

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 地球科學科

第二名

030508

啃山林不如與海爭地—浮屋的研究

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者： 國一 黃琬庭	指導老師： 賴月琴
---------------	--------------

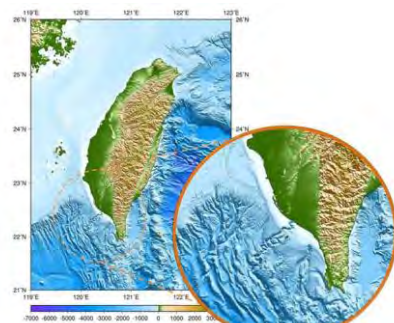
關鍵詞：浮力、加速度、

Vibrometer 及 Mobizen 的 App 軟體

摘要

臺灣是海島型的國家，位居於亞熱帶，大氣環流所帶來的豪大雨、淹水、土石流之災情可不小！加之西南沿海地層下陷，受水患之苦更甚，我們為什麼不仿效荷蘭在沿海之地建浮屋以解地狹人稠，無居而嗜山林之苦？

我們模擬第一代浮屋遭受到強浪、海嘯、豪雨等破壞能量源，第二代浮屋模擬環島地形深淺不一的穩定度試驗，由下載的振動 App 軟體 Vibrometer 及 Mobizen Screen Recorder 螢幕畫面錄影程式，記錄浮屋受浪衝擊下的加速度值及晃動至復原穩定的時間比較，浮屋確實可為本國居屋之考量，希望我們的研究能引起政府營建課等相關單位及建築業界的注意，讓所有在土石流警界區、地層下陷區的國人永遠脫離水患之苦吧！



資料來源：MOST 科技部海洋學門資料庫 (ODB)<http://www.odt.ntu.edu.tw/>

一.研究動機

因地球週期性自轉速度減緩...「2018 天搖地動？戊戌年恐遇強震水災...」，真是令人驚恐啊！那我就來好好研究與「強震及水災」相關的議題吧！

我參考了本校歷屆的科展作品，去年本校研究與地震相關的作品，但完全與水災議題並無相關，我們很仔細的搜集全國歷屆資料，再與老師討論，最後我們決定跳脫地平面，往內太空—「海平面」方向發展，於是浮屋主題便呈現了，要完成的探究實驗相當的多，我要好好加油了！

二.研究目的

- 1.浮體的理論探究與自製多邊形柱體的浮沉情形比較
- 2.基本建材的認識及自製輕質多孔性建材的實作及強度、抗壓、耐火程度試驗
- 3.第一代浮屋的製作及穩定度實驗設計
- 4.第二代浮屋的製作及穩定度實驗設計
- 5.浮屋在不同深淺水域的穩定度實驗

三.研究設備器材及藥品

(一)自製多邊形柱體

回收的雙波浪板的紙箱、直尺、量角器、剪刀、膠帶、無水原子筆、回收無色透明塑膠袋、500 g 砝碼、砂土、秤、透明水槽

(二)自製輕質多孔性建材

石膏、水泥、陶土、自製多孔性輕質水泥片(回收廢草料和水泥)、多孔性輕質陶土片(廢草料和陶土、板模、棉布、保鮮膜、桿麵棍、鋼尺、布、塑膠刀、剪刀、送去電窯燒製試片、秤、曬乾的廢草料

(三)第一代浮屋的製作及穩定度實驗

- 1.模型屋部份：橡皮模、石膏粉、小刀、回收分類彩色粉筆磨成粉末(有硫酸鈣及碳酸鈣成份)、水泥、陶土、乾草料、剪刀、自製石膏粉筆片、輕質粉筆草料片、粉筆片、輕質水泥草料片、水泥片、輕質陶土草料片、自組石膏粉筆模型屋(含燈及燈座插頭線)、輕質粉筆草料模型屋、粉筆模型屋、輕質水泥草料模型屋、水泥模型屋、秤
- 2.模型屋浮板底座等部份：回收電器的保麗龍板、尺、膠帶、熱熔膠槍及膠修、A3 護具膠

膜、自製刻度紙尺、塑膠繩、自製重錘(陶土、水泥、粉筆粉等混合廢料做成的截角五角錐狀固化後以回收塑膠袋及膠帶包裹防水)

- 3.浮屋的環境佈置部份：超大型置物箱、智高積木、海棉拖把、圓形木座、回收紙箱、彈簧、自製斜坡棚架(雙層波浪紙箱片、A3 護具膠膜片及智高積木)、可裝 5L 的水槽、塑膠盆、塑膠篩盆、塑膠量杯



第一代浮屋 測試環境佈置圖



700g 粉筆石膏屋與浮屋底座設計



浮屋的斜坡棚架及模擬豪大雨的設計，可使雨水快速流至大水槽內

以 App 軟體測量浮屋的晃動時間與加速度變化值

(四)第二代浮屋的製作及穩定度實驗

1.第二代浮屋的環境佈置部份

- (1)葫蘆墩圳洗衣塘水深 30cm(左圖一)，經兩次實地勘察，均因水濁及水流速較大而不適進行模擬淺水區及臺灣西岸大陸坡地形，只好以 159cm*159cm*50cm 的戲水泳池(右圖二)進行實驗，造波浪則以智高積木自組倒水裝置以形成水波(如圖三)，以模擬形成的水浪可移動至淺水塘內浮屋的來回水域。



- (2)以水深 90cm 高的游泳練習池(如圖四)進行模擬臺灣南部的深水區地形浮屋實驗，造波浪方式與淺水域造波方式不同。



- 2.十二座第二代浮屋模型設計(如圖二、四)：18、24、30、36 cm 直徑的中空圓盤來承載連接水面上巴洛克球形支架及水面下 6、8、10 cm 線段長的多面體支架，水面下以博士膜包覆支架外層，再加上熱熔膠及膠帶補強以防屋體進水。
- 3.模擬沿岸為斜坡的大陸棚水域(如圖五)「斜坡支架轉向 180°即為模擬沿岸為水塘的水域」

(五)資訊設備

電腦 Microsoft Word 2010、Microsoft Excel 2010、智慧型手機、App 軟體【測地震振動程式(1.Max Vibrometer、2.mobizen 3.mobizen- Vibration Alarm)及 Screen Recorder 的 App 螢幕畫面錄影程式】、Movie Maker 影片剪輯軟體

四.研究過程與方法

【研究一】浮體的理論探究與自製多邊形柱體的浮沉情形比較

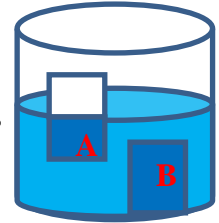
浮體的理論探究

浮力原理，又稱為阿基米德原理，為希臘哲學家阿基米德(Archimedes) 兩千多年前提出，浮力(B)=物體在液體中減輕的重量=被排開的液體體積 V × 液體密度 D。

浮力為液體給予物體向上的力，其單位與力的單位相同，即公斤重(kgw)或公克重(gw)。

• 浮體：如右圖的 A

1. 當物體密度小於液體密度時，物體會浮在液面。
2. 此時物體所受的浮力等於物體的重量，即浮體在液體中的重量為零。
3. 由力的平衡的觀點來看，浮體受有向下的重力作用=浮體在液體中受到一個向上的作用力，兩者合力為零，形成兩力平衡。



• 沉體：如右圖的 B

1. 當物體密度大於液體密度時，物體在液體中會下沉。
2. 此時物體所受的浮力小於物體的重量。
3. 由力的平衡的觀點來看，沉體受有向下的重力作用=沉體在液體中受到一個向上的作用力+杯底支撐沉體的力，三者合力為零，形成三力平衡。

因此，浮屋要在海上漂浮，其含基座之總體平均密度需小於海水密度才行。

自製多邊形柱體的浮沉情形比較

我們想了解，浮屋的建築形體是否也會影響其在水中的平穩性？因此，設計了以下的多邊形柱體的浮沉情形及浮體的平穩度實驗。

模擬浮屋的建築形體設計：

1.計算正多邊形的內角角度

已知公式：正 n 邊形的每一個內角角度為【 $180^\circ \times (n-2) \div n$ 】

計算任意正多邊形的每一內角角度歸納如下表

	計算公式	正 n 邊形一內角角度
正三角形	$180 \times (3-2) \div 3$	60 度
正方形	$180 \times (4-2) \div 4$	90 度
正五邊形	$180 \times (5-2) \div 5$	108 度
正六邊形	$180 \times (6-2) \div 6$	120 度

2.設計的正多邊形柱體之體積

	邊長(cm)	底面積公式	高度(cm)	體積(cm ³)
正三角形柱體	7	$\frac{\sqrt{3}}{4} \times n^2$	30	約 637
正方形柱體	7	$n \times n$	30	1470

正五邊形柱體	7	$\frac{5\sqrt{5}+2\sqrt{5}}{4} \times n^2$	30	2528
正六邊形柱體	7	$\frac{3\sqrt{3}}{2} \times n^2$	30	3819

實驗一、多邊形柱體的浮沉情形比較

多邊形柱體製作步驟：

- 1.在回收的雙波浪板的紙箱上，以直尺畫出 7cm 長的直線，再以量角器畫出 60 度角的連接線，同取 7cm 長，最後將兩段 7cm 長的點連接，形成正三角形。
- 2.在其中一條三角形底邊下，畫出三段連續 30cm×7 cm 的長方形。
- 3.留黏著邊剪下正三角柱體紙片，再以無水原子筆沿著直尺壓線，折出正三角柱體，以膠帶固定後，最後，外層套上塑膠袋包裹底部並貼平柱體備用。
- 4.如上步驟 1 畫出 90 度、108 度、120 度角的連接線，畫出四、五、六段成正四角形、正五角形、正六角形。
- 5.如上步驟 2，在其中一條多角形底邊下，畫出四、五或六段連續 30cm×7 cm 的長方形。
- 6.同步驟 3，依序做出四邊形、五邊形或六邊形柱體備用。

多邊形柱體的浮沉情形比較及平穩度實驗步驟：

- 1.將 500 g 砝碼置於各柱體的底部中心，再於其四周均勻填入砂土共秤重為 600 g、700 g、800 g、900 g 或 1000 g，再各置放於桌面，觀察其是否會傾斜，若不正則調整之。
- 2.於透明水槽內放入半滿的水，將各柱體依序一一測試及拍照記錄其浮沉情形及浮體平穩度比較。

【研究二】基本建材的認識及自製輕質多孔性建材的實作¹⁰

建材基本的認識。參考資料¹⁰

實驗二、製作多孔性輕質水泥片(草料和水泥)及多孔性輕質陶土片(草料和陶土)

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，用塑膠刀切出等段割痕，再以剪刀沿割痕剪下。
- 4.將泥草樣切割成 6cm×3cm×0.5cm 的規格化試片，使其自然乾燥。
- 5.一週後再分組電燒試片為 500 °C、750 °C、1000 °C、1250 °C。

自製輕質多孔性建材的製造過程、強度測試、抗壓測試、耐火程度試驗如附件。¹⁰

【研究三】第一代浮屋的製作及穩定度實驗設計

實驗三、浮屋的製作

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.將美術課石膏粉加彩色粉筆粉、回收分類各彩色粉筆磨成粉末(有碳酸鈣及硫酸鈣成份)、水泥、陶土、等分別加水混合調成膏狀後備用(水泥要現調現灌模)。
- 3.各材料準備灌模壓入剪碎的乾草料並來回抹平之成片狀，使草料成夾心層。
- 4.三天乾燥後拆模成石膏粉筆片、輕質粉筆草料片、粉筆片、輕質水泥草料片、水泥片、輕質陶土草料片。
- 5.除輕質陶土草料對照組外，其餘各試片均組合成模型屋(其中石膏粉筆屋先裝入燈及燈座含插頭線加重)，並各秤重標示如下。









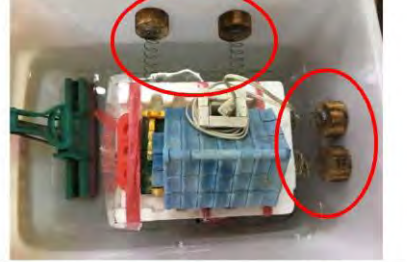
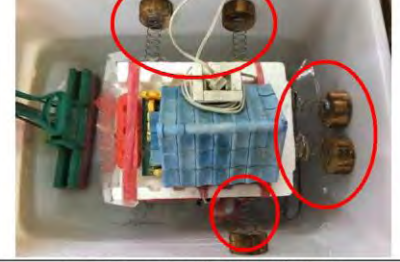



- 8.將模型屋放到回收電器的保麗龍板上，度量尺寸做好標線後，切割成適當大小。
- 9.將步驟 8 的分割保麗龍板以膠帶合體，再將以 A3 護具膠膜做外壁的防水護欄。
- 10.黏貼刻度紙尺於防水護欄中線、左側、右側位置，刻度尺外加膠帶防水。
- 11.將模型屋放到步驟 10 的保麗龍浮板上，觀察入水深度及中線、左側、右側偏差位移。
- 12.保麗龍浮板底座再加保麗龍片及重錘(陶土、水泥、粉筆粉等混合廢料做成的截角五角錐狀固化後以回收塑膠袋及膠帶包裹防水)調整浮屋的重心(以防水護欄中線刻度為 0 及左側、右側高度一致為原則)。

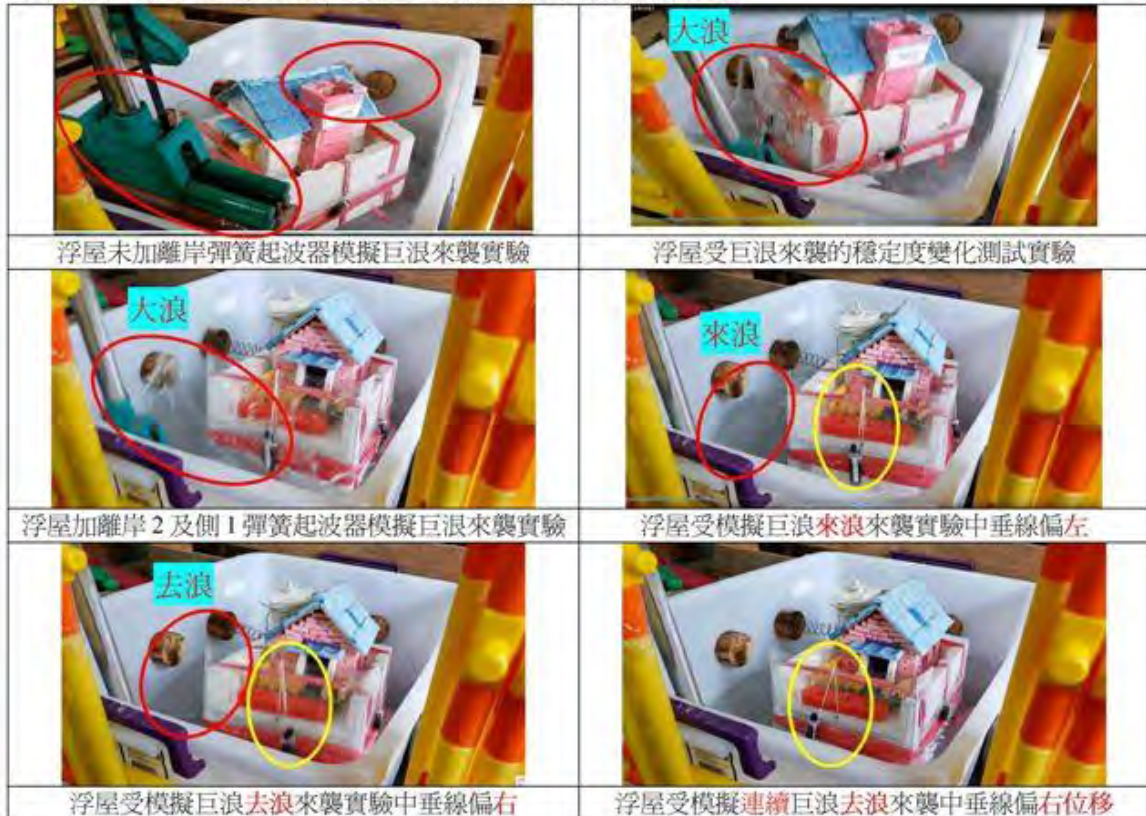
實驗四、浮屋的測試環境佈置(一)

		
<p>第一代無固定位置起波橫架</p>	<p>第一代浮屋測試環境佈置正面圖</p>	<p>第一代-2 浮屋測試環境佈置正面圖</p>
		
<p>第一代-2 有固定位置起波橫架</p>	<p>第一代-3 起波橫架加高度固定座</p>	
	<p>第一代-3 浮屋測試環境佈置正面圖</p>	<p>700g 粉筆石膏屋置於第一代浮屋底座上，且浮屋離岸漂向起波器</p>
		
<p>第一代-2 浮屋底座加適當的浮板以平均底座重心</p>	<p>第一代-2 浮屋底座加離岸彈簧可避免漂離岸邊及緩衝能量</p>	<p>彈簧以熱熔膠一端固定在木底座增厚度、另一端加紙板助黏著力</p>
		
<p>700g 粉筆石膏屋置於第二代浮屋底座上</p>	<p>第一代-2 浮屋底座加離岸彈簧可避免漂離岸邊及緩衝能量</p>	<p>第一代-2 浮屋底座加離岸彈簧可使 700g 粉筆石膏屋平穩於水上</p>

實驗五、浮屋的測試環境佈置及實驗(二)

		
<p>830g 粉筆草料陶土屋置於第一代-2 浮屋底座上</p>	<p>830g 粉筆草料陶土屋亦可平穩於水上未固定於彈簧上則左右偏移</p>	<p>980g 碳酸鈣粉筆陶屋置於第一代-2 浮屋底座上</p>
		
<p>980g 碳酸鈣粉筆陶土屋亦可平穩於水上未固定於彈簧上則左右偏移</p>	<p>第一代-2 浮屋底座加側岸彈簧可避免浮屋左右漂移太多及緩衝能量</p>	<p>浮屋底座未黏上任何彈簧只加截角四角錐柱亦可平穩於水上不漂移</p>
		
<p>700g 粉筆石膏屋未黏上任何彈簧只加截角四角錐柱亦可平穩於水上柱體偏向左側則浮屋亦偏向左側，980g 碳酸鈣粉筆陶屋亦同</p>	<p>中間晃動偏移線應伸長至刻度線下以利於觀測偏移位移</p>	
		
<p>浮屋加 2 個離岸彈簧實驗</p>	<p>浮屋加 3 個離岸彈簧實驗</p>	<p>浮屋加 4 個離岸彈簧實驗</p>
		
<p>浮屋加 5 個離岸彈簧實驗</p>	<p>浮屋加 6 個離岸彈簧實驗</p>	<p>調整水下 4 個重錘線使校準線不偏移且浮屋左右側水下刻度相同</p>

實驗六、模擬巨浪來襲，浮屋的結構及穩定度變化測試



觀測浮屋的中間重錘線刻度偏移、左側或右側入水深度均因時間太短及浮屋震盪快速平穩，目視錄影分格畫面亦無數據化的客觀及精確，我們決定下載 Max Vibrometer、Vibrometer、Vibration Alarm 三種 App 軟體同步測量建物受震能量分析。







實驗七、浮屋的預防豪大雨及海嘯來襲的斜坡棚架環境佈置(三)



實驗八、模擬豪大雨來襲，浮屋的斜坡棚架環境佈置結構及穩定度變化測試

	
以 App 軟體記錄測量 700g 浮屋模擬受豪雨侵襲的 加速度值海嘯 2250mL	700g 浮屋模擬受豪雨侵襲 2250mL 一次倒水量
	
為模擬浮屋受豪大雨侵襲，倒水時需一次對著 過篩盆傾盆而下	700g 浮屋模擬受豪大雨侵襲 3750mL 一次倒水量
	
浮屋的斜坡棚架讓豪大雨快速流至大水槽內	浮屋的晃動一下就平穩了

實驗九、模擬海嘯來襲，浮屋的斜坡棚架環境佈置結構及穩定度變化測試

		
以 App 軟體記錄測量浮屋模擬 受海嘯侵襲的加速度值	700g 浮屋模擬海嘯 2250mL 一次倒水量(無過篩盆)	模擬海嘯的浪高打至浮屋的斜 坡棚架前方屋頂上
		
模擬海嘯的浪高打至浮屋的斜 坡棚架前方屋頂上	模擬海嘯 3750mL 一次倒水量， 浮屋的傾斜角度相當大	模擬海嘯的浪一打完，浮屋就快 速的回復平穩狀態

【研究四】第二代浮屋的製作及穩定度實驗設計

實驗十、第二代水下多面體支架浮屋的製作

步驟：

- 1.以防水厚紙材繪製五角連接器備用。(參考紙箱王多面體燈具製作之裁片)
- 2.將同規格的吸管裁剪成 6、8、10 cm 線段長。(可多利用同規格回收的吸管)
- 3.每 30 個線段長可組合成三邊形多面體球，最後頂部連接器取下成 5 個空心支柱備用。
- 4.以大小圓規在 PP 板上繪出 18、24、30、36 cm 直徑的圓盤，在各圓盤上繪製出各多面體五個支柱的五邊形後，並在圓心再繪出 8.5cm 直徑的圓形，切出中空的同心圓備用。
- 5.在各圓盤的五邊形頂角處鑽出可讓五個支柱穿過洞口的大小，且讓五個支柱呈直立狀。
- 6.以熱熔膠黏貼所有五角連接器、吸管口、各圓盤洞口的縫隙備用。
- 7.每個圓盤洞口塞入同紙杯(上杯口 9cm 直徑、高約 6cm)，比較杯外同排開液重，各圓盤多面體支柱的穩定度。

實驗十一、第二代水上巴洛克球形支架浮屋的製作

步驟：

- 1.以防水厚紙材繪製三角、五角連接器備用。
- 2.將同規格的吸管裁剪成 3、4、5、6cm 線段長。
- 3.每 55 個線段長可組合成多面體的巴洛克球形支架，最後底部五邊形的連接器取下成 5 個空心支柱備用。
- 4.比較 3~6cm 線段長的巴洛克球形所形成五邊形的 5 個空心支柱面大小與水下多面體支架 5 個空心支柱面大小的差異。
- 5.找出適合巴洛克球形支架浮屋的線段長度為 3cm。(使所有浮屋水上支架之控制變因相同)
- 6.與實驗十之水下多面體支架合體共製作 12 座浮屋，再與實驗十步驟 7 相同，比較杯外同排開液重，各圓盤多面體支柱的穩定度。

實驗十二、增加第二代浮屋浮力(排開水面下體積)的製作

步驟：

- 1.以博士膜黏貼水下多面體支架，再以膠帶補黏包覆水下多面體至圓盤上緣。
- 2.依水下多面體支架高度，放置不同高度的紙杯，放入同樣 500g 重砝碼、1000g 重砝碼、1500g 重砝碼或各補填短的廢粉筆，找出各浮屋穩定性的最佳重心高度及負荷重。
- 3.將浮屋水下多面體底部黏貼魔帶及重錘，比較各浮屋的穩定度。

【研究五】浮屋在不同深淺水域的穩定度實驗

實驗十三、模擬第二代浮屋在淺水坡地形迎浪的環境佈置及設計

步驟：

- 1.以智高積木組合可承載長方體置物箱自由抬升 90°及垂放(置物箱開口與地面平行)的倒水裝置設計，5 公升水可一次由 150cm 高集中洩下，模擬浮屋每次迎浪的位能差大小 ($U_p=mg\Delta h=5*9.8*1.2=58.8\text{ J}$ ，估算高度差略計為 150-30=120 cm 高)。
- 2.準備另以一大型置物箱裝水及標示 5 公升標線的方型水槽置於步驟 1 的倒水裝置設計旁，以方便取水、倒水至倒水裝置容器內為原則，模擬浮屋可連續受浪擊一、三、五、七次的穩定性實驗。
- 3.將市售 159cm*159cm *50cm 的戲水泳池以打氣機充氣後，倒入地下水達 30cm 高，倒水裝置與浮屋各置於泳池的對角線角落，模擬形成的水浪可移動至浮屋的來回水域(為浮屋迎浪自然上下晃動，而非受浪擊之非自然晃動方式進行)。
- 4.為節水及控制變因需相同之故，每次實驗由大型置物箱裝水一、三、五、七次入泳池後，均需再由泳池裝水補回至置物箱內，使泳池水位維持 30cm 高。
- 5.模擬淺水的斜坡地形設計：連接智高大灰底板積木三片及支撐架高成斜坡角度，以博士膜黏貼底板積木表面，再以兩片板擦機的 L 型烤漆鐵板(學校的板擦機回收金屬材)以魔帶纏繞銜接鐵板洞及底板積木洞，支撐斜面底部而不上浮為原則備用。

實驗十四、模擬第二代浮屋的在淺水坡地形水域的穩定度實驗

步驟：

- 1.手機以保鮮膜包覆，再以寬膠帶黏貼，固定於浮屋圓盤的中間備用。
- 2.浮屋水下固定 500g 重錘於淺水的斜坡地形，倒水裝置與浮屋各置於泳池的對角線角落，模擬形成的水浪可移動至浮屋的來回水域。
- 3.啟動手機下載的振動 App 軟體 Vibrometer 及 Mobizen Screen Recorder 螢幕畫面錄影程式，記錄浮屋開始受浪衝擊下的加速度值及晃動至復原穩定的時間。
- 4.依序比較記錄各浮屋受浪衝擊下的加速度值及晃動至復原穩定的時間。
- 5.將實驗十三步驟 5 的淺水的斜坡地形置於倒水裝置的對角線角落，置浮屋於斜坡底位置，模擬形成的水浪可移動至浮屋的來回淺水域。
- 6.將步驟 5 的斜坡地形反置於倒水裝置的對角線角落，置浮屋於斜坡底位置，模擬形成的水浪可移動至淺水塘內浮屋的來回水域，依序比較記錄各浮屋受浪衝擊下的加速度值及晃動至復原穩定的時間。

實驗十五、模擬第二代浮屋的在深水域的穩定度實驗

步驟：

- 1.以水深 90cm 高的游泳練習池進行模擬浮屋在臺灣南部的深水區地形及離岸的穩定度實驗。
- 2.實驗十五倒水裝置設計若由 150cm 高再向上架高，也不易倒水入裝置中，若改由將倒水裝置平放入水再垂直立起集中洩下水量，不僅操作耗時且困難提高，起波的效果亦不理想。
- 3.最後，模擬造波浪的效果則以浮板呈向下 45 度角的方向推水造波方式進行為最佳方式。
- 4.比較各浮屋於深水區的穩定度後，最後以水下固定 500g 或 1000g 於浮屋底外的重錘方式為相對較穩定的離岸浮屋模式。
- 5.手機以保鮮膜包覆，再以寬膠帶黏貼，固定於浮屋圓盤的中間，啟動手機下載的振動 App 軟體 Vibrometer 及 Mobizen Screen Recorder 螢幕畫面錄影程式，記錄浮屋開始受浪衝擊一次~連續七次的加速度值及晃動至復原穩定的時間。
- 6.以長尾夾及魔帶串聯三座連體浮屋，左右兩座為模擬增加浮屋的穩定平臺，中間座浮屋為手機記錄的加速度值及晃動至復原穩定的錄影時間。

五. 研究結果與討論

(一) 浮體的理論探究與自製多邊形柱體的浮沉情形比較

1. 多邊形柱體的浮沉情形比較實驗




(1) 因為三角柱體、四角柱體、五角柱體、六角柱體的體積依序為 637 cm^3 、 1470 cm^3 、 2528 cm^3 、 3819 cm^3 ，柱體內填放砂石加柱體的總重若為 600 g ，則所有柱體的平均密度均小於 1 g/cm^3 ，全部都是浮體；若柱體內填放砂石加柱體的總重若為 700 g 、 800 g 、 900 g 、 1000 g ，則只有三角形柱體的平均密度大於 1 g/cm^3 ，其它全部平均密度均小於 1 g/cm^3 都是浮體。

(2) 實驗也是如第 1 點所分析之結果如下：

表一、多邊形柱體的浮沉情形比較(符號 Δ ：傾斜)

正多邊形柱體種類	正三角形柱體	正方形柱體	正五邊形柱體	正六邊形柱體
柱體內加沙石共 600 g	Δ 浮體 	Δ 浮體 	Δ 浮體 	Δ 浮體 
液面下高度(cm)	Δ 無法計量	13.0	Δ 無法計量	Δ 無法計量
柱體內加沙石共 700 g	沉體	正浮體	Δ 浮體	Δ 浮體
柱體內加沙石共 800 g	沉體	正浮體	Δ 浮體	Δ 浮體
柱體內加沙石共 900 g	沉體	正浮體	正浮體	Δ 浮體
柱體內加沙石共 1000 g	沉體	正浮體	正浮體	Δ 浮體
平均密度(g/cm^3)	除 600 g 外， 均 > 1 沉體	均 < 1 ，浮體	均 < 1 ，浮體	均 < 1 ，浮體

表二、自製多邊形柱體的浮體平穩度實驗

正多邊形柱體種類	正方形柱體	正五邊形柱體	正六邊形柱體
柱體內加沙石共 700 g 只有四邊形柱體不傾斜			
柱體內加沙石共 800 g 只有四邊形柱體不傾斜			
柱體內加沙石共 900 g 只有四邊形柱體不傾斜			
柱體內加沙石共 1000 g 四、五、六邊形柱體 均不傾斜			
重砝碼居中， 四周填放砂石 之俯視圖			

(二)基本建材的認識及自製輕質多孔性建材的實作

- 1.自製陶土輕質多孔性建材依：雜草料曬乾→剪草料→秤草料→秤陶土水倒入碎草與陶土中→試濕度捏一捏不散落→以保鮮膜滾筒壓抹多次(壓模)→壓線使泥樣規格化→拆模切割成塊等步驟可成功製作出各規格化的試片，唯製作水泥的試片時應戴手套，以免咬手。
- 2.水泥建材不需加熱固化即可膠合，陶土若不加熱電燒，就無法由 α 石英→ β 石英，遇水會融化而無法膠結。

(三)浮屋的結構及穩定度設計及測試

1.模擬巨浪來襲，浮屋的結構及穩定度變化測試實驗

浮屋		浮板	700g 浮屋	980 g 浮屋	3350 g 浮屋
重錘線刻度(cm)		0	0	0	0
右側入水深度(cm)		1	2.4	2.1	2.6
左側入水深度(cm)		1	2.4	2.1	2.6
1.加離岸雙彈簧 受 40cm 高位能 強浪撞擊的位移 變化(cm)	中線	---	+0.35	+0.40	+0.75
	右側	---	2.6	2.6	2.6
	左側	---	1.7	0.9	0.9
	水下深度	---	17.55	17.50	17.45
2.再加左彈簧一 受 40cm 高位能 強浪撞擊的位移 變化(cm)	中線	---	0	+0.40	+0.25
	右側	---	2.6	2.3	2.6
	左側	---	2.6	1.3	1.55
	水下深度	---	17.5	17.5	17.5
3.再加左彈簧二 受 40cm 高位能 強浪撞擊的位移 變化(cm)	中線	---	+0.50	+0.80	+1.00
	右側	---	2.65	2.20	2.65
	左側	---	1.6	1	1
	水下深度	---	17.45	17.40	17.45
4.加左二右一彈 簧受 40cm 高位 能強浪撞擊的位 移變化(cm)	中線	---	+0.20	+0.20	+0.35
	右側	---	2.7	0.3	2.65
	左側	---	1.9	1.6	1.7
	水下深度	---	17.6	17.5	17.5
5 加左二右二彈 簧受 40cm 高位 能強浪撞擊的位 移變化(cm)	中線	---	+1.0	+0.2	0
	右側	---	2.65	2.65	2.6
	左側	---	1	2.5	2.6
	水下深度	---	17.45	17.45	17.4
6 加左二右一彈 簧受 40cm 高位 能強浪三次撞擊 的位移變化(cm)	中線	---	+0.7	+0.4	+0.2
	右側	---	3.5	2.6	3.4
	左側	---	2.7	2.4	2.8
	水下深度	---	19.5	19	19
7 加左二右二彈 簧受 40cm 高位 能強浪三次撞擊 的位移變化(cm)	中線	---	+0.3	+0.4	0
	右側	---	3.5	2.5	2.9
	左側	---	2.4	2.2	2.9
	水下深度	---	20.5	20	17.4

2.三種測試浮屋振動加速度值的 App 軟體比較分析實驗

App 軟體		Max Vibrometer	Vibrometer	Vibration Alarm
圖示				
加速度值 m/s^2	x	0.07805	拍圖畫面只出現時間，平均值 0.12 及最大值 4.37，所以需逐項點錄影中的 x、y、z 值才行	0.14
	y	-0.15969		3.17
	z	0.11085		9.87
優點		三個軸向都由 0 開始呈現有顏色管理的波圖，且所有振波變化均有波形記錄下來，也可事後由一次錄影過程中，事後分析一段、一段時間差去比較任一軸向移動或來回移動的加速度差異變化值	三個軸向都由 0 開始呈現有顏色管理的振波圖，自動統計在振動時間內所有值的平均加速度值及最大值，可以精確記錄由起始時間至浮屋平穩無浪的穩定時間，較符合本實驗探究的操作及分析條件	畫面三個軸向的振波圖都有顏色管理，加 Mobizen 可以由一次錄影過程中，事後分析一段、一段時間差去比較任一軸向移動或來回移動的加速度差異變化值
缺點		整體波形移動色彩重疊，畫面不夠清晰美麗，無法確切的知道真正波動的時間，只能知道全部錄影時間。	需在錄影時按手機各軸向畫面，才能呈現各軸向的加速度值，加 Mobizen 錄影 App 軟體可修正其缺點	需事後前後對照各軸向的基準點比較其振動加速度值，無法確切的知道真正浮屋的時間，只能知道大約時間範圍。

我們最後，選第二種 Vibrometer 加 Mobizen 錄影 App 軟體做之後浮屋實驗的錄影 App 程式。


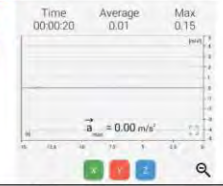

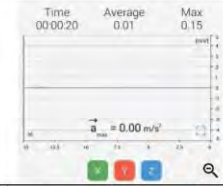




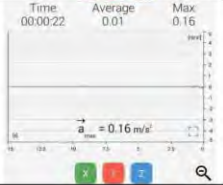
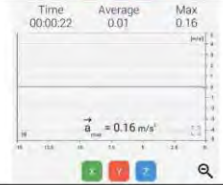
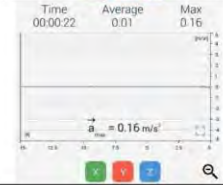
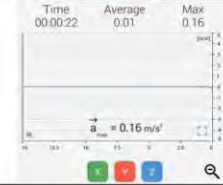
3.浮屋受高位能強浪一次撞擊及連續反射波浪的反擊，使浮屋晃動的顯示時間下，呈現三個軸向最大加速度值及平均值，分析影片截圖如下：



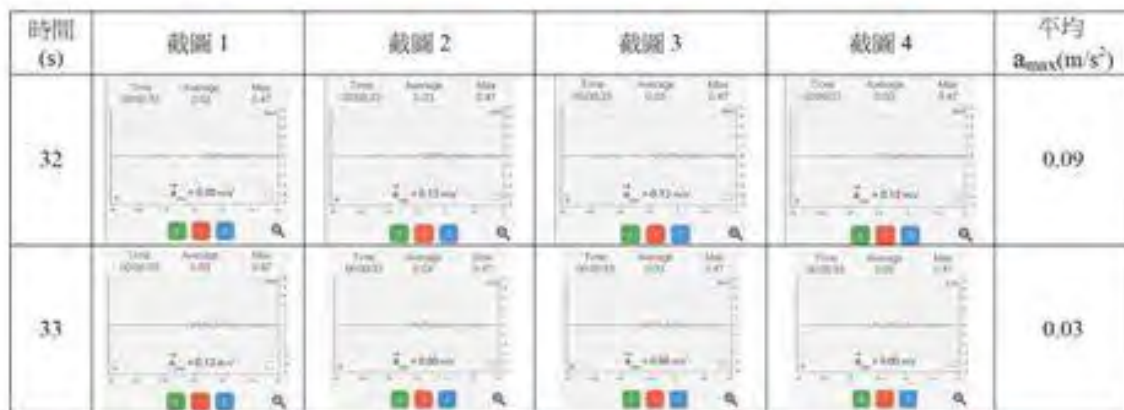
我們以實際錄影的起波時間及浮屋平穩後停止錄影的時間，影片以 Movie Maker 操作工具列編輯→速度，將 1X 速度降為 0.25X，再按常用鍵選儲存影片，即可重播慢速影片，而將每一秒真正顯示的最大平均加速度值截圖後，取每秒的 3 或 4 個加速度值再平均，如此就可以比較出浮屋晃動至平穩的振動時間及最大平均加速度變化圖。

4.我們可由起始時間至浮屋平緩無浪的穩定時間去比較其最大加速度變化值 a_{max} 如下：

(1) 700g 浮屋離岸起波器高位能快速撞擊水面一次的加速度變化

時間 (s)	截圖 1 <small>手機錄影位置</small>	截圖 2	截圖 3	截圖 4	平均 $a_{max}(m/s^2)$
20					0.00
21					0.065
22					0.16

時間 (s)	截圖 1	截圖 2	截圖 3	截圖 4	平均 $a_{max}(m/s^2)$
23					0.13
24					0.06
25					0.11
26					0.35
27					0.39

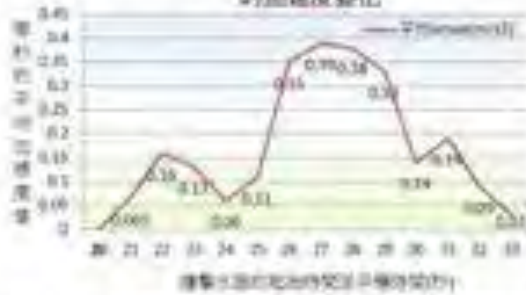


(2) 700g 浮屋加靠岸彈簧起波器高位能快速撞擊水面一次的加速度變化

時間(s)	截圖 1 數據	截圖 2 數據	截圖 3 數據	截圖 4 數據	平均 $a_{max}(m/s^2)$
36	0.14	0.14	0.18	0.18	0.16
37	0.16	0.18	0.24	0.24	0.21
38	0.24	0.00	1.08	1.08	0.60
39	1.08	0.12	0.16	0.21	0.39
40	0.21	0.23	0.23	0.23	0.23
41	0.28	0.28	0.28	0.13	0.24
42	0.13	0.14	0.16	0.16	0.15
43	0.21	0.25	0.25	0.25	0.24
44	0.11	0.14	0.25	0.25	0.19
45	0.25	0.25	0.33	0.33	0.29
46	0.33	0.33	0.33	0.07	0.27
47	0.07	0.07	0.07	0.05	0.07
48	0.07	0.11	0.11	0.11	0.10
49	0.11	0.00	0.00	0.00	0.03

截圖後整理數據繪圖如下：

700g浮層離岸起波器高位能快速撞擊水面一次的加速度變化

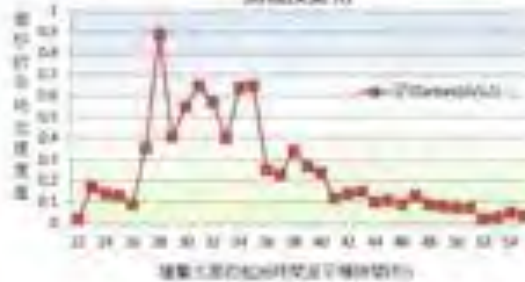


700g浮層加靠岸彈簧起波器高位能快速撞擊水面一次的加速度變化

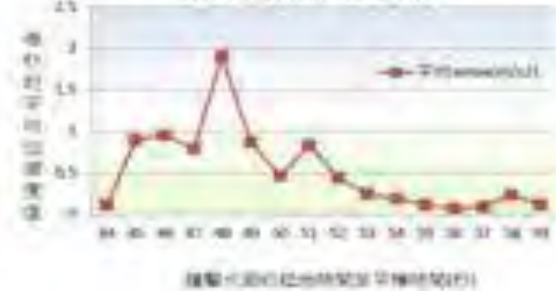


(3) 700g 浮層離岸或加靠岸彈簧起波器高位能快速撞擊水面三次的加速度變化

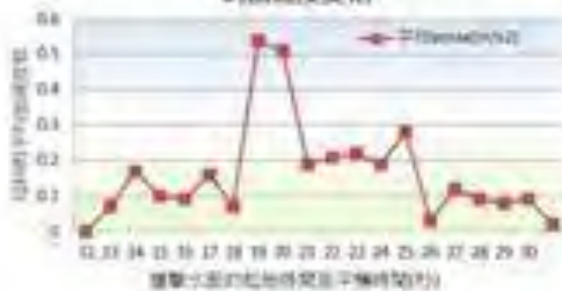
700g浮層離岸起波器高位能快速撞擊水面三次的加速度變化



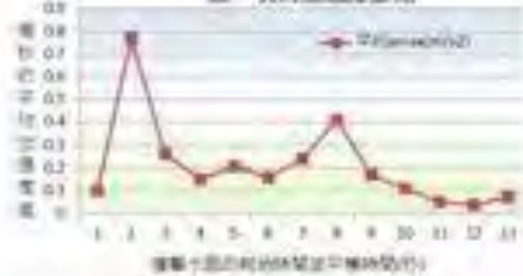
700g浮層加靠岸彈簧起波器高位能快速撞擊水面三次的加速度變化



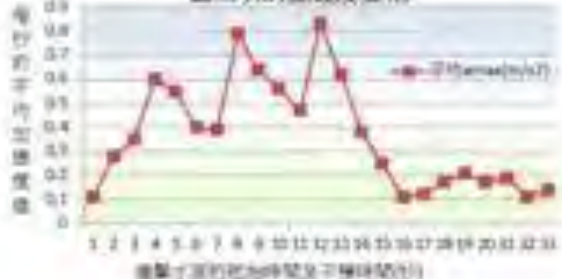
830g浮層離岸起波器高位能快速撞擊水面一次的加速度變化



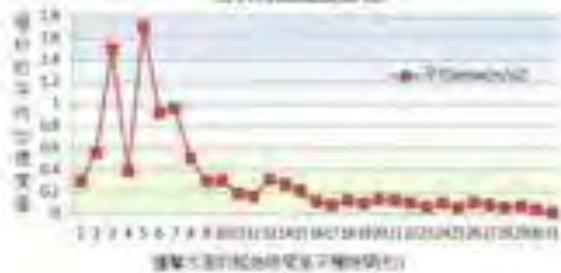
830g浮層加靠岸彈簧起波器高位能快速撞擊水面一次的加速度變化



830g浮層離岸無彈簧起波器高位能快速撞擊水面三次的加速度變化

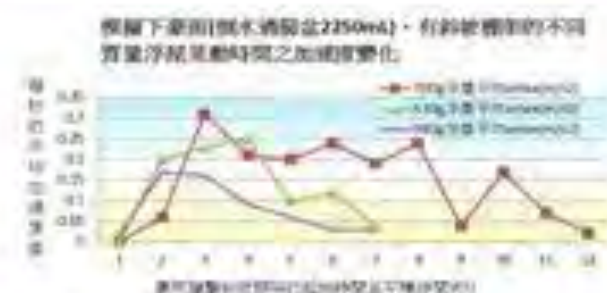
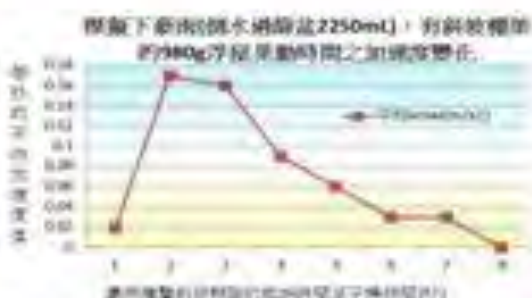
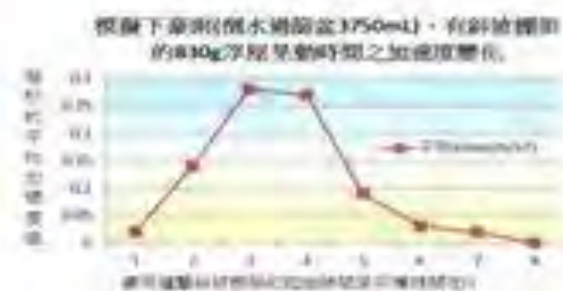
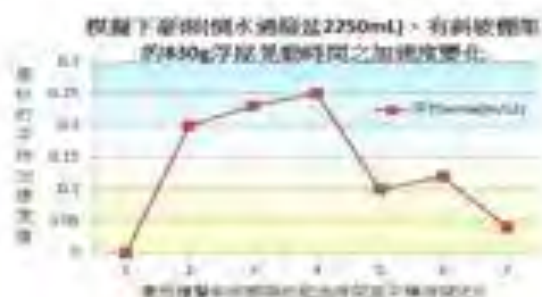
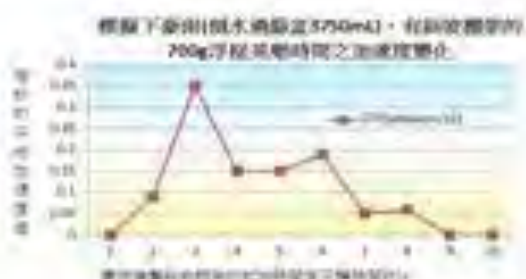
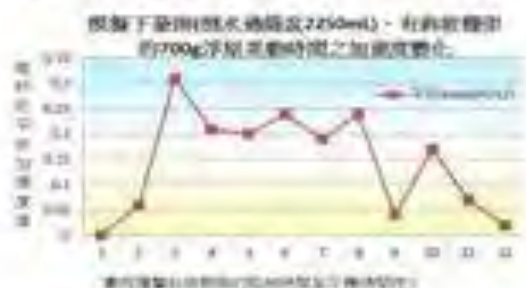


830g浮層加靠岸彈簧起波器高位能快速撞擊水面三次的加速度變化



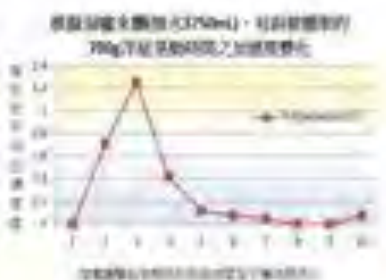
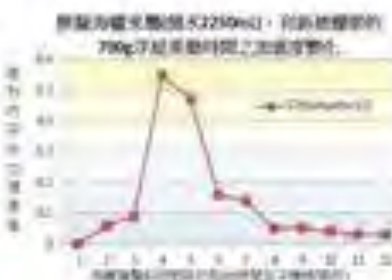
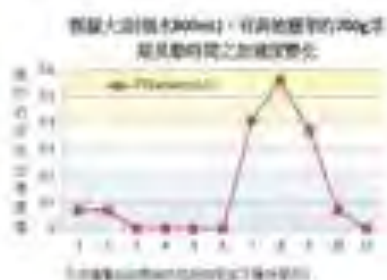
5. 模擬豪大雨來襲，浮屋的斜坡棚架環境佈置結構及穩定度變化測試實驗

模擬下豪雨(過雨篩盆倒水 2250mL)、豪大雨(過雨篩盆倒水 3750mL)，有斜坡棚架的 700g 浮屋晃動時間之加速度變化圖示如下：



6. 模擬海嘯來襲，浮屋的斜坡棚架環境佈置結構及穩定度變化測試實驗

模擬大浪(倒水 800mL)、豪雨海嘯(倒水 2250mL)、豪大雨(倒水 3750mL)，有斜坡棚架的 700g 浮屋晃動時間之加速度變化圖示如下：



(四)第二代浮屋的製作及穩定度實驗設計

1.為了在較大的水域以變因分析法比較浮屋的穩定度實驗，我們設計了 18、24、30、36 cm 直徑的中空圓盤來承載連接水面上巴洛克球形支架及水面下 6、8、10 cm 線段長的多面體支架，水面下以博士膜包覆支架外層，再加上熱熔膠及膠帶補強以防屋體進水。共製作了十二座浮屋模型設計。

2.深水域的穩定度實驗 (代號：× 表傾斜，Δ 表不穩定，V 表穩定，— 表未測試)

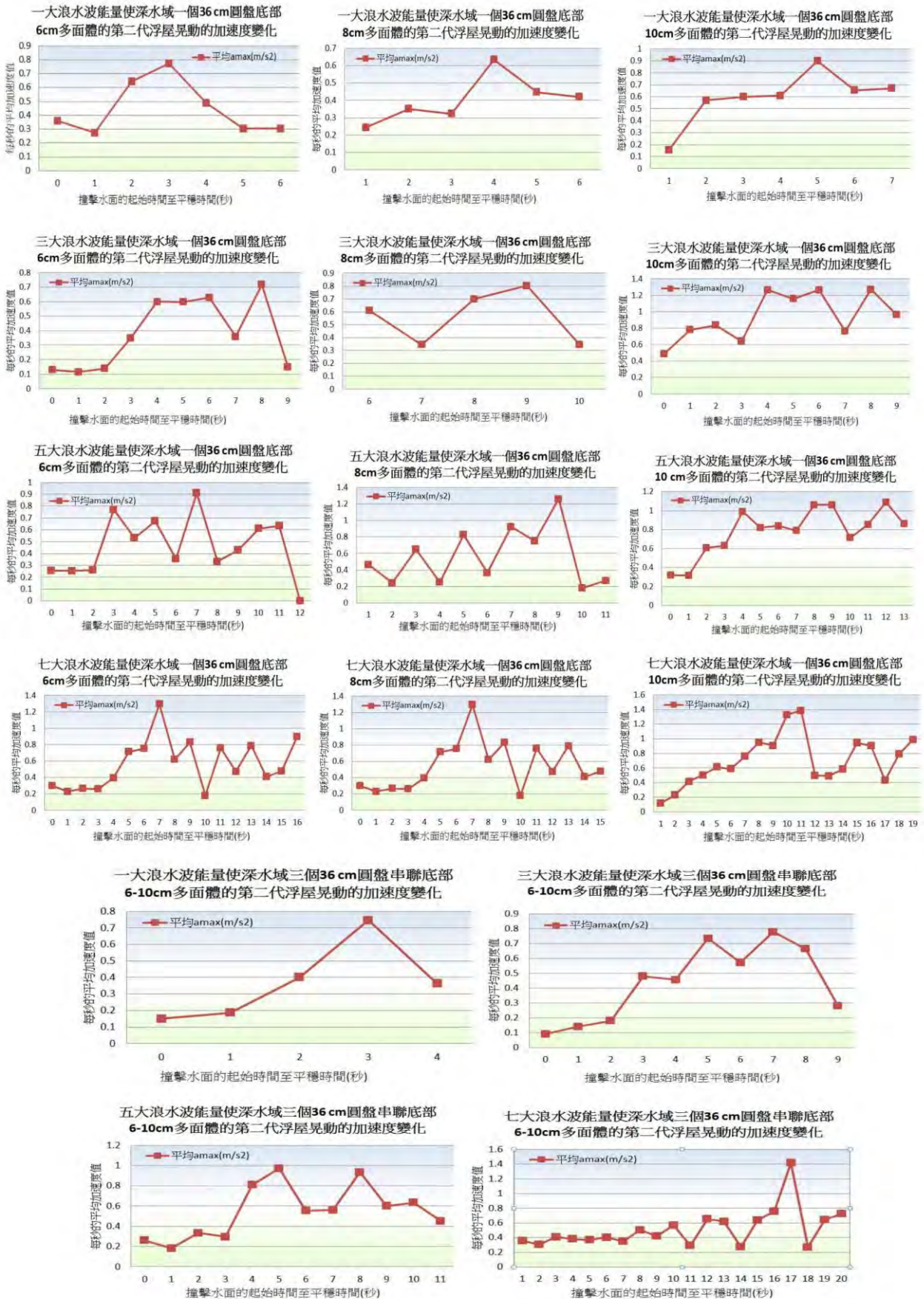
浮屋圓盤直徑(cm)	圓盤下三邊形多面體邊長(cm)	浮屋中空圓盤中心杯內加或不加砝碼重錘的穩定性測試				浮屋圓盤下三邊形多面體底部加重錘(g)	
		未加重錘	500g	1000g	1500g	500g	1000g
18	6	×	×	Δ	×	—	—
	8	×	×	Δ	Δ	V	V
	10	×	×	×	Δ	V	V
24	6	×	×	V	×	—	—
	8	×	×	V	Δ	V	V
	10	×	V	V	Δ	V	V
30	6	×	×	V	×	—	—
	8	×	V	V	Δ	V	V
	10	×	V	V	Δ	V	V
36	6	×	×	V	×	—	—
	8	×	Δ	Δ	V	V	V
	10	×	V	V	V	V	V

註：第二代浮屋在淺水域的穩定度普遍不如深水域，因此在淺水域或水塘內浮屋的圓盤下三邊形多面體底部均加 500g 重錘。

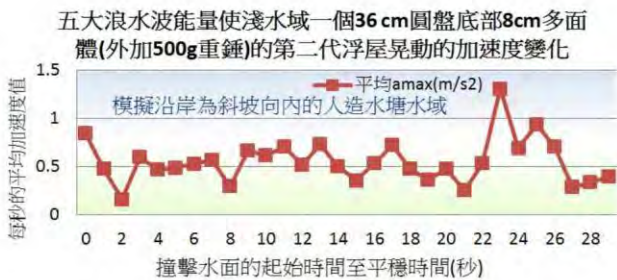
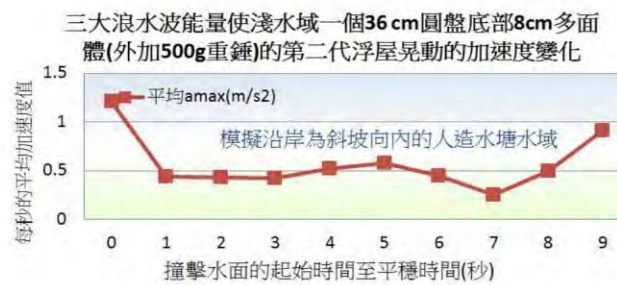
- 3.我們發現水下多面體愈大，小紙杯的相對重心愈高、愈不穩定；改置適合多面體高度的紙杯，放置同樣的重物，紙杯及浮屋整體的重心愈低，浮屋相對的穩定性愈高。
- 4.3 cm 線段長度的水上巴洛克球形支架可銜接 6~10cm 線段長度的水下多面體球，使浮屋水上支架成相同的控制變因，便於比較各浮屋的穩定度結果。
- 5.博士膜黏貼水下多面體支架，再以膠帶補黏包覆水下多面體，形成可排開液重的體積愈多，可承載浮屋的整體重量就可以愈大，穩定度也較好一些。
- 6.將浮屋水下多面體底部黏貼魔帶及重錘，比較各浮屋的穩定度結果均優於將重物置於浮屋中間的效果。

(五) 第二代浮屋在不同深淺水域的穩定度實驗

1. 第二代浮屋在深水域的穩定度實驗



2. 第二代浮屋在淺水域的穩定度實驗

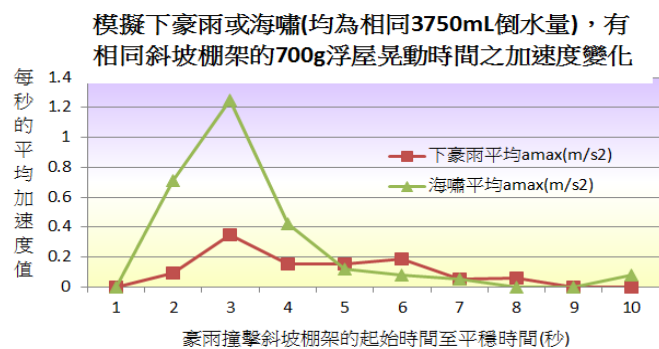


3. 葫蘆墩圳洗衣塘水深 30cm，經兩次實地勘察，均因水濁及水流速較大而不適進行模擬淺水區及臺灣西岸大陸坡地形，只好以 159cm*159cm *50cm 的戲水泳池進行實驗，造波浪則以智高積木自組倒水裝置以形成水波，經比較出一浪至連續七浪對淺水區水域浮屋的加速度值及晃動至復原穩定的時間實驗結果，以模擬形成的水浪可移動至淺水塘內浮屋的來回水域，優於淺水區浮屋的來回水域，更優於淺水有斜坡地形浮屋的來回水域。

4. 以水深 90cm 高的游泳練習池進行模擬臺灣南部的深水區地形浮屋實驗，因造波浪方式淺水域及深水區造波方式不同，雖不能直接比較出一浪至連續七浪對浮屋在深水區的穩定度優於淺水域的結果，但人為實地觀察，卻明顯看出在深水區的穩定度較佳，尤其是以長尾夾及魔帶串聯三座連體浮屋，左右兩座為模擬增加浮屋的穩定平臺，中間座浮屋為手機記錄的加速度值及晃動至復原穩定的錄影時間，在深水區，中間浮屋底下不用加重錘即可平穩的浮於離岸水面；在淺水區，中間浮屋底下卻一定要加重錘才可穩定的浮於淺水區。

六. 結論

1. 我們由自製多邊形柱體的浮沉情形比較發現，不管是 600 g、700 g、800 g、900 g 或 1000 g 的柱體總重，四邊形柱體的浮體穩定度均相當不錯，且優於其它多邊形柱體。
2. 為模擬浮屋建材需中空，使其總平均密度需小於水的密度而不下沉，我們善用廢棄物雜草料、廢粉筆，自製的輕質多孔性建材的強度、抗壓性、耐火程度測試，已有了初步可參考的結果。
3. 我們模擬巨浪來襲，浮屋的結構及穩定度變化測試實驗由中間、兩側重錘線刻度的位移變化觀察不易，至以振動加速度測定值的 Vibrometer App 軟體及 Mobizen 錄影 App 軟體，可以精確記錄由起始時間至浮屋平緩無浪的穩定時間之加速度變化。
4. 我們也發現每種振動加速度 App 軟體均有其優點及不足之處，我們非常仔細的對照實物錄影畫面及振動加速度 App 軟體錄影畫面，發現影片以 Movie Maker 調降影片速度比較出每秒的加速度值變化還不小，且由影片的截圖發現，畫面上方呈現的平均值及最大值並不能代表浮體當下真正振動的加速度值，所以，我們將每一秒真正顯示的最大平均加速度值截圖後，取每秒的 3 或 4 個加速度值再平均，如此就可以比較出浮屋晃動至平穩的振動時間及最大平均加速度變化圖。
5. 不管是 700 g 浮屋或 830 g 浮屋，離岸無彈簧連接的浮屋起波器高位能快速撞擊水面一次或連續三次的加速度變化值均比加靠岸彈簧連接的浮屋小，是否顯示浮屋只要有用底部重錘固樁，離岸只需用纜繩及木樁固定，讓其漲、退潮不會讓浮屋漂離，而不是用有較大彈性的連接器(如彈簧受力時的彈力反而使其加速度值變化更大)。
6. 我們模擬豪大雨來襲，浮屋有斜坡棚架的環境佈置，由浮屋晃動至平穩的時間顯示均比起波器高位能快速撞擊水面一次或三次的時間少很多。我們也比較出不同浮屋質量受相同下豪雨(倒水過篩盆同水量)，質量輕的浮屋，產生的平均加速度變化量大於質量重的結果；相同浮屋質量，受不同豪雨量，雨量愈大者，浮屋產生的平均加速度變化值也愈大。
7. 我們模擬海嘯來襲，浮屋有斜坡棚架的環境佈置，由浮屋晃動至平穩的時間顯示也都比起波器高位能快速撞擊水面一次或三次的時間少很多。
8. 我們也比較出相同浮屋質量受相同的水量 3750mL，經模擬過篩盆的豪大雨與如海嘯一次性的傾倒水量，兩者產生的平均加速度變化值差很多！如右圖所示。
9. 我們製作的第一代模型浮屋、浮臺、雙斜坡波浪雨棚架及模擬浮屋遭受到強浪、豪雨、海嘯等破壞能量源，由下載的振動 App 軟體 Vibrometer 及 Mobizen Screen Recorder 螢幕畫面錄影程式，記錄浮屋受強浪、海嘯、豪雨等衝擊下的加速度值及晃動至復原穩定的時間比較，浮屋應可為本國居屋之考量！
10. 為了找出在臺灣不同深淺海域的浮屋穩定度設計，原以為，以 90cm 深游泳練習池模擬臺灣南部深水海域，不管春夏的西南季風或冬天的東北季風，臺灣南部深海區均受到同向黑潮的流動波源，南部深水區的穩定度較佳，較為適合設浮屋之場域。但是大氣環流所帶來的豪大雨，西南沿海地層下陷，每年受天然災害之水患、土石流之苦者眾！我們還是希望



能比較出淺海區，可建浮屋的一些設計變因，我們創新研究的 12 座第二代模型浮屋，設計增加了浮屋平臺面積、改變浮屋水下成球形、改變浮屋水下的排水體積的浮力大小、讓浮屋整體重心降低、例如浮屋外加重錘或 L 型烤漆鐵板等(模擬參考浮屋設計的升降鋼架底座)，浮屋淺水塘內的來回水域設計等均可提高浮屋的穩定性。

七.未來展望

臺灣目前正如火如荼的發展非常昂貴的離岸風電，我們設計的浮屋可離岸飄浮於深海中，隨著海浪穩定的上下移動，除了可研究海浪發電外，更可利用浮屋平臺上的多面體多角度的巴洛克球體頂部及頂部下第二層架設太陽能光電板產電及儲電。

歷屆全國科展找不到像我們想要做的類似裝置及實驗設計，所以，大家未來可以研究及改進的展望還有很多！希望我們的研究能引起政府營建課等相關單位及建築業界的注意，荷蘭可以在沿海之地建浮屋或建築可隨水位升降的漂浮屋，相信我們也可以研究出浮屋的最佳工法、甚至漂浮大樓，讓所有在土石流警界區、地層下陷區的國人永遠脫離水患、地震災害或地狹人稠，無居而嗜山林之苦吧！

後記：原先的研究伙伴因需照顧家中長輩，無暇進行更多創新又繁重的研究工作而退出全國科展之列，祝福我的伙伴阿嬤及外婆都能捱過病痛的折磨、恢復健康，感謝評審、輔導教授的建議，也感謝辛苦的指導老師、媽媽及好朋友課後、假日的義氣相挺、陪伴及辛苦的協助，謝謝大家！



八.參考資料

1. MOST 科技部海洋學門資料庫(ODB)<http://www.oddb.ntu.edu.tw/>
- 2.認識浮動住宅 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=69666>。
- 3.黃恩宇、郭書瑄。浮動城市。荷蘭漂浮建築經驗
- 4.泛科學。漂浮屋。<http://pansci.tw/archives/24011>
- 5.建築可隨水位升降的漂浮屋 <http://www.rhythmsmonthly.com/?p=7170>
- 6.荷蘭建築師歐道斯 (Koen Olthuis) 的漂浮屋 <http://cherryummy.blogspot.tw/>
- 7.水上住宅群。(<http://www.jlgrealestate.com/english/2014/02/18/floating-houses/>)
- 8.國中自然課本第四冊力與浮力
- 9.國中第五冊運動力學、位能、能量轉換、地科板塊運動、國中第六冊地科地震與天然災害
- 10.本校歷屆科展作品
市賽作品『震來了一地上建物防震因應之道』
中華民國第 53 屆國中組生活與應用科學科作品『隔牆有耳-噪音防護之隔音、吸音材料之研究與設計』

附件-1

製作多孔性輕質水泥片(草料和水泥)及多孔性輕質陶土片(草料和陶土)過程：

		
雜草料晒乾	剪草料	碎草料
		
碎陶土	水倒入碎草與陶土中	試濕度捏一捏不散落
		
以保鮮膜滾筒壓抹多次(壓模)	壓線使泥樣規格化	拆模切割成塊



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

自製輕質多孔性建材的的強度測試

強度測試：將不同質量砝碼由相同高度放下撞擊建材，觀察建材龜裂、變形或破碎解體的情形，比出各材料的形變最大高度。

實驗步驟：

- 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 砝碼對準式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。



抗強度位能試驗

自製輕質多孔性建材的的強度測試結果：

- 1.在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實驗之位能計算： 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

2.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				

3.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					碎				
段泥 1:2	X	X	X	V	1.372	V					V				
段泥 1:3	V				0.049	V					V	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					X				
碎土 3:1	X	V			0.147	V					V	X	V		0.392
碎土 1:1.5	X	V			0.147	X	V			0.147	X	V			0.147
段土 2:1	X	X	V		0.392	V					X				
段土 2:1	X	X	V		0.392	V					V	V			0.147
段土 3:1	X	V			0.147	V					X				
段土 1:1	V				0.049	X	V			0.147	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					碎				
水泥	X	X	V		0.392	V					碎				
陶土	V				0.049	X	V			0.147	V	V			0.147

附件-1-3

自製輕質多孔性建材的抗壓測試

抗壓測試：將建材放置不同重物，觀察建材受壓龜裂、變形或破碎解體的情形，比出各材料形變的最大負荷重。

實驗步驟：

- 1.先以磚塊架好相距 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.將全部置放的重物放在秤上秤重，並記錄之。

多孔性輕質陶土板試片抗壓試驗過程如下：



多孔性輕質陶土板試片



相距 4 公分寬的中空基座



試片中央逐一增放砝碼



試片中央放木條及砝碼



試片中央放木條及石塊



試片上放木條及磚塊等



再加橡皮墊及砝碼



試片終於崩裂



全部重物秤重

自製輕質多孔性建材的的抗壓測試結果：

1. 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


(1) 自然乾燥組抗壓試驗 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)				
	單泥 1:1	2:1	3:1	1:2	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: 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) 自然乾燥組抗壓試驗

乙、草料與陶土及綜合或純水泥或純陶土試片

草料分類 比例 負荷重	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 量 1:2	陶土 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 土 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: 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〉

自製多孔性建材的耐火程度試驗

實驗步驟：

- 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℃、750℃、1000℃、1250℃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。



試片噴火 10 秒 試驗



試片噴火後的情形

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

1.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	表面微焦	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	易碎表面轉黑	無大變化	全無變化	爆裂表面微黑		

2.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	中間燒燬洞
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	表面微黑易碎	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		

3.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	表面變白	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		

4.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		

5.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		

【評語】 030508

1. 本研究嘗試各種實驗研究可在海上的漂浮屋，探討全球變遷之下，漂浮屋作為人類居住地的可能。
2. 作者嘗試了多種實驗，發展出第一到第三代漂浮屋，並探討漂浮屋浮力面積、重量對於漂浮屋的穩定性影響。
3. 本專題實驗精神可嘉，並且進行了大量的實驗，實測漂浮屋在各種浮力條件下的震盪，並進行改進，是國中組難得完整的實驗研究。

摘要

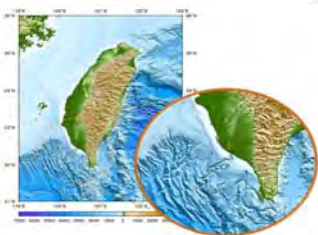
臺灣是個海島型的國家，位居於亞熱帶，大氣環流所帶來的豪大雨、淹水、土石流之災情可不小！加之西南沿海地層下陷，受水患之苦更甚，我們為什麼不仿效荷蘭在沿海之地建浮屋以解地狹人稠，無居而峭山林之苦？

我們模擬第一代浮屋遭受到強浪、其他海域海嘯引浪、豪雨等破壞能量源，第二代浮屋模擬環島地形深淺不一的穩定度試驗，由下載的振動App軟體Vibrometer及 Mobizen Screen Recorder螢幕錄影程式，記錄浮屋受浪衝擊下的加速度值及晃動至復原穩定的時間比較，浮屋確可為本國居屋之考量，希望我們的研究能引起政府營建課等相關單位及建築業界的注意，讓所有在土石流警界區、地層下陷區的國人永遠脫離水患之苦吧！

研究動機

因地球週期性自轉速度減緩...「2018天搖地動？戊戌年恐遇強震水災...」，真是令人驚恐啊！那我就來與同伴好好研究與「強震及水災」相關的議題吧！

我們參考了本校歷屆的科展作品，去年本校研究與地震相關的作品，但完全與水災議題並無相關，我們很仔細的搜集全國歷屆資料，再與老師討論，最後我們決定跳脫地平面，往內太空—「海平面」方向發展，於是浮屋主題便呈現了，要完成的探究實驗相當的多，我們要好好加油了！



資料來源：MOST科技部海洋學門資料庫 (ODB)http://www.odb.ntu.edu.tw/



資料來源：交通部中央氣象局 https://www.cwb.gov.tw/V7/forecast/fishery/NSea.htm

研究目的

- 一、浮體的理論探究與自製多邊形柱體的浮沉情形比較
- 二、基本建材的認識及自製輕質多孔性建材的實作及強度、抗壓、耐火程度試驗
- 三、第一代浮屋的製作及穩定度實驗設計
- 四、第二代浮屋的製作及穩定度實驗設計
- 五、浮屋在不同深淺水域的穩定度實驗



研究過程與方法

【研究一】浮體的理論探究與自製多邊形柱體的浮沉情形比較

表一、多邊形柱體的浮沉情形比較(符號 Δ：傾斜)

正多邊形柱體種類	正三角形柱體	正方形柱體	正五邊形柱體	正六邊形柱體
柱體內加沙石共 600 g	△浮體	△浮體	△浮體	△浮體
液面下高度(cm)	△無法計量	13.0	△無法計量	△無法計量
柱體內加沙石共 700 g	沉體	正浮體	△浮體	△浮體
柱體內加沙石共 800 g	沉體	正浮體	△浮體	△浮體
柱體內加沙石共 900 g	沉體	正浮體	正浮體	△浮體
柱體內加沙石共 1000 g	沉體	正浮體	正浮體	△浮體
平均密度(g/cm ³)	除 600g 外，均<1 沉體	均< 1，浮體	均< 1，浮體	均< 1，浮體

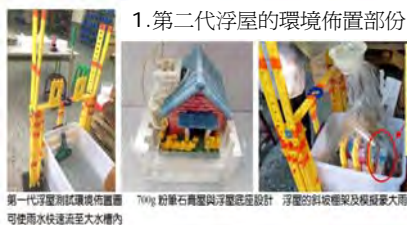
表二、自製多邊形柱體的浮體平穩度實驗

正多邊形柱體種類	正方形柱體	正五邊形柱體	正六邊形柱體
柱體內加沙石共 700 g 只有四邊形柱體不傾斜			
柱體內加沙石共 800 g 只有四邊形柱體不傾斜			
柱體內加沙石共 900 g 只有四邊形柱體不傾斜			
柱體內加沙石共 1000 g 四、五、六邊形柱體均不傾斜			
重砝碼居中，四周填放砂石之結構圖			

2 三種測試浮屋振動加速度值的 App 軟體比較分析實錄

App 軟體	Max Vibrometer	Vibrometer	Vibration Alarm
顯示			
加速度值	x: 0.07805 y: -0.15969 z: 0.11085	拍攝畫面只出現時間，平均值 0.12 及最大值 4.37，所以需逐點錄影中的 x、y、z 值才行	0.14 3.17 9.87
優點	三個軸向都由 0 開始呈現有顏色管理的波圖，且所有振波變化均有波紋記錄下來，也可事後由一次錄影過程中，事後分析一段、一段時間差去比較一軸向移動或來回移動的加速度差異變化值	三個軸向都由 0 開始呈現有顏色管理的振波圖，自動統計在振動時間內所有值的平均加速度值及最大值，可以精確記錄由起動的時點至浮屋平穩無浪的穩定時間，較符合本實驗探究的操作及分析條件	畫面三個軸向的振波圖都有顏色管理，加 Mobizen 事後分析一段、一段時間差去比較一軸向移動或來回移動的加速度差異變化值
缺點	整體波紋移動色彩重疊，畫面不夠清晰美觀，無法確切的知道真正波動的時點，只能知道全部錄影時間。	需在錄影時按手機各軸向畫面，才能呈現各軸向的加速度值，加 Mobizen 錄影 App 軟體可修正此缺點	需事後前後對各軸向的基準點比較其振動加速度值，無法確切的知道真正浮屋的時間，只能知道大約時間範圍。

研究設備器材

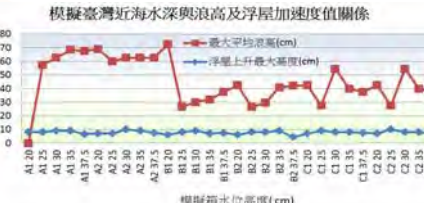


1. 第二代浮屋的環境佈置部份

- 1) 159cm*159cm*50cm 的戲水泳池
- 2) 以智高積木自組水裝置以形成水波浪 浪器
- 3) 水深 90cm 高的游泳練習池，模擬臺灣南部的深水區地形浮屋實驗，造波浪方式以浮板推造波方式進行。
- 4) 十二座第二代水下多面體支架浮屋模型
3. 模擬臺灣近海水深與浪高及浮屋加速度值



4. 資訊設備
電腦 Microsoft Word 2010、Microsoft Excel 2010、智慧型手機、App 軟體
- 【測加速度程式
1. Max Vibrometer
2. mobizen
3. mobizen- Vibration Alarm
4. Screen Recorder 的 App 螢幕畫面錄影程式
5. Movie Maker 影片編輯軟體



【研究二】自製輕質多孔性建材的實作及強度、抗壓、耐火程度試驗



雜草料曬乾 剪草料 碎草與陶土混合滾壓 壓線切割成塊



抗強度位能試驗



試片上放木條及磚塊

【研究三】第一代浮屋的製作及穩定度實驗設計

分組電爐 750°C、1000°C、1250°C 的所有試片

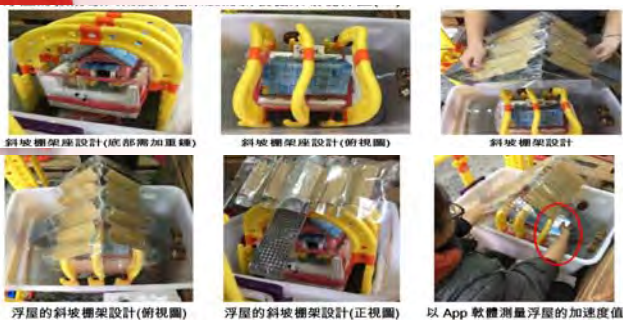
浮屋的製作之模型屋



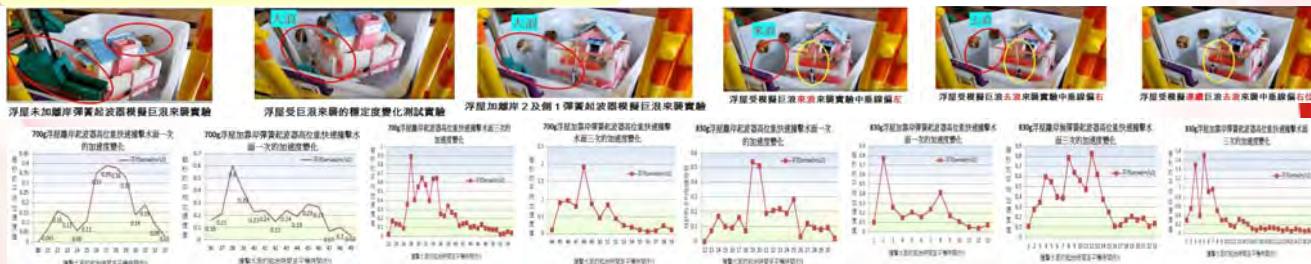
浮屋的測試環境佈置



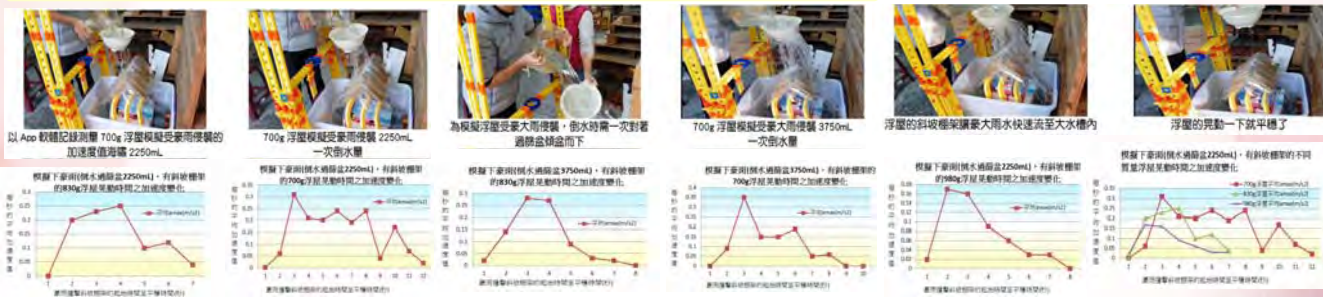
浮屋的預防豪大雨及海嘯來襲的斜坡棚架環境佈置(二)



模擬巨浪來襲，浮屋的結構及穩定度變化測試及實驗



模擬豪大雨來襲，浮屋的斜坡棚架環境佈置結構及穩定度變化測試及實驗



【研究四】第二代浮屋的製作及穩定度實驗設計

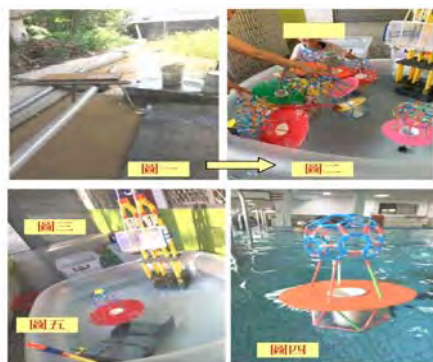
第二代浮屋的環境佈置部份

(1) 葫蘆墩圳洗衣塘水深30cm(圖一)，因水濁及水流速較大而不適進行模擬淺水區及臺灣西岸大陸坡地形，只好以159cm*159cm*50cm的戲水池(圖二)進行實驗，造波浪則以智高積木自組倒水裝置以形成水波(如圖三)，以模擬形成的水浪可移動至淺水塘內浮屋的來回水域。

(2) 以水深90cm高的游泳練習池(圖四) 模擬臺灣南部的深水區地形浮屋實驗，造波浪方式與淺水水域造波方式不同。

(3) 十二座第二代浮屋模型設計(圖二、四)：18、24、30、36 cm直徑的中空圓盤來承載連接水面上巴洛克球形支架及水面下6、8、10 cm線段長的多面體支架，水面下以博士膠包覆支架外層，加上熱膠膠及膠帶補強以防屋體進水。

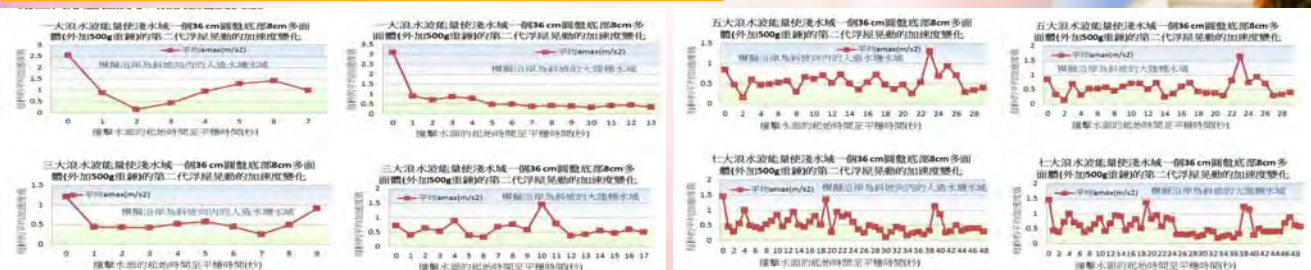
4. 模擬沿岸為斜坡的大陸棚水域(圖五)「斜坡支架轉向180° 即為模擬沿岸為水塘的水域」



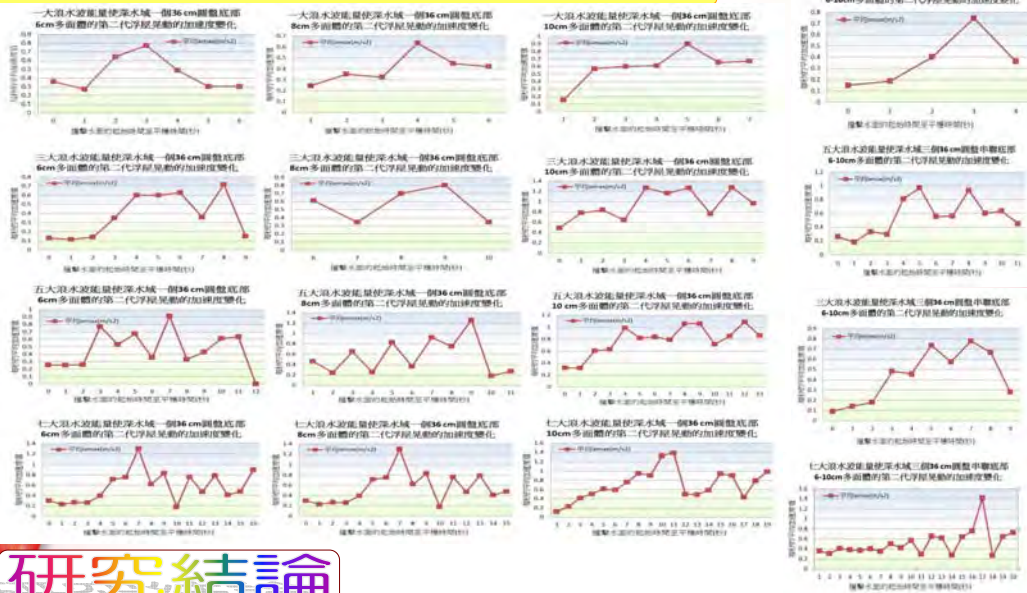
深水塘的穩定度實驗 (代號：×表傾斜，△表穩定，V表穩定，一表未測試)

浮屋直徑 (cm)	圓盤下三邊形多面體邊長 (cm)	浮屋中空圓盤中心林內加或不加法碼	浮屋圓盤下三邊形多面體底面加重量 (g)
18	6	×	—
	8	×	—
	10	×	—
24	6	×	—
	8	×	—
	10	×	—
30	6	×	—
	8	×	—
	10	×	—
36	6	×	—
	8	×	—
	10	×	—

【研究五】第二代浮屋在不同深淺水域的穩定度之淺水域實驗

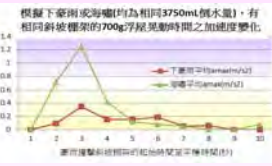


【研究五】第二代浮屋在不同深淺水域的穩定度之深水域實驗



研究結論

- 我們由自製多邊形柱體的浮沉情形比較發現，不管是600 g、700 g、800 g、900 g或1000 g的柱體總重，四邊形柱體的浮體穩定度均相當不錯，且優於其它多邊形柱體。
- 為模擬浮屋建材需總平均密度需小於水的密度而不下沉，我們用廢棄物雜草料、廢粉筆，自製輕質多孔性建材的強度、抗壓性、耐火程度測試，已有了初步可參考的結果。
- 我們模擬巨浪來襲，浮屋的結構及穩定度變化測試實驗由中間、兩側重錘線刻度的位移變化觀察不易，以振動加速度測定值的Vibrometer App軟體及Mobizen錄影App軟體，可精確記錄由起始時間至浮屋平緩無浪的穩定時間之加速度變化。
- 我們也發現每種振動加速度App軟體均有其優點及不足之處，仔細對照實物及App軟體錄影畫面，以Movie Maker調降影片速度比較出每秒的加速度值變化，我們將每一秒真正顯示的最大平均加速度值截圖後，取每秒的3或4個加速度值再平均，如此就可以比較出浮屋晃動至平穩的振動時間及最大平均加速度變化圖。
- 離岸無彈簧連接的浮屋，起波器高位能快速撞擊水面一次或連續三次的加速度變化值均比加靠岸彈簧連接的浮屋小，是否顯示浮屋只要有用底部重錘固樁，離岸只需用纜繩及木樁固定，讓其漲、退潮不會讓浮屋漂蕩，而不是用有較大彈性的連接器(如彈簧受力時的彈力反而使其加速度值變化更大)。
- 模擬豪大雨來襲，浮屋有斜坡棚架的環境佈置，浮屋晃動至平穩的時間顯示均比起波器高位能快速撞擊水面一或三次的時間少很多。也比較出不同浮屋質量受相同下豪雨(倒水過篩盆同水量)，質量輕的浮屋，產生的平均加速度變化量大於質量重的結果；相同浮屋質量，受不同豪雨量，雨量愈大者，浮屋產生的平均加速度變化值也愈大。
- 我們模擬其他海域海嘯引浪，浮屋有斜坡棚架的環境佈置，由浮屋晃動至平穩間顯示也都比起波器高位能快速撞擊水面一次或三次的時間少很多。
- 相同浮屋質量受相同的水量3750mL，經模擬過篩盆的豪大雨與如海嘯一次性的傾倒水量，兩者產生的平均加速度變化值差很多！如右圖所示。
- 我們製作的模型屋、浮臺、雙斜坡波浪雨棚架及模擬浮屋遭受到強浪、豪雨等破壞能量源，由下載的振動App軟體Vibrometer及Mobizen Screen Recorder螢幕錄影程式，記錄浮屋受強浪、豪雨等衝擊下的加速度值及晃動至復原穩定的時間比較，浮屋確實可為本國居屋之考量！
- 為了找出在臺灣不同深淺海域的浮屋穩定度設計，原以為，以90cm深游泳練習池模擬臺灣南部深水海域，不管春夏的西南季風或冬天的東北季風，臺灣南部深海區均受到同向黑潮的流動波源，南部深水區的穩定度較佳，較為適合設浮屋之場域。但是大氣環流所帶來的豪大雨，西南沿海地層下陷，每年受天然災害之水患、土石流之苦者眾！我們還是希望能比較出淺海區，可建浮屋的一些設計變因，我們創新研究的12座第二代模型浮屋，設計增加了浮屋平面面積、改變浮屋水下成球形、改變浮屋水下的排水體積的浮力大小、讓浮屋整體重心降低、例如浮屋外加重錘或L型烤漆鐵板等(模擬參考浮屋設計的升降鋼架底座)，浮屋淺水塘內的來回水域設計等均可提高浮屋的穩定性。



未來展望

臺灣目前正如火如荼的發展非常昂貴的離岸風電，我們設計的浮屋可離岸飄浮於深海中，隨著海浪穩定的上下移動，除了可研究海浪發電外，更可利用浮屋平臺上的多面體多角度的巴洛克球體頂部及頂部下第二層架設太陽能光電板產電及儲電。

歷屆全國科展找不到像我們想要做的類似裝置及實驗設計，所以，大家未來可以研究及改進的展望還有很多！希望我們的研究能引起政府營建課等相關單位及建築業界的注意，荷蘭可以在沿海之地建浮屋或建築可隨水位升降的漂洋屋，相信我們也可以研究出浮屋的最佳工法、甚至漂洋大樓，讓所有在土石流警界區、地層下陷區的國人永遠遠離水患、地震災害或地獄人稠，無居而嗜山林之苦吧！



參考資料

1. MOST科技部海洋學門資料庫(ODB)<http://www.odb.ntu.edu.tw/>
 2. 認識浮動住宅<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=69666>。
 3. 黃恩宇、郭書瑋。浮動城市。荷蘭漂洋建築經驗
 4. 泛科學。漂洋屋。 <http://pansci.tw/archives/24011>
 5. 建築可隨水位升降的漂洋屋 <http://www.rhythmsmonthly.com/?p=7170>
 6. 荷蘭建築師歐道斯 (Koen Olthuis) 的漂洋屋<http://cherryummy.blogspot.tw/>
 7. 水上住宅群。(<http://www.jlgrealestate.com/english/2014/02/18/floating-houses/>)
 8. 國中自然課本第四冊力與浮力
 9. 國中第五冊運動力學、位能、能量轉換、地科板塊運動、國中第六冊地科地震與天然災害
 10. 本校歷屆科展作品
- 市賽作品『震來了一地上建物防震因應之道』
中華民國第53屆國中組生活與應用科學科作品『隔牆有耳-噪音防護之隔音、吸音材料之研究與設計』