

自然邊坡量化評估調查表之建立與操作初探－以臺北市為例

紀柏全⁽¹⁾ 沈哲緯⁽²⁾ 冀樹勇⁽³⁾ 黃立遠⁽⁴⁾ 林士淵⁽⁵⁾ 蔡正發⁽⁶⁾

摘 要

針對都會區周緣坡地廣域不穩定徵兆，現仍缺乏兼具定性與定量評估依據之現地調查表，本文採多變量統計中之羅吉斯迴歸(logistic regression)，考量內業資料易取得性及外業調查可操作性之原則，以地形單元(或稱斜坡單元)為分析單元，萃取重要且顯著之崩塌潛感因子，本研究係透過統計篩選流程，挑選出都會區周緣山坡地顯著山崩潛感因子，區分為地文類、人為類及環境地質類共計 13 項因子，據以建立定性及定量評估模式及現地調查表格，利用調查表查填所得之多項式總值代入羅吉斯迴歸方程式，在不考慮誘發因子之前提下，獲得之評分稱為「自然邊坡不利條件指標」。此外，為驗證調查表之可行性，本文以臺北市 2 處斜坡單元為例，實地進行查填，初步佐證表格內容可應用於現地自然邊坡評估，且不利條件指標可相當程度預測邊坡體質徵兆，應有助於滾動式調整反映邊坡現況，以提供業管單位施行邊坡管控參考。

(**關鍵詞**：自然邊坡、量化、現地調查、羅吉斯迴歸、不利條件指標)

A preliminary study on establishing a new survey form for field investigation on natural slope – taking Taipei City as an example

Po-Chuan Chi⁽¹⁾ *Che-Wei Shen*⁽²⁾ *Shu-Yeong Chi*⁽³⁾ *Li-Yuan Huang*⁽⁴⁾
Shih-Yuan Lin⁽⁵⁾ *Cheng-Fa Tsai*⁽⁶⁾

Associate researcher^{(1), (2)}, Manager⁽³⁾, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC., Taiwan
Director⁽⁴⁾, Section chief⁽⁵⁾, Sub-section chief⁽⁶⁾, Geotechnical Engineering Office, Public Works Department, Taipei City Government, Taiwan

(1)財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心副研究員(通訊作者：pcchi@sinotech.org.tw)

(2)財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心副研究員

(3)財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心經理

(4)臺北市政府工務局大地工程處處長

(5)臺北市政府工務局大地工程處坡地住宅科科长

(6)臺北市政府工務局大地工程處坡地住宅科股長

ABSTRACT

Aim to assess regional instability of slopes on urban area, logistic regression was adopted to establish a quantitative and qualitative system for field investigation on natural slopes. According to the availability and feasibility, the induced factors of landslide were preliminarily selected on the basis of terrain units. Approaching by screening and correlation analysis, 13 factors which can be classified into 3 categories (including morphological causes, physical and geological causes, and human causes as well) were finally selected as the significant factors related to the landslide events in Taipei city. The survey form was then established. The coefficient of each factor was regarded as the score to assess instable symptom, and the result via field investigation was called “disadvantageous index”. Furthermore, 2 cases of the terrain units in Taipei city were chosen to verify the feasibility by field investigation. It showed that the new system can probably be used to define the order for priority attention, with evidence of failure phenomenon.

(Keywords: Natural slope, Quantification, Field investigation, Logistic regression, Disadvantageous index)

前言

邊坡依據開發與否，可區分為自然及人工邊坡，然對於高度開發地區之山坡地如臺北市，甚少有未受人為擾動之純自然邊坡，因此本文將研究範圍定義為不含人工擋土結構防護之邊坡；目前臺北市山坡地依據地形邊界所劃分之 6,371 個斜坡單元 (slope unit) 中，剔除確定有人工邊坡加上可能有人工邊坡者(尚未調查確認)，共計 1,606 個斜坡單元屬於前述定義之自然邊坡，佔總數之 1/4。

表 1 為國內外對於研究區域性自然邊坡穩定性評估方法，可區分為定性及定量兩大類，定性方法主要係依據專家主觀給定權數及評分，再輔以層級分析(Alytic hierarchy process，簡稱 AHP)評定分級，此方法為大多數現地調查採用，但常遭遇主觀意識影響評分、表單無法表示區域性

危險徵兆特性，且只有加分機制而無扣分機制，以及容易出現評分相同而無法排序之狀況。另一方面，定量方法則多透過統計方法探討致災因子之敏感度，選取高敏感因子建立大區域定量統計模式，然此方法常遇高敏感因子於現地調查時不易觀察，且針對小區域邊坡如單一個斜坡單元，亦存在使用上之限制。綜合上述，本文主要目的即針對都會區自然邊坡，提出一套兼具定性與定量之評估系統，配合內業資料處理與外業現地調查，考量保全對象，提供管理單位擬定整治及巡檢重要性排序之參考依據。

建立方式

本文以臺北市為例，基於 1,606 個自然邊坡為研究範圍，蒐集臺北市 1959~2012 年歷史災害事件紀錄，萃取可採用之自然邊坡崩塌潛感因子，透過統計篩選流程，挑選出顯著山崩潛感因子作為定性評量基準，再利

紀柏全、沈哲緯、冀樹勇、黃立遠、林士淵、蔡正發：
自然邊坡量化評估調查表之建立與操作初探－以臺北市為例

用羅吉斯迴歸法建立定量統計模式。為建立
現地調查可操作之表格，將上揭因子區分為
內業及外業兩類，並將原為連續變數之外業

因子調整為類別變數，建立具客觀定性評量
機制並可用於現地調查之表格。

表 1 自然邊坡評估方法比較 (修改自田坤國，1999)

Table 1 Comparison of assessing methods for natural slopes

方法	類別	操作 難易度	作業項目	適用 條件
藤原明敏法	定性	簡易	現地調查	小區域
日本點數法	定性	簡易	現地調查	均適用
建研所自然邊坡危險度 量化評估表(陳建忠，2005)	定性	中等	現地調查	小區域
能資所方法	定性	較困難	現地調查、航照判釋、程式分析	大區域
模糊集理論法	定量	較困難	現地調查、問卷調查、程式分析	大區域
不安定指數法	定量	較困難	現地調查、破壞資料蒐集、程式與 權重分析	大區域
類神經網路分析法	定量	較困難	現地調查、破壞資料蒐集、網路訓 練及分析	大區域

一、研究區概況

臺北市位於臺北盆地內並包含部份盆地周圍之丘陵與山地，山坡地面積 15,004 公頃，佔全市總面積 55%，主要山系有大屯山系、七星山系、五指山系、南港山系及二格山系等五大山系，最高峰為七星山 (1,120 公尺)。全市山坡地平均坡度約為 10 度；而 5 度以上坡地約佔全市面積之 57 % (鍾弘遠與陳高德，2002)。

為有效分級管理轄管山坡地人工邊坡，臺北市政府工務局大地工程處 (以下簡稱臺北市大地處) 自 2010 年起開始執行全市山坡地人工邊坡調查與建檔作業，作業流程與管理機制詳臺北市大地處(2013)。依據紀柏全等人(2013)彙整，截至 2012 年底臺北市大地處已完成 19,518 筆人工邊坡現地調查、覆核與建檔，交集之 1/1,000 比例尺圖框共計 341 幅、分布於 2,838 個斜坡單中。為避免

人工邊坡效應模糊自然邊坡不利條件指標特性，分析時將人工邊坡交集與人工邊坡未調查之斜坡單元剔除，不納入訓練樣本。

二、分析方法

本研究係考量各項致災條件，以及 1959~2012 年臺北市山坡地歷史災害紀錄，以羅吉斯迴歸方法(logistic regression)建立空間上地形單元未來 50 年可能發生破壞的機率。然而，考慮雨量、地震力等觸發因子於現地評估時無法詳填，故分析時不予納入，如此所求得之機率並無法用以預測崩塌事件，實際代表之意義為自然邊坡發生災害之體質條件，本研究謂之「自然邊坡不利條件指標 (Disadvantageous Index of Natural Slope, DINS)」。

為利現場調查操作，本研究參考國內外相關文獻及調查表格，先擇定 3 項可外業調

查操作之項目包括：1.平均坡度(參考水土保持技術規範 23 條規定分為七級)、2.高程差、3.土方來源(依據 1/1,000 比例尺環境地質圖分為崩積或土石流堆積及原狀土兩項)，再依據中興社 (2012) 建議，納入直接反映災害現況與致災徵兆之：4.地質災害(含淺層滑動、弧形滑動、落石、土石流潛勢溪流)與 5.致災因子(依據 1/1,000 比例尺環境地質圖分為：確認順向坡、河岸侵蝕、向源侵蝕、溝狀侵蝕)，作為調查表中之外業基礎調查項目。接著，考量調查表之完整性及評估正確性，再納入其他經由內業操作可獲取之因子，透過統計方法萃取出較顯著之內業因子，最後配合上揭 5 項外業因子，建立自然邊坡評估調查表。

本研究蒐集五項資料供作山崩潛感因子萃取之用，分別為臺北市轄管山坡地範圍之：(1)1959~2012 歷史災點分布、(2)近 10 年山崩目錄、(3)1/1,000 比例尺環境地質圖及(4)坡度分級圖(由 4 m × 4 m 數值地形產製)。以下茲就山崩潛感因子分析及篩選流程進行說明，流程圖如圖 1。

(一) 斜坡單元歷史受災與否定義

斜坡單元有無災害定義係以二元資料格式(binary, 0 或 1)為原則，利用 1959~2012 歷史災點及近 10 年山崩目錄為依據，參考財團法人中興工程顧問社(以下簡稱中興社)(2009)建議，斜坡單元內新增崩塌地面積總和大於 100 平方公尺者，即定義為有災害斜坡單元，反之則為無災害斜坡單元。此外，因 1959~2012 年歷史災點無面積紀錄，若災點落於斜坡單元內亦算是有災害斜坡單元，反之為無災害斜坡單元。由分析結果可知，

全市 6,371 個斜坡單元中有災害者共有 542 個，其中有 403 個係屬本研究定義自然斜坡單元。

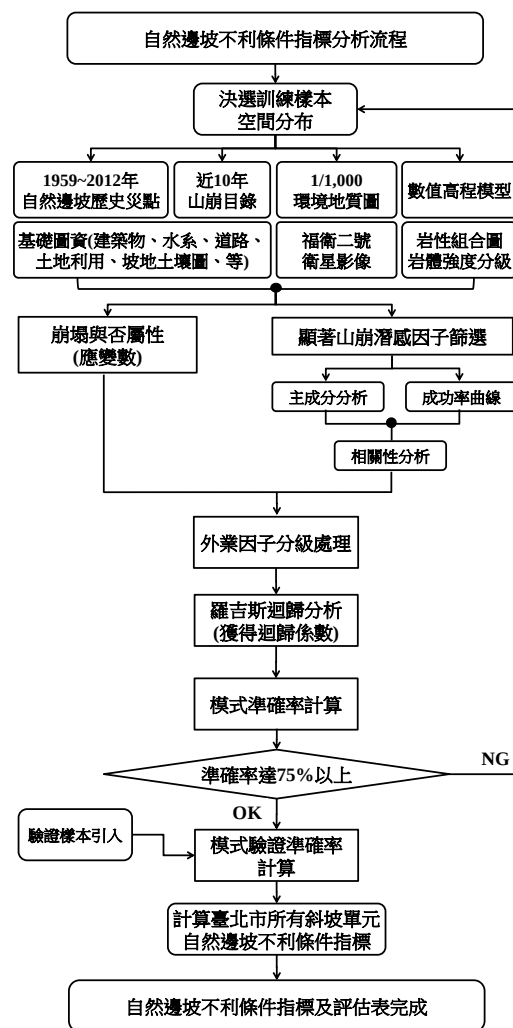


圖 1 分析流程圖

Figure 1 Flow chart of DINS analysis

(二) 斜坡單元因子萃取

參考中興社(2009)與 Guzzetti et al.(2006)斜坡單元因子萃取建議，依據資料易取得性及技術可行性之原則，萃取可採用的山崩潛

紀柏全、沈哲緯、冀樹勇、黃立遠、林士淵、蔡正發：
自然邊坡量化評估調查表之建立與操作初探－以臺北市為例

感因子，透過統計篩選流程挑選顯著山崩潛感因子作為模式建立基礎，綜合歸納可分為地文因子、水文因子、人文因子、植生覆蓋因子與環境地質因子等五類。

(三) 斜坡單元顯著因子萃取

參考 Shen et al. (2012)建議，採主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)及成功率曲線(Success Rate Curve, SRC)挑選顯著因子，並透過相關性分析(Correlation Analysis, CA)剔除高相關因子，期降低高相依因子影響分析結果及係數相關性，據此研

提斜坡單元顯著因子。

首先，對於主成分個數之決定方法如下：

1. 根據 Kaiser (1974) 建議的 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)抽樣適配度判定準則得知，KMO 至少應大於 0.6，表示資料的分析效果適合進行因素分析。此外，以 Bartlett 球形檢定進行顯著性檢定，代表母群體的相關矩陣有共同因素存在，適合主成分分析。

表 2 山崩潛感因子主成分及成功率曲線分析結果

Table 2 Result of PCA and SRC analysis

因子類別	重要發生因子	KMO 檢定	單位	主成分順序	主成分係數	SRC 曲線 AUC 值	複選
地文因子	前 25%平均坡度百分比	0.624	%	1	0.967	0.587	
	平均坡度		%	1	0.934	0.474	
	邊坡陡坡比例		無因次	1	0.842	0.422	☑
	邊坡變化程度(坡度粗糙度)		%	1	0.841	0.502	☑
	地形粗糙度	0.610	m	1	0.812	0.389	☑
	平均高程		m	2	0.432	0.540	
	高程差(全坡高)		m	2	0.220	0.540	
	平面曲率	0.632	1/ m	2	0.841	0.527	☑
	切向曲率		1/ m	2	0.826	0.527	☑
	剖面曲率		1/ m	2	0.661	0.602	☑
	地形曲率		1/ m	2	0.498	0.514	
	地形侵蝕指標(坡向標準差)	0.614	度	3	0.803	0.486	☑
	八方向坡向		-	3	0.291	0.510	
水文因子	水系密度	0.601	%	1	0.962	0.561	☑
	年平均雨量		mm	1	0.410	0.584	
植生	植生覆蓋率	0.301	%	1	-0.263	0.283	
人為因子	建築物密度	0.710	%	1	0.810	0.613	☑
	道路密度		%	1	0.734	0.697	☑
	土地利用與覆蓋因子 C		無因次	1	-0.263	0.533	

註：植生類 KMO < 0.6，故 PCA 結果未滿足統計顯著性要求。

2. 參考 Li et al. (2010)及 Shen et al.(2012)建議，獲選之主成分累積變異百分比(代表性)建議達 85%以上。
3. 將各別的主成分分析結果以主成分係數矩陣表示。參考吳輝龍等人(2004)、陳文福等人(2005)及 Shen et al.(2012)建議，挑選主成分係數大於 0.7 者為獲選的重要山崩潛感因子。

根據上述主成分分析方法，利用 IBM SPSS V19.0 軟體進行分析，結果滿足主成分分析門檻(主成分係數大於 0.7)的因子共計 11 項(如表 2 中主成分係數為粗體者)，其中地文因子共有 8 項、水文因子 1 項、人為因子 2 項。

接著，利用成功率曲線(Success Rate Curve, SRC)下之面積(Area Under Curve, AUC)來判定模式的解釋能力，因 AUC 值域介於 0~1 之間，當其值越接近 1 時，表示能以較小範圍的值域解釋山崩面積。參考中興社(2009)建議，AUC 超過 0.6 之因子可視為顯著山崩潛感因子，由表 2 分析結果顯示，滿足成功率曲線分析 AUC 要求之因子計有(1)剖面曲率、(2)道路密度及(3)建築物密度三項。

綜合上述分析，滿足主成分分析與成功率曲線而納入複選的顯著因子集合共計 12 項(如表 2 勾選者)。接著，針對上揭 12 項複選因子進行皮爾森積差相關性分析(Pearson Product Moment correlation analysis)，分析原則參考相關文獻(吳輝龍等人，2004；陳文福等人，2005；Li et al., 2010；Shen et al., 2012)之建議，以相關係數大於等於 0.7 或小於等於-0.7 者視為高度相關因子，剔除 AUC

較低者，最後所剩下的因子即為決選的山崩潛感因子。

經相關性分析後得知，坡度類、曲率類及人為作用類因子彼此具高相依性，經篩選 AUC 值，最後決選的山崩潛感因子為：(1)前 25%平均坡度百分比、(2)平面曲率、(3)剖面曲率、(4)地形侵蝕指標、(5)建築物密度、(6)道路密度等六項數值型因子。此外，參考中興社 (2013)建議，納入兩項重要的類別型資料：(7)岩體強度分級及(8)岩性，即完成模式建置因子篩選作業。

三、內外業因子訂定與定量係數求取

為能實務應用，基於前述因子篩選結果，設計包含定性及定量精神，兼顧內業分析與外業調查的因子項目(表 3)，以下就內、外業分析項目及資料格式進行說明：

(一) 內業因子

內業分析以便於 GIS 圖資萃取及更新因子為主，主要以前述篩選獲致的顯著山崩潛感因子為評估項目，合計共有 8 項內業因子(詳表 3)。

(二) 外業因子

外業調查以地形因子及環境地質災害調查為主，主要目的為內業因子基礎資料驗證及潛在致災徵兆之記錄，各項因子係參考水土保持技術規範 23 條及建築技術規則 262 條規定制定，主要考量(1)平均坡度、(2)高程差、(3)土方來源、(4)致災因子與(5)地質災害等，皆設計為類別型資料，除利於現地調查勾選外，也能藉由外業調查提升自然邊坡不利條件指標分析精度。

紀柏全、沈哲緯、冀樹勇、黃立遠、林士淵、蔡正發：
自然邊坡量化評估調查表之建立與操作初探－以臺北市為例

表 3 自然邊坡不利條件指標 DINS 量化評估表

Table 3 DINS table for field investigate on natural slope

項次		項目		檢視內容		因子數值 W		迴歸係數		
內業因子	1	地形		前 25%平均坡度百分比(單位：%)		連續數值		0.021		
	平面曲率(單位：1/公尺)			連續數值		0.388				
	剖面曲率(單位：1/公尺)			連續數值		1.806				
	地形侵蝕指標(單位：無因次)			連續數值		-2.122				
	5	地文因子	地質	地質岩性	礫石、砂及粘土		0 或 1		-0.534	
					砂岩及頁岩互層(含煤層)		0 或 1		-0.946	
					塊狀砂岩及頁岩		0 或 1		-0.545	
					玄武岩質凝灰岩及岩流		0 或 1		1.647	
					安山岩質凝灰岩		0 或 1		-0.236	
					安山岩流		0 或 1		-1.281	
	6			岩體強度分級	I		0 或 1		2.259	
					II		0 或 1		0.392	
III					0 或 1		0.077			
IV					0 或 1		0.199			
V					0 或 1		0.195			
VI					0 或 1		0.008			
7	人為因子	建築物密度(單位：無因次)		連續數值		1.989				
8		道路密度(單位：無因次)		連續數值		7.086				
外業因子	9	平均坡度 (單選)	☐ 一級坡(S≤5%)		0 或 1		-0.001			
			☐ 二級坡(5%<S≤15%)		0 或 1		-0.325			
			☐ 三級坡(15%<S≤30%)		0 或 1		2.291			
			☐ 四級坡(30%<S≤40%)		0 或 1		1.573			
			☐ 五級坡(40%<S≤55%)		0 或 1		0.969			
			☐ 六級坡(55%<S≤100%)		0 或 1		0.001			
			☐ 七級坡(S>100%)		0 或 1		0.001			
	10	高程差 (單選)	☐ 高程差 105 公尺以上		0 或 1		0.343			
			☐ 高程差 45~105 公尺		0 或 1		0.701			
			☐ 高程差 45 公尺以下		0 或 1		0.001			
	11	土方來源 (單選)	☐ 崩積或土石流堆積		0 或 1		0.406			
			☐ 原狀土		0 或 1		0.001			
	12	地質災害(可複選)	1.淺層滑動區 LS1	☐ 面積 200 m ² 以上		0 或 1		0.970		
				☐ 面積 100~200 m ²		0 或 1		1.130		
				☐ 面積 10~100 m ²		0 或 1		0.912		
				☐ 面積 10 m ² 以下		0 或 1		0.001		
				☐ 未發現		0 或 1		-0.032		
			2.弧形滑動區 LS3	☐ 面積 200 m ² 以上		0 或 1		2.605		
				☐ 面積 100~200 m ²		0 或 1		22.141		
				☐ 面積 10~100 m ²		0 或 1		1.312		
				☐ 面積 10 m ² 以下		0 或 1		0.001		
				☐ 未發現		0 或 1		1.384		
			3.落石崩塌區 LS2	☐ 面積 200 m ² 以上		0 或 1		-1.623		
				☐ 面積 100~200 m ²		0 或 1		-0.559		
				☐ 面積 10~100 m ²		0 或 1		-1.959		
				☐ 面積 10 m ² 以下		0 或 1		-0.001		
				☐ 未發現		0 或 1		-2.581		
			4.土石流潛勢溪流 df	☐ 2 條以上		0 或 1		19.510		
				☐ 1 條		0 或 1		-0.068		
				☐ 未發現		0 或 1		-0.100		
	13	致災因子(可複選)	1.確認順向坡	☐ 面積 200 m ² 以上		0 或 1		-1.293		
				☐ 面積 100~200 m ²		0 或 1		-2.340		
				☐ 面積 10~100 m ²		0 或 1		-1.566		
				☐ 面積 10 m ² 以下		0 或 1		-0.001		
				☐ 未發現		0 或 1		-1.077		
			2.河岸侵蝕區	☐ 2 處以上		0 或 1		2.060		
				☐ 1 處		0 或 1		0.065		
				☐ 未發現		0 或 1		0.001		
			3.向源侵蝕區	☐ 2 處以上		0 或 1		0.348		
				☐ 1 處		0 或 1		-0.141		
				☐ 未發現		0 或 1		-0.001		
			4.溝狀侵蝕區	☐ 2 處以上		0 或 1		0.219		
				☐ 1 處		0 或 1		0.077		
				☐ 未發現		0 或 1		0.001		
				☐ 未發現		0 或 1		0.001		
$\varepsilon = \sum W_i \times \beta_i \quad , i=1\sim 13$										
不利條件指標 $DINS = 1/(1+\exp(-\varepsilon))$										

(三) 定量係數求取

由上揭 403 個定義為有災害之自然地形單元中亂數取 95%(383 個)，搭配相同數量之無災害單元組成樣本數 1:1 之訓練樣本，其餘則列為驗證樣本。透過羅吉斯迴歸分析，以有無災害為應變數，各項山崩潛感因子為自變數，透過多變量統計迴歸求得各項山崩潛感因子之迴歸係數 β 與多項式總值 ε ，即可獲致自然邊坡不利條件指標(*DINS*)，輔以羅吉斯迴歸常用之分類門檻機率 0.5，將各地形單元分類為有災害及無災害，確認訓練及驗證樣本總體正確率皆高於 75%以上即完成各項因子對應係數之求取及調查評估表格之建置如上揭表 3。

操作方式與現地驗證

一、操作方式

自然邊坡現地調查與評估重點包括：(1) 既有邊坡屬性之查核、(2) 不利條件徵兆新

增及現況更新。此外，調查之重要項目除了坡度、坡高及土方來源外，其餘皆屬環境地質特性，包含：(1) 災害類：含落石、淺層滑動、弧形滑動及土石流潛勢溪流、及(2) 致災因子類：含順向坡、河岸侵蝕、向源侵蝕、溝狀侵蝕。調查前首先產製調查輔助圖資(環境地質圖套疊航照圖，如圖 2 所示)，並匯出斜坡單元內外業因子基礎資料，配合圖資預先規劃調查路徑(道路、農路、森林步道等)，同時可預習現地環境地質徵兆，以利調查評估進行。

特別注意的是，本文所設計之量化評估表係依據 100 年度「山坡地環境地質調查及系統更新計畫」(中興社，2012) 所訂定之圈劃原則，僅針對「擴大」及「新增」兩種變化情形進行判定與紀錄，而不考慮「縮小」，因此當調查後發現原建置之災害基礎資料已復育或有縮小之情形，則按原資料評分而不予更動。

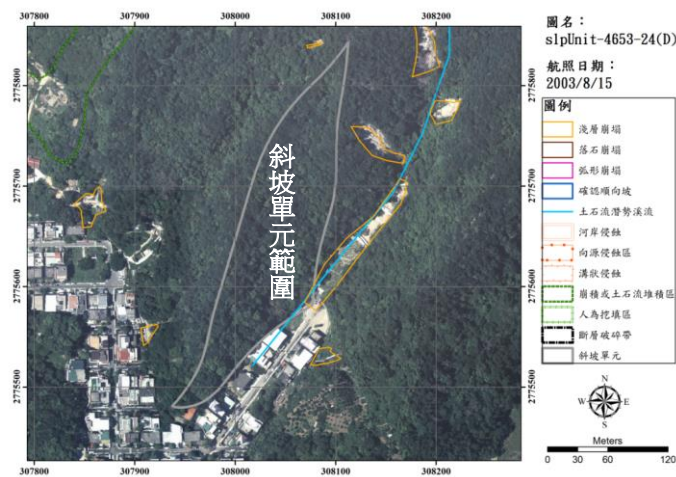


圖 2 現地調查輔助圖資(中興社，2013)

Figure 2 Assistive map for field investigation

紀柏全、沈哲緯、冀樹勇、黃立遠、林士淵、蔡正發：
自然邊坡量化評估調查表之建立與操作初探－以臺北市為例

此外，因自然邊坡所需調查範圍較大，常遇地形阻礙或無通行道路導致無法完成現場調查的情況，而須改採內業方式輔助完成，建議以遙測影像技術輔助判釋，參考遙測影像判釋手冊（潘國樑等人，2011）進行部份類型環境地質災害影像判釋。

二、現地操作驗證

本研究選擇兩處斜坡單元進行現地實

際操作與驗證，藉此探討設計表格之適用性與可行性，其中案例 A 位於信義區，編號 slpUnit-4743-18，調查前依本研究及中興社（2013）建置之斜坡單元原始屬性（詳表 4），計算所得之不利條件指標為 0.6479；另案例 B 位於南港區，編號 slpUnit-5343-16，依表 4 原始建置資料計算所得之不利條件指標為 0.9889。兩者皆屬於高不利條件之狀況，以下即針對現地操作及驗證分別說明。

表 4 驗證斜坡單元原始屬性
Table 4 Basic data of the proof slopes

	項目	slpUnit-4743-18	slpUnit-5343-16
1	前 25%平均坡度百分比	56.095	71.224
2	平面曲率	0.051	-0.085
3	剖面曲率	0.051	0.072
4	地形侵蝕指標	0.791	0.757
5	岩性	砂岩及頁岩互層(含煤層)	塊狀砂岩及頁岩
6	岩體強度分級	V	II
7	建築物密度	0	0.001
8	道路密度	0.089	0.108
9	平均坡度	35.5	47.0
10	高程差	89.1	105.5
11	土方來源	原狀土	崩積或土石流堆積
12	致災因子	無	無
13	地質災害	落石崩塌(面積 418.7 m ²)	淺層滑動(384 m ²)、弧形滑動(2882.3 m ²)、土石流潛勢溪流 1 條
多項式總值ε		0.305	2.245
原始 DINS		0.6479	0.9889

(一) 案例 A：斜坡單元 slpUnit-4743-18

本斜坡單元位於信義區福德街真光禪寺周圍，調查輔助圖資如圖 3 所示，圖中灰色多邊形為該斜坡單元範圍，地勢為由西南方向東北方傾斜，平均坡度為 16° (35.5%、四級坡)，總高程差為 89.1 m。現地岩性為砂頁岩互層，圖 3 中深紅色多邊形為環境地

質圖記載之落石崩塌區域，範圍為緊鄰真光禪寺東南側之邊坡。

現地調查時，首先於寺廟南方發現裸露岩壁(如圖 4)，現地研判此處岩層屬逆向坡，加上岩性為砂頁岩互層，即造成落石崩塌之主因。另外，於禪寺正北方之下邊坡亦發現一處明顯之淺層滑動區(如圖 5)，以雷射測

距儀量測總面積為 80 m^2 、最大深度 4.7 m ，研判土層屬於崩積土(來源可能為落石堆積風化後之產物)，將調查發現之新增崩塌多邊形紀錄並套疊地形圖及 GPS 軌跡，最後產製調查成果圖如圖 6。最後，將現況更新至調查表中，求得不利條件指標提高為 0.8648 。



圖 3 案例 A 輔助圖資
Figure 3 Assistive map for Case A



圖 4 案例 A 中發現之裸露岩壁
Figure 4 Bare rock in Case A



圖 5 案例 A 中發現新增淺層滑動區
Figure 5 Shallow landslide in Case A

(二) 案例 B：斜坡單元 slpUnit-5343-16

本斜坡單元位於南港區舊莊街，調查輔助圖資如圖 7 所示，灰色多邊形為該斜坡單元範圍，地勢為由西南方向東北方傾斜，平均坡度為 21° (47%、五級坡)，總高程差為 105.5 m ，由圖可見東側邊界為一土石流潛勢溪流(藍色線段)，編號北市 DF038。現地岩性為塊狀砂岩及頁岩，由圖 7 可見該邊坡環境地質災害紀錄相當多，首先坡腹處道路兩側曾發生淺層崩塌(黃色多邊形)及弧形滑動(紫色多邊形)，另於東北方坡趾處亦有一處較大規模之弧形崩塌；綠色多邊形則顯示本斜坡單元大部分表土層屬於崩塌及土石流堆積區。

現地調查時，因環地災害紀錄位置已植生復育，因此未見相關徵兆，但發現落石崩塌跡象(如圖 8)，因本處坡度較陡，考量地層屬性，研判係為原地層之塊狀砂岩由上邊坡滾落，以雷射測距儀量測落石區總面積為 74 m^2 ；另發現一條溝狀侵蝕。將新增崩塌多邊形紀錄並套疊地形圖及 GPS 軌跡，最後產製調查成果圖如圖 9。此外，將調查資

紀柏全、沈哲緯、冀樹勇、黃立遠、林士淵、蔡正發：
自然邊坡量化評估調查表之建立與操作初探－以臺北市為例

料更新後，現況不利條件指標略為提高至 0.9968。

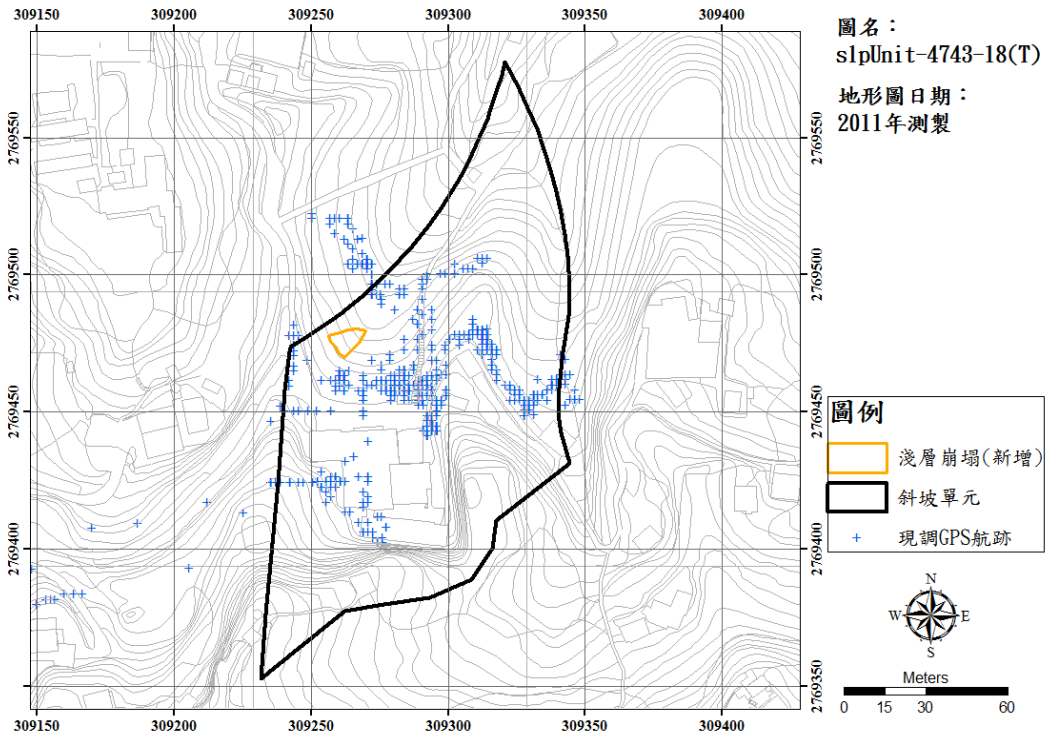


圖 6 案例 A 現地調查成果圖
Figure 6 Investigating record of Case A

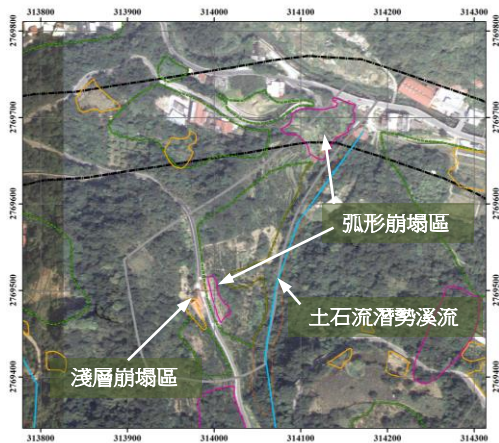


圖 7 案例 B 輔助圖資
Figure 7 Assistive map for Case B



圖 8 案例 B 中發現新增落石崩塌區
Figure 8 Rock fall in Case B

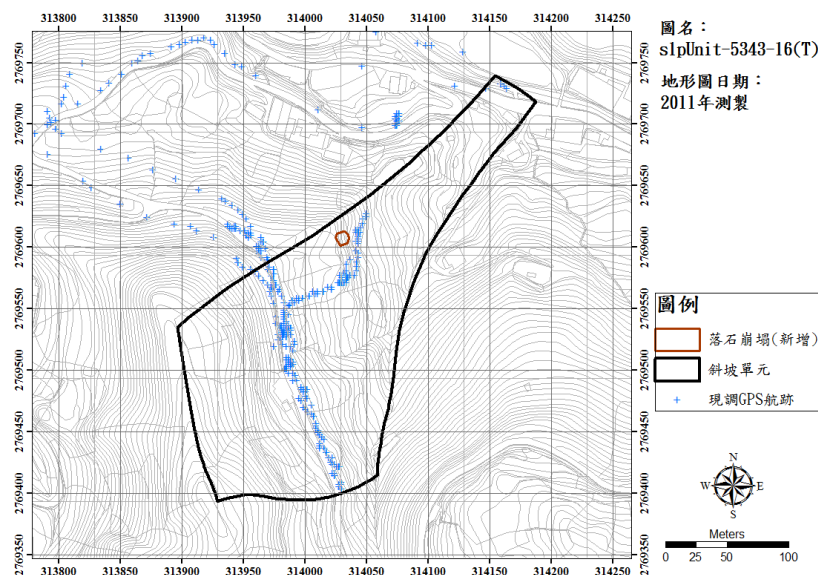


圖 9 案例 B 現地調查成果圖
Figure 9 Investigating record of Case B

結論

本文透過主成分分析方法萃取與臺北市山坡地災害高度相關之潛感因子，並透過統計方法獲得各因子對應之定量係數，而為能應用於現地調查，將評估表設計成便於現地查核勾選之定性化類別型表單。由兩處現地斜坡單元實際操作，基於「新增」及「擴大」兩項評估原則下，初步佐證表格內容可應用於現地自然邊坡評估，且由總評分代入羅吉斯迴歸經驗公式所求得之指標值，可相當程度預測邊坡體質狀況，如高不利條件指標之自然邊坡中，皆可發現既有災害跡象，或新增崩塌徵兆。

未來，除透過更多現地查核驗證本表單之適用性與限制，亦可納入中興社(2013)及紀柏全等人(2013)研究建立之人工邊坡量

化評估模式，整合保全對象進行斜坡單元整合式評估，並可將調查結果回饋至模式中重新運算，達到滾動式檢討，適時反映邊坡現況，以提供業管單位參考及施行邊坡分級管理。

參考文獻

1. 田坤國 (1999)，梨山地滑影響因子與危險管理值之研究，國立成功大學土木工程研究所博士論文。
2. 吳輝龍、陳文福、張維訓 (2004)，集水區地文特性因子與土石流發生機率間相關性之研究－以陳有蘭溪為例，中華水土保持學報，第三十五期，第三卷，第 251-259 頁。
3. 紀柏全、沈哲緯、冀樹勇、鄭錦桐、

- 林裕益、黃立遠、林士淵 (2013)，人工邊坡量化評估模式初探－以臺北市為例，2013 台灣災害管理研討會，台北。
4. 財團法人中興工程顧問社 (2009)，「都會區周緣坡地山崩潛勢評估(3/4)」，經濟部中央地質調查所成果報告
5. 財團法人中興工程顧問社 (2012)，100 年度山坡地環境地質調查及系統更新計畫委託技術服務案(後續擴充)，臺北市政府工務局大地工程處期末報告。
6. 財團法人中興工程顧問社 (2013)，臺北市山坡地人工邊坡量化風險評估模式，臺北市政府工務局大地工程處成果報告。
7. 陳文福、李毅宏、吳輝龍 (2005)，結合地文與降雨條件以判定土石流發生之研究－以陳有蘭溪集水區為例，臺灣地理資訊學刊，第二期，第 27-44 頁。
8. 陳建忠 (2005)，既有山坡地住宅社區環境影響因子危險度量化評估之研究，內政部建築研究所成果報告。
9. 臺北市政府工務局大地工程處 (2013)，人工邊坡分級管理－以臺北市為例。
10. 潘國樑、沈哲緯、鄭錦桐、冀樹勇 (2011)，遙測影像判釋手冊，財團法人中興工程顧問社。
11. 鍾弘遠、陳高德 (2002)，臺北市邊坡管理經驗，91 年 11 月 8 日臺北市土木技師公會研討會演講論文稿。
12. Guzzetti F., Galli M., Reichenbach P., Ardizzone F. and Cardinali M. (2006), Landslide hazard assessment in the Collazzone area, Umbria, Central Italy, Natural Hazards and Earth System Sciences, 6: 115-131.
13. Kaiser, H. F. (1974), An index of factorial simplicity, Psychometrika, 39(1): 31-36.
14. Li, C. Y., Lo, W. C., Chen, C. Y., Shen, C. W. and Tsao, T. C. (2010), Using logistic regression to Predict the Susceptibility of Debris Flow Hazard in Hualien, Taiwan”, 4th Japan-Taiwan Joint Workshop on Geotechnical Hazards from Large Earthquakes and Heavy Rainfalls, 431- 441.
15. Shen C. W., Lo W. C. and Chen C. Y. (2012), Evaluating susceptibility of debris flow hazard using multivariate statistical analysis in Hualien county, Disaster Advances, 5(4): 743-755.

103 年 01 月 06 日收稿

103 年 01 月 13 日修改

103 年 03 月 20 日接受

水土保持學報 46 (3): 1065 – 1078 (2014)

Journal of Soil and Water Conservation, 46 (3): 1065 – 1078 (2014)