

坡地災害之邊坡穩定機制研究

A STUDY ON THE MECHANISM OF SLOPE STABILITY

計畫編號：NSC 90-2625-Z-002-020

執行期限：90/8/1-91/7/31

主持人：鄭富書 台灣大學土木工程學系 副教授

一、摘要

中文摘要(關鍵詞：山崩潛感圖、豪雨、地理資訊系統、溪頭)

本研究應用 GIS 工具，結合無限邊坡穩定分析，簡化豪雨誘發山崩之多種因子(降雨強度、累積雨量、地質背景、地形、水系及植生覆蓋等)之關聯性，以具有物理意義之單一變量(安全係數)取代多變量分析，嘗試進行比例尺為五千分之一之山崩潛感圖製作。

以溪頭地區為研究區域，利用 1996 年賀伯颱風及 2001 年桃芝颱風前後區域內之崩塌地分佈分別作為豪雨引致山崩之分析案例。其中因桃芝颱風發生於 921 地震之後，所以需考慮地震對地層潛在因子的影響，加以折減地層參數。研究結果顯示，安全係數小於 1 定義為高潛感區，其高潛感地區分佈狀況與航照所判釋之崩塌地區位置大致相符，故以 GIS 為工具，由無限邊坡分析觀點出發，將豪雨誘發山崩之因素結合成單因子加以考量之山崩潛感圖製作方法確實可行。

英文摘要 (landslide susceptibility zonation、rainfall、groundwater depth factor、GIS、Shitou)

The main object of this study is to assess the landslides caused by torrential rainfall through physical based single-variable analysis based on GIS technology. The parameter used to assess rain-induced landslides is the safety factor of infinite slope. The influence of rainfall is taken into account by using the groundwater depth factor (m) which is relative to precipitation、porosity and plant cover. The technology of remote sensing (RS) is used to get temporal information of landslide events. The landslide susceptibility of the shitou area after the Herb typhoon (1996) and the Toraji typhoon (2001) were verified using the landslide location data. Particularly, the Toraji typhoon encroach upon the shitou area after the Chi-Chi

earthquake (1999), so we must adjust the parameter used to assess rain-induced landslides. The results reveal that satisfactory consistence between the susceptibility map and the existing data on landslide location can be efficiently obtained through GIS and physical based single-variable analysis.

二、計劃緣由與目的

台灣地區山坡地比例佔總面積 2/3 以上，且因豪雨及人為開發所造成之坡地災害頻傳，瞭解各地區在豪雨後發生山崩的潛在可能性，已是一重要的課題。雖然國內對於利用 GIS(Geographic Information Systems)工具討論因豪雨所誘發之山崩災害及其山崩潛感圖已有案例研究，惟其考慮之山崩影響因子並未將促崩因子放入考量，而侷限於潛感因子之討論(如簡李濱，1992、蔡光榮，1996、游中榮，1996、林書毅，1999 等)，這是因為在探討促崩因子時，判釋之災前後崩塌地變化之影像必須是災前後短時間內拍攝所得者，以往國內外遙測技術及地理資訊系統功能未似今日之進步，降雨所引致之山崩往往缺乏相關災前、後遙測資訊，且因電腦軟硬體之容量及速度在處理大量向量式資料之限制等，而這些難題在今日均已得以解決。

本研究應用具空間概念之 GIS，結合具有力學背景無限邊坡穩定分析，簡化豪雨誘發山崩之多種因子(降雨強度、累積

雨量、當地地質背景、地形、水系及植生覆蓋等)之關聯性，以具物理意義之單一變量(安全係數)取代多變量分析，進行比例尺五千分之一之山崩潛感圖製作，所用之基本圖層如表一所示。配合 RS(Remote Sensing)技術，可了解研究區域於災害前、後崩塌地於時間、空間中的分佈，加上應用 GPS 幫助現地調查，了解豪雨發生時研究區域內發生坡地災害之危險區域。研究成果期望有助於緊急應變計劃的事先制定，以減少豪雨所誘發山崩所造成的生命財產損失。

三、研究區域概述

溪頭之地理位置位於南投縣南方，隸屬南投縣鹿谷鄉。主要溪流為濁水溪支流-北勢溪，研究區內包含了數條野溪。地形上為三面環山之大型谷地，東面為鳳凰山脈，南面為嶺頭山脈，西南面為內樹皮山脈，地勢由南向北傾斜。主要建物分佈大都位於鳳凰山脈西側山麓上，入園主要道路為延平溪頭公路(投 151 縣道)，沿北勢溪右岸蜿蜒而上，到達溪頭(圖 1)。

本研究區域之範圍係以能資所所出版之台灣地區 1/5000 環境地質圖之溪頭(南、北)圖幅為主，左上角二度 TM 座標(依 TWD67)為(227000, 2621800)；右下角二度 TM 座標為(229600, 2616400)，全區面積約為 1400 公頃。

研究區內主要地質構造為鳳凰山斷層，斷層東南側出露之地層由西而東為南莊層及桂竹林層關刀山砂岩，西北之地層則為桂竹林層之魚藤坪砂岩，並於斷層線

利用賀伯颱風前後之像片基本圖判釋因賀伯颱風所造成山崩結果如圖 7 所示，約有 65 處崩塌地，面積約為 12.6 公頃，佔總面積之 0.9%；而以分析結果(圖 8)顯示安全係數小於 1 之網格數為 119 格，面積為 19.0 公頃，佔總面積之 1.36%。分析所得安全係數小於 1 之區域大多為真實發生崩塌之區域。唯面積上之差異則因分析時採用精度為 40*40m 之正方格，精度之準確性不足所造成之影響。

4.2 桃芝颱風豪雨引致山崩分佈之研究

桃芝颱風(2001/07/30)分析的方法跟賀伯颱風相同，唯地層潛在因子需考慮 921 地震影響而加以折減，折減後工程地層參數如表五。桃芝颱風累積雨量圖如圖 9。m 值考慮地震影響後如圖 10 所示。其餘相關參數(滑動深度、坡度)跟賀伯颱風相同。

計算結果可得區域內每一個 40m*40m 網格之安全係數，將安全係數小於 1 之區域定義為山崩高潛感區域，加上由航照判釋出之崩塌結果(圖 11)，可進行模擬結果與現地情況之比對。

利用桃芝颱風前後之彩色航照圖判釋因桃芝颱風所造成山崩結果如圖 11 所示，約有 710 處崩塌地，面積約為 46.85 公頃，佔總面積之 3.35%；而以分析結果(圖 12)顯示安全係數小於 1 之網格數為 951 格，面積為 152.16 公頃，佔總面積之 10.86%。分析所得安全係數小於 1 之區域大多為真實發生崩塌之區域。唯面積上之差異則因分析時採用精度為 40*40m 之正

方格，精度之準確性不足所造成之影響。

5、結論

1. 在豪雨引致山崩的分析中，影響較大的參數為材料 c 值、坡度 α 及 m 值。分析採用之材料參數 c 值，分別考量風化與否之影響，經參數敏感分析及成果比對發現採用風化岩體推估所得之 c 值，較合乎實際情況。m 值之決定，須考量植生覆蓋的程度，於溪流及人為開發區域需調整入滲率；溪流及道路範圍應設定其入滲率較高，而建物位置則為較低。另由分析結果得知坡度較陡的區域，其安全係數有明顯下降之趨勢。
2. 地震作用後，風化岩體受到擾動而造成材料強度有弱化的情形發生，在進行分析時必須加以考慮以免高估材料參數。桃芝颱風在考慮 921 地震的影響後，依此模式進行分析跟賀伯颱風一樣可以得到不錯的結果。
3. 目前分析所採用之 DTM 為 40m*40m，其精度受到限制，採用 5m*5m 之 DTM 進行分析，期能考量微地形之影響，以提高分析之精確性。

參考文獻

1. 工業技術研究院能源與資研究所(民國 79 年), 台灣地區 1/5000 環境地質圖南投縣溪頭(南、北)地區環境地質圖。
2. 朱聖心(民國 90 年), "應用地理資訊系統製作地震及降雨所引致之山崩危險圖", 國立台灣大學土木工程學研究所論文。
3. 林書毅(民國 88 年), "區域性山坡穩定評估方法探討—以林口台地為例", 國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
4. 游中榮(民國 85 年), "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。
5. 蔡光榮(民國 85 年), "GIS/GPS 科技應用於新中橫公路—伯颱風之災害調查分析", 土工技術雜誌第 57 期, 第 41-59。
6. 簡李濱(民國 81 年), "應用地理資訊系統建立坡地安定評估之計量方法", 國立中興大學土木工程研究所碩士論文。

表一 研究區域分析基本資料圖層整理表

種類	細項	資料類型	比例尺(或精度)
地質災害	山崩	面圖徵	1 : 5000
基本圖層	地形圖	點及線圖徵	1 : 5000
	地質圖	面圖徵	1 : 5000
	水文條件	線圖徵	1 : 25000
	地形模型	規則網格	40x40 m
災害事件資料	累積雨量	規則網格	40x40 m
	分佈圖	規則網格	40x40 m
影像圖層	衛星影像	規則網格	12.5x12.5 m
	航空照片	規則網格	0.7x0.7 m

表三 賀伯分析使用材料參數表

岩層名稱	c' (kPa)	ϕ (度)	γ_t (kN/m ³)	e	γ' (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
桂竹林層	38	26.3	23.35	0.16	13.55	23.36
沖積層	20	27.30	18.62	0.50	8.82	20.91
崩積土	23	25.00	18.13	0.58	8.33	20.65
南莊層	30	26.3	21.78	0.24	12.64	22.45

註：分析參數因考慮岩層風化而做不同調整

表五 桃芝分析使用材料參數表

岩層名稱	c' (kPa)	ϕ (度)	γ_t (kN/m ³)	e	γ' (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
桂竹林層	33	25	23.35	0.16	13.55	23.36
沖積層	20	27	18.62	0.50	8.82	20.91
崩積土	23	25	18.13	0.58	8.33	20.65
南莊層	27	26	21.78	0.24	12.64	22.45

表二 溪頭地區近十年間之坡地災害歷史

災害事件	發生時間	累積雨量 (mm)	災害種類
豪雨	1988/08/13	538.0	土石流
莎拉颱風	1989/09/11	745.0	土石流
寶莉颱風	1992/08/29	352.5	----
道格颱風	1994/08/07	521.5	----
賀伯颱風	1996/07/31	1200	山崩、土石流
921 集集地震	1999/09/21	----	山崩(約 234 處)
桃芝颱風	2001/07/29	914.7	土石流

表四 研究區域內不同環域所採用之入滲率

分類	入滲率
植生狀況佳	0.5
溪流四周 100 公尺	0.9
道路四周 100 公尺	0.8
建物四周 100 公尺	0

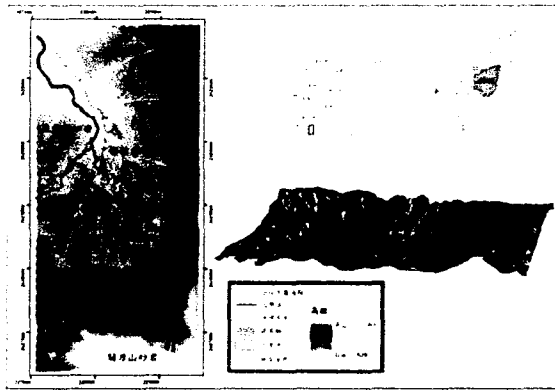


圖 1 溪頭地理位置及環境背景圖

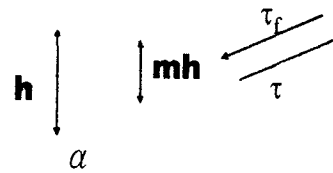


圖 2 無限邊坡及地下水位參數 m 值定義之示意圖

水流方向

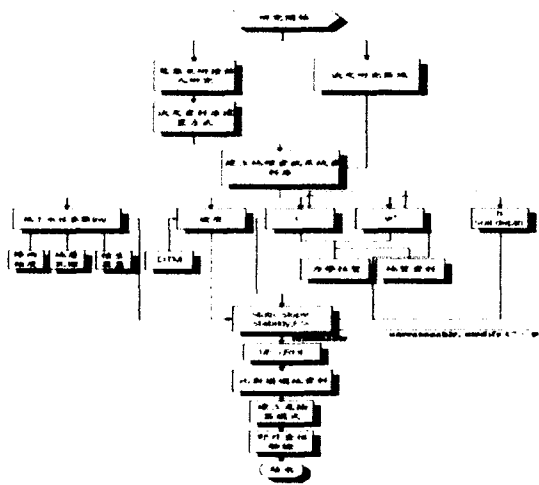


圖 3 應用地理資訊系統製作溪頭地區降雨所引致之山崩危險圖流程圖

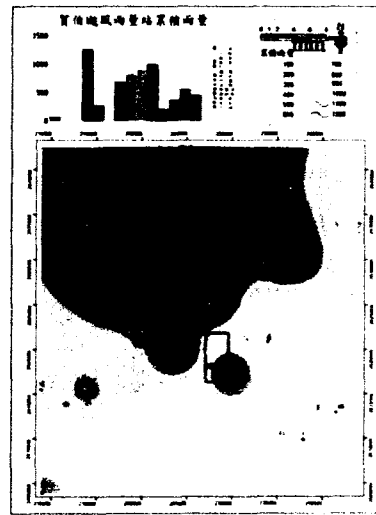


圖 4 溪頭附近賀伯颱風累積雨量等值分佈圖



圖 5 依坡度決定之滑動深度圖

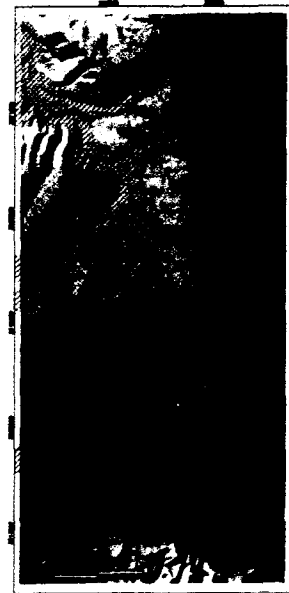


圖 6-a 以溪流中心線向外 100 公尺做環域分析圖

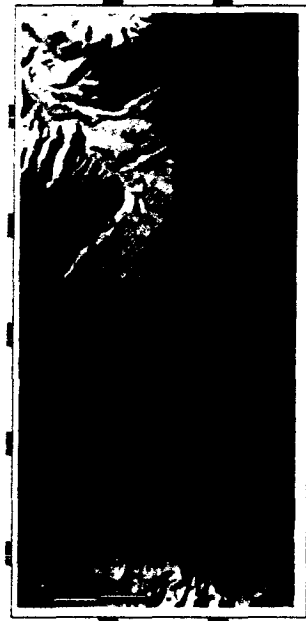
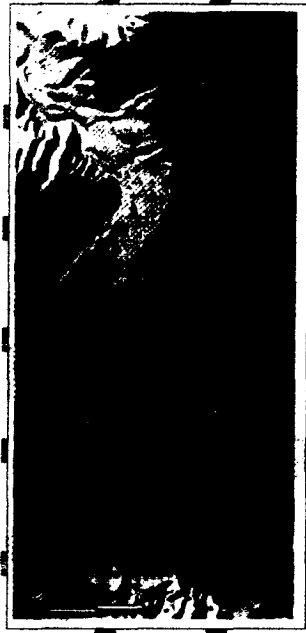


圖 6-b 以道路中心線向外 100 公尺做環域分析圖 圖 6-c 以建物中心向外 100 公尺做環域分析圖



圖 6-d 研究區域 n 值分佈情形

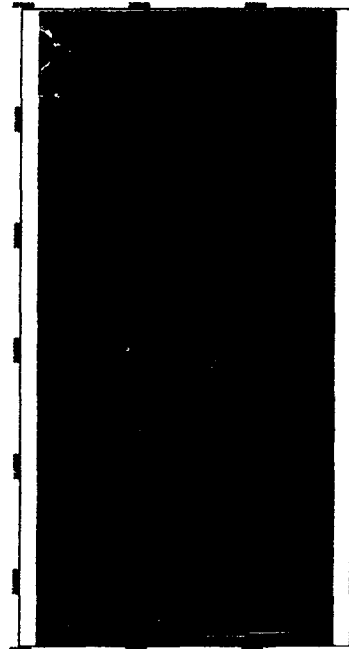


圖 7 賀伯颱風後由像片基本圖數化之崩塌地位置圖

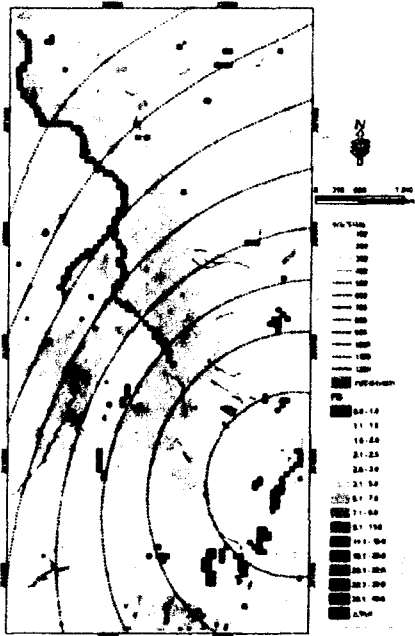


圖 8 賀伯颱風引致溪頭地區山崩之安全係數分析結果

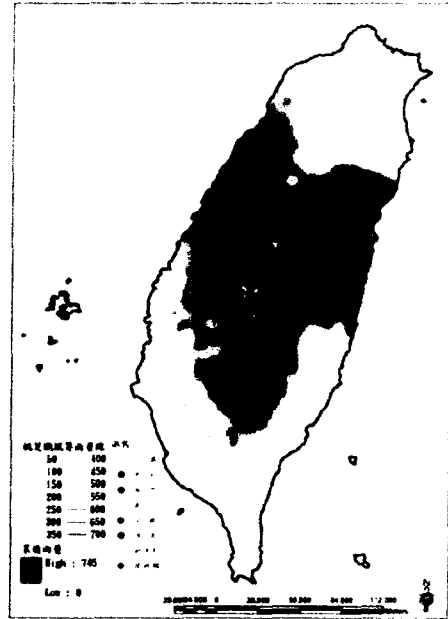


圖 9 全省桃芝颱風累積雨量分佈圖



圖 10 桃芝颱風所用之m值分佈圖

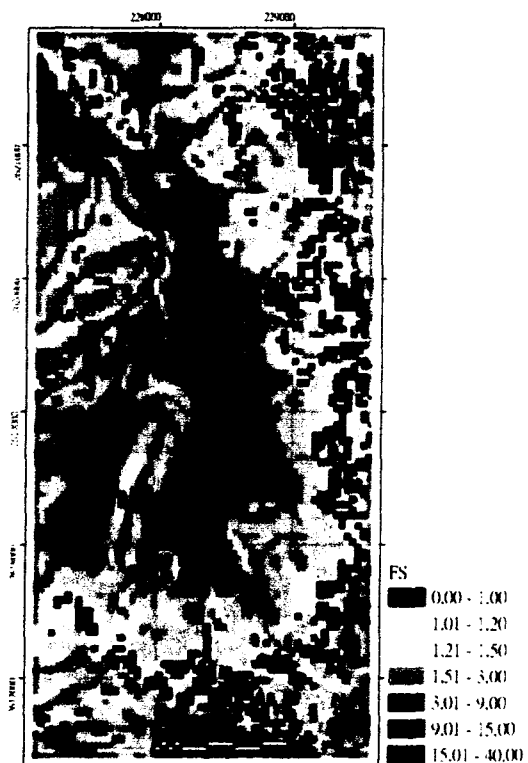


圖 12 桃芝颱風引致溪頭地區山崩之安全係數分析結果

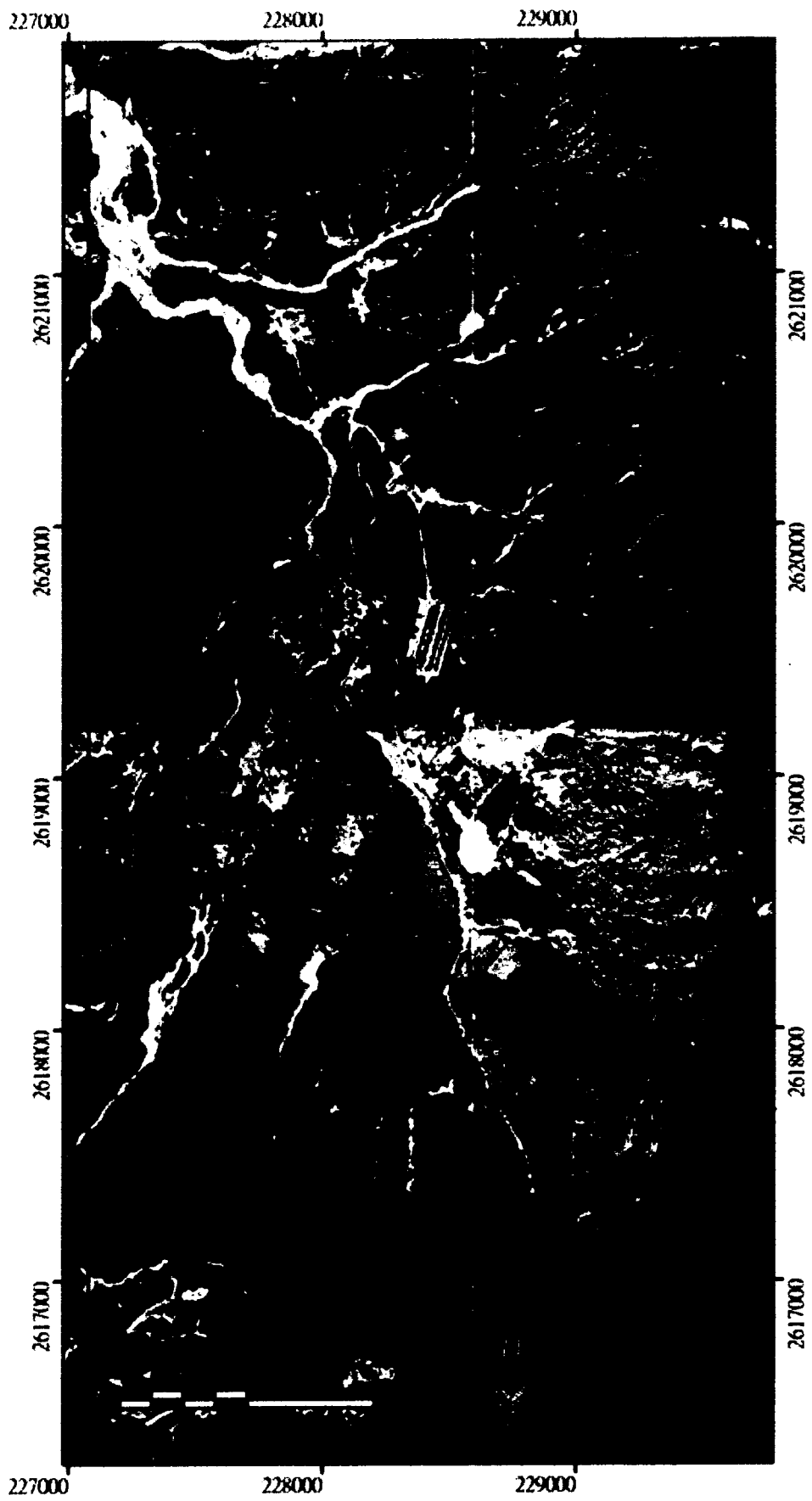


圖 11 桃芝颱風後由航照圖數化之崩塌地位置圖