

中華民國第 53 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

030825

隔牆有耳

— 噪音防護之隔音，吸音材料之研究與設計

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者： 國二 吳芯瑤 國一 林妤儒 國一 吳宣宜	指導老師： 賴月琴 翁淑紋
---	-----------------------------

關鍵詞：多孔性輕質環保吸音材、抗壓強度、噪音防護

隔牆有耳——噪音防護之隔音、吸音材料之研究與設計

摘要

我們研發利用校園取之不盡、用之不竭的「雜草」，實作出「草料混合水泥」或「草料混合陶土」，做出「輕質多孔性的水泥板」或「輕質多孔性的陶土板」，並測試其抗壓、抗強、耐火及隔音的程度。

我們也將傳統粉筆石膏材料、水泥、和陶土混合「草料」，製成輕質的石膏板塊、水泥板塊和陶土板塊，不只做成輕質防噪音污染的模型屋。還以混合草料陶土板，以其燒結後可成多孔性吸音、隔音、輕質、廢材再利用的環保特性，塑造成耳罩的形狀，並加上髮框及細絨布做出可愛的吸音造型耳機，希望能在戴耳機聽音樂時，緩衝或避免耳朵常常吸收到的多餘音能，以免造成長時間所帶來的聽力受損。

壹、研究動機

學校垃圾車，每天都塞得滿滿的，除了可回收的寶特瓶、鐵鋁罐、紙類以外，枯葉還可以做堆肥，但佔了將近半輛垃圾車，而原本擁有強韌生命力的雜草，難道它們的下場，除了被焚燒、掩埋之外，就沒有更具意義的作法嗎？我們想了很久，並向老師請教，最後在老師的指導下，大家集思廣益，決定回收雜草，並賦予小草新的使命。

貳、研究目的

- 一.製作多孔性輕質水泥板(草料和水泥)及多孔性輕質陶土板(草料和陶土)的可行性。
- 二.自製多孔性輕質水泥板和多孔性輕質陶土板試片在不同溫度下的抗壓試驗。
- 三.自製多孔性輕質水泥板和多孔性輕質陶土板試片在不同溫度下的抗強度位能試驗。
- 四.自製多孔性輕質水泥板和多孔性輕質陶土板試片在不同溫度下的耐火程度試驗。
- 五.回收校園粉筆屑、短粉筆，自製多孔性輕質粉筆陶片(粉筆、草料和陶土)當美術材料的可行性。
- 六.自製不同材質的隔音箱供隔音試驗用。
- 七.自製多孔性輕質水泥板、陶土板及粉筆板的隔音牆試驗。
- 八.測試多孔性輕質陶碗的吸音效能，研發環保吸音造型耳機。

參、研究設備及器材材料

目的	使用器材及材料
一	水泥、陶土、剪刀、校園乾草料、天秤、磅秤、燒杯、手套、鐵絲、鋼尺、美工刀、電窯等。
二	不同質量的木塊、砝碼、方型基座、自製草泥、草土試片。
三	鋼尺、漏斗架、10g、20g、50g、100g 砝碼各一個、保麗龍板基座。
四	瓦斯噴燈、石膏板、自製草泥、草土試片。
五	回收短細粉筆屑、草料及回收美術課要丟棄灌模用的橡膠模。
六	紙板、膠帶、棉花、瓦楞紙版、保麗龍、枯葉、枯葉、草料、報紙。
七	草料、樹脂、剪刀、水泥、陶土、石膏、音樂鬧鐘、捲尺、塑膠繩。
八	陶土、草料、廢粉筆、塑膠小碗、混合陶土、電窯、投影片、膠帶、刻度紙條、耳機、手機、分貝器

肆、研究過程

一、基本參考資料的認識

〈一〉水泥

以無機物質做為膠合劑，使固體粒子結合成凝聚體的方法。

水硬石灰—石灰石製成。

天然水泥—由含有礬土質石灰石的水泥石。

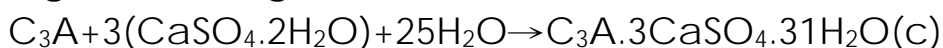
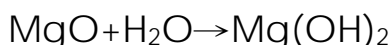
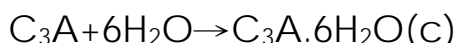
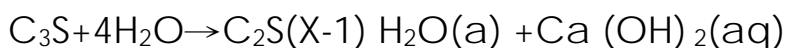
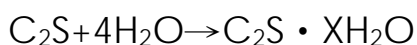
卜特蘭水泥以矽石、礬土、及石灰石三者為原料經高溫燃燒而成。廣義而言，石膏、石灰、火山灰等無機膠合劑均可稱之為水泥。

水泥與水拌和的過程

1.凝結：初成泥漿而後漸次固化，但強度仍小，稍受壓力即告崩潰的一階段稱為凝結。

2.硬化：水泥凝結後放至數日或更長時間，使漸強固而能承受壓力的一階段稱為硬化。

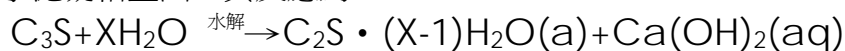
此過程現象係由於水泥與水之間產生水解及水合作用所致，其反應如下：



【註】C：鈣、A：鋁酸、S：矽酸、F：鐵酸

3.水泥與水摻和後，其中鋁酸三鈣會迅即與水化合形成晶形的水合物，若有石膏存在，則鋁酸三鈣因先與石膏結合為 $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ ，其與水直接化合的作用乃被抑止。

4.水泥凝結主因，其反應為



非晶形形成黏膜沉積於水泥顆粒表面 / 溶於水中

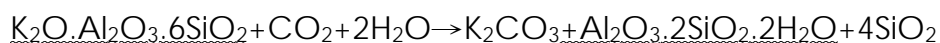
水份逐漸蒸發，使黏膜逐漸扁硬而將砂石或鋼筋緊密縛住成為堅強的混凝土。

5.水泥中各化合物的作用

化合物	作用
C_3A	導致凝結，但須緩凝劑（用石膏）
C_3S	最初強度的生成(7~8日)
C_2S 、 C_3S	最後強度的生成(一年後)
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	係 C_3A 凝結的延緩劑

〈二〉陶土(黏土)

係火成岩受到日曬、風颳、雨淋等自然機械力量的衝擊而崩潰，接著受到水、氧、二氧化碳等物質的化學作用而分解所生成的一類矽酸鹽，以鉀長石為例，其分解情形如下：



鉀長石

高嶺石

矽石

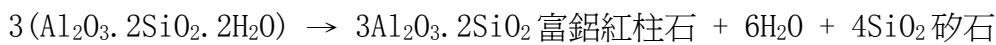
由此形成的高嶺石為一顆最重要的黏土礦，其他主要的黏土礦為微晶高嶺石

($MgO \cdot CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$)及白雲母石($K_2O \cdot MgO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ 及 H_2O)

主要陶土內礦物特性比較如下表

主要礦物	高嶺石	長石	矽砂或燧石
化學式	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	SiO_2
可塑性	有	無	無
耐火性	有	無	無
熔點 °C	1785	1150	1710
收縮度(燒結時)	大	熔化	無

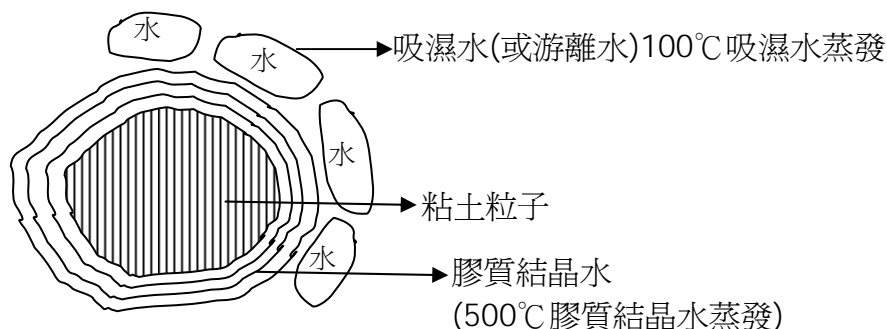
陶土於受熱時逐漸失去水分，當達 600~650°C 時乃轉變為礬土及矽土的非晶形混合物。 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 2SiO_2 + 2H_2O$ 繼續加熱至 940°C 時，非晶形的礬土及驟變微晶形的 τ -礬土，並放出大量的熱，約 1000°C 起，礬土乃與矽石結合為富鋁紅柱石 ($3Al_2O_3 \cdot SiO_2$)。溫度更高時，殘留的矽石轉變為晶形的矽石，總反應如下：



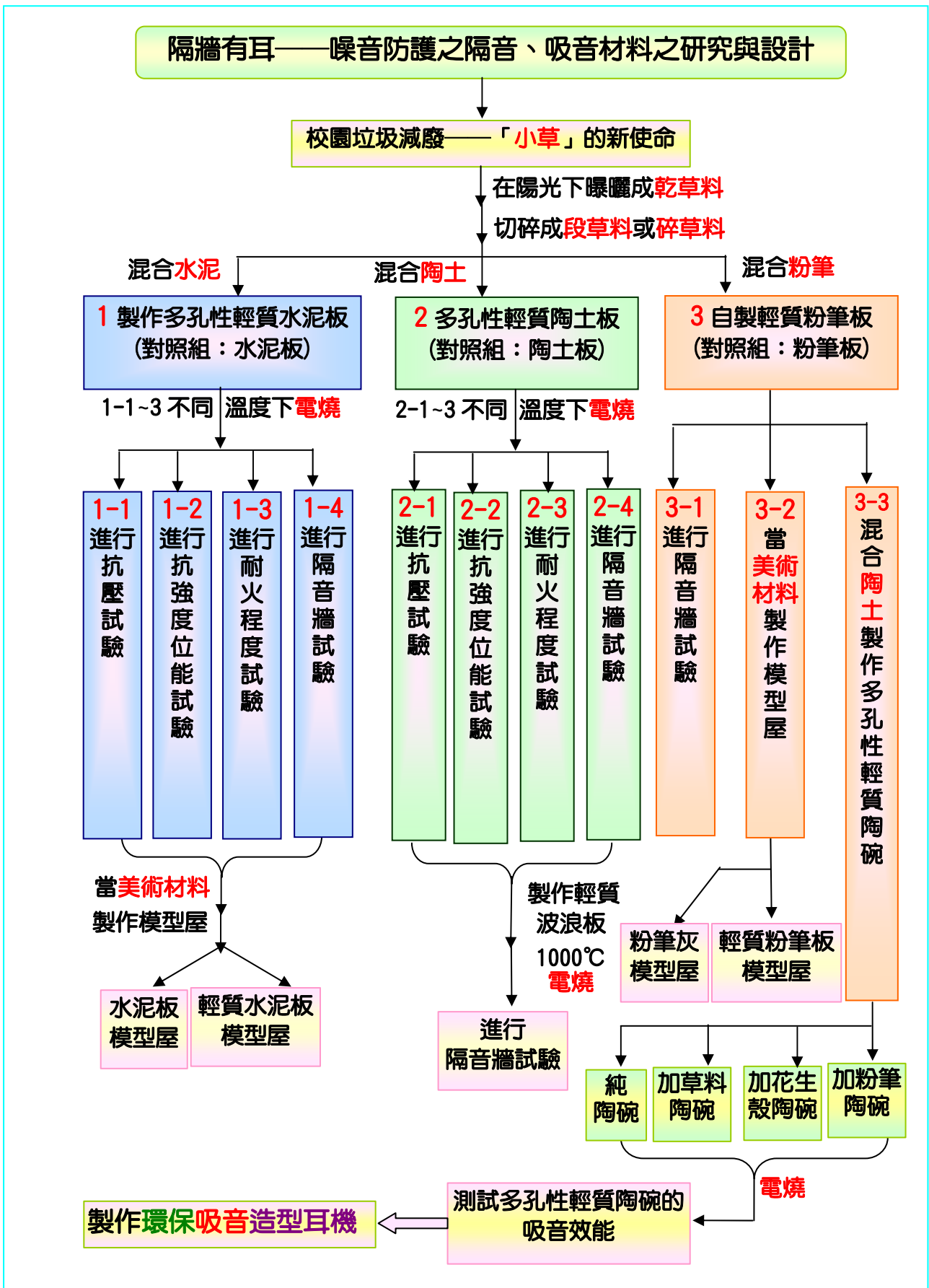
(三)黏土燒成過程引起的變化如下表：

燒成溫度	變化情形	變化的原因
0°C~100°C	很輕的膨脹	吸濕水分蒸發。
101°C~ 200°C	微小的收縮	吸濕水分蒸發後粒土粒子間接近。
201°C~ 450°C	微小的收縮	黏土中的膠質結晶水蒸發。
451°C~ 550°C	膨脹	結晶水去除，黏土礦物分解變成無定型的矽酸及礬土 (meta kaolin)。 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \rightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O$
551°C~ 650°C	微極劇的收縮	因結晶水去除後，結晶格子接近。
573°C	急劇的膨脹	石英的低溫型轉為高溫型。 α 石英 \rightarrow β 石英會發生急劇的膨脹，因收縮及膨脹發生，所以坯土中發生應力會影響到坯土發生龜裂的危險性。
651°C ~880°C	很慢的收縮	
881°C~ 950°C	急劇的收縮	kaolin 分解引起非晶質 Al_2O_3 變成 τ - Al_2O_3 結晶化，同時產生矽酸鋁鹽類。 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \rightarrow Al_2O_3 \cdot SiO_2 + SiO_2$ 。
951°C~ 1050°C	很慢的收縮	950°C 附近變成 τ - Al_2O_3 ，漸漸活潑，在 980°C 附近最大。
1051°C~ 1200°C	急劇的收縮	Mullite 生成，1200°C 附近的收結原因是因 Crystallite 的生成。

黏土燒成過程水蒸發的圖示：



二、研究流程圖



研究一、製作多孔性輕質水泥板(草料和水泥)及多孔性輕質陶土板(草料和陶土)的可行性。

步驟：

1. 板模上面鋪上棉布。
2. 將調好的泥草樣(或陶土樣)倒入板模上，以保鮮膜棍來回抹平數次，至高度 0.5 公分且表面呈均勻樣。
3. 將布連土樣一起抽出，用塑膠刀切等段割痕，再以剪刀沿割痕剪下。
4. 將泥草樣切割成 6cmX3cmX0.5cm 的統一試片，使其自然乾燥。
5. 一週後再分組電燒 500 °C. 750 °C. 1000 °C. 1250 °C 共五部分。

◎附製造過程如下：

		
1-1 雜草料曬乾	1-2 剪草料	1-3 秤草料
		
1-4 秤泥樣	1-5 水倒入泥樣中	1-6 陶土加水拌和揉捏
		
1-7 試濕度捏一捏不散落	1-8 碎草與陶土揉捏含適當水量後以保鮮膜滾筒壓抹多次(壓模)	1-9 壓線使泥樣規格化(3x6 cm ²)
		
1-10 切割泥片成 3x6 cm ²	1-11 試片半成品	1-12 拆模切割成塊















分組電燒 500 °C. 750 °C. 1000 °C. 1250 °C 的所有試片

研究二、自製多孔性輕質水泥板和多孔性輕質陶土板試片在不同重量下的抗壓試驗。

步驟：

1. 先架好相距 4 公分寬的中空基座
2. 將試片放在基座上面
3. 試片中央逐一增放砝碼, 木條, 橡皮墊, 石塊, 磚塊及各種不同的砝碼至試片崩裂為止
4. 統計全部重物質量, 並登錄之

◎附多孔性輕質陶土板試片操作過程照片如下：

		
2-1 多孔性輕質陶土板試片	2-2 相距 4 公分寬的中空基座	2-3 試片中央逐一增放砝碼
		
2-4 試片中央放木條及砝碼	2-5 再加砝碼	2-6 再加橡皮墊
		
2-7 試片中央放木條及石塊	2-8 再加橡皮墊及砝碼	2-9 試片上放木條及磚塊等
		
2-10 再加橡皮墊及砝碼	2-11 試片終於崩裂	2-12 統計全部重物質量

研究三、自製多孔性輕質水泥板和多孔性輕質陶土板試片在不同質量下的抗強度位能試驗

步驟：

1. 在實驗長桌上放置漏斗架，地上放保麗龍，調整漏斗距保麗龍的高度為 50 公分。
2. 準備 10g、20g、50g、100g 砝碼。
3. 保麗龍板上先架好相距 4 公分寬的中空基座。
4. 將試片放在基座上。
5. 將 10g 砝碼對準試片中央從漏斗架中空處自然落下。
6. 若試片沒斷裂則改放 20g 砝碼，以此類推。
7. 登錄全部有放下重物的質量。



◎備註：計算過程如下：

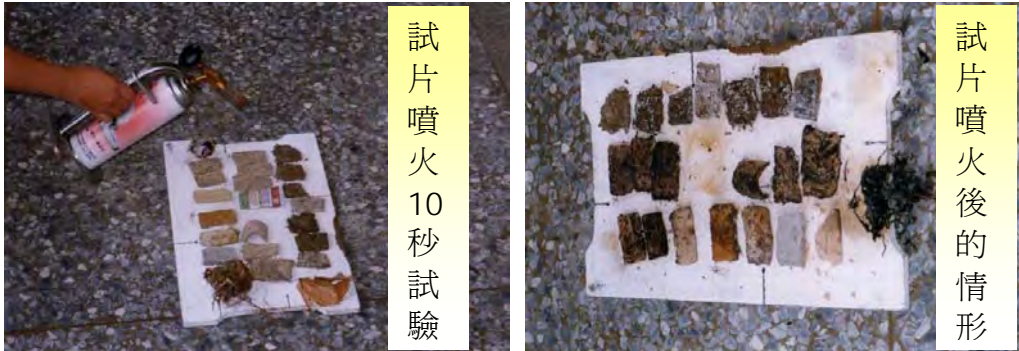
距離 50 公分

質量(g)	計算過程(U=mgh)	位能大小(J)
10	$0.01 \times 9.8 \times 0.5$	0.049
20	$0.02 \times 9.8 \times 0.5$	0.098
50	$0.05 \times 9.8 \times 0.5$	0.245
100	$0.1 \times 9.8 \times 0.5$	0.490

研究四、自製多孔性輕質水泥板和多孔性輕質陶土板試片在不同溫度下的耐火程度試驗。

試驗步驟：

- 1.將自然乾燥組的全部試片排列在石膏板上。
- 2.用瓦斯噴燈對準每個試片定點噴火 10 秒。
- 3.依次換 500°C.750°C.1000°C.1250°C.的試片組，重複 2.的實驗。
- 4.冷卻後，觀察外觀及物性情形記錄之。



研究五、回收校園粉筆屑、短粉筆，自製多孔性輕質粉筆試片(粉筆和草料)當美術材料的可行性。

步驟：

- 1.回收美術課做石膏屋留下的橡皮模子，切斷一些格邊使格子大些。
- 2.將回收粉筆依不同顏色分類。
- 3.將粉筆磨成粉末。
- 4.加水調成膏狀。
- 5.灌模壓入草料並來回抹平之，使草料成夾心層。
- 6.三天乾燥後拆模。
- 7.可將回收石膏試片組合成美術作品。



研究六、自製不同材質的隔音箱供隔音試驗用

步驟：

1. 測量回收保麗龍盒的長、寬、高。
2. 拿回收紙板做成如保麗龍規格大小的紙盒共五個，分別置入棉花、瓦楞紙板、乾草料、保麗龍、枯葉當內部材料，必要時以膠帶固定之(枯葉須先用報紙固定之)。

研究七、自製多孔性輕質水泥板、陶土板及粉筆板的隔音牆試驗。

隔音牆的製作：

步驟：

1. 先將乾草交叉排列，再以樹脂固定，以平板模壓平成薄片，自然乾燥之。
2. 將乾草板剪成預定規格大小備用。
3. 分別將水泥、石膏、陶土調成膏狀。
4. 在回收的鐵盒蓋上面鋪上棉布。
5. 將調好的水泥、石膏及陶土，分別倒入不同的鐵盒蓋上。
6. 壓入草料片使草料成夾心層。
7. 再以較小的鐵盒蓋來回抹平數次，至高度與保麗龍盒蓋子的大小厚度一樣為止。
8. 以小刀沿鋼尺切割成與保麗龍盒蓋子同長、寬的規格，邊緣修整之。
9. 同上述方法做對照組(不加草料)的水泥板、陶土板及石膏板。










研究八、測試多孔性輕質陶碗的吸音效能，研發環保吸音造型耳機

步驟：

1. 將不同比例的不同材料混合陶土。
2. 壓入塑膠模型中。
3. 等待陶碗呈半乾時取出。
4. 送入電窯。
5. 將陶碗底部打洞準備使用。
6. 將透明易觀察的投影片圍成圓筒狀，用膠帶固定。
7. 將三張紙條固定在投影片的一端(用來固定陶碗)。
8. 將耳機黏貼在紙條上並放入陶碗底部的洞。
9. 利用分貝器測量不同距離音樂的分貝。

◎附操作過程照片如下：

		
3-1 秤不同材料的重量	3-2 將秤好的材料混入陶土	3-3 將秤好的材料混入陶土
		
3-4 壓入塑膠模型中	3-5 等待陶碗呈半乾時取出	3-6 陶碗底部打洞
		
3-7 貼上固定陶碗的紙條	3-8 將耳機置入陶碗中	3-9 測量不同距離的分貝


以上環保吸音造型耳機研發的研究過程相片太多，敬請參閱現場資料。

伍、研究結果

一、自製多孔性輕質水泥板和多孔性輕質陶土板試片在不同溫度下的抗壓試驗

抗壓試驗(一) 自然乾燥組

甲、草料與水泥

草料分類 比例 負荷重	碎草與水泥(杯/杯)						段草與水泥(杯/杯)				
	草泥 1:1	2:1	3:1	1:2	1:3	1:3 	1:1	2:1	3:1	1:2	1:3
113	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
186	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
186+64=250	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
113+186=299	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
113*2+186=412	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
500	X	X	V	V	X	X	X	X	X	X	X
500+64=564	X	X			X	X	X	X	X	X	X
500+113=613	X	X			X	X	X	X	X	X	X
500+186=686	X	X			X	X	X	X	X	X	X
500+299=799	X	X			X	X	X	X	X	X	X
500+412=912	X	X			X	X	X	X	X	X	X
1000	V	V			X	X	X	X	X	X	X
1000+186=1186					X	X	X	V	X	X	X
1000+299=1299					X	X	X		X	X	X
1000+412=1412					X	X	X		X	X	X
1000+500=1500					V	X	X		X	X	X
1000+799=1799						X	X		X	X	X
1000+912=1912						X	X		X	X	X
1000+1000=2000						X	X		X	X	X
2000+113=2113						X	X		X	X	X
2000+412=2412						X	X		X	X	X
2000+500=2500						V	X		X	X	X
2500+186=2686							X		X	X	X
2500+412=2912							X		X	X	X
重(g)	1000	1000	500	500	1500	2500	2912	1186	2912	2912	2912

備註:1. V:表示試片不能承受的抗壓強度。 X: 表示試片能承受的抗壓強度。〈試片未斷裂〉

2.草料與水泥燒結 500~1250℃之後的抗壓試驗結果表如現場資料附件一。

抗壓試驗(一)自然乾燥組

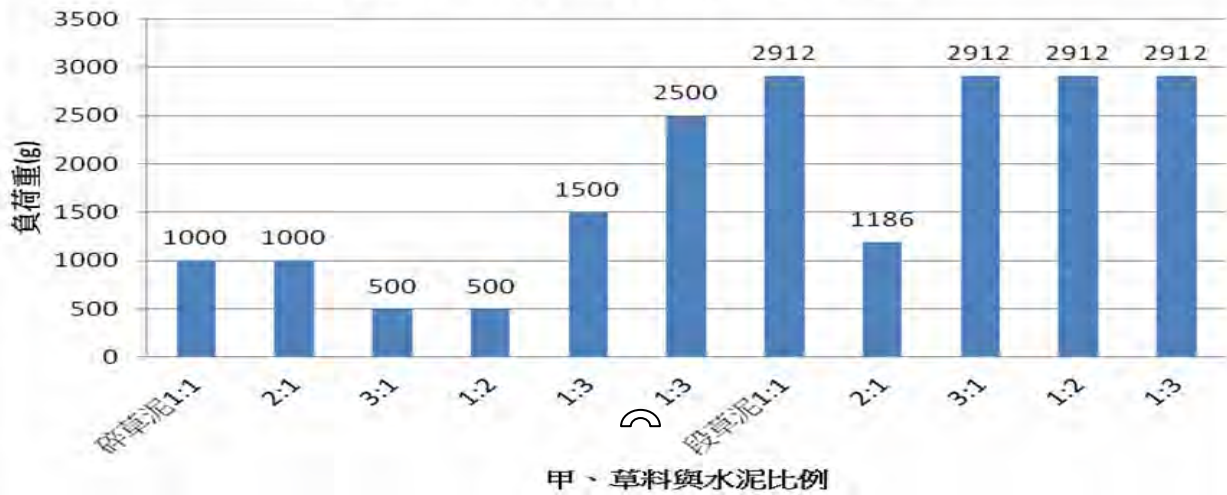
乙、草料與陶土及綜合或純水泥或純陶土試片

草料分類	碎草與陶土(杯/包)				段草與陶土(杯/包)			碎草/水泥/陶土(杯/杯/包)		水泥 泥 1:2	陶土 土 1:3
	碎草 土 2:1	3:1	3:1 ∩	1:1.5	段草 土 1:1	2:1	3:1	三合 一 2:2:1	2:1:1		
113	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
186	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
186+64=250	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
113+186=299	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
113*2+186=412	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
500	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
500+64=564	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
500+113=613	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
500+186=686	X	X	X	X	V	X	V	X	X	X	X
500+299=799	X	X	X	X		X		X	X	X	X
500+412=912	X	X	X	X		X		X	X	X	X
1000	X	V	X	X		X		X	X	X	X
1000+186=1186	X		X	X		X		X	X	X	X
1000+299=1299	X		X	X		X		X	X	X	X
1000+412=1412	X		V	X		X		X	X	X	X
1000+500=1500	X			X		X		X	V	X	X
1000+799=1799	X			V		X		X		X	X
1000+912=1912	X					V		X		X	X
1000+1000=2000	V							V		X	X
2000+113=2113										X	X
2000+412=2412										X	X
2000+500=2500										X	X
2500+186=2686										X	V
2500+412=2912										X	

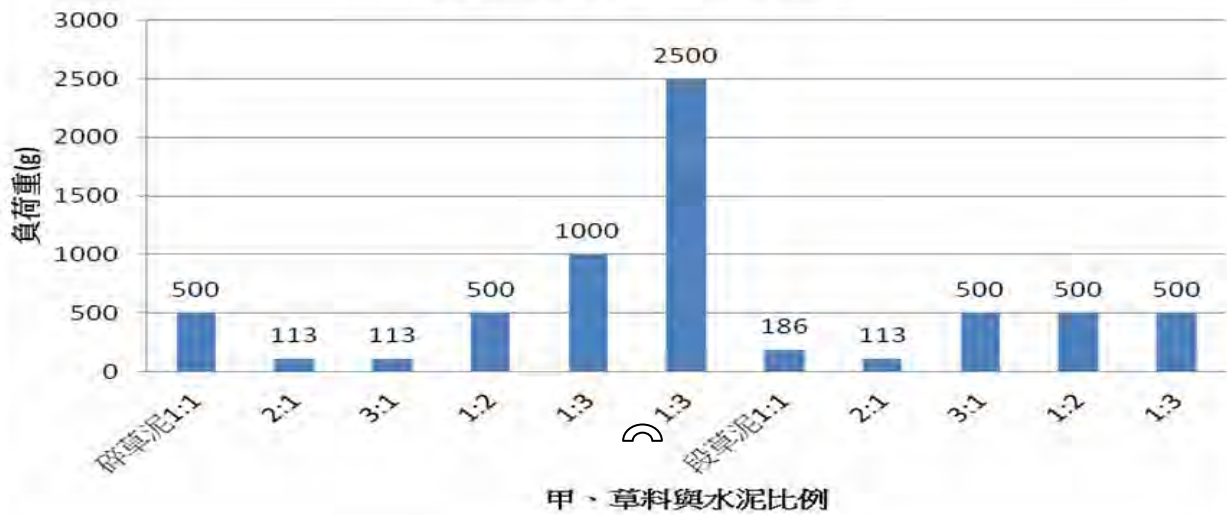
備註: 1. V:表示試片不能承受的抗壓強度。 X: 表示試片能承受的抗壓強度。〈試片未斷裂〉

2.草料與陶土燒結 500~1250°C 之後的抗壓試驗結果表如現場資料附件二。

抗壓試驗(一)自然乾燥組



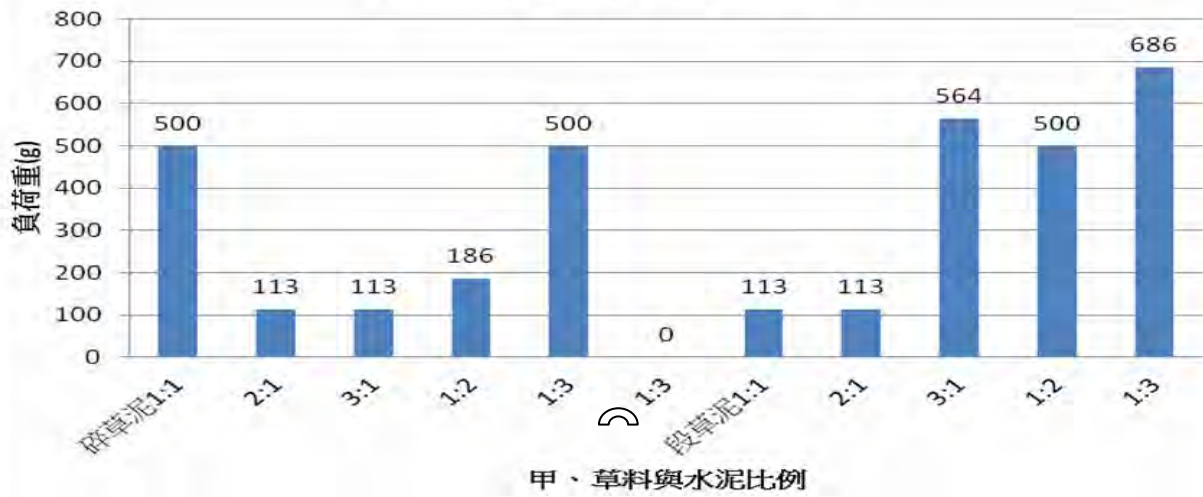
抗壓試驗(二)500度



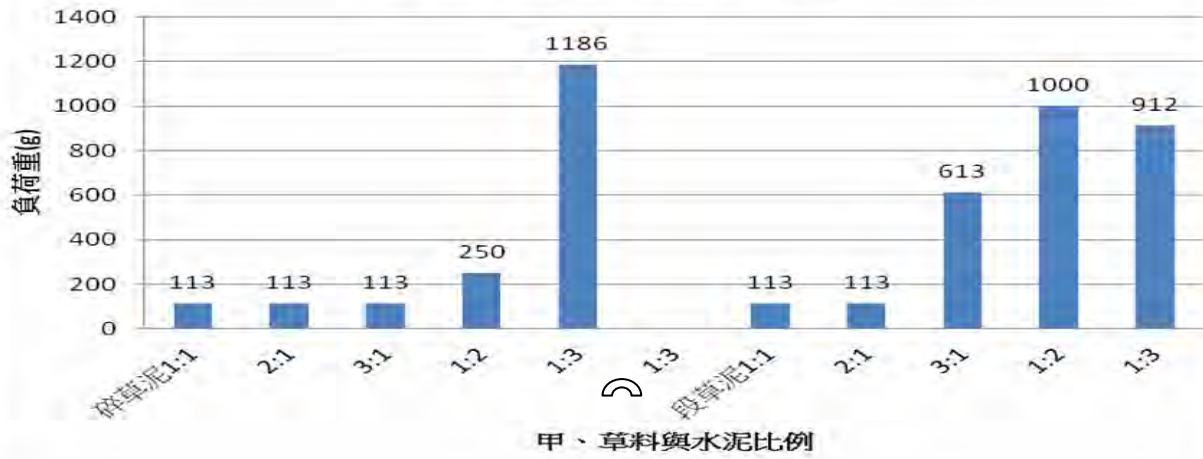
抗壓試驗(三)750度



抗壓試驗(四)1000度



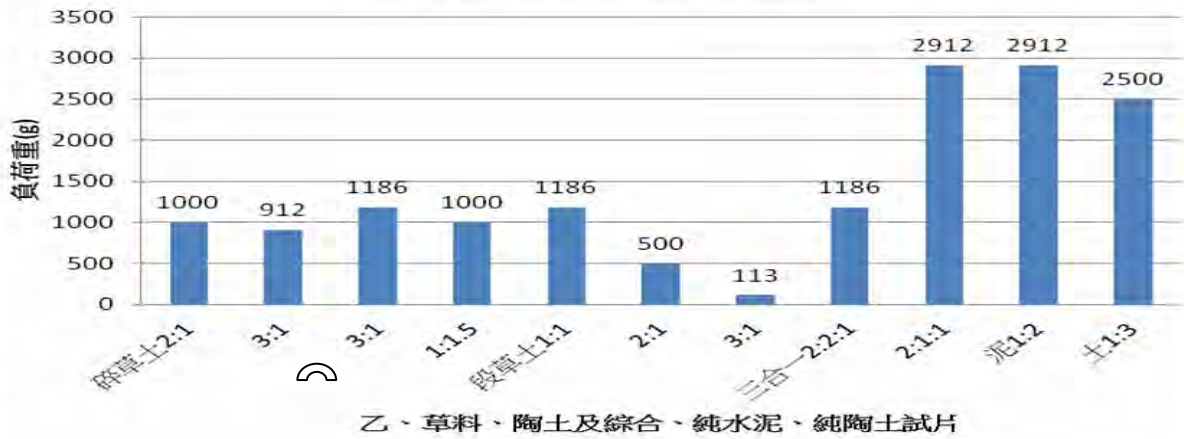
抗壓試驗(五)1250度



抗壓試驗(一)自然乾燥組



抗壓試驗(二)500度



抗壓試驗(三)750度

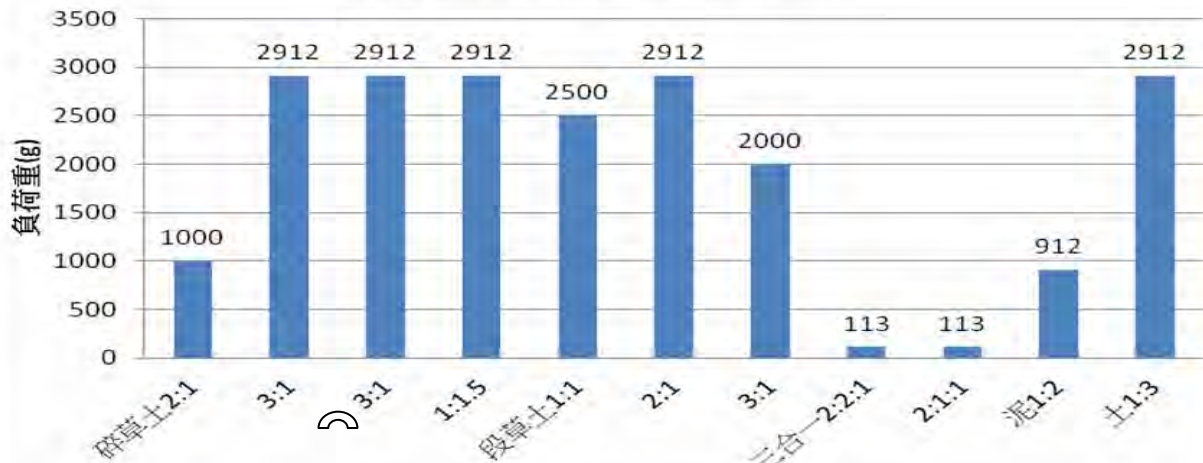


抗壓試驗(四)1000度



乙、草料、陶土及綜合、純水泥、純陶土試片

抗壓試驗(五)1250度



乙、草料、陶土及綜合、純水泥、純陶土試片

二、自製多孔性輕質水泥板和多孔性輕質陶土板試片在不同質量下的抗強度位能試驗

自製自草料和水泥及草料和陶土試片在不同溫度下的抗強度位能試驗(一)

編號	自然乾燥					500°C					750°C				
	10g	20g	50g	100g	Total(j)	10g	20g	50g	100g	Total(j)	10g	20g	50g	100g	Total(j)
碎泥 1:1	X	X	V		0.392	V					V				
碎泥 2:1	X	X	V		0.392	V					V				
碎泥 3:1	X	V			0.147	V					V				
碎泥 1:2	X	V			0.147	V					V				
碎泥 1:3	V				0.049	V					V				
段泥 1:1	X	X	V		0.392	V					V				
段泥 2:1	X	X	V		0.392	V					V				
段泥 3:1	X	X	X	V	0.882	V					V				
段泥 1:2	X	X	X	V	1.372	V					X	V			0.147
段泥 1:3	V				0.049	V					V				
碎土 2:1	X	V			0.147	V					V				
碎土 3:1	V				0.049	V					V				
碎土 3:1	X	V			0.147	V					V				
碎土 1:1.5	X	V			0.147	V					V				
段土 2:1	X	X	V		0.392	X	V			0.147	V				
段土 2:1	X	X	V		0.392	V					V				
段土 3:1	X	V			0.147	V					V				
段土 1:1	V				0.049	V					V				
碎泥土 2:2:1	X	X	V		0.392	V					V				
碎泥土 2:1:1	X	X	V		0.392	V					X	V			0.147
水泥	X	X	V		0.392	X	X	V		0.392	X	X	V		0.392
陶土	V				0.049	V					V				

自製自草料和水泥及草料和陶土試片在不同溫度下的抗強度位能試驗(二)

編號	自然乾燥					1000°C					1250°C				
	10g	20g	50g	100g	Total(j)	10g	20g	50g	100g	Total(j)	10g	20g	50g	100g	Total(j)
碎泥 1:1	X	X	V		0.392	V					碎				
碎泥 2:1	X	X	V		0.392	V					碎				
碎泥 3:1	X	V			0.147	V					碎				
碎泥 1:2	X	V			0.147	V					碎				
碎泥 1:3	V				0.049	V					V				
段泥 1:1	X	X	V		0.392	V					碎				
段泥 2:1	X	X	V		0.392	V					碎				
段泥 3:1	X	X	X	V	0.882	V					V				
段泥 1:2	X	X	X	V	1.372	V					V				
段泥 1:3	V				0.049	V					X	X	V		0.392
碎土 2:1	X	V			0.147	V					X	V			0.147
碎土 3:1	V				0.049	V					V				
碎土 3:1	X	V			0.147	V					X	X	V		0.392
碎土	X	V			0.147	X	V			0.147	X	V			0.147
1:1.5	X	X	V		0.392	V					V				
段土 2:1	X	X	V		0.392	V					X	V			0.147
段土 2:1	X	V			0.147	V					V				
段土 3:1	V				0.049	X	V			0.147	V				
段土 1:1	X	X	V		0.392	V					碎				
碎泥土	X	X	V		0.392	V					碎				
2:2:1	X	X	V		0.392	V					V				
碎泥土	V				0.049	X	V			0.147	X	V			0.147
2:1:1															
水泥															
陶土															

三、自製多孔性輕質水泥板和多孔性輕質陶土板試片在不同溫度下的耐火程度試驗

組別一：自然乾燥

試片編號	A	B	C	D	E	F
觀察紀錄	微焦	易碎	焦黑	部份燒焦	沒有變化	微焦
試片編號	G	H	I	J	K	L
觀察紀錄	易碎表面焦黑	易碎部份焦黑	易碎草料焦黑	表面焦黑	表面微焦黑	易碎表面焦黑
試片編號	M	N	O	P	Q	R
觀察紀錄	表面微黑	易碎表面焦黑	草料全焦黑	表面草料焦黑	易碎表面焦黑	部份焦黑
試片編號	S	T	X	Y		
觀察紀錄	易碎黃褐轉黑	無大變化	全無變化	爆裂周圍微黑		

組別二：500 度

試片編號	A	B	C	D	E	F
觀察紀錄	表面白有碎屑	草料白有碎屑	四周部份變白	表面變為微白	四周微白	中間燒個洞
試片編號	G	H	I	J	K	L
觀察紀錄	部份黑有碎屑	部份白有碎屑	表面變白	表面微黑	表面變黑易碎	表面微黑
試片編號	M	N	O	P	Q	R
觀察紀錄	無大變化	微黑	部份黑有碎屑	易碎微黑	變白有碎屑	四周微黑
試片編號	S	T	X	Y		
觀察紀錄	草料變白	微白	無變化	變褐色		

組別三：750 度

試片編號	A	B	C	D	E	F
觀察紀錄	四周微白	易碎四周微白	部份微白	無變化	四周微白	有碎屑微白
試片編號	G	H	I	J	K	L
觀察紀錄	易碎變白	微白	周圍變白	無變化	微白	易碎微黑
試片編號	M	N	O	P	Q	R
觀察紀錄	無變化	無變化	部份微白	易碎微白	無變化	無變化
試片編號	S	T	X	Y		
觀察紀錄	無變化	無變化	無變化	無變化		

組別四：1000 度

試片編號	A	B	C	D	E	F
觀察紀錄	易碎變白			無變化	無變化	燒有火花 易碎
試片編號	G	H	I	J	K	L
觀察紀錄	燒有火花 易碎	微白	燒有火花 易碎	燒有火花 變灰	燒有火花 變白	有火花
試片編號	M	N	O	P	Q	R
觀察紀錄	無變化	無變化	變微黑	變微黑	燒有火花 微黑	無變化
試片編號	S	T	X	Y		
觀察紀錄	微白	無變化	無變化	無變化		

組別五：1250 度

試片編號	A	B	C	D	E	F
觀察紀錄			燒有火花 變白	燒有火花 易碎	燒有火花 微白	無變化
試片編號	G	H	I	J	K	L
觀察紀錄	無變化	無變化	無變化	無變化	無變化	無變化
試片編號	M	N	O	P	Q	R
觀察紀錄	無變化	無變化	無變化	無變化	無變化	無變化
試片編號	S	T	X	Y		
觀察紀錄	無變化	無變化	無變化	無變化		

四、回收校園粉筆屑、短粉筆，自製多孔性輕質粉筆試片(粉筆和草料)當美術材料的可行性

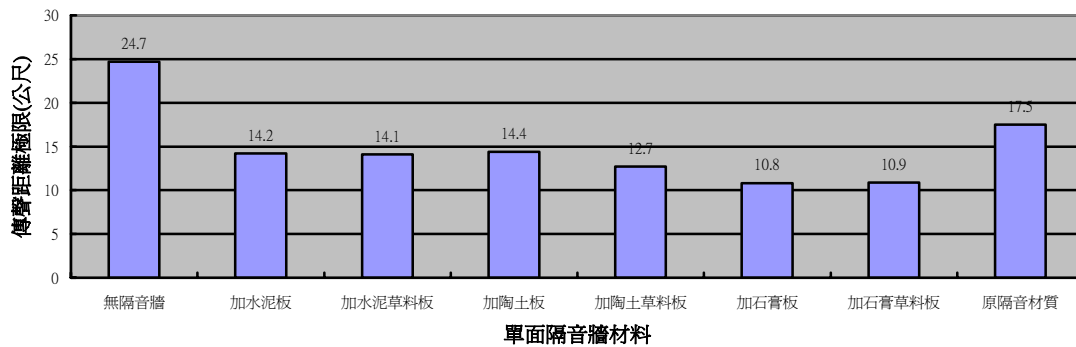


五、自製不同材質的隔音箱供隔音試驗用

隔音箱試驗紀錄表

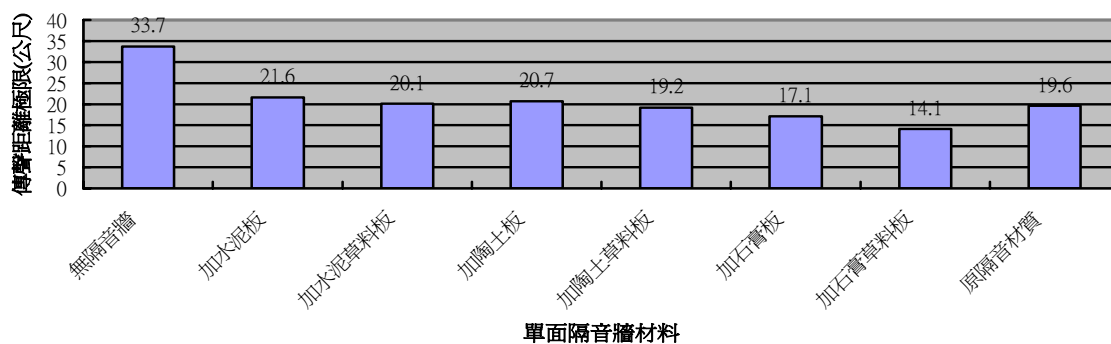
內部材料種類		甲・棉花							
單面隔音牆材料		無隔音牆	加水泥板	加水泥.草料板	加陶土板	加陶土.草料板	加石膏板	加石膏.草料板	原牆音材質
傳 離 聲 極 距 限 (公尺)	測 1	25	13.5	13.4	14.2	12.5	9.9	9.4	16.6
	量 2	24	14.9	15.1	15.2	13.4	11.6	12.1	17.8
	員 3	25	14.1	13.8	13.7	12.1	10.8	11.3	18.2
	平均值	24.7	14.2	14.1	14.4	12.7	10.8	10.9	17.5

隔音箱材料：棉花



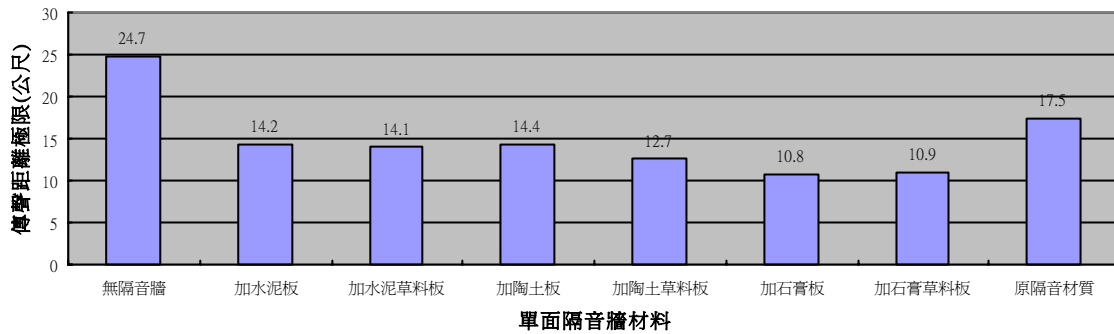
內部材料種類		乙・瓦楞紙板							
單面隔音牆材料		無隔音牆	加水泥板	加水泥.草料板	加陶土板	加陶土.草料板	加石膏板	加石膏.草料板	原牆音材質
傳 離 聲 極 距 限 (公尺)	測 1	33.2	21.2	20.5	22.2	19.7	17.1	14.3	22.8
	量 2	33.7	22.6	20.3	19.3	18.8	16.8	14.2	17.8
	員 3	34.1	20.9	19.6	20.5	19.1	17.5	13.9	18.2
	平均值	33.7	21.6	20.1	20.7	19.2	17.1	14.1	19.6

隔音箱材料：瓦楞紙板



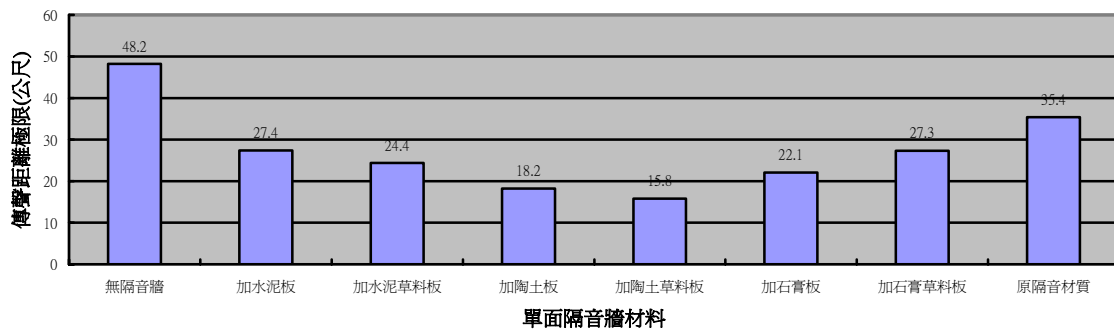
內部材料種類		丙・草料							
單面隔音牆材料		無隔音牆	加水泥板	加水泥.草料板	加陶土板	加陶土.草料板	加石膏板	加石膏.草料板	原牆音材質
傳離聲極 距離 (公尺)	測 1	25	13.5	13.4	14.2	12.5	9.9	9.4	16.6
	量 2	24	14.9	15.1	15.2	13.4	11.6	12.1	17.8
	員 3	25	14.1	13.8	13.7	12.1	10.8	11.3	18.2
	平均值	24.7	14.2	14.1	14.4	12.7	10.8	10.9	17.5

隔音箱材料：草料



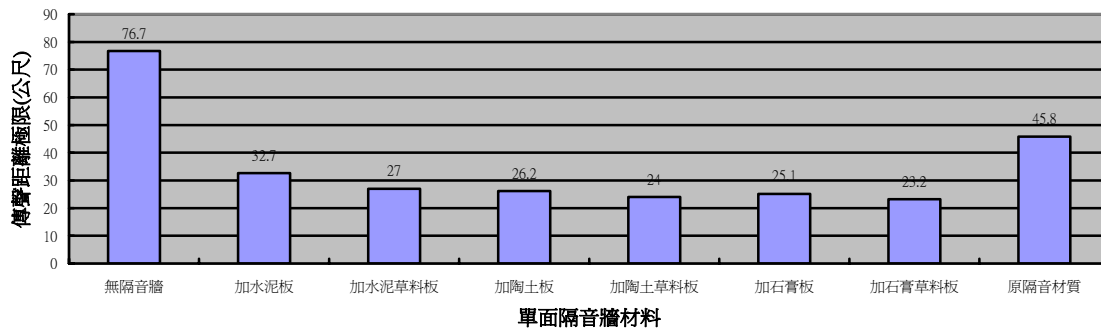
內部材料種類		丁・枯葉							
單面隔音牆材料		無隔音牆	加水泥板	加水泥.草料板	加陶土板	加陶土.草料板	加石膏板	加石膏.草料板	原牆音材質
傳離聲極 距離 (公尺)	測 1	48.9	28.8	24.1	17.2	14.6	21.3	20.5	35.2
	量 2	46.1	26.3	25.4	16.9	17.9	22.2	22.1	34.6
	員 3	49.5	27.2	23.7	20.4	14.8	22.8	22.6	36.3
	平均值	48.2	27.4	24.4	18.2	15.8	22.1	22.1	35.4

隔音箱材料：枯葉夾層



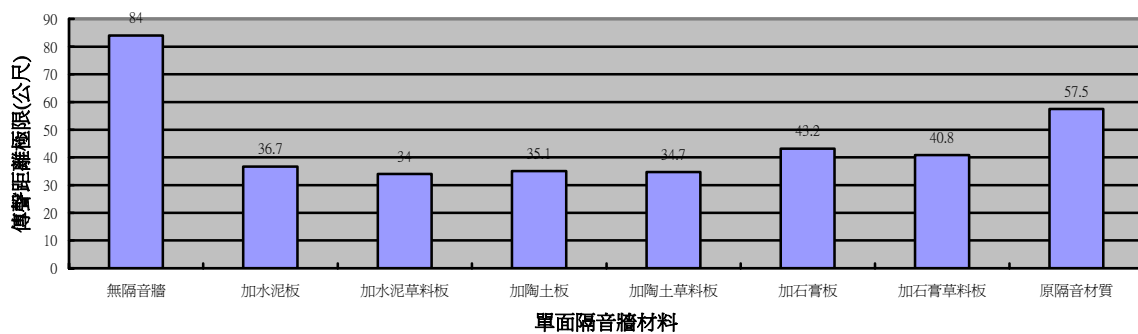
內部材料種類		戊・保麗龍							
單面隔音牆材料		無隔音牆	加水泥板	加水泥.草料板	加陶土板	加陶土.草料板	加石膏板	加石膏.草料板	原牆音材質
傳 離 聲 極 距 限 (公尺)	測 1	77.3	32.3	26.4	24.7	22.4	25.4	23.3	45.2
	量 2	76	31.8	26.4	26.4	25.8	24.3	22.8	47.5
	員 3	76.7	33.9	28.1	27.5	23.9	25.7	23.5	44.6
	平均值	76.7	32.7	27	26.2	24	25.1	23.2	45.8

隔音箱材料：保麗龍



內部材料種類		己・空紙箱對照組							
單面隔音牆材料		無隔音牆	加水泥板	加水泥.草料板	加陶土板	加陶土.草料板	加石膏板	加石膏.草料板	原牆音材質
傳 離 聲 極 距 限 (公尺)	測 1	83.3	35.7	34.6	36.2	35.2	47.5	41.5	61.7
	量 2	80.3	36.6	35.2	33.4	34.1	39.4	40.6	56.6
	員 3	89.1	37.9	32.1	35.8	34.7	42.8	40.4	54.3
	平均值	84	36.7	34	35.1	34.7	43.2	40.8	57.5

隔音箱材料：空紙箱對照組



六、測試多孔性輕質陶碗的吸音效能，製作環保吸音造型耳機的研發

對照組(沒有陶碗)

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	64.1	41.6	41.1	42.6	40.6
20	70.1	47.8	47.3	46.5	46.6
30	72.9	44.6	53.7	44.3	46.4
40	77.4	56.4	51.0	49.2	48.6
50	71.0	47.3	46.0	44.3	42.9

草料〈1〉

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	49.3	46.9	48.5	47.6	42.2
20	55.6	54.7	53.3	54.8	49.8
30	55.6	52.3	51.9	59.2	50.7
40	61.2	57.7	55.5	54.7	48.5
50	57.5	56.3	53.6	58.7	53.9

草料〈2〉

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	48.0	48.0	44.9	38.5	48.9
20	52.4	52.4	50.8	55.0	51.6
30	56.1	51.8	50.2	51.5	56.5
40	57.8	57.0	51.8	54.5	49.7
50	56.5	53.8	53.1	54.5	55.1

草料〈3〉

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	49.3	48.5	44.2	44.1	42.7
20	52.6	52.2	51.8	50.8	48.4
30	57.6	52.4	50.5	48.9	46.5
40	56.6	56.0	54.9	55.4	53.2
50	56.6	53.1	41.9	49.3	53.4

草料〈4〉

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	48.8	47.1	39.7	48.4	37.7
20	53.7	53.1	52.2	55.6	50.5
30	59.1	53.3	53.0	53.4	52.8
40	58.0	57.5	55.2	56.2	54.9
50	57.6	53.9	52.4	54.4	47.0

花生殻〈A〉

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	53.2	46.6	45.0	44.7	44.6
20	57.6	51.2	50.2	53.0	49.6
30	54.0	50.7	48.6	48.6	46.8
40	62.2	57.1	55.4	52.5	52.3
50	55.7	51.8	50.1	51.7	45.2

花生殻〈B〉

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	50.1	42.9	42.6	44.2	43.1
20	56.5	49.6	49.3	49.8	48.1
30	59.6	53.6	49.2	52.5	45.8
40	62.0	54.4	54.0	56.0	51.7
50	58.6	49.6	48.9	50.8	47.3

粉筆灰〈甲〉

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	44.4	43.5	43.5	45.4	43.4
20	57.3	55.1	54.8	57.0	51.9
30	57.7	55.7	55.5	52.2	49.2
40	60.7	59.9	59.9	55.9	55.5
50	57.9	57.1	53.6	52.1	49.3

粉筆灰〈乙〉

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	46.9	42.0	42.0	45.7	43.8
20	52.2	50.6	50.0	53.1	50.9
30	55.0	54.5	49.4	50.3	48.1
40	58.2	55.6	55.4	54.3	51.9
50	55.9	52.8	51.3	53.6	48.1

純陶土

距離 (cm) 時間(s)	0	5	10	15	20
10	46.9	41.7	41.2	46.3	44.0
20	53.5	50.8	50.2	49.9	48.4
30	55.5	53.2	48.7	51.2	47.9
40	58.5	54.1	53.3	55.4	51.5
50	57.5	52.0	49.8	53.3	46.5

陸、討論與結論

討論

1. 這次出動家長在寒假期間來幫我們一起做試片，心裡真的很感激，可惜每個人做出來的試片大小、厚度不能非常一致，雖然有固定的切割規格 3x6 cm及厚度限制，因此在抗壓及抗強度方面的實驗數據會有出入。
2. 還好我們有利用美術課中做石膏屋留下的橡皮模子，全部將之回收，並切斷剪掉一些格邊，直接灌模，抹平且不用在模子上面墊平，乾燥後，可以直接取出整齊，規格齊一的試片。
3. 草料的處理，也是先排列整齊，上一點樹脂壓平乾燥後，當水泥或陶土的夾心層，結果比以前全部一起隨便混合易作，效果也較好。
4. 在試片電燒的過程中，發現電窯中的隔熱板竟是主素材石膏做的，於是想到不如將全校的粉筆灰及短粉筆全部回收來做石膏試片看看，結果回收粉筆的試片比石膏素材乾得慢，足見其製成粉筆時已水合過，若將之粉碎再以烤箱烘乾，製成的試片效果乾燥時間有減少的趨勢。

5. 做隔音箱試驗時，找不到與保麗龍箱大小規格齊一的五個紙箱，最後乾脆自己做紙箱，由理化聲波反射的原理知道，越是多孔且凹凸不平的建材（如禮堂或電影院粗糙的牆壁或波浪型有垂感的長布簾等）想到隔音箱內的材料可用棉花、瓦楞紙板（把一面撕去，形成凹板）及校園乾草（不用剪成碎段），枯葉（可惜只能以報紙固定當夾心層，粗糙不規則多空隙面能直接吸收音波）。
6. 能將校園雜草及回收粉筆予以利用可說是夢想，沒想到夢想竟可以成真，雖然一連串實驗做出來的效果不是很理想，且參與的過程也很辛苦，但真的收穫好大，從做中學，真是一點也不錯。

結論：

1. 由實驗可知，草料和水泥混合乾燥後，在常溫下的抗壓及抗強度試驗比高溫下的要好。
2. 要維持不錯的抗壓及抗強度試驗，且又能提高草料的比例，對水泥材料而言，排列整齊的段草比碎草適宜。
3. 草料只要比例適當，可當成吸音的素材，由水泥的噴火試驗，幾乎都不大影響其外觀，顯示此建材是不錯的輕質隔音材料。
4. 草料和陶土混合乾燥後，在高溫下的抗壓試驗比低溫及自然乾燥的要好，抗強度試驗則常溫下的試片比較好。
5. 要維持不錯的抗壓試驗，且又能提高草料的比例，對陶土而言，越細的碎草比排列整齊的段草好，也比排列不整齊的段草更好。
6. 做小陶碗耳罩之前，應先將保鮮膜套在模型上，待陶碗半乾後，方能順利取下。
7. 有弧度陶土板的抗壓度及抗強度，比沒有有弧度陶土板的效果還好，這和我們看到有不少拱形大橋的結構，似乎不謀而合。
8. 陶土加草料的隔音、吸音效果優於陶土加花生殼和粉筆灰，所以，建議推廣環保吸音造型耳機的陶碗製作材料，可使用校園垃圾—「小草」曬乾、打碎與陶土混合燒結後，形成多孔性的輕質陶碗。

柒、參考資料

1. 國中美術
2. 陶藝手冊 藝術家出版社 楊文霓編著
3. 工業化學概論 楊思廉主編第八章
4. 國中自然與生活科技第三冊第三章、第四冊第一章
5. 國中地球科學第五單元、第六冊地球科學第四單元

【評語】 030825

1. 取用學校雜草混合水泥或陶土製成輕質多孔性的水泥板或陶土板，並應用於隔音或吸音工程，是另類的想法。
2. 實驗中對所製成之水泥版或陶土板做了各項物理或噪音分析，具有科學探討精神。
3. 對於分貝名詞、吸音或隔音材料之特性應加以了解。