

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 工程學(二)科

佳作

052408

再次抓住棉臍的 WALL

學校名稱：國立新化高級工業職業學校

作者：  職三 蔡涵羽  職三 王凱強  職三 陳玟萱	指導老師：  范雅棻  吳念懋
---	-----------------------------

關鍵詞：隔熱、黏著力、再生

## 摘要

全球暖化造成氣溫逐年升高，又造成熱島效應使內外溫度差不多，夏天時熱到受不了，冬天又不像冬天，長時間都需要開冷氣，這樣一來治根不治本，反而造成了更嚴重的地球暖化，再來就是牆壁使用年限快到期就會開始剝落，這些外牆不但不美觀，掉落的碎屑還有可能造成砸傷的意外，所以，我們決定拿這些要丟棄的棉花，二度利用，達到循環經濟成效，探討其隔熱及黏著力效果。

## 壹、 研究動機

一年級的時候看到校內展出學長們的「科展製作」，感覺題材新穎有趣，深入了解後總覺得還有延續性的發展；升上二年級時，我們也開始準備製作我們的「科展」，再一次閱讀了學長們的實驗結果，覺得這個實驗如果還能再進化可能更臻完整，於是我們小組成員決定延續發展學長們的科展。

發想一：每每走在校園看著學校建築外牆壁多處剝落，心中時常有疑問？不是沒使用幾年，就如此殘缺？觀察脫落情況思考一番，心想如果，有什麼辦法能讓外牆塗層黏著力更好一點，是否就能增加牆壁使用年限？進而使校園的活動空間更加安全且美觀。

發想二：我們小組日常的校園掃區，就在新化高工美麗的楊達文學步道木棉花樹下，夏天到來木棉開滿花朵開始結果實，一朵朵棉花開始脫序(脫絮)，散落滿地，別人看來是夏天的夢幻，對我們來說卻是惡夢的開始，平常我們將這些棉花掃成堆，就只能當作一般垃圾處理，而且只要經過下雨這些棉絮就會緊緊地抓附在地板上，特別地難掃。

發想三：上材料課時老師常說適才適用，天生我材必有用。如果，將這些棉絮加入外牆粉刷層，再延續學長們的隔熱實驗，再引用土庫商工投稿小論文，篇名：〈**摻料比一比---看誰最黏 T~**〉，文中提到的黏度試驗，以此配比來做這次專題的黏著力試驗，探討會不會成為一塊**既隔熱又具強化抓力的超級牆壁**。將要淘汰掉的廢棄物及飄落的棉花，若能再次運用與水泥結合，製作成**創新再生隔熱粉刷層**塗抹於學校建築外牆，是否就能解決校園大樓的安全性?甚至，進一步對於**都市環境的節能、建築內外隔熱及再生循環經濟**是否會更有助益呢?我們小組對於此次專題研究實驗充滿了期待!

## 貳、 研究目的

這次專題研究目的是校園廢棄物再利用，**將丟棄棉花結合學長的專題研究結果-再生粉刷層**，成為創新混合材質-再生隔熱粉刷層，探討其再利用、延長材質壽命之成效，研究重點為循環經濟，看著各式各樣的材料被當成垃圾丟棄，到處飛的棉花、陶藝教室淘汰的材料、各種的纖維材料...等等，所以我們想把這些俗稱廢棄物的東西再利用，而我們這次的主題**廢棄材料再生建材預期能達到耐久性隔熱與黏著力之效果**。只要成功就可以減少很多廢棄物的浪費，牆壁就可以延長壽命減少外牆的維修費用。

## 參、 研究設備與器材

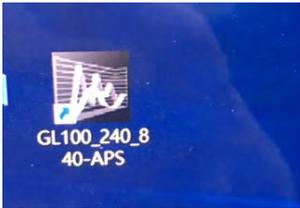
### 一、 實驗變數

本次實驗變數為七組再生粉刷層材料，分別為斷熱磚：素燒胚(2：8)、斷熱磚：素燒胚 (8：2)、斷熱磚：素燒胚 (5：5)、隔熱漆、斷熱磚：素燒胚(2：8)+棉花、斷熱磚：素燒胚(8：2)+棉花、斷熱磚：素燒胚(5：5)+棉花，再和標準組水泥砂漿比較，觀察其熱流通過數值，並進行成效探討。

二、使用設備

設備名稱	圖片	說明
1.細砂	 <p>圖 3-1</p>	模型原料
2.水泥	 <p>圖 3-2</p>	模型原料
3.自來水	 <p>圖 3-3</p>	與水泥產生水化作用
4.一組標準篩	 <p>圖 3-4</p>	使用細粒料標準篩，# 4、# 8、# 16、# 30、# 50、# 100、底盤

<p>5.搖篩機</p>	 <p>圖 3-5</p>	<p>將粒料分析成不同粒徑</p>
<p>6.電子秤</p>	 <p>圖 3-6</p>	<p>秤水泥與粒料的重量</p>
<p>7.鹵素燈</p>	 <p>圖 3-7</p>	<p>模擬太陽光的熱能</p>
<p>8.照度計</p>	 <p>圖 3-8</p>	<p>檢測光源照度</p>

<p>9. 電腦程式 GL100-240-840-APS</p>	 <p>圖 3-9</p>	<p>紀錄數據</p>
<p>10.攪拌器</p>	 <p>圖 3-10</p>	<p>攪拌砂、水、細粒料、混凝土</p>
<p>11.鐵鎚</p>	 <p>圖 3-11</p>	<p>敲碎粒料</p>

### 三、模具規格

<p>1.壓克力模具</p>	 <p>圖 3-12</p>	<p>10cmx10cm</p>
----------------	---	------------------

四、模型尺寸 (單位:cm)

表 3-1 壓克力模具 (單位:cm)

名稱	長×寬	數量	厚度
壓克力模具	10x10	1	2

表 3-2 粉刷層底層 (單位:cm)

名稱	長×寬	數量	厚度
水泥砂漿	10x10	14	1.5

表 3-3 粉刷層外層試驗組別 (單位:cm)

試驗組別	試題名稱	長×寬	數量	厚度
標準組	水泥砂漿	10×10	2	0.5
實驗組	斷熱磚：素燒胚(2：8)	10×10	2	0.5
	斷熱磚：素燒胚(8：2)	10×10	2	0.5
	斷熱磚：素燒胚(5：5)	10×10	2	0.5
	隔熱漆	10×10	2	0.5
	斷熱磚：素燒胚(2：8) +棉花	10×10	2	0.5
	斷熱磚：素燒胚(8：2) +棉花	10×10	2	0.5
	斷熱磚：素燒胚(5：5) +棉花	10×10	2	0.5

## 肆、研究過程與方法

### 一、文獻探討

#### (一)隔熱原理

隔熱原理是指熱能藉由物件對熱傳遞的顯著阻抗性之現象。

#### (二)纖維材料

纖維材料又分為天然纖維與化學纖維，天然纖維裡的植物纖維是地球含量最豐富的纖維。

#### (三)斷熱磚

##### 1.斷熱磚特性：

- (1) 單一氣孔大，能耐高溫、隔熱性佳。
- (2) 耐酸鹼性強。
- (3) 低密度及低熱傳導率，大量節約能源。
- (4) 氧化鐵含量少。
- (5) 輕質的隔熱磚。
- (6) 對各種氫氣氛抵抗性大。
- (7) 製造耐火材料里最重要的原料是氧化鋁、二氧化矽、氧化鎂。另兩種常見的原料是鈣（石灰）的氧化物以及耐火的黏土。



圖 4-1 斷熱磚

#### (四)素燒胚

1.素燒胚特性：素燒為未上釉之燒體，約燒製溫約 750°C，然不可超過 750°C，否則過硬時土坯密度過密，上釉時釉料無法附著，抗壓強度甚低，吸水率高。

#### 2.素燒之目的

(1)先將坯體燒至一定硬度方不至碎裂。

(2)素燒後的胚體，有助於釉漿的吸附。

(3)淘汰不良品，增加燒成率。

3.素燒胚原料：高嶺土、瓷石。



圖 4-2 素燒胚

#### (五)隔熱漆

1.隔熱漆特性：阻隔熱能傳導與造成短波(即太陽光線)反射率提高，而達成隔熱降溫與節能的功效。

2.隔熱漆介紹：隔熱漆的材質通常都是添加適合的聚合體，常見的有陶瓷、雲母與樹脂(亞克力樹脂)等等…，塗佈於牆壁外側。

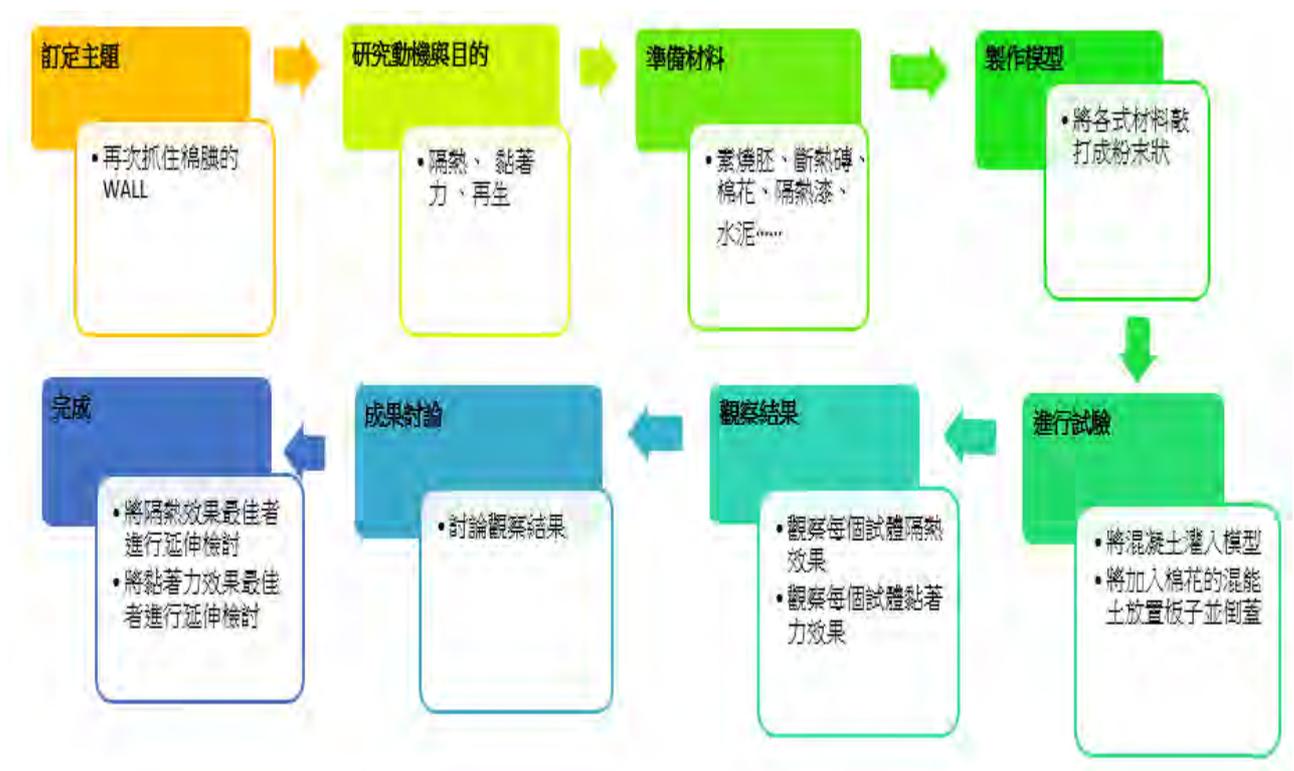


圖 4-3 隔熱漆

## 二、研究過程

因地球暖化趨勢，建築節能設計的概念已成為重要議題。我國建築外殼隔熱性能之規定也日趨嚴格，建築外殼節能技術應用蓬勃發展。隨著人們對建築節能的日益重視，環境保護意識逐步增強，智能建築材料必將在今後的建材領域大有用武之地，也會逐漸被人們，具有非常廣闊的應用前景。我們先了解確切問題並確定目標的主軸，收集相關材料的特性，研究外牆厚度大小、各種再生材料與水泥砂漿的比例，與加入棉花之效果，八種創新隔熱粉刷層為對照組，一組水泥砂漿為標準組，紀錄其隔熱之數據，與三種創新混凝土加入棉花，紀錄其黏著力之數據，主要著重於實驗數據的結果及成果分析。

## 三、研究流程



四、繪製設計圖

表 4-1 實驗示意圖介紹

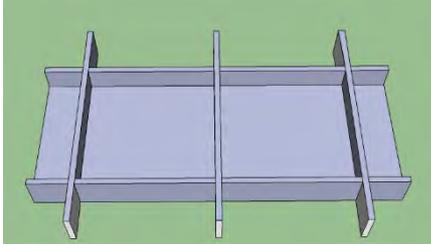
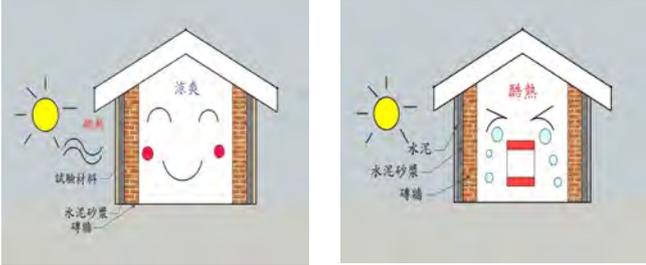
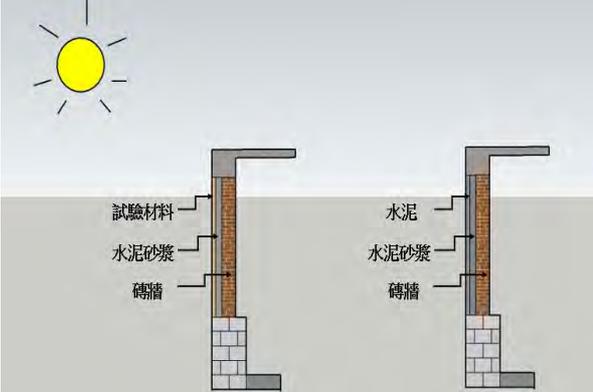
示意圖	說明
 <p>圖 4-4 模型尺寸示意圖</p>	<p>設計來源取至於外牆及粉刷層的寬度，再依照實驗需求作成 10cmx10cm 的大小。</p>
 <p>圖 4-5 整體房屋與粉刷層示意圖</p>	<p>整面牆壁抹上我們的再生隔熱材料。</p>
 <p>圖 4-6 再生隔熱粉刷層和水泥砂漿示意詳圖</p>	<p>再生隔熱粉刷層和水泥砂漿層詳細介紹。</p>

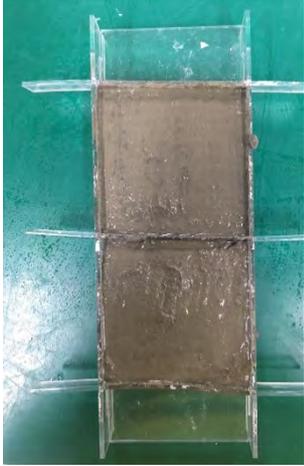
表 4-2 實驗組和對照組材料介紹

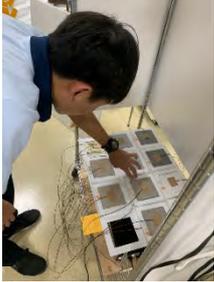
不同的耐熱材料			
材料名稱:	圖片	說明及用途	
實 驗 組	1.斷熱磚：素燒胚 (5：5)	 圖 4-7	隔熱試驗材料 1
	2. 斷熱磚：素燒胚 (2：8)	 圖 4-8	隔熱試驗材料 2
	3.斷熱磚：素燒胚 (8：2)	 圖 4-9	隔熱試驗材料 3
	4.隔熱漆	 圖 4-10	隔熱試驗材料 4
對 照 組	5.水泥砂漿	 圖 4-11	隔熱試驗模型 5

## 五、實驗製作過程-隔熱試驗

表 4-3 實驗製作過程

流程	圖片	說明
1.篩選粒料	 <p style="text-align: center;">圖 4-12</p>	<p>將所有粒料倒入搖篩機，並依序過濾#4、#8、#16、#32、#50、#100 篩</p>
2.敲打粒料	 <p style="text-align: center;">圖 4-13</p>	<p>利用鐵鎚將材料敲碎</p>
3.配置模擬外牆 水泥砂漿	 <p style="text-align: center;">圖 4-14</p>	<p>1.將水(6kg)、水泥(12kg)、粒料(18kg)和調配在一起(水：水泥：砂比例=1：2：3)</p> <p>2.將水、水泥、砂混合攪拌均勻</p>

<p>4.攪拌粒料</p>	 <p>圖 4-15</p>	<p>將粒料與水和水泥，混和均勻</p>
<p>5.灌模</p>	 <p>圖 4-16</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.將混合好的混凝土倒入事先製作好的模子</li> <li>2.拿木板磨平表面</li> <li>3.自然風乾</li> </ol>
<p>6.拆模</p>	 <p>圖 4-17</p>	<p>等待 1 天風乾一天後，徒手把模具拆除</p>

<p>7.研磨大小</p>	 <p>圖 4-18</p>	<p>將做好的模型研磨成 10cm×10cm 的大小</p>
<p>8.溫度實驗</p>	 <p>圖 4-19</p>	<p>將模型貼上感測計，再 用鹵素燈模擬太陽光 來測試隔熱效果。</p>

## 六、實驗製作過程-黏著力試驗

表 4-4 實驗製作過程

流程	圖片	說明
<p>1.篩選粒料</p>	 <p>圖 4-20</p>	<p>將所有粒料倒入搖篩機，並依序過濾#4、#8、#16、#32、#50、#100 篩</p>

<p>2.敲打粒料</p>	 <p>圖 4-21</p>	<p>利用鐵鎚將材料敲碎</p>
<p>3.配置創新材質模擬外牆 粉刷層</p>	 <p>圖 4-22</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將水 (100g)、水泥 (300g)、粒料(100g)調配在一起(水：水泥：粒料，比例=1：3：1)</li> <li>2. 將水 (100g)、水泥 (300g)、粒料(100g)調配在一起(水：水泥：粒料，比例=1：3：1)+1g 棉花</li> <li>3.將水、水泥、粒料及棉花混合攪拌均勻</li> </ol>
<p>4.攪拌粒料</p>	 <p>圖 4-23</p>	<p>將粒料、水和水泥，混和均勻</p>
<p>5.搓成球狀</p>	 <p>圖 4-24</p>	<p>將粒料搓成球狀</p>

6.放置木板	 圖 4-25	放置木板並壓成牆壁形狀
7.黏著力試驗	 圖 4-26	倒蓋並用碼表紀錄脫落時間

## 伍、研究結果

### 一、實驗結果

(一)隔熱試驗：使用鹵素燈模擬太陽光，以每一分鐘紀錄一次隔熱溫度數據，模擬白天太陽日照時間約為 6 小時，利用 ExCEL 繪製成折線圖和直條圖分析。圖 5-1 斷熱磚:素燒胚(2:8)溫度結果比較、圖 5-2 斷熱磚:素燒胚(2:8)+棉花 1g 溫度結果比較、圖 5-3 斷熱磚:素燒胚(8:2)溫度結果比較、圖 5-4 斷熱磚:素燒胚(8:2)+棉花 1g 溫度結果比較、圖 5-5 斷熱磚:素燒胚(5:5)溫度結果比較、圖 5-6 斷熱磚:素燒胚(5:5)+棉花 1g 溫度結果比較。圖 5-7 斷熱磚:素燒胚(2:8)平均隔熱結果比較、圖 5-8 斷熱磚:素燒胚(2:8)+棉花 1g 平均隔熱結果比較、圖 5-9 斷熱磚:素燒胚(8:2)平均隔熱結果比較、圖 5-10 斷熱磚:素燒胚(8:2)+棉花 1g 平均隔熱結果比較、圖 5-11 斷熱磚:素燒胚(5:5)平均隔熱結果比較、圖 5-12 斷熱磚:素燒胚(5:5)+棉花 1g 平均隔熱結果比較。

(二)黏著力試驗：從圖 5-13 斷熱磚:素燒胚(2:8)和斷熱磚:素燒胚(2:8)+1g 棉花黏著力比較。從圖 5-14 斷熱磚:素燒胚(8:2)和斷熱磚:素燒胚(8:2)+1g 棉花黏著力比較結果。從圖 5-15 斷熱磚:素燒胚(5:5)和斷熱磚:素燒胚(5:5)+1g 棉花黏著力比較。

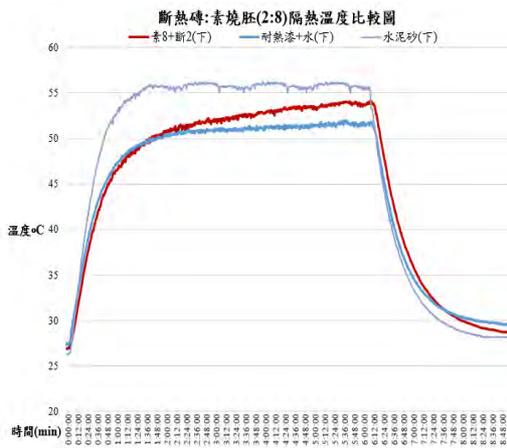


圖 5-1 斷熱磚:素燒胚(2:8)溫度比較圖

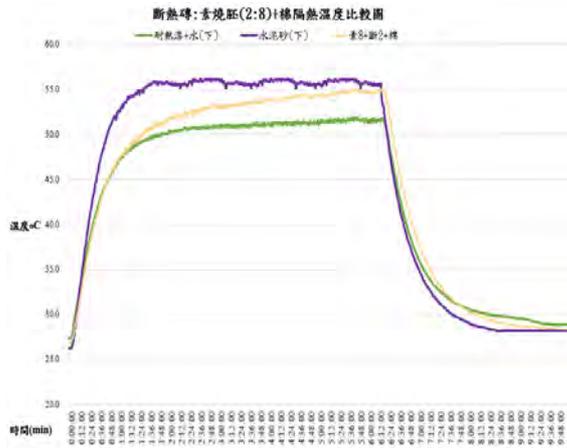


圖 5-2 斷熱磚:素燒胚(2:8)+棉花溫度比較圖

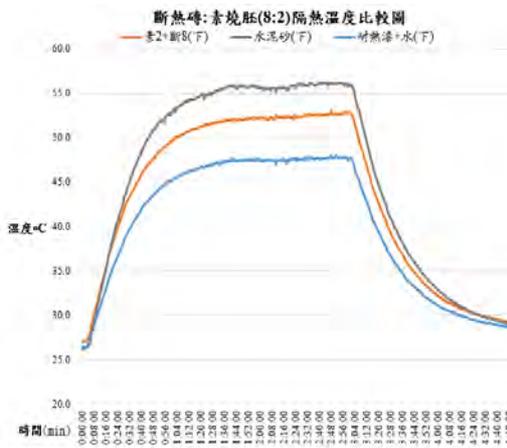


圖 5-3 斷熱磚:素燒胚(8:2)溫度比較圖

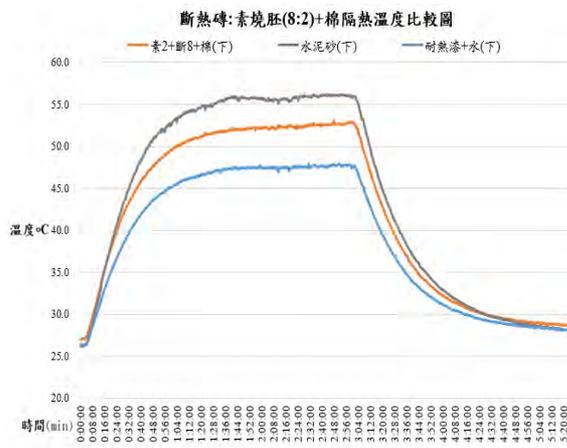


圖 5-4 斷熱磚:素燒胚(8:2)+棉花溫度比較圖

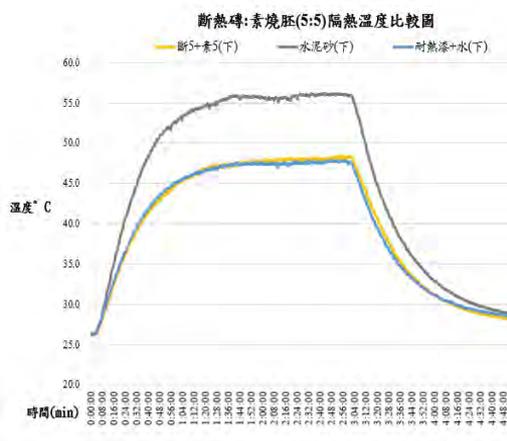


圖 5-5 斷熱磚:素燒胚(5:5)溫度比較圖

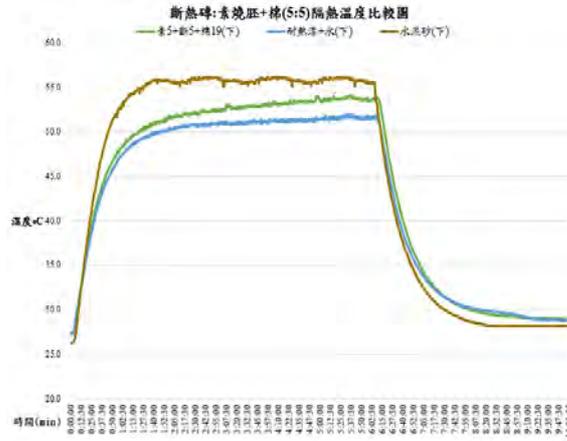


圖 5-6 斷熱磚:素燒胚(5:5)+棉花溫度比較圖

表 5-1 再生粉刷隔熱材料隔熱時間比較表

名稱	隔熱時間	與水泥砂漿降低溫度比較
斷熱磚：素燒胚 (2：8)	4hr57min30sec	1.7°C
斷熱磚：素燒胚 (2：8)+棉花	5hr	1.1C
斷熱磚：素燒胚 (8：2)	1hr28min	1.8C
斷熱磚：素燒胚 (8：2)+棉花	1hr25min30sec	1.8C
斷熱磚：素燒胚 (5：5)	1hr36min	4.7
斷熱磚：素燒胚 (5：5)+棉花	4hr35min	1.3C

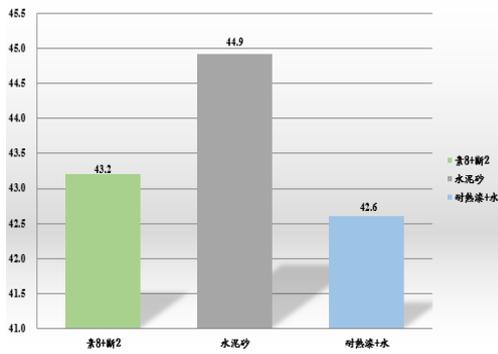


圖 5-7 斷熱磚:素燒胚(2:8)平均隔熱比較圖

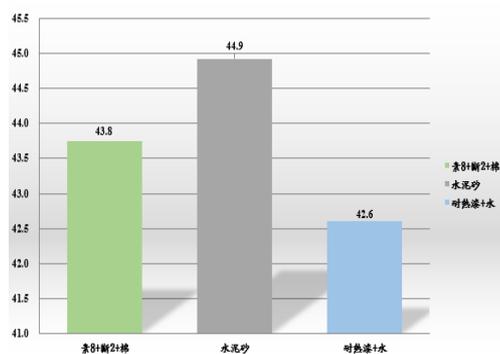


圖 5-8 斷熱磚:素燒胚(2:8)+棉花平均隔熱比較圖

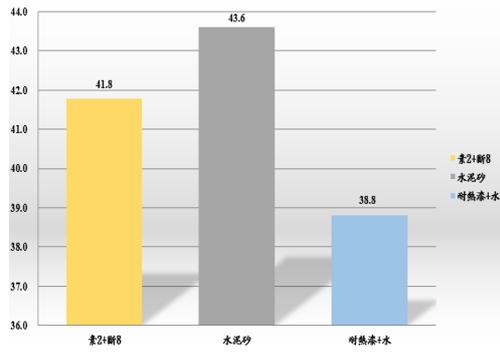


圖 5-9 斷熱磚:素燒胚(8:2)平均隔熱比較圖

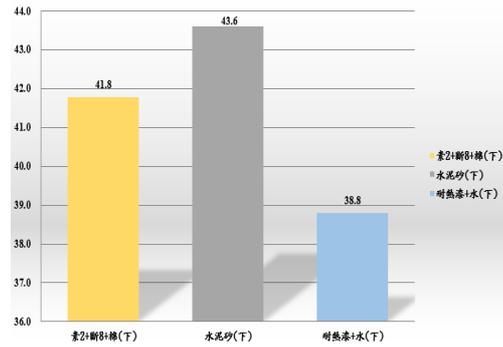


圖 5-10 斷熱磚:素燒胚(8:2)+棉花平均隔熱比較圖

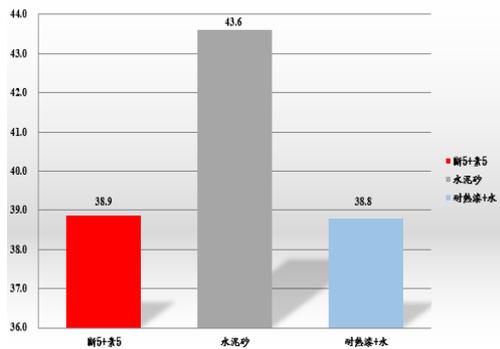


圖 5-11 斷熱磚:素燒胚(5:5)平均隔熱比較圖

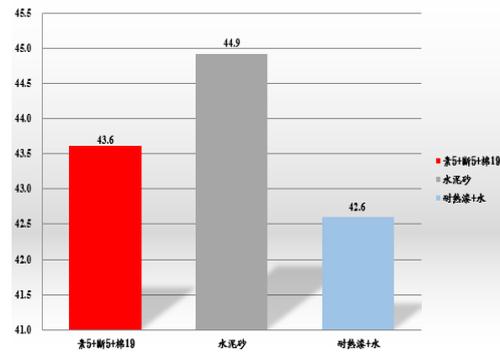


圖 5-12 斷熱磚:素燒胚(5:5)+棉花平均隔熱比較圖

表 5-2 再生粉刷隔熱材料與有無添加棉花的黏著力時間比較表

名稱	無添加棉花	添加棉花
斷熱磚：素燒胚 (2：8)	24hr 脫落	96hr 未脫落
斷熱磚：素燒胚 (8：2)	1hr40min05sec 脫落	2hr30min25sec 脫落
斷熱磚：素燒胚 (5：5)	1min 脫落	1min20sec 脫落

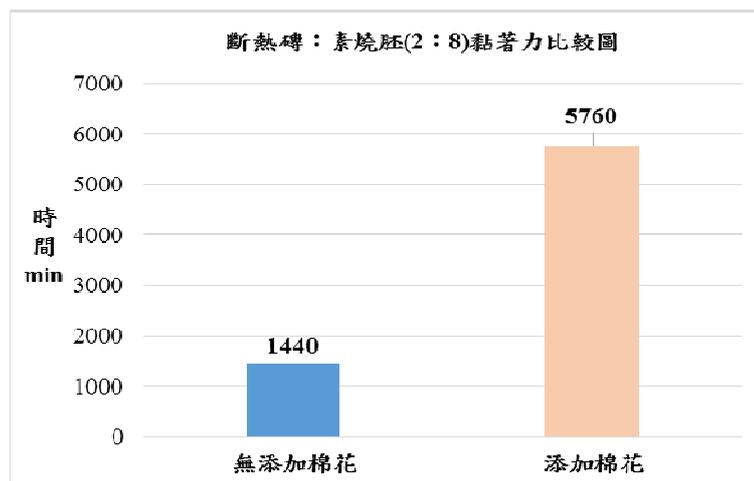


圖 5-13 斷熱磚:素燒胚(2:8)黏著力比較圖

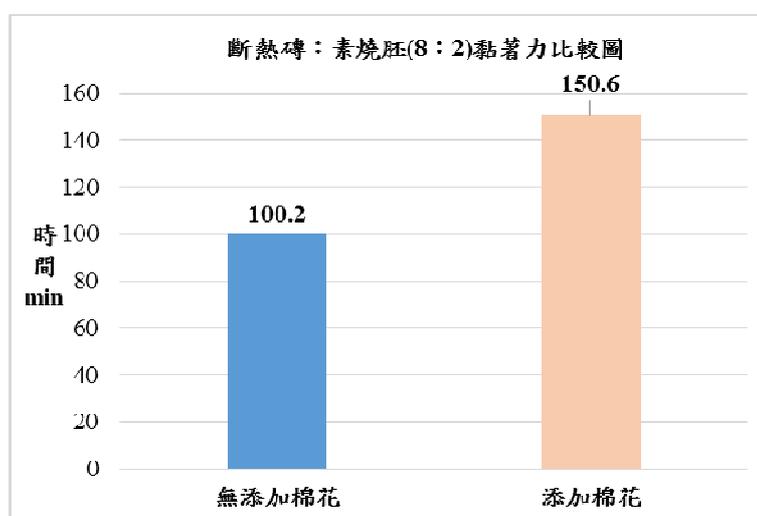


圖 5-14 斷熱磚:素燒胚(8:2)溫度比較圖

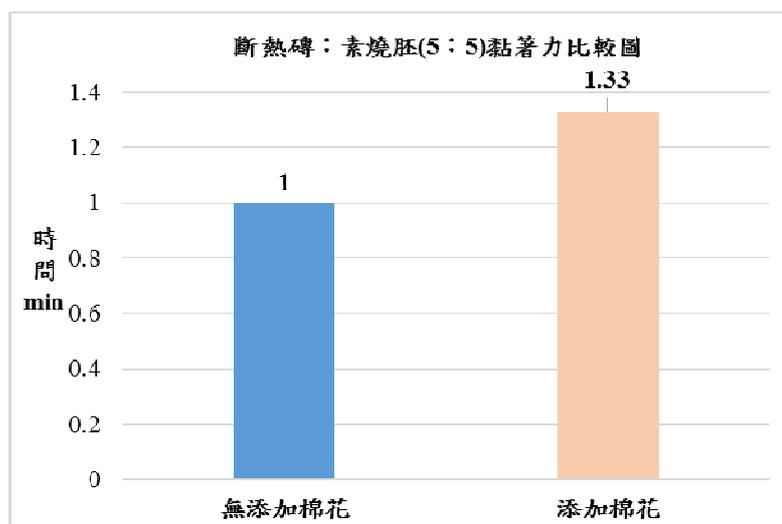


圖 5-15 斷熱磚:素燒胚(5:5)黏著力比較圖

## 陸、討論

一、隔熱試驗：從圖 5-1 和圖 5-7 斷熱磚:素燒胚(2:8)溫度比較結果，可知斷熱磚:素燒胚(2:8)隔熱粉刷層，其隔熱時間可達 4hr57min30sec，跟水泥砂漿比較隔熱溫度降低 1.7°C。從圖 5-2 和圖 5-8 斷熱磚:素燒胚(2:8)+1g 棉花溫度比較結果，可知斷熱磚:素燒胚(2:8)+1g 棉花隔熱粉刷層，其隔熱時間可達 5hr，跟水泥砂漿比較隔熱溫度降低 1.1°C。從圖 5-3 和圖 5-9 斷熱磚:素燒胚(8:2)溫度比較結果，可知斷熱磚:素燒胚(8:2)隔熱粉刷層，其隔熱時間可達 1hr28min，跟水泥砂漿比較隔熱溫度降低 1.8°C。從圖 5-4 和圖 5-10 斷熱磚:素燒胚 (8:2)+1g 棉花溫度比較結果，可知斷熱磚:素燒胚 (8:2)+1g 棉花隔熱粉刷層，其隔熱時間可達 1hr25min30sec，跟水泥砂漿比較隔熱溫度降低 1.8°C。從圖 5-5 和圖 5-11 斷熱磚:素燒胚(5:5)溫度比較結果，可知斷熱磚:素燒胚(5:5)隔熱粉刷層，其隔熱時間可達 1hr36min，跟水泥砂漿比較隔熱溫度降低 4.7°C。從圖 5-6 和圖 5-12 斷熱磚:素燒胚 (5:5)+1g 棉花溫度比較結果，可知斷熱磚:素燒胚+1g 棉花(5:5)隔熱粉刷層，其隔熱時間可達 4hr35min，跟水泥砂漿比較隔熱溫度降低 1.3°C。

二、黏著力試驗：從圖 5-13 斷熱磚:素燒胚(2:8)和斷熱磚:素燒胚(2:8)+ 1g 棉花黏著力比較結果，可知無添加棉花試體 24 小時脫落，添加棉花試體 96 小時未脫落。從圖 5-14 斷熱磚:素燒胚(8:2)和斷熱磚:素燒胚(8:2)+ 1g 棉花黏著力比較結果，可知無添加棉花試體 1 小時 40 分鐘 05 秒脫落，添加棉花試體 2 小時 30 分鐘 25 秒脫落。從圖 5-15 斷熱磚:素燒胚(5:5)和斷熱磚:素燒胚(5:5)+ 1g 棉花黏著力比較結果，可知無添加棉花試體 1 分鐘候脫落，添加棉花試體 1 分鐘 20 秒未脫落。

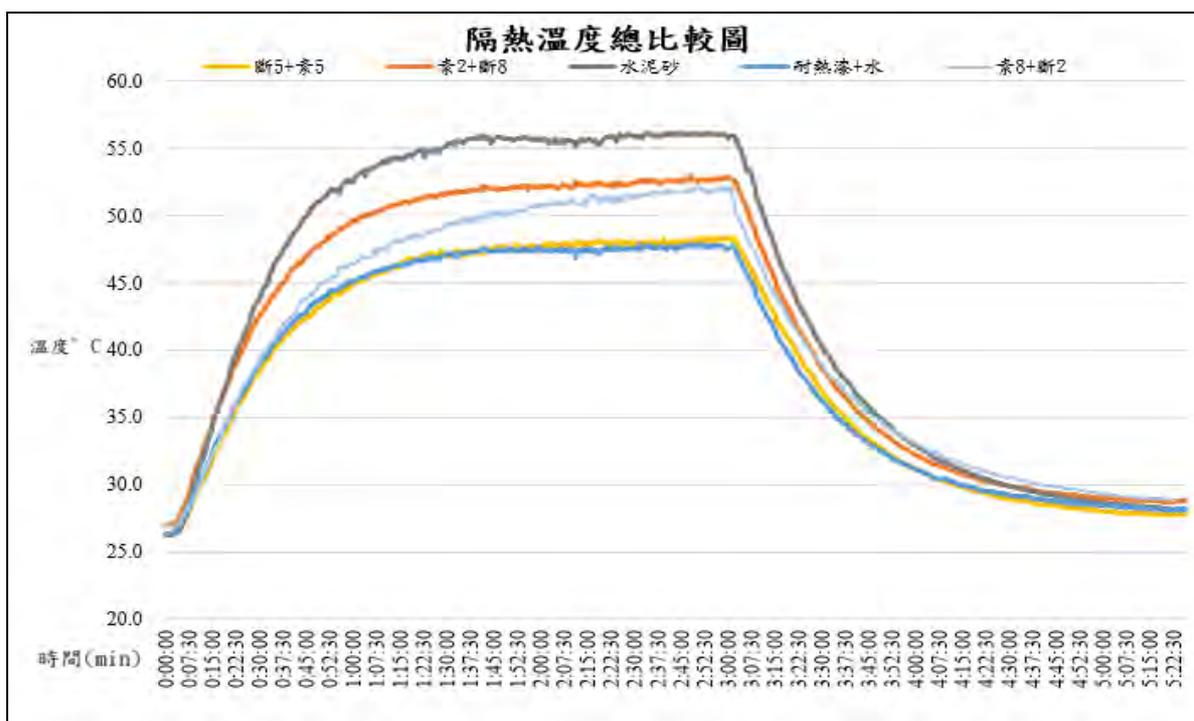


圖 6-1 再生材料與水泥砂漿隔熱溫度總比較圖

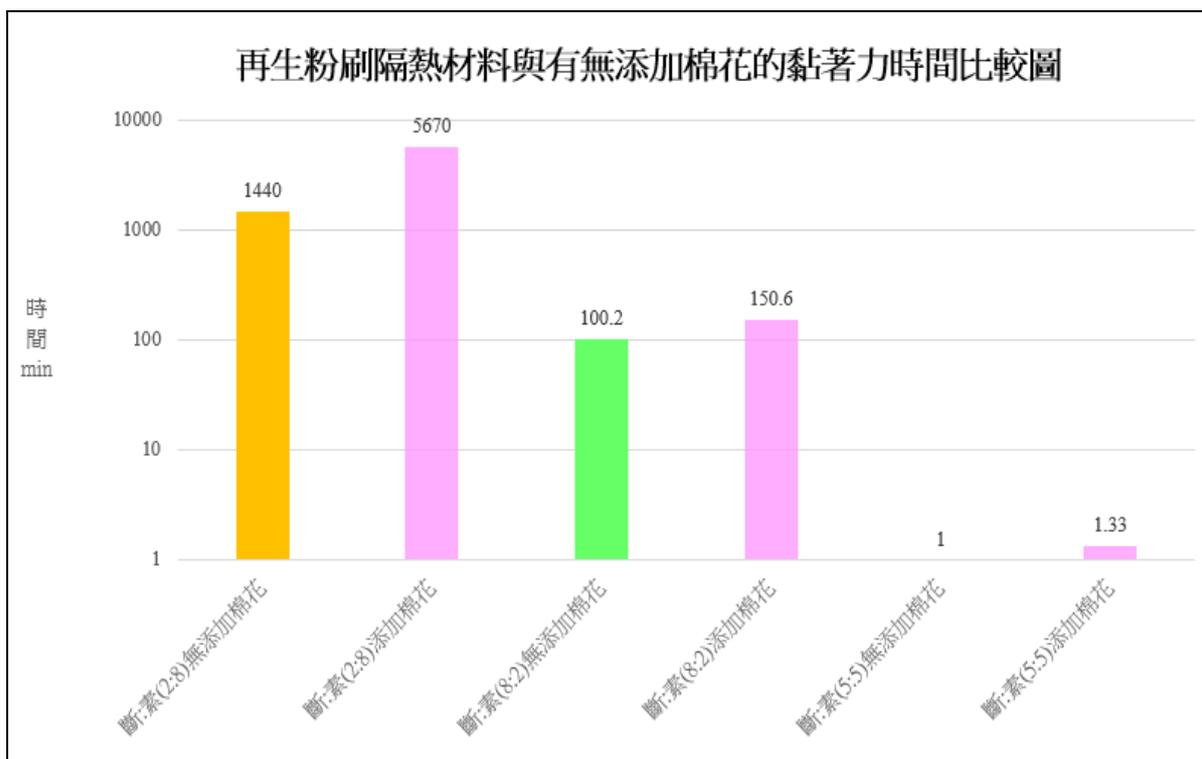


圖 6-2 再生粉刷隔熱材料和水泥砂漿與有無添加棉花的黏著力時間比較圖

從圖 6-1 再生材料與水泥砂漿隔熱溫度總比較圖，對照組的素燒、斷熱磚、棉花的隔熱成效皆比標準組水泥砂漿與市售隔熱漆效果好，其再生隔熱粉刷層材料隔熱溫度皆比水泥砂漿粉刷層降低約 1.5°C，由此顯示此設計結果與本實驗設計目標相符，具有隔熱之功能。

從圖 6-2 再生材料與水泥砂漿黏著力總比較圖，實驗組斷熱：素燒（2：8）+棉花、斷熱：素燒（8：2）+棉花、斷熱：素燒（5：5）+棉花和對照組斷熱：素燒（2：8）、斷熱：（8：2）、斷熱：素燒（5：5）的黏著力比較，實驗組黏著力力效果較好，其添加棉花材料皆比沒有添加棉花黏著時間久，平均黏著時間為 5 小時 4 分鐘，由此顯示此設計結果與本實驗設計目標相符，添加棉花黏著力大於沒有添加棉花。

## 柒、結論

再次抓住棉牆的 WALL 設計與研究，主要目的為建築內外隔熱、黏著力及再生循環經濟是否會更有助益，本研究結果整理如下。

一、**廢棄物回收再利用**:將課程因人為或天然災害損壞的物品如:素燒、斷熱磚或天然廢棄物棉花，皆能藉由此實驗製成再生隔熱粉刷層外牆。

二、**隔絕熱能**：根據隔熱實驗數據記錄分析，對照組的素燒、斷熱磚、棉花的隔熱成效皆比標準組水泥砂漿與市售隔熱漆效果好，其再生隔熱粉刷層材料隔熱溫度皆比水泥砂漿粉刷層降低約 1.5°C，由此顯示此設計結果與本實驗設計目標相符，具有隔熱之功能。此外，斷熱：素燒（5：5）和一般市售隔熱漆隔熱效果一樣。

三、**黏著力**：將滿天飛的棉花，利用其纖維性加入粒料裡，發現添加棉花能更緊緊地抓附在牆壁上，由此實驗可知添加棉花黏著力時間大於沒有添加棉花時間約為 5 小時 4 分鐘。

棉花的添加有助於牆壁延長使用期限，減少剝落。

由這次研究結果可以得知，將再生隔熱粉刷層用於建築物外牆，可以降低室內溫度以及延長外牆使用年限。

## 捌、參考資料及其他

1. 陳耀如、洪國珍、劉叔松，「工程材料」(第二章、第三章、第五章、第九章、第十一章)·旭營文化事業有限公司。
2. 黃方伯，「基礎物理」(第三章全)。
3. 蔡得時、李尚成，「材料試驗」(119-126)·矩陣出版股份有限公司。
4. 黃忠信，「土木材料試驗」(89-99 頁)·三民書局。
5. 黃兆龍，「混凝土材料品質控制試驗」(137-147 頁)·詹氏書局
6. <http://t.cn/REQWY6T>
7. <https://goo.gl/XwjyZX>
8. <http://t.cn/REQWZnb>
9. <https://m.xuite.net/blog/wei28770269433/twblog/132614148>
10. <http://www.catch-low.com/video/v03.htm>
11. <https://kknews.cc/zh-mo/home/vmo5xmq.html>
12. <https://goo.gl/CosVnA>
13. 蔣曜州，周子軒，曾文子，「再次讓 WALL 熱~滾滾」·107 年專題報告。

## 【評語】 052408

本作品將棉花結合廢棄材料(斷熱磚、素燒胚)及水泥條製成再生建材-再生隔熱粉刷層，實驗結果發現斷熱磚：素燒胚(5:5)的再生隔熱粉刷層隔熱效果與耐熱漆接近；結合棉花的再生粉刷層能達到黏著力強的優點。本作品延伸自第 58 屆科展作品再次讓 WALL 熱~滾滾，增加將校園內木棉花飄落之棉絮與水泥結合，並進行黏著力實驗。有關隔熱實驗與黏著力試驗之操作標準與步驟說明宜清楚，另宜說明隔熱實驗與黏著力試驗之水泥、粒料及水之配比為何不同。斷熱磚與素燒胚的孔洞性質宜加以量測，以解釋不同配比的隔熱效果。建議再現性實驗至少進行三次重複實驗。

## 摘要

由於氣候變遷，使台灣氣溫逐年提高，又造成熱島效應使室內外溫度相差不多，讓夏天時家家戶戶都熱到受不了，需要長時間開冷氣，但這又造成溫室效應的惡性循環，我們想到可以利用一年級0206大地震把我們已經燒製完成但摔壞的陶土作品重新利用，再加上業師郭文毅 博士展示將水庫淤泥改良成水泥讓我們產生更好的想法，將廢棄材料再生，製作再生粉刷層外牆並和一般的水泥砂漿粉刷層比較，利用熱流探測器進行隔熱的實驗，探討其隔熱效果。

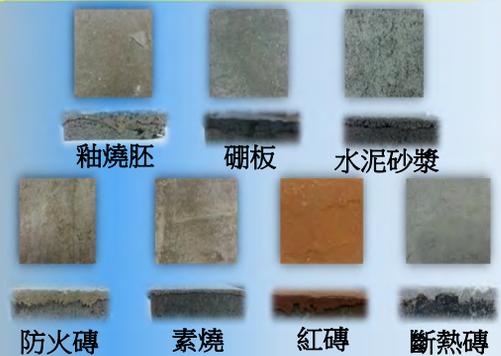
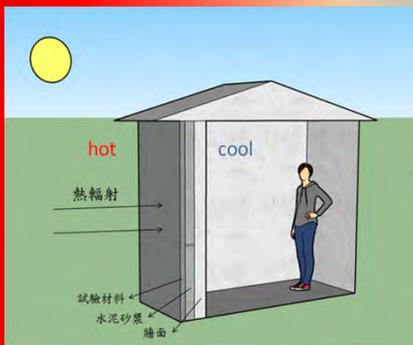
## 研究動機

一年級造型設計實習課程，學校老師指導我們如何運用陶土來製作造型設計，我們的作品在學期末了皆完成高溫燒製，隨後出窯並擺放坯架上，2016年初發生了0206台南大地震，陶藝教室損失慘重，幾乎把所有的作品給摔壞了，看著這些碎成塊狀拼不回去的作品掉到水泥地上，只能把這些碎裂的作品當廢棄物處理掉，我打從心裡感到十分的不捨，並開始思考有無方法可以讓這些廢棄物再次使用。

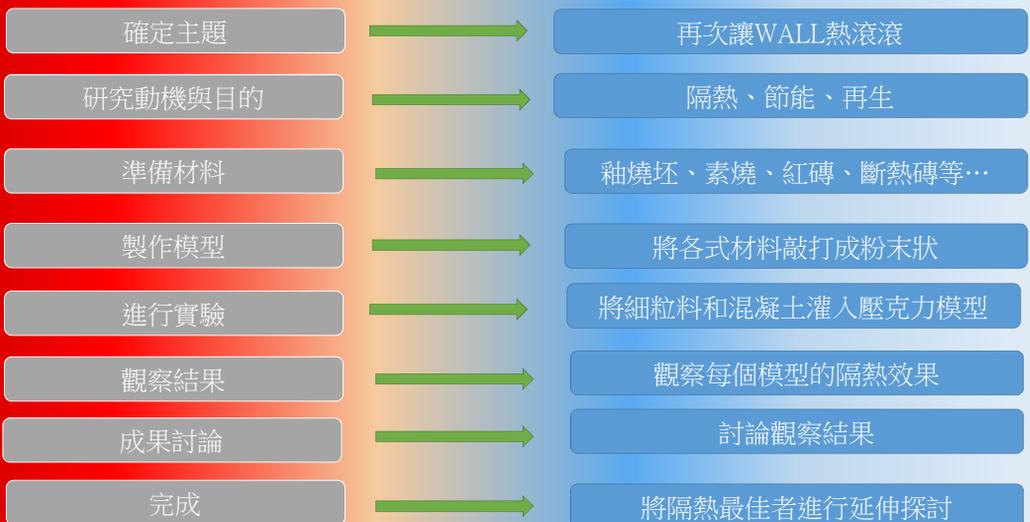
二年級時，我們實習課程因為有業師協同學的規劃，班導請了業界的專家郭文毅 博士來幫我們上課，記得當時他展示將水庫廢棄淤泥改良成建築營造使用之水泥，令我們印象深刻，課程當中也示範了各種塗抹牆面的技巧與方式，讓我們聯想到工程材料課程中，有上到細粒顆料可以用其他材料替代，心想若將當初摔壞的作品，將其磨成細粉…並用其取代成細粒料，使用它作為粉刷層是否可行？因意外發生所產生的廢棄物，若能再生運用與水泥結合，製成粉刷層塗並抹於建築外牆，對於都市環境的節能、建築內外隔熱、再生循環經濟是否會有何助益呢？對於研究我們充滿了期待！

## 研究目的

這次專題的研究主要目的是將廢棄材料再生，並應用於外牆粉刷層的新混合材質，探討其節能、隔熱之成效。研究主軸”再生”是因為看到有許許多多的材料都只有一性之使用，廢棄之後都直接的被丟棄或當垃圾處理掉，例如：碎掉的紅磚、燒裂或摔破的陶瓷成品、陶瓷生產之瑕疵半成品或其他窯業相關設備使用之耐火耗材物…等等，所以我們想把這些大家眼中的垃圾回收再利用，而我們這次的主題就是廢棄材料製造成「再生粉刷層」預期能達到節能隔熱之效果。只要成功就可以節省許多的能源，在能源短缺環保意識抬頭的現在，夏天可以減少開冷氣和電風扇，減少不必要的電力消耗達到節能減碳的效果，為我們的地球盡一份心力。



## 研究流程

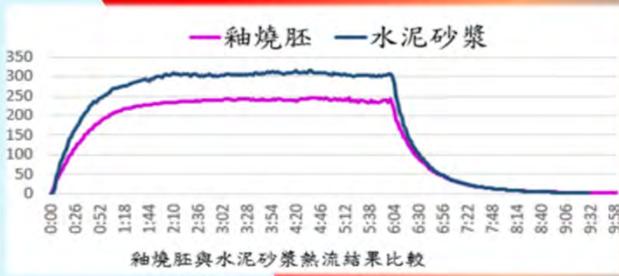


## 日照參數設定

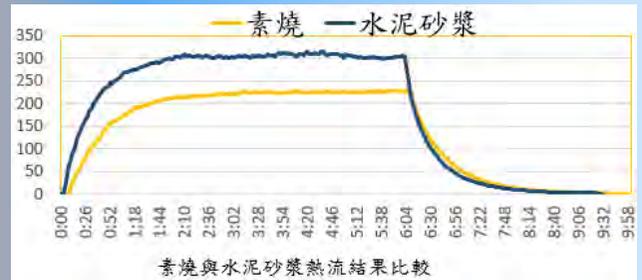
模擬日照六小時，每兩分鐘讀取一次熱流數據。

## 研究結果

經過隔熱實驗，發現斷熱磚隔熱效果最佳，砌板隔熱效果最差，其餘材料也有不錯的隔熱效果，之後我們會對斷熱磚進行更深入的研究。



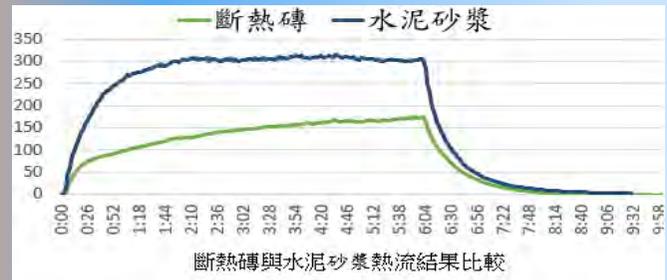
可知釉燒胚和水泥砂漿比較結果，釉燒胚粉刷層其通過熱流極限為 $251 \text{ w/m}^2$ ，隔熱時間可達4hr30min。



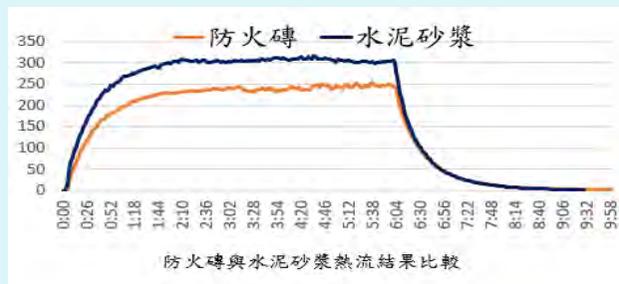
可知素燒和水泥砂漿比較結果，素燒粉刷層其通過熱流極限為 $231 \text{ w/m}^2$ ，隔熱時間可達6hr08min。



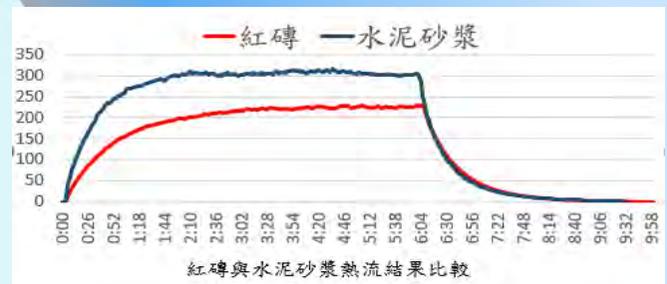
可知砌板和水泥砂漿比較結果，砌板粉刷層其通過熱流極限為 $328 \text{ w/m}^2$ ，隔熱時間可達5hr16min。



可知斷熱磚和水泥砂漿比較結果，斷熱磚粉刷層其通過熱流極限為 $175 \text{ w/m}^2$ ，隔熱時間可達6hr00min。



可知防火磚和水泥砂漿比較結果，防火磚粉刷層其通過熱流極限為 $249 \text{ w/m}^2$ ，隔熱時間可達6hr00min。



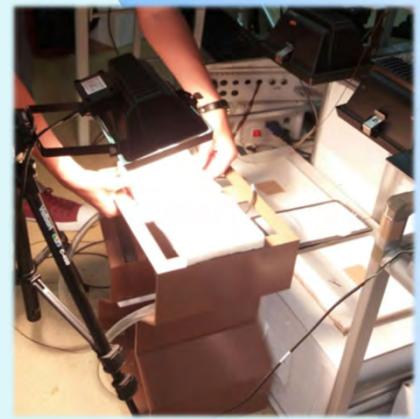
可知紅磚和水泥砂漿比較結果，紅磚粉刷層其通過熱流極限為 $255 \text{ w/m}^2$ ，隔熱時間可達5hr38min。



實驗試體安裝



熱流器



實際模擬情況

隔熱實驗操作-使用鹵素燈、熱流貼片和LM-SS軟體搭配使用。

## 試體製做過程



細粒料分析(通過#50篩)



材料拌合



灌完漿拆模



將材料研磨成10cm×10cm

## 再生粉刷材料熱流比較表

名稱	熱流隔熱極限	隔熱時間
水泥砂漿	316	4hr30min
釉燒坯	251	4hr30min
素燒	231	6hr08min
礮板	328	5hr16min
斷熱磚	175	6hr00min
紅磚	255	5hr38min
防火磚	249	6hr00min

最佳

175

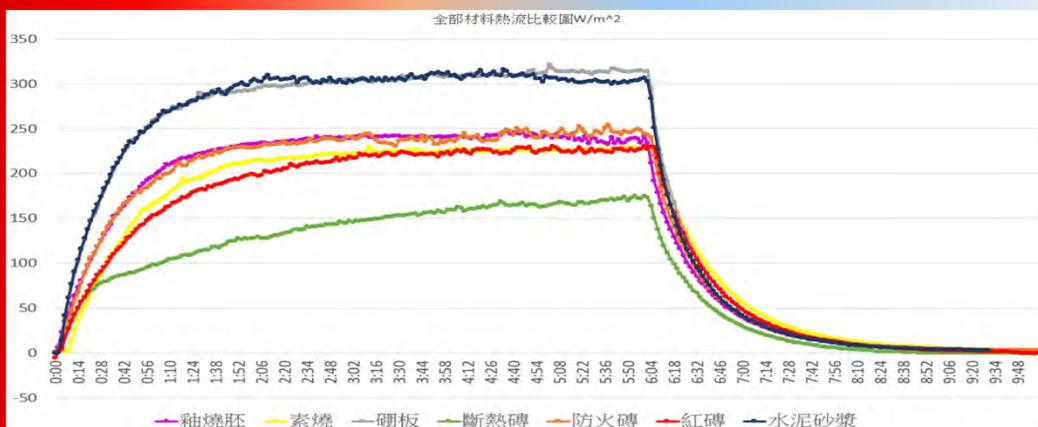
## 結論

再次讓WALL熱滾滾設計與研究，主要目的在讓廢棄材料再生利用，製成再生粉刷層外牆，既能達到隔熱又能節能，減少廢棄物丟棄量，本研究結果整理如下。

一、廢棄物回收再利用:將課程因人為或天然災害損壞的物品如: 釉燒坯、素燒、礮板、斷熱磚、紅磚、防火磚，皆能藉由此實驗製成再生粉刷層外牆。

二、隔絕熱能:根據熱流實驗數據記錄分析，對照組的釉燒坯、素燒、斷熱磚、紅磚、防火磚的隔熱成效皆比標準組水泥砂漿效果好，其熱流數值皆比水泥砂漿粉刷層降低約 $100\text{W}/\text{m}^2$ ，由此顯示此設計結果與本實驗設計目標相符，具有隔熱之功能。

## 再生粉刷材料熱流比較圖



## 參考資料

- 一、陳耀如、洪國珍、劉叔松(2011)·工程材料2·旭營文化出版社 高雄市：三民
- 二、<http://t.cn/REQWZnb>
- 三、<http://t.cn/REQWZnb>
- 四、<http://t.cn/REQWOYi>
- 五、<http://t.cn/REQWY6T>
- 六、<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%9A>
- 七、宋佩瑄、黃馨，「土木材料」。
- 八、維基百科-熱通量 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/>
- 九、經濟部能源局，「能源Energy Monthly (2010)」。