

## 摘要

### 作品名稱：蓄光再生玻璃添加於人造石材之研究

台灣再生玻璃回收率約為 13%，此專題為研究再生玻璃添加於樹脂當中，可以能減碳並減少環境之汙染，為了提高樹脂的應用範圍，本研究擬於將蓄光粉添加於樹脂中，不但在夜晚時擁有美觀效果，也具有警示的功用。

本專題具體研究成果如下：

- (一)、玻璃量為 50%時，為最符合本專題研究之結果。
- (二)、樹脂包覆蓄光粉，可直接保持於建物外型，成為外部材料，達到視覺與警示效果。
- (三)、再生玻璃及蓄光粉添加於樹脂中，可有效減少樹脂用量，成為室內建材，具有獨特性、辨識性…等多方面效果。
- (四)、將門檻及地磚於室外照射紫外光 8 小時，以及於市內照射日光燈 8 小時，發現門檻及地磚內之蓄光粉，於無燈光之環境下，皆可持續發光 3 小時左右。

# 專題內容

### 一、前言

現今生活中，人們不斷追求提高生活品質，但在這過程中，卻產生很多廢棄物，近年來各項產品都缺少不了玻璃材料，例如平板玻璃、器皿玻璃、燈管、汽車玻璃……等，可想而知，其所產出之廢棄玻璃數量非常龐大，也使得環境汙染的問題逐漸擴大，根據行政院環境保護署環保統計顯示，我國資源回收量於 107 年約為 482 萬公噸，而玻璃佔了其總垃圾量 7.9%，相當於 38 萬公噸，因此對台灣環境以及回收難度產生很大的負擔。

本次實驗之方向為瞭解是否能夠添加於建築材料當中，做為人造大理石之填充料，探討其所呈現之結構強度是否可運用於建築材料之中，同時也減少環境汙染的問題，但是我們需要將此研究之效益最大化，因此我們將蓄光材料添加於玻璃，利用早上的太陽或日光燈來蓄光，在晚上可以化為自主發光的藝術或建材，根據這樣的理論，如果將此研究製作成建材、鋪面或是取代地磚，一方面不但能增加辨識效果，另一方面，也能夠減少用電量。

### 二、研究方法(過程)

#### (一)蒐集資料與討論

1. 人造石（又稱"人造大理石"）是一種新型的複合材料，是用不飽和聚酯與填充料、顏料混合，加入少量引發劑，經一定的加工程序製成的。在製造過程中添加不同的色料可製成具有色彩艷麗、光澤如玉類似天然大理石的製品。
2. 蓄光型自發光材料又稱為光致光超長餘輝蓄光材料、非放射性蓄光材料、無電源自發光材料等。這項材料主要發光來源為吸收太陽光、燈光、紫外光、雜散光……等，在吸收五至十分鐘左右即有發光功效，可以在黑暗中可以持續發光十二個小時以上。
- 3 鈉鈣玻璃，主要成分由二氧化矽(SiO<sub>2</sub>)、氧化鈉(Na<sub>2</sub>O)和石灰(氧化鈣 CaO)組成，常應用在普通建築用平板玻璃或日常用之玻璃製品，又稱為普通玻璃。而我們所收集之廢氣玻璃為回收場之透明酒瓶。
4. 抗壓試驗及其標準

根據 CNS1238 混凝土鑽心試體及鋸切長條試體取樣法規定

## 其他領域

### (1) 長度

鑽心試體蓋平或磨平後的適當長度應為直徑的 1.9~2.1 倍，蓋平前的長度小於直徑的 95% 或蓋平、磨平後的試體長度小於直徑，該試體不得最為抗壓強度測試。

### (2) 直徑

非承載構件鑽心試體，試體直徑可小於 94mm 且粗粒料標準稱最大粒徑的 2 倍。

彙整所收集之資料，並提出討論，獲得以下四點研究目的

- A. 根據規範所示，制出符合標準之試驗體。
- B. 玻璃對樹脂結構強度的影響，進行強度分析。
- C. 玻璃添於樹脂內的最佳配比分析。
- D. 將所試驗出結果結合蓄光粉，應用於門檻及地磚。

## (二) 計算樹脂與玻璃之體積

根據 CNS1238 混凝土鑽心試體及鋸切長條試體取樣法規定，鑽心試體蓋平或磨平後的適當長度應為直徑的 1.9~2.1 倍。

本研究所收集之試驗體模具底部直徑為 5.2 公分，並根據規定所示，其直徑採取 2 倍為 10.4 公分，緊接著利用  $M=VD$  推算其樹脂與玻璃之體積比。(如表 2)

表 1 實驗配比數據表

	體積總量 cm <sup>3</sup>	玻璃重量 g	玻璃密度 g/cm <sup>3</sup>	玻璃體積 cm <sup>3</sup>	樹脂體積 cm <sup>3</sup>
玻璃 0%	220.866	0	0	0	220.866
玻璃 20%	220.866	110.433	2.5	44.173	176.693
玻璃 30%	220.866	165.650	2.5	66.260	154.606
玻璃 40%	220.866	220.866	2.5	88.346	132.520
玻璃 50%	220.866	276.083	2.5	110.443	110.423

## (三) 塊狀再生玻璃

本研究為使用回收場及相關店面之廢棄透明玻璃瓶，並且將以收集之廢棄玻璃瓶清洗乾淨，利用報紙將其包覆，再以鐵槌敲成將廢棄玻璃敲至成塊狀。(直徑約 0.5cm 至 1cm)。

## 其他領域

### (四) 抗壓試驗體

1. 根據 CNS 1238 混凝土鑽心試體及鋸切長條試體取樣法規定，鑽心試體蓋平或磨平後的適當長度應為直徑的 1.9~2.1 倍，因此我們調整帶鋸機，使得模具符合其標準，此模具底之直徑為 5.2cm，因此我們取此模具直徑之 2 倍(10.4cm)多一點，並且將塑膠模具多餘部分做切除之動作。
2. 利用美工刀將模具剖半，目的為方便將樹脂試體能脫離塑膠模具，利用膠帶將剖半處黏貼，再將切割後模具邊緣之毛邊，利用美工刀削去除之。
3. 磨平後於高 10.4 公分處利用紅色簽字筆作記，再利用矽力康將模具與磁磚黏合，目的為防止樹脂外漏，然而為了讓試體在凝固時仍持續保持圓形狀態，因此我們在外圍多加了一層塑膠模具，使不影響測試標準及結果。(如圖 1、圖 2)



圖 1 試體模具完成品



圖 2 模具完成品圖

4. 接續將已敲碎之玻璃，利用電子秤秤出該試驗體所需之玻璃量，將已秤好之玻璃量添加至模具中，再將所需之樹脂與硬化劑混合添加於模具中，並等待其試驗體固化。(如圖 3)

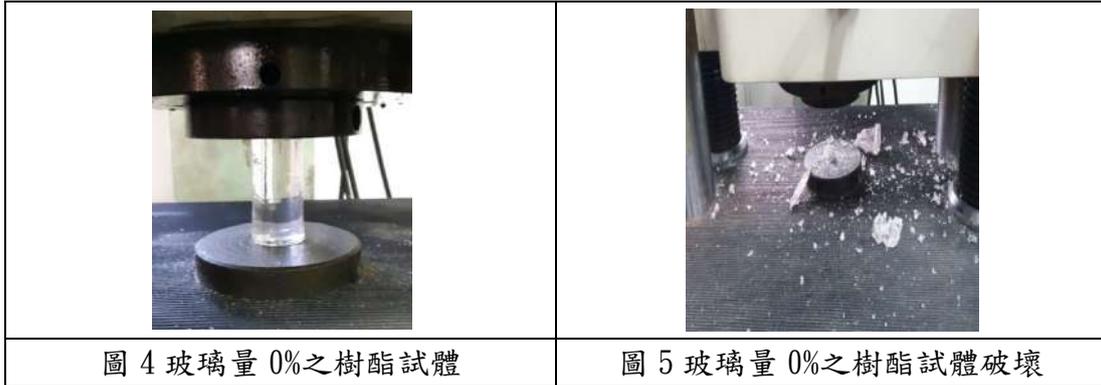


圖 3 抗壓試驗體完成品

## 其他領域

### (四)抗壓試驗

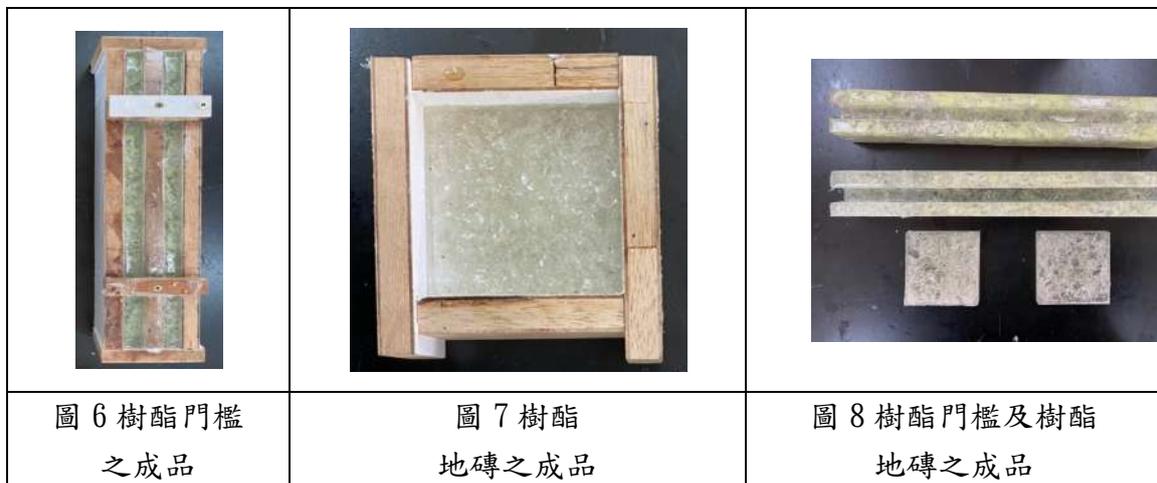
將各個玻璃量 0%、20%、30%、40%、50%，各分為 A、B、C 三組，如 0%—A、0%—B，共 15 個試體，將其試體進行抗壓強度試驗，並將玻璃量 20%、30%、40%、50%之試體與玻璃量 0%之試體進行對比分析。電腦機台強度控制設為應力 280kgf，根據抗壓試體結果，其破壞面為完全破壞。(如圖 4、圖 5)



### (五)樹脂門檻及樹脂地磚

利用裁切機具，將木材裁切成門檻(5x5x40cm)及人造地磚(9x9x1cm)之模具，並利用電鑽將其連接固定，並且於模具之內部塗上凡士林，目的為方便拆除模具及成品。

利用  $M=VD$  推算出門檻及樹脂地磚之玻璃量及蓄光粉量(蓄光粉量為體積之百分之二)，且先於樹脂門檻及樹脂地磚之底層鋪一層已添加蓄光粉之樹脂(門檻鋪 1cm、地磚鋪 0.2cm)，再添加玻璃以及剩餘之蓄光粉及樹脂，但是為了使門檻蓄光粉可平均分散於當中，鋪完底層時，待至稍微凝固，將剩餘玻璃、樹脂及蓄光粉之份量分為兩半，各別加入於門檻模具中，並等待固化。(如圖 6、圖 7、圖 8)



## 其他領域

### 三、研究結果

#### (一) 樹脂試驗品抗壓試驗之結果

表 3 抗壓強度實驗結果

玻璃量 組別	抗壓強度 kgf/cm <sup>2</sup>				
	0%	20%	30%	40%	50%
A	401.6543	175.4471	122.0973	130.3846	172.4806
B	131.7031	96.67015	223.5232	1.977665	111.4085
C	616.5135	111.4555	220.6509	183.9228	188.9612
平均	509.0839	127.8576	188.7513	157.1537	157.6168

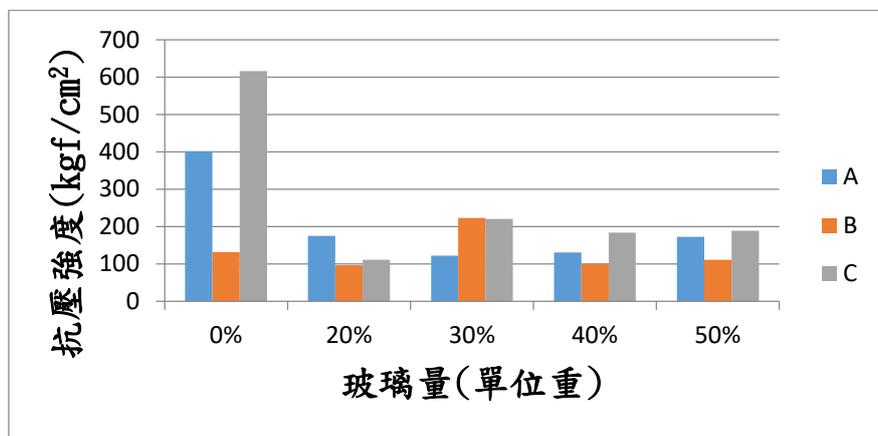


圖 9 樹脂試驗體抗壓強度長條圖

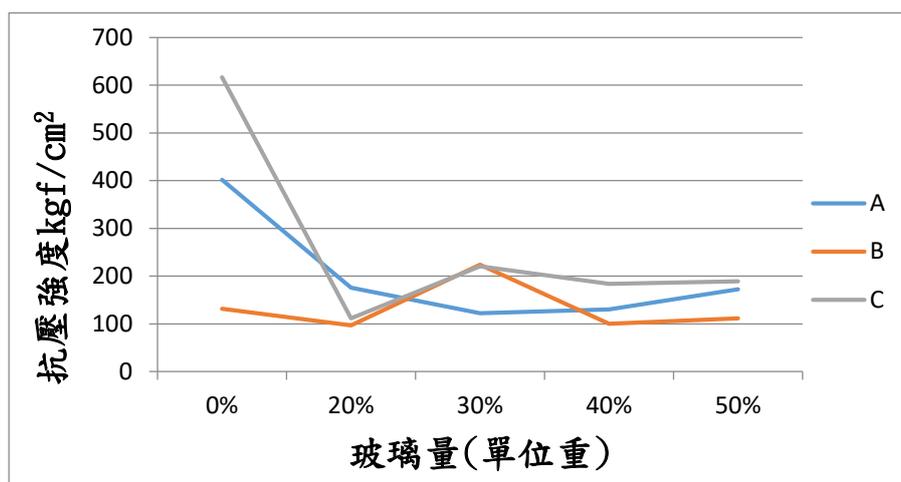


圖 10 樹脂試驗體抗壓強度折線圖

## 其他領域

### 四、結論

根據數據量顯示，研究結果為當玻璃量為 0% 時，其抗壓強度為參照標準值，然而將玻璃做為填充料之試驗體，其抗壓數據相較於無玻璃量之抗壓試驗體相對地低了許多，並不如預期。

(一) 玻璃量為 20% 至 50% 時之試驗體，其抗壓強度數據差異性較無太大之差異，玻璃量 20% 至 50% 之試驗體，對照於玻璃量為 0% 之試驗體，其抗壓強度剩下四成左右。(如圖 9、圖 10)

(二) 玻璃量為 50% 時，為最符合本專題研究之再生理念，相對地，也可將此試驗體運用於生活周遭，例如藝術公共設施或是浴室之門檻等設施。因為環境考量之關係，裝置於戶外中，可能會因環境因素造成風化作用，而減少其之使用效率，為了避免這些因素發生，優先考量安裝於室內。

(三) 樹脂包覆蓄光粉，可直接保持於建物外型，成為外部材料，達到視覺與警示效果。

(四) 再生玻璃及蓄光粉添加於樹脂中，可有效減少樹脂用量，成為室內建材，具有獨特性、辨識性... 等多方面效果。

(五) 將門檻及地磚於室外照射紫外光 8 小時，以及於市內照射日光燈 8 小時，發現門檻及地磚內之蓄光粉，於無燈光之環境下，皆可持續發光 3 小時左右。



### 摘要

台灣再生玻璃回收率約為13%，此專題為研究再生玻璃添加於樹脂當中，可以能減碳並減少環境之汙染，為了提高樹脂的應用範圍，本研究擬於將蓄光粉添加於樹脂中，不但在夜晚時擁有美觀效果，也具有警示的功用。本專題獲得以下**五點結論**：

- 一、相較於0%試驗體，其於試驗體抗壓強度略剩四成左右。
- 二、玻璃量為50%時，為最符合本專題研究之環保再生理念。
- 三、再生玻璃包覆蓄光粉，可有視覺效果與警示效果。
- 四、再生玻璃及蓄光粉添加於樹脂中，可有效減少樹脂量。
- 五、於無燈光之環境下，可持續發光3小時左右。



### 研究動機

根據行政院環境保護署環保統計顯示，我國資源回收量於107年約為482萬公噸，而玻璃佔了其總垃圾量7.9%，相當於38萬公噸，因此對台灣環境以及回收難度產生很大的負擔。

我們從周遭之建築部件開始思考，而門檻及地磚為符合本研究之試驗，依據《CNS1238混凝土鑲心試體及鋸切長條試體取樣法規定》製作不同比例之玻璃與樹脂試驗品，觀察其抗壓結果，並與蓄光粉結合至門檻及地磚。本次實驗方向為以下三點：

- 一、了解是否能夠添加於建築材料當中做為人造大理石之填充料。
- 二、探討其所呈現之結構強度是否可運用於建築材料之中。
- 三、減少環境汙染的問題，將此研究之效益最大化。



### 研究目的

此研究為蒐集相關資料，探討玻璃之種類、樹脂之特性及抗壓強度，認識蓄光粉之性質，並依據試驗結果，將其結合為室內建材。

- 一、玻璃對樹脂結構強度的影響，進行強度分析。
- 二、玻璃添於樹脂內的最佳配比分析。
- 三、再生玻璃及蓄光粉結合應用於門檻及地磚。

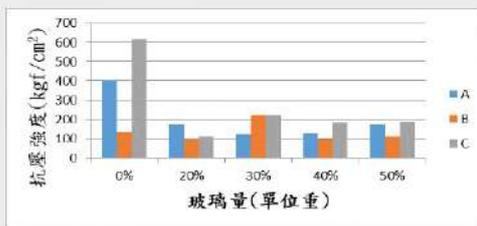


### 研究過程





抗 壓 試 驗



類型	體積總量 cm <sup>3</sup>	玻璃重量 g	玻璃密度 g/cm <sup>3</sup>	玻璃體積 cm <sup>3</sup>	樹脂體積 cm <sup>3</sup>
玻璃 0%	220.866	0	0	0	220.866
玻璃 20%	220.866	110.433	2.5	44.173	176.693
玻璃 30%	220.866	165.650	2.5	66.260	154.606
玻璃 40%	220.866	220.866	2.5	88.346	132.520
玻璃 50%	220.866	276.083	2.5	110.443	110.423

根據抗壓試驗數據顯示，當玻璃量為20%至50%時，其抗壓數據差異性不大，因此本研究之樹脂門檻及樹脂地磚為採納玻璃量50%做為其填充料，同時也符合本專題之環保再生理念。



研究結果

討論1 抗壓數據差異性大

- 一、操作試驗機技術不成熟，影響抗壓數據之結果。
- 二、樹脂與模具產生毛細現象，未將凸起處磨平，使抗壓數據產生誤差。

玻璃量 組別	抗壓強度 kgf/cm <sup>2</sup>				
	0%	20%	30%	40%	50%
A	401.6543	175.4471	122.0973	130.3846	172.4806
B	131.7031	96.67013	223.5232	1.977665	111.4085
C	616.5135	111.4555	220.6509	183.9228	188.9612
平均	509.9839	127.8576	188.7513	157.1537	157.6168

討論2 門檻及地磚

發光時數

照射太陽光八小時與照射日光燈八小時，其發光時數皆為三小時左右。

應用環境

避免環境因素造成風化作用，而減少其之使用效率，優先考量安裝於室內。



研究結論

結論1 若加入玻璃，樹脂強度約略剩四成



本研究以不同比例之玻璃量進行抗壓試驗，其中20%至50%之玻璃量試驗體，其抗壓強度數據差異性較無太大之差異，玻璃量20%至50%之試體，對照於玻璃量為0%之試體，其抗壓強度剩下四成左右。

結論2 符合本專題研究之設計理念

- 一、玻璃量為50%時，為最符合本專題研究之再生理念。
- 二、運於生活周遭，例如藝術公共設施或是浴室之門檻等設施。
- 三、環境考量之關係，優先考量安裝於室內。
- 四、視覺與警示效果。
- 五、可持續發光3小時左右

