

海砂樓閣安全嗎？

—— 海砂對鋼筋混凝土強度影響之探討

初小組應用科學科第二名

臺南市安順國民小學

作 者：李柏萱、許晃瑞、蔡季臻、林德昌

指導教師：孫幸慈、郭秋萍

一、研究動機

暑假期間，電視新聞節目出現了一個新話題「海砂屋」，從螢幕中，我們看見許多房子的牆壁，被輕輕一敲，就大塊大塊的掉落，裡面的鋼筋也銹蝕了，真是可怕。這個話題被討論了很久，而我們心中也產生了一個疑問：「海砂真的是兇手嗎？」於是，在老師的指導下，我們從七股海邊運回一大桶的海砂，而審判海砂之路，也正式展開了。

二、研究目的

在一般最常用來做建築材料的鋼筋混凝土中，鋼筋主要用來承受張力的作用，而混凝土則用以抵抗壓力的破壞。

在這項研究裡，我們便針對海砂中的鹽份，可能對以下二者所產生的影響做探討：

- (一)混凝土本身的抗壓強度。
- (二)鋼筋因銹蝕所產生的張力強度變化。

三、研究設備器材

- (一)實驗器具：鏟子、水桶、平面抹刀、捲尺、重錘、小鐵鎚。
- (二)實驗材料：水、碎石、水泥、乾河砂、乾海砂、溼海砂、鋼筋、版模、鐵絲。

四、研究方法及實驗過程

- (一)比較河砂和海砂有什麼不同？

步驟：

1. 將溼海砂、乾海砂和乾河砂少許，放置在培養皿中。

- 2.利用眼睛和放大鏡觀察。
- 3.用手觸摸三種砂子，觀察其間的差異。
- 4.用舌頭輕嚥三種砂子，感覺其間的不同。
- 5.加少許水，用手揉搓成球狀，觀察變化情形。

表一、溼海砂、乾海砂和乾河砂之比較

種類	溼海砂	乾海砂	乾河砂
眼睛觀察(放大鏡)	顏色最深含有水份	含有白色的鹽顆粒	顏色最淡摻雜有細小石子
用手觸摸	溼溼的有一點兒黏	顆粒細	顆粒粗
用舌頭嚥	非常鹹	一點兒鹹	沒有味道
加水捏成球狀	不易成一團容易鬆垮	容易捏成球狀	容易成一團緊密性強

由表一得知：此三種砂子成份並不完全相同。溼海砂未曬乾，鹽份最重。乾海砂中，依稀可以看見一點點鹽顆粒，也具有鹽份。而乾河砂顏色最白，裡面摻有一顆顆細小的石子。

(二)研究溼海砂、乾海砂和乾河砂混凝土板風化情形

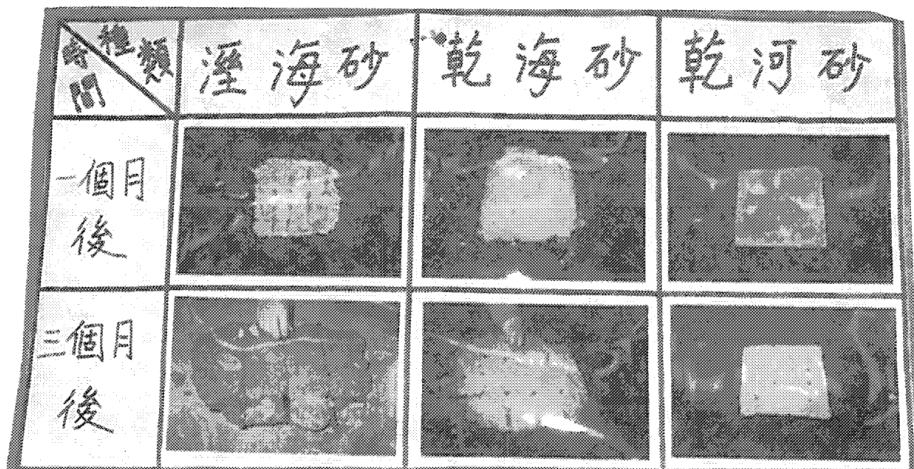
在一般的混凝土中，其砂、水泥和小石子的比例為7：2：1。在本實驗中，我們將維持此三種材料的比例，並加以固定量的水，來配置以下三種含不同海砂量的混凝土板，以供實驗之用：

- (1)含100%的溼海砂。
- (2)含100%的乾海砂。
- (3)含100%的乾河砂。

步驟：

- 1.將長三十公分長的鋼筋，用鐵絲綁緊(如圖：)
- 2.鋼筋下墊四顆大石頭。
- 3.版模釘成四方形，圍住四周。
- 4.將砂、水泥和小石子依比例7：2：1加以攪拌，然後灌入模版中間。
- 5.利用平面抹刀將混凝土抹平。
- 6.將所完成的三塊混凝土板，放於室外，並任其風吹日曬。
- 7.分別在一個月及三個月後，觀察三塊混凝土板變化情形。

表二、溼海砂、乾海砂和乾河砂混凝土板風化情形



由表二得知：一個月後，此三塊混凝土板變化情形不大。但三個月後，溼海砂混凝土板受風化情形相當嚴重，有部份鋼筋裸露，輕輕一扳，混凝土即剝落。乾海砂混凝土也有小部份出現裂痕。但乾河砂混凝土板絲毫不受風化影響，非常堅硬。

(三)混凝土抗壓強度探討

我們將混凝土板從不同高處自由落下，由其在不同高處落下，所產生不同的重力位能，作為施加在鋼筋混凝土板上的壓力來源。當混凝土板落下的高度愈高時，其所施加在鋼筋混凝土板上的能量愈大。所以我們自低而高逐漸增加混凝土板落下的高度，直至混凝土板碎裂為止，以此來測得每一塊混凝土板的抗壓強度。

步驟：

1. 將置於室外三個月後的三塊混凝土板，分別以小鐵錘敲擊，觀察其變化情形。

表三、鐵錘敲擊三塊混凝土板情形

種類 結果	溼海砂	乾海砂	乾河砂
鐵錘敲擊結果	輕輕一敲，混凝土板就碎裂，發出低沈的聲音。	聲音略低沈，輕輕一敲，有小砂子掉下來。	聲音非常清脆，鏘、鏘響。非常堅硬，輕輕一敲，只有一些白色灰塵飛出來。

由表三得知：溼海砂混凝土板，經鐵錘輕輕敲擊，發出混濁聲，且容易剝落，掉下的碎塊很大。乾海砂也發出瘡啞的混濁聲，比較不容易剝落，只掉下幾塊小碎片。乾河砂發出清脆的「鏘、鏘」聲，遭敲擊時，只散出一些白色

小灰塵。

2.以三塊混凝土板，分別從20公分、50公分、100公分和180公分處落下，觀察三塊混凝土板變化情形。

表四、混凝土板抗壓強度比較

高度	溼海砂	乾海砂	乾河砂
20公分			
50公分			
100公分			
180公分			

由表四得知：

- (1)溼海砂混凝土自50公分處落下，混凝土板即完全裂開，碎片四散，鋼筋掉落，碎片中清楚看見砂粒，一捏即碎。足見其抗壓強度最弱。
 - (2)乾海砂混凝土自100公分處落下，混凝土板也全部裂開，鋼筋散落，碎片有很多砂粒，抗壓強度不強。
 - (3)乾河砂混凝土自200公分處落下，混凝土板才在四個角落出現四、五塊大碎片，其餘部份仍完好如初。後用大鐵錘重重敲擊十多下，才將其敲碎，但仍有碎片黏在鋼筋上，抗壓強度最強。
- 3.觀察三種砂子的混凝土碎塊，並記錄結果。（結果如表五）

表五、三種混凝土碎塊觀察結果

種類 結果	溼海砂	乾海砂	乾河砂
觀察混凝土碎塊	部份碎塊成粉狀，清楚看見一顆顆砂粒，輕輕一捏，混凝土就完全碎掉。	碎塊中清楚看見砂粒，用力一捏，混凝土塊也完全碎掉。	碎塊中看不見砂粒，非常堅硬，用力一捏，捏不碎，部份碎塊仍黏在鋼筋上。

(四) 鋼筋的銹蝕程度

在上述的混凝土抗壓強度實驗完成後，我們進一步用小鐵錘敲掉每一塊鋼筋混凝土板上的混凝土，以觀察鋼筋在三種不同混凝土板中的銹蝕程度。

表六：鋼筋的銹蝕程度比較

種類 結果	溼海砂	乾海砂	乾河砂
觀察銹蝕結果	鋼筋嚴重銹蝕鐵絲也銹蝕、斷裂。	鋼筋嚴重銹蝕部份鐵絲銹蝕、斷裂。	鋼筋沒有銹蝕，鐵絲完好，沒有斷裂，仍有拉力。

由表六得知：當鋼筋混凝土中的海砂含量增加時，鋼筋的銹蝕程度也隨之增加。乾河砂的鋼筋完好，但乾海砂和溼海砂鋼筋嚴重銹蝕。同時，溼海砂亦較乾海砂更容易造成鋼筋的銹蝕。

五、討 論

(一) 溼海砂因含海水比重高，所以顏色最深，含鹽量也最高。乾海砂中因水被曬乾之故，所以可以看見一顆顆白色的鹽顆粒，嚥起來鹹鹹的。而乾河砂摸起來粗粗的，因為裡面摻有細小石子之故。

(二) 將混凝土置於室外，易受風化影響，而產生龜裂現象，時間愈長風化情形愈嚴重。三個月後，觀察三種混凝土風化情形，發現溼海砂有部份鋼筋裸露，混凝土板也有些剝落。乾海砂混凝土板也出現輕微的裂痕，而乾河砂無任何變化。造成此種現象，除了混凝土板未按正常手續進行養護工作外，海砂中的鹽份破壞水泥的凝結和硬化作用，使得溼海砂和乾海砂混凝土板硬度不夠，容易受風化影響，更是主要因素。

(三) 由鐵鎚敲擊混凝土板發出的聲音，也可以分辨出分子間的結合是否緊密，藉此診斷出三種混凝土板的堅硬程度。溼海砂和乾海砂混凝土板發出闔哩的混濁聲，顯示其結構較鬆軟，乾河砂混凝土板發出清脆的「鏘、鏘」聲，足見其結構之紮實。所以，現在有些單位用振動器來測試牆壁震動頻率，以鑑定建築物中是否含有海砂成份。

(四) 當水泥與水混合形成糊狀物時，水泥中各種化合物即與水起化學作用，產生膠體及相互黏結而成非常堅硬的固體。因此，混凝土中的水泥能促使砂子和小石子膠結作用增加，而形成堅硬的混凝土塊，但是溼海砂和乾海砂的混凝土碎塊非常脆弱，輕輕一捏，即碎成砂粒，可能是海砂中的鹽份和氯離子，破壞水泥的膠結作用，使得混凝土內部的膠結能力大為降低。

- (五)由實驗中得知，溼海砂和乾海砂混凝土板抗壓強度遠低於乾河砂混凝土板。乃因混凝土中含有海砂會大幅的減低其抗壓強度，因而造成房屋無法抵抗壓力而破壞。
- (六)由鋼筋銹蝕程度實驗中發現溼海砂和乾海砂混凝土板中的鋼筋嚴重銹蝕，鐵絲甚至全部斷裂，不具任何拉力。而乾河砂混凝土板中的鋼筋和鐵絲沒有銹蝕現象，完好如初。足見海砂中的鹽份和氯離子會造成鋼筋嚴重銹蝕，因而減損其抗拉程度，並造成房屋無法抵抗張力而破壞。
- (七)混凝土板中的砂、水泥和小石子間的比例，也會影響混凝土板的硬度。因材料和設備所限制，本實驗未能探討因砂、水泥和小石子比例改變所造成的影响，真是可惜。
- (八)「海砂屋」傳言已久，除了由本實驗發覺其所造成鋼筋嚴重銹蝕和抗壓強度減低外，若能實地到建築工地調查海砂使用情形，將使本實驗更完善，也可提供社會大眾購屋時參考。

六、結 論

由以上的實驗結果分析，我們可以歸納出以下的結論：

- (一)溼海砂和乾海砂中含有可觀的鹽份，而河砂中含有小石子，所以摸起來較粗。
- (二)經過長時間的風吹日曬，溼海砂混凝土出現嚴重龜裂，甚至鋼筋部份裸露，乾海砂混凝土也有輕微裂痕，但乾河砂混凝土非常堅硬，幾乎不受風化作用影響。
- (三)混凝土中含有海砂會大幅地減弱其抗壓強度，因而造成房屋無法抵抗壓力而破壞。尤以溼海砂抗壓強度最弱。
- (四)海砂中的鹽份和氯離子會造成鋼筋的嚴重銹蝕，因而減損其抗拉強度，並造成房屋無法抵抗張力而破壞。尤以溼海砂鋼筋銹蝕程度最嚴重。
- (五)海砂含量的增加會加強上述兩項效應。同時，溼海砂的破壞力比乾海砂來得可怕。
- (六)水泥扮演混凝土中砂和小石子的膠著劑。但海砂中的鹽份和氯離子，使得混凝土內部的膠結能力大為降低，同時，鋼筋也因而更易氧化銹蝕，結構堪虞。
- (七)海砂屋一點也不安全，民眾購屋時應特別注意，同時，也呼籲建築業者不要再蓋海砂屋來矇騙大眾了。
- (八)台灣自然資源有限，河砂供應並非源源不絕，若能應用海砂當建築材料，將

能解決河砂不足的問題，因此，如何除去海砂中的鹽份，將是科學界當務之急。

七、參考書目

- (一)各大報紙4月至8月剪報
- (二)混凝土工程施工須知 中國土木水利工程學會編印

評 語

海砂屋是近來社會大眾十分關注的問題，本作品所探討的主題：海砂中鹽份對混凝土抗壓強度及鋼筋因鏽蝕所產生的張力強度變化，頗適合初小同學執行。而同學能由鐵鎚敲擊混凝土板發出的聲音，判斷分子間的結合是否緊密，充份證明本作品實驗步驟成功之處。實驗步驟之設計、執行、結果分析也都十分周詳，符合科學研究的基本精神。