

強震即時警報系統推動研究

Promotion of earthquake early warning system

吳秉儒

Wu, Bing-Ru

陳秋雲

Chen, Chiou-Yun

柯孝勳

Ke, Siao-Syun

國家災害防救科技中心

摘要

日本緊急地震速報系統在 2011 年 3 月 11 日東日本大震災之主震成功發揮作用，民眾透過各式通訊管道獲得地震資訊，在主要振動到達前採取應變措施以減少地震災害損失。台灣在強震即時警報技術研發已有豐碩成果，但是尚待進一步推動其落實應用。本研究與中央氣象局討論確認台灣強震即時警報傳遞架構之規劃，並與相關單位合作推動強震即時警報技術整合測試、通訊傳遞測試及公部門防災應用測試。運用強震即時警報與學校地震防災演練結合操作，防護學校師生安全；並經由問卷調查使用者需求及操作意見，回饋改進系統功能。未來希望結合產官學各界，共同推動技術研發整合及其在地震防災之落實應用。

關鍵詞：地震、強震即時警報、應變、減災

Abstract

The earthquake early warning system (EEW) in Japan was successfully operated in the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake on March 11, 2011. People can receive EEW message via various communication channels. Emergency responses were taken to reduce damages before strong shaking arrived. EEW technology has remarkable achievement in Taiwan but it has not been applied for disaster reduction in practice. The planning of EEW transmission mechanism were proposed and confirmed with the Central Weather Bureau. EEW technology integration tests, transmission tests, and application tests on disaster reduction were performed with collaboration of some research institutions and public sectors. EEW message was applied in the operation of earthquake drills to protect students and teachers in schools. User requirements and operation options were investigated by questionnaires and fed back to improve system functions. Collaboration of research institutions, public sectors, and private sectors is necessary for technology integration and application on disaster reduction in practice.

Keywords : earthquake, earthquake early warning, emergency response, disaster reduction

一、前言

從 2010 年至 2011 年，世界各地已接連發生多次強烈地震，包括海地、智利、台灣(高雄縣)、中國汶川、紐西蘭、日本等；其中 2011 年 3 月 11 日發生於日本宮城縣外海的地震，規模高達 9.0，引發巨大海嘯，已造成超過 15,000 人死亡，對社會經濟造成非常嚴重的衝擊。現今地震科技仍難以有效預測地震何時何地發生，但若能在地震剛發生，掌握破壞性地震波到達前的數秒至數十秒，進行有效之應變措施，則可減少傷亡與損失。世界各國已投入強震即時警報系統(Earthquake Early Warning System)之研發與推動(Gasparini et. al., 2007)，其中日本已達落實應用。日本自 2007 年 10 月開始對全民發佈緊急地震速報訊息，已推廣應用至學校、救災單位、軌道運輸系統、醫院、集合住宅、電梯、高科技廠、百貨商場等，並於多次地震成功發揮作用(Fujinawa et. al., 2009)。經由國內媒體報導，讓政府及民眾對於強震即時警報系統之功效有些認識，並對這套系統是否可以落實應用有所期待(郭雅欣，2011)。

台灣擁有嚴密地震觀測網，在強震即時警報系統之技術研發已有豐碩成果(Hsiao 等人，2009)，具有推動落實之優勢與潛力(Chen et. al., 2009)。因此，國家災害防救科技中心與國家地震工程研究中心、國家高速網路與計算中心共同執行「強震即時警報系統推動研究」整合型計畫，與中央氣象局及相關單位合作，規劃警報傳遞運作體制，進行技術研發與整合測試，推動強震即時警報在地震防災之示範應用。

二、台灣強震即時警報傳遞機制及通訊管道應用規劃

2.1 強震即時警報傳遞架構規劃

經過與氣象局討論確認強震即時警報傳遞架構規劃(如圖 1)，對於公部門單位(例如政府應變單位、公共設施、學校、醫院等)，由氣象局直接提供警報訊息。因應未來私部門單位及一般民眾之大量警報傳遞業務需求，氣象局已完成「合作推動地震資訊傳遞服務契約」範本，未來可開放法人相關研究機構、電信公司、大眾媒體和氣象局簽訂契約擔任警報傳遞單位，以各式通訊管道轉傳氣象局所提供之警報資訊，或經過加值處理後再提供使用者客製化警報資訊。



圖 1、強震即時警報傳遞架構

除此之外，為了確保私部門警報傳遞機制有效且正常運作，建議建立警報傳遞單位審查及服務成效管理機制，請有意願擔任警報傳遞單位者提出警報傳遞服務建議書，由氣象局與相關部會及學者專家組成評估委員會予以審查，審查通過者再與氣象局簽訂合作服務契約。之後每年請警報傳遞單位提出年度服務成果報告，內容包括實際地震案例之警報傳遞成效分析，以及使用者意見及服務滿意度調查，經委員會評估成效良好者方能持續簽訂合作服務契約，成效不彰者以書面通知限期改善，以確保警報傳遞服務成效。

2.2 不同使用者之通訊管道應用規劃

氣象局在全台建置了強震觀測網，自由場測站總數超過 700 個，其中即時測站有 110 個；目前從觀測網啟動至警報處理完畢送出，平均費時 18 秒左右。氣象局已完成電腦網路傳遞介面之開發，可提供特定使用者接收測試。考量大規模地震可能造成通訊壅塞或甚至中斷，建議採用有線網路為主、無線網路為輔之多元通訊管道同時傳遞，以確保傳遞之有效性。研究團隊評估各式通訊管道之應用可行性，提出公部門、一般民眾、私部門之警報傳遞架構及通訊管道應用規劃如下。

1. 公部門警報通訊管道應用規劃

公部門(包括政府部門、公共設施、學校)之警報傳遞架構規劃如圖 2。921 地震之後，行政院災害防救委員會已建置「防救災緊急通訊系統」，包括防救災專用衛星、微波通訊系統及現場通信指揮車暨整合平台，具有多元化管道及相互備援之機制，已完成中央部會與縣市政府之間骨幹鏈路之建置。目前正在規劃建置「災害預警通報管理系統」，由縣市政府推廣至鄉鎮層級或偏遠山區。建議透過防災衛星、微波通訊系統傳遞強震即時警報至中央部會及縣市政府，掌握第一手地震資訊，提早採取應變作為。對於公共設施(例如軌道運輸系統、電廠等)，建議由氣象局透過政府網路直接提供，啟動後端設備之自動防災控制(例如列車減速、電廠安全停機等)。學校因為數量較多，建議由氣象局透過政府網路傳遞至教育部(電算中心)再以學術網路轉傳至全國各級學校。

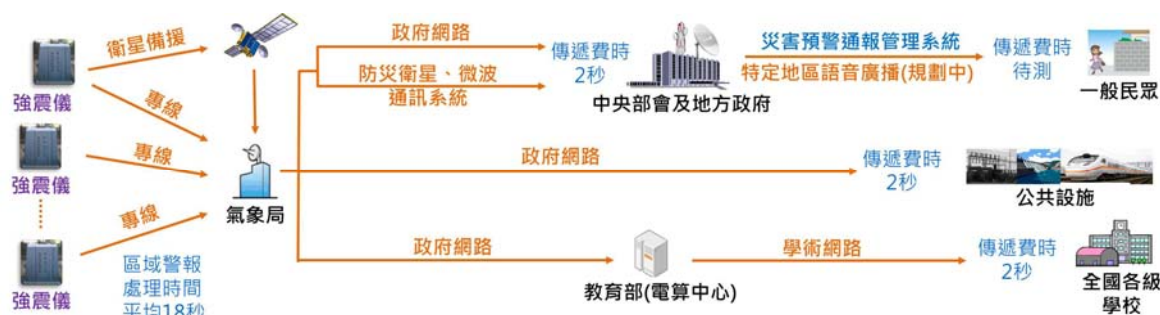


圖 2、公部門警報傳遞架構及通訊管道應用規劃

2. 一般民眾警報通訊管道應用規劃

一般民眾之強震即時警報通訊傳遞，建議與國內相關部會正在推動建置之通訊

管道結合，以及以一般民眾常用的手機、電視、廣播等管道為主，通訊管道應用規劃如圖 3。交通部運輸研究所目前利用副載波系統(Radio Data System)提供用路人以導航機接收即時路況資訊。經濟部標準檢驗局正在推動低頻無線時頻傳播系統之建置，可傳遞國家標準時間及提供各式公共民生廣播應用服務。未來可於導航機及低頻系統接收器增加地震資訊接收模組，及請電視、廣播業者增加警報插播功能，則可讓一般民眾於不同活動空間皆能接收強震即時警報。

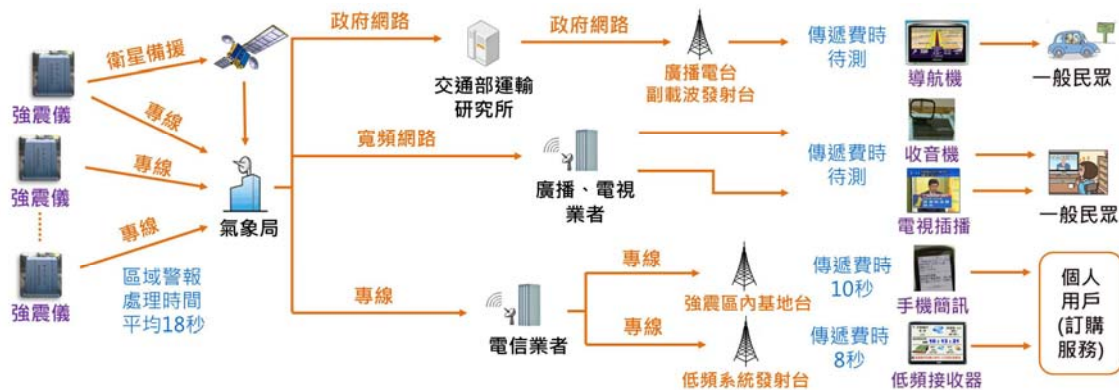


圖 3、一般民眾警報傳遞架構及通訊管道應用規劃

3. 私部門警報通訊管道應用規劃

因應私部門各應用層面之需求，建議由電信業者及警報增值處理單位與氣象局簽訂合作服務契約，運用各式有線及無線通訊管道傳遞，開發警報接收器及防災控制器，提供私部門應用單位及個人用戶警報傳遞及客製化警報資訊服務，並與設備防災控制連結；例如電梯停至適當樓層開門以避免人員受困、住宅關閉瓦斯、高科技廠關閉有毒物質及氣體之供應，減少地震可能造成之二次災害，傳遞架構如圖 4。應用單位及個人用戶向電信業者訂購警報資訊服務，警報增值處理單位與客製化應用單位簽訂合約並收取服務費用。

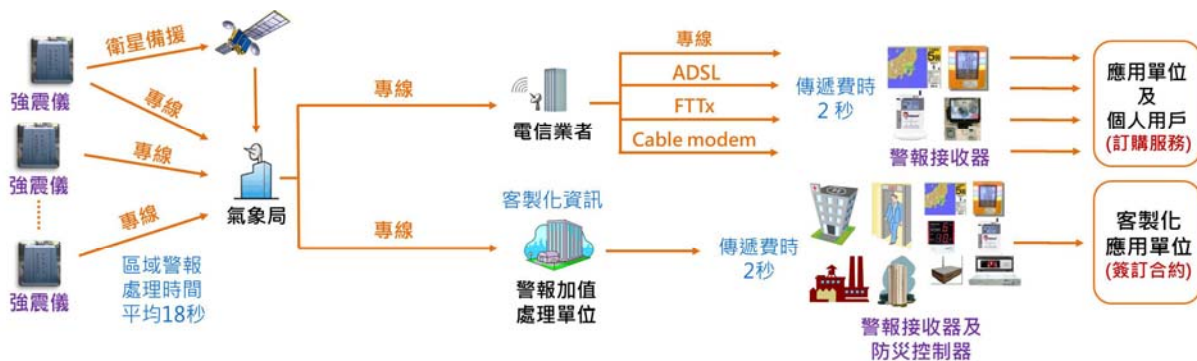


圖 4、私部門警報傳遞架構及通訊管道應用規劃

三、強震即時警報應用測試進展

強震即時警報系統包含地震監測與警報產製、通訊傳遞、應用操作三大部分，

需要跨領域之系統整合。因此研究團隊與氣象局及相關單位合作，於 2010 至 2011 年進行強震即時警報應用測試，藉以驗證警報系統成效，建立示範應用操作模式，做為落實應用推動之技術支持，以下說明傳遞測試及應用操作測試之成果。

3.1 警報傳遞測試

1. 副載波傳遞測試

研究團隊與交通部運輸研究所合作進行，由氣象局以電腦網路傳送強震即時警報及地震報告訊息至交通部運輸研究所，經過編碼處理送至警察廣播電台之副載波發射台送出訊號，國網中心撰寫解碼程式將所收到的訊號轉回文字存入電腦，目前正進行傳遞測試，傳遞架構如圖 5。目前已驗證管道之可行性，一旦有地震發生，中央氣象局發布強震即時警報或地震報告，即可透過電腦接收副載波傳遞之地震資訊。國內已有多款車用導航機可接收副載波傳送之即時路況資訊，未來可將技術移轉給導航機業者，於導航機增加地震資訊接收功能，便提供用路人即時地震資訊。

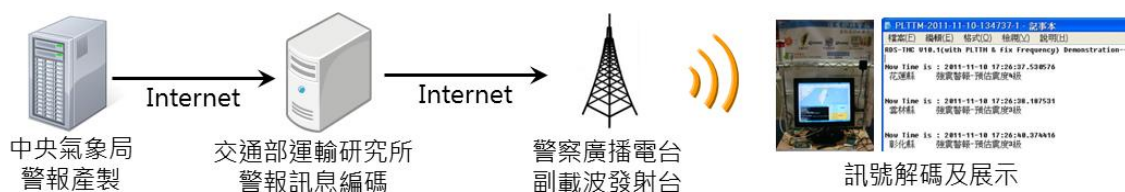


圖 5、副載波傳遞地震訊息測試之流程

2. 低頻無線時頻傳播系統傳遞測試

研究團隊與經濟部標準檢驗局、中華電信研究所合作，由氣象局以電腦網路傳送強震即時警報及地震報告訊息至中華電信研究所，經過編碼處理送出訊號，正進行傳遞測試，傳遞架構如圖 86。目前已完成初步測試，未來可結合電子鐘、電子相框等數位產品，進一步提供一般民眾即時地震資訊。

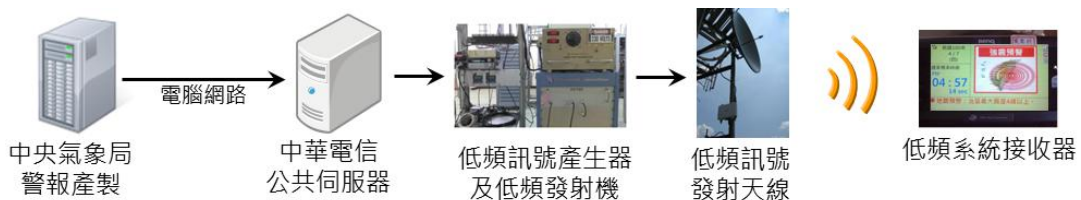


圖 6、低頻無線時頻傳播系統傳遞地震訊息測試之流程

3.2 警報應用操作測試

1. 學校防災應用

研究團隊已於台北市芳和國中、宜蘭縣宜蘭國小、嘉義市港坪國小、花蓮縣光復國小等建置強震即時警報系統整合示範站，提供區域型及現地型警報資訊，並設

置專用跑馬燈及廣播系統通知學校師生採取應變措施(如圖 7)。已協助各校完成強震即時警報與地震防災演練結合之操作，防護學校師生安全。

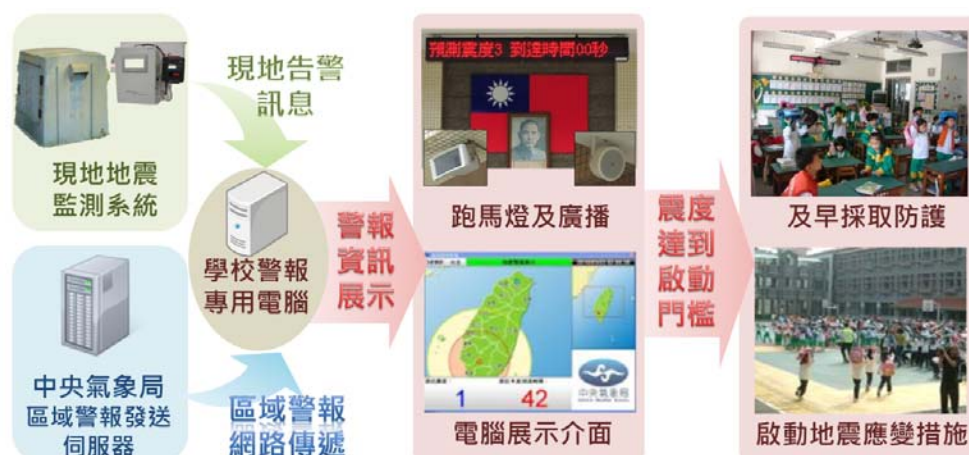


圖 7、強震即時警報於校園地震防災演練應用流程

2. 防救災單位應用測試

已協助內政部消防署、中央災害應變中心之救災救護指揮中心、台北市災害應變中心透過電腦網路接收強震即時警報資訊，掌握第一手地震資訊。正進行強震即時警報與防災衛星、微波通訊系統之介接處理，以透過多重管道同時傳遞警報訊息。

3. 交通運輸系統應用測試

經氣象局協助，已提供台灣高鐵公司在高鐵沿線 11 個測站之強震即時警報預估最大地表加速度及 S 波到達時間進行接收測試；另與台鐵管理局商談選定花蓮車站為示範站，正進行現地地震監測系統之建置作業。

四、強震即時警報防災應用示範研究成果

4.1 強震即時警報防災應用調查研究

透過問卷調查以掌握使用者對於強震即時警報主要功能之認知、使用需求以及警報接收上使用限制之看法，並將應用強震即時警報於地震防救災的調查結果提供整體應用推動之規劃參考(Wu et. a., 2012)。本研究即針對參與應用測試之學校單位，包含台北市芳和國中 250 位師生以及宜蘭縣宜蘭國小 559 位學生實施行問卷調查，透過瞭解使用者對於警報應用認知狀況以及對於警報功能之使用需求，將調查結果回饋至強震即時警報系統於整體應用推動之規劃修正參考。問卷調查方式分為兩階段調查，第一階段調查對象為地震應變指揮人員，以各班導師與教職人員為主要受訪對象，第二階段則為一般使用者，即以各班學生為受訪對象。

4.1.1 第一階段地震應變指揮人員問卷分析結果

地震應變指揮人員即為教職人員，有 31 位有效問卷、1 位無效問卷，調查結果

如圖 8。

1. 警報成效評估

強震即時警報系統對於防災之幫助性，有 17 位表示幫助性大、12 位表示幫助性非常大，有 2 位表示幫助性小，整體來說有 94% 的教職員認為強震即時警報對於地震防災是具有正面的助益。

此外針對強震即時警報結合地震演練之收穫，如圖 8(a)，則有超過 80% 的教職員表示強震即時警報具有提升個人自我防災意識、重新檢視校園疏散避難環境、地震防災知識培育及提前獲知地震訊息以採取防震措施等效益，顯示多數人認為強震即時警報結合地震防減災工作是具有正面的效益，有助於整體環境防減災之檢視以及強化地震防災觀念之提升。

2. 地震防災演練操作檢視

地震演練操作可改進部分，如圖 8(b)，有 1 位表示不太清楚、17 位表示無意見、16 位表示需改進的部分包含可增加演練次數(44%)、教育知識不足(25%)、事前說明不足(6%)、動作不夠熟練，全校師生未能共同參與(6%)、地震防災應增加下課、午休、科任課時應變規劃(6%)、防災卡的取得(6%)、疏散路線規劃補強(6%)，其中加強防震教育訓練及增加演練次數為多數人提出主要需改進之項目，顯示多數人認同防災觀念須建立於日常生活當中並且熟悉防災措施之操作，始能有效達到防減災之目的。

學生參與度調查，如圖 8(c)，有 1 位表示學生有些態度不是很認真、有 15 位表示學生在地震演練中表現得很好，充分配合、有 15 位表示學生大致按照原先規劃採取動作，顯示大部分學生可經由學校所規劃的地震演練獲得地震防災措施的學習經驗。

3. 警報系統功能性修正

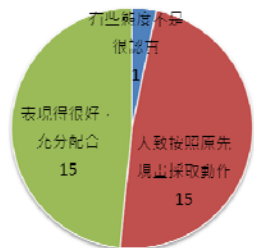
在警報發布管道適切性方面，在 18 位表示意見的教職員中，需修正部分包含廣播聲音太小，聽不清楚播報內容(89%)、高樓層未安裝跑馬燈(6%)、停電時將可能無法放送警報之可能(6%)、警報字幕機訊息跑太快(6%)，如圖 8(d)。

4. 使用者滿意度調查

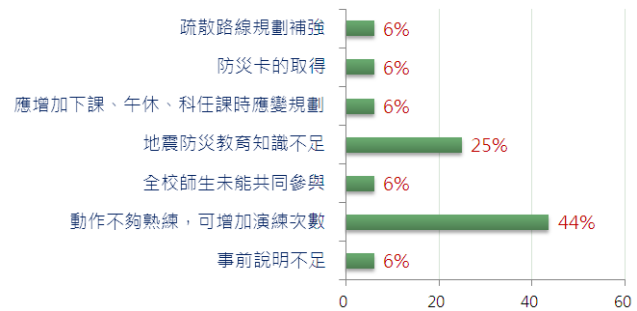
警報結合地震演練滿意項目，為自由填寫項目，以具有真實感(39%)、全校合作(35%)、學校計畫詳盡(35%)、具體的警報指示裝置(23%)為主，如圖 8(e)。顯示事前的地震演練準備能促進人員實施正確的防震措施，再者因及早獲取地震資訊，則可提前判斷後續應施作的應變作為，因此平時應熟知強震即時警報的發布方式，以能在接收到警報訊息時保持鎮定因應災害的來臨。



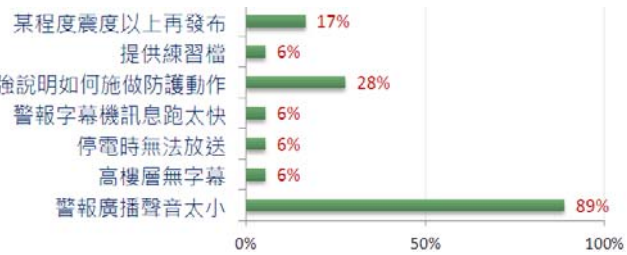
a. 警報結合地震演練之收穫



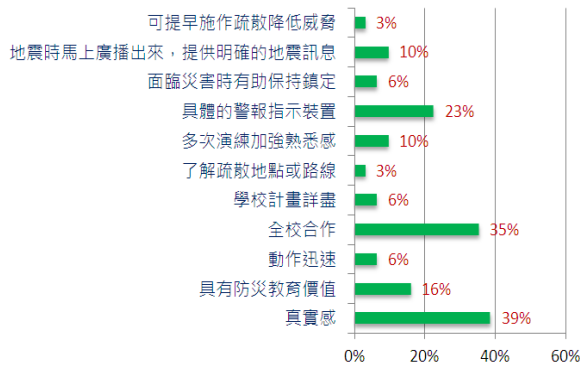
c. 學生參與度調查



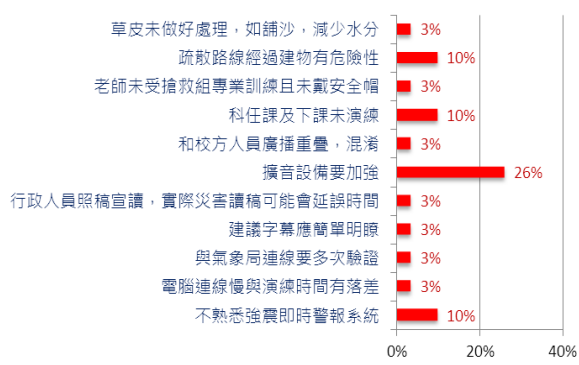
b. 地震演練操作可改進部分



d. 警報發布管道適切性



e. 強震即時警報結合地震演練滿意項目



f. 強震即時警報結合地震演練不滿意項目

圖 8、地震應變指揮人員(教職人員)問卷調查結果

4.1.2 第一階段地震應變指揮人員問卷分析結果

一般使用者即以學生為受訪對象，總計 778 份有效問卷、46 份無效問卷，有效問卷中包含 219 位台北市芳和國中 7、8 年級學生與 559 位宜蘭縣宜蘭國小 1 至 6 年級學生，各年級學生人數分布如圖 9(a)。

1. 強震即時警報系統認知調查

強震即時警報系統之意涵及功能調查，其中表示了解的學生佔 73%，但接續進一步針對表示了解的學生調查強震即時警報之主要功能，則僅有 50% 的學生回答正確，是為監測地震小振動，在大振動前告知訊息，其餘回答誤解部分則包含「地震發生前，預知地震發生資訊」(40%)、「地震發生後，告知各地災害訊息」(13%)，另有 6% 學生回答不清楚(圖 5-3b)，顯示仍有一半的人無法完全了解強震即時警報之主要功能，應強化警報說明，避免使用者因未能清楚瞭解而產生額外預期功效，造成實際面臨地震發生時而無法有效發揮警報之減災作用。

2. 強震即時警報發布方式

最能引起注意之警報發布方式，此為複選題，最多人選擇之項目依序為廣播(42%)、手機(39%)、電視(34%)、電腦(27%)、跑馬燈(24%)、FM收音機(16%)、市內電話(9%)、其他如報紙或家中警報器(1%)，如圖 9(c)。顯示除廣播系統具備大區域通報功能之外，其他被選擇之警報發布接收方式則為現今民眾日常生活中最常接觸及使用的通訊管道。

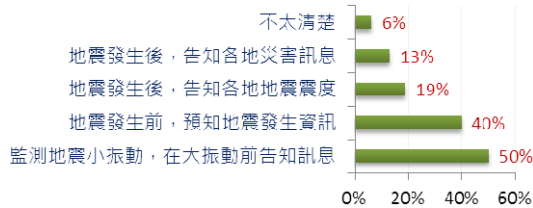
3. 接收強震即時警報之應變反應

接收警報後臨震心理之反應，有 70% 的學生表示在得知強震即時警報訊息後，可以安心的等待到地震搖晃結束，有 30% 的學生則仍舊感到不安，如圖 9(d)。顯示多數人在獲取災害資訊後可降低恐慌感，因已掌握相關地震資訊而可獲得較穩定的情緒。

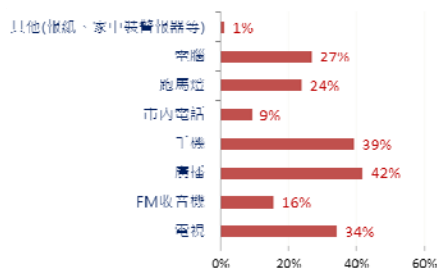
接收警報後防震措施之反應，有近 90% 的學生表示如果現在收到 15 秒後將有地震到達的訊息是可以鎮定地採取避難措施，顯示及早告知地震訊息之特性，有助保持情緒鎮定並在面臨災害時提早採行應變措施。



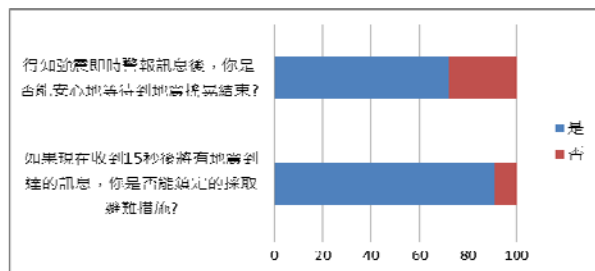
a. 學生年級分布



b. 調查是否了解強震即時警報主要功能



c. 最能引起注意之警報發布方式



d. 接收強震即時警報之應變反應

圖 9、一般使用者(學生)問卷調查結果

4.2 強震即時警報教育宣導與推廣

4.2.1 強震即時警報應用交流平台網站

為了促進強震即時警報之交流與應用，規劃建置強震即時警報應用交流平台網站(<http://eew.ncdr.nat.gov.tw/>)。彙整國內強震即時警報系統之目前研究進展，提供相關應用單位查詢警報應用相關資訊、地震災害防救災教育宣導教材等；並透過平台

功能讓參與合作的學校可彼此交流討論應用心得及操作經驗，促進技術應用之創新。

應用實例方面，臺北市芳和國中與宜蘭縣宜蘭國小其執行成效受到各界肯定，因此以兩校的操作成果做為範例，提供防災演練實施流程及演練實錄供其他學校應用參考。

4.2.2 強震即時警報系統應用宣傳簡介

為利於強震即時警報系統應用推動之宣導，製作單張宣傳簡介，透過簡介提供大眾快速了解強震即時警報原理以及獲知警報後之地震應變作為，有助於對外宣導解說使用，如圖 10 所示。



圖 10、強震即時警報系統應用宣傳簡介

五、結論與建議

研究團隊與氣象局合作，完成強震即時警報傳遞架構及通訊管道應用規劃，建議採用有線網路為主、無線網路為輔之多元通訊管道同時傳遞，以確保傳遞之有效性。公部門單位由氣象局直接提供警報資訊，私部門單位則由電信業者、電視廣播業者、法人研究機構等經氣象局核可後，提供警報資訊及加值服務。

研究團隊將持續致力於警報技術之提升與整合，與相關應用單位合作進行應用操作測試，並調查使用者需求及操作意見，改善警報系統效能以滿足使用者需求。研發團隊已建置「強震即時警報應用交流平台」網站(<http://eew.ncdr.nat.gov.tw/>)，包含國內外研發現況介紹及國內應用實例，可提供相關單位參考。

強震即時警報系統之推動落實，需要跨部會共同合作，建議由相關部會編列經費建置應用系統，與相關應用服務計畫介接合作推動；並研擬產業推動及租稅優惠措施，鼓勵民間企業投入警報產品開發與應用系統建置，結合產官學各界資源與能

量共同推動。

參考文獻

1. 郭雅欣(2011)，「地震預警系統該上路了」，科學人，第 110 期，pp. 30-34。
2. Chen, L. C., Wu, B. R., Kuo, K. W., Tsai, K. C., Hsiao, N. C., Chen, M. and Wu, T. S. (2009), “Promotion Planning for Application of an Earthquake Early Warning System in Taiwan,” *Journal of Disaster Research*, Vol.4, No. 4, pp. 211-217.
3. Fujinawa, Y., Rokugo, Y., Noda, Y., Mizui, Y., Kobayashi, M. and Mizutani, E. (2009), “Development of Application Systems for Earthquake Early Warning,” *Journal of Disaster Research*, Vol.4, No. 4, pp. 218-228.
4. Gasparini, P., Manfredi, G., Zschau, J. (2007), *Earthquake early warning systems*, Springer, New York, USA, ISBN-13 978-3-540-72240-3.
5. Wu, B. R., Chen, C. Y., Hsiao, N. C., Lin, P. Y. (2012), “Pilot Study of Earthquake Early Warning System Applied for School Disaster Reduction,” *Proceedings, The International Symposium On Social Managements Systems*, Kaohsiung, Taiwan.