

# 山腳斷層

■ 陳文山

山腳斷層的活動是構成台北盆地的主要因素，斷層在陸上全長約 35 公里，在地下呈一朝東南的斜面，深入地下深處而逐漸轉平。

觀察台北盆地的地質，發現過去 50 萬年來山腳斷層應已發生數百次的大地震。

台北盆地人口占全國總數的 1/3，約 700 ~ 800 萬，盆地面積約 240 平方公里，人口密度為每平方公里約 30,000 人，是世界各國都會區中人口密度較高的城市之一。近 30 年來，氣候急速暖化，自然災害頻繁，因此各國對都會區的各種災害防治措施都特別重視。

自然災害往往在短時間內就造成重大傷亡，必須有萬全的預防措施才能降低災損。自然災害包括山崩地滑、土石流、洪水、地震、海嘯、火山等。其中以地震造成的傷亡最為重大，原因是其不可預測性，且發生時間僅數分鐘，幾乎沒有預警時間，當警覺到危險時災害已經發生了。因此地震防救政策對於處在地震帶的都會區絕對是優先的課題，必須有積極的因應措施。

## 台北盆地地質

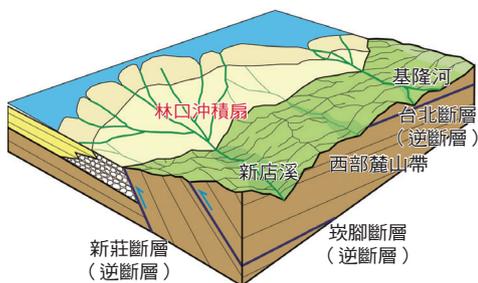
台北盆地屬於山間盆地，前身是造山運動產生的山脈。約 100 萬年前，台灣北部造山運動停止後轉為後造山時期，地殼由擠壓轉變為伸張作用，台灣北部便進入拉張的構造環境，地殼呈現張裂、沉陷狀態，約在 50 萬年前形成了台北盆地。

地殼張裂時會產生正斷層，與造山擠壓產生逆斷層的作用相反。這作用就在台灣北部形成了山腳斷層（正斷層），斷層上盤產生沉陷作用讓山脈逐漸降低，乃至產生了盆地。源自山脈周圍的河川匯流進入盆地中，當氣候進入冰河期冷乾環境時，就成為乾涸的盆地；若氣候進間冰期的暖溼環境，就形成湖泊。50 萬年以來，台北盆地就在氣候變遷下數度成為湖泊。

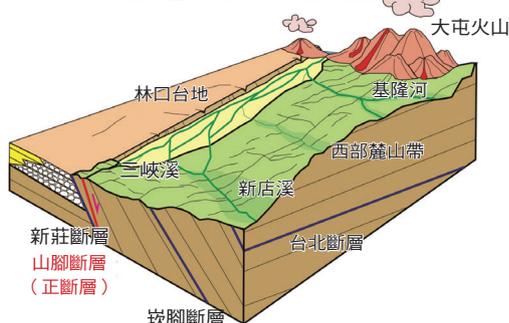
數百年前，台北盆地還處於潮溼的沼澤溼地與湖泊環境中，只因近百年以來人類積極開發，至今才發展成為居住近 800 萬人口的都會區。

**各種自然災害中以地震造成的傷亡最為重大，原因是它的不可預測性，且發生時間僅數分鐘，幾乎沒有預警時間。**

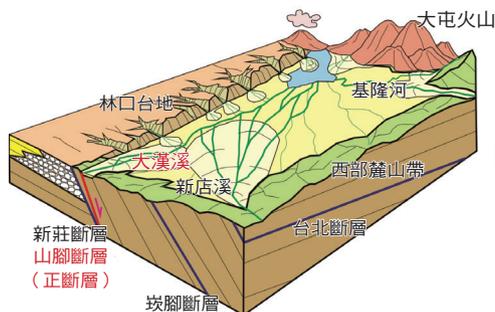
(a) 更新世 (1 百萬年以前的造山時期)



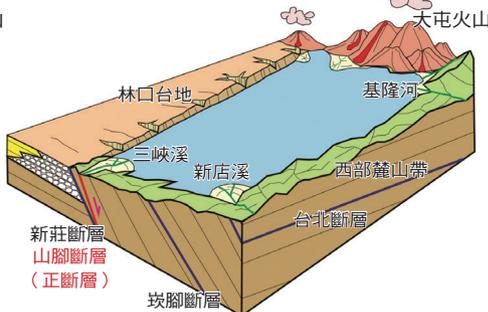
(b) 晚更新世 (1 百萬年以後的後造山時期)



(c) 晚更新世 (冰河期冷乾氣候)



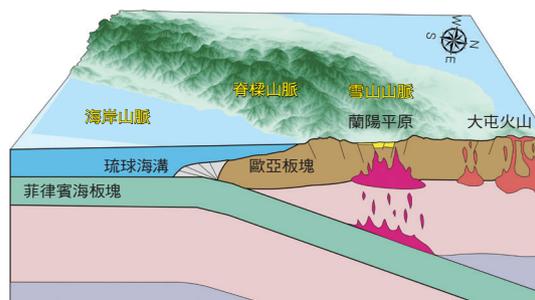
(d) 晚更新世 (間冰期暖溼氣候)



(a) 100 萬年以前的造山運動時期，地殼呈現擠壓狀態；(b) 100 萬年以後的後造山運動時期，地殼呈現拉張狀態；(c) 晚更新世的冰河期，屬於冷乾的氣候環境；(d) 晚更新世的間冰期，屬於暖溼的氣候環境。

地殼拉張作用產生的正斷層可深入地下約 10 ~ 30 公里，因此引發的地震屬於淺層地震。但是，台灣北部還另外處在菲律賓海板塊朝北隱沒到歐亞板塊下的構造環境，大台北都會區恰好位在隱沒帶的上方，隱沒帶深度約在 120 ~ 200 公里處，震源大都發生在 100 公里以下的深度，屬於深層地震。

台北盆地除了受大地震的威脅之外，另一地質結構也會伴隨地震而讓地震災害加劇，那就是盆地地形以及盆地表層堆積約 200 至 50 公尺厚的含水鬆軟沙泥層。這種地質結構在大地震時會讓表層 20 公尺的沉積層產生液化現象，造成地基掏空導致建築物傾斜或倒塌。此外，盆地地形會使地震波



菲律賓海板塊朝北隱沒到歐亞板塊下，在宜蘭地區形成火山弧，在大台北地區因地殼張裂，造成地殼解壓熔融成岩漿也形成火山。

產生放大效應，使建築物搖晃程度變大且時間變長，加劇建築物的破壞。因此，台北盆地的地震災害大部分可歸因於地震波放大效應所造成的影響。

## 山腳斷層的活動

山腳斷層的活動是形成台北盆地的主要因素，斷層位在台北盆地西側與林口台地接壤處，從樹林朝東北沿著台地崖坡下至蘆洲—關渡，再從北投經竹子湖後沿北磺溪河谷至金山平原北側入海，陸上全長約 35 公里，東北海域中還可以延長至少 80 公里。斷層在地下呈一朝東南的斜面，深入地下深處逐漸轉平。

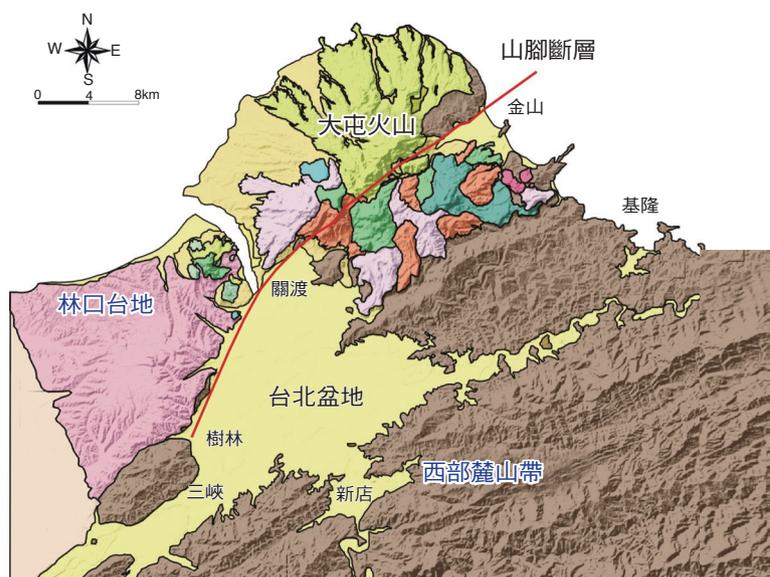
當地殼受壓時，能量會累積在斷層較粗糙面上（或凸起處），但是地質學家至今還不太了解地下深處的斷層特性，這是地震還無法預測的原因之一。

但是經長期觀察地表斷層結構與活動行為以及地震特性的研究結果，地質學家發現斷層活動的行為有兩種形式。一是潛移式，也就是時時刻刻在移動，深部斷層帶中不會累積太大的能量，因此不會發生較大規模的地震。另一是鎖定式，平時地表斷層不會產生活動，因此斷層帶會持續地累積能量，一旦斷層無法承受力量時，就會產生滑移並以地震方式釋放出累積的能量，這種形式的斷層通常會引發較大的地震。

大部分斷層都屬於鎖定式，山腳斷層就屬於這種形式的正斷層。觀察台北盆地的地質，發現盆地至少已下陷了六百多公尺，以此推之，過去 50 萬年來山腳斷層應該已發生數百次以上的大地震。

## 台北盆地的歷史地震

在歷史紀錄中，鄰近台北盆地曾發生兩次造成重大災害的大地震。一是 1694 年



大台北都會區地質，山腳斷層位在台北盆地西側，由樹林至關渡經大屯火山至金山。

4 月 24 日至 5 月 23 日（康熙 33 年 4 月）間，地震造成麻少翁社（士林）陷入基隆河。另一是發生於 1909 年 4 月 15 日的強震，地震規模 7.3，震源深度約 80 公里，造成死亡 9 人，傷 51 人，房屋全毀 122 間，半毀及破損 1,051 間的慘劇。

1909 年地震的震源估算約 80 公里深，但由於一百多年前的儀器以及可蒐集的資料較少，估算的深度可能較不準確，但可確信是屬於深層地震。另從深度分析，推測那次地震應是菲律賓海板塊隱沒帶產生的。由於震源深度較深，且當時台北盆地居住的人口非常少，建築大多是木造房屋，因此造成的災害較低，是不幸中的大幸。

在 19 世紀即將謝幕之前，偵測地震的儀器還未發明時（第一台地震儀於 1880 年

**當地殼受壓時，能量會累積在斷層較粗糙面上（或有凸起處），但是至今還不太了解地下深處的斷層特性，這是地震還無法預測的原因之一。**

發明)，僅能以主要災區位置及地表變動情況推測震央位置，再推測引發地震的斷層。

依據郁永河〈裨海紀游〉記載 1694 年地震之後的情形：「甲戌四月，地動不休，番人怖恐，相率徙去，俄陷為巨浸。距今不三年耳。指淺處猶有竹樹梢出水，麻少翁（台北士林）等三社界址可見。」由這些敘述，顯然地震當時士林地區可能發生沉積層液化或岩盤下降而導致地面沉陷，瞬間被基隆河水淹沒，之後只見竹梢露出水面的情景。

另據推測，若震央是在鄰近區域，其規模應在 6 以上，在台北盆地西側沿淡水河與基隆河區域發生大規模的沉陷。從現今活動斷層分布位置來看，鄰近台北盆地的斷層僅有山腳斷層可能發生如此震度的地震。若是山腳斷層（正斷層）發生的地震，也吻合在接近斷層的上盤區域產生大規模的岩盤沉降以及沉積層液化現象。

從山腳斷層的结构來看，斷層從樹林朝東北延伸至金山外海，斷層面朝東南傾斜，淺層角度約 60 度，深層角度未知。依這結構，斷層面延伸至台北都會區之下，因此震源區域很可能位在都會區下方。日本稱這種發生在都會區下的地震為「直下型地震」，地震波會立即衝擊上方都會區，往往造成非常重大的災害。

未來，一旦山腳斷層發生規模 6.5 以上的大地震，其震度必然在 6 至 7（震度 6 的地動加速度是 0.25 ~ 0.40 G），屬於烈震至劇震程度，台北盆地必會產生嚴重的災害。況且，1999 年之後，大台北都會區與高雄都會區建物的地震安全係數僅提升到 0.23G，比全台其他地區（0.33 G）都低。以目前大台北都會區的地震安全係數而言，僅能抵抗震度 5（0.08 ~ 0.25G）的地震。



山腳斷層朝台北盆地下延伸，引發大地震的震源區可能位在盆地的正下方，震波會直接且快速衝擊大台北都會區。

就地震防災觀點而言，山腳斷層屬於活動斷層（目前還沒有地震周期的資料），且鄰近人口密度高達每平方公里 30,000 人的大台北都會區，地震安全係數理應高於或相當於其他區域的 0.33 G。

山腳斷層活動至今至少已有 50 萬年，且歷經了數百次以上的大地震，也造就了今日 800 萬人口居住的台北盆地。1694 年與 1909 年曾經發生重大的地震災害，未來也必再發生。雖然至今地質學家還無法預測大地震，但政府仍應做好防救災的準備與訓練，以及制定相關政策。

日本常張貼著一句警語「災害總是在忘記的時候才來」，這個口號也適合提醒我們該時時警惕大地震的到來。

陳文山  
臺灣大學地質科學系