

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

最佳團隊合作獎

080809

紙（漿）磚實用嗎？

學校名稱：嘉義市西區興嘉國民小學

作者： 小六 楊晉佳 小六 葉哲睿 小六 蘇維億 小六 蔡佳臻	指導老師： 楊育寬 許秀玲
---	-----------------------------

關鍵詞：密度、衝擊、性價比

作品名稱: 紙(漿)磚實用嗎?

摘要

能將回收的廢紙做材料，如以回收廢紙漿加入水泥建材的做成紙漿磚來砌蓋房子，在建築使用上會更方便嗎？會不會漏水呀！那大火呢？具有防震效果嗎？還是有其他的好處..，如果運用在建築物中，將影響我們的生活-安全更是長久深遠的，當然我們也有許多其他的考量及疑慮，因此我們展開一系列製作及實驗，來深入了解是否能找出具有使我們生活安全、價格低廉、施工簡便、防水防火...的種種特性，使得這項更環保的特有優勢的想法訴諸科學驗證，將垃圾變黃金美夢來改進、實現。

壹、研究動機

水泥在日常生活中極為可靠而廣泛使用的造屋材料，一直以來我們台灣及日本等...甚至全球一些地區，都市高樓林立處，常常因為地震的發生造成房屋建築物的破壞，地震來臨時，本身建築物因具有水泥建材的本體重量呈現加大的搖晃程度，一旦倒塌傾斜時容易被龐大的樓板、壁牆體壓下而造成重大傷害，也形成不易拆解搬動，影響緊急施救，造成更長遠的災情。

我們想到高大的建築大樓大都已經使用鋼構，滿足在主要的支撐及抗震需求，實際上較不需要龐大笨重的水泥灌漿實體(在樓板及壁牆)，但是在居住建材的安全法規及需求上仍有許多相關的需求特性需要滿足，須經得起種種試驗，在我們搜查相關參考環保實務資料及網路新聞報導上：已有實例的使用，我們想要探究紙(漿)磚的特性及使用上的種種可能產生的問題，加以深入了解。

貳、研究目的

- 一、經由實際調製操作來了解磚塊：提出---水泥磚 / 紙(漿)磚的製作過程及方法。
 - a. 水泥磚的製作過程及方法---實作進行
 - b. 紙(漿)磚的製作過程及方法---實作進行
- 二、比較水泥磚和紙(漿)磚的重量和體積及相關基礎性質的量測。
【硬度、酸鹼性、重量和體積(密度)】
- 三、探究水泥磚和紙(漿)磚在長時間浸泡及水柱衝擊之耐水性質的差異比較。
【耐水性試驗】
- 四、探究水泥磚和紙(漿)磚在防火耐熱及耐燃承受性質的差異比較。
【耐火性試驗】
- 五、探究水泥磚和紙(漿)磚的可承受的碰撞衝擊力比較。
【結構承受力試驗】
- 六、經初期試驗結果分析討論 --再增列及改進試驗項目程序：
 1. 紙(漿)磚的製作過程及方法---比例差異試驗【進行最佳化試行調製】。
 2. 先前密度計算之-體積量測(運用阿基米德原理)有缺失之改進。
 3. 針對初期之紙(漿)磚呈鹼性性質，增加酸雨酸蝕之試驗項目。
 4. 耐火耐燃項目增加以隔熱效果試驗
 5. 水泥磚和紙(漿)磚 A B C 三種比例的紙(漿)磚體，試驗可承受的碰撞衝擊力。
 6. 添加膠合劑（白膠水）進行特性改良的初步試驗，近距離觀測及實際操作。更深入了解紙(漿)磚/水泥磚的通盤特性，給予與水泥製品相當的試驗評價比較。

參、研究設備及材料

實驗 1. 水泥磚/紙漿磚的調製製作:

設備:果汁攪拌機、攪拌桶、木片(攪拌用)、篩子(過濾用)、量杯-數個、薄膠杯-數個

材料:水泥-品牌中華(普特蘭水泥第1型)、自來水、舊報紙










製作順序 1	2	3
		
4	5	6
		
		7
		

實驗 2. 水泥磚/紙漿磚的基礎特性-硬度、酸鹼性、重量和體積(密度)比較:

設備:電子秤(AUY F-2000 /0.1g) 、水盆、量筒、刻度尺、滑石礦石、

石英礦石、硬幣、小刀







材料:水泥磚-數個、紙漿磚-數個

電子秤(AUY F-2000)	水盆	量筒
		
滑石礦石	石英礦石	硬幣
		
小刀	指甲	水泥磚 / 紙漿磚
		

實驗 3 水泥磚和紙漿磚在長時間浸泡及水柱衝擊之耐水性質的差異比較:

設備:電子秤(AUY F-2000 /0.1g)、水盆、量筒、刻度尺、高壓清洗機




材料:水泥磚-數個、紙漿磚-數個

<p>量筒量取容積</p>  <p>2011/03/08</p>	<p>長時間浸泡</p>  <p>2011/03/08</p>
<p>電子秤-重量量測</p>  <p>2011/04/24</p>	<p>長時間浸泡(半淹)</p>  <p>2011/06/18</p>
<p>水流衝擊(水龍頭)</p>  <p>2011/03/10</p>	<p>高壓水柱衝擊(高壓清洗機)</p>  <p>2011/04/19</p>

實驗 4. 水泥磚和紙漿磚在防火的差異比較:

設備:酒精燈、點火器、三腳架、防火板、紅外線測溫槍(TENMARS TM-300)、濕抹布(滅火)





材料:水泥磚-數個、紙漿磚-數個

加熱器具(酒精燈、點火器、三腳架、防火板)	實驗加熱中
	
<p data-bbox="470 1137 943 1178">紅外線測溫槍(TENMARS TM-300)</p> 	

實驗 5. 水泥磚和紙漿磚在承受碰撞及衝擊耐受力差異比較:

設備:滑輪、線繩、捲尺、實驗物固定環

材料:水泥磚-數個、紙漿磚-數個

固定環 /	滑輪	掉落碰撞試驗
		
捲尺		
		

肆、研究過程與方式

實驗 1. 水泥磚/紙(漿)磚的調製製作--實施步驟

1. 製作過程：

00. 在桶內先加入水泥粉及逐漸加入清水的量進行攪拌，直到混凝土調製完成。
01. 先把報紙撕碎，在混合以適量的清水，加入果汁攪拌機內打碎成紙漿。
02. 然後把紙漿加入水泥(粉)。
03. 將兩款混凝土倒入薄膠杯，靜放在教室窗台旁直到陰乾凝固變硬。



水泥磚製作	 <p>水泥加水攪拌</p>	 <p>加入容器</p>	 <p>靜置</p>	 <p>乾燥凝固觀察紀錄</p>
紙磚製作	 <p>紙漿打製</p>	 <p>混合加入水泥</p>	 <p>加入容器</p>  <p>靜置</p>	 <p>乾燥凝固觀察紀錄</p>

實驗 2. 水泥磚/紙漿磚的基礎特性：硬度、酸鹼性、重量和體積

(密度)比較

操作項目：

1. **硬度**：

由硬度最高的參考物分別一硬度高至低順序 石英>錢幣>指甲>滑石 分別與水泥磚及紙磚相互刻劃來試驗硬度的比較。



2. **酸鹼性**：

由水泥磚及紙漿磚抹上少許純水，分別以石蕊試紙試驗；得知水泥磚及紙漿磚的酸鹼性特性。



3. **重量和體積比值（密度）**：

01. 分別將水泥磚及紙漿磚，由電子磅秤秤得實際重量。

02. 運用阿基米德原理，放入盛裝水的容器內，因為可以沉下水面，所排開的液體體積就是磚塊的體積。



03. 磚塊體積：磚塊放入滿水量杯裏，把溢出來的水倒入 200cc 的小量杯中，讀出刻度並記錄。

04. 密度計算：重量除以體積-使用計算機算出，並記錄。

實驗 3 水泥磚和紙漿磚在長時間浸泡及水衝擊之耐水性質試驗

(一) 製作長時間水浸泡試驗觀察：

將水泥磚及紙漿磚分別平放在同一水盆中，以相同的水位同時浸泡約1/3的高度，做上記號，每天觀察紀錄變化的情形，並且每天需再補加水，以維持因蒸發使得浸泡水位下降的情形。



(二) 製作水衝擊試驗觀察：

- (1) 將水泥磚及紙漿磚分別平放在各自水盆中，以自來水水龍頭開啟水柱加以對準衝擊，觀察兩種實體經過水衝擊試驗造成影響或變化。

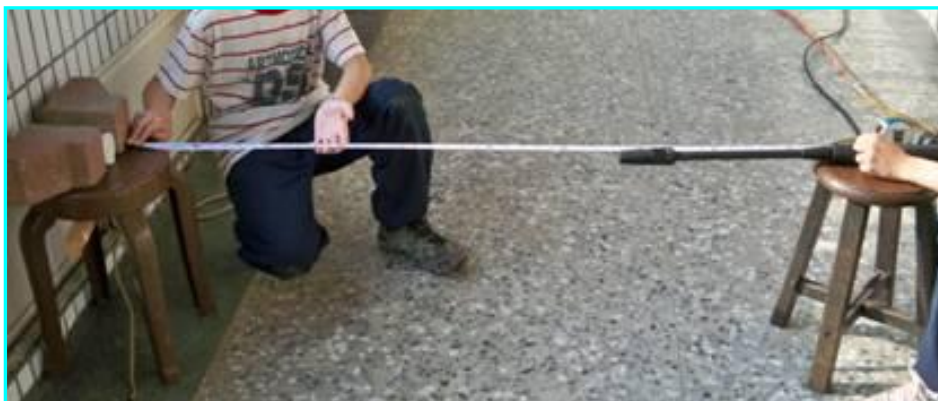


◎ 發現要可觀察到衝擊變化所需時間相當長、並且耗費過多水資源，不宜繼續進行。

實驗發現缺失-改良:

- (2) 改用高壓清洗機的加壓水柱來取代自來水水龍頭水柱的滴衝試驗。

04. 將試驗的磚體以繩索綁住固定在試驗台，並且左右兩面夾住固定，並且能有效控制受到的水柱衝擊承受面，如圖示。
05. 固定量取自加壓水柱出水口至試驗磚體表面的距離為 100 cm。
06. 開啟高壓水柱開關，控制磚體承受水柱衝擊以 10 秒為一單位，觀察並紀錄下累積受水柱衝擊的磚體損傷程度。



實驗 4. 水泥磚和紙漿磚以酒精燈火焰進行加熱燒烤試驗

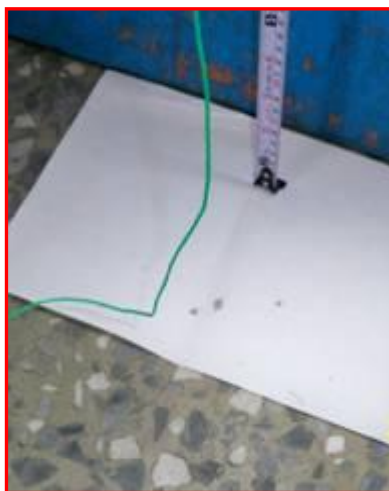
在實驗桌上加墊有-防火版材，準備好酒精燈點燃，進行加熱的實驗，依照火焰加熱時間所觀測到的情形作紀錄分析。



- ※ 試驗結果可以得到，因為紙漿磚被火焰加熱燒烤，只有在表面留下烤焦黑的承受面，雖經酒精燈焰長達二十幾分鐘的火焰接觸，也以紅外線測溫器量得約有一 230°C 的最高溫度，仍能保持相當良好的耐燃性質，不會容易因為加熱而引燃燒毀及影響結構上的安全。

實驗 5. 水泥磚和紙漿磚在承受的碰撞及衝擊耐受力試驗

將滑輪固定在實驗教室的房頂輕鋼架上，以一條線繩穿跨過滑輪，用來調整不同高度，高度變化由:5cm-10cm-15cm 依序遞昇墜落的高度，用以觀察磚體掉落的方式衝擊地板(磨石子地材)試驗，了解所受的損害程度進行紀錄分析。



伍、研究結果

實驗 1. 水泥磚/紙漿磚的調製製作

量測盛以 500ml 的紙漿(含水分)倒入杯中，以電子秤稱得 10 次兩取的重量如下表格：(報
紙漿 500ml/容器杯重 91.2g)

次數 重量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
紙漿重(g)	533.9	600.6	585.1	631.4	613.2	537.0	539.8	590.9	592.3	591.4
平均值(g)	581.56									

※ 密度定義：質量/體積($D= M/V$)

※ 由以上 10 次量測可得到：紙漿的密度約 1.163，略大於水。

實驗 2. 水泥磚/紙漿磚基礎特性-硬度、酸鹼性、重量和體積(密度)比較

(一) 硬度試驗結果：

※ 水泥磚----的硬度介於錢幣與指甲之間；

※ 紙漿磚----的硬度小於指甲，約與滑石接近。

※ 紙漿磚----偏灰色的紋路的硬度比較軟，偏白色的紋路的硬度比較硬。

(二) 酸鹼性試驗結果：

水泥磚/紙漿磚 的石蕊試紙試驗皆為：

※ 藍色石蕊試紙不變色---紅色石蕊試紙變藍色

是為：**鹼性反應**






(三) 重量和體積 (密度)比較：量測結果---(靜置 3 天後)

水泥磚(靜置 3 天後)			
	重量	體積	重量/體積 克/立方公分
編號 01	298.6 克	171 立方公分	1.746
編號 02	284.2 克	171 立方公分	1.662
編號 03	283.7 克	173 立方公分	1.640
平均	288.8 克	171.6 立方公分	1.683

紙漿磚					
	重量(靜置 3 天後)	重量(靜置 10 天後)	體積-	重量/體積 克/立方公分	
編號 01	161.6 克	100.3 克	132 立方公分	1.611	0.760
編號 02	166.9 克	95.1 克	134 立方公分	1.755	0.709
編號 03	184.4 克	98.4 克	176 立方公分	1.048	0.559
編號 04	160 克	93.3 克	102 立方公分	1.569	0.914
編號 05	179 克	98.9 克	146 立方公分	1.23	0.677
編號 06	170.4 克	94.2 克	134 立方公分	1.272	0.703
編號 07	178.3 克	90.0 克	132 立方公分	1.351	0.67
平均	171.5 克	95.7 克	136.5 立方公分	1.256	0.701

※ 觀察得到水泥磚—在三天後以及十天後重量體積的變化不大；反之紙漿磚在約十天後可以達到乾燥，並且大幅減少重量，體積則變化不大，外型也不會有顯著的改變。

紙漿磚		紙漿磚--水泥磚的外觀比較
(靜置 3 天後)	(靜置 10 天後)	
		

實驗 3 水泥磚和紙漿磚在長時間浸泡及水柱衝擊之耐水性質

(一) 水泥磚和紙漿磚在水中長時間浸泡 實驗結果

水泥磚(浸泡水 2 天後)			
	重量	體積	重量/體積 克/立方公分
編號 01	298.6 克	171 立方公分	1.746
編號 02	284.2 克	171 立方公分	1.662
編號 03	283.7 克	173 立方公分	1.640
平均	288.8 克	171.6 立方公分	1.683

紙漿磚(浸泡水 2 天後)					
	重量(乾燥 10 天後)	重量(浸泡水 2 天後)	體積-不變	重量/體積 克/立方公分	
編號 01	100.3 克	158.2 克	132 立方公分	0.760	1.198
編號 02	95.1 克	158.7 克	134 立方公分	0.710	1.184
編號 03	98.4 克	200.8 克	176 立方公分	0.559	1.141
編號 04	93.3 克	125.6 克	102 立方公分	0.914	1.23
編號 05	98.9 克	170.0 克	146 立方公分	0.677	1.164
編號 06	94.2 克	162.0 克	134 立方公分	0.703	1.209
編號 07	90.0 克	155.5 克	132 立方公分	0.682	1.178
平均	95.7 克	161.3 克	136.5 立方公分	0.701	1.182



- ※ 觀察得到水泥磚—在浸泡水 2 天後重量體積的變化不大；
- ※ 反之經乾燥後的紙漿磚在浸泡在水中，體積略有向上鼓起、以底部浸水，而在頂部有滲出小水滴，內部會吸附水分使得總重量大幅增加。

(二) 水柱衝擊水泥磚/紙漿磚 皆以高壓水柱，出水口至試驗磚體表面的距離為 100 cm，衝擊 10 秒鐘…

實驗結果



紙漿磚

水泥磚

- ※ 試驗結果得到，因為紙漿磚被水柱衝擊後的凹陷損傷（最深約 0.7 cm），水泥磚則只有在表面留下一極小的沖水痕跡。

實驗 4. 水泥磚和紙磚以酒精燈焰進行加熱燒烤

(一) 實驗結果



測溫槍-溫度測量(距離 15 cm-非接觸性)

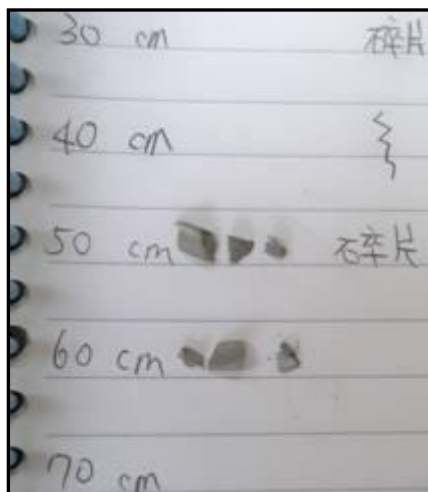
測得溫度 項目		比較潮濕的紙漿磚	比較乾燥的紙漿磚
加熱時間			
10 秒	84°C	底部溫度不高(微溫)	底部溫度不高(微溫)
20 秒	95.8°C	底部有溫度、會冒白煙	底部有溫度、會冒白煙
40 秒	110.6°C	底部發燙	底部發燙
1 分	113.1°C	底部高溫	底部高溫有焦味
2 分	119.3°C	有兩個小部分焦黑，其餘底部區域發白	底部區域開始焦黑
5 分	187.7°C	有八個部分燒焦，內部仍有熱氣冒出	底部大片焦黑，上半部會有溫度
10 分	211.3°C	底部大片焦黑有，臭味蒸發出來	底部大片焦黑，上半部會有溫度
15 分	236.5°C	底部大片焦黑，邊緣會有燃燒	底部大片焦黑，上半部會有溫度
20 分	231.5°C	底部大片焦黑，容易碎	底部大片焦黑，上半部會有溫度

實驗 5. 水泥磚和紙磚在承受的碰撞及衝擊耐受力

1. 實驗結果：以教室頂(最高高度約 280cm) 運用掛置一個定滑輪，藉由吊掛使測試物體升到要墜落衝擊的測試高度，後經釋放自由落下造成與地面的衝擊。

種類項目 試驗高度cm	水泥磚		紙漿磚	
5	無缺損	○	無缺損	○
10	無缺損	○	無缺損	○
15	無缺損	○	無缺損	○
20	無缺損	○	小碎片	◎
30	碎屑(很小)	◎	小碎片	◎
40	小裂痕	÷	小碎片	◎
50	碎片	◎	小碎片	◎
60	碎片	◎	小碎片	◎
70	碎片+粉末	◎*	較多小碎片	◎>
80	碎片<粉末	◎*	大塊碎片	◎+
90	碎片×2	◎◎	無缺損	○
100	很多碎片	◎>	小碎片	◎
110	碎片	◎	小碎片	◎
120	碎片	◎	無缺損	○
130	碎片	◎	許多小碎片	◎>
140	碎片	◎	碎片+1cm 裂縫	◎÷
150	碎片	◎	1.5 cm及 0.5 cm 裂縫	÷÷÷
160	碎片	◎	無缺損	○
170	碎片	◎	裂縫加大	÷÷
180	碎片	◎	裂縫加大	÷÷
190	碎片	◎	裂縫加大+碎片	÷◎
200	碎片	◎	裂縫加大	÷
210	碎片	◎	裂縫加大+(薄)碎片	÷□
220	對半碎裂(2/5 - 3/5)	※÷	裂縫+剝落碎片	÷□
230	試驗終止		小碎片+凹缺口 2	◎
240			裂縫加大+小碎片	÷◎
250			裂縫加大+碎片/底部壓扁平	÷=
260			碎片/底部壓扁平+小部分粉碎	=◎
270			碎片/底部壓扁平	◎=

實驗照片：



- ※ 在掉落衝擊試驗的結果：水泥磚比較早在高度 220 cm 附近會斷裂成兩半，同樣的紙漿磚仍能在最高高度 270 cm —【教室的最大高度極限】，落下衝擊得到僅有小碎屑及裂縫；可能是因為它的重量較輕，在落下時同樣碰撞磨石子地板所受到的反作用力較小，並且因為紙漿磚的結構較鬆散具有一些韌性和緩衝空隙，使得紙漿磚的受衝擊的可靠及耐受力性高於水泥磚。

陸、討論:

- 一、在調製水泥(粉)與水及添加入紙漿的配比原來是希望能找出較佳的比例來調配，在網路上有網站是以：9 公斤報紙+9 公斤水泥=19 塊磚來製作；我們是以調和水泥和水時在桶子內逐漸增加水量，原來是水泥一份，混合水一份再加上瀝乾的紙漿一份下去攪拌，結果調出來的水泥磚相當理想。
- 三、在比較水泥磚與紙漿磚各種試驗，硬度方面由於加入紙漿纖維狀的填充材，硬度方面必定降低，但在水泥的使用量相當降低約 5 成左右，總重量也隨之減輕有 4 成左右，密度及重量較輕，讓我們在操作上輕鬆上手，降低原料及施工成本下也能達到可靠和耐用的好處，是一種高價值低價格的施作選擇-高性價比。
- 四、運用阿基米德原理：沉入液體時排開(上升溢出)的體積就是磚體的體積，在觀察磚體時以及計算水容積與量秤重量時，因為有許多不規則或細縫瑕疵，並且最好採用多次測量，以平均值來作數據，以降低誤差產生。-----後經指導(為多孔吸水性不適用於使用排水法)及討論改用精確的切割取樣來得到標準體積量測。
- 五、在長時間水的浸泡中發現經凝固或在凝固過程時的水泥磚也有不少的微孔，也會吸收及放出少量的水氣；而紙漿磚的細縫微孔更是較多而被明顯看見，所以它的結構硬度較鬆軟，水氣的吸收/釋出很明顯，表示紙漿磚在承受長時間(兩天以上)的水分通透性相當高，是會滲出微小水滴；(運用高壓清洗機是為節省試驗時用水及縮短實驗時減來考量的)，在耐水衝擊性上卻受不住高壓水柱的沖刷有下陷缺損，是為紙漿磚的特點。
- 六、針對防火項目：我們只能運用酒精燈焰的持續加熱方式，但也運用到較新的測溫方法-使用紅外線測溫槍，可以不經接觸就測量得加熱的溫度。
- 七、在試驗四項目：酒精燈焰的持續加熱時，會因為火焰受環境風吹擺動，加熱不穩定，故需要加裝遮風罩以穩定加熱火焰。
- 八、在試驗水泥磚和紙磚在承受的碰撞及衝擊耐受力試驗時，發現必須要讓掉落的磚體能夠正確與地面碰撞，設計一個圓固定環，剛好套箍磚體使其能方便有效的生上及自由掉落不會因翻轉歪斜，並且運用天花板設置一坐定滑輪來吊昇測試的磚體，使得每次都同樣以底部碰撞地板(磨石子材質)來受衝擊試驗—控制變因及固定變因。

改進增列試驗項目：

實驗 1-1. 紙(漿)磚的製作過程及方法---比例差異試驗【進行最佳化了解-調製】

使用量(ml) 配比項目	水泥	紙漿	水	比值	
A 比例	100	200	200	1 : 2 : 2	
B 比例	150	200	250	3 : 4 : 5	
C 比例	200	200	300	2 : 2 : 3	
A-水(白膠)	100	200	200	1 : 2 : 2	
B-水(白膠)	150	200	250	3 : 4 : 5	
C-水(白膠)	200	200	300	2 : 2 : 3	

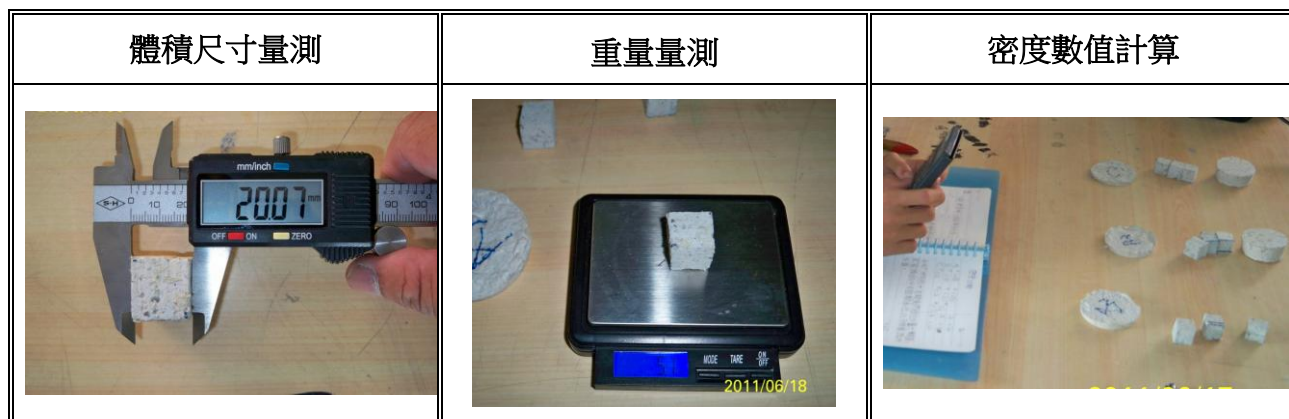
*.觀察分析：依照上列各項調製成紙漿磚完成品，進行密度量測、酸(雨)蝕試驗、耐火耐燃及增加之隔熱效果試驗、及添加膠合劑(白膠)的磚體初步調製試驗。

二次製成磚體試驗成品照片：



實驗 2-1.水泥磚/紙(漿)磚基礎特性 :量測方法改進-密度計算--體積量測

一.分別將 A、B、C 三種項目的磚體採切割成正立方體 8 立方公分(邊長 2 公分)，再以微量電子秤秤得實際之質量，以 密度定義：質量/體積($D= M/V$) 算出精確之密度。



正立方體 8 立方公分	正方體 1	正方體 2	正方體 3	平均密度(g/cm)
A 比例	5.2 g	5.4 g		0.66
B 比例	5.2 g	5.0 g	4.8 g	0.63
C 比例	4.8 g	4.48 g	5.68 g	0.62

* 觀察分析：

- * 新調製的水泥/紙漿/水的比例重新配比，乾燥的程度也較足夠，得到約 0.62 g/cm 以的相當輕量的水泥磚體密度值。
- * 推論在 A、B、C 3 項製作比例不同的紙(漿)磚體中，C 項試驗體由於使用的水泥較多，因調製所需使用的水量也較多，紙(漿)磚在硬化乾燥過程，蒸發失去的水可能也較多，因此反而更加減輕，重量及密度均為最低。

實驗 3-1. 針對初期之紙(漿)磚呈鹼性性質, 增加受酸雨酸蝕試驗項目

1. 分別切割紙(漿)磚成薄片平面 與 個別完整磚體—固定保持與液體的低落高度(15 cm) 接觸反應條件一致。
2. 以國小自然科實驗室可取得酸性溶液：
 - a. 醋酸(食醋)
 - b. 鹽酸
 - c. 碳酸(檸檬汽水)進行。
3. 採用 1. 酸液滴沖、2. 酸液浸泡兩種模式進行



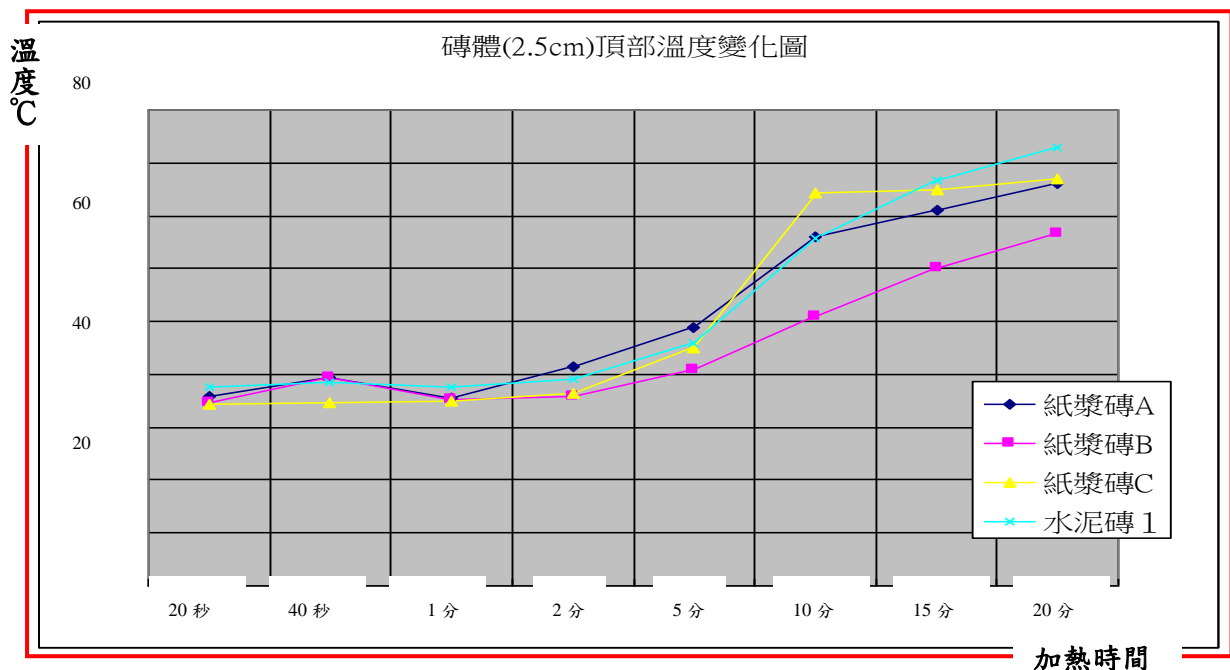
	a. 醋酸(食醋)	b. 鹽酸	c. 碳酸(檸檬汽水)
1. 酸液滴沖 實驗照片 			
	* 冒氣泡/微煙霧/有異味	* 冒小氣泡/微煙霧/有異味/呈墨綠色	* 無明顯變化
2. 酸液浸泡 實驗照片 			
	◎ 冒大量氣泡/微煙霧/有異味/被吸收乾	◎ 冒小氣泡/微煙霧/有異味/被吸收乾/呈現微綠色	◎ 大部分碳酸水被吸去(浸蝕面微軟化)

*. 觀察分析：接觸酸液(醋酸/鹽酸)時呈現冒泡-酸鹼中和反應，反應初期似有相當劇烈的反應，但在酸液被吸收變軟或酸液終止數分鐘後，紙(漿)磚體仍呈現原來大部分完整外觀，乾燥後殘留些微變色痕跡。

實驗 4-1.耐火耐燃項目增加以--隔熱效果--試驗











量測溫度 加熱時間	紙(漿)磚 A		紙(漿)磚 B		紙(漿)磚 C		水泥磚 1	
	底部 (受熱面)	頂部	底部 (受熱面)	頂部	底部 (受熱面)	頂部	底部 (受熱面)	頂部
20 秒	299.0	35.7	188.3	34.6	127.3	34.4	96.1	37.7
40 秒	349.6	39.5	234.2	39.5	171.3	34.7	127.7	38.4
1 分(60 秒)	318.0	35.4	245.2	35.1	184.6	34.9	137.8	37.7
2 分(120 秒)	340.4	41.4	286.1	35.7	228.1	36.3	180.8	39.1
5 分(300 秒)	449.9	48.8	360.0	40.8	361.9	45.0	265.9	45.8
10 分(600 秒)	471.5	66.0	397.1	50.9	387.2	74.3	351.0	66.5
15 分(900 秒)	498.8	71.1	409.0	60.0	423.2	74.9	434.5	76.6
20 分(1200 秒)	501.0	76.1	420.1	66.5	454.6	77.0	475.7	83.0

溫度單位：℃ / 測溫槍量測距離：15 cm



*.觀察分析：

- * 以酒精燈加熱的受熱面磚體底部，在加熱期間(20 分鐘)溫度測得上升達 420~501℃ 的高溫，反之不論紙漿磚及水泥磚的頂面(厚度約 2.5 cm)，溫度均緩慢上升，在 66.5~83℃，隔熱性質相當優異；尤其依照上圖表實驗數據得知：紙(漿)磚的隔熱效果優於水泥磚，在紙(漿)磚 B 項目為最佳 66.5℃。
- * 在加熱過程紙(漿)磚的底部如有少數纖維狀小突出屑則會點燃燃燒，經過 20 分鐘以上的酒精燈焰加熱後，磚體受熱面有輕微焦黑呈現鬆脆剝落狀，反之頂部面外觀及結構則沒有明顯改變，水泥磚受熱面則只有輕微小裂縫。

實驗裝置及結果照片	樣品 A	樣品 B	樣品 C	水泥磚
				
磚體受熱面				
				

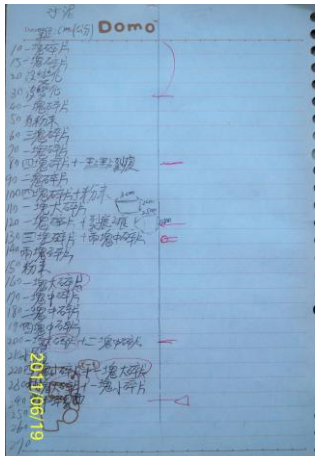
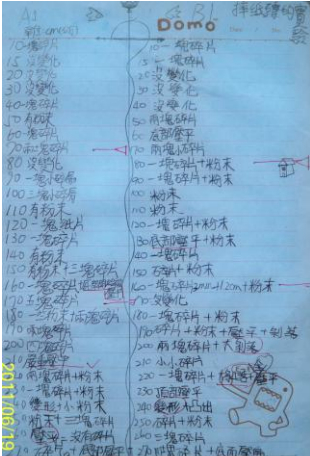
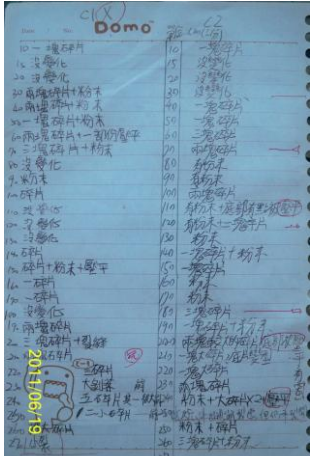
實驗 5-1 水泥磚和紙(漿)磚-3種比例 A/ B/ C 承受的碰撞及衝擊耐受力

以教室內輕鋼架頂(最高高度約 280cm) 運用掛置一個定滑輪，藉由吊掛使測試物體升到要墜落衝擊的測試高度，後經釋放自由落下造成與地面的衝擊。

實驗結果照片：



實驗紀錄照片：

<p style="text-align: center;">水泥磚--掉落衝擊 試驗紀錄</p>	<p style="text-align: center;">紙(漿)磚--掉落衝擊 試驗紀錄 A1、B1</p>	<p style="text-align: center;">紙(漿)磚--掉落衝擊 試驗紀錄 C2</p>
		

實驗結果：與先前[實驗 5] 結果相類似：再次驗證得到相近似的結果。

1. 水泥磚在230cm處試驗呈現 2：3破裂開。
2. 紙(漿)磚 A1、B1、C2 掉落撞擊的底部都有被壓平、變形的情形產生，其餘都只有小碎片及粉末。
3. 紙(漿)磚C2 在高度約 200cm 時，底部有發生變形，250cm處時出現崩裂但未分離裂開。

實驗 6-1 製程添加膠合劑（白膠水）及表面保護塗料施作進行特性改良的初步試作

* .觀察分析：

* 在水中添加約 200 分之 1 的白膠調勻溶解，在加入調製紙漿磚的水泥及紙漿，凝固的



時間約和原紙(漿)磚接近，但在凝固後的磚體在表面及內部構造均得到較緻密的黏結，硬度也有明顯提升，塑造面較平滑工整，切割或斷裂時較少粉塵，實際內在性質依然需要在經試驗過程才能真確了解。

* 在業界已有多樣等級及用途不一的建材表塗料，例如宣稱挾著奈米等級，具有防水抗污、不燃、耐熱、抗酸鹼、抗風化…等優異性質，在外層保護及保養維護效果上能提供多方面的保障，當然相關性質也要經過科學的實驗驗證來取信。

柒、結論:

- 一、紙漿一次如果製作過多，也可以篩網瀝乾水分，製作後保存方面困難不多。
- 二、經實驗結果證實經充分硬化乾燥過程紙(漿)磚體中的水分失去甚多，實際精確的測量出重(質)量和體積相除得的商數=密度，計算值與舉拿在手中的感覺較接近，改進先前以運用阿基米德原理，放入盛裝水的容器內，沉下水面所排開的液體體積就是磚塊的體積的錯誤。
- 三、實驗過程得之由石蕊試紙告訴我們調合水泥/混凝土是具有的鹼性，所以一直以手及皮膚長時間接觸會傷及皮膚，要妥善運用工具作攪拌。
- 四、調製紙(漿)磚的配方比例仍有許許多多的組合，經過實驗證實然而不會因為含有回收紙纖維而造成容易燃燒，經我們操作實驗得知，經酒精燈焰直接燒灼(20分鐘約可達501℃)，防火耐燃的承受力有相當的可靠性。
- 四、經酒精燈焰長達二十幾分鐘的火焰接觸，也以紅外線測溫器量得約有一501℃的最高溫度，實驗紙(漿)磚底部受熱經實驗紙(漿)磚體(改用厚約2.5cm)，在隔熱(導熱慢)效益上也有優異的表現。
- 五、由試驗得知紙(漿)磚較水泥磚無法承受水流的衝擊、及長時間接觸較多水分時，因此如果在水庫或水塔更需耐水考量的建築中要考量排除使用，或更配合以其他的防水材質層，如：防水外層塗料漆的搭配使用，才能較有防水的性質。
- 六、製作經乾燥去除水分的紙(漿)磚，重量僅約佔一般水泥磚的百分之四十五，體積不變，不會因為經乾燥期間變形影響原結構；但在建造時需較長的硬化乾燥時間-實驗得知約 4-10天左右。
- 七、在使用紙(漿)磚時要能運用它的特點，比如說它的材質密度較低-質輕可以運用在較上層或負荷較少的構造建材使用，在互相堆疊上降低建材量的使用及重量的下壓力。在建材的使用上可以減少水泥的使用，達到輕量化，環保回收的效益皆能兼顧得到好處。

捌、參考資料及展望其他:

01. 網站：<http://www.2home.com.tw/bbs/index.php> 報紙與水泥-蓋出環保屋。
02. 網站：http://alingling.blogspot.com/2010/10/blog-post_810.html 紙磚火焰燃燒測試及製作過程。
03. 研究探究的展望：因為實驗研究的進程過於遲晚進行，在有限的學生課餘時段製作操作及實際觀察，並且能從實際的操作進行中運用所學經驗改進試驗方式；有阿基米德浮力原理、滑輪的吊掛運用、酒精燈加熱燃燒、水泥混合比例量測及調製、高壓水柱衝擊試驗、酸鹼試驗……，在將來仍還有後續延伸許多的試驗來探討；
例如：※ 試驗體的材質的相關試驗，可再經例如商品檢驗局、C.N.S.……等，相關檢測單位或規範進行實際的測試改進。
※ 將紙(漿)磚以模板設計，塑成多種磚體的造型，應更能發揮出紙(漿)磚的特性以達到真正能作堆疊、組合、結構運用的實用化的實現。

【評語】 080809

廢物利用，製作環保建材，值得鼓勵，紙漿磚的耐受力，應作更嚴謹與科學化的分析。