

## 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。

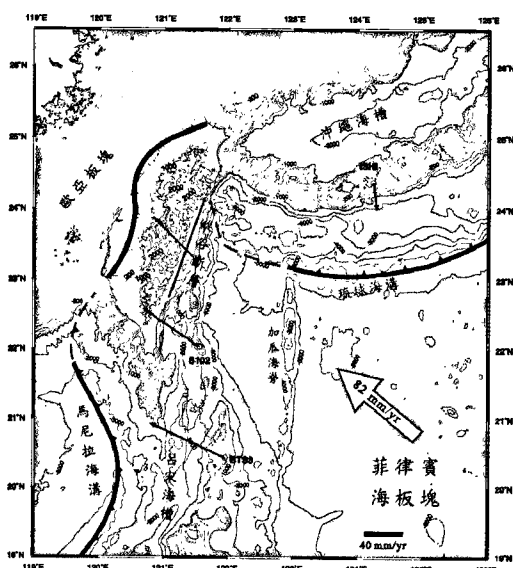


圖2-1、台灣附近之板塊構造，海洋地形等深線以公尺為單位，菲律賓海板塊相對於歐亞板塊的聚合速度每年約八公分 (Yu et al., 1997)。

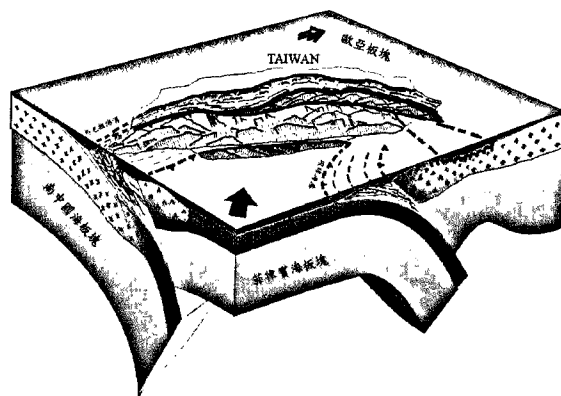


圖2-2、台灣及其鄰近地區之板塊隱沒與碰撞作用示意圖。台東縱谷即為菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之碰撞縫合帶，台東縱谷斷層為台灣最活躍的活動斷層之一 (摘自 Angelier, 1986)。

### 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)

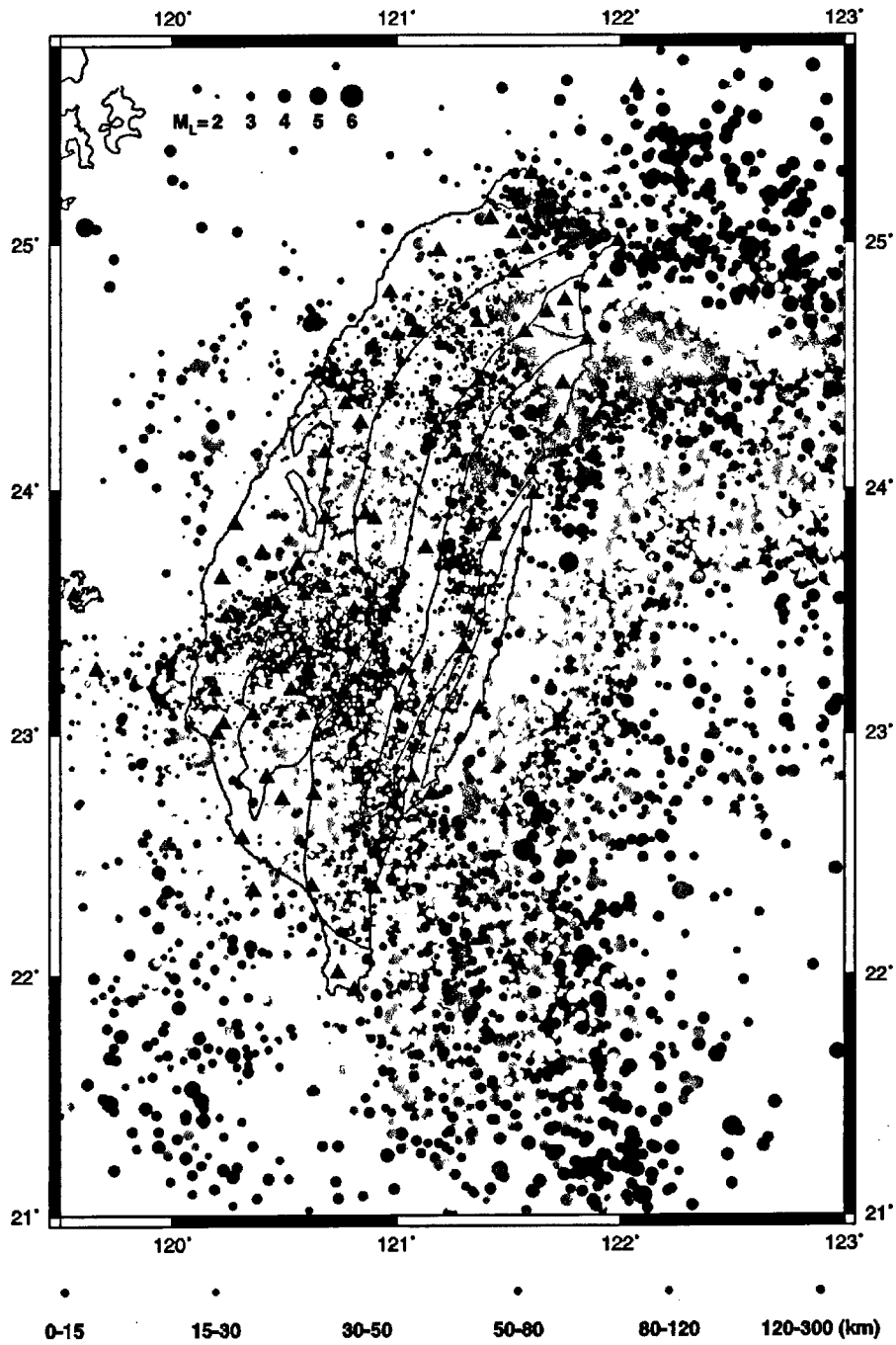


圖2-3、1991至1998年台灣地震規模大於2之震央分佈圖，實心三角形代表地震測站 (Rau, 1996)。

### 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,  $23.125^{\circ}\text{N}$ ,  $121.225^{\circ}\text{E}$ , 深度16公里,  $M=6.3$ ; 02:50,  $23.275^{\circ}\text{N}$ ,  $121.35^{\circ}\text{E}$ , 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 $23.85^{\circ}$ ，東經 $120.78^{\circ}$ ，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。

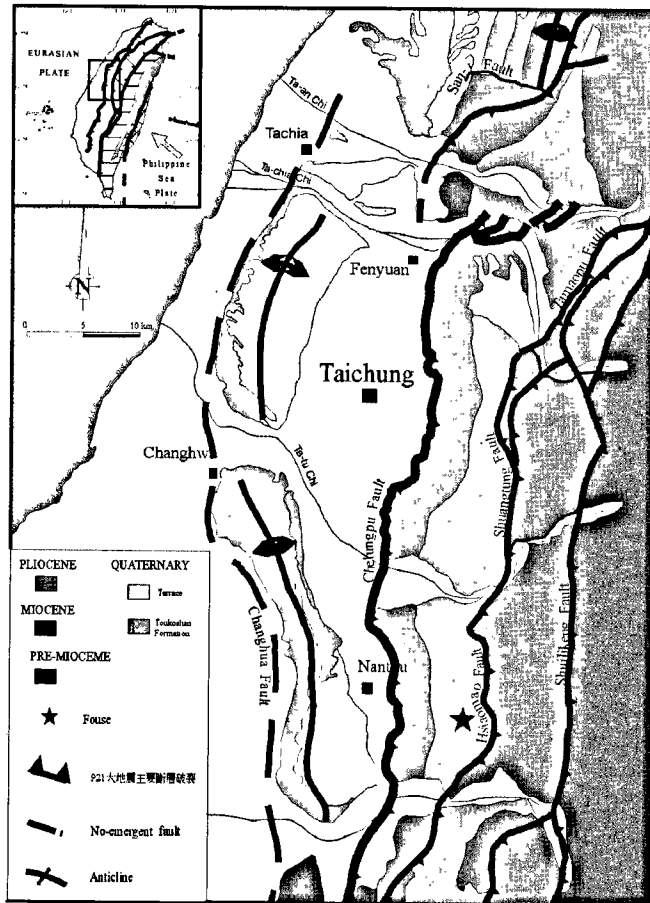


圖2-4、車龍埔斷層與震央位置關係圖（摘自李建成等人, 1999）。

## 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

有其實際應用之考量。又由於台灣位於構造運動活躍區，地震活動頻仍，在高活動區，地震和地質兩方面的資料一致顯示地震重複發生的時間間隔較短，故上次斷層活動距今的時間較近(例如 12.5 萬年內)者，方將其劃歸為活斷層。反之，在低活動區，則在距今較長的時間(例如 200 萬年)內曾發生活動之斷層，即可劃歸為活斷層。故臺灣活斷層之認定應較嚴謹，而以較短時距為宜。

#### 2-2-2 活斷層的分類

一級活斷層(全新世活斷層):一萬年以來曾發生錯移的斷層。

二級活斷層(晚更新世活斷層):不屬於一級活斷層，但過去十二萬五千年內曾發生錯移的斷層。

大體而言，一般社會大眾對自然災害，如颱風和地震強度的分級制度已習以為常，故斷層之分類也採用分級方式，隱含斷層活動年代之遠近，但學術界通用之名詞以採用地質時代分類為宜，故活斷層分為全新世活斷層和晚更新世活斷層，以之與一級活斷層和二級活斷層相呼應。

本分類中之一級活斷層和二級活斷層相當於中央地質調查所報告書中之第一類活動斷層和第二類活動斷層。至於第三類活動斷層和存疑性活動斷層則歸納為存疑性活斷層，表示這類斷層之活動性有待詳加調查，以便未來將其明確歸類。

以未來之趨勢而言，活斷層之分類應以斷層之活動度為準，但目前國內所掌握之斷層資料還不足以達到這樣的需求。故活斷層的分類仍採活動時間為準，分為一級和二級活斷層。

#### 2-2-3 活斷層的認定準則

在實際作業上，若無確切之定年資料可作依據時，則下列現象仍可作為判斷活斷層分類之參考：

##### 1. 一級活斷層(全新世活斷層)

凡符合下列任一項者皆可視為一級活斷層：

- (1) 將現代結構物錯移之斷層
- (2) 伴隨地震發生之斷層(又稱地震斷層)
- (3) 將全新世地層或階地錯移之斷層
- (4) 地形監測證實具有潛移活動之斷層
- (5) 經精密定位，確與規模六以上之地震發生有關之斷層
- (6) 伴隨有全新世噴砂、土壤液化、搖變等現象之斷層

### 2.二級活斷層(晚更新世活斷層)

凡未符合一級活斷層之認定準則，但符合下列任一項者皆可視為二級活斷層：

- (1) 將晚更新世地層或台地錯移之斷層
- (2) 經精密定位，確有持續的微震密集現象之斷層
- (3) 與上述活斷層具有構造關連，以致該活斷層的運動可能導致在地表或近地表發生運動的關聯斷層

### 3.存疑活斷層

凡未符合一級活斷層及二級活斷層之認定準則，但有下列任一項疑慮或其他理由可懷疑其可能具有活動性者皆可視為存疑活斷層：

- (1) 將第四紀地層錯移之斷層
- (2) 將紅土緩起伏面錯移之斷層
- (3) 斷層沿線具有活斷層地形特徵，但仍缺少其他地質佐證者
- (4) 確有較大規模地震被定位在斷層附近，但其定位精密

程度尚未被確認者

#### 2-2-4 活斷層確實度的認定準則 (依據日本活斷層研究會, 1980)

##### 1. 確實度 I

具有下列具體之地形特徵且斷層之位置及動向明確者：

- (1) 數條山稜及河谷呈有系統之錯移
- (2) 逆向低斷層崖
- (3) 時代相異之地形面群同時為一低斷層崖所截切
- (4) 一個延續且確定之地形面為一低斷層崖所截切
- (5) 同一地形面有顯著之彎曲
- (6) 斷層切過晚更新世以來之地層

##### 2. 確實度 II

可推得斷層之位置及動向，但能作為確實度 I 的資料仍缺乏者，如：

- (1) 僅 2~3 條以下的山稜及河谷有錯移現象者
- (2) 疑為斷層崖地形之兩側地形面時代不同
- (3) 無明顯之基準地形(如山區無基準地形面者)

##### 3. 確實度 III

斷層變位之動向不明，或者由其他原因可以說明此地形現象者，例如可因河或海蝕造成或可由沿老斷層侵蝕而造成之地形。

#### 2-2-5 活動與不活動斷層

許多時候常被認為斷層不是活動就是不活動，因此接近活動斷層區域即是危險區域，接近不活動斷層區域即為安全。不幸的是自然並非如此簡單！過去 20 年來，新期構造的野外研究，一個主要的結果顯示：斷層皆有某種程度的活動性。舉例而言，加州

的 San Andreas 斷層，土耳其的 North Andreas 斷層每隔數百年即產生大地震；在 Navade 的 Dixie 斷層在某些斷層的區段上，每隔數千至數萬年即產生大地震，但部份斷層則高度活躍但只產生小地震，因此對斷層僅區分為活動與不活動斷層是過於簡單化，且通常是沒有用的。近年來強調的是“活動度”，利用這個參數去達到定量評估的目的。在這種情況下，“全新世”斷層這個名詞常被用在特定時間內於最為活動的斷層。

最近幾年，因為法律上目的，對於活動斷層有許多不同的定義，例如美國原子能委員會定義一可能活動斷層"active fault"在 35000 年曾發生地表破裂的斷層。針對特殊區域像加州即立法禁止建築物建於斷層附近，而他們的活斷層指的是在全新世(10000 年內)曾發生地表破裂的斷層，這些定義或基於法律上的需求，但我們將因法律上需求定義的活斷層與地質上真實的活動性混淆。

證據顯示斷層原來為一些小破裂，通過接續的地震或應變階段而後逐漸加長傳遞。在紐西蘭的 Alpine fault 並不是在一些巨大的歷史地震就活動整個斷層，相反的它被認為是由一些小破裂開始經過很長的地質時間中連結加長成現在 1000 公里的大斷層。這種逐漸增長的現象事實上已被觀察到，在 1968 年南加州的 Borrego 地震與全新世破裂的 Coyote Creek 斷層有關，但在這個斷層的北緣，新的破裂切穿原先未曾破裂的第三紀地層數百英尺，將原先破裂向北延伸更長。

### 2-3 地震災害評估

也許有一天，於斷層破裂之前的幾個小時或幾天，可由物理先兆的理解對短期的地震有所預測，或許在地震災害的遷移上能扮演一個重要角色，但現今在世界上沒有一個地方能發佈可靠的常規性短期預測做依靠。更進一步的說，即使短期預測最後終能

成功，它仍沒能解決長期計畫的問題，而這些是決定當預期的地震來襲時，結構是否安全的依據。用另一方面類比，即使對一個颶風能做最精確的預測，但若對事件來襲前不能作好有效的準備與預防，災害一樣發生。

類似的情況透過對地震機制的物理干預，像是在一個可預期的時間內誘發一個大地震，或將以累積的應變透過一連串小地震釋放以避免大地震，這一直是令人感到有興趣的長期計畫，但目前仍無法作為實際上地震轉移的技術。

雖然我們仍無法依靠短期預測來預防地震的發生，但我們必須有所認知，初期地震災害評估是對於短期預測的一項努力(嘗試預測在近幾年是否有地震的來襲)。即使如此，任何預測的科學仍涉及許多的未知及缺點。在某種程度上，地震災害的評估類似於長期地震的預測。雖然有公眾的期望及相當少數冒充內行的廣告，但至今仍然沒有一個像食譜般，我們可以完全信任的地震災害評估方法，因此，地震災害評估是一個重要且正在進行的研究領域。

地震災害評估大部分僅持古老的地質格言：均變說，也就是：現在是過去的鑰匙。但對我們的狀況而言則是：過去是未來的鑰匙。也可說是：過去發生的地震過程會以同樣的方式在近期或未來發生。就我們而言，我們將歷史分為歷史時期及史前時期。由地震發生的歷史記錄加上地震儀的記錄，共同構成一個對同一個區域在近期或未來可能發生地震的有用知識課題。明顯的，當歷史記錄及地震儀記錄的資料越多，將更有助於地震災害的評估。史前的地質記錄對於地震災害的評估亦是非常重要的，因為它們跨越的時間較長，因此會有更多有意義的統計資料去對未來做預測。

由所有的統計來看世界上最大的地震災害，都因直接由地震

所導致的地搖 (ground shaking)，最大的顯示為由於地搖時造成的結構損壞。另一方面次級作用像由地搖導致的山崩相較之下比因地震產生的地搖導致更多生命及財產的損失。在中國北部在 1920 年的地震(M=8.7)因地搖引發山崩導致超過 100,000 人死亡。1970 年秘魯的地震(M=7.9)引發巨大的岩屑滑動僅僅在一個城市就造成超過 15,000 人死亡。許多在隱沒帶發生的地震所引發的海嘯所導致的災害遠大於由地震產生的地搖所造成的損害。

事實上地震災害的評估涉及許多不同的領域，但本文將著重於地質相關方面。在此先區分兩個名詞，地震災害(seismic hazard)與地震危險(seismic risk)，hazard 指的是物理現象本身，像地搖、斷層位移及液化等其潛伏著危險。而 risk 是指由於災害(hazard)導致生命或財產損失的可能性。若無生命財產的損失不管地震多大皆沒有危險。像在紐西蘭南部於 1989 發生規模 8.3 的地震，但沒有造成任何損失。相反的在 Agadir, Morocco 於 1960 發生的地震，雖規模僅有 5.5 但卻造成超過 12,000 人死亡。

雖然，地質及地物學家對災害(hazard)是主要貢獻，但另一方面工程師、政府官員也關心 risk 的評估及如何減緩 risk，對災害(hazard)不無貢獻，但顯然的，risk 的評估不能缺少 hazard 的評估，因此團隊的合作對整個社會的發展是必需的。

### 2-3-1 災害評估的產生

地震災害評估有許多不同的形式，因此導致有許多不同形式的產品。舉例而言，一個高度活動的斷層圖或歷史地震圖就是一種簡單的災害評估結果。結合這些圖及其他參數就可產生災害分區圖，這種圖可描述不同程度的災害。特別的研究常針對一些單獨局部的災害像液化、地震導致的山崩或海嘯等。而以機率形式的災害圖也是一種常見的形式，像地震發生機率圖，超過幾級以上地搖的機率圖等。最廣泛及完全的評估常是針對某些危險結構像大壩、核電廠等，這主要是因民眾有較高興趣且其建築標準也



被要求甚高。對單一工廠即用上千萬經費在進行地震災害的評估，但許多的爭議仍時常發生。特別對大壩與核電廠的地震災害評估，主要是因不確定性仍大。很重要的一點，即使地震災害評估有許多種方式，但常被誤解認為建立一個真實的災害區分圖是每一個災害評估計畫的最終目的。

### 2-3-2 機率 VS 決定的方法

一個地震災害評估常被認為是決定論的，尤其當論及一個特別的地震或某種程度以上地搖時常被以另一種單獨的參數被使用者考慮時，像規模、位置及最大地表加速度。它通常不特別傾向於是否這些事件也許是“可靠”，使用可靠(credible)這個字提供一些餘地在不需要使用絕對“最差狀況(worse case)”，這種最差狀況指的是物理上可能發生的最差狀況。甚麼是“可靠”甚麼是“最差狀況”常是主觀的判斷就像甚麼是美一樣。

在機率的評估中，另一方面來說數值的機率常被用於在某些特殊時間內，像一個工程的使用年限內，地震的發生機率及其影響程度。對於甚麼是“最差狀況”事件並沒有人嘗試去定義，而僅注重不同規模地震或其影響的機率有多少。這些評估中我們必須知道不僅僅對我們輸入的個別參數中充滿了未知像斷層位移速率，地震規模，而是自然本身充滿了隨機性，這種本身的隨機性給我們一個例子即使我們完全知道一個地震的規模地震距離，並不是所有相同規模的地震皆在相同距離內引發相同的搖動。

針對一個“最差狀況”一個假設性決定論的評估，也許像對一個規模 7.4 的地震發生在向北延伸垂直的走向滑移斷層，將對距離此地震有 15 公里的區域，造成 0.4g 的最大加速度。一個假設性的機率評估將可產生一連串輸出結果，有兩種層次的結果常被提出(1)在未來 30 年的建築結構中，將有 50%的機率其最大加速度超過 0.3g，(2)同樣時間有 5%機率超過 0.6g。這些機率並不需要由單一斷層所決定，反而是包括一些鄰近斷層及不同的參數

有助於決定機率。更進一步的說超過某個  $g$  值以上的機率也許並不受控於任何一個斷層的一個大地震反而是受控於近 30 年來大量小的事件。

一個機率的評估將從所有相關的地震資料中展示所有的災害或危險性。而決定性的評估通常限於單獨斷層的判斷較傾向於表現“最大可靠度”或“最差狀況”的地震而沒有定量陳述其可能性。因此對一個決定性分析，對一個特別位置的最大地表加速度是與非常局部但相對不活動的斷層因為它很低的滑動速率因此對整體災害或危險的評估機率上也許僅有很小的貢獻。

一個假設性的災害評估通常留給使用者選擇多大災害或危險性必須被考慮，這種選擇典型上是依靠保守期望的程度。一般而言，針對像核電廠之類的重要建築會選擇更多不確定性的地震，相對的對一個垃圾掩埋廠則要求較少。因此這種可接受的危險的觀念在機率災害評估上變得非常重要。

那對一個計畫而言到底是怎樣形式的地震才需要被考慮呢？對一個核電廠而言，人們也許希望其活動週期在 10000 年左右（即每年機率為  $10^{-4}$ ），當活動週期大於此時，在設計電廠時亟需考慮活斷層效應。而對一個垃圾掩埋廠而言，人們考慮的活動週期也許僅有 100 年（即每年機率為  $10^{-2}$ ），這種差異只因即使發生災害，垃圾掩埋廠所導致的影響較小。雖然我們在設計這些較危險性建築時能考慮到可能發生的最大地震災害，但這是一個不切實際的想法，舉例而言，當隕石撞擊地球時，可能產生巨大的災害，且過去每隔數百萬年即發生一次，這種撞擊的災害絕對是可能的，但我們在設計電廠時卻不會考慮此因素，即使實際上它可能遭受此災害。

這種可接受危險性的觀念也許與下面這個問題近似“到底多安全才算安全？”在這裡很重要的一點是這基本上不僅是技術

問題而是一個社會問題，許多科學家及工程師爭辯說不應該僅由他們來回答這個問題而沒有廣泛的社會參與責任的可接受度。

這種決定性災害的評估方法的好處是並不需要顯示與時間有關的參數像斷層活動率或滑動速率等。有一個對它有利的爭辯是這種速率的資料通常是沒有用的特別是那些相對之下較少被研究的區域，因此在此情況下地震或地質學家在針對一個特別的計畫時，決定地震規模有多大或地搖多大程度必須被考慮到時是站在至高無上的角色去做這種判斷。許多的使用者與客戶指出一個地質技術的團隊相較使用者或客戶（地質學家、地震學家及土木工程師）是有較好的條件去判斷甚麼是比較上較適合的標準或執照標準。另一個常被提到或默認的好處是政府政策或危險工廠的老闆他們不想單獨面對這種到底甚麼是適當的可接受性危險這種非常困難甚至政治上有爭議的決定。同時他們有時似乎希望鼓勵人民無知的相信危險幾乎等於零。

另一方面將災害評估加入時間的架構，大部分的機率分析可做有系統的細部分析，再做決定的每一步都可追蹤且回復，不確定性可以很清楚的被確定量化。也許有些個別的判斷者對決定性評估及機率性評估皆持批判的態度，但至少機率分析很清楚的告訴你這些判斷是如何產生的。有時會使用一種稱之為“專家系統”（expert judgment）利用由專家組成的團隊的意見放入一個系統中並將其公式化，同時數學家則做非常細緻的機率分析，這種分析也許會複雜到讓一些非數學家的使用者感到寧可將整個過程更公開明朗化，而不是將一些真實的危險隱藏在重要的假設且將整個的邏輯混淆在似乎是一個數學之霧中。毋庸置疑的機率分析的意圖應被明確其相對性，但有些危險必須被認識到即做出努力克服他們必須將整個過程對於最後使用者變得可以理解。

有時會迷失於決定性分析及機率性分析的爭辯中，但事實上此兩種技術最終皆依賴提供資料輸入時的良好判斷。由一個較有

智慧者所作的簡單的決定性分析也許較那些較不具智慧的專家所組成的軍團所蒐集的意見加上世界上最好的數學家所作的判斷更具真實性。就像 Reiter(1990)所說：科普勒是對的，當他提出地球繞太陽旋轉時，即使其他所有的人都不贊成。以下是 Reiter 對專家系統所作簡要的評斷：

地震災害評估的目的是要對一個實際的問題提供一個實際可行的答案。社會並沒有足夠充裕的時間去等待發現事實真正的答案。在這樣的限制下，毫無選擇地去建立一個必須小心翼翼使用的專家系統，其結果是依靠這些專家及分析的結果，並不能確定他們是用科普勒的眼光看這件事，反而僅是依靠一些庸俗意見，並指望這些分析即使證據都很明確，但仍有其限制之事實。

### 2-3-3 決定性評估:定義最大地震

決定性災害評估的核心從地球科學家的角度而言即是決定最大地震規模或在後續分析中所需要的地震規模。有時不只一個地震必須被注意；例如像主震震源附近的中度事件，每一個事件都有他工程上的意義。在遠離主震區域，其地表最大加速度愈來愈小。但在一個土壤場址或岸邊，當地搖愈久時則須十分注意。決定性分析方法最好說明的例子即是“最大可靠性地震”的觀念其意義就是在一個區域或一條斷層在現今的構造體系下可能發生的最大地震。對一個地質學家而言很容易明瞭現今構造體系並不容易定義，因此毋庸置疑在面對甚麼是最大可靠性地震時會有許多的爭議，特別是針對公眾注意的危險廠址。

### 2-3-4 地震資料的使用

Cornell(1968)的古典式地震災害分析主要強調地震資料特別是由儀器所觀測的資料。Gutenberg 及 Richters(1954)已經指出站在世界的角度而言，地震規模與頻率有系統性的關係，簡而言之，大一級地震規模的頻率與次一級地震規模的頻率大約相差十倍，

因此 Gutenberg-Rich 的地震再現關係可由下面這個式子表示

$$\text{Log}N=a-bM$$

N 是在一給定規模(M)下的地震數量

a 與 b 為常數代表地震活動程度小到大事件的比例

N 通常被正交化(normalized)對於一些單位面積或時間(像每年每 1000km<sup>2</sup>)，而 b 通常被轉化成大約為 1.0。再現週期曲線在最初常引起許多的注意，因為它似乎可以允許外插到較大的地震規模，若這個曲線真的是一條直線那麼我們就可做下列計算，利用幾年內從地震規模 3-6 的地震去描繪出它們的關係，然後外插到地震規模 8，我們就可以估計其再發生的頻率。

甚麼能導致更量化？甚麼能更簡化呢？事實上有許多的陷阱在解釋再發生曲線，有兩個明顯的問題存在(1)這個關係顯示，更大的地震會以較小的頻率形式發生，但實際上它有切斷點，即超過 9.5 級的地震不會發生，不幸的是地震資料本身對這個切斷點在何處發生並沒有提供任何訊息，但對於地震評估而言，較大的地震確是我們所關心的對象。(2)對頻率較低的較大地震做外插時的假設是基於這些資料在統計上代表了一個較長的週期，若存在極大的短暫的地震空隙，則將顯示這個假設是存在極大的問題。除非資料中至少包括兩個最大的地震事件，否則我們怎麼知道統計是有意義的。這點是極其重要的因為若有足夠的資料建立直線的關係，那它就保證了大事件再發生的週期。

另一方面，若資料來源夠長，覆蓋範圍夠大，一個在發生週期曲線也許有其真正預測的價值。但這種分析對大區域而言較為有用，但對於局部區域則並不實用。

一個典型基於再現週期所作的機率災害分析步驟如下，第一步，確定個別區域及地震斷層線源，第二步，基於已有的地震記

錄做出再發生曲線，並給出一個可能發生的最大地震，第三步顯示衰減曲線及相關的不確定性，而後利用計算的最大加速度，此加速度為規模與距離的函數，第四步針對特定區域及特定時間內，將第二及第三步的結果利用數學將其結合給出一條曲線能顯示出在某一個特定時間內，超過給定的最大加速度的機率。很重要的一點必須指出，這種分析不像決定性分析，任何小於最大地震規模的地震皆對災害評估產生影響。特別對較小的加速度而言。另外一點必須要注意的是，僅有在地質資料的輸入是明確給出其範圍及斷層線源，否則沒有資料能顯示斷層活躍的程度，除非從地震資料推論。這種評估最終產物是最大水平加速度在 50 年內，有 90% 的機率不會超過此值。這樣的分析主要作為區域性地震分區圖的基礎，這種圖也常被結合進區域建築法規中，圖是這種圖的另一種例子。由於這種形式的圖主要依靠歷史地震，因此較高地震災害區常隨著時間及再版時愈來愈寬，因為地震總發生在原先不期望發生的區域。另一種也是從再發生曲線所推演出的地震災害圖但加上地質資料，雖然這種技術潛在上有著能分析個別地震構造區的能力，但它與其他方法一樣，都是假定相對較短的記錄能代表長期的趨勢。

#### 2-3-5 地質資料的使用

機率災害分析的主要目的在於決定一個特定區域的某一特定斷層在兩個較大地震間的平均再發生間隔，這種結果當然可以被直接使用於推論在最近的未來再發生相同事件的機率，特別是當我們知道上一次類似事件發生的時間。然而從地質的野外觀察很難有很多史前地震被證實及定年而足夠精確到被提供一個有效的平均長週期再發生間隔，而歷史地震的記錄也不足夠長到做這種決定，特別是對一個人們關心的較大事件之災害分析。但不同的是，地質學家提供的是一個斷層的長期滑動速率，滑動速率的計算是以有足夠的時間間隔去包含幾個特性地震。

理想上斷層滑動速率透過簡單的代數關係可被轉化成再發生間隔(Time interval of reoccurrence, TR)；

$$TR=D/V$$

TR 是平均再發生間隔

D 是每個事件平均滑移量

V 是長期的滑動速率

然而有幾個重要的假設存在這個看起來很直接的關係中。而這些假設都有爭議，(1)它假設特性斷層的模式，即有類似大小的最大規模地震。(2)它假設D可被從特性斷層規模中得到，一個適當的規模被歸因於這些事件，且它假設斷層規模與斷層位移之間是一種單值關係；(3)它假設所有的地表滑移皆是特性斷層的表現，且沒有較小滑移；(4)它假設彈性回跳的基本教義，地震假設會週期性發生當應變規模達到時。

#### 2-3-6 警告性的結論

地震災害的評估基本上是一種預測的科學，即預測未來地震發生的可能性及影響。任何這種嘗試都充滿了使用模式中包含大量的不確定性的危險，甚至這些不確定性也許遠超過我們過去所認知的，溯源回彈性回跳理論建立的時間，這種破裂模式的建立是基於應變會系統性累積，應變的釋放與時間有關且會在地震發生時突然釋放這種簡單的概念，但最近對大地震詳細研究顯示，利用新一代的地震儀最近已經證實破裂過程的複雜性遠超過我們曾面對的，每一個地震都與其他地震的差異性也遠超過我們的想像。特別是每個斷層的摩擦阻力的物理性質仍然充滿了未知，也許一些混沌(Chaos)理論的概念更適合於簡單的與時間有關模型。且即是破裂的物理過程我們完全了解了，斷層在地下的地質複雜性，特別是逆斷層區域也遠超過我們想像的。

但這些並不意味我們現在的災害評估是沒有意義的，而是建議我們對評估結果的信心不要過度計算。就像地震災害分區圖會隨著大地震的發生愈來愈大，地震複雜性愈來愈增加時也提醒我們也許對存在模式的信心也過度估計了，這個警告式的結論是我們必須對災害評估結果更保守，特別是那些發生危險時會造成重大傷亡的危險結構的評估，當然增進地震災害評估的量化及其真實性與可用性仍然充滿了挑戰。

## 2-4 遠距教學

### 2-4-1 建構主義學習理論

Simons (1993) 指出建構的學習具有六個核心的特徵：(1) 主動的；(2) 建構的；(3) 累積的；(4) 目標導向的；(5) 對話的；(6) 省思的。而 Kintsch (1993) 指出在建構主義的觀點中，教學設計應該尋求新的方法，以鼓勵和支持學習者自己去嘗試新知識的解釋、重新建構和使用。因此，在建構主義的理論架構下，進行教學設計時應該特別注意四點：

建立適合發展合作關係的學習環境，使學習找出透過同儕間的討論而得到知識的真正意義。

設計出符合學習者真實世界範例與問題的學習任務。

設計可適用於各種內容學習工具，以便教師發展教學內容。

設計學習訊息，且必須具彈性，能適應學習者的需求。

### 2-4-2 遠距合作學習環境

遠距學習中有三種重要的互動型式：1.學習者和教學內容的互動、2.學習者和教學教材的互動、3.學習者之間的互動。傳統的電腦輔助學習通常只能顧及第一種互動，如果一個遠距教學環境只能做到在遠端取得教材，就仍然侷限於此種形式。以電腦網路



為基礎的學習環境則可以同時包含這三種學習方式，對第三種模式的開發尤其重要，因為它代表一種極為重要的學習方式：同儕之間的「合作學習」(陳昭秀、周倩，民84)。

所謂的合作式學習必須能提供較高的平等性和相互性。當平等性較高時，學習者較願意和群組互動，資訊的流動是雙向的，形成一種較開放且較少恐懼的學習環境。而當相互性較高時，群組具有較高的支持作用，學習者在其中學得較深的見識和了解。從這種觀點，Hopper (1992) 指出了合作式學習需要小組內的學習者加入一合作的工作結構 (task structure)，以及一合作獎勵結構 (incentive structure)，並共有一個合作動機 (motive) 來產生合作形態。大部分的合作學習的目標都在充分利用合作的行為來增進相互性，強調正面的相互依賴 (positive interdependence)。

由基本素材連綴建構一套有組織的知識，本身就是種重要的學習策略。配合網路上豐富的學習資源，我們認為，一個理想的網路化建構式合作學習環境應包括以下數項要點：

給學生一個專題去探討，並強調其蒐集證據與推論的過程。

儘可能提供豐富詳盡的課程和學習內容，包括自行發展的教材，並提供學生在網路上尋找補充素材的指引。

鼓勵學生嘗試不同的思考途徑。

鼓勵學生以他們既存的知識和經驗去瞭解學習的內容與環境。

鼓勵學生討論、思考、辯論和合作學習，並透過結構式的對話工具使彼此的知識能整合為一體。使學生之間的討論不但豐富而更具有深度，在溝通過程中充分發揮，實現以問題導向 (Problem-Based Learning, PBL) 為基礎的合作教學。

### 2-4-3 JSP 在教學上的應用

JSP，其為「Java Server Pages」的簡稱，大體而言，JSP 是副檔名為「\*.jsp」的一種檔案類型。在這類檔案的內容中包含了 HTML 的語法及 Script 程式碼。當伺服器端從一個 JSP 檔中接收到使用者端的要求時，JSP 檔中的程式碼會依照使用者端的需要，經過伺服器加以編譯後產生一個新網頁，並傳送到使用者端的電腦上。如圖(2-5)所示。

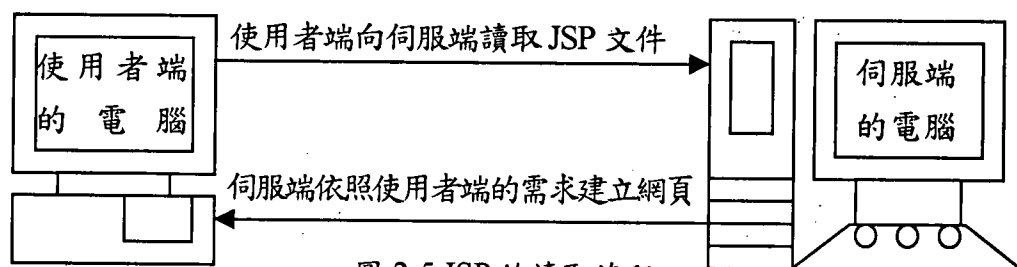


圖 2-5 JSP 的讀取流程

這也就是說，JSP 並不是一種程式語言，而是一種程式「編譯」(Compelling)的技術，它可以整合網路服務器與其他元件，並且還包含了資料庫(Database)的整合。簡而言之 JSP 便是提供了一個在伺服器端執行指令的環境，這些指令包括了 Jscript 描述語言，Java 編譯語言，HTML 的語法，以及資料庫語法等。因此我們可以利用這些技術，做出功能強大的互動式網路教學系統了。

依現今網路應用程式的發展來看，我們要建立一個互動式的網頁就可以依賴 JSP，然後從後端的資料來源，這個來源可能是一個資料庫甚至是一份純文字文件，進行前端（使用者端）和後端（伺服器端）之間的資料處理。以例子說明：一位老師想要查詢學生「徐小豪」的學習成績，而於前端瀏覽器的「學生成績查詢系統」的畫面輸入「徐小豪」，按下「送出」或「確定」(submit) 鈕，前端便會將這個查詢的需求送到後端的網路伺服器，而由這個伺服器端中 JSP 去分析使用者的需求，再到資料庫中搜尋出符合這個需求的資料，並將這個資料結果以網頁的文件格式再傳回

到前端，而顯示在使用者的瀏覽器中。

使用 JSP 的技術於電腦在教育上的應用可以有以下三個優點：

第一，互動性高：以往我們在網路上可以看到不少線上的電腦輔助教學軟體，但這些線上的教學軟體大多只能讓學生進行自我學習的活動，但是並不能將學生學習的成果記錄下來，如此一來老師便無法透過這個線上教學系統去瞭解學生的學習狀況為何，以便老師日後教學以及改進之用。如果我們透過 JSP 技術，可以將我們所需要瞭解學生的那些學習狀態和資料記錄下來，如此我們便可以很輕易的瞭解學生狀態如何，必要時還可以利用這些學習記錄，進行數值分析。另外在師生之間的互動與交流之中，JSP 也可以扮演相當重要的角色，在網路上的師生互動可分為非即時性互動和即時性互動。所謂的非即時性互動就是使用類似留言板的系統，學生可以將自己遇到的問題貼於板上，而老師則在不固定時間內看到學生所提出的問題並加以解答再回貼板上。這種方式可以減少老師重覆解答相同問題的時間。另外所謂的即時性互動就是類似線上聊天室的系統，老師和學生可以在同一固定的時間，一起進入聊天室，給予正面或負面的評論亦或是回答其所提出的問題，也可以立刻瞭解學生的現狀如何。

第二，易於使用及維護：剛才我們曾提及 JSP 不僅可以在網路上查詢、新增、更新和刪除學生的學習資料外，還可以製作如留言板和線上聊天室等可以師生互動的系統。JSP 可以使網路設計人員在伺服器端開發動態、互動性、高效率的網路應用程式時更加的簡單、容易維護。

第三，系統內容之安全性高。JSP 文件本身並不是一個網頁資料文件，也就是說這個檔案並不會將所有的資料內容完全呈現出來，而是一個過渡頁面(meta-page)檔。JSP 檔案裡面的語法和

程式碼是用來產生瀏覽器能夠解讀的網頁，若有使用者在瀏覽這個 JSP 檔內的網頁後，使用瀏覽器功能表裡的「觀看原始碼」的功能時，是無法看到 JSP 檔內的所有內容，使用者只能看到已經透過對方伺服器端處理過後的網頁資料而已，所以如果自己的程式碼不想讓使用者知道，那麼透過 JSP，使用者根本就沒有機會知道於伺服器主機中的 JSP 原始碼的內容到底是什麼了。例如教師設計了一個線上學習系統，但是並不想讓學生知道教師的評定成績方式是如何，甚至在網路考試時，不想讓學生知道答案，那麼使用 JSP 就是個好方法。所以 JSP 具有保護原始程式碼的能力，這對智慧財產權的維護上有很大的幫助。

## 2-4 地震相關名詞解析

地震生成(Seismogenesis)原因為何？

地震生成的原因錯綜複雜，至今仍未完全瞭解。一般而言，產生地震的重要因素，包括板塊之間的撞碰、火山噴發、斷層活動、礦物結晶排列之相變、隕石撞擊及核爆等。其中又以板塊運動所造成之地殼變動為主。

由於板塊是堅硬岩石圈的一部分，因此在其邊緣兩個板塊相互碰撞的地區即產生相當大的應力；當此應力超過了岩石所能承受的強度時，岩石即產生破裂錯動，而這種錯動會在瞬間釋放巨大的能量，並產生彈性波—地質學家稱之為地震波，當地震波傳達到地表時，所引起大地的震盪這就是地震。板塊運動為地震創造了良好的生成條件；首先就淺層地震而言，各個板塊的邊界本身就是巨大的斷層，一旦板塊因相互運動形成足夠的應力時，斷層即產生不穩定的滑動，因而引發大地震。這類地震的例子多得不勝枚舉，而且一再重演，臺灣的台東縱谷、美國加州地區及日本關東地區即為明顯的例子。就深層地震而言，由於板塊運動將

地表岩石運送到地表下數百公里的位置，使原本較為寬鬆的礦物結晶排列受到高壓、高溫的作用，重新排列為較高密度的物理相，這種快速的相變就是深層地震生成的原因。

何謂斷層(fault):斷層的基本定義為地下岩層發生斷裂，在斷裂面(斷層面)的兩側有相對運動而移位，則此斷裂謂之斷層。若斷層面呈接近垂直之位態，斷層面兩側岩層互相移位，則為平移斷層(strike-slip fault)，若斷層面位態為傾斜，斷層面上方之岩層謂之上盤(hanging wall)，斷層面下方之岩層謂之下盤(foot wall)，上盤相對下盤有向下之移位謂之正斷層(normal fault)，上盤相對下盤有向上之移位謂之逆斷層(reverse fault)，另外斷層面傾角小於45度之逆斷層稱之為逆衝斷層(thrust)，一般而言，逆衝斷層之水平位移可達數十公里，造成集集大地震之車籠埔斷層就是一低角度逆衝斷層。斷層面若往上延伸到達地面，則地面與斷層面之交線即斷層出現在地面的痕跡。如果斷層面的傾角接近90度，則出現在地面的斷層線近於直線。若斷層面之傾角變小，加上地形面高低起伏之效應，則斷層線常隨地形轉折成曲線，傾角愈小，曲折愈甚。

活斷層(active fault):活斷層的定義隨不同國家與地區及不同學者而有不同，通常以斷層的活動年代與其活動度來認定，例如：美國加州政府是以全新世( $\pm 11,000$ 年)內活動過者為活斷層，而美國原子能委員會則有更嚴格的規定。日本活斷層研究會則認為在第四紀內曾經反覆活動者為活斷層。臺灣活斷層(活動斷層)的認定準則是晚更新世(12.5萬年)以來，有證據顯示曾活動過，且未來可能再度活動的斷層。目前就現有的地震和地質兩方面的資料而言，在構造運動高活動區，皆顯示地震重複發生的時間間隔較短，因此位於構造運動活躍區的台灣對活斷層之認定應較嚴謹，並以較短時距為宜。此外，在台灣的低矮丘陵地帶普遍可見紅土緩起伏面(LH)的分佈，依據推測該面之形成時代約為十

二萬五千年前。因此，若無明顯的定年資料依據，則紅土緩起伏面被錯移與否，應可做為判斷活斷層之指標。所以將台灣地區的活斷層活動之時間上限定義為十二萬五千年有其實際應用之考量。大體而言，一般社會大眾對自然災害，如颱風和地震強度的分級制度已習以為常，故斷層之分類也採用分級方式，並隱含斷層活動年代之遠近；由於學術界通用之名詞以採用地質時代分類為宜，因此，活斷層分為全新世活斷層和晚更新世活斷層，以之與一級活斷層和二級活斷層相呼應。本分類中之一級活斷層和二級活斷層相當於中央地質調查所報告書中之第一類活動斷層和第二類活動斷層。至於第三類活動斷層和存疑性活動斷層則歸納為存疑性活斷層，表示這類斷層之活動性有待詳加調查，以便未來將其明確歸類。

何謂第一類活動斷層？

凡符合下列任一項者皆可視為第一類活動斷層：

1. 全新世（10,000 年內）以來曾經發生錯動之斷層。
2. 錯動（或潛移）現代結構物之斷層。
3. 與地震相伴發生之斷層（地震斷層）。
4. 錯動現代沖積層之斷層。
5. 地形監測證實具潛移活動性之斷層。

臺灣地區的第一類活動斷層有苗栗縣獅潭斷層、神桌山斷層，台中縣的屯子腳斷層，嘉義縣的梅山斷層，台南縣的新化斷層，花東縱谷地區的美崙斷層、奇美斷層、玉里斷層和池上斷層。921 集集大地震所引發之車籠埔斷層活動，原歸為第二類活動斷層，現則確定為第一類活動斷層。

何謂第二類活動斷層？

凡未符合第一類活斷層之認定準則，但符合下列任一項者皆

可視為第二類活動斷層：

1. 更新世晚期(125,000年)以來曾經發生錯動之斷層。
2. 錯移階地堆積物或台地堆積物之斷層。

車籠埔斷層簡介:根據經濟部中央地質調查所所出版之臺灣活動斷層一書,車籠埔斷層原被歸為第二類活動斷層,921集集大地震係因車籠埔斷層發生錯動所造成,因此可以重新確認為第一類活動斷層。車籠埔斷層之斷層形態為低角度逆斷層,斷層上盤露出上新世的錦水頁岩和卓蘭層,下盤露出更新世的頭嵙山層和現代沖積層。斷層出露範圍,北自大安溪南,南至濁水溪以南,斷層帶一路通過豐原、潭子、太平、大里、霧峰、中興新村、草屯、南投、名間、竹山等,這些鄉鎮東側的麓山帶與平原的交界處附近即是車籠埔斷層活動所在。

土壤液化(liquefaction):在河岸、海岸、及舊河道的砂質地或海埔新生地,砂質土壤的含水量通常較高,因此在較強規模的地震發生時,這些地方被地震激烈搖晃後,砂粒間的孔隙水壓上升,導致顆粒之間的結合力會減少甚至消失,使砂和水混合成泥漿般之液體。因此蓋在其上的建築物便會失去承載上部結構物的能力,因而地基錯裂甚至沈陷。如果砂土的孔隙水壓過高,砂土泥漿也會從地層縫向外衝出,形成所謂的噴砂現象。1935年的新竹台中地震、1941年的嘉義地震及1951年的花蓮及臺東縱谷地震等,都發生噴砂現象。1999年921集集大地震也造成台中、彰化、雲林及南投等縣市,產生土壤液化,其中以彰化縣員林鎮最為嚴重。

何謂地震規模(magnitude)與震度(intensity)?

規模是用以描述地震大小的尺度,由地震波的最大振幅或總振動長決定,係依其所釋放的能量而定,以一無單位的實數表示,目前世界所通用的地震規模為芮氏規模( $M_L$ ),乃美國地震學家

芮氏(Charles Richter)於一九三五年所創，除了芮氏規模( $M_L$ )外，尚有體波規模( $M_b$ )及表面波規模( $M_s$ )。體波規模是根據體波之振幅及週期而定，表面波規模是根據表面波振幅及週期而定。如果以轟炸日本廣島的原子彈作為比較的標準來看，規模 8.2 的地震，它的能量相當於一千個同類型原子彈的能量。震度是表示地震時地面上的人所感受到震動的激烈程度，或物體因受震動所遭受的破壞程度。現今地震儀器已能詳細描述地震的加速度，所以震度亦可由地動加速度值來劃分，地動加速度用伽爾(gal)表示，加速度 1 公分/秒<sup>2</sup> = 1 伽爾，地表的平均重力加速度約等於 980 伽爾，這個名稱是為紀念義大利之物理與天文學家伽利略(Galileo Galilei)。根據中央氣象局地震即時測報網收錄資料，各地震度以最大地表加速度值(PGA)表示。南投即時測報站之紀錄水平最大地表加速向值達 973 gal，造成極大之災害。地動震度級以正的整數表示之，如下列地震震度分級表。



交通部中央氣象局地震震度分級表(八十九年八月一日公告)

震度分級		地動加速度範圍	人的感受	屋內情形	屋外情形
0	無感	0.8gal 以下	人無感覺。		
1	微震	0.8~2.5gal	人靜止時可感覺微小搖晃。		
2	輕震	2.5~8.0gal	大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來。	電燈等懸掛物有小搖晃。	靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短。
3	弱震	8~25gal	幾乎所有的人都感覺搖晃，有的人會有恐懼感。	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺。	靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃。
4	中震	25~80gal	有相當程度的恐懼感，部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒。	房屋搖動甚劇烈，底座不穩物品傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害。	汽車駕駛人略微有感，電線明顯搖晃，步行中的人也感到搖晃。
5	強震	80~250gal	大多數人會感到驚嚇恐慌。	部分牆壁產生裂痕，重傢俱可能翻倒。	汽車駕駛人明顯感覺地震，有些牌坊煙囪傾倒。
6	烈震	250~400gal	搖晃劇烈以致站立困難。	部分建築物受損，重傢俱翻倒，門窗扭曲變形。	汽車駕駛人開車困難，出現噴沙噴泥現象。
7	劇震	400gal 以上	搖晃劇烈以致無法依意志行動。	部分建築物受損嚴重或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移位或摔落地面。	山崩地裂，鐵軌彎曲，地下管線破壞。

註：1gal = 1cm/sec<sup>2</sup>