

# 海砂屋的恐懼

## ——海砂與河砂於建築特性上之比較

### 高小組應用科學科第三名

台中縣太平國民小學

作者：陳韋成、陳慧君、黃保銓

指導教師：許彩梁、吳嘉賢

### 一、研究動機

前陣子常在報章雜誌上看到有關“海砂屋”的報導，不禁為我們的“殼”捏把冷汗，不知道自己是否也居住在它的陰影底下。我們想同樣是砂子，為何一般的河砂蓋房子就不會有問題，而海砂蓋的房子卻引起如此大的恐慌呢？因此我們就這個問題請教於自然老師，透過老師的安排，我們訪問了中興大學土木工程系的顏教授，他指出，蓋房子時所使用的砂多半是河砂。但是，在目前砂石短缺情形嚴重之時，若能研究海砂在建築上的實用性，對社會將有莫大的助益。於是我們想研究一下：“可不可以藉由肉眼就判斷出海砂或河砂？”“是不是海砂容易使鋼筋生鏽？”“是不是海砂製成的水泥易碎、易裂？”並進一步提出海砂於建築上的實用性。

### 二、研究目的

- (一)比較海砂與河砂之物理特性。
- (二)比較海砂與河砂使鋼筋生鏽速率的快慢。
- (三)比較海砂與河砂所製成的水泥條強度情形。

### 三、研究器材

海砂（取自大肚溪口）、河砂（取自大肚溪畔之砂石場）、水泥、蒸餾水、鋼棉、天平、彈簧秤、放大鏡、顯微鏡、錐形瓶、橡皮塞、玻璃管、燒杯、橡皮綁繩、長尺。

### 四、研究方法

- (一)比較海砂與河砂之物理特性：

我們擬由外形特徵、密度和溶解度來探討海砂與河砂之物理特性。研究方法

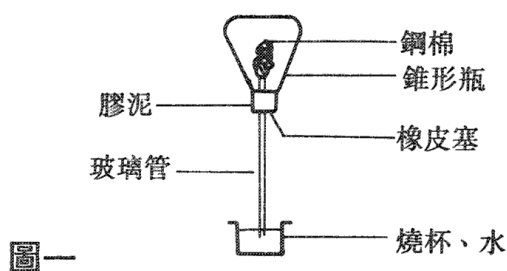
的構思來自於自然課本中“神秘的粉末（第十冊）”及“密度（第十一冊）”和“硫酸銅的沉澱（第十一冊）”這些單元。

- 1.外形特徵：利用放大鏡及顯微鏡來觀察海砂與河砂在顏色、顆粒大小、形狀方面的差異。
- 2.密度：以量筒各取0.5升的海砂與河砂，置於彈簧秤上，得出砂子的淨重，並計算出密度。
- 3.溶解情形：為求不同砂質，可溶於水中物質的多寡。各取600克之海砂與河砂，分別加入500克的水，攪拌一分鐘待沉澱後，將水倒出。重覆5次做法（為求徹底溶解）放置於陽光下曬乾後，秤重量，再與原來的重量比較，得出溶解情形。

(二)比較海砂與河砂對建材中鋼筋生銹速率之影響：

因為鋼筋的生銹，短時間內無法看到明顯的結果，於是我們利用“鋼棉（第十二冊）”單元的方法，模擬出何種砂質較容易使鋼筋生銹，造成建築物水泥塊的剝落。

- 1.取5種不同的水質：(a)蒸餾水(b)自來水(c)以蒸餾水洗淨的海砂水(d)以蒸餾水泡過之河砂水(e)以蒸餾水泡過之海砂水。
- 2.以天平秤出5團鋼棉各3克。
- 3.將鋼棉分別浸泡於5種不同之水質各10秒後，輕輕甩乾（不使滴水），塞入錐形瓶中，以膠泥封住接縫處，將裝置放妥，如圖一所示。
- 4.每小時記錄一次5支玻璃管中水位上升情形。



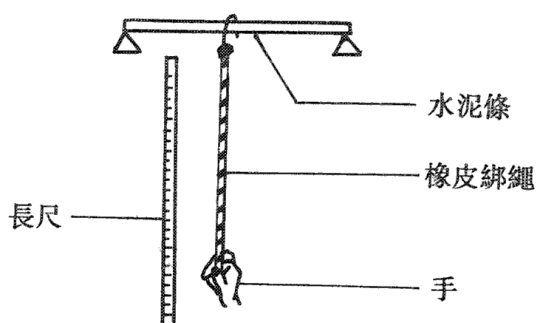
(三)比較海砂與河砂所製成的水泥條強度情形：

為了比較出海砂與河砂製成之混凝土何者能承受外界較大的壓力（如地震），我們想到了“測量力的大小（第六冊）”單元中，可利用彈簧的伸長量，代表作用力的大小，來測出何者組成的建築物比較堅固耐用。

- 1.以木做出 $2 \times 2 \times 80$ （公分）之模子15支。
- 2.調配5種不同重量比例之砂與水泥：  
(a)河砂：水泥=3：1

- (b)海砂：水泥=3：1  
 (c)海砂：水泥=3：1.2  
 (d)海砂：水泥=3：1.5  
 (e)海砂：水泥=3：2

- 3.加入適當的水攪拌後，倒入模子中，每種比例各3支。  
 4.10天後觀察水泥條凝固情形，並取下25公分的水泥條各三支。  
 5.利用橡皮綁繩之彈力來測試水泥條所能承受的壓力並記錄水泥條斷裂時，綁繩之伸長量。其裝置如圖二所示。



圖二 水泥條強度測試裝置圖

## 五、研究結果

### (一)海砂與河砂之物理特性研究：

表一、海砂與河砂之外觀比較表

|     | 海 砂      | 河 砂      |
|-----|----------|----------|
| 顏 色 | 黃褐，透明    | 灰，黑褐     |
| 粒 徑 | 較小（大小一致） | 較大（大小不一） |
| 形 狀 | 多角近球形    | 扁形不規則    |

表二：海砂與河砂的密度比較表  
 （克／立方公分）

|     | 海 砂  | 河 砂  |
|-----|------|------|
| 體 積 | 500  | 500  |
| 重 量 | 561  | 751  |
| 密 度 | 1.12 | 1.50 |

表三：海砂與河砂可溶於水之物質  
 重量比較表  
 （克）

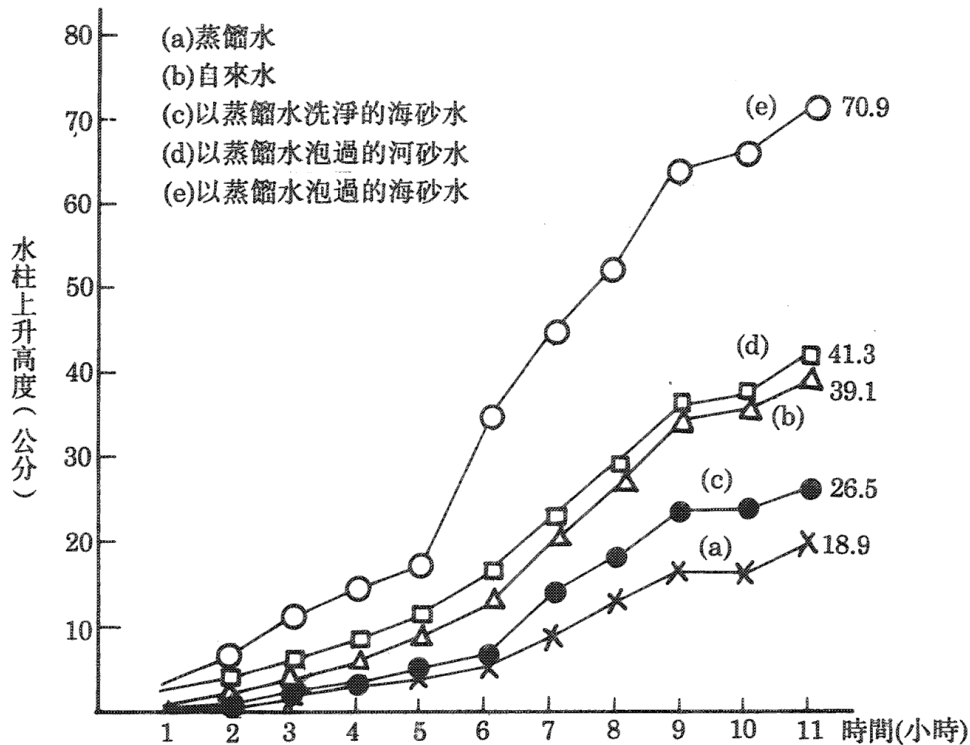
|      | 海 砂 | 河 砂 |
|------|-----|-----|
| 原 重  | 600 | 600 |
| 泡水後重 | 566 | 588 |
| 溶解之重 | 34  | 12  |

結果說明：1.海砂之形較接近球形，這與在“地層（第十一冊）”單元中談及鵝卵石之成因類似，都是砂石在河中經長途搬運作用的結果。

2.河砂的密度大於海砂，且達到每升有380克的差異。這可能是與海砂的顆粒大小一致，排列的縫隙較大，而河砂大小差異大，產生的縫隙較小（表一）有關吧？值得進一步探討。

3.海砂可以溶於水的物質比河砂多，且差距幾乎達到3倍（34：12）。這些重量可能來自海水中的鹽類和雜質，而鹽類物質即是構成海砂中透明顆粒（表一）的主要原因。

## (二)不同的物質對鋼筋生銹速率的影響



圖三 不同的水質在鋼棉實驗中，水柱上升高度變化圖

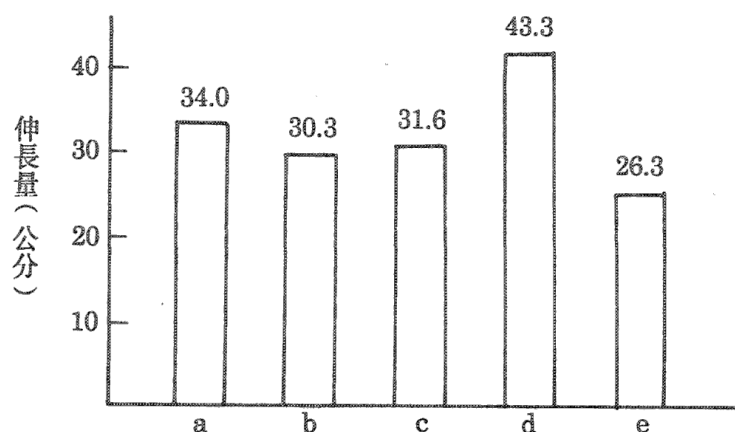
結果說明：1.從圖中曲線變化得知這5種水質中，以e組（以蒸餾水泡過之海砂水）鋼棉使玻璃管內之水位上升最快，其次依序為d、b、c及a。可見使鋼棉生銹速率的快慢：以蒸餾水泡過之海砂水>以蒸餾水泡過之河砂水>自來水>以蒸餾水洗淨的海砂水>蒸餾水。

2.洗淨後的海砂比起河砂，反而不容易使鋼棉生銹。由此，就使鋼筋生銹的角度看來，海砂只要經過處理，是可以使用的。

3.在10小時的時候，有a、c2支的玻璃柱水位不升反降，b、d、e

3支玻璃柱水位上升幅度亦不高。實際上是受到當時溫度升高，使瓶內空氣受熱膨脹，壓擠管內水柱，使水柱高度下降的緣故。

### (三)不同比例之砂石和水泥製出之水泥條強度情形



圖四 拉動橡皮綁繩使水泥條斷裂，需要的伸長量表

(三次實驗的平均值)

- 結果說明：
- 1.當水泥條乾後觀察，發現在12支海砂製成的水泥條中，有5支生成7條裂縫，而由河砂製成的3支水泥條則無此現象；且海砂製成的水泥條表面，多含有許多氣泡。
  - 2.實驗的5支水泥條斷裂時，綁繩之伸長量最大者為d（海砂：水泥=3：1.5），其次依序為a、c、b、e。所以這5種不同混合比例的水泥條，其強度：  
海砂3：水泥1.5 > 河砂3：水泥1 > 海砂3：水泥1.2 > 河砂3：水泥1 > 海砂3：水泥2。
  - 3.同比例的河砂(a)比海砂(b)之強度高，若是將水泥比例提高可提高海砂水泥條的強度(d)，但是水泥的比例過高也會造成反效果(e)。

## 六、討 論

- (一)混凝土若包含各種不同粒徑之骨材，則大粒徑骨材間之空隙可由小粒徑骨材填充，使得整體混凝土孔隙率降低（黃忠信，民84）。海砂顆粒大小一致，河砂則差異大（表一），所以海砂之孔隙率必然較高，氣體填充於這些孔隙中，而造成海砂之水泥條表面有許多的氣泡。
- (二)海砂中含有大量的鹽類，當海砂放入混凝土中，將會侵害水泥水化生成物，降低水泥漿體強度，並使得混凝土發生龜裂（黃忠信，民84）。實驗的海砂

水泥條發現有多處裂縫，以及海砂可溶於水中物質多於河砂甚多（表三），當可說是海砂中鹽類存在之影響。

(三)海砂中的氯離子會破壞鋼筋的純態保護膜，而造成鋼筋腐蝕（駱承利，高源國，民82）。實驗中海砂水之鋼棉生銹速率遠大於其他樣本（圖三），由此可推測使用海砂之建築物，其內部鋼筋遭腐蝕情形必將嚴重，且造成混凝土之剝落。

(四)開採的砂石必須經過一定程序的除鹽，使用時有一定量的限制，並不是海砂不能使用（王天送，民84）。在實驗中經反覆清洗後的海砂蒸餾水，甚至比河砂蒸餾水和自來水造成的鋼棉生銹速率慢了許多（圖三），可見海砂經過處理後仍具使用價值。

(五)若在相同的混凝土抗壓強度之要求下，含細度模數為0.82海砂之混凝土，所需水泥用量約為河砂混凝土水泥用量之1.2倍（郭一羽等，民82）。在強度實驗中海砂之水泥含量為等量河砂之1.2倍時，強度仍小於河砂，但當水泥含量為等量河砂之1.5倍時，強度又大於河砂甚多（圖四），是否和海砂之樣本不同有關？（實驗之海砂取自大肚溪口）則有待更進一步之研究。

(六)對於海砂除鹽後的混凝土強度和河砂比較之情形，可能會與圖四之結果有所差異，這將是我們未來研究的重點。

## 七、結 論

(一)以鋼棉生銹為指標，我們發現海砂水之鋼筋生銹速率遠大於河砂，可見未經處理的海砂，對鋼筋混凝土將造成破壞，不適宜拿來蓋房屋和建築物。

(二)海砂中含有許多鹽類，會影響水泥條的強度，並造成水泥條上的許多裂痕。

(三)同樣的比例下，海砂製成的水泥條，強度比河砂的弱。但透過增加適當的水泥比例，可以改善海砂的強度情形。

(四)河砂顆粒有大有小，在形成混凝土時，小顆粒會塞入大顆粒的縫隙中，減少縫隙，增加密度；而海砂顆粒大小較一致，會產生較大的縫隙，密度減少。所以同體積下的河砂重量比海砂的大，且縫隙大也影響了海砂的水泥條表面會產生許多的氣泡。

(五)經過處理的海砂，對鋼筋的腐蝕性甚至比河砂低。在欠缺河砂及陸砂且國家建設強烈需求砂石的現今，研究海砂處理後於建築上的可行性，未嘗不是一條解決之道。

## 八、參考資料

- (一)王天送(民84)，海砂開採與除鹽技術。營建與裝璜，97～106。
- (二)黃忠信(民84)，海砂對混凝土結構物強度的影響。營建與裝璜，115～117。
- (三)駱承利，高源國(民82)，臺灣的海砂資源。科學月刊，24卷10期，766～774。
- (四)郭一羽等(民82)，海砂混凝土配比與對抗壓強度之影響。土木水利，20卷3期，35～49。
- (五)楊光安(民82)，海砂及混凝土含鹽份濃度現場之檢測。礦業技術，31卷1期，27～36。
- (六)駱承利，葉春爐(民81)，海砂探勘與利用。能源資源與環境，5卷3期，35～49。
- (七)蕭幸國(民81)，海砂除鹽之探討。礦業技術，30卷1期，35～40。
- (八)林平全主編(民79)，混凝土施工。台北市：徐氏基金會。

## 評 語

從海砂與河砂物理特性研究分析，探討對製作水泥條強度的影響，以及鋼筋混凝土可能造成的破壞，同時以不同比例配置，研究出海砂處理後，對建築上的可行性，思考程序正確，對當前社會面臨海砂屋危害，提供更深入瞭解。