

# 應用政府環境地質調查資料進行全國山坡地建築 安全簡易評估與建築管理對策初擬

The study of environmental geological disasters assessment and  
adaptation strategy development in hillside buildings by using  
environmental geological map

主管單位：內政部建築研究所 計畫編號：10015A001

陳建忠\*

劉青峰\*

謝宗興\*

Chen, Chien-Jung

Liou, Ching Feng

Hsieh, Tzong-Hsing

冀樹勇\*\*

沈哲緯\*\*

Chi, Shue-Yeong

Shen, Che-Wei

\*內政部建築研究所安全防災組

\*\*財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心

## 摘要

本文以地理資訊系統(GIS)空間分析技術為核心，以經濟部中央地質調查所 91~95 年「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫」中 1/25,000 比例尺環境地質圖為套圖基礎圖資，參考地質法「地質敏感區劃定、變更及廢止辦法」(100 年 6 月 3 日版本)、建築技術規則與日本「土砂災害防止法」第二條等規範研擬地質敏感區影響範圍，通盤檢討 1/25,000 比例尺臺北市圖幅範圍山坡地建築安全與災害潛勢，主要檢討岩屑崩滑、地滑(平面型、圓弧型)、土石流等項，以 Python 程式撰寫空間分析程式，提昇圖資套疊分析效能，建立廣域性山坡地建築安全性簡易評估技術，進行全臺 1/25,000 比例尺共 101 圖幅之山坡地建築環境地質災害潛勢診斷，並於現行建築法所列舉之建築主管機關管轄權可及範圍，研提建築管理初步對策，供中央及地方主管建築機關實施「平時防災與減災」參考。  
關鍵詞：環境地質災害潛勢診斷、建築管理、防災與減災。

## **Abstract**

This study aims to develop a procedure of safety and vulnerability assessment for hillside buildings of 1:25,000 scale maps. The spatial analysis of GIS technique to establish efficiency program by using python language. The GIS technique are incorporated with building code, relative ordinance of hazard, and 1:25,000 scale map of environmental geological disaster to provide a practical and applicable a procedure of simple safety assessment techniques for hillside buildings. Comprehensive review of safety and hazard susceptibility in 101 sheets of the 1:25,000 topographic maps by using environmental geological map of CGS. The major review of the surrounding buildings have debris slide, landslide, debris flow, and others. The procedure provides easy understanding on environmental geological disaster of the surrounding buildings, so that buildings could have more clear concept on how to minimize the damage, preparedness for disasters. Through strategic planning development, hoping to see this study could help hillside buildings to resist geological disasters, reduces the damage of geological disasters, disaster prevention, disaster reduction, and enhance the overall endurance ability.

**Keywords** : Diagnosing susceptibility of geological disaster, Building management, Disaster prevention and reduction.

## 一、前言

本計畫緣起係考量山坡地建築位於環境地質敏感區容易發生災害，我國建築法規自民國 72 年發布山坡地開發建築管理辦法、民國 73 年 11 月建築法增訂第 97-1 條規定，授權中央主管建築機關訂定山坡地建築之特別規定，歷經多次修法後於 87 年增訂建築技術規則設計施工篇山坡地建築專章，具體列舉不得開發建築之地形、地質等條件，使得山坡地之「新建」建築行為受到更為明確及嚴格之管制。此外，災害防救法第 22 條第 1 項第 5 款規定各級政府平時應依權責實施老舊建築物、重要公共建築物之檢查、補強與維護。因此，各級政府對於山坡地之老舊建築物、重要公共建築物亦有依權責實施「平時減災」之義務。然而，現今中央與地方建築與都市計畫業務主管機關多從事災害潛勢評估工作，甚少針對山坡地建築物進行安全評估與影響程度診斷分析，因此時有核發建築執照之山坡地建築物仍遭受環境地質災害潛在影響而不自知。

本計畫延續內政部建研所 99 年「山坡地社區環境災害管理地理資訊系統示範計畫」計畫成果，進行進一步研究。惟鑒於目前尚無廣域性山坡地建築災害潛勢診斷基礎資料可作為主管機關實施平時減災之依據，本計畫爰應用經濟部地質調查所民國 91-95 年「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫」圖資（比例尺為 1/25,000，以下簡稱環境地質圖）延續發展實務建築防災管理技術。主要採用前述圖資環境地質基本圖與環境地質災害敏感區分布圖等兩項成果圖，並參考地質法相關子法（草案）、建築技術規則與日本土砂災害防止法等法令建議，研擬崩塌（岩屑崩滑、落石）、地滑（平面型、圓弧形）、土石流等項影響範圍，完成山坡地建築環境地質災害潛勢診斷，並於現行建築法所列舉之建築主管機關管轄權可及範圍，研提建築管理初步對策，供中央及地方主管建築機關實施「平時減災」參考。

計畫範圍為臺灣本島都會區山坡地 101 圖幅範圍（兩萬五千分之一地形圖幅）。計畫目的係發展實務山坡地建築環境地質災害潛勢診斷及建築防災管理技術，應用地調所 1/25,000 比例尺環境地質圖，套疊自行數化的建築物空間分布圖，參考地質法「地質敏感區劃定、變更及廢止辦法」草案、日本「土砂災害防止法」第二條及農委會水土保持局（2010）「99 年莫拉克災區山坡地聚落安全調查」報告建議等項，研擬廣域性山坡地建築安全性簡易評估技術，進行山坡地建築環境地質災害潛勢診斷與對策初擬，並將成果繪製成圖冊供參。

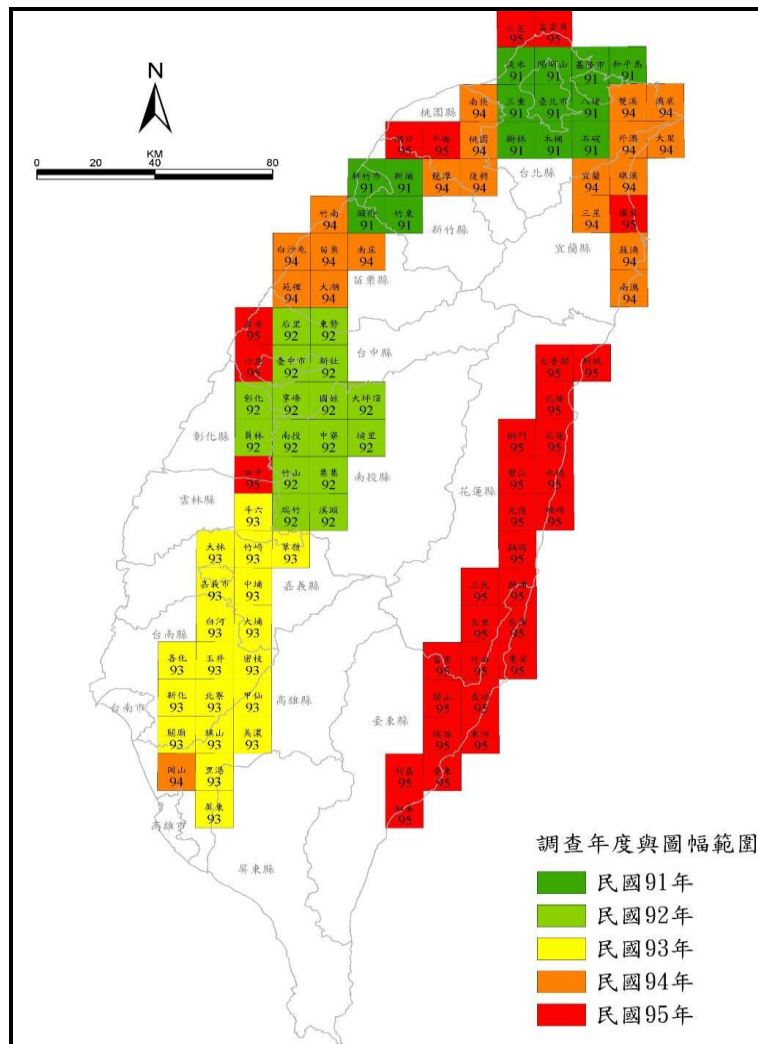


圖 1 計畫範圍暨地調所環境地質圖調查年度索引圖

資料來源：摘自經濟部中央地質調查所 (2006)。

本計畫所有環境地質災害名詞統一參照中央地質調查所 (2006)「環境地質與地質災害敏感區測繪作業準則」辦理，圖資套疊分析考量之環境地質災害定義其種類計有：岩屑崩滑型、落石型、土石流、岩體滑動、順向坡 (本文所指順向坡敏感區係為坡趾移除者)與低潛勢地質災害敏感區等項，以 Python v2.5.4 程式語言呼叫 ArcGIS Toolbox 的空間分析模組進行簡易快速評估，評估受環境地質災害影響範圍之建築物。

依據圖資套疊分析成果，統計環境地質災害潛勢區域影響之建築物面積及環境地質災害潛勢區域影響建築物數量等結果。研擬環境地質敏感區影響範圍，進而完成之影響建築物清單，並且診斷不同環境地質災害危害程度。於現行建築法所列舉之建築主管機關管轄權可及範圍，研提建築管理初步對策，研擬方向以初擬軟性防災演練、平時調查健檢及硬體工程減災策略為主。並挑選兩處山坡地社區或部落作為效益評估示範區，並估算因實施防減災對策所需之經費、實質效益

及具體防減災調適策略。惟因篇幅所限，示範區部分於本文不克說明。

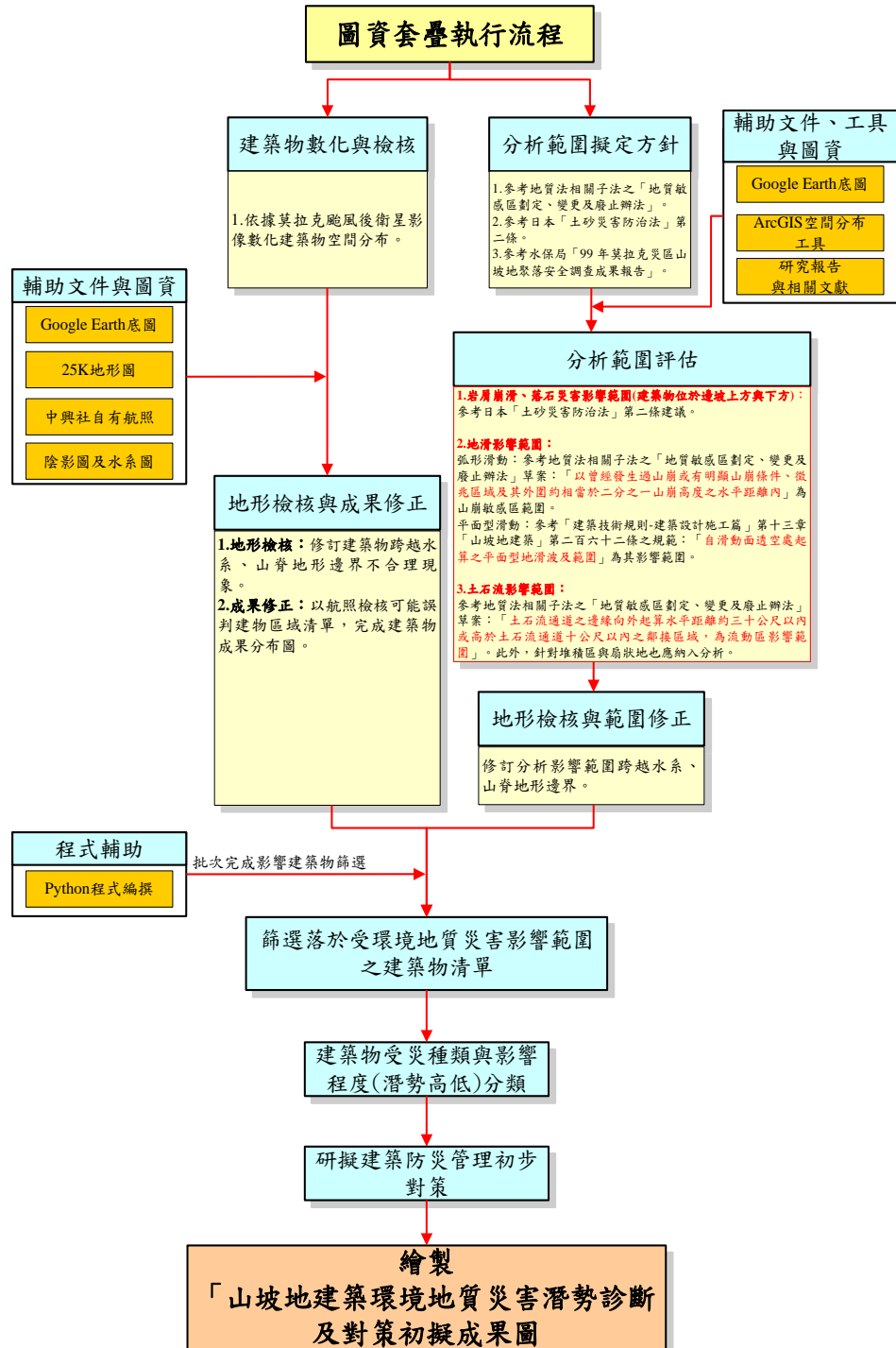


圖 2 計畫分析流程圖

資料來源：本委託計畫。其中，地質法「地質敏感區劃定、變更及廢止辦法」草案以 100 年 6 月 3 日版本為主。

## 二、環境地質災害簡易影響範圍界定

本計畫考量之環境地質災害種類計有：岩屑崩滑型、落石型、土石流、岩體滑動、順向坡（本文所指順向坡敏感區係為坡趾移除者）與低潛勢地質災害敏感區等項，以 Python 語言撰寫 ArcGIS 空間分析模組 (spatial analysis) 呼叫程式，建立廣域性山坡地建築安全性簡易評估技術，進行計畫區域山坡地建築環境地質災害潛勢診斷作業。以下說明地質敏感區評估範圍及依據：

### 2.1 崩塌可能影響建築物評估方式

採用地調所坡地環境地質災害敏感區分布圖中的岩屑崩滑與落石敏感區進行分析。建築物位於邊坡下方：崩塌影響範圍寬度以地質敏感區底部寬度為基礎，縱長則依地調所分析之山崩潛勢等級，以高、中及低潛勢區分，分別以 2 倍、1 倍與 1/2 倍邊坡高差 ( $\Delta H$ ) 之水平距離為其影響範圍，且影響區範圍依潛勢等級，高、中及低潛勢區分別不超過 50、30 及 15 公尺為原則。其中， $\Delta H$  定義為邊坡坡高，採用 5m 數值地形模型，萃取岩屑崩滑與落石敏感區所屬邊坡高程差（邊坡高程差=最大高程—最小高程），謂之邊坡坡高  $\Delta H$ 。

### 2.2 土石流影響範圍評估範圍包括土石流之流動區、堆積區與扇狀地區域，可能影響建築物評估方式

採用地調所環境地質基本圖中的土石流敏感區進行分析，敏感區包含流動區、堆積區與扇狀地等三項。上述影響範圍須以水系及山脊線進行地形邊界線修正，即影響範圍以不跨越水系與山脊為原則。其中，水系與山脊線以 40m 數值地形模型產生。

## 三、山坡地建築環境地質災害潛勢診斷結果

### 3.1 診斷結果

由各類環境地質災害診斷結果中，以地質災害低潛勢區影響建築物基地面積最多。並由診斷結果顯示可知，各縣市影響建築物面積結果中，以新北市可能受環境地質災害影響建築物面積最大，以北部地區數個縣市範圍影響建築物面積總合較大，若以本計畫影響範圍進行評估，則會因保守分析致使建築物密度高的區域有較大的影響。其中以新北市為最高，其次為基隆市、臺北市、新竹縣、苗栗縣、桃園縣等北部區域縣市。本計畫分析結果也突顯北部研究區部分縣市山坡地

社區安全性應進行整體總檢討，尤以新北市、基隆市與臺北市的山坡地社區密度最高，建議定期針對 A 與 B 級社區（此分級為內政部營建署山坡地社區安全性評估分級）進行定期巡勘與監測，定期更新社區防災地圖，隨時關注社區安危，防患於未然，實施平時防災作業，若發生有高風險之致災因子，應立即施行減災處置，以免重演林肯大郡或白雞山莊等重大坡地社區災害情事。

根據山坡地建築環境地質災害潛勢診斷結果，不同圖幅影響建築物面積結果中，以北部地區影響建築物面積總合較大，其中可能影響較大的圖幅計有：臺北市、八堵、基隆市、三重市、木柵、樹林、和平島、桃園市、新竹市、雙溪等圖幅，主要原因是都市開發密度較高所致。

#### **四、建築管理對策初擬**

本計畫針對落於環境地質敏感區之建築物，診斷不同環境地質災害危害程度，就現行建築法所列舉之建築主管機關管轄權可及範圍，以及內政部營建署「山坡地住宅社區安全檢查記錄表」建議處置措施，研提軟性防災演練、平時調查健檢及硬體工程減災策略等項建築防災管理對策，以下簡述各項建築防災管理對策適用時機與執行方式。

##### **4.1 中潛勢影響建築物**

建議加強山坡地社區與非集合住宅個別建築物周邊水土保持巡勘與監測，整體性安全評估頻率每年至少一次，整體性安全評估包含巡勘、監測（含必要地點鑽探及新設置監測儀器）等項，於每年汛期間（5~11月），應每月進行目視巡勘與監測值記讀，藉由巡勘與監測結果，研提適當建議處置措施。

##### **4.2 高潛勢影響建築物與有危害之虞者**

建議立即辦理山坡地社區與非集合住宅個別建築物周邊水土保持巡勘、監測與穩定分析，若確有安全疑慮區域，建議以工程方法實施減災，本計畫參考水土保持局（2008）「水土保持保育治理成效之定量評估及觀測計畫（1/3）」治理工程建議，建議因地制宜採組合法為之。若未有立即安全顧慮者，整體性安全評估頻率每年至少一次，整體性安全評估包含巡勘、監測（含必要地點鑽探及新設置監測儀器）、穩定分析、監測管理值研擬等項，且於每年汛期間（5~11月），應每月進行巡勘與監測值記讀，隨時注意社區易致災區域變化，研提適當處置措施與工程減災規劃。



1. 主題圖名稱 3. 1/25,000圖名 2. 1/25,000圖號



4. 主圖框

5. 可能受災之建築物圖例

7. 說明文字與相關參考資訊

6. 圖幅說明等相關資訊

<p><b>圖例 LEGEND</b></p> <p>可能受災建築物(影響因素)圖例</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高層勢高層型</li> <li>中層勢高層型</li> <li>高層勢低層型</li> <li>中層勢低層型</li> <li>土石流地質敏感區流動區</li> <li>土石流地質敏感區停滯區</li> <li>土石流地質敏感區高洪區</li> <li>斜坡潛動地質敏感區</li> <li>礫內陸地質敏感區(崩塌潛勢)</li> </ul>	<p><b>地質環境地質災害潛勢診斷方法說明</b></p> <p>本圖係根據「地質環境地質災害潛勢診斷及對策初擬」之研究結果，針對山坡地建築物之災害潛勢進行診斷，並根據診斷結果，將山坡地建築物之災害潛勢分為高、中、低三種潛勢等級。診斷方法如下：</p> <p>1. 資料蒐集：蒐集建築物之位置、高度、面積、用途、地質環境等資料。</p> <p>2. 潛勢診斷：根據建築物之位置、高度、面積、用途、地質環境等資料，進行潛勢診斷。</p> <p>3. 潛勢等級：根據潛勢診斷結果，將建築物之災害潛勢分為高、中、低三種潛勢等級。</p> <p>4. 對策初擬：根據建築物之災害潛勢等級，擬定初步對策。</p>	<p><b>對策初擬說明</b></p> <p>本圖係根據「地質環境地質災害潛勢診斷及對策初擬」之研究結果，針對山坡地建築物之災害潛勢進行診斷，並根據診斷結果，將山坡地建築物之災害潛勢分為高、中、低三種潛勢等級。對策初擬如下：</p> <p>1. 高層勢高層型：應採取加強基礎、增加結構強度等對策。</p> <p>2. 中層勢高層型：應採取加強基礎、增加結構強度等對策。</p> <p>3. 高層勢低層型：應採取加強基礎、增加結構強度等對策。</p> <p>4. 中層勢低層型：應採取加強基礎、增加結構強度等對策。</p> <p>5. 土石流地質敏感區流動區：應採取設置土石流防護設施、加強監測等對策。</p> <p>6. 土石流地質敏感區停滯區：應採取設置土石流防護設施、加強監測等對策。</p> <p>7. 土石流地質敏感區高洪區：應採取設置土石流防護設施、加強監測等對策。</p> <p>8. 斜坡潛動地質敏感區：應採取設置斜坡防護設施、加強監測等對策。</p> <p>9. 礫內陸地質敏感區(崩塌潛勢)：應採取設置崩塌防護設施、加強監測等對策。</p>	<p><b>圖幅使用說明</b></p> <p>本圖係根據「地質環境地質災害潛勢診斷及對策初擬」之研究結果，針對山坡地建築物之災害潛勢進行診斷，並根據診斷結果，將山坡地建築物之災害潛勢分為高、中、低三種潛勢等級。圖幅使用說明如下：</p> <p>1. 圖幅範圍：本圖幅之範圍為草嶺地區之山坡地建築物。</p> <p>2. 圖幅比例尺：本圖幅之比例尺為1/25,000。</p> <p>3. 圖幅圖號：本圖幅之圖號為9520-III-SE。</p> <p>4. 圖幅圖名：本圖幅之圖名為「草嶺地區地質環境地質災害潛勢診斷及對策初擬圖」。</p> <p>5. 圖幅圖例：本圖幅之圖例請參閱圖例。</p> <p>6. 圖幅說明：本圖幅之說明請參閱說明文字。</p> <p>7. 圖幅參考資訊：本圖幅之參考資訊請參閱相關參考資訊。</p>
---	--	--	---

圖 3 山坡地建築環境地質災害潛勢診斷及對策初擬圖-草嶺圖幅為例  
資料來源：本計畫。



## 五、結論

1. 本計畫係應用地調所 1/25,000 比例尺環境地質圖，套疊建築物空間分布圖，並參考國內外相關法規及研究，研擬廣域性山坡地建築安全性簡易評估技術，進行環境地質災害潛勢診斷與對策初擬，並將成果繪製成「山坡地建築環境地質災害潛勢診斷及對策初擬成果圖」，可協助中央與地方建築管理機關平常實施建築防災與防治對策時選擇優先防治地區之參考。
2. 本計畫針對落於環境地質敏感區之建築物，診斷不同環境地質災害危害程度，就現行建築法所列舉之建築主管機關管轄權可及範圍，初擬軟性防災演練、平時調查健檢及硬體工程減災策略等項建築防災管理對策。
3. 根據山坡地建築環境地質災害潛勢診斷結果，以地質災害低潛勢區影響建築物基地面積最多，101 圖幅範圍中各土地使用分區影響面積合計約佔總影響建築物基地面積的 56%，其次為中潛勢岩屑崩滑影響建築物，之後依序為高潛勢岩屑崩滑影響建築物、順向坡敏感區影響建築物（有坡趾切除者）、高潛勢落石影響建築物、土石流扇狀地影響建築物、土石流流動區影響建築物、中潛勢落石影響建築物、土石流堆積區影響建築物，最後為岩體滑動敏感區影響建築物。
4. 根據山坡地建築環境地質災害潛勢診斷結果，不同圖幅影響建築物面積結果中，以北部地區影響建築物面積總合較大，其中可能影響較大的圖幅計有：臺北市、八堵、基隆市、三重市、木柵、樹林、和平島、桃園市、新竹市、雙溪等圖幅，主要原因是都市開發密度較高所致。另按各縣市影響建築物面積結果可知，以北部地區數個縣市範圍影響建築物面積總合較大，其中以新北市為最高，其次為基隆市、臺北市、新竹縣、苗栗縣、桃園縣等北部區域縣市。
5. 於應用限制上，由於本計畫圖面之比例尺為 1/25,000，故不適於放大套疊於較大之比例尺下使用。對於特定目的之山坡地開發審議、安全評估或工程規劃設計上之應用等，應依相關法規與目的選擇適當之比例尺及精度從事進階之環境地質或工址調查工作。
6. 本計畫圖面產製屬區域性、大範圍（廣域）之建築物環境地質災害診斷結果。基本資料之獲取係藉由室內作業完成，環境地質災害係以地調所 91~95 年「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫」圖資為基礎，之後若有極端豪雨事件發生時，應參考更新版本之環境地質圖成果。

## 參考文獻

- 1.日本國土交通省砂防部 (2001),土砂災害防止法,日本國土交通省砂防部出版。
- 2.內政部建築研究所 (2007),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。
- 3.內政部建築研究所 (2008),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。
- 4.內政部建築研究所 (2009),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。
- 5.內政部建築研究所 (2010),山坡地社區環境災害管理地理資訊系統示範計畫,內政部建築研究所業務委託報告。
- 6.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,臺北市政府建設局委託報告。
- 7.工程委員會 (2003b),危險區公共建設規範制定之研究,財團法人臺灣營建研究院。
- 8.行政院農業委員會水土保持局 (2003),水土保持技術規範 (2003 公告修正),行政院農業委員會水土保持局。
- 9.行政院農委會水土保持局 (2008),水土保持保育治理成效之定量評估及觀測計畫 (1/3),行政院農委會水土保持局。
- 10.行政院農委會水土保持局 (2010),99 年莫拉克災區山坡地聚落安全調查,行政院農委會水土保持局。
- 11.何明錦、蔡光榮 (2004),GPS/GIS/RS 科技整合應用於大高雄都會區坡地社區環境潛勢災害防治技術之研究,內政部建築研究所委託研究報告。
- 12.杜岳峻 (2007),利用香港坡地管理技術探討臺灣山崩潛感特性之研究—以基隆、臺北為例,國立臺灣科技大學營建系碩士論文。
- 13.李咸亨 (1998),山坡地建築開發管理法規之探討,山坡地開發技術,財團法人臺灣營建研究院。
- 14.沈哲緯等人 (2011),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,第 73 期,第 87~108 頁。
- 15.林建宏 (2001),山坡地住宅社區防災風險管理機制建立之研究,內政部建築研究所研究報告。
- 16.林賢家 (2004),坡地社區安全維護工作之研究—以基隆市為例,國立臺灣海

洋大學河海工程學系碩士論文。

- 17.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 期增刊 (技術專刊)」，141~156 頁。
- 18.財團法人臺灣營建研究院 (2004)，臺北市山坡地土地可利用限度查定作業，臺北市政府建設局委託。
- 19.財團法人工業技術研究院 (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。
- 20.陳振華，潘國樑 (1985)，臺北市山坡地住宅區環境地質調查研究，工研院能源與礦業研究所報告 (第 229 號)，共 385 頁。
- 21.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，內政部建築研究所研究成果報告。
- 22.陳勉銘、魏正岳、費立沅 (2010)，國道 3 號順向坡滑動的地質解析，地質，第 29 卷，第 2 期，第 12-15 頁。
- 23.許逸祥 (2006)，GPS/GIS/RS 應用於大高雄坡地社區邊坡崩塌潛感區之評估與劃定，國立屏東科技大學土木工程研究所碩士論文。
- 24.經濟部中央地質調查所 (2002)，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 (1/5)，經濟部中央地質調查所委託。
- 25.經濟部中央地質調查所 (2002-2006)，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。
- 26.經濟部中央地質調查所 (2006)，環境地質與地質災害敏感區測繪作業準則，經濟部中央地質調查所。
- 27.經濟部中央地質調查所 (2008)，都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集及說明書，經濟部中央地質調查所委託。
- 28.經濟部中央地質調查所 (2010)，99 年莫拉克災區山坡地部落安全調查，行政院農業委員會水土保持局委託報告。
- 29.經濟部中央地質調查所 (2009)，地質敏感區劃定、變更及廢止辦法草案，經濟部中央地質調查所
30. A. Keith Turner, Robert L. Schuster, 1996, Landslides: investigation and mitigation, Transportation Research Board Special Report 247: 114.
- 31..C.K.L Wong, 1999, The New Priority Classification Systems for Slopes and

- Retaining Walls, GEO Report No. 68.
32. Cheng, C. T., Chiou, S. J., Lee, C. T. and Y. B. Tsai, "Study on Probability Seismic Hazard Maps of Taiwan after Chi-Chi Earthquake", *Journal of GeoEngineering*, Vol. 2, No.1, 19-28.
  33. Haeberlin Y. , Turberg P. , Retière A. , Senegas O. , Parriaux A., 2004. Validation of Spot-5 Satellite Imagery for Geological Hazard Identification and Risk Assessment for Landslides, Mud and Debris Flows in Matagalpa, Nicaragua, *Geo-Imagery Bridging Continents ISPRS Congress, Turkey*, 273.
  34. Hearn, G. J., 1995. Landslide and erosion hazard mapping at Ok Tedi Cooper Mine, *The Quarterly Journal of Engineering Geology*, 28, 47-60.
  35. Huete, A. R., 1988. Soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 259-309.
  36. Ives, J.D., and M.J. Bovis, 1978. Natural hazards maps for land-use planning, San Juan Mountains, Colorado, U.S.A, *Arctic and Alpine Research*, 10, 2, 185-212.
  37. Koukis, G. and Ziourkas, C.,1991. Slope Instability Phenomena in Greece: A Statistical Analysis, *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43, 47-60.
  38. Leica Geosystems GIS & Mapping, L., 2003a. *ERDAS Field Guide*™, 7thEdition., Atlanta, Georgia.
  39. Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer, 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
  40. Sidle, R. C., A.J. Pearce, C.L. O'Loughlin, 1985. *Hillslope stability and land use*, Water Resources Monograph, 11.
  41. Stevenson, P.C., 1977. An Empirical Method for the Evaluation of Relative Landslide Risk, *Int. Ass. Eng. Geol. Bull.*, 16, 69- 72.
  42. United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat 2009, "2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction".
  43. Zhao L., F. Y. Tan, W. Q. Quek, P. Chen, and S. C. Liew, 1997. Landuse Study of the Sentosa Island using SPOT images, *IEEE International*, 2, 963-965.