

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

040807

神祕的大鋼球

學校名稱： 國立臺南第二高級中學

作者： 高二 鄭竣遠 高二 黃俊皓 高二 李殷碩 高二 王經勝	指導老師： 張瓊音
---	--------------

關鍵詞：阻尼器、阻尼震盪

壹、 摘要

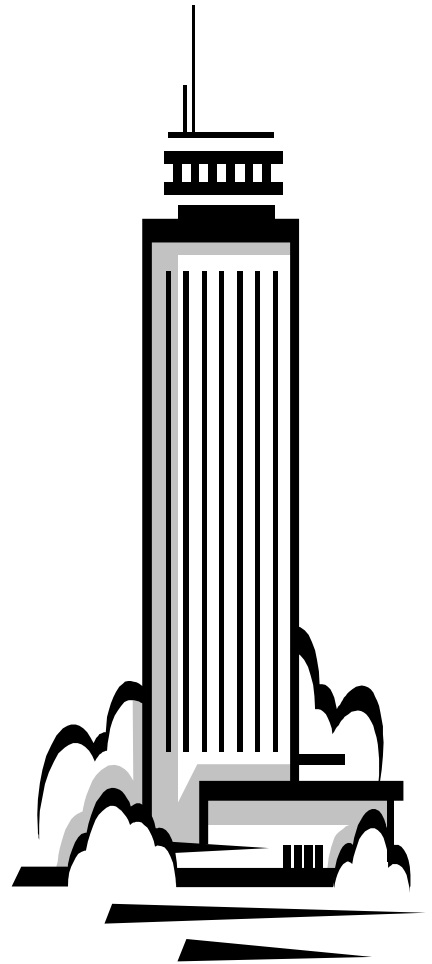
當人們把建築物加高時，漸漸了解只靠強化房屋的結構並不足以抵抗強風的破壞。此時，阻尼器就誕生了，阻尼器能夠有效減緩房屋的搖晃幅度，可以避免強烈搖晃使房屋結構遭受破壞。

我們的研究主要是探討阻尼器對大樓晃動降低的成效，並改變各種變因來得到阻尼器最有效的形式。常用的阻尼器分為三大類，分別為被動式阻尼器、自動式阻尼器及半自動式阻尼器。在我們實驗中即利用被動式阻尼器及半自動式阻尼器兩種來作模擬，並以自製模型大樓作測試。

實驗結果發現阻尼器的確可以有效降低大樓晃動情形，且因阻尼器形式不同，而有不同程度的減震效果。半自動式阻尼器比被自動式阻尼器中的風阻尼器與液態阻尼器瞬間降低大樓晃動效果來的好。而在半自動阻尼器實驗設計方式與正式規格不同，而造成大樓晃動時間稍微延長。

貳、 研究動機

在101大樓完工後，我們看了101大樓的簡介，裡面提到了許多在世界中數一數二的東西。如：世界最高的建築物、世界最快的電梯、世界最大的風阻尼器。阻尼器是什麼？阻尼器有什麼用處？我們題目所指的神祕的大鋼球就是阻尼器的一種，而阻尼器的神祕在於它可降低震動幅度，用在建築物上便可降低地震或颱風帶來的破壞。因此我們對於阻尼器能夠消震的能力更加感到好奇，於是我們找尋了相關的資料，並做進一步的研究及探討。



參、 研究目的：

- 一、 阻尼器的功能與種類。
- 二、 阻尼器對大樓的影響。

肆、 研究設備及器材：

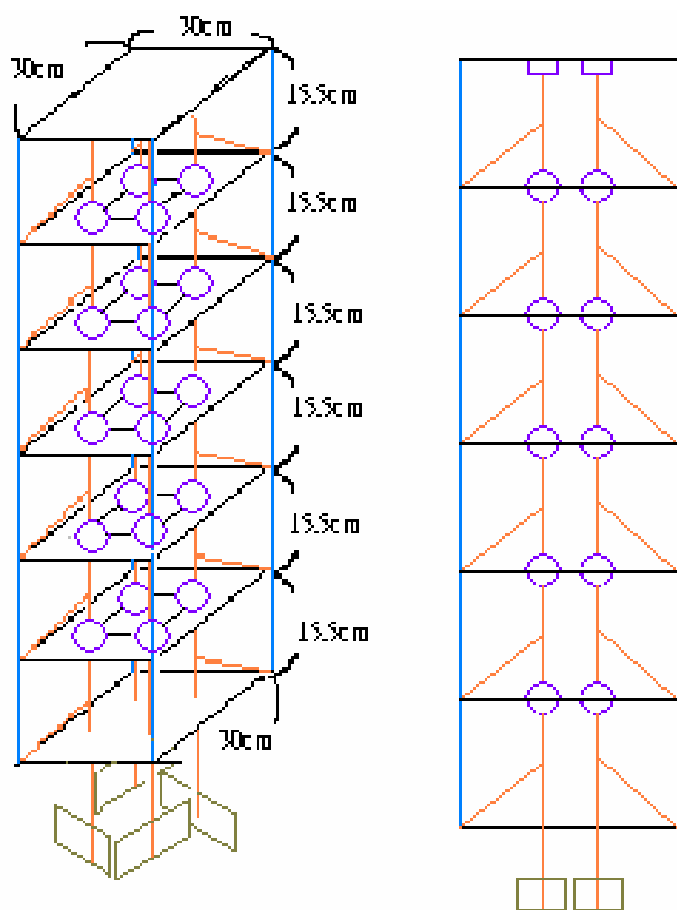
- 一、 自製大樓模型
- 二、 自製球型阻尼器
- 三、 自製液態阻尼器
- 四、 自製半自動阻尼器
- 五、 自製地震測量儀器

伍、 研究過程及方法：

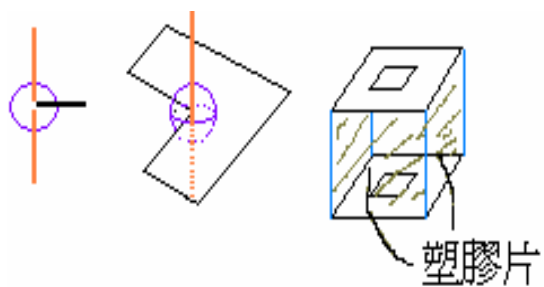
我們找尋各方面的資料，並了解阻尼器的用途與構造，以及對大樓的影響。經過討論，我們以阻尼器對大樓的影響為方向，擬定一個模擬的實驗。實驗主要是把阻尼器裝置於模型大樓中，再把地震測量儀器放在模型大樓頂端，對大樓施以一外力造成一瞬間加速度，並透過地震測量儀器觀察阻尼器對大樓阻尼震盪的效果。

一、 方形大樓模型的製作：

由於我們對模型大樓構造並不熟悉，所以我們先找與大樓有相關的資料做為參考，最後決定的大樓模型是參考懸臂樓板結構，並畫出下面的設計圖，再將其製作完成。如圖 1



此方形大樓重 3.89 kg、高 92.30 cm，全長+地基 97.30 cm



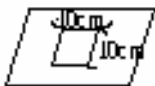


- — 保麗龍球 (半徑3cm)
-  — 厚紙板(0.2cm) + 2*30cm的四塊厚紙板為繞四周
-  — 竹籤(0.5cm)
-  — 塑膠片(0.05cm)

圖 1

二、地基，地層的製作：

因為建築物的結構還包括地基，於是我們設計了地基並製作一個模擬的地層。我們利用厚保利龍當作地層的材料，並且在兩塊厚保利龍中間夾厚紙板當作地層。而我們之所以用厚保利龍當作地層的材料是因為保利龍有我們要的厚度。再來把竹籤和塑膠片結合成地基，竹籤的兩面黏上平面的塑膠片，是為了加大竹籤和厚保利龍之間接觸面積，然後以和邊呈現夾角約 45° 。垂直插入地層。用來節省地基的數量以及避免左右或者前後的搖動。在製作的過程中我們全部皆用快乾膠做為固定，再用白膠黏著補強。

如圖 2。

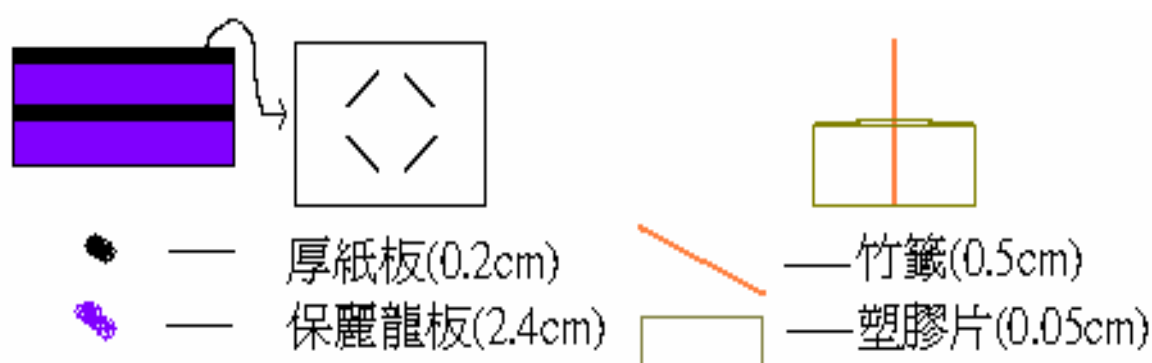
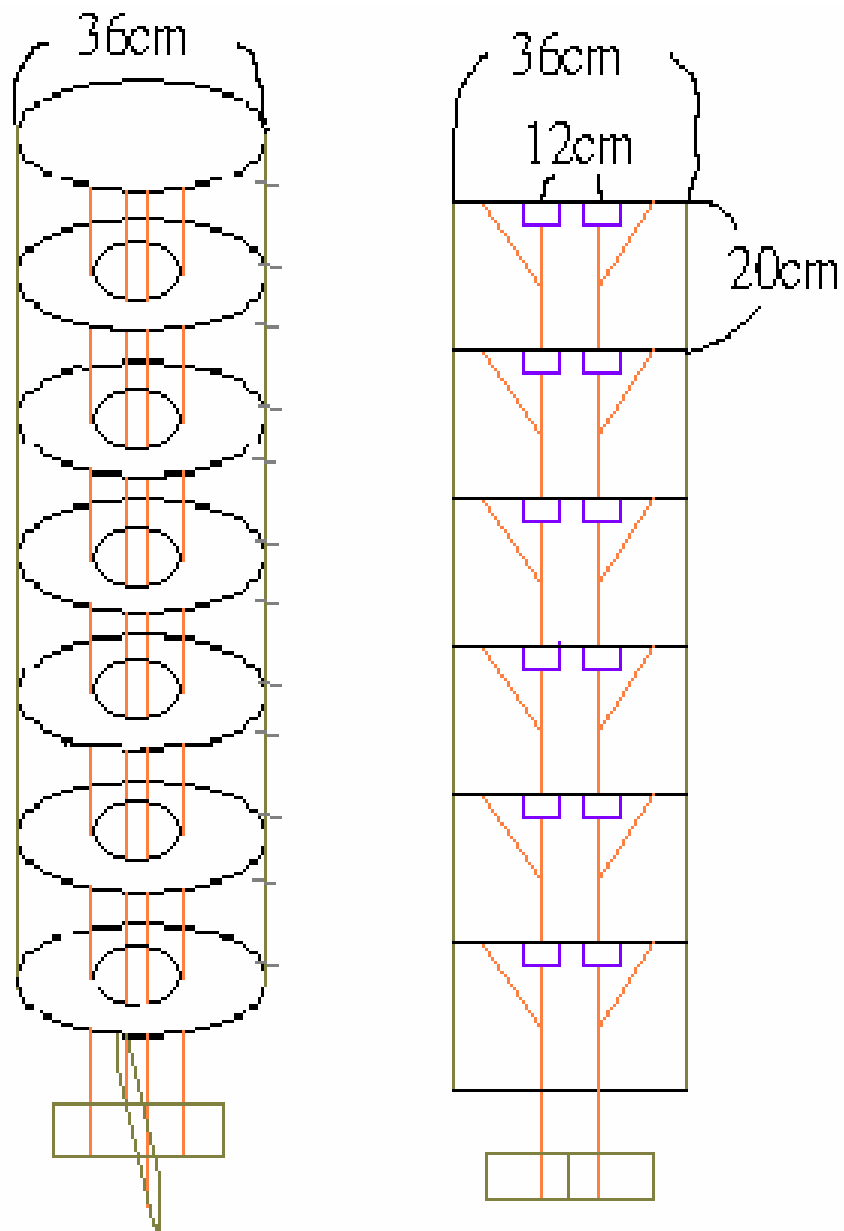


圖 2

三、圓形大樓模型的製作：

但是後來我們發現，此模型大樓的地基不夠穩固，而且大樓因層與層接觸角度不是呈現完美的直線，有傾斜過大的現象。於是我們為了克服這個缺點，在大樓模型的設計做了部份的修改，再加上現今的大樓為了避免受到強風吹襲所造成的破壞力，而把大樓的外觀設計成可以減少風阻的圓形。於是我們又把大樓改成圓柱型的設計，主要是因為圓形可以將風導向旁邊，減弱風的阻力。其中，外圍的塑膠片因為沒有可以大到能夠圍住我們所做的圓形建築物，所以我們把它分成兩大片來包圍。我們把圓形模型大樓的支撐的柱子採用一體成型和前一棟大樓每一層四根不一樣，這樣可使建築物更加穩固。但因為柱子是一體成型，所以我們把向下斜撐的竹籤方向改成向上。把保麗龍球換成保麗龍塊，因為原先保麗龍球是用來連接樓層與樓層之間的柱子，但因柱子是一體成型，所以已經沒用了。接著我們把固定地基的方式也改變了，使它與地層之間的接觸面積加大。

如圖 3



37

此圓形大樓重 5.00 kg、高 109.20cm，全長+地基高 118.40 cm。






-  —— 厚紙板(0.2cm) + 2cm寬的一片厚紙板為繞四周
-  —— 竹籤(0.5cm)
-  —— 塑膠片(0.05cm)
-  —— 保麗龍(2.8*5*5cm)
-  —— 棉線

圖 3

四、 阻尼器的製作：

懸吊球形組尼器是以現在流行的扭蛋殼(一種塑膠製的似圓形殼子) 作為阻尼器的外殼，主要是因為不容易取得一個圓形，且有洞可以綁線的實心物質（而且要重） 所以我們把銅粉填滿扭蛋殼（重約 500 g ），在這之前我們是使用黏土做填充材料，但後來卻發現粘土乾後會失去水分而造成體積縮減，無法填滿整個扭蛋殼。而且粘土乾後，黏土對扭蛋外殼的附著性不強，所以才沒選用較易填滿的黏土。況且銅粉的密度比黏土還來的高，在同樣的體積下，用銅粉裝的也比較重，因此選用銅粉填充是較好的選擇。

如圖 4

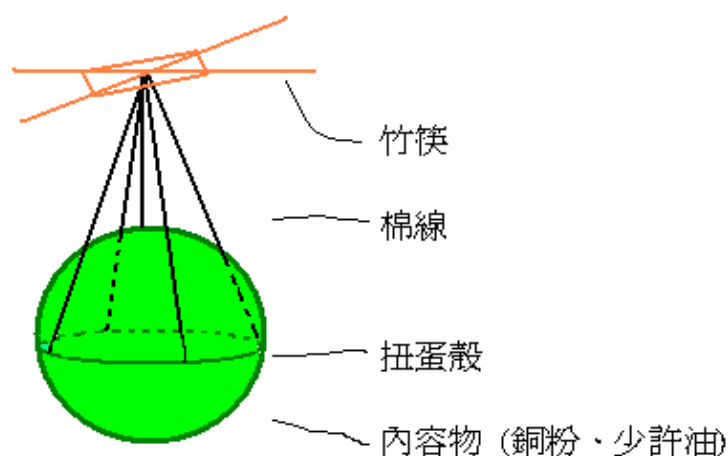
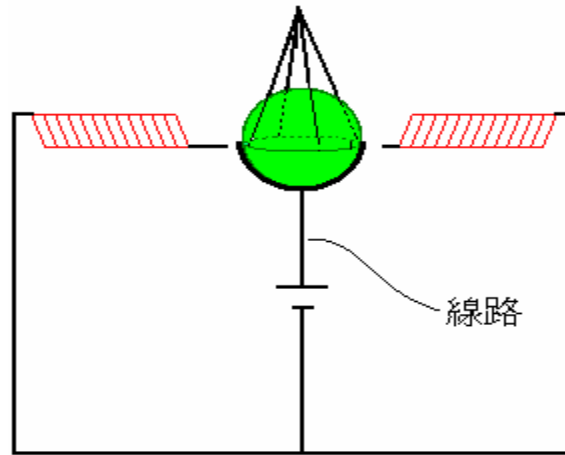
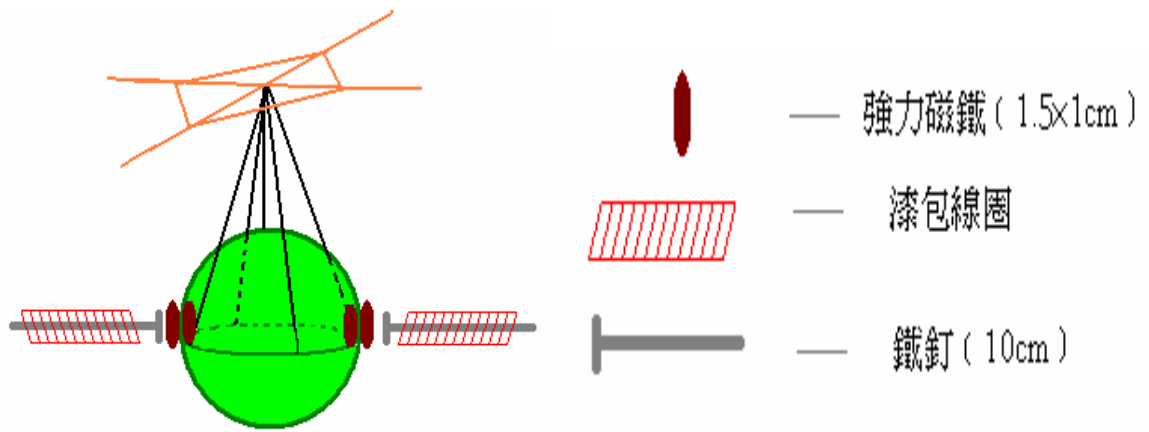


圖 4

五、 半自動阻尼器的製作：

半自動阻尼器是介於主動式和被動式之間的阻尼器。我們先將在阻尼器相對的兩側各放兩個強力磁鐵吸附，並在模型大樓內放置兩個電磁鐵（位於相對位置，一左一右）。當阻尼器偏向其中一邊時，會將偏向那邊的電路接通，產生磁力造成吸力，影響阻尼器的晃動。如圖 5

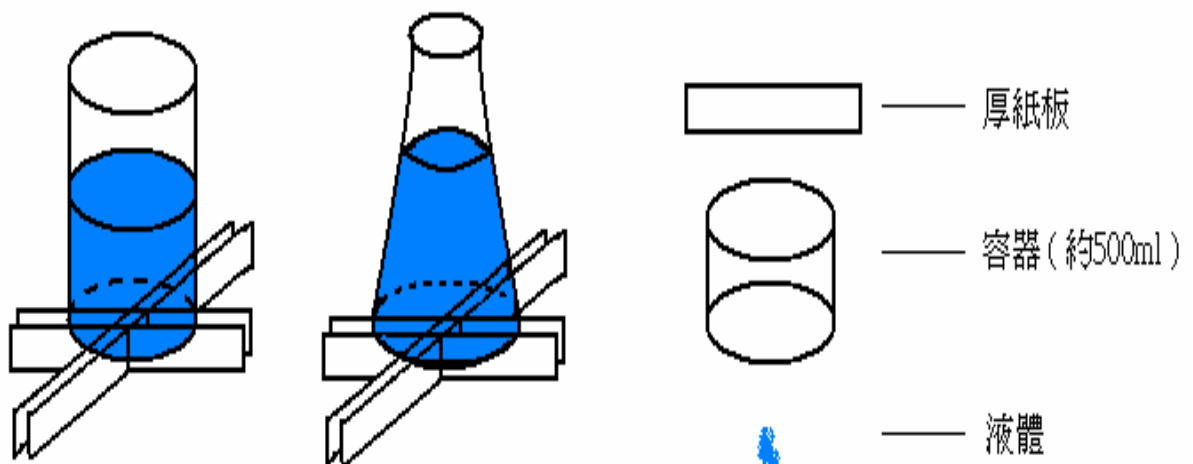


0.5 kg

圖 5

六、液態阻尼器的製作：

利用圓柱形和錐形容器裝同量的水，輪流放在最高層樓，比較彼此影響大樓晃動的差異。如圖 6



0.5 kg

圖 6

七、 地震測量儀器的製作：

我們以馬達來拉動紙條，吊起重物並在重物下方加上探筆，來畫出振動的波紋，並且用此推測球型阻尼器對大樓晃動的影響程度。測量器是利用晃動時，當整個測量器包括紙一起晃動時，而懸吊的重物因慣性而不動，使的探筆記錄下振波。但會因為摩擦力及其他因素使之較不準確。如圖 7 圖 8

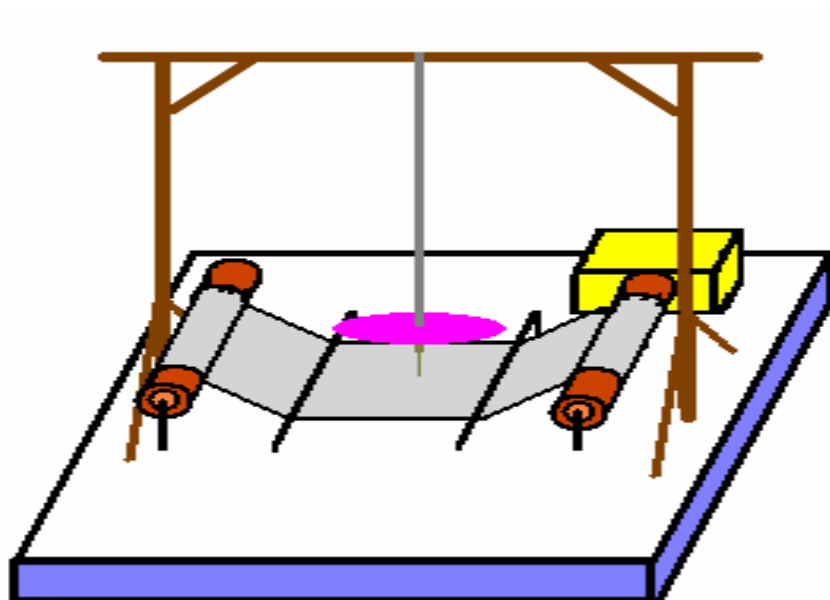
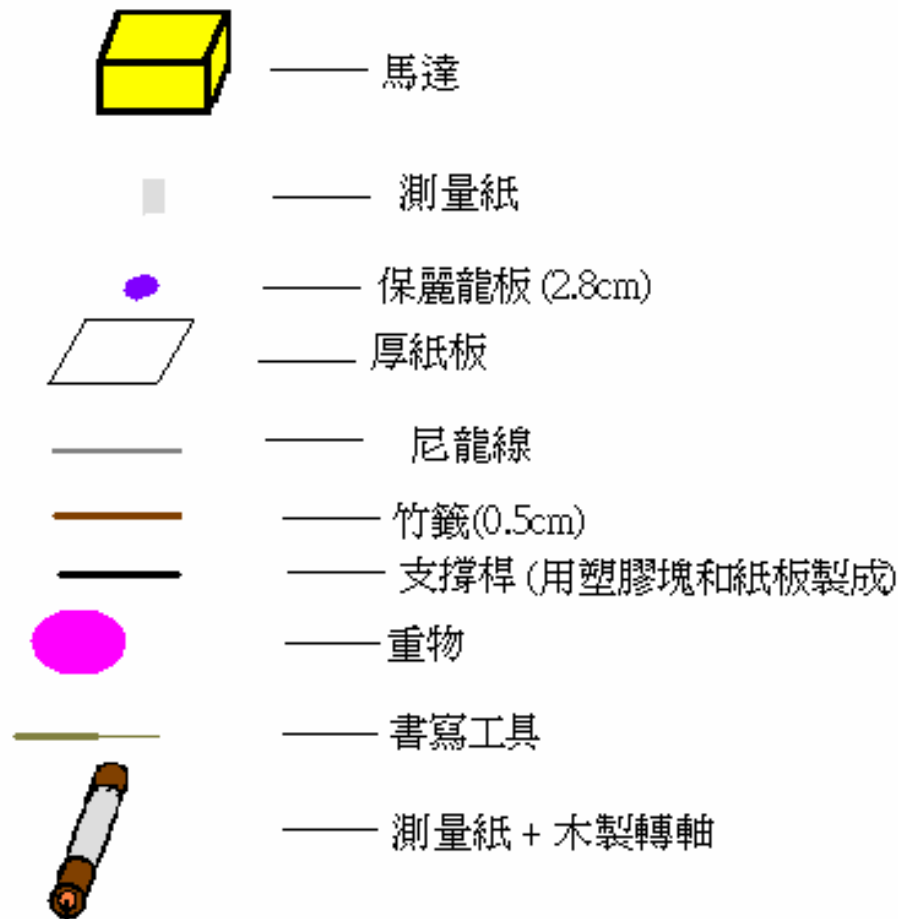


圖 7



測量器重 0.21kg

圖 8

八、 實驗準備及過程

實驗前準備：我們先利用風速器和整流器等儀器，測出我們所使用電風扇風速〈風速約時速 13 公里〉利用風扇、整流器和晃動測量器測出大樓沒加裝球形阻尼器所晃動的數據，但因為晃動數據太微弱，再加上我們製作的測量器精密度不夠，使得數據不夠明顯。於是我們利用做鉛直面圓周運動的重物，使模型大樓受一瞬間加速度，而造成震動〈撞擊力 $0.52 \text{ kg} \pm 0.01$ 〉並且為了使各樓層重量平均，所以在樓層的四周加上 100g 法碼〈假始沒有加上法碼會影響到大樓結構穩定度〉

實驗一：本實驗是測量球形阻尼器懸吊方式是否會影響大樓晃動的程度。我們使用 18cm 的懸吊線長度，並且把球形阻尼器懸掛在最高樓層。再分

別用兩種懸吊方式，測量大樓的晃動程度。其一是以四條線接在球形阻尼器的四周，其二是以一條線接在球型阻尼器的頂端，最後推得球形組尼器的懸吊方式對大樓晃動程度的影響力。

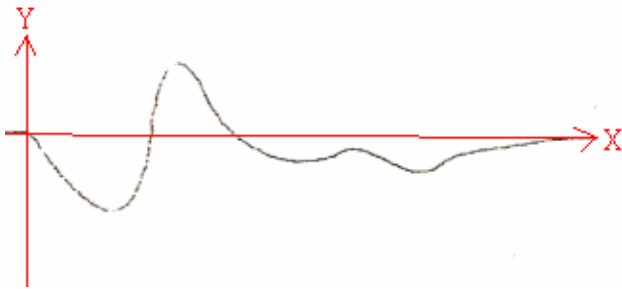
實驗二：本實驗是測量液態阻尼以及它的形狀是否會影響大樓晃動的程度。我們使用圓柱形和圓錐形兩種形狀的裝水液態阻尼，分別放進最高層測量，並推得液態阻尼形狀對晃動程度的影響。

實驗三：本實驗是測量自製的半自動阻尼器是否會影響大樓晃動的程度。我們將自製的半自動阻尼器放置在最高層樓，懸吊長度 18cm，並推得自製的半自動阻尼器對晃動程度的影響和前面的實驗一、二有何差別。

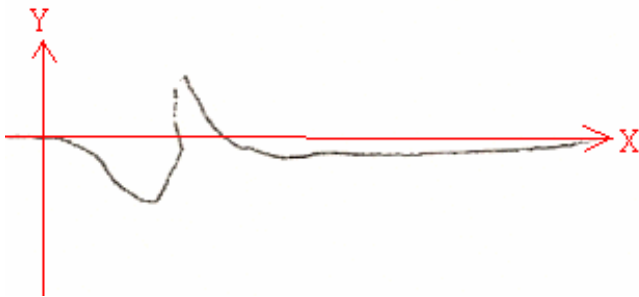
實驗四：本實驗是測量球形阻尼器的懸吊線長度是否會影響大樓晃動的程度。我們採用四條線的懸吊方式，並且把球形阻尼器懸掛在最高樓層。再測量懸吊線分別為 12cm、15cm、18cm 長度時，大樓的搖晃程度，並推得球形組尼器的懸吊線長度對大樓晃動程度的影響力。

實驗五：本實驗是測量球形阻尼器所懸吊樓層的高低位置是否會影響大樓晃動的程度。我們使用 18cm 的懸吊線，採四條線的懸吊方式，在測量球形阻尼器分別掛在 1、3、5 層樓時，大樓的搖晃的程度，並推得球形阻尼器的位置對大樓晃動程度的影響力。

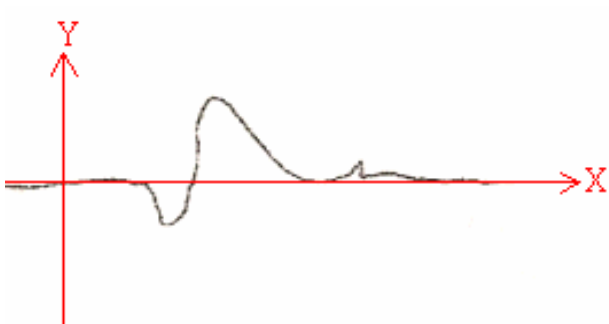
陸、 實驗結果



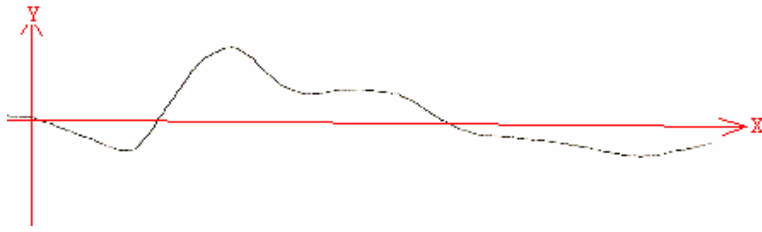
此圖為模型大樓受力後的振紋



此圖為阻尼器（五線懸吊，線長 18 cm，吊在五樓）懸吊模型大樓受力後的振紋



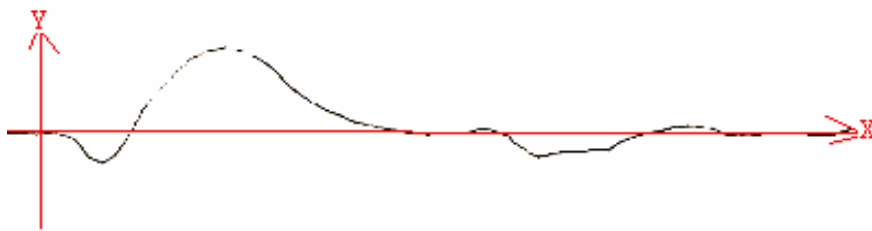
此圖為阻尼器（一線懸吊，線長 18 cm，吊在五樓）懸吊在模型大樓受力後的振紋



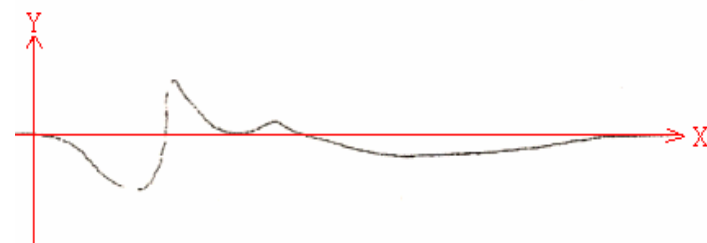
此圖為圓柱形液態阻尼器（總重約 500g，放在五樓）放在模型大樓受力後的振紋



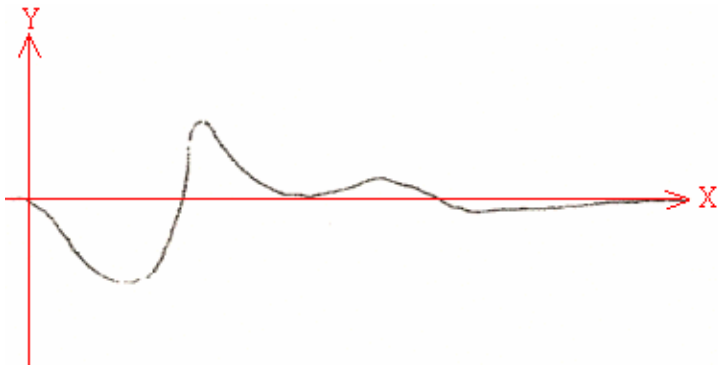
此圖為圓錐形液態阻尼器（總重約 500g，放在五樓）放在模型大樓受力後的振紋



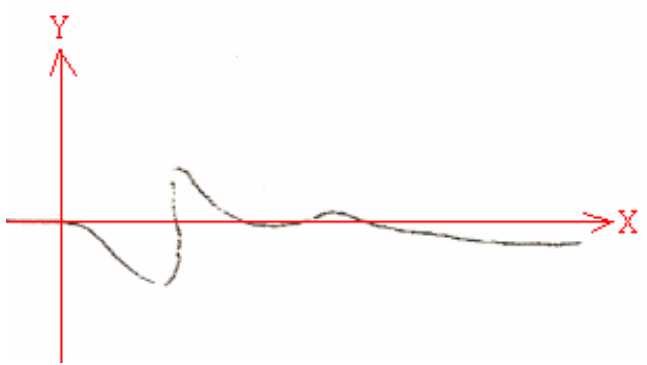
此圖為自製的半自動阻尼器（總重約 500g，吊在五樓）懸吊在模型大樓受力後的振紋



此圖為阻尼器（五線懸吊，線長 18 cm，吊在三樓）懸吊在模型大樓受力後的振紋



此圖為阻尼器（五線懸吊，線長 18 cm，吊在一樓）懸吊在模型大樓受力後的振紋



此圖為阻尼器（五線懸吊，線長 15 cm，吊在五樓）懸吊在模型大樓受力後的振紋



此圖為阻尼器（五線懸吊，線長 12 cm，吊在五樓）懸吊在模型大樓受力後的振紋

柒、 討論：

在實驗一、二及三裡，我們主要是用來比較各種組尼的效用。在實驗一中，同時還包括阻尼器的懸吊方式的變因。結果用單線懸吊球形阻尼器比較能大幅減低大樓模型受到的衝擊，它可以在一開始有效吸收衝擊的能量，但是穩定度低，因為阻尼器晃動的幅度較大，實際上可能破壞到大樓。以四條線接球形阻尼器的四周圍，一條接球形阻尼器的頂端方式懸吊，當大樓晃動時，減震效果較一條稍弱，但是震盪幅度較小，但穩定度較高。

而實驗二的半自動阻尼所卻沒有達到理想的程度，實驗的結果沒有明顯的影響，或許是我們製作的半自動組尼器磁力不夠造成成效不大。在液態組尼的實驗證明了液體的干擾有消能作用的，雖然圓柱形和圓錐形容器的結果差不多（圓錐形稍較佳），不過我們認為有可能是測量器不夠精準的問題。其實容器可用上寬下窄、上窄下寬、以及粗細一致的形狀，現在大部分的水塔都是圓柱形的，如果用其他形狀（如圓錐形）那除了可儲存水外也可以有更有效的消能力。

接著在實驗四，我們藉由改變阻尼器的高度，發現球形阻尼器懸掛在最高層較明顯的影響。掛在一樓幾乎沒差，但在五樓卻大幅的降低晃動。

最後我們完成的實驗五是把球形阻尼器懸掛在最高層樓，並改變吊線的長度，從 1 1、1 3 到 1 5 cm 長。結果比較出來在 1 3 到 1 5 cm 時有較佳的效果。

捌、 結論：

任何地震消能裝置在實務應用前應進行試驗驗證，一般採用的測試方法包括元件測試與地震性能測試來評估功能與特性。元件測試可了解阻尼器的非彈性行爲，而耐震性能測試則可驗證阻尼器在真實地震條件下的可行性與有效性，其中振動台試驗則爲最具說服力的一種方式。但我們做的模型因爲過小而不適用於那種大型的振動台，爲了要模擬地震，我們利用鉛直面圓周運動給大樓施一道力，使其產生一瞬間加速度。雖然自製的測量器不夠精準，但利用此種方法所做的實驗數據也略顯示阻尼器在不同情況的減震效果，況且我們的大樓因爲材料種類、大小…等和現實的有所差距，所以我們做出的結果只能顯示不同阻尼對大樓晃動影響的程度。事實上，阻尼器的種類很多，有像 X 型的阻尼器以滯黏性物質吸收能量，類似油壓。但受壓時，滯黏性物質會放熱，把動能轉換成熱能。另外有主動及半主動阻尼器，那是以電腦控制，能和一般懸吊阻尼有相等效用，但重量卻很輕。還有結構複雜的液態黏滯性阻尼，雖然無法對非常劇烈的晃動造成有效的阻尼震盪〔因爲部分能量轉變爲熱能，造成溫度劇烈改變，影響到黏滯物質黏滯效果〕，但因爲造價便宜很受到建築師的青睞。不同種的阻尼器用於不同的位置，因此一棟好的大樓可能需要很多種的阻尼器。一般較高的大樓才會用到風阻尼器，這種風阻尼器可降低高樓在高空中受到風吹所造成的晃動，較低的建築物則會採用 V 型阻尼器。在實驗後我們也發現，其實我們住家的水塔也有阻尼的效用，類似於液態阻尼。因此在一般小型地震對住家的影響不是很大，我們推測部份能量被水塔消耗去了，但這個影響很小，大多數都由結構消耗掉，可是我們仍認爲這個影響可列入精密測量的考量內。而我們做的半自動阻尼則是利用磁力減緩大樓晃動效果。雖然有時候會感應不良，但次數很少。利用磁力來造成阻尼效果，其實早被建築師所利用，他們利用電磁感應的方式，隨心所欲地掌控「結構控制系統」中流體的軟硬度，減少大樓的晃動。所以爲了建出更高、更堅固、且更安全的大樓，阻尼器是必要的。因爲強大颱風、地震是不可避免的。尤其是半主動阻尼器，因具自動式阻尼器和被動式阻尼器的優點，現在科學界正在努力地創造改良。

玖、 參考文獻及其他資料：

一、 參考書籍

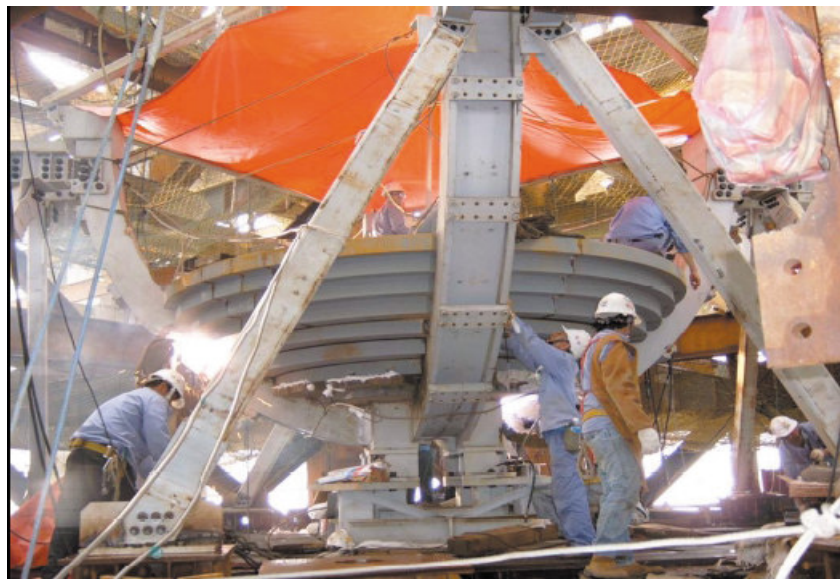
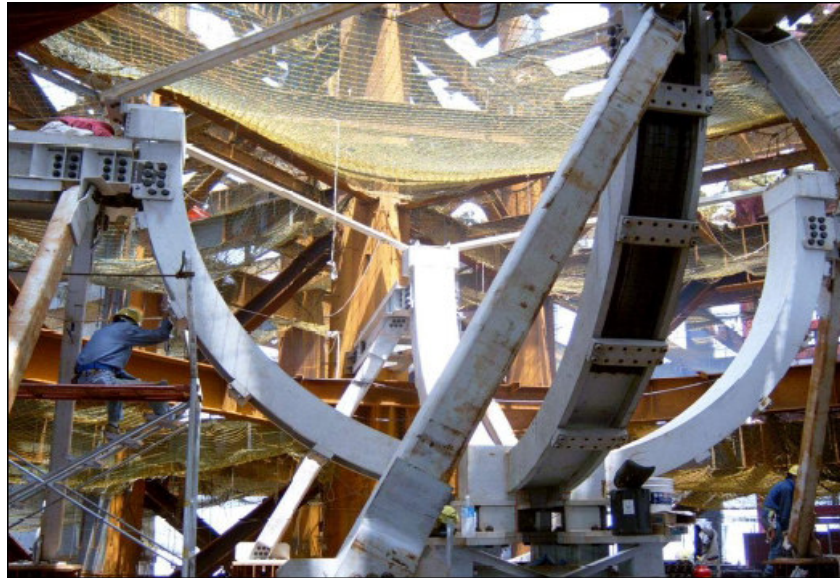
- 〔一〕 劉德慶－高級中學基礎地球科學－南一書局出版－P.58、P.60~62、P.110~113—2004/8
- 〔二〕 許茂雄－建築物－中興工程基金會出版—P.9~P.33—2001
- 〔三〕 蔡克銓－耐震、減震與隔震結構設計－中興工程科技研究發展基金會出版—全書 P.1~P.44—2001 年
- 〔四〕 E.Richard Churchill (譯者：林佳蓉)—365 個簡單有趣的科學遊戲—方智出版—1999 年 06 月 01 日

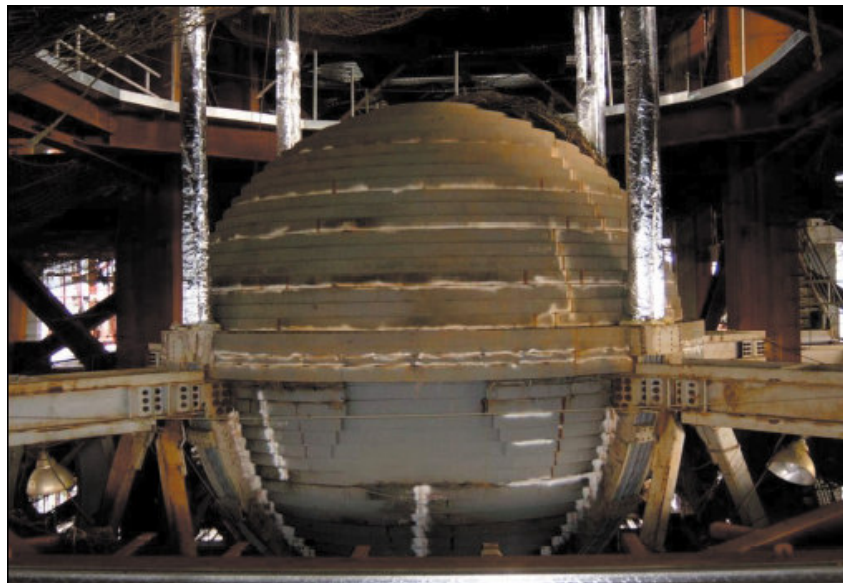
二、 網路資料：

- 〔一〕 www.nsc.gov.tw/files/popsc/2004_18/9302-50-55.pdf (一般報導 玉樹臨風 穩如山「台北 101」)—2004/2
- 〔二〕 <http://www.epochtimes.com/b5/4/12/28/n762279p.htm> (台北 101 觀景台一月開放 將增加購物人潮)—2004/12/29
- 〔三〕 <http://www.sciam.com.tw/circus/circusshow.asp?FDocNo=581&CL=9> (建築的吸震裝置)—2004/11
- 〔四〕 [www.nttu.edu.tw/physics/實驗物理/RLC 振盪電路.pdf](http://www.nttu.edu.tw/physics/實驗物理/RLC%20振盪電路.pdf) (阻尼震盪)
- 〔五〕 www.nsc.gov.tw/pub/yearbook/yearbook92/main/4/4-4.htm (防災科技)
- 〔六〕 <http://www.radas-mfps.com.tw/index2.htm> (隔減震有限公司→防震觀念、研究分析、產品介紹、工程實務)
- 〔七〕 <http://www.quake-tech.com/test1.htm> (震技工程→設計解說、案例)

三、 參考照片：

101 大樓阻尼器的圖片(建造過程)



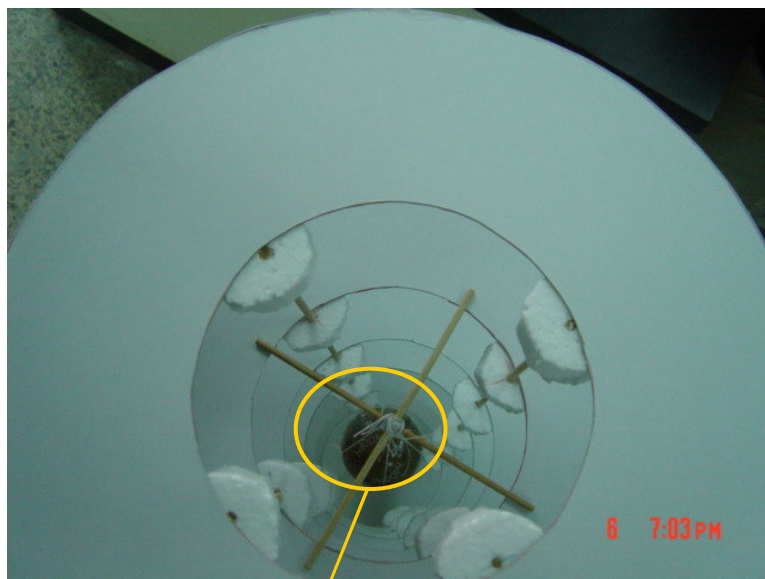


以上取至網路資料〔二〕

阻尼器跟自製阻尼器



倒 v 型阻尼器



懸吊阻尼器

評 語

040807 神祕的大鋼球

本作品設立模型研究不同形式的阻尼器，和配置位置對大樓防震的影響，極具研究精神，惟模型的建立應考慮實物和阻尼器的比例，此外本實驗引發震動的方法來模擬風力和地震引起的震動不甚恰當，且地震測定儀的靈敏度宜再提升，可以增加測量的準確度，使作品更具說服力。