



災害？

第四篇 坡地災害

阿哲：我的二伯要在河邊的山坡地蓋一棟民宿，旁邊還有遊樂設施！歡迎大家來玩。

豆豆：那太好了！不過那片山坡地的地質是否疏鬆？旁邊的溪流是否穩定？應該先調查一下比較好。

阿哲：我們倒沒想過這些問題。

豆豆：那可不行！還有，建屋也要注意用料、地基和環境維護。近年來台灣那麼多天災，常常都是因為大家粗心大意才會發生。

阿哲：我會馬上將這些意見轉告二伯，謝謝您的提醒！



第十章 坡地的環境與災害

▶ 壹、坡地的環境特性

陸地表面除了平坦的平原外，其餘都是陡緩不一的坡地(slope land)，它們由無數的坡面組合。坡面是構成地形的基本單元，其坡度大小則是決定人類利用土地的重要因素。在各種自然作用，如：雨、雪、泉水、河流、風力和重力等影響之下，坡地形態不斷產生變化，坡地物質常因此出現順坡移動的現象，造成各式各樣的坡地地形景觀。

土壤沖蝕(soil erosion)和塊體崩壞(mass wasting)可說是影響坡地發育的地形作用中，最為重要的兩項。其中，土壤物質若從原來位置，受雨水、流水或風力等作用侵蝕，而逐漸搬運到另一位置，可稱為土壤沖蝕，其作用緩慢而持久。至於土壤、沙石，如受重力作用與水分混和而產生突然崩落或位移之現象，則稱為塊體崩壞，其作用快速而激烈，以山崩(landslide)、土石流(debris flow)為典型代表。

▶ 貳、常見的坡地災害

上述地形作用所造成的天然災害，通稱坡地災害。土壤沖蝕雖然屬於慢性現象，但因其具有累積性，久而久之有可能釀成嚴重的水土流失，危及農業生產和國土安全。山崩和土石流則為突發現象，常常毫無預警的將大量的土石往下輸送，掩埋房舍、奪走人命。

其實，這些災害都發生在特定的時空背景，尤其容易形成於具有潛在危險性的敏感地區，例如：地質疏鬆、地勢陡峻、地下水豐富或地表裸露的地理環境，更須特別小心。平常時刻，這些地點或許還會保持穩定，然而一旦有龐大的外力介入，譬如地震、颱風、豪雨、洪水等，便會瞬間崩潰，形成無法挽回的災難。

▶ 參、台灣的坡地環境

台灣位於亞洲東南邊緣，瀕臨太平洋。在此地理位置的影響下，年平均雨量

高達2500公釐，而且集中夏、秋兩季。再就地質而言，台灣處於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的接觸帶上，由於板塊擠壓影響，地震頻仍，斷層和褶皺普遍，劇烈的造山運動，不但導致山坡地佔全台灣總面積的四分之三，使得地形陡峻，山高水急，河流下切劇烈，輸沙量龐大。

凡此種種因素，使台灣的自然環境本來就十分不穩定，容易出現土壤沖蝕、山崩、土石流等坡地災害。它們不但經常造成生命財產的重大損失，也使各項公共建設受到破壞。

另一方面，台灣土地資源有限，在產業發展及人口壓力下，山坡地開發日趨蓬勃。除了傳統的農業利用，近年大幅增加了社區、墓園、道路、遊樂區或民宿，甚至堆置廢土、廢棄物和礦渣，或在坡地敏感區大肆砍伐森林、夷平山脊、埋積山谷。這些活動皆易造成自然生態環境嚴重失衡，引發土壤沖蝕與水土流失，加劇山崩和土石流的發生。近年來，每逢颱風過境或地震發生之際，此類坡地災害多會伴隨而至，例如：賀伯(1996)、溫妮(1997)、桃芝(2001)、納莉(2001)、敏督利(2004)、辛樂克(2008)和莫拉克(2009)颱風，和1999年的921地震等，無不重創整個社會。因此，防範坡地災害，實為當務之急。



簡要歸納一下，台灣坡地災害頻繁的因素有那些？不住在山坡地的民眾會不會成為坡地災害的幫凶？他們該如何做才可以對坡地災害的減少有所幫助？(本篇照片資料來源：行政院農委會水土保持局)



➕ 地形陡峻易生坡地災害



➕ 台灣山坡地開發集中



➕ 道路開闢導致坡地災害

第十一章 土壤沖蝕和山崩

壹、土壤沖蝕的特性

土壤是地表重要的自然資源，但土壤在自然作用下，卻不斷被沖蝕而流入大海，造成水土流失。唯有良好的植被保護，土壤的沖蝕速度才不致大於土壤的化育速率，地表才會形成深厚的土壤層；然而失去植被保護，即有可能造成土壤的加速侵蝕，嚴重破壞生態環境，終至寸草不生，摧毀人類生活。

一、土壤沖蝕的成因

(一) 自然因素

1. 氣候：降雨強度愈大，逕流量愈大，衝擊力也愈大。
2. 地形：沖蝕與坡度成正比。坡度愈大，逕流量和流速均隨著增加。
3. 植物：植物覆蓋土壤，提供重要的保護功能，譬如截阻雨點的衝擊力、減少逕流量和流速、改進土壤的團粒構造和孔隙率、減少土壤水分蒸發量、增加土壤水分貯存量等，均有助於土壤沖蝕的減低。
4. 土壤：土壤對水分吸收的能力愈大，逕流量就會因而減少；對分散作用的抵抗愈大，則抗蝕力愈強。

(二) 人爲因素

1. 覆蓋：地表上的覆蓋物對蓄水保土有極優良之效果，覆蓋物的種類與種植之疏密，對防止沖蝕的功效也有不同，如圖11-1所示。



圖11-1 不同覆蓋物之水土流失量示意圖

2. 耕耘方法：耕耘使土地暴露，土壤結構發生破壞，故種植、除草及收穫等的田間作業常引起沖蝕，耕作栽植方法及作物種類不同，水土流失量也會有差異。
3. 伐木：森林具有保水、保土之功能，故伐木與沖蝕間有相當的關係，但因為作業方法不同，水土流失之情形也不相同。伐木時，若將大面積樹木一次採集完畢，將造成林地大面積之暴露，加上樹木砍伐後，破壞土層，易造成嚴重沖蝕。因此，伐木應選擇適當的方法，使林地暴露面積小，以減少沖蝕。
4. 築路：修築道路時，路面之覆蓋物遭受破壞，使土壤裸露。而挖填土方則會破壞了土壤的結構及安定度；道路築成後，又因缺少護欄及邊坡穩定工程，甚至排水不順暢，因此每逢豪雨，很容易造成嚴重的沖蝕。
5. 墾殖：所謂墾殖是指將地表物剷除後的產業經營，經營時若能按照土地的性質善加利用，則可減少土壤流失。反之，濫墾濫建將會引起嚴重的沖蝕。

二、土壤沖蝕的分類

土壤沖蝕若純粹為自然因素所造成，稱為自然沖蝕；若加入人為因素，表土流失量倍增，稱為加速沖蝕。表土大量流失，將對環境造成不良之影響，成為當今山坡地開發利用的重要課題之一。造成沖蝕的動力可分為下列類型：

- (一) 濺蝕 (splash erosion)：雨滴直接衝擊地面，破壞土體，引起飛濺流失。
- (二) 面蝕(sheet erosion)：降雨或融雪產生之逕流，漫流地面時引發土體破壞及流失之現象，亦可稱為片蝕或逕流沖蝕。
- (三) 溝蝕(gully erosion)和河床沖蝕 (channel erosion)：水流及其挾帶的砂石對地面進行下切，造成土石破碎以致流失之現象，一開始會產生較小的雨溝，稱為溝蝕。漸漸雨溝擴大而成河床，繼續沖刷，稱為河床沖蝕。
- (四) 風蝕 (wind erosion)：風與地面接觸發生摩擦，使土石破碎流失之現象。

貳、土壤沖蝕的防治：水土保持



阿勇伯的心情告白

二十年來，我在山坡上那幾分地種了不少檳榔樹和高山茶，讓我賺了不少錢。沒想到，賀伯颱風那年，卻因大雨使作物全毀。更糟糕的是，山腳下匯聚的土石流，將我住的房子掩埋。還好全家人及時撤離，撿回性命。以後我再也不敢在山坡地超限利用，新蓋的房子也不會靠近危險的河邊了。也要呼籲大家：少吃檳榔，少喝高山茶。

水土保持 (soil and water conservation) 係指人類在利用土地時，為使土地能達到永續利用，而以人為方法或技術，將地面上的水土資源予以有效保育，其積極意義在於保土、培土、蓄水，以提升土地利用價值；消極意義則在於減少災害發生或降低災害規模。然而，水土保持並非萬能，自然界的猛烈豪雨與陡峻地形，仍舊會使水土不斷流失，甚至使水土保持失去效果。因此，不宜開發的土地，最好還是回歸自然。

一般水土保持方法可因土地利用型態、方式及土地破壞程度，並配合地形、地質與氣候等環境特性，以下列方法達成土地永續利用之目的：

- (一) 農藝方法：即坡地耕作方法。目的在加強土壤抗蝕條件，增加水分滲入土壤，為作物蓄水。其大多僅將必須作業在方式上作調整，除蓄水保土、保肥外，更有省工經營與作物生產之多方面效益，例如：等高耕作(照片 11-1)、間作、綠肥等。
- (二) 植生方法：即利用植生覆蓋地面，減少土地暴露、保護土壤、儲蓄水分及涵養水源，具水土保持功能。其實施方法包括噴植法 (照片11-2)和打樁編柵法 (照片11-3)等。



➤ 照片11-1 等高耕作



➤ 照片11-2 噴植法



➤ 照片11-3 打樁編柵法

(三) 工程方法：工程方法係指以機具與人工構造物，改變地形或抑制土砂運動，藉此有效阻滯水流、涵蓄水源、防止土壤流失、減少沖蝕、保持肥力、促進農作物增產，例如：梯田、排水溝、跌水等（照片11-4、11-5、11-6、11-7）。



➤ 照片11-4 寬壟階段



➤ 照片11-5 截洩溝



➤ 照片11-6 排水溝



➤ 照片11-7 跌水

另外，凡用於河渠溝壑，用以阻截泥沙礫石、防止沖蝕、澄清水源、減少淤積，進而延長水利構築物使用年限之方法，皆可稱為河渠水土保持工程法，包括攔砂壩、丁壩、堤防、護岸、擋土牆等（照片11-8、11-9、11-10、11-11）。



➤ 照片11-8 寬壟階段



➤ 照片11-9 截洩溝



➤ 照片11-10 護岸



➤ 照片11-11 擋土牆

▶ 參、山崩的特性

一、山崩的定義

山崩指山坡上不穩定的岩石、土壤或兩者的混合物，受到重力的牽引，沿著邊坡向下發生較為快速的運動。山崩現象有不同的運動方式，可分為落石(即墜落，fall)、翻覆(亦稱傾覆，topple)和滑動(即地滑，slide)等三種類型。它們是常見的天然災害，經常造成大量的死傷。有些山崩是自然發生的，但也有些山崩則和人類活動有關。在原本穩定的山區，有時會因為房屋的興建整地而引發山崩；不過，一些本來不穩定的危險邊坡，也會因為施加邊坡穩定結構而免於發生山崩。

二、山崩的因素

產生山崩的因素繁多，有的是基礎的環境因素，如：地形、地質、土壤、植被等；有的是外加的誘發因素，像突發的降雨和地震等。其中以下列各點最值得注意：

- (一) 坡度陡峭：坡度越大，重力作用越大，山崩的可能性增大。
- (二) 坡頂負荷：建築物、礦渣或土方堆積，都會加重坡頂負荷，增大下滑力。
- (三) 水的影響：水分一方面對礦物提供潤滑作用，造成滑動面；另一方面則透過孔隙水壓形成向上抬舉的力量，並且減少摩擦阻力，亦易造成山崩。
- (四) 岩層破碎：斷層、節理發達的岩層，容易發生山崩。
- (五) 人為開發：導致坡面土石裸露，加速風化侵蝕作用；又或修築公路、房舍而挖掘坡腳，坡面將可失去下方支撐而滑落。

三、山崩運動的主要方式

(一) 落石 (圖11-2A)

岩塊的垂直墜落，通常稱為落石。通常在節理特別發達的峭壁或陡坡，最易發生，常造成人車的傷亡損毀或交通的癱瘓。

(二) 翻覆 (圖11-2B)

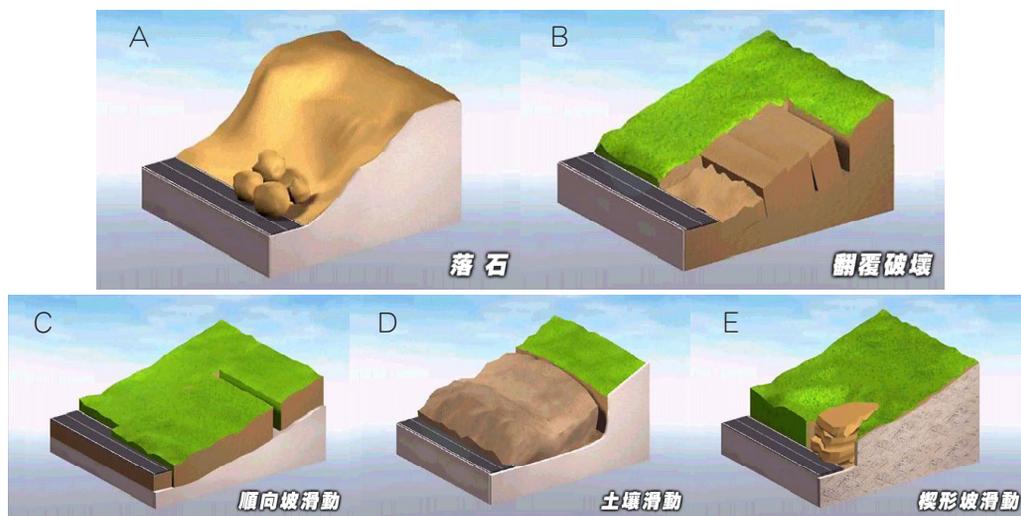
翻覆是向下傾斜的岩塊失去重心發生傾覆的現象；岩層被兩組垂直節理切割成柱狀的岩塊，最容易在自由面上發生翻覆。台灣由於風化與侵蝕普遍，不少符合傾覆破壞的地質條件，在開始階段表層就已因風化侵蝕而消失，並不容易出現

傾覆破壞。但若邊坡岩層受人為開發等因素開始顯露，其發生翻覆之可能性將大幅增加。

(三) 滑動

物質沿破裂面向下移動的現象，通稱為地滑，規模大的可稱為「走山」或「飛山」。這一類型的破壞常造成交通中斷或重大災害，是台灣常見的山崩類型。依據破裂面的形式，分為下列三類：

1. 順向坡滑動：沿著地層的裂面產生滑動(圖11-2C)，如：1997年發生在台北縣汐止林肯大郡的順向坡成大片滑動，造成死傷近百人的重大慘劇(見補給站)。
2. 圓弧型滑動 (圖11-2D)：發生於圓弧型曲面上方的滑動，亦稱塌陷 (slump)，涉及物質多屬均質性的土壤或破碎的岩體。當豪大雨或陰雨綿綿時，入滲的雨水使得土壤內的水壓上升，降低了對邊坡上土體下滑的抵抗力，因此造成邊坡滑動。邊坡滑動有時規模較大，導致上邊坡的坍塌。
3. 楔型坡滑動：是指由三個裂面相交的楔型岩塊所造成的破壞和滑落。其原因常與岩層的層理和節理的分布有關 (圖11-2E)。



➊ 圖11-2 主要的山崩類型



補給站 林肯大郡浩劫

1997年8月17日深夜，溫妮颱風挾帶著豐沛的雨量，侵襲台灣北部；翌日，汐止林肯大郡後方邊坡瞬時之間產生滑動，滑下的土石衝入屋內，造成樓房衝垮倒塌、居民遭到活埋的災變。此次災變總計造成



房屋80戶全毀、居民死傷近百人。造成此災變的原因歸納如下列五點：

1. 林肯大郡背後的山坡，地質上屬於砂、頁岩互層，而頁岩具不透水性；至於坡面則與層面平行，為典型的順向坡。
2. 整地時砍除了順向坡的坡腳，使上層岩層失去了支撐的憑藉。
3. 建商以擋土牆、格樑和地錨來穩定邊坡，不過地錨並未鎖在堅硬的岩盤上，數量亦不足夠，維護不當則造成部分鏽蝕鬆弛，而擋土牆的排水孔設置數量少，無法有效排水。地錨數量不足、部分地錨維護不當導致鏽蝕與鬆弛。
4. 格樑上方的山坡裸露在外，降雨時水分下滲，而擋土牆排水不良，造成滲水積存在頁岩層上方，擋土牆因為水壓難以宣洩，受力增加，少數錨頭掉落。
5. 溫妮颱風帶來特大豪雨，大量雨水入滲到順向坡，導致順向坡摩擦力變小。

肆、山崩的防治：邊坡穩定

為了治理不穩定的山坡地，工程設計多採取防止沖刷、表層穩定、內部穩定或阻擋土石等邊坡穩定策略，並選擇合適的治理方法。針對表層穩定的坡地，有被覆、噴漿、格樑、蛇籠、落石防護、植生等工法；為加強內部穩定，有排水、灌漿固結等工法；擋土設施則有地錨、擋土牆等工法。當然，專家必須事先詳細做好現場環境的調查分析，因地制宜，並長期追蹤監測，依據現地條件對邊坡穩定不足之處，考量其安全性、可行性、經濟性和生態性等因素，妥善進行改良或補強。近年來，由於重視生態保育，更強調在選擇適當之抗滑邊坡穩定工程時，亦應配合有效的生態工法來加強抗風化與侵蝕的能力，並落實生物多樣性的保育目標，達成永續、安全、美觀、生態等效果。

穩定邊坡的工程設施，並非永久有效，有時也會因自然的作用力過大，或人

為的不當開發，最終仍會出現崩塌，釀成坡地災害。不過，山崩的發生，通常有跡可循，民眾可以各種異常徵兆加以察覺、防範，譬如：

1. 具有山崩潛勢的坡地，常會出現張裂性的縫隙。
2. 前緣坡腳處堵塞多年的泉水突然復活，或井水位突然升降。
3. 山崩前有岩石裂開或擠壓所造成的音響。
4. 四周的岩體或土體有小型坍塌、鬆弛和位移現象。
5. 牆壁出現新裂縫，門窗開關比以前愈來愈困難。

此外，若能平時做好安全檢查與評估，即可防患未然，避免災難。你也可利用「山坡地穩定性自行檢查表」(表11-1)了解社區的居家安全。

➤ 表11-1 山坡地穩定性自行檢查表(勾「是」的項目愈多，危險性愈大)

一、環境區位檢查		
1. 建築物是否臨近在山崖？ <input type="checkbox"/> 崖上 <input type="checkbox"/> 崖下	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	距離山崖約 _____ 公尺
2. 建築物是否臨近在山凹溝谷處？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	距離溝谷約 _____ 公尺
3. 建築物是否臨近在谷口處？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	距離谷口約 _____ 公尺
4. 建築物是否臨近在坑溝凹岸處？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	距離坑溝約 _____ 公尺
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？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	傾斜角度約 _____ 度
6. 坡面是否出現新裂縫？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	長度 _____公尺、寬度 _____公分
7. 坡面之流水是否有混濁現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
8. 坡面土壤是否有裸露情形？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
9. 坡面土壤是否有沖蝕溝情形？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 層狀、 <input type="checkbox"/> 指狀、 <input type="checkbox"/> 溝狀
10. 周圍坡面是否有崩土？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	體積約 _____ 立方公尺
11. 周圍坡面是否有不規則之沉陷現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	沉陷深度約 _____ 公尺
12. 周圍坡面是否有不規則之位移現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	位移距離約 _____ 公尺
13. 邊坡是否有異常滲水現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
14. 邊坡土壤遇雨是否有軟化現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
三、路面徵兆檢查		
15. 路面是否有新裂縫？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	長度 _____公尺、寬度 _____公分
16. 路面是否有褶曲變形？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
四、排水系統徵兆檢查		
17. 排水溝是否有破損？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
18. 排水溝是否有淤塞？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
19. 排水溝是否有漏水或局部積水？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
20. 排水溝未淤塞時是否有溢流？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
21. 排水系統是否錯動或折斷並造成排水不良？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	錯動距離約 _____ 公尺

五、擋土及護坡設施徵兆檢查		
22. 擋土牆和護坡的排水孔是否有堵塞現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
23. 擋土牆和護坡是否有外凸變形現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
24. 擋土牆和護坡是否有龜裂現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
25. 擋土牆和護坡是否有外傾？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	外傾角度約 _____ 度
26. 擋土牆牆腳或坡面是否有崩落或棄置土石？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
27. 地錨錨頭是否有開裂或剝離現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
28. 地錨錨頭是否有銹蝕現象？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
六、房屋結構徵兆檢查		
29. 牆壁是否有新裂縫？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
30. 門窗開關時會不會比以前愈來愈困難？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
31. 部分建築物是否會由房屋主體脫離？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重
32. 地下管線有無出現破裂？	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 輕微、 <input type="checkbox"/> 中度、 <input type="checkbox"/> 嚴重



第十二章 土石流

▶ 壹、土石流的特性

一、土石流的定義與類型

土壤、泥砂、礫石與雨水混合後呈流體或半流體狀，集體向下流動，稱為土石流（照片12-1、12-2）。土石流多發生於山區野溪，沿溪谷傾瀉而下，挾帶兩岸鬆動的土石，和強大的衝擊力，常對溪流兩岸與下游居民造成重大災難，例如：1990年花蓮木瓜溪的銅門村、2004年台中大甲溪的松鶴村，均曾遭受土石流滅村之痛。按組成顆粒的大小，土石流可分為以下三類：

1. 泥流型土石流（簡稱泥流）：主要由黏土、粉砂和砂等細粒物質所組成（照片12-1）。
2. 一般型土石流：由黏土、粉砂、砂、礫石等不同顆粒所組成（照片12-2）。
3. 礫石型土石流：由大量礫石所組成，很少黏土及粉砂顆粒（照片12-3）。



➤ 照片12-1 泥流型土石流



➤ 照片12-2 一般型土石流



➤ 照片12-3 礫石型土石流

二、土石流的運動過程

土石流的運動過程，隨坡度變化，可分為發生部、流動部及堆積部（圖12-1）。發生部的坡度在 15° 至 30° 之間，特別容易出現於山崩所造成的堰塞湖潰決之時；流動部的坡度在 6° 至 15° 之間；堆積部之坡度則在 3° 至 6° 之間。當土石流自坡陡且窄的流動部（照片12-4），流到坡緩且寬的地點時（例如在溪谷出口處，照片12-5），土石流流速會逐漸變慢而停止，最後形成類似像扇狀的土石堆積地，稱之為土石流扇狀地（照片12-6）。



➤ 圖12-1 土石流的不同部位



➤ 照片12-4 土石流常發生於坡度較陡處為土石物質的產生地點



➤ 照片12-5 土石流堆積部常位於平緩的溪谷出口處



➤ 照片12-6 土石流常於谷口處堆積形成扇狀地



補給站 土石流過程的分區

土石流的運動過程，如課文所述可分為發生部、流動部及堆積部。發生部一般也可稱為供應區，是指造成土石流的土石供應來源地。流動部亦稱為搬運區，是指土石流移動所經的區域範圍，除了河谷之外，也可能發生在一般陡坡或緩坡處。堆積部又可稱堆積區，多位於平緩之處，而由於溪口平緩處或緩坡處有較大的空間，也常是聚落所在，而致生災害。

三、土石流的災害類型

土石流常造成的各種不同類型災害如下：

- (一) 淤埋：土石流常在下游坡度較緩處淤積，掩埋農地、農舍與道路。1996年7月31日，賀伯颱風於濁水溪支流陳有蘭溪沿岸造成的災情甚為慘痛（見補給站、照片12-7）。
- (二) 沖刷：造成河道兩側侵蝕及溪床下切，造成堤防或河川地的流失。
- (三) 撞擊：土石流挾帶巨石，撞擊工程構造物、橋樑及房舍，造成損壞（照片12-8）。
- (四) 河床的不穩定：土石流的流動為直行前進，遇到障礙物或通過彎道不易繞流或變向，而產生猛烈的沖擊作用或壅高現象。



➤ 照片 12-7 建築物遭土石流掩埋



➤ 照片 12-8 房舍遭土石流撞擊損毀

- (五) 造成河道磨蝕及流路改變：大量土石由河道兩側或支流流出，擠壓主河道造成河道縮減與河道流路的改變，阻塞橋下通路並造成溢流及排水不良等災害。

四、土石流發生的條件及區位

土石流發生的主要條件有三：雨水多(累積雨量和降雨強度均要大)、土石多及坡度夠陡。一旦這些條件兼具，土石流便可形成。台灣降雨豐富而且密集、地質脆弱而且土石鬆散、地形陡峻，因此容易發生土石流。

至於容易發生土石流的位置為溪床堆積材料較多、溪床坡度較陡，以及集水區面積較大、形狀較狹長、集水區內裸露地較多、崩塌地較多的溪流。



補給站 賀伯颱風和土石流

強烈颱風賀伯於1996年7月31日間過境台灣，在阿里山山區，總降雨量高達1994公釐，所帶來的豪雨量十分龐大，因此造成嚴重的災害。

颱風過境期間，全台鐵路及公路嚴重坍方、路基流失、橋樑毀損共1315處，電力、電信亦受損嚴重。此外，賀伯造成台灣中、南部沿海地區海水倒灌，台北縣市多處嚴重淹水。南投縣水里鄉、信義鄉、鹿谷鄉山洪爆發，多人遭土石流活埋，過程恍

目驚心，其中又以信義鄉陳有蘭溪沿岸神木村、郡坑及豐丘等地的土石流災害最為人熟知。總計賀伯颱風在台灣共造成51人死亡，22人失蹤，503間房屋全倒，估計全台經濟損失超過新台幣300億元。

此次賀伯颱風造成嚴重災害的原因可以歸納如下：

1. 降雨強度大
2. 地形地質條件不良
3. 人為的開發區位選擇不當
4. 土地不當的超限利用

▶ 貳、土石流的防治：治山防洪

面對土石流的緊急減災工法，可針對源頭、邊坡、基腳、危險溪流和沉積區五處，分別實施有效的治山防洪策略：

1. 源頭、邊坡和基腳(即發生部)：勘尋並填補裂縫、清除坡面危木和危石、實施邊坡穩定植栽工程。
2. 危險溪流(即流動部)：填平溝壑以防沖刷、打樁編柵進行植栽、強化排水工程以減少地表漫流。
3. 堆積區(即堆積部)：疏濬沉積土石，以提供所需排洪斷面、堆砌護岸和固定河床、興建防砂壩、定期疏濬、河岸加固、普設沉砂池或滯洪池等。

根據調查，台灣地區可能發生土石流災難的區域幾乎遍布各個縣市，高危險溪流共計1503條，其中近年來曾發生土石流的超過100條，因此，行政院農委會水土保持局特地在警戒區豎立警示標誌，並加註緊急應變的方法。此外，也在危險溪流區做好預警系統，在緊急狀況時，通知村民留意，要求村民儘速撤離危險地區。

水土保持局更建立土石流防災應變系統，供民眾上網瀏覽。此系統整合了中央氣象局的即時雨量資料、水土保持局建置的土石流觀測資料以及學術單位所提出的土石流警戒以及避難雨量基準，藉此即時分析全省危險溪流之土石流警戒值，提供土石流應變小組研判土石流發生可能性，並適時以自動警報裝置發佈土石流警戒，通知各縣市、鄉鎮應變中心提高警覺，並轉知當地居民，以便做好緊急避難準備。民眾也應注意預警系統的警報信號，隨時提高警覺，將人員及財物

移到較安全的地方。假使雨量繼續增加，更要撤離到較安全的地點，相關單位也應前來指導疏散。另外，民眾可以隨時上網得知土石流相關資訊，儘早獲知危險警訊，並參考事前規劃的疏散避難路線，迅速抵達最近的避難中心(圖12-2)。

民眾自身的警覺性也十分重要，山區居民發現河水忽然變得混濁、流量變大，就表示上游有山坡崩塌的可能；若下大雨的同時，河床的水量突然減少，也可能表示河流上方被崩塌的土石流堵住，形成堰塞湖，堰塞湖一旦潰決，同樣會發生土石流。另外，河流遠處出現巨響、又或者水流聲音變得尖銳或低沉，則可能代表石頭摩擦的聲音，也是土石流的徵兆。如果觀察到任何危險徵兆，當立即撥0800-246-246號電話通知當局。

土石流可能發生的時空相當隨機，所以防治土石流是不可忽略的工作。首先，在河川上游，應隨時注意土地利用情形，例如：濫墾、濫伐及山坡地的違法超限利用，正是土石流的禍首，一旦發現非法或人為疏失，應立即向當局舉報。其次，在陡坡處，應避免在坡地上端儲水、挖土、填土、採取砂石。最後，也要避免在山坡地、山腳或低窪地區建築房屋，萬一發現山坡地有龜裂的情形，應立刻用PVC塑膠布加以覆蓋，以免水流滲透導致災害。



圖12-2 農委會水土保持局所規劃的土石流疏散避難路線

各地民眾也要預先規劃避難場所和安全路線，牢記避難要訣，以防萬一。一般而言，和土石流流向呈垂直方向的撤離路線是最安全的。此外，民眾也可藉由以下「土石流防範自行檢查表」(表12-1)的項目，辨別是否居住於土石流危險區域內，並由周遭環境的危險徵兆，對土石流加以防範。



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？

表12-1 土石流防範自行檢查表 (勾「是」或「有」的項目愈多，危險性愈大)

檢查項目與名稱	是/否	評量說明
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處的地方？	<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



各種天然災害隨時都可能發生，應該將以下的八字訣謹記於心：災害來臨前「學、備、觀、聽」；來臨時「防、抗、救、撤」。以土石流為例，想想看，「學、備、觀、聽」指的是甚麼？