

新竹市第四十二屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別: 物理科

組 別: 甲組

作品名稱: 砰砰砰！樓上很吵都不怕__振動的減震探究

關 鍵 詞: 振動、分貝、頻率、電磁感應

編號: **113PA-P010**

摘要

本實驗振動的來源為模擬常見的噪音，例如教室樓上班級每週全班移動桌椅的桌椅拖拉的聲音，以及上面樓層往下掉落重物撞擊地面的聲音，以及因施工使用電鑽施工造成振動的聲音。水平量測器以單擺碰觸3種直徑羊眼釘形成通路使LED燈亮來表示水平位移的大小，以垂直振動量測器內彈簧連接強力磁鐵，當振動使磁鐵反覆地進入封閉線圈內，造成磁場變化，線圈會產生感應電流，電流訊號透過音源線連接電腦，再利用音訊軟體Audacity接受訊號，經數據分析可以擷取約3秒內的最大分貝值和聽力損失最早發生於4000Hz附近出現的頻率和其分貝值，並加上不同材質隔層後，探討比較其減振差異。

壹、前言

(一)研究動機

有一天的晚上，我在睡覺時，樓上一直發出叮叮咚咚的吵鬧聲，這讓我睡不著覺。雖然我用了枕頭或棉被把耳朵蓋起來，試著讓聲音變小，但卻沒有甚麼用！後來，我上網查資料後發現噪音對人體有很大的危害，由於耳朵是屬於不休息的器官，因此我們就算已經睡著了，聽覺系統依舊處於「ON」的開啟狀態，會持續接收外界環境的聲音。當中除了超過 60 分貝的「有感」音量會把我們吵醒外，就算是音量與頻率都不高，持續的雜音還是會干擾睡眠，使人無法進入深層睡眠，造成睡眠警醒與睡眠中斷。大約 32 分貝的音量，就會產生睡眠警醒效應，換句話說，不僅是高頻、高音量的聲音會影響睡眠，低頻、低音量的聲音也一樣會干擾。

對於聲音的產生與傳播感到很好奇，也想要了解哪種材料能夠有效隔絕或吸收聲音。聲音主要是藉由振動的大小與頻率來傳播，因此如果能夠測出聲音的振動程度與頻率變化，便能量測不同材質對聲音的阻隔性，也就是我們這次要討論的主題。因此我們利用電路原理與電磁感應分別自行組裝了水平與垂直的振動量測儀，試著量測出不同震動造成的頻率與音量大小，最後再加上不同材質的隔音層以比較出聲音的隔絕程度。

(二)研究目的

- 一、比較不同重量的平行拉力產生振動的音量與頻率
- 二、比較不同重量的垂直重力產生振動的音量與頻率
- 三、比較不同速度的旋轉扭力產生振動的音量與頻率
- 四、比較不同重量的平行拉力產生振動的水平位移
- 五、探討不同材質的隔音層對物體受平行拉力振動的音量比較

- 六、探討不同材質的隔音層對物體的垂直振動的音量比較
- 七、探討高速扭力加隔層和不加隔層的音量比較
- 八、探討振動處直接和間接加裝隔音層的差異比較

貳、研究設備及器材

一、材料

- 1.科學積木（黃色、綠色）
- 2.L 型積木（黑色）
- 3.底座（黃色）
- 4.螺絲（直徑：2mm）
- 5.螺帽
- 6.羊眼釘 6mm、8mm、12mm)
- 7.漆包線
- 8.擺錘
- 9.LED 燈（紅色、藍色、綠色）
- 10.音源線
- 11.鱷魚夾

- 12.強力磁鐵
- 13.護目鏡
- 14.重物箱
- 15.高密度泡棉
- 16.高密度保麗龍
- 17.氣泡袋

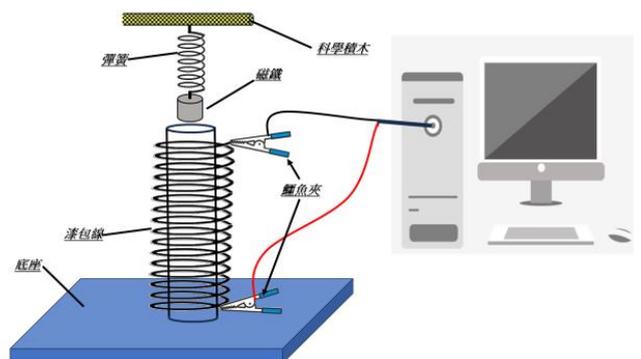
二、器材：

- 1.熱熔槍
- 2.電鑽
- 3.電腦

參、研究過程與方法

一、組裝垂直振動量測儀

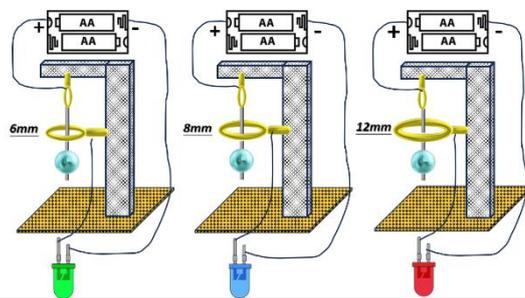
1. 先把彈簧穿過科學積木固定
2. 再把彈簧和強力磁鐵用熱溶膠黏起來
3. 接著把透明管外側塗上磁鐵的上下移動範圍
4. 再把磁鐵的移動範圍的下方黏上泡棉膠
5. 再把銅線從下方的移動範圍繞到上方的移動範圍(一開始和最後要繞時要先預留十公分)
6. 接著再用熱溶膠把透明塑膠管和底座黏起來
7. 接著再用砂紙把下方和上方銅線刮乾淨
8. 再用音源線接著下方和上方的銅線
9. 把音源線接著電腦



二、組裝水平振動量測儀

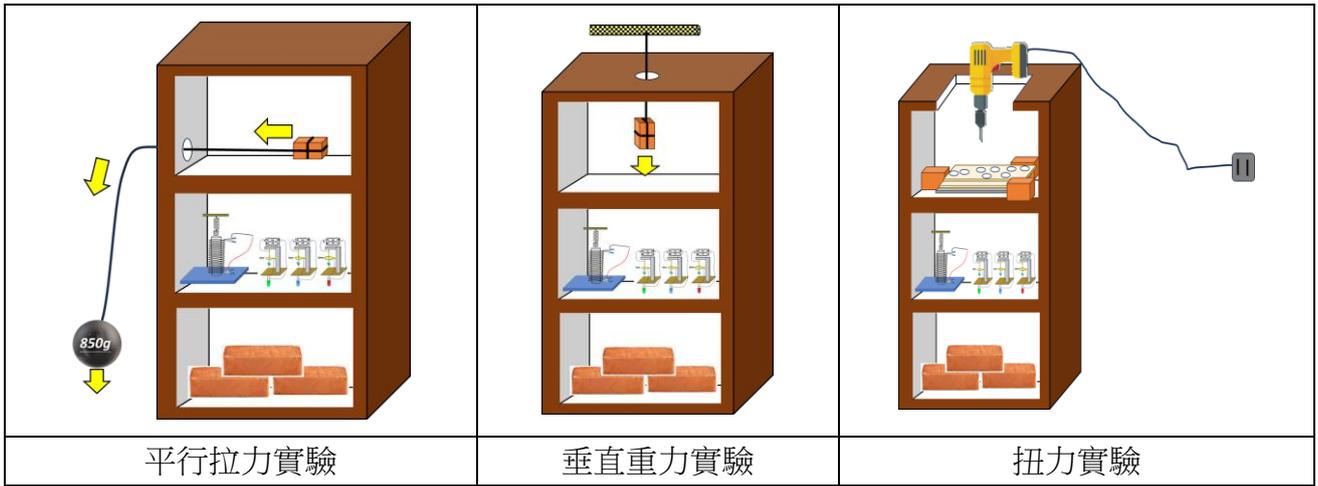
1. 先將黃色科學積木(底板)和黑色 L 型積木(測量儀支架)用 2mm 螺絲和螺帽組裝好,共三組。
2. 將三種不同直徑(6mm/8mm/12mm)的羊眼釘水平朝上鎖在三組黑色 L 型積木長邊，其上方短邊亦鎖上羊眼釘。
3. 將 8cm 鐵絲鉤在短邊上方的羊眼釘，下方綁上擺錘
4. 把電線連接到 LED 燈和電池座上，其中一端連接 L 型積木上方的羊眼釘，另一條連接 L 型積木長邊的羊眼釘。
5. 產生一組振動條件，施加在不同羊眼釘直徑(6mm/8mm/12mm)之三組水平振動量測儀上。
6. 觀察鐵絲的擺動程度，當擺動程度使鐵絲碰到旁邊的羊眼釘時會形成導電迴路，讓 LED 燈發亮，並紀錄下來。

三、示意圖

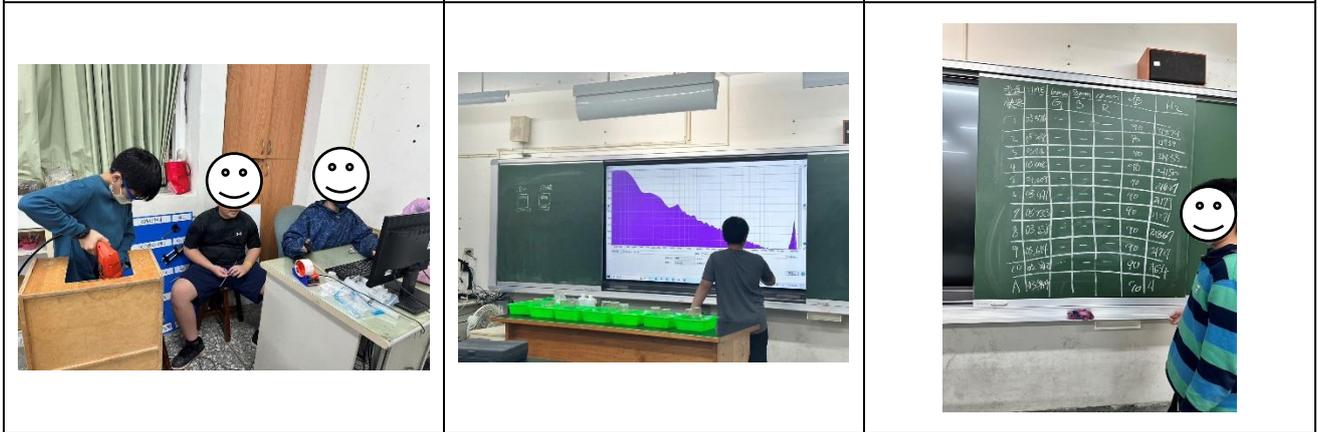


四、實驗模擬箱設計

1. 將一個木製三層櫃當模擬上下樓層的振動的模擬箱，最下一層需放磚頭以加強穩定性。
2. 第二層放置水平振動量測器和垂直振度量測器。
3. 最上層以重力球 850g 平拉使重物盒移動，此為平行拉力的振動來源。
4. 最上層上方以線綁住重物盒，固定高度向下重物盒，此為垂直重力的振動來源。
5. 最後再把三層櫃的最上層割掉一個空間方便使用電鑽進行扭力實驗。

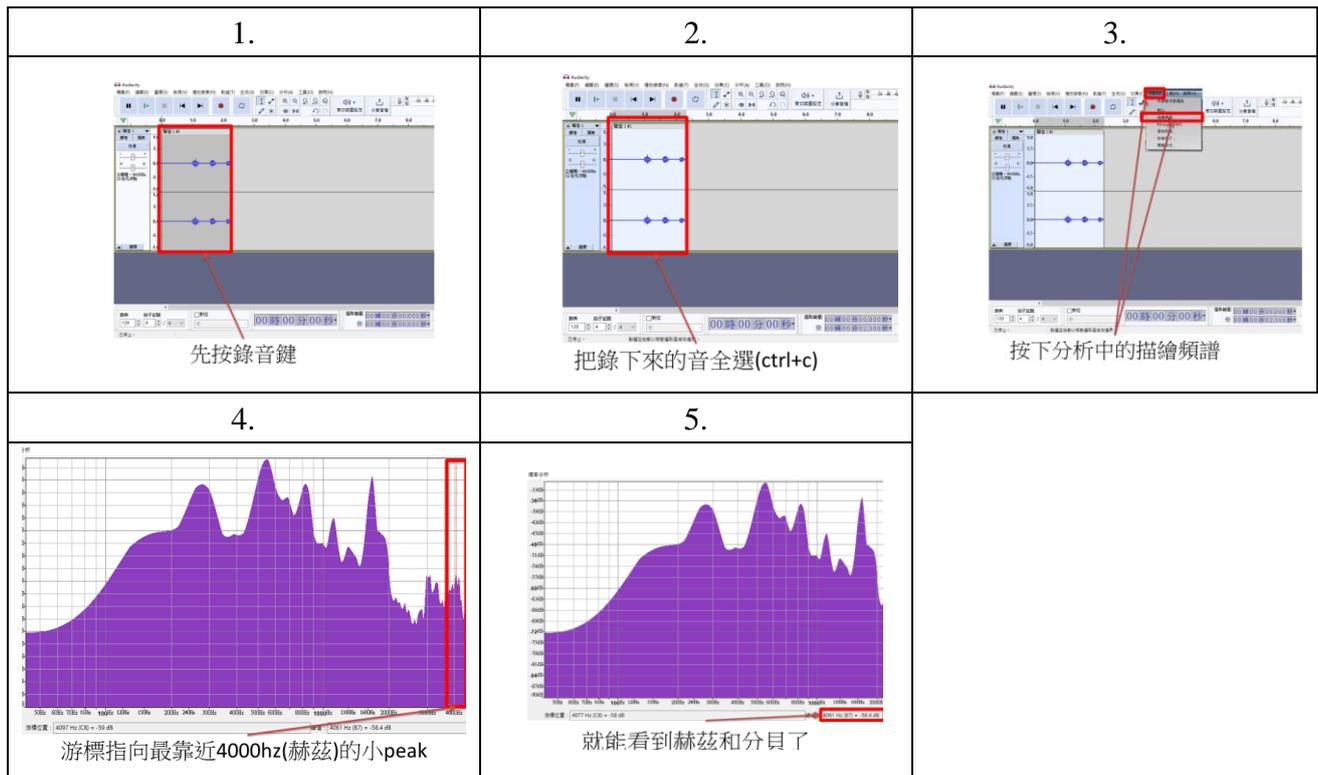


<p>實驗中</p>	<p>實驗模擬箱裝置</p>	<p>電鑽測試中</p>
------------	----------------	--------------



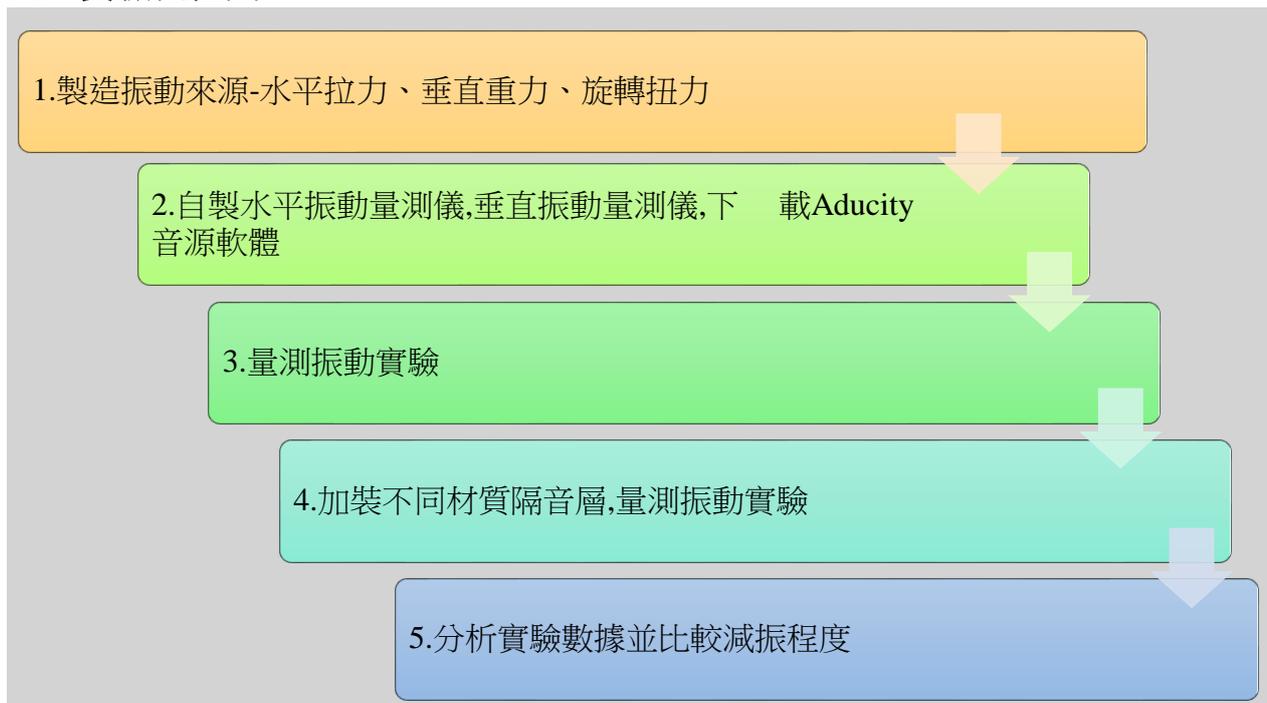
<p>扭力實驗中</p>	<p>判讀數據分析</p>	<p>實驗紀錄中</p>
--------------	---------------	--------------

五、Audacity 音源軟體分析說明



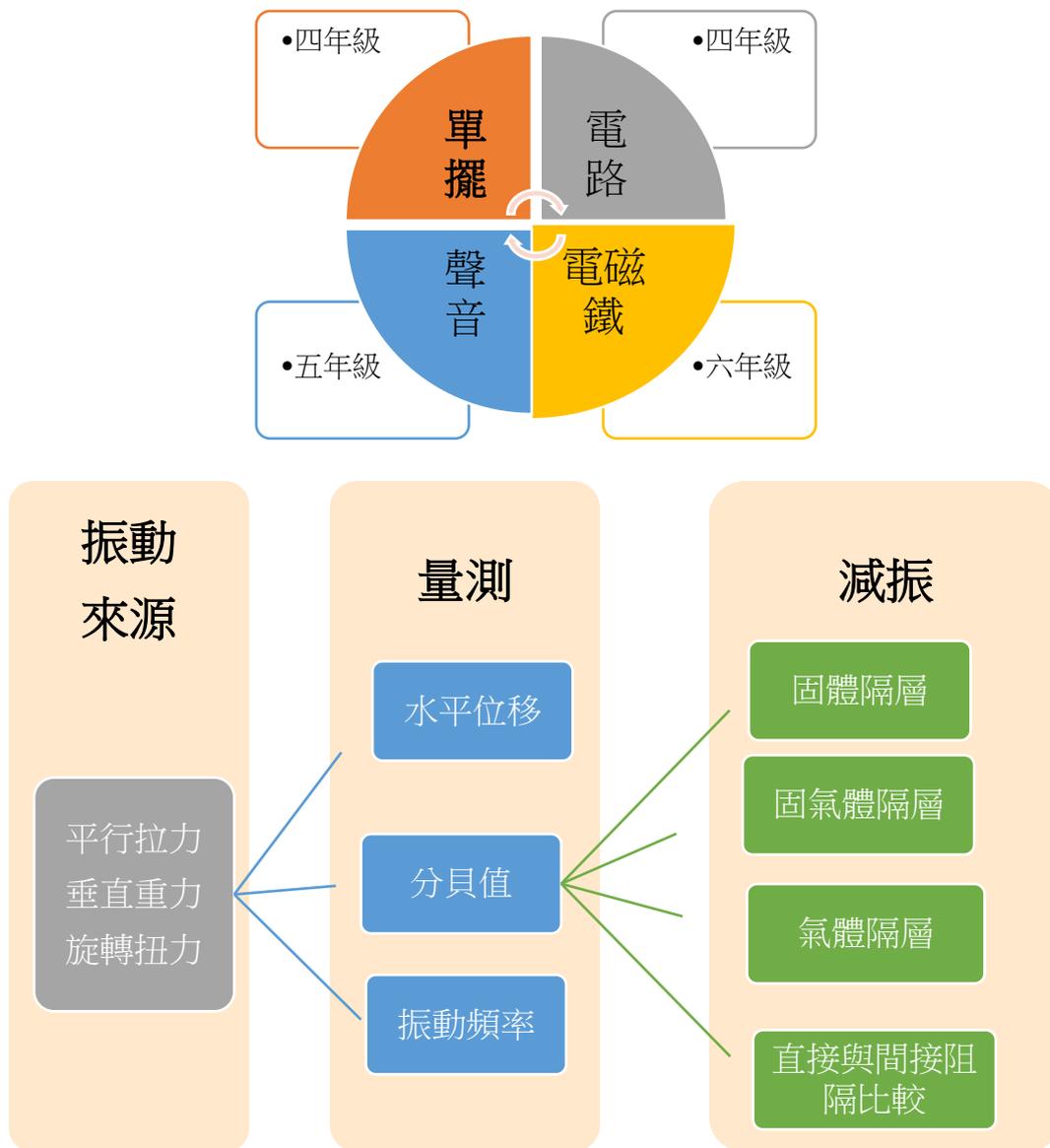
以下實驗數據為錄下影片經軟體跑數據分析後所得的原始數據，每次實驗均至少 10 次，再取平均數整理成圖表討論。

六、實驗流程圖



七、實驗架構圖

本實驗綜合舊經驗所學單元內容



八、科學原理

1. 振動指一個物體相對於靜止參照物或處於平衡狀態的一種來回往復運動，可以是單一頻率、少數個頻率、許多個頻率所組合而成，可以是週期性或是非週期性（隨機性）的。旋轉體之靜態與動態不平衡、往復運動體之慣性力、衝擊負荷變動。

2. .電磁感應連接音訊軟體數據分析 電磁波是利用電磁感應的方式來傳播，而聲波的傳播方式通常機械式的，當介質如空氣受到某處震源的壓迫時，被壓迫的空氣分子就其平衡位置產生位移。

3.噪音的標準，每個人感受不同，若以數據來判定，通常音量在50 分貝以下，人會感到舒適；60~70分貝會干擾學習，在50-70 分貝之間，則會引起些微的不舒服，音量在70 分貝以上，就會讓人產生焦慮不安，引發各種症狀，120分貝以上的噪音量會導致耳痛，甚至聽力永久喪失。通常人體暴露於全身振動時，傳至人體之振動可能與身體不同之部位產生共 振現象，使人頭痛、頭暈、噁心、嘔吐、感覺不舒服等暈車症狀；人耳對於不同頻率之聲音敏感度各不相同，通常對高頻音較敏感而對低頻音較不敏感。由噪音引起之聽力損失最先發生於4000 Hz左右。故本次實驗探討在噪音的4000Hz附近最大值頻率和分貝值。

4. 分頻噪音: 由於聲音是有高低頻的差別，低頻沉重有力，高頻尖銳刺耳，所以有時會把產品（如風機、壓縮機）的噪音特性以頻率表示出來，如此可以更清楚判定此一設備的聲音特性，是屬於高頻或低頻，最常用的頻譜分類方式為八度音頻(Octave) 的分類方式，聲音分成八個不同的頻率，在該頻率下有其對應的噪音值（分貝），**本實驗在探討 4000Hz 附近的噪音值是否超過 40dB。**

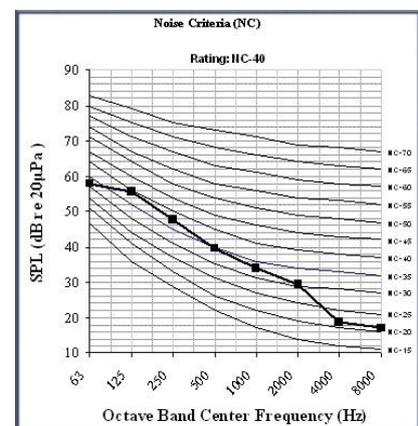
頻率	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	A11
Lp dB(L)	60	50	55	52	48	46	40	40	

dB(L)：線性，沒有做加權

4. 隔音是透過表面反射或是增加厚度的方式盡可能減少聲音傳遞到另一個空間，通常是應用在牆壁、門窗這類與其他空間相鄰的物品上，以降低噪音的傳出。吸音吸音則是利用材質的不同，盡可能讓聲音在觸碰到障礙物時能夠有比較多的能量消耗，或是透過表面的不規則分散聲音的反射，從而減少聲音的傳遞，常應用於布簾、家具等在空間內的物品。

5. 室內噪音評價-NC 曲線

一般對於室內噪音量的大小評價，常以量測 A 加權的噪音總量代表，這在初略評價時可以採用，但在實際工程應用中，採用 A 加權噪音總量為設計規範、或是驗收標準，則略嫌寬鬆，較為恰當的評價應採用「噪音準則曲線」評價方式。



肆、實驗結果

本實驗結果選取時間約為 3 秒，以羊眼釘直徑 6mm、8mm、12mm 分別連接 LED 綠燈、藍燈、紅燈，當振動時懸吊的單擺所搖晃，亮燈即表示其水平位移的大小，透過垂直振動器中強力磁鐵的振動，使漆包線感應電流變化，再經音源線連接電腦以音訊軟體 Audacity 分析，可以得到最大分貝值，和選取最影響聽力的 4000HZ 附近出現的頻率值和分貝值。

一、比較不同重量的平行拉力產生振動的音量與頻率

實驗一、外力（平行拖拉）= 重物黃色盒子 267 g 外重力球= 850 g

	選取秒數	水平位移			最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
		3mm	4mm	6mm			
1	03.007	+	-	-	91	85.6	3956
2	02.972	+	+	-	91	85.5	3932
3	03.053	-	-	-	91	85.4	4112
4	03.019	+	+	-	91	85.6	4012
5	02.589	+	+	-	91	85.7	3980
6	02.856	+	+	-	91	85.2	4020
7	02.682	+	+	-	91	85.4	4015
8	03.426	+	+	-	91	85.5	3991
9	03.262	+	+	-	91	85.3	3987
10	03.745	+	-	-	91	85.7	4005
平均值	03.0611	9 次	7 次	0 次	91	85.5	4000

實驗二、外力（平行拖拉）=黃色盒子 325 g 外重力球= 850 g

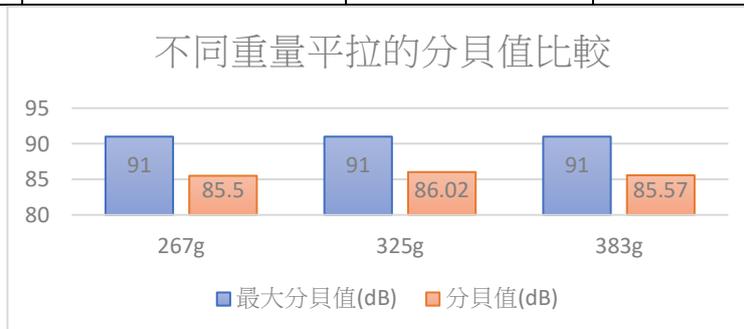
	選取秒數	水平位移			最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
		3mm	4mm	6mm			
1	02.854	+	-	-	91	85.8	4045
2	03.506	+	+	+	91	86	3951
3	03.448	+	-	-	91	86.3	3852
4	03.019	+	+	+	91	86.2	3750
5	03.121	+	+	-	91	85.9	4021
6	02.366	+	+	-	91	86.6	3989
7	03.159	+	+	+	91	84.9	3897
8	03.440	+	+	-	91	86.7	3989
9	03.469	+	+	-	91	86.1	4002
10	03.179	+	+	-	91	85.7	3998
平均值	03.1561	10	8	3	91	86.02	3949.4

實驗三、外力（平行拖拉）=黃色盒子 383 g 外重力球= 850 g

	選取秒數	水平位移			最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
		3mm	4mm	6mm			
1	03.368	+	+-	-	91 分貝	85.7	3963
2	03.150	+	+-	+-	91 分貝	85.7	4102
3	02.526	+	-	-	91 分貝	85.4	4003
4	03.019	+	+	-	91 分貝	85.6	4050
5	02.468	+	+	-	91 分貝	85.3	4028
6	02.685	+	+	+	91 分貝	85.9	4030
7	02.207	+	+	+	91 分貝	85.6	3989
8	02.700	+	+	-	91 分貝	85.3	3998
9	02.642	+	+	+	91 分貝	85.5	4012
10	02.787	+	+	-	91 分貝	85.7	4045
平均值	02.7552	10	9	4	91 分貝	85.57	4022

從以上平行拉力實驗 10 次實驗結果經數據分析取得取平均值可得到下表

重物(g)	最大分貝值(dB)	分貝值(dB)	頻率(Hz)
267g	91	85.5	4000
325g	91	86.02	3949.4
383g	91	85.57	4022



由上圖可得知在不同重量平行拉力所造成振動的音量比較，重物 267g、325g、383g 都量測到最大分貝值達到 91 分貝，而在最影響聽力的 4000Hz 附近也量測到大於 85 分貝，顯示當樓上有搬動物體在地板上拖拉時，所造成的振動聲音對樓下來說，都是噪音等級 90 分貝以上。

二、比較不同重量的垂直重力產生振動的音量與頻率

實驗一、外力(垂直力)=黃色盒子 267 g

	選取秒數	水平位移			最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
		3mm	4mm	6mm			
1	02.995	-	-	-	90 分貝	85.9	3900
2	03.007	-	-	-	90 分貝	85.6	4005
3	03.042	-	-	-	90 分貝	85.8	4000
4	03.053	-	-	-	90 分貝	85.6	3950
5	02.856	-	-	-	90 分貝	85.8	3990
6	02.845	-	-	-	90 分貝	85.5	4000
7	02.758	-	-	-	90 分貝	85.6	3890
8	03.007	-	-	-	90 分貝	85.9	3940
9	03.571	-	-	-	90 分貝	85.5	4002
10	03.164	-	-	-	90 分貝	85.8	3955
平均值	03.0298				90 分貝	85.7	3963.2

實驗二、外力(垂直力)=黃色盒子 325 g

	選取秒數	水平位移			最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
		3mm	4mm	6mm			
1	02.685	-	-	-	82	86	4034
2	02.961	-	-	-	86	85.6	3990
3	03.411	-	-	-	90	86	4034
4	02.860	-	-	-	90	85.8	4032
5	02.482	-	-	-	90	85.7	4030
6	03.309	-	-	-	88	86	4019

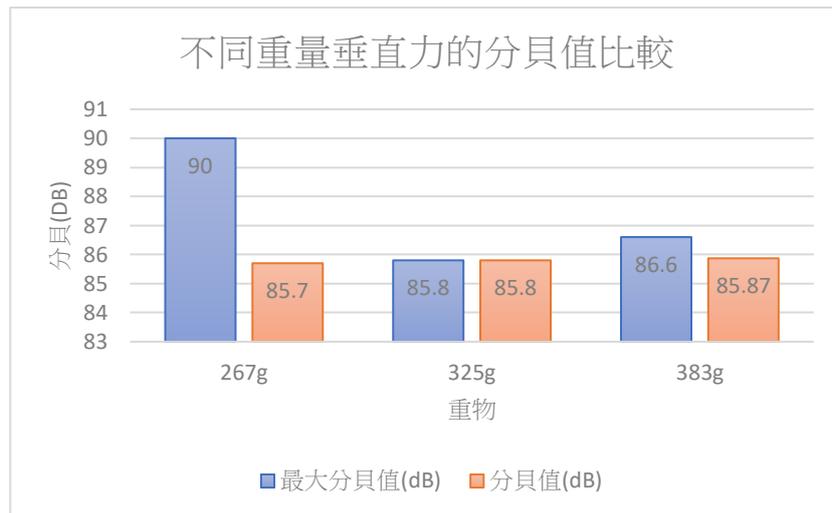
7	02.816	-	-	-	89	85.9	3998
8	02.656	-	-	-	86	85.8	4004
9	02.569	-	-	-	87	85.6	4015
10	03.092	-	-	-	90	85.6	4024
平均值	02.8841				85.8	85.8	4018

實驗三、外力(垂直力)=黃色盒子 383 g

	選取秒數	水平位移			最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
		3mm	4mm	6mm			
1	02.903	-	-	-	91	85.7	3983
2	02.886	-	-	-	87	85.6	3991
3	02.949	-	-	-	85	86.1	3999
4	02.996	-	-	-	88	85.6	3995
5	02.932	-	-	-	88	85.9	3999
6	03.426	-	-	-	87	86.2	3991
7	02.817	-	-	-	84	85.7	3889
8	02.236	-	-	-	85	85.9	4030
9	02.279	-	-	-	86	86.2	4010
10	02.926	-	-	-	85	85.8	4012
平均值	02.835				86.6 分貝	85.87	3989.9

從以上垂直力實驗 10 次實驗結果經數據分析取得取平均值可得到下表

	最大分貝值(dB)	分貝值(dB)	頻率(Hz)
267g	90	85.7	3963.2
325g	85.8	85.8	4018
383g	86.6	85.87	3989.9



由上圖可得知，重物 267g、325g、383g 垂直落下碰觸地面造成振動的音量，最大分貝數大於 85 分貝以上，267g 重物所發出的最大分貝達到 90 分貝，4000Hz 附近也量測到 85 分貝以上，已超過 4000Hz 的分頻噪音 40dB 的標準。

三、比較不同速度的旋轉扭力產生振動的音量與頻率

實驗一、高速扭力

	選取秒數	水平位移			最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
		3mm	4mm	6mm			
1	03.542	-	-	-	84	84.7	3962
2	03.374	-	-	-	84	83.3	3861
3	02.990	-	-	-	86	82.8	3908
4	03.019	-	-	-	83	83.5	3908
5	03.124	-	-	-	85	84.1	3920
6	02.990	-	-	-	82	82.9	3878
7	03.150	-	-	-	87	83.5	3892
8	02.950	-	-	-	85	84	3920
9	03.179	-	-	-	84	83.5	3922
10	02.816	-	-	-	81	83.7	3930
平均值					84.1	83.6	3910.1

實驗二、低速扭力

	選取秒數	水平位移			最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
		3mm	4mm	6mm			
1	03.455	-	-	-	79.3	73	3831
2	03.324	-	-	-	82.9	73.3	3898
3	03.875	-	-	-	76.3	73.4	3902
4	03.658	-	-	-	81.6	73.5	3940
5	03.426	-	-	-	78.4	73.4	3805
6	03.542	-	-	-	78.2	73.5	3880
7	03.513	-	-	-	81.6	73.5	3901
8	03.280	-	-	-	81.2	73.5	3842
9	03.179	-	-	-	84.7	73.1	3878
10	03.016	-	-	-	80.5	73.1	3899
平均值					80.5	73.33	3877.6

高速扭力與低速扭力的分貝值比較

	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
高速扭力	84.1	83.6	3910.1
低速扭力	80.5	73.33	3877.6

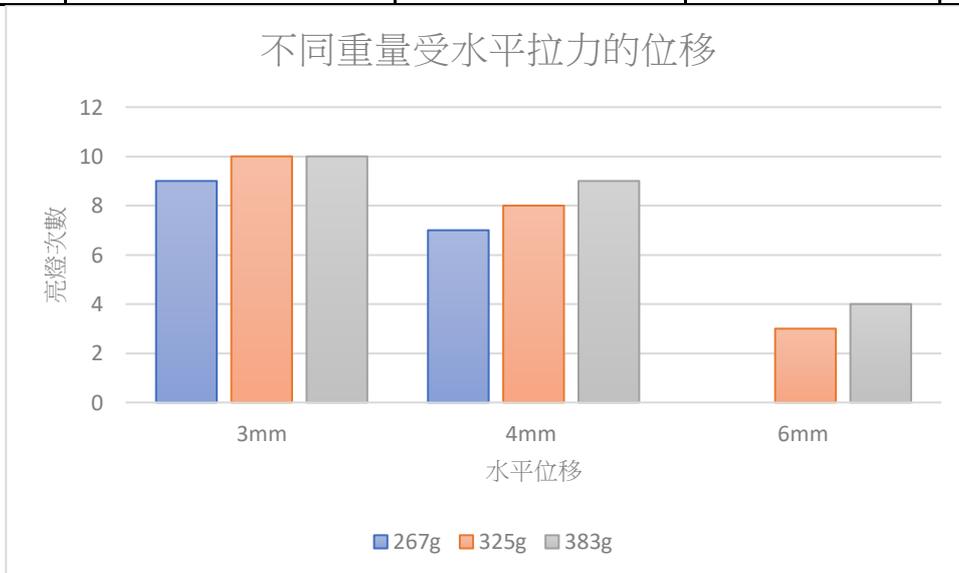


由上圖可知，以電鑽在木板上進行高速與低速鑽洞模擬施工常見的動作，發現電鑽為最高速達每分鐘最高 3000 轉和低速運轉比較，最大分貝值和 4000Hz 附近的分貝值均為高速運轉大於低速運轉，達分貝值在 84dB 以下，而低速運轉有時達 73 分貝左右。

四、比較不同重量的平行拉力產生振動的水平位移

本次實驗結果，以水平量測器的亮燈發現，只有水平拉力時有亮燈反應，垂直重力下壓和扭力的實驗，均未亮燈，以下為 3 種不同重量重物在平行拉力時量測到的亮燈結果，羊眼釘半徑為 3mm、4mm、6mm，來表示水平位移的大小。

	重物	水平位移		
		3mm	4mm	6mm
1	267g	9	7	0
2	325g	10	8	3
3	383g	10	9	4



實驗時以懸吊的單擺因震動產生搖晃而形成通路亮燈，來表示水平位移的大小，上圖顯示重物越重時，受到水平拉力造成物體的水平位移比例上來說較大，3 個不同重物的 10 次實驗中，3mm 的水平位移達 9 次以上，6mm 的水平位移則是較重的 325g 和 383g 出線機率較多。

五、探討不同材質的隔音層對物體受平行拉力振動的比較

1. 平行拖拉力=黃色盒子重物 383 g 外重力球= 850 g 隔層材質=高密度保麗龍板
隔層材質厚度=3cm

	選取秒數	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
1	03.019	81	85.5	4072
2	02.269	83	86.3	4006
3	02.366	81	86.1	3999
4	02.279	81	86	4021
5	02.453	82	86.1	4013
6	02.845	87	85.4	3999
7	03.527	90	85.9	4035
8	02.555	89	85.4	4024
9	02.105	86	86.8	4040
10	02.177	89	85.8	4032
平均值	02.5595	84.9	85.93	4024.1

2. 平行拖拉力=黃色盒子重物 383 g 外重力球= 850 g 隔層材質=高密度海綿
隔層材質厚度=3cm

	選取秒數	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
1	03.019	87	85.6	4002
2	03.135	87	85.4	3903
3	02.984	87	85.7	3988
4	03.547	87	85.6	3970
5	03.143	87	85.7	3951
6	03.048	87	85.3	3973
7	03.382	87	85.5	3978

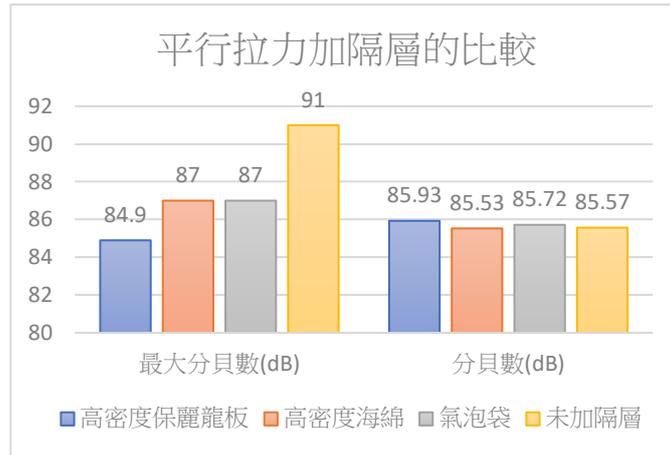
8	03.150	87	86.1	3965
9	03.614	87	85.1	3968
10	03.411	87	85.3	3956
平均值	03.2433	87	85.53	3965.4

3. 平行拖拉力=黃色盒子重物 383 g 外重力球= 850 g 隔層材質=氣泡袋
 隔層材質厚度=3cm 外力(平行拖拉)=黃色盒子 383 g

	選取秒數	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
1	03.170	87	85.3	3904
2	03.426	87	86	3885
3	02.874	87	85.9	3904
4	02.267	87	85.4	3895
5	03.506	87	85.6	3879
6	03.518	87	86.3	3906
7	03.193	87	85.3	3888
8	02.833	87	85.8	3901
9	03.192	87	85.2	3879
10	03.704	87	86.4	3919
平均值	03.1683	87	85.72	3896

以上實驗均把隔層加在震動板層的下方，從 10 次實驗結果平均值可得到下表

	最大分貝數(dB)	分貝數(dB)	頻率(Hz)
高密度保麗龍板	84.9	85.93	4024.1
高密度海綿	87	85.53	3965.4
氣泡袋	87	85.72	3896
未加隔層	91	85.57	4022



由上圖來看，加了隔層後的最大分貝均比未加隔層減低，其氣泡袋和高密度泡棉減少了 4 分貝，高密度保麗龍板減少了 6.1 分貝，顯示有加隔層確實能將震動造成的音量降低，其中又以高密度保麗龍使音量降低最多。4000Hz 附近的分貝值則差異不大。

六、探討不同材質的隔音層對物體的垂直振動的音量比較

實驗一、外力（垂直力）=黃色盒子 383 g 隔層材質:高密度泡棉 厚度 3cm

	選取秒數	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
1	04.020	57	85.5	3921
2	03.080	60	85.6	3898
3	03.034	90	85.4	3802
4	03.077	72	85.2	3890
5	03.048	90	85.6	3890
6	03.048	87	85.1	3857
7	03.048	90	85.6	3892
8	02.874	91	85.4	3890
9	02.889	91	85.8	3878
10	03.179	91	85.9	3799
平均值	03.1297	81.9	85.51	3871.7

實驗二、外力（垂直力）=黃色盒子 383 g 隔層材質:氣泡袋 厚度 3cm

	選取秒數	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
--	------	------	--------	--------

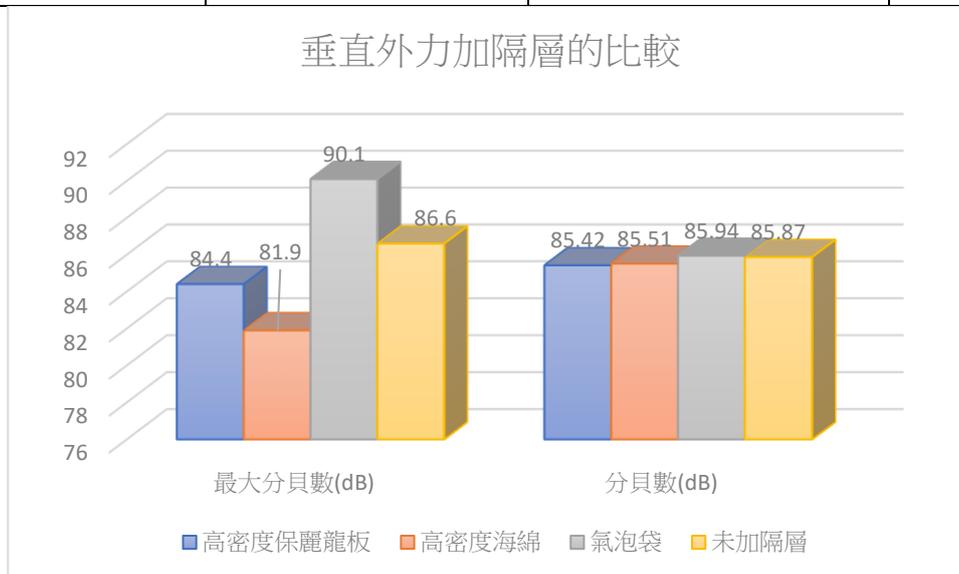
	02.874	90	86	4031
2	02.889	90	86	4026
3	03.077	90	85.9	4082
4	02.918	90	85.8	4056
5	02.889	90	86.1	4043
6	03.063	91	85.7	4023
7	02.961	90	86.2	4067
8	02.889	90	85.7	4055
9	02.976	90	86.1	4021
10	02.961	90	85.9	4056
平均值	02.9497	90.1	85.94	4046

實驗三、外力（垂直力）=黃色盒子 383 g 隔層材質:高密度保麗龍 厚度 3cm

	選取秒數	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
1	02.584	90	85.3	3761
2	02.758	90	85.4	3724
3	02.932	87	85.5	3743
4	02.656	87	85.2	3770
5	02.874	90	85.4	3745
6	03.019	72	85.7	3741
7	03.135	59	85.5	3755
8	03.007	90	85.1	3787
9	02.903	90	85.7	3734
10	03.179	89	85.4	3722
平均值	02.9047	84.4	85.42	3748.2

垂直外力有加隔層和未加隔層的比較

	最大分貝數(dB)	分貝數(dB)	頻率(Hz)
高密度保麗龍板	84.4	85.42	3748.2
高密度海綿	81.9	85.51	3871.7
氣泡袋	90.1	85.94	4046
未加隔層	86.6	85.87	3989.9



在垂直外力加隔層的比較，以最大分貝數來看，使用高密度海綿和高密度保麗龍均可以降低音量，高密度保麗龍降低 2.2 分貝，高密度海綿降低 4.7 分貝，但氣泡袋卻使音量再增加 3.5 分貝，無法達到減少震動的音量。

七、探討高速扭力加隔層和不加隔層的音量比較

1. 高速扭力 隔層材質:氣泡袋 厚度 3cm

	選取秒數	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
1	03.048	72	84.1	3897
2	03.738	90	76.2	3899
3	03.208	90	84.7	3878
4	03.629	90	78.3	3890
5	03.239	84	79.2	3789
6	04.093	87	82.3	3890
7	03.745	86	81.8	3882

8	04.166	84	82.4	3990
9	03.701	83	79.8	3876
10	04.050	84	84.3	3912
平均值	03.6617	85	81.31	3890.3

2. 高速扭力 隔層材質:高密度保麗龍 厚度 3cm

	選取秒數	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
	03.576	81.4	74.8	3990
2	03.208	79.1	83.9	4015
3	03.716	81.3	83.1	4003
4	03.402	82.6	82.3	3998
5	04.209	80	83.6	4002
6	03.411	78.9	81.3	3919
7	03.933	83.6	80.4	4024
8	03.338	79.4	79.8	4030
9	03.614	81.8	78.3	4019
10	03.542	82.3	79.2	4025
平均值	03.5949	81.04	80.67	4002.5

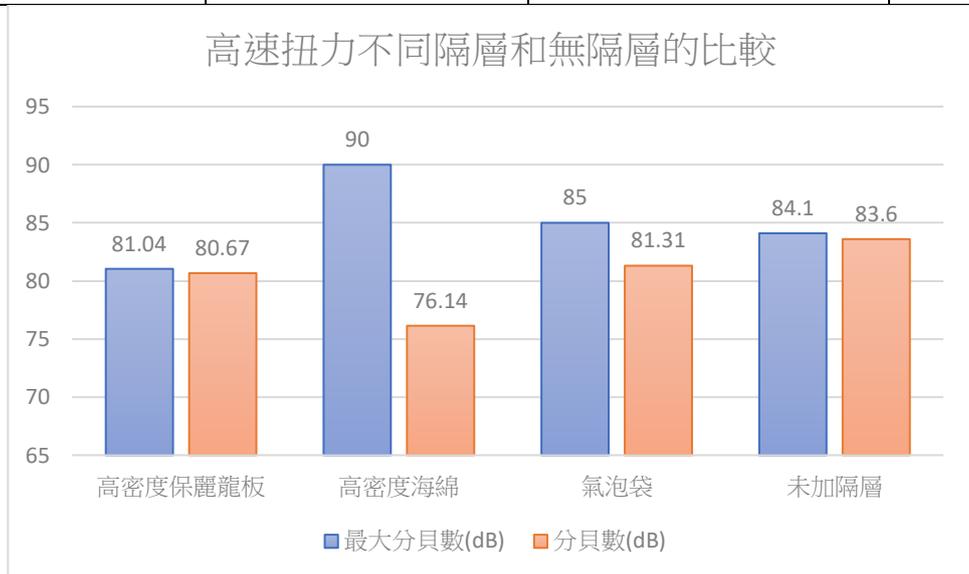
3. 高速扭力 隔層材質: 高密度泡棉 厚度 3cm

	選取秒數	最大分貝	分貝(dB)	頻率(Hz)
1	03.397	90	75.5	3905
2	03.266	90	77.4	3944
3	03.135	90	75.4	3949
4	03.237	90	75.8	3918
5	02.918	90	76.2	3930

6	02.995	90	75.4	3988
7	03.019	90	77.1	3950
8	03.408	90	76.5	3890
9	03.469	90	75.8	3923
10	03.634	90	76.3	3954
平均值	03.2478	90	76.14	3935.1

高速扭力不同材質隔層和未加隔層的比較

	最大分貝數(dB)	分貝數(dB)	頻率(Hz)
高密度保麗龍板	81.04	80.67	4002.5
高密度海綿	90	76.14	3935.1
氣泡袋	85	81.31	3890.3
未加隔層	84.1	83.6	3910.1



由上圖可發現最大分貝數比較，高密度海綿和氣泡袋當隔層時，其音量的大小比未加隔層時還大，但隔層選用高密度保麗龍，則可減少 3.06 分貝，另外這 3 種材質都有效降低 4000Hz 附近的分貝數，其中以海綿降至 76.14 分貝最佳。

八、探討振動處直接和間接加裝隔音層的差異比較

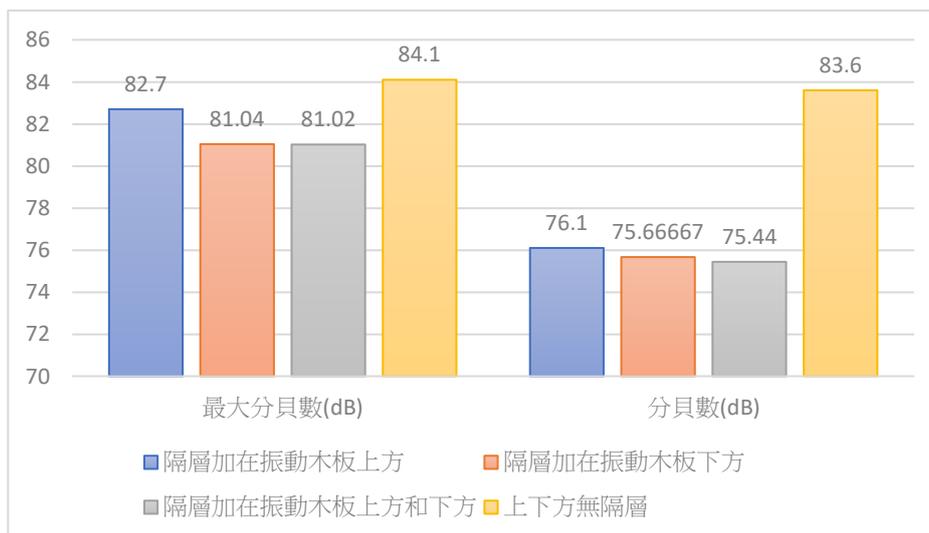
	最大分貝數(dB)	與未加隔層的相差值	分貝數(dB)	與未加隔層的相差值
高密度保麗龍板	81.04	3.06	80.67	2.93
高密度海綿	90	_5.9	76.14	7.46
氣泡袋	85	_0.9	81.31	2.29
未加隔層	84.1		83.6	

由以上實驗數據可知以最大分貝數和 4000Hz 附近的分貝數來比較，使用高密度保麗龍為隔層時，明顯比未加隔層時的音量降低最多，達到 3.06 分貝，相較氣泡袋和泡棉穩定，因此以下再以高密度保麗龍材質來實驗。

高速扭力 隔層高密度保麗龍 厚度:3cm

	置於下方		置於上方		置於上方下方	
	分貝(dB)	頻率(Hz)	分貝(dB)	頻率(Hz)	分貝(dB)	頻率(Hz)
	75.7	3896	75.5	3905	77.3	4015
2	75.5	3779	77.4	3944	75.6	3779
3	75.8	3989	75.4	3949	75.4	4124
4	75.4	3791	75.9	3990	76.8	3899
5	75.8	3893	76.3	3986	72.7	4249
6	76.1	3879	76.9	3960	73.5	4133
7	75.2	3830	75.2	3894	76.3	3949
8	75.8	3902	76.7	3956	74.9	3772
9	75.1	3899	75.7	3990	74.9	3772
10	75.7	3990	76	3870	77	3939
平均值	75.61	3884.8	76.1	3944.4	75.44	3963.1

	最大分貝數(dB)	分貝數(dB)	頻率(Hz)
隔層加在振動木板上方	82.7	76.1	3932.667
隔層加在振動木板下方	81.04	75.66667	3888
隔層加在振動木板上方和下方	81.02	75.44	3963.1
上下方無隔層	84.1	83.6	3910.1



由上圖高密度保麗龍的最大分貝數來看，可得知隔層加在振動木板上方，減少 1.4 分貝，隔層加在振動木板的下方可減少 3.06 分貝，而隔層加在上方下方時，可以減少 3.08 分貝，且加高密度保麗龍當隔層，不論加在上方、下方或上方下方兩層，都能有效將 4000Hz 附近的分貝數降低至 76 分貝以下。

伍、實驗討論

- 1.對於本實驗從大家日常的經驗出發，都市空間的擁擠，樓上住戶的動靜發出振動和聲音，以及溝通無效之後的問題，因此討論出若樓上的住戶無法改善現狀，樓下的住戶可以做出那些方法來減振，因此本實驗的隔層都是加在振動處下方為主。
- 2.為模擬常見振動的來源，小學生的日常總是聽見樓上班級的拖拉桌椅換座位的聲音，樓上掉落重物的巨響，以及跳動的阿嬤家傳統洗衣機，和馬路施工中的電鑽聲震耳欲聾令人煩躁，而以重力球綁線連接重物，來模擬平行托拉力的摩擦振動，樓上重物往地上掉落東西的撞擊力，以及使用家庭常用工具電鑽來鑽木板的扭力，實驗前重物重量經實驗多種重量後才確認其音量。
- 3.為加在天花板上選擇隔層材質時，考慮需重量輕且安全的材質，以及聲音在氣體和固體間的傳導及吸震作用，而選擇了充滿空氣的氣泡袋，和可用在沙發的高密度泡棉，和高密度保麗龍來進行比較。
- 4.關於振動的水平位移要考慮物體本身的重量和距離振動源的同心圓 360 度都須量測到，此次以單擺的擺盪水平距離來量測，若要更精準的數據，希望下次能在進化修改實驗量測器。

陸、結論

- 1.樓上平行拖拉力產生的振動較易導致樓下產生水平位移，且越重的重物也易產生較大的位移。有無加隔層時在 4000Hz 附近達 85~86 分貝上下均超過分頻噪音，加了隔層後的最大分貝均比未加隔層減低，顯示加隔層有助於減震，其中氣泡袋和高密度泡棉減少了 4 分貝，以高密度保麗龍板減少了 6.1 分貝使音量降低最多。
2. 重物 267g、325g、383g 垂直落下碰觸地面造成振動的音量，最大分貝數大於 85 分貝以上，3 個不同重量在 4000Hz 附近也量測到 85 分貝以上，已超過 4000Hz 的分頻噪音 40dB 的標準，顯示若樓上有垂直落下重物造成的振動，對樓下來說也達到須戴耳塞的不適音量大小。加隔層後比較，以最大分貝數來看，使用高密度海綿和高密度保麗龍均可以降低音量，高密度保麗龍降低 2.2 分貝，高密度海綿降低 4.7 分貝，但氣泡袋卻使音量再增加 3.5 分貝，無法達到減少震動的音量。
- 3.電鑽為最高速達每分鐘最高 3000 轉和低速運轉比較，最大分貝值和 4000Hz 附近的分貝值均為高速運轉大於低速運轉，分貝值在 84dB 以下，而低速運轉有時達 73 分貝左右，但施工時都會高速低速交替使用，若是作用在水泥上，造成振動可能更大導致音量增加，對樓下的音量影響更大。加隔層後，高密度海綿和氣泡袋其音量的大小比未加隔層時還大，但隔層選用高密度保麗龍，則可減少 3.06 分貝，另外這 3 種材質都有效降低 4000Hz 附近的分貝數，其中以海綿降至 76.14 分貝最佳。
- 4.當隔層直接加在振動層和加在振動層下方，以及上方下方均加來比較得知，由高密度保麗龍的最大分貝數來看，可得知隔層加在振動木板上方，減少 1.4 分貝，隔層加在振動木板的下方可減少 3.06 分貝，而隔層加在上方下方時，可以減少 3.08 分貝，且加高密度保麗龍當隔層，不論加在上方、下方或上方下方兩層，都能有效將 4000Hz 附近的分貝數降低至 76 分貝以下。本實驗證明若自行天花板加裝隔音層也能有效降低振動帶來的噪音分貝值。

柒、參考文獻

- 1.張淑如 于台珊 張欽然 唐進勝 何俊傑 謝淑婷 物理性危害
2. 國立臺灣海洋大學 系統工程暨造船學系 振動噪音工程研究中心 振動與噪音名簡介
<https://se.ntou.edu.tw/p/412-1058-10795.php?Lang=zh-tw>
- 3.張宏偉 湯豐誠 (2019) 職業性聽力損失診斷認證參考指引
- 4.徐廷珪 聲學上幾個常用的指標 <https://www.noise.com.tw/-----html>

5.劉翠鵑 蔡志申（2011）聲音的共振-共鳴（Acoustic Resonance）

6.陳正平（2014）淺談結構物之振動

<http://www.twce.org.tw/modules/freecontent/include.php?fname=twce/paper/939/7-1.htm>

7.【聽見地球的脈搏-三軸地震儀的自製分析及應用】新竹市第四十屆學年度中小學科展作品
地科