

坡地災害風險管理探討

林伯勳* 陳俊愷** 邵國士*** 林忠志**** 王順民****

摘要

本文旨在針對常見坡地災害風險基本架構及一般性風險名詞進行概念性介紹，其中風險評鑑為整合風險分析與風險評估結果，作為風險管理之核心；而風險評估屬於風險分析至風險評鑑過程之階段性產物，係影響風險評鑑之重要關鍵。依此，文中針對山坡地周緣聚落社區，提出坡地風險評估作業步驟，透過辦理例行性調查及定期檢討改善，再仿效香港土力工程處執行經驗及施政策略，冀求有效消弭坡地災害存在風險危機及形成來源，俾將災害損失降至最低。

關鍵字：坡地災害、風險管理、風險評鑑

一、前言

「風險（Risk）」這個名詞源自於義大利文「Risco」，最先用於 19 世紀末之探討西方經濟課題上，其基本概念現已廣泛使用於經濟學、社會學、工程科學、環境科學以及災害學等相關領域（唐川和沖村孝，2006）；國內學者早期著重於探討財務金融、投資報酬為主；近年全球氣候異常影響，除年平均降雨量近居世界之冠，且防汛期颱風頻繁，以致造成多場降雨延時長且強度高的極端降雨事件；進而誘發臺灣山區的崩塌、土石流、河道淤積等土石災害，危害人民財產及生命安全，根據世界銀行組織於 2005 年指出，臺灣暴露於三項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口均為 73%，為世界第一；臺灣同時暴露於兩項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口均為 90%，位居全球第五，隸屬於災害高風險（冀樹勇等人，2008）；為有效降低災害引致損失及死亡人數，政府各部門亦逐漸將

風險概念植入至災害應變及策略管理層面，如颱風保險制度建立、火災損失評估、土石流災害防治、流域土砂災害管理、大壩安全風險評估等課題（蕭代基，2003；張靜貞，2004；許文科，2004；陳俊勳，2006；陳樹群等人，2006；曹鼎志等人，2010；水利署，2011、2012）；以坡地災害為例，澳大利亞大地力學學會（Australian Geomechanic Society, AGS）於 2000 年擬訂相關的技術指導綱要（Guideline），明確制訂坡地災害風險管理（Risk Management）之基本概念架構後，隨之，國際大壩管理單位更針對防汛期間風險安全評估，透過嚴謹數學模式逐一計算動態風險值，再配合決策樹（Decision Tree），發展一套隨著洪水事件開始至結束階段可能引致坡地災害類型，以及其處理措施及管理策略。近期國際學者專家針對坡地災害投入大量科學性且深入研究，蔚為風潮，顯見風險管理應用愈趨重要（BC Hydro, 1993；USBR, 1997；ANCOLD, 1998；Peng and Zhang, 2013）。

* 中興工程顧問社防災科技研究中心環境資源監測組組長

** 中興工程顧問社防災科技研究中心副研究員

*** 中興工程顧問社防災科技研究中心都會巨災模擬組組長

**** 中興工程顧問社防災科技研究中心助理研究員

鑑此，香港土力工程處（Geotechnical Engineering Office, GEO）自 1998 年起引進定量風險評估架構管理轄區之人造及天然邊坡，訂定不同期程計畫之風險控管結果指標。國內近年來亦陸續將風險概念導入天然災害之管理範疇中，如林美聆等人（2009）引進風險矩陣之概念進行土石流潛勢溪流潛勢等級及災損等級之評估；陳振宇（2007）曾提出應用風險管理於土石流減災工程效益評估之具體且明確之作法，並提出於土石流疏散避難決策之應用；陳樹群等人（2006）亦提出以土石流危害度評估、易致災分析及承受度評估等三部分作為土石流風險評估及風險管理決策之參考；冀樹勇等人（2008）亦將風險管理理念導入天然災害之管理上；陳天健等人（2009）亦嘗試將風險管理與風險分析之方法應用於坡地災害管理上。水保局自 2008 年起亦嘗試引進坡地災害定量風險分析（Quantitative Risk Analysis, QRA）與風險管理流程，進行土石流災害案例之實際操作；曹鼎志等人（2013）以聯合國 UNDRO 1979 年定義風險評估概念進行臺灣地區曾發生重大災害之土石流潛勢溪流之定量風險分析，並計算各潛勢溪流之年平均經濟損失與人口損失，以進行風險排序，以供相關機構能有效進行土石流風險管理決策。

依此，本文首先敘述坡地災害風險基本概念架構，再逐項針對一般性風險名詞進行定義介紹；接著，分述坡地災害風險評估方法、坡地危害及後果因子考量、分析要點及需注意事項；最後，彙整坡地災害風險評估應用相關研究成果，從中歸納適用於坡地災害風險評估方式，據以研擬評估作業步驟，供作後續管理之參考。

二、坡地災害風險管理架構

災害（Disaster）廣義定義係指人類生命財產或環境資源因危害發生而導致大量損失之事件，其牽涉概念包含有危害（Hazard）、風險（Risk）、危機（Crisis）與災變（Emergency）

等多元層次（馬士元，2002）。所謂危害，乃指對於人類福祉的潛在威脅；風險則表示特定危害發生的可能性。因此，危害指的是威脅的因子，而風險則指危害發生的機率，至於災害，則指危害後果的具體實現（Smith, 1996；Godschalk, 1999）。

風險之形成，源於災害本身所具有之不確定性，由於無法確定其發生機率與規模，以及可能造成的損失，故可藉由風險評估，作為預防災害之基礎。風險的基本意義為實際發生某特定災害的機會，其中災害被視為一個自然發生或人類所誘發的過程，或是有可能創造損失的事件。風險則是在某一特定範圍對人類有價值的事物在災害中的實際暴露，經常被視為是機率與損失的結合（Simth, 2004；施鴻志，2002），如圖 1 所示。

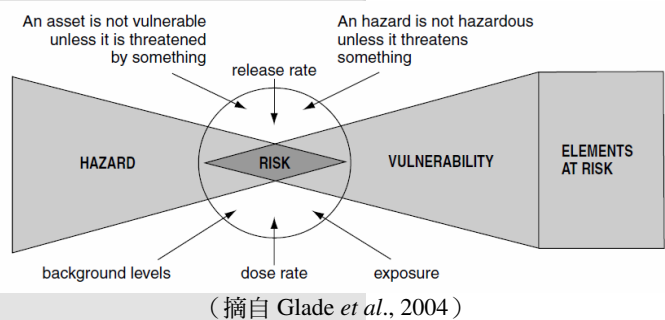
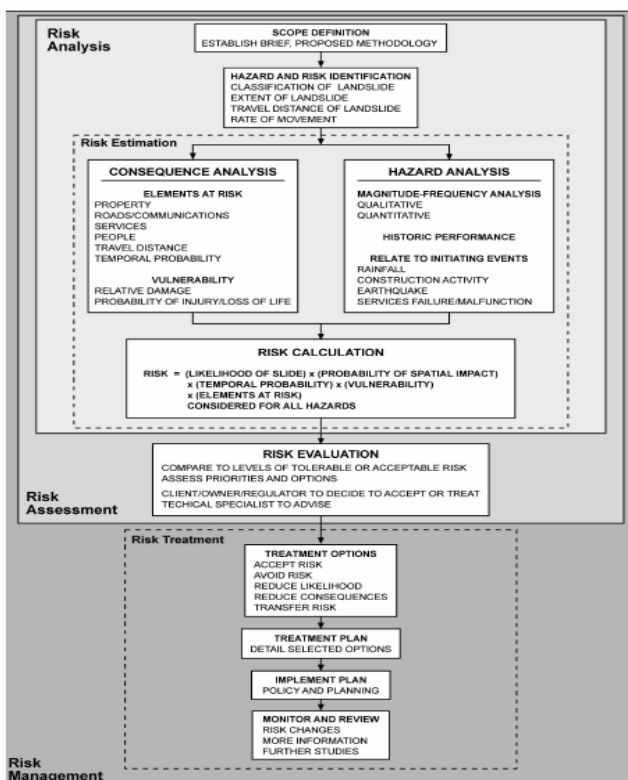


圖 1 風險形成概念圖

風險應用在天然災害方面，其定義為災害發生機率與災害損失或影響之乘積。聯合國國際減災計畫（International Strategy for Disaster Reduction, ISDR）在近年來推動全球天然災害減輕工作的同時，參考全球各地的災害研究，訂定統一性天然災害風險定義，其定義災害風險為由自然或人為所引發的危害，與脆弱的环境交互作用，所產生對人類有害的結果或是期望之損失，並以數學公式將災害風險表達（蔡侑蒼，2008）。根據上述概念，澳大利亞大地力學學會於 2000 年擬訂為坡地風險管理（Risk Management）基本概念架構圖，如圖 2，圖中顯示整體架構層，由上至下主要分成風險分析（Risk Analysis）、風

險評鑑 (Risk Assessment) 以及風險處理 (Risk Treatment) 等三大層面，針對欲討論災害類型及保全對象，藉由各個層面計算並整合分析，進行有效風險管理。有關坡地災害風險管理架構中載述一般性名詞及其相關定義，可參考國際土壤力學與大地工程學會 (ISSMGE) 風險評鑑與管理技術委員會 (TC32)、中華民國國家標準 CNS14889「風險管理－詞彙－標準使用指導綱要」中所訂定者 (經濟部標準檢驗局，2005)、行政院研究發展考核委員會 (2006) 發行「風險管理作業手冊－第三版」以及國際 ISO 31000、ISO 31010 等規範。

綜合上述，風險管理係將管理策略、管理程序與管理實務等有系統的應用於風險相關作業，整合風險分析及風險評估結果進行風險評鑑，作為最終決策依據，並據以採取降低風險之行動，處理風險所造成之損害。負責天然災害風險管理者應為政府跨部會之防救災機構，如美國 FEMA 機構 (Federal Emergency Management Agency)。



(摘自 Australian Geomechanics Society, 2000 ; Glade *et al.*, 2004)

圖 2 坡地風險管理基本概念架構圖

三、坡地災害風險評鑑及處理

風險評鑑為風險管理之核心，係整合風險分析與風險評估 (Risk Evaluation) 結果，做出建議以降低風險至可容忍程度的程序，降低風險包括降低災害發生機率與降低後果嚴重度。風險評鑑則依據各政府權責部門可容忍災害風險之程度，提出設定不同風險程度之對應處理策略；除此之外，風險評估為風險管理架構之必要步驟，且為風險分析至風險評鑑過程中之階段性產物，確實影響風險評鑑之重要關鍵，再透過各式風險處理手段控管降低風險發生。以下係針對風險分析、風險評估、風險處理，逐一進行說明。

(一) 風險分析

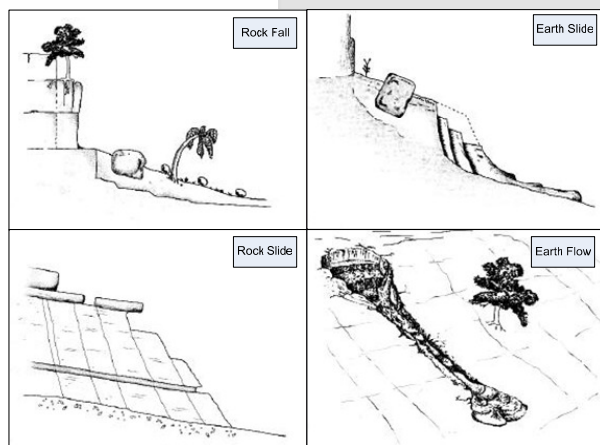
風險分析是一結構化程序，欲先針對討論範疇進行定義，利用所蒐集之資訊幫助辨識災害是否發生，而造成之災害後果與發生可能性。風險分析分為定性風險分析與定量風險分析兩類，前者以文字型態或以名目尺度分級方式，描述危害發生之後果規模與其可能性；後者則以數值型態描述天然災害發生機率與災害損失，以產生風險度區別災害程度。

1. 範疇定義 (Scope Definition)：需先明確定義欲分析之災害領域範疇、可能類型、誘發機制、以及受影響保全對象。
2. 危害辨識 (Hazard Identification)：辨識內容含危害類型、危害範圍、風險元素 (Element at Risk)；同時，累積災害事件目錄 (Hazard Event Inventory)，以進行風險估計，據以探究危害、後果及風險三者存在之因果關係，以坡地災害為例，如圖 3 至圖 4 所示。
3. 風險估算

(1) 危害分析

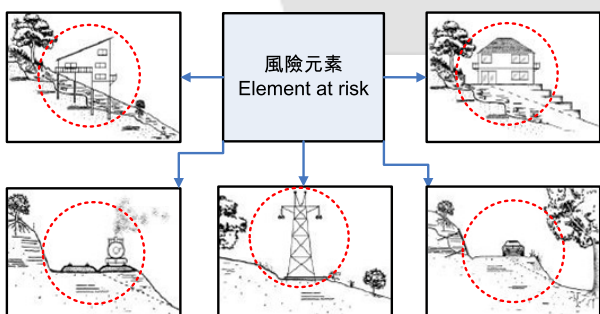
危害分析為辨識天然災害 (乾旱、洪水、土石流、火災、地震等) 之外力來源與可能會造成

的影響，例如：評估其發生極大天然災害於某地點、時間、強度與影響時間之機率。分析多種不同危害時有三種分析方法可以運用：（A）空間分析（地點與範圍），（B）時間分析（頻率、持續性、發生的機率），（C）範圍分析（威力、領域、強度級數）（陳禹銘等人，2009）。另就方法學而言，共可分成定性及定量兩類方法（Aleotti and Chowdhury, 1999），其中定性方法有野外地形分析（Field Geomorphological Analysis）、利用指標或參數地圖（Use of Index or Parameter Maps）；定量方法含統計分析（Statistical Analysis）、大地工程方法（Geotechnical Engineering Approaches）、類神經分析（Neural Network Analysis），如圖 5 所示。



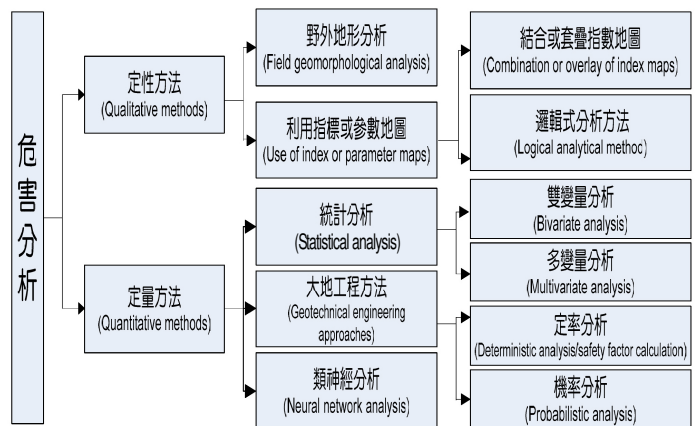
（修改自 Australian Geomechanics Society, 2000）

圖 3 坡地災害類型



（修改自 Australian Geomechanics Society, 2000）

圖 4 地坡災害風險元素示意圖



（修改自 Aleotti and Chowdhury, 1999）

圖 5 危害分析分類示意圖

（2）後果分析

後果分析即假設災害實際發生某一規模狀況下所產生之結果，若以災害損失表示，其災損包括人命與經濟之直接損失，以及對於人文、社會之衝擊等間接損失，惟因某些因素之間接損失甚難量化，故不易包含於後果分析中。為更具體計算量化災損，一般以暴露於危害之暴露量（Exposure）脆弱度（Vulnerability）表示，其中暴露量以直接災損而言，即為受影響之保全對象。

（3）風險計算

災害風險評估之理論發展已近 40 年，Hammer（1972）提出風險評估之關係式為災害發生機率（Probability）與後果（Consequence）乘積，O'Keefe *et al.*（1976）認為脆弱度係風險計算必要因子，故 UNDHA（United Nations, Department of Humanitarian Affairs）於 1992 年亦提出加入脆弱度於風險概念；隨後，Alexander（2000）則認為災害範圍，應可再加以區分不同個體暴露於天然災害之影響範圍內所代表之風險值。依此，綜觀前述風險評估公式定義雖非完全一致；但風險計算之概念一致，其通則形式大致為危害度與後果或脆弱度兩者之乘積（Bruijn and Klijn, 2009）；另彙整前人研究各項風險計算公式，整理列於表 1 中。

表 1 風險計算公式彙整表

研究者	計算公式
Hammer (1972)	$\text{Risk} = \text{Probability} \times \text{Consequence}$
UNDHA (1992)	$\text{Risk} = \text{Hazard} \times \text{Vulnerability}$
Clark <i>et al.</i> (1993)	$\text{Risk Number} = \text{Hazard Score} \times \text{Consequence Score}$
Alexander (2000)	$\text{Risk} = \text{Elements at Risk} \times \text{Hazard} \times \text{Vulnerability}$

(二) 風險評估

針對特定災害風險管理，應先考量資料完整性、時空間精度及解析度，並配合預期應用目標；最後，再決定選取何者為合適之風險評估方法，以下茲就風險評估之複雜程度，由簡至繁，分成定性、半定量及定量等三種評估方法（Lee and Jones, 2004），依序說明如下：

1. 定性評估：該類方式大致歸納為風險註記（Risk Register），係針對災害調查範圍先以符號方式標註其空間位置，藉由文字定性描述風險之高低程度（Lee, 1999；Lee and Clark, 2000）。
2. 半定量評估：介於定性及定量評估之間，以實際數值表示前述的定性分析等級，目的是決定一個比定性分析更精確的優先順序，但並不會決定風險的實際價值（行政院研考會，2009；曹鼎志等人，2013）。評估方法大致可分成四類且各式方法可混合運用達至其分析標的，說明如下：

(1) 風險評分（Risk Scoring）（Clark *et al.*, 1993；Hearn, 1995）：將不同危害或後果脆弱因子以分數量化表示。

(2) 風險矩陣（Risk Ranking Matrices）（AGS, 2000；Van Dine *et al.*, 2002）：透過利用矩陣方式，將風險值進行高中低分類。

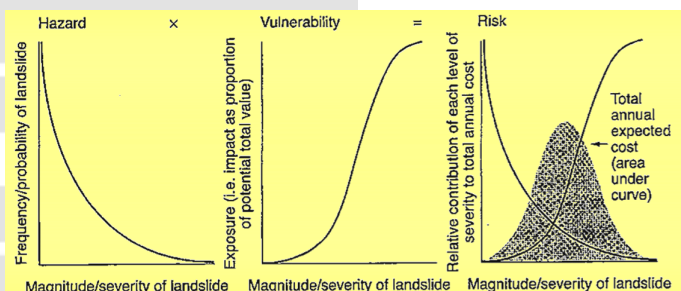
(3) 風險分級（Risk Rating）（Philpps and McGinnity, 2001）：整合將風險評分及

風險矩陣分析結果，進行風險分級。

(4) 破壞模式影響及其關鍵性分析（Failure Mode Effect and Critical Analysis, FMECA）（BC Hydro, 1993；水利署，2012）：依災害對於某一工程結構引致可能破壞模式，進行風險評估。

3. 定量評估：該類方法相較於前述兩者較為複雜，配合蒐集歷史災害目錄，利用數學或統計模式估算災害規模以及相對應於發生頻率；然後再針對不同災害規模情況條件，評估暴露量於該環境之易損程度或比率，進而量化計算風險損失或用於成本效益評估，如圖 6 所示。

前述風險評估完成後，於實務應用上，其定性以及半定量方式通常將風險估算結果以風險矩陣來呈現（如圖 7），用以定義並分類災害等級；若需掌握仔細災害風險值，則可以定量方式繪製 F-N 圖來表現，圖中除需瞭解災害規模對應發生頻率，另對相對規模災害發生對於人口、財產以及事物之經濟損失，需確實計算及深入掌握；然後，必須考量社會體系對於風險忍受度，作為後續管理標的及改善方針；圖 8 為風險 F-N



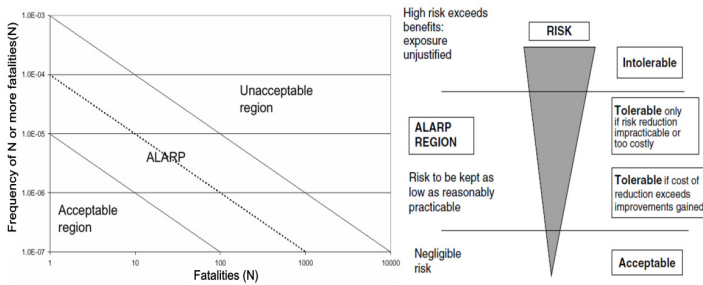
（摘自 Lee and Jones, 2004）

圖 6 定量災害風險評估示意圖

Likelihood		Consequence to property (with indicative approximate cost of damage)				
	Indicative Value of Approximate Annual Probability	1: catastrophic 200%	2: major 60%	3: medium 20%	4: minor 5%	5: insignificant 0.5%
A: almost certain	10^{-1}	VH	VH	VH	H	M
B: likely	10^{-2}	VH	VH	H	M	L
C: possible	10^{-3}	VH	H	M	M	VL
D: unlikely	10^{-4}	H	M	L	L	VL
E: rare	10^{-5}	M	L	L	VL	VL
F: barely credible	10^{-6}	L	VL	VL	VL	VL

（摘自 Australian Geomechanics Society, 2000）

圖 7 風險矩陣示意圖



(摘自 Glade *et al.*, 2004)

圖 8 風險 F-N 基準示意圖 (以人口損失為例)

基準示意圖，可分成三個區塊，分別為可接受區 (Acceptable Region)、不能接受 (Unacceptable Region)、合理可行之最低接受區 (As Low As Reasonably Practicable, ALARP)。

(三) 風險處理

必須搭配風險評鑑準則，提出各式的風險控管手段，其目的主要在：(1) 藉由適當之處置措施，達到避免風險發生；(2) 藉由防災與減災工程的管理及監控，降低風險發生機率；及(3) 定期性評估災害威脅保全對象安全，是否如預期之狀況安全。常見風險控管手段可分為四種：

1. 風險迴避 (Avoid)：不涉入具風險之區域，遷移天然災害威脅區域；
2. 風險自留 (Retention)：不積極處理之，風險可以自行承擔；
3. 風險減災 (Mitigation)：積極處理之，透過工程手段或是疏散避難演練達到減災目的；
4. 風險轉移 (Transfer)：一般而言，可透過保險手段去規避可能之風險，一旦損失發生可以由保險金給付災損，或由政府單位發行巨災債券 (Catastrophic Bonds) 規避可能之災損 (蔣偉寧, 2007)。

四、坡地危害及後果因子考量

臺北市建設局於民國 93 年「保護區臨界住宅區環境敏感邊坡安全檢查計畫」，針對境內全區 7252 筆保護區臨界住宅區兩百公尺範圍內之

各環境地質敏感區 (包含其影響範圍) 進行風險量化評估作業，最後經相關專家學者會議討論，決定適用於臺北市之危害及後果因子。另彙整國內地調所、水保局及香港土力工程處之坡地災害執行相關經驗，併作後續風險評估作業參考。以下針對坡地災害應考量危害及後果因子、因子資料來源所需要注意時空間特性，分述說明如后。

(一) 危害因子

危害因子 (Hazard Factor)，包含潛在或可能誘發邊坡災害之因素及不穩定現象，彙整臺北市建設局 (2004)「保護區臨界住宅區環境敏感邊坡安全檢查計畫」、香港土力工程處之「優先分類系統」及中央地質調查所之「坡地災害潛勢分類準則」之內容，將危害因子分類為：潛在因子 (地貌、地質、失穩歷史、水文)、誘發因子 (天然、人為) 及不穩跡象等，整理於表 2 中。

(二) 後果因子

後果因子 (Consequence Factor) 包含影響人口數、建築設施 (房建物災損、交通設施災損) 等，彙整臺北市建設局 (2004)「保護區臨界住宅區環境敏感邊坡安全檢查計畫」、水土保持局 (2009) 報告中所提「土石流災害保全對象危害度因子評分方式」及香港土力工程處之「土力工程處技術指南第 15 號要點」等相關計畫研究成果，整理於表 3 中。

(三) 資料來源時空間特性

坡地災害風險估算結果代表受威脅對象所能承受的社會和經濟後果，然各國家、區域、不同角度使用者，要定義出可被接受的風險是項艱困的任務 (Bell *et al.*, 2005)，雖不同輸入參數、影響範圍劃設準則、風險評估模式皆會影響風險評估結果，但仍取決最初計算坡地災害危害及後果因子之資料來源；茲就資料來源之存在時空特性，說明需注意相關要點如下：

表 2 坡地災害危害因子彙整比較表

分類		潛在因子													誘發因子							不穩跡象			
		地貌			地質					失穩歷史		水文			天然			人為							
危害因子		坡高（全坡高）	坡向	坡度	坡型、粗糙度	具崩塌地貌	具不穩地貌條件	植被覆蓋率	岩性及風化程度	不連續面特性	地表覆蓋厚度	類型	次數頻率	土石流	地下水狀況	滲水現象	降雨	地震	侵蝕	開發	開墾	通過	坡頂集中負載	設施	坡面
臺北市 (2004)	個別	◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆		◆	◆							◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
地調所	落石			◆		◆	◆		◆		◆	◆							◆	◆	◆				
	淺崩			◆	◆	◆	◆		◆		◆	◆							◆	◆	◆				
	山崩			◆	◆	◆	◆		◆		◆	◆							◆	◆	◆				
香港 GEO (2007)	削土坡	◆		◆		◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆								◆
	岩坡	◆		◆		◆	◆	◆	◆		◆	◆				◆	◆								◆
	填土坡	◆		◆			◆	◆			◆	◆	◆	◆		◆	◆								◆
	擋土牆	◆		◆			◆	◆				◆	◆			◆	◆								◆

表 3 坡地災害後果因子比較表

後果因子	建築物						重要設施或場所										交通設施			維生管線		偏遠地區		崩塌範圍	影響範圍	現地整治成效
	別墅或大樓	公寓	農舍	工廠	三層以下磚木造建物	其他	醫療院所	學校	車站	淨水廠	重要基礎設施(電力站、水庫、旅館、超市、福利中心)	其他(商業辦公室、商店百貨、其他)	醫療或放射性廢棄物貯存掩埋場	其他(避難公共場所)	道路	橋梁	隧道	輸電、含變電站、高壓電塔	自來水、瓦斯、輸油、加油站、其他	廢棄的礦場	國家公園、未開發的綠帶、低用途或低人口密度的道路					
臺北市(2004)	◆	◆	◆	◆	◆		◆	◆		◆			◆		◆	◆	◆	◆						◆	◆	
水保局(2009)						◆	◆	◆						◆	◆	◆										◆
香港 GEO (2007)	◆	◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆				◆	◆				

1. 資料空間特性：若要獲得可靠度高之風險評估結果，需要有空間解析度較佳之輸入資料（如地文、水文或人文等），空間解析度愈好（意指網格愈小或參考比例尺越大）代表資料品質愈佳（Bell *et al.*, 2005）。以冰島邊坡滑動引致之經濟風險為例（如圖 9），相同區域隨資料解析度變化，其成果可能亦有所不同，甚至可能從原無風險，轉變成高風險。

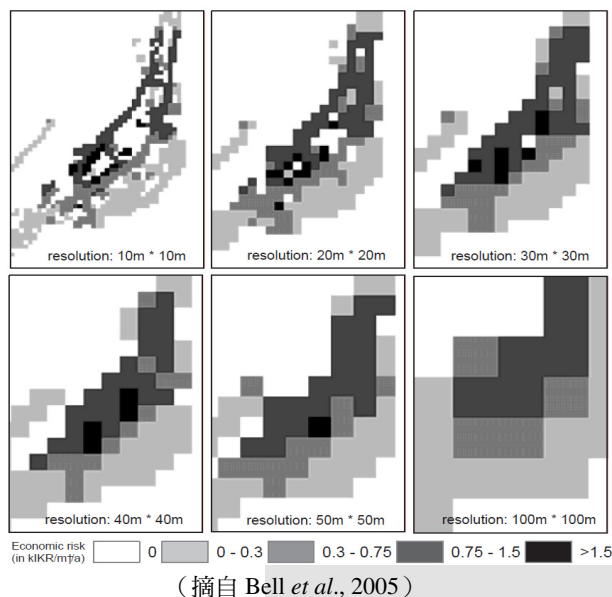
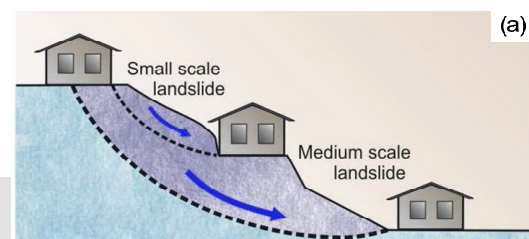


圖 9 不同空間解析度引致不同風險評估結果

2. 資料時間特性：坡地災害囿於蒐集歷史災害事件之時間尺度長短及災害事件豐富度與完整性，而其風險評估亦隨之變化；若資料量甚少時，如極端降雨事件或百年頻率之自然災害等都可能被忽略而低估其風險，通常蒐集資料之時限愈長，其回饋計算之風險值愈可靠，特別是以定量方式評估風險時，更需嚴加注意。以香港土力工程處之人工邊坡風險評估為例，自 1970 開始迄今，現蒐集超過 40 年相關監測資料且持續維護，故目前其風險評估結果，大多可被認同及易於驗證比較。

五、坡地災害管理探討

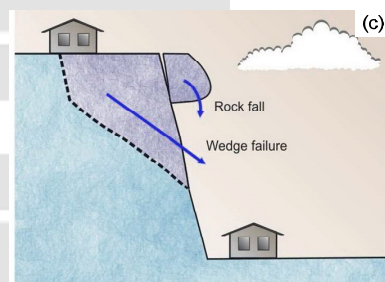
臺灣山區地質環境條件敏感而脆弱，汛期間遭遇颱風豪雨，易造成坡地災害發生，其類型大致可分成淺層崩塌、弧形滑動、平面型滑、落石及土石流等五種；若其災害範圍影響至鄰近聚落，就居住建物而言，恐造成淹埋、毀損、沖毀、堆移等，釀成災害風險變高，甚至危及生命財產安全，各災害類型之示意如圖 10。以香港治理經驗而言，由於地小人稠，逐漸發展山坡地開



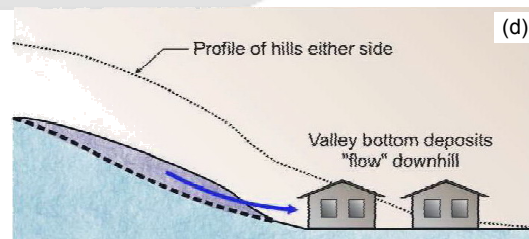
(a) 淺層崩塌及弧型滑動



(b) 平面型滑動



(c) 落石

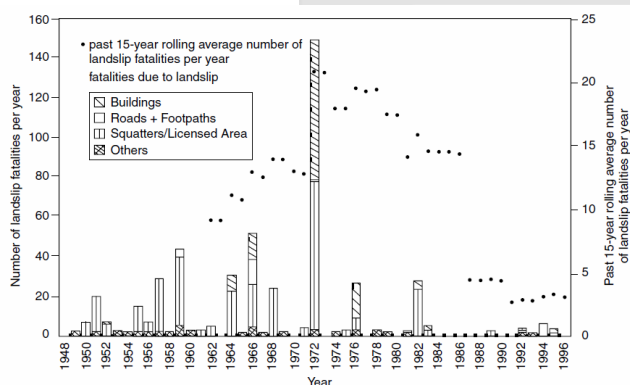


(d) 土石流

(摘自 Australian Geomechanics Society, 2000)

圖 10 坡地災害類型之示意圖

發，過去 50 年內，已超過 470 人因人為開發造成山泥傾瀉而喪生，直到 1972 年先後發生寶珊道與秀茂坪山泥傾瀉，分別又導致 67 人與 71 人喪生，遂於 1977 年成立「土力工程處」，作為單一主管機構，全權處理坡地工程，包括探勘、設計、施工、觀測及維護等作業，再透過系統性的人造斜坡登錄與土地安全規劃管理以降低土地開發可能引致的災害風險，針對調查評估具危險斜坡進行改善補強與鼓勵私人斜坡進行維護，以改善坡面穩定性降低災害風險，對於易致災高風險山坡地危險建築屋區域進行拆遷作業與推動防災教育宣導，並定期、定量坡地災害風險評估以減少斜坡山泥傾瀉災害損失降低災害風險（林建宏，2011）。由圖 11 顯示，香港成功落實坡地災害管理應用且有效實施後，因山泥傾瀉所導致的死亡人數逐年減低。



(摘自 Malone, 1998)

圖 11 香港山泥傾瀉死亡人數統計圖

另就臺北市而言，其位於臺灣本島北部的臺北盆地，四周均與新北市接壤，人口在臺灣地區各縣市中排名第四，人口密度為臺灣最高，現為是臺灣人口最多的都會區，境內山坡地面積約 15,004 公頃，佔全市總面積之 55%，山坡地範圍分布於北投、士林、內湖、中山、南港、信義、大安、文山及中正等行政區，如圖 12 所示；再細探山坡地老舊聚落存在 30~50 年之久，為保障聚落周邊及下游民眾居住安全，臺北市政府 2001 年起推動危險山坡地聚落拆遷安置工作，其

中位於土石流潛勢溪流及歷年常發生局部災害之高危險地區皆已完成拆遷，至民國 94 年止已完成 4 處聚落拆遷安置工作與水土保持整治區域，惟未拆遷山坡地老舊聚落，其致災因子尚未消除；且部分水土保持設施已逾 10 年，故於颱風豪雨期間，仍有偶發零星崩塌或坡地排水不良等問題，恐有災害發生之虞。

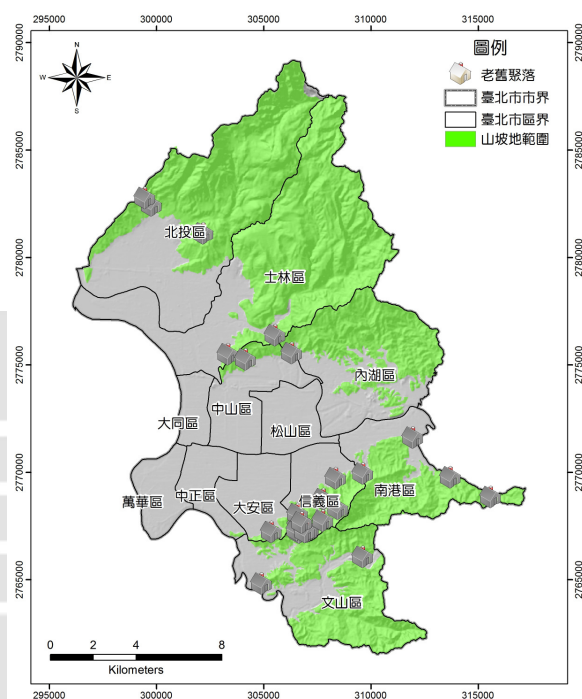


圖 12 臺北市山坡地老舊聚落分布圖

鑑此，本文參考前述坡地風險管理相關文獻及應用，建議若有效降低坡地災害風險發生，以保護聚落安全性，除需蒐集歷史災害目錄外，可依照所擬坡地風險評估作業流程，各項步驟說明如下：

1. 危害與後果因子選定率定：率定且選定適用於工作範圍危害與後果因子，研擬並建立評分的量化準則。
2. 初步風險評分與分級：以室內評分因子依據落石、淺層崩塌、弧形滑動、平面型滑動等四種坡地災害影響範圍進行初步風險評分，從中篩選風險較高區域，並列入優先關注名單，供以後續現場實地查核。

3. 現場實地查核：依上述風險分級結果篩選出優先關注類邊坡，經提報工作會議並經決議後，再進行優先關注類邊坡之現場實地勘查作業、比對相關資料、評估災害發生的影響範圍，將現勘結果詳實記錄。
4. 風險評分更新：更新現勘後優先關注邊坡的風險評分結果。
5. 治理順序建議：依更新完成優先關注邊坡風險評分，進行風險排序提出亟欲治理邊坡名單，提出治理建議及工程處理對策。

透過以上坡地風險評估作業流程，並徹底通盤執行、辦理例行性調查及定期檢討改善，再仿效香港土力工程處執行經驗及施政策略，定可有效消弭坡地災害存在風險危機及形成來源，俾將災害損失降至最低。

六、結論與建議

風險管理概念自 19 世紀末推行應用至今，廣泛應用各種領域，為強而有力且能解決危機之絕佳工具。近年由於氣候急劇變遷及地形環境變異等雙重影響，加速台灣山區坡度災害發生機率及規模，甚至影響道路通行以及威脅山區聚落社區居住安全，儼然成為政府現階段需優先解決之棘手問題；因此，本文藉由回顧坡地災害風險管理相關研究，研提坡地風險評估作業流程，篩選山區聚落社區周緣之高風險坡地災害群，同時以適宜工程處理及非工程之教育宣導，於事前進行預防處置以抑制或消除坡地災害發生潛因，用以降低坡地災害風險，確保生命財產之安全。

參考文獻

- 唐川、沖村孝（2006）基於 RS/GIS 的城市泥石流災害綜合評價研究－以中國昆明市東川城區為例，地理學報，第 44 期，第 1-22 頁
- 冀樹勇、鄭錦桐、林伯勳、沈哲緯、張州男（2008）淺談天然災害風險管理，土木水利，第 35 卷，第 2 期，第 104-111 頁

- 蕭代基（2003）個人與家戶洪災災害損失評估與風險分攤及減輕機制之研究（2/2），行政院國家科學委員會專題研究計畫，NSC 92-2625-Z-001-002
- 張靜貞（2004）洪災風險管理評估系統之研發－基隆河案例研究（I），行政院國家科學委員會專題研究計畫，NSC 93-2625-Z001-002
- 許文科（2004）洪災風險評估系統之研發－基隆河流域案例研究－子計畫：整合性洪災風險評估系統之開發（I），行政院國家科學委員會專題研究計畫，NSC 93-2625-Z-008-021
- 陳俊勳（2006）生物科技廠房災害風險評估分析技術之建立－子計畫：科技廠房火災風險分析技術及材料防火性能測試之研究（I），行政院國家科學委員會專題研究計畫，NSC 93-2625-Z-008-021
- 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，地工技術，第 110 期，第 45-54 頁
- 曹鼎志、許文科、賴承農、鄭錦桐、張玉堯、陳振宇、羅文俊（2010）土石流風險分析之建構與應用，中興工程，第 109 期，第 41-52 頁
- 經濟部水利署水利規劃試驗所（2011）氣候變遷下台灣南部河川流域土砂處理對策研究－以高屏溪為例（2/2）
- 經濟部水利署（2012）氣候變遷下異常事件對既有水庫安全風險與改善對策研究（2/2）
- BC Hydro, Internal Memorandum（1993）Ruskin Dam Deficiency Investigations, Seismic Ground Motion Parameters
- USBR（1997）Guidelines for Achieving Public Protection in Dam Safety Decision Making, Dam Safety Office, US Bureau of Reclamation, Denver, CO, USA
- ANCOLD（1998）Guidelines on Risk Assessment, Working Group on Risk Assessment, Australian National Committee on Large Dams, Sydney, New South Wales, Australia
- Peng, M. and Zhang, L. M.（2013）Dynamic Decision Making for Dam-Break Emergency Management－Part 2: Application to Tangjiashan Landslide Dam Failure, Nature Hazards and Earth System Sciences, pp. 439-454
- 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，第 36 卷，第 4 期，第 101-110 頁
- 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
- 曹鼎志、冀樹勇、陳振宇、陳美珍（2013）臺灣地區土石流定量風險排序與風險管理初探，第 17 屆營建工程與管理學術研討會論文摘要集，淡江大學，台北，第 39 頁
- 馬士元（2006）整合性災害防救體系架構之探討，國立臺灣大學建築與城鄉研究所，博士論文
- Godschalk, D. R.（1999）Natural Hazard Mitigation: Recasting Disaster Policy and Planning, Island Press

- Smith, K. (1996) Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster, Routledge
- 施鴻志 (2002) 地區發展管理, 建都文化事業股份有限公司
- 蔡侑蒼 (2008) 土石流災害風險評估模式研究—以南投縣為例, 國立成功大學都市計畫研究所, 碩士論文
- 行政院研究發展考核委員會 (2009) 風險管理及危機處理作業手冊
- International Organization for Standardization (ISO) (2008) Risk Management—Principles and Guidelines on Implementation, Final Draft, International Standard, ISO 31000
- International Organization for Standardization (ISO) (2009) Risk Management—Risk Assessment Techniques, Final Draft, International Standard, ISO 31010
- Australian Geomechanics Society (AGS) (2000) Landslide Risk Management Concepts and Guidelines, Australian Geomechanics, pp. 49-92
- Glade T., Anderson M. and Corzier M. (2004) Landslide Hazard and Risk, John Wiley & Sons
- 陳禹銘、蘇昭郎、樊國恕 (2009) 災害風險評估研究之探討, 危機管理學刊, 第6卷, 第1期, 第41-50頁
- Aleotti, P. and Chowdhury R. (1999) Landslide Hazard Assessment: Summary Review and New Perspectives, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 58, Issue 1, pp. 21-44
- Hammer, W. (1972) Handbook of System and Product Safety, Prentice-Hall
- O'Keefe, P., Westgate, K. and Wisner, B. (1976) Taking the Naturalness out of Natural Disasters, Nature, 260, pp. 566-567
- UNDHA (1992) Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management, United Nations, Department of Humanitarian Affairs, DNA/93/36
- Alexander, D. (2000) Confronting Catastrophe: New Perspectives on Natural Disasters, Oxford University Press
- 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
- 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, Engineering Geology of Weak Rock, Engineering Group of the Geological Society Special Publication, Balkema, pp. 392-410
- Lee, E. M., Jones, D. K. C. (2004) Landslide Risk Assessment, Thomas Telford Limited
- Bell R, Glade T, Danscheid M (2005) Risks in Defining Acceptable Risk Levels: Landslide Risk Management, Proceedings, International Conference on Landslide Risk Management, Vancouver, Canada, pp 38-44
- Lee E. M. (1999) Coastal Planning And Management: The Impact of the 1993 Holbeck Hall Landslide, Scarborough, East Midlands Geographer, 21, pp. 78-91
- Lee E. M. and Clark A. R. (2000) The Use of Archive Records in Landslide Risk Assessment: Historical Landslide Events on the Scarborough Coast, Landslides: In Research, Theory and Practice, Thomas Telford, pp. 893-898
- Hearn, G. J. (1995) Landslide and Erosion Hazard Mapping at Ok Tedi Copper Mine, Papua New Guinea, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, Vol. 28, pp. 47-60
- Van Dine, D. F., Jordan, P. and Boyer, D. C. (2002) An Example of Risk Assessment from British Columbia, Canada, In Instability - Planning and Management, Thomas Telford, pp. 399-406
- Phipps P. J. and McGinnity B. T. (2001) Classification and Stability Assessment for Chalk Cuttings: The Metropolitan Line Case Study, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, Vol. 34, pp. 353-370
- 蔣偉寧 (2007) 天然巨災損失財務風險評估系統建立之研究 (2/2), 行政院國家科學委員會專題研究計畫, NSC 94-2211-E-008-037
- 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
- 行政院農業委員會水土保持局 (2008) 97 年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析
- 林健宏 (2011) 山坡地住宅區防災區風險管理機制建立之研究, 國立台北科技大學土木與防災技術研究所, 碩士論文
- Malone, A.W. (1998) Risk Management and Slope Safety in Hong Kong, Slope Engineering in Hong Kong, Balkema, pp. 3-17

中興工程季刊編審小組啟事

修訂中興工程季刊「徵稿簡則」工程技術性文稿參考文獻之格式, 並提供「文稿格式範本」及「中興工程季刊投稿人暨稿件資料表」各一種, 請至本社網站 <http://www.sinotech.org.tw> 點選【中興工程季刊→徵稿簡則】下載利用。