

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組地球科學科

080508

高雄縣岡山鎮岡山國民小學

指導老師姓名

李震甌

林淑珠

作者姓名

鄭尹茜

陳于靜

劉宣麟

李紀霆

## 摘要

因為戶外教學時，對地層下陷現象的好奇，所以我們想探討地層下陷的原因和建築物下陷的現象。我們用模擬地層構造的方式做實驗，並試著從實際環境中找證據。根據實驗結果，發現下陷的主要原因來自於放水，而且反覆加水放水會加重其下陷程度。另外我們又發現地上的物體越重，下陷越嚴重。同重的物體，底面積越大，下陷程度會較少。而海水和淡水使土壤和物體下陷的程度差不多。

跟實地環境對照，我們認為超抽地下水，雖為地層下陷的主因，但反覆的抽水和補充，也是加速下陷的原因也是加速地層下陷的幫凶。而地層上建築物的下陷程度與重量和底面積有關，建築物底面積越小、重量越重則下陷越深。

## 一、研究動機

因為在戶外教學時，有參觀過因超抽地下水，而造成地層下陷的地方。我們除了對人們為了經濟上的利益，而對自然環境所做的嚴重破壞感到驚嘆外。也好奇說：為何房子都會比較低陷？這個問題應該不只是「政府把馬路填高了」所能解釋的。此外，我們想到地下水的反覆抽水和補充及地下水鹽化對地層下陷是否也會有影響呢？六年級時，我們剛好學到水資源及生態平衡與自然的保育相關的主題，老師鼓勵我們不妨針對這個問題來做研究，因此，我們決定來探討地層下陷的奧秘。

## 二、研究目的

本研究在探討：

- (一) 土壤的水分在自然蒸發與放水二種情況之土壤下降程度
- (二) 比較土壤的水分在持續放水和重複加水放水時，土壤下降程度
- (三) 土壤在重複加水飽和與放水後，表面物體下陷程度
- (四) 底面積一樣，重量不一樣的物體下陷程度的差異
- (五) 重量一樣，底面積不一樣的物體下陷程度的差異
- (六) 淡水與海水對土壤在加水飽和時與放水後之影響
- (七) 淡水與海水在土壤重複加水放水後，對物體下陷之影響

## 三、實驗器材

本次實驗所使用的材料和器材如下：

項目名稱	規格	數量
砂土	採自附近鄉鎮的漁塭砂土	10 公斤
小碎石	直徑約 1 公分	5 公斤
大碎石	直徑約 2-3 公分	5 公斤

長形鐵塊	大〈10.2x7x5 公分〉，重 2.8 公斤	1
長形鐵塊	小〈10.2x7x2.5 公分〉，重 1.4 公斤	2
圓形鐵塊	直徑 9 公分，厚度 2.5 公分， 重 1.3 公斤	1
竹筷子	15 公分以上	10 枝
水族箱	三個底下沒打洞，另三個打 8 個洞	6 個
海水	5000cc	2 桶
直尺	45cm、1m	各 1 枝
捲尺	5m、50m	各 1 個
海綿膠	寬 2cm	1 捲
照相機	可近拍	1 台
軟片	36 張	1 捲
奇異筆	8 色	1 組

## 四、研究方法、過程與結果

### 4-1 實驗一：比較土壤的水分在自然蒸發時和放水時，土壤下降程度

**4-1-1 想法：**我們想要比較土壤的水分在自然蒸發與放水二種情況下的下降程度，因此以模擬地層結構的方式，安排一個實驗組和一個對照組以便觀察比較。實驗組以在水族箱底下放水的方式，模擬地層被抽水的情況，而對照組則不放水，任其自然陰乾。

#### 4-1-2 實驗步驟：

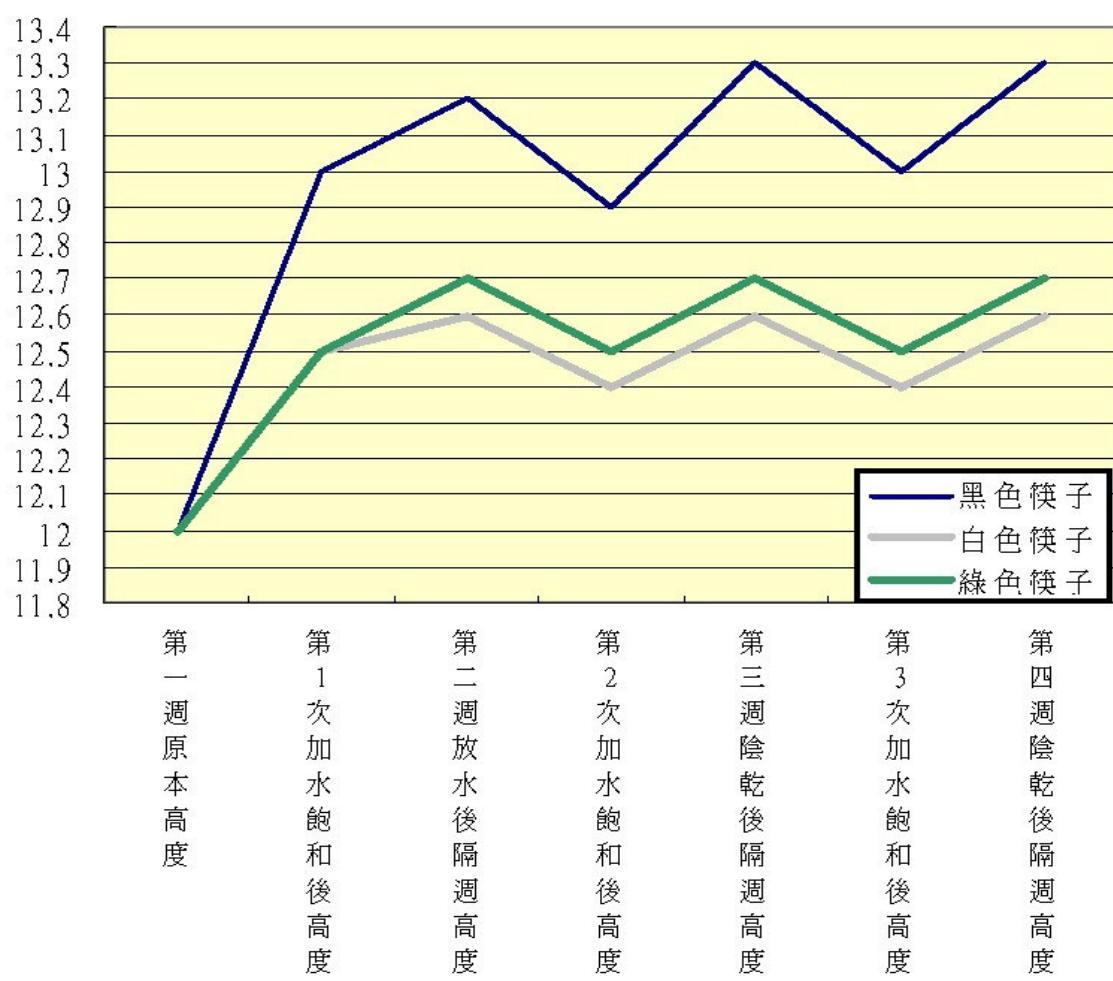
- (1) 先將大碎石、小碎石等收集來的砂土反覆依序平均鋪入水族箱中。插入三根筷子〈黑、白、綠〉，將它們插到底，測量筷子頂端離土壤的高度〈固定點〉，並做記錄。以此方法鋪好二個水族箱(一個底部有孔[實驗組]，另一個底部沒有孔[對照組])。
- (2) 測量二箱土石，調整使二箱土石的重量、體積和密度一致。二箱土石各插入三根筷子〈黑、白、綠〉，將它們插到底，測量筷子頂端離土壤的高度〈固定點〉，並做記錄。用海綿膠封閉有洞的水族箱底部。
- (3) 將水(自來水)均勻的倒入二箱土壤中使之飽和。測量筷子頂端離土壤的高度〈固定點〉，並做記錄。
- (4) 將**實驗組**水族箱放水，隔一星期陰乾後，再測量二個水箱退水之後，定點筷子頂端離土壤表面之高度。
- (5) 封閉有洞之水族箱，再將二箱加水使之飽和。隔一星期陰乾後，再測量二個水箱筷子高度。依照步驟(5)再做一次。



(圖一) 實驗組及控制組水族箱

#### 4-1-3 實驗結果：

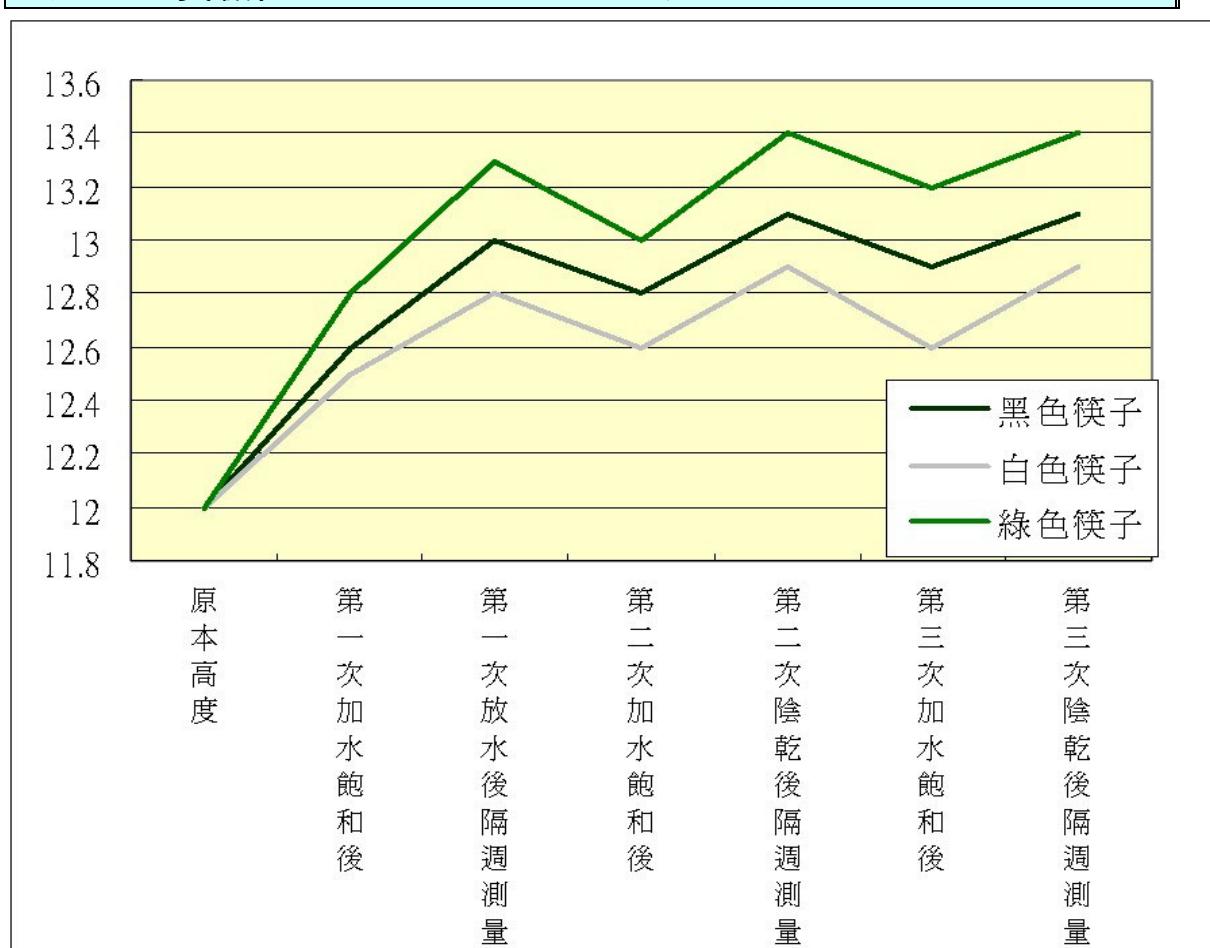
表一：對照組土壤在吸水飽和前後之高度差異 單位〈cm〉





(圖二) 土壤飽和高度的測量

表二： 實驗組土壤在吸水飽和與放水後之高度差異 單位〈cm〉



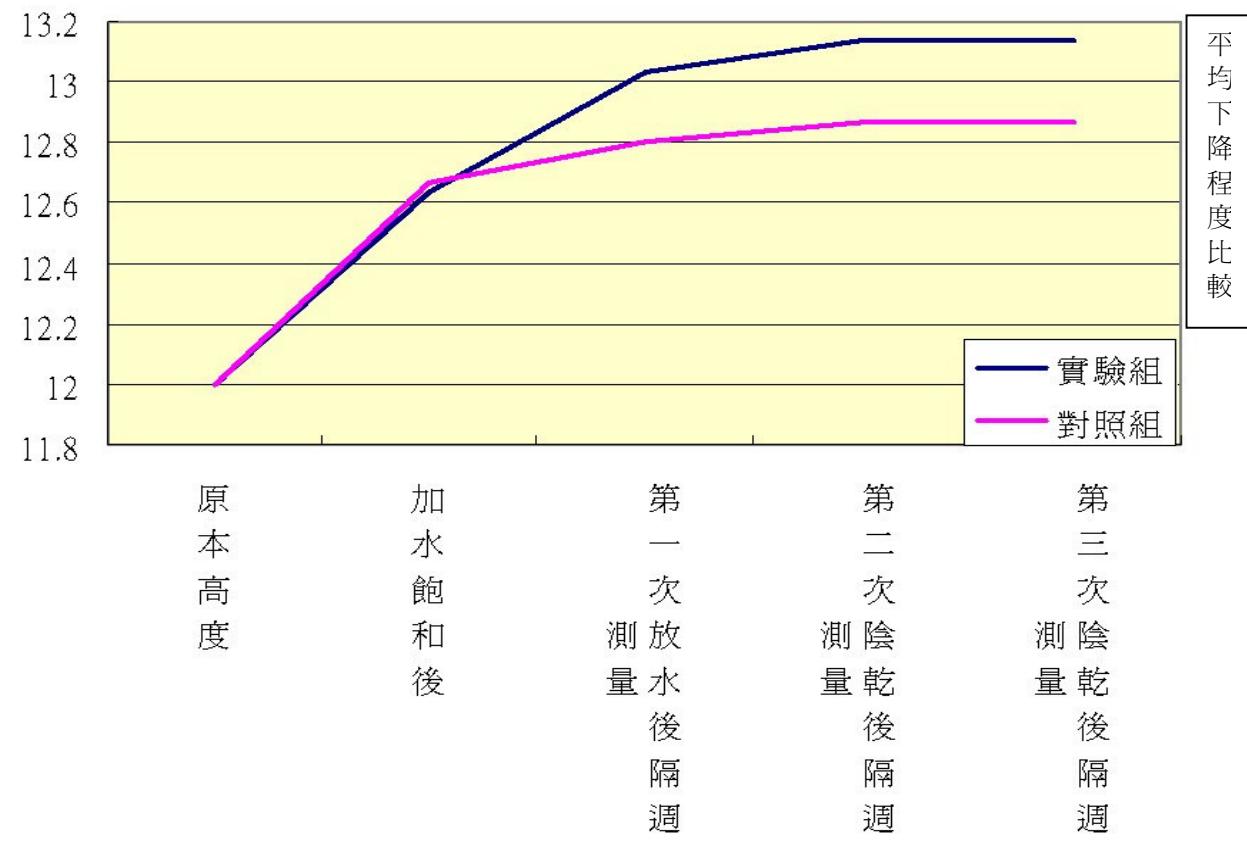


(圖三) 實驗活動進行



(圖四) 實驗組加水飽和過程

表三：土壤的水分在放水與自然蒸發二種情況之平均下降程度比較(單位:cm)



#### 4-1-4 實驗發現

- (1) 經由黑、白、綠三根定位筷子從頂端測量到土壤的距離結果，發現不管是實驗組與對照組的土壤在第一次加水飽和後，高度會下降。在其餘每次加水飽和時，土壤高度會略為上升。
- (2) 兩組在第一次加水飽和後，土壤所下降的程度都差不多。
- (3) 對照組土壤經加水飽和陰乾之後，高度會再下降。每一個定位點土壤下降的高度並不一樣。對照組除第一次加水飽和土壤下降幅度較大外，第二週後，土壤雖反覆加水和陰乾，陰乾後的土壤高度變化不大。
- (4) 實驗組土壤經過一次放水後，土壤的高度會降低，但後來之加水陰乾，下降的幅度會減少或沒有。
- (5) 實驗組的土壤總下陷程度比對照組大，因此是否抽水會影響地層下陷的程度。

## 4-2 實驗二：比較土壤的水分在持續放水和重複加水放水時，土壤下降程度

4-2-1 想法：我們想要比較土壤的水分在持續放水與重複加水放水二種情況下的下降程度，因此同上一個實驗的方式，安排一個實驗組和一個對照組以便觀察比較。實驗組重複加水放水三次，而對照組則持續放水。

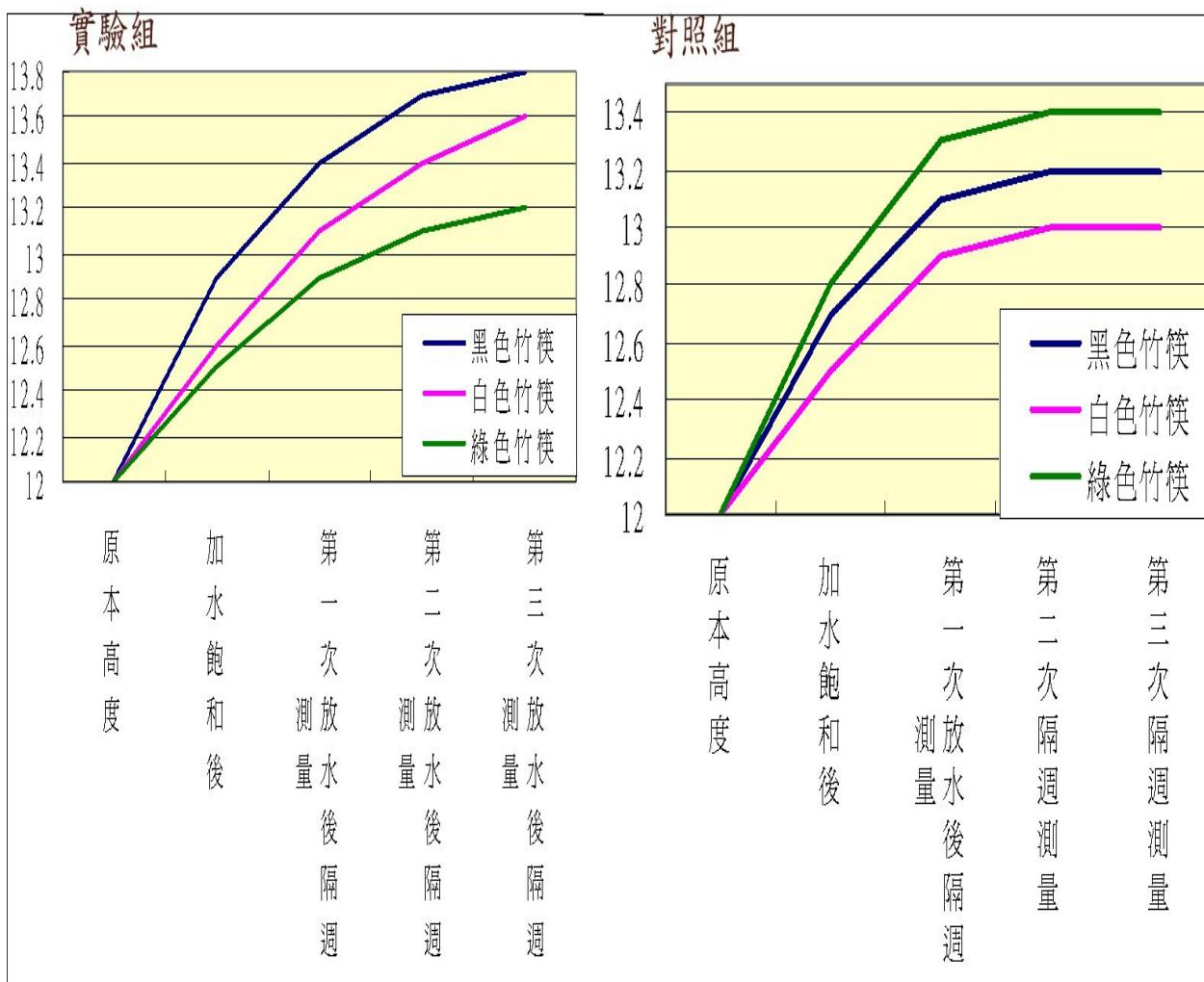
### 4-2-2 實驗步驟：

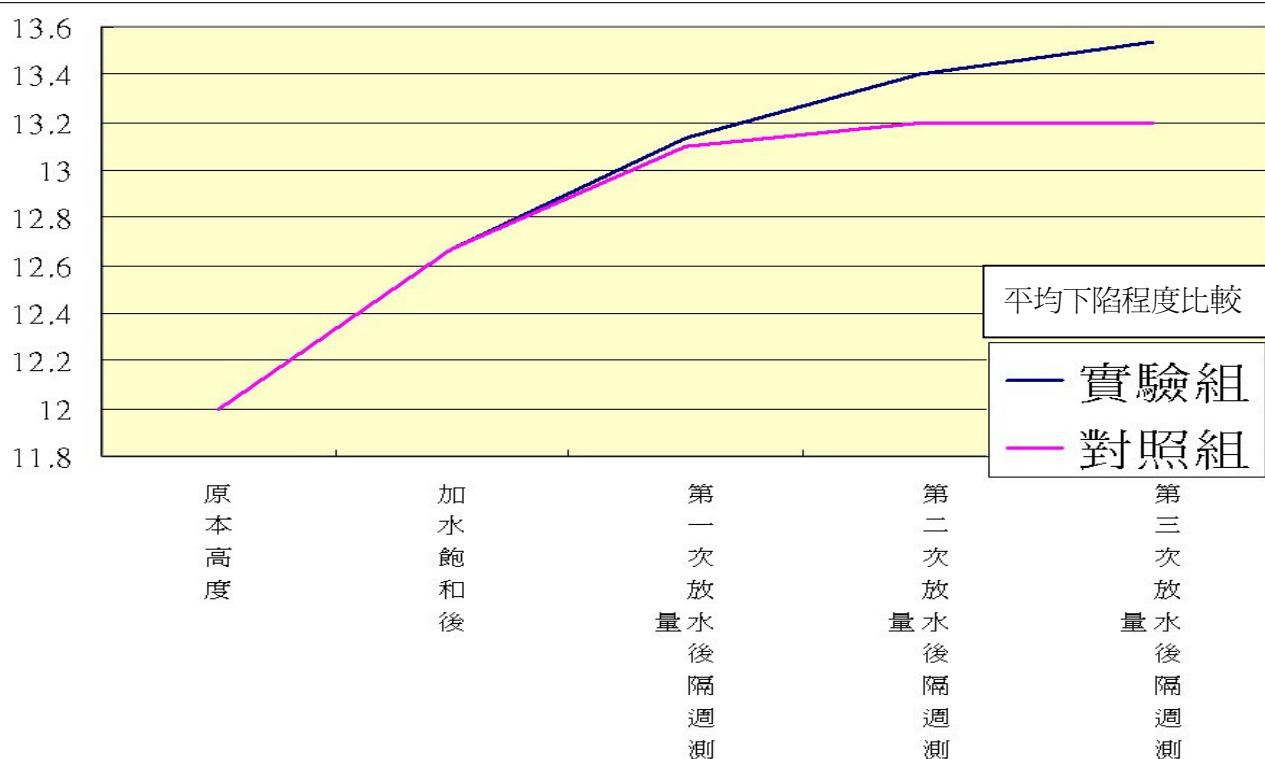
- (1) 準備二個底部有孔的水族箱，其餘步驟同 4-1-2 的(1)~(4)。
- (2) 封閉實驗組水族箱的洞，再加水使土壤飽和。測量筷子高度後，將實驗組放水，對照組則不封閉持續放水，隔一星期後，再測量二個水箱。依照步驟 (2) 再做一次。

### 4-2-3 實驗結果：

表四：土壤的高度在重複加水放水與持續放水的情況之下降程度比較

〈單位：cm〉





(圖五) 反覆加水放水之土壤高度測量

#### 4-2-4 實驗發現

- (1) 兩組在第一次加水飽和後，土壤所下降的程度都差不多。在第一次放水後，土壤所下降的程度也都差不多。
- (2) 實驗組的土壤總下陷程度比對照組大，因此反覆放水加水會影響土壤下陷的程度。

#### 4-2-5 實地印證：

如下圖，地層經反覆的超抽地下水，而導致明顯的下陷。



(圖六) 地層明顯的下陷。

### 4-3 實驗三：土壤在重複加水放水後，表面物體之下陷程度

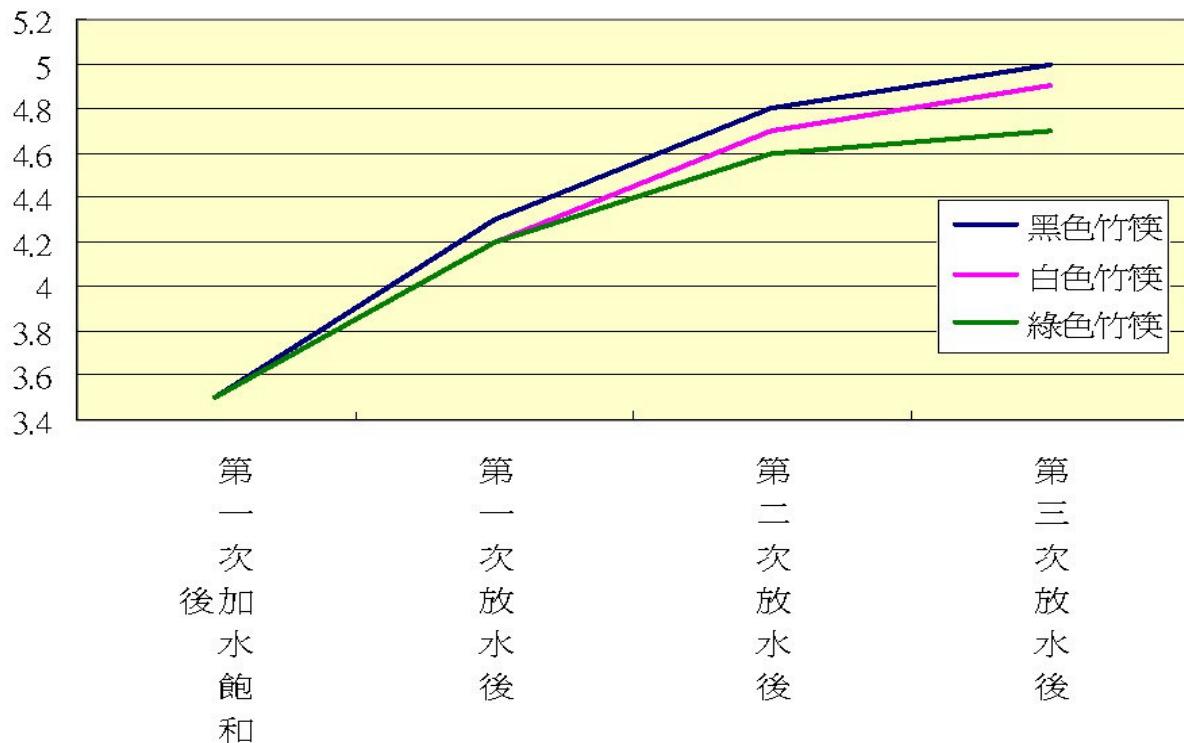
**4-3-1 想法：**我們想要觀察建築物在地層抽掉地下水時，建築物在地面下陷的情形。因此我們放置一個鐵塊在土壤上，並將土壤加水至飽和，以在水族箱底下放水的方式，模擬地層被抽水的情況。

#### 4-3-2 實驗步驟：

- (1) 將水(自來水)均勻的倒入已鋪好土壤的水族箱中，使之飽和。
- (2) 將事先準備好的鐵塊置於土壤表面上，並用尺測量鐵塊(1.4kg)上三點與水族箱口的距離，並做記錄。
- (3) 將水族箱放水，隔一個星期後測量鐵塊與水族箱口的距離(數字越大表示，下陷越深)，並將數據加以記錄。
- (4) 再重複實驗步驟一、三的步驟二次。平均高度皆求到小數點下第一位，四捨五入。

#### 4-3-3 實驗結果

〈單位：cm〉



(圖七) 在吸水飽和與放水後，土壤表面物體高度之測量

#### 4-3-4 實驗發現:

- (1) 土壤歷經反覆的加水放水，土壤高度會下降，鐵塊下降的更快。
- (2) 土壤在放水後，其表面上的鐵塊會往下陷。放水越多次，則鐵塊下陷越深。
- (3) 土壤歷經反覆的加水放水，鐵塊下陷的幅度越來越小。

#### 4-3-5 實地印證:

如下圖八，建築物經反覆的超抽地下水，而導致嚴重的下陷，下窗緣已沉入地下。



(圖八) 房屋側面的下窗緣已沉入地下。

#### 4-4 實驗四：底面積一樣，重量不一樣的物體下陷程度的差異

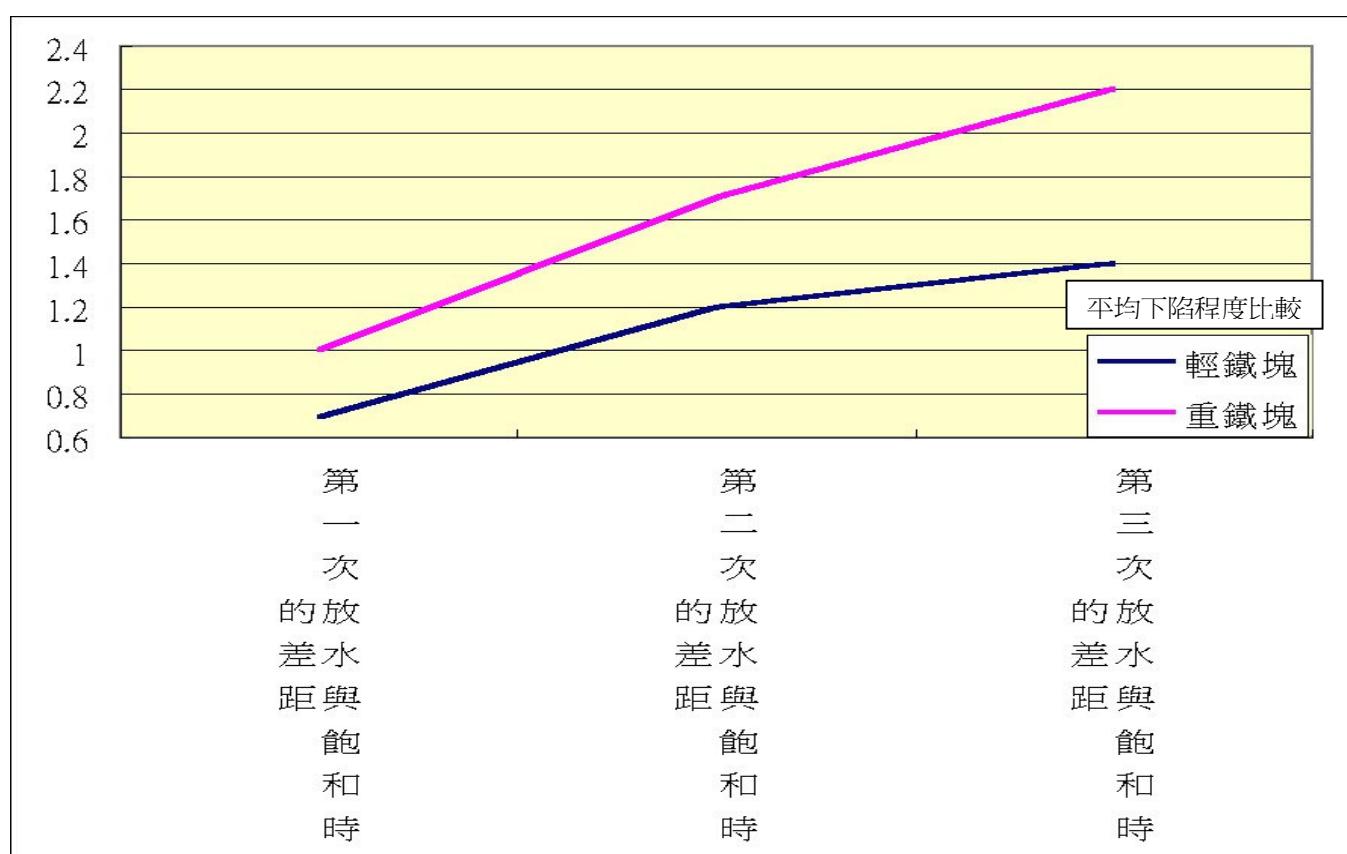
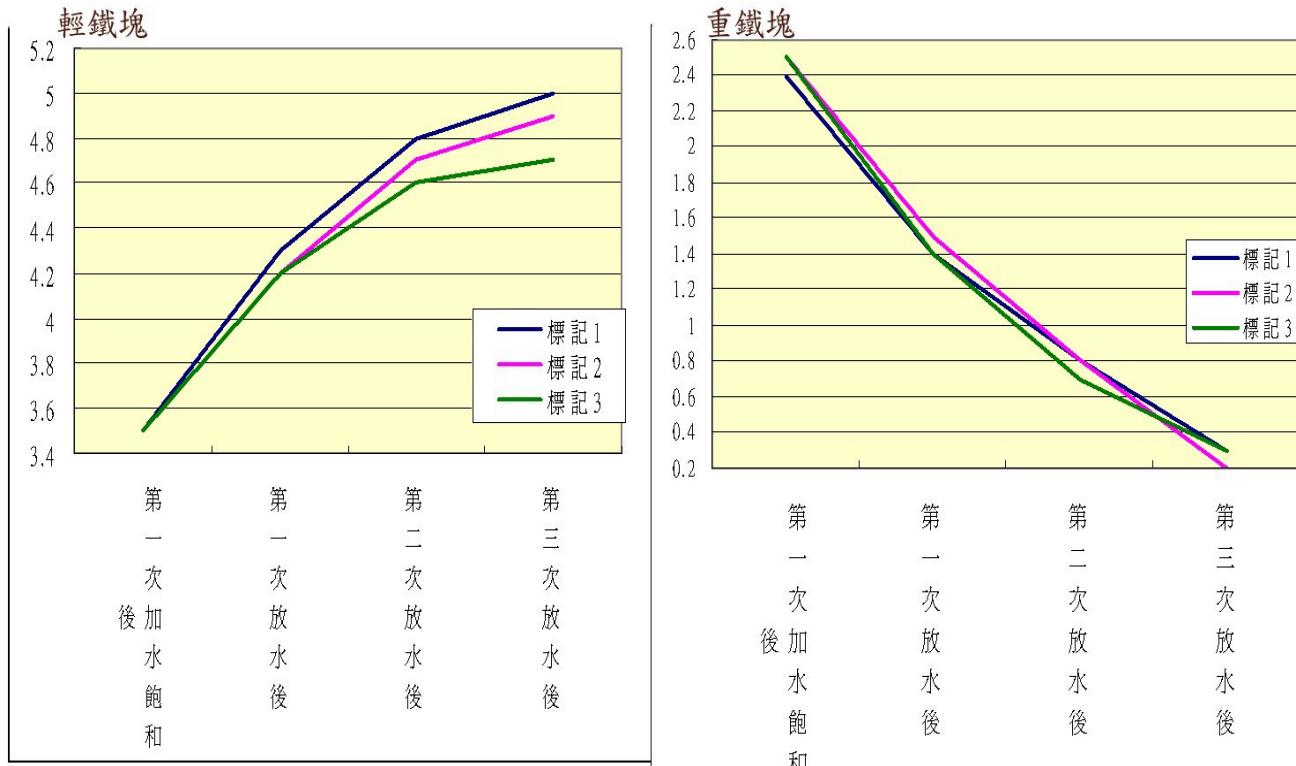
**4-4-1 想法：**既然地層表面上的建築會隨著反覆的抽水而下沉，那麼不同重量，但同底面積的建築物，在下陷速度上是否有所不同呢？

#### 4-4-2 實驗步驟：

- (1) 如 4-3-2 實驗步驟(1)。
- (2) 將事先準備好同底面積不同重量的二鐵塊（重鐵塊 2.8kg，輕鐵塊 1.4kg，底面積皆為 17.5 平方公分）置於土壤表面上，並用尺測量鐵塊上三點與水族箱口的距離，並做記錄。
- (3) 將水族箱放水，隔一個星期後測量鐵塊與水族箱口的距離，並將數據加以記錄。
- (4) 輕鐵塊上方低於水族箱口，因此數據越大表示，下陷越深。重鐵塊上方高於水族箱口，因此數據越小表示，下陷越深。

(5) 再重複實驗步驟一、三的步驟二次。

#### 4-4-3 實驗結果：

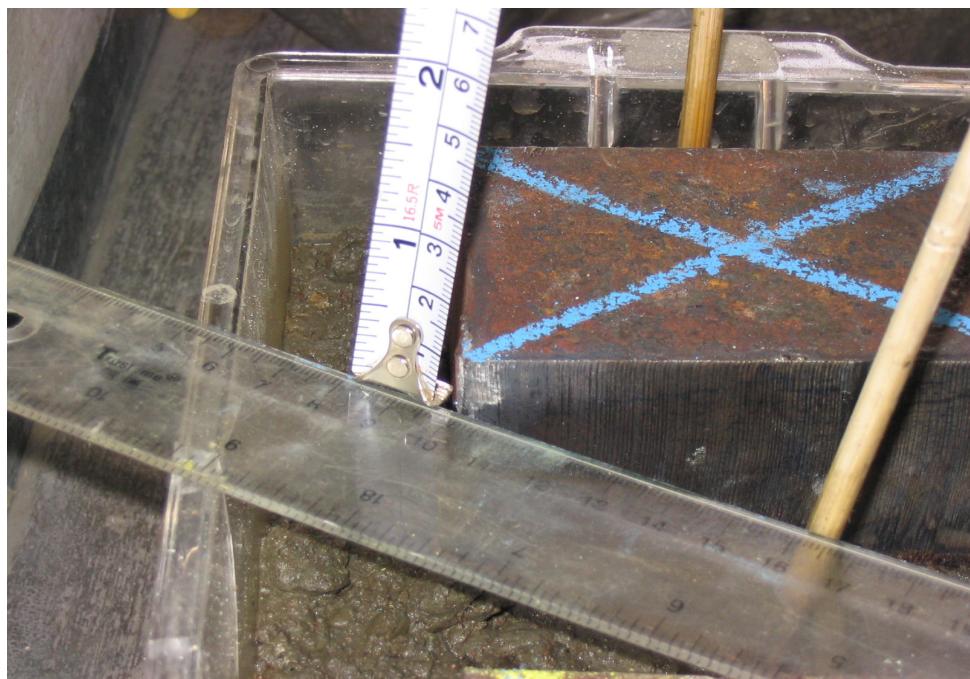




(圖九) 測量輕鐵塊重量



(圖十) 測量重鐵塊重量



(圖十一) 測量重鐵塊下陷程度

#### 4-4-4 實驗發現:

- (1) 土壤歷經反覆的加水放水，同樣底面積的鐵塊，較重的下陷得較快，較輕的相對會較慢。因此，土壤上的物體，其下陷的速度與物體的重量有關。
- (2) 較重鐵塊下陷的高度接近較輕鐵塊的二倍。

#### 4-4-5 實地驗證:

我們拍攝的是同時期(三十年)同一排三戶同樣式的建築，最右邊那一間是二層樓房，左邊二間都是一層平房。經由測量房子前中後三點後，我們發現右邊的二層樓房比最左邊的一樓平房，平均低約 8.6 公分。在兩側路面差不多高的情況下，就可以印證越重的建築物下陷越多。



(圖十二) 左邊的一樓建築物下陷程度較少



(圖十三) 右邊的二樓建築物下陷程度較多



(圖十四) 測量結果證實右邊的二樓建築物下陷程度較多

## 4-5 實驗五：重量一樣，底面積不一樣的物體下陷程度的差異

4-5-1 想法:同重量，但底面積不同的建築物，在下陷速度上是否有所不同呢?

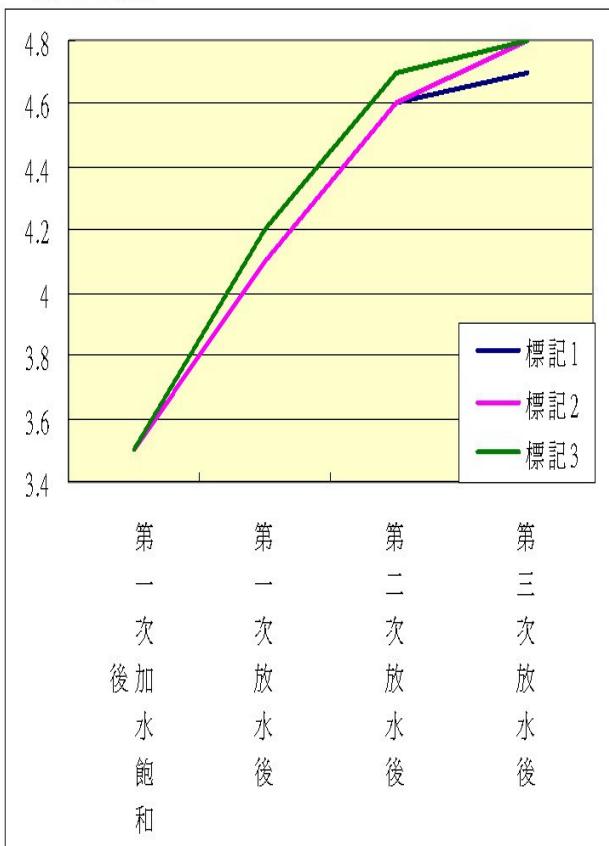
4-5-2 實驗步驟:

- (1) 如 4-3-2 實驗步驟(1)。
- (2) 將事先準備好不同底面積，同重量的二鐵塊(重量不足部分加上砝碼)〈圓形鐵塊底面積為 63.6 平方公分，長形鐵塊底面積為 17.5 平方公分，重量皆為 1.4 公斤〉置於土壤表面上，並用尺測量鐵塊上三點與水族箱口的距離，並做記錄。
- (3) 將水族箱放水，隔一個星期後測量鐵塊與水族箱口的距離，並將數據加以記錄。
- (4) 底面積大的鐵塊上方低於水族箱口，因此數據越大表示，下陷越深。底面積小的鐵塊上方高於水族箱口，因此數據越小表示，下陷越深。
- (5) 再重複實驗步驟一、三的步驟二次。

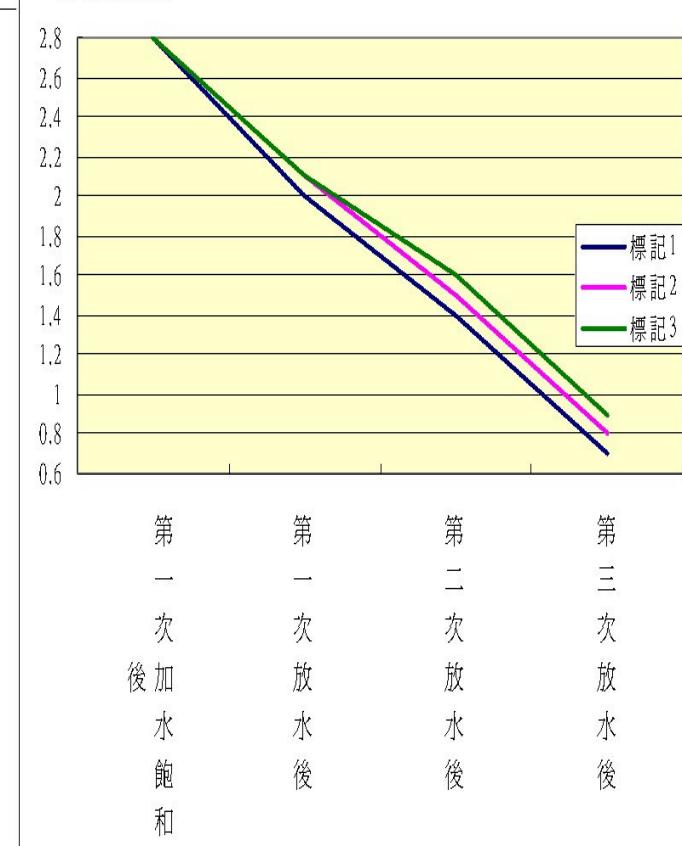
#### 4-5-3 實驗結果:

〈單位：cm〉

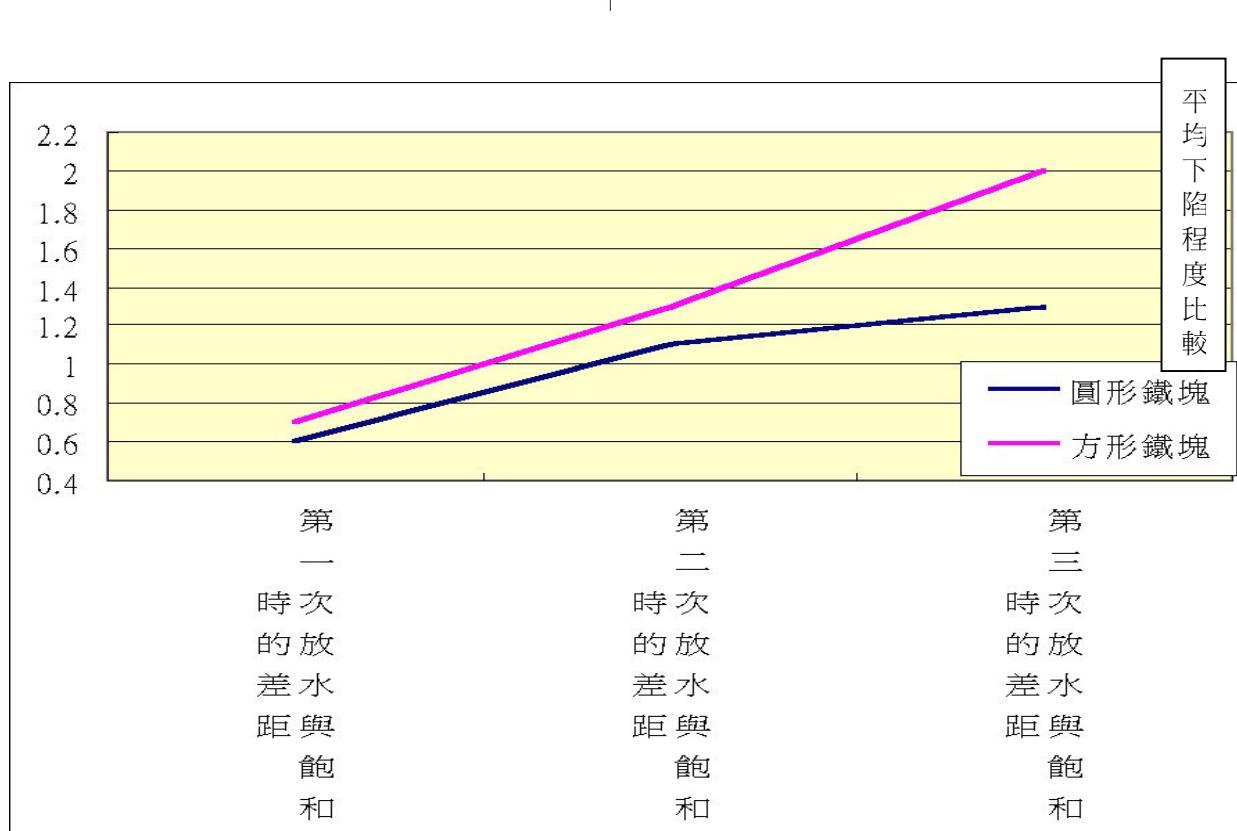
圓形鐵塊



方形鐵塊



平均下陷程度比較





(圖十四) 同重量不同底面積之下陷程度比較

#### 4-5-4 實驗發現:

- (1) 土壤歷經反覆的加水放水，不同底面積的鐵塊，較小的下陷得較快，較大的相對會較慢。因此，土壤上的物體，其下陷的速度與物體的底面積有關。
- (2) 底面積較小的鐵塊在每一次的放水過程中，其下陷速度，都比底面積較大的鐵塊快。
- (3) 圓柱形鐵塊的底面積為方形鐵塊底面積的 3.6 倍，其下降高度為方形的 0.6 倍，所以底面積越大，下降的高度越少。

#### 4-5-5 實地驗證:

如圖十五所拍攝的同時期(三十年)同一排三戶同樣模式的建築，最右邊那一間是二層樓房，左邊二間都是一層平房。經由測量房子前中後三點後，我們發現右邊的二層樓房比最左邊的二間一樓平房，平均低約 8.6cm。假設二間平房的重量等於一間二層樓房的重量，那麼可發現建築物底面積越大，下陷越少。



(圖十五) 右邊的二樓建築物下陷程度較左邊二間平房多，中間平房的橫樑已被扯裂。

#### 4-6 實驗六：淡水與海水對土壤在加水飽和時與放水後之影響

**4-6-1 想法：**地層下陷地區，地下水鹽化嚴重，我們想要觀察海水對地層吸水飽和和放水的影響是否也是一樣。

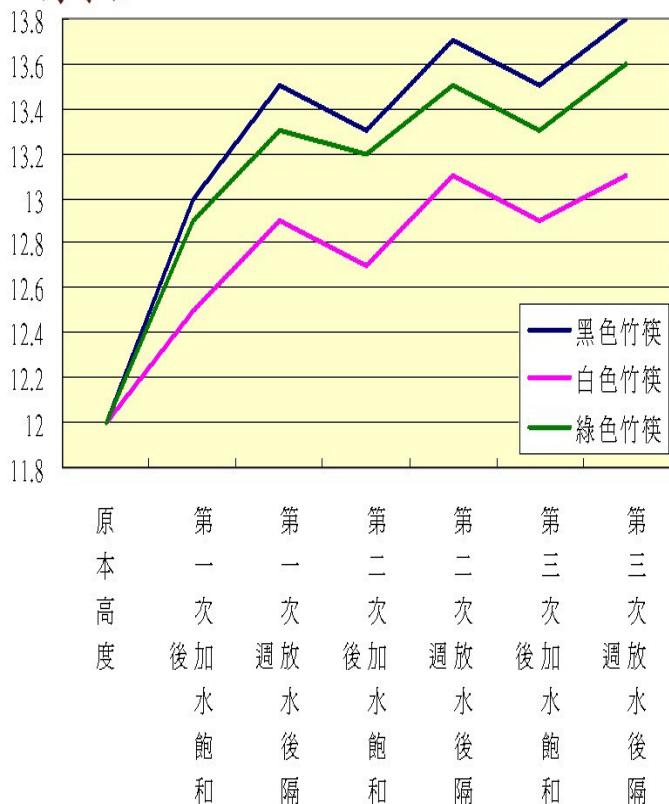
**4-6-2 實驗步驟：**

- (1) 將兩個水族箱依序平均鋪入沙土，箱子底部皆有孔。
- (2) 如 4-1-2 實驗步驟(2)插入三根筷子〈黑、白、綠〉，做記錄，封閉水族箱底部。
- (3) 均勻的將海水倒入實驗組水族箱，將淡水（自來水）倒入對照組水族箱中，並使之飽和。測量筷子頂端離土壤的高度〈固定點〉，並做記錄。
- (4) 將水族箱放水，隔一星期陰乾後，再測量水族箱退水後，定點筷子頂端離土壤表面之高度。
- (5) 封閉水族箱底部的洞，再將水族箱加水使之飽和。按照步驟 4 這個方法再作 2 次，並作記錄。

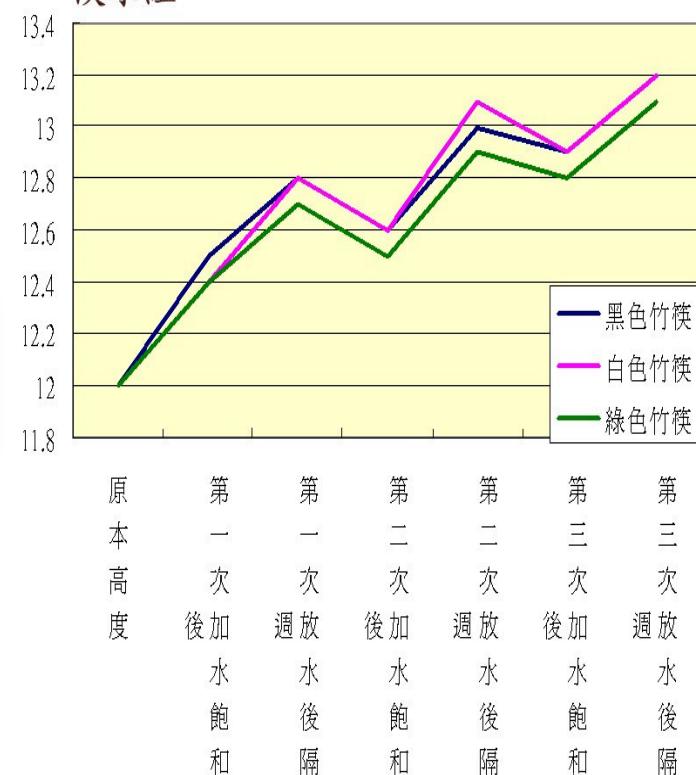
#### 4-6-3 實驗結果：

〈單位：cm〉

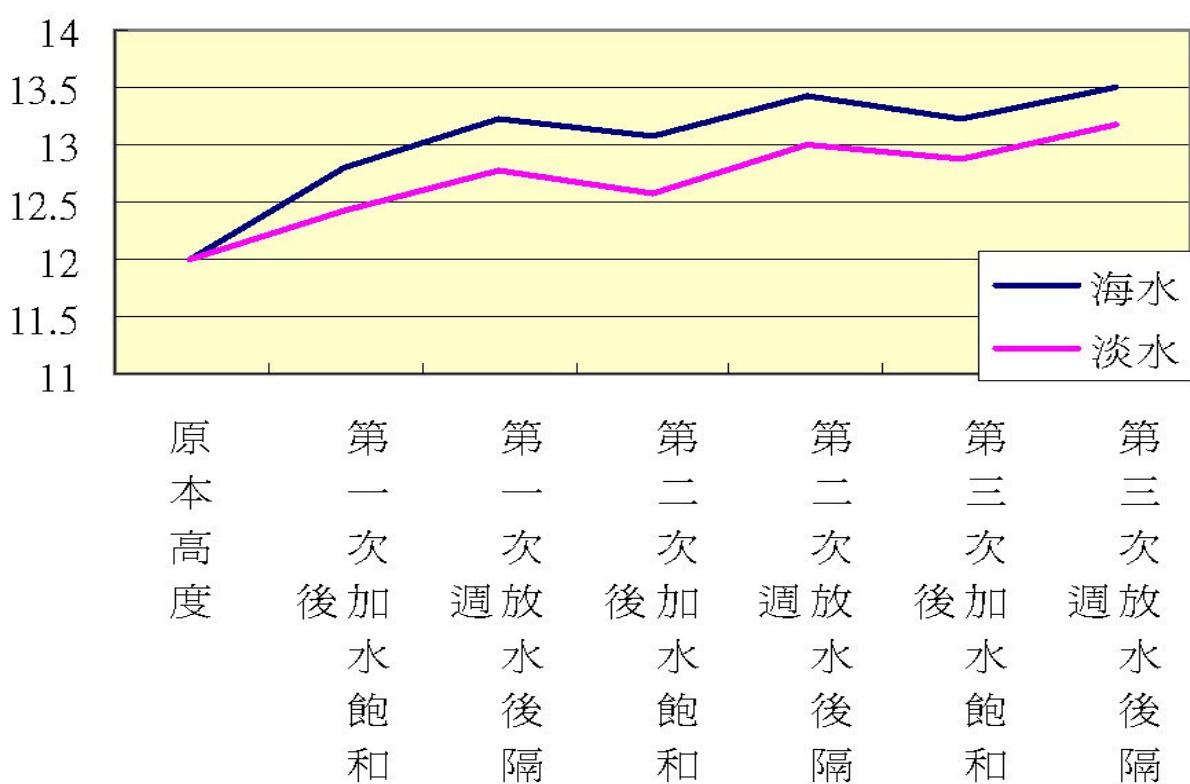
海水組



淡水組



平均下陷程度比較





(圖十六) 海水對土壤在吸水飽和時與放水後之下陷高度測量

#### 4-6-4 實驗發現：

- (1) 海水經過反覆放水後，只在剛開始下降的速度較淡水快一點而已，兩組下陷的程度差異不大。因此海水和淡水對地層下陷的影響差不多。
- (2) 兩組都在剛開始放水時，物體下降的高度較多，然後會隨著放水的次數增加而逐漸的減少。

### 4-7 實驗七：比較淡水與海水在土壤在重複加水放水後，對物體下陷之影響

**4-7-1 想法：**我們想要比較地層抽掉鹹淡不同的地下水時，建築物在地面下陷的情形。因此我們亦用模擬地層結構的方式，分別加入海水及淡水，放置相同重量相同底面積的鐵塊在土壤上以便觀察測量。

#### 4-7-2 實驗步驟：

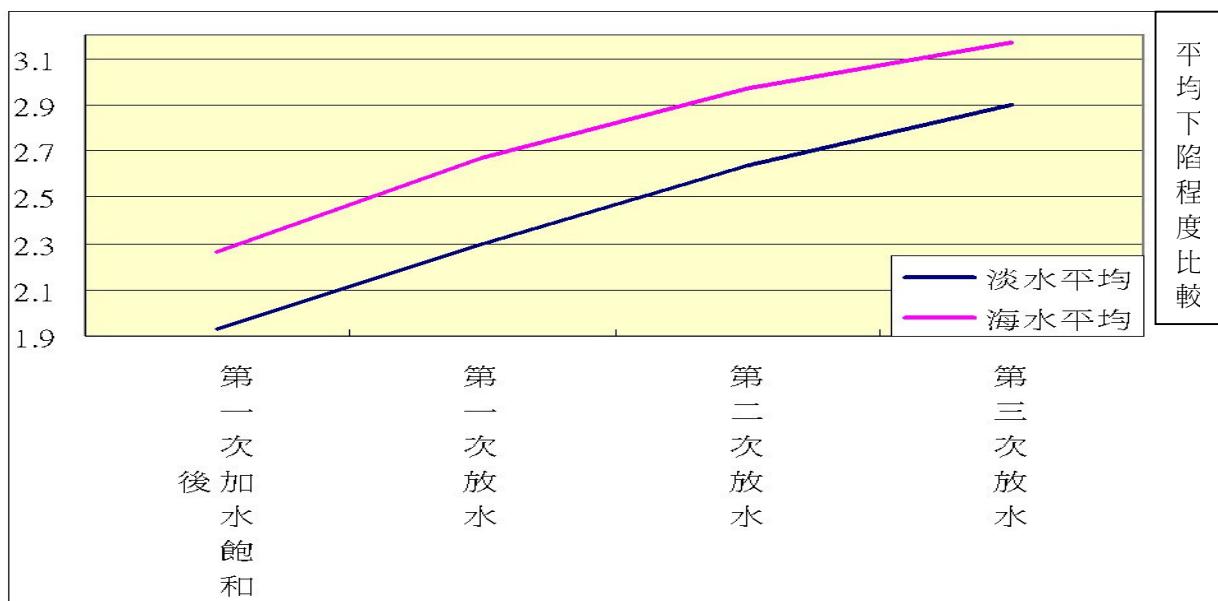
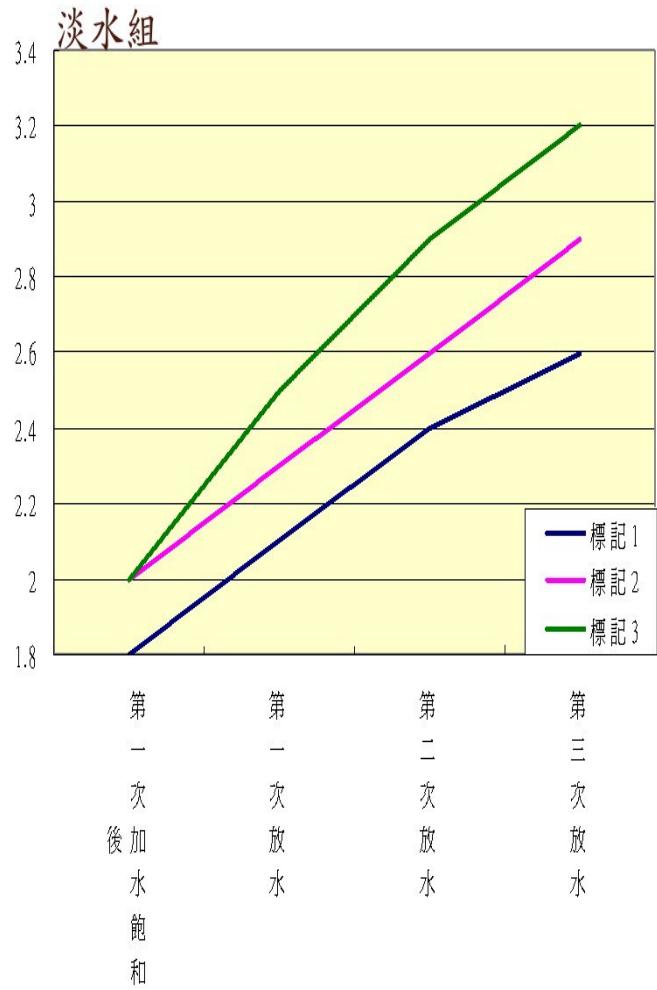
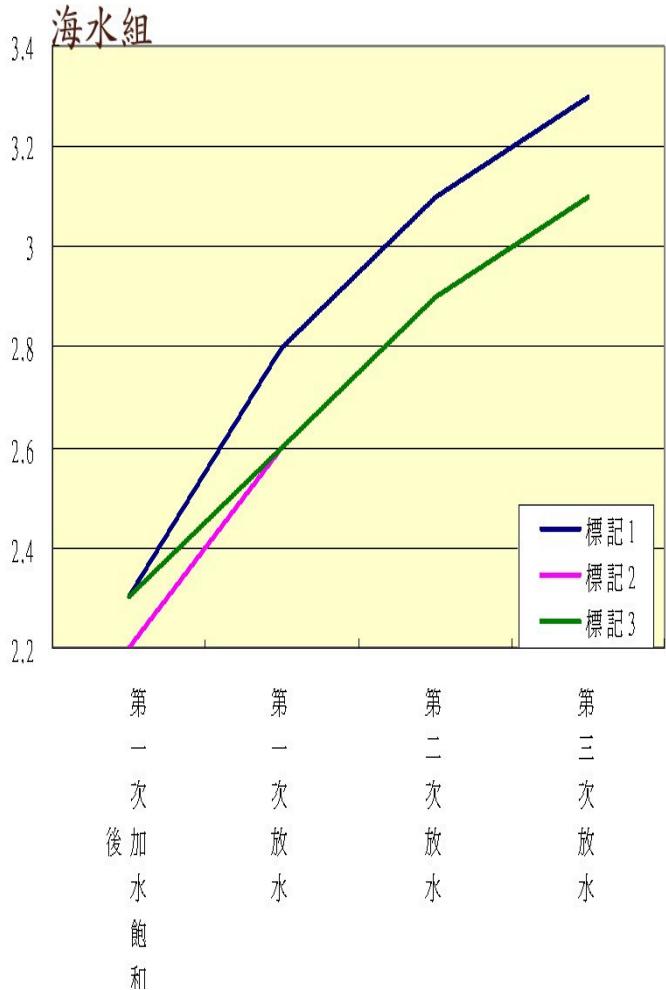
- (1) 如 4-6-2 實驗步驟(1)作法。
- (2) 將海水倒入實驗組水族箱中，將淡水〈自來水〉倒入對照組水族箱中，並使之飽和。
- (3) 將事先準備好同重量同底面積的二鐵塊置於土壤表面上，並用尺測量鐵塊上三點與水族箱口的距離，並作記錄。

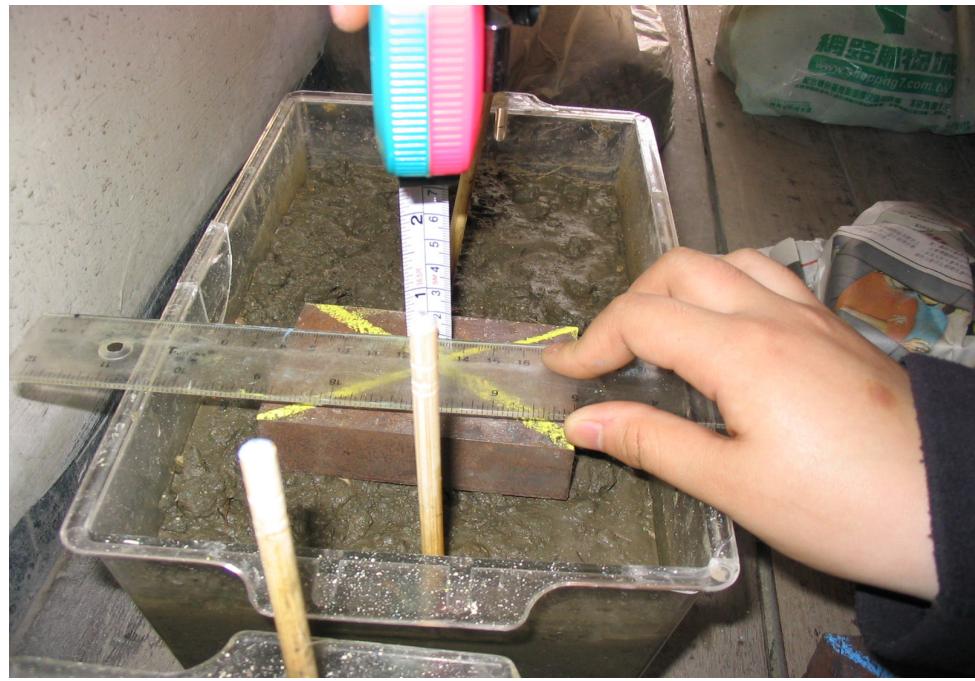
(4) 將水族箱放水，隔週測量鐵塊與水族箱口的距離，並記錄。並反覆再做二次。

(5) 鐵塊低於水族箱口，因此數據越大表示下陷越深。

#### 4-7-3 實驗結果：

〈單位：cm〉





(圖十七) 土壤在放水〈海水〉後，物體下陷之測量

#### 4-7-4 實驗發現：

- (3) 實驗組經過反覆放水後，下陷的程度和下降的速度與對照組差異不大。因此海水和淡水對物體下陷的影響差不多。
- (4) 兩組都在剛開始放水時，物體下降的高度較多，然後會隨著放水的次數增加而逐漸的減少。

## 五、討論

- (一) 土壤在經過第一次加水飽和後，高度會下降，但是在第二次加水飽和後，土壤高度會略為上升，且經過反覆加水和陰乾，土壤的高度變化不大。我們推測這是因為鬆動的土壤在經過第一次加水飽和後，水和土壤相結合，重力使水土填滿了原本土壤中的空隙，所以在第一次加水飽和後，土壤的高度是下降的。這是新生填土自然壓密作用。但是在第二次的加水飽和過程中，加入的水份使土壤空隙產生膨脹，所以土壤的高度會有略為的上升。而經過反覆的加水和陰乾，因為土壤的空隙仍保有適量水分，所以土壤的高度變化並不會有很大的差距。
- (二) 有孔的水族箱及無孔的水族箱在加水飽和後，土壤下降的程度差不多，但是是否放水對於土壤的高度有很大的影響。這可能是因為放水後，支撐土壤水分子不易留在土壤中，加上重力的作用，破壞原有的支撐結構，所以下陷的程度會比較大。因此，地層下陷與有無超抽地下水有關。
- (三) 在重複加水、放水的過程中，因為放水時，土壤失水而下陷，而加水飽和時，水壓使

土壤的空隙膨脹和結構鬆動，重力作用使土壤間原有的空隙漸漸密合，所以再次放水時土壤的高度會逐漸降低。而第一次放水時，因為土壤間原有的空隙比較大，所以所下降的高度較多，隨著放水的次數越來越多次時，土壤間的空隙已經變小，所以下降的高度就會逐漸減少，而到達極限。以持續放水的情況而言，也會有持續的下陷的現象，那是土壤失去水分子支撐的結果，但並不是最密實的結構。整體而言，既然反覆的加水飽和及放水會加重其下陷程度，我們可以推想，濱海地區反覆的抽取和補注地下水(雨季水災、或海水倒灌)，也可能會加速地層的下陷。(請參考附件資料：台西麥寮地層歷年累計下陷資料與地下水位記錄圖)

- (四) 在土壤表面上放鐵塊時，反覆加水、放水越多次，鐵塊下陷的越深。我們覺得這是因為壓密作用的緣故，因為土壤表面有一個重物向下壓，使得土壤間的空隙更被壓縮，所以土壤下降的高度比沒有放鐵塊時大。而經過越多次的放水，土壤間空隙逐漸減少，所以鐵塊下陷得會越深。因此，在超抽地下水的地區，地層並非沒有下陷，而是建築物因重量的關係，其下陷幅度會比一般地面大。對照於實地考察地層下陷地區建築物的結果，也獲得實證。
- (五) 同樣的底面積，重量較重的鐵塊，其平均單位面積的向下的壓力比較大，會將土壤間的空隙壓的較密實，所以下陷的程度及速度會比重量較輕的鐵塊來的快。而且從實驗的數據中可以發現，較重鐵塊的重量是較輕鐵塊重量的二倍，而較重鐵塊下陷的高度是接近較輕鐵塊的二倍，所以這可以推論出，同樣的底面積，重量較重的下陷程度較大。我們實地考察地層下陷地區建築物的結果，獲得實證。
- (六) 相同重量的鐵塊，底面積比較小的鐵塊，對每單位面積的土壤所施的壓力比較大，所以土壤下陷的程度比較大且速度也比較快。反之，則下陷的程度比較小，速度也比較慢。而我們實地勘查的結果也能夠印證我們實驗的結果。
- (七) 海水的密度雖略比淡水的密度大，但是對於土壤及在上面的物體，下陷的程度與下降的速度差不多。
- (八) 由於我們的實驗規模不大，因此可能需要更精密、更大規模的實驗來證實以上的發現。

## 六、結論

這個研究主要在探討地層下陷的成因及地上建築物下陷的現象與地下水鹽化對地層下陷的影響，並希望從實地找到證據。根據研究的結果，我們發現超抽地下水雖是主因之一，但反覆的補注和抽取，也是加速下陷的原因。地上建築物下陷的程度跟其重量和底面積都有關係，建築物底面積越小，或是建築物越重都會使下陷越深。而海水與淡水對地層下陷的影響差不多。

台灣沿海地區養殖漁業較興盛，過去因為超抽地下水而導致地層下陷，這些地區往往易發生土地流失，地利降低，生活環境品質下降，社會成本增加等等問題。因此，希望我們的小小研究成果，能夠提醒國人關心地層下陷的問題，帶動相關的研究風氣，讓我們的家鄉能永保美好環境。

## 七、參考資料

牛頓教科書有限公司。國小自然教科書第 12 冊，一版二刷，台北，牛頓教科書有限公司，50-67,2002。

國立編譯館。地球科學教科書，正式本再版三刷，台北，國立編譯館，70-74，2003。

康軒文教有限公司。國中自然科學教科書第 10 冊，初版，台北，康軒文教有限公司，48-64，2003。

楊萬全。**水文學**，地理研究叢書第二號第二版，台北，台灣師範大學地理系所，170-191，1993。

賈儀平。1998，台西及麥寮地區的地層下陷，地球科學園地，第七期，頁數不知。(網頁位置：  
<http://earth.fg.tp.edu.tw/learn/esf/magazine/980901.htm>)

地層下防治資訊網<http://www.water.tku.edu.tw/sub91/index.asp>

第四十二屆全國中小學科學展覽會優秀作品集。

## 評 語

080508 國小組地球科學科 佳作

沉沒的大地

野外觀察與科學實驗結合性佳，主題明確關懷本土環境。