

山坡地社區周緣環境地質災害防災主題圖製作

陳建忠* 沈哲緯** 冀樹勇***

關鍵詞：3S 技術，環境地質災害，防災社區，防災地圖，風險地圖

摘要

本研究採用 3S(GIS/GPS/RS)技術蒐集社區周緣潛在環境地質災害與歷史災害資訊，參考台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖，結合遙測技術判釋、現地調查及民訪方式建立潛在易致災區域分布，並調查社區周緣環境自然因子、防救災資源、災害防治疏散避難路線等資訊，建立以社區為單位之高精度防災主題圖，計有易致災區域分布圖、防災地圖、優先防治敏感區、風險地圖與環境地質災害潛勢分析診斷圖，期提供社區進行全面災前整備、災中資源分配與災後復原規劃等參用，期望能加速落實社區防救災作業，達成防災社區目標。

Producing Thematic Maps for Environmental-Geological Disaster Preventions in Hillside Residential Community

Cheng-Chung Chen* Che-Wei Shen** Shue-yeong Chi***

KEYWORDS: 3S(GIS/GPS/RS) Technology, Environmental-geological Hazards, Resistant Community, Hazard Map, Risk Map

ABSTRACT

This study used 3S(GIS/GPS/RS) technology to collect environmental-geological disasters and historical disasters around hillside residential community. It also consulted the 1/1,000 geologically sensitive area distribution map of Taipei City and combined it with remote sensing, telemetry technology, and field investigation to build up geologically vulnerable areas. Taking these aspects, the study conducted on-site investigations to further determine the potential hazard areas. Moreover, it collected information such as environmental factors around residential community, disaster prevention resources, and evacuation routes to establish high-resolution thematic maps that include Regional Distribution map of vulnerability, hazard map of Disaster Prevention, Priority Prevention Sensitive Areas, Risk map and Environmental Diagnostics map. Its purposes to provide information for disaster preparation, resources management, and planning post-disaster restoration in order to quicken the pace of carrying out “Disaster resistant community” level.

*內政部建築研究所安全防災組組長

Director, Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior, Taiwan

**中興工程顧問社大地工程研究中心副研究員(通訊作者 Email: cwshen@sinotech.org.tw)

Associate Researcher, Geotechnical Engineering Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC., Taiwan

***中興工程顧問社大地工程研究中心經理

Manager, Geotechnical Engineering Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC., Taiwan

一、前言

民國 99 年 4 月 25 日國道 3 號北二高 3.1 公里，接近瑪東系統的路段下午 2 時 33 分發生走山的災情，造成現場南北向交通中斷及 3 輛小客車不幸遭掩埋，更突顯順向坡等環境地質災害敏感區之重要性，也再度喚醒國人『林肯大郡』順向坡滑動破壞記憶，因此如何以快速、低成本、客觀方式達成社區周緣環境地質災害評估與監測，儼然已成為一項重要且刻不容緩的議題。

有鑑於此，本研究採用 3S(GIS/GPS/RS)技術蒐集社區周緣潛在環境地質災害與歷史災害資訊，參考台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖，結合遙測技術判釋、現地調查及民訪方式建立潛在易致災區域分布，並調查社區周緣環境自然因子、防救災資源、災害防治疏散避難路線等，最後歸納綜合環境自然因子、環境地質災害因子、歷史災害與各項防救災資源，建立以社區為單位之小尺度防災主題圖，另結合疏散避難與防救災資源繪製環境診斷地圖、防災地圖與風險地圖，提供社區全面進行災前整備、災中救災資源分配與災後復原規劃等參用，期能加速落實社區防救災相關作業，達成『防災社區』目標。

二、研究區域概述

本研究選定文山區內某一地號為示範區域，研究區範圍如圖 1 所示。茲就此示範區之地理交通環境及地質條件敘述如後。

2.1 地理環境與交通

示範區域位於台北市文山區的北方，區域內有多處坡地社區。示範區域面積約 60 公頃，其交通環境分布如圖 2 所示。

2.2 地形與地質

參考內政部 1/25,000 經建版地形圖-臺北市圖幅，研究區鄰近村里及地形貌分布如圖 3 所示。圖 4 為研究示範區地質圖，文山區位於地調所五萬分之一地質圖台北及新店圖幅內，其所涵蓋的地層由老至新包括大寮層、石底層、南港層及沖積層。

(1) 大寮層

岩層主要由厚層塊狀砂岩和不同層厚的頁岩，或砂岩、頁岩互層所組成，地層厚度約 350~850 公尺。砂岩大部份為淡灰色、淡青灰色或灰色細粒的亞混濁砂岩或混濁砂岩；另有一部份為淡灰色或白灰色細至中粒原石英砂岩，厚數公尺至數十公尺，常形成山脊或岩壁。頁岩為深灰色，在本層下部較為發達。

(2) 石底層

主要岩層為淺灰色至白色細粒至中粒砂岩、灰色砂岩、灰黑色頁岩、以及白色粉砂岩或細砂岩與黑色頁岩所成之薄葉互層，厚度約 300~450 公尺。砂岩以長石質砂岩為主，有時呈塊狀厚層，多見於本層之中部及底部。頁岩為深灰色或黑灰色，常含有炭質物。

(3) 南港層

岩性主要由灰色塊狀厚層至薄層細粒泥質砂岩和深灰色頁岩或粉砂岩構成，含豐富之海相化石或化石集中帶，可能為外淺海或大陸棚上的沈積，地層厚度約 700~750 公尺。本層中有顯著的厚層塊狀砂岩，厚者單層可達 50 公尺以上，尤其以中段最為發育，經常形成嶺線及峭壁懸崖。砂岩為石屑質的混濁砂岩或亞混濁砂岩。頁岩為深灰色，較為純淨，但有時與薄層砂岩構成互層。

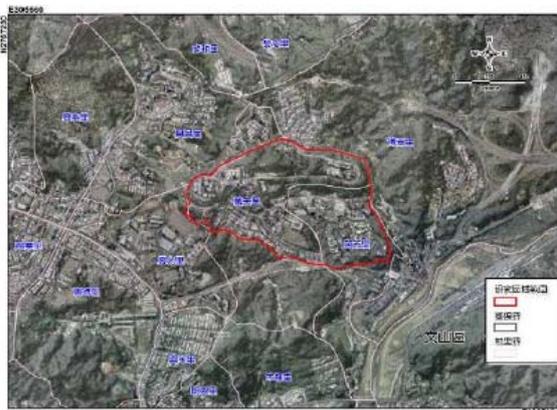


圖 3 研究區鄰近村里及地形貌分布圖

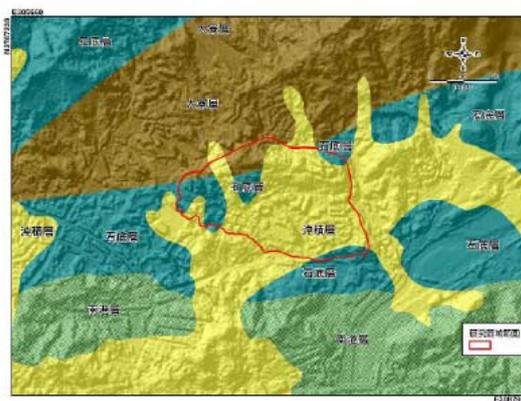


圖 4 研究地區地質圖
(資料來源:重繪自地調所 1/50,000 地質圖, 台北及新店圖幅)

三、運用遙測影像與 GIS 技術進行坡地社區安全評估之執行概念

運用遙測技術進行坡地社區安全評估的概念主要為不同尺度的室內判釋工作,此項工作須利用遙測技術的網格式資料及向量式資料。所謂網格式資料(raster data)包含衛星影像、航空照片、數值地形等;而向量式資料(vector data)則以點、線、面的方式展示地表的地理現象,如道路圖、行政區域圖、水系圖等屬於此種資料格式。網格式及向量式資料備齊之後再運用 GIS 工具進行各種屬性的圖層套疊以輔助分析及環境地質災害的判釋工作。

由於各式遙測資料之解析度、成本與資料空間涵蓋面不同,故執行時須視需要進行不同尺度的室內判釋工作,原則上探討判釋廣域的環境地質災害問題以衛星影像為主,其解析度雖然較低,但建構資料所需的成本亦較低,且影像重複取得之時間間隔短。若比例尺拉近至探討坡地社區周圍鄰近之環境地質災害問題,則以航空照片較為適宜,因為比例尺較大,解析度較高,可較確定坡地社區與環境地質敏感區之空間關係,進而推估社區內保全住戶之可能受災方式。

運用遙測技術進行坡地社區環境地質災害判釋範圍的概念如圖 5 所示,首先以衛星影像判釋坡地社區之廣域範圍及鄰近集水區之整體環境地質災害;其次對於坡地社區周緣約 1.5 公里範圍內,則採用正射航空照片以及航照立體像對等方法進行環境地質災害判釋;最後對於坡地社區 150 公尺範圍內的細部工程設施則採用現地調查方式,其目的除了檢核衛星影像與航空照片對於社區環境地質災害判釋成果外,亦可建立坡地社區房建物與環境地質災害敏感區之空間關係,進而評估住戶可能受影響的程度與範圍,並提出因應對策供主管機關後續追蹤管理之用(林彥享等, 2008; 沈哲緯等, 2010)。

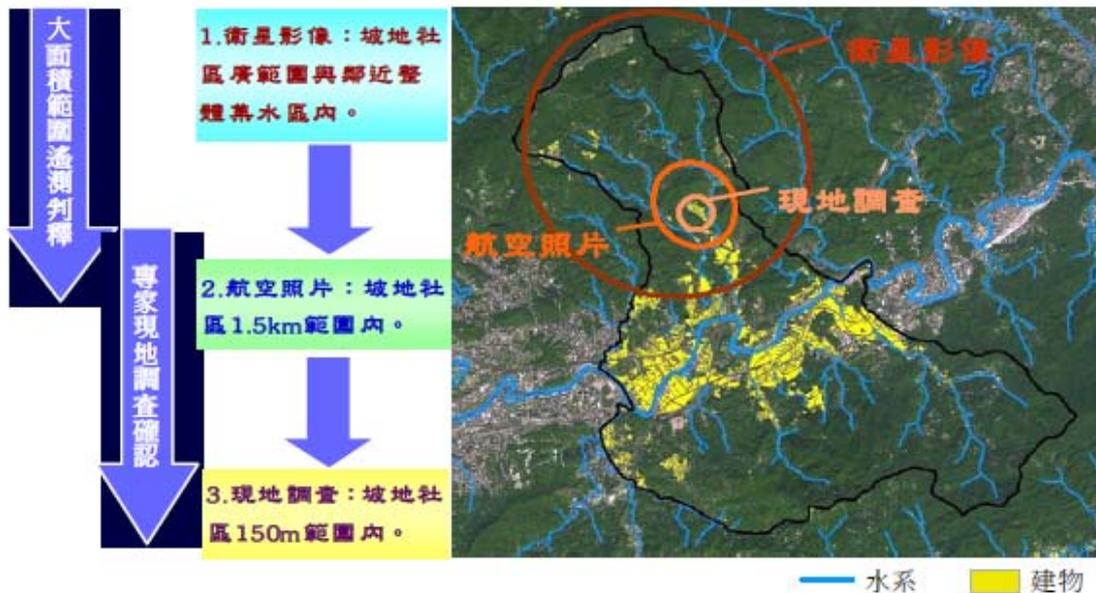


圖 5 遙測技術進行坡地社區環境地質災害判釋之適用範圍概念(摘自沈哲緯等，2010)

四、研究方法

本研究蒐集資料如表 1~2 所示，研究範疇以坡地災害為主，主要評估山坡地住宅坡地災害易致災因子分布，進而研擬不同應用目的之高精度防災主題圖，提供研究區災害防治參考。分析流程與執行步驟詳如圖 6 所示，執程序區分如下數點進行說明：

(1) 風險辨識

主要以環境地質災害資料與歷史坡地災害圖層為主，輔以自然資源、社會資源與防救災資源，製作易致災區域空間分布圖。

(2) 防災策略

根據高精度 GIS 圖資與現地調查結果，通盤檢討防災據點、防災避難圈、防災道路網絡系統與周緣環境地質災害關聯性，制訂適宜之防救災避難路線，繪製坡地災害防災地圖，透過現地調查結果提供對應之對策，以利災前整備參考。

(3) 防災優先順序

根據示範區蒐集之都市計畫圖、地籍圖與數值地形圖，配合都市計畫法及建築開發等相關法規，檢討示範區山坡地建築開發管理法規適宜性，最後依據災害影響可能造成之損失程度，劃設研究區優先防治敏感區。

(4) 風險分析

透過風險分析架構完成各優先防治敏感區安全性與後果分析，參考香港土力工程處 GEO(1999) 建議之風險評估表完成優先防治敏感區風險圖。

(5) 環境地質災害診斷及建議對策初擬

最後結合上述易致災區域分布圖、防災地圖、優先防治敏感區、優先防治敏感區風險圖成果，結合都市計畫圖、1/1,000 數值地形圖(向量檔)與現地調查結果等項，綜合研擬繪製研究區域「都市環境地質災害潛勢分析診斷及建議對策初擬成果圖」，期望協助中央與地方政府機關達成災前整備規劃及提升災中應變效率等目標。

表 1 蒐集之網格式資料一覽表

編號	資料名稱	圖層內容及資料格式	出版年份	建置／提供單位	用途/目地
1	相片基本圖	<input type="checkbox"/> 資料涵蓋研究示範區域 <input type="checkbox"/> 1/5,000, JPG 格式	1994 年	農林航空測量所	現地調查規劃
2	數值地形模型	<input type="checkbox"/> 40m×40m 解析度 <input type="checkbox"/> 1/5,000, GRD 格式	1986 年	農林航空測量所/中央大學	大尺度了解研究區地形貌特徵。
3	數值地形模型*	<input type="checkbox"/> 5m×5m 解析度 <input type="checkbox"/> 1/5,000, GRD 格式	2003 年	群立科技	1. 了解研究區細微地形貌特徵。 2. 提供易致災因子、優先防治敏感區與風險分析等高陡坡研判使用。 3. 產生坡度、坡向、水系與等高線等成果圖。
4	航照正射影像*	<input type="checkbox"/> 0.2m×0.2m 解析度 <input type="checkbox"/> 1/5,000, TIFF 格式 <input type="checkbox"/> 轉檔成 SID 格式	2008 年	群立科技	1. 歷史坡地災害變異點判釋。 2. 房建物數化與複核。 3. 社區內道路數化。 4. 防災相關主題圖底圖。 5. 了解土地使用類別。
6	福衛二號衛星影像	<input type="checkbox"/> 資料涵蓋研究示範區域 <input type="checkbox"/> 2m×2m 解析度 <input type="checkbox"/> 1/5,000, JPG 格式 <input type="checkbox"/> 轉檔成 SID 格式	2009 年 1 月 28 日	台大 GIS 中心	大尺度遙測判釋坡地災害變異點，解像力雖較航照低，但影像提供與產製期程較快。

註：*為必要之網格式資料。

表 2 蒐集之向量式資料一覽表

編號	資料名稱	圖層內容及資料格式	出版年份	建置/提供單位	用途/目的
基本資料					
1	地質圖	<input type="checkbox"/> 台北、新店兩張圖幅 <input type="checkbox"/> 1/50,000、Shapefile 格式 <input type="checkbox"/> 面圖層	台北 2005 年 新店 2000 年	經濟部中央地質調查所	了解研究區大尺度地質條件
2	地質位態調查點	<input type="checkbox"/> 包含研究區傾向、傾角 <input type="checkbox"/> 1/50,000、Shapefile 格式 <input type="checkbox"/> 點圖層	台北 2005 年 新店 2000 年	地調所	了解研究區內地層層面位態分布
3	行政區域圖	<input type="checkbox"/> 資料涵蓋研究區 <input type="checkbox"/> Shapefile 格式 <input type="checkbox"/> 面圖層	1996 年	農林航空測量所	行政分區與研究區地理位置了解使用
4	路網圖*	<input type="checkbox"/> 資料涵蓋研究區，包含省道、縣道、重要道路等單線格式 <input type="checkbox"/> 1/5,000、Shapefile 格式 <input type="checkbox"/> 線圖層	2000 年	交通部運輸研究所 (2000 年版)	1. 後果分析評估使用 2. 了解研究區域周緣環境
5	1/1,000 數值地形圖層*	<input type="checkbox"/> 共有 38 種主題圖 <input type="checkbox"/> Shapefile 格式 <input type="checkbox"/> 點、線、面圖層	1991-1995 年 首測 2007-2009 年 補測	臺北市政府都市發展局	1. 環境診斷地圖製作 2. 防災地圖製作 3. 優先防治敏感區製作 4. 坡地災害風險圖製作 5. 法令規章檢討使用 6. 災害周緣公共事業網絡檢討
6	都市計畫圖	<input type="checkbox"/> 資料涵蓋研究區 <input type="checkbox"/> 蒐集圖片 <input type="checkbox"/> 轉檔成 Shapefile 格式 <input type="checkbox"/> 面圖層	-	<input type="checkbox"/> 參考臺北市都市計畫整合查詢系統 <input type="checkbox"/> 自行數化成 GIS 檔案	1. 都市計畫檢討 2. 都市防災規劃參考
7	地籍圖	<input type="checkbox"/> 資料涵蓋研究區 <input type="checkbox"/> 蒐集圖片 <input type="checkbox"/> 轉檔成 Shapefile 格式 <input type="checkbox"/> 面圖層	-	<input type="checkbox"/> 臺北市地理資訊 e 點通查詢系統 <input type="checkbox"/> 自行數化成 GIS 檔案	1. 可能受災地籍地號連結 2. 優先防治保全對象清單羅列使用
災害資料					
8	歷史崩塌地*	<input type="checkbox"/> 台北圖幅 <input type="checkbox"/> 蒐集研究報告 <input type="checkbox"/> 航照數化 <input type="checkbox"/> 轉檔成 Shapefile 格式 <input type="checkbox"/> 面圖層	2001-2002 年 2003 年 2006 年 2009-2011 年 (研究區無新增崩塌地)	<input type="checkbox"/> 自行數化成 GIS 檔案 <input type="checkbox"/> 由航照進行數化產製 <input type="checkbox"/> 2009-2011 採福衛二號衛星影像判釋	易致災因子區域蒐集
9	1/1,000 地質災害敏感區*	<input type="checkbox"/> 資料涵蓋研究區 <input type="checkbox"/> 蒐集紙本 <input type="checkbox"/> 轉檔成 Shapefile 格式 <input type="checkbox"/> 線與面圖層	2007 年 2009-2011 年 (研究區無新增地質災害敏感區)	<input type="checkbox"/> 臺北市政府大地工程處 <input type="checkbox"/> 自行數化成 GIS 檔案 <input type="checkbox"/> 2009-2011 採福衛二號衛星影像判釋	1. 易致災因子區域蒐集 2. 環境診斷地圖可能受災區域 3. 防災地圖規劃參考 4. 優先防治敏感區現調區域參考 5. 法令規章檢討使用 6. 公共事業網絡檢討參考 7. 坡地災害風險圖製作依據

註 1：*為必要之向量式資料。

註 2：1/1,000 地質災害敏感區各項地質災害定義詳見臺北市山坡地環境地質資訊系統內容所述。

(<http://tcgemis.tapei.gov.tw/gisweb/GISLOGIN.htm>)

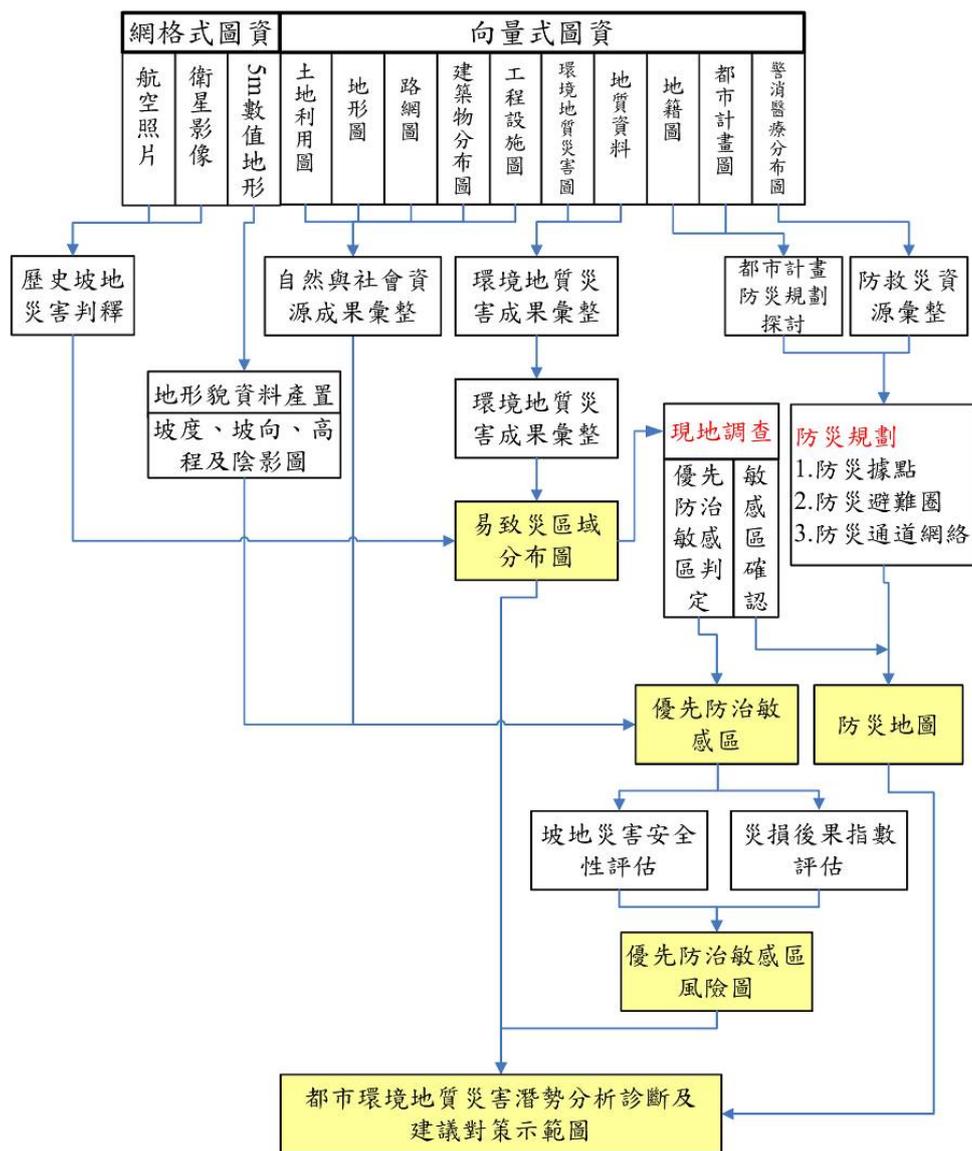


圖 6 坡地災害防災主題圖製作評估流程

五、主題圖製作

山坡地社區周緣環境地質災害防災主題圖計有①易致災區域分布圖、②優先防治敏感區、③防災地圖、④風險地圖及⑤都市環境地質災害潛勢分析診斷及建議對策初擬成果圖等五項主題圖，以下說明各項主題圖製作步驟：

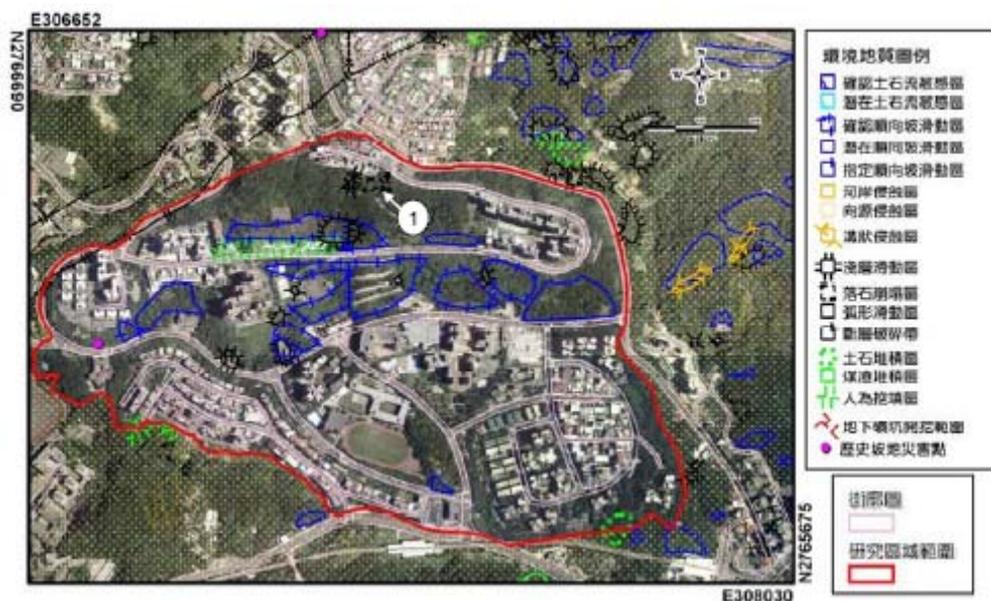
5.1 易致災區域分布圖

易致災地區之掌握為災害管理中的重要基礎工作。由易致災區域分布圖可獲致研究區周緣可能的坡地災害致災區域，可供相關災害防治單位進行災害控管與防治工法選擇參考。

易致災區域分布圖製作可透過資料蒐集與現地調查完成，執行程序上首先以 1/1,000 地質災害敏感區圖層作為易致災區域基本底圖(此成果圖產製過程中已考量地形貌因子，諸如：高陡坡區域、歷史災害區等)，本研究透過遙測判釋、現地調查、資料蒐集與民訪等步驟，建立研究區易致災區域分布圖。其中，現地調查主要檢核既有災害歷史區位現況外，並在研究區域內進行巡勘清查，期使易致災區域分布圖符合現況。若發現新增災例，本研究依據林彥享等人(2008)及沈哲緯等人(2010)相關定義判別災害類型後新增於圖上；若檢核歷史區位已無危害之虞者，則將其剔除。以下就各項執行步驟進行說明：

1. 依據經濟部中央地質調查所(2006)「環境地質災害敏感區遙測判釋作業要點」辦理，採用 98 年 20 公分解像力航空照片判釋研究區新增的地質災害敏感區，研究區經判釋後僅新增一處落石崩塌，如圖 7 中標示①處位置。
2. 依據林彥享等人(2008)現地調查方法辦理，主要目的係確認研究區 1/1,000 地質災害敏感區域之正確性。
3. 透過民訪及歷史災害蒐集，增補歷史災害分布，如圖 7 歷史坡地災害點，研究區內共計新增一處。

綜整上述三項資料，即可繪製研究區易致災地區分布圖，如圖 7 所示。



註：1/1,000 地質災害敏感區各項地質災害定義詳見臺北市山坡地環境地質資訊系統 (<http://tcgemis.taipei.gov.tw/gisweb/GISLOGIN.htm>)內容所述。

圖 7 研究區易致災區域分布圖

5.2 防災地圖

防災地圖製作前須完成防救災避難據點、防救災避難圈及防災通道網絡系統等空間資訊，搭配易致災區域分布圖，制訂適宜之防救災避難路線，即可完成防災地圖繪製，其成果可供防災策略研擬及疏散避難演練參考。

1. 防救災據點

參考何明錦等人(2000)「都市計畫防災規劃手冊彙編」建議，都市公共空間防災據點指定上，可分為收容場所、道路、消防、醫療、物資、警察等六大空間系統為主，分別依空間層級訂定相關防災設施劃設指標，作為各項防救據點之組成結構，且對於防災據點的指定上，應參照先前調查之現況資料，依有效避難面積至各層級道路的可及性、人員疏散可能性及避難圈之最短距離 350 公尺做為基礎考量資料。

2. 防救災避難圈

台北市防災避難圈繪設基準以達到人員的救助與安全為主，主要考量因素為台北市各區域的發展狀況、地形環境與各區域現有防災資源分布狀況，統籌進行規劃與研議。依據何明錦等人(2000)「都市計畫防災規劃手冊彙編」指出，為求避難的時效性，仍以民眾在步行 350 公尺即可到達之臨時避難場所為主要依據，再配合區域內中、小學校學區劃分、居住人口及建物密度等因子，使得避難圈的行政管理更容易進行。故本研究選擇研究區內的學校為避難處所，其避難圈則以 350 公尺範圍為限(如圖 8)。

3. 防災通道網絡系統

依據何明錦等人(2000)「都市計畫防災規劃手冊彙編」指出，防災通道系統的規劃層級分為四級，如下所述：

- (1) 緊急通道系統：以 20 公尺寬道路以上為主要劃設對象。
- (2) 救援輸送通道系統：以 15 公尺以上寬道路為主要劃設對象。
- (3) 消防通道：以 8 公尺寬道路以上為主要劃設對象。
- (4) 緊急輔助通道：以 8 公尺以下寬道為主要劃設對象。

依據上述分級，繪製研究區域防災通道系統網絡圖(圖 9)，最後彙整上述防救災據點、防災避難圈、防災通道系統與前述易致災區域分布圖成果，制訂防災避難圈所及社區適宜之防災避難路線，即完成研究區防災地圖，如圖 10 所示。



圖 8 國小學區防救災避難圈

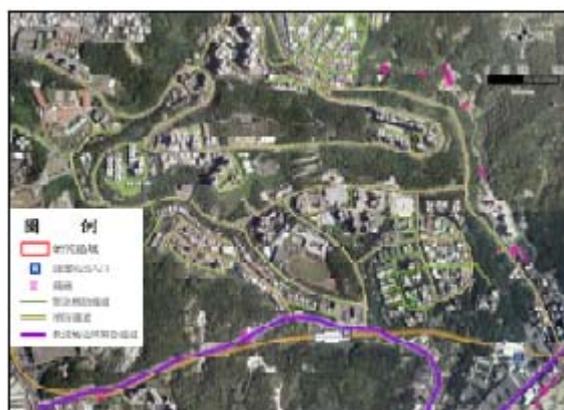


圖 9 研究區防災通道網絡系統

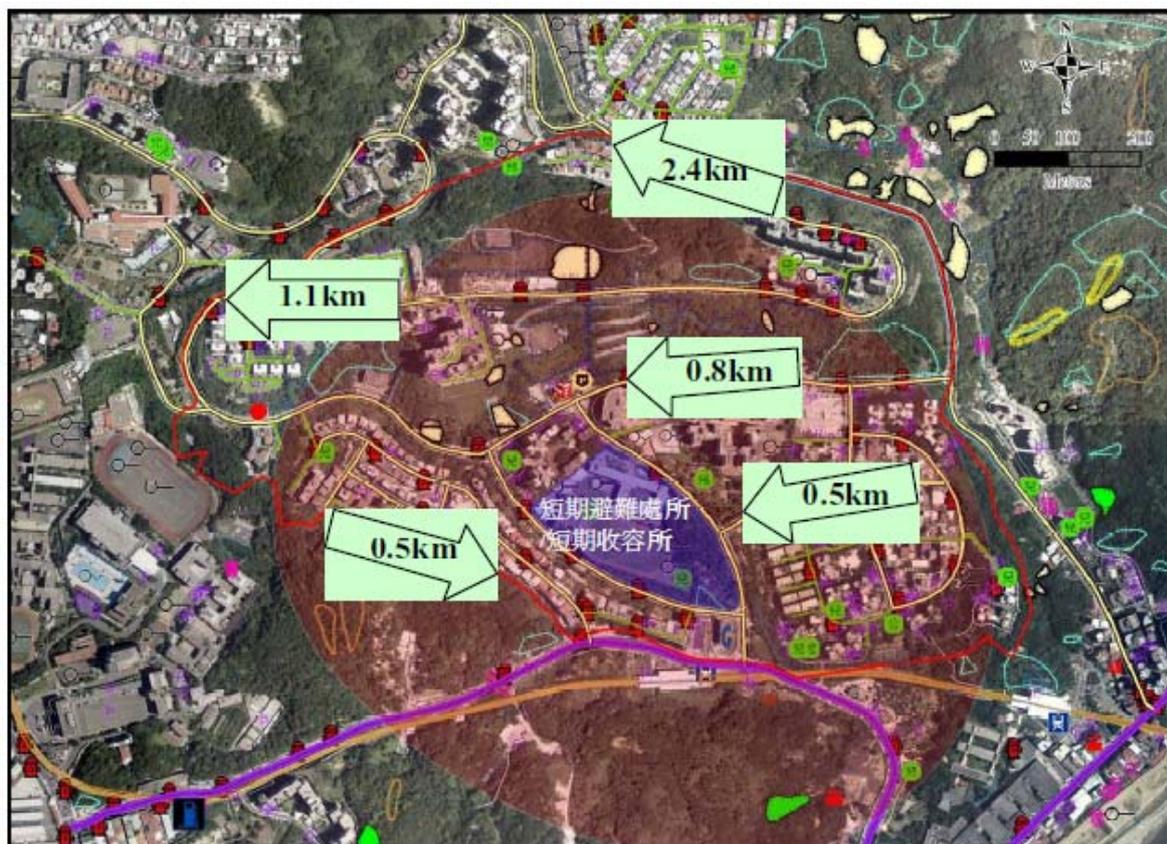


圖 例

- | | | |
|-----------|--------------|-----------|
| 研究區域 | 消防警察局等建物 | 停車場等建物文字 |
| 房建物 | 警察局 | 停車場出入口 |
| 捷運車站 | 消防隊 | 停車場 |
| 河川水溝等 | 加油站郵局電信等建物 | 公園及兒童遊樂用地 |
| 蓄水池沙洲湖泊等 | 電信局 | 公園用地 |
| 消防栓 | 加油站 | 兒童遊樂用地 |
| 捷運站出入口 | 教堂廟宇等建物 | 體育場泳池等建物 |
| 鐵橋 | 教堂 | 升旗台 |
| 箱涵 | 寺廟 | 體育館 |
| 管涵 | 短期避難處所/短期收容所 | 游泳池 |
| 緊急輔助通道 | 防救災避難圈_國小單元 | 避難路線距離 |
| 消防通道 | 捷運車站 | |
| 救援輸送與緊急通道 | | |

圖 10 研究區防災地圖

5.3 優先防治敏感區

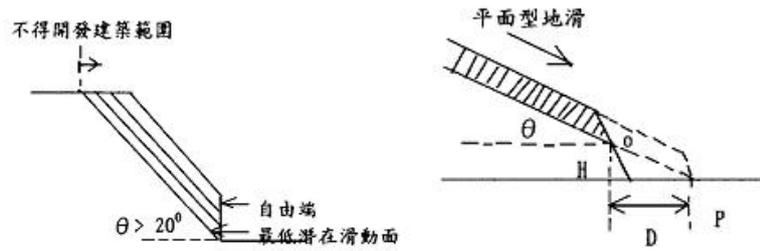
易致災區域分布係屬初步挑選可能致災的區域，仍須藉由進一步的篩選機制來決定坡地社區哪些區域會有較高的致災風險，篩選人工與自然邊坡獲致具較高致災風險的敏感區即是「優先防治敏感區」(沈哲緯等，2010)。

坡地社區常藉由各種擋土設施進行開挖填土等整地行為來增加土地的利用空間，因此擋土設施之人工邊坡與社區安全息息相關，而不適當的擋土設施亦具有較高的致災機率。經參考相關法規建議並搭配實務運作經驗，擬定不同類型擋土設施之危險程度來決定是否有高致災風險的條件標準，提供社區管理委員會第一線災害預防的資訊。製作程序上首先將前述制訂的易致災區域，參考「優先防治敏感區」的判斷依據，制訂研究區人工與自然邊坡有較高的致災風險區域，提供社區周緣環境地質災害優先防範與有限資源分配參考。

套疊台北市 1/1,000 地質災害敏感區與 1/1,000 數值地形圖中的擋土牆及駁坎主題圖，依據災害分布影響劃設優先防治保全對象，即可完成優先防治敏感區初稿，另須透過現地調查判斷條件篩選高致災風險區域後，即完成「優先防治敏感區」，如圖 11 所示。

優先防治敏感區參考行政院農委會水土保持局「水土保持技術規範」與內政部「建築技術規則(山坡地建築篇)」，綜整適宜的評估項目成為判斷依據，判斷條件如下：

- (1) 社區實際發生災害區且未能證明現況為穩定者。
- (2) 擋土設施結構明顯缺陷(如位移、裂縫、排水孔不足等)。
- (3) 地下水滲水量大但排水功能不佳之邊坡。
- (4) 混凝土重力式擋土牆單階牆身過高(以 6 公尺為參考基準)。
- (5) 懸臂式 RC 擋土牆單階牆身過高(以 8 公尺為參考基準)。
- (6) 加勁式擋土牆單階牆身過高(以 8 公尺為參考基準)。
- (7) 格床式擋土牆單階牆身過高(以 6 公尺為參考基準)。
- (8) 蛇籠式擋土牆單階牆身過高(以 4 公尺為參考基準)。
- (9) 在坡度超過 60°之自然陡峭邊坡條件下，位於坡底及坡頂二倍坡高範圍內之建物為敏感區域。
- (10) 建物距離擋土牆過近，參考標準為土木技師公會建議之 $D \geq 2 + (H - 3.6) / 4$ ，若 $H \leq 3.6$ 則 $D = 2$ 公尺。
- (11) 現場確認為廢土或回填土區，人工邊坡陡峭且擋土結構及排水系統不佳，若建物位於此區域坡底及坡頂二倍坡高範圍內之敏感區域。
- (12) 順向坡地層傾角大於 20 度且有自由端出露，社區建物が在滑動面透空處起算之滑動影響範圍內且無適當擋土設施者。



(13) 河岸侵蝕或向源侵蝕淘刷坡址而有危及坡頂二倍坡高範圍內住宅安全者。



圖 例

- | | |
|-----------|----------|
| 研究區域 | 確認順向坡滑動區 |
| 歷史風災崩塌點 | 河岸侵蝕區 |
| 捷運車站 | 向源侵蝕區 |
| 坡上線擋土牆駁坎等 | 溝狀侵蝕區 |
| 優先防治保全對象 | 淺層崩塌區 |
| | 落石崩塌區 |
| | 弧形崩塌區 |

圖 11 研究區優先防治敏感區

5.4 優先防治敏感區風險圖及環境地質災害潛勢分析診斷圖

本研究主要針對研究區範圍內各項易致災區域，評估災害發生可能造成的災損(人命、房建物、交通設施等項)，參考香港土力工程處 GEO(1999)「邊坡安全鑑定方法之邊坡篩選分級表」，主要以邊坡危險癥兆與邊坡崩塌生命損失後果兩項分級指標，建立研究區內邊坡崩塌風險簡易分級，據此繪製坡地災害風險圖，以提供相關防救災單位進行風險控管、資源分配及檢討避難據點適宜性等工作。

1. 選擇香港土力工程處評分表之原因

選擇香港土力工程處 GEO(1999)評分表(表 3~表 6)(陳建忠、林宏達，2008)之原因如下：

- (1) 社區內部常有各種擋土設施，其穩定性與社區安全息息相關，而不適當的擋土設施亦具有較高的致災機率，然 GEO 評分表較適用於邊坡擋土設施，故採用之。
- (2) GEO 評分表考量坡頂、坡腹、坡趾、擋土設施表面健全度及排水設施是否暢通等內容，多方檢討影響邊坡危險之癥兆，輔以生命損失後果評估表，通盤檢討人工擋土設施風險。
- (3) 邊坡危險癥兆及生命損失後果皆分為三級，依據風險矩陣將邊坡篩選評分分為五級，其中風險分級 I~III 級需進行初步分析研判評估，IV 與 V 級不需進行初步分析研判評估工作，實為一簡單快速易操作之評分方式。

2. 現地調查結果與探討

根據 99 年 9 月 17 日現地調查結果，已完成研究區內 20 處優先防治敏感區評分。現地調查之 GPS 定位系統係使用 TWD97 二度分帶坐標系統。現地調查現況敘述整理如圖 12 與圖 13 所示。

依照 GEO 評分表結果展繪邊坡危險癥兆分級圖(如圖 14)，生命損失後果分級圖(如圖 15)，優先防治敏感區風險分級成果如圖 16 所示。以下分項歸納邊坡危險癥兆及生命損失後果等項重要影響因素。

- (1) 邊坡危險癥兆分級：評估邊坡危險癥兆分級結果中，高危險癥兆有 2 處，中危險癥兆有 13 處，低危險癥兆有 5 處，其中以評估表中第二項「邊坡上之樹木或電線桿有傾斜現象」為本研究區較重要之邊坡危險癥兆影響因素。
- (2) 生命損失後果分級：評估生命損失後果分級結果中，高後果分級有 7 處，中後果分級有 6 處，低後果分級有 7 處，其中以評估表中第一項「破壞時影響使用中的建築物」及第二項「破壞時影響到貯存危險品的建築物的邊坡」為本研究區較重要之生命損失後果影響因素。
- (3) 優先防治敏感區風險分級：綜合邊坡危險癥兆及生命損失後果兩項指標，經由風險評估矩陣獲致本研究區 20 處優先防治敏感區風險分級，各分級個數如圖 16 所示。風險分級 I~III 級需進行初步分析研判評估者計有 11 個，而 IV 與 V 級不需進行初步分析研判評估者計有 9 個。
- (4) 本節所指初步分析研判評估建議執行方法有：邊坡穩定分析、地表地質補充調查、地質鑽探資料研判等，針對有安全疑慮邊坡可設置監測儀器了解邊坡受力變形歷程，隨時掌

控邊坡安全性，以確保下方保全對象安危。

- (5) 都市計畫圖上套疊邊坡崩塌風險分級圖(圖 17)，圖上標示出風險分級 I~III 級可能影響保全對象(圖上編號①~⑥)，可用以檢討都市六大防災系統用地合理性。其中影響住宅區部分(編號①、②、⑤)，參考都市更新條例第 7 條第 1 項第 2 款，若屋齡大於 40 年者(係建築法規耐震設計實施前建築物)，建議劃定更新地區重建區段，而屋齡可由建築物套繪圖中的建築執照查詢得知；影響國有地部分(編號③、⑤)，建議參照都市計畫通盤檢討調整公共設施用地位置；影響商業區部分(編號④)，建議搭配減災工程防範災害發生導致商業直接或間接損失。
- (6) 最後結合上述易致災區域分布圖、防災地圖、優先防治敏感區、優先防治敏感區風險圖成果，結合都市計畫圖、1/1,000 數值地形圖(向量檔)與現地調查結果等項，綜合研擬繪製研究區域「都市環境地質災害潛勢分析診斷及建議對策初擬成果圖」，如圖 18 所示。

表 3 GEO 邊坡危險癥兆檢視表(陳建忠及林宏達，2008)

項次	檢視內容	嚴重性		
		低	中	高
1	坡頂出現明顯解壓裂縫與凹陷			
2	邊坡上之樹木或電線桿有傾斜現象			
3	邊坡出現裂縫或小坍方			
4	擋土設施表面出現明顯外凸變形或龜裂			
5	擋土設施表面出現不正常出水現象			
6	擋土牆牆腳或邊坡坡址出現崩土、泥石流、落石或土石堆			
7	擋土牆洩水口或水平排水管堵塞或排水管不良			
8	鄰近道路路面出現龜裂或局部陷落			
9	錨頭發現銹蝕現象			
10	排水溝有龜裂或淤塞現象			
11	鄰近道路路面出現龜裂或局部陷落			

表 4 邊坡危險癥兆分級表(陳建忠及林宏達，2008)

危險癥兆分級	說明
一	高危險癥兆：當第 1,4,8,11 項任一項為“高”時
二	中危險癥兆：除第一、三級以外
三	低危險癥兆：所有項目均為“低”時

表 5 GEO 邊坡崩塌生命損失後果類別表(陳建忠及林宏達，2008)

範例	生命後果類別		
	1(高)	2(中)	3(低)
(1) 破壞時影響使用中的建築物 (例如住宅、學校、商廈或工廠、有上蓋的巴士站、火車站月台) 的邊坡			
(2) 破壞時影響到貯存危險品的建築物的邊坡			
(3) 破壞時影響常用的露天場地及遊樂設施 (例如露天活動區、運動場、停車場) 的邊坡			
(4) 破壞時影響高流量的人行道、馬路的邊坡			
(5) 破壞時影響公眾等候場所 (例如巴士站、汽油站的邊坡)			
(6) 破壞時影響郊野公園及常用的露天遊樂場的邊坡			
(7) 破壞時影響低交通流量的道路的邊坡			
(8) 破壞時影響倉庫 (無危險品) 的邊坡			

表 6 GEO 邊坡篩選評分分級表(陳建忠、林宏達，2008)

篩選評分分級		危險徵兆分級		
		一	二	三
生命後果 類別	1	I	II	III
	2	II	III	IV
	3	III	IV	V

篩選評分分級	I	需進行初步分析研判評分
	II	
	III	
	IV	不需進行初步分析研判評分
	V	



圖 12 優先防治敏感區風險分級現地調查照片索引圖



①災害點 44 位置，根據台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖顯示為落石崩塌區，經現場勘查發現邊坡坡度大於 55 度，坡面多為崩積層與人為伐木堆積，坡面上樹木多向下邊坡傾斜，保全對象僅下邊坡一戶住戶。(307908,2765994)



②災害點 27, 28 位置，根據台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖顯示為淺層崩塌區，經現場勘查發現邊坡植生良好，坡面樹木些許向下邊坡傾斜，保全對象大於五戶，若邊坡崩塌恐造成較大損失，建議進行更詳細之研判與邊坡穩定分析，以確保下邊坡保全對象安全。(307672,2766443)



③災害點 41, 45 位置，為研究區北側高地公園入口，根據台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖顯示編號 41 為淺層崩塌區，編號 45 為落石崩塌區，經現場勘查發現編號 41 淺層崩塌區已近乎完整復育，編號 45 區落石崩塌區上殘留崩塌土與崩崖痕跡，坡面已設置有抗沖蝕網，減少降雨坡面沖蝕土體流失現象，邊坡坡度大於 55 度，且樹木有部分向下邊坡傾斜，保全對象僅下邊坡道路。(307316,2766433)



④災害點 5, 40 位置，位處研究區北側高地南邊之順向坡邊坡，根據台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖顯示編號 5 為順向坡，編號 40 為淺層崩塌區，經現場勘查發現整個邊坡皆以地錨工法保護，安全無立即疑慮，至於地錨擋土牆施作已多年，其擋土牆穩定與否應請專業技師再行調查。(307155,2766277)



根據台北市1/1,000地質災害敏感區分布圖顯示為順向坡邊坡

⑤災害點 1,4,19 位置，為研究區消防隊後方邊坡，根據台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖顯示皆為順向坡邊坡，經現場勘查發現編號 1 現已採用型框擋土護坡與混凝土擋土牆保護邊坡，編號 4,19 已採用混凝土擋土牆穩定，由於邊坡地下水位高，排水管多有排水現象，擋土牆洩水口或水平排水管有堵塞現象，恐致使牆後水壓力升高，建議可請專業技師補充調查邊坡穩定性。另外，大地工程處於此邊坡設置有傾度盤監測此邊坡穩定性。(307180,2766159)



根據台北市1/1,000地質災害敏感區分布圖顯示為順向坡邊坡

⑥災害點 2,3,20 位置，為研究區市民圖書館展覽室前方邊坡，根據台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖顯示皆為順向坡邊坡，經現場勘查發現邊坡前方現正興建集合住宅(第一類住宅用地)，邊坡皆以地錨工法與擋土牆保護，坡頂樹木有部分向下邊坡傾斜現象，保全對象(即後續完工之建築物)，邊坡暫無立即危險疑慮。(307467,2766164)

	
<p>⑦災害點 16,17,18 位置，根據台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖顯示皆為淺層崩塌區，分布於研究區東南側，經現場勘查發現此邊坡上有多處人為墾植區，坡面樹木有向下邊坡傾斜現象，且坡面未見排水設施，雖下方邊坡無明顯保全對象，然仍須注意邊坡穩定性。(307813,2765877)</p>	<p>⑧災害點 6 位置，根據台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖顯示為順向坡，經現場勘查發現坡面有明顯歷史淺層崩塌痕跡，現植生復育良好，且於邊坡右側(照片左邊)已設有縱向排水，導引多餘地表逕流，穩定邊坡，邊坡現無立即安全疑慮。(306848,2766126)</p>
	
<p>⑨災害點 32,35 位置，根據台北市 1/1,000 地質災害敏感區分布圖顯示皆為淺層崩塌區，位於研究區北側社區三合院後方邊坡，此處為一私人筍園，邊坡上為竹林，坡面多為鬆軟的風化土層，地形平緩，無明顯崩塌致災因子，僅竹林後方地形陡變處(約 30 度)有崩塌之可能性，並不影響下方三合院之安危，至於整體邊坡穩定性應請專業技師補充調查才能得知。(307518,2766686)</p>	

圖 13 風險分級現地調查照片與說明



圖 14 邊坡危險癡兆分級圖

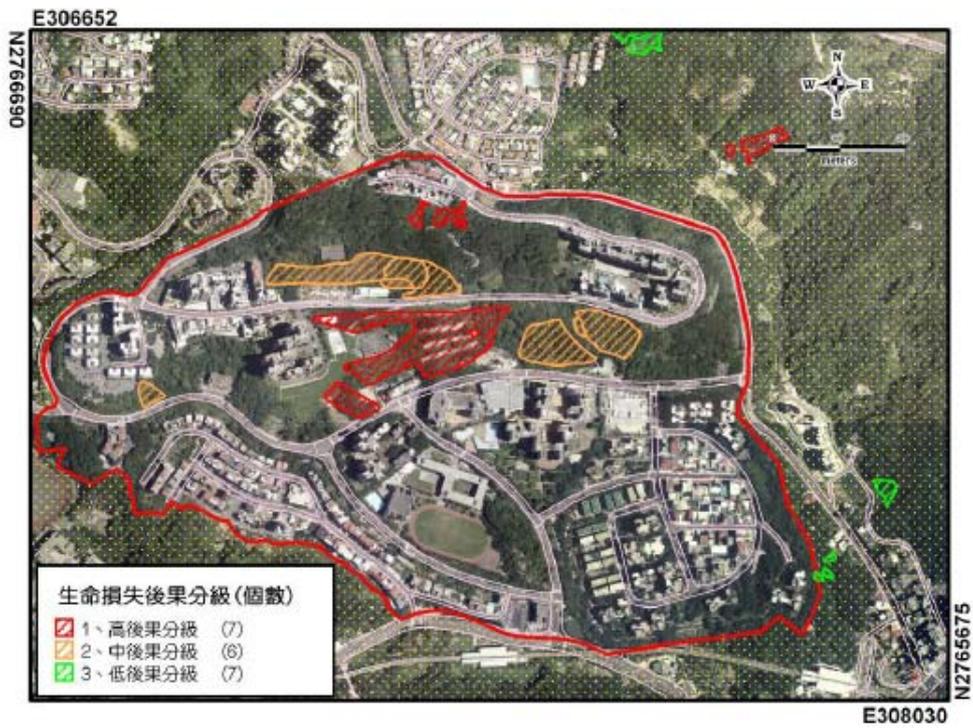


圖 15 邊坡崩塌生命損失後果分級圖

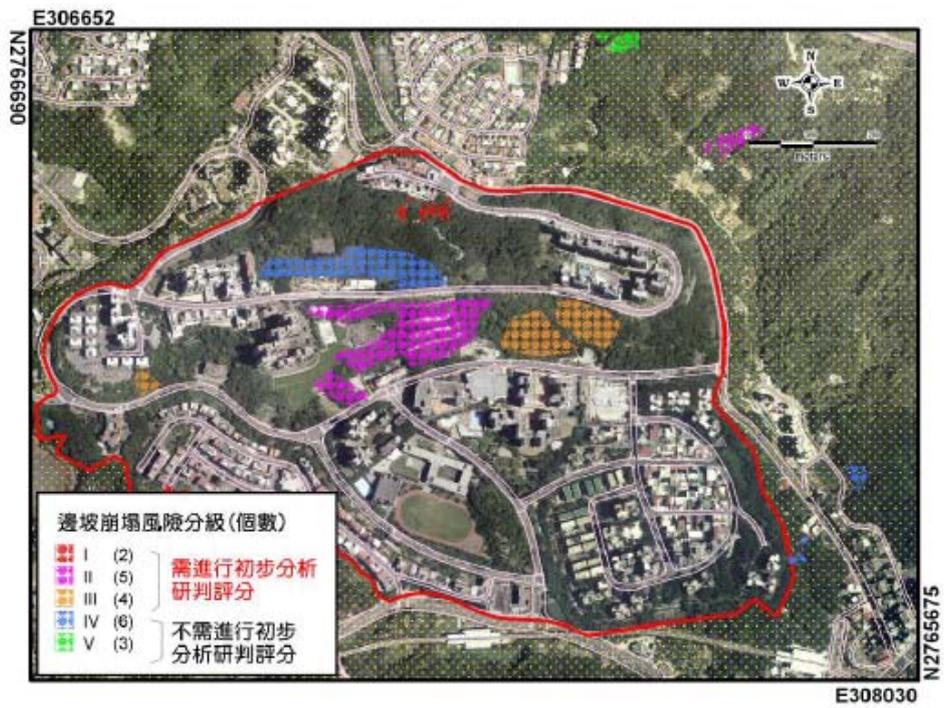


圖 16 邊坡崩塌風險分級圖

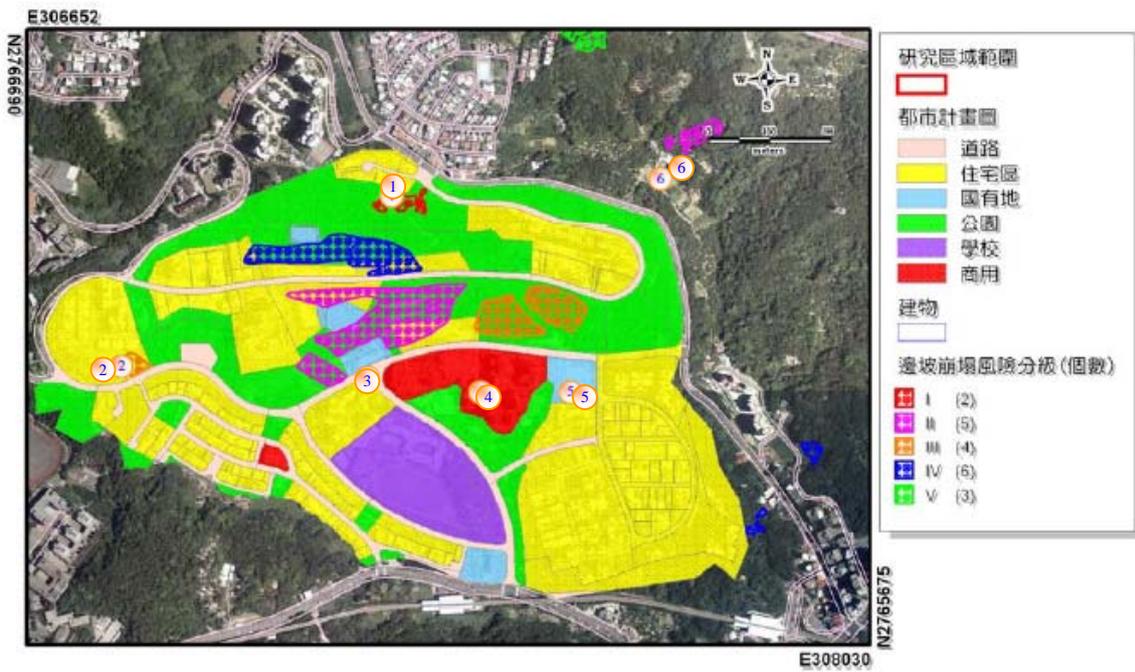


圖 17 都市計畫坡地防災檢討區域索引

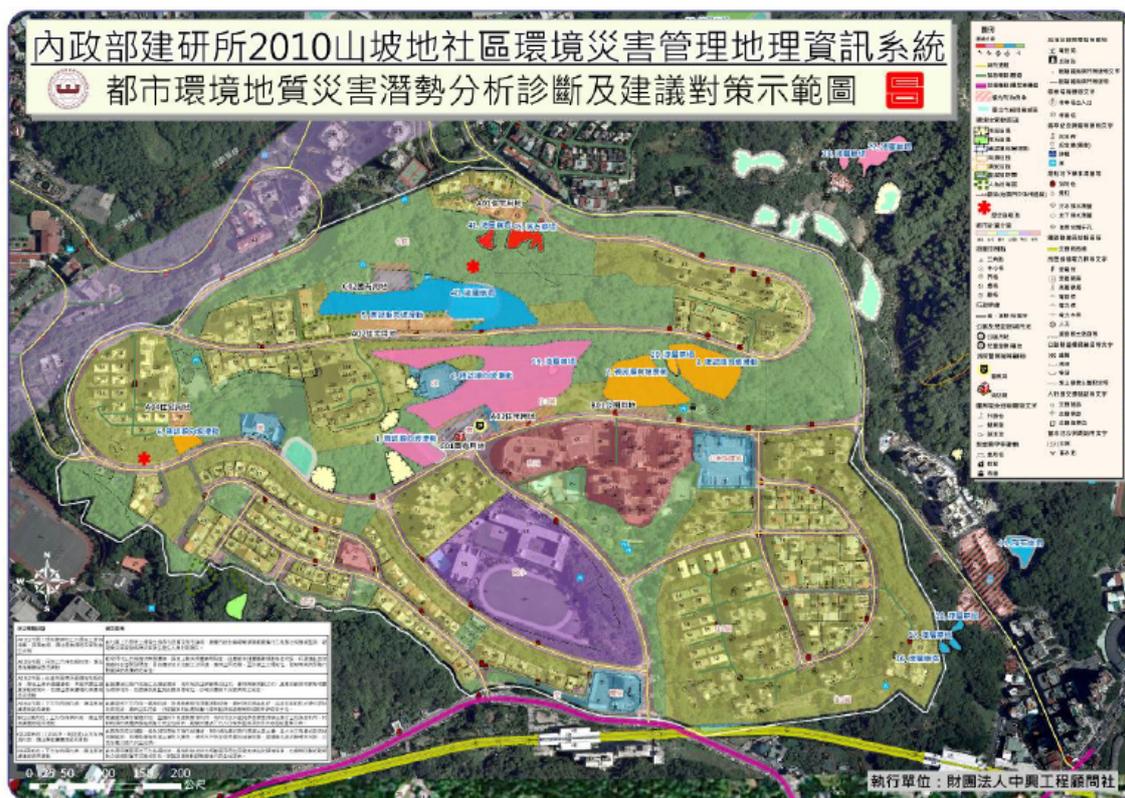


圖 18 都市環境地質災害潛勢分析診斷及建議對策初擬成果圖

六、研究結論

本研究主要目標係建立山坡地社區周緣環境地質災害防災主題圖製作方法與流程，以提供中央主管機關與地方政府進行社區防災規劃、制訂社區防災策略、宣導防災觀念、建置防救災資料庫與規劃防救災組織。以下說明本研究已完成之防災主題圖與成果效益，期落實防災社區理念，降低人與財產暴露於自然災害的機會，朝向永續發展的目標邁進。

1. **高精度圖資優勢：**以高精度地質災害敏感圖(比例尺 1/1,000)，配合 5 公尺 × 5 公尺高精度數值地形模型及 1/1,000 地形圖等綜合研判，可迅速且精確了解示範社區周緣可能致災的環境地質危險區，達成既有山坡地住宅安全性評估、優先防治順序與有限防救災資源分配等決策參考，成果比例尺符合山坡地建築開發管理與都市計畫審議規定，亦能提升專業技師等專業人員現地調查之效率，節省人力與時間。
2. **防災主題圖製作**
 - (1) 透過 3S 技術蒐集資料，輔以現地調查與民訪，整合易致災因子空間分布即完成「易致災區域分布圖」。透過易致災區域分布圖，可瞭解特定地區潛在災害的可能衝擊情形，及該地區之人文環境、自然環境與社會系統的易致災程度。

- (2) 依據都市計畫防災規劃手冊彙編建議完成防救災據點、防救災避難圈與防災通道網絡系統，套疊易致災區域分布圖即完成本研究區「防災地圖」。成果可用來擬定地區防減災策略，發揮災害管理功能，強化基層防災成效，以及提供易致災區域保全對象於災前預先進行疏散避難演練、儲備避難處所日常生活所需與提供災中應變參考。
- (3) 參考「水土保持技術規範」與「建築技術規則(山坡地建築篇)」規定完成優先防治敏感區初稿，另透過現地調查確認複核，完成本研究區「優先防治敏感區」。成果主要係制訂研究區人工與自然邊坡有較高的致災風險區域，提供社區周緣環境地質災害優先防範與有限資源分配參考。
- (4) 參考香港土力工程處 GEO(1999)「邊坡安全鑑定方法之邊坡篩選分級表」，以現地調查資料完成表格填寫，進而完成坡地災害風險評估分級，輔以臺北市 1/1,000 地質災害敏感區資料驗證後，即完成本研究區「優先防治敏感區風險分級圖」。成果除可提供災害風險管理、土地使用或防減災政策推動之重要資訊外，尚可提供不同災害防救、土地使用計畫或相關都市發展決策可能產生的災害風險衝擊訊息，亦是落實都市防災精神的重要基石。
- (5) 綜合上述各項成果圖，進而完成「都市環境地質災害潛勢分析診斷及建議對策初擬成果圖」，可全面提供各項環境地質災害影響區位及建議的調適策略，期完善災前整備工作，減少坡地災害引致的人命財產損失。

誌謝

感謝內政部建築研究所經費支助及提供許多寶貴意見，使本研究成果更趨完整，此外對曾協助本文的中興工程顧問社同事亦一併申謝。

參考文獻

- 工業技術研究院(2004)。保護區臨界住宅區環境敏感邊坡安全檢查計畫。臺北市政府建設局委託研究報告。臺北市：臺北市政府建設局。
- 內政部建築研究所(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。新北市：內政部建築研究所。
- 行政院農委會水土保持局(2003)。水土保持技術規範。臺北市：行政院農委會水土保持局。
- 何春蓀(1986)。臺灣地質概論-臺灣地質圖說明書。新北市：經濟部中央地質調查所。
- 何明錦，李威儀(2000)。都市計畫防災規劃手冊彙編。新北市：內政部建築研究所。
- 林彥享，邵國士，吳秋雅，沈哲緯，鄭錦桐，李怡先，陳建忠，高憲彰，冀樹勇(2008)。運用遙測與 GIS 技術輔助坡地社區之安全評估與管理。建築學報，(68)(技術專刊)，141-156。
- 沈哲緯，林彥享，邵國士，高憲彰，冀樹勇，李怡先，陳建忠(2010)。運用資料採礦與 3S 技術建立坡地社區風險評估模式。建築學報，(73)，87-108。
- 財團法人中興工程顧問社(2009)。GIS、RS 科技應用坡地社區環境災害評估判釋準則建立之研究。山坡地社區災害防治技術之研究(三)。內政部建築研究所委託研究報告。新北市：內政部建築研究所。

- 財團法人中興工程顧問社(2010)。 *坡地社區環境災害管理地理資訊系統示範計畫*。內政部建築研究所委託研究報告。新北市：內政部建築研究所。
- 陳亮全，劉怡君，陳海立(2006)。 *防災社區指導手冊*。新北市：行政院災害防救委員會。
- 陳建忠，林宏達(2008)。 *既有山坡地住宅社區邊坡擋土設施安全診斷基準之研究*。新北市：內政部建築研究所。