

大梨山地區坡地環境安全防護網建置

徐森彥¹、許世孟^{2,*}、施俊成³

摘要

大梨山地區過去曾是台灣光觀旅遊勝地，以梨山賓館與種植高經濟價值的茶葉、果樹與高冷蔬菜而聞名，帶來了經濟上的繁榮，卻也衍生水土保持及環境破壞問題，導致本區域長期暴露在地層滑動之危險中。每次颱風豪雨侵襲本區域後，皆有災害發生，雖經政府單位派人緊急處理，仍須有長期整體性之治理規劃必要，藉以保障大梨山地區人民安全與維繫觀光產業發展。基於此需求，本研究嘗試提出大梨山地區坡地環境安全防護網建置之概念，冀望有效減輕災害損失與致災風險，提昇整體區域之安全，逐步實現永續發展之願景。本文將針對安全防護網建置所需的重要元素進行說明，包含地滑地即時監測系統建置、防災應變資訊的建立、治理工程規劃與防災教育宣導等四大工作主軸，各項工作除了獨立推動外，尚需彼此串聯，另再透過治理成效評估監控規劃成果，適時調整治理策略與方法，藉此達到全面保護之最終目標。

關鍵字：水土保持、安全防護網、防災應變、治理工程、監測系統

¹水土保持局台中分局分局長&國立聯合大學土木與防災工程學系兼任助理教授

^{2*}中興工程顧問社大地工程研究中心組長

³中興大學水土保持學系博士生

一、前言

大梨山地區過去曾是台灣光觀旅遊勝地，以梨山賓館與種植高經濟價值的茶葉、果樹與高冷蔬菜而聞名，帶來了經濟上的繁榮，卻也衍生坡地環境破壞問題，於是民國79年4月梨山地區發生大規模的地層滑動，面積達230公頃，導致台7甲線路基坍滑交通中斷，同時地滑區內梨山賓館、梨山文物館、國民旅社、台汽車站等重要建築物及中部橫貫公路等產生不同程度之破壞。災害發生後，水保局自民國84年起開始執行梨山地區「坡地災害整治」計畫，至今仍持續進行相關治理工程，總治理經費超過15億元，包含防砂工程、地表排水工程、地下排水工程(排水廊道、集水井工程)、地滑地監測管理系統維護分析等(行政院農委會水土保持局台中分局，2013)，顯見水土保持局已投入大梨山地區的諸多心血。而睽違十三年的梨山賓館於去年度重新開幕，正表示過去投入的相關治理工程與對策有具體的成效，並帶動地區的發展與守護大梨山地區的人文及自然生態環境。然而受全球氣候變遷影響，近幾年強降雨、長延時事件頻傳，導致大梨山地區坡地環境仍有諸多土砂災害發生(行政院農委會水土保持局台中分局，2012)，對於保障部落安全與維繫觀光發展之目標，仍有需加強努力之空間。

本研究檢視大梨山地區過去治理策略多以單點治理為主，透過民眾通報或是颱風造成之災害點位，進行後續工程規劃與治理，較欠缺系統性整體的治理方針以及管理策略，對於現今複合型災害頻傳的台灣，更是捉襟見肘。有鑑於此，本文針對既有的災害管理系統提出改進的概念，進而建構坡地環境的安全防護網，冀望有效減輕災害損失與致災風險，提昇整體區域之安全，逐步實現永續發展之願景。

二、大梨山地區的概況

梨山隸屬於臺中市和平區，人口約2,138

人，位置約在臺灣中部臺中市區東偏北約100公里的中央山脈中，標高約在1,950公尺左右，為中部橫貫公路(台8線)以及其宜蘭支線(台7甲線)交會點。此為中橫公路交通、商業、觀光旅遊及行政之綜合據點。梨山周圍部落，包括位於宜蘭支線(台7甲線)61公里處下方的環山地區與68~70公里兩側的松茂地區，以及中部橫貫公路(台8線)80.9公里處下方的老部落與76~79公里公路上邊坡的新佳陽地區，另有武陵及福壽山兩農場，統稱為「大梨山地區」(行政院農委會水土保持局台中分局，2012)，如圖1所示。以下針對各部落及農場之基本現況進行說明，包含坡地坡度級別、岩層與坡面位態、野溪與河岸侵蝕、坡地排水狀況、土地超限利用情形等。

1. 環山部落

坡地坡度級別多為二級坡(水土保持技術規範，2010)；岩層主要為廬山層，由板岩或變質砂岩組成，該地層板岩劈理位態為北偏東，傾角為42度傾南，該坡面與層面之走向交角大於二十度以上，屬於斜交坡；部落位於大甲溪河岸的攻擊坡，且河道彎曲變化大，相對侵蝕力亦旺盛，故可能使得山坡地的坡腳侵蝕而發生崩塌；部落北側主要有三條野溪坑溝，其中左坑溝、中坑溝上游段銜接至下游段中間無排水系統，經常在豪雨時期，上游的地表排水路徑無法有效控制，而有排水不良的情形；土地超限利用情形則相對其他部落則是較多的程度。

2. 松茂部落

坡地坡度級別多為六級坡；岩層主要為廬山層，由板岩或變質砂岩組成，該地層板岩劈理位態為北偏東或北偏西，傾角為44至72度傾西或西北，該坡面與層面之走向交角大於二十度以上，屬於斜交坡；松茂地滑區有兩處大甲溪河岸的攻擊坡，且河道彎曲變化大，相對侵蝕力亦旺盛，故該地滑可能係受到大甲溪兩

處河岸的侵蝕所影響，且地滑區的道路每當颱風毫雨過後，長發現下陷的跡象，甚至房屋向後傾斜的情形；豪雨時期，台7甲道路或上游集水區排水宣洩不及，皆集中至地滑區，而果園排水設施老舊，甚至不完善，而有排水不良的情形；土地超限利用情形則相對其他部落則是中等的程度。

3. 梨山精華區

坡地坡度級別多為六級坡；岩層主要為廬山層，由板岩或變質砂岩組成，該地層板岩劈理位態為北偏東，傾角為38或58度傾北，該坡面與層面之走向交角大於二十度以上，屬於斜交坡；部落下邊坡大甲溪河岸侵蝕目前較不顯著，而梨山賓館附近有三處主要的坑溝，分別為西坑溝、東坑溝與東南坑溝，源頭皆來自福壽山的邊坡，西坑溝常因豪雨事件而有大量的土砂沖刷，故梨山部落主要為野溪坑溝的侵蝕為主；過去梨山精華區坡地排水不良情形嚴重，因水保局等相關單位投入相當多的整治計畫，目前現況坡地排水情形已改善，其排水不良情形相對來說較為中等；土地超限利用情形則相對其他部落則是中等的程度。

4. 老部落

坡地坡度級別多為五級坡；部落的地層西側為眉溪砂岩與廬山層，前者岩性為變質砂岩，後者為板岩或變質砂岩所組成，該地層板岩劈理位態為北偏東，傾角為12~66度傾東南，該坡面與層面之走向交角大於20度以上，屬於斜交坡；部落有一處主要的坑溝，鄰近眉溪砂岩與廬山層的交界處，水流容易順著層面弱面侵蝕，部落下邊坡為大甲溪的堆積區，東側接臨梨山地區的下邊坡攻擊坡，若此攻擊坡侵蝕嚴重可能影響至老部落下邊坡東側區域；老部落地區目前排水不良情形相對其他部落來說較為中等；土地超限利用情形則相對其他部落則也是中等的程度。

5. 新佳楊

坡地坡度級別多為三級坡及五級坡；部落的地層主要為眉溪砂岩與廬山層，而下邊坡為佳陽層，其岩性分別為：變質砂岩、板岩或變質砂岩，以及板岩夾薄層粉砂岩，下邊坡露頭位態為北偏東，傾角為41度傾南，而板岩劈理位態為北偏東，傾角為38~50度傾北，大部分邊坡的坡面與層面之走向交角大於二十度以上，多屬於斜交坡；部落東西兩側有兩處主要的溪溝，而下邊坡有一處坑溝，亦為近年來發生嚴重崩塌的地區，因而造成部落下邊坡崩塌與路基下陷的情形；部落目前坡地排水情況大致良好；土地超限利用情形則相對其他部落則也是中等的程度。

6. 福壽山農場

坡地坡度級別多為一級坡及二級坡；農場的地層主要為廬山層(Ls)，由板岩或變質砂岩組成，由於農場為一山頂上較為平坦的區域，四周圍環繞不同方向的邊坡，而根據現地露頭地質調查顯示，大部分邊坡的坡面與層面之走向交角大於二十度以上，多屬於斜交坡；農場鄰近的邊坡有多處野溪坑溝，坑溝銜接至梨山精華區之東坑溝、西坑溝、東南坑溝排水不良，此可能會造成邊坡的向源侵蝕，引起下游地區坑溝土砂侵蝕量增加；農場內部份排水溝設計不良，渠道斷面小，在豪雨期間，有積水與排水不良的情形，整體而言屬於中等程度；土地超限利用情形則相對其他部落是較少的程度。

7. 武陵農場

坡地坡度級別於農場行政區坡度等級多在一至三級坡，其它鄰近的邊坡則是五至七級坡；農場的地層主要為佳陽層，而農場南側之入口處區域為眉溪砂岩，各岩性分別為板岩夾薄層粉砂岩與變質砂岩，眉溪砂岩的層面位態為北偏東，傾角為52~86度傾西，佳陽層的板岩劈理位態為北偏東，傾角為80度傾西，故七家灣溪左岸多為順向坡或邊斜交坡，右岸主要為農場行政區，多屬於逆向坡或斜交坡；武陵

農場位於大甲溪支流，河道彎曲度尚可，故河岸侵蝕較不嚴重；農場經營良好，坡地排水設施皆完善，無排水不良之情形；土地超限利用情形則相對其他部落則是較少的程度。

三、安全防護網之建構概念

為了確保大梨山地區部落安全、維繫觀光產業，以至恢復該地區之自然生態，本研究融合工程與非工程之整治策略，擬訂即時監測系統、治理工程、應變資訊建立及防災教育宣導等四大工作主軸(如圖2所示)，各項工作除了獨立推動外，尚需彼此串聯，另再透過治理成效評估監控規劃成果，適時調整治理策略與方法，藉此達到全面保護之最終目標。各項工作內容，簡要陳述如后。

3.1 即時監測系統

大梨山地區長期暴露在地層滑動之危險中，民國79年的地滑災害主要發生在梨山精華區，後續擴及到松茂、新佳陽及老部落等區域，涵蓋面積達三百多公頃。面對此威脅，地層滑動機制、滑動潛勢、滑動面深度、滑動發生時機等問題的掌握相當重要，透過即時監測儀器的設置可有效解決以上關切之課題，同時，監測成果可提供警戒預警疏散程序制定之參考及管理單位決策之依據。

有關地滑監測系統，可包含雨量計以掌握地區降雨情形；地下水水位計掌握地下水水位變化情形，以評估邊坡穩定性；地表傾斜儀掌握地表傾斜情形，量測土體即時變動狀況；地中傾斜儀掌握地層滑動深度，量測地層錯動現象；GPS觀測地表位移，評估地層滑動狀況；遠端遙控攝影機則可監測變動發生之影像與時機。目前水保局於大梨山地區共計設置13處自動監測站，為大梨山提供了即時安全之監控(行政院農委會水土保持局台中分局，2012)。

根據監測資料，可分析降雨、地下水水位、

地層安全係數與地表傾斜加速度之關係，制定雨量、地下水水位及傾斜加速度警戒基準值，並製作地滑地危險分級研判流程SOP標準作業程序(如圖3所示)，供警戒預警疏散之使用，方便各級人員於反應與處置時之依歸。此外，監測資料需透過伺服器主機，建置資料庫系統，接收儲存監測資料，進行即時分析與土體安全性之研判，並利用網站平台傳輸與展現最新監測資料，提供相關人員掌握預警資訊。如此，地層滑動之風險將可經由此系統監控，避免災害發生或擴大。

3.2 治理工程

安全防護網除了有地層監測系統支持外，針對區域內問題點位，分析其災害類型，再施以相對應之治理工程，將可直接有效的迅速解決災害問題，例如：以減少降雨入滲地層與排除地下水為主，進而提升地層穩定性，治理工程考量項目可分為：1.地表排水工程、2.地下橫向集水管、3.集水井工程、4.排水廊道等；如以減少泥砂災害為主時，可考慮防砂工程。

水保局從民國84年開始，大梨山地區已陸續進行過防砂工程、地表排水工程、地下排水工程(排水廊道及集水井工程)等治理工程，然而檢視過去這些治理工程，多透過民眾通報或是颱風造成之災害點位，進行後續工程規劃與治理，多以單點治理為主或因經費因素工程施作長度不足等，較欠缺系統性整體的治理方針及管理策略，對於複合型災害盛行的台灣，舊有處理思維已無法應付。本研究認為一個相對有效的治理方式，需從上、中、下游整體性的規劃考量出發，針對大梨山地區進行整體性的易致災因子與點位調查，對於大梨山地區可能發生的災害特性(崩塌地、土石流潛勢溪流、野溪坑溝、安全排水、道路兩農路)，進行系統性的安全評估與分析，再針對以上分析成果擬定治理策略並進行點、線、面之串聯，做到系統

性工程規劃與管理。圖4顯示老部落以系統性的整治策略出發，解決地表排水問題，先透過地表流向分析，確認地表逕流流路，提出完善地表之縱橫向排水系統，可避免過去只針對問題區段解決，可能導致效果不彰之情況發生。此外，針對規劃之工程需進行效益評估，例如計算不同方案治理前後，地層安全係數(FS)提升比例與各方案造價之關係，如此可挑選出經濟效益最佳配置工法。

最後，再針對已完成之治理工程，需定期進行工程維護與檢查，一方面可以檢驗施工品質，另可提早因應問題工程並可回饋修正當初規劃設計之不足，吸收相關經驗，進而擬定改善策略。

3.3 應變資訊建立

應變資訊系統的建立對於管理單位，可提供防災資源整備、可能災情分析、救災策略擬定之有用資訊，以有效減輕災情損失及致災風險，另對於預期性的災害潛勢，可進一步預先處理，防止災害實際發生。

為了建構應變資訊系統，本研究認為，瞭解大梨山地區各致災集水分區坡地環境(涵蓋山坡地範圍及相關子集水區)不同降雨條件下，可能發生土砂災害的地點、規模、分布情形與影響範圍之研判工作相當重要，透過坡地災害土砂變遷分析(多期影像判釋分析)、坡地災害潛勢分析(水文分析、地表流向分析、崩塌潛勢分析、集水區土砂產量分析)、坡地土砂二次災害潛勢評估，將可劃定坡地災害高潛勢區、獲得不同重現期距坡地災害潛勢圖及可能影響之保全對象土砂二次災害風險評估成果，然後運用GPS/GIS/RS科技整合，建置土砂災害潛勢資料及空間展示系統，系統應包含各地文與水文資訊查詢之展示、土砂災害可能影響範圍之展示、土砂災害潛勢分布之展示、相關系統資料庫之建置等，完成大梨山地區安全燈號

支援決策系統，以提供緊急避難疏散決策應變參考依據。

值得一提的是，針對預期災害高潛勢集水區，可進行治理工法的規劃，達到「超前部署，預置兵力」之精神，以長期維持坡地環境之安全。

3.4 防災教育宣導

過去防災觀念、策略和做法，每次遇到天災地變，政府就要投入龐大的人力、財力、物力，進行搶救與重建工作，但災害剛發生時常因通訊、交通中斷，中央無法立即掌握正確災情，救援人力、機具及物資尤其難以及時挺進災區，因而延誤救援黃金時機，造成災情擴大。有鑑於此，新的防災思維已朝向「防災重於救災，離災優於防災」、「料敵從寬，禦敵從嚴」、「超前部署，預置兵力，隨時防救」的概念。因此，擺脫大兵團作戰方式，朝社區自主防災方向努力，可達到事半功倍的效果。

本研究所提的安全防護網最後一道防線，即是推動「社區自主性防災」觀念，並建構其機制，讓全社區居民防災、抗災成為生活常態。所謂社區自主防災，就是社區具有防災疏散避難的功能，亦即以社區為主體，所建構的社區比較不會發生災害，一旦發生災害也能經得起考驗，使損失降到最低程度，進而迅速重建，達到永續經營目標。要建構防災社區，平時即應透過居民積極參與及組織動員，了解社區人、物、環境等特色，分析掌握社區安全與災害防救所面臨的問題。其次要經由共同研討，在專業與行政機關協助下，研擬災害防救對策與推動計畫，並進行人力、物資整備，定期演練以備不時之需。萬一發生大規模災害，則依整備、演練的對策執行，在第一時間進行自救互救，減輕災害損失。災後則透過溝通協調，在最短時間內形成社區共識，研擬重建計畫，依優先順序展開重建。

除了社區自主防災推動外，於大梨山地區向水土保持義務人灌輸責任義務也相當重要，教導茶果農在栽種作物時，水土保持工作必須由自身先做好，不能只是仰賴政府的處理，須去除災害發生由政府買單之心態，才能使社區防災成效更加顯著，這方面的推廣教育宣導工作也相當重要。

3.5 治理成效評估

為提升大梨山坡地環境災害管理績效，並達到全面保護之最終目標，實務上需再擬定治理成效評估方法，監控治理工程規劃效果，適時調整治理策略與方向，以提升安全防護網之強度。

本研究提出兩種治理工程績效評估的方法，(1)大範圍的地表變遷監測：由於大梨山地區具大規模地層滑動潛勢之區域，涵蓋面積達三百多公頃，由於經費限制，無法大範圍廣設地滑地監測站，幸而近年來航太技術快速發展，合成孔徑雷達差分干涉技術可以進行大範圍之地表變位監測(張中白, 2005)，其中，合成孔徑雷達的基本原理，是在衛星運行時藉由快速重複發射雷達波，再把這些連續且重疊的回波資料加以解算，而達到提升影像解析力的效果，並提供整個面狀的地表資訊。而雷達差分干涉法就是把兩組或多組不同時期的衛星雷達資料，進行精準的幾何校正，再經由資料干涉分析，推估大地之變動。透過此技術，可以大範圍定期監測大梨山變動的區位與程度，檢核既有治理工程整治之成效。(2)小範的地表變遷監測：針對高變動潛勢區域，對於既有工程之監測，則可採用先進虛擬基準站即時動態衛星定位量測技術(VBS-RTK)進行變形量之估算與監測，此技術之優點為無需架設基準站、精度可保持於1~5公分內、具機動性可單人單機作業大幅所短時間與節省成本。透過此技術，可以在小範圍內，高密度不設監測點，定期監

測高變動潛勢區，地表變動之情況，並檢核治理工程整治之成效。

透過上述建議之治理成效評估，大小尺度之監測工作皆可涵蓋進來，提供安全防護網精進調整的資訊。

四、結論與建議

本研究針對大梨山地區坡地環境安全永續發展提出安全防護網之概念，可獲致下列幾點結論：

1. 大梨山地區安全防護網建置，係以保障大梨山地區人民安全、維護大梨山地區整體效益為最終目標。藉由導入即時監測系統、系統性治理工程規劃、應變資訊系統與社區自主防災概念，並搭配治理成效評估機制，相較於以往的治理及管理方式，提供更具全面性的考量。
2. 本研究所提安全防護網之四大元素，除了加強落實外，仍有賴新興防災科技與觀念導入，藉以提升安全防護網建置之效益。
3. 雖然安全防護網的概念可提升比過去更好之保護，然面對全球氣候變遷，複合型災害的不斷出現，人們必須要謙卑以對，或許可以思考如何修正人與大自然之間關係，調整其經濟發展的步調與方向，改而追求與過去全然不同卻符合長遠利益的永續目標。

參考文獻

1. 行政院農委會水土保持局台中分局財(2013)，「大梨山地區環境土砂災害潛勢調查與評估」期中報告，執行單位：團法人中興工程顧問社。

2. 行政院農委會水土保持局台中分局 (2012)，「大梨山地區山坡地整體調查規劃」，執行單位：團法人中興工程顧問社。
3. 行政院農委會水土保持局台中分局 (2012)，「101年度大梨山地區地滑地監測成果彙編」，執行單位：國立中興大學。
4. 行政院農業委員會水土保持局 (2010)，「水土保持技術規範」，網址：
<http://www.swcb.gov.tw/class2/index.asp?ct=laws&m1=10&m2=55&AutoID=91>。
5. 張中白 (2005) 「大地彩虹—合成孔徑雷達」，科學發展，第39期，pp. 18-23。



圖 1 大梨山地區地理位置



圖 2 安全防護網之四大元素

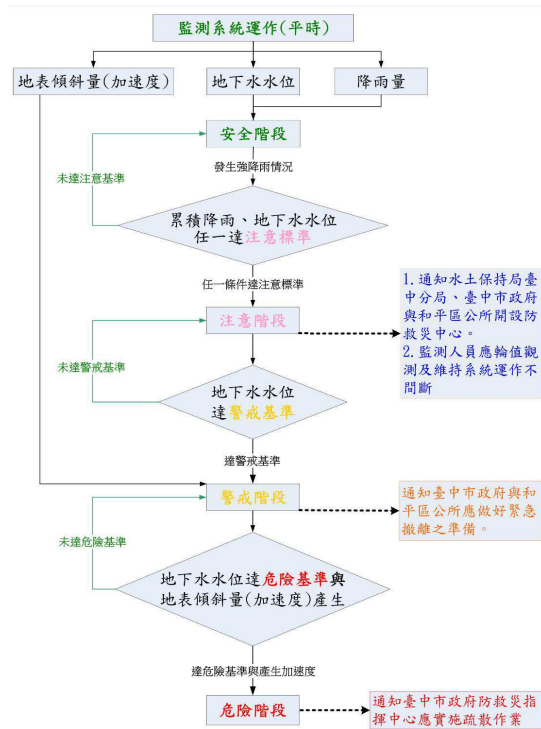


圖 3 預警疏散發布之程序(行政院農委會水土保持局台中分局，2012)



圖 4 老部落地表排水工程系統性規劃示意圖