

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

080507

台灣高鐵會變身雲霄飛車嗎？以雲林縣地層下陷為例

學校名稱：屏東縣屏東市中正國民小學

作者： 小六 蘇泓誠 小六 鄭子洋 小六 廖唯均 小六 鄔曉寧	指導老師： 陳福進 江福貞
---	---------------------

關鍵詞：台灣高鐵、雲霄飛車、雲林縣地層下陷

灣高鐵會變身雲霄飛車嗎？以雲林縣地層下陷為例

摘要

從日本 311 地震引發海嘯，迪士尼樂園地裂噴出泥漿，全球似乎進入「地震恐慌期」？台灣經 921 地震後，雲林縣地層下陷日益嚴重，恐危及高鐵結構安全？經實驗操作與實地調查評估，獲致以下結論：

- 一、高鐵路線經濁水溪至曾文溪流流域路段地質結構以砂岩、頁岩為主、抗震力不足，容易液化下陷危及橋柱結構安全。
- 二、高鐵地層下陷區域包括彰化、雲林、嘉義至台南路段，其中以雲林縣最嚴重，平均每年下陷約 6.5 公分，未來 3 至 5 年內將是關鍵期。
- 三、地層下陷除了地震斷層釋出能量之破壞力不可抗拒外，超抽地下水、水土保持不良、土石流衝擊等皆為關鍵因素。
- 四、管制抽取地下水、高鐵沿線 3 公里內種樹造林保護水源、加強橋柱固樁等為當務之急。

壹、研究動機

〔緊急廣播！哇！地面開始劇烈搖晃，海邊捲起 15 公尺高海嘯，快往高處避難！！〕

位於太平洋海底火山環狀帶的日本發生芮氏規模 9.0 級的超級強震，到處山崩地裂房屋倒塌，更可怕的是引起海嘯席捲而來，煉油廠、核電廠爆炸輻射外洩，宛如世界末日景象真實上演，全球似乎已進入「地震恐慌期」？一連串的疑問中引發大家的好奇心，在自然課「改變山河大地」單元，從地震災害圖片及記錄影片中，看到日本東京迪士尼樂園地層下陷冒出泥漿，讓我們聯想到台灣的第二條空中走廊捷徑—台灣高鐵雲林縣路段平均每年地層下陷約 6.5 公分，令人質疑高鐵的結構安全是否經得起強震考驗（如圖 1-1、1-2），假如地層下陷問題持續惡化下去，台灣高鐵恐怕將變成雲霄飛車，更有可能使高鐵列車從高架橋上翻落地面，造成重大傷亡，位於東亞地震斷層帶的台灣也面臨同樣的問題，假如有一天台灣也發生了類似日本的 311 強震，試問我們的應變計畫在哪裡？台灣高鐵還能行駛嗎？為了解開心中疑惑，老師指導我們上網搜尋研究地層下陷相關文獻資料，實驗操作與實地調查評估，探討台灣高鐵地層下陷問題，期盼不要變成恐怖的雲霄飛車。





圖 1-1：高鐵地層下陷新聞剪報（資料來源：中國時報、聯合報）

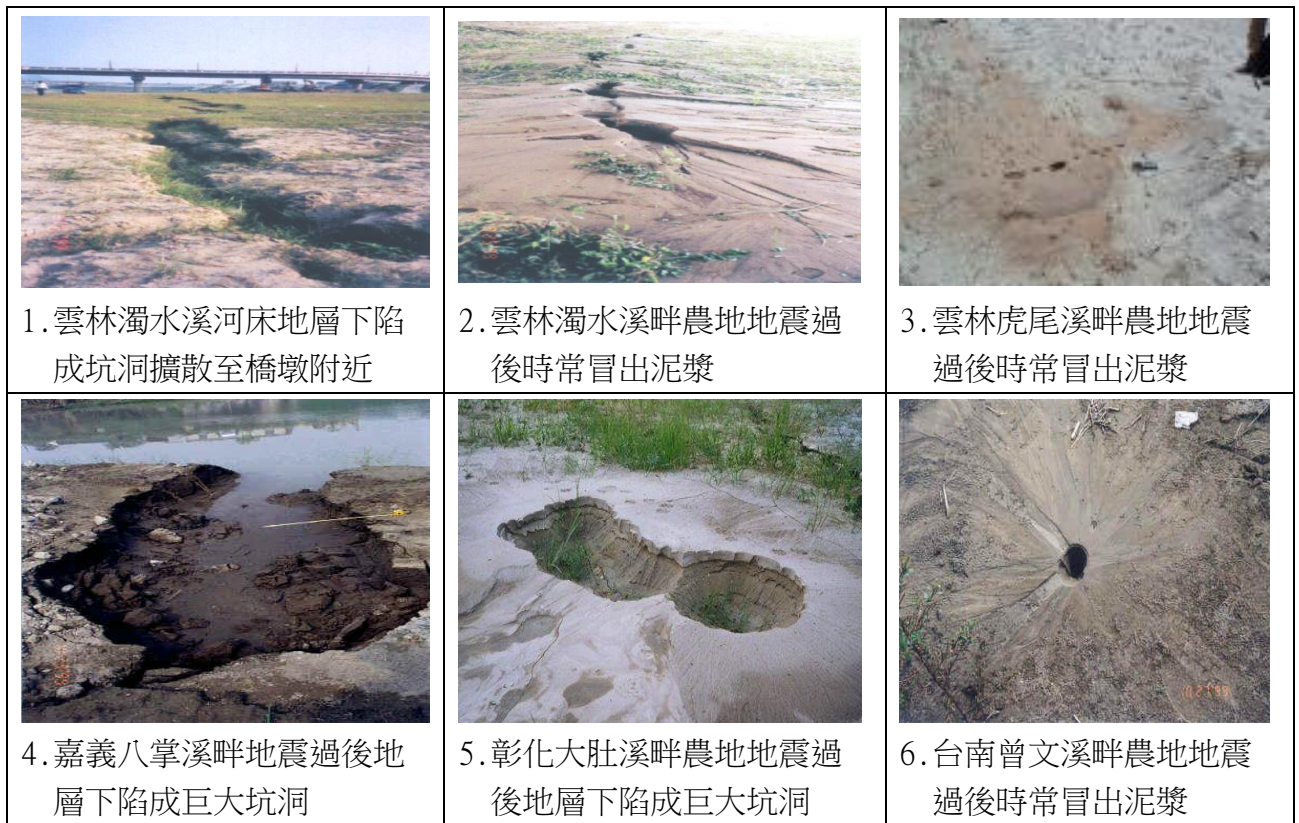


圖 1-2：高鐵沿線地層下陷冒出泥漿實例（資料來源：中央地質調查研究所）

貳、研究目的

- 一、探討造成地層下陷的原因。
- 二、探討地層下陷對地質環境造成何種程度之衝擊破壞。
- 三、探討台灣高鐵彰化至台南沿線路段的地質土壤結構。
- 四、探討影響台灣高鐵地層下陷的原因與補救措施。
- 五、探討及如何防止全台各地日益嚴重的地層下陷問題。

參、研究設備與器材

1. 運動搖擺機：放置模型房屋、量瓶與模型列車，模擬地震發生時劇烈晃動。
2. 量筒：25、50、100、250 毫升、濾篩網（#20、#60、#100、#140、#180、#220）。
3. 米達尺、培養皿、塑膠管、房屋建築物模型刻度、攪棒、水桶。
4. 有刻度的立體量盆：量盆裡面裝各類粒徑土壤，放置模擬地面上的建築物。
5. 有刻度壓克力槽（20-20-20 cm）、木板（40-80-1 cm）。
6. 黏土：以陶土代替，模擬土壤層裡的不透水層。
7. 泥土：取自高鐵雲林縣土庫路段農田經篩選過濾雜質而得，粒徑約 0.06 公釐。
8. 砂土：取自雲林縣大尖山地震斷層帶濁水溪畔河床，細砂粒徑約 0.06 公釐，中砂 0.5 公釐，粗砂 1~2 公釐，小石頭 2~4 公釐(如圖：3-1、3-2)。

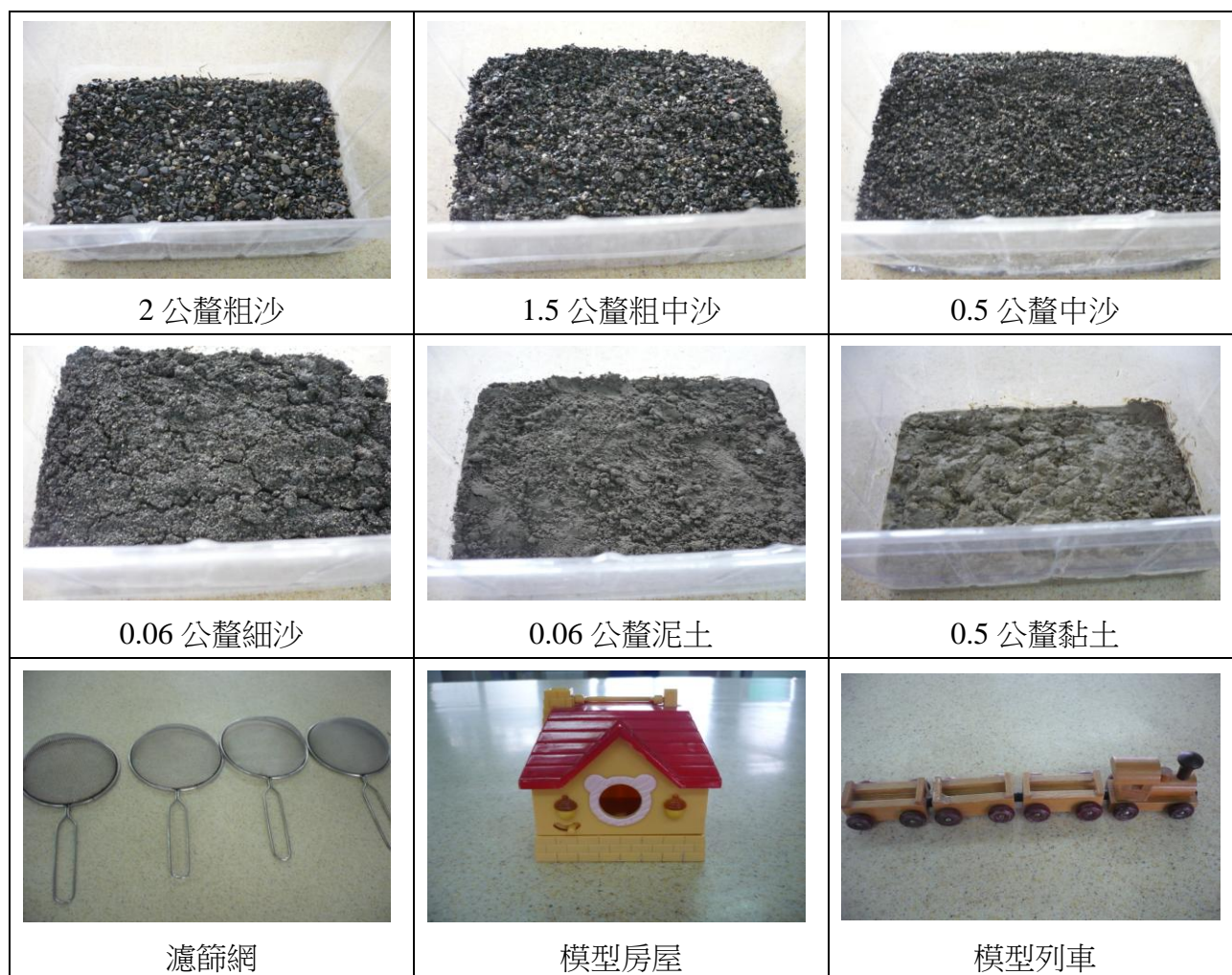


圖 3-1：實驗研究設備器材

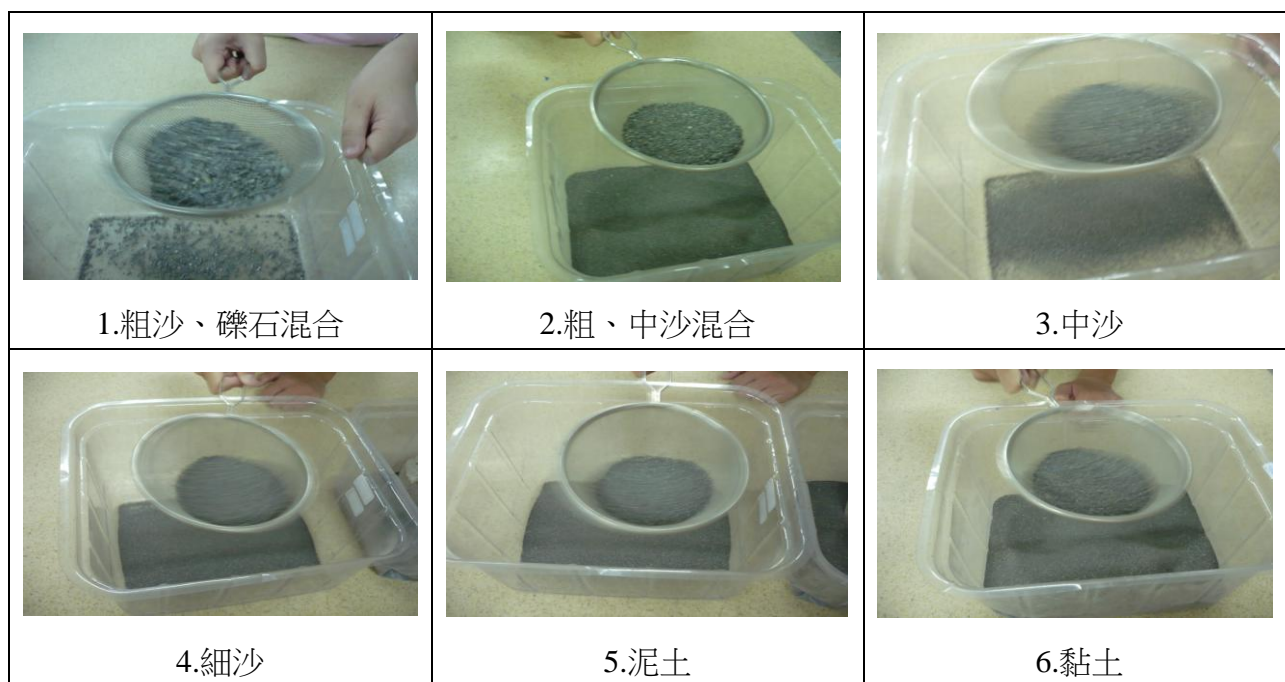


圖 3-2：土壤粒徑篩選過程

品名	粒徑(mm)	重量百分比%	累計重量百分比%
粗沙	2	20	20
粗中沙	1.5	20	40
中沙	0.5	20	60
細沙	0.06	20	80
泥土	0.06	10	90
黏土	0.5	10	100

表 3-1：篩選土壤分析粒徑比例 (單位：公釐)

肆、研究過程和方法

研究一：探討地震斷層能量釋放的破壞與地層下陷之關係。

問題：何種土壤最容易造成液化下陷？

- 步驟：**
1. 取 6 個量盆分裝泥土、黏土、砂土與小石頭等各類土壤，分別倒入 60 毫升的水，讓水全部均勻滲透至土壤底層。
 2. 一種模型屋靜置不搖晃，另一種模型屋放入搖擺機搖晃 1 分鐘。
 3. 觀察記錄土壤表層的模型屋下陷位置與傾斜角度變化(如圖 4-1、4-2)。

土壤粒徑種類	粗沙	粗中沙	中沙	細沙	泥土	黏土
模型屋原來高度(公分)	10	10	10	10	10	10
模型屋搖晃後高度(公分)	10	9.2	8.5	7.3	7.5	10
模型屋下陷深度(公分)	0	0.8	1.5	2.7	2.5	0
土壤表層溢水量(毫升)	0	2	6	8	7	0

模型屋傾斜角度	0	5	9	15	12	0
土壤表層變化情形	沒變化	稍有泥漿	泥漿狀	泥漿狀	泥漿狀	沒變化

表 4-1：模擬地震搖晃過後地層土壤變化情形分析

發現：1. 靜置不搖晃的土壤層模型屋沒有明顯下陷。

2. 搖晃後的細沙土壤層使模型屋傾斜約 15 度，下陷約 2.7 公分、滲水約 8 毫升。
3. 粗沙與黏土土壤層模型屋搖晃前後高度與下陷深度沒有明顯變化。

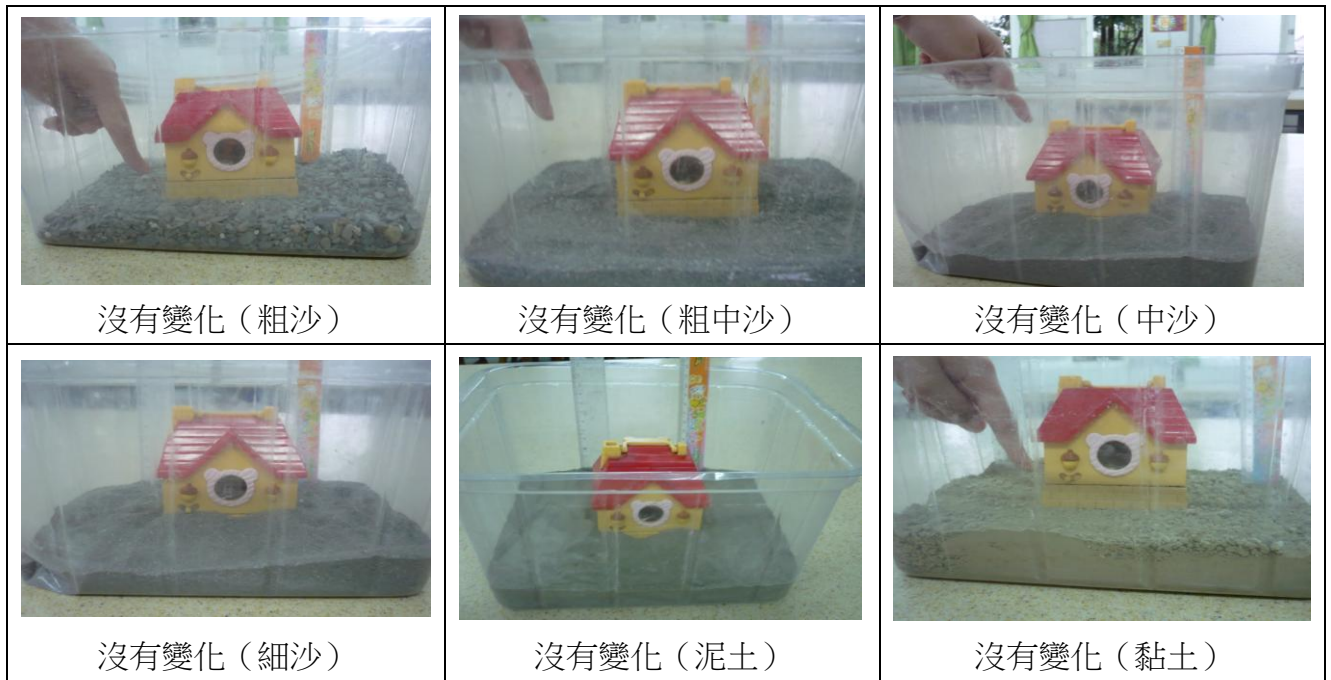


圖 4-1：模型屋震盪搖晃下陷前位置

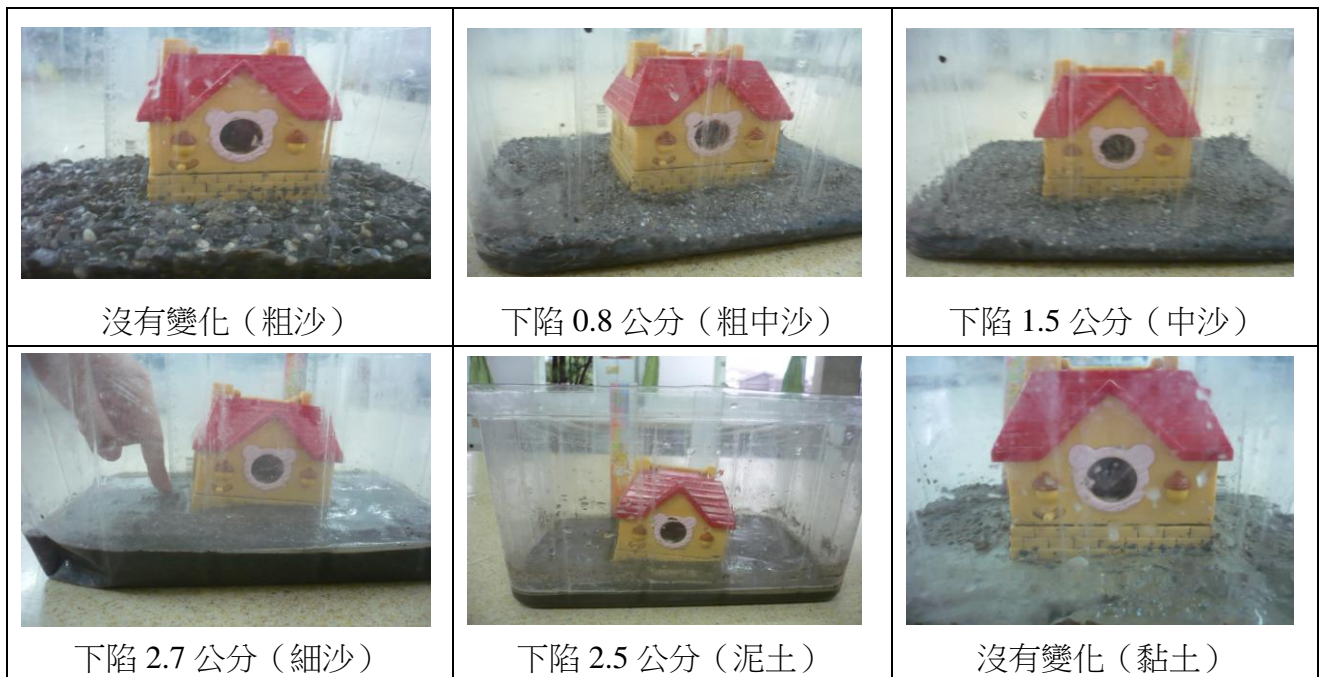


圖 4-2：模型屋震盪搖晃下陷後位置

研究二：探討影響地層下陷的因素，對地質環境會造成哪些危害？

實驗 1：搖晃力量的強弱不同時，對地層下陷的影響？

- 步驟：** 1. 取 6 個量盆如研究一裝置，分別倒入 60 毫升水，均勻滲透至土壤層裡。
 2. 將一列模型列車靜置不動，另一列模型列車放在搖擺機上快速搖晃 1 分鐘。
 3. 控制搖晃速度模擬高鐵列車通過時產生的劇烈振動(如圖 4-3、4-4)。

土壤粒徑種類	粗沙	粗中沙	中沙	細沙	泥土	黏土
模型列車原來高度(公分)	12	12	12	12	12	12
列車搖晃後高度(公分)	12	10.8	9.8	8.4	9.2	12
列車車身下陷深度(公分)	0	1.2	2.2	3.6	2.8	0
土壤表層溢出水量(毫升)	0	3	7	10	8	0
模型列車車身傾斜角度	0	7	9	12	10	0
土壤表層變化情形	沒變化	稍有泥漿	泥漿狀	泥漿狀	泥漿狀	沒變化

表 4-2：模擬地震搖晃力量強弱造成模型列車下陷情形分析

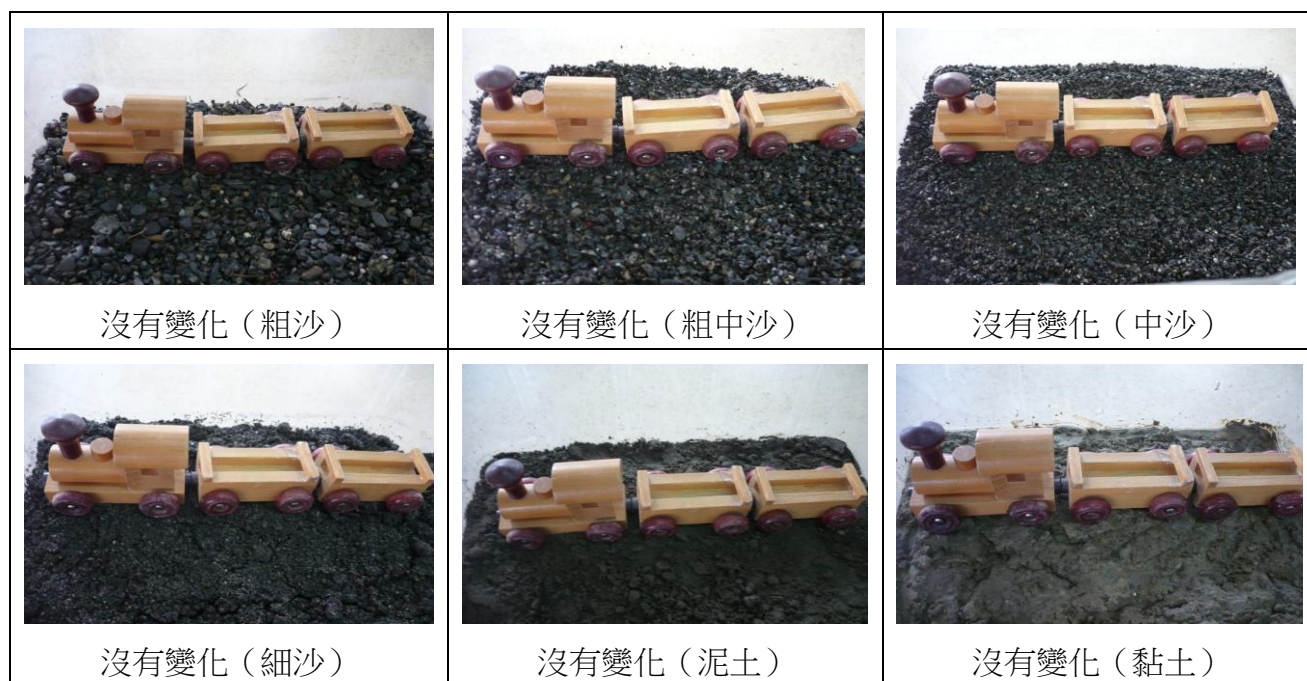


圖 4-3：模型列車震盪搖晃下陷前位置



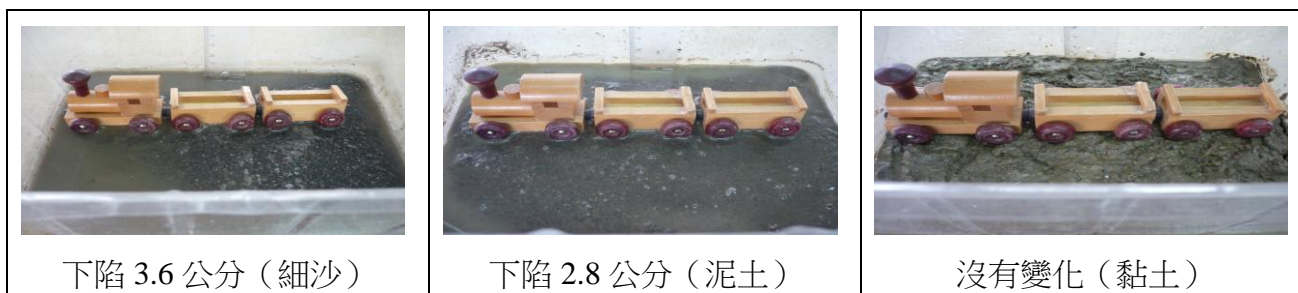


圖 4-3：模型列車震盪搖晃下陷後位置

實驗 2：搖晃的時間長短不同時對地層下陷的影響？

步驟：1. 取 6 個量盆如研究一裝置，分別倒入 60 毫升水，均勻滲透至土壤層裡。

2. 在搖擺機上搖晃 1-3 分鐘，模擬地震發生時主震與餘震情況（如圖 4-5、4-6）。

土壤粒徑種類	粗沙	粗中沙	中沙	細沙	泥土	黏土
量瓶原來高度(公分)	15	15	15	15	15	15
振動 1 分鐘下陷深度(公分)	0	0.8	1.4	2.2	1.8	0
振動 2 分鐘下陷深度(公分)	0	1.2	2.2	3.3	3.0	0
振動 3 分鐘下陷深度(公分)	0	1.8	3.0	4.6	4.4	0
平均下陷深度(公分)	0	1.3	2.2	3.4	3.1	0
土壤表層溢水量(毫升)	0	8	12	18	15	0
量瓶傾斜角度	0	7	10	16	12	0
土壤表層變化情形	沒變化	稍有泥漿	泥漿狀	泥漿狀	泥漿狀	沒變化

表 4-3：振動搖晃時間不同量瓶下陷情形分析

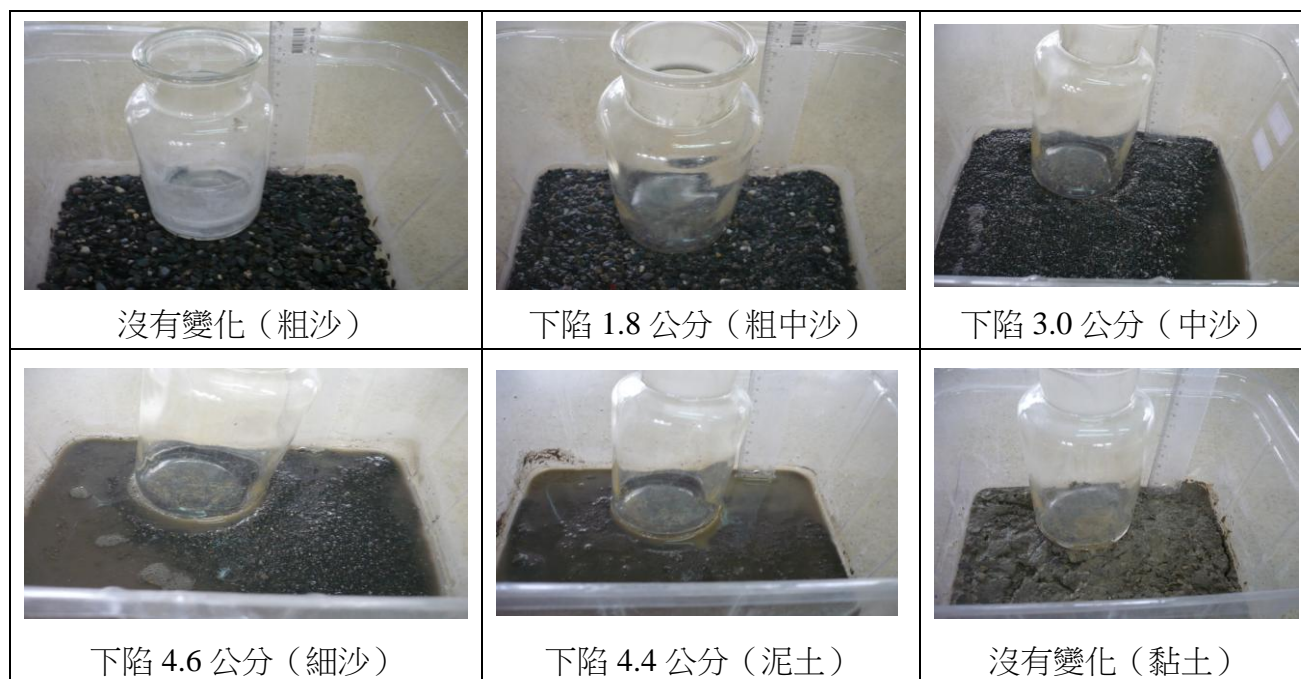


圖 4-5：震盪搖晃 3 分鐘後量瓶下陷位置

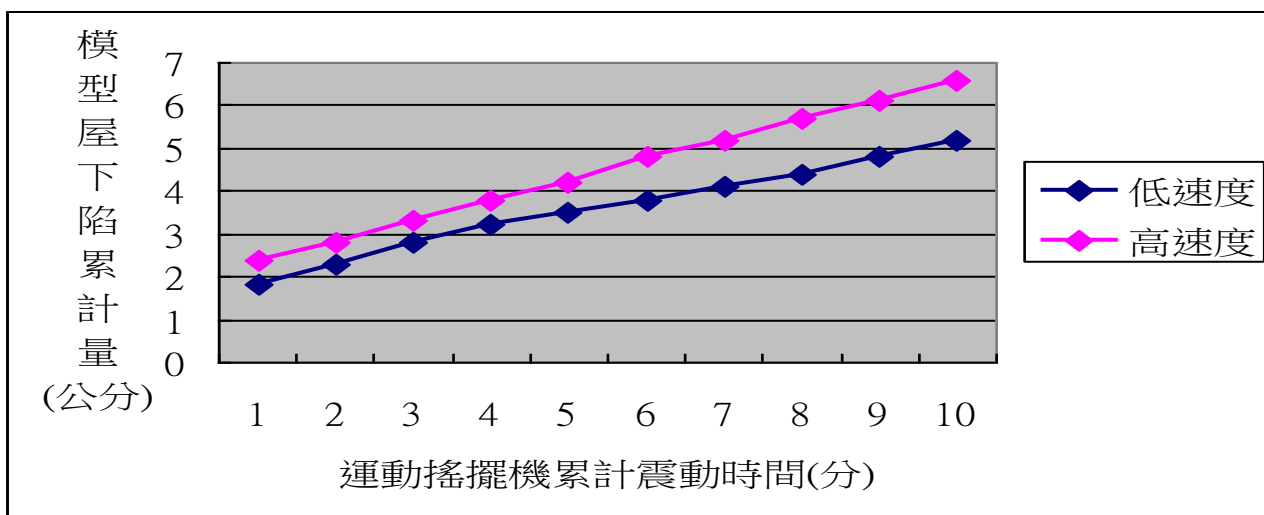


圖 4-6：運動搖擺機高速、低速震動時間長短與模型屋下陷累計對照關係

驗證：1. 土壤層經地震不停晃動，產生壓實、壓密作用，使原本在深層土壤的水分溢出滲透至表層，變成泥漿狀，就是「地質土壤液化」。

2. 當發生土壤液化時，因壓實、壓密作用，水分被擠到上層，使下層含水量減少，因而造成土壤層掏空鬆弛下陷，就是「地層下陷」。

推論：土壤層經劇烈搖晃後，變得比較緊密，下層水分被擠壓到上面，再從地震斷層帶裂縫溢出地層表面，造成土壤層下陷及土壤液化現象，從模型屋、模型列車與量瓶的模擬實驗中推論，台灣高鐵地層下陷主因就是地震斷層釋出能量之破壞，再加上超抽地下水掏空地層造成的。

實驗 3：土壤層裡含水量不同時，對地層下陷的影響？

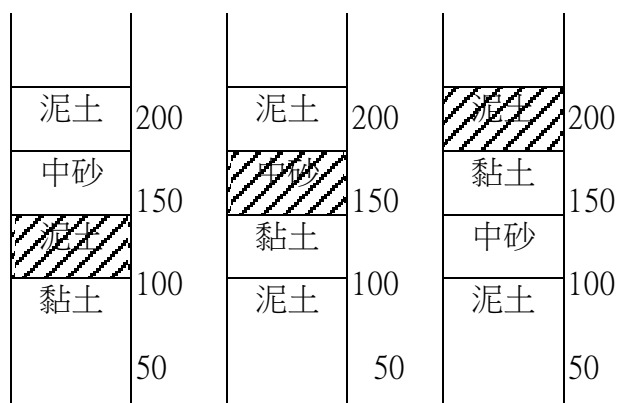
步驟：1. 取五個量盆分裝相同粒徑細沙，分別倒入 30 至 70 毫升的水均勻滲透土壤層。
2. 在搖擺機上搖晃 1 分鐘，模擬地震後觀察土壤層含水量變化情形。

項目	變因	加入水 30 毫升	加入水 40 毫升	加入水 50 毫升	加入水 60 毫升	加入水 70 毫升
量瓶原來的高度(公分)		15	15	15	15	15
搖晃後量瓶的高度(公分)		13.1	12.8	12.5	12.2	11.9
量瓶下陷的深度(公分)		1.9	2.2	2.5	2.8	3.1
土壤表層溢出水(毫升)		0	2	4	10	16
搖晃後土壤表層的變化		沒有變化	稍有泥漿	變成泥漿	變成泥漿	變成泥漿最稀

表 4-4：地震造成地層土壤含水量變化情形分析

實驗 4：地下水位高低不同時，對地層下陷的影響？

步驟：1. 土壤層如下裝置



地下水在下層 地下水在中層 地下水在上層

- 量取 50 毫升水分別倒入三個量盆裡，均勻滲透至土壤層。
- 在搖擺機上搖晃 1 分鐘，模擬地震後觀察不同水位地層下陷變化情形。

項目	變因	地下水在下層	地下水在中層	地下水在上層
量瓶原來的高度(公分)		15	15	15
搖晃後量瓶的高度(公分)		15	14.2	13.6
量瓶下陷的深度(公分)		0	0.8	1.4
土壤表層溢出水量(毫升)		0	3	6
搖晃後土壤表層的變化		沒有變化	變成泥漿	變成泥漿最稀

表 4-5：地震對不同水位地層下陷變化情形分析

實驗 5：土壤層顆粒大小不同時，對地層下陷的影響？

步驟：1. 土壤層如下裝置



- 量取 50 毫升水分別倒入三個量盆裡，均勻滲透至土壤層。
- 在搖擺機上搖晃 1 分鐘，模擬地震後觀察不同顆粒地層下陷變化情形。

項目	變因	土壤層中含粗砂	土壤層中含中砂	土壤層中含細砂
量瓶原來的高度(公分)		15	15	15
搖晃後量瓶的高度(公分)		14.4	14.2	13.6
量瓶下陷的深度(公分)		0.6	0.8	1.4
土壤表層溢出水量(毫升)		0	4	8
搖晃後土壤表層的變化		沒有變化	變成泥漿	變成泥漿最稀

表 4-6：地震對不同顆粒地層下陷變化情形分析

發現：粗砂土壤層地下水位最低，下層的水比上層多，細砂地下水位最高，上層的水比下層多，較易液化成泥漿。

推論：台灣高鐵雲林縣路段土壤層以細沙為主，地下水層居多，不停的抽取地下水，間接加速地層下陷。

實驗 6：土壤層緊密不同對地層下陷的影響？

步驟：1. 量取 50 毫升水分別倒入兩個量盆裡，均勻滲透至土壤層。

2. 在搖擺機上搖晃 1 分鐘，觀察不同緊密地層下陷變化情形(如圖 4-7)。

項目	變因	土壤層較緊密	土壤層較疏鬆
量瓶原來的高度(公分)		15	15
搖晃後量瓶的高度(公分)		14.2	12.8
量瓶下陷的深度(公分)		0.8	2.2
土壤表層溢出水量(毫升)		4	12
搖晃後土壤表層的變化		沒有變化	變成泥漿較稀

表 4-7：地震對不同緊密地層下陷變化情形分析

		
<p>1. 地質土壤結構層緊縮程度分析比較</p>	<p>2. 搖晃力量強弱代表地震規模等級</p>	<p>3. 搖晃時間長短代表主震餘震規模</p>

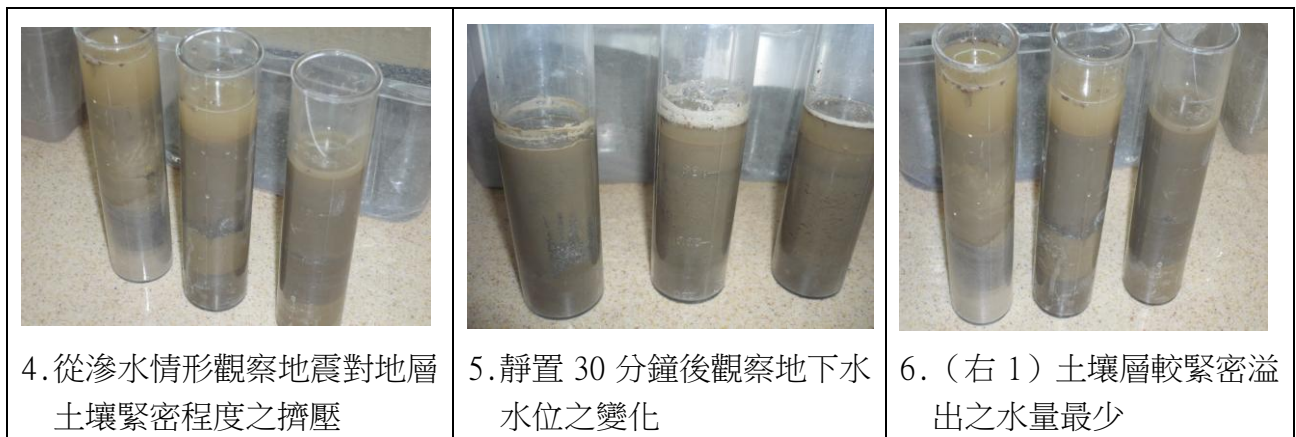


圖 4-7：土壤層緊密程度與地下水水位變化測試

發現：1. 土壤層較緊密的，量瓶下陷較輕微，土壤表層溢出的水量較少。

2. 沙質含量高的土壤層，水分滲透快，經地層擠壓後較易溢出地面，形成泥漿狀。

實驗 7：改良土壤層結構對地層下陷的影響？

步驟：1. 以粗沙、礫石、黏土混合之土壤層和細沙、泥土混合之土壤層裝入量盆中，倒入 50 毫升水，均勻滲透至土壤層。

2. 在搖擺機上搖晃 1 分鐘，模擬地震後觀察地層下陷變化情形(如圖 4-8)。

項目	變因	粗沙、礫石、黏土混合土壤層	細沙、泥土混合土壤層
量瓶原來的高度(公分)		15	15
搖晃後量瓶的高度(公分)		15	10.2
量瓶下陷的深度(公分)		0	4.8
量瓶傾斜的角度		3	18
土壤表層溢水量(毫升)		0	22
搖晃後土壤表層的變化		沒有變化	變成泥漿較稀

表 4-8：地震對改良土壤層結構地層下陷變化情形分析



模型屋沒有下陷
(粗沙黏土混合)

模型列車沒有下陷
(粗沙黏土混合)

量瓶沒有下陷傾斜約 3 度
(粗沙黏土混合)

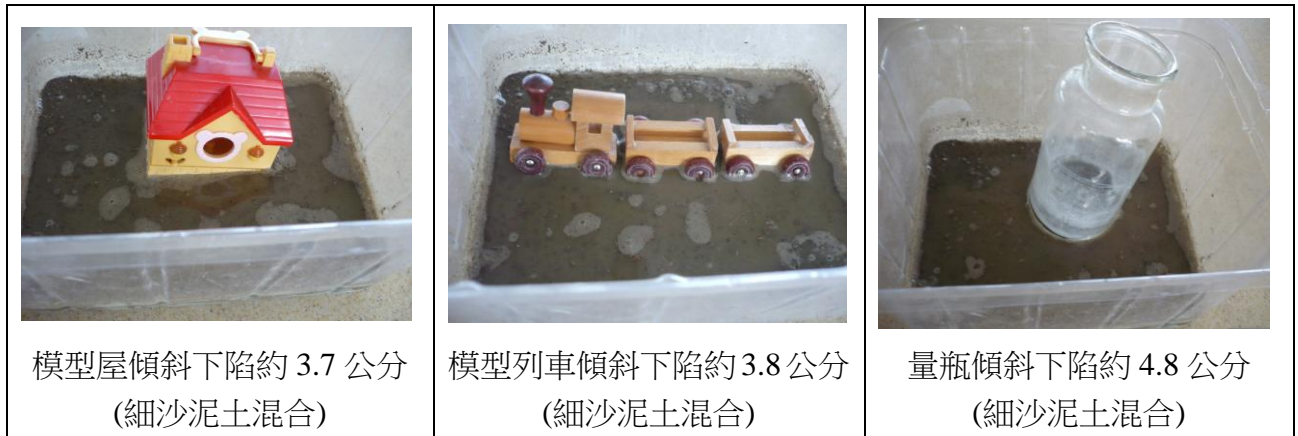


圖 4-8：改良土壤層結構地層下陷測試

發現：高鐵雲林縣路段之土壤層結構大部份屬於濁水溪沖積層細沙泥土混合而成，顆粒細小鬆軟，底層地下水抽取後，地層易掏空導致下陷，適度的改良填入粗沙、礫石、黏土混合土壤，不影響地層結構安全，有助於減緩地層下陷。

推論：改良之粗沙、礫石、黏土混合土壤層結構，黏稠密度高，抗震力最佳，地下水不容易溢出，可用來局部改良高鐵橋墩下陷嚴重之地層土壤層結構，將可減緩地層下陷之速度。

分析：綜合以上實驗，影響土壤地層下陷的因素可能包括：

1. **搖晃的力量**：搖晃的力量愈強，量瓶下陷較深，液化的程度較嚴重。
2. **搖晃的時間**：搖晃的時間愈長，量瓶下陷較深，液化的程度較嚴重。
3. **地下水的含量**：地下水含量愈多的土壤層，量瓶下陷的較深，液化的程度較嚴重。
4. **地下水位的高低**：地下水位愈高的土壤層，量瓶下陷的較深，液化的程度較嚴重。
5. **土壤層顆粒的大小**：土壤層砂的顆粒愈細，量瓶下陷的較深，液化的程度較嚴重。
6. **土壤層的緊密度**：土壤層愈疏鬆，量瓶下陷較深，液化程度較嚴重。

推論：台灣高鐵彰化、雲林路段，地質上屬砂岩、頁岩結構易風化，經濁水溪長久沖刷蝕，土質鬆軟肥沃，水分子密度高，為農業生產精華區域，自台灣高鐵通車以來，因地震斷層釋出能量之破壞與過度抽取地下水，加速地層下陷。

研究三：探討及如何防止全台各地日益嚴重的地層下陷問題？

【問題 1】 土壤地層下陷實際調查評估。

1999 年九二一集集大地震，重創台灣中部地區，使地層結構原本是砂岩、頁岩的南投、彰化、雲林和嘉義等地，產生嚴重的地層下陷現象，高速鐵路經過地區，其中最嚴重的雲林路段地層每年平均沈陷速率約達 6.5 公分，假如地層下陷現象持續惡化，未能做好補強

與改善措施，加上過度抽取地下水，間接加速地層下陷的速度，恐將影響台灣高鐵行車安全，**未來 3 至 5 年內將是重要的關鍵期**（如圖 4-9）。

地區	面積：平方公里	下陷速度：公分
雲林縣	413.9	7.4
彰化縣	78.1	5.7
嘉義縣	28.1	4.6
台南市	10.4	5.5
屏東縣	2.5	3.3

表 4-9：地層下陷嚴重地區（資料來源：經濟部水利署）



圖 4-9：地層下陷問題能否改善考驗著台灣高鐵的未來（資料來源：中央地質調查研究所）

【問題 2】 哪些土地容易發生地層下陷？

容易發生地層下陷的地點，常出現在距地震斷層帶中央數十公里範圍內，包括以下地區：

1. 海灘沖積地：例如彰化縣大肚溪出海口海浦沖積地。
2. 砂質沖積層：例如嘉南平原八掌溪沿岸、濁水溪畔沖積扇。

3.砂質舊河道：例如嘉南地區八掌溪和曾文溪之間舊河道。

4.填土新生地：例如彰化縣和雲林縣之間的濁水溪氾濫平原。

發現：1.以上地區的土質結構屬砂岩和頁岩地形，多為粉質砂土或細砂土壤的沖積平原，疏鬆又含水量達飽和之土層，很容易因為地震震動而造成孔隙之間的水分壓力增高，較容易產生地質鬆軟現象。**台灣高鐵從彰化到台南路段，位於濁水溪與曾文溪中下游之間的沖積扇平原，土質疏鬆水分子密度高且地下水充足，相對地易造成地層下陷，故地層下陷情形日益嚴重。**

2.以雲林縣土庫地區為例，地表下0.6至8.3公尺為疏鬆砂土層，8.3至10.2公尺則為黏土層（8.9至9.5公尺甚為軟弱），10.2至17.4公尺為中等緊密至緊密之砂土層，17.4至21.1公尺為黏土層，地下水位約為1.5公尺左右，而1.5至8.3公尺之砂土層發生地層下陷的潛在性極高（如圖4-10、4-11）。



圖 4-10：高鐵沿線超抽地下水導致地層下陷日益嚴重（資料來源：經濟部水利署）

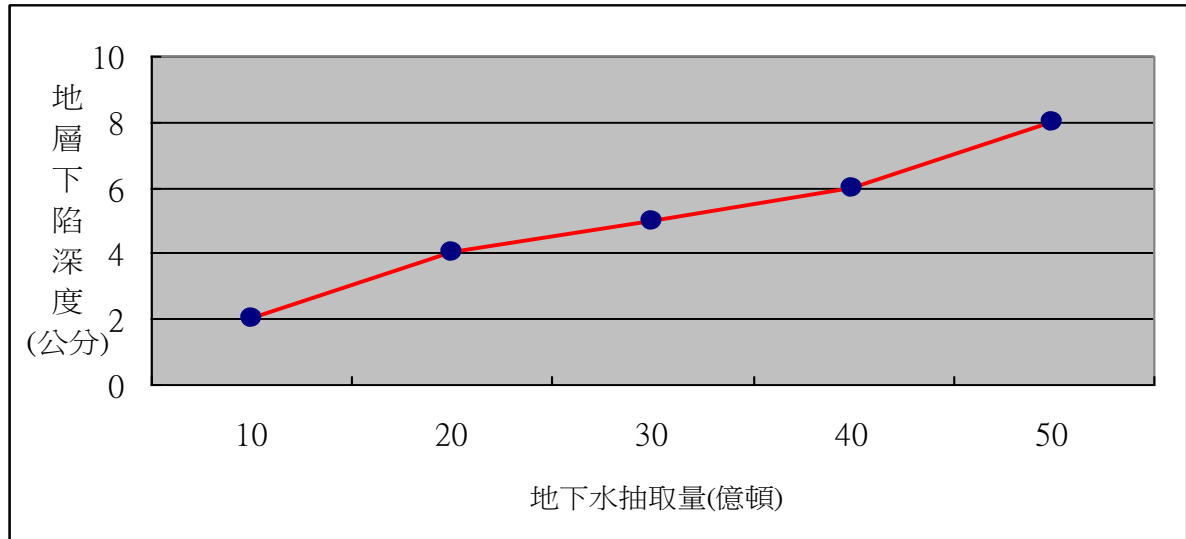


圖 4-11：高鐵沿線地下水抽取量與地層下陷分析 （資料來源：經濟部水利署）

綜合以上實地調查和實驗結果發現，鬆軟的細沙層顆粒愈細，地下水含量愈多，地下水的水位愈高，搖晃的力量強弱，搖晃的時間長短等都是造成地層下陷的主要因素，建議可以嘗試下列的方法：

一、以振動方式使土壤層更緊密、紮實的黏合成堅固之土壤層。

二、採用抽水措施，將地震斷層帶底下過多之地下水抽出，以降低水位。

三、以置換改良土壤方式，局部改變砂岩、頁岩之土質結構。

伍、研究結果

一、綜合以上所有實驗結果，我們得到以下發現（如圖 5-1、5-2、5-3）：

1. 土壤層經劇烈搖晃後變得較緊密，下層的水被擠到上層，造成地層下陷。

2. 影響地層下陷的因素：

1. **搖晃的力量**：搖晃的力量愈強，液化的程度較嚴重。

2. **搖晃的時間**：搖晃的時間愈長，液化的程度較嚴重。

3. **地下水的含量**：地下水含量愈多的土壤層，液化的程度較嚴重。

4. **地下水位的高低**：地下水位愈高的土壤層，液化的程度較嚴重。

5. **土壤層顆粒的大小**：土壤層裡砂的顆粒愈細，液化的程度較嚴重。

6. **土壤層的緊密度**：土壤層愈疏鬆，液化的程度較嚴重。

3. 以振動使土壤層更緊密，採用抽水措施以降低地下水位，置換良質土壤改變土質等方法，可讓土壤較不容易地層下陷。



圖 5-1：高鐵雲林、彰化路段地層下陷最嚴重之橋柱（資料來源：公共工程委員會）

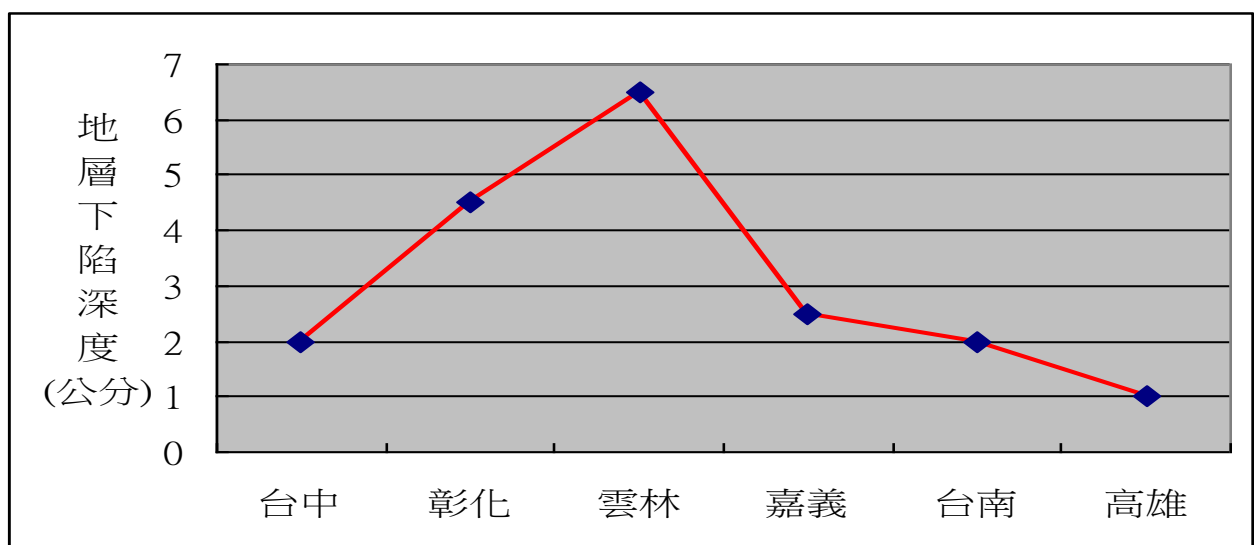


圖 5-2：高鐵雲林、彰化路段顯然已成為地層下陷最嚴重地區（資料來源：經濟部水利署）

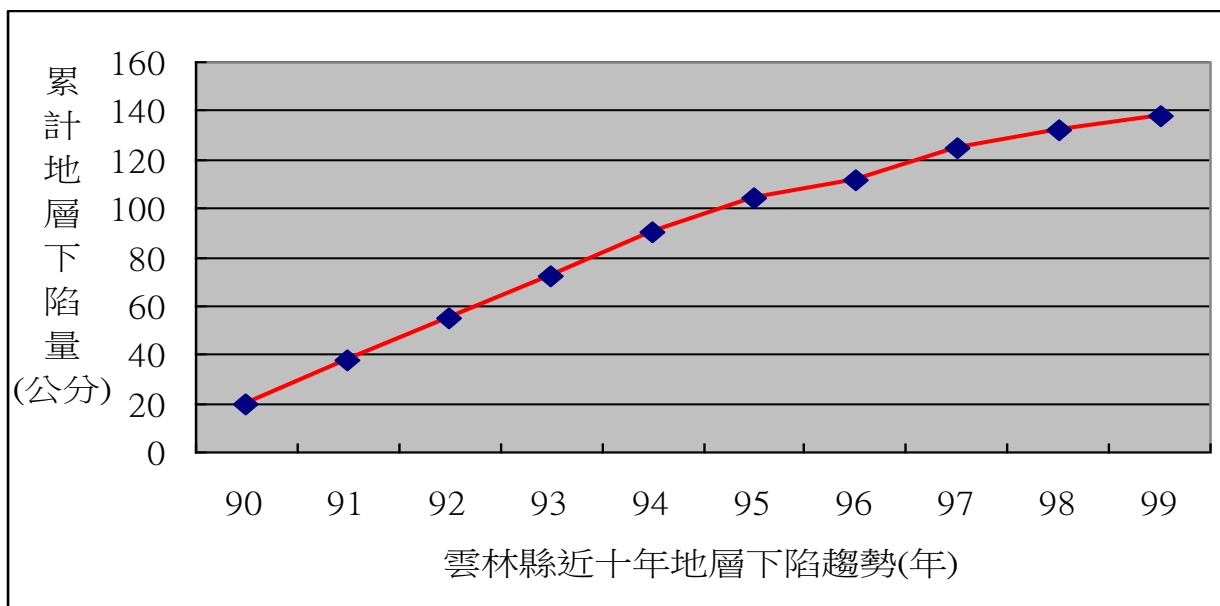


圖 5-3：雲林縣近 10 年來地層下陷統計顯示並未有減緩趨勢（資料來源：經濟部水利署）

路段	目前已下陷	預估 10 年後可能下陷	平均每年下陷
雲林縣土庫段	55	104	*6.8
雲林縣虎尾段	52	73	*6.5
彰化縣溪州段	51	68	*4.8
彰化縣員林段	38	52	*3.5
雲林縣元長段	35	45	*3.3
雲林縣二崙段	23	41	*3.2
雲林縣西螺段	21	38	2.5

表 5-1：高鐵雲林彰化路段地層下陷統計 單位：公分（資料來源：經濟部水利署）

*代表已超出台灣高鐵公司設定地層下陷最高標準 3 公分屬於危險路段

二、在本實驗後我們了解到：

1. 土壤層經地震斷層不斷晃動釋出巨大能量，產生壓實、壓密作用，深層土壤裡的水分溢出表層，變成泥漿狀，使地面建物下沉，就是「地層下陷」。
2. 發生土壤液化時，因下層土壤經壓實、壓密作用，水分被擠到上層，使下層含水量減少，承载力下降，造成地層下陷。
3. 地震強烈搖晃是造成地質土壤液化的主因，地層結構被破壞後，使地質土壤變脆弱鬆軟，颱風來襲更易造成嚴重土石流危害。
4. 地震後土壤層裡粒子間的排列是較地震前更為緊密。
5. 鬆軟的細砂及地下水位愈高的土壤層愈容易液化，較易產生地層下陷現象。
6. 以改良之粗沙、礫石、黏土混合土壤層局部改善結構，可減緩地層下陷之速度。

陸、討論

一、為防止地層下陷情況惡化，兼顧治標與治本目的（如圖 6-1、6-2、6-3、6-4）可考慮以下生態防治工法：



圖 6-1：在高鐵地層下陷嚴重地區植樹造林與加強固樁工程（資料來源：公共工程委員會）

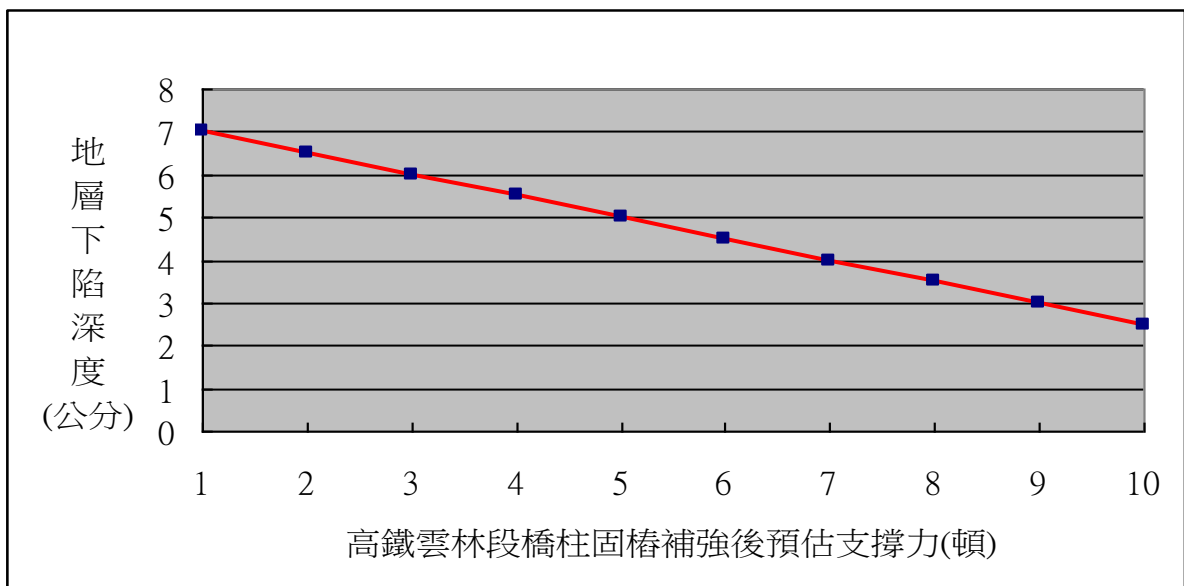


圖 6-2：高鐵橋柱加強固樁工程後預估減緩地層下陷能力分析（資料來源：公共工程委員會）

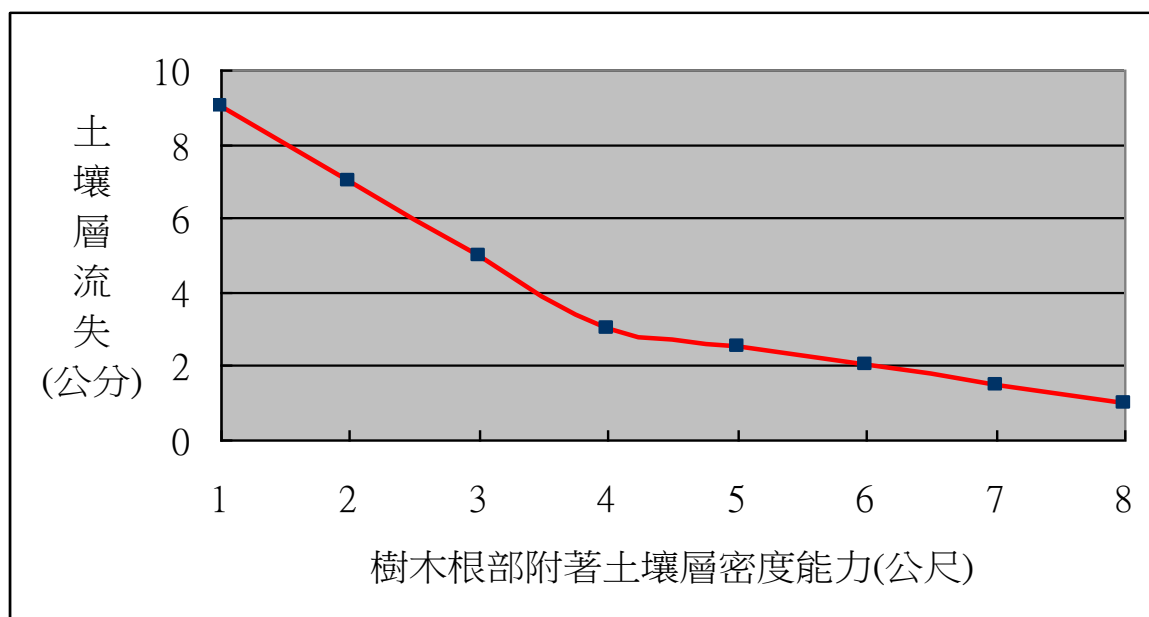


圖 6-3：樹木根部附著土壤層密度能力預估與土壤層流失分析（資料來源：行政院農委會）

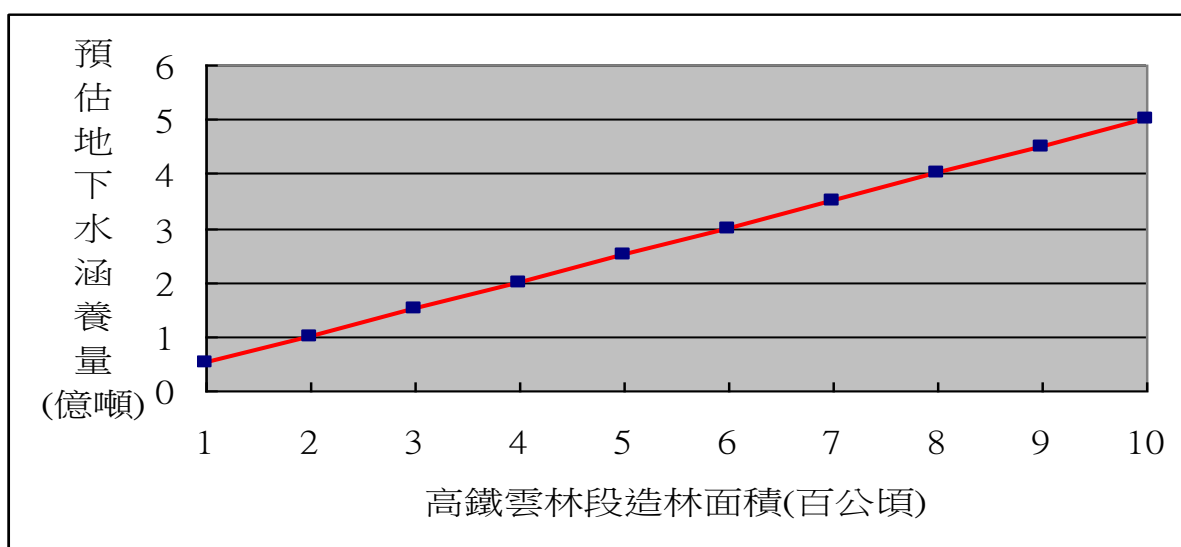


圖 6-4：高鐵雲林段實施植樹造林後預估地下水涵養能力分析（資料來源：行政院農委會）

- (1) **強化地盤工法**：在地層脆弱地區挖開地基灌入水泥以強化地盤。
- (2) **動力壓密工法**：以震動方式壓實，增加土壤密度。
- (3) **深層震動工法**：以加長式震動桿產生震動方式，使砂土顆粒結構趨向緊密。
- (4) **淺層震動工法**：以強力壓土機對表層土壤進行壓實，使壓實面積擴大並加深。
- (5) **混合處理工法**：適度的置換良質土壤，改善土壤結構。

二、造成地層下陷的主要原因來自於地震斷層的能量釋放，產生巨大的推擠力量，將地層震裂破壞，濁水溪至曾文溪流域之路段，地質結構以砂岩、頁岩為主，地質原本

鬆軟抗震力不足，易產生地層下陷，加上過度抽取地下水，間接加速地層下陷的速度，因此根本的解決方式在於統防治水，可考慮以下防治方法：

- (1) **管制抽取地下水**：雲林縣高鐵沿線計有 10 餘萬口抽水井，每年抽取約 40 億噸地下水灌溉農田，但每年降雨量只能補充 20 億噸。
- (2) **種樹造林救水源**：種樹造林涵養水源，防止土壤流失，強化地層結構，綠美化環境，雲林縣內估計至少要造林 2000 公頃以上，才能挽救地層下陷。
- (3) **規畫地層保護區**：高鐵沿線 3 公里內設定保護區，制定法令限制開墾使用。
- (4) **加強橋柱固樁工程**：將下陷嚴重之橋墩加強固樁，定期監測控制示警。

柒、結論

台灣位處歐亞大陸與菲律賓海地板塊縫合帶，原本地層極不穩定，菲律賓海地板塊平均每年以 7-8 公分速度向西北方位移動，使地質結構原本脆弱的台灣成為地震頻繁地區，對地質結構以砂岩、頁岩為主的中南部地區造成衝擊破壞，加上過度抽取地下水，地層下陷災害恐將一再重演，經實驗操作與現場實地調查評估，實驗統計數據可能或許會有些誤差僅供參考，也使我們對高鐵地層下陷問題有更深一層認識與了解，感謝中央地質調查所、行政院農委會、公共工程委員會、經濟部水利署等提供資料與指導，獲致以下結論：

- 一、**高鐵路線經過濁水溪至曾文溪流流域之路段，地質結構以砂岩、頁岩為主，地質鬆軟抗震力不足，易產生土壤液化與地層下陷，危及橋柱之結構安全。**
- 二、**地層下陷區高鐵路域包括彰化、雲林、嘉義至台南路段，其中以雲林縣土庫段最為嚴重，至今已下陷 55 公分，平均每年下陷約 6.5 公分，若地層下陷問題無法有效控制舒緩，未來 3 至 5 年內將是關鍵期。**
- 三、**高鐵路層下陷的主因除了地震斷層釋出能量之破壞外，還有超抽地下水、水土保持不良、土石流衝擊等人為因素間接加速地層下陷速度。**
- 四、**管制抽取地下水、高鐵沿線 3 公里內輔導農民實施平地造林保護地下水源、加強橋柱固樁工程等為當務之急。**
- 五、**規畫設定地層下陷保護區，以生態防治工法，防止地質土壤繼續液化，兼顧治標與治本目的，制定相關法令限制開墾使用。**

台灣高鐵縮短南北差距，是第二條空中走廊捷徑，目前正面臨著地層下陷危機，令人質疑高鐵的結構安全是否經得起考驗，亟待政府正視此問題，期盼台灣高鐵永遠不要變成恐怖的雲霄飛車。

捌、參考資料

1. 王天南 2006 台灣高鐵雲林土庫段地層下陷之機制探討。
2. 李振詒 2000 台灣地區地層下陷之防治及保護措施。
3. 賈儀平 1998 台西地區地層下陷，地球科學園地。

4. 經濟部中央地質調查所 <http://www.moeacgs.gov.tw/main.jsp>
5. 經濟部水利署 <http://www.wra.gov.tw/ct.asp>
6. 中央氣象局地震測報中心 <http://www.cwb.gov.tw/>
7. 行政院公共工程委員會 <http://www.pcc.gov.tw/>
8. 行政院農業委員會水土保持局 <http://www.swcb.gov.tw/>
9. 土壤液化的機制及震害探討，高雄市第四十屆中小學科學展覽會
10. 地裂噴沙---土壤液化，高雄市第四十屆中小學科學展覽會

【評語】 080507

優點：

1. 以家鄉最近被關注的議題進行科學探究，深具鄉土性，亦是生活化且實用的好題目。

缺點：

1. 題目設定為地層下陷對高鐵的影響，由於開始未確認雲林縣地層下陷主要原因，以致後續實驗設計完全偏離主題。
2. 實驗器材的選用與實驗操作的設計不夠嚴謹，實驗數據不夠準確。