

坡地災害及其防救

林宗儀 編著

防災師資培育教材

基礎課程 ⑤ 坡地災害及其防救

林宗儀 編著



防災師資培育教材
基礎課程 ⑤
坡地災害及其防救



教育部編印
www.edu.tw



目次

第一章 前言 02

- 第一節 課程簡介 02
- 第二節 教學目標 02
- 第三節 課程大綱與時間配置 02

第二章 教學內容 03

- 第一節 認識坡地災害 03
- 第二節 崩塌及土石流災害特性 04
- 第三節 重大坡地災害歷史回顧 07
- 第四節 坡地災害防治措施與對策 10
- 第五節 結語 14

參考文獻 15

評量題目 18

教材簡報 22

第一章 前言

第一節 課程簡介

人類生活的陸地表面，基本上是由各種陡緩不一的坡地所構成。組成坡面的物質，不論是岩石或風化表土，在受到各種自然作用，如雨蝕、地表逕流沖刷及重力作用的影響下，常引發往下坡方向的移動，導致坡面上的人為土地利用設施，像是果園、道路、房舍等也因而遭受破壞。這些災害的形式，一般通稱為「坡地災害」，或因其多涉及土砂的移動，亦常併稱為「坡地土砂災害」。

常見的坡地災害類型包括落石、崩塌、地層滑動、土石流及潛移等，因其運動的速度或快或慢而有不同的影響，慢者會因長期累積而最終造成塊體位移、房舍變形，快者常在毫無預警狀況下產生劇烈的塊體崩塌及快速的土石輸送，導致瞬間毀屋傷人，造成人類莫大損失。

臺灣位處板塊碰撞帶上，地震頻繁、地質破碎、斷層密布，而劇烈的造山運動，也使得坡度陡峭、山高谷深，山坡地約占全臺灣總面積的四分之三。再加上臺灣氣候又有降雨集中的特色，多颱風、豪雨也使得坡地災害頻傳。另一方面，臺灣的土地資源有限，在人口及產業發展的壓力下，山坡地逐漸被開發利用，除了傳統農業之外，近年更增加許多社區、墓園、道路、遊樂區或民宿的建造，這些人為活動不但大肆破壞自然坡面的穩定，更是直接把人類生命財產曝露在坡地災害的危險中。近二十年來，颱風、豪雨或大地震所帶來的各式坡地災害，已經造成整個社會莫大的損失。對於坡地災害，我們實應自平日即多加留意防範，熟悉坡地防災的演練及災前的整備，建立應變避難對策，以減少災害來臨時的傷害。

第二節 教學目標

學習完本單元後，學習者將能夠：

- 一、能了解坡地崩塌及土砂災害的成因和特性。
- 二、能分析人類活動與坡地災害的關聯。
- 三、能了解坡地災害防治的措施。
- 四、能應用知識自主檢查校園坡地安全。
- 五、能主動推廣坡地防災因應對策。

第三節 課程大綱與時間配置

單元名稱	時間
認識坡地災害	30
崩塌及土石流災害特性	30
重大坡地災害歷史回顧	30
坡地災害防治措施與對策	30

第二章 教學內容

第一節 認識坡地災害

一、坡地災害定義

山坡地受到風化作用或岩層本身構造的影響，岩石及土壤慢慢崩解或分解，再受到風吹、雨水、地表水等侵蝕作用及地球本身重力作用，以崩塌（山崩）、滑動（地滑）或流動（土石流或泥石流）等方式往下坡方向移動，常導致森林和果園流失、道路路基坍塌、聚落房舍被掩埋、危及人畜安全等災害，即稱為「坡地災害」，如圖 1。因坡地災害所涉均與土砂的移動相關，在日本常稱為「土砂災害」，也因此臺灣亦常見併用為「坡地土砂災害」。



圖 1 坡地災害

（圖片來源：國立台灣師範大學林宗儀副教授提供）

二、坡地災害成因

坡地災害的發生主因，包括地質條件不佳及降雨集中等自然因素。臺灣地形具有山高谷深、地質破碎脆弱、斷層密布、坡度陡峭、河川湍急等特徵，再加上其他自然因素的影響，例如：氣候降雨集中、多颱風及地震等天然災害，使得臺灣的坡地運動頻繁。此外，因為臺灣人口密度太高，近年居住及生產環境多往山坡地發展，致使坡地普遍呈現過度開發、超限利用的情形，處處可見濫墾、濫伐、濫葬、濫種等情況。人類活動侵入了大自然的動態系統裡面，自然就更加重了坡地災害損失的嚴重程度。

三、坡地災害類型

地球上物質受重力影響而產生往下坡方向的運動，統稱為塊體運動，若依其運動形式可分為：墜落（fall）、滑動（slide）、流動（flow）及潛移（蠕動，creep）等主要類型。像是落石、滑動（順向坡地滑或平移滑動）、崩塌（山崩或轉型滑動）、流動（土石流或泥石流）和潛移（土壤蠕動）等均屬之。這些運動原是坡地環境的一種自然作用過程，但可能造成人

命及房舍財產的損失，因此坡地災害一般歸類為自然災害，但人為活動也常觸發塊體運動。

在學理的研究上，塊體運動可依據不同的需求去做分類，例如常見的分類指標有：(一) 材料種類 (岩塊、風化碎屑、土砂、雪…)；(二) 移動的速率 (快、中、慢…)；(三) 移動體的狀態 (雲團般、泥水拌合、凝絮體…)；(四) 周遭環境 (地表或海底水下) 等。但在坡地防災的實際應用上，依據經濟部中央地質調查所的分類，塊體運動主要分為以下五種類型：墜落 (fall)、滑動 (slide)、流動 (flow)、側滑 (spread)、傾翻 (topple) 等。但在一般民眾的通俗用語中，例如：落石、陡坡破壞、崩塌、地滑、滑坡、走山和山崩等，常常是混淆不清的，但大致可以將塊體運動以「崩塌」及「土石流」來代表。「崩塌」一詞，廣義地綜合前述之崩塌、滑動與墜落等類型。而以「土石流」為流動類型的泛稱，泛指各種岩石碎屑、土砂材料和水混合之後所形成的流動類型，包括泥流、泥石流、土流、碎屑流等。至於一般地表逕流沖蝕而帶動土砂運移者，並不是土石流，但仍常遭新聞媒體誤用。

第二節 崩塌及土石流災害特性

一、塊體運動類型

塊體運動分類方式繁多，名詞定義也多有差異。為能讓一般民眾依其習慣用語，並結合實際容易造成災害的塊體運動類型，以下以廣義「崩塌」一包含崩塌 (狹義)、落石及滑動，及「土石流」來分別介紹其運動及地形上呈現的特徵。

(一) 崩塌 (slump)

又稱圓弧形崩塌或轉型滑動 (rotational slide)，原坡面上的風化碎屑物質沿著一個弧狀的破壞面滑動。滑動面較深 (平均厚約 10 ~ 20 公尺)，常發生於 5 度至 20 度間的緩坡面，滑落面頭部呈一陡崖，趾部則因滑動體推擠而略隆起 (圖 2)。

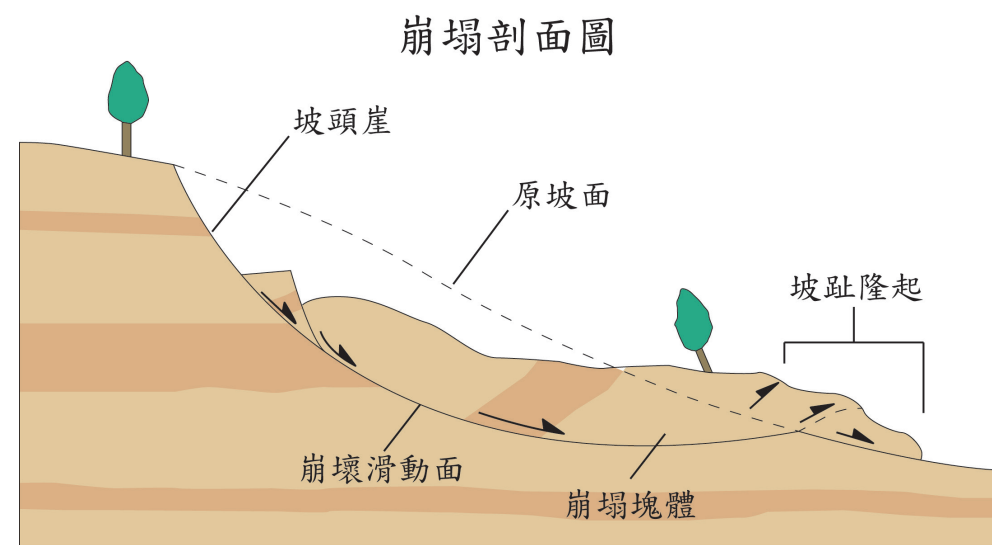


圖 2 崩塌剖面示意圖

(圖片來源：改繪自 Earth: Portrait of a Planet, 2012)

(二) 落石 (rock fall)

主要受到岩性控制，通常在堅硬的砂岩及火成岩分布區域，會形成陡峭邊坡，當岩體因節理破裂的影響而分離時，便會產生自由落體式的岩石或岩屑掉落現象，落石常在坡腳堆積成錐狀的崖錐 (talus cone) 地形 (圖 3)。



圖 3 落石及崖錐堆積

(圖片來源：Geosystems: An Introduction to Physical Geography, 2009)

(三) 滑動 (slide)

斜坡上風化碎屑物質沿著一個斜平破壞面所產生的滑動。破壞面常較弧形崩塌淺，因此有人稱之為表層崩塌 (相對地，弧形崩塌又稱為深層滑動)，常發生於坡度大於 30 度的山坡，不連續面發達及固結不良的岩層 (例如：砂頁岩薄互層、頁岩與泥岩、崩積土、厚風化土層、礫石層等)，順向坡滑動就屬這一類型。

所謂順向坡，概指地層之傾斜方向與邊坡之傾斜方向一致者。在實際的災害潛勢繪圖時，為了方便操作，一般就將所謂的方向一致，定義為兩者走向的夾角在 20 度以內 (如經濟部中央地質調查所)，稱為順向坡。順向坡容易在坡腳切除、失去支撐處，因雨水下滲至地層造成的潤滑作用，而使上方岩層沿層面下滑，通常在傾斜、互層的沈積岩區常見 (圖 4)。



圖 4 2010 年國道三號順向坡滑動災害

(圖片來源：空勤直升機空拍照片)

(四) 土石流 (debris flow)

斜坡或上游河道所堆積的鬆散土石，在連續豪雨情況下，雨水入滲到土石顆粒間，使孔隙達到飽和造成液化，土石顆粒在懸浮狀態下，藉由陡坡助引，乃形成滾滾土石流傾瀉而下 (圖 5)。從以上的描述可見土石流發生的三個先決條件是：1. 大量的水、2. 豐富的土石來源、3. 陡坡。



圖 5 1996 年賀伯颱風南投縣豐丘土石流現場

(圖片來源：國立臺灣師範大學林宗儀副教授提供)

土石流的運動過程，依照坡度可分成三區 (圖 6)：

1. 發生區：坡度 15 度～30 度，橫剖面形狀多呈 V 字形，谷壁崩坍的碎屑會大量堆積在這裡，所以四周的植生常顯得相當稀疏。
2. 流動區：坡度 6 度～15 度，流動區的橫剖面為 U 字形，通常位於山溝河谷流域的中下游，河床上會有河谷兩岸崩坍下來的碎屑物。
3. 堆積區：坡度 3 度～6 度，堆積區多在山溝溪流下游出口處 (匯入主流河道處)，常散開形成扇狀的平坦地形 (土石流扇)，表面與前緣多巨大的岩塊堆積，整體看來像是一個伸長的舌頭。

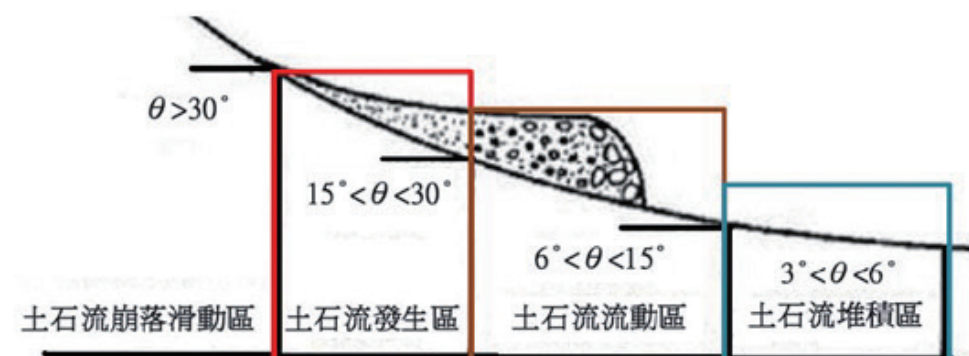


圖 6 土石流運動過程

(圖片來源：坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範，2001)

二、坡面穩定

崩塌的發生與否，常跟斜坡面的穩定程度密切關聯。斜坡面的穩定與不穩定取決於下滑力 (重力) 與抵抗力 (坡面材料的強度) 之間的平衡，下滑力包括坡面土砂的重量，加入水的重量及坡面上任何添加結構物的重量；抵抗力則包括土石材料間的凝聚力 and 摩擦力。坡度愈陡，下滑力量愈大，因此要維持穩定所需的抵抗力就要愈大。鬆散的顆粒材料，常可以維持一個穩定所需的坡度，穩定坡面的角度稱為「安息角」或「休止角」，角度的大小取決於坡面材料的顆粒大小、形狀及表面粗糙度等因子。一般而言，土砂顆粒越大者，可以有愈高的安息角。

三、崩壞面

坡地中某些脆弱面比較容易崩壞造成移動，這些脆弱面包括飽和水的砂層或黏土層、平行坡面的節理面、脆弱的岩層面 (如頁岩層層面)、變質岩的葉理面等。

四、邊坡崩壞的觸發

較陡的坡度及地層中崩壞面的存在，是邊坡發生崩塌的潛在因素，但崩塌運動要真正發生，常常還是需要一些觸發因素。這些觸發因素可以是自然的事件，例如：地震造成震動降低材料摩擦力，或震動造成土層的液化，或連續豪大雨造成的土壤液化作用等。有些是人為的因素，例如：公路開挖截切坡腳、開礦破壞岩石強度，不當的填入土方使坡面變陡，增加斜坡建物使荷重增加，以及破壞保持水土的植被等。觸發因素造成斜坡的不穩定，但不一定馬上發生大規模移動，有時會經過一段時間的累積，也因此增加其隨機和不可預測性。

第三節 重大坡地災害歷史回顧

回顧臺灣歷年來大規模的坡地災害，發現颱風豪雨可以說是觸發坡地災害發生的最主要原因，尤其是連續性的豪大雨事件。而大地震的搖撼 (如 921 集集大地震)，則是另一重要的較長時距觸發因素，在大地震之後的數年間，確實也有較多的坡地災害發生。在 1996 年賀伯颱風之後，社會各界開始認識「土石流」這個名詞，學界也在第二年 (1997 年) 針對賀伯颱風所造成的災害進行研究，並召開第一屆全國土石流研討會。因此賀伯颱風在臺灣坡地災害研究史上具有重要的分水嶺意義，本段災害歷史回顧，便略以 1996 年的賀伯颱風為分界來說明。

一、早期重大坡地災害

早期著名的包括 1990 年歐菲莉颱風所引發的花蓮縣秀林鄉銅門村、花蓮縣吉安鄉法華山地區的土石流，造成數十人慘遭活埋的悲劇，開啟政府部門對於土石流災害的關注，透過行政院農業委員會的治山防洪計畫，開始進行土石流潛勢溪流調查。

二、1996 年賀伯颱風

強烈颱風賀伯於 1996 年 7 月 31 日過境臺灣，其伴隨而來的豪雨，近 2,000 毫米的雨量，造成南投縣陳有蘭溪、臺 21 線新中橫公路沿線的嚴重災情，屏東縣瑪家水庫集水區和嘉義縣

阿里山區也有嚴重土石流災害。也從此「土石流」一詞，漸為人民熟知，但後來也有遭到媒體誤用和濫用之嫌。在此之前，媒體新聞報導，鮮少看過「土石流」三個字，但在此之後，只要坡地上有任何土砂的移動，即使只是表土的雨蝕沖刷，也常被描述為土石流。可見賀伯颱風確實可視為臺灣坡地災害研究及防治的歷史轉捩點。透過這次災害，人們開始省思臺灣的災害環境，同時也開啟了坡地災害防救災管理的一個新紀元，各級政府及學校機關開始正視坡地災害的問題，不但加強災害發生原因的剖析，也投資更多的人力、物力在災害防救的減災、整備及應變、復建的演練，對於日後坡地災害的防災減災具有莫大的啟示意義。

分析賀伯颱風坡地災害發生的原因，大致可以歸納下列幾點：

(一) 降雨強度大

賀伯颱風在風災期間三天內，為臺灣地區帶來極大之降雨，阿里山山區於此期間共降下近 2,000 毫米的雨量，創下了空前紀錄，這樣的豪雨累積雨量，是誘發坡地災害發生的主要因素。

(二) 地形、地質條件不良

災害地點均位於山區，具有容易引發坡地災害的地形條件。地質條件又多屬於構造活動的破碎帶或鬆軟之堆積層，其谷口、溪床、河岸等均堆積大量的土石，提供了災害的土石來源。如阿里山公路及臺 21 線新中橫公路沿線的地形區位及地質特性，都使得災區在自然環境條件上，容易產生崩塌及土石流等災害現象。

(三) 人為的開發區位選擇不當

災害發生地點若不影響人命安全及造成財產損失，通常災害規模不大，損失亦能降至最低。然而，因人為的開發區位選擇不當，以致將生命財產置設在災害敏感區範圍內，使災害發生時，擴大了災害之損失，應是此次災害嚴重的最主要原因。例如：屋舍或聚落建在有崩塌之虞的陡坡下（如神木村及好茶村）或位於潛在土石流威脅的谷口（郡坑及豐丘，圖 7），造成了數十人死亡。而且橋梁引道置於攻擊坡側，致使橋梁斷裂，道路交通中斷（如陳有蘭溪橋、初鄉橋及汶水舊橋）等，都是因為開發建設區位選擇不當而種下禍因。



圖 7 賀伯颱風在南投郡坑掩埋道路、侵入野溪旁房舍
(圖片來源：國立臺灣師範大學林宗儀副教授提供)

(四) 土地的超限利用

山坡地的超限開發是臺灣在土地利用上長久以來的一大問題，對於本次坡地災害亦是影響層面最廣的一項肇因。坡地開發最直接的影響就是造成地形和自然植被之改變，自

然地形的坡度因為挖、填而變陡，而自然植被則因轉作農業利用而遭剷除，失去水土保持之功能。因此，山坡地開發地區就如同人為製造出來的崩塌災害敏感區，同時也增加土石流發生的區位及土石的來源，這一點可從山區道路沿線挖、填方陡邊坡之土石崩落，以及超限利用之農園的崩塌等獲得驗證。山區開發另一項與災害密切相關的就是棄置廢土的影響，如臺 21 線新中橫公路沿線道路的下邊坡，就有許多道路開發時的廢棄土直接堆置在下邊坡上，而使得這些邊坡棄土成為土石流或崩塌材料的潛在供應源。此外，坡地開發也對坡地水文造成改變，上坡開發區致使地表逕流量增加、集中，不但容易造成陡坡的沖蝕和崩塌，也常造成下坡的土石材料在和水混合後形成土石的流動。

三、1996 年賀伯颱風以後

1996 年賀伯颱風造成了重大的坡地災害損傷後，一般民眾開始認識崩塌、土石流等天然災害。政府的防災理念也從原先與自然抗衡的「治山防洪」，漸漸修正到以災害預警、撤離為避災、減災的主要策略。但依臺灣惡劣的自然坡地環境及氣候、水文條件，再加上山坡地人為開發的壓力，二十年來，坡地災害仍然頻傳，尤其是颱風、地震及豪雨時引發的坡地塊體運動，常有重大傷亡傳出。2009 年莫拉克颱風在行經臺灣北部時，引進西南氣流，2009 年 8 月 7 日至 9 日之間便在中南部山區降下相當於臺灣山區半年的平均雨量，如阿里山在 8 日及 9 日單日分別降下 1,161.5 毫米及 1,165.5 毫米的雨量，而 8 月 5 日至 9 日總累積雨量更多達 3,000 多毫米，均創下臺灣所有氣象站中的雨量紀錄。在此次颱風中，山區土石吸收大量雨水造成飽和而形成土石流，沖毀多處橋梁、村落，也有許多人被土石流所掩埋。而多處河道中的土石堆積成堰塞堤，產生堰塞湖，隨時有潰堤危險。創紀錄的超大豪雨，引發多處嚴重坡地災害，高雄市六龜區、甲仙區、那瑪夏區與桃源區等地受創嚴重，其中甲仙區小林里、那瑪夏區民族里及六龜區新開部落等幾近滅村，為氣象史上造成傷亡最慘重的侵臺颱風。在莫拉克颱風之前，每當地方政府要執行預防性的撤離避難時，常有民眾抗拒不從的情形發生，但在此次颱風之後，由於災難的烙印深刻，民眾的防災意識大增，對於災前的撤離避難也多願意配合，算是在坡地防災、減災、避災、救災教育上的一大突破。

四、臺灣地區土石流災害類型的轉變

綜合上述重大坡地災害歷史的回顧，可以發現臺灣地區土石流災害早期多為傳統溪流型（溪流谷口沖積扇），且分布在人煙較少地區，較少大災害事件的發生。即使在賀伯颱風（1996 年）後仍以溪流型為主，唯其後有降雨集中且雨量特大趨勢，加上聚落往山區遷移等，造成更多的土石流災害（圖 8）。及至 1999 年的 921 集集大地震後，全臺山坡地崩塌面積增加，除原本的傳統溪流型土石流外，亦增加許多崩塌型土石流（鬆散土砂沿蝕溝或坡面流下）的型態。



圖 8 賀伯颱風土石流災害臺 21 線公路郡坑 2 號野溪
(圖片來源：國立臺灣師範大學林宗儀副教授提供)

第四節 坡地災害防治措施與對策

現代的坡地防災，由於科技的進步，已經發展出地面及空中等多元的方式來調查坡地環境，除了藉由建立坡地環境地質災害資料庫，判識坡地環境災害敏感區之外，亦可透過遙感探測及遠距遙控的方式，隨時監測土石流潛勢溪流的狀況，以提供各種警戒、撤離時機的參考。坡地災害具有在同一地點重複發生，或在類似地質環境發生之特性，因此可透過坡地環境調查所判識的災害敏感區，提供對潛在危險地區的災害評估，以及對潛在危險地區土地利用管理參考，也避免因不當的土地開發利用而使災害擴大。災害敏感區判識除了避免地質災害的侵襲，確保坡地安全且永續利用（防災）外，同時也可降低受害情形，減少災害的人命和經濟損失（減災）。

一、災害敏感區的劃設

目前政府機構（經濟部中央地質調查所）對於坡地災害敏感區的資料庫建置，主要有五種敏感區劃設類型：包括（一）落石敏感區、（二）淺層崩塌敏感區、（三）順向滑動敏感區、（四）崩塌（深層滑動）敏感區、（五）土石流潛勢溪流等。

（一）落石敏感區

落石是分離的岩體以自由落體方式掉落，當岩體因節理影響而分離時，便會產生落石現象。落石常發生在節理發達之堅硬岩石區，或是因重力或解壓作用產生具平行坡面節理之岩層，以及坡度陡峭且高差大的地方。因此落石敏感區在外觀上常呈現上緩下陡的凸坡或凹凸不平的陡坡，弧懸岩體且下緣壁面光鮮，或是墜落物質在坍塌下方堆成岩石堆。

落石敏感區的劃設應包括位在坡度陡峭、岩壁裸露邊坡的落石發生區，以及落石受災範圍，堆置坡度通常在 20 度至 30 度間之落石堆積區。

（二）淺層崩塌敏感區

淺層崩塌又稱為表層崩塌，是岩體或土體表層之滑動或崩塌現象，經常發生在坡高高於 5 公尺且坡度大於 30 度的地方。其敏感區劃設的範圍為上邊坡影響範圍自坡頂起向外延伸一個崩塌高度（以不超過 50 公尺為原則），下邊坡自坡趾起向外延伸二個坡高的範圍（以不超過 50 公尺為原則）。

淺層崩塌敏感區的判識流程首先要判識坡度是否大於 30 度，接下來以航照判識，若能判識地表崩塌特徵則為淺層崩塌敏感區，若不能則要進行野外實地判識，若有發現特徵或是地表岩層風化破碎，則判定為淺層崩塌敏感區。

（三）順向坡滑動敏感區

順向坡滑動主要是因為坡腳被破壞失去支撐力，或雨水下滲造成岩層潤滑作用造成岩層滑動的災害，其敏感區的劃設流程首先以地質圖及航照判斷地層的類別與地形特徵是否為順向坡，並且確認傾向與坡向一致且兩者走向夾角小於 20 度，接下來進行野外調查，若觀測確認傾向與坡向夾角小於 20 度則為高風險敏感區，若大於 20 度為低風險敏感區，若無露頭可觀察，可由地形特徵與鄰近地區地層資料觀察，若特徵明顯但無地層資料則

判定為高風險敏感區，若不明顯則為低風險敏感區，若地形特徵不明顯，但鄰近地層資料顯示坡向夾角小於 20 度，則判定為高風險敏感區。

（四）崩塌（深層滑動）敏感區

崩塌又稱為深層滑動，相較於表層崩塌滑動速度較慢，但滑動面較深，其較常發生於坡度 5 ~ 20 度間的緩坡，其特徵分別分為滑動區、擴大區以及堆積區，其敏感區域之劃設流程首先為航照判識以及地形圖判識，若確認為具有滑動地形特徵，則將進行野外查核，若調查後發現具有滑動特徵則為深層滑動敏感區，若無則進一步確認是否為厚層軟弱岩層、風化土層、棄填土層或崩塌層，若有則判定為深層滑動敏感區。

（五）土石流潛勢溪流（土石流敏感區）

土石流敏感區主要為土石流潛勢溪流，主要包含三個區域，為土石流發生區、土石流流動區及土石流堆積區，土石流發生區的坡度介於 15 ~ 30 度之間，土石流流動區坡度介於 6 ~ 15 度之間，而土石流堆積區的坡度介於 3 ~ 6 度之間。

土石流潛勢溪流的判識流程，首先為地形圖的判識，若溪谷坡度大於 15 度且集水區面積大於 1 公頃或具有土石流地貌則為敏感區，或是溪谷坡度大於 10 度，且集水區面積大於 1 公頃並具有土石流地貌，則為土石流敏感區。

二、坡地災害預防與警戒

對於一般社區、學校或居家的坡地防災措施，應著重在平時的教育演練及災前的整備，隨時留意災害發生的前兆，以利災害發生前的應變準備。例如：注意屋後山坡地形是否改變（土地移動、小規模蠕動）；山坡上樹木是否開始傾倒；山坡是否出現大量滲水；土壤或岩層是否發生張裂；斜坡下方是否地面鼓脹；牆壁是否有新裂縫；部分建築物是否由房屋主體脫離；地下管線是否破裂（潮濕、冒水）；是否有掉落的泥土和石塊等等。

平時可藉由定期的坡地安全自主檢查表（如附表 1），逐一詳細檢查並記錄，以利研判災害發生的潛勢。近年由行政院農委會水土保持局依據土石流預警概念所推動的土石流防災用簡易雨量筒製作（圖 9），也可在學校及家戶防災來應用。製作步驟如下：首先把寶特瓶下半部圓弧段裁剪下來，再用石灰填平底部後，即可在透明的部分上面加上刻度，每 30 毫米為一大刻度，當 24 小時累積雨量到達 150 毫米或上升速率超過每小時 15 毫米時，位於土石流潛勢溪流區內的居民就要提高警覺，必要時更應迅速疏散到安全避難處所。在災害防救人員引導下，及時的疏散撤離至避難場所，應是災中應變的第一準則，任何人不能心存僥倖、抱持觀望的態度。另外在易致災路段預先封閉道路，管制車輛進出，也可積極避免災難的發生。

坡地災害的主管機關為行政院農委會水土保持局，目前對於土石流警戒的發布時機（圖 10）及應有作為，大致依循以下原則：

- （一）交通部中央氣象局發布海上陸上颱風警報時，若預測雨量大於土石流警戒基準值時，發布該地區為二級（黃色警戒）土石流警戒區，地方政府應進行疏散避難告。
- （二）實際降雨已達土石流警戒基準值時，發布該地區為一級（紅色警戒）土石流警戒區，地方政府得指示撤離強制疏散。
- （三）地方政府亦可依當地雨量及實際狀況，自行發布局部地區為二級（黃色警戒）或一級（紅色警戒）土石流警戒區。

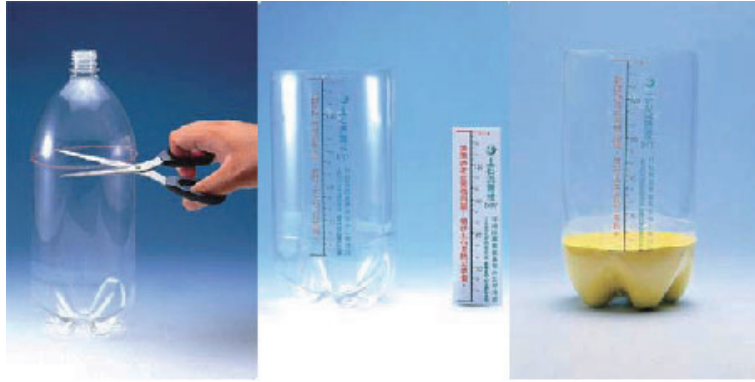


圖 9 土石流防災用簡易雨量筒的製作示意圖
(圖片來源：行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網)

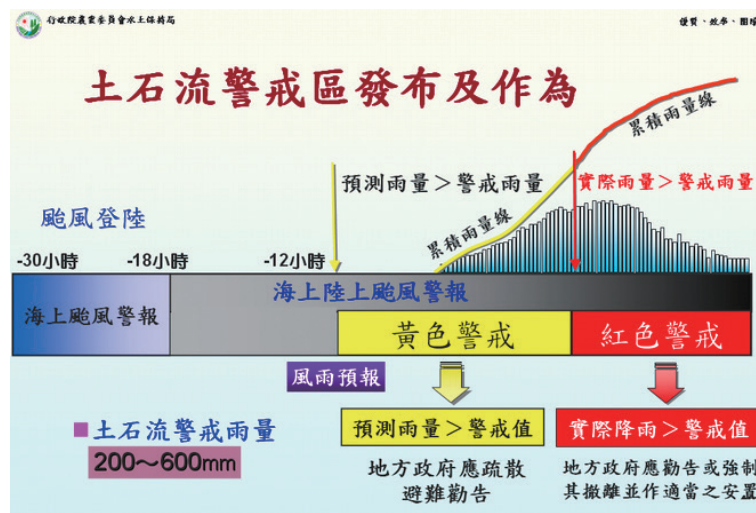


圖 10 土石流警戒區發布及作為示意圖
(圖片來源：行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網)

三、坡地災害的監測預警系統

坡地災害的防治是非常重要的，若能預先在坡地災害發生以前能夠偵測到災害的前兆，將能大大的提升災害的預警能力。坡地災害監測預警系統可分為以下三種：

(一) 坡地穩定監測系統：

坡地監測主要是使用地盤傾斜儀，以及地表伸縮計來測量坡地的變化，由於坡地的變化肉眼難以發現，因此根據監測坡地的變化，將可掌握是否將發生坡地災害，並且及時的發布預警，能夠有效避免災害。

(二) 土石流監測系統：

土石流監測系統主要透過現地的觀測儀器架設，接收現地的及時資料，並且可將資料及時的傳送至災害應變中心，以提供防災人員決策使用。

(三) 土石流預警系統

土石流預警系統主要是透過土石流感應器、地中雷達、地聲及次聲訊號以及影像處理技術來監測土石流的發生，由於土石流的發生地通常在人員進出困難的山區，所以當土石流發生時，往往都已到下游才被發現。因此透過土石流監測系統可以提前掌握土石流的發生，並且爭取下游居民撤離的時間。

坡地災害的主管機關為行政院農委會水土保持局，根據該局所提供之「土石流防災資訊網」，可以獲得有關土石流之即時資訊以及影像，並且可隨時查詢最新之土石流潛勢溪流警戒區域。此一網站同時提供相當豐富之土石流相關知識和各種土石流防災，以及土石流發生時的疏散避難路線等資訊。

四、坡地災害的防治對策

對於坡地災害的防治對策，除了在整備階段，透過國土的整體調查規劃，劃設坡地災害敏感區，加以管制開發行為之外，還可以分別透過傳統的工程與非工程方法來進行防治。

傳統的工程防治也就是針對坡地災害敏感區，以工程的技術為手段來達到整治防範、防災減災的目的，可以包括各種坡面穩定工程及生態自然工程等。其基本的思維大概不離以下幾項原則：(一) 避免坡面土體破壞或流動、(二) 降低土石流運動能量、(三) 使運動土砂停止、(四) 攔蓄運動土石、(五) 分散土砂運動勢能，降低破壞力、(六) 讓運動土砂無害通過。而防治的工法，在防治坡面穩定工法可分為：(一) 抑制工(淺層滑動控制)、(二) 排土工、坡面保護工、排水工、(三) 抑止工(深層滑動控制)、(四) 抑止工、地錨及岩錨、擋土牆等工法。對於落石控制防護工一般使用落石防止網、防護柵、防護壁等工法。土石流控制防治工一般使用導流、流路工、抑制、抑止工、消止、降能工等工法。

非工程的方法主要是針對坡地敏感區建立警戒值，訂定疏散避難標準或準則，以避開、管制、警示等管理手段，降低傷亡與損失，主要可以透過：(一) 災害潛勢評估及危險度分級、(二) 災害潛勢區劃訂與管理(土地利用的限定)、(三) 建立監測、預警系統與制度、(四) 災害境況模擬、(五) 規劃疏散避難路線與避災點、(六) 縣市與區鄉鎮級編定坡地災害防救計畫、(七) 建立決策及資訊管理系統、(八) 教育及演練等方式達到減災的目的。

五、坡地災害的災後復建

萬一災害的發生仍然無可避免，災後各地方政府及機關學校，應主動連繫各公共事業相關單位、民間救難組織及志工、企業、軍方及民防、緊急醫療體系等，積極協助受災民眾或學校學生儘速回復日常生活及作息。而復建階段首要工作，就是全面性的災情勘查及緊急處理，並將受災情況回報。學校方面應著重建物、校舍及教學軟硬體設施的災情勘查及彙整，並儘速清理校園廢棄物及進行消毒等。若學校已嚴重受損，無法短期間回復日常作息，則應嚴肅評估遷校之可行性，避免在原地進行重建修復。

第五節 結語

本章內容從介紹坡地災害的自然特性、分類與機制開始，並且回顧過去坡地災害的歷史。由於災害本身的再發生機率很高，在防災策略上，可以透過工程治理的方式，來降低災害發生的機率及規模，但是並無法完全的避免災害，因此相對的，以非工程的方式進行災害管理就顯得相當重要。非工程治理主要透過教育提高自我危機意識，並且透過災害敏感區或潛勢區劃定，避免無知錯誤的土地開發行為。同時也做好防災避難路線規劃及安全避難地點的選定，多實際演練。並且進行監測、預警及防救災決策系統的建置，做好防災及減災的整備，就能夠減少災損，也能降低救災應變與復建的困難度。臺灣島獨特之地質條件，像是位居板塊活動邊界、地震頻繁、岩性破碎與構造複雜等，搭配上臺灣高溫多雨及地形陡峻的自然地理特性，致坡地災害頻傳，人命財產損失重大，因此坡地防災與減災是我們的共同使命，有待大家一起努力。

參考文獻

- Christopherson, R. W. (2009) *Geosystems: An Introduction to Physical Geography (7th ed.)*, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Marshak, S. (2012) *Earth: Portrait of a Planet (fourth ed.)*, New York: W. W. Norton and Company.
- Strahler, A. H. (2011) *Introducing Physical Geography (5th ed.)*, New York: John Wiley & Sons.
- 行政院內政部營建署 (1998)。 **坡地社區安全居住手冊**。臺北市：行政院內政部營建署。
- 行政院內政部營建署 (1999)。 **建築技術規則**。臺北市：行政院內政部營建署。
- 行政院農委會水土保持局 (2015)。 **土石流防災資訊網**。摘錄自 <http://246.swcb.gov.tw/index.html?pk=ec6d402d391f431a325231f43d15aec9>
- 行政院農業委員會 (2002)。 **臺灣地區山坡地的土砂災害**。臺北市：行政院農業委員會。
- 許民陽 (2012)。 **坡地災害**，國家文化資料庫。摘錄自 <http://nrch.culture.tw/twpedia.php?id=100596>
- 經濟部中央地質調查所 (2001)。 **坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範**。臺北市：經濟部中央地質調查所。

附表 1 坡地安全自主檢查表

環境區位檢查	建築物是否臨近在山崖？ 建築物是否臨近在山凹溝谷處？ 建築物是否臨近在谷口處？ 建築物是否臨近在坑溝凹岸處？
坡面徵兆檢查	坡面上的樹木或電線桿是否有逐漸傾斜現象？ 坡面是否出現新裂縫？ 坡面之流水是否有混濁現象？ 坡面土壤是否有裸露情形？ 坡面土壤是否有沖蝕溝情形？ 周圍坡面是否有崩土？ 周圍坡面是否有不規則之沉陷現象？ 周圍坡面是否有不規則之位移現象？ 邊坡是否有異常滲水現象？ 邊坡土壤遇雨是否有軟化現象？
路面徵兆檢查	排水溝是否有破損？ 排水溝是否有淤塞？ 排水溝是否有漏水？ 排水溝是否有局部積水？ 排水溝未淤塞時是否有溢流？ 地下排水溝是否有內部積水？ 排水系統是否有錯動而造成排水不良？ 排水系統是否有折斷而造成排水不良？
擋土及護坡設施徵兆檢查	擋土牆和護坡的排水孔是否有堵塞現象？ 擋土牆和護坡是否有外凸變形現象？ 擋土牆和護坡是否有龜裂現象？ 擋土牆和護坡裂縫是否有持續加大？ 擋土牆和護坡是否有外傾？ 擋土牆牆腳或坡面是否有崩落或棄置土石？ 地錨錨頭是否有開裂現象？ 地錨錨頭是否有剝離現象？

附表 2 土石流防範自行檢查表

當發現您家位於土石流潛在威脅區內時，您該怎麼辦？面對隨時可能發生的災難，您會做好那些準備？
1. 房子是否位於坡地陡峭的山坡地？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否；距離陡坡約__公尺
2. 房子是否位於有活動斷層的山坡地？（可查閱地質圖） <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否；距離斷層約__公尺
3. 房子是否位於崩塌區、地層破碎或順向坡有滑動之慮的地方？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否；距離該處約__公尺
4. 房子是否位於有危害安全的礦場、坑道或廢土堆附近？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否；距離該處約__公尺
5. 房子是否位於河川扇狀沖積地？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否；距離該處約__公尺
6. 房子是否位於行政院農委會水土保持局公告的高危險溪流旁邊？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否；距離該溪流約__公尺
7. 房子是否位於土石遍佈的河岸或向源侵蝕的地方？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
8. 上游地區有無大量的土石碎屑或新生成的堰塞湖？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
9. 本鄉鎮近年來有無發生過土石流災害？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
10. 附近山坡有無嚴重濫伐濫墾行為？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
11. 社區的道路和水溝是否出現龜裂？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
12. 社區的擋土牆或堤防是否出現龜裂？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
13. 房屋和地層是否出現愈來愈多的龜裂？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
14. 坡地上植物或電線桿等直立標誌是否出現傾斜現象？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
15. 溪水是否突然變混濁，流量則變大或變小？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
16. 水流聲是否尖銳或低沉，遠方則偶有地鳴？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否； <input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重

是非題

- (○) 1. 山坡地陡峭是否為土石流發生原因之一。
- (×) 2. 颱風的風勢強大是否為土石流發生原因之一。
- (×) 3. 河流變的清激是否為土石流發生前兆。
- (○) 4. 落石是否為坡地災害的一種。
- (○) 5. 人類活動是否為造成坡地災害的主因之一。
- (○) 6. 過度開發山坡地是否容易造成土壤流失。
- (×) 7. 斷層經過是否為土石流發生的必要條件。
- (○) 8. 邊坡出現異常裂縫與滲水是否為坡地災害前兆。
- (○) 9. 擋土牆變形是否為坡地災害前兆。
- (○) 10. 道路變形是否為坡地災害前兆。

簡答題

- 1. 植物所提供保護土壤的重要功能是什麼？答：減緩雨水沖蝕。
- 2. 水分之所以能成為山崩的原動力的原因是什麼？答：潤滑、水壓上舉力。
- 3. 山崩主要是山坡上不穩定的岩石或土壤受到哪種作用的牽引而得以發生？
答：重力作用。
- 4. 為何土石流常於颱風時期發生？答：雨量過大。
- 5. 請問何種地層構造容易發生坡地災害？答：順向坡。
- 6. 莫拉克風災造成重大坡地災害的主因是？答：雨量過大。
- 7. 土石流警戒達到一級（紅色警戒）時，該如何處置？答：強制撤離。
- 8. 土石流的發生區坡度大約是多少？答：15~30度。
- 9. 火成岩與沉積岩何者較易發生坡地災害？答：沉積岩。
- 10. 發布土石流警戒的主管機關是？答：行政院農業委員會。

NOTE

坡地災害及其防救

教育部資訊及科技教育司(環境及防災教育科)
撰稿：國立臺灣師範大學 林宗儀 副教授

大綱

- 1 認識坡地災害
- 2 崩塌及土石流災害特性
- 3 重大坡地災害歷史回顧
- 4 坡地災害防治措施
- 5 結語

認識坡地災害

◆ 定義

山坡地受到風化作用或岩層本身構造的影響，岩石及土壤慢慢崩解或分解，再受到風吹、雨水、地表水等侵蝕作用及地球本身重力作用，以崩塌（山崩）、滑動（地滑）或流動（土石流或泥流）等方式往下坡方向移動，常導致森林、果園流失、道路路基坍塌、聚落被掩埋，危及人畜安全等災害，即稱為「坡地災害」。（許民陽，2012）

◆ 相通的名詞

因坡地災害所涉均與土砂的移動相關，在日本常稱為「土砂災害」，也因此臺灣亦常見併用為「坡地土砂災害」

認識坡地災害

◆ 坡地災害成因

1. 地質條件不佳：臺灣地形具有山高谷深、地質破碎脆弱、斷層密佈、坡度陡峭、河川湍急等特徵
2. 其他自然因素影響：臺灣的氣候降雨集中，並且多颱風以及地震等天然災害
3. 人口壓力導致坡地過度開發、超限利用，普遍濫墾、濫伐、濫葬、濫種

認識坡地災害

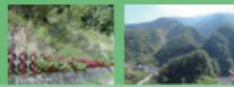


◆ 塊體運動

- 一.地球上物質受重力影響而產生往下坡方向的運動
- 二.若依其運動形式可分為：墜落(fall)、滑動 (slide)、流動(flow)及潛移(蠕動, creep)等主要類型。
- 三.落石、滑動（順向坡地滑或平移滑動）、崩塌（山崩或轉型滑動）、流動（土石流或泥流）、潛移(土壤蠕動)等均屬之
- 四.原是坡地環境的一種自然作用過程
- 五.但可能造成人命及房舍財產的損失
- 六.坡地災害一般歸類為自然災害
- 七.但人為活動也常觸發塊體運動



認識坡地災害



◆ 塊體運動分類指標

- 一.材料種類(岩塊，風化碎屑、土砂，雪，...)
- 二.移動的速率(快，中，慢)
- 三.移動體的狀態(雲團般，泥水拌合，凝絮體...)
- 四.周遭環境 (地表或海底水下)



圖片來源：Earth: Portrait of a Planet

6

認識坡地災害



◆ 塊體運動主要形式

在坡地防災的實際應用上，中央地質調查所把塊體運動分為以下五種類型：

- 一.滑動(slide)
- 二.流動(flow)
- 三.墜落(fall)
- 四.側滑(spread)
- 五.傾翻(topple)



認識坡地災害



◆ 崩塌(廣義)

- 一.臺灣所稱崩塌實綜合前述之崩塌(狹義)、滑動、墜落等類型
- 二.常泛指一般文字中所稱的落石、陡坡破壞、崩塌、地滑、滑坡、走山、山崩等

◆ 土石流

- 一.臺灣所稱土石流泛指各種岩石碎屑、土砂材料和水混合之後所形成的流動類型，實包括泥流、泥石流、土流等
- 二.一般地表逕流沖蝕而帶動土沙運移者，不是土石流

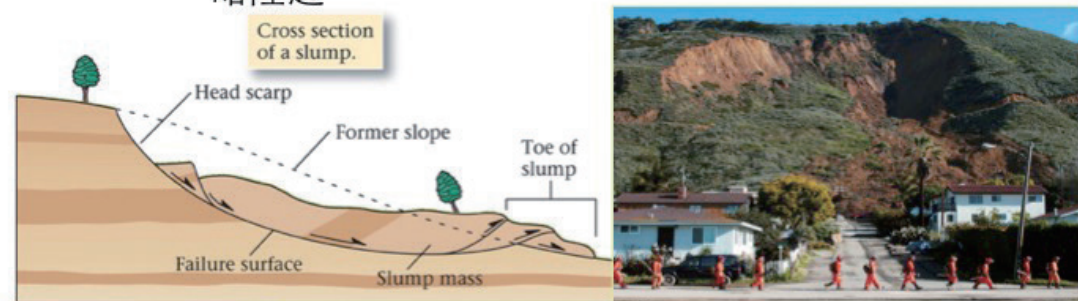


崩塌及土石流災害特性



◆ 崩塌

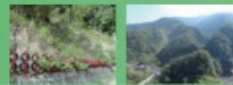
- 一. 又稱圓弧形崩塌或轉型滑動(rotational slide)
- 二. 原坡面上的風化碎屑物質沿著一個弧狀的破壞面滑動，滑動面較深(平均厚約10-20公尺)，常發生於5°至20°間的緩坡面
- 三. 滑落面頭部呈一陡崖，趾部則因滑動體推擠而略隆起



圖片來源：Earth: Portrait of a Planet

9

崩塌及土石流災害特性



◆ 落石

- 一. 主要受到岩性控制，通常在堅硬的砂岩及火成岩分佈區域，會形成陡峭邊坡，當岩體因節理破裂的影響而分離時，便會產生自由落體式的岩石或岩屑掉落現象



圖片來源：東森新聞 2013/08

崩塌及土石流災害特性



◆ 滑動

- 一. 斜坡上風化碎屑物質沿著一個斜平破壞面所產生的滑動
- 二. 破壞面較弧形崩塌淺-因此有人稱之為表層崩塌(相對地，弧形崩塌又稱為深層滑動)
- 三. 常發生於
 - 坡度大於30°的山坡
 - 不連續面發達
 - 固結不良的岩層(如砂頁岩薄互層、頁岩與泥岩、崩積土、厚風化土層、礫石層)
- 四. 順向坡滑動就屬這一類型



11

崩塌及土石流災害特性



◆ 順向坡滑動

- 一. 當地層之傾斜方向與邊坡之傾斜方向一致且兩者走向夾角在20°以內者，稱為順向坡
- 二. 容易在坡腳切除失去支撐處，因雨水下滲至地層造成潤滑作用，而使上方岩層沿層面下滑
- 三. 在傾斜、互層的沈積岩區常見

(資料來源：中央地質調查所)



2010/4/25國道三號
圖片來源：空勤總隊

12

崩塌及土石流災害特性



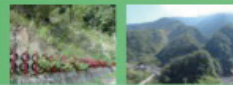
◆ 土石流

- 一. 斜坡或上游河道所堆積的鬆散土石，在連續豪雨情況下，雨水入滲到土石顆粒間，使孔隙達到飽和造成液化，土石顆粒在懸浮狀態下，藉由陡坡助引，乃形成滾滾土石流傾瀉而下
- 二. 土石流發生的三個先決條件：大量的水、豐富的土石來源和陡坡
- 三. 土石流運動過程，可分成三區
 - 1) 發生區—坡度 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$
 - 2) 流動區—坡度 $6^{\circ}\sim 15^{\circ}$
 - 3) 堆積區—坡度 $3^{\circ}\sim 6^{\circ}$
- 四. 堆積區常散開成扇狀-土石流扇



圖片來源：Earth: Portrait of a Planet 13

崩塌及土石流災害特性



◆ 土石流發生區：

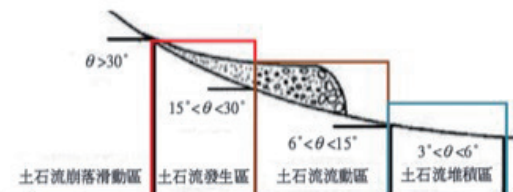
橫剖面形狀多呈V字形，谷壁崩坍的碎屑會大量堆積在這裡，所以四周的植生常顯得相當稀疏。

◆ 土石流流動區：

流動區為U字形，通常位於山溝河谷流域的中下游，河床上會有河谷兩岸崩坍下來的碎屑物。

◆ 土石流堆積區：

堆積區則多在溪流下游出口處，常形成沖積扇狀的平坦地形，表面與前緣多巨大的岩塊堆積，整體看來像是一個伸長的舌頭。



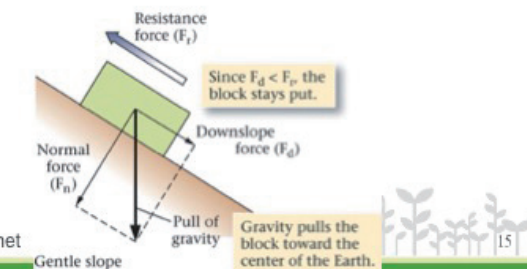
14

崩塌及土石流災害特性



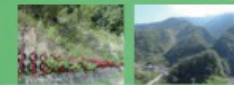
◆ 坡面穩定

- 一. 斜坡面的穩定與不穩定取決於下滑力(重力)與抵抗力(坡面材料的強度)間的平衡
- 二. 下滑力包括坡面土砂的重量，加入的水的重量及坡面上任何添加的結構物的重量
- 三. 抵抗力包括土石材料間的凝聚力 and 摩擦力
- 四. 坡度愈陡，下滑力量愈大，要維持穩定所需的抵抗力就要愈大



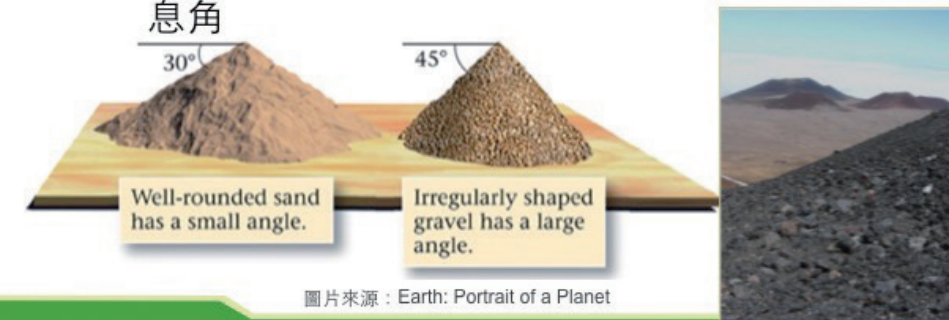
圖片來源：Earth: Portrait of a Planet 15

崩塌及土石流災害特性



◆ 坡面穩定

- 一. 鬆散的顆粒材料，常可以維持一個穩定的坡度
- 二. 穩定坡面的角度稱為「安息角」，角度的大小取決於坡面材料的顆粒大小、形狀及表面粗糙度等因子
- 三. 一般而言，土砂顆粒越大者，可以有愈高的安息角



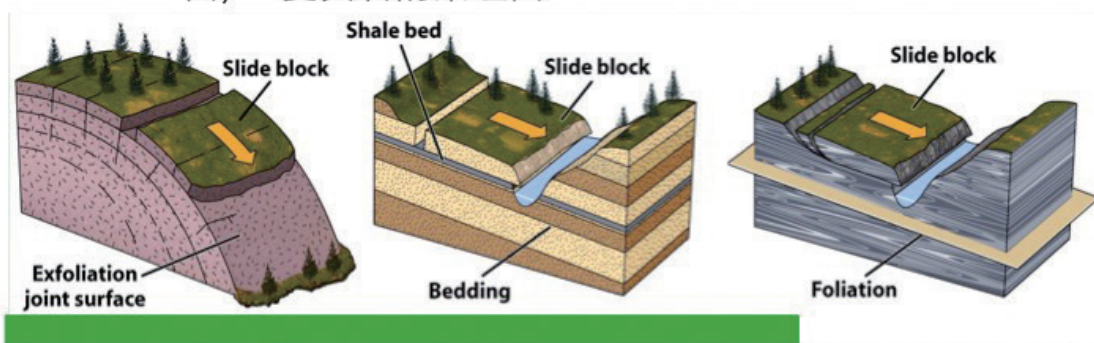
圖片來源：Earth: Portrait of a Planet 16

崩塌及土石流災害特性



◆ 崩壞面

- 一. 坡地中某些脆弱面比較容易崩壞造成移動
- 二. 這些脆弱面包括飽和水的砂層或黏土層、平行坡面的節理面、脆弱的岩層面(例如:頁岩層層面)、變質岩的葉理面



圖片來源: Earth: Portrait of a Planet

17

崩塌及土石流災害特性



◆ 邊坡崩壞的觸發

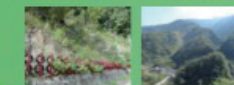
- 一. 可以是自然的事件(例如:地震造成震動降低材料摩擦力、或震動造成土層的液化、或連續豪大雨造成的土壤液化作用)
- 二. 有些是人為的因素(例如:公路開挖截切坡腳、開礦破壞岩石強度、不當的填入土方使坡面變陡、增加斜坡建物使荷重增加、破壞保持水土的植被等)
- 三. 觸發因素造成斜坡的不穩定, 但不一定馬上發生大規模移動, 有時會經過一段時間的累積, 也因此增加其隨機和不可預測性



圖片來源: Earth: Portrait of a Planet

18

重大坡地災害歷史回顧



◆ 臺灣地區坡地災害

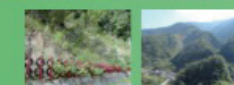
- 一. 颱風豪雨則是觸發坡地災害發生的最主要原因, 尤其是連續性的豪大雨, 回顧歷年大規模坡地災害, 皆因此而發生

- 二. 大地震的搖撼(如921集集大地震), 則是另一重要觸發因素(較長時距)



19

重大坡地災害歷史回顧



◆ 早期重大坡地土砂災害

著名的包括1990年歐菲莉颱風所引發的花蓮縣秀林鄉銅門村、吉安鄉法華山地區的土石流, 造成數十人慘遭活埋的悲劇, 政府部門因此開始進行土石流潛勢溪流調查

◆ 1996年賀伯颱風

- 一. 是坡地災害的歷史轉捩點, 近2000毫米的雨量, 造成南投縣陳有蘭溪、新中橫公路沿線的嚴重災情, 屏東縣瑪家水庫集水區和嘉義縣阿里山區也有嚴重土石流災害
- 二. 從此「土石流」一詞, 漸為人民熟知, 但也有遭到媒體誤用和濫用之嫌



20

重大坡地災害歷史回顧



◆ 1996年賀伯颱風以後

- 一.政府的防災理念也從原先與自然抗衡的「治山防洪」，漸漸修正到以災害預警、撤離為避災、減災的主要策略
- 二.但依臺灣惡劣的自然坡地環境及氣候、水文條件，再加上山坡地人為開發的壓力，二十年來，坡地災害仍然頻傳
- 三.2009年莫拉克颱風，中南部超大豪雨不但創下歷史紀錄，引發多處嚴重坡地土砂災害，六龜、甲仙、那瑪夏、與桃源等地受創嚴重，甲仙小林村有169戶398人慘遭活埋，那瑪夏民族村、六龜新開村等亦受災嚴重，為氣象史上造成傷亡最慘重的侵臺颱風。災難的烙印，增強了民眾撤離避難的意願



21

重大坡地災害歷史回顧



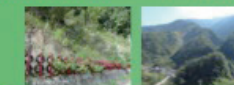
◆ 臺灣地區土石流災害類型的轉變

- 一.早期多為傳統溪流型（溪流谷口沖積扇），且分布在人煙較少地區，較少大災害事件
- 二.賀伯颱風（1996年）後仍以溪流型為主，唯其後降雨集中且雨量特大，加上聚落往山區遷移等，造成更多的土石流災害
- 三.921集集地震（1999年）後，全臺山坡地崩塌面積增加，除原本的传统溪流型土石流外，增加許多崩塌型土石流（鬆散土砂沿蝕溝或坡面流下）的型態。



22

坡地災害防治措施



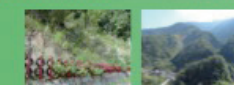
◆ 應用現代科技多元方式調查坡地環境

類別	優點	缺點
高空：衛星影像遙測	範圍廣大(>1,000,000)、遙測影像處理方式進行判釋，更新速度與且較無拍攝時之限制。	接收費用昂貴，易受雲層遮蔽及大氣輻射之影響，目前之精度尚有限制。
中低空：航空照片判釋	影像清晰(1:5,000-20,000)能充分反映地面景觀，有充分的精度控制，形成的立體影像可獲得判釋良好的依據。	更新速度較慢，較不能反映實際情況，航機及相關儀器昂貴，拍攝涵蓋的面積亦較小。
低空：無人載具航拍	影像清晰(1:1-1,000)且能充分反映地面景觀，拍攝時間較短，且能針對特定目標進行專業拍攝，經費較省。	操作需專業技術人員，載具飛行時間及高度限制，且拍攝之照片較缺乏測量控制。
地面：監控儀器	能針對坡面可能因子進行全時監控，並藉由不斷的數據累積增加精度，且設置經費較小，能從供與安全之保障。	監測精度受儀器發生彈測之误差影響，且由於災害多受多重因素控制，需多種監測儀器同時監測，較難充分監控。
地面：現場人員調查	能針對坡地之任何災害徵兆進行調查與記錄，避免不當的誤判及解釋，為最直接也是最重要之第一手資料來源。	調查之範圍受地形限制，且調查行程之途程較耗時，對於大面積的區域通常需較多人力進行。



23

坡地災害防治措施



- ◆ 建立坡地環境地質災害資料庫
- ◆ 判釋坡地環境災害敏感區

- 一.坡地災害具有在同一地點重複發生或在類似地質環境發生之特性，因此可提供對潛在危險地區的災害評估
- 二.提供對潛在危險地區土地利用管理參考，避免因不當的土地開發利用使災害擴大
- 三.避免地質災害的侵襲，確保坡地安全且永續利用(防災)
- 四.降低受害情形，減少災害的人命和經濟損失(減災)



24

敏感區劃設類型



- ◆ 落石敏感區
- ◆ 淺層崩塌敏感區
- ◆ 順向滑動敏感區
- ◆ 崩塌(深層滑動)敏感區
- ◆ 土石流潛勢溪流



25

落石敏感區

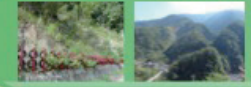


- ◆ 落石常發生區
 - 一. 節理發達之堅硬岩石
 - 二. 因重力或解壓作用產生具平行坡面節理之岩層
 - 三. 坡度陡峭且高差大
- ◆ 呈現外觀
 - 一. 上緩下陡的凸坡或凹凸不平的陡坡
 - 二. 弧懸岩體且下緣壁面光鮮
 - 三. 墜落物質於坍塌下方呈岩石堆
- ◆ 落石敏感區應包括
 - 一. 落石發生區：位在坡度陡峭、岩壁裸露的邊坡
 - 二. 落石堆積區：為落石受災範圍，堆置坡度通常在 20° 至 30° 間

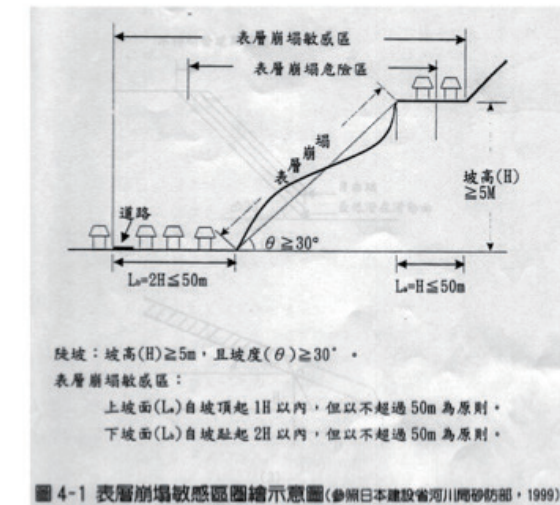


26

淺層崩塌敏感區

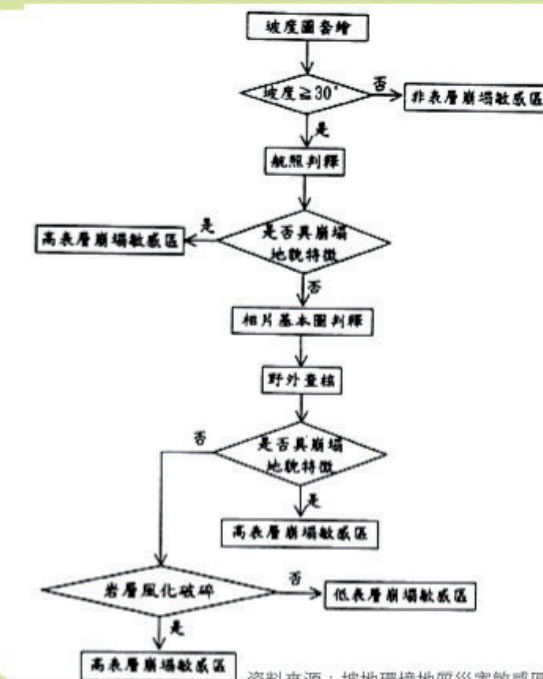
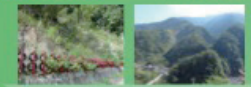


- ◆ 易因豪雨或地震作用而誘發
- ◆ 敏感區圈繪範圍
 - 一. 上邊坡影響範圍自坡頂起向外延伸一個崩塌高度(以不超過50公尺為原則)
 - 二. 下邊坡自坡趾起向外延伸二個坡高的範圍(以不超過50公尺為原則)



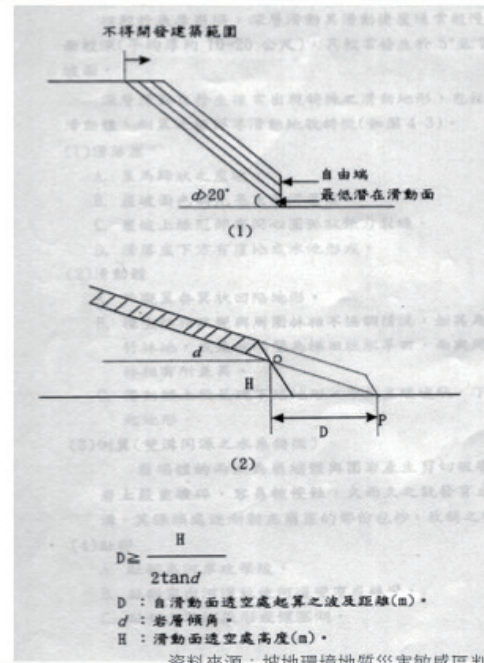
27

淺層崩塌敏感區判釋作業流程



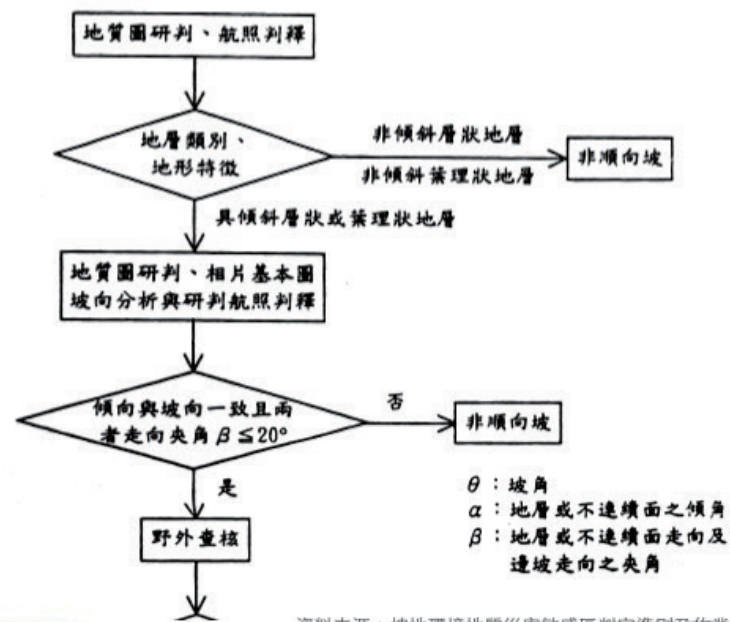
資料來源：坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範(經濟部)

順向滑動敏感區 (建築技術法規, 1999)



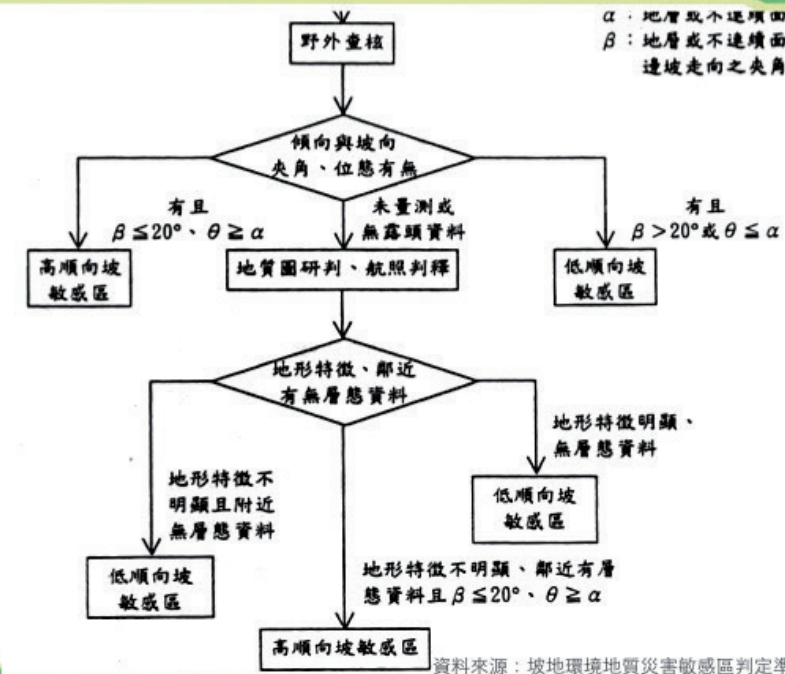
資料來源: 坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範(經濟部)

順向滑動敏感區判釋作業流程(上)



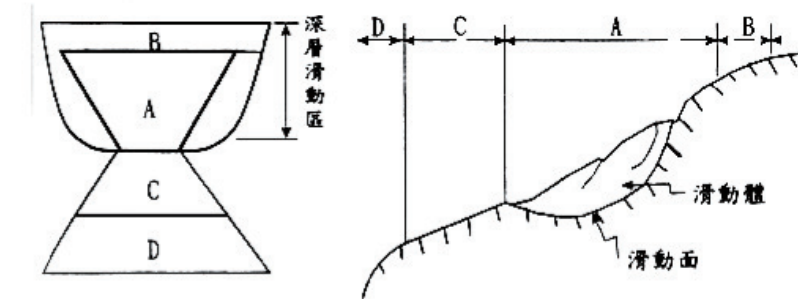
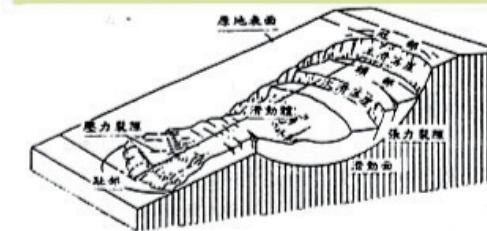
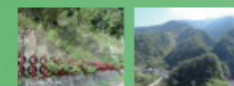
資料來源: 坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範(經濟部)

順向滑動敏感區判釋作業流程(下)



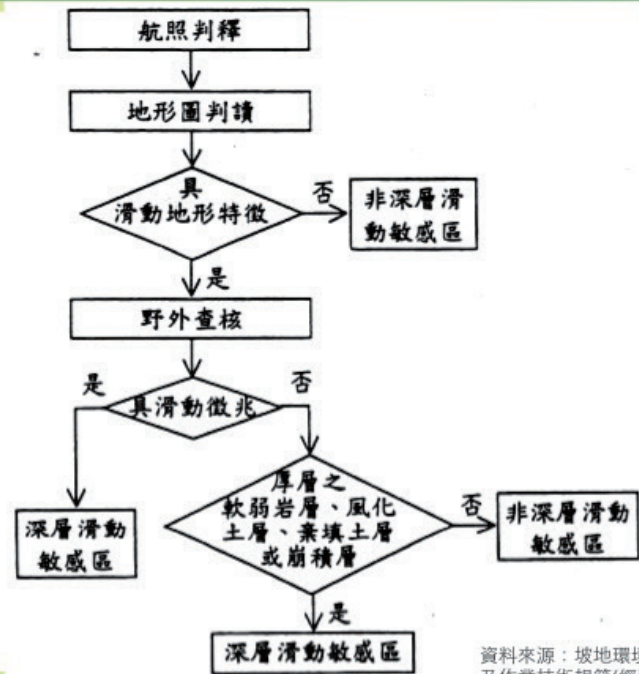
資料來源: 坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範(經濟部)

崩塌(深層滑動)敏感區 (日本治水砂防協會, 2000)



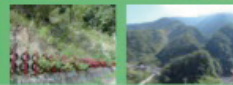
資料來源: 坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範(經濟部)

崩塌(深層滑動)敏感區判釋作業流程



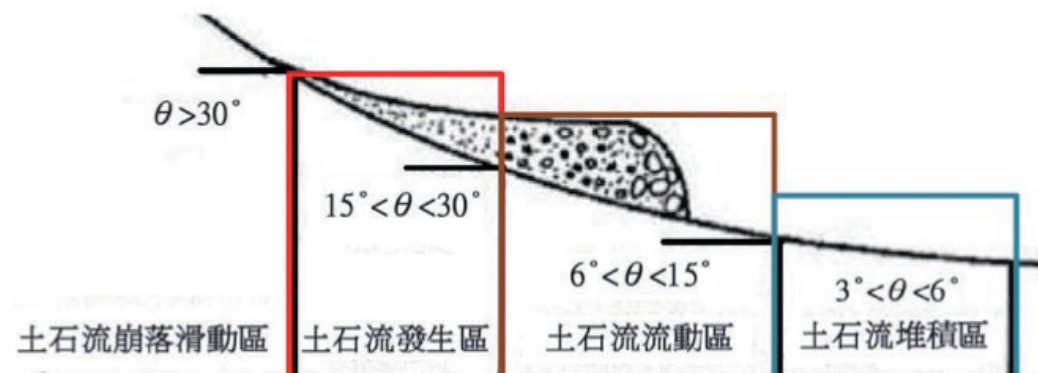
資料來源：坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範(經濟部) 33

土石流潛勢溪流



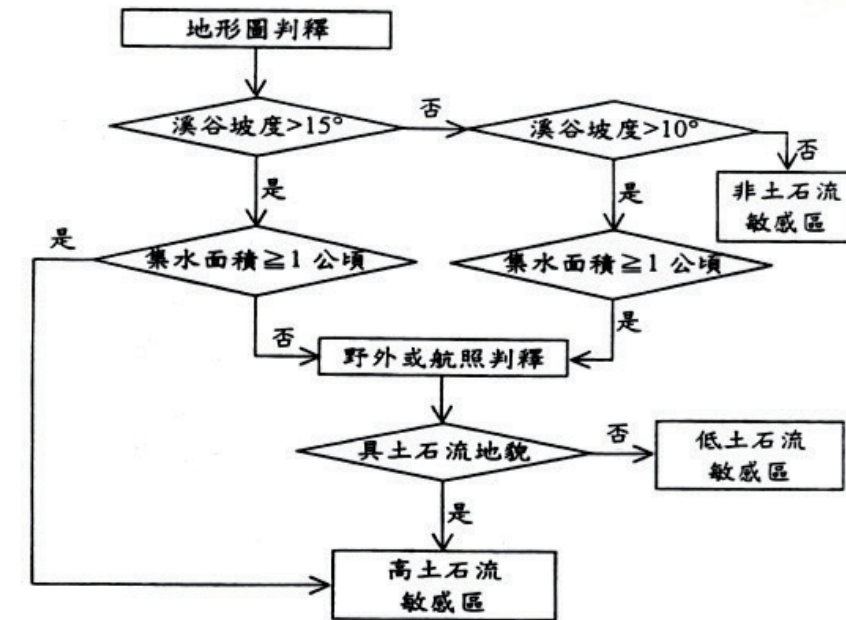
◆ 土石流敏感區之圈繪

一.應包括發生、流動及堆積等三種區域



資料來源：坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範(經濟部) 34

土石流潛勢溪流判釋流程



資料來源：坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範(經濟部) 35

坡地災害防治措施



◆ 留意災害前兆

- 一.屋後山坡地形改變(土地移動、小規模蠕動)
- 二.山坡上樹木開始傾倒
- 三.山坡出現大量滲水
- 四.土壤或岩層發生張裂
- 五.斜坡下方地面鼓脹
- 六.牆壁有新裂縫
- 七.部分建築物由房屋主體脫離
- 八.地下管線破裂(潮濕、冒水)
- 九.掉落的泥土和石塊



坡地安全自主檢查



一、環境區位檢查

1. 建築物是否臨近在山崖？
2. 建築物是否臨近在山凹溝谷處？
3. 建築物是否臨近在谷口處？
4. 建築物是否臨近在坑溝凹岸處？



二、坡面徵兆檢查

5. 坡面上的樹木或電線桿是否有逐漸傾斜現象？
6. 坡面是否出現新裂縫？
7. 坡面之流水是否有混濁現象？
8. 坡面土壤是否有裸露情形？
9. 坡面土壤是否有沖蝕溝情形？
10. 周圍坡面是否有崩土？



37

坡地安全自主檢查



11. 周圍坡面是否有不規則之沉陷現象？
12. 周圍坡面是否有不規則之位移現象？
13. 邊坡是否有異常滲水現象？
14. 邊坡土壤遇雨是否有軟化現象？

三、路面徵兆檢查

15. 路面是否有新裂縫？
16. 路面是否有褶曲變形？



四、排水系統徵兆檢查

17. 排水溝是否有破損？
18. 排水溝是否有淤塞？
19. 排水溝是否有漏水？
20. 排水溝是否有局部積水？
21. 排水溝未淤塞時是否有溢流？



38

坡地安全自主檢查



22. 地下排水溝是否有內部積水？
23. 排水系統是否有錯動而造成排水不良？
24. 排水系統是否有折斷而造成排水不良？

五、擋土及護坡設施徵兆檢查

25. 擋土牆和護坡的排水孔是否有堵塞現象？
26. 擋土牆和護坡是否有外凸變形現象？
27. 擋土牆和護坡是否有龜裂現象？
28. 擋土牆和護坡裂縫是否有持續加大？
29. 擋土牆和護坡是否有外傾？
30. 擋土牆牆腳或坡面是否有崩落或棄置土石？
31. 地錨錨頭是否有開裂現象？
32. 地錨錨頭是否有剝離現象？



39

土石流的發生徵兆



土石流發生前徵兆				徵兆	原因
徵兆發生時間					
●	●	●	●	1. 附近有山崩或土石流發生(視覺)	代表周邊坡面與地質已處於不穩定狀態
●	●	●	●	2. 野溪流量突然增加(視覺)	上游可能有豪雨
●	●	●	●	3. 有異常的山鳴(聽覺)	上游可能已發生崩塌或土石流
●	●	●	●	4. 溪水流量急遽減少(視覺)	上游野溪可能被崩塌土石阻塞
●	●	●	●	5. 溪水中帶有流木(視覺)	上游可能發生山崩或河岸沖蝕
●	●	●	●	6. 溪水異常混濁(視覺)	上游可能發生山崩或河岸沖蝕
●	●	●	●	7. 溪流中有石頭摩擦聲音(聽覺)	因溪流流量增大
●	●	●	●	8. 有腐植土臭味(嗅覺)	上游可能發生山崩樹倒，從樹木腐植層散發出之腐植土味
●	●	●	●	9. 有樹木裂開之聲音(聽覺)	上游可能發生土石流，撞擊樹木之聲音
●	●	●	●	10. 動物有異常行為(視覺)	動物的感官比人類敏銳，表示可能已發生人無法感受到的大自然異常現象
●	●	●	●	11. 感覺地表震動(觸覺)	土石流滾動時造成之震動
●	●	●	●	12. 上游有「Go」聲音(聽覺)及火光或像雷光的閃電	土石流滾動時，巨石撞擊造成的現象
●	●	●	●	標示符號： ● 必定發生 ● 發生可能性高 ● 有發生可能 ● 資料來源：土石流防災資訊網	

40

土石流防災簡易雨量筒製作

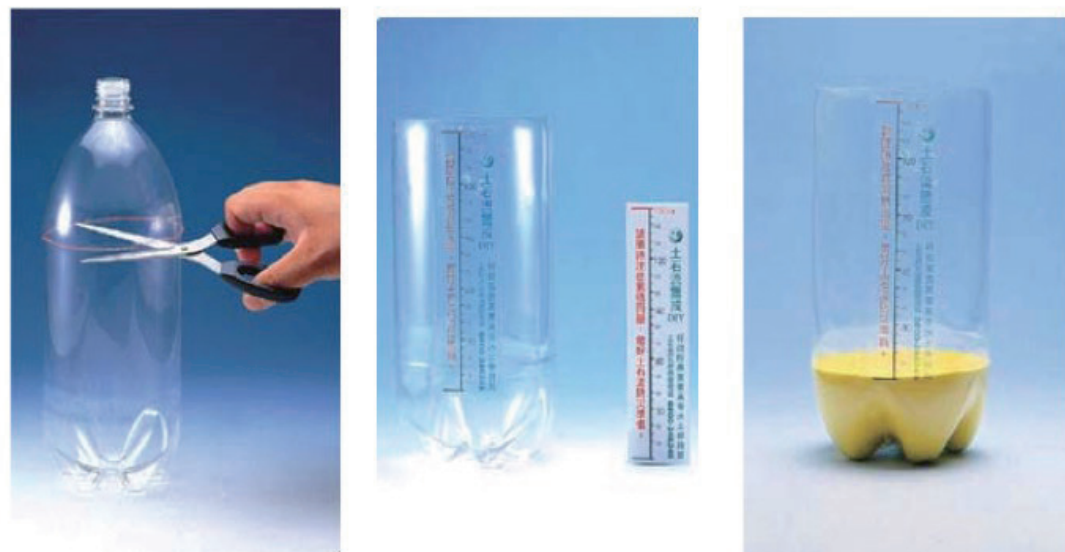
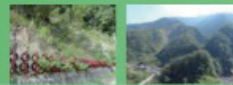


- ◆ 15公分的空間盛接雨水，並在此部份加上刻度，以方便觀測累積雨量
- ◆ 24小時累積降雨量150毫米（15公分）警戒值，或上升速率超過每小時15毫米時，需提高警覺注意安全，並疏散至安全避難處所



41

土石流防災簡易雨量筒製作



42

土石流警戒

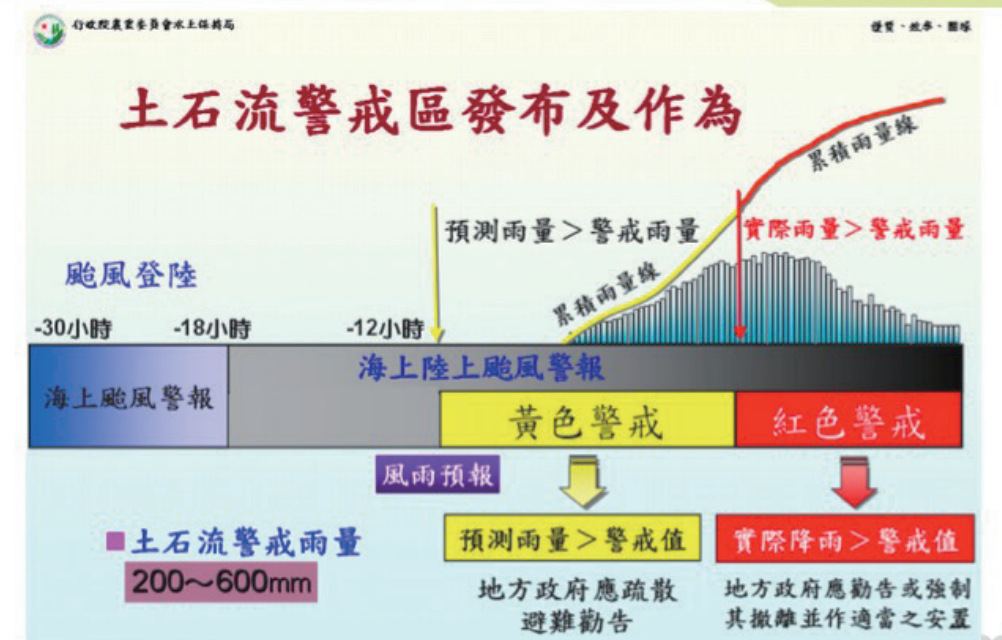
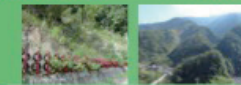


1. 中央氣象局發布預測雨量大於土石流警戒基準值，發布該地區為二級(黃色警戒)土石流警戒區，地方政府應進行疏散避難勸告。
2. 實際降雨已達土石流警戒基準值時，發布該地區為一級(紅色警戒)土石流警戒區，地方政府得指示撤離強制疏散。
3. 地方政府可依當地雨量及實際狀況，自行發布局部地區為二級(黃色警戒)或一級(紅色警戒)土石流警戒區。



43

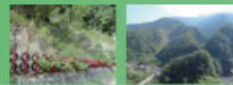
土石流警戒



資料來源：土石流防災資訊網

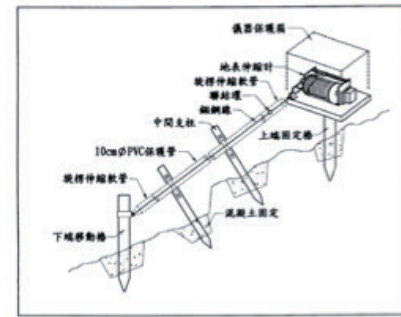
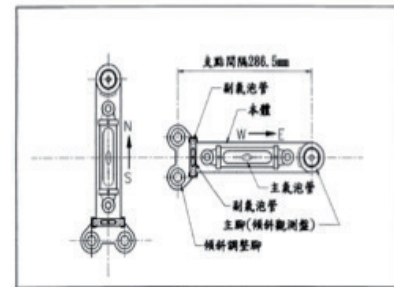
44

坡地災害防治措施



◆ 坡面穩定監測系統

- 一.地盤傾斜儀
- 二.地表伸縮計



土石流監測系統

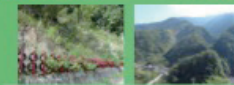


土石流觀測站資料

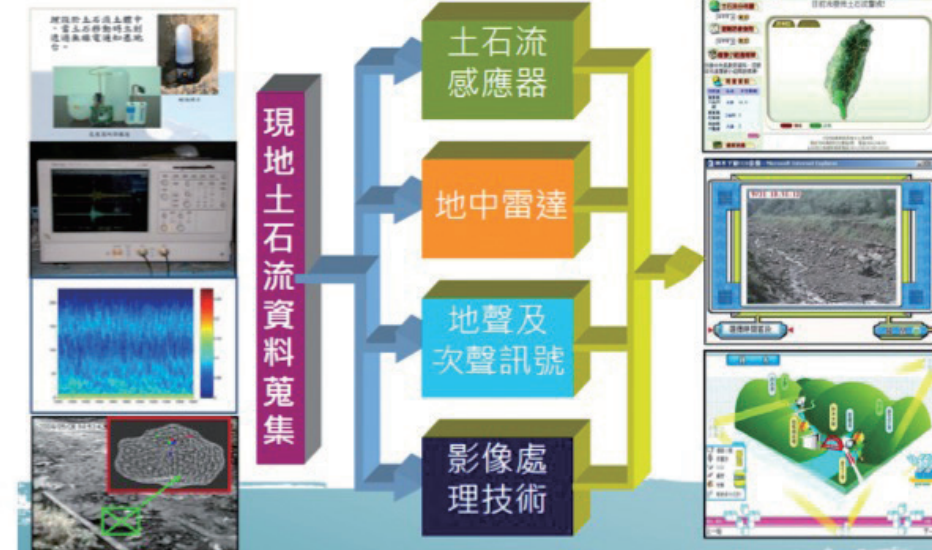


46

土石流預警系統



科技整合運用



47

土石流防災資訊網



- ◆ 即時資訊
- ◆ 土石流潛勢溪流警戒
- ◆ 疏散避難路線
- ◆ 土石流防災資訊



資料來源：土石流防災資訊網

48

坡地防災對策



- ◆ 工程對策—以工程手段防災或減災
 - 一.各種坡面穩定工程
 - 二.包含生態自然工程
- ◆ 非工程對策—以避開、管制、警示等管理手段，降低傷亡與損失
 - 一.災害潛勢評估及危險度分級
 - 二.災害潛勢區劃訂與管理(土地利用的限定)
 - 三.建立監測、預警系統與制度
 - 四.災害境況模擬，規劃疏散避難路線與避災點
- ◆ 縣市與區鄉鎮級編定坡地災害防救計畫
- ◆ 建立決策及資訊管理系統
- ◆ 教育及演練



49

坡地災害防治措施



- ◆ 工程的災害防治原則
 - 一.避免坡面土體破壞或流動
 - 二.降低土石流運動能量
 - 三.使運動土砂停止
 - 四.攔蓄運動土石
 - 五.分散土砂運動勢能，降低破壞力
 - 六.讓運動土砂無害通過



50

坡地災害防治措施



- ◆ 工程防治坡面穩定工法
 - 一.抑制工(淺層滑動控制)
 - 排土工、坡面保護工、排水工
 - 二.抑止工(深層滑動控制)
 - 抑止工、地錨及岩錨、擋土牆
 - 三.防護工(落石控制)
 - 落石防止網、防護柵、防護壁等
 - 四.防治工(土石流控制)
 - 導流、流路工、抑制、抑止工、消止、降能工

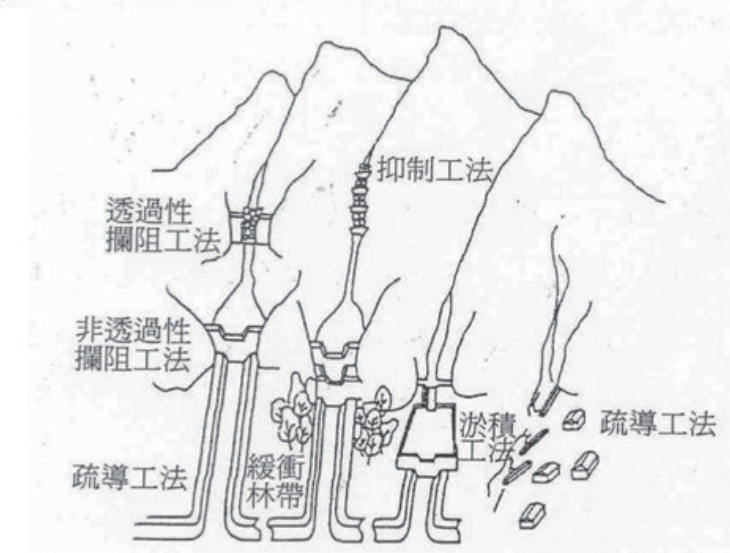


51

坡地災害防治措施



水保手冊土石流防治工法原則



資料來源：坡地環境地質災害敏感區判定準則及作業技術規範(經濟部)

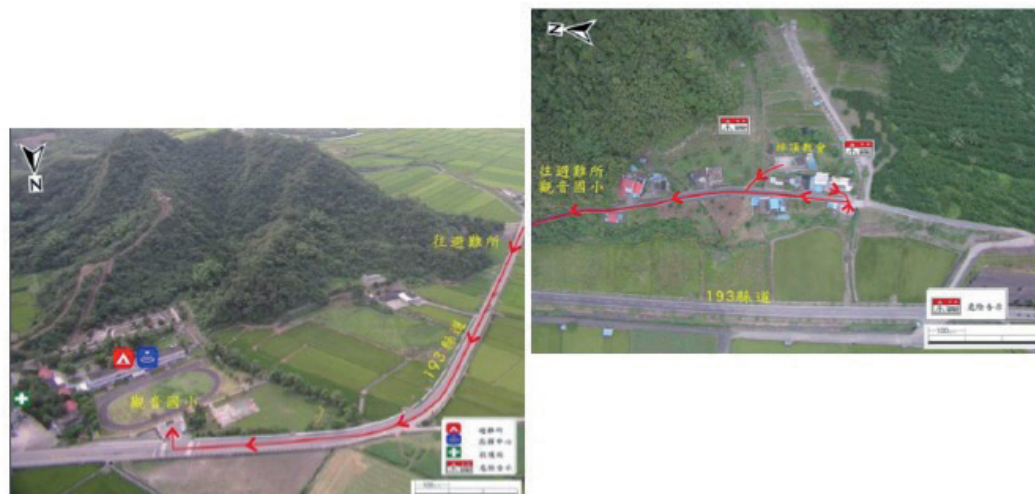
52

花蓮縣玉里鎮東豐里土石流災害潛勢範圍



53

花蓮縣玉里鎮東豐里土石流災害避難疏散圖



54

坡地災害災後復建



- ◆ 萬一災害仍然無可避免的發生，災後各學校，應主動連繫各公共事業相關單位、民間救難組織及志工、企業、軍方及民防、緊急醫療體系等，積極協助學校學生儘速回復日常生活及作息
- ◆ 復建階段首要工作，就是全面性的災情勘查及緊急處理，並將受災情況回報
- ◆ 學校方面應著重建築物、校舍及教學軟硬體設施的災情勘查及彙整，並儘速清理校園廢棄物或進行消毒等
- ◆ 如學校已嚴重受損，無法短期間回復日常作息，則應嚴肅評估遷校之可行性，避免在原地進行重建修復



55

結語



- ◆ 本課程認識坡地土砂災害的自然特性-分類與機制
- ◆ 回顧坡地土砂災害歷史-災害再發生率高
- ◆ 工程治理旨在降低災害發生機率及規模
 - 無法完全免災
- ◆ 以非工程的方式進行災害管理
 - 透過教育提高自我危機意識
 - 透過災害敏感區或潛勢區劃定，避免無知錯誤的土地開發行為
 - 做好防災避難路線規劃及安全避難地點的選定，多實際演練
 - 進行監測、預警及防救災決策系統的建置
- ◆ 做好防災及減災的整備，就減少災損，也降低救災應變與復建的困難度



56

臺灣坡地災害的宿命



- ◆ **臺灣島獨特之地質條件**
 - 一. 位居板塊活動邊界
 - 二. 地震頻繁
 - 三. 岩性破碎
 - 四. 構造複雜
- ◆ **臺灣自然地理特性**
 - 一. 高溫多雨
 - 二. 地形陡峻
- ◆ **導致坡地災害頻傳，人命損失重大**
- ◆ **坡地防災與減災是我們的共同使命**



案例討論：九份美景



58

九份地滑加劇 每年3公分

農業局長看資料「腳底都涼了」地下水排不出造成 縣府斥資整治 三月發包

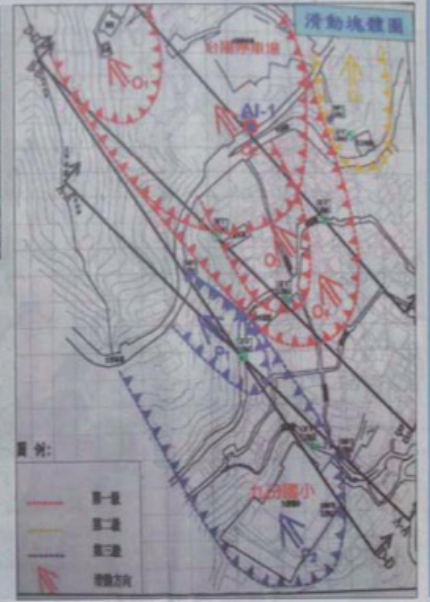
【記者黃福其、張曉梅專】台北縣農林局局長李金生昨天表示，九份地區地滑加劇，已達每年3公分，影響當地400戶、2300多位居民觀光安全，縣府將陸續進行地滑整治，並將對地滑區進行「腳底都涼了」地溝整治工程。農林局長黃光華赴美國聖地牙哥州立大學土木工程及土壤研究所博士、曾任國立東華科技大學的吳仲光教授，他擔心指出，地溝不看到地溝資料，「腳底（地溝）都涼了」。

黃光華指出，地溝不看到地溝資料，「腳底（地溝）都涼了」，才自願與會者中「解套」。

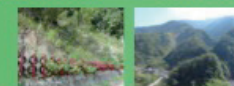
農林局長李金生說，九份地溝係由地質結構不佳，雨水滲出湧出，過去曾出現幾次災情，如今發生地溝加劇，雨量增大，大地都受到破壞，與過去地溝區，訂出解決方案。

黃光華指出，90年地溝區，九份國小汽車路一帶地溝加劇。經農林局委託聖地牙哥大學調查，並由9份鄉公所委託地溝整治工程，經農林局長黃光華赴美國聖地牙哥州立大學土木工程及土壤研究所博士、曾任國立東華科技大學的吳仲光教授，他擔心指出，地溝不看到地溝資料，「腳底（地溝）都涼了」。

農林局長黃光華指出，地溝不看到地溝資料，「腳底（地溝）都涼了」，才自願與會者中「解套」。



問題討論



- ◆ 九份地滑發生原因？
- ◆ 此地地滑如何建立警報機制？
- ◆ 地滑發生的人為因素？
- ◆ 政府應有的作為？
- ◆ 居民應有的作為？
- ◆ 未來發展的環境規劃？



60

防災師資培育教材

基礎課程⑤ 坡地災害及其防救

發行人：吳思華

主辦單位：教育部

承辦單位：臺北市立大學

編撰委員：林宗儀

審議委員：沈淑敏、林裕益

編輯小組：李蔡彥、劉文惠、邱仁杰、李心信、魏柏倫、
劉彥廷、謝濬安、陳昱翰、張詠欣

美術編輯與插畫：陳昱融、陳姿蓉

出版單位：教育部

地址：臺北市中正區中山南路 5 號

電話：02-77129120

網址：www.edu.tw

印刷：健豪印刷事業股份有限公司

出版日期：中華民國 104 年 11 月出版