

計畫編號：SWCB-105-259

大規模土砂災害防災對策先期研究
The Preparatory Study of Prevention
Strategy for Large-scale Sediment Disaster

執行單位：財團法人農業科技研究院

計畫主持人：翁瑋蓮 組長

研究人員：黃奉琦、劉維則、李苡宣

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 105 年 12 月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考)

大規模土砂災害防災對策先期研究

摘要

莫拉克颱風引發小林村大崩塌事件之後，引起國內外對「大規模崩塌」、「深層崩塌」的討論與調查，水土保持局為水土保持之中央業務主管機關，擔負土石流防減災相關工作，同時為因應極端氣候變遷的影響及儘早因應大規模崩塌可能帶來的衝擊，預計未來四年將投注大量的人力及預算進行大規模崩塌防減災的相關工作，然面對難以預期之複合型土砂災害，組織內部應隨時審視、檢核、重整業務執行步驟，以保持各部門間之協調性與競爭力。

本研究為全程共三期之延續型計畫案，於本期計畫已完成工作項目如下：國內外土砂防災研究及技術文獻分析，其中，技術文獻以日本、美國為重要文獻收集國家，關於法規、政策文獻收集包含日本、英國、德國、瑞士及奧地利等國家之相關文獻共 37 部。水土保持局歷年委辦及研究計畫成果盤點與分析，成果盤整件數共計 1064 件。集水區土砂災害模擬測試與分析，以草湖溪與旗山溪兩個集水區為研究案例，進行數值建模與分析。期望透過數值模擬，瞭解河道變遷過程及沖淤分佈，進而研提集水區永續經營治理策略以供後續參考。

依據上述研究結果研擬未來土砂防災研究發展之議題，同時，利用 SWOT Analysis 剖析水土保持局為因應氣候變遷造成複合型災害發生及未來大規模土砂災害之策略制訂，可能為之帶來的機會與面臨的挑戰，進而制定最佳因應策略。

關鍵字：大規模崩塌、複合型土砂災害、研究發展策略制定、水理模式分析、SWOT 分析。

The Preparatory Study of Prevention Strategy for Large-scale Sediment Disaster

Abstract

Discussion and investigation of large-scale landslide and deep-seated landslide have started in Taiwan and many countries after Typhoon Morakot resulted in the serious landslide in Xiaolin village. Soil and Water Conservation Bureau (SWCB) is central competent authorities for soil and water conservation. SWCB served an important role of debris flow disaster prevention and mitigation. In addition, SWCB has to face the challenges from the external environment and the large-scale landslide impact. More human resources and budgets will be devoted into the large-scale landslide prevention and mitigation task in the next 4 years. However, since the compound disaster is hard to predict, SWCB should review, inspect, and reorganize the business whenever necessary to keep coordination and competitiveness between each department.

This report is a three-period continuous program. This period report has completed the following project. First, the collection of literature in the research and technology documents of sediment disaster prevention, including technical literature of Japan and the United States. Furthermore, total 37 of law and policy literatures were collected from Japan, UK, Germany, Switzerland and Austria, etc. Second, the entrusted and the research program results inventory, which is total 1064 projects. Third, the simulation and analysis of flood and sediment disaster in the

watershed were explored. Numerical modeling and analysis are performed on two watershed, Caohu River and Qishan River, expecting to understand the course of river scouring and silting. Then, the sustainable management strategy of the watershed can be provided for reference.

The study develops the future issues of sediment disaster prevention research and development based on the study results. Also, in response to the compound disaster caused by climate change, the study develops the strategy of the compound disaster and the future large-scale landslide disaster by using SWOT analysis. Last, the study formulates the best strategies of the possible opportunities and challenges.

Keywords : Large-scale landslide, Compound Disaster, Research Development Strategy Formulation, Water Management Analysis, SWOT analysis

目次

摘要.....	I
Abstract.....	III
目次.....	V
表次.....	VII
圖次.....	X
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究達成目標.....	2
第三節 研究計畫架構.....	2
第二章 國內外土砂防災研究及技術文獻分析.....	5
第一節 土砂災害定義.....	5
第二節 大規模崩塌定義.....	9
第三節 國內外土砂災害相關文獻彙整.....	11
第四節 國外相關山坡地保育法律規範及施行細則.....	12
第三章 水土保持局歷年委辦及研究補助成果盤點.....	31
第一節 組織內部業務項目及盤點工作說明.....	31
第二節 歷年委辦及研究補助成果盤點.....	31
第三節 小結.....	40
第四章 集水區土砂災害模擬測試與分析.....	49
第一節 研究文獻探討.....	49
第二節 研究流程.....	50
第三節 模式簡介與說明.....	53

第四節 研究區地文現況.....	59
第五節 模擬參數說明.....	67
第六節 草湖溪集水區案例說明與分析.....	70
第七節 旗山溪上游集水區案例說明與分析.....	80
第八節 小結.....	101
第五章 研擬未來土砂防災研究發展議題及執行	103
第一節 策略與機制推動.....	103
第二節 工程技術發展.....	108
第三節 軟體防災對策.....	109
第四節 管理與法規研析.....	113
第五節 基礎調查.....	115
第六節 基礎研究.....	119
第七節 小結.....	120
第六章 結論與建議	121
第一節 結論.....	121
第二節 建議.....	125
參考文獻	127
附錄	附錄-1
附錄一、技術發展計畫屬性摘要關鍵字統計表.....	附錄-1
附錄二、科技研究計畫屬性摘要關鍵字統計表.....	附錄-5
附錄三、草湖溪集水區水理模式初始值及基本資料設定	附錄-8
附錄四、旗山溪上游集水區水理模式初始值及基本資料設定	附錄-12
附錄五、年度研討會成果論文議程及摘要.....	附錄-21

表次

表 2-1 大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	15
表 2-1 (續 1)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	16
表 2-1 (續 2)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	17
表 2-1 (續 3)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	18
表 2-1 (續 4)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	19
表 2-1 (續 5)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	20
表 2-1 (續 6)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	21
表 2-1 (續 7)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	22
表 2-1 (續 8)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	23
表 2-1 (續 9)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	24
表 2-1 (續 10)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	25

表 2-1 (續 11)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表	26
表 2-2 歐美日山坡地保育管理相關法典(規)彙整表	27
表 2-2 (續 1)歐美日山坡地保育管理相關法典(規)彙整表	28
表 2-2 (續 2)歐美日山坡地保育管理相關法典(規)彙整表	29
表 2-2 (續 3)歐美日山坡地保育管理相關法典(規)彙整表	30
表 3-1 委辦計畫及補助案件計畫性質項目類別統計	32
表 3-2 複選科技研究和技術發展計畫性質案件彙整表	37
表 3-3 科技研究類案件細部分類狀況	41
表 3-3 (續 1)科技研究類案件細部分類狀況	42
表 3-3 (續 2)科技研究類案件細部分類狀況	43
表 3-3 (續 3)科技研究類案件細部分類狀況	44
表 3-4 技術發展計畫分類狀況	45
表 3-4 (續 1)技術發展計畫分類狀況	46
表 3-4 (續 2)技術發展計畫分類狀況	47
表 3-4 (續 3)技術發展計畫分類狀況	48
表 4-1 常用水理輸砂模式彙整表	51
表 4-2 草湖溪集水區坡度分佈統計表	62
表 4-3 草湖溪集水區坡向分佈統計表	63
表 4-4 旗山溪集水區坡度分佈統計表	65
表 4-5 旗山溪集水區坡向統計表	66
表 4-6 模擬初始條件與輸入參數內容表	67
表 4-7 曼寧粗糙係數建議值	69
表 4-8 河床質粒徑分析成果一覽表	71

表 4-9 蘇拉颱風 24 小時暴雨紀錄和雨型分析表	74
表 4-10 三角形單位歷線參數及洪峰流量成果表	75
表 4-11 清水林雨量站於蘇拉颱風期間時雨量統計表	77
表 4-12 草湖溪各河段洪峰模擬結果	79
表 4-13 旗山溪河床質粒徑分布成果表	82
表 4-14 民族雨量站於賀伯颱風期間時雨量統計表	83
表 4-15 民族雨量站於莫拉克颱風期間時雨量統計表	85
表 4-16 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果	91
表 4-16 (續 1) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果.....	92
表 4-16 (續 2) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果.....	93
表 4-16 (續 3) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果.....	94
表 4-16 (續 4) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果.....	95
表 4-16 (續 5) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果.....	96
表 4-16 (續 6) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果.....	97
表 4-16 (續 7) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果.....	98
表 4-16 (續 8) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果.....	99
表 4-16 (續 9) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果.....	100
表 4-17 案例方法之應用與替代方法	102

圖次

圖 2-1 岩塊或岩屑墜落示意圖.....	6
圖 2-2 岩體與山壁傾覆示意圖.....	7
圖 2-3 平面型地滑	7
圖 2-4 弧形地滑	8
圖 2-5 土石流示意圖	9
圖 2-6 岩體滑動型山崩之各種標準地形地貌特徵.....	11
圖 3-1 100 至 104 年計畫成果盤點統計圖	33
圖 3-2 100 年成果盤點分類統計圖	34
圖 3-3 101 年成果盤點分類統計圖	34
圖 3-4 102 年成果盤點分類統計圖	35
圖 3-5 103 年成果盤點分類統計圖	36
圖 3-6 104 年成果盤點分類統計圖	36
圖 3-7 科技研究之盤點分析.....	39
圖 3-8 技術發展之盤點分析.....	39
圖 4-1 研究流程圖	52
圖 4-2 流域模型示意圖.....	53
圖 4-3 斜面降雨入滲逕流模型示意圖.....	54
圖 4-4 草湖溪集水區高程分佈圖.....	61
圖 4-5 草湖溪集水區坡度分佈圖.....	62
圖 4-6 草湖溪集水區坡向分佈圖.....	63
圖 4-7 旗山溪集水區高程分佈圖.....	64
圖 4-8 旗山溪集水區坡度分布圖.....	65

圖 4-9 旗山溪集水區坡向分布圖.....	66
圖 4-10 草湖溪集水區單位河段編號示意圖.....	70
圖 4-11 草湖溪河床粒徑分布曲線.....	71
圖 4-12 草湖溪集水區流域流量校正控制點示意圖.....	72
圖 4-13 蘇拉颱風 24 小時同為序法雨型.....	75
圖 4-14 河道 No. 3 一日暴雨雨型校正後流量歷時曲線.....	76
圖 4-15 研究區雨量站分布圖.....	78
圖 4-16 蘇拉颱風(清水林測站)降雨量示意圖.....	78
圖 4-17 旗山溪上游集水區河段編號示意圖.....	81
圖 4-18 旗山溪河床斷面號 62 粒徑分佈曲線.....	82
圖 4-19 旗山溪集水區民族流量站位置與河段分佈圖.....	83
圖 4-20 賀伯颱風(民族測站)降雨組體圖.....	84
圖 4-21 賀伯颱風民族流量站實測日流量歷線圖.....	84
圖 4-22 河道 No. 191 賀伯颱風校正後流量歷時曲線圖.....	85
圖 4-23 莫拉克颱風(民族測站)降雨組體圖.....	86
圖 4-24 河道 No. 191 莫拉克颱風模擬流量歷時曲線.....	87
圖 4-25 No155、171、191 代表河道分布圖	88
圖 4-26 河道 No. 155 莫拉克颱風水位及河床高程變化歷時曲線..	89
圖 4-27 河道 No. 171 莫拉克颱風水位及河床高程變化歷時曲線..	89
圖 4-28 河道 No. 191 莫拉克颱風水位及河床高程變化歷時曲線..	90

第一章 緒論

莫拉克颱風引發小林村大崩塌事件之後，引起國內外對「大規模崩塌」、「深層崩塌」的討論與調查，且臺灣位於環太平洋熱帶氣旋活動帶與特殊敏感地質特性，使得坡地、山林時常面臨土砂災害的威脅。水土保持局為水土保持之中央業務主管機關，擔負土石流防減災相關工作，同時為因應極端氣候變遷的影響以及儘早因應大規模崩塌可能帶來的衝擊，水土保持局預計未來四年將投注大量的人力及預算進行大規模崩塌防減災的相關工作，期以過去十多年來在土石流防災的成功經驗之基礎上，逐步降低大規模崩塌及大規模土砂災害可能造成的傷害。然面對難以預期之複合型土砂災害，組織內部應隨時審視、檢核、重整業務執行步驟，以保持各部門間之協調性與競爭力。本研究期望藉由收集、參考國內外相關技術、法規、政策等文獻進行分析，同時，參酌鄰近國家因應氣候變遷所擬定之對策與發展的新型技術，循此脈絡做為研擬提升國家土砂災害防災能力之策略。

第一節 研究背景

水土保持局於106年訂定大規模崩塌相關議題為年度重大政策，期望透過區域盤查以及問題分析，預先規劃大規模崩塌災害處理調適工作，以強化氣候變遷影響之因應能力，利用分年分期之各項調適策略步驟，達成「建構科技、創新、智慧的坡地防災」、「維護安全、生態、多樣的水土環境」、「營造保育、利用、永續的國土資源」之目標，並朝最終達成「建構智慧防災的坡地環境」之願景邁進。

第二節 研究達成目標

本研究為全程共三期之延續型計畫案，第一期執行期程為 105 年 05 月 01 日至 12 月 31 日，於本期計畫完成工作項目包含：國內外土砂防災研究及技術文獻分析、水土保持局歷年土砂防災成果盤點與分析、集水區土砂災害模擬測試與分析等，並依據上述研究結果研擬未來土砂防災研究發展之議題，以及利用 SWOT Analysis 剖析水土保持局為因應氣候變遷造成複合型災害發生及未來大規模土砂災害之策略制訂，可能面臨之機會與挑戰。此外，針對未來水土保持技術之研究發展方向提出整體性的規劃與建議，於本年度已擬訂「水土保持技術研究發展規劃與建議」報告，期能做為建立水土保持局擘劃前瞻策略機制之基礎。

第三節 研究計畫架構

第一章緒論，說明研究背景、目標及研究架構。

第二章國內外土砂防災研究及技術文獻分析，於本期規劃收集鄰近國家相關技術文獻、歐美日地區國家之水土保持法規為主要工作項目，其中，技術文獻以日本、美國為重要文獻收集國家，關於法規、政策文獻收集包含日本、英國、德國、瑞士及奧地利等國家之相關文獻共 37 部。將於第二期規劃利用上述已蒐集之技術、法規政策進行分析評估，研提導入可行之新技術方案及政策，同時參考國外相關法規、政策的演進歷程、研修步驟及方案，已提供國內相關案件之參考。

第三章盤點與分析水土保持局歷年委辦及研究計畫成果，此工作項目已彙整 100-104 年度水土保持局執行之案件成果共 1064 件，依據提報單位對計畫性質之分類，將其分類共計 9 個項目類別，並依歷年計畫總經費進行權重分析，期望歸納計畫屬性比例的合理性並提出建議。

第四章為集水區土砂災害模擬測試與分析，本工作項目為探討國內重要集水區在極端降雨事件後，河道土砂運移之變異與洪峰之變化，據此討論極端降雨造成河道變異的趨勢、致災範圍風險評估等。本年度以草湖溪與旗山溪兩個集水區為研究案例，進行數值建模與分析。期望透過數值模擬，瞭解河道變遷過程及沖淤分佈，進而研提集水區永續經營治理策略以供後續考。

第五章研擬未來土砂防災研究發展之議題，綜整本年度已完成之相關文獻歸納分析未來可能發展之技術趨勢，又分析比較各國家於自然環境保護政策、法規之沿革，從中探求其訂定策略之經驗，同時，審視現階段水土保持局因應自然災害的內、外部挑戰與機會，藉此提出未來土砂防災研究發展議題與策略之參考。

第六章結論與建議，依據歷年成果盤點以及未來防災科學發展趨勢，以 SWOT 分析方法，分析水土保持局自身的實力，對比防救災現況與未來趨勢，並分析外部環境變化影響可能為之帶來的機會與面臨的挑戰，進而制定最佳因應策略。

第二章 國內外土砂防災研究及技術文獻分析

本期研究以收集鄰近國家相關技術文獻、歐美日地區國家之山坡地保育法規為主要工作項目，其中，相關技術文獻以日本國土交通省國土技術政策綜合研究所(National Institute for Land and Infrastructure Management, NILIM)、國立研究開發法人土木研究所(Public Works Research Institute, PWRI)、美國內政部地質調查所(United States Geological Survey, USGS)等為重要文獻收集單位；關於法規、政策文獻，已收集包括日本、英國、德國、瑞士及奧地利等國家之相關文獻共 37 部。規劃將於第二期計畫時利用上述已收集之技術、法規政策進行分析評估，研提導入可行之新技術方案及政策，同時參考國外相關法規、政策的演進歷程、研修步驟及方案，以提供國內未來研擬相關案件時之參考。

第一節 土砂災害定義

廣義的土砂災害可定義為地表的岩塊或土壤因外力作用產生移動，造成人命損傷及財產損失。為減少土砂災害影響人類的活動，各權責單位分別定義災害的類型，並對各類型的土砂災害提出防治方法及預警機制，然不同單位之土砂災害類型定義不盡相同，以中央地質調查所、水土保持局、內政部營建署與臺北市政府等四個單位為例，對於土砂災害定義均有個別的闡述。

參考國內外土砂災害相關文獻，土砂災害之分類可由地表物質的搬運方式、運動速度及型態的不同，將土砂災害分成山崩、地滑及土石流三大類。

一、山崩

山崩常發生在陡峭的邊坡或岩壁，主要的觸發機制為墜落 (Falls) 或傾覆 (Topples)，其中，墜落發生於山壁上某些風化岩層，其受侵蝕後會分解成岩塊或岩屑，當外力作用如大雨或地震，即可能造成不穩定的岩塊或岩屑突然分離於坡體，並以自由落體、彈跳或滾動的方式快速向下掉落，如圖 2-1。

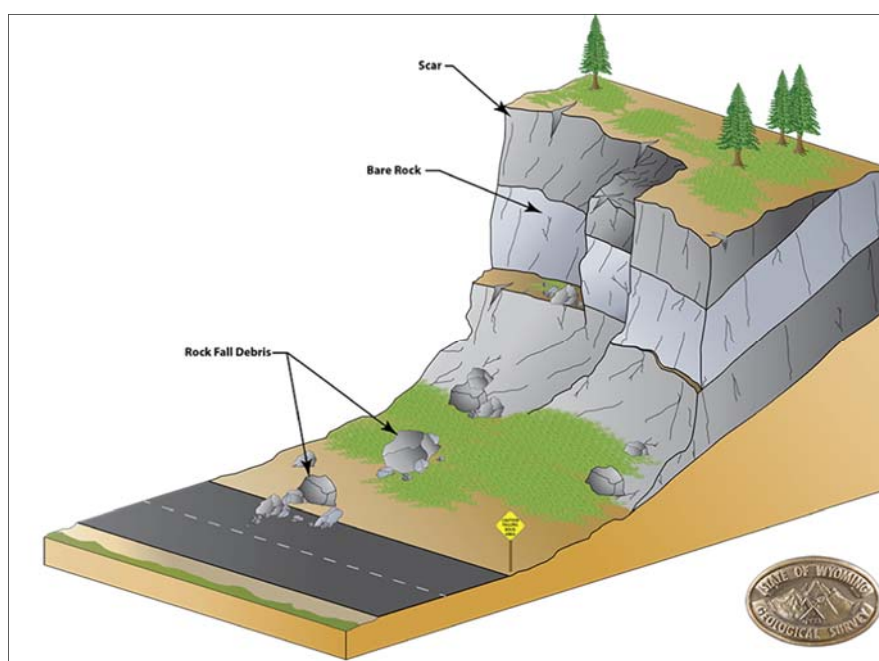


圖 2-1 岩塊或岩屑墜落示意圖 (WSGS)

山崩的另一發生機制為傾覆 (Topples)，常發生於具有不連續面的山坡土體，當坡腳處有開挖工程或河川沖刷作用，位於山壁上的岩塊或土體即可能因為自重而突然向自由面傾倒，如圖 2-2。

二、地滑

常發生在坡度相對較緩的區域，當邊坡上的岩層或土層下滑力大於摩擦力時，則會沿著某一明顯破壞面產生向下滑動的趨勢，依據破壞面(滑動面)的形狀不同，可分成平面型滑動 (Translational landslide) 與弧型滑動 (Rotational landslide)。

平面型滑動，圖 2-3，多發生在順向坡地層，因人為開發或河川侵蝕而使坡趾出露，導致上部岩層或土體失去支撐力，致使上部岩層或土層滑落，另外，因為大量地表逕流入滲導致頁岩軟化，當此區域為砂頁岩互層，砂岩與頁岩層交界處的摩擦力減少，亦可能使砂岩沿著交界面向下滑動。

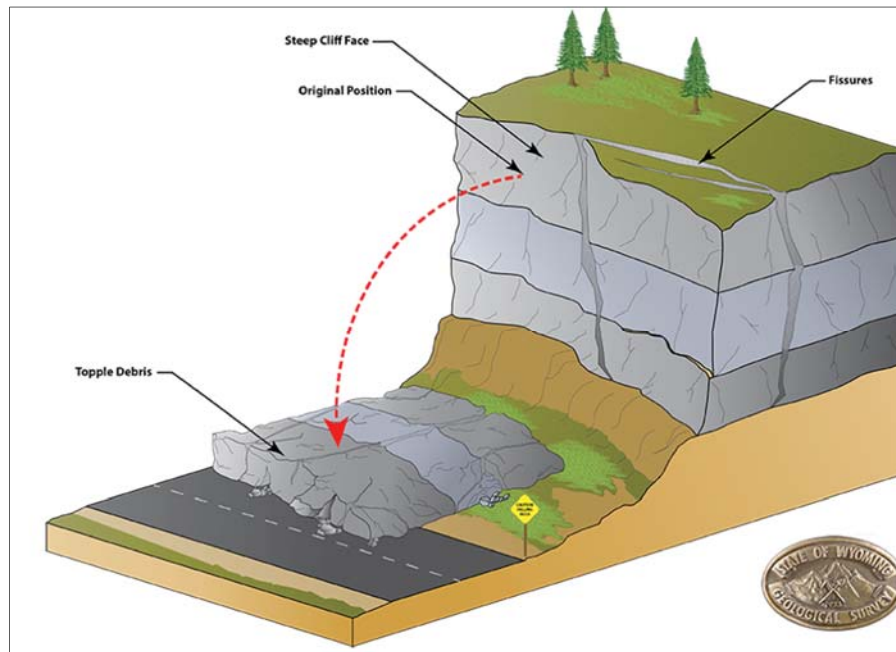


圖 2-2 岩體與山壁傾覆示意圖 (WSGS)

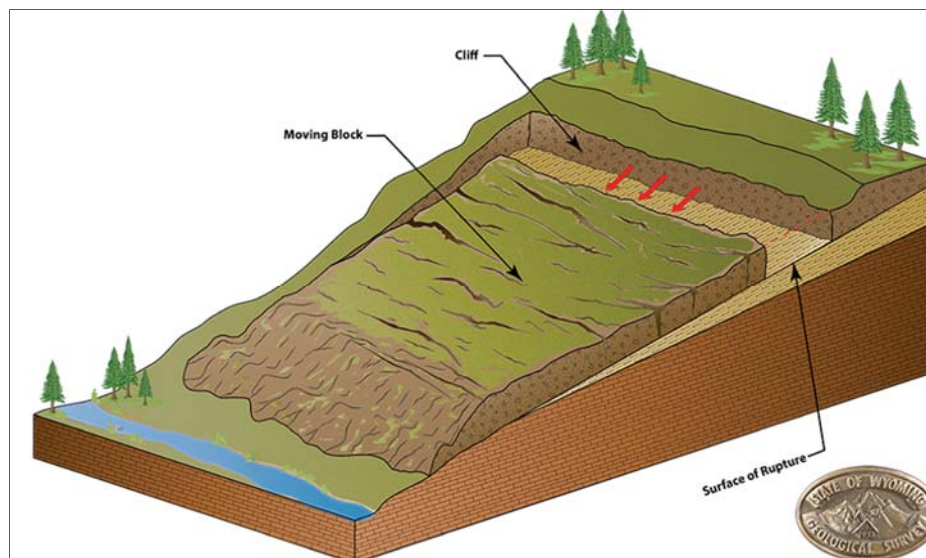


圖 2-3 平面型地滑 (WSGS)

弧型滑動，圖 2-4，常發生於土壤較鬆軟或岩體破碎的坡地，地表逕流滲入會導致整塊土層或岩層塌陷，當聚落存在於坡面上方，則土層可能因無法承受建物重量而引發此類地滑。

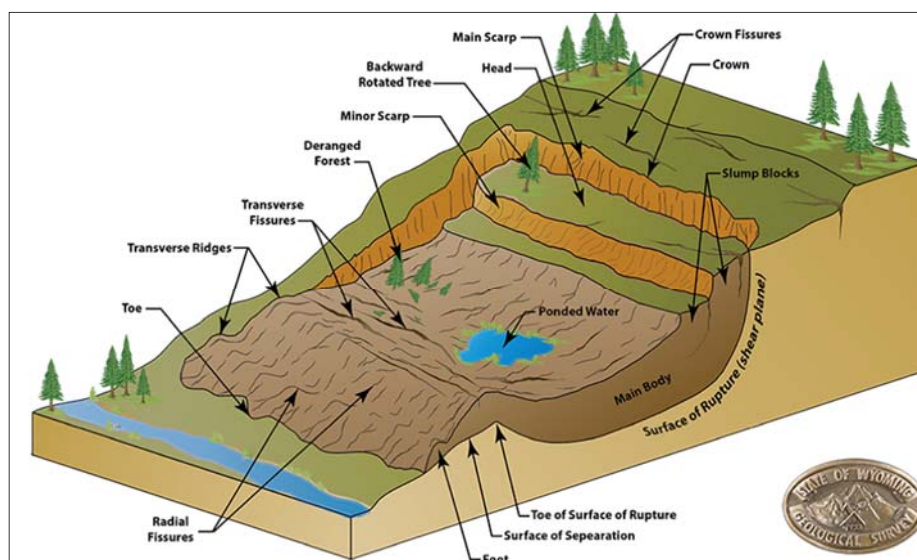


圖 2-4 弧形地滑（WSGS）

三、土石流

土石流（Debris Flow）一般發生於山坳處或河谷中，圖 2-5，需具備土砂堆積、適合的坡度及充沛雨量等三個條件。土砂為土石流主要的組成材料，在河谷上游堆積一些崩落的土砂材料，這些崩積物的組成可能是砂石、礫石或泥土，而土石流發生之坡度約為 15 至 30 度，若河谷坡度過大，土石會直接崩落而不發生堆積，若坡度較緩，則水流較不易搬運土石向下滑動，當具備上述兩個條件，再加上充沛的降雨量使堆積的土石與表層土壤會因為雨水沖蝕開始向低處移動，最終形成土石流。當發生較大或長延時的降雨會導致地下水位面上升，加速水流對邊坡的侵蝕，將可能引發更大規模的土石流。

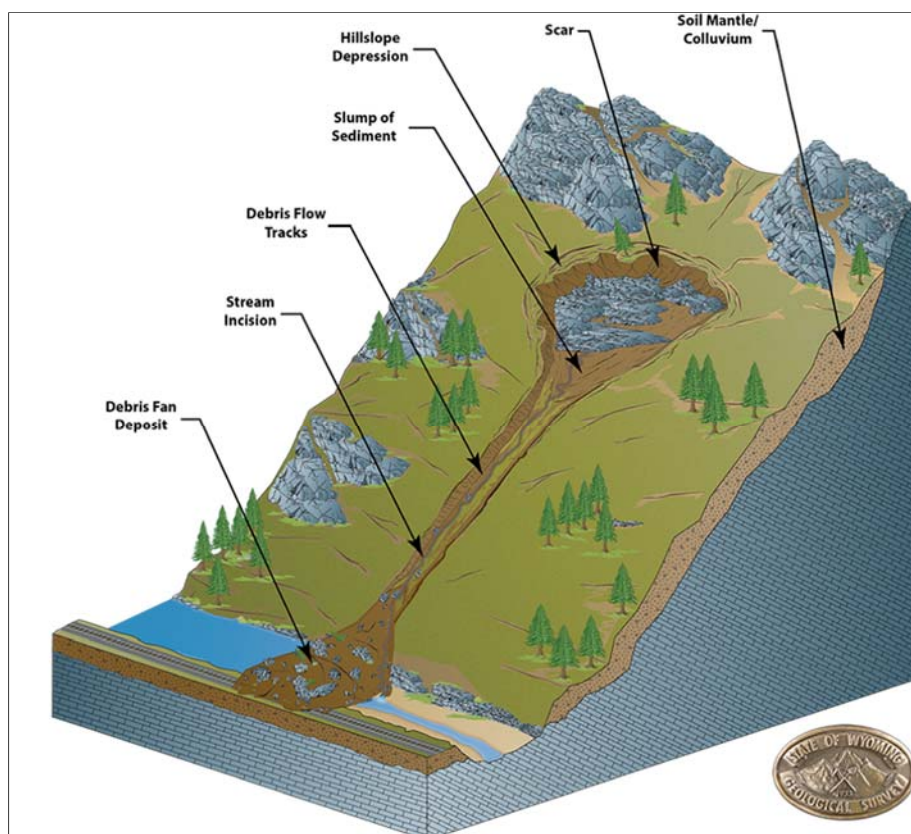


圖 2-5 土石流示意圖（WSGS）

第二節 大規模崩塌定義

陳聯光等（2012）彙整國際間對大規模崩塌的定義，提出建議如下，當滑動面積超過 10 公頃，土方量超過 10 萬立方米或深度超過 10 米（植物樹木根系所及的深度）以上之山坡土（岩）體滑動，稱為大規模崩塌。至於大規模崩塌所衍生的災害類型，可能包括地表變形龜裂、土石掩埋、向源侵蝕、河道淤積、土石流、堰塞湖潰壩洪水等。

國內在形成定義的過程，曾有各種不同的想法及討論，如稱此類邊坡坡壞為「深層崩塌」，以有別於淺層岩屑崩滑；又崩塌材料應該包括岩層的部分等（地質調查所定義之岩體滑動類型）以及崩塌土方量的計量等相關討論。目前國內的定義為參考日本京都大學千木良雅弘教授在「崩壞的場所」書中描述「深層崩壞」的規模所述，崩塌土方量達 10 萬立方米以上，崩塌區域尺寸為，長、寬、深分別為 100m × 100m × 10m 以上。

一、大規模崩塌辨識特徵

誘發大規模崩塌的發生因子包括颱風豪雨、地震或火山爆發等，而依據目前國際間的研究結果，認為大規模崩塌非短時間可成形，而是必須經過長時間的演育過程，期間滑動體以緩慢的速度向下邊坡滑動即為地滑，當具備觸發條件時，其運動行為即轉化為快速、長距離的移動。

大規模崩塌其需具備獨特的地形、地質條件，且其緩慢運動過程將會留下滑動相關的微地形，圖 2-6，而滑動的範圍、滑動量及滑動特性可透過這些地形特徵進行預估，因此潛在大規模崩塌地可透過專業的調查及學理進行預測判釋。對於大範圍地滑區，利用高解析數值地形(DEM)資料圈繪出可能滑動的區域，再進行更精細的調查及觀測以掌握此觀察區滑動特性。

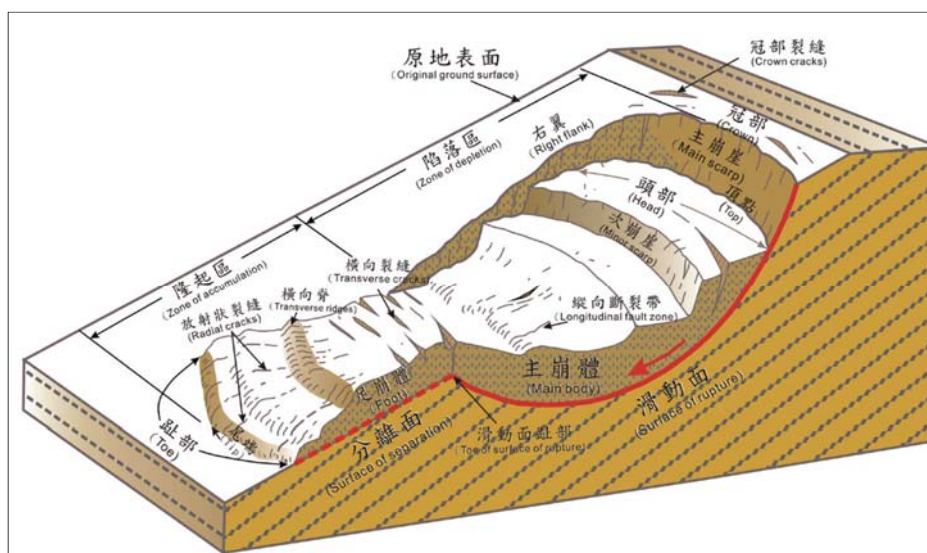


圖 2-6 岩體滑動型山崩之各種標準地形地貌特徵

(張哲偉重繪於 Varnes, 1978)

第三節 國內外土砂災害相關文獻彙整

水土保持局於 98 年度起訂定整體性治山防災之多年延續性計畫，並規劃四個子計畫，分別為土石流防災與監測、集水區綜合規劃與管理、治山防災及山坡地監督與管理，已進入第三期計畫執行期程（106~109 年度），且本年度因應氣候變遷的影響，將大規模崩塌防減災列為重大政策執行計畫，以現有的水土保持技術及土石流防減災工作經驗為基礎，針對氣候變遷對大規模崩塌潛勢區及其衍生土砂災害區內水土保持工作之衝擊，擬訂六項調適策略如下：

- 一、強化大規模崩塌危機應變能力
- 二、建立大規模土砂災害區智慧防災體系
- 三、增進大規模土砂災害區治理成效
- 四、精進大規模土砂災害區資源保育
- 五、推動大規模土砂災害區水土保持管理
- 六、統合大規模土砂災害區防減災資訊及推廣交流

如上述，對於國內土砂災害的整治、預警及防災，水土保持局多年來累積豐富的經驗及業務執行成果，且未來的執行目標明確。因此，本研究針對六項調適策略方向，收集國內外相關文獻、水土保持局歷年計畫成果進行與各策略項目分類對應，彙整如表 2-1，其中，有部分執行策略項目為國內獨有之規劃項目，此突顯土砂災害的防減災措施會因國情、地域的差異而有所不同。同時，於文獻彙整表中亦發現有部分策略工作，國內其他單位已起步並具成果，故水土保持局在未來執行此策略項目之方式，可考慮結合既有的成果。本研究團隊規劃於第二期執行計畫中，依據本年度所收集之相關文獻進行分析，回顧水土保持局歷年業務成果，從中篩選具未來發展性之成果，進而評估重新導入未來政策、業務推展之可行性。

第四節 國外相關山坡地保育法律規範及施行細則

國內防災工作已由過去強調硬體工程的治山防災，進化為整合軟體、硬體與管理為基礎的減災、離災及避災的災害管理手段，且參照國際發展趨勢與國內環境發展，以及透過網路科技，現階段權責單位對於執行防減災業務，已採資訊公開透明、雙向溝通，達到即時救災

之效。因此，本研究團隊收集歐、美、日等國家，坡地保育相關法規、手冊及施行細則，共計 37 部彙整如表 2-2，並將於第二期計劃中利用上述已收集之法規政策進行分析評估或翻譯，參考國外相關法規、政策的演進歷程、研修步驟及方案，以提供國內相關案件之參考。

表 2-1 大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略一、強化大規模崩塌危機應變能力	1-1.大規模崩塌潛勢區劃設及防護能力盤查	1-1-1	大規模崩塌發生機制與徵兆識別	第一期 (105)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2014 大規模崩壊現場対応ハンドブック（案）林野庁 2014 大規模崩壊潜在斜面危険度判定マニュアル（案）林野庁 2015 高速滑坡-碎屑流颗粒反序试验及其成因机制探讨 2012 汶川地震触发高速远程滑坡-碎屑流堆积反粒序特征及机制研究	103 極端降雨事件引致南台灣水庫集水區坡地二次土砂複合災害型態之運移機制調查分析與避難疏散因應對策研究 101 小林村複合性災害過程模擬(3/3) 103 坡向坡單元劃設及其應用於大規模崩塌潛勢預測研究 102 旗山溪流域莫拉克颱風觸發大規模崩塌之地形特徵研究 103 大規模崩塌滑動面於不同深度、含水量與滑移速度條件下之摩擦特性 103 坡向坡單元劃設及其應用於大規模崩塌潛勢預測研究 103 基岩位置及土層特性對降雨逕流與大規模崩塌之影響 103 應用數值地形及光學影像於潛在大規模崩塌地形特徵判釋 103 大規模崩塌滑動面於不同深度、含水量與滑移速度條件下之摩擦特性 103 高屏溪流域大規模岩體滑動特徵與類型調查 102 旗山溪流域莫拉克颱風觸發大規模崩塌之地形特徵研究 103 高屏溪流域大規模岩體滑動特徵與類型調查 102 旗山溪流域莫拉克颱風觸發大規模崩塌之地形特徵研究 101 曾文水庫集水區崩塌與降雨特性之研究	101 年土砂災害潛勢區劃定方法及管理對策研訂 103 年運用遙測技術協助判釋大規模崩塌潛勢區域微地形特徵之研究 103 台灣地震網應用於大規模崩塌偵測及崩塌發生之降雨條件分析 103 年莫拉克中部及東部災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置 104 大規模崩塌防減災技術發展與應用 104 年整體性治山防災/治山防災 104 年非莫拉克災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置
		1-1-2	大規模崩塌潛勢區調查與活動性評估	第一期 (106)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2014 大規模崩壊現場対応ハンドブック（案）林野庁 2014 大規模崩壊潜在斜面危険度判定マニュアル（案）林野庁	101 小林村複合性災害過程模擬(3/3) 103 應用數值地形及光學影像於潛在大規模崩塌地形特徵判釋 105 地形計測方法應用於潛在大規模崩塌之判釋 103 坡向坡單元劃設及其應用於大規模崩塌潛勢預測研究 104 豪雨觸發之大規模山崩的降雨條件分析 103 基岩位置及土層特性對降雨逕流與大規模崩塌之影響 103 高屏溪流域大規模岩體滑動特徵與類型調查 102 阿里山森林鐵路崩塌路段地質調查及復健規劃 103 東澳嶺崩塌地之地形演育分析 100 大規模崩塌潛感區 95 結合空載 LiDAR 與航測高程資料應用於地形變化偵測	100 氣候變遷對高屏溪流域坡地災害發生潛勢之影響評估 100 曾文水庫達邦壩上游集水區防砂目標下之保育治理措施及土砂變遷監測計畫 100 年度各縣市特定水土保持區劃定計畫之研擬與規劃 101 氣候變遷對坡地防災規劃之影響評估 102 年萬山潛在大規模崩塌區調查監測計畫 102 年寶山潛在大規模崩塌地區調查監測計畫 102 年屏東縣來義鄉來義村潛在大規模崩塌地區調查監測計畫 103 高雄新庄潛在大規模崩塌地區調查監測計畫(1/2) 103 臺東新興潛在大規模崩塌地區調查監測計畫(1/2) 103 運用雷達影像進行莫拉克颱風災區大規模崩塌潛勢區位之可行性評估 103 嘉義隙頂潛在大規模崩塌地區調查監測計畫(1/2) 103 年寶山潛在大規模崩塌地區監測系統維護與擴充計畫 103 年屏東縣來義鄉來義村潛在大規模崩塌地區監測系統維護與擴充計畫 104 嘉義隙頂、高雄新庄及臺東新興大規模崩塌地區監測系統維護

表 2-1 (續 1)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略一、強化大規模崩塌危機應變能力	1-1.大規模崩塌潛勢區劃設及防護能力盤查	1-1-3	大規模崩塌影響範圍劃設方法擬定與劃設	第一期 (106)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2015 国土交通省気候変動適応計画	101 極端氣候下之中台灣土砂災害影響評估與減災策略(3/3) 105 數值模擬與危害評估應用於潛在崩塌影響範圍之劃設 103 坡向坡單元劃設及其應用於大規模崩塌潛勢預測研究 105 數值模擬與危害評估應用於潛在崩塌影響範圍之劃設 105 地形計測方法應用於潛在大規模崩塌之判釋 100 大規模崩塌潛感區	101 光達數值地形應用於大規模崩塌與土石流關係研究 101 土砂災害潛勢區劃定方法及管理對策研訂 104 大規模崩塌防減災技術發展與應用
		1-1-4	大規模崩塌潛勢區更新及活動性追蹤檢討	第二期 (110)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項	105 地形計測方法應用於潛在大規模崩塌之判釋 103 應用數值地形及光學影像於潛在大規模崩塌地形特徵判釋 103 基岩位置及土層特性對降雨逕流與大規模崩塌之影響 103 高屏溪流域大規模岩體滑動特徵與類型調查 102 阿里山森林鐵路崩塌路段地質調查及復健規劃 102 旗山溪流域莫拉克颱風觸發大規模崩塌之地形特徵研究	101 因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(1/2) 104 嘉義隙頂、高雄新庄及臺東新興大規模崩塌地區監測系統維運
		1-1-5	大規模崩塌影響範圍檢討更新	第二期 (110)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項	105 數值模擬與危害評估應用於潛在崩塌影響範圍之劃設 105 地形計測方法應用於潛在大規模崩塌之判釋 103 高屏溪流域大規模岩體滑動特徵與類型調查 102 阿里山森林鐵路崩塌路段地質調查及復健規劃	104 大規模崩塌防減災技術發展與應用
	1-2.大規模崩塌風險管理之落實	1-2-1	大規模崩塌區風險評估	第一期 (106)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2014大規模崩壊リスク評価マップ作成マニュアル（案）林野庁 2014大規模崩壊現場対応ハンドブック（案）林野庁	101 小林村複合性災害過程模擬(3/3) 104 豪雨觸發之大規模山崩的降雨條件分析 103 大規模崩塌滑動面於不同深度、含水量與滑移速度條件下之摩擦特性 103 坡向坡單元劃設及其應用於大規模崩塌潛勢預測研究	103 坡地崩塌防減災策略先期研析計畫 104 大規模崩塌防減災技術發展與應用
		1-2-2	大規模崩塌風險地圖及防救災機制建置	第一期 (107~109)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2015総合的な土砂災害対策の推進について 2014大規模崩壊リスク評価マップ作成マニュアル（案）林野庁	104 大規模崩塌災害防治科技－崩塌災害瞭望台	100 年土石流災害防救業務計畫及作業手冊檢討與更新 104 大規模崩塌防減災技術發展與應用
		1-2-3	大規模崩塌高潛勢區觀測系統建置	第一期 (107~109)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2014大規模崩壊現場対応ハンドブック（案）林野庁	103 基岩位置及土層特性對降雨逕流與大規模崩塌之影響	100 年運用無人載具進行空間資訊蒐集 102 年寶山潛在大規模崩塌地區調查監測計畫 103 年寶山潛在大規模崩塌地區監測系統維運與擴充計畫 104 嘉義隙頂、高雄新庄及臺東新興大規模崩塌地區監測系統維運 104 年非莫拉克災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置

表 2-1 (續 2)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略一、強化大規模崩塌危機應變能力	1-2.大規模崩塌風險管理之落實	1-2-4	大規模崩塌高潛勢區觀系統維護提升	第一期 第二期 (109~110)	2014 日本-深層崩壞対策技術に関する基本的事項		102 年輔導水保與農村社區申請環境教育場所認證計畫
		1-2-5	大規模崩塌防災策略效益評估	第一期 第二期 (107~110)	2014 日本-深層崩壞対策技術に関する基本的事項	103 東澳嶺崩塌地之地形演育分析 102 阿里山森林鐵路崩塌路段地質調查及復健規劃	
	1-3.大規模崩塌應變能力之強化	1-3-1	大規模崩塌防災預警方法及警戒基準訂定	第一期 (106)	2014 日本-深層崩壞対策技術に関する基本的事項 2014 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律	104 豪雨觸發之大規模山崩の降雨條件分析 103 東澳嶺崩塌地之地形演育分析 102 區域地質構造對大規模崩塌發育之影響－以寶來竹林地區為例	100 年整體性治山防災計畫/土石流防災與監測 101 年整體性治山防災/土石流防災與監測 104 大規模崩塌防減災技術發展與應用
		1-3-2	大規模崩塌緊急應變計畫與防災資訊系統之建立	第一期 (107)	2014 日本-深層崩壞対策技術に関する基本的事項 2015 総合的な土砂災害対策の推進について 2015 避難勧告等の判断・伝達マニュアル 2014 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律		100 年莫拉克颱風災後重建/水土保持防災與復建-土石流監測與調查 101 年莫拉克颱風災後重建/水土保持防災與復建-土石流監測與調查 101 年整體性治山防災/土石流防災與監測
		1-3-3	大規模崩塌防災地圖推廣及防救災機制檢討與更新	第一期 第二期 (108~110)	2014 日本-深層崩壞対策技術に関する基本的事項 2015 国土交通省気候変動適応計画	103 災害防救績效評估模式建立與應用	103 土石流防災整備模式檢討與更新
		1-3-4	大規模崩塌防災預警基準試行及調整更新	第一期 第二期 (108~110)	2014 日本-深層崩壞対策技術に関する基本的事項	103 大規模崩塌滑動面於不同深度、含水量與滑移速度條件下之摩擦特性 104 豪雨觸發之大規模山崩の降雨條件分析 103 基岩位置及土層特性對降雨逕流與大規模崩塌之影響	
		1-3-5	大規模崩塌緊急應變計畫演練及檢討	第一期 第二期 (108~110)	2015 国土交通省気候変動適応計画 2015 総合的な土砂災害対策の推進について		103 土石流防災整備模式檢討與更新
		1-3-6	大規模崩塌衍生二次災害評估	第一期 第二期 (109~110)	2008 天然ダム監視技術マニュアル（案） 2014 日本-深層崩壞対策技術に関する基本的事項	103 極端降雨事件引致南台灣水庫集水區坡地二次土砂複合災害型態之運移機制調查分析與避難疏散因應對策研究 101 極端氣候下之中台灣土砂災害影響評估與減災策略(3/3) 101 小林村複合性災害過程模擬(3/3) 104 大規模崩塌災害論壇暨研發成果研討會	102 流域崩塌及土砂災害演化對土石流災害影響研究

表 2-1 (續 3)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略一、強化大規模崩塌危機應變能力	1-4.大規模崩塌區處理改善工程	1-4-1	大規模崩塌處理與安定技術評估	第一期 (106~110)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2014 大規模崩壊現場対応ハンドブック（案）林野庁	101 小林村複合性災害過程模擬(3/3) 103 東澳嶺崩塌地之地形演育分析 102 旗山溪流域莫拉克颱風觸發大規模崩塌之地形特徵研究 103 大規模崩塌滑動面於不同深度、含水量與滑移速度條件下之摩擦特性 103 坡向坡單元劃設及其應用於大規模崩塌潛勢預測研究	103 年屏東縣來義鄉來義村潛在大規模崩塌地區監測系統維運與擴充計畫
		1-4-2	大規模崩塌區域災害潛勢整治工程	第一期 第二期 (106~110)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2008 天然ダム監視技術マニュアル（案） 2014 大規模崩壊現場対応ハンドブック（案）林野庁	103 東澳嶺崩塌地之地形演育分析 103 大規模崩塌滑動面於不同深度、含水量與滑移速度條件下之摩擦特性 103 東澳嶺崩塌地之地形演育分析 103 高屏溪流域大規模岩體滑動特徵與類型調查 102 區域地質構造對大規模崩塌發育之影響－以寶來竹林地區為例 102 阿里山森林鐵路崩塌路段地質調查及復健規劃	100 廬山部落崩塌潛勢地區淺層排水先期規劃
策略二、建立大規模土砂災害區智慧防災體系	2-1.極端氣候坡地災害衝擊評估	2-1-1	氣候變遷對台灣地區坡地聚落災害潛勢評估	第一期 第二期 (106~109)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2005 がけ崩れによる家屋被災範囲の設定手法に関する研究 2014 大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン	103 極端降雨事件引致南台灣水庫集水區坡地二次土砂複合災害型態之運移機制調查分析與避難疏散因應對策研究 2012 及 2014「國家氣候變遷調適政策綱領」與「國家氣候變遷調適行動計畫」 103 高屏溪流域大規模岩體滑動特徵與類型調查 103 坡向坡單元劃設及其應用於大規模崩塌潛勢預測研究	101 極端氣候下之水理演算探討 101 因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(1/2) 102 氣候變遷下坡地災害潛勢評估及調適策略制定之研究 102 氣候變遷下之野溪特性與河川界點探討 102 因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(2/2) 103 年氣候變遷衝擊下坡地災害風險評估及調適能力之研究 103 氣候變遷對水土保持衝擊與調適策略評估(1/2) 104 氣候變遷對水土保持衝擊與調適策略評估(2/2)
		2-1-2	土砂災害潛勢區聚落保全對象防災能力盤查與分析	第一期 第二期 (107~109)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項 2005 がけ崩れによる家屋被災範囲の設定手法に関する研究	103 極端降雨事件引致南台灣水庫集水區坡地二次土砂複合災害型態之運移機制調查分析與避難疏散因應對策研究 102 旗山溪流域莫拉克颱風觸發大規模崩塌之地形特徵研究	103 水土資源永續利用策略精進研析計畫 104 年非莫拉克災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置

表 2-1 (續 4)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略二、 建立大規模土砂災害區智慧 防災體系	2-1. 極端氣候坡地災害衝擊評估	2-1-3	聚落防災能力與災害潛勢再調查綜合分析與修正	第二期 (110)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項	103 極端降雨事件引致南台灣水庫集水區坡地二次土砂複合災害型態之運移機制調查分析與避難疏散因應對策研究	104 大規模崩塌防減災技術發展與應用
	2-2. 健全坡地災害智慧迴避技術及風險管理機制	2-2-1	坡地災害警戒機制建立及精效度提升	第一期 (106~108)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項	103 子計畫:結合定量降雨預報進行山區坡地災害即時預警模式之研發(I) 101 台灣降雨誘發崩塌之特性分析	
		2-2-2	坡地災害警戒與智慧通報系統整合	第一期 (106~109)			
	2-3. 坡地智慧防災調適策略及措施推動	2-3-1	發展智慧防災決策支援系統	第一期 第二期 (109~110)		103 災害防救績效評估模式建立與應用 103 氣候變遷下流域空間災害調適與風險溝通之研究-以基隆河流域家戶社區為例 103 災害防救深耕計畫事後績效評估系統之建立	
		2-3-2	智慧防災農村建構與推廣	第一期 第二期 (109~110)		101 中繼屋規劃設置與災民生活重建關係之研究	101 年農村再生規劃及人力培育計畫/農村再生規劃 102 年農村再生平面及網路行銷宣導計畫 102 年輔導水保與農村社區申請環境教育場所認證計畫 102 農村再生基金計畫管理系統維運及地理資訊應用計畫
策略三、 增進大規模土砂災害區治理成效	3-1. 大規模土砂治理策略及效能提昇	3-1-1	集水區河道土砂災害風險評估及策略因應	第一期 (106~108) 第二期	2012 日本-砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）	2009-台灣東部地區坡地土砂災害潛勢因子量化評估模式之建置與防治對策研究---子計畫：GIS/RS 技術於台灣東部集水區水文與地文環境災害潛勢因子定量評估模式之建置與應用 2012-降雨誘發坡地土砂災害之危險度評估模式	102-水庫集水區環境資料及土砂災害風險評估（1/3） 103-水庫集水區環境資料及土砂災害風險評估（2/3） 104-水庫集水區環境資料及土砂災害風險評估（3/3） 103-氣候變遷衝擊下坡地災害風險評估及調適能力之研究 104-應用坡地易損性模式於崩塌風險評估與警戒模式研析 105-潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置

表 2-1 (續 5)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略三、 增進大規模土砂災害區治理成效	3-1. 大規模土砂治理策略及效能提昇	3-1-2	複合型土砂災害風險評估及策略因應	第一期 (108)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項-ch1.2.1(參考文獻中有提到日本歷史性大規模崩塌實態及案例)		103-氣候變遷衝擊下坡地災害風險評估及調適能力之研究 104-應用坡地易損性模式於崩塌風險評估與警戒模式研析
		3-1-3	集水區土砂管理相關規範訂定與推動	第一期 (107~109) 第二期	2013 日本-砂防行政管理 2013 日本-安倍川総合土砂管理計画 2016 日本-河川砂防技術基準 維持管理編(砂防編)	2002-流域土砂管理模式之研究 2012-旗山溪集水區河道清疏及土砂管理策略之研究 2014-淡水河水系河道穩定與土砂管理及其因應措施研擬 2014-曾文溪、高屏溪、淡水河、濁水溪流域因應氣候變遷防洪及土砂研究計畫	104-濁水溪集水區土砂收支管理模式建置 105-集水區河道土砂流出量觀測系統設置之先期研究
		3-1-4	集水區土砂治理成效檢討	第一期 (109) 第二期	2012 日本-砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）		100-水土保持防砂工程防砂整備之推估與應用 105-流域防砂效益精進與治理成效評析
	3-2. 大規模土砂災害區環境調查及評估	3-2-1	集水區規劃調查方法建立及案例示範	第一期 (105~106)	2014 日本-河川砂防技術基準 調查編	2010-集水區整體治理調查規劃參考手冊	105-大規模土砂災害集水區盤查作業與風險評估先期規劃
		3-2-2	集水區土砂收支模式建立	第一期 (106~109) 第二期	2014 日本-大規模な土石流の流下・堆積に関する数値計算プログラム作成の留意点 2015 日本-豪雨時の土砂生産をともなう土砂動態解析に関する留意点 2015 日本-山地河川における豪雨時の土砂流出特性を考慮した河床変動計算 2016 日本-大規模土砂生産後の影響を評価する河床変動計算を用いた実用的な流域土砂動態解析手法	2010-烏石坑溪流域土砂觀測模式之建立與驗證分析 2013-應用多期數值地形於南化水庫集水區土砂生產與運移趨勢之定量評估 2014-集水區土砂收支行為分析探討 2014-應用監測與遙測影像探討河道沖淤變化影響 2014-以數值模式建立集水區土砂收支及無因次防砂效益指標 2014-集水區土砂收支行為分析探討 2015-高屏溪林邊溪集水區土砂收支管理模式建置(多元集水區地形變異監測分析)	101-高屏溪與林邊溪上游山坡地土砂生產運移變遷調查分析計畫 103-高屏溪及林邊溪集水區土砂收支管理模式建置 104-濁水溪集水區土砂收支管理模式建置 104-全臺野溪重大土砂災害區土砂運移潛勢及處理策略 104-坡地水文及土砂觀測先期規劃 105-集水區河道土砂流出量觀測系統設置之先期研究

表 2-1 (續 6)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略三、 增進大規模土砂災害區治理成效	3-2. 大規模土砂災害區環境調查及評估	3-2-3	集水區水土砂收支模式檢討	第一期 (109~) 第二期	2014 日本-大規模な土石流の流下・堆積に関する数値計算プログラム作成の留意点 2015 日本-豪雨時の土砂生産をともなう土砂動態解析に関する留意点 2015 日本-山地河川における豪雨時の土砂流出特性を考慮した河床変動計算 2016 日本-大規模土砂生産後の影響を評価する河床変動計算を用いた実用的な流域土砂動態解析手法		
		3-2-4	集水區土砂容許流出量分攤及衝擊評估	第一期(108)	2006 日本-流域規模での洪水流出および土砂流出特性について	2014-石門水庫上游玉峰集水區支流土砂流出量對於河道穩定分析及探討	103-以眉溪土砂變遷為例評估保育設施影響之對策
		3-2-5	集水區常時環境監測與變遷分析	第一期 (106~109) 第二期	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項-ch4		103-103 年莫拉克中部及東部災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置 103-集水區環境監測與變遷分析(1/3) 104-集水區環境監測與變遷分析(2/3) 104-坡地水文及土砂觀測先期規劃 104-全臺野溪重大土砂災害區土砂運移潛勢及處理策略
		3-2-6	集水區規劃調查方法檢討	第二期 (110~)	2014-日本-河川砂防技術基準調查編		
	3-3. 防砂構造物防護能力評估與技術精進	3-3-1	設施盤查及土砂生產對於防砂設施影響評估	第一期 (106~109) 第二期	2014 日本-砂防關係施設点檢要領（案） 2014 日本-砂防關係施設の長寿命化計画策定ガイドライン（案） 2016 日本-河川砂防技術基準 維持管理編(砂防編)		100-水土保持工程設施破壞檢測分析與評估（2/2） 101-水土保持設施耐久性分析與延壽策略研擬 100-水土保持防砂工程防砂整備之推估與應用 103-以眉溪土砂變遷為例評估保育設施影響之對策 105-流域防砂效益精進與治理成效評析

表 2-1 (續 7)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略三、 增進大規模土砂災害區治理成效	3-3. 防砂 構造物防護能力評估與技術精進	3-3-2	防砂設施工法設計檢討與防災技術精進研究	第一期 (108~109)	2014 日本-深層崩壊対策技術に関する基本的事項-ch3.2 2016-日本-土石流・流木対策設計技術指針 解説 2016-日本-砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説		102-102 年度水土保持工程技術暨公共工程品質提升計畫 103-103 年度水土保持工程技術暨公共工程品質提升計畫 102-鋼構防砂設施本土化可行性評估與設計手冊彙編 103-多功自然型防砂設施圖說彙編 105-研修因應氣候變遷下水土保持手冊應用計畫
		3-3-3	集水區防砂設施整治效益之評估	第二期 (110~)	2012 日本-砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）		100-水土保持防砂工程防砂整備之推估與應用 102-鋼構防砂設施本土化可行性評估與設計手冊彙編 103-多功自然型防砂設施圖說彙編
		3-3-4	集水區環境友善指標建置及執行	第一期 (106~109)	2014 日本-河川砂防技術基準調查編		103-工務處理及環境友善機制檢討提升計畫 103 年度工程環境友善措施評估與建議 104 年度工程環境友善措施評估與建議 105 年度工程生態保育措施推廣
		3-3-5	集水區環境友善成效追蹤效益評估	第二期 (110)	2014 日本-河川砂防技術基準調查編		103-工務處理及環境友善機制檢討提升計畫
策略四、 精進大規模土砂災害區資源保育	4-1. 大規模土砂災害區水土資源環境總體檢	4-1-1	坡地植生特性調查	第一期 (106~108)	2014 日本-河川砂防技術基準調查編	2008-坡地植生工程暨植生調查應用手冊	101-因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(1/2) 100-坡地植生工程導入木本植物技術之應用研究(2/2) 103-花蓮北區崩塌地植生復育調查計畫
		4-1-2	坡地土壤資源調查	第一期 (106~108)	2014 日本-河川砂防技術基準調查編		
		4-1-3	坡地水源涵養能力調查	第一期 (106~108)	2014 日本-河川砂防技術基準 調查編 2013-大陸-一种定量评估区域水源涵养量的实用方法	1999-土地利用變遷對水源涵養效益之影響(周天穎)	
		4-1-4	土砂災害區土石資源盤查	第一期 (106~108)			102-現地土石拌合工法推廣策略暨專案管理計畫 105-大規模土砂災害集水區盤查作業與風險評估先期規劃

表 2-1 (續 8)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略四、 精進大規模土砂災害區資源保育	4-1. 大規模土砂災害區水土資源環境總體檢	4-1-5	坡地滯洪、保水空間盤查	第一期 (106~108)		102-坡地排水與滯洪設計	105-苗栗地區農塘盤點調查及水資源利用
	4-2. 大規模土砂災害區水土資源應用之影響探討	4-2-1	坡地植生保水之影響與改善	第一期 (106~108)			102-水土資源永續利用之前瞻策略規劃研究計畫
		4-2-2	坡地土壤沖蝕之影響與改善	第一期 (106~108)			104-台灣北部地區降雨動能推估公式建置及年降雨沖蝕指數之修訂探討
		4-2-3	坡地水資源利用之影響與改善	第一期 (109)			
		4-2-4	土砂災害區土石資源利用評估	第一期 (106~108)			102-現地土石拌合工法推廣策略暨專案管理計畫 105-大規模土砂災害集水區盤查作業與風險評估先期規劃
		4-2-5	坡地滯洪、保水空間之影響與改善	第一期 (106~108)		2007-農塘改建為滯洪設施效益評估之研擬 2012-農塘、蓄水池及滯洪池之功效	
	4-3. 水土資源復育技術改善及永續經營	4-3-1	坡地水土環境檢討與評估	第一期 (109~) 第二期			101-因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(1/2) 102-因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(2/2)
		4-3-2	坡地滯洪空間應用技術精進改善	第一期 (109~) 第二期		2007-農塘改建為滯洪設施效益評估之研擬 2012-農塘、蓄水池及滯洪池之功效	
		4-3-3	坡地農塘、泥岩、紅土台地及地下水等水資源永續經營管理機制	第一期 (109~) 第二期			

表 2-1 (續 9)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略五、推動大規模土砂災害區水土保持管理	5-1. 大規模崩塌土砂災害區可利用限度衝擊評估	5-1-1	特定水保區劃設之適宜性與衝擊性評估	第一期		095 土石流特定水土保持劃定補償效益之探討 101 土砂災害潛勢區劃定方法及管理對策研訂	100 歷年未公告之土石流及崩塌地特定水土保持區劃定計畫草案調查評估 100 年度各縣市特定水土保持區劃定計畫之研擬與規劃 101 土砂災害潛勢區劃定方法及管理對策研訂
		5-1-2	全台山坡地土地利用型態調查	第一期			100 全省山坡地土地利用型態調查(第三年)
		5-1-3	山坡地超限利用致災風險性評估與對策分析	第二期	2009 年農地防災事業の概要	2015 山坡地超限利用相關法制與其衍生之法律問題	103 超限利用列管土地清查及山坡地範圍圖資更新計畫 104 超限利用列管土地清查及山坡地範圍圖資更新計畫
		5-1-4	山坡地土地可利用限度查定技術精進與推廣策略	第二期	2009 年農地防災事業の概要		101 山坡地土地可利用限度查定分類標準更新研究計畫
	5-2. 大規模土砂災害區水土保持管理及技術之研發與檢討	5-2-1	極端氣候下水土保持管理策略檢討及精進	第二期		2009 山坡地管理之政府職能與角色分析 2012 環境保護警察隊 1999-2012 紀實	101 山坡地水土保持管理效能廉政研究報告 102 強化山坡地開發監督管理 103 增進山坡地開發水土保持計畫審核及監督管理 104 增進山坡地開發水土保持計畫審核及監督管理
		5-2-2	水土保持計畫設施全國總體檢	第一期	2015 大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説		100 水土保持防砂工程防砂整備之推估與應用
		5-2-3	極端氣候下水土保持技術檢討及防災能力提升	第一期	2015 国土交通省気候変動適応計画		098 農村綠環境與水土資源保蓄之探討 101 極端氣候下之水理演算探討 102 水土資源永續利用之前瞻策略規劃研究計畫 105 氣候變遷下開發行為土砂估算模式之探討

表 2-1 (續 10)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略五、推動大規模土砂災害區水土保持管理	5-3. 大規模土砂災害區多元管制措施研析與法規整合	5-2-4	強化山坡地預防管理	第二期		2014 極端氣候影響下潛在災害區居民環境識覺、調適行為之研究－以八八水災後屏東縣林邊鄉與佳冬鄉為例	103 年度「看見臺灣-山坡地土地保育政策發展廉政研究」 102 水土保持義工轉型認證
		5-3-1	山坡地多元管制措施之精進	第一期		2009 山坡地管理之政府職能與角色分析 2011 我國環境法律執行的法制與政經結構及治理出路	101 年土石流潛勢溪流於限制發展地區查詢與因應對策
		5-3-2	各國環境法有關山坡地管理機制之探討	第二期		2009 山坡地管理之政府職能與角色分析	103 兩岸水土保持與坡地防災科技合作推動計畫 104 年兩岸水土保持與坡地防災科技合作推動計畫
		5-3-3	現行水土保持法整體架構及相關法規管制機制之檢討	第二期		2009 山坡地管理之政府職能與角色分析	101 山坡地水土保持管理效能廉政研究報告 103 年度「看見臺灣-山坡地土地保育政策發展廉政研究」 103 中央管河川與野溪界點評估與分析(1/2) 104 水土保持處理與維護土地徵收制度可行性評估
策略六、統合大規模土砂災害區防減災資訊及推廣交流	6-1. 巨量資料分析與統合運用	6-1-1	建置防減災資訊整合服務管理平台及巨量資料分析與運用	第一期			105 年地理資料倉儲中心系統維護暨資料標準制訂作業
		6-1-2	建置防減災資訊共享平台及提供資訊服務	第一期			101 山坡地環境資源系統整合計畫 101 山坡地土地利用型態更新暨山坡地造林系統提升計畫 101 特定水土保持區劃定歷程查詢系統建置 101 坡地災害監測及傳輸整合計畫 103 年 GEE 展示平台系統維護及行動載具應用計畫 105 年度土石流特定水土保持區調查評估及劃定歷程查詢系統功能維護
		6-1-3	防減災資通訊設備規劃建置及整合服務	第一期			

表 2-1 (續 11)大規模崩塌防減災計畫策略項目對應相關文獻彙整表

策略	措施	編號	行動計畫	階段	國外文獻	國內文獻	水土保持局歷年計畫
策略六、 統合大規模土砂災害區防減災資訊及推廣交流	6-2. 大規模崩塌防 災意識之普及	6-2-1	大規模崩塌 防災意識強 化與推廣	第一期			
		6-2-2	自主防災教 育推廣及地 方服務團設 置	第一期			
		6-2-3	強化坡地聚 落自主防災 能力	第一期			
		6-3-4	教育推廣普 及化	第一期			101 年多元化水土保持教育宣導計畫 102 年水土保持及農村再生教育-教材教案 及作文繪畫設計競賽計畫 104 年輔導農村再生社區申請環境教育場 所認證計畫
		6-3-5	公民參與機 制及交流規 劃	第一期			105 建立臺中苗栗地區坡地生態圖資暨 NGO 溝通平台建置計畫

表 2-2 歐美日山坡地保育管理相關法典(規)彙整表

序號	國別/地區	法律(規)名稱	最終修訂(改正)日期
1	New York State, Soil & Water Conservation Committee	Soil and water conservation districts law	As Amended Through the Laws of 2007 - as of January 28, 2008
2	Canada, 加拿大	Canada National Marine Conservation Areas Act	S.C. 2002, c. 18
3	Germany, 德國	1.the Federal Soil Act (BBodSchG) and Federal Soil Protection.2.Contaminated Sites Ordinance (BBodSchV)	
4	德國	聯邦自然保護法 Act on Nature Conservation and Landscape Management (Federal Nature Conservation Act –BNatSchG)	2009
5	柏林州	自然保護法簡史 Berlin Conservation Law (NatSchGBln)	1990
6	北威洲	土地保護法條細項 Landesnaturschutzgesetz – LNatSchG NRW	21.7.2000
7	UK, 英國	Planning (Listed Buildings and Conservation Areas) Act 1990 (Section 69 and 70)	
8	瑞士	聯邦自然景觀保護法 Federal Act on the Protection of Nature and Cultural Heritage (NCHA)	12-Oct-14
9	瑞士	聯邦水文保護法 Federal Constitution of the Swiss Confederation, Art. 76: Water	1 January 2016
10	Denmark, 丹麥	Act on environmental law of water bodies and international conservation areas	No. 1531 of 2015
11	Czech Republic, 捷克	Act 1992 - 114 on the protection of nature and Landscape	
12	Bulgaria, 保加利亞	Protected Areas Act 1998	State Gazette No 133/1998
13	Latvia, 拉脫維亞	Protection Zone Law	
14	Austria, 奧地利	Forstgesetz , 森林法	14.08.2015

表 2-2 (續 1) 歐美日山坡地保育管理相關法典(規)彙整表

序號	國別/地區	法律(規)名稱	最終修訂(改正)日期
15	Austria, 奧地利	Verordnungen nach dem Forstgesetz, 森林法相關規定	14.10.2014
16	Austria, 奧地利	Wildbachverbauungsgesetz und Verordnungen, 洪流控制法及相關法規	14.10.2014
17	New Zealand, 紐西蘭	Marine Reserves Act	
18	日本	砂防法	平成二五年一二月二二日 (2013 年 11 月 22 日)
19	日本	砂防法施行規程	平成二二年三月三十一日 (2010 年 3 月 31 日)
20	日本	砂防法施行規程第十一條第二號に規定する砂防設備に堆積した土石その他これに類するものの排除を定める省令	平成二十二年四月一日 (2010 年 4 月 1 日)
21	日本	砂防法第四十四條及び砂防法施行規程第八條ノ四の規定により地方整備局長又は北海道開発局長に委任する職権を定める省令	平成十二年十一月二十一日 (2000 年 11 月 21 日)
22	日本	地すべり等防止法	平成二六年六月一三日 (2014 年 6 月 13 日)
23	日本	地すべり等防止法施行令	平成二三年一二月二八日 (2011 年 11 月 28 日)
24	日本	地すべり等防止法施行規則	平成一九年一〇月三十一日 (2007 年 10 月 31 日)
25	日本	急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	平成一七年七月六日 (2005 年 7 月 6 日)
26	日本	急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律施行令	平成二三年一二月二六日 (2011 年 12 月 26 日)

表 2-2 (續 2) 歐美日山坡地保育管理相關法典(規)彙整表

序號	國別/地區	法律(規)名稱	最終修訂(改正)日期
27	日本	急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律施行規則	昭和四十四年七月三十一日 (1969 年 7 月 31 日)
28	日本	土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律	平成二六年十一月一九日 (2014 年 11 月 19 日)
29	日本	土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行令	平成二七年一月一五日 (2015 年 1 月 15 日)
30	日本	土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行規則	平成二七年一月一六日 (2015 年 1 月 16 日)
31	日本	土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行令第 2 条 第 2 号の規定に基づき国土交通大臣が定める方法等を定める告示	平成十三年三月二十八日 (2001 年 3 月 28 日)
32	日本	土砂災害防止対策基本指針	平成二七年一月一六日 (2015 年 1 月 16 日)
33	日本	森林法	平成二八年五月二〇日 (2016 年 5 月 20 日)
34	日本	森林法施行法	昭和二十六年六月二十六日 (1951 年 6 月 26 日)
35	日本	森林法施行令	平成二七年三月一八日 (2015 年 3 月 18 日)
36	日本	森林法施行規則	平成二八年三月三一日 (2016 年 3 月 31 日)

表 2-2 (續 3)歐美日山坡地保育管理相關法典(規)彙整表

序號	國別/地區	法律(規)名稱	最終修訂(改正)日期
37	日本	森林法施行令別表第三林道の開設に要する費用の項第六号等に規定する林道網の枢要部分となるべき林道の開設又は拡張の事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針、環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令	平成二七年六月一日 (2015 年 6 月 1 日)

第三章 水土保持局歷年委辦及研究補助成果盤點

第一節 組織內部業務項目及盤點工作說明

水土保持局秉持著水土保持為社會服務的精神，為使居民免於山坡地土石災害之威脅與恐懼，進而推動強化水土保持教育宣導，落實山坡地監督管理以維護山坡地安全環境，並實踐整體性治山防災之策略，建構社區安全的土石流防災體系等重要業務項目。然而面對極端氣候變遷及難以預測之複合型災害的衝擊，組織內部應隨時審視、檢核、重整業務執行步驟，以保持各部門間之協調性與競爭力，故本研究團隊嘗試由盤點過往之案件執行成果，做為研擬提昇組織競爭力策略之參考。本項盤點工作內容為收集包括 100 年度至 104 年度，共計 1064 件委辦計畫及研究補助案件之執行成果報告，並依據各業務單位於計畫研提時自選之案件類型及屬性進行分析。

第二節 歷年委辦及研究補助成果盤點

一、計畫性質

彙整水保局自 100 年度至 104 年度間之委辦計畫及研究補助案件明細，委辦計畫及補助案件總件數計 1064 件，每件計畫於提報時均已由各業務單位填列相關計畫性質。研究團隊將 1064 件委辦計畫及補助案件依照計畫性質進行盤點分類，分為一般業務、技術發展、政策研擬、活動類（宣導、培根）、科技研究、涉及資訊系統、涉及圖資業務、調查規劃以及其他類（未特定劃分計畫性質）共計 9 個項目類別，以上計畫性質項目類別統計如表 3-1，由於各計畫性質在填列計畫類別時可複選，因此單一計畫可能包含一項以上計畫性質。

表 3-1 委辦計畫及補助案件計畫性質項目類別統計

年度	100	101	102	103	104
一般業務	●	●	●	●	●
科技研究	●	●	●	●	●
技術發展	●	●	●	●	●
調查規劃	●	●	●	●	●
其他類	●	●	●	●	●
涉及資訊系統			●	●	●
政策研擬				●	●
活動類（宣導、培根）					●
涉及圖資業務					●
類別統計(項)	5	5	6	7	9

二、計畫彙整

本計畫依照各個委辦計畫或補助案件預算與該計畫相關之計畫性質進行預算比例分配，分析各計畫性質佔其所屬計畫之預算比例金額，進一步彙整近五年內之案件執行成果，如圖 3-1。其中 100 年度至 104 年度間之計畫性質預算與整體預算總和比例，以一般業務類為最大業務項目，其比例約佔整體預算 58%，其次為調查規劃類，比例約為 14%，案件涉及資訊系統的比例約為 6.4%，活動類（宣導、培根）之比例約為 3.3%，技術發展類比例約為 2.4%，科技研究類比例約為 2%，案件涉及圖資業務比例約為 1.2%，政策研擬類之比例約為 1.1%，至於其他類比例約 11.6%。依據案件統計分析結果，可描繪出局內計畫執行成果的屬性輪廓，進而分析計畫案件性質之類別權重。

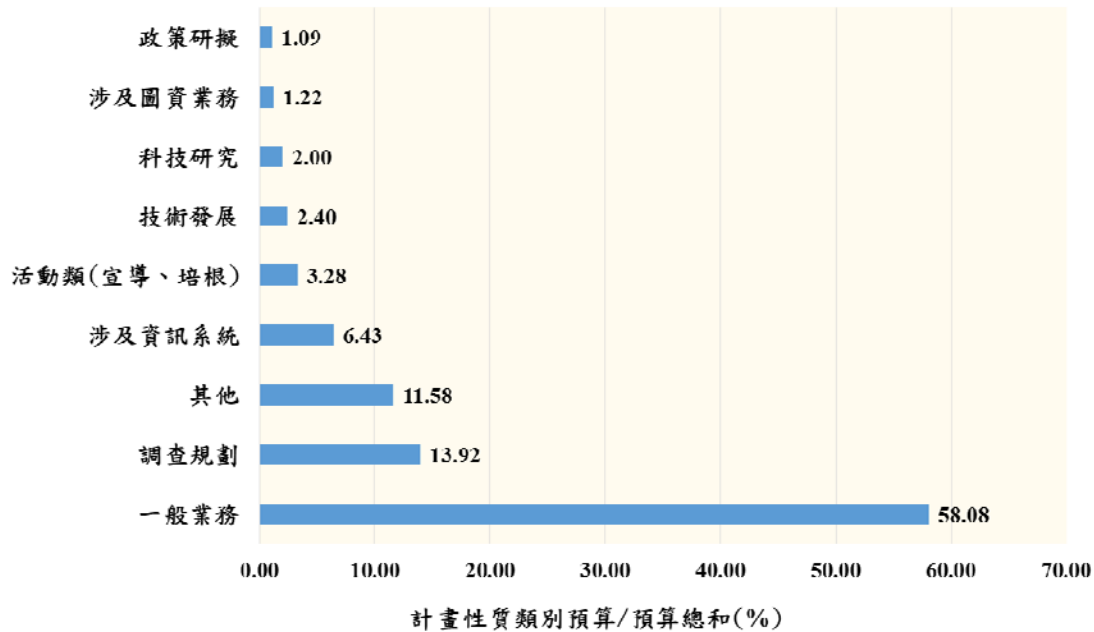


圖 3-1 100 至 104 年計畫成果盤點統計圖

另外，以下將依據歷年計畫成果進行逐年分析與討論，首先以 100 年度與 101 年度分類統計為例，如圖 3-2、圖 3-3，仍以一般業務類為最大案件比例，兩年的執行成果皆佔年度總預算之 60%，其次為其他類，分別為 100 年度 18%與 101 年度 24%，調查規劃類分別為 100 年度 17%與 101 年度 12%，技術發展類別在 100 年度佔 2%與 101 年度佔 3%，科技研究類分別為，100 年度 2%與 101 年度 1%。

由 100 年度、101 年度盤點分類統計，發現計畫性質類別除一般業務類外，其他共劃分為 4 類項目，包含調查規劃類、科技研究類、技術發展類及其他類，而「其他」類別項目的比例，在這兩個年度幾乎佔年度總預算之 20%，檢討此現象可能原因，其一是當時尚未規劃出多元的計畫分類，其二為案件承辦人員對於業務項目性質未具備明確的認知及對新業務的不熟悉，此現象在往後的案件執行成果呈現已有改善。

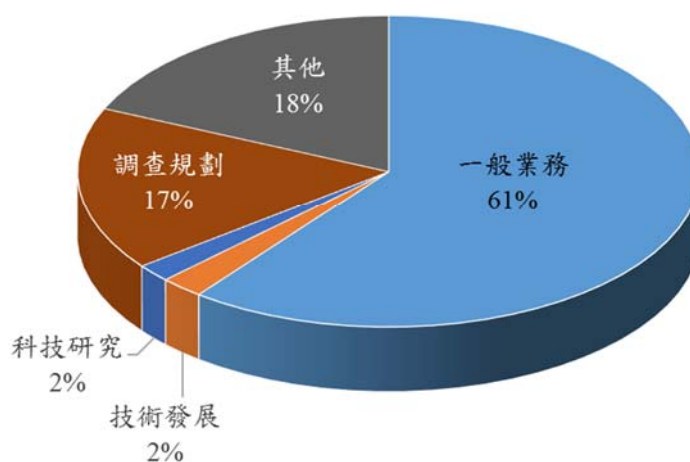


圖 3-2 100 年成果盤點分類統計圖

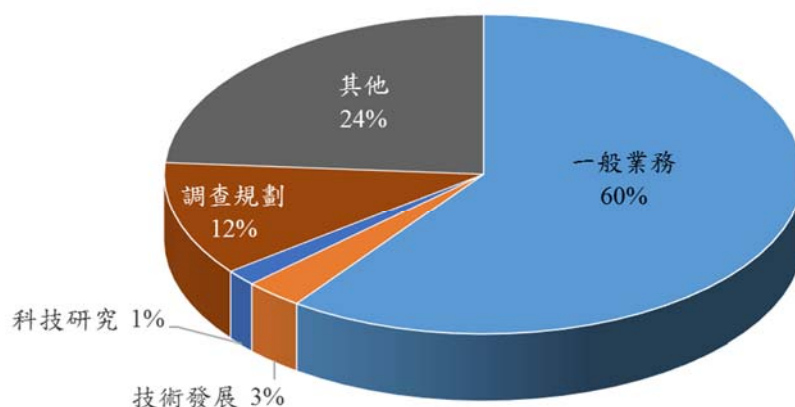


圖 3-3 101 年成果盤點分類統計圖

102 年度成果盤點分類統計，如圖 3-4，一般業務為最大宗，此階段之計畫成果超越過去二年的 60%達到 70%以上，其次為調查規劃類，佔年度比例 15%，另外，本年度增列涉及資訊系統分類項目，其比例佔整體 7%，其餘為科技研究 3%、其他類 3%、技術發展 1%。相較於 100 年、101 年，此階段的其他類比例有明顯下降，其原因可能為計畫屬性非單一性質的案件均歸類於一般業務，同時計畫分類逐步新增列較明確的計畫屬性項目，如涉及資訊系統等，對屬性不明確

之現象有明顯改善。

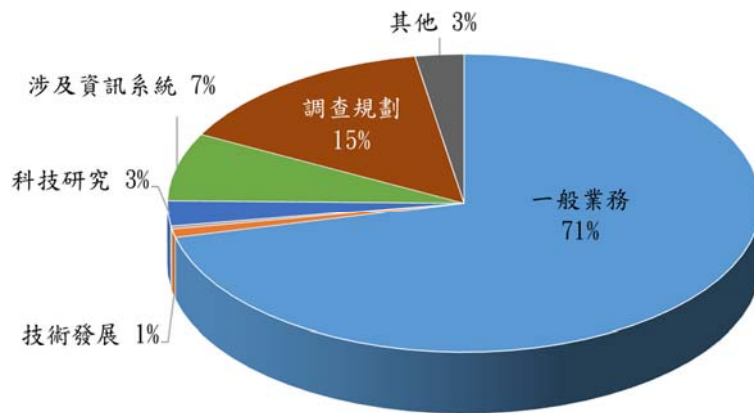


圖 3-4 102 年成果盤點分類統計圖

103 年盤點分類統計，如圖 3-5，一般業務佔 50%，雖然仍佔整體比例的多數，相較於往年確實有明顯下降，其次為涉及資訊系統類別佔年度比例 18%，調查規劃類為 15%，其他類別佔 11%，技術發展類 3%、科技研究類 2%，相較於前三年，本年度增列政策研擬類別，佔年度預算的 1%。

由 104 年的盤點統計結果，如圖 3-6，一般業務類別降至年度預算 50%以下，相對於其他計畫性質類別，則均有一定幅度的增加，在此階段新增活動類(宣導、培根)及涉及圖資業務類之計畫性質，其比例約為年度預算的 17%及 6%，調查規劃類佔 11%，涉及資訊系統類比例為 8%，而政策研擬類為 5%，技術發展類為 3%，科技研究類為 2%，本年度並未產生其他類別項目(未特定劃分計畫性質)。

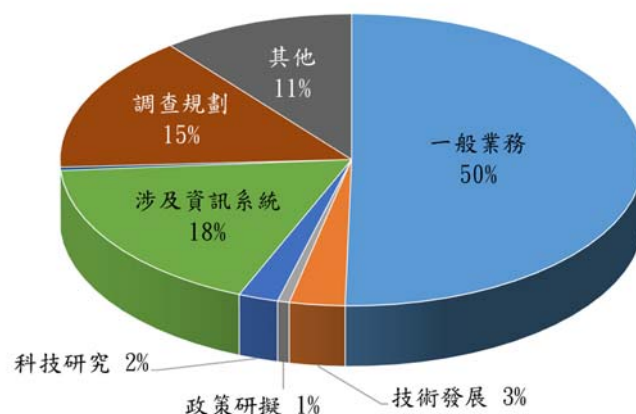


圖 3-5 103 年成果盤點分類統計圖

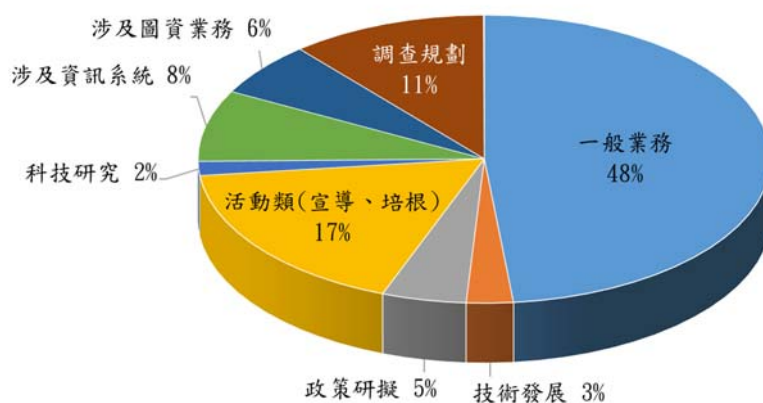


圖 3-6 104 年成果盤點分類統計圖

為因應極端氣候所導致大規模土砂災害，以及複合型災害等問題，僅憑藉著過去累積的技術與經驗已無法順暢處理目前與未來的防災、減災業務，故新型科技研究與技術發展顯得格外的重要。目前，年度計畫經費執行在科技研究與技術發展類別，尚未有顯著的表現，經統計於 100~104 年間共計 40 項科技研究及 51 項技術發展案件，其中 12 項計畫同時包含科技研究及技術發展兩項計畫性質，彙整如表 3-2，上述佔總計畫預算之 5%。然水土保持局已逐漸整合國內土砂防災相關研發資源，並累積相關技術研究之經驗，期望建立國內土砂防災發展基礎。

表 3-2 複選科技研究和技術發展計畫性質案件彙整表

項目	年度別	計畫名稱
1	100	100 年度土石流固定式觀測站建置計畫
2	100	複合型災害光纖感測與無線傳輸系統發展計畫
3	101	101 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析
4	101	整合性集水區規劃管理平台功能擴充
5	101	大梨山地區環境土砂災害潛勢調查與評估
6	103	103 年多尺度遙測空間資訊資料建置及擴充維護計畫
7	103	103 年度工程環境友善措施評估與建議
8	103	103 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析
9	103	坡地崩塌防減災策略先期研析計畫
10	104	104 年非莫拉克災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置
11	104	104 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析
12	104	自動雨量站建置及資訊分析應用服務計畫

針對 100 年度至 104 年度已執行計畫中，科技研究與技術發展類之成果進一步分析。利用計畫名稱及成果報告摘要、關鍵字，進行概略式分類，大致將案件分為山坡地監測(崩塌、土石流、降雨)、工法與工程管理、系統建置或數位學習、環境調查及保育策略、防災警戒及不歸類於以上項目之其他類，共計 6 個類別。但是，部份計畫成果報告書未附有完整的摘要或關鍵字，所以，研究團隊的分類方式仍以計畫名稱及工作項目為主，相關成果報告之摘要關鍵字彙整如附錄 1、附錄 2。依據計畫屬性分析科技研究類計 40 件與技術發展類計 51 件，其分類彙整如表 3-3、表 3-4。

以下對分析結果說明之，於科技研究計畫案例中，主要工作項目為崩塌地與土石流監測以及降雨事件監測，其主要目的為找出坡地災害發生機制，另一方面，針對滑動潛勢或具保全對象之邊坡進行預警

性監測以爭取緊急撤離時間。次要工作項目則關於環境調查及保育策略領域，其他各工作項目統計比例如圖 3-7 所示，依計畫實質業務內容而言，科技研究類屬性之案件仍偏重於工法、工程實際應用以及落實數位系統之建置，對於基礎研究則甚少著墨。

技術發展類計畫案例中的各個工作項目比例與科技研究計畫類案例有相似的結果，山坡地監測項目為最多，其次是系統建置與數位學習，其餘依序為工法與工程管理、防災警戒、環境調查及保育策略等五項，不屬於上述項目之工作業務，歸類為其他屬性，圖 3-8，其中包含極端氣候下之水理演算探討、野溪土石清疏減淤綜合分析評估及模式建立、山坡地土地可利用限度查定分類標準更新研究計畫等涉及研究發展屬性計畫，其佔技術發展計畫案件比例約 18%。

彙整 100 年度至 104 年度間科技研究與技術發展屬性之計畫案件明細，可發現業務工作項目越來越多元，但是若分年度剖析案件屬性，於基礎研究或調查類型的案件並未逐年等比例分配於計畫預算中。對於日趨繁複的土砂災害問題，水土保持局已不再只是治理工程發包單位，其必須擔負起防災、減災之守護國土安全任務，但是，此項任務需要具備深厚的學理基礎與長期經驗累積，然關於基礎研究或調查類領域在過去的案件成果中著墨甚少，期望未來能蓄積相關業務的工程經驗與基礎研究能量，以因應日後逐漸業務之需求。

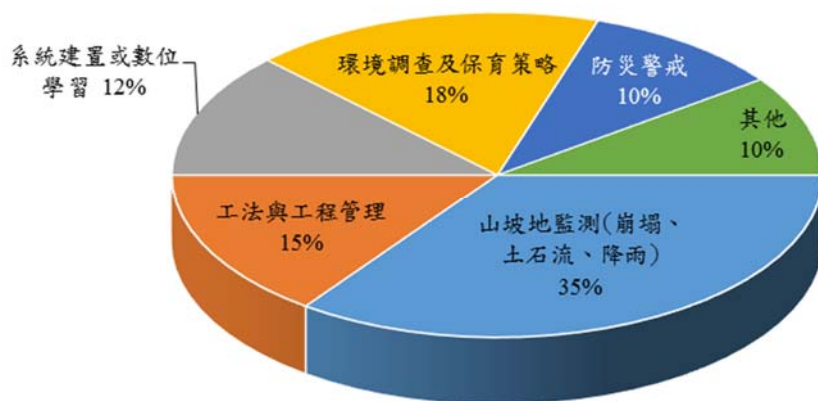


圖 3-7 科技研究之盤點分析

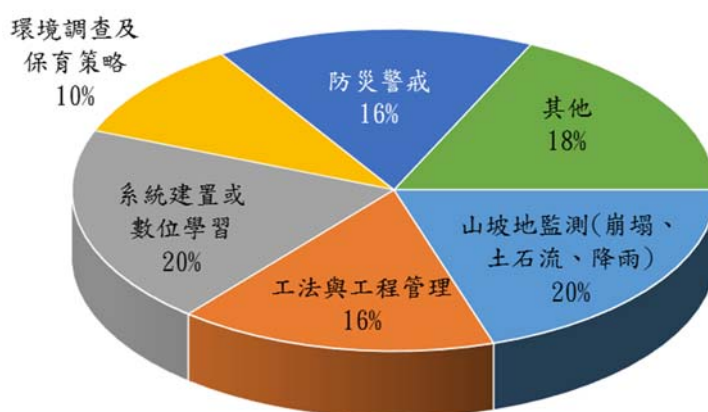


圖 3-8 技術發展之盤點分析

第三節 小結

一、現行計畫性質分類方式有檢討空間

本計畫統整 100 年度至 104 年度間之委辦計畫及研究補助案件，發現各項計畫性質在定義與分類上並不明確，缺少計畫性質分類依據。除此之外，如「涉及圖資業務」可能有計畫相關的圖資成果產出，建議應有別於「計畫性質」之分類，而獨立作為「產出成果」填表統計，以利於日後能明確指出各項計畫之產出成果。

二、基礎研究相對不足，建議先完成完整的研究發展規劃

從歷年成果中，類似於基礎研究領域之科技研究類及技術發展類案件相對不足，且對於收集國內外最新文獻之機制並非常態性業務，因此，不易掌握國內外最新研究發展趨勢，建議完成水土保持技術研究發展網絡規劃後，並確立檢討與更新機制。

三、電子圖書管理中心之內容及格式尚有改進空間

本計畫盤點歷年委辦計畫及研究補助案件，頻繁使用局內電子圖書管理系統進行成果盤點，發現管理系統對於上傳之內容及格式並未統一，以及其他問題，如計畫分類項目重複上傳、成果摘要中未標註關鍵字、未提供分類屬性說明等狀況。建議後續宜先強化電子圖書管理機制，以及規範報告上傳內容與格式之統一性。

表 3-3 科技研究類案件細部分類狀況

項目	年度別	計畫名稱	案件細部分類					
			山坡地監測(崩塌、土石流、降雨)	工法與工程管理	系統建置或數位學習	環境調查及保育策略	防災警戒	其他
1	100	運用衛星進行山坡地變異監測	1					
2	100	100 年度土石流固定式觀測站建置計畫	1					
3	100	複合型災害光纖感測與無線傳輸系統發展計畫			1			
4	100	水土保持工程永續指標評估項目研究						1
5	100	水土保持水土資源保蓄綠色材料之研發與應用研究(2/2)						1
6	100	坡地植生工程導入木本植物技術之應用研究(2/2)						1
7	101	101 年防災氣象資訊分析研判及雷達降雨監測系統建置評估	1					
8	101	101 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	1					
9	101	整合性集水區規劃管理平台功能擴充			1			
10	101	坡地特殊棲地環境屬性調查與保育措施應用分析(1/2)				1		
11	101	因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(1/2)				1		
12	101	氣候變遷對坡地防災規劃之影響評估					1	
13	101	大梨山地區環境土砂災害潛勢調查與評估				1		

表 3-3 (續 1)科技研究類案件細部分類狀況

項目	年度別	計畫名稱	案件細部分類					
			山坡地監測(崩塌、土石流、降雨)	工法與工程 管理	系統建置或 數位學習	環境調查及 保育策略	防災 警戒	其他
14	102	農村再生執行及管理系統 (2/2)		1				
15	102	農村傳統技術工法解構紀錄保存		1				
16	102	坡地特殊棲地環境屬性調查與保育措施應用分析(2/2)				1		
17	102	因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(2/2)				1		
18	102	氣候變遷下坡地災害潛勢評估及調適策略制定之研究				1		
19	102	102 年藤枝林道 3.5K 及九份二山崩塌地監測與潛在崩塌地簡易監測研析計畫	1					
20	102	102 年防災氣象資訊分析研判及雷達降雨監測評估	1					
21	102	102 年屏東縣來義鄉來義村潛在大規模崩塌地區調查監測計畫	1					
22	102	102 年宜蘭寒溪及苗栗火炎山土砂觀測站維運與發展計畫	1					
23	103	農村傳統技術工法解構紀錄保存(第二年)		1				
24	103	農村再生公共設施執行及工程管理決策模組開發		1				

表 3-3 (續 2) 科技研究類案件細部分類狀況

項目	年度別	計畫名稱	案件細部分類					
			山坡地監測(崩塌、土石流、降雨)	工法與工程管理	系統建置或數位學習	環境調查及保育策略	防災警戒	其他
25	103	103 年多尺度遙測空間資訊資料建置及擴充維護計畫			1			
26	103	103 年度工程環境友善措施評估與建議		1				
27	103	103 年度現地資料蒐集暨觀測站維運管理及設備更新計畫	1					
28	103	水土保持工程碳排放估算方法之建立與工程碳管理作業試辦						1
29	103	103 年防災氣象資訊分析研判及山區降雨監測系統建置評估	1					
30	103	103 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	1					
31	103	坡地崩塌防減災策略先期研析計畫					1	
32	104	104 年度治山防災集思網系統維護與功能擴充計畫			1			
33	104	104 年非莫拉克災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置	1					
34	104	104 年土石流防災應變系統維護與擴充計畫			1			
35	104	104 年度工程環境友善措施評估與建議		1				

表 3-3 (續 3) 科技研究類案件細部分類狀況

項目	年度別	計畫名稱	案件細部分類					
			山坡地監測(崩塌、土石流、降雨)	工法與工程管理	系統建置或數位學習	環境調查及保育策略	防災警戒	其他
36	104	104 年防災氣象資訊分析研判及山區降雨監測系統建置評估	1					
37	104	104 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	1					
38	104	自動雨量站建置及資訊分析應用服務計畫					1	
39	104	以土壤雨量指數防災整備模式建立動態土石流警戒預報系統					1	
40	104	全臺野溪重大土砂災害區土砂運移潛勢及處理策略				1		
總計(項)			14	6	5	7	4	4

表 3-4 技術發展計畫分類狀況

項目	年度別	計畫名稱	案件細部分類					
			山坡地監測(崩塌、土石流、降雨)	工法與工程管理	系統建置或數位學習	環境調查及保育策略	防災警戒	其他
1	100	100 年度土石流固定式觀測站建置計畫	1					
2	100	莫拉克重建區雷達降雨監測系統建置評估及資訊蒐集計畫	1					
3	100	複合型災害光纖感測與無線傳輸系統發展計畫			1			
4	100	培根管考系統擴充及維運作業計畫			1			
5	100	水土保持工程設施破壞檢測分析與評估(2/2)		1				
6	100	水土保持防砂工程防砂整備之推估與應用		1				
7	100	水土保持工程施工查核系統研發		1				
8	100	委辦計畫管理系統功能強化暨績效管理考核分析平台建置計畫			1			
9	101	101 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	1					
10	101	影像倉儲系統擴充維護及整合 Google 展示平台資料建置計畫			1			
11	101	101 年農村再生社區行動導覽計畫						1
12	101	水土保持設施耐久性分析與延壽策略研擬				1		
13	101	整合性集水區規劃管理平台功能擴充			1			

表 3-4 (續 1)技術發展計畫分類狀況

項目	年度別	計畫名稱	案件細部分類					
			山坡地監測(崩塌、土石流、降雨)	工法與工程管理	系統建置或數位學習	環境調查及保育策略	防災警戒	其他
14	101	極端氣候下之水理演算探討						1
15	101	野溪土石清疏減淤綜合分析評估及模式建立						1
16	101	山坡地土地可利用限度查定分類標準更新研究計畫						1
17	101	大梨山地區環境土砂災害潛勢調查與評估				1		
18	102	農村景觀生態資源基礎調查與自然保育工作執行策略與措施				1		
19	102	工程環境友善措施評估與建議		1				
20	102	102 年度臺中分局土石流災害緊急應變及設備提升計畫			1			
21	102	102 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	1					
22	102	102 年高屏溪山坡地大規模崩塌致災潛勢調查評估				1		
23	102	102 年水土保持研討會						1
24	103	農村再生工程檢驗標準及管理制度編修		1				
25	103	多功自然型防砂設施圖說彙編		1				
26	103	103 年多尺度遙測空間資訊資料建置及擴充維護計畫			1			

表 3-4 (續 2)技術發展計畫分類狀況

項目	年度別	計畫名稱	案件細部分類					
			山坡地監測(崩塌、土石流、降雨)	工法與工程管理	系統建置或數位學習	環境調查及保育策略	防災警戒	其他
27	103	103 年度工程環境友善措施評估與建議		1				
28	103	103 年資料倉儲中心系統維護擴充及 Arc GIS 認證服務計畫			1			
29	103	農地水土保持工法實例調查彙整暨應用圖冊編印		1				
30	103	可利用限度查定作業管理暨山坡地環境資源系統維運			1			
31	103	超限利用列管土地清查及山坡地範圍圖資更新計畫			1			
32	103	野溪高壓灌漿地盤改良工法應用暨專案管理計畫		1				
33	103	103 年藤枝林道 3.5k 及九份二山崩塌地監測與後續因應措施研究計畫	1					
34	103	103 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	1					
35	103	103 年氣候變遷衝擊下坡地災害風險評估及調適能力之研究				1		
36	103	坡地崩塌防減災策略先期研析計畫					1	
37	103	土石流防災整備模式檢討與更新					1	
38	103	治山防洪分級制度與年計效益評析					1	
39	104	彰投雲嘉農村社區青年駐村發展模式計畫						1

表 3-4 (續 3)技術發展計畫分類狀況

項目	年度別	計畫名稱	案件細部分類					
			山坡地監測(崩塌、土石流、降雨)	工法與工程管理	系統建置或數位學習	環境調查及保育策略	防災警戒	其他
40	104	中苗地區農村節能減碳綠廊示範與推廣計畫						1
41	104	集水區保育治理巨量資料分析先期計畫						1
42	104	104 年非莫拉克災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置	1					
43	104	104 年現地資料蒐集暨觀測站維運管理及設備建置計畫	1					
44	104	水土保持工程碳排放估算方法之建立與工程碳管理作業試辦(2/3)						1
45	104	坡地水文及土砂觀測先期規劃	1					
46	104	104 年應用坡地易損性模式於崩塌風險評估與警戒模式研析					1	
47	104	大規模崩塌防減災技術發展與應用					1	
48	104	104 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	1					
49	104	自動雨量站建置及資訊分析應用服務計畫					1	
50	104	台灣北部地區降雨動能推估公式建置及年降雨沖蝕指數之修訂探討					1	
51	104	神木國際土砂災害觀測研究中心暨坡地水文試驗研究場域規劃					1	
總計(項)			10	9	10	5	8	9

第四章 集水區土砂災害模擬測試與分析

台灣地區因為地形陡峭、地質破碎、豪雨集中，因此經常發生土砂災害。2009 年 8 月莫拉克颱風(Morakot)帶來驚人雨量，造成台灣多處集水區發生崩塌、土石流等土砂災害，大量的崩塌土砂進入河道行水區，改變原有河道之水理特性及土砂運移特性。本研究計畫為探討國內重要集水區在極端降雨事件後，河道土砂運移之變異與洪峰之變化，據此討論極端降雨造成河道變異的趨勢、致災範圍之風險評估等。

第一節 研究文獻探討

目前已有許多學術研究單位自行研發一維河道輸砂模式進行土砂運移相關問題之分析。表 4-1，彙整目前各單位所開發之水理輸砂模式(蔡元融，2012)，各模式皆具備傳統輸砂力學理論基礎，無論是在底床載(Bed load)或懸浮載(Suspended load)等相關問題，對於河道水理輸砂之模擬已具有一定的成效。

Davies, T.R., Korup, O., (2007)將土砂流入河道的演化過程分成三個階段。第一階段，當事件發生時由於流入土砂量增加，泥砂淤高河床造成河道水深變化，因河道高程發生變異，為了消耗水流能量，因此河道開始增加橫斷面寬度。第二階段，當上游來砂量逐漸減少時，為了維持上下游輸砂平衡而開始下切河床，並向兩岸灘地侵蝕以補充來砂量，造成河床坡度變緩，此時屬多股流路之辮狀型態。第三階段，由於輸砂量持續減少，且水流持續刷深河床造成河道深槽化，使得原本多股寬淺之辮狀河道轉為單股窄深之深切流路，此時相較於前兩階段河道，其寬度減小、水深增加且坡度趨緩，形態轉換為蜿蜒流路以

削減水流能量，此時進入相對穩定之狀態並等待下次洪水事件的發生，上述為河道型態演化的循環。

謝正倫與陳俞旭(2010)，提出二次災害的發生位置與土砂災害源頭不盡相同且發生型態也不一致，災害影響隨時間往下游傳遞且傳遞過程開始衍生新類型的災害，如上游之崩塌災害在數年後於中游處誘發洪水或河岸侵蝕，隨著傳遞距離越遠，衍生之二次災害強度亦逐漸變弱。

近年來，在流域尺度的降雨與逕流量模擬方面，利用單位斜面及單位河道之組合，用以模擬流域狀態的方法已被廣泛使用（Lee et al., 2011; Tachikawa et al., 2004; Takasao and Shiiba, 1988）。同時，整合降雨-逕流以及河道土砂流出的模式，亦曾有相關研究（市川温 et al., 1999; 江頭進治 及 松木敬, 2000; 高橋保 et al., 2000）。本研究將採用江頭進治與松木敬共同開發之「EM 一維動床模式」模擬降雨事件期間，集水區河道之沖淤過程及流量變化。

第二節 研究流程

本研究彙整水土保持局歷年計畫執行成果，採用其中兩處集水區案例分別為：旗山溪上游集水區於 2009 年莫拉克颱風事件及草湖溪集水區於 2011 年蘇拉颱風事件，並使用日本京都大學及立命館大學江頭進治與松木敬所開發之「EM 一維動床模式」模擬河道變遷的過程、河道沖淤分布情形以及流量之變化，同時測試此演算模式於台灣地區河川適用性。

表 4-1 常用水理輸砂模式彙整表

基本參數	模式名稱				
	EFDC1D	FLUVIAL12	GSTARS	MIKE 11	NETSTARS
開發團隊	NETSTARS	Chang	Molinas and Yang	Englund and Fredsoe	李鴻源等人
應用流況	變量流	變量流	擬似定量流	變量流	變量流
水流方程式	迪聖凡南方程式	迪聖凡南方程式	能量方程式	迪聖凡南方程式	迪聖凡南方程式
數值方法	有限差分法 (半隱式)	有限差分法 (隱式)	有限差分法	有限差分法 (隱式)	有限差分法 (隱式)
底床載 (bed load)	○	○	○	○	○
懸浮載 (Suspended load)	○	○	○	○	○
總輸砂 (Total load)	○	○	○	○	○
底床變動	○	○	○	○	○
構造物影響	○	×	○	○	○
河岸變動	×	×	×	×	×

本研究流程如圖 4-1 所示，首先選定集水區域進行區域資本資料收集及水理模式之文獻回顧，並利用 ArcGIS 軟體以 20m 網格數值地形模型 (Digital Elevation Model, DEM)，分析河道流向、河網及流域等，並依照河溪級序 (Stream order) 進行河道編號，得到單位斜面 (Unit slope) 與單位河道 (Unit channel) 以及其面積、坡度、長度等地形參數，匯入「EM 一維動床模式」分析，透過事件雨場校正相關參數，確立模式及輸入參數之可信度，並進行案例的分析及探討。

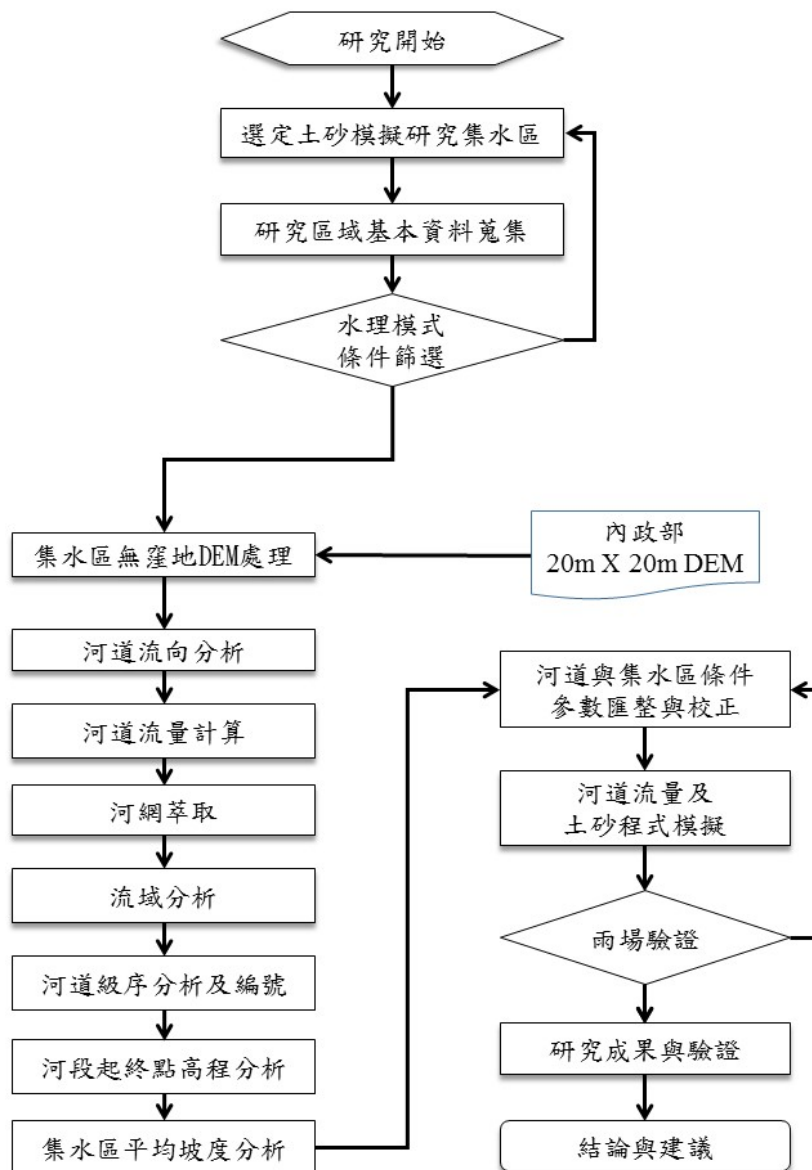


圖 4-1 研究流程圖

第三節 模式簡介與說明

一、流域模型建構

本研究參考日本「地球温暖化が流域の土砂流出特性に与える影響」(竹林洋史, 2009)與水土保持局「複合型土砂災害警戒及疏散決策支援系統研究」(陳振宇, 2014), 使用單位斜面與單位河道的組合方式, 作為流域尺度降雨與逕流量模擬元素。如圖 4-2, 每一單位河道有 2 個流入端及 1 個流出端, 且每一單位河道均有左右二側集水面積(單位斜面)。

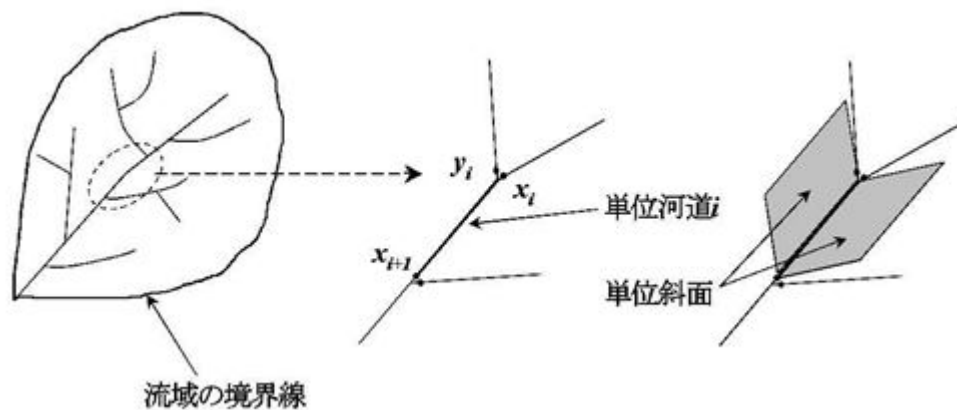


圖 4-2 流域模型示意圖 (竹林洋史, 2009)

二、斜面降雨-入滲-逕流模型(動力波模式)

本研究單位斜面上的降雨與逕流量模擬, 如圖 4-3 所示, 主要應用動力波模式, 在斜坡滲流與逕流, 使用達西定律方程式, 其方程式如下:

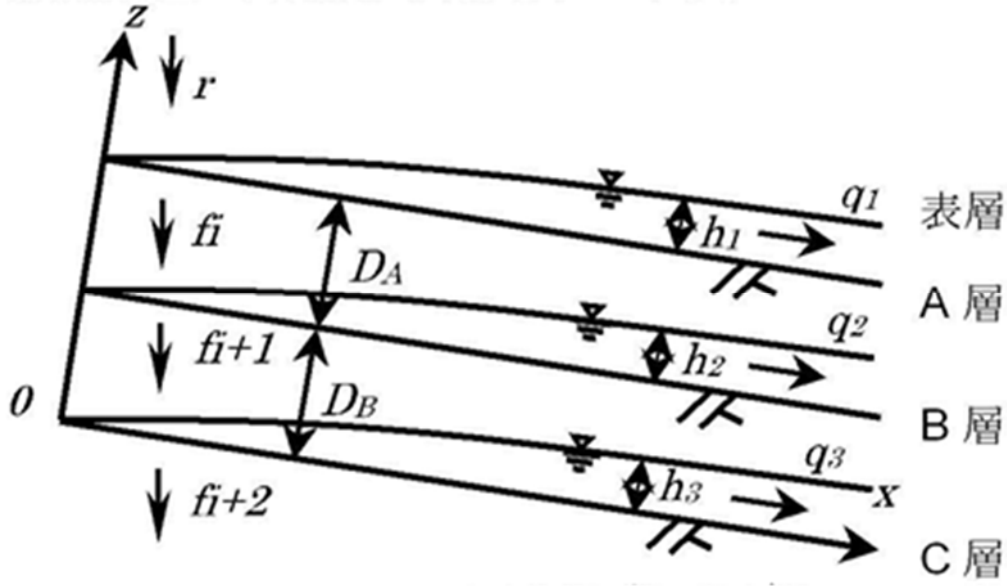


圖 4-3 斜面降雨入滲逕流模型示意圖 (竹林洋史，2009)

$$\alpha \frac{\partial h_r}{\partial t} + \frac{\partial q_r}{\partial y} = (r - f) \cos \theta \quad (1)$$

$$q_r = k h_r \sin \theta \quad (h_r \leq D_A) \quad (2-1)$$

$$q_r = k_A D_A \sin \theta + \frac{1}{N_m} \sqrt{\sin \theta} (h_r - D_A)^{5/3} \quad (h_r \geq D_A) \quad (2-2)$$

以上公式， t 為時間， y 為坡向， h_r 為逕流於地表面之深度， q_r 為單位滲流量， D_A 為土壤 A 層之厚度， r 為降雨強度， f 為滲透率， k_A 為逕流滲透係數， θ 為斜面坡度， N_m 為曼寧粗糙係數， α 為孔隙率。

三、河道流量計算模式

各單位河道內之流量方程式如下：

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{BL} (Q_{in1} + Q_{in2} - Q_{out}) + \frac{1}{B} q \quad (3)$$

$$Q = \frac{1}{n_m} B I^{1/2} h^{5/3} \quad (4)$$

以上公式， h 為河道平均水深， Q_{out} 為單位河道出流流量， Q_{in1} 與 Q_{in2} 為單位河道之入流流量，從公式(4)可以獲得， B 為單位河道寬度， L 為單位河道長， I 為單位河道坡度， n_m 為河道曼寧粗糙係數， q 為單位斜面流入量。由左右二側單位斜面流入量加總可得 q_r 。

四、河道土砂流出模式

依據質量守衡定理，EM 一維動床模式之土砂流出部分，為單位河道內土砂流出之連續方程式，(Egahsira and Matsuki, 2000) 可表示如下：

$$(\lambda) \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{1}{BL_c} [Q_b(x_i) + Q_b(y_i) - Q_b(x_{i+1}) + Q_l(x_i)] + D_s - E_s + D_w - E_w \quad (5)$$

其中 z 為河床高程， λ 為土砂孔隙率， $Q_b(x_i)$ 及 $Q_b(y_i)$ 為上游單位河道流入之推移質 (bed load) 量， $Q_b(x_{i+1})$ 為流入下游單位河道之掃流砂量， $Q_l(x_i)$ 為流入單位河道內之崩塌土方量， D_s 及 E_s 分別代表懸移質 (Suspended load) 之沉積率 (Deposition rate) 及侵蝕率 (Erosion rate)， D_w 及 E_w 分別為流洗載 (Wash load) 之沉積率 (Deposition rate) 及侵蝕率 (Erosion rate)。其相關方程式說明如下：

(一) 推移質 (Bed load)

河道內推移質之流量可以下式估算：

$$Q_b = B \sum_{k=1}^n q_{bk} \quad (6)$$

$$q_{bk} = 17 \frac{\rho u_{*e}^3}{(\rho_s - \rho)g} \left[1 - \sqrt{K_c \frac{u_{*ck}}{u_*}} \right] \left[1 - K_c \frac{u_{*ck}^2}{u_*^2} \right] f_{bk} \quad (7)$$

其中 n 表土砂粒徑分布階數, ρ 為水密度, ρ_s 為土砂密度, u_{*e} 為有效摩擦率, 且其可以下式估算:

$$u_{*e}^2 = \frac{[Q/(Bh)]^2}{\left[6 + 2.5 \ln \frac{h}{d_m(1+2\tau_{*m})}\right]^2} \quad (8)$$

其中 d_m 為河床混合層 (Mixed layer) 土砂之平均直徑, 此外, 第 k 階土砂粒徑臨界摩擦速度 (Threshold friction velocity) 可由下式計算:

$$u_{*ck}^2 = u_{*cm}^2 \left[\frac{\log_{10} 19}{\log_{10}(19d_k/d_m)} \right]^2 \frac{d_k}{d_m} \quad d_k/d_m \geq 0.4 \quad (9)$$

$$u_{*ck}^2 = 0.85u_{*cm}^2 \quad d_k/d_m \leq 0.4 \quad (10)$$

而土砂平均粒徑臨界摩擦速度 (Threshold friction velocity), 則可由下式計算:

$$u_{*cm}^2 = 0.89d_m \quad d_m \geq 0.303 \quad (11)$$

$$u_{*cm}^2 = 134.6d_m^{31/22} \quad 0.118 \leq d_m < 0.303 \quad (12)$$

$$u_{*cm}^2 = 55.0d_m \quad 0.0565 \leq d_m < 0.118 \quad (13)$$

$$u_{*cm}^2 = 8.41d_m^{11/32} \quad 0.0065 \leq d_m < 0.0565 \quad (14)$$

$$u_{*cm}^2 = 226d_m \quad d_m < 0.0065 \quad (Unit : cm) \quad (15)$$

K_c 為河床坡度修正函數, 其值可以下式求得:

$$K_c = 1 + \frac{1}{\mu_s} \left[\left(\frac{\rho}{\rho_s - \rho} + 1 \right) \tan \theta_x \right] \quad (16)$$

其中 μ_s 為靜摩擦係數， θ_x 為單位河道之河床坡度，亦即

$$\tan\theta_x = I \quad (17)$$

此外，懸移質之沉積率 D_s ，以及其侵蝕率 E_s 可以下式表示：

$$D_s = \sum_{k=1}^n D_{sk} \quad (18)$$

$$D_{sk} = c_{sbk} w_{fk} \quad (19)$$

$$E_s = \sum_{k=1}^n E_{sk} \quad (20)$$

$$E_{sk} = c_{sbek} w_{fk} \quad (21)$$

(二) 懸移質(Suspended load)

第 k 階粒徑之懸移質濃度之輸送方程式如下所示：

$$\begin{aligned} \frac{\partial c_{sk} h}{\partial t} = \frac{1}{BL} & \left(c_{sk, x_i} Q(x_i) + c_{sk, y_i} Q(y_i) - c_{sk, x_{i+1}} Q(x_{i+1}) \right) + E_{sk} \\ & - D_{sk} \end{aligned} \quad (22)$$

其中 c_{sk} 為該單位河道內懸移質之平均濃度， c_{sk, x_i} 及 c_{sk, y_i} 為上游河道流入懸移質之平均濃度， $c_{sk, x_{i+1}}$ 為流出至下游河道懸移質之平均濃度。此外， w_{fk} 為土砂之沉降速度，其值可由下式計算：

$$w_{fk} = \left[\sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) g d_k^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) g d_k^3}} \right] \sqrt{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) g d_k} \quad (23)$$

在基準面上第 k 階粒徑之平衡懸移質濃度 (c_{sbek})，可以下式計算：

$$c_{sbek} = 5.55 \left[\frac{1}{2} \frac{u_*}{w_{fk}} \exp \left(-\frac{w_{fk}}{u_*} \right) \right]^{1.61} f_{bk} \quad (\text{unit: ppm}) \quad (24)$$

其中 f_{bk} 為推移質第 k 階粒徑所佔的比例。此處，本研究假設懸移質濃度在垂直方向係為指數型式分佈，且令第 k 階粒徑在不同水深處之平均懸移質濃度為 c_{sk} ，第 k 階粒徑在基準面上的懸移質濃度為 c_{sbk} ，因此 c_{sk} 及 c_{sbk} 之關係如下式：

$$c_{sk} = \frac{c_{sbk}}{\beta_{sk}} (1 - e^{(-\beta_{sk})}) \quad (25)$$

$$\beta_{sk} = \frac{w_{fk} h}{D_h} \quad (26)$$

其中 D_h 為懸移質在水深方向擴散係數，為簡化表示式，此處可以 ν 取代 D_h 。 D_w 及 E_w 為流洗載 (Wash load) 之沉積率及侵蝕率，利用下式計算之：

$$D_w = c_w w_f \quad (27)$$

$$E_w = -(1 - \lambda) f_w \frac{\partial z}{\partial t} \quad \left(\frac{\partial z}{\partial t} \leq 0 \right) \quad (28)$$

$$E_w = 0 \quad \left(\frac{\partial z}{\partial t} \geq 0 \right) \quad (29)$$

其中 f_w 為流洗載所佔的比例， f_w 及 f_{bk} 必滿足下列關係式。

$$f_w + \sum_{k=1}^n f_{bk} = 1 \quad (30)$$

(三) 流洗載 (Wash load)

第 k 階粒徑之流洗載濃度之輸送方程式可表示如下：

$$\frac{\partial c_w h}{\partial t} = \frac{1}{BL} (c_{w,x_i} Q(x_i) + c_{w,y_i} Q(y_i) - c_{w,x_{i+1}} Q(x_{i+1})) + E_w - D_w \quad (31)$$

其中 c_w 為該單位河道內流洗載平均濃度， c_{w,x_i} 及 c_{w,y_i} 為上游河道流入之流洗載平均濃度， $c_{w,x_{i+1}}$ 為流出至下游河道之流洗載平均濃度。

(四) 河床材料之連續方程式(The continuity equation of the riverbed material)

河床沉積土砂之粒徑分布可藉由交換層之體積控制條件進行計算，且假設同一條單位河道內的水與土砂條件均相同。依據質量守恒定理，河床交換層之連續方程式可表示如下：

$$\begin{aligned} (1 - \lambda) E_b \frac{\partial f_{bk}}{\partial t} + (1 - \lambda) F_{bk} \frac{\partial z}{\partial t} &= \frac{1}{BL} (Q_{bk}(x_i) + Q_{bk}(y_i) - \\ &Q_{bk}(x_{i+1}) + Q_l(x_i)) + D_{sk} - E_{sk} + D_w - E_w \\ \begin{cases} F_{bk} = f_{dlk}, & \partial z / \partial t \leq 0 \\ F_{bk} = f_{bk}, & \partial z / \partial t \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (32)$$

其中 f_{dlk} 為沉積層之粒徑分佈比例， f_{bk} 為河床粒徑分佈比例。此外，本研究假設，每分鐘（即一個時間間距，time-step）沉積層增加之厚度不超過 1 個沉積層厚（即 0.4m）。

第四節 研究區地文現況

本研究選取草湖溪集水區與旗山溪集水區為研究區域，參考 102 年度農委會水土保持局「蘇拉颱風後頭汴坑溪及草湖溪集水區保育治理細部規劃」與 98 年度「旗山溪集水區水土保持復建調查規劃」之成果報告，進行集水區之河道輸砂模擬。相關集水區說明如下：

一、草湖溪集水區

草湖溪集水區地勢高程由東向西遞減，高程約介於 30 公尺~740 公尺之間，集水區面積約為 53 平方公里，如圖 4-4，坡度以六級坡為最多，面積約為 11 平方公里，佔全區 21.35%，七級坡最少，面積約為 2 平方公里，佔全區 4.41%，如表 4-2、圖 4-5 所示，而坡向以西向最多，面積為 7.5 平方公里，佔全區面積 14.20%，西南向、西北向次之，分別各佔全區 14.18%、13.02%，草湖溪集水區坡向分析結果及分布如表 4-3、圖 4-6 所示。

二、旗山溪集水區

旗山溪上游集水區地勢高程由東北向西南遞減，海拔高程介於 485 公尺~3,946 公尺，集水區面積約為 306 平方公里，如圖 4-7，坡度以六級坡為最多，面積約為 176 平方公里，佔全區 57.44%，一級坡最少，面積約為 0.06 平方公里，佔全區 0.63%，如表 4-4、圖 4-8，而坡向以西向最多，面積約為 46 平方公里，比例為 15.12%，西南向、西北向次之，分別各佔全區 15.05%、13.59%，旗山溪上游集水區坡向分析結果及分布如表 4-5、圖 4-9 所示。

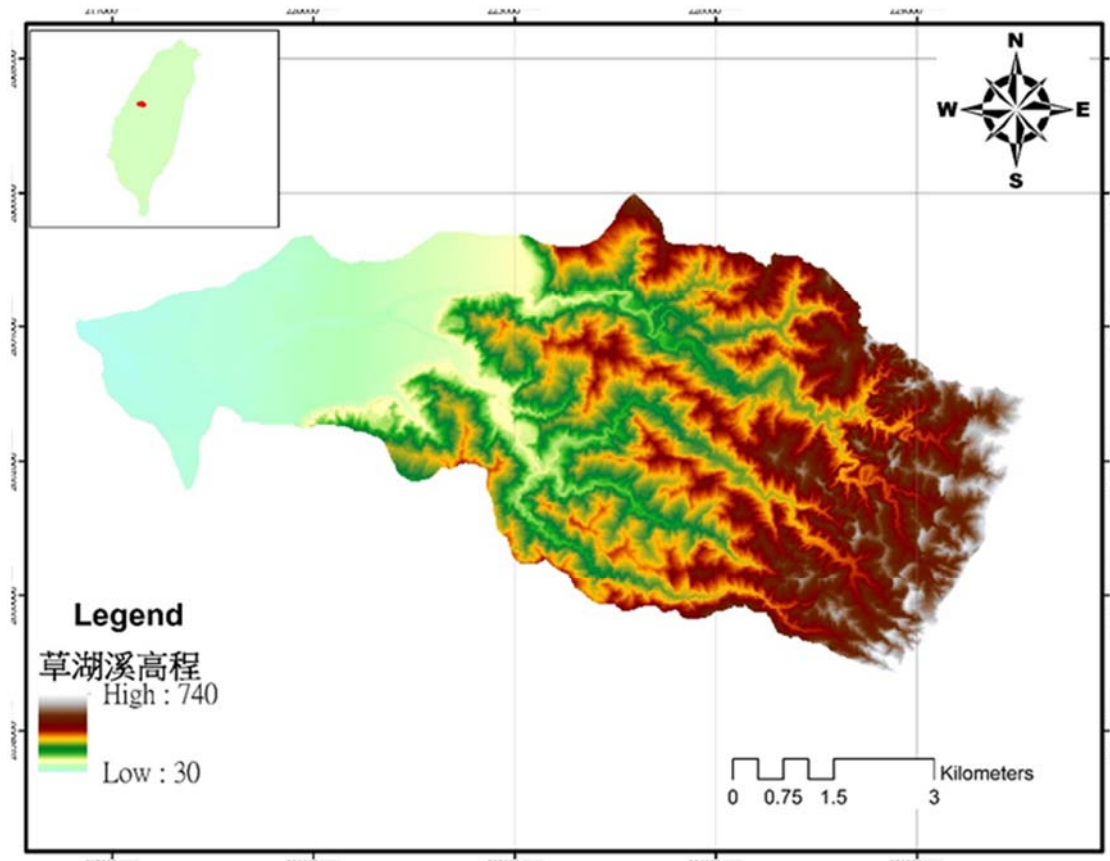


圖 4-4 草湖溪集水區高程分佈圖

表 4-2 草湖溪集水區坡度分佈統計表

坡度	面積(平方公里)	百分比(%)
一級坡($S \leq 5\%$)	10.84	20.51%
二級坡($5\% < S \leq 15\%$)	2.96	5.60%
三級坡($15\% < S \leq 30\%$)	7.16	13.56%
四級坡($30\% < S \leq 40\%$)	7.83	14.82%
五級坡($40\% < S \leq 55\%$)	10.44	19.76%
六級坡($55\% < S \leq 100\%$)	11.28	21.35%
七級坡($S > 100\%$)	2.33	4.41%
合計	52.85	100.00%

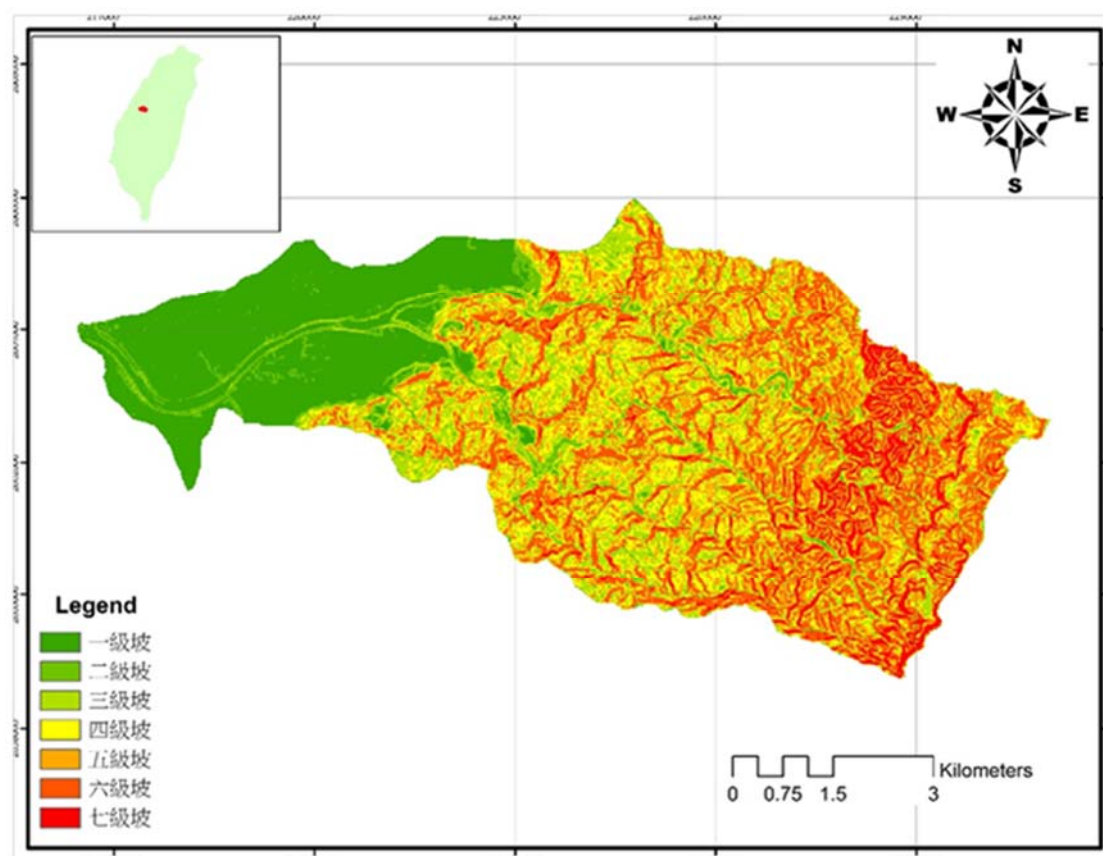


圖 4-5 草湖溪集水區坡度分佈圖

表 4-3 草湖溪集水區坡向分佈統計表

坡向	面積(平方公里)	百分比(%)
平坦地	2.92	5.53%
北	6.52	12.34%
東北	5.58	10.56%
東	4.41	8.35%
東南	5.35	10.13%
南	6.19	11.70%
西南	7.50	14.18%
西	7.50	14.20%
西北	6.88	13.02%
合計	52.85	100.00%

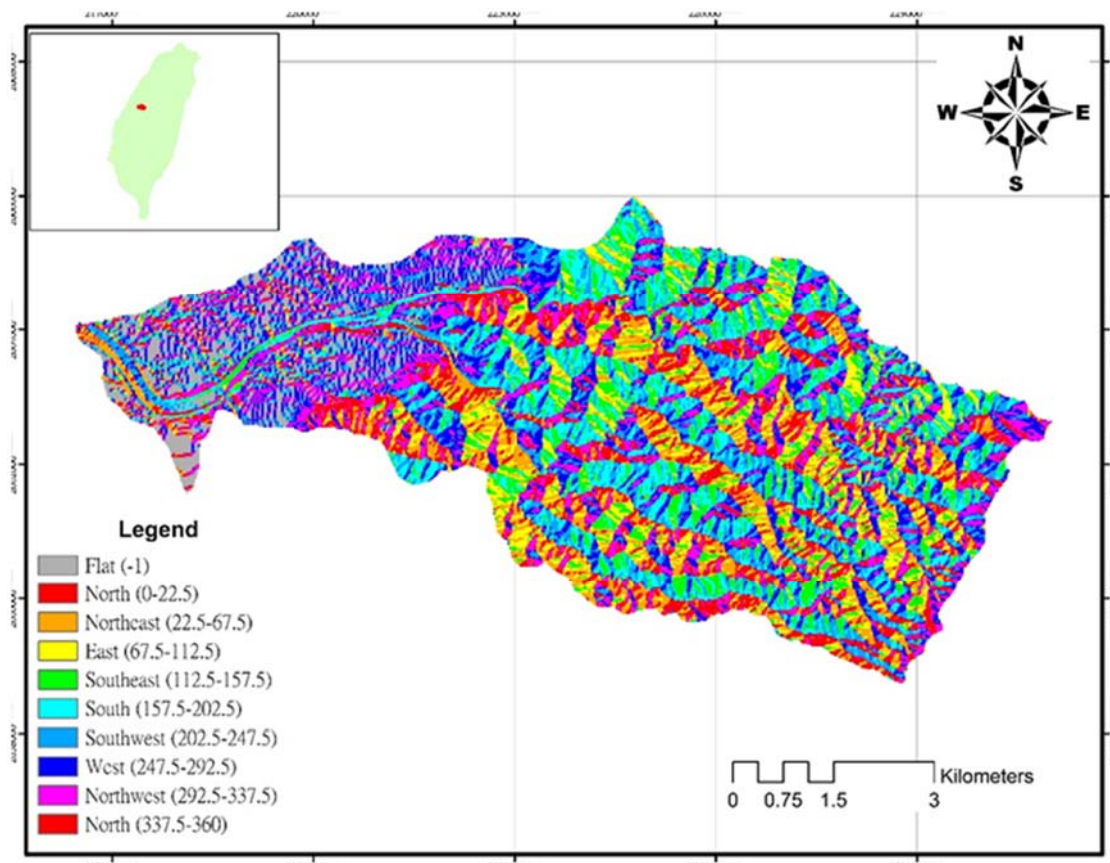


圖 4-6 草湖溪集水區坡向分佈圖

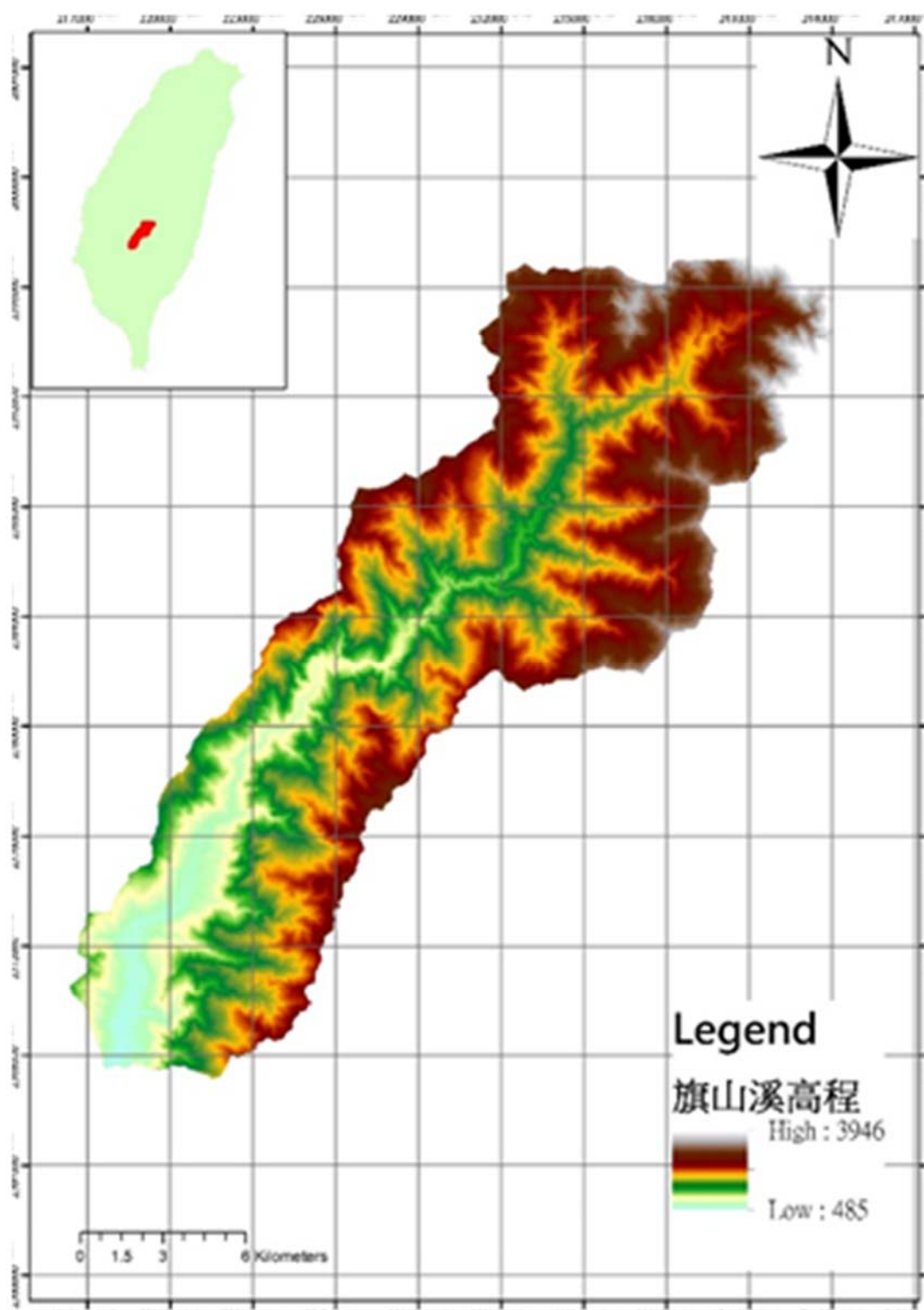


圖 4-7 旗山溪集水區高程分佈圖

表 4-4 旗山溪集水區坡度分佈統計表

坡度	面積(公頃)	百分比(%)
一級坡($S \leq 5\%$)	1.93	0.63%
二級坡($5\% < S \leq 15\%$)	6.11	1.99%
三級坡($15\% < S \leq 30\%$)	14.81	4.84%
四級坡($30\% < S \leq 40\%$)	18.42	6.01%
五級坡($40\% < S \leq 55\%$)	45.72	14.93%
六級坡($55\% < S \leq 100\%$)	175.96	57.44%
七級坡($S > 100\%$)	43.37	14.16%
合計	306.33	100.00%

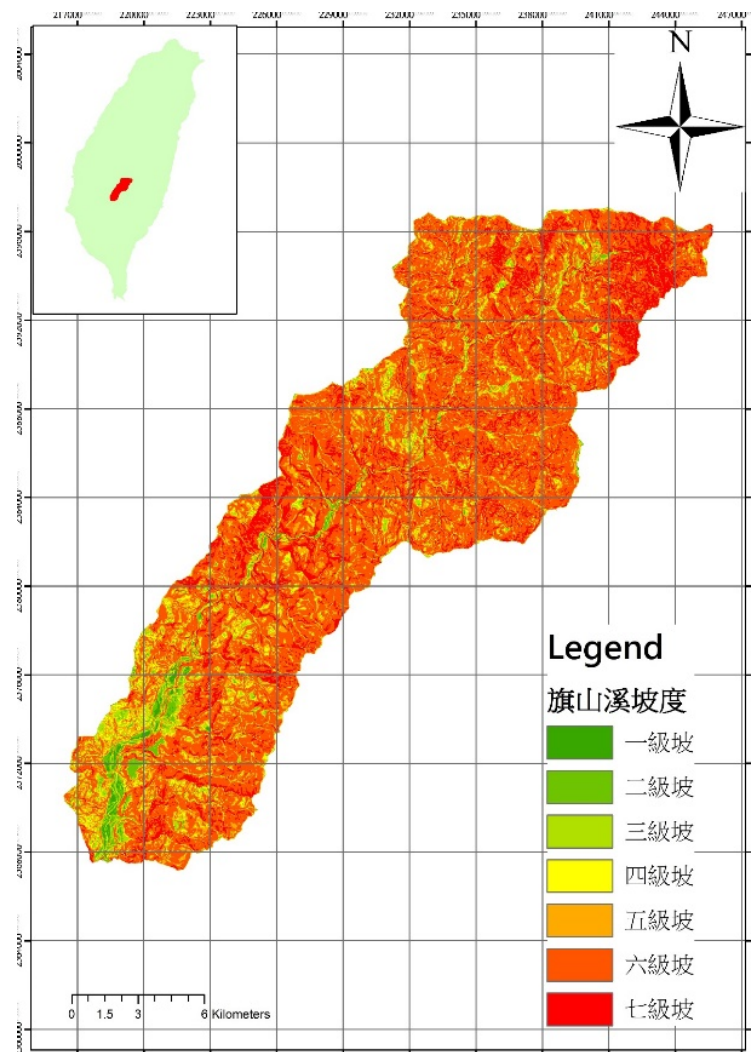


圖 4-8 旗山溪集水區坡度分布圖

表 4-5 旗山溪集水區坡向統計表

坡向	面積(平方公里)	百分比(%)
平坦地	0.06	0.02%
北	35.07	11.45%
東北	31.85	10.40%
東	32.85	10.72%
東南	34.34	11.21%
南	38.10	12.44%
西南	46.11	15.05%
西	46.32	15.12%
西北	41.64	13.59%
合計	306.33	100.00%

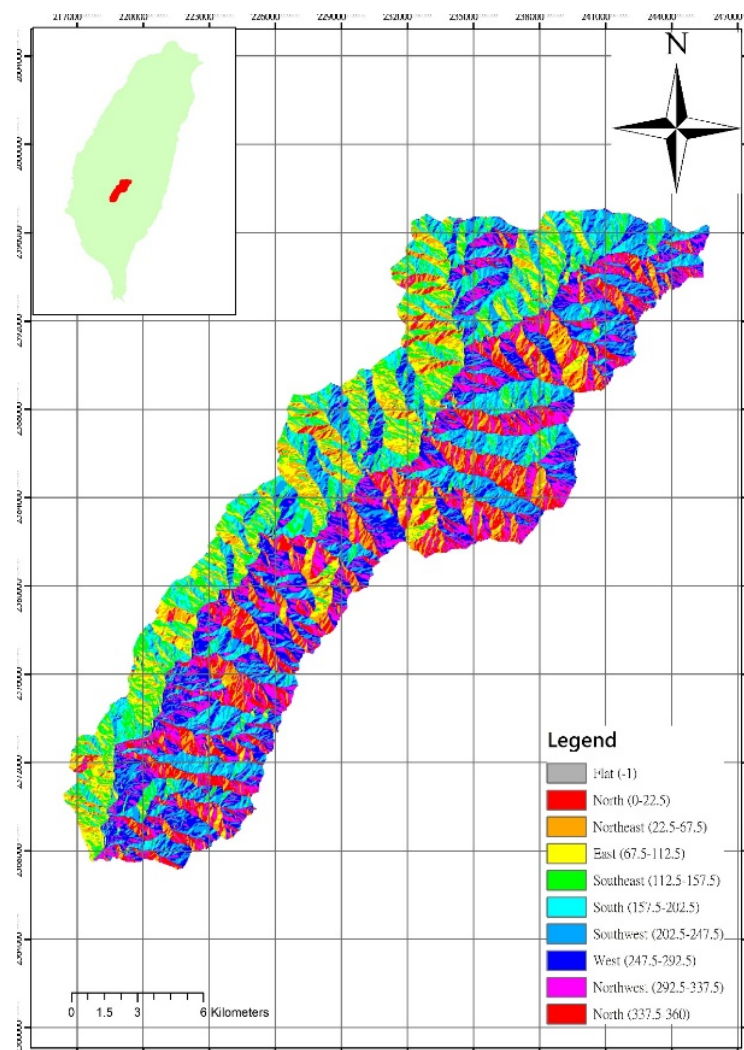


圖 4-9 旗山溪集水區坡向分布圖

第五節 模擬參數說明

本研究由 102 年度農委會水土保持局「蘇拉颱風後頭汴坑溪及草湖溪集水區保育治理細部規劃」與 98 年度「旗山溪集水區水土保持復建調查規劃」之成果報告中整理該研究區關於河床粒徑和雨量站的資料，以提供符合現地狀態之區域參數。本章節將說明案例所需之初始條件與分析參數，再分別針對兩個不同研究區域進行說明，包括需要的模式參數、校正雨場事件及案例分析等。

一、初始條件與分析參數彙整

於模擬分析時需設定流域內初始條件與分析參數，其中初始流域條件包含河道數目、土壤滲透係數、曼寧係數及流量等，針對單一河段與其斜坡單元，其初始條件包含河道編號、河道入流高程、出流高程、平均坡度、集水區面積及河道長度，以上草湖溪及旗山溪上游水理模式初始設定參數詳如附錄三、附錄四，並依據文獻彙整河床調查資料，取得河道河床質、表面粒徑條件。最後依據該研究區域範圍內或附近之雨量站取得模擬所需之雨量參數。以上條件與參數彙整如表 4-6。

表 4-6 模擬初始條件與輸入參數內容表

條件項目	輸入內容
流域初始條件	河道數目、土壤滲透係數、曼寧係數、流量等。
單一河段資訊	河道編號、河道入流高程、河道出流高程、平均坡度、集水區面積、河道長。
河床粒徑分析	河道河床質、表面粒徑。
雨量資料	單一雨場時雨量資訊。

二、曼寧粗糙係數

曼寧粗糙係數反映河道及其周邊環境因素對流速的影響，其值的大小取決於明渠表面的粗糙程度，然曼寧粗糙係數與明渠表面材料粗糙突起的高度、形狀及不規則分布情況有關，同時亦受流量的大小與含砂量所影響。其中天然溪流河床的不規則性更為複雜，因此在決定該參數時應結合現地調查，瞭解研究區域實際情況。當無法由直接採樣取得曼寧粗糙係數值實，可參考水理模式使用手冊對曼寧粗糙係數的建議值如表 4-7。

表 4-7 曼寧粗糙係數建議值

Overland flow Manning's roughness values	
Surface	n-value
Dense turf	0.17-0.80
Bermuda and dense grass , vegetation	0.17-0.48
Shrubs and forest litter , pasture	0.30-0.40
Average grass cover	0.20-0.40
Poor grass cover on rough surface	0.20-0.30
Short prairie grass	0.10-0.20
Sparse vegetation	0.05-0.13
Sparse rangeland with debris	
0% cover	0.09-0.34
20% cover	0.05-0.25
Plowed or tilled fields	
Fallow-no residue	0.008-0.012
Conventional tillage	0.06-0.22
Chisel plow	0.06-0.16
Fall disking	0.30-0.50
No till-no residue	0.04-0.10
No till 20-40% residue cover	0.07-0.17
No till 60-100% residue cover	0.17-0.47
Open ground with debris	0.10-0.20
Shallow glow on asphalt or concrete (0.25" to 1.0")	0.10-0.15
Fallow fields	0.08-0.12
Open ground , no debris	0.04-0.10
Asphalt or concrete	0.02-0.05

資料來源：水理模式參考手冊(2009)

第六節 草湖溪集水區案例說明與分析

研究區範圍的數值地形 (DEM)，經 ArcGIS 軟體分析處理後，整體流域劃分為 25 個河段及其斜坡單元，並依照河段之河流級序，由 1 級河開始編號，其河段編號分佈如圖 4-10。

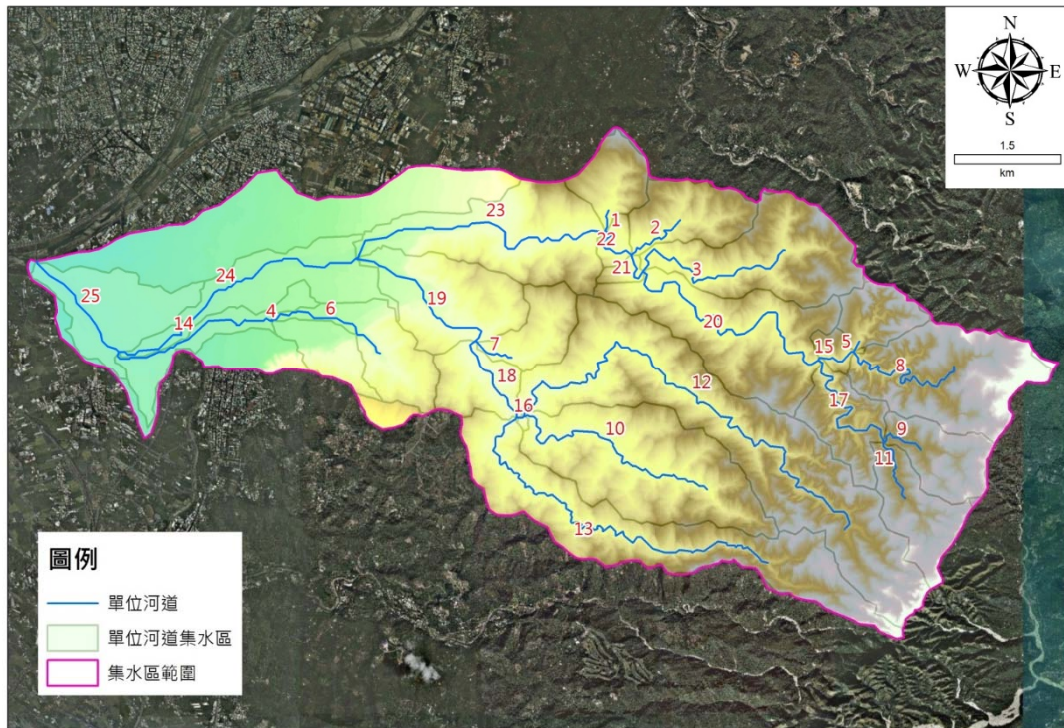


圖 4-10 草湖溪集水區單位河段編號示意圖

一、河床粒徑參數

集水區溪床粒徑特性，本計畫參考「草湖溪集水區(糖廓橋至金獅橋段)細部規劃」(2015，水保局)及「蘇拉颱風後頭汴坑溪及草湖溪集水區保育治理細部規劃」，該文獻針對草湖溪集水區內災害狀況反覆且嚴重之溪流段，進行河床質粒徑調查，並於金獅二號橋上游進行採樣並分析，其結果為重點治理區之河床質平均粒徑主要分佈於 75.65mm~115.40mm 間，以卵石、塊石及少許中粒砂組成，河床質分析結果如表 4-8，粒徑分佈曲線整理如圖 4-11 所示。

表 4-8 河床質粒徑分析成果一覽表

採樣位置		代表粒徑(mm)										均粒 徑 D_m
X	Y	D ₁₀	D ₂₀	D ₃₀	D ₄₀	D ₅₀	D ₆₀	D ₇₅	D ₉₀	D ₉₅	D _{max}	
225227	2663923	4	22	43	55	70	101	147	191	202	216	76

資料來源：蘇拉颱風後頭汴坑溪及草湖溪集水區保育治理細部規劃

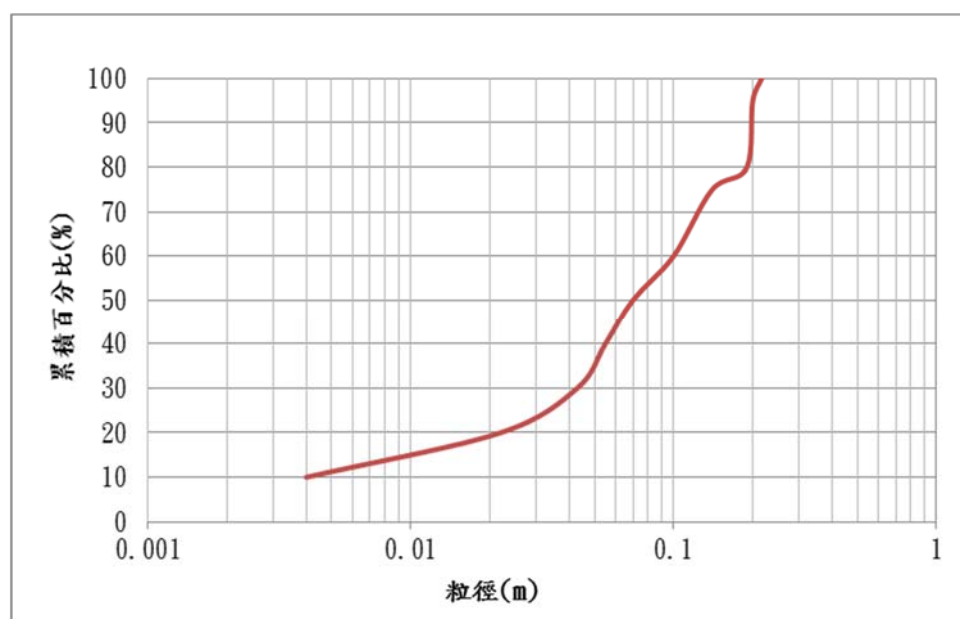


圖 4-11 草湖溪河床粒徑分布曲線

二、水文參數校驗—蘇拉颱風（一日暴雨代表雨型）

利用雨場事件進行水文參數的校驗，使模式更符合現地狀況。本研究參考「草湖溪集水區(糖廓橋至金獅橋段)細部規劃」(2015，水保局)所述之流量控制點，其分佈如圖 4-12，其中案例河段編號 No.2、No.3、No.20、No.21 之河段出流處皆可對應文獻所述之控制點，而編號 No.3 之出流點為永安橋下游，將此河段模擬出流流量對應控制點流量，並以 2012 年之蘇拉颱風「一日暴雨代表雨型」進行模式參數校正。

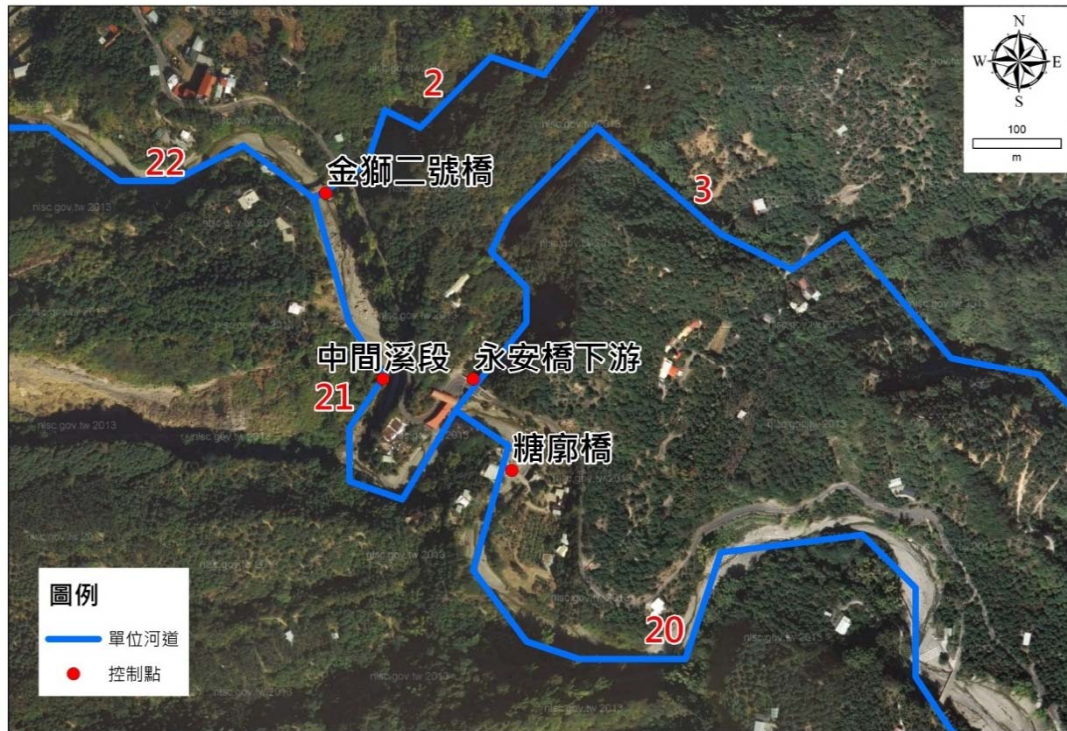


圖 4-12 草湖溪集水區流域流量校正控制點示意圖

2012 年 8 月蘇拉颱風所挾帶之豪雨，造成草湖溪集水區多處野溪沖蝕、邊坡崩塌等災害。依據「草湖溪集水區(糖廓橋至金獅橋段)細部規劃」所紀錄之雨量及雨型，用以校正模式參數之控制雨場。及水區內中竹林站、清水林站、桐林站與頭汴坑站等四個雨量站，皆具有完整的降雨紀錄，模式採用 24 小時暴雨量紀錄，取其中紀錄最大值之清水林雨量站資料進行雨型分析。

「草湖溪集水區(糖廓橋至金獅橋段)細部規劃」報告以同位序法分析蘇拉颱風 24 小時之雨量資料，作為一日暴雨代表雨型。其設計步驟如下：

- (一)將各場次時雨量資料 p_i 分別除以該場總降雨量 P ，可得 24 個比值 $W_i = p_i/P$ ，將 w_i 由大而小重新排列而得新的序列 z_i ，將每場次相同順序之資料 z_i 予以平均得 K_i 。

(二)由於本次分析最大 24 小時之鋒值發生時間為第 12 小時，故將第一平均順位 z_1 分別排在第 12 位序，第二順位 z_2 排在第一順位 z_1 之右邊，第三順位 z_3 排在第一順位 z_1 之左邊，依此類推，即可求出該站之降雨分配型態。

依據上述蘇拉颱風暴雨事件，24 小時同位序雨型推演計算過程及推演成果如表 4-9，24 小時雨型分析圖如圖 4-13 所示。

表 4-9 蘇拉颱風 24 小時暴雨紀錄和雨型分析表

24 小時暴雨紀錄			24 小時雨型分析			
日期	時 hr	時雨量(mm)	時序	時雨量(mm)	百分率 %	採用位序
101/8/2	4	7.0	1	70.5	10.36	12
	5	5.0	2	67.0	9.85	13
	6	11.5	3	54.5	8.01	11
	7	35.0	4	54.5	8.01	14
	8	36.5	5	50.5	7.41	10
	9	37.5	6	39.5	5.8	15
	10	39.5	7	39.0	5.73	9
	11	50.5	8	37.5	5.51	16
	12	28.5	9	36.5	5.36	8
	13	54.5	10	35.0	5.14	17
	14	54.5	11	31.5	4.63	7
	15	70.5	12	28.5	4.19	18
	16	67.0	13	22.5	3.31	6
	17	39.0	14	19.5	2.87	19
	18	22.5	15	17.0	2.5	5
	19	16.0	16	16.0	2.35	20
	20	17.0	17	15.5	2.28	4
	21	15.5	18	11.5	1.69	21
	22	31.5	19	7.5	1.1	3
	23	19.5	20	7.0	1.03	22
	24	5.5	21	6.0	0.88	2
101/8/3	1	3.0	22	5.5	0.81	23
	2	7.5	23	5.0	0.73	1
	3	6.0	24	3.0	0.44	24

資料來源：2015，水保局，草湖溪集水區(糖廓橋至金獅橋段)細部規劃

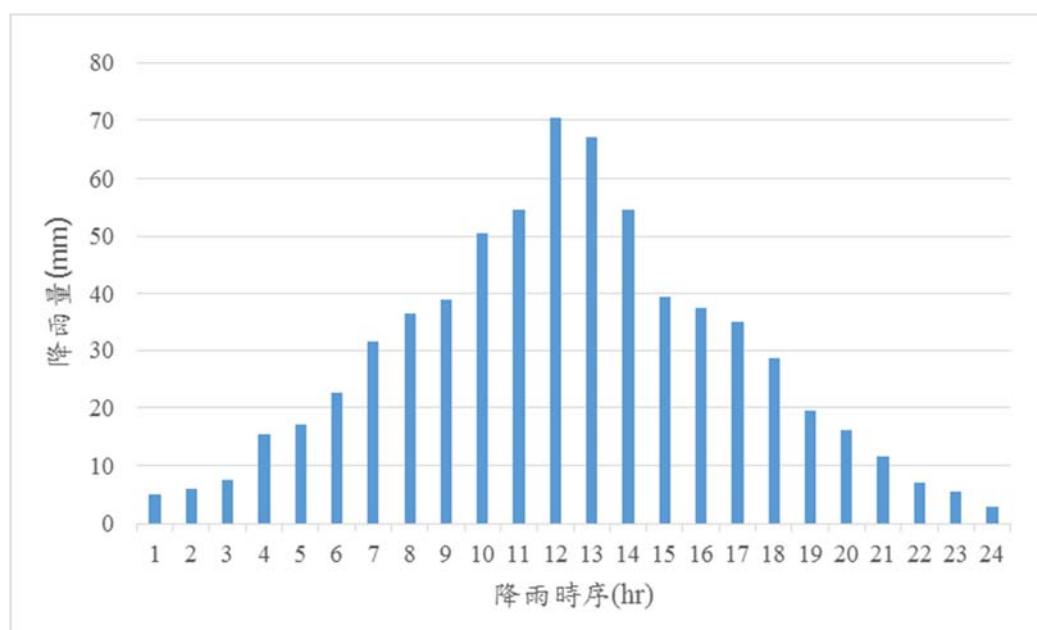


圖 4-13 蘇拉颱風 24 小時同為序法雨型

選定校正河道編號 No.3 其出流點為永安橋下游，依據「草湖溪集水區（糖廓牆至金獅橋段）細部規劃成果報告」中彙整之三角單位歷線參數及洪峰流量資料，如表 4-10，其單位洪峰流量為 54.54cms 經模擬校正後，河道 No.3 分析模擬結果顯示如圖 4-14，No.3 最大出流流量為 48.34cms，且洪峰時間相符。

表 4-10 三角形單位歷線參數及洪峰流量成果表

項次	控制點	集水面積 $A(\text{km}^2)$	集流時間 $T_c(\text{hr})$	降雨延時 $\Delta D(\text{hr})$	洪峰時間 $T_p(\text{hr})$	退水時間 $T_r(\text{hr})$	基期時間 $T_b(\text{hr})$	單位洪峰流量 $Q_p(\text{cms})$
1	糖廓橋	11.00	0.73	0.15	0.51	0.85	1.36	44.86
2	金獅二號橋	15.64	0.83	0.15	0.55	0.92	1.47	59.15
3	永安橋下游	14.16	0.78	0.15	0.54	0.9	1.44	54.54

資料來源：「草湖溪集水區（糖廓橋至金獅橋段）細部規劃」成果報告

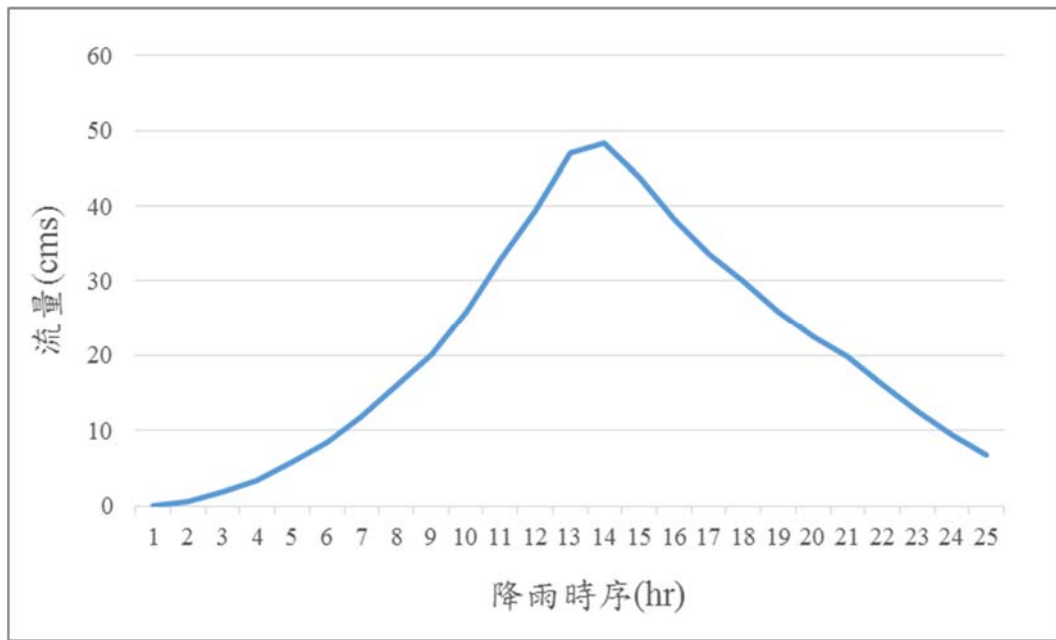


圖 4-14 河道 No.3 一日暴雨雨型校正後流量歷時曲線

三、雨場案例模擬-蘇拉颱風

依據蘇拉颱風降雨量資料，其雨量站分布如圖 4-15，雨量統計結果顯示（降雨紀錄：101 年 8 月 1 日～8 月 3 日），中竹林站總降雨延時 35 小時，清水林站為 40 小時，桐林站有 35 小時，頭汴坑站紀錄有 35 小時。中竹林站最大 1 小時累積雨量達 77.0mm，清水林站為 70.5mm，桐林站為 95.0mm，頭汴坑站為 58.0mm。中竹林站最大 24 小時累積雨量達到 604.0mm，清水林站為 680.5mm，桐林站為 606.5mm，頭汴坑站為 521.0mm。本計畫區域以清水林雨量站逐時雨量，如圖 4-16 代入進行模擬。

將蘇拉颱風原始逐時雨場(如表 4-11)，輸入已完成水文參數校驗之程式進行模擬，得到集水區各河段在降雨期間之流量、河寬、洪峰流量等資訊。以最終出流河段 No.25 為例，其降雨期間雨量變化為第 26 小時發生最大時雨量，並於第 32 小時發生最大洪峰流量 789.29cms。

各河段洪峰流量皆在最大時雨量之後發生，但到達洪峰時間略有差異，幾乎所有河段都在降雨第 33 小時發生洪峰流量，僅 No.4 河段延後 1 小時，在第 34 小時發生。模擬成果可再做進一步分析，計算該河段在最大流量時之流速，集水區各河段模擬資料成果如表 4-12。

表 4-11 清水林雨量站於蘇拉颱風期間時雨量統計表

降雨時序(hr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
時雨量(mm)	3	4	0	0	0	0	2	6	1.5	1.5	6	2.5	2	3	7	5	11.5	35	36.5	37.5
降雨時序(hr)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
時雨量(mm)	39.5	50.5	28.5	54.5	54.5	70.5	67	39	22.5	16	17	15.5	31.5	19.5	5.5	3	7.5	6	6.5	1

資料來源：2015，草湖溪集水區(糖廓橋至金獅橋段)細部規劃

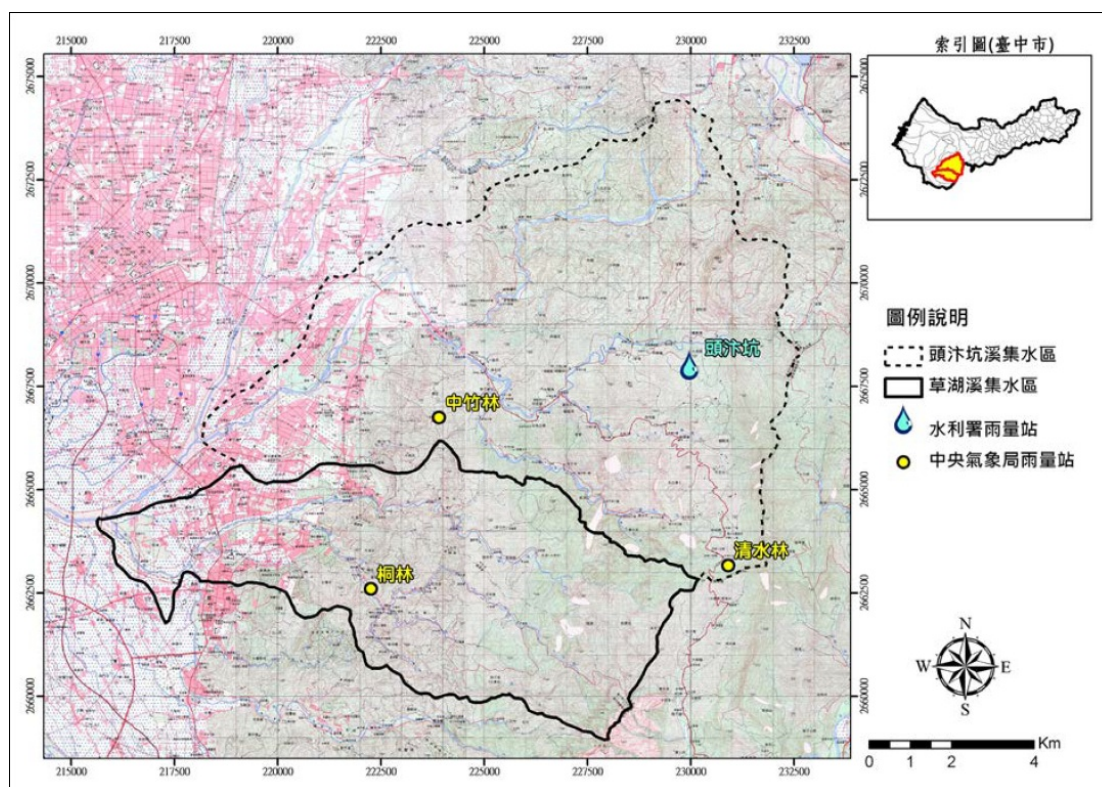


圖 4-15 研究區雨量站分布圖

(2013，農委會水土保持局，蘇拉颱風後頭汴坑溪及草湖溪集水區保育治理細部規劃)

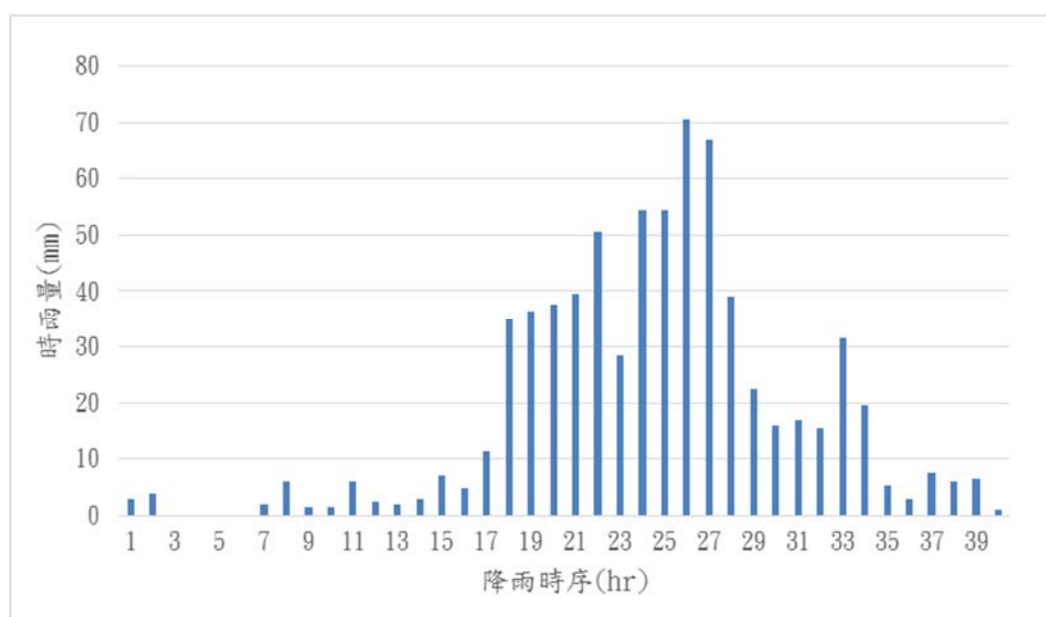


圖 4-16 蘇拉颱風(清水林測站)降雨量示意圖

表 4-12 草湖溪各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰 流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水 面積 (m ²)	流速 (m/s)	降雨 時序 (hr)
No1	15.95	7.01	149.42	149.00	0.42	2.96	5.38	33
No2	23.59	8.54	177.06	176.50	0.56	4.82	4.89	33
No3	47.50	12.22	186.96	186.00	0.96	11.68	4.07	33
No4	8.33	6.53	58.96	58.50	0.47	3.04	2.74	34
No5	13.34	6.62	246.48	246.00	0.48	3.17	4.21	33
No6	25.55	8.85	74.89	74.00	0.89	7.89	3.24	33
No7	17.27	7.28	116.55	116.00	0.55	4.04	4.28	33
No8	50.52	12.69	287.89	287.00	0.89	11.25	4.49	33
No9	20.26	7.99	315.63	315.00	0.63	5.02	4.04	33
No10	70.27	14.84	157.14	156.00	1.14	16.93	4.15	33
No11	21.93	8.34	320.67	320.00	0.67	5.56	3.95	33
No12	117.26	19.30	216.28	215.00	1.28	24.72	4.74	32
No13	78.18	15.59	201.11	200.00	1.11	17.38	4.50	33
No14	49.70	13.16	48.82	47.50	1.32	17.37	2.86	33
No15	68.50	14.80	233.07	232.00	1.07	15.85	4.32	33
No16	186.95	24.37	119.54	117.51	2.03	49.53	3.77	33
No17	63.71	14.10	262.99	262.00	0.99	13.97	4.56	33
No18	281.13	29.86	110.59	108.50	2.09	62.38	4.51	33
No19	334.07	32.59	84.58	82.50	2.08	67.81	4.93	33
No20	186.58	24.38	188.15	186.50	1.65	40.24	4.64	33
No21	236.72	27.44	146.85	145.00	1.85	50.78	4.66	33
No22	264.40	28.99	136.93	135.00	1.93	55.97	4.72	33
No23	332.16	32.50	99.05	97.00	1.84	59.85	5.55	32
No24	705.92	47.19	54.22	51.00	2.94	138.62	5.09	32
No25	789.29	50.00	37.44	33.50	3.62	180.97	4.36	32

第七節 旗山溪上游集水區案例說明與分析

研究區範圍的數值地形 (DEM)，經 ArcGIS 軟體分析處理後，集水區流域劃分為 191 個河段及其單位斜面，並依照河段之溪流級序，由 1 級河開始編號，其分佈如圖 4-17 所示。

一、河床粒徑參數

參考「旗山溪水域生態、棲地變遷調查及分析」(2013，經濟部水利署南區水資源局)其河床質粒徑分佈，以此資料模擬集水區溪床粒徑特性。依據「旗山溪河道上取水固床工破壞及磨損之現地調查研究」(蘇俊霖，98 年)，該區域範圍之河段河床質以砂、礫石為主，其河床質粒徑分佈資如表 4-13，主要河段河床質粒徑分佈為斷面 51 平均粒徑 175mm，最大粒徑 750mm；本研究採用斷面 62 河床粒徑參數，其平均粒徑 169mm，最大粒徑 800mm，並重新整理繪製試驗孔位粒徑分佈曲線，如圖 4-18。

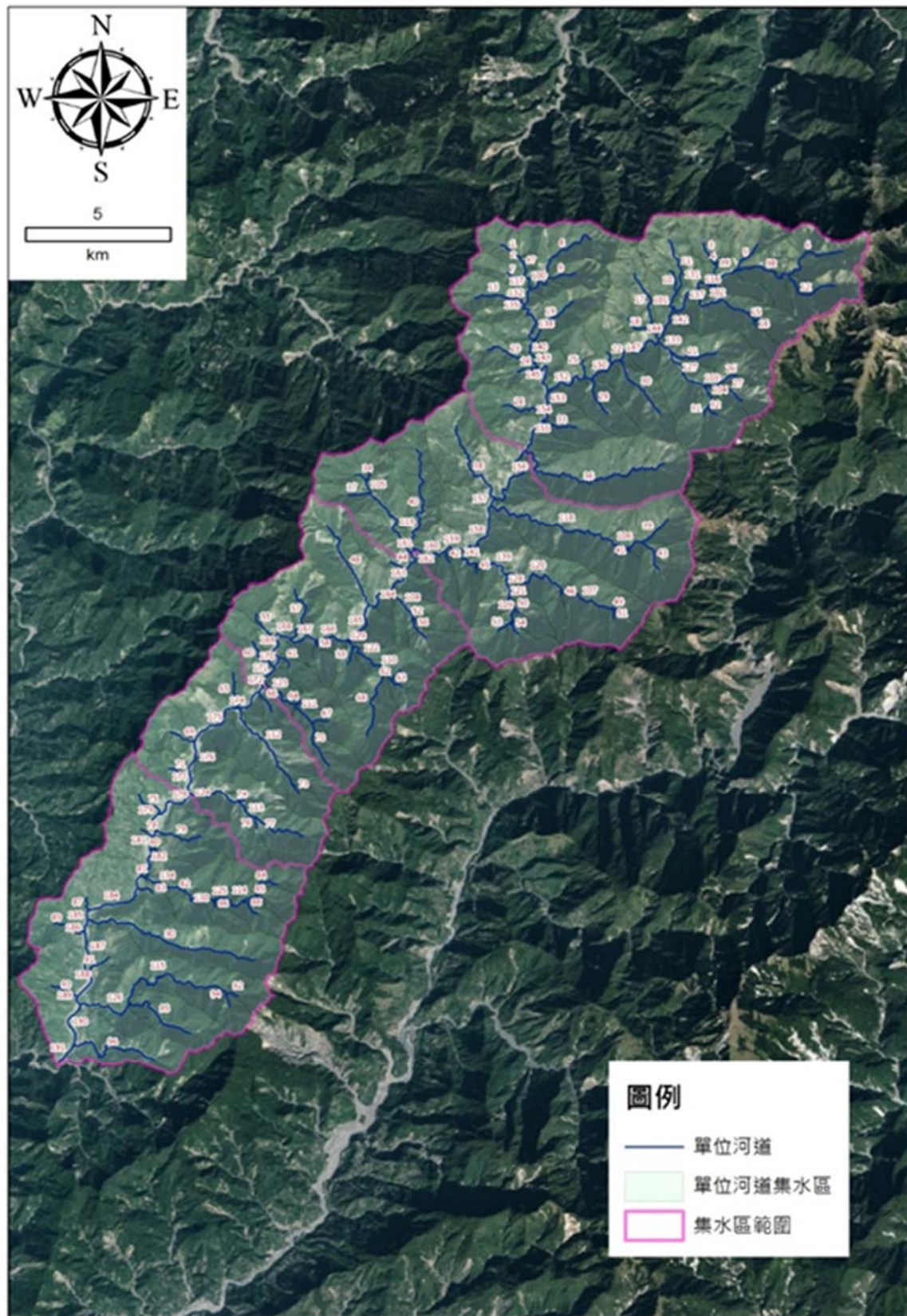


圖 4-17 旗山溪上游集水區河段編號示意圖

表 4-13 旗山溪河床質粒徑分布成果表

斷面號	平均粒徑(公厘)	代表粒徑(公厘)									最大石徑(公厘)	砂石含量(%)
		D10	D20	D30	D35	D40	D50	D65	D75	D90		
40	28.95	0.25	1.19	7.96	12.04	14.11	19.88	34.30	47.30	57.42		26.13
51	175	0.21	28.60	74.34	85.83	97.45	125.60	185	241	388	750	16
54	35.51	0.32	1.60	8.60	12.43	14.73	21.24	49.39	60.12	70.45		24.81
56	164	1.01	17.93	50.57	67.69	81.37	101.5	141	190	315	750	15
62	169	0.74	19.55	59.26	80.23	91.44	118.8	178	237	383	800	16
65	63	0.21	0.46	0.93	1.44	2.41	9.6	35	63	131	600	44
72	154	0.14	0.27	29.2	76.47	86.07	109.1	156	211	356	600	24
79	162	0.47	13.38	44.53	68.53	82.63	102.5	141	189	312	600	16
86	70	0.44	0.99	1.83	2.50	3.71	10.6	30	77	151	750	41
88	142	1.11	4.51	22.55	33.94	48.26	82.8	124	165	272	1000	19
94	126	0.65	2.15	11.23	21.12	33.73	67.7	108	141	242	900	24
98	151	0.60	13.14	35.13	48.89	66.46	97.6	157	214	368	600	15

資料來源：1.民國 96 年，高屏溪水系旗山溪上游河段治理規劃報告(月眉橋至甲仙攔河堰範圍界)，經濟部水利署水利規劃試驗所；2.其中斷面 40 及斷面 54 民國 98 年，旗山溪河床穩定研究報告(1/2)，經濟部水利署第七河川局。

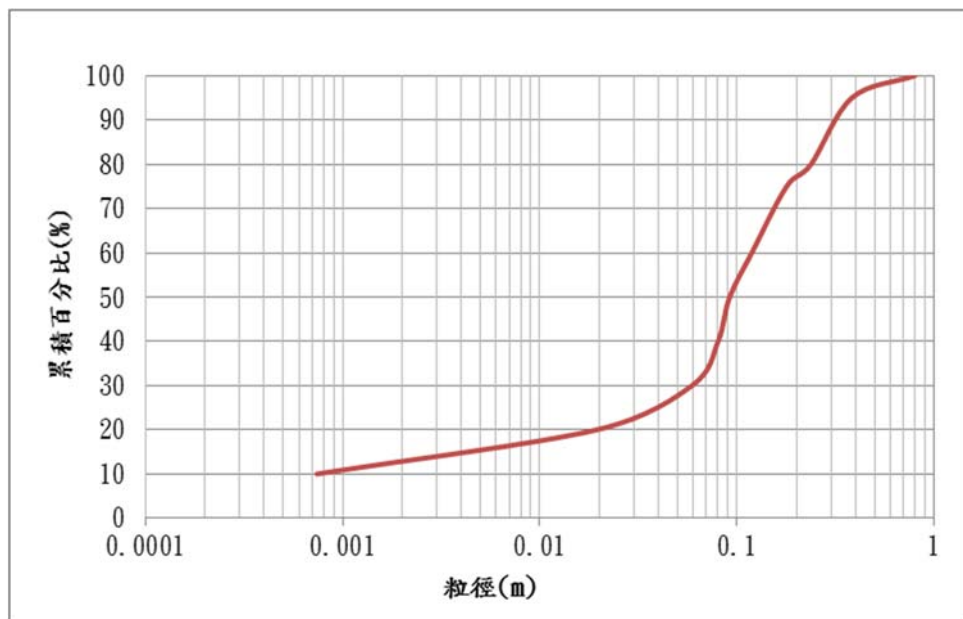


圖 4-18 旗山溪河床斷面號 62 粒徑分佈曲線

二、水文參數校驗

本研究採用 1996 年賀伯颱風之雨場事件進行水文參數的校驗，使模式之使用更符合現地狀況。集水區最終出流河道編號為 No.191，將此河段出流量對應出流點附近的「民族流量測站」實測值，其點位如圖 4-19，並以 1996 年賀伯颱風之雨量進行模式參數校正，其雨場時雨量資訊如表 4-14，降雨組體圖如圖 4-20。

表 4-14 民族雨量站於賀伯颱風期間時雨量統計表

年/月/日	1 時	2 時	3 時	4 時	5 時	6 時	7 時	8 時	9 時	10 時	11 時	12 時	13 時	14 時	15 時	16 時	17 時	18 時	19 時	20 時	21 時	22 時	23 時	24 時	合計
1996/7/31	0	1	2	1	0	5	10	4	19	11	16	9	7	19	13	17	21	22	22	22	30	26	32	31	340
1996/8/1	52	57	49	43	36	24	22	16	12	35	38	9	20	25	28	11	5	2	0	0	0	0	0	0	484
合計(mm)																									824

資料來源：1. 水利署雨量站資料 2. 本計畫整理

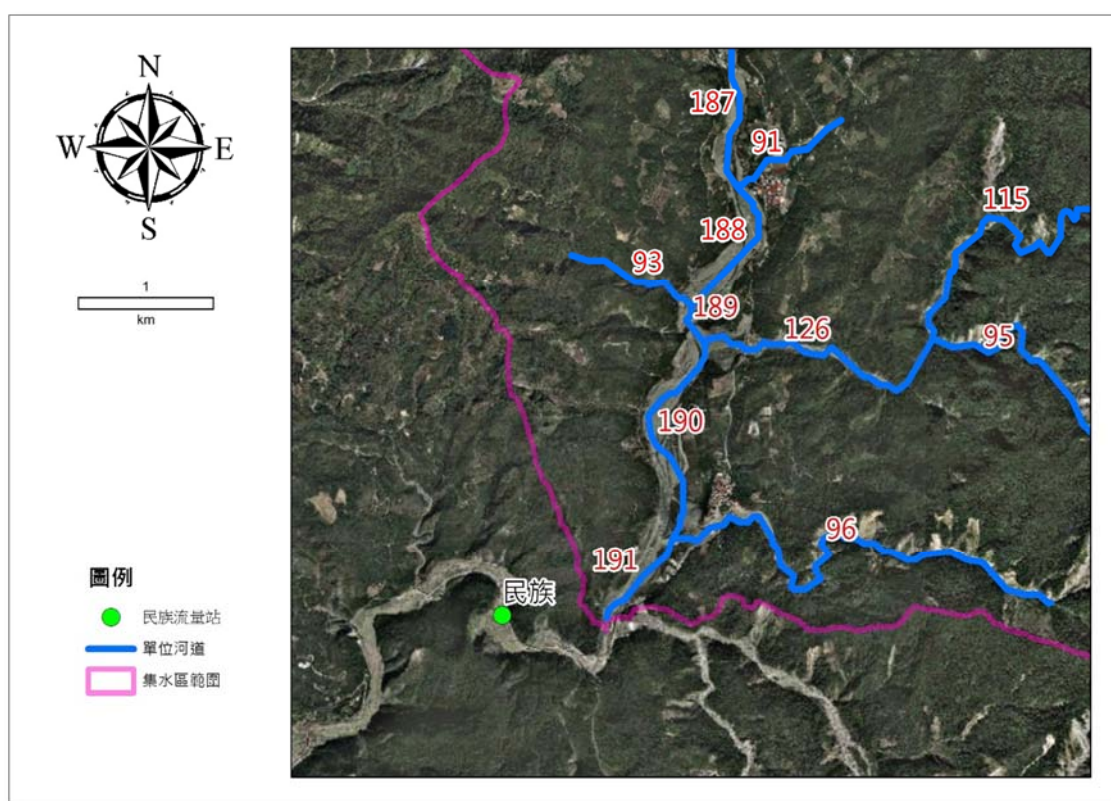


圖 4-19 旗山溪集水區民族流量站位置與河段分佈圖

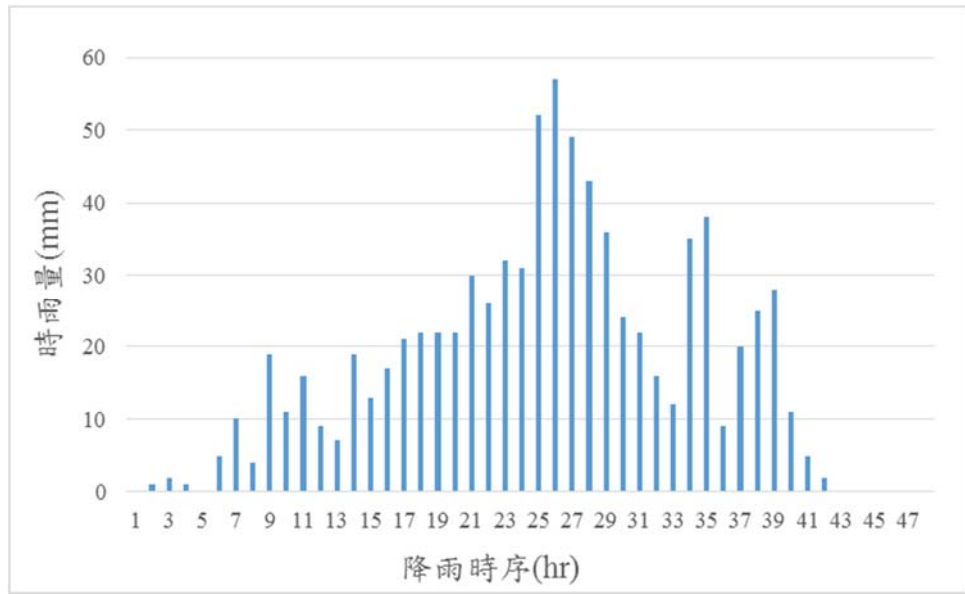


圖 4-20 賀伯颱風(民族測站)降雨組體圖

依據水利署民族測站歷史流量資料，如圖 4-21，8 月 1 日當日平均流量約為 1930cms，最大洪峰發生時間約為 5:00。經參數校正後如圖 4-22，河段 No.191 最大洪峰時間亦發生於 8 月 1 日 5:00，最大流量為 4399.634cms，模擬結果 8 月 1 日當日平均流量為 1924.736cms，與實測值相當接近，顯示程式模擬之準確性。

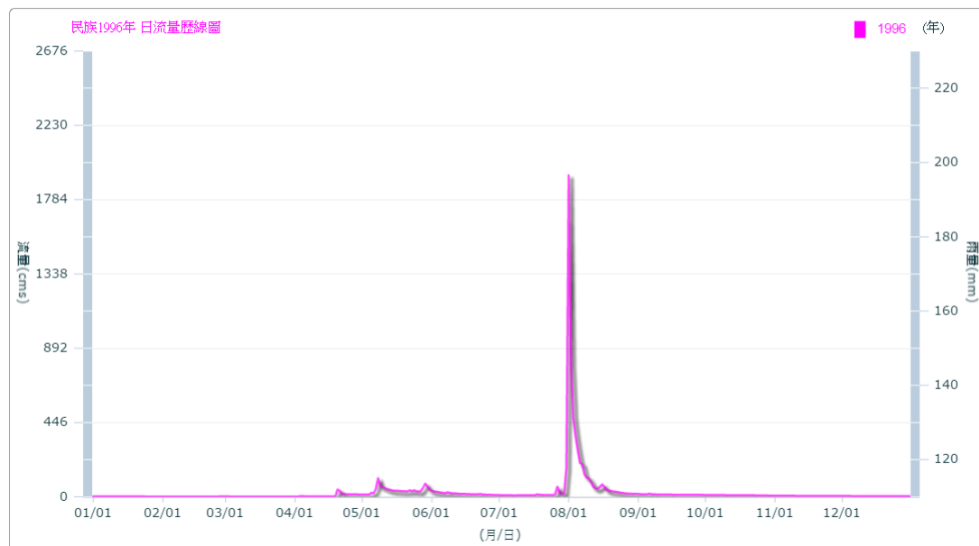


圖 4-21 賀伯颱風民族流量站實測日流量歷線圖

資料來源：水利署倉儲中心

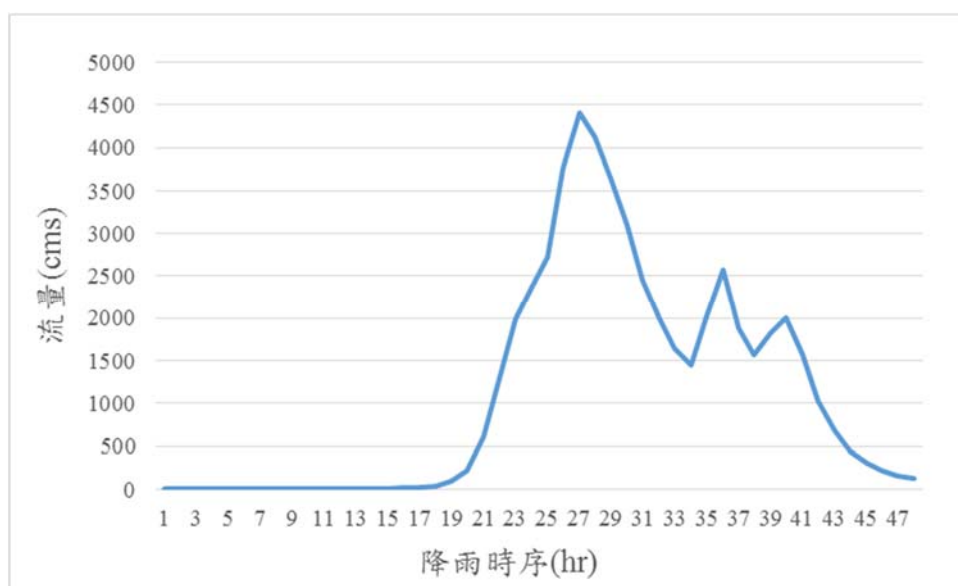


圖 4-22 河道 No.191 賀伯颱風校正後流量歷時曲線圖

三、雨場案例模擬-莫拉克颱風

2009 年莫拉克颱風期間，旗山溪集水區域上游民族雨量站自 8 月 6 日至 8 月 9 日累積雨量達 1,717mm，於 8 月 8 日 7 時至 8 月 9 日 6 時最大一日暴雨量為 1,245mm(超過 200 年重現期距)，最大時雨量於 8 月 8 日 21 時為 121mm(超過 200 年重現期距)，其時雨量統計如表 4-15，降雨組體圖如圖 4-23。

表 4-15 民族雨量站於莫拉克颱風期間時雨量統計表

年月日	1 時	2 時	3 時	4 時	5 時	6 時	7 時	8 時	9 時	10 時	11 時	12 時	13 時	14 時	15 時	16 時	17 時	18 時	19 時	20 時	21 時	22 時	23 時	24 時	合計
2009/8/6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	5	4	10	28
2009/8/7	24	9	18	17	16	9	6	7	12	11	4	3	7	11	12	8	14	14	13	14	20	13	18	18	298
2009/8/8	13	34	27	24	21	15	42	27	12	14	24	19	26	44	43	84	91	39	42	38	121	118	92	104	1,114
2009/8/9	50	41	52	47	25	50	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
總計(mm)																									1,717

資料來源：1. 水利署雨量站資料，2. 農委會水土保持局，2009，「旗山溪集水區水土保持復建調查規劃」整理。

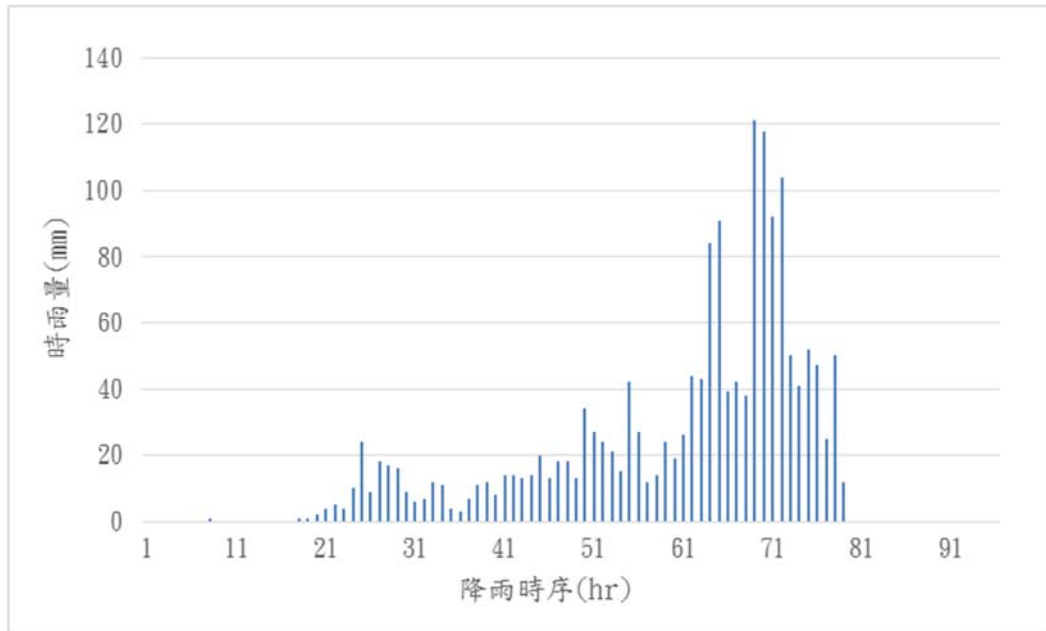


圖 4-23 莫拉克颱風(民族測站)降雨組體圖

利用莫拉克雨場逐時資料模擬，得到集水區各河段在降雨期間之流量、河寬、洪峰流量等資訊，以最終出流河段 No.191 為例，其降雨期間流量如圖 4-24，最大流量 9122.74cms 發生在 8 月 8 日 23:00，在發生最大時雨量 (8/8 21:00)之後。各河段達到洪峰時間略有差異，洪峰流量皆在最大時雨量之後發生，除了末端河段 No.187、No.188、No.189、No.190、No.191 發生在 8 月 8 日 23:00，No.82 發生在 8 月 8 日 24:00，其餘皆發生在發生在 8 月 8 日 22:00，集水區各河段模擬資料成果如表 4-16 所示。

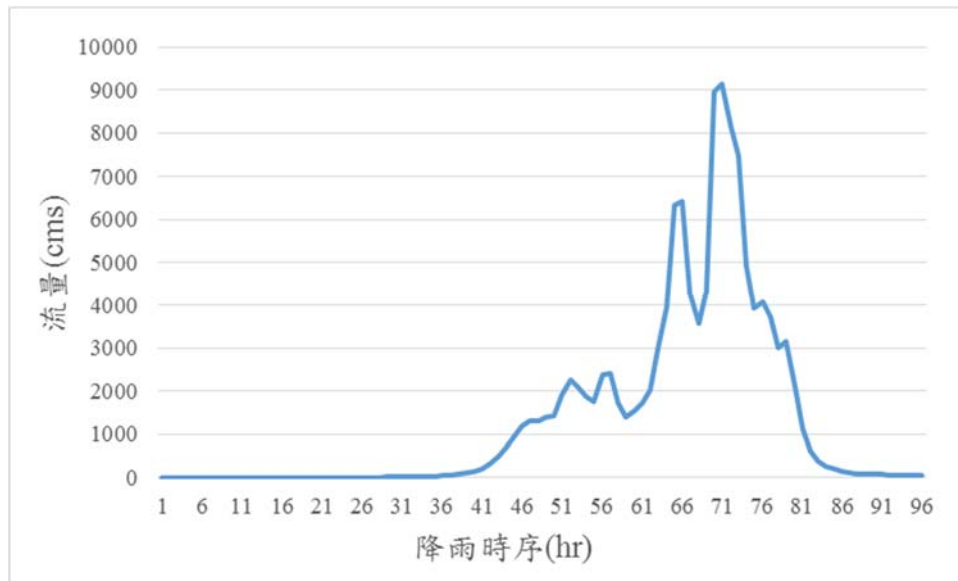


圖 4-24 河道 No.191 莫拉克颱風模擬流量歷時曲線

為進一步探討各河段河床及水位變動情形，本研究另外取集水區內上中下游各一河段，呈現河道水位及河床高程之變化，除了最下游 No.191 為代表河段外，亦取此集水區上游 No.155 及中游 No.171 河段，其代表河段於本集水區分布如圖 4-25。圖 4-26 至 4-28 分別為河道 No.155、No.171、No.191 在莫拉克颱風時水位及河床高程變化之歷時曲線。從圖 4-26、圖 4-27 可觀察出，上游、中游河段 No.155 與 No.171 在降雨過程中，水位逐漸增加，流量增大，且河床有淤積現象，其中上游河段 No.155 河床淤積約 15m，中游河段 No.171 河床淤積約 8m；下游河段 No.191，如圖 4-28，水位與流量亦逐漸增加，河床則向下淘刷約 2m。此部份因無災後河道斷面實測資料，但與災後現場觀察之趨勢大致相符。



圖 4-25 No.155、No.171、No.191 代表河道分佈圖

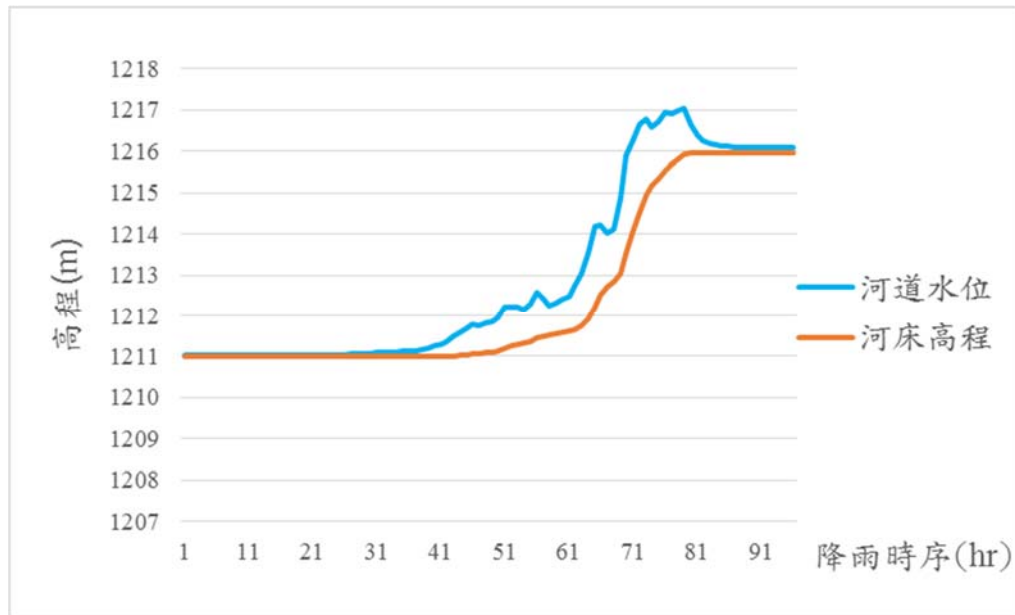


圖 4-26 河道 No.155 莫拉克颱風水位及河床高程變化歷時曲線

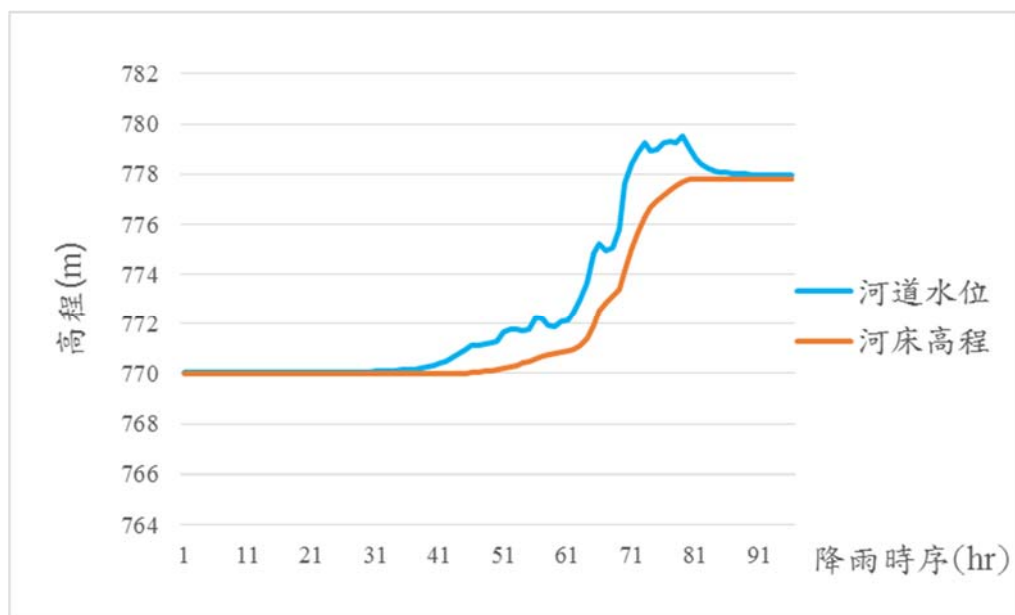


圖 4-27 河道 No.171 莫拉克颱風水位及河床高程變化歷時曲線

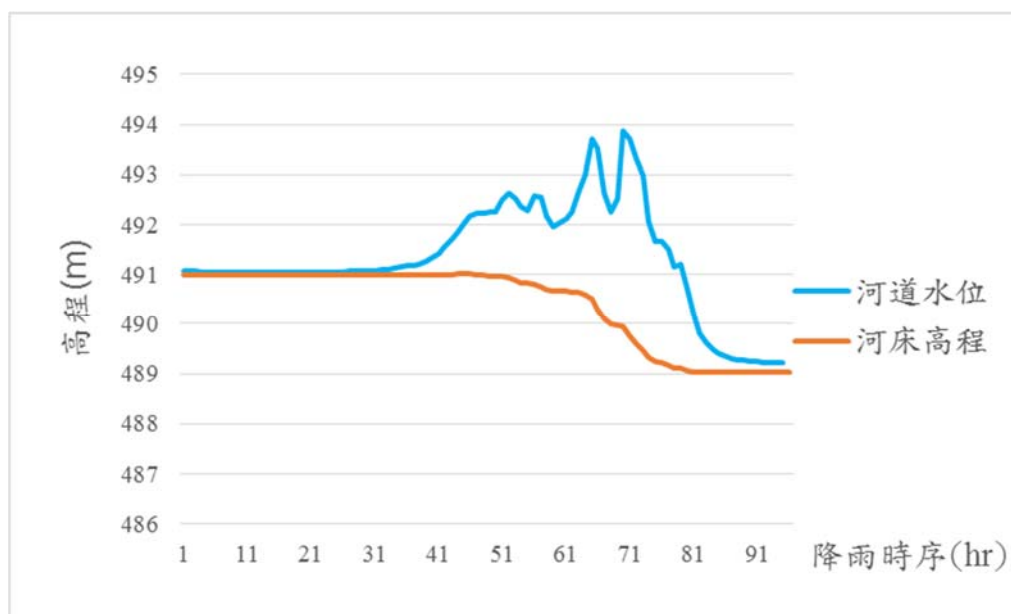


圖 4-28 河道 No.191 莫拉克颱風水位及河床高程變化歷時曲線

表 4-16 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水面 積(m ²)	流速 (m/s)	洪峰 時間
No1	56.16	16.09	1992.50	1992.13	0.37	6.01	9.35	2009/8/8 22:00
No2	9.03	11.46	1877.30	1877.12	0.18	2.05	4.41	2009/8/8 22:00
No3	66.08	16.84	2032.93	2032.48	0.44	7.47	8.84	2009/8/8 22:00
No4	29.03	13.37	1982.02	1981.70	0.32	4.23	6.86	2009/8/8 22:00
No5	72.19	18.18	2144.31	2143.93	0.38	6.88	10.49	2009/8/8 22:00
No6	123.44	24.66	2828.94	2828.49	0.45	11.06	11.16	2009/8/8 22:00
No7	36.15	14.21	1842.64	1842.33	0.31	4.39	8.24	2009/8/8 22:00
No8	129.94	24.64	2066.01	2065.49	0.52	12.76	10.18	2009/8/8 22:00
No9	51.52	16.45	1900.62	1900.25	0.37	6.09	8.45	2009/8/8 22:00
No10	35.94	13.59	1813.07	1812.72	0.35	4.75	7.57	2009/8/8 22:00
No11	82.92	19.33	1963.51	1963.06	0.45	8.70	9.54	2009/8/8 22:00
No12	95.07	22.84	2803.66	2803.26	0.40	9.09	10.46	2009/8/8 22:00
No13	108.72	19.64	1793.86	1793.32	0.54	10.55	10.30	2009/8/8 22:00
No14	10.31	11.70	1567.89	1567.50	0.39	4.55	2.27	2009/8/8 22:00
No15	51.40	14.93	2411.95	2411.59	0.36	5.32	9.65	2009/8/8 22:00
No16	16.21	11.72	2372.35	2372.14	0.21	2.43	6.66	2009/8/8 22:00
No17	100.19	21.51	1896.87	1896.41	0.45	9.72	10.30	2009/8/8 22:00
No18	49.14	14.46	1697.48	1697.09	0.39	5.65	8.69	2009/8/8 22:00
No19	106.61	20.98	1666.51	1666.00	0.51	10.72	9.94	2009/8/8 22:00
No20	14.02	11.57	1441.00	1440.78	0.22	2.51	5.59	2009/8/8 22:00

表 4-16 （續 1）旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水面 積(m ²)	流速 (m/s)	洪峰 時間
No21	94.06	19.97	1785.68	1785.20	0.48	9.61	9.78	2009/8/8 22:00
No22	25.49	12.39	1477.46	1477.21	0.25	3.10	8.23	2009/8/8 22:00
No23	93.42	20.31	1566.40	1565.92	0.48	9.80	9.53	2009/8/8 22:00
No24	42.34	15.22	1446.56	1446.22	0.33	5.05	8.38	2009/8/8 22:00
No25	41.98	13.75	1411.64	1411.27	0.37	5.11	8.22	2009/8/8 22:00
No26	52.68	17.86	2031.48	2031.14	0.34	6.00	8.78	2009/8/8 22:00
No27	50.58	16.22	2045.89	2045.52	0.36	5.88	8.60	2009/8/8 22:00
No28	79.52	19.49	1438.27	1437.83	0.44	8.67	9.17	2009/8/8 22:00
No29	68.78	18.86	1592.58	1592.22	0.37	6.90	9.97	2009/8/8 22:00
No30	126.98	23.69	1741.46	1740.97	0.49	11.72	10.84	2009/8/8 22:00
No31	32.96	13.19	2008.04	2007.73	0.31	4.11	8.01	2009/8/8 22:00
No32	40.40	17.91	2047.21	2046.94	0.27	4.85	8.33	2009/8/8 22:00
No33	63.58	15.14	1432.79	1432.39	0.40	6.10	10.43	2009/8/8 22:00
No34	42.88	15.77	1633.90	1633.57	0.33	5.22	8.21	2009/8/8 22:00
No35	26.02	13.06	1606.77	1606.48	0.29	3.75	6.94	2009/8/8 22:00
No36	357.40	41.73	1633.96	1633.15	0.81	33.62	10.63	2009/8/8 22:00
No37	39.31	13.82	1579.78	1579.44	0.34	4.72	8.32	2009/8/8 22:00
No38	208.00	31.32	1395.61	1394.96	0.65	20.25	10.27	2009/8/8 22:00
No39	72.64	22.35	1941.10	1940.73	0.38	8.45	8.60	2009/8/8 22:00
No40	232.39	27.64	1426.52	1425.81	0.71	19.69	11.80	2009/8/8 22:00

表 4-16 （續 2）旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水面 積(m ²)	流速 (m/s)	洪峰 時間
No41	15.12	12.11	1728.84	1728.64	0.20	2.43	6.23	2009/8/8 22:00
No42	35.42	13.13	1085.05	1084.75	0.30	3.94	9.00	2009/8/8 22:00
No43	94.23	24.11	1912.67	1912.22	0.45	10.89	8.65	2009/8/8 22:00
No44	40.66	12.91	1069.83	1069.48	0.35	4.49	9.06	2009/8/8 22:00
No45	28.52	11.97	1180.08	1179.81	0.27	3.19	8.95	2009/8/8 22:00
No46	21.75	11.58	1616.26	1615.98	0.28	3.20	6.80	2009/8/8 22:00
No47	20.27	11.60	1388.41	1388.15	0.26	3.06	6.61	2009/8/8 22:00
No48	241.32	30.34	1228.76	1228.05	0.71	21.51	11.22	2009/8/8 22:00
No49	24.96	11.85	2060.76	2060.49	0.27	3.24	7.71	2009/8/8 22:00
No50	23.97	13.55	1460.53	1460.27	0.26	3.52	6.81	2009/8/8 22:00
No51	41.50	12.75	2086.77	2086.40	0.37	4.77	8.69	2009/8/8 22:00
No52	18.19	12.93	1182.50	1182.27	0.23	2.96	6.15	2009/8/8 22:00
No53	55.78	15.90	1589.34	1588.93	0.40	6.40	8.72	2009/8/8 22:00
No54	41.74	16.19	1588.99	1588.66	0.33	5.35	7.80	2009/8/8 22:00
No55	59.81	15.80	1152.45	1152.14	0.31	4.85	12.33	2009/8/8 22:00
No56	55.25	17.91	1302.39	1302.04	0.35	6.19	8.92	2009/8/8 22:00
No57	132.05	22.30	1083.59	1083.04	0.55	12.22	10.81	2009/8/8 22:00
No58	18.31	11.87	868.27	868.03	0.24	2.79	6.56	2009/8/8 22:00
No59	37.74	14.33	1013.82	1013.50	0.32	4.61	8.18	2009/8/8 22:00
No60	64.23	17.05	942.17	941.76	0.41	7.00	9.18	2009/8/8 22:00

表 4-16 (續 3) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水面 積(m ²)	流速 (m/s)	洪峰 時間
No61	34.28	12.84	873.82	873.51	0.31	3.95	8.67	2009/8/8 22:00
No62	33.10	13.77	1384.53	1384.20	0.33	4.55	7.27	2009/8/8 22:00
No63	37.89	13.41	1399.01	1398.67	0.34	4.57	8.30	2009/8/8 22:00
No64	23.77	12.14	1208.49	1208.26	0.24	2.88	8.25	2009/8/8 22:00
No65	80.09	19.87	899.88	899.44	0.44	8.68	9.22	2009/8/8 22:00
No66	44.12	14.62	874.77	874.43	0.34	4.98	8.86	2009/8/8 22:00
No67	33.90	13.31	1536.55	1536.26	0.29	3.83	8.86	2009/8/8 22:00
No68	142.60	26.02	1474.60	1474.04	0.56	14.50	9.84	2009/8/8 22:00
No69	58.84	18.70	809.40	809.03	0.38	7.07	8.32	2009/8/8 22:00
No70	88.76	20.56	1653.01	1652.57	0.44	9.06	9.79	2009/8/8 22:00
No71	52.32	13.78	769.05	768.65	0.40	5.53	9.46	2009/8/8 22:00
No72	13.12	11.53	1529.26	1529.06	0.20	2.30	5.72	2009/8/8 22:00
No73	42.38	13.62	1565.16	1564.79	0.37	5.05	8.39	2009/8/8 22:00
No74	18.30	11.98	1013.90	1013.66	0.23	2.80	6.53	2009/8/8 22:00
No75	60.55	15.97	772.00	771.59	0.41	6.54	9.26	2009/8/8 22:00
No76	28.09	12.29	1224.03	1223.73	0.29	3.60	7.81	2009/8/8 22:00
No77	124.35	25.08	1421.03	1420.55	0.49	12.20	10.19	2009/8/8 22:00
No78	28.92	12.81	650.15	649.79	0.35	4.53	6.38	2009/8/8 22:00
No79	103.16	20.32	847.13	846.64	0.48	9.77	10.56	2009/8/8 22:00
No80	34.05	14.00	639.19	638.84	0.35	4.85	7.03	2009/8/8 22:00

表 4-16 (續 4) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水面 積(m ²)	流速 (m/s)	洪峰 時間
No81	33.99	11.52	619.02	618.59	0.43	4.97	6.84	2009/8/8 22:00
No82	9.20	12.74	825.96	825.78	0.18	2.28	4.04	2009/8/8 22:00
No83	34.84	12.97	642.65	642.28	0.37	4.76	7.32	2009/8/8 22:00
No84	71.40	15.95	1648.68	1648.23	0.45	7.25	9.85	2009/8/8 22:00
No85	24.56	13.45	1522.45	1522.15	0.29	3.96	6.20	2009/8/8 22:00
No86	23.23	12.12	1083.30	1083.04	0.26	3.14	7.41	2009/8/8 22:00
No87	38.43	14.67	602.62	602.23	0.38	5.64	6.82	2009/8/8 22:00
No88	36.40	13.26	1519.58	1519.24	0.34	4.49	8.10	2009/8/8 22:00
No89	44.79	14.18	618.39	617.92	0.47	6.69	6.70	2009/8/8 22:00
No90	232.98	34.29	1036.11	1035.42	0.69	23.62	9.86	2009/8/8 22:00
No91	43.64	13.77	629.44	629.04	0.40	5.46	7.99	2009/8/8 22:00
No92	24.64	12.61	1508.78	1508.53	0.25	3.15	7.83	2009/8/8 22:00
No93	51.48	14.26	607.63	607.18	0.45	6.36	8.10	2009/8/8 22:00
No94	29.61	13.84	1492.29	1492.01	0.29	3.98	7.44	2009/8/8 22:00
No95	119.27	25.12	1097.63	1097.18	0.45	11.36	10.50	2009/8/8 22:00
No96	116.35	24.27	855.57	855.05	0.52	12.59	9.24	2009/8/8 22:00
No97	85.66	21.63	1812.69	1812.22	0.47	10.21	8.39	2009/8/8 22:00
No98	271.78	39.39	2160.75	2160.14	0.61	24.18	11.24	2009/8/8 22:00
No99	106.77	22.48	1870.55	1870.02	0.52	11.76	9.08	2009/8/8 22:00
No100	202.84	31.34	1715.65	1714.97	0.68	21.42	9.47	2009/8/8 22:00

表 4-16 （續 5）旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水面 積(m ²)	流速 (m/s)	洪峰 時間
No101	141.09	26.27	1676.65	1676.06	0.59	15.43	9.14	2009/8/8 22:00
No102	134.24	28.23	2024.57	2024.08	0.50	14.03	9.57	2009/8/8 22:00
No103	109.23	24.56	1874.21	1873.72	0.49	11.97	9.13	2009/8/8 22:00
No104	88.69	23.81	1896.24	1895.80	0.44	10.59	8.38	2009/8/8 22:00
No105	84.19	22.73	1529.99	1529.55	0.44	9.94	8.47	2009/8/8 22:00
No106	187.99	34.23	1761.04	1760.43	0.61	20.81	9.03	2009/8/8 22:00
No107	162.59	30.27	1819.59	1819.06	0.53	16.10	10.10	2009/8/8 22:00
No108	114.60	27.35	1068.37	1067.87	0.50	13.66	8.39	2009/8/8 22:00
No109	105.47	23.43	1487.73	1487.22	0.51	12.00	8.79	2009/8/8 22:00
No110	79.48	20.15	1277.09	1276.65	0.44	8.88	8.95	2009/8/8 22:00
No111	142.25	26.25	1284.80	1284.31	0.49	12.94	10.99	2009/8/8 22:00
No112	180.99	32.78	1126.55	1126.01	0.53	17.48	10.35	2009/8/8 22:00
No113	184.69	31.28	1078.13	1077.56	0.57	17.90	10.32	2009/8/8 22:00
No114	110.83	22.31	1473.62	1473.09	0.53	11.84	9.36	2009/8/8 22:00
No115	243.32	35.21	1059.69	1058.99	0.70	24.56	9.91	2009/8/8 22:00
No116	377.74	46.26	1865.96	1865.13	0.83	38.58	9.79	2009/8/8 22:00
No117	132.30	26.53	1693.69	1693.14	0.55	14.58	9.07	2009/8/8 22:00
No118	423.49	51.72	1406.74	1405.88	0.86	44.59	9.50	2009/8/8 22:00
No119	239.85	36.72	1235.94	1235.30	0.64	23.58	10.17	2009/8/8 22:00
No120	272.27	39.88	1424.27	1423.55	0.72	28.78	9.46	2009/8/8 22:00

表 4-16 (續 6) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水面 積(m ²)	流速 (m/s)	洪峰 時間
No121	139.97	27.83	1406.90	1406.34	0.57	15.79	8.86	2009/8/8 22:00
No122	251.19	35.42	1069.59	1068.94	0.65	23.11	10.87	2009/8/8 22:00
No123	197.00	30.93	959.15	958.57	0.57	17.78	11.08	2009/8/8 22:00
No124	268.57	39.25	825.58	824.89	0.69	26.92	9.98	2009/8/8 22:00
No125	189.73	29.77	1228.61	1228.06	0.56	16.65	11.39	2009/8/8 22:00
No126	434.21	46.94	609.38	608.41	0.97	45.66	9.51	2009/8/8 22:00
No127	265.49	40.16	1701.20	1700.49	0.71	28.44	9.34	2009/8/8 22:00
No128	176.13	31.86	1306.07	1305.45	0.62	19.75	8.92	2009/8/8 22:00
No129	292.32	38.34	917.54	916.84	0.71	27.12	10.78	2009/8/8 22:00
No130	248.30	36.34	943.98	943.33	0.65	23.56	10.54	2009/8/8 22:00
No131	505.61	52.52	1748.55	1747.61	0.94	49.44	10.23	2009/8/8 22:00
No132	349.24	41.93	1618.96	1618.09	0.87	36.41	9.59	2009/8/8 22:00
No133	369.65	45.39	1547.15	1546.34	0.81	36.78	10.05	2009/8/8 22:00
No134	274.91	40.28	722.21	721.50	0.71	28.41	9.68	2009/8/8 22:00
No135	458.48	46.33	1579.94	1579.03	0.91	42.39	10.82	2009/8/8 22:00
No136	309.86	41.93	603.70	602.95	0.75	31.62	9.80	2009/8/8 22:00
No137	665.41	60.91	1671.84	1670.68	1.16	70.72	9.41	2009/8/8 22:00
No138	512.54	50.22	1510.63	1509.55	1.09	54.60	9.39	2009/8/8 22:00
No139	491.94	53.18	1191.35	1190.34	1.01	53.61	9.18	2009/8/8 22:00
No141	551.30	55.85	1084.94	1083.91	1.03	57.79	9.54	2009/8/8 22:00

表 4-16 （續 7）旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水面 積(m ²)	流速 (m/s)	洪峰 時間
No140	654.47	56.17	1402.30	1401.14	1.16	65.29	10.02	2009/8/8 22:00
No142	825.51	67.44	1576.93	1575.72	1.21	81.73	10.10	2009/8/8 22:00
No143	749.44	59.77	1358.05	1356.88	1.17	69.78	10.74	2009/8/8 22:00
No144	930.65	70.99	1541.92	1540.71	1.21	85.79	10.85	2009/8/8 22:00
No145	815.14	63.23	1309.51	1308.16	1.35	85.63	9.52	2009/8/8 22:00
No146	981.44	72.48	1520.97	1519.74	1.23	89.10	11.02	2009/8/8 22:00
No147	1384.24	86.90	1471.14	1469.57	1.56	135.71	10.20	2009/8/8 22:00
No148	1403.23	87.84	1423.54	1421.92	1.62	142.57	9.84	2009/8/8 22:00
No149	1536.39	91.13	1410.29	1408.71	1.58	143.92	10.68	2009/8/8 22:00
No150	1578.20	92.62	1375.50	1373.75	1.75	162.16	9.73	2009/8/8 22:00
No151	1650.12	94.58	1353.34	1351.67	1.67	158.17	10.43	2009/8/8 22:00
No152	1730.24	96.71	1303.76	1301.94	1.82	176.41	9.81	2009/8/8 22:00
No153	2571.33	116.17	1260.08	1257.85	2.23	258.63	9.94	2009/8/8 22:00
No154	2670.18	118.25	1241.80	1239.56	2.23	264.18	10.11	2009/8/8 22:00
No155	2793.25	120.76	1215.88	1213.54	2.34	283.13	9.87	2009/8/8 22:00
No156	3219.81	129.63	1150.51	1148.05	2.47	319.62	10.07	2009/8/8 22:00
No157	3432.55	133.44	1108.64	1106.27	2.37	316.08	10.86	2009/8/8 22:00
No158	3944.29	145.61	1071.61	1068.84	2.77	402.98	9.79	2009/8/8 22:00
No159	4510.95	156.25	1039.27	1036.47	2.80	437.48	10.31	2009/8/8 22:00

表 4-16 (續 8) 旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床 高程 Zb(m)	水深 H(m)	通水 面積 (m ²)	流速 (m/s)	洪峰時 間
No160	4561.78	157.39	1016.25	1013.22	3.04	477.97	9.54	2009/8/8 22:00
No161	4794.36	159.81	1004.52	1001.73	2.80	446.74	10.73	2009/8/8 22:00
No162	5047.70	164.25	995.05	992.06	2.99	490.37	10.29	2009/8/8 22:00
No163	5116.74	165.45	975.05	971.94	3.11	514.49	9.95	2009/8/8 22:00
No164	5265.96	168.32	941.60	938.74	2.86	481.81	10.93	2009/8/8 22:00
No165	5567.26	172.17	904.76	901.83	2.93	503.64	11.05	2009/8/8 22:00
No166	5894.36	177.17	865.38	862.42	2.96	524.68	11.23	2009/8/8 22:00
No167	5938.42	177.94	838.93	835.73	3.19	568.04	10.45	2009/8/8 22:00
No168	6087.96	179.83	821.26	818.10	3.17	569.79	10.68	2009/8/8 22:00
No169	6158.15	180.85	802.36	799.23	3.13	565.31	10.89	2009/8/8 22:00
No170	6195.02	181.37	790.19	787.01	3.18	577.11	10.73	2009/8/8 22:00
No171	6272.07	182.70	777.66	774.14	3.51	641.65	9.77	2009/8/8 22:00
No172	6471.30	185.37	765.75	762.50	3.25	601.57	10.76	2009/8/8 22:00
No173	6523.73	186.32	753.94	750.39	3.55	661.10	9.87	2009/8/8 22:00
No174	6705.45	189.22	744.90	741.64	3.26	616.88	10.87	2009/8/8 22:00
No175	6836.29	191.82	722.92	719.50	3.42	656.33	10.42	2009/8/8 22:00
No176	6922.51	193.32	689.65	686.24	3.41	658.92	10.51	2009/8/8 22:00
No177	6992.43	194.26	672.62	669.16	3.45	670.78	10.42	2009/8/8 22:00
No178	7282.93	198.90	649.55	646.01	3.54	703.17	10.36	2009/8/8 22:00
No179	7348.29	199.82	630.26	626.57	3.69	737.66	9.96	2009/8/8 22:00
No180	7452.72	200.92	622.80	619.27	3.53	708.67	10.52	2009/8/8 22:00

表 4-16 （續 9）旗山溪莫拉克颱風各河段洪峰模擬結果

河段	洪峰流量 Q(cms)	河寬 Bw(m)	洪峰 水位 Z(m)	河床高 程 Zb(m)	水深 H(m)	通水 面積 (m2)	流速 (m/s)	洪峰時 間
No181	7491.20	201.60	617.34	613.69	3.65	734.96	10.19	2009/8/8 22:00
No182	7545.86	202.68	604.19	600.29	3.91	791.95	9.53	2009/8/8 22:00
No183	7866.57	207.24	594.93	591.23	3.70	766.50	10.26	2009/8/8 22:00
No184	7909.97	208.86	578.37	574.19	4.18	873.91	9.05	2009/8/8 22:00
No185	7947.33	209.44	566.81	562.59	4.21	882.37	9.01	2009/8/8 22:00
No186	8193.47	212.66	559.49	555.62	3.86	821.44	9.97	2009/8/8 22:00
No187	8308.27	214.27	548.00	543.97	4.02	862.37	9.63	2009/8/8 23:00
No188	8415.60	215.18	531.62	527.52	4.11	883.78	9.52	2009/8/8 23:00
No189	8485.86	215.98	521.39	517.28	4.11	887.45	9.56	2009/8/8 23:00
No190	8975.66	222.02	511.72	507.47	4.26	944.75	9.50	2009/8/8 23:00
No191	9122.74	223.61	493.72	489.75	3.97	887.97	10.27	2009/8/8 23:00

第八節 小結

本章節參考水土保持局針對草湖溪集水區與旗山溪上游集水區兩個案例所執行之相關業務成果報告，從中擷取基本河道資料，故兩案所能掌握之參數未盡相同或不完整。因此，參數的應用、雨型校正及案例模擬等，本研究利用現有之資料以最適切的驗證方法，將兩個樣區以不同方法驗證模擬之。

一、驗證模擬方法的差異

山區地形複雜多變且因稜線區隔因素，容易發生雨量紀錄站距離集水區不遠，卻有氣候變化與降雨量的差異，因此，模型參數的選擇能影響模擬結果與現地情況之間的差距。

本研究於兩樣區採取不同的參數率定方法，其中，草湖溪集水區地文資料，包括河床質資料及表面粒徑資料，故程式更能因為參數的細緻度而增加水理模式的變化，然水文資料因缺乏實測水位，故驗證程序改以河道出流流量作為模擬之依循。旗山溪集水區的地文資料雖僅有河床質資料，因為大部分河床質取樣位置在沖淤嚴重的河段，表面粒徑資料不易取得，故多數的水理模式以河床質資料為主要輸入參數。水文資料因為旗山溪集水區設有民族流量站之實測流量資料，因此，在驗證程序更有說服力，關於兩個研究案例間的模擬方法之差異彙整於表 4-17。

二、水理模式的限制與應用適切性

(一)模擬過程中實測水位與流速對於河道的狀態相當重要，但是現階段集水區測站仍然不夠普及，故研究單位需向集水區外緣尋求相關參數資料，造成實際監測值與模式模擬值間的落差。

(二)「EM一維動床模式」使用單位河道與單位斜面之組合方式，作為流域尺度之降雨與逕流量模擬元素，模擬成果與實測流量的檢驗結果有相同之趨勢，顯示出本模式在流量及河道模擬變動上具有相當的準確性。

(三)由模擬中可得到各河段於極端降雨事件中的流速變化，依據模擬結果評估水力輸砂之可能性，進而達到溪河土砂自然運移的效果。

(四)對於水深模擬結果之應用，於通水斷面不足且評估水位變化在降雨事件中有越過堤防之可能河段，可進行預警性補強措施與疏散避難。

表 4-17 案例方法之應用與替代方法

研究區域	項目	內容	案例應用
草湖溪	基本參數應用	河床質/表面粒徑	河床質與表面粒徑
		雨型	實測逐時雨量
	模式校正	河道出流流量	前期報告河道出流流量模擬
旗山溪上游	基本參數應用	河床質/表面粒徑	河床質
		雨型	實測逐時雨量
	模式校正	河道出流流量	實測流量值

第五章 研擬未來土砂防災研究發展議題及執行

水土保持局為山坡地水土保持中央業務主管機關，負責全國水土保持相關政策之研擬與推動，歷年來對相關業務的技術與研究發展，投入大量的預算進行委託辦理及研究等業務，對於提昇國內水土保持領域產官學研的發展，扮演重要角色。當極端氣候導致天然災害頻繁，業務機關所面臨的災害影響範圍及複雜程度遠超過以往，同時，由於社會形態改變以及組織內部環境限制，僅憑藉著過去的技術與經驗已無法因應目前與未來的挑戰。

因此，研究團隊與水土保持局技術研究發展小組於 105 年 10 月提出「水土保持技術研究發展規劃與建議」中，針對因應災害科學研究發展具有深入的剖析，將發展趨勢劃分為策略與機制、工程技術、軟體防災對策、管理與法規、基礎調查與基礎研究等六個面向，以及 24 個工作方針，相關內容摘錄如下。

第一節 策略與機制推動

一、建立前瞻策略擘劃機制

參考日本、歐美等國家坡地保育治理及防災技術體系，建構技術研究發展網絡圖，並據以擬定水土保持技術研究發展短中長期計畫，進行滾動式檢討與修正，逐步建構前瞻策略擘劃機制，提升國內水土保持技術研究發展體系。

二、建立計畫執行整合機制

(一)訂定計畫執行要徑

應於計畫執行前訂定計畫執行要徑圖，掌握各子計畫或核心項目之執行順序及其產出，並於執行期間適時召開聯繫協調會議，滾動式檢討修正。

(二)訂定合宜之關鍵績效指標

依總體計畫、個別計畫設計能充份代表其核心價值之關鍵績效指標 (KPI, Key Performance Indicator)，而非僅以執行數量為標的。部份項目亦可嘗試導入目標與關鍵成果法 (OKR, Objectives and Key Results)。

(三)推動成果檢核機制

1. 執行中延續性計畫應定期檢視是否落實後續計畫之應用，並透過定期盤點機制，加強相關計畫成果之互相銜接應用。
2. 由於部份計畫成果驗證具有高技術門檻(例如新技術、新工法及 Lidar 或 DEM 等圖資)，其正確性不易檢核，建議可透過委辦方式建立第三方驗證機制，以確保整體計畫成果之正確性及有效性。

三、教育訓練資源整合、公民參與及國際合作

(一)建構完整專業訓練機制

在推動委辦計畫工作同時，各委辦計畫除達成預期目標外，其成果應回饋、累積成為水土保持教育訓練資源，俾利內外知能全面提升，並厚植水土保持局之技術研究發展潛能，其具體推動項目如下：

1. 引進國外先進觀念、技術及方法

各委辦計畫規劃與執行期間，除參考國內相關研究與技術發展外，應持續蒐集參採其他國家的作法，並建議可翻譯國外相關文獻，讓國外的觀念趨勢、技術、方法，快速導入。

2. 建立國內案例資料庫

透過案例學習的方式快速而有效的經驗傳承，同時，藉由不同情境的案例探討加速累積業務承辦人的專業能力，甚至找出新的對策。

3. 整體規劃專業課程內容

建議規劃業務執行專業課程，提昇水土保持局整體專業能力及帶動國內水土保持領域產業升級

4. 培訓制度及認證機制建立

規劃專業訓練課程宜分為基礎、進階、高階班，以漸次提升累積專業知能及訓練成效，且可採用認證機制同步提昇國內整體水土保持專業。

(二)推廣普及教育

為強化民眾水土保持與防災意識，建議推廣內容或教材之設計可針對年齡、社群、實體或電子虛擬化等而有所差異，並整合於教育資源平台。在推廣方式上，除傳統平面、電子媒體外，可善用社群媒體及近期熱門技術與議題之應用(如擴充實境等)，加強跨域合作及建置環境教育示範場域。

(三)公民參與機制及交流

將教育推廣資源(教案教具教材等)公開分享以擴大觸及面，並可透過 NGO 團體協助教育宣導活動，建立溝通交流機制，進而建立跨

域協商合作平台，同時，藉由建立 NGO 跨域協商合作平台相關經驗，擴展至公民參與機制之建立，喚起民眾、企業、政府的公民共識，推動政府與企業間合作共助之理念。

(四)推動國際合作與交流

- 1.推動國際研究合作計畫：透過合作計畫，推動人員短期互訪研究與研習，促進國內產官學研與各國坡地災害資訊交換及技術交流，擴大國際視野與能見度。
- 2.籌辦國際水土保持及防災專業培訓課程：透過外交或國際組織，邀請各國專業人員來臺參與水土保持與坡地防災國際培訓課程，建立國內技術產業對外輸出之機會。
- 3.辦理國際研討會與專題演講：定期舉辦國際研討會與專題演講，邀請國內外專家學者分享最新技術及國際趨勢。

四、建立產官學研跨域技術發展交流平台

(一)建立國內外優良工法、材料推薦機制

為鼓勵技術創新及技術提昇，建議參考日本經驗，組成創新技術評析與推薦委員會，定期辦理國內外優良工法、材料評析及推薦，並將優良技術與工法置於推薦平台(NETIS，日本新技術提供系統，<http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/NewIndex.asp>)，結合產官學界及民間資源，共同參與推動水土保持產業活化與創新，提升水土保持技術。

(二)舉辦年度技術與研究發表大會

為加速產官學研之交流與分享，建議每年可配合水保月辦理水土保持年度技術與研究發表大會，邀集產官學研各界於此平台上定期發表最新研究及技術發展成果，推動新科技、新知識及技術之普及，提昇國內專業技術人員能力。

(三)建立國內專業人員定期交流機制

參照日本經驗，建立國內產官學研及政府機關間之交流研究員機制，藉由專業或研究人員定期互訪或共同執行專案方式，擴大專業人員技術交流之深度與廣度。

五、規劃成立台灣版 TEC-FORCE

(一)「緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)」是日本國土交通省特

有的任務編隊，由坡地、水利、道路、港口、航空、建築、通信、機械部門等具專長且經訓練後的成員組成，對廣域、複合型大規模災害，可有效應變與支援地方政府。

(二)為推動落實中央與地方分工，並強化本局專業技術能力及形

象，建議可參考日本 TEC-FORCE 之架構、教育訓練、派遣方式、指揮機制及相關法令，初期先推動成立本局「坡地重大災害技術指導小組」，在重大坡地災害發生時，可協助地方政府緊急支援技術指導，快速掌握災害現況、防止二次災害發生和擴大。

六、推動資訊整合與建設

(一) 基礎資料整合

包括訂定資料標準及資料交換架構、開放資料與介接資料統一管理機制、提昇空間基礎資訊資料庫、發展下一代資訊共享及展示平台，並廣泛取得多元圖資(例如，航拍、高解析衛星影像、地形圖、古地圖等)。

(二) 硬體建設整合

包括資通訊設備規劃建置與監測系統傳輸服務整合，並以資訊基礎建設集中化、最大化為目標，俾利資源有效利用與管理。

(三) 資訊應用整合

1. 配合大規模崩塌計畫後續產出的調查及觀測成果，整合與精進現有地理資料倉儲中心、電子圖書管理中心等資料管理系統，並推動功能相近圖台之整併。
2. 整合現有外業平台 APP，並精進為多功能外業巡查、勘災、通報平台，透過行動科技輔助相關業務執行，同時完成即時數化保存。
3. 推動巨量資料之加值應用，透過大數據分析及資料採礦工具，產出能支援決策的分析結果。

第二節 工程技術發展

一、技術手冊之整合與更新

由蒐集整理國外技術手冊，瞭解國外技術發展趨勢，並進行國內現有技術手冊盤點與比較，研擬因應極端氣候下，水土保持技術手冊後續發展之規劃方向。

二、新工法、材料之研究及推廣

（一）推動國內外新工法、技術及材料推薦機制

建立「國內外優良工法、材料推薦機制」，定期辦理國內外新工法、技術及材料之評析與推薦，以提升國內技術水準及解決方案。

（二）推動「新工法、技術、材料」試辦計畫

建議推動「新工法、技術、材料」試辦計畫，結合產官學研界資源，共同參與推動水土保持產業活化與創新，提升水土保持技術。

三、設立水土保持創新技術及優良工程評鑑制度

建議辦理「水土保持創新技術及優良工程評鑑」。評鑑項目包括創新技術研發、自行規劃測設、委外規劃測設等，透由公開表揚，促進產官學研各單位共同提升水土保持創新技術、研發能力及推動產業發展。

四、新工具之應用推廣

針對國內外已發展成熟之新工具，或在不同領域廣泛應用之既有工具，評估導入水土保持領域之未來發展性，並推廣應用以提昇工作效能。

五、既有設施的維護管理

為有效掌握集水區治理之履歷及其成效，建議宜先建立構造物之盤點、巡查制度。此外，亦應進行既設構造物生命周期管理及延壽技術探討等。

第三節 軟體防災對策

一、提昇山區降雨觀測空間解析度

山區集水區降雨受地形及高程之影響，空間降雨變異性極大。為

提升防災應變精確度，建議重點地區以半徑 3 公里為目標，針對聚落附近增設山區雨量站，並嘗試與氣象局合作導入山區小型降水雷達，提昇山區降雨觀測空間解析度，以強化雷達降水估計及預報精度。

二、加強警戒與監測能力

（一）開發整合型土砂災害預警機制

為加強警戒與監測能力，建議發展自動化警戒情資研判模組、除持續加強傳統以雨量統計方式之廣域型土石流災害預報模式外，宜嘗試結合簡易物理模式，整合地質、地形、水文條件等，進行新一代土砂災害預報模式之研究開發，期能提供較明確的災害可能發生時間、地點、規模，並具有情境模擬能力之整合型土砂災害預警機制。

（二）強化多元即時監測及災情通報能力

建議應強化多元即時監測及災情通報能力，在技術方面，除加強現有的光學衛星遙測技術外，發展及應用不受天候影響的雷達衛星，以及利用地震網探知大規模崩塌之技術，亦為必要之方向。

（三）導入物聯網架構建立全流域監測能力

隨著物聯網技術日趨成熟，且相關設備成本之快速降低，未來現地監測方向可嘗試導入物聯網架構建立全流域監測能力，朝向以流域為整體考量之佈設方式，除作為流域防災相關模擬模式之輸入參數外，亦可作為模式驗證之重要參據。

（四）整合易損性及風險評估，建立災害情境模擬平台

欲建立完整的防災機制，必須先建立合宜之模擬模式及平台。可於災害前掌握未來趨勢的變化和狀況的演進，更能提供平時之規劃、訓練，以及後續減災策略擬訂時之依據。

三、疏散避難策略檢討與研究

（一）加強多元避難方式與思維

目前國內對土石流等避難方式，多仍強調以移動至避難處所為主。但日本目前針對土砂災害避難之思維，已區分為「自宅避難」、「域內避難」及「域外避難」三類，可評估導入與實地演練之可行性。

（二）避難設施之設置方式與民間設施之活用。

當疏散避難方式之思維調整後，則相應於避難設施之設置規範也應一併調整。

（三）導入時間軸式防災計畫

日本自 2014 年起大力推動以時間軸方式呈現防災計畫，亦即採圖形化或流程圖化的 SOP，將原先冗長、不易閱讀、理解的作業流程文字，用簡單的圖形、色彩，以時間序列的方式呈現重點，將分工、資料流及重要事項快速且清楚的呈現，可評估導入與實地演練之可行性。

（四）警戒及疏散相關法令研析

透過法令研究，調整土石流防災疏散避難作業規定，並訂提供給地方政府之疏散決策參考手冊，將疏散決策機制，回歸災害防救法之權責分工。

四、提昇基層防災能量

（一）強化地方政府防災知能與決策能力

規劃成立的技術研究發展與訓練中心或經認證之專業機構，持續培訓地方政府防災業務人員，並輔導大學院校或專業機構成為地方政府之防災協力機構。

（二）發展防災決策支援系統

藉由未來知識工程、人工智慧等相關技術日益成熟的契機，協助地方政府建立在地化、客制化的防災決策支援系統，以提昇其防災相關自主決策能力。

（三）建立自主防災社區之永續機制

平時應輔導地方政府建立山區易成孤島之社區名單，並掌握社區內弱勢族群及其特殊需求。除應協助社區常態備妥足夠之飲水、存糧及備援電力、通訊設備外，另需輔導社區建立自主防災組織，強化自主監測、應變及救助之能力。同時，為使自主防災社區可永續運作，建議可推動企業認養方式。

（四）落實防災資訊公開

為使民眾充份了解社區環境風險，應加強自主防災成功案例蒐集、分析及宣導。除採取一般公開災害潛勢資料之方法外，應加強客製化、在地化後之防災資訊(例如以母語包裝、整合民眾關切之議題、型式)，提高民眾觸及率。

（五）導入社會科學研究方法，加強疏散避難基礎研究

過去土石流防災工作及相關研究上，多以工程思維模式推動，對於人與社會間之互動與反應機制等，反而少有相關研究，未來應強化以社會科學研究方法之防災基礎研究。

（六）善用防災志工

台灣民眾歷次於國內外災害時所表現的熱忱及善心向來為國際所肯定，但由過去之救災經驗，未經訓練、認證合格及適當管理的志工，在災區有時反而會造成困擾。因此，日本目前已經推動多年的「防災士」制度應可作為台灣未來推動相關工作之借鏡。

五、建立風險評估機制

（一）建立風險評估模式

篩選可用以評估土砂災害風險發生度及保全度之計算因子，並進行參數之可靠度、敏感度分析，以提出可應用於風險度評估之因子。根據風險度評估因子，建立發生度、保全度之評分方法及風險評估模式。

（二）製作風險地圖

進行風險地圖內容之規劃與探討，針對具保全對象之土砂災害地區進行風險地圖之製作。內容包含聚落分布、重要地標、致災地點、防減災工程位置、重要道路、防災資訊等。

（三）推動風險分擔機制

一般而言，風險處理方式為「風險規避、風險降低、風險轉移、風險接受」四個階段，其中風險規避及降低部份可由政府及民眾以減災、整備等工作之推動來進行，但風險轉移部份仍需仰賴保險制度。現階段國內已有火災、地震等保險機制，對於風水災及其它天然災害部份，未來可視國家政策推動之進程，進行相關先期研究。

第四節 管理與法規研析

因應大規模土砂災害與坡地開發型態的改變，以及國土計畫法通過後對山坡地管理、法令衝擊之調適，建議應持續滾動檢討法令修訂及其對應之管理計畫。

一、法規精進

（一）參考國外法令與管理制度

建議研析歐美日等國家之山坡地保育管理法規及制度，敦請中央與地方分工與我國現行法規與制度進行分析比較，評估納入水土保持法之可能性。

（二）檢討國內現行法令與管理制度

撰擬及推動水土保持法修法草案條文，並評估崩塌地管理法規(或土砂災害專法)制定之可行性與必要性。此外，對於土石流地質敏感區、土石流潛勢溪流、特定水土保持區、國土保育地區、國土復育促進地區等之區隔與定位宜再進行探討。

（三）考量氣候變遷下水土保持技術規範之研修

透過長期推動基礎調查、研究計畫的成果，累積、轉化為水土保持技術規範研修之能量，並採長期滾動式檢討及修訂。

二、強化山坡地管理

（一）基本資料維護更新

持續推動山坡地範圍境界線通盤檢討、土地利用型態調查、特定水保區劃定、山坡地土地可利用限度分類查定等基本資料維護與更新；此外，土地利用形態調查建議可嘗試導入高解析度衛星影像，相關資料庫格式應予標準化。

（二）強化水土保持監督與管理

強化全國山坡地水土保持計畫審查、水土保持計畫實施之監督管理、山坡地違規查報取締管理、衛星影像變異點查證，持續推動全國山坡地水土保持管理及評鑑，並可嘗試新工具強化管理成效，強化山坡地管理資訊系統之查報取締統計分析功能及違規熱點或區域提示，供各縣市政府規劃或調整巡查路線及頻率之參考。

(三) 檢討特定水土保持區劃定相關規定及方法

檢討水土保持法及特定水土保持區劃定與廢止準則相關規定，建立大規模崩塌特定水土保持區之劃定模式。

(四) 推動水土保持計畫設施全國總體檢

為瞭解已完工水土保持計畫設施現況及維護情形，建議研擬調查方法及評估方式，滾動式辦理全國已完工水土保持計畫設施實地檢查及效益評估，針對檢查結果，建立維護及安全改善方式。

(五) 推動超限利用土地復育計畫

1. 近年颱風豪雨事件造成地形、地貌大幅改變，建議對地形變異大之土地，複查、評估調整土地可利用限度(降限使用)，俾利災害高潛勢區之國土復育。
2. 針對土砂災害高潛勢區之保護帶，建議研擬推動造林補助計畫，輔以管理方式，加強保護重要保全對象，降低土砂災害影響。

(六) 結合社區及民間資源建立全方位水土保持服務團

建議結合社區、民間資源建立全方位水土保持服務團，推動山坡地保育及防災相關業務。

第五節 基礎調查

一、建立坡地環境基本資料庫

- (一) 以「集水區保育治理履歷」之概念建立「坡地環境基本資料庫」，將集水區相關空間資訊整合於單一平台，包括水土資源(植生、地質、土壤、土地利用現況、土石資源、綠覆率等)、歷史災害(坡面沖蝕、崩塌、地滑、土石流)、

保全對象、部落(聚落)文化資產、特殊生態環境、歷年保育治理歷程、構造物維護巡檢、坡地管理(合法開發、超限利用、違規)及其他現地調查空間資訊，俾利集水區保育治理基礎資訊之整合與應用。

(二) 集水區保育治理履歷系統初期可先推動土石流潛勢溪流、大規模崩塌、特定水土保持區履歷資料建置，以小集水區為基礎，漸次擴展成為中型集水區保育治理履歷，最後完成全國各個單一水系保育治理履歷。

(三) 可以整合多功能外業巡查、勘災、通報平台，俾便內外業系統資料，完整、即時更新與記錄。

二、集水區災害調查、規劃及評估

(一) 水土資源保育評估

1. 調查現行水土保持應用植物種類，評估適用於災害潛勢區保護帶及不同治山防災工程類型之植栽配置與植生方法應用。
2. 探討不同植生環境，包括農場、果園、森林等，對於氣候變遷影響下坡地保水、截水與排水功能。
3. 調查坡地不同植被或主要作物土壤沖蝕特性，對於土壤沖蝕之影響，研提降低坡面沖蝕相關改善精進技術方法探討因應氣候變遷之降雨特性改變時的因應對策。
4. 評估不同坡地環境與土地利用型態等，對於坡地農塘等水資源利用影響情形，研提集水區坡地農塘等水資源利用與相對應之調適策略方法。

（二）集水區常時環境監測與變遷分析

建議推動集水區常時環境監測與變遷分析，選定重點地區建置坡地水文及土砂觀測站，針對集水區水文、地文及土砂因子等重點項目進行持續觀測，並建立集水區土砂收支模式、土砂容許流出量及分攤制度。

（三）構造物維護巡檢制度建立及災害容受力評估

針對大規模土砂災害區或重要保全聚落集水區，分年分期進行構造物盤查及構造物破壞災因探討與災例蒐集，相關盤查結果，應回饋至前揭坡地環境基本資料庫。

（四）集水區土砂災害風險評估及策略因應

建議透過歷史古地圖(1898年起)及歷史航照(1974年起)的活化及萃取數化技術(例如利用航照立體像對)，建置其 DSM 數值地形，補足歷史數值地形資料不足之問題，加深分析的時間尺度。藉由探討近30年來集水區之受災及復建歷程及特性，進行長時間尺度之完整解析，以提供未來因應氣候變遷影響下，集水區土砂災害風險評估及策略擬定之參據。

（五）集水區環境友善指標建置

建立氣候變遷下水域及陸域物種評估方式，依據集水區環境物種調查與評估之方式，建置集水區適宜之環境友善評估指標，推動重要集水區環境友善措施，如迴避、縮小、減輕及補償等生態改善措施。

（六）集水區整體調查規劃及檢討

參考國內外文獻及現行集水區整體調查規劃工作，檢討並精進調查規劃工作內容與相關流程機制，依保育治理優先順序，分年分期辦理重要集水區及大規模崩塌區保育治理調查規劃或檢討。

（七）精進防砂設施整治效益評估模式

參考國內外文獻，精進防砂設施整治效益評估模式，當防砂設施整治後對於中下游地區聚落、橋梁等保全對象影響，包括直接或間接效益，並檢討防砂設施規劃型式對於生態環境之干擾。

三、大規模土砂災害潛勢區基礎調查與觀測

（一）發生機制與徵兆識別

依據不同災害類型，建立運動機制基本理論，以釐清崩塌發生後土砂可能之運動形態。同時，篩選災害發生徵兆評估因子，建立量化方法，提供後續風險分析評估參考。

（二）潛勢調查與活動性評估

持續進行災害潛勢區之普查及判釋，針對災害高潛勢區優先辦理細部調查，透過現地調查、地球物理探勘、遙測資訊、觀測系統建置與分析，評估潛勢區之活動性，並依其活動性進行分級。

（三）影響範圍劃設

研析國內外文獻，釐清致災類型及分類方法，建立不同致災類型影響範圍，並進行已判釋潛勢區之影響劃設及範圍內可能致災聚落及防救災資源之清查。

（四）觀測系統設置

透過系統化模組，進行即時資料蒐集、儲存、運算及展示，將複雜資訊轉化為可供研判的即時資訊，進一步規劃災害警戒等級之顏色及燈號，供各級防災單位發布警戒參考使用。

第六節 基礎研究

基礎研究辦理方式，除依照已建立委辦計畫提報、審查機制外，建議參考日本作法，將現階段重大政策、重大計畫發展所需之技術，採中長期基礎研究計畫推動，每年預告擬推動之研究發展計畫，以補助方式公開向產學研單位招募優秀團隊辦理。推動類型建議可概分成三類，並提撥固定比例之預算辦理

一、本土模式之基礎研究

透過集水區常時環境監測、各項基礎資料調查結果及歷年案例分析，檢討現行水土保持技術規範及水土保持手冊相關公式合理性，逐步建立水文分析、水理演算、土壤沖蝕、土石流、崩塌、地滑、野溪輸砂、集水區土砂收支等本土模式及合理參數。

二、整合型長期基礎研究計畫

（一）坡地防災科技研究

1. 研發相關土砂類型之災害觀測、監測及通訊傳輸整合技術。
2. 廣域型及局部型土砂災害警戒模式研究，包括使用衛星遙測土壤含水量作為前期雨量指標之研究、坡面地下水位變動與滑動機制、山洪暴發模擬與警戒模式等。
3. 推動複合型土砂災害發生機制與情境模擬相關研究。包括大規模崩塌地區危險度評估、運用雷達影像進行大規模崩塌潛勢區位之活動性評估、地震網於坡地崩塌災害警戒模式之研究、二次土砂災害機制與模擬等之研究。

（二）集水區保育治理技術提升研究

包括防砂設施工法與防災技術精進、水土資源保育技術、集水區土砂收支、土砂容許流出量及逕流分攤，以及精進水土保持手冊、水土保持技術規範修訂所需之基礎研究。

三、自由研提主題之創新型研究

研提主題與本局重點業務相關者為主，包括極端氣候坡地災害衝擊及調適、水土保持相關新技術、新工法可行性評估，坡地防災、疏散避難、坡地管理等新策略之研究，及其他相關領域之創新研究。

第七節 小結

歷經多次的大型土砂災害後，防災原則以「遠離災害、躲避危險」為導向，在無法改變自然環境的態勢下，除提昇預警與監測科學技術與研究外，平時就需掌控環境的基本資料及變動，在災害來臨前提早發布警告。綜觀國際間針對防災議題，已利用網路、通訊科技及物聯網概念，結合政府與民間力量提高防災、抗災與救災之能力，同時，提昇對災害應變的能量。彙整各國發展的防災架構，可歸納為兩個重要趨勢，首先是「整合災害情資，提供聯網共享環境」，再者為「導引民間創新活力，發展防災加值應用」。

如上述各章節所列之土砂防災研究發展及執行策略，建議未來土砂防災科學將從「強化基礎環境」、「充實基礎研究」與「防災資料共享」三個面向推動智慧型防災策略及實踐各個面向工作方針。

第六章 結論與建議

依據歷年成果盤點以及未來防災科學發展趨勢，本章節以 SWOT 分析方法，即優勢(Strengths)、劣勢(Weakness)、機會(Opportunities)和威脅 (Threats)分析水土保持局自身的實力，對比防救災現況與未來趨勢，並分析外部環境變化影響可能為之帶來的機會與面臨的挑戰，進而制定最佳戰略（增長、多元、扭轉及防禦）的策略。

第一節 結論

一、SWOT 分析

（一）優勢

- 1.水土保持局總理山坡地保育、治理及災害防治等相關業務，且歷年委辦及補助研究計畫成果豐碩。
- 2.各業務組人員可自行構思、規劃與運作計畫案件，能獨立、縝密完成各業務結果，具備完善組織紀律與執行能力。
- 3.對於環境基礎資料（水文、地文、地質、氣象等）已藉由歷年的業務執行累積豐富的成果。
- 4.組織內部人員具有足夠的基礎學理素養，並且可定期參加教育訓練充實業務或其他相關業務之新知。
- 5.在經費運用方面，除並要之業務執行經費外，歷年來仍編列充裕的預算進行軟、硬體更新、汰換。

(二) 劣勢

- 1.隨著國人意識型態不斷變化的演進及發展，公民參與的觀念已逐漸深入政治、經濟、法制、科技、文化各層面，公務機關決策時需納入公民參與以符合此一趨勢，如何在專業、效率、公正及資訊公開的決策中取得平衡，亦為一大挑戰。
- 2.組織內長期刻板倫理及僵化的法規制度，無法靈活運用既有之資源與專業人力，箝制組織發展空間與彈性，致使緩步成長且過度保守。
- 3.社會環境變化快速，機關業務以資訊公開與強化溝通為導向，而人員的專業能力及學理素養必須不斷的精進，但目前許多核心專業大量委外執行，恐將致使未來組織能力空洞化。
- 4.歷年計畫執行成果豐碩，組織內雖有留存記錄，但是無管理規劃及檢核機制，導致資料庫龐大而繁雜，對於業務成果的查詢及回饋助益甚少。

(三) 機會

- 1.歷經幾次大型的土砂災害，國內防災機制與技術能力正積極與國際接軌，舉凡結合「物聯網概念以強化防災感測網」或「建立災防資訊平台建構多管道溝通服務」等相關軟、硬體及幕後基礎專業，在國內均具有產業實力與研究發展之能力。
- 2.目前國際上之防災趨勢係以「減災、避災、離災」為最高指導原則，且藉由網路科技發展與相關訊息共享與公開，亦

為近年來國內外推動的目標。因此，結合網路與智慧防災策略，勢必將成為後續政府推動災害防救之政策及目標。

3.根據中央氣象局的資料，近百年間共計有 174 個颱風登陸，平均每年 3~4 個直接襲擊或西南氣流所帶來之豪大雨引發水災、山崩、土石流等災害，國內對於防災工作之需求，具有其急迫性及必要性。

(四) 威脅

1.許多基礎研究非一蹴可成，例如大規模崩塌、堰塞湖及土石流觀測、水文紀錄、土壤沖蝕、河道輸砂機制等，需要長期持續進行觀測或試驗才能獲得成果，此類基礎研究應先擬訂發展目標與計劃後，給予長期支持。

2.社會大眾的高度期待及民情輿論壓力，考驗著業務單位的專業素養及協調能力，同時也考驗著機關同仁的抗壓性與忍受力。

3.傳統上公務機關對於資訊公開多持較保守之看法，未來能否受外部環境變化的刺激而產生「威權與權威」間的定位轉換，以及對於開放資料以減少民眾資訊不對稱等現況，影響著土砂災害防災策略與國土安全政策之訂定。

(五) 增長性策略

以建立成果盤點機制及規劃未來發展之目標，利用已建立電子圖書管理平台，規劃定期進行完整盤點，並定期舉辦水土保持技術研討會，邀集產官學研定期分享與交流，並將相關成果轉化為提昇產官學研之能量，同時回饋於提昇同仁專業素養。

(六) 多元化策略

在法規制度面上，應支持組織能靈活運用內部及周邊相關單位之專業人才，以因應快速變化之防災趨勢，並補足內部專業之缺口。同時，對於法律及規範應保有彈性及適切性，避免箝制其發展空間及速度。

(七) 扭轉性策略

由資料交換平台與水保領域之產官學研交流的機會，快速充實資料庫中關鍵資料之缺口，同時，藉由交流的機會充實承辦人員土砂災害防災新知。

(八) 防禦性策略

災害科學是複雜且繁瑣的學問，對於基礎研究與調查需要累積足夠厚度與深度，在講求快速、及時的數位科技時代，確實無法滿足速成之期望，據此對於如何因應輿論傳播的壓力及社會期望之落差，組織應提早擬訂對策與演練。

二、水理模式的限制與應用適切性

本期研究採取兩個樣區且使用不同的參數率定方法驗證，關於詳細演算過程如第四章，以下針對模式的限制及適切性進行闡述：

(一) 模擬過程中實測水位與流速對於河道的狀態相當重要，但是現階段集水區測站仍然不夠普及，故研究單位需向集水區外緣尋求相關參數資料，造成實際監測值與模式模擬值間的落差。

(二) 「EM 一維動床模式」使用單位河道與單位斜面之組合方式，作為流域尺度之降雨與逕流量模擬元素，模擬成果與實測流量的檢驗結果有相同之趨勢，顯示出本模式在流量及河道模擬變動上具有相當的準確性。

(三) 由模擬中可得到各河段於極端降雨事件中的流速變化，依據模擬結果評估水力輸砂之可能性，進而達到溪河土砂自然運移的效果。

(四) 對於水深模擬結果之應用，於通水斷面不足且評估水位變化在降雨事件中有越過堤防之可能河段，可進行預警性補強措施與疏散避難。

三、105 年度對外發表成果

本計畫於今年已發表之研究成果，除已於 105 年 9 月發表的「水土保持技術研究發展規劃與建議(SWCB-105-037)」外，另有兩篇研討會論文成果：「崩塌事件發生緊急判識與土砂量估算-以莫蘭蒂颱風造成台東紅葉崩塌事件為例」及「使用 QPESUMS 雨量資料建立坡地災害降雨警戒模式」之全文、簡報及海報成果發表。以上研討會論文成果摘要及研討議程詳如附錄五、年度研討會成果論文議程及摘要。

第二節 建議

防災趨勢議題，可利用網路科技與通訊以及物聯網的概念，結合政府與民間力量提高防災、抗災與救災的能力，也提昇對災害應變的能量。為增進水土保持局與民間之智慧防災能量，同時推動國內防救災產業，落實網路防災政策，建議研擬的具體目標如下：

一、強化土砂災害的防護力

對於易致災區進行長期環境觀測並保持警戒，同時結合其他單位（例如國家災害防救科技中心、公路總局、水利署、中央地質調查所、中央氣象局、內政部國土測繪中心等）透過資料共享結合基礎圖資與環境監測資料，可快速提供重要地形、地標及道路等現況資料，以利防救災分析管理運用。

然而目前偏遠山區受限電力供應與地形影響，即時監測資料傳輸有其限制性，後續應透過技術研發突破現況，使監測範圍由點、線延伸至面的全面性即時監測，並深入探討各種環境因子與土砂災害的關聯性，提高災害預報之準確性。

二、強化與民間防災社群的聯結力

資訊透明化為土砂災害危害歷程中，主管機關極為重要的工作，透過正確訊息的傳遞可使民眾安心，也可加速整體救災工作的進行，故應於平時規劃建立各項資訊傳遞及共享機制，且於平時即保持互動與演練建立長期合作與分工模式。

三、從各專業層面強化基礎研究與調查

以大規模災害潛勢區之調查與監測為例，取得之調查資料實際應用於大規模災害發生基準之率定，相關研究成果為防災預警之基礎外，亦為複合性災害預警監測之重要資訊及基礎。

參考文獻

1. 內政部，2015，網路智慧新臺灣政策白皮書-智慧防災行動計畫。
2. 行政院農業委員會水土保持局，2016，大規模土砂災害集水區盤查作業與風險評估先期規劃。
3. 行政院農業委員會水土保持局，2016，流域防砂效益精進與治理成效評析。
4. 行政院農業委員會水土保持局，2016，氣候變遷下開發行為土砂估算模式之探討。
5. 行政院農業委員會水土保持局，2016，土石流特定水土保持區調查評估及劃定歷程查詢系統功能維護。
6. 行政院農業委員會水土保持局，2016，建立臺中苗栗地區坡地生態圖資暨NGO溝通平台建置計畫。
7. 行政院農業委員會水土保持局，2015，非莫拉克災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置。
8. 行政院農業委員會水土保持局，2015，山坡地超限利用相關法制與其衍生之法律問題。
9. 行政院農業委員會水土保持局，2015，大規模崩塌防減災技術發展與應用。
10. 行政院農業委員會水土保持局，2015，增進山坡地開發水土保持計畫審核及監督管理。
11. 行政院農業委員會水土保持局，2015，兩岸水土保持與坡地防災科技合作推動計畫。
12. 行政院農業委員會水土保持局，2015，草湖溪集水區(糖廓橋至金獅橋段)細部規劃成果報告。

13. 行政院農業委員會水土保持局，2015，旗山溪上游集水區土砂控制測量與監測。
14. 行政院農業委員會水土保持局，2014，運用遙測技術協助判釋大規模崩塌潛勢區域微地形特徵之研究。
15. 行政院農業委員會水土保持局，2014，台灣地震網應用於大規模崩塌偵測及崩塌發生之降雨條件分析。
16. 行政院農業委員會水土保持局，2014，莫拉克中部及東部災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置。
17. 行政院農業委員會水土保持局，2014，以眉溪土砂變遷為例評估保育設施影響之對策。
18. 行政院農業委員會水土保持局，2013水土資源永續利用之前瞻策略規劃研究計畫。
19. 行政院農業委員會水土保持局，2013，蘇拉颱風後頭汴坑溪及草湖溪集水區保育治理細部規劃。
20. 行政院中央災害防救委員會，2013，「災害防救基本計畫」。
21. 行政院農業委員會水土保持局，2012，水土保持設施耐久性分析與延壽策略研擬。
22. 行政院農業委員會水土保持局，2012，極端氣候下之水理演算探討。
23. 行政院農業委員會水土保持局，2012，土砂災害潛勢區劃定方法及管理對策研訂。
24. 行政院農業委員會水土保持局，2011，水土保持防砂工程防砂整備之推估與應用。
25. 行政院經濟部水利署，2014，淡水河水系河道穩定與土砂管理及其因應措施研擬。

26. 丁凱元，2014，大規模崩塌滑動面於不同深度含水量與滑移速度條件下之摩擦特性，成功大學地球科學系學位論文，1-110。
27. 王建方，2014，坡向坡單元劃設及其應用於大規模崩塌潛勢預測研究，臺灣大學土木工程學研究所學位論文，1-131。
28. 王玉峰，程謙恭 & 朱圻，2012，汶川地震触发高速远程滑坡—碎屑流堆积反粒序特征及机制分析，岩石力学与工程学报，31(6)，1089-1106。
29. 中興工程顧問股份有限公司，2013，旗山溪水域生態、棲地變遷調查及分析成果報告。
30. 何岱杰，張維恕，林慶偉 & 劉守恆，2014，應用數值地形及光學影像於潛在大規模崩塌地形特徵判釋，航測及遙測學刊，18(2)，109-127。
31. 李璟芳，周憲德，魏倫瑋，黃韋凱，冀樹勇，陳樹群 & 黃文昭，2014，東澳嶺崩塌地之地形演育分析，中華水土保持學報，45(3), 174-183。
32. 李宗聯，2014，高屏溪流域大規模岩體滑動特徵與類型調查，屏東科技大學水土保持系所學位論文，1-107。
33. 林恩如，2013，計算崩塌因子之相對貢獻度並根據颱風與地震事件進行驗證——以卑南溪流域為例，國立成功大學地球科學研究所。
34. 林永峻、賴進松、柳文成、譚義績、張倉榮、邱昱嘉，2013，高屏溪流域因應氣候變遷防洪及土砂更新研究計畫。
35. 范貴宗、柳文成，2013，氣候變遷下旗山溪流域溢淹模擬與改善對策分析。

36. 徐淑竹、陳子晴、嚴義祥、蔡明波，2006，以永續發展為導向之草湖溪上游集水區整體保育治理方案。
37. 陳昆廷，2015，堰塞湖潛勢區位判釋之研究，國立成功大學水利及海洋工程研究所。
38. 陳振宇，2014，複合型土砂災害警戒及疏散決策支援系統研究，行政院農業委員會水土保持局。
39. 陳振宇、藤田正治、堤大三，2014，基岩位置及土層特性對降雨逕流與大規模崩塌之影響，中華水土保持學報, 45(4), 243-256。
40. 陳永森，2014，極端氣候影響下潛在災害區居民環境識覺調適行為之研究-以八八水災後屏東縣林邊鄉與佳冬鄉為例，環境與世界，(28&29)，25-53。
41. 陳亮全、陳樹群、周憲德、陳聯光、劉哲欣、吳亭燁、林聖琪，2012，「大規模崩塌災害防治推動策略規劃」，國家災害防救科技中心技術報告。
42. 張永誠等，2012，旗山溪莫拉克颱風土砂災害河段清疏區位優選之研究。
43. 張永誠，2012，旗山溪集水區河道清疏及土砂管理策略之研究，中興大學水土保持學系所學位論文，1-62。
44. 馮正一，劉怡安，2007，農塘改建為滯洪設施效益評估之研擬，臺灣水土保持，59(04)，8-15。
45. 蔡元融，2012，「流域水沙生產及運動模式之研究」，國立成功大學水利及海洋工程研究所博士論文。
46. 楊樹榮、林忠志、鄭錦桐、潘國樑、蔡如君、李正利，2011，臺灣常用山崩分類系統，第十四屆大地工程研討會，臺北。

47. 劉正千， 林怡廷， 松尾智也， 溫慧霖， 陳振宇， & 嚴科偉，2015，應用移動估算法處理無人飛行載具拍攝之多視角重疊影像以產製數值地表模型與精度評估，2015年台灣地理資訊學會年會暨學術研討會。
48. 劉正千， 陳美珍， 林怡廷， 嚴科偉， 洪政欣， 柯明勳， 尹孝元 & 溫慧霖，2015，建構與應用網際網路空間資訊系統於坡地災害管理， 工程環境會刊， 35-56。
49. 臺中市政府水利局，2012，霧峰區吉峰里大愛路淹水改善計畫。
50. 臧運忠，2013，天然壩快速安全評估方法之研究，國立成功大學水利及海洋工程研究所。
51. 蕭丁槐， 李嶸泰， 黃崇仁 & 廖一光，2013，阿里山森林鐵路崩塌路段地質調查及復健規劃， 工程環境會刊， (31)， 53-75。
52. 謝秉寰，2013，旗山溪流域莫拉克颱風觸發大規模崩塌之地形特徵研究， 成功大學地球科學系學位論文， 1-96。
53. 謝秉寰，2013，旗山溪流域莫拉克颱風觸發大規模崩塌之地形特徵研究， 成功大學地球科學系學位論文， 1-96。
54. 謝正倫、陳俞旭，2010，「二次災害傳遞過程與災區重建之新構想」，中華防災學刊，第2期，第2卷，第109-116頁。
55. 蘇俊霖，2009，旗山溪河道上取水固床工破壞及磨損之現地調查研究。
56. 竹林洋史，2009，地球温暖化が流域の土砂流出特性に与える影響。
57. 城野忠雄，1979，農地防災事業の概要--災害のない豊かな農村を目指して， 農林水産省広報，10(6) p46-49。

58. 郝明辉， 许强， 杨兴国， 彭涛 & 周家文，2015，高速滑坡—碎屑流颗粒反序试验及其成因机制探讨， 岩石力学与工程学报， 34(3)， 1-8。
59. 国土交通省砂防部，2016，土石流・流木対策設計技術指針解説。
60. 国土交通省砂防部，2016，砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編) 解説。
61. 国土交通省国土技術政策総合研究所，2015，国土交通省気候変動適応計画。
62. 国土交通省中部地方整備局，2013，安倍川総合土砂管理計画。
63. 国土交通省国土技術政策総合研究所，2014，深層崩壊対策技術に関する基本的事項。
64. 国土交通省国土技術政策総合研究所，2014，河川砂防技術基準調査編。
65. 国土交通省国土技術政策総合研究所，2015，大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説。
66. 農林水産省林野庁，2009，農地防災事業の概要。
67. 農林水産省林野庁，2014，大規模崩壊現場対応ハンドブック（案）。
68. 農林水産省林野庁，2014，大規模崩壊潜在斜面危険度判定マニュアル（案）。
69. Davies, T.R., Korup, O., 2010. Sediment cascades in active landscapes. In: Burt, T.P., Allison, R.J. [Eds.] Sediment cascades: An Integrated Approach. Wiley-Blackwell, Chichester, pp. 89-115.
70. Types of Landslides, Wyoming State Geological Survey (WSGS).
「<http://www.wsgs.wyo.gov/docs/wsgs-web-landslides.pdf>」

71. Varnes, D. J., 1978. "Slope movement types and processes," In: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.), Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.
72. 水利署倉儲中心「<http://gic.wra.gov.tw/gic/Water/Space/Main.aspx>」

附錄 1、技術發展計畫屬性摘要關鍵字統計表

項目	年度別	計畫名稱	關鍵字
1	100	100 年度土石流固定式觀測站建置計畫	土石流、土石流觀測站、觀測系統
2	100	莫拉克重建區雷達降雨監測系統建置評估及資訊蒐集計畫	Δ
3	100	複合型災害光纖感測與無線傳輸系統發展計畫	土石流、光纖觀測系統、無線感測傳輸系統、小林村山崩、台灣寬頻地震站、庭園鳥
4	100	培根管考系統擴充及維運作業計畫	Δ
5	100	水土保持工程設施破壞檢測分析與評估（2/2）	水土保持工程設施、目視檢測、設施維護、資料庫、知識庫
6	100	水土保持防砂工程防砂整備之推估與應用	防砂量演算模式、防砂整備計畫、防砂處理計畫
7	100	水土保持工程施工查核系統研發	Δ
8	100	委辦計畫管理系統功能強化暨績效管理考核分析平台建置計畫	委辦計畫管理系統、績效管理分析模組
9	101	101 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	Δ
10	101	影像倉儲系統擴充維護及整合 Google 展示平台資料建置計畫	資料倉儲、自動派送 Google Earth Enterprise
11	101	101 年農村再生社區行動導覽計畫	行動裝置、導覽、農村、社區
12	101	水土保持設施耐久性分析與延壽策略研擬	水土保持工程設施、耐久性評估、非破壞性檢測、延壽與維護、生命週期成本、知識庫
13	101	整合性集水區規劃管理平台功能擴充	Δ
14	101	極端氣候下之水理演算探討	極端降雨事件、HEC-RAS、FLO-2D、雙防線、安全排水
15	101	野溪土石清疏減淤綜合分析評估及模式建立	Δ
16	101	山坡地土地可利用限度查定分類標準更新研究計畫	山坡地土地可利用限度分類模式、平均坡度、主觀判斷、地籍坵塊、「4-2 級宜農牧地」

附錄 1、技術發展計畫屬性摘要關鍵字統計表(續 1)

項目	年度別	計畫名稱	關鍵字
17	101	大梨山地區環境土砂災害潛勢調查與評估	梨山、坡地、土砂災害、潛勢調查、潛勢分析
18	102	農村景觀生態資源基礎調查與自然保育工作執行策略與措施	農村再生、生態保育、生態社區、生態創意產業、生態復育、永續農業
19	102	工程環境友善措施評估與建議	生態工程、生態敏感圖、環境情報圖、溪流調查評估、爪哇大豆、外來種
20	102	102 年度臺中分局土石流災害緊急應變及設備提升計畫	土石流災害、防災宣導、應變小組
21	102	102 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	△
22	102	102 年高屏溪山坡地大規模崩塌致災潛勢調查評估	△
23	102	102 年水土保持研討會	102 年水土保持研討會、水土資源保育、農村再生、坡地管理、坡地防災、山坡地生物多樣性
24	103	農村再生工程檢驗標準及管理制度編修	△
25	103	多功自然型防砂設施圖說彙編	△
26	103	103 年多尺度遙測空間資訊資料建置及擴充維護計畫	多尺度、空間資訊系統、土石流、歷史災害資料庫、福衛二號、無人載具、崩塌危害分析
27	103	103 年度工程環境友善措施評估與建議	△
28	103	103 年資料倉儲中心系統維護擴充及 Arc GIS 認證服務計畫	資料倉儲、地理資料、電子圖書館理中心、地理資訊系統
29	103	農地水土保持工法實例調查彙整暨應用圖冊編印	農地水土保持、農場規劃、農地保育、水土保持方法
30	103	可利用限度查定作業管理暨山坡地環境資源系統維護	塔像資料服務、可利用現度查定、超限利用土地
31	103	超限利用列管土地清查及山坡地範圍圖資更新計畫	超限利用土地、山坡地範圍、航照像片基本圖、數值地形模型、可利用現度查定

附錄 1、技術發展計畫屬性摘要關鍵字統計表(續 2)

項目	年度別	計畫名稱	關鍵字
32	103	野溪高壓灌漿地盤改良工法應用暨專案管理計畫	野溪清疏，地盤改良，高壓灌漿
33	103	103 年藤枝林道 3.5k 及九份二山崩塌地監測與後續因應措施研究計畫	崩塌地、監測系統、通報機制
34	103	103 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	Δ
35	103	103 年氣候變遷衝擊下坡地災害風險評估及調適能力之研究	Δ
36	103	坡地崩塌防減災策略先期研析計畫	崩塌災害、防減災策略、大規模崩塌
37	103	土石流防災整備模式檢討與更新	土石流防災整備模式、筒狀模式、土壤雨量指數
38	103	治山防洪分級制度與年計效益評析	治理單元、分級調整機制、年記防砂效益、宣導片、網頁
39	104	彰投雲嘉農村社區青年駐村發展模式計畫	Δ
40	104	中苗地區農村節能減碳綠廊示範與推廣計畫	農村再生、農村社區、節能減碳、低碳綠能、永續發展
41	104	集水區保育治理巨量資料分析先期計畫	巨量資料、類神經、關聯性、決策樹、儀表板
42	104	104 年非莫拉克災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置	大規模崩塌、崩塌觀測、危險度評估
43	104	104 年現地資料蒐集暨觀測站維運管理及設備建置計畫	雨量觀測、防災宣導、土石流警戒
44	104	水土保持工程碳排放估算方法之建立與工程碳管理作業試辦(2/3)	水土保持工程、碳排放量、產品類別規則
45	104	坡地水文及土砂觀測先期規劃	Δ
46	104	104 年應用坡地易損性模式於崩塌風險評估與警戒模式研析	大規模崩塌、崩塌影響範圍、防減災對策

附錄 1、技術發展計畫屬性摘要關鍵字統計表(續 3)

項目	年度別	計畫名稱	關鍵字
47	104	大規模崩塌防減災技術發展與應用	大規模崩塌、崩塌影響範圍、防減災對策
48	104	104 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	△
49	104	自動雨量站建置及資訊分析應用服務計畫	雨量觀測、防災宣導、土石流警戒
50	104	台灣北部地區降雨動能推估公式建置及年降雨沖蝕指數之修訂探討	雨滴譜儀、降雨動能、降雨沖實指數、空間分布推估
51	104	神木國際土砂災害觀測研究中心暨坡地水文試驗研究場域規劃	△
			△：水土保持局電子圖書管理中心有計畫成果報告，但未列出關鍵字之計畫。 X：水土保持局電子圖書管理中心無計畫成果之計畫。

附錄 2、科技研究計畫屬性摘要關鍵字統計表

項目	年度別	計畫名稱	計畫摘要關鍵字
1	100	運用衛星進行山坡地變異監測	X
2	100	100 年度土石流固定式觀測站建置計畫	土石流、土石流觀測站、觀測系統
3	100	複合型災害光纖感測與無線傳輸系統發展計畫	土石流、光纖觀測系統、無線感測傳輸系統、小林村山崩、台灣寬頻地震站、庭園島
4	100	水土保持工程永續指標評估項目研究	X
5	100	水土保持水土資源保蓄綠色材料之研發與應用研究(2/2)	多孔隙混凝土、配比試驗、土砂沖蝕控制
6	100	坡地植生工程導入木本植物技術之應用研究(2/2)	△
7	101	101 年防災氣象資訊分析研判及雷達降雨監測系統建置評估	氣象預報資訊、梅雨鋒面、颱風豪雨、防災預警、雷達定量降雨
8	101	101 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	△
9	101	整合性集水區規劃管理平台功能擴充	△
10	101	坡地特殊棲地環境屬性調查與保育措施應用分析(1/2)	特殊棲地、保育治理措施、生態棲地環境
11	101	因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(1/2)	氣候變遷、環境指標、風險評估、環境敏感區
12	101	氣候變遷對坡地防災規劃之影響評估	氣候變遷、崩塌、土石流、坡地災害
13	101	大梨山地區環境土砂災害潛勢調查與評估	梨山、坡地、土砂災害、潛勢調查、潛勢分析
14	102	農村再生執行及管理系統(2/2)	農村再生、發包工程、僱工購料、工程生命週期
15	102	農村傳統技術工法解構紀錄保存	△
16	102	坡地特殊棲地環境屬性調查與保育措施應用分析(2/2)	特殊棲地、保育治理工程、泥岩地區、陡坡農地、棲地環境
17	102	因應氣候變遷重點集水區保育策略之研究(2/2)	氣候變遷、環境指標、風險評估、環境敏感區位

附錄 2、科技研究計畫屬性摘要關鍵字統計表(續 1)

數量	年度別	計畫名稱	關鍵字
18	102	氣候變遷下坡地災害潛勢評估及調適策略制定之研究	氣候變遷、崩塌、土石流、坡地防災
19	102	102 年藤枝林道 3.5K 及九份二山崩塌地監測與潛在崩塌地簡易監測研析計畫	△
20	102	102 年防災氣象資訊分析研判及雷達降雨監測評估	颱風豪雨、氣象預報資訊、防災預警、雷達定量降雨估計、山區降雨量測網
21	102	102 年屏東縣來義鄉來義村潛在大規模崩塌地區調查監測計畫	△
22	102	102 年宜蘭寒溪及苗栗火炎山土砂觀測站維運與發展計畫	△
23	103	農村傳統技術工法解構紀錄保存(第二年)	△
24	103	農村再生公共設施執行及工程管理決策模組開發	農村再生、發包工程、文化保存、產業活化、生態保育、僱工購料、窳陋環境改善
25	103	103 年多尺度遙測空間資訊資料建置及擴充維護計畫	多尺度、空間資訊系統、土石流、歷史災害資料庫、福衛二號、無人載具、崩塌危害分析
26	103	103 年度工程環境友善措施評估與建議	△
27	103	103 年度現地資料蒐集暨觀測站維運管理及設備更新計畫	△
28	103	水土保持工程碳排放估算方法之建立與工程碳管理作業試辦	水土保持工程、野溪治理、工程碳排放量
29	103	103 年防災氣象資訊分析研判及山區降雨監測系統建置評估	颱風豪雨、氣象預報資訊、防災預警、雷達定量降雨估計、山區降雨監測系統

附錄 2、科技研究計畫屬性摘要關鍵字統計表(續 2)

數量	年度別	計畫名稱	關鍵字
31	103	坡地崩塌防減災策略先期研析計畫	崩塌災害、防減災策略、大規模崩塌
32	104	104 年度治山防災集思網系統維護與功能擴充計畫	△
33	104	104 年非莫拉克災區潛在大規模崩塌地區危險度評估與簡易觀測系統建置	大規模崩塌、崩塌觀測、危險度評估
34	104	104 年土石流防災應變系統維護與擴充計畫	土石流、防災、應變、情資研判、數位學習
35	104	104 年度工程環境友善措施評估與建議	生態檢核、保育治理、工程環境生態友善、淺山生態、生態專業
36	104	104 年防災氣象資訊分析研判及山區降雨監測系統建置評估	颱風豪雨、氣象預報資訊、防災預警、雷達定量降雨估計、山區降雨監測系統
37	104	104 年度大梨山地區地滑地監測管理及系統維護資料分析	△
38	104	自動雨量站建置及資訊分析應用服務計畫	雨量觀測、防災宣導、土石流警戒
39	104	以土壤雨量指數防災整備模式建立動態土石流警戒預報系統	土石流防災整備模式、筒狀模式、土壤雨量指數
40	104	全臺野溪重大土砂災害區土砂運移潛勢及處理策略	X
			△：水土保持局電子圖書管理中心有計畫成果報告，但未列出關鍵字之計畫。 X：水土保持局電子圖書管理中心無計畫成果之計畫。

附錄三、草湖溪集水區水理模式初始值及基本資料設定

草湖溪集水區-蘇拉颱風事件水理模式初始值設定(Intial)

參數	內容
25	//Nx//河道數目
1	//Nyc//河道橫斷面方向之 mesh 數(即流槽數)
50	//Nxs//斜面數(因河道左右各一個，故為河道數×2)
10	//Nys//斜面 mesh 數
0.1	//Da//土壤 A 層厚度(m)
0.3	//Db//土壤 B 層厚度(m)
0.072	//Rka//土壤 A 層滲透係數(m/s)
0.03	//Rkb//土壤 B 層滲透係數(m/s)
0.03	//Fscin//C 層滲透率之初始值(mm/h)
0.7	//Cmns//斜面的曼寧係數
0.04	//Cmn//流路的曼寧係數
100	//Q0//參考地點(即最下游端)之流量==>此值會用來推估所有流路的河寬 Bw
0.2	//Dm1//一樣砂時之平均粒徑
0.4	//Em//交換層(mixed_layer)的厚度
0.4	//Ed//堆積層(deposited_layer)的厚度
25	//NI//堆積層(deposited_layer)的總層數(只用於混合砂)
25	//Nbl//遷移層(transition_layer)正下方的堆積層(deposited_layer)之編號
3600	//data_time//寫入輸出檔之時間間距
3600	//out_time//螢幕上顯示計算結果之時間間距

草湖溪集水區-蘇拉颱風事件水理模式初始值設定(Intial)

參數	內容
2	//J13//計算之類型：1 僅計算流量__2 考慮河床變動
2	//J16//河床材料種類：1 一樣砂__2 混合砂
2	//J23//流砂型態：1 表為僅掃流砂(bed_load)__2 表為掃流砂+浮游砂(suspended_load)
0.4	//Hsini//初期斜面水深
0.06	//Hcini//初期流路水深
3600	//Tp//雨量資料之時間間距(例如，3600 秒，即 1 小時 1 筆雨量資料)
112	//Nr//降雨 data 的總數(若每小時 1 筆，因由 0 開始，故如為 96 小時，應有 97 筆)
2	//Jls///是否考慮河道上有崩塌土方量：1 表不考慮__2 表要考慮(此時程式會去讀 Dzbf.inp 此檔之內容，亦即各河道上的崩塌土方量)
0	//Qmin//實施流砂計算的最低最下游端流量(亦即當流量大於此值時，才會用水+砂之模式計算，否此只會用純水的模式去算)
1	//Jgs//1 表全流域使用相同的粒徑分布，此時會去讀 F.inp 此檔。2 表流域內每條河川的粒徑分布均不同，此時除讀 F.inp 外，還會再讀 Fmixed.inp,Ftransition.inp 此二輸入檔
1	//JQr//1 表使用本程式內建的動力波方程式計算各河道之坡面逕流，2 表示由 Wcr 法之 Qcsr.inp 直接讀入各河道之坡面逕流
1	//JBw//1 表全部由公式來設定河寬，2 表先由公式外，亦可手動自設部份河寬(開 Bw_inp.inp 檔)

草湖溪-蘇拉颱風案例河道單元基本資料(Input)

DammyC	Zb01[I] (upstream elevation (m))	Zb02[I] (downstream elevation (m))	Iin1[I]	Iin2[I]	Iin3[I]	Iout1[I]	SPP (mean slope of watershed (deg))	SSS (Watershed area (m2))	Cl[I] (River length (m))
1	169	129	0	0	0	23	21.25	924400	332.65
2	212	141	0	0	0	22	22.91	1375200	1039.10
3	223	149	0	0	0	21	25.48	2812400	2835.51
4	59	58	0	0	0	14	10.82	804000	30.00
5	252	240	0	0	0	15	35.98	826000	170.00
6	90	58	0	0	0	14	15.86	1476400	1916.87
7	132	100	0	0	0	19	21.22	997200	626.43
8	334	240	0	0	0	15	30.74	3033200	2606.47
9	330	300	0	0	0	17	29.72	1202800	716.05
10	194	118	0	0	0	16	22.91	4148000	3644.15
11	340	300	0	0	0	17	29.08	1308800	1027.63
12	312	118	0	0	0	16	26.99	7013600	7615.17
13	283	117	0	0	0	16	26.23	4579600	6209.63
14	58	37	4	6	0	25	1.09	981200	2533.63
15	240	224	5	8	0	20	27.58	266800	615.25
16	118	117	10	12	0	18	19.30	25600	116.57
17	300	224	9	11	0	20	32.70	1230800	2437.74
18	117	100	13	16	0	19	19.95	1022800	1414.27
19	100	65	7	18	0	24	16.10	2221200	2412.60
20	224	149	15	17	0	21	22.72	3330400	4285.57
21	149	141	3	20	0	22	21.57	172800	529.69
22	141	129	2	21	0	23	23.72	269600	822.22
23	129	65	1	22	0	24	18.09	3138000	4246.48
24	65	37	19	23	0	25	1.99	2050800	4048.01
25	37	30	14	24	0	0	1.33	1873600	1805.00

草湖溪-蘇拉颱風案例河床粒徑(F)

Size		Mixed	Transition	landslide
1	0.000038	0.003789	0.086222	0
2	0.000075	0.006296	0.01344	0
3	0.000106	0.005274	0.011275	0
4	0.00025	0.024498	0.052544	0
5	0.00042	0.028916	0.062392	0
6	0.00085	0.073117	0.159547	0
7	0.0017	0.144432	0.322576	0
8	0.00236	0.112054	0.25693	0
9	0.00476	0.406777	0.979965	0
10	0.0095	0.80021	2.128671	0
11	0.0112	0.285969	0.8198	0
12	0.0191	1.32183	4.134067	0
13	0.0254	1.045783	3.59841	0
14	0.0375	1.987924	7.357429	0
15	0.0508	2.153932	8.282784	0
16	0.11	9.197953	28.90748	0
17	0.25219	19.59816	42.82647	0
18	0.356651	12.28785	0	0
19	0.504381	14.57625	0	0
20	0.713302	15.59514	0	0
21	2	20.34385	0	0

篩網孔徑(m)共有 21 種

附錄四、旗山溪上游集水區水理模式初始值及基本資料設定

旗山溪上游-莫拉克颱風事件水理模式初始值設定(Intial)

參數	內容
191	//Nx//河道數目
1	//Nyc//河道橫斷面方向之 mesh 數(即流槽數)
382	//Nxs//斜面數(因河道左右各一個，故為河道數×2)
20	//Nys//斜面 mesh 數
0.3	//Da//土壤 A 層厚度(m)
0.5	//Db//土壤 B 層厚度(m)
0.0005	//Rka//土壤 A 層滲透係數(m/s)
0.00015	//Rkb//土壤 B 層滲透係數(m/s)
0.03	//Fscin//C 層滲透率之初始值(mm/h)
0.7	//Cmns//斜面的曼寧係數
0.03	//Cmn//流路的曼寧係數
2000	//Q0//參考地點(即最下游端)之流量==>此值會用來推估所有流路的河寬 Bw
0.2	//Dm1//一樣砂時之平均粒徑
0.4	//Em//交換層(mixed_layer)的厚度
0.4	//Ed//堆積層(deposited_layer)的厚度
25	//Nl//堆積層(deposited_layer)的總層數(只用於混合砂)
25	//Nbl//遷移層(transition_layer)正下方的堆積層(deposited_layer)之編號

旗山溪上游-莫拉克颱風事件水理模式初始值設定(Intial)

參數	內容
3600	//data_time//寫入輸出檔之時間間距
3600	//out_time//螢幕上顯示計算結果之時間間距
2	//J13//計算之類型：1 僅計算流量__2 考慮河床變動
2	//J16//河床材料種類：1 一樣砂__2 混合砂
2	//J23//流砂型態：1 表為僅掃流砂(bed_load)__2 表為掃流砂+浮游砂(suspended_load)
0.6	//Hsini//初期斜面水深
0.3	//Hcini//初期流路水深
3600	//Tp//雨量資料之時間間距(例如，3600 秒，即 1 小時 1 筆雨量資料)
121	//Nr//降雨 data 的總數(若每小時 1 筆，因由 0 開始，故如為 96 小時，應有 97 筆)
2	//Jls////是否考慮河道上有崩塌土方量：1 表不考慮__2 表要考慮(此時程式會去讀 Dzbf.inp 此檔之內容，亦即各河道上的崩塌土方量)
0	//Qmin//實施流砂計算的最低最下游端流量(亦即當流量大於此值時，才會用水+砂之模式計算，否此只會用純水的模式去算)
1	//Jgs//1 表全流域使用相同的粒徑分布，此時會去讀 F.inp 此檔。2 表流域內每條河川的粒徑分布均不同，此時除讀 F.inp 外，還會再讀 Fmixed.inp,Ftransition.inp 此二輸入檔
1	//JQr//1 表使用本程式內建的動力波方程式計算各河道之坡面逕流，2 表示由 Wcr 法之 Qcsr.inp 直接讀入各河道之坡面逕流
1	//JBw//1 表全部由公式來設定河寬，2 表先由公式外，亦可手動自設部份河寬(開 Bw_inp.inp 檔)

旗山溪上游-莫拉克颱風事件河道單元基本料(Input)

Dammy C	Zb01[I] (upstream elevation (m))	Zb02[I] (downstream elevation (m))	Iin1[I]	Iin2[I]	Iin3[I]	Iout1[I]	SPP (mean slope of watershed (deg))	SSS (Watershed area (m ²))	Cl[I] (River length (m))
1	2144	1871	0	0	0	97	34.54	1584800	868.54
2	1885	1871	0	0	0	97	30.34	804000	53.85
3	2142	1947	0	0	0	99	34.30	1735200	887.56
4	2030	1947	0	0	0	99	34.82	1094400	394.85
5	2428	1895	0	0	0	116	41.48	2022800	1372.11
6	3258	2422	0	0	0	98	39.34	3720000	2521.88
7	1960	1746	0	0	0	117	32.73	1236000	701.12
8	2374	1771	0	0	0	100	34.68	3715200	2624.86
9	2045	1771	0	0	0	100	39.37	1655200	1070.89
10	1914	1722	0	0	0	101	38.83	1129600	871.90
11	2218	1722	0	0	0	101	35.92	2286400	2042.86
12	3204	2422	0	0	0	98	42.59	3191200	2289.78
13	2028	1578	0	0	0	135	35.00	2361600	1979.45
14	1570	1565	0	0	0	138	34.65	838400	58.31
15	2553	2348	0	0	0	102	44.78	1363200	503.85
16	2424	2348	0	0	0	102	40.96	840800	193.85
17	2275	1534	0	0	0	144	35.38	2832400	2607.95
18	1888	1519	0	0	0	146	41.68	1278800	1495.91
19	1902	1446	0	0	0	140	35.09	2694400	2049.04
20	1470	1421	0	0	0	148	37.88	819200	170.29
21	2008	1580	0	0	0	133	36.56	2441600	1821.21
22	1596	1392	0	0	0	150	35.63	938800	471.25
23	1793	1353	0	0	0	143	36.50	2524400	1962.90
24	1570	1344	0	0	0	145	33.94	1417200	762.93
25	1504	1340	0	0	0	152	34.79	1156400	668.96
26	2174	1914	0	0	0	103	42.49	1951200	812.10
27	2195	1914	0	0	0	103	38.88	1609600	1032.32
28	1647	1242	0	0	0	154	33.82	2324000	1771.29
29	1864	1346	0	0	0	151	34.45	2176400	1452.99
30	2094	1408	0	0	0	149	36.63	3434800	2469.36
31	2090	1963	0	0	0	104	29.75	1064800	382.06
32	2164	1963	0	0	0	104	35.22	1962800	506.70
33	1671	1230	0	0	0	155	33.75	1402800	1278.30

旗山溪上游-莫拉克颱風事件河道單元基本料(Input)

Dammy C	Zb01[I] (upstream elevation (m))	Zb02[I] (downstream elevation (m))	Iin1[I]	Iin2[I]	Iin3[I]	Iout1[I]	SPP (mean slope of watershed (deg))	SSS (Watershed area (m2))	Cl[I] (River length (m))
34	1722	1575	0	0	0	105	34.05	1521600	502.28
35	1657	1575	0	0	0	105	38.23	1044400	320.21
36	2080	1192	0	0	0	156	36.31	10658000	6511.24
37	1693	1486	0	0	0	119	34.66	1168000	767.92
38	1699	1101	0	0	0	157	31.73	6004400	3442.83
39	2103	1793	0	0	0	106	34.72	3056800	1222.58
40	1870	996	0	0	0	161	32.96	4674000	4357.15
41	1770	1717	0	0	0	118	36.76	897600	130.00
42	1211	1027	0	0	0	160	34.14	1055600	407.23
43	2046	1793	0	0	0	106	34.46	3558800	1234.96
44	1200	977	0	0	0	163	36.72	1020400	667.01
45	1310	1130	0	0	0	141	35.75	877200	331.55
46	1665	1602	0	0	0	120	34.70	820400	192.37
47	1431	1369	0	0	0	128	33.00	822800	218.49
48	1549	922	0	0	0	165	37.78	5632800	3441.79
49	2138	2046	0	0	0	107	35.70	859600	217.05
50	1511	1444	0	0	0	121	33.71	1124400	198.49
51	2177	2046	0	0	0	107	38.04	995600	439.71
52	1220	1171	0	0	0	108	30.87	1022800	143.18
53	1691	1520	0	0	0	109	31.76	1547600	647.30
54	1677	1520	0	0	0	109	36.74	1604800	591.07
55	1584	808	0	0	0	169	29.39	1528400	1102.50
56	1457	1171	0	0	0	108	33.42	1962000	925.61
57	1366	821	0	0	0	168	41.85	3042000	2263.27
58	915	844	0	0	0	167	38.03	861600	210.95
59	1125	927	0	0	0	129	39.41	1257200	622.38
60	1124	778	0	0	0	171	37.64	1778800	1338.06
61	998	784	0	0	0	170	33.34	1008400	584.81
62	1442	1342	0	0	0	110	34.94	1160400	463.17
63	1486	1342	0	0	0	110	34.49	1100000	510.63
64	1314	1155	0	0	0	123	35.89	901600	318.49
65	1079	737	0	0	0	175	36.81	2415200	1439.88
66	1020	755	0	0	0	173	32.87	1307200	836.49

旗山溪上游-莫拉克颱風事件河道單元基本料(Input)

Dammy C	Zb01[I] (upstream elevation (m))	Zb02[I] (downstream elevation (m))	Iin1[I]	Iin2[I]	Iin3[I]	Iout1[I]	SPP (mean slope of watershed (deg))	SSS (Watershed area (m ²))	CI[I] (River length (m))
67	1675	1432	0	0	0	111	34.65	1084800	630.44
68	1739	1220	0	0	0	122	36.23	4144800	2728.05
69	933	700	0	0	0	176	28.09	2139600	990.89
70	1891	1432	0	0	0	111	36.20	2586800	1785.96
71	903	673	0	0	0	177	30.52	1162000	765.42
72	1554	1523	0	0	0	112	38.35	813200	102.96
73	1646	1523	0	0	0	112	36.12	1134800	453.39
74	1059	989	0	0	0	124	39.23	878000	222.43
75	937	629	0	0	0	179	25.85	1560000	1155.74
76	1305	1169	0	0	0	113	28.38	924400	440.37
77	1690	1169	0	0	0	113	35.49	3850800	2100.42
78	693	613	0	0	0	181	25.29	1003600	501.70
79	1102	617	0	0	0	180	30.48	2525600	1757.87
80	686	608	0	0	0	182	30.63	1200000	377.72
81	659	613	0	0	0	136	26.89	812800	214.27
82	837	824	0	0	0	134	32.86	994000	30.00
83	712	585	0	0	0	184	30.10	1028800	653.11
84	1821	1504	0	0	0	114	32.63	1557200	1191.87
85	1555	1504	0	0	0	114	36.16	1106400	218.28
86	1155	1052	0	0	0	130	34.81	898400	258.06
87	652	561	0	0	0	185	19.65	1317600	565.11
88	1623	1432	0	0	0	125	34.30	1075600	786.22
89	687	552	0	0	0	187	28.36	1231200	1205.22
90	1515	560	0	0	0	186	34.66	7195200	6625.36
91	736	534	0	0	0	188	24.74	1160000	990.76
92	1610	1431	0	0	0	115	33.65	973600	481.58
93	706	520	0	0	0	189	26.75	1244800	1039.04
94	1570	1431	0	0	0	115	35.38	1171600	504.89
95	1519	691	0	0	0	126	32.72	3862400	2844.72
96	1219	497	0	0	0	191	32.11	3605600	3903.66
97	1871	1746	1	2	0	117	35.05	473200	758.64
98	2422	1895	6	12	0	116	44.87	2584000	2335.41

旗山溪上游-莫拉克颱風事件河道單元基本料(Input)

Dammy C	Zb01[I] (upstream elevation (m))	Zb02[I] (downstream elevation (m))	Iin1[I]	Iin2[I]	Iin3[I]	Iout1[I]	SPP (mean slope of watershed (deg))	SSS (Watershed area (m2))	CI[I] (River length (m))
99	1947	1796	3	4	0	131	24.34	262000	856.85
100	1771	1644	8	9	0	132	32.85	638800	949.87
101	1722	1622	10	11	0	142	32.74	806400	695.67
102	2348	1702	15	16	0	137	37.94	2674400	3041.57
103	1914	1821	26	27	0	127	40.43	129600	507.56
104	1963	1821	31	32	0	127	35.17	442800	782.95
105	1575	1486	34	35	0	119	35.48	595200	469.31
106	1793	1717	39	43	0	118	36.85	556000	575.68
107	2046	1602	49	51	0	120	36.42	3750800	2057.92
108	1171	963	52	56	0	164	35.32	1593600	1330.08
109	1520	1444	53	54	0	121	34.39	207600	479.59
110	1342	1220	62	63	0	122	39.24	223600	569.40
111	1432	1155	67	70	0	123	36.21	544000	958.40
112	1523	738	72	73	0	174	31.41	4629600	3482.06
113	1169	989	76	77	0	124	28.87	1212800	882.59
114	1504	1432	84	85	0	125	30.36	381200	495.71
115	1431	691	92	94	0	126	32.36	5439600	5128.53
116	1895	1796	5	98	0	131	36.12	1576400	1091.76
117	1746	1644	7	97	0	132	33.49	210800	565.57
118	1717	1096	41	106	0	158	36.31	8303600	6246.50
119	1486	991	37	105	0	162	35.75	3921200	2879.78
120	1602	1243	46	107	0	139	35.62	3306800	2860.91
121	1444	1369	50	109	0	128	35.81	254800	501.11
122	1220	927	68	110	0	129	40.42	1047600	1453.71
123	1155	762	64	111	0	172	39.00	736000	1683.87
124	989	660	74	113	0	178	35.14	2560800	2213.69
125	1432	1052	88	114	0	130	35.64	1303200	1422.87
126	691	514	95	115	0	190	33.18	2035200	2146.06
127	1821	1580	103	104	0	133	32.50	2710800	1911.44
128	1369	1243	47	121	0	139	32.45	649200	897.52
129	927	876	59	122	0	166	36.50	60400	385.24
130	1052	824	86	125	0	134	33.56	1758000	1292.97
131	1796	1702	99	116	0	137	31.42	694800	822.74

旗山溪上游-莫拉克颱風事件河道單元基本料(Input)

Dammy C	Zb01[I] (upstream elevation (m))	Zb02[I] (downstream elevation (m))	lin1[I]	lin2[I]	lin3[I]	Iout1[I]	SPP (mean slope of watershed (deg))	SSS (Watershed area (m ²))	Cl[I] (River length (m))
132	1644	1578	100	117	0	135	31.80	440800	656.20
133	1580	1506	21	127	0	147	34.59	297200	592.26
134	824	613	82	130	0	136	27.40	854800	1587.45
135	1578	1565	13	132	0	138	28.33	15200	139.03
136	613	591	81	134	0	183	10.53	17200	156.57
137	1702	1622	102	131	0	142	31.59	942000	1393.08
138	1565	1446	14	135	0	140	34.58	1460000	1711.65
139	1243	1130	120	128	0	141	33.92	1363600	1553.17
140	1446	1353	19	138	0	143	30.77	1179200	1165.85
141	1130	1037	45	139	0	159	36.47	904000	1136.20
142	1622	1534	101	137	0	144	31.85	910400	1006.25
143	1353	1344	23	140	0	145	25.60	31200	144.72
144	1534	1519	17	142	0	146	34.41	172400	266.95
145	1344	1262	24	143	0	153	33.96	1186000	1493.67
146	1519	1506	18	144	0	147	23.59	32000	170.88
147	1506	1421	133	146	0	148	36.43	1457200	1618.57
148	1421	1408	20	147	0	149	31.90	186800	256.20
149	1408	1392	30	148	0	150	32.87	162400	357.91
150	1392	1346	22	149	0	151	38.27	733600	1041.62
151	1346	1340	29	150	0	152	35.45	76800	278.25
152	1340	1262	25	151	0	153	36.02	1331200	1881.43
153	1262	1242	145	152	0	154	31.45	886800	728.31
154	1242	1230	28	153	0	155	33.93	662800	413.69
155	1230	1192	33	154	0	156	32.62	2272400	1386.33
156	1192	1101	36	155	0	157	35.33	2933200	3091.24
157	1101	1096	38	156	0	158	27.95	117200	310.50
158	1096	1037	118	157	0	159	30.04	4422000	2562.71
159	1037	1027	141	158	0	160	38.77	556000	525.83
160	1027	996	42	159	0	161	38.48	1129200	1313.80
161	996	991	40	160	0	162	27.14	32400	196.20
162	991	977	119	161	0	163	32.93	564400	906.89
163	977	963	44	162	0	164	35.63	1399600	1004.39
164	963	922	108	163	0	165	33.29	1282800	1300.72

旗山溪上游-莫拉克颱風事件河道單元基本資料(Input)

Dammy C	Zb01[I] (upstream elevation (m))	Zb02[I] (downstream elevation (m))	Iin1[I]	Iin2[I]	Iin3[I]	Iout1[I]	SPP (mean slope of watershed (deg))	SSS (Watershed area (m ²))	CI[I] (River length (m))
165	922	876	48	164	0	166	33.16	2385600	1765.65
166	876	844	129	165	0	167	34.80	1688800	1167.38
167	844	821	58	166	0	168	35.32	820000	1081.77
168	821	808	57	167	0	169	44.12	1087600	605.12
169	808	784	55	168	0	170	33.88	721600	908.35
170	784	778	61	169	0	171	31.29	143600	354.89
171	778	762	60	170	0	172	35.82	1183200	1002.11
172	762	755	123	171	0	173	33.04	163200	327.93
173	755	738	66	172	0	174	35.72	868800	1034.10
174	738	737	112	173	0	175	27.74	76000	188.28
175	737	700	65	174	0	176	33.85	3645600	2020.01
176	700	673	69	175	0	177	33.64	1409600	1243.30
177	673	660	71	176	0	178	30.43	1067600	754.93
178	660	629	124	177	0	179	29.97	1732400	1614.28
179	629	617	75	178	0	180	21.02	676800	721.67
180	617	613	79	179	0	181	17.62	160800	274.03
181	613	608	78	180	0	182	21.73	683200	444.51
182	608	591	80	181	0	183	21.49	1479200	1096.43
183	591	585	136	182	0	184	18.49	685600	485.06
184	585	561	83	183	0	185	20.94	3096800	2111.64
185	561	560	87	184	0	186	16.06	148400	323.25
186	560	552	90	185	0	187	22.39	1132800	460.00
187	552	534	89	186	0	188	20.48	2981600	1414.53
188	534	520	91	187	0	189	20.66	1220800	1147.66
189	520	514	93	188	0	190	21.96	871600	344.60
190	514	497	126	189	0	191	20.11	2705200	1716.57
191	497	485	96	190	0	0	22.52	718800	794.45

旗山溪上游-莫拉克颱風案例河床粒徑(F)

Size		Mixed	Transition	landslide
1	0.000038	0.086222	0.086222	0
2	0.000075	0.01344	0.01344	0
3	0.000106	0.011275	0.011275	0
4	0.00025	0.052544	0.052544	0
5	0.00042	0.062392	0.062392	0
6	0.00085	0.159547	0.159547	0
7	0.0017	0.322576	0.322576	0
8	0.00236	0.25693	0.25693	0
9	0.00476	0.979965	0.979965	0
10	0.0095	2.128671	2.128671	0
11	0.0112	0.8198	0.8198	0
12	0.0191	4.134067	4.134067	0
13	0.0254	3.59841	3.59841	0
14	0.0375	7.357429	7.357429	0
15	0.0508	8.282784	8.282784	0
16	0.11	28.90748	28.90748	0
17	0.25219	42.82647	42.82647	0
18	0.356651	0	0	0
19	0.504381	0	0	0
20	0.713302	0	0	0
21	2	0	0	0

篩網孔徑(m)共有 21 種

附錄五、年度研討會成果論文議程及摘要

社團法人中華水土保持學會 105 年度年會議程

時間： 105 年 11 月 26 日(星期六)
地點： 國立中興大學水土保持學系一館階梯教室
主辦單位： 社團法人中華水土保持學會
協辦單位： 行政院農業委員會水土保持局、臺北市政府工務局大地工程處、經濟部中央地質調查所、國立中興大學水土保持學系、國立屏東科技大學水土保持系、逢甲大學地理資訊系統研究中心、逢甲大學營建及防災研究中心、臺灣省水土保持技師公會、台北市水土保持技師公會、中華民國水土保持技師公會全國聯合會、新北市水土保持技師公會、臺中市水土保持技師公會、高雄市水土保持技師公會、中興工程顧問社

時間	議題	主講人	主持人		
09：00-09：30	報到及分發資料				
09：30-09：40	開幕	社團法人中華水土保持學會段理事長錦浩			
09：40-09：50	105 年度褒獎活動頒獎	段理事長錦浩			
09：50-10：00	會務報告與討論	周常務監事天穎			
10：10-10：50	學者專家經驗交流	東吳大學巨量資料管理學院客座講座教授 張善政博士	國立中興大學農業暨自然資源學院 陳樹群院長		
10：50-11：10	茶敘/交流				
11：10-11：40	事業獎經驗分享	農業委員會水土保持局 林長立副局長	農業委員會水土保持局 李鎮洋局長		
11：40-12：10	學術獎專題報告	國立屏東科技大學水土保持系 許中立教授	黃常務理事宏斌		
12：10-13：20	水保工作坊 Workshop I / II / III		午餐		
13：20-14：50	水土保持研討會(含 105 年度論文獎宣讀)				
	論文宣讀(一) 水土保持學系 一館一樓 階梯教室	論文宣讀(二) 水土保持學系 二館一樓 大二教室	論文宣讀(三) 水土保持學系 二館一樓 大三教室	論文宣讀(四) 水土保持學系 土石流防災中心	學生論文競賽 水土保持學系 二館一樓 大四教室
	中興大學水土保持學系 張光宗主任	台灣大學生物環境系統工程學系 林裕彬主任	嘉義大學土木及水資源工程學系 陳建元教授	屏東科技大學水土保持系 許中立主任	林昭遠教授 連惠邦教授 黃宏斌教授 張三郎委員 李木青委員
14：50-15：10	茶敘/交流				
15：10-16：40	論文宣讀(一) 水土保持學系 一館一樓 階梯教室	論文宣讀(二) 水土保持學系 二館一樓 大二教室	論文宣讀(三) 水土保持學系 二館一樓 大三教室	論文宣讀(四) 水土保持學系 土石流防災中心	學生論文競賽 水土保持學系 二館一樓 大四教室
	中華民國水土保持技師公會 全國聯合會 黃志彰理事長	台灣省水土保持技師公會 王冬成理事長	台北市水土保持技師公會 陳智誠理事長	台中市水土保持技師公會 蕭國亮理事長	林昭遠教授 連惠邦教授 黃宏斌教授 張三郎委員 李木青委員
16：40-16：50	摸彩			王監事德鏞、黃技師志彰	
16：50-17：00	閉幕式			周常務監事天穎 段理事長錦浩	

註：論文宣讀每場報告 12 分鐘，提問 3 分鐘。

註：論文宣讀每場報告 12 分鐘，提問 3 分鐘。

水保年會議程

使用 QPESUMS 雨量資料建立坡地災害降雨警戒模式

陳振宇^{[1]*} 劉維則^[2] 莊志展^[3] 陳國威^[3]

摘 要 建立以雨量為基礎之土砂災害警戒模式，其關鍵在於如何選定適當的雨量指標，以及如何建立警戒臨界值(線)。台灣自 2005 年起正式採用降雨驅動指標(Rainfall Triggering Index, RTI)建立各鄉鎮之雨量警戒值，並建立土石流紅、黃警戒發布機制，十年來已有效降低民眾傷亡。惟 RTI 模式採用的有效累積雨量，係以逐日折減方式納入前七日之降雨，在某些特殊型態之雨場(如長延時、低強度)時，常導致警戒誤報率偏高。為此，本研究提出以逐時折減之有效累積雨量計算方式，並據以求出自 2005 年起氣象局 QPESUMS 各網格之歷史最大有效累積雨量，配合災後航遙測影像判識結果，以及水土保持局歷年重大土砂災例調查報告，建立各網格之坡地災害雨量警戒值。以 2015 年蘇迪勒颱風新店及烏來山區為例，本研究建立之警戒模式可有效預測災害發生之時間及區域。

關鍵詞：坡地災害、預警系統、QPESUMS、有效累積雨量。

A Rainfall-based Warning Model for Predicting Landslides Using QPESUMS Rainfall Data

Chen-Yu Chen^{[1]*} Wei-Ze Liou^[2] Chih-chan Chuang^[3] Kuo-Wei Chen^[3]

ABSTRACT To establish a rainfall-based warning system for sediment disaster, how to select an appropriate rainfall index and demarcate the critical line is the essential procedure. The Rainfall Triggering Index (RTI) model was adopted to set up the critical rainfall for each township since 2005 in Taiwan, and the debris-flow warning system based on the RTI model is successful in reducing the casualty. However, the antecedent rainfall using the deduction coefficient of "t" days in the RTI model would cause the false alert rate higher in some rainfall patterns (e.g., long-term duration and lower rainfall intensity). This study suggests a modified method to calculate the antecedent rainfall and effective accumulated rainfall to improve above-mentioned problems, and we also propose a novel model, which uses the QPESUM data for the past decade, the identified results of remote-sensing image, and the disaster records, to predict landslides. In the case study of Xindian and Wulai District during Typhoon Soudalar in 2015, the new warning model could offer well-predicting for occurring time and areas of landslides.

Key Words: Sediment disaster, landslide, warning system, QPESUMS, accumulated rainfall.

崩塌事件發生緊急判識與土砂量估算-以莫蘭蒂颱風造成台東紅葉崩塌事件為例

黃奉琦^{[1]*} 李苡宣^[2] 劉維則^[2] 陳國威^[3] 莊志展^[3]

摘要 崩塌屬於一種自然演化現象，是地形演育的必要作用，當人類活動範圍已擴及至較高海拔時，常面臨崩塌所帶來的災害威脅。因此，藉由以往已發生的崩塌案例，分析其地理特性、地質條件、災害影響範圍等，不僅可瞭解崩塌地之災害承受差異性，亦可供後續崩塌防災策略研擬之參考。本研究以 2016 年 9 月 15 日臺東縣延平鄉紅葉村地區發生的崩塌事件為研究案例，以遙測技術建立崩塌發生後之區域地表數值模型(DSM)，以此與發生崩塌前之地表模型(DEM)進行比對，並推算此次崩塌所產生的土方量及地形變化量。研究結果呈現，首先重建災後三維地形模型，此為依據進行崩塌前後地表高程差的比較，進而得到崩塌土砂量，其結果為，崩塌區內平均陷落高程差為 6.13 公尺，其中最大崩塌深度為 17.54 公尺，最終統計整個崩塌範圍內所崩塌之土石量為 300157 立方公尺。

關鍵詞：數值地表模型、數值高程模型、無人飛行載具、崩塌土砂量計算。

Emergency Assessment and Evaluation of landslides Volume - The Case Study in Hongye Village During Typhoon Meranti

Feng-Chi Huang^{[1]*} Yi-Hsuan Lee^[2] Wei-Ze Liou^[2] Kuo-Wei Chen^[3] Chih-chan Chuang^[3]

ABSTRACT Landslide is a natural evolutionary phenomenon and necessary for the topographic evolution. When human being behave ranging to higher altitude, disasters of landslide hazard often influence people. Therefore, the study uses the happened landslide cases to analyze the geographical characteristics, geological conditions and the scope of disaster impact. Not only realizing the disaster tolerance difference of landslide, but providing reference for disaster prevention strategy. This study uses the landslide case of Taitung Hongye Village, happened on Sep.15, 2016. The study compares the digital surface model, which made by UAV aerial photos, and the digital elevation model before and after the landslide, and evaluates the landslide earthwork and change in terrain. The study rebuilds the 3D model, compare the elevation difference and determine the landslide amount of sand. The results show that the landslide area mean elevation difference is 6.13 m², including the deepest 17.54 m². Last, the amount of the landslide producing sand is 300157 m³.

Key Words: DSM, DEM, UAV, landslide earthwork evaluate

[1] 財團法人農業科技研究院博士後研究員 (* 通訊作者 E-mail: fchuang@mail.swcb.gov.tw)

Postdoco, Agricultural Technology Research Institute, Taiwan

[2] 財團法人農業科技研究院研究助理

Research Assistant, Agricultural Technology Research Institute, Taiwan

[3] 行政院農業委員會水土保持局副工程司

Associate Engineer, Soil & Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan

