

篇名：  
土石流之研究與探討

作者：  
黃天奇 國立台南高級工業職業學校 建築二甲

指導老師：  
黃雅勳老師

## 壹●前言：

有鑑於本次莫拉克颱風來襲所引起近 50 年來災情最慘重的 88 水災，再加上也是其受害者之一，看過災情慘重的小林村，以及家裡在災害來襲短時間淹大水的窘況之後，令我感觸良多，因此決定研究此議題，以便更加深入了解土石流所帶來之災害。

## 貳●正文：

### 一.土石流之定義：

土石流 (Debris flow) 如 (圖一)，係指泥、砂、礫及巨石等物質與水之混合物，受重力作用所產生之流動體，沿坡面或溝渠由高處往低處流動之自然現象。其外型與一般常見之混凝土砂漿極為相似，因此又被喻成『天然預拌混凝土』。



圖一 土石流

### 二.成因：

土石流為土壤沖蝕之一種特殊形態，常伴隨崩塌或地滑等沖蝕形態，而泥石流發生的基本條件如下：(土石流概論，2003)

- 1.充足的水：一般情形累積雨量 150mm 以上或降雨強度 40mm/hr 以上。
- 2.足夠的堆積物：邊坡裸露、破碎、岩屑堆積等豐富而鬆散的土石。
- 3.有效的溪床坡度：一般情形發生區通常坡度  $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$  (輸送區通常坡度  $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ,堆積區通常坡度  $2^{\circ}\sim 10^{\circ}$ )同時或延後出現。

### 三.土石流之發生:

常見的土石流危害方式有：淤埋、沖刷、撞擊、磨蝕、堵塞、漫流改道、彎道、擠壓主河道等。

土石流係屬斜面上土砂石等材料因含水而失去平衡，並液化形成流體而開始流動之現象，因其土砂材料之堆置、供給及其發生時之狀態不同，因此一般對土石流發生之類型大致分為下列幾種：

#### 1.崩塌型土石流：

豪雨時，山腹斜面上土體因吸收大量水分，致使土體形成不安定現象而發生崩塌，而在崩塌之同時，由於土體含水量特多，或地表水之不斷供應，使該崩塌土體隨水流之作用，一邊混合土體成流體狀，一邊隨水流運動形成土石流。

#### 2.潰壩（天然壩）型土石流：

在溪流兩側之邊坡發生大規模崩塌，將崩塌土體大量堆置於溪床時，若溪流量足夠將此等堆置土砂石逐漸攜帶運送至下游，當不致有土石流之發生。但若崩塌之土砂量相當龐大時，水量不足以沖下這些崩落土石，而使崩落土石在溪谷上堆積，並將溪谷或河道予以阻攔而形成臨時壩或天然壩，此等臨時或天

然壩之土石在後續之降雨或流水不斷供應水量及水流作用下，逐漸形成漿體，或滲流水之作用而產生潰壩作用，並形成土石流。

### 3.溪流沖蝕型土石流：

由於洪水對溪流兩岸或溪床沖刷，或溪谷上堆積之不安定土砂，在水流之作用下，混合成漿狀體而轉變成土石流流下。如（圖二）



圖二 溪流沖蝕型土石流

### 4.地滑型土石流：

粘質土之地滑地因大量雨水之滲透及地下水之作用，使滑動土體之含水量超其液性限度，而發生流動，形成土石流。（如圖三）



圖三 地滑型土石流

### 5.火山爆發型土石流：

火山爆發所噴出之火山灰或火山碎屑在降至地面時，因豪雨之配合，而使之發生流動，形成土石流。

## 四.土石流之特性（黃立政，2003）：

- 1.土石流組成之成份依地質,風化,搬運,崩解等不同程度之影響
- 2.土石流具有再生性,並具有重複堆積於谷口形成扇狀之特性
- 3.典型土石流通常具有明顯之三個階段
  - (1) 形成區 (Generation Region) 或來源區 (Source Area)
  - (2) 輸送區 (Transport Region) 或流動區 (Flow Track) 通常具溝槽，流速快，沖刷力強。
  - (3) 堆積區 (Deposition Region) 或停止區 (Stoppage Region)
  - (4) 土石流之特性，爆發突然,歷時短暫，流動快速,泥沙濃度高,沖蝕力高，前端部粒徑較大,呈段波突起,直進衝擊，下游堆積,流出溪谷形成土石沖積扇 (Debris Fan)，若阻斷溪流則形成堰塞湖 (Debris Lake)。

## 五.土石流的預防：

當土石流發生時，因主要的一動力是泥土的下滑力造成，所以推力很大，常會把房屋或其他建築物沖倒，造成居民傷亡，所以房屋最好不要蓋在山坡邊緣土石堆積很厚的地區。也應盡量減少山坡地的開發，因為當我們挖去山坡的坡角時，會使山坡坡度變陡，使坡頂的土石失去支撐力而易於下滑。

山高水急的台灣要預防土石流的發生是不容易的事，但卻有一些方法可以減少土石流的危害，比較不花錢的方式就是避開土石流危險區、保護森林、做好水土保持、減少山林的開發，要不然與自然搏鬥都是要付出相當代價的，所以如何適當開發，同時又能取得人與自然環境的平衡？就有賴所有人一起思考規劃了。

## 六.防治規畫設計原則：

### 1.土石流防治措施之規劃與設計應掌握下列原則：

#### (1)土石流危險溪流與區域之確定：

利用地形圖及航空照片並配合現場調查，可以有效的判釋出具有土石流潛在危險之溪流與區域。準確的危險溪流判釋，可以使規劃與設計先期化，防止土石流災害於未然。

(2)業經確定為具有土石流潛在危險之溪流或區域，在硬體之防治措施未完成前，需儘速設立土石流預警系統。已完成硬體防治措施者，在撤除警報系統時亦應謹慎考慮。

(3)土石流硬體防治對策：原則上可分為抑制、攔阻、疏導、淤積、緩衝等方式。

(4)土石流之防治需從整體之觀點、依土石流發展之各階段（發生、流動、淤積、停止）的特性，綜合上述方法相互配合運用，方能盡全功。

#### (5)土石流有關之各類土砂量需事先予以估算：

土石流防治措施之規劃與設計，事先需依該區預估之土石流設計流出量（Q）、計畫容許排放量（E）、計畫攔砂量（C）、計畫淤積量（D）及計畫土石流發生抑制量（B）等各土砂量，以滿足下列關係式為依據，決定防治措施之大小、數目、型式、配置及順序等。

$$Q - E - (C + D + B) = 0$$

其中Q（設計流出量）：考慮以往該溪流之土石流出量及現有溪床之土

石堆積量加以估算

E（容許排放量）：對下游地區安全無虞之排放量

C（計畫攔砂量）：以攔阻工法捕捉之土砂量

D（計畫淤積量）：以淤積工法捕捉之土砂量

B（計畫抑制量）：以抑制工法減少之土砂流出量

由上式可知，由土石流之流出量（Q）中減去容許排放到下游之量（E）後，所剩餘之土砂量即為吾人需藉各種工法加以控制者。

## 七.預防方法及措施

### 1.工法：

#### （1）土石流抑制工法：

主要應用在溪谷之上游處。由於上游區坡度較陡常是土石流之發生地點，而土石流在發生階段會對溪床堆積物及側岸產生急遽之沖蝕，藉以獲得足夠之土石材料，達到土石流該有之濃度。因此在坡度較陡之上游區，土石流之防治原則上以防止溪床及側岸沖蝕，阻止土石流獲得土石材料之補充為主。此類工法主要包括固床工、潛壩、連續壩、山腹工等。

#### （2）土石流攔阻工法：

主要運用於溪谷之中上游。當土石流在上游獲取充分之土石材料後其土石濃度已近乎飽和，因此對溪床沖刷能力也相對降低，然其動量仍大，且先端之巨礫與流木壞力仍強，因此在本區土石流之防治應以直接攔阻為選。此類攔阻工法主要分為非透過性壩及透過性壩兩種。

#### （3）土石流淤積工法：

主要係局部加大溪床之寬度或局部減小溪床之坡度，使土石流在事先規劃妥當之沉砂池內產生積。

#### （4）土石流疏導工法：

主要應用於中、下游區或扇狀地上，以渠道或導流堤等誘使土石流沿一安全之路線流動。如（圖四）



圖四 土石流疏導工法可使土石流延規劃安全路線流動

(5) 土石流緩衝林帶：

主要運用於土石流扇狀地上，以樹林為緩衝區，避免土石流的直接侵襲。

2. 土石流發生前採取之因應措施：

(1) 土地利用之管制：

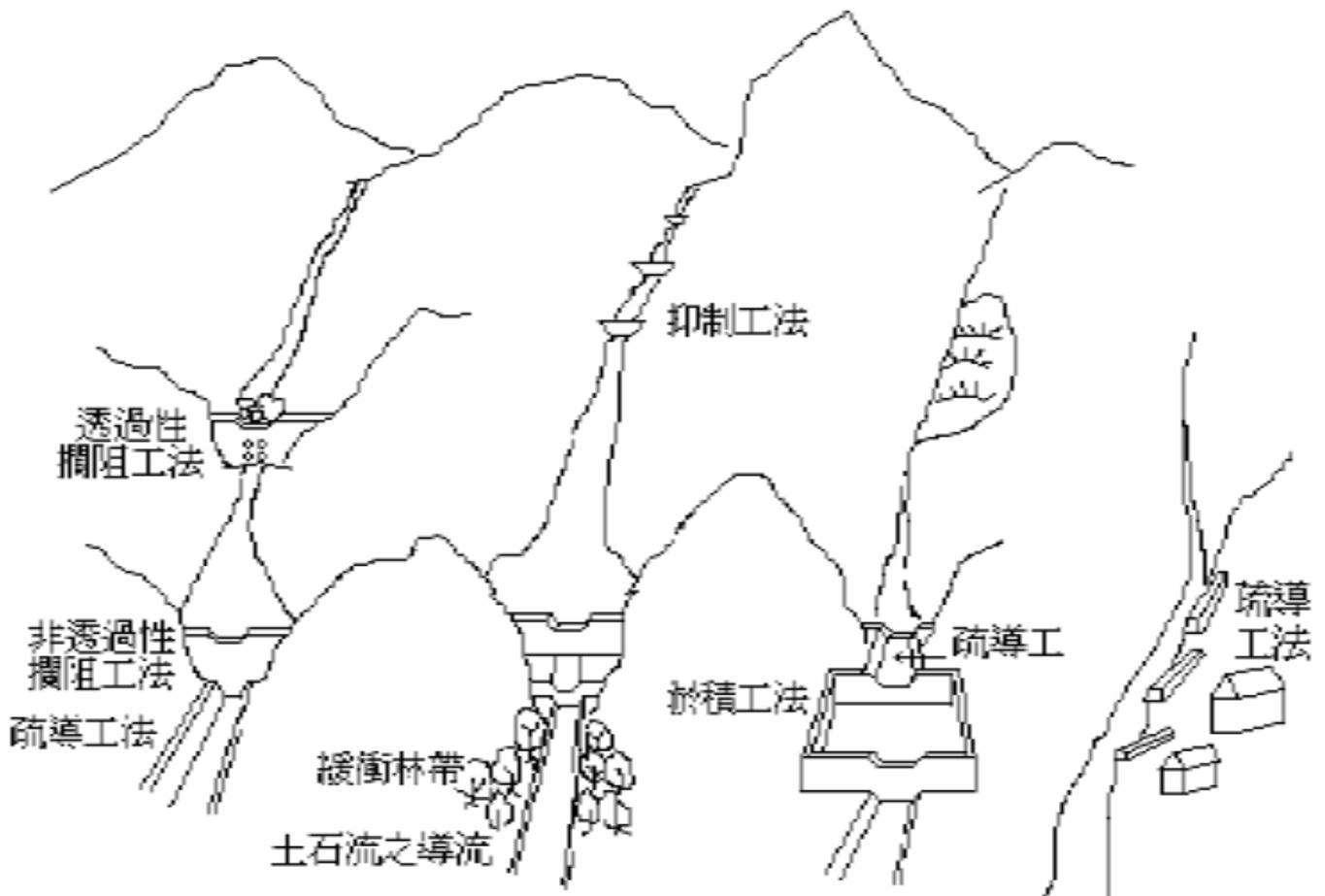
在土石流可能波及之範圍，限制土地開發行為，以減少災害之損失。

(2) 村落遷移：

在採取各種土石流防治工法仍無法避免土石流可能危害之村落，即應採取遷村計畫。

(3) 警戒避難體系之規劃：

對土石流可能危及之住家，在未能遷移之前，應規劃各住家之避難路線，並予以告知及施以演練，而避難場所亦應規劃有各種安全防護措施。



圖五 工法示意圖

在 921 地震後，各地傳出更多之山崩、地滑和土石流災害，為爭取時效，初期許多搶救災單位於硬體設施之搶修與復建時，無法相信新興之生態工法可防治 災害，大多仍然採用傳統剛性工法之施設，並使用大量水泥及混凝土等材料。而且，國人及承包商長期依賴重機械施工，故在搶修、修復工程中大量以機械 開挖而節省人力，殊不知大開挖即意味著大規模之地表和生態環境之破壞，不僅完全消滅災後倖存之動植物生態，也延長了坡地日後復育穩定之時程，或是 產生更大之沖蝕或破壞，甚而產生土石堆積，成為下次土石流發生之元凶。



圖七 莫拉克颱風土石流受災戶現況



圖六 莫拉克颱風期間遭土石流淹沒的小林村



圖八 土石流沖積扇



圖九 地質條件不穩山坡地山崩後易產生土石流

### 參●結論：

土石流乃天然災害,但因人為因素更加劇其災害之嚴重性，因此必須設法減低其所帶來之傷害，甚至是達到防範未然的效果。在國外有許多成功的案例值得我們參考學習，國內應禁止有心人士濫墾濫伐，隨意破壞山坡地不只違反了水土保持的原則，更破壞了生態環境。只要能有效的運用工法及現代的設施，相信防範土石流不會成為難事的。

引註資料:

一. 網路：

(圖一)：[web1.nsc.gov.tw/ct.aspx?xItem=8010&ctNode=40&mp=1](http://web1.nsc.gov.tw/ct.aspx?xItem=8010&ctNode=40&mp=1)

(圖二)：

(<http://163.21.244.30/%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81/%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81.htm>)

(圖三)：[www.geog.ntu.edu.tw/.../new\\_page\\_35.htm](http://www.geog.ntu.edu.tw/.../new_page_35.htm))

(圖四)：

(<http://163.21.244.30/%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81/%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81.htm>)

(圖五)：[http://www.ae.ntu.edu.tw/news/1st\\_agenda/08.pdf](http://www.ae.ntu.edu.tw/news/1st_agenda/08.pdf))

(圖六)：[www.flickr.com/photos/travelmate2021/3839320608/](http://www.flickr.com/photos/travelmate2021/3839320608/))

(圖七)：[www.flickr.com/photos/38506176@N02/3810066199/](http://www.flickr.com/photos/38506176@N02/3810066199/))

(圖八)：[gis.tcgs.tc.edu.tw/news200602/a1.htm](http://gis.tcgs.tc.edu.tw/news200602/a1.htm))

(圖九)：

(<http://163.21.244.30/%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81/%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81.htm>)

(網路一)：土石流防災資訊網 (<http://fema2.swcb.gov.tw/link-S.asp>)

(網路二)：yahoo 奇摩知識+(土石流)

(<http://tw.search.yahoo.com/search/kp?fr=yfp&ei=UTF-8&p=%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81>)

(網路三)：維基百科 (土石流)

<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81>

二. 書籍

(書籍一)：作者：黃立政，93年，【土石流防治概論】，出版地：台灣 出版者：全華科技圖書股份有限公司

(書籍二)：作者：中華防災學會，1999，【第二屆土石流研討會論文集】，出版地：台灣，出版者：不詳