

莫拉克颱風引致土石流之防災應變管理研究— 以土石流防災地圖為例

A Study on Typhoon Morakot-induced Debris Flows of Emergency Management Action for Disaster prevention Map

鍾佩蓉²、辜炳寰¹、賴承農²、許志豪²、簡志凱³、陳振宇⁴
Pai-jung Chung², Bing-Huan Ku¹, Chen-Non Lai², Chi-Hao Hsu²,
Chih-kai Chien³, Chen-Yu Chen⁴

1 財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心 研究員

2 財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心 工程師

3 農委會水土保持局土石流防災中心 工程員

4 農委會水土保持局土石流防災中心 主任

摘 要

莫拉克颱風狹帶來高強度及長延時雨量，造成台灣南部集水區發生罕見土砂災害，並使得多處土石大量下移，造成既有土石流疏散避難路線以及避難處所之破壞，人命損失及重建時程難以估計，尤其對於土石流防災應變管理更形成挑戰。現行土石流防災疏散避難作業，於莫拉克颱風再次被實証，藉由水保局災前土石流防災演練、黃、紅色警報之相關警報發布，以及災中參與協助之土石流防災專員，確實有效進行疏散撤離。

本研究於莫拉克颱風後，重新勘察重創土石流潛勢地區並配合水保局檢討警戒雨量值，再劃設土石流影響範圍以更新土石流防災疏散避難規劃，更新土石流防災地圖。透過滾動式檢討及適時更新防災地圖所載述相關資訊，不但能中央應變單位更有效進行防災管理，亦使第一線之村里長、土石流防災專員，以及縣市政府應變中心之人員，在災前防災演練工作有所依循，以達到維護人民生命安全之目的。

關鍵詞：土石流、防災管理、防災地圖、疏散避難

一、前言

民國 88 年 921 地震過後，造成集水區張力裂縫發展、山區土方鬆散，致使颱風、豪雨及地震期間，易因大量降雨或擾動誘發土石崩塌，混和地表逕流進而轉化成為土石流等坡地災害。因坡地災害的發生，人類至今仍無法精準預測與控制，故水保局於 95~98 年期間，針對土石流潛勢地區進行易致災因子調查，調查內容包含土石流潛勢溪流現況調查、保全對象及優先指示撤離地區住戶清查、影響範圍內之住戶住宅照相檢核及 GPS 定位、後續 GIS 圖層建置、照片編碼定位、影響範圍修訂、避難處所檢核以及相關防災資訊建置等工作，做為後續防災應變之依據。

土石流發生常難以掌握與預測，故防災應變則成為目前首要的工作，藉由易致災因子調查結果，製作成土石流防災地圖，分送至地方政府相關單位，以落實汛期前防災疏散避難之演練，加強汛期前防災整備工作；因若能於土石流災害發生前，提早疏散撤離保全住戶，並以汛期前防災演練，落實民眾減災等相關措施及觀念，政府、民間力量全力執行，則可將大多數土石流災害減至最低程度，以保障人民生命財產安全。

水保局於民國 95 年至 98 年進行土石流潛勢地區易致災因子調查，將現勘調查結果(土石流潛勢溪流、土石流影響範圍、優先指示撤離地區、避難處所、避難路線、直昇機起降點以及相關聯絡人等防災資訊)，製作成防災地圖，分送至地方政府相關單位，以落實防汛期前防災疏散避難之演練，加強汛期前防災整備工作。以下說明如何於土石流災後，進行即時現勘調查蒐集相關資訊，再回饋於室內進行土石流防災地圖產製，供給地方政府作為防災應用參考依據。

二、優先指示撤離地區劃設

為更有效進行土石流疏散避難優先指示撤離地區之劃定，本研究使用 FLO-2D 程式並配合使用 Honer 降雨強度公式及游保杉教授之降雨頻率分析結果，來進行土石流堆積範圍及堆積深度之模擬。FLO-2D 程式係由美國學者 O' Brien 及 Julien 所開發，可進行二維土石流模擬，以求解土石流 x 軸方向水深平均速度 u ，y 軸方向水深平均速度 v ，以及堆積深度 h 。

FLO-2D 模擬需輸入參數為：分析流域內之 DEM 提取，土石流溢流點位置、土石流出邊界點位置、流域內之降雨條件、水文模式之下之溢流點洪水歷線、由洪水歷線決定之土石流量歷線、流變參數、體積濃度參數、土石比重、層流阻滯係數等。其模擬利用其水文模式內的洪水演算，由降雨歷線得到洪水歷線，進而決定土石流流量歷線，最後利用其土石流模式分析獲得土石流最終堆積型態及最大可能影響範圍。

三、現地調查及災情紀錄

1. 現地調查修正

因 FLO-2D 為室內模擬分析，為修正因基本資料或輸入資料之不正確導致模擬之誤差，本研究將模擬出之優先指示撤離地區範圍由現調人員攜至現地進行修正，修正優先指示撤離地區範圍乃依現地地形地貌，評估其是否有受到土石流影響之可

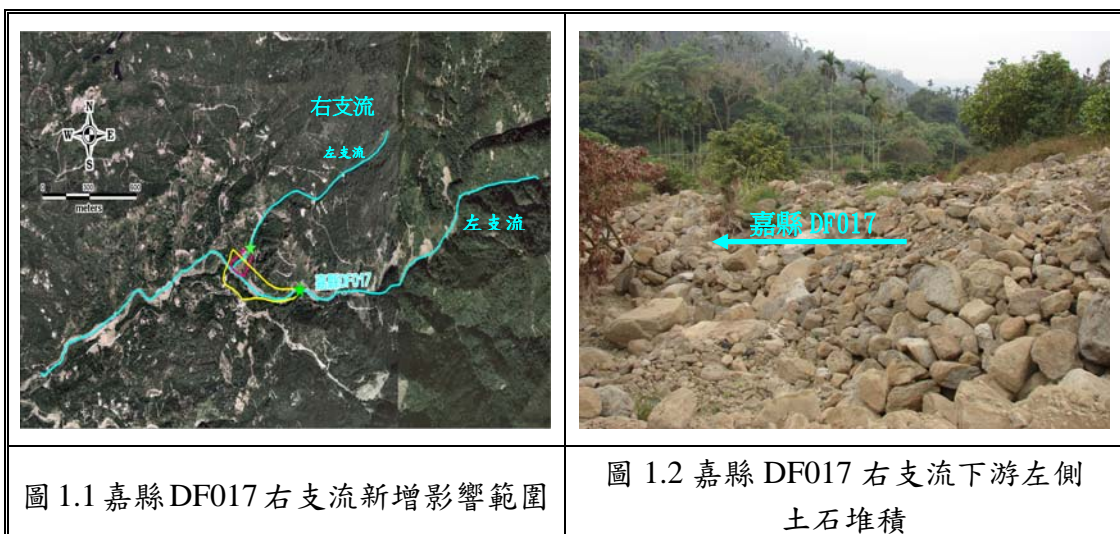
能，並修正原 FLO-2D 所模擬之影響範圍，以獲得更精準之結果。其修正原則為：

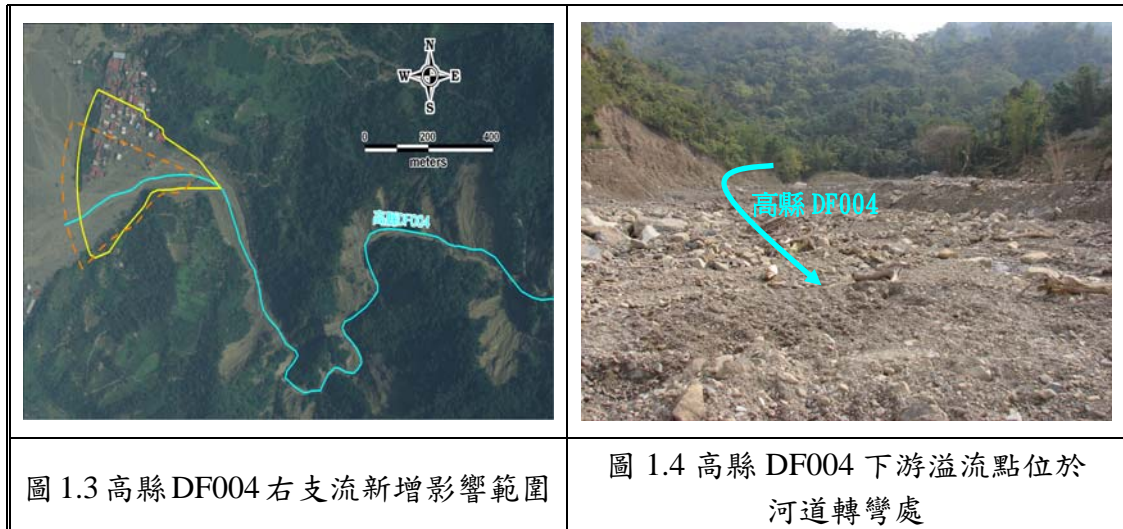
- (1) 現地勘查可能之溢流點位置，如谷口處、障礙物處或地形突然變緩處，並於現地重新定位，以校驗溢流點位置。
- (2) 現地勘查可能之溢流點位置，如谷口處、障礙物處或地形突然變緩處，並於現地重新定位，以校驗溢流點位置。
- (3) 根據現地地形研判，將土石流不可能會經過之部分去除。
- (4) 若溪流兩岸地勢之高程值高出流道 10~12 公尺(約 3~4 層樓)，大致已高出土石流之可能堆積高度，則可考慮去除。
- (5) 若於現地調查時發現除了底圖上之溢流點外，尚有其他鄰近保全住戶之溢流點存在時，則將增加該優先指示撤離地區劃設。
- (6) 非土石流影響範圍內，但受鄰近崩塌地或其他致災因子直接影響安全之保全住戶區域，亦將劃設為優先指示撤離地區。

以莫拉克颱風後本研究現調為例，於莫拉克颱風前後，因地震或豪雨導致地形變化，進而形成土石流災害，或現地地勢地貌因時間而改變，或於災後重新於土石流潛勢溪流進行整治工程，導致土石流潛勢溪流之溢流點、溪流線或影響範圍有所異動，需進行修正。如以嘉義縣竹崎鄉桃源村為例，嘉縣 DF017 於 98 年 8 月莫拉克颱風後，於右支流上游新增土石崩塌，土石伴隨溪水下移造成後山橋橋孔堵塞，故於河道轉彎處造成土石堆高溢流，經現勘後，於嘉縣 DF017 右支流新增溢流點，並劃設影響範圍(如圖 1.1)，而圖 1.2 則為嘉縣 DF017 土石堆積之情況。

另以高雄縣那瑪夏鄉南沙魯村為例，高縣 DF004 因莫拉克颱風帶來超大豪雨，高縣 DF004 集水區產生崩塌，崩塌土石混合溪水形成土石流直衝而下，大量土石於下游轉彎處因宣洩不及而往村內聚落直衝，致使大量民宅遭土石流沖毀，故本計畫現調後調整溢流點之位置(如圖 1.3)，高縣 DF004 溢流點位於河道轉彎處，河道兩側遭河水沖刷造成崩塌(如圖 1.4)。

由以上案例可知，莫拉克颱風時所帶來之全集水區、高強度、長延時降雨對現行之土石流災害管理帶來嚴峻挑戰，因降雨特性改變及複合災害的發生，導致多處引致大量土石下移，災害範圍超出以往想像，既有之土石流潛勢溪流判定方式與土石流影響範圍劃設方法仍有改善空間，建議可利用本次莫拉克颱風之調查結果進行資料分析與比對，以精進判定與劃設方式。





2. 防災資訊之紀錄

藉由現調時詢問村里長及居民，從訪談中得知當地是否曾發生過土石流災害，並紀錄相關防災資訊，其資訊包含：

- (1) 村里長聯絡資訊。
- (2) 避難處所聯絡人電話、地址、該處所照片及 GPS 定位。
- (3) 直昇機起降點聯絡電話、地址及 GPS 定位。
- (4) 警消單位聯絡電話、地址及 GPS 定位。
- (5) 醫療單位聯絡電話、地址及 GPS 定位。
- (6) 災害通報單位聯絡電話。

四、防災地圖產製作業

本研究所製作之防災地圖係沿用水保局自民國 90 年起，逐步進行之土石流緊急避難路線規劃圖之部分成果，並根據本研究需要更新相關資訊，依據上述需求，本研究研擬「防災地圖製作標準作業流程」以確保防災地圖完稿之品質，如圖 1 所示，其標準作業程序中包含：

1. 以 A3(42.0cm × 29.7cm)尺寸進行土石流防災地圖版面配置，內容包含防災資訊表及地圖說明資訊。
2. 進行疏散避難路線主圖框之 TWD97 及 TWD67 二度分帶坐標格線設定(以 ArcGIS 設定)。
3. 套疊基本圖資，包括：道路、河川、地標、行政區界、等高線、水保局之土石流潛勢溪流、水保局之土石流影響範圍、經現地確認後之優先指示撤離地區等，底圖為經色差處理之彩色航照圖。
4. 圖面標示重點包含疏散避難路線、疏散避難處所、直昇機起降處、警消、醫療單位等。
5. 疏散避難主圖框之圖例說明製作(包括比例尺、指北針等)。

6. 災害通報聯絡單位、人員及電話。
7. 防災地圖內容現地確認及更新。
8. 防災地圖製作一級品管，若不合格則重新製作。
9. 防災地圖製作完成。

其流程圖如圖 2 所示，圖 3 為以南投縣信義鄉神木村為例所製作之防災地圖。

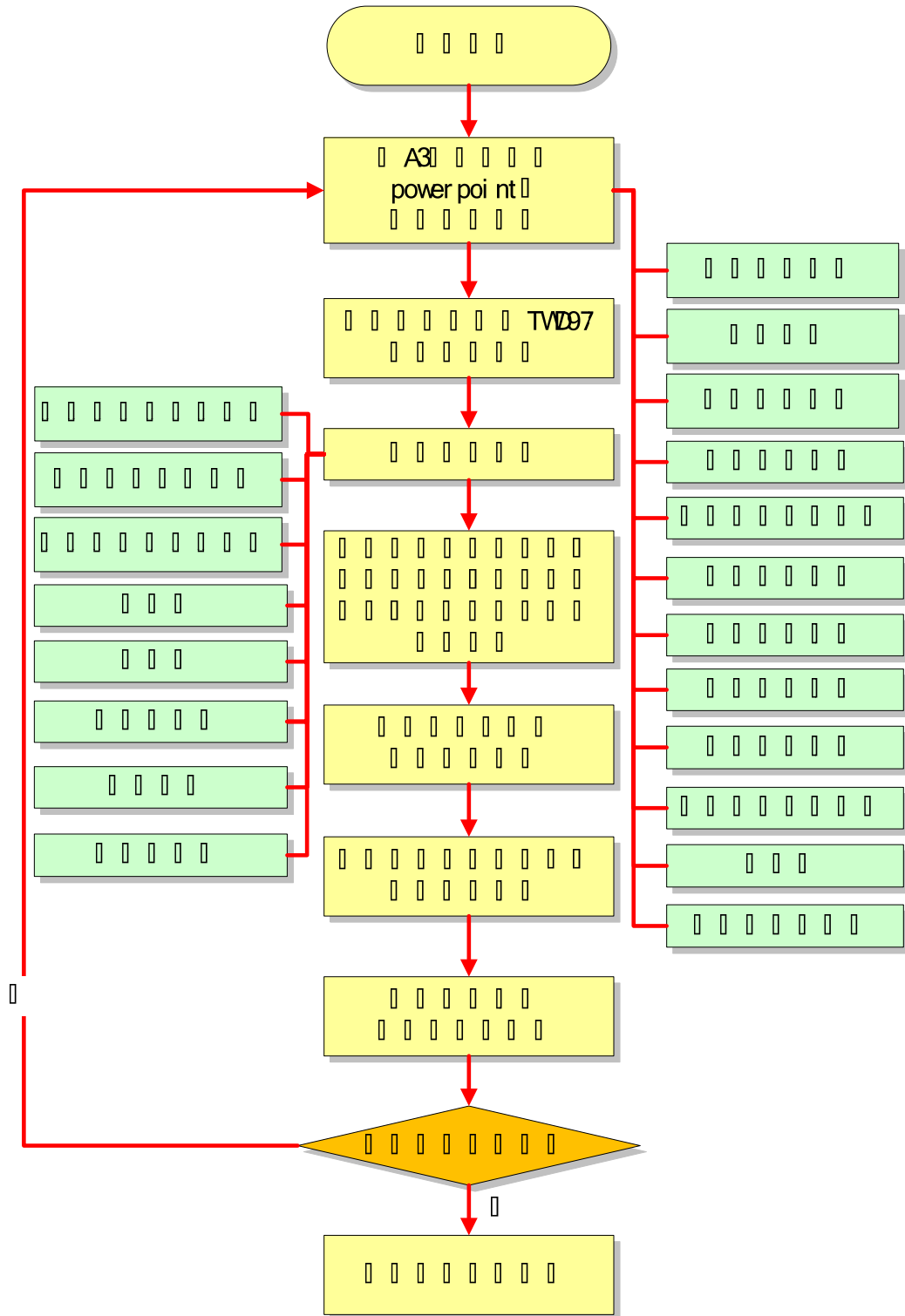
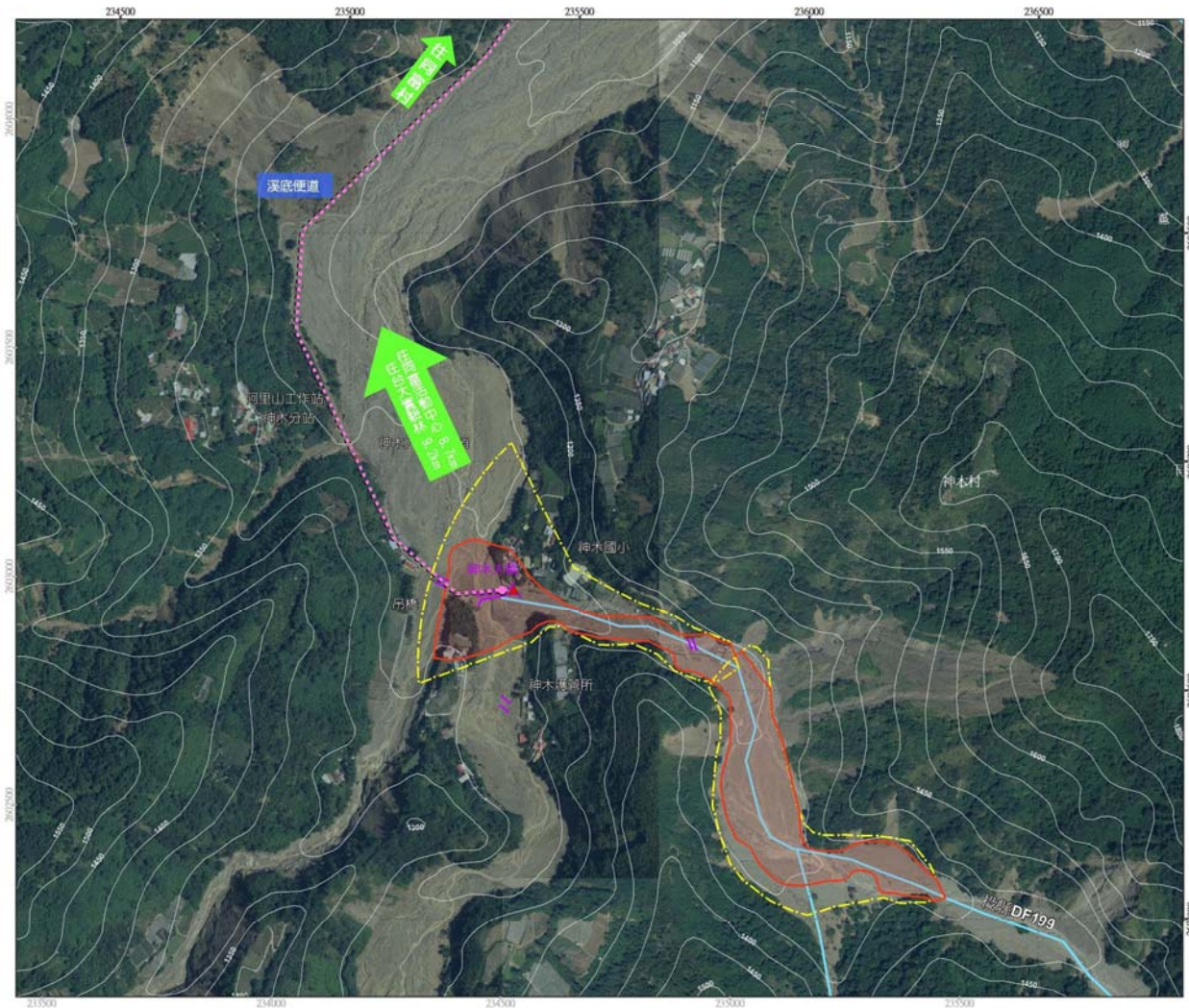


圖 2 防災地圖製作標準作業流程



南投縣信義鄉神木村土石流防災地圖

圖 3 南投縣神木村防災地圖

- 災害通報單位**
- 信義鄉災害應變中心 049-2791515
 - 南投縣災害應變中心 049-2206252#756-759
 - 水土保持局南投分局緊急應變小組
電話：049-2221847
 - 水土保持局土石流災害緊急應變小組
電話：0800-246246
- 緊急聯絡人電話**
- 村長：龔桂南 049-2701001、049-2701016
0912-701016
- 避難處所**
- 同富活動中心(可容納30人)
地址：信義鄉同富村同和巷112-1號
電話：049-2701016(村長)
 - 台大實驗林和社營林園(可容納200人)
地址：信義鄉同富村同和巷47號
電話：049-2701503
 - 同富國中(可容納200人)
地址：信義鄉同富村同和巷7號
電話：049-2701317
 - 同富國小(可容納200人)
地址：信義鄉同富村同和巷4號
電話：049-2701503
- 直昇機起降點**
- 同富國中操場 049-2701317
地址：信義鄉同富村同和巷7號
- 警消醫療單位**
- 和社派出所 049-2701304
地址：信義鄉同富村同和巷6號
 - 玉山消防分隊 049-2702570
地址：信義鄉同富村同和巷14之3號
 - 神木村衛生室 049-2701831
地址：神木村神木巷7號
 - 信義鄉衛生所 049-2791148
地址：明德村玉山路45號
 - 竹山秀傳醫院 049-2624266
地址：竹山鎮集山路二段75號
方格線黑色數字為TWD97坐標
灰色數字為TWD67坐標
- 土石流警戒基準值：250mm**
土石流歷史災害：民國85年賀伯颱風、民國87年59豪雨、民國88年5月豪雨、民國88年7月豪雨、民國90年桃芝颱風、民國90年納莉颱風、民國95年69水災、民國98年莫拉克颱風



圖例

- ▲ 避難處所
- Ⓜ 直升機起降點
- ▲ 土石流警告標誌位置
- ← 疏散避難路線
- 土石流潛勢溪流
- 土石流影響範圍
- 優先指示撤離地區

0 250 500
公尺

行政院農業委員會水土保持局
地圖製作日期：99年08月
航照拍攝日期：98年09月

五、土石流防災地圖應用與更新

透過以上於災害蒐集現調資料，再由遙測技術展繪土石流防災路線、保全對象住戶說明、村里救難單位聯絡方式、雨量警戒值，該地圖建立，能落實都市防災規劃永續發展之理念，建立社區化防災意識，強化並凝聚防災共識；除能考量到現地地形之影響，在面臨災害來時，對於模擬範圍內之危險聚落能進行更有效之疏散避難動作。此外，土石流防災地圖之資訊，如避難處所、避難路線及防災相關資訊也應定期更新修正，並依水保局防災專員或地方政府之回報資訊調整、更新避難處所及避難路線，進行地圖必要之編修。

六、結論與建議

透過土石流防災地圖製作，並分送至地方政府相關單位，以落實汛期前防災疏散避難之演練，加強汛期前防災整備工作；因若能於土石流災害發生前，提早疏散撤離保全住戶，並以汛期前防災演練，落實民眾減災等相關措施及觀念，政府、民間力量全力執行，則可將大多數土石流災害減至最低程度，以保障人民生命財產安全。

參考文獻

水保局，2009。98年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析。

水保局，2010。98年莫拉克颱風後土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析。