

摘要

本研究於第一年度之工作重點在於藉由專家學者座談會釐清淺層崩塌之定義、誘發原因及破壞型態，並於八個林區管理處之管轄單位內各選兩處子集水區進行崩塌特性分析及說明；並以 2009 年至 2010 年之 88 處崩塌案例進行現場勘查及資料分析。

根據本研究於 100 年 8 月 24 日所舉辦的專家學者座談會，參與的專家學者認為：「目前崩塌研究學術的進展，尚無法給定一個行政執行上可依循之淺層崩塌定義，並建議暫時以淺層崩塌之現象與特質進行說明」，而淺層崩塌之現象與特質應為「淺層崩塌是風化土層以上且未觸及岩盤的崩滑現象，崩塌發生時間與空間具有難以預測之特質」。

而在 8 個林管處所選取的 16 個子集水區崩塌特性研究分析成果，崩塌特性因各林管處之原生地貌與地質特性相關，但降雨及陡坡崩落對淺層崩塌誘發之特性明顯，且人為開發行為(道路開發、農墾行為或人為建築)的確對淺層崩塌有明顯促發影響；以本年度研究成果而言，多數因颱風豪雨誘發之集水區，都具有下邊坡崩塌高過於上邊坡崩塌比例之特徵。

在 88 處崩塌案例調查與分析上，經篩選後共有 67 處歸類為淺層崩塌案例，此 67 處崩塌案例面積約介於 800m² 至 40ha 間，且 36 處案例淺層崩塌誘發原因跟道路開發有關、24 處案例淺層崩塌誘發原因跟河岸淘刷有關及 7 處案例與降雨誘發有關，且道路開發或河川淘刷都會降低邊坡崩塌最低誘發坡度。且 67 處崩塌案例好發於砂岩(67%)、頁岩(59%)及板岩(24%)分佈區。

Abstract

The study in the first year focuses on the definition, inducing factors and the types of slope failure of the shallow landslide. The study also chooses 2 sub-watershed as the research areas in the jurisdiction of eight forest district offices to analyze and explain the characteristics of shallow landslide. Furthermore, the study also analyzes and proceeds the field investigation of 88 landslide cases which were occurred from 2009 to 2010.

The Conference of experts and scholars on shallow landslide was hold on August 24 in 2011 in Forestry Bureau in Taipei. Based on the suggestions from the experts and scholars in the conference, it is hard to give a clear definition for shallow landslide which can be a standard and used in the administration for Forestry Bureau at this point. In the contrary, the experts and scholars suggested that it would be a good method to explain the phenomenon and characteristic of shallow landslide instead of giving a clear definition. And the phenomenon and characteristic of shallow landslide could be explained as “The shallow landslide is a sliding phenomenon with the sliding depth within the soil layer, and the occurring time and place of shallow landslide is hard to predict now.”

The characteristic of shallow landslide is related to the original geomorphology and terrain based on the analysis of 16 sub-watershed. The inducing factors from rainfall and steep slope are apparent, and that from artificial development are also apparent. Another apparent characteristic for the heavy rainfall-inducing landslide cases is that the percentage of the down-hillslope landslide cases is over than that of the up-hillslope landslide cases.

Based on the field investigation and analysis for the 88 landslide cases, a total number of 67 landslide cases are classified as shallow landslide with the landslide area of 800 m² to 40 ha. 36, 24, and 7 landslide cases are related to road development, river scour and heavy rainfall. And the shallow landslide is prone to occur in the sandstone (67%), shalestone(59%) and slate(24%).

目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VIII
第一章 前言.....	1
1.1 計畫目的.....	1
1.2 工作範圍.....	1
1.3 工作項目.....	3
1.4 各年度及第一年度工作項目執行方向.....	5
第二章 淺層崩塌定義及特性說明.....	17
2.1 淺層崩塌定義.....	17
2.2 淺層崩塌誘發原因及分佈.....	27
2.3 淺層崩塌潛勢評估模式.....	33
2.3.1 力學分析模式.....	33
2.3.2 統計分析模式.....	36
2.4 淺層崩塌的對策.....	38
第三章 淺層崩塌專家學者座談會.....	41
3.1 座談會籌辦過程.....	41
3.2 座談會意見彙整及說明.....	44
3.3 千木良教授針對台灣淺層崩塌給予建議.....	48
第四章 集集地震後大規模淺層崩塌案例分析.....	49
4.1 集集地震後歷次重大事件的淺層崩塌特性.....	50
4.2 集集地震後各林管處轄區重大崩塌案例分析.....	52
A.新竹林管處：玉峰溪集水區崩塌特性分析.....	62
B.新竹林管處：上坪溪集水區.....	71
C.東勢林管處：烏石坑溪及雪山坑溪集水區.....	80
D.東勢林管處：大甲溪中上游集水區.....	88
E.南投林管處：九九峰集水區.....	98
F.南投林管處：奧萬大溪集水區.....	108
G.嘉義林管處：曾文水庫集水區.....	116
H.嘉義林管處：清水溪集水區.....	125

I.屏東林管處：旗山溪中上游集水區	134
J.屏東林管處：荖濃溪集水區	144
K.台東林管處：太麻里溪上游集水區	153
L.台東林管處：新武呂溪集水區	162
M.花蓮林管處：馬太鞍溪集水區	170
N.花蓮林管處：木瓜溪集水區	179
O.羅東林管處：土場溪集水區	187
P.羅東林管處：和平溪集水區	196
第五章 88 處崩塌案例調查分析	207
5.1 調查方法與內容	207
5.2 崩塌案例調查資料分析	211
第六章 淺層崩塌誘發特性研討會籌辦說明	215
6.1 研討會辦理過程	215
第七章 成果與建議	217
7.1 第一年度成果說明	217
7.2 未來研究建議	220
參考文獻	223
附錄一 淺層崩塌專家學者座談會籌辦過程公文	229
附錄二 淺層崩塌專家學者座談會專家學者發言內容	233
附錄三 88 處崩塌案例資料彙整	241
附錄四 期初報告審查意見及回應	251
附錄五 期中報告審查意見	259
附錄六 詢問高精度地形高程模型公文往返記錄	265
附錄七 88 處崩塌地調查資料表	269
附錄八 期末報告審查意見回復	358

圖目錄

圖 1.1	台灣國有林地分佈圖	2
圖 1.2	計畫整體研究構想圖	6
圖 1.3	第一年度研究架構	9
圖 1.4	第二年度研究架構	10
圖 1.5	第三年度研究架構	11
圖 1.6	第四年度研究架構	12
圖 1.7	第一年度工作甘梯圖	13
圖 1.8	第一年度工作流程圖	14
圖 2.1	Varnes(1978)提出之五種邊坡崩塌分類	18
圖 2.2	土壤沖蝕、淺層崩塌及深層崩塌特性比較表	22
圖 2.3	不同土砂災害案例說明比較圖	24
圖 2.4	依據地層淺深說明土砂移動現象概念圖	26
圖 2.5	地震震度與可能發生邊坡崩塌最遠距離圖	28
圖 2.6	降雨門檻值之降雨強度與延時曲線圖	29
圖 2.7	義大利 Western Liguria 地區崩塌紀錄與降雨特性圖	30
圖 2.8	遷急點示意圖	33
圖 2.9	淺層崩塌與深層崩塌之比較	39
圖 3.1	淺層崩塌專家學者座談會開會過程	44
圖 3.2	與日籍學者討論淺層崩塌定義過程	45
圖 3.3	大規模崩塌潛感區繁體中文版封面	48
圖 4.1	1999 年集集地震後崩塌地分佈	51
圖 4.2	2001 年桃芝颱風後崩塌地分佈	52
圖 4.3	2004 年敏督利颱風後崩塌地分佈	53
圖 4.4	2008 年辛樂克及薔蜜颱風後崩塌地分佈	54
圖 4.5	2009 年莫拉克颱風後崩塌地分佈	55
圖 4.6	台灣歷年崩塌案例自我組織臨界性(SOC)分析結果	58
圖 4.7	2009 年莫拉克神木村與旗山溪崩塌案例分析比較	58
圖 4.8	崩塌地地形位置影響法分析參數	59
圖 4.9	相關文獻採用崩塌地地形位置影響法分析結果	61
圖 4.10	2004 年艾利颱風期間石門水庫集水區降雨分佈	63
圖 4.11	玉峰溪集水區地質分佈圖	64
圖 4.12	2004 年艾利颱風於玉峰溪集水區之降雨分佈圖	66
圖 4.13	玉峰溪崩塌 SOC 分析圖	68
圖 4.14	玉峰溪崩塌地分佈位置特性圖	68
圖 4.15	上坪溪集水區高程分佈圖	73
圖 4.16	2004 年艾利颱風於上坪溪集水區之降雨分佈圖	75

圖 4.17	上坪溪集水區崩塌 SOC 分析圖	76
圖 4.18	上坪溪集水區崩塌地分佈位置特性圖	77
圖 4.19	烏石坑溪及雪山坑溪高程及崩塌分佈圖	81
圖 4.20	2001 年桃芝颱風於烏石坑溪及雪山坑溪降雨分佈圖	83
圖 4.21	烏石坑溪及雪山坑溪崩塌 SOC 分析圖	85
圖 4.22	烏石坑溪及雪山坑溪崩塌地分佈位置特性圖	86
圖 4.23	大甲溪中上游集水區於 2004 年敏督利颱風後崩塌分佈	90
圖 4.24	2004 年敏督利颱風於大甲溪中上游集水區降雨分佈圖	91
圖 4.25	大甲溪中上游集水區崩塌 SOC 分析圖	93
圖 4.26	大甲溪中上游集水區崩塌地分佈位置特性圖	95
圖 4.27	九九峰地理位置圖	98
圖 4.28	九九峰陡峭邊坡所形成之山峰	100
圖 4.29	九九峰高程及 2001 年敏督利颱風後崩塌分佈圖	100
圖 4.30	2004 年敏督利颱風於九九峰集水區降雨分佈圖	102
圖 4.31	九九峰集水區崩塌自我組織臨界性分析	105
圖 4.32	九九峰集水區崩塌地分佈位置特性分析	105
圖 4.33	奧萬大溪集水區於 2004 年敏督力颱風後崩塌分佈	109
圖 4.34	2004 年敏督力颱風於奧萬大溪集水區降雨分佈圖	110
圖 4.35	奧萬大溪集水區崩塌 SOC 分析圖	112
圖 4.36	奧萬大溪集水區崩塌地分佈位置特性圖	113
圖 4.37	曾文水庫集水區高程及崩塌分佈圖	117
圖 4.38	2009 年莫拉克颱風於曾文水庫集水區降雨分佈圖	119
圖 4.39	曾文水庫集水區崩塌自我組織臨界性分析	122
圖 4.40	曾文水庫集水區崩塌地分佈位置特性分析	122
圖 4.41	清水溪集水區於 2004 年敏督利颱風後崩塌分佈	127
圖 4.42	2004 年敏督利颱風於清水溪集水區降雨分佈圖	128
圖 4.43	清水溪集水區崩塌 SOC 分析圖	130
圖 4.44	清水溪集水區崩塌地分佈位置特性圖	131
圖 4.45	旗山溪中上游集水區崩塌災害相關照片	135
圖 4.46	旗山溪中上游集水區高程與崩塌分佈圖	137
圖 4.47	2009 年莫拉克於旗山溪中上游雨及崩塌分佈	138
圖 4.48	旗山溪中上游集水區崩塌自我組織臨界性分析	140
圖 4.49	旗山溪中上游集水區崩塌地分佈位置特性分析	141
圖 4.50	荖濃溪集水區於 2009 年莫拉克颱風後崩塌分佈	145
圖 4.51	2009 年莫拉克颱風於荖濃溪集水區降雨分佈圖	147
圖 4.52	荖濃溪集水區崩塌 SOC 分析圖	149
圖 4.53	荖濃溪集水區崩塌地分佈位置特性圖	150
圖 4.54	2009 年莫拉克颱風後太麻里溪上游集水區崩塌分佈	154

圖 4.55	2009 年莫拉克颱風於太麻里溪上游降雨分佈圖	156
圖 4.56	太麻里溪上游集水區崩塌自我組織臨界性分析	158
圖 4.57	太麻里溪上游集水區崩塌地分佈位置特性分析	159
圖 4.58	新武呂溪集水區於 2009 年莫拉克颱風後崩塌分佈	163
圖 4.59	2009 年莫拉克颱風於新武呂溪集水區降雨分佈圖	164
圖 4.60	新武呂溪集水區崩塌 SOC 分析圖	166
圖 4.61	新武呂溪集水區崩塌地分佈位置特性圖	167
圖 4.62	2001 年桃芝颱風後馬太鞍溪集水區崩塌分佈	171
圖 4.63	2001 年桃芝颱風於馬太鞍溪集水區之降雨分佈圖	173
圖 4.64	馬太鞍溪集水區崩塌自我組織臨界性分析	175
圖 4.65	馬太鞍溪集水區崩塌地分佈位置特性分析	176
圖 4.66	木瓜溪集水區於 2001 年桃芝颱風後崩塌分佈	179
圖 4.67	木瓜溪集水區於 2001 年桃芝颱風降雨分佈圖	181
圖 4.68	木瓜溪集水區崩塌 SOC 分析圖	183
圖 4.69	木瓜溪集水區崩塌地分佈位置特性圖	184
圖 4.70	土場溪集水區高程與 2001 年納莉颱風崩塌分佈圖	188
圖 4.71	2001 年納莉颱風於土場溪集水區之降雨分佈圖	190
圖 4.72	土場溪集水區崩塌自我組織臨界性分析	192
圖 4.73	土場溪集水區崩塌地分佈位置特性分析	193
圖 4.74	和平溪集水區於 2001 年納莉颱風後崩塌分佈	196
圖 4.75	2001 年納莉颱風於和平溪集水區降雨分佈圖	198
圖 4.76	和平溪集水區崩塌 SOC 分析圖	200
圖 4.77	和平溪集水區崩塌地分佈位置特性圖	201
圖 5.1	88 處崩塌案例評估流程圖	208
圖 5.2	崩塌面積與崩塌體積關係圖	210
圖 5.3	不同誘發原因的崩塌案例之坡度與崩塌量關係圖	214
圖 6.1	辦理場地：中興大學水保系	216
圖 6.2	研討會辦理情況	216

表目錄

表 1.1	第一年度工作項目與執行成果對照表	15
表 2.1	Varnes 之邊坡崩塌分類系統	19
表 2.2	Liu et al. (2009)提出適用於台灣之崩塌分類	20
表 2.3	土壤沖蝕、淺層崩塌及深層崩塌比較表	25
表 2.4	淺層崩塌與深層崩塌之比較	32
表 3.1	淺層崩塌專家學者座談會議程表	41
表 3.2	淺層崩塌專家學者座談會邀請及出席名單	42
表 4.1	1999 年至 2009 年台灣地區重大土砂災害事件統計	49
表 4.2	本研究採用地震颱風豪雨誘發崩塌事件說明	50
表 4.3	本研究於各林管處轄區選擇之 16 處子集水區	56
表 4.4	高屏流域莫拉克颱風降雨崩塌統計表	56
表 4.5	玉峰溪集水區各次事件崩塌數據統計表	65
表 4.6	2004 年艾利於玉峰溪集水區累積降雨與崩塌比估算表	66
表 4.7	玉峰溪集水區於 2004 年艾利颱風降雨型態分析表	66
表 4.8	玉峰溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表	69
表 4.9	玉峰溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表	70
表 4.10	上坪溪集水區各次事件崩塌數據統計表	74
表 4.11	2004 年艾利於上坪溪累積降雨與崩塌比估算表	74
表 4.12	2004 年艾利颱風於上坪溪集水區降雨型態分析表	75
表 4.13	上坪溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表	78
表 4.14	上坪溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表	79
表 4.15	烏石坑溪及雪山坑溪集水區各次事件崩塌數據統計表	82
表 4.16	2001 年桃芝於烏石坑溪及雪山坑溪降雨與崩塌比估算	83
表 4.17	2001 年桃芝於烏石坑溪及雪山坑溪降雨型態分析表	83
表 4.18	烏石坑溪及雪山坑溪不同坡度造成崩塌之估算表	86
表 4.19	烏石坑溪及雪山坑溪土地利用類別崩塌比估算表	87
表 4.20	大甲溪中上游集水區各次事件崩塌數據統計表	91
表 4.21	2004 年敏督利於大甲溪中上游集水區降雨與崩塌估算	92
表 4.22	大甲溪中上游於 2004 年敏督利颱風降雨型態分析表	92
表 4.23	大甲溪中上游集水區不同坡度造成崩塌之估算表	95
表 4.24	大甲溪中上游集水區土地利用類別崩塌比估算表	96
表 4.25	九九峰集水區各次事件崩塌數據統計表	101
表 4.26	2004 年敏督利颱風於九九峰降雨與崩塌比估算	103
表 4.27	九九峰集水區於 2004 年敏督利颱風降雨型態分析表	103
表 4.28	九九峰集水區不同坡度造成崩塌之估算表	106
表 4.29	九九峰集水區各種土地利用類別崩塌比估算表	107

表 4.30	奧萬大溪集水區各次事件崩塌數據統計表.....	110
表 4.31	2004 年敏督力於奧萬大溪集水區降雨與崩塌比估算...	111
表 4.32	2004 年敏督力於奧萬大溪集水區降雨型態分析表.....	111
表 4.33	奧萬大溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	114
表 4.34	奧萬大溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表.....	115
表 4.35	曾文水庫集水區各次事件崩塌數據統計表.....	118
表 4.36	2009 年莫拉克於曾文水庫集水區降雨與崩塌比估算...	120
表 4.37	曾文水庫於 2009 年莫拉克颱風降雨型態分析表.....	120
表 4.38	曾文水庫集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	123
表 4.39	曾文水庫集水區各種土地利用類別崩塌比估算表.....	124
表 4.40	清水溪集水區各次事件崩塌數據統計表.....	127
表 4.41	2004 年敏督利於清水溪集水區降雨與崩塌比估算.....	128
表 4.42	清水溪於 2004 年敏督利颱風期間降雨型態分析表.....	129
表 4.43	清水溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	132
表 4.44	清水溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表.....	132
表 4.45	旗山溪中上游集水區各次事件崩塌數據統計表.....	137
表 4.46	2009 年莫拉克於旗山溪中上游降雨與崩塌比表.....	138
表 4.47	旗山溪集水區於 2009 年莫拉克颱風降雨型態分析表..	138
表 4.48	旗山溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	142
表 4.49	旗山溪中上游集水區各種土地利用類別崩塌比估算表	142
表 4.50	荖濃溪集水區各次事件崩塌數據統計表.....	146
表 4.51	2009 年莫拉克於荖濃溪集水區降雨與崩塌比估算.....	147
表 4.52	2009 年莫拉克颱風於荖濃溪集水區降雨型態分析表...	148
表 4.53	荖濃溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	151
表 4.54	荖濃溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表.....	151
表 4.55	太麻里溪中上游集水區各次事件崩塌數據統計表.....	155
表 4.56	2009 年莫拉克於太麻里溪上游集水區降雨與崩塌比...	156
表 4.57	太麻里溪中上游於 2009 年莫拉克降雨型態分析表.....	156
表 4.58	太麻里溪中上游集水區不同坡度造成崩塌之估算表....	160
表 4.59	太麻里溪中上游各種土地利用類別崩塌比估算表.....	160
表 4.60	新武呂溪集水區各次事件崩塌數據統計表.....	163
表 4.61	2009 年莫拉克於新武呂溪集水區降雨與崩塌比估算...	165
表 4.62	新武呂溪於 2009 年莫拉克颱風降雨型態分析表.....	165
表 4.63	新武呂溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	168
表 4.64	新武呂溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表.....	169
表 4.65	馬太鞍溪集水區各次事件崩塌數據統計表.....	172
表 4.66	2001 年桃芝於馬太鞍溪集水區降雨與崩塌比估算表...	173
表 4.67	2001 年桃芝颱風於馬太鞍溪集水區降雨型態分析表...	173

表 4.68	馬太鞍溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	177
表 4.69	馬太鞍溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表.....	177
表 4.70	木瓜溪集水區各次事件崩塌數據統計表.....	180
表 4.71	木瓜溪集水區於 2001 年桃芝颱風降雨與崩塌比估算..	181
表 4.72	木瓜溪集水區於 2001 年桃芝颱風降雨型態分析表.....	182
表 4.73	木瓜溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	185
表 4.74	木瓜溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表.....	185
表 4.75	宜蘭土場雨量站由 2000 年後重大颱風降雨事件紀錄..	189
表 4.76	土場溪集水區各次事件崩塌數據統計表.....	189
表 4.77	2001 年納莉於土場溪累積降雨與崩塌比估算表.....	190
表 4.78	土場溪集水區於 2001 年納莉颱風降雨型態分析表.....	191
表 4.79	土場溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	194
表 4.80	土場溪集水區各種土地利用類別崩塌率估算表.....	194
表 4.81	和平溪集水區各次事件崩塌數據統計表.....	197
表 4.82	2001 年納莉颱風於和平溪集水區降雨與崩塌比估算..	198
表 4.83	2001 年納莉颱風於和平溪集水區降雨型態分析表.....	199
表 4.84	和平溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表.....	202
表 4.85	和平溪集水區各種土地利用類別崩塌率估算表.....	202
表 4.86	16 個研究區域崩塌特性綜合比較表.....	204
表 5.1	88 處崩塌資料位於各林區管理處之統計.....	207
表 5.2	邊坡坡度與崩塌深度對應關係(陳樹群等，2010).....	209
表 6.1	淺層崩塌誘發特性研討會議程表.....	216

第一章 前言

1.1 計畫目的

台灣在 1999 年集集地震後，開始發展土石流相關之軟體防災措施，包含警戒雨量值訂定、疏散路線規劃、避難處所設置及相關防災宣導及演練，教導國民進行避難的理念也讓台灣土石流災害之傷亡人數逐漸降低，如以內政部(2011)所彙整之「天然災害損失統計」，2000 年象神颱風造成 64 人死亡及 2001 年桃芝颱風造成 111 人死亡都是深刻且慘痛的教訓，爾後防災政策大力推行，針對台灣各具有土砂災害潛勢的鄉鎮或村里訂定降雨量警戒值，進行防災教育宣導及演練，防災政策的成效也在後續幾年的颱風事件逐漸展現；相較於 2001 年桃芝颱風，2004 年敏督利颱風事件在中台灣的降雨延時更長且累積雨量更大，但全台灣的傷亡人數卻壓低至 3 人；敏督利颱風豪雨也在大甲溪旁之松鶴部落誘發嚴重土石流，部落大部分房屋遭受淹沒，所幸事前在該村即徹底宣導防災政策，且歷經過數次防災演練，居民早在土石流爆發前便提前疏散至避難處所(博愛國小)，僅造成該村 1 人死亡，使災情減到最低程度。

桃芝颱風與敏督利颱風發生時間僅相隔三年，傷亡人數卻降低甚多，這就是防災政策的價值所在。尤其在近年台灣降雨特性逐漸轉為長延時高強度降雨，單靠防砂工程並不易保護居民安全，在近年氣象條件逐漸轉變，「人無法勝天」的理念一再被驗證時，搭配軟體防災政策較具保障。

本研究團隊盼能在四年研究期間內，為台灣淺層崩塌現象提出清楚之淺層崩塌定義及影響範圍劃定，並提出完整之防災體系規劃，劃設崩塌雨量警戒值及規劃避難處所，積極保護保全對象安全。

1.2 工作範圍

本計畫工作範圍，乃為全台灣國有林地 (總面積約 159.9 萬 ha，

如圖 1.1)；國有林地共有八個林區，包含羅東林區、新竹林區、東勢林區、南投林區、嘉義林區、屏東林區、花蓮林區及台東林區，管轄範圍包含 37 個事業區等。

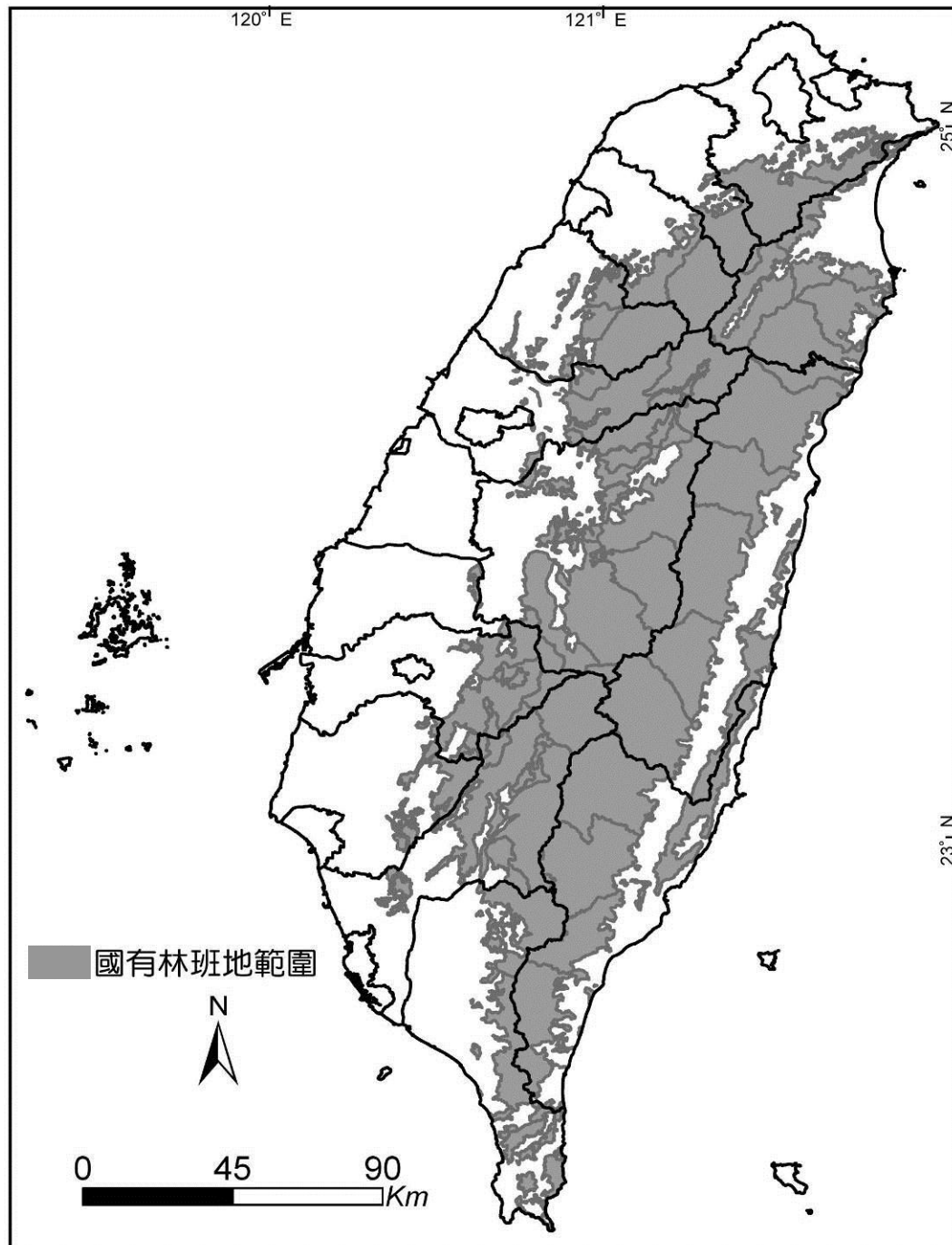


圖 1.1 台灣國有林地分佈圖
(資料來源：本研究自行繪製)

1.3 工作項目

本研究案之工作內容包含四個重點項目：

- (一)辦理 98~99 年現地調查以瞭解國有林地淺層崩塌之型態。
- (二)擇定各林區管理處具代表性子集水區，進行詳盡現地調查工作，以瞭解淺層崩塌類型、對國有林地之破壞及後續影響。
- (三)建構國有林地淺層崩塌潛勢區域評估模式，評估國有林地潛勢區域及引發條件與時間。
- (四)研訂國有林地淺層崩塌潛勢區域可能引發崩塌之警戒值、可能影響範圍及致災種類，具以擬訂未來國有林治理保育策略、災害預防與保全對象保護策略。

本研究工作為期四年，各年度預定工作項目如下：

- (一)第一年度工作項目(民國 100 年 7 月至 101 年 2 月)
 - (1)淺層崩塌定義、分類、誘發原因及崩塌行為等相關文獻蒐集國內外至少各 10 篇與分析。
 - (2)協助邀請國內崩塌領域研究專家學者(至少 7 位)共同進行研訂國內淺層崩塌之定義、型態及誘發原因。
 - (3)蒐集民國 88 年 921 集集地震後各林區管理處大規模淺層崩塌土砂災害案例(各林區管理處至少 1 處)，分析其誘發原因、災害類型及影響範圍。
 - (4)依研訂之淺層崩塌定義，調查 98~99 年間各林區管理處已發生崩塌案例，且以工程方式進行處理之地點共 88 處，利用 DEM 資料(數值高程模型)，分析崩塌分布位置、崩塌部位之崩塌長、寬、深、土方量、坡度、坡向等地形特性，並比較與非崩塌地之地形資料以初步瞭解國有林地淺層崩塌之型態。
 - (5)依各種崩塌型態說明各林區管理處管轄範圍內之重點區域(由各林區管理處指定)保育治理主要問題，並邀請本局暨所

屬各林區管理處舉辦研討會進行實務交流及討論(至少 1 場次)。

(二)第二年度工作項目(民國 101 年 5 月至 102 年 2 月)

- (1)辦理 100 年度各林區管理處已發生崩塌，且以工程方式進行處理地點之各項調查，藉以累積調查樣本，分析及驗證前期成果。
- (2)依據前期調查結果(項目 3 及 4)，及前項調查資料，統計分析國有林地淺層崩塌主要誘發因素。
- (3)依前項分析結果，擇定各林區管理處具代表性子集水區，並經林務局審查同意後，進行詳盡現地調查工作。
- (4)依調查結果分析各林區管理處管淺層崩塌類型、對國有林地之破壞及後續影響。
- (5)依分析結果提出國有林地淺層崩塌所造成破壞後續影響之初步因應對策及建議，並邀請林務局暨所屬各林區管理處舉辦研討會進行實務交流及討論(至少 1 場次)。
- (6)配合參與行政院國家科學委員會辦理災害防救應用科技方案 100 年度成果發表會。

(三)第三年度工作項目(民國 102 年 5 月至 103 年 2 月)

- (1)辦理 101 年度各林區管理處已發生崩塌，且以工程方式進行處理地點之各項調查，藉以累積調查樣本，分析及驗證前 2 期成果。
- (2)利用詳細調查結果與國內其他嚴重淺層崩塌區域進行比較，分析國有林地淺層崩塌特性，及未來易發生崩塌之條件。
- (3)建構國有林地淺層崩塌潛勢區域評估模式，並進行實際崩塌案例比對，校正及修訂模式以提高準確率及使用範圍。
- (4)依修訂後之評估模式，評估各林區管理處淺層崩塌潛勢區域及引發條件・時間及其原因。
- (5)依模式評估出林區管理處之淺層崩塌潛勢區域，邀請林務局暨所屬各林區管理處舉辦研討會進行實務交流及討論(至少

1 場次)。

(6)配合參與行政院國家科學委員會辦理災害防救應用科技方案 101 年度成果發表會。

(四)第四年度工作項目(民國 103 年 5 月至 104 年 5 月)

(1)辦理 102 年度各林區管理處已發生崩塌，且以工程方式進行處理地點之各項調查，藉以累積調查樣本，分析及驗證前 3 期成果。

(2)依據前期評估結果(項目 4)，繪製各林區管理處國有林地淺層崩塌潛勢區域草圖。

(3)依前項成果，初步建置國有林地淺層崩塌潛勢區域警戒評估方式。

(4)研訂可能引發崩塌之警戒方法，並依繪製國有林地淺層崩塌潛勢區域草圖(項目 2)擇定至少 2 處，進行規劃及驗證警戒評估方式及警戒方法，藉以確立警戒評估方式及使用範圍。

(5)依前項成果，擬訂可能影響範圍及致災種類，並訂定相關保育方法、災害預防與保全對象保護策略等。

(6)以本計畫四年研究成果，針對林務局暨所屬各林區管理處人員舉辦成果展示研討會(至少 2 場次)。

(7)配合參與行政院國家科學委員會辦理災害防救應用科技方案 102 年度成果及總結成果發表會。

1.4 各年度及第一年度工作項目執行方向

圖 1.2 則為本團隊對此研究案之研究方向流程圖。此研究案各年度之工作重點如後分述：第一年度工作重點在於釐清何謂淺層崩塌，並瞭解過往林務局管轄範圍內之崩塌案例，哪些是淺層崩塌及該崩塌發生原因。

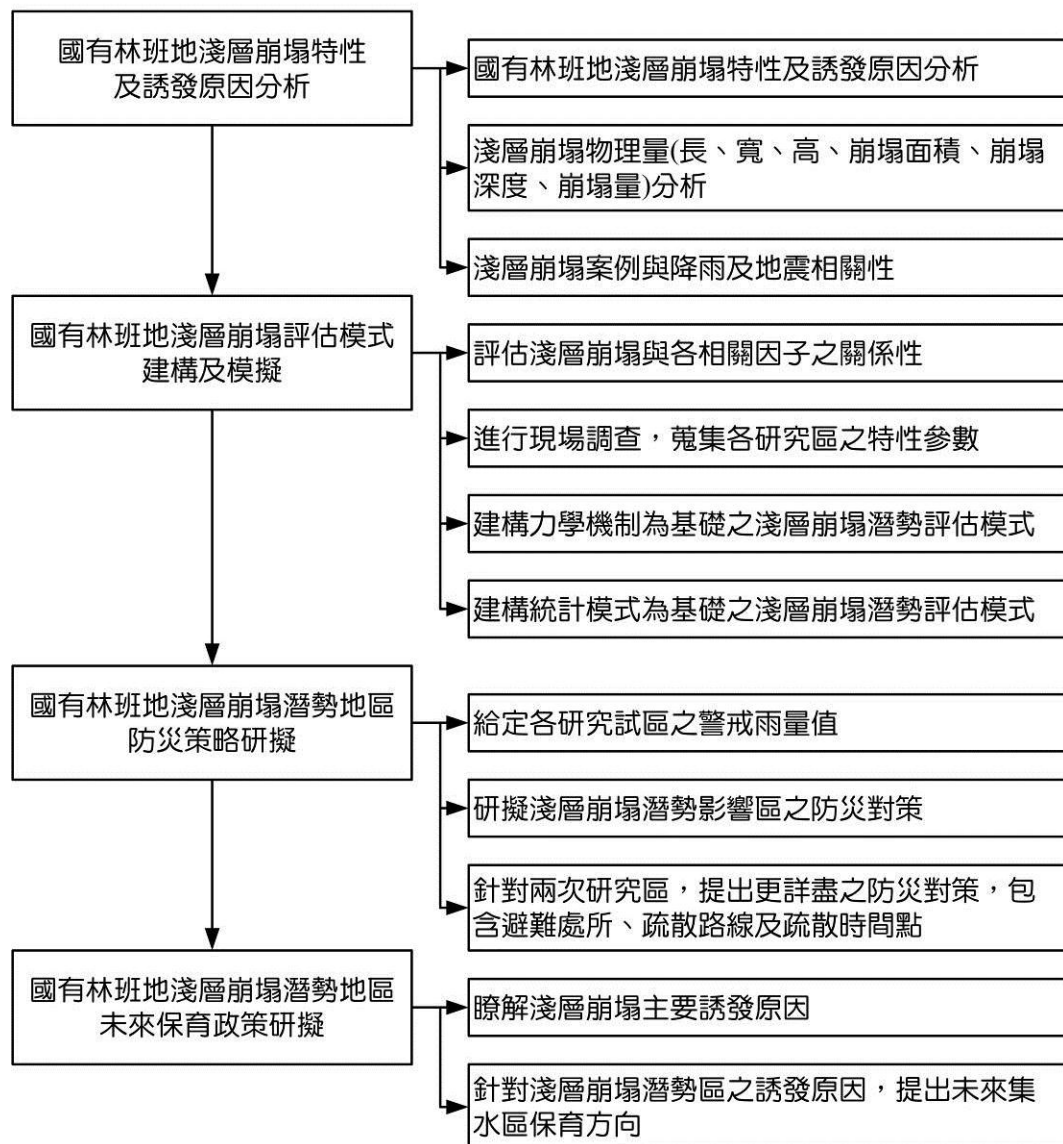


圖 1.2 計畫整體研究構想圖

第一年度工作方向

- (1)於提出工作計畫書前(期初報告前)，召開淺層崩塌專家學者會議，邀請相關單位與會，提出適用台灣淺層崩塌定義。
- (2)利用現場調查及航拍分析，分析 2009 至 2010 年間林務局管轄範圍之 88 處崩塌案例進行分析，篩選出屬於淺層崩塌之案例，並分析其崩塌分類、誘發原因及破壞型態。
- (3)利用高精度數值高程模式，分析淺層崩塌前後地形變遷量，並進行統計分析，提出崩塌面積及崩塌深度推估式。

- (4)針對淺層崩塌案例誘發原因，提出防制對策建議(例如因強降雨造成淺層崩塌，則未來保育政策需更注重造林及保育)。

第二年度建議工作方向

- (1)建立淺層崩塌案例資料庫，彙整該年新崩案例。
- (2)分析各淺層崩塌案例與降雨特性、降雨型態、地震發生情況及土地利用之關係，辨別各淺層崩塌之誘發特性。
- (3)選定特定集水區，進行詳盡調查，調查目的在於瞭解淺層崩塌發生原因、破壞特性及對當地之後續影響，以現場調查資料配合航拍分析，提出淺層崩塌案例特性分析說明。
- (4)將邀請林務局及各林區管理處，參與淺層崩塌災害特性及因應對策研討會，與實務人員經驗交流。

第三年度建議工作方向

- (1)繼續將本年度崩塌案例納入淺層崩塌案例資料庫。
- (2)以 SHALSTAB 模式(水文模式與無限邊坡模式所結合的邊坡穩定模式)及邏輯式回歸或層級分析法等統計(將兩者取一)模式，建構力學機制及統計模式之淺層崩塌潛勢評估模式。
- (3)進行淺層崩塌潛勢評估模式之驗證、比對及校正。
- (4)選定特定集水區，進行詳盡調查，調查目的在於瞭解淺層崩塌發生原因、破壞特性及對當地之後續影響，以現場調查資料配合航拍分析，提出淺層崩塌案例特性分析說明。
- (5)將邀請林務局及各林區管理處，參與淺層崩塌潛勢評估研討會，與實務人員經驗交流。

第四年度建議工作方向

- (1)繼續將本年度崩塌案例納入淺層崩塌案例資料庫。
- (2)繪製以鄉鎮為單位之淺層崩塌潛勢分佈圖。
- (3)針對具有淺層崩塌潛勢區，提出該區之防災因應對策。
- (4)選取兩處具有淺層崩塌高潛勢區，提出防災政策實行細緻規劃，包含警戒雨量值擬定、疏散時間點及疏散路線規劃、避難處所設置及邊坡監測方式。

(5)針對淺層崩塌潛勢評估結果，說明各林區管理處未來坡地保育政策及防災因應對策。

(6)將邀請林務局及各林區管理處，參與淺層崩塌防災對策討論會，與實務人員經驗交流。

本研究針對各年度工作提出預計實行方向則如圖 1.3 至圖 1.6 所示。第一年度規劃甘梯圖及研究執行流程圖如圖 1.7 及圖 1.8 所示。

期程：工作建議書報告前(期初報告前)

工作：1.召開淺層崩塌專家學者會議，邀集至少 7 位專家學者與會，並發文函請林務局及各林區管理處派員與會，共同討論並適用於台灣之淺層崩塌定義。

2.邀請專家學者對象：將以學術界針對崩塌進行長期研究之專家學者為主要邀請對象，邀請範圍初步規劃包含國內各淺層崩塌主要研究大學教授(包含台灣大學、中央大學、交通大學、中興大學、成功大學、屏東科技大學、東華大學)及部分實務界具長期崩塌調查之專家為主。

期程：期中報告

工作：1.蒐集國內外崩塌相關文獻，彙整並分析目前淺層崩塌定義、破壞型態及易發區位。

2.針對各林區管理處管轄範圍，挑選一處嚴重淺層崩塌案例，進行現場調查、衛星影像或航照分析，初步瞭解其崩塌與降雨、地質、地貌、土地利用及植生分佈之關係。

3.針對各林區管理處選定之嚴重淺層崩塌案例，分析其誘發原因、災害類型及影響範圍。

4.針對承辦單位所提供民國 98 至 99 年 88 處崩塌案例進行資料蒐集，初步判斷 88 處崩塌案例是否隸屬於淺層崩塌案例。

5.於期中簡報提出「國有國有林地淺層崩塌研討會」籌辦規劃說明，並經林務局及審查委員同意。

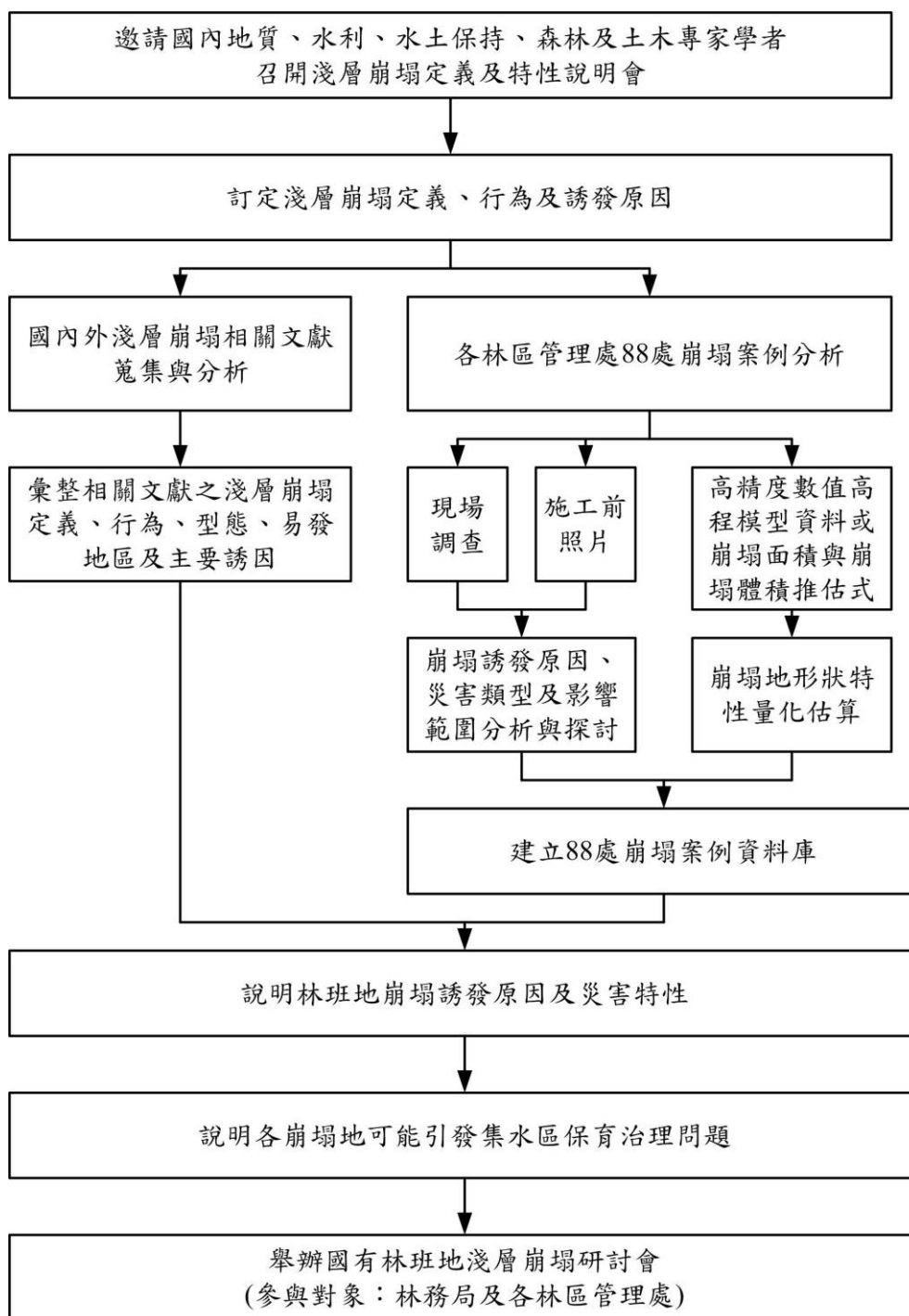


圖 1.3 第一年度研究架構

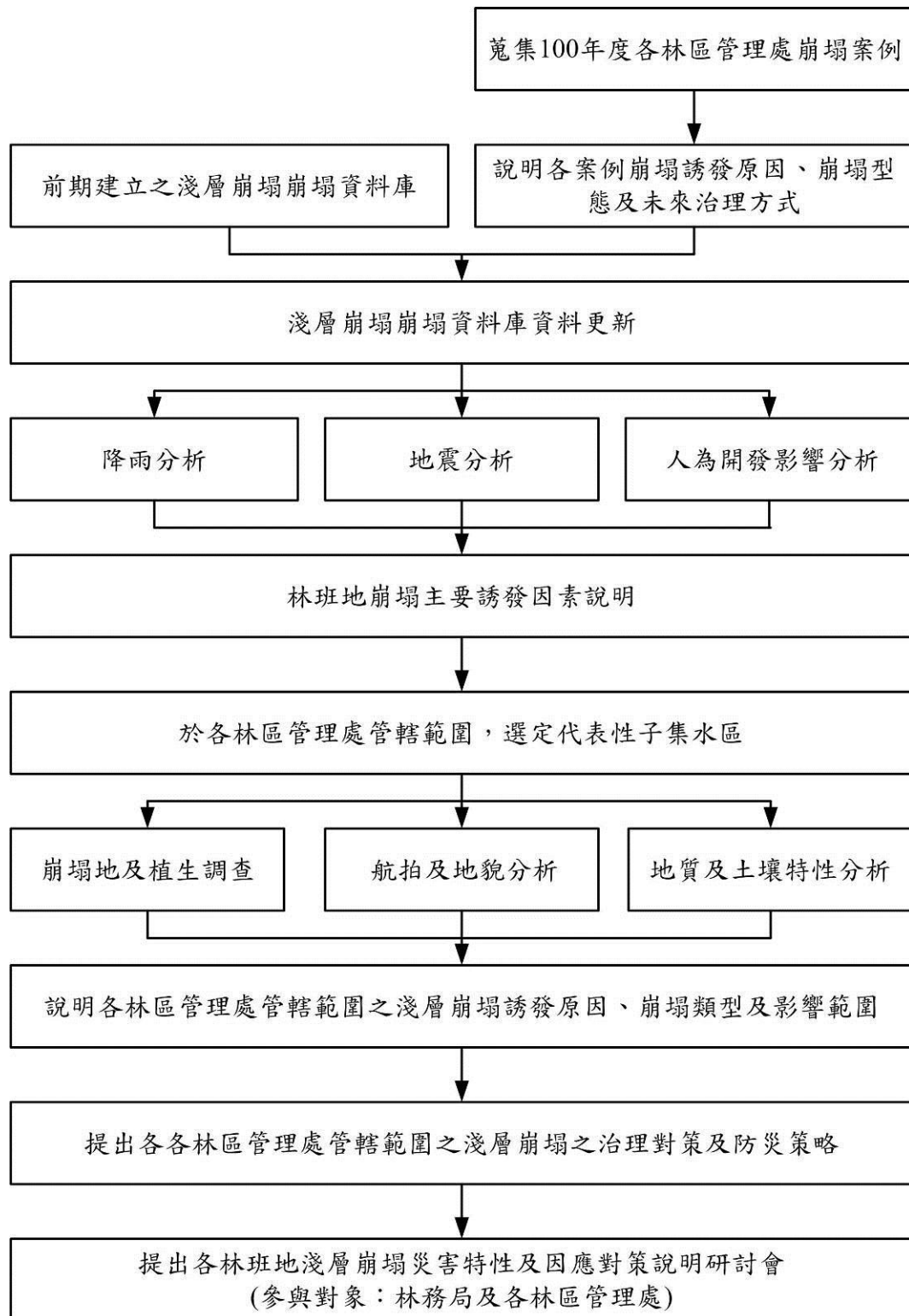


圖 1.4 第二年度研究架構

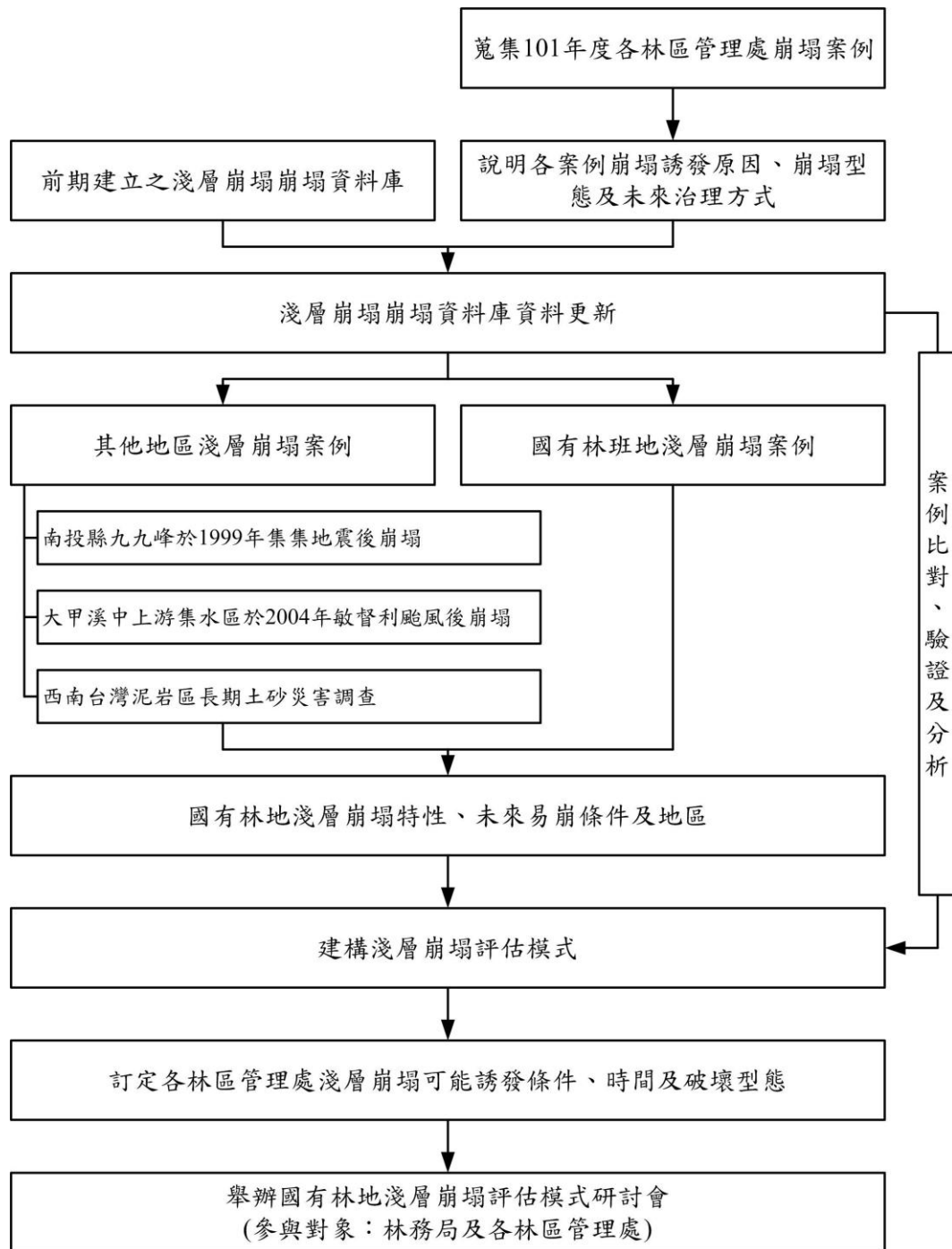


圖 1.5 第三年度研究架構

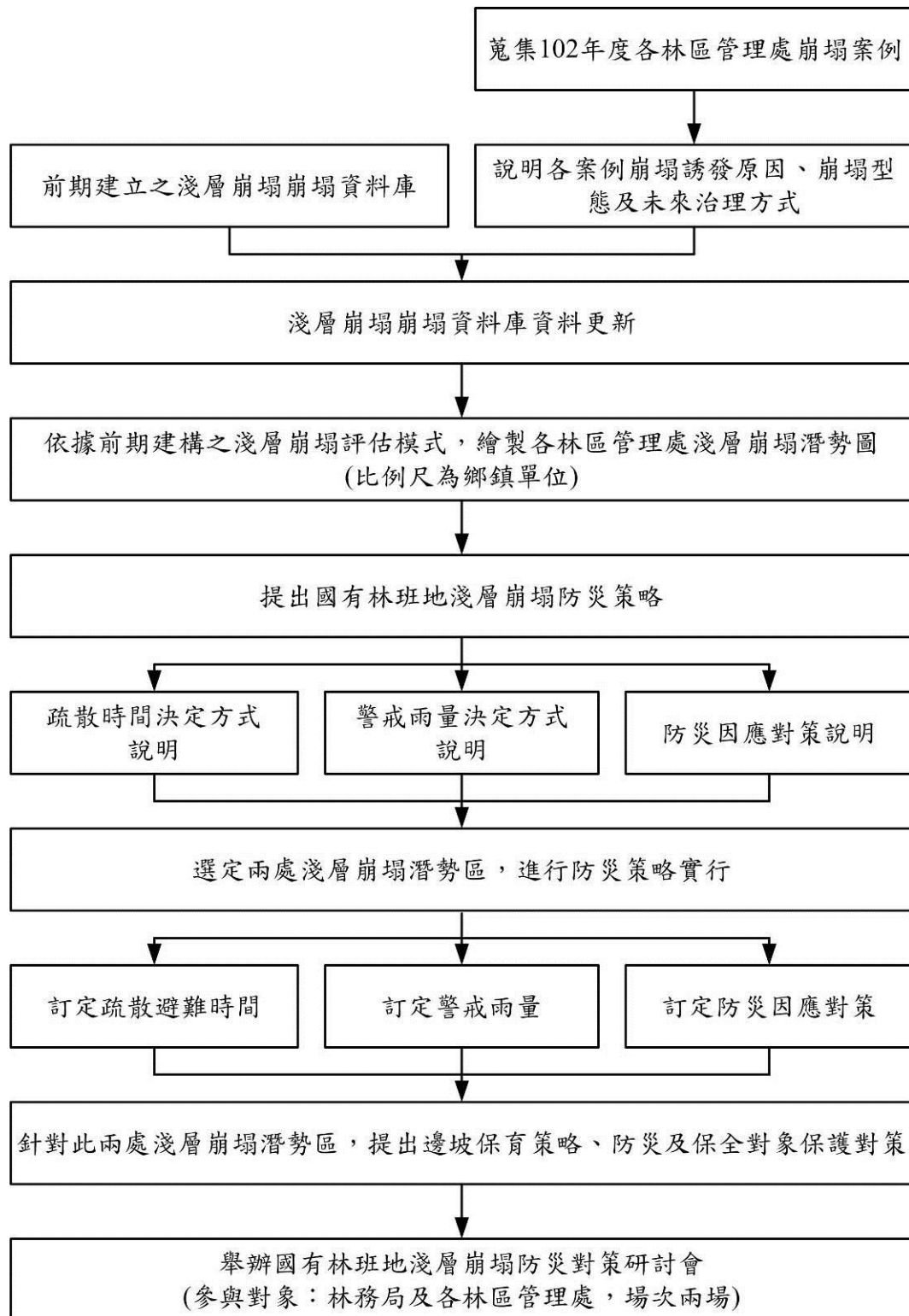


圖 1.6 第四年度研究架構

工作項目	年份	目的	民國100年					民國101年		進度 (%)	累積 進度 (%)
	月份		8	9	10	11	12	1	2		
1.召開淺層崩塌專家學者會議		彙整專家學者想法								5.8	5.8
2.期初報告		---								2.9	8.7
3.蒐集國內外淺層崩塌相關文獻		彙整國內外相關定義								11.6	20.3
4.各林區管理處管轄範圍內嚴重崩塌案例選取及分析		瞭解過往各林區管理處發生大範圍淺層崩塌之主要原因								20.3	40.6
5.嚴重崩塌案例誘發原因及破壞型態分析											
6.88處崩塌案例資料蒐集及初步分析		---								5.8	46.4
7.期中報告											
8.88處崩塌案例資料量化特性分析		根據88處崩塌案例，瞭解林班地淺層崩塌特性面積與崩塌體積推估關係式								34.8	81.2
9.根據88處崩塌案例，提出崩塌面積與崩塌體積推估關係式											
10.舉辦「國有林地淺層崩塌研討會」		說明本研究第一年成果								7.3	88.5
11.建立淺層崩塌案例資料庫		彙整資料，供後續分析使用								7.3	95.7
12.期末報告		---								5.8	100
13.報告修正及繳交成果報告											
進度百分比(%)			12.6	23.1	14.7	12.6	10.5	21.0	5.5		
累計進度百分比(%)			12.6	35.7	50.4	63.0	73.5	94.5	100.0		

圖 1.7 第一年度工作甘梯圖

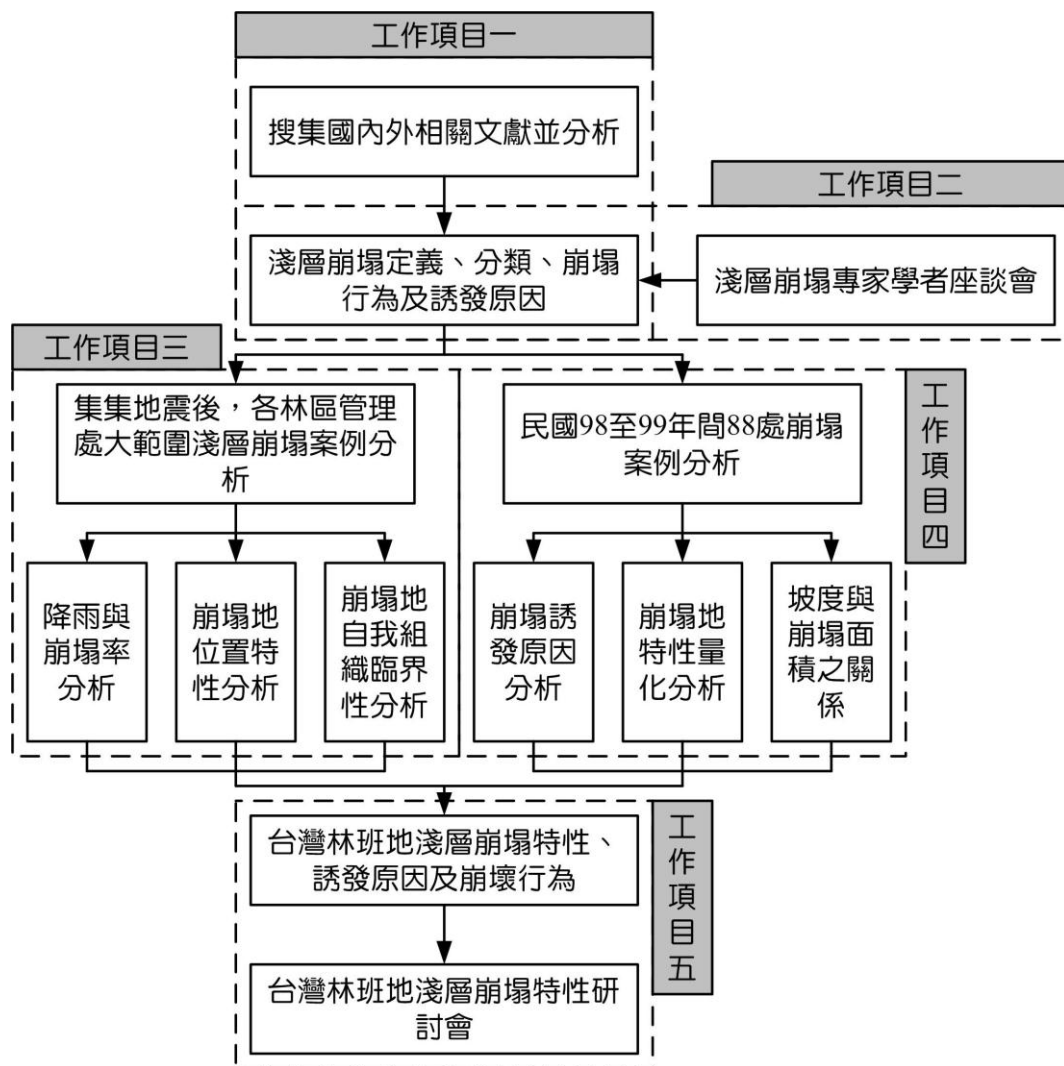


圖 1.8 第一年度工作流程圖

期程：期末報告

- 工作：
- 1.針對 88 處崩塌案例，引用高精度數值高程模式，進行崩塌量化估算，包括包括崩塌地長、寬、高、崩塌面積及崩塌量。
 - 2.針對承辦單位所提供之民國 98 至 99 年 88 處崩塌案例，進行未來邊坡穩定性評估、說明崩塌續發可能性及續發條件。
 - 3.舉辦「國有國有林地淺層崩塌研討會」，邀請林務局及各林區管理處與會，探討台灣淺層崩塌誘發原因、破壞型態及未來保育對策，並與實務人員進行交流討論。
 - 4.建立淺層崩塌案例資料庫，除納入 2009 至 2010 年 88 處崩塌案例外，隨時納入新發生淺層崩塌案例並進行分析。

表 1.1 第一年度工作項目與執行成果對照表

工作項目	成果章節
(1)淺層崩塌定義、分類、誘發原因及崩塌行為等相關文獻蒐集國內外至少各 10 篇與分析。	第二章
(2)協助邀請國內崩塌領域研究專家學者(合約要求至少 7 位，本研究共邀請 13 位)共同進行研訂國內淺層崩塌之定義、型態及誘發原因。	第三章
(3)蒐集民國 88 年 921 集集地震後各林區管理處大規模淺層崩塌土砂災害案例(各林區管理處至少 1 處)，分析其誘發原因、災害類型及影響範圍。	第四章
(4)依研訂之淺層崩塌定義，調查 98~99 年間各林區管理處已發生崩塌案例，且以工程方式進行處理之地點共 88 處，利用 DEM 資料(數值高程模型)，分析崩塌分布位置、崩塌部位之崩塌長、寬、深、土方量、坡度、坡向等地形特性，並比較與非崩塌地之地形資料以初步瞭解國有林地淺層崩塌之型態。	第五章
(5)依各種崩塌型態說明各林區管理處管轄範圍內之重點區域(由各林區管理處指定)保育治理主要問題，並邀請本局暨所屬各林區管理處舉辦研討會進行實務交流及討論(至少 1 場次)。	第六章

第二章 淺層崩塌定義及特性說明

2009 年莫拉克颱風引發小林崩塌，經過多方調查及判釋，小林崩塌被歸類為深層崩塌(deep-seated landslide)，因此深層崩塌一詞開始活躍於台灣土砂研究，但也相對的引出「何謂淺層崩塌(shallow landslide)」之疑問。淺層崩塌一詞在國內外研究普遍被使用，但卻少有針對此詞進行明確的定義及特性說明。本研究於此章節便蒐集國內外相關文獻，說明淺層崩塌之定義、特性及破壞型態等。

2.1 淺層崩塌定義

崩塌分類可由幾種方式進行定義，如同以崩塌機制(墜落(falls)、傾倒(topples)、滑動(slides)、側滑(spreads)或流動(flows))、參與崩塌的物體(岩石(rock)、岩屑(debris)、土泥(earth)或泥層(mud))或崩塌深度深淺(深層崩塌(deep-seated)或淺層(shallow))。以崩塌分類而言，淺層與深層兩個名詞是深度上的比較，淺層崩塌與深層崩塌在國際崩塌研究領域上分別被寫為 shallow(-seated) landslide 及 deep(-seated) landslide。邊坡上土體，包含岩屑、岩塊、土壤及出露之岩層等，由於重力作用而使土體山坡下方掉落、滑落、滾落或移動之運動現象，統稱為「塊體運動」(mass movement)或「斜坡運動」(slope movement)，都可統稱為崩塌(landslide)。目前國際崩塌研究上的崩塌分類，乃以 Varnes(1978)所提出為主，其將崩塌行為分為以下五類，示意圖如圖 2.1 所示：

- (1)墜落(falls)：指大小不一之土體或岩塊由坡頂受重力影響以自由落體方式掉落，其運動速度極快；
- (2)傾倒(topples)：指邊坡上之岩塊受風化或其他作用而產生裂解，裂解塊體受重力作用而向前翻滾之行為，其運動速度由極慢至極快都有可能。
- (3)滑動(slides)：於岩體表面裂解處或剪應力相當強的薄層中，所發生的土體或岩體往下邊坡滾動或移動之行為，其裂解表面常會出現多個裂面。滑動行為又分為旋轉式滑動(rotational

slide)及移動式滑動(translation slide)兩種。

(4)側滑(spreads):因風化、土壤液化或地下水分佈等作用,促使具凝聚力岩質下沉至下方較軟弱岩層中,導致上方凝聚性土壤或岩體產生裂解或解體等行為,發生水平式流動滑動行為。

(5)流動(flows):邊坡土體或岩體夾帶泥沙和石塊以慢速或快速向下移動之崩塌行為,視為空間連續性之運動,此類運動無一定之運動面,因運動過程常伴有水為介質,運動速度較快。

(6)複合式破壞(complex):兩種或兩種以上運動方式之組合。

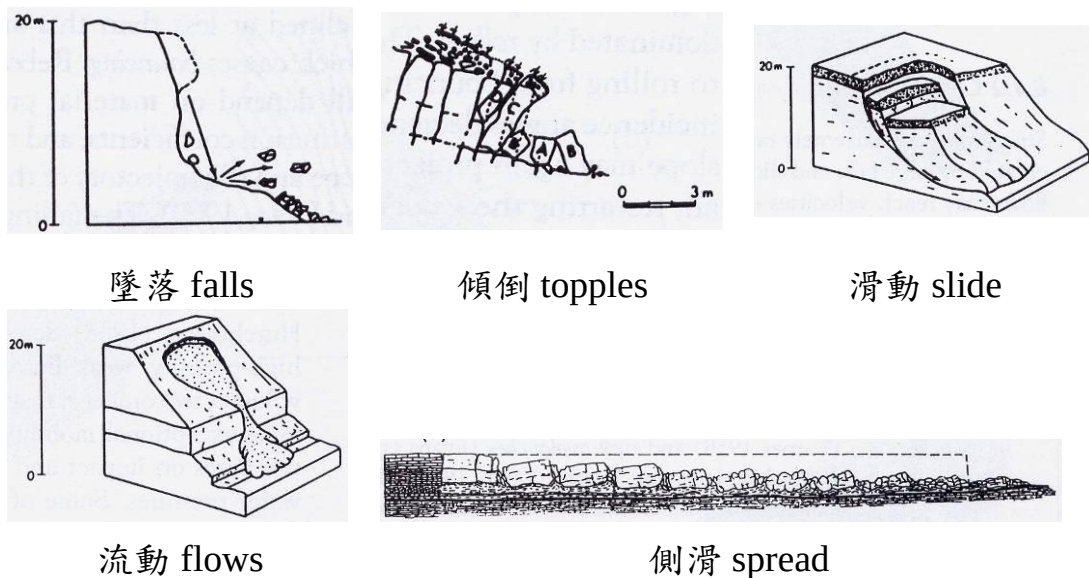


圖 2.1 Varnes(1978)提出之五種邊坡崩塌分類

以 Varnes(1978)所提之崩塌分類,「墜落」與「傾倒」兩類偏於岩石塊體無法抵抗下滑力,或本身岩體經風化後,阻抗下滑力之摩擦力降低而產生現象;「滑動」或「流動」則已有水分誘因的導入,但以「滑動」而言,可能是淺層且快速的表層土壤滑動或崩落,也可能是深層且緩慢的地層滑動,因此還需更詳盡的崩塌機制分析方可判定是否屬於淺層崩塌行為。「流動」之分類較接近於淺層崩塌行為,而「側滑」則比較不包含淺層崩塌行為。以此論點,淺層崩塌現象在 Varnes(1978)之分類,會偏於「滑動」或「流動」之分類。

過往曾有數篇國際崩塌文獻針對淺層崩塌提出定義,本研究彙整

分述如下：

(1)依據 Varnes(1978)提出分類進行定義

Varnes(1978)曾依據運動方式及邊坡材料，提出不同邊坡崩塌分類(如表 2.1)，部分專家學者則依據此表，提出淺層崩塌之分類。Liu et al.(2009)便以該表提出適用於台灣之淺深層崩塌分類(如表 2.2)；而 Santacana et al. (2003)則認為依據 Varnes(1978)提出之崩塌分類，淺層崩塌則為小規模的弧型滑動(rotational slides)、平面滑動(translational slides)及土泥流動(earth flows)等行為。

表 2.1 Varnes 之邊坡崩塌分類系統

運動方式 type of movement		邊坡材料 type of material		
		岩盤 bedrock	工程土壤 engineering soil	
			粗粒為主	細粒為主
墜落 falls		岩石墜落 rock fall	岩屑墜落 debris fall	土泥墜落 earth fall
傾倒 topples		岩石傾倒 rock topple	岩屑傾倒 debris topple	土泥傾倒 earth topple
滑動 slide	轉動 rotational slide	岩石崩移 rock slump	岩屑崩移 debris slump	土泥崩移 earth slump
	移動 translation slide	岩塊滑動 rock block slide	岩屑塊滑動 debris block slide	土泥塊滑動 earth block slide
		岩石滑動 rock slide	岩屑滑動 debris slide	土泥滑動 earth slide
側滑 lateral spread		岩石側滑 rock spread	岩屑側滑 debris spread	土泥側滑 earth spread
流動 flows		岩石流動 rock flow	岩屑流動 debris flow	土泥流動 earth flow
複合運動 complex		兩種或兩種以上運動方式之組合		

附註：取材自 Varnes (1978)

表 2.2 Liu et al. (2009)提出適用於台灣之崩塌分類

運動方式 type of movement		邊坡材料 type of material		
		岩盤 bedrock	工程土壤 engineering soil	
			粗粒為主	細粒為主
墜落 falls		岩石墜落 rock fall	淺層崩塌 shallow-seated landslide	
傾倒 topples				
滑動 slide	轉動 rotational slide	深層崩塌 deep-seated landslide		
	移動 translation slide	順向坡及 楔形崩塌 dip-slope and wedge slide	淺層崩塌 shallow-seated landslide	
流動 flows		不適用	土石流 debris flow	不適用

附註：本表乃 Liu et al. (2009)依據 Varnes (1978)提出分類表進行修改

(2)依據崩塌誘發原因提出之定義

A.發生在土壤覆蓋或具有風化岩處的崩塌，被稱為淺層崩塌，通常會發生在上層具有高滲透係數的土壤而下層卻是低滲透係數的土壤地區，土壤之水分滲透係數差異導致水分在特定地層內留存，造成孔隙水壓上升，導致土壤有效應力降低，便引發崩塌現象(Renwick *et al.*, 1982)。

B.大部分淺層崩塌案例是由以下因素誘發(NMFS, 2002)

(A)地下水位上升及高強度長延時降雨

(B)河岸淘刷、山區道路開發

(C)地震搖晃，促使位於斷層鄰近的邊坡發生崩塌

C.淺層崩塌的發生與地形、地質、水文及氣候等無關，而跟土地利用、植生及土壤特性相關(Maquaire & Malet, 2006)(附註：此段文辭僅為該國研究成果，未必能通用於全世界)。

(3)依據崩塌深度提出之定義

- A.崩塌深度在小於 0.1 倍(Santacana et al., 2003)或 1 倍(Giannecchini, 2006)崩塌長度之崩塌，即稱為淺層崩塌。
- B.發生崩塌之邊坡表面距地層主要滑動面之深度不超過 5 m 者，稱為淺層崩塌(Fell et al., 2000)。
- C.崩塌深度在 1 至 3 m 之崩壞現象(NHK，2010)。
- D.「在一般野外調查分析報告中，崩塌深度在 2m 左右者，稱之為淺層崩塌，而崩塌深度在數 m 以上時則稱之為深層崩塌。」(林信輝及林妍琇，2009)。
- E.淺層崩塌為崩塌深度不超過 4.5 m(15 英尺)且崩塌前無徵兆(no pattern)；深層崩塌則為崩塌前有徵兆(Oregon Department of Geology and Mineral Industries, 2010)。
- F.崩塌深度僅到表土層(topsoils)者為淺層崩塌(Maquaire & Malet, 2006)。

(4)若非深層崩塌，即為淺層崩塌?深層崩塌定義如下分述

- A.深層崩塌全名稱為深層邊坡重力變形(deep-seated slope gravitational deformation)，此類崩塌行為關鍵在於邊坡塊體受重力而產生下滑現象(Stini, 1941)。
- B.深層崩塌案例在地形或地貌會有特徵，例如深層崩塌乃發生在具有高落差的邊坡，且崩塌體積乃為一整個邊坡的尺度，且在滑動前之滑動徵兆相當小，而這些徵兆包含邊坡近山脊處出現雙重山脊、山脊頂端出現緩坡、邊坡坡面出現裂縫等(Agliardi et al., 2001)
- C.深層崩塌應具有下列特性：崩塌長度及寬度皆大於 100m，崩塌深度超過 5m，總崩塌量超過 10^5 m^3 及崩塌塊體移動速度快等(日本獨立行政法人土木研究所，2008)。

深層崩塌與淺層崩塌也面臨同樣問題：至今尚未有確切且清楚的定義，通常各研究對深層崩塌所進行的定義，會跟該研究案例本身特性相關，而並非世界通用且認同的定義(Agliardi et al., 2001)。

除以上本研究所蒐集之淺層崩塌相關定義外，本研究也針對常見之土砂運動現象(包含土壤沖蝕、淺層崩塌及深層崩塌)進行探討。圖 2.2 則為本研究自行列舉之三種土砂現象比較表。以最基本之定義，「邊坡上土壤塊體或風化岩層塊體，經外力驅動，造成該土壤或風化岩層塊體產生移動現象」便可稱為土砂運移現象，而此現象又可因誘因及驅動力之不同，而逐漸區分為土壤沖蝕、淺層崩塌及深層崩塌三類。以誘發因素而言，降雨驅動力是三種不同土砂現象共同驅動力，而地震驅動力則以淺層崩塌及深層崩塌為主，對土壤沖蝕現象影響較小；土地利用則影響土壤沖蝕及淺層崩塌居多，對崩塌深度非常深的深層崩塌，人為開發的土地利用並無太大影響，此論述也在陳樹群及吳俊鉉(2009)針對小林深層崩塌之探討中被提出。

在三種土砂運移現象發生區域上，有降雨發生就會發生土壤沖蝕，因此土壤沖蝕發生區域最廣泛；越往深層崩塌，發生地點地形及地質特性便越重要，會逐漸縮小至特定位置。在三種土砂運移現象之單位面積土砂量比較上，受降雨逕流所帶動之土壤沖蝕單位面積土砂量最小，而崩塌深度非常深的深層崩塌則是單位面積土砂量最大。上述各論點也可瞭解在引發災害上的結論，土壤沖蝕現象可採用水土保持措施來降低或預防，但一旦到達深層崩塌則屬於無法預防的情況。

	土壤沖蝕 soil erosion	淺層崩塌 shallow landslide	深層崩塌 deep-seated landslide
誘發因素	降雨		
			地震
	土地利用		
發生區域	廣泛	特定位置	
單位面積 土砂量	少量	大量	
引發災害	較小，可預防	嚴重，無法預防	

圖 2.2 土壤沖蝕、淺層崩塌及深層崩塌特性比較表

土壤沖蝕、淺層崩塌與及深層崩塌等三種土砂移動現象，有其個別之定義及破壞行為，本研究在此先從此三種土砂移動現象進行區分，便可更瞭解淺層崩塌之定義及破壞現象。土壤沖蝕之定義為「地球表面的土壤及其母質，受水力、風力、凍融、重力以及人類不合理的生產活動等外動力作用下，發生的各種破壞、分離(分散)、搬運(移動)和沈積的現象。淺層崩塌及深層崩塌之定義為「邊坡上的塊體受地震、降雨入滲、地下水或人為在邊坡上的開發行為，導致作用在邊坡塊體上的總作用力失去平衡，而產生崩落或滑動行為，並以崩滑的深度或層面區分為淺層或深層崩塌」。圖 2.3 為國內過往土砂災害案例，圖 2.3(A)乃為一般土砂沖蝕現象，尤其從照片中可清楚發現當地位於緩坡，與前述所提出之特徵不符，故非崩塌。圖 2.3(B)則為西南台灣泥岩地區的土壤沖蝕現象，但此現象便開始介於土壤沖蝕與淺層崩塌之間，且由降雨量或降雨強度來決定當地坡面所發生的現象是土壤沖蝕或淺層崩塌，當降雨開始緩緩細雨時，降雨所引發之地表逕流是土壤沖蝕主要的驅動力，因此邊坡表面的確會出現表層土壤逐層現象，但當降雨量或降雨強度超過某一個門檻時，便有可能引發土層崩落，此時就會出現淺層崩塌現象。同樣的現象也出現在圖 2.3(C)南投縣九九峰地區，南投縣九九峰地區在 1999 年集集地震誘發大面積崩塌後(崩塌比約為 48%)，經過 12 年植生復育，目前多數坡面都有植生覆蓋，但如圖 2.3(C)之情況，在部分陡峭坡面仍有可能在降雨事件時產生土壤沖蝕及淺層崩塌現象。圖 2.3(B)及圖 2.3(C)便顯示出：土砂移動現象會有無法單一一種土砂移動現象名詞(土壤沖蝕、淺層崩塌或深層崩塌)來說明的情況，如同圖 2.3(B)及圖 2.3(C)便可能在同一場降雨事件中，產生土壤沖蝕及淺層崩塌現象。

圖 2.3(D)則為台東縣金崙溪上游集水區在莫拉克颱風事件中，引發大量淺層崩塌情況，此案例便可歸類為淺層崩塌。圖 2.3(E)則為新竹縣五峰鄉土場部落崩塌，其誘發因素為 2004 年艾利颱風帶來超過 1000mm 雨量，造成土體大量滑落。根據相關調查資料，該坡面之崩前坡度約 35 度，崩塌型態呈現圓弧形滑動，崩塌深度約 20 至 30 m。

	
(A)山頂緩坡土壤沖蝕現象	(B)高雄月世界土壤沖蝕現象
	
(C)南投縣九九峰坡面裸露現象	(D)台東縣金崙溪上游崩塌現象
	
(E)新竹縣土場部落崩塌現象	(F)國道三號深層崩塌現象
	
(G)台中縣梨山地滑現象	(H)高雄縣小林深層崩塌現象

圖 2.3 不同土砂災害案例說明比較圖

土場部落崩塌在土砂移動現象分類上，就介於淺層崩塌與深層崩塌之交界，會被認為是淺層崩塌原因是「該崩塌乃因降雨入滲導致土體飽和而產生」，但會被認為是深層崩塌原因是「崩滑面並非仍是淺層土壤，已深及底下岩層」。而圖 2.3(F)、(G)及(H)若以崩塌深度分類，則都屬於深層崩塌案例。

三種不同土砂移動現象之特徵，也可以表 2.3 來說明，土壤沖蝕與淺層崩塌主要區別在於誘發動力及土層移動現象，而淺層崩塌與深層崩塌主要區別則在於土層移動現象。

表 2.3 土壤沖蝕、淺層崩塌及深層崩塌比較表

比較細項	土壤沖蝕	淺層崩塌	深層崩塌
發生時間	有降雨即會引發	地震或降雨行為 (降雨量或降雨強度 超過門檻值)都會 引發	地震或降雨行為 (尤其是長延時高 強度降雨)都會引 發
誘發動力	表面逕流帶走表 層土壤	降雨引發表層土 體崩落	降雨入滲及地下 水升高
土層移動	層狀沖蝕(sheet erosion)或溝狀沖 蝕(gully erosion)	以個別邊坡單元 為崩落主體	導致地層與地層 間之摩擦力降 低，而產生地層 滑動

多篇研究也曾提出以崩塌深度為淺深層崩塌之定義界線，但此方式可能會有爭議，本研究以圖 2.4 來說明。一般地層由淺至深之分佈如圖 2.4 之地層屬性，則依據各地層可能發生之土砂移動現象，則可區分為表層土壤之土壤沖蝕現象、介於土壤層至部分岩層之淺層崩塌現象及位於部分土層及岩層之深層崩塌現象，由此便可發現若以地層屬性為區分，則淺深層崩塌之模糊地帶會發生在風化層岩層區。而若

以誘發因素區分，則土壤沖蝕主要由表面逕流所誘發，而降雨入滲水分可達風化層岩層及部分岩層，而地下水位深度也可高至土壤層(依各地區地下水位分佈而定)，因此若以降雨入滲或地下水位為淺深層崩塌之誘發因素差異，則此兩者一樣會產生模糊地帶。本研究一併加入部分台灣過往崩塌案例做為代表，西南台灣泥岩地區可被認為是土壤沖蝕現象，金崙溪上游崩塌可被認為是淺層崩塌，高雄縣小林崩塌可被認為是深層崩塌，但新竹縣土場部落崩塌則是一個可被認為淺層崩塌，也可被認為深層崩塌之案例。由此便可發現淺深層崩塌之定義主要模糊地帶會出現在誘發因素之釐清，而深度則為在土層與岩層之交界產生模糊地帶。

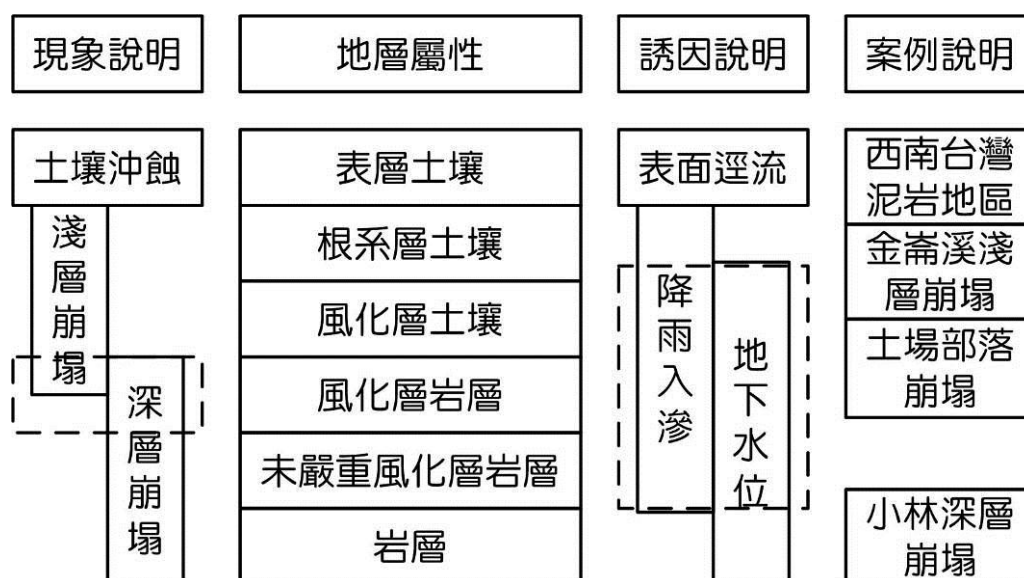


圖 2.4 依據地層淺深說明土砂移動現象概念圖

本研究應具體定義說明淺層崩塌係何種誘因致使何種材料發生何種行為。以崩塌深度來定義淺深層崩塌，則會出現各地都有不同定義之情況，因為淺層與深層會因誘發原因及影響層面差異，在台灣各地因地質及土壤特性，而產生不同之深度定義；例如若定義淺層崩塌不包含地下水位影響，則各地的地下水位深度以上將會是淺層崩塌定義區；若定義淺層崩塌不涉及岩層區，則各地的土壤層深度將會是淺層崩塌定義區。因此本研究認為淺深層崩塌首重於崩塌機制及影響層

面掌握，以崩塌機制及崩落物質去判斷淺深層崩塌是比較清楚且無爭議的方式。本研究也在 100 年 8 月 24 日於林務局召開淺層崩塌專家學者座談會，以專家學者的知識及經驗，共同討論適用於台灣之淺層崩塌定義。

2.2 淺層崩塌誘發原因及分佈

崩塌是邊坡塊體滑動面下滑力大於抗剪強度時，塊體開始發生滑動或崩塌等現象。台灣邊坡崩塌因子可分為潛因(inherent causes)與誘因(initiating causes)，潛因為山坡地自然環境，如地形、地質、地下水、溫泉等，誘因係誘發崩塌之因素，如集中性降雨、長期性降雨、地震、溪流淘刷，以及人為開墾、開闢道路、社區、開墾土石礦等活動。本計畫係以地震誘發崩塌(簡稱地震崩塌)，及降雨誘發崩塌(簡稱降雨崩塌)為主要探討對象。

位居地震帶之台灣，平均每天發生 2.74 次有感地震(中央氣象局由 1991 至 2006 年地震統計數據)，且由 1901 年至今計有 97 次災害性地震，其中最嚴重的是 1999 年集集地震(總傷亡人數為 2,415 人)。

許多研究結果認為地震規模或地震之水平或垂直地表加速度與崩塌有某些關係存在，例如 Keefer (1984)認為芮氏地震規模需大於 4 方能引發崩塌(如圖 2.5)；黃臺豐(1999)針對 1998 年台灣嘉義瑞里地震引發之山崩，認為崩塌多位於「水平最大地表加速度超過 250gal 以上區域，且多位於震央距離 15km 以內」；洪如江等(2000)及廖軒吾等(2000)分析 1999 年集集地震誘發崩塌，認為地震之垂直向地表最大加速度大於 200gal 且水平向地表最大加速度大於 150gal 的地震即可誘發崩塌。陳樹群及吳俊鉉(2009)分析集集地震引發大規模淺層崩塌：南投縣九九峰崩塌，認為該淺層崩塌與震波傳動方向有關：九九峰位於震央之西北偏北方，而九九峰淺層崩塌則多位於西北、北及東北坡向的邊坡。

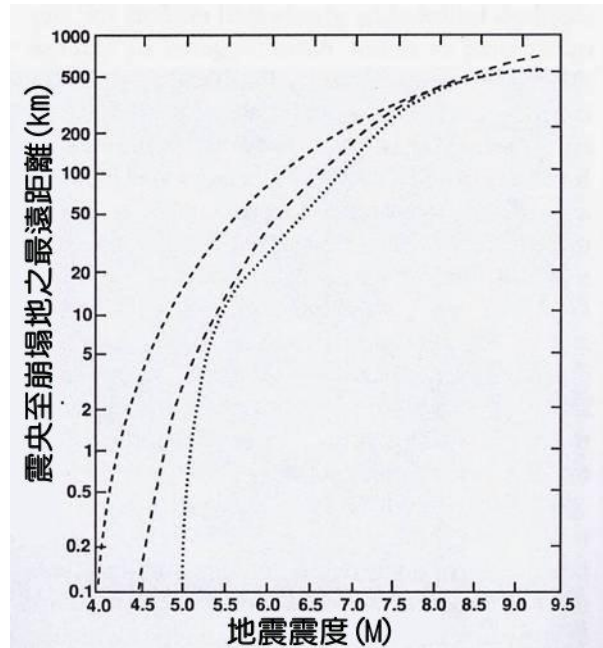


圖 2.5 地震震度與可能發生邊坡崩塌最遠距離圖(Keefer,1984)

降雨為崩塌的另一種要誘因，降雨強度、累積降雨量或臨前降雨量等特性常被引為崩塌發生之門檻，例如香港地區之崩塌發生門檻在日雨量超過 100 mm 或 15 日累積雨量超過 350 mm(Lumb, 1975)，南非地區崩塌發生門檻則為 2 小時降雨量超過 100 mm 或 15 天累積雨量達 450 mm(Bell & Maud, 2000)；台灣也有多篇文獻提出類似論點，例如阿里山公路崩塌之門檻值為 150 mm 左右(高申錡，1994)，台灣特定脆弱坡地(泥岩坡地、紅土臺地邊坡、順向坡)者為日降雨量 300 mm 左右(洪如江，1996)。

在根據過往崩塌發生案例所推導之降雨門檻值方法中，許多研究都曾繪製各研究區域的降雨門檻值比對圖，或利用部分降雨特性指標(臨前降雨量、臨前降雨時間、降雨強度、累積降雨量、臨界降雨量、臨界降雨強度及臨界降雨延時等)之組合以推求降雨門檻值(瀨尾克美等人,1973；Guidicini and Iwasa,1977; Pietro, 2004)。

就過往探討降雨門檻值之相關研究而言，大致可分成四類：

(1)降雨強度－延時曲線法(rainfall intensity-duration)

降雨強度－延時曲線法是降雨門檻值相關研究中最早被提出之方法，也是目前國際上最常被應用的方法，其評估方式如圖 2.6 所示，

將崩塌案例點繪於降雨強度及延時曲線圖上，並找出最適合曲線，提出評估公式。提出之公式如(2.1)、(2.2)及(2.3)式所示。

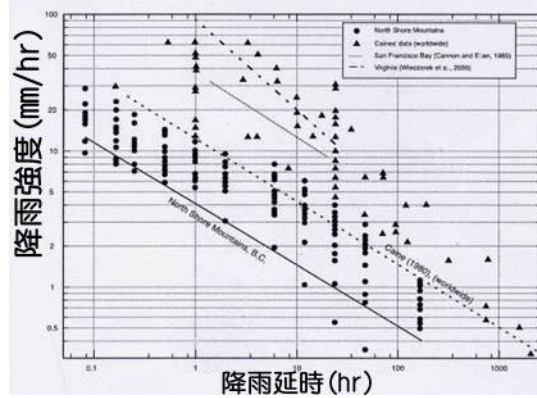


圖 2.6 降雨門檻值之降雨強度與延時曲線圖

$$I = AD^B + C \quad (2.1)$$

$$D = \frac{A}{I - B} \quad (2.2)$$

$$(I - I_0)D = Q_c \quad (2.3)$$

I 為降雨強度(單位 mm/hr)， D 為降雨延時(單位 hr)， A 、 B 及 C 則為待定參數。(2.1)式乃沿襲 Caine(1980)提出降雨強度—延時公式，後續的研究都以此方式進行統計(Caine & Mool, 1982; Larsen & Simon, 1993)。(2.2)式則為部分學者(Cannon & Ellen, 1985)以降雨強度與降雨延時之觀念發展出相似之降雨門檻值公式。(2.3)式則除考慮降雨延時與降雨強度外，另外考慮流失雨量強度及臨界滲透量之觀念，式中之 I_0 為流失雨量強度， Q_c 為臨界滲透量，如 Keefer et al. (1987) 便曾以此式建構降雨門檻值。

(2)彙整降雨特性參數之函數

Jakob & Weatherly (2003)以英國哥倫比亞地區North Shore山脈地區崩塌案例進行分析，先選定17項降雨量特性參數，如 N 周內暴雨總降雨量($N=1\sim4$)、 M 小時最大降雨量($M=1、2、6、12、24、48$)、 L 小時降雨延時($L=1\sim6$)等，以統計學之鑑定函數分析法比對崩塌發生案例與此17項降雨參數之相關性，經過統計檢定而得出兩則鑑定崩

塌是否發生之鑑定函數，如(2.4)與(2.5)所示。

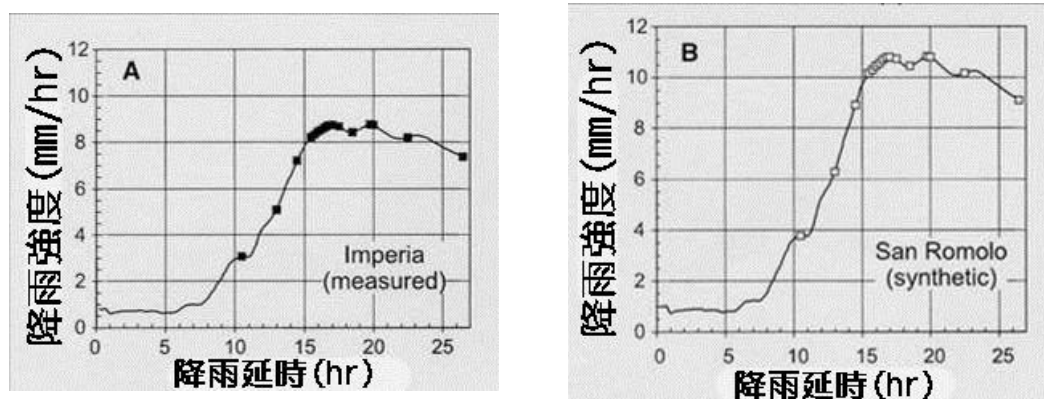
$$CS_L = -11.71 + 0.14Q_{M1} + 0.02A_{4W} + 0.35I_{6H} \quad (2.4)$$

$$CS_{NL} = -8.18 - 0.06Q_{M1} + 0.01A_{4W} + 0.50I_{6H} \quad (2.5)$$

CS_L 代表啟動崩塌門檻值函數， CS_{NL} 代表不會發生崩塌門檻值函數， Q_{M1} 代表該研究試區河川流量大於1cms之時間(單位：小時)， A_{4W} 代表該研究試區於此降雨事件發生前，四周內總累積降雨量(單位：mm)， I_{6H} 代表降雨事件中六小時最大降雨強度(單位：mm/6hr)，而當 CS_L 估算值大於 CS_{NL} 估算值時，代表該研究試區將會發生崩塌，反之當 CS_L 估算值小於 CS_{NL} 估算值時，代表該研究試區不會發生崩塌。

(3)以崩塌案例發生時之現地紀錄而彙整之門檻值

Guzzetti *et al.*(2004)研究Imperia 及 San Romolo兩地區26處崩塌案例發生時的降雨情形(如圖2.7)，圖中之■(Imperia區)及□(San Romolo區)分別代表此26次崩塌案例發生時間點，獲得結論：崩塌通常發生於降雨事件開始後的第8至10個小時，且發生於每小時降雨量為8至10mm的事件中。



Imperia 區崩塌與降雨記錄

San Romolo 區崩塌與降雨記錄

圖 2.7 義大利 Western Liguria 地區崩塌紀錄與降雨特性圖

人為開發也是淺層崩塌誘發的主要關鍵，尤其是山區道路開發導致切坡腳效應，道路開發需在道路上邊坡切土，且在下邊坡堆土；上邊坡切除土層，降低支撐力即便道路施作擋土設施，但對邊坡而言已

形成擾動；下邊坡堆土行為則最可能會在降雨導致水分入滲，而引發邊坡滑動現象；台灣道路開發引發之邊坡滑動現象多屬於淺層崩塌行為。

淺層崩塌分佈

崩塌與邊坡地質或地貌特性相關，地表下的地質猶如該邊坡所具有之原生特質，地表上的地貌則如同外在因素持續對此邊坡進行沖蝕、淘刷或堆積等行為之表態。以地質觀點而言，地質特性代表的是邊坡對降雨水分入滲之快慢或對地震搖晃之抵抗力強弱，國外研究認為崩塌多發生在膠結不良或多節理面之地層(Keefer, 1984)或風化土層、冰河土層及沖積土層(Crosta, 1998)，且崩塌發生率與岩層類別的關係顯著，堅硬而膠結良好的岩層其崩塌率較低(Keefer, 2000)。台灣地區亦有多個不同岩層具有高崩塌潛勢，例如石門水庫集水區及北橫地區之澳底層、石底層及大寮層(游中榮，1995)、西南台灣卓蘭層及錦水頁岩(黃臺豐，1999)、中台灣頭嵙山層(廖軒吾等，2000)、沉積岩及亞變質岩(洪如江等，2000)等。類似的地質與崩塌易發區之分析，有助於淺層崩塌分佈之探討，例如南投縣九九峰，該區以礫岩居多的頭嵙山層為主，土層水分入滲係數低，因此雖在 1999 年集集地震引發大規模淺層崩塌，但在爾後屢次豪雨事件中，也因土壤水分入滲係數低，導致其邊坡崩塌現象猶如一層又一層的土壤及卵礫石剝落，此崩塌即受當地地質特性影響之淺層崩塌(Chen & Wu, 2006)。

地貌之坡度及坡向為最常被使用的探討因子。例如義大利地區的崩塌易發生於坡度介於 25°至 40°(Crosta, 1998)，美國則以坡度介於 26°至 30°具有最多崩塌個數，但崩塌密度卻在 46°至 50°最高。台灣地區也有數個研究，提出之坡度門檻也不盡相同，例如 31°至 61°(李三畏，1984)、30°至 70°(游中榮，1995)、45%以上(胡蘇澄，1997)、55°以上(黃臺豐，1999)及坡度 30°至 60°(陳樹群等，2005)。雖然各篇研究所提出之坡度間隔不盡相同，但卻可以清楚發現「崩塌易發於陡峭邊坡」之關係。

2009 年莫拉克颱風引發小林深層崩塌案例，也引發日本高度關注，「深層崩塌」與「淺層崩塌」之釐清也在近兩年受到日本方面的重視，在 2011 年 1 月 19 日於日本東京大學召開的「日本深層崩塌研討委員會及特別研討會」中也提出數點「深層崩塌」與「淺層崩塌」區分方式，如表 2.4。

表 2.4 淺層崩塌與深層崩塌之比較

崩塌行為	淺層崩塌	深層崩塌
A)地質	與地質關係小	與岩性、構造(層理、褶曲、斷層等)關係密切
B)徵兆 (地形、地下水)	幾乎無徵兆	潛移、多重山陵、裂隙、坡趾小崩塌、坡面鼓起、地下水位變化等徵兆(非火山地區)
C)滑動面深度	淺	深
D)土質	表層土	岩盤
E)植生影響	有	無
F)規模	小規模(比高小)	大規模(比高大)

備註：取材自日本深層崩塌研討委員會(2011)。

多篇研究也曾指出淺層崩塌跟遷急點(nick point)的存在關係明顯，遷急點即為河床面上坡度變換點(通常是由緩坡轉為陡坡)(多田文男，1929；金子史朗，1972；Clowes and Comfort, 1986)，其乃因過往跟現在的地形均夷作用所產生的坡度變換點，其存在常反映構造變動、氣候改變或是地層岩性差異。

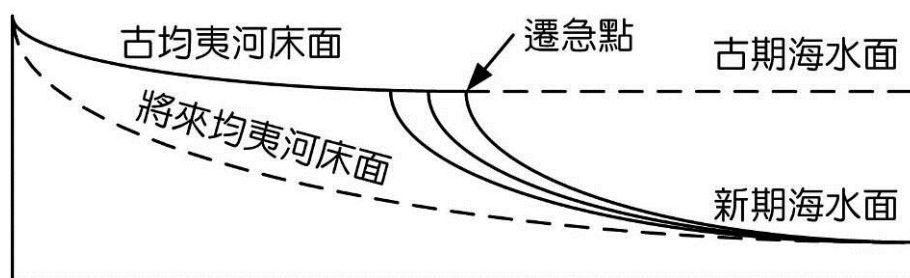


圖 2.8 遷急點示意圖(修改自 Clowes and Comfort(1986))

2.3 淺層崩塌潛勢評估模式

2.3.1 力學分析模式

極限平衡法、Newmark 法及相關估算方式

崩塌潛勢評估模式，可分為力學機制基礎及統計分析基礎兩種。力學機制基礎之邊坡穩定評估方式，乃評估邊坡塊體下滑力與抗滑力彼此間的關係。此法早期又以極限平衡法為主，極限平衡法則因力平衡推算合乎物理原理，且可考慮多種邊坡特性(例如土壤地質條件、地下水位條件、土壤材料之變質性、邊坡塊體破壞形狀差異和邊坡幾何)，因此在早期及目前都廣受應用；爾後多篇研究都沿用極限平衡法而繼續擴充，例如切片法(Fellenius, 1927)、Bishop 切片法(Bishop, 1955)及 Janbu 切片法(Janbu, 1968)，目前最常被使用邊坡穩定分析軟體 Stable 也引自極限平衡法。

地震誘發邊坡塊體破壞穩定分析，多以 Newmark(1965)所創之動態位移分析法為主，其乃評估地震力所引發之地表加速度造成岩坡和壩體之位移量；Jibson *et al.*(2000)又根據 Newmark 法，提出簡化之地震破壞邊坡塊體穩定分析法，其評估步驟如下

- (1)不考慮地下水位及降雨情況對邊坡塊體之影響，推估可能滑動深度，計算下滑力與抵抗力之比率為其安全係數，如(2.6)式所示。

$$FS = \frac{C + \gamma h \cos^2 \alpha \tan \phi}{\gamma h \cos \alpha \sin \alpha} \quad (2.6)$$

式中， FS 為安全係數， C 為土體凝聚力， γ 為土體單位重量， h 為塊體可能滑動深度， α 為邊坡傾角， ϕ 為土體摩擦角。

(2)經(2.6)式求得之安全係數，估算引發塊體滑動之臨界地震加速度，估算公式如(2.7)式或(2.8)式。

$$A_c = g \times \left[\frac{c}{\gamma h} + (\cos \alpha \tan \phi - \sin \alpha) \right] \quad (2.7)$$

$$A_c = (FS - 1) \times g \sin \alpha \quad (2.8)$$

上式中， A_c 為引發塊體移動之臨界地震加速度， g 為重力加速度。

(3)當地震所引發之地表加速度大於邊坡塊體移動之臨界加速度，則邊坡塊體將會發生滑移行為。

極限平衡法及 Newmark 法之優點為實用性高，且可快速運算；缺點是僅能作單一邊坡穩定分析，尚無法運用在全集水區之邊坡穩定分析。

無限邊坡穩定評估模式

此模式乃根據莫爾庫倫破壞準則(Mohr-Coulomb failure law)，認為邊坡土體之力平衡關係如(2.9)式所示。

$$\tau = C + (\sigma - u) \tan \phi \quad (2.9)$$

上式中， τ 為土壤的剪力強度， σ 為正向應力， u 為孔隙水壓力， ϕ 為土壤抗剪摩擦角， C 為有效凝聚力。Dietrich and Montgomery(1994)將無限邊坡模式發展如(2.10)式：

$$\gamma_s Z \cos \theta \sin \theta = C + (\gamma_s Z \cos^2 \theta - \gamma_w Z_w \cos^2 \theta) \tan \phi \quad (2.10)$$

其中 θ 為坡度， γ_s 為土壤單位重， γ_w 為水單位重， Z 為土壤深度， Z_w 為地下水位高度。(2.10)式可用(2.11)式表示。

$$\frac{Z_w}{Z} = \frac{C}{\gamma_w Z \cos^2 \theta \tan \phi} + \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right) \quad (2.11)$$

Dietrich and Montgomery(1994)利用穩定的降雨為基礎，配合經過 O'Loughlin (1986)以 Beven and Kirkby (1979)發展之 TOPMODEL 所改寫的 TOPOG 模式進行運算，並假設自然降雨與濕度空間分布有關連，以達西定律(Darcy's law)將(2.11)式代換為(2.12)式。

$$qa = kZ_w b \cos \theta \sin \theta \quad (2.12)$$

其中 q 為有效降雨量， a 為空間上任一地點的上坡集水面積通過該點的等高線長度 b （通常以網格的寬度表示）， Z_w 為地下水位高度。

針對土壤因水分飽和而發表之淺層地表下逕流 (shallow subsurface flow) 根據土壤的導水係數 T 和土壤深度 Z 的關係，可將 (2.12) 式轉為 (2.13) 式：

$$Tb \sin \theta = kZb \cos \theta \sin \theta \quad (2.13)$$

結合以上各式，可得出下式

$$\omega = \frac{Z_w}{Z} = \frac{q}{T} \frac{a/b}{\sin \theta} \quad (2.14)$$

其中 a/b 為比集水面積，以上坡集水面積 a 除以該點的等高線長度 b ，配合坡度可推求土壤濕度指數 w 。土壤濕度指數 w 被廣泛應用在地表下逕流與崩塌評估 (Beven and Kirkby, 1979; O'Loughlin, 1986)。土壤濕度指數 w 之意義：土壤溼度指數為 0，代表土壤處於乾燥狀態；降雨入滲可導致地下水位上升，當地下水位高於地表面，代表土壤完全達到飽和，其溼度指數為 1，並開始產生漫地流。

將上述公式推得土壤強度於地形上的最大飽和狀態，及降雨在地形上所能造成土壤內水分最大飽和狀態，將此二種土壤濕度指數計算方式結合之後以 (2.15) 式表示：

$$\frac{q}{T} \frac{a/b}{\sin \theta} = \frac{C}{\gamma_w Z \cos^2 \theta \tan \phi} + \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right) \quad (2.15)$$

此式即為水文模式與無限邊坡模式所結合的邊坡穩定模式 SHALSTAB。SHALSTAB 模式主要是根據雨量 q 和土壤導水係數 T 之比值 (q/T) 與土壤強度在地形上所能產生的最大飽和狀態評估邊坡穩性。Dietrich and Montgomery (1994) 認為地形主導崩塌的大小與行為，因此邊坡穩定性可分為四種情形討論：

(1) 無條件不穩定 (unconditionally unstable)

$$\tan \theta > \tan \phi + \frac{C}{\gamma_s Z \cos^2 \theta}$$

(2) 不穩定 (unstable)

$$\frac{a}{b} \geq \left(\frac{T}{q} \right) \sin \theta \left[\frac{\gamma_s}{\gamma_w} \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right) + \frac{C}{\gamma_w Z \cos^2 \theta \tan \phi} \right]$$

(3)穩定(stable)

$$\frac{a}{b} < \left(\frac{T}{q} \right) \sin \theta \left[\frac{\gamma_s}{\gamma_w} \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right) + \frac{C}{\gamma_w Z \cos^2 \theta \tan \phi} \right]$$

(4)無條件穩定(unconditionally stable)

$$\tan \theta \leq \tan \phi \left(1 - \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \right) + \frac{C}{\gamma_s Z \cos^2 \theta}$$

2.3.2 統計分析模式

統計評估模式建構過程包含：篩選崩塌相關因子，以相關因子建構統計評估模式，並選取試區進行驗證；優點為可快速且大範圍評估，缺點是過於主觀且缺少力學基礎。近年多數模式引入統計模式，試圖以統計數據為底，降低模式建構過程之主觀性，並以自我相似性取代力學機制原理；於崩塌評估道理上是可行的，因統計模式之基礎認定便為「同樣區域同樣地質及地貌環境下，在同樣降雨條件下，過往因降雨而發生崩塌之案例，其依據各種崩塌相關因子所建構之關係式，可為未來其他邊坡是否崩塌之依據」；也由於 ArcGIS 軟體的快速發展，促使圖層套疊技術更趨成熟，因此以「統計數據為底，建構崩塌評估潛勢模式」卻成為崩塌研究上一脈不可忽視的主流。常被使用的幾個方法概述如下：

(1)不安定指數法

主要以評估因子內所分類或分級之類別為對象，以計算所得之不安定指數，描述單一因子對所分析類型的坡地不安定程度，及該類型災害潛感度。評估方法分為三個步驟：單一因子分析、各災害類型之因子組合分析、及各災害類型之聯合分析等，其評估式如(2.16)式所示。

$$\text{不安定指數}(D_{Total}) = D_1^{W_1} \times D_2^{W_2} \times D_3^{W_3} \dots \times D_n^{W_n} \quad (2.16)$$

其中 D_1 、 D_2 ...、 D_n 代表各評估因子之不安定指數值，如坡度因子或材料因子等，以災害密度作為評估依據，而災害密度值計算有兩種表達方式：災害案例之崩塌個數密度，及災害所佔面積之崩壞面積率。 W_1 、 W_2 、... W_n 為各因子之權重值，

則代表各因子對所分析災害類型之不安定指數所佔有之影響比例，若要以計量方法計算權重，則各因子間必須找出供比較計算之數值。

(2)類神經網路法

類神經網路，乃模仿生物神經網路的資訊系統。倒傳遞演算法，是將一組樣本的輸入與輸出問題變為一個非線性最佳化的問題，基本上是利用最陡梯度下降法，計算並調整網路權值，使輸出預測值與實際目標值間的誤差最小化，得到精確的學習。以倒傳遞類神經網路法應用於邊坡崩塌潛勢預測之步驟如下：

- a、選取影響崩塌相關因子，利用倒傳遞網路演算法進行演算。
- b、設定網路參數，包括各層神經元數目，學習因子，慣性因子，訓練次數，容忍誤差....等。
- c、設定網路的初始權值；乃隨機產生之亂數值。
- d、將輸入向量及輸出向量依神經元轉換函數值域分別正規化。
- e、計算隱藏層及輸出層之輸出與輸出層及隱藏層之誤差。
- f、計算網路權值修正量，並修正之
- g、跳回步驟 d，重複計算直到誤差量小於容忍誤差為止。

(3)層級分析法(AHP)

層級分析法乃為美國匹茲堡大學著名運籌學家沙堤教授(T.L. Saaty)(1970)所發展之決策評量方法。層級分析法運用於自然界之邊坡崩塌潛勢預測上，則方案之決策者即為研究者，方案驗證即為邊坡過往崩塌發生案例，其運用方法如下：

- a. 經專家問卷法或過往文獻蒐集，篩選邊坡穩定相關因子。
- b. 建立各因子間層級關係。
- c. 以專家問卷法決定各相關因子權重。
- d. 將專家學者填寫之問卷數值建立成對比較矩陣。

- e. 經成對比較矩陣估算並給定各細部因子之評分標準。
- f. 建立邊坡崩塌潛勢預測模式，以過往發生案例為驗證。

(4)邏輯式迴歸

在定量分析的實際研究中，若反應變數是一個分類變數時，邏輯式迴歸模型是常被使用之模式，以邊坡是否發生崩塌而言，若發生崩塌則代表取反應變數定義為「1」，否則為「0」，以此驗證各崩塌相關因子對此研究區域崩塌之相關性。邏輯式迴歸崩塌潛勢評估模式之建構過程，也如其他統計崩塌潛勢評估模式，需經過崩塌相關因子篩選及因子顯著性檢定。在因子篩選過程，可採用崩塌地(特定條件之崩塌面積除以特定條件在該流域之總面積)來當篩選條件；因子顯著性檢定上可用最大概度估計法(maximum likelihood estimation, MLE)來評估。

2.4 淺層崩塌的對策

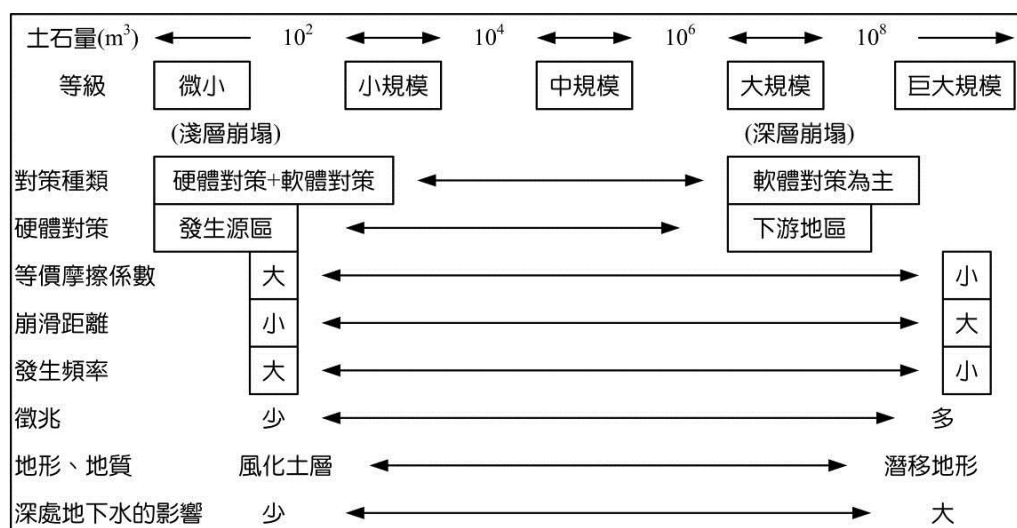
針對淺層崩塌防災警戒系統，首要考量則為此淺層崩塌是否具有保全對象，尤其以林務局所管轄之國有國有林地區域內，大部分位於較偏遠且人煙稀少之山坡地區。若該淺層崩塌案例具有保全對象，例如道路、住家、農田等人為建築或財產等，或可能引致大量土砂進入河川或下游水庫而造成嚴重淤積，則該淺層崩塌案例便需考量工程整治以維護未來坡面安定；但若淺層崩塌案例不具有保全對象，則保留該淺層崩塌案例，保留該坡面逐漸自然復育。

淺層崩塌防災警戒系統也稱為軟體整治工程，乃經由防災知識教導及疏散路線規劃等方式，保護人民在災害來臨時可保護自我生命財產安全。淺層崩塌之防災警戒系統跟土石流防災警戒系統之誘發原因及住戶反應時間有相當大的不同；以誘發原因而言，淺層崩塌警戒時間未必需要颱風事件方會引發警戒，只要降雨強度夠大或降雨量足夠，午後雷陣雨也可能誘發淺層崩塌警戒；以反應時間而言，土石流防災警戒之流程乃由降雨開始、集水區內發生崩塌、崩塌土砂匯集上

游洪水及土石流形成，因此當防災警戒發佈時(現行的土石流黃色或紅色警戒)，距離災害發生往往仍有幾小時時間，且土石流主要受災地區乃以野溪出口為主，有明確可能受災對象可循。但淺層崩塌防災警戒之流程則由降雨開始至集水區內發生崩塌，一發生崩塌就是淺層崩塌災害來臨，因此淺層崩塌之防災警戒時間相當短，受災地點則為各地邊坡下方之保全對象；相較於土石流災害，淺層崩塌防災警戒系統所需考量範圍更廣，考量時間更短。

淺層崩塌之整治則偏重於軟硬體並行，日本深層崩塌研討委員會及特別研討會(2011)也曾提出淺層崩塌與深層崩塌之整治方法差異，如圖 2.9 所示，淺層崩塌之對策種類以硬體對策及軟體對策為主，且硬體施用範圍則以發生源區為主；相較於深層崩塌之對策種類僅能以軟體對策為主，且施用範圍以下游地區為主，便可看出兩者差異。

崩塌對策，可分為直接地施以治理工程的硬體對策，及間接地限制土地使用或預警系統的軟體對策兩種。如圖 2.9 所示，淺層崩塌規模較小，崩滑距離短，硬體對策效果佳；但是淺層崩塌發生頻率高，除了有重要保全對象之處外，根本不可能全面進行硬體對策，必須搭配軟體對策。預警系統，只是最容易被一般人所接受的軟體對策之一。



備註：本表資料取自日本深層崩塌研討委員會(2011)。

圖 2.9 淺層崩塌與深層崩塌之比較

第三章 淺層崩塌專家學者座談會

目前國內對於淺層及深層崩塌尚未有非常清楚的定義，因此本研究於 2011 年 8 月 24 日舉辦「淺層崩塌專家學者座談會」，並邀請國內崩塌學者專家與會，及林務局本局及轄下各林區管理處人員與會，座談會主要目的便在於共同討論淺層崩塌之定義、型態及誘發原因。

3.1 座談會籌辦過程

(1)時間：2011 年 8 月 24 日上午 9 時

地點：林務局(台北市杭州南路 1 段 2 號)2 樓會議室

議程表如表 3.1 所示。

(2)邀請名單(共 38 位)及出席名單(共 13 位，以粗字底線顯示)如表 3.2 所示。

(3)座談會舉辦情況如圖 3.1 所示。

(4)專家學者意見如附錄二。

(5)結論：目前淺層崩塌難以給予行政執行上可依循之定義，建議暫時進行淺層崩塌之現象與特質說明(如 3.2 節分述)。

表 3.1 淺層崩塌專家學者座談會議程表

時間	議程	主講人
0850-0900	報到	
0900-0910	來賓致詞	楊宏志副局長 陳樹群教授
0910-1000	淺層崩塌各國資料分析報告	吳俊鎰博士
1000-1020	茶敘/休息	
1000-1130	淺層崩塌定義、型態及誘發原因 討論	陳樹群教授
1130	散會	

表 3.2 淺層崩塌專家學者座談會邀請及出席名單

單位	台灣大學土木工程學系
邀請名單	<u>林美聆教授</u> 、陳榮河教授、劉格非教授、林銘郎教授、洪如江教授
單位	台灣大學生物環境系統工程學系
邀請名單	<u>范正成教授</u> 、黃宏斌教授
單位	台灣大學地質學系
邀請名單	陳宏宇教授
單位	台灣大學地理環境資源學系
邀請名單	張石角教授、徐美玲教授、 <u>林俊全教授</u> 、 <u>黃誌川教授</u>
單位	台灣大學森林環境暨資源學系
邀請名單	陳信雄教授、 <u>梁偉立教授</u>
單位	中央大學土木工程學系
邀請名單	周憲德教授
單位	交通大學土木工程學系
邀請名單	楊錦釧教授
單位	中興大學土木工程學系
邀請名單	蘇苗彬教授、壽克堅教授
單位	中興大學水土保持學系
邀請名單	<u>陳樹群教授</u> 、馮正一教授
單位	嘉義大學土木工程學系
邀請名單	陳建元教授
單位	成功大學水利暨海洋工程學系
邀請名單	詹錢登教授、謝正倫教授
單位	成功大學資源工程學系
邀請名單	林慶偉教授

備註：以粗字底線代表出席人員。

續表 3.2 淺層崩塌專家學者座談會邀請名單

單位	屏東科技大學水土保持學系
邀請名單	陳天健教授
單位	東華大學自然資源與環境學系
邀請名單	陳紫娥教授
單位	國立暨南國際大學土木工程學系
邀請名單	<u>劉家男教授</u>
單位	逢甲大學水利工程與資源保育學系
邀請名單	連惠邦教授
單位	國家災害防救科技中心
邀請名單	<u>陳聯光研究員、吳亭燁研究員</u>
單位	中央地質調查所
邀請名單	紀宗吉科長
單位	黎明工程顧問有限公司
邀請名單	<u>黃貞凱總經理</u>
單位	中興工程股份有限公司
邀請名單	龔誠山博士
單位	崩塌地滑專家
邀請名單	<u>王文能博士</u>
單位	本案審查委員
邀請名單	王委員幸隆、施委員彰樹、 <u>吳委員建興</u> 、 <u>王委員亞男</u>
單位	林務局本局及各林區管理處、水土保持局

備註：以粗字底線代表出席人員。



圖 3.1 淺層崩塌專家學者座談會開會過程

除此會議外，本研究團隊也在 2011 年 7-8 月期間，兩次與日本專家學者商談關於淺深層崩塌之定義及防災策略(如圖 3.2)，第一次為 2011 年 7 月 31 日於中興大學水土保持系館，與日本京都大學千木良雅弘教授討論關於「日本對於淺層崩塌一詞之定義及防災策略」；第二次則為 2011 年 8 月 23 日參與「2011 年台日砂防共同研究研討會」(舉辦地點：國家災害防救科技中心 15 樓國際會議廳)，與諸位日本專家學者討論關於台日雙方目前對於淺深層崩塌之定義及防災策略。

3.2 座談會意見彙整及說明

於本研究所籌辦之淺層崩塌專家學者座談會，各位專家學者所發表意見如附錄二所示。本研究將各專家學者所建議的內容彙整如下：



圖 3.2 與日籍學者討論淺層崩塌定義過程

淺層崩塌定義

- 1.崩塌分類方式可依不同功能目標加以分類，可由機制、形態、管理目標等方式分類，故宜先釐清目標後，再加以定義及分類。
- 2.若依據日本之坡地災害分類方式(分為山崩、地滑及土石流)，則山崩多發生於陡坡地形，由於坡面土層穩定問題，表土層及風化層露出多不會太厚，因此，山崩而言多為「淺層」。簡報資料中之「大型」或「深層」崩塌應可界定在地滑類型。
- 3.台灣山高地形陡峭，範圍（幅員）遼闊，防治策略應「因地制宜」，基本資料之蒐集（如地形、土壤、地質、地被物...）與了解更重要。
- 4.深層(deep-seated)崩塌一般難以在深度上加以定義，通常以進入岩層中即為深層，以阿里山 71k 其滑動面已進入岩層，應視為深層。
- 5.崩塌以重力影響為主，應可分為崩、滑、流、淺勢之形式，並不宜只以深度為分級、分類依據。
- 6.淺層崩塌應為發生機制來主控，個人認為不是地層構造斷層、皺褶、節理所控制的崩塌皆可屬之（另排除土壤沖蝕，固其輸砂速率低，不會造成災害，故不算是崩塌，也不用擔心影響交通或人命安全）。
- 7.對於崩塌防治的策略建議依崩塌機制進行規劃，而不宜以崩塌之深淺進行劃分。

- 8.目前淺層崩塌難以給予行政執行上可依循之定義，或僅能進行學術研究上的定義，因此建議暫時進行淺層崩塌之現象與特質說明，俟未來學理或崩塌相關研究有更進一步發展，再進行更清楚之定義說明。
- 9.淺層崩塌之現象與特質應為「淺層崩塌是風化土層以上且未觸及岩盤的崩滑現象，崩塌發生時間與空間具有難以預測之特質」。

淺層崩塌誘發原因

- 1.淺層崩塌誘發原因（外力）主要為地震與降雨，地震不可測也不易防，重點應放在降雨誘發之考量。

淺層崩塌破壞型態

- 1.以林務局在本項目所擬達成之目標，可先加以釐清，目前應為國有林地具保全對象及林道管理為優先，再以地區崩塌高敏感區重視情形加以研擬對策。
- 2.目前國有林地如無重要保全時，崩塌可不加以整治，但如崩塌土石對於河道或後續處理可能引發二次災害，或後續擴大造成影響時，宜對其可能造之影響加以考量（後續效益）。
- 3.莫拉克颱風所造成國有林地之災害，目前以高陡坡地及向源侵蝕所造成之問題較為嚴重。建議對於向源地區之處理及二次災害控制加以考量。
- 4.對國有國有林地、國土保安而言，崩塌地對以下之影響非常值得重視。
 - (1)邊坡、坡腳、蝕溝、山谷是否穩定。
 - (2)崩落之土砂是否造成泥沙輸送之影響？
 - (3)林道、山區道路之維護之必要性之檢討。
- 5.淺層崩塌之影響不在於短期造成之生命財產之安全，而在於後續造成土石流（堆積料源）及河川淤塞、水庫劣化之影響，所以長期穩定是比較重要之考量，植生復育及水土保持工程設施都是很重要

的。

- 6.國有林地的淺層崩塌可以航照判釋方法，從現有崩塌地及林道沿線著手調查。

淺層崩塌警戒值

- 1.建議依現有崩塌資料與地質及降雨強度之關係，或許可界定不同地質之警戒值。
- 2.淺層崩塌造成之災害為何？分布地區為何？可依保全對象（遠、中、短程）建立「防災警戒系統」。
- 3.「防災警戒系統」應以(1)已裸露、(2)形成沖蝕溝、(3)面積大小次序，加上(4)地形及(5)保全對象，與即時之(6)降雨強度、頻度（降雨量）為主要考量因子。
- 4.建議可由歷年災害事件航照，先圈繪出高敏感地區及災害發生時之降雨資料，可提供地形特徵分析及敏感區圈繪，降雨門檻值可作為災害早期警報及減災管理（疏散及林道管制）之參考依據。
- 5.對未來崩塌之劃定及防災之建議如下：
 - (1)先劃出坡單元（視需要而劃分大小）。
 - (2)統計出各坡單元之崩塌發生降雨門檻。
 - (3)依降雨超過門檻之重現期而訂其潛勢。
 - (4)依各坡單元之降雨門檻作防災疏散避難之規劃。
- 6.雨量的特徵、植生（尤其是根系）加上地形，建議作為重要的警戒因子。
- 7.在淺層崩塌警戒雨量尚未設定前，建議淺層崩塌警戒雨量先依據水土保持局的土石流警戒雨量進行調整，但淺層崩塌警戒雨量會比土石流警戒雨量更低，且警戒時間發佈得更快。未來淺層崩塌警戒及防災系統，也建議應與水土保持局的土石流警戒及防災系統整合，避免產生雙重系統導致防災操作上的延宕或紛爭。

3.3 千木良教授針對台灣淺層崩塌給予建議

日本京都大學千木良雅弘教授是國際知名崩塌研究學者，尤其對於深層崩塌更有深入認知；本研究團隊於 2011 年 7 月 31 日與千木良教授於國立中興大學商談，千木良教授建議台灣淺層崩塌研究可由其出版書籍(大規模崩塌潛感區，目前也由王文能博士、陳樹群教授及吳俊鉉博士合作翻譯成繁體中文版，如圖 3.3)，也建議淺層崩塌潛感區研究應回到地質特性及地形特徵之重點。

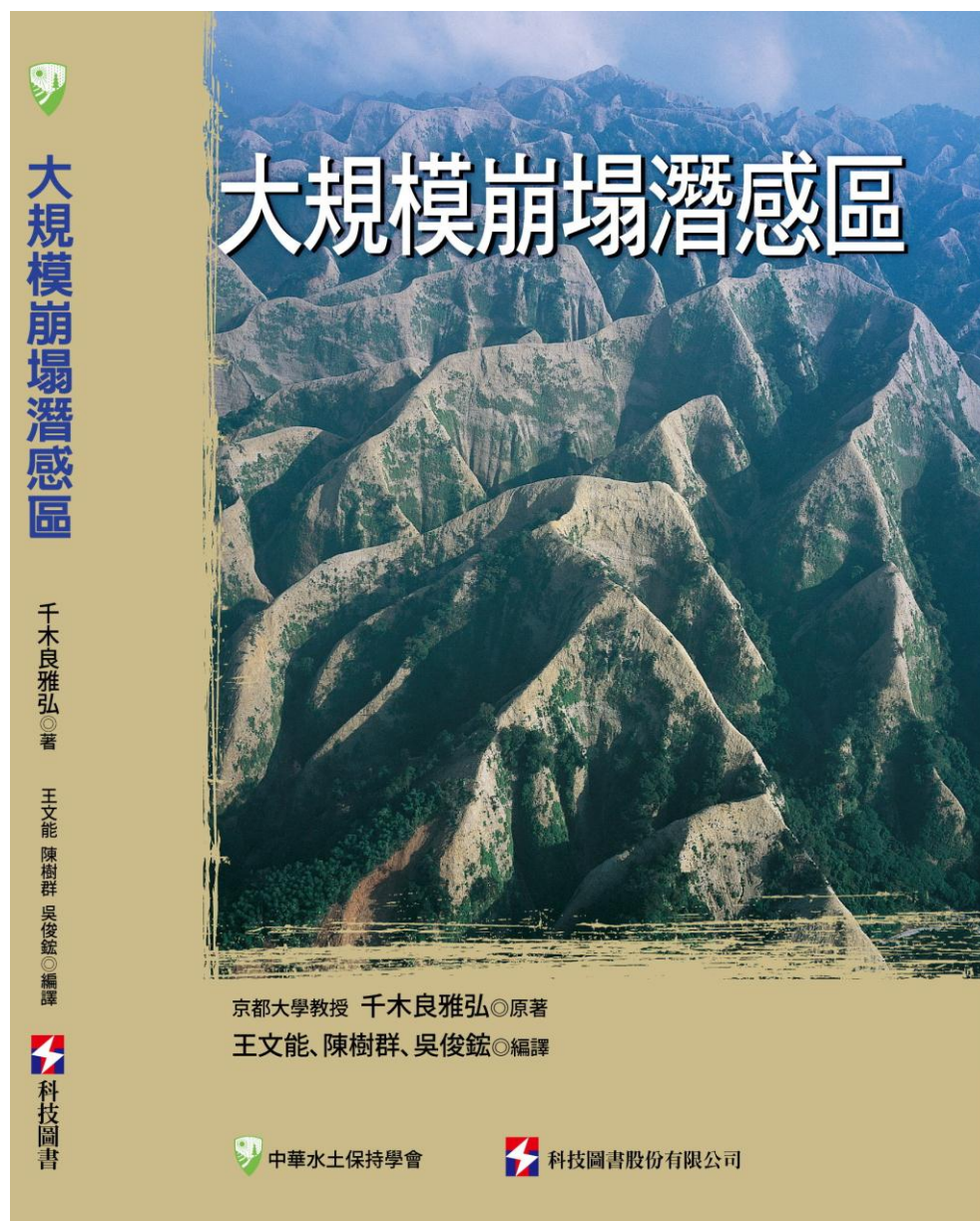


圖 3.3 大規模崩塌潛感區繁體中文版封面

第四章 集集地震後大規模淺層崩塌案例分析

自 1999 年集集地震至今 13 年間，台灣地區曾發生過數次重大土砂災害，根據內政部消防署(2011)統計資料(表 4.1)，可看出 1999 年集集地震災害傷亡人數居 10 件災害事件之冠。除莫拉克颱風、梅姬颱風、辛樂克及薔蜜颱風等事件外，其餘 6 件重大土砂災害事件都發生在集集地震後 5 年內，可見集集地震對坡地災害影響的一般。

針對近 12 年重大土砂災害事件的崩塌分析，由於 2000 年象神颱風、2001 年奇比颱風及 2010 年梅姬颱風等三事件，對台灣本島影響範圍較小，且僅於國有林地內造成極少數崩塌地，故在本計畫不予分析說明。其他事件，對台灣本島影響範圍較大，且在國有林地內造成較多崩塌地，所以本計畫乃利用表 4.2 所示圖資，進行集集地震後至今的大規模崩塌案例分析。

表 4.1 1999 年至 2009 年台灣地區重大土砂災害事件統計

排序	發生日期	災害名稱	死亡或失蹤(人)	受傷(人)	房屋倒塌(棟)
1	1999/09/21	集集地震	2,444	11,305	105,479
2	2009/08/05	莫拉克颱風	703	1,555	1163
3	2001/07/28	桃芝颱風	214	188	2617
4	2001/09/15	納莉颱風	104	265	0
5	2000/10/29	象神颱風	89	65	0
6	2004/06/28	敏督利颱風	45	20	411
7	2010/10/21	梅姬颱風	38	97	105
8	2001/06/22	奇比颱風	30	124	7
9	2004/08/23	艾利颱風	29	395	116
10	2008/09/11	辛樂克颱風*	27	91	80

備註：1.房屋倒塌包含全倒及半倒。

2.敏督利颱風事件之傷亡統計包含 0702 豪雨事件。

3.表格中上灰色底色的災害事件，代表本研究進行研究的災害事件(如表 4.2)。

4.本資料修改自內政部消防署(2011)彙整台灣地區天然災害損失統計表。

5.2008 年辛樂克颱風(2008/9/11-9/16)與薔蜜颱風(2008/9/26-9/29)時間相當接近，在本研究取得之崩塌圖層將此兩次颱風視為同一次，因此在上述表格統計也將辛樂克颱風與薔蜜颱風之傷亡人數及毀損統計合併估算。

表 4.2 本研究採用地震颱風豪雨誘發崩塌事件說明

事件名稱	繪製單位	衛星影像拍攝時間	解析度
集集地震	工研院能資所	1999 年第四季及 2000 年第一季	6.25m
桃芝颱風及納莉颱風	工研院能資所	桃芝颱風災後至 2001 年 9 月下旬	6.25m
敏督利颱風	中央大學	2004 年 7 月 10 日至 14 日	2.5m
艾利颱風	水利署	2004 年 8 月 23 日後之航照影像	2.5m
辛樂克及薔蜜颱風	水土保持局	2008 年薔蜜颱風(9/26-9/29)後	2.5m
莫拉克颱風	中央地調所	2009 年莫拉克颱風後	2.5m

4.1 集集地震後歷次重大事件的淺層崩塌特性

圖 4.1 至 4.5 為各事件誘發之崩塌地分佈圖，崩塌特性分述如下：

A. 集集地震崩塌特性(王文能等，2000)

- (1) 主要分佈在雙冬斷層至梨山斷層間之區塊
- (2) 大多為小規模及表層崩塌
- (3) 多發生在坡頂及陡崖邊緣
- (4) 多發生在節理發達之砂岩、礫岩及台地礫石堆積層等地區
- (5) 崩塌發生之邊坡坡度多於 30° 至 60° 間
- (6) 崩塌地大多位在水平地表加速度值大於 400 gal 以上地區，而地表加速度小於 400 gal 地區則較少崩塌。

B. 桃芝颱風降雨崩塌特性(林慶偉等，2002)

- (1) 桃芝颱風降雨崩塌在集集地震地表加速度較大之區域，有較高比例的趨勢。
- (2) 桃芝颱風降雨崩塌絕大部分發生在坡度 20° 至 50° 之間。

C. 敏督利颱風及艾利颱風崩塌特性(陳樹群等，2010)：針對石門水庫集水區玉峰溪集水區崩塌案例進行分析，發現認為玉峰

溪集水區主要崩塌誘發因素以豪雨及洪水淘刷坡腳為主，有 78.5%崩塌案例位於颱風事件中累積降雨量超過 1000mm 區域(降雨集中區)，也有 35.4%崩塌地位於道路上及 0.6%崩塌地位於河川兩岸，可見道路開發及河岸淘刷也為崩塌主因。

D.莫拉克颱風崩塌特性(Wu et al.,2011)：莫拉克颱風對西南台灣造成嚴重崩塌災情主因是高強度長延時降雨。

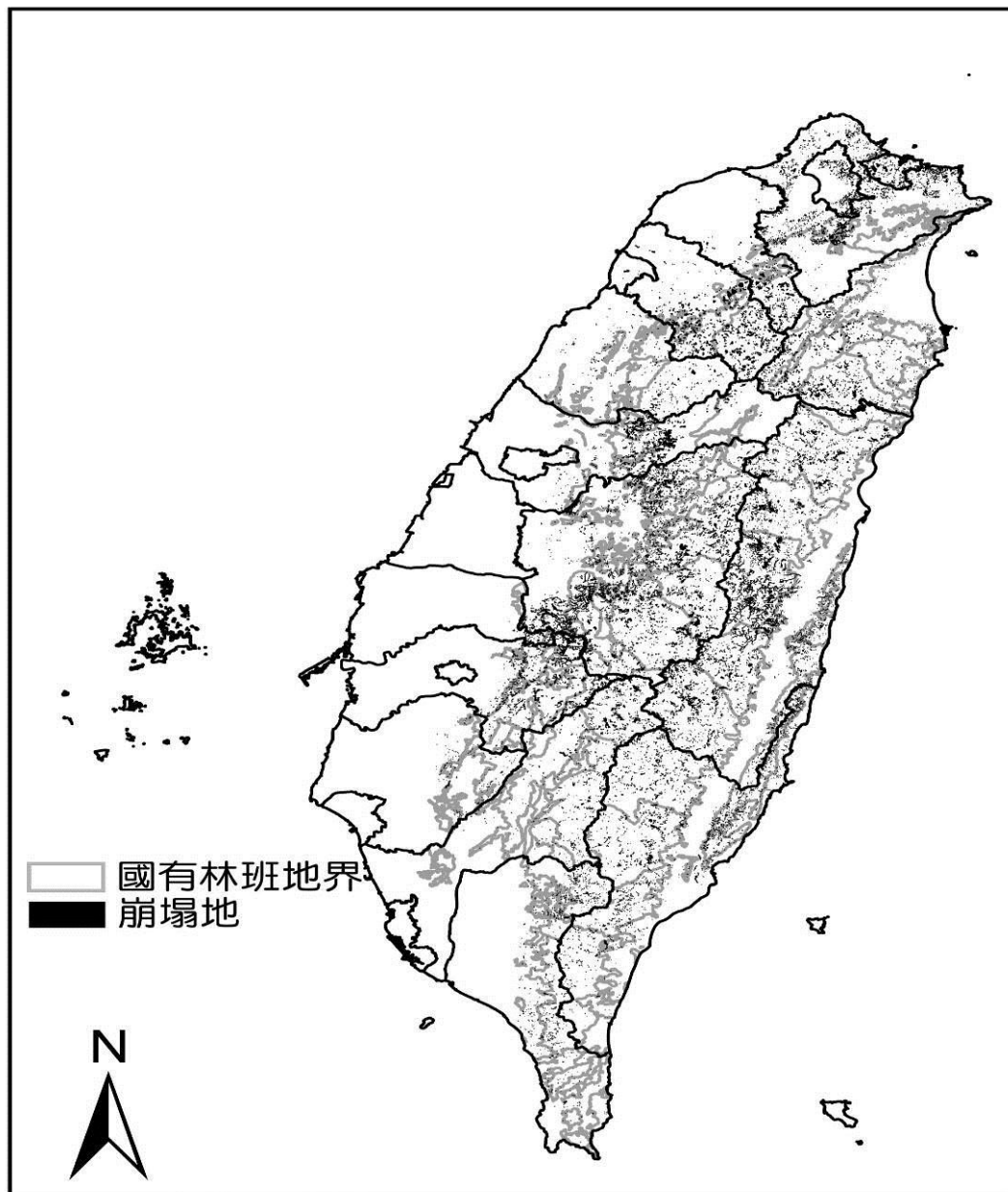


圖 4.1 1999 年集集地震後崩塌地分佈
(崩塌圖層為工研院能資所繪製，套圖及出圖則為本研究繪製)

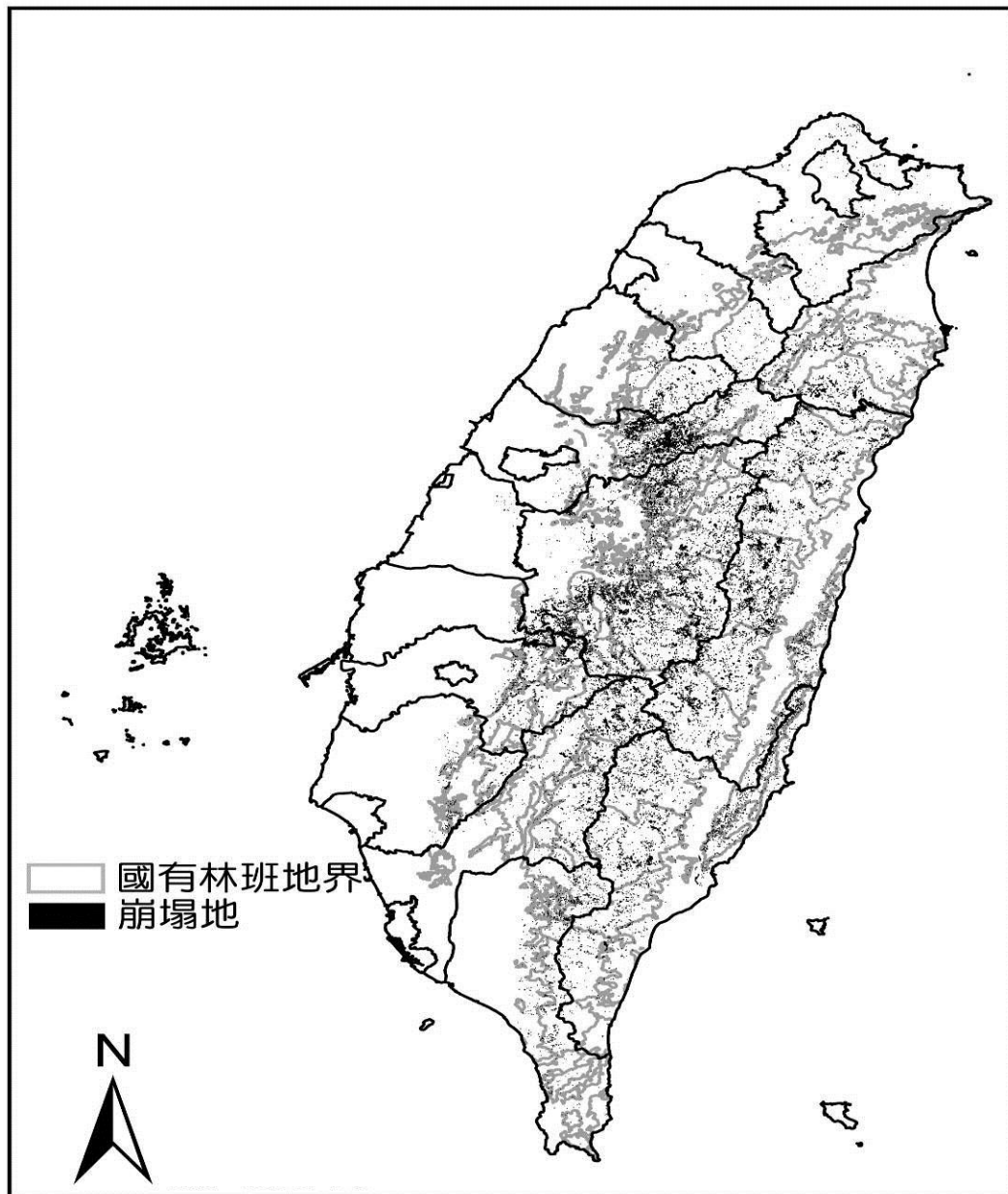


圖 4.2 2001 年桃芝颱風後崩塌地分佈
(崩塌圖層為工研院能資所繪製，套圖及出圖則為本研究繪製)

4.2 集集地震後各林管處轄區重大崩塌案例分析

本計畫於各林管處轄區分別擇取兩集水區(如表 4.3)，進行重大事件之崩塌特性分析。分析過程包括：

(1) 累積降雨量與崩塌比之關係

過往多篇文獻都曾提出累積降雨量跟崩塌比成正比之關係，陳樹群等(2010)針對石門水庫集水區玉峰溪集水區歷年崩塌案例

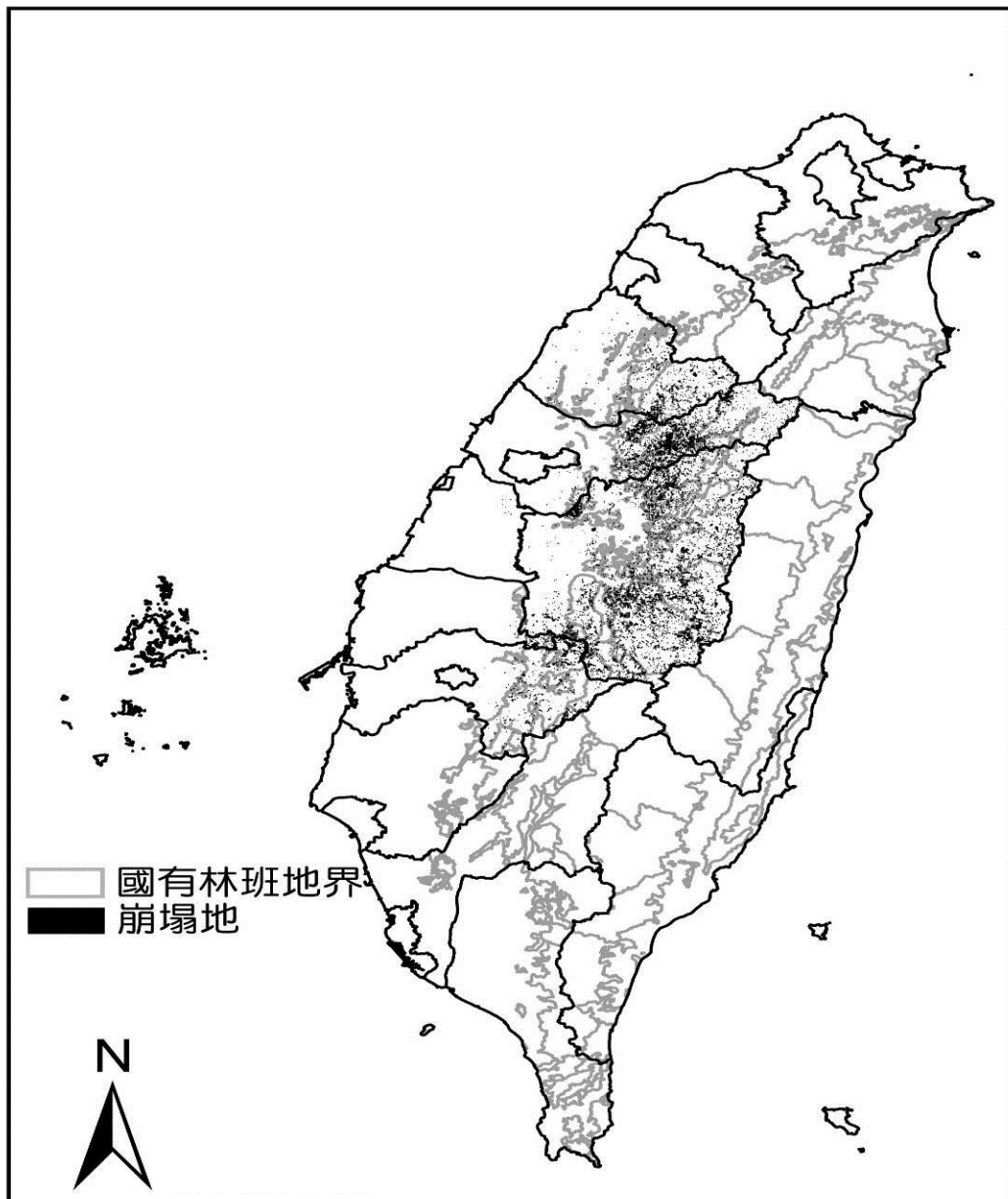


圖 4.3 2004 年敏督利颱風後崩塌地分佈
(崩塌圖層為中央大學繪製，套圖及出圖則為本研究繪製)

進行分析，研究結果發現：累積降雨量與崩塌比成正比；類似的結論也出現在 2009 年莫拉克颱風誘發崩塌事件中，Wu et al.(2011) 分析 2009 年莫拉克颱風對高屏溪誘發之崩塌案例(如表 4.4)，發現高屏溪崩塌案例集中在高降雨地區，高屏溪四個主要子集水區之崩塌比都在 6.8%以上；以過往崩塌案例分析經驗，若一個集水區崩塌比在 1%以上，都可被認為是嚴重崩塌案例；由此可見高屏溪集

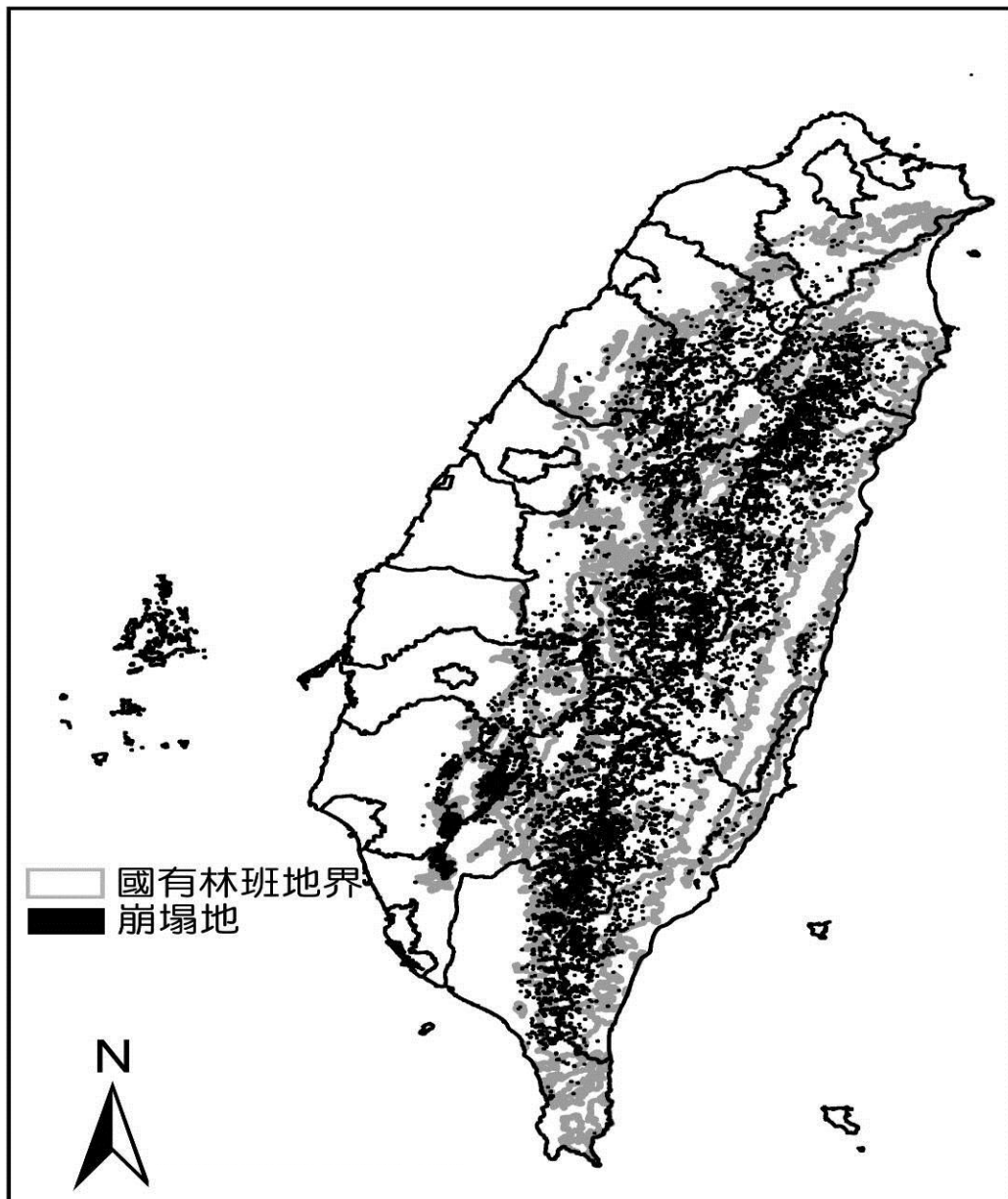


圖 4.4 2008 年辛樂克及薔蜜颱風後崩塌地分佈
(崩塌圖層為水土保持局繪製，套圖及出圖則為本研究繪製)

水區崩塌嚴重性；再者，在該研究中也提出，當降雨量超過 1400mm 時，崩塌比會超過 5.0%；但降雨量超過 2300mm 時，崩塌比則會超過 9.0%，此點也代表累積降雨量提升，的確也會提升崩塌比。

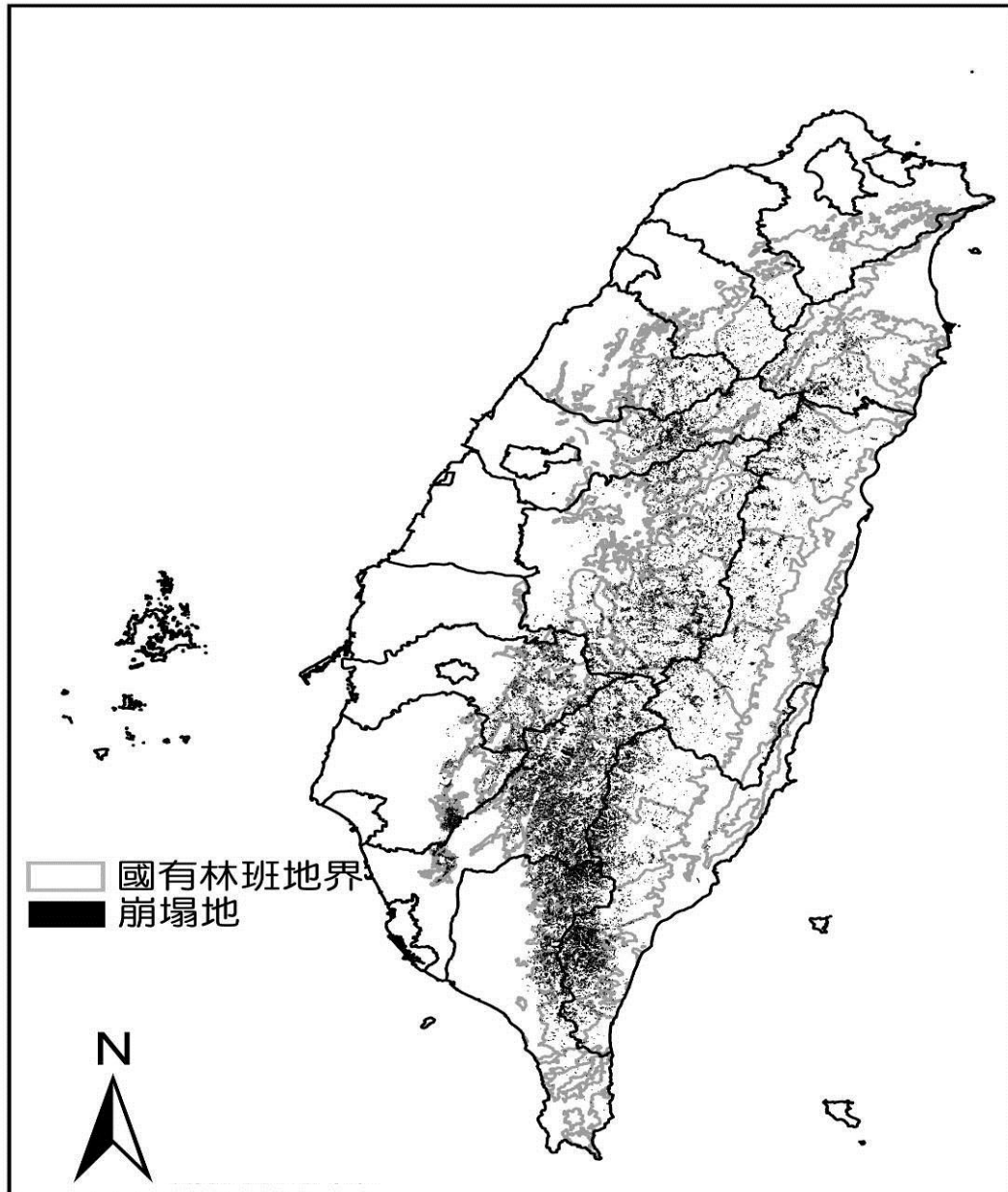


圖 4.5 2009 年莫拉克颱風後崩塌地分佈
(崩塌圖層為中央地調所繪製，套圖及出圖則為本研究繪製)

分析選定集水區降雨量與崩塌比之關係，便可瞭解降雨誘發崩塌之促發特性；本研究針對累積降雨量與崩塌比之分析方式如下分述：

- 1.選定要分析之子集水區及可能誘發崩塌之降雨事件。
- 2.依據選定之子集水區周遭之雨量站分佈，以 Kriging 方式模擬該場降雨事件在選定子集水區內之降雨量分佈。
- 3.分析不同累積降雨量與崩塌比之關係。

表 4.3 本研究於各林管處轄區選擇之 16 處子集水區

林管處	期中報告分析集水區	期末報告分析集水區
新竹	玉峰溪集水區	上坪溪集水區(包含土場溪)
東勢	雪山坑溪及烏石坑溪集水區	大甲溪中上游集水區
南投	九九峰集水區	奧萬大溪集水區
嘉義	曾文水庫集水區	清水溪集水區
屏東	旗山溪中上游集水區	荖濃溪集水區
台東	太麻里溪上游集水區	新武呂溪集水區
花蓮	馬太鞍溪集水區	木瓜溪集水區
羅東	土場溪集水區	和平溪集水區

表 4.4 高屏河流域莫拉克颱風降雨崩塌統計表

集水區名稱	高屏溪	旗山溪	荖濃溪	濁口溪	隘寮溪
總面積(km ²)	3320.3	432.6	931.5	322.8	413.7
平均降雨(mm)	1765.0	2031.0	2128.0	2350.0	1561.0
崩塌面積(km ²)	183.1	31.5	63.6	34.8	40.6
崩塌比(%)	5.5	7.3	6.8	10.8	9.8

(2)崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

崩塌自我組織臨界性分析主要目的在於瞭解崩塌地規模主要分佈範圍，並可與其他崩塌案例進行比較，瞭解誘發因素強弱；過往多篇研究都曾針對崩塌面積之非累積頻率關係進行探討，本分析方法起源於 Bak et al.(1988)認為自然界之崩塌現象存在自組織臨界性(self-organized criticality, SOC)，即為崩塌面積與出現累積頻率間依循冪次關係(power law)。根據相關研究(Pelletier et al., 1997; Turcotte and Malamud, 2004)顯示，崩塌面積與累積出現頻率關係符合冪次定律，其關係式如下：

$$N_E = \alpha A_E^{-\beta} \quad (4.1)$$

N_E 為頻率密度(無單位)， AE 則為崩塌面積(單位為 km^2)， α 與 β 分別為待定參數(無單位)， β 參數可稱為比例指數(scaling exponent)，跟崩塌誘因、地形特性及崩塌歷史相關，也跟該集水區之崩塌是小崩塌或大崩塌佔多數(Weissel et al., 2001)。一般崩塌特性分析中也常用 α 與 β 參數來分辨該次崩塌事件之主要誘發因素為降雨或地震。

過往多篇國際崩塌研究都曾利用崩塌自我組織臨界性(SOC)分析，分析結果如：日本降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)、義大利地震誘發之崩塌 β 趨近 2.0(Guzzetti et al., 2002)、美國地震誘發之崩塌 β 趨近 3.3(Malamud and Turcotte, 1999)、紐西蘭老崩塌地之 β 趨近 2.17 及台灣老崩塌地(在 10 年內發生崩塌之案例)之 β 趨近 2.66(Hovius et al., 1997)。Wu et al.(2011)也曾針對 2009 年莫拉克颱風在高屏溪引發之崩塌案例進行自我組織臨界性(SOC)分析，分析結果則顯示此類降雨誘發新崩塌地之 β 介於 1.3 至 1.4 之間，並認為是由於暴雨誘發為數眾多且規模大小不一之新崩塌地所導致，且洪水造成河岸淘刷引發的下邊坡小面積崩塌及降雨滲流引發上邊坡小面積崩塌都是促成此案例之 β 值偏小主因。

陳樹群等(2011)也曾利用此分析方法比較台灣歷年崩塌案例(如圖 4.6)，該研究針對集集地震、旗山溪集水區與神木集水區崩塌之 SOC 模式參數值進行比較，研究結果發現集集地震之 β 值較旗山溪與神木集水區崩塌案例之 β 值為高，主因則是集集地震所引發之小規模崩塌個數較旗山溪於 2009 年莫拉克颱風及神木集水區屢次颱風事件為多，引發大規模崩塌個數少，此點也呼應地震崩塌偏於山脊，且易引發岩塊或岩屑無法抵抗搖晃而崩落之小崩塌案例也多，方使集集地震之小規模崩塌個數頻率密度偏高；而在旗山溪與神木集水區崩塌案例之比較(如圖 4.7)，同樣皆屬於長延時強降雨之旗山溪集水區與神木集水區(1996 年賀伯、2004 年敏督利及 2009 年莫拉克)，受到較強崩塌誘發強度之旗山溪集水區，不論在大面積崩塌或小面積崩塌頻率密度上，都大於神木集水區之崩塌案例，該研究認為由此可認為旗山溪集水區之地質是較神木集水區地質更屬於易崩地質。

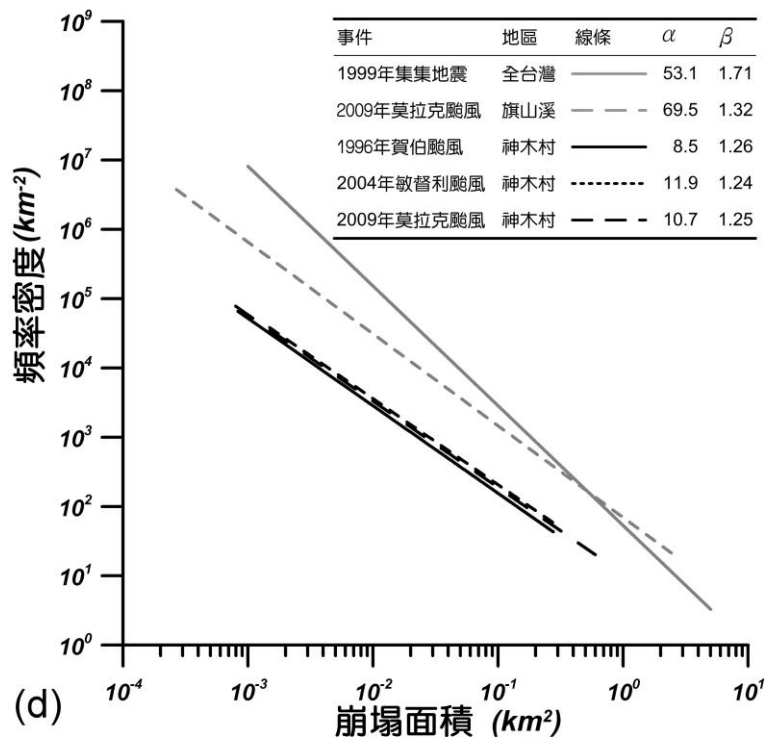


圖 4.6 台灣歷年崩塌案例自我組織臨界性(SOC)分析結果

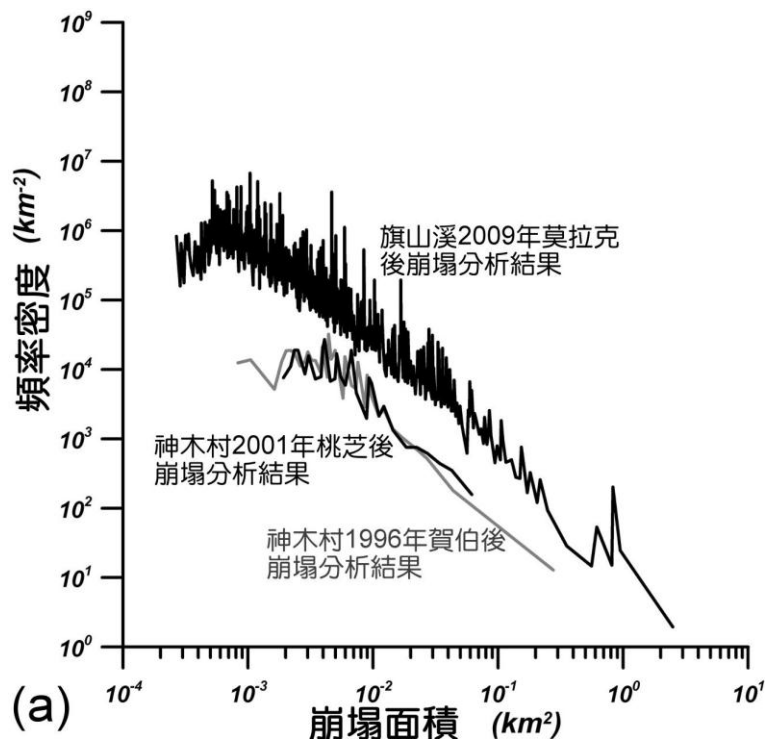


圖 4.7 2009 年莫拉克颱風後神木村與旗山溪崩塌案例分析比較

另外，本研究以崩塌面積介於 1ha 及 1km² 間，區分為小規模崩塌(崩塌面積小於 1ha)、中規模崩塌(崩塌面積介於 1ha 至 1km²)及大

規模崩塌(崩塌面積大於 1km^2)等三類，方便後續比較分析。

(3)崩塌地分佈位置特性(topographic site effect method)

為瞭解崩塌地誘發之關鍵因素，本研究利用崩塌地地形位置影響法(topographic site effect method)進行分析(Meunier et al., 2008)，此分析方法乃將崩塌地在邊坡上的位置特性化如圖 4.8，崩塌地最上緣至邊坡最上緣距離設為 a ，崩塌地趾部至河道(邊坡最下緣)的距離設為 b ，全邊坡長度則設為 d ，估算研究區域內各崩塌地之 a 、 b 及 d 等參數，並以 a/d 及 b/d 分別為 x 軸及 y 軸，配合崩塌地的面積將每塊崩塌地繪於圖上，即可找出該集水區崩塌地分佈特性。

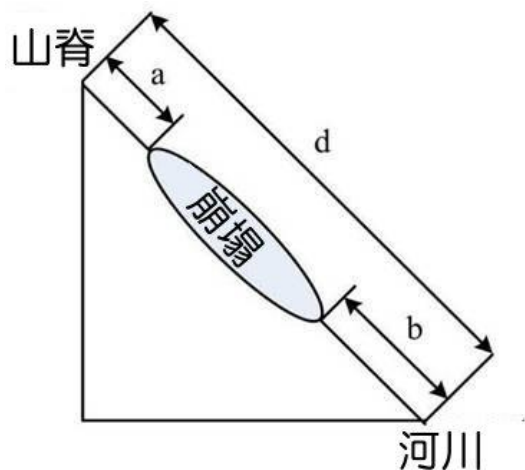
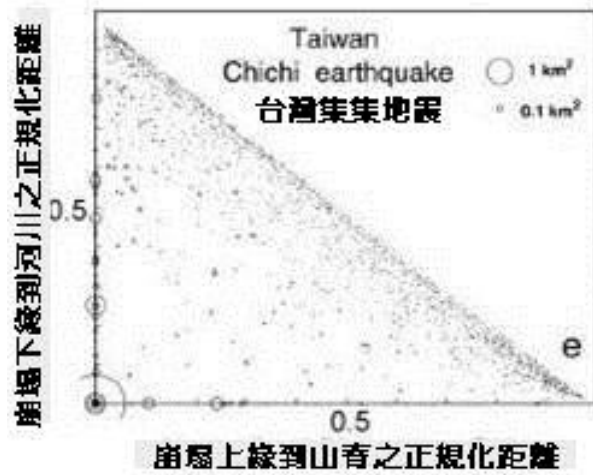
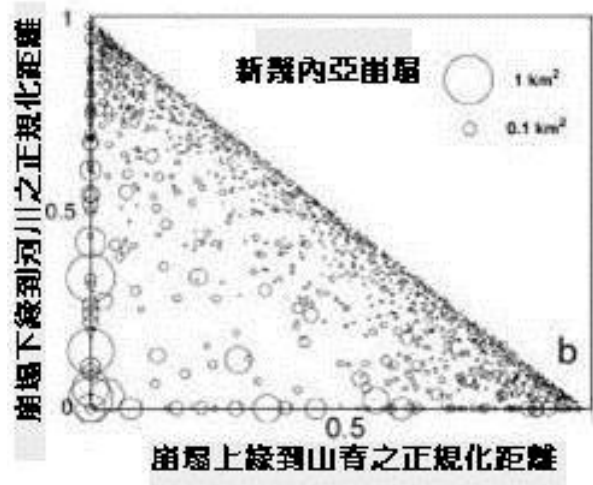


圖 4.8 崩塌地地形位置影響法分析參數

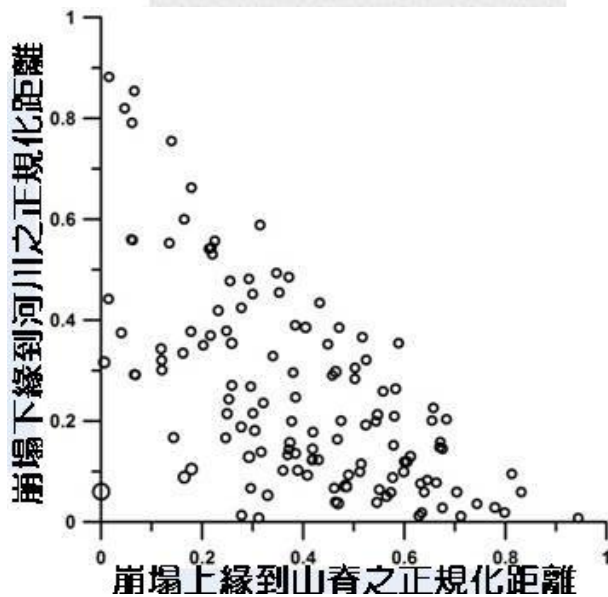
Meunier et al.(2008)分析不同地區之崩塌地地形位置特性，根據分析結果而提出：地震誘發崩塌案例集中在邊坡靠山脊處，在崩塌地地形位置影響圖上會偏左上半部($a/d \leq 0.5$ 及 $b/d \geq 0.5$)；降雨引發崩塌案例則會明顯發現受河岸淘刷所引發之崩塌明顯增多，即在崩塌地地形位置影響圖上會偏右下半部($b/d \leq 0.5$ 及 $a/d \geq 0.5$)。王文能等(2000)也曾根據台灣崩塌案例之分析提出近似論點，其認為地震崩塌地常為小規模或表層崩塌，邊坡坡度常超過 60° ，而降雨型崩塌無須陡峭邊坡坡度。本研究蒐集過往相關文獻採用此方法分析結果(如圖 4.9)。



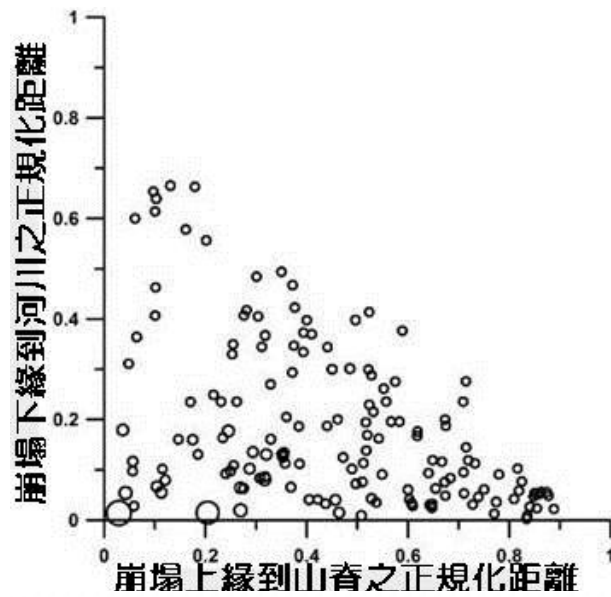
(a) 集集地震崩塌分佈



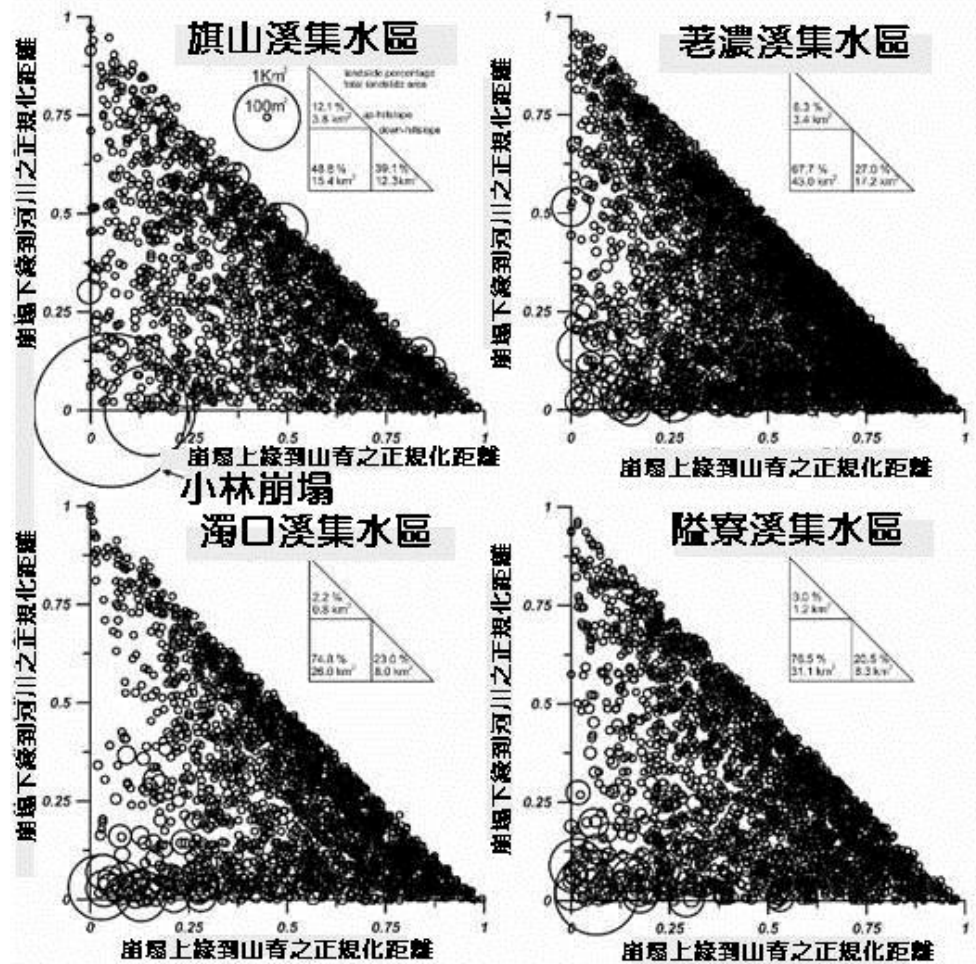
(b) 新幾內亞地震崩塌



(c) 神木村於 2004 年敏督利後



(d)神木村於 2009 年莫拉克後



(e)高屏溪四個子集水區，包含旗山溪、荖濃溪、濁口溪及隘寮溪於 2009 年莫拉克颱風後

圖 4.9 相關文獻採用崩塌地地形位置影響法分析結果

(取自 Meunier et al.(2008), Wu et al.(2011)及陳樹群等(2011))

A.新竹林管處：玉峰溪集水區崩塌特性分析

玉峰溪集水區位於石門水庫集水區，隸屬於新竹林區管理處管轄範圍，在 2004 年艾利颱風事件中，玉峰溪符合崩塌比高且具有保全對象的兩個條件，因此本研究選擇以玉峰溪集水區為研究區域。

2004 年艾利颱風強降雨在石門水庫集水區誘發 959 處共 752.1 ha 之崩塌(工業研究院能源與資源研究所，2005)，並造成石門水庫淤砂量達 2,092 萬 m^3 (國家災害防救科技中心，2004)，致使桃園縣地區缺水達半個月。

石門水庫集水區位於桃園縣與新竹縣之交界，主流河川為大漢溪，集水區面積約為 763.4 km^2 ，集水區年降雨量約為 2,300 mm，地表高程超過 1,000 m 之面積佔總面積之 71.0%，邊坡坡度介於 20° 至 45° 間之面積佔總面積之 75.3%。石門水庫集水區地層以大桶山層(佔 47.4%)、瑞芳群及其相當地層(佔 22.9%)及乾溝層(佔 18.6%)為最，且以砂岩和頁岩之岩層(佔 35.9%)、火山岩(佔 30.8%)及以煤質頁岩為主但含有少許砂岩及頁岩之岩層(佔 13.9%)為主要岩性，集水區內有多條斷層經過，集水區土壤以石質土為主。

於 2004 年艾利颱風於石門水庫集水區內之降雨(如圖 4.10)，主要集中於新竹縣尖石鄉玉峰村與秀巒村兩村落；降雨超過 1200.0mm 之區域，佔總集水區面積之 43.8%，卻擁有此事件誘發崩塌總數的 84.5%。

玉峰溪集水區基本資料

玉峰溪集水區位於石門水庫集水區內之西南隅，面積為 84.7 km^2 ，集水區海拔約在 527 至 2,283m 之間，平均高程約 1,196 m，高程 800 至 1400m 間面積約佔集水區面積 71.8%；平均坡度約為 35.2° ， 25° 至 50° 間面積約佔集水區面積之 77.7%。集水區主流玉峰溪自西南流往東北，流長約 22km，於巴陵與三光溪匯流為大漢溪，整體水系分佈成格柵狀。

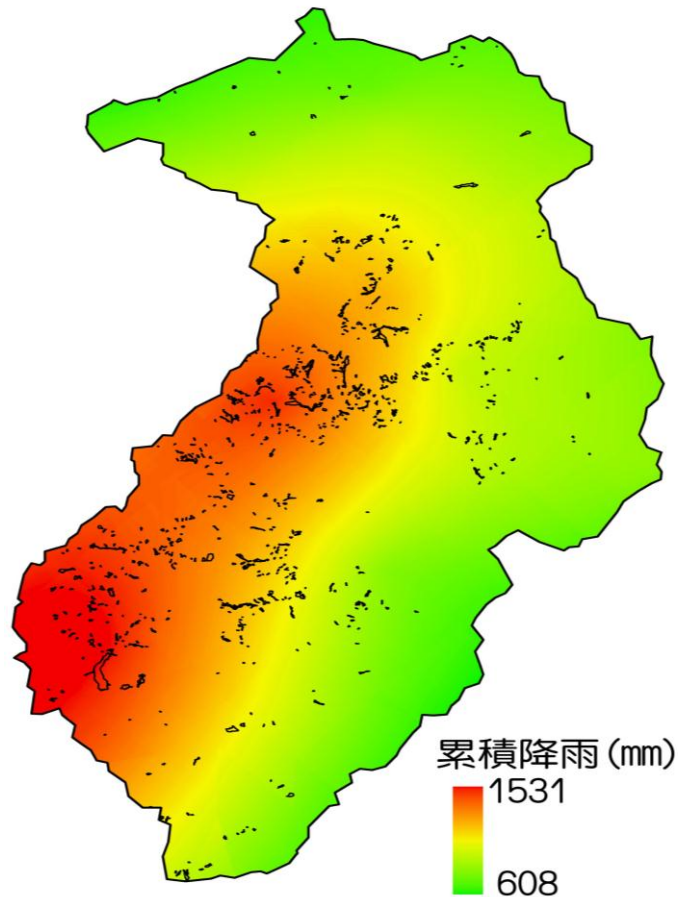


圖 4.10 2004 年艾利颱風期間石門水庫集水區降雨分佈

玉峰溪集水區主要出露地層佔據比例前三高為乾溝層、大桶山層、澳底層三種地層(如圖 4.11 所示)，分別佔集水區總面積之 12.4%、24.4%、63.3%。乾溝層岩性為硬頁岩、板岩、千枚岩，大桶山層岩性為硬頁岩、砂岩、砂頁岩，澳底層為砂岩、頁岩、煤質頁岩(何春蓀，1986)。在土壤分佈上，玉峰溪集水區內土壤主要以砂頁岩石質土及砂頁岩暗色崩積土為主，砂頁岩石質土約佔總面積之 90.8%，土壤特性為排水多屬良好或尚良好及土壤呈強至極強酸性；砂頁岩暗色崩積土僅佔總面積之 9.2%，土壤特性為土壤結構多鬆脆及土壤多呈中至強酸性反應(謝兆申及王明果，1989)。集水區內植生以闊葉林為主。

玉峰溪集水區屬亞熱帶海洋季風氣候，年氣溫約介於 11℃ 至 24℃ 間，年平均溫度約為 18℃；根據玉峰雨量站 1960 至 2009 年間月降雨資料所示，1960 至 1969 年年平均降雨量約為 2,089 mm；2000 至

2009 年年平均降雨量則為 2,670 mm，約較前 10 年過往增加 27.7%；在月降雨量分佈上，本研究以 1960 至 2009 年雨量進行比較，5 至 10 月間為玉峰溪集水區主要降雨季節，此段時間總降雨量約佔年降雨量之 76.6%至 77.9%；以近 40 年雨量比較，雨量主要增加在 7 至 10 月，尤其是 2000 至 2009 年間 8 月月平均雨量比 1960 至 1969 年間 8 月月平均雨量增加 1 倍左右。

根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，玉峰溪集水區內共有 7 條土石流潛勢溪流，包含三條高潛勢土石流潛勢溪流(竹縣 DF069、竹縣 DF063、竹縣 DF065)及四條中潛勢土石流潛勢溪流(桃縣 DF037、桃縣 DF038、竹縣 DF070、竹縣 DF071)。

1999 年集集地震後崩塌數據統計

玉峰溪集水區歷次嚴重土石災害事件之崩塌統計如表 4.5 所示，可發現 2004 年艾利颱風降雨崩塌最嚴重，因此選為集水區分析事件。

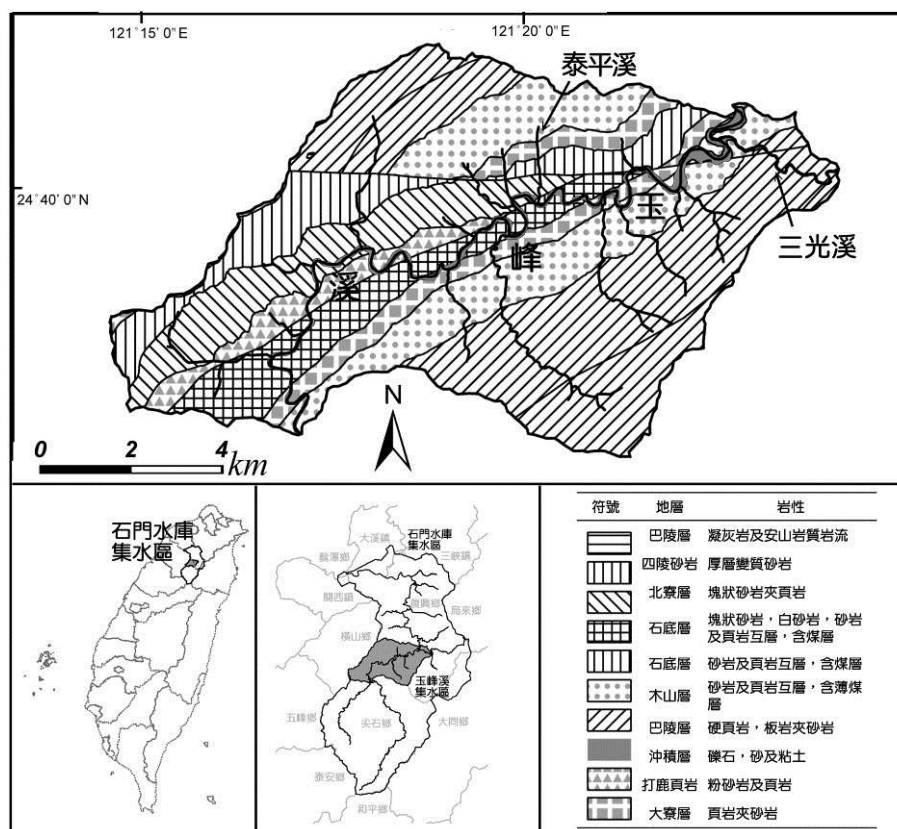
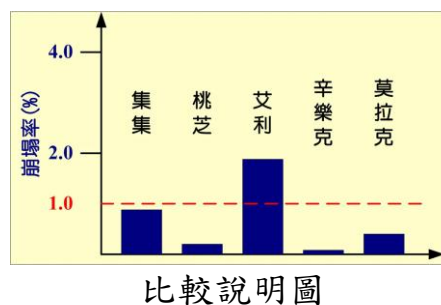


圖 4.11 玉峰溪集水區地質分佈圖

表 4.5 玉峰溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	132	81.2	0.9
2001 年桃芝颱風	20	14.5	0.2
2004 年艾利颱風	329	150.8	1.8
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	56	26.6	0.0
2009 年莫拉克颱風	57	31.7	0.4



備註：玉峰溪集水區屬於國有林地之比例約 41%。

2004 年艾利颱風降雨分佈及崩塌比估算

2004 年艾利颱風於玉峰溪集水區之降雨量與崩塌分佈如圖 4.12 所示，全集水區降雨量介於 938 至 1,406mm，平均降雨量約為 1,249mm。全集水區崩塌案例約有 80.9%位於累積降雨量超過 1,200 mm 以上區域(如圖 4.5)，累積降雨量在 1,200mm 以下區域崩塌比最大為 1.6%，累積降雨量在 1,200mm 以上區域之崩塌比卻高達 2.4%以上。表 4.6 則為累積降雨與崩塌比之統計表，可發現玉峰溪集水區之崩塌與累積降雨成正比，累積降雨越高，崩塌比則越高。

為瞭解 2004 年艾利颱風降雨型態，本研究分析單一雨量站時降雨強度，以時降雨強度超過 40mm/hr 是為強降雨，並以達強降雨之降雨延時區分為短延時(達強降雨之降雨延時小於 12 小時)、中延時(達強降雨之降雨延時介於 12 至 24 小時)及長延時(達強降雨之降雨延時超過 24 小時)等。表 4.7 則為本研究針對 2004 年艾利颱風中，降雨量最集中且也鄰近玉峰溪集水區的新竹縣梅花雨量站進行分析，由分析結果可發現：2004 年艾利颱風降雨型態屬於短延時高強度降雨。

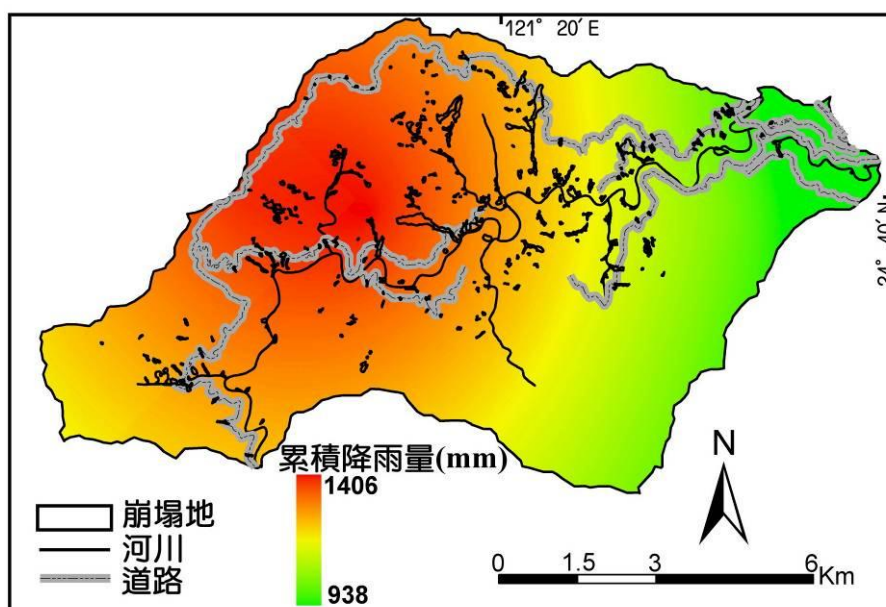


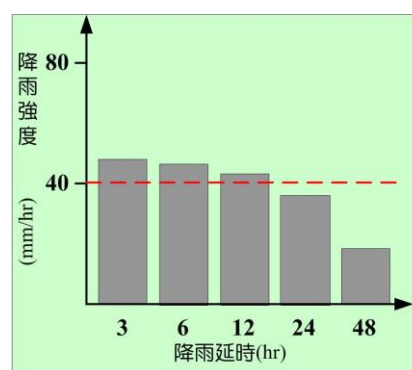
圖 4.12 2004 年艾利颱風於玉峰溪集水區之降雨分佈圖

表 4.6 2004 年艾利颱風於玉峰溪集水區之累積降雨與崩塌比估算表

累積降雨(mm)	總面積(ha)	國有林(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌比(%)
<1000	538.0	17.0	0.0	0.2
1000-1100	1337.3	52.3	0.3	0.5
1100-1200	1298.0	55.0	0.3	0.6
1200-1300	1337.3	69.2	0.7	1.0
>1300	3837.2	148.8	2.7	1.8

表 4.7 玉峰溪集水區於 2004 年艾利颱風降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	144	48
6	279	46.5
12	537	44.8
24	831	34.6
48	1100	22.9



比較說明圖

備註：玉峰集水區鄰近雨量站在 2004 年艾利颱風期間都有儀器(氣象局玉峰雨量站)或資料損毀(水利署玉峰雨量站)，本表以新竹梅花雨量站(接近玉峰集水區)降雨資料進行估算。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

本研究一將集集地震(嚴重地震崩塌案例)及旗山溪中上游集水區於 2009 年莫拉克颱風後之崩塌案例(高強度長延時降雨誘發崩塌)繪於圖 4.13 中，進行比較及分析；玉峰溪崩塌密度最高的地方位於 $1 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ (等同 1000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $3 \sim 4 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 $6 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ ，因此可見本集水區研究案例並無超過崩塌面積大於 1 km^2 之巨大崩塌(大規模崩塌)。若比較頻率密度之密集程度，而區分出此區域之崩塌面積分佈密集區(如圖 4.13 之矩形區域)，則約為 $7 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 $7 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 處(即為由 700 m^2 延伸至 0.7 ha)，可發現玉峰溪集水區在 2004 年艾利颱風誘發之崩塌主要以小規模崩塌為主。

根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，玉峰溪、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 $(15.9, 1.3)$ (玉峰溪)、 $(53.1, 1.7)$ (集集地震)及 $(69.5, 1.3)$ (旗山溪)。由圖 4.13 可發現不論是集集地震或旗山溪中上游崩塌，崩塌面積規模都較玉峰溪集水區來得大且廣泛，這與研究區域大小相關。在參數 β 比較上，玉峰溪集水區之值接近於旗山溪，此點也代表對於降雨誘發崩塌，玉峰溪集水區與旗山溪集水區都承受高累積降雨的事件，因此集水區邊坡無法抵抗而誘發大量崩塌。

崩塌地分佈位置特性

玉峰溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.14 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則玉峰溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 12.1%(上邊坡)、38.3%(下邊坡)及 49.5%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 12.1%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落；而 38.3%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落。

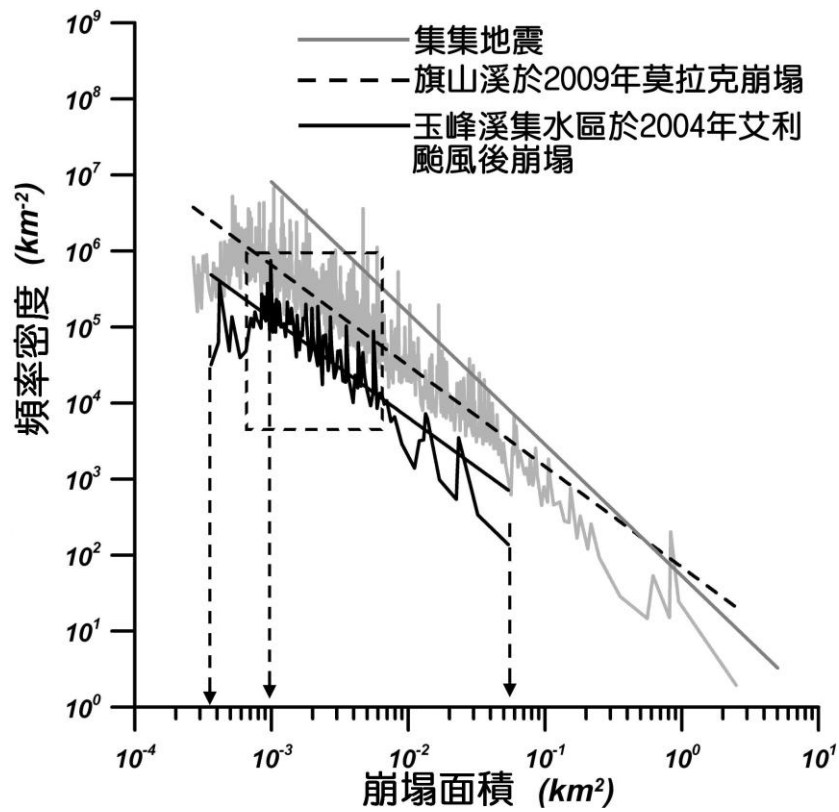


圖 4.13 玉峰溪崩塌 SOC 分析圖

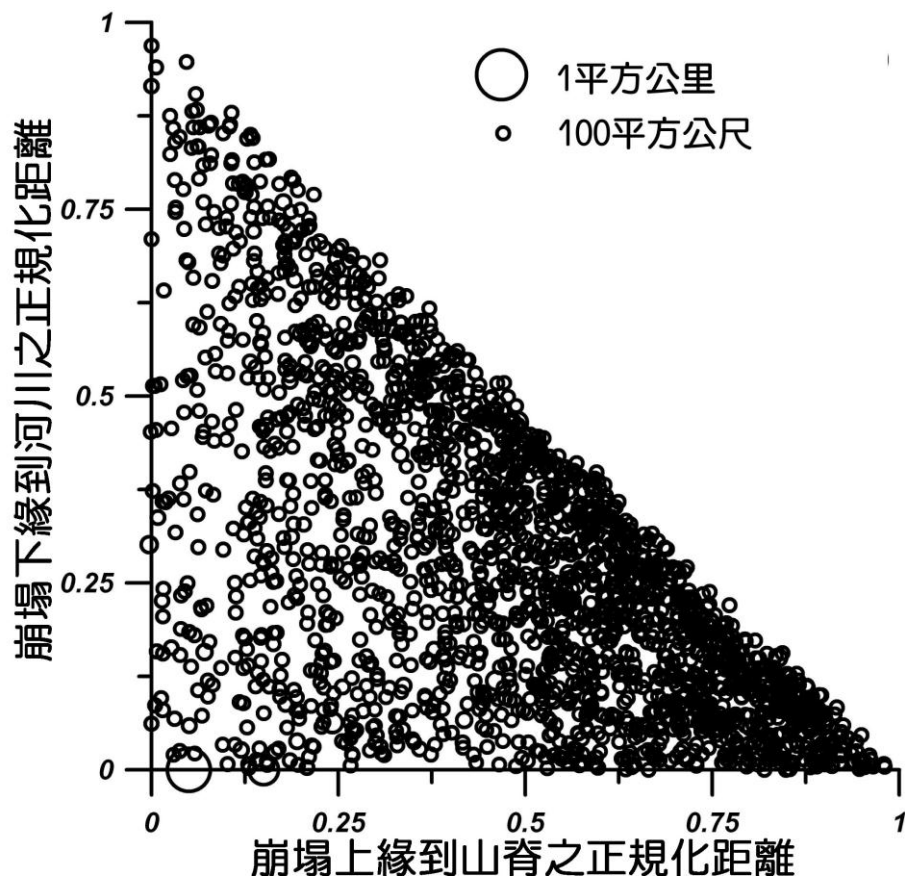
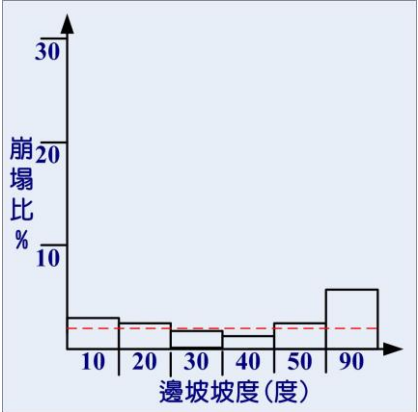


圖 4.14 玉峰溪崩塌地分佈位置特性圖

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度之關係；表 4.8 為玉峰溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表卻發現邊坡坡度越高，崩塌比反而下降，且坡度小於 10° 以下之區域之崩塌比則有 3.4%；本研究認為此點應跟河岸淘刷引發崩塌相關，玉峰溪集水區約有 55.6%之崩塌位於河川兩岸 250 m 範圍內，結合地形分析之結果，本研究認為玉峰溪集水區之崩塌在上邊坡因降雨入滲造成的崩落現象總面積，並不如因河川洪水淘刷下邊坡之崩塌總面積來得多。

表 4.8 玉峰溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

坡度間距($^{\circ}$)	總面積(ha)	國有林(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	383.4	15.7	0.2	1.3	
10-20	679.5	27.9	0.3	1.1	
20-30	1623.2	66.6	0.5	0.8	
30-40	2944.4	120.7	0.7	0.6	
40-50	2091.0	85.7	1.0	1.2	
>50	626.3	25.7	1.3	5.1	

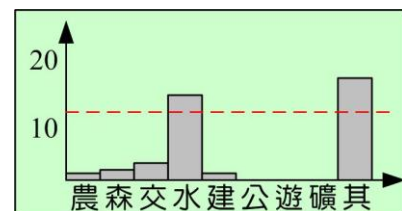
崩塌與土地利用之關係

為瞭解土地利用型態對玉峰溪集水區之崩塌是否具有誘發特性，本研究採用內政部國土測繪中心於 2006 年至 2008 年新編繪之土地利用調查圖資進行分析，該筆圖資將土地利用類別分為九種，農業使用土地類別包含農作、水產及畜牧等類別，森林使用土地類別包含天然林及人工林等類別，交通使用土地類別包含任何交通設施及道路等類別，水利使用土地類別包含河道及相關水利構造物等類別，建築使用土地類別包含非公共設施之人為建築等類別，公共設施使用土地

類別包含機關單位、學校、社會福利或醫療環保等設施，遊憩使用土地類別包含文化及休閒設施等類別，礦鹽使用土地類別包含礦業、土石及鹽業等類別，其他使用土地類別則包含溼地、草生地、裸露地、灌木荒地、災害地、空置地等類別。本研究以 2004 年艾利颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表 4.9 所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外，交通及水利用地之崩塌比也偏高，交通用地高崩塌比代表人為道路開發對崩塌誘發影響，水利用地高崩塌比代表河岸兩旁淘刷造成崩塌，尤其河岸淘刷問題在玉峰溪是相當明顯崩塌誘發原因。

表 4.9 玉峰溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比 (%)	土地類別	崩塌比 (%)
農業	0.5	公共設施	0.0
森林	0.6	遊憩	0.0
交通	3.1	礦鹽	0.0
水利	12.0	其他	15.7
建築	0.3		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 41%之國有林地

事業區：大溪事業區

林道：無

區內或鄰近森林遊樂區：拉拉山森林遊樂區

水庫庫容：石門水庫

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將玉峰溪集水區於 2004 年艾利颱風

風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

- (1)雖然陡坡為邊坡崩塌主要誘發原因，但在玉峰溪集水區並未明顯發現陡坡崩塌較其他坡度之邊坡來得嚴重，目前估算結果發現崩塌比最高的為坡度小於 10° (崩塌比 3.4%)及坡度介於 20° 至 30° (崩塌比 1.9%)，而本研究認為坡度小於 10° 之崩塌應與河岸淘刷相關。
- (2)崩塌受降雨及後續洪水誘發的情況明顯，累積降雨超過 1000 mm 之區域，便會出現崩塌比超過 1.0 %情況。且根據 2004 年艾利颱風降雨型態分析，短延時高強度降雨是該次颱風造成嚴重災害的主因。
- (3)以邊坡崩塌與地層之關係，約有 78.4%位於澳底層，且澳底層之崩塌比也高達 2.5%，若將崩塌比超過 1%視為易崩地層，則玉峰溪集水區之澳底層及大桶山層都屬於易崩地層。
- (4)2004 年艾利颱風在玉峰溪集水區引發以小規模崩塌為主。
- (5)降雨是玉峰溪崩塌主要原因，因降雨造成水分入滲(上邊坡崩塌，佔 12.1%)，表面逕流匯集後(源頭崩塌)，形成洪水往下游傳遞(源頭崩塌及河岸淘刷，共佔 55.6%)，此三類崩塌約佔本集水區崩塌總案例的 67.7%。
- (6)根據不同土地利用類別之崩塌比比較，玉峰溪集水區之道路開發及河岸淘刷的確對崩塌有促發影響。
- (7)根據以上論點，玉峰溪集水溪未來針對崩塌預防之保育措施，建議在原有山坡地上注重森林復育，道路開發處注重上下邊坡穩定，河流經過處注重邊坡受淘刷造成之崩塌誘發影響。

B.新竹林管處：上坪溪集水區

基本資料

上坪溪集水區(如圖 4.15 所示)位於新竹縣竹東鎮及五峰鄉，集水區面積為 24,194ha，國有林地面積約為 15,340ha，約佔總集水區面積之 63.4%；由於本集水區之國有林地面積比例較低，因此本節後續研

究分析數據，都以國有林地內之估算為主。上坪溪集水區之地層以大寮層、木山層、澳底層及其相當地層及南港層、石底層及其相當地層為主，岩性則以板岩、堅硬砂岩與頁岩為主。

上坪溪集水區海拔約在 266 至 2,601m 之間，平均高程約 1,461 m，平均坡度約為 34.5°，坡度超過 30 度以上面積約佔集水區面積之 69.1%，可見上坪溪集水區屬於陡坡區域。2004 年艾利颱風曾在上坪溪引發嚴重土砂災害，該災害主要誘發原因為長延時高強度降雨，該災害也以土場部落之大崩塌崩落最嚴重，該災害造成二十四戶民宅以及土場檢查哨被掩埋和十五人被活埋。

根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，上坪溪集水區內共有 17 條土石流潛勢溪流，包含 7 條高潛勢土石流潛勢溪流(竹縣 DF039、竹縣 DF041、竹縣 DF042、竹縣 DF043、竹縣 DF044、竹縣 DF045(即為土場溪)、竹縣 DF048)、9 條中潛勢土石流潛勢溪流(竹縣 DF023、竹縣 DF029、竹縣 DF030、竹縣 DF036、竹縣 DF037、竹縣 DF040、竹縣 DF046、竹縣 DF047、竹縣 DF049)及 1 條低高潛勢土石流潛勢溪流(竹縣 DF038)。

1999 年集集地震後崩塌數據統計

上坪溪集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風或地震事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.10 所示，可發現 1999 年集集地震及 2004 年艾利颱風為上坪溪集水區最嚴重土砂災害事件，但因本研究以降雨崩塌研究為主，因此本研究選定以 2004 年艾利颱風於上坪溪集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

2004 年艾利颱風降雨分佈及崩塌比估算

2004 年艾利颱風於上坪溪集水區之降雨量分佈如圖 4.16 所示，集水區降雨量介於 503 至 1,433 mm，平均降雨量約 1,104 mm。全集水區崩塌案例約 96.9%位於累積降雨量超過 900 mm 以上區域(如圖 4.5)，累積降雨量在 900 mm 以下區域崩塌比接近 0%。表 4.6 則為累

積降雨與崩塌比之統計表，可發現上坪溪集水區之崩塌與累積降雨成正比，累積降雨越高，崩塌比則越高。再者也可從累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，上坪溪集水區之崩塌分佈與河川有相當程度的關係，經統計估算，約 16.7%之崩塌案例都位於河川兩岸 250 m 距離內，此也代表因洪水造成的河岸下邊坡淘刷是上坪溪集水區崩塌誘發原因。

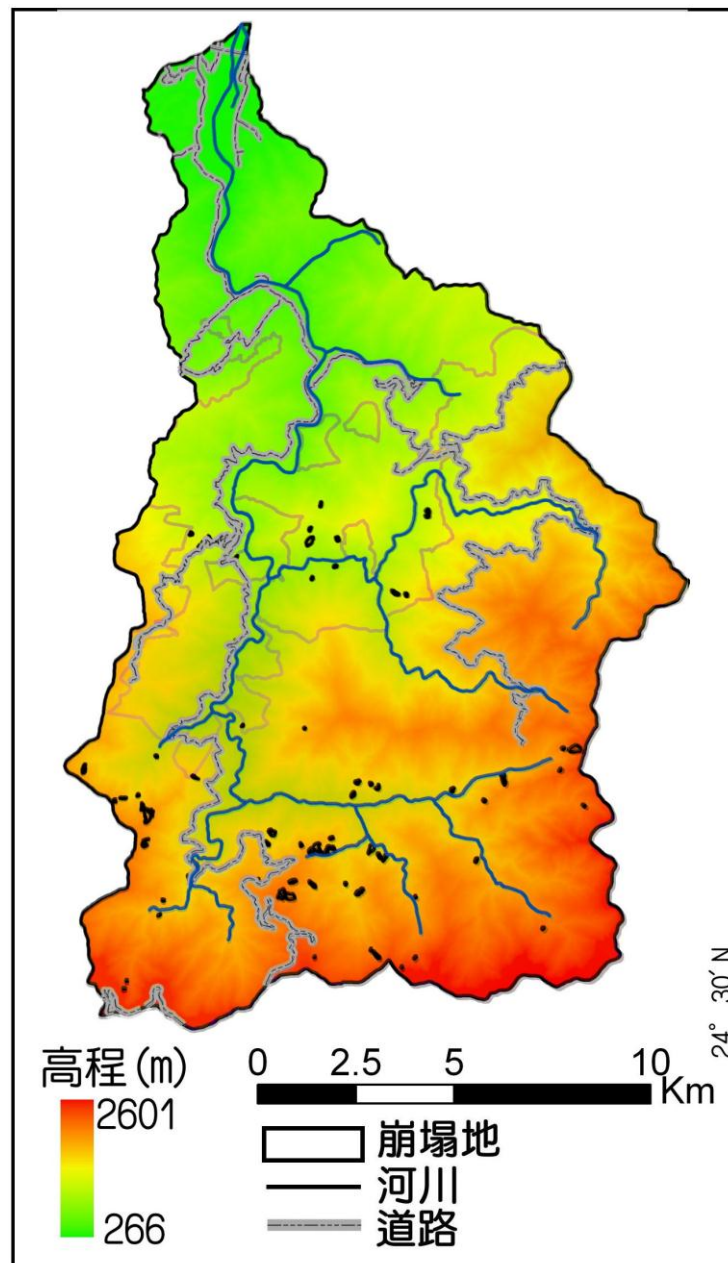
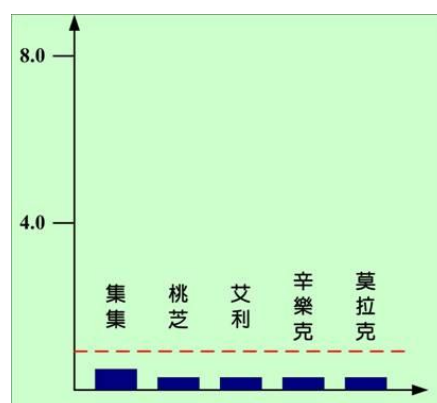


圖 4.15 上坪溪集水區高程分佈圖

表 4.10 上坪溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	277	91.2	0.6
2001 年桃芝颱風	72	37	0.2
2004 年艾利颱風	78	51.8	0.3
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	120	49.5	0.3
2009 年莫拉克颱風	105	50	0.3



比較說明圖

備註：本表數據乃估算國有林地崩塌面積。

表 4.11 2004 年艾利颱風於上坪溪集水區累積降雨與崩塌比估算表

累積降雨(mm)	國有林面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌比(%)
<700	907.4	0.3	0.0
700-900	1939.9	1.3	0.1
900-1100	3455.5	9.5	0.3
1100-1300	6796.7	30.5	0.4
>1300	2240.5	10.2	0.5

表 4.12 則為本研究針對 2004 年艾利颱風中，降雨量集中且也鄰近上坪溪集水區的新竹縣白蘭雨量站進行分析，由分析結果可發現：2004 年艾利颱風降雨型態偏向 24 小時內之強降雨(24 小時之降雨強度仍超過 41.8mm/hr)，屬於中長延時高強度降雨，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

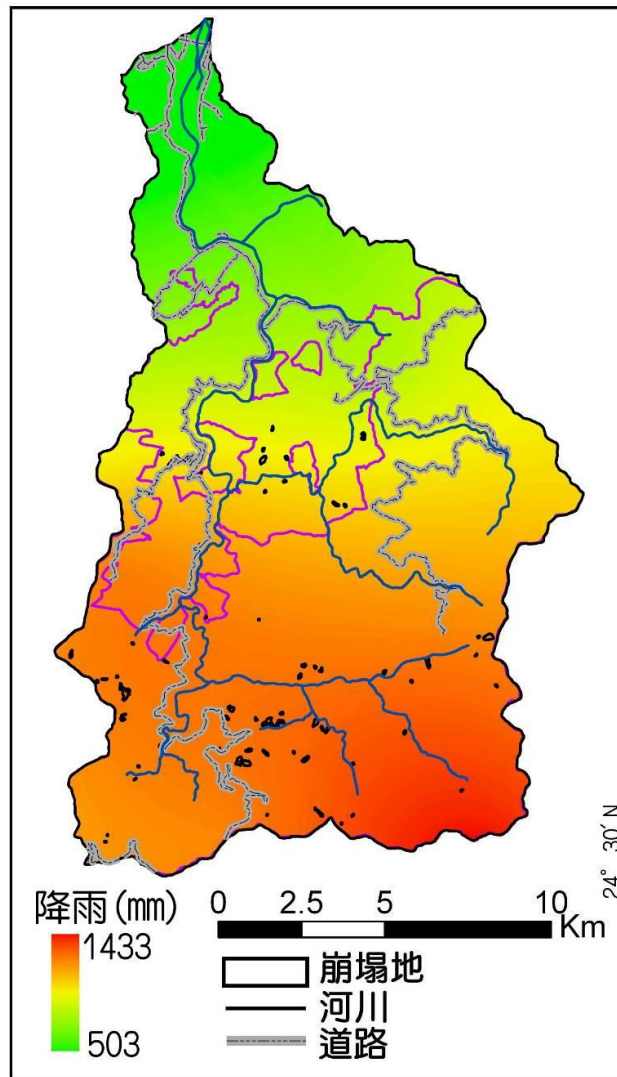
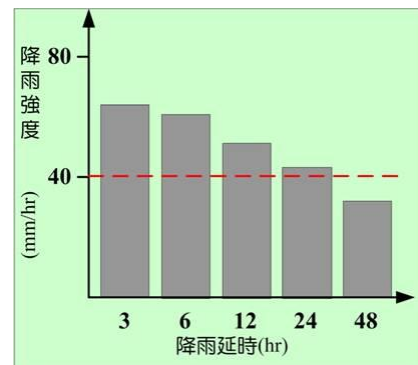


圖 4.16 2004 年艾利颱風於上坪溪集水區之降雨分佈圖

表 4.12 2004 年艾利颱風於上坪溪集水區降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	205	68.3
6	399	66.5
12	695	57.9
24	1004	41.8
48	1316	27.4



比較說明圖

備註：本表資料以新竹白蘭雨量站降雨資料進行估算，降雨強度則為累積雨量除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

上坪溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.17 所示，崩塌密度而言，上坪溪集水區崩塌密度最高的地方位於 $2 \times 10^{-3} \sim 7 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ (亦即 2000 至 7000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $1 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 至 0.6 km^2 。可發現上坪溪集水區在 2004 年艾利颱風誘發之崩塌主要以小規模崩塌為主。

若以上坪溪集水區與集集地震崩塌及旗山溪中上游崩塌進行比較，根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，上坪溪集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為(6.02, 1.29)(上坪溪集水區)、(53.1, 1.7)(集集地震)及(69.5, 1.3)(旗山溪)。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)。上坪溪集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，認為降雨誘發新崩塌、洪水淘刷產生的崩塌及上坪溪地質不易引發大規模崩塌等因素，都是促使此案例之 β 值偏小主因。

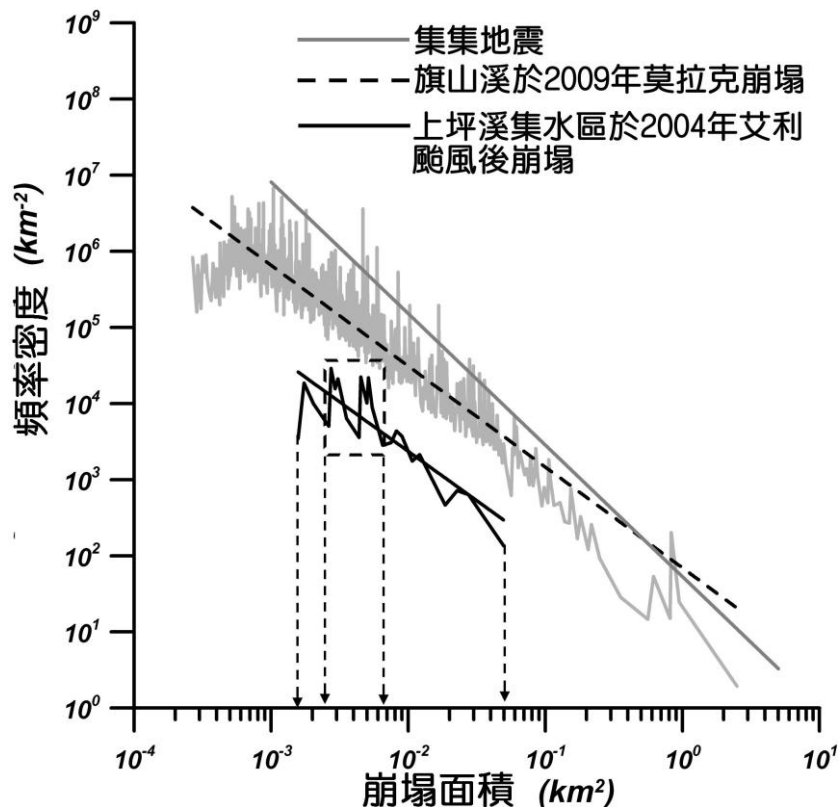


圖 4.17 上坪溪集水區崩塌 SOC 分析圖

崩塌地分佈位置特性

上坪溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.18 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \geq 0.5$)三區，則上坪溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 24.5%(上邊坡)、48.4%(下邊坡)及 27.1%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 24.5%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，艾利颱風是長延時降雨，且上坪溪集水區已不在 1999 年集集地震主要地震區(地震規模超過 5 區域)，因此本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落；而 48.4%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。上坪溪集水區下邊坡崩塌總面積約為上邊坡崩塌總面積之 2.0 倍，代表艾利颱風降雨造成的河川淘刷是此次崩塌事件的誘發主因。

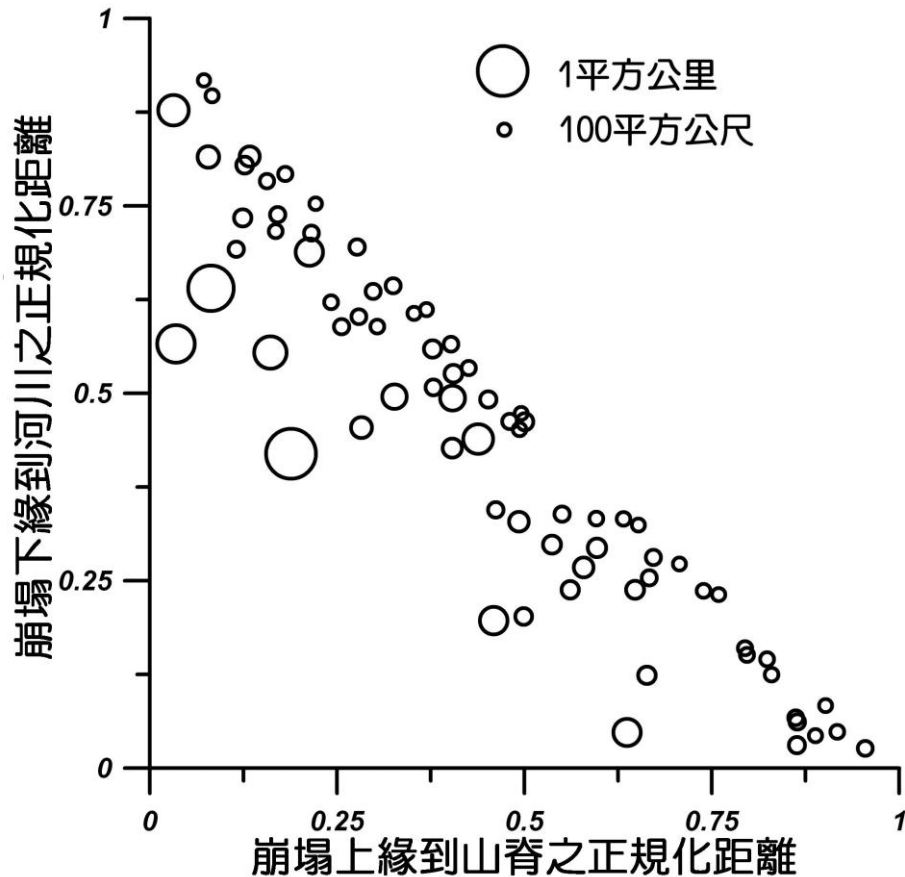
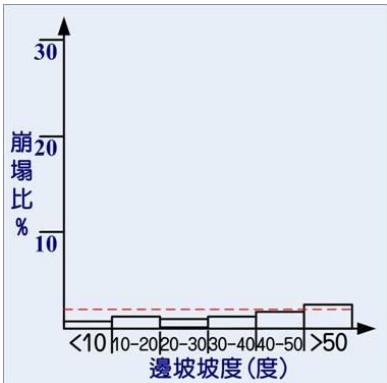


圖 4.18 上坪溪集水區崩塌地分佈位置特性圖

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度之關係；表 4.13 為上坪溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，但全集水區之崩塌比都小於 1.0% 以下，代表此集水區並非易誘發嚴重崩塌土砂災害之集水區；集水區內坡度大於 40° 以上區域崩塌比更超過 0.4%，且最大崩塌比也恰巧是坡度最陡峭之大於 50° 以上區域之 0.7%；此分析也說明了上坪溪集水區崩塌也具有陡坡崩落之特性。

表 4.13 上坪溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

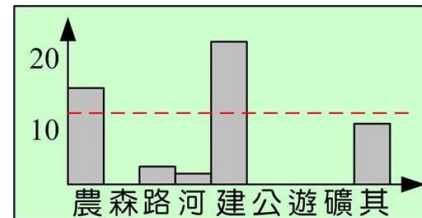
坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	國有林面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	0.8	287.0	0.3	
10-20	3.9	1211.5	0.3	
20-30	8.4	3244.3	0.3	
30-40	15.0	5683.1	0.3	
40-50	15.9	3870.8	0.4	
>50	7.8	1043.2	0.7	

崩塌與土地利用之關係

為瞭解土地利用型態對上坪溪集水區崩塌是否具有誘發特性，本研究採用內政部國土測繪中心於 2006 年至 2008 年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。本研究以 2004 年艾利颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表 4.14 所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比稍高外(8.5%)，屬於農耕地之農業用地崩塌比 15.7% 及屬於人為建築之建築用地崩塌比 25.3% 為較高之崩塌比，代表在上坪溪集水區於 2004 年艾利颱風誘發崩塌事件中，人為開發對崩塌確有促發影響。

表 4.14 上坪溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比 (%)	土地類別	崩塌比 (%)
農業	15.7	公共設施	0.0
森林	0.1	遊憩	0.0
交通	3.6	礦鹽	0.0
水利	0.3	其他	8.5
建築	25.3		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 63.4%之國有林地

事業區：竹東事業區

林道：大鹿林道、羅山林道、樂山林道

區內或鄰近森林遊樂區：觀霧森林遊樂區

水庫庫容：無

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將上坪溪集水區於 2004 年艾利颱風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

- (1)上坪溪集水區屬於坡度陡峭之集水區，岩性以板岩、堅硬砂岩與頁岩為主，過往曾在 2004 年艾利颱風引發土場部落大崩塌事件。
- (2)降雨為上坪溪集水區崩塌誘發主因，根據 2004 年艾利颱風降雨估算，全集水區崩塌案例約有 99.6%位於累積降雨量超過 900 mm 以上區域，且累積降雨越高，崩塌比則越高。2004 年艾利颱風降雨型態為中長延時(24 小時)高強度降雨，也代表此類型降雨易在上坪溪引發嚴重崩塌事件。
- (3)根據崩塌規模分析結果，上坪溪集水區在 2004 年艾利颱風事

件後，誘發之崩塌以小規模崩塌為主(約崩塌面積介於 2000 m² 至 7000 m²)，且主因為降雨及洪水淘刷誘發新崩塌及上坪溪地質不易引發大規模崩塌。

(4)2004 年艾利颱風在上坪溪集水區內引發之崩塌案例，48.4%崩塌位於下邊坡，且約為上邊坡崩塌面積之 2.0 倍，代表艾利颱風引發之洪水淘刷造成邊坡崩塌情況明顯。

(5)地形也是上坪溪主要崩塌誘發原因之一，陡坡區域(坡度大於 40°)在上坪溪集水區有明顯陡坡崩落之崩塌行為，且坡度越陡峭，崩塌比的確有偏高現象。

(6)根據土地利用類別與崩塌比之關係，上坪溪集水區內之人為開發(農耕或建築用地)的確對崩塌有促發影響。

(7)上坪溪集水區並非易崩區域，但未來仍須注意長延時高強度降雨事件的發生，並在集水區保育治理上除必須增進邊坡植生復育外，也需減少人為開發導致崩塌促發的影響。

C.東勢林管處：烏石坑溪及雪山坑溪集水區

烏石坑溪及雪山坑溪集水區基本資料

烏石坑溪及雪山坑溪同屬於大安溪流域支流，烏石坑溪及雪山坑溪集水區(如圖 4.19)面積各為 3,452ha 及 4,363ha，兩個集水區總面積合計 7,815ha，其中國有林地面積約佔 7,279ha，約為全集水區面積之 93.2%；集水區內高程分佈介於 503 m 至 2,963 m，平均高程約為 1,458 m；集水區內平均坡度約 36°，超過 30°以上之陡坡佔全集水區 75%，烏石坑溪及雪山坑溪集水區屬陡坡區域。

烏石坑溪及雪山坑溪地層由白冷層、粗坑層、大坑層及水裡坑層所組成，岩體結構較為破碎，且在 1999 年集集地震影響下，此地區地層強度降低，更易在降雨事件中誘發崩塌；大安溪集水區內之白冷層可分為三段(劉桓吉，1997)，下段為厚層至塊狀變質砂岩偶夾薄層板岩，在壩新路、馬陵、谷關和白冷等背斜軸部均出露本段的上部；中段以板岩為主，夾薄層變質砂岩或粉砂岩，以及變質砂岩與板岩的

互層；上段以中層至厚層變質砂岩為主，夾板岩及炭質頁岩。可見此區之白冷層是以砂岩及板岩為主。此區的粗坑層則主要為暗灰色及黑色細緻頁岩，有時夾薄層堅硬砂岩。此區之大坑層則為與含煤的石底層相當的海相地層；此區之水裡坑層則為由塊狀至厚層砂岩與暗灰色頁岩互層所構成，屬於中新世地層。

根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，烏石坑溪及雪山坑溪集水區內共有四條土石流潛勢溪流，包含一條高潛勢土石流潛勢溪流(中縣 DF008)、一條中潛勢土石流潛勢溪流(中縣 DF007)及兩條低潛勢土石流潛勢溪流(中縣 DF001、中縣 DF002)。

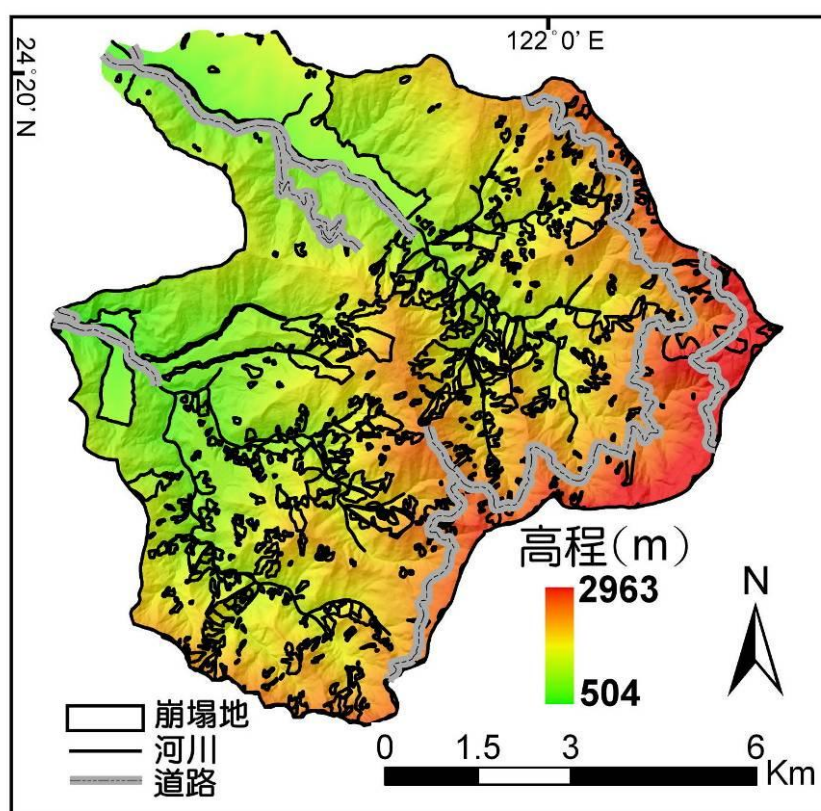


圖 4.19 烏石坑溪及雪山坑溪高程及崩塌分佈圖

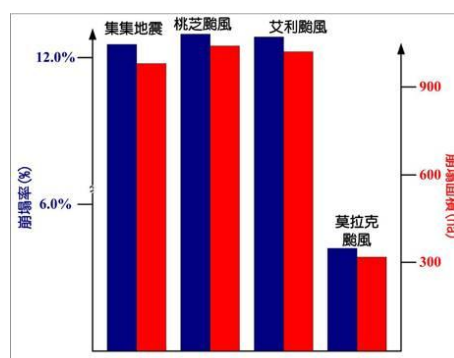
1999 年集集地震後崩塌數據統計

烏石坑溪及雪山坑溪集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.15 所示，可發現 2001 年桃芝颱風在此集水區誘發嚴重土砂災害，因此本研究選定以 2001 年桃芝颱風

風於烏石坑溪及雪山坑溪集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

表 4.15 烏石坑溪及雪山坑溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	228	981.4	13.5
2001 年桃芝颱風	455	1050.3	14.4
2004 年敏督利颱風	458	1008.6	13.9
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	120	150.5	2.1
2009 年莫拉克颱風	298	326.5	4.5



比較說明圖

備註：烏石坑溪及雪山坑溪集水區全屬於國有林地範圍內

2001 年桃芝颱風降雨分佈及崩塌比估算

2001 年桃芝颱風於烏石坑溪及雪山坑溪集水區降雨量分佈如圖 4.20 所示，降雨量介於 386 至 431 mm，平均降雨量約 406 mm。全集水區崩塌案例約 83.2%位於累積降雨量超過 400 mm 以上區域，累積降雨量在 390 mm 以上區域崩塌比卻都超過 5.8 %。表 4.16 則為累積降雨與崩塌比統計表，烏石坑溪及雪山坑溪集水區崩塌與累積降雨成正比，累積降雨越高，崩塌比越高。從累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，烏石坑溪及雪山坑溪崩塌分佈與河川有關係，約 43.9%崩塌案例都位於河川兩岸 250 m 距離內，此也代表因洪水造成的河岸下邊坡淘刷是烏石坑溪及雪山坑溪崩塌主要誘發原因之一。本研究分析 2001 年桃芝颱風中降雨量最集中的稍來雨量站(表 4.17)：2001 年桃芝颱風降雨型態偏向 6 小時內之強降雨(6 小時之降雨強度仍超過 49.7mm/hr)，屬於短延時高強度降雨，尤其在最大 3 小時平均降雨強度仍可達 56.3mm/hr，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

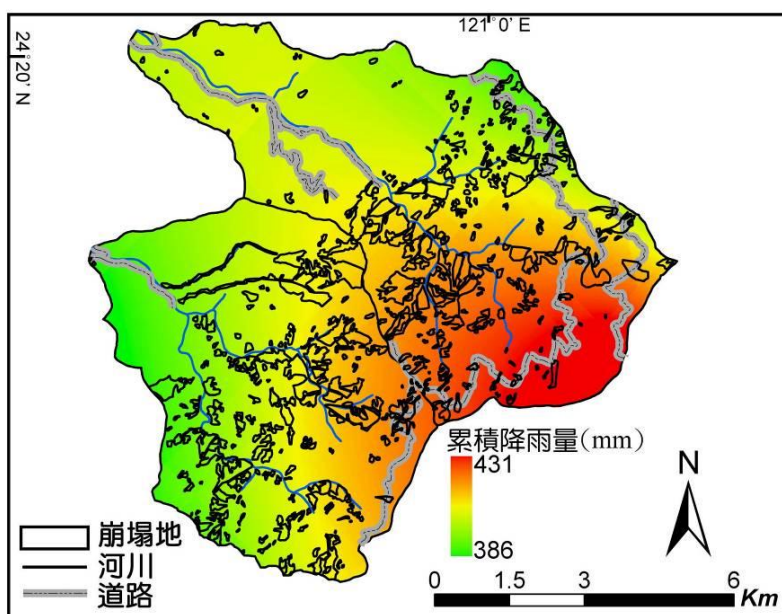


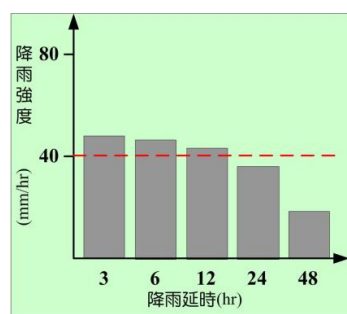
圖 4.20 2001 年桃芝颱風於烏石坑溪及雪山坑溪集水區降雨分佈圖

表 4.16 2001 年桃芝颱風於烏石坑溪及雪山坑溪降雨與崩塌比估算

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<390	3.2	161.6	2.0
390-400	172.8	1651.2	10.5
400-410	472.7	3571.2	13.2
410-420	358.4	1681.0	21.3
>420	43.2	750.0	5.8
Total	1050.3	7815.0	13.4

表 4.17 2001 年桃芝颱風於烏石坑溪及雪山坑溪降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	169	56.3
6	298	49.7
12	383	31.9
24	418	17.4
48	418	8.7



比較說明圖

備註：本表以台中稍來雨量站於 2001 年桃芝颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

烏石坑溪及雪山坑溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.21 所示，為進行比較及分析，本研究一併將集集地震(嚴重地震崩塌案例)及旗山溪中上游集水區於 2009 年莫拉克颱風後之崩塌案例(高強度長延時降雨誘發崩塌)繪於圖中，以為比對參考；崩塌密度而言，烏石坑溪及雪山坑溪崩塌密度最高的地方位於 $3\sim 4\times 10^{-3} \text{ km}^2$ (等同 3000 至 4000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $8\times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 $3\times 10^{-1} \text{ km}^2$ ，因此可見本集水區研究案例並無超過崩塌面積大於 1km^2 之巨大崩塌(大規模崩塌)。若比較頻率密度之密集程度，而區分出此區域之崩塌面積分佈密集區(如圖 4.21 之矩形區域)，則約為 $8\times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 $3\times 10^{-2} \text{ km}^2$ 處(即為由 800m^2 延伸至 3ha)，由此可發現烏石坑溪及雪山坑溪集水區在 2001 年桃芝颱風誘發之崩塌主要以中小規模崩塌為主。

若以烏石坑溪及雪山坑溪集水區與集集地震崩塌及旗山溪中上游集水區崩塌案例進行比較，根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，烏石坑溪及雪山坑溪、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 $(39.4, 1.22)$ (烏石坑溪及雪山坑溪)、 $(53.1, 1.7)$ (集集地震)及 $(69.5, 1.3)$ (旗山溪)。由圖 4.22 可發現不論是集集地震或旗山溪中上游崩塌，崩塌面積規模都較烏石坑溪及雪山坑溪集水區來得大且廣泛，這與研究區域大小相關。在參數 β 比較上，烏石坑溪及雪山坑溪集水區之值更小於旗山溪，此點也代表對於降雨誘發崩塌，烏石坑溪及雪山坑溪集水區邊坡對於降雨誘發更無抵抗能力，較易在低降雨情況就誘發崩塌，此跟當地地質及地文因素相關。

崩塌地分佈位置特性

烏石坑溪及雪山坑溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.22 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，則烏石坑溪及雪山坑溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 9.6%(上邊坡)、10.1%(下邊坡)及 80.3%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 9.6%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，由於本研究採用事件是 2001 年桃芝颱風，烏石坑溪及雪山

坑溪集水區也位於距離 1999 年集集地震鄰近位置，因此上邊坡崩塌應跟烏石坑溪及雪山坑溪集水區受集集地震影響有關；而 10.1% 之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。

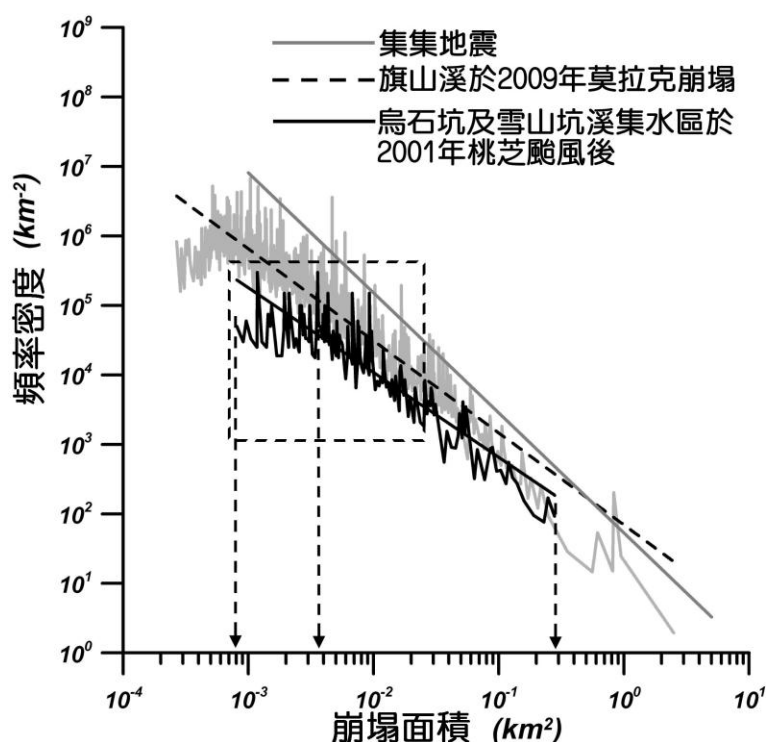


圖 4.21 烏石坑溪及雪山坑溪崩塌 SOC 分析圖

地形與崩塌之關係

國有林地範圍通常是陡坡區域，本研究分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.18 為烏石坑溪及雪山坑溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，最小崩塌比都是緩坡邊坡(坡度小於 10°)，烏石坑溪及雪山坑溪最小崩塌比約 2.5%；坡度大於 30° 以上區域是崩塌比超過 8.0%，烏石坑溪及雪山坑溪集水區最大崩塌比為大於 50° 邊坡之 41.0%。

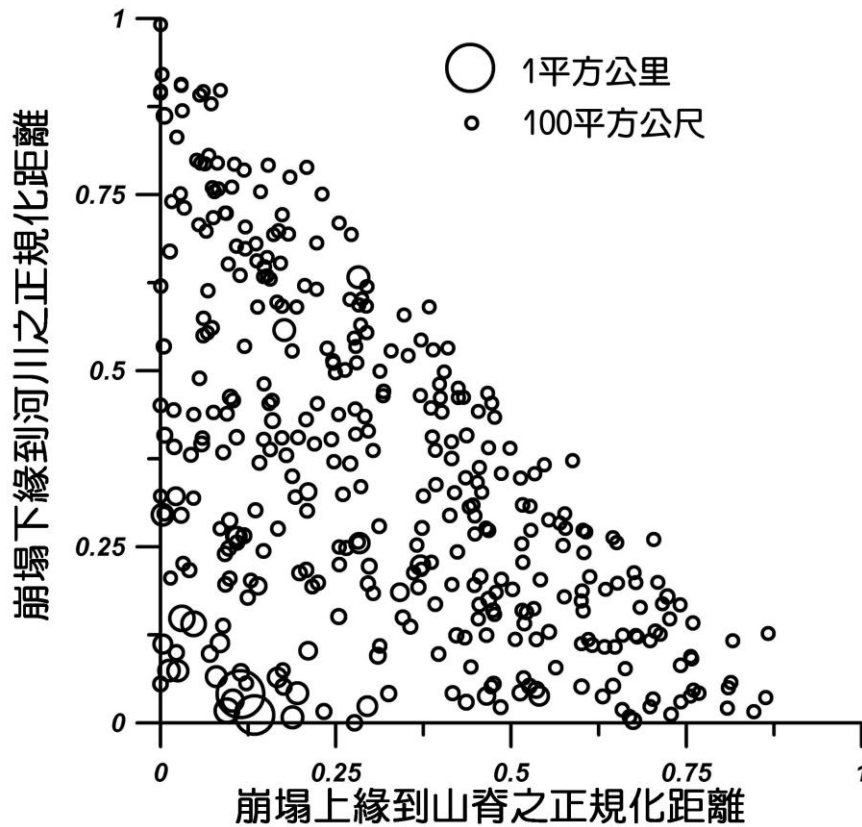
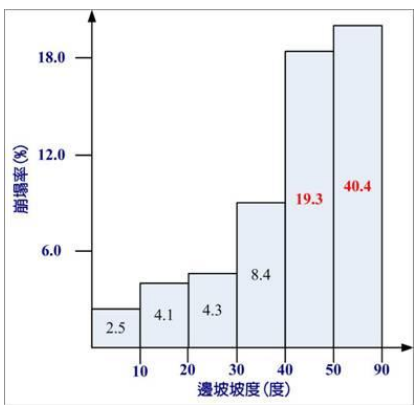


圖 4.22 烏石坑溪及雪山坑溪崩塌地分佈位置特性圖

表 4.18 烏石坑溪及雪山坑溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	5.2	204.5	2.5	
10-20	19.1	464.3	4.1	
20-30	44.8	1039.9	4.3	
30-40	208.0	2477.6	8.4	
40-50	441.9	2285.4	19.3	
>50	331.3	807.7	41.0	

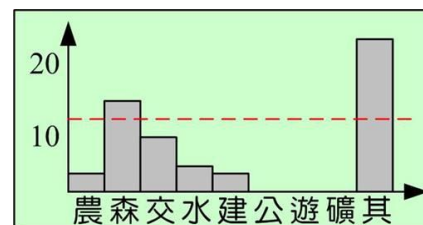
崩塌與土地利用之關係

本研究採用內政部國土測繪中心於2006年至2008年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。本研究以2001年桃芝颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩

塌比，分析結果如表 4.19 所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外，屬於天然林或人工林之森林用地崩塌比則為次高，此代表烏石坑溪及雪山坑溪邊坡地質脆弱及受集集地震影響大，造成即便為原生林之邊坡仍具有高崩塌比；而交通及水利用地之崩塌比排第三，代表人為道路開發在此集水區崩塌具有促發影響。

表 4.19 烏石坑溪及雪山坑溪集水區土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比 (%)	土地類別	崩塌比 (%)
農業	2.7	公共設施	0.0
森林	11.8	遊憩	0.0
交通	7.2	礦鹽	0.0
水利	2.0	其他	20.3
建築	1.1		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 93.2%之國有林地

事業區：大安溪事業區

林道：210 林道、520 林道、530 林道、540 林道、大雪山林道

區內或鄰近森林遊樂區：大雪山森林遊樂區

水庫庫容：無

崩塌特性綜合說明

以 2001 年桃芝颱風累積降雨量及誘發之崩塌比而言，相較於其他研究區域之累積降雨量與崩塌比(例如高屏溪集水區在 2009 年莫拉克颱風事件中，累積降雨量超過 1400mm，崩塌比超過 5.0%；累積降雨量超過 2300mm，崩塌比超過 9.0%；石門水庫集水區之玉峰溪集水區在 2004 年艾利颱風事件中，累積降雨量在 1200mm 以上區域，崩

塌比超過 1.98%以上)，烏石坑溪及雪山坑溪集水區邊坡對降雨誘發崩塌之抵抗力並不高，累積降雨量達 390 mm 以上，便產生超過 5.8% 之崩塌比；且以 2001 年桃芝颱風為例，高強度降雨對烏石坑溪及雪山坑溪集水區是主要崩塌誘發原因；降雨誘發因素雖是關鍵因素，但並非是崩塌主要誘發因素。此點也可從崩塌地分佈位置特性分析結果看出，位於山腰位置之崩塌面積佔總崩塌面積之 80.3%，且在土地利用之崩塌比分析中也出現森林地之崩塌比高，這都代表烏石坑溪及雪山坑溪集水區之崩塌誘發特性需回歸到地形及地質因素討論。

由地形因子而言，陡坡是烏石坑溪及雪山坑溪集水區關鍵的崩塌誘發因子，尤其在超過 40° 以上之邊坡，崩塌比高達 19.3% 以上；再者烏石坑溪及雪山坑溪集水區地質以砂岩及板岩為主，此兩類地質受集集地震影響變成易崩地質，尤其屬於脆性地質變質砂岩及板劈里發達板岩，都促使烏石坑溪及雪山坑溪集水區在降雨事件中易發崩塌。

由於烏石坑溪及雪山坑溪集水區屬於易誘發崩塌區域，不論降雨延時長短，只要出現高強度降雨就可能產生嚴重崩塌，本研究建議未來此集水區之保育治理策略應更偏重於植生復育，降低人為開發干擾，但這樣的保育治理策略對未來的更強大的降雨可能功能有限，原因即在於烏石坑溪及雪山坑溪集水區邊坡地貌及地質皆易誘發崩塌。

D.東勢林管處：大甲溪中上游集水區

基本資料

大甲溪集水區位於台中市和平區(前台中縣和平鄉)境內，集水區上游有德基水庫，集水區中游則以志樂溪及必坦溪為主要支流，供給中部地區灌溉及民生用水。大甲溪中上游集水區面積約為 38,623ha，其中國有林地面積約為 37,348ha，佔全集水區面積之 96.7%；大甲溪中上游集水區山勢地形受岩層走向之影響，大致呈現東北至西南走向；集水區高程分佈介於 562 m 至 3,582 m，平均高程約為 1,909 m；集水區內平均坡度約 39°，超過 30° 以上之陡坡佔全集水區 82.2%，可見大甲溪中上游集水區屬於陡坡區域。大甲溪集水區之地層以四稜

砂岩、眉溪砂岩、白冷層、西村層、佳陽層及達見砂岩為主，岩性則以變質砂岩及板岩為主。

大甲溪中上游集水區在 2004 年敏督利颱風期間誘發大量崩塌(如圖 4.24)，大甲溪中上游集水區因距離 1999 年集集地震震源近，因此 1999 年集集地震後每逢颱風豪雨引發大量崩塌案例(謝寶珊等，2006)，因此 2004 年敏督利颱風雖引發崩塌案例，但大甲溪崩塌案例之主因可認為是 1999 年集集地震造成集水區內地質破碎，後續颱風降雨事件(包含 2001 年桃芝颱風及 2004 年敏督利颱風)雖也引發許多崩塌案例，但卻無法排除崩塌形成原因帶有集集地震造成後續影響。

根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，大甲溪中上游集水區內共有二十條土石流潛勢溪流，包含四條高潛勢土石流潛勢溪流(中縣 DF017、中縣 DF020、中縣 DF028、中縣 DF029)、十五條中潛勢土石流潛勢溪流(中縣 DF018、中縣 DF021、中縣 DF022、中縣 DF023、中縣 DF024、中縣 DF025、中縣 DF026、中縣 DF027、中縣 DF030、中縣 DF031、中縣 DF032、中縣 DF033、中縣 DF096、中縣 DF097、中縣 DF098、)及一條低潛勢土石流潛勢溪流(中縣 DF019)，由土石流潛勢溪流個數也可瞭解：此區域為嚴重土砂災害區。

1999 年集集地震後崩塌數據統計

大甲溪中上游集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.20 所示，可發現 2004 年敏督利颱風仍為大甲溪中上游集水區，因此本研究選定以 2004 年敏督利颱風於大甲溪中上游集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

2004 年敏督利颱風降雨分佈及崩塌比估算

2004 年敏督利颱風於大甲溪中上游集水區降雨量分佈如圖 4.24，集水區降雨量介於 715 至 1,686 mm，平均降雨量約為 1,367mm。全集水區崩塌案例約有 99.2%位於累積降雨量超過 1,000 mm 以上區域，尤其在累積降雨量超過 1,300mm 以上區域之崩塌比高達 10.5 %

以上。表 4.21 則為累積降雨與崩塌比之統計表，可發現大甲溪中上游集水區之崩塌與累積降雨成正比，累積降雨越高，崩塌比則越高；僅累積降雨量超過 1600mm 以上之區域由於面積不大，因此引發崩塌面積也受限。再者也可從累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，大甲溪中上游集水區之崩塌分佈與河川有相當程度的關係，經統計估算，約 32.1% 之崩塌案例都位於河川兩岸 250 m 距離內，此也代表因洪水造成的河岸下邊坡淘刷是大甲溪中上游集水區崩塌主要誘發原因之一。

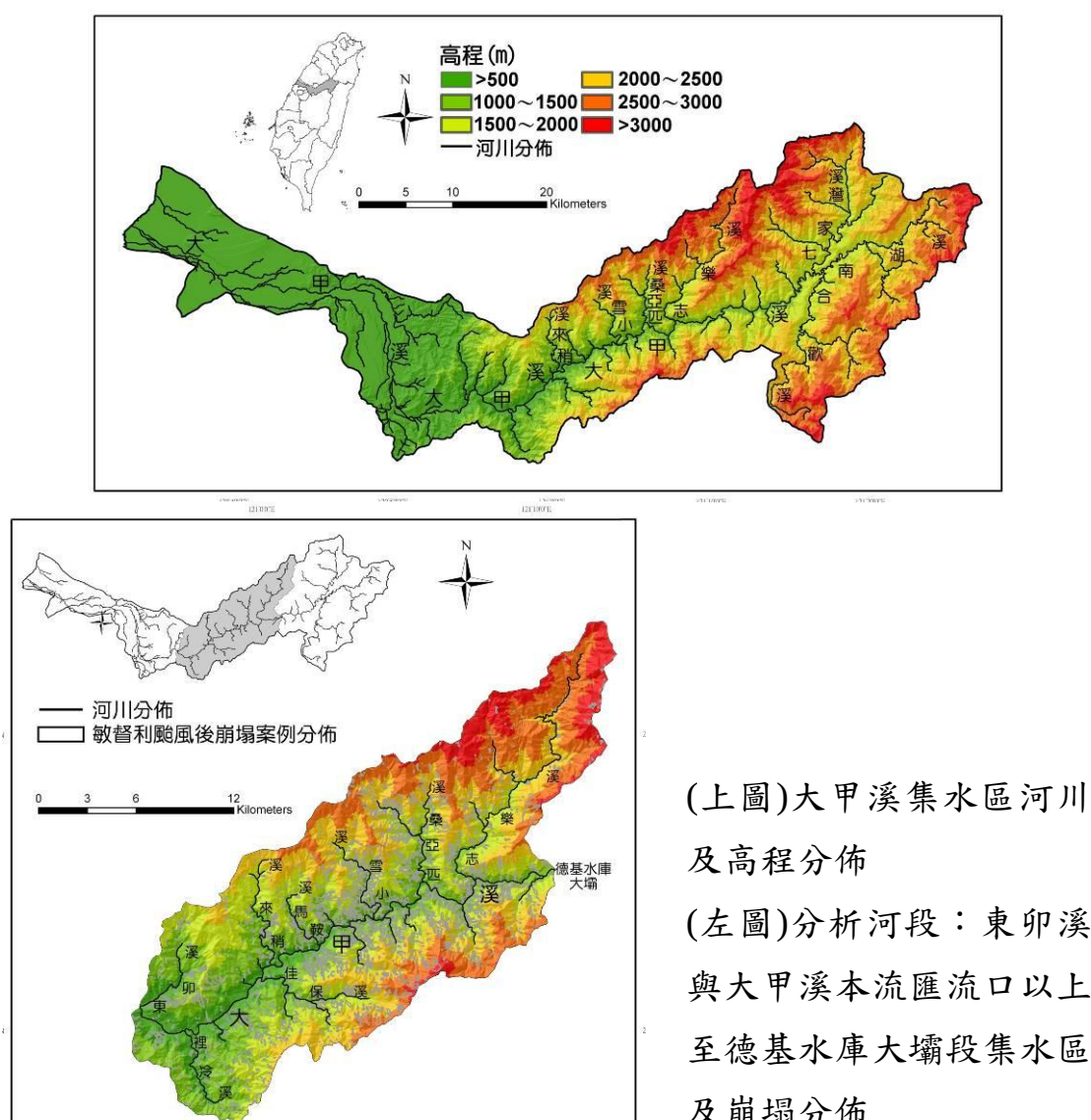
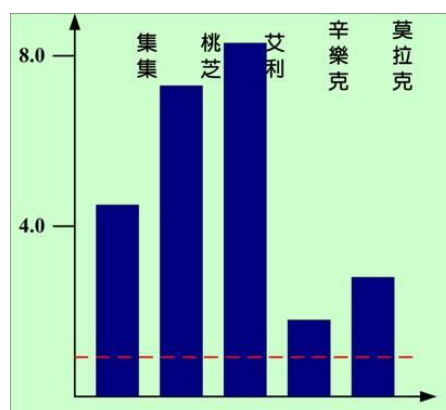


圖 4.23 大甲溪中上游集水區於 2004 年敏督利颱風後崩塌分佈

表 4.20 大甲溪中上游集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	472	1692.2	4.5
2001 年桃芝颱風	1815	2928.8	7.8
2004 年敏督利颱風	2159	3293.9	8.8
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	382	833.9	2.2
2009 年莫拉克颱風	2144	1499.9	4.0



比較說明圖

備註：崩塌比估算乃以國有林地內之面積進行估算

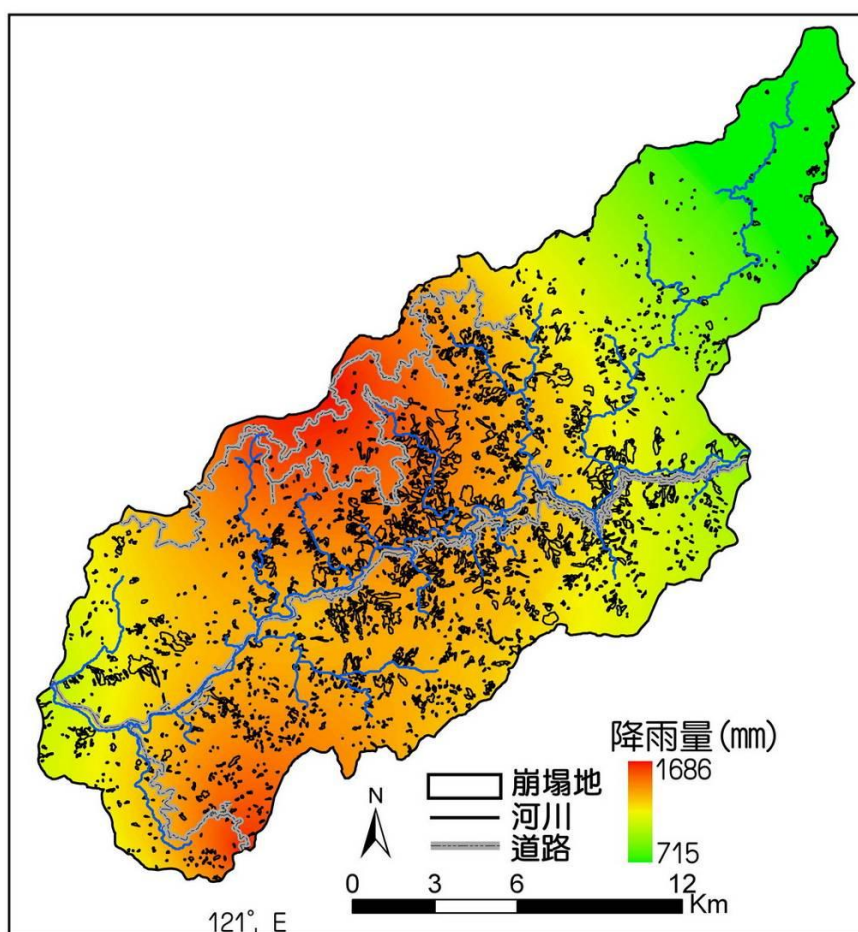


圖 4.24 2004 年敏督利颱風於大甲溪中上游集水區降雨分佈圖

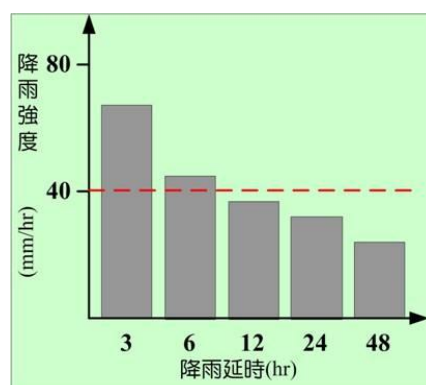
表 4.21 2004 年敏督利颱風於大甲溪中上游集水區降雨與崩塌估算

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<1000	27.2	2529.2	1.1
1000-1300	277.8	7439.4	3.7
1300-1600	2944.6	25453.5	11.6
>1600	44.3	1925.8	2.3
Total	3293.9	37348.0	8.8

表 4.22 則為本研究針對 2004 年敏督利颱風中，降雨量最集中的雪嶺雨量站進行分析，由分析結果可發現：2004 年敏督利颱風降雨型態偏向 6 小時內之強降雨(6 小時之降雨強度仍超過 40mm/hr)，屬於短延時高強度降雨，尤其在最大 3 小時平均降雨強度仍可達 68.0 mm/hr，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

表 4.22 大甲溪中上游集水區於 2004 年敏督利颱風降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	204	68
6	280	46.7
12	461	38.4
24	807	33.6
48	1168	24.3



比較說明圖

備註：本表以台中雪嶺雨量站於 2004 年敏督利颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

大甲溪中上游集水區崩塌案例分析結果如圖 4.25 所示，本研究將

集集地震在全台灣造成的崩塌案例一併匯入圖中以為比對參考；崩塌密度而言，大甲溪中上游崩塌密度最密集的地方位於 $9 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ (等同 900 至 10,000 m^2 崩塌面積)，且在崩塌面積 $3 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 之崩塌密度最高(可達 10^7 個/ km^2)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $1 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 0.6 km^2 。可發現大甲溪中上游集水區在 2004 年敏督利颱風誘發之崩塌主要以中小規模崩塌為主。

若以大甲溪中上游集水區與集集地震崩塌及旗山溪中上游崩塌進行比較，根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，大甲溪中上游集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 $(175.5, 1.05)$ (大甲溪中上游集水區)、 $(53.1, 1.7)$ (集集地震)及 $(69.5, 1.3)$ (旗山溪)。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)。大甲溪中上游集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，本研究認為降雨及洪水淘刷誘發新崩塌(且大量崩塌都偏小規模)及大甲溪地質(變質砂岩與板岩)易誘發小崩塌有關。

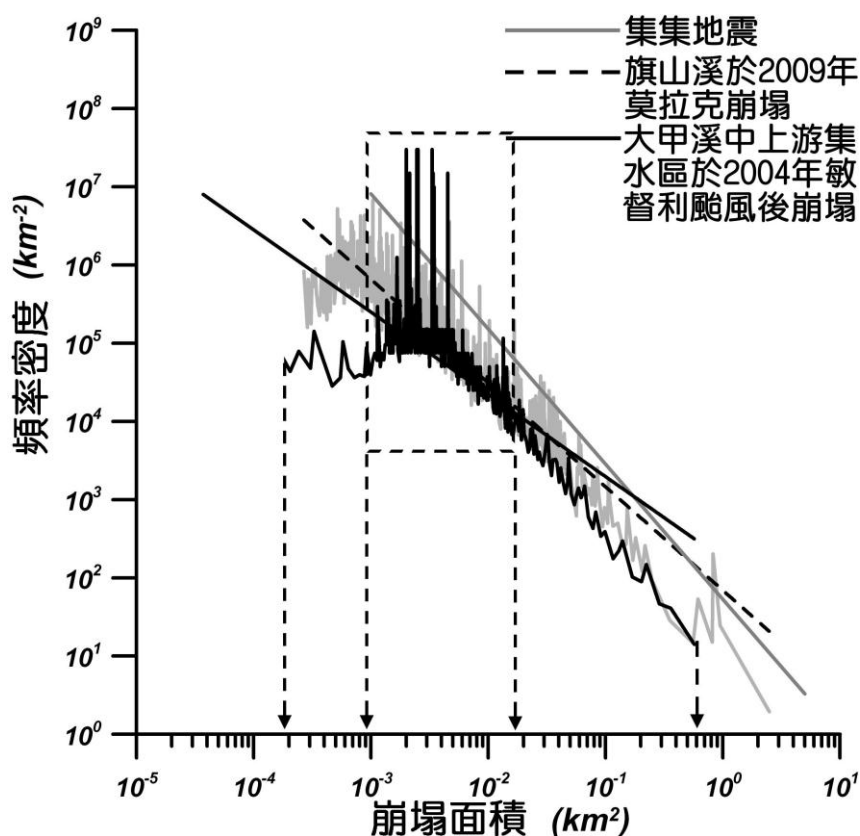


圖 4.25 大甲溪中上游集水區崩塌 SOC 分析圖

崩塌地分佈位置特性

大甲溪中上游集水區崩塌案例分析結果如圖 4.26 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則大甲溪中上游集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 11.9%(上邊坡)、48.4%(下邊坡)及 39.7%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 11.9%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌；大甲溪中上游集水區之上邊坡崩塌總面積是此次 16 個研究區域內上邊坡崩塌面積前三高的區域，前兩高分別為旗山溪集水區及荖濃溪集水區，前兩高的研究區域都因超過 200 年頻率降雨所引發，但 2004 年敏督利颱風在大甲溪中上游集水區之降雨是短延時降雨(未達 200 年頻率)，本研究認為跟大甲溪中上游集水區位於 1999 年集集地震主要地震區(地震規模超過 5 區域)有關，因此本研究認為崩塌主因可能是除了降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落，1999 年集集地震造成上邊坡崩落也是主要原因；而 39.7%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。大甲溪中上游下邊坡崩塌總面積約為上邊坡崩塌總面積之 4.1 倍，代表 2004 年敏督利颱風降雨造成的河川淘刷是此次崩塌事件的誘發主因。

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.23 為大甲溪中上游集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，且在所有坡度間距內之最小崩塌比都超過 1.0%，集水區內坡度大於 30° 以上區域崩塌比更超過 5.0%，且最大崩塌比也恰巧是坡度最陡峭之大於 50° 以上區域之 18.9%；上述分析也說明「大甲溪中上游集水區除陡坡崩落現象明顯外，邊坡本身地質屬於易崩地質(因最小崩塌比超過 1.0%)也為崩塌誘發原因之一」。

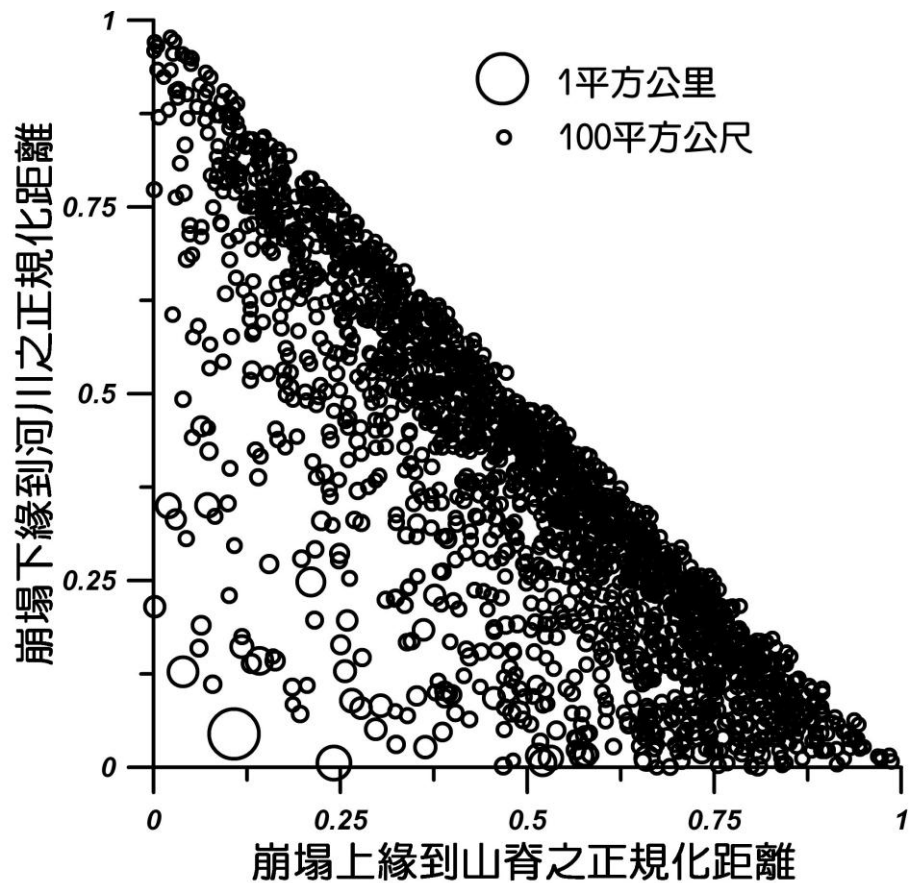
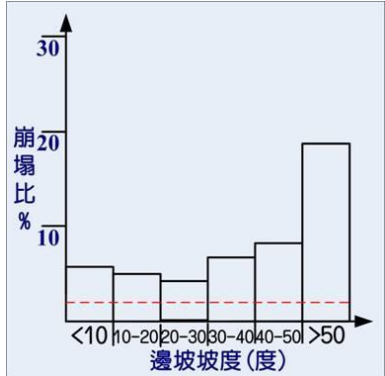


圖 4.26 大甲溪中上游集水區崩塌地分佈位置特性圖

表 4.23 大甲溪中上游集水區不同坡度造成崩塌之估算表

坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	30.6	868.2	3.5	
10-20	52.9	1623.1	3.3	
20-30	121.6	4285.8	2.8	
30-40	632.8	12415.7	5.1	
40-50	1344.1	13536.9	9.9	
>50	1111.8	5893.9	18.9	比較說明圖

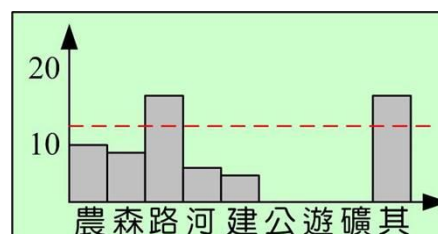
崩塌與土地利用之關係

本研究採用內政部國土測繪中心於2006年至2008年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘

述)。本研究以 2004 年敏督利颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表 4.24。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外，包含人為道路開發的交通使用土地類別崩塌比也偏高，且屬於天然林或人工林之森林用地及屬於農耕使用之農業用地崩塌比都偏高，此代表大甲溪中上游集水區之地質脆弱，人為開發的確會促發崩塌，但即便是原生林也抵抗針對強降雨造成之崩塌。

表 4.24 大甲溪中上游集水區土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比 (%)	土地類別	崩塌 比(%)
農業	7.9	公共設施	0.0
森林	7.6	遊憩	0.0
交通	14.6	礦鹽	0.0
水利	6.4	其他	14.0
建築	4.9		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 96.7%之國有林地

事業區：八仙山事業區

林道：220 林道、大雪山林道、八仙山林道、裡冷林道

區內或鄰近森林遊樂區：八仙山森林遊樂區

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將大甲溪中上游集水區於 2004 年敏督利颱風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

- (1)大甲溪中上游集水區屬於坡度陡峭之集水區，岩性以變質砂岩及板岩為主，過往曾在 2001 年桃芝颱風、2004 年敏督利颱風引發嚴重崩塌事件。

- (2)降雨為大甲溪中上游集水區為崩塌誘發原因之一，根據 2004 年敏督利颱風估算，全集水區崩塌案例約 99.2%位於累積降雨量超過 1,000 mm 以上區域，累積降雨量超過 1,300mm 以上區域之崩塌比高達 10.5 %以上。2004 年敏督利颱風之降雨型態偏向短延時(6 小時)高強度降雨。
- (3)根據崩塌規模分析結果，大甲溪中上游集水區在 2004 年敏督利颱風事件後，誘發之崩塌以中小規模崩塌為主(約崩塌面積介於 900 至 10,000 m²)，且主因為降雨及洪水淘刷誘發新崩塌及大甲溪地質(變質砂岩與板岩)易誘發小崩塌。
- (4)2004 年敏督利颱風在大甲溪中上游集水區內引發之崩塌案例，39.7%崩塌位於下邊坡，且約為上邊坡崩塌面積之 4.1 倍，但上邊坡崩塌面積則在全部研究區域中排第三高，代表大甲溪中上游集水區除受 2004 年敏督利颱風之洪水淘刷造成邊坡崩塌情況明顯外，1999 年集集地震造成的上邊坡地層鬆動也是關鍵因素。
- (5)地形也是大甲溪中上游集水區主要崩塌誘發原因之一，所有坡度區間之崩塌比都超過 1.0%，且坡度大於 30°以上區域崩塌比更超過 5.0%，坡度越陡峭，崩塌比的確有偏高現象，陡坡崩落的現象在此集水區特別明顯。
- (6)根據土地利用類別與崩塌比之關係，大甲溪中上游集水區在農業用地及森林用地之崩塌比都偏高，也代表雖然人為開發行為對崩塌具有促發影響，但此集水區主要是地質及地形都易促發崩塌，方導致連森林用地之崩塌比都偏高。
- (7)依據上述說明，大甲溪中上游集水區屬於易崩區域，未來須注意高強度降雨事件的發生，並在集水區保育治理上除必須增進邊坡植生復育外，更需減少人為開發導致崩塌促發的影響。

E.南投林管處：九九峰集水區

崩塌事件背景說明

集集大地震在中台灣引發兩處重大崩塌，分別為南投縣草屯鎮烏溪沿岸九九峰地區(如圖 4.27)及南投縣國姓鄉南港溪上游支流韭菜湖溪流域的九份二山地區，九份二山地區之崩塌乃屬邊坡塊體滑動之深層崩塌現象，而九九峰地區之崩塌則屬於表層土壤大量崩落之淺層崩塌現象。九九峰地區總面積約為 1,810ha，集集大地震後崩塌現象乃是邊坡植生於一夕之間幾乎全震毀，茂密森林瞬間轉為光禿山頭，整片山區猶如剝了一層表皮之崩塌行為，此種因地震所引發之全區域且如此嚴重之崩塌案例在台灣過往之崩塌案例實為相當罕見。

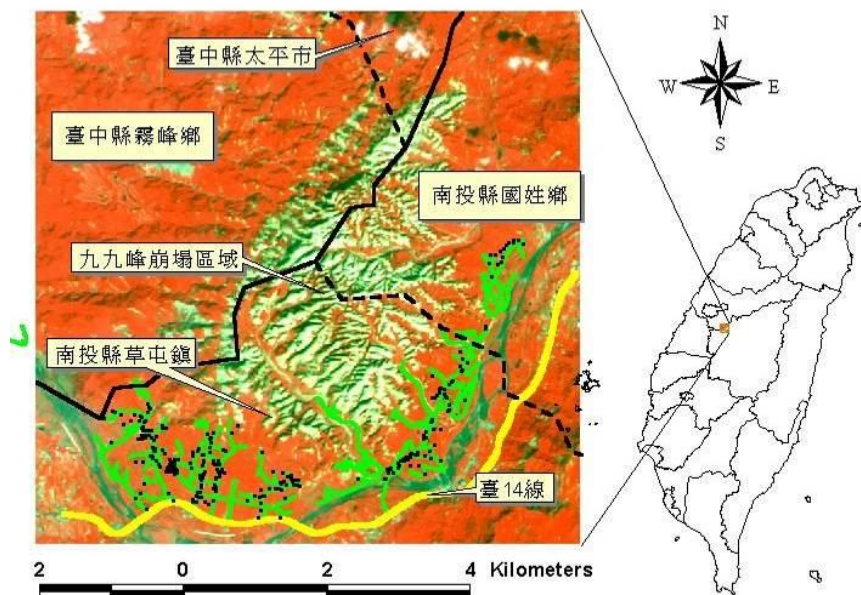


圖 4.27 九九峰地理位置圖

九九峰集水區基本資料

南投縣九九峰地區位於台中市霧峰區(前台中縣霧峰鄉)、南投縣草屯鎮及南投縣國姓鄉之交界處，山區內河川皆為烏溪支流。九九峰地區大部分由陡峭邊坡所形成之山峰(如圖 4.28)，集水區高程介於 179 m 至 777 m(如圖 4.29)，平均高程為 477 m；平均坡度為 41.3° ，且坡度大於 30° 以上之陡坡區域佔總集水區面積之 73.6%，代表九九峰集

水區是屬於陡坡區域；陳宏宇 (1999)也曾提及：邊坡坡度介於 50°至 85°之間，超過 50%的邊坡坡度為介於 60°至 70°之間，主要邊坡類型以凸直型與雙凸型兩種邊坡形狀為主。

九九峰之地層年代大多屬於上新世至更新世之地層，大部分地區皆屬頭嵙山層，上層為約數百 m 厚之塊狀礫岩層，中層為約一百 m 厚之砂、黏土和礫石互層，下層則為約九百 m 厚之砂岩和頁岩夾礫石薄層；九九峰地區之土壤層以紅壤居多，土壤層厚度大多在 20 公分之內。九九峰地區之礫石層的透水性良好，於乾燥季節時其礫石層緊密堅硬，於降雨季節時則易受雨水侵蝕下切，造成許多尖銳山峰與深溝，烏溪沿岸則有多處因溪水淘空坡腳而造成崩塌，形成懸崖峭壁的雄壯景觀之案例。根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，九九峰集水區並無任何土石流潛勢溪流，可能原因是該集水區內並無保全對象。

九九峰地區之年平均降雨量為 1,796mm，降雨時間分佈非常不均勻，每年三月至九月累積降雨量佔全年總降雨量之 88.4%至 91%，雨季旱季情況差異明顯；九九峰位在國有林埔里事業區第八到二十林班範圍內，於集集大地震前乃為植生青翠蓊鬱之區域，由於當地地形陡峭且地質特殊乾燥，當地植生分佈乃在坡度較陡、稜線或坡腳處下方會有木本植物出現，植生種類有山麻黃、山鹽菁、白白、牛乳榕、台灣檫、青剛櫟、及楠木類等先驅樹種，並混生台灣二葉松及台灣五葉松，但大部分之邊坡都以台灣蘆竹為主。

1999 年集集地震後崩塌數據統計

九九峰集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.25 所示，雖 1999 年集集地震造成九九峰地區較高崩塌比之崩塌事件，但為以降雨誘發之崩塌為主要分析特性，本研究建議選取 2004 年敏督利颱風於九九峰集水區為主要分析事件。



圖 4.28 九九峰陡峭邊坡所形成之山峰

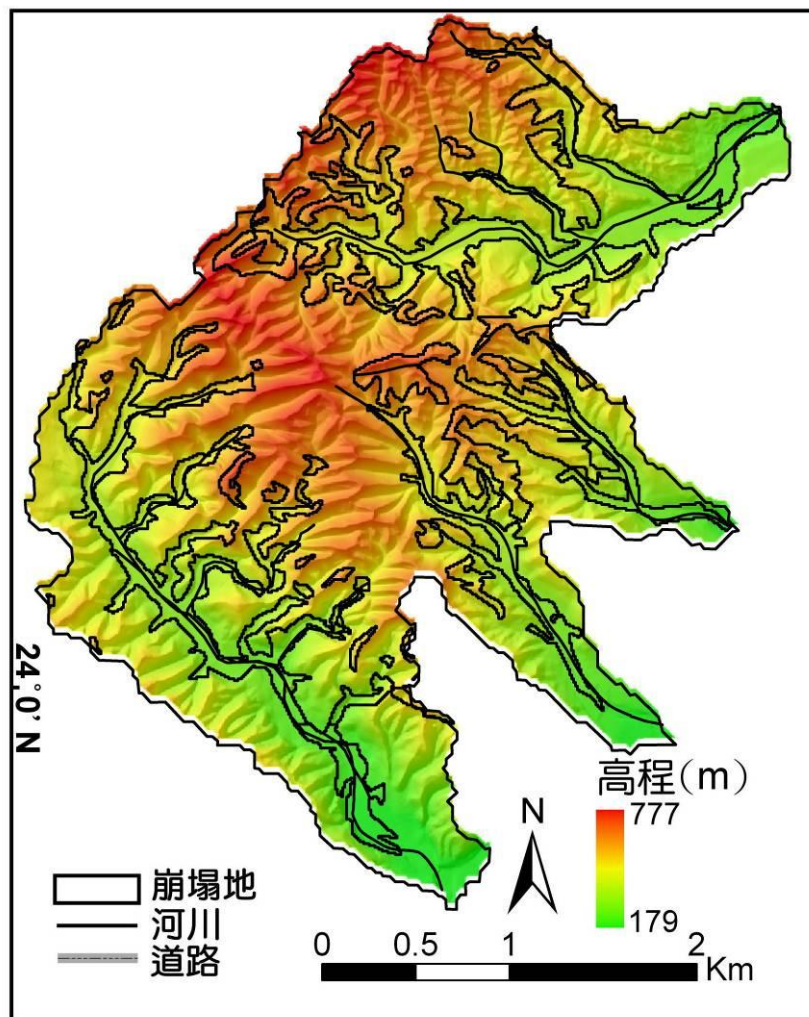
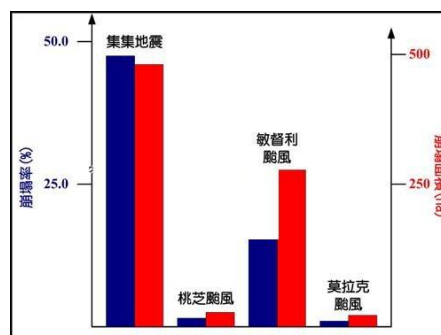


圖 4.29 九九峰集水區高程及 2001 年敏督利颱風後崩塌分佈圖

表 4.25 九九峰集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	346	479.3	48.1
2001 年桃芝颱風	128	42.3	4.2
2004 年敏督利颱風	120	258.1	14.3
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	42	15.2	1.4
2009 年莫拉克颱風	52	21.3	2.1



比較說明圖

備註：九九峰集水區約有 96.6%面積屬於國有林地範圍內。

2004 年敏督利降雨分佈及崩塌比估算

圖 4.30 為九九峰集水區於 2004 年敏督利颱風降雨分佈；集水區降雨介於 809 至 929mm，平均降雨量約 870 mm。集水區崩塌案例約 67.6%位於累積降雨量超過 860 mm 以上區域，表 4.26 為累積降雨與崩塌比統計表，九九峰集水區之崩塌與累積降雨成正比，累積降雨越高，崩塌比越高。從累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，九九峰崩塌分佈與河川有相當程度的關係；降雨除造成雨水入滲導致崩塌外，地表逕流匯集進入河川，造成洪水及河岸淘刷的情況也不容忽略；本研究以九九峰集水區內各支流主流為主，估算距離主流兩岸 250 m 內之崩塌總面積，約為 220.7ha，等同約佔集水區總崩塌面積之 85.5%(因洪水造成河岸淘刷的崩塌)。此數據也代表一個意義，九九峰地區由集集地震造成崩塌比 48.1%事件後，屢次降雨並未造成太多的坡面崩塌，反倒是九九峰河道內土砂持續往下游輸送，因此在崩塌判釋上被判釋為崩塌地，才會出現河岸淘刷佔總崩塌地面積之 85.5%。

表 4.27 則為本研究針對 2004 年敏督利颱風中，降雨量集中且也鄰近九九峰集水區的南投北山雨量站進行分析，由分析結果可發現：

2004 年敏督利颱風降雨型態偏向 3 小時內之強降雨(3 小時之降雨強度達 57.7mm/hr)，屬於短延時高強度降雨，且此類降雨在敏督利颱風期間有兩波，一波在 2004 年 7 月 3 日早上 7 時(時降雨強度為 84 mm/hr)，另一波則在 2004 年 7 月 4 日下午 15 時(時降雨強度為 70 mm/hr)，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

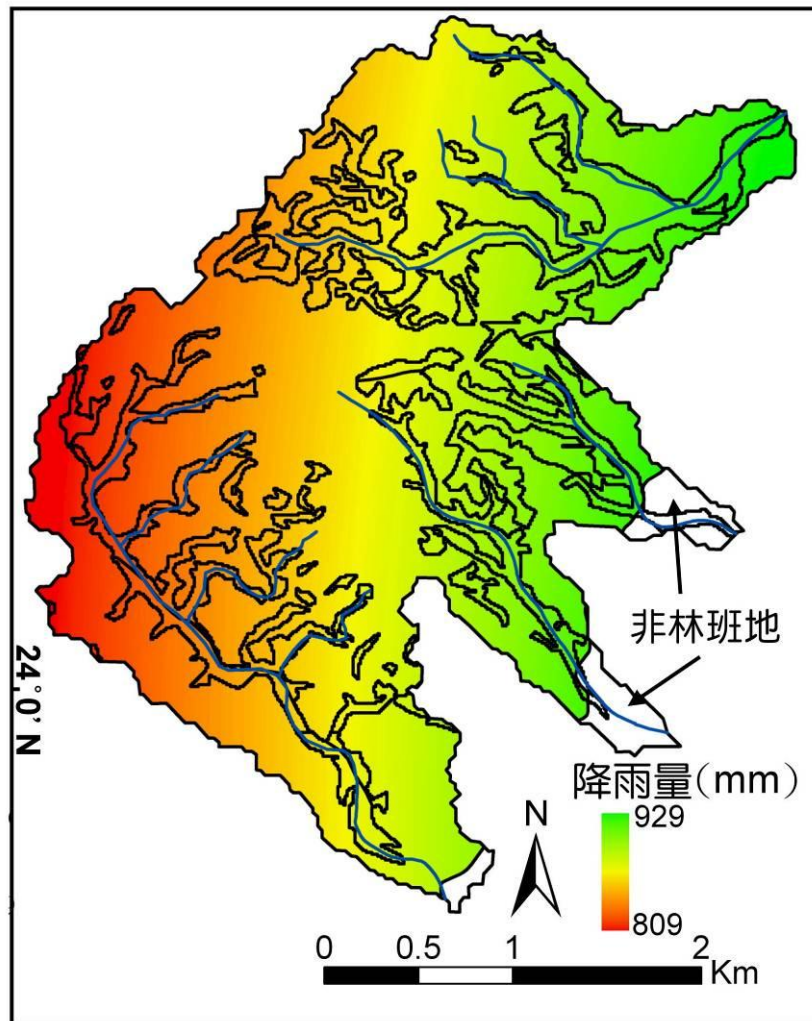


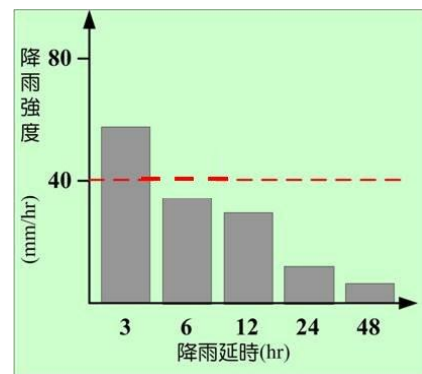
圖 4.30 2004 年敏督利颱風於九九峰集水區降雨分佈圖

表 4.26 2004 年敏督利颱風於九九峰降雨與崩塌比估算

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<830	18.2	169.7	10.7
830-860	65.2	486.3	13.4
860-890	84.3	697.0	12.1
>890	90.4	457.0	19.8
Total	258.1	1810.0	14.3

表 4.27 九九峰集水區於 2004 年敏督利颱風降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	173	57.7
6	214	35.7
12	373	31.1
24	460	19.2
48	762	15.9



比較說明圖

備註：本表以南投北山雨量站於 2004 年敏督利颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

九九峰集水區崩塌案例分析結果如圖 4.31 所示；崩塌密度而言，九九峰集水區崩塌密度最高的地方位於 $1 \sim 2 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ (等同 1000 至 2000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $1 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 至 $8 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ ，這也代表九九峰地區並無崩塌面積超過 1 km^2 之大規模崩塌案例。若比較頻率密度之密集程度，而區分出此區域之崩塌面積分佈密集區(如圖 4.31 之矩形區域)，則約為 $1 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 至 $7 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 處(即為由 0.1 至 0.7ha)，由此可發現九九峰集水區在 2004 年敏督利颱風誘發之崩塌主要以中規模崩塌為主。

根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，九九峰集水區、集集地震與旗山溪中上游之(α , β)兩參數值分別為(7.68, 1.12)(九九峰集水區)、(53.1, 1.7)(集集地震)及(69.5, 1.3)(旗山溪)。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)，但九九峰集水區在 2004 年敏督利颱風侵襲後，不論是 α 或 β 參數都較其他案例低，本研究認為此乃九九峰崩塌特性導致：九九峰地區之崩塌大部分屬於集集地震後之坡面尚未復育處，而被判釋為崩塌地，近年來的颱風豪雨對九九峰坡面誘發崩塌的次數及面積都少，也可能僅出現小部分崩落，但大部分集集地震造成的坡面裸露都逐漸在復育；再者九九峰坡面復育最慢的地方也在山脊處，且並非單一面向山脊，而是以山頂為圓心之環繞山頂的崩塌(如圖 4.32)，而復育則從下邊坡逐漸復育至上邊坡，因此上邊坡處是目前最難復育且裸露坡面最多的地方。本研究認為這些崩塌特性是造成 α 或 β 參數都偏低的主要原因。

崩塌地分佈位置特性

九九峰集水區崩塌案例分析結果如圖 4.32 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則九九峰集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 8.6%(上邊坡)、1.1%(下邊坡)及 90.2%(山腰或河道)。可瞭解此區崩塌僅有約 8.6%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，由於九九峰受 1999 年集集地震影響甚多，多數上邊坡崩塌都是在集集地震中大量崩落後，植生尚未復育之處；而 1.1%之下邊坡崩塌則跟兩個因素相關：一則本研究所採用之崩塌地分佈位置分析法，下邊坡之估算點位乃到野溪，也代表並未將河道之崩塌面積算入下邊坡崩塌中；二則根據 Wu and Chen(2006)對九九峰之分析，九九峰在集集地震後，植生復育是從下邊坡逐漸往上邊坡蔓延，因此在距離集集地震已經 12 年之九九峰，下邊坡大部分都已有植生復育；而 90.2%屬於山腰或河道之崩塌面積，本研究認為此跟九九峰地區之河道土砂不穩定或植生無法復育相關。

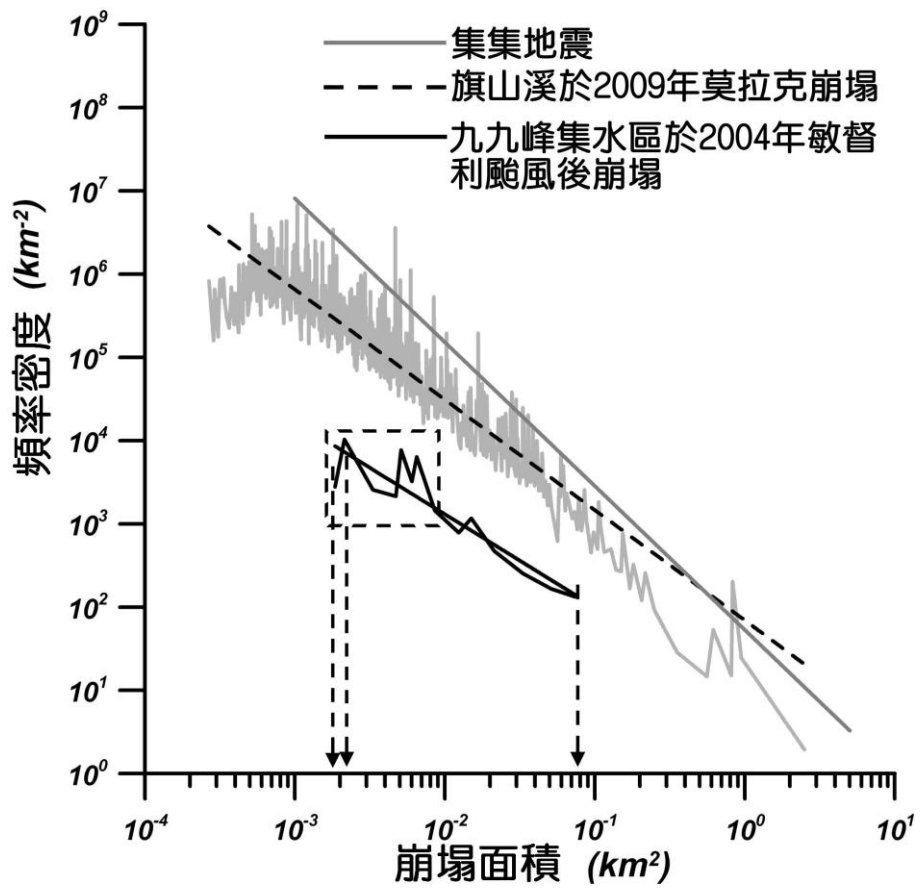


圖 4.31 九九峰集水區崩塌自我組織臨界性分析

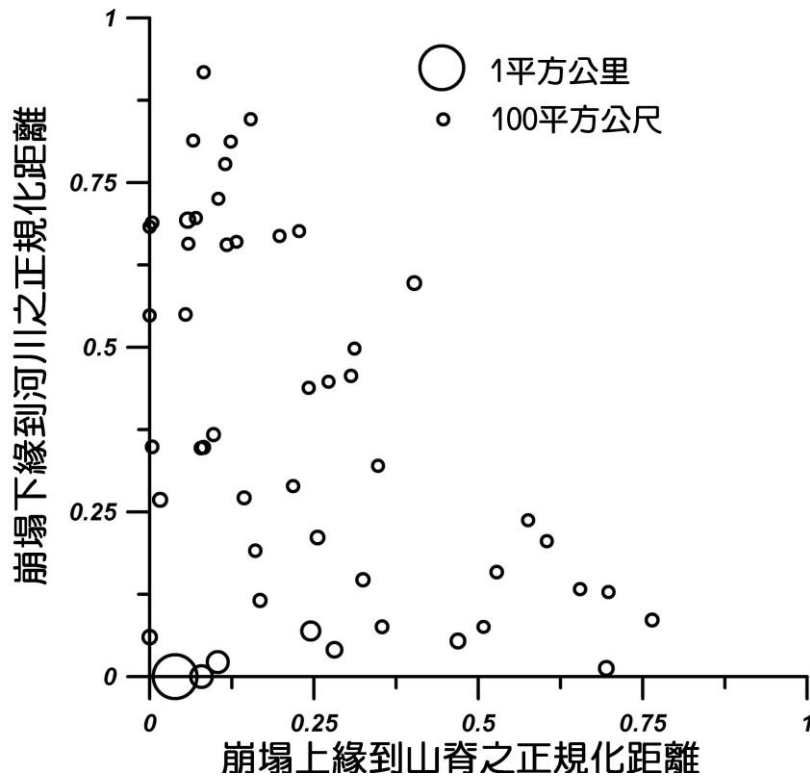
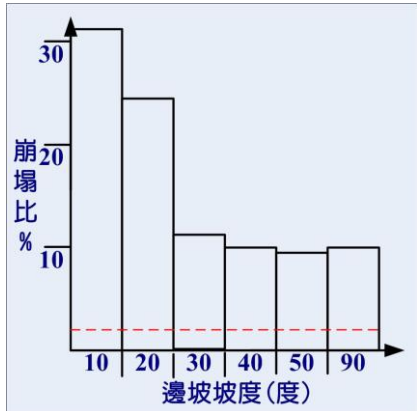


圖 4.32 九九峰集水區崩塌地分佈位置特性分析

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.28 為九九峰集水區不同坡度造成崩塌之估算表，九九峰之崩塌與坡度估算表呈現與其他集水區都不一樣的結果，緩坡地區之崩塌比高達 67.6%(坡度小於 10°)，反而坡度越陡峭之處，崩塌比降至 20.0%以下；此點應跟九九峰地區目前崩塌情況相關，比較前述因降雨造成的河岸淘刷面積佔總崩塌面積之 85.5%，可瞭解九九峰地區之坡面崩塌從集集地震後，大部分坡面逐漸出現植生復育，因此並不位在「距離河岸 250 m」內之崩塌地逐漸減少，但過往崩落土砂在屢次颱風洪水中輸送進入河川，才會造成河川土砂不穩定，且在崩塌判釋過程中被判定為崩塌地。

表 4.28 九九峰集水區不同坡度造成崩塌之估算表

坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	63.8	171.3	37.2	
10-20	36.3	144.8	25.1	
20-30	20.7	161.4	12.8	
30-40	25.0	237.6	10.5	
40-50	37.1	365.7	10.1	
>50	75.1	729.2	10.3	比較說明圖

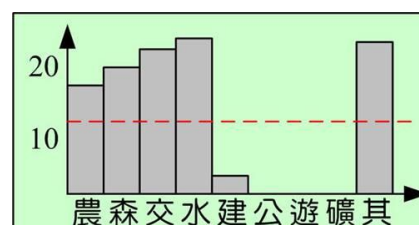
崩塌與土地利用之關係

為瞭解土地利用型態對九九峰集水區之崩塌是否具有誘發特性，本研究採用內政部國土測繪中心於 2006 年至 2008 年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。本研究以 2004 年敏督力颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表 4.29 所示。可發現除原包含荒地、裸露地之

其他類別崩塌比偏高(21.8%)外，屬於河川的水利用地崩塌比最高，這一點也驗證了前述本研究提出的：九九峰崩塌判釋處大部分都來自於河床上的土砂堆積或過往崩塌堆積於下邊坡接近河岸處。而九九峰集水區內道路大部分沿河岸興建，因此包含道路的交通用地崩塌比也偏高，代表人為道路開發在此集水區崩塌具有促發影響。

表 4.29 九九峰集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比 (%)	土地類別	崩塌比 (%)
農業	16.9	公共設施	0.0
森林	19.1	遊憩	0.0
交通	32.7	礦鹽	0.0
水利	88.5	其他	21.8
建築	2.5		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 96.6%之國有林地

事業區：埔里事業區

林道：無

區內或鄰近森林遊樂區：無

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將九九峰集水區於 2004 年敏督利颱風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

- (1)雖然陡坡為邊坡崩塌主要誘發原因，此點在九九峰地區一樣得到驗證，尤其坡度在 30°以上之崩塌比皆達 18.4%以上；而九九峰地區在坡度小於 10°之崩塌比高達 67.6%，本研究則認為跟河道上之土砂輸送現象相關。

- (2)崩塌受降雨及後續洪水誘發的情況明顯，累積降雨超過 830 mm 之區域，便會出現崩塌比超過 10.7%情況。且以敏督利颱風之降雨型態而言，高強度降雨是九九峰集水區易誘發嚴重崩塌的關鍵。
- (3)以邊坡崩塌與地層之關係，九九峰地區大多屬於頭科山層之卵礫石層，土層深度薄且表面逕流難以滲透土層，但一旦水分入滲即會造成整層崩落，因此九九峰地區在累積降雨量較大的情況便會產生較高之崩塌比。
- (4)目前九九峰正處於植生復育時期，多數過往在集集地震引發之崩落坡面，都在地震後 12 年間逐漸出現植生復育，而河道內之不穩定土砂則為目前九九峰地區植生復育最難以進入之處，原因在於時常出現之豪雨事件將原堆積於山谷或下邊坡之土砂帶入河道。
- (5)根據土地利用類別與崩塌之關係，九九峰集水區多數崩塌位於天然林邊坡，代表崩塌與土地利用類別關係性小。
- (6)根據上述分析，本研究認為九九峰集水區崩塌誘發的關鍵在於卵礫石層地層及高強度降雨，也因九九峰集水區內保全對象少，因此未來集水區保育治理策略仍建議以植生復育為主。

F.南投林管處：奧萬大溪集水區

奧萬大溪集水區基本資料

奧萬大溪集水區位於南投縣仁愛鄉境內，集水區主要保全對象為奧萬大森林遊樂區，奧萬大溪又可分為萬大北溪及萬大南溪。奧萬大溪集水區面積約為 22,332ha，集水區國有林地面積約為 21,490ha，約佔總集水區面積之 96.2%；奧萬大溪集水區高程分佈介於 866 m 至 3,342 m，平均高程約為 2,006 m；集水區平均坡度約 34.5°，超過 30°以上陡坡佔全集水區 68.0%，奧萬大溪集水區屬於陡坡區域。根據 2004 年敏督力颱風後之崩塌分佈，奧萬大溪集水區之崩塌主要分佈在廬山層及其相當地層與畢祿山層，岩性主要為板岩及大南澳片岩。

根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，奧萬大溪集水區並無土石流潛勢溪流。

1999 年集集地震後崩塌數據統計

由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.30 所示，2004 年敏督力颱風仍為奧萬大溪集水區最嚴重土石災害，選定以 2004 年敏督力颱風於奧萬大溪引發崩塌為分析事件。

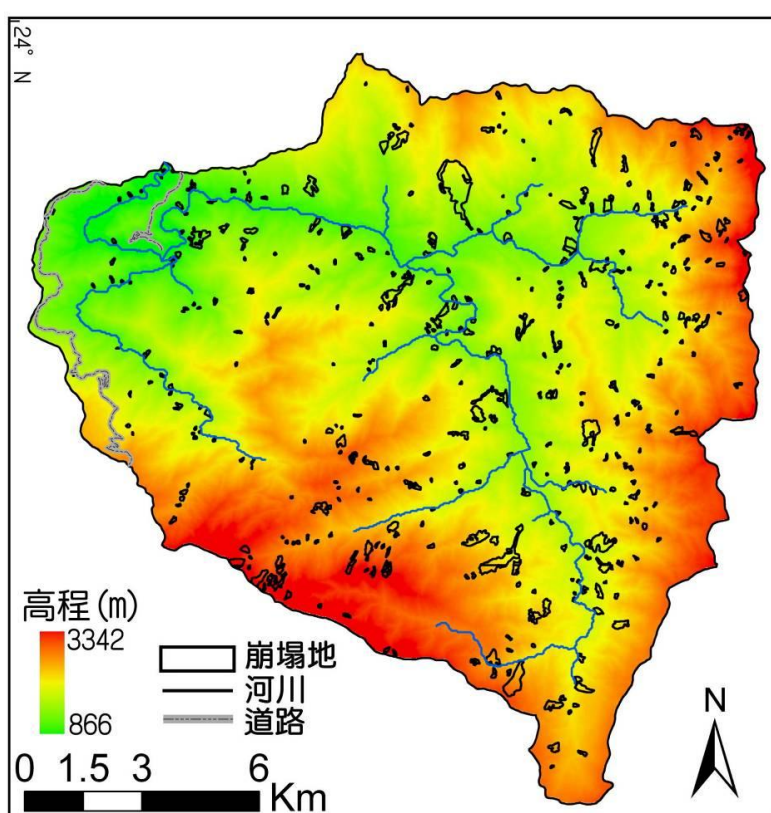


圖 4.33 奧萬大溪集水區於 2004 年敏督力颱風後崩塌分佈

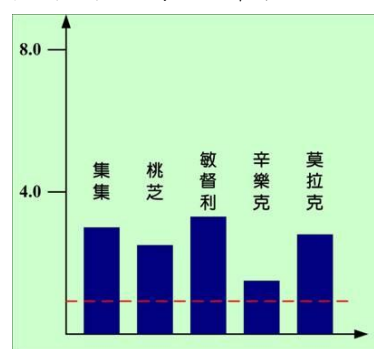
2004 年敏督力颱風降雨分佈及崩塌比估算

2004 年敏督力颱風於奧萬大溪集水區降雨量分佈如圖 4.34 所示，集水區降雨量介於 536 至 988mm，平均約為 752mm。集水區崩塌案例約 59.4%位於累積降雨量超過 700 mm 以上區域。表 4.31 為累積降雨與崩塌比之統計表，集水區崩塌與累積降雨未成正比，崩塌比都超過 1.6%，降雨雖是崩塌誘發原因，但應還有其他主要誘發因素；

集水區內累積降雨量最大差距約 450mm，集水區內大部分地區累積降雨量差距不大。從累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，奧萬大溪集水區之崩塌分佈與河川有相當程度的關係，經統計估算，約 33.2%之崩塌案例都位於河川兩岸 250 m 距離內，此也代表因洪水造成的河岸下邊坡淘刷是奧萬大溪集水區崩塌主要誘發原因之一。

表 4.30 奧萬大溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積 (ha)	崩塌比 (%)
1999 年集集地震	315	692.3	3.2
2001 年桃芝颱風	410	604.7	2.8
2004 年艾利颱風	464	718.6	3.3
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	448	373.2	1.7
2009 年莫拉克颱風	593	642.7	3



比較說明圖

備註：崩塌比估算乃以國有林地內之面積進行估算。

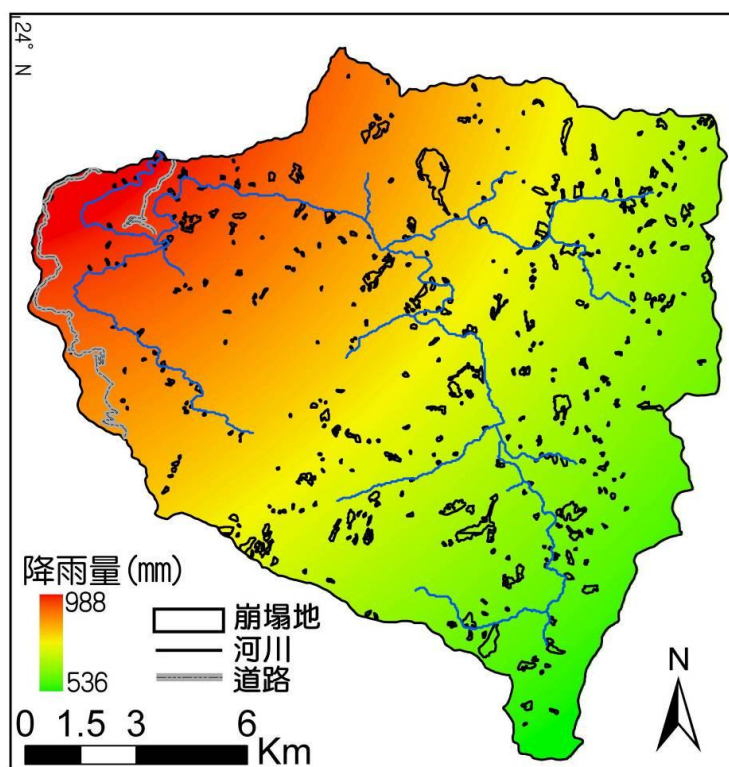


圖 4.34 2004 年敏督力颱風於奧萬大溪集水區降雨分佈圖

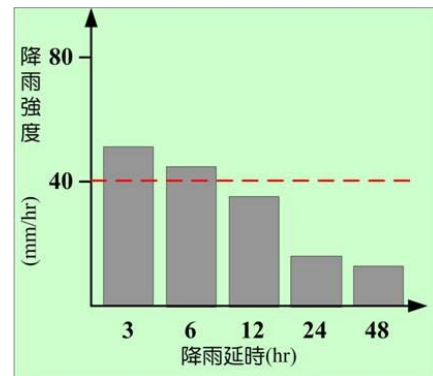
表 4.31 2004 年敏督力颱風於奧萬大溪集水區降雨與崩塌比估算

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<600	31.4	1235.3	2.5
600-700	260.1	6525.1	4.0
700-800	233.1	7050	3.3
800-900	163.3	5648.1	2.9
>900	30.7	1873.2	1.6
Total	718.6	22331.7	3.2

表 4.32 則為本研究針對 2004 年敏督力颱風中，降雨量最集中的南投楓樹林雨量站進行分析，由分析結果可發現：2004 年敏督力颱風降雨型態偏向 6 小時內之強降雨(6 小時之降雨強度仍超過 46.7mm/hr)，屬於短延時高強度降雨，尤其在最大 3 小時平均降雨強度仍可達 53.7mm/hr，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

表 4.32 2004 年敏督力颱風於奧萬大溪集水區降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	161	53.7
6	280	46.7
12	394	32.8
24	539	22.5
48	794	16.5



比較說明圖

備註：本表以南投楓樹林雨量站於 2004 年敏督力颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

奧萬大溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.35 所示，本研究將集集地震在全台灣造成的崩塌案例一併匯入圖中以為比對參考；崩塌密度而言，奧萬大溪集水區崩塌密度最密集的地方位於 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ (等同 1000 至 10,000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $1 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 至 0.7 km^2 。可發現奧萬大溪集水區在 2004 年敏督利颱風誘發之崩塌主要以中小規模崩塌為主。

若以奧萬大溪集水區與集集地震崩塌及旗山溪中上游崩塌進行比較，根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，奧萬大溪集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 (42.3, 1.23)(奧萬大溪集水區)、(53.1, 1.7)(集集地震)及(69.5, 1.3)(旗山溪)。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)。奧萬大溪集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，本研究認為降雨及洪水淘刷誘發新崩塌(且大量崩塌都偏小規模)及 1999 年集集地震造成上邊坡地層鬆動(易誘發小規模崩落)有關。

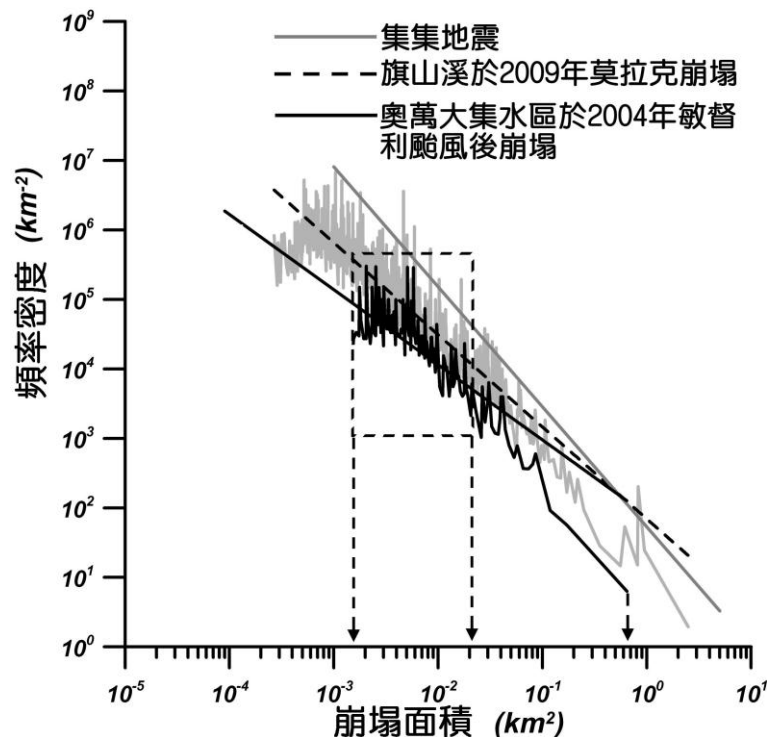


圖 4.35 奧萬大溪集水區崩塌 SOC 分析圖

崩塌地分佈位置特性

奧萬大溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.36 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則奧萬大溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 11.7%(上邊坡)、55.2%(下邊坡)及 33.1%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 11.7%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌；奧萬大溪集水區上邊坡崩塌總面積不小，本研究認為除 2004 年敏督利颱風之降雨入滲造成表層土壤水分飽和而崩落外，也因奧萬大溪集水區位於 1999 年集集地震主要地震區(地震規模超過 5 區域)，因此上邊坡崩塌也跟 1999 年集集地震相關；而 33.1%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。奧萬大溪集水區下邊坡崩塌總面積約為上邊坡崩塌總面積之 2.8 倍，代表 2004 年敏督利颱風降雨造成的河川淘刷是此次崩塌事件的誘發主因。

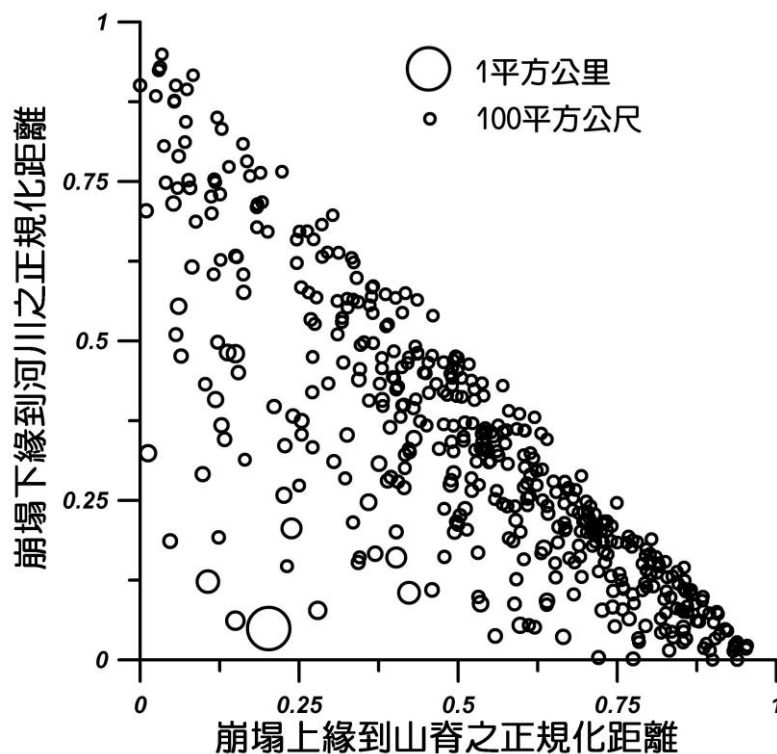
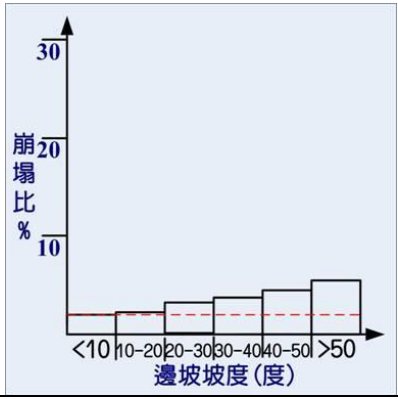


圖 4.36 奧萬大溪集水區崩塌地分佈位置特性圖

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.33 為奧萬大溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，即便具有最小崩塌比之小於 10 度以下邊坡也超過 1.0%，集水區內坡度大於 30° 以上區域崩塌比更超過 3.2%，且最大崩塌比也恰巧是坡度最陡峭之大於 50° 以上區域之 5.7%；此分析也說明了奧萬大溪集水區之崩塌也具有陡坡崩落之特性。

表 4.33 奧萬大溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	8.8	768.4	1.1	
10-20	21.1	1918.1	1.1	
20-30	66.3	4457.5	1.5	
30-40	230.3	7112.4	3.2	
40-50	263.3	5822.3	4.5	
>50	128.8	2253.1	5.7	

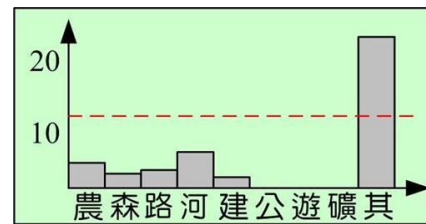
崩塌與土地利用之關係

為瞭解土地利用型態對奧萬大溪之崩塌是否具有誘發特性，本研究採用內政部國土測繪中心於 2006 年至 2008 年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。本研究以 2004 年敏督力颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表 4.34 所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外，屬於天然林或人工林之森林用地崩塌比則為次高(25.5%)，屬於河川或河川兩岸邊坡的水利用地崩塌比也偏高，此代表奧萬大集水區之崩塌受河岸淘刷影響明顯；而農耕地的農業用地及

原生林的森林用地崩塌比都不高，也代表土地利用類別差異在奧萬大集水區內對崩塌誘發影響小。

表 4.34 奧萬大溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比 (%)	土地類別	崩塌比 (%)
農業	2.2	公共設施	0.0
森林	1.5	遊憩	0.0
交通	1.6	礦鹽	0.0
水利	4.4	其他	25.5
建築	1.3		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 96.2%之國有林地

事業區：濁水溪事業區

林道：奧萬大連外道路、尖台林道

區內或鄰近森林遊樂區：奧萬大森林遊樂區

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將奧萬大溪集水區於 2004 年敏督利颱風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

(1)奧萬大溪集水區屬於坡度陡峭之集水區，岩性以板岩及大南澳片岩為主，在歷年重大颱風事件都曾引發崩塌比超過 1.0%之嚴重崩塌事件。

(2)降雨為奧萬大溪集水區崩塌誘發原因之一，根據 2004 年敏督利颱風估算，全集水區崩塌案例約 59%位於累積降雨量超過 700 mm 以上區域，且 2004 年敏督利颱風降雨型態偏短延時(6 小時)高強度降雨，代表高強度降雨對此集水區之崩塌促發有

明顯影響。

- (3)根據崩塌規模分析結果，奧萬大溪集水區在 2004 年敏督利颱風事件後，誘發之崩塌以中小規模崩塌為主(約崩塌面積介於 1000 至 10,000 m^2)，且主因為降雨及洪水淘刷誘發新崩塌及 1999 年集集地震造成上邊坡地層鬆動(易誘發小規模崩落)。
- (4)2004 年敏督利颱風在奧萬大溪集水區內引發之崩塌案例，33.1%崩塌位於下邊坡，且約為上邊坡崩塌面積之 2.8 倍，但上邊坡崩塌面積不小，代表奧萬大溪集水區除受 2004 年敏督利颱風之洪水淘刷造成邊坡崩塌情況明顯外，1999 年集集地震造成的上邊坡地層鬆動也是關鍵因素。
- (5)地形也是奧萬大溪集水區主要崩塌誘發原因之一，所有坡度區間之崩塌比都超過 1.0%，坡度大於 30°以上區域崩塌比更超過 3.2%，坡度越陡峭，崩塌比的確有偏高現象，陡坡崩落的現象在此集水區特別明顯。
- (6)根據土地利用類別與崩塌比之關係，奧萬大溪集水區崩塌主要出現在河川淘刷造成河岸崩塌之水利用地，其他土地利用類別差異對奧萬大溪集水區之崩塌誘發影響並不明顯。
- (7)依據上述說明，奧萬大溪集水區之崩塌誘發原因以高強度降雨、片岩地質及陡坡地形為主，由於集水區內人為開發利用情況不多，因此未來保育治理上僅能以植生復育為主，但需防範高強度降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

G.嘉義林管處：曾文水庫集水區

崩塌事件背景說明

2009 年莫拉克颱風在西南台灣帶來高強度長延時降雨，造成多處河川集水區都面臨嚴重崩塌災害，其中包含曾文溪及高屏溪集水區，曾文水庫集水區即位於曾文溪中上游。根據水利署相關資料統計，曾文水庫庫區在 2009 年莫拉克颱風後，庫區淤積量新增 9000 萬 m^3 ，乃為曾文水庫建庫以來年淤積量新增最快的一次，由此可見 2009 年

莫拉克颱風對曾文水庫集水區所誘發之嚴重崩塌災害。

曾文水庫集水區基本資料

曾文水庫集水區面積約 481 km²(如圖 4.37 所示,庫區蓄水面積為 19.5km²),國有林地面積為 332.7 km²,山坡地為 128.8 km²。高程介於 197 m 至 2613 m 平均高程約 1036 m;集水區平均坡度約為 30.5°,大於 30°以上之區域佔總集水區面積之 53.0%,屬於平緩且略微陡峭之集水區。地質屬於第三世紀中新世上部之南莊層及桂竹林層,由新至舊有台地堆積層、北寮頁岩、竹頭崎層、茅埔頁岩、隘寮頁岩、鹽水坑頁岩、糖恩山砂岩、長枝坑層、紅花子層等地層;集水區內土壤以崩積土、石質土及沖積土為主。集水區年平均降雨量約 2,348mm。

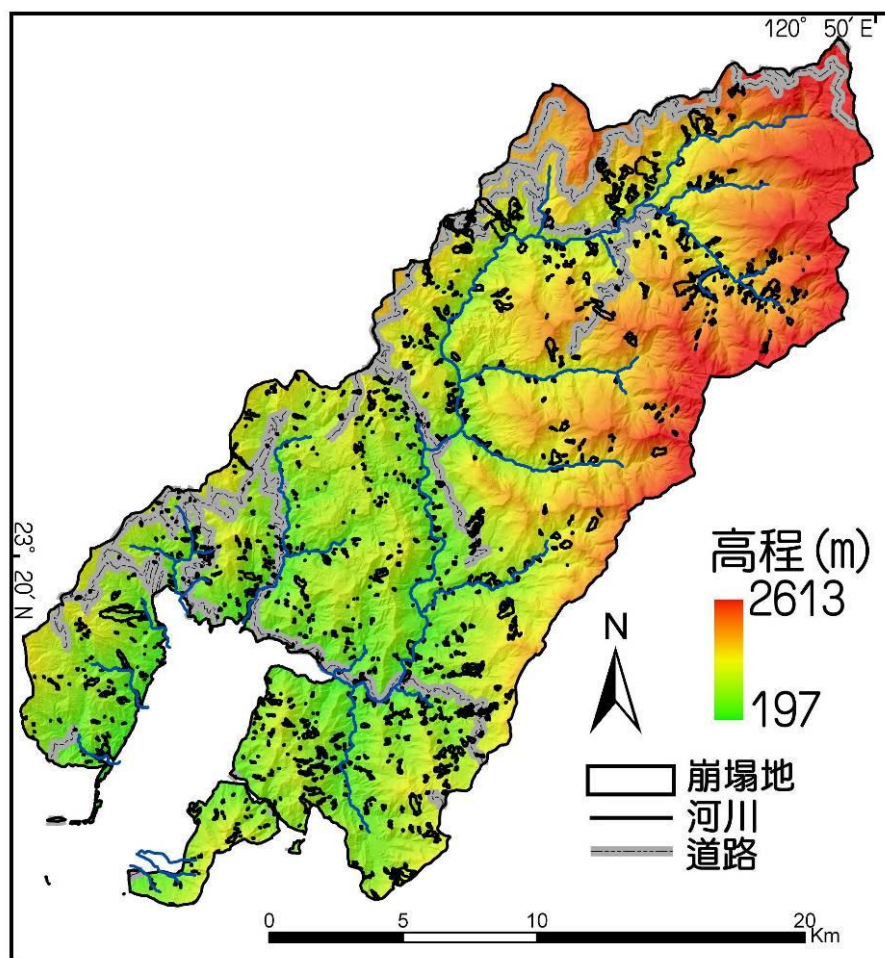


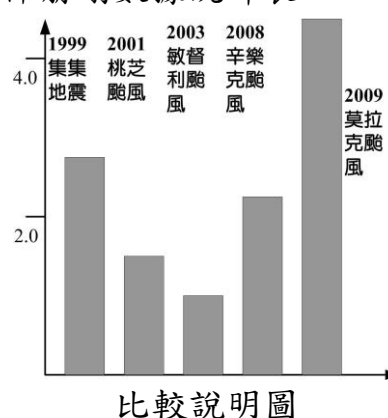
圖 4.37 曾文水庫集水區高程及崩塌分佈圖

1999 年集集地震後崩塌數據統計

曾文水庫集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.35 所示，可發現 2009 年莫拉克颱風仍為曾文水庫集水區歷年最嚴重崩塌事件，因此本研究選定以 2009 年莫拉克颱風於曾文水庫集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

表 4.35 曾文水庫集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	332	918.5	2.8
2001 年桃芝颱風	302	507.2	1.5
2004 年敏督利颱風	349	427.4	1.3
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	510	683.2	2.1
2009 年莫拉克颱風	1153	1509.1	4.5



備註：曾文水庫集水區約有 90.1%面積屬於國有林地範圍內，因此目前表中估算數據都以國有林地範圍面積進行估算。

2009 年莫拉克降雨分佈及崩塌比估算

據曾文水庫集水區內九處雨量站(包含曾文、馬頭山、里佳、水山、樂野、表湖、大棟山、龍美、三腳南山等) 於莫拉克颱風期間之降雨頻率年估算，曾文水庫集水區內 200 年頻率之最大一日暴雨估算值約為 412.7 至 816.0mm 之間，200 年頻率之最大兩日暴雨估算值約為 503.0 至 1071.4mm 之間，2009 年最大一日暴雨量是出現在莫拉克颱風期間，其降雨量已超過重現期距為 200 年的雨量，不論在 24 小時、48 小時及 72 小時皆超過 200 年頻率之推算值。可見高頻率年強降雨事件在曾文水庫集水區，逐漸有常態出現跡象。

本研究利用曾文水庫鄰近雨量站降雨資料，模擬 2009 年莫拉克颱風降雨分佈，如圖 4.38；全集水區降雨量介於 1,723 至 2,476 mm，

平均降雨量約為 1,988 mm。表 4.36 則為累積降雨與崩塌比之統計表，全集水區約有 65.2%之崩塌案例位於累積降雨量超過 2000 mm 以上區域，且累積降雨超過 1900 mm 區域之崩塌比都在 2.6%以上，可發現降雨在 2009 年莫拉克颱風是一個明顯的誘發因子。

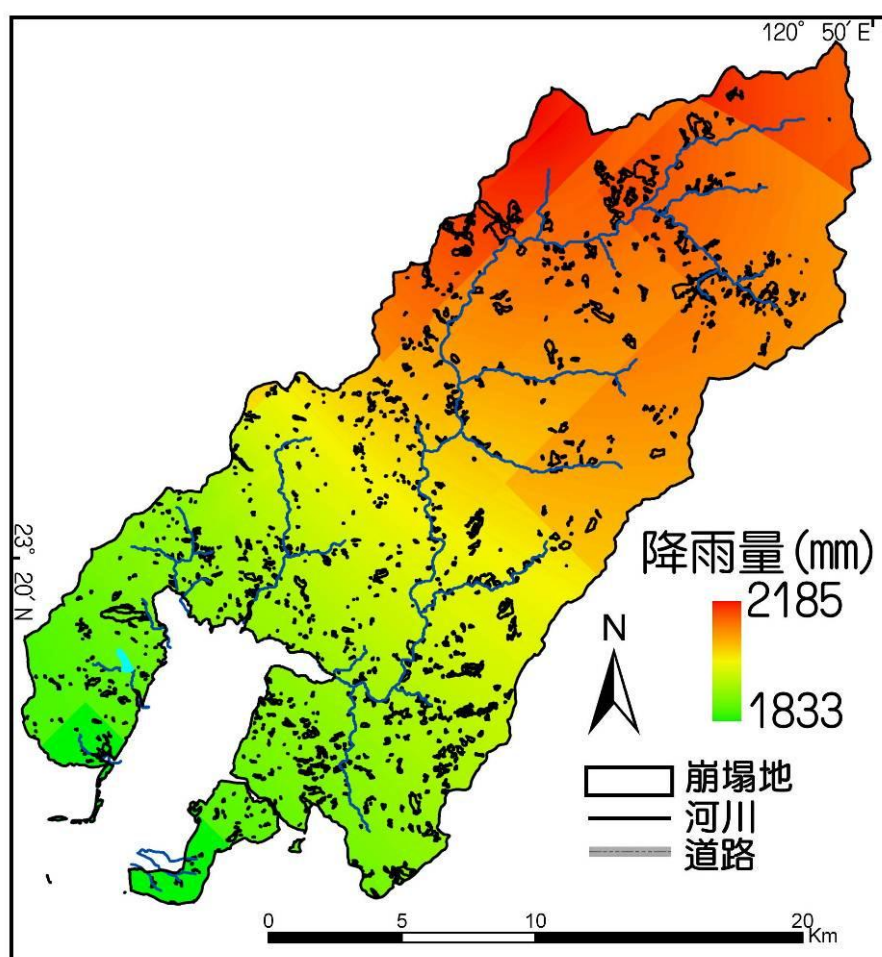


圖 4.38 2009 年莫拉克颱風於曾文水庫集水區降雨分佈圖

地表逕流匯集進入河川，造成洪水及河岸淘刷的情況也不容忽略；本研究以曾文水庫內各支流為主，估算距離主流兩岸 250 m 內之崩塌總面積，約為 619.8ha，等同約佔集水區總崩塌面積之 41.1%(因洪水造成河岸淘刷的崩塌)。表 4.37 則為本研究針對 2009 年莫拉克颱風中，降雨量最集中且位於曾文水庫集水區內的馬頭山雨量站進行分析，由分析結果可發現：2009 年莫拉克颱風降雨型態偏向 48 小時內

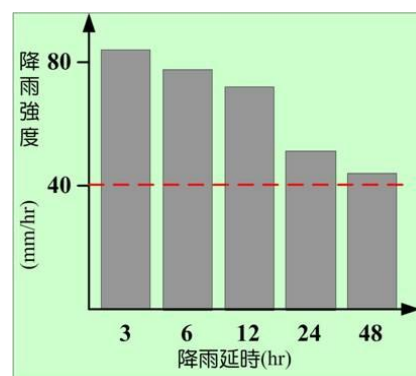
之強降雨(48 小時之降雨強度仍超過 40mm/hr)，屬於長延時高強度降雨，尤其在時降雨強度超過 70.0mm/hr 維持長達 12 小時，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

表 4.36 2009 年莫拉克颱風於曾文水庫集水區降雨與崩塌比估算

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<1900	27.5	981.4	2.8
1900-2000	498.2	12461.1	4.0
2000-2100	326.2	12772.6	2.6
>2100	657.2	16610.4	4.0
Total	1509.1	42825.6	3.5

表 4.37 曾文水庫集水區於 2009 年莫拉克颱風降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	264	88
6	473	78.8
12	854	71.2
24	1380	57.5
48	1990	41.5



比較說明圖

備註：本表以台南馬頭山於 2009 年莫拉克颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

曾文水庫集水區崩塌案例分析結果如圖 4.39 所示，本研究特地將集集地震(嚴重地震崩塌)及旗山溪中上游集水區於 2009 年莫拉克颱風之崩塌案例(高強度長延時降雨誘發崩塌)一併繪於圖中以為比

對參考；崩塌密度而言，曾文水庫集水區崩塌密度最高的地方位於 $6 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ (等同 600 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $3 \sim 4 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 $5 \times 10^{-1} \text{ km}^2$ ，此也代表曾文水庫集水區內並無超過 1 km^2 之大規模崩塌案例。若比較頻率密度之密集程度，而區分出此區域之崩塌面積分佈密集區(如圖 4.39 之矩形區域)，則約為 $4 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 $2 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ 處(即為由 400 m^2 延伸至 2 ha)，由此可發現曾文水庫集水區在 2009 年莫拉克颱風誘發之崩塌主要以小規模崩塌為主。

根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，曾文水庫集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 $(67.3, 1.24)$ (曾文水庫集水區)、 $(53.1, 1.7)$ (集集地震)及 $(69.5, 1.3)$ (旗山溪)。由圖 4.40 可發現集集地震誘發之崩塌面積規模稍大，崩塌密度最高的地方位於 $1 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ (等同 1000 m^2 崩塌面積)，但大規模崩塌的案例比曾文水庫集水區及旗山溪集水區少。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)，但旗山溪在長延時強降雨的豪雨侵襲下， β 值降至 1.3，此值可能跟研究區域地質易崩或降雨誘發因素過大相關。曾文水庫集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，認為降雨誘發新崩塌及洪水淘刷產生的崩塌，都是促使此案例之 β 值偏小主因。

崩塌地分佈位置特性

曾文水庫集水區崩塌案例分析結果如圖 4.40 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則旗山溪中上游集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 6.2%(上邊坡)、27.9%(下邊坡)及 65.9%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 6.2%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落；而 27.9%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。

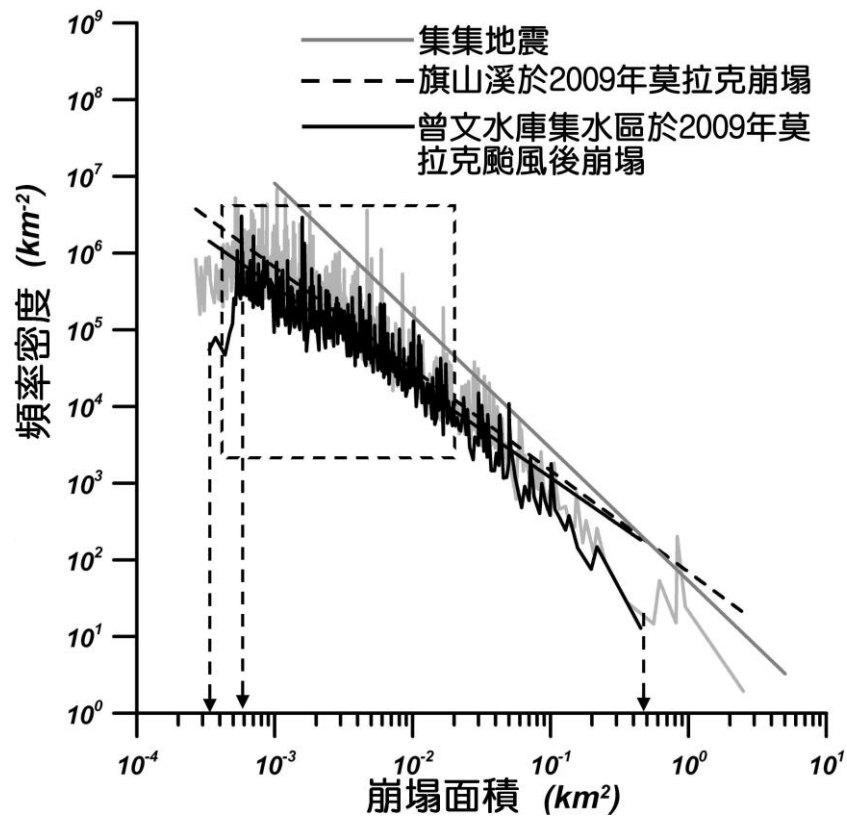


圖 4.39 曾文水庫集水區崩塌自我組織臨界性分析

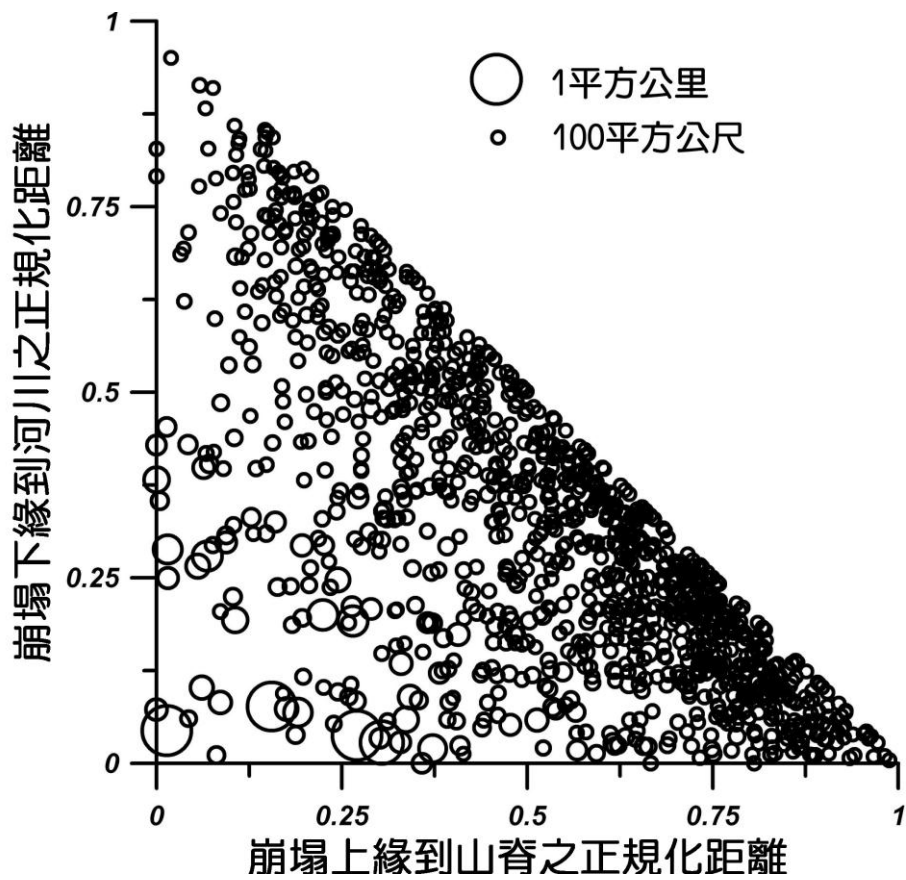
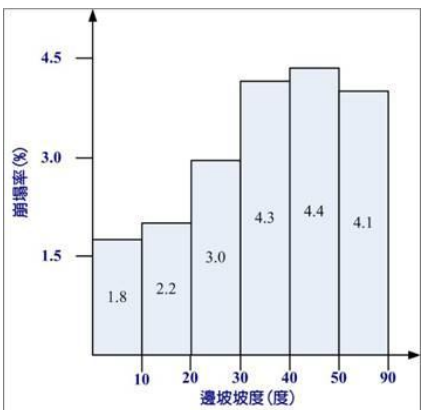


圖 4.40 曾文水庫集水區崩塌地分佈位置特性分析

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.38 為曾文水庫集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，最小崩塌比都是緩坡邊坡(坡度小於 10°)，曾文水庫集水區最小崩塌比仍達 1.8%；且坡度大於 30° 以上是具有崩塌比超過 4.0%之區域，曾文水庫集水區最大崩塌比為 40 至 50° 邊坡之 4.4%，並非坡度最陡的「大於 50° 邊坡」。此論點一樣符合陳樹群等人(2010a, b)提出：「山腹位置覆土深度較深且仍具有較高下滑力」之論點。

表 4.38 曾文水庫集水區不同坡度造成崩塌之估算表

坡度間距($^{\circ}$)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	39.6	2173.9	1.8	
10-20	127.8	5912.6	2.2	
20-30	362.9	12043.2	3.0	
30-40	580.2	13473.1	4.3	
40-50	302.6	6875.2	4.4	
>50	96.0	2347.6	4.1	

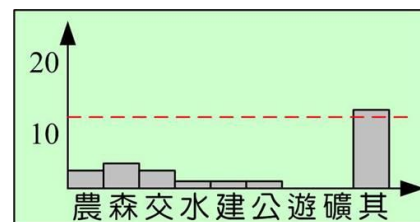
崩塌與土地利用之關係

為瞭解土地利用型態對曾文水庫集水區之崩塌是否具有誘發特性，本研究採用內政部國土測繪中心於 2006 年至 2008 年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。本研究以 2009 年莫拉克颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表 4.39 所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外(10.7%)，屬於農業耕地的農業類別、屬於原生林的森林類別及屬於道路開發的交通類別，崩塌比都在 2%至 3%

間，此結果也代表曾文水庫集水區的土地利用類別差異對崩塌並無特別的誘發影響。

表 4.39 曾文水庫集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比 (%)	土地類別	崩塌比 (%)
農業	2.40	公共設施	1.41
森林	2.95	遊憩	0.01
交通	2.13	礦鹽	0.00
水利	0.70	其他	10.69
建築	1.01		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 90.1%之國有林地

事業區：大埔事業區

林道：瀨頭林道

區內或鄰近森林遊樂區：無

水庫庫容：曾文水庫

崩塌特性綜合說明

曾文水庫集水區在 2009 年莫拉克颱風誘發的嚴重崩塌分析中，本研究認為跟四個因素相關，如下分述：

(1)極端降雨造成邊坡無法負荷；超過 200 年頻率的長延時高強度降雨仍是曾文水庫集水區崩塌誘發主因，比對過往多次颱風誘發崩塌事件，曾文水庫直到 2009 年莫拉克颱風才誘發大量崩塌，過往颱風誘發崩塌之崩塌比最高僅到 1.2%，由此可見長延時高強度降雨仍為問題主因。

(2)因降雨造成洪水淘刷的下邊坡崩塌；匯集地表逕流的河川洪水

也是極端降雨的後續影響，根據本研究所提出的崩塌地位置分析法及崩塌地非累積面積分析法，都可清楚發現下邊坡且小面積崩塌佔約 27.9%。

(3)地質條件脆弱且地質構造多，集水區地質褶皺及斷層，包含鹿窟山向斜、奮起湖背斜、里佳背斜、達邦斷層、茶山逆掩斷及觸口逆掩斷。

(4)極端降雨是旗山溪崩塌主要原因，因降雨造成水分入滲(上邊坡崩塌，佔 6.2%)，表面逕流匯集後(源頭崩塌)，形成洪水往下游傳遞(源頭崩塌及河岸淘刷，共佔 41.1%)，此三類崩塌約佔本集水區崩塌總案例的 47.3%。

(5)根據土地利用類別與崩塌比之關係，曾文水庫集水區崩塌主要出現在農業用地、森林地及道路開發區，但崩塌比差異不大，代表人為開發行為在此集水區並無明顯崩塌促發影響。

(6)針對未來集水區保育治理上之建議，由於曾文水庫近年誘發嚴重崩塌事件都屬於高強度降雨，因此未來保育治理上僅能以植生復育為主，但需防範高強度降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

H.嘉義林管處：清水溪集水區

清水溪集水區基本資料

清水溪集水區位於嘉義縣與雲林縣交界處，集水區內主要阿里山溪及石鼓盤溪，此兩溪流在多次颱風事件中都曾引發嚴重土砂災害，阿里山西的來吉村在 2009 年莫拉克颱風中嚴重受創，石鼓盤溪上游的豐山部落也曾在 2001 年桃芝颱風、2004 年敏督力颱風及 2009 年莫拉克颱風中嚴重受創。清水溪集水區面積約為 13,114ha，其中國有林地面積約佔 11,259ha，約為全集水區面積之 85.9%；集水區高程分佈介於 546 m 至 2,659 m，平均高程約為 1,474 m；集水區內平均坡度約 32.2°，超過 30° 以上之陡坡佔全集水區 60.0%，可見清水溪集水區屬於陡坡區域。清水溪集水區地層以南莊層及其相當地層及桂竹林層及其相當地層為主，岩性則以堅硬砂岩與頁岩為主。

清水溪集水區在 2001 年桃芝颱風及 2004 年敏督利颱風都曾誘發大量崩塌(如圖 4.41)，清水溪集水區因距離 1999 年集集地震震源近，因此 1999 年集集地震後每逢颱風豪雨引發大量崩塌案例，因此 2001 年桃芝颱風及 2004 年敏督利颱風雖引發崩塌案例，但清水溪集水區崩塌案例之主因可認為是 1999 年集集地震造成集水區內地質破碎，後續颱風降雨事件雖也引發許多崩塌案例，但卻無法排除崩塌形成原因帶有集集地震造成後續影響。

根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，清水溪集水區內共有九條土石流潛勢溪流，包含八條高潛勢土石流潛勢溪流(嘉縣 DF039、嘉縣 DF040、嘉縣 DF041、嘉縣 DF042、嘉縣 DF043、嘉縣 DF047、嘉縣 DF048、嘉縣 DF055)及一條中潛勢土石流潛勢溪流(嘉縣 DF008)，由土石流潛勢溪流個數及潛勢度也可瞭解：此區域為嚴重土砂災害區。

1999 年集集地震後崩塌數據統計

清水溪集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.43 所示，可發現 2004 年敏督利颱風仍為清水溪集水區，因此本研究選定以 2001 年敏督利颱風於清水溪集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

2004 年敏督利颱風降雨分佈及崩塌比估算

2004 年敏督利颱風於清水溪集水區降雨量如圖 4.42 所示，降雨量介於 1,026 至 1,393 mm，平均降雨量約為 1,256 mm。集水區崩塌案例約有 99.0%位於累積降雨量超過 1,000 mm 以上區域，在累積降雨量介於 1300mm 至 1600mm 區域崩塌比高達 11.1 %以上。表 4.41 為累積降雨與崩塌比之統計表，可發現清水溪集水區之崩塌與累積降雨成正比；僅累積降雨量超過 1600mm 以上之區域崩塌比降至 3.9%，也代表除降雨外，應有其他崩塌誘發原因存在。從累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，清水溪集水區崩塌分佈與河川有相當程度關係，約

32.9%之崩塌案例都位於河川兩岸 250 m 距離內，此也代表因洪水造成的河岸下邊坡淘刷是清水溪集水區崩塌主要誘發原因之一。

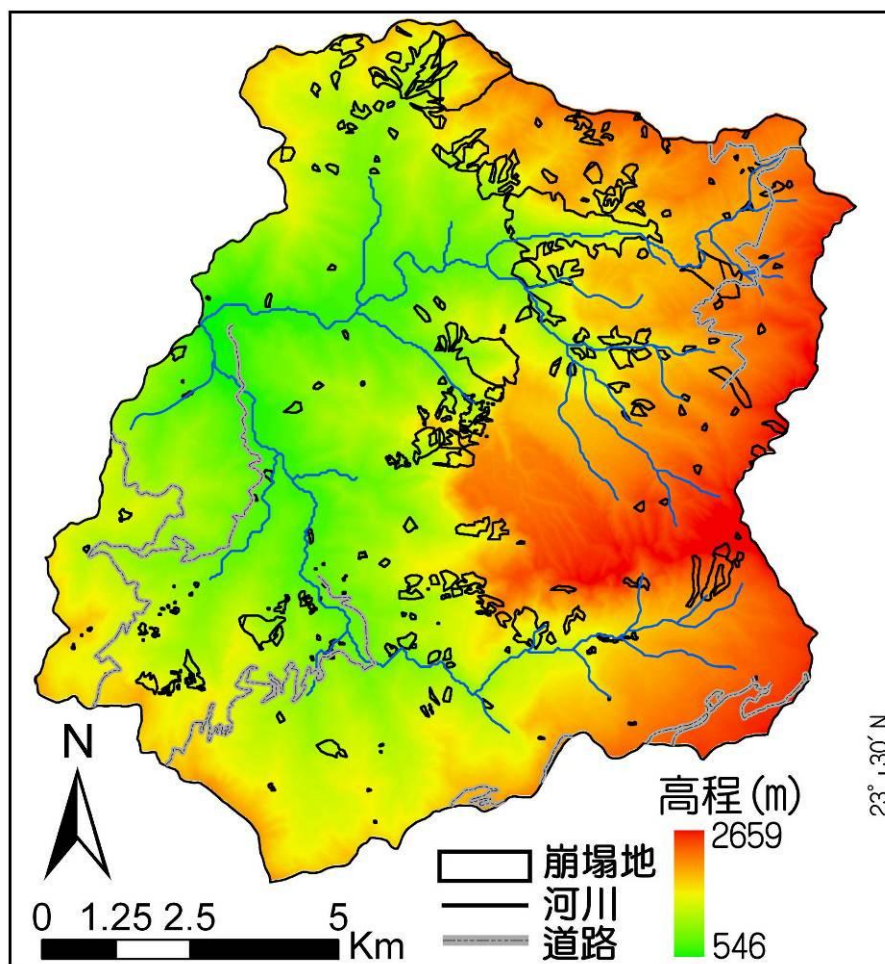
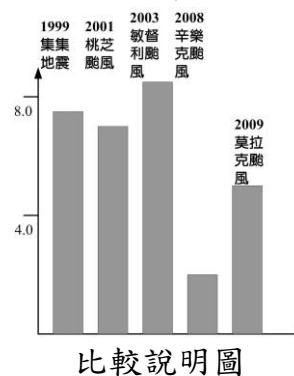


圖 4.41 清水溪集水區於 2004 年敏督利颱風後崩塌分佈

表 4.40 清水溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	219	880.2	7.8
2001 年桃芝颱風	383	834.7	7.4
2004 年敏督利颱風	359	987.3	8.8
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	177	247	2.2
2009 年莫拉克颱風	266	659.4	5.9



備註：崩塌比估算乃以國有林地內之面積進行估算。

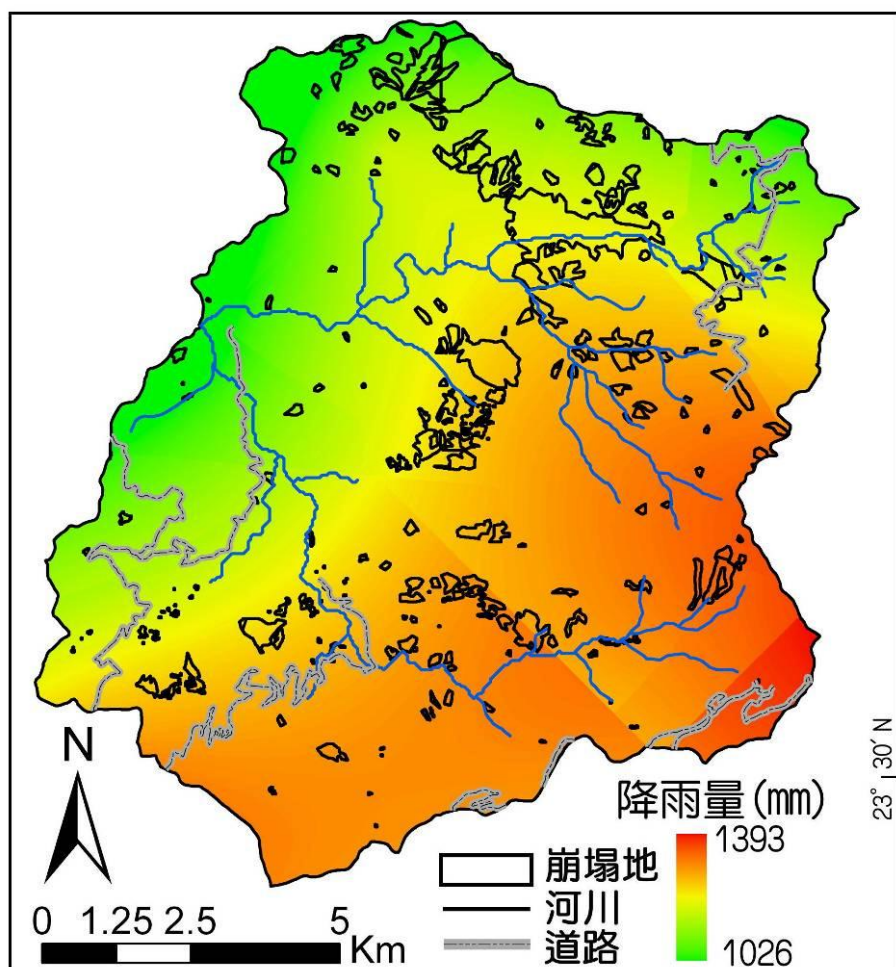


圖 4.42 2004 年敏督利颱風於清水溪集水區降雨分佈圖

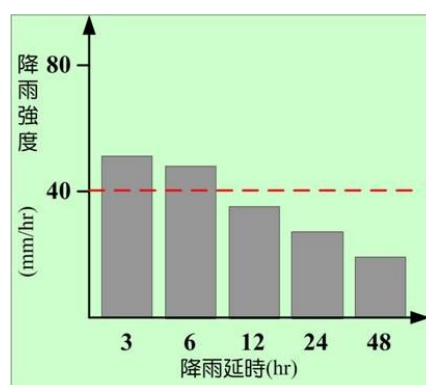
表 4.41 2004 年敏督利颱風於清水溪集水區降雨與崩塌比估算

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<1000	9.5	305.1	3.1
1000-1300	214.3	2711.5	7.9
1300-1600	570.8	5148.7	11.1
>1600	192.7	4948.7	3.9
Total	987.3	13113.9	7.5

表 4.42 為本研究針對 2004 年敏督利颱風中，降雨量最集中的神木村雨量站進行分析，由分析結果可發現：2004 年敏督力颱風之降雨型態偏向 6 小時內強降雨(6 小時之降雨強度仍超過 40mm/hr)，屬於短延時高強度降雨，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

表 4.42 清水溪集水區於 2004 年敏督利颱風期間降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	163	54.3
6	286	47.7
12	409	34.1
24	685	28.5
48	1139	23.7



比較說明圖

備註：本表以南投神木村雨量站於 2004 年敏督力颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

清水溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.43 所示，本研究將集集地震在全台灣造成的崩塌案例一併匯入圖中以為比對參考；崩塌密度而言，清水溪集水區崩塌密度最密集的地方位於 $4 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ (等同 400 至 40,000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $3 \times 10^{-5} \text{ km}^2$ 至 0.7 km^2 。可發現清水溪集水區在 2004 年敏督利颱風誘發之崩塌主要以中小規模崩塌為主。

根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，清水溪集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 (63.6, 0.97)(清水溪集水區)、(53.1, 1.7)(集集地震)及(69.5, 1.3)(旗山溪)。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)。清水溪集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，本研究認為降雨及洪水淘刷誘發新崩塌(且大量崩塌都偏小規模)及 1999 年集集地震造成上邊坡地層鬆動(易誘發小規模崩落)有關；另外清水溪集水區在崩塌面積位於 $8 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 鄰近之頻率密度高達 10^7 個，也是促使兩參數值偏小的主因。

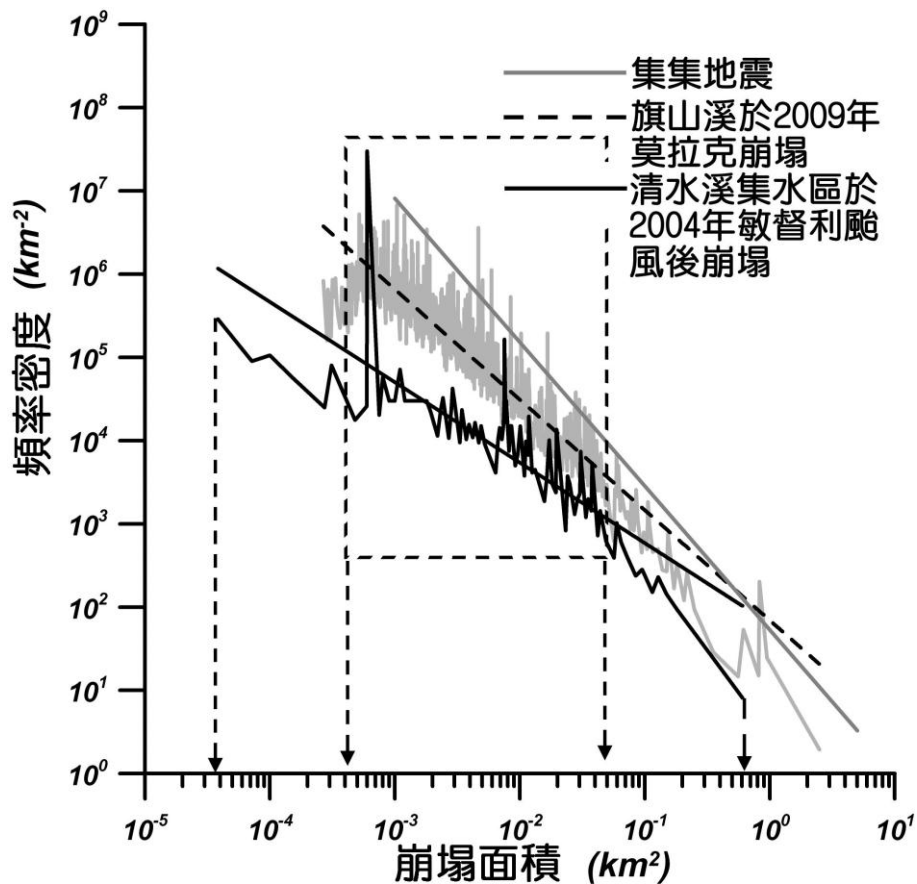


圖 4.43 清水溪集水區崩塌 SOC 分析圖

崩塌地分佈位置特性

清水溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.44 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則清水溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 28.3%(上邊坡)、34.0%(下邊坡)及 37.7%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 28.3%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌；清水溪集水區上邊坡崩塌總面積佔總崩塌面積比例較高(與其他研究區域相比)，本研究認為除 2004 年敏督利颱風之降雨入滲造成表層土壤水分飽和而崩落外，也因清水溪集水區位於 1999 年集集地震主要地震區(地震規模超過 5 區域)，因此上邊坡崩塌也跟 1999 年集集地震相關；而 34.0%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。清水溪集水區下邊坡崩塌

總面積約為上邊坡崩塌總面積之 1.2 倍，代表 2004 年敏督利颱風降雨造成的河川淘刷是此次崩塌事件的誘發主因。

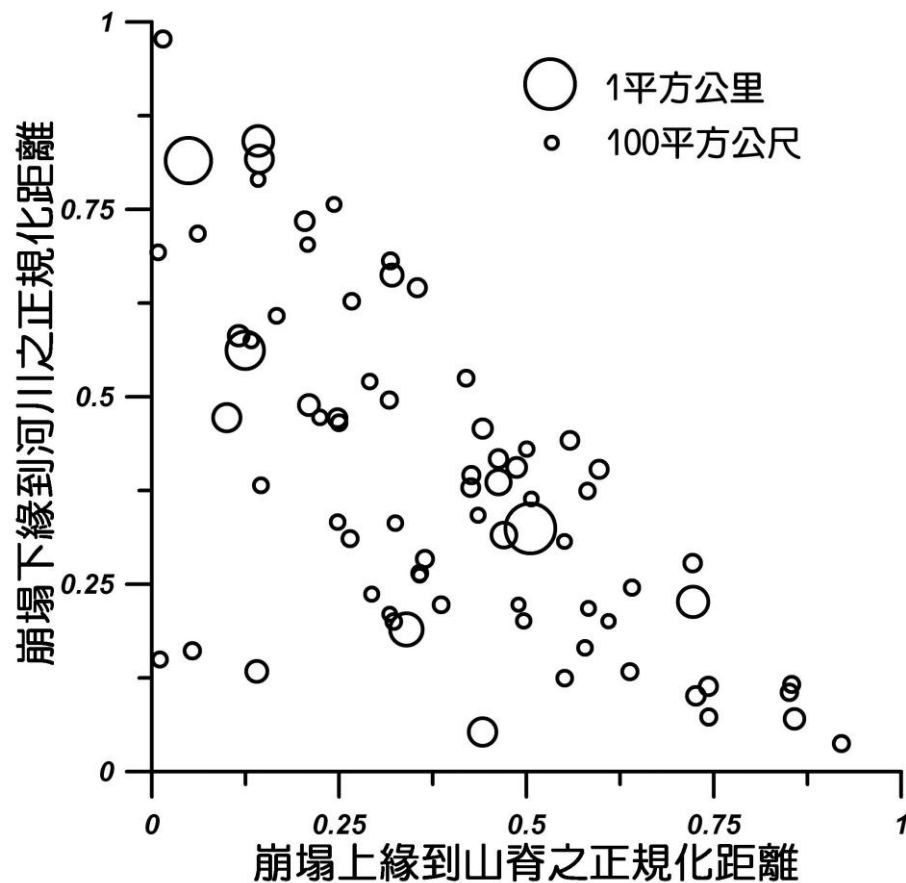
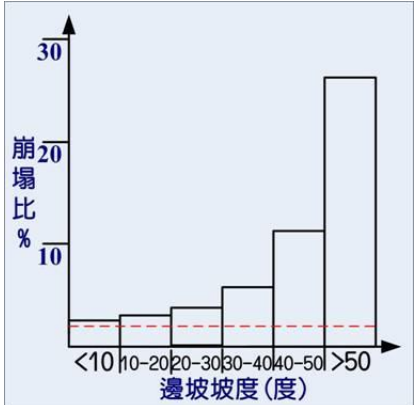


圖 4.44 清水溪集水區崩塌地分佈位置特性圖

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.43 為清水溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，且在所有坡度間距內之最小崩塌比都超過 1.0%，集水區內坡度大於 30° 以上區域崩塌比更超過 6.0%，且最大崩塌比也恰巧是坡度最陡峭之大於 50° 以上區域之 27.4%；上述分析也說明「清水溪集水區之陡坡崩落現象明顯」。

表 4.43 清水溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

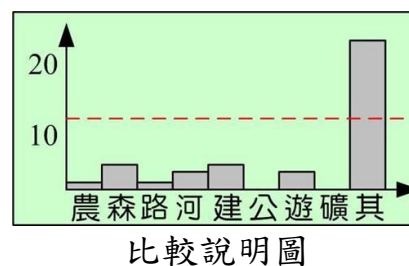
坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	8.2	599.0	1.4	
10-20	31.3	1384.8	2.3	
20-30	85.5	2511.5	3.4	
30-40	220.8	3245.6	6.8	
40-50	299.7	2270.1	13.2	
>50	341.7	1247.8	27.4	比較說明圖

崩塌與土地利用之關係

本研究採用內政部國土測繪中心於2006年至2008年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。本研究以2004年敏督利颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表4.44所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外(43.6%)，崩塌比次高的則為人為建築的建築類別及屬於原生林的森林類別，其餘類別之崩塌比都在1%至2%間，這也代表土地利用類別差異在清水溪集水區對崩塌並無特別的誘發影響。

表 4.44 清水溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比(%)	土地類別	崩塌比(%)
農業	1.2	公共設施	0.0
森林	2.8	遊憩	1.4
交通	1.2	礦鹽	0.0
水利	1.5	其他	43.6
建築	2.8		



崩塌影響範圍

國有林：全區約 85.9%之國有林地

事業區：阿里山事業區

林道：祝山林道

區內或鄰近森林遊樂區：阿里山森林遊樂區

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將清水溪集水區於 2004 年敏督利颱風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

- (1)清水溪集水區屬於坡度陡峭之集水區，岩性以堅硬砂岩與頁岩為主，在歷年重大颱風事件都曾引發崩塌比超過 1.0%之嚴重崩塌事件。
- (2)降雨為清水溪集水區崩塌誘發原因之一，根據 2004 年敏督利颱風估算，全集水區崩塌案例約有 99%位於累積降雨量超過 1,000 mm 以上區域，且 2004 年敏督利颱風降雨型態偏短延時(6 小時)高強度降雨，代表高強度降雨對此集水區之崩塌促發有明顯影響。
- (3)根據崩塌規模分析結果，清水溪集水區在 2004 年敏督利颱風事件後，誘發之崩塌以中小規模崩塌為主(約崩塌面積介於 400 至 40,000 m²)，且主因為降雨及洪水淘刷誘發新崩塌及 1999 年集集地震造成上邊坡地層鬆動(易誘發小規模崩落)。
- (4)2004 年敏督利颱風在清水溪集水區內引發之崩塌案例，34.0%崩塌位於下邊坡，且約為上邊坡崩塌面積之 1.2 倍，但上邊坡崩塌面積佔總崩塌面積比例不小(與其他研究區域相比)，代表清水溪集水區除受 2004 年敏督利颱風之洪水淘刷造成邊坡崩塌情況明顯外，1999 年集集地震造成的上邊坡地層鬆動也是關鍵因素。
- (5)地形也是清水溪集水區主要崩塌誘發原因之一，所有坡度區間之崩塌比都超過 1.0%，坡度大於 30°以上區域崩塌比更超

過 6.0%，坡度越陡峭，崩塌比的確有偏高現象，陡坡崩落的現象在此集水區特別明顯。

(6)根據土地利用類別與崩塌比之關係，清水溪集水區崩塌主要出現在人為開發之建築用地及森林地，代表人為開發對此集水區之崩塌促發的確有影響。

(7)依據上述說明，清水溪集水區之崩塌誘發原因以高強度降雨、砂岩及頁岩地質、陡坡地形為主，集水區內人為開發對崩塌的確有促發影響，因此未來集水區保育建議需管控人為開發行為及邊坡植生復育，且需防範高強度降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

I.屏東林管處：旗山溪中上游集水區

崩塌事件背景說明

2009 年莫拉克颱風在西南台灣帶來高強度長延時降雨，造成多處河川集水區都面臨嚴重崩塌災害，其中包含西南台灣兩大河川：曾文溪及高屏溪集水區，旗山溪集水區則為於高屏溪集水區中上游。根據崩塌資料統計，2009 年莫拉克颱風在高屏溪集水區帶來超過 200 年頻率的豪雨，高屏溪之四個子集水區(旗山膝、荖濃溪、隘寮溪、濁口溪)崩塌比都超過 7.0%，高屏溪集水區內也出現引發四處崩塌面積超過 1 km² 的大崩塌案例(包括小林崩塌)，估計進入河川土砂淤積量約為 25,400 萬 m³(水規所，2010)；旗山溪中上游集水區在 2009 年莫拉克颱風後，集水區崩塌比達 7.3%，屬於嚴重崩塌災害區。本研究收集旗山溪中上游集水區崩塌災害相關照片(如圖 4.45)，包含高雄市甲仙區(原高雄縣甲仙鄉)小林深層崩塌、那瑪夏區民生村及民族村崩塌，而此三區崩塌災害都位於國有林地範圍內。



圖 4.45 旗山溪中上游集水區崩塌災害相關照片

旗山溪中上游集水區基本資料

旗山溪集水區則以中上游集水區(高雄市甲仙區上游，如圖 4.46)為主要分析區域，旗山溪於甲仙上游集水區面積約為 43,264ha(屬於國有林地面積則約 41,483ha，佔全集水區面積之 95.8%)；集水區平均高程約 1,417m，平均坡度約 32.5°；坡度小於 40%以下者佔總集水區之 24.8%，坡度 40%~55%以上者佔 20.6%，坡度大於 55%以上者佔 54.6%，屬於坡度較陡之地區；集水區水系呈東北至西南向發育，為一縱谷地形，河道蜿蜒且遷徙不定；集水區內出露地層為三峽群及其相當地層(佔 80.2%，岩性為砂岩、頁岩)、廬山層(佔 8.5%，岩性為硬頁岩、板岩、千枚岩)、新高層(佔 6.6%，岩性為千枚岩、板岩、夾砂岩)三種地層(何春蓀，1986)；集水區平均年雨量約 2211~3080mm，90%年雨量集中於 5 月至 10 月豐水期，每年 11 月至隔年 4 月則為旱季。

1999 年集集地震後崩塌數據統計

旗山溪中上游集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.45 所示，可發現 2009 年莫拉克颱風仍為旗山溪中上游集水區歷年最嚴重崩塌事件，因此本研究選定以 2009 年莫拉克颱風於旗山溪中上游集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

2009 年莫拉克降雨分佈及崩塌比估算

旗山溪中上游集水區是 2009 年莫拉克颱風期間，降雨集中區域，五日平均累積降雨都超過 1800mm 以上；根據水利署降雨資料統計及李維峰等人(2009)針對莫拉克降雨資料分析，莫拉克颱風降雨集中在南投縣、嘉義縣及高雄縣交界這一區，也直接對上游集水區位於此區的旗山溪造成嚴重災害。經相關研究分析(陳樹群及吳俊鉉，2009b)，確認旗山溪中上游集水區在 2009 年莫拉克颱風期間之累積降雨，不論在 24 小時、48 小時及 72 小時皆超過 200 年頻率之推算值。

圖 4.47 及表 4.46 則為 2009 年莫拉克颱風於旗山溪中上游集水區降雨與崩塌比估算表，可清楚發現旗山溪中上游集水區在不同累積降雨量情況下，崩塌比都維持在 5.6%以上，可清楚發現降雨對旗山溪中上游崩塌的誘發影響。崩塌比雖並未與累積降雨成正向趨勢，但可看出全集水區崩塌比都相當高。

降雨除造成雨水入滲導致崩塌外，地表逕流匯集進入河川，造成洪水及河岸淘刷的情況也不容忽略；本研究以旗山溪主流為主，估算距離主流兩岸 250 m 內之崩塌總面積，約為 1564.6ha，等同約佔集水區總崩塌面積之 51.0%(因洪水造成河岸淘刷的崩塌)。

表 4.47 則為本研究針對 2009 年莫拉克颱風中，降雨量最集中且位於旗山溪集水區內的甲仙雨量站進行分析，由分析結果可發現：2009 年莫拉克颱風降雨型態偏向 24 小時內之強降雨(24 小時之降雨強度仍超過 43.3mm/hr)，屬於中長延時高強度降雨，尤其在最大 6 小時平均降雨強度仍可達 72.2mm/hr，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

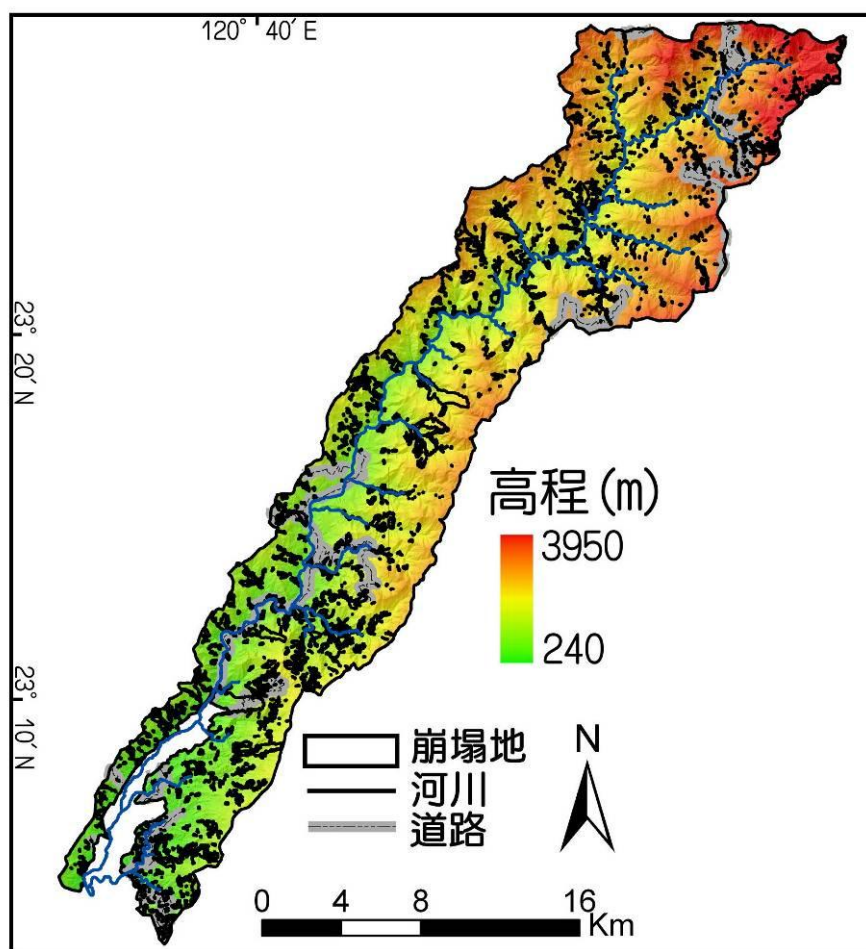
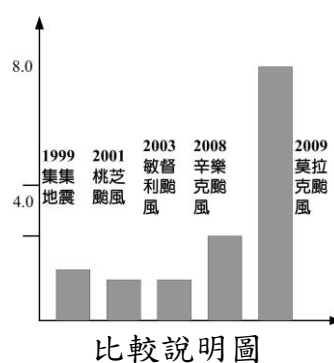


圖 4.46 旗山溪中上游集水區高程與崩塌分佈圖

表 4.45 旗山溪中上游集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	411	740	1.8
2001 年桃芝颱風	728	680	1.6
2004 年艾利颱風	645	680	1.6
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	952	950	2.3
2009 年莫拉克颱風	2029	3070	7.4



備註：旗山溪集水區約有 95.9%面積屬於國有林地範圍內。

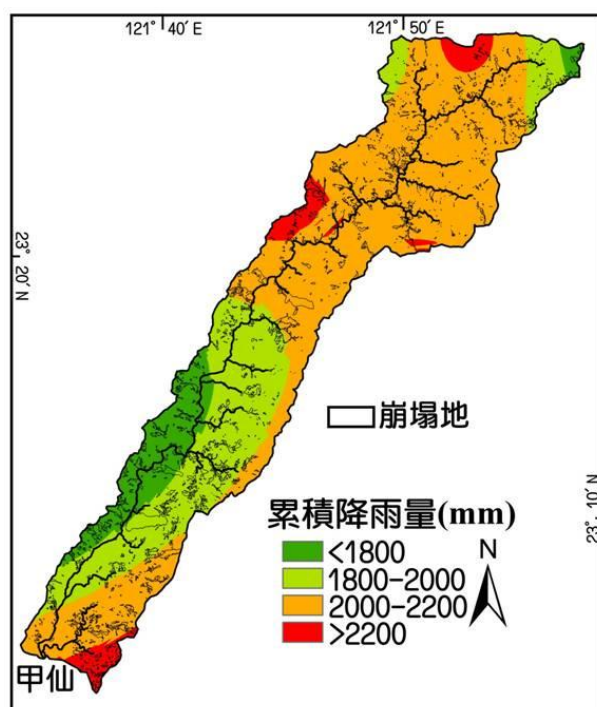


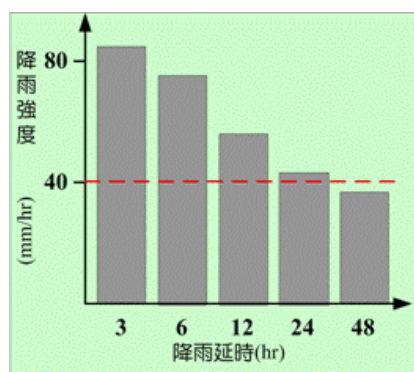
圖 4.47 2009 年莫拉克颱風於旗山溪中上游集水區降雨及崩塌分佈

表 4.46 2009 年莫拉克颱風於旗山溪中上游集水區降雨與崩塌比表

累積降雨(mm)	崩塌面積(km ²)	總面積(km ²)	崩塌比(%)
<1800	5.0	42.5	11.8
1800-2000	10.2	118	8.6
2000-2200	14.0	249.1	5.6
>2200	1.5	23	6.5

表 4.47 旗山溪集水區於 2009 年莫拉克颱風降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	252	84.0
6	433	72.2
12	701	58.4
24	1040	43.3
48	1614	33.6



比較說明圖

備註：本表以高雄甲仙雨量站於 2009 年莫拉克颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

旗山溪中上游集水區崩塌案例分析結果如圖 4.48 所示，本研究特地將集集地震在全台灣造成的崩塌案例一併匯入圖中以為比對參考；崩塌密度而言，旗山溪崩塌密度最高的地方位於 $6\sim 7\times 10^{-4}\text{ km}^2$ (等同 $600\text{ 至 }700\text{ m}^2$ 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $2\sim 3\times 10^{-4}\text{ km}^2$ 至 $1\sim 2\text{ km}^2$ ，而 $1\sim 2\text{ km}^2$ 恰好也是本研究前述所談的四個大型崩塌案例點。若比較頻率密度之密集程度，而區分出此區域之崩塌面積分佈密集區(如圖 4.48 之矩形區域)，則約為 $2\sim 3\times 10^{-4}\text{ km}^2$ 至 $5\times 10^{-2}\text{ km}^2$ 處(即為由 $200\text{ 至 }300\text{ m}^2$ 延伸至 5 ha)，由此可發現旗山溪中上游集水區在 2009 年莫拉克颱風誘發之崩塌主要以小規模崩塌為主。

若以旗山溪中上游集水區與集集地震崩塌進行比較，根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 $(53.1, 1.7)$ (集集地震)及 $(69.5, 1.3)$ (旗山溪)。由圖 4.48 可發現集集地震誘發之崩塌面積規模稍大，崩塌密度最高的地方位於 $1\times 10^{-3}\text{ km}^2$ (等同 1000 m^2 崩塌面積)，但大規模崩塌的案例比旗山溪少。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)，但旗山溪在長延時強降雨的豪雨侵襲下， β 值降至 1.3，此值可能跟研究區域地質易崩或降雨誘發因素過大相關，此點分析留至本章最末一節綜合討論。旗山溪之崩塌自我臨界組織性分析結果，認為暴雨誘發為數眾多且規模大小不一之新崩塌地所導致，且洪水造成河岸淘刷引發的下邊坡小面積崩塌及降雨滲流引發上邊坡小面積崩塌都是促成此案例之 β 值偏小主因。

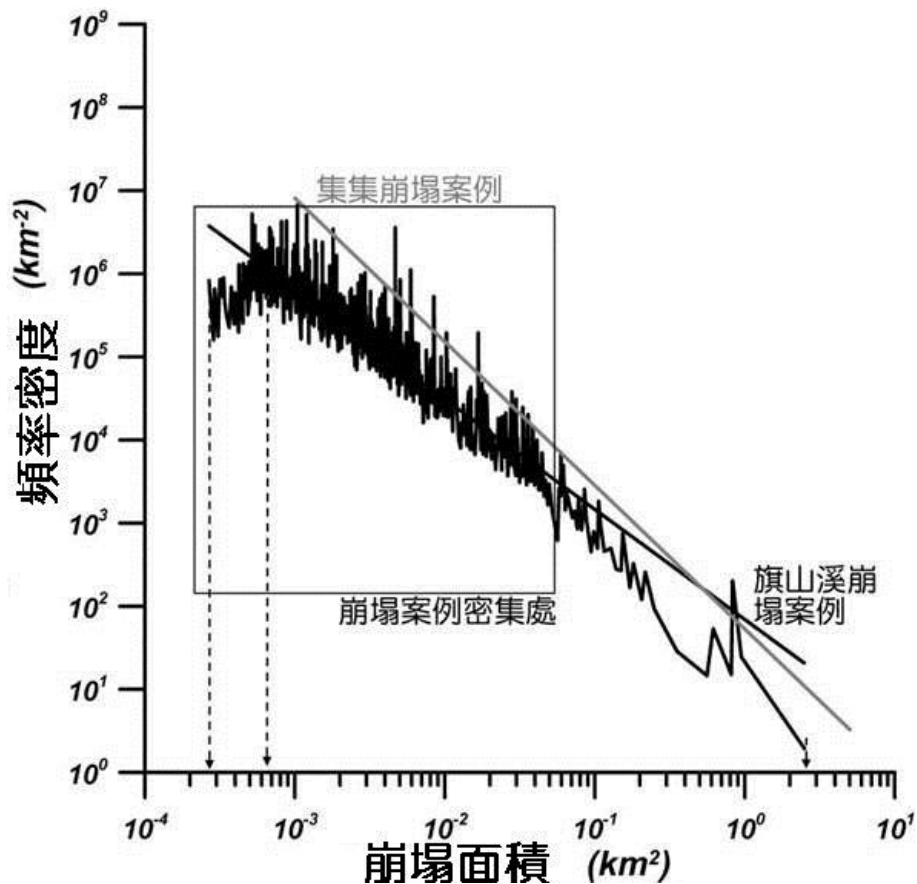


圖 4.48 旗山溪中上游集水區崩塌自我組織臨界性分析

崩塌地分佈位置特性

旗山溪中上游集水區崩塌案例分析結果如圖 4.49 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則旗山溪中上游集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 12.1%(上邊坡)、39.1%(下邊坡)及 48.8%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 12.1%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落；而 39.1%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。

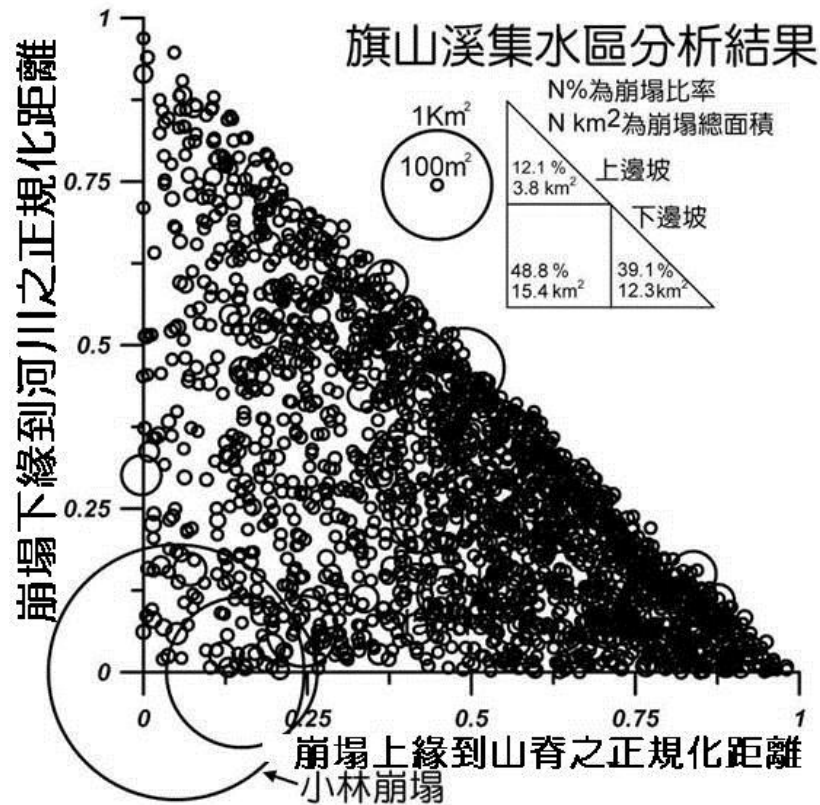


圖 4.49 旗山溪中上游集水區崩塌地分佈位置特性分析

地形與崩塌之關係

本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.48 為旗山溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，最小崩塌比都是緩坡邊坡(坡度小於 10°)，旗山溪最小崩塌比仍達 4.9%；且坡度介於 20 至 50 度之間是崩塌比超過 7.0%之區域，旗山溪中上游集水區最大崩塌比為 30 至 40 度邊坡之 8.3%。此論點一樣符合陳樹群等人(2010a, b)提出：「山腹位置覆土深度較深且仍具有較高下滑力」之論點。

崩塌與土地利用之關係

為瞭解土地利用型態對旗山溪中上游集水區之崩塌是否具有誘發特性，本研究採用內政部國土測繪中心於 2006 年至 2008 年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區章節之敘述)。本研究以 2009 年莫拉克颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別

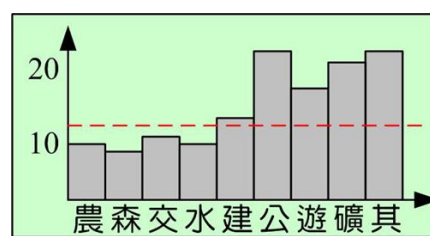
表 4.48 旗山溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<10	88.9	1809.5	4.9
10-20	253.7	3857.5	6.6
20-30	714.5	9307.3	7.7
30-40	1201.8	14480.1	8.3
40-50	601.9	8395	7.2
>50	209.2	3637.7	5.8

之崩塌比，分析結果如表 4.49 所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外(19.1%)，屬於人為建築的公共設施類別及屬於開採礦區的礦鹽類別都是崩塌比偏高的類別，但此兩類別崩塌比偏高的主因都在於「此類別在集水區內總面積偏小，因此只要一兩個崩塌就會造成崩塌比偏高」；而在農業類別、森林類別、交通類別及水利類別等用地，崩塌比都介於 6%至 8%間，也代表旗山溪集水區在 2009 年莫拉克颱風中，引發普遍性的廣泛崩塌，原來的土地利用類型對崩塌並無特別的誘發影響。

表 4.49 旗山溪中上游集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比(%)	土地類別	崩塌比(%)
農業	6.7	公共設施	21.3
森林	6.2	遊憩	14.0
交通	7.3	礦鹽	19.8
水利	6.6	其他	19.1
建築	11.5		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 95.8%之國有林地

事業區：玉山事業區、旗山事業區

林道：楠溪林道、梅蘭林道、三民林道、小林林道、五指寮林道

區內或鄰近森林遊樂區：無

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將旗山溪中上游於 2009 年莫拉克颱風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

- (1)陡坡崩塌行為明顯，以 2009 年莫拉克後案例而言，坡度越高，崩塌比越大，尤其坡度大於 30 度之區域。
- (2)崩塌受降雨及後續洪水誘發的情況明顯，累積降雨超過 1600mm 之區域，便會出現崩塌比超過 5.0%情況。且根據 2009 年莫拉克颱風降雨資料，該次嚴重土砂災害主因是中長延時高強度降雨(24 小時強降雨)，且最大 6 小時平均降雨強度仍可達 72.2mm/hr。
- (3)根據甲仙雨量站降雨記錄，過往旗山溪中上游集水區在 2001 年桃芝颱風降下累積降雨 520 mm(甲仙雨量站記錄)，在 2004 年敏督利颱風降下累積降雨 825 mm(甲仙雨量站記錄)，兩次事件皆未引發重大嚴重崩塌，直至 2009 年莫拉克颱風降下累積降雨 2030 mm 便引發崩塌比超過 5.0%之嚴重崩塌事件，可見過往旗山溪中上游之累積降雨誘發嚴重崩塌之門檻值約在累積降雨量 825mm 以上；但旗山溪中上游集水區受 2009 年莫拉克颱風誘發嚴重崩塌後，未來之累計降雨誘發嚴重崩塌之門檻建議由 825 mm 往下修。
- (4)集水區崩塌位於鹽水坑頁岩、糖恩山砂岩為主。
- (5)降雨是旗山溪崩塌主要原因，因降雨造成水分入滲(上邊坡崩塌，佔 12.1%)，表面逕流匯集後(源頭崩塌)，形成洪水往下游傳遞(源頭崩塌及河岸淘刷，共佔 51.0%)，此三類崩塌約佔本集水區崩塌總案例的 63.1%。

(6)根據土地利用類別之崩塌比比較，發現在 2009 年莫拉克颱風誘發嚴重崩塌中，土地利用類別差異並無展現特別的崩塌誘發影響。

(7)針對此類長延時強降雨造成的嚴重土砂災害，降低集水區內人為開發擾動及恢復山坡地植生復育是唯一建議的目標，但由於近年強降雨誘發崩塌影響甚大，即便植生復育完整，也未必能在強降雨情況下減少誘發崩塌。

J.屏東林管處：荖濃溪集水區

荖濃溪集水區基本資料

荖濃溪集水區涵蓋高雄市那瑪夏區、桃源區及六龜區等地，總集水區面積約為 93,150ha，其中國有林地面積約佔 85,511ha，約為全集水區面積之 91.8%；荖濃溪集水區高程介於 201 m 至 3,950 m 之間，平均高程約為 1,693 m，標高超過 1,000 m 之區域佔集水區總面積之 73.7%；集水區內平均坡度約 34.2°，超過 30° 以上之陡坡佔全集水區 67.2%，可見荖濃溪集水區屬於陡坡區域。

荖濃溪集水區內地質主要由第三紀亞變質岩之廬山層、中新世地層南莊層及其相當地層、中新世地層桂竹林層及其相當地層為主；第三紀亞變質岩之廬山層多為深灰色至黑色的硬頁岩、片岩和千枚岩和深灰色的硬砂岩互層所組成，含零星散佈泥灰岩團塊，剝理構造相當發達，主要分布於荖濃溪東側之山地；中新世地層南莊層及其相當地層則分為兩層，上層以中至粗粒灰白色石英質砂岩為主，下層以淺色頁岩間夾細粒砂岩為主；中新世地層桂竹林層及其相當地層則由細粒質石英砂岩與泥質石英砂岩或岩屑質泥砂岩所組成。

荖濃溪集水區在 2009 年莫拉克颱風期間誘發大量崩塌(如圖 4.50)，主要誘發原因為長延時高強度降雨，該次颱風也對荖濃溪帶來嚴重土砂災害；根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，荖濃溪集水區內共有 23 條土石流潛勢溪流，包含包含 15 條高潛勢土石流潛勢溪流(高縣 DF044、高縣 DF051、高縣 DF056、高縣 DF058、高

縣 DF059、高縣 DF060、高縣 DF061、高縣 DF070、高縣 DF071、高縣 DF073、高縣 DF074、高縣 DF075、高縣 DF076、高縣 DF077、高縣 DF079)、5 條中潛勢土石流潛勢溪流(高縣 DF042、高縣 DF043、高縣 DF045、高縣 DF052、高縣 DF055)、2 條低潛勢土石流潛勢溪流(高縣 DF049、高縣 DF050)及 1 條持續觀察土石流潛勢溪流(高縣 DF057)，由此集水區高潛勢土石流潛勢溪流之條數及分佈，便可瞭解此集水區近年土砂災害嚴重性。

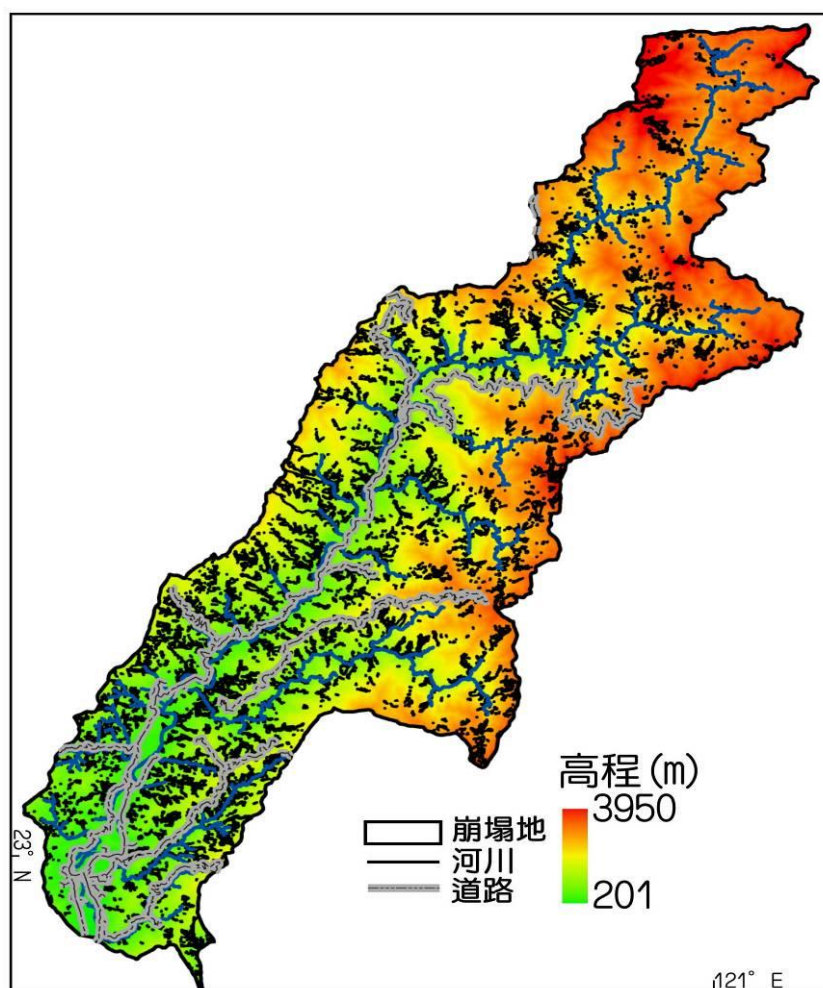


圖 4.50 荖濃溪集水區於 2009 年莫拉克颱風後崩塌分佈

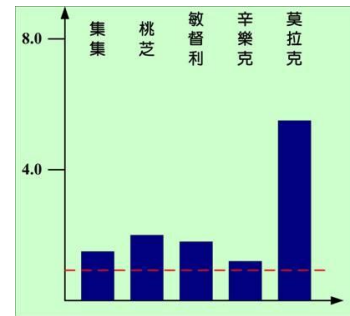
1999 年集集地震後崩塌數據統計

荖濃溪集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.50 所示，可發現 2009 年莫拉克颱風為荖濃溪

集水區最嚴重之土砂災害事件，2009 年莫拉克颱風所引發的崩塌個數及總面積，幾乎為其他颱風豪雨事件之 3 倍以上，因此本研究選定以 2009 年莫拉克颱風於荖濃溪集水區引發崩塌為主要分析事件。

表 4.50 荖濃溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	955	1468.1	1.7
2001 年桃芝颱風	1740	1991.9	2.3
2004 年艾利颱風	1528	1755.9	2.1
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	1055	1035	1.2
2009 年莫拉克颱風	4867	6360.5	7.4



比較說明圖

備註：崩塌比估算乃以國有林地內之面積進行估算。

2009 年莫拉克颱風降雨分佈及崩塌比估算

2009 年莫拉克颱風於荖濃溪集水區之降雨量(如圖 4.51)介於 1,351 至 2,710 mm，平均降雨量約為 2,209mm。崩塌案例約有 93.7% 位於累積降雨量超過 1,800 mm 以上區域，累積降雨量在 1,800mm 以下區域崩塌比最大僅為 2.8%，累積降雨量在 1800mm 以上區域之崩塌比卻高達 6.6 % 以上。表 4.51 則為累積降雨與崩塌比之統計表，可發現荖濃溪集水區之崩塌與累積降雨成正比，累積降雨越高，崩塌比則越高。再者也可從累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，荖濃溪集水區崩塌分佈與河川有明顯關係，經統計估算，約 31.9%之崩塌案例都位於河川兩岸 250 m 距離內，此也代表因洪水造成的河岸下邊坡淘刷是荖濃溪集水區崩塌主要誘發原因之一。

表 4.52 則為本研究針對 2009 年莫拉克颱風中，降雨量最集中的南天池雨量站進行分析：2009 年莫拉克颱風降雨型態偏向 48 小時內之強降雨(48 小時之降雨強度仍超過 40mm/hr)，屬於長延時高強度降雨，尤其在最大 24 小時平均降雨強度仍可達 60.4mm/hr，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

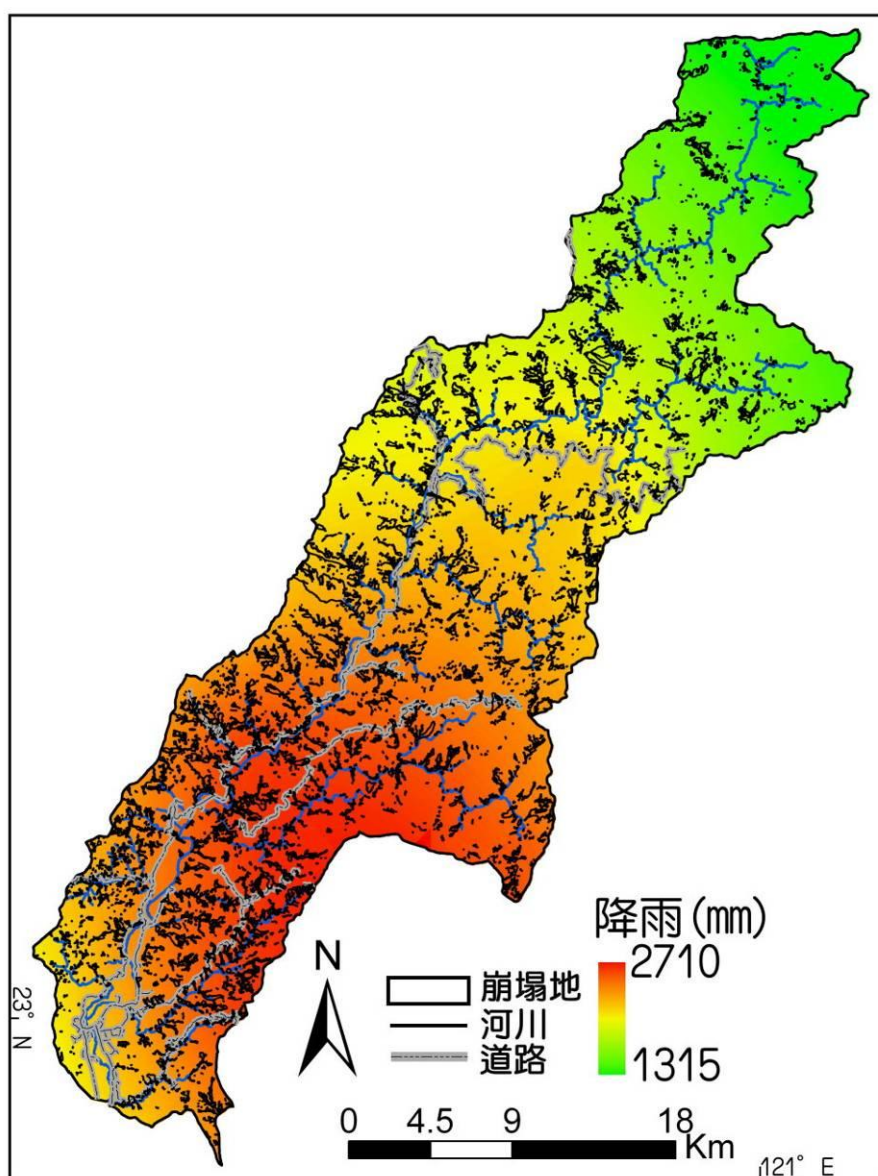


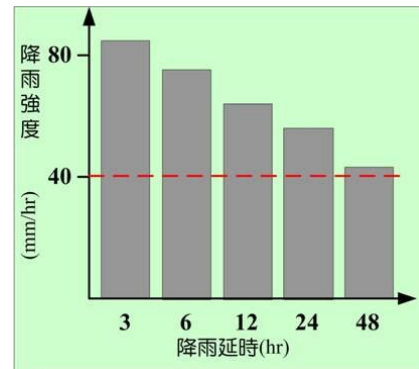
圖 4.51 2009 年莫拉克颱風於荖濃溪集水區降雨分佈圖

表 4.51 2009 年莫拉克颱風於荖濃溪集水區降雨與崩塌比估算

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<1500	34.0	2543.2	1.3
1500-1800	368.2	13174.8	2.8
1800-2100	1003.0	13605.2	7.4
2100-2400	1963.7	29772.5	6.6
>2400	2991.6	34053.9	8.8
Total	6360.5	93149.6	6.8

表 4.52 2009 年莫拉克颱風於荖濃溪集水區降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	261	87.0
6	453	75.5
12	818	68.2
24	1449	60.4
48	2041	42.5



比較說明圖

備註：本表以高雄南天池雨量站於 2009 年莫拉克颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

荖濃溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.52 所示，本研究將集集地震在全台灣造成的崩塌案例一併匯入圖中以為比對參考；崩塌密度而言，荖濃溪集水區崩塌密度最密集的地方位於 $2 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ (等同 200 至 30,000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $2 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 3 km^2 。可發現荖濃溪集水區在 2009 年莫拉克颱風誘發之崩塌大中小規模都有，並未侷限於哪一種規模之崩塌。

根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，荖濃溪集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 (121.9, 1.37)(荖濃溪集水區)、(53.1, 1.7)(集集地震)及(69.5, 1.3)(旗山溪)。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)。荖濃溪集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，本研究認為高強度降雨及巨量河川洪水淘刷誘發新崩塌，造成各種規模崩塌都產生是主因。而荖濃溪也是本研究 16 個研究區域中，唯一一個比旗山溪崩塌頻率跟規模都更大的區域，也顯示荖濃溪集水區在 2009 年莫拉克颱風後的災害嚴重性。

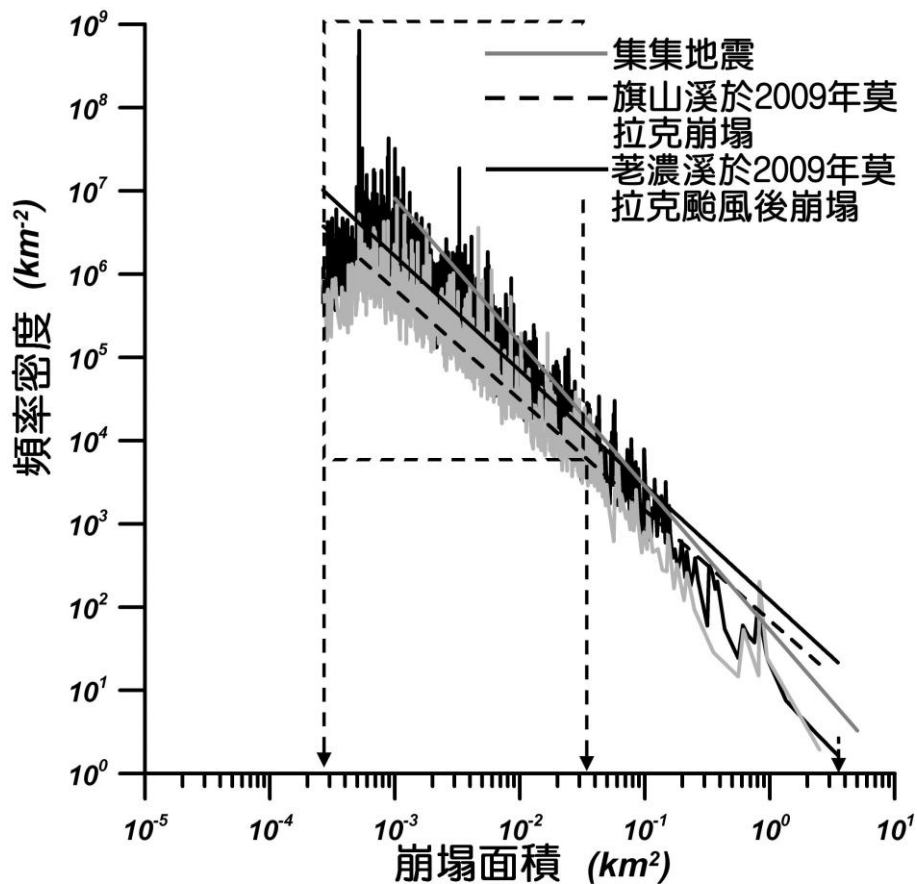


圖 4.52 荖濃溪集水區崩塌 SOC 分析圖

崩塌地分佈位置特性

荖濃溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.53 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則荖濃溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 8.1%(上邊坡)、31.1%(下邊坡)及 60.8%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 8.1%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌；荖濃溪集水區上邊坡崩塌總面積乃為全部 16 個研究區域內最高的區域(次高為旗山溪集水區)，但荖濃溪集水區並不位於 1999 年集集地震主要地震區(地震規模超過 5 區域)，因此本研究認為荖濃溪集水區上邊坡崩塌面積大跟 2009 年莫拉克颱風超過 200 年頻率的長延時高強度降雨有關；而 31.1%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。荖濃溪集水區下邊坡

崩塌總面積約為上邊坡崩塌總面積之 3.8 倍，代表 2009 年莫拉克颱風降雨造成的河川淘刷是此次崩塌事件的誘發主因。

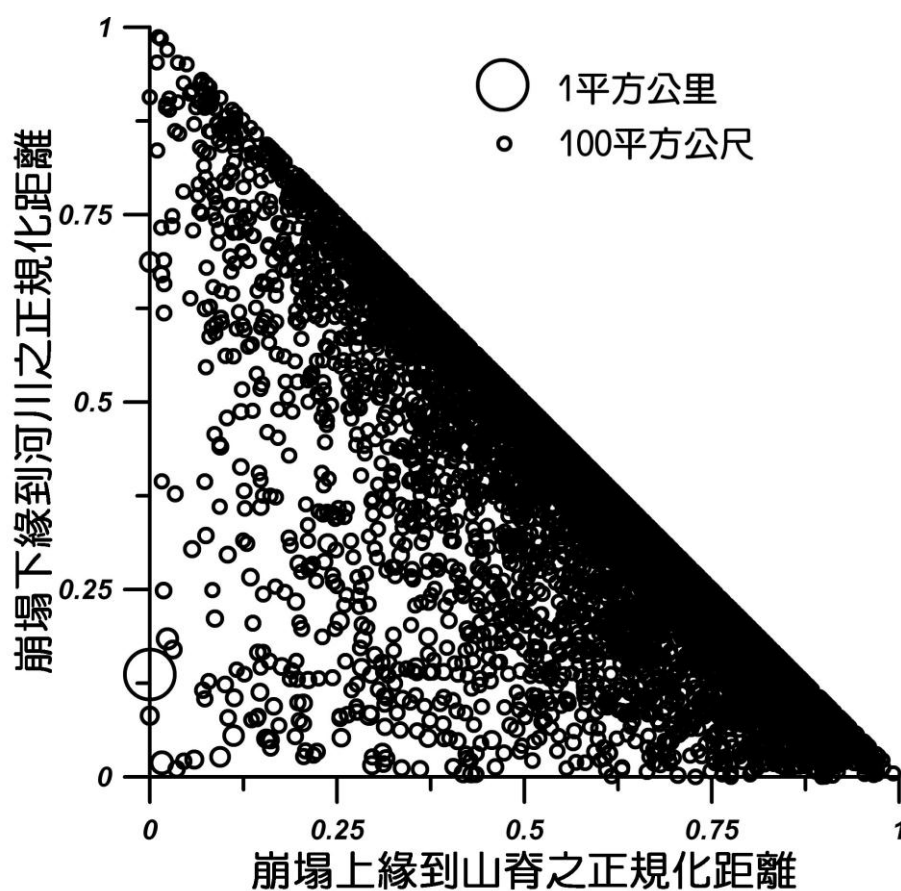
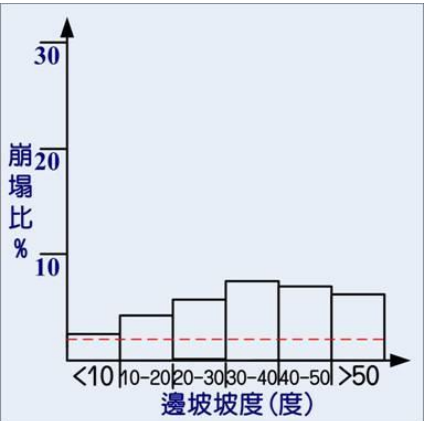


圖 4.53 荖濃溪集水區崩塌地分佈位置特性圖

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.53 為荖濃溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，且即便是最小崩塌比都超過 1.0%，最大崩塌比則為坡度介於 30 度至 40 度間之 8.0%，且坡度超過 20 度以上之崩塌比都超過 6.0%；此所代表的意義為「荖濃溪集水區除陡坡崩落現象明顯外，邊坡本身地質屬於易崩地質(因最小崩塌比超過 1.0%)也為崩塌誘發原因之一」。

表 4.53 荖濃溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

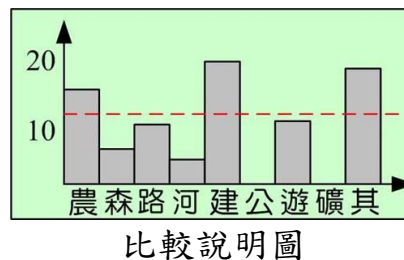
坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	121.9	6510.8	1.9	
10-20	328.9	6820.8	4.8	
20-30	1154.4	18685.0	6.2	
30-40	2554.1	31892.2	8.0	
40-50	1640.6	21464.1	7.6	
>50	560.6	9276.7	6.0	比較說明圖

崩塌與土地利用之關係

為瞭解土地利用型態對荖濃溪集水區之崩塌是否具有誘發特性，本研究採用內政部國土測繪中心於 2006 年至 2008 年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。本研究以 2009 年莫拉克颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表 4.54 所示。發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外(17.9%)，屬農耕地之農業用地、人為建築的建築用地及道路開發之交通用地等類別之崩塌比都偏高，也代表人為土地利用在 2009 年莫拉克颱風誘發荖濃溪集水區崩塌之影響明顯。

表 4.54 荖濃溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比(%)	土地類別	崩塌比(%)
農業	13.1	公共設施	0.0
森林	6.2	遊憩	9.5
交通	9.9	礦鹽	0.0
水利	3.4	其他	17.9
建築	19.9		



崩塌影響範圍

國有林：全區約 91.8%之國有林地

事業區：玉山事業區、荖濃溪事業區、旗山事業區

林道：梅蘭林道、楠溪林道、美瓏山林道、高中林道、雲山林道、
藤枝林道

區內或鄰近森林遊樂區：藤枝森林遊樂區(目前仍休園)

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將荖濃溪集水區於 2009 年莫拉克颱風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

- (1)荖濃溪集水區屬於坡度陡峭之集水區，岩性以板岩、堅硬砂岩與頁岩為主，在歷年重大颱風事件都曾引發崩塌比超過 1.0%之嚴重崩塌事件。
- (2)降雨為荖濃溪集水區崩塌誘發原因之一，根據 2009 年莫拉克颱風估算，全集水區崩塌案例約有 93.7%位於累積降雨量超過 1,800 mm 以上區域，且 2009 年莫拉克颱風降雨型態偏長延時(48 小時)高強度降雨，代表高強度降雨對此集水區之崩塌促發有明顯影響。
- (3)根據崩塌規模分析結果，荖濃溪集水區在 2009 年莫拉克颱風事件後，誘發崩塌遍及大中小規模，且主因為高強度降雨及巨量河川洪水淘刷誘發新崩塌，造成各種規模崩塌都產生。
- (4)2009 年莫拉克颱風在荖濃溪集水區內引發之崩塌案例，31.1%崩塌位於下邊坡，且約為上邊坡崩塌面積之 3.8 倍，但上邊坡崩塌面積佔總崩塌面積為全部 16 個研究區域內最高，代表 2009 年莫拉克颱風超過 200 年頻率長延時高強度降雨是荖濃溪上下邊坡崩塌面積如此廣大的主因。
- (5)地形也是荖濃溪集水區主要崩塌誘發原因之一，所有坡度區間之崩塌比都超過 1.0%，坡度大於 30°以上區域崩塌比更超過 6.0%，坡度越陡峭，崩塌比的確有偏高現象，陡坡崩落的

現象在此集水區特別明顯。

(6)根據土地利用類別與崩塌比之關係，荖濃溪集水區之農業用地、建築用地及水利用地崩塌比偏高，代表人為開發對此集水區之崩塌促發的確有影響。

(7)依據上述說明，荖濃溪集水區之崩塌誘發原因以高強度降雨(尤其是長延時降雨型態)、易崩地質及陡坡地形為主，集水區內人為開發對崩塌的確有促發影響，因此未來集水區保育建議需管控人為開發行為及邊坡植生復育，且需防範高強度降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

K.台東林管處：太麻里溪上游集水區

崩塌事件背景說明

台東縣太麻里溪集水區為 2009 年莫拉克颱風嚴重受災區，太麻里溪集水區誘發 1,288 個崩塌案例(如圖 4.54)，1,145 個崩塌地位於太麻里上游集水區(約佔太麻里溪集水區總崩塌個數之 88.9%)，且太麻里溪集水區總崩塌面積約為 2,429ha，約 2,249ha(約佔太麻里溪集水區總崩塌面積之 92.6%)位於太麻里溪上游集水區，因此本研究建議選太麻里溪上游集水區為研究區域有其代表性。太麻里上游集水區在 2009 年莫拉克颱風後崩塌比約為 18.9%，為莫拉克颱風後重災區。

太麻里溪上游集水區基本資料

太麻里溪流域發源於中央山脈北大武山，上游集水區約為太麻里溪與補拉米溪匯流前之上游集水區。太麻里溪上游集水區總面積約為 11,932ha，約佔太麻里溪集水區總面積之 53.9%。

太麻里溪集水區高低落差大，流路縱坡度陡，河床平均坡度約 2.0%，屬於陡坡河川，河川特性為流路短促、溪床陡峻、谷深、向源侵蝕顯著。在氣候相關條件分析，太麻里溪集水區屬於熱帶氣候型，平均氣溫約 24.3 至 24.8℃，平均降雨量約為 1,783mm(太麻里雨量站，分析時間為 1997 至 2009)。

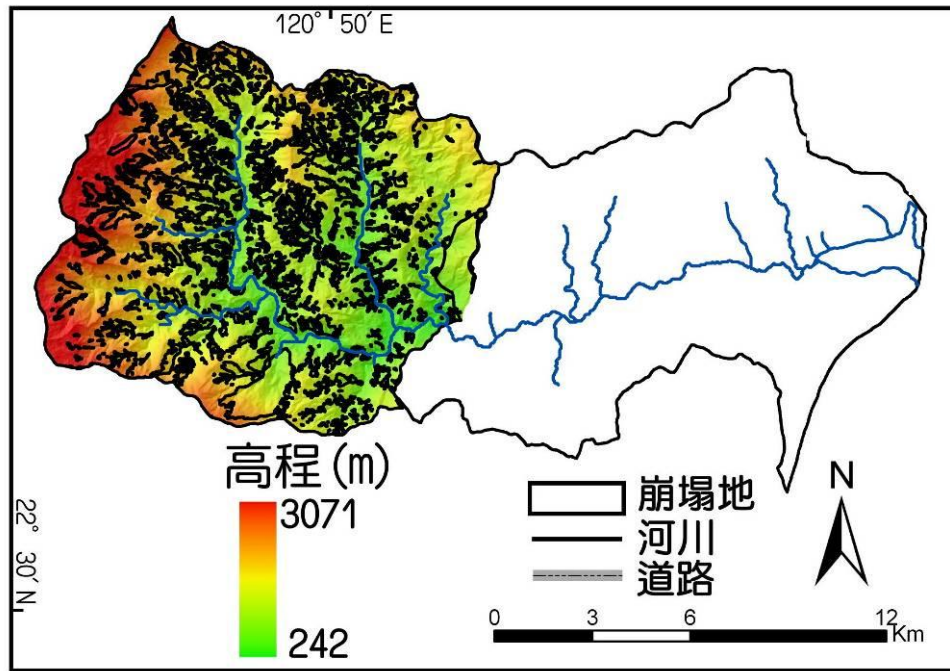


圖 4.54 2009 年莫拉克颱風後太麻里溪上游集水區崩塌分佈

太麻里溪上游集水區地質以漸新世之畢祿山層及中新世之廬山層所組成；畢祿山層以板岩和千枚岩為主要岩性，夾有變質砂岩層，常含有石灰岩或泥灰岩所成的岩層或凸鏡體，有時為石灰質礫岩，或為石灰質砂岩；畢祿山層岩性夾較多變質砂岩層，同時含有較特殊的綠色變質火山岩體、變質石灰岩層、和礫岩夾層。廬山層主要由灰黑色之板岩、硬頁岩、千枚岩及變質砂岩所組成，經相關資料調查(社團法人台灣省水土保持技師公會，2010)，太麻里溪上游集水區之廬山層以板岩為主，間夾少量之變質砂岩，砂岩亦偶見已變質為砂質片岩，其中變質砂岩含量低於 20%。太麻里溪流域僅兩條區域性斷層，斷層及褶皺對本集水區影響不大。上游集水區土壤以石質土為主。

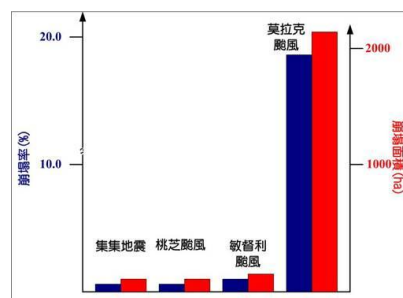
1999 年集集地震後崩塌數據統計

太麻里溪上游集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.55 所示，可發現 2009 年莫拉克颱風後所誘發之總崩塌面積，約為前三次颱風或地震誘發崩塌之總崩塌面積之 15 至 20 倍，可清楚發現 2009 年莫拉克颱風事件為太麻里溪中上

游集水區主要嚴重崩塌事件，因此本研究選定以 2009 年莫拉克颱風於太麻里溪中上游集水區引發之崩塌為主要分析事件。

表 4.55 太麻里溪中上游集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	118	112.4	0.9
2001 年桃芝颱風	109	105	0.9
2004 年艾利颱風	113	122.6	1.0
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	162	250.1	2.1
2009 年莫拉克颱風	1145	2249.4	18.9



比較說明圖

備註：太麻里溪中上游集水區約有 99.8%屬於國有林地範圍內。

2009 年莫拉克颱風降雨分佈及崩塌比估算

2009 年莫拉克颱風於太麻里溪上游集水區之降雨量分佈如圖 4.55 所示，全集水區降雨量介於 967 至 1,336 mm，平均降雨量約為 1,192 mm。全集水區崩塌案例約有 88.9 %位於累積降雨量超過 1,100 mm 以上區域(如圖 4.56)，不論累積雨量多寡，崩塌比幾乎都在 17.2% 以上。表 4.56 則為累積降雨與崩塌比之統計表，可發現太麻里溪上游集水區之崩塌與累積降雨成正比，累積降雨越高，崩塌比則越高。

降雨除造成雨水入滲導致崩塌外，地表逕流匯集進入河川，造成洪水及河岸淘刷的情況也不容忽略；本研究以太麻里溪主流為主，估算距離主流兩岸 250 m 內之崩塌總面積，約為 911.2ha，等同約佔集水區總崩塌面積之 40.4%(因洪水造成河岸淘刷的崩塌)。

表 4.57 則為本研究針對 2009 年莫拉克颱風中，降雨量最集中且位於太麻里集水區鄰近的金崙雨量站分析，由分析結果可發現：2009 年莫拉克颱風降雨型態偏向 3 小時內之強降雨(3 小時之降雨強度仍超過 40mm/hr)，屬於短延時高強度降雨，且平均降雨強度仍可達 46.3 mm/hr，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

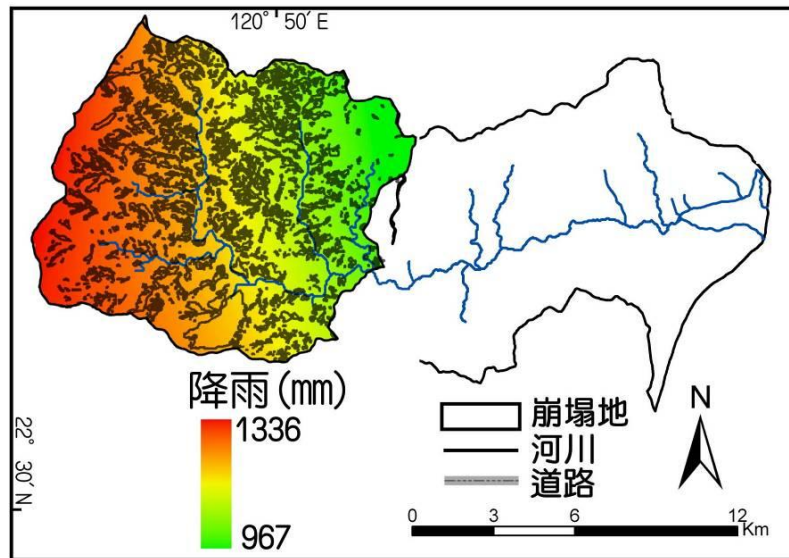


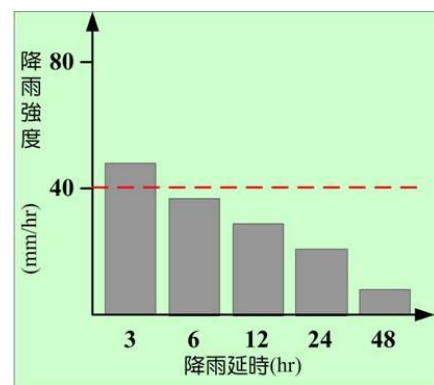
圖 4.55 2009 年莫拉克颱風於太麻里溪上游集水區降雨分佈圖

表 4.56 2009 年莫拉克颱風於太麻里溪上游集水區降雨與崩塌比

累積降雨(mm)	總面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌比(%)
<1000	2396	412	17.2
1000-1100	2712	484	17.8
1100-1200	3903	756	19.4
>1200	2921	598	20.5
total	11932	2250	18.9

表 4.57 太麻里溪中上游集水區於 2009 年莫拉克降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	139	46.3
6	229	38.2
12	325	27.1
24	504	21
48	629	13.1



比較說明圖

備註：本表以台東金崙雨量站於 2009 年莫拉克颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

太麻里溪上游集水區崩塌案例分析結果如圖 4.56 所示，本研究特地將集集地震(嚴重地震崩塌)及旗山溪中上游集水區於 2009 年莫拉克颱風之崩塌案例(高強度長延時降雨誘發崩塌)一併繪於圖中以為比對參考；崩塌密度而言，太麻里溪上游集水區崩塌密度最高的地方位於 $8 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ (等同 800 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $3 \sim 4 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 1 km^2 ，此也代表太麻里溪上游集水區有超過 1 km^2 之大規模崩塌案例(經查有四處崩塌案例崩塌面積超過 1 km^2)。若比較頻率密度之密集程度，而區分出此區域之崩塌面積分佈密集區(如圖 4.56 之矩形區域)，則約為 $5 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 $2 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ 處(即為由 500 m^2 延伸至 2 ha)，由此可發太麻里溪上游集水區在 2009 年莫拉克颱風誘發之崩塌主要以小規模崩塌為主。

若以太麻里溪上游集水區與集集地震崩塌及旗山溪中上游崩塌進行比較，根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，太麻里溪上游集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 $(36.3, 1.34)$ (太麻里溪上游集水區)、 $(53.1, 1.7)$ (集集地震)及 $(69.5, 1.3)$ (旗山溪)。由圖 4.57 可發現集集地震誘發之崩塌面積規模稍大，崩塌密度最高的地方位於 $1 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ (等同 1000 m^2 崩塌面積)，但大規模崩塌的案例比太麻里溪上游集水區及旗山溪集水區少。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)，但太麻里溪上游集水區在 2009 年莫拉克颱風長延時強降雨的豪雨侵襲下， β 值降至 1.34，此值可能跟研究區域地質易崩或降雨誘發因素過大相關。太麻里溪上游集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，認為降雨誘發新崩塌及洪水淘刷產生的崩塌，都是促使此案例之 β 值偏小主因。

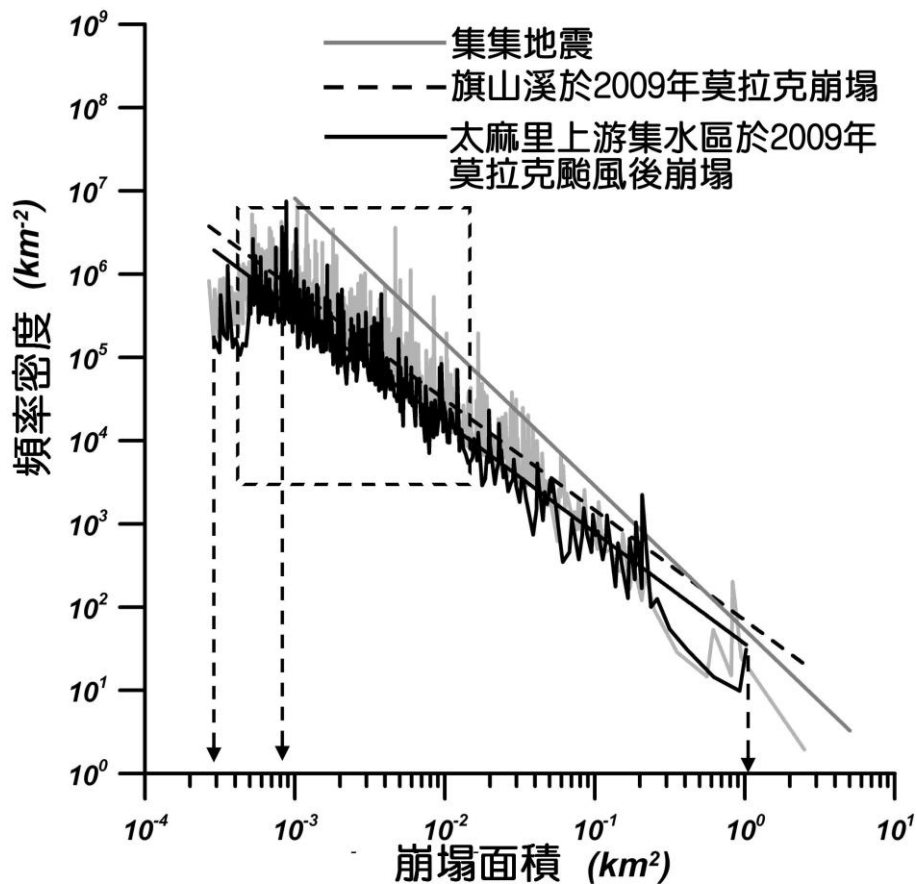


圖 4.56 太麻里溪上游集水區崩塌自我組織臨界性分析

崩塌地分佈位置特性

太麻里溪上游集水區崩塌案例分析結果如圖 4.57 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則太麻里溪上游集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 17.5%(上邊坡)、13.5%(下邊坡)及 69.0%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 17.5%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，因近年太麻里溪上游集水區並無重大地震發生，因此本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落；而 13.5%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。

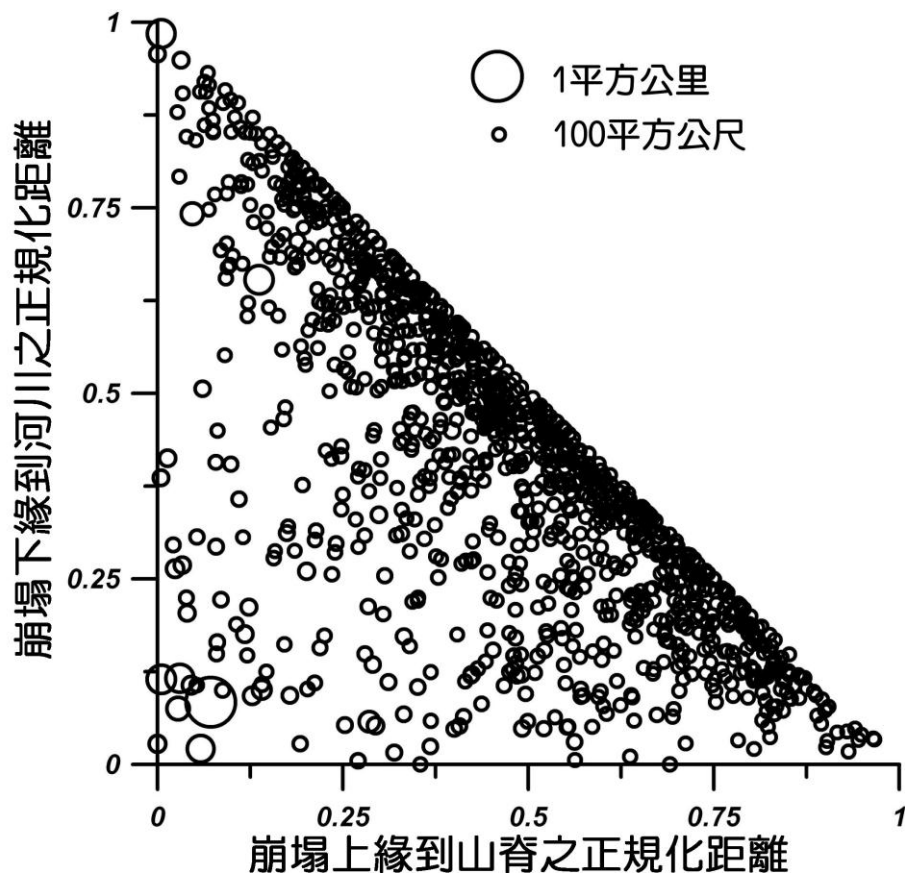
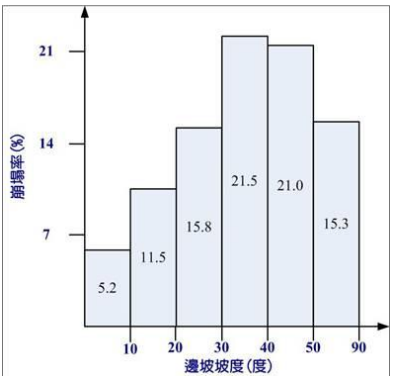


圖 4.57 太麻里溪上游集水區崩塌地分佈位置特性分析

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.58 為太麻里溪上游集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，最小崩塌比都是緩坡邊坡(坡度小於 10°)，太麻里溪上游最小崩塌比仍達 5.2%，連緩坡區域之崩塌比都相當高，可見此次降雨誘發崩塌事件之影響力甚大；坡度大於 20° 以上區域之崩塌比都超過 15.0%，太麻里溪中上游集水區最大崩塌比為 30 至 40 度邊坡之 21.5%。此論點一樣符合陳樹群等人(2010a, b)提出：「山腹位置覆土深度較深且仍具有較高下滑力」之論點。

表 4.58 太麻里溪中上游集水區不同坡度造成崩塌之估算表

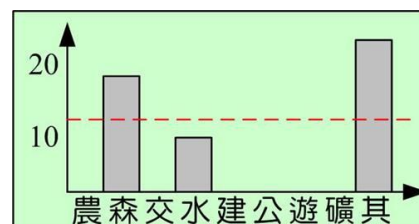
坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	17.5	334.2	5.2	
10-20	96.2	837.6	11.5	
20-30	356.2	2275	15.7	
30-40	932	4326.4	21.5	
40-50	655.5	3129.3	20.9	
>50	192	1255.8	15.3	比較說明圖

崩塌與土地利用之關係

本研究採用內政部國土測繪中心於2006年至2008年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。以2009年莫拉克颱風崩塌圖層分析各種土地利用崩塌比，分析結果如表4.59所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外(48.0%)，屬於天然林或人工林之森林用地崩塌比17.8%及來自於河岸崩塌之水利用地崩塌比6.5%則為次高的兩個項目，此代表太麻里溪中上游集水區之崩塌好發於原生林及河岸淘刷崩塌，因此土地利用類別差異在太麻里溪中上游集水區並無明顯促發影響。

表 4.59 太麻里溪中上游各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比(%)	土地類別	崩塌比(%)
農業	0.0	公共設施	0.0
森林	17.8	遊憩	0.0
交通	0.0	礦鹽	0.0
水利	6.5	其他	48.0
建築	0.0		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 99.8%之國有林地

事業區：大武事業區

林道：無

區內或鄰近森林遊樂區：知本森林遊樂區

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將太麻里溪上游集水區於 2009 年莫拉克颱風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

- (1)比較過往屢次颱風降雨事件所誘發之崩塌嚴重性，可清楚發現 2009 年莫拉克颱風誘發之崩塌面積或案例，都較過往屢次颱風事件增加 15 至 18 倍；48 小時累積降雨量超過 200 年頻率的暴雨是太麻里溪上游集水區嚴重崩塌的主因。
- (2)陡坡崩塌行為明顯，尤其在坡度大於 30 度之區域，在 2009 年莫拉克颱風事件中之崩塌比都超過 15.3%。
- (3)崩塌受降雨及後續洪水誘發的情況明顯，累積降雨超過 1000mm 之區域，便會出現崩塌比超過 17.8%情況。
- (4)降雨是太麻里溪上游集水區崩塌主要原因，因降雨造成水分入滲(上邊坡崩塌，佔 17.5%)，表面逕流匯集後(源頭崩塌)，形成洪水往下游傳遞(源頭崩塌及河岸淘刷，共佔 40.4%)，此三類崩塌約佔本集水區崩塌總案例的 57.9%。
- (5)根據土地利用類別與崩塌比之關係，太麻里溪上游集水區之森林地及水利用地之崩塌比偏高，代表人為開發對此集水區之崩塌誘發影響不明顯。
- (6)依據上述說明，太麻里溪上游集水區之崩塌誘發原因以高強度降雨(尤其是長延時降雨型態)及陡坡地形為主，集水區內人為開發對崩塌沒有明顯促發影響，因此未來集水區保育建議需進行邊坡植生復育，需防範高強度降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

L.台東林管處：新武呂溪集水區

新武呂溪集水區基本資料

新武呂溪集水區位於台東縣海端鄉，集水區內主要保全對象為向陽森林遊樂區及南部橫貫公路，但南部橫貫公路在莫拉克颱風期間造成大量崩塌，目前南橫公路仍中斷維修中。新武呂溪集水區面積約為 31,307ha，集水區內所有面積全都屬於國有林地；集水區高程分佈介於 357 m 至 3,643 m，平均高程約為 1,918 m；集水區內平均坡度約 36°，超過 30° 以上之陡坡佔全集水區 70.1%，可見新武呂溪集水區屬於陡坡區域。集水區內主要地層為畢祿山層及大南澳片岩，主要岩性則為板岩及大南澳片岩。

新武呂溪集水區在 2009 年莫拉克颱風期間誘發大量崩塌(如圖 4.58)，主要誘發原因為長延時高強度降雨，其中集水區內向陽雨量站更在五天內降下 1,432mm 雨量，降雨頻率年超過 200 年頻率，可瞭解強降雨為該次土砂災害主要誘發原因。根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，新武呂溪集水區內共有九條土石流潛勢溪流，包含一條中潛勢土石流潛勢溪流(東縣 DF004)及八條持續觀察土石流潛勢溪流(東縣 DF003、東縣 DF005、東縣 DF006、東縣 DF007、東縣 DF008、東縣 DF009、東縣 DF010、東縣 DF011)。

1999 年集集地震後崩塌數據統計

新武呂溪集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.60 所示，可發現 2009 年莫拉克颱風仍為新武呂溪集水區最嚴重土砂災害，因此本研究選定以 2009 年莫拉克颱風於新武呂溪集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

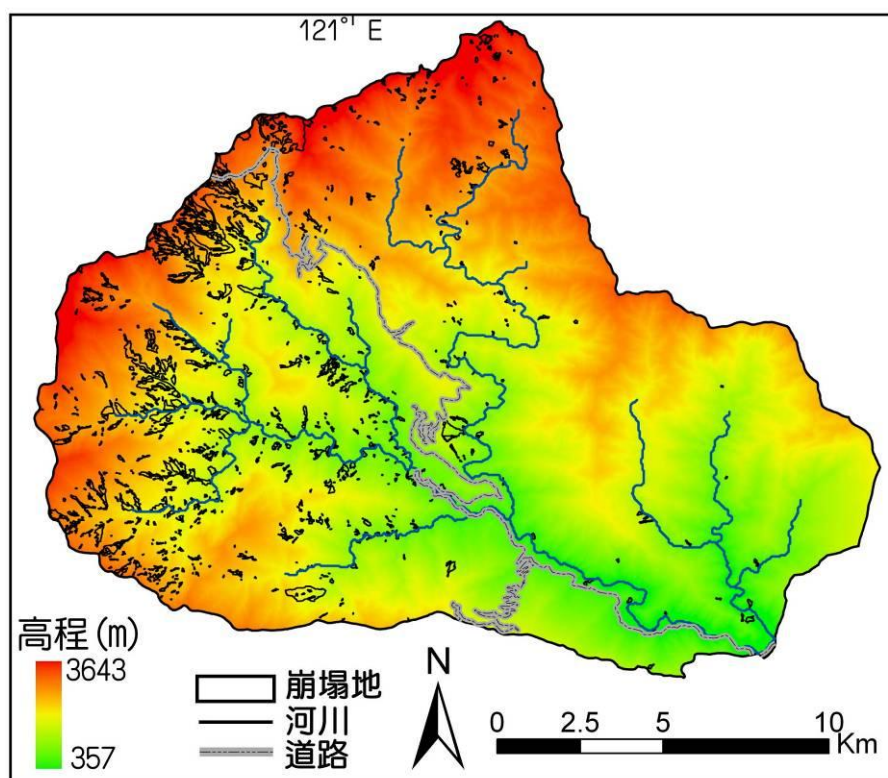
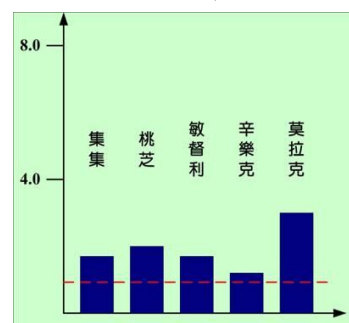


圖 4.58 新武呂溪集水區於 2009 年莫拉克颱風後崩塌分佈

表 4.60 新武呂溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	484	571	1.8
2001 年桃芝颱風	615	743.6	2.4
2004 年艾利颱風	493	668.9	2.1
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	562	330.5	1.1
2009 年莫拉克颱風	960	1064.4	3.4



比較說明圖

備註：崩塌比估算乃以國有林地內之面積進行估算。

2009 年莫拉克颱風降雨分佈及崩塌比估算

2009 年莫拉克颱風於新武呂溪集水區之降雨量分佈如圖 4.59 所示，全集水區降雨量介於 312 至 2,153 mm，平均降雨量約為 1,063mm。全集水區崩塌案例約有 92.5%位於累積降雨量超過 1,000 mm 以上區域，且在累積降雨量超過 1,000mm 以上區域之崩塌比高達 2.0 % 以上。表 4.61 則為累積降雨與崩塌比之統計表，可發現新武呂

溪集水區之崩塌與累積降雨成正比，累積降雨越高，崩塌比則越高，尤其在累積降雨介於 1500 至 2000mm 區間，崩塌比更超過 11.0%；而累積降雨量超過 2000mm 以上之區域由於面積不大，因此引發崩塌面積也受限。再者也可從累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，新武呂溪集水區之崩塌分佈與河川有相當程度的關係，經統計估算，約 29.3% 之崩塌案例都位於河川兩岸 250 m 距離內，此也代表因洪水造成的河岸下邊坡淘刷是新武呂溪集水區崩塌主要誘發原因之一。

表 4.62 則為本研究針對 2009 年莫拉克颱風中，降雨量最集中的向陽雨量站進行分析，由分析結果可發現：2009 年莫拉克颱風降雨型態偏向 12 小時內之強降雨(12 小時之降雨強度仍超過 40mm/hr)，屬於短延時高強度降雨，尤其在最大 6 小時平均降雨強度仍可達 51.5mm/hr，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

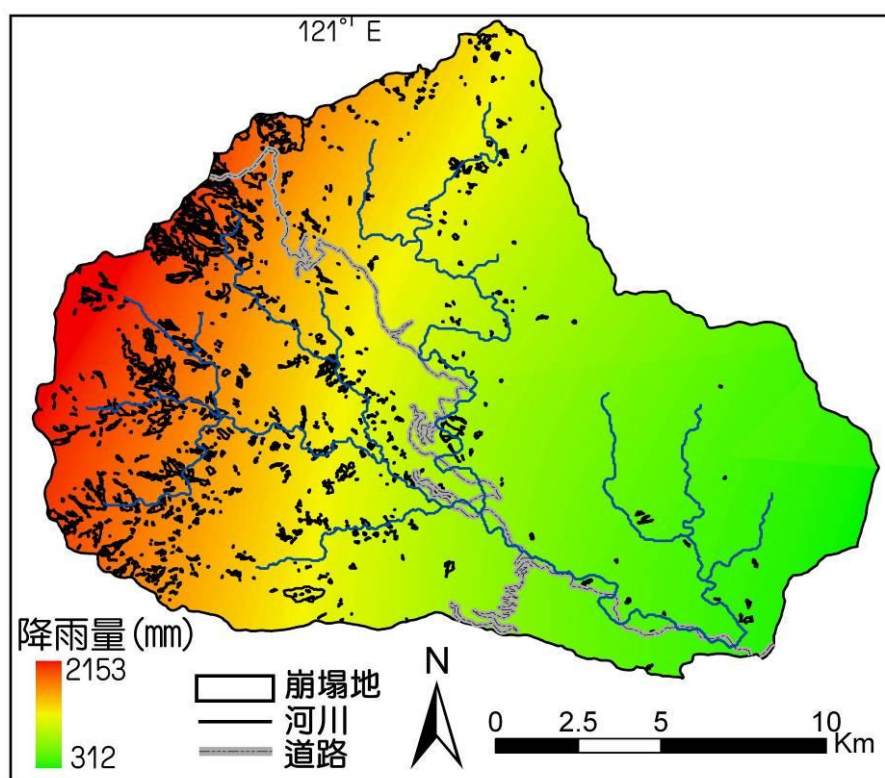


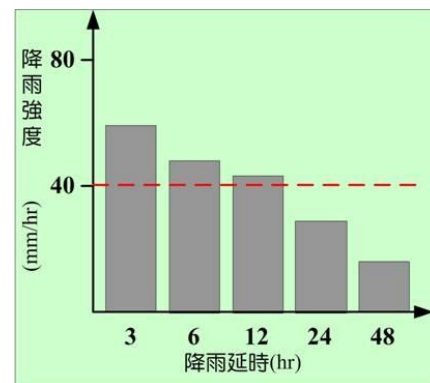
圖 4.59 2009 年莫拉克颱風於新武呂溪集水區降雨分佈圖

表 4.61 2009 年莫拉克颱風於新武呂溪集水區降雨與崩塌比估算

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<500	11.5	4777.6	0.2
500-1000	67.9	10065.2	0.7
1000-1500	225.2	9591.3	2.3
1500-2000	740.0	6299.4	11.7
>2000	19.8	573.5	3.5
Total	1064.4	31307.0	3.4

表 4.62 新武呂溪集水區於 2009 年莫拉克颱風降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	185	61.7
6	309	51.5
12	527	43.9
24	819	34.1
48	1209	25.2



比較說明圖

備註：本表以台東向陽雨量站於 2009 年莫拉克颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

新武呂溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.60 所示，本研究將集集地震在全台灣造成的崩塌案例一併匯入圖中以為比對參考；崩塌密度而言，新武呂溪集水區崩塌密度最密集的地方位於 $3 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ (等同 300 至 20,000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $2 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 1 km^2 。可發現新武呂溪集水區在 2009 年莫拉克颱風誘發之崩塌大中小規模都有，並未侷限於哪一種規模之崩塌。

根據相關文獻所提出 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，新武呂溪集水區、集集地震與旗山溪中上游之(α , β)兩參數值分別為(24.8,1.37)(新武呂溪集水區)、(53.1, 1.7)(集集地震)及(69.5, 1.3)(旗山溪)。根據前述文獻分析，日本降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)。新武呂溪集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，本研究認為 2009 年莫拉克颱風高強度降雨及巨量河川洪水淘刷誘發新崩塌，造成各種規模崩塌都產生是主因。

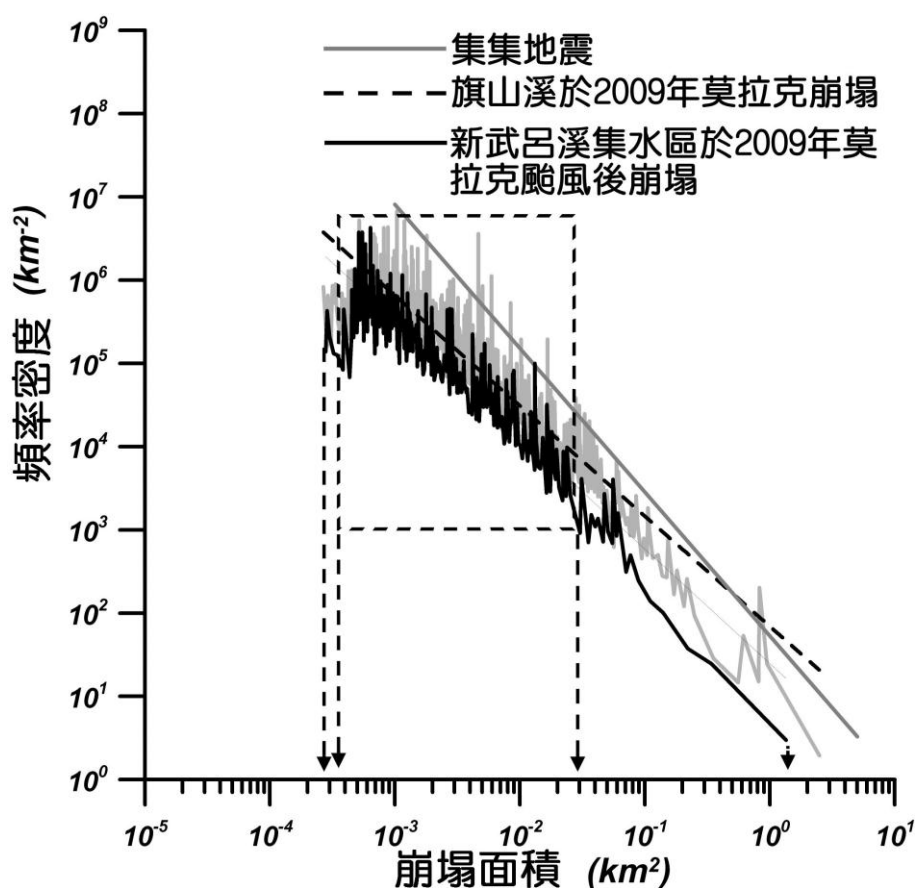


圖 4.60 新武呂溪集水區崩塌 SOC 分析圖

崩塌地分佈位置特性

新武呂溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.61 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則新武呂溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 8.9%(上邊坡)、33.3%(下邊坡)及 57.8%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 8.9%是類似山脊崩

落的上邊坡崩塌，因新武呂溪集水區未位於 1999 年集集地震主要地震區(地震規模超過 5 區域)，因此因此本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落；而 33.3%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。新武呂溪集水區下邊坡崩塌總面積約為上邊坡崩塌總面積之 3.7 倍，代表 2009 年莫拉克颱風降雨造成的河川淘刷是此次崩塌事件的誘發主因。

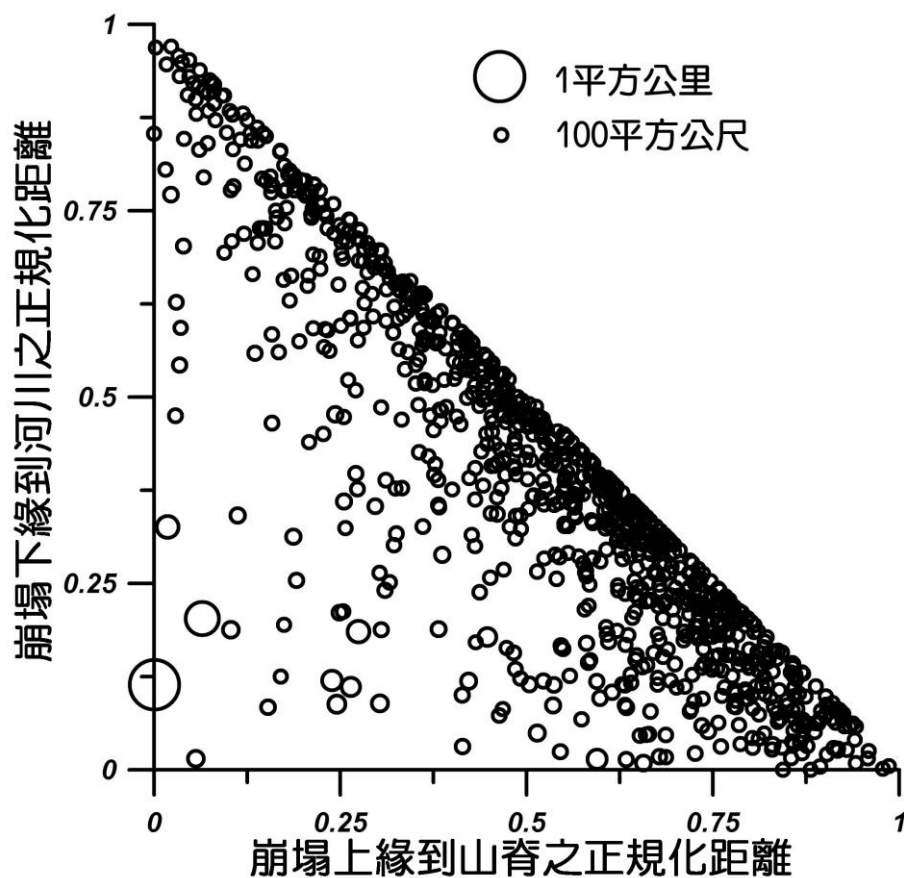


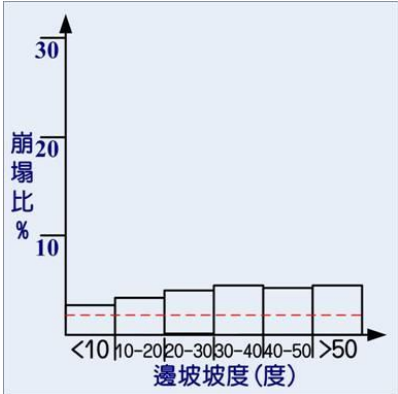
圖 4.61 新武呂溪集水區崩塌地分佈位置特性圖

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.63 為新武呂溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，即便具有最小崩塌比之小於 10 度以下邊坡也接近 2.0%，集水區

內坡度大於 30° 以上區域崩塌比更超過 3.5%，且最大崩塌比也恰巧是坡度最陡峭之大於 50° 以上區域之 4.0%；此分析也說明了新武呂溪集水區之崩塌也具有陡坡崩落之特性。

表 4.63 新武呂溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

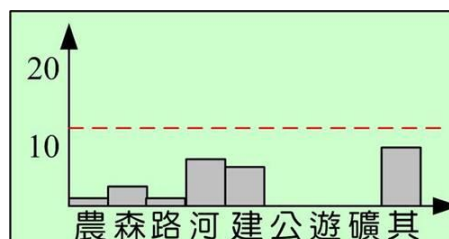
坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	12.8	721.3	1.8	
10-20	45.5	2145.4	2.1	
20-30	170.3	6507.9	2.6	
30-40	416.5	10568.2	3.9	
40-50	258.2	7377.2	3.5	
>50	161.1	3987	4.0	比較說明圖

崩塌與土地利用之關係

本研究採用內政部國土測繪中心於 2006 年至 2008 年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節敘述)。本研究以 2009 年莫拉克颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表 4.64 所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外(4.9%)，河川淘刷崩塌的水利用地崩塌比 4.3%、人為開發的建築用地崩塌比 3.6%及天然林或人工林之森林用地崩塌比 2.7%則為三項次高的崩塌比類別，代表新武呂溪集水區之崩塌跟河岸淘刷及原生林都相關，也可能與人為開發相關(因人為建築用地總面積偏小，在此類別之崩塌面積也小，並無法客觀說明一定具有關係)，農耕用地及道路開發在新武呂溪集水區對崩塌促發的影響並不明顯。

表 4.64 新武呂溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩 塌 比(%)	土地類別	崩 塌 比(%)
農業	0.5	公共設施	0.0
森林	2.7	遊憩	0.0
交通	0.7	礦鹽	0.0
水利	4.3	其他	4.9
建築	3.6		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 88.7%之國有林地

事業區：關山事業區

林道：霧鹿林道、錦屏林道

區內或鄰近森林遊樂區：向陽森林遊樂區

崩塌特性綜合說明

新武呂溪集水區於 2009 年莫拉克颱風誘發崩塌事件分析如下：

- (1)新武呂溪集水區屬於坡度陡峭之集水區，岩性以板岩及大南澳片岩為主，在歷年重大颱風事件都曾引發崩塌比超過 1.0% 之嚴重崩塌事件。
- (2)降雨為新武呂溪集水區崩塌誘發原因之一，根據 2009 年莫拉克颱風估算，在累積降雨量超過 1,000mm 以上區域之崩塌比高達 2.0 % 以上，且 2009 年莫拉克颱風降雨型態偏中延時(12 小時)高強度降雨，代表高強度降雨對此集水區之崩塌促發有明顯影響。
- (3)根據崩塌規模分析結果，新武呂溪集水區在 2009 年莫拉克颱風事件後，誘發崩塌遍及大中小規模，且主因為高強度降雨及巨量河川洪水淘刷誘發新崩塌，造成各種規模崩塌都產生。

- (4)2009 年莫拉克颱風在新武呂溪集水區內引發之崩塌案例，33.3%崩塌位於下邊坡，且約為上邊坡崩塌面積之 3.7 倍，代表 2009 年莫拉克颱風超過 200 年頻的長延時高強度降雨是新武呂溪集水區下邊坡崩塌面積如此廣大的主因。
- (5)地形也是新武呂溪集水區主要崩塌誘發原因之一，所有坡度區間之崩塌比都超過 1.0%，坡度大於 30° 以上區域崩塌比更超過 3.5%，坡度越陡峭，崩塌比的確有偏高現象，陡坡崩落的現象在此集水區明顯。
- (6)根據土地利用類別與崩塌比之關係，新武呂溪集水區之水利用地、森林地及建築用地崩塌比偏高。
- (7)依據上述說明，新武呂溪集水區之崩塌誘發原因以高強度降雨(尤其是長延時降雨型態)、易崩地質及陡坡地形為主，集水區內人為開發對崩塌的確有促發影響，因此未來集水區保育建議需管控人為開發行為及邊坡植生復育，且需防範高強度降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

M.花蓮林管處：馬太鞍溪集水區

崩塌事件背景說明

花蓮縣萬榮鄉馬太鞍溪集水區(如圖 4.62)於 2001 年桃芝颱風時誘發大量崩塌，桃芝颱風降雨集中區位於南投縣及花蓮縣萬榮鄉境內，萬榮鄉境內有 85.6%之區域降雨量超過 400mm，花蓮縣萬榮鄉也引發 1913 處崩塌案例，約桃芝颱風崩塌總案例之 20.1%。

馬太鞍溪集水區基本資料

馬太鞍溪集水區位於花蓮縣萬榮鄉，集水區面積約為 15,860ha，其中國有林地面積約為 12,397ha，約佔集水區總面積之 78.2%；集水區高程分佈介於 95 m 至 3,320 m，平均高程約為 1,373 m；集水區內平均坡度約 31.2°，超過 30° 以上之陡坡佔全集水區 72.1%，可見馬太鞍溪集水區屬於陡坡區域。集水區內主要地層為大南澳片岩，主要岩

性則為大理岩、黑色片岩、綠色片岩及燧石等。

馬太鞍溪集水區在 2001 年桃芝颱風期間誘發大量崩塌(如圖 4.62)，主要誘發原因為高強度降雨，其中集水區鄰近之大觀雨量站更曾在 3 小時內降下 238mm 雨量，可瞭解高強度降雨為該次土砂災害主要誘發原因。根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，馬太鞍溪集水區內共有 3 條土石流潛勢溪流，包含一條高潛勢土石流潛勢溪流(花縣 DF034)、1 條低潛勢土石流潛勢溪流(花縣 DF111)及 1 條持續觀察土石流潛勢溪流(花縣 DF033)。

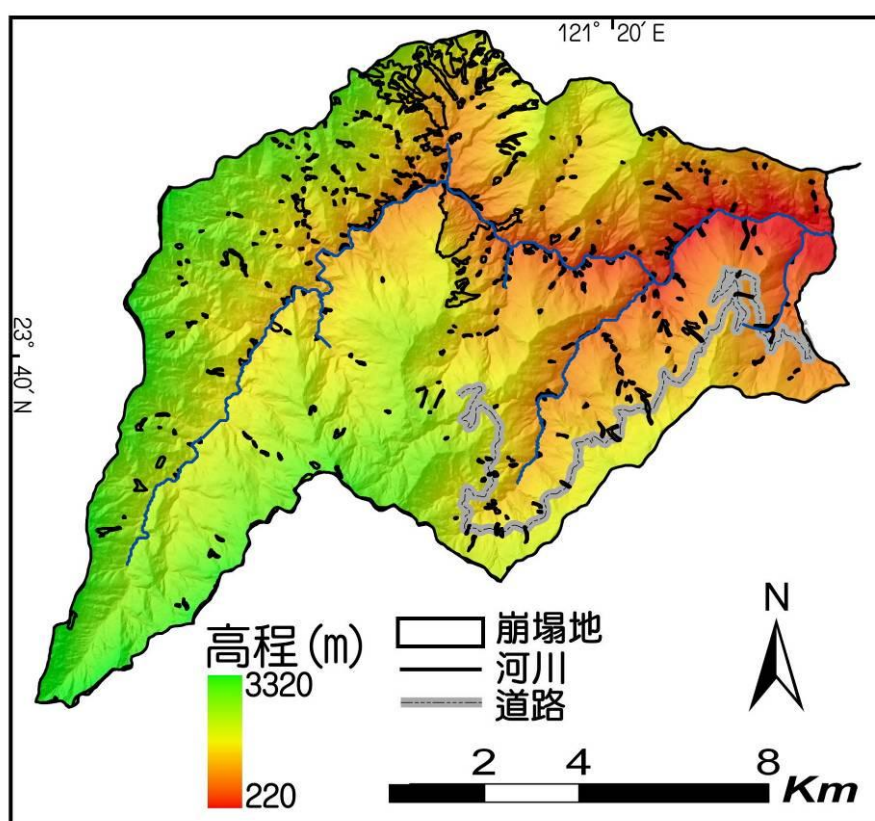


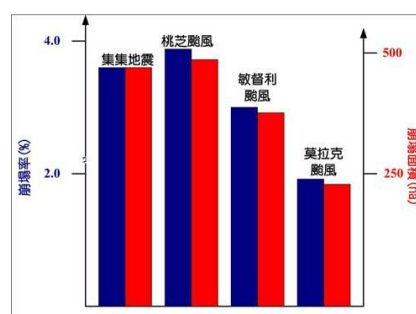
圖 4.62 2001 年桃芝颱風後馬太鞍溪集水區崩塌分佈

1999 年集集地震後崩塌數據統計

馬太鞍溪集水區屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.65 所示，2001 年桃芝颱風後為最嚴重事件，本研究建議採用 2001 年桃芝颱風為馬太鞍溪集水區主要降雨誘發崩塌之分析事件。

表 4.65 馬太鞍溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	337	459	3.7
2001 年桃芝颱風	368	488.2	3.9
2004 年敏督利颱風	199	393	3.2
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	179	155.5	1.3
2009 年莫拉克颱風	288	240.9	1.9



比較說明圖

備註：馬太鞍溪集水區約有 78.2%屬於國有林地範圍內，因此本研究在表格內分析數據都以國有林地範圍為主，並未包含非國有林地範圍。

2001 年桃芝颱風降雨分佈及崩塌比估算

2001 年桃芝颱風於馬太鞍溪集水區之降雨量分佈如圖 4.63 所示，全集水區降雨量介於 348 至 534 mm，平均降雨量約為 401 mm。全集水區崩塌案例約有 74.0%位於累積降雨量超過 400-450 mm 以上區域，降雨量不論增加或降低，崩塌比都未比累積降雨量介於 400-450 mm 還高，顯見降雨因子對馬太鞍溪集水區是誘發因素，但卻非最關鍵的誘發因子。表 4.66 則為累積降雨與崩塌比之統計表，可發現馬太鞍溪集水區之崩塌與累積降雨雖有成正比，但並非完全正向關係。

降雨除造成雨水入滲導致崩塌外，地表逕流匯集進入河川，造成洪水及河岸淘刷的情況也不容忽略；本研究以馬太鞍溪主流為主，估算距離主流兩岸 250 m 內之崩塌總面積，約為 175.4ha，等同約佔集水區總崩塌面積之 36.6%(因洪水造成河岸淘刷的崩塌)。

表 4.67 則為本研究針對 2001 年桃芝颱風中，降雨量最集中且位於馬太鞍溪集水區大觀雨量站進行分析，分析結果發現：2001 年桃芝颱風降雨型態偏向 12 小時內強降雨(12 小時之降雨強度仍超過 40mm/hr)，屬於短延時高強度降雨，在最大 6 小時平均降雨強度仍可達 67.5mm/hr，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

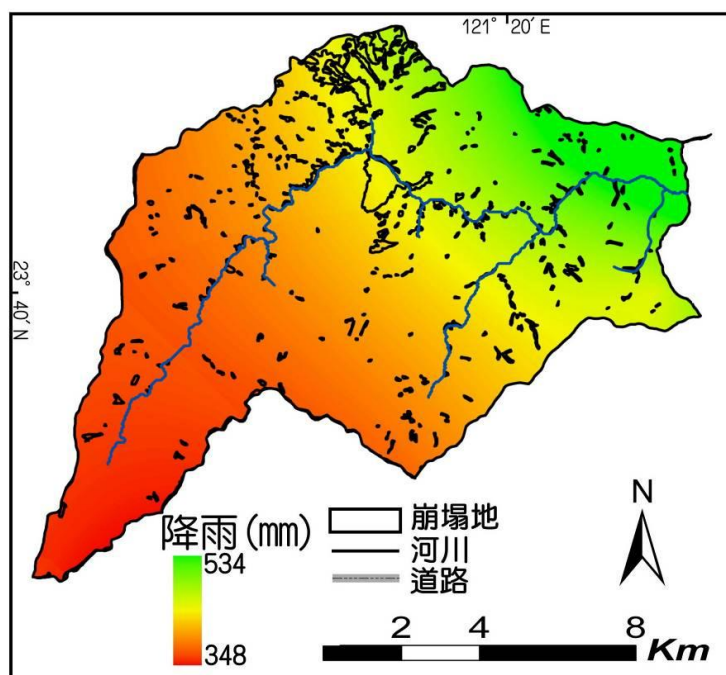


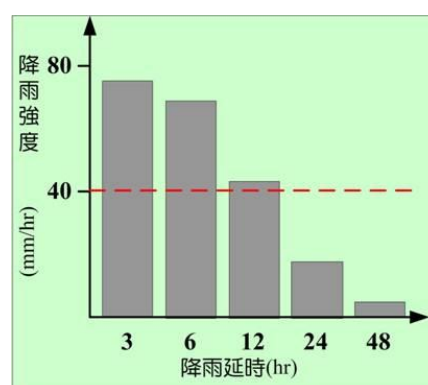
圖 4.63 2001 年桃芝颱風於馬太鞍溪集水區之降雨分佈圖

表 4.66 2001 年桃芝颱風於馬太鞍溪集水區降雨與崩塌比估算表

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<400	102.5	6910	1.5
400-450	359.8	3987.9	9.0
450-500	22.8	1285.8	1.8
>500	3.1	213.0	1.5
total	488.2	12396.7	3.9

表 4.67 2001 年桃芝颱風於馬太鞍溪集水區降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	238	79.3
6	405	67.5
12	511	42.6
24	557	23.2
48	558	11.6



比較說明圖

備註：本表以花蓮大觀雨量站於 2001 年桃芝颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

馬太鞍溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.64 所示，本研究特地將集集地震(嚴重地震崩塌)及旗山溪中上游集水區於 2009 年莫拉克颱風之崩塌案例(高強度長延時降雨誘發崩塌)一併繪於圖中以為比對參考；崩塌密度而言，馬太鞍溪集水區崩塌密度最高的地方位於 $2 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ (等同 2000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $5 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 0.3 km^2 ，此也代表馬太鞍溪集水區並無超過 1 km^2 之大規模崩塌案例。若比較頻率密度之密集程度，而區分出此區域之崩塌面積分佈密集區(如圖 4.64 之矩形區域)，則約為 $8 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 $1 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ 處(即為由 800 m^2 延伸至 1 ha)，由此可發馬太鞍溪集水區在 2001 年桃芝颱風誘發之崩塌主要以小規模崩塌為主。

若以馬太鞍溪集水區與集集地震崩塌及旗山溪中上游崩塌進行比較，根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，馬太鞍溪上游集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 $(25.5, 1.27)$ (馬太鞍溪集水區)、 $(53.1, 1.7)$ (集集地震)及 $(69.5, 1.3)$ (旗山溪)。由圖 4.64 可發現集集地震誘發之崩塌面積規模稍大，崩塌密度最高的地方位於 $1 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ (等同 1000 m^2 崩塌面積)，但大規模崩塌的案例比旗山溪集水區少，而馬太鞍溪集水區在 2001 年桃芝颱風誘發崩塌事件中，並無任何大規模崩塌案例。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)，但馬太鞍溪集水區在 2001 年桃芝颱風降雨的豪雨侵襲下， β 值降至 1.27，此值可能跟研究區域地質易崩或降雨誘發因素過大相關。馬太鞍溪集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，認為降雨誘發新崩塌及洪水淘刷產生的崩塌，都是促使此案例之 β 值偏小主因。

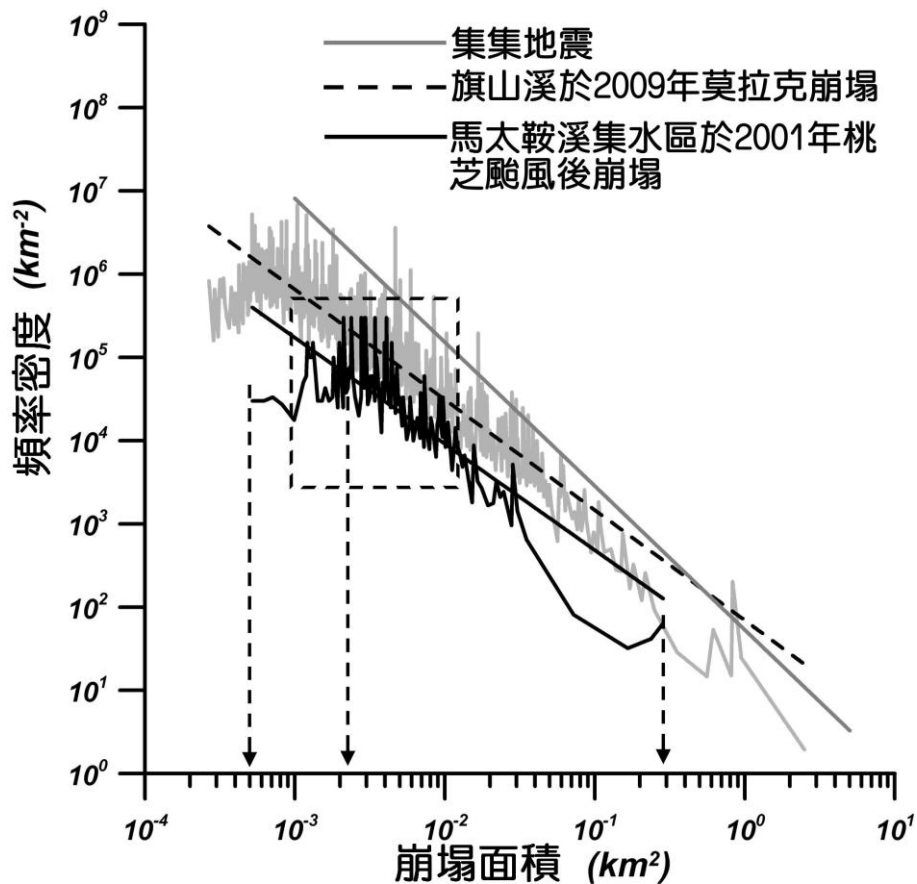


圖 4.64 馬太鞍溪集水區崩塌自我組織臨界性分析

崩塌地分佈位置特性

馬太鞍溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.65 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則馬太鞍溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 12.5%(上邊坡)、30.7%(下邊坡)及 56.8%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 12.5%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落；而 30.7%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。

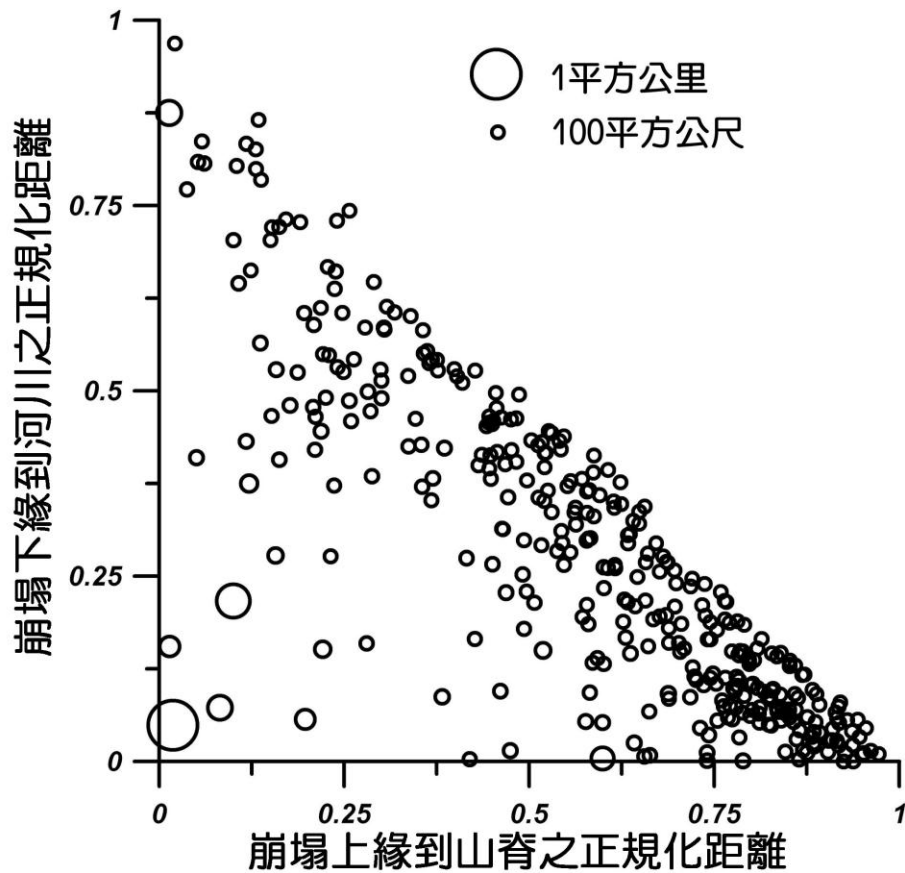
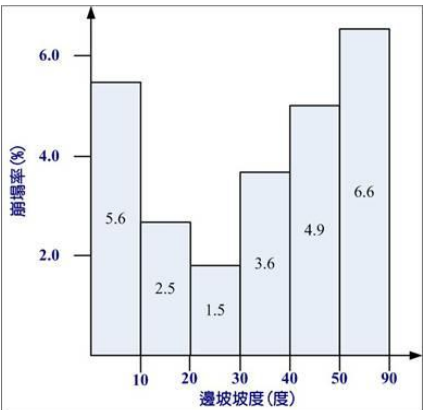


圖 4.65 馬太鞍溪集水區崩塌地分佈位置特性分析

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.68 為馬太鞍溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比在坡度小於 10° 之緩波區域約為 5.6%，在坡度介於 10° 至 30° 之崩塌比則約為 1.5% 至 2.6%，而在坡度大於 30° 以上區域，崩塌比都超過 3.5%，馬太鞍溪集水區最大崩塌比為大於 50° 邊坡之 6.6%。由於坡度介於 10° 至 30° 之間邊坡崩塌比並不高，因此本研究推論坡度小於 10° 之崩塌比高達 5.6% 乃跟河岸淘刷有關，前述分析也提及洪水造成河岸淘刷約佔總崩塌面積之 36.6%。在地形對崩塌之誘發上，馬太鞍溪主要崩塌誘發原因是陡坡。

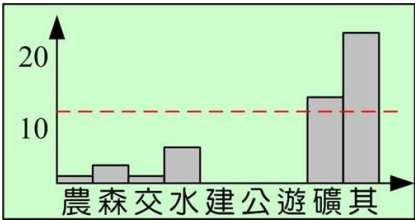
表 4.68 馬太鞍溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	 比較說明圖
<10	8.5	151.0	5.6	
10-20	16.2	621.0	2.6	
20-30	41.1	2686.2	1.5	
30-40	146.2	3993.2	3.7	
40-50	150.7	3038.4	5.0	
>50	125.5	1906.9	6.6	比較說明圖

崩塌與土地利用之關係

本研究採用內政部國土測繪中心於2006年至2008年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。本研究以2001年桃芝颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表4.69所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外(30.0%)，次高的崩塌比則為礦鹽類別用地之12.9%，其次則為河岸崩塌之水利用地崩塌比3.8%，由此可發現馬太鞍溪集水區具有崩塌促發影響之土地利用以礦鹽類土地利用為主，農耕用地、交通用地或人為建築用地對崩塌促發之影響並不明顯。

表 4.69 馬太鞍溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比(%)	土地類別	崩塌比(%)	 比較說明圖
農業	0.1	公共設施	0.0	
森林	1.2	遊憩	0.0	
交通	0.5	礦鹽	12.9	
水利	3.8	其他	30.0	
建築	0.0			

崩塌影響範圍

國有林：全區約 78.2%之國有林地

事業區：林田山事業區

林道：萬榮林道、光復林道

區內或鄰近森林遊樂區：富源森林遊樂區

崩塌特性綜合說明

由以上各種分析結果，本研究將馬太鞍溪集水區於 2001 年桃芝颱風誘發之崩塌事件，崩塌特性分析結果分述如下：

- (1)比較過往屢次颱風降雨事件所誘發之崩塌嚴重性及 2001 年桃芝颱風之降雨與崩塌分佈，降雨雖為馬太鞍溪集水區崩塌誘發因素，但地質更是促成累積降雨量介於 400 至 450 mm 之崩塌比高達 9.0%之關鍵原因。
- (2)因降雨誘發之崩塌集中在大南澳片岩區(岩性為變質石灰岩)，且主要誘發原因跟降雨強度相關，據查馬太鞍溪集水區於 2001 年桃芝颱風期間之時降雨資料，上游集水區鄰近的卡奈托灣雨量站在 2001 年 7 月 30 日上午 3 時至 6 時之三小時累積雨量高達 179.5 mm，單小時降雨強度也曾高達 89.5 mm/hr，當日 24 小時累積降雨量則為 551 mm。
- (3)陡坡崩塌行為明顯，尤其在坡度大於 30 度之區域，在 2001 年桃芝颱風事件中之崩塌比都超過 3.7%。
- (4)高強度降雨是馬太鞍溪集水區崩塌主要原因，因降雨造成水分入滲(上邊坡崩塌，佔 12.5%)，表面逕流匯集後(源頭崩塌)，形成洪水往下游傳遞(源頭崩塌及河岸淘刷，共佔 36.6%)，此三類崩塌約佔本集水區崩塌總案例的 49.1%。
- (5)根據土地利用類別與崩塌比之關係，馬太鞍溪集水區之礦鹽用地崩塌比偏高，代表採礦區之邊坡穩定性需特別注意。
- (6)依據上述說明，馬太鞍溪集水區之崩塌誘發原因以高強度降雨及陡坡地形為主，集水區內人為開發(尤其是採礦區域)對崩塌

的確有促發影響，因此未來集水區保育建議需注重採礦區域邊坡穩定及邊坡植生復育，且需防範高強度降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

N.花蓮林管處：木瓜溪集水區

木瓜溪集水區基本資料

木瓜溪集水區位於花蓮縣秀林鄉，集水區面積約為 27,802ha，集水區內所有面積全都屬於國有林地；集水區高程分佈介於 215 m 至 3,601 m，平均高程約為 1,991 m；集水區內平均坡度約 38.5° ，超過 30° 以上之陡坡佔全集水區 78.8%，可見木瓜溪集水區屬於陡坡區域。集水區內地層以畢祿山層及大南澳片岩為主，岩性則以板岩及大南澳片岩為主。木瓜溪集水區在 2001 年桃芝颱風期間誘發大量崩塌(如圖 4.66)，主要誘發原因為高強度降雨。根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，木瓜溪集水區並無任何土石流潛勢溪流。

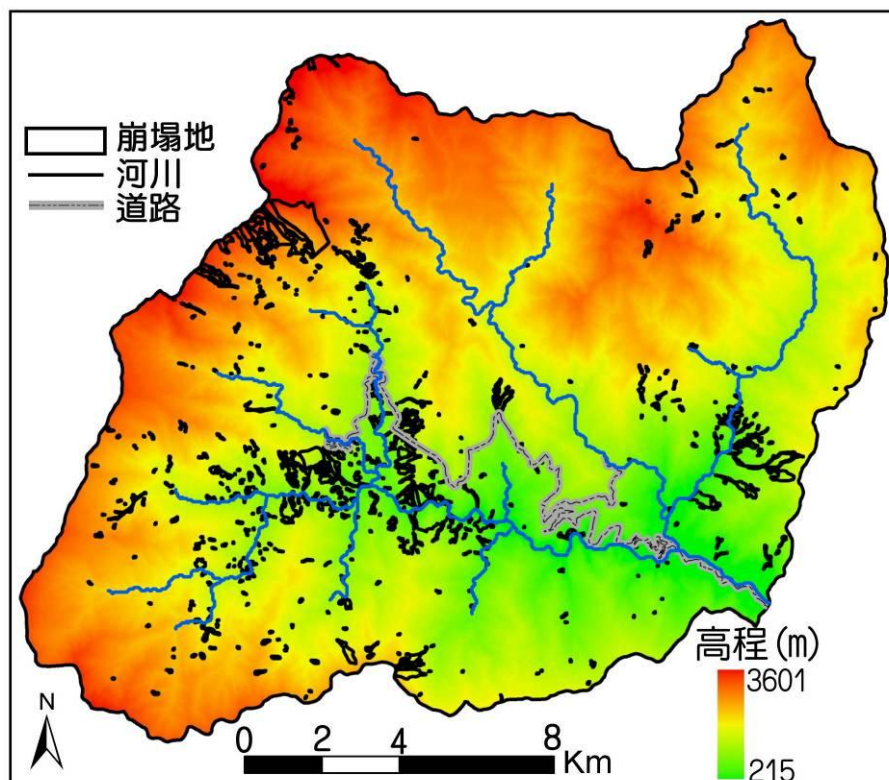


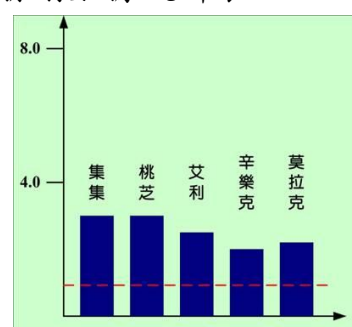
圖 4.66 木瓜溪集水區於 2001 年桃芝颱風後崩塌分佈

1999 年集集地震後崩塌數據統計

木瓜溪集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.70 所示，可發現 2001 年桃芝颱風仍為木瓜溪集水區最嚴重土砂災害，因此本研究選定以 2001 年桃芝颱風於木瓜溪集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

表 4.70 木瓜溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積 (ha)	崩塌比 (%)
1999 年集集地震	695	770.6	2.8
2001 年桃芝颱風	597	820.7	3.0
2004 年艾利颱風	410	723.3	2.6
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	420	519.7	1.9
2009 年莫拉克颱風	462	658.3	2.4



比較說明圖

備註：崩塌比估算乃以國有林地內之面積進行估算。

2001 年桃芝颱風降雨分佈及崩塌比估算

2001 年桃芝颱風於木瓜溪集水區之降雨量分佈如圖 4.67 所示，全集水區降雨量介於 349 至 389 mm，平均降雨量約為 369 mm。全集水區全部崩塌案例都位於累積降雨量超過 350 mm 以上區域，但累積降雨量跟崩塌比並未成正比，最高崩塌比為累積降雨量 350mm 至 360mm 間(6.0%)，其餘累積降雨區間之崩塌比則介於 1%至 2.5%間，也代表除了降雨因素外，木瓜溪集水區之崩塌應還有其他因素。累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，木瓜溪集水區之崩塌分佈與河川有相當程度的關係，經統計估算，約 42.1%之崩塌案例都位於河川兩岸 250 m 距離內，此也代表因洪水造成的河岸下邊坡淘刷是木瓜溪集水區崩塌主要誘發原因之一。表 4.72 則為本研究針對 2001 年桃芝颱風中，降雨量最集中的龍澗雨量站進行分析，由分析結果可發現：2001 年桃芝颱風降雨型態偏向 6 小時內之強降雨(6 小時之降雨強度仍超過

40mm/hr)，屬於短延時高強度降雨，尤其在最大 3 小時平均降雨強度仍可達 45.7mm/hr，可見此高強度降雨是此次嚴重土砂災害主因。

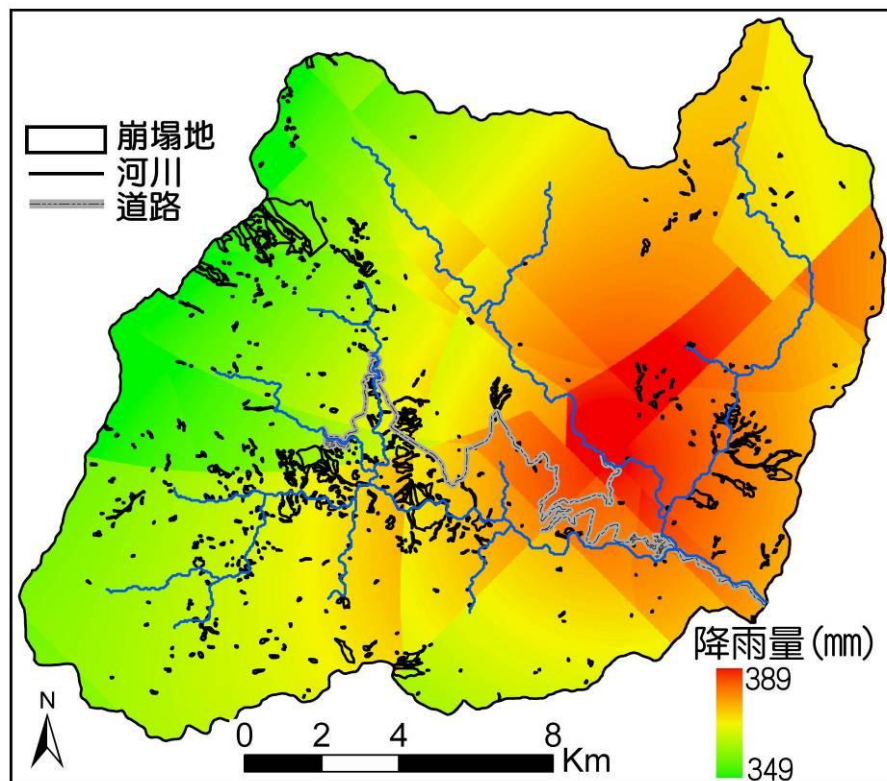


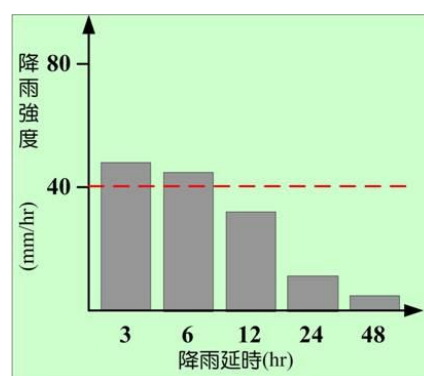
圖 4.67 木瓜溪集水區於 2001 年桃芝颱風降雨分佈圖

表 4.71 木瓜溪集水區於 2001 年桃芝颱風降雨與崩塌比估算

累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<350	0.0	37.1	0.0
350-360	254.9	4283.9	6.0
360-370	264.3	10397.8	2.5
370-380	272.7	10823.1	2.5
>380	28.8	2260.1	1.3
Total	820.7	27802.0	3.0

表 4.72 木瓜溪集水區於 2001 年桃芝颱風降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	137	45.7
6	251	41.8
12	391	32.6
24	445	18.5
48	449	9.4



比較說明圖

備註：本表以花蓮龍澗雨量站於 2001 年桃芝颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

木瓜溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.68 所示，本研究將集集地震在全台灣造成的崩塌案例一併匯入圖中以為比對參考；崩塌密度而言，木瓜溪集水區崩塌密度最密集的地方位於 $9 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ (等同 900 至 10,000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $5 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 0.9 km^2 。可發現木瓜溪集水區在 2001 年桃芝颱風誘發之崩塌以中小規模為主。

根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，木瓜溪集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 (24.4, 1.34)(木瓜溪集水區)、(53.1, 1.7)(集集地震)及(69.5, 1.3)(旗山溪)。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)。木瓜溪集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，本研究認為短延時高強度降雨造成較多上邊坡崩塌(崩塌面積稍大)，降雨延時短造成河川淘刷未能產生下邊坡崩塌(崩塌面積稍小，相較於其他研究區域)有關。

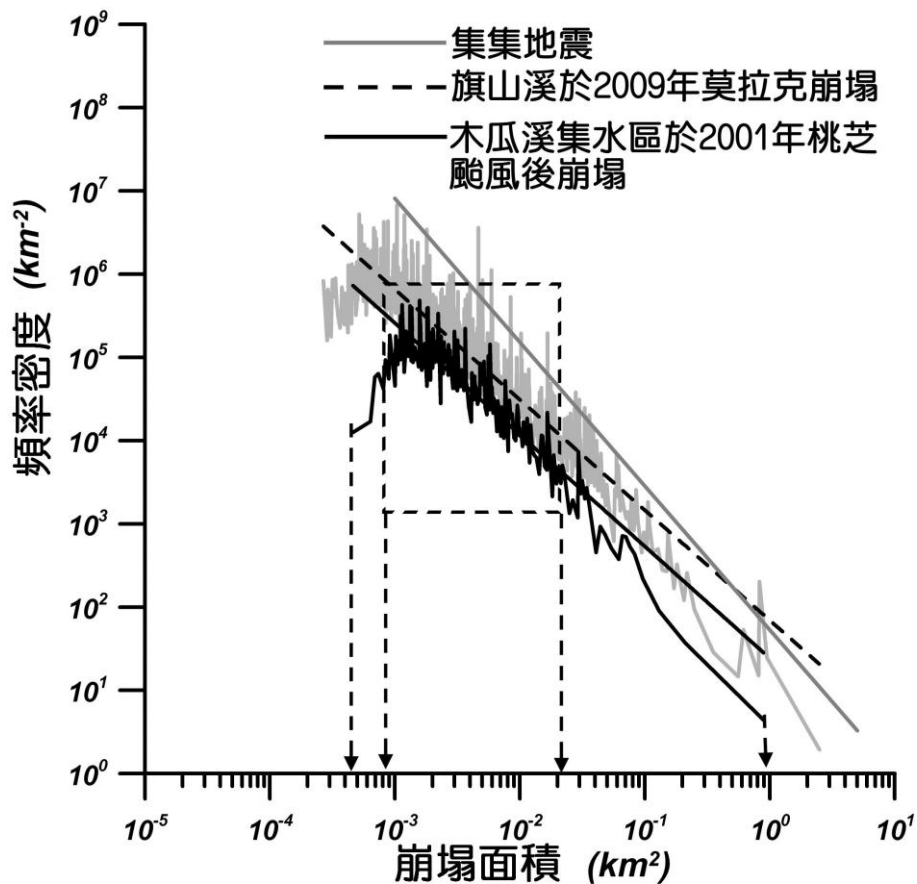


圖 4.68 木瓜溪集水區崩塌 SOC 分析圖

崩塌地分佈位置特性

木瓜溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.69 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則木瓜溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 18.2%(上邊坡)、23.8%(下邊坡)及 58.0%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 18.2%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，因木瓜溪上游集水區位於 1999 年集集地震主要地震區(地震規模超過 5 區域)，且 2001 年桃芝颱風在木瓜溪之降雨型態是短延時高強度降雨，因此因此本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落，並跟 1999 年集集地震造成上邊坡地層鬆動有關；23.8%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。木瓜溪集水區下邊坡崩塌總面積為上

邊坡崩塌總面積僅 1.3 倍，代表 2001 年桃芝颱風降雨造成的河川淘刷雖是崩塌主因，但 1999 年集集地震造成上邊坡鬆動且在 2001 年桃芝颱風中崩落也是主因。

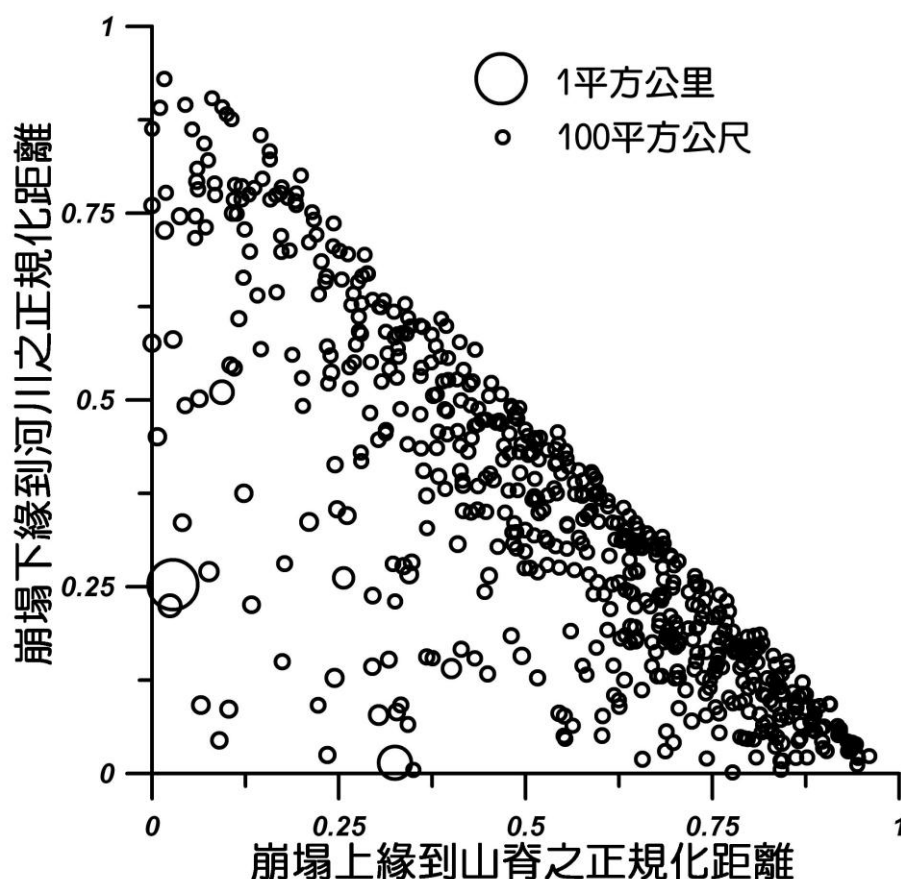
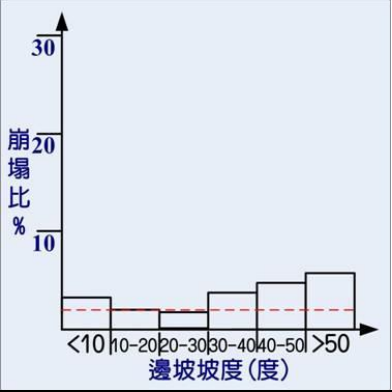


圖 4.69 木瓜溪集水區崩塌地分佈位置特性圖

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.73 為木瓜溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升(除坡度介於 20 至 30 度之間崩塌比偏低外)，集水區內坡度大於 30° 以上區域崩塌比更超過 2.4%，且最大崩塌比也恰巧是坡度最陡峭之大於 50° 以上區域之 5.9%；此分析也說明了木瓜溪集水區之崩塌也具有陡坡崩落之特性。

表 4.73 木瓜溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

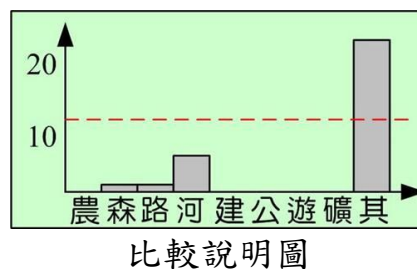
坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	
<10	5.1	302.2	1.7	
10-20	13.0	1370.7	0.9	
20-30	33.1	4227.2	0.8	
30-40	215.3	9003.0	2.4	
40-50	311.8	8768.0	3.6	
>50	242.4	4131.0	5.9	比較說明圖

崩塌與土地利用之關係

本研究採用內政部國土測繪中心於2006年至2008年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資說明請參閱玉峰溪集水區小節之敘述)。本研究以2001年桃芝颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌比，分析結果如表4.74所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌比偏高外(23.2%)，河川淘刷崩塌的水利用地崩塌比5.6%則為次高的崩塌比類別，其餘土地利用類別之崩塌比都小於1.0%，也代表木瓜溪集水區之河岸邊坡易引發河岸淘刷之崩塌現象，其餘土地利用類別則對崩塌促發影響不明顯。

表 4.74 木瓜溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表

土地類別	崩塌比(%)	土地類別	崩塌比(%)
農業	0.0	公共設施	0.0
森林	0.6	遊憩	0.0
交通	0.4	礦鹽	0.0
水利	5.6	其他	23.2
建築	0.0		



崩塌影響範圍

國有林：全區約 99.7%之國有林地

事業區：木瓜山事業區

林道：無

區內或鄰近森林遊樂區：池南森林遊樂區

崩塌特性綜合說明

木瓜溪集水區於 2001 年桃芝颱風誘發崩塌分析如下：

- (1)木瓜溪集水區屬於坡度陡峭之集水區，岩性以板岩及大南澳片岩為主，在歷年重大颱風事件都曾引發崩塌比超過 1.0%之嚴重崩塌事件。
- (2)降雨為木瓜溪集水區崩塌誘發原因之一，根據 2001 年桃芝颱風估算，各累積降雨區間崩塌比雖都超過 1.0%，崩塌比並未隨累積降雨而升高，代表此集水區仍有其他崩塌誘發原因。再者 2001 年桃芝颱風之降雨型態偏向短延時(6 小時)高強度降雨，代表高強度降雨對此集水區之崩塌促發有明顯影響。。
- (3)根據崩塌規模分析結果，木瓜溪集水區在 2001 年桃芝颱風事件後，誘發崩塌以中小規模為主，且主因為短延時高強度降雨造成較多崩塌面積稍大的上邊坡崩塌，而短延時降雨未能引發較多河川淘刷之下邊坡崩塌(面積稍小)有關。
- (4)2001 年桃芝颱風在木瓜溪集水區內引發之崩塌案例，23.8%崩塌位於下邊坡，且約為上邊坡崩塌面積之 1.3 倍，代表木瓜溪集水區之崩塌主因除了 2001 年桃芝颱風造成之河川淘刷引發下邊坡崩塌外，1999 年集集地震對此集水區造成上邊坡地層鬆動也是主因。
- (5)地形也是木瓜溪集水區主要崩塌誘發原因之一，坡度大於 30°以上區域崩塌比更超過 2.4%，坡度大於 50°以上崩塌比更達 5.9%，陡坡崩落的現象在此集水區明顯。
- (6)根據土地利用類別與崩塌比之關係，木瓜溪集水區之水利用地崩塌比偏高(因河川淘刷造成河岸邊坡崩塌)，其餘土地利用

類別之崩塌比並沒有明顯差異。

(7)依據上述說明，木瓜溪集水區之崩塌誘發原因以高強度降雨及陡坡地形為主，集水區內人為開發對崩塌並無明顯促發影響，因此未來集水區保育建議進行邊坡植生復育，且需防範高強度降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

O.羅東林管處：土場溪集水區

土場溪集水區基本資料

土場溪又名多望溪，土場溪集水區(圖 4.70)位於蘭陽溪集水區內，其位置位於宜蘭縣大同鄉境內；土場溪集水區面積約為 8,032ha，其中國有林地面積約為 8,010ha，約佔總集水區面積之 99.7%；集水區高程介於 365 m 至 2,346 m 之間，平均高程為 1,273 m；集水區平均坡度約 32°，超過 30°以上區域佔總集水區面積之 61.5%，屬於略陡峭之集水區。

土場溪集水區之地質多屬於中新世中期的廬山層清水湖段(岩性為板岩、千枚岩，偶夾薄層變質砂岩)及中新世中期的廬山層仁澤段(硬頁岩或硬頁岩與變質砂岩之薄互層)；此兩種岩層都屬於中央山脈西翼地質區，本區大部分是經過變硬或變質的第三紀巨厚泥質沉積岩所組成包含深灰或灰黑色劈理良好的硬頁岩、板岩以及千枚岩。

根據農委會所公布之土石流潛勢溪流分佈資料，土場溪集水區有 2 條土石流潛勢溪流，且皆為低潛勢土石流潛勢溪流(宜縣 DF063 及宜縣 DF064)。

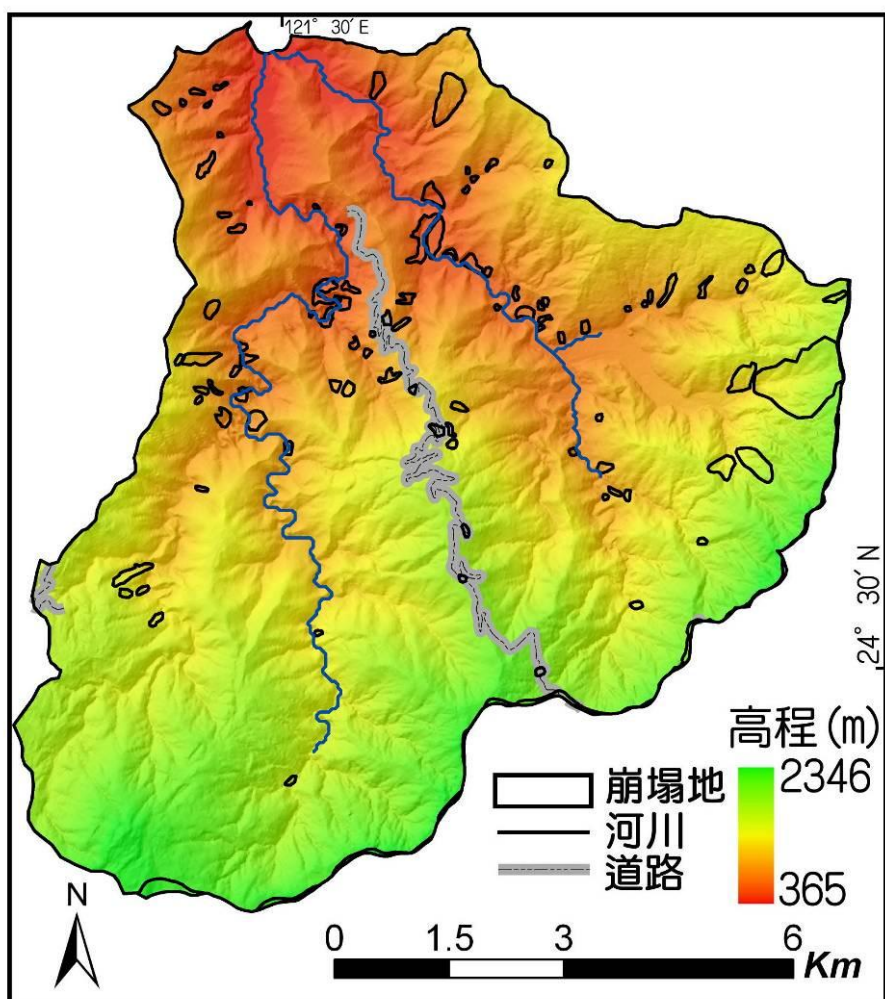


圖 4.70 土場溪集水區高程與 2001 年納莉颱風崩塌分佈圖

1999 年集集地震後崩塌數據統計

由於宜蘭位處台灣東北角，過往多次颱風曾經過宜蘭但不一定經過西台灣，因此本研究認為無法以西台灣常見的幾次重大颱風災害事件來分析宜蘭地區崩塌，有必要重新估算近十年重大颱風豪雨事件累積雨量，確定選擇之颱風豪雨事件為最嚴重事件。表 4.75 為 2000 年後宜蘭土場雨量站之累積雨量分析表，該表顯示 2001 年納莉颱風的確為近十年最重大之颱風降雨事件；表 4.76 則為土場溪集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計，可發現 2001 年納莉颱風後所誘發之總崩塌面積，為全部颱風或地震誘發崩塌事件最多的一次，因此本研究選定以 2001 年納莉颱風於土場溪集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

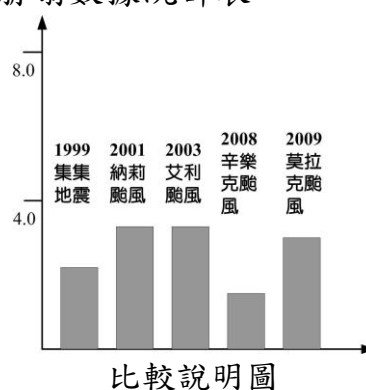
表 4.75 宜蘭土場雨量站由 2000 年後重大颱風降雨事件紀錄

時間	颱風	AR(mm)	時間	颱風	AR(mm)
2000/8/21-8/23	碧利斯	626	2008/7/26-7/29	鳳凰	507
2000/10/31-11/1	象神	434	2008/9/12-9/16	辛樂克	645
2001/9/13-9/19	納莉	1304	2008/9/26-9/29	薔蜜	616
2001/9/23-9/28	利奇馬	1110	2009/8/6-8/10	莫拉克	376
2004/8/23-8/26	艾利	415	2009/10/3-10/6	芭瑪	750
2005/7/16-7/20	海棠	584	2010/10/21-10/23	梅姬	426

備註：AR 代表該場降雨累積雨量(Accumulated Rainfall)。

表 4.76 土場溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	51	176.4	2.2
2001 年納莉颱風	110	273.1	3.4
2004 年艾利颱風	100	271	3.4
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	65	144.8	1.8
2009 年莫拉克颱風	74	176.9	2.2



備註：本研究分析過程全以國有林地範圍內面積進行估算。

2001 年納莉颱風降雨分佈及崩塌比估算

2001 年納莉颱風於土場溪集水區之降雨量分佈如圖 4.71 所示，表 4.77 則為累積降雨與崩塌比之統計表，全集水區降雨量介於 1,062 至 1,304 mm，平均降雨量約為 1,214 mm。78.7%之崩塌面積都集中在累積降雨 1,200 mm 以上區域，可見降雨為主要誘發因素。本研究以土場溪主流為主，估算距離主流兩岸 250 m 內之崩塌總面積，約為 81.1ha，等同約佔集水區總崩塌面積之 30.0%(因洪水造成河岸淘刷的崩塌)。表 4.78 則為本研究針對 2001 年納莉颱風中，降雨量最集中且位於土場溪內的太平山雨量站進行分析，由分析結果可發現：2001

年納莉颱風降雨型態僅在 3 小時內平均降雨強度接近 40.0mm/hr，拉長降雨延時則平均降雨強度逐漸遞減，但由於此場颱風降雨時間共有五天，可瞭解 2001 年納莉颱風在土場溪之降雨型態偏向長延時降雨。

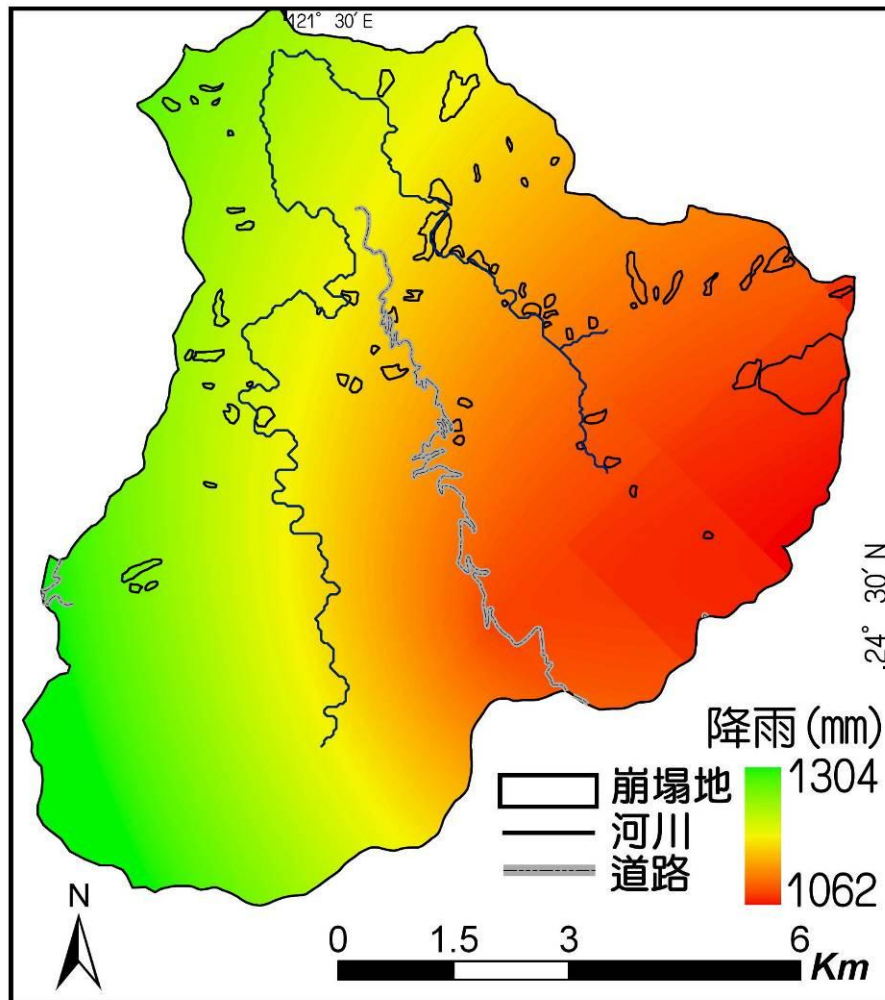


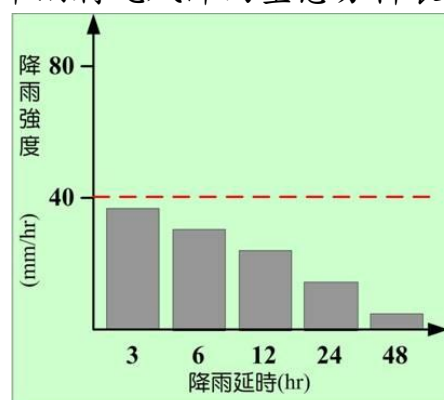
圖 4.71 2001 年納莉颱風於土場溪集水區之降雨分佈圖

表 4.77 2001 年納莉颱風於土場溪集水區累積降雨與崩塌比估算表

累積降雨(mm)	總面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌比(%)
< 1100	2.5	257.6	1.0
1100-1200	55.8	3056.1	1.8
1200-1300	210.6	4599.6	4.6
>1300	4.2	118.8	3.5
total	273.1	8032.3	3.4

表 4.78 土場溪集水區於 2001 年納莉颱風降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	118	39.3
6	221	36.8
12	353	29.4
24	487	20.3
48	729	15.2



比較說明圖

備註：本表以宜蘭太平山雨量站於 2001 年納莉颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

土場溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.72 所示，本研究特地將集集地震(嚴重地震崩塌)及旗山溪中上游集水區於 2009 年莫拉克颱風之崩塌案例(高強度長延時降雨誘發崩塌)一併繪於圖中以為比對參考；崩塌密度而言，土場溪集水區崩塌密度最高的地方位於 $1 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ (等同 10000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $3 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 至 0.2 km^2 ，此也代表土場溪集水區並無超過 1 km^2 之大規模崩塌案例。若比較頻率密度之密集程度，而區分出此區域之崩塌面積分佈密集區(如圖 4.72 之矩形區域)，則約為 $5 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ 至 $3 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ 處(即為由 5000 m^2 延伸至 3 ha)，由此可發土場溪集水區在 2001 年納莉颱風誘發之崩塌主要以中規模崩塌為主。

集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 $(4.74, 1.48)$ (土場溪集水區)、 $(53.1, 1.7)$ (集集地震)及 $(69.5, 1.3)$ (旗山溪)。由圖 4.72 可發現集集地震誘發之崩塌面積規模稍大，崩塌密度最高的地方位於 $1 \times 10^{-3} \text{ km}^2$ (等同 1000 m^2 崩塌面積)，但大規模崩塌的案例比旗山溪集水區少，而土場溪集水區在 2001 年納莉颱風誘發崩塌事件

中，並無任何大規模崩塌案例。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)，但土場溪集水區在 2001 年納莉颱風降雨的豪雨侵襲下， β 值升至 1.48，反而 α 值降至 4.74，本研究認為此兩參數值在土場溪集水區內受地質地文影響，且引發崩塌規模非小規模崩塌，因此土場溪集水區雖崩塌案例數不多，但誘發原因應跟降雨造成邊坡崩落有關。

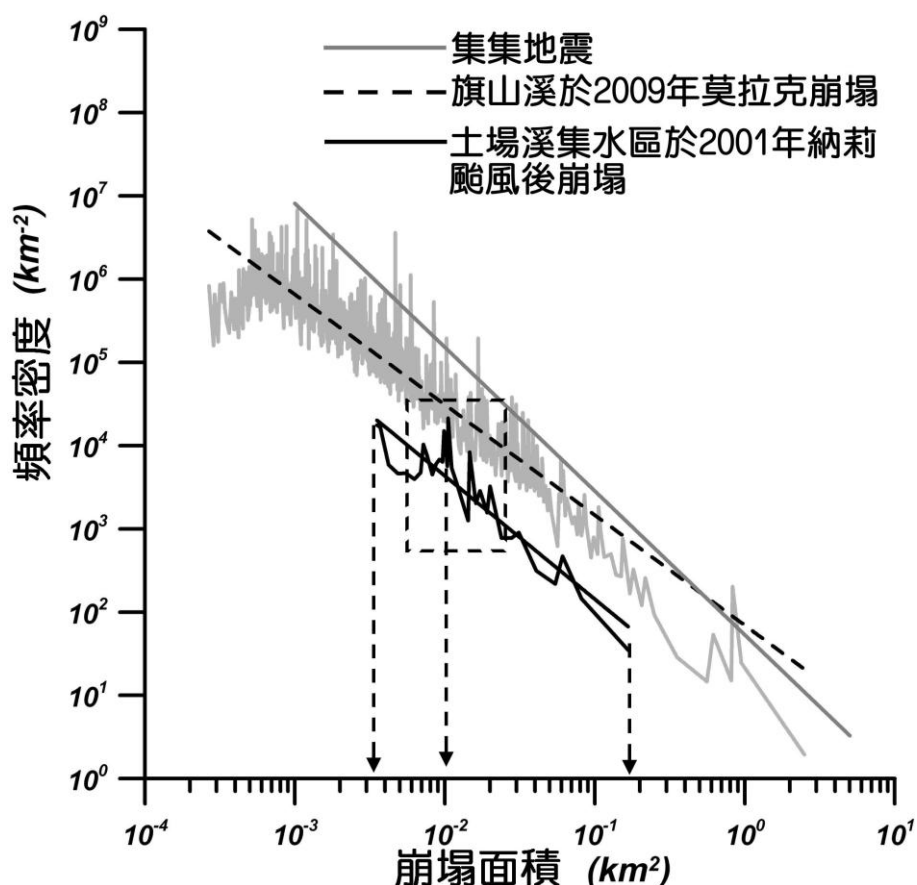


圖 4.72 土場溪集水區崩塌自我組織臨界性分析

崩塌地分佈位置特性

土場溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.73 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則土場溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 3.7%(上邊坡)、25.2%(下邊坡)及 71.1%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 3.7%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤

水分飽和而崩落；而 25.2%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。

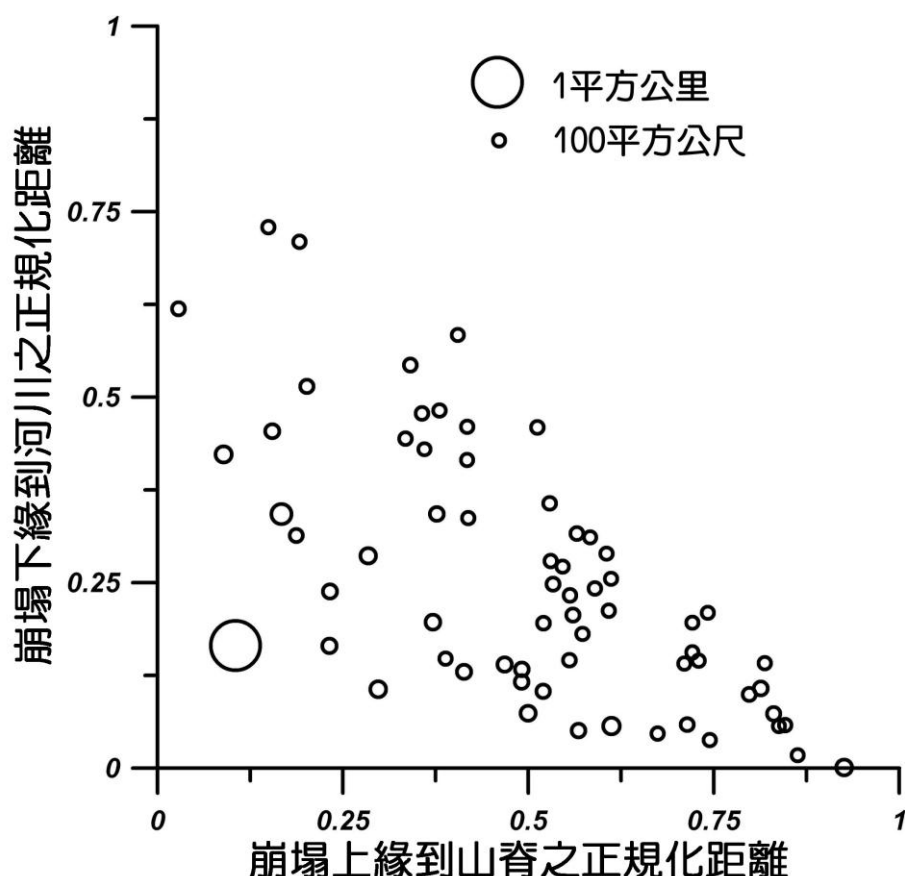


圖 4.73 土場溪集水區崩塌地分佈位置特性分析

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.79 為土場溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，土場溪集水區坡度與崩塌對應關係與馬太鞍溪相似，在崩塌比在坡度小於 10° 之緩坡區域約 6.1%，在坡度介於 10° 至 30° 之崩塌比則約為 1.8% 至 2.2%，而在坡度大於 30° 以上區域，崩塌比都超過 3.3%，土場溪集水區最大崩塌比為大於 50° 邊坡之 7.0%。由於坡度介於 10° 至 30° 之間邊坡崩塌比並不高，因此本研究推論坡度小於 10° 之崩塌比高達 6.1% 乃跟河岸淘刷有關，前述分析也提及洪水

造成河岸淘刷約佔總崩塌面積之 30.0%。在地形對崩塌之誘發上，土場溪溪主要崩塌誘發原因是陡坡。

表 4.79 土場溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

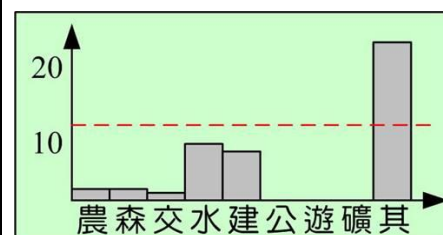
坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<10	31.5	515.8	6.1
10-20	15.6	883.1	1.8
20-30	37.7	1686.5	2.2
30-40	89.4	2692.3	3.3
40-50	68.1	1793.3	3.8
>50	30.8	439.1	7.0

崩塌與土地利用之關係

本研究採用內政部國土測繪中心於 2006 年至 2008 年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資詳細說明請參閱第 4.3 節)。本研究以 2001 年納莉颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌率，分析結果如表 4.80 所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌率偏高外(40.4%)，水利用地高崩塌比(7.6%)代表河岸兩旁淘刷造成崩塌，人為建築之建築用地高崩塌比(7.1%)則代表人為土地利用的確對土場溪之崩塌具有促發影響。

表 4.80 土場溪集水區各種土地利用類別崩塌率估算表

土地類別	崩塌比(%)	土地類別	崩塌比(%)
農業	1.9	公共設施	0.0
森林	1.5	遊憩	0.0
交通	0.9	礦鹽	0.0
水利	7.6	其他	40.4
建築	7.1		



比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 99.7%之國有林地

事業區：太平山事業區

林道：宜專一線、翠峰林道、四季林道、嘉平林道

區內或鄰近森林遊樂區：太平山森林遊樂區

崩塌特性綜合說明

土場溪集水區於 2001 年納莉颱風誘發崩塌分析如下：

- (1)集中降雨是土場溪集水區崩塌誘發原因，但降雨因素並未跟崩塌比成正比，顯示其他因素應該是更重要的主導原因，例如地形或地質因素。以 2001 年納莉颱風降雨型態為例，土場溪需注重長延時降雨。
- (2)崩塌集中於廬山層清水湖段(岩性為板岩、千枚岩，偶夾薄層變質砂岩，佔總崩塌面積之 59%)及廬山層仁澤段(岩性為硬頁岩或硬頁岩與變質砂岩之薄互層，佔總崩塌面積之 26%)，可見此兩種地層為當地易崩地層。
- (3)陡坡崩塌行為明顯，尤其在坡度大於 30 度之區域，在 2001 年納莉颱風事件中之崩塌比都超過 3.0%。
- (4)因降雨造成水分入滲(上邊坡崩塌，佔 3.7%)，表面逕流匯集後(源頭崩塌)，形成洪水往下游傳遞(源頭崩塌及河岸淘刷，共佔 30.0%)，此三類崩塌約佔本集水區崩塌總案例的 33.7%。
- (5)根據土地利用類別與崩塌比之關係，土場溪集水區之水利用地(因河川淘刷造成河岸邊坡崩塌)及建築用地(因人為開發利用)崩塌比偏高，代表人為土地利用的確對土場溪之崩塌具有促發影響，其餘土地利用類別之崩塌比並沒有明顯差異。
- (6)土場溪集水區之崩塌誘發原因以長延時降雨及陡坡地形為主，集水區河岸崩塌情況明顯，且人為建築的確對崩塌有促發影響，因此未來集水區保育建議需管控人為開發外，也需進行邊坡植生復育，且需防範長延時降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

P.羅東林管處：和平溪集水區

和平溪集水區基本資料

和平溪集水區(如圖 4.74 所示)位於宜蘭縣與花蓮縣交界，河川以和平北溪及和平南溪為主；集水區面積約 57,149ha，其中國有林地面積約佔 54,380ha，約為全集水區面積之 95.2%；集水區高程分佈介於 0 m 至 3,620 m，平均高程約為 1,390 m；集水區內平均坡度約 34.9° ，超過 30° 以上之陡坡佔全集水區 67.0%，可見和平溪集水區屬於陡坡區域。和平溪集水區內主要地層為畢祿山層及大南澳片岩，還有少部分地區為廬山層及其相當地層，岩性則以板岩及大南澳片岩為主。

2001 年納莉颱風為和平溪近年最重大颱風豪雨事件，且和平溪集水區內並無任何土石流潛勢溪流。

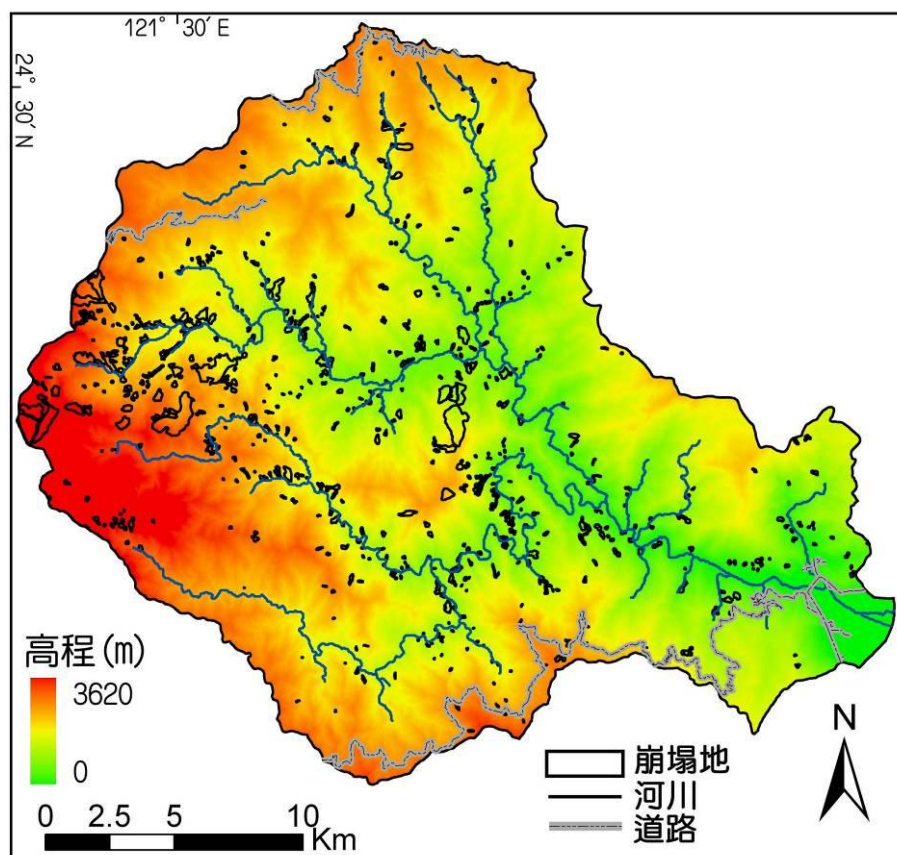


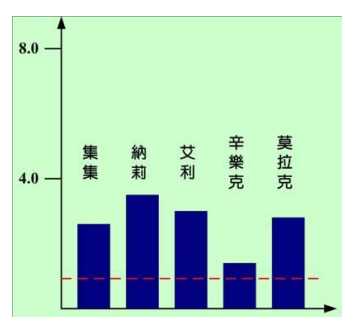
圖 4.74 和平溪集水區於 2001 年納莉颱風後崩塌分佈

1999 年集集地震後崩塌數據統計

和平溪集水區由 1999 年集集地震後，屢次嚴重颱風事件所誘發之崩塌數據統計如表 4.81 所示，可發現 2001 年納莉颱風及 2009 年莫拉克颱風皆為和平溪集水區過往十年最嚴重土砂災害事件；但由於 2001 年納莉颱風也是近年颱風豪雨累積降雨量最高的一場事件，因此本研究選定以 2001 年納莉颱風於和平溪集水區內引發之崩塌為主要分析事件。

表 4.81 和平溪集水區各次事件崩塌數據統計表

崩塌數據	總個數	總面積(ha)	崩塌比(%)
1999 年集集地震	603	1379.8	2.5
2001 年納莉颱風	553	1483	2.7
2004 年艾利颱風	703	1425.3	2.6
2008 年辛樂克及薔蜜颱風	942	827.6	1.5
2009 年莫拉克颱風	812	1494.6	2.7



比較說明圖

備註：崩塌比估算乃以國有林地內之面積進行估算。

2001 年納莉颱風降雨分佈及崩塌比估算

2001 年納莉颱風於和平溪集水區降雨量分佈如圖 4.75 所示，全集水區降雨量介於 215 至 1,152 mm，平均降雨量約為 552 mm。全集水區崩塌案例約有 98.9%位於累積降雨量超過 300 mm 以上區域，尤其在累積降雨量介於 300mm 至 600mm 區域之崩塌比高達 3.4 % 以上。表 4.82 為累積降雨與崩塌比之統計表，雖可發現和平溪集水區累積雨量的確有助長崩塌比，但卻未成正比，這點也顯示和平溪集水區之崩塌並非完全由降雨因素主導，應還有其他因素是崩塌誘發的主要因素。再者也可從累積降雨量與崩塌分佈圖上發現，和平溪集水區之崩塌分佈與河川有相當程度的關係，經統計估算，約 47.1%之崩塌案例都位於河川兩岸 250 m 距離內，此也代表因洪水造成的河岸下邊坡淘刷是和平溪集水區崩塌主要誘發原因之一。

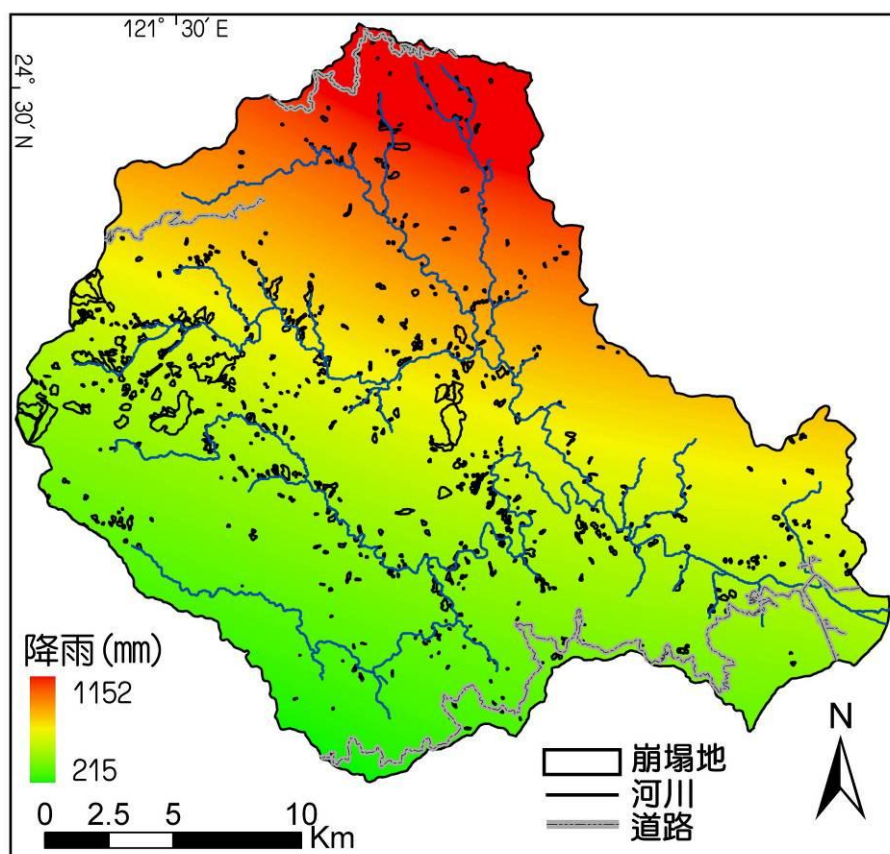


圖 4.75 2001 年納莉颱風於和平溪集水區降雨分佈圖

表 4.82 2001 年納莉颱風於和平溪集水區降雨與崩塌比估算

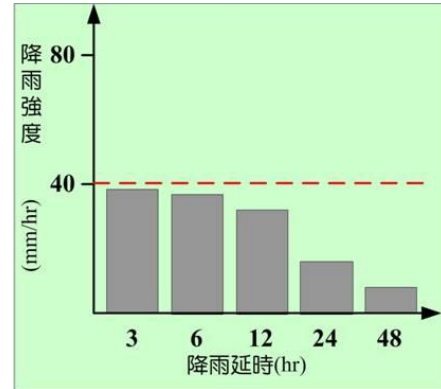
累積降雨(mm)	崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)
<300	15.5	4571.8	0.3
300-600	1096.1	32014.8	3.4
600-900	302.6	15915	1.9
>900	68.8	4647	1.5
Total	1483.0	57148.6	2.6

表 4.83 則為本研究針對 2001 年納莉颱風中，降雨量最集中且位於和平溪集水區鄰近的太平山雨量站進行分析，由分析結果可發現：2001 年納莉颱風降雨型態雖皆未達降雨強度超過 40.0mm/hr，但最小 3 小時降雨強度接近 40.0mm/hr 則有兩個時段，分別為 2001 年 9 月 23 日上午 10 時至 11 時，及 2001 年 9 月 25 日晚上 20 時至 21 時，

可見此種連續型豪雨是此次嚴重土砂災害主因。

表 4.83 2001 年納莉颱風於和平溪集水區降雨型態分析表

降雨延時 (hr)	累積雨量 (mm)	降雨強度 (mm/hr)
3	118	39.3
6	231	38.5
12	353	29.4
24	487	20.3
48	662	13.8



比較說明圖

備註：本表以宜蘭太平山雨量站於 2001 年納莉颱風期間降雨資料進行估算。降雨強度為累積降雨除以降雨延時。關於強降雨及短、中、長延時之定義，詳見第 4.2 節玉峰溪集水區之說明。

崩塌自我組織臨界性(SOC)分析

和平溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.76 所示，本研究將集集地震在全台灣造成的崩塌案例一併匯入圖中以為比對參考；崩塌密度而言，和平溪集水區崩塌密度最密集的地方位於 $2 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-2} \text{ km}^2$ (等同 2000 至 40,000 m^2 崩塌面積)，而崩塌面積擴張範圍則從約 $6 \times 10^{-4} \text{ km}^2$ 至 1 km^2 。可發現和平溪集水區在 2001 年納莉颱風誘發之崩塌以中小規模為主。

根據相關文獻所提出之 power-law 對應關係式(如 4.1 式)，和平溪集水區、集集地震與旗山溪中上游之 (α, β) 兩參數值分別為 (53.4, 1.23)(和平溪集水區)、(53.1, 1.7)(集集地震)及 (69.5, 1.3)(旗山溪)。根據前述文獻分析，日本之降雨崩塌之 β 趨近 1.96(Fujii, 1969)。和平溪集水區崩塌自我臨界組織性分析結果，本研究認為長延時降雨造成河川流量匯集，流量淘刷邊坡產生較多崩塌面積較小的下邊坡崩塌有關。

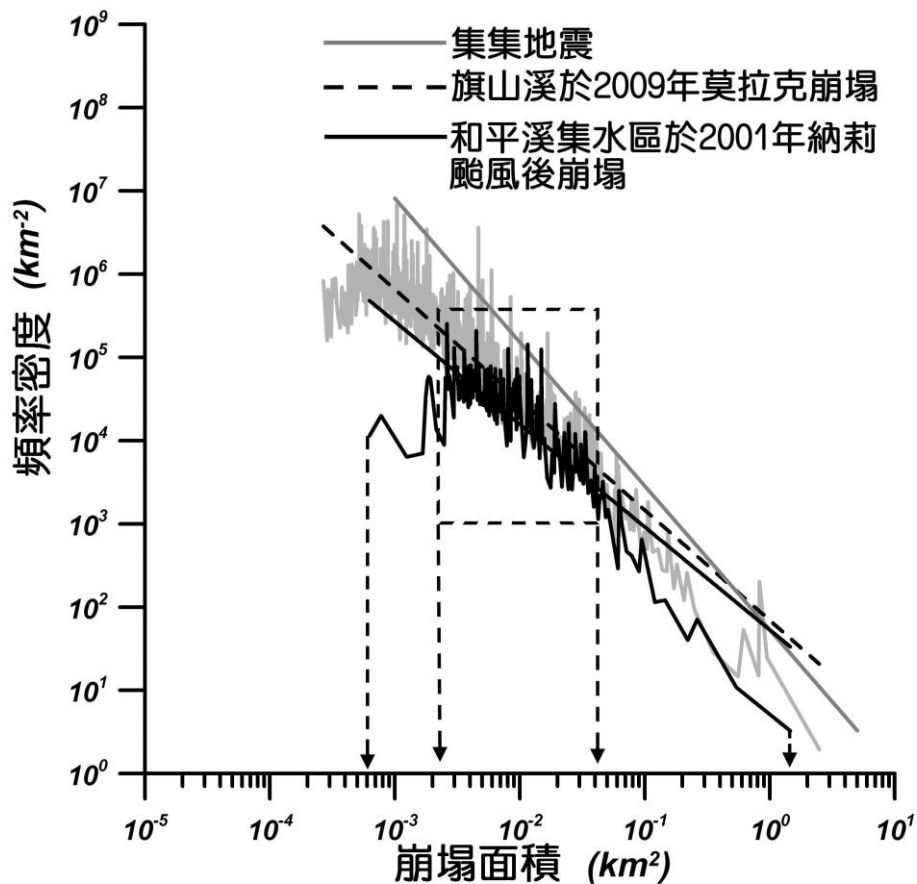


圖 4.76 和平溪集水區崩塌 SOC 分析圖

崩塌地分佈位置特性

和平溪集水區崩塌案例分析結果如圖 4.77 所示，若以橫軸及縱軸各取 0.5 當成區分門檻，區分為上邊坡($a/d \geq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)、下邊坡($b/d \geq 0.5$ 、 $a/d \leq 0.5$)及山腰崩塌($a/d \leq 0.5$ 、 $b/d \leq 0.5$)三區，則和平溪集水區分析結果，位於此三區的比例分別為 7.0%(上邊坡)、29.8%(下邊坡)及 63.2%(山腰)。可瞭解此區崩塌僅有約 7.0%是類似山脊崩落的上邊坡崩塌，因和平溪集水區並未位於 1999 年集集地震主要地震區(地震規模超過 5 區域)，且 2001 年納莉颱風在和平溪之降雨型態是長延時降雨，因此本研究認為崩塌主因可能是降雨水分入滲造成表層土壤水分飽和而崩落；29.8%之下邊坡崩塌，可能誘發原因則來自於地表逕流在下邊坡凹谷處匯集水流，造成表層土壤水分飽和而崩落，或前述的洪水淘刷河岸造成河岸崩塌。和平溪集水區下邊坡崩塌總面積為上邊坡崩塌總面積 4.2 倍，代表 2001 年納莉颱風長延時降雨導致

河川巨大流量持續甚久，導致大量河川淘刷是崩塌主因。

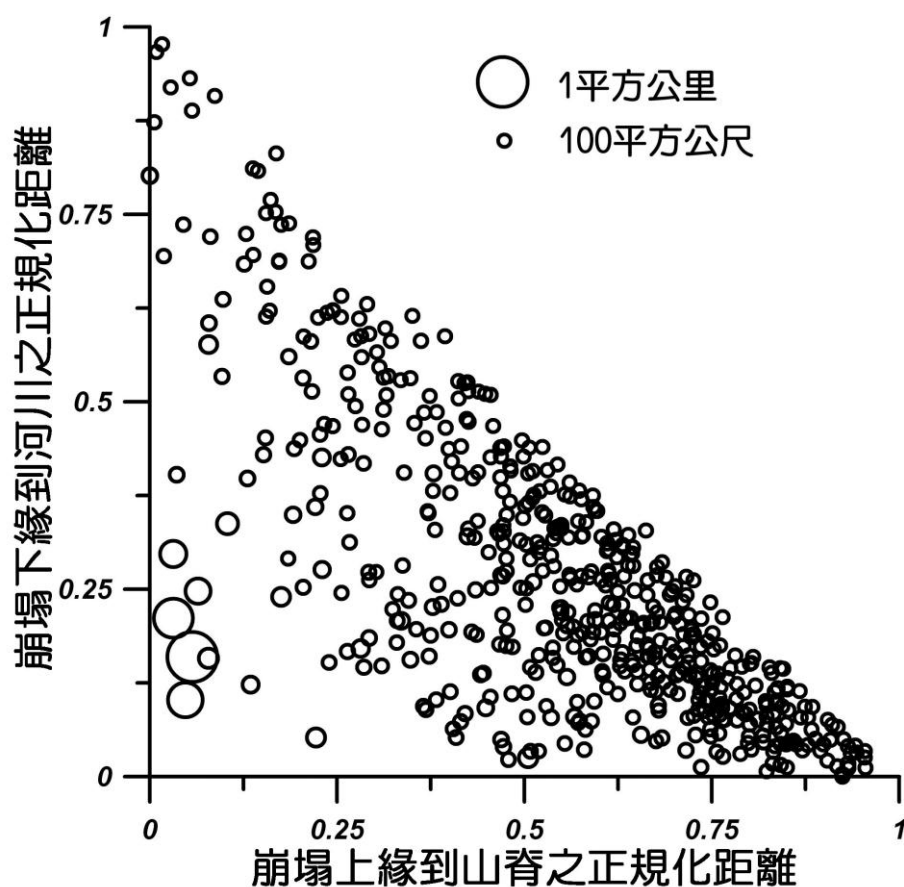
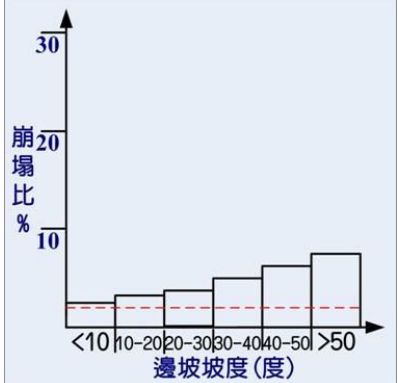


圖 4.77 和平溪集水區崩塌地分佈位置特性圖

地形與崩塌之關係

國有林地範圍內通常都是陡坡區域，因此本研究一併分析崩塌與坡度及相關地形因子之關係；表 4.84 為和平溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表，由該表可發現崩塌比的確有隨坡度增加而逐漸攀升，集水區內坡度大於 30° 以上區域崩塌比更超過 3.0%，且最大崩塌比也恰巧是坡度最陡峭之大於 50° 以上區域之 4.2%；上述分析也說明「和平溪集水區陡坡崩落現象明顯」。

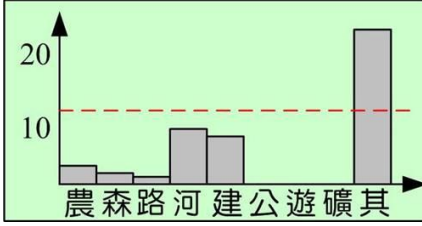
表 4.84 和平溪集水區不同坡度造成崩塌之估算表

坡度間距(°)	總崩塌面積(ha)	總面積(ha)	崩塌比(%)	
<10	20.3	2877.5	0.7	
10-20	42.6	4848.9	0.9	
20-30	145.3	11135.2	1.3	
30-40	516.8	17268.5	3.0	
40-50	451.7	13755.3	3.3	
>50	306.3	7263.4	4.2	比較說明圖

崩塌與土地利用之關係

本研究採用內政部國土測繪中心於2006年至2008年新編繪之土地利用調查圖資進行分析(圖資詳細說明請參閱第4.3節)。本研究以2001年納莉颱風崩塌圖層分析各種土地利用類別之崩塌率，分析結果如表4.85所示。可發現除原包含荒地、裸露地之其他類別崩塌率偏高外(32.3%)，交通及水利用地之崩塌率也偏高，交通用地高崩塌率(6.2%)代表人為道路開發對崩塌誘發影響，水利用地高崩塌率(8.9%)代表河岸兩旁淘刷造成崩塌，尤其河岸淘刷問題在和平溪集水區是相當明顯崩塌誘發原因。

表 4.85 和平溪集水區各種土地利用類別崩塌率估算表

土地類別	崩塌比(%)	土地類別	崩塌比(%)	
農業	0.5	公共設施	0.0	
森林	0.6	遊憩	0.0	
交通	6.2	礦鹽	0.0	
水利	8.9	其他	32.3	
建築	0.3			

比較說明圖

崩塌影響範圍

國有林：全區約 95.2%之國有林地

事業區：和平事業區

林道：翠峰林道、四季林道、和平林道

區內或鄰近森林遊樂區：無

崩塌特性綜合說明

和平溪集水區於 2001 年納莉颱風誘發崩塌分述如下：

- (1)和平溪集水區屬於坡度陡峭之集水區，岩性以板岩及大南澳片岩為主，在歷年重大颱風事件都曾引發崩塌比超過 1.0%之嚴重崩塌事件。
- (2)降雨為和平溪集水區崩塌誘發原因之一，根據 2001 年納莉颱風估算，全集水區崩塌案例約有 98.9%位於累積降雨量超過 300 mm 以上區域，但崩塌比並未隨累積降雨而升高，代表此集水區仍有其他崩塌誘發原因。再者 2001 年納莉颱風降雨型態偏向長延時降雨，代表長延時降雨對此集水區之崩塌促發有明顯影響。。
- (3)根據崩塌規模分析結果，和平溪集水區在 2001 年納莉颱風事件後，誘發崩塌以中小規模為主，且主因為長延時降雨造成河川流量匯集，流量淘刷邊坡產生較多崩塌面積較小的下邊坡崩塌有關。
- (4)2001 年納莉颱風在和平溪集水區內引發之崩塌案例，29.8%崩塌位於下邊坡，且約為上邊坡崩塌面積之 4.2 倍，代表和平溪集水區之崩塌主因乃為 2001 年納莉颱風長延時降雨導致河川巨大流量持續甚久，導致大量下邊坡崩塌。
- (5)地形也是和平溪集水區主要崩塌誘發原因之一，坡度大於 30°以上區域崩塌比更超過 3.0%，坡度大於 50°以上崩塌比更達 4.2%，陡坡崩落的現象在此集水區明顯。
- (6)根據土地利用類別與崩塌比關係，和平溪集水區交通用地(道

路開發造成邊坡崩塌)及水利用地崩塌比偏高(河川淘刷造成河岸邊坡崩塌),其餘土地利用類別之崩塌比並沒有明顯差異。

(7)依據上述說明,和平溪集水區崩塌誘發原因以長延時降雨及陡坡地形為主,集水區內道路開發對崩塌有明顯促發影響,因此未來集水區保育建議需注意道路邊坡穩定及進行邊坡植生復育,且需防範長延時降雨可能帶來嚴重崩塌事件。

根據上述 16 個研究區域的分析,本研究將各區域的崩塌特性彙整於表 4.86 所示。

表 4.86 16 個研究區域崩塌特性綜合比較表

林管處	新竹	新竹	東勢	東勢
集水區	玉峰溪	上坪溪	烏石坑及雪山坑	大甲溪中上游
分析事件	2004 艾利	2004 艾利	2001 桃芝	2004 敏督利
崩塌比(%)	1.8	0.3	14.4	8.8
降雨誘發	崩塌比隨降雨而升高	崩塌比隨降雨而升高	崩塌比隨降雨而升高	崩塌比隨降雨而升高
降雨型態	短延時高強度	中長延時高強度	短延時高強度	短延時高強度
崩塌面積集中處	300m ² 至 6ha	1000 m ² 至 60ha	800 m ² 至 30ha	900 m ² 至 1ha
下邊坡除以上邊坡崩塌比	3.2	2.0	1.1	4.1
地形誘發	崩塌比未隨坡度而升高	崩塌比隨坡度而升高	崩塌比隨坡度而升高	崩塌比隨坡度而升高
土地利用誘發	道路開發 河川淘刷	人為建築 農耕用地	道路開發 河川淘刷	道路開發 農耕用地

附註：降雨延時區分為短延時(達強降雨之降雨延時小於 12 小時)、中延時(達強降雨之降雨延時介於 12 至 24 小時)及長延時(達強降雨之降雨延時超過 24 小時)等。降雨強度則以時降雨強度超過 40mm/hr 為強降雨。

續表 4.86 16 個研究區域崩塌特性綜合比較表

林管處	南投	南投	嘉義	嘉義
集水區	九九峰	奧萬大溪	曾文水庫	清水溪
分析事件	2004 敏督利	2004 敏督力	2009 莫拉克	2004 敏督利
崩塌比(%)	14.3	3.3	4.5	8.8
降雨誘發	崩塌比隨降雨而升高	崩塌比未隨降雨而升高	崩塌比隨降雨而升高	崩塌比隨降雨而升高
降雨型態	短延時高強度	短延時高強度	長延時高強度	短延時高強度
崩塌面積集中處	0.1 至 0.7ha	1000 m ² 至 1ha	400m ² 至 2ha	400 m ² 至 4ha
下邊坡除以上邊坡崩塌比	0.13	4.7	4.5	1.2
地形誘發崩塌	崩塌比未隨坡度而升高	崩塌比隨坡度而升高	崩塌比隨坡度而升高	崩塌比隨坡度而升高
土地利用誘發崩塌	河川淘刷 道路開發	河川淘刷	農耕用地 道路開發	人為建築
林管處	屏東	屏東	台東	台東
集水區	旗山溪	荖濃溪	太麻里溪	新武呂溪
分析事件	2009 莫拉克	2009 莫拉克	2009 莫拉克	2009 莫拉克
崩塌比(%)	7.4	7.4	18.9	3.4
降雨誘發	崩塌比未隨降雨而升高	崩塌比隨降雨而升高	崩塌比隨降雨而升高	崩塌比隨降雨而升高
降雨型態	中長延時高強度	長延時高強度	短延時高強度	短延時高強度
崩塌面積集中處	200 m ² 至 5ha	200 m ² 至 3ha	500m ² 至 2ha	300 m ² 至 2ha
下邊坡除以上邊坡崩塌比	3.2	3.8	0.8	3.7
地形誘發崩塌	崩塌比隨坡度而升高	崩塌比隨坡度而升高	崩塌比隨坡度而升高	崩塌比隨坡度而升高
土地利用誘發崩塌	人為建築 道路開發 河川淘刷 農耕用地	農耕用地 人為建築 道路開發	河川淘刷	河川淘刷 人為建築

續表 4.86 16 個研究區域崩塌特性綜合比較表

林管處	花蓮	花蓮	羅東	羅東
集水區	馬太鞍溪	木瓜溪	土場溪	和平溪
分析事件	2001 桃芝	2001 桃芝	2001 納莉	2001 納莉
崩塌比(%)	3.9	3.0	3.0	2.7
降雨誘發	崩塌比未隨降雨而升高	崩塌比未隨降雨而升高	崩塌比隨降雨而升高	崩塌比未隨降雨而升高
降雨型態	短延時 高強度	短延時 高強度	長延時 降雨	長延時 降雨
崩塌面積 集中處	500m ² 至 30ha	900 m ² 至 1ha	0.5ha 至 3ha	0.2ha 至 4ha
下邊坡除 以上邊坡 崩塌比	2.5	1.3	6.8	4.3
地形誘發 崩塌	崩塌比隨坡 度而升高	崩塌比隨坡 度而升高	崩塌比隨坡 度而升高	崩塌比隨坡 度而升高
土地利用 誘發崩塌	礦鹽用地 河川淘刷	河川淘刷	河川淘刷 人為建築	河川淘刷 道路開發

第五章 88 處崩塌案例調查分析

根據承辦單位所提供之 88 處崩塌案例分析，此 88 處崩塌案例乃由各林區管理處提報將進行災修工程的案例，由此可代表此 88 處崩塌案例應該都具有保全對象。此 88 處崩塌資料如附錄三所示，88 處崩塌資料位於各林區管理處之統計如表 5.1 所示，以目前統計資料而言，嘉義林區管理處阿里山國有林地範圍具有最多崩塌案例。

表 5.1 88 處崩塌資料位於各林區管理處之統計

林區管理處	案例數	林區管理處	案例數
嘉義林區管理處	27	東勢林區管理處	9
羅東林區管理處	14	花蓮林區管理處	7
南投林區管理處	12	屏東林區管理處	4
新竹林區管理處	12	台東林區管理處	3

5.1 調查方法與內容

A.調查流程：針對崩塌案例，本研究除進行現場調查外，也跟各林管處或過往承辦此工程案件的顧問公司或技師事務所索取工程施工前照片；由於此 88 處崩塌案例都已經施工完成，現階段去現場調查能看到的資訊已是工程完工後的情況，並無法瞭解過往剛崩完後的坡面情況，因此本研究除提供工程後的照片外，也引用由林管處或原工程施工或監造單位所提供之工程施工前照片，利於本研究判斷該邊坡崩塌之誘發原因及類型。但部分工程前照片未必能夠完全拍攝邊坡崩塌坡面，僅著重於工程部分，本研究儘可能依提供之施工前照片及現場勘查比對，且盡量從前後照片比對及現場勘查，分析該崩塌案例可能誘發原因。88 處崩塌案例完整評估過程如圖 5.1 所示。

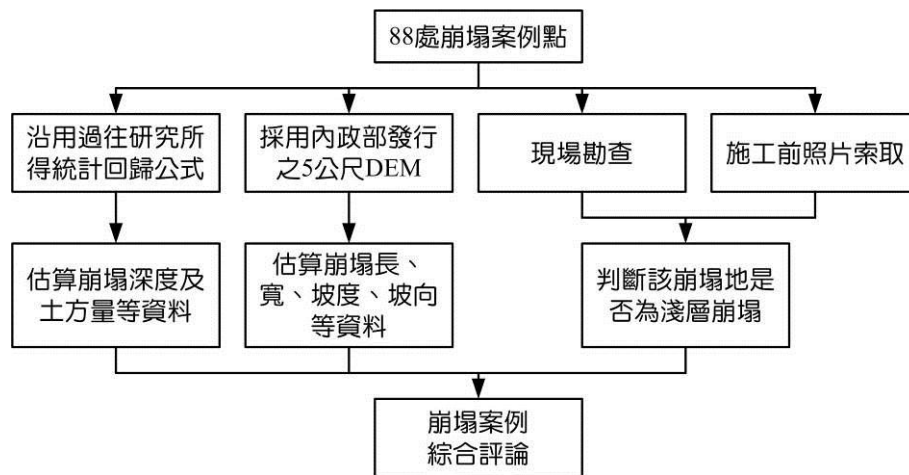


圖 5.1 88 處崩塌案例評估流程圖

B、調查內容說明

調查項目包含崩塌分布位置、崩塌部位之崩塌長、寬、深、土方量、坡度、坡向等，本研究針對各項說明如下：

- (1)崩塌分佈位置：採用二度分帶座標(97 座標系統)表示。
- (2)崩塌長及寬：採用內政部所發行之 5 m 數值高程模型(Digital Elevation Model，後寫為 DEM)為底，萃取每一個崩塌地的長及寬；崩塌地長的定義為「以邊坡下滑方向為長軸，在該長軸方向上崩塌圖層最長的擴展範圍距離」；崩塌地寬的定義為「垂直邊坡下滑方向為寬軸，在該寬軸上崩塌圖層最寬的擴展範圍距離」。
- (3)崩塌坡度及坡向：採用內政部所發行之 5 m 數值高程模型為底，萃取每一個崩塌地的崩塌前坡度及坡向；崩塌地的坡度定義為「在崩塌萃取範圍內，經 5 m 數值高程模型所估算後的平均坡度值(單位：度)」；崩塌地的坡向定義為「在崩塌萃取範圍內，經 5 m 數值高程模型所估算後的平均坡向值(單位：方位)」。
- (4)崩塌深度及土方量：採用陳樹群等(2010)針對石門水庫集水區(包含玉峰溪集水區及艾利颱風強降雨區，即為 1/5000 圖幅圖號為 96222014、96222024 及 96222034)及大甲溪集水區(約由

松鶴二溪至天輪壩之間)進行崩塌災害地形變遷統計估算，估算結果如表 5.2 所示。該結果乃由 5m DEM 為底進行統計分析而得，因此符合工作項目要求。

表 5.2 邊坡坡度與崩塌深度對應關係(陳樹群等，2010)

坡度(°)	<20	20~30	30~40	40~50	>50
石門水庫集水區崩塌深度(m)	1.41	3.13	3.51	2.17	1.82
大甲溪集水區崩塌深度(m)	3.04	4.19	5.33	3.49	1.33
玉峰溪集水區崩塌深度(m)	1.01	1.95	2.04	2.37	2.05
平均(m)	1.82	3.09	3.63	2.68	1.73

該研究也提出崩塌面積(A_L ，單位 m^2)與崩塌體積(V ，單位 m^3)量關係式(如 5.1 式及圖 5.2)，並比對國際相關研究估算結果，發現除 Korup(2005)之推算公式適用崩塌面積範圍較大且與其他估算式不接近，其餘六筆文獻所推導之關係式都有近似趨勢，尤其在崩塌面積介於 10^2 至 $10^5 m^2$ 之間，本研究以各估算式進行推算，當崩塌面積為 $10^2 m^2$ 時，估算崩塌體積約介於 23 至 $304 m^3$ 之間，當崩塌面積為 $10^5 m^2$ 時，估算崩塌體積約介於 3.17×10^5 至 $1.58 \times 10^6 m^3$ 之間。

$$V=0.015A_L^{1.606}, R^2=0.83 \quad (5.1)$$

綜合以上論述，可知在崩塌地特性估算上可能會有困難的在於崩塌後期的高精度數值高程模型，尤其目前 88 處崩塌案例點位可能都是 2009 年莫拉克颱風後的崩塌工程點位，2009 年莫拉克颱風發生至今約兩年半，國內其他單位未必進行 2009 年莫拉克颱風後高精度數值高程模型的製作。

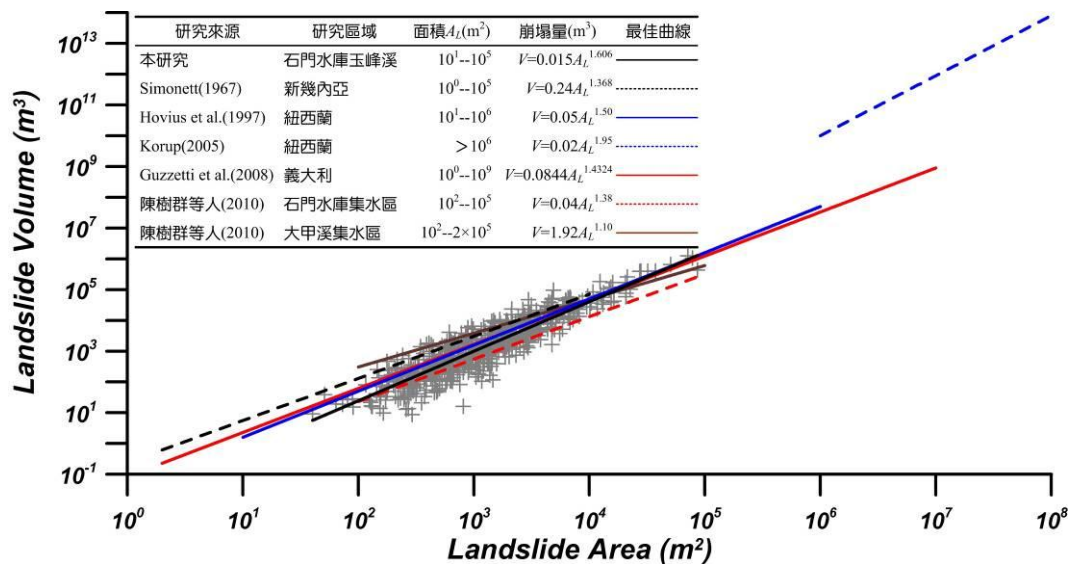


圖 5.2 崩塌面積與崩塌體積關係圖

(5)崩塌施作工程單元：有助於判斷該崩塌主要誘發原因，各項工程單元及其推測如下分述：

- 工程單元具有水泥護岸時，代表該崩塌可能有河川淘刷問題
- 當工程單元具有軟性護岸(如蛇籠)時，代表該崩塌可能邊坡地下水豐沛，有可能位於河岸旁或道路旁。
- 工程單元具有防砂壩體時，代表該崩塌可能位於土砂流動段，需以防砂壩體營造階梯坡面以穩定土砂。
- 工程單元內具有縱橫向排水工程時，代表此坡面可能地下水豐沛，或降雨可能引發大量地表逕流。
- 工程單元內具有駁坎，代表該崩塌邊坡位於道路上或下邊坡。

C、淺層崩塌判斷

在第四項工作項目中尚有一個要求：「依研訂之淺層崩塌定義…比較與非崩塌地之地形資料以初步瞭解國有林地淺層崩塌之型態」，也代表需說明「依據研訂之淺層崩塌定義，判別 88 處崩塌案例的每一個崩塌地是否屬於淺層崩塌，依據篩選後淺層崩塌案例，說明其地形特性」。依據本研究於期初報告前所執行的專家學者座談會協議內容，淺層崩塌之現象與特質說明如下：

「淺層崩塌是風化土層以上且未觸及岩盤的崩滑現象，崩塌發生時間與空間具有難以預測之特質」

依據上述內容，在本研究進行現場勘查判斷時，必須判斷是否具有下列幾項淺層崩塌特質：

- (1)崩塌深度未達岩盤，或在現場未發現岩塊崩落或碎裂的堆積。
- (2)是否具有陡坡地形，一般以邊坡坡度超過 30 度以上稱為陡坡。
- (3)是否有發現滑動面。

5.2 崩塌案例調查資料分析

本研究團隊由 2011 年 11 月中起，以將近 9 週時間進行八個林管處崩塌案例調查，各崩塌案例調查表格如附錄七所示。根據本研究調查及圖資分析資料，88 個崩塌案例點位並非完全都是崩塌地，根據本研究現場勘查及比對工程前照片判斷誘發原因，可將 88 個案例分為以下數種：

- (1)土石流堆積扇之點位：包含編號 22、23、28、35、42、46、50、52、65、69、70、78 及 80，此 13 個點位就現場勘查而言，僅有土石流堆積情況，並未發現明顯邊坡崩落，因此本研究不建議將此 13 個點位歸類為淺層崩塌點位。
- (2)河川洪水流量淘刷河川兩岸之點位：包含編號 64、75 及 87 等 3 個點位，此 3 個點位河川兩岸都無發現明顯邊坡崩塌現象，以編號 64 案例為例，河川兩岸雖有淘刷，但淘刷高度僅及洪水高度，並未沿邊坡向上發展成為崩塌，因此本研究不建議將此 3 個點位歸類為淺層崩塌點位。
- (3)該工程主要施作目的並非為了邊坡崩塌而施作者：包含編號 4、48、81 及 84 等 4 個點位，以編號 4 之合歡山武嶺鄰近之道路下邊坡受水流淘刷而地基淘空現象，本研究認為此點位應歸類為地基淘空；編號 48 也為河川洪水導致河川兩岸堤防

地基淘空；編號 81 則為道路維修，因此本研究不建議將此 3 個點位歸類為淺層崩塌點位；編號 84 則經本研究人員現場勘查且比對工程前照片，確定該工程應是排水工程，跟淺層崩塌無關。

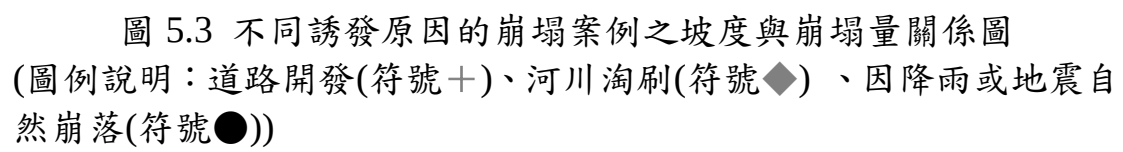
- (4)崩塌點位應隸屬於長期性地滑者：編號 16 即為一例，在發生崩塌時，坡面並無明顯土砂崩落，而是邊坡往前推移，本研究將此案例歸類為長期性地滑。

經上述分類後，本研究認為隸屬於淺層崩塌之案例共有 67 處。在 67 處淺層崩塌案例中，誘發原因如下分述：

- (1)67 處崩塌案例誘發原因都跟降雨有關，尤其嘉義林管處、屏東林管處及台東林管處等崩塌案例，都跟 2009 年莫拉克颱風強降雨有關。但在此 67 處崩塌案例中，經本研究人員與詢問當地民眾，並非全部崩塌案例都由 2009 年莫拉克颱風所誘發。
- (2)淺層崩塌誘發原因跟道路開發相關者，共有 36 處，此特徵為崩塌邊界在接近道路處會有較寬的外型，在遠離道路之崩塌邊界則呈現較窄的外型；與道路開發相關的淺層崩塌案例內，最小的邊坡坡度為 26 度(編號 08)。
- (3)淺層崩塌誘發原因與河川淘刷相關者，共有 24 處，崩塌外型特徵也跟道路開發之淺層崩塌雷同，靠近河川之崩塌邊界(下邊坡)較寬，遠離河川之崩塌邊界(上邊坡)較窄；與道路開發相關的淺層崩塌案例內，最小的邊坡坡度為 17 度(編號 25)。
- (4)淺層崩塌誘發原因與道路或河川都無關者，即單純由降雨誘發之淺層崩塌，共有 7 處，此 7 處在崩塌外型上並無一定的原則，誘發最小邊坡坡度為 42 度。
- (6)尤以上四種不同誘發原因之最小誘發邊坡坡度便可發現：道路開發或河川淘刷行為，都會降低淺層崩塌誘發坡度。
- (7)依據此 67 處淺層崩塌案例點位，淺層崩塌好發於砂岩、頁岩及板岩分佈處。

(8)針對 88 處崩塌案例之坡向統計，各種坡向的案例數分別為東向 9 處、東南向 25 處、南向 17 處、西南向 7 處、西向 12 處、西北向 0 處、北向 8 處及東北向 10 處，其中跟南向坡向相關的案例(包含東南、南及西南)共有 49 處(約佔總案例數之 55.7%)，跟北向坡向相關的案例(包含東北、北及西北)則有 18 處(約佔總案例數之 20.5%)，本研究認為此與夏秋兩季盛行西南季風，且颱風季節易引進西南氣流相關，尤其 2009 年莫拉克颱風引進大量西南氣流即為一明顯案例。

本研究將各種不同誘發原因的崩塌案例之坡度與崩塌面積繪製如圖 5.3，誘發原因包含道路開發(符號+)、河川淘刷(符號◆)及因降雨或地震自然崩落(符號●)。因降雨或地震自然崩落之崩塌案例坡度偏高，67 處崩塌案例之崩塌面積分佈約介於 800m^2 至 40ha 之間，且可由圖 5.3 發現：崩塌面積與坡度呈現反向關係，坡度越陡的案例，其崩塌面積偏小；坡度越緩的案例，崩塌面積偏大。



第六章 淺層崩塌誘發特性研討會籌辦說明

根據本研究第一年度工作項目(5)：「依各種崩塌型態說明各林區管理處管轄範圍內之重點區域(由各林區管理處指定)保育治理主要問題，並邀請本局暨所屬各林區管理處舉辦研討會進行實務交流及討論(至少 1 場次)」，於本章節進行籌辦說明。

6.1 研討會辦理過程

本研討會舉辦目的在於提供本研究第一年度研究成果，供林務局及各林區管理處人員瞭解及供為未來實務應用上之參考，也藉由此研討會與林務局本局及轄下各林區管理處人員共同討論未來淺層崩塌之相關治理及防災策略。研討會辦理時間及地點如下分述，研討會議程表如表 6.1 所示。

研討會舉辦時間：2012 年 1 月 16 日

研討會辦理地點：中興大學水保系(如圖 6.1)

研討會辦理情況：如圖 6.2 所示。

總參與人數：26 人。

研究會說明內容：主要說明本研究今年度所蒐集的淺層崩塌與深層崩塌相關資料，內容著重於如何判別深層與淺層崩塌之差異，並在外業調查上可經由什麼方法初步判釋該崩塌案例可能屬於深層或淺層崩塌。本研究將本年度舉辦之專家學者座談會所得之專家學者建議一併放入研討會報告內容，讓本局及各林管處人員得以瞭解以目前學術或科技發展進度，淺層與深層崩塌之主要區分及可能發生災害等。本研究於今年度所進行之 16 個子集水區崩塌特性分析及說明，與 88 處崩塌點位調查及分析內容，也都在本研究會報告內容與本局及各林管處人員報告。

表 6.1 淺層崩塌誘發特性研討會議程表

時間	議程	主講人
0850-0900	報到	
0900-0910	來賓致詞	林務局長官 陳樹群教授
0910-1000	淺層崩塌特質、現象及誘發特性 說明	吳俊鎰博士
1000-1020	茶敘/休息	
1000-1100	淺層崩塌分析案例說明及分析	吳俊鎰博士
1100-1120	茶敘/休息	
1120-1200	綜合討論	陳樹群教授
1200	散會	



圖 6.1 辦理場地：中興大學水保系



圖 6.2 研討會辦理情況

第七章 成果與建議

本研究案主要目的在於利用國有國有林地過往崩塌案例，探討國有林地崩塌特性及誘發原因，並進而以這些崩塌案例為資料庫，建構國有國有林地淺層崩塌潛勢評估模式，並以此模式模擬結果，針對各可能受淺層崩塌危害之地區，提出警戒雨量值及對應之防災疏散策略，以確切保護保全對象安全。

7.1 第一年度成果說明

本研究至期末報告前，針對各工作項目已完成事項如後分述：

工作項目 1：淺層崩塌定義、分類、誘發原因及崩塌行為等相關文獻蒐集國內外至少各 10 篇與分析。

執行情況：1.本研究共收集各國淺層崩塌相關文獻共 65 篇，如第二章所示。

2.本研究也針對各國文獻提出分析，並說明適用於台灣之淺層崩塌判釋方式，目前各國文獻針對淺層崩塌之定義仍以「主要誘發原因為降雨入滲或地下水，導致表土層或風化土層之崩滑現象」為主。

工作項目 2：協助邀請國內崩塌領域研究專家學者(至少 7 位)共同進行研訂國內淺層崩塌之定義、型態及誘發原因。

執行情況：1.淺層崩塌專家學者座談會已於 2011 年 8 月 24 日於林務局二樓會議室舉辦完畢，參與之專家學者共 13 位；研討會後續也取得洪如江教授之建議。

2.根據專家學者座談會討論結果：淺層崩塌之現象與特質應為「淺層崩塌是風化土層以上且未觸及岩盤的崩滑現象，崩塌發生時間與空間具有難以預測之特質」。

工作項目 3：蒐集民國 88 年 921 集集地震後各林區管理處大規模淺層崩塌土砂災害案例(各林區管理處至少 1 處)，分析其誘發原因、災害類型及影響範圍。

執行情況：1.本研究已針對各林區管理處選擇兩處研究區域，合計共

分析 16 處集水區之崩塌案例。

2.以各林區管理處分析區域所獲得崩塌特性說明，各林區管理處所管轄區域之淺層崩塌案例都好發於陡坡區域(坡度超過 30° 以上)，且人為開發對淺層崩塌的確有促發影響，豪雨事件導致洪水淘刷下邊坡崩塌也是淺層崩塌好發區；而各林區管理處在淺層崩塌誘發特性上之差異如下分述：

(1)新竹林區管理處：研究事件為 2004 年艾利颱風後之崩塌案例，研究地區為石門水庫集水區之玉峰溪集水區及新竹縣上坪溪，研究結果顯示：淺層崩塌好發於累積降雨達 900mm 以上之區域，且以小規模崩塌為主。

(2)東勢林區管理處：研究事件為 2004 年敏督利颱風後之崩塌案例，研究地區為烏石坑溪及雪山坑溪集水區和大甲溪中上游集水區，研究結果顯示：淺層崩塌好發於累積降雨達 400mm 以上之區域，誘發崩塌之低降雨門檻主因來自此區受 1999 年集集地震影響，易引發崩塌現象，且以小規模崩塌為主。

(3)南投林區管理處：研究事件為 2004 年敏督利颱風後之崩塌案例，研究地區為九九峰集水區集水區和奧萬大溪集水區，研究結果顯示：淺層崩塌好發於累積降雨達 700mm 以上之區域，此區淺層崩塌誘發也受 1999 年集集地震影響，易引發崩塌現象，且以中小規模崩塌為主。

(4)嘉義林區管理處：研究事件及研究區域分別為 2004 年敏督利颱風後之清水溪集水區，與 2009 年莫拉克颱風後之曾文水庫集水區，研究結果顯示：淺層崩塌好發於累積降雨達 1000mm 以上之區域，且主要受 2009 年莫拉克颱風帶來超過 200 年頻率之長延時高

強度降雨事件影響，崩塌以中小規模為主。

- (5)屏東林區管理處：研究事件為 2009 年莫拉克颱風後之崩塌分佈，研究區域為旗山溪中上游集水區及荖濃溪集水區，研究結果顯示：淺層崩塌好發於累積降雨達 1200mm 以上之區域，且主要受 2009 年莫拉克颱風帶來超過 200 年頻率之長延時高強度降雨事件影響，且各種崩塌規模都易發生。
- (6)台東林區管理處：研究事件為 2009 年莫拉克颱風後之崩塌分佈，研究區域為太麻里溪集水區及新武呂溪集水區，研究結果顯示：淺層崩塌好發於累積降雨達 1000mm 以上之區域，且主要受 2009 年莫拉克颱風帶來超過 200 年頻率之長延時高強度降雨事件影響，且各種崩塌規模都易發生。
- (7)花蓮林區管理處：研究事件為 2001 年桃芝颱風後之崩塌分佈，研究區域為木瓜溪集水區及馬太鞍溪集水區，研究結果顯示：淺層崩塌好發於累積降雨達 400mm 以上之區域，崩塌以小規模為主，近年較少有嚴重崩塌案例發生。
- (8)羅東林區管理處：研究事件為 2001 年納莉颱風後之崩塌分佈，研究區域為土場溪集水區及和平溪集水區，研究結果顯示：淺層崩塌好發於累積降雨達 400mm 以上之區域，崩塌以中小規模為主，近年較少有嚴重崩塌案例發生。

工作項目 4：依研訂之淺層崩塌定義，調查 98~99 年間各林區管理處已發生崩塌案例，且以工程方式進行處理之地點共 88 處，利用 DEM 資料(數值高程模型)，分析崩塌分布位置、崩塌部位之崩塌長、寬、深、土方量、坡度、坡向等地形特性，並比較與非崩塌地之地形資料以初步瞭解國有林地淺層崩塌之型態。

執行情況：1.在 88 處崩塌案例中，經本研究篩選，有 21 處案例不歸類於淺層崩塌，剩下的 67 處案例中，有 36 處案例淺層崩塌誘發原因跟道路開發有關，有 24 處案例淺層崩塌誘發原因跟河岸淘刷有關，有 7 處案例則跟降雨誘發有關。

2.道路開發或河川淘刷都會降低淺層崩塌誘發之最低坡度；經本研究統計，不具有任何人為開發或河川淘刷影響之淺層崩塌誘發最低坡度為 42 度，但與道路開發或河川淘刷影響之淺層崩塌誘發最低坡度則降為 28 度。

3.經彙整 67 處淺層崩塌案例好發區域，砂岩(67%)、頁岩(59%)及板岩(24%)分佈區為好發區域。

工作項目 5：依各種崩塌型態說明各林區管理處管轄範圍內之重點區域(由各林區管理處指定)保育治理主要問題，並邀請本局暨所屬各林區管理處舉辦研討會進行實務交流及討論(至少 1 場次)。

執行情況：本研究已於 2012 年 1 月 16 日於國立中興大學水土保持學系舉辦研討會。

7.2 未來研究建議

針對本研究第一年度執行過程，有兩個方向是未來可以改進的；一則在現場勘查資料上，未來除跟各林管處承辦人員聯繫外，本研究也認為應跟監造或施工單位聯繫，方可取得崩塌後尚未進行工程前之現場照片，也更有助於崩塌誘發原因及類型之判斷。

二則關於數值高程模型取得，本研究人員在計畫執行過程中與中央相關單位聯繫(公文詳細記錄如附錄六所示)，試圖取得莫拉克颱風後之地形高程 5m DEM 模型，惟目前尚無法取得。在使用 2009 年莫拉克颱風後高精度數值高程模型進行估算一案，本研究人員在第一年度執行過程已盡力找尋，惟目前各單位資料仍尚難提供，盼於本研究後續研究中可取得相關單位高精度數值高程模型資料，便可增進崩塌

特性估算之精確度。

參考文獻

中文文獻

- 1.工業技術研究院能源與資源研究所(2000),「九二一震災系列調查(二)土石流危險溪流調查計畫」,行政院農業委員會水土保持局。
- 2.工業技術研究院能源與資源研究所(2001),「桃芝颱風災區土石流災害潛勢分析成果報告書」,行政院農業委員會水土保持局。
- 3.中央大學太空及遙測研究中心(2004),「七二水災崩塌地判釋與分析」,行政院農業委員會水土保持局。
- 4.王文能、尹承遠、陳志清、李木青(2000),九二一地震崩塌地現況與災害防治,九二一震後中日土砂災害調查及治理研討會第 79 至 90 頁。
- 5.行政院農業委員會水土保持局(2011),「土石流防災資訊網—重大土石流災例」,行政院農業委員會水土保持局,網址:<http://http://246.swcb.gov.tw/>。
- 6.李三畏(1984),「台灣崩塌問題探討」,地工技術,7:43-49。
- 7.社團法人台灣省水土保持技師公會(2010),「99 年度台東分局清疏作業專案管理計畫」,行政院農業委員會水土保持局台東分局。
- 8.林信輝、林妍琇(2009),「道路護坡植生工法」,2006 生態工程研討會。
- 9.林慶偉、謝正倫、王文能(2002),「集集地震對中部災區崩塌與土石流之影響」,台灣之活斷層與地震災害研討會,第 124 至 134 頁。
- 10.洪如江(1996),「賀伯颱風、新中橫公路與坍方及土石流災害」,地工技術,57:25-30。
- 11.洪如江、林美聆、陳天健、王國隆(2000),「921 集集大地震相關的坡地災害、坡地破壞特性與案例分析」,地工技術,81:17-32。
- 12.胡蘇澄、李麗玲(1997),「台灣中部七家灣溪集水區潛在崩塌危險地之評定」,台灣林業科學,13(4):271
- 13.高申錡(1994),「阿里山公路沿線公路邊坡崩塌與雨量關係之研究」,國立成功大學資源工程研究所碩士論文

- 14.張石角(1987),「山坡地潛在危險之預測及其在環境影響評估之應用」,中華水土保持學報,18(2):41-48。
- 15.張石角(1988),「台灣工程地質分區及其崩山類型之關係」,第五屆國際崩山研討會,瑞士。
- 16.張石角(1995),「台灣東部之環境地質分區與崩塌類型」,工程環境會刊,14:59-85。
- 17.陳紫娥(2000),「花蓮溪河谷沖積扇之自然環境、土地利用及其土石災害之研究」,國家科學委員會 1999 年度專題研究計畫。
- 18.陳樹群、吳俊鎰(2005),「集集地震引發九九峰地區之崩塌型態探討」,中華水土保持學報,36(1):101-112。
- 19.陳樹群、吳俊鎰、王雁平(2010),「地震或降雨誘發崩塌之崩塌特性探討」中華水土保持學報 41(2), 94-112。
- 20.陳樹群、翁愷翎、吳俊鎰(2010),「玉峰溪集水區崩塌特性與崩塌體積之探討」,中華水土保持學報 41(3): 217-229。
- 21.陳樹群、陳少謙、吳俊鎰(2011),「南投縣神木集水區崩塌特性分析」,中華水土保持學報(審查中)。
- 22.游中榮(1996),「應用地理資訊系統於北橫地區山崩潛感之研究」,國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
- 23.黃臺豐(1999),「瑞里地震誘發之山崩」,國立中央大學應用地質研究所碩士論文
- 24.廖軒吾(2000),「集集地震誘發之山崩」,國立中央大學地球物理研究所碩士論文。

日文文獻

- 25.小出博(1954),「山崩れ」,日本古今書院。
- 26.多田文男(1929),「平衡曲線的研究得知木津川流路的變遷」,地理學評論,第五卷,第三號,第 199 至 227 頁。
- 27.金子史朗(1972),「地質圖說第 1 卷」,古今學院,第 72 至 76 頁。
- 28.瀨尾克美、船崎昌繼 (1973),「土砂害降雨量之研究」,新防砂,88: .22-28

英文文獻

29. Agliardi, F., Crosta, G., Zanchi, A. 2001. Structural constraints on deep-seated slope deformation kinematics. *Engineering Geology*, 83-102.
30. Bak, P., Tang C., and Wiesenfeld, K., 1988. Self-organized criticality. *Phys. Rev. A*, 38: 364-37
31. Caine, N. and P.K., Mool, 1982, "Landslides in the Kolpu drainage, Middle Mountains," *Nepal Mountain Research and Development*, 2(2):157-173
32. Cannon, S.H. and Ellen, S.D., 1985: Rainfall Conditions for Abundant Debris Avalanches in San Francisco Bay California, *California Geology*, 38(12), 267-272.
33. Chen, S.C., Wu, C.H., 2006. Slope stabilization and landslide size on Mt. 99 Peaks after Chichi Earthquake in Taiwan. *Environmental Geology* 50, 623-636.
34. Clowes, A., and Comfort, P., 1986. Process and landform, *Person Schools*, 336.
35. Crosta, G., 1998, "Regionalization of rainfall thresholds: an aid to landslide hazard evaluation," *Environmental Geology*, 35(2):131–145.
36. Fell, R., Hungr, O., Leroueil, S., Riemer, W., 2000. Keynote Lecture- Geotechnical-Engineering of the Stability of Natural Slopes, and Cuts and Fills in Soil. *Proc of An International Conference on Geotechnical and Geological Engineering (GeoEng2000)*, Melbourne, Australia.
37. Fookes, P.G., Sweeney, M., Manby, C.N.D., and R.P., Martin, 1985. Geological and geotechnical engineering aspects of low-cost roads in mountainous terrain. *Engineering Geology*, 21:1-152
38. Fuyii, Y. (1969), "Frequency distribution of the magnitude of the

- landslide caused by heavy rainfall,” *Seismological of Japan Journal*, 22: 244-247.
- 39.Giannecchini, R., 2006. Relationship between rainfall and shallow landslides in the southern Apuan Alps (Italy). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 6, 357–364.
 - 40.Guidicini, G., Iwasa, O.Y., 1977. Tentative correlation between rainfall and landslides in a humid tropical environment, *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 16, 13-20.
 - 41.Guzzetti, F., Malamud, B.D., Turcotte, D.L., Reichenbach, P., 2002. Power-law correlations of landslide areas in central Italy. *Earth and Planetary Science Letters* 195. 169-183.
 - 42.Guzzetti F. & Tonelli G., 2004. Information system on hydrological and geomorphological catastrophes in Italy (SICI): a tool for managing landslide and flood hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 4: 2, 213-232.
 - 43.Hovius, N., Stark, C.P., Chu, H.T., Lin, J.C., 2000. Supply and removal of sediment in a landslide-dominated mountain belt: Central Range, Taiwan. *J. Geol.* 108, 73-89.
 - 44.Jakob, M., and Weatherly, H., 2003, “ A hydroclimatic threshold for landslide initiation on the North Shore Mountains of Vancouver, British Columbia,” *Geomorphology*, 54:137-156
 - 45.Keefer, D.K., 1987, “Landslides caused by earthquakes,” *Geol. Soc. Am. Bull.*, 95:406-421.
 - 46.Keefer, D.K., 2000, “Statistical Analysis of an Earthquake-Induced Landslide Distribution – the 1989 Loma Prieta, California Event,” *Engineering Geology*, 58:231-249
 - 47.Koukis, G., and C., Ziourkas, 1991. Slope Instability Phenomena in Greece: A Statistical Analysis. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43:47-60

- 48.Larson, M.C. and A., Simmon, 1993, "Rainfall-threshold conditions for landslides in a humid-tropical system," *Puerto Rico Geografiska Annaler*, 75(A):13-23
- 49.Leopold, L.B., 1968, "Hydrology For Urban Land Planning : A Guidebook," *U. S. Geological Survey Circular* : 554.
- 50.Liu, J.K., Chang, K.T., Rau, J.Y., Hsu, W.C., Liao, Z.Y., Lau, C.C., Shih, T.Y., 2009. The geomorphometry of rainfall-induced landslides in Taiwan obtained by airborne lidar and digital photography. *Geoscience and Remote Sensing*, 115-132.
- 51.Lump, P., 1975, "Slope failures in Hong Kong," *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 8:31-65.
- 52.Malamud, B.D., Turcotte, D.L., 1999. Self-organized criticality applied to natural hazards. *Natural Hazard* 20, 93-116.
- 53.Maquaire O., Malet J.-P., 2006, Shallow landsliding. In Boardman, J. & Poesen, J. (eds): *Soil erosion in Europe*, Wiley, London, 583-598.
- 54.Meunier, P., Hovius, N., Haines, J.A., 2008. Topographic site effects and the location of earthquake induced landslides. *Earth and Planetary Science Letters* 275, 221-232.
- 55.National Marine Fisheries Service, 2002. Simpson AHCP/CCAA. National Marine Fisheries Service, USA.
- 56.Oregon department of geology and mineral industries, 2010. Understanding Landslide Deposit Maps. Oregon department of geology and mineral industries.
- 57.Pelletier, J.D., Malamud, B.D., Blodgett, T., Turcotte, D.L., 1997. Scale-invariance of soil moisture variability and its implications for the frequency-size distribution of landslides. *Engineering Geology* 48, 255-268.
- 58.Pietro, A. 2004. A warning system for rainfall-induced shallow failures. *Engineering Geology* 73, 247-265.

59. Renwick, W., Brumbaugh, R., Loeher, L. 1982. Landslide Morphology and Processes on Santa Cruz Island California. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography* 64(3/4), 149-159.
60. Santacana, N., Baeza, B., Corominas, J., Paz, A.D., Marturia, J., 2003. A GIS-Based Multivariate Statistical Analysis for Shallow Landslide Susceptibility Mapping in a Poblade Lollid Area (Eastern Pyrenees, Spain). *Natural Hazards* 30: 281–295.
61. Stini, J., 1941. Unsere Taler Wachsen zu. *Geol. Bauwes* 13, 71-79.
62. Turcotte, D.L., Malamud, B.D., 2004. Landslides, forest fires, and earthquakes: examples of self-organized critical behavior. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 340, 580-589.
63. Varnes, D.J., 1978, “Landslides analysis and control, transportation,” *Res. Board Nat. Ac. Sci.*, Washington Spee. Rep., 176
64. Weissel, J.K., Stark, C.P., Hovius, N., 2001. Landslides triggered by the 1999 Mw7.6 Chichi earthquake in Taiwan and their relationship to topography. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)* 2, 759-761.
65. Wu, C.H., Chen, S.C., Chou, H.T., 2011. Geomorphologic Characteristics of Catastrophic Landslides during Typhoon Morakot in the Kaoping Watershed, Taiwan. *Engineering Geology* 123, 13-21.

附錄一 淺層崩塌專家學者座談會籌辦過程公文

由本研究團隊(財團法人資源及環境保護服務基金會)發文至林務局之籌辦公文(中華民國100年8月10日群四字第1000000035號函)。

抄 本

發文方式：電子交換（第一類，不加密）

檔 號：

保存年限：

財團法人資源及環境保護服務基金會 函

地址：40255臺中市南區南和路205號11樓之1

承辦人：吳俊銘

電話：04-22840238轉11

傳真：04-22853967

受文者：行政院農業委員會林務局

發文日期：中華民國100年8月10日

發文字號：群四字第1000000035號

速別：速件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：淺層崩塌專家學者座談會名單及議程各乙份

主旨：檢送淺層崩塌專家學者座談會相關資料，懇請 貴局協助發文及座談會相關事宜，詳如說明，惠請 查照。

說明：

- 一、依據「國有林地淺層崩塌警戒基準研究」契約書之委託研究計畫需求說明書第三項第1期計畫工作項目第2點辦理。
- 二、旨揭座談會預定於本年8月24日上午9點於 貴局召開，預定邀請之專家學者名單如附件，懇請 貴局協助邀請專家學者參與座談。

正本：行政院農業委員會林務局

副本：

電子交換：行政院農業委員會林務局

由林務局發出給各專家學者、林務局本局及轄下各林區管理處之邀請與會公文(中華民國 100 年 8 月 15 日林治字第 1001660108 號函)。

副 本

檔 號：
保存年限：

行政院農業委員會林務局 函

40255

臺中市南區南和路205號11樓之1

受文者：財團法人資源及環境保護服務基金會

地址：100台北市中正區杭州南路1段2號

承辦人：魏郁軒

電話：02-23515441-426

傳真：02-23911530

發文日期：中華民國100年8月15日

發文字號：林治字第1001660108號

類別：最速件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：如說明三(1001660108-al.pdf)

主旨：本局為辦理國有林地淺層崩塌之研究，謹訂於本(100)年8月24日(星期三)上午9時整假本局2樓會議室召開「國有林地淺層崩塌專家學者座談會」，敬邀 先生參與座談，屆時敬請撥冗參加，請 查照。

說明：

- 一、依據財團法人資源及環境保護服務基金會100年8月10日群四字第1000000035號函辦理。
- 二、本次座談會主要針對淺層崩塌之定義、型態及誘發原因進行討論及研訂相關定義。
- 三、檢附座談會議程1份。

正本：王委員李隆、施委員彭樹、吳委員建興、王委員亞男、林美盼教授(台灣大學土木工程學系)、陳榮河教授(台灣大學土木工程學系)、劉格非教授(台灣大學土木工程學系)、林銘即教授(台灣大學土木工程學系)、洪如江教授(台灣大學土木工程學系)、范正成教授(台灣大學生物環境系統工程學系)、黃宏斌教授(台灣大學生物環境系統工程學系)、陳宏宇教授(台灣大學地質學系)、張石角教授(台灣大學地質學系)、徐美玲教授(台灣大學地質學系)、林俊全教授(台灣大學地質學系)、黃德川教授(台灣大學地質學系)、陳信雄教授(台灣大學森林環境暨資源學系)、梁偉立教授(台灣大學森林環境暨資源學系)、周憲德教授(中央大學土木工程學系)、楊錦創教授(交通大學土木工程學系)、蘇苗彬教授(中興大學土木工程學系)、喬克堅教授(中興大學土木工程學系)、馮正一教授(中興大學水土保持學系)、陳樹群教授(中興大學水土保持學系)、陳建元教授(嘉義大學土木工程學系)、詹鏡登教授(成功大學水利暨海洋工程學系)、謝正倫教授(成功大學水利暨海洋工程學系)、林慶偉教授(成功大學資源工程學系)、陳天健教授(屏東科技大學水土保持學系)、陳紫娥教授(東華大學自然資源與環境學系)、劉家男教授(國立暨南國際大學土木工程學系)、連惠邦教授(逢甲大學水利工程與資源保育學系)、陳聯光研究員(國家災害防救科技中心)、吳亭瑋研究員(國家災害防救科技中心)、紀宗吉科長(中央地質調查所)、黃貞凱博士(黎明工程顧問有限公司)、龔誠山博士(中興工程顧問股份有限公司)、王文龍博士、行政院農業委員會水土保持局、本局各林管處

副本：財團法人資源及環境保護服務基金會、本局集水區治理組

代理局長 李桃生

國有林地淺層崩塌專家學者座談會

為釐清國內淺層與深層崩塌行為之差異，本局 特地召開此座談會，邀請各界專家學者與會座談，針對淺層崩塌之定義、型態及誘發原因進行討論及研訂相關定義。

100 年 8 月 24 日(三)座談會議程

時間	議程	主講人
0850-0900	報到	
0900-0910	來賓致詞	林務局長官 陳樹群教授
0910-1000	淺層崩塌各國資料分析報告	吳俊銘 博士
1000-1020	茶敘/休息	
1000-1130	淺層崩塌定義、型態及誘發原因 討論	陳樹群教授
1130	散會/發放便當	

舉辦地點：林務局二樓會議室(台北市杭州南路 1 段 2 號)

說 明：參與本座談會之專家學者，將發放出席費及交通費(依出發地點而計)。

附錄二 淺層崩塌專家學者座談會專家學者發言內容

一、吳建興委員

- 1.建議參考日本之坡地災害分類方式，將山崩與地滑明確區分，因此，簡報資料中之「大型」、「深層」崩塌應可界定在地滑類型。
- 2.山崩多發生於陡坡地形，由於坡面土層穩定問題，表土層及風化層露出多不會太厚，因此，山崩而言多為「淺層」。
- 3.建議依現有崩塌資料與地質及降雨強度之關係，或許可界定不同地質之警戒值。

二、王亞男委員

- 1.淺層崩塌之「定義」，在台灣是否應修正？「定義」後在學理上、實用上之意義為何？
- 2.淺層崩塌誘因應為「多種」且「交互作用」，如何訂定「主要誘發原因」？「意義」及在「防治」、「警戒」上具效果更重要。
- 3.台灣山高地形陡峭，範圍(幅員)遼闊，防治策略應”因地制宜”，基本資料之蒐集(如地形、土壤、地質、地被物...)與了解更重要。
- 4.淺層崩塌造成之災害為何？分布地區為何？可依保全對象(遠、中、短程)建立「防災警戒系統」。
- 5.「防災警戒系統」應以(1)已裸露、(2)形成沖蝕溝、(3)面積大小次序，加上(4)地形及(5)保全對象，與即時之(6)降雨強度、頻度(降雨量)為主要考量因子。

三、林美聆教授

- 1.崩塌分類方式可依不同功能目標加以分類，可由機制、形態、管理目標等方式分類，故宜先釐清目標後，再加以定義及分類。
- 2.土壤沖蝕之發生類型與崩塌並不相同，建議不予納入分類中。
- 3.深層(deep-seated)崩塌一般難以在深度上加以定義，通常以進入岩層中即為深層，以阿里山 71k 其滑動面已進入岩層，應視為深層。
- 4.以林務局在本項目所擬達成之目標，可先加以釐清，目前應為國有林地具保全對象及林道管理為優先，再以地區崩塌高敏感區重視情形加以研擬對策。
- 5.建議可由歷年災害事件航照，先圈繪出高敏感地區及災害發生時之降雨資料，可提供地形特徵分析及敏感區圈繪，降雨門檻值可作為災害早期警報及減災管理(疏散及林道管制)之參考

依據。

- 6.目前國有林地如無重要保全時，崩塌可不加以整治，但如崩塌土石對於河道或後續處理可能引發二次災害，或後續擴大造成影響時，宜對其可能造之影響加以考量（後續效益）。
- 7.莫拉克颱風所造成國有林地之災害，目前以高陡坡地及向源侵蝕所造成之問題較為嚴重。建議對於向源地區之處理及二次災害控制加以考量。

四、范正成教授

1. 土壤沖蝕不應納入崩塌，因其成因及行為皆不符合。
2. 崩塌要很清楚及週延的分淺層和深層，其實不容易，建議依使用之目的來區分且先將深層崩塌定義出來，其他就較易處理。
3. 無論是淺層或深層崩塌，在未來劃定範圍及災害防救方面都不容易特別是如何區別某處在某（降雨或地震）條件下，會以淺層或深層崩塌方式發生。
- 4.對未來崩塌之劃定及防災之建議如下：
 - (1)先劃出坡單元（視需要而劃分大小）。
 - (2)統計出各坡單元之崩塌發生降雨門檻。
 - (3)依降雨超過門檻之重現期而訂其潛勢。
 - (4)依各坡單元之降雨門檻未作防災疏散避難之規劃。

五、黃誌川教授

- 1.深層崩塌難預測、難定義與地質構造關連性大，建議排除。
- 2.淺層崩塌（與降雨影響）應建議作為首要對象。
- 3.雨量的特徵、植生（尤其是根系）加上地形，建議作為重要的警戒因子。
- 4.建易防治對象與水土保持局地質法的防治對象區隔。

六、林俊全教授

- 1.崩塌以重力影響為主，應可分為崩、滑、流、淺勢之形式，並不宜只以深度為分級、分類依據。
- 2.對國有國有林地、國土保安而言，崩塌地對以下之影響非常值得重視。
 - (1)邊坡、坡腳、蝕溝、山谷是否穩定。
 - (2)崩落之土石是否造成泥沙輸送之影響？
 - (3)林道、山區道路之維護之必要性之檢討。
- 3.未來全面預測仍不易，仍有其限制，但山區之保全對象仍可以深入檢討可能的致災環境與條件。

七、劉家男教授

- 1.淺層崩塌誘發原因（外力）主要為地震與降雨，地震不可測也不易防，重點應放在降雨誘發之考量。
- 2.淺層崩塌應為發生機制來主控，我個人認為不是地層構造斷層、皺摺、節理所控制的崩塌皆可屬之（另排除土壤沖蝕，固其輸砂速率低，不會造成災害，故不算是崩塌，也不用擔心影響交通或人命安全）。
- 3.滑動深度我個人也不是太在意，一般非構造控制的滑動深度不會太深，乃因為降雨機制引起水壓上升（或有效壓力降低）主要就在淺層內，故淺層區域之破壞是可預期的，所以深度不用太在意（小林村是例外，因為雨量大到可以誘發深度順向坡的破壞）。
- 4.淺層崩塌之影響我認為不在於短期造成之生命財產之安全，而在於後續造成土石流（堆積料源）及河川淤塞、水庫劣化之影響，所以長期穩定是比較重要之考量，所以植生維持及水土保持設施是很重要的。
- 5.分析經驗顯示，用模式分析去界定潛勢（或警戒值）是相當困難的，因為二大因素（土壤強度，尤其是視凝聚力之變化以及水文因素）在大規模區域下很難界定清楚（因為空間變異性），再加上地質構造會影響水文及破壞機制，所以大規模去劃定區域潛勢圖真的很不容易（太多因素不確定），林教授講的根據歷史資料航照圖來進行分析是比較可行的途徑，建議不要寫”不可預測性”，可改為”難預測性”。

八、陳聯光研究員

- 1.建議依據保全對象研提適宜的防治策略，無直接衝擊之影響建議以自然復育為主。
- 2.對於流域上、中、下游土砂運移之管理或調適亦需納入考量未來防治策略。
- 3.對於不易判釋具淺層崩塌潛勢區域其崩塌預警訂定仍需更多的案例進行分析探討。
- 4.對於崩塌災害防治之推動，除了對於崩塌潛勢區的調查外，建議對於已崩塌的土砂或區域可能擴張或堆積土砂運移納入防治策略考量。
- 5.對於崩塌防治的策略建議依崩塌機制進行規劃，而不宜以崩塌之深淺進行劃分。

九、黃貞凱總經理

- 1.就個人觀察，目前台灣之淺層崩塌發生機制較似 Penwick 所述，為表面高滲透性土壤層含水後下移所致。故邊坡集、排水系統對淺層邊坡穩定貢獻極大。
- 2.實務上，崩塌地現地調查，以”目視”研判未崩塌區位之”土壤”深度有其難度。
- 3.就台灣而言，地質因素應與淺層崩塌的”材料”有關。
- 4.就工程角度而言，不管崩塌深淺，機制會決定工程處理方式。因此如何調查確認該場址為淺層或深層為實務上較重要的課題。

十、王文能博士

- 1.建議將”土壤沖蝕”不列入崩塌分類形態。
- 2.國有林地的淺層崩塌可以航照判勢方法，從現有崩塌地及林道沿線著手調查。

十一、吳亭燁博士

- 1.以防災觀點而言，建立警戒值及治理對策或警戒區時，是否從歷史案例+影像判釋+現場調查等方式，找出高警戒區後，分析其特性並建立不同的治理對策為較佳。
- 2.崩塌防災警戒系統，建議考量崩塌直接影響區域，如直接可能衝擊區域，以及間接影響區域，如崩塌在上游爾後可能因降雨或其他因素而大量移動至下游造成災害等。考量此二種區域分類建立不同警戒系統。
- 3.淺層崩塌的劃定以深度為主劃分，宜再考量
- 4.該分類方式未包含地震引發的崩塌事件(P.33)
- 5.表層崩塌以及深層崩塌有時伴隨發生，有時單獨發生。若清楚以深度劃分，仍難以有適當對策配合。如深度淺但面積廣泛→影響人數多或關鍵設施，則需投入較多資源進行減災。
- 6.建議未來考量全流域治理概念。因為崩塌發生有可能於無保全對象處，但土砂會影響到下游地區有保全對象處。其崩塌、土石流警戒值等以該流域一併考量。

十二、洪如江教授

1.崩塌主要誘發原因

1.1 一般說明

在國際通用的崩塌分類(例如 Varnes)之中，並無「淺層崩塌」或

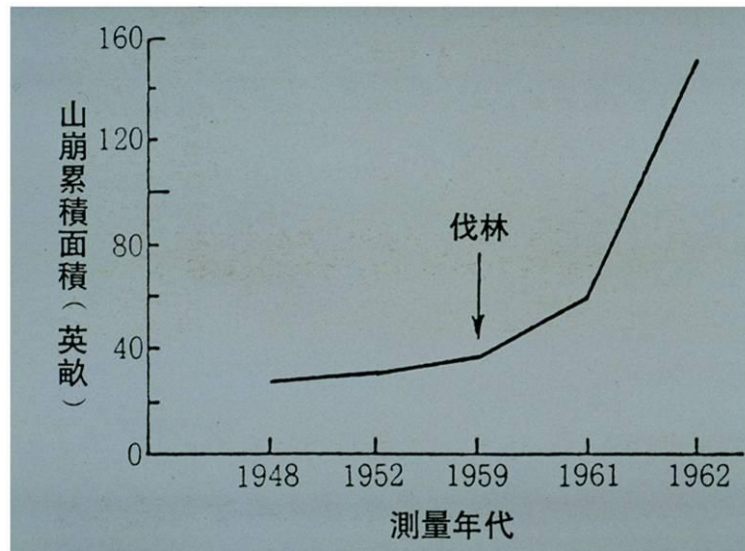
「深層崩塌」之類。崩塌如有深、淺之不同，常因作用力(例如豪雨、地震)之強弱而有不同。一般而言，同一地點，降雨強度或累積雨量小者，或地震強度小者，崩塌之規模(面積 x 深度)小；累積雨量大者，或地震強度大者，崩塌之規模(面積 x 深度)也大。

小規模之崩塌，崩塌面積小，崩塌深度也淺。其崩塌深度多發生在風化層位內或風化層與未風化層之界面。大規模之崩塌，不但崩塌面積大，崩塌深度也大。如果風化層很厚且組織相當均勻，發生大規模弧型滑動(Rotational slide)機會很大，但也可能發生塊狀滑動(Block slide)或其他型態的滑動。如果在順向坡地區，主要沿潛在滑動面滑動，其崩塌深度可深可淺。

1.2 崩塌主要誘發原因為：

(1)人為活動：美國國家科學院(National Academy of Sciences)的一份特別報告(Special Report 176)指出：“For example, Nilsen and Tuener showed that in Contra Coster County, California, approximately 80 Percent of the landslides have been caused by human activity. Briggs, Pomertoy, and Davies noted that more than 90 percent of the landslides in Allegheny County, Pennsylvania, have been related to human activities.” (本研究翻譯如後：舉例而言，在 Nilsen 及 Tuene 的研究指出：在美國加州的 Contra Coster 郡，有將近 80% 的崩塌是因為人為活動所造成。Briggs、Pomertoy 及 Davies 等學者也指出：在美國賓洲的 Allegheny County 地區，有超過 90% 的崩塌也跟人為活動相關。)

(2)許茂雄教授的研究證實伐木使山崩急速增加，示如下圖。



伐木的後果：山崩大增（許茂雄教授對阿拉斯加伐木試驗的研究）

伐林與崩塌累積面積關係圖

(3)根據美國數百年調查及研究(Doug Heiken, 1997)，「砍伐森林」所引起的坍方(數量及體積)，約為「自然坍方」的 10 倍。而「開路上山」所引起的坍方(數量及體積)約為「自然坍方」的 100 倍。參見下表及下圖。

砍伐森林造成坍方之嚴重性比較表

砍伐森林與開路引起山地坍方的嚴重性比較 (美國西北部太平洋海岸山脈之例) (洪如江摘譯自Doug Heiken, 1997；只選取連續觀察20年以上部分)			
調查地區	調查期間	相對坍方數 (森林/砍伐/開路)	相對坍方體積 (森林/砍伐/開路)
西南英屬哥倫比亞海岸山脈	1939-1972	1x/5x/20x	1x/12x/25x
華盛頓 Stequaleho Creek	1887-1971	1x/na/1600x	1x/na/224x
Oregon Cascades HJ Andrews 森林	1946-1972	1x/3x/33x	1x/3x/30x
Oregon Cascades Hilder Creek	1946-1975	1x/12x/366x	1x/2.6x/343x
Oregon 海岸山脈，Mapleton RD	1957-1977	1x/1x/7x	1x/2x/45x
Oregon Cascades Blue River	1946-1981	1x/10x/106x	1x/9x/44x
Oregon Cascades Middle Santian R.	1955-1981	1x/13x/74x	1x/3.4x/95x
Willamett NF 中度安定區	約 30 年	1x/3x/47x	1x/2.5x/37x
Willamett NF 不安定區	約 30 年	1x/7x/336x	1x/5.5x/250x
* Oregon Siskiyou NF Klamath 山	1556-1976	1x/19x/138x	1x/7x/112x

資料來源：Doug Heiken, 1997,

Landslides and Clearcut: What Does The Science Really Say?

* 表中最後一行的數字顯示：砍伐森林所引起的自然坍方(數量或體積)約為森林自然坍方(數量或體積)10倍，而開路上山所引起的坍方約為森林自然坍方的100倍



開路上山的後果，新中橫公路水里玉山線大迴頭彎（洪如江攝）

新中橫公路因道路開發導致邊坡崩塌案例(洪如江教授拍攝)

- (4)在臺灣，開路上山幾乎必然引進的「不當農耕」，其所引起的坍方(數量及體積)，應不只是自然坍方的 100 倍而已。
- (5)豪雨、地震：參見 1.1 一般說明小節。

2. 崩塌防治策略

- (1) 自然坍方令其自然發生、自然復育。
- (2) 封閉或廢除不需要或不當的山區道路，應是首要之務。
- (3) 嚴禁砍伐森林，不惜代價收回民間在山區的違法、違規、超限利用、種植淺根性植物、等等林地及山坡地；令其自然復育，發展出「複層植生」的雜木林。
- (4)經濟造林，如有需要，應在平地(例如台糖廢棄的蔗田)進行。

3.&4. 崩塌防災警戒系統

- (1)利用衛星影像、航照、陸空巡邏，監測超限利用、違法、違規、等等資訊。建議在衛星與航拍飛機裝置能夠在黑夜與雲雨期間拍攝到影像與航照的雷達波段儀器。
- (2)其他林務局及水土保持局已有之防災警戒系統與方法。

附錄三 88 處崩塌案例資料彙整

本表格乃由本局提供之 88 處崩塌資料及本研究進行調查分析之綜合彙整資料，各欄位資料說明如後：

「No」代表此點位在 88 處崩塌資料中之編號，此編號乃由本局提供資料給定

「林管處」代表該崩塌點位隸屬於哪一個林區管理處所管轄

「工程名稱」代表該崩塌工程名稱

「工程內容」代表該崩塌工程施工所進行之工程內容

「岩性」代表該邊坡地質岩性類別

「誘發」代表該崩塌之誘發因素

「分類」代表該崩塌案例在本研究分類後，隸屬於土石流、淺層崩塌或非崩塌案例等。

更詳盡的調查及分析資料，請參考第五章及附錄(崩塌地調查表格)。

No	林管處	工程名稱	工程內容	岩性	誘發	分類
1	台東	成功 57 林班水土保持二期工程	其他擋土牆基礎加強、邊坡縱橫向排水及植生加強	大南澳片岩	降雨誘發 河川淘刷	淺層崩塌
2	台東	大武 42 林班崩塌地處理工程	其他護岸設施及崩塌地排水改善、植生	板岩	河川淘刷	淺層崩塌
3	台東	台東 32 林班崩塌地處理二期工程	其他植生約 800m ² ，護坡及駁坎各約 150m(高度約 2m)，坡面縱橫向洩溝長度約 200m 等。	板岩	道路開發	淺層崩塌
4	東勢	大甲溪事業區 81 林班崩塌地處理工程	其他生態工法補強約 100m ² 等	板岩	道路開發	非崩塌案例
5	東勢	和平鄉平等村環山地號 858-859 對岸崩塌地處理工程	其他掛網植生約 1500M ² 等	變質砂岩	降雨誘發 河川淘刷	淺層崩塌
6	東勢	大雪山林道 29K+600 下邊坡復育工程	駁坎、護坡 5522 m, AC 路面 4330 m, 護欄 5400 m	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌

No	林管處	工程名稱	工程內容	岩性	誘發	分類
7	東勢	神岡鄉崩塌地處理二期工程	擋土牆 70 公尺，其他擋土牆 70 公尺、掛網植生 6000 平方公尺	卵礫石層	道路開發	淺層崩塌
8	東勢	甲區 1 林班崩塌地處理等工程	護岸 50 公尺	板岩	道路開發	淺層崩塌
9	東勢	甲區 65 林班崩塌地治理工程	擋土牆 3 公尺	板岩	降雨誘發	淺層崩塌
10	東勢	神岡鄉區外保安林崩塌地處理三期工程	防砂壩 1 座	卵礫石層	降雨誘發	淺層崩塌
11	東勢	大甲鎮編號 1410 保安林崩塌地處理工程	潛壩 1 座，固床工 1 座，駁坎、護坡 24 公尺，種子撒播 0.5ha，植生面積 5532 平方公尺	卵礫石層	降雨誘發	淺層崩塌
12	東勢	必坦溪 1 號崩塌地處理第 2 期工程		板岩及變質砂岩	降雨誘發	淺層崩塌
13	花蓮	樂合溪上游崩塌地處理工程	護岸 300 公尺	砂岩及頁岩互層，含泥岩	河川淘刷	淺層崩塌
14	花蓮	林田山區 149 林班草竹坑溪崩塌地處理工程	固床工 4 座，護岸 179 公尺，PC 路面 144.5 公尺，護欄 49.5 公尺	砂岩及頁岩互，含泥岩層	河川淘刷	淺層崩塌
15	南投	埔里事業區鯉魚潭林班崩塌地處理及排水系統改善工程	其他崩塌地處理約 1ha 及排水系統改善約 1 公里	板岩	道路開發	淺層崩塌
16	南投	翠峰護管所後方擋土牆延建工程	其他擋土牆新建約高 6M 長 100M	板岩	降雨誘發	長期性地滑
17	南投	水里鄉新興村巒大 7 林班崩塌地處理工程	固床工 3 座，擋土牆 100 公尺	砂岩及頁岩	河川淘刷	淺層崩塌
18	南投	巒大事業區日月潭林班崩塌地處理工程	其他防砂設施及護岸	堅硬砂岩與頁岩	降雨誘發	淺層崩塌

No	林管處	工程名稱	工程內容	岩性	誘發	分類
19	南投	巒大事業區日月潭林班崩塌地處理災修工程	其他護岸約 180 公尺,固床工及跌水工各二座	板岩	降雨誘發 河川淘刷	淺層崩塌
20	屏東	四社山崩塌地處理二期工程	固床工 2 座, 護岸 100 公尺	堅硬砂岩與頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
21	屏東	尾寮山崩塌地處理工程	擋土牆 100 公尺, 其他坡面保護 3000 平方公尺	板岩	道路開發	淺層崩塌
22	屏東	貢尖崩塌地處理工程	駁坎、護坡 50 公尺, 其他坡面處理 2000 平方公尺	砂岩及頁岩	降雨誘發	土石流
23	屏東	旗山 46 林班崩塌地處理工程	潛壩 1 座, 其他副壩 4 座.縱向排水溝 72 公尺	砂岩及頁岩	降雨誘發	土石流
24	新竹	烏來區第 31 林班中崙路旁崩塌地復育工程	其他自由樑框噴植 A=4308m ² , 噴漿溝 L=399m, 混凝土護岸 L=120m, 固床工 5 座, 岩栓 187 支	堅硬砂岩與頁岩	道路開發	淺層崩塌
25	新竹	烏來區第 32 林班彩虹橋下游整治工程	其他護岸長 70 公尺高 5 公尺、固床工 4 座	堅硬砂岩與頁岩	河岸淘刷	淺層崩塌
26	新竹	竹東區第 143 林班崩塌地復育工程	其他重力式護岸 45m, 固床工 3 座, 鋪網噴植 2390m ² 鋪網噴凝土溝 189m。	粉砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
27	新竹	大湖區第 40 林班崩塌地復育工程	其他乾砌石護坡 96m, 鋪網噴植 6091m ² , 鋪網噴凝土溝 489m, 植栽樹苗 196 株, 混凝土排塊石 2 座	砂岩	降雨誘發	淺層崩塌
28	新竹	大溪區第 3 林班崩塌地復育加強工程	其他混凝土潛壩 L=13.5m、H=4.5m, 固床工 1 座 L=7m、H=2m	砂岩、頁岩含煤層	降雨誘發	土石流
29	新竹	大溪區新峰里崩塌地復育工程	其他土石籠護岸共計 136m ³ 、土石籠護坡共計 30m ³ , 織物模板護坡 294m ² 、土石籠固床工 1 座、梳子固床工 1 座、鋼軌樁 47 支	砂岩、頁岩含煤層	降雨誘發	淺層崩塌

No	林管處	工程名稱	工程內容	岩性	誘發	分類
30	新竹	大溪區第 157 林班崩塌地復育工程	其他掛網噴植 A=3393m ² 、噴漿溝 193m，潛壩 1 座 H=5m、W=39m、基礎保護工 L=30m、蝕溝處理 W=4~1m、L=27m 植生噴植 A=160m ² 、木作跌水護坦工 1 座	板岩	道路開發	淺層崩塌
31	新竹	大溪區第 42 林班 1 號崩塌地復育 2 期工程	其他掛網噴植、噴漿溝、擋土牆、打樁編柵、枕木花台、排水溝、AC 道路鋪設、標線佈設等	板岩	道路開發	淺層崩塌
32	新竹	大溪區第 8 林班崩塌地復育工程	其他植生噴植鋪設稻草蓆 A=448m ² 、A 工區擋土牆 27m，縱向噴漿溝共 74m、岩盤掛網 A=670m ² 、客土木格框護坡 L=35m、排水溝 L=37m、回填區整階平台 3 階	砂岩、頁岩含煤層	道路開發	淺層崩塌
33	新竹	大安溪區第 13 林班崩塌地復育工程		頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
34	新竹	竹東區第 13 林班二期災害防治工程	其他掛網噴植 39637m ² 鋪網噴凝土溝 2629m。	砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
35	新竹	大安溪區第 8 林班崩塌地復育工程	其他約辦理打樁編柵 2.5ha；導排水溝約長 50 公尺；節制工 5 座；坑溝整治 250 公尺；植生復育 1 式	礫石層	降雨誘發	土石流
36	嘉義	大埔區第 11 林班災害復建工程	其他邊坡治理長 110m 高 30~40m	砂岩及頁岩	道路開發	淺層崩塌
37	嘉義	玉井區 96.97.101 林班護岸修復及邊坡穩定工程	其他護岸長 50m、土堤 2 座約 100m 長	泥岩	降雨誘發	淺層崩塌

No	林管處	工程名稱	工程內容	岩性	誘發	分類
38	嘉義	區外保安林 2005 號崩塌地災修工程	其他擋土設施約 40m 長 20m 深及排水設施	砂岩及頁岩	道路開發	淺層崩塌
39	嘉義	區外保安林 1924 號護岸工程	其他護岸約 100m	砂岩	降雨誘發	淺層崩塌
40	嘉義	阿里山區 213 林班野溪治理工程	其他護坡約 150m、固床工約 5 座	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
41	嘉義	大埔區 71、84 林班野溪整治工程	其他潛壩 4 座、固床工 5 座、砌石護岸約 50m、淨水池 2 座、箱涵 1 座	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
42	嘉義	腦寮溪主支流崩塌地復育第二期工程	其他護坡護岸約 150m 及排水設施	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	土石流
43	嘉義	大埔區 151 林班崩塌地復育工程	其他 L 板護坡約 30m 及排水設施	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
44	嘉義	玉井區 81 林班柚子腳崩塌地緊急處理工程	其他坡面排水約 10ha、防砂壩 15m 長	砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
45	嘉義	觸口天長吊橋樓梯轉台下方保護工程	其他土包袋堆砌	堅硬砂岩及頁岩	人為開發	淺層崩塌
46	嘉義	玉井區 33 林班崩塌地處理工程	其他潛堤 1 座、護岸約 150m、固床工 5 座	頁岩夾薄層砂岩	降雨誘發	土石流
47	嘉義	六溪里崩塌地整治工程	其他防砂設施 2 座及護岸約 80m	鬆軟砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
48	嘉義	阿區 166、176、177 林班崩塌地整治工程	其他邊坡穩定工 100 公尺	砂岩及頁岩	降雨誘發	非淺層崩塌
49	嘉義	大埔區 155 林班邊坡穩定處理工程	其他蛇籠 3 層、坡面植生約 60m	堅硬砂岩及頁岩	道路開發	淺層崩塌
50	嘉義	阿區 132 林班百八嶺崩塌地處理工程	其他潛壩 2 座、護坡約 200m 長	砂岩及頁岩	降雨誘發	土石流

No	林管處	工程名稱	工程內容	岩性	誘發	分類
51	嘉義	阿里山區 191 林班崩塌地處理工程	其他箱籠護坡 400m、坡面植生	鬆軟砂岩及頁岩	道路開發	淺層崩塌
52	嘉義	阿里山區 155 林班崩塌地處理第二期工程	其他防砂設施 2 座長 60m 高 5m、邊坡穩定工長 400M 高 5m、固床工 3 座長 60m 高 3m	砂岩及頁岩	降雨誘發	土石流
53	羅東	宜專一線 20.9km、鳩之澤崩塌災害復建工程		板岩	降雨誘發	淺層崩塌
54	羅東	中間解說站南側地滑區整治第三期工程	型框植生 710 平方公尺, 其他 150 公尺擋土牆預力地錨補設、水平集水管 1000 公尺、縱向排水 100 公尺	硬頁岩與變質砂岩	道路開發	淺層崩塌
55	羅東	北投 3011 區外保安林 159 巷崩塌地復育工程	其他鋪網噴植 350 m ² 、縱橫洩溝 100m、箱籠擋土牆 20m	砂頁岩互層	降雨誘發	淺層崩塌
56	羅東	信義區 3006 號保安林崩塌地復育工程	其他鋪網噴植 150 m ² 、縱橫洩溝 100m、沉砂池 1 座、箱涵 1 座	砂頁岩互層, 含煤層	降雨誘發	淺層崩塌
57	羅東	蹦蹦車道 0K+830 下邊坡崩塌地處理工程	其他鋪網噴植 400 m ² 、縱橫截洩溝 100m	板岩	降雨誘發	淺層崩塌
58	羅東	坪林三分子農路崩塌地復育工程	其他格框噴植 1000 m ² 、鋪網噴植 4000 m ² 、喬灌木種植 100 株、縱橫洩溝 450m。	砂頁岩互層	道路開發	淺層崩塌
59	羅東	宜區 47 林班崩塌地復育工程	其他格框噴植 1000 m ² 、縱橫洩溝 250m。	變質砂岩	道路開發	淺層崩塌
60	羅東	基隆市 2805 號保安林海洋大學旁崩塌地處理工程	其他掛網 1740 m ² 、自鑽式岩釘 231 支、輔助式岩釘 1509 支	砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
61	羅東	文山事業區第 4 林班崩塌地復育第四期工程	其他鋪網噴植 10000 m ² 、縱橫洩溝 500m	砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌

No	林管處	工程名稱	工程內容	岩性	誘發	分類
62	羅東	馬當溪右一坑源頭崩塌地復育工程	其他潛壩設置 1 座，打樁編柵約 670m，縱、橫向截排水溝約 1700m，植生復育約 14000 m ² 等。	板岩	降雨誘發	淺層崩塌
63	花蓮	富源溪邊坡整治工程	其他石籠護岸：長度 150 公尺、崩塌地整治 500 平方公尺	大南澳片岩	降雨誘發	淺層崩塌
64	花蓮	玉里事業區 22 林班崩塌地處理三期工程	固床工 7 座，護岸 680 公尺，植生面積 1580 平方公尺，土石(疏濬)清除 5000 立方公尺	礫石、砂岩及黏土	河川淘刷	非淺層崩塌
65	花蓮	立霧溪事業區 8 林班坡地保育二期工程	蝕溝治理 100 公尺	大南澳片岩	降雨誘發	土石流
66	花蓮	樂合溪上游崩塌地處理二期工程	蝕溝治理 100 公尺	鬆軟砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
67	花蓮	玉里區 99 林班野溪治理工程	蝕溝治理 100 公尺，其他野溪流心控制及崩塌地處理	鬆軟砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
68	南投	埔里區 96 林班崩塌地二期處理工程	其他坡趾保護工約 100 公尺	砂岩及頁岩	道路開發	淺層崩塌
69	南投	埔里區 93 林班崩塌地處理工程	其他新建防砂壩兩座及附屬結構物	板岩	降雨誘發	土石流
70	南投	台中市民德里土地公坑第二期整治工程	其他梳子壩 1 座、箱涵 1 座、護岸 200 公尺、固床工 10 座	砂岩及頁岩	降雨誘發	土石流
71	南投	99 年度惠蓀林場露營區旁崩塌地處理工程	其他坡面處理約 0.5ha 及野溪清疏	板岩	道路開發	淺層崩塌
72	南投	台中市連坑溪上游邊坡穩定處理工程	其他石籠擋土牆 55 公尺	礫石及厚層至薄層砂岩	道路開發	淺層崩塌

No	林管處	工程名稱	工程內容	岩性	誘發	分類
73	南投	信義鄉望美村農富坪崩塌地治理工程	其他擋土牆長約 150 公尺及崩塌地整治	砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
74	南投	埔里區 70 林班崩塌地處理工程	其他坡趾保護工約 100m 等	砂岩與頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
75	嘉義	阿里山區 141 林班邊坡穩定處理工程	其他護坡 100m	砂岩及頁岩	河川淘刷	淺層崩塌
76	嘉義	阿里山區 199 林班科仔林崩塌地處理工程	其他潛壩 2 座、擋土牆 50m 及裸坡植生等	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
77	嘉義	朴子溪上游崩塌地擋土牆工程	其他石籠擋土牆 150m 護岸 100m	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
78	嘉義	阿區 207 林班崩塌地野溪治理工程	其他上腹工 3 座、跌水工 1 座	鬆軟砂岩及頁岩	降雨誘發	土石流
79	嘉義	阿區 206 林班崩塌地野溪治理工程	其他潛壩 2 座、跌水工 1 座	鬆軟砂岩及頁岩	降雨誘發	淺層崩塌
80	嘉義	阿區 204 林班崩塌地野溪治理工程	其他潛壩 4 座、跌水工 2 座	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	土石流
81	嘉義	阿區 133 林班崩塌地處理工程	其他擋土牆 150m 及植生	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	非崩塌案例
82	嘉義	特富野聯外道路崩塌地處理工程	其他潛壩 1 處、擋土牆 100m 及排水溝 50m	堅硬砂岩及頁岩	道路開發	淺層崩塌
83	嘉義	玉井區 11 林班鳳梨山崩塌地處理工程	護岸 60m、護坡 40m、排水溝及植生等	堅硬砂岩及頁岩	道路開發	淺層崩塌
84	嘉義	阿里山鄉中山村區外排水改善及監測工程	其他排水設施 200m 及監測建置	堅硬砂岩及頁岩	降雨誘發	非崩塌案例

No	林管處	工程名稱	工程內容	岩性	誘發	分類
85	羅東	北投 3011 區外保安林 159 巷崩塌地復育第二期工程	其他鋪網噴植 100 m ² 、縱橫洩溝 80m、箱籠擋土牆 25m	砂頁岩互層	降雨誘發	淺層崩塌
86	羅東	基隆市北寧路及新豐街口危石處理工程	危石打除 60m ³ 、石籠擋土牆 50m 共 3 層	頁岩及砂岩	降雨誘發	淺層崩塌
87	羅東	清水溪左側護岸補強工程		礫石、砂、泥	河川淘刷	淺層崩塌
88	羅東	蹦蹦車道 0K+830 下邊坡崩塌地處理第二期工程	其他蹦蹦車鐵道 200 公尺、林地 0.1ha	板岩	降雨誘發	淺層崩塌

附錄四 期初報告審查意見及回應

審查意見	意見回復
王委員幸隆	
1.原期待 8 月 24 日舉辦「淺層崩塌專家學者座談會」會熱烈共同討論並研討國內淺層之定義、形態及誘發原因以供本研究未來執行方向之參考，惟國內崩塌領域較代表性研究專家學者（如洪如江教授、張石角教授、陳宏宇教授...等）未共襄盛舉，甚為可惜。	感謝委員寶貴意見，關於委員所提的三位專家學者，本研究人員將主動跟三位專家學者聯繫，並以當面請教方式聆聽三位專家學者意見，相關資料將在期末報告補齊。
(期末報告執行補充)	本團隊於期初報告後開始聯繫洪如江教授、張石角教授、陳宏宇教授等三位專家學者至期末報告為止，張石角教授及陳宏宇教授表達「無意見」，洪如江教授表達意見則併於附錄。
2. P76 成果與建議第十行淺層崩塌之特性「淺層崩塌是風化土（岩）層次土且未觸及岩盤的崩塌現象。」其中風化土（岩）層分六級是否全包括？建議加附「較陡坡地形及滑動面露出明確」。	感謝委員寶貴意見，已於報告中補充說明，但仍以專家學者座談會之建議為主要依據。
3. P25 最後兩行九九峰位於集集地震震央之西北偏北，而經分析結果發現九九峰淺層崩塌則以西北方（？）北方（？）及東北方等邊坡坡向為主。	感謝委員寶貴意見，該篇分析探討集集地震對九九峰之崩塌影響，分析結果的確發現九九峰以偏北方(包含西北方、北方及東北方)等坡向之邊坡崩塌為主。
4. P74 表 4.6 除玉峰溪集水區崩塌最深度發生在 20°至 40°間為主，最後一行當崩塌面積為 102 平方公尺時估算崩塌體積約介於 2 ³ 至 304 立方公尺，請查明是否有誤。	感謝委員寶貴意見，該行文稿已更正，如期中報告 P129。
5.圖 4.1.P53 台灣崩塌地分佈圖資	感謝委員寶貴意見，目前文稿中

模糊無法清楚了解分布情形，請適當調整或放大。	之圖資皆改以寬度 12 公分方式放大呈現，盼能清楚展現圖資。
6. P76 工作項目(3)蒐集 1999 年 921 集集地震後各林區管理處（各林管處各處）大規模淺層崩塌土砂災害案例，分析其誘發原因、災害類型及影響範圍，建議面積範圍不要太大，以具有保全對象國有國有林地之子集水區（面積超過 50 層）為研究對象。	感謝委員寶貴意見，經期初報告審查意見，本研究目前遵從委員建議，改以子集水區為主。相關說明及原則也補充在期中報告第 58 至 59 頁及圖 4.5。
施委員彰樹	
1.淺層崩塌之定義迄目前仍尚無共識，若未來在研究期間仍無共識，則建議暫先以林務局之另一項深層崩塌之研究之範圍為區隔，以不相互重疊為研究範圍。惟每一範圍避免過大，以免執行實務上發生困難。	感謝委員寶貴意見，目前本研究篩選出之研究區域，經查並未於深層崩塌研究區域重疊，未來研究執行上也會注意此點意見。
2.本項研究之主要工作為瞭解崩塌特性、誘發原因及崩塌行為，故建議就林管處發生之崩塌地實地勘查調查處，再據以探討分析。	感謝委員寶貴意見，在本年度第四項工作：88 處崩塌案例調查，本研究會經過篩選後，進行現場調查實務。
3.淺層崩塌警戒值之訂定，宜先因瞭解崩塌潛勢地點後，再調查其有無保全對象，及其範圍、距離等，先別研訂警戒值。	感謝委員寶貴意見，本研究遵從建議。
4. P18 崩塌的誘發原因”C”，淺層的發生與地形、地質、水文及氣候等無關，所述論點依據為何請詳為說明。	感謝委員寶貴意見，該篇研究僅是該國淺層崩塌現象，並非代表全世界淺層崩塌現象；為避免該段文字造成誤解，本研究已加註部分說明於該段文詞之後。
5. P77 大規模淺層崩塌之選擇，建議先與林管處洽商為宜，以符合實務上之需要。	感謝委員寶貴意見，目前研究區域選擇已補充說明在期中報告第 58 至 59 頁及圖 4.5，原則上以各林區管理處建議研究區域為主，盼研究成果對各林區管理處有所

	助益。
國家災害防救科技中心 陳聯光委員	
1.調查區位所列 88 處中，多處屬野溪護岸崩塌與本計畫所列研究淺層崩塌警戒基準之觸發因子有所差異，建議檢討評估其適用性	感謝委員寶貴意見，本研究針對此 88 處崩塌案例，將會訂出篩選原則，需具有保全對象且有淺層崩塌危害之潛勢者，方列入本研究之後研究範圍。
2.建議明確述明警戒基準之促崩因子（降雨或地震），以利後續資料蒐整調查分析應用。另對於崩塌屬原發型或擴張型崩塌，建議宜分別探討分析之。	感謝委員寶貴意見，目前本研究分析之淺層崩塌誘發原因，皆以降雨誘發為主，本研究也朝向比較屢次降雨事件，盼能訂定明確之促崩門檻值。
3.資料的品質與數量將影響未來統計分析與教驗結果之可信度，建議強化此部分之未來評估模式之建議。	感謝委員寶貴意見，本研究遵從建議。
4.本研究之未來成果將可提供未來評估國有林之災害規模，以利評核單位防減災措施與需強化之處，建議主辦單位是否要於第 2 或第 3 年內加入如降雨引致崩塌土砂可能運移之推估工作。	感謝委員寶貴意見，本研究遵從建議。
森林企劃組邱組長立文	
1.天然林經人工經營之崩塌研究案例分析可提供資料，另原林相植生資料亦可提供。	感謝委員寶貴意見，關於土地利用類別對崩塌之影響，本研究目前採用內政部最新版土地利用圖層進行判釋。
2.第 3 次資源調查結果可提供植群圖及土地利用等相關資料。	感謝委員寶貴意見，關於土地利用類別對崩塌之影響，本研究目前採用內政部最新版土地利用圖層進行判釋。
3.農航所 98-100 年利用航照資料進行崩塌地自動判釋，如有需要亦可提供。	感謝委員寶貴意見，本研究後續研究將會與貴組聯繫，以取得屢次颱風豪雨事件之崩塌圖資。
4.崩塌評估資料統計模式，可參考國外模式，並找出適用國內	感謝委員寶貴意見，本研究未來將建構之崩塌評估模式，將沿用

之參數。	國內崩塌案例，建立本土化崩塌模式，並不會以他國參數為崩塌潛勢評估模式上之使用。
5.國有國有林地須參考 100 年林業統計結果 153.8 萬 ha。	感謝委員寶貴意見，該段文詞已更正。
6.本研究崩塌地資料分析，要有統一格式，成果可否納入本局。	感謝委員寶貴意見，本研究遵從建議。
東勢林區管理處劉建鴻	
1.P7 第一行、P13 倒數第 7 行，高「經」度誤繕。	感謝委員寶貴意見，文辭已更正。
2.附錄三東勢處部分，工程內容與實際施作內容部分不符。	感謝委員寶貴意見，88 處崩塌案例相關內容，本研究人員已發文向給 各林區管理處人員，盼能取得更正確內容。
3.後續是否會依崩塌機制形態訂定較適合之整治工法。	感謝委員寶貴意見，本研究將會針對淺層崩塌誘發原因，給予集水區保育治理建議方式進行。
4.東勢處轄區大安溪上游（烏石坑溪、雪山坑溪子集水區）是否也能納入案例。	感謝委員寶貴意見，目前東勢林區管理處之研究區域，已更改為烏石坑溪、雪山坑溪子集水區。
嘉義林區管理處嚴嘉宏	
1.崩塌案例嘉義處佔 27 件，未來後續報告中嘉義處須配合事項為何？	感謝委員寶貴意見，88 處崩塌案例相關內容，本研究人員已發文向給 各林區管理處人員，盼能取得更正確內容。
2.曾文水庫集水區須協助事項。	感謝委員寶貴意見，由於其他委員建議曾文水庫集水區之崩塌案例應列入 88 處崩塌案例中，本研究人員已發文向給 各林區管理處人員，盼能獲得各林區管理處建議分析區域。
3.水保局土石流警戒雨量是否可套入林務局國有林地內，建議給予充分理由，而不是淺層崩塌警戒未訂定前。	感謝委員寶貴意見，目前本研究僅將水保局土石流警戒雨量引為參考，但並不適用於國有林地內之淺層崩塌警戒雨量。
4.座標系統林務局使用 97 座標系統，而水保局採用 67 座標系	感謝委員寶貴意見，目前本研究分析過程所採用座標系統，都以

統，未來應予說明。	97 座標系統為主。
5. 88 處崩塌進行航拍及現場調查，分析崩塌誘發原因及破壞類型，進而建立資料庫是否不定因素太大，導致後續研究不易，嘉義處於 99 年度針對國有林地崩塌特性分析-以阿里山事業區為例，分析範圍以該事業區較易崩塌處做分析，提供 24hrs 以及 48HRS 降雨強度達 500mm 及 1000mm 較易崩塌處提供警戒範圍，以供本處及各工作站瞭解，進而由各轄管巡山人員加強警戒。	感謝委員寶貴意見，本研究人員已發文給向 貴處人員 索取相關資料，以利後續分析；也感謝 貴處 提供資料協助本研究進行。
花蓮林區管理處戴欣怡	
1.88 處崩塌治理工程，全非為崩塌坡面治理工程，而可能為溪流邊坡之坡腳穩定工程或林道道路邊坡坡腳穩固工程，屬此類型案例是否納入分析？	感謝委員寶貴意見，本研究針對此 88 處崩塌案例，將會訂出篩選原則，需具有保全對象且有淺層崩塌危害之潛勢者，方列入本研究之後研究範圍。
2.有關報告書中針對崩塌案例分析部分，若以崩塌地地形位置影響法分析，就 88 處崩塌案例，應多屬圖 4.15 之右下半部崩塌型式，但若以大尺度分析，如金崙溪集水區之崩塌型式，應多屬坡面之淺層崩塌。在未來分析上，若依據既有崩塌圖資分析，對於溪流邊坡淘刷型式之崩塌未必可於既有圖資即可分析瞭解，且小尺度與大尺度分析之關聯性等相關問題，研究團隊是否已考量？	感謝委員寶貴意見，目前本研究第一年度工作方向分為大區域子集水區單位之淺層崩塌分析及小區域 88 處崩塌案例分析，大區域分析結果盼能提供未來保育治理建議給各林區管理處，小區域 88 處崩塌案例分析則希望藉由實際案例，更瞭解淺層崩塌誘發原因，以利後續治理工程施作。
3.P74 表 4.6 提及之前人研究中，陳樹群等於 2010 年分析之研究案例多為西半部區域，就台灣各區地質特性差異上，採用此邊坡坡度與崩塌深度對應關係	感謝委員寶貴意見，此類崩塌統計模式數值，大部分都會具有地域性問題，因此未來真正分析上，本研究建議採用崩塌面積與崩塌體積關係式進行推估，因該

之推估式，研究試用性是否合適。	關係式乃與國際研究較接近，也較具可信度。
羅東林區管理處洪豪男	
1.第一期工項目內本處崩塌土砂災害案例，建議不要選取和平溪，確切案例及子集水區待本處討論後再與研究團隊報告。	感謝委員寶貴意見，本研究目前已遵從貴處建議，改以「土場溪集水區」為研究區域。
2.88 處工程地點本處可提供現地地形圖供研究團隊使用。	感謝委員寶貴意見，88 處崩塌案例相關內容，本研究人員已發文向給 各林區管理處人員，盼能取得更正確內容。
3.淺層崩塌潛勢區域警戒評估，建議應綜合考量保全住戶之重要性、合法性及必要性。	感謝委員寶貴意見，本研究對於淺層崩塌研究之基礎，便在於保全對象有無，因此若無保全對象存在之區域，並不列為本研究建議研究區域。
4.崩塌地「區分」為淺層及深層之用意為何？係整治效益之不同，或運動、物理機制不同，建議研究團隊應清楚說明，如於治理模式或方法無實質不同，建議無須特別定義區分，僅訂為本研究案之研究定義即可。	感謝委員寶貴意見，淺層崩塌與深層崩塌在治理工法及防災策略上有其差異(相關文稿煩請參閱本報告第二章)，未來在防災策略操作上也有不同。本研究將會朝向更實務面提供建議。
台東林區管理處	
1.本案 88 處崩塌案例資料彙整，台東處計有 3 處，屆時配合委辦單位提供相關工程資料。	感謝委員寶貴意見，88 處崩塌案例相關內容，本研究人員已發文向給 各林區管理處人員，盼能取得更正確內容。
本局集水區治理組	
1.面對氣候變遷，可否於計畫中推估未來 5 年或 20 年內國有林地內的崩塌比，以利後續政策的擬定。	感謝委員寶貴意見，氣候資料不易預測，本研究會嘗試在期末報告中提出相關數據，以利相關人員參考。但以目前氣候變遷趨勢而言，未來降雨特性將會朝向大雨更集中於夏秋兩季、降雨強度更高且長延時之降雨，也代表未來山坡地災害可能面臨更大的威

	脅。
2.檢視嘉義處已處理之工程，多為溪流淘刷之案例，並少有曾文水庫上游之崩塌工程，請嘉義處再行檢視是否有相關工程案例可提供研究團隊分析。	感謝委員寶貴意見，本研究人員將再與嘉義林管處人員協調。
3.各林管處是否有其他案例需要研究團隊分析探討，請提供資訊予研究團隊。	感謝委員寶貴意見。
4.為利計畫執行請各林管處提供98~99 年已完工相關資料予研究團隊。	感謝委員寶貴意見。
5.P.50 有關不擇定納莉及卡玫基風災之案例應加強說明。	感謝委員寶貴意見，本研究已發文尋求相關單位(水土保持局及中央地調所)是否有此兩場颱風之崩塌圖資，若有取得相關圖資，此兩場颱風事件將會一併納入分析。

附錄五 期中報告審查意見

審查意見	意見回復
王委員幸隆	
1.由 P14 圖 1 之本研究第一年度甘梯圖，期中報告要完成(1)瞭解過往各林區管理處發生大範圍淺層崩塌（乙處）案例分析誘發原因及破壞型態，及影響範圍（2）88 處崩塌案例資料蒐集及初步分析，此次期中報告僅蒐集國內外淺層崩塌相關文獻較完整，其餘上述（1）（2）尚待處理(彙整)中，工作進度落後甚多。建議規劃團隊建立各林區管理處窗口，不可等各林管處公文來函提供(1)(2)資料，應積極自動與其聯絡，甚至往各林區管理處取得所需資料。	感謝委員寶貴意見，目前各項工作已完成，也在期末報告前跟各林區管理處聯繫多次，取得相關資料。
2.調查 98-99 年間各林區管理處 88 處崩塌地案例，除以「具有保全對象且為淺層崩塌」者為主要篩選原則外，建議設計調查表其欄位（內容）包括工程名稱、座標、林區管理處、事業區別、工程內容、肇災原因、地形、土壤、岩性、坡度等必要欄位，調查表可提供現場調查及分析參考。	感謝委員意見，目前本研究所設計之調查表格皆有委員提及內容。
3.集集地震後大範圍淺層崩塌案例分析說明 P65 至 P130，其中諸多錯誤、誤植，請查明更正。建議期末報告其內容及分析說明需嚴謹，經過審核、校正，並且主持人過目，以示慎重。	感謝委員意見。
施委員彰樹	
1.P2 工作範圍有林班總面積究係 159.9 萬 ha，或 153.8ha，請查	感謝委員意見，已更正。

明。	
2.P49 淺層崩塌警戒值，擬先依水土保持局土石流警戒雨量進行調整乙節，仍應依據各崩塌地之地文、水文及保全對象等特性，分別研訂之。	感謝委員意見，在淺層崩塌警戒雨量尚未提出前，水土保持局之土石流警戒雨量可供為參考；本研究也於期末報告中詳細分析各區域之淺層崩塌降雨誘發特性，如長延時或短延時，高強度或低強度等特性，此資料將供為未來淺層崩塌警戒值擬定之依據。
3.P58 表 4.3 代表性子集水區之選擇，宜自動儘速與相關林管處洽商訂定之。期研究成果能符合各處實務上參考所需。	感謝委員意見，目前所提出之 16 處研究區域，都經期中報告及各林管處協商後確定。
4.各項圖表，為其更多人員易於閱讀，文中圖表如有原文者，宜加上中文。	感謝委員意見，遵從建議。
5.P53 玉峰溪、P97 曾文水庫及 P112 太麻里溪等之崩塌特性分析之綜合說明，有降雨為旗山溪崩塌主要原因，所述旗山溪似有誤植，請查明，另有其他內容亦有錯誤，宜再檢核。	感謝委員意見，前述錯誤皆已更正，此次期末報告內容有經多次檢核。
6.第四章 8 個集水區崩塌特性分析，雖已分章節詳述，惟仍建議將各崩塌地特性彙整一總表，以利查閱。	感謝委員意見，遵從建議。
7.88 處崩塌案例資料，宜有調查表格式(應含基本資料、現況及照片)	感謝委員意見，目前本研究所設計之調查表格皆有委員提及內容。
森林企畫組	
1.淺層崩塌 8 處集水區及案例分析，建議加入植生或土地利用型態等因子。	感謝委員意見，目前已於各節加入土地利用類別與崩塌比之分析。
2.未來實地勘查建議制訂淺層崩塌現勘調查表，並納入資料庫。	感謝委員意見，遵從建議。
3.建立淺層崩塌資料庫，建議羅列相關圖層名稱，格式分析層	感謝委員意見，目前本研究調查表格所分析內容，皆來自於二度

圖及其詮釋資料。	分帶座標、高精度數值高程模型(5mDEM)、5000 分之 1 地質圖，其餘資料皆為現場勘查所填寫。
4.曾文水庫崩塌地調查資料(多次)及屏東處委託屏科大陳副校長進行 3 年崩塌相關研究計畫應可參考。	感謝委員意見。
新竹林區管理處	
1.崩塌與道路之關連宜再加以分析敘述。	感謝委員意見，目前各節有加入土地利用類別與崩塌比之分析，土地利用類別則有道路開發類別，可從該類別之崩塌比瞭解崩塌與道路之關連性。
2.P12 工作範圍，本研究調查範圍為「國有林班地區」，惟委託工作項目之範圍係「國有林地」，兩者定義範圍不同，請確認，總面積亦請確認。	感謝委員意見，已全文更改為「國有林地」，總面積也已更改。
3.P44 表 3.2 係原預定邀請名單，建議將出席委員以底線畫出，以符合契約規定之委員數。	感謝委員意見，遵從建議。
4.P65 倒數第 8 行，有關玉峰集水區之林班地原民地與全集水區之比例，報告書說明約 71%、23%，惟實際比例林班地約佔 50%，請確認。	感謝委員意見，已更正。
5.P67 倒數第 2 行，可發現 2004，語意不明。	感謝委員意見，已更正。
6.P68 表 4.5 備註：玉峰溪集水區全屬於林班地，與實際不符。	感謝委員意見，已更正。
7.P73 倒數第 9 行(5)降雨量「旗山溪」崩塌主要原因，似有誤植。	感謝委員意見，已更正。
8.本處已與委託單位確認「土場溪集水區」納入資料，另有關 88 處分析案例，本處有 12 處，已將資料提供受託單位。	感謝委員意見，期末報告執行間也多次取得貴處資料提供，特此致謝。

9.有關各林管處至少一處大規模案例分析部分，依工作項目需包含其誘發原因、災害類型及影響範圍。目前受託單位所做之崩塌地特性分析是否包含工作項目？請確認。	感謝委員意見，目前分析項目有包含工作項目內容。
南投林區管理處	
1.九九峰崩塌地以自然復育為主，係研究團隊建議調查地點納入調查研究，本處無意見。	感謝委員意見。
2.本處其他轄管區域之大型崩塌情形，因涉及崩塌類型之認定，本處僅能以集水區崩塌災害程度作建議，其是否適合淺層崩塌之研究，仍請研究團隊認定。倘依本處轄管需求，初步建議以萬大溪上游國有林班地集水區(奧萬大森林遊樂區內)辦理。	感謝委員意見，奧萬大溪集水區已納入研究範圍。
3.報告中 88 處地點中，本處其 5 處均已完成工程治理，篩選原則以保全對象定義之意義為何？建議篩選原則應以後續資料庫建立需求，來篩選及確定調查必要性。	感謝委員意見，目前篩選原則回到「是否隸屬於淺層崩塌」方式。
4.各種誘發崩塌因子(如降雨、地質)與崩塌率之比較分析，是否能計算屬淺層崩塌之面積，才能確實瞭解淺層崩塌之原因。	感謝委員意見，若以圖資估算方式判斷淺深層崩塌，多數崩塌地都歸類為淺層崩塌，本研究在分析上也做面積篩選，單純以淺層崩塌案例進行分析。
屏東林區管理處	
1.P100 累積降雨超過 1900mm 以上地區之崩塌率超過 10.0%，P104 累積降雨超過 1600mm 之區域便崩塌率超過 5%，是否有矛盾處？	感謝委員意見，已更正。
2.所提降雨量之數值是多久累積而成？	感謝委員意見，本研究針對各颱風事件之累積降雨量估計，都是

	依據氣象局所提供之該颱風侵台時間之累積雨量。
台東林區管理處	
1.本處建議研究區域為「向陽子集水區」，於 98 年莫拉克颱風新增崩塌地數量頗多，影響向陽森林遊樂區及南橫公路，建議列為研究對象。	感謝委員意見，因考慮崩塌案例數，本研究目前將新武呂溪集水區(包含向陽子集水區)列入研究範圍。
2.簡報「降雨事件誘發崩塌門檻比較」太麻里溪部分，建議增加 2005 海棠颱風事件分析。	感謝委員意見，目前本研究區域都已列入近年最嚴重颱風事件之降雨特性分析。
3.簡報「淺層崩塌好發度」太麻里溪對降雨誘發的抵抗性為 300mm，是否與前頁簡報內容不符?請說明。	感謝委員意見，該資料已更正；期末報告文稿內改以近年最嚴重颱風事件之降雨特性分析說明
4.88 處崩塌地篩選原則，屬不列入考量者，請說明原因。	感謝委員意見，目前篩選原則回到「是否隸屬於淺層崩塌」方式。
花蓮林區管理處	
1.P113 第二段第二行萬榮鄉多植了一個「萬」字。	感謝委員意見，已更正。
2.P113 馬太鞍溪集水區基本資料有誤，請再確認。	感謝委員意見，已更正。
3.崩塌面積標示單位，建議規劃單位能統一單位，以利比較瞭解。	感謝委員意見，已更正。
4.花蓮處業已提供 88 處相關案例，如後續有需配合提供相關資料，可與本處聯繫。	感謝委員意見，期末報告執行間也多次取得貴處資料提供，特此致謝。
集水區治理組	
1.有關期中報告內容之諸多誤植處，請切實校核以利審閱，並將簡報內容之分析圖表納入，使報告有更佳可讀性及可用性。	感謝委員意見，目前期末報告文稿已修正多處，並新增土地利用類別崩塌比及降雨型態分析，可供各單位未來治理參考。
2.有關研究團隊於期初報告所提出之分析案例請一併列入，並與各林管處建議之子集水區分	感謝委員意見，目前各林管處轄管範圍皆以兩處研究區域為主，除期中報告審查通過之八處外，

析調查其相關性，以符合各林管處之需求及後續應用。	另外八處也為各林管處建議區域或期初報告提出之建議區域。
3.有關研討會建議舉開 2 場次，以利各林管處同仁皆能參與。	感謝委員意見，期末報告前以先開一場研討會為主，視參與人數再決定是否加開第二場。

附錄六 詢問高精度地形高程模型公文往返記錄

副本

檔 號：
保存年限：

行政院農業委員會林務局 函

40255

臺中市南區南和路205號11樓之1

受文者：財團法人資源及環境保護服務
基金會

發文日期：中華民國100年11月28日

發文字號：林治字第1001624455號

類別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：如說明三

地址：100台北市中正區杭州南路1段2號

承辦人：魏郁軒

電話：02-23515441-426

傳真：02-23911530

主旨：本局為辦理「國有林地淺層崩塌警戒基準研究」案，敬請
貴司提供所轄相關資料及成果，如說明，請查照。

說明：

- 一、依據內政部97年2月12日訂定「內政部數值地形模型成果供應及管制要點」辦理。
- 二、本局為辦理旨揭研究案，敬請 貴司協助提供所轄民國98年度莫拉克颱風後所產製之「五公尺網格數值高程模型」。
- 三、檢附資料申請所需申請表、資料管制同意書、「五公尺網格數值高程模型」資料申請計畫書及期中報告等，如附件。
- 四、索取資料相關聯繫，可逕洽該研究案執行單位：財團法人資源及環境保護服務基金會 吳俊銘組長(手機號碼：0920-524862)聯繫。

正本：內政部地政司

副本：財團法人資源及環境保護服務基金會，本局集水區治理組

代理局長 **李桃生**

本案依照分層負責授權單位主管執行

本研究人員委請林務局承辦人員代為向內政部申請之公文。

檔 號：
保存年限：

內政部 函

機關地址：100 臺北市中正區徐州路 5 號
聯絡人：葉全德
電話：(02)23566102
傳真：(02)23976875
電子信箱：noi1344@noi.gov.tw

100

台北市中正區杭州南路 1 段 2 號

受文者：行政院農業委員會林務局

發文日期：中華民國 100 年 12 月 5 日

發文字號：台內地字第 1000217985 號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：如說明三

主旨：有關 貴局為辦理「國有林地淺層崩塌警戒基準研究」需要，申請本部莫拉克颱風後所產製之 5 公尺網格數值高程模型成果資料乙案，復如說明，請 查照。

說明：

- 一、依據本部地政司案陳貴局 100 年 11 月 28 日林治字第 1001624455 號函辦理。
- 二、本部為建立莫拉克颱風後國土基礎資料，經交由本部國土測繪中心辦理災區基本地形圖修測工作，同時產製 5 公尺網格數值高程模型，分別於 99 及 100 年度執行，惟各項工作尚未完成驗收結案相關事宜，本案貴局所需旨揭資料，尚難提供。
- 三、檢還首開函之附件 1 份。

正本：行政院農業委員會林務局

副本：本部國土測繪中心、本部地政司【衛星測量中心】

部長 江宜樺

依權責劃分規定授權業務主管執行

行政院農業委員會林務局總收室
1001625061 100/12/06

第 1 頁 共 1 頁

內政部針對申請高精度地形高程模型之回文公文。

正本

檔 號：
保存年限：

行政院農業委員會林務局 函

40255
臺中市南區南和路205號11樓之1

地址：100台北市中正區杭州南路1段2號
承辦人：魏郁軒
電話：02-23515441-426
傳真：02-23911530

受文者：財團法人資源及環境保護服務
基金會

發文日期：中華民國100年12月8日
發文字號：林治字第1001625061號
類別：普通件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：如說明三(1001625061-sl.pdf)

主旨：有關 貴基金會為進行本局委託「國有林地淺層崩塌警戒基準研究」，函請本局協助申請高精度數值高程模型資料案，復如說明，請 查照。

說明：

- 一、依據內政部100年12月5日台內地字第1000217985號函辦理，併復 貴基金會100年11月23日群四字第1000000062號函。
- 二、旨揭協助事項，經洽內政部表示相關工作尚未完成驗收結案相關事宜，尚難提供；仍請 貴基金會以其他方式完成契約所訂工作項目。
- 三、檢附前揭函影本。

正本：財團法人資源及環境保護服務基金會
副本：本局集水區治理組

代理局長 李桃生

本案依照分層負責授權單位主管執行

林務局返還本研究人員之公文。

附錄七 88 處崩塌地調查資料表

後附本研究崩塌調查表格，表格填寫內容如報告第第五章分述；在崩塌深度及崩塌量估算上，本研究採用陳樹群等(2010)之推估方式(如下)， V 為崩塌體積(單位 m^3)， A_L 為崩塌面積(投影面積，單位 m^2)，估算方式乃將經崩塌圖層得出之崩塌面積(A_L)代入公式，得出預估崩塌量後，再以崩塌量除以崩塌面積則可得崩塌深度(單位 m)：

$$V=0.015A_L^{1.606}, R^2=0.83$$

但部分案例若可從現場判斷或現場人員依據崩塌後治理過程所得之概估深度評斷，則本研究將採用此經驗深度進行估算，此經驗深度來自於現場判斷(通常為土層淺薄崩塌案例)或相關調查者調查該案例之經驗，如案例 43 號。

在後述表格內，崩塌量凡採用上述公式進行估算者，則會在崩塌量後以上標「公」文字標示；若採用經驗深度者，則會在崩塌量後以上標「經」文字標示。

88 處崩塌點位分析調查表(編號 01)

管轄單位	台東林管處	編號	01
工程名稱	成功 57 林班水土保持二期工程		
工程內容	擋土牆基礎加強、邊坡縱橫向排水及植生加強		
崩塌位置	台東縣成功 57 林班地(294091, 2588104)		
地質資訊	大南澳片岩	坡向	東
崩前坡度	35 度	崩塌面積	0.36ha
崩塌長度	30 m	崩塌寬度	120 m
崩塌深度	2.1 m	崩塌量	7718 m ^{3(公)}
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 有地下水滲出 ☒ 排水溝水量大 ☐ 無明顯地下水湧出		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)依據現場工程後崩塌坡面，並未見到岩層露頭，判斷屬於土層滑崩。 (2)屬於陡坡地形，全坡面崩塌，坡腰中間有產業道路通過，坡腳則為河岸(水母丁溪)淘刷。 (3)目前坡面上僅覆蓋稻草，並無植生復育。工程單元有施作縱橫向排水工程，且鄰近排水溝水量豐沛，代表此區地下水或降雨引發的地表逕流豐沛。 (4)判斷屬於降雨入滲及河岸淘刷造成的淺層崩塌。		
調查時間	100/11/16	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 02)

管轄單位	台東林管處	編號	02
工程名稱	大武 42 林班崩塌地處理工程		
工程內容	護岸設施及崩塌地排水改善、植生		
崩塌位置	台東縣大武 38 林班地(234928, 2474055)		
地質資訊	板岩	坡向	東南
崩前坡度	52 度	崩塌面積	0.14ha
崩塌長度	65 m	崩塌寬度	39 m
崩塌深度	1.2 m	崩塌量	1693 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌上方有浸水營步道連外道路，下方溪流淘刷，形狀屬於下寬上窄，此崩塌主誘發原因是河川淘刷。 (2)此邊坡是 2009 年莫拉克颱風誘發崩塌，過往並無崩塌歷史，代表此崩塌主要誘發原因為超過 200 年頻率的降雨及河川流量淘刷。 (3)此崩塌說明：陡坡地形、岩層外露但未見岩塊崩落，判斷由降雨及河川淘刷誘發之土層崩落淺層崩塌。 (4)目前河岸旁已有興建護岸保護坡腳。		
調查時間	100/11/16	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 03)

管轄單位	台東林管處	編號	03
工程名稱	台東 32 林班崩塌地處理二期工程		
工程內容	植生約 800m ² ，護坡及駁坎各約 150 m(高度約 2 m)，坡面縱橫向洩溝長度約 200 m 等。		
崩塌位置	台東縣台東 32 林班地		
地質資訊	板岩	坡向	西南
崩前坡度	42 度	崩塌面積	1.5ha
崩塌長度	120 m	崩塌寬度	140 m
崩塌深度	未達 1m	崩塌量	小於 15,000 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，道路下邊坡並無崩塌，工程後邊坡坡面仍有大量殘土堆積，代表主要誘發原因應是道路開發造成邊坡不穩定，降雨時造成崩落。 (2)2009 年莫拉克颱風初次誘發崩塌，過往無崩塌歷史，代表主要誘發原因為超過 200 年頻率降雨。 (3)陡坡地形、岩層外露、崩落塊體含大量土層及少量岩屑(未達岩塊)，崩塌乃由降雨及道路開發造成。		
調查時間	100/11/16	調查人員	吳俊鎰、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 04)

管轄單位	東勢林管處	編號	04
工程名稱	大甲溪事業區 81 林班崩塌地處理工程		
工程內容	生態工法補強約 100m ² 等		
崩塌位置	南投縣大甲溪 111 林班地(278631,2670881)		
地質資訊	板岩	坡向	西
崩前坡度	62 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	15 m	崩塌寬度	95 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☒ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例並不屬於自然邊坡崩塌案例，應屬於道路開發之路基土壤流失問題。主要誘發原因為降雨入滲造成地下水滲出，水流淘刷路基下方邊坡而引發路基部分流失。根據前述「研定之淺層崩塌」定義而言， (2)本研究建議此案例不列入淺層崩塌案例內。		
調查時間	100/11/22	調查人員	吳俊鎰、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 05)

管轄單位	東勢林管處	編號	05
工程名稱	和平鄉平等村環山地號 858-859 對岸崩塌地處理工程		
工程內容	掛網植生約 1500 m ² 等		
崩塌位置	台中縣大甲溪 111 林班地(279014,2689593)		
地質資訊	變質砂岩	坡向	西
崩前坡度	58 度	崩塌面積	0.31ha
崩塌長度	43 m	崩塌寬度	115 m
崩塌深度	2.0 m	崩塌量	6070 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，過往施工工程重於坡面排水，目前坡面穩定，但可能在雨季有殘土崩落。 (2) 2009 年莫拉克颱風初次誘發崩塌，過往無崩塌歷史，崩塌外型屬於下寬上窄，也位於河岸旁，1 因此可判斷誘發原因應為豪雨引發河川淘刷邊坡造成崩塌。 (3)陡坡地形、岩層外露、崩落塊體含大量土層及少量岩屑(未達岩塊)，此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/22	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 06)

管轄單位	東勢林管處	編號	06
工程名稱	大雪山林道 29K+600 下邊坡復育工程		
工程內容	駁坎、護坡 5522 m, AC 路面 4330 m, 護欄 5400 m		
崩塌位置	台中縣八仙山 36 林班地(246459, 2680652)		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	西南
崩前坡度	41 度	崩塌面積	2.7ha
崩塌長度	420 m	崩塌寬度	70 m
崩塌深度	未達 2 m	崩塌量	小於 54,000 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡，過往崩塌時有損及原路面，代表此崩塌案例應屬於降雨誘發道路下邊坡崩塌。 (2)莫拉克颱風初次誘發崩塌，過往無崩塌歷史，代表誘發原因為豪雨及道路開發造成邊坡不穩。 (3)陡坡地形、目前未出現岩層露頭、崩落塊體含有大量土層及少量岩屑(未達岩塊)，依據研析之淺層崩塌說明，本案例應隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/23	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 07)

管轄單位	東勢林管處	編號	07
工程名稱	神岡鄉崩塌地處理二期工程		
工程內容	擋土牆 70 m, 其他擋土牆 70 m、掛網植生 6000 m ²		
崩塌位置	台中縣區外保安林 1409 林班地		
地質資訊	卵礫石層	坡向	北
崩前坡度	65 度	崩塌面積	0.63ha
崩塌長度	85 m	崩塌寬度	75 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 6300 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☒ 原生不穩定(地層問題) ☒ 降雨 ☐ 道路開發		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡，工程以擋土牆及植生復育維護邊坡穩定，目前坡面尚屬穩定，但由於該邊坡為紅土(卵)礫石層，仍有可能在豪雨事件中引發崩落。 (2)該崩塌案例在 2009 年莫拉克颱風初次誘發崩塌，但鄰近坡面則接連都曾在豪雨事件引發崩塌，代表崩塌主因是當地地層(紅土(卵)礫石層)，只要降雨強度足夠便可能造成部分崩落。 (3)本案例符合陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，判斷此崩塌隸屬於淺層崩塌案例。		
調查時間	100/11/23	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 08)

管轄單位	東勢林管處	編號	08
工程名稱	甲區 1 林班崩塌地處理等工程		
工程內容	護岸 50 m		
崩塌位置	台中縣大甲溪 1 林班地		
地質資訊	板岩	坡向	東南
崩前坡度	26 度	崩塌面積	0.4ha
崩塌長度	90 m	崩塌寬度	52 m
崩塌深度	2.3 m	崩塌量	9141 m ^{3(公)}
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☒ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡及河岸上邊坡，施工工程重於以護岸減少坡面淘刷，目前坡面穩定，但可能在雨季有殘土崩落。 (2)2009 年莫拉克颱風初次誘發崩塌，過往無崩塌歷史，代表主要誘發原因為豪雨引發河川淘刷造成崩塌。 (3)陡坡地形、岩層外露、崩落塊體含大量土層及少量岩屑(未達岩塊)，判斷此崩塌案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/24	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 09)

管轄單位	東勢林管處	編號	09
工程名稱	甲區 65 林班崩塌地治理工程		
工程內容	擋土牆 3 m		
崩塌位置	台中縣大甲溪 65 林班地		
地質資訊	板岩	坡向	西
崩前坡度	45 度	崩塌面積	0.15ha
崩塌長度	30 m	崩塌寬度	60 m
崩塌深度	1.3 m	崩塌量	1892 m ^{3(公)}
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡，過往崩塌時有損及原路面，代表此崩塌案例應屬於降雨誘發道路下邊坡崩塌。 (2)2009 年莫拉克颱風初次誘發崩塌，過往無崩塌歷史，代表誘發原因為豪雨及原道路開發未穩固下邊坡造成不穩。 (3)陡坡地形、目前未出現岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，依據研析之淺層崩塌說明，本案例應隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/24	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 10)

管轄單位	東勢林管處	編號	10
工程名稱	神岡鄉區外保安林崩塌地處理三期工程		
工程內容	防砂壩 1 座		
崩塌位置	台中縣區外保安林 16 林班地		
地質資訊	卵礫石層	坡向	東北
崩前坡度	55 度	崩塌面積	1.5ha
崩塌長度	150 m	崩塌寬度	40 m
崩塌深度	5.1 m	崩塌量	76360 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡，工程以擋土牆及植生復育維護邊坡穩定，目前坡面尚屬穩定，但由於該邊坡為紅土(卵)礫石層，仍有可能在豪雨事件中引發崩落。 (2)崩塌在莫拉克颱風初次誘發崩塌，鄰近坡面曾在豪雨事件引發崩塌，崩塌主因是當地地層(紅土(卵)礫石層)，只要降雨強度足夠便可能造成部分崩落。 (3)本案例符合陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，判斷此崩塌隸屬於淺層崩塌案例。		
調查時間	100/11/24	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 11)

管轄單位	東勢林管處	編號	11
工程名稱	大甲鎮編號 1410 保安林崩塌地處理工程		
工程內容	潛壩 1 座, 固床工 1 座, 駁坎、護坡 24 m, 種子撒播 0.5ha, 植生面積 5532 m ²		
崩塌位置	台中縣區外保安林 1410 林班地		
地質資訊	卵礫石層	坡向	東北
崩前坡度	68 度	崩塌面積	0.42ha
崩塌長度	200 m	崩塌寬度	20 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 4200 m ³ (經)
位置概述	並未位於道路上下邊坡或河川上邊坡		
誘發因素	☒ 原生不穩定(卵礫石層地層) ☒ 降雨 ☐ 道路開發		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌並未位於道路上下邊坡或河川上邊坡，崩塌位置接近山脊，由照片及現場土砂堆積判斷：地層為卵礫石層，卵礫石層常因降雨入滲造成崩落現象，本研究認為此崩塌誘發原因為卵礫石地層及降雨。 (2)崩塌在莫拉克颱風誘發，鄰近坡面曾在豪雨事件引發崩塌，該處鄰近地層易在降雨事件中引發崩落。 (3)本案例符合陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，判斷此崩塌隸屬於淺層崩塌案例。		
調查時間	100/11/25	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 12)

管轄單位	東勢林管處	編號	12
工程名稱	必坦溪 1 號崩塌地處理第 2 期工程		
工程內容	(原始資料未填寫)		
崩塌位置	台中縣大甲溪 111 林班地(234935,2667134)		
地質資訊	板岩及變質砂岩	坡向	東南
崩前坡度	45 度	崩塌面積	14ha
崩塌長度	700 m	崩塌寬度	200 m
崩塌深度	4.3 m	崩塌量	60 萬 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 1 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例之崩塌面積大，崩落材料以土層為主，代表此邊坡土層深厚，現階段崩塌源頭處以自然植生復育，崩塌堆積處則有施作工程維持穩定。 (2)崩塌位於河川上邊坡，崩塌外型判斷：崩塌源頭應在接近山脊處，且崩落土砂經過流動段後，方堆積於下游處，本研究認為主要誘發原因為降雨入滲。 (3)本案例符合陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，判斷此崩塌隸屬於淺層崩塌案例。		
調查時間	100/11/25	調查人員	吳俊銘、彭麗文

備註：必坦溪崩塌之崩塌量引自必坦溪治理工程規劃報告(鋒景公司，2010)

88 處崩塌點位分析調查表(編號 13)

管轄單位	花蓮林管處	編號	13
工程名稱	樂合溪上游崩塌地處理工程		
工程內容	護岸 300 m		
崩塌位置	花蓮縣玉里 71 林班地		
地質資訊	砂岩及頁岩互層，含泥岩	坡向	東南
崩前坡度	52 度	崩塌面積	4.3ha
崩塌長度	約 20m	崩塌寬度	約 300m
崩塌深度	未及 2 m(概估)	崩塌量	小於 86,000m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☐ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，目前工程以護岸防止河川再次淘刷，由崩塌下寬上窄外型判斷，確定為河川淘刷引發崩塌。 (2)崩塌坡面已有部分出現岩層露頭，大部分為土層及頁岩；此崩塌案例非 2009 年莫拉克颱風誘發崩塌，鄰近也有其他邊坡有河川淘刷引發崩塌之案例。 (3)陡坡地形、已見岩層露頭、崩落塊體含大量土層及少量岩屑(未達岩塊)，此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/17	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 14)

管轄單位	花蓮林管處	編號	14
工程名稱	林田山區 149 林班草竹坑溪崩塌地處理工程		
工程內容	固床工 4 座, 護岸 179 m, PC 路面 144.5 m, 護欄 49.5 m		
崩塌位置	花蓮縣林田山 149 林班地		
地質資訊	砂岩及頁岩互層, 含泥岩	坡向	北
崩前坡度	32 度	崩塌面積	0.72ha
崩塌長度	250 m	崩塌寬度	30 m
崩塌深度	3.3 m	崩塌量	23490 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭, 但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡, 且位於河川轉角處, 目前工程以護岸防止河川再次淘刷, 由崩塌下寬上窄外型判斷, 確定為河川淘刷引發崩塌。 (2)根據施工前照片判斷: 該坡面崩落皆為土層, 未見岩層; 此案例也非 2009 年莫拉克颱風誘發崩塌。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層, 本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/17	調查人員	吳俊鉉、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 15)

管轄單位	南投林管處	編號	15
工程名稱	埔里事業區鯉魚潭林班崩塌地處理及排水系統改善工程		
工程內容	崩塌地處理約 1ha 及排水系統改善約 1km		
崩塌位置	南投縣埔里鎮埔里 96 林班地(248788,2650436)		
地質資訊	板岩	坡向	東
崩前坡度	55 度	崩塌面積	0.1ha
崩塌長度	1 m	崩塌寬度	1000 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 1000 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，目前以簡易式低矮擋土牆維持邊坡穩定，根據崩塌外型及範圍判斷，此崩塌主因應為道路(便道)開發，導致部分表土崩落。 (2)此邊坡並非單因 2009 年莫拉克颱風誘發崩塌，經詢問鄰近住戶，該處邊坡早有表土垮落現象，代表過往因道路開發而造成此邊坡長期不穩定。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含土層，判斷由道路開發造成之淺層崩塌。		
調查時間	100/12/12	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 16)

管轄單位	南投林管處	編號	16
工程名稱	翠峰護管所後方擋土牆延建工程		
工程內容	擋土牆新建約高 6 m 長 100 m		
崩塌位置	南投縣埔里 132 林班地(269315,2667014)		
地質資訊	板岩	坡向	東南
崩前坡度	60 度	崩塌面積	0.4ha
崩塌長度	40 m	崩塌寬度	100 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 4000 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡，根據施工前照片判斷：崩塌深度不深，且詢問當地民眾：該邊坡一直都有輕微移動現象，因此判斷此案例雖有表土崩落，但可能有輕微程度的地滑現象。 (2)2009 年莫拉克颱風降雨引發此邊坡表土崩落，但鄰近排水溝水量不小，代表該邊坡可能是長期性地滑現象。 (3)本研究建議此案例不列入淺層崩塌範圍。		
調查時間	100/12/12	調查人員	彭麗文、趙益群

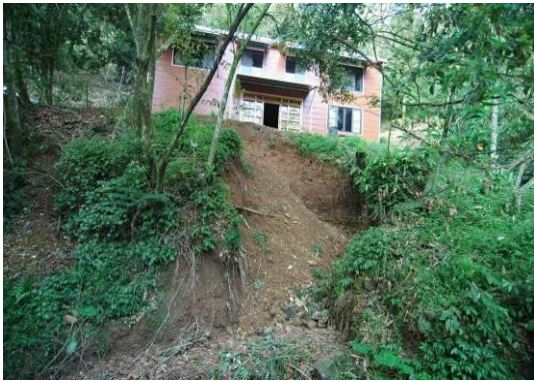
88 處崩塌點位分析調查表(編號 17)

管轄單位	南投林管處	編號	17
工程名稱	水里鄉新興村巒大 7 林班崩塌地處理工程		
工程內容	固床工 3 座, 擋土牆 100 m		
崩塌位置	南投縣巒大 7 林班地(236537,2641556)		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	東
崩前坡度	28 度	崩塌面積	0.45ha
崩塌長度	150 m	崩塌寬度	25 m
崩塌深度	未及 1 m	崩塌量	小於 4500 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☒ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭, 但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)由現場及圖資判斷, 崩塌位於河川上邊坡, 崩落邊坡土層深厚, 且位於河川轉角處, 本研究認為此崩塌案例主要誘發原因應為河川淘刷。 (2)此邊坡是 2009 年莫拉克颱風誘發崩塌, 過往無崩塌歷史, 代表此崩塌主要誘發原因為豪雨引發的河川淘刷崩塌。 (3)此崩塌說明: 陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層, 本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/12	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 18)

管轄單位	南投林管處	編號	18
工程名稱	巒大事業區日月潭林班崩塌地處理工程		
工程內容	防砂設施及護岸		
崩塌位置	南投縣巒大 29 及 30 林班地(235660,2647846)		
地質資訊	堅硬砂岩與頁岩	坡向	西
崩前坡度	62 度	崩塌面積	0.64ha
崩塌長度	300 m	崩塌寬度	25 m
崩塌深度	3.0 m	崩塌量	19440 m ³ (公)
位置概述	並非位於道路上下邊坡或河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌並未鄰近道路或河川，由施工前照片判斷：該崩塌起因是邊坡地表逕流匯集，形成蝕溝，土砂沿蝕溝處垮落。 (2)2009 年莫拉克颱風降雨引發此邊坡表土崩落，颱風降雨為該次崩塌誘因，但該邊坡地形造成逕流匯集而成為蝕溝則是該崩塌主因。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/13	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 19)

管轄單位	南投林管處	編號	19
工程名稱	巒大事業區日月潭林班崩塌地處理災修工程		
工程內容	護岸約 180 m,固床工及跌水工各二座		
崩塌位置	南投縣巒大 29 林班地(243940,2638902)		
地質資訊	板岩	坡向	東北
崩前坡度	42 度	崩塌面積	1.5ha
崩塌長度	480 m	崩塌寬度	35 m
崩塌深度	5.1 m	崩塌量	76360 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 野溪上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 野溪河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於人為建築下邊坡及河川上邊坡，該河川為逕流匯集於地形凹谷處之野溪，在豪雨時引發較大逕流匯集而淘刷該邊坡引發崩塌。 (2)2009 年莫拉克颱風降雨引發此邊坡崩落，颱風降雨為該次崩塌誘因，但該邊坡地形造成逕流匯集而成為野溪則是該崩塌主因。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/13	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 20)

管轄單位	屏東林管處	編號	20
工程名稱	四社山崩塌地處理二期工程		
工程內容	固床工 2 座，護岸 100 m		
崩塌位置	屏東縣旗山 66 林班地(217930,2556580)		
地質資訊	堅硬砂岩與頁岩	坡向	東南
崩前坡度	36 度	崩塌面積	1.9ha
崩塌長度	200 m	崩塌寬度	90 m
崩塌深度	5.9 m	崩塌量	110630 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於野溪上邊坡，崩塌不僅一處，沿河岸有多處崩落現象，目前施作固床工及護岸穩定兩岸邊坡。 (2)2009 年莫拉克颱風降雨初次引發邊坡崩落，超過 200 年頻率的豪雨造成河川流量匯集，淘刷河川兩旁邊坡造成崩塌，主要誘發原因為降雨及河川淘刷。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/15	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 21)

管轄單位	屏東林管處	編號	21
工程名稱	尾寮山崩塌地處理工程		
工程內容	擋土牆 100 m, 其他坡面保護 3000 m ²		
崩塌位置	屏東縣屏東 7 林班地(217205,2525020)		
地質資訊	板岩	坡向	東南
崩前坡度	33 度	崩塌面積	20.5ha
崩塌長度	1500 m	崩塌寬度	320 m
崩塌深度	未及 3 m	崩塌量	小於 61.4 萬 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例崩塌範圍由道路上邊坡延續至河川溪底，雖已施作工程，但目前仍有部分土層持續垮落。 (2)該崩塌上邊坡有沙溪林道經過，下方則有另一條林道經過，目前由於崩塌地未達穩定，兩條林道都持續關閉。此處()正是 2009 年莫拉克颱風降雨最集中的地方，因此崩塌誘因為超過 200 年頻率降雨。 (3)陡坡地形、部分地區已見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層及少部分岩屑，本此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/15	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 22)

管轄單位	屏東林管處	編號	22
工程名稱	貢尖崩塌地處理工程		
工程內容	駁坎、護坡 50 m, 其他坡面處理 2000 m ²		
崩塌位置	屏東縣林旗山 38 班地(198200,2551500)		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	西
崩前坡度	16 度	崩塌面積	非屬崩塌案例
崩塌長度	22 m	崩塌寬度	10 m
崩塌深度	非屬崩塌案例	崩塌量	非屬崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川(野溪)上邊坡，該河川為逕流匯集於地形凹谷處之野溪，在豪雨時引發較大逕流匯集而淘刷該邊坡引發崩塌。 (2)2009 年莫拉克颱風降雨引發此邊坡崩落，超過 200 年頻率的颱風降雨為該次崩塌誘因，且引發較大流量造成河岸邊坡都崩落。 (3)根據現場勘查、工程施作項目，此案例偏屬於土石流沖積之堆積扇，本研究建議不納入淺層崩塌案例。		
調查時間	100/11/15	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 23)

管轄單位	屏東林管處	編號	23
工程名稱	旗山 46 林班崩塌地處理工程		
工程內容	潛壩 1 座，其他副壩 4 座.縱向排水溝 72 m		
崩塌位置	高雄縣旗山 46 林班地(20511,2537520)		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	12 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	570 m	崩塌寬度	20 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川(野溪)上邊坡，由工程前後照片判斷：此崩塌案例之誘發原因應為洪水挾帶大量土砂下刷，造成河岸鄰近邊坡崩落。 (2)2009 年莫拉克颱風降雨引發此邊坡崩落，超過 200 年頻率的颱風降雨為該次崩塌誘因。 (3)由於案例點鄰近邊坡並不陡峭，且較偏近於河岸兩旁之淘刷現象，本研究認為此案例應歸類為土石流案例，並不建議歸類為淺層崩塌案例。		
調查時間	100/11/16	調查人員	吳俊鎰、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 24)

管轄單位	新竹林管處	編號	24
工程名稱	烏來區第 31 林班中崙路旁崩塌地復育工程		
工程內容	其他自由樑框噴植 $A=4308\text{m}^2$ ，噴漿溝長=399 m，混凝土護岸長=120 m，固床工 5 座，岩栓 187 支		
崩塌位置	台北縣烏來 31 林班地(2592200,2751250)		
地質資訊	堅硬砂岩與頁岩	坡向	東南
崩前坡度	60 度	崩塌面積	0.43ha
崩塌長度	30 m	崩塌寬度	143 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 4300 m^3 (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡，根據施工前照片判斷：崩塌深度不深，但崩塌坡面上已見少數地區有地層露頭。 (2)2009 年莫拉克颱風降雨引發此邊坡表土崩落，鄰近排水溝水量少，因此本研究判斷此崩塌主要誘發原因應是降雨入滲。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/5	調查人員	吳俊鎰、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 25)

管轄單位	新竹林管處	編號	25
工程名稱	烏來區第 32 林班彩虹橋下游整治工程		
工程內容	護岸長 70 m 高 5 m、固床工 4 座		
崩塌位置	台北縣烏來 32 林班地(294740,2750030)		
地質資訊	堅硬砂岩與頁岩	坡向	西南
崩前坡度	17 度	崩塌面積	0.33ha
崩塌長度	42 m	崩塌寬度	82 尺
崩塌深度	未及 1 m	崩塌量	小於 3300 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，沿河岸有多處崩落現象，且都位在河川轉角處，過往施作工程也包含護岸及固床工，本研究判斷此崩塌應是降雨造成河川流量匯集引發淘刷及崩塌。 (2)此崩塌案例並非 2009 年莫拉克颱風造成，而是過往降雨事件所引發。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌		
調查時間	100/12/5	調查人員	吳俊銘、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 26)

管轄單位	新竹林管處	編號	26
工程名稱	竹東區第 143 林班崩塌地復育工程		
工程內容	重力式護岸 45 m，固床工 3 座，鋪網噴植 2390 m ² 鋪網噴凝土溝 189 m。		
崩塌位置	新竹縣竹東 143 林班地(270403,2737024)		
地質資訊	粉砂岩及頁岩	坡向	東南
崩前坡度	68 度	崩塌面積	2.4ha
崩塌長度	130 m	崩塌寬度	260 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 24000 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由崩塌下寬上窄外型判斷，此崩塌案例應為河川淘刷造成的邊坡崩塌。 (2)此崩塌案例並非 2009 年莫拉克颱風造成，而是過往降雨事件所引發；此邊坡土層不深，崩落材料以土砂為主。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌		
調查時間	100/12/5	調查人員	吳俊鎡、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 27)

管轄單位	新竹林管處	編號	27
工程名稱	大湖區第 40 林班崩塌地復育工程		
工程內容	乾砌石護坡 96m，鋪網噴植 6091m ² ，鋪網噴凝土溝 489 m，植栽樹苗 196 株，混凝土排塊石 2 座		
崩塌位置	苗栗縣大湖 40 林班地(246725,2706829)		
地質資訊	砂岩	坡向	北
崩前坡度	38 度	崩塌面積	1.5ha
崩塌長度	250 m	崩塌寬度	60 m
崩塌深度	未及 2 m	崩塌量	小於 3 萬 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由崩塌下寬上窄外型判斷，此崩塌案例應為河川淘刷造成的邊坡崩塌。 (2)此崩塌由 2009 年莫拉克颱風造成，邊坡土層不深，且已見部分邊坡有岩層露頭；鄰近邊坡亦有崩落現象。 (3)陡坡地形、已見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/6	調查人員	吳俊鎰、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 28)

管轄單位	新竹林管處	編號	28
工程名稱	大溪區第 3 林班崩塌地復育加強工程		
工程內容	混凝土潛壩高 13.5 m、高 4.5 m，固床工 1 座高 7 m、高 2 m		
崩塌位置	桃園縣大溪 3 林班地(281721,2750465)		
地質資訊	砂岩、頁岩含煤層	坡向	東南
崩前坡度	16 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	30 m	崩塌寬度	20 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川(野溪)上邊坡，由工程前後照片判斷：此崩塌案例之誘發原因應為洪水挾帶大量土砂下刷，造成河岸鄰近邊坡崩落。 (2)莫拉克颱風降雨引發邊坡崩落，豪雨造成河川流量匯集，沿野溪處沖出造成河岸鄰近邊坡崩落，本研究認為崩塌誘因為降雨及匯集流量之凹谷地形。 (3)本研究認為此案例應歸類為土石流案例，並不建議歸類為淺層崩塌案例。		
調查時間	100/12/5	調查人員	吳俊銘、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 29)

管轄單位	新竹林管處	編號	29
工程名稱	大溪區新峰里崩塌地復育工程		
工程內容	土石籠護岸 136m ³ 、土石籠護坡 30m ³ ，織物模板護坡 294m ² 、土石籠固床工 1 座、梳子固床工 1 座、鋼軌樁 47 支		
崩塌位置	桃園縣大溪 6 林班地(283918,2749293)		
地質資訊	砂岩、頁岩含煤層	坡向	東南
崩前坡度	33 度	崩塌面積	0.89ha
崩塌長度	76 m	崩塌寬度	120 m
崩塌深度	未及 2 m	崩塌量	小於 17800 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例崩塌範圍由道路下邊坡延續至河川溪底，崩落材料以土壤為主。 (2)上邊坡林道，下方溪流，上下幾乎等寬外型：崩塌為降雨入滲造成邊坡不穩而滑動的案例，主要誘發原因為降雨。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/6	調查人員	吳俊鎰、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 30)

管轄單位	新竹林管處	編號	30
工程名稱	大溪區第 157 林班崩塌地復育工程		
工程內容	掛網噴植面積 3393m ² 、噴漿溝 193m、潛壩 1 座高 5m、寬 39m、基礎保護工長 30m、蝕溝處理寬 4~1m、長 27m 植生噴植面積 160m ² 、木作跌水護坦工 1 座		
崩塌位置	桃園縣大溪 157 林班地(285053,2734467)		
地質資訊	板岩	坡向	東南
崩前坡度	36 度	崩塌面積	0.26ha
崩塌長度	56 m	崩塌寬度	50 m
崩塌深度	1.8 m	崩塌量	4580 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例崩塌範圍由道路下邊坡延續至河川溪底，崩落材料以土壤為主。崩塌外型上稍窄下寬，應為降雨入滲造成邊坡不穩而滑動的案例，主要誘發原因為降雨及河川淘刷。 (2)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/6	調查人員	吳俊銘、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 31)

管轄單位	新竹林管處	編號	31
工程名稱	大溪區第 42 林班 1 號崩塌地復育 2 期工程		
工程內容	其他掛網噴植、噴漿溝、擋土牆、打樁編柵、枕木花台、排水溝、AC 道路鋪設、標線佈設等		
崩塌位置	桃園縣大溪 42 林班地(290306,2729952)		
地質資訊	板岩	坡向	東南
崩前坡度	32 度	崩塌面積	0.19ha
崩塌長度	60 m	崩塌寬度	30 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 1900 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡：坡面下寬上窄，坡面有岩層露頭出現，此崩塌與道路開發上邊坡不穩相關。 (2)降雨誘發，且鄰近排水溝水量豐沛，主要誘發原因應是降雨入滲至地下水較多的土層，且在道路開發不穩的上邊坡條件下引發崩塌。 (3)陡坡地形、可見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層及少量岩屑，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/6	調查人員	吳俊鎔、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 32)

管轄單位	新竹林管處	編號	32
工程名稱	大溪區第 8 林班崩塌地復育工程		
工程內容	植生噴植鋪設稻草蓆面積 448m ² 、A 工區擋土牆 27m，縱向噴漿溝共 74m、岩盤掛網面積 670m ² 、客土木格框護坡長 35m、排水溝長 37m、回填區整階平台 3 階		
崩塌位置	桃園縣大溪 8 林班地(278961,2745434)		
地質資訊	砂岩、頁岩含煤層	坡向	南
崩前坡度	68 度	崩塌面積	0.33ha
崩塌長度	45 m	崩塌寬度	78 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 3300 m ³ (輕)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡：坡面下寬上窄，坡面有岩層露頭出現，此崩塌與道路開發上邊坡不穩相關。 (2)此案例為降雨誘發，本研究判斷此崩塌主要誘發原因應是降雨入滲至土層淺薄的坡面，而且在道路開發不穩的上邊坡條件下引發崩塌。 (3)陡坡地形、可見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/6	調查人員	吳俊鎡、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 33)

管轄單位	新竹林管處	編號	33
工程名稱	大安溪區第 13 林班崩塌地復育工程		
工程內容	(原文件未提供)		
崩塌位置	台中縣大安溪 13 林班地(235653,2688071)		
地質資訊	頁岩	坡向	南
崩前坡度	33 度	崩塌面積	0.2ha
崩塌長度	30 m	崩塌寬度	65 m
崩塌深度	1.5 m	崩塌量	3000 m ³ (公)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，根據施工前照片判斷：崩塌面積廣，且崩落材料皆為土砂，鄰近有果園種植，路旁排水溝水量稍多。 (2)此案例為降雨誘發，本研究判斷此崩塌主要誘發原因應是降雨入滲至地下水量較豐沛之土層，造成邊坡水分飽和崩落，主要誘發原因應為降雨及地下水。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/6	調查人員	吳俊銘、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 34)

管轄單位	新竹林管處	編號	34
工程名稱	竹東區第 13 林班二期災害防治工程		
工程內容	掛網噴植 39637 m ² 鋪網噴凝土溝 2629 m		
崩塌位置	新竹縣竹東 13 林班地(258200,2717200)		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	東南
崩前坡度	37 度	崩塌面積	4.1ha
崩塌長度	463 m	崩塌寬度	153 m
崩塌深度	9.4 m	崩塌量	383900 m ³ (公)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，根據施工前照片判斷：崩落坡面接近山脊，崩落土砂夾帶水分沿匯集地表逕流溪谷成為土石流。 (2)此案例為降雨誘發，鄰近排水溝水量少，本研究判斷崩塌誘發原因是豪雨事件地表逕流匯集成為土石流。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例在崩塌源頭處屬於淺層崩塌，但在接近道路處隸屬土石流現象。		
調查時間	100/12/7	調查人員	吳俊銘、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 35)

管轄單位	新竹林管處	編號	35
工程名稱	大安溪區第 8 林班崩塌地復育工程		
工程內容	辦理打樁編柵 2.5ha；導排水溝約長 50 m；節制工 5 座；坑溝整治 250 m；植生復育 1 式		
崩塌位置	新竹縣大安溪 8 林班地(225517,2691647)		
地質資訊	礫石層	坡向	南
崩前坡度	26 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	96 m	崩塌寬度	73 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)位於道路上邊坡：未能見到初始崩落坡面，在道路旁已是土砂堆積，本研究認為應是崩落土砂夾帶水分沿匯集地表逕流的溪谷成為土石流。 (2)此案例為降雨誘發，排水溝水量豐沛，本研究判斷此崩塌主要誘發原因應是降雨入滲在地下水豐沛的坡面，坡面崩落混合地表逕流匯集成為土石流。 (3)由於未能見到最原始崩塌坡面，因此本研究認為此案例隸屬土石流現象。		
調查時間	100/12/7	調查人員	吳俊鎰、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 36)

管轄單位	嘉義林管處	編號	36
工程名稱	大埔區第 11 林班災害復建工程		
工程內容	邊坡治理長 110 m 高 30~40 m		
崩塌位置	嘉義縣大埔鄉大埔 11 林班地(199228,2577528)		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	西
崩前坡度	37 度	崩塌面積	0.45ha
崩塌長度	90 m	崩塌寬度	65 m
崩塌深度	未及 2 m	崩塌量	小於 9000 m ³
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 1 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，根據施工前照片判斷：崩落的材料來自於坡面上的土砂，並未出現整層崩落現象，且崩塌前已有興建道路低矮擋土牆。 (2)坡面下方有見到水流痕跡，代表此處地下水豐沛，本研究判斷崩塌主因為降雨入滲在地下水較為豐沛的坡面，導致坡面較上層的土層引發崩落。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌		
調查時間	100/12/20	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 37)

管轄單位	嘉義林管處	編號	37
工程名稱	玉井區 96.97.101 林班護岸修復及邊坡穩定工程		
工程內容	護岸長 50 m、土堤 2 座約 100 m 長		
崩塌位置	台南縣玉井 96.97.101 林班地(189764,2544141)		
地質資訊	泥岩	坡向	東南
崩前坡度	25 度	崩塌面積	0.8ha
崩塌長度	150 m	崩塌寬度	200 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 8000 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)根據工程前照片：雖崩塌位於道路上邊坡，到原崩塌坡面仍有植生，且道路上並未有明顯土砂堆積，邊坡上也未出現明顯崩落現象。 (2)經本研究人員洽詢原施工單位(唯豐工程顧問)，此點位應隸屬於表土層沖蝕現象，且比對此處坡度及地質資訊，本研究建議將此案例歸類為土壤沖蝕現象。		
調查時間	100/12/20	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 38)

管轄單位	嘉義林管處	編號	38
工程名稱	區外保安林 2005 號崩塌地災修工程		
工程內容	擋土設施約 40 m 長 20 m 深及排水設施		
崩塌位置	縣鄉區外保安林 2005 林班地(186926,2540039)		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	東
崩前坡度	62 度	崩塌面積	0.15ha
崩塌長度	25 m	崩塌寬度	60 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 1500 m ³ (輕)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡：崩落的材料來自於坡面上的土砂，崩塌材料以邊坡上之土層為主，且崩塌範圍僅至道路為止，並未延伸至更下邊坡。 (2)坡面未見水流痕跡，本研究判斷崩塌主因為降雨入滲導致淺層土壤水分飽和，及過往道路開發造成上邊坡不穩定而引發崩落。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌		
調查時間	100/12/20	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 39)

管轄單位	嘉義林管處	編號	39
工程名稱	區外保安林 1924 號護岸工程		
工程內容	其他護岸約 100 m		
崩塌位置	台南縣區外保安林 1924 林班地(198480,2597249)		
地質資訊	砂岩	坡向	西
崩前坡度	28 度	崩塌面積	1.5ha
崩塌長度	100 m	崩塌寬度	25 m
崩塌深度	5.1 m	崩塌量	76360 m ³
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，沿河岸有多處崩落，都位在河川轉角處，施作工程以護岸為主，本研究判斷此崩塌應是降雨造成河川流量匯集引發淘刷及崩塌。 (2)此崩塌案例為 2009 年莫拉克颱風造成，本研究判斷崩塌主因是超過 200 年頻率的豪雨造成河川流量匯集，引發河岸崩塌。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌		
調查時間	100/12/21	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 40)

管轄單位	嘉義林管處	編號	40
工程名稱	阿里山區 213 林班野溪治理工程		
工程內容	護坡約 150 m、固床工約 5 座		
崩塌位置	嘉義縣大埔 213 林班地(209527,2603517)		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	東南
崩前坡度	42 度	崩塌面積	3.4ha
崩塌長度	800 m	崩塌寬度	60 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 34000 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由崩塌下寬上窄外型判斷，此崩塌案例應為河川淘刷造成的邊坡崩塌。 (2)此崩塌由莫拉克颱風造成，邊坡土層不深，已見部分邊坡有岩層露頭；鄰近邊坡有崩落現象。坡面仍有殘土堆積。崩塌主因為超過 200 年頻率的降雨，入滲水分及下邊坡河川淘刷，導致邊坡崩塌。 (3)陡坡地形、已見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌		
調查時間	100/12/21	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 41)

管轄單位	嘉義林管處	編號	41
工程名稱	大埔區 71、84 林班野溪整治工程		
工程內容	潛壩 4 座、固床工 5 座、砌石護岸約 50 m、淨水池 2 座、箱涵 1 座		
崩塌位置	嘉義縣大埔 71、84 林班地(213837,25781752)		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	東
崩前坡度	35 度	崩塌面積	3.5ha
崩塌長度	280 m	崩塌寬度	120 m
崩塌深度	8.4 m	崩塌量	297700 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，沿河岸有多處崩落現象，且目前工程施作處主要位於土砂堆積處，本研究研判應為過往土石流衝出之堆積區位置。 (2)此崩塌案例為 2009 年莫拉克颱風造成，本研究判斷崩塌主因是超過 200 年頻率的豪雨造成土砂崩落，土砂匯集河川流量形成土石流，引發河岸崩塌。 (3)建議此案例應隸屬於土石流案例；但在河岸旁的崩塌則可歸類為淺層崩塌。		
調查時間	100/12/22	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 42)

管轄單位	嘉義林管處	編號	42
工程名稱	腦寮溪主支流崩塌地復育第二期工程		
工程內容	護坡護岸約 150 m 及排水設施		
崩塌位置	嘉義縣大埔 150.151 林班地(210482,2591717)		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	12 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	40 m	崩塌寬度	150 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例已偏屬土石流現象，目前施作工程以護岸及排水，由工程前後照片判斷：並非屬於單一坡面崩塌之案例。 (2)此崩塌案例為 2009 年莫拉克颱風造成，本研究判斷崩塌主因是超過 200 年頻率的豪雨造成土砂崩落，土砂匯集河川流量形成土石流，引發河岸崩塌。 (3)本研究建議此案例應隸屬於土石流案例。		
調查時間	100/12/22	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 43)

管轄單位	嘉義林管處	編號	43
工程名稱	大埔區 151 林班崩塌地復育工程		
工程內容	長板護坡約 30 m 及排水設施		
崩塌位置	嘉義縣大埔 151 林班地(210241,2590160)		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	西
崩前坡度	36 度	崩塌面積	44.9ha
崩塌長度	900 m	崩塌寬度	800 m
崩塌深度	未及 3 m	崩塌量	小於 134.7 萬 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例崩塌範圍由道路下邊坡延續至河川溪底，崩落材料以土壤為主。 (2)由崩塌上下幾乎等寬的外型判斷：此崩塌應為降雨入滲造成道路下邊坡不穩而滑動的案例，本研究認為主要誘發原因為降雨入滲及道路開發。 (3)陡坡地形、部分邊坡可見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/22	調查人員	彭麗文、趙益群

備註：此案例經調查學者告知：乃為多次崩塌，屢次降雨都會發生淺層滑崩，因此評估崩塌深度不及 3 公尺。

88 處崩塌點位分析調查表(編號 44)

管轄單位	嘉義林管處	編號	44
工程名稱	玉井區 81 林班柚子腳崩塌地緊急處理工程		
工程內容	坡面排水約 10ha、防砂壩 15 m 長		
崩塌位置	台南縣玉井 81 林班地(201091,2550540)		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	東南
崩前坡度	42 度	崩塌面積	22.8ha
崩塌長度	750 m	崩塌寬度	320 m
崩塌深度	未及 3 m	崩塌量	小於 68.4 萬 m^3 (經)
位置概述	並未位於河川或道路上下邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌未位於河川或道路上下邊坡，由工程前照片判斷：崩落土砂體積量大，崩塌面積較廣，極可能是深層土層滑動，甚至可能有包含部分岩層。 (2)由於此崩塌發生時間為 2009 年莫拉克颱風，本研究判斷此崩塌主要誘發原因為超過 200 年頻率的降雨，入滲水分導致邊坡滑動。 (3)陡坡地形、已見部分邊坡出現岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，但也發現部分岩塊，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌，但已接近深層崩塌。		
調查時間	100/12/23	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 45)

管轄單位	嘉義林管處	編號	45
工程名稱	觸口天長吊橋樓梯轉台下方保護工程		
工程內容	土包袋堆砌		
崩塌位置	嘉義縣大埔 158 林班地		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	76 度	崩塌面積	0.1ha
崩塌長度	40 m	崩塌寬度	10 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 1000 m ³ (經)
位置概述	■人為構造物下邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定■降雨■人為開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大■無異狀		
地質露頭	■崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於人造橋樑正下方，依據工程前照片判斷：主要崩落區域是橋台下方的邊坡，且呈現部分崩落，未達完全崩落。 (2)崩塌時間為 2009 年莫拉克颱風，判斷此崩塌誘發原因為超過 200 年頻率降雨，崩落主因是降雨入滲造成該裸露邊坡逐漸跨落，雖已填土包穩定橋台，但鄰近邊坡樹木歪斜情況，邊坡處於不穩定狀態。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/23	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 46)

管轄單位	嘉義林管處	編號	46
工程名稱	玉井區 33 林班崩塌地處理工程		
工程內容	潛堤 1 座、護岸約 150 m、固床工 5 座		
崩塌位置	台南縣玉井 33 林班地		
地質資訊	頁岩夾薄層砂岩	坡向	西
崩前坡度	15 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	180 m	崩塌寬度	40 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)野溪上游土砂在河川匯集流量時，將上游崩落土砂聚集於此，鄰近有一處河岸崩塌。過往施作工程重點在於整建野溪護岸，疏導野溪流量，維護河川兩岸及鄰近道路穩定。 (2)此崩塌發生時間為 2009 年莫拉克颱風，本研究判斷此崩塌主要誘發原因為超過 200 年頻率的降雨，土砂匯集河川流量形成土石流，引發河岸崩塌。 (3)本研究建議此案例應隸屬於土石流案例。		
調查時間	100/12/23	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 47)

管轄單位	嘉義林管處	編號	47
工程名稱	六溪里崩塌地整治工程		
工程內容	防砂設施 2 座及護岸約 80 m		
崩塌位置	嘉義縣大埔 1 林班地		
地質資訊	鬆軟砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	58 度	崩塌面積	0.79ha
崩塌長度	200 m	崩塌寬度	40 m
崩塌深度	未及 2 m	崩塌量	小於 15800 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由工程前後照片判斷：此崩塌案例之誘發原因應為洪水挾帶大量土砂下刷，造成河岸鄰近邊坡崩落。 (2)莫拉克颱風降雨引發此邊坡崩落，本研究判斷此崩塌主要誘發原因為超過 200 年頻率降雨，土砂匯集河川流量形成洪水或土石流，引發河岸崩塌。 (3)兩岸陡坡地形、部分邊坡可見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/23	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 48)

管轄單位	嘉義林管處	編號	48
工程名稱	阿區 166、176、177 林班崩塌地整治工程		
工程內容	邊坡穩定工 100 m		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 166、176、177 林班地		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	西
崩前坡度	70 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	100 m	崩塌寬度	4 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路(堤防)下邊坡，根據施工前照片判斷：應是洪水淘刷堤防下邊坡，導致下邊坡土壤流失引發崩塌。 (2)此崩塌案例為 2009 年莫拉克颱風造成，本研究判斷崩塌主因是超過 200 年頻率豪雨引發洪水淘刷，造成堤防地基土壤崩落。 (3)由於崩落位置非自然邊坡，而是堤防地基邊坡，本研究建議不將此案例歸類為淺層崩塌。		
調查時間	101/01/2	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 49)

管轄單位	嘉義林管處	編號	49
工程名稱	大埔區 155 林班邊坡穩定處理工程		
工程內容	蛇籠 3 層、坡面植生約 60 m		
崩塌位置	嘉義縣大埔 155 林班地		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	47 度	崩塌面積	1.2ha
崩塌長度	180 m	崩塌寬度	120 m
崩塌深度	未及 3 m	崩塌量	小於 36,000 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，由施工前照片判斷：該崩塌起因是邊坡地表逕流匯集，形成蝕溝，土砂沿蝕溝處垮落。 (2)2009 年莫拉克颱風降雨引發此邊坡表土崩落，颱風降雨為該次崩塌誘因，但該邊坡地形造成逕流匯集而成為蝕溝則是該崩塌主因。 (3)陡坡地形、部分邊坡已見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	101/1/2	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 50)

管轄單位	嘉義林管處	編號	50
工程名稱	阿區 132 林班百八嶺崩塌地處理工程		
工程內容	潛壩 2 座、護坡約 200 m 長		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 132 林班地		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	東
崩前坡度	21 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	230 m	崩塌寬度	260 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於野溪兩岸，由施工前照片判斷：該崩塌起因是野溪洪水衝出，導致兩岸邊坡崩落，崩落材料有大量土層及少量岩塊，但施工地點並未見嚴重崩塌點位，代表是野溪上游崩落土砂受洪水輸送至此。 (2)此崩塌為莫拉克颱風造成，判斷崩塌主因是超過 200 年頻率豪雨引發洪水，淘刷兩岸邊坡引發崩塌。 (3)由目前工程設置、崩塌位置及災害型態，本研究建議將此案例歸類為土石流案例。		
調查時間	101/1/3	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 51)

管轄單位	嘉義林管處	編號	51
工程名稱	阿里山區 191 林班崩塌地處理工程		
工程內容	箱籠護坡 400 m、坡面植生		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 191 林班地		
地質資訊	鬆軟砂岩及頁岩	坡向	東南
崩前坡度	40 度	崩塌面積	10.7ha
崩塌長度	350 m	崩塌寬度	500 m
崩塌深度	未及 5 m	崩塌量	小於 53.5 萬 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡：崩落的材料來自於坡面上的土砂，且出現不少的岩塊，本研究判斷此崩塌應屬於土層及少量風化岩層的崩落。 (2)此崩塌案例為 2009 年莫拉克颱風造成，本研究判斷崩塌主因是超過 200 年頻率豪雨造成邊坡水分入滲，引發土層及風化岩層滑動。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落材料已見部分岩塊，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌，但崩塌深度已近岩層。		
調查時間	101/1/3	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 52)

管轄單位	嘉義林管處	編號	52
工程名稱	阿里山區 155 林班崩塌地處理第二期工程		
工程內容	防砂設施 2 座長 60 m 高 5 m、邊坡穩定工長 400 m 高 5 m、固床工 3 座長 60 m 高 3 m		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 155 林班地		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	西
崩前坡度	26 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	500 m	崩塌寬度	60 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例為野溪上游土砂在河川匯集流量時，將上游崩落土砂聚集於此，目前施作工程以穩定河岸及階梯河床為主，工程後方有一片廣大的崩塌地。 (2) 2009 年莫拉克颱風超過 200 年頻率降雨是誘發原因，砂匯集河川流量形成土石流，引發河岸崩塌。 (3)本研究建議此案例應隸屬於土石流案例。		
調查時間	101/1/4	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 53)

管轄單位	羅東林管處	編號	53
工程名稱	宜專一線 20.9km、鳩之澤崩坍災害復建工程		
工程內容	(原始檔案未提供內容)		
崩塌位置	宜蘭縣太平山 99 林班地		
地質資訊	板岩	坡向	東南
崩前坡度	65 度	崩塌面積	0.48ha
崩塌長度	60 m	崩塌寬度	95 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 4,800 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，根據施工前照片判斷：應是豪雨引發水分入滲邊坡，導致邊坡土壤崩落。 (2)此崩塌案例並非 2009 年莫拉克颱風造成，而是一般豪雨事件，且此邊坡土層淺，本研究判斷豪雨入滲應為崩塌主因。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/29	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 54)

管轄單位	羅東林管處	編號	54
工程名稱	中間解說站南側地滑區整治第三期工程		
工程內容	型框植生 710 m ² 其他 150 m 擋土牆預力地錨補設、水平集水管 1000 m、縱向排水 100 m		
崩塌位置	宜蘭縣太平山 95 林班地		
地質資訊	硬頁岩與變質砂岩	坡向	東
崩前坡度	58 度	崩塌面積	0.61ha
崩塌長度	130 m	崩塌寬度	65 m
崩塌深度	未及 2 m	崩塌量	小於 12,200 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)位於道路上邊坡，根據施工前照片：崩塌前已興建下方低矮擋土牆，因此崩落主因應非道路開發，而是豪雨引發水分入滲邊坡，導致邊坡土壤崩落。 (2)此崩塌案例為 2008 年薔蜜颱風所造成，此邊坡土層深，本研究判斷豪雨入滲應為崩塌主因。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/29	調查人員	彭麗文、趙益群

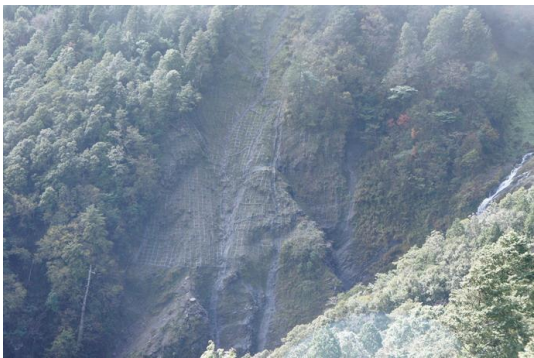
88 處崩塌點位分析調查表(編號 55)

管轄單位	羅東林管處	編號	55
工程名稱	北投 3011 區外保安林 159 巷崩塌地復育工程		
工程內容	其他鋪網噴植 350 m ² 、縱橫洩溝 100 m、箱籠擋土牆 20 m		
崩塌位置	台北縣大溪 3011 林班地		
地質資訊	砂頁岩互層	坡向	東南
崩前坡度	31 度	崩塌面積	2.3ha
崩塌長度	220 m	崩塌寬度	150 m
崩塌深度	未及 3 m	崩塌量	小於 6.9 萬 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於民戶後方的便道上邊坡，根據施工前照片判斷：豪雨引發水分入滲邊坡，導致邊坡土壤崩落。 (2)除過往邊坡土砂崩落外，邊坡下方民戶道路及房屋都有裂隙，邊坡下方擋土牆設排水管，水量不小。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，雖然此案例可隸屬於淺層崩塌，但此案例也可能是地滑案例。		
調查時間	100/11/30	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 56)

管轄單位	羅東林管處	編號	56
工程名稱	信義區 3006 號保安林崩塌地復育工程		
工程內容	鋪網噴植 150 m ² 、縱橫洩溝 100 m、沉砂池 1 座、箱涵 1 座		
崩塌位置	台北縣區外保安林 3006 林班地		
地質資訊	砂頁岩互層，含煤層	坡向	東南
崩前坡度	42 度	崩塌面積	0.20ha
崩塌長度	75 m	崩塌寬度	30 m
崩塌深度	1.5 m	崩塌量	3000 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由崩塌下寬上窄外型判斷，此崩塌案例應為河川淘刷造成的邊坡崩塌。 (2)此崩塌由一般豪雨事件造成，邊坡土層深厚，鄰近邊坡亦有崩落現象。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/30	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 57)

管轄單位	羅東林管處	編號	57
工程名稱	蹦蹦車道 0K+830 下邊坡崩塌地處理工程		
工程內容	鋪網噴植 400 m ² 、縱橫截洩溝 100 m		
崩塌位置	宜蘭縣和平 60 林班地		
地質資訊	板岩	坡向	南
崩前坡度	68 度	崩塌面積	0.74ha
崩塌長度	120 m	崩塌寬度	60 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 7400 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌位於道路(蹦蹦車)下邊坡，由工程前照片判斷：此崩塌地崩落土砂體積量大，崩塌面積較廣，且崩塌位置位於邊坡凹谷處，應跟降雨時地表逕流匯集相關。 (2)此崩塌為一般豪雨事件後誘發，本研究判斷主要誘發原因為降雨之水分入滲邊坡，在地形凹谷處之地表逕流及已入滲水分的邊坡，無法抵抗重力而崩落。 (3)陡坡地形、已見部分邊坡出現岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/1	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 58)

管轄單位	羅東林管處	編號	58
工程名稱	坪林三分子農路崩塌地復育工程		
工程內容	格框噴植 1000 m ² 、鋪網噴植 4000 m ² 、喬灌木種植 100 株、縱橫洩溝 450 m		
崩塌位置	宜蘭縣文山 50 林班地		
地質資訊	砂頁岩互層	坡向	東北
崩前坡度	53 度	崩塌面積	0.59ha
崩塌長度	120 m	崩塌寬度	95 m
崩塌深度	2.9 m	崩塌量	17000 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡，全坡面崩塌至下方溪谷處，崩塌土層深厚，本研究判斷崩塌主因應跟道路開發相關。 (2)由於此崩塌案例是在一般豪雨事件後誘發，本研究判斷降雨入滲在道路下邊坡，導致邊坡崩落。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/1	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 59)

管轄單位	羅東林管處	編號	59
工程名稱	宜區 47 林班崩塌地復育工程		
工程內容	格框噴植 1000 m ² 、縱橫洩溝 250 m		
崩塌位置	宜蘭縣宜蘭 47 林班地		
地質資訊	變質砂岩	坡向	東
崩前坡度	46 度	崩塌面積	0.52ha
崩塌長度	105 m	崩塌寬度	55 m
崩塌深度	2.7 m	崩塌量	13930 m ^{3(公)}
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，崩塌外型為下寬上窄，本研究判斷崩塌主因跟道路開發相關。 (2)此崩塌案例是在一般豪雨事件後誘發，崩塌深度不深，且已見岩層露頭，本研究判斷此崩塌應是降雨入滲在土層淺薄的陡峭邊坡，而引發崩塌> (3)陡坡地形、已見岩層露頭、崩落塊體以土層及少量岩屑為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/1	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 60)

管轄單位	羅東林管處	編號	60
工程名稱	基隆市 2805 號保安林海洋大學旁崩塌地處理工程		
工程內容	掛網 1740 m ² 、自鑽式岩釘 231 支、輔助式岩釘 1509 支		
崩塌位置	台北縣區外保安林 2805 林班地		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	西南
崩前坡度	72 度	崩塌面積	1.1ha
崩塌長度	60 m	崩塌寬度	230 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 11000 m ³ (經)
位置概述	並未位於道路或河川上下邊坡		
誘發因素	☒ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於山脊處，且根據鄰近民眾說明：該處時常有落石產生。 (2)根據本研究現場人員判斷：雖然該崩塌是因豪雨產生，但崩塌邊坡相當陡峭，且該邊坡已是岩塊，少見土層，因此崩塌主因應跟該邊坡原生不穩定有關。 (3)陡坡地形、已見岩層露頭、崩落塊體以土層及岩屑為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/2	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 61)

管轄單位	羅東林管處	編號	61
工程名稱	文山事業區第 4 林班崩塌地復育第四期工程		
工程內容	鋪網噴植 10000 m ² 、縱橫洩溝 500 m		
崩塌位置	宜蘭縣文山 4 林班地		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	西南
崩前坡度	37 度	崩塌面積	1.6ha
崩塌長度	170 m	崩塌寬度	90 m
崩塌深度	5.2 m	崩塌量	84700 m ³ (公)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例崩塌範圍由山脊處崩至坡腳道路處，崩落材料以土壤及岩屑為主。 (2)由崩塌上下幾乎等寬的外型判斷：此崩塌應為降雨入滲造成邊坡滑動，崩塌主因與道路開發關係小，且此邊坡土層淺薄，多處邊坡都可見到岩層露頭。 (3)陡坡地形、部分邊坡可見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層及岩屑，此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/2	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 62)

管轄單位	羅東林管處	編號	62
工程名稱	馬當溪右一坑源頭崩塌地復育工程		
工程內容	潛壩設置 1 座，打樁編柵約 670 m，縱、橫向截排水溝約 1700 m，植生復育約 14000 m ² 等。		
崩塌位置	宜蘭縣太平山 54 林班地		
地質資訊	板岩	坡向	東北
崩前坡度	36 度	崩塌面積	7.7ha
崩塌長度	450 m	崩塌寬度	230 m
崩塌深度	13.7 m	崩塌量	105.6 萬 m ^{3(公)}
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☒ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例崩塌範圍由(台七甲線)道路下邊坡崩至下方溪床處，崩落材料以土壤及岩屑為主，邊坡有部分地下水滲出，土壤水分含量不低。 (2)崩塌是舊崩塌地，當地民眾說明：有多次滑動現象，主因可能跟道路開發有關，鄰近道路有發現裂隙。 (3)陡坡地形、部分邊坡可見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層及岩屑，雖此案例可隸屬於淺層崩塌，但此邊坡可能具有地滑問題。		
調查時間	100/12/2	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 63)

管轄單位	花蓮林管處	編號	63
工程名稱	富源溪邊坡整治工程		
工程內容	石籠護岸:長度 150 m、崩塌地整治 500 m ²		
崩塌位置	花蓮縣玉里 11 林班地		
地質資訊	大南澳片岩	坡向	北
崩前坡度	36 度	崩塌面積	0.71ha
崩塌長度	80 m	崩塌寬度	160 m
崩塌深度	3.2 m	崩塌量	22970 m ^{3(公)}
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由工程前後照片判斷：崩塌外型屬餘下寬上窄，此崩塌案例之誘發原因應為河川洪水淘刷河岸旁邊坡，導致邊坡崩落。 (2)雖崩塌前已有興建低矮護岸，但疑似豪雨引發較大河川流量，導致護岸上方邊坡崩落。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/18	調查人員	吳俊鎡、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 64)

管轄單位	花蓮林管處	編號	64
工程名稱	玉里事業區 22 林班崩塌地處理三期工程		
工程內容	固床工 7 座, 護岸 680 m, 植生面積 1580 m ² , 土石(疏濬)清除 5000 m ³		
崩塌位置	花蓮縣玉里 22 林班地		
地質資訊	礫石、砂岩及黏土	坡向	西南
崩前坡度	小於 10 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	500 m	崩塌寬度	40 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由工程前後照片判斷：河岸旁雖有崩塌，但崩塌範圍都在河川兩旁 20 m 內，並無擴展成為較大崩塌案例，且崩塌以沿河岸方式產生。 (2)本研究判斷此崩塌主因應是豪雨引發河川洪水，洪水淘刷兩岸邊坡。 (3)雖本案例有部分崩塌產生，建議此案例應隸屬於兩旁河岸淘刷情況，不建議隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/18	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 65)

管轄單位	花蓮林管處	編號	65
工程名稱	立霧溪事業區 8 林班坡地保育二期工程		
工程內容	蝕溝治理 100 m		
崩塌位置	花蓮縣立霧溪 8 林班地		
地質資訊	大南澳片岩	坡向	北
崩前坡度	20 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	500 m	崩塌寬度	60 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例為野溪上游土砂在河川匯集流量時，將上游崩落土砂輸送且聚集於此，以現場勘查判斷：偏向土石流堆積扇。 (2)由於工程施作地點鄰近並無明顯崩塌案例，因此本研究建議此案例應隸屬於土石流案例。		
調查時間	100/11/18	調查人員	吳俊鉉、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 66)

管轄單位	花蓮林管處	編號	66
工程名稱	樂合溪上游崩塌地處理二期工程		
工程內容	蝕溝治理 100 m		
崩塌位置	花蓮縣玉里 71 林班地		
地質資訊	鬆軟砂岩及頁岩	坡向	東南
崩前坡度	33 度	崩塌面積	30.5ha
崩塌長度	700 m	崩塌寬度	580 m
崩塌深度	未達 3 m(概估)	崩塌量	小於 91.5 萬 m^3 (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由工程前後照片判斷：河岸旁雖有崩塌，但崩塌範圍都在河川兩旁 20 m 內，且部分邊坡也因河岸淘刷而引發成單一崩塌，沿河岸兩旁都有類似崩塌產生。 (2)本研究判斷此崩塌主因應是豪雨引發河川洪水，洪水淘刷兩岸邊坡。 (3)若以河岸兩旁受淘刷而產生崩塌現象，認為此類崩塌具有陡坡地形、可見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/18	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 67)

管轄單位	花蓮林管處	編號	67
工程名稱	玉里區 99 林班野溪治理工程		
工程內容	蝕溝治理 100 m, 其他野溪流心控制及崩塌地處理		
崩塌位置	花蓮縣玉里 99 林班地		
地質資訊	鬆軟砂岩及頁岩	坡向	東北
崩前坡度	42 度	崩塌面積	0.63ha
崩塌長度	50 m	崩塌寬度	150 m
崩塌深度	3 m	崩塌量	18960 m ^{3(公)}
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(本案例發生原因跟上一案例非常接近) (1)崩塌位於河川上邊坡：河岸旁雖有崩塌，但崩塌範圍都在河川兩旁 20 m，且部分邊坡也因河岸淘刷而引發成單一崩塌，沿河岸兩旁都有類似崩塌產生。 (2)本研究判斷此崩塌主因應是豪雨引發河川洪水，洪水淘刷兩岸邊坡。 (3)若以河岸兩旁受淘刷而產生崩塌現象，本研究認為此類崩塌具有陡坡地形、可見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/11/19	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 68)

管轄單位	南投林管處	編號	68
工程名稱	埔里區 96 林班崩塌地二期處理工程		
工程內容	坡趾保護工約 100 m		
崩塌位置	南投縣埔里鎮埔里 96 林班地(250328,2649864)		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	東南
崩前坡度	48 度	崩塌面積	0.5ha
崩塌長度	170 m	崩塌寬度	40 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 5000 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，目前以簡易式低矮擋土牆維持邊坡穩定，根據崩塌外型及範圍判斷，此崩塌主因應為道路(便道)開發，導致部分表土崩落。 (2)經詢問鄰近住戶，該處邊坡早有表土崩落現象，代表過往因道路開發而造成此邊坡長期不穩定，本研究認為崩塌主因跟道路切坡腳效應有關。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含土層，判斷由道路開發造成之淺層崩塌。		
調查時間	100/12/14	調查人員	吳俊銘、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 69)

管轄單位	南投林管處	編號	69
工程名稱	埔里區 93 林班崩塌地處理工程		
工程內容	新建防砂壩兩座及附屬結構物		
崩塌位置	南投縣埔里鎮埔里 93 林班地(250755,2646071)		
地質資訊	板岩	坡向	東
崩前坡度	21 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	35 m	崩塌寬度	90 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川(野溪)上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例為野溪上游土砂在河川匯集流量時，將上游崩落土砂輸送且聚集於此，以現場勘查判斷：偏向土石流堆積扇。 (2)由於此崩塌發生時間為 2009 年莫拉克颱風，本研究判斷此崩塌主要誘發原因為超過 200 年頻率的降雨，土砂匯集河川流量形成土石流，引發河岸崩塌。 (3)由於工程施作地點鄰近並無明顯崩塌案例，因此本研究建議此案例應隸屬於土石流案例。		
調查時間	100/12/14	調查人員	吳俊銘、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 70)

管轄單位	南投林管處		編號	70
工程名稱	台中市民德里土地公坑第二期整治工程			
工程內容	梳子壩 1 座、箱涵 1 座、護岸 200 m、固床工 10 座			
崩塌位置	縣鄉區外保安林 1051 林班地(228684,2676078)			
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	東北	
崩前坡度	13 度	崩塌面積	非崩塌案例	
崩塌長度	700 m	崩塌寬度	80 m	
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例	
位置概述	非屬崩塌案例			
誘發因素	非屬崩塌案例			
水源湧出	非屬崩塌案例			
地質露頭	非屬崩塌案例			
				
工程前照片				
綜合研判	(此案例崩塌類型與上一案例非常接近)			
	(1)此崩塌案例為野溪上游土砂在河川匯集流量時，將上游崩落土砂輸送且聚集於此，以現場勘查判斷：偏向土石流堆積扇。			
	(2)本研究判斷此崩塌主要誘發原因為超過 200 年頻率的降雨，土砂匯集河川流量形成土石流。			
	(3)由於工程施作地點鄰近並無明顯崩塌案例，因此本研究建議此案例應隸屬於土石流案例。			
調查時間	100/12/15		調查人員	吳俊鉉、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 71)

管轄單位	南投林管處	編號	71
工程名稱	99 年度惠蓀林場露營區旁崩塌地處理工程		
工程內容	坡面處理約 0.5ha 及野溪清疏		
崩塌位置	南投縣國姓鄉濁水溪林班地(253107,2664713)		
地質資訊	板岩	坡向	西
崩前坡度	36 度	崩塌面積	0.3ha
崩塌長度	20 m	崩塌寬度	150 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 3000 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路上邊坡，目前以簡易式低矮擋土牆維持邊坡穩定，根據崩塌外型及範圍判斷，此崩塌主因應為道路開發，導致部分表土崩落。 (2)經詢問鄰近住戶，該處邊坡早有表土崩落現象，代表過往因道路開發而造成此邊坡長期不穩定，本研究認為崩塌主因跟道路切坡腳效應有關。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含土層，判斷由道路開發造成之淺層崩塌。		
調查時間	100/12/15	調查人員	吳俊銘、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 72)

管轄單位	南投林管處	編號	72
工程名稱	台中市連坑溪上游邊坡穩定處理工程		
工程內容	石籠擋土牆 55 m		
崩塌位置	台中縣區外保安林 1501 林班地(227865,2674276)		
地質資訊	礫石及厚層至薄層砂岩	坡向	北
崩前坡度	40 度	崩塌面積	1.2ha
崩塌長度	55 m	崩塌寬度	270 m
崩塌深度	4.4 m	崩塌量	53300 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡，且崩塌外型為上(接近道路處)寬下窄，代表此崩塌應跟道路開發未做好下邊坡穩定相關。 (2)此崩塌案例是在一般豪雨事件後誘發，崩塌深度不深，本研究判斷此崩塌應是降雨入滲在土層淺薄的陡峭邊坡，而引發崩塌 (3)陡坡地形、已見岩層露頭、崩落塊體以土層及岩屑為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/16	調查人員	吳俊銘、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 73)

管轄單位	南投林管處	編號	73
工程名稱	信義鄉望美村農富坪崩塌地治理工程		
工程內容	擋土牆長約 150 m 及崩塌地整治		
崩塌位置	南投縣巒大 117 林班地(239372,2613608)		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	42 度	崩塌面積	2.0ha
崩塌長度	230 m	崩塌寬度	120 m
崩塌深度	6.1 m	崩塌量	121200 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由工程前後照片判斷：沿河岸旁有多處崩塌，崩塌前已有興建低矮護岸，崩塌範圍也擴展至上邊坡，並非僅沿河岸產生。 (2)本研究判斷此崩塌主因有二，一則降雨入滲造成該邊坡崩落，再者河川洪水造成邊坡淘刷也是主因。 (3)陡坡地形、部分邊坡可見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/16	調查人員	吳俊鎰、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 74)

管轄單位	南投林管處	編號	74
工程名稱	埔里區 70 林班崩塌地處理工程		
工程內容	坡趾保護工約 100 m 等		
崩塌位置	南投縣埔里鄉濁水溪林班地(242366,2650879)		
地質資訊	砂岩與頁岩	坡向	南
崩前坡度	52 度	崩塌面積	1.7ha
崩塌長度	25 m	崩塌寬度	610 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 17000 m ³ (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡未見地質露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於河川上邊坡，由工程前後照片判斷：河岸旁雖有崩塌，但崩塌範圍都在河川兩旁 20 m 內，且部分邊坡也因河岸淘刷而引發成單一崩塌，沿河岸兩旁都有類似崩塌產生。 (2)本研究判斷此崩塌主因應是豪雨引發河川洪水，洪水淘刷兩岸邊坡。目前工程施作也以護岸整建維護邊坡穩定為主。 (3)若以河岸兩旁受淘刷而產生的崩塌現象，本研究認為此類崩塌具有陡坡地形、可見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/16	調查人員	吳俊鎰、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 75)

管轄單位	嘉義林管處	編號	75
工程名稱	阿里山區 141 林班邊坡穩定處理工程		
工程內容	護坡 100 m		
崩塌位置	縣鄉阿里山 141 林班地		
地質資訊	砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	10 度以下	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	120 m	崩塌寬度	40 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(此崩塌案例誘發原因跟上一案例類似) (1)崩塌位於河川上邊坡，由工程前後照片判斷：河岸旁雖有崩塌，但崩塌範圍都在原堆土區，並非邊坡，因此此案例應隸屬於河岸淘刷造成鄰近地基淘空。 (2)以機制而言，本研究不建議將此案例隸屬於淺層崩塌，而該隸屬於河岸淘刷造成河岸旁結構物不穩定。		
調查時間	101/1/5	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 76)

管轄單位	嘉義林管處	編號	76
工程名稱	阿里山區 199 林班科仔林崩塌地處理工程		
工程內容	潛壩 2 座、擋土牆 50 m 及裸坡植生等		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 199 林班地		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	西南
崩前坡度	34 度	崩塌面積	1.3ha
崩塌長度	360 m	崩塌寬度	75 m
崩塌深度	4.7 m	崩塌量	6.1 萬 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)以目前在工程前的位置而言，此災害處共有兩個現象：野溪上游土砂輸送堆積於此，及兩岸邊坡受河川流量形成淘刷。 (2)本研究判斷此崩塌主因應是豪雨引發河川洪水，洪水淘刷兩岸邊坡。目前工程施作也以護岸整建維護邊坡穩定為主。 (3)若以河岸兩旁受淘刷而產生的崩塌現象，本研究認為此類崩塌具有陡坡地形、可見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	101/1/6	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 77)

管轄單位	嘉義林管處	編號	77
工程名稱	朴子溪上游崩塌地擋土牆工程		
工程內容	石籠擋土牆 150 m 護岸 100 m		
崩塌位置	嘉義縣區外保安林林班地		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	西南
崩前坡度	39 度	崩塌面積	1.8ha
崩塌長度	160 m	崩塌寬度	140 m
崩塌深度	5.7 m	崩塌量	10.2 萬 m ³
位置概述	並未位於道路或河川上下邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 人為開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌並未位於河川或道路上下邊坡，此崩塌應跟降雨有關。崩塌範圍廣，崩塌深度不淺。 (2)此崩塌為莫拉克颱風後誘發，本研究判斷主要誘發原因為超過 200 年頻綠的豪雨，造成邊坡土壤崩落。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/27	調查人員	彭麗文、趙益群

備註：圖片上之檳榔樹乃在山脊另一側的邊坡，與本側邊坡崩塌應無關。

88 處崩塌點位分析調查表(編號 78)

管轄單位	嘉義林管處	編號	78
工程名稱	阿區 207 林班崩塌地野溪治理工程		
工程內容	上腹工 3 座、跌水工 1 座		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 207 林班地		
地質資訊	鬆軟砂岩及頁岩	坡向	東南
崩前坡度	29 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	160 m	崩塌寬度	90 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例為野溪上游土砂在河川匯集流量時，將上游崩落土砂輸送且聚集於此，以現場勘查判斷：偏向土石流堆積扇。 (2)由於此崩塌發生時間為莫拉克颱風，本研究判斷此崩塌主要誘發原因為超過 200 年頻率的降雨，土砂匯集河川流量形成土石流，引發河岸崩塌。 (3)由於工程施作地點鄰近並無明顯崩塌案例，因此本研究建議此案例應隸屬於土石流案例。		
調查時間	100/12/28	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 79)

管轄單位	嘉義林管處	編號	79
工程名稱	阿區 206 林班崩塌地野溪治理工程		
工程內容	潛壩 2 座、跌水工 1 座		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 206 林班地		
地質資訊	鬆軟砂岩及頁岩	坡向	東北
崩前坡度	25 度	崩塌面積	2.9ha
崩塌長度	600 m	崩塌寬度	90 m
崩塌深度	7.6 m	崩塌量	22.0 萬 m ^{3(公)}
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)野溪在河川匯集流量時，將崩落土砂輸送且聚集於此，土石流也淘刷兩岸邊坡，有明顯崩塌現象。 (2)此崩塌發生時間為 2009 年莫拉克颱風，本研究判斷此崩塌主要誘發原因為超過 200 年頻率的降雨，土砂匯集河川流量形成土石流，引發河岸崩塌。 (3)若以河岸兩旁受淘刷而產生的崩塌現象，具有陡坡地形、可見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/28	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 80)

管轄單位	嘉義林管處	編號	80
工程名稱	阿區 204 林班崩塌地野溪治理工程		
工程內容	潛壩 4 座、跌水工 2 座		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 204 林班地		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	12 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	580 m	崩塌寬度	35 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)此崩塌案例為野溪上游土砂在河川匯集流量時，將上游崩落土砂輸送且聚集於此，以現場勘查判斷：偏向土石流堆積扇。 (2)由於此崩塌發生時間為 2009 年莫拉克颱風，本研究判斷此崩塌主要誘發原因為超過 200 年頻率的降雨，土砂匯集河川流量形成土石流，引發河岸崩塌。 (3)由於工程施作地點鄰近並無明顯崩塌案例，因此本研究建議此案例應隸屬於土石流案例。		
調查時間	100/12/29	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 81)

管轄單位	嘉義林管處	編號	81
工程名稱	阿區 133 林班崩塌地處理工程		
工程內容	擋土牆 150 m 及植生		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 133 林班地		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	14 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	100 m	崩塌寬度	20 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	本案例偏近於因道路開發導致邊坡不穩定，本研究人員比對工程前照片及到現場勘查，並未發現明顯過往崩塌現象。因此建議將本案例歸類於道路維護。		
調查時間	100/12/30	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 82)

管轄單位	嘉義林管處	編號	82
工程名稱	特富野聯外道路崩塌地處理工程		
工程內容	潛壩 1 處、擋土牆 100 m 及排水溝 50 m		
崩塌位置	嘉義縣大埔 197、198 林班地		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	38 度	崩塌面積	19.8ha
崩塌長度	570 m	崩塌寬度	700 m
崩塌深度	未及 10 m	崩塌量	小於 198 萬 m^3 (經)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡(主要)，崩塌一直延續至邊坡下方溪谷，崩落量大且崩塌面積廣，崩塌位置位於道路轉彎處。 (2)此崩塌案例是 2009 年莫拉克颱風造成，本研究判斷崩塌誘因是超過 200 年頻率的降雨，過往道路開發下邊坡不夠穩定，而在降雨事件中誘發土層崩落。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/30	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 83)

管轄單位	嘉義林管處	編號	83
工程名稱	玉井區 11 林班鳳梨山崩塌地處理工程		
工程內容	護岸 60 m、護坡 40 m、排水溝及植生等		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 11 林班地		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	南
崩前坡度	42 度	崩塌面積	0.89ha
崩塌長度	80 m	崩塌寬度	100 m
崩塌深度	3.7 m	崩塌量	33000 m ^{3(公)}
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定坡 ☒ 降雨坡 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大坡 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭坡 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於道路下邊坡，且除原路面崩壞外，原路面下方邊坡並無明顯崩塌，代表此崩塌主要誘發原因為道路下邊坡地基受降雨入滲，導致邊坡不穩定而崩塌。 (2)此崩塌案例是 2009 年莫拉克颱風造成，本研究判斷崩塌誘因是超過 200 年頻率的降雨。 (3)陡坡地形、未見岩層露頭、崩落塊體以土層為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/30	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 84)

管轄單位	嘉義林管處	編號	84
工程名稱	阿里山鄉中山村區外排水改善及監測工程		
工程內容	排水設施 200 m 及監測建置		
崩塌位置	嘉義縣阿里山 5 林班地		
地質資訊	堅硬砂岩及頁岩	坡向	東南
崩前坡度	非崩塌案例	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	非崩塌案例	崩塌寬度	非崩塌案例
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	此案例並不具有明顯崩塌位置。		
誘發因素	此案例並不具有明顯崩塌位置。		
水源湧出	此案例並不具有明顯崩塌位置。		
地質露頭	此案例並不具有明顯崩塌位置。		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	根據本研究人員至現場勘查，並由原監造單位取得工程前照片，本研究判斷此案例偏於排水溝渠興建，現場並沒有明顯崩塌位置，因此本案例建議不納入淺層崩塌案例。		
調查時間	100/12/31	調查人員	彭麗文、趙益群

88 處崩塌點位分析調查表(編號 85)

管轄單位	羅東林管處	編號	85
工程名稱	北投 3011 區外保安林 159 巷崩塌地復育第二期工程		
工程內容	鋪網噴植 100 m ² 、縱橫洩溝 80 m、箱籠擋土牆 25 m		
崩塌位置	台北縣文山 3011 林班地		
地質資訊	砂頁岩互層	坡向	東南
崩前坡度	31 度	崩塌面積	2.3ha
崩塌長度	220 m	崩塌寬度	150 m
崩塌深度	6.6 m	崩塌量	15.2 萬 m ³ (公)
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☒ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☒ 鄰近排水溝水量大 ☐ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	由於此工程案例為編號 55 號之第二期工程，因此崩塌判釋同編號 55 之說明。此案例邊坡地下水豐沛、鄰近民戶及道路有發現裂隙，可能有地滑問題。		
調查時間	100/12/2	調查人員	吳俊銘、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 86)

管轄單位	羅東林管處	編號	86
工程名稱	基隆市北寧路及新豐街口危石處理工程		
工程內容	危石打除 60 m ³ 、石籠擋土牆 50 m 共 3 層		
崩塌位置	台北縣區外保安林 2805 林班地		
地質資訊	頁岩及砂岩	坡向	東北
崩前坡度	78 度	崩塌面積	0.65ha
崩塌長度	200 m	崩塌寬度	80 m
崩塌深度	未及 1m	崩塌量	小於 6500 m ³ (經)
位置概述	並未位於道路或河川上下邊坡。		
誘發因素	☒ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1)崩塌位於山脊處，且根據鄰近民眾說明：該處時常有落石產生。 (2)根據本研究現場人員判斷：雖然該崩塌是因豪雨產生，但崩塌邊坡相當陡峭，且該邊坡已是岩塊，少見土層，因此崩塌主因應跟該邊坡原生不穩定有關。 (3)陡坡地形、已見岩層露頭、崩落塊體以土層及岩屑為主，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/2	調查人員	吳俊鉉、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 87)

管轄單位	羅東林管處	編號	87
工程名稱	清水溪左側護岸補強工程		
工程內容	(原檔案未提供工程內容)		
崩塌位置	宜蘭縣羅東 26 林班地		
地質資訊	礫石、砂、泥	坡向	東
崩前坡度	15 度	崩塌面積	非崩塌案例
崩塌長度	20 m	崩塌寬度	450 m
崩塌深度	非崩塌案例	崩塌量	非崩塌案例
位置概述	☐ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☒ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☐ 道路開發 ☒ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☐ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☒ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	根據本研究人員現場勘查，此案例應偏近於河川護岸整建，現場並未發現明顯過往崩塌位置，而工程興建護岸後方也是坡度平緩的堆積地，因此本研究建議此案例不納入淺層崩塌。		
調查時間	100/12/2	調查人員	吳俊鉉、彭麗文

88 處崩塌點位分析調查表(編號 88)

管轄單位	羅東林管處	編號	88
工程名稱	蹦蹦車道 0K+830 下邊坡崩塌地處理第二期工程		
工程內容	蹦蹦車鐵道 200 m、林地 0.1ha		
崩塌位置	宜蘭縣和平 60 林班地		
地質資訊	板岩	坡向	南
崩前坡度	52 度	崩塌面積	0.74ha
崩塌長度	120 m	崩塌寬度	160 m
崩塌深度	未及 1 m(概估)	崩塌量	小於 7400 m ³ (經)
位置概述	☒ 道路上邊坡 ☐ 道路下邊坡 ☐ 河川上邊坡		
誘發因素	☐ 原生不穩定 ☒ 降雨 ☒ 道路開發 ☐ 河岸淘刷		
水源湧出	☐ 邊坡有地下水滲出 ☐ 鄰近排水溝水量大 ☒ 無異狀		
地質露頭	☒ 崩塌邊坡已見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡未見地質露頭 ☐ 崩塌邊坡雖未見地質露頭，但鄰近邊坡已見露頭		
			
工程前照片		工程後照片	
綜合研判	(1) 此崩塌案例下方為溪流，旁有蹦蹦車車道經過，但根據本研究人員現場勘查，崩塌外型上下等寬，因此並非完全由河岸淘刷造成，且該邊坡崩塌深度淺，本研究認為應該降雨誘發崩塌相關。 (2) 此案例是在豪雨事件後發生，本研究判斷主要誘發原因為降雨，水分入滲陡峭邊坡造成土層崩落。 (3) 陡坡地形、部分邊坡可見岩層露頭、崩落塊體含有大量土層，本研究認為此案例隸屬於淺層崩塌。		
調查時間	100/12/3	調查人員	吳俊銘、彭麗文

附錄八 期末報告審查意見回復

審查意見	意見回復
王委員幸隆	
1.何謂大規模崩塌>1km ² ，中規模1ha～1km ² ，小規模小於1ha（P.39圖2.9）	P39圖2.9乃為日本深層崩塌研討委員會及特別研討會所提出規則，目前國內尚未針對此三名詞(大規模崩塌、中規模崩塌及小規模崩塌)進行詳細定義，本研究於第四章針對崩塌地之SOC分析所談之大中小規模崩塌則採用崩塌面積介於1ha及1km ² 為大中小規模崩塌之分界。
2. 各林管處轄區重大崩塌案例分析，16處子集水區崩塌地之面積（含總個數）資料來源請說明。崩塌地總面積是否包括淺層、深層崩塌及地滑地。利用災害事件航照及衛星影像研判崩塌潛勢高敏感地區至為重要。崩塌影響範圍，僅提及事業區，林道及區內或鄰近森林遊樂區建議對子集水區內直接（或間接）保全對象，如部落建議詳加調查，以利於劃設崩塌雨量警戒值及規劃避難處所。	本研究所採用之崩塌地圖層都經由相關單位以衛星影像或航照分析判釋，因此僅包含淺層崩塌地，並未包含地滑。 針對崩塌影響範圍，本研究乃採用林務局之相關保全對象進行說明，因此提出國有林、事業區、林道、森林遊樂區，部落或聚落於國有林地所佔部分甚小，是否納入將再與主辦單位討論，並於後續年度一併辦理。 保全對象調查及資料建立將在本研究第三及第四年度進行(第四年度工作項目5)。
3. 88處崩塌案例調查分析，由p.206圖5.1，88處崩塌案例評估流程圖，現場勘查及施工前照片僅為判斷該崩塌地是否為淺層崩塌。分析淺層崩塌前後地形變遷量（崩塌長度，坡度，坡向等）進行統計分析，提出崩塌面積及崩塌深度推估，須利用高精度數值高程模型，惟由p.218得知貴規劃公司高精度數值高程模型並未取得	本研究所推算之崩塌深度及崩塌量，目前採用兩個方法，一則若有現場人員或相關學術研究人員曾勘查過該崩塌地，則由其經驗推估深度及至現場判斷而得，此法可先得到概估崩塌深度，再以崩塌面積乘崩塌深度而得崩塌量。 若無經驗概估深度，則以崩塌面積與崩塌體積之推估關係式(如第五章所述)，先求得崩塌量後，

資料，請教上述所需崩塌地資料如何分析得知。	反求崩塌深度。
4.88 處崩塌地調查為建立資料庫，供後續分析，p.265 附錄七建議 (1)增加調查日期調查者之欄位。 (2)誤植及空白部份請補正	本研究已將第一年度合約第四點所要求資料皆納入調查表格，資料誤植及空白部份都已補正。
5. P.237 附錄三，88 處崩塌地案例資料彙整表，建議增列是否淺層崩塌之欄位。	附錄三表格已修正，增加判斷土砂災害類型。
6.此次分析 98~99 年度 88 處崩塌案例，工程前後照片大都無法對照（比照）尤其尚未進行前之現場崩塌照片更欠缺。為有助於崩塌誘發原因及類型之判斷，建議各林管理處於 101 年及 102 年辦理崩塌地處理工程勘查時，拍現場崩塌情形照片，施工時再要求監造或施工廠商，定點（勘查時之位置）拍施工前、中、後之照片，以利於 102 年及 103 年崩塌案例之分析。	此意見的確對後續研究助益甚大，但因事涉各林管處各工程發包之細項說明，本研究將呈報本局承辦人員，再納入後續未來相關工程辦理要求內容。
7. P.64 表 4-5 玉峰溪集水區各次事件崩塌數據統計表，備註二玉峰溪集水區居於國有林地之比例約 41%，P61 其總面積為 84.7km ² （8470ha）換算為 3427ha，而表 4.6 統計其總面積為 8,347.8ha，P68 表 4.8 總面積為 8,467.1ha 請註明。	16 處子集水區之崩塌面積、崩塌比及百分比資料皆已重新檢核並更正。另外玉峰溪集水區國有林地佔總面積之 41%，換算後為 3472.7ha，非 3427ha，為避免誤導數據，特此說明。
8. P.72 表 4.10 上坪溪集水區各次事件崩塌數據統計表，備註：本表數據仍估算國有林地崩塌面積。表中 2004 年艾利颱風崩塌比（%）0.2%，為非崩塌嚴重區（<1%）與新竹處建議為土場	經本研究所採用之 2004 年艾利颱風引發新竹桃園崩塌圖層，土場部落崩塌面積約為 5.8 公頃，此值與中央地調所(2004)年所發佈之土場部落崩塌面積接近，因此本研究選用圖層應無誤植。

野溪集水區應有落差，請查明。	
9. P.73 表 4.11，2004 年艾利颱風，上坪溪集水區，統計其總面積 24,223ha 崩塌總面積 51.8ha，表 4.13 (P.77) 總面積為 15,339.9 ha，總崩塌面積 51.8 ha，總面積不符請查明。	16 處子集水區之崩塌面積、崩塌比及百分比資料皆已重新檢核並更正。
10. P.74 第一行”表 4.7”請修正為 4.12，P.76 地形與崩塌之關係第二行”表 4.8”應修正為長 4.13	已更正。
11.P.76 表 4.14 上坪溪集水區各種土地利用類別崩塌比估算表建築崩塌比 25.3%偏高(玉峰山 0.3%，九九峰 2.5%，曾文水庫集水區 1.01%奧萬大溪 1.3%)請查明。	由於各集水區之人為建築總面積不等，只要該集水區人為建築面積偏小，人為建築內有崩塌產生，則人為建築崩塌比就會偏高。經查上坪溪便屬於此案例，該崩塌比數值無誤。
12.P.78 (2) 處二行，99.6%位於累積降雨量超過 900mm 以上區域由表 4.11 查得為 98.2%，請查明。	已更正。
13.P.80 表 4.15 備註一烏石坑溪及雪山坑溪集水區全屬於國有林地範圍內，P.79 第三行總面積合計 7815 ha，其中國有林地面積約 7,279 ha 約為全集水面積之 93.2%，表 4.16 總面積以 7815 ha 計算表 4.18 總面積以 7279 ha 計算。總崩塌面積 1,044.6 ha，其崩塌比為 14.4%與表 4.15 崩塌比 13.4%，請查明。	16 處子集水區之崩塌面積、崩塌比及百分比資料皆已重新檢核並更正。
14.P.88 第十四行，本研究選定 2001 年敏督利颱風請改為 2004 年。	已更正。
15.P.89 表 4.20 敏督利颱風崩塌地總面積 3293.9 ha，崩塌比 8.8% (總面積國有林 37.348 ha)P.90 表 4.29 總崩塌面積仍為 3293 ha，崩塌比 8.52% (總面積	16 處子集水區之崩塌面積、崩塌比及百分比資料皆已重新檢核並更正。

38,623 ha)表示 1,275 ha 之山坡地均無發生崩塌，請查明。	
16.P.92 第四行此三區的比例分別為 11.9%(上邊坡)及 39.7%(山腰)，P.93 第四行，大甲溪中上游下邊坡崩塌總面積 (48.4%) 約為上邊坡崩塌總面積 (11.9%) 之 3.4 倍 (4.1 倍)。P.95 倒數第五行亦為如此，請查下邊坡比例為 48.4% 或 39.7%。	已更正。
17. P.96 九九峰集水區倒數第五行，九九峰地區總面積約為 1810 ha，集集大地震則在九九峰地區引發約 1490 ha 之崩塌地，P.100 表 4.25 表中 1999 年集集地震總崩塌面積 479.3 ha (48.1%) 敏督利颱風，崩塌 258.1 ha 崩塌比 25.9%，換算集水區總面積為 996.5 ha 與上述不符。P.101 表 4.26 面積為 1810 ha 總崩塌面積為 258.1 ha 崩塌比 14.3%，為何如此請查 P.105 表 4.28 總崩塌面積亦為 2.58 ha 而集水區總面積為 997.2 ha，請查明修正。	P96 頁之九九峰面積乃採用過往文獻分析資料，但後續所有崩塌分析資料則採用九九峰集水區位置及國有林地面積進行估算，因此總面積及崩塌面積上有所差距，本研究建議採用本研究自行估算資料為主。另，本處子集水區之崩塌面積、崩塌比及百分比資料皆已重新檢核並更正。
18. P.108 表 4.30 敏督利颱風崩塌地總面積 798.6 ha，依備註，崩塌比估算乃以國有林地所之面積 (21490 ha) 進行估算崩塌比 3.2%須修正為 3.34%。	16 處子集水區之崩塌面積、崩塌比及百分比資料皆已重新檢核並更正。
19. P.116 曾文水庫集水區面積為 481km²，其中國有林地面積為 332.7 km²，山坡地為 128.8 km² 兩者合計為 461.5 km² 不符。P.117 表 4.35 中莫拉克颱風總崩塌面積 1509.1 ha 崩塌比 3.5%，換算得曾文水庫集水區國有林	曾文水庫集水區面積包含庫區(蓄水面積)、國有林地面積及山坡地面積，本研究於該處補上庫區面積 19.5km²。 該處崩塌比估算資料已更正。

地為 431km ² 與 332.7km ² 差約 100 km ² ，請查明。	
20. P.126 表 4.43 清水溪集水區各次事件崩塌數據統計表，敏督利颱風總崩塌面積為 987.3 ha 崩塌比 7.5%（全面積）修正為 8.7%（國有林地面積）。	該處崩塌比估算資料已更正。
21.上述僅提 8 處子集水區誤值情形，其餘 8 處子集水區請規劃團隊審慎詳加核對。	16 處子集水區之崩塌面積、崩塌比及百分比資料皆已重新檢核並更正。部分數字誤植及文字遺漏部分也重新檢核。
施委員彰樹	
1.88~89 年間 88 處崩塌地調查，實際調查結果 67 處為淺層崩塌案例，雖附有調查表惟建議其彙整表宜將其重要特性補入以利查閱。	目前已在附錄三彙整成 88 處崩塌案例重要特性說明表格，以利後續查閱。
2.本計畫目的，係建立淺層崩塌潛勢地點規劃、影響範圍，以及訂定警戒值，文內指出因主要誘發原因，係降雨誘發，故擬暫依水保局土石流之警戒值乙節，因林務局國有林地位處上游地區，與保全對象較為遠離，故其警戒值仍應視各潛勢區位特性研訂之，以免有造成擾民之虞。	感謝委員建議，本研究會在第三年開始進行潛勢區劃定及警戒值擬定時，將保全對象遠近視為重要考量。
3.淺層崩塌定義欲明確定義，雖有困難，惟將來擬如何進行調查（調查之時對象、方法……）仍宜明確說明。另對於其保全對象及其受影響程度之高低情形，更應詳細調查。	目前本研究乃沿用專家學者座談會所提出之「淺層崩塌現象與特性」，以該說明，淺層崩塌之調查與一般崩塌地調查並無異，只差異在崩塌深度是否觸及岩層，因此本研究仍是以一般崩塌調查作業方式為主，並未例外創設新的調查方法。 保全對象資料建立，將會在本研究第三年或第四年進行。
4.P.265 起之崩塌地之調查資料	本年度為第一年度研究，因此在

表，宜有調查人、調查日期（照片宜應標註日期）。	88處崩塌地調查資料使用及尋找上，都是初次探索；部分工程施作前照片屬於當時監造單位或營造場所有，因此拍攝日期已無法追尋；另調查人姓名將在第二年度資料內加入調查表格。 本研究之崩塌調查表格資料要更完整，可能需要更工程之監造單位及施工單位配合，本研究會將此建議呈報主辦單位，擬定未來工程監造或施工單位資料提供方式及內容。
5.P.203，16 個研究區域崩塌情形綜合比較表，宜將文內探討各項特性擇要列入並綜合比較分析，俾更完整及供參考。	已在第四章末進行比較分析。
國家災害防救科技中心 陳聯光委員	
1.建議文中所述相關大、中、小規模，高、中、低強度，長中短延時之定義補強說明之。	已在文中補充說明。
2.依報告中圖 1.3 所述研究架構與報告所分析重點圖 1.8，如航照分析及高精度數值高程模型資料等不盡相同，建議補充說明之。	該處資料已更正。
3.P18 頁，圖 2.1Varnes（1987）？～（1978）？年代是否有誤。	已更正。
4.第四章分析方法建議補強說明之，如土地利用與崩塌地之疊合分析與判斷標準或無複合問題（如道路與河川之影響等）如報告中採 250m 主河道內之崩塌其依據等。	針對土地利用之崩塌比分析，本研究乃沿用內政部之最新土地利用類別，只要在該類別內產生崩塌之面積，則崩塌面積除以該類別總面積即為該類別之崩塌比。由於此僅為圖資分析，並無法清楚分辨複合因素所產生的崩塌地。
5.P65 表 4.6 中累積雨量之 1000～1100 與 1200～1300 之面積是否相同？建議確認之。	根據 20m 網格所模擬之玉峰溪集水區 kriging 雨量分佈，雨量介於 1000 至 1100mm 之總面積約為

	1337.32ha，雨量介於 1200 至 1300mm 之總面積約為 1337.28ha，在取小數點一位後，的確都為 1337.3ha。
6.對於崩塌特性分析評估方法其指標為何？如玉峰溪坡度小於 10 度及水利土地使用之崩塌比相對較高，是否即表示坡度小之區域為水利河岸淘刷？應有更具體的證據說明之。	緩坡地區(坡度小於 10 度)之崩塌可能來自於上邊坡崩塌「堆積處」、洪水造成近河岸之緩坡淘刷及真正的崩塌(但機率偏小)，但此部分的釐清必須配合現場調查方可得到更精確之結論。本研究提及緩坡可能屬於河岸淘刷乃在第四章之崩塌圖資分析上，在第五章進行現場調查之崩塌案例分析，則較少有如此情況。圖資分析無法做到現場調查部分，本研究也在文稿中加註說明。
7.P203 表 4.86 中之崩塌規模用中延時，短延時，長延時之意義為何？建議補強說明之。	已更正。
8.P271 崩塌面積 063ha 是否筆誤？P285 面積 204500 ha？崩塌量？另配合未來資料庫建置建議統一格式如 13、12 不同？納入調查時間及座標等資訊，以利後續分析工作。	部分資料誤植部分已作更正。本研究之崩塌資料庫建置作業將從第二年開始(第二年工作項目一：...累積調查樣本...)，委員所提資訊將列入資料庫建置參考。
9. P218 頁所述表 5.3 為何？	已更正。
王組長昭堡	
1.封面建議增加委託單位：林務局及執行單位：財團法人資源及環境保護服務基金會。另請增加摘要說明。	已更正。
2.P49 及 P50 有關表 4.1 與 4.2 之災害研究事件不一致，一為 7 件，一為 5 件（少納莉及艾利）請再修正。	因納莉颱風造成傷害總數並未列入前十，但卻在羅東林管處轄區造成重大傷害。因此表 4.1 並無納莉，表 4.2 則有補述資料。
3.P58、P59、P60 相關圖例之橫座標請補充中文標示，並請放大圖面以利閱讀。	已更正。

4.表 4.86 綜合比較表，請補充綜合分析說明，另圖 5.3 亦同。	已更正。
5.依 P.50 採用敏督利颱風後之衛星影像(2004 年 7 月 10 日)分析 P.61 艾利颱風事件，似不妥。	已更正，如表 4.2 所述，艾利颱風之崩塌圖層乃採用水利署資料。
6.P210 與 P217 之淺層崩塌數不一致，請修正。	已更正。
東勢林區管理處	
1.P56 頁(4.1) SOC 公式相關函數項且及單位應標示。	已更正。
2.P91 大甲溪中上游集水區 SOC 分析是否應以敏督利颱風誘發之崩塌去探討 α 、 β 值，藉以判斷該颱風是否因地震後所增加影響。	大甲溪中上游集水區在敏督利颱風後之崩塌個數及面積偏大，且小面積之崩塌偏多，本研究認為的確跟集集地震誘發相關(因地震易誘發小規模崩塌或導致岩層鬆動)。
3.有關各期崩塌數量及面積資料，是否為該期所發生的崩塌資料。或是當期衛星所觀察裸露資料，資料不同可能影響後續之警戒值之樣本研究。	各期崩塌資料乃為各期衛星影像或航照圖上之裸露區塊。
4.P276 編號 12 必坦溪崩塌地上邊坡已有岩層外露，是否仍屬淺層崩塌。	根據本研究與鋒景公司(規劃單位)討論，崩塌後之堆積物少見岩層，因此該點位應隸屬於土層較厚之崩塌，仍屬淺層崩塌。
南投林區管理處	
1.本研究淺層崩塌之定義建議於文中詳加描述，及其與深層崩塌如何區別。	目前本研究沿用專家學者座談會所提之「淺層崩塌現象與特性」(第 3.2 節)，以此定義便可由崩塌深度及崩塌材料判別出淺層與深層崩塌。
2.88 處案例之 70 土地公坑溪建議就上游崩塌地加以探討，另其地質應屬礫石層。	本研究目前仍以給定之工程點位進行案例分析，此類土石流案例上游必有崩塌地，是否分析工程點位的上游崩塌地，本研究將與主辦單位商談。
3.萬大溪上游後續建議以其上游	感謝委員建議。

代表性崩塌地（如北溪崩塌） 進行分析。	
嘉義林區管理處	
1.未來崩塌地地圖應可否套用林班地，以利後續查閱。	感謝委員建議。
2.P123 曾文水庫集水區林道不含 焙仔桶林道、祝山林道。	已更正。
3.編號 77 崩塌原因係因地質有青 灰岩，加上豪雨產生向源侵蝕 崩塌是否屬人為因素，請查明。	已更正。
屏東林區管理處	
1.P135 崩塌比都維持在 6.2%以 上，累積降雨超過 1900mm 以 上地區崩塌比則都超過 10%， 與表列有差異，請更正。	已更正。
2.P136 表 4.45 與 P137 表 4.46 之 崩塌面積數值不同及崩塌比， 數值有誤，請核算更正。	已更正。
3.P145 表 4.50 與崩塌比為 6.8%， 非 6.2%，請更正。	已重新估算並更正。
4.P146 表 4.51 累積降雨第五列之 欄位內數值>240，應為>2400 請更正。	已更正。
台東林區管理處	
1.P154 太麻里河流域參考之雨量 站為金崙雨量站，但其觀測到 之雨量資料，與流域內推估之 雨量，有極大的之落差，建議 可否納入屏東地區之雨量站， 一併探討。	由於太麻里上游(過山脈靠台東 此側)並無雨量站，最鄰近也最能 展現高強度降雨的僅有金崙雨量 站，其他台東地區雨量站時降雨 資料都未比金崙雨量站更高，因 此本研究建議採用此雨量站進行 分析，但與太麻里溪上游真正降 雨情況仍有差異。
2.P168 新武呂溪集水區，建築用 地崩塌比為 3.6%，比對旗山 溪、荖濃溪相對之比例，及圖 4.59 崩塌地大部分位於上游陡 坡上，綜合說明（6）、（7）是	由於新武呂溪集水區內人為建築 面積小，所以只要有崩塌，其崩 塌比便會偏高。本研究在該段落 文詞補充說明。

否需納入地區開發特性。	
花蓮林區管理處戴欣怡	
1.建議未來工作項目，及早將「保全對象」之因子納入討論檢討，抑或以有「保全對象」之國有林地為優先探討區域？	感謝委員意見，本研究建議以「有保全對象」之國有林地為優先研究對象。
2.在崩塌分析中，地質和降雨是極重要的探討因素，報告中針對地質分析部分，僅玉峰集水區針對地質部分之描述較詳盡，並有配合圖示說明，而其他集水區卻未見配合圖資或引用來源。降雨分析中，選用雨量站別或歷史雨量說明，亦未見說明。	由於目前高山地區之高比例尺地質圖(五萬分之一)仍欠缺，也由於本研究所選之研究區域位於國有林(偏深山)，大部分地區都無法有完整之高比例尺地質圖，因此本研究僅能先以文字敘述說明。 降雨型態分析，目前本研究偏重於該場降雨之延時及強度特性，也較能說明該場崩塌事件主要誘發原因。
3.P212 圖 5.3 不同誘發原因與坡度分布，建議增加圖例，以利判讀。	感謝委員意見，已更正。
4.針對第 2 年度工作項目，有關 100 年度各林區管理處崩塌治理案例，倘若林管處在該年度並無相關治理案例，是否可提供轄區內其他治理案例提供分析。	感謝委員意見，此點將再由本研究人員與主辦單位商談。
羅東林區管理處洪豪男	
1.表 4.76 崩塌數據統計表，2008 年及 2009 年內崩塌個數及面積均較 2004 年後大幅下降，但是在 2005 年海棠等颱風侵襲下，崩塌面積及處數皆有增加，(按水保局 2006 年崩塌圖為 124 處，315.8 公頃)，本處 98 年調查資料亦有 119 處 317.1 公頃。故 2008 年及 2009 年資料是否有誤請再檢核。	本研究所採用的崩塌圖層分析資料，2008 年辛樂克採用水土保持局分析圖資，2009 年莫拉克則採用自中央地調所圖資，兩版圖資應無問題。 判釋崩塌圖層之底圖(衛星影像或航拍)解析度會影響判釋崩塌之個數及總面積，為求統一，本研究建議採用此兩版國內公開利用的圖資進行分析。
本局集水區治理組	

1.有關 p.13 請補列實際進度。	已更正。
2.有關蒐集 16 案例，已將分析結果特性比較製表如 p.203，惟相關定義(如未來復育、崩塌規模)等並不明確，建議可將 p.216 所列成果部分表格化，應較能瞭解大致狀況。	已更正。
3.有關 p.205 所述工程案例皆已施工完畢，下期研究案倘能持續執行，建議可提早進行相關工作。	本研究團隊將會在本期工作結束後，提前與主辦單位商談。
4.有關 p.212 之誘發原因之選擇與附錄七 p.265 之內容有所出入，其選擇方式為何，請說明。	部分崩塌案例具有兩個誘發因素者，本研究利用現場勘查瞭解哪一個誘發原因是主要誘發原因，並取該誘發原因為 P.212 圖資繪製之依據。
5.有關 p.215 及 p.219 文獻部分，建議加編碼以利判讀。	已更正。
6.調查資料豐富，惟部分數據前後不一致，請確實校對以確保分析結果，另相關計算公式建議統一，以利審閱。	數字或文字誤植部分皆已更正。
7.報告內容如能將簡報分析圖表放入，應更易閱讀及瞭解成果。	已更正。