

第二章 文獻探討

2-1 台灣的地震活動

2-1-1 地體構造背景

台灣是一座活動的造山帶，位於歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊的碰撞聚合帶上(圖 2-1)，兩板塊以每年約八公分的速率相互聚合(Yu et al., 1997)。在台灣的正北方，菲律賓海板塊向北隱沒於歐亞大陸板塊之下，形成了琉球島弧；在台灣的正南方，菲律賓海板塊向西仰衝於歐亞板塊，形成了呂宋島弧(圖 2-2)。台灣地區在新生代早期原本是中國大陸邊緣的一角，從中新世晚期以後，由於呂宋島弧逐漸凌駕在大陸邊緣之上，把大陸邊緣和島弧的岩層擠壓變形，並抬升成一座山脈。由於呂宋島弧是斜碰撞進大陸邊緣，因此造山運動最早發生在北部，爾後逐漸發展到南部；同時，伴隨著弧陸碰撞的南移，琉球島弧的北向隱沒作用也不斷西延，並在台灣東北部的山脈之下隱沒方向翻轉，重而造成山脈的崩毀以及沖繩海槽的張裂。如今台灣山脈的中南段仍處於弧陸碰撞的造山運動中，而東北段則是進入山脈崩毀的伸張狀態，成為琉球島弧的一部份。

台東縱谷為介於兩弧溝系統之間的重要板塊邊界，將西側的中央山脈與東側的海岸山脈分開。台東縱谷北起花蓮市南方，南迄台東市附近，南北長約 150 公里，寬僅約 2~5 公里。西邊是高聳入雲，雄踞整個台灣中央的中央山脈。它本來是歐亞大陸板塊邊緣的沉積物，受板塊撞擊產生的造山運動而抬升上來。縱谷的東側僅靠著海岸山脈，依其地質概況，我們知道它原是呂宋島弧及弧前沉積物，屬於菲律賓海板塊。因菲律賓海板塊以每百萬年約 80 公里的速度像歐亞大陸板塊慢慢靠攏，造成現在台東縱谷寬僅 2~5 公里的板塊聚合帶。自上新世以來，台灣地區由於受此兩

板塊聚合碰撞，造成地層的擠壓變形作用而形成山脈，目前此造山作用仍然在南台灣持續進行(Suppe, 1984)；在另一方面，菲律賓海板塊與歐亞大陸在台灣東部海域的板塊隱沒作用，則造成了沖繩海槽的南北向擴張作用與琉球火山島弧。此一複雜的板塊接合帶，造成了現今台灣的大地構造架構。在弧陸碰撞過程中，地殼的加積，應力的累積與地殼變形，仍然在持續的進行中。

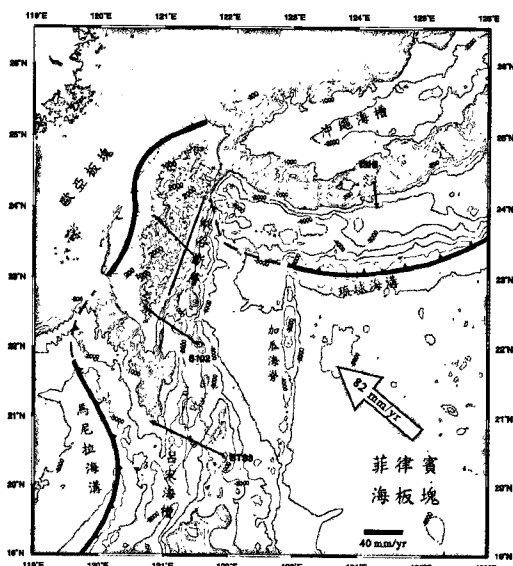


圖2-1、台灣附近之板塊構造，海洋地形等深線以公尺為單位，菲律賓海板塊相對於歐亞板塊的聚合速度每年約八公分 (Yu et al., 1997)。

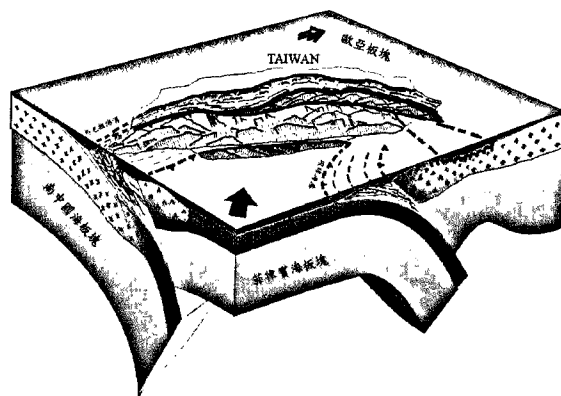


圖2-2、台灣及其鄰近地區之板塊隱沒與碰撞作用示意圖。台東縱谷即為菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之碰撞縫合帶，台東縱谷斷層為台灣最活躍的活動斷層之一 (摘自 Angelier, 1986)。

2-1-2 台灣的地震分區

根據過去地震觀測所得到的震源分布，顯示台灣東部從蘭嶼以北經台東、花蓮以迄宜蘭，包括陸上及近海地區淺源地震非常頻繁，其中以花蓮至宜蘭一段尤為活躍。在台灣本島則以雪山山脈、阿里山山脈、西部的嘉南平原及台中苗栗地區較為活躍。深源地震多數發生在台灣東北部的陸上及海域，部份則發生在台灣東南海域底下。

根據地震資料按板塊構造學說的理論，歸納以往所發生的地震將臺灣地區劃分成三個地震帶，即東北部地震帶、東部地震帶及西部地震帶。分別說明如下：

東北部地震帶：包括北緯 24 度以北，東經 121.5 度以東地區。依其震源深度可分為兩類，一類是近地表 20 公里內之淺源地震，另一類則由北緯 24 度沿菲律賓海板塊隱沒於台灣東北部及琉球群島之路徑，漸向北傾斜加深的班氏地震帶。

東部地震帶：包括北緯 24 度以南，台東縱谷東側及台東至鵝鑾鼻海岸以東地區。地震深度多在 50 公里以內，是歐亞板塊與菲律賓板塊激烈應力作用所引起。此帶之台灣東南海域地區，有深度大於 50 公里之地震發生，這些地震成因，由於資料不足，尚無法具體推斷，它們可能是歐亞板塊向東隱沒至南中國海板塊下所引起(圖 2-2)。

西部地震帶：包括東經 121.5 度以及台東縱谷以西的台灣本島及其西南海附近的海域地區。本帶地震深度於北緯 23 度以北地區都在 35 公里以內的地殼中，其中 20 公里以內者佔多數；都是屬於淺源地震，過去曾有多次大地震造成地表破裂(即地震斷層)。本帶之地震，一般相信是因為台灣地區之地殼受到菲律賓海板塊擠壓的結果。在本地震帶緯度 23 度以南，有些地震深度大於 35 公里，可能是與上述所提到之歐亞板塊向東隱沒到菲律賓海板

塊下之作用有關(圖 2-2)。

綜合以上的說明，可知台灣三個地震帶都包含有淺源地震。從防震的觀點，淺源地震是最值得注意，因為它對地表的破壞比較集中與嚴重。

TAIWAN SEISMICITY (1991.1 - 1998.1)

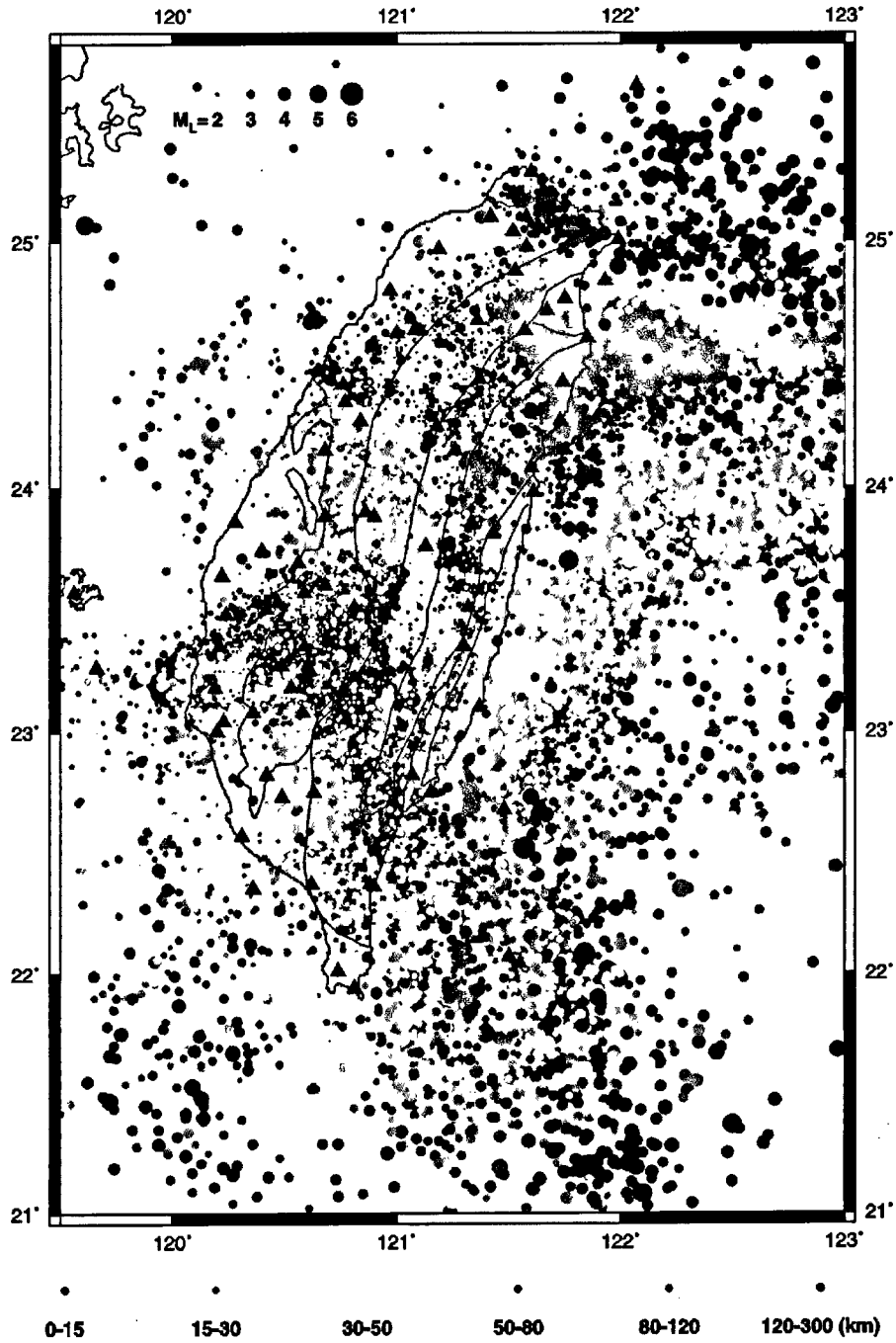


圖2-3、1991至1998年台灣地震規模大於2之震央分佈圖，實心三角形代表地震測站 (Rau, 1996)。

2-1-3 台灣的斷層活動與地震災害

地震與斷層之關係為地震學及地質學之主要研究論題。地震發生後產生斷層或者是斷層運動後發生地震的問題爭論很久，在1960年代已獲得定論，即地震是由震源附近的斷層運動所引起，但地震發生後，斷層不一定出現在地表面。根據地震體積(earthquake volume)觀念，地殼物質之單位體積內所能蓄積的應變能是一定的，當地震規模越大，所需的地震體積也越大。因此規模較大的地震，斷層出現在地表面的機會也越大。對於發生在地殼內的地震而言，當規模M大於7.4時，地震斷層的出現率將近100%，而地震規模M小於7.4而大於7.0者其出現率約為60%。對於規模大小相同的地震而言，有地震斷層伴隨發生的地震，其所產生的災害較嚴重。

本世紀以來，台灣地區共有6次地震有顯著的地震斷層伴隨發生，分別為1906年3月17日梅山地震與梅山、陳厝寮地震斷層；1935年4月21日新竹—台中地震與獅潭、屯仔腳地震斷層；1946年12月5日新化地震與新化地震斷層；1951年10月22日花蓮地震與米崙地震斷層、1951年11月25日台東地震與玉里、池上地震斷層、1999年9月21日集集地震與車籠埔斷層。

1.1906年梅山地震與梅山、陳厝寮地震斷層

1906年3月17日晨6時43分，在嘉義民雄附近(23.550°N, 120.450°E, 震源深度6公里)發生芮氏地震規模(ML)7.1的大地震，引起的震災遍佈雲林、嘉義、台南縣市等地區，共造成1,258人死亡、745人重傷、1,640人輕傷、家畜死傷734頭，民房住家全倒5,688戶、半倒3,268戶、大破3,136戶、破損6,629戶、3戶燒燬，其他建物全倒1,081棟、半倒365棟、大破359棟、破損461棟，並在地表造成顯著之梅山地震斷層與陳厝寮地震斷層。自民雄至大坑連一帶，斷層延續達13公里，開元后附近最大

水平變位量達 240 公分，垂直變位量達 120 公分。自民雄以西經竹仔腳至大客一帶，發生嚴重的地裂與噴砂帶，長達 11 公里。根據鄭世楠等(1995)的研究顯示：1792 年在嘉義地區的災害地震(23.6°N, 120.5°E, M=7.1)與梅山地震斷層有相當密切的關連，二次災害地震間隔的時間為 114 年。

2.1935 年 4 月 21 日新竹—台中地震與獅潭、屯仔腳地震斷層

1935 年 4 月 21 日晨 6 時 2 分，在苗栗縣大安溪中游附近(24.35°N, 120.82°E, 震源深度 5 公里)發生規模 7.1 的強烈災害地震，有感區域幾乎遍及全島，更達於對岸之福州與廈門。此次地震的災區範圍甚大，南北約 110 公里、東西寬約 40 公里，以新竹、苗栗與台中三縣受害最為嚴重，共造成 3,276 人死亡、12,053 人受傷、17,907 間房屋全倒、36,781 間房屋受損。此次地震伴隨兩條地震斷層，即屯仔腳與獅潭地震斷層。獅潭斷層自小東勢至峨嵋鄉，長達 20 公里，並無顯著的水平變位量，最大垂直變位量達 3 公尺，屬於逆斷層；屯仔腳斷層由神岡鄉新庄子向東北東延伸，經內埔、屯仔腳至山線鐵路之第八隧道(大安與后里間)，延長十數公里，主要為水平變位，最大變位在后里東北方，水平移動約 150 公分。

3.1946 年 12 月 5 日新化地震與新化地震斷層

1946 年 12 月 5 日晨 6 時 47 分，在台南縣新化附近(23.07°N, 120.33°E, 震源深度 5 公里)發生規模 6.1 的災害地震，共計造成 74 人死亡、傷者 482 人、房屋全毀 1,954 間、2,084 間半毀。此次地震產生之斷層稱為新化地震斷層，自那拔林向西南西延伸達鹽行附近，長約 12 公里，斷層之西半部不太明顯，而沿途有許多地裂與地陷，斷層北側地塊相對的向東北東移動並向上昇，為一右旋斷層。最大水平變位為 220 公分，最大垂直變位為 200 公分。

4.1951年10月22日花蓮地震與米崙地震斷層

1951年10月22日晨5時34分、11時29分與13時43分在花蓮地區先後發生三個規模大於7.0的災害地震($M_L=7.3, 7.1, 7.1$)，由於此三個地震發生的時間緊湊，無法詳細區分出各別的災害，台灣全島、澎湖與金門均有感，全省各地均有災情傳出。此三個地震共造成68人死亡、856人受傷、2,382間房屋受損(包含全倒)。其中以花蓮市最嚴重，市區塌屋達40%，中華路之鐵軌受震彎曲達250公分。隨伴此次地震產生之斷層稱為米崙地震斷層，自壽豐東北附近向東北北延伸，由七星潭附近入海，陸地上的長度約為7公里，斷層東側的陸塊向東北移動，最大水平變位量為2公尺，最大垂直變位量為1.2公尺。

5.1951年11月25日台東地震與玉里、池上地震斷層

自1951年10月22日花蓮地震發生後，整個餘震系列漸漸往南遷移，至11月25日晨2時47分與50分先後在台東縱谷中段之玉里地區引發二個災害性地震(02:47, 23.125°N , 121.225°E , 深度16公里, $M=6.3$; 02:50, 23.275°N , 121.35°E , 深度36公里, $M=7.3$)，並伴隨產生玉里與池上地震斷層。玉里地震斷層自瑞穗以北向西南南延伸經玉里至富南以南，全長約43公里，斷層東側地塊相對地向東北移動並上升，最大水平變位1.6公尺，最大垂直變位達1.3公尺；池上地震斷層在玉里地震斷層南端以南約5公里處向西南南延伸約10公里，斷層東側向東北移動並上升，但變位量遠小於玉里地震斷層。雖然玉里地震斷層長度達43公里，地震規模達7.3(均遠大於1906年梅山地震與1935年新竹—台中地震)，所幸發生在當時人煙較為稀少的東部地區，故僅造成17人死亡，326人受傷，1,016間房屋全倒、582間受損的災害。

此外，1941年12月17日中埔地震與1964年1月18日白河地震的發生雖沒有伴隨出露地表的地震斷層，但由此二災害地震

的震源機制與餘震分佈看來，其斷層面皆呈南北走向的逆斷層，可能與觸口斷層系列(木屐寮斷層、觸口斷層)有相當密切的關連。1972年4月24日發生在東部之瑞穗地震伴隨有2.5公里長的瑞穗地震斷層(呂新民等, 1986; 徐明同等, 1980a; 徐明同, 1980b)，但近來之研究對於瑞穗地震有不同的看法(游明聖, 1995; 朱傲祖與游明聖, 1997)，認為1982年瑞穗地震應該與奇美斷層有關。

6. 1999年9月21日集集地震與車籠埔斷層

1999年9月21日凌晨1時47分，台灣地區發生芮氏規模7.3之強震，震央在北緯 23.85° ，東經 120.78° ，約在日月潭西南方6.5公里處，震源深度在地表下7.5公里。此次地震造成2333人死亡，39人失蹤，一萬餘人受傷，數萬間房屋損毀。本次地震係因車籠埔斷層發生錯動所造成，並於地表產生延長約達100公里之地表錯動(圖2-4)，斷層上下盤間之高差最大可達7-8公尺。此外，因車籠埔斷層屬逆衝斷層型態，斷層東側之上盤地區，震力額外激烈，由於上述地震斷層及強地動之特性，導致車籠埔斷層以東地區災情加重。

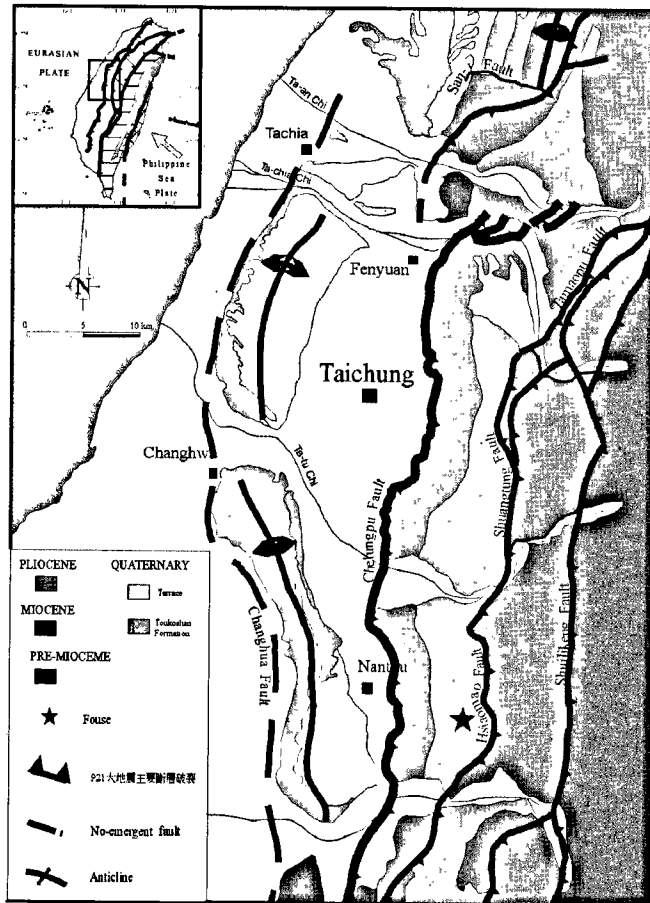


圖2-4、車龍埔斷層與震央位置關係圖（摘自李建成等人, 1999）。

2-2 地震與活動斷層

2-2-1 活斷層(活動斷層)的定義

活斷層(活動斷層)是晚更新世(12.5萬年)以來，有證據顯示活動過，未來可能再度活動的斷層。

由於台灣的低矮丘陵地帶普遍可見紅土緩起伏面(LH)的分佈，而該面之形成時代目前推測為十二萬五千年前(Liew, 1988)。若無明顯的定年資料依據，則LH面被錯移與否，應可為判斷活斷層之指標，因此將活斷層活動之時間上限定義為十二萬五千年