

◎ 水土保持技師公會

# 水保技術

## 臺北市山坡地風險評估案例分析

黃立遠<sup>1</sup>、陳建帆<sup>2</sup>、黃俊欽<sup>3\*</sup>、邵國士<sup>4</sup>、王順民<sup>5</sup>、林志志<sup>5</sup><sup>1</sup>臺北市政府工務局大地工程處 處長<sup>2</sup>臺北市政府工務局大地工程處坡地整治科 科長<sup>3</sup>臺北市政府工務局大地工程處坡地整治科 股長<sup>4</sup>財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 正研究員兼組長<sup>5</sup>財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 助理研究員

### 關鍵詞

山坡地安全管理、環境地質、坡地風險評估

收稿：103年5月22日

修改：103年7月8日

接受：103年7月14日

**摘要** 臺北市政府工務局大地工程處為積極守護民眾安全、擴大山坡地環境地質資料庫之應用，進而達到落實山坡地安全管理之目標，選擇以臺北市內湖區作為山坡地管理之先行區域，針對四種常見之山坡地環境地質災害(淺層崩塌、落石、弧形滑動、平面型滑動)研擬自然邊坡風險評估之標準作業程序。其成果乃將邊坡敏感區予以風險分級，就優先關注度高者之坡地，進行現場實地勘查；再依據勘查結果評估各環境地質災害坡地之相對風險高低，進而提出治理排序建議與適當之處理對策，作為預防性管理潛在致災坡地之參考。

## 一、前言

### 1.1 臺北市山坡地環境地質資料庫

臺北市山坡地面積約15,004公頃，約佔全市總面積之55%，故臺北市屬於山坡地居多的城市。臺北市政府基於保障山坡地民眾及居家安全之考量，於民國92年開始辦理全市「山坡地環境地質資料庫」建置工作，並於民國97年完成環境地質資料庫之第一次更新工作。爾後臺北市政府工務局大地工程處(簡稱大地處)於民國99年正式成立，成為臺北市山坡地之主管機關，為持續維護山坡地環境地質資料庫，於民國101年完成第二次資料庫圖資更新。經由歷次更新臺北市山坡地

環境地質資料庫，已可明確地了解臺北山坡地環境敏感地區之分布狀況，亦可作為臺北市山坡地地質災害潛勢區或風險評估之重要參考資料。

### 1.2 山坡地風險評估之相關研究

近年國內也有多位學者進行坡地災害風險評估相關研究，包含土石流潛勢及災損等級評估(林美聆等，2009)、土石流減災工程效益評估(陳振宇，2007)、土石流風險管理決策(陳樹群等，2006)及坡地災害風險管理與分析(陳天健等，2009)，大地處即參考國內研究成果，研擬適合臺北市山坡地之風險評估方式。國外對於坡地風險評估已有多數國家進行研究，如紐西蘭、日本、澳洲、義大利、美國、香港等。以澳洲為例，針對坡地風險管理之評估概念簡述如下：

澳大利亞大地力學學會(Australian Geomechanic Society, AGS)於2000年擬定坡地風險管理(Risk Management)基本概念架構圖，如圖1。其中之核心工作為風險估計(Risk Estimation)，包含危害分析(Hazard Analysis)與後果分析(Consequence Analysis)，再進行風險計算(Risk

\*通訊作者，電話：02-27593001#3521；

傳真：02-27592508

E-mail address: ge-10517@mail.taipei.gov.tw

Calculation)。

雖然不同學者對於風險計算公式各有見解，但風險計算公式仍為害度(Hazard)與後果(Consequence)或脆弱度(Vulnerability)之乘積(Bruijn and Klijn, 2009)。根據此通則，並考量本研究目標區之特性，提出本研究之風險計算為公式(1)，並以該公式作為本研究風險評分的參考依據。在實際操作上，對於風險評分(Risk Score)係將不同危害或後果脆弱因子以分數量化表示，再運用風險矩陣(Risk Ranking Matrices)的方式將風險值進行高中低分類，最後整合風險評分及風險矩陣分析結果，進行風險分級(Risk Rating)。

風險評分(Risk Score)=危害評分(Hazard Score)×後果評分(Consequence Score) (1)

藉由參考國內外坡地風險評估之研究經驗與方法概念，再輔以臺北市環境地質資料庫為基礎參考資料，可研擬適合於臺北市之自然坡地風險評估方法。

1.3 本研究之緣起

民國102年，大地處為積極運用最新版之山坡地環境地質資料庫及落實山坡地安全管理目標，選擇以臺北市內湖區作為山坡地風險管理之先行試辦區域，針對環境地質資料庫中四種常見之山坡地地質災害類型(淺層崩塌、落石、弧形滑動、平面型滑動)研擬自然邊坡風險評估之作業程序。透過自然邊坡之風險分級結果，就風險程度高者進行現場勘查覆核，進而提出邊坡處理排序與風險降低對策之建議，以作為大地處管理自然邊坡之參考，積極落實臺北市主動管理山坡地及預防災害之任務。

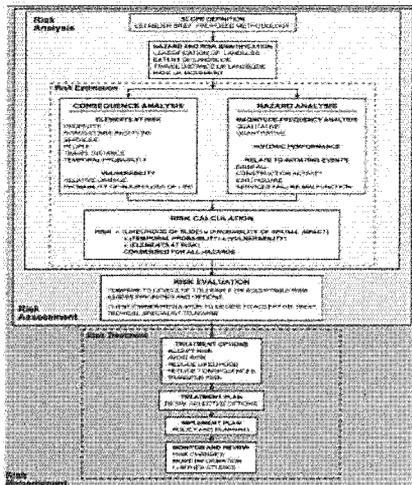


圖 1 坡地風險管理基本概念架構圖

(摘自 Crozier and Glade, 2005; Australian Geomechanics Society, 2000)

二、研究區域之基本資料與環境地質概況

大地處選擇臺北市內湖區作為山坡地風險管理之先行試辦區域，藉以訂定適合臺北市自然邊坡風險評估之作業程序，本節概述內湖研究區之地形、地質、人口及保全對象等基本資料與環境地質概況，以作為坡地風險評估之基礎參考資料。

2.1 內湖區之基本資料

2.1.1 地形

本研究遴選山坡地比例與全臺北市相近之內湖區作為研究區域。內湖區面積約32平方公里，山坡地面積佔全區的63%，屬於五指山系之丘陵地形，最高峰為位於北緣之白石湖山，高程約517公尺。內湖區山坡地高程範圍介於20~500公尺，坡度分布以5~40%為主，坡向以朝東南、南及西南向為主。內湖區之地形高程、坡度、坡向分布如圖2(a)、(b)、(c)。

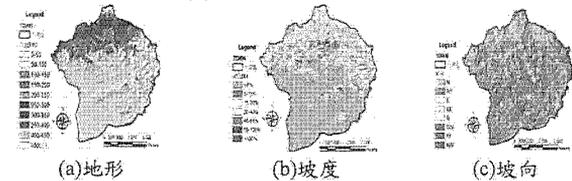


圖 2 內湖區之地形、坡度、坡向分布

2.1.2 地質

內湖區之地質條件屬於台灣西部麓山帶地質區北段第三紀晚漸新世~中新世之沉積岩地層，地層位態以東北-西南之走向為主，地層由老至新分別為五指山層、木山層、大寮層、石底層、南港層、南莊層及全新世沖積層等。內湖區之地層與地質構造分布如圖3。

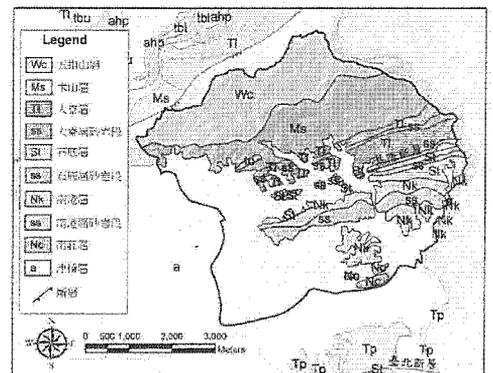
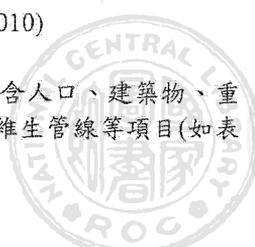


圖 3 內湖區地層分布圖

(經濟部中央地質調查所淡水河流域地質圖，2010)

2.1.3 人口及保全對象概況

本研究區之保全對象包含人口、建築物、重要設施或場所、交通設施及維生管線等項目(如表



1)。經蒐集相關人文建物資料，內湖區之人口約28.4萬人(2014/6)、建地面積約占全區12%、道路面積約占全區面積5%；此外高中職及國中小共28所(2012)、醫療院所219家(2011/12)，人口密度8989人/平方公里。這些資料可做為坡地風險評估之後果評分保全對象之參考。

表1 內湖區山坡地風險評估之保全對象類別

類別	保全對象
建築物	別墅或大樓、公寓、農舍、工廠、三層以下磚木造建物
重要設施或場所	醫療院所、學校、重要基礎設施(電力站、水庫、淨水廠)、人口密集區(商業辦公室、商店百貨、旅館、超市、福利中心)、醫療或放射性廢棄物貯存掩埋場、防災避難相關公共場所
交通設施	道路、橋樑、隧道
維生管線	自來水、瓦斯、輸油、加油站、輸電、含變電站、高壓電塔

## 2.2 內湖區之環境地質數量與分布

臺北市最新版之山坡地環境地質資料庫包含淺層崩塌、落石、弧形滑動、平面型滑動、土石流潛勢溪流、活動斷層、順向坡、推測順向坡、河岸侵蝕、向源侵蝕、溝狀侵蝕、地下礦坑開採區、崩積或土石堆積區、煤渣堆積區、人為挖填區、非煤礦渣堆積區等共16種類型，以本研究之示範目標區內湖區為例，其環境地質類型數量如表2，淺層崩塌有391筆、落石40筆、弧形滑動25筆、平面型滑動5筆，分布如圖4；因這四種環境地質類型屬於常見之山坡地災害類型，故為本風險評估研究工作之主要分析對象。

表2 內湖區山坡地環境地質數量表

環境地質類型	數量(筆)	環境地質類型	數量(筆)
人為挖填區	5	淺層崩塌	391
平面型滑動	5	煤渣堆積	4
向源侵蝕潛感區	15	落石崩塌	40
弧形滑動	25	土石流潛勢溪流	12
河岸侵蝕	4	活動斷層	0
非煤礦渣堆積	0	地下礦坑開採區	9
指溝侵蝕	85	順向坡	確認 106
崩積或土石堆積	34		推測 144

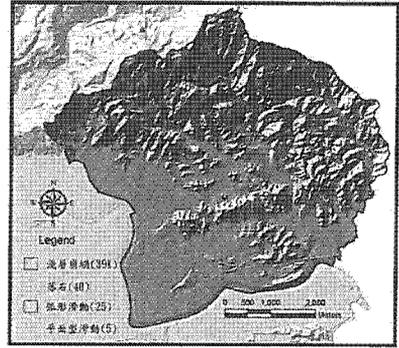


圖4 內湖區之淺層崩塌、落石、弧形滑動、平面型滑動潛勢區分布圖

## 三、臺北市自然邊坡風險評估方式

經參考國內外坡地風險評估之理論架構與概念，並考慮臺北市山坡地範圍之地形、地質、環境地質等特性，研擬適用於臺北市自然邊坡之風險評估方式，以作為內湖試做區之參考。本研究之臺北市自然邊坡風險評估方式如圖5所示。

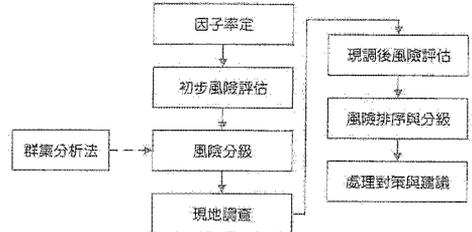


圖5 臺北市自然邊坡風險評估流程

### 3.1 因子率定

坡地風險評估前，應先進行因子篩選與率定，以鑑別可能致災之危害因子。本研究參考公式(1)，對於坡地風險評估之危害評分(Hazard Score，在本研究稱為不安定評分)與後果評分(Consequence Score)所選用之因子說明如下。

#### 3.1.1 不安定評分因子

不安定評分因子參考國內外風險評估文獻及臺北市建設局、中央地質調查所及香港土力工程處等單位之相關經驗，並針對落石、淺層崩塌、弧形滑動、平面型滑動等四種環境地質類型特性，並兼顧執行操作之方便性，分別率定所屬之不安定評分因子，可分為地貌、地質、災害歷史紀錄等三大類。其中地貌類包含：崩塌區之高程差、坡度、坡向、植生覆蓋率等因子；地質類以岩石強度因子為主；災害歷史紀錄類包含：以往有無舊災害紀錄、近三年內之災害紀錄、現況有無災害跡象等因子。

這些因子包含資料類別型或資料連續型之屬性特徵，本研究以93年臺北市建設局及地調所(2010)的因子篩選流程為參考，運用GIS及統計

方式來決定山崩評估因子之合理性。另本研究亦運用圖形鑑別法及不安定指數法等概念(簡李濱, 1992、李錫堤, 1998、方世杰, 2009), 比較各因子之權重, 藉以定出各因子之相對重要程度, 以擬定各因子之權重、級距、配分。茲舉坡度因子之評分級距區間及權重統計方式說明如下, 其他連續型因子亦依此辦理, 最後定出風險評估之不安定評分方式。

坡度: 臺北市全區四類環境地質災害類型之坡度, 分布於 $\geq 30$ 。者約佔全部個數之70%。參考「水土保持技術規範」第二十三條, 並依據臺北市實際坡度分布, 將坡度級距分為五級(如表3), 並依據四種環境地質崩塌類型數量分布統計(圖6), 取其標準分數(Standard Score, z-score), 並據此賦予個別級距之配分(如表4)。

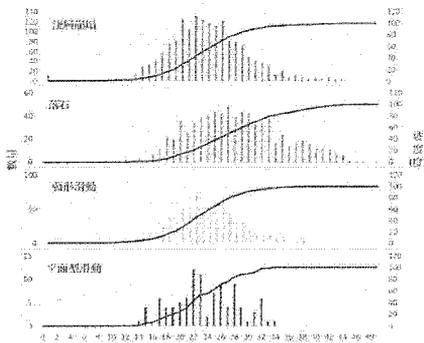


圖 6 臺北市全區四種崩塌類型之坡度統計分布圖

表 3 坡度級距對應表

級別	水保技術規範	本研究坡度% 分級	本研究坡度分級(°)
一級坡	$S \leq 5\%$	$< 15\%$	$< 8.53^\circ$
二級坡	$5\% < S \leq 15\%$		
三級坡	$15\% < S \leq 30\%$	$15\% < S \leq 30\%$	$8.53^\circ < S \leq 16.70^\circ$
四級坡	$30\% < S \leq 40\%$	$30\% < S \leq 55\%$	$16.70^\circ < S \leq 28.81^\circ$
五級坡	$40\% < S \leq 55\%$		
六級坡	$55\% < S \leq 100\%$	$55\% < S \leq 100\%$	$28.81^\circ < S \leq 45^\circ$
七級坡	$S > 100\%$	$S > 100\%$	$S > 45^\circ$

表 4 臺北市全區四種崩塌類型之坡度配分

崩塌類型 配分	崩塌類型			
	淺層崩塌	落石	弧形滑動	平面型滑動
$S \leq 15\%$	30	34	30	30
$15\% < S \leq 30\%$	37	36	37	35
$30\% < S \leq 55\%$	100	100	100	100
$55\% < S \leq 100\%$	49	100	44	100
$S > 100\%$	29	100	30	100

### 3.1.2 後果評分因子

一般來說, 後果評分因子不似不安定評分因子具有空間數值連續之特性, 較不易用統計方法進行檢核, 但能用GIS或遙測影像以人工辨別的方式評量。本研究主要以93年臺北市政府建設局之研究成果為參考, 率定後果評分因子, 可分為人口、建築或設施兩類。其中人口類因子可依人口位於崩塌範圍或影響範圍內之流動人口數及固定人口數等, 評分權重比例為60%; 建物或設施因子則須評估重要設施場所之有無、建物類型(如大廈、公寓、農舍等)之面積大小、交通設施路寬之等級、維生管線(如自來水、瓦斯管、輸油加油設備、輸電設備)之有無等對保全對象之影響程度進行評分, 評分權重比例為40%。

### 3.2. 初步風險評估

本研究經過不安定評分及後果評分因子之辨識、配分、權重率定後, 即可進行初步風險評估, 程序上可分為風險評分與風險分級。

#### 3.2.1 風險評分

將不安定評分與後果評分之各因子經過適合性檢核與權重配分率定後, 依四種崩塌類型可定出不安定評分表及後果評分項目, 如表5、表6。依此表對各邊坡進行不安定及後果進行評分, 再將兩者相乘即可得該崩塌類型坡地之初步風險值。

表 5 不安定評分表(以淺層崩塌為例)

重要因子	子因子(權重)	評分級距		配分	說明	
		分塊	子配分			
空 洞 碼 子	a.地蝕(35%)	高程差(15%)	$H \geq 30m$	100	100	
			$30m < H < 30m$	50		
		坡度(10%)	$15\% \leq S < 30\%$	50	100	
			$10\% < S < 15\%$	100		
			$S < 10\%$	50		
	b.地質(5%)	地內(4%)	N, SW	100	42	
			SE	60		
		值土覆蓋率(7%)	N, NW, NE	40	100	
			$70\% < R \leq 100\%$	40		
			$50\% < R \leq 75\%$	40		
c. 從空壓史(10%)					0	
d. 崩塌歷史(三年內)及空壓史(三年以上)					100	
空穴區中評分級距						
現 地 因 子	a.地蝕(15%)	永久(9%)	地下水位深(6%)	100	100	
			地表水	80		
		短期(6%)	崩塌	40	100	
			崩塌	40		
			崩塌	40		
	b.地質(25%)	新鮮岩盤	新斷層	斷層	100	100
				斷層	40	
		褶皺(15%)	褶皺	褶皺	40	100
				褶皺	40	
				褶皺	40	
覆蓋層厚度(10%)	覆蓋層	厚度	100	100		
		厚度	80			
		厚度	40			
a.時空因子(10%)	自然變動(5%)	人為變動(5%)	自然變動	100	100	
			人為變動	100		
現地因子評分級距						
現地狀況						81.2
不安定因子計算						$\text{空穴區中評分級距} \times \text{現地因子評分級距} < \text{現地狀況}$



表 6 後果評分表範例

類別	影響人數估計	級別	評分	
				人口因子
A.崩塌範圍內 (%)	a.居住人口(人)	$\geq 100$	100	
	b.流動人口 (機關、學校或公共場所)(人)	$\geq 32, < 100$	85	
	c.特別人口 (醫院院所、養老院)(人)	$\geq 10, < 32$	65	
	d.居住人口(人)	$\geq 3, < 10$	50	
B.影響範圍內 (%)	e.流動人口 (機關、學校或公共場所)(人)	$\geq 1, < 3$	30	
	f.特別人口 (醫院院所、養老院)(人)	$> 0, < 1$	10	
	最高評分合計 100			
	人口因子 評分結果	$(A+B) \times 60\%$		
C.重要設施 範圍內 (%)	分類		評分	
	無		0	
	a.水庫、水廠及防災與相關之公共場所 (學校、醫院設施及避難公共場所等)或人口密集、高度使用的建築物(商 業辦公室、商店百貨、旅館、超市、福利中心)	$\geq 1000$	40	
	b.大墳(坪)	$\geq 500, < 1000$	32	
	c.農舍、工廠、三層以下 磚木造建物(坪)	$\geq 100, < 500$	24	
	d.磚木造建物(坪)	$> 0, < 100$	16	
	無居住戶		0	
	a.道路寬度 $\geq 12m$ 或隧道 (有影響段連口時)	$\geq 270$	25	
	b.道路寬度 6~12m 之橋樑 或一般地下隧道	$\geq 90, < 270$	20	
	c.道路寬度 $< 6m$	$\geq 30, < 90$	12	
D.建物 (%)	無		0	
	a.自來水	$\geq 3$	20	
	b.瓦斯	$\geq 1, < 3$	12	
	c.輸油(含加油站)	0	0	
E.交通設施 (%)	最高評分合計 100			
	建築物設施 因子評分結果		$(C+D+E+F) \times 40\%$	
	修復或無整治設施		100%	
	尚可		80%	
良好或不需整治		60%		
後果評分結果		人口因子(建築物設施因子 x 現地整治成效)		

3.2.2 風險分級

將不安定評分與後果評分所乘積之風險評分值為該崩塌與對人類影響之綜合評價，若欲將各類型邊坡之風險予以比較或分級，現階段研究多用風險矩陣的概念處理，如 1.2 節之山坡地風險評估相關研究所提。本研究將四種環境地質災害之不安定評分值與後果評分值分別設定為 X、Y 軸，運用群集分析法將目標分群，並設定群集中心以劃分四種崩塌類型邊坡之風險矩陣(如圖 7)，此風險分級方式可盡量降低人為主觀判斷之影響。

3.3 現地調查

現地調查工作可獲得最精確的實地資料，通常為坡地風險評估重要步驟之一，但此工作耗時且花費較高的人力經費。前述步驟所完成之風險評估主要運用 GIS 處理的成果，屬於初步風險評估階段，其風險分級結果可供篩選高風險目標勘查邊坡之用。依實際情況，有些邊坡雖具有崩塌高可能性，但因地處偏遠無保全對象，所以即使容易崩塌但後果影響卻很低，此種邊坡若無特殊因素即可考慮不需進行現地調查工作，以節省時間經費。所以若能以適當方式篩選出必要調查的邊坡，將可增加坡地風險評估之效率。

故本研究透過前述程序，可篩選出較高發生可能性(不安定評分高)且多保全對象(後果評分高)的邊坡進行更詳盡的勘查，以獲得更細部的現場資料，而後進行第二階段的風險評估。本研究針對高風險邊坡現場調查重點為：

- 1.更詳細地檢核調查高風險邊坡之地形、地貌、地質、水文條件、災害歷史、崩塌影響範圍現

場界定、現場可能誘發崩塌之自然或人為因素等。

- 2.更詳細地檢核重要設施、建物、交通設施、維生管線等保全對象調查。

- 3.現地整治成效對風險降低程度之調查。

3.4 現地調查後之風險分級與處理對策建議

經現場勘查獲得更詳盡的邊坡資料後，可對內業初步評估之高風險邊坡依現場狀況重新計算其風險值，並進行第二階段的風險分級，依此提出符合現況且適當可行的風險處理對策或治理建議。

經初步風險分級篩選出之目標勘查邊坡，因評估數量已較原本為少，較不易用前述之群集分析統計方式進行風險分級，故對於第二階段風險分級方式將與初步風險分級方式不同。本研究將現地調查後考慮邊坡現況之不安定評分與後果評分以 X、Y 軸呈現，如圖 8 所示，先以不安定評分與後果評分之 100 分直對角線為界，對角線右上方為優先關注區、100~50 分為高度關注區、50 分以下為一般關注區，此為現地調查後之第二階段風險分級方式。依第二階段風險分級結果，對於各調查邊坡之風險處理對策建議如表 7 所示。

至於未經現地調查的邊坡，屬於原本初步風險評估之低崩塌可能(不安定評分低)或無保全對象者(後果評分低)者，雖未能完全排出致災的可能性，但因致災風險機率較低，故可用遙測影像判釋技術持續追蹤其狀況，如此可節省風險評估工作的時間經費，另於颱風、豪雨、地震等事件後再輔以現地複查即可。

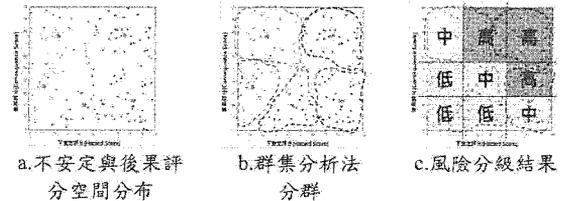


圖 7 群集分析之風險矩陣分級概念圖

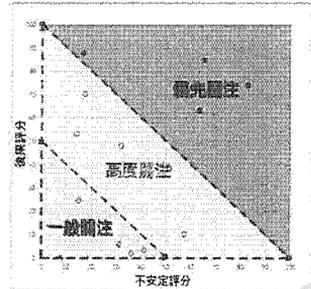


圖 8 第二階段風險分級方式



表 7 現地調查後之風險處理對策建議

風險等級	處理對策	巡勘	監測	整治
	處理頻率			
高 (優先關注)		密集	密集	工程 整治
中 (高度關注)		中週期	中週期	
低 (一般關注)		長週期		

#### 四、坡地風險評估結果

依據前節所定之邊坡風險評估方法，以內湖區為試辦區域進行淺層崩塌、落石、弧形滑動、平面型滑動等四種環境地質災害類型之風險評估結果如下。

##### 4.1 內湖區初步風險評估結果

內湖區之四種山坡地環境地質災害之數量共計461處，依崩塌類型及群集分析之初步風險分級，內湖區之高、中、低風險邊坡之統計數量如表8，其空間分布如圖9所示。

表 8 內湖區四種山坡地環境地質類型之初步風險分級統計表

風險值	崩塌類別				合計
	淺層崩塌	落石	弧形滑動	平面型滑動	
中	33	9	8	0	50
低	285	21	15	2	323
合計	391	40	25	5	461

(單位：環境地質災害筆數)

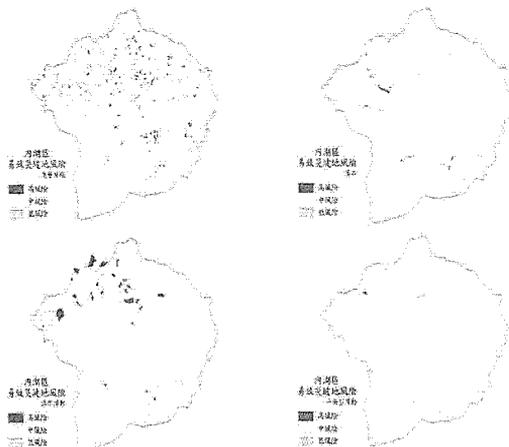


圖 9 內湖區四種山坡地環境地質災害初步風險分級圖

##### 4.2 現場調查成果

本研究對內湖區之初步風險評估結果如表9所示，原則上以高風險邊坡(88處)為主要的目標調查邊坡，但考量保守因素，亦擴大對中風險邊坡(50處)進行現地調查。調查結果重點如下：

- (1)研究執行階段因颱風降雨等因素而發生崩塌現象者有6處，這6處亦位於本研究所評估之高風險區，顯示本研究所研擬的風險分級方式，對於判斷致災風險分級有其參考價值。此外，透過現地調查，亦可發現高風險邊坡之致災徵兆，如邊坡滲水、植被傾倒裸露、崩積土堆、易崩落之風化表層等各種坡面不穩現象，並透過GIS將有不穩現象的邊坡於圖資上呈現，亦可將調查記錄建檔，有利於管理者了解邊坡的現況。
- (2)經調查對保全對象的影響，可知內湖區有2處環境地質崩塌區會影響到醫院及國小學校，有6處環境地質崩塌區的影響範圍內涵蓋了變電站等維生設施。從受崩塌影響的人口來看，環境地質崩塌區影響範圍內有10戶以上的有29處、5~10戶的有10處、5戶以下的有25處。這些資料對於颱風豪雨來襲時之防災準備工作或救災空間布署等情資研判將有所幫助。

##### 4.3 現調後之風險分級結果

經現地調查後，內湖區四種崩塌類型之第二階段風險分級結果如圖10所示。

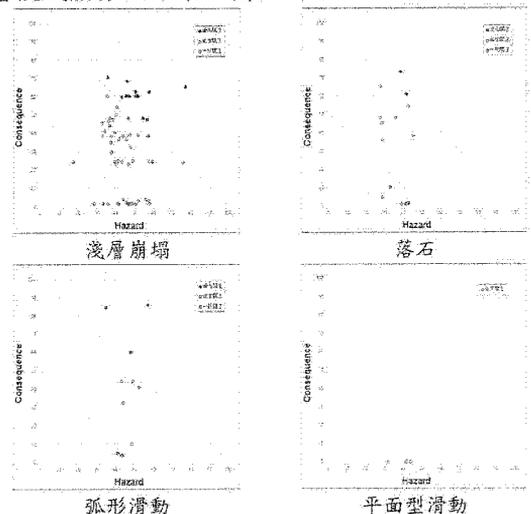


圖 10 內湖區四種環境地質崩塌類型之第二階段的風險分級結果

##### 4.4 處理對策建議

經現地調查所獲得之詳細資料，配合第二階段之風險分級並參考表8之處理對策，綜合考量各類型環境地質崩塌特性與保全對象等因素，對現地調查邊坡提出其治理對策建議。

各類型之高風險優先關注類邊坡有17處，其處理方式為建議整治、密集監測、短周期巡勘。高度關注類邊坡有55處，其處理方式為中週期監測、中週期巡勘。一般關注類邊坡有66處，其處理方式為長週期巡勘。坡地主管機關即可依此建議進行主動式的坡地防災安全管理措施。

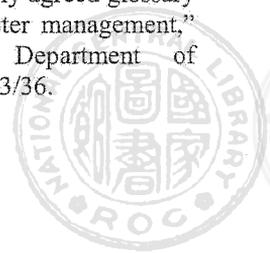
## 五、結論與建議

- (1)本研究參考國內外之坡地風險評估的基本概念，運用山坡地環境地質資料庫中的淺層崩塌、落石、弧形滑動、平面型滑動等崩塌潛勢區圖資，研擬臺北市自然邊坡之風險評估方式。
- (2)以內湖區為研究試做區，運用 GIS 及各項基礎資料，將區內之淺層崩塌、落石、弧形滑動、平面型滑動等四種山坡地環境地質災害類型進行風險評估；並以群集分析法及風險矩陣之方式進行風險分級，將內湖區環境地質坡地初步分級出高風險 88 處、中風險 50 處、低風險 323 處，並以高風險及中風險為目標勘查邊坡進行現地調查。
- (3)由現地調查可確實了解邊坡致災可能現況，如邊坡滲水、植被傾倒、易崩落之風化表層等各種坡面不穩現象，並以 GIS 將邊坡現況建立成具有空間特性之資料檔。
- (4)依現地調查資料，進行第二階段風險分級，內湖區之高風險優先關注類邊坡 17 處、高度關注類邊坡 55 處、一般關注類邊坡 66 處。並提出適當風險處理對策建議，依程度不同可分類為：整治、監測、巡勘。可作為大地處管理環境地質邊坡敏感區之參考，並落實臺北市山坡地防災工作。
- (5)本研究之風險評估方式雖然以臺北市山坡地特性為主，但僅以內湖區為試辦區域，仍屬初步研究階段，以遠拋磚引玉的效果。後續仍可依更精確的 GIS 資料或更多現場調查資料逐步改進各項風險評估過程，亦可邀集更多學者專家合力制定臺北市坡地風險評估方式，以全面運用。

## 參考文獻

- 1.林美聆、王國隆、葉俊麟、林京翰、陳天健(2009)“921 震後坡地及土石流災害及其後續管理”，土木水利季刊，第 36 卷，第 4 期，第 101-110 頁。
- 2.陳振宇(2007)“風險管理應用於土石流災害管理之探討”，2007 年國際防災科技與防災教育學術研討會，雲林科技大學，雲林。

- 3.陳樹群、馮智偉、吳俊毅、黃柏聰、王价巨(2006)“土石流潛勢區域之風險評估及災害管理”，土工技術，第 110 期，第 45-54 頁。
- 4.陳天健、洪鴻智(2009)“坡地災害管理與風險分析方法”，土工技術，第 119 期，第 29-40 頁。
- 5.臺北市政府建設局(2004)“保護區臨界住宅區環境敏感邊坡安全檢查計畫成果報告書”，臺北市政府建設局委託成果報告，共 191 頁。
- 6.經濟部中央地質調查所(2010)“易淹水地區上游集水區地質調查與資料庫建置(第 2 階段 99 年度)-集水區地質調查及山崩土石流調查與發生潛勢評估計畫”，經濟部中央地質調查所。
- 7.經濟部中央地質調查所(2010)“地質敏感區災害潛勢評估與監測都會區周緣坡地山崩潛勢評估(4/4)期末報告”，經濟部中央地質調查所。
- 8.簡李濱(1992)“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博士論文。
- 9.方世杰(2009)“阿里山公路邊坡崩壞特性調查與崩壞潛能評估模式建構之研究”，國立成功大學土木工程研究所博士論文。
- 10.李錫堤等，林口台地及鄰接海岸地形變遷與地貌復原可行性探討，行政院公委會委託建教合作計畫，1998，<http://140.115.123.30/LINKOU/>
- 11.Alexander, D. (2000) “Confronting catastrophe: New perspectives on natural disasters,” Oxford: Oxford University Press.
- 12.Australian Geomechanics Society (AGS) (2000) “Landslide risk management concepts and guidelines,” Australian Geomechanics, pp. 49-92.
- 13.Bruijn, K. M. and Klijn, F. (2009) “Risky places in the Netherlands: A first approximation for floods,” Journal for Flood Risk Management, Vol. 2, Issue 1, pp. 58-67.
- 14.Clark, A. R., Palmer, J. S., Firth, T. and McIntyre, G. (1993) “The management and stabilization of weak sandstone cliffs at Shanklin, Isle of Wight.” In The Engineering Geology of Weak Rock, Engineering Group of the Geological Society Special Publication, Balkema, pp. 392-410.
- 15.Crozier, M.J. & T. Glade (2005) Landslide hazard and risk: Issues, Concepts and Approach. In: In: Glade, T., Anderson, M. & M. Crozier (Eds): Landslide hazard and risk.- Wiley, Chichester 1-40.
- 16.Hammer, W. (1972) “Handbook of system and product safety,” Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- 17.UNDHA, (1992) “Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management,” Geneva: United Nations, Department of Humanitarian Affairs, DNA/ 93/36.



# Case study of Slopeland Risk Assessment in Taipei City

Huang, Li-Yuan<sup>1</sup>, Chen, Chien-Fan<sup>2</sup>, Huang, Jyun-Chin<sup>3,\*</sup>, Shao, Kuo-Shih<sup>4</sup>, Wang, Shun-Min<sup>5</sup>, Lin, Jung-Tz<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Director, Geotechnical Engineering Office, Public Works Department, Taipei City Government, Taiwan

<sup>2</sup>Section Chief, Geotechnical Engineering Office, Public Works Department, Taipei City Government, Taiwan

<sup>3</sup>Subsection Chief, Geotechnical Engineering Office, Public Works Department, Taipei City Government, Taiwan

<sup>4</sup>Senior Researcher and Group Leader, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC, Taiwan

<sup>5</sup>Assistant Researcher, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC, Taiwan

## Keywords

Slopelandsafety, Environmentalgeology, Slopeland risk assessment

## Article history

Received 22 May 2014

Revised 8 July 2014

Accepted 14 July 2014

**Abstract** Protecting the slopeland and people safety are main goals of the Geotechnical Engineering Office, Public Works Department, Taipei City Government. After finished the new version of environmental geology database in 2012, the Geotechnical Engineering Office carried out a project to assess the slopeland risk based on environmental geology database in Neihu district. In this project, the Geotechnical Engineering Office established standard operating procedures (SOP) to estimate different risk levels for four types of natural slope sensitive areas, e.g. shallow landslide, rock fall, rotational slide, translational slide. According to the result of slopeland risk assessments and risk levels, the Geotechnical Engineering Office could focus on the high risk slopeland area and execute managing plans actively to reduce the potential of slopeland hazard.

\*Corresponding author. TEL : +886+2+27593001#3521 ;

FAX : +886+2+227592508

E-mail address: [ge-10517@mail.tapei.gov.tw](mailto:ge-10517@mail.tapei.gov.tw)

