

# 用那種砂土做砂坑比較適合？

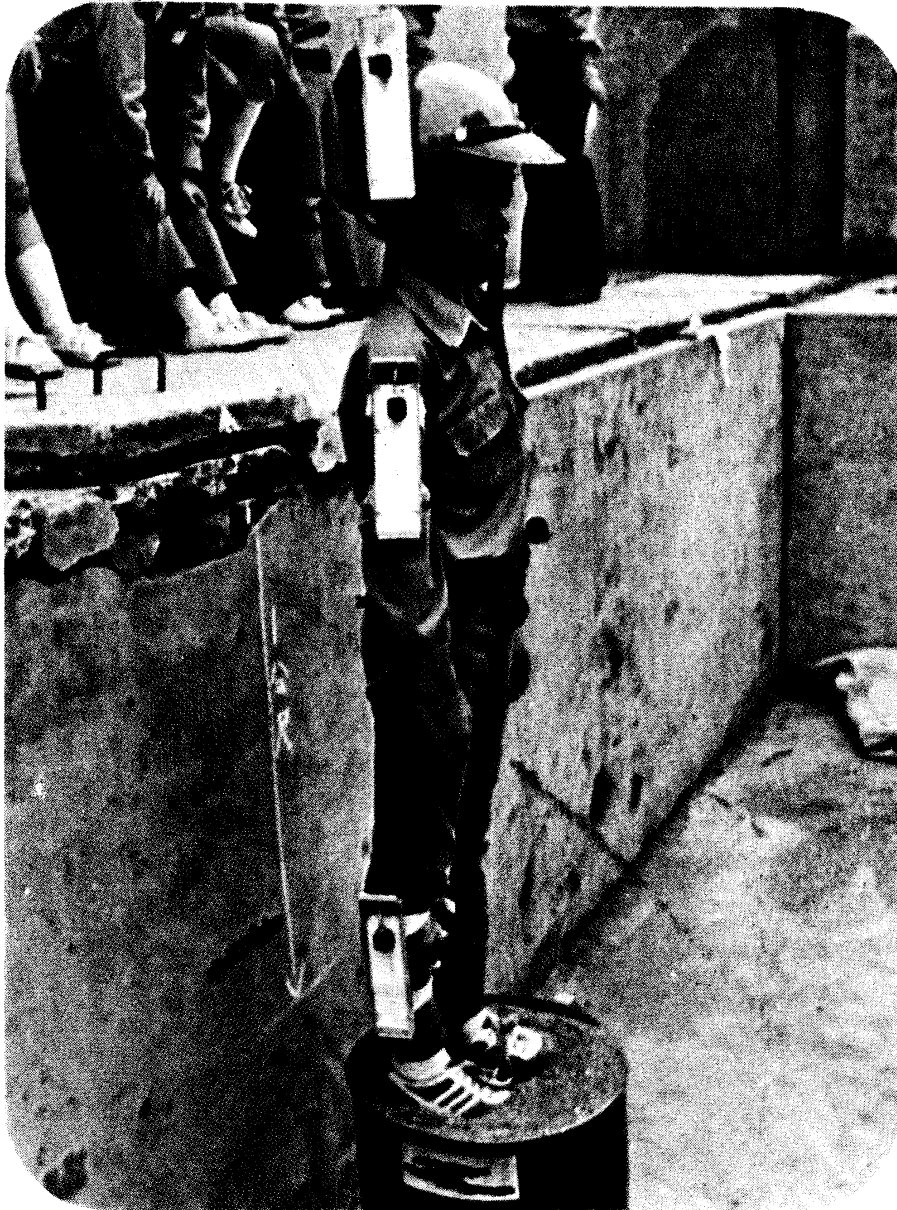
## 高小組地球科學第二名

台南市中區成功國民小學

作者：陳冠華·陳肇杰

謝豪泰·李姿慧

指導老師：陳 永 安



### 壹、動機：

體育課級任陳老師特別喜歡教我們跳遠，可是老師也特別辛苦了，因為在上課前，上課中，他都要鬆土，老師是為了解免我

們身體損傷，我們由衷的感謝。同時使我想到了：用那一種砂土做砂坑比較鬆軟，又不必時常鬆土。當我們提出這個問題時，竟引起了同學熱烈的爭論，有人說乾砂鬆軟，有人却說濕砂才鬆軟；有人說粗砂才鬆軟。爲了止息這個爭論，在老師的指導和協助下，進行如下研究。

## 貳、研究問題：

- 一、爲什麼砂坑裏的砂土，日久會變硬？（實驗一、二）
- 二、有什麼方法來測定人體跳落在各種砂土上，頭、軀、腳各部的震盪？（實驗三）
- 三、有什麼方法來測定各種砂土受人體跳落後砂內的反應？（剪力）（實驗四、五、六）
- 四、水對砂的鬆硬有什麼關係？（實驗六）
- 五、各種砂的①透水性②透氣性③毛細管作用④含水量，對做砂坑的功用上，可以提供什麼參考？（實驗七、八、九、十）

## 參、研究過程：

### 實驗一（問題一） 沈澱分析

方法：挖掘堅硬的砂坑，採試料，用水沖泡於瓶裏，同時沖泡原先所使用的同樣新砂，等沈澱後觀察比較。

砂 土 沉 澱 分 析 單位：公分

試瓶編號	日久變硬的砂土						同種類的新砂土					
	1	2	3	4	5	合計	1	2	3	4	5	合計
泥 漿	0.5	0.4	0.6	0.4	0.5	2.4	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.6
砂 土	9.5	9.6	9.4	9.6	9.5	47.6	9.9	9.9	9.9	9.8	9.9	47.4

結果：新砂裏的泥漿少，舊砂的泥漿多。

### 實驗二（問題一） 結塊性

方法：採五種砂土做砂塊（同軀塊大小）第一組砂土拌水。第二組不拌水。各組再分兩種，第一種加壓，第二種不加壓，拆模後晾乾，用手輕輕拿起，觀察是否結塊。

## 結 塊 性

砂土編號	拌 水					不 拌 水				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
加壓反應	○	○	○	△	△	×	×	×	×	×
不加壓反應	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

結塊○      部份結塊△      不結塊×

結果：1 砂土加水加壓，再經乾燥，砂土都會結塊。

2 細砂比粗砂容易結塊。

### 實驗三（問題二） 震盪反應

測震儀製作方法：

- 1 取軟質塑膠筆盒在兩端上各粘木條，扎相隔 1.5 公分的小孔。
- 2 穿釣魚線於小孔，使積木（智高遊戲）可上下滑動。
- 3 將彈簧一端固定在筆盒內上端，另一端借鉤連結在積木。
- 4 筆盒底貼卡片，以便積木上的鉛筆畫出震盪痕跡。

測定方法：

- 1 將自製震測儀借用繃帶一個繫在右小腳，一個繫在右上臂，一個用螺絲拴在安全帽右側。另外選九位同學（不帶測震儀）組成十人試驗隊。
- 2 購置一個直徑 40 公分，高 45 公分的鐵桶，盛滿砂土。
- 3 帶測震儀的同學為先鋒（1 號）其餘接後，按編號次序各從鐵桶上 1 公尺高處，直落跳在桶裏。
- 4 最後一位同學（10 號）跳完為一週，本實驗要跳十週。
- 5 每當 1 號跳完就記錄各測震儀的刻度。
- 6 五種砂土分乾濕兩項各測一次。

乾燥 1 號砂土對人體的反應

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	5	5	6	4	5	5	5	5	4	6	6	56
軀	5	6	7	5	6	6	6	6	6	7	6	67
腿	8	9	8	9	10	9	9	9	10	9	10	108

單位：公分

乾燥 2 號砂土對人體的反應

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	5	5	6	6	6	5	6	6	5	6	6	62
軀	6	6	7	7	7	7	6	7	6	7	7	73
腿	9	10	9	10	10	10	10	11	10	11	10	110

單位：公分

乾燥 3 號砂土對人體的反應

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	5	4	6	6	6	5	6	5	5	6	6	60
軀	7	7	7	6	7	7	6	7	6	7	6	73
腿	9	10	9	10	10	10	10	11	10	11	10	110

單位：公分

乾燥 4 號砂土對人體的反應

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	6	6	6	6	6	6	7	7	6	6	7	69
軀	7	7	7	7	8	7	7	7	7	8	8	80
腿	10	11	11	12	11	11	11	12	12	11	12	124

單位：公分

乾燥 5 號砂土對人體的反應

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	7	7	7	7	7	7	8	8	7	8	8	81
軀	8	9	8	9	9	9	9	8	9	8	9	95
腿	12	12	13	13	12	14	13	13	14	13	14	183

單位：公分

潮濕 1 號砂土對人體的反應

單位：公分

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	4	3	4	3	5	3	4	4	4	4	5	43
軀	6	5	4	4	4	4	4	5	5	5	6	51
腿	9	9	9	9	9	9	8	9	9	9	8	79

潮濕 2 號砂土對人體的反應

單位：公分

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	3	4	3	3	4	4	4	5	4	5	5	44
軀	3	5	3	4	5	4	4	5	5	6	6	50
腿	7	7	8	8	7	8	8	7	6	7	8	81

潮濕 3 號砂土對人體的反應

單位：公分

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	4	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4	44
軀	5	5	4	5	5	4	4	5	4	5	6	52
腿	6	7	7	7	7	7	8	7	7	7	7	77

潮濕 4 號砂土對人體的反應

單位：公分

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	4	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	49
軀	5	5	5	5	5	5	5	6	6	5	6	58
腿	7	7	8	8	8	8	9	8	10	9	8	90

潮濕 5 號砂土對人體的反應

單位：公分

跳落人次	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	合計
頭	4	4	4	5	5	6	5	5	5	5	6	54
軀	5	6	5	7	5	6	6	6	7	6	7	66
腿	7	8	7	9	10	9	9	10	9	10	10	98

結果：

- 1 自創的測震儀因受跳落姿勢（每次難絕對相同）及鉛筆的壓力（難控制一致）的影響，所顯出的刻度正確性不很高。
- 2 不過還明顯的可以看出：濕砂比乾砂鬆軟；細砂比粗砂鬆軟。

#### 實驗四（問題三） 砂內反應（剪力）

方法：

- 1 將上面實驗所用的鐵桶兩側從底往上每隔五公分之處，鑽小孔，將鐵線一端固定於桶裏內側，另一端穿出桶外一側 15 公分。
- 2 在鐵桶填砂土之前要拉緊鐵線，測定時要放鬆鐵線。
- 3 本實驗是與上面實驗同時進行。每當 10 號同學跳完就測量桶外各層鐵線縮進桶裏的長度，借以測定各種砂土被人體跳落後的內部反應（剪力）。

#### 乾燥砂土被跳落 100 人次後深度層次的反應（剪力）

砂面以下	10公分	15公分	20公分	25公分	30公分	35公分	40公分	45公分
1號砂土	2.8	1.3	1.0	0.6	0.2	0.2	0	0
2號砂土	3.1	1.6	1.1	0.8	0.4	0.1	0	0
3號砂土	2.1	1.4	1.1	0.5	0.4	0.3	0	0
4號砂土	3.7	1.5	1.1	0.7	0.3	0.3	0.1	0
5號砂土	2.0	1.0	1.0	0.6	0.2	0.1	0	0

單位：公分

#### 潮濕砂土被跳落 100 人次後深度層次的反應（剪力）

砂面以下	10公分	15公分	20公分	25公分	30公分	35公分	40公分	45公分
1號砂土	8.0	3.3	2.9	2.1	1.5	0.9	0.5	0
2號砂土	6.7	3.3	2.1	1.2	0.7	0.3	0.2	0
3號砂土	4.3	3.1	1.8	1.3	0.9	0.7	0	0
4號砂土	2.2	0.7	0.7	0.3	0.2	0.2	0	0
5號砂土	5.0	3.0	1.8	1.7	0.7	0.4	0	0

單位：公分

結果：1 細砂比粗砂鬆軟。

2 濕砂比乾砂鬆硬之間的幅度大。

### 實驗五（問題三） 砂內反應（剪力）

測壓儀製作方法：

將特大號牙膏底端夾上強力夾子。管口套上透明塑膠管（管徑同鉛筆）。

測定方法：

- 1 取一高 30 公分直徑 50 公分鐵桶（泥水匠拌水泥用）。
- 2 在桶底中央放置牙膏，讓塑膠管沿桶壁而上，再盛滿砂土。
- 3 借用打針筒注水於塑膠管，使水面與土面相齊，於此處為測量基準。
- 4 五種砂土分乾濕兩項各測定一次。
- 5 同上實驗十人試驗隊改用立跳遠方式測定。（起跳處到桶中央為 160 公分）

乾燥砂土被人體跳落後的反應（剪力） 單位：公分

跳落人次	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 號砂土	1.5	2.5	3.1	3.5	3.8	4.1	4.2	4.6	5.2	5.4
2 號砂土	2.3	3.6	4.3	5.0	5.7	6.2	6.5	6.9	7.4	7.6
3 號砂土	3.0	4.5	6.0	7.0	7.8	9.0	9.4	10.0	10.0	12.4
4 號砂土	1.0	1.6	2.0	2.5	2.8	3.1	3.1	3.5	4.0	4.1
5 號砂土	1.0	2.0	3.0	3.1	3.5	4.0	4.2	4.5	4.9	5.0

潮濕砂土被人體跳落後的反應（剪力） 單位：公分

跳落人次	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 號砂土	10.2	13.4	14.4	15.2	15.7	16.3	16.9	17.0	17.6	18.0
2 號砂土	4.0	5.4	6.0	8.6	9.8	11.2	11.6	12.2	12.5	14.2
3 號砂土	2.8	4.0	4.3	4.4	4.4	4.7	5.5	5.7	5.5	6.4
4 號砂土	3.5	5.0	5.5	6.4	6.8	7.3	7.8	8.4	8.6	9.1
5 號砂土	4.0	4.5	6.1	6.6	7.4	7.7	8.7	8.5	8.9	9.5

結果：自創測壓儀的反應不算很靈敏，不過還可以看出：

1 細砂比粗砂鬆軟。

2 濕砂比乾砂鬆硬之間的幅度大。

### 實驗六（問題三） 含水量與鬆硬關係

方法：

1 取長寬各 24 公分，高 35 公分的鐵桶（南寶樹脂空桶）盛砂土。

2 取長 25 公分，重 0.5 公斤的鐵鑿（一根 25 元工具行有出售），從砂面上 1 公尺處放下，以插入砂裏深度來測定砂土的鬆硬。

3 先由曬乾的砂土開始，測定前，砂土須搖盪落實，如果遇著被搖盪落實之後，砂面初次泌出水，就是該號砂土的最後測定回次。

每追加 1 公升的水，鐵鑿插入的深度

水 量	0 公升	1 公升	2 公升	3 公升	4 公升	5 公升	6 公升	7 公升
1 號砂土	10	15.5	13.5	13.5	12.6	13.5	10.8	—
2 號砂土	9.5	19	14	15.8	15.7	11.4	14.5	—
3 號砂土	8.8	14.3	16	13.5	13.5	11.4	11.1	—
4 號砂土	11.8	13	13	11	12	11.5	11.5	—
5 號砂土	13.5	15.8	17.2	15.4	11.4	14.2	—	—
備 註	乾砂	濕砂	濕砂	濕砂	濕砂	5 號砂 泌水	2 號 4 號泌水	1 號 2 號泌水

單位：公分

結果：濕砂比乾砂鬆軟；細砂比粗砂鬆軟。

### 實驗七（問題五） 透水性

方法：

1 將“健健美”塑膠瓶的底除去，在瓶口用小塊絲襪張成紗網，倒置成漏斗。

2 將五種砂土，各取 50cc，倒入漏斗，漏斗下用健健美塑膠瓶接水 50cc。

3 測量各種砂土最先濾 50cc 的時間。



## 透 水 性

單位：秒

回 次	1	2	3	4	5	合 計
1 號砂土	21600	21605	21617	21615	21612	108000
2 號砂土	115	121	205	245	280	966
3 號砂土	200	214	240	240	230	1124
4 號砂土	26	29	32	35	40	162
5 號砂土	23	24	25	36	35	143

結果：粗砂比細砂透水性大。

## 實驗八（問題五） 透氣性

方法：

- 1 取內徑 1.3 公分塑膠水管，長 2 公尺管口以 5cc 打針筒塞住。
- 2 另端管口以橡皮塞塞住，在塞下兩公分處，扎孔於管壁，再插入細塑膠管（水族箱常用）將細塑膠管另一端引入量筒。
- 3 將量筒倒滿水倒置於水中，最後推壓打針筒，壓入 5cc 空氣，以 5cc 的空氣全部通過時間來測定透氣性。

## 透 氣 性

單位：秒

測定回次	1	2	3	4	5	合 計
1 號砂土	75	75	76	76	73	377
2 號砂土	70	70	72	70	71	353
3 號砂土	123	124	122	123	122	714
4 號砂土	140	140	142	144	140	706
5 號砂土	8	8	8	9	8	41

結果：粗砂比細砂透氣性大。

## 實驗九（問題五） 毛細管作用

方法：

- 1 取內徑 1.3 公分塑膠管，長 40 公分，管口以小塊絲襪張成網，各種乾燥砂土（先曬乾，再炒乾）。

- 2 取蘆筍汁空罐三個用膠帶連成長柱體，然後將各水管粘在罐壁。
- 3 取奶罐蓋當碟子承載空罐。預先將下面一個空罐灌水，使碟子的水保持盈滿，以便下端長久浸在水中，好讓各管裏的砂土產生毛細管作用。

毛 細 管 作 用 單 位：公 分

時 間	第 一 天						第二天	第三天
	1時後	2時後	3時後	4時後	8時後	24時後	(48時後)	(72時後)
1號砂土	22.8	25.8	27.5	28.5	33.5	34.7	35.6	36
2號砂土	12.8	14.6	15.8	17.2	27.6	27.8	29.0	30
3號砂土	16.8	19.7	21.6	22.6	25.6	29.5	31.2	31.5
4號砂土	16.4	18.8	20.5	21.1	24.6	24.8	27	27.3
5號砂土	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	4.8	5.2	5.5

結果：細砂比粗砂毛細管作用強

#### 實驗十（問題五） 飽和含水量

作用：

- 1 將各種曬乾的砂土再炒乾，冷卻後依次盛 1 公升的容器（空罐）稱出淨重。
- 2 將各 1 公升容器的乾砂，逐漸加水攪拌，直到搖盪落實後，土面初次泌水時為其飽和含水界限。
- 3 最後將此飽和含水量的砂土稱出淨重，以前後的差數為該號砂土的飽和含水量。

砂 含 水 量 單 位：公 斤

重量 \ 砂 號	1號砂土	2號砂土	3號砂土	4號砂土	5號砂土
砂飽含水總重	1.85	1.84	2.03	2.05	1.95
砂淨重（炒乾）	1.50	1.50	1.70	1.75	1.70
水 淨 重	0.35	0.34	0.33	0.30	0.25

結果：細砂比粗砂會含水。

#### 肆、結論：

一、由上面實驗顯示：①泥漿會使砂土變硬，砂土在潮濕時加壓，乾燥後都會變硬。②跳落在細而濕的砂土，人體所受的震盪比粗而乾的砂土小。③砂土鬆硬的幅度，濕砂大於乾砂；細砂大於粗砂。④透水性和透氣性，粗砂優於細砂，毛細管作用和含水量則細砂優於粗砂。

二、根據上面的現象，可以提供我們選擇砂土做砂坑的參考。由於本省是個多雨地帶，因此我們建議採用粗砂粒的砂土（下淡水溪砂），就是本實驗的四號砂。因為可以取得透水良好和不容易結塊的優點。至於它的缺點（沒有細砂的鬆軟）可以在使用前潑些水並稍加翻鬆，以補其短取其長。

#### 伍、展望：

我們所研究的問題是屬於土壤力學，因限於能力程度，我們只能自創簡單的裝置進行實驗，有些正確性不高，不過我們研究的興趣並不因此而減退。我們決定改良儀器並繼續研究其他種類的砂土和各種砂土的混合性，我們希望有一個完整的資料。