

土石流防災，全民 e 起來

陳慧雯
逢甲大學 GIS 中心
vona@gis.tw

辜文元
逢甲大學 GIS 中心
cool@gis.tw

陳振宇
水土保持局防災中心主任
cychen@mail.swcb.gov.tw

羅文俊
水土保持局
lu24026@mail.swcb.gov.tw

摘要

民國 85 年強烈颱風賀伯帶來強風豪雨，全國各地災情嚴重，航空、鐵路交通全面停飛、停駛，橋樑斷裂，公路多處坍方交通中斷，多處地區發生土石流、嚴重受損；民國 88 年九二一地震重創臺灣山坡地，接二連三的颱風暴雨，使山坡地及下游平原成為重大災區。

為有效推動土石流災害應變措施，迅速處理土石流災害，行政院農業委員會水土保持局於民國 89 年著手規劃並開發「土石流防災應變系統」，整合中央氣象局點對點系統所傳送之即時雨量、衛星雲圖、颱風等資料，以及土石流觀測站所傳回之即時影像、雨量、地聲及鋼索資訊，並配合土石流災害緊急應變小組作業流程，將需要耗費人力資源工作改由系統自動化處理，提昇土石流災害管理。

水土保持局同時建立「土石流防災資訊網」，整合土石流相關資訊，引導不同年齡層之民眾瞭解土石流防災知識，將土石流防災知識全面推廣，建立民眾正確的防災觀念及防災應變的能力。

一、緣起

自民國 89 年災害防救法通過後，行政院農業委員會水土保持局（以下簡稱水土保持局）成為土石流災害防救之中央業務主管機關，負責規劃土石流防災業務整體架構。在水土保持局整體資訊系統架構上，肩負著土石流防災應變與提供防災資訊服務之重要角色。為有效掌握土石流動態及應變時期的各種資訊需求，水土保持局積極推動土石流防救災資訊整合工作，建置土石流災害應變小組決策支援系統。

當水土保持局土石流防災應變小組成後，土石流防災應變系統 (<http://fema.swcb.gov.tw>) 會依據中央氣象局提供的降雨資料分析各地區土石流警戒狀態，提供應變小組進行土石流警戒預報資訊。一旦發布土石流警戒，會透過系統提供的語音廣播及簡訊功能，通知各鄉鎮公所及防災專員當地的土石流警戒資訊，提醒鄉鎮公所作出適當的因應決策。

同時，為了以最簡便之方式提供民眾獲得即時雨量、土石流防災相關資訊，落實土石流防災資訊公開機制，水土保持局建置土石流防災資訊網 (<http://246.swcb.gov.tw>)，該網站整合中央氣象局之氣象資訊、土石流分布圖、土石流警戒基準值、重大土石災例、相關法規、避難路線圖、宣導及演

練資料、土石流年報、即時土石流觀測站影像等，並提供線上教育訓練、民眾免費訂閱雨量簡訊服務等功能，各項資料均定期檢閱更新。目前瀏覽人數已達 370 萬人次以上，已是國內外學術研究單位蒐集土石流資訊的最大來源。

二、防災機關怎麼做？

水土保持局為有效推動土石流災害應變措施，迅速處理土石流災害，於民國 89 年著手規劃並開發「土石流防災應變系統」，整合中央氣象局點對點系統所傳送之即時雨量、衛星雲圖、颱風等資料，以及土石流觀測站所傳回之即時影像、雨量、地聲及鋼索資訊，同時配合土石流災害緊急應變小組作業流程，將需要耗費人力資源工作改由系統自動化處理，對於提昇土石流災害管理有相當大的助益。並編制「土石流防災中心」，以專責土石流災害管理，建立土石流警戒發布機制，協助地方政府完成防災整備工作，整合協調經濟部水利署、內政部消防署、營建署、本會林務局，以及各縣市政府、鄉鎮公所等各級災害防救機關推動各項防減災、整備、應變、救援等工作。

每逢中央氣象局發布颱風警報後，由政府各部會組成中央災害應變中心開始運作，水土保持局亦隨即組成土石流災害緊急應變小組，土石流災害緊急應變小組成立等級區分為三種，三級開設是發布豪雨特報或海上颱風警報；而二級開設時機則是發布海上颱風警報後且有地區已發布土石流紅色警戒，或配合中央災害應變中心開設時；當發布陸上颱風警報或配合中央災害應變中心開設時，則是最緊急採一級開設。以上三種應變小組開設，皆為 24 小時輪值留守，各輪值人員填列自主檢查表，並請示水土保持局局長召開防救災會報、發送新聞稿，並通知各分局辦理各項整備工作。

土石流防災應變系統於土石流災害緊急應變小組開設期間提供各級政府防災資訊，其亦為中央及地方防災應變之共用平台，為一專業人士所使用之系統。本系統在歷次災害應變過程發揮了極大效益，提供中央與地方共同操作平台及完整資料庫，亦降低應變人員工作負荷並減化作業流程，從土石流災害緊急應變小組開設紀錄、通聯紀錄、輪值人員、雨量資訊、災情通報及查報紀錄、土石流警戒區預報單、各次災害防救會報紀錄到災情案件通報管制及平時勤務日誌管理等，均完整紀錄颱風豪雨期間各項應變作為。

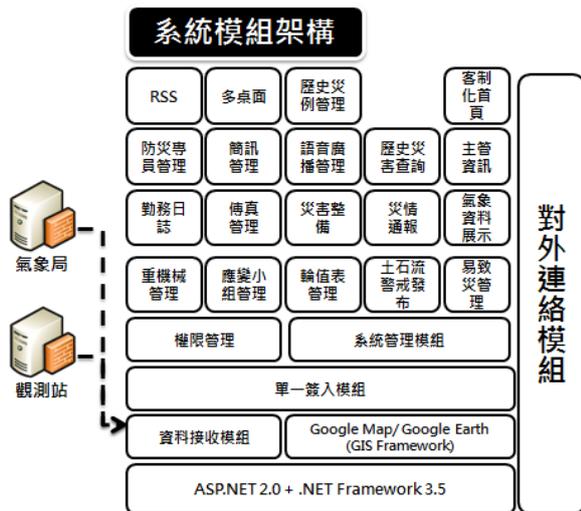


圖 1 系統模組架構圖

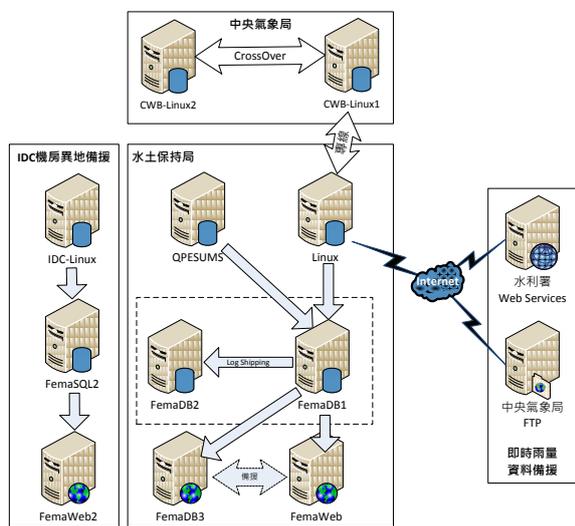


圖 2 系統硬體環境架構圖



圖 3 土石流防災應變系統畫面

(一) 土石流警戒分析模式

在颱風豪雨期間，發布土石流警戒時機是暨重要且專業的工作。因此土石流防災應變系統自動擷取中央氣象局點對點即時雨量資料，以及中央氣象

局與水利署合作開發 QPESUMS 系統雨量預測資料，進行雨場分割與有效降雨量之計算，並配合土石流警戒分析模式與應變需求，將原始氣象資料經內部程式處理成各種加值型資料，以最適合應變人員的分析需求呈現，提供災害應變階段使用，並做為土石流警戒研判之參考。除可提昇效率與正確性外，由於系統採網際網路的開放式架構設計，分散於各地之各級政府相關防災單位也能即時看到警戒分析之結果，儘早預防準備，避免災害擴大。

另外，水土保持局於 94 年開始徵求並培訓土石流防災專員，由當地鄉鎮長、村里長、警察、志工擔任，冒著惡劣的天候，傳送當地的雨量資訊供土石流防災應變小組進行土石流警戒發佈的參考，除了可以提升預報的正確率，同時可協助當地居民疏散與撤離。

目前警戒分為兩階段，第一階段為黃色警戒，被列為黃色警戒之地方政府應進行疏散避難勸告；第二階段為紅色警戒，被列為紅色警戒之地方政府應勸告或強制居民撤離，並作適當之安置。當土石流警戒發佈後，會透過系統提供的語音廣播及簡訊功能，通知各鄉鎮公所及防災專員當地的土石流警戒資訊，提醒鄉鎮公所作出適當的因應決策。

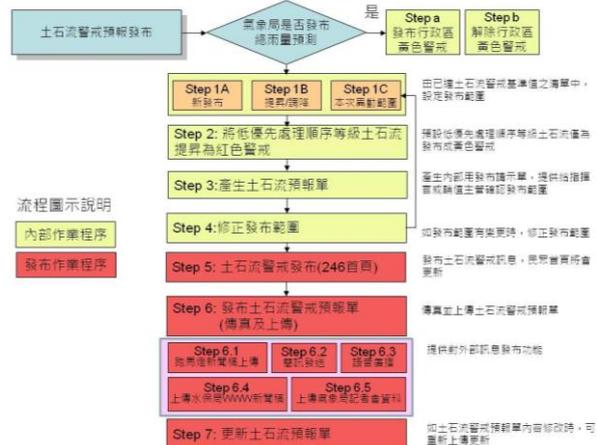


圖 4 土石流警戒發布流程圖



圖 5 土石流警戒發布管理畫面

(二)應變作業標準化

系統在發展整合的過程當中，主要配合水土保持局土石流災害應變相關標準作業程序開發資訊化作業流程，從應變中心開設、勤務日誌管理、標準化文件管理、土石流紅色警戒分析與發布，以及土石流災情通報管理等，均透過網際網路方式線上即時登錄，並經由系統自動產生相關報表，以達成作業簡單化、自動化、標準化、一致化之目的，有效提昇應變效能。

(三)自動化服務整合

早期災情通報多需仰賴人工作業，包括土石流警戒發布後，需以電話通知土石流警戒區內之防災單位負責人、當地緊急聯絡人等，並需傳真相關警戒資訊參考文件等，除需要投入較多人力及設備外，也需要較多處理時間，無法達成即時通報之目標；因此，針對應變作業過程所需要的警戒發布及災情通報等工作流程，已直接標準化整合於土石流防災應變系統，如自動化傳真、簡訊及語音廣播等，降低人工作業程序。

(四)決策支援系統導入

為了提昇土石流警戒分析之精度，並強化作業人員專業分析研判之能力，輔助主管單位進行警戒發布與災情預判等決策時之參考，土石流防災應變系統已應用資料探勘 (data mining) 技術及統計分析能力，針對系統紀錄開設期間已所發生過的龐大歷史災害事件、土石警戒發布時間點及雨量資料等進行探勘，擷取有用知識，經驗學習回饋，作為未來土石流災害分析決策之參考。



圖 6 莫拉克颱風與各分局防救災視訊會議情形

三、民眾如何知？如何做？

水土保持局建立「土石流防災資訊網」，整合土石流相關資訊，將土石流防災知識全面推廣，建立民眾正確的防災觀念及防災應變的能力。網站豐富圖文的解說、影音介紹，完整的土石流相關資訊，以及清晰、深具設計感的瀏覽介面，引導不同年齡層之民眾瞭解土石流防災知識。另外，在颱風或豪雨來襲時，提供民眾即時土石流警戒資訊，以

及災害訊息。

為了加強對居住於土石流潛勢地區民眾服務，水土保持局提供土石流潛勢溪流分布圖、疏散避難路線圖、土石流警戒基準值等資訊供民眾自由下載；同時，提供免費的土石流警戒區資訊及降雨資訊簡訊服務，只要民眾留下基本資料及手機號碼，將可於防汛期間免費收到水土保持局發布的最新土石流資訊，提供民眾更安心的保護。

為落實土石流防災基礎教育，水土保持局建置「土石流防災親子網」。該網站精心設計許多簡單有趣的單元，包括土石流學堂、延伸學習、影片劇場及趣味遊戲等，特色是利用動畫影片及活潑生動的圖文說明，配合學習教材，傳授土石流相關知識，適合親子一同學習；同時，防災教育向下紮根，設計一系列的土石流防災教案與學習單，並結合國小教師的教學經驗，藉由生動活潑的動態影音，清楚瞭解土石流發生情形、危險徵兆、災損嚴重性、預警及防範措施等知識，且搭配課堂闖關遊戲，增加學習趣味。



圖 7 土石流防災資訊網畫面



圖 8 土石流防災親子網畫面



圖 9 數位學習教材成果

(一) 了解居家安全，防患於未然

民國 81 至 85 年首次調查的土石流潛勢溪流全臺共計 485 條；民國 88 年 921 地震後，重建區土石流潛勢溪流由 133 條增加到 370 條，全臺共計 722 條土石流潛勢溪流。近十年來，原本地質已經不穩定的福爾摩沙島，在屢經颱風豪雨的重創後，目前全臺灣土石流潛勢溪流共計 1,503 條，同時完成彩色正射影像版之土石流影響範圍圖，並請各縣市政府依影響範圍圖，建立保全住戶清冊及避難疏散圖。

平時，民眾可於前述資訊皆可於土石流資訊網進行完整的資訊查詢，了解居住環境安全，及災害避難之方法；災害期間，可於土石流資訊網查詢土石流警戒狀態，或訂閱語音／簡訊服務。

(二) 參與防災教育宣導

為建立民眾正確之土石流防災觀念及教導認識土石流災害，並了解土石流發生時疏散避難路線及相關注意事項，水土保持局積極辦理土石流防災疏散避難宣導說明會，由土石流防災專業技師講授各轄區土石流潛勢溪流現況說明及土石流防災地圖解說等相關事項。另一方面，為落實水土保持及土石流防災教育，設計製作土石流防災大富翁遊戲，作為教學單位自然科教學輔助教材，並積極辦理土石流防災教育教師研習活動，培養激發教學創意，為防災教育注入新思維，有助於教師在學校對學生實施防災教育時，帶動學生學習的興趣。推動土石流自主防災社區，培訓種籽教師及土石流防災專員，協助教育宣導。

(三) 參與防災專員訓練

為強化民眾基層防災能力，水土保持局結合水土保持義工、山坡地查報取締巡查員、緊急連絡人及社會團體等人力，成立「土石流防災專員」。土石流防災專員之任務，主要在教導民眾平時應關心颱風豪雨訊息、並會使用簡易雨量筒、學習觀測土石流警戒雨量及進一步了解當地社區環境、土石流潛在威脅的地方等；進而可結合當地民眾組成自主防災社區，共同協助土石流監測，以瞭解山區雨量變化並協助災情通報與疏散、撤離等工作，最後達到山區社區的民眾「人人懂防災，家家無災害」之

目標。

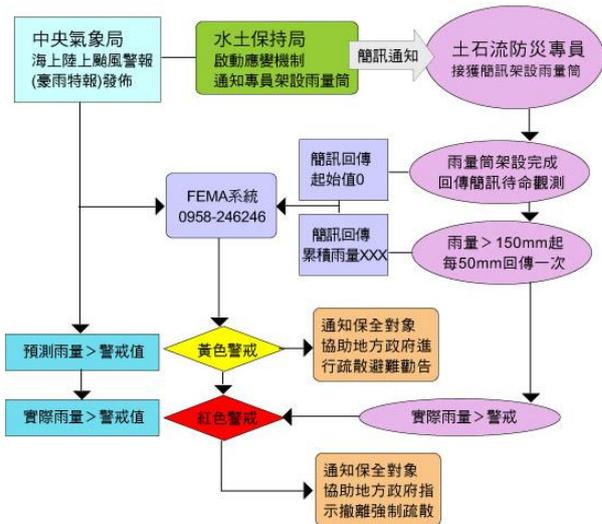


圖 10 土石流防災專員作業流程圖

(四) 參與防災教育種籽教師培訓

防災教育一直是校園推廣宣導重點，期使學童從小建立正確的防災概念。水土保持局致力於土石流防災宣導，舉辦土石流防災教育教師研習活動，結合網路學習應用，以自身教學經驗分享防災創意課程，為防災教育注入新思維，有助於教師在學校對學生實施防災教育時，帶動學生學習的興趣。



圖 11 種籽教師報告設計海報的創意理念



圖 12 龍崎牛埔泥岩水土保持教學園區
— 根系觀察箱

四、成效

(一)建立土石流防災應變系統與觀測站，達到預警之效

- 透過「智慧型土石流防災應變作業平臺」將災害應變過程電子化，從應變小組開設、災害通報、警戒分析、災情訊息發布等應變階段流程完全電子化，一連串標準化流程，減少應變小組開設期間人員工作量，同時災害管理電子化後，災害應變指揮官可上網查詢各地區災情發生情形，提高應變能力。
- 土石流防災應變系統歷經 8 年 75 次颱風及豪雨的歷練，98 年開設 5 次累計 43 日，共發佈紅色警戒 659 條，黃色警戒 653 條，通知緊急聯絡人 146,336 人次。

(二)培訓土石流防災專員，有效減輕災損

- 土石流防災專員任務為協助自主雨量觀測、災情通報、警戒訊息傳遞及協助疏散避難等防災工作，以強化在地土石流自主防災能力。土石流防災專員歷年累計培訓土石流防災專員 1,814 人。
- 善用地化土石流防災專員之社會資源，協助觀測雨量資料，做為發布土石流警戒參考。
- 莫拉克颱風期間，由水土保持局培訓的土石流防災專員，以及各地村里長、警員的協助，成功自災區撤離 9,100 居民，減少可能死傷人數逾千。

(三)強化民眾土石流防災知識，達到土石流防災向下扎根之目的

- 因應不同使用對象，透過網站、研習活動、宣導影片及文宣摺頁等各種管道，設計不同主題內容，達到宣導減災、提升民眾防災意識之效。
- 水土保持局設計製作土石流防災大富翁遊戲供民眾免費申請使用，家長及各級學校單位申請踴躍，常常供不應求。為能進一步將本遊戲推廣到全臺灣，於 98 年度設計土石流防災大富翁 DIY 版供民眾下載。臺灣有兩千六百多所小學，180 萬餘名學生，如果每個學生可影響 4 至 5 名親友，那土石流防災資訊將可影響到 900 萬人。

(四)社區防災意識凝聚與提升

- 水土保持局每年針對地方政府，辦理土石流災害防救業務講習，介紹新修訂的土石流災害防救業務計畫及作業手冊，並提供防災新技術與新知識，使各級政府與事業單位充分瞭解目前國內土石流災害防救之應變管理體系與相關措施，以減少災害發生時之人命傷亡。

- 提高公共參與，社區防災意識提升，以村里為單位辦理土石流防災演練與宣導，並定期檢核更新土石流防災疏散避難計畫，強化居民防災意識。
- 98 年度完成 533 村里「98 年土石流防災疏散避難計畫」之檢討更新，土石流潛勢溪流保全對象建置資料達 34,441 人。