

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 地球科學科

佳作

030505

0206 花蓮大地震-揭開美崙斷層的面紗

學校名稱：花蓮縣立花崗國民中學

作者： 國二 張芷瑄 國二 林妍君 國二 洪岳甫	指導老師： 張志堅 方建華
---	-----------------------------

關鍵詞：板塊擠壓、美崙斷層、地震震度

摘要

本研究透過文獻研讀瞭解美崙斷層的成因與歷史事件，經由實地考察、實驗模擬與地震資料的空間、時序與能量分析，對 1951 年與 2018 年兩次花蓮大地震進行比較。同時對 0206 花蓮大地震嚴重傷亡的雲翠大樓倒塌可能原因進行討論。

考察結果顯示 0206 大地震造成美崙斷層上盤出現水平滑移與逆向錯動，破裂位置與 1951 年重疊，嚴重災情出現區域與美崙斷層地質敏感區吻合。實驗結果顯示雲翠大樓傾倒主因是土壤液化所導致。震源分佈與能量分析顯示 1951 年大地震可能是菲賓板塊直接衝撞花蓮陸地所造成，而 2018 年大地震的成因則是隱沒帶的潛移帶動脆弱岩層的滑移與能量釋放，兩次大地震除引發的機制明顯不同外，所釋放能量的差異高達近 50 倍，美崙斷層仍含很多未釋放的能量。

一、研究動機

0206 花蓮大地震造成 17 人罹難、291 人受傷，我們學校的鄰居統帥大飯店也在強震中應聲倒塌，那段時間每天餘震不斷、新聞強力播放震災消息，以及網路上各種謠言，給了我們很大的震撼與強烈的不安。1951 年美崙斷層也曾發生造成更為嚴重傷亡的地震。人們常因不瞭解而害怕，這一次的強震經驗引發我們想去瞭解美崙斷層的動機。

二、研究目的

- (一) 透過文獻研讀及瞭解美崙斷層的成因。
- (二) 實地考察強震後之沿美崙斷層主要災情發生地點，設計實驗探討造成嚴重傷亡的雲翠大樓倒塌成因。
- (三) 使用中央氣象局所提供花蓮主要能量釋放區域(E121.60-E121.90，N23.80-N24.10)1951 年及 2018 年大地震兩個月間的地震資料，進行空間分佈與能量釋放特徵分析比對兩次強震的特性

三、研究之器材設備

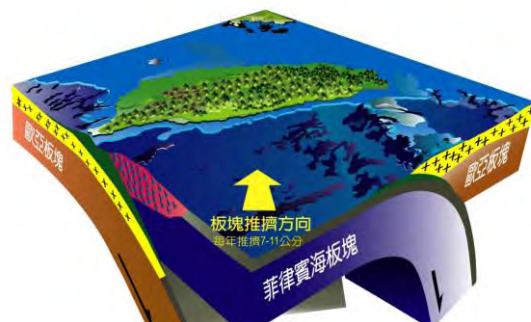
電腦、Google earth 衛星照、中央氣象局地震資料庫、Origin 統計繪圖軟體、50cm×30cm×25cm 透明壓克力箱、砂石、搖擺爐、網路公開圖片。

四、文獻研讀

位在台灣附近淺海大陸棚上的沈積層與岩層約在一千萬年前，因為向西北移動的菲律賓海板塊與歐亞板塊碰撞擠壓而隆起，露出海面形成台灣島。隨著碰撞持續進行，台灣島至今仍持續地成長並抬升擴大。火山島弧的北端(海岸山脈)約在 300 萬年前開始與台灣島發生接觸，更加速了台灣島的抬升。

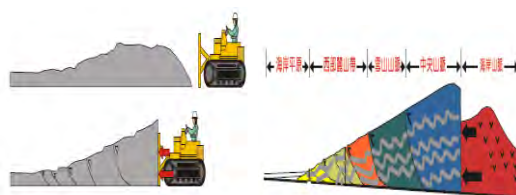
並將中央山脈整個推起，因為是斜撞，也將中央山脈之走向在花蓮以北轉向東北（即蘇花公路的範圍），形成一阻牆，遂抬起花蓮北方米崙台地。菲律賓板塊至此無處可去，在花蓮附近以 45° 度俯角向北向下隱沒，到宜蘭外海已達 300 公里深。如圖一所示。此碰撞使宜蘭至花蓮間成為台灣絕大部份地震誕生地。

台灣東部地區受菲律賓海板塊碰撞擠壓與摩擦，過程中產生變形累積能量，直到地層無法承受而斷裂，將累積的能量在一瞬間釋放出來，引發地震造成地層破碎，形成斷層，美崙斷層就在這系列的推擠斷裂中形成。(如圖二所示)



圖一 台灣板塊運動示意圖

摘自國家地震工程研究中心認識地震工程手冊



圖二 板塊推擠產生斷層示意圖

摘自國家地震工程研究中心認識地震工程手冊



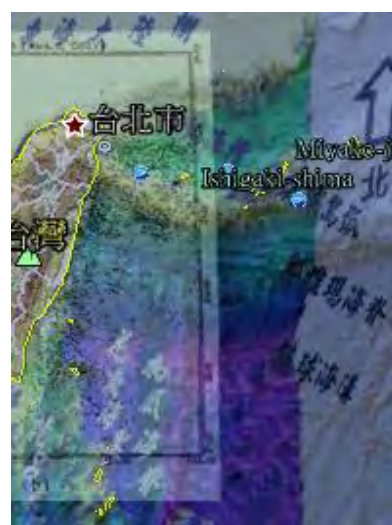
圖三 台灣地區活動斷層分布圖。紅色表示第一類活動斷層；橘色，第二類；綠色，第三類；黑色，存疑性。
取自張繼正等人(1997)

圖三 台灣地區活動斷層分佈



圖四 規模 4 以上地震分佈

摘自：『台灣地區板塊運動與地震活



圖五 規模 4 以上地震分佈

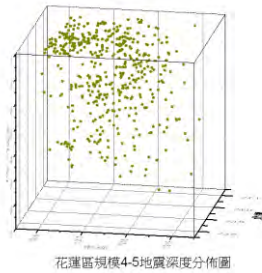
(疊合海域數值地形圖)

圖三為台灣地區活動斷層的分佈圖，「美崙斷層」屬錯動最頻繁的第一類活動斷層。活動斷層為岩層較脆弱部分，再發生大規模錯動機會較大。圖四、圖五為利用 GOOGLE EARTH 套疊摘自中央大學地球物理研究所王乾盈教授：『台灣地區板塊運動與地震活動』，自 1973 年至 1996 年規模 4 以上的地震分佈圖及海域數值地形(台大與國科會繪製)套疊圖，圖中可清楚看出規模 4 以上地震絕大部份發生在東部外海，尤其集中在所謂的「花蓮外海大三角」這三個點【花蓮、南澳、及（經度 122.5, 緯度 24）】。與海域數值地形圖比對更可清楚看出「花蓮外海大三角」的地震確為菲律賓海板塊向西北碰撞並向北隱沒所造成。另外有一條在宜蘭外海之東西向線型分佈為沖繩海槽(弧後張裂作用)。

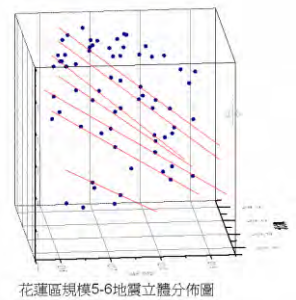
2011 年學長姐曾在日本 311 大地震後對花蓮外海大三角(如圖六)地震做過空間與時序的比對。花蓮區對應菲律賓海板塊西北邊緣與台北本島的碰撞點；南澳區對應菲律賓板塊西北端與進入隱沒區的鞍點；東部外海則為菲律賓海板塊向北沒入歐亞板塊的增積岩體區。



圖六 花蓮外海大三角

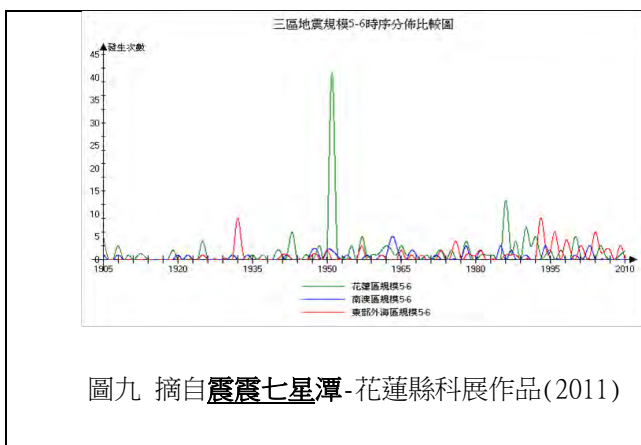


圖七 摘自震震七星潭
-花蓮縣科展作品(2011)

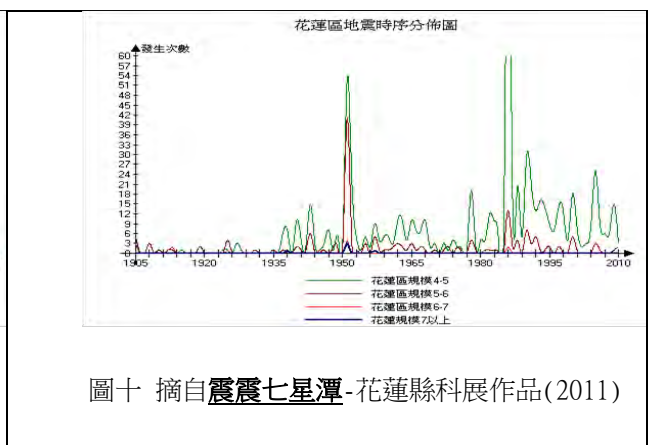


圖八 摘自震震七星潭
-花蓮縣科展作品(2011)

花蓮區如圖七、八所示大多數震源在地下深度 50 公里內，特別是鄰近美崙斷層的震源深度集中在 20 公里內，顯示近地面的岩體破碎程度高，同時可能存在數條未出露到地表的盲斷層。



圖九 摘自震震七星潭-花蓮縣科展作品(2011)



圖十 摘自震震七星潭-花蓮縣科展作品(2011)

在時序分佈上，圖九與圖十顯示花蓮外海大三角中，以花蓮區及東部外海區有較大的能量釋放，當有大規模的能量釋放時都伴隨有多次的餘震發生，花蓮區規模 6 以上的地震自 1986 年後直至 2009 年 12 月才出現規模 6.9 深度達 43.8 公里的地震。九年後的今年 2018.02.06 再度發生規模 6.27 深度 6.3 公里的地震，同時造成了大樓倒塌與嚴重傷亡，主要災害地點分佈與 1951 年地震幾乎重合，都在美崙斷層地質敏感區上。

五、研究過程與方法

(一) 實地考察：

根據媒體及網路災情報導，實地考察主要災情發生地如圖十一所示，繪製實地考察地圖，與 2011 年學長姐的所做的路線考察地圖(附件 1)比對。



圖十一 0206 花蓮地震主要災情分佈圖
擷自網路公開媒體鏡週刊

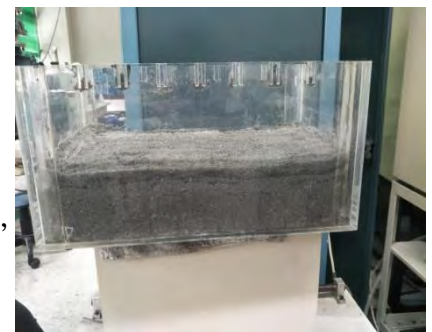
(二) 實驗設計：

針對這次地震造成嚴重傷亡的雲翠大樓傾倒的可能原因「土壤液化」，進行實驗設計以瞭解土壤液化的成因與特性。實驗設備-透明壓克力箱及搖擺爐(如圖十二)。

實驗步驟：

1、實驗箱下層鋪以含 3000ml 水量的飽和砂土，上方均勻鋪上 600 立方公分乾燥砂土，分別以每分鐘 55 次的速率搖擺(198gal，相當於震度 5 級)。

2、取乾燥砂土 800 立方公分重做實驗步驟 1。



圖十二、土壤液化實驗器材

- 3、取乾燥砂土 1000 立方公分重做實驗步驟 1。
- 4、取乾燥砂土 1200 立方公分重做實驗步驟 1。
- 5、調整以每分鐘 70 次的速率搖擺(322gal，相當於 6 級震度)及每分鐘 80 次的速率搖擺(420gal，相當於 7 級震度)重做實驗步驟 1-4。

(三) 美崙斷層 1951 年與 2018 年的地震資料分析

使用中央氣象局所提供位於花蓮區(E121.60-E121.90，N23.80-N24.10)如圖六所示，1951 年及 2018 年大地震期間兩個月內的地震資料，對規模 4 以上地震紀錄，透過電腦程式進行空間分佈繪圖與釋放能量加總進行比對分析。

六、結果

(一) 實地考察結果：

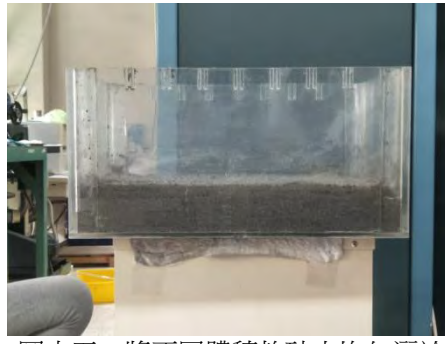


圖十三、0206 花蓮大地震震後沿美崙斷層實地考察地圖

(二) 土壤液化實驗結果：



圖十四、實驗準備 3000ml 水以砂土加入直到表層無水光反射視為飽和砂土

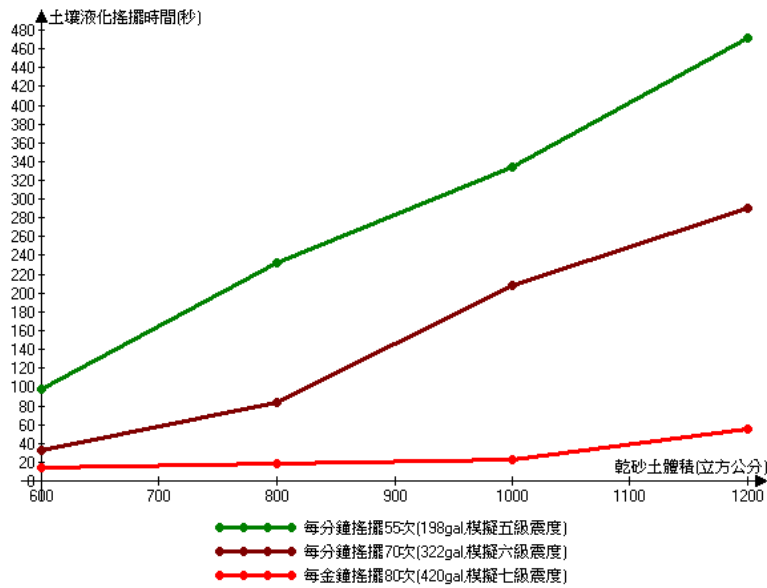


圖十五、將不同體積乾砂土均勻灑於飽和砂土上方，側面可見明顯分層



圖十六、以搖擺爐模擬不同震程 gal 值進行搖擺直到表層超過一半以上面積溢出水份視為達到土壤液化

土壤液化實驗結果

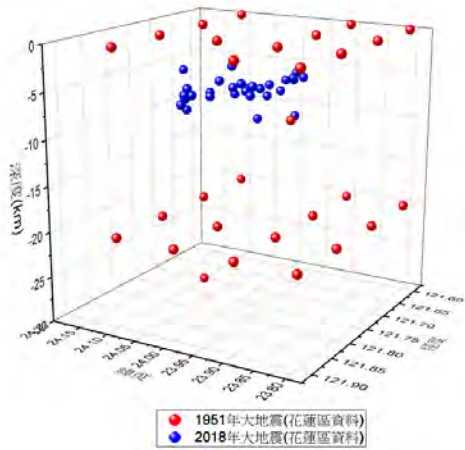


圖十七、以搖擺爐模擬不同震度造成土壤液化

(三) 中央氣象局 1951 年、2018 年花蓮區地震紀錄繪圖結果：

1、震源空間分佈：

取 1951 年及 2018 年兩次大地震前後兩個月期間花蓮區地震資料(中央氣象局提供)以 ORIGIN8.0 統計繪圖軟體繪製地震規模 4 以上次地震立體空間分佈圖，所得結果如下：

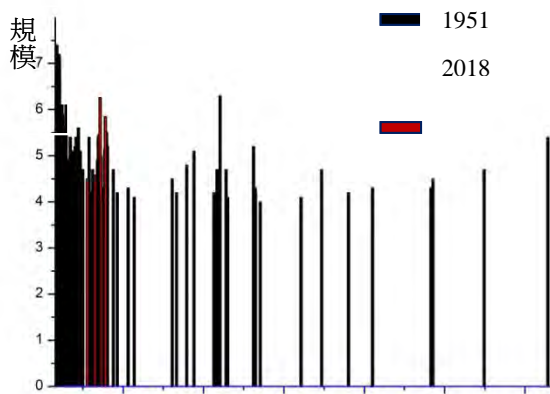


圖十八、1951 與 2018 花蓮大地震
規模四以上震源立體分佈

2、兩次地震時序與釋放能量比對：

利用氣象局地震百問中芮氏地震規模與能量的換算工式： $E = 10^{4.8+1.5ML}$ (焦耳)

取規模四以上，繪製 1951 年及 2018 年規模四以上時間序列分佈圖，結果如圖十八。



時間:1951 年選取 1951.10.21-1951.12.20
2018 年選取 2018.02.01-2018.03.31

	1951 年大地震	2018 年大地震
資料範圍	E121.60-E121.90 N23.80-N24.10	同左
規模四以上次數	92	29
釋放能量	1.56×10^{16} 焦耳	2.27×10^{14} 焦耳

圖十九、1951 與 2018 花蓮大地震
規模四以上時序分佈圖

表一、1951 與 2018 花蓮大地震
規模四以上次數與能量釋放整理

七、分析與討論

(一) 實地考察：

小組於 4 月初進行考察，市區受損情況大多已拆除或修補，由於新聞多日連續報導，仍可由網路媒體中找到地震當下的照片。考察結果整理成圖十三，0206 地震後在七星潭停車場有一破裂線穿越海堤直往海灘，右側抬升約 30 公分，並使防波堤因錯動而張裂斜傾；在抬升同側海灘上平行海岸線有一段地表破裂處，靠陸地側約有 25 公分的抬升；七星街在 1951 年大地震時曾有高達 1.6 公尺的抬升，同時也是 0206 地震嚴重受損的地點，小組考察時路面雖已修復，比對修復前照片，亦可發現路面有破裂抬升，破裂面與抬升方向約與海灘破裂處相同，此同屬美崙斷層南側的上盤，

顯示在這次板塊擠壓的過程中呈現斷層逆向滑動。

七星橋正跨過當年美崙斷層破裂面兩側，七星橋橋墩受損嚴重，橋墩上葱狀的裂面及方向顯示地震時整座橋受強裂的左向水平扭力。由七星潭往南在東華大學美崙校區田徑場有數條如燕形排列的水平錯動破裂面，此處可觀察到明顯的左移錯動，此成因與七星橋墩葱狀裂面一致，皆因左向水平錯動力所造成。顯示此次的地震造成美崙斷層呈現左移與逆衝錯動。

當年 1951 年地震破裂面由七星潭往南經舊花師校區後，沿尚志路並與美崙溪交疊。我們沿美崙溪往南，國盛六街倒塌吾居吾宿與白金雙星兩座大樓已經拆除現做為停車場，站在此處當時倒塌的新聞畫面在腦海浮現；沿河堤稍往南便是死傷最為慘重的雲翠大樓，對照新聞畫面雲翠大樓與其它三座低層直接坍塌二三樓變一樓的方式不同，而是呈現傾斜，同時隨著餘震傾斜角度越來越大，這代表雲翠傾倒原因與其他大樓不同。考察訪談時得知雲翠大樓附近的幾幢大樓在這次地震中也出現或多或少的傾斜，有的仍張貼著危樓告示，這代表雲翠大樓倒蹋的主因可能是大樓底部基礎周圍土石的軟化所造成，也就是所謂的「土壤液化」。小組利用手機 App 測量雲翠拆除後停車場與其旁美崙溪行水區的地勢高度差僅 16 公尺，雲翠大樓為高 12 層的建物其底座基礎與河床行水區高度差應該更小，更何況所在位置就在美崙溪的舊河道上(如圖廿所示)為更瞭解土壤液化的成因，小組設計模擬實驗並進行討論。



圖廿、美崙溪舊河道圖
圖片擷自呂欽文臉書

往南當年嚴重受損忠烈祠及舊橋，這次地震也有相當程度的損壞，如考察圖所示尚志橋與路交接處明顯受損，橋下河堤水管也出現擠壓變形；再往市區方向，原花東鐵路舊鐵道大禹街與一心街因商店林立路面已復原，而網路照片顯示中華路對側舊鐵道(現為福町路)，地震時福町路沿線出現路面破裂，這與 1951 年大地震鐵道因擠壓嚴重變形的位址重疊，而學校旁的統帥大飯店就位在斷層線上，兩三年前做過補強，但仍不敵震度七級的強震。

整個實地考察過程，我們所沿路線與 2011 年學長姐所走路線相仿，兩次的主要地震災害就在美崙斷層帶及地質敏感區上(如圖廿一)。



圖廿一、橘色區域為 2016 中央地質調查所所公佈之地質敏感區

（二）土壤液化實驗：

圖十四~圖十六為土壤液化實驗照，含 3000ml 水量的飽和泥砂高度為 6.5cm，乾燥泥砂均勻鋪於上方時，高度分別為：600/1500cm、800/1500cm、1000/1500cm 及 1200/1500cm，以搖擺爐頻率換算成加速度值($gal = r \times \omega^2$)，摸索實驗過程中曾以五級震度最低加速度(每分鐘搖擺 35 次，加速度 80gal)進行實驗，發現 1cm 厚的乾砂土搖擺超過 30 分鐘仍無土壤液化徵兆，於是調整乾燥泥砂厚度並增加速度值進行實驗。實驗中發現土壤液化前乾燥土壤會顏色會先變深變潮濕，當表層出現部分下陷孔洞時很快便出現土壤液化現象。

實驗數據顯示，相同震度下乾燥泥砂層越厚土壤液化所需時間越久，震度愈大所需時間就越短。從圖十七來看當相同震度不同乾燥泥砂量時，震度在五、六級時所需時間與乾燥泥砂量呈現接近線性正比的關係，而七級震度時 600~1000cm³ 土壤液化所需時間僅微量增加且差異不大，直到 1200cm³ 時才有較明顯的增加，所需時間約與一半乾燥泥砂量的六級震度相同。

有關土壤液化相關資料顯示發生土壤液化需符合三個條件才會發生：需為疏鬆的砂土層、高的地下水位及夠大的地震震度。以實驗結果比對雲翠大樓實際狀況可知：雲翠大樓所在位置原為花蓮市萬壽溪與美崙溪匯流口，向商校街方向傾倒，商校街原本是美崙溪支流萬壽溪的河道在四、五十年前加蓋而成，底部為疏鬆的泥砂堆積層，所在高度與行水區僅 16 公尺落差，地下水位高度應與行水區高度一致，加上高達七級的強震，滿足了發生土壤液化的所有條件因而造成傾斜，顯示雲翠大樓傾倒主要成因為土壤液化所造成。目前沿河堤的國盛二街及舊河道上的商校街有多棟建物出現不同程度的傾斜，被評定具危險性，土壤液化的改善應是這個區域防災的重要課題，畢竟美崙斷層是屬於活躍的第一類活斷層。

（三）地震紀錄分析

1、震源的空間分佈分析

圖十八為對應菲律賓海板塊西北邊緣與台灣本島的碰撞點(花蓮區)1951 年及 2018 年兩次強震期間規模四以上的震源空間分佈圖。1951 年的資料限於地震測量儀器的精密度不足，震源的深度與位置定位解析度不夠高所以呈現層狀排列的特徵，92 筆記錄中甚至有多筆定位是在同一位置，但仍可看出兩次大震地的基本差異。紅色點為 1951 年資料，藍色點為 2018 年資料，圖中可看出 1951 年震源不管是地震深度或是震央分佈範圍都遠比 2018 年來得大，且有大量的地震是發生在表層，像是板塊直接衝撞台灣陸地幾乎翻攪了整個花蓮區，被稱為系列震，倒塌房屋達 3000 棟，由於當年多為木造房屋且人口數不多，但仍造成 85 人死亡。2018 年資料顯示震源分佈相當集中，出現在花蓮區 0~10 公里深岩層特別脆弱與破碎的區域，而 2 月 4 日 21 點 12 分規模 5.8 的前震震

央位於北緯 24.15 度、東經 121.83 度，震源深度 16.0 公里，是靠近南澳區(E121.8-E122.1, N24.25-N24.55) 即隱沒帶上，在時間序上像是穩沒帶上的滑移帶動了花蓮區的能量釋放，與 1951 年的直撞完全不同，後續的能量分析上可進一步得到印證。

2、兩次地震時序與釋放能量分析

圖十九為兩次地震期間兩個月內規模四以上的時序分佈圖，可以發現兩次地震有極大的差異，其中 1951 年部分，在 10 月 22 日主震發生後的十天內規模四以上密集發生，在時序上可看出在主震發生後的兩個月裏板塊擠壓仍活躍的在進行，甚至 11 月 25 日在偏南玉里處再度出現規模達 7.3 的地震，從空間與時序來看像是大規模的板塊直接衝撞，也因此撞出長達 25 公里左右的美崙斷層來。而 2018 的資料顯示規模四以上僅集中出現在 0206 後的三天內，之後就沒有規模超過四以上的地震，同時氣象局於 2 月 7 日公佈自 2 月 4 日前震到 2 月 6 日主震期間出現高達 94 次前震，如此多數的前震符合前段分析中所指出因穩沒帶上的滑移引發花蓮區的能量釋放。

表一的統計顯示兩次地震不管是規模四以上的地震次數或是所釋放的能量都有著極大的差異，其中能量釋放部分更相差近 50 倍，更可說明兩次大地震的機制明顯不同。

八、結論

曾被國科會古地震研究推估五十年內及十年內發生規模 7 以上機率分別為 41%與 6.57%的花蓮美崙斷層，終在 2018 年 2 月 6 日再度發生震度達七級的大地震。綜合前述的各種討論與分析結果，我們獲得了以下的結論：

- (一)、0206 花蓮大地震七星潭地表破裂處實地考察結果，顯示大地震後美崙斷層上盤出現左向滑移與逆向錯動現象，而逆向錯動約 25cm~30cm 較 1951 年 169cm 為小，發生嚴重災情的地方與 65 前年大地震所形成美崙斷層的位置幾乎重疊，皆在美崙斷層地質敏感區內。
- (二)、雲翠大樓的倒塌原因眾說紛云，由大樓所在位置為舊河床，其下為疏鬆砂質層，與地下水位相距不到 16 公尺，加上高達七級震度，雲翠大樓的傾倒成因與發生土壤液化的條件吻合。
- (三)、土壤液化實驗結果顯示，乾燥泥砂量厚度越大(即地下水面越低)造成土壤液化所需時間就需越久，兩者呈現近似正比的關係。但當厚度達到一定程度以後便不容易在短時間內發生土壤液化現象。實驗結果也顯示高達七級的震度在數秒之內即可造成土壤液化現象。實驗結果支持土壤液化是造成雲翠大樓傾倒主因，同時 0206 之前出現為數可觀的前震使土壤液化更容易發生。國盛二街河堤沿線建物都產生了或多或少的傾斜，這與建物高度及土壤液

化程度有關，值得有關單位關注與研究。

- (四)、1951 年與 2018 年地震資料的空間分佈分析顯示，1951 年的地震可能是菲律賓板塊直接衝撞花蓮陸地因此規模四以上的地震在次數上與震源分佈範圍上都比 2018 年大上許多。2018 年震源明顯限縮在花蓮區 0~10km 深岩層特別脆弱與破碎的小區域，配合前震發生在靠近板塊穩沒帶及主震前的大量前震與美崙斷層上盤的滑移現象，可以合理推測 2018 年地震是穩沒帶滑移牽引所造成的能量釋放。
- (五)、地震時序分佈分析顯示兩次大地震的發生機制不同，1951 年直接衝撞餘震密集維持近兩個星期，而之後的兩個月裏板塊擠壓仍活躍進行，甚至在一個多月後出現另一次規模 7.3 的能量釋放。而 2018 規模四以上的地震集中在三天之內，後續便沒有再出現。
- (六)、兩次地震釋放能量比對，1951 年所釋放的能量幾乎為 2018 年的 50 倍，兩次地震中機制與能量絕然不同，顯示出現規模七以上的地震危機尚未渡過，生活在花蓮市的我們需保持對地震的警覺性，防震能力與意識仍應加強。

九、參考資料

- (一) 南一書局，自然與生活科技，第五冊第六章，P.164~P179，4-4(地球的構造與變動)，一〇〇 年八月修訂版
- (二) 陳文山教授台灣大學阿山的地科研究室。
<http://ashan.gl.ntu.edu.tw/>
- (三) 學習加油站-板塊運動與台灣島之生成。
http://content.edu.tw/senior/geo/ks_ks/main/live/hotnews/d921/p1.htm
- (四) 中央大學地科教室網站，台灣地區板塊運動與地震活動。
<http://gis.geo.ncu.edu.tw/earth/earth.htm>
- (五) 康武吉，(2003)， “ 東部活動斷層易釀災害帶之研析及其因應對策” ，國立東華大學碩士論文。
- (六) 震震七星潭，花蓮縣 2011 年科展作品。
- (七) 0206 花蓮大地震網路媒體相關報導。

附件 1: 震震七星潭--美崙斷層沿線考察地圖



照片 1-2 訪談親身經歷過花蓮大地震老
先生，述說當年發生大地震的情景



照片 1-1 七星潭為花蓮知名景點如今在當年破
裂線兩側蓋起大型渡假飯店有些還在興建中



照片 1-3 面向東南，大地震前原為平
地，破裂後形成約 1.6 米落差，為方
便村人行走填土成斜坡



照片 1-4 美崙空軍營區內一長條狀隆
起土坡當年大地震地表錯動痕跡



照片 1-5 美崙空軍營區內之崖下斷層
池為當年花蓮大地震地表錯動痕跡



照片 1-6 當年大地震後破裂面經過
忠烈祠牌樓造成柱斷梯毀景像



照片 1-7 改建後忠烈祠現狀



照片 1-8 當年中華路上鐵軌大地震時嚴重彎曲
變形現已改建成兩排狹窄商店如右照



照片 1-9 舊鐵道附近設置鐵道文化園區
留下一小段鐵軌供人追憶

附件 2-1、1951 年大地震花蓮區規模四以上地震資料(中央氣象局提供)

1951/10/21	21:34:14	23.925	121.725	9	7.4
1951/10/21	21:49:00	23.9	121.6	0	4.7
1951/10/22	00:55:00	23.8	121.6	0	5.7
1951/10/22	01:56:00	23.9	121.6	0	4.1
1951/10/22	02:58:00	23.9	121.6	0	4
1951/10/22	03:29:27	24.1	121.7	30	7.2
1951/10/22	03:50:00	24.1	121.8	0	5.6
1951/10/22	04:28:00	24	121.9	20	6.3
1951/10/22	04:32:00	24	121.9	20	5.8
1951/10/22	04:37:00	24	121.9	20	5.4
1951/10/22	04:39:00	24	121.9	20	5.5
1951/10/22	04:45:00	23.9	121.6	20	4.6
1951/10/22	05:18:00	24.1	121.8	20	6.1
1951/10/22	05:24:00	24	121.8	20	5.9
1951/10/22	05:31:00	23.9	121.8	0	4.6
1951/10/22	05:43:01	23.8	121.9	20	7.1
1951/10/22	05:47:00	23.9	121.9	0	4.7
1951/10/22	05:49:00	23.9	121.8	20	5.4
1951/10/22	05:52:00	23.9	121.8	20	5.3
1951/10/22	08:34:00	24.1	121.8	20	5.3
1951/10/22	09:13:00	23.9	121.9	20	5.4
1951/10/22	12:48:00	24.1	121.9	20	6.1
1951/10/22	12:52:00	24.1	121.9	20	4.7
1951/10/22	13:00:00	24.1	121.9	20	5.7
1951/10/22	13:09:00	23.8	121.7	0	5.7
1951/10/22	13:33:00	24.1	121.8	0	5.3
1951/10/22	14:19:00	24.1	121.7	0	4.7
1951/10/22	14:20:00	23.9	121.6	0	5.5
1951/10/22	14:23:00	23.9	121.7	0	4.7
1951/10/22	14:47:00	24.1	121.7	20	5.9
1951/10/22	14:51:00	24.1	121.7	0	4.9
1951/10/22	14:51:00	23.8	121.6	20	5.4
1951/10/22	14:56:00	24.1	121.9	20	5.4
1951/10/22	16:12:00	23.8	121.6	0	5.2
1951/10/22	18:16:00	23.8	121.7	0	5.2
1951/10/22	23:36:00	24	121.8	20	5.6
1951/10/23	01:19:00	24.1	121.8	20	6.1
1951/10/23	02:13:00	23.9	121.6	0	4.3
1951/10/23	07:24:00	24.1	121.6	20	4.9
1951/10/23	13:27:00	23.9	121.9	20	5.4
1951/10/23	13:31:00	23.9	121.9	20	5.3

1951/10/23	14:01:00	23.9	121.7	20	4.7
1951/10/23	14:55:00	23.9	121.6	0	4.7
1951/10/23	18:19:00	24.1	121.9	20	5.1
1951/10/24	03:54:00	23.9	121.9	20	4.8
1951/10/24	03:55:00	24.1	121.8	0	5.2
1951/10/24	06:46:00	23.9	121.6	0	4.8
1951/10/24	06:47:00	23.8	121.8	20	5.4
1951/10/24	07:22:00	23.9	121.6	0	4.7
1951/10/24	07:34:00	23.9	121.7	20	5.4
1951/10/24	08:20:00	24.1	121.6	0	5.2
1951/10/24	09:50:00	23.8	121.9	20	5.2
1951/10/24	13:42:00	24.1	121.6	0	5.6
1951/10/24	17:47:00	23.8	121.9	20	5.1
1951/10/24	19:23:00	24.1	121.7	20	5.1
1951/10/25	03:01:00	23.8	121.7	20	4.7
1951/10/25	21:38:00	23.8	121.9	20	5.4
1951/10/26	06:14:00	23.8	121.7	0	4.2
1951/10/26	08:01:00	23.9	121.6	0	4.7
1951/10/26	09:28:00	23.9	121.6	0	4.2
1951/10/27	07:41:00	23.9	121.6	0	4.2
1951/10/27	12:19:00	23.9	121.6	0	4.3
1951/10/28	01:56:00	23.8	121.9	0	5.5
1951/10/28	03:42:00	24.1	121.7	0	4.7
1951/10/28	04:16:00	24.1	121.7	0	5.2
1951/10/28	21:55:00	23.9	121.9	20	4.7
1951/10/29	09:27:00	23.9	121.6	0	4.2
1951/10/30	17:57:00	23.9	121.6	0	4.3
1951/10/31	12:16:00	23.9	121.6	0	4.1
1951/11/5	05:36:00	24.1	121.6	0	4.5
1951/11/5	18:46:00	24.1	121.8	20	4.2
1951/11/7	01:03:00	23.8	121.8	20	4.8
1951/11/7	22:39:00	24.1	121.7	0	5.1
1951/11/10	09:59:00	24.1	121.7	0	4.2
1951/11/10	12:33:00	23.9	121.6	0	4.1
1951/11/10	18:01:00	23.9	121.6	0	4
1951/11/10	19:18:00	23.8	121.8	0	4.7
1951/11/11	22:44:00	23.9	121.6	0	4.7
1951/11/12	03:42:00	24.1	121.9	0	4.1
1951/11/15	08:42:00	23.9	121.9	0	5.2
1951/11/15	13:35:00	23.9	121.6	0	4.3
1951/11/15	13:52:00	23.9	121.9	0	4.3
1951/11/15	14:15:00	24	121.8	0	4.2

1951/11/16	04:52:00	23.9	121.6	0	4
1951/11/21	06:13:00	23.9	121.6	0	4.1
1951/11/24	19:38:00	23.9	121.6	0	4.7
1951/11/27	04:02:00	23.9	121.6	0	4.2
1951/11/30	03:53:00	23.9	121.6	0	4.3
1951/12/7	10:40:00	23.9	121.6	0	4.3
1951/12/7	16:32:00	23.9	121.9	0	4.5
1951/12/14	01:10:00	23.9	121.6	0	4.7
1951/12/31	23:33:00	24.1	121.6	0	5.4

附件 2-2、2018 年大地震花蓮區規模四以上地震資料(中央氣象局提供)

2018	2	5	9	44	54.67	24.09667	121.7447	8.92	4.5
2018	2	6	8	26	38.87	24.08267	121.7612	6.23	4.27
2018	2	6	8	36	48.56	24.078	121.774	6.69	4.58
2018	2	6	15	51	22.64	23.9915	121.6163	6.49	4.87
2018	2	6	15	54	45.23	24.02233	121.604	8.41	4.09
2018	2	6	15	54	52.88	24.0005	121.623	6.7	4.54
2018	2	6	15	59	19.81	24.09917	121.6837	7.96	4.11
2018	2	6	16	17	57.82	23.98817	121.6123	5.91	4.9
2018	2	6	16	26	45.56	23.99483	121.609	6.85	4.37
2018	2	6	18	0	41.11	23.9775	121.6085	6.43	4.08
2018	2	6	18	7	39	24.04017	121.7092	4.17	5.39
2018	2	6	18	7	52.65	24.04317	121.6372	11.34	4.26
2018	2	6	18	8	1.08	23.99317	121.6072	11.1	4.04
2018	2	6	18	8	16.65	24.037	121.678	7.43	4.2
2018	2	6	18	8	43.48	24.029	121.6258	7.42	4
2018	2	6	18	9	23.58	24.03017	121.63	8.66	4.48
2018	2	6	19	15	28.68	24.0105	121.7272	5.65	5.46
2018	2	6	19	16	49.19	24.06133	121.6718	8.03	4.33
2018	2	6	19	36	36.25	24.00183	121.7167	7.06	4.84
2018	2	6	20	56	22.86	24.0595	121.6797	7.17	4.92
2018	2	6	23	11	42.82	24.06133	121.7115	5.94	4.87
2018	2	6	23	43	51.77	24.02717	121.6533	7.45	4.92
2018	2	6	23	50	48	24.174	121.653	6.3	6.26
2018	2	7	1	21	45.36	23.99517	121.7205	5.94	4.4
2018	2	7	2	18	2.91	24.0735	121.7182	7.68	4.99
2018	2	7	3	57	58.51	24.04483	121.6628	7.42	4.01
2018	2	7	13	6	40.52	24.079	121.771	7.18	5.14
2018	2	7	13	8	0.71	24.0895	121.7417	7.33	4.55
2018	2	7	15	21	30.44	24.08183	121.777	7.75	5.85

【評語】 030505

本作品透過文獻探討花蓮地區地震的成因與歷史事件，經由實地考察、實驗模擬，對 1951 年與 2018 年兩次花蓮大地震進行比較並探討災情為土壤液化所造成的可能性。本作品探究範圍以花蓮市區為主，未涉及花蓮市區以南之地震災害探究。本作品對於美崙斷層於地震災害的角色具有深入之討論。作者臨場表達清楚、對於研究主題具有完整之瞭解。

摘要

本研究透過文獻研讀瞭解美崙斷層的成因與歷史事件，經由實地考察、實驗模擬與地震資料空間、時序與能量分析，對1951年與2018年兩次花蓮大地震進行比較。同時對0206花蓮大地震造成嚴重傷亡雲翠大樓倒塌的可能原因進行討論。

考察結果顯示0206大地震造成美崙斷層上盤出現水平滑移與逆向錯動，破裂位置與1951年重疊，嚴重災情出現區域與美崙斷層地質敏感區吻合。實驗結果顯示雲翠大樓傾倒主因是土壤液化所導致。震源分布與能量分析顯示1951年大地震可能是菲律賓板塊直接衝撞花蓮陸地所造成，而2018年大地震的成因則是隱沒帶的潛移帶動脆弱岩層的滑移與能量釋放。兩次大地震除引發的機制明顯不同外，所釋放能量的差異高達近50倍，顯示國科會古地震研究推估五十年內及十年內發生規模7以上的危機尚未解除，而位於國盛二街與商校街的許多建物在這次地震中已出現或多或少的傾斜現象更值得有關單位研究與關注。

壹、研究動機

0206花蓮大地震造成17人罹難、291人受傷，我們學校的鄰居統帥大飯店也在強震中應聲倒塌，那段時間每天餘震不斷、新聞強力播放震災消息，以及網路上各種謠言，給了我們很大的震撼與強烈的不安。1951年美崙斷層也曾發生造成傷亡更為嚴重的地震，人們常因不瞭解而害怕，這一次的強震經驗引發我們想去瞭解美崙斷層的動機。

貳、研究目的

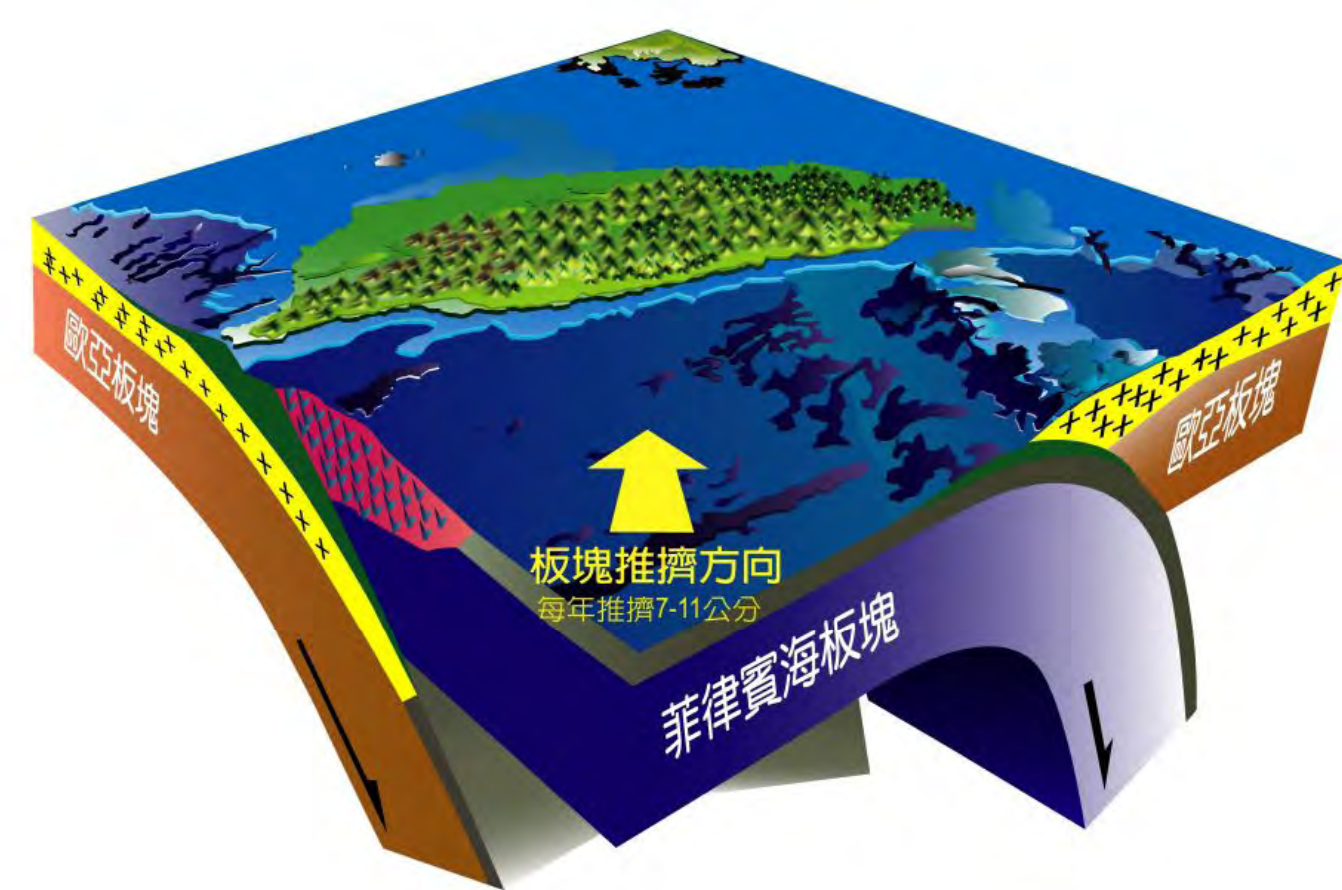
- 一、透過文獻研讀及瞭解美崙斷層的成因。
- 二、實地考察強震後沿美崙斷層主要災情發生地點，設計實驗探討造成嚴重傷亡的雲翠大樓倒塌成因。
- 三、使用中央氣象局所提供花蓮主要能量釋放區域(E121.60-E121.90, N23.80-N24.10)1951年及2018年大地震兩個月間的地震資料，進行空間分佈與能量釋放特徵分析比對兩次強震的特性

參、研究器材

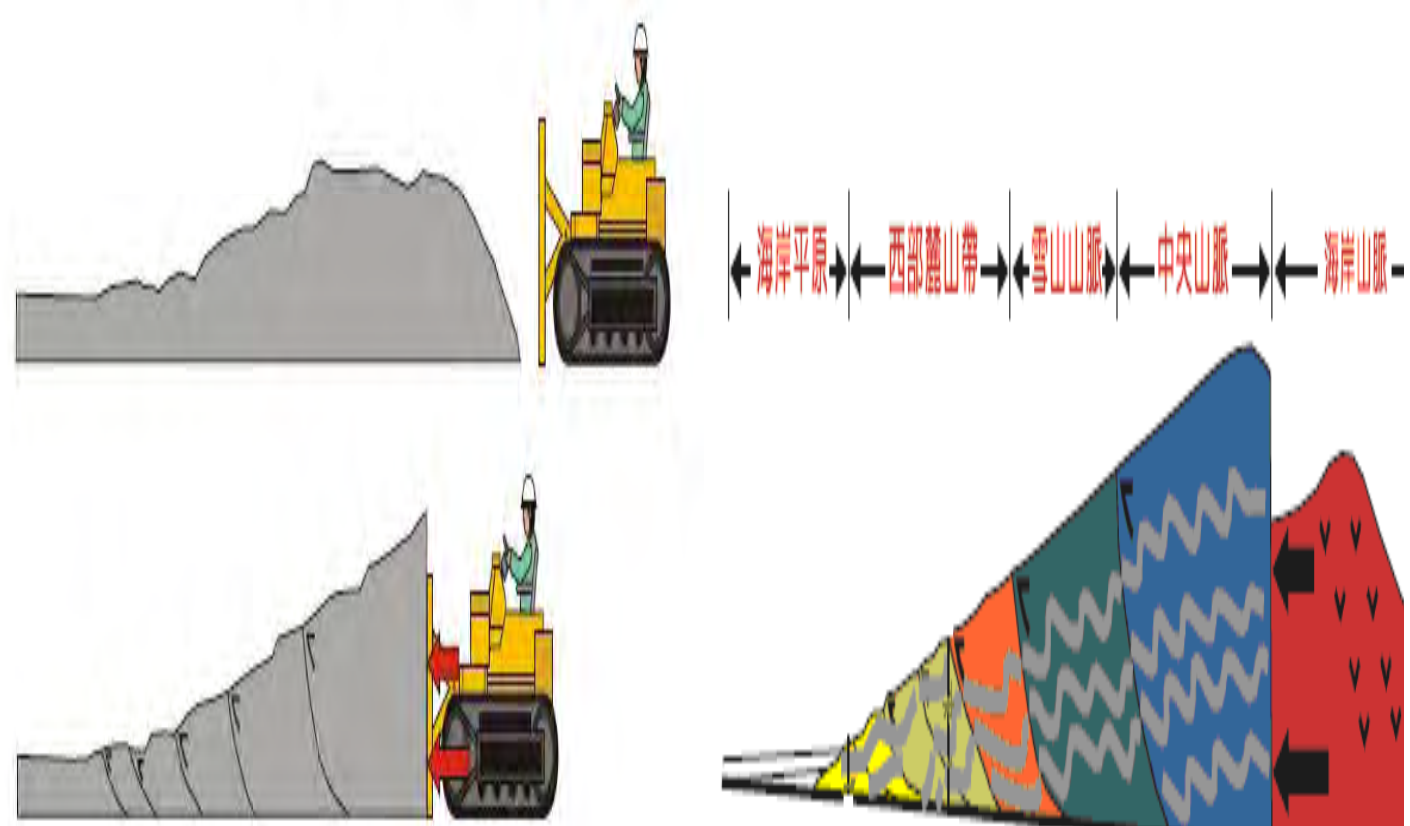
電腦、Google earth衛星照、中央氣象局地震資料、Origin統計繪圖軟體、50cmx30cmx25cm透明壓克力箱、砂石、搖擺爐、網路公開圖片。

肆、文獻研讀

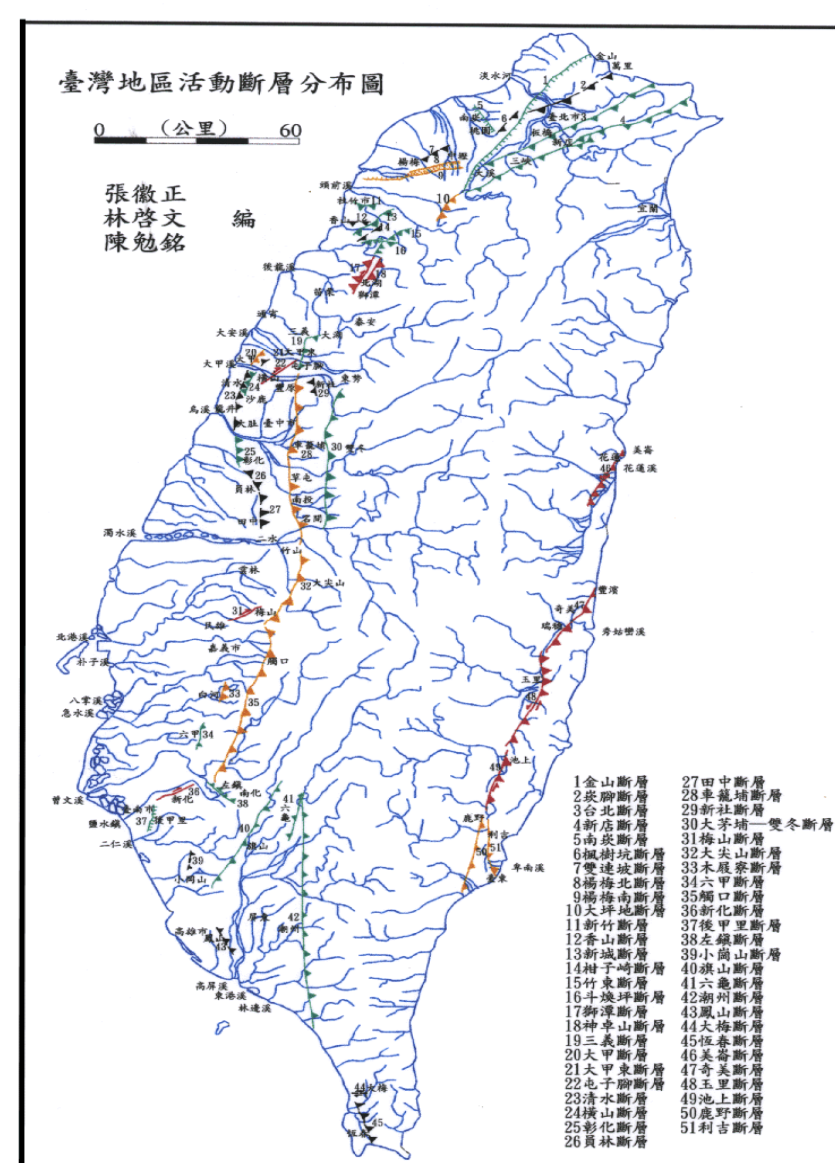
位在台灣附近淺海大陸棚上的沉積層與岩層約在一千萬年前，因為向西北移動的菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊碰撞擠壓而壟起，露出面形成台灣島。隨著碰撞持續進行，台灣島至今仍持續地成長並抬升中。火山島弧的北端(海岸山脈)約在300萬年前開始與台灣島發生碰撞，更加速了台灣島的抬升。並將中央山脈整個推起，因為是斜撞，也將中央山脈之走向在花蓮以北轉向東北(即蘇花公路的範圍)，形成一阻牆，遂抬起花蓮北方米崙台地。菲律賓板塊至此無處可去，在花蓮附近以45°度俯角向北向下隱沒，到宜蘭外海已達300公里深。如圖一所示。此碰撞使宜蘭至花蓮間成為台灣絕大部份地震誕生地。



圖一 台灣板塊運動示意圖
摘自國家地震工程研究中心認識地震工程手冊



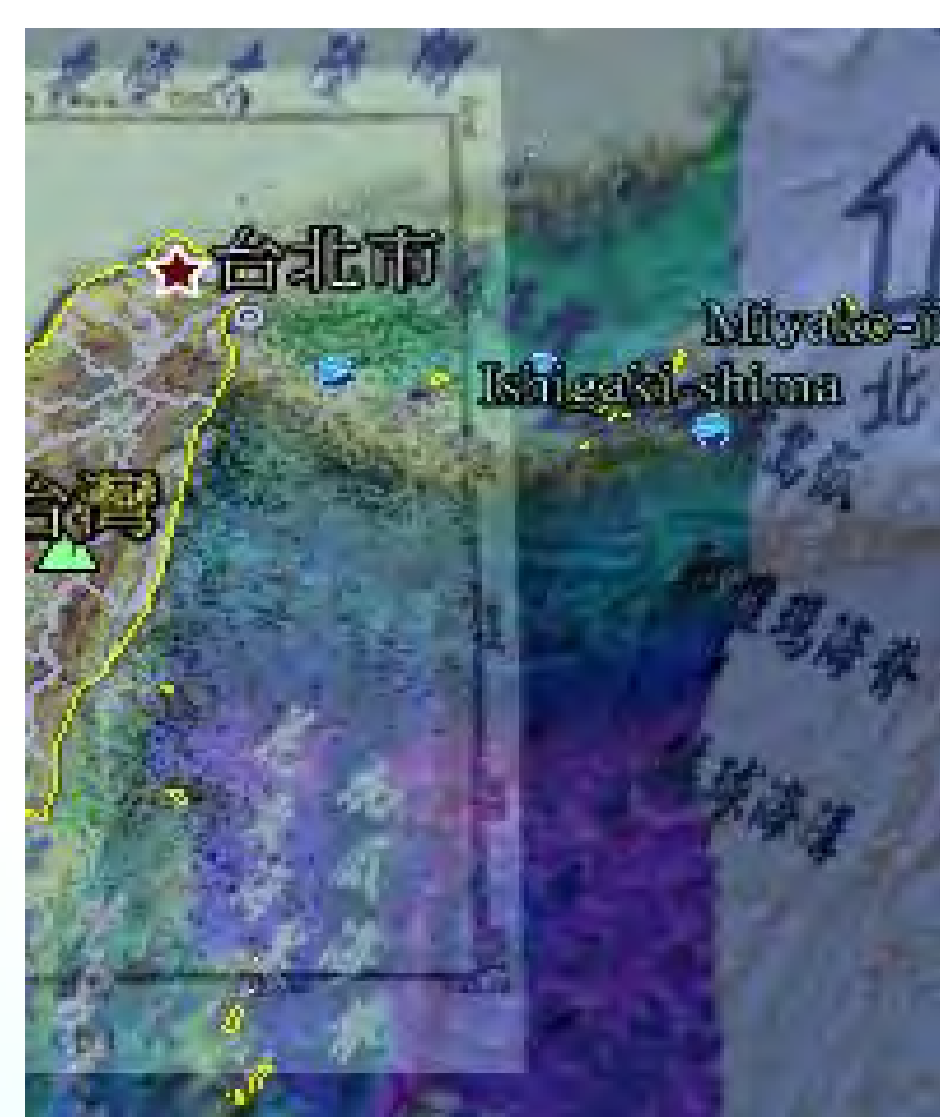
圖二 板塊推擠產生斷層示意圖
摘自國家地震工程研究中心認識地震工程手冊



圖三 台灣地區活動斷層分佈圖

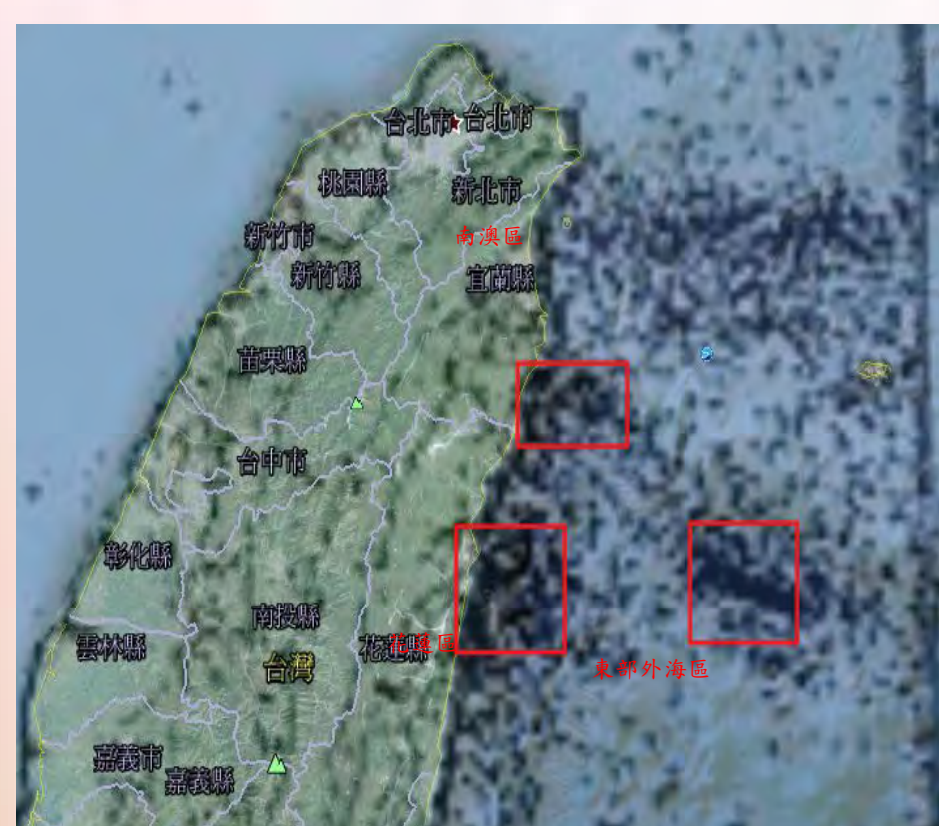


圖四 規模4以上地震分佈
摘自：『台灣地區板塊運動與地震活動』中央大學地球物理研究

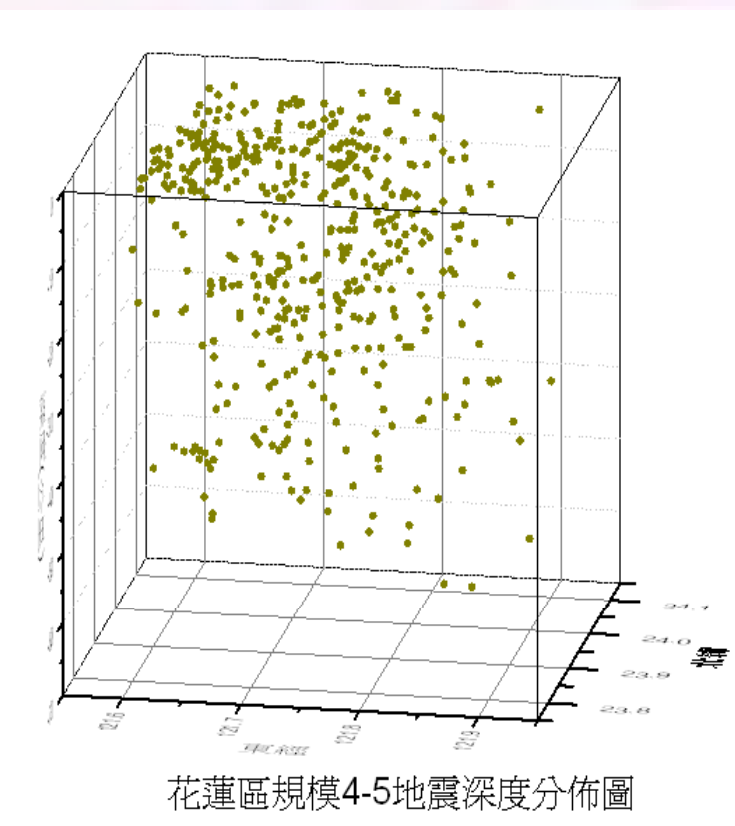


圖五 規模4以上地震分佈
(疊合海域數值地形圖)

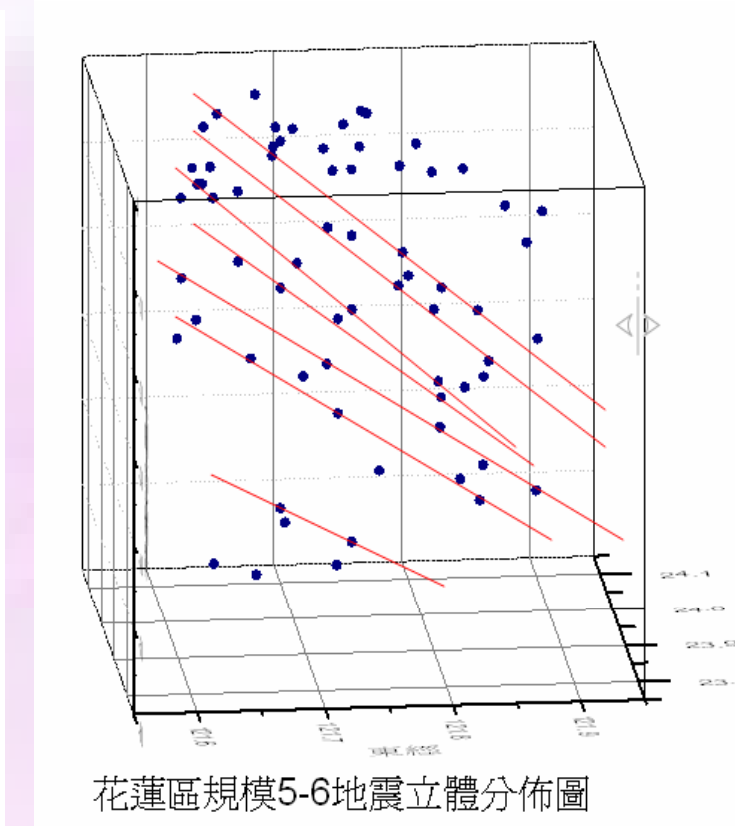
圖二所示，台灣東部地區受菲律賓海板塊碰撞擠壓與摩擦，過程中產生變形累積能量，直到地層無法承受而斷裂，將累積的能量在一瞬間釋放出來，引發地震造成地層破碎，形成斷層，美崙斷層就在這系列的推擠斷裂中形成。圖三為台灣地區活動斷層的分佈圖，「美崙斷層」屬錯動最頻繁的第一類活動斷層。圖四、圖五顯示自1973年至1996年規模4以上的地震大多發生在東部外海，尤其集中在所謂的「花蓮外海大三角」【花蓮、南澳、及(東經122.5⁰, 北緯24⁰)】。與海域數值地形圖比對更可清楚看出「花蓮外海大三角」的地震確為菲律賓海板塊向西北碰撞並向北隱沒所造成。另外有一條在宜蘭外海之東西向線型分布為沖繩海槽。



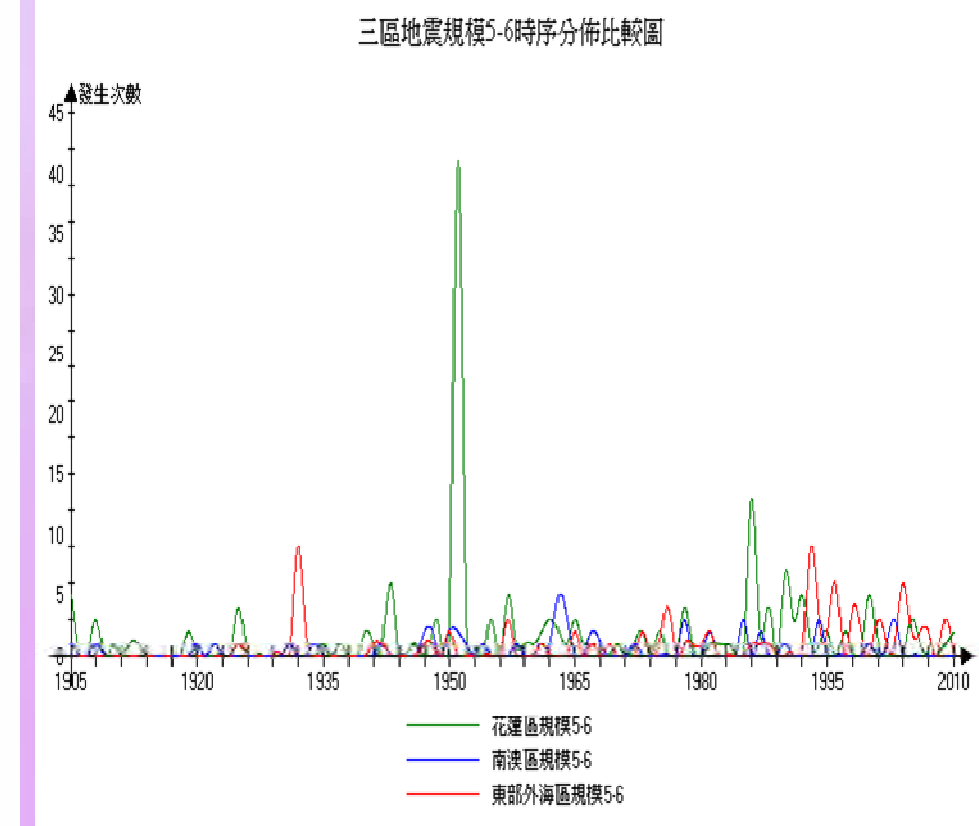
圖六 花蓮外海大三角
摘自震震七星潭
-花蓮縣科展作品



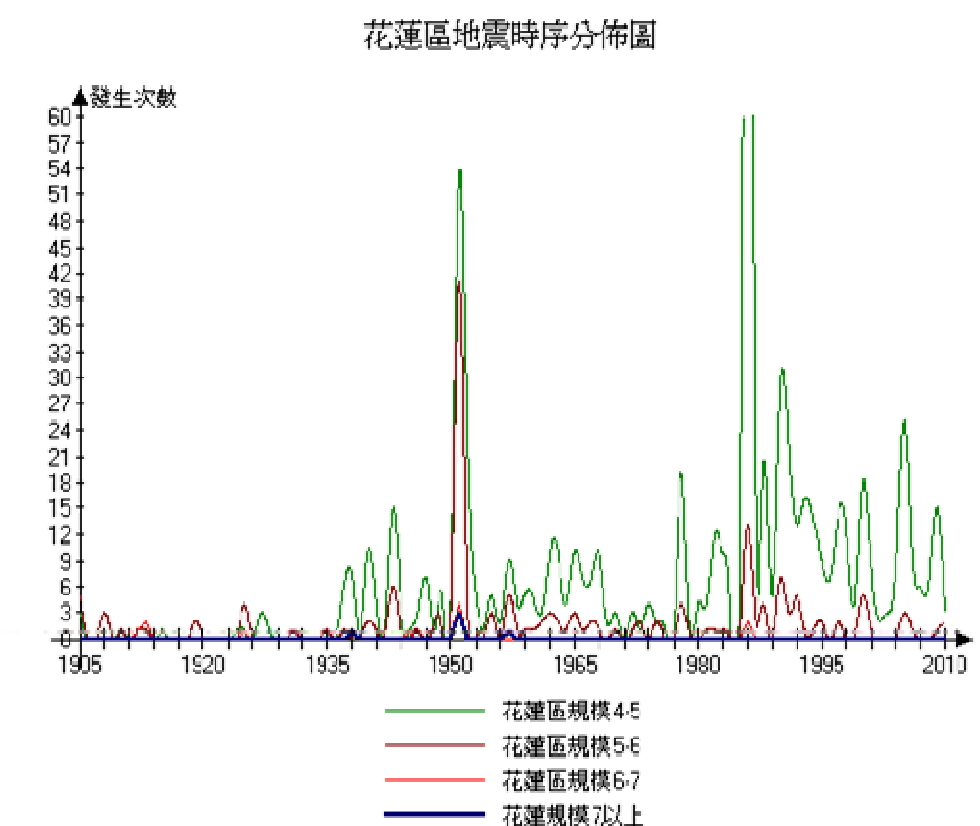
圖七 摘自震震七星潭
-花蓮縣科展作品



圖八 摘自震震七星潭
-花蓮縣科展作品



圖九 摘自震震七星潭
-花蓮縣科展作品



圖十 摘自震震七星潭
-花蓮縣科展作品

2011年學長姐曾在日本311大地震後對花蓮外海大三角(如圖六)地震做過空間與時序的比對。花蓮區如圖七、八所示大多數震源在地下深度50公里內，特別是鄰近美崙斷層的震源深度集中在20公里內，顯示近地面的岩體破碎程度高，同時可能存在數條未出露到地表的盲斷層。圖九與圖十顯示花蓮外海大三角中，以花蓮區及東部外海區有較大的能量釋放，當有大規模的能量釋放時都伴隨有多次的餘震發生。

伍、研究過程與方法

一、實地考察：

根據媒體及網路災情報導，實地考察主要災情發生地如圖十一所示，繪製實地考察地圖，與2011年學長姐所做路線考察地圖(附件一)比對。

二、實驗設計：

針對這次地震造成嚴重傷亡的雲翠大樓傾倒的可能原因「土壤液化」，進行實驗設計以瞭解土壤液化的成因與特性。實驗設備-透明壓克力箱及搖擺爐(如圖十二)。實驗步驟：

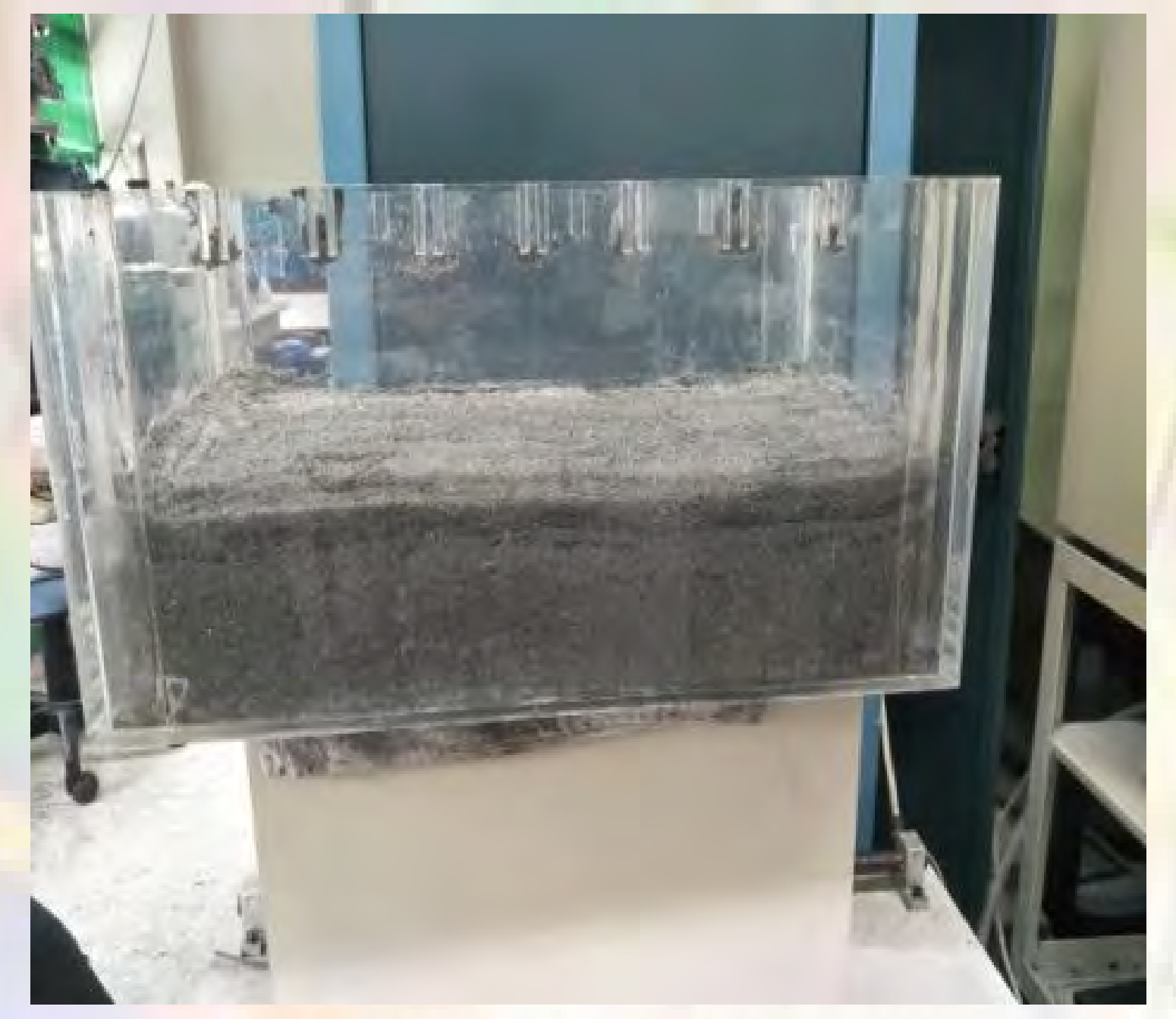
- 1、實驗箱下層鋪以含3000ml水量的飽和砂土，上方均勻鋪上600立方公分乾燥砂土，分別以每分鐘55次速率搖擺(198gal，相當於震度5級)。
- 2、取乾燥砂土800立方公分重做實驗步驟1。
- 3、取乾燥砂土1000立方公分重做實驗步驟1。
- 4、取乾燥砂土1200立方公分重做實驗步驟1。
- 5、調整以每分鐘70次的速率搖擺(322gal，相當於6級震度)及每分鐘80次的速率搖擺(420gal，相當於7級震度)重做實驗步驟1-4。

三、美崙斷層1951年與2018年的地震資料分析

使用中央氣象局所提供位於花蓮區(E121.60°-E121.90°，N23.80°-N24.10°)如圖六所示，1951年及2018年大地震期間兩個月內的地震資料，對規模4以上地震紀錄，透過電腦程式進行空間分佈繪圖與釋放能量加總進行比對分析。



圖十一-0206花蓮地震主要災情分佈圖
擷自公開媒體鏡週刊



圖十二 土壤液化實驗器材
透明壓克力箱、砂石及搖擺爐

陸、結果

一、實地考察：

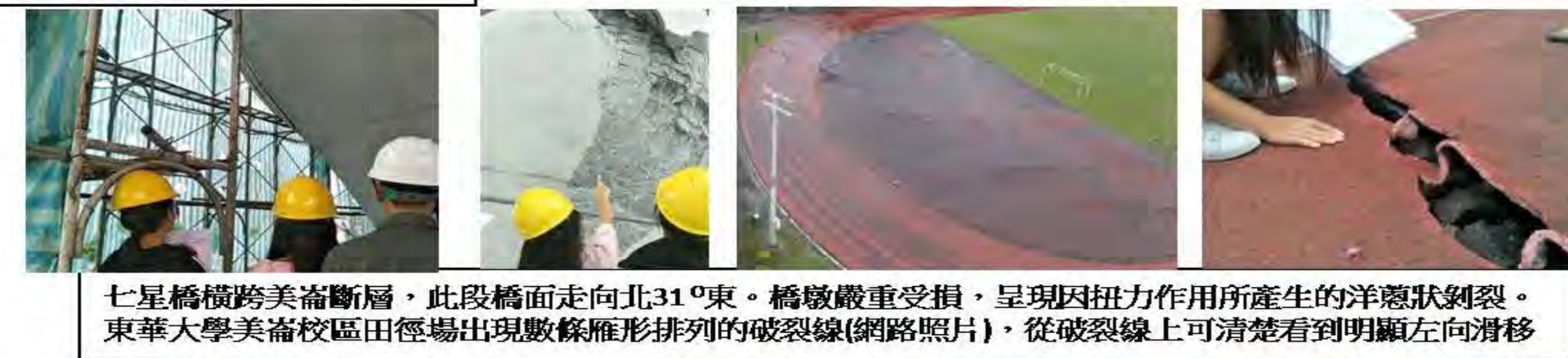


上圖左為七星潭南側海灘出現約50°西走向的地表破裂面，防坡堤因錯動而出現裂縫，左側對應美崙斷層上盤，應起約近30公分，平行海岸出現一段北36°西低角度傾斜破裂線，西側應起約25公分。兩者接近垂直



七星潭店家前路面龜裂破裂，抬升方向與上左圖海灘抬升平行，上圖為網路照片 劉彥求攝。

七星街災損嚴重，小組考察時已部分拆除，上圖為網路照片 劉彥求攝



七星橋橫跨美崙斷層，此段橋面走向北31°東。橋墩嚴重受損，呈現因扭力作用所產生的洋蔥狀裂裂。東華大學美崙校區田徑場出現數條雁形排列的破裂線(網路照片)，從破裂線上可清楚看到明顯左向滑移



上圖為地震傾倒國盛六街吾居吾宿、白金雙星大樓及雲翠大樓(新聞照)震後照，現為停車場，雲翠大樓位於美崙溪支流舊河道，與30公尺旁美崙溪河床僅16公尺落差，雲翠大樓附近之大樓因部分傾斜，至今仍張貼有危樓告示。



忠烈河前尚志橋因地震嚴重龜裂，水管明顯壓扁，舊花東鐵路軌道 福町路沿線路面破裂，此段與1951年地震於市區地表破裂處相同，右圖為地震發生當夜學校總務處老師所拍攝統帥飯店倒塌情形

圖十三、0206花蓮大地震主要災情地點實地考察地圖

三、中央氣象局1951年、2018年花蓮區地震紀錄繪圖結果

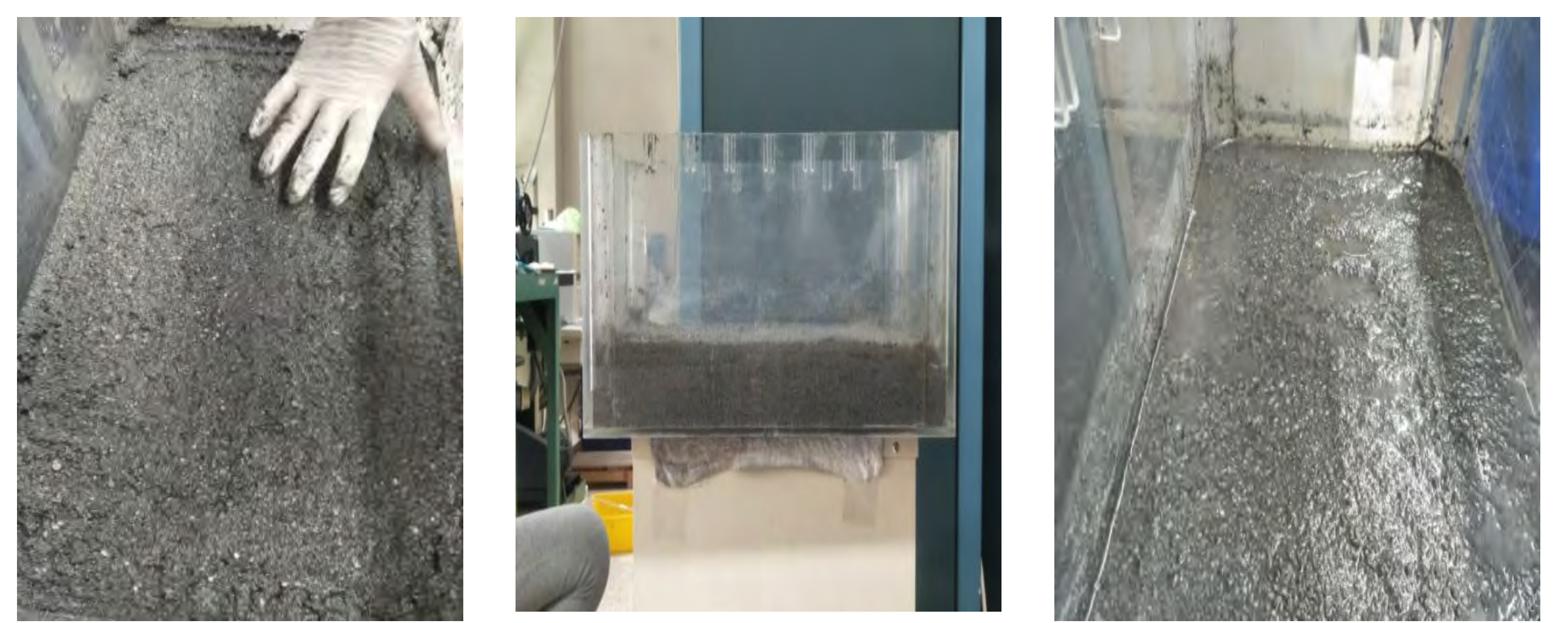
1、震源空間分布：

取1951年及2018年兩次大地震兩個月期間花蓮區地震資料(中央氣象局提供)以ORIGIN8.0統計繪圖軟體繪製地震規模4以上地震立體空間分布圖，所得結果如圖十八：

2、兩次地震時序與釋放能量比對：

繪製1951年及2018年規模四以上時間序列分布圖，結果如圖十九。利用氣象局地震百問中芮氏地震規模與能量的換算公式： $E = 10^{4.8+1.5M_L}$ (焦耳)，取規模四以上加總兩次地震期間於花蓮區釋放的總能量，將結果整理成表一。

二、土壤液化實驗：

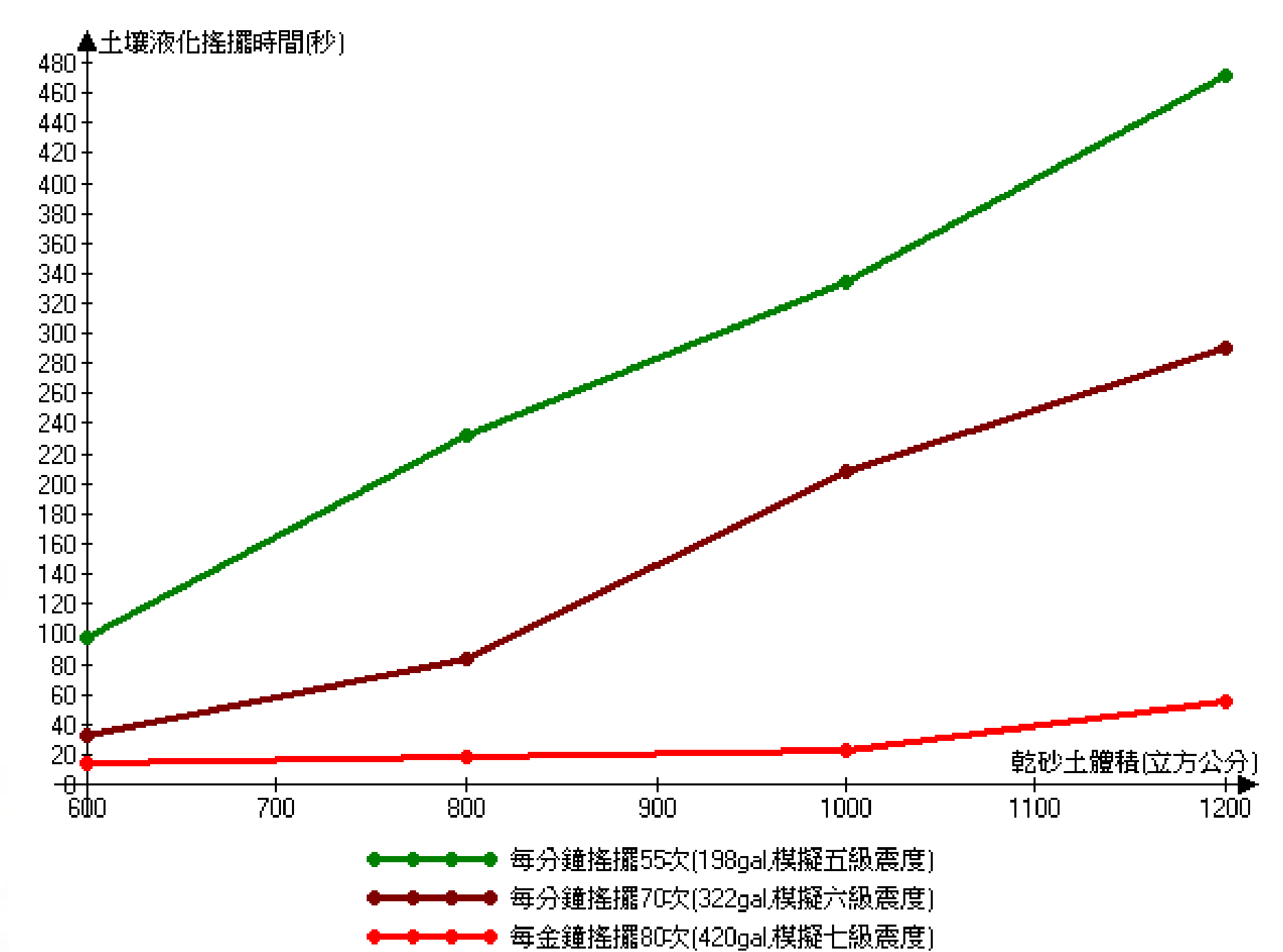


圖十四、實驗準備3000ml水以砂土加入直到表層無水光反射視為飽和砂土

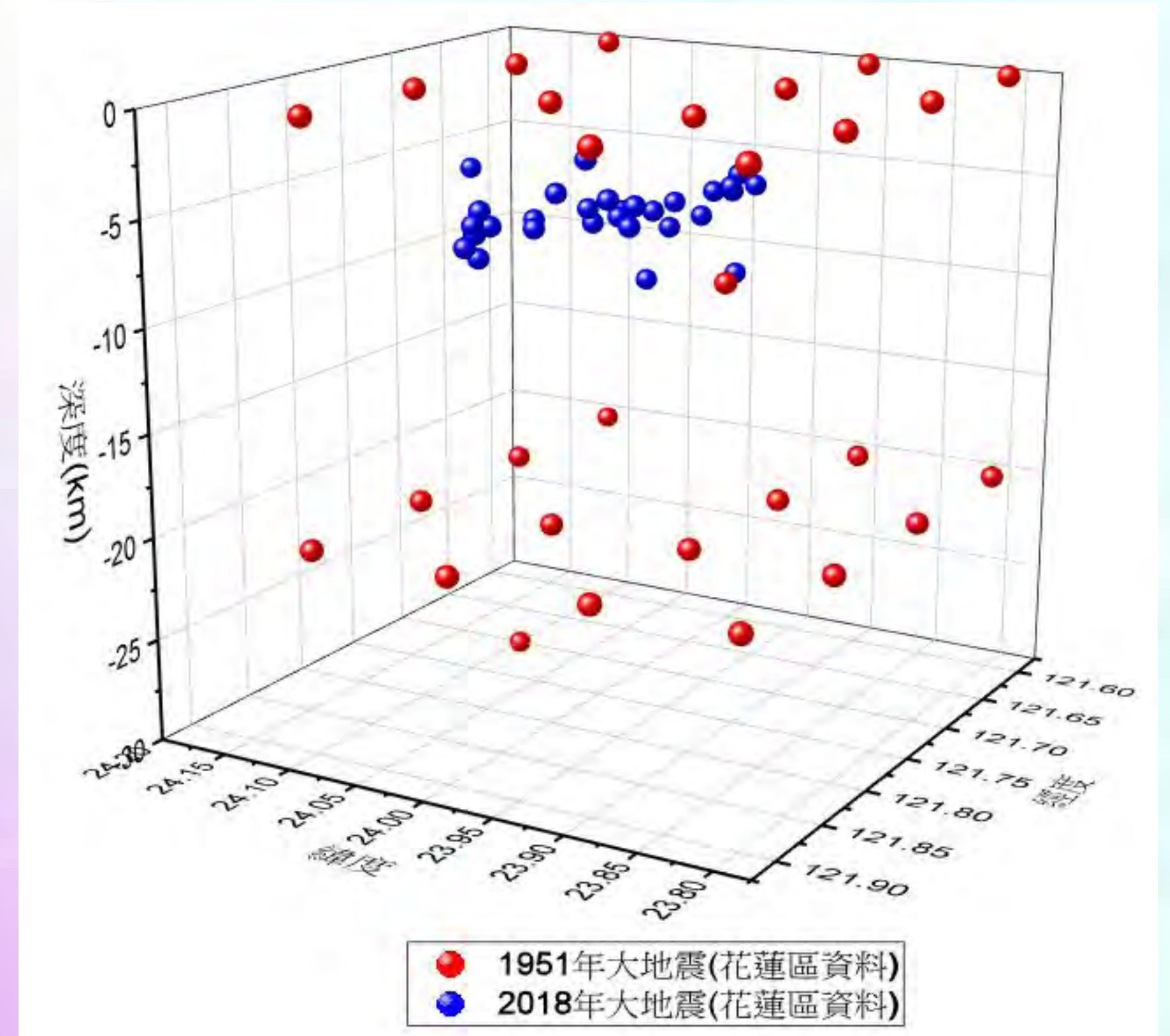
圖十五、將不同體積乾砂土以砂土加入直到表層無水光反射視為飽和砂土

圖十六、以搖擺爐模擬不同震程gal值進行搖擺直到表層超過一半以上面積溢出水視為達到土壤液化

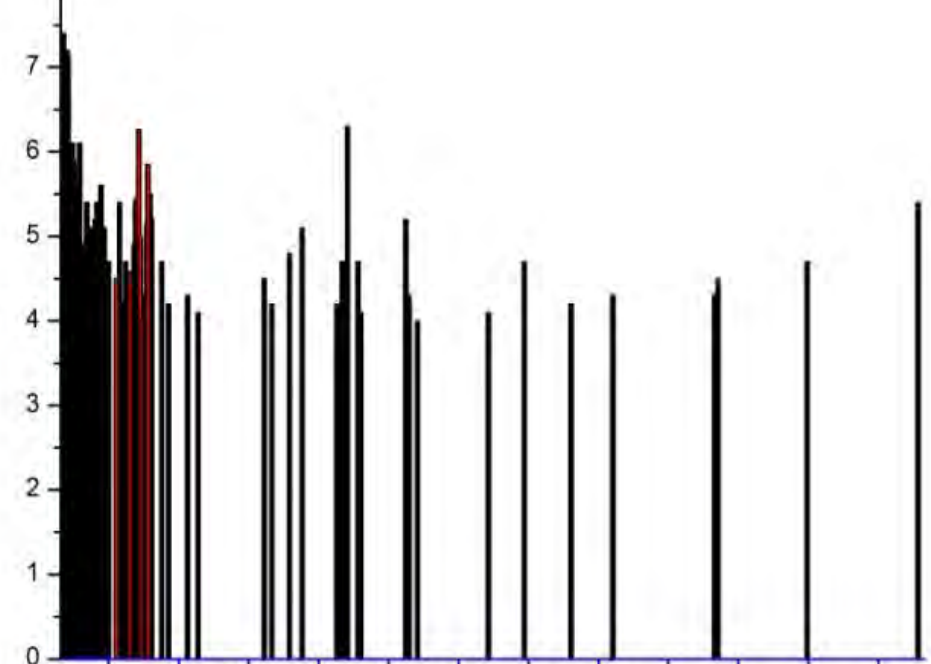
土壤液化實驗結果



圖十七、以搖擺爐模擬不同震度造成土壤液化



圖十八、1951與2018花蓮大地震規模四以上震源立體分布



圖十九、1951與2018花蓮大地震規模四以上時序分布圖 (紅線-2018年 黑線1951年)

時間:1951年選取 1951.10.21-1951.12.20
2018年選取 2018.02.01-2018.03.31

	1951年大地震	2018年大地震
資料範圍	E121.60-E121.90° N23.80-N24.10°	同左
規模四以上次數	92	29
釋放能量	1.56x10 ¹⁶ 焦耳	2.27x10 ¹⁴ 焦耳

表一、1951與2018花蓮大地震規模四以上次數與能量釋放整理

柒、分析與討論

一、實地考察

如圖十三實地考察地圖所示，新聞報導主要災情發生地與1951年大地震所產生的花蓮斷層所在位置一致。在七星潭停車場有一條北偏東 47° 走向延伸至海灘的破裂線，右側較左側高出約30公分，平行海岸線的海灘亦有一條北偏西 37° 走向破裂線，西側壟起約25公分，兩破裂線夾角近 90° 。七星街跟1951年時一樣是地震受損嚴重的地方，小組考察時路面已復原，一些受損建物已拆除，七星街與停車場同屬美崙斷層的上盤，在這次考察中顯示地震造成上盤逆衝上滑，但規模較1951年(達160公分)小。七星潭大橋恰跨過美崙斷層破裂面，在這次地震造成橋面壟起龜裂，小組考察時發現在平行橋面兩側的橋墩呈現洋蔥狀的剝離，這樣的損壞不像是地震左右搖動時所造成，左右搖動會造成橋墩出現裂縫或直接斷裂，洋蔥狀剝離較像是旋轉扭力所造成，從剝離面方向推測是逆時針方向力矩所造成，受損橋墩位於美崙斷層下盤，顯示0206地震中有左移現象，在東華大學美崙校區操場觀察到左移破裂線，驗證了我們的推測。

在這次震災倒塌的四棟大樓中，傷亡最大的雲翠大樓呈傾斜式倒塌，倒塌原因眾說紛紜。我們訪問了附近一家補習班負責人，她說地震後附近居民擔心房子的安全性，許多建物有請專家量測評估，發現整排房子都有或多或少的傾斜，她們居住的公寓式大樓在測量後也被貼紅單列為危樓。經過訪問後小覺得雲翠大樓的倒塌，地質因素大於大樓結構因素，經測量發現雲翠大樓與一旁美崙溪河堤距離僅十幾公尺，而與行水區(地下水水面)高度差只有16公尺，若此區域土石疏鬆則極有可能發生土壤液化，後來網路查詢資料發現，雲翠大樓的位置就在萬壽溪(美崙溪支流)注入美崙溪的舊河道上，這更堅定了我們的想法，想透過實驗驗證。

二、土壤液化實驗

摸索實驗過程中曾以五級震度最低加速度(每分鐘搖擺35次，加速度80gal)進行實驗，發現1cm厚的乾砂土搖擺超過30分鐘仍無土壤液化徵兆，顯示土壤液化需符合某些條件才會發生。於是調整乾燥泥砂厚度並增加震度值進行實驗。實驗中發現土壤液化前乾燥土壤會顏色會先變深變潮濕，當表層出現部分下陷孔洞時很快便出現土壤液化現象。

實驗數據顯示，相同震度下乾燥泥砂層越厚土壤液化所需時間越久，震度愈大所需時間就越短。從圖十七來看當相同震度不同乾燥泥砂量時，震度在五、六級時所需時間與乾燥泥砂量呈現接近線性正比的關係，而七級震度時則無線性關係， $600\sim 1000\text{cm}^3$ 土壤液化所需時間差異不大，直到 1200cm^3 時才有較明顯的增加。實驗結果印證土壤液化需符合三個條件才會發生：需為疏鬆的砂土層、高的地下水位及夠大的地震震度。以實驗結果比對雲翠大樓實際狀況可知：雲翠大樓所在位置原為花蓮市萬壽溪與美崙溪匯流口，地震時造成雲翠大樓朝商校街方向嚴重傾倒，商校街原本是美崙溪支流萬壽溪的河道在四、五十年前加蓋而成，底部為疏鬆的泥砂堆積層，同時所在高度與行水區僅16公尺落差，地下水位高度應與行水區高度一致，加上高達七級的強震，滿足了發生土壤液化的所有條件。同時沿河堤的國盛二街及舊河道上的商校街亦有多棟建物出現不同程度的傾斜，可做為土壤液化造成雲翠大樓倒塌的佐證。

三、地震記錄分析

1、震源的空間分佈分析

1951年的資料限於地震測量儀器的精密度不足，震源的深度與位置定位解析度不夠高所以呈現層狀排列的特徵，92筆記錄中甚至有多筆定位是在同一位置，但仍可看出兩次大地震的基本差異。紅色點群為1951年資料，藍色點為2018年資料，圖十八中可看出1951年震源不管是地震深度或是震央分布範圍都遠比2018年來得大，且有大量的地震是發生在表層，像是板塊直接衝撞台灣陸地幾乎翻攪了整個花蓮區，被稱為系列震。2018年資料顯示震源分布相當集中，出現在花蓮區0~10公里深岩層特別脆弱與破碎的區域，而2月4日21點12分規模5.8的前震震央位於北緯 24.15° 、東經 121.83° ，震源深度16.0公里，是位於南澳區($E121.8^{\circ}\sim E122.1^{\circ}$ ， $N24.25^{\circ}\sim N24.55^{\circ}$)隱沒帶上，在時間序上像是隱沒帶上的潛移帶動了花蓮區的能量釋放，與1951年的直撞完全不同，後續的能量分析上可進一步得到印證。

2、兩次地震時序與釋放能量分析

圖十九為兩次地震期間兩個月內規模四以上的時序分布圖，可以發現兩次地震有極大的差異，其中1951年部分，在10月22日主震發生後的十天內規模四以上密集發生，在時序上可看出在主震發生後的兩個月裡板塊擠壓仍活躍的在進行，甚至11月25日在偏南玉里處再度出現規模達7.3的地震，從空間與時序來看像是大規模的板塊直接衝撞，而所產生的地表破裂面與0206地震所產生的地表破裂面重疊且都位於美崙斷層地質敏感區所在位置。而2018的資料顯示規模四以上僅集中出現在0206後的三天內，之後就沒有規模超過四以上的地震，同時氣象局於2月7日公布自2月4日前震到2月6日主震期間出現高達94次前震，如此多數的前震符合前段分析中所指出因隱沒帶上的滑移引發花蓮區的能量釋放。

表一的統計顯示兩次地震不管是規模四以上的地震次數或是所釋放的能量都有著極大的差異，其中能量釋放部分更相差近50倍，更可說明兩次大地震的機制明顯不同。

捌、結論

曾被國科會古地震研究推估五十年內及十年內發生規模7以上機率分別為41%與6.57%的花蓮美崙斷層，終在2018年2月6日再度發生震度達七級的大地震。綜合前述的各種討論與分析結果得了以下的結論：

- 一、0206花蓮大地震七星潭地表破裂處實地考察結果，顯示大地震後美崙斷層上盤出現左向滑移與逆向錯動現象，而逆向錯動約 $25\text{cm}\sim 30\text{cm}$ 較1951年160cm為小，發生嚴重災情的地方與65年前大地震所形成美崙斷層的位置幾乎重疊，皆在美崙斷層地質敏感區內。
- 二、雲翠大樓的倒塌原因眾說紛紜，由大樓所在位置為舊河床，其下為疏鬆砂質層，與地下水位相距不到16公尺，加上高達七級震度，雲翠大樓的傾倒成因與發生土壤液化的條件吻合。
- 三、土壤液化實驗結果顯示，乾燥泥砂量厚度越大(即地下水面越低)造成土壤液化所需時間就需越久，但當厚度達到一定程度以後便不容易在短時間內發生土壤液化現象。實驗結果也顯示高達七級的震度在數秒之內即可造成土壤液化現象。實驗結果支持土壤液化是造成雲翠大樓傾倒主因，同時0206之前出現為數可觀的前震使土壤液化更容易發生。國盛二街河堤沿線建物都產生了或多或少的傾斜，這與建物高度及土壤液化程度有關，值得有關單位關注與研究。
- 四、1951年與2018年地震資料的空間分布分析顯示，1951年的地震可能是菲律賓海板塊直接衝撞花蓮陸地，因此規模四以上的地震在次數上與震源分布範圍上都比2018年大上許多。2018年震源明顯限縮在花蓮區0~10km深岩層特別脆弱與破碎的小區域，配合前震發生在靠近板塊隱沒帶及主震前的大量前震與美崙斷層上盤的滑移現象，可以合理推測2018年地震是隱沒帶滑移牽引所造成的能量釋放。
- 五、地震時序分佈分析呼應兩次大地震的發生機制截然不同，1951年直接衝撞餘震密集維持近兩個星期，而之後的兩個月裏板塊擠壓仍活躍進行，甚至在一個多月後出現另一次規模7.3的能量釋放。而2018規模四以上的地震集中在三天之內，後續便沒有再出現。
- 六、兩次地震釋放能量比對，1951年所釋放的能量幾乎為2018年的50倍，兩次地震中機制與能量截然不同，顯示出現規模七以上的地震危機尚未度過，生活在花蓮市的我們需保持對地震的警覺性，防震能力與意識仍應加強。