

第二章 工作計畫及方法

本次工作執行之目地主要是藉由航照與衛星影像分析及大規模現地地形與地質踏勘，標定出本區地質與大地構造分布位置，並藉此區分出較易發生地滑、崩塌之危險區域，在經研判與當地居民（或承租戶）生命財產以及國土保安之影響程度，且考量可能破壞國有林班地環境較劇之地點，經與林管處相關人員討論確認後進行相關調查工作，以找出地滑或崩塌產生之機制，進而針對所產生之原因，利用有效之自然生態整治方案來進行相關的治理，以確保當地居民之生命財產安全及國有林地生態環境恢復穩定。

各工作項目的工作計畫與方法分述如下：

2.1 規劃區域基本資料調查

規劃區域之基本資料搜集包括地文、人文相關資料（交通、氣象、水文、地質、土壤、生態環境）、崩塌地及危險村落分布及現況、以往災害情形及歷年整治與現有設施構造物等概況，本項資料搜集係以相關之公務機關或學術機構取得為主，主要包括林務局農林航空測量所、中央地質調查所、工研院能資所、中央氣象局、臺東縣政府、省誌與地方誌等，如表 2-1 所示；並由團隊中專業人員以治山防災設施資料庫及 GPS 配合航照圖追蹤定位追蹤方式至現地勘查，彙整資料完成調查工作。此外土地利用現況等，部分資料除可向政府機關申請獲得外，大部分則以鄉野調查方式得之。

2.2 地滑、崩塌危險區域調查及分析

影響邊坡穩定性有內在及外在兩大因素；內在因素包括邊坡的地質（包括岩性、結構與土壤性質）、地形（包括坡度、坡向、坡長、蝕溝分布與河相）、地勢（包括高低起伏與集水區形狀係數）及植生覆蓋狀況（包括植被種類、生長時間、生長密度與鬱密度）等，外在

因素包括氣象及水文條件、岩石風化程度、地震及人為開發利用等。本規劃區內之山坡地開發利用（承租地）、坡地道路開闢（林道）等工程興建過程中，對其上、下邊坡穩定性的影響極大，邊坡坡腳一旦遭挖除破壞，極易引起邊坡崩塌滑動。一般邊坡崩塌地滑調查均需考量上述的因素，因地制宜進行適切的整治規劃，而本計畫的整體調查程序如圖 2-1 所示。

表 2-1 基本資料調查一覽表

項 目	資 料 來 源
氣候、降雨資料	中央氣象局、水利署
地質圖	中央地質調查所
航照圖比例尺五千分之一	林務局農林航空測量所
地形圖比例尺二萬五千分之一	聯勤總部測量署
衛星影像圖	國立成功大學防災研究中心
土地利用現況及計畫、土地權屬	水保局、林務局、縣政府、鄉鎮公所、現場勘查
人文交通、行政區域圖	縣政府、鄉鎮公所
既有構造物及現況調查	水保局、林務局、鄉鎮公所、現場勘查
集水區、水系、野溪治理界點圖	水保局
歷年災害及整治概況	水保局、林務局、縣政府、鄉鎮公所、現場勘查
崩塌地暨土石流分布	水保局、林務局、現場勘查

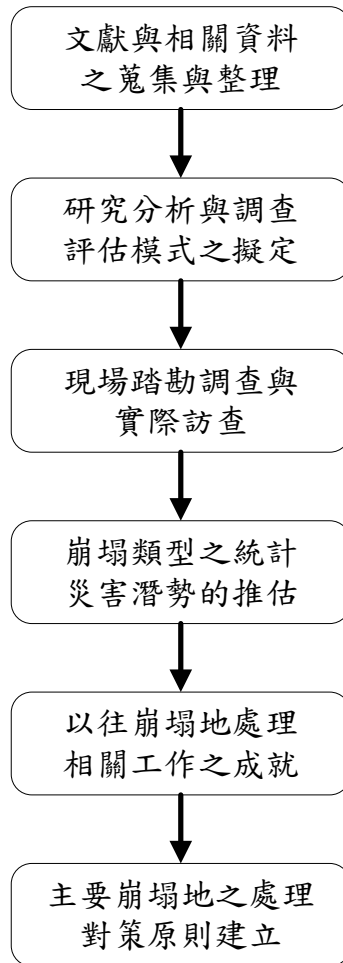


圖 2-1 崩塌地處理調查與評估工作程序

2.2.1 遙測影像崩塌判釋

崩塌判釋時所使用的航測影像包括航空照片、航照正射影像以及衛星影像等，本計畫採用航照正射影像及衛星影像進行崩塌地判釋工作。

1. 航照正射影像判釋崩塌

將具有座標系統之航照正射影像匯入 GIS 軟體後，利用 GIS 軟體提供之繪圖功能數化正射像之山崩分佈，其影像解析度介於傳統立體鏡判釋與數值航測立體判釋之間，影像品質受進行正射化時採用之 DTM 影響極大，判釋準確度在中大型崩塌地部分較佳，小型崩塌地易與人造物混淆，配合等高線圖層進行檢核後可提高精度，整體而言

以該方法進行崩塌判釋之速度較快，尤其近年來拍攝影像漸以彩色代替黑白，利用彩色航照正射影像對崩塌的判釋優於黑白航照正射影像（如圖 2-2）。

2. 衛星影像判釋崩塌

目前所使用之衛星影像有 SPOT、Quickbird、IKONOS 以及福衛二號等衛星影像，這些衛星影像的解析度最高可達 1~2 公尺，對於進行地質災害調查的工作皆能滿足，唯一較無法掌握的是天氣狀況、衛星拍攝品質與時效。以目前福衛二號已逐漸克服影像校正之問題，全色態與多光譜影像融合亦已成熟，且福衛二號的遙測任務是以滿足臺灣地區之需求為主，衛星再訪頻率與適時性的獨特設計與全島大面積拍攝等特性，福衛二號影像較具優勢。

3. 崩塌地在航空照片中的特徵

航空照片判釋上可以辨認的崩塌地類別主要有四種：山崩、地滑、土石流、與其他殘留體等。拍攝航照的時間，離崩塌地形成時間越短，越容易判釋，若是相隔年代久遠，崩塌物可能已經被風化侵蝕或人為搬運，而且等到地表植生恢復，更是影響判讀的困難度與準確度。航空照片中可以判讀出山崩資訊的特徵：

(1)崩塌崖

呈弧形或線形的垂直或高角度斷崖，因為沒有植生，所以航空照片上的灰調值(tone)極亮。若為老崩塌地，植生密度亦較周遭部份疏鬆，所以灰調值也會相對較亮。

(2)起皺的地面

在崩塌地坡趾處，因為滑動而發生擠壓的狀況，地表上會造成不規則的皺紋，常會造成水系被推擠而錯亂的現象。

(3)堰塞湖

崩塌帶來的大量土石，可能會將河流的流路堆積而堵塞，形成崩

堵壩，壩後變成蓄水湖。台灣最有名的例子就是草嶺潭，曾經因為大規模崩塌形成自然的水壩。若崩堵壩維持時間長久，壩後蓄水湖形成湖面沈積，會與整條河流的氾濫平原形態不調和。

(4) 水系改變

崩塌土石同時也有可能堵塞河道，或是造成河流改道的狀況。前面所介紹的河流形態就有可能被擾亂，或是配合不同時間的航照做觀察便可以比較其中的差異。

(5) 植生密度不同

崩塌事件發生後，地下水可能受擾亂而造成植生的疏密排列差異。一般在非崩塌地的植生較密，整個崩塌區域都較疏。

(6) 異常平地

在坡地上突然發現較緩的平地，很可能以前是個崩塌地，由於崩積物堆積造成異常的平地。

(7) 崩塌地的形貌

崩塌地會產生一連串的地形組合。又因為其形狀可以被分為許多種，例如：馬蹄形、矩形、漏斗形與澤形等。



圖 2-2 正射影像圖判釋崩塌地、河道情形示意圖

2.2.2 崩塌滑動之機制分析

邊坡崩塌滑動原屬自然現象之一種，但不穩定地質構造之自然邊坡、處理不當之挖填邊坡、設計不足或施工不良之擋土措施、土地的利用不當等，常會是引致坡地土砂災害之主因。一般邊坡之破壞，我們通稱為坍方或坍塌，(近來已將此統稱為崩塌 Landslide)，因各邊坡組成地質條件不同，滑動速率不同或破壞的力學機制不同，不同的學者專家有不同的分類方法，就一般分析及設計之觀點而言，可依其不同之位移速率或不同之破壞力學機制，將其分類為五大類：(1) 平面滑動破壞 (Planar slides)；(2) 傾倒破壞 (Toppling failure)；(3) 落石 (Rockfall)；(4) 旋轉破壞 (Rotational failure)；(5) 流動破壞 (Flow slide)；破壞示意詳如圖 2-3 所示。

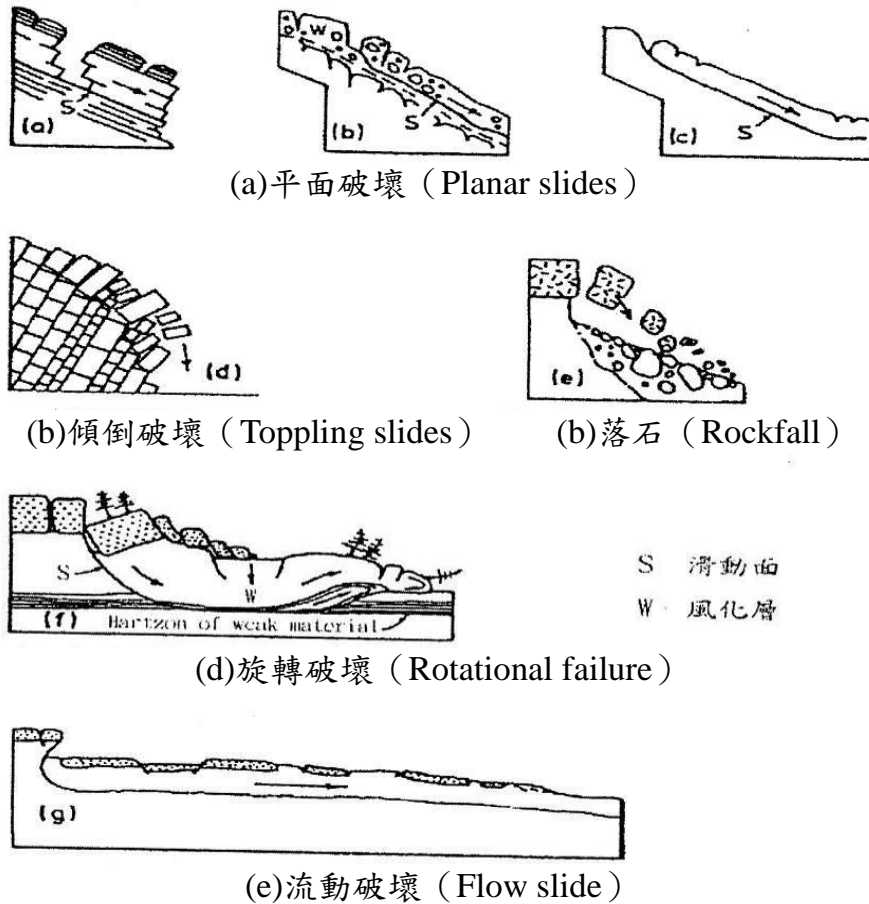


圖 2-3 常見之邊坡破壞模式(Chowdhury, 1978)

其中以平面滑動、傾倒、落石及流動破壞之位移速率較快，每秒可達數十公尺，至於旋轉破壞之位移速率較小，不致於產生急速之位移，部分屬於潛變位移之位移速率更小，每年可能僅達數公厘而已。

邊坡崩塌或滑動後，在崩塌區之頂部，一般為張力區，會產生若干之張力裂縫及頂部陷落之情形，頂部土體陷落後，往下邊坡產生滑動位移。直至坡度變緩且穩定性增加後而暫時停止，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，在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之不易排除，常會形成一較潮濕之地帶。根據上述並配合現地地形可知本區域之崩塌大多屬於此類型之破壞模式，但真正之破壞原因與滑移破壞機制，則尚需透過相關調查手段才能更加明顯確認各破壞區之破壞機制與模式，也才能規劃設計出適宜的整治方案。

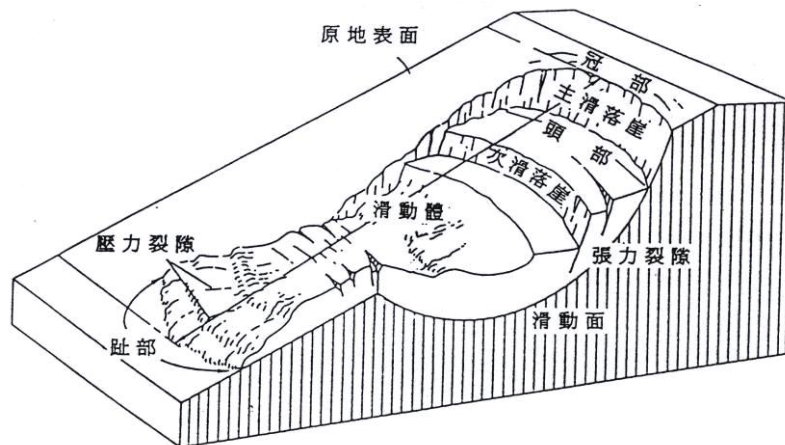


圖 2-4 崩塌地之地形

2.2.3 崩塌地治理方法與對策

1. 坡頂源頭處理

- (1) 稜線附近地帶勘尋和填補裂縫。
- (2) 截排水處理：將地表逕流引至安全區排放，以防止集中逕流加速裂縫擴大或崩塌產生。
- (3) 崩塌地邊緣地帶之高莖危木截短：為防止崩塌地邊緣地帶之高莖樹木因為本身重量或是受風影響，在掉落或吹落過程中，拉扯根部附近土壤，引發較多土砂崩落。
- (4) 清除有立即致災危險之土石。

2. 崩塌地發生區處理

- (1) 加強截排水系統之佈置，避免地表逕流集中。
- (2) 加強整坡或打樁編柵之佈置密度，避免土砂向下游移動。
- (3) 填平蝕溝，適當地點構築護岸、節制壩等，以防止蝕溝之繼續發展。
- (4) 適當地點構築梳子壩，以攔阻、篩分土石或土砂流向下流。
- (5) 針對土砂和土壤特性採用適當植生工法覆蓋坡面，防止雨滴直接打擊，以發揮植生保土、固土之功效。

3.崩塌地裸露面處理

- (1)整修裸露之崩塌坡面，去除危石和危木。
- (2)針對不同之地形坡度，規劃設計掛網植生、打樁編柵和縱、橫向截排水設施。
- (3)於崩塌地邊緣外圍之適當地區規劃截水設施，防止地表逕流或漫地流流入該崩塌區域，減少進入該崩塌區之地表逕流量。
- (4)填平蝕溝，適當地點構築護岸、節制壩等，以防止蝕溝之繼續發展。
- (5)針對坡度陡緩和土壤特性採用適當植生工法覆蓋坡面，防止雨滴直接打擊，以發揮植生保土、固土之功效。

4.崩塌地堆積區處理

- (1)堆積坡面打樁編柵，並以生態工程施作截、排水工程。
- (2)堆積坡腳需以適當工法予以穩定，以防止其沖刷或崩毀。
- (3)針對土砂和土壤特性採用適當植生工法覆蓋坡面，防止雨滴直接打擊，以發揮植生保土、固土之功效。

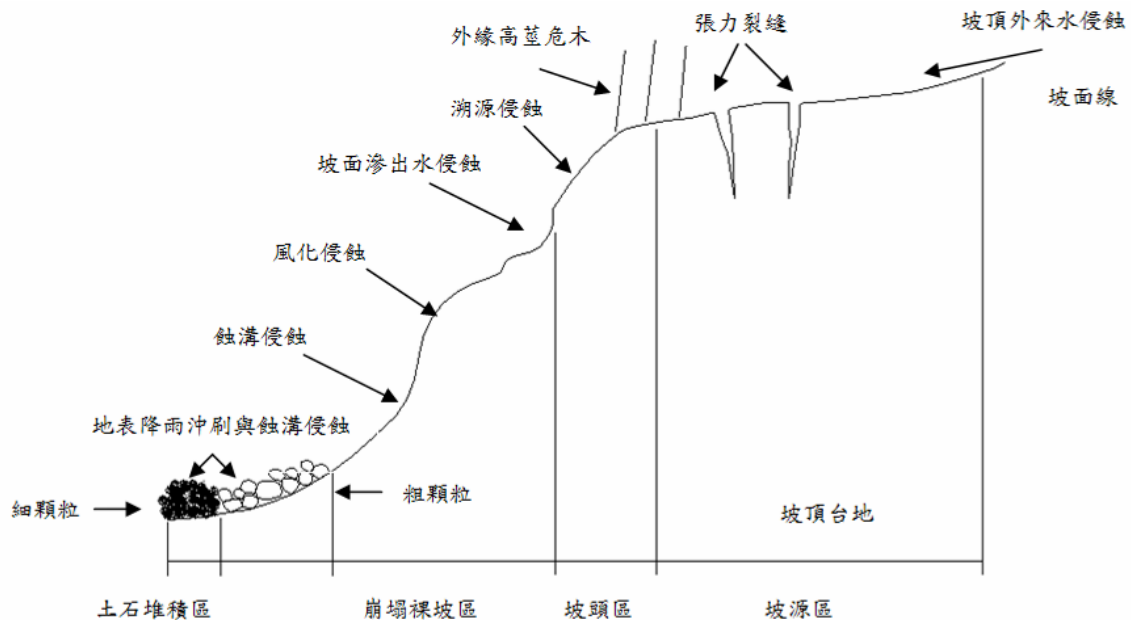


圖 2-5 崩塌地整體問題示意圖

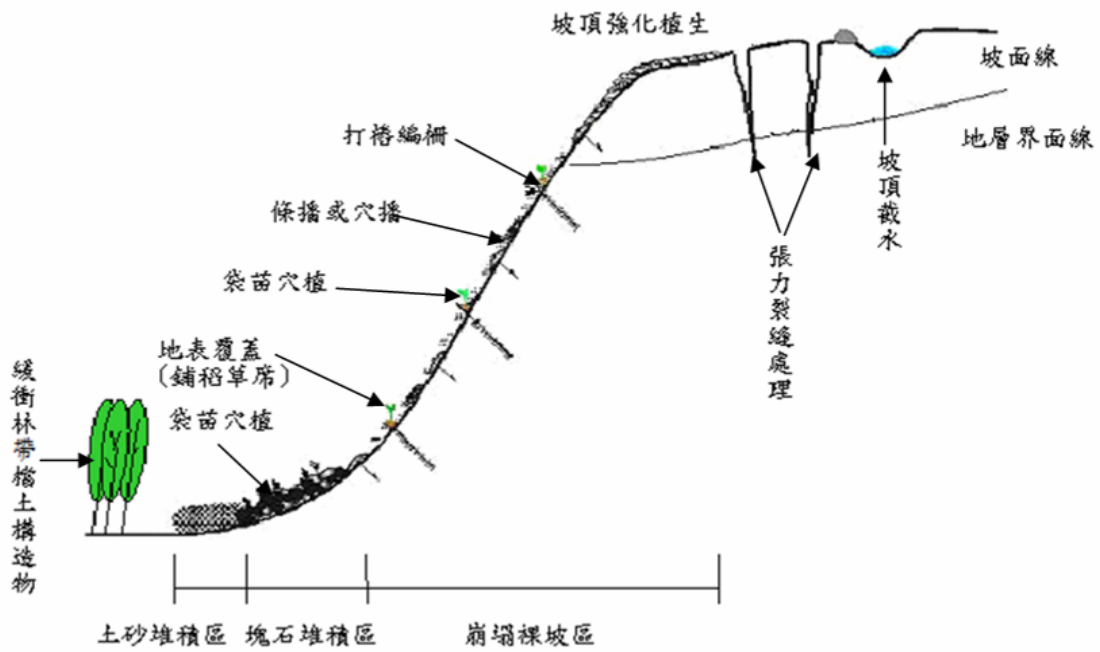


圖 2-6 崩塌裸坡面工法示意圖



裸坡整坡與排水溝處理範例 1



裸坡整坡處理範例



裸坡整坡與排水溝處理範例 2



上下坡面整坡處理範例

圖 2-7 整坡與排水處理相關照片



圖 2-8 崩塌地植生處理相關照片

2.2.4 集水區以往災害調查

調查集水區之泥砂生產量，以作為泥砂治理、河道浚渫及防砂壩等防砂工程設計之參考及集水區之整體規劃治理工作依據，必須實施土砂災害調查。調查時針對崩塌地、地滑地等地質敏感區位置及其所佔面積比例做估測（可利用空照圖計算），並與全區面積作比較。此外，調查區域洪水帶來之泥沙淤積與河床面泥沙淘刷與結構物基礎之泥沙沖刷情形，於基礎裸露適時予以補強或做保護。

2.2.5 集水區歷年整治概況調查

為瞭解當地河工構造物之數量、遭破壞及現存工程構造物狀態，供未來之溪流治理之參考，必須進行集水區歷年整治概況調查。進行調查時將自當地鄉鎮市公所、水土保持局轄區工程所、林務局或水利局等河道治理之相關工程單位蒐集資料，並至當地進行實地的調查工作。

2.2.6 既有治山防災工程構造物資料調查方法

防砂壩一般稱攔砂壩有控制砂礫生產及攔阻砂礫之作用，其攔阻溪床質粒徑較粗，大半為溪床上堆移質也有部分懸浮質，其功效可分直接及間接兩種：

- 1.直接效益：淤滿前攔阻土石之下移。
- 2.間接效益：淤滿後可緩和河床之坡度，減低流速防止河谷之縱橫向侵蝕並減少兩岸之崩坍。

台灣因山坡地狹一般溪流均呈源短流急之狀態，由於水流湍急及地質之脆弱，上游集水區之水流沖蝕力常超過溪床抗剪力，而使溪床愈刷愈深此為溪流之縱向沖蝕，縱向沖蝕發展至某一程度後，如兩岸坡腳地質不佳，即由於坡腳之淘空而使兩岸之土石崩落，因崩落砂石之推闢，而逼使流心移向對岸，由於流心改向如遇洪水，則增加對岸之崩落，如此一再累積加上水流之沖蝕，兩相配合則溪流之沖蝕愈形惡化終成滿面瘡痍，如不及時予以控制，則其禍災當形愈烈，故一般溪流之治理以實施防砂工程為主。

為避免現地調查因調查人員不同而有所差異，因此制訂一野外調查紀錄表，以使得調查資料盡量周全，並避免調查有遺漏之處，野外調查紀錄表，如附錄 D 所示。而本計畫調查方法係以下列步驟進行：

- 1.向有關機關蒐集一般資料。

- 2.全體調查人員利用印好之防砂壩現況調查表調查，且應先制定調查表格俾能對各項調查內容能有統一之標準。
- 3.各項調查資料盡量向有關機關搜集，如無法取得則在現場量測研判。
- 4.將所有壩址地點利用 GPS 定位求得其座標，避免整理時無法標出。
- 5.各項調查項目均至現場一一核對，並調查量測及研判其損毀情形、淤砂粒徑之變化、淤砂坡度及淤積長度等並調查其直接效益與間接效益。
- 6.淤砂坡度僅能就已有資料之縱斷平均坡度者至現場量測其淤滿坡度再與資料比較，而甚多機構卻無縱、橫斷面測量記錄，因此僅能以現場情況判斷，壩址下游之坡度與淤滿坡度之比較求其坡度之變化，而其攔砂量則以其坡度之變化及溪床淤積段平均寬估計攔砂量，至於對上下游之效益估計係根據現場勘查研判所得。
- 7.每座壩均拍攝照片做為爾後之參考比較。
- 8.將所調查之各壩按溪流之順序由上游而下游整編其編號並加以統計分析。

2.2.7 地質調查

在工程地質調查之前，本團隊會預先蒐集規劃區內之區域地質及環境地質相關資料。主要參考資料為中央地質調查所出版之地質圖以及其他單位所調查出版之相關地質資料，同時對於本規劃區之相關研究報告將一併蒐集。

針對集水區之地質特性，初步擬定之工程地質調查重點如下：

- 1.地層分布與岩盤特性詳查規劃區內各地層之性質，包括其岩性、地層走向與傾角、解理發育情形及褶皺、斷層、破碎帶、裂縫等地質構造之特性及分布狀態。
- 2.地表覆蓋層之性質即集水區內風化層之深度，河階堆積層、沖積

扇、崩積層之分布範圍，以及各種人為堆積物如礦渣、填土區等地表覆蓋層或其他特殊地表地層之特性。

3. 順向坡之分布與破壞或不穩定之元兇，本計畫進行中將藉由地質圖、地形圖、航照圖及現場調查研判，針對可能產生順向坡破壞之危險邊坡，提出具體之整治規劃。

2.2.8 規劃區水文調查

1. 資料蒐集

(1) 集水區地形資料

本項資料主要以 1/25000 經建版之地形圖及福衛二號衛星影像圖為主，未來相關之調查資料，將以此衛星影像圖為主要之工作底圖。

(2) 航空照片蒐集

衛星影像圖之蒐集，在水文調查時之功用，主要是在瞭解集水區域崩塌地之現況，作為調查時之參考依據。此外，根據不同年度航空照片之比對，更可瞭解崩塌之嚴重性，以彌補現場之調查之侷限性。

(3) 降雨資料蒐集

降雨與山坡地之土地利用對山坡地安全有極高之關聯性(如土石流發生潛勢分析、土石流流量分析、逕流分析…等等)，故降雨資料之蒐集及分析應以正確、詳盡為原則，其蒐集原則如下：

- (a) 規劃區調查規劃以關山氣象站之資料為原則。
- (b) 資料包括各年、月之平均降雨量、最大降雨量及相關統計資料等。
- (c) 收集雨量站與本規劃區之位置相關性，盡量以接近或位於林班地內為主。
- (d) 在本計畫之雨量資料蒐集工作中，除氣象局所設置之雨量站外，更與相關研究單位聯繫，以獲得更完整之雨量資料。

2. 地文資料分析

地文資料之分析，目的在瞭解集水區範圍內將影響中下游區域水

文狀況之地質特性，相關項目如下所示：

(1)集水區地文參數

本計畫將利用 1/5000 之像片基本圖，作為集水區地文資料分析之底圖。此一地形圖在分析集水區面積、形狀係數、野溪坡度、坡長等地文參數，足以達到整治工程規劃所需之精度。

(2)土壤之沖蝕性

蒐集影響集水區沖蝕特性之相關指數，配合未來現地調查時所得之資料。將可有效掌握集水區內土壤沖蝕之狀況，作為構造物尺寸以及選址時之參考。

(3)水文現場調查

水文調查目的在彌補相關資料蒐集及分析過程中之不足並確認相關資料之正確性，其中調查之項目如下：

(a)集水區坡面侵蝕調查

土壤沖蝕及河川侵蝕原本是一種自然現象，任何山坡地均具有自然侵蝕之作用。而土壤沖蝕受坡度、坡長、土壤類型及植生等因素所影響，其中改變植生覆蓋對侵蝕的控制扮演著重要的角色。為避免上游之沖蝕現象，影響下游之河道，本項工作將針對影響坡面沖蝕之因素包括坡度、坡長、土壤類型及植生等等進行勘查及紀錄，以提供作為後續工作之參考。

(b)河岸侵蝕調查

在雨水匯流至河道之後，在河道轉彎段凹岸處會遭受水流強烈的侵蝕，此一現象即為河岸侵蝕。在切割坡側之河岸中，河岸侵蝕會逐漸把坡趾淘空，造成河岸變陡，最後引發河岸之崩塌，危及河岸邊之安全。因此，以地形上而言，可能形成切割坡危及邊坡安全。故於未來評估過程中，河岸侵蝕現象，為水文調查之一項重要工作。

(c)集水區流況調查

本項工作之目的在瞭解上游河道是否有淤積及改道之現象，以進一步確認蒐集資料之正確性。此外，檢核上游目前之水土保持設施是否有損壞而喪失其功能之現象，亦是流況調查重點。

2.2.9 水文資料蒐集與分析

本計畫將蒐集規劃區內鄰近流量站與雨量站之長期觀測資料，以進行相關水理分析計算。其中包括各年、月之平均降雨量，最大降雨量、雨型及相關統計資料等，以瞭解近年來造成災害豪雨之最大降雨量；此外另將利用統計之頻率分析方法，以附近測站之雨量資料進行重現期距分析。依據集水區之集流時間、平均降雨強度、集水面積及集水區內土壤、覆蓋、地形、地勢等因子有關之逕流係數相乘而得。依據水土保持技術規範第 25 條規定，集水面積 1000 公頃以內得以合理化公式估算，集水區面積大於 1000 公頃者，將參酌水利局慣用之公式進行分析推估。

2.2.10 林道調查

現有林道之勘查作業亦包括崩塌地滑地調查、現有治山防災構造物調查、野溪坑溝調查、地質狀況及水文特性等，與前面各小節敘述需蒐集的資料與調查之方法步驟相似，故於此不再重複敘述。最後，彙整調查資料予以分析並評估，以利規劃水土保持相關維護設施。

2.2.11 治理對策及分年分期實施計畫

一般關於崩塌與地滑地之整治方法如下圖 2-9 所示，其最上策則為迴避原則，惟許多地區業已有不少公共建設或人民居住，為維護公共安全、國土保安與人民生命財產安全，衡量施工難易與效益，而進行必要的整治工程投資。

根據以往經驗，整治規劃的訂定以三至五年為期較佳，尤其自然環境的變化頗快，三年過後的地形與地貌變化頗大，若再經歷數個颱

風豪雨的侵襲，溪水漫溢與土砂沖淤，與規劃當時構想可能相差甚鉅。

據此本計畫將依據各項工作之重要性、需要程度與保全（護）對象種類，訂定其優先順序與分年分期實施計畫，提供林管處未來執行相關國土保育與治山防災工作時之參考。

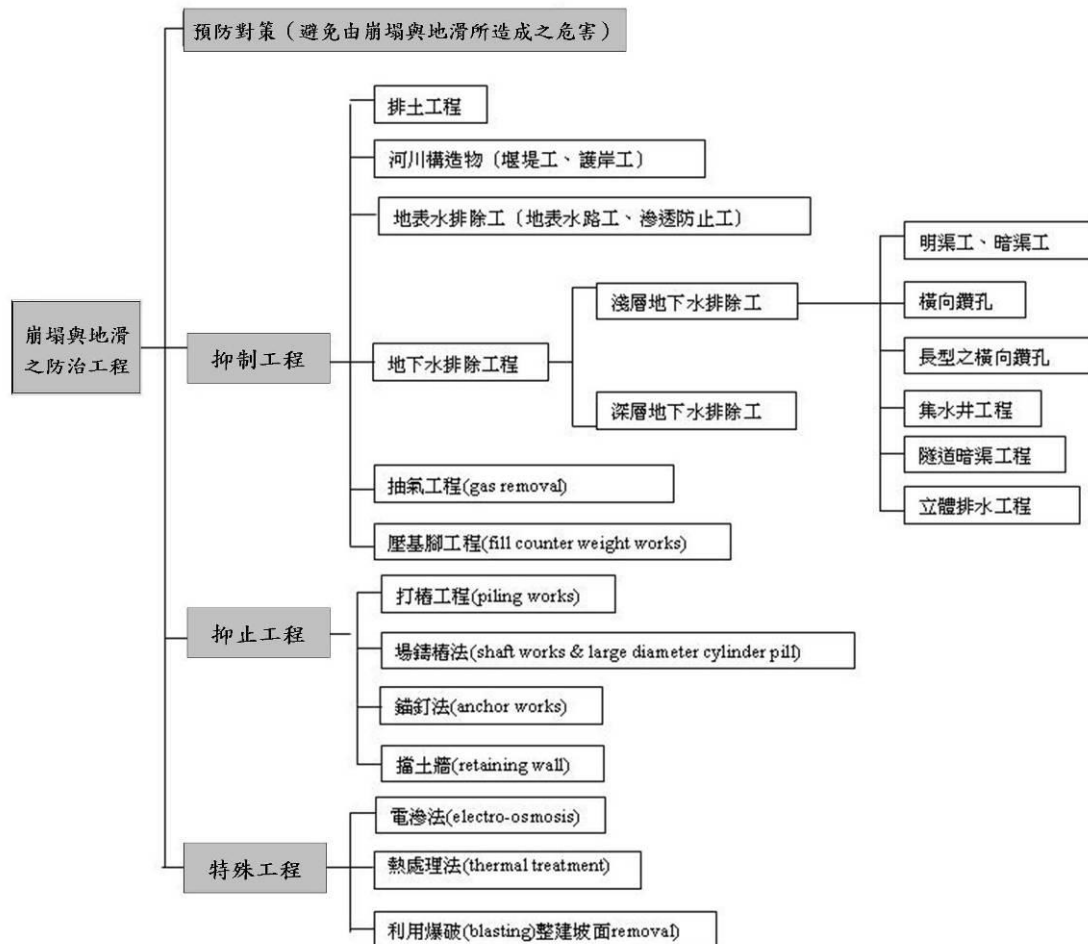


圖 2-9 崩塌與地滑之防治工程

2.2.12 報告編印

由於契約簽訂與相關作業關係，各期工作管制時程擬建計如下，於契約簽定後 20 個日曆天內提送工作執行計畫書 15 份，並預定於 96 年 6 月 31 日前再提送期中報告書 15 份，而於 96 年 9 月 30 日前提送期末報告書 20 份，並於成果報告初稿簡報後，依照期末審查會議提出規劃報告之修正稿及相關資料，送甲方審核後，如有不符應在

限期修正，並徵得甲方同意後，再提送調查規劃成果報告書 30 份（包含成果報告電子檔、期初、期中及期末簡報檔、調查規劃區災害嚴重區或重點治理區調查成果現場照片至少 100 張，並以光碟儲存 10 份提送）。