

和地震波搶時間—談地震預警

文／王哲夫·圖／王哲夫、許婉瑜

摘要

今(2016)年 2 月 6 日凌晨，高雄美濃發生規模 6.6 地震，造成南臺灣發生自 921 地震以來的最嚴重災情，相信許多讀者在地震後看到手機傳來的災情畫面時，莫不感到震驚。本次地震焦點雖被維冠大樓倒塌、土壤液化這些議題占盡，大眾也相當關心，諸如網路上日本 311 地震影片中住家配備倒數地震來臨的預警科技，是否能在自家實現。本篇即在談談「地震預警」，它的原理是什麼？臺灣相關技術的發展概況如何？在美濃地震中有何表現？希望讓讀者對地震預警有更多的認識。

關鍵詞：地震、地震預警、地震即時警報系統、美濃地震

今(2016)年 2 月 6 日清晨，黑暗中，聽到枕邊人聲喚，剎醒之際感覺到一股力道來回拉扯，很快發現搖我的不是枕邊人，而是我家的房子。瞬間內心出現一座天平，一邊秤的是 921 地震七級未滿的搖晃記憶，另一邊是當下的震感，衡量結果，921 地震大勝。「別緊張，別緊張，沒事」，我安慰家人，而搖晃真的也很快就停止了。幾分鐘後，手機簡訊傳來：「921 地震教育園區，02/06，3:57，震度 3 級...」，那是園區的地震測站自動發送的訊息。此時中央氣象局網站仍在大塞車，震央到底在哪裡也只能猜測，倒是手機的“Line”開始響個不停。終於，氣象局地震報告出爐了：地震規模 6.4（後已調升為 6.6），深度 16.7 公里，震央位置在高雄市美濃區，驚人的是，雲嘉南一直到高雄地區，是一片紅通通的震度 5 到 6 級。內心有不祥預感，因為 5 到 6 級已達一般建築物的設計震度上限。

地震速報 愈來愈快

0206 美濃地震發生後，我立刻打開智慧型手機，看看臉書的更新，用 Line 和群組朋友通訊。4 點 19 分，電視新聞尚無畫面，手機已傳來臺南維冠金龍大樓橫躺馬路上的照片，陸陸續續，其他建築物倒塌、傾斜的畫面相繼出現，一度懷疑是網路惡作劇，直到各方訊息湧出，才知事態嚴重。

此次地震是自 1999 年 921 集集地震以來，臺灣地震災情最嚴重的一次。時隔近 17 年，我國中央氣象局的地震速報功力提升許多；在主震 3 點 57 分 27 秒發生後，震央與深度的定位，只花了 51 秒，包括各地初步震度的地震情報、中央與地方重要單位首長及救災相關人員在主震後 1 分 32 秒即從手機得到訊息，7 分 12 秒（4 點 4 分 39 秒），正式地震報告就已發布上網^[1]。

許多人也不用再起身打開桌上電腦、膝上的筆電。智慧型手機幾乎 24 小時不打烊的開著，隨時隨地能上網，如此的通訊普及，也帶來這次美濃地震訊息無比快速的傳遞。臺南市政府反應也很快，災害應變中心在 4 點 30 分立即設立，救災行動火速展開，整體救災行動也獲得正面的評價。

地震速報 能否再快

只是不管現今地震速報技術能多快定出震源位置，花多短的時間產出報告，往往地震都已是過去式，災害已鑄成，對救災很有用，但警報的意義則不是那麼大。造成 115 人死亡的維冠大樓倒塌，事件恐怕在 10 秒內就已發生^[2]，居民多在無預警的情況下感受到地震，然後跟著房屋倒地。如果地震能像颱風一樣，在它來臨之前就先預報，讓大眾有時間避難，那麼就可挽救許多人命。所以，地震速報，能否再快？

要在地震來臨前，從各種徵兆中正確預測地震將在何時、何地、以多大規模出現，白話來講，目前仍辦不到。但地震學家找到了另一種可能性。

地震來去再快，也無法比光速快，再者，地震所產生的 P 波和 S 波，速度一

快一慢，而破壞力大的通常是 S 波，兩者同時從震源出發，以不同時間到達各地，於是速度差就產生了到達的時間差（學術上稱為「走時差」，如圖 1）。所以如果能在感受到 P 波時便搶先發出警報，就能在 S 波到達前搶到一些行動反應時間，也就是大眾熟知的地震預警。

地震預警：從 3 秒鐘的 P 波預估 S 強波的震度與到達秒數

事實上，我國中央氣象局發展地震預警系統已行之有年，且已上線運作，以「強震即時警報系統」稱之，只要在電腦安裝特殊的軟體並插上網路線，就能接收到地震預警的訊息。

中央氣象局的「強震即時警報系統」概念，是以涵蓋全島各地的地震測站為基礎建設，一旦系統中的 6 個測站都接收到地震訊號，便會採取地震開始的 P 波段前 3 秒鐘訊號，用來計算地震規模，並估計震源所在地，進而推算全島各地強烈 S 波最高震度有多大，何時會到達。

能夠預估震度與到達時間並非因為地震學家已通透臺灣地質傳播地震波的脈絡，而是藉由過去歷史地震的觀察，經由眾多地震樣本的統計，發現在 P 波段的前 3 秒鐘內，隱藏著和地震規模相關的資訊，此關聯性經過一番努力而得出一個簡單的計算公式，讓快速的地震預警成為可能。

掌握了地震資訊，預警系統會經由各地電腦所在的經緯度，透過網路傳送不同的警報。由於警報通訊傳送速度為光速，就能搶在強烈 S 地震波之前先到達現地，如果距離震央夠遠，甚至可能在 P 波尚未到達前就已接收到預警訊號(圖 2)。

目前許多學校和機關單位都有在特定電腦安裝這套軟體。0206 美濃地震中，氣象局的預警系統在主震後 11.8 秒即對外發送預警訊息，共有 1096 部電腦成功接收到了訊息，而發送過程僅僅花了 0.127 秒^[1]。

現地預警系統：填補預警盲區

前述透過中央氣象局全島地震測站進行地震量測的地震預警系統，稱為「區域預警」，接收方僅需電腦網路設備就可獲得訊息，看似「經濟實惠」。但電腦再如何萬能，也需要時間處理運算資料，這也使震央附近一定範圍內出現來不及預警的盲區。以美濃地震為例，當 11.8 秒發送警訊時，雲林地區有 12 秒預警時間、嘉義地區有 5.5 秒，但此時地震 S 強波早已掃過臺南市重災區，大部分災害都已發生。

補救的辦法之一，是讓現地同時配備地震量測與訊號處理的功能，如此萬一位在區域預警的盲區，就能靠現地系統自行偵測到 P 波，運算預警訊息，填補區域預警的空白。

臺灣目前也已有幾百所學校單位安裝有現地地震預警系統。國立自然科學博物館位於臺中的本館、霧峰的 921 地震教育園區、竹山的車籠埔斷層園區以及鹿谷的鳳凰谷鳥園生態園區也都各自配備一套由企業捐贈的系統，在數次地震中發

揮警訊作用（圖 3 及 4）。

目前臺灣地震預警系統已成熟的運作，相信在可見的未來，要大眾的住家和手機都接收地震預警的功能也不是問題。問題在於我們要如何利用這僅有的幾秒鐘，又假如需要自家建構自動處理的防災因應設施，我們願不願意花這個錢？

參考資料

- [1] 蕭文啓，0206 美濃地震中央氣象局發布流程說明，ML6.4 高雄美濃地震學術研討會，中央氣象局，臺北，2016 年 2 月 17 日。網址：
http://tec.earth.sinica.edu.tw/new_web/upload/news/Conference/20160206meilongEQ/0217_section01_01.pdf
- [2] 蘋果日報，恐怖狂搖 8 秒 維冠 4 棟全倒，千人奮救，2016 年 2 月 7 日，網址：<http://m.appledaily.com.tw/appledaily/article/headline/20160207/37055063>

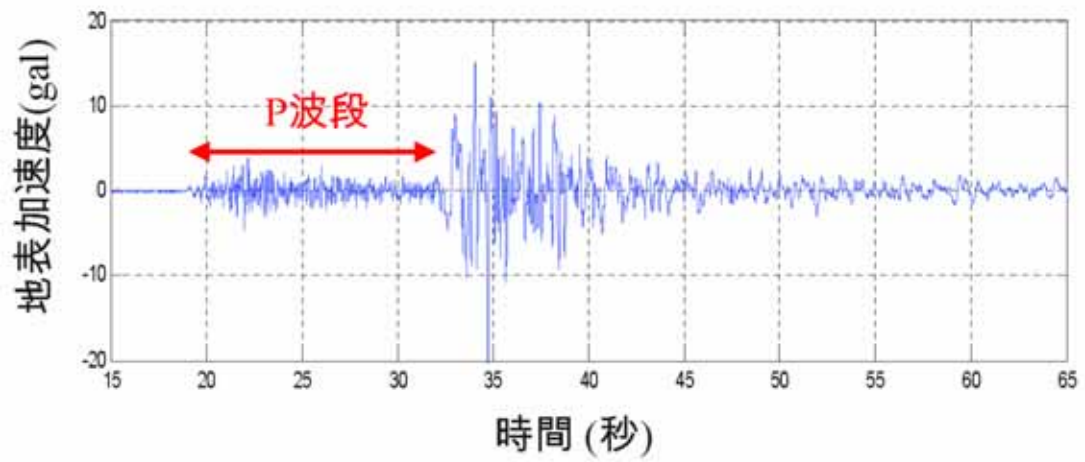


圖 1. 地震引發地表加速度之典型時間震波型態，圖中 P 波段即為 P 波與 S 波速度差造成之走時差（2010/11/21 花蓮地震 921 地震教育園區東西向測站紀錄）

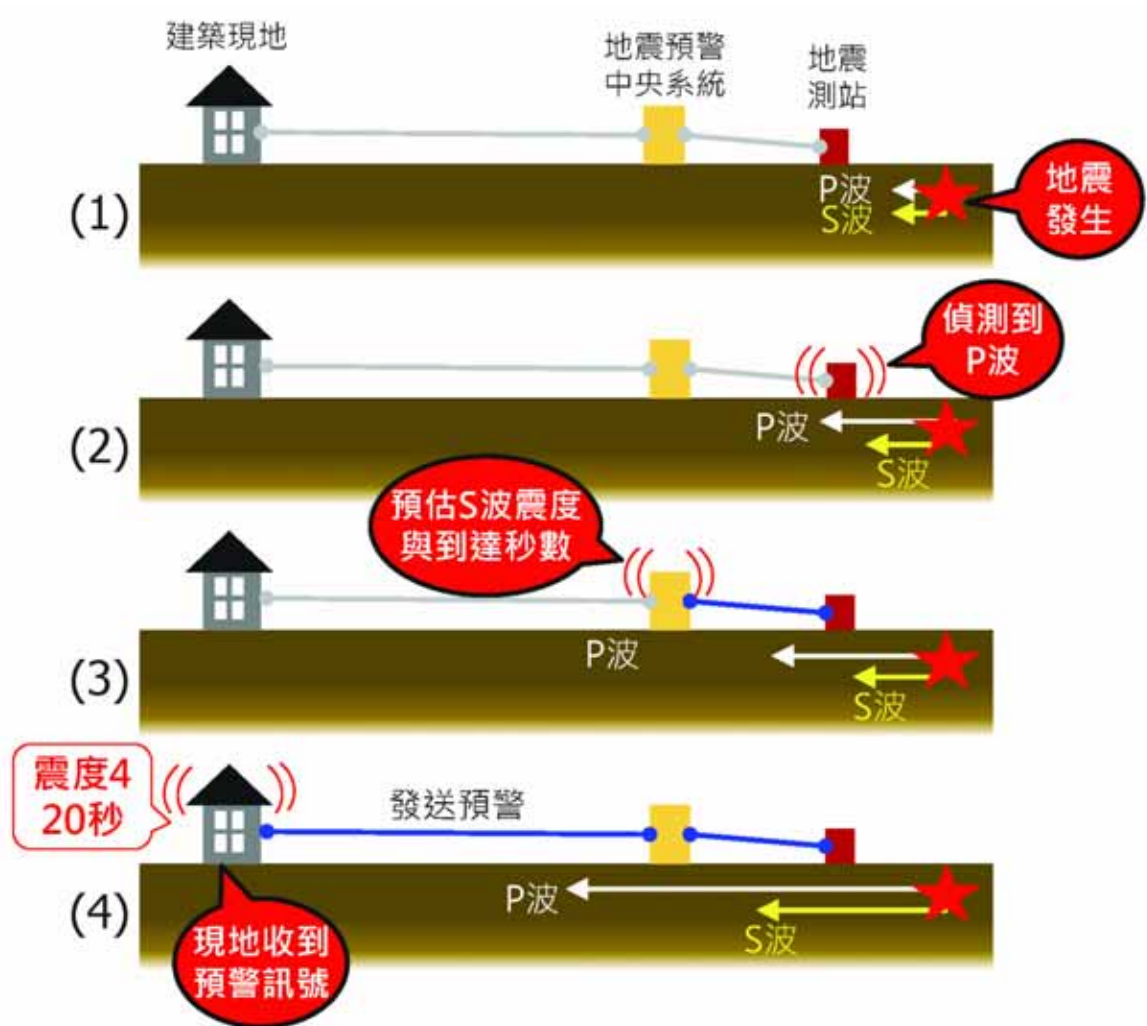


圖 2. 區域地震預警運作四階段示意圖



圖 3. 921 地震教育園區現地地震預警系統警報器運作中捕捉畫面。本設備由三聯科技公司捐贈（照片提供：許婉瑜）



圖 4. 921 地震教育園區現地地震預警系統現地 P 波偵測器。本設備由三聯科技公司捐贈。