

地質敏感區 基地地質調查及地質安全評估手冊

現地調查
山崩與地滑部分

經濟部地質調查及礦業管理中心

中華民國 113 年 1 月

目錄

5.山崩與地滑地質敏感區基地地質調查及地質安全評估.....	4
5.1 山崩與地滑地質敏感區調查及評估目的.....	4
5.2 山崩與地滑地質敏感區現地調查.....	9
5.2.1 區域調查.....	9
5.2.1.1 環境資料蒐集.....	10
5.2.1.2 崩塌地形地貌判釋.....	12
5.2.2 區域調查地質圖.....	16
5.2.2.1 圖說規範.....	16
5.2.2.2 區域調查成果綜合研判.....	17
5.2.3 細部調查.....	20
5.2.3.1 地形分析.....	20
5.2.3.2 露頭調查.....	21
5.2.3.3 地貌與地表物勘查.....	23
5.2.3.4 地質鑽探.....	24
5.2.3.4.1 鑽孔配置原則與鑽探數量.....	24
5.2.3.4.2 鑽探深度.....	26
5.2.3.4.3 地質鑽探岩心柱狀圖與岩心照片.....	27
5.2.3.4.4 地下水位或水壓量測.....	30
5.2.3.4.5 土壤與岩石試驗.....	31
5.2.3.4.6 潛在滑動面研判.....	32
5.2.3.5 地球物理測勘(視需要選擇辦理項目).....	33
5.2.4 細部調查地質圖與地質剖面圖.....	34
5.2.4.1 圖說規範.....	34
5.2.4.2 細部調查成果分析.....	35
5.3 山崩與地滑地質敏感區基地地質安全評估.....	38
5.3.1 山崩或地滑發生潛勢及其對基地之影響.....	38

5.3.1.1 山崩或地滑發生潛勢評估.....	38
5.3.1.2 影響範圍評估.....	45
5.3.2 開發行為對邊坡穩定性之影響.....	49
5.3.3 處理對策.....	50
5.4 參考資料.....	51

5.山崩與地滑地質敏感區基地地質調查及地質安全評估

5.1 山崩與地滑地質敏感區調查及評估目的

- (1) 調查及評估之目的，為瞭解山崩與地滑地質敏感區發生坡地災害之可能性及影響範圍，研提防災對策以降低坡地災害造成之風險。
- (2) 基地地質調查原則應以現地調查方法為之。但如開發基地與山崩與地滑地質敏感區重疊部分，維持原地形地貌且不開發者，經確認既存地質資料及現場實地查核足以評估地質安全者，得以現有資料檢核方法為之。
- (3) 現地調查分為區域調查及細部調查，區域調查的目的為評估山崩與地滑地質敏感區之山崩類型，並瞭解基地及其相鄰地質敏感區之環境狀況與崩塌徵兆；細部調查的目的為瞭解基地與地質敏感區重疊部分之地表與地下地質特性，以確認山崩與地滑地質敏感區之穩定性。區域調查範圍應涵蓋細部調查範圍，且區域調查之結果應做為細部調查規劃之參考基礎。
- (4) 基地地質安全評估包含兩部分，第一部分為評估山崩與地滑地質敏感區發生崩塌之潛勢及其對基地之影響；第二部分為評估開發行為對基地及山崩與地滑地質敏感區之邊坡穩定性的影響。其目的係基於現地調查成果，評估山崩與地滑地質敏感區於開發擾動前及開發擾動後之坡地穩定性，以及對基地安全的影響。

【說明】

1. 本節根據作業準則第 2 條、第 16 條以及第 19 條編纂。
2. 目前所公告的山崩與地滑地質敏感區，即依據地質敏感區審議會民國 103 年 3 月 27 日第 9 次會議決議（經地字第 10302604810 號）所示，山崩與地滑地質敏感區目前階段之劃定原則，以「歷史山崩與地滑區」代表曾經發生土石崩塌的區域；以「順向坡」代表有山崩或地滑發生條件的區域。至於周圍受山崩或地滑影響範圍，則以前述兩類區域外擴 5 公尺環域範圍，做為現階段通則性的劃定原則，並經委員討論同意，依法劃定為山崩與地滑地質敏感區。其中順向坡之定義為「凡坡面與層面、坡面與劈理面之走向交角不超過 20 度，且傾向一致者」。山崩與地滑地質敏感區劃定計畫書參考之各項地質資料，主要以經濟部地質調查及礦業管理中心過去所累積建置的環境地質資料庫為基礎。
3. 山崩與地滑地質敏感區屬於防災類地質敏感區，山崩類型主要包括落石、岩屑崩滑與岩體滑動(表 5-1)。落石指岩塊或岩體自陡峻岩壁上分離後，以自由落體、滾動或彈跳等方式快速向下移動，例如民國 102 年基隆北寧路落石事件。岩屑崩滑是臺灣山區最常見的山崩型態，在豪雨或地震

後，鬆軟破碎之地質材料經常發生之崩落或滑動，例如民國 99 年梅姬颱風蘇花公路沿線多起的岩屑崩滑事件。岩體滑動屬於規模較大、滑動深度較深的山崩，滑動深度常深入岩層內，初期通常為移動速度緩慢的潛變，較不易直接察覺；若深入調查，可觀測到邊坡位移之量測證據及邊坡開裂之地形特徵，例如南投縣廬山地區之塔羅灣溪右岸。若岩體沿著滑動面崩塌，可造成大規模岩體快速滑動並釀成災害，例如民國 86 年林肯大郡順向坡滑動事件、民國 99 年國道 3 號 3.1K 順向坡滑動事件。

4. 山崩與地滑地質敏感區現有資料檢核重點，應蒐集可協助評估基地及其相鄰地質敏感區坡地穩定性之地形、地質及環境圖資，檢核在維持原地形地貌且不開發的條件下，山崩與地滑地質敏感區邊坡的穩定情形。
5. 山崩與地滑地質敏感區現地調查重點，區域調查成果應能評估山崩與地滑地質敏感區之崩塌類型及坡地穩定概況，並作為細部調查計畫研擬之基準。細部調查成果應能進一步確認山崩與地滑地質敏感區之坡地穩定性及對基地之影響性，並提供相關工程地質參數以評估開發行為對基地與地質敏感區邊坡穩定之影響，研擬防災對策以降低坡地災害造成之風險。
6. 現地調查之工作流程如圖 5-1 所示，現地調查整體工作架構如表 5-2 所示。

表 5-1 山崩之類別(費立沅，2009)

	落石	岩體滑動	岩屑崩滑
定義	落石指岩塊或岩體自陡峭岩壁上分離後，以自由落體、滾動或彈跳等方式快速向下移動之現象。	屬於規模較大、滑動面深度較深的山崩，滑動面常深入岩層內。在地表多可觀察到各種明顯的山崩現象。	為土壤、崩積層、煤渣堆積、棄填土以及其他鬆軟破碎之地質材料等發生之崩落或滑動現象。
說明	落石發生之條件除了陡峭之地形外，尚包括岩體之性質，如富含節理之堅硬岩層所形成之陡峭崖坡，有利於落石之發生。堅硬岩層係指岩體強度分級歸屬在 I、II、III、IV 類(圖 5-8)的岩體。落石災害常見於基隆及臺北地區之坡地。	滑動面深、滑動體具有較大的厚度與規模之山崩。範圍較大者，可達數十公頃以上；滑動體仍多能保持岩體之完整性。岩體滑動依移動方式，可分為平面型、圓弧型或複合型。在臺灣，大規模的岩體滑動多係由順向坡產生的平面型滑動，如草嶺及九份二山之山崩。	其移動方式在陡坡地為崩落；在緩坡地則為滑動。在坡度較陡的山坡發生者，多因豪雨或地震作用而誘發。豪雨會造成土體之飽和含水，有時甚至會因過多的含水而轉化為土石流災害。岩屑崩滑後之裸露坡面常呈細長條狀，而崩滑下來之土石則多堆積於崩崖趾部或坡腳處。
判釋條件	分析落石之地形坡度以 55° 以上之坡地為門檻，係考慮塊狀或厚層狀堅硬岩層構成之陡峭崩崖，且具以下特徵一項以上者： (a) 崩崖面裸露或植被稀疏。 (b) 坡腳有崖錐堆積。 (c) 岩體之不連續面密集。 (d) 有不利位態之節理或在坡面存在突石或危石。 (e) 有落石發生歷史紀錄者。	在航照判釋時，可觀察到部分標準山崩地貌的特徵，滑動面積常在 1 公頃以上；如趾部緊鄰河道時，常呈異常彎曲的現象。 野外調查時，在崩崖下方存在下陷之窪地或濕地；坡趾可能有大量土石堆積或隆起；若在順向坡分布區，地表有平面滑動痕跡，坡頂具殘留之岩塊。	航照判釋呈現長條形或其它不規則形狀之裸露區域；植生之色調較淡或與周圍植生不協調者；坡面有時呈現凹槽狀。 地形坡度平均在 55° 以下的地區，且在野外調查時，具有下列條件之一者： (a) 具新鮮崩崖面或標準崩塌之部分地貌特徵。 (b) 移動物質屬於風化岩屑、土壤或崩積層。 (c) 坡面具山崩的凹槽狀，植生種類有異於未發生山崩的區域。

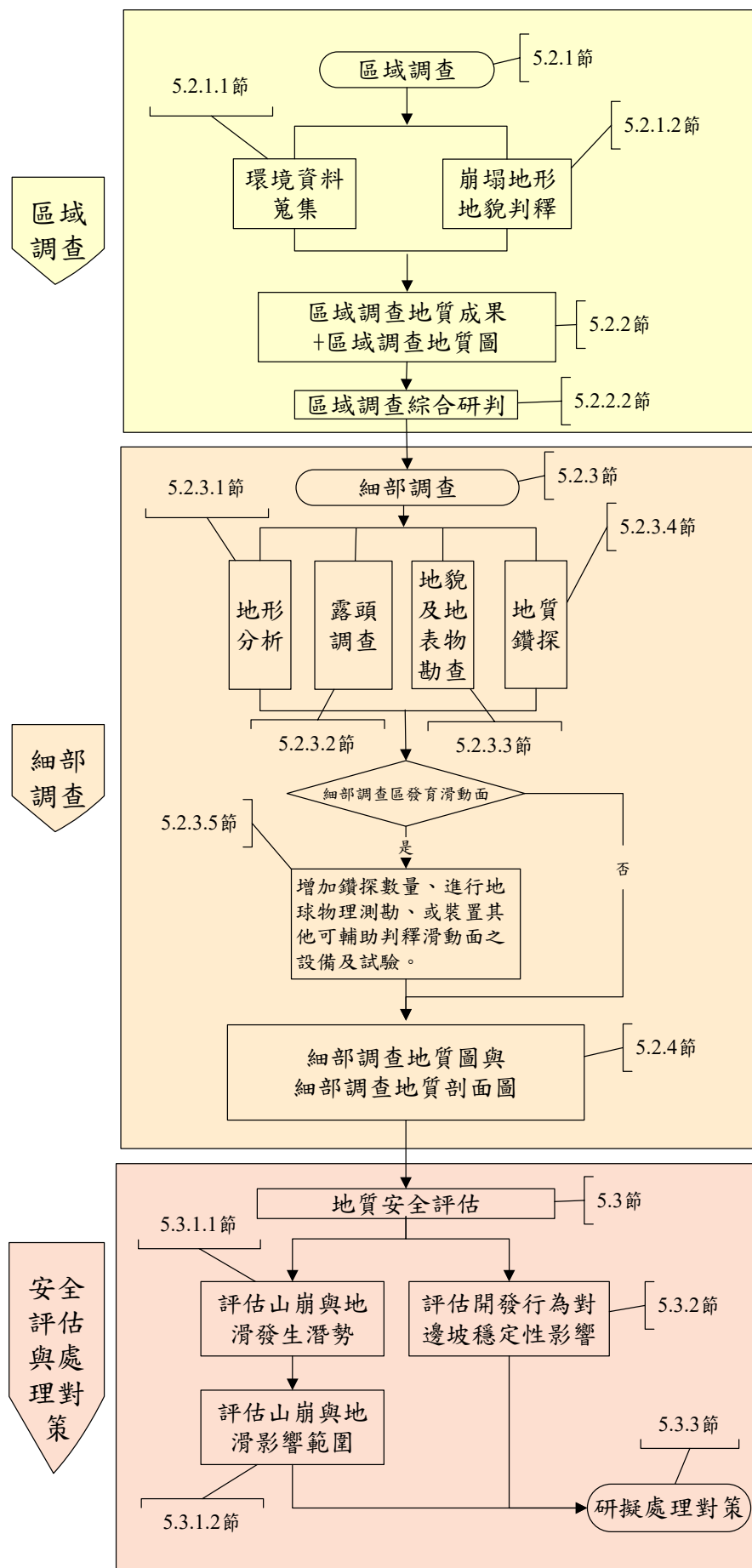


圖 5-1 現地調查及地質安全評估作業流程圖

表 5-2 現地調查整體工作架構表

調查範圍	調查進程	調查方法	調查項目	輸出成果
區域調查	資料調查	環境資料蒐集	坡地災害歷史、地形圖、區域地質圖、環境地質圖、降雨資料	區域調查地質圖
		崩塌地形地貌判釋	崩塌特徵地形、植生狀況、山崩與地滑徵兆、不穩定土體或岩體	
細部調查	地表地質調查	露頭調查	地層及地質弱面之位態、土岩材料之特性、岩層、弱面及地質構造之延伸及分布	細部調查地質圖 地質剖面圖 地質鑽探岩心柱狀圖 岩心照片
		地貌及地表物勘查	地表滲水與積水窪地、地形與地表物之變形或位移現象	
	地下地質調查	地質鑽探	地質材料之岩性及厚度、土岩界面、固結或風化程度、產狀及鏽染狀況、不連續面或地質弱面之位置及特性	
		地球物理探勘	地電阻法：地下岩性、地質構造及水文條件 震測法：地層、構造分布或地質弱面位置	
		土壤與岩石試驗	邊坡穩定分析所需土壤力學參數及岩石力學參數	土壤力學參數、岩石力學參數

5.2 山崩與地滑地質敏感區現地調查

5.2.1 區域調查

- (1) 區域調查範圍，為基地全部及相鄰之山崩與地滑地質敏感區範圍。
- (2) 區域調查包括環境資料蒐集與崩塌地形地貌判釋兩部分。
- (3) 利用航空照片、衛星影像、數值地形或地形圖資判讀者，應依現地狀況查核判讀結果。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 3 條第 1 項第 1 款及第 16 條第 1 款編纂，區域調查主要目的為以資料蒐集與判釋方式，瞭解基地全部與相鄰之山崩與地滑地質敏感區範圍有關之環境狀況與地質特性，以評估可能山崩類型及坡地穩定情形，並做為細部調查計畫研擬與參考的基準。
2. 區域調查範圍之界定主要應包括基地全部及相鄰之山崩與地滑地質敏感區，如圖 5-2 及圖 5-3。
3. 若考慮山崩與地滑地質敏感區有擴大之趨勢，亦可以基地及山崩與地滑地質敏感區所在邊坡單元為區域調查範圍。
4. 區域調查地質圖出圖範圍應盡量清楚呈現區域調查範圍。

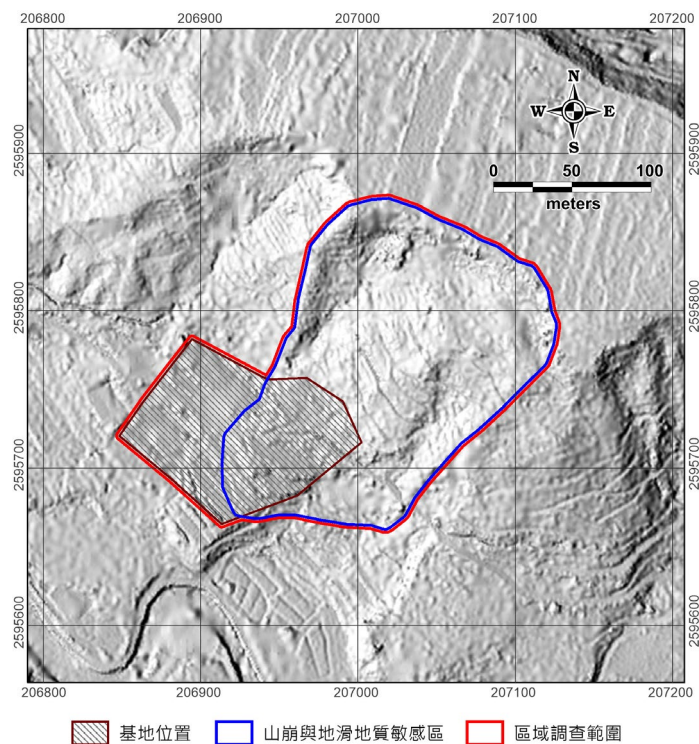


圖 5-2 區域調查範圍範例一

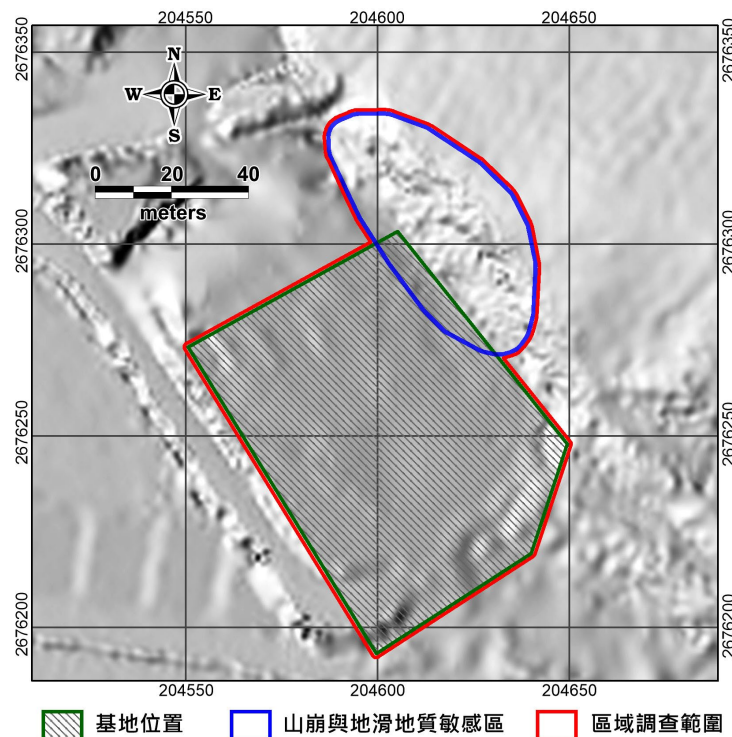


圖 5-3 區域調查範圍範例二

5.2.1.1 環境資料蒐集

- (1) 環境資料蒐集項目包括：坡地災害歷史、地形、順向坡、地層分布、地質構造、植生狀況、水系與蝕溝分布及降雨紀錄。
- (2) 坡地災害歷史：蒐集山崩與地滑地質敏感區曾發生過的坡地災害及崩塌類型。
- (3) 地形：由具地形資訊的圖資，瞭解山崩與地滑地質敏感區之坡度、坡向、坡高及坡地種類等基本地形資訊及區域調查範圍之地形概況。
- (4) 順向坡分布：蒐集區域調查範圍內順向坡之位置、範圍及其與開發基地間的空間關係。
- (5) 地層分布：蒐集區域調查範圍內之地層分布情形，地層資訊應包括地層種類、地層分布、地層位態、地層厚度、與上下地層接觸關係等。
- (6) 地質構造：蒐集區域調查範圍之地質構造，包括斷層、褶皺以及所有地形上之線型構造等。
- (7) 水系與蝕溝分布：蒐集區域調查範圍水系與蝕溝資訊，瞭解基地與水系或蝕溝的空間關係及可能影響，例如基地是否位於溪流的攻擊岸、蝕溝與基地之間的距離等。
- (8) 降雨紀錄：蒐集位於區域調查範圍內或是鄰近地區之交通部中央氣象署與經濟部水利署氣象站或其他氣象觀測站等之歷年降雨資料如全年平均降雨量、月平均降雨量等，以及暴雨事件之降雨強度、最大 24 小時累積雨量及總雨量等。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 16 條第 1 項第 1 款第 1 目編纂，以既有資料之蒐集與查詢為主，其目的係初步瞭解區域調查範圍的環境地質特性，瞭解山崩與地滑地質敏感區之崩塌類型，做為後續規劃細部調查方向及評估山崩與地滑地質敏感區穩定性之參考。
2. 山崩與地滑地質敏感區之坡地災害歷史蒐集：蒐集相關災害文獻、新聞報導，查閱經濟部地質調查及礦業管理中心出版品「都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集及說明書」，或查詢經濟部地質調查及礦業管理中心山崩地質資訊雲端服務平臺等(查詢平臺詳通則表 1-4)，彙整山崩與地滑地質敏感區之坡地災害歷史，由坡地災害歷史可研判崩塌型態、崩塌規模及影響程度等資訊，以進一步規劃區域調查及細部調查之重點調查方向。
3. 既有資料若無坡地災害紀錄，應增加判釋近年之遙測影像，以確認山崩與地滑地質敏感區近年並不曾發生過崩塌。
4. 地形描述：蒐集可供判釋地形資訊的圖資(通則表 1-1)，取得山崩與地滑地質敏感區之基礎地形特徵，包含高程、坡度、坡向、坡高、坡地類型等；以及區域調查範圍之地形定性描述，例如丘陵區、階地或台地等。
5. 地形資料蒐集可分原始地形與現況地形，經由蒐集多年期地形圖，觀察基地及山崩與地滑地質敏感區在地形上是否有明顯變化，以推測是否經歷崩塌的狀況。
6. 坡地種類：坡地種類參考水土保持技術規範第 31 條之內容，依坡面與岩層不連續面之位態關係，定義順向坡、逆向坡及斜交坡。
7. 順向坡：主要參考水土保持技術規範第 31 條之內容，指「凡坡面與層面（適用於沉積岩區與變質岩區）、劈理面或片理面（此兩者適用於變質岩區）之走向大致平行（或兩面走向之交角在 20 度以內），且坡面傾向與層面、劈理面或片理面傾向一致者」。
8. 順向坡分布：蒐集政府單位公布之順向坡資料(通則表 1-1)，瞭解區域調查範圍內順向坡之分布狀況，並於區域調查地質圖中標示順向坡塊體的位置與範圍，描述順向坡與開發基地間的空間關係，以研判是否有威脅開發基地安全之可能性。
9. 地層分布：彙整相關地質資料，瞭解區域調查範圍出露之地層及其分布範圍。應瞭解本區岩層之性質，包括岩層之岩性、岩層位態及岩層厚度等，並進一步瞭解特定地層岩性之易致崩性。配合細部調查時，可進一步探討不同岩性之分布及接觸情形、區域地層位態是否受山崩或地滑擾動，以綜合研判是否有不利邊坡穩定之地質條件。

- 10.地質構造：蒐集可提供地質構造資訊的圖資，例如：經濟部地質調查及礦業管理中心出版之地質圖幅、主題地質圖(如活動斷層條帶地質圖)及查詢相關網路平臺(通則表 1-2)，瞭解區域調查範圍之地質構造分布，如斷層、褶皺或地形上之線型構造等。地質構造複雜區域可能會造成岩層較為破碎，較容易形成不穩定的土體或岩體，應探討地質構造是否導致邊坡之變形行為及易崩情形。
- 11.水系與蝕溝分布：蒐集可判讀水系與蝕溝資訊的圖資，如地形圖或遙測影像，以瞭解水系及蝕溝之分布情形。應將水系與蝕溝繪製於區域調查地質圖中，並以圖例明確表達。若有威脅基地或地質敏感區坡地穩定性之蝕溝發育，可進一步辦理水系與蝕溝之現地調查。
- 12.水系與蝕溝觀察重點：蝕溝的形成與地表逕流下切作用有關，在旱季少雨時期，蝕溝常呈小流量或乾涸狀態，侵蝕作用趨緩；然而在颱風或豪雨等降雨期間，地表逕流大量增加，蝕溝加劇向下侵蝕、側向侵蝕與向源侵蝕作用，使得蝕溝擴大並向上發育。蝕溝的發育會誘發更大面積的坡地崩塌與土砂運移，造成該地區地質更為不穩定。瞭解基地是否位於溪流的攻擊岸、蝕溝與基地之間的距離、地質敏感區邊坡蝕溝是否有向源侵蝕或雙溝同源等現象，可以瞭解是否有影響坡地穩定與基地安全的潛在威脅。
- 13.降雨紀錄：雨量資料可向交通部中央氣象署與經濟部水利署查詢，原則上選擇一處具代表性的雨量測站，若區域調查範圍內已有雨量測站則採該站資料；若無，則選取鄰近雨量測站。降雨資料建議以 10 年以上為佳，若未達 10 年者，以設站起迄時間統計，再輔以鄰近其他 10 年以上測站資料做為參考。選取鄰近測站的原則，除了距離儘可能接近之外，降雨特性也應儘量類似。應特別著重暴雨事件之降雨紀錄的蒐集，可以瞭解區域調查範圍內可能引致山崩或地滑之降雨量大小，有助於後續進行坡地安全評估之用。

5.2.1.2 崩塌地形地貌判釋

- (1)崩塌地形地貌判釋項目包括：崩塌特徵地形、植生狀況、山崩與地滑徵兆及不穩定土體或岩體。
- (2)崩塌特徵地形：判釋崩塌地發育過程中所發展之細微地形特徵，如崩崖、裂縫、遷急線、堆積區、坡趾隆起、新月型冠部、多重山脊或豬背脊、單斜脊、獨立平行坡面等。
- (3)植生狀況：判釋植生覆蓋狀況及植生差異情形。

- (4) 山崩與地滑徵兆：判釋遙測影像，瞭解區域調查範圍內是否存在落石、岩屑崩滑、岩體滑動等山崩與地滑潛勢與徵兆，並至現地勘查是否具崩崖、張力裂縫、樹木傾倒等或道路、擋土牆及構造物是否有變形或破壞等情形。
- (5) 不穩定土體之分布：蒐集區域調查範圍內是否存在落石、土壤、崩積層、煤渣堆積、棄填土以及其他鬆軟破碎之地質材料等不穩定土體與其分布狀況，及其與開發基地間的空間關係。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 16 條第 1 項第 1 款第 2 目編纂，其目的係瞭解區域調查範圍與崩塌地發育相關之地形及地貌徵兆，以做為評估山崩與地滑地質敏感區之坡地穩定，以及是否會危害到基地安全之依據。
2. 崩塌特徵地形判釋：以遙測影像、地形等高線或數值地形日照陰影圖等，判釋區域調查範圍內是否具有崩崖、裂縫、遷急線、堆積區、坡趾隆起、新月型冠部、多重山脊或豬背脊、單斜脊、獨立平行坡面等地形特徵。判釋成果應繪製於區域調查地質圖中，以提供評估山崩類型及山崩與地滑發生潛勢之用。
3. 空拍機之機動性高，適用於小區域調查，能輕易到達人力無法抵達之處，以最佳角度取得地形地貌資訊，可快速掌握山崩與地滑地質敏感區全貌現況，是進行崩塌地形地貌判釋一項有力的工具。
4. 植生狀況判釋：判釋近期遙測影像，說明植生覆蓋狀況及是否具有植生差異情形。
5. 山崩與地滑徵兆判釋：判釋遙測影像以瞭解區域調查範圍內是否存在裸露崖坡、坡面崎嶇凌亂、坡腳崖錐堆積、向源侵蝕、指溝侵蝕、雙溝同源、坡腳侵蝕、坡間或坡頂裂隙等山崩與地滑地貌徵兆。
6. 山崩與地滑徵兆現地勘查：現地勘查潛在崩塌行為之地表變形現象，如張力裂縫、崩崖、道路張裂沉陷、擋土牆或人工結構物破壞或外推變形等現象，如圖 5-4。在區域調查時應多加注意與記錄，評估地表變形可能涵蓋的範圍。亦可觀察林木生長混亂或彎曲現象，可能暗示有淺層滑移的狀況；植生差異及崩塌地拓殖優勢植生，如白匏仔、五節芒、臺灣山桂花、山黃麻、野牡丹及山胡椒等，可藉以研判否存在舊崩塌地以及推估舊崩塌地的面積、形狀、特徵等。
7. 山崩與地滑徵兆現地訪談：訪談當地居民可以得到一些現地勘查可能遺漏的跡象，居民長期生活在當地，會注意到生活中許多現象，例如水溝一直裂、馬路經常修、隱密的坡面滲水處，或者是已經整地後的小規模崩坍。
8. 不穩定土體或岩體之分布：彙整相關資料或判釋遙測影像，瞭解區域

調查範圍內是否存在不穩定土體及其分布狀況。不穩定土體包括：落石、崩積層、崖錐堆積、煤渣堆積、廢棄煤坑、棄填土等。於合適的影像或底圖上標示並圈繪可能為不穩定土體之範圍，後續並安排實地勘查確認之。

9. 區域調查範圍之現地勘查，仍應盡量量測露頭，並判斷位態變化是否符合區域位態，並將量測成果標示於區域調查地質圖上。
10. 進行現地勘查之項目如山崩與地滑徵兆及不穩定土體，應拍攝清晰照片，並於報告或照片下方說明觀察重點，拍攝地點應標註於區域調查地質圖中，拍攝方向可以文字標示於照片下方圖說或直接標示於各照片角落，如圖 5-4。
11. 以遙測影像研判落石為例，如圖 5-5 所示，落石區的崖面因坡度陡峭，故陰影特徵明顯，陡崖下方常可判釋出坡度變緩且呈錐形之堆積地形面。



圖 5-4 常見的地表變形現象，係潛在山崩與地滑之徵兆。左上：小崩崖與樹木傾倒；右上：崩崖；左下：張力裂縫發育漸造成道路陷落；右下：擋土牆破壞外推。

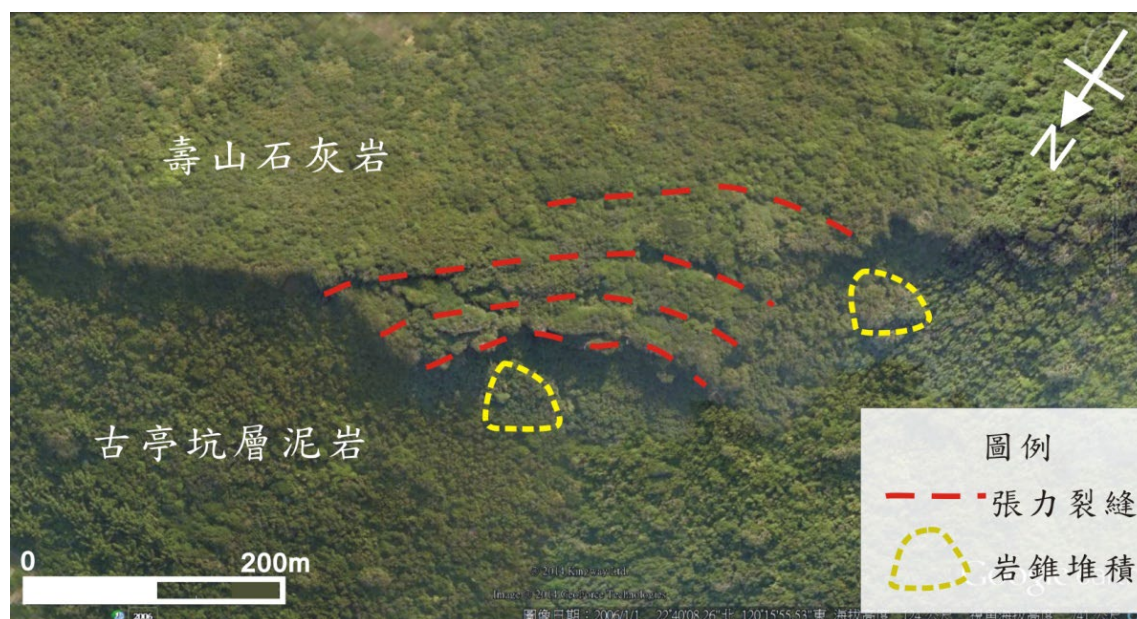


圖 5-5 落石判釋範例(以高雄柴山地區為例，影像來源：Google Earth)

12. 山崩與地滑地質敏感區之坡地災害歷史資料不足者，可利用近年之航空照片、衛星影像、經建版等高線地形圖、雷達影像、數值地形、Google Earth 等進行判釋，並配合圖資判讀結果輔以文字說明。
13. 由坡地災害歷史判釋可瞭解土地使用與崩塌之時空關係，以嘉義縣番路鄉坡地為例，如圖 5-6，蒐集 2003 年、2007 年以及 2010 年正射影像進行比對，可發現 2003 年的農墾區位於一處小支流上游，2007 年農墾區擴大，2010 年形成自稜線到河谷的大面積崩塌區，高約 700 公尺，寬約 220 公尺，原有農墾區已成為山崩區塊的一部分。此外，在較下游之支流也形成一高約 400 公尺的三角區塊崩塌地，經現地查訪確認本例，2010 年的 2 處崩塌地皆由 2009 年 8 月莫拉克風災所致。
14. 遙測影像判釋圖應列圖例、坐標、比例尺、拍攝日期等，如圖 5-6。

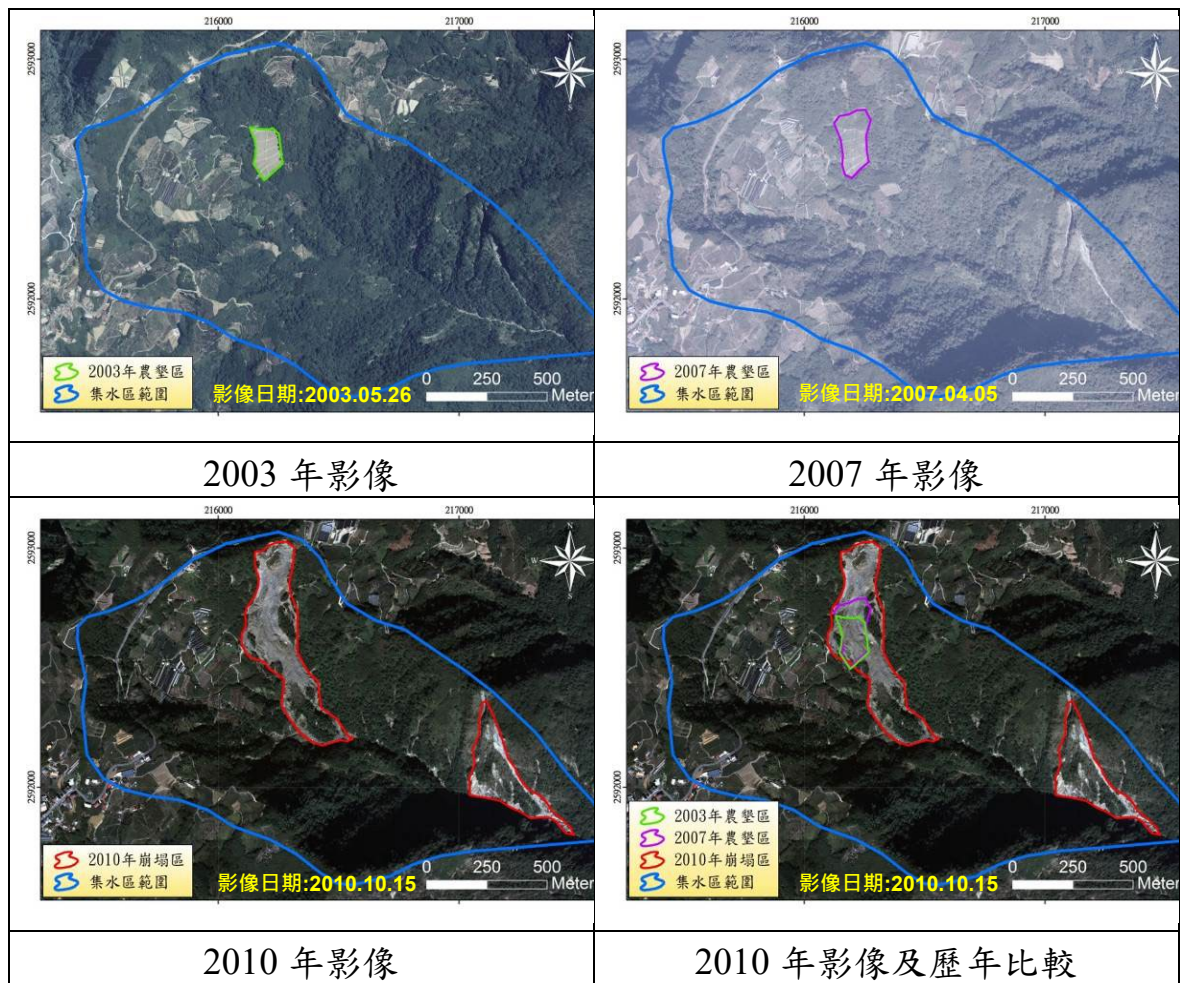


圖 5-6 坡地災害歷史判釋結果 (以嘉義縣番路鄉坡地為例)

5.2.2 區域調查地質圖

區域調查地質圖應整合區域調查結果，呈現山崩與地滑地質敏感區之環境地質要素，建立區域調查範圍之環境地質模型。

5.2.2.1 圖說規範

- (1) 區域調查地質圖應於圖面上標示地形、水系或蝕溝、順向坡、歷史山崩、遙測影像判釋成果(山崩與地滑徵兆、不穩定土體或岩體)、現地調查照片位置、地層、地質構造、坡地環境地質、基地與其所在地質敏感區範圍、細部調查鑽探孔位及剖面位置等，並附上相關圖說及採用之坐標系統。
- (2) 區域調查地質圖之比例尺不得小於五萬分之一。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 18 條第 1 款編纂。
2. 圖面內容：包含基本地質狀況(例如地層分布、地質構造)以及地表的地

- 形、水系、蝕溝、順向坡塊體、歷史山崩、山崩或地滑徵兆之塊體，以及不穩定土體或岩體之範圍，呈現區域調查範圍的環境地質情形，各項要素應以圖例明確表達，如圖 5-7。
3. 亦應標示地質鑽探配置點（以「符合地質法要求規格之鑽探資料」及其他「有助個案評估判釋之鑽探資料」為原則）與地質剖面線位置或輔以地球物理測勘配置等，以瞭解細部調查之規劃。
 4. 地形呈現：以等高線形式呈現，視圖紙大小與圖面比例採用合宜之等高線間距，等高線應註明高程值。可採用比例尺二萬五千分之一經建版地形圖或五千分之一之像片基本圖為底圖，並應標示地形圖之製圖年份。
 5. 坡地環境地質單元圈繪：應將歷史山崩或地滑範圍(宜註明現況為擴大、維持或復育縮小)、順向坡塊體、具山崩或地滑徵兆之塊體，以及不穩定土體或岩體之範圍等圈繪於區域調查地質圖中。
 6. 地層界線與地質構造：建議以經濟部地質調查及礦業管理中心之地質圖幅資料內容為基礎進行比對或修正。
 7. 鑽探孔位標示：應於圖面清楚標示鑽孔所在點位，並在孔位旁加上孔號。
 8. 剖面位置標示：應以能呈現鑽孔、地形與地層資訊或可能滑動面為原則，繪製剖面線時以實線表示，並賦予編號。
 9. 現地勘查拍照點標示：應於圖面標示拍照地點，並以圖標指示拍照方向。
 10. 比例尺：不得小於五萬分之一，係考量經濟部地質調查及礦業管理中心出版相關圖資之最小精度。
 11. 圖面配置：區域調查地質圖面應能完整且清晰呈現區域調查範圍，或所涉及之完整地質敏感區範圍的圖面比例為原則。圖面應有指北標誌、比例尺、XY 坐標線與坐標值、坐標系統說明及圖例，文字尺寸與圖紙大小以同時兼顧易於閱讀與收納方便為原則，A1~A4 皆屬合宜尺寸。

5.2.2.2 區域調查成果綜合研判

- (1) 說明山崩與地滑地質敏感區之崩塌類型及影響坡地穩定之因子。
- (2) 說明區域調查綜合研判結果以提供細部調查規劃之重點內容。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 3 條第 1 項第 2 款編纂，細部調查之進行，應基於區域地質資料辦理細部調查規劃，故應綜整區域調查成果，敘明並評估山崩與地滑地質敏感區之崩塌類型以及可能影響基地安全之山崩與地滑危險因子，提出進行細部調查之規劃及山崩或地滑發生潛勢之評估方式。

2. 應由坡地災害歷史及崩塌地形地貌判釋成果，釐清山崩與地滑地質敏感區之山崩類型，可參考表 5-1 之說明及判釋條件。
3. 應綜合說明山崩與地滑地質敏感區之規模、空間位置、地表狀況、細部調查重點及對基地之可能影響。
4. 基地及相鄰之山崩與地滑地質敏感區邊坡若為順向坡，應於細部調查加強地質弱面、層間泥層、不透水層位置及坡腳狀況等之調查，而山崩或地滑發生潛勢評估可規劃平面型邊坡穩定分析。
5. 基地及相鄰之山崩與地滑地質敏感區邊坡若有岩體滑動之地形及地貌徵兆，應於細部調查加強地形與構造物變形或位移現象或地表滲水與積水窪地之調查，提供詳盡之地表調查成果，以利初步推估滑動體位置，規劃合適之地質鑽探配置，以利於潛在滑動面研判。
6. 基地及相鄰之山崩與地滑地質敏感區邊坡若屬落石型崩塌，應於細部調查加強地表節理及裂隙調查。
7. 基地及相鄰之山崩與地滑地質敏感區邊坡若屬岩屑崩滑型崩塌，應於細部調查加強現地地形坡度、岩體強度、崩積層厚度及地表滲水等調查。

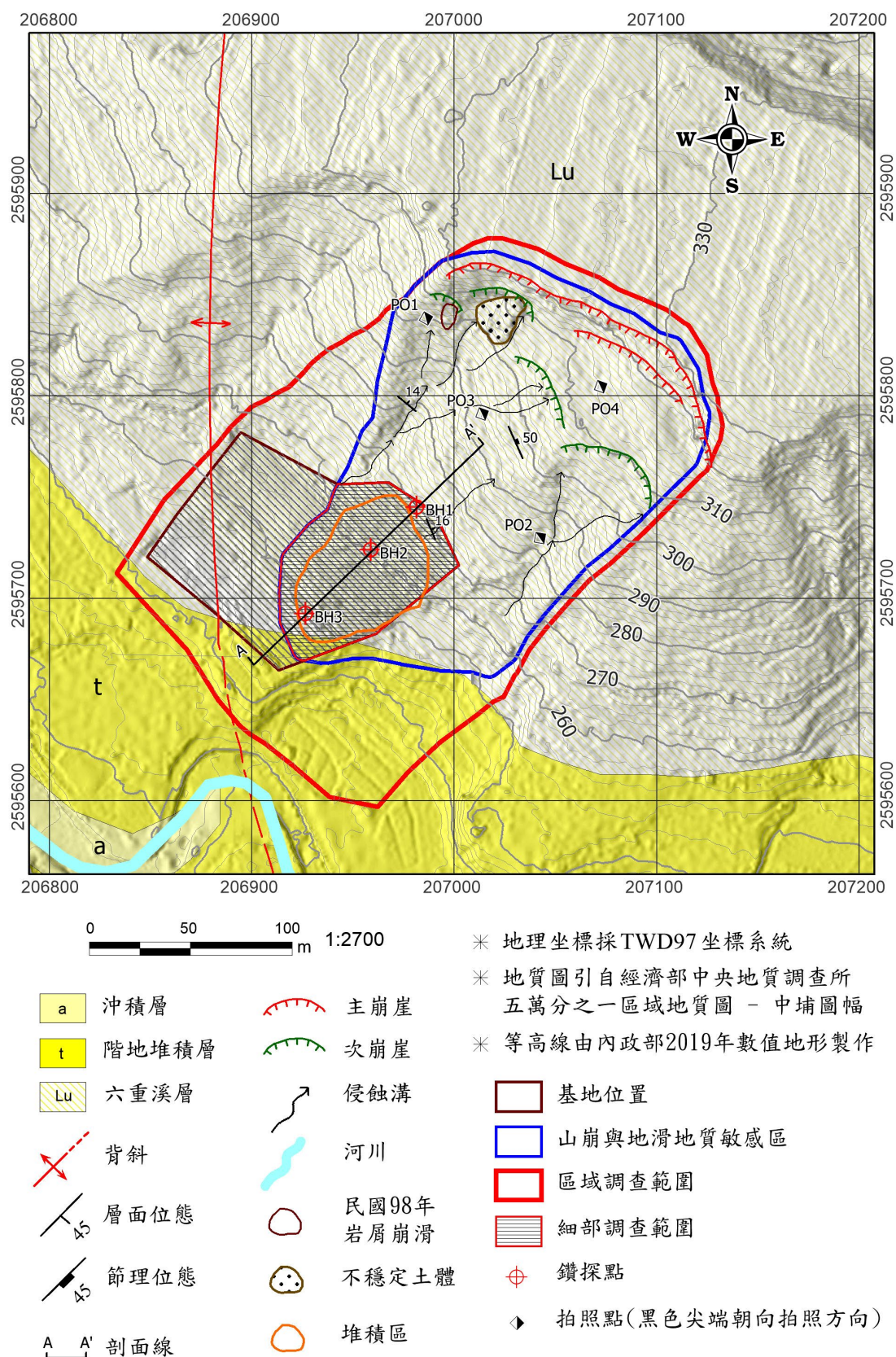


圖 5-7 區域調查地質圖例圖(本圖僅供圖面配置參考用)

5.2.3 細部調查

- (1)細部調查係指基地與地質敏感區重疊部分。
- (2)細部調查項目包括地形分析、露頭調查、地貌及構造物勘查及地質鑽探，如有滑動面發育，視需要輔以地球物理測勘方式，以調查滑動面之形貌。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 16 條第 2 款編纂，其目的係利用各項細部調查之結果，進行基地地質安全評估，並可用以建議開發設計時應注意之工程地質特性，降低發生地質災害之風險。
2. 區域調查階段之崩塌地形及地貌判釋結果，應依現地狀況於細部調查階段進行複核作業，以確認崩塌地現況、山崩地滑徵兆或復育整治情形。
3. 各項細部調查所得之結果及參數，可用於地質剖面圖或坡地穩定性分析，例如以地形高程和坡度、坡向建立坡地幾何模型；不連續面特性可建立岩體破裂特性與研判可能之崩塌機制；土壤或岩石試驗結果可做為土壤與岩石力學基礎參數；而地下水位或水壓和地面水互動情形可建立水文地質模型等。

5.2.3.1 地形分析

地形分析為利用現地量測地形圖或既有高精度地形圖之等高線，計算細部調查範圍之坡度、坡向及坡高等地形資訊。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 16 條第 2 款第 1 目編纂，其目的係取得細部調查範圍之坡度、坡向及坡高等地形資訊，做為評估坡地穩定之參數及推估坡地可能之滑動方向。
2. 坡度計算方式可參考水土保持技術規範第 25 條辦理，坡向計算方式可參考水土保持技術規範第 26 條辦理。另可利用其他地理資訊系統進行分析。
3. 使用既有地形圖資計算坡度者，應說明所採用地形圖資之精度，以細部調查地質圖之比例尺要求，最好採用高精度數值地形。

5.2.3.2 露頭調查

- (1) 露頭調查項目包括：量測地層及地質弱面之位態、記錄土岩材料特性、調查岩層、弱面及地質構造之延伸及分布。
- (2) 量測地層及地質弱面之位態：量測並記錄岩體露頭所出現不連續面之走向與傾角。
- (3) 記錄土岩材料特性：紀錄地層之顏色、岩性、厚度、次層（或夾層）之岩性與厚度、岩性組合、砂泥比、顆粒度大小、風化程度及崩積物組成等。
- (4) 調查岩層、弱面及地質構造之延伸及分布：追蹤岩層、弱面及地質構造的延伸；調查並記錄不連續面特性之分布密度、開口密合程度、有無填充物等；利用露頭岩體的變形或擦痕等，研判地質弱面可能的滑動方向。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 16 條第 2 款第 2 目編纂，主要工作為細部調查範圍之地層及地質弱面位態量測、土岩材料之紀錄及描述、岩層、弱面及地質構造延伸及分布之調查，以做為地下地質調查規劃之參考。
2. 應使用傾斜儀、地質羅盤或其它量測工具，量測細部調查範圍內之岩體露頭，紀錄層面、節理面、劈理面及斷層面等不連續面之走向與傾角。
3. 岩性組合意指依野外測繪與觀察，將不同岩性之岩體，依主要岩性與次要岩性之比例，將岩體分成不同岩性組合，如砂岩偶夾頁岩、砂岩與頁岩互層等，以顯示岩體之層面接觸特性。
4. 一處露頭中，可能同時存在數種不同的不連續面，例如在板岩中，通常會同時存在層面、劈理面與節理面；而若在沉積岩中則可能會同時存在層理面與節理面。調查者應將露頭每一種弱面分別清楚記錄之。以圖 5-8 為例，該露頭中同時存在節理面(應力造成岩石破裂之裂面)與劈理面(岩石變質過程中所發育之弱面)。
5. 現地研判邊坡不連續面可能的滑動方向，包括：
 - (1) 岩體露頭變形的方向。
 - (2) 不連續面是否存在擦痕，以及擦痕的方向。
 - (3) 配合比對地表地形與地表物之變形或位移現象，如擋土牆或建築結構物等既有張力裂縫以及開裂方向等(圖 5-9)。
6. 不連續面之調查，建議可參考 ISRM 建議的 10 項半定量方法 (Ulusay and Hudson, 2007)，包括層理、劈理、片理與節理等不同形成機制、各組不連續面的位態、間距、延續性 (露頭調查判斷所得分

級描述) 或延續度 (測線法調查所得轉換為量化描述)、粗糙度、岩壁單軸壓縮強度、隙寬(fracture width，或稱張開度)、充填情況、滲流情形、組數以及岩塊大小。

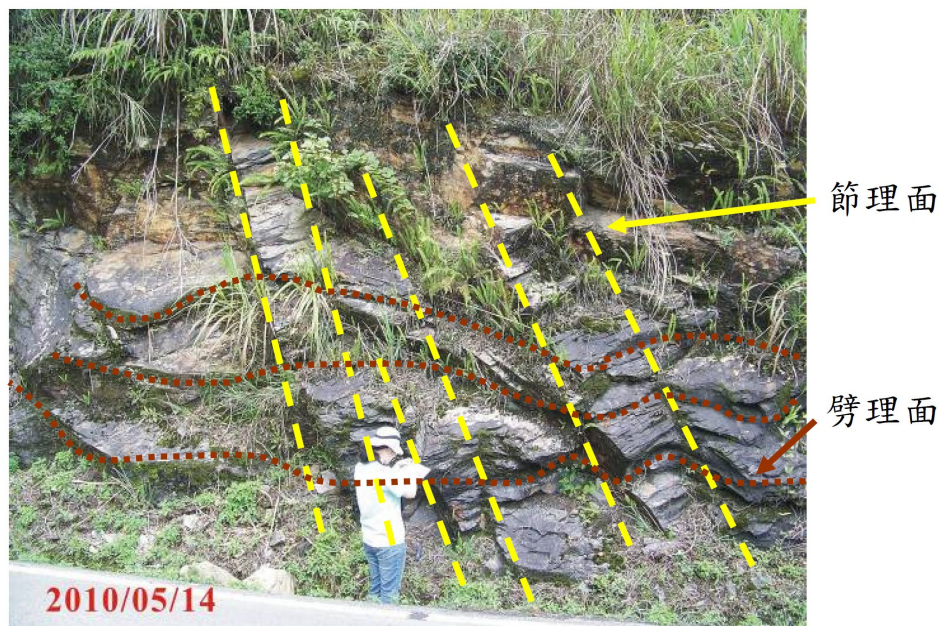


圖 5-8 節理面與劈理面判釋範例，以廬山層露頭為例

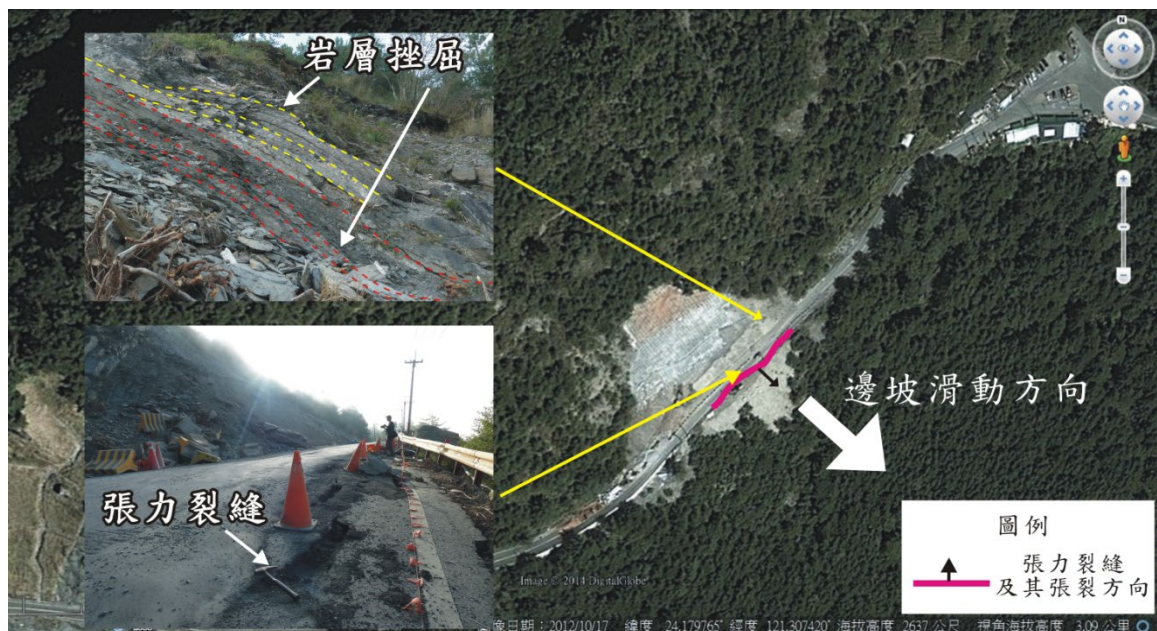


圖 5-9 現地勘查研判邊坡滑動方向範例(以中橫大禹嶺為例，影像來源：Google Earth)。坡面可見岩層呈現挫屈情形(上小圖)，上覆岩層在坡面較高處產生挫屈，而下伏岩層在坡面較低處產生挫屈，這種局部性挫屈是岩體向下滑動過程中因擠壓而產生的。張力裂縫之張裂方向朝向下邊坡(下小圖)，綜合研判結果可知滑動方向朝向下邊坡。

7. 現地若無岩體露頭，可以參考鄰近地區地形地質延續之相關岩層位態資料，或於鑽探岩心取出時標註方向推求位態；孔內攝影可取得定向孔壁影像資料以研判不連續面之傾角、走向及傾向等資料，亦為地表無露頭時有力之輔助工具。
8. 順向坡之露頭調查除了岩層及弱面位態之外，應留意不連續面之結合形式，如層理可能有砂頁互層、砂岩與砂岩或砂岩與粉砂岩等不同情形，不同岩性因透水性差異可能在界面間產生上頂水壓力，較不利於邊坡穩定；另外，應特別留意層縫夾泥情形、不透水岩層上方岩層之風化與節理狀況、坡頂及坡腹垂直向節理及坡趾是否有軟弱岩層、挫屈、剪壞等情形。

5.2.3.3 地貌與地表物勘查

- (1) 地貌及地表物勘查項目包括：地表滲水與積水窪地及地形與構造物之變形或位移現象。
- (2) 地表滲水與積水窪地：調查坡地地表滲水與積水窪地之分布範圍、水量或面積，配合地形特徵調查，以推估可能的形與地質成因。
- (3) 地形與地表物之變形或位移現象：調查地形與構造物之變形、位移、破壞程度，若以擋土與排水設施為例，其位置、大小、高度、新舊程度、損壞狀況、岩釘岩錨現況、植生等。設施上若有完工日期也應一併記錄；若有排水孔，應記錄排水孔是否阻塞、排水狀況等。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 16 條第 2 款第 3 目編纂，編纂，其目的係利用工程地質特性調查結果，評估邊坡之穩定情形。
2. 地表滲水為坡面有水從地層中滲漏之現象，係受岩層特性、水文地質條件、土體或岩體破碎帶等影響，出水點附近為地下水突破口，含水量及孔隙水壓比較高，是容易發生崩塌的地方。在順向坡地區，若水由裂縫滲入並在坡面上有地下水滲出，則水可能使不透水的頁岩層弱化、充填泥層或形成潤滑，使崩塌機率增加。積水窪地為坡面之張裂型地表特徵而蓄水，如正斷層滑落崖，或者是線狀凹地(linear depression)與反斜坡(counterslope)，為深層重力邊坡變形常見之地形特徵。
3. 觀察地形並記錄所在坡面重力變形之地形特徵，如崩崖、線狀凹地、反斜坡、側崩崖、坡趾隆起等孕育中的山崩地形特徵；地表物可包括人工設施及排水設施，如道路、擋土牆、水泥或砌石護坡、噴漿、生態護坡、蛇籠、排水渠道、排水溝、截水溝、涵洞、涵管以及排水管等。現場調查應記錄地表物之張力裂縫位置、形式、寬度、移動方向

及活躍情形，可推估滑動塊體位置以及可能範圍等。地表物之變形或位移現象，需拍照記錄其情形，並註記拍照日期、拍照地點、坐標以及拍攝者。若有裂縫，應記錄裂縫形式、寬度、開裂方向，可協助研判滑動塊體的移動方向及活躍情形。

4. 調查順向坡坡趾的傾角是否陡於坡腹與坡頂，暗示坡體已有挫屈現象；是否有人為或自然作用破壞坡腳、坡面植生或擋土構造物是否有變形或破壞等情形。

5.2.3.4 地質鑽探

應依地質剖面需求，合理配置鑽孔位置及數量，經專業研判鑽探深度，詳細觀察並記錄提取之岩心，以製作岩心柱狀圖，供岩層對比及地質構造解釋之用。鑽探所採取之土岩樣品，可供實驗室進行物理性質與力學試驗。鑽孔完成後若有觀測水位或滑動體位移之需求，亦可供埋設各種觀測儀器，如水位觀測井或測傾管等。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 16 條第 2 款第 4 目編纂，其目的係運用地質鑽探調查地下地質材料之岩性及厚度、固結或風化程度、產狀及鏽染狀況、不連續面或地質弱面之位置及特性，並進行地層對比，瞭解岩層的空間分布狀況，以推估可能滑動面。
2. 鑽探過程的異常現象也是判斷地下地質條件的一種資訊，機件操作、迴水顏色及迴水沈澱物之描述，迴水大量增加或減少處之深度、鑽進速率及孔內卡孔等等，可提供鑽探日報表作為附件，使審查者更加容易判斷基地地質狀況。

5.2.3.4.1 鑽孔配置原則與鑽探數量

- (1) 配置原則：依據地表調查成果及開發行為需要，規劃地質剖面圖測製及地質鑽探配置，以能研判地下地質，並可符合相關法規辦理邊坡穩定性分析之用途為原則。地質剖面圖之規劃應包含基地及可能影響基地之相鄰地區，並以通過細部調查區為原則。
- (2) 鑽探數量：細部調查區面積在 0.1 公頃以下者，至少鑽探 2 鑽孔。細部調查區域面積逾 0.1 公頃，且在 10 公頃以下者，每增加 1 公頃增加 1 鑽孔，增加未滿 1 公頃者，以 1 公頃計。細部調查區域面積逾 10 公頃，且在 50 公頃以下者，每增加 2 公頃增加 1 鑽孔，增加未滿 2 公頃者，以 2 公頃計。細部調查區域面積逾 50 公頃的部分，得視基地之地質、地形及開發行為之需要決定鑽探數量。

(3) 依據地表調查及鑽探結果，細部調查區如推估有滑動面發育，應適度增加鑽探數量、加深鑽孔深度或輔以地球物理測勘方式，以建立完整地質剖面、了解滑動面分布與滑動面特性。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 17 條第 1 款第 2 目編纂，作業準則內規定為最保守的鑽探數量，其目的係藉由辦理地質鑽探，瞭解潛在滑動面位置、不連續面特性、地下水位深度、岩層破裂或完整情形、及相關地下地質特性等，整合地質鑽探結果可建立地質剖面資訊。
2. 若細部調查範圍位於坡腳，經研判上邊坡可能存在滑動面時，調查者應以能得到滑動面具體資訊為原則，進行合理的鑽孔配置。表 5-3 為細部調查區面積與應鑽探數量對照表。
3. 若基地與數處山崩與地滑地質敏感區相交，交疊面積均不大，加總後依總面積所訂之鑽探數量，無法讓每處山崩與地滑地質敏感區均能繪製地質剖面時，可依專業評估說明各處山崩與地滑地質敏感區之崩塌類型與狀況，對於比較沒有繪製地質剖面需求者，如落石或小型表土崩滑，可將鑽探孔數布於更需要的區位，並詳加說明取捨的考量。評估應做地質剖面之分區至少須有 2 處鑽孔，再依各分區之面積計算是否增加鑽探數量。
4. 若規劃之剖面線部分位於難以進行鑽探之地區，如坡度陡峭或道路難至，該邊坡若有清晰岩層出露且厚度可與其他鑽孔深度對應，可以露頭資料協助建立地質剖面。
5. 有關鑽探取樣之工作說明(除提取率外)，請參考 4.2.3.3 節，本類地質敏感區之提取率規定詳如 5.2.3.4.2 節。
6. 應於細部調查範圍圖中提供明確的比例尺或列出細部調查範圍折線節點坐標值，以供審查細部調查面積與鑽探數量是否匹配。

表 5-3 面積與鑽探數量對照表

面積(公頃)	鑽孔 數量	面積(公頃)	鑽孔 數量	面積(公頃)	鑽孔 數量
面積<0.1	2	10≤面積<12	13	32≤面積<34	24
0.1≤面積<1.1	3	12≤面積<14	14	34≤面積<36	25
1.1≤面積<2.1	4	14≤面積<16	15	36≤面積<38	26
2.1≤面積<3.1	5	16≤面積<18	16	38≤面積<40	27
3.1≤面積<4.1	6	18≤面積<20	17	40≤面積<42	28
4.1≤面積<5.1	7	20≤面積<22	18	42≤面積<44	29
5.1≤面積<6.1	8	22≤面積<24	19	44≤面積<46	30
6.1≤面積<7.1	9	24≤面積<26	20	46≤面積<48	31
7.1≤面積<8.1	10	26≤面積<28	21	48≤面積<50	32
8.1≤面積<9.1	11	28≤面積<30	22	50≤面積：視基地之地質、地形 及開發行為之需要決定鑽探數量	
9.1≤面積<10	12	30≤面積<32	23		

5.2.3.4.2 鑽探深度

經專業技師研判之可能滑動面再加深至少五公尺，並配合鑽探數量及配置，以獲得足以研判完整地質剖面資料為原則。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 17 條第 1 款第 3 目規定，其目的係授予專業技師得依山崩或地滑類別，經區域調查後初步研判土岩界面、破碎帶或滑動剪切帶等可能滑動面之深度，進而規劃合適的鑽探深度。
2. 順向坡可以自由端出露岩層之層面，或以地質弱面或不透水岩層為可能滑動面；岩屑崩滑多為未固結地質材料崩塌，可以未固結地質材料與岩盤交界為可能滑動面；已存在之岩體滑動，應找到破碎帶或滑動剪切帶以研判滑動面位置；具有潛在岩體滑動地形特徵之地點，可先由地表調查推斷可能的滑動塊體形狀及規模，再以經驗公式初估滑動深度，如上野將司(2001)提出之經驗式，崩塌斜面長與滑動面深度比值約在 2.8~19.2 之間，崩塌寬度與滑動面深度比值約在 3.0~10 之間(圖 5-10)，詳細說明可參考經濟部地質調查及礦業管理中心之「潛在大規模崩塌之調查及觀測技術手冊」2.2.2 節。
3. 為保障岩心品質及提高岩心取樣率，建議採用較大口徑之鑽探方式取樣。原則上，建議土壤與岩層之取樣率均應達 85%以上(包含進行試驗的部分，可納入取樣率計算)，礫石層之取樣率應達 50%以上。遇剪裂帶與破碎帶等導致岩心取樣率不足時，若因此而對滑動面分布與特性判斷有影響時則應補鑽，若無影響則不必補鑽。

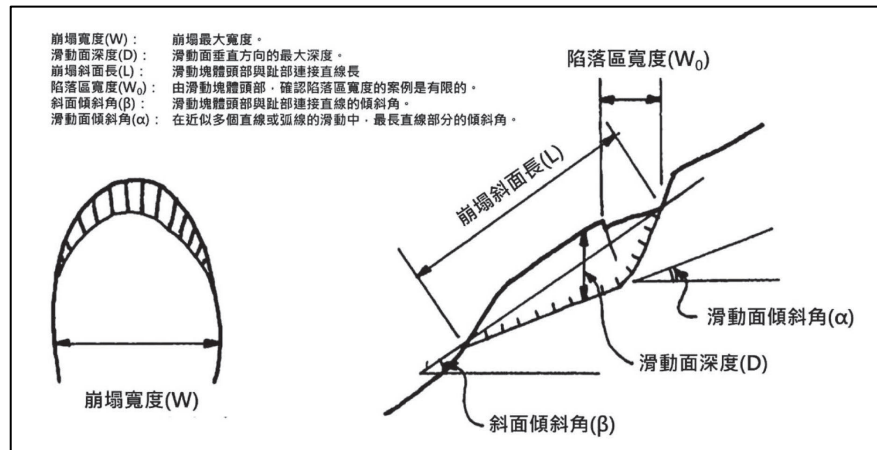


圖 5-10 滑動塊體尺寸定義(上野將司，2001)

5.2.3.4.3 地質鑽探岩心柱狀圖與岩心照片

- (1) 取得地質鑽探岩心後，應觀察與記錄岩心之地質材料岩性及厚度、岩層特性、不連續面特性等，並詳實記錄於岩心柱狀圖中。
- (2) 地質材料之岩性及厚度：地表淺層地質材料包括土壤、崩積層、煤渣堆積、棄填土以及其他鬆軟破碎之未固結地質材料；地表淺層以下的地質材料則包括固結岩盤或岩體。記錄其所出現之深度範圍、厚度、顏色、組構狀態、粒徑大小與岩性，並加以研判其來源。
- (3) 岩層之特性：岩層包括風化及新鮮之岩層。記錄岩層之岩性、顏色、礦物組成、材料組構(如沉積構造)、岩層固結程度、風化程度、RQD(岩石品質指標)以及岩心銹染狀況等資料。
- (4) 不連續面之位置及特性：不連續面包括層理面、劈理面、片理面、節理面、裂縫、剪裂破碎帶、斷層破碎帶及岩脈等。不連續面中若有剪裂泥者，應記錄寬度、顏色、顆粒觸感、是否具剪裂亮面或斷層擦痕等。
- (5) 岩心柱狀圖比例尺不得小於 1/100，描繪並記錄岩性及不連續面特性。
- (6) 地質鑽探成果需附彩色岩心照片。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 16 條第 2 款第 4 目及第 18 條第 3 款編纂，其目的係由鑽探結果進行岩心描述、岩性地層分層與對比，做為繪製地質剖面圖之依據，以提供評估細部調查範圍所在坡地之穩定性。
2. 應完整記錄每孔地質鑽探岩心的分段及其特徵，包括未固結地質材料種類、標準貫入試驗 N 值、岩盤岩性、提取率、不連續面特性及弱面

- 組數、岩層傾角、風化情形、破裂情形以及 RQD 值等，尤其應強調岩心中之剪裂面、剪裂泥、破碎帶、銹染、富含泥質材料等之特徵描述。
3. 地質鑽探岩心柱狀圖之製作，建議採用經濟部地質調查及礦業管理中心建置之「工程地質探勘資料庫系統」(GEO2020 系統)。上述第(2)點地質材料，可參考 GEO2020 系統中之分類方式，依實際判釋結果填寫。
 4. 地質鑽探岩心柱狀圖的表頭應註記基本資料，包含案件名稱、孔號、鑽探深度、地下水位、鑽探日期、鑽探工法、坐標 (TWD97)、地層鑑定技師等。
 5. 鑽孔位置標示應說明測量方法與精度。
 6. 岩心照片呈現方式，依深度依序排列，岩心照片應方正、清楚，並建議註明工程名稱、鑽探地點、鑽探孔號以及總深度，細節說明可參考 4.2.3.4 節。取樣或鑽井漏失部分以保麗龍填補，並註明清楚。
 7. 岩心風化程度判釋方式可參考表 5-4。RQD(岩石品質指標)為每 1 公尺岩心中，完整岩心超過 10 公分者之合計總長，或是某取樣管長度中，超過 10 公分完整岩心之合計總長比率；但建議仍要配合岩性特徵與結構做整體性的綜合研判。當岩心風化程度越高或 RQD 值越低時，邊坡基盤岩穩定度可能下降，使得坡地較不穩定。
 8. 不連續面分類如表 5-5 所示。若不連續面中夾有剪裂泥，表示曾發生過岩體相對位移作用，導致接觸面受剪力摩擦而形成剪裂泥。隨著剪動狀況的不同，剪裂泥從礫泥混雜到細緻泥狀皆有。不連續面數量的多寡及性質會影響坡面岩體是否容易崩塌或滑動，若存在剪裂泥，則可能會形成岩體滑動的主要滑動面。
 9. 應特別留意順向坡層縫夾泥及不透水層的位置。

表 5-4 岩心風化程度判釋表 (資料來源：ISRM， 1981)

風化等級	風化程度	描述
W0	新鮮	岩質新鮮，無風化跡象，但主要不連續面(如節理面)可能會有輕微氧化鐵銹染變色現象。地質鎚敲擊聲十分清脆。
W1	輕微風化	整個岩體的不連續面幾乎都有輕微明顯的氧化鐵銹染變色現象，部分長石礦物已受風化分解。地質鎚敲擊聲大致上清脆。
W2	中度風化	岩石材料風化分解成土壤者約一半。新鮮或微變色岩石仍脈絡相連或以團塊狀存在。地質鎚敲擊聲有悶音。
W3	高度風化	岩石材料風化分解成土壤者超過一半。新鮮或微變色岩石以不連續脈絡或團塊狀存在。岩心可用手指捏碎。地質鎚敲擊聲極悶或是一敲岩心即散開。
W4	完全風化	岩石材料已完全分解，但原本之岩石組構仍可以肉眼分辨。手指可捏碎，泡水會散開。所有長石礦物已轉變成黏土礦物。
W5	殘餘土壤	所有的岩石材料已完全分解成土壤，原本之岩石組構已消失無法分辨。

表 5-5 不連續面分類表 (Geological Society Engineering Group Working Party， 1977)

名稱	說明
層理面	沉積岩在沉積過程中所造成之平行易分離之平面
劈理面	變質岩中岩體沿一特定方向易於裂開之平面
片理面	變質岩中片狀礦物平行排列造成的弱面，表面常有曲度
節理面	岩體受外力影響造成之特定方向破裂面，裂面兩側岩體未發生相對位移，含解壓節理
裂縫	岩體因各種應力所造成之不規則破裂面
剪裂破碎帶	岩體受剪裂作用造成的破碎帶，破碎帶可能呈破碎、角礫狀或是泥狀
斷層破碎帶	受斷層作用造成的破碎帶，與剪裂破碎帶不同之處是其較易發現斷層泥(gouge)或是斷層擦痕(slickenlines)
岩脈	岩體破裂面中被入侵或是充填的火成岩或是礦體，較常見者為火成岩脈與石英脈

5.2.3.4.4 地下水位或水壓量測

- (1) 地下水位或水壓量測可分為施鑽中量測與完鑽後量測。
- (2) 施鑽中量測為開鑽前或完鑽後 24 小時直接於裸孔中量測水位。施鑽期間若有水位異常變化如突昇、突降或湧水時，應特別註記並評估可能的原因及影響。
- (3) 完鑽後量測係將鑽孔設置成水位觀測井或觀測管，用以量測地下水位或水壓並進行記錄，開發整地與施工階段建議持續觀測與記錄為宜，並提供後續各項觀測與分析之用。長時間觀測之地下水位或水壓，則須區分常時、乾濕季節、暴雨前後之水位。綜整前述資料，說明繪製地下水之空間分布情形及含水層、阻水層狀況。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 17 條第 2 款第 4 目規定編纂，其目的係瞭解地下水在各地質鑽探孔中的狀況，整合各孔位的地下水深度(或高程)變化，可瞭解地下水位面的分布情形，若長時間持續觀測，可以得到地下水位升降資訊，做為相關法規應辦理之坡地穩定分析的重要資訊。
2. 除地下水位或水壓量測外，建議亦可視需求於鑽孔完成後加裝坡地安全監測之相關儀器，如測傾管。
3. 地下水位觀測紀錄應包括：日期、當日天氣、記錄者、水位深度等資訊。
4. 完鑽後需進行地下水位之觀(量)測，應依據地層性質與其透水性、量測目的、量測時間與時間間隔、預期的地下水變動狀況等，規劃地下水量測使用的設備，常見的設備包括水位觀測井或觀測管，或以人工方式使用水尺量測，可參考「公路邊坡工程設計與施工規範(草案)」或其更新內容。
5. 監測記錄系統一般可分為手動量測-手動輸入、自動量測-自動輸入(未自動連線)及自動量測—自動輸入(全自動連線)等三項，規劃者應視基地規模大小、監測目的、監測項目、監測點數、監測期限、自動化要求程度以及經濟性等因素選擇適合監測記錄系統。
6. 可藉由鑽探作業過程中觀察漏水或湧水情形，分層或分深度設置水位觀測井或觀測管，以得到良好的水位觀測結果。
7. 岩盤中的水壓監測應埋設水壓計，岩盤內的水壓對滑動有影響，坡地的水位井的水位可能偏低，豪雨時水位井的水位上升 5 公尺已算很高，但埋設在岩盤中的水壓計，豪雨時的水位可能上升超過 20 公尺，如果滑動面深入岩盤者，裂隙水可能有很大的影響，應以水壓計監測水位。

5.2.3.4.5 土壤與岩石試驗

- (1) 配合地質鑽孔進行的土壤與岩石試驗，包括現地試驗與室內試驗，應以完成地質調查及可用於後續相關法規應辦理邊坡穩定性分析時，所需參數的試驗項目為主要選擇。
- (2) 現地試驗應依計畫需求加以規劃，並考量施工方式及現地狀態進行試驗。
- (3) 室內試驗可分為土壤及岩石試驗兩部分，並分別進行基本物理性質及工程力學性質試驗。試驗規劃應考量實際地層特性、現地應力、水文狀態及受工程影響之變動。
- (4) 土壤之工程特性分為基本物理特性包括土壤粒徑、土壤級配、土壤分類等及力學性質包括孔隙比、回脹性、滲透性、剪力強度及單壓強度等；岩石之工程特性包括岩石強度與岩體強度等。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 17 條第 1 款第 4 目規定，土壤與岩石的物理性質與力學性質是坡地穩定性分析之重要參數，藉由取得足夠的數據，納入後續相關法規應辦理坡地穩定性分析時之用。
2. 為辦理後續坡地穩定性分析所進行之土壤或岩石力學試驗，得視相關法令規定選擇辦理。
3. 土壤工程特性主要由土壤粒徑、土壤分類、土壤種類及型態、土壤剪力強度等決定，調查土壤工程性質的目的在進行調查及施工規劃時，能針對坡地穩定特性及相關參數進一步計算及考慮。如下說明。
 - (1) 土壤依型態可分為球狀土壤(泥、砂、礫等)與片狀土壤(黏土)，因性質不同，使得工程特性有所差異。
 - (2) 土壤剪力強度：由凝聚力(c)與內摩擦角(ψ)決定土壤剪力強度之大小，土壤的凝聚力與內摩擦角數值皆可由室內土壤力學實驗求得。
4. 岩石強度可依 Franklin(1976)之建議，將岩石單軸抗壓強度分為 8 級，分類如表 5-6，岩石強度分級結果可應用於相關法規應辦理之坡地穩定性分析。
5. 岩體強度可依據岩石單壓強度與岩體結構類型予以分級，岩石強度說明如上述第 4 點，而岩體結構則為岩體的不連續面情形，Franklin(1975)將岩體強度劃分為 7 級，分級如圖 5-7，岩體強度分類結果可應用於相關法規應辦理之坡地穩定性分析。

6. 順向坡地區建議針對地質弱面或推估滑動面採取岩心進行直剪試驗，以推求可能滑動面之剪力強度。

表 5-6 岩石強度分級表(Franklin, 1976)

岩石強度等級		單壓強度(kg/cm ²)	代號
EW(極弱岩)		<10	H
VW(甚弱岩)	VW2	10~25	G
	VW1	25~50	F
W(弱岩)	W2	50~100	E
	W1	100~250	D
MS(中強岩)		250~500	C
S(強岩)		500~1000	B
VS(甚強岩)		1000~2500	A

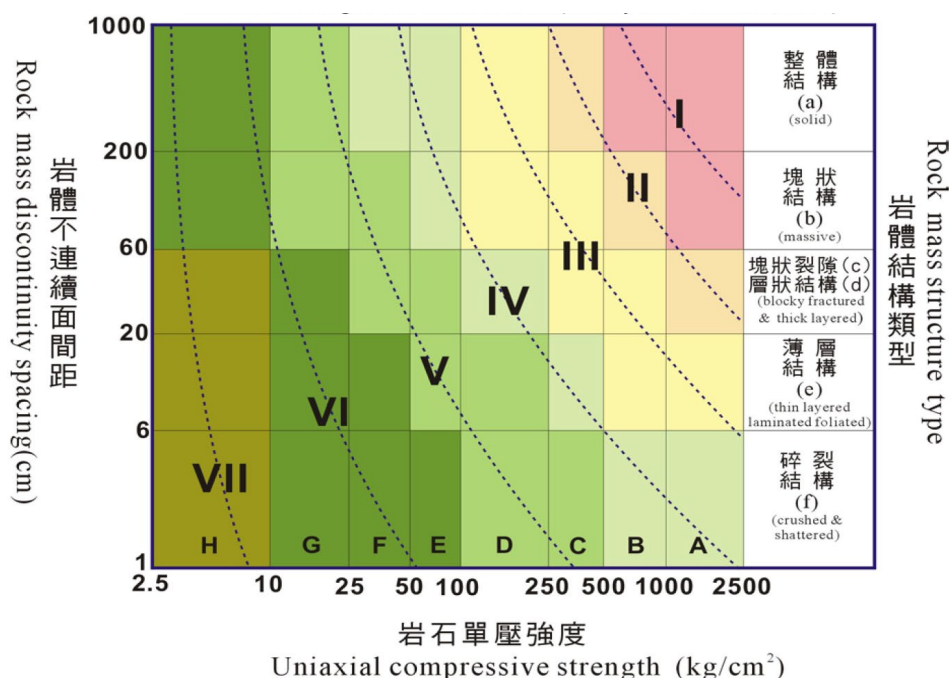


圖 5-7 岩體強度分級圖(修改自 Franklin, 1975)

5.2.3.4.6 潛在滑動面研判

依據地表調查及鑽探結果，研判是否有潛在滑動面發育；若確認已有或有潛在滑動面發育，則應進一步評估可能的滑動面深度與範圍，並概估滑動塊體的體積。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 17 條第 2 款編纂，藉由地表調查及地質鑽探結果，研判是否具有滑動面。

2. 地表調查判釋滑動面：由經建版等高線地形圖、航空照片、衛星影像、雷達影像、數值地形、或 Google Earth 等地形遙測影像判釋結果，若具有崩崖或相關特徵，可協助推估可能的滑動體冠部位置；由現地查核作業結果，若建築結構物(如房舍、擋土牆等)或地面發育張力裂縫，可協助推估可能的滑動塊體分布位置。
3. 地質鑽探判釋滑動面：由鑽探岩心之岩性比對、岩心中的發達裂縫、剪裂破碎帶、剪裂泥、岩心銹染等特徵，並配合比對鑽探孔位中設置之地中變形監測儀器(如測傾管)之量測成果，以推斷滑動面位置深度。

5.2.3.5 地球物理測勘(視需要選擇辦理項目)

- (1) 依據地表調查及鑽探結果，細部調查區如推估有滑動面發育，應適度增加鑽探數量或、加深鑽孔深度輔以地球物理測勘方式，以建立完整地質剖面、了解滑動面分布與滑動面特性。
- (2) 地球物理測勘為選擇性輔助調查方式。測勘範圍原則上以細部調查區域為主，但為因應地下地質研判或相關法規應辦理坡地穩定性分析之需求，得超出此範圍。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 17 條第 2 款編纂，地球物理測勘目的為建立完整地質剖面資料、瞭解滑動面分布與滑動面特性等，為坡地穩定性分析的重要參數。
2. 地球物理測勘為視滑動面調查之需求辦理之調查項目。相關說明如下：
 - (1) 測線長度及位置的規劃，測線位置應布置於可能滑動體之中心，應儘可能配合地質鑽孔的所在位置，以提高比對與解釋上的正確率；若有足夠之施測數量與施測空間時，測線分布應儘量呈十字狀交叉，以利於建構地質或地下水之二維或三維構造模型。
 - (2) 地球物理測勘結果包含：測線編號、起點坐標、終點坐標(註明坐標系統)、測線長度、測點間距、測線位置圖、施測方式、成果(解釋)圖及成果說明報告。
 - (3) 地球物理測勘成果宜以能清楚呈現地下地質狀況為原則，圖面註明方位、深度、比例尺。若測勘成果以不同顏色的色塊呈現時，色彩宜對比明顯、清楚。
 - (4) 適用於山崩與地滑地質敏感區之地球物理測勘方法，主要為地電阻法及震測法。地電阻法依地質材料導電性之不同，可間接推測地下岩性、地質構造及水文條件等。震測法係利用人工震源產生的震波於不同地質材料間傳播速度不同，所產生之反射或折射效應，以協助研判大範圍地層、構造分布或地質弱面位置。另請參考 4.2.5

節之說明。

3. 地球物理測勘之地電阻法可研判含水層及地下水流徑之分布，所得水文資訊可做為處理對策，提供後續地工處理如集水井及排水孔(管)設置之參考。

5.2.4 細部調查地質圖與地質剖面圖

- (1) 細部調查地質圖應整合細部調查結果，建立細部調查範圍之地質模型。
- (2) 地質剖面圖是基於地形分析、露頭調查及地質鑽探結果，於推估滑動方向所建立之三維地質模型，重點應呈現土岩界面、岩層延伸分布及推估滑動面。

【說明】

因地質調查與試驗的工作數量有限，無法查明所有地質構造及完全釐清所有地質問題，因此須有建立地質模型的觀念。地質模型係指擬合所有細部調查結果，建立最適之二維或三維地形與地質空間關係，如細部調查地質圖與地質剖面圖等，以利推估山崩與地滑地質敏感區對基地之影響。

5.2.4.1 圖說規範

- (1) 細部調查地質圖應於圖面上標示等高線、水系與蝕溝、岩性組合、地質構造、既有擋土或排水設施之位置、基地與其所在地質敏感區範圍、鑽探孔位(深度)、剖面線位置、地球物理測勘配置及註明坐標系統等。
- (2) 細部調查地質圖比例尺不得小於 1/1,200，其面積逾 50 公頃者，比例尺得酌予縮小。
- (3) 地質剖面圖之比例尺應不小於細部調查地質圖之比例尺，剖面圖中應呈現鑽探孔位的未固結地質材料及岩層之特性與延展狀況、地下水位、推估之潛在滑動面等工程地質特性，並於圖中標註剖面線方位、岩層位態及視傾角。
- (4) 細部調查地質圖與地質剖面圖應附上圖說，以文字說明細部調查範圍之詳細地質情形。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 18 條第 2 款編纂，細部調查地質圖呈現地質敏感區與基地重疊部分之詳細岩性組合、地質構造分布、等高線、水系與蝕溝、既有擋土或排水設施之空間位置等，例如圖 5-12 所示，其中剖

面線位置與細部調查地質剖面圖對應，兩者相互輔助，以說明細部調查範圍地質剖面狀況、地下水位深度與滑動面深度等資訊。

2. 細部調查地質圖比例尺不得小於 1/1,200，其面積逾 50 公頃者，比例尺得酌予縮小，但建議不小於 1/2,400。
3. 在地質剖面圖比例尺不小於細部調查地質圖的前提下，地質剖面圖的水平與垂直比例尺應相同。地質剖面位置建議選擇接近坡面中央，且平行主要推估之滑動方向為優先，長度建議至少能包含基地上邊坡至基地下邊坡，以足以研判完整地質剖面資料為原則。
4. 地質剖面圖中應呈現土岩界面位置、鑽探孔位的未固結地質材料及岩層中之岩性分層之接觸方式與延伸分佈、剪裂破碎帶與推估之潛在滑動面分布與延伸、量測期間之高與低地下水位等工程地質特性。
5. 地形與水系繪製，建議依可補充地表地質材料厚度、河流攻擊坡、地下水出水點、蝕溝、向源侵蝕等資訊，呈現於圖面上。
6. 細部調查地質圖中，地質分層建議依不同岩性做為分段的單位，可較清楚呈現出細部調查範圍之岩層訊息。細部調查範圍的岩性組合劃分，以現地露頭調查結果以及岩心鑽探結果來決定。
7. 細部調查地質圖中，地質構造之繪製，應以現地調查成果為主，呈現出細部調查範圍的構造分布情形，可參考經濟部地質調查及礦業管理中心五萬分之一地質圖，以檢視構造線繪製的合理性。
8. 於細部調查地質圖中，宜繪製基地開發相關規劃配置圖，呈現出基地與地質敏感區重疊區域之開發密度與強度，以利後續安全評估工作。
9. 細部調查地質圖中，坡地環境地質現況應圈繪歷史山崩或地滑範圍(宜註明現況為擴大、維持或復育縮小)、順向坡塊體、具山崩或地滑徵兆之塊體，以及不穩定土體或岩體之範圍，其圈繪範圍應以現地調查成果做為基礎，圈繪細節應較區域調查地質圖更為清晰。
10. 山崩與地滑地質敏感區若評估為高滑動潛勢，應將推估之崩塌影響範圍繪於細部調查地質圖中。
11. 細部調查地質圖及地質剖面圖中不確定之地質資訊或推估之線型及塊體，應以虛線表現其不確定性，相關圖例可參考圖 5-13 (FGDC, 2006)。

5.2.4.2 細部調查成果分析

綜整細部調查結果，由細部調查地質圖與地質剖面圖，說明山崩與地滑敏感區之地質模型及不穩定條件。

【說明】

1. 本節應綜整細部調查成果，包括細部調查地質圖與地質剖面圖、既有擋土或排水設施狀況、土壤與岩石之工程特性、地下水水位或水壓或地球物理探勘成果等，提出山崩與地滑地質敏感區及基地之地質模型說明。
2. 細部調查成果若研判已有或有潛在滑動面發育，則應說明所評估之可能的滑動面深度、範圍及概估之滑動塊體體積，並進一步提出山崩潛勢評估工作規劃，例如建議於完鑽後埋設適當之監測儀器如測傾管等。
3. 審查者應檢視本節是否依據各項證據或學理依據提出完整之山崩與地滑地質模型。

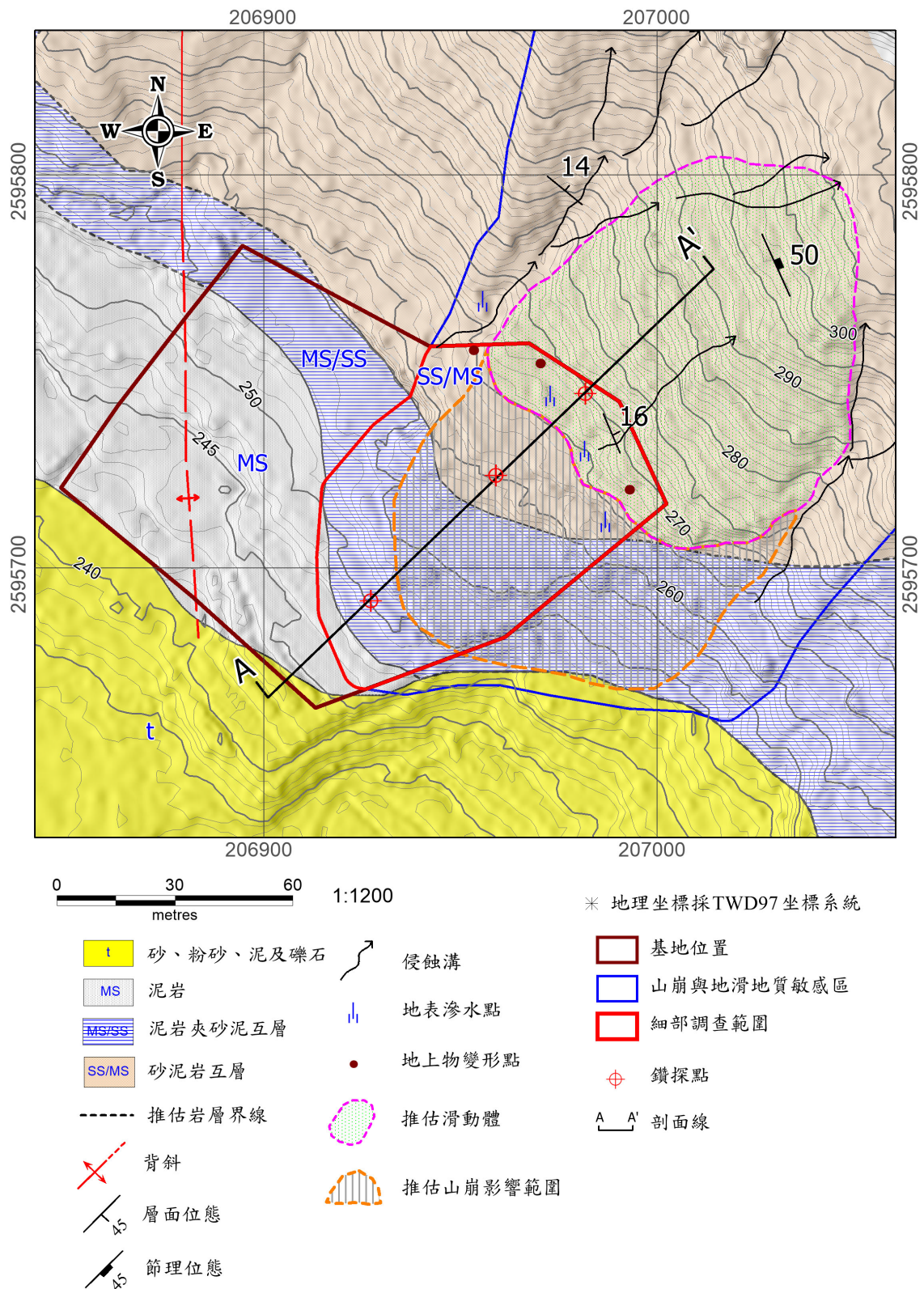


圖 5-12 細部調查地質圖例圖(本圖僅供圖面配置參考用)

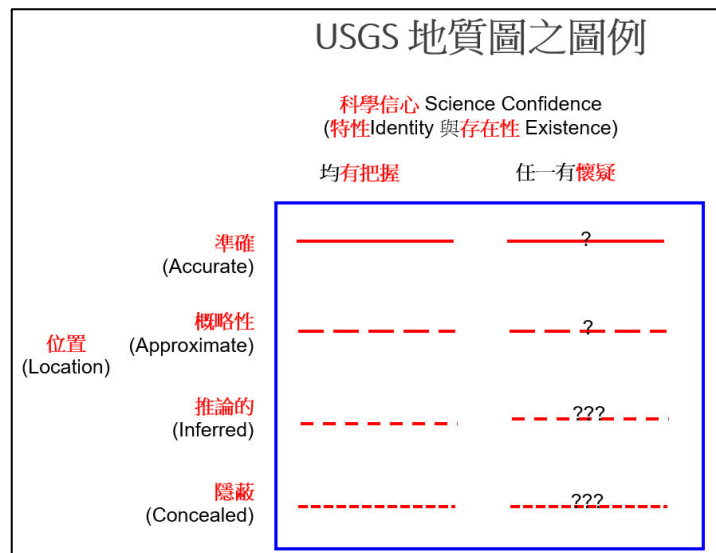


圖 5-13 地質圖不確定性圖例（董家鈞改繪自 FGDC，2006）

5.3 山崩與地滑地質敏感區基地地質安全評估

- (1) 本項目應評估包括：山崩與地滑地質敏感區發生崩塌之潛勢及其對基地之影響，以及開發行為對基地及山崩與地滑地質敏感區之坡地穩定性的影響。
- (2) 山崩與地滑地質敏感區基地地質安全評估，應採用區域調查及細部調查成果，不可僅套用相關單位既有資料。

【說明】

本節依據作業準則第 19 條編纂，其目的係基於區域調查及細部調查成果，評估山崩與地滑地質敏感區於開發擾動前及開發擾動後之坡地穩定性，以及對基地安全的影響。

5.3.1 山崩或地滑發生潛勢及其對基地之影響

5.3.1.1 山崩或地滑發生潛勢評估

- (1) 進行地質安全評估時，應根據現地調查成果釐清山崩與地滑地質敏感區之類型與機制，以利評估山崩潛勢及其對基地之影響。
- (2) 適用於個別邊坡之山崩潛勢評估方法包括專家法、立體投影圖法或其他合理之評估方法，應依山崩與地滑地質敏感區之類型與現況選擇合適之評估方式。
- (3) 山崩與地滑地質敏感區已發生過坡地災害者，應說明其歷次山崩範圍變化情形，並評估再發生之可能性及規模。
- (4) 基於區域調查及細部調查成果，可搭配政府單位公布之區域性山崩潛勢資訊，於其評估基礎上加以確認及調整，以得到合理之山崩潛勢評估結果。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 19 條第 1 款編纂，其目的係瞭解山崩或地滑發生潛勢及其對基地之影響。
2. 山崩與地滑地質敏感區已發生過坡地災害者，應基於現地調查成果，說明目前坡面上崩積物狀態、植生復育情形、裸露坡面受風化侵蝕狀況及坡面整治狀況，以評估再崩之可能性。若已發生 1 次以上崩塌，應說明歷次崩塌範圍變化情形，以瞭解是否有擴大發展的趨勢。
3. 可參考經濟部地質調查及礦業管理中心出版品「都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集及說明書」，依據移動方式與移動物質之型態差異，將山崩與地滑項下之災害區分為「落石(rock fall)」、「岩屑崩滑(debris slide)」、「岩體滑動(rock slide)」等 3 類，並依專家評分法給予都會區及周緣坡地此 3 種類型之山崩潛勢分級，分級原則見表 5-7。
4. 引用「都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集及說明書」或其他相關研究之山崩潛勢成果，應先充分理解其潛勢分級的方法並於報告中說明，以正確評估各山崩潛勢分級對基地的影響。
5. 「都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集及說明書」中，各災害潛勢圖層的比例尺為二萬五千分之一，此精度未必滿足每個基地需求，且隨時間演替，現地實際狀況可能會與查詢系統的資料有所出入。因此，需以現地調查成果為基礎，配合災害潛勢圖層比對，方能對調查區域做出合理研判。
6. 進行山崩潛勢評估時，可先以現地重測資料對表 5-7 使用的分級分類條件(表 5-8 至表 5-10)，重新進行坡度、岩體強度及順向坡自由端出露狀況分級，再以表 5-7 之分類分級法評估。
7. 表 5-7 之分類分級法因其為區域性評估之用，評估條件主要為地形坡度及岩體強度，應用於山崩與地滑地質敏感區評估時，可根據區域調查之崩塌地形地貌判釋結果，及細部調查之地貌及構造物勘查結果，參考表 5-11 重新調整山崩潛勢分級。
8. 山崩或地滑地質敏感區為順向坡者，除可依表 5-7 及表 5-11 評估山崩潛勢外，亦可參考地調所(2018)「山崩與地滑地質敏感區進階劃定資料增建」計畫所建議之順向坡滑動潛勢評估原則進行評估，見表 5-12。
9. 順向坡滑動類型包括：(1)坡腳移除型滑動，也就是最常被提到的因自由端出露，失去支撐而使岩層順著層面向下滑動；(2)坡腳剪壞型滑動，是因坡腳岩層中含有低角度不連續面，例如節理或剪裂等，因應力弱化或其他外因剪壞而致向下滑動；(3)坡腳鼓脹型滑動，是因岩層中含有許多順層弱面，因細長比過高而在坡腳產生鼓脹(buckling)，最後也可能發生滑動。評估順向坡滑動潛勢應留意以上各種狀況。

10. 順向坡也有發生岩屑崩滑或落石的可能性，應依現地調查結果加以評估其山崩類型及潛勢。
11. 山崩與地滑地質敏感區若非順向坡且評估為岩體滑動型，可依現地調查成果瞭解其崩崖發育情形、滑動體地形演育及滑動體穩定性，以綜合評估其活動性，可參考潛在大規模崩塌分類分級表中各評估項目，如表 5-13 (地調所，2022)。若有設置監測儀器，可依日最大速率、年累積總位移量及活動次數評估其活動性。
12. 立體投影圖法將三度空間位置轉換成一條線或一個點來表示，可表現構造線、層面與弱面之空間關係，是評估山崩滑動潛勢的一項有用工具。
13. 潛勢評估成果依所使用之評估方式，可為評分表或投影立體圖等，並應詳細說明評估流程。

表 5-7 環境地質資料庫圖集潛勢評估原則(地調所，2008)

分類分級條件 分類分級名稱		地形 坡度	岩體 強度	山崩 紀錄	順向坡	
岩 體 滑 動	高潛勢區			有		
	中潛勢區			B1		
	中低潛勢區			B2		
落 石	高潛勢區			有		
	中潛勢區			S1		R1
	中低潛勢區			S1		R2
岩 屑 崩 滑	高潛勢區			有		
						S2
	中潛勢區	S2	R1			
		S3	R2			
	中低潛勢區	S3	R1			
		S4	R2			
低潛勢區 (不分山崩類型)		評估地區中，非屬於高、中及中低潛勢之區域				
平坦地區 (未評估地區)		沖積平原及台地或階地等平坦地區，不列入評估範圍				

表 5-8 地形坡度分類表(地調所，2008)

代號	平均坡度(ϕ)範圍
S1	$\phi \geq 55$ 度
S2	$55 \text{ 度} > \phi \geq 40$ 度
S3	$40 \text{ 度} > \phi \geq 25$ 度
S4	$25 \text{ 度} > \phi \geq 10$ 度

表 5-9 岩體強度分類表(地調所，2008)

代號	R1	R2
岩體強度分級	I 至 IV	V 至 VII

註:岩體強度分級詳圖 5-11。

表 5-10 順向坡之岩體滑動潛勢分級表(地調所，2008)

自由端 岩體結構	(a)，(b)， (c)	(d)，(e)，(f)
	B1	
有出露	B1	
無出露	B3	B2

註:岩體結構分級詳圖 5-11。

表 5-11 環地圖分類分級成果配合現地調查資料調整山崩潛勢分級

分類分級條件 環地圖分類分級		現地調查資料	調整後山崩潛勢分級
岩體滑動	高潛勢區	1.坡趾受侵蝕、崩塌或開發等外部作用或有軟弱岩層、挫屈、剪壞等情形 2.地表物變形、坡面滲水、樹木傾斜等地形地貌徵兆	高潛勢
	中潛勢區		高潛勢
	中低潛勢區		中潛勢或以上
落石	高潛勢區	密集節理與犬牙交錯之崖坡面、崖面有平行或傾出於坡面之不利方位節理	高潛勢
	中潛勢區		高潛勢
	中低潛勢區		中潛勢
岩屑崩滑	高潛勢區	鬆散崩積土或風化破碎岩屑等不穩定土體、坡趾受侵蝕、坡面滲水、樹木傾斜	高潛勢
	中潛勢區		高潛勢
	中低潛勢區		中潛勢
低潛勢區 (不分山崩類型)		評估地區中，非屬於高、中及中低潛勢之區域	
平坦地區 (未評估地區)		沖積平原及台地或階地等平坦地區，不列入評估範圍	

表 5-12 順向坡滑動潛勢評估原則(地調所，2018)

順向坡滑動潛勢分類：

依據民國 95-102 年，全臺「集水區地質調查及山崩土石流調查與發生潛勢評估計畫」之調查分析成果，選定不連續面透空情形(F₁)、邊坡與不連續面走向的夾角(F₂)、不連續面傾角(F₃)及坡趾狀況(F₄)等因子，並考慮各因子與順向坡滑動潛勢之影響關係加以配分與權重，如下表所示。其中不連續面透空(F₁)為影響順向坡滑動最重要的因子，當邊坡之平均坡度大於或等於不連續面傾角即代表不連續面透空，評分等級最高；在考量區域位態存在的誤差，邊坡平均坡度小於不連續面傾角在 10 度之內，不連續面仍有透空之可能，故給與次高的評分；邊坡平均坡度小於不連續面傾角在 10 度以上，不連續面透空之可能性較低，給與最低的評分。

順向坡滑動潛勢因子配分表					
因子			分類	評分	
F ₁	不連續面透空條件	平均坡度-不連續面傾角 (β _{s-d})	β _{s-d} ≥ 0°	60	
			-10° ≤ β _{s-d} < 0°	40	
			β _{s-d} < -10°	10	
因子			分類	權重	
F ₂	順向坡平均坡向* ¹ 與不連續面傾向* ² 的夾角	邊坡坡向與不連續面傾向的夾角(α _{sd})	α _{sd} ≤ 10°	1.0	
			10° < α _{sd} ≤ 20°	0.70	
			20° < α _{sd} ≤ 30°	0.40	
			α _{sd} > 30°	0	
F ₃	不連續面傾角* ²	不連續面傾角(β _d)	β _d ≥ 35°	0.7	
			10° ≤ β _d < 35°	沉積岩	變質岩
				1.0	0.7
			β _d < 10 °	0.15	
F ₄	趾部狀況	趾部受侵蝕、崩塌或開發等外部作用或有軟弱岩層、挫屈、剪壞等情形	侵蝕、崩塌、開發、軟弱岩層、挫屈、剪壞、弱化	1.2	
			坡趾無特殊狀況	1.0	

順向坡滑動潛勢評分 F = F₁ × F₂ × F₃ × F₄，最高評分 72 分

順向坡滑動潛勢評估表			
順向坡滑動潛勢等級	高	中	低
滑動潛勢評分 F	$F \geq 29$	$7 \leq F < 29$	$F < 7$

表 5-13 岩體滑動潛勢評估參考評分項目(改自地調所，2022)

大規模崩塌分類分級表			評分
滑動體地形 演育階段	A：冠部	1：發育張裂縫，且有圈合現象	10
		2：發育零星張裂縫	5
		3：未見張裂縫	0
	B：崩崖	1：同時具有主崩崖與次崩崖，且形貌與邊界清晰銳利	15
		2：同時具有主崩崖與次崩崖，但形貌已受侵蝕而呈圓潤狀	10
		3：僅具主崩崖，但形貌圓潤	5
		4：未見崩崖	0
	C：滑動體	1：滑動體完整，且具凸肚地形(上坡凹陷、下坡凸起)	15
		2：滑動體仍可見，但不具凸肚地形	10
		3：滑動體受地表侵蝕，僅殘留部分崩塌材料或呈凹坡	5
		4：未見滑動體	0
	D：兩翼	1：兩翼皆完整發育，且邊界清晰銳利	15
		2：兩翼均有發育，但形貌已受侵蝕而呈圓潤狀	10
		3：僅有一翼發育	5
		4：未見側翼發育	0
	E：趾部	1：具堆積材料，且受上坡擠壓而發生新鮮崩塌	15
		2：具堆積材料，但暫時穩定存在	10
		3：僅殘存部分堆積材料，受地表侵蝕而發育蝕溝或扇狀地	5
		4：未見滑動體趾部	0
滑動體 周邊環境	F：滑動體前 端之河岸侵 蝕	1：主要河道攻擊岸[中央管河川、縣(市)管河川]	15
		2：次要河道攻擊岸[中央管河川、縣(市)管河川之支流]	10
		3：僅有河道平行通過	5
		4：無河道直接通過	0
	G：滑動體下 邊坡之坡型	1：保有滑動體下邊坡地形且坡度陡峭	15
		2：下邊坡地形稍有凸坡且有些許侵蝕	10
		3：下邊坡地形稍有凸起但坡度平緩	5
		4：下邊坡地形為平整斜坡面	0
AHP 總分			
岩體滑動不利地形分級：0 ≤ 低 < 40 ≤ 中 < 60 ≤ 中高 < 80 ≤ 高 ≤ 100			

5.3.1.2 影響範圍評估

- (1) 相關法規已規定應避離有邊坡失穩之虞之地區及其可能影響範圍者，應優先依循既有法規之認定；若無，可參考本手冊所整理之國內外評估方法進行影響範圍評估。
- (2) 基地與相鄰地區的落石、岩屑崩滑與岩體滑動影響範圍，可透過經驗推估、經驗公式或數值模擬等方式評估，再比對基地是否位於影響範圍內。

【說明】

1. 相關法規例如建築技術規則建築設計施工編第 13 章山坡地建築部分條文，已規範山坡地不得開發建築之各項認定基準，若土地開發行為涉及山崩與地滑地質敏感區，其範圍內的建築用地應就基地地質調查與地質安全評估結果依前開法令規定辦理；為降低坡地災害之風險，有關坡地安全之考量認定基準簡述如下：
 - (1) 5.3.2.1 節調查開發基地原始地形的坡度，並依前開法令規定考量適當的避離作為。
 - (2) 參照 5.3.1.1 與 5.3.1.2 節調查曾經發生土石崩塌與具有山崩或地滑徵兆的地區，並參照 5.3.2 節將此等地區內岩心品質指標(RQD)小於百分之二十五的範圍，視為地質結構不良、地層破碎者；調查該範圍相鄰地區地形坡度超過百分之五十五，坡長三十公尺者，若有土地開發行為，其建築用地距坡緣距離依前開法令規定考量適當的避離範圍。
 - (3) 參照 5.3.1.1 與 5.3.2.1 節研判順向坡之自由端是否出露或存在不利於邊地穩定之不連續面，並依前開法令規定評估可能波及距離，研判是否對開發基地造成影響。
 - (4) 緊鄰河岸或向源侵蝕者，依前開法令規定考量適當的避離範圍。
 - (5) 緊鄰斷崖者，依前開法令規定考量適當的避離範圍。
2. 國際針對各類山崩影響範圍之評估方法及其說明，如表 5-14 所示，可依所屬山崩型態進行評估，比對基地是否位於影響範圍內。
3. 使用經驗公式法推估山崩影響範圍，須先推估崩塌量體，崩塌量體主要可由山崩面積及滑動深度(如土岩界面深度或潛在滑動面深度)推得。無法得知滑動深度者，可參考由崩塌案例所建立之滑動面積與深度或體積、滑動坡度與深度等之經驗關係式，如地調所(2012)採用全臺 301 處崩塌地量測成果所建立之體積與面積冪次關係式：

$$V=0.048A^{1.4965} \quad V:\text{崩塌體積}; A:\text{崩塌面積}$$

表 5-14 落石、岩屑崩滑與岩體滑動影響範圍評估方法彙整表

類別		落石	岩屑崩滑		岩體滑動
經驗推估法		應將落石發生區、運動區乃至於崖錐堆積區均劃入影響範圍	日本國土交通省防砂部(2001)	香港土力工程處(2010)	日本國土交通省防砂部(2001)
			建議細分影響範圍為土砂災害警戒區域(黃色警戒區)及土砂災害特別警戒區域(紅色警戒區)： (1)土砂災害警戒區域(黃色警戒區)：坡度30度以上及高度5公尺以上的區域；陡坡地上端水平距離10公尺以內的區域；陡坡地下端，陡坡地高度2倍為水平距離(以50公尺為限)以內區域。 (2)土砂災害特別警戒區域(紅色警戒區)：陡坡地崩塌，伴隨土石移動等，對建築物及居民生命身體具顯著危害的區域。 如圖 5-14 所示。	依香港地區山坡山泥傾瀉災害的歷史災點分析結果，對於坡地災害的影響範圍推估，分為： (1)已發生的崩塌地：與日本相同分別對於坡頂與坡趾的影響範圍做為規範。 (2)坡地新建開發案：提出原則性反對與警覺性等兩個準則，以供山坡地新建案開發的依據。 如圖 5-15 所示。	建議細分影響範圍為土砂災害警戒區域(黃色警戒區)及土砂災害特別警戒區域(紅色警戒區)： (1)土砂災害警戒區域(黃色警戒區)：原本已指定為岩體滑動的區域(地表滑落的區域及有地表滑落之虞的區域)；岩體滑動區域下端，相當於岩體滑動區域長度距離(以250公尺為限)範圍內的區域。 (2)土砂災害特別警戒區域(紅色警戒區)：岩體滑動伴隨土石移動等對建築物及居民生命身體具顯著危害的區域。岩體滑動發生30分鐘後，岩體滑動區域下端建築物受影響的區域(以60公尺為限)為範圍。圖 5-16 所示。
經驗公式法		無	由視摩擦係數(the apparent coefficient of friction)及崩塌體積關係，做為推估崩塌土體之移動距離。 視摩擦係數定義： H/L ， H ：崩塌移動的高度(m)， L ：崩塌移動的距離(m) (Schneider, 2011)，如圖 5-17 所示。 視摩擦係數和體積的對數關係經驗公式(Corominas, 1996)： $\text{Log}(H/L) = -0.085 \log V - 0.047$ ， H ：邊坡坡高(m)， L ：崩塌總影響區長度(m)， V ：崩塌體積(m^3) 評估其影響範圍時，可視崩塌量體規模及地質條件選擇合適的經驗公式推估，惟須於評估報告中應加以註明援引公式出處。		
數值模擬法	說明	應視運動機制與調查參數挑選合適的分析程式	優點：可針對各種不同情境進行境況模擬。 缺點：因不同坡面的地文條件不同，須仰賴完整參數資料庫做為了解不同條件坡面之崩塌潛勢及影響範圍分析。 注意事項：應視運動機制與所掌握的調查參數挑選合適的分析程式。		
	常用軟體	DDA、RocFall、STONE、Rockyfor ^{3D} 、RSP ^{3D} 、3DEC、PFC ^{3D} 、RAMMS	PFC ^{3D} 、RAMMS、Stabl 等。可利用 Stabl 之切片法原理分析滑動面位置，再配合離散元素法程式如 UDEC、PFC ^{3D} ，或其他質點法如 RAMMS、CRSP ^{3D} 等數值分析程式，對岩屑崩滑或岩體滑動後影響範圍進行估算與圈繪。		GeoStudio、SoilVision、FLAC、FLAC ^{3D} 、Stabl 等。其中關於 Stabl 之說明如左欄所示。

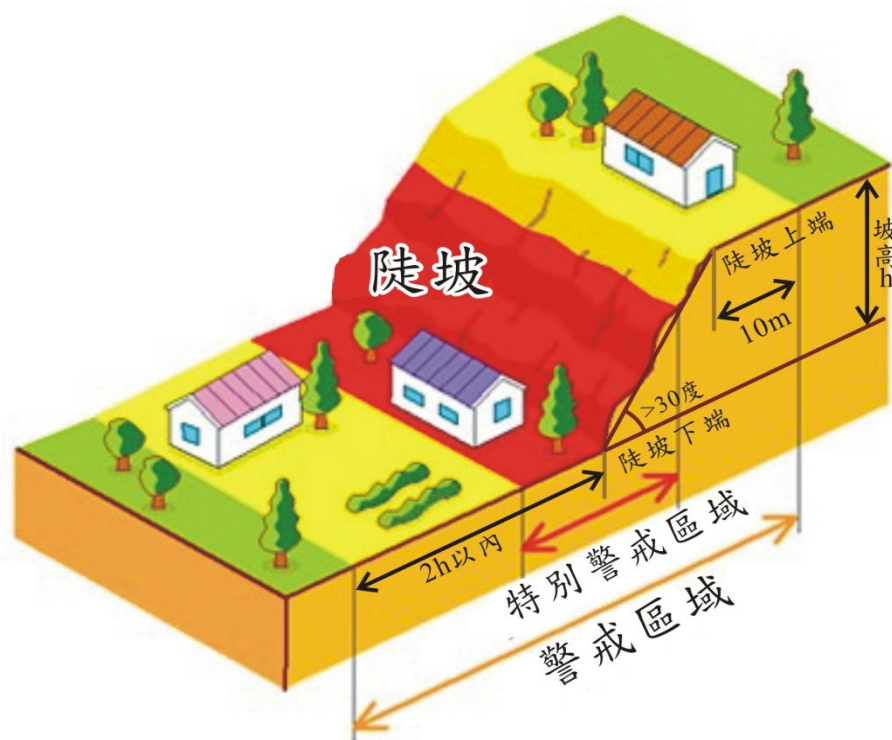
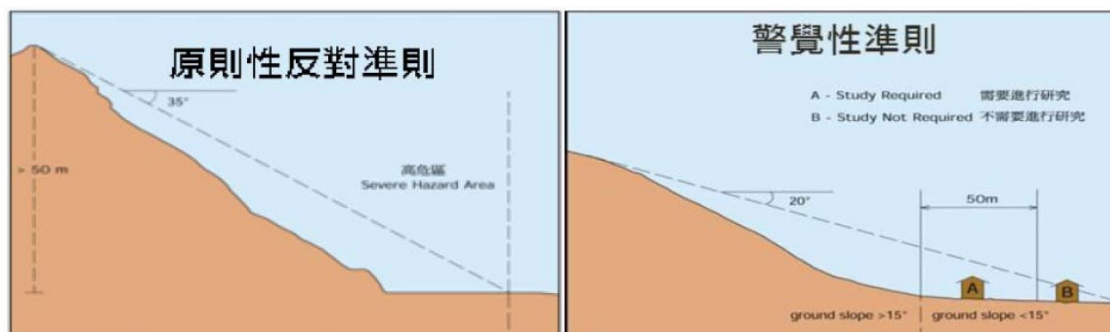


圖 5-14 日本土砂災害警戒區域示意圖-岩屑崩滑(改繪自日本國土交通省防砂部，2001)



現有崩塌地影響範圍	坡頂：滑坡斷崖頂為位於重要設施山上方向100公尺以內。	坡趾：滑坡坡腳位於重要設施山上方向，而該設施距離坡腳短於滑坡軌跡長度的40公尺或40%。
新建案限制開發準則	原則性反對準則：對於坡高大於50公尺，坡頂與水平線夾角35度以內所涵蓋的範圍皆為高危險區。	警覺性準則：坡高小於50公尺，邊坡坡度大於15度的地區，以坡頂與水平線夾角20度以內所涵蓋的範圍，或邊坡坡度小於15度的50公尺內為需要再進行評估的區域。

圖 5-15 香港山泥傾瀉災害現有崩塌地影響範圍及新建案限制開發示意圖(改繪自香港土力工程處，2010)

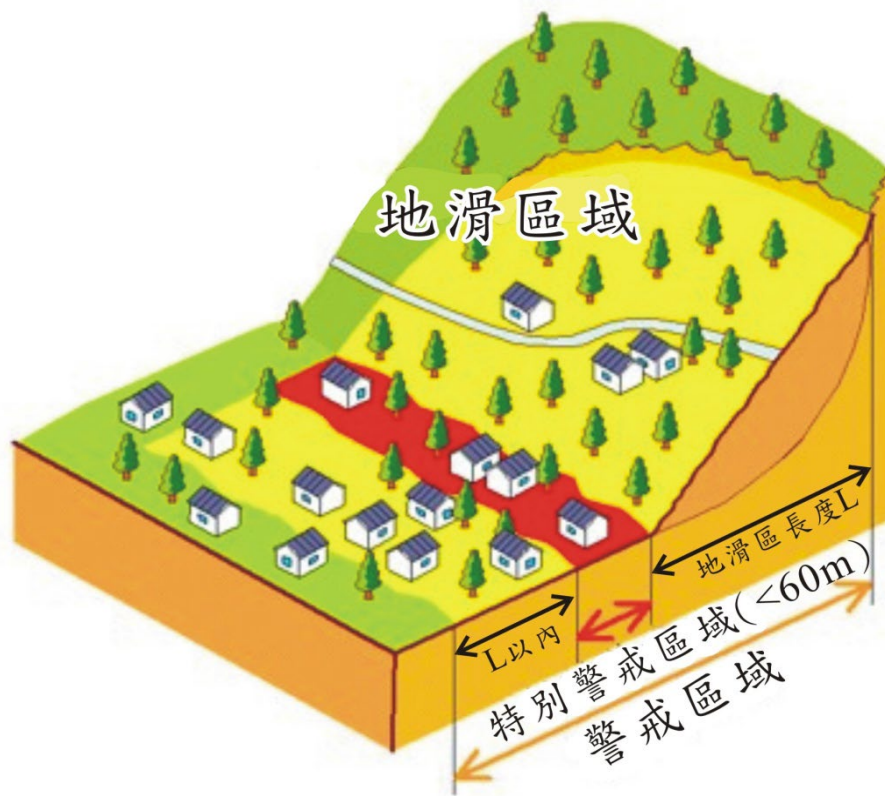


圖 5-16 日本土砂災害警戒區域示意圖-岩體滑動(改繪自日本國土交通省防砂部，2001)

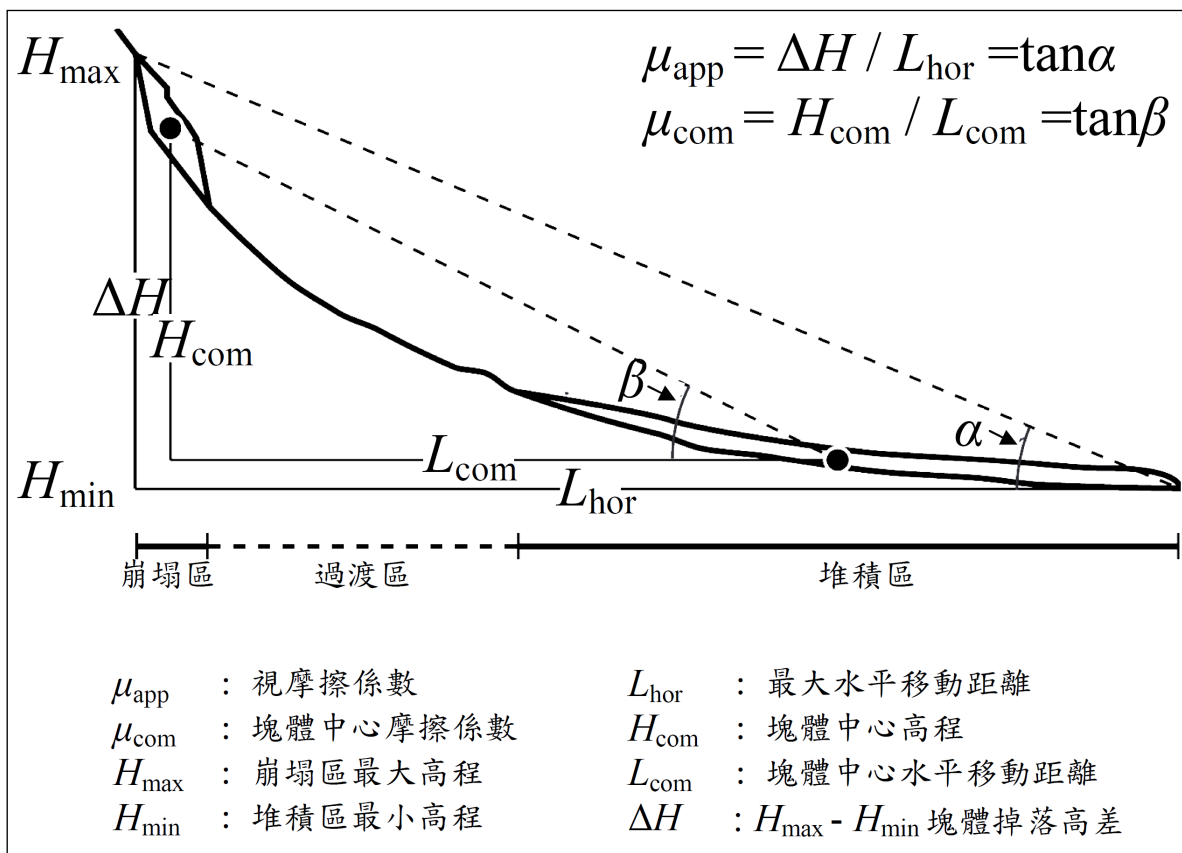


圖 5-17 利用視摩擦係數評估大型岩體滑動之示意圖(改繪自 Schneider，2011)

5.3.2 開發行為對邊坡穩定性之影響

- (1) 本節內容係屬細部調查範圍之安全評估。
- (2) 評估開發行為對基地及相鄰山崩與地滑地質敏感區邊坡之穩定性影響。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 19 條第 2 款編纂，為評估開發行為對基地及相鄰地區邊坡穩定性所造成之影響，應利用細部調查結果，進行細部調查範圍地質安全評估。依據條文意涵，於實際開發前之審議階段，需比較開發前(原地形)與開發後(設計地形)的邊坡穩定性差異，以評估開發行為對邊坡環境所造成的影響。
2. 應先說明山崩與地滑地質敏感區之類型以及該邊坡之地質狀況，以評估開發行為對其可能造成的影響。
3. 開發行為之說明不需詳細到設計參數或設計工法的程度，可為定性之開發行為描述，主要為開發整地與加載荷重。應說明開發行為與現況（或開發前）之差異程度與範圍，例如地形坡度改變、不穩定土層與岩體間之關係變化等。
4. 不同類型之山崩與地滑地質敏感區邊坡易受開發行為影響之狀況如下，應說明開發行為是否避免這些情形。
 - (1) 順向坡：開挖整地避免於坡趾為之；如須在坡趾開挖，則應清坡至無弱面自由端出露；無自由端出露順向坡亦可能因坡趾開挖而影響不透水層上方風化岩層之穩定性；應注意基礎開挖是否會導致岩體弱面自由端出露；避免於坡頂加載荷重。
 - (2) 現生或歷史山崩地區：開挖整地避免於坡趾為之；坡面土石挖填或整坡，應留意地表水及地下水排除；避免於坡頂加載荷重。
 - (3) 具潛在滑動面者：開挖整地應避免讓滑動體失去下方支撐；避免於滑動體上方加載荷重。
5. 如需以邊坡穩定分析評估開發行為對邊坡穩定性之影響者，應視開發行為所適用之安全係數規範，參考國內既有相關規範及手冊。邊坡穩定性分析相關規範或手冊包含：內政部國土管理署「建築物基礎構造設計規範」、臺北市邊坡安全技術手冊（查不到這本）、（農業部）農村發展及水土保持署「水土保持手冊」、農業部「水土保持技術規範」、交通部高速公路局「大地工程設計注意事項」，以及交通部高速公路局「公路邊坡工程設計與施工規範(草案)」。
6. 邊坡穩定性分析方法可參考交通部高速公路局「公路邊坡工程設計與施工規範(草案)」或其更新內容。

5.3.3 處理對策

- (1) 以調查及評估結果為參據，依土地開發行為應送審書圖文件之法令規定，研擬處理對策。
- (2) 根據本手冊所完成之調查與評估成果，應配合各土地開發行為開發相關法令，送交該項目之目的事業主管機關進行審查，開發單位應依照目的事業主管機關之審查結果，進行後續作為。

【說明】

1. 本節依據作業準則第 19 條第 3 款編纂，基地地質調查及地質安全評估，應依土地開發行為應送審書圖文件之法令規定，研擬因應之處理對策。
2. 處理對策可依現地調查成果加強說明細部調查區之不穩定地質條件及所在位置，以提供後續地工處理或設計之方向。
 - (1) 順向坡: 說明是否具自由端出露、坡腳是否受侵蝕、崩塌、挫屈、剪壞等情形；如有進行弱面直剪試驗，提供弱面傾角、凝聚力及摩擦角等力學參數；無自由端出露之順向坡，其不透水岩層上方岩層之節理及風化情形；順向坡坡頂及坡腹是否具垂直向節理易因降雨入滲產生水平向推力等，以提供後續排水、監測及地工處理之參考。
 - (2) 現生或歷史山崩地區: 說明山崩類型、崩積層狀況、滲水位置、裂縫位置、孤石、危木、崩塌範圍擴大之可能性及影響範圍等相關資訊，供後續崩塌地處理參考。
 - (3) 具潛在滑動面者: 可建議埋設適當之監測儀器如測傾管等，進一步確認滑動面深度位置及滑移量與滑移速率等。滑動面深入岩盤者，建議埋設自計式水壓計，監測岩盤中水壓的變化。
3. 地球物理測勘所研判之含水層及地下水流徑之分布，可提供後續邊坡排水規劃如排水孔設置之參考。
4. 當土地開發行為基地有全部或一部分位於地質敏感區內，且開發行為涉及相關法規時，例如區域計畫法、環境影響評估法、水土保持法、建築法或其他相關法規，基地地質調查及地質安全評估結果應配合之相關規定納入報告或另冊檢附辦理。

5.4 參考資料

- Corominas, J. (1996) The angle of reach as a mobility index for small and large landslides. *Canadian Geotechnical Journal*, 33, 269-271.
- Schneider, D. (2011) On characteristics and flow dynamics of large rapid mass movements in glacial environments. *Geographisches Institut der Universität Zürich*, 247p.
- Franklin, J.A. (1975) Size-strength system for rock characterization: Franklin Geotechnical Ltd. Orangeville, Ontario and Research Professor Department of Earth Sciences University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Franklin, J.A. (1976). An observation approach to the selection and control of rock tunnel linings. *Proceedings of the Conference on Shotcrete for Ground Support*, Easton, Maryland, ASCE, 556-596.
- Geological Society Engineering Group Working Party (1977) The description of rock masses for engineering purposes. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 10, 355-388.
- ISRM (1981) Rock characterization, testing & monitoring: ISRM suggested methods. ISRM, 211p.
- Ulusay R, Hudson JA, ISRM (2007) The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. In: Ulusay R, Hudson JA (eds) *Commission on testing methods. International Society of Rock Mechanics. Compilation arranged by the ISRM Turkish National Group*, Ankara, Turkey, 628 p.
- FGDC (2006) FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization. US Geological Survey Geologic Data Subcommittee, Federal Geographic Data Committee Document Number FGDC-STD-013-2006, 33 (plus 250 pages of appendices).
- 上野將司 (2001) 地すべりの形状と規模を規制する地形・地質要因の検討, *Landslides-Journal of the Japan Landslide Society*, 38(2), 105-114。
- 費立沅 (2009) 臺灣坡地災害與地質敏感區的關係。地質, 第二十八卷, 第一期, 第 16-22 頁。
- 中國土木工程學會 (1993) 工址地盤調查準則。內政部建築研究所籌備處委託研究報告, 共 41 頁。
- 內政部營建署 (2021) 建築技術規則建築設計施工編。
- 交通部臺灣區國道新建工程局 (2011) 大地工程設計注意事項, 共 42 頁。
- 日本國土交通省防砂部 (2001) 土砂災害警戒区域等における土砂災害防

止対策の推進に関する法律施行令。

行政院農業委員會水土保持局 (2015) 水土保持手冊，共 692 頁。

社團法人中華民國大地工程學會 (2014) 公路邊坡工程設計與施工規範(草案)。交通部臺灣區國道新建工程局，共 225 頁。

香港土木工程拓展署土力工程處 (2010) 天然山坡山泥傾瀉風險管理，共 4 頁。

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成果報告。

經濟部中央地質調查所 (2007-2010) 高山聚落地區地質災害基本調查計畫成果報告。

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，共 65 頁。

經濟部中央地質調查所 (2013) 易淹水地區上游集水區地質調查及資料庫建置，共 192 頁。

經濟部中央地質調查所 (2013) 易淹水地區上游集水區地質調查及資料庫建置圖冊，共 53 頁。

經濟部中央地質調查所 (2018) 潛在大規模崩塌之調查及觀測技術手冊，共 178 頁。

經濟部中央地質調查所 (2022) 山崩巨量資料應用及智慧動態山崩模式發展(1/5)，共 256 頁。