

集水區崩塌地治理優選之研究—以林邊溪集水區為例

林昭遠⁽¹⁾ 林峻達⁽²⁾

摘 要

民國 98 年莫拉克颱風帶來豐沛雨量，重創台灣中南部地區，造成南投縣信義鄉、嘉義縣阿里山鄉、高雄縣高屏溪與荖濃溪集水區等國有林地之崩塌災害，危害下游人民生命財產安全與國家基礎建設，災後復建與整治工程實為刻不容緩。南投、嘉義、屏東與台東等四個林區管理處國有林班地範圍，總面積約為 754,612 公頃，推估莫拉克颱風造成之崩塌面積約為 25,637 公頃，土砂量約為 15 億立方公尺，幅員廣闊治理不易，考量各林管處崩塌最為嚴重之林班地，依其下游所對應最鄰近之村落為保全對象劃定集水區。本研究以林邊溪集水區為例，應用動態萃取崩塌地系統，萃取地文水文資訊並建立與保全對象之關聯性，評估治理區位重點之優先順序，期望以極短時間內將有限人力與經費，發揮最高之成效。

(**關鍵詞**：集水區崩塌地、影像處理、治理優選)

Optimization of treatment priority for watershed landslides — A case study of Linbian Creek watershed

Chao-Yuan Lin⁽¹⁾ *Chun-Da Lin*⁽²⁾

Professor⁽¹⁾, Graduate student⁽²⁾, Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, 402, R.O.C.

ABSTRACT

Typhoon Morakot brought abundant rainfall and seriously hit central and southern Taiwan. Several state-owned forest lands in Sinyi Township of Nantou County, Alishan Township of Chiayi County, Creek watershed of Kaoping and Laonong in Kaohsiung County suffered landslide hazards. Safety of life and property in downstream areas and national infrastructure are all threatened. The post-disaster reconstruction and treatment projects are indeed to be of great urgency. The governing ranges of Forest District Office including Nantou, Chiayi, Pingtung and Taitung for the state-owned forest land have the total area of about 754,612 hectares. Among them, area of Morakot induced landslides is 25,637 hectares and the sediment yield is about $1.5 \times 10^9 \text{m}^3$. Due to the vast areas need to be treated,

(1)國立中興大學水土保持學系教授(通訊作者 e-mail : cylin@water.nchu.edu.tw)

(2)國立中興大學水土保持學系碩士班研究生

only the severe sites of landslides are selected and their downstream nearby villages are considered to delineate the interest watershed. This study took Linbian Creek watershed as an example to extract the information of morphology and hydrology, to establish the orientation of protected targets, and to optimize the sites of priority treatment for the hope of achieving the most benefits in a short period of time and limited funds.

(Keywords : Watershed landslide, image processing, treatment priority)

前言

台灣地區位處於太平洋與歐亞板塊擠壓帶，因此造山運動與地震頻繁，使島內有高山林立、地勢陡峻、地質破碎等特性，全台更有 70% 以上為山坡地。台灣為亞熱帶季風氣候區，五、六月為梅雨季節，而七至九月為颱風季節，每年約有三至四個颱風過境，帶來豐沛雨量乃島內水資源之重要來源。近年來全球暖化導致氣候發生異常，使海水溫度上升，海洋暖化讓更多熱帶氣旋進化成颱風，而颱風之威力亦隨之而增強，造成雨勢集中降雨時程延長，以致崩塌、地滑、土石流、水患等災害頻傳。

近年來林務局執行國土保育防災業務，對於各國有林地治理與災後復育、林道改善與維護等相關工作不遺餘力，惟地震、颱風、豪雨等不利因素，使山崩、地滑、土石流等災害頻傳，而國有林地幅員廣闊治理與復育不易，因此可應用動態崩塌地萃取模式，供災後初期迅速掌握與瞭解崩塌區位，並透過地文水文資訊及相關屬性資料計算，配合保全對象等相關 GIS 圖資，依據其重要性，採用多目

標決策系進行治理優先順序評估，其結果可供治理單位於有限人力物力下，將整治效益達到最高成效，本文以林邊溪集水區為例，應用動態崩塌地萃取模式，提供轄區之崩塌地治理優先順序之建議與參考。

系統建置

1. 系統建置

一、動態萃取國有林崩塌地基本資料軟體系統

動態萃取國有林崩塌地基本資料軟體系統係以地理資訊元件 (MapObject) 為核心，搭配 C++ Builder 程式設計軟體自行開發 GIS 整合圖台，所支援之 GIS 檔案格式，包括 ESRI Shapefiles, Erdas Image Files (*.LAN, *.GIS, *.IMG), World Files (*.TIF, *.BMP, *.JPG, *.SID 等) 及 CAD Files 等，為配合後續之崩塌地治理規劃評估作業，「國有林崩塌地處理對策及治理規劃評估系統」，除可動態萃取國有林崩塌地基本資料外，另提供分析、查詢、展示及列印之用；系統架構詳圖 1，系統模組主要為集水區分析及模組分析等，其功能說明如下：

- A. 檔案管理：包括檔案的建置、儲存及地圖的匯出等。
- B. 集水區分析：包括網格處理、地形分析、水系網萃取、集水區劃分等。
- C. 模組分析：包崩塌地萃取、地文水文分析、坡面泥砂產量推估、河道泥砂產量推估及治理優先順序評估等。

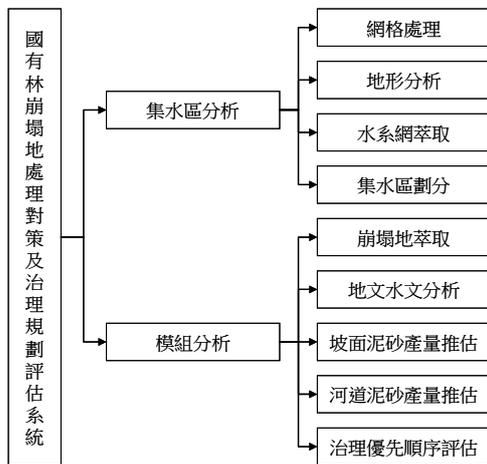


圖 1 國有林崩塌地處理對策與治理規劃評估系統架構

Figure 1 Assessment systems for strategy and treatment planning of state-owned forest land

二、系統功能

國有林崩塌地處理對策及治理規劃評估系統主要功能係以集水區自動劃分理論為基礎，藉由地理資訊系統之空間分析方法結合數值高程模型 (DEM) 可進行坡度流向計算、集水區劃分與水系網萃取等，並可輸入集水

區土地利用現況與水文資料，自動推導出集水區地文水文因子，並利用衛星影像資料萃取崩塌地與推估土壤沖蝕量，配合集水區空間資訊與水文資訊推導集水區土砂生產量，以供進行治理優先順序之評估。

2. 崩塌地動態萃取

在萃取崩塌區位之前，先對崩塌地之光譜反射進行分析，以瞭解其光譜特性，做為崩塌區位萃取之依據。本研究係以多期 SPOT 衛星影像資料結合影像相減法計算崩塌前後之差異影像。應用崩塌地特性分析、影像加減法、變遷門檻值萃取崩塌地、Kappa 準確度評估等，由上述之崩塌地萃取與精確推估後，進行崩塌地編號、行政區位、形心座標與崩塌面積等基本資料之建立。

3. 地文水文分析

地形分析包含坡度計算與流向計算，而集水區之劃分方法則有門檻值集水區劃分、動態集水區劃分、河川級序集水區劃分、限定面積劃分等，劃分後再分析集水區特性。

4. 土砂生產量推估

集水區土砂來源主要分為二大部分：1. 坡面泥砂遞移量 2. 崩塌地泥砂遞移量。其中總體泥砂量推估可透過河道輸砂而產生；對於保全對象之影響，則採用遞移率的觀念加以計算。利用通用土壤流失公式推算集水區之坡面土壤流失量，再以單一場次暴雨

之雨量與年平均雨量比值換算推估該場暴雨產生之土壤流失量。

5. 崩塌地治理區位優選

崩塌地治理區位優選係以多目標決策模式進行評估，包括階層程序分析法評估決策者或使用之因子權重，種類有崩塌規模、道路距離、離建物之距離等等.. 輔以 PROMETHEE 模式計算各崩塌地之治理優先順序。

結果與討論

1. 基本資料

一、地理位置

林邊溪集水區為林邊溪流域之支流集水區，位於屏東縣來義鄉來義村，西鄰丹林村、古樓村，南與南和村相連，東接台東縣金峰鄉壠坵村，北接義林村。地勢為東高西低，以來社溪為主流，與瓦魯斯溪匯流後共同匯入林邊溪，集水區面積約為 4,389



圖 2 林邊溪集水區地理位置
Figure 2 Location of Linbian Creek watershed

公頃，區位分布如圖 2 所示。

二、地形

集水區內地勢由西向東遞增，其中高程主要分布在 300-1,500 公尺之間，約佔集水區面積之 80.27%；坡度以六級坡為主，約佔 53.73%，其次為五級坡和七級坡，各佔 17.41% 和 14.40%；坡向呈均勻分布，其地形分布如圖 3~圖 5、表 1 所示。

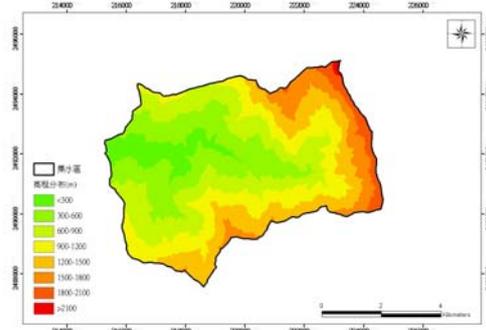


圖 3 林邊溪集水區高程分布
Figure 3 Spatial distribution of elevation in Linbian Creek watershed

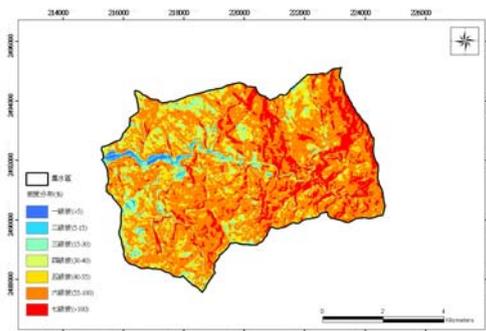


圖 4 林邊溪集水區坡度分布
Figure 4 Spatial distribution of slope in Linbian Creek watershed

三、土地利用

依據國土測繪中心於民國 97 年所繪製之土地利用現況，天然林及人工林面積約為 4,132 公頃，佔集水區面積 94.13%；其次為裸露地和農作，分別佔集水區面積 2.13%和 1.41%，詳如圖 6 及表 2 所示。

四、保全對象

林邊溪集水區位於為屏東縣來義鄉來義村，保全對象大多分布於來社溪集水區下游處，聯外道路以屏 110

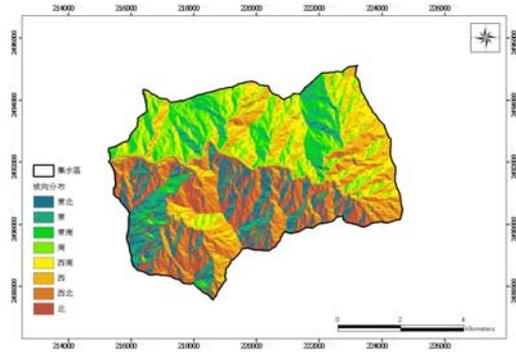


圖 5 林邊溪集水區坡向分布
 Figure 5 Spatial distribution of aspect in Linbian Creek watershed

表 1 林邊溪集水區地形分析統計

Table 1 Statistics of morphological classification

高程分布			坡度分布			坡向分布		
高程 (m)	面積 (ha)	比例 (%)	坡度	面積 (ha)	比例 (%)	坡向	面積 (ha)	比例 (%)
<300	310.36	7.07	一級坡	30.12	0.69	東北	482.96	11.00
300-600	915.36	20.85	二級坡	70.44	1.60	東	394.76	8.99
600-900	1026.68	23.39	三級坡	228.04	5.19	東南	420.76	9.58
900-1200	848.36	19.32	四級坡	306.20	6.97	南	572.16	13.03
1200-1500	733.56	16.71	五級坡	764.28	17.41	西南	641.68	14.62
1500-1800	387.56	8.83	六級坡	2359.00	53.73	西	677.88	15.44
1800-2100	155.80	3.55	七級坡	632.16	14.40	西北	574.00	13.07
>2100	12.56	0.29				北	626.04	14.26

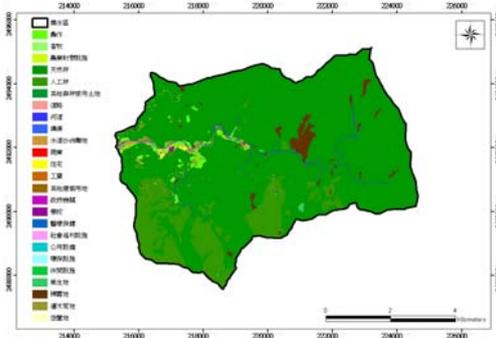


圖 6 林邊溪集水區土地利用
Figure 6 Spatial distribution of land use in Linbian Creek watershed

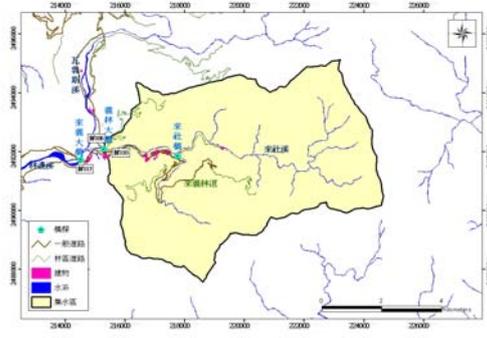


圖 7 林邊溪集水區保全對象分布
Figure 7 Spatial distribution of protected targets in Linbian Creek watershed

表 2 林邊溪集水區土地利用統計

Table 2 Statistics of land use in Linbian Creek watershed

土地利用類別	面積(ha)	比例(%)	土地利用類別	面積(ha)	比例(%)
農作	62.06	1.41	其他建築用地	0.83	0.02
畜牧	0.02	0.00	政府機關	0.12	0.00
農業附帶設施	0.57	0.01	學校	1.74	0.04
天然林	3503.66	79.82	醫療保健	0.01	0.00
人工林	627.95	14.31	社會福利設施	0.17	0.00
其他森林使用土地	1.20	0.03	公用設備	0.09	0.00
道路	17.85	0.41	環保設施	0.02	0.00
河道	32.41	0.74	文化設施	0.94	0.02
溝渠	0.44	0.01	草生地	3.86	0.09
水道沙洲灘地	9.41	0.21	裸露地	93.33	2.13
商業	1.31	0.03	灌木荒地	24.26	0.55
住宅	5.79	0.13	空地	1.07	0.02
工業	0.37	0.01			

縣道為主，境內來有義林道分布其中，莫拉克風災使來義林道有交通中

斷之情況。橋樑、道路與建物等保全對象分布如圖 7 所示。

五、崩塌地

利用中央大學福衛二號衛星影像判釋結果，將莫拉克颱風前後崩塌地資料進行分析，得知林邊溪集水區於莫拉克颱風後新增崩塌面積約為 378 公頃；另利用由中央遙測中心購得之 2009/10/28 及 2010/10/24 SPOT 衛星

影像，即時分析 99 年 9 月凡那比颱風過後之新增崩塌區位，崩塌分布及量體估算如圖 8 及表 3 所示。莫拉克崩塌造成大面積地表裸露，土方堆積於坡面上仍處於不穩定狀態，在凡那比颱風過後崩塌區位仍有擴大之情勢，豐富料源配合颱風暴雨可能形成土石流對下游地區造成危害。

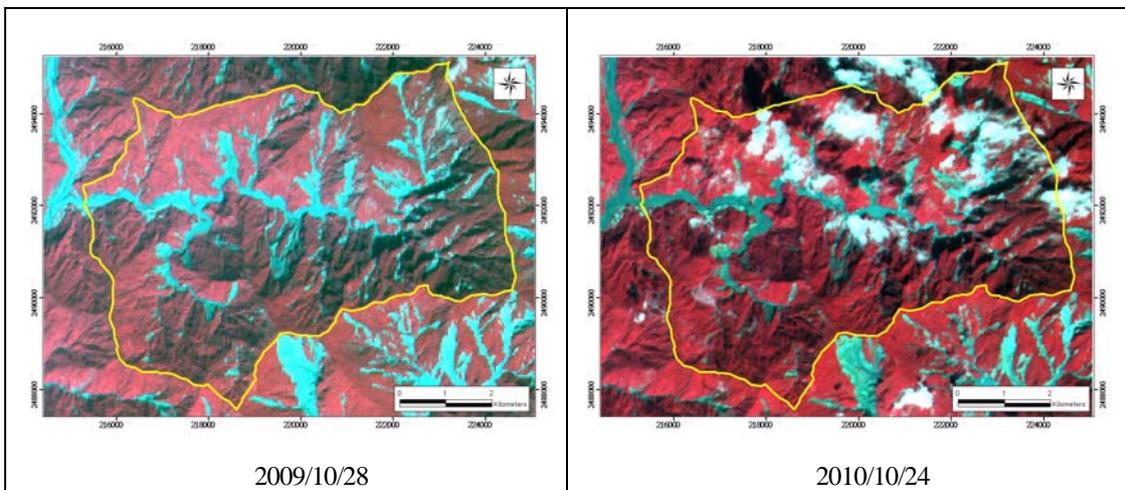


圖 8 林邊溪集水區 SPOT 衛星影像

Figure 8 SPOT satellite images of Linbian Creek watershed

表 3 林邊溪集水區崩塌量

Table 3 Information of landslides in Linbian Creek watershed

	崩塌面積 (ha)	崩塌量 (m ³)	平均崩塌深度 (m)
莫拉克	377.76	21,694,209	5.74
凡那比	8.08	103,244	1.28
合計	385.84	21,797,453	

2. 地文分析

集水區之地文水文資訊可供集水區土砂災害防治、水土資源保育、以及綠環境營造之重要規劃或設計之參

考依據。依主、支流交界作為控制點劃分集水區作為分析單元，萃取集水區地文水文及土砂資訊供集水區治理規劃參考。集水區分布與地文水文資

訊如圖 9 及表 4 所示。

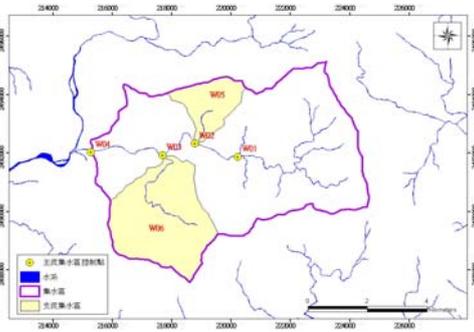


圖 9 林邊溪上游控制點集水區分布
 Figure 9 Sub-watersheds derived from the outlets as the control points in Linbian Creek watershed

3. 水文分析

蒐集經濟部水利署之新來義雨量站資訊（圖 10），作為林邊溪集水區平均雨量資料分析之用。

一、年平均雨量

選用各雨量站之年平均雨量記錄時間為 1980~2009 年間，採用之雨量記錄共計 30 年。分析結果顯示平均年雨量為 3,601 毫米，最大年雨量為 2005 年 5,163 毫米；最小年雨量為

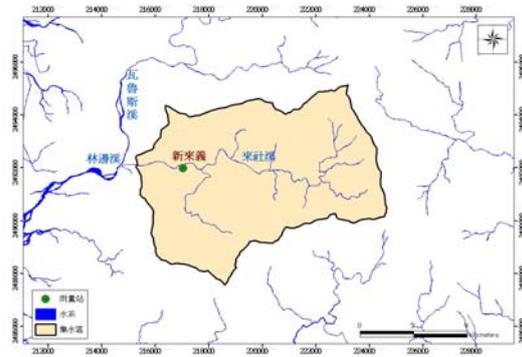


圖 10 林邊溪集水區雨量站分布
 Figure 10 Rainfall station in Linbian Creek watershed

表 4 林邊溪集水區地文水文資訊

Table 4 Topographic and hydrological information of Linbian Creek watershed

(1)尺度類因子								
編號	集水區面積 (km ²)	集水區周長 (km)	集水區長度 (km)	河川主流長度 (km)	河川總長度 (km)	河川數量	平均高程 (m)	起伏量 (m)
w01	19.74	25.60	4.42	6.43	16.35	15.00	1222.42	1985
w02	22.97	26.00	5.22	8.26	18.19	15.00	1144.92	2053
w03	28.59	29.76	6.38	10.22	21.82	17.00	1045.26	2116
w04	43.90	38.72	8.51	13.12	29.76	19.00	930.51	2171
w05	3.07	10.12	2.63	1.62	1.64	1.00	763.19	1335
w06	10.01	17.08	3.83	5.01	5.03	1.00	870.19	1464

表 4 林邊溪集水區地文水文資訊(續)

Table 4 Topographic and hydrological information of Linbian Creek watershed (continued)

(2)梯度類因子			(3)形狀類因子					(4)網路類因子	
編號	平均 坡度 (%)	起伏比	集水區 寬度 (km)	形狀 因子	密集度	圓比值	細長比	水系 密度	河川 頻率
w01	81.31	0.45	3.07	0.48	0.61	0.38	1.13	0.83	0.76
w02	79.22	0.39	2.78	0.34	0.65	0.43	1.04	0.79	0.65
w03	75.84	0.33	2.80	0.27	0.64	0.41	0.95	0.76	0.59
w04	70.83	0.26	3.35	0.26	0.61	0.37	0.88	0.68	0.43
w05	67.57	0.53	1.90	1.17	0.61	0.38	0.75	0.53	0.33
w06	65.54	0.45	2.00	0.40	0.66	0.43	0.93	0.50	0.10

表 4 林邊溪集水區地文水文資訊(續)

Table 4 Topographic and hydrological information of Linbian Creek watershed (continued)

(5)水文因子											
編號	漫地流 時間 (min)	渠道流 時間 (min)	集流 時間 (min)	I ₁₀	I ₂₅	I ₅₀	I ₁₀₀	Q ₁₀ (cms)	Q ₂₅ (cms)	Q ₅₀ (cms)	Q ₁₀₀ (cms)
#w01	1.57	15.62	17.19	118.86	135.54	148.16	160.78	488.74	557.34	609.23	661.12
#w02	1.57	21.25	22.82	114.02	130.02	142.13	154.23	545.54	622.11	680.04	737.96
#w03	1.57	27.82	29.39	109.02	124.32	135.89	147.47	649.32	740.45	809.40	878.34
#w04	1.57	38.88	40.45	101.83	116.13	126.94	137.75	931.41	1062.14	1161.03	1259.93
#w05	1.90	4.65	6.54	129.84	148.07	161.85	175.64	82.95	94.59	103.40	112.20
#w06	2.36	16.12	18.48	117.71	134.23	146.73	159.22	245.47	279.92	305.98	332.05

註：#集水區面積大於 1000ha，洪峰流量僅供參考。

1980 年 1,598 毫米（表 5）。

日暴雨量彙整如表 6。

二、最大一日報雨量

三、暴雨重現期分析

經統計 1980~2009 年之最大一日暴雨量以 2009 年 8 月 8 日(莫拉克颱風)之最大一日暴雨量(1,190 毫米)為歷年最大，其次為 2007 年 8 月 13 日 866 毫米，茲將本研究區內最大一

藉由海生點繪法計算求得 SE 之最小值則為最佳分佈，得一日最大暴雨以極端值一型分布為最適當之機率分佈，故選擇此分佈為採用值。其暴雨重現期分析結果如表 7 所示。

表 5 林邊溪集水區年雨量一覽表

Table 5 Summary of annual rainfall in Linbian Creek watershed

年	雨量(mm)	年	雨量(mm)	年	雨量(mm)
1980	1598	1990	4642	2000	3035
1981	4321	1991	3917	2001	4868
1982	3574	1992	3221	2002	2168
1983	2893	1993	1785	2003	2851
1984	2485	1994	3887	2004	3120
1985	4377	1995	2748	2005	5163
1986	3926	1996	3133	2006	3601
1987	4475	1997	4267	2007	4985
1988	2991	1998	3572	2008	4766
1989	3555	1999	3988	2009	4108

表 6 林邊溪集水區歷年最大日暴雨量

Table 6 Maximum daily rainfall for each year in Linbian Creek watershed

年	一日暴雨量 (mm)	年	一日暴雨量 (mm)	年	一日暴雨量 (mm)
1980	193	1990	430	2000	315
1981	571	1991	392	2001	398
1982	734	1992	399	2002	149
1983	220	1993	160	2003	411
1984	240	1994	382	2004	406
1985	367	1995	303	2005	529
1986	383	1996	609	2006	612
1987	675	1997	533	2007	866
1988	430	1998	374	2008	422
1989	457	1999	360	2009	1190

表 7 林邊溪集水區各重現期距之日雨量

Table 7 Daily rainfall calculated from different return periods in Linbian Creek watershed

重現期距	1.11	2	5	10	25	50	100	SE
二參數對數常態	231	406	595	728	901	1034	1170	57
三參數對數常態	231	406	595	727	901	1034	1170	58
皮爾遜三型分布	236	398	596	735	913	1046	1178	58
對數皮爾遜三型	227	412	603	730	891	1010	1129	60
極端值一型分布	184	417	637	783	967	1104	1239	56

4. 土砂量推估

集水區崩塌量及輸砂量最好能夠考量每一場歷史事件，惟時間越久之事件，其對集水區現況土砂空間分布之貢獻權重越小，本研究僅探討莫拉克颱風和凡那比颱風造成集水區崩塌

或土砂運移之事件，推估林邊溪集水區範圍內控制點集水區之土砂產量及沖淤情形，採用年平均雨量為 3,601 毫米，莫拉克颱風單場降雨量約為 2,487 毫米，凡那比颱風單場降雨量約為 995 毫米，以單場降雨量進行分析。

表 8 林邊溪集水區坡面泥砂產量

Table 8 Sediment yields of slope land in Linbian Creek watershed

集水區	X	Y	集水區面積 (ha)	年平均坡面泥砂產量 (ton/yr)	年平均沖刷深度 (cm)	莫拉克單場坡面泥砂產量 (m ³)	凡那比單場坡面泥砂產量 (m ³)
w01	220241	2491858	1,974	651,474	2.36	321,382	128,578
w02	218797	2492316	2,297	722,029	2.25	356,188	142,503
w03	217698	2491917	2,859	784,304	1.96	386,909	154,794
w04	215297	2492018	4,390	929,756	1.51	458,663	183,501
w05	218820	2492339	307	23,925	0.56	11,803	4,721
w06	217659	2491898	1,001	121,316	0.87	59,847	23,943

一、坡面土砂量

藉由通用土壤流失公式 (USLE)，配合 DEM 資料及衛星影像估算各集水

區之土壤流失量，並以土砂遞移率計算坡面土砂產量，推估各集水區土砂產量分布。以 2009 年 10 月 28 日之衛星影像推估各集水區坡面之年平均土

砂產量；另為配合崩塌地土砂產量分析，須以單場暴雨計算單場降雨對各分析區位之單場坡面泥砂產量(表8)。

二、崩塌地土砂遞移量

利用中央大學影像判釋分析後之

莫拉克新增崩塌區位，並利用2009/10/28與2010/10/24衛星影像判釋分析後之凡那比新增崩塌區位，計算崩塌區位之體積，配合崩塌地土砂遞移率，為安全規劃考量假設無遞移衰減之情況，集水區崩塌對分析區位之土砂產量如表9所示。

表9 林邊溪集水區崩塌地泥砂產量

Table 9 Sediment yields of landslides in Linbian Creek watershed

集水區	莫拉克		凡那比		合計	
	崩塌量(m ³)	崩塌泥砂產量(m ³)	崩塌量(m ³)	崩塌泥砂產量(m ³)	崩塌量(m ³)	崩塌泥砂產量(m ³)
w01	7,802,415	877,887	22,543	809	7,824,958	878,696
w02	12,402,351	1,375,304	22,543	809	12,424,893	1,376,113
w03	17,226,727	1,859,539	22,543	809	17,249,270	1,860,348
w04	21,694,209	2,452,201	103,244	4,336	21,797,453	2,456,536
w05	1,929,403	287,608	0	0	1,929,403	287,608
w06	3,605,181	470,743	80,701	3,527	3,685,882	474,270

表10 林邊溪集水區凡那比颱風後未輸出土砂量

Table 10 Non-output sediments in each control watershed after typhoon Fanapi

集水區	總崩塌量(m ³)	河道輸砂量(m ³)	未輸出土砂量(m ³)	沖刷或堆積
w01	7,824,958	1,328,656	6,496,302	堆積
w02	12,424,893	1,874,824	10,550,069	堆積
w03	17,249,270	2,402,051	14,847,219	堆積
w04	21,797,453	3,098,700	18,698,753	堆積
w05	1,929,403	304,132	1,625,271	堆積
w06	3,685,882	558,060	3,127,822	堆積

三、單場暴雨集水區土砂產量

坡面土砂產量和崩塌地土砂產量

提供之土砂遞移量之和即為總泥砂產量，以單場暴雨事件通過集水區出口之泥砂遞移量表示為河道輸砂量，

再由集水區上游崩塌地所產生之崩塌量減去河道輸砂量，可得各控制點集水區於凡那比颱風後之未輸出土砂量(表 10)。

四、集水區河道輸砂狀況分析

坡面與崩塌地泥砂隨時間長短均會遞移至河道，依各控制點集水區之未輸出土砂量，分析主、支流集水區河道輸砂狀況，整理如表 11，可得林邊溪上游控制點河段沖淤分布如圖

11 所示，顯示凡那比颱風後仍有大量土砂堆積於上游集水區，需注意防範爾後颱風暴雨事件引發土石流之虞。

5. 崩塌地治理優選

一、崩塌地治理編碼

利用排水流向將集水區劃分各管理分區，配合野溪水系分布將崩塌地予以編碼，可將林邊溪集水區內於凡那比颱風過後林班崩塌分為左岸、右岸及源頭崩塌(圖 12、圖 13 及表 12)。

表 11 林邊溪集水區河道輸砂狀況

Table 11 Sediment transportation status in Linbian Creek watershed

區位	土砂量(m ³)	沖淤情形
— w01	6,496,302	堆積
w01 — w02	4,053,767	堆積
w02 — w03	2,671,879	堆積
w03 — w04	723,712	堆積
— w05	1,625,271	堆積
— w06	3,127,822	堆積

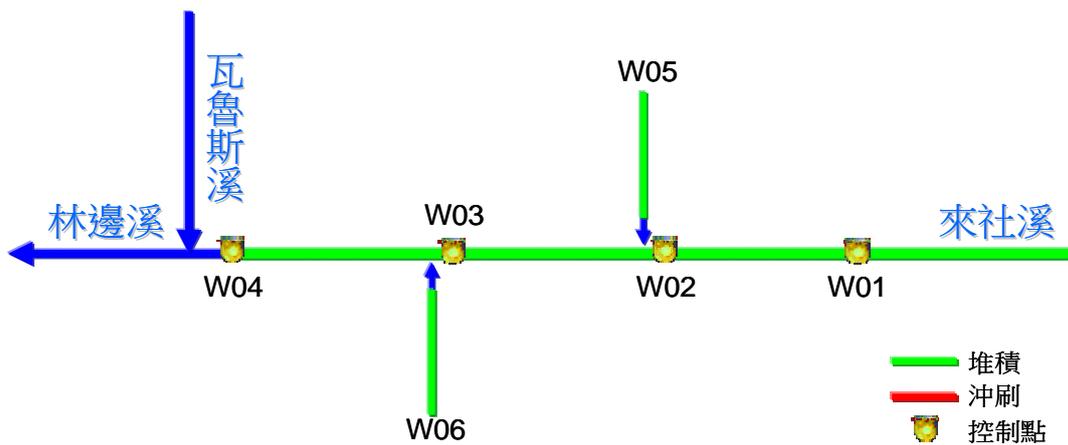


圖 11 林邊溪集水區河段沖淤示意圖

Figure 11 Erosion and/or deposition in river sections of Linbian Creek watershed

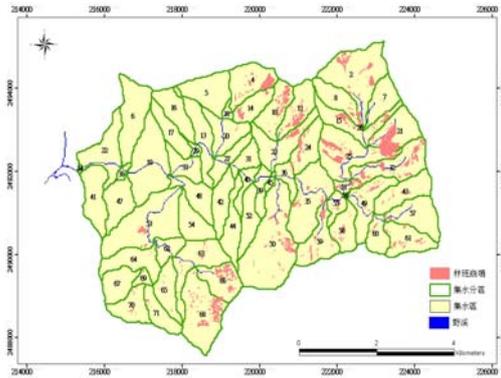


圖 12 林邊溪集水區集水分區

Figure 12 Sub-watersheds of Linbian Creek waters

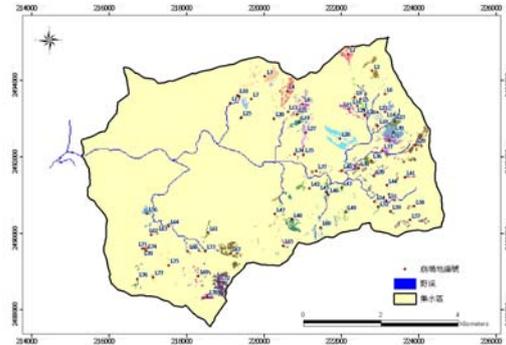


圖 13 林邊溪集水區林班崩塌編碼之空間分佈

Figure 13 Spatial distribution of compartment landslide coding in Linbian Creek watershed

表 12 林邊溪集水區林班崩塌編碼

Table 12 Coding of compartment landslides in Linbian Creek watershed

崩塌地 編號	集水 分區	河岸	X	Y	崩塌規模 (ha)	崩塌地 編號	集水 分區	河岸	X	Y	崩塌規模 (ha)
L1	2	源頭	222171	2494673	6.44	L40	51	右岸	222013	2491629	1.28
L2	2	左岸	222794	2494240	6.00	L41	43	源頭	223639	2491461	2.44
L3	4	源頭	220022	2494098	11.24	L42	35	左岸	221174	2491169	3.72
L4	10	源頭	220602	2493711	10.00	L43	55	左岸	222006	2491183	1.24
L5	2	右岸	222500	2493508	2.64	L44	43	右岸	223180	2491249	0.36
L6	7	源頭	223124	2493642	0.80	L45	59	左岸	221603	2491079	1.12
L7	14	源頭	219667	2493509	4.32	L46	59	右岸	221666	2491006	1.60
L8	11	源頭	220995	2493373	7.52	L47	50	左岸	220277	2490500	3.76
L9	8	源頭	222341	2493553	0.72	L48	50	右岸	220723	2490354	7.88
L10	4	右岸	219320	2493600	0.08	L49	58	源頭	222114	2490552	3.00
L11	11	右岸	220622	2493173	0.36	L50	43	左岸	223235	2491015	0.16

林昭遠、林峻達：集水區崩塌地治理優選之研究
 —以林邊溪集水區為例

崩塌地 編號	集水 分區	河岸	X	Y	崩塌規模 (ha)	崩塌地 編號	集水 分區	河岸	X	Y	崩塌規模 (ha)
L12	4	左岸	219367	2493573	0.12	L51	57	右岸	223280	2490927	0.36
L13	8	左岸	222555	2493245	0.52	L52	60	左岸	222953	2490696	1.32
L14	15	左岸	223123	2493167	3.92	L53	57	左岸	223371	2490867	0.56
L15	15	右岸	222198	2493251	5.44	L54	49	左岸	222860	2490820	0.16
L16	8	右岸	222417	2493321	1.24	L55	60	右岸	223160	2490850	0.08
L17	18	右岸	219120	2493400	0.04	L56	53	左岸	216981	2490510	3.72
L18	21	右岸	222942	2492807	0.88	L57	61	源頭	223772	2490344	4.96
L19	23	左岸	220913	2492900	5.12	L58	57	源頭	223880	2490700	0.04
L20	10	右岸	220257	2492993	0.24	L59	61	左岸	223271	2490560	0.28
L21	11	左岸	220847	2493104	2.08	L60	59	源頭	221461	2490148	4.36
L22	7	左岸	222930	2493160	0.08	L61	63	右岸	218552	2490008	1.96
L23	21	源頭	223374	2492924	7.40	L62	64	左岸	217088	2489952	0.20
L24	26	左岸	222620	2493110	0.08	L63	64	右岸	217242	2490007	0.48
L25	20	左岸	219409	2493020	0.28	L64	62	左岸	217540	2490180	0.04
L26	26	右岸	222610	2493060	0.08	L65	50	源頭	220495	2489673	1.04
L27	24	源頭	221076	2492627	4.80	L66	63	左岸	218027	2489524	1.60
L28	25	右岸	221959	2492467	14.80	L67	66	源頭	219140	2489467	11.72
L29	32	源頭	223908	2492304	10.52	L68	69	右岸	217004	2489602	0.36
L30	21	左岸	223347	2492640	9.40	L69	68	左岸	218306	2488879	2.68
L31	25	左岸	223239	2492429	9.80	L70	67	左岸	216860	2489600	0.04
L32	24	右岸	220922	2492177	1.16	L71	67	右岸	216920	2489600	0.04
L33	32	右岸	223053	2492149	2.32	L72	68	右岸	218850	2488715	10.88

崩塌地 編號	集水 分區	河岸	X	Y	崩塌規模 (ha)	崩塌地 編號	集水 分區	河岸	X	Y	崩塌規模 (ha)
L34	36	右岸	220790	2492060	0.56	L73	66	左岸	218477	2489523	0.24
L35	24	左岸	221017	2492051	0.28	L74	69	左岸	216960	2489540	0.04
L36	32	左岸	222776	2491897	3.60	L75	65	源頭	217542	2489158	1.04
L37	35	右岸	221358	2491623	1.16	L76	70	源頭	216730	2488803	1.72
L38	51	左岸	222453	2491698	3.20	L77	71	源頭	217134	2488846	0.68
L39	49	右岸	222842	2491489	4.28	L78	68	源頭	218540	2488338	2.88

二、崩塌地治理優選

經集水分區及水系分割結果，林邊溪集水區共有 68 處林班崩塌，使用 POMETHEE 方法在崩塌規模、距道路距離與距建物距離等三個因子採相同

權重之條件下，將上述因子進行分析，其治理優先順序結果如表 13，其結果作為崩塌地治理規劃短、中、長期規劃之參考。

表 13 林邊溪集水區林班崩塌治理優選

Table 13 Treatment priority of compartment landslide in Linbian Creek watershed

崩塌地 編號	崩塌 規模 (ha)	崩塌 深度 (m)	平均 坡度 (%)	距道路 距離 (m)	距建物 距離 (m)	治理 順序
L1	6.44	8.85	65.19	3664.31	3598.28	12
L2	6	5.98	109.96	3464.85	3562.02	13
L3	11.24	6.45	110.19	1396.28	1463.28	3
L4	10	5.86	117.48	1472.01	1414.5	6
L5	2.64	5.26	91.12	3134.65	3371.65	30
L6	0.8	1.42	105.3	3552.18	3761.81	48
L7	4.32	4.93	122.69	1126.41	1066.21	19
L8	7.52	5.62	119.86	1808.54	1736.66	10
L9	0.72	3.35	61.72	3147.7	3238.02	49
L10	0.08	1.75	55.5	1193.31	1270.12	68

林昭遠、林峻達：集水區崩塌地治理優選之研究
 —以林邊溪集水區為例

L11	0.36	1.39	85.33	1451.21	1372.01	56
L12	0.12	1.33	80	1290.74	1341.64	67
L13	0.52	1.3	62.92	3095.93	3328.48	53
L14	3.92	6.32	89.36	2989.92	3165.12	21
L15	5.44	7.64	72.01	2757.75	2871.24	14
L16	1.24	4.94	72.45	3026.95	3188.23	41
L17	0.04	1.5	79	1016.07	1160	74
L18	0.88	2.87	75.55	3032.09	3193.31	47
L19	5.12	5.45	118.09	1531.14	1433.88	15
L20	0.24	1.67	67.17	1308.74	1258.73	62
L21	2.08	4.11	118.12	1540.52	1460.14	33
L22	0.08	1	145	3384.02	3592.1	72
L23	7.4	4.88	135.44	3351.48	3501.43	11
L24	0.08	1.5	62	3111.33	3341.86	71
L25	0.28	1.21	87.14	859.07	791.2	59
L26	0.08	2	39.5	3070.5	3298.79	70
L27	4.8	6.32	85.16	1416.05	1627.88	17
L28	14.8	8.04	74.35	1965.81	2084.03	1
L29	10.52	6.44	100.75	3176.16	3211.04	5
L30	9.4	5.62	131.66	3106.19	3248.63	8
L31	9.8	5.18	137.32	2106.18	2216.03	7
L32	1.16	3.08	89.45	1065.27	1430.24	43
L33	2.32	4.19	120.38	2264.33	2336.24	32
L34	0.56	1.29	82.64	930.38	1221.47	51
L35	0.28	1	126.29	1160	1494.66	60
L36	3.6	4.82	120.1	2431.3	2469.41	25
L37	1.16	2.68	100.31	1046.52	1259.36	42
L38	3.2	4.19	140.38	2119.81	2129.04	26
L39	4.28	6.11	97.4	2213.87	2213.87	20
L40	1.28	3.51	90.53	1772	1836.19	39
L41	2.44	6.78	70.52	2937.82	2937.82	31
L42	3.72	6.78	79.54	564.62	583.1	24

L43	1.24	1.95	135.26	1574.93	1574.93	40
L44	0.36	1.44	74.56	2844.01	2844.01	57
L45	1.12	2.47	91.71	1184.06	1184.06	44
L46	1.6	2.02	147.93	1251.72	1251.72	36
L47	3.76	7.27	74.39	20	89.44	22
L48	7.88	5.73	108.9	161.25	161.25	9
L49	3	6.48	82.79	1508.51	1510.76	27
L50	0.16	1.12	112	2845.49	2845.49	66
L51	0.36	1.56	68.11	2873.67	2873.67	58
L52	1.32	3.76	96.64	2462.03	2462.93	38
L53	0.56	1.04	115.71	2949.78	2949.78	52
L54	0.16	1.12	122	2380.76	2380.76	65
L55	0.08	1	147.5	2788.69	2788.69	69
L56	3.72	8.56	60	0	965.4	23
L57	4.96	6.61	85.39	2920	2920.07	16
L58	0.04	2	52	3500.91	3500.91	78
L59	0.28	1	101.14	2860	2860.07	61
L60	4.36	7.14	75.56	921.95	961.67	18
L61	1.96	6.61	69.43	778.2	1698.12	34
L62	0.2	1.4	71.4	63.25	1556.66	64
L63	0.48	1.38	74.5	84.85	1568.95	54
L64	0.04	1.5	67	297.32	1621.97	73
L65	1.04	3.1	81.81	640	722.5	45
L66	1.6	5.27	74.47	799.25	1963.06	37
L67	11.72	6.1	97.98	1146.3	1396.28	2
L68	0.36	1.22	103.78	616.12	2016.83	55
L69	2.68	6.52	74.34	1204.16	2252.82	29
L70	0.04	1.5	80	716.94	2064.75	76
L71	0.04	1.5	63	695.7	2069.69	75
L72	10.88	6.18	96.68	1253.63	2184.03	4
L73	0.24	1	97.33	1392.84	2178.16	63
L74	0.04	1.5	77	742.16	2133.54	77

L75	1.04	3.88	72.77	803.24	2295.13	46
L76	1.72	6.05	71.86	1107.25	2462.03	35
L77	0.68	0.48	93.76	1340.15	2763.55	50
L78	2.88	8.04	61.72	2191.8	2796.14	28

結論與建議

1. 結論

- 1.藉由動態崩塌地萃取模式萃取地文水文資訊與相關屬性資料，可供災後迅速掌握與瞭解集水區之數化資料與崩塌區位，以便日後作為治理規劃參考之用。
- 2.可透過本研究成果，瞭解崩塌地與保全對象之關係，並藉由治理優先順序之評估，進行重點區位優先治理，可於短時間內運用有限人力與經費，達最高治理之成效。
- 3.藉由崩塌地區位、保全對象、土砂量體等估算，瞭解集水區土砂運移狀況，成果可提供有關單位日後做為崩塌地預警與治理參考之用。
- 4.本研究推估之結果為相對之關係，故推估之量化數據可做為突顯與判別各區位之差異處，以提供各類型治理之條件與參考。

2. 建議

- 1.建議將本研究成果之量化分析集水區土砂產量，推估集水區土砂收支變化，並藉由土砂運移之空間分佈，可供各單位研擬預警與治理對策之參考。

- 2.因河道整治為一體，建議相關單位之處理對策應互相配合，以避免影響治理效益，如山坡地與林班地交接之河段，若下游進行清疏作業時，上游段須構築河工構造物以減少土砂下移，除可保護上游坡面基腳之穩定，亦有利於下游清疏工作之進行，對土砂做有效的控制。
- 3.因莫拉克風災後，大多不安定之土砂仍堆積於坡面或河道上，為恢復保全對象與聯外交通之安全性，治理對策短期建議先以災修硬體設施為主，中長期則以植生復育為主。
- 4.建議未來可進一步建置各項基本圖資，以便即時分析與預警，並對此次莫拉克風災造成之崩塌進行監測評估，有效掌握崩塌地變遷動態與復育情形，做為日後治理成效之探討。

參考文獻

- 1.工業技術研究院能源與資源研究所(1992)，「崩塌地調查、規劃與設計手冊」。
- 2.水土保持局(2003)，「水土保持技術規範」。
- 3.水土保持局(2004)，「台灣地區治山

- 防災計畫第四期調查規劃總報告」。
4. 吳柏毅(2005),「台灣中部地區崩塌地影響因子之分析研究」,國立中興大學土木工程學系碩士論文。
5. 林文賜(2002),「集水區空間資訊萃取及坡面泥砂產量推估之研究」,國立中興大學水土保持學研究所博士論文。
6. 林文賜、林昭遠、周文杰、黃碧慧(2007),「921 震災崩塌地景變遷監測之研究—以九九峰為例」,明道學術論壇,第3卷,第1期,第189-200頁。
7. 林信輝(2001),「921 重建區崩塌裸露地植生復育規劃」,委託單位水保局。
8. 林昭遠、林文賜(2000),「集水區地水文因子自動萃取之研究」,中華水土保持學報,第31卷,第3期,第247-256頁。
9. 國家災害防救科技中心(2004),「石門水庫淤積及上游集水區崩塌分析評估報告」。
10. 張子瑩、徐美玲(2004),「暴雨與地震觸發崩塌發生區位之比較以陳有蘭溪流域為例」,地理學報,第35卷,第1-16頁。
11. 陳信雄(1995),「崩塌地調查與分析」,渤海堂出版社。
12. 楊智堯(1998),「類神經網路於邊坡破壞潛能分析之應用研究」,成功大學土木工程學系碩士論文。
13. 萬鑫森、黃俊義(1981),「台灣西北部土壤沖蝕及流失量之估算」,中華水土保持學報,第12卷,第1期,第45-52頁。
14. 劉治中(1993),「使用數值地資料(DTM)量測流域地文因子」,第十二屆測量學術及應用研討會論文集,第627-638頁。
15. 鄭嘉盈(1999),「遙測在坡地災害評估之應用研究」,國立成功大學土木工程研究所碩士論文。
16. Chou, T. Y., W. T. Lin, C. Y. Lin, W.C. Chou (2004), "Application of the PROMETHEE technique to determine depression outlet location and flow direction in DEM," *Journal of Hydrology*, 287: 49-61.
17. Dymond, J. R., M. R. Jessen and L. R. Lovell (1999), "Computer simulation of shallow landsliding in New Zealand hill country," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 1: 122-131.
18. Jensen, J. R. (1996), "Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective," Second Edition, Prentice Hall.
-
- 100年06月17日收稿
100年06月20日修改
100年06月27日接受