年產生的廢棄金門高粱酒瓶可被完全消除，達到廢棄物減量，並再生利用，且降低建築成本，增加經濟效益，何樂不為？
- 三、這次實驗我們以廢棄金門高粱酒瓶為例，下次也可嘗試使用廢棄台灣啤酒瓶、彈珠汽水、飲料...等等不同廠牌的玻璃瓶實驗，嘗試找出哪一種廢棄玻璃瓶效果更好，或是改以瓷瓶來測試抗壓強度和吸水率，嘗試找出更多可替代的綠建材。
- 四、未來我們想要嘗試製作「創意金門磚」，是以廢棄金門高粱酒瓶取代砂製成的水泥砂漿磚，鋪在廣場、巷弄、人行道，金門夜晚很暗，我們利用玻璃的反光效果，預估可以減少照明設備設置，且就地取材成本較低，也可減少進口石磚。

玖、省思

●玻璃為什麼可以取代砂子？

拾、參考書目

(請參閱書面資料)