



國有林之崩塌地處理

文、圖 ■ 黃宏斌 ■ 國立台灣大學生物環境系統工程學系教授兼水工試驗所特約研究員

一、前言

根據農委會水土保持局與中華水土保持學會編印之「水土保持手冊」（2005），崩塌係邊坡材料因受重力作用，發生向下滑動或崩落之塊體運動之現象。由於台灣島係歐亞板塊和菲律賓海板塊擠壓而成，地震頻繁、地形陡峻、地質破碎，又處於西太平洋颱風帶上，豪大雨集中，雖然國有林地植生覆蓋良好，這些因子仍然是造成國有林地崩塌發生之主要原因。

2008年底之統計資料顯示，林務局8個林區管理處轄有國有林事業區共有1,538,638公頃。其中，有林木地1,419,078公頃，無林木地119,559公頃。調查資料亦顯示921地震前之全台崩場地計2,535處，崩塌面積約為8,110公頃；地震後之崩場地處數增加為25,845處，面積約15,977公頃，其中，國有林班地之崩場地共362處，面積達11,807公頃。近幾年來，雖然部分崩場地經過整治或自然復育，崩塌面積已經大為減少，但是，接連幾次颱風如桃芝（2001）、納莉（2001）、敏督利（2004）、艾利（2004）、海棠（2005）、馬莎（2005）、聖帕（2007）、

柯羅莎（2007）、卡玫基（2008）、鳳凰（2008）、辛樂克（2008）、莫拉克（2009）等帶來之豪雨沖刷，使得原有之整治或自然復育效果折減，或新增崩場地處數和面積。為了將有限經費集中有效運用，崩場地能否自然復育，以及處理之必要性、最佳組合處理之探討就越來越重要。

二、崩場地分類與調查

為簡化調查步驟和程序，本研究將崩場地之發生區（即崩塌坡面）分成岩屑掉落、淺層及深層崩塌3大類。岩屑掉落一般發生在坡度較為陡峭之區域，淺層及深層崩塌則可再細分發生在坡度陡峭或是坡度緩坡區，並再將土壤厚度分成厚層土壤或薄層土壤之崩塌發生坡面等。崩塌之影響區位（保全對象）則分成道路、溪流以及建物民宅等不同區位。

國有林崩場地通常位於交通不便，機具不易到達之處，在進行崩場地調查時，應以效率、簡便、明確為原則，且為顧及搶災救災之時效，調查結束後，往往須即時針對調查結果，判釋崩場地屬於何種類型，再依據

不同類型，擬定可能之處理對策。

(一) 分類

考量到國有林崩場地之類別與特性，本研究之分類如下：

1. 崩場地發生區（即崩塌坡面）

首先將崩塌分成岩屑掉落、淺層崩塌及深層崩塌3種。岩屑掉落類似Varnes (1978) 分類中之岩石或岩屑墜落 (Rock or Debris Fall)，淺層崩塌與深層崩塌之判釋基準為滑動面有無超過2 m，此一基準為一般植物根系所能達到之深度，滑動面深度超過此一標準，即植生難以增加坡面穩定，甚至易受風力影響或植物本身過重，反而增加坡面之不穩定性。本研究蒐集國內外文獻，對照比較結果發現以滑動面2 m深度作為淺層崩塌與深層崩塌之判釋基準亦屬合理，例如：Patric *et al.* (1965) 試驗濕葉松 (Loblolly pine)，80%~90%根系僅達0.9m深；Thomas *et al.* (1979) 試驗40年生之相思樹，根系最深達240 cm；Watson & O'Loughlin (1985) 試驗25年生蒙特利松 (Monterey pine)，50%根系在2.4 m，最深達3.10 m；Shield & Gray (1993) 試驗接骨木 (Elderberry bushes)，50%根系在0.3 m，最深達120 cm。

緩坡或陡峭崩場地發生區之區分則參考山寺成喜 (1988) 之研究成果，以35° 為坡面自然復育之臨界坡度作為判釋基準，若超過35° 則需利用工程方法，協助坡面穩定。因此，35° 以上為陡坡；以下則為緩坡。

土壤厚、薄決定植物在坡面有無良好之生長基材，判釋土壤厚薄之基準參考林信輝等

(2005) 試驗九芎之研究成果，發現1年生之根系深度可達 60 cm；Bruce & Armstrong (1998) 試驗生長受限之櫻桃樹，根系皆在60cm以內；Gilman *et al.* (1981)、Perry (1982)、Watson & Himelick (1982) 等皆認為，主要吸收土地水分、養分之木本植物根群，大部分聚集在深度50 cm內。綜合以上文獻，本研究以60 cm作為土壤厚薄之判釋基準。

另外，土壤下方之母岩性質也會影響處理對策之選取，為了讓未受過高深地質訓練之工程師易於判釋，將母岩性質分為完整砂岩、碎裂砂岩（礫石層）、完整頁岩、碎裂頁岩及泥岩等5種類型。

2. 崩場地影響區位

崩場地坡面崩落之土石掉落或下移至影響區位，由於影響區位之坡度大都已達安息角，並不需考慮陡峭或緩坡；而是考慮土砂是否直接影響保全對象，如：易受水流沖刷導致土壤沖蝕，土砂流出淹沒保全對象等。本研究將影響區位之保全對象分為道路、溪流以及建物或民宅。

(二) 調查

崩場地調查之目的主要是瞭解崩場地之範圍、環境特性、發生條件和保全對向等相關資料。崩場地調查主要可分為現況調查與機制調查，現況調查主要目的在瞭解崩場地之自然環境特性；機制調查則是蒐集足以判釋崩塌原因、破壞型態和規模之各項因子。國有林班地之崩場地調查，建議如下：



1. 現況調查

現況調查前應先蒐集地形圖、地質圖、氣象水文、土地利用變遷、像片基本圖、其他文獻報告、歷史災害及已興建之防災設施等資料。在進行資料蒐集與現況調查時，範圍應大於崩塌地所屬之最小集水區及災害區，並依崩塌型式、規模、誘因及影響範圍進行調查。現況調查之主要項目如下：

(1) 地形、地質調查

現況調查時，應根據崩塌地現況地形地貌，輔以像片基本圖、航空照片等資料，判釋崩塌地之發生區與影響區位。一般而言，崩塌地之發生區即為崩塌坡面，崩塌影響區位為崩積土砂料源之堆積範圍。

分出崩塌地之發生與影響區位後，針對崩塌發生坡面，調查屬於岩屑掉落、淺層崩塌還是深層崩塌，淺層及深層崩塌以崩塌深度2 m為判釋基準。接著使用傾斜儀估計，佐以像片基本圖或是實測地形圖驗證，以35°作為判釋崩塌坡面為緩坡還是陡峭。接著，判釋崩塌地之土層厚度，如土層厚度超過60 cm則屬於厚層土壤，反之則為薄層土壤；最後，判釋崩塌地母岩露頭、砂頁岩互層、順向坡等顯著之地質構造特性。

(2) 植生調查

調查崩塌區內外之草本、灌木及喬木種類，瞭解崩塌區周圍之優勢或本土物種，作為日後植生工程選用之參考。另外，可至行政院農委會特有生物研究保育中心所建立之台灣野生動物資料庫查詢系統 (<http://twd.tesri.gov.tw/twd/default.asp>)，查詢崩塌地周邊有無瀕

臨絕滅之動植物。若有，則應考量崩塌地處理施工期間會否破壞瀕臨絕滅物種之棲地。

(3) 排水系統調查

調查崩塌區內及其附近之地表與地下水文，並根據可能降雨量之結果，調查日後進行排水或截流之可能區位。主要有下列幾項調查項目：

a. 坡頂道路、建物或旱田果園之排水情形，有無發生地表逕流集中或入滲之情形，例如：路面有無水痕、路側排水溝有無裂縫、果園有無發現地表冲刷等。

b. 坡面明顯坑溝位置，以利日後縱橫向排水之布置。

c. 坡面或坑溝有無水流流出，特別濕潤。

d. 坡腳擋土構造物排水孔有無阻塞，有無排水痕跡。

e. 崩塌坡面周圍有無坑溝可供安全排水。

f. 崩塌坡腳排水情形，是否可容納坡面之縱橫向排水。

(4) 建議臨時防災措施

除針對以上3點進行現況調查外，在現勘時若發現崩塌土砂在短時間內有危及保全對象之虞，或一受擾動即有可能發生更大規模之破壞，則需建議必要之緊急處理措施，包括警告標誌、臨時性排水設施、源頭處理、地表水滲入防止（例如：塑膠布鋪蓋、填補裂縫）、坡趾穩定（例如：蛇籠施作、砌石擋土牆）等。

2. 機制調查

由於國有林崩塌地常位處於偏僻陡峻

山區，交通非常不便，機制調查除了蒐集足以判釋崩塌原因、破壞型態和規模之各項因子外，尚須考量到工程經濟性、保全對象之重要性和處理急迫性，慎重選擇適切之調查方法。

(1) 發生誘因

引發崩塌可能誘因有：地震、暴雨、溪流、地下水、人為（改變地形、土地利用與排水）等。在進行機制調查時應先找出可能引發崩塌之誘因。有時，崩塌為不同誘因交互發生之結果，在進行調查時應找出不同之誘發原因，以研擬合適之處理對策。

a·地震：如果地震發生後，隨即產生崩塌，則可直接推測其乃因坡面土壤或岩層結構無法承受地震所釋放之能量所導致。部分地震發生後，並不會直接導致崩塌，而是產生裂縫、破壞土壤或岩層結構，降低坡面之抵抗力，待坡面受到其他誘發原因，才產生崩塌。

b·暴雨引發地表水集中逕流：暴雨引發之崩塌應蒐集暴雨最大小時降雨強度以及最大1日、2日、3日累積降雨量，以檢討降雨強度過大亦或是累積降雨超大所造成。暴雨發生時，地表水集中逕流，造成坡面之土壤流失，當範圍不斷擴大，或是逕流沖刷嚴重或滲入坡面，導致土壤飽和度增高，當土體在坡面之重力方向分力超過坡面之滑動抵抗力時，即造成崩塌。

c·溪流：溪流彎道之沖刷力、溪流源頭之向源侵蝕、溪流縱向沖刷以及順向坡自由端因河流沖刷出露，均會造成溪流兩邊或側邊之山坡面崩塌。

d·地下水：若崩塌坡面或坡頂滲水、

崩積土方含水量及孔隙水壓甚高、擋土設施排水孔曾有水痕但已阻塞（或少部分有水痕，但大部分皆已阻塞）、崩塌坡面或周圍有泥岩、頁岩或黏質頁岩之露頭，則地下水為可能崩塌原動力之一。

e·人為：崩塌坡頂或坡腳曾開挖施工，破壞土體或岩體之結構、坡頂道路、建物及農地排水不良有逕流集中流向坡面之跡象、坡面改植竹類或其他易受外力而倒塌之植物種類等。

(2) 崩塌活動面

地滑或潛移之滑動面通常位於地表下，並未有明顯露頭，且由於滑動量小，故需利用鑽孔或應變計、傾斜儀、伸縮儀等儀器，進行滑動面與滑動量調查。由於調查所需之時間、經費較為龐大，若未有明顯之保全對象，應考量工程效益，視情形使用之。國有林崩場地以崩塌或落石為主，基本上較少使用地球物理探測及鑽探等方法。

3·崩塌地現況調查表

在進行現況調查時，為達到標準化，並方便日後建檔管理，本研究研擬填寫崩塌地現況調查表（如表1所示），協助調查之進行，預期在現況調查後，即能研擬初步之處理對策。

三、崩塌地處理對策

在整合現況調查和機制調查之資料，且經檢討分析後，認為該崩場地無法自然復育，或需要人為輔助加速其復育速度，或是對於附近之保全對象有立即之威脅時，則須



表1 崩塌地現況調查表（以屏東林區管理處大津崩塌地為例）

崩塌地編號	旗山97-001	災害發生時間	新崩塌地（時間：2001年桃芝颱風、2005年海棠颱風）		
1/25,000圖號	9518-IV				
行政區域	高雄縣 六龜鄉 大津村	交通條件	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無道路可達崩塌地 若無，步行所需時間預估_____hr		
事業區	旗山	土地利用類別	<input type="checkbox"/> 山坡地 <input type="checkbox"/> 保安林 <input checked="" type="checkbox"/> 林班地 <input type="checkbox"/> 其它_____		
林班地號	97林班				
所屬流域	荖濃溪	溪流名稱	無名野溪	平均坡度	50%
座標（TWD97）	X（E）： <u>213278</u> ；Y（N）： <u>2533884</u> ；EL： <u>200</u>				
現況描述	1· <input checked="" type="checkbox"/> 坡面有水流出，特別濕潤（註：可能為深層崩塌） 2· <input type="checkbox"/> 坡頂發現明顯裂縫 3· <input type="checkbox"/> 坡頂為道路、建物或農地（ <input type="checkbox"/> 地表逕流集中； <input type="checkbox"/> 路面有水痕； <input type="checkbox"/> 路側排水溝斷裂； <input type="checkbox"/> 其他_____） 4· <input type="checkbox"/> 坡腳擋土構造物（ <input type="checkbox"/> 排水孔阻塞； <input type="checkbox"/> 排水孔發現水痕） 5· <input checked="" type="checkbox"/> 有擴大傾向 6· <input type="checkbox"/> 堆積土石料源產生堰塞湖				
植生調查	草本：_____；灌木：_____；喬木：_____				
環境調查圖					

調查人員：楊凱鈞、蔡奇璋；導勘人員：施保呈；調查日期：2007年8月30日。

表1 崩塌地現況調查表（以屏東林區管理處大津崩塌地為例）（續）

崩塌發生區	型式	<input type="checkbox"/> 岩屑掉落 <input type="checkbox"/> 淺層崩塌（崩塌深度未達2 m） <input checked="" type="checkbox"/> 深層崩塌（崩塌深度2 m以上）	
	坡度	<input type="checkbox"/> 緩坡（坡度未達35°） <input checked="" type="checkbox"/> 陡峭（坡度35°以上）	
	土壤厚度	<input type="checkbox"/> 土層薄（厚度未達60 cm） <input checked="" type="checkbox"/> 土層厚（厚度60 cm以上）	
	母岩岩性	<input type="checkbox"/> 完整砂岩（或完整火成岩；完整變質岩，不包含完整板岩、片岩） <input type="checkbox"/> 碎裂砂岩（或礫石層；碎裂火成岩；碎裂變質岩，不包含碎裂板岩、片岩） <input type="checkbox"/> 完整頁岩（或完整板岩、片岩） <input checked="" type="checkbox"/> 碎裂頁岩（碎裂板岩） <input type="checkbox"/> 泥岩	
崩塌影響區位	<input checked="" type="checkbox"/> 溪流 <input type="checkbox"/> 道路 <input checked="" type="checkbox"/> 建物民宅 <input type="checkbox"/> 其它_____		
崩塌地質特性	<input type="checkbox"/> 砂頁岩互層 <input type="checkbox"/> 順向坡（註：量測自由端厚度，以決定淺層或深層崩塌） <input type="checkbox"/> 黏質頁岩層		
崩塌面積	平均高度： <u>100</u> （m）；平均寬度： <u>150</u> （m）；平均深度： <u>3</u> （m） 面積估計： <u>40,000</u> （m ² ）；體積估計： <u>120,000</u> （m ³ ）		
危木、危石	<input type="checkbox"/> 無； <input checked="" type="checkbox"/> 有	瀕臨絕滅動植物	<input checked="" type="checkbox"/> 無； <input type="checkbox"/> 有
危險度	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 次高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	坡面土壤性質	<input type="checkbox"/> 砂土； <input type="checkbox"/> 粉土； <input checked="" type="checkbox"/> 黏土（或泥質較多土壤）
訪談記錄	受訪者姓名：大津村村長 電話：_____		
	崩塌地已崩好幾年，災害陸陸續續一段時間，今年（民國96年）部分土砂下移，去年（民國95年）較為嚴重。		
崩塌原因（可複選）	1. <input type="checkbox"/> 地震 2. <input checked="" type="checkbox"/> 暴雨引發地表水集中逕流 3. <input checked="" type="checkbox"/> 溪流（ <input type="checkbox"/> 彎道沖刷； <input type="checkbox"/> 向源侵蝕； <input checked="" type="checkbox"/> 縱橫向沖刷） 4. <input checked="" type="checkbox"/> 地下水（ <input checked="" type="checkbox"/> 坡面有水流出，特別濕潤； <input type="checkbox"/> 擋土構造物排水孔阻塞； <input type="checkbox"/> 發現泥岩、頁岩或黏質頁岩層露頭； <input type="checkbox"/> 其他_____）（註：可能為深層崩塌） 5. <input type="checkbox"/> 人為擾動（ <input type="checkbox"/> 地形改變； <input type="checkbox"/> 植生改變； <input type="checkbox"/> 水文改變）		
水土保持需求	1. <input type="checkbox"/> 建議臨時防災措施（ <input type="checkbox"/> 警告標誌； <input type="checkbox"/> 臨時性排水設施； <input type="checkbox"/> 源頭處理； <input type="checkbox"/> 塑膠布鋪蓋； <input type="checkbox"/> 填補裂縫； <input type="checkbox"/> 坡趾穩定； <input type="checkbox"/> 渠道疏通） 2. <input type="checkbox"/> 建議治理項目： 3. <input checked="" type="checkbox"/> 保全對象：大津村6鄰共約10戶、津鳳宮及台27線 4. <input checked="" type="checkbox"/> 治理經費概估：_____元 5. <input type="checkbox"/> 不需治理原因：		

調查人員：楊凱鈞、蔡奇璋；導勘人員：施保呈；調查日期：2007年8月30日。



表1 崩場地現況調查表（以屏東林區管理處大津崩場地為例）（續）

<p>崩場位置圖</p>		
<p>現況照片</p>		

調查人員：楊凱鈞、蔡奇璋；導勘人員：施保呈；調查日期：2007年8月30日。

針對不同類型之崩場地特性，研擬崩場地處理對策：

（一）崩場類型

在進行整治時，若崩場類型為岩屑掉

落，且其母岩為完整砂岩或頁岩，建議可保留其自然裸露坡面，僅需在靠近保全對象處施設防落石柵。淺層崩場則可以植生基礎工法，植生覆蓋，達到先期安定。深層崩場，

則因植物根系難以抵達滑動面，應先以工程方法穩定之，再進行植生工程。

若屬於深層崩塌，無法直接判釋崩塌滑動面與崩塌規模，且滑動面上之岩層或土體持續緩慢移動，則應以整治地滑之方式進行整治，首先應調查其土壤之基本性質（如安息角、凝聚力等），並利用地球物理探測、鑽探等方法調查地下水層與地下地質情形，並使用傾斜計、伸縮計找出地滑可能之滑動面、滑動方向及滑動量。接下來，則以不同之邊坡穩定分析模式，進行安定度之分析，為使安全係數（Safety Factor）大於1，則應增加滑動面上之土塊或岩層之抵抗力，且應減少滑動面上之土塊或岩層之下移主動土壓力及孔隙水壓力。

（二）坡度

在坡度陡峭之處，初期喬木不易存活，且易增加坡面自重，提高崩塌土體下移分力，故建議以種植灌木或草本植被為主。在緩坡處，喬木較易成長，為使坡面快速達到複層植生，可種植喬木。

（三）土壤厚度

由於植物根系在薄層土壤發展受限，植生不易，應選擇鬚根系或是叢生系之植被，例如：禾本科（草本單子葉植物）之植生。在厚層土壤處，則可增加種植直立根系之植被，例如：木本植物、草本雙子葉植物。

（四）母岩特性

若母岩為泥岩，坡面在泥岩裸露處十分堅硬，但一遇水則極易發生土壤沖蝕，故在進行植生基礎工程時應減少挖穴、開溝擾動坡面，施工後應立即使用稻草席、不織布等資材

進行敷蓋，且其育成之土壤為鹼性土，在進行植生時，應選用適鹼性土壤之植被。

若母岩為完整頁岩（即未風化之頁岩岩盤），由於頁岩不透水，表示土層下可能有不透水層，應特別注意地下排水之問題。若母岩為碎裂頁岩、碎裂砂岩，其地層結構較為鬆散、土層中往往含有礫石、砂岩或頁岩岩屑等，透水性佳，同時應注意有無砂頁岩互層之問題。完整砂岩或完整頁岩（即新鮮未風化之砂岩或頁岩岩盤），若其崩塌型式為岩屑掉落，且其保全對象不緊鄰經常使用之道路或是建物民宅，由於其結構較完整，可保留其自然岩面裸露。

除砂岩、頁岩等沉積岩外，台灣尚可發現變質岩、火成岩等母岩。若依各種母岩之工程性質及風化後之材料性質來分類，大部分之變質岩（包含：片麻岩、石英岩、蛇紋岩、大理岩等）及火成岩，因其風化後之材料接近砂岩風化後之材料皆為砂，故本研究將其視為同一種母岩性質，至於板岩、片岩等變質岩，因風化後之材料接近頁岩風化後之黏土，故本研究將其視為同一種母岩性質。本研究之分類，係以較有代表性、非地質專業人員較易分辨為原則。

（五）保全對象

依崩塌地影響區位直接影響之保全對象，決定處理對策之強度與可能之型式，若保全對象為道路或坡度陡峭，可選用安全度高之材料；若崩塌型式為岩屑掉落，則可應用防落石網、防落石柵，保護保全對象。若保全對象為溪流，則應注意坡腳穩固，防止



野溪縱橫向沖刷之問題，必要時可規劃橫向構造物，以野溪之淤砂坡度，保護崩塌地之坡腳。若保全對象為建物民宅，為保護民眾生命財產安全，除民宅離邊坡邊緣需保持一定之距離外，可使用安全度較高材料施工。

（六）植生對策

崩塌地之植生建議選用崩塌地附近之優勢本土物種，坡度陡峭處建議使用灌木、草本植生為主；坡度緩坡處可種植喬木，以協助達成複層植生。

淺層土壤崩塌地建議種植鬚根系、叢生系之植生，即草本單子葉植物，例如：百慕達、百喜草、類地毯草、多年生黑麥草、白花三葉草等；厚層土壤之崩塌地，可增加直立根系之木本植物，如山水柳、台灣赤楊、山鹽菁、番石榴、山芙蓉等。

崩塌地坡腳在破碎岩屑、礫石較多處，草本植生可種植百喜草、百慕達草、五節芒；木本植生可種植野桐、山鹽菁、楊梅、台灣赤楊、楓香、九芎、山水柳、水柳、番石榴、烏榕、車桑等。整坡回填處，草本植生可種植百喜草、百慕達草、孟仁草；木本植生可種植血桐、構樹、山鹽菁、相思樹、番石榴等。在進行崩塌地現地調查時，若坡面土壤多是砂土或坩土，可知坡面之滲透性強，保水之效果較差，可選用較為耐旱之水土保持樹種，增加澆灌養護之頻率，並酌予使用植生肥束帶、稻草蓆或不織布等材料，或是客土增加坡地保水能力，以提高植生復育成功之機會。

在母岩特性方面，若母岩為鹼性土，草本植生可種植百慕達、類地毯草、羅滋草、

蟛蜞菊、馬纓丹等；木本植生可種植雀榕、台灣檫、木棉、構樹等。若為酸性土，可利用苦土石灰、蚵粉、客土進行土壤改良，若酸性程度不高，建議種植類地毯草、莎草類、鐵掃帚等。

四、結論與建議

國有林崩塌地通常位於交通不便，機具不易到達之處，在從事崩塌地調查時，藉著簡易之崩塌地分類特性，以效率、簡便、明確之原則進行調查。經過整合現況調查和機制調查之資料，以及檢討分析後，認為該崩塌地無法自然復育，或需要人為輔助加速其復育速度，或是對於附近之保全對象有立即之威脅時，則須針對不同類型之崩塌地特性，研擬崩塌地處理對策。▲

參考文獻（請逕洽作者）



（圖片／高遠文化 攝影／游忠霖）