



台灣地理百科

45

台灣 的 斷層 與 地震

台灣大學地理環境資源學系教授 王鑫◎推薦
財團法人九二一震災重建基金會執行長 謝志誠◎推薦
蔡衡、楊建夫◎著



就在我們腳下
祕密地進行著板塊與板塊間的角力戰
時而和緩 時而激烈
誰也不知蘊含的力量何時會爆發
唯有認識台灣的自然環境
才能學習與它融洽相處



臺灣的斷層與地震/ 蔡衡, 楊建夫著. -- 第一版. --

臺北縣新店市 : 遠足文化, 民93

面 : 公分. -- (臺灣地理百科 : 45)

參考書目 : 面

ISBN 986-7630-31-9 (精裝)

1. 地震 - 臺灣

354.492

93003650

台灣地理百科45 台灣 的 斷 層 與 地 震

推 薦
作 者
攝 影

衛星影像

插 畫

總 編 輯
副總編輯
主 編
美術主編
編 輯
美術助理編輯
特約執編
校 對

社 長
發行人兼
出版總監
創業夥伴
顧 問
出 版 者
編 輯 部

客服專線
網 址
法律顧問
印 製

王鑫、謝志誠

蔡衡、楊建夫

蔡衡、楊建夫、任家弘、黃丁盛、吳麗雯、黃安勝、賴佩茹、
王鑫、沈文台、邱瑞金、廖俊彥、林文智、宋聖榮、曾國棟、
袁千蘋、胡文青、魏秀玲、廖泰基、楊惠敏、黃兆慧、張運宗、
王永泰、黃光瀛、吳淑華、陳雨嵐、葉品妤、蔡曉峰、
連志/路透社、經濟部中央地質調查所

本書衛星影像經由 SPOT IMAGE S.A. 授與國立中央大學太空及遙
測研究中心特許權複製 (COPYRIGHT©2003CNES)

陳豐明、吳淑惠、王鵬銘、陳怡如、金炫辰、柯怡綸、林姚吟、
王顧明

陳雨嵐

胡文青

吳麗雯、賴佩茹

吳雅惠

楊惠敏

黃珍潔

陳怡如

余素維

郭重興

曾大福

賴漢威、楊基陸、趙秀雀、周秀梅、黃圓、黃樹錚、楊宗河、
黃德強、陳振楠

遠足文化事業股份有限公司

231 台北縣新店市中正路 506 號 4 樓

電話 : 02-22181417

傳真 : 02-22188057

E-mail : walkers@sinobooks.com.tw

郵撥帳號 : 19504465

0800221029

<http://www.sinobooks.com.tw>

華洋國際專利商標事務所 蘇文生律師

成陽印刷股份有限公司 電話 : 02-22651491

定 價 400 元

第一版第一刷 中華民國 93 年 04 月

第二版第一刷 中華民國 94 年 05 月

ISBN 986-7630-31-9

© 2004 Walkers Cultural Print in Taiwan

版權所有 翻印必究

本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回更換

45

台灣地理百科

台灣的斷層與地震

Taiwan



蔡衡

楊建夫◎著



遠足文化
Wonders Culture

【作者序二】

學習是了解的開始



地震是曾居住過台灣的人共同的經驗，其中最具震撼性的，莫過於 1999 年 9 月 21 日的九二一大地震了。這場世紀浩劫，讓全台灣居民共同見證了大自然的毀滅力量。

目前已知地震的發生與活動斷層的關係非常密切，過去筆者在教學上，往往借助國外書籍上提供的相片，作為輔助說明的教材，但九二一大地震於地表遺留下許多的特殊景觀，提供了教學與研究上寶貴的資源，例如位於埤豐橋附近大甲溪河床的錯動，以及清水溪遭堰塞形成的草嶺潭等，均為世所罕見。筆者也慶幸保留並記錄許多地震當時殘破的景象以及地表的變形，讓未曾親眼目睹此劇變人士，也能有完整的印象。

適逢遠足文化出版公司發行【台灣地理百科】系列叢書，在楊建夫君推薦下，隆情邀約筆者撰寫《台灣的斷層與地震》一書。鑑於該主題涵蓋領域甚廣，且各有專精，筆者自揣學識不足，然而盛情著實難卻，只好勉力為之。

本書內容除整理相關之平日授課內容，綜合學界新近研究成果，並以通俗淺顯文字集結成冊。希望本書的出版，除了讓讀者對地震多一分認識，提高防災的意識外，也能更加惜福，珍重我們的環境以及所擁有的一切。唯學海無涯，筆者才疏學淺，謬誤在所難免，亦請各方先進不吝指正，使本書更臻完善，發揮其大眾教育的功能。

蔡 維

2004 年 1 月 28 日於彰化



了解可免於恐懼

地震是地球上普遍的自然現象，威力強大的地震常帶來慘重的傷亡，令人恐懼。寶島台灣位於環太平洋地震帶上，全島居民都有過地震來襲的可怕經驗，尤其在近百年來發生數次規模 7 以上的超級烈震，每次都造成巨大災害。

還記得九二一大地震嗎？筆者住台中，於 1999 年 9 月開始博士班最後一學年的衝刺。當年 9 月 20 日是週日，接近午夜時趕回台大準備教材與撰寫博士論文，由於熬不住車途勞累，約略在一點半就打地鋪睡在研究室。沒多久，即因感覺到一陣劇烈的上下震動而驚醒，接著前後左右猛烈搖晃了許久才停了下來。緊接著停電，筆者跑出研究室遇到其他學弟們，大家全都滿臉疑懼。在停電、行動電話又不通的情況下，完全不知外界訊息。這時有位學弟打開收音機，從而得知震央在中部，且台北有棟大樓發生嚴重震災的消息。筆者一聽：這還得了，台北都震得這麼厲害了，接近震央的台中豈不毀天滅地？

聽到收音機陸續傳來各地的災情消息，除了台北外，多集中在台中與南投兩地，心中非常為台中的家人擔憂。後來聯絡上新竹岳母家，得知台中家人安然無恙的消息，才稍微寬心。隔日回台中途中，聆聽警廣播報地震災情，在豐原、大里、東勢、竹山等地均有許多大樓倒塌，震央附近

暨南大學的學生們，則因中潭公路被震斷而受困學校，無法立刻離開災區。返家兩天內又碰到了二次規模 6 以上的強大餘震，劇烈的搖晃讓人恐懼不安，於



是在安撫妻兒情緒，並與家人商量後，認為台中不安全，隨即收拾家當投奔未傳出災情的新竹岳母家。

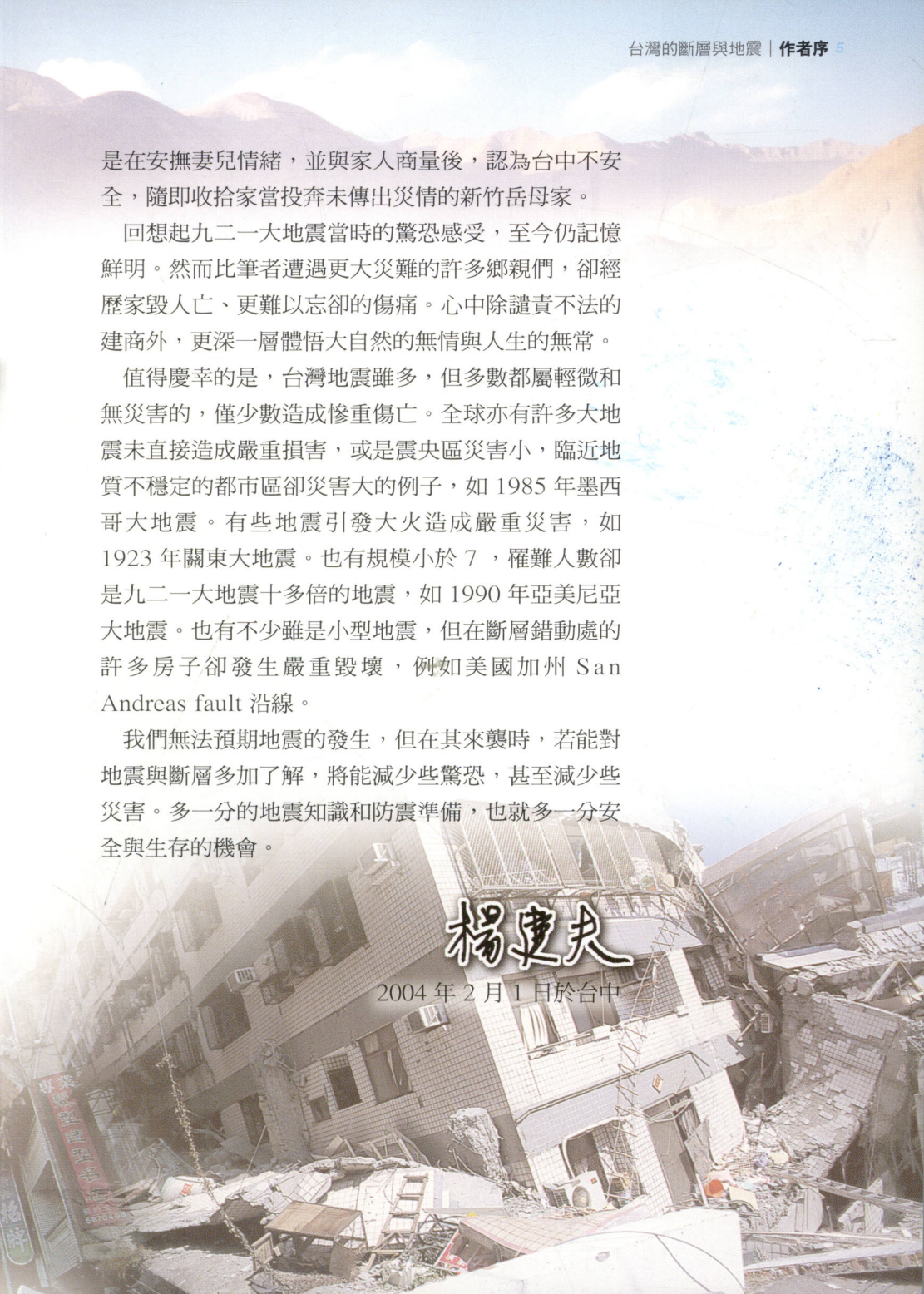
回想起九二一大地震當時的驚恐感受，至今仍記憶鮮明。然而比筆者遭遇更大災難的許多鄉親們，卻經歷家毀人亡、更難以忘卻的傷痛。心中除譴責不法的建商外，更深一層體悟大自然的無情與人生的無常。

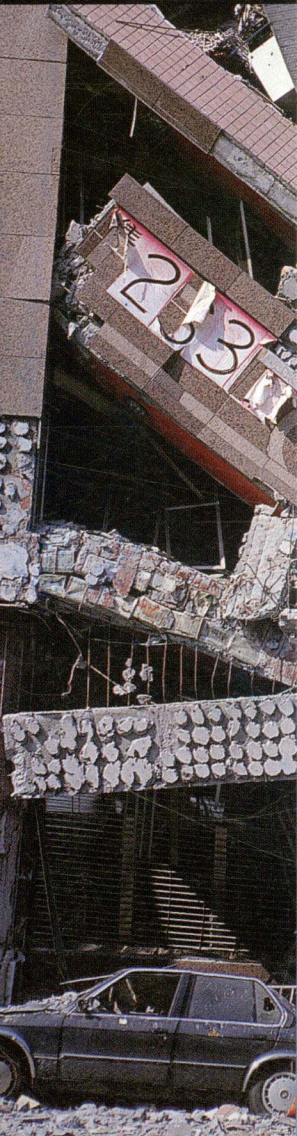
值得慶幸的是，台灣地震雖多，但多數都屬輕微和無災害的，僅少數造成慘重傷亡。全球亦有許多大地震未直接造成嚴重損害，或是震央區災害小，臨近地質不穩定的都市區卻災害大的例子，如 1985 年墨西哥大地震。有些地震引發大火造成嚴重災害，如 1923 年關東大地震。也有規模小於 7，罹難人數卻是九二一大地震十多倍的地震，如 1990 年亞美尼亞大地震。也有不少雖是小型地震，但在斷層錯動處的許多房子卻發生嚴重毀壞，例如美國加州 San Andreas fault 沿線。

我們無法預期地震的發生，但在其來襲時，若能對地震與斷層多加了解，將能減少些驚恐，甚至減少些災害。多一分的地震知識和防震準備，也就多一分安全與生存的機會。

楊建夫

2004 年 2 月 1 日於台中





目

■蔡 衡◎序 學習是了解的開始...2

■楊建夫◎序 了解可免於恐懼...4

Contents 錄

iv ... 80 ... 85 ... 90 ... 95 ... 100 ... 105 ... 110 ... 115 ... 120 ... 125 ... 130 ... 135 ... 140 ... 145 ... 150 ... 155 ... 160 ... 165 ... 170 ... 175 ... 180 ... 185 ... 190 ... 195 ... 200

大地的怒吼...8

■地震的形成...10

■地震波的傳遞...18

■地震有多強...20

■地震帶...24

天降之災...28

■最早的地震紀錄...30

■台灣的災害性地震...32

■中國的災害性地震...38

■世界著名的震災...46

九二一浩劫...56

■變臉的大地...58

■災難紀實...62

台灣島的前世今生...86

■板塊構造運動...88

■地體與地質...98

■動盪中的台灣造山帶...102



大地的裂痕...108

- 斷層二三事...110
- 台灣的活斷層...114
- 活動斷層的研究...124
- 海灘球的秘密...136

災害認識與省思...140

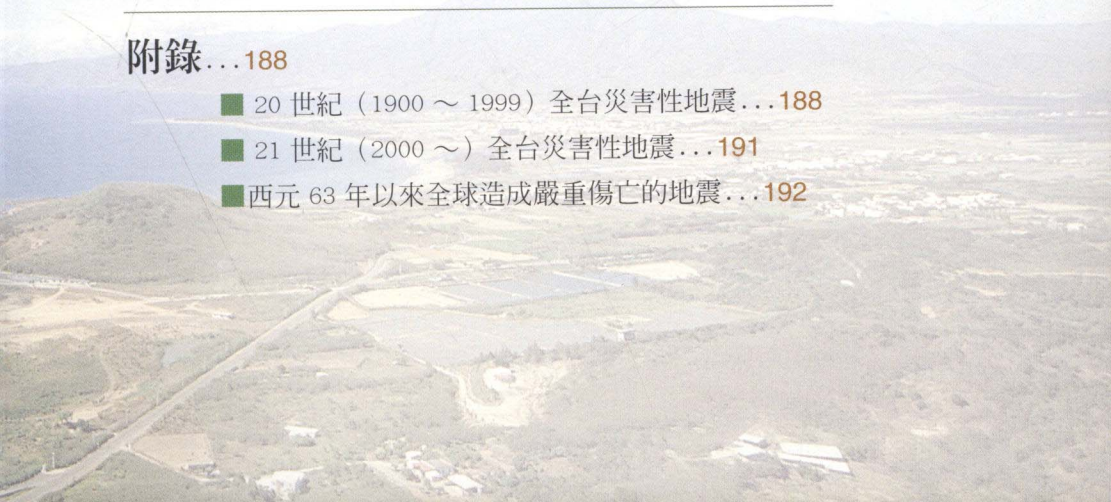
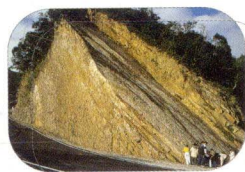
- 了解災害...142
- 直接性震災...144
- 間接性震災...156
- 山區道路開發...162

防測與應變...170

- 地震測報系統...172
- 科學預測...180
- 災害應變...184
- 簡易的防災設計...186

附錄...188

- 20世紀(1900～1999)全台災害性地震...188
- 21世紀(2000～)全台災害性地震...191
- 西元63年以來全球造成嚴重傷亡的地震...192





大地的怒吼

Fault & earthquake



從自然史的角度來看，地球是處於變動狀態的。

地殼上許多大陸地塊的分散與聚合，大陸內部滄海桑田的變化，都是最好的說明。

地殼變動的過程，一般是持續而緩慢的，

然而有時候它也會不經意地發生突然的變動，例如：火山爆發、地震等，

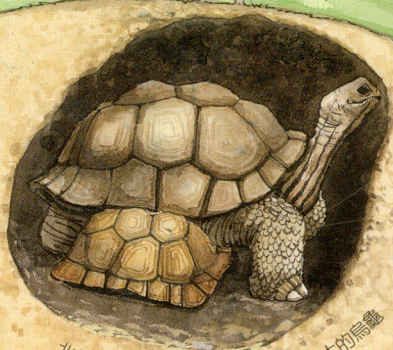
往往在一瞬間，造成莫大的災害，宛如狂嘯怒吼，撼天動地……

古老的傳說

在科學尚未昌明的時代，各地都有關於地震的古老傳說。許多地方的住民認為地底下住著一隻巨大的動物或怪獸，當牠翻身或移動時，大地就開始顫抖，也就是發生了地震。至於這隻地底下的怪獸是什麼模樣，則會因不同的地區、民族與文化而不同。例如在台灣傳說中，以為人是居住在地牛的背上，只要牛打盹翻身就會有地震。日本人則將頻繁的地震歸咎於地底熟睡中醒來的鯰魚，甚至在鹿島神宮內埋一「要石」，栓住鯰魚不讓牠翻身，以避免地震發生。住在印尼附近的西利伯（Celebes，後來改名為蘇拉威西〔Sulawesi〕）群島人則相信地底下有一隻豬，每次扭動就會造成地震。而北美印地安人認為地底下住著一隻巨大的烏龜，蒙古人則認為地底下有一隻大青蛙。

地震的形成

Fault & Earthquake



北美印地安傳說地底下住著一隻巨大的烏龜

日本人傳說睡醒的鯰魚是地震的元兇



在 18 世紀以前，西方人認為地震的發生來自於「天意」，是上帝對於信奉不虔的基督徒與膜拜偶像的異教徒一種嚴厲懲罰。

例如 1775 年 11 月 1 日發生在葡萄牙首都里斯本的大地震。當天正好是萬聖節，大約上午 9 點半，突然從地底傳來一股強烈的震動，以極快的速度摧毀城南所有房屋，天主教堂的圓頂被震得粉碎；地震後的大火與濃煙，將里斯本的白晝變為黑夜，連皇宮與新建的歌劇院，也遭到火舌的吞噬，整個城市幾乎化為灰燼。然而里斯本的災禍彷彿還不夠似的，緊接著又發生了兩次強大的餘震。在大火把全城化為瓦礫之後，心存恐懼的生還者聚集在廣場和街道上，急著要聽教士和僧侶的預言……

科學未昌明時代，對於地震的形成，因地域、民族與文化的差異，而有著各種不同的古老傳說。



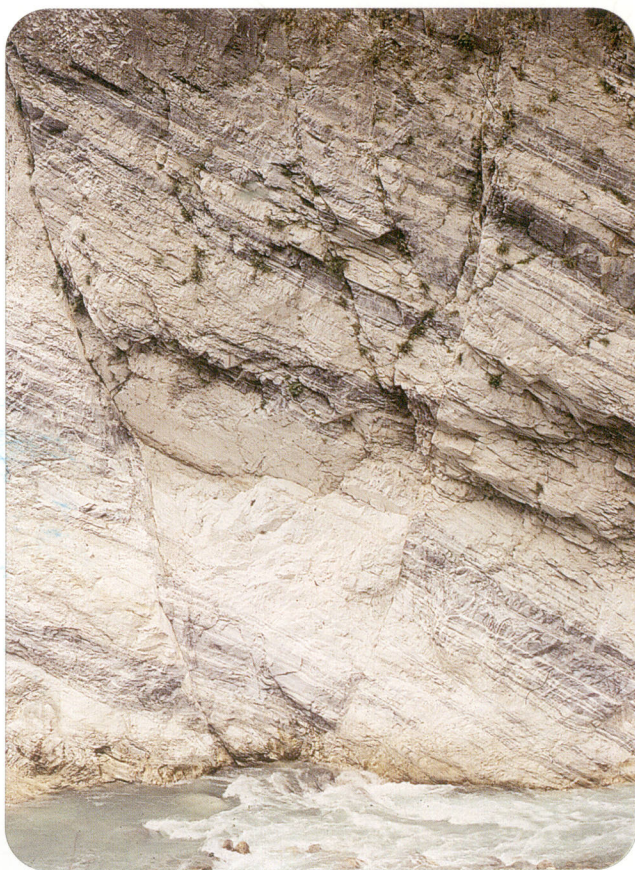
蒙古人認為地震源於地底下的蛙鳴

西利伯群島人相信豬是引發地震的禍害

惡魔現形記

長久以來，地震對人類造成了許多傷害和損失。人們對這種自然現象的發生，一直都想要有更深入的了解，以防範地震帶來的災害。生活在科學紀元的我們，已不再相信古老神秘的傳說，經過調查與研究，迄今我們知道能引起地表震動的原因很多，基本上大致可歸納為構造作用與火山活動等等。

位於太魯閣的錐鹿大斷崖，峭壁高約 1660 公尺，是立霧溪鑿穿山稜遺留的痕跡，崖面上可清楚見到塊狀大理石岩層的斷裂景象。



構造作用

地球表面為固態岩層所包圍，即所謂的地殼。由於造山運動或板塊活動，使得地殼範圍內的岩層受地球內部作用力，發生變形。當其作用力大到足以使岩層破裂乃至於斷裂時，原本累積於岩層的作用力即瞬間釋放，並將該作用力以震波方式透過岩層為介質來傳遞。而由於岩層斷裂所產生的變位，震波傳遞沿途對地層所造成的波動，在地表面被感測到，即為地震。



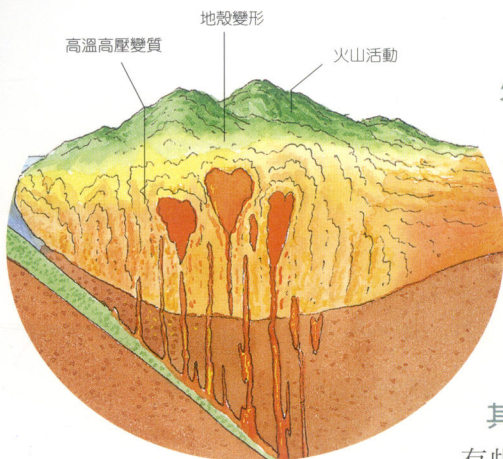
新中橫公路附近，斷層的岩層錯動情形。



上/岩層中的變形構造

下/北投貴子坑，屬於五指山層的白砂岩層，呈現褶皺變形。





地球內部高溫物質向上擠升的噴發力，足以引發地震。

火山活動

由於地球內部的熔岩等高溫物質在向上擠升之際，會對地殼產生作用力，而使岩層破裂。強大噴發力亦足以引發地震，但是火山活動所引發的地震規模通常不大。

其他

有些地震是由地表面受到衝擊或擾動而引起。例如山崩或岩體陷落，使得大量的物質在運動過程中摩擦與碰撞，而產生了震動。其他如核子試爆及隕石的墜落等，都可能造成局部小規模的地震。不過，通常這類地震的規模與強度，遠不及構造作用與火山活動所引起的地震。

蘭嶼的象鼻岩為一火山岩頸，證實蘭嶼以往的火山活動。

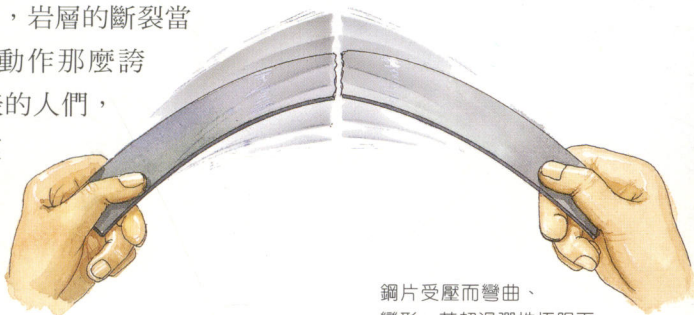


許多大規模地震的案例顯示，地震均伴隨著地層斷裂、隆起、沈陷等現象。由此可推測地震發生的直接原因，應與地殼內部岩層受力而產生變位有關。根據統計，全世界 90 % 的地震是由地質的構造運動 (tectonic movement) 引起，與斷層有密切關係。

彈性回跳學說

美國的李德 (H. F. Reid) 教授曾對 1906 年的舊金山大地震進行深入研究，而於 1910 年提出「彈性回跳學說」。他認為岩層其實也是有彈性的，而地球內部有一種推動地殼岩層的力量，當岩層受到這種壓力會發生彎曲或變形，就如同一片被撓曲的鋼片一樣，如果超過其彈性極限，會突然折斷，斷裂的鋼片會彈跳回原位，便會振動釋放出扭曲時所貯藏的能量，而產生地震。

岩層在斷裂瞬間會同時釋放出巨大的能量，並產生一種像鋼片反彈般的彈性波，由地球內部向四方擴散，我們稱為「地震波」(seismic wave)。當地震波到達地表時，引起地表的震盪，就叫做「地震」(earthquake)。事實上，岩層的斷裂當然不如鋼片折斷時的動作那麼誇張，但是對於住在地表的人們，只要地底下有一點點震動就已經造成很大的影響。



鋼片受壓而彎曲、變形，若超過彈性極限而斷折，斷裂的鋼片會彈跳回原位而來回振動。