FCU ePaper

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：大地的哭泣 － 土石流

作者：陳詩芸、朱家慶、陳俊賢、龔慧玲

系級：都計四

學號：D8962139、D8962199、D8961803、D8962380

開課老師：黃智彥

課程名稱：都市防災

開課系所：土地管理系

開課學年： 93 學年度 第 2 學期

逢甲大學 建設學院 College of Construction and Development

前言

近十幾年來，土石流由於常造成重大的災害，因此引起了人們的重視；但這並不代表十幾年前就很少發生土石流。這是因為以前資訊較不發達，消息傳播得不快也不廣，且山區人口較少，於是即使發生了土石流也較不會造成災害。

但隨著社會經濟的發展，由於平原土地的利用已趨於飽和，再加上山區重要公路、農路的開發，吸引了人們移往山區居住與墾植，於是：「不當的土地利用加速了山坡地的不穩定」。而河階地、沖積扇等地形較平緩處，通常為人們居住所在地，所以才會一發生土石流就常對人們的生命、財產造成危害。

壹、認識土石流

一、何謂「土石流」

由土、砂、石與水混合所形成之高含砂流体，在重力作用下沿著自然坡面流動的現象，在台灣及日本稱之為「土石流」，在中國大陸則習慣稱之為「泥石流」，英文則稱為「Debris flow」。

土石流的外觀有如預拌混凝土，其主要特徵為流速快、泥砂濃度高、沖蝕力強、衝擊力大。而土石流的外觀在地形上又可依其流程區分為三個部分：

（一）源頭發生部

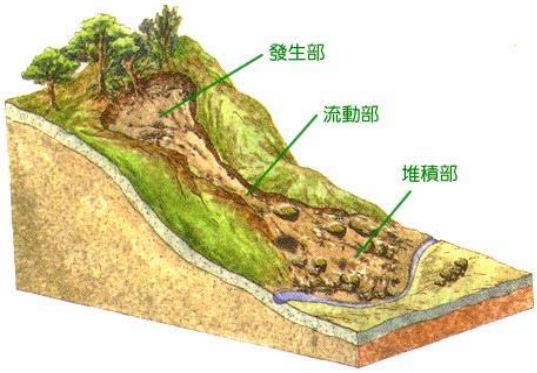
通常其四周是山嶺環抱，只留下一處出口，如碗狀或湯匙狀。源頭發生部谷壁崩坍之碎屑物大量堆積，一般谷壁植生顯得相當稀疏或為不毛之地。

（二）流動軀幹部

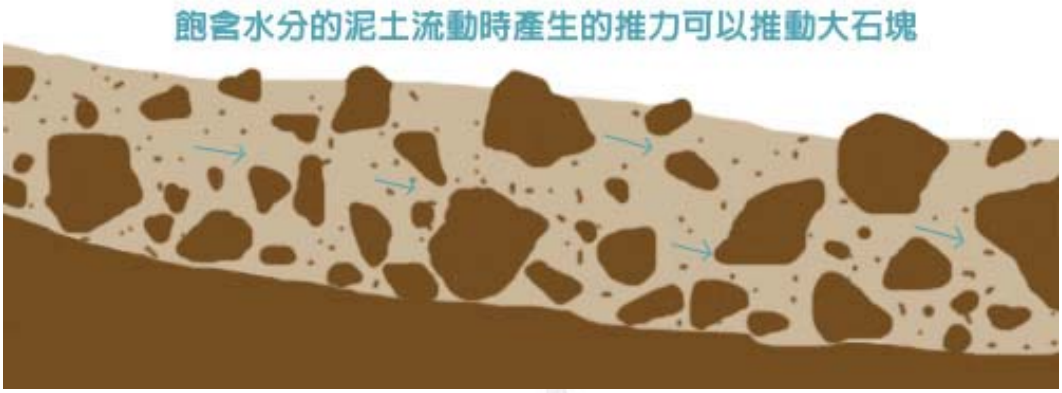
通常位於山溝河谷流域中下游，河床上通常有河谷兩岸崩塌下來的碎屑物與崖錐堆積。

（三）堆積趾部

通常位於下游出口處，坡度平緩，成沖積扇狀的平坦地形。



土石流雖然在陸地表面、湖底或海底均可能出現，但台灣的土石流大多在豪雨期間發生在山坡地或山谷之中。因此以下列一段話來說明台灣的土石流更為貼切「土石流是發生於陡峻的溪谷或斜坡面上，崩塌土石或風化礫石岩屑之鬆散土層，受豪雨形成的地表逕流或土層地下水位上升的作用，而失去原有之安定狀態，高濃度的土砂石伴隨洪水在重力作用下沿著自然坡面的流動現象。」

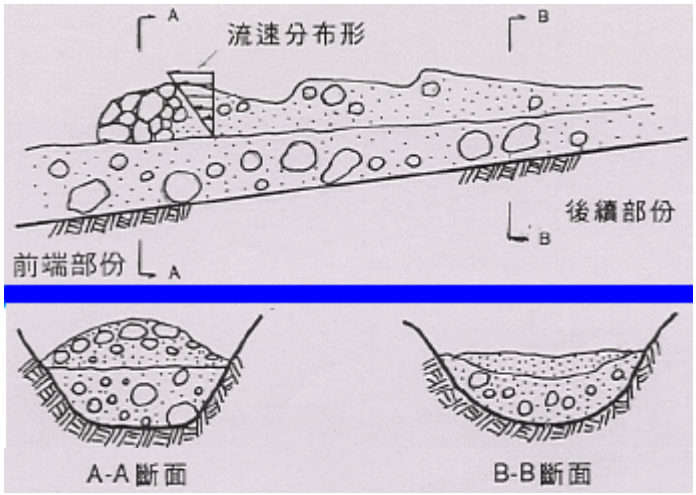


二、土石流之特色

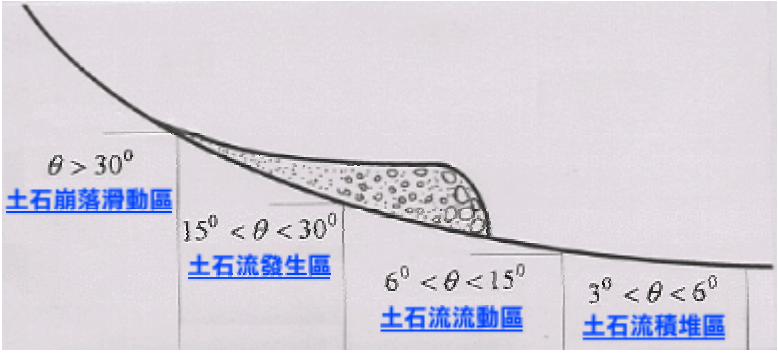
在充分瞭解何謂「土石流」後，再針對土石流之特性去作進一步瞭解，茲將土石流所具有之九項特色說明如下。

（一）形成土石流之基本要件為豐富的鬆散土石、充份的水份及足夠大之坡度。豐富的鬆散土石提供形成土石流所需固態物質；充份的水份降低土石流內固態物質間的摩擦力與凝聚力，促使固態物質液化以助於流動；足夠大之坡度供給土石流流動所需之動力，使土石流克服其內部之摩擦力與凝聚力後向低處流動，在流動過程中促使泥石與水高度混合並增加其流動性。

（二）土石流前端呈波浪狀並有巨石集中現象，而其後續部份礫石之大小及濃度均較小。土石流之橫斷面形狀，在前端部份其中央呈隆起之形狀，而其後續部份中央呈凹陷之形狀，如下圖所示。



（三）一場土石流過程包含有發生區、流動區及堆積區。土石流發生區之坡度大約在 15°至 30°之間，流動區之坡度大約在 6°至 15°之間，堆積區之坡度大約在 3°至 6°之間，如下圖所示。而且土石流常於坡度緩、寬度大之溪谷出口處形成扇狀堆積地。



（四）土石流陡漲暴落、歷時較短，一次土石流過程一般從幾分鐘至幾小時。在台灣地區由於坡度較陡且流程較短，一次土石流過程大約在十五分鐘以內結束，不利於進行土石流現場觀測研究；中國大陸雲南省蔣家溝泥流，一次土石流過程可達三小時，因此中國科學院在蔣家溝設有泥石流觀測站，觀測泥石流之發生及流動特性。

（五）土石流沿陡坡之流動速度每秒可達幾公尺至幾十公尺，其表面流速明顯高於底面流速及平均流速，並導致土石流前端部集結巨石。

（六）土石流體內泥、砂、礫石及巨石等固體物質之體積濃度大約為介於 27%至 75%之間，土石流的容重大約是每立方公尺 1450～2240 公斤。

（七）雖然土石流發生和危害都很突然，但也具有準週期性，然而其頻率受到土石流基本條件(豐富的鬆散土石、充份的水份及足夠大的坡度)和附加條件(激發、觸發及誘發)的影響，很難準確預報其發生頻率。

（八）由於土石流體組成粒徑非常不均勻，它的流動不穩定，有陣流現象，當前端受阻而停止時其後續部份會因慣性而壅高，增加壓力迫使前端再次流動。

（九）土石流泥位陡漲暴落且來勢兇猛，其運動有明顯的直進性，預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爬高現象，因此常常沖毀或掩埋各種設施，造成嚴重人員傷亡及財物損失。

三、土石流之類型

土石流之類型可以按照土石流的「成因」、「地貌條件」、「組成物質」、「泥石來源」、「流體特性」、「激發因素」、「力學特徵」及「發育階段」等不同指標做為分類之依據，今就四種不同指標將土石流區分為四種不同類別，茲說明如下。

（一）土石流按照「成因」可分為自然土石流及人為土石流。

1.自然土石流

由於綜合的自然條件所造成的土石流。

2.人為土石流

由於人為活動所引起的土石流。

（二）土石流按照「發生的地貌條件」可分為河谷型土石流及山坡型土石流。

1.河谷型土石流

指土石流的發生、運動和堆積過程在一條發育較為完整的河谷內進行，土石流所需之泥石材料主要來自於河床質。

2.山坡型土石流

指土石流的發生和運動過程沿山坡或山坡沖溝中進行，而堆積過程發生在坡腳或沖溝出口與主河交匯處，土石流所需之泥石材料主要來自於坡面沖蝕。

（三）土石流按照「物質組成」可分為泥流、水石流及土石流。

1.泥流

指土石流土體物質主要由黏土、粉土和砂所組成，很少礫石及卵石顆粒，如照片所示。

2.水石流(又稱為礫石型土石流)

指土石流土體主要由大量的砂、礫石和卵石所組成，很少黏土及粉土顆粒，如照片所示。

3.土石流

指土石流土體顆粒大小分佈很廣，由黏土、粉土、砂、礫石、卵石甚至巨石等各種粒徑的顆粒所組成，如照片所示。

泥流

水石流

土石流

（四）依據台灣省水土保持局所編印之水土保持手冊中「組成材料之粒徑分佈」，將土石流概分為礫石型土石流、泥流型土石流及土石流。

1.礫石型土石流

指土石流體內粒徑 0.1 mm 以下泥砂含量在 10%以下。

2.泥流型土石流

指土石流體內粒徑 0.1 mm 以下泥砂含量在 50%以上。

3.土石流

指土石流體內粒徑 0.1 mm 以下泥砂含量在 10%至 50%之間。

貳、土石流成因

一、基本要件

形成土石流之三大基本要件為「豐富的鬆散土石」、「充份的水份」及「足夠大之坡度」。只要滿足形成土石流之『三多』基本要件，土石流便有可能形成！

（一）豐富的鬆散土石

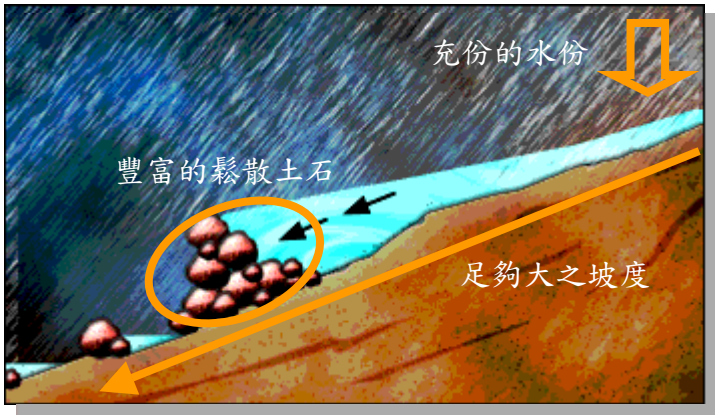
自然土石流的鬆散土石來源主要取決於流域地質特徵。在地質構造複雜、斷裂皺褶發達、地震多、山坡穩定性差、岩層破碎或山崩地滑多的地區能為土石流形成提供豐富的鬆散土石。人為土石流的鬆散土石來源，除取決於流域地質特徵外，主要由人類活動所造成。例如，山坡地不當利用與開發、森林被亂砍濫伐、山坡地的道路開發、工程棄土及礦區棄渣的處理不當等均能為土石流形成提供大量的鬆散土石。土石流鬆散土石一般需要較長的時間累積，但土石流的發生卻是爆發突然、歷時較短且來勢兇猛。

（二）充份的水份

水不僅是土石流的組成成份，更是激發土石流的直接條件。水的來源大致上有三種：降雨、融雪、及潰壩。就台灣地區而言，降雨是水的主要來源，每逢颱風或豪雨，各地即常發生土石流。例如，1996 年 7 月 31 日至 8 月 1 日賀伯颱風經過臺灣本島，帶來大量雨量，除了造成台北市社子島及台北縣板橋市的嚴重淹水外，更造成南部地區土石流災害，導致嘉義縣阿里山、南投縣陳有蘭溪附近村落及屏東縣好茶村，人員及財物損失慘重。發生土石流所需的水量主要取決於鬆散土體的性質和地形坡度。若土體顆粒細、疏鬆、含水量高、且具有較陡的地形，則較少的水量即能引起土石流，反之，則需要較少多的水量方能引起土石流。

（三）足夠大之坡度

當土石流流經坡度較陡的地方，由於其強大的侵蝕力，將侵蝕渠岸及渠床物質。被侵蝕之泥石物質與原土石流混合後使土石流規模逐漸增大。當土石流流經坡度較緩的地方，由於動力減小，泥石與水逐漸分離，部份泥石逐漸沉積，使土石流規模逐漸減小，直至土石流完全停止流動。因此一場土石流過程包含有發生階段、流動階段及停止階段。



二、形成原因

有關土石流之發生，雖從前文可知必須要滿足「三多」之基本要件；但從以往許多案例之特徵及現況之實體可初步瞭解，土石流形成原因主要可以分為「自然因素」及「人為因素」，茲針對這二大方面說明如下。

（一）自然因素

1.氣候因素

水體即是土石流之組成成分，亦是土石流之激發因子，以台灣地區而言，因位於西太平洋亞洲大陸外緣，屬於亞熱帶海洋氣候，年平均雨量高達 2500 公厘，且集中於夏秋兩季，每年平均有 3.2 個颱風，颱風夾帶之豪雨，山區雷陣雨，峰面滯留造成之連續多日大雨等都是引發土石流之因素。

2.地質構造因素

在地質構造上，台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓板塊，由於板塊互相擠壓作用之影響，斷層，皺摺，破裂面之地質構造甚為發達，劇烈之造山運動持續進行，並導致山地面積約佔總面積之四分之三，地形陡峭，山高水急，河流下切與侵蝕作用非常強烈，自然條件在先天上就容易發生土石流。

3.地形因素

台灣平地及平原很少，山地及山坡地區域廣闊，且部分山坡地其坡度都甚陡，而土石流最易發生於溪床坡度介於 15 度至 25 度之間，台灣地區之山溪由山頂下流至河谷過程中，均有經過臨界坡度之地段，因此潛藏土石流發生之危險。

4.地震因素

台灣位處於歐亞大陸板塊，太平洋板塊與菲律賓板塊之交界，屬於環太平洋西側地震帶，全年大小地震頻仍，地震之水平與垂直加速度作用力，易使土層發生液化（LIQUEFACTION），岩盤鬆軟剝落分離滑落堆積，再加上下雨則容易形成土石流。

※補充：

液化（LIQUEFACTION）

係指某些疏鬆的飽和土壤受到震動之後，土壤的體積傾向於緊密並減小，當體積縮小而無法排水時，則孔隙水壓力會增加。若累積增加之孔隙水壓力大於或等於總應力時，則震動後之有效壓力等於零，此時土壤完全失去其抗剪強度，此現象稱之為液化狀態。

（二）人為因素

1.不當之山坡地開發政策

台灣地區的山坡地廣大，對於山坡地之管理原本甚為嚴格，但是近二十年來由於經濟活動熱絡，遊憩休閒活動之需求逐漸增加，不少財團投資尋求山坡地闢建各種遊樂設施、運動場或高爾夫球場等，再加上政府又輕易批准山坡地開發（有時申請時符合標準，但興建時卻又避重就輕），但限於過去經驗之缺乏及建造成本之考量，許多設於水源保護區之球場往往易忽略水土保持，或使即使有做也是品質粗糙，由於將林地闢建球場改植草皮，原有土地涵養水源之能力大量降低，有時豪雨連續沖刷則造成表土流失，堆積至下游，才會演變為土石流災害。農委會對山坡地種植檳榔樹，曾有「不支持，不鼓勵，不禁止」之三不原則，讓投機之業者仍然無視於改變態度，現在已傾向於禁絕山坡地種植檳榔樹，並採獎勵造林之政策；此一做法要是早二三十年規劃，或許土石流災害可降低。

2.不當之土地利用

由於台灣平地可用土地資源已經高度開發，人們逐漸向山坡地及山地開墾採伐，有時任意改變原有林相，將深根性之樹林改闢成檳榔園、茶園、果園或高冷蔬菜園，降低土地之涵養水源之能力，間接增加地表逕流，加上排水設計不當，一旦大雨沖刷則容易引發土石流。

3.水土保持未落實

山坡地大量開發，如未做好野溪治理、護波、固床、植被及森林復育等水土保持工作，於是一旦下雨，雨水直接侵蝕、洪水劇烈沖刷、斜坡重力作用等，均易造成土石滑動搬移衝擊。

4.土石防制政策失當

傳統上政府採之土石流防治主要採取興建攔砂堰、沉沙池等「圍堵」之方法，然而攔砂堰淤滿及報廢，功能失效，於是就再另建一座攔砂堰，終究無法治本清源，土石災害仍然一再發生並造成悲劇。此外，有些邊坡擋土牆已因地震或其他因素毀壞，卻未儘速進行修護，一旦豪雨來襲，亦有引發土石流之危險。

5.不當的廢土棄置

許多道路與挖方工程之棄土任意堆置於溪畔或坡地，到達一定數量所形成之土堆，經豪雨沖刷或連綿細雨吸水飽和，抗剪強度降低，易形成土石流化，對下方造成災害。

6.不當的居所選擇

有潛在危險之溪谷兩側山坡地及下游本來就不適合居住，地球原本就一直在活動，造山運動持續進行，山川河流本來即是大自然切割之結果，地震、下雨、山崩有時也是大自然不斷尋求平衡之現象，每一次不平衡均會尋求調整而推向新的平衡，地震震落之山頭平均坡度在 60 度以上，自然容易崩落，加上豪雨韓水飽和自然形成土石奔流而下，會形成災情，乃是人們選擇居住或種植在本來不該使用的地方，水路，土石流，本來就不是人們應該選擇之場所，如此即使有自然發生之土石流亦不會釀成屋毀園煙家破人亡之慘痛災禍。

三、發生之主要途徑

在瞭解土石流發生之基本要件及可能之形成原因後，再進一步去瞭解土石流發生之主要途徑，大致可分為五種類型，茲針對這五種發生途徑說明如下。

（一）沖刷溪流底床造成土石流。

溪床上原來就有相當厚度之土石堆積時，洪水期間溪床表面沖蝕及地下水位上升，產生局部沖刷破壞並逐漸擴大造成溪床整體破壞而形成土石流。

（二）沖刷溪流邊坡造成土石流。

由於溪床邊坡不穩定產生大量崩塌，這些不斷崩塌的大量土石與洪水混合直接形成土石流，沿著溪流流動。

（三）壩體崩塌造成土石流。

由於溪流邊坡不穩定產生大量崩塌，這些崩塌土石堆在河道形成一個小水壩，阻擋水流使溪水水位上升，當水位到達破壞水位或高到超過土石堆時，造成土石堆崩塌而形成土石流。

（四）局部土體之破壞或土壤液化而形成土石流。

地表下岩層破碎，細縫中之地下水受到他處高水頭作用，產生極大之孔隙壓力，造成局部土體之破壞或土壤液化而形成土石流。

（五）其他途徑。

除了上述前面四種土石流可能發生之途徑外，台灣地區也曾經在下列三種情況下發生過土石流，這些土石流可歸類於壩體崩塌型土石流。

（一）山坡上游泳池崩塌而造成土石流。

民國八十六年八月十八日溫妮颱風襲台，台北市天母德行東路 338 巷內的民宅，其後山上方別墅的游泳池突然崩裂，大量水流沿著山坡流下並急劇沖刷沿途坡面之表土層，而形成土石流，並淹沒一間三合院民宅，造成一家六死一傷慘劇。

（二）山坡上棄土場崩塌而造成土石流。

民國八十七年十月十八日瑞伯颱風襲台，台北縣五股鄉登林路「台聯工程木業裝潢公司」廠房後山上方灰渣場排水不良大量積水，造成灰渣場土堤潰決並形成土石流沿著山坡沖流而下，沖毀數間民房並造成人員的死亡。

（三）橋孔淤滿積水潰決而形成土石流。

南投縣神木村神木國小前的霍薩溪橋，在民國八十五年賀伯颱風之前，其橋孔淨空約有十餘公尺深，但在賀伯颱風之後由於土石流的淤積，其淨空剩下不到兩公尺，在賀伯颱風之後陸續小規模的土石流及河道輸沙繼續淤積在橋孔下，終於在民國八十七年五月九日，在一場小雨下，由於橋孔淤滿溪水無法宣洩，在霍薩溪橋上游面積水形成水塘，當水位逐漸升高到橋面時，橋面承受不了水的側向壓力發生崩塌而形成土石流。

參、土石流可能造成之災害

一、易產生土石流災害之地區

想要知道土石流可能造成之災害，必須先瞭解容易發生土石流災害之地點為何處，茲針對下面這三個易產生土石流災害之地點說明如下。

（一）上游崩塌地滑區

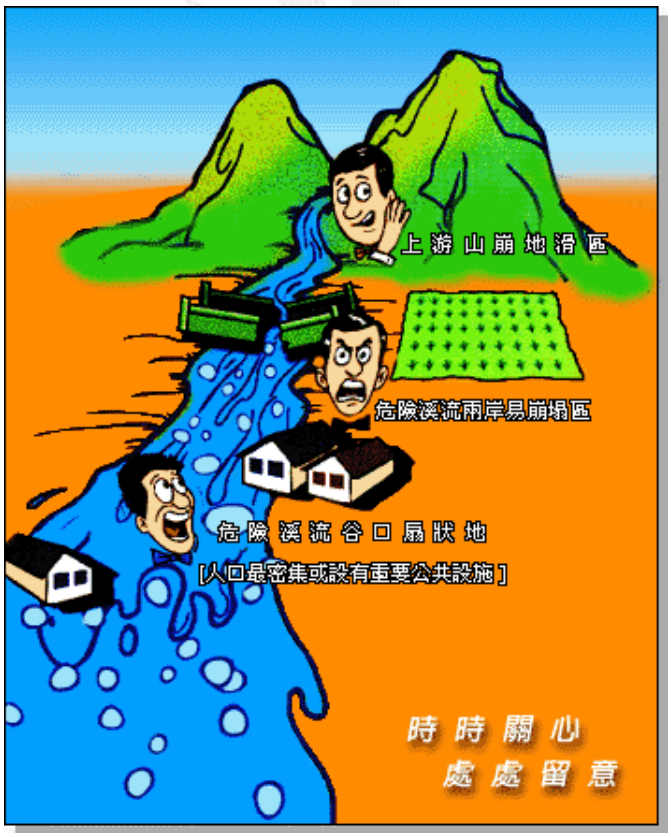
許多土石流發生地區上游均有明顯的崩塌地。

（二）危險溪流兩岸易崩塌區

土石流危險溪流兩岸，極易造成土石的崩塌，是土石流容易造成災害的地方。

（三）危險溪流谷口扇狀地(人口最密集或設有公共設施)

土石流危險溪流下游扇狀地地區，由於地勢較為平坦常是人口聚集的地方，也是土石流容易致災的區域。



二、常見之土石流災害方式

土石流對其活動區(包括發生區、流動區、堆積區)內的各種設施、人民生命財產及生態環境造成直接破壞和傷害。同時，大量土砂進入或堵塞河流，還會給河流上、下游地區帶來巨大危害及難以估計的損失。由於土石流規模、性質、地形條件和受害對象的不同，土石流危害也有所不同。常見的土石流災害方式有：淤埋、沖刷、撞擊、磨蝕、堵塞、漫流改道、彎道超高、擠壓主河道等，茲針對各可能造成之災害說明如下。

（一）淤埋

在土石流對其活動區內的平緩地帶，土石流停止運動，大量泥石淤埋各種設施，土石流規模愈大，地勢又阻塞，則淤埋愈為嚴重。

（二）沖刷

在土石流發生區和流動區內，大量坡面土體和溝床泥砂被土石流沖刷帶走，使坡面成為難以利用的荒坡甚至危坡，使溝床降低、溝岸崩塌及沿岸設施遭破壞。

（三）撞擊

快速流動的土石流，由其是其中的巨石具有很大的動能，能衝毀沿路上的橋樑、堤壩及各類設施。

（四）磨蝕

土石流含有大量泥石，在運動中能磨損堤防、橋柱、欄砂壩及其它水利設施及防治工程設施。

（五）堵塞

土石流含有大量泥石能堵塞自身流路或匯入主河後形成堵塞壩，使上游水位增高，淹沒上游兩岸設施，一旦堵塞壩潰決又形成大規模之土石流或洪水，危害下游河段各類設施及人民生命財產。

（六）漫流改道

土石流中的泥石材料常堵塞其流路，造成漫流改道，沖毀或淹沒下游各種設施。

（七）彎道超高

高容重土石流運動的直進性很強，在彎道處流動時其超高能力大，能越岸淤埋或沖毀各種設施。

（八）擠壓主河道

土石流匯入主河道後大量泥砂淤成沖積扇，減少主河通水面積並將主河逼向對岸，使對岸遭受嚴重沖刷，岸坡崩塌危害沿岸各種設施。

肆、土石流災害防制措施

歷年來台灣本島由於土石流所引發之大大小小災害甚多，對居民生命財產影響甚鉅，更是國家社會經濟之有形損失，與其事後救災，不如事先加以防範與預警，當能避免災害之發生。所謂「災前預報，災起警戒，災後重建」可為土石流防制之原則。

一、土石流潛在災害之評估

土石流潛在災害之評估主要在事先依據某些重要之參考指標，進行土石流可能發生之預測與評估，期能事先防範；而採用之準則甚多，主要根據土石流發生之水文、地形、地貌、地質等條件，目前學者所提出之方法大致有下面三種：

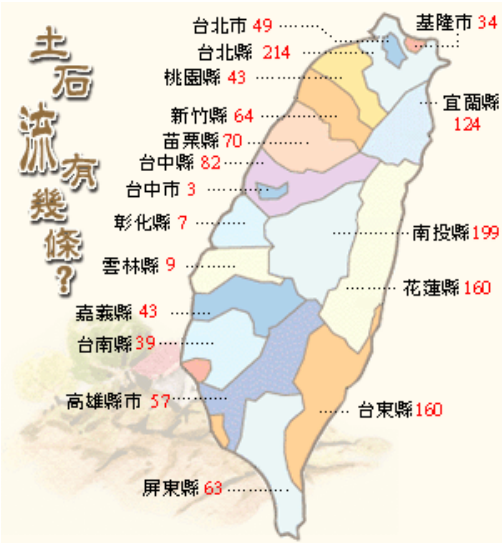
（一）以「坡度大小」評估土石流發生之可能性---臨界坡度準則

（二）以「集水面積大小」評估土石流發生之可能性---有效集水面積準則

（三）以「降雨特性大小」評估土石流發生之可能性---降雨特性準則

由於台灣位於西太平洋亞洲大陸外緣，屬於亞熱帶海洋氣候型，年平均雨量高達 2,500 公厘，且大多集中在夏秋兩季；平均每年有 3.2 個颱風侵襲，颱風過境時又常挾帶豪雨。在大地構造上，台灣位跨歐亞大陸板塊與菲律賓海盆板塊，由於板塊擠壓應力作用的影響，斷層、摺皺、破裂面的地質構造現象非常發達，劇烈的造山運動，導致山地約占台灣總面積的四分之三，地形陡峻，山高水急，河流下切與侵蝕作用劇烈，因此台灣的自然環境在先天上本就易於肇致水、土災害的發生，再加上後天人為不當的開發利用，誘使水土災害益形加劇。因此，截至九十一年五月止，全國土石流共計 1420 條，其中台北縣 214 條最多，如下統計表及分佈圖所示。

縣市別	土石流數	百分比	縣市別	土石流數	百分比
南投縣	199	14.01%	基隆市	34	2.39%
苗栗縣	70	4.93%	台北縣	214	15.07%
台中縣	82	5.77%	桃園縣	43	3.03%
台中市	3	0.21%	新竹縣	64	4.51%
彰化縣	7	0.49%	花蓮縣	160	11.27%
雲林縣	9	0.63%	台南縣	39	2.68%
嘉義縣	43	3.03%	高雄縣市	57	4.08%
宜蘭縣	124	8.73%	屏東縣	63	4.44%
台北市	49	3.45%	台東縣	160	11.27%
總		計	1420 條		



二、土石流災害之監測

土石流災害之監測，主要是在易發生土石流災害地點設置一觀測站，並且透過一個設計完善的土石流觀測系統以期達成監測之目的。

（一）現有土石流觀測站分佈

就台灣地區目前現有的土石流觀測站共計有 15 座，分別分佈於土石流較常發生之地點如南投縣、嘉義縣、花蓮縣及台東縣等縣市，如下統計表及分佈圖所示。

縣市別	觀測站
南投縣	郡坑 三部坑 豐丘 神木
嘉義縣	究窘坪 茄苳莊
花蓮縣	西寶 佳民 法華寺 榕樹村 新社 東興
台東縣	泰安 利嘉 華源村

（二）土石流觀測系統

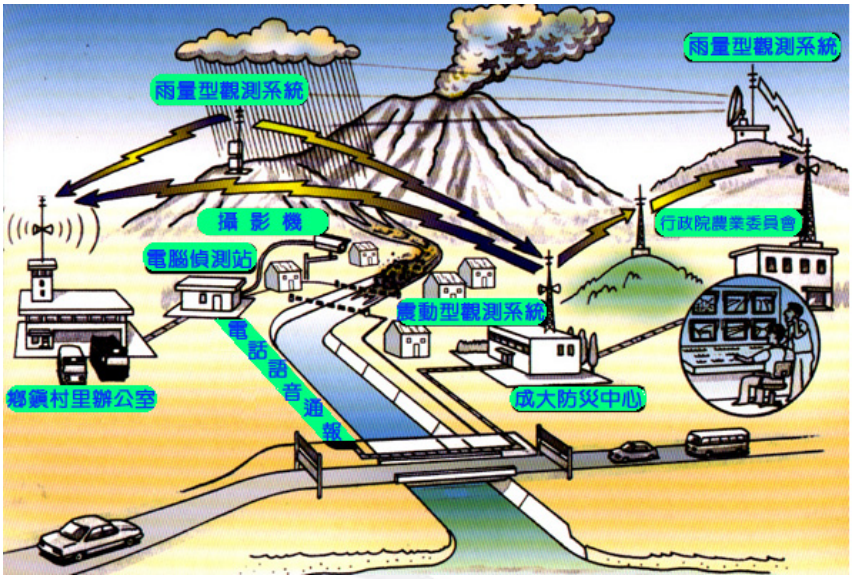
在此一土石流觀測系統裡，主要是依據下面二項指標來做為判定標準，茲針對這二項指標說明如下。另外，也將土石流觀測系統的操作流程圖附於文字下，以做為參考。

1.雨量指標

需要以當地的雨量記錄為參考依據，再配合現地的地質環境狀況，來建立雨量基準的警戒值。

2.土石流動指標

包括了現地土石震動或位移的參考數據，同樣配合現地地質環境狀況，來建立土石流動基準的警戒值。



三、土石流災害之預警

就土石流災害之預警，主要分為：由土石流發生之徵候預警、由人為之預警系統預警及設置土石流危險區之警示標誌這三個方向去進行說明。

（一）由土石流發生之徵候預警

由於只要滿足土石流發生之「三多」基本要件，就有可能會發生土石流；而土石流災害除了少數如落石及崩塌是屬於突如其來無法預先預警外，其他大部分均有發生之徵兆可事先注意加以防範。故只要隨時注意降雨時可能之環境改變，當可預知土石流之發生與否，而作事先之避難措施。

因此，茲針對土石流可能發生時所產生之徵候進行說明，大致上有下面所列出這五項徵兆：

1.溪流之水量突然激增

溪流中之水量較之平時有激增之現象，乃表示溪谷上游有意外之供水來源，其水源不外來自降雨或原被堆積土石所攔蓄之蓄水窪地有大量越流或地下滲流發生之情形，致使溪谷之水量大增，尤其當溪谷下游並無降雨情形時，但其水量卻突然增加，乃表示上游集水區可能有暴雨發生，亦或上游之臨時貯水區已將攔阻之土石堆積區逐漸滲出一條地下水通路，此等狀況下，所增加之水量或地下水滲流之通路可能破壞該土石堆積之安定，而造成類似潰壩之效應，進而導致土石流發生。

2.溪流水之顏色變濁

平常清澈之溪流突然變混濁，表示溪流上游可能降雨，而有大量土砂被沖刷流出，其沖刷之對象可能是溪床所堆積之土石，而一旦溪床堆積之土石大量沖刷出現，即可能導致該堆積土石變成不安定，並有土石流發生之可能。

3.持續降雨中，溪流之水量突然減少

降雨持續進行中，溪流卻無水量流出，或水量突然減少，表示大部份之降雨量所形成之地表逕流被溪谷中堆積之土石攔阻，極可能在溪谷形成一水潭，以致於水量流出很少，而所形成之水潭如貯留水量逐漸增加，一旦發生越流或地下滲流之情形，即有發生土石流之可能。

4.溪谷中有異常之聲響

由溪谷中傳出異常且低沈之聲響，如石頭滾動之碰撞聲音且有地面震動之感覺，乃表示溪谷中之土石在流動；或樹木劈裂聲乃表示溪谷中之樹木可能受大量土石撞擊而斷裂。在此等狀況下，土石流已距離不遠，必須急速逃難，以策安全。

5.溪谷附近坡面有崩塌發生

在降雨中，溪谷兩側之坡面有崩塌發生時，此等崩塌所帶下之大量土砂石，可能會與降雨所發生之地表逕流混合，而形成土石流之流態出現。

（二）由人為之預警系統預警

土石流預警系統主要是由「預報」及「警報」這兩個子系統所構成的，茲對這二個子系統說明如下：

1.預報

主要是採用中央氣象局衛星遙測大地層雷雨雹分佈及全國雨量預報，目前可做到提前 24 小時預報，且準確度相當高。

2.警報

目前所發展的土石流預警系統可概分為「事前之預警」及「事後之警告」兩種，分別說明如下。

(1) 土石流之事前預警

指利用某些與土石流之發生有密切相關的因子，作為預警指標，在土石流發生之前，當預警指標超過某設定基準時，即先行向居民發出警報。此類預警系統一般採用降雨量作為預警指標。

(2) 土石流之事後警告

指在土石流發生後利用土石流之運動特性與洪水之差異，達到觸發警報之目的者。常用者有：「鋼索觸動型警報系統」係以土石流之衝擊力拉動鋼索觸發警報；「震動型警報系統」是利用土石流在流動過程中所產生的震動，當震動頻率高於某一基準時即可發佈警報；利用土石流運動中產生之音響，其「音頻特性」與一般洪水大不相同。因此，當音頻達到土石流範圍時即可發出警報。此三類警報皆需在土石流發生後才能發佈，因此統稱事後型警告系統。

3.案例

此處之土石流預警系統設計是依雨量多寡而控制，分兩個階段預警：

（1）當暴雨超過警戒基準，發佈第一次警報提醒民眾

（2）當暴雨再超過避難基準時，象徵土石流即將爆發，居民必須逃至安全地點。

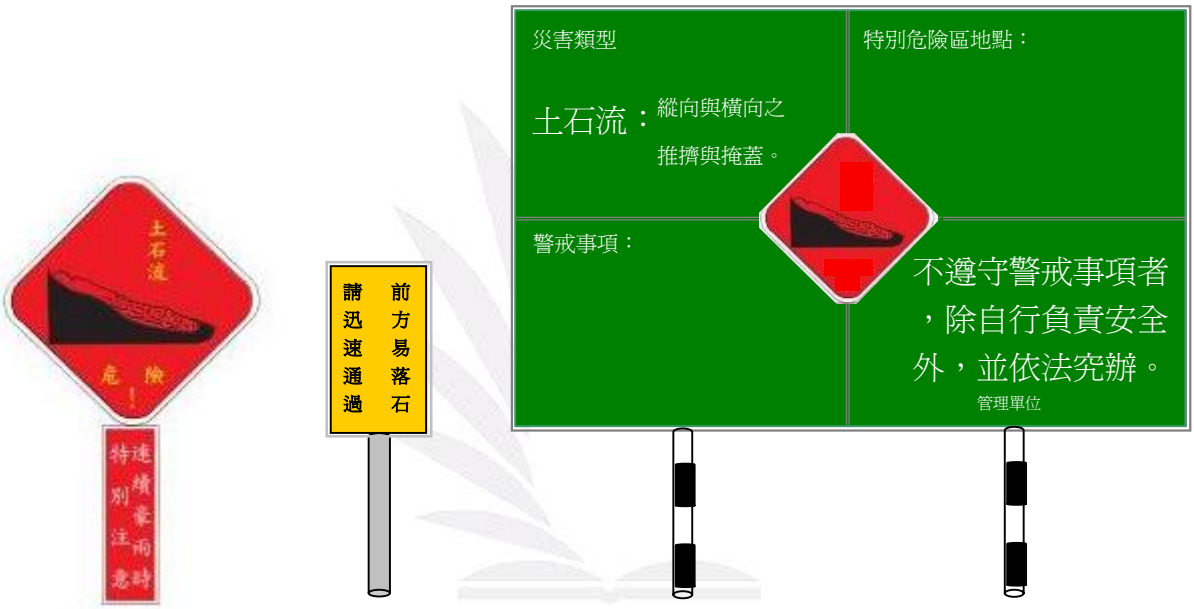
但是神木村土石流預警系統從民國 86 年 6 月裝設以來，那馬嘎班溪大大小小土石流發生近十次之多，規模雖然不大，但預警系統卻從未響過，有次警報響聲大作，居民甚至完成疏散準備，欲始終不見土石流發

生。因此使得當初堅持雨量基準不宜過低，以免警報系統經常響起，唯恐成為『放羊孩子』的防災中心，不得不重新調整預警的雨量基準，從最早的 300 公釐，一直降到目前的 100 公釐。但是 87 年 5 月 9 日發生 30 公釐的雨量，也造成了土石流，並沖毀霍薩溪橋，但預警系統仍然悶不作聲。

因此發現：「雨量分佈不均」及「對地質狀況的不瞭解」，是土石流預警系統最大的盲點。

（三）設置土石流危險區之警示標誌

為避免不知情之遊客進入土石流危險區而遭致危險，另外於曾經發生或潛在可能發生土石流之危險山區、溪谷、河岸、坡地、山崖等處設置「土石流危險區」之警示標示，讓行人能加強留意。



四、土石流災害之防治

對於土石流災害之防治，大致上可分為「源頭治理」、「輸送段治理」及「沈積段治理」這三大部分來進行，茲說明如下。

（一）源頭治理：防止土石流發生

1.排除滲流水

大量的水是導致土石流發生的原因，因此要盡量排除，我們可以在溪床上有厚層堆積物的場所埋設排水管，將滲流水集中排除。

2.防止堆積物表層發生地表逕流

當厚層堆積物發生全面性地表逕流時，很容易引發土石流，因此可以在堆積物表層以鋪床工將地表逕流與堆積層隔絕，好減低土石流發生之可能。

3.危石移除與危木截短

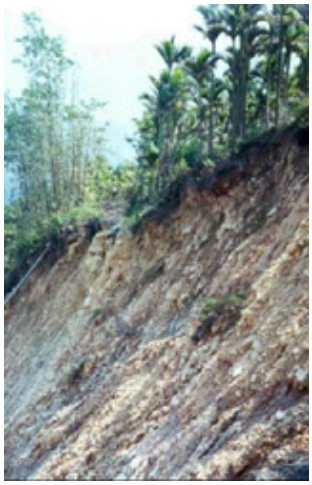
將溪床上的厚層堆積土砂挖除，並將邊坡傾斜危險之樹木枝幹部分截短，以防止土石流的發生。

4.裂縫填補

為阻截地下水竄流，應將地表裂縫處填補起來，回填材料運用原地土方，以具阻水作用的黏土為佳，裂縫填補後還必須同步完成高密度的植生處理。

5.打樁編柵

為固定不安定的土石、改善坡度、防止沖刷，形成有利植物的生長環境，可使用萌芽或雜木樁，依適當距離打入土中，並以竹片、PE 網、鐵絲網等材料編織成柵，以穩定一般土壤的挖填方坡面以及崩積土或淺層崩塌坡面。



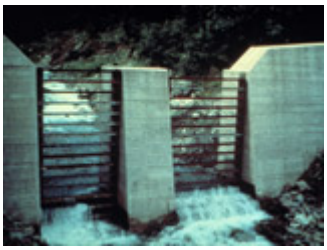
（二）輸送段治理：控制土石流流動

1.減低土石流流速

土石流的流速受到溪床坡度的支配，為了讓流速降低，可以採用攔砂壩或連續性潛壩，除可增加溪床之粗糙度，另外潛堰上游攔阻淤積土砂，可使溪床坡度減緩，而達到減緩流速的功效。

2.使土石流脫水

土石流因為大量水流的作用而快速流動，一旦脫水後就會慢慢停下來，因此在溪床上可設置梳子埧或鋼管樁埧等具透水性之攔砂壩，或以水平之格柵工鋪陳於溪床上，一來可以讓土石流減速，再來當土石流流經水平柵工時，水分可以向下滲透，而使水土分離，達到脫水之效果，促使土石流停止。



3.攔阻土石流

為避免土石流流出溪谷，必須將土石流留在溪谷內，此時防砂埧的效果較佳。

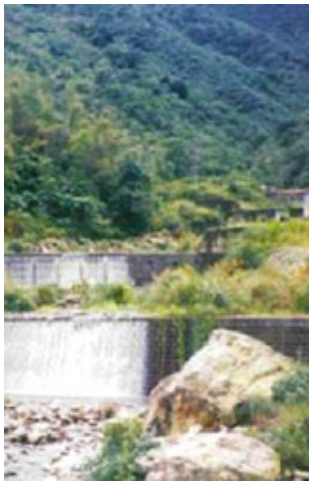
4.攔設置土石流緩衝林帶

在溪谷間營造樹林帶，使土石流在大片林木的阻礙下堆積下來，以樹林為緩衝區避免土石流直接侵襲。

（三）沈積段治理：設置土石流堆積場所

1.在流路上設置土砂堆積場

土石流在狹窄的溪谷中流動，一旦溪谷變寬、溪床坡度變緩，土石流就很容易在這兒因為分流、脫水而減緩流速，因此在溪谷中若有寬闊且平緩之地形，可在這個位置的下游設置防砂堰，形成堆積場所，以容納向下流動的土砂。



2.在谷口設置土砂堆積場

土石流一旦流出谷口，就會因分流、脫水等作用而在谷口寬闊的地面上堆積，但因為土石流的流勢很強，往往要流出谷口一段距離後才會逐漸停止下來。因此可在離谷口 100 公尺以上的距離，及寬度約 30~40 公尺之扇狀地形內圍堤，形成沉砂池，好讓土石流在沉砂池內安全地堆積下來。圍堤可用土石堆砌而成，或以混凝土牆圍之。

3.在谷口設置緩衝林帶

在溪谷出口處亦可營造大面積森林，使土石流在林木的阻擋下，因為分流而堆積下來。

4.土石流導流

如果土石流流出谷口處，缺乏寬廣的地面可供土石流堆積，那麼可以利用導流堤將土石流引導到安全的地帶，或以流路工使土石流在人工渠道中安全排出。

伍、土石流災害應變措施

土石流災害應變措施主要是針對：疏散原則、應準備物品及危險地區居民自救措施這三個方面來說明。

一、疏散原則

（一）不能夠穿越潛勢溪流。

（二）盡量利用現有道路。

（三）不經過危險路段、陡坡區。

（四）不隨溪谷向上或向下走。

二、防災準備物品

（一）醫療用品：外傷包紮簡易急救藥品。

（二）防災用品：繩索、工具刀、滅火器。

（三）通訊設備：手機、收音機、無線電。

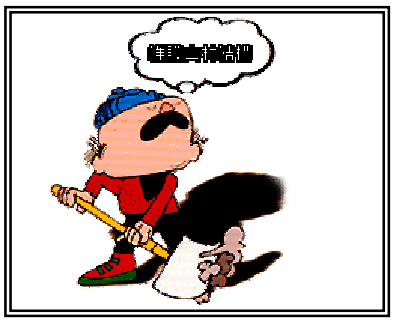
（四）隨身衣物：雨具、鞋襪、保暖衣物。

（五）照明設備：手電筒、打火機、蠟燭。

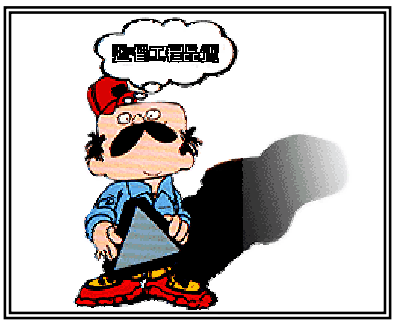
（六）飲食裝備：飲用水、口糧。

（七）貴重物品：現金、印鑑、身分證、健保卡、存摺。

三、土石流危險區域內居民自救措施

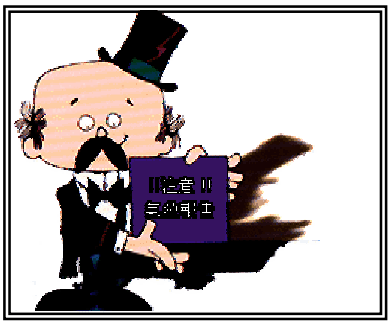


限制不合法之山坡地濫墾、濫伐、濫建等破壞山林結構之行為，合法使用山坡地，勿超限利用。

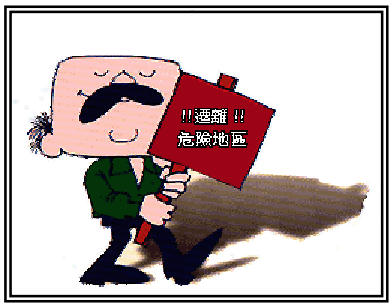


隨時檢驗水土保持設施是否完善。

留意山坡地土石異常滑動現象。



隨時注意颱風豪雨預報，留意河水暴漲，山洪爆發現象。



遷移：發生土石流地區

陸、相關案例

相關案例部分主要蒐集民國四十八年至民國九十年，這近五十年來台灣地區重大土石流災害案例。

時間	地點	型態	原因	災情
48/08/07	彰化縣八卦山台地清水岩坑、東山坑	土石流	颱風	---
70/07/19	新竹縣芎林鄉	土石流	莫瑞颱風	---
71/08/11	台北林口台地	土石流	西仕颱風	道路損毀交通中斷。
74/08/23	南投豐丘	土石流	尼爾森颱風	土石堆積公路，泥漿衝入民宅達 1m 十八重溪橋梁右岸橋墩近乎淹沒。
75/08/22	南投豐丘	土石流	韋恩颱風	廣大葡萄園遭掩埋，泥漿衝入民房及道路、電線桿、供水設施損毀。
75/11/28	陽明山馬槽	土石流	持續降雨	路斷轎車淹沒，3 人死亡。馬槽橋北側民房損毀以及下游翠林橋沖毀。
76/10/25	台北縣瑞芳鎮大粗坑	土石流	琳恩颱風	山洪暴發河流改道，泥砂大量下移，沖毀沿岸堤防及道路系統。 砂石淹沒民宅與校舍。
78/07/27	彰化縣二水	土石流	豪雨	土石堆積公路上，交通中斷。 道路下方民宅損毀。
78/09/12	南投縣溪頭；花蓮	土石流	豪雨/莎拉颱風	---
79/06/23	花蓮縣秀林鄉榕樹村、銅門村，吉安鄉太昌村法華山	土石流	歐菲莉颱風	銅門村 12 鄰，13 鄰淹沒。 房屋全毀 24 間、、半毀 11 間、死亡 29 人、失蹤 6 人、無家可歸 68 人。
79/09	花蓮紅葉	土石流	黛特颱風	---
79/09/08	宜蘭縣南澳村	土石流	黛特颱風	10 餘戶住家受害。
80/09	台東太麻里南迴公路多良段瀧橋	土石流	耐特颱風	10 餘部車輛沖入太平洋。
83/02	高雄南橫路段 99K	土石流	豪雨	---

接續上表

時間	地點	型態	原因	災情
83/07	花蓮縣豐濱鄉新社村東興部落、慶豐村、榕樹村、玉里鎮	泥流	提姆颱風	泥漿淹沒東興部落 20 多戶房舍。 沖斷花東海岸公路。 50 餘人死亡。
83/08	南投盧山溫泉區	土石流	凱特林颱風	---
84/10/08	宜蘭縣蘇澳鎮南成里	土石流	豪雨	住戶遭土石流侵入。
85/07/31 | 85/08/01	南投陳有蘭溪和社溪沿岸，郡坑、豐丘、同富、隆華國小，神木村	土石流 石流	賀伯颱風	台 21 線公路沿線 10 餘座橋樑損壞沖毀，28 處災區、27 人死亡、14 人失蹤。
86/08	林肯大郡	土石流	溫妮颱風	大量雨水沖刷掏空地基，擋土牆崩落，五層樓房屋整幢傾斜，原來的一、二樓幾乎全被擠壓在地面下，樓上居民只得自製布索逃生。
87	台北三芝、內湖、五股	土石流	---	---
87/06/08	南投豐丘	土石流	暴雨	---
88/07/20	南投縣信義鄉神木村出水溪	土石流	豪雨	神木國小前便橋沖毀。 11 鄰交通中斷。
88/08	花蓮縣鳳林鎮鳳義里水源地	土石流	山姆颱風	鳳義 21 鄰正信路往 129 及 131 農路受災侵襲需修繕。
89/06/02	雲林古坑華山村	礫石流	豪雨	土石流淹沒 40 公頃檳榔園、茶園土石侵入 6 戶住家。
89/07	南投埔里中心路	泥流	豪雨	土石淹埋檳榔園 1 人死亡。
89/07/22	嘉義八掌溪	泥漿流	豪雨	豪雨引發山洪，4 名固床工人受困八掌溪終遭洪流淹沒死亡。
89/11/01	台北縣瑞芳鎮大粗坑	土石流	象神颱風	20 幾戶民房被掩埋，弓橋里民 7 人被活埋，1 人失蹤。 九芎橋及護岸沖毀，侯牡公路及產業道路交通中斷。 巨石挾帶大量泥砂衝入侯硐國小，損及教室及宿舍，造成侯硐國小停課多日。

接續上表

時間	地點	型態	原因	災情
90/08	南投縣信義鄉豐丘村	土石流	桃芝颱風豪雨	未有重大災害產生。
90/08	花蓮縣光復鄉大興村	土石流	桃芝颱風	近 150 戶遭土石掩埋，造成 27 人死亡、16 人失蹤、8 人受傷的慘重災情。
90/08	苗栗縣卓蘭鎮內彎里白布帆	土石流	桃芝颱風	導致 39 戶住家被土石灌入；苗 55 線多處坍方，落石不斷掉到路面，道路遭土石流掩埋，果園淹沒達五 10 公頃坪林大克山野溪沖毀 3 公里長的溪岸，並且損毀 6 座橋樑。
90/09/05	北投大屯山	土石流	暴雨	人員死傷：共計 5 死 24 傷並造成 70 多位民眾受困。 屋宅毀損：約有 20 間民宅和寺廟嚴重損傷。 道路中斷：三號縣道坍方中斷。
90/09/10	雲林縣古坑鄉華山村華山溪、科角溪	土石流	納莉颱風	沖垮華山通往松腳部落的松華橋土石流塞滿溪谷；沖毀攔砂壩護岸，格柵攔也遭淹沒。
90/09/17	嘉義縣阿里山鄉豐山村	土石流	納莉颱風	沖毀一片農地及房舍一棟。

感想

臺灣地區由於地勢高峻、地震頻繁和雨量充沛的條件，形成容易產生土石流災害的自然環境，然而人類行為往往卻是使得土石流災情氾濫的主要兇手。

台灣地區在六、七〇年代經濟快速發展時利益掛帥的思考範型下，山坡地的不當開發、濫墾濫伐，將守護台灣水土保持的山林破壞殆盡，導致近年來土石流災害在台灣的肆虐，山地整體產業經濟發展及運輸通路幾乎籠罩在土石流等災害的陰影之下，對寶島居民的生命財產造成嚴重的損失。

近年來，政府開始正視土石流災害所產生的問題，編列了大筆的預算在工程方法的防治和土石流的預警系統，期望能改善土石流災害困境；然而仍無法根除造成土石流爆發的人為因素部分。土石流災害問題的解決不能單單僅是由自然科學的層面來思考，要解決土石流災害的問題，必須由人的行為層面來著手探討。

＝＝資源有限，慾望無窮＝＝

土地資源有其一定的限度，不當的使用只會適得其反！

規劃的重點在於領導，在於確保土地上各種生物的生活空間。

然而當錯誤已成事實後，往往需付出極大的代價。

參考書目

詹錢登 編著，2000 年，土石流概論

黃立政 編著，2004 年，土石流災害防治概論

黃立政 主持，2000 年，土石流災害防治實務

逢甲大學 執行，2001 年，土石流監測站評估與系統整合規劃

行政院農業委員會水土保持局，網址：http://fema.swcb.gov.tw/

土石流觀測站設置狀況服務網站，網址：http://140.116.181.104/hualien/STATION_MAIN.htm