

# 從日本宮城外海地震談臺灣的地震

中央氣象局地震測報中心 呂佩玲副主任

## 壹、認識地震及地震災害的防護

### 一、地震的可怕

在與其他自然現象比較起來，地震可以說是人類長久以來，最感到害怕的天然災害之一，其原因除了大地震發生的時候，會對於人類的生命與財產安全，帶來嚴重的威脅外，又目前的科技發展，也無法準確地預測什麼時候、什麼地點，會發生多大的地震？更是令人防不勝防。

地球每年平均發生一萬兩千次以上的有感地震，其中大概有一百多次是規模較大的強震，如果這些強震是發生在人口稠密的陸地上，將會直接為人類帶來大量的傷亡，如果是發生在海底，雖然其威脅性較小，但有時伴隨著海嘯，同樣會造成許多的傷亡。

回顧上一世紀幾個發生在世界各地較為著名的大地震，例如 1906 年美國舊金山大地震、1923 年日本關東大地震、1960 年智利大地震、1976 年唐山大地震、1985 年墨西哥大地震以及 1995 年阪神大地震，都曾經造成大量的人員傷亡以及建築物毀損。

台灣地區在歷史上也發生了許多具有災害性的地震，例如 1906 年梅山地震、1935 年新竹—台中大地震、1941 年新埔地震、1951 年花東縱谷地震、1964 年白河地震、1986 年花蓮地震以及令人印象深刻的 1999 年集集大地震，而這麼多大地震的一再發生，顯示我們所居住的台灣，是屬於一個地震發生非常頻繁的一個地方，



1906 年美國舊金山地震

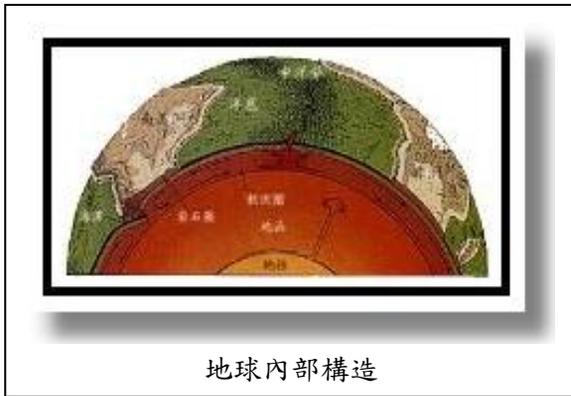


1935 年新竹—台中烈震

因此我們在平常就應該具備有地震的常識，並對地震災害的防護有所瞭解，才可在大地震發生時，減少傷亡與損失。

## 二、地震是如何發生的？

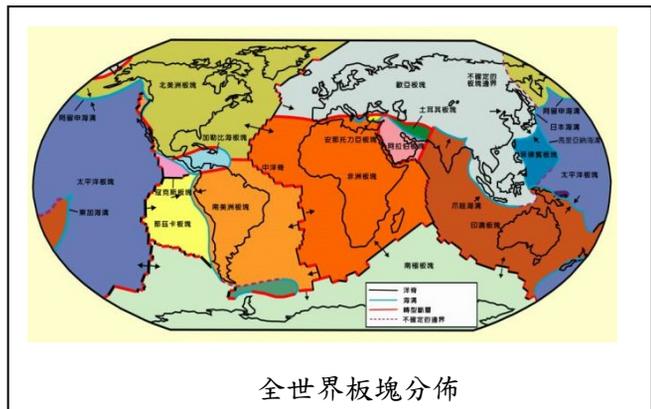
地震發生的原因很多，舉凡火山爆發、地面突然塌陷、地下核爆、山崩、隕石撞擊地面以及斷層錯動等均可能引發地震，而在這麼多的成因裡，以斷層錯動所引發的地震最多，也最主要，全世界幾乎有百分之九十以上的地震皆屬於此類成因，而斷層錯動則主要是因為地球的板塊運動所造成。



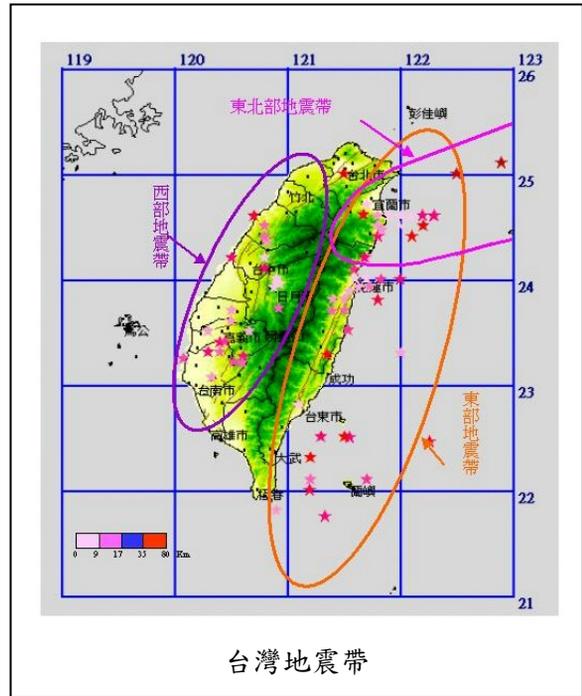
根據板塊運動學說，地球的外部是由一塊一塊濕冷而且堅硬的塊體所構成，這些塊體平均厚度約一百公里，此即我們所謂的板塊；在它們的底下存在著熾熱的岩漿，厚度約二百公里，由於岩漿具有流動的特性，所以這些板塊“浮”在上面時會緩慢的移動，同時在板塊的邊緣上，因為它們相互的運動發生碰撞，造成斷層的錯

動，產生地震。

全球是由七個大板塊所構成，有海洋板塊，也有大陸板塊，中間夾雜一些比較小的板塊，約十餘個；根據板塊學說，地震通常發生於板塊碰撞的邊緣上，並呈帶狀分佈，我們稱為地震帶。全世界主要有三個地震帶，分別為環太平洋地震帶、歐亞地震帶和中洋脊地震帶，另外，有少數破壞性極強的地震，並不發生在上述的三個地震帶上，而是發生在大陸板塊內部，例如 1976 年中國大陸河北省唐山大地震。



我們居住的台灣剛好位於歐亞大陸板塊與菲律賓海洋板塊交接的地方，屬於環太平洋地震帶，所以地震發生頻率非常的頻繁。台灣地震分布可分為三區：（一）東部地震帶：北起宜蘭東北海底向南南西延伸經過花蓮，新港至台東，並可一直延伸到呂宋島；此帶北端自宜蘭與環太平洋地震帶延伸至西太平洋海底者相連，南端幾與菲律賓地震帶相接，此帶呈近似弧形朝向太平洋，亦和台灣島相平行，寬一百三十公里，特徵為地震次數多，通常震源較西部者為深。（二）東北部地震帶：此帶自琉球群島向西南延伸，經花蓮、宜蘭至蘭陽溪上游附近，震源深度從淺層一直到三百公里深。台灣平均每年約發生一萬五千次以上的地震，其中多數為無感地震，有感地震則每年約有二百次。（三）西部地震帶：自台北南方經台中、嘉義而至台南。寬約八十公里，大致與島軸平行。地震發生頻率較低，且均屬淺層地震（深度約在一〇公里左右），往往造成地面遽烈錯動，因之地震災害較大，而且，餘震亦可能較多。



台灣平均每年約發生一萬五千次以上的地震，其中多數為無感地震，有感地震則每年約有二百次。（三）西部地震帶：自台北南方經台中、嘉義而至台南。寬約八十公里，大致與島軸平行。地震發生頻率較低，且均屬淺層地震（深度約在一〇公里左右），往往造成地面遽烈錯動，因之地震災害較大，而且，餘震亦可能較多。

### 三、地震發生時的災害

地震所造成的破壞是非常可怕的，它產生災害主要是基於以下六種原因：

- (1) **地形變動**：此變動包括山崩和地滑現象。在較陡峭的區域，地震振動會導致表土滑動、懸崖崩落以及引發其他塊體急速的向下滑落。
- (2) **斷層**：當斷層使地面破裂時，建築



物、道路以及任何橫跨或座落在斷層上的建物與地形都會被斷層錯開。

- (3) 土壤液化：土質疏鬆且含水飽和之地表土層，可能因為地面重複的劇烈搖晃發生土壤液化的現象，土壤發生液化後會造成建築物、道路及橋樑橋墩的破壞。



地面振動造成高架道路倒塌

- (4) 地面振動：地面振動是因為地震波經過時所造成的，它可以使建築物受到損害或完全摧毀；建築物適當的設計可以預防損害，但是當非常強的地震發生時，即使最好的建築物都可能遭受損害。



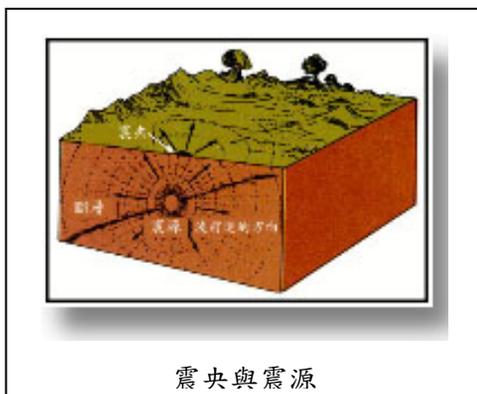
地震造成嚴重火災

- (5) 火災：地面振動使火爐、瓦斯爐移位、使瓦斯管斷裂、使電線鬆斷以致於引起火災，而地振動同時切斷水管，使得沒水可以滅火。



地震引起海嘯

- (6) 海嘯：當大地震發生在海底時，有時會造成海底地形變動，形成海嘯。當海嘯接近海岸時，受到海岸及海底地形的影響，波浪急速增高，造成沿岸地區港口嚴重的破壞及生命財產的損失。



震央與震源

#### 四、地震的專有名詞

為能更深入的瞭解地震，我們首先應該對一些地震的專有名詞有所認識：

- (1) **震央與震源**：地震錯動的起始點稱為震源，震源在地表的投影點稱為震央。
- (2) **淺源地震與深層地震**：地震震源深度在0~30公里者稱為極淺地震；在31~七十公里間者稱為淺層地震；在71~300公里間者稱為中層地震；在301~700公里之間者稱為深層地震。
- (3) **有感地震、無感地震、前震、餘震**：凡地震所造成之地表震動，為人體所能感覺到的稱為有感地震；反之，則為無感地震。在主要地震發生之前，有時先發生若干次小地震，謂之前震。在主要地震之後，常有若干次小地震相繼發生，謂之餘震。
- (4) **規模、震度**：規模是用以描述地震大小的尺度，乃依其所釋放的能量大小而定，而以一無單位的實數表示。震度表示地震時，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而言。現今地震儀已能詳細描述地震的加速度值，所以震度亦可以加速度值來劃分。震度級以正的整數表示之。

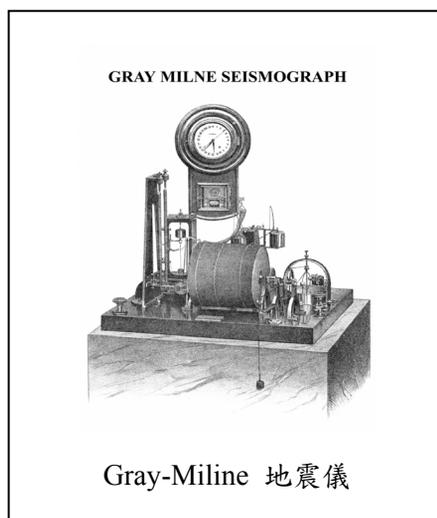
## 五、地震的觀測

當地震發生時，我們藉由地震記錄的處理，可以對發生的地震有深入的了解，例如地震發生的位置、時間、深度、大小等。我們從記錄上讀取地震波的到達時間，然後根據不同地點的地震記錄上之時間，便可以推算震源位置與發震時間。

地震發生時所引起的地盤振動是藉由地震儀來觀測，地震儀的種類主要可分為短週期地震儀、長週期地震儀、強震儀以及寬頻地震儀四種，這幾種儀器記錄地震訊號的方式不同，用途也各有不同。

回顧台灣地區的地震觀測史，主要可分為四個階段：

- (1) **機械式觀測**：1897年12月，台北地區設置Gray-Milne地震儀，正式開啓了台灣地區地震的儀器觀測，在接下來數十年的期間，陸續在氣象局各地的測候所，裝設了相同類型

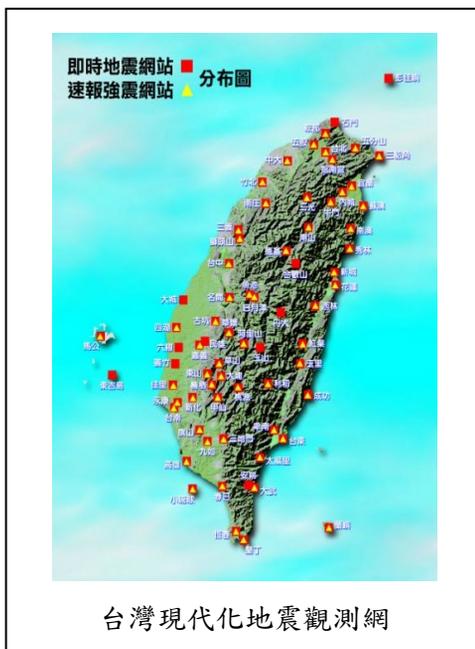


及大森式的地震儀，並於 1928 年開始引進威赫式地震儀。

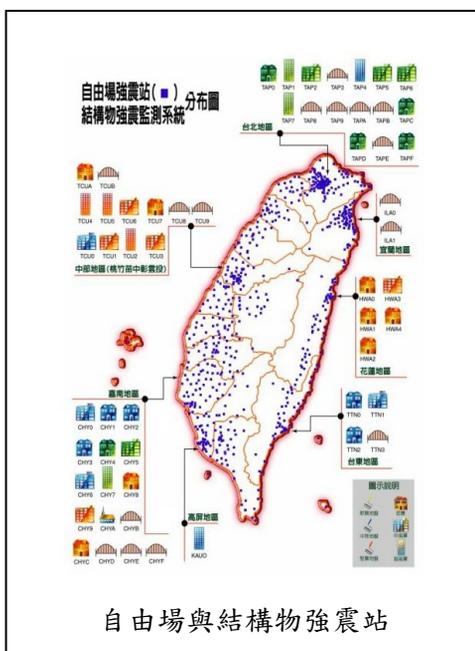
(2) 網連化觀測：1940 年在新港及大武完成威赫式地震儀的安裝後，地震觀測網才涵蓋台灣全部地區，而利用地震觀測網觀測地震的方式在台灣也始見雛形。

(3) 現代化觀測：1972 年至 1973 年，中研院設立的台灣地區遙測地震觀測網完成建置後，台灣地區地震觀測進入了現代化階段；此遙測地震觀測網總共設置了 25 個測站，並於以後 20 年期間，主要肩負起了台灣地區地震資料蒐集的工作。1986 年花蓮大地震後，中央氣象局積極執行加強地震觀測網計畫，此計畫主要有兩個重點，一為擴建地震觀測網並加強其功能，另一為建立都會區強地動觀測網；經過幾年來計畫持續的執行，在擴建地震監測網方面，將測站數由原有的 19 個測站增加至 70 個，大幅度的提昇地震監測的能力，在建立都會區強地動觀測網部分，總共設立了 688 個自由場強震站及 61 座的結構物強震儀，而其所蒐集的強震資料，是工程界耐震設計規範非常重要的參數。

(4) 地震速報：中央氣象局選取了台灣地區數十個人口較為稠密的強震站，構成一個以強震儀為主的地震速報系統，此系統目前已安裝完成了 101 個測站，由於系統中採用了自動定位的技術，因此可有



台灣現代化地震觀測網



自由場與結構物強震站

效減少作業處理的時間，一般而言，此系統可於地震發震後一分鐘得到地震相關的結果，大大提高相關單位救災反應速度。

- (5) **地震警報**：強震即時警報是地震速報朝向地震防災的延伸，是地震測報發展之最終目標。中央氣象局在地震速報系統的架構下，進行地震即時警報作業的實驗與推動。根據實際上線測試的結果，系統針對發生於島內或近海區域的有感地震，目前平均可以在 20~30 秒內即可自動獲得地震的資訊，對於距離震央 100 公里外的地區，將可提供約 10 秒以上之預警時間。

## 六、地震的防護

由於目前科技的發展，還沒有辦法預測大地震什麼時候會發生，因此我們在平常的時候，就應該確實的做好各種防震的準備，以預防在大地震來的時候，可以很正確的做好逃生的動作，保護自己的生命安全。

正確的地震防護主要可分為平時的準備、地震時的逃生以及地震後的檢查，其主要重點如下：

### (1) 地震前的準備

- 家中應準備好地震緊急包，並放在隨手可拿到的地方。
- 知道瓦斯、自來水及電源安全閥如何開關。
- 家中高懸的物品應綁牢，櫥櫃門門宜鎖緊。
- 重物不要置於高架上，栓牢笨重家具。
- 事先找好家中安全避難處。
- 教師（尤其是中、小學校）應經常在課堂宣導防震常識，並教導學生避難事宜行防震演習。

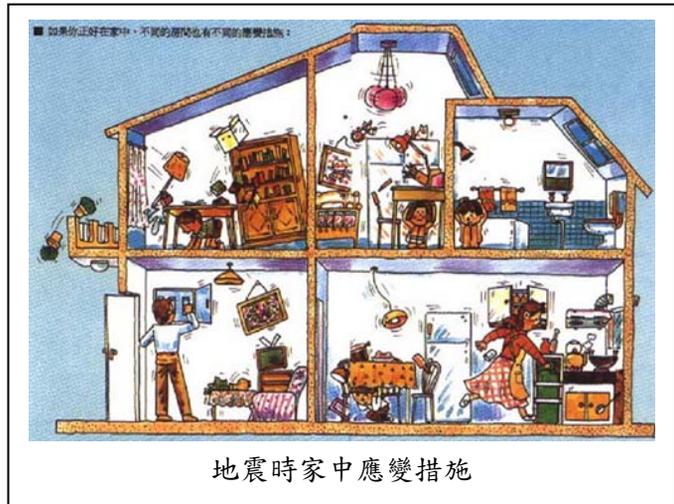


- 教室的照明燈具、實驗室的櫥櫃及圖書館的書架應加以固定。
- 經常檢驗防火和消防設備。
- 規劃有關緊急計畫，並分別告知緊急情況時各人的任務以及應採取的行動。

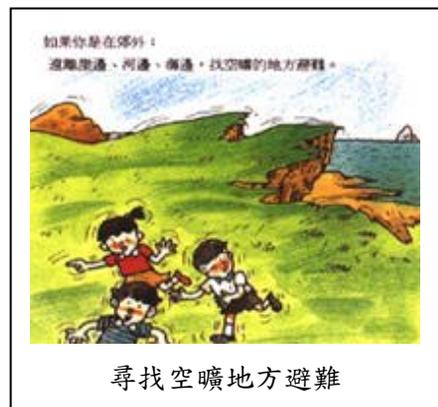
## (2) 地震時

- 保持鎮定並迅速關閉電源、瓦斯、自來水開關。
- 打開出入的門，隨手抓個墊子等保護頭部，儘速躲在堅固家具、桌子下，或靠建築物中央的牆站著。
- 切勿靠近窗戶，以防玻璃震破。
- 切記！不要慌張地往室外跑。

- 站立於空曠處或騎樓下，不要慌張地往室內衝。
- 注意頭頂上方可能有如招牌、盆景等掉落。
- 遠離興建中的建築物、電線桿、圍牆、未經固定的販賣機等。
- 若在陸橋上或地下道，應鎮靜迅速地離開。



- 行駛中的車輛，勿緊急剎車，應減低車速，靠邊停放，人躲進附近騎樓下。
- 若行駛於高速公路或高架橋上，應小心迅速駛離。
- 若在郊外，遠離崖邊、河邊、海邊，找空曠的地方避難。
- 避於桌旁，背向窗戶，並用書包保護頭部。
- 切忌慌亂衝出教室，並避免慌張地上下樓梯。
- 如在操場，遠離建築物。



- 如在行駛中之校車，留在座上勿動直至車輛停妥。
- 注意天花板上的物品（如燈具）掉落下來。
- 辦公室躲在辦公桌或堅固的家具下或靠支柱站立，遠離窗戶。
- 公共場所中，應小心選擇出口，避免人群推擠。
- 切忌急著衝出，請勿使用電梯。

### (3) 地震後

- 察看周圍的人是否受傷，如有必要，予以急救。
- 檢查家中水、電、瓦斯管線有無損害，如發現瓦斯管有損，輕輕將門、窗打開，立即離開並向有關權責單位報告。
- 打開收音機，收聽緊急情況指示及災情報導。
- 檢查房屋結構受損情況，儘速離開受損建築物，疏散時請使用樓梯。
- 儘可能穿著皮鞋、皮靴，以防震碎的玻璃及碎物弄傷。
- 保持救災道路暢通，徒步避難。
- 聽從緊急計畫人員的指示疏散。
- 遠離海灘、港口以防海嘯之侵襲。
- 地震災區，除非特准，請勿進入，並應嚴防歹徒趁機掠奪。
- 注意餘震之發生。



### 防震守則

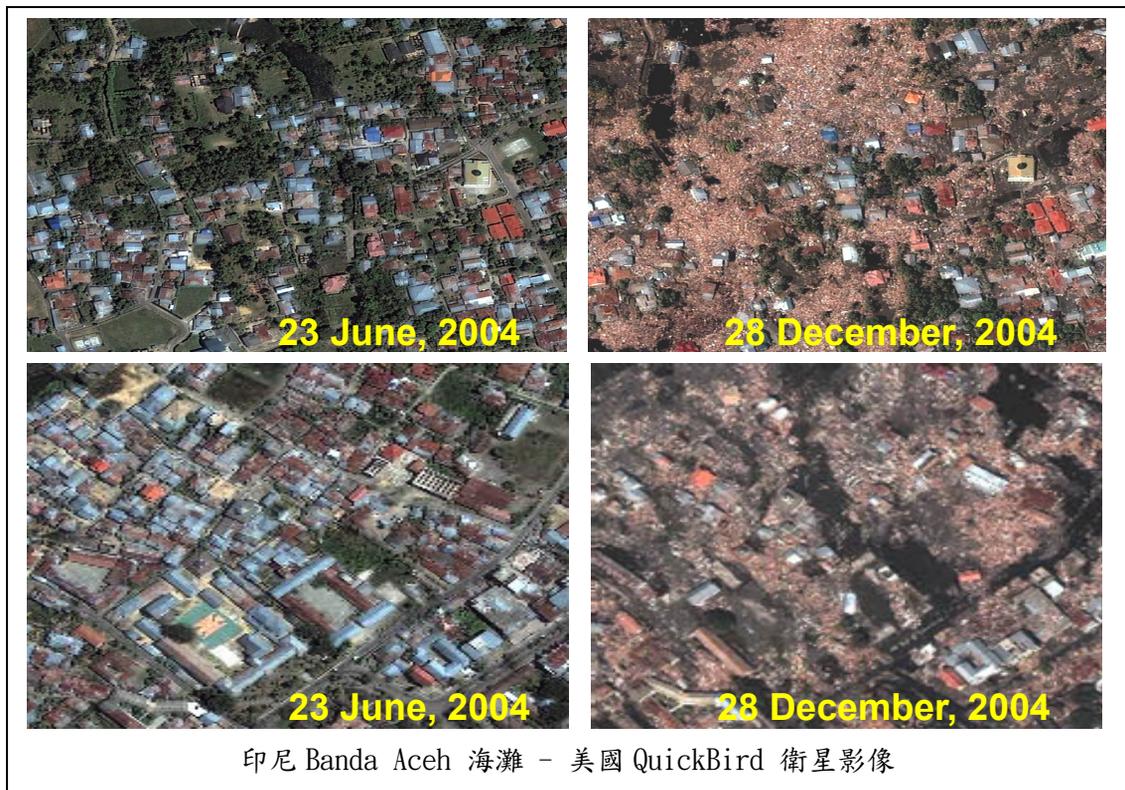
保持鎮靜勿慌張	切斷電源關瓦斯
身在高樓勿近窗	堅固家具好避處
檢查住所保性命	危樓勿近先離開
公共場所要注意	爭先恐後最危險

震後電梯勿搭乘	上下樓梯要小心
聽從老師避桌下	順序離室到空地
室外行走避來車	慎防墜物和電線
行車勿慌減車速	注意四方靠邊停
收聽廣播防餘震	自助救人勿圍觀
防震演習要確實	時時防震最安全

## 貳、認識海嘯及海嘯災害的防護

### 一、海嘯的威脅

2004 年 12 月 26 日上午，印尼北邊蘇門達臘西部海域發生規模 9.0 的強烈地震並引發大海嘯，在其後的 12 小時內海嘯陸續侵襲印度洋周邊許多國家，所造成的浩劫引起了全



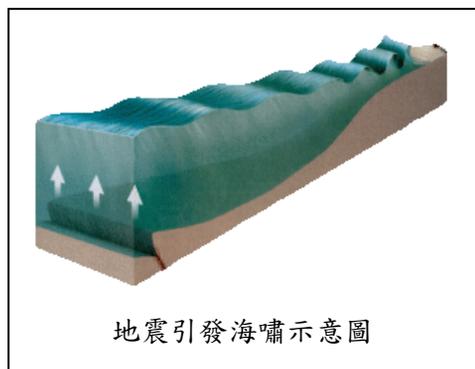
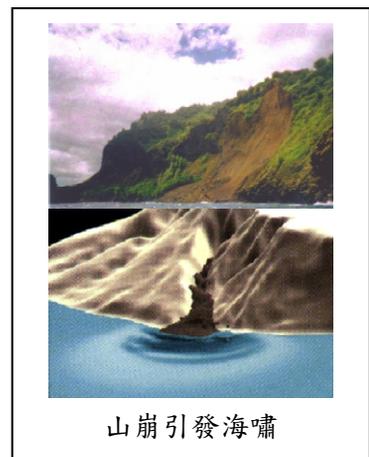
世界的關注；同樣，2011年3月11日下午，在日本東北外海發生規模9.0的大地震並引發高達數十公尺的海嘯，造成日本沿海地區重大的傷亡，同時造成核能電廠事故。

根據歷史記載，台灣地區最近一次的危害性海嘯發生於約150年前台灣北部的基隆地區，其典籍紀錄為：1867年12月18日，台灣北部地震，基隆地區沿海山傾地裂，全市房屋倒壞，死者數百人，基隆港海水向外海流出，港內海底露出，瞬間巨浪捲進，船隻被沖上市內，釀成重大災害，處處發生地裂；淡水地區也有地裂、海嘯等現象，數百人被淹死，房屋部分倒壞。此紀錄是台灣目前確定為近海地區地震所引發之災害性海嘯；歷史上亦有數起遠地地震引起海嘯的紀錄，但皆僅造成數十公分的浪高，並無海嘯災害發生。雖然台灣地區災害性的海嘯紀錄，與災害性地震紀錄相較起來，明顯少了許多，不過由於台灣地處環太平洋周邊地區，為全世界地震與海嘯發生最為頻繁的地帶，再加上台灣近海的地震活動非常頻繁，而且周邊臨海，因此對於地震及所可能引發海嘯之威脅絕對不可掉以輕心。

## 二、海嘯是如何發生的？

當海底有足以造成海水面垂直變化的因素存在時，即可能造成海嘯的發生，例如海底地震、海底山崩、海底火山爆發和隕石撞擊等，通常最常見的因素為海底地震所造成。

當海底發生深度較淺的大地震時，因為地震造成海底地形發生變動，同時造成此區域的海水向上抬升，這便是海嘯的生成，之後海嘯就會以圓形水波的方式向四周傳播。當海嘯在深海傳播時，其速度約為每小時700至800公里，但振幅僅約數十公分至1、2公尺，因此在海上航行的船隻不會有很明顯的感覺；但是當海底的深度變淺時，即海嘯傳播至陸地附近，其速度會變慢，振幅會成長為數倍，對於沿岸會造成很大的損害。



水深 5000m	噴射機相同之時速 800km (秒速 220m)
水深 500m	新幹線相同之時速約 250km (秒速 70m)
水深 100m	於高速道路行駛汽車之時速約 100km (秒速 30m)
水深 10m	短跑選手相近之時速 36km (秒速 10m)

海嘯的傳播速度

### 三、海嘯所造成的災害

海嘯所造成的破壞是非常可怕的，它產生的危害主要可分為直接災害與間接災害：

#### (1) 直接災害

- 人員傷亡
- 房屋損壞(淹沒、埋沒)
- 財產損失
- 船舶沖毀
- 港口破壞
- 公共設施(鐵路、公路、電力)

#### (2) 間接災害(二度災害)

- 火災
- 環境污染
- 爆發傳染性疾病
- 核能電廠事故

### 四、海嘯資訊的發布

在南亞大海嘯造成印度洋周邊國家重大傷亡後，行政院災害防救委員會為提高社會抗災能力，減輕地震海嘯災害對於台灣可能造成之損失與衝擊，邀請各相關部會、機關及沿海各縣市政府，研商我國「海嘯災害防救因應方案」，以建立台灣地區整體的海嘯防護機制為目標，工作重點包括進行整合性的海嘯預警研究、建置完善的海嘯預警系統、模擬分

析海嘯影響淹溢範圍、評估建築物耐海嘯設計、訂定各級單位災害應變措施以及推動海嘯防護教育宣導等等。其中，在海嘯警報發布作業部分，經過中央氣象局的評估規劃以及國內專家學者的建議，已完成沿海地區海嘯危險性之分級以及海嘯警報發布作業規定之訂定。

台灣沿海地區之海嘯危險性分級以行政區域為基礎，主要參考過去的天災性海嘯紀錄，並考量區域性地震活動特徵以及鄰近海域地體構造，將整個台灣地區分為 I 至 III 級。其中由於新北市以及基隆市曾經在 1867 年發生過災害性的海嘯，因此被列為第 I 級最有可能遭受海嘯侵襲的地區。至於資料顯示可能有海嘯紀錄或疑似海嘯紀錄，但無海嘯災害的縣市則被列入第 II 級，共計有包括台中市等 11 個縣市。第 III 級為資料顯示並無海嘯紀錄，但可能遭受海嘯影響者，包括有桃園縣等 6 個縣市。而台北市、嘉義市、南投縣則由於未臨海，所以應無海嘯威脅之可能。根據此海嘯危險分級的制定，後續各縣市政府訂定因應海嘯侵襲的應變措施時，則必須因其海嘯威脅等級的不同，制定不同程度的應變計畫。

區級	縣	市	說	明
I	新北市、基隆市		資料顯示有海嘯災受害者。	
II	台中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南市、高雄市（含東沙、南沙）、屏東縣、台東縣、花蓮縣、宜蘭縣、澎湖縣		資料顯示可能有海嘯紀錄或疑似海嘯紀錄，但無海嘯災受害者。	
III	桃園縣、新竹縣、新竹市、苗栗縣、金門縣、連江縣		資料顯示並無海嘯紀錄，但可能受影響者。	
附註：台北市、嘉義市、南投縣未臨海，無海嘯威脅。				

至於警報發布作業規定主要依據現階段中央氣象局發布海嘯警報的作業方式所制定，敘述如下：

#### 1. 因遠地地震所引起的海嘯之通報：

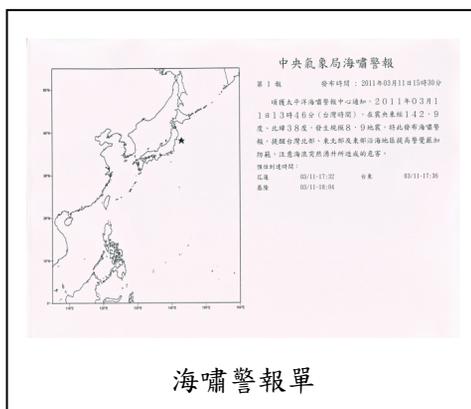
- (1) 中央氣象局在取得太平洋海嘯警報中心海嘯警報的通知後，相關人員加強守視，以研判可能遭襲地點、時間及應行警戒事項。
- (2) 如經評估可能會引起民眾關切時，立即發布海嘯消息，並透過簡訊及傳真等方

式，通報各相關岸巡、災害防救主管機構相關單位以及大眾傳播媒體，提供民眾參考。

- (3) 預估 6 小時內海嘯可能會到達台灣地區，立即發布海嘯警訊，並透過簡訊及傳真等方式，將警訊通報相關單位，提供各單位進行因應措施並請民眾防範。
- (4) 預估 3 小時內海嘯可能會到達台灣地區，立即發布海嘯警報，並透過簡訊及傳真等方式，將警報通報相關單位，並籲請沿岸居民準備因應海嘯侵襲。
- (5) 如警報內容為解除海嘯警報，或依中央氣象局潮位站資料，研判海嘯之威脅解除時，即解除海嘯警報。

## 2. 因近海地震所引起的海嘯之通報：

- (1) 當中央氣象局地震速報系統偵測到台灣近海發生地震規模 6.0 以上，震源深度淺於 35 公里之淺層地震時，在發布之地震報告中加註「沿岸地區應防海水位突變」。



- (2) 當中央氣象局地震速報系統偵測到台灣近海發生地震規模 7.0 以上，震源深度淺於 35 公里之淺層地震時，將發布海嘯警報，並透過簡訊及傳真等方式將警報通報相關單位，並籲請沿岸居民準備因應海嘯侵襲。
- (3) 海嘯警報發布後，根據中央氣象局潮位站資料，研判海嘯之威脅解除時，即解除海嘯警報。

## 五、海嘯的防護

由於海嘯來襲時，會在短時間內造成人員傷亡與建築物損壞，因此我們在平常的時候，就應該未雨綢繆地做好各種準備，以預防在大海嘯來的時候，可以很正確的做好逃生的動作，保護自己的生命安全。

正確的海嘯防護主要可分為平時的準備與海嘯來襲時的緊急應變措施，其主要重點如下：

## (1) 平日防護措施

- 在海邊修築防波堤、建設防水閘門、種植防潮林，以阻斷海水或減低海水進入村落時的衝擊。
- 在港灣和城市街道的交接處建構較高的防波堤，並利用可以滑動的閘門來封鎖道路，避免海水進入。
- 易造成污染的物品應集中放置於水泥圍牆之建築中，並在圍牆各處設置小的進水口及出水口，當海水進入內部時，可以緩和內外的水壓差，避免因水壓過大而使圍牆崩毀。
- 直接面海之處，可以建築由鋼筋混凝土做成之大樓或倉庫，當海嘯打上岸時，可以做為降低海嘯侵入的屏障。
- 可在距離海岸較遠之高處設置避難所，闢建逃生道路，以利民眾前往避難，且逃生道路應盡可能遠離海嘯可能溯溪而上的河川。
- 規劃市區中較為堅固的高樓做為海嘯發生時的避難場所。
- 應在人潮密集處設置看板，說明逃生路徑及避難方法。
- 在沿岸地區設置廣播系統，藉以發布海嘯預警消息，並指示民眾疏散方向及避難方式。
- 沿岸地區的居民應定期實施避難演習訓練，使防災知識得以普及，並將防災知識納入義務教育之教材。
- 教育一般大眾有關海嘯的基本常識，如在海邊感覺地震或發現海水有暴退現象，皆應迅速向內陸高處移動。

## (2) 緊急應變措施

- 海嘯發生時，應依循演習訓練之步驟及路線迅速疏散至安全場所。
- 在沿海地區發生較大地震時，要有海嘯可能來襲的憂患意識，應儘速往較高處避難，並注意海嘯資訊。
- 在偏遠地區的港灣工作者或釣客，因與他人聯絡不易，所以必須隨身攜帶救命器具和攜帶型收音機。
- 在港外作業中的船隻收到海嘯警報時，應視海嘯到達時間長短儘速到外海避難。

- 被海嘯追趕而無法脫逃時，最好設法抓住任何固定物(鋼筋等)，緩和海嘯通過之衝擊，若來不及逃到高處，則往建築物最上層或屋頂移動。如果海嘯波已至，應儘速尋找並爬上大型漂流物。
- 海嘯波常是多次侵襲的，可能持續數小時，未獲知解除警報前，不可鬆懈戒備，勿心存僥倖爲了搶救財物而喪失生命。
- 海嘯會留下大量殘留物，包括砂石、破屋、屍體等，應即早清除，以避免二次傷害。
- 海嘯後應儘快找到完好建築棲身，並與逃過劫難的倖存者互相扶持、共渡難關。