

第二章 文獻回顧

第一節 名詞定義

一、崩塌 (landslide)

(一) 崩塌之定義

崩塌之定義在於重力作用下，使邊坡上的物質，如岩屑、岩塊、土體及出露之岩層等受到下滑力作用而沿山坡下方移動的運動現象。由力學角度來看，邊坡上的物質會受到兩個方向的應力：一個為使物體下滑的作用力，稱之剪應力 (shear stress)，其來源包括土石本身的重量以及外加的荷重或應力；另一個則為使物體穩定不移動的力，常稱之為剪力強度 (shear strength)，取決於物質材料之間的顆粒摩擦、膠結作用以及其他的內部應力。當剪應力小於或與剪力強度達到平衡狀態時，坡面上的材料便能保持穩定不動；反之，若因某些因素造成剪應力超過剪力強度時，材料間本身的聚合便會被破壞而造成山崩，所以發生山崩的力學機制可以說是來自於剪應力增加或是剪力強度降低之結果 (楊智堯，1999)。

造成崩塌的因素可分為潛在因子及誘發因子 (劉守恆，2002；工研院能資所，1992) 如圖 1 所示。

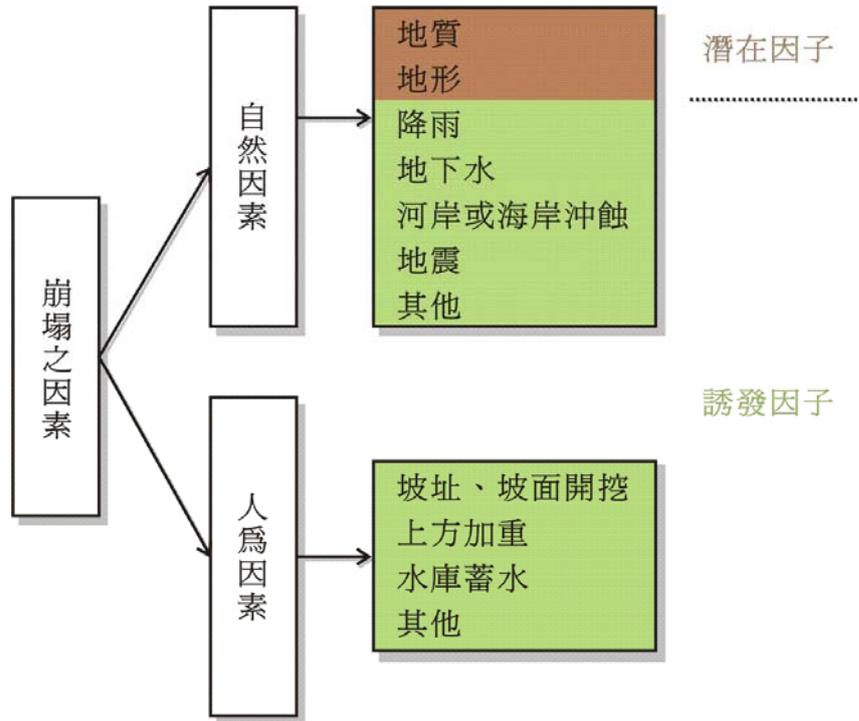


圖 1 產生崩塌因素圖 (劉守恆, 2002)

在前人研究中，矢野義男(1975)指出崩塌為在崩塌地上，急速改變地形之情況下，依重力向下急速移動之土塊。台灣的地質構造是由第三紀層（約七千萬年前）及第四紀層（約六千萬年前）之泥岩或凝灰岩之粘質土所組成。一般而言，粘質土吸水後的摩擦係數及抗剪強度會降低，進而形成易於滑動之地層面。

大規模之崩塌區或地滑區產生滑動後，崩塌區之頂部，一般為張力區，會產生若干張力裂縫及頂部陷落情形。頂部土體陷落後，會往下邊坡產生滑動位移，直至坡度變緩且穩定性增加後才暫時停止，故在邊坡趾部處會有隆起之情形。當下滑土

體堆積在趾部時，趾部會再度形成一較陡之坡度，而在頂部陷落處往往由於地下水及地表水不易排除，常會形成一處較潮濕之地帶，圖 2 為典型崩塌地之地形模型示意圖。

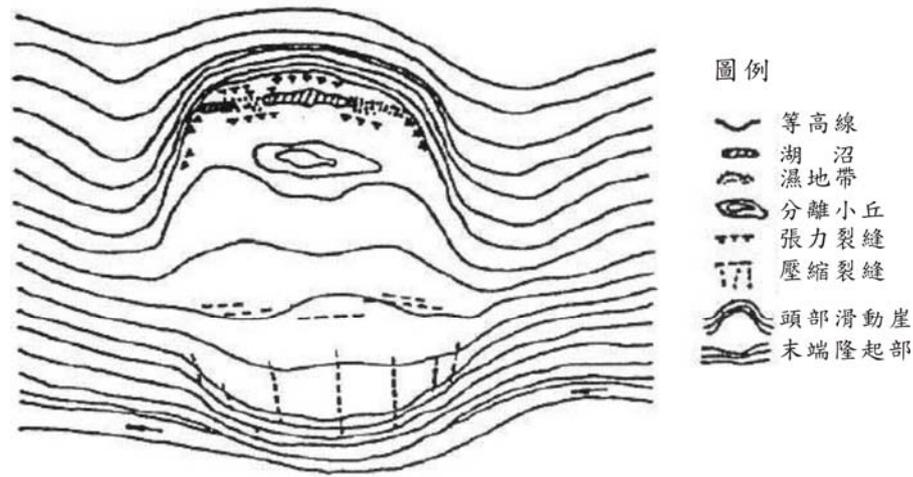


圖 2 典型崩塌地形模型示意圖（藤原明敏，1979）

有些坡度很安定，不會因外界干擾而發生崩塌作用，然而有些坡度一經干擾就會產生很嚴重的崩塌作用，可見在這其中除了坡度因素之外，必定還有其他因素存在。

（二）崩塌之分類

崩塌發生形式有很多種(圖 3)，造成崩塌誘發原因繁多，所顯示的現象相對也各有不同，在過去的研究整理中（劉文賢，2004），各研究的研究角度不同，對於崩塌的分類也有所差異，茲將較具代表性者，分述如表 1（陳信雄，1997；水土保持手冊，1992，；Fooke 等，1985；藤原明敏，1979；Sharpe，1938；Varnes，1978）：

表 1 崩塌之分類表

專家學者	年份	現象	原因
陳信雄	1997	崩塌	崩積土破碎後遇上如集中豪雨或地震等的誘因。
		地滑	山坡地或岩屑層的部分塊狀滑落，而且滑落後沒有破碎。
水土保持手冊	1992	崩塌	可分為五大類：山崩、地滑、潛移、土石流與沖蝕。
Fooke 等	1985	地表水蝕作用	<p>地表水蝕作用常造成蝕溝侵蝕，沿著滲流或地表逕流的路線下切，易侵蝕地表，形成不穩定邊坡。塊體運動包括塌落 (fall)、滑動 (slide)、流動 (flow) 三種：</p> <p>(1) 塌落包括岩石或岩屑的墜落。其主要發生原因有：</p> <ul style="list-style-type: none"> a、崖坡不連續面受風化而弱化。 b、節理中水的滲流或冰凍解凍作用。 c、開挖或河流下切作用。 d、地震或其他震源作用等。 <p>(2) 滑動可以分為兩類：圓弧型滑動 (rotational slide) 及平面型滑動 (planar or translational</p>

續下頁

<p>Fooke 等</p>	<p>1985</p>	<p>地表 水蝕 作用</p>	<p>slide)。圓弧型滑動一般發生於均質而厚層之凝聚性土壤或極度風化之岩石；平面型滑動則可分為岩石滑動 (rock slide)、土石滑動 (debris slide) 以及泥沙滑動 (mud slide)，其一般特徵是常沿著一個或數個與坡面接近平行的平面滑動。岩石滑動發生的剪移滑動面常受不連續面的控制，土石滑動及泥沙滑動則是無凝聚性的岩屑或砂土，沿著平行坡面的方向滑落。一般發生滑動的原因有：</p> <ul style="list-style-type: none"> a、材料受風化而弱化。 b、不連續面的位態和坡面位態呈不利於穩定的狀況。 c、開挖或河流下切導致解壓。 d、降雨及地下水位上升導致孔隙水壓上升及冰凍作用。 e、地震或其他震源作用等。 f、坡頂載重。 <p>(3) 流動可以分為土石流 (debris flow) 及泥流</p>
----------------	-------------	-------------------------	--

續下頁

<p>Fooke 等</p>	<p>1985</p>	<p>地表 水蝕 作用</p>	<p>(mud flow) 兩種。此類型破壞並無一定的運動面，多半是因物質中富含水分而使材料快速運動。常見導因為：</p> <p>a、降雨及地下水位上升導致孔隙水壓上升及冰凍作用。</p> <p>b、風化作用。</p> <p>c、上坡的逕流與侵蝕產生額外堆積物而導致滑動。</p> <p>d、坡頂加載。</p>
<p>Sharpe</p>	<p>1938</p>	<p>運動 體之 組成 物質 與運</p>	<p>根據塊體坡移物質之搬運媒介、水量多寡、移動速度與滑動面種類等，可劃分成四類：河川搬運、潛移蠕動、土石流與崩塌。</p>
<p>Varnes</p>	<p>1978</p>	<p>動形 式</p>	<p>依移動方式可區分為五大類型：墜落 (fall)、傾翻 (topples)、滑動 (slides)、側滑 (spread) 與流動 (flow)，此分類也最常為人採用。</p>
<p>藤原明敏</p>	<p>1979</p>	<p>崩塌</p>	<p>可區分為四大類型：凸狀尾根型 (convex ridge type)、凸狀台地型 (convex plateau type)，凹狀單丘型 (concave hill type)、凹狀多</p>

藤原明敏	1979	崩塌	丘型 (concave poly hill type)，如圖 3。凸狀地形大都發生在岩盤或風化岩盤間之崩塌地，而凹狀地形則發生在崩積土或粘性土上。
------	------	----	---

改編自 劉文賢，2004

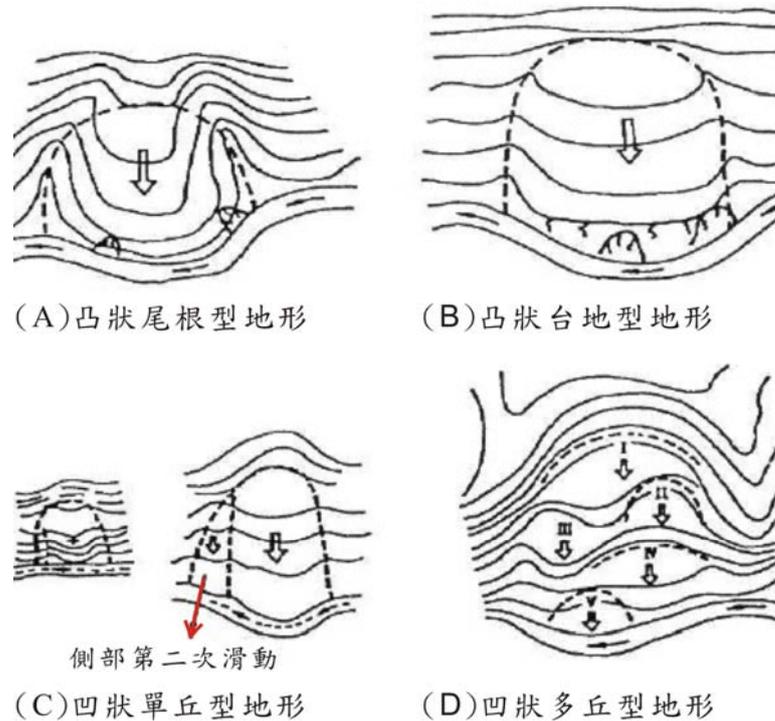


圖 3 崩塌地形分類圖 (藤原明敏，1979)

二、檜木老林 (old-growth cypress)

(一) 檜木老林之緣起

文建會舊站中提到台灣原始檜木林起源可以追溯到中生代三疊紀 (距今約二億多年) 的裸子植物，在過去的二百萬年至一萬年前，地球上氣候在幾次冷化後，曾形成四次大冰河期，氣溫下降過程中，極地的冰原範圍也相對逐漸擴大，使得生物

紛紛向南方溫暖地區遷徙。亞洲喜馬拉雅山至台灣一帶成為全世界生物最大的避難所，而台灣的針葉林即起源於此。

今日仍生長於台灣山區的珍稀裸子植物群可以稱為是「活化石樹」，這些活化石針葉樹多隱藏於台灣中高海拔的檜木霧林內。遺留於海洋性潤濕氣候的台灣高山古檜木林環境不僅代表著在古裸子生物長期演化下，殘存於世紀珍稀林相，更是至今僅存於北美及東亞型之世界古檜木的自然遺產代表（文建會舊站提供，台灣原始檜木林的起源）。

現今地球上僅存七種檜木種類，主要分布在太平洋東西兩岸、日本以及台灣等海岸山脈潤濕性的山域環境中；而在北美、東亞型扁柏屬針葉林系中，只有台灣檜木林是處於亞熱帶地區（文建會舊站提供，世界檜木的種類與分布）。在冰河期及間冰期，北方裸子植物大舉向南方遷移並擴大分布，檜木也於此時由北方逐漸南移。學術研究推論發現，當時日本與中國大陸的華中地區相連，臺灣則與華南地區相連，後來因為東海陸塊之陷落，致使日本及臺灣與大陸地塊分離，才形成目前的分布狀況（文建會舊站提供，台灣世界遺產潛力點--闡述理由、蔡正一，2006）。在現有存在的七種檜木中，三種位於北美洲，日本二種，臺灣二種。台灣檜木是台灣扁柏和紅檜兩種的合稱，此

兩種台灣重要的針葉樹詳敘如下：

1、紅檜 (*Chamaecyparis Formosensis Matsum.*)

- (1) 英文名：Taiwan Red False-Cypress。
- (2) 樹型高大，樹高可達 38 公尺，胸徑可達 1.7 公尺。
- (3) 分布在臺灣海拔 900~2,700 公尺的山腰或山谷地區。
- (4) 居於臺灣扁柏稍下部，與鐵杉、華山松、紅豆杉、臺灣杉等混生，亦有闊葉樹混生或成塊狀純林，木材帶有香味。

2、臺灣扁柏 (*Chamaecyparis obtusa var. formosana*)

- (1) 英文名：Taiwan yellow cypress。
- (2) 樹型高大，樹高可達 35 公尺，胸徑可達 1 公尺。
- (3) 分布在臺灣海拔 1,300~2,900 公尺山地。
- (4) 常與鐵杉、紅檜混生，亦有成純林者，樹材帶有香味。

(二) 檜木老林之分布情形

文建會舊站提供的「台灣檜木的原生分布與霧林生態環境」一文指出，台灣檜木林約分布於海拔 1,500 至 2,800 公尺間，而 1800 公尺至 2,400 公尺為其主要的分布區域。其中紅檜生長海拔環境約比扁柏低約 300 至 500 公尺，且因溫差效應，導致整體天然檜木林海拔分布產生顯著的北低南高現象，中部以北多

為山域扁柏、中部以南則是紅檜較多。

台灣的棲蘭山林區面積約四萬五千公頃，天然檜木林總量面積則約為四百萬立方公尺。檜木林主要可分成南、北兩大區塊，今日棲蘭山林區主要檜林分布於南部區塊。南北兩區塊的天然檜木林總面積共約一萬五千公頃上下，目前大部分的地區為人跡未至的原始環境（文建會舊站提供，棲蘭山林區）。

三、潛在敏感區（potential sensitive area）

（一）潛在敏感區含意

「潛在敏感區」係一集合名詞，泛指對人類具有特殊價值或潛在天然災害之地區，極易因不當之人為活動而導致環境負效果。而這種負效果常具不可逆性，即使可以復原，也常需付出極大的代價。經建會於 1985 年完成「環境敏感地區土地規劃與管理之研究」後，環境敏感地區觀念已普遍在國內成為土地資源評估之工具。內政部營建署亦於 1992 年先後完成北部、南部區域之環境敏感地劃設。

（二）潛在敏感區之劃設準則

依據區域計畫法施行細則第六條規定：「本法第七條第九款所訂之土地分區使用計畫及土地分區管制，應以文字表明計畫

目標及有關水土保持、自然生態保育、景觀、環境及優良農田保護、洪水平原管制以及天然災害防止等事項。」(營建署地理資訊系統查詢，環境敏感地劃設之準則)。

以下針對台灣南、北地區過去所訂定之環境敏感地分類標準及劃設原則，與本研究所擬訂之環境敏感地劃設架構加以說明。地質災害之分析可分為地震災害與坡地穩定度兩種主要項目，在地震災害部分，會將南北區域中的斷層帶視為其潛在地震災害區，並綜合考慮地質、地形與土壤等三種因素來判定坡地穩定度。在地質災害敏感地劃設準則方面，澎湖地區參考了能資所的「山崩潛感性分析準則」、以及張石角教授所提「坡地穩定度分級準則」(表 2)、「中央地調所坡地穩定度劃分等級」，進一步以規則組合法分析之(營建署地理資訊系統查詢，天然災害敏感地區：地質災害敏感地)。有關地質災害之劃設流程如圖 4 所示。

表 2 坡地穩定度分級準則表

等級	地表現象	現象描述
1	不顯著	坡面上無明顯之溝痕、逕流沒有匯集現象。
2	小沖蝕溝	同一等高線轉折兩段延長線之交角大於 90 度。
3	中沖蝕溝	60~90 度。
4	大沖蝕溝	小於 60 度。
5	舊崩坍地 煤渣堆	--
6	新崩坍地	--

若坡度大於 45% 時，等級必須再加一級。

改編自 張石角，1980

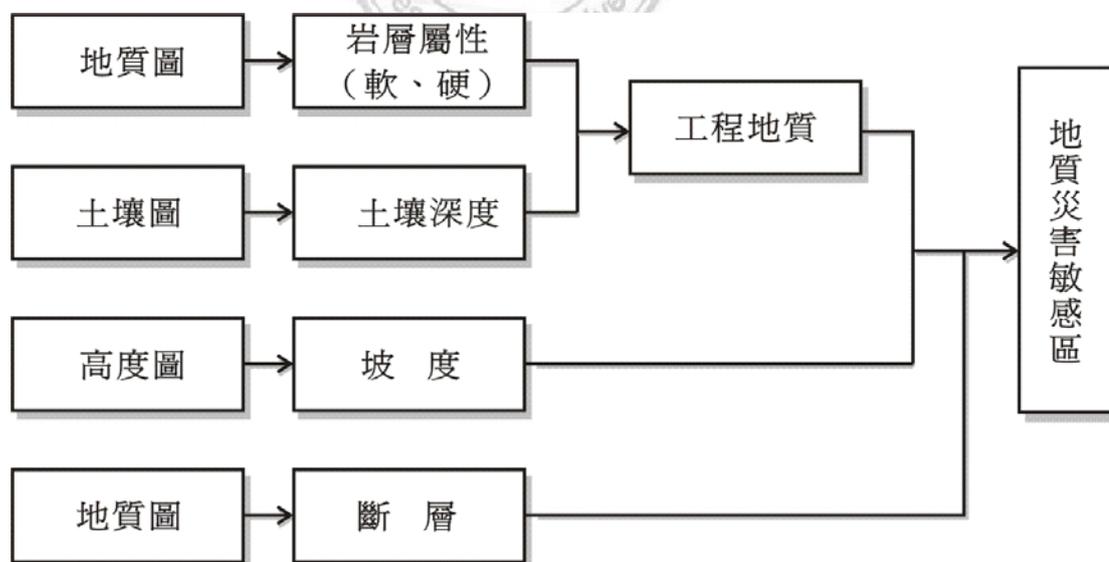


圖 4 地質災害之劃設流程圖 (引用自 營建署地理資訊系統)

在坡地穩定度之分析上，首先要研判地質圖之順逆向坡及岩層之軟硬程度，並結合土壤深度結果以求出工程地質特性，

之後再利用工程地質特性與坡度圖做疊圖分析，組合出坡地穩定度圖。其劃設準則如表 3、表 4 所示。

表 3 工程地質因子分類表

岩類	強度	岩性	備註
沈積岩	硬岩	砂岩 (R>2)、石灰岩	R=砂岩/頁岩 (原度比)
	軟岩	砂頁岩互層 (R<2)、頁岩或泥岩、多孔狀石灰岩、凝灰岩	
火成岩	硬岩	熔岩、侵入岩體	
	軟岩	火山碎屑岩	
變質岩	硬岩	片麻岩、大理石、石英片岩	R=砂岩/頁岩 (原度比)
	軟岩	板岩、千枚岩、黑色片岩、綠色片岩	

引用自 環境敏感地劃設之準則

表 4 坡地穩定度劃設準則表：(a) 準則 1、(b) 準則 2

工程地質等級		土壤深度	
		小於 1 公尺	大於 1 公尺
岩性	硬岩	I	I
	軟岩	II	III

(a)

工程地質 坡 度	I	II	III
0%~5%			
5%~15%		I	
15%~30%		II	
30%~40%	II	III	
40%~55%	III		
>55%		IV	

(b) 引用自環境敏感地劃設之準則

(三) 潛在敏感區之評估

潛在敏感區是指某個地區因為物質本身或是外在因素造成該地區的不穩定性及不安定性。所以每個地區所顯現出的潛在敏感區也相對不同。近年來台灣各地開始對潛在敏感區中地質災害做進一步的評估(表5),其中包含中央地質調查所(1979)持續進行當中的「坡地社區工程地質調查與探勘」一系列技術報告、工業技術研究院能資所(1989)建置的「台灣省重要都會區環境地質」資料庫、台灣大學地質學研究所(1996)進行的「雲林縣地盤下陷區之地質環境評估」,以及中國地質學會(2000)所建立的「區域國土開發保育防災基本資料」(陳宏宇、林俊全、宋聖榮,2003)。

表 5 相關地質敏感地區之評估資料表

項目	委託單位	執行/編製單位	年代	比例尺	評估資料
山坡地 都會區	中央地質調查 所	賴典章等	1979	1:50000	調查育探勘坡地社 區工程地質
山坡地	台灣省建設廳	工研院能資所	1987 1990 1995 1997	1:5000	建立台灣省重要都 會區環境地質資料 庫
山坡地	內政部營建署	中國地質學會	1998 1999	1:25000	建立區域國土開發 保育防災基本資料
山坡地	行政院農業委 員會	航空測量及遙 感探測學會	1995	1:100000	繪製台灣地區土石 流危險溪流分布圖
山坡地 都會區	內政部營建署	邱毅顧問公司	1992	1:680000	劃設台灣地區環境 敏感地與土地使用 適宜性分析
山坡地 都會區	中央地質調查 所	林啟文等	2000	1:500000	出版台灣活動斷層 概論第二版
山坡地	內政部營建署 陽明山國家公 園管理處	張石角	1989	1:15000	調查研究陽明山國 家公園環境敏感區 及潛在災害地區
山坡地	內政部營建署 陽明山國家公 園管理處	黃宏斌	2000	1:1000 1:25000	調查研究園區聚落 與民舍周圍地區潛 在災害調查與預警

引用自 陳宏宇、林俊全、宋聖榮，2003

各評估方式會依照各調查基地之基本環境的差異而採用不同的評估因子，陳宏宇等（2003）整理供參考之評估因子請見表 6：（中央地質調查所，1979；工業技術研究院能資所，1989；台灣大學地質科學研究所，1996；張石角，1987；中國地質學會，2000）

表 6 潛在敏感區評估因子表

專家學者	年份	評估因子
中央地質調查所	1979	採用岩性，構造，坡度及環境等四項因子來繪製坡地社區開發建議圖，並同時利用坡度分析圖、坡地社區開發建議圖及地質圖來分析地質災害敏感度。
工業技術研究院能資所	1989	建立環境地質資料庫，資料庫中包含環境地質圖、山崩潛感圖、土地利用潛力圖...等。每一種圖幅均具有多個評估因子，例如坡度、基岩性質、新舊崩塌地、崩塌堆積、河岸侵蝕、向源侵蝕、表層沖蝕、廢棄土石及人為填土等評估因子。
台灣大學地質科學研究所	1996	水資源、土地資源及地質環境資源為評估地層下陷之三大項目，之後再由各項目中地下水變遷、開發範圍、地質概況、礫石層分布及侷限層深度分布等不同比例之權重因子，來劃分該地在土地利用上環境的「好」、「壞」等不同等級。

續下頁

<p>張石角</p>	<p>1987</p>	<p>土地單元中的五個評估因子被分成兩類：地形序數（坡度、地表現象）及地質序數（岩質、坡型與土壤厚度）。張教授以列表方式列出不同因子的特性，並依據此給予不同的評分權重。透過評估得分高低，可以了解該土地單元之環境敏感度的高低分布。</p>
<p>中國地質學會</p>	<p>2000</p>	<p>採用地質災害敏感度分級，依照山坡地潛在地質災害及地質條件等因素的不同可分成四個等級。其中地質災害包括土石流，流水沖刷，及地盤下陷...等。地質條件則包含有岩性，地質構造及活動斷層之分布...等。依照地質災害敏感分級可以訂立防範災害原則。</p>

改編自 陳宏宇等，2003

第二節 崩塌的嚴重性

本研究整理出崩塌的重要性，為造成崩塌的主要原因為重力作用影響，其產生的因素可分為：自然因素及人為因素兩大因素，這兩大因素只要其中一個因素都有機會造成崩塌。由於崩塌對人類生活環境影響甚大，它所破壞的不但有自然層面，還有人文層面。在自然層面上，大量土石隨洪流下移淤積河床，造成洪水氾濫的嚴重災情，不但破壞自然景觀及嚴重影響生態環境，導致生態體系出現不穩定而必需經過一段很長的時間，才能再恢復原本的面貌，有的則嚴重的無法恢復；在人文層面上，它所影響的是人文、歷史、古蹟方面，亦會迫害視覺景觀的美質評估，造成生活上的困擾，但不管是自然或是人文方面，崩塌所帶來的災害是最直接影響到人類生活以及森林環境資源的保護。

第三節 檜木老林的重要性

世界扁柏屬植物多介於暖帶與溫帶之針葉林間，也就是針葉林與闊葉林的交會處。在台灣，扁柏屬植物多位於海拔自 1,800 迄至 2,500 公尺的中高海拔山區，該山區由於地勢高、山谷深、雨霧充足，常常形成孤島式的封閉性生態環境，是台灣含有最大降

水量的濕潤環境，年降雨量高達4,500公釐。由於終年雲霧瀰漫，被稱之為台灣的「霧林」；該區因為有溫濕這樣的絕佳條件，促成了植物相互競生的現象，因此在台灣的檜木林多為混生或混交，極少數為純林型林帶（或稱檜木優勢社會林相），所以台灣的檜木林多被稱為「針闊葉混合林帶」，這樣的針闊葉混合林帶是由闊葉樹林，以及高聳入天（最高樹可超越90公尺）的檜木所組成（陳玉峰等，2000；文建會舊站提供，台灣檜木的原生分布與霧林生態環境）。

關於上述之檜木老林，陳玉峰（2000）在「棲蘭山森林生態系的永世保育」一文中曾指出：台灣檜木林在全球的生態系中可以稱為是獨一無二的物種，同時也最能突顯台灣的獨特性，其重要的程度足以列入世界自然遺產行列之中。這些檜木林反映出北半球演化史中至少億年以上時空大變遷的寫照，最後落腳在台灣的這個高山雲霧之鄉；配合造山運動無數的地震、河川向源侵蝕、山體崩塌、終年雲霧潤濕生育地，基質及生命演化與演替等的交互作用，我們推測檜木林約為冰河時期遷入台灣，其年代可追溯至一百萬至一百五十萬年前，遷入之後不斷的作海拔上下之推移，可視為台灣森林中的菁華，傲視全球。另外，台灣檜木林中也含有諸多珍稀古老活化石物種，其林業價值超過任何其他森林種類。

檜木類除了具高經濟效益和景觀效益之外，也是古地史活見證。而由於其族群龐大，且占地面積遼闊，在穩定台灣中海拔山區之生態體系時扮演了重要的關鍵角色。因為檜木林是台灣最大降雨帶的源頭，它涵蓋了全台維生系統的中樞，沒有任何一個人造系統可以取而代之，所以檜木林可被視為庇蔭全台生態系最重要的基盤（陳玉峰，棲蘭山森林生態系的永世保育）。

第四節 遙測技術之應用

全球科技發展快速，遙測技術和防災技術整合後有了突破性的發展，我們也看到高解析度衛星影像分析能力明顯的大幅提升。1995年7月，台灣成功設立衛星接收站並完成資料接收。2004年5月21日，國人自製之福衛二號亦成功發射升空運作（蔡光榮，2005；國立中央大學太空及遙測中心）。因此，隨著衛星影像解析力的提升，崩塌災害之監測研究上空間資訊之準確度得以改善，也同時強化了環境監測之時效性與應用性（蔡光榮，2005）。

人類和自然環境產生的互動進而帶出土地覆蓋的概念，我們應用遙測技術於找出土地覆蓋分類，繪製出土地覆蓋分類圖，希望讓不同的使用者可藉由土地覆蓋分類圖，從中選取符合自己所需要的資訊，Estes and Mooneyhan (1994)、DeFries and Townshend

(1994) 以及蔡哪文 (2002) 指出，在早期利用遙測影像所得到的土地覆蓋資料，常因衛星影像解析度低而使得分類圖的品質低落，特別是準確度很差。但由於製圖模式的套疊分析往往會需要使用土地覆蓋資料，廣泛的應用間接的造成影像分類技術之提升。以前常用的影像分類方法是依據土地覆蓋型的光譜資料，將影像中的像元(pixel)歸類到不同的土地覆蓋類型，或依據像元之空間關係進行分類，例如依據紋理、形狀、大小等作分類。至於利用光譜特徵的分類方法可分為：監督分類(supervised classification) 以及非監督分類 (unsupervised classification) 二種，介紹如下 (楊龍士等，2006；蔡哪文，2002)：

- 1、監督分類：利用既有的地面真實資料 (係指土地使用/覆蓋之真實情況)，再根據光譜反射特性，對影像中的像元施行光譜模式辨認 (spectral pattern recognition)。因為是用已知之光譜反射特性作分類基準，所以被稱作監督分類法，其過程主要有二個不同的處理階段，分為訓練階段 (training stage) 和分類階段 (classification stage)。
- 2、非監督分類：若是不瞭解地面的真實情況時，研究者可利用非監督方法進行影像分類，亦即分析者可視研究目的、需求及現地土地使用/覆蓋的複雜程度，先指定所欲

分類的空間群集數目，然後利用群落分析法(clustering analysis)，將光譜性質相似的像元歸併為同一類別，最後再由分析人員判定其資訊類別（劉守恆，2002；Lillesand and Kiefer, 2000；江中熙，2000）。

應用遙測技術從事中、大尺度的環境監測研究是目前熱門的重要研究課題，國內外已有許多應用遙測技術於崩塌調查和崩塌潛在敏感區的研究，譬如劉文賢（2004）所整理之遙測技術於崩塌之應用有：利用空載多波段掃瞄資料自動分辨新發生的山崩（劉進金，1986）、利用 SPOT 衛星影像研究中橫公路附近崩塌地判釋方法（李森吉，1992）、藉由地理資訊系統整合多種數化資料，供土石流危險溪流判釋之用（林昭遠等，2000）、利用衛星影像上的色調及植被與水體之不同，判釋山崩位置（廖軒吾，2000）、利用不同植生指標如植生指標差（DVI）、影像比例法、常態化植生指標（NDVI）、轉換植生指標（TVI）及植生差比值等，偵測裸露區域之變遷（黃筱梅，2001）、利用高斯最大概似分類法（maximum likelihood decision rule）和倒傳遞類神經網路(back-propagation neural network)進行地被物判釋及影像分類（陳莉等，2003）。

第五節 潛在敏感區之劃設

分析坡地潛在敏感性主要是為了找出引發山崩的可能因素，透過分析評估，再列出各區發生崩塌的可能程度。目前台灣從事坡地敏感性分析的單位有：經濟部中央地質調查所、工業技術研究院、中興大學水土保持系、行政院農委會等（侯春帆，2006；黃麗津，2003）。

關於崩塌地等環境災害分析方法，多數的研究都是針對某些可能引發環境災害的因子，例如：坡度、地質、斷層等，進行定性或定量分析，作為危險度評估與災害防治之參考，其分析方式如下（侯春帆，2006）：

- （一）定性方法：專家學者評估現場實際情形之後，找出影響性較大的因子之後予以給分，此法雖與現地調查之結果相符合，但是因子給分部份為人為判定，所以會因為各學者的觀察角度和專業背景的不同，而造成認定的不同，評分往往過於主觀，且需花費許多人力與時間。
- （二）定量方法：利用統計分析方法進行相關因子的評分與權重，定量方法雖較定性方法客觀，其所分析之結果卻不一定是與現實相符合，故此法之結果仍需加以檢核。

無論是定性或定量方法都有其優缺點，倘若能整合，也許能得出較平衡的結果。過去的坡地災害分析多倚賴人工調查或是藉由收集研究區域的崩塌資料加以分析（呂政諭，2001；孫維芳，2002），雖然此方法會與實際狀況較符合，但在資料取得、資料完整性以及資料處理等方面，往往需要耗費許多時間與心力。近年來資料處理能力不斷的提升，遙測技術快速發展，高解析度衛星影像分析能力也有所增強，相信此問題將在不久的將來得以紓解，而爾後有關環境災害之分析成果也將更加完善。

國內外有多位學者採用定量統計方法，並搭配衛星影像及地理資訊系統進行區域山坡地之穩定分析。侯春帆（2006）整合過去國內外學者所提出之研究結果如表 7（張石角，1980；林中興，1993；蘇苗彬，1998；林書毅，1999；羅偉等，2001；陳意璇，2002；水土保持局全球資訊網站）：

表 7 山坡地分析評估因子表

專家學者	年份	區域	評估因子
張石角	1980	山坡地利 用潛力分 區	以線性組合法求出各因子之相對參數值，各因子包括：靜態地形因子(坡度)、動態地形因子(沖蝕現象)、工程地質因子(岩性、地質構造、土壤厚度)，並用來評估坡度穩定度。
林中興	1993	梨山地區	水系、坡度、坡型、岩土不連續面為其評估因子，對於這些分子做因子分級與因子間權重評比，同時利用地理資訊系統處理分析前、後的空間資料，並將山崩潛感圖依照潛感分佈情形，分為五個等級:低、中低、中、中高及高級，最後採用同一地區的不同年代航照圖來進行準確度預測。
蘇苗彬	1998	--	應用地理資訊系統進行空間資料與空間因子的參數處理，再由現地調查所得的崩塌資料結果來對各影響因子等級之分佈情形進行統計，依據相對量化概念，由各因子等級統計所得結果相對於統計整體之分佈情形來決定該等級之計量值，並由統計後之離散情形，決定該因子對於坡度敏感性資料分級的權重值。

續下頁

<p>林書毅</p>	<p>1999</p>	<p>林口台地 山坡穩定</p>	<p>比較不安定指數法與主成分分析法之後發現不安定指數法之岩性、距侵蝕溝距離及坡度的權重加總佔總權重的 70.6%，顯示此三因子掌控了山崩潛感值，但是三因子互為正相關（相關係數介於 0.45 至 0.58 之間），顯示因子相依的問題嚴重影響山崩潛感值。透過主成份分析法將潛感因子轉為互相獨立的主成份後，其他因子的影響相對提高，顯示主成份分析法可以克服因子相依影響問題，反應出比較接近現況的結果。</p>
<p>羅偉等</p>	<p>2001</p>	<p>新竹縣 尖石鄉</p>	<p>針對過去曾發生山崩、落石、土石流、洪氾、地滑、沖蝕、以及已處於潛在危險災害之地區做調查與分析，並藉由所得之潛在危險災害分佈地點與範圍結果，對於災害發生之類型與發生原因進行評估。發生頻率、損失程度和影響程度應作為岩體評分法進行危險度評估時的主要因子，至於因子評估之權重分類方法則採用層級分析法，將最後所得分數分為五個階段（A 級危險到 E 級危險），高度危險（50 以上）、中高度危險</p>

續下頁

<p>羅偉等</p>	<p>2001</p>	<p>新竹縣 尖石鄉</p>	<p>(40~50)、中度危險(30~40)、中低度危險(20~30)、低度危險(20以下),最後再依危險等級之高低,來提出整治先後次序之建議。</p>
<p>陳意璇</p>	<p>2002</p>	<p>--</p>	<p>採用地理資訊系統,並結合具力學理論背景之Newmark's 永久位移法及無限邊坡理論做為各因子間權重相互影響之關係式。豪雨誘發山崩因子包括降雨強度、累積雨量、當地地質背景、地形、水系、植生覆蓋及人為開發等。透過反算方式與現況比對,簡化地震誘發與豪雨誘發山崩這樣的多種因子,並以安全係數、永久位移量,建立研究區域內促崩因子引致山崩之破壞模式。</p>
<p>水土保持局</p>	<p>--</p>	<p>--</p>	<p>依據坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度以及岩石性質等特性,訂出山坡地可利用限度分類標準,並進一部分出不同等級之坡地。</p>

改編自 侯春帆,2006