

山坡地社區優先防治敏感區劃設方法研析

A Study of the Priority Prevention Sensitive Areas for Layout in Hillside Residential Communities

謝寶珊¹、沈哲緯¹、高憲彰²、冀樹勇³、張怡文⁴、陳建忠⁵

Pao-Shan Hsieh¹, Che-Wei Shen¹, Hsein-Chang Kao¹, Shue-Yeong Chi¹, I-wen Chang²,
Cheng-Chung Chen²

1 財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心 研究員

2 財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心 副經理

3 財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心 經理

4 內政部建築研究所安全防災組 助理研究員

5 內政部建築研究所安全防災組 組長

摘 要

本文以遙測 (RS)及地理資訊系統 (GIS)技術為核心，整合專家評估、資料庫與全球定位系統，建立一套適合於臺灣山坡地社區優先防治敏感區劃設方法，其中亦參考我國現行之建築管理相關法令、規範以及實際作業方法，除了對社區內發生地質危害可能性較高的區域提出警告與建議做為主管機關對於坡地社區進行土地管理與災害防治策略之研擬，並提供社區民眾直接的防災資訊。經案例研究結果顯示，由遙測及 GIS 技術所判釋的環境地質敏感區與可能發生災害區域之間具有頗高的關聯性，故本研究採行的方法對於坡地社區的安全評估具有參考價值。。

關鍵詞：遙測、地理資訊系統、優先防治敏感區

一、前言

山坡地佔臺灣全島面積約 74%，可供開發的平地甚少，故坡地利用在所難免，再加上臺灣地質年代年輕且位處於地震、颱風、豪雨頻繁之天然災害地區，故地質條件普遍不佳。從民國七十年代以後，大規模山坡地社區住宅開發案陸續出現，在當時對於山坡地安全知識了解有限的情況下，有許多山坡地社區於當初規劃、設計、施工時對於其週遭的環境地質條件並未考慮周詳，可能造成坡地社區位於風險之中而不自知，進而提高坡地社區的風險性。對於可能有安全疑慮的坡地社區若完全仰賴專業人員以現地調查方式進行安全性評估，其成果雖然最為確實，但在時間及人力上均會付出相當大的成本，特別是颱風、地震或豪雨事件過後，如何在短時間內迅速有效地篩選出風險較大的社區作進一步之追蹤調查，並使用最精簡的人力及經費下將坡地災害風險降至最低，實有其必要性。

近年拜高精度遙測與 GIS 分析技術進步之賜，以往對於遙測影像與 GIS 技術所需高規格的電腦性能與大量儲存空間資料庫等資源，現在均能在個人電腦上輕易完成。故以遙測判釋與 GIS 技術進行坡地社區之安全評估應屬經濟可行的方法。其中遙測技術 (Remote Sensing) 可於短時間內進行廣泛區域的環境地質災害偵測，若搭配環境地質潛在災害相關資訊 (如斷層帶、崩塌地、土石流等資訊) 數化後進入地理資訊系統 (GIS)，再輔以 5m×5m 高精度數值地形進行各種災害潛在因子分析，可初步鑑別坡地社區周圍之環境地質災害潛勢敏感區域，最後再藉由專業人員攜帶 GPS 進行現勘工作而將社區內具有災害潛勢的地點定位，並依專業觀點針對災害潛勢區域提出因應對策，依此構想所建立之坡地社區優先防治敏感區劃設，除了可提供主管機關對坡地社區進行土地管理與災害防治之初步策略研擬，亦可提供給社區民眾直接的防災資訊。

二、劃設原則與流程

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 1 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。運用遙測影像與 GIS 技術進行坡地社區安全

評估之整體執行程序如圖 2 所示。

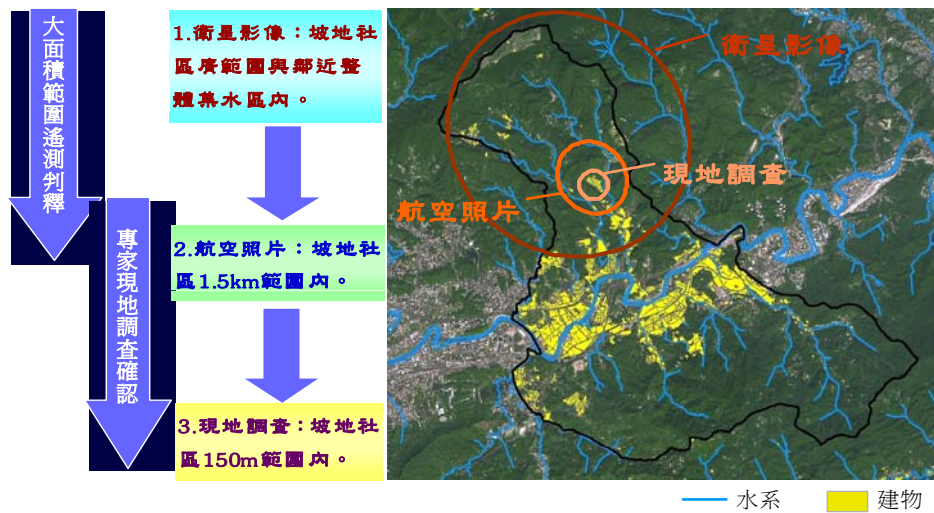


圖 1 遙測判釋坡地社區環境地質災害執行概念圖

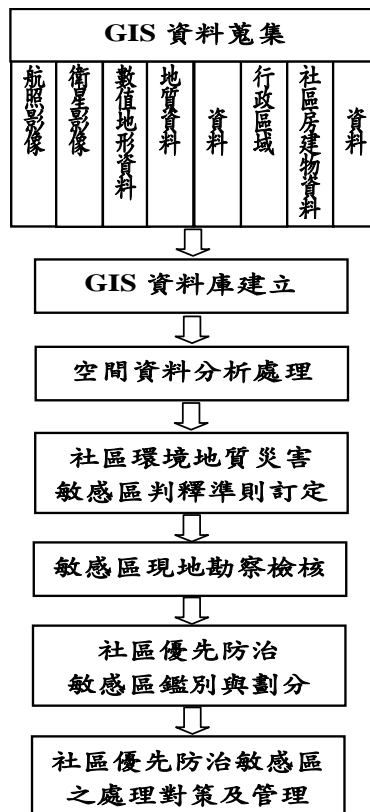


圖 2 遙測技術進行坡地社區安全評估執行程序

三、環境地質敏感區劃設原則

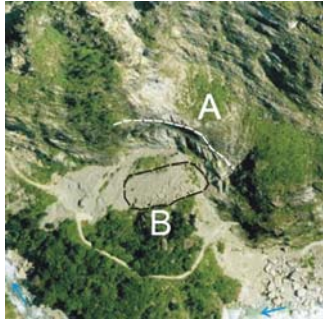
將各類環境地質資料數化建檔至 GIS 資料庫，經處理分析判釋後定出環境地質災害敏感區範圍，再透過 GIS 系統套疊數化好之社區房建物圖層（保全對象），所得成果即為坡地社區房建物與環境地質敏感區之空間分布關係。如此可掌握坡地社區環境地質災害之關鍵問題，進而提升後續現地調查之效率。有關坡地社區環境地質敏感區的劃分處理原則，係參考中央地質調查所(2002)環境地質敏感區原則（如表 1），各項環境地質圖遙測判釋示範例如圖 3，除此之外，本研究增列適用於坡地社區之遙測判釋原則條列如下：

1. 以 5m×5m 數值地形處理後的坡度圖層為基礎，再依據水土保持技術規範之坡度分級原則，進而圈劃出坡度 30 度以上 (55%) 六級坡之陡坡區域。
2. 由坡度、坡向、地層位態等 GIS 圖資分析順向坡滑動敏感區及其對社區之影響範圍。
3. 由地形、水系、排水流向等 GIS 圖資鑑別出社區低窪易淹水災害敏感區。
4. 以航照立體對更精確的判釋出社區內外之岩屑崩滑區、回填土區、順向坡區、落石、岩體滑動等致災敏感區域。
5. 社區災害歷史紀錄位置標定建檔於 GIS 圖資。

根據上述 5 項的篩選定出可能影響坡地社區之主要「環境地質敏感區域」，成果如圖 3 所示。另須於現勘時針對這些環境地質敏感區進行查核，始能進一步定出「社區優先防治敏感區」。

表 1 環境地質災害敏感區遙測判釋作業要點（地調所，2006）

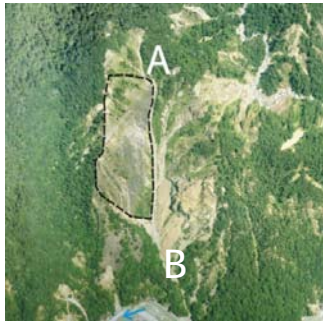
環境地質災害類型	遙測判釋作業要點
落石	平均坡度 55 度以上之陡峭崖坡+塊狀岩層資料+裸露坡面及錐形堆積地形面。
岩屑崩滑	平均坡度在 55 度以下+坡面淺凹槽狀+長條型裸露區域+下方坡度平緩且具有崩塌堆積之特徵。
岩體滑動	馬蹄狀陡崖+崖坡上緣弧狀裂縫+畚箕狀凹陷地形+滑動體上段下陷地形、中段緩坡狀、下段隆起地形。
土石流	集水區崩塌地+下游的溪溝顯現出光亮+山溝或溪谷之谷口地區扇狀地形
順向坡	單面山、豚背脊等地形特徵+地層位態+坡度坡向數值地形資訊
回填土區	不協調地形及等高線變化+環境地質圖
河岸侵蝕	河流轉彎處外側之河岸攻擊坡+軟弱岩層如頁岩與泥岩或膠結極差之現代堆積物出露。
向源侵蝕	上游湯匙狀的凹坡地形特徵+溪谷源頭具有長條狀亮白蝕溝
高陡坡	坡度 > 30 度、落差 > 3m 以上
地質構造帶	區域地質圖+1/25,000 環境地質圖（地調所，2006）



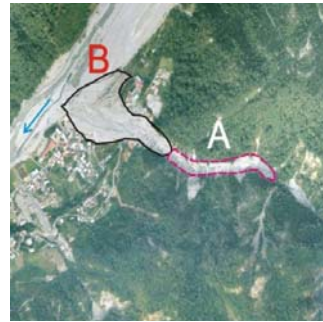
(a) 落石，A 為陡峭崖坡，B 為落石堆積地形面。



(b) 岩屑崩滑，A 為長條型裸露區，B 為崩塌堆積區。



(c) 岩體滑動，A 為出露岩層滑動面，B 為坡趾堆積區。



(d) 土石流，A 為下游溪溝光亮區，B 為河道匯流處扇狀堆積區。



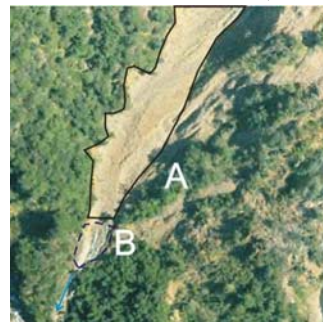
(e) 順向坡，A 為順向坡面，B 為逆向坡面。



(f) 回填土區，A 為地形起伏異常平坦區。



(g) 河岸侵蝕，A 為河道攻擊坡位置，B 為河道旁之崩塌地。



(h) 向源侵蝕，A 為溪谷源頭，B 為長條狀蝕溝，色調光亮。

圖 3 山坡地環境地質災害航照判釋範例 (摘自中央地質調查所，2002)

四、社區優先防治敏感區劃設原則

整體坡地社區經由遙測判釋與 GIS 圖資分析後所得之社區環境地質敏感區仍屬初步挑選的可能危險區域，此項成果雖可精簡現地勘察的地點及時間，但仍需進一步的篩選機制來定出各社區內具較高致災風險的區域，此階段需要專業人員搭配適合的篩選機制來進行。

由於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。經參考建築技術規則與水土保持技術規範等相關規定與建議、並搭配實務運作經驗，擬定出不同類型擋土設施之危險程度作為研判是否有高致災風險的條件標準，進而定出「社區優先防治敏感區」的判斷依據。主管機關可針對「優先防治敏感區」研擬後續之管理方法並提出因應對策。「坡地社區優先防治敏感區」的判斷條件如下：

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. 地下水滲水量較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 6m 為參考基準)。
5. 懸臂式 RC 擋土牆單階牆身過高 (以 8m 為參考基準)。
6. 加勁式擋土牆單階牆身過高 (以 8m 為參考基準)。
7. 格床式擋土牆單階牆身過高 (以 6m 為參考基準)。
8. 蛇籠式擋土牆單階牆身過高 (以 4m 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 (2003) 建議之 $D \geq 2 + (H - 3.6) / 4$ ，若 $H \leq 3.6$ 則 $D = 2$ 。
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，本項判別依據如圖 4 示意所示。
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。

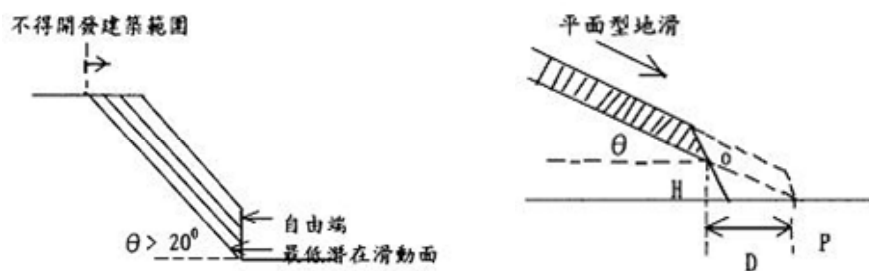


圖 4 順向坡地層判別依據示意圖 (摘繪自建築技術規則第 262 條)

五、坡地社區案例研究

本研究列舉汐止市長青里某社區(簡稱 A 社區)為例，執行測試結果說明如下：

1. 社區概況

A 社區被主要進出道路分為東、西兩個部分，整體地勢高程由西向東傾斜。社區開發面積約為 8.5 公頃，建築型式為四層樓以下的別墅型獨棟或連棟建物，住戶共約 150 戶，社區航照影像如圖 5。

2. 地質地形概況

A 社區所在地質屬於中新世五指山層，岩性以砂頁岩互層為主，社區附近無斷層褶皺等特殊地質構造帶通過。地層位態分布為 N54E/12S、N76E/10S、N21E/15S、N70W/14S、以及近似於水平之地層，概略來說地層走向以東北/西南方向、傾向往南的地層為主，部分地層走向變為西北/東南向、傾向往南。社區地形坡向向東、坡度多在 30 度以下(屬於五級坡以下)，但有少數地點因社區開發填土整地及原始地形等因素而使坡度達 40 度以上(屬於六、七級坡)。

相較於以往的數值地形，本計畫採用精密度更高的 5m×5m 數值地形網格作為分析的基本資料，以符合坡地社區高精度比例尺的需求，並反應出社區內更細緻的地表變化，進而協助遙測判釋工作精度的提升。經由 5m×5m 數值地形處理並搭配 GIS 圖資組合成為坡地社區環境地質圖、地形起伏、坡向、坡度等展現如圖 6~圖 10。這些圖資均可與 GIS 系統之房建物圖層進行套疊，以了解社區房建物所處環境的高程差，亦可與環境地質資訊合併分析社區範圍是否有順向坡、落石、填土區滑動等可能致災敏感區域。

3. 環境地質敏感區遙測判釋結果

經由衛星影像、航空照片、5m×5m 數值地形等資料處理後再套疊環境地質與社區房建物等 GIS 圖資，可判釋並圈劃出影響坡地社區之環境地質潛勢災害敏感區，其判釋結果整理如表 2，各環境地質潛勢災害敏感區與社區交疊的空間分布情形如圖 11 所示。至此階段即可進一步執行社區現地勘查工作以能更精確定出坡地社區可能致災的區域。

4. 社區現地勘查

依據前述之環境地質敏感區進行社區現地勘查工作，若發現有非預先判釋之敏感區也將一併進行調查與紀錄。社區現地勘查檢核重點項目如下(1)至(5)項，社區現地勘查位置分布如圖 12 所示。

- (1) 社區歷史災害地點檢核。
- (2) 預先判釋之環境地質敏感區檢核。
- (3) 地形特別陡峭處檢核。
- (4) 非適當型式之過高擋土構造物檢核。
- (5) 擋土結構、護坡、排水等工程設施缺陷檢核。

5. 社區優先防治敏感區之決定

依據「社區優先防治敏感區劃設原則」之篩選條件，於現地勘查時詳加觀察與核對，經專業判斷篩選後，A 社區優先防治敏感區分布情形如圖 13 所示，社區內外各處優先防治敏感區的可能致災危險條件、影響戶數及範圍、以及後續之建議處理對策如表 3 之說明。經勘查後，A 社區優先防治敏感區現況情形舉例如圖 14(a)、(b)所示，其中圖 14(a)所對應的位置為圖 12 之現勘位置點 2，而圖 14(b)所對應的位置為圖 12 之現勘位置點 4。

在此說明，經由判釋鑑別出的社區環境地質敏感區，以及進一步現勘篩選後之社區優先防治敏感區，經專業勘查後認為屬不適當擋土牆型式且為排水條件不佳（即現勘位置點 4 之處），此處於颱風過後即發生位於坡址過高之漿砌卵石擋土牆崩塌的事故，其災害情形如圖 14(c)，而圖 14(b)即為崩塌前之狀況。藉由此項訊息之提醒，建議主管單位應持續注意坡地社區之安全狀況，以達到災害預防之功能。



圖 5 A 社區航照及建物分布圖

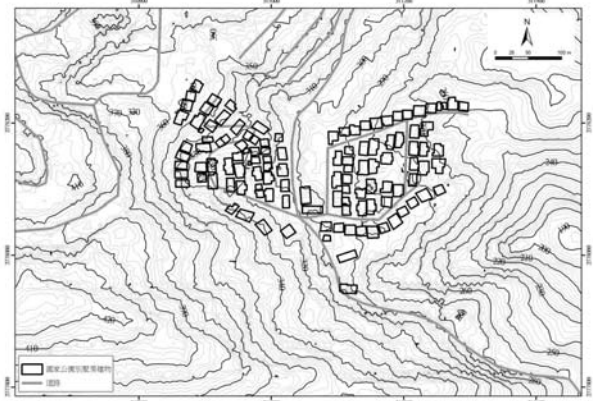


圖 6 A 社區高精度數值地形等高線圖



圖 7 A 社區區域地質圖

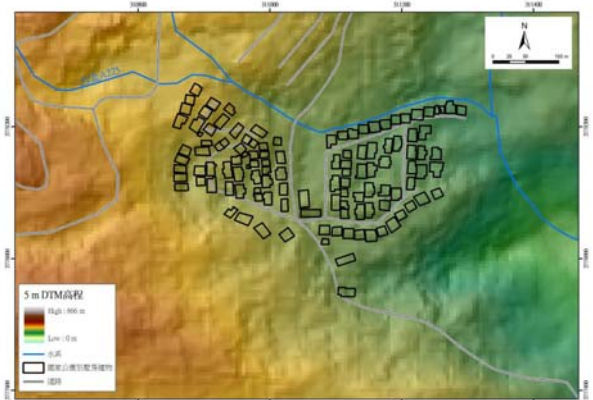


圖 8 A 社區地形起伏彩繪明暗圖

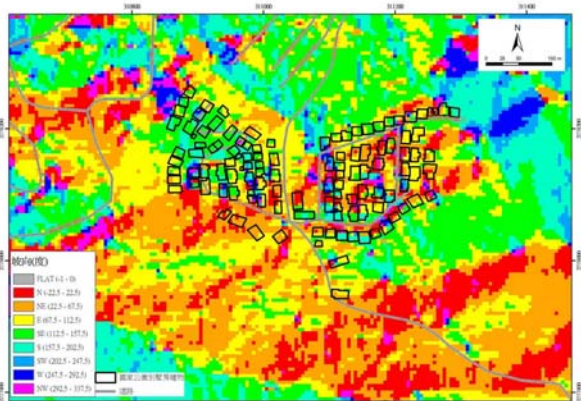


圖 9 A 社區坡向分布圖

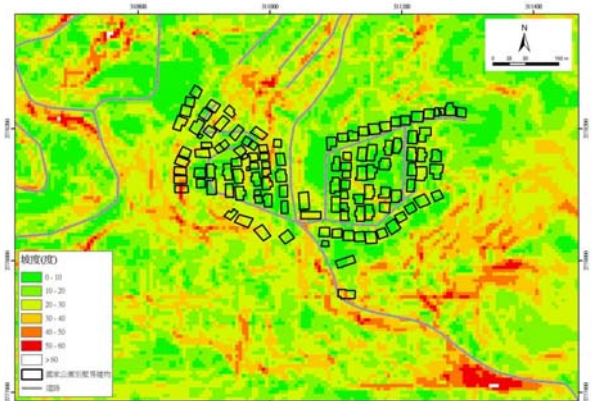


圖 10 A 社區坡度分布圖

表 3 A 坡地社區環境地質敏感區判釋結果表

環境地質敏感區類型	有	無
舊崩塌地		√
土石流潛勢溪流	√	
河岸侵蝕	√	
向源侵蝕	√	
順向坡	√	
岩屑崩滑	√	
岩體滑動		√
落石		√
回填土區	√	
地質構造帶		√
坡度 > 30 度陡坡	√	



圖 11 A 社區環境地質敏感區判釋結果分布圖



圖 12 A 社區現地勘查位置分布 (內政部建築研究所, 2007)

表 3 A 社區各處優先防治敏感區說明表 (內政部建築研究所, 2007)

現地勘查 位置編號*	所在位置	可能致災危險條件說明	影響保全 戶數及範圍	處理對策與建議
1	社區東北端邊緣緊鄰土石流潛勢溪流之住戶。	1. 河道轉彎攻擊岸侵蝕區, 水流力量容易使住戶下方的河道護岸受損並且掏空房屋基礎。河道狹窄, 豪雨時河水可能溢流。 2. 河岸陡峭。	影響社區住戶約 3 戶。	1. 河道護岸結構加強。 2. 緊鄰河道之社區住戶須注意豪雨時河水溢流。
2	社區北側邊緣位於土石流潛勢溪流之坡頂住戶。	1. 住戶位於陡坡坡頂兩倍坡高範圍內。 2. 邊坡高聳陡峭、坡底即為土石流潛勢溪流河道。 3. 無法確認高聳陡坡是否裝設地錨, 故坡體的穩定性有待檢核。	影響坡頂住戶約 3 戶。	1. 須請專業技師勘查此陡坡是否穩定。
3	社區道路旁陡坡及坡頂住戶。	1. 漿砌卵礫石重力式擋土牆身過高(>6m), 較不適合此高陡邊坡。 2. 建物位於坡頂兩倍坡高範圍內。 3. 坡體地下水充足。	影響坡頂住戶約 3 戶。	1. 加強排水。 2. 請專業技師勘查此邊坡是否穩定。
4	社區道路旁陡坡之礫石擋土牆與 RC 懸臂式擋土牆交界處。	1. 漿砌卵礫石重力式擋土牆身過高(>6m)承受土壓及水壓不足。 2. 建物位於坡頂兩倍坡高範圍內。 3. 坡體地下水充足。	影響坡頂住戶約 2 戶。	1. 請專業技師勘查此邊坡後續是否穩定。
5	社區原游泳池填土區	1. 坡底住戶與擋土牆距離過近。 2. 擋土牆承受大量回填土壓力之穩定性無法確認。	影響坡底住戶約 8 戶。	1. 裝設擋土牆傾度盤。
8	社區南側邊緣陡坡	1. 為潛在之順向坡及岩屑崩滑區。 2. 建物位於坡頂兩倍坡高範圍內。 3. 目前無邊坡保護措施。	影響社區坡頂住戶約 6 戶。	1. 請專業技師勘查此邊坡是否穩定。

附註：「*」本欄現地勘查位置編號須對照圖 12 現地勘查位置分布圖。

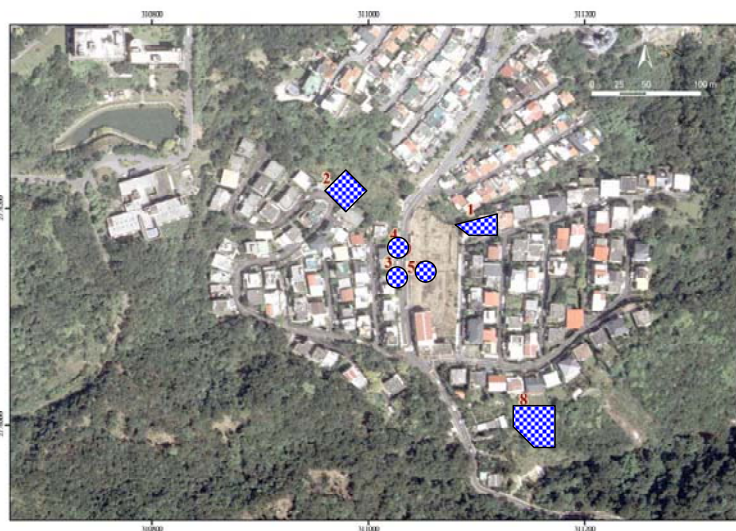


圖 13 A 社區優先防治敏感區範圍空間分布圖 (致災因素及影響範圍如表 3 說明)



(a) 災前現勘位置點 2



(b) 災前現勘位置點 4，不適當擋土牆型式與排水條件不良處



(c) 災後現勘位置點 4 情形

圖 14 社區優先防治敏感區現況照片

六、結論與建議

1. 藉由不同尺度的遙測技術與搭配 GIS 圖資可協助判釋出社區內外潛在環境地質致災敏感區域，以目前坡地社區案例研究經驗顯示，初步認為運用遙測與 GIS 技術進行坡地社區環境地質災害敏感區域的安全評估應是可行的。
2. 藉由 GIS 及 RS 的室內判釋技術搭配 5m×5m 數值地形進行空間分析能針對社區進行廣域的瞭解，可預先發現重點之潛在環境地質危險區域。然而對於人工擋土構造物邊坡或棄填土區之安定狀況仍需仰賴現地調查始能精確研判。但經由此方法已可節省社區現場找尋問題的時間，對於社區全面性安全體檢效率的提升有相當的幫助。
3. 本研究所定出的社區優先防治敏感區顯示過去紀錄為 A 級社區中大多數仍屬安全之處，反之目前安全之坡地社區中亦可能有潛在之環境地質災害威脅。
4. 本研究所建立的坡地社區相關圖資與調查成果除了對社區內真正有問題的區域提出警告與建議，亦可做為主管機關進行坡地社區的安全管理或風險評估之基礎資料、以及研擬防災策略之參考。

參考文獻

(書籍)

內政部營建署，1999。建築技術規則，詹氏書局。

行政院農委會水土保持局，2003。水土保持技術規範。

(報告)

中興工程顧問股份有限公司，2006。都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫—坡地環境地質災害調查研究，經濟部中央地質調查所委託。

財團法人中興工程顧問社，2007。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(一)，內政部建築研究所委託研究報告。

財團法人中興工程顧問社，2008。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(二)，內政部建築研究所委託研究報告。