

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

最佳團隊合作獎

081565

看見斷層

學校名稱：國立花蓮教育大學附設實驗國民小學

作者：	指導老師：
小六 于子涵	楊慶誠
小六 林以荷	戴莉如
小六 林俊成	
小六 周意陶	
小六 周子寧	
小六 范凱傑	

關鍵詞： 斷層、地震、模擬斷層實驗

摘要

本研究從 2007 年 10 月到 2008 年 6 月，歷時 9 個月。目的在透過斷層的探討，學習研究地球科學的基本技巧，並了解地震與斷層之間的關係、及如何減少地震造成之損害。研究方法以野外考察法、訪問、室內實驗法及文獻分析法進行。

本研究有幾點重要的發現：

- 一、採集岩礦標本驗證海洋板塊在擠壓的過程中，斷層面並非全然隱沒於大陸板塊之下的事實。
- 二、斷層錯動可能造成嚴重的地震，但斷層卻常常因為人為或自然因素隱而不見，成為我們生存環境的隱憂。
- 三、斷層模擬實驗，可以使用一般透明的壓克力盒和五穀雜糧、陶土等材料，讓同學自行操作，從操作中觀察斷層形成的過程，加深對地殼變動的認識。



圖 1、本校採用筏式地基，當地震來時，底基跟著地震搖晃，可以減少建築物倒塌的機率。



圖 3、瑞西逆斷層露頭剖面



圖 2、沙箱斷層模擬實驗，可以從剖面中看見斷層形成的過程，並了解斷層錯動對地表的影響。

壹、研究動機

在六上自然與生活科技「颱風與地震」單元中，我們了解地震會造成許多災害，而地震的發生、震災的嚴重性和斷層有極為密切的關係，在 921 地震十周年前夕，該如何看待深藏不露的斷層呢？在好奇心驅使下，我們展開了探索斷層的旅程。

貳、研究目的

- 一、藉考察花蓮地區斷層，學習研究地球科學的基本技巧。
- 二、製作簡易、可操作、可觀察斷層形成過程的模型。
- 三、從美、日相關防震措施，提出防災減災的建議。

參、研究器材與設備

- 一、工具：電腦、地質鎚、傾斜儀、數位相機、微距測量儀、1/25000 地形圖、1/50000 地質圖、google map 衛星地圖、錄音筆、壓克力箱(40cm x30cm x20cm)、千斤頂、木工夾。
- 二、材料：陶土、五穀雜糧。



圖 4、在紅葉溪採集岩礦標本



圖 5、使用千斤頂和木工夾做逆斷層模擬實驗



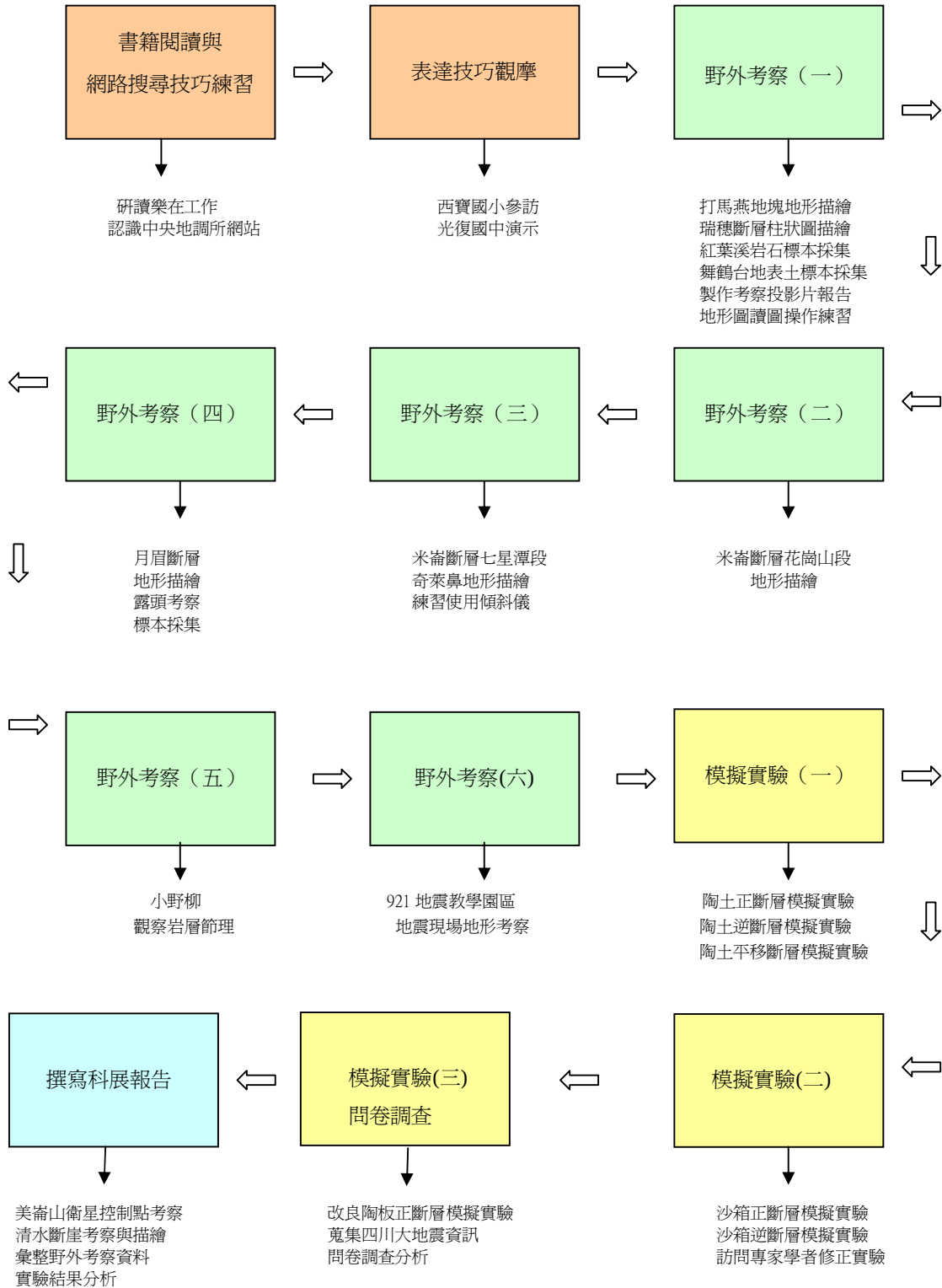
圖 6、實驗時用傾斜儀測量斷層傾角



圖 7、考察時看見玉里地政事務所設置的水準點

肆、研究過程與方法

一、研究流程



二、文獻探討

(一) 什麼是「斷層」？

斷層（Fault）專指岩層斷裂的地方。地表其實是由不同性質的岩石，一層層相疊而成的，這一層層的岩層如果發生斷裂，斷裂的地方就叫做斷層。地震形成的原因來自板塊的推擠、拉扯或錯動；而地震發生的地點，則通常在已有的斷層上。

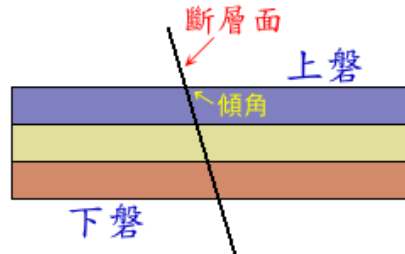


圖 8、斷層剖面圖

(二) 台灣地區的活斷層

有斷層並不表示未來一定會發生地震，一如火山分類有死火山、休眠火山和死火山，斷層也有活動和不活動的區別。活動斷層是指在不久之前曾經活動，而且在近期內有可能再度活動的斷層。

參考經濟部中央地調所網站，知道每位專家對活動斷層的定義、數目名稱位置及分類標準都不一樣，例如楊貴三認為台灣的活動斷層有 158 段、蔡義本認為有 55 條，張徽正認為有 51 條，下圖採用張徽正的調查，其中離花蓮較近的活動斷層是米崙斷層、月眉斷層、玉里斷層、豐濱斷層、池上斷層和台東斷層。



圖 9、台灣活動斷層分布圖

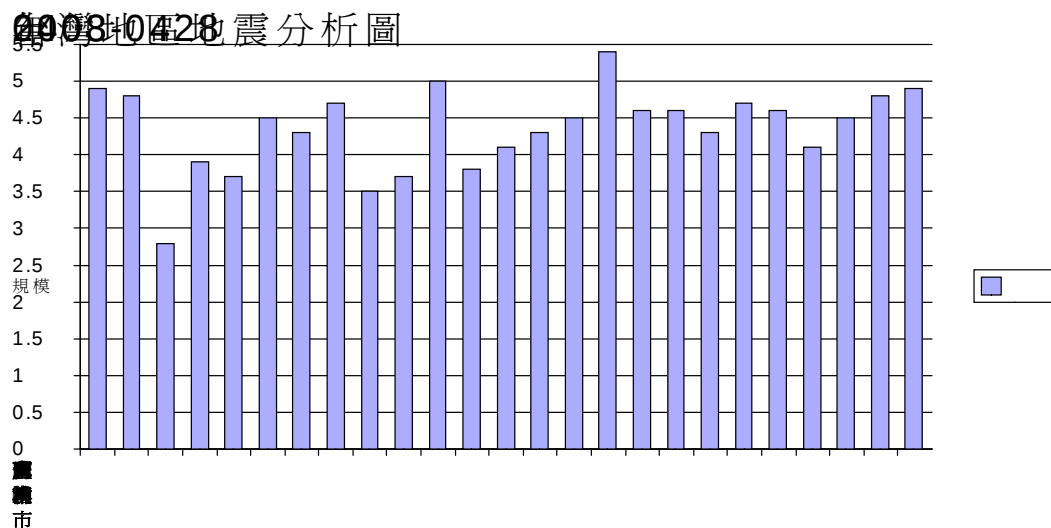
(三) 什麼是「地震」？

地震，就是地殼突然而強烈的震動。當地球內部長期積累的力超過岩層所能承受的限度時，岩層便會突然發生斷裂或錯位，使能量急劇地釋放出來，並以波動的震盪形式向四面八方傳播出去，造成地面發生震動。震動的發源處稱為震源。根據震源的深度，地震可分為三類：淺源地震（深度在 0-70 公里）、中源地震（深度在 70-300 公里）和深源地震（深度在 300 公里以上）。由震源豎一垂直線至地面上的位置稱為震央。震央是地表距離震源最近的地方，因此地震波最早到達這裡，震動也最為強烈，破壞程度也最大。

(四) 地震與斷層間的關係？

大地震會造成地表破裂，這些破裂位置的分佈都是斷層通過之處，因此地震是斷層活動引起的結果。

(五) 台灣地區最近的地震：1、台灣地區近來(2008 年 4 月 3 日至 4 月 28 日)發生的地震(表一)



2、台灣地區最近(2008 年 6 月 8 日至 6 月 15 日)發生的地震，則整理如下表（表二）：

台灣時間	規模	位置	台灣時間	規模	位置
2008/6/15 07:29	5.2	甲仙	2008/6/7 04:53	4	東山
2008/6/13 06:28	4.1	秀林	2008/6/6 14:56	4.2	西林
2008/6/12 20:22	3.4	南澳	2008/6/6 04:07	3.6	利稻
2008/6/11 14:19	5	恆春	2008/6/5 13:15	3.6	南澳
2008/6/11 12:33	5.2	恆春	2008/6/3 22:01	4	玉里
2008/6/11 06:33	4.7	宜蘭市	2008/6/3 13:48	4.2	秀林
2008/6/11 06:18	3.9	花蓮市	2008/6/3 13:13	3.9	成功
2008/6/10 08:34	4.3	南澳	2008/6/2 00:59	6	宜蘭市
2008/6/9 16:41	3.8	秀林	2008/6/1 09:57	6.8	蘭嶼
2008/6/8 10:05	4	玉里	2008/5/30 18:33	3.8	南澳

由以上兩表可知，台灣東部地震發生的次數比西部多，而且同一測站常偵測到連續性的地震。

(六) 歷史上花蓮附近發生的地震 (詳表如附件一)

民國四十年十月花東縱谷地震，造成花蓮市區嚴重受創的原因是：相隔約六小時的兩次強震，發生在同一個斷層線上，這個斷層線自花蓮市北方的七星潭海邊起，往南經過花蓮機場、美崙山、尚志橋頭，穿越美崙溪後，分岔成三個路徑，一條由明禮國小延伸到南濱海岸，一條由地方法院經縣政府(舊址)到鐵路局車庫(舊址)，在南濱水門入海，一條則由花蓮市舊郵局，經中華路往東，與第二條會合。這條斷層線，剛好涵蓋了花蓮市的精華區，所以造成重大的破壞。(圖 10)

(七) 花東地區地震發生週期

根據鍾令和 2003 年的研究，民國 40 年的池上-玉里地震秀姑巒溪口附近的垂直位移量抬升一公尺為依據，可推測縱谷中段地震週期大約在 101—110 年之間。鍾令和等人的另外一份研究，根據美崙台地階地上升的情形，研判米崙斷層大地震發生週期約 1000 年。

(八) 舊金山的防災措施

舊金山市政府表示防災應特別重視以下兩點：

1. 如何減低地震損害

- (1) 估計你面臨的地震危險。
- (2) 保地震保險。
- (3) 決定你的住家和學校的安全程度：舊金山的作法是在 1、2 層樓的木造房地基下釘下木樁防止地基垮掉。如果在一棟較老的木造房子裡增建堅固的地基和支撐牆，將可以大大減低地震損害。
- (4) 決定你是否住在或是工作在有危險的地區

2. 美國的科學家利用地震發生的週期，解釋一個大地震為什麼會在近期發生：(圖 11)

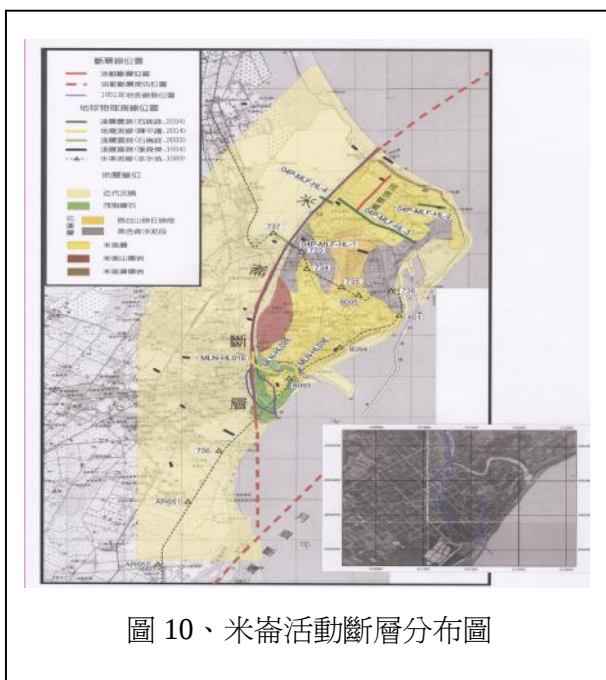


圖 10、米崙活動斷層分布圖

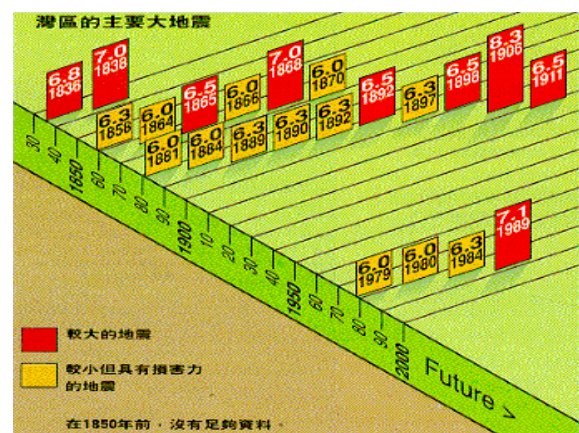


圖 11、從以前沒有滑動過的斷層累積的能量來估計地震發生的規模和可能發生的時間。

三、野外考察

(一) 爲了了解斷層，我們考察以下幾個地點：

考察時間	考察地點
2008.1.21~22	瑞西逆掩斷層考察
2008.2.20	米崙斷層花崗山段
2008.3.5	米崙斷層七星潭段
2008.3.17	月眉斷層嶺頂地區
2008.3.24	小野柳地形考察
2008.3.26	9 2 1 地震教育園區
2008.6.9	美崙山衛星控制點
2008.6.11	清水斷崖



圖 12、 野外考察地點分布圖

(二)瑞穗鄉瑞西逆掩斷層考察

爲了觀察比較原始不受人爲破壞的逆斷層，第一站我們選擇到瑞穗鄉考察打馬燕地塊的瑞西逆掩斷層。



圖 13、在紅葉溪河床上採集岩石與礦物標本



圖 14、向南觀察瑞西逆掩斷層，海拔標高 178 公尺，目前種植檳榔及桂竹。

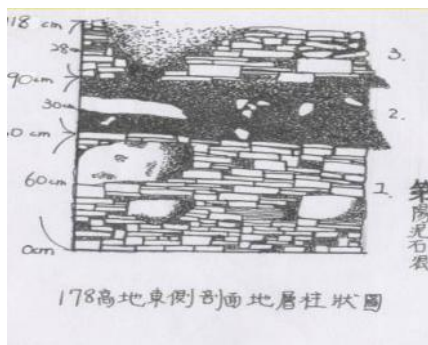


圖 15、瑞西逆斷層柱狀剖面圖。



圖 16、瑞西逆掩斷層，出露的露頭傾斜 18° - 20° ，走向北 42° 東。



圖 17、這是我們在 9 號公路旁邊看見的瑞穗斷層因豪雨崩場的剖面。

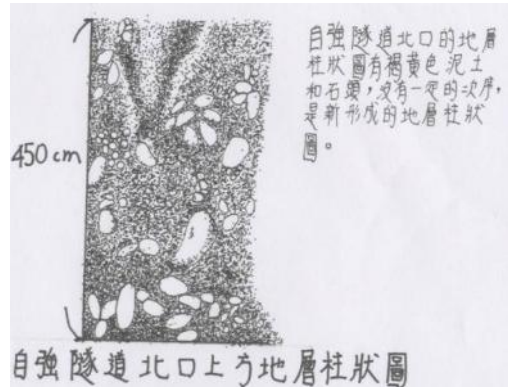


圖 18、自強隧道北口上方的地層柱狀圖。

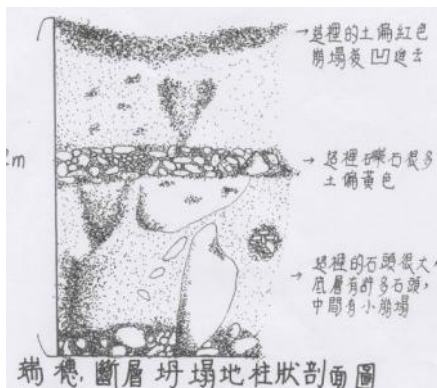


圖 19、瑞穗斷層坍塌地柱狀剖面圖。



圖 20、瑞西逆掩斷層線附近可以看到玉里地政事務所設置的水準點

在紅葉溪採集礦物標本時，發現了藍閃石片岩、陽起石、蛇紋石等由海洋板塊變質而成的礦物和岩石，所以我們知道海洋板塊與大陸板塊曾經在這兒碰撞。而瑞西逆掩斷層的露頭標高 178 公尺，兩側地形極為陡峭，可以證明這裡曾經有地層劇烈錯動。

（三）米崙斷層花崗山段

爲了觀察米崙斷層花崗山段的現況，我們在 2008 年 2 月 20 日星期三下午約 1：30 從學校出發，到美崙溪中正橋，練習描繪地形。



圖 21、我們在美崙溪英雄館段描繪地形。



圖 22、位於斷層線北側的國軍英雄館



圖 23、美崙溪菁華橋段地形現況

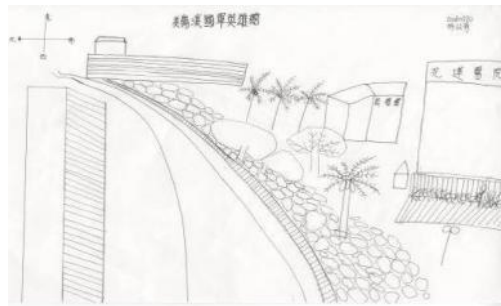


圖 24、美崙溪國軍英雄館彎曲處描繪圖。

(四) 米崙斷層七星潭段

2008 年 3 月 5 日，下午 12：30 我們從花蓮市出發，先到三棧溪出海口，描繪美崙台地，再到七星潭臨潭橋描繪米崙斷層。



圖 25、我們練習從遠處觀察美崙台地地形。



圖 26、從七星潭看美崙台地的奇萊鼻海崖

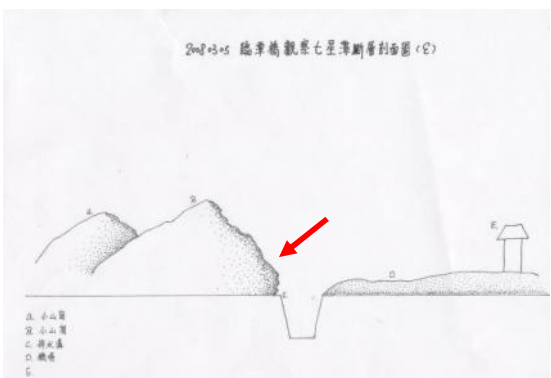


圖 27、站在臨潭橋上觀察描繪米崙斷層



圖 28、在三棧出海口描繪美崙台地。

我們從遠處觀察美崙台地，美崙台地是一座小平台，從七星潭近看米崙斷層北段，則明顯可以看到陡峭的斷層崖，斷層崖以彎彎曲曲的 S 形向南延伸。

看見斷層

(五) 月眉斷層

2008 年 3 月 17 日 8:45 分從學校出發，經 193 縣道、花蓮大橋在 9:05 分到達嶺頂海邊。



圖 29、觀察嶺頂海邊的火成岩露頭。



圖 30、描繪月眉斷層剖面圖，練習掌握方位和比例。



圖 31、月眉斷層地形現況。

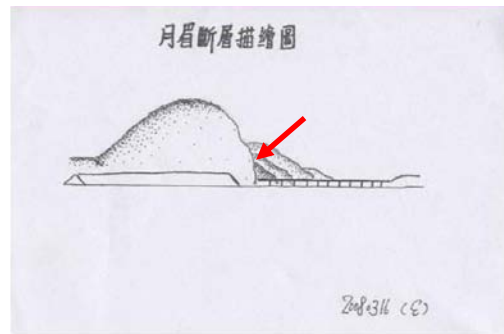


圖 32、月眉斷層描繪圖

在嶺頂，可以看到由火成岩構成的海岸山脈，而月眉斷層崖也就是海洋板塊和大陸板塊撞擊接觸帶的北端。

(六) 小野柳

2008 年 3 月 24 日 畢業旅行第一天，早上 6:30 我們從花蓮市出發，經過 96 公里的路程，約 10:30am 到達台東小野柳。



圖 33、練習使用傾斜儀測量岩層的走向。



圖 34、練習測量岩層的傾向。

在小野柳看到因海浪侵蝕雕塑出各種奇岩怪石，還可以觀察到許多小斷層、節理等地形。

(七) 9 2 1 地震教育園區

2008 年 3 月 26 日，畢業旅行第三天，我們從彰化鹿港出發，到霧峰地震博物館參觀。



圖 35、霧峰光復國中因斷層錯動而造成地層隆起。



圖 36、從這個地層剖面可以看見當地在 300 年前發生地震的證據。



圖 37、地震造成光復國中校舍倒塌。



圖 38、聽 921 地震倖存者解說當時的情形

在地震博物館我們看到，車籠埔斷層隆起的現況和地震造成的災害，也體驗了地震搖晃的情形。當我們看到因大地震倒塌的光復國中校舍，都冒了一身冷汗。

(八) 美崙山衛星控制點考察

2008 年 6 月 9 日下午，爲了瞭解衛星定位和斷層研究的關係，我們登上海拔標高 110 公尺的美崙山，經過一番尋找後，發現衛星定位點就設置在最高點的步道旁。

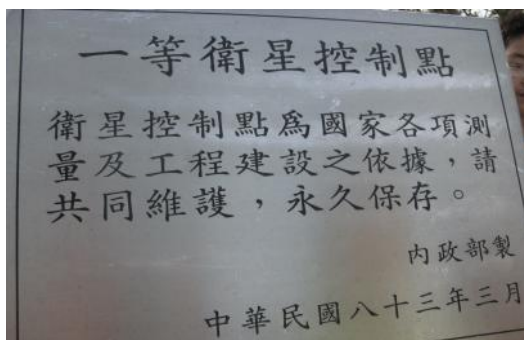


圖 39、衛星控制點是民國 75 年製造，告示牌是民國 83 年 3 月由內政部公告



圖 40、衛星控制點外表像一個梯形柱，正上方則鑲著一塊金屬，上面有一個星星，星星四角的交會點就是中心。

美崙山衛星控制點，因爲怕人破壞所以用鐵絲網圍著，是一個地標，需要將測量儀放在點上測量才有用，它的功能有：一等三角點、衛星定位、一等天文點，衛星控制點，除了定

看見斷層

位地殼變動量，還可以在建築方面使用。如果地殼變動的話，觀測的結果就會不一樣。

(九) 清水斷崖考察

2008 年 6 月 11 日下午，我們從學校出發，沿著蘇花公路，經過崇德隧道、匯德隧道，再沿著小清水溪，走到海崖下方進行描繪和觀察。



圖 41、在新城地形圖上，清水斷崖附近的等高線幾乎重疊在一起。

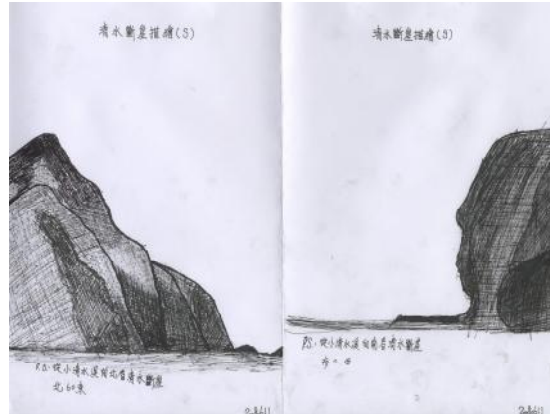


圖 42、世界聞名的清水斷層崖以垂直的角度瀕臨太平洋。



圖 43、由小清水溪口，向南觀察，堅硬的變質石灰岩使得斷層崖保持得相當完整，箭頭處是溶蝕造成的石灰華。



圖 44、由小清水溪口，向北觀察清水斷崖，在陡峭的崖壁下方，發現一個正在發育的海蝕洞，可見斷崖的地質很堅硬。

我們從海灘上觀察清水斷崖，發現它太雄偉了，有一位站在公路上的遊客，和我們打招呼，人顯得好渺小，難怪它會成為聞名的景觀。

四、訪問紀錄

爲了瞭解如何運用陶板進行斷層模擬實驗，以及提升對斷層的認知，訪問了四位專家學者：（訪談記錄詳如附件二，訪談錄音參考附件三）

（一）陶藝專家 周鑫廷

因爲要找到好的露頭不是那麼容易，所以我們決定利用陶土來觀察經過擠壓、形成地層破裂的斷層，我們經過第一階段的陶板斷層模擬實驗後，發現對陶土的特性和運用不是那麼熟悉，所以我們決定訪問陶藝專家周鑫廷先生，請他告訴我們陶土的奧秘。

◎ 訪問時間：2008 年 3 月 24 日 ◎訪談地點：善雲工作陶坊 ◎受訪者：周鑫廷先生
◎訪問目的：爲了更瞭解陶土的特性，尋找陶板斷層模擬實驗的最佳模式。

根據周先生的建議，不同溼度的陶土，斷裂面有所不同，而且每一塊陶板厚度盡量維持在 1 公分以下，可以節省實驗時間與力氣。所以我們採用不同含水率的陶土，進行第二階段的實驗，觀察不同溼度陶土的斷裂情形。

（二）地理學博士 李光中教授

我們想更了解地震的防災措施有哪些，所以我們訪問李光中教授，增加我們對地震防災方法的認識。

◎訪談日期：2008 年 4 月 6 日 ◎訪談地點：本校涵育樓二樓 ◎受訪人：李光中教授
◎訪問目的：找出人與斷層相處之道。

李教授提出以下建議：台灣地震較活躍的是在東部海域和花東縱谷，再來是西部麓山帶；菲律賓板塊和歐亞板塊交接的地方，產生一股力量，會一直影響到西部麓山帶，因爲來自東邊的力量持續衝擠，那西部的山裡就會開始褶皺，褶皺不行就斷裂，一個個斷裂，一個個往上衝、往上衝，那會形成一個覆瓦狀、逆衝斷層的山塊。斷層除了有水平和垂直的錯動外，斷層之間也會有連帶的影響，像花蓮民國四十年的地震，其實它的震央是在成功附近，那樣的一次斷層，除了花蓮米崙斷層有水平和垂直的錯動外，緊接著南邊的玉里、池上斷層也一樣錯動。

目前台灣設了很多 GPS 觀測儀，但仍舊無法精確預測地震發生的時間，因此不妨參考舊金山市政府的地震防災網站，網站內容包括地震發生可能率預測和各種防災的建議。



圖 45、周鑫廷先生說明陶土的特性。



圖 46、這是我們訪問李光中教授時的情形。

(三)花崗山氣象站站長 陳世嵐主任

◎訪談日期：2008 年 4 月 15 日 ◎訪談地點：花崗山氣象站 ◎受訪人：陳世嵐主任

◎訪問目的：我們想了解如何利用氣象站中的設備預測地震。

陳世嵐主任的看法：花崗山氣象站有一個 200 米深的深水井，地震時井水會產生異狀，因為地震一來地層會產生錯動，一錯動地下水就會產生變化，例如：前幾年成功大地震，在半個鐘頭到一個小時前，測量出地下井水水位稍微變大了一點，地震通過之後就恢復原狀，因此我們可以利用深水井水位的變化預測地震來襲時間。另外，用 GPS 衛星定位，定位地殼的變動量也可以測知地震可能發生的地點。其次，東華大學還有一個最新的研究就是利用電離層，測量大氣層電子的變化來預測地震。

最後，陳主任也談到整個台灣地區地震帶不同。西部因發生的頻率較少，發生地震的震源也比較淺，但花蓮震源深度比較深，深淺影響很大，好比說 921 震源就比較淺，通常我們花蓮震源深度比較深，相對來說災害就減少很多，另外花蓮的地質比較硬，而西部都是沖積平原，尤其像台北市是一個典型湖泊沖積的地形，一個地震通過花蓮，花蓮可能沒事，但在台北可能就造成很大的災害，地震還會造成共振的情形，讓地表在搖動時產生加速度，震波通過台北市會放大成幾十倍；同樣一個建築物在花蓮可能移動較小，但在台北就移動好幾倍，相對來說災害就比較嚴重。

我們在花崗山氣象站，也參觀了地震速報系統，它是運用地震 P 波傳導的速度比 S 波快的原理建置，當地震測站偵測到 P 波時，測知規模、時間、震源後，會快速的以電腦傳訊到台北中央氣象局，通報相關單位，啟動防災系統。



圖 47、這是我們在花崗山氣象工作站聽陳主任的解說。



圖 48、校舍中間增設減震縫，內放保麗龍，可以達到防震的效果。

(四)本校前任總務主任郭○○老師 (曾經參與本校校舍新建工程)

◎訪談日期：2008 年 4 月 23 日 ◎訪談地點：學務處 ◎受訪人：郭○○主任

◎訪問目的：了解本校新建校舍的防震措施。

郭○○主任說明：本校採用筏式建築。先在建築物底下蓋一個底基，接著才在上面蓋建築物，當地震來時，建築物的底基就跟著地震搖晃，能減少倒塌的機率。本校體育館筏基與第一層樓中間間隔，還用來儲存泳池用的熱水，可以說一舉兩得。除此之外，舊校舍某些窗戶改砌成磚牆，樓梯間也加砌二面牆，預防地震剪力破壞。本校每學期都辦理防震演習，演習時要求同學蹲低姿勢，保護頭臉，遠離門窗，關電燈，到操場集合點名。

五、模擬斷層實驗

因為市面上賣的斷層模擬實驗器材頗為昂貴，因此我們想自己設計便宜又好玩的模型，讓同學都能操作模型，看見斷層形成的過程。

(一) 陶板模擬斷層實驗

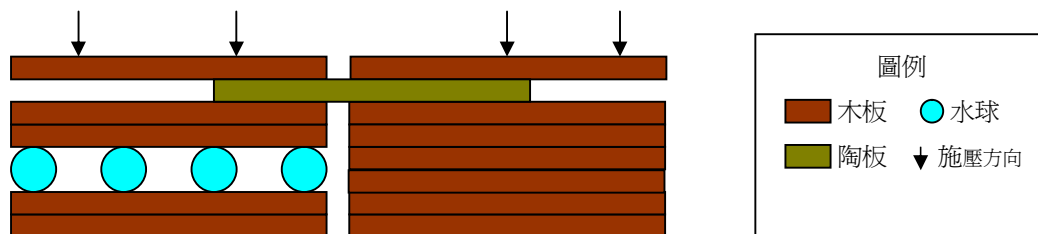
1、正斷層模擬實驗：共分三次實驗 1-1-1 溼陶板、1-1-2 溼陶板、1-1-3 乾陶板

◎實驗器材：陶板、氣球、木工夾、木板、椅子、水

◎實驗目的：模擬正斷層的活動情形

◎實驗假設：水球受壓爆裂後陶土會往下掉形成正斷層。

◎【實驗設計圖一】



實驗結果：

- (1) 1-1-1 陶板由上往下整齊斷裂，岩層明顯下陷 **假設成功**。
- (2) 1-1-2 陶板沒有斷裂，只是產生褶皺。 **假設失敗**。
- (3) 1-1-3 乾陶板並沒有斷裂，岩層之間產生縫隙。 **假設失敗**



圖 49、1-1-1 實驗結果



圖 50、1-1-2 實驗結果



圖 51、1-1-3 實驗結果

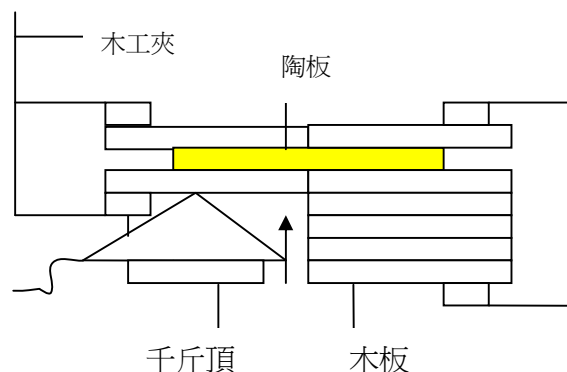
2. 逆斷層模擬實驗：共分四次實驗 1-2-1、1-2-2 使用濕陶板，1-2-3 和 1-2-4 則是使用乾陶板

◎器材：陶板 12*15*2(cm)、木板 29.3*30*2(cm)、木工夾、千斤頂 (max800 kg)

◎目的：模擬並觀察逆斷層的活動情形。

◎假設：當千斤頂向上移動時，陶板會直接斷裂。

◎【實驗設計圖二】



看見斷層

實驗結果：

(1) 模擬實驗 1-2-1 上磐斷層面分為三部分，第一部分較粗糙，第二部分平滑，第三部分粗糙。下磐的陶板會往上翹，上磐則下垂，這兩個部份會連成一條線。在斷層面的地方可以看見斷層錯動時所產生的擦痕。假設成功 圖 52	
(2) 模擬實驗 1-2-2 上磐陶土只有一部分向下垂，下磐陶土也有一部分向上翹，這兩個部份可連成一條直線，斷層面較實驗 1-2-1 來得平滑。假設成功 圖 53	
(3) 模擬實驗 1-2-3 乾陶土先被向上折後才斷裂，斷層面比濕陶土更不規則有一塊因斷層造成的碎屑岩。假設成功 圖 54	
(4) 模擬實驗 1-2-4 由於這次實驗在千斤頂上升時，為扶穩木工夾及拍照將陶板拉破了，因此斷層面非常不規則，並產生許多碎屑。假設成功 圖 55	

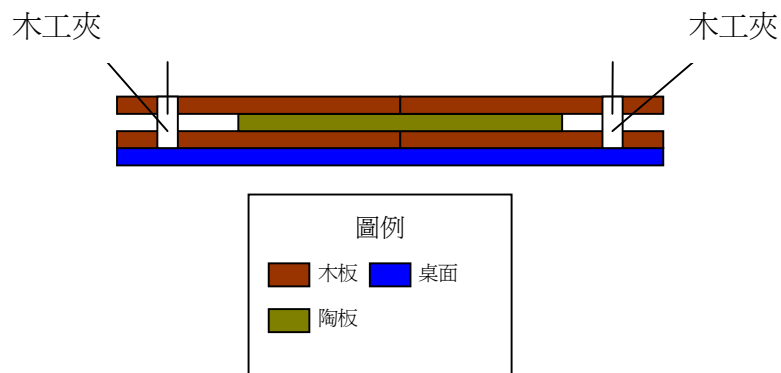
3. 平移斷層模擬實驗：共分三次實驗 1-3-1、1-3-2、1-3-3

◎實驗器材：尺、木工夾、千斤頂、陶板 ×2、木板 ×5

◎實驗目的：模擬並觀察濕陶板在平移斷層活動時的變化。

◎實驗假設：陶板會因為平錯移動而斷裂。

◎【實驗設計圖三】



實驗結果：

(1) 1-3-1 陶板經過向前拉扯，出現一條撕痕

(2) 1-3-2 陶板上方被拉出了一道裂痕。

(3) 1-3-3 陶板沒有夾好，實驗失敗。

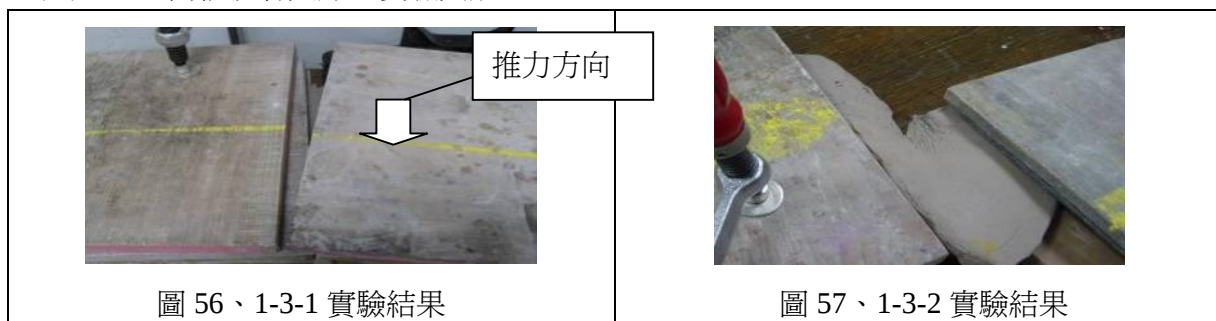




圖 58、1-3-3 實驗結果

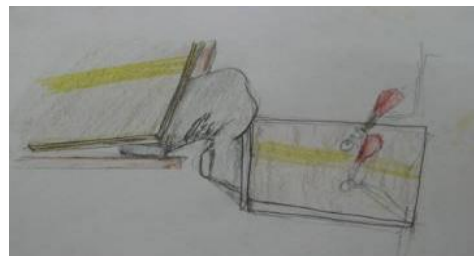


圖 59、平移斷層模擬實驗描繪

(二)沙箱斷層模擬實驗

參考中央大學的沙箱斷層模擬實驗，我們改變實驗設計如下(詳如附件四錄影資料)

1、沙箱斷層模擬實驗 2-1

◎實驗日期：2008 年 4 月 9 日

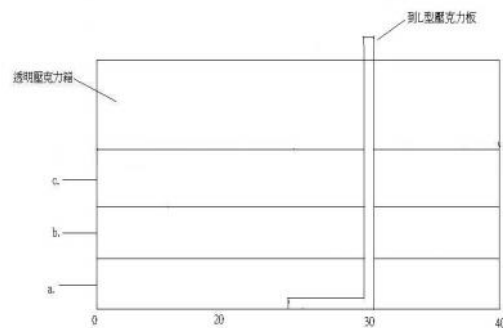
◎實驗器材：壓克力箱 40×30×20(cm)、壓克力 L 形推板(高 18cm，寬 29.5cm、底 10×29.5cm)

白芝麻、黑芝麻、黃豆、塑膠假人、塑膠帳篷

◎實驗目的：觀察三層不均質的岩層在「J」形推板擠壓下斷層形成的過程

◎實驗假設：顆粒上粗下細的岩層受力後，會形成斷層構造

◎【實驗設計圖四】



- 實驗過程：
- (1) 黑芝麻篩過後，鋪在最底層 a 層，厚約 2~3cm
 - (2) 白米篩過後，鋪在底部第二層 b 層，厚約 3~4cm
 - (3) 黃豆篩過後，鋪在底部第三層 c 層，厚約 3~4cm
 - (4) 每次用手把「J」形壓克力板往左推 5 公分，共推三次



圖 60、由右向左推五公分後，模擬岩層傾斜角度的測量數據如下：

右側 a 層傾斜 54° 右側 B 層傾斜 38°
右側 C 層地表傾斜 32°左側 a 層傾斜 6°
左側 B 層傾斜 20°左側 C 層地表傾斜 0°

	圖 61、由右向左推十公分後，模擬岩層傾斜角度的測量數據如下： 右側 α 層傾斜 58° 右側 B 層傾斜 40° 右側 C 層地表傾斜 40° 左側 α 層傾斜 48° 左側 B 層傾斜 36° 左側 C 層地表傾斜 0°
	圖 62、由右向左推進十五公分後，模擬岩層傾斜角度的測量數據如下： 左側 α 層傾斜 26° 左側 B 層傾斜 70° 左側 C 層地表傾斜 10°

實驗結果：我們的假設成功，力量產生的早期，從最下層到最上層逆斷層的角度逐漸由小變大。在黑芝麻層有一個潛伏斷層，使芝麻層有「逆」逆衝斷層的現象。右邊正斷層的角度則是由水平變傾斜。當地表上可以看到有一條斷層線逐漸形成時，假帳棚已經翹起，假人都倒了。

在做完以上實驗後，針對如何改進實驗討論如下：

- (1) 箱底可以裝輪子，推板改成玻璃。
- (2) 壓克力板改成正方體，減少縫隙。
- (3) 黑芝麻要鋪平，黃豆顆粒大，容易卡到縫隙，應該要換。
- (4) 每層減少數量，比較容易推。
- (5) 第一層黑芝麻，看得很清楚。
- (6) 把推板加硬，才不會彎曲。

2、沙箱斷層模擬實驗 2-2

我們採用 2-1 實驗後的討論第 4 點的建議，減少岩層的總厚度，但增加岩層的層次。

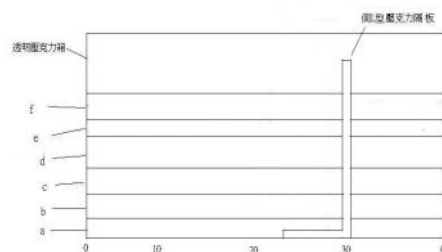
◎實驗日期：2008 年 4 月 10 日

◎實驗器材：壓克力箱、壓克力 L 形推板、黑芝麻、白米、黃豆

◎實驗目的：觀察六層不均質的岩層在「」形推板擠壓下，斷層形成過程。

◎實驗假設：岩層受力後，會形成斷層

◎【實驗設計圖五】



看見斷層

- 實驗過程：
- 1.黑芝麻篩過後，鋪在 a 層、d 層，每層厚約 1cm
 - 2.白米篩過後，鋪在 b 層、e 層，每層厚約 1cm
 - 3.黃豆篩過後，鋪在 c 層、f 層，每層厚約 1cm
 - 4.每次用手把「」形壓克力推板往左推進 5 公分



圖 63、我們將地層疊為六層後，分別向左施力，每次推進五公分，共實驗三次。推進 15 公分後，實驗結果如左圖

實驗結果：我們的假設成功，左側 a 層傾斜由 $15^{\circ} \rightarrow 30^{\circ} \rightarrow 40^{\circ}$ ；b 層傾斜由 $3^{\circ} \rightarrow 82^{\circ} \rightarrow 70^{\circ}$ ；c 層傾斜由 $10^{\circ} \rightarrow 62^{\circ} \rightarrow 82^{\circ}$ ；d 層傾斜由 $10^{\circ} \rightarrow 62^{\circ} \rightarrow 82^{\circ}$ ；e 層傾斜由 $20^{\circ} \rightarrow 60^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}$ ；f 層傾斜由 $4^{\circ} \rightarrow 90^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}$ 。右側形成正斷層，c 層傾斜角度由 $40^{\circ} \rightarrow 30^{\circ} \rightarrow 30^{\circ}$ 。

我們發現：推擠力量會影響岩層傾斜角度，推擠力量越大傾斜角度越大。另外，從 a 層到 e 層，都可以看見因擠壓形成背斜構造，覆瓦狀的斷層剖面受力越大越清楚。

3、沙箱斷層模擬實驗 2-3

◎實驗日期：2008 年 4 月 12 日

◎實驗器材：壓克力箱、壓克力 L 形推板、黑芝麻、白米、黃豆、假人

◎實驗目的：觀察六層顆粒大小不均質的岩層(上粗下細)，形成斷層的過程。

◎實驗假設：在改變推板擺放方向，為正 L 形後，岩層受力後，也會形成斷層。

◎【實驗設計圖六】



- 實驗過程：
- (1)黑芝麻篩過後，鋪在 a 層、d 層，厚約 0.5cm/1cm
 - (2)白米篩過後，鋪在 b 層、e 層，厚約 1cm/1cm
 - (3)黃豆篩過後，鋪在 c 層、f 層，厚約 1cm/1cm
 - (4)每次用手把正 L 形壓克力板往左推 5 公分，共推三次

	圖 64、向左推擠 5 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： $\alpha: 20^\circ$ $b: 22^\circ$ $c: 40^\circ$ $d: 40^\circ$ $e: 36^\circ$ $f: 90^\circ$
	圖 65、向左推擠 10 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： $\alpha: 14^\circ$ $b: 30^\circ$ $c: 40^\circ$ $d: 40^\circ$ $e: 56^\circ$ $f: 90^\circ$
	圖 66、向左推擠 15 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： $\alpha: 38^\circ$ $b: 46^\circ$ $c: 48^\circ$ $d: 48^\circ$ $e: 76^\circ$ $f: 90^\circ$

實驗結果：我們的假設成功，我們發現：

- (1) 用正 L 形板推動的地層，會形成 4 種不同的階地。
- (2) 正 L 形底面推板牽引右側地層，形成正斷層後，又造成凹陷的地形。
- (3) 用正 L 形板推出的 α 層背斜傾向左上角。
- (4) 斷層隆起的正上方，假人沒有傾倒現象，但是斷層線前緣上的假人會倒。

4、沙箱斷層模擬實驗 2-4

◎實驗日期：2008 年 4 月 12 日

◎使用器材：壓克力箱、壓克力「」形推板、黑芝麻、白米、黃豆、假人

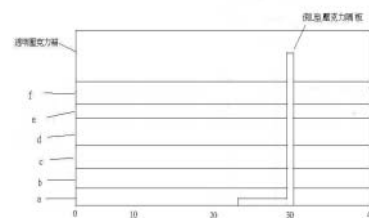
◎實驗目的：觀察六層粒級構造岩層(上細下粗)，在「」形推板擠壓下，斷層形成的過程。

◎實驗假設：岩層受力後，會形成斷層

◎【實驗設計圖七】

實驗過程：

- (1) 黑芝麻篩過後，鋪在 α 層、 d 層，厚約 0.5cm~1.5cm
- (2) 白米篩過後，鋪在 b 層、 e 層，厚約 2cm~1cm
- (3) 黃豆篩過後，鋪在 c 層、 f 層，厚約 1cm~0.3cm
- (4) 每次用手把「」形壓克力板往左推 5 公分



看見斷層

	圖 67、向左推擠 5 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： a:56° b:40° c:30° d:16° e:10° f:18°；右側正斷層 f 層傾斜角度:45°
	圖 68、向左推擠 10 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： a:38° b:90° c:90° d:48° e:20° f:18° 右側 正斷層 f 層傾斜角度:34°
	圖 69、向左推擠 15 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： a:162° b:160° c:172° d:88° e:72° f:78° 左側正斷層 f 層傾斜角度:46°

實驗結果：假設成功，我們發現：

- (1)「」形板開始推動時，右側會向左邊崩落，崩落到某個傾斜度，就不再下滑，上下盤間則形成 10cm 寬的地塹。
- (2)「」底板向左推動時，會先推動上盤 a 層，所以上盤會有向右上方的褶皺產生，因此左邊的 a、b、c 層傾角會看到超過 90 的逆斷層。
- (3)地表因受到「」形板由右到左的擠壓，所以形成圓弧型的破裂面(以黃豆做記號)。
- (4)在地層隆起正上方的假人維持原狀，但是在斷層線兩側的假人被活埋了。
- (5)在推板移動時，地表形成分岔的斷層線。
- (6)在「」底板左邊的地層被抬升約 9.6cm，地表地形也明顯凸起。

5、沙箱斷層模擬實驗 2-5

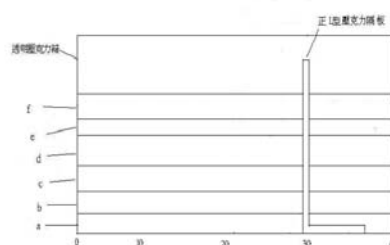
◎實驗日期：2008 年 4 月 12 日

◎實驗器材：壓克力箱、壓克力 L 形推板、黑芝麻、白米、黃豆、假人

◎實驗目的：觀察六層粒級構造岩層，擠壓時斷層形成的過程

◎實驗假設：推板擺放方式改成 L 形時，岩層受力後，會形成斷層

◎【實驗設計圖八】



看見斷層

- 實驗過程：
- (1)黃豆篩過後，鋪在 a 層、d 層，厚約 1cm/1cm
 - (2)白米篩過後，鋪在 b 層、e 層，厚約 2cm/1cm
 - (3)黑芝麻篩過後，鋪在 c 層、f 層，厚約 1cm/1cm
 - (4)每次用手把正 L 形壓克力板往左推 5 公分

	圖 70、向左推擠 5 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： $\alpha: 32^\circ$ $b: 46^\circ$ $c: 20^\circ$ $d: 42^\circ$ $e: 41^\circ$ $f: 90^\circ$； 右側正斷層 f 層傾斜角度：$18^\circ \sim 19^\circ$
	圖 71、向左推擠 10 公分後左側各岩層傾斜角度如下(照片為後視圖結果相同): $\alpha: 48^\circ$ $b: 60^\circ$ $c: 74^\circ$ $d: 34^\circ$ $e: 38^\circ$ $f: 90^\circ$； 右側正斷層 f 層傾斜角度：$24^\circ \sim 10^\circ$
	圖 72、向左推擠 15 公分後左側各岩層傾斜角度如下： $\alpha: 60^\circ$ $b: 74^\circ$ $c: 66^\circ$ $d: 60^\circ$ $e: 90^\circ$ $f: 90^\circ$； 右側正斷層 f 層傾斜角度：$16^\circ \sim 20^\circ$

實驗結果：假設成功，我們發現：

- (1)當力量從右邊往左推時，右邊地層會受 L 形底板牽引而逐漸下陷成地塹，左邊地層因受壓而隆起。
- (2)每次的推動逆斷層的傾斜角度都由小變大，逐漸形成覆瓦狀斷層剖面。
- (3)地表上離斷層線最遠的兩個假人，因為受到斷層前緣的衝擊，而被活埋，其餘斷層帶上的假人都傾倒。
- (4)右邊正斷層的岩層逐漸變薄，左邊逆斷層形成的背斜軸都朝左上角發展。

6、沙箱斷層模擬實驗 2-6

◎實驗日期：2008 年 4 月 12 日

◎使用器材：壓克力箱、L 形推板、白米、糙米、假人

◎實驗目的：觀察六層岩層顆粒大小均質時，模擬斷層形成的過程

◎實驗假設：如果由右往左推，左側的岩層會因為受力量而形成斷層

◎【實驗設計圖九】



看見斷層

實驗過程：

- (1)糙米鋪在 a 層、c 層、e 層，厚約 0.5cm/0.5cm/1cm
- (2)白米鋪在 b 層、d 層、f 層，厚約 0.5cm/1cm/1cm
- (3)每次用手把正 L 形壓克力板往左推 5 公分

	圖 73、向左推擠 5 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： a:6°、b:14°c:40°、d:50°、e:48°、f:88° 右側正斷層 f 層傾斜角度:20°~22°
	圖 74、向左推擠 10 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： a:20°、b:36°c:52°、d:74°、e:82°、f:90° 右側正斷層 f 層傾斜角度:22°~28°
	圖 75(背視圖)、向左推擠 15 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： a:50°、b:62°c:64°、d:76°、e:86°、f:90° 右側正斷層 f 層傾斜角度:24°~22°

實驗結果：假設成功，我們發現：

- (1)從左往右推，中間會形成地塹，左邊地層形成逆斷層、越上層逆斷層的角度越大。
- (2)假人離斷層線雖然遠但受到的影響最大
- (3)左側岩層受到推擠後，會逐漸形成很像車輪餅的覆瓦狀斷層。

7、實驗名稱：沙箱斷層模擬實驗 2-7

◎實驗日期：2008 年 4 月 12 日

◎使用器材：壓克力箱、「」形推板、黑芝麻、白芝麻

◎實驗目的：觀察六層顆粒大小均質的岩層，在「」形推板擠壓下，斷層形成的過程

◎實驗假設：岩層受力後，會形成斷層

◎【實驗設計圖十】：



實驗過程：

- (1)白芝麻鋪在 a 層、c 層、e 層，厚度約 0.2cm~1.1cm
- (2)黑芝麻鋪在 b 層、d 層、f 層，厚約 0.4cm~0.6cm
- (3)每次用手把「」形壓克力板往左推 5 公分

	圖 76、向左推擠 5 公分後，左側各岩層變化如下： a 層和 b 層混合 c 層產生和推擠方向相反的逆斷層傾角 30° d 層產生和推擠方向相反的逆斷層傾角 30° e:26°、f:25°；右側正斷層 f 層傾斜角度:30°
	圖 77、向左推擠 10 公分後，左側各岩層傾斜角度如下： a:逆 16°、b:逆 14°、c:40°、d:36° e:40°、f:22° 右側正斷層 f 層傾斜角度:34°
	圖 78、向左推擠 15 公分後，左側各岩層變化如下： abcd 層:混合 7°、e:28°、f:32° 右側正斷層 f 層傾斜角度:30°

實驗結果：假設成功，我們發現：

- (1)「」形推板造成右側正斷層，並形成很寬的地塹。
- (2)芝麻層當做很薄的岩層時，受擠壓容易形成不規則混合。
- (3)地表上沿斷層線的傷害最大。
- (4)推進 15 公分後逆斷層會有兩次以上的斷裂。

8、實驗名稱：沙箱斷層模擬實驗 3-1

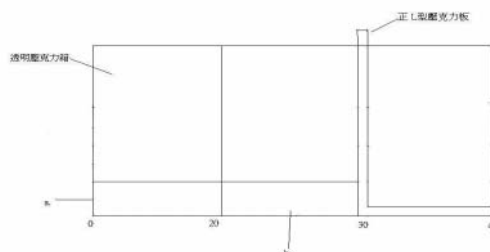
◎實驗日期：2008 年 4 月 19 日

◎實驗器材：壓克力箱、L 形推板、白米、黃豆

◎實驗目的：觀察不同密度單一岩層互相推擠時，岩層變化的過程

◎實驗假設：密度大的岩層會嵌入密度小的岩層下方

◎【實驗設計圖十一】：



看見斷層

- 實驗過程：(1)我們先秤出每杯材料的重量如下:芝麻 $300\pm 5\text{g}$ 、黃豆 $325\pm 5\text{g}$ 、糙米 $340\pm 5\text{g}$ 、白米 $355\pm 5\text{g}$ 、綠豆 $355\pm 5\text{g}$ 、紅豆 $350\pm 5\text{g}$ 。
- (2) 選擇密度大的白米當成較重板塊的岩層，密度小的黃豆代表較輕的板塊。
- (3) 白米鋪在右側，厚約 2.5cm，黃豆鋪在左側，厚約 3cm
- (4)每次用手把正 L 型壓克力板往左推 5 公分



圖 79、推擠 15 公分後黃豆和白米交界處的傾斜角由 90° 改變成 78°

實驗結果：假設失敗，我們發現：

- (1)較輕板塊(黃豆)和較重板塊(白米)兩者受擠壓後，都會向上隆起。
- (2)當較輕板塊受擠壓後，在地表上會形成一條斷層線(以紅豆表示)，如果繼續擠壓，這條古老的斷層線，會被新擠壓來的岩層埋住。
- (3)當較重的白米板塊壓力釋放後，較輕的黃豆板塊會在瞬間向右滑動，並覆蓋住較重的白米板塊。

9、沙箱斷層模擬實驗 3-2(多變因實驗)

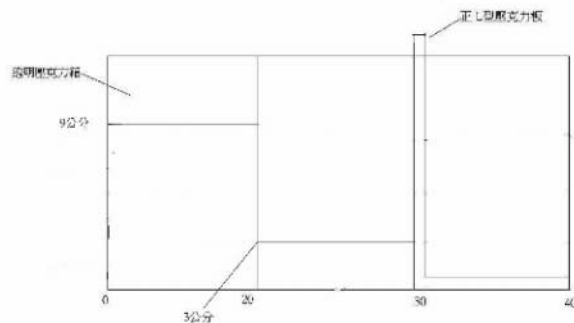
◎實驗日期：2008 年 4 月 19 日

◎實驗器材：壓克力箱、L 形推板、白米、黃豆

◎實驗目的：觀察不同密度不同高度的岩層互相推擠時，岩層變化的過程

◎實驗假設：如果由右往左推，密度大的會嵌入密度小的下方

◎【實驗設計圖十二】：



- 實驗過程：(1)白米鋪在右側 a 層，厚約 3cm
- (2)黃豆鋪在左側 a 層，厚約 9cm（暫以厚紙板隔開）
- (3)每次用手把正 L 形壓克力板往左推 5 公分



圖 80、黃豆板塊經過擠壓後，地表開始隆起形成斷層帶，紅豆代表斷層帶。



圖 81、放手後，壓力釋放，黃豆層迅速埋沒白米，白米形成逆斷層。

實驗結果：假設失敗，我們發現：

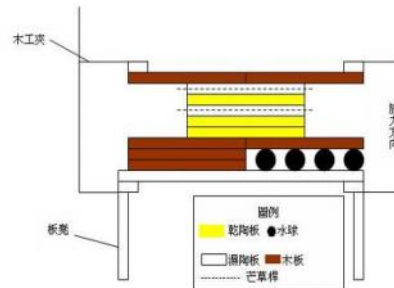
- (1) 向左推的時候，較低但密度大的白米板塊會向左隆起，逐漸升高。
- (2) 拉開紙板後，黃豆和白米之間會形成一個縱谷。
- (3) 最後黃豆層崩塌後，會埋住全部的白米層。

(三) 改良正斷層模擬實驗

1、正斷層模擬實驗 4-1

- ◎實驗器材：乾陶板、濕陶板、氣球、木工夾、木板、椅子、水、芒草桿(代表埋在土中的水管)
- ◎實驗目的：模擬正斷層的活動情形
- ◎實驗假設：水球受擠壓後陶板會向下掉，形成正斷層。

◎【實驗設計圖十三】



實驗過程：

1. 先做好乾燥的陶板，兩週以後實驗當天再做濕陶板，濕陶板中間貫穿芒草桿。
2. 將軟硬陶板隨機交錯疊置在椅子上
3. 平台下方放四顆水球，由兩側向下擠壓



圖 82、當水球破裂的瞬間，從側面可以清楚的看到硬陶板斷裂，而軟陶板褶曲的現象。



圖 83、硬陶板形成好幾組交錯的斷層線，越接近震源破裂越嚴重。

看見斷層

實驗結果發現：

- (1) 經過木工夾的擠壓，我們發現硬陶板較容易碎裂，軟陶板只出現一些褶曲。而穿插在軟陶板內的芒草桿並未斷裂。
- (2) 在乾陶板方面，有許多碎屑掉落。
- (3) 斷裂點有延伸性，除了主斷層以外，還有許多小型稍微平行的分支。
- (4) 越接近震源的地層破裂的程度越嚴重。

2、正斷層模擬實驗 4-2（軟硬陶板交錯疊置）

◎實驗器材：陶板、氣球、木工夾、木板、椅子、水、芒草桿

◎實驗目的：模擬正斷層的活動情形

◎實驗假設：水球因受壓爆裂後陶板會向下掉，形成正斷層。

◎【實驗設計圖十四】



實驗結果：



圖 84、軟陶板產生背斜，硬陶板沿著背斜軸斷裂。

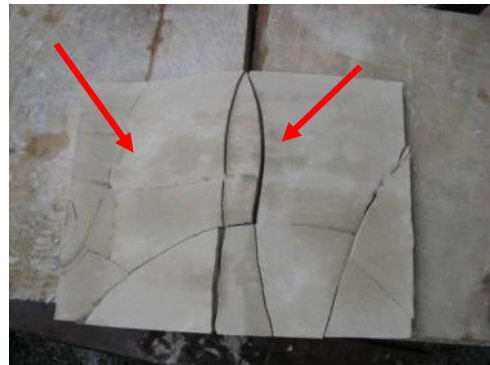


圖 85、觀察底層的硬陶板我們發現斷層經常發生在受力最大或岩層最脆弱的地方

實驗發現：這一次的斷裂比 4-1 實驗嚴重，濕陶板大角度彎曲，乾陶板斷裂，地裂的縫隙大，左邊已向下滑動，出現傾斜的情況。

看見斷層

(四) 模擬斷層實驗綜合分析(因排版方便將本分析表置於單層陶板模擬實驗分析表之前)

1、沙箱模擬斷層實驗結果分析（表三）

	岩層數目	使用材料	推板	逆斷層角度						正斷層角度					
				a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f
2-1	3	黑芝麻、白米、黃豆	J	6	20	0	x	x	x	54	38	32	x	x	x
				48	36	0	x	x	x	58	40	40	x	x	x
2-2	6	黑芝麻、白米、黃豆	J	15	3	10	10	20	4	x	x	40			
				30	82	62	62	60	90			30			
				40	70	82	82	90	90			30			
2-3	6	黑芝麻、白米、黃豆	L	20	22	40	40	36	90						24
				14	30	40	40	56	90						
				38	46	48	48	76	90						
2-4	6	黃豆、白米、黑芝麻	J	56	40	30	16	10	18						45
				38	90	90	48	20	18						34
				逆 72	逆 70	逆 82	88	72	78						46
2-5	6	黃豆、白米、黑芝麻	L	32	46	20	42	41	90						19/18
				48	60	74	34	38	90						24/10/1
				60	74	66	60	90	90						16/20
2-6	6（均質）	糙米、白米	L	6	14	40	50	48	88						20/22
				20	36	52	74	82	90						28/22
				50	62	64	76	86	90						22/24
2-7	6（均質）	白芝麻、黑芝麻	J			逆 30	2 逆向 30	26	25						30
				逆 16	逆 14	40	36	40	22						34
				7				28	32						30

我們發現:(1)模擬岩層堆置 6 層，實驗時覆瓦狀斷層形成的過程，比堆 3 層容易觀察。

(2)使用材料顆粒大小差異越大，越容易篩選，方便反覆做實驗。

(3)當岩層呈粒級構造時(上小下大)，比較容易觀察到地表的斷層帶。

(4)推板的構造和擺放的方向，會影響底層岩層逆斷層發展的方向。

(5)使用均質材料(顆粒大小近似)，逆斷層形成的角度變化比較有規律性。

(6)推板形狀是 L 形時，正斷層的產生較緩慢；J 形推板則正斷層形成快速。

看見斷層

2、單層陶板模擬斷層實驗結果分析（表四）

項目 次數	陶板數目 (性質)	施力工具	正斷層實驗結果 (實驗編號)	逆斷層實驗結果 (實驗編號)	平移斷層實驗結果 (實驗編號)
第一次	1 (軟)	木工夾 千斤頂	下降一層半。 (1-1-1)	有規則的龜裂。 (1-2-1)	有撕裂的痕跡，可清楚看見擦痕和節理的變化。(1-3-1)
第二次	1 (軟)	木工夾 千斤頂	沒有完全斷裂 產生褶皺、扭曲。(1-1-2)	從左下角往上移動的擦痕非常明顯 (1-2-2)	有明顯節理的變化。(1-3-2)
第三次	1 (硬)	木工夾 千斤頂	沒有斷，只是整個傾斜，岩層之間產生嚴重的縫隙。 (1-1-3)	有嚴重撕裂的面。斷裂面不規則。(1-2-3)	實驗失敗，陶板上下的岩層有位移，但陶板沒有動。(1-3-3)
第四次	1 (硬)	木工夾 千斤頂		有崩落之情形，很多碎塊。(1-2-4)	

3、表五：多層陶板模擬斷層實驗結果分析表(表五)。

項目 次數	陶板數目		實 驗 結 果
	硬	軟	
第一次	3	2	上盤向下落。陶板越接近震源的地方斷裂越嚴重，而且有岩屑崩落的現象。
第二次	2	2	經過三次的強震，木板斷了，在木板斷裂處上方的陶板也斷裂。木塊接縫旁的斷裂最嚴重。

伍、結論

- 一、海洋板塊在擠壓的過程中，斷層面並非全然隱沒於大陸板塊之下，例如：瑞穗紅葉溪內可發現屬於海洋板塊擠壓後上升變質的礦物－陽起石、藍閃石片岩等。
- 二、研究斷層是防災的基礎。斷層可能因人為或自然因素而呈現不同的面貌。例如當年通過花蓮市區的米崙斷層已無跡可循，而 921 地震教育園區的斷層，已經成為觀光、教育資源，七星潭段的米崙斷層，也因為屬於軍事管制區，至今仍然保留得相當完整；月眉斷層，則受沖積層掩蓋，不見廬山真面目，而清水斷崖則因地質堅硬，也成為重要的地形景觀。
- 三、在斷層模擬實驗中我們的新發現：
 - (一) 要觀察正斷層的形成，利用陶板和水球進行斷層模擬實驗，可以在瞬間看到岩層錯動的現象。
 - (二) 要觀察逆斷層的形成、岩層褶曲的變化、背斜和向斜的構造，用沙箱斷層模擬實驗既好玩又容易操作。

- (三) 沙箱實驗的推板放置如果呈「J」型的話，底層會先出現一個與施力方向相反的背斜構造，再變化成逆斷層。
- (四) 沙箱實驗的推板如果呈正「L」型的話，逆斷層發育的方向會與施力方向相同，而正斷層會先形成一個「V」形再發展成U形的地塹。
- (五) 在沙箱實驗中，地表上的斷層前緣受災最明顯，斷層隆起的地方受災較小。
- 四、舊金山市政府會邀請學者專家公布該市地震發生的可能率。日本已經配合地震速報網即時公布地震消息，提高人民的警覺性與應變能力。
- 五、日本政府建議民眾，把廁所蓋得特別堅固，當地震把房子震倒了，可以躲在廁所，並利用馬桶水箱儲存的水增加存活率。

陸、建議

- 一、在各活動斷層，設立解說牌、解說站，成為各縣市在地的教學景點或地質教學園區。
- 二、一般學校在進行地殼變動教學時，想看見斷層，歡迎使用我們發展的斷層模擬實驗。
- 三、根據簡易的問卷調查，本校同學和家人對斷層和防災的認識，仍須加強。(如附件五)
- 四、九二一震災和四川震災(簡報資料如附件六)令人怵目心驚，而震災主要來自於建物毀損，和減災防災觀念不足。活斷層活動頻繁的區域，應立法規定定期進行防震演習，除此之外建議政府，針對斷層帶沿線加強禁限建的宣導，或逐年實施建築物耐震度檢測，或做明確告示，如：建築物顏色或路標以鮮明的黃色色系標出，讓近期可能發生強震危險的斷層在生活上就看得見，提醒身處斷層帶的民眾，在地震發生時，要更加小心。
- 五、下一個大地震何時來襲不得而知，但居安思危，建議至少要儘快將斷層帶上的學校、醫院有計畫的搬遷至較安全地區。

柒、參考資料

- 一、陳培源。《野外及礦業地質學》。台北市：國立編譯館，民國 83 年。
- 二、陳文山。《岩石入門，台北市》。遠流出版社，民國 86 年。
- 三、約翰·法恩登。《地球學習百科》。台北市：貓頭鷹，民國 84 年。
- 四、張振岳。《富里鄉影像志》。花蓮縣富里鄉公所，民國 91 年。
- 五、錄影帶：向大地震學習第二集，公共電視出版。
- 六、經濟部中央地質調查所全球資訊網：<http://www.moeacgs.gov.tw/main.jsp>
- 七、中央氣象局全球資訊網：<http://www.cwb.gov.tw/>
- 八、一個大地震在近期可能會發生：<http://140.115.123.30/earth/school/SanF/next1.htm>
- 九、台灣活動斷層的回顧與展望：
<http://cgsweb.moeacgs.gov.tw/result/Fault/web/taiwan/li-yuan-hsi.pdf>
- 十、1951 年池上-玉里地震地表破裂與其所指示之新構造意義(鍾令和，2003)：
https://etds.ncl.edu.tw/theabs/service/detail_result.jsp 20080425

【評語】 081565

實地的田野觀察，並加以繪製斷層圖，小組成員密切合作，互相支援，自行切割材料，加以地層模擬實驗，展現斷層的種類，更以沙箱斷層模擬實驗，呈現斷層的動態運作情形，生動的表述方式，令人更加明瞭” 看見斷層” 。