

土石流災害事件

近年來由於人們不斷的開發山坡地，卻對自身環境的破壞完全沒有自覺。而這種情形就在賀伯颱風來瞭之後完全改觀了，遭到破壞的山坡地，因為強大的大雨沖蝕下，使得大量土石因為沒有強大支撐力的情況下，紛紛向水一樣的由上游沖刷下來也，移山加上土石流的災害便出現了。而全台也在這次災難後警覺到土石流的嚴重性。



土石流侵襲後的村莊



土石流造成人民生命財產的損失

易發生土石流地區

土石流較容易發生在山區，尤其是沒有經過整治的溪流，經過豪大雨的沖刷，很容易就會引發土石流。因此水土保持局 91 年全面調查台灣比較容易發生土石流地區的溪流，整理如下表。調查顯示目前全台灣土石流有可能發生的溪流總共 1420 條；其中九二一重建區內有 413 條，重建區外有 1007 條。

歷年重大土石流、坡地災害					
縣市別	土石流數	百分比	優先處理順序		
			高	中	低
南投縣	199	14.01%	78	91	30
苗栗縣	70	4.93%	2	57	11
台中縣	82	5.77%	15	50	17
台中市	3	0.21%	1	1	1
彰化縣	7	0.49%	1	5	1
雲林縣	9	0.63%	5	4	0
嘉義縣	43	3.03%	9	28	6
宜蘭縣	124	8.73%	28	40	56
臺北市	49	3.45%	11	34	4
基隆市	34	2.39%	6	20	8
臺北縣	214	15.07%	40	128	46
桃園縣	43	3.03%	4	32	7
新竹縣	64	4.51%	16	37	11
花蓮縣	160	11.27%	40	112	8
台南縣	39	2.68%	6	24	9
高雄縣市	57	4.08%	5	28	24
屏東縣	63	4.44%	13	33	17
台東縣	160	11.27%	41	43	76
合計	1420	100.00%	321	767	332

近年重大土石流案例

最近這幾年來的土石流災害，跟人為因素有很大的關連。由於人類過度的開發山坡地，以致於造成許多地區的山坡地，不僅失去原本賴以植根的地方，更造成上方土石因為失去了可以支撐的地方，就這樣硬生生的從上往下掉落，土石流就是在這種狀況下發生的。這些人為不當的開發，已給這塊土地很沉重的傷痕，而它們就在賀伯颱風發生的同時對人類發出最極端的怒吼。以下是近年重大土石流災害事件有下列：

時間	颱風名稱
85年7月	賀伯颱風
90年7月	桃芝颱風
93年6月	敏督利颱風
93年8月	艾莉颱風

賀伯颱風

民國85年7月31日間強烈賀伯颱風過境臺灣，伴隨其而來的豪雨，造成了各地水、土災害的發生，生命及財產損失相當嚴重，是近年來少見的。而這次災害的發生，顯示了人類在與自然環境的互動上值得加以深思的許多問題，對於這些問題發生的原因加以說明，將有助日後在防災上採行適當的措施，降低災害所造成之損失。



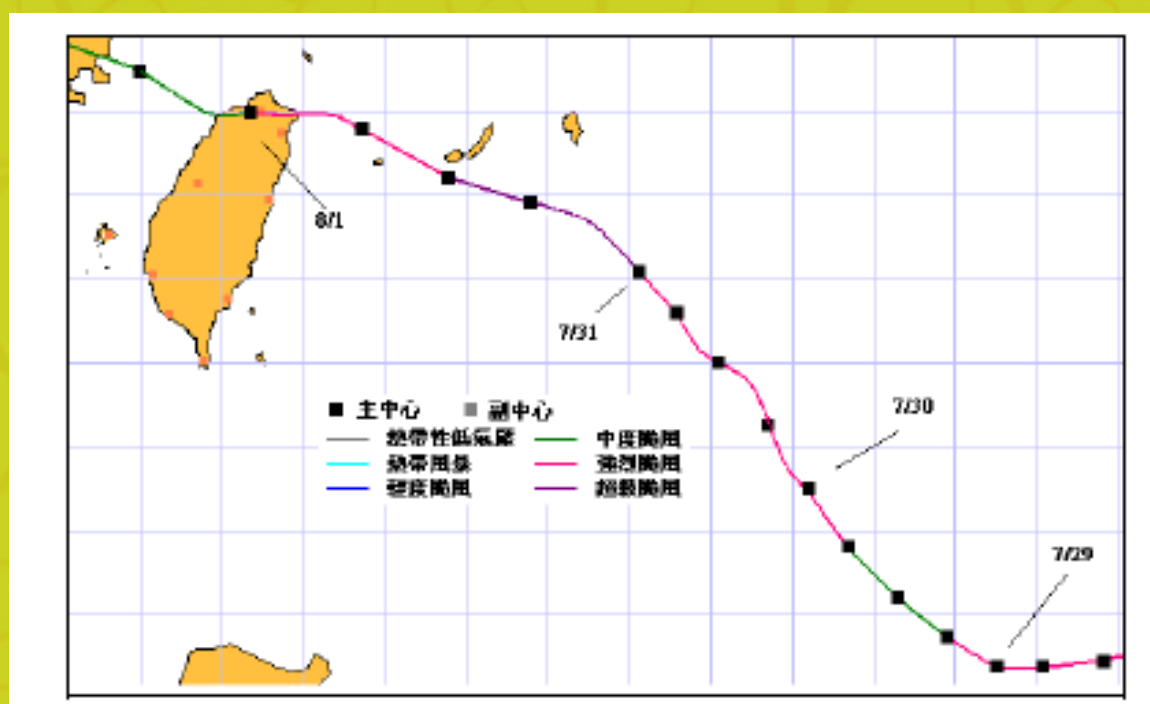
賀伯颱風下的南投信義鄉神木村（土石流）



南投縣信義鄉豐丘村上游土石再度崩塌滑落

● 颱風概況

賀伯颱風於基隆與蘇澳之間登陸（見圖8-5賀伯颱風路徑圖），後緩慢移動通過台灣北部，並於桃園一帶出海進入台灣海峽。颱風中心路徑以西北西或西北走向通過台灣之東北端，依其氣旋(逆時鐘)方向，風向乃自西北方侵入，俗稱為「西北颱」。由於賀伯颱風登陸位置偏北，故其颱風結構較未受到中央山脈阻擋及破壞。且移速緩慢，颱風中心通過台灣北部陸地長達八小時，因此對於台灣地區造成嚴重災害。



賀伯颱風路徑圖

賀伯颱風為一暴風半徑達350公里，中心最大風速每秒超過60公尺強烈颱風。由衛星雲圖顯示賀伯颱風在台灣北部登陸前，具有明顯的颱風眼，此表示其颱風中心結構相當完整，而賀伯颱風伴隨有達數百公里之深厚雲層，挾帶豐富之水氣。由颱風所帶來之總雨量分佈表（如表）得知，賀伯颱風侵台期間之最大降雨區集中在兩處。一位於北部石門水庫集水區，降雨中心在烏嘴山附近，總降雨量1,170公釐，此一大量降雨，主要是由於颱風雨帶直接通過該處，再加上地形因素所造成；另一位於南投、嘉義阿里山山區，總雨量高達1,994公釐，其所帶來之豪雨是空前未有的，因此造成嚴重的災害。

雨量 測站	逐日雨量(公釐)				總計
	7月30日	7月31日	8月1日	8月2日	
基隆	7.5	168.0	28.9	204.4	
淡水	12.9	209.9	23.3	246.1	
台北	22.2	203.3	21.6	247.1	
竹子湖	24.6	439.3	60.7	524.6	
鞍部	30.5	482.1	48.5	561.1	
大屯山	13.0	1.8	14.8		
新竹	31.3	237.4	86.2	2.1	357.0
台中	17.8	269.0	227.8	3.2	517.8
梧棲	23.0	148.9	234.1	8.4	414.4
澎湖	28.6	156.0	13.3	197.9	
日月潭	4.8	193.8	454.3	0.7	653.6
阿里山	0.5	1,094.5	892.0	7.0	1,994.0
玉山	3.1	448.2	259.0	4.0	714.3
嘉義	11.5	122.5	282.5	416.5	
台南	2.5	101.5	110.0	1.5	215.5
高雄	0.5	85.5	97.7	8.0	191.7
恆春	0.5	60.5	81.0	142.0	
宜蘭	16.0	274.0	84.0	374.0	
蘇澳	23.1	190.9	95.7	1.0	310.7
花蓮	1.5	22.5	134.7	158.7	
成功	1.8	3.7	52.2	18.3	76.0
台東	0.5	2.6	62.0	24.5	89.6
大武	0.3	37.4	148.8	13.1	199.6
蘭嶼	4.5	13.9	28.3	46.7	
彭佳嶼	1.6	146.0	44.0	191.6	

東吉島	39.5	179.0	7.5	226.0	
永康	4.5	105.5	132.0	0.5	242.5

表 賀伯颱風總降雨量一覽表

● 災害原因

此次賀伯颱風造成嚴重災害的原因歸納如下：

(1) 地質破碎、表土覆蓋深度淺

台灣山區地質，主要為變質岩、亞變質岩、及沈積砂頁岩所組成，由於本島位居西太平洋島弧交會處，岩層擠壓褶曲，多斷層且岩體破碎，普遍易於風化裂解，侵蝕容易。如賀伯颱風受災最嚴重的嘉義、南投山區，其岩性包括灰色砂岩，暗灰色頁岩、暗灰色砂頁岩互層及板岩等。其間並有斷層通過。因此岩性破碎，不連續面發達，表層大都為組織疏鬆且膠結不良之土砂礫，多屬崩積土及石質土，土層深度淺，土壤保水力差，雨水容易入滲，容易造成崩塌、土石流。



南投、嘉義山區地區岩體極易破碎崩解，形成土石流

(2) 山坡地坡度陡峭、坑溝及溪穀兩岸坡面沖蝕嚴重

台灣山區山脈高聳，坡度大而河川短急，大多溪穀兩岸坡度甚陡。通常坡面及河川之坡度並隨標高而增加。以陳有蘭溪集水區為例，其坡面平均坡度超過55%者有20,832公頃，佔集水區面積之45.8%，且溪穀之上游坡度大多超過20度，為容易崩塌發生土石流之地區，遇豪雨則洪水高漲，沖刷兩岸導致岸坡崩塌，甚至發生向源侵蝕。



一般山區溪穀坡度陡峭(嘉義縣阿里山鄉豐山村)

(3) 豪雨集中雨量大且降雨時間長，最容易引發崩塌以及土石流。

賀伯颱風侵台期間雨量，阿里山和溪頭兩地每小時降雨強度均超過100毫米以上，而且均連續兩小時以上。因而三地24小時最大雨量均已打破當地200年頻率紀錄。阿里山站之12、18及24小時的最大降雨紀錄更重新締造台灣地區之新紀錄。另外桃園、新竹及苗栗山區颱風期間總雨量亦超過1,000毫米；南部高雄縣桃源山區，總雨量亦超過800毫米。



豪雨集中，雨量大、延時長，易發生崩坍、土石流

(4) 山區道路開闢密度高

道路興建為坡地開發之要件，台灣山區之地質脆弱，地層褶曲變化，且坡度陡峭。道路興修之後，大量挖掘坡面使坡腳不穩定，並因截斷原來坡面排水通道，造成下游坑溝發生沖蝕。若遇到超強豪雨，道路橋涵無法使土石流順利通過，反而因為土石堵塞改道流入民宅，掩埋村落。



山區道路截斷自然坡面造成崩塌

(5) 坡地人為開發過度與開發過於集中

伐木、農墾、採礦或採取土石、開挖建築等，過度密集之利用，破壞原有植被，其水土保持處理與維護不良者，造成表土流失，降低土地涵養水源之功能，增加地表逕流及溝壑沖蝕，易導致崩塌、土石流。



山坡地開發面積大且集中

(6) 任意墾殖河川地及緊臨溪流河床地建築房舍

未經核准隨意在河床墾殖，與水爭地，迫使河川改道，加重了災害之程度。台灣地區河川地往往平時只有少部分水流過，居民為用地或取水等方便，隨意尋覓溪穀旁邊、河床浮地、或平坦之沖積扇墾殖定居，這些均屬於不穩定狀態之河谷堆積地區，若暴雨發生時水量增加快速，將會發生氾濫或土石流，造成傷亡。



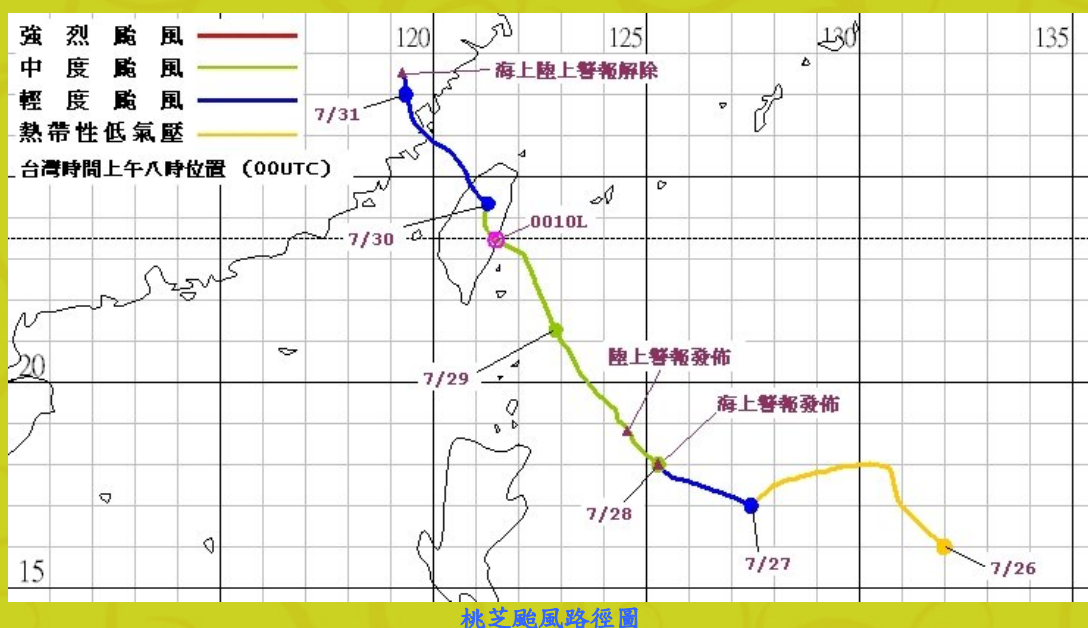
任意墾殖河川地(南投縣信義鄉陳有蘭溪)



溪邊河床搭建房舍與水爭地(南投縣鹿穀鄉)

桃芝颱風

民國90年7月30日桃芝颱風侵襲台灣，連續十餘小時的豪雨帶來慘重的生命財產損失。並且桃芝的颱風眼「眼牆」結構紮實，暴風中心在移出臺灣陸地後，颱風結構又重新組織，連續六個小時豪大雨不停，並有連續兩個鐘頭出現每小時超過一百公釐以上的暴雨，也是重創南投山區主因。當桃芝颱風遠離，中部山區雨勢仍舊不斷，累積雨量皆已超過六、七百公釐，致使土石流災情持續擴大。

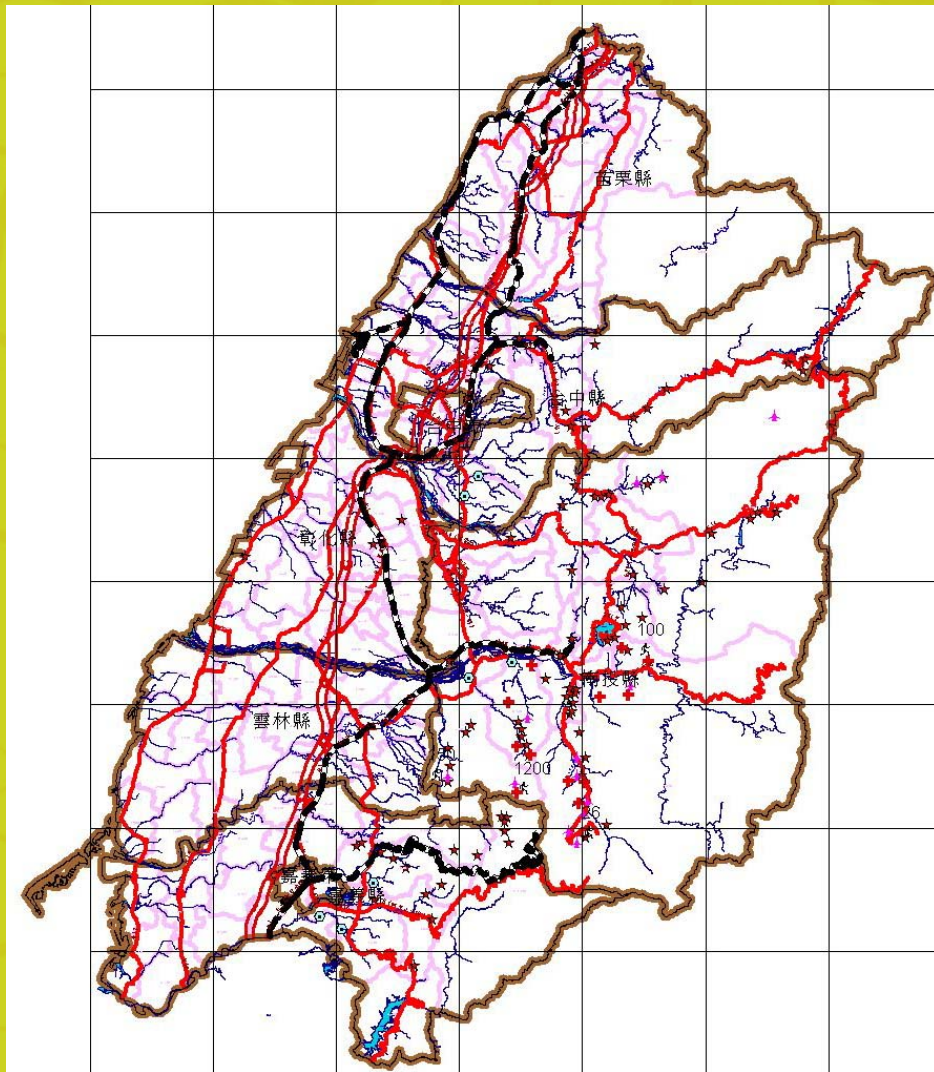


● 災害概況

此颱風所造成的災害，包括103條人命喪生、111人失蹤、189人受傷；以及造成農業損失慘重，根據農委會統計，全台有十個縣市淪為災區，總計農林漁牧及農業設施損失逾44億元。而主要交通動脈高速公路由北到南有三個地段淹水嚴重，包括97公里處靠近新竹科學園區路段，108公里距離頭份交流道北端二公里處，以及162公里後裏收費站南北兩端，其中竹北、豐原路段因為積水雙向封閉長達八公里，而跨濁水溪、高屏溪等主要河川上的重要橋樑也多因橋樑變形、橋基淘空而宣佈封閉。

另外不只是山區縣市發生土石流，甚至接近平原地帶的鄉鎮也多處傳出坡地崩坍與土石流災情，更顯出人為土地過度開發的現象全面化。1996年在同樣區域釀成大災禍的賀伯颱風，一共傾瀉了超過1,900公釐的雨量，這次桃芝颱

風的雨量只有700公釐左右，然而引發的土石流問題，卻不亞於賀伯颱風。
以下是此次颱風的雨量分析和災情圖：

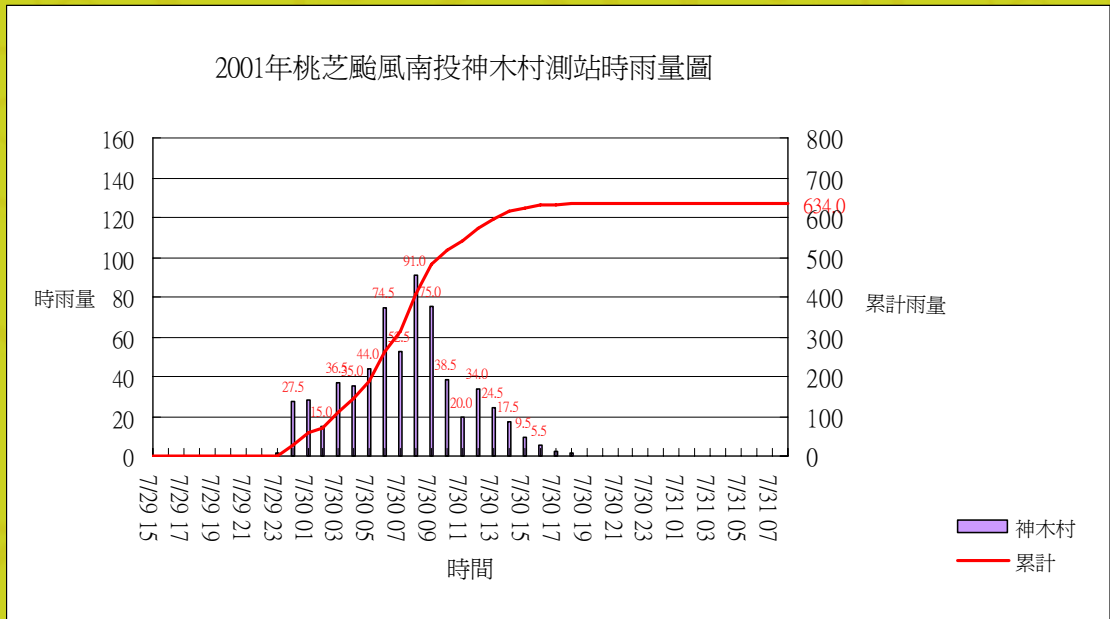


圖示說明：

- | | |
|-----------|-------|
| ★ 大地災害點 | ✦ 空投點 |
| ⬡ 水利設施毀損點 | ✚ 救護站 |
| ⤴ 受困民眾 | ⌋ 斷橋 |

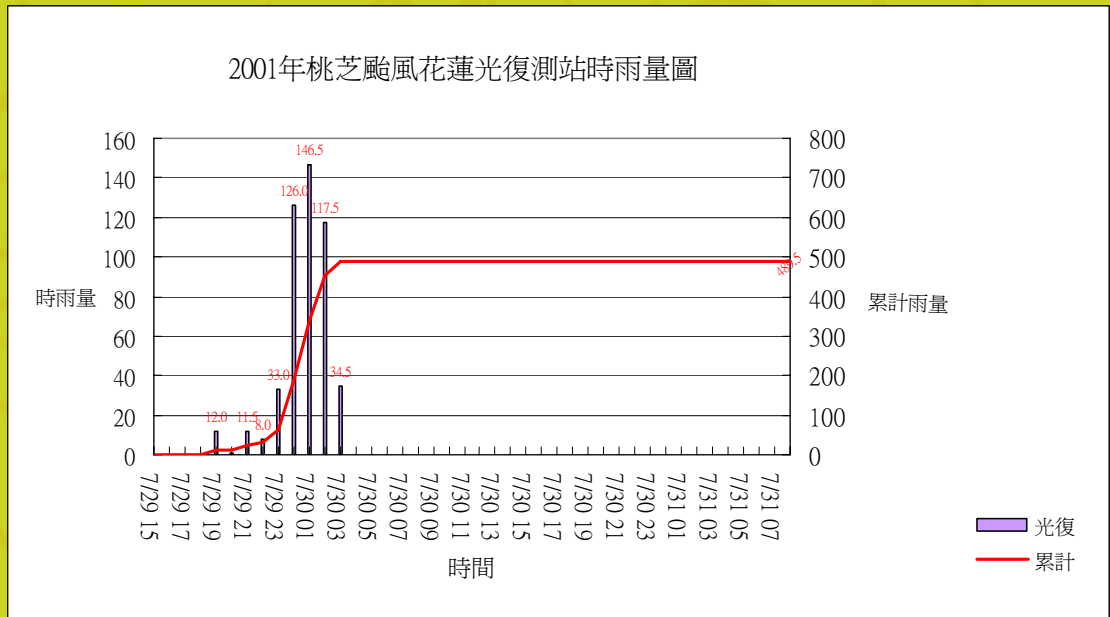
桃芝颱風災情分佈

2001年桃芝颱風南投神木村測站時雨量圖

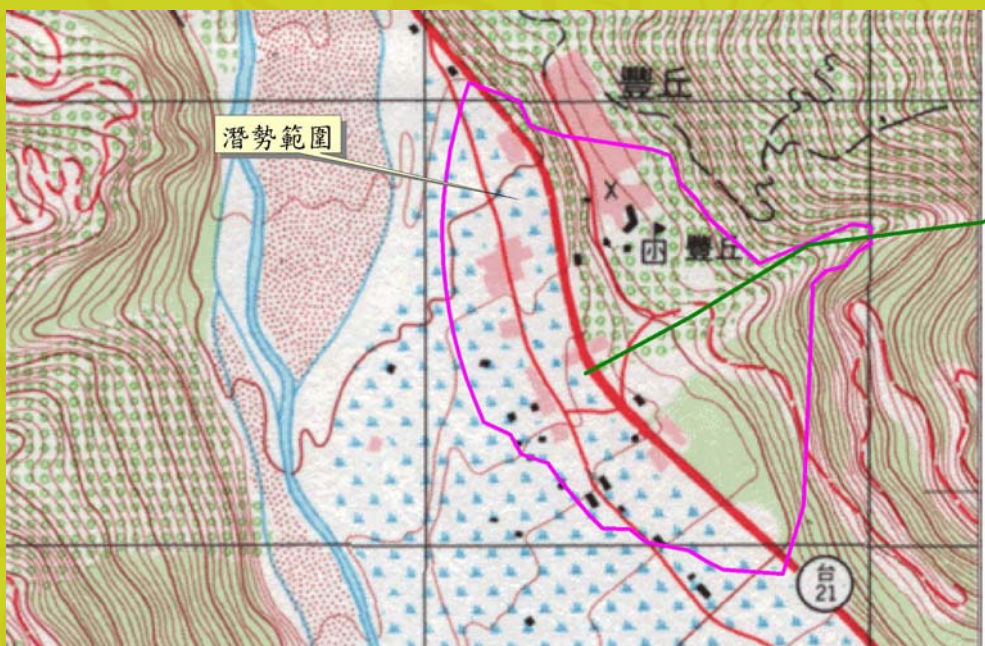


桃芝颱風南投神木村測站時雨量圖

2001年桃芝颱風花蓮光復測站時雨量圖



桃芝颱風花蓮光復測站時雨量圖



豐丘地區土石流潛勢



見晴村後方山坡屬於片岩構成之順向坡，岩體極為破碎，在桃芝颱風夾帶大量雨水侵蝕下，由順向坡表層岩塊滑動而後轉為土石流災害



受到桃芝颱風重創影響，南投縣竹山鎮災情慘重，圖為被土石流肆虐的集山路



桃芝颱風重創中台灣，南投台十六線通往水裏的路基遭到洪水掏空、土石擊破護堤，道路出現超大窟窿，裂縫延伸至分隔島，險象環生

● 災害原因

檢討桃芝颱風侵襲台灣為何會造成南投縣及花蓮縣嚴重災情，可謂眾說紛紜，然而從天然與人文背景資料仍然可以找出發生災害之蛛絲馬跡。

(1) 天災暴雨

首先，桃芝颱風帶來十分集中且強度大的降雨，颱風桃芝颱風暴雨造成光復鄉、鳳林鎮重大災害，因為7月30日凌晨3小時內下了近500公釐的暴雨；而當颱風移入台灣中部山區，在早上6至7時亦產生實降雨量近90公釐之高強度降雨，造成中部山區慘重的土石流災情，桃芝暴風中心於30日上午10時20分從新竹出海後，有近3個小時在台灣海峽呈現近似滯留狀態，使受到陸地破壞的颱風結構得以重新組織發展，整個「眼牆」涵蓋在台灣南投縣、台中縣及苗栗縣山區，連續6個小時暴雨不停，並有連續2個小時出現時降雨量超過85公釐，以致在台灣中部各地引發大小災情，並造成救災不易之窘境，所以災因之一應為天災暴雨。

(2) 921集集大地震後土石鬆動

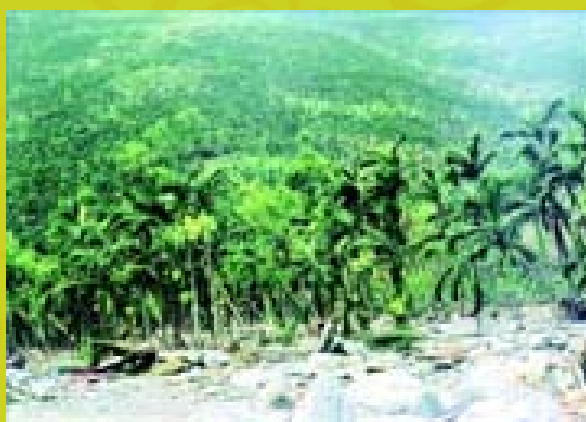
台灣中部山區在921集集大地震後原本就土石鬆動，抵抗坡地崩坍及土石流災害的能力已明顯不足，故造成台灣中部地區大規模的土石流災變，亦為原因之一。根據農委會的統計，桃芝風災後新增的土石流災情達十九處，且全數集中在中部山區，據農委會水保局長吳輝龍表示，921集集大地震後土質鬆動，未來十年內都將年年面對土石流災害。

(3) 水土保持不良

桃芝風災造成南投縣信義鄉土石流災害現場與賀伯颱風現場幾乎如出一轍，對於5年來的任何水土保持與山坡地維護的措施應加以檢討。雖然行政院九二一震災災後重建推動委員會為加速災區崩塌地植生復育，避免水土流失成災，並顧及災民就業機會，已從成立之初即結合各鄉鎮市公所選定諸多崩塌裸坡進行人工植生。但不容諱言，人工植生尚有若干技術瓶頸待克服，如高海拔或坡度較陡峭崩塌地進行植生不易，加上人工植生較曠日廢時，部分裸坡未及植生，桃芝風災除造成原崩塌面積持續擴大外，並產生許許多多新增的崩塌地。另如上游區域未能整治好，所造成洪峰量增加與稽延時間縮小，往往波及下游區域，此次鹿穀鄉下游之竹山鎮東埔蚋溪沿岸就遭受嚴重的土石流與水患。

(4) 植被人為破壞

大量的樹木森林不僅可以保護地表，也有吸收水分，阻止雨水的功能，然而，在觀光產業的提倡及高山經濟作物的栽培下，平地農業資本大量向山地轉移，以高山蔬菜、水果、茶葉為主要作物，大量開墾，終而導致植被無法保護地表，土石隨大雨沖刷而下。以花蓮縣光復鄉為例，近十年來已經成為花蓮檳榔產量最多、最為集中的地方，整片整片的原始山林早已變成整山整山的檳榔園。森林遭砍伐改種保水抗風性差的梧桐、生薑、乃至於現在的檳榔樹之歷史由來已久。或許原先是以造林提出土地利用申請，實際上卻種植高冷蔬菜或檳榔，接著再申請產業道路的開發，如今卻在風災後變成土石流與坡地崩坍的勘災路線。

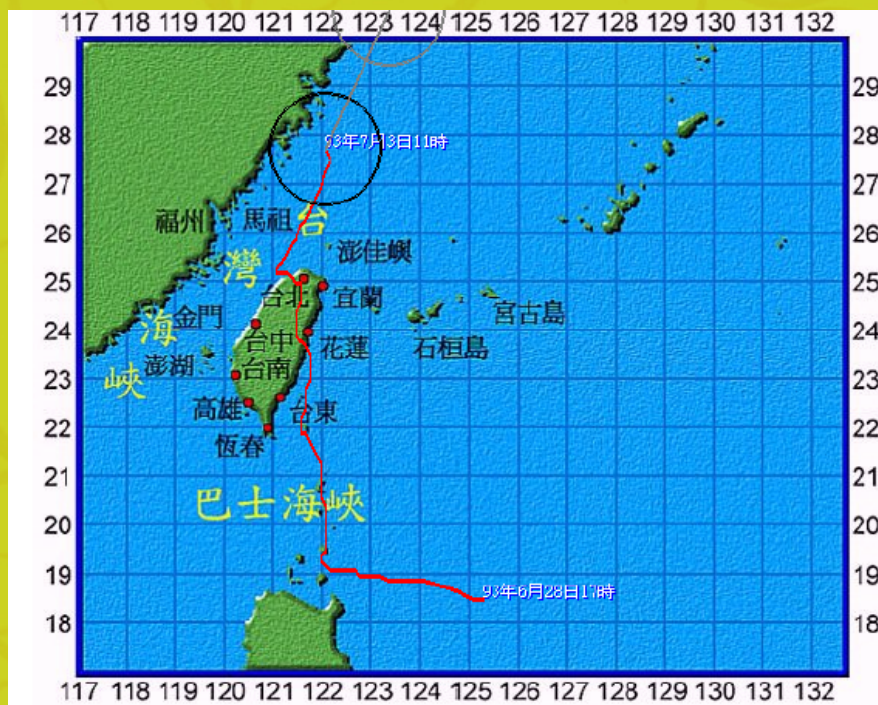


花蓮光復地區檳榔樹林

然而，除了上述初步的災因分析外，針對九二一地震後土質鬆動、種植淺根植物影響坡地穩定、農路(產業道路)開設的影響及土石流源頭治理計畫等對坡地崩坍或土石流災害之影響，應該持續由學理及地理資料庫持續深入探討，如應用台灣地區土石流災害潛勢資料，以及蒐集控制災害區域內各雨量站實測逐時降雨量資料、921 震災與桃芝風災前後之農委會航空相片基本圖電子檔及數值地形資料、桃芝颱風坡地災害調查資料、農委會林務局林班地土石流危險溪流分佈與崩塌地調查資料庫、台灣地區淺根植物種植範圍地理資料庫、台灣地區農路(產業道路)佈置電子圖檔及相關資料，徹底進行災因分析，提供政府單位作為擬定防救災相關措施之參考。

七二水災

由於台灣山坡地面積佔百分之七十以上，除東西兩側之海岸平原外只有少數的盆地，無可避免的會往山區坡地發展，而人類聚落形成之歷程為找尋平坦地耕種。而沖積扇為山區中較為平坦地區，因此常成為村落。往昔災害較少，近年來由於氣候異常，乾旱及暴雨時常發生，加上之前集集地震使中南部地區岩層鬆動，桃芝風災重創中南部已將部分土砂帶下，山崩與土石流處處切割大地，而敏督利颱風所帶來的豪雨，將桃芝風災未完全帶下的部分土砂傾洩而下，造成重大之災害。以下介紹七二水災發生之概況：



敏督利颱風路徑圖

● 災情概況

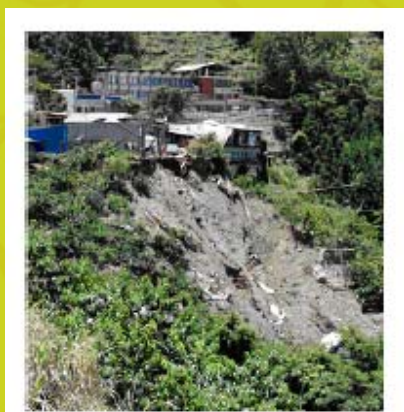
敏督利颱風於民國93年7月1日、2日登陸花蓮地區(颱風路徑如圖8-25)，隨後所引進的西南氣流對台灣中南部帶來極大的降雨，造成河川水位暴漲釀成巨災。經統計降雨量最多的地區分別為高雄縣的2000多公釐、嘉義縣的1700多公釐、台中縣的1600多公釐，與以往重大颱風最大累積降雨量(如表8-2)比較明顯增多，其中大甲河流域可說是此次災情最為慘重的地方。其流域中上游因大規模豪雨挾帶崩積土石材料下移，誘發主流兩岸多處之野溪土石流，造成大甲溪河床土石淤積嚴重，亦使台八線、台八甲線公路多處坍方、松鶴部落遭土石流掩埋及德基、青山、穀關發電廠土石浸淹，損失慘重。

事件	最大降雨強度(mm/hr)	單站最大累積雨量(mm)
85年7月	112.5	1994.0
賀伯颱風	嘉義竹崎鄉奮起湖站	嘉義縣阿里山站
90年7月	146.5	1462.0
桃芝颱風	花蓮縣光復鄉站	南投縣信義神木站
90年9月	142.0	1462.0
納莉颱風	宜蘭縣大同鄉太平山	宜蘭縣大同鄉古魯站
93年6月	166.5	2142.5
敏督利颱風	南投縣國姓鄉九份二山站	高雄縣桃源鄉溪南站

重大颱風雨量統計分析表

● 災害原因

此次災害的主要原因是降雨過於集中、延時過長，以及降雨強度過大所導致的山洪暴發，再加上九二一地震所造成的鬆動土石，雖經人為治理卻仍未達穩定的階段，因此在大雨沖刷之下產生了大量泥漿與植物混合的水流進入河川，而部分河川水流湍急造成跨河橋梁的危損或暴漲速度過快越堤而出，甚至衝垮護岸堤防，造成洪流亂竄，傷及人命財產。除此之外，上游地區過度的開發及道路的興建都是加重此次災害的原因。其災情狀況如下：



大量土石堆積河床，多輛挖土機緊急清除淤積河床的砂石以免二次災



梨山地區上游土地超限利用情形嚴重



敏督利風災帶來豪雨，使大甲溪溪水暴漲，穀關溫泉區靠近河床邊之溫泉旅館遭受水及土砂侵襲



谷關溫泉區近河床之溫泉旅館受土石流侵襲，被埋約一樓高

艾莉颱風

艾莉颱風帶來的豪大雨所造成的災害中以新竹縣五峰鄉桃山村土場部落遭土石掩埋最為社會大眾震驚。以往印象中對於坡地災情直覺為土石災情，因而一到颱風季節，有關土石流之防災避災成為關注的焦點，反而疏於山崩災害之防範，土場山崩災變正是在這種情況下防災之漏網之魚，值得重新審慎思考。

● 災情概況

編號第十七號颱風艾莉於民國93年8月22日晚間增強為中度颱風，艾莉颱風暴風圈向台灣東方海面逼近(見圖8-34艾莉颱風路徑圖)，首當其衝為北部、東北部及東南部海面，更對於北台灣造成嚴重威脅且艾莉的動向受到第十六號颱風佳芭的牽引，結果出現罕見的藤原效應。



艾莉颱風路徑圖

藤原效應又稱雙颱風效應，係指當兩個颱風靠近時，將繞著相連的軸線成環狀相互作反時鐘方向旋轉，旋轉中心的位置，由兩個颱風的相對質量及颱風環流之強度來決定。旋轉時通常較小的一個走得較快，較大的一個走得較慢，有時亦可能合而為一，因日本氣象學家藤原先生最早研究此種雙颱風旋轉現象，故稱此現象為藤原效應(見圖8-35)。

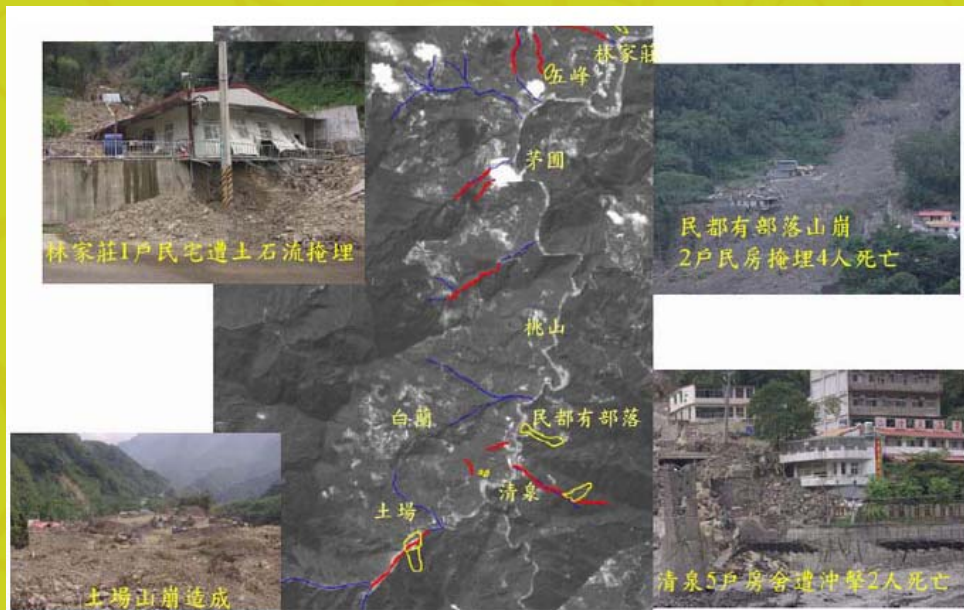


GOES9 紅外線雲圖 8/25 01:00

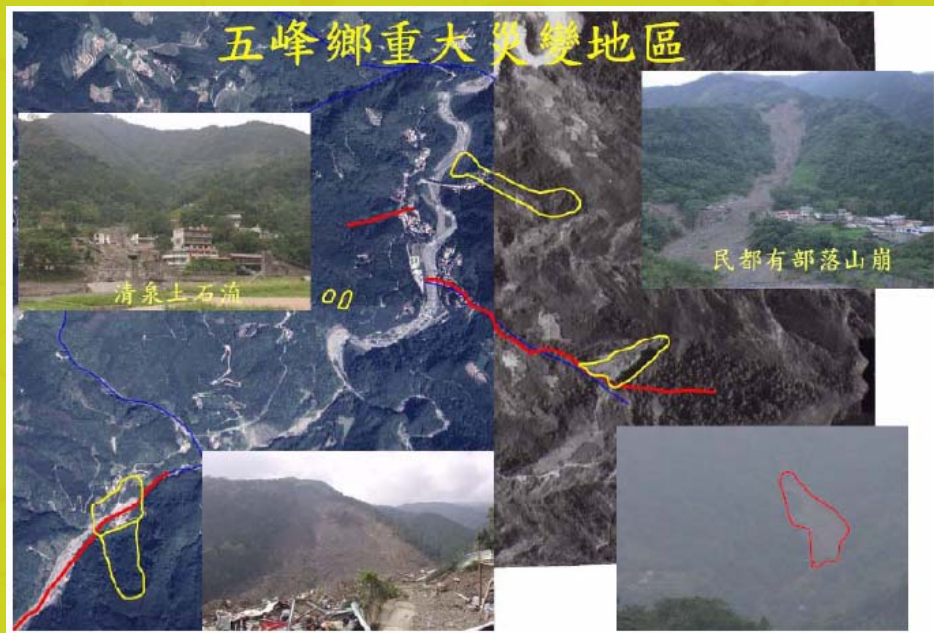
佳芭與艾莉颱風形成的雙颱效應



五峰及尖石兩鄉山區交通中斷情形嚴重



五峰鄉艾莉颱風之土石流災害



五峰鄉重大災變地區(經濟部中央地質調查所)



民都有部落山崩空照立體圖



土場山崩早有跡象



新竹縣尖石鄉、五峰鄉受艾利颶重襲，山區部落遭土石流嚴重掩埋，道路完全中斷，無法與外界聯絡

● 災害原因

艾莉颱風所造成的嚴重生命與財產安全，其原因可分為下列幾點：

(1) 巨大雨量造成土石流，大量表面流匯下蝕，造成坡地材料流失

這次颱風雨量是100年來最大的雨量，日降雨量大約600毫米，就是100年來難得一見的，可是這次降了1200毫米的雨量，一年才2600毫米的雨量，等於說一個晚上就把半年的雨量灌下去了，山區承受不了這麼大的雨量，較鬆動的土質就造成土石流了。同時，大量表面流匯下蝕，造成坡地材料流失。

(2) 洪水氾濫，河岸侵蝕造成河岸邊坡材料流失

這次艾莉颱風巨大雨量，在各山溝匯集成河，流向較低窪的河面，造成河水暴漲，洪水氾濫成災，造成災情。同時河水侵蝕河岸，造成河岸邊坡材料流失。

(3) 山崩災變

由於以往各界對於坡地災情之報導都以土石流統稱，因而一到颱風季節，有關土石流之防災避災成為各界關注的焦點，反而疏於山崩災害之防範，土場山崩災變正是這種情況下防災之漏網之魚。

經濟部中央地質調查所於日前派員現勘清泉、土場部落，發現由於上坪溪上游山高谷深，居民大多居住於山溝野溪之穀口沖積扇，如清泉部落；或居住於舊崩塌地之崩積層上，如土場部落及民都有部落，因此一遇地震豪雨即不斷重複發生山崩土石流事件。

根據經濟部中央地質調查所以往之山崩調查成果顯示，土場部落8月26日之山崩災害即為舊崩塌地之再活動所造成之深層岩體滑動，本次崩塌形成一長約430公尺、底寬約200公尺、深約20至30公尺之大崩塌地，崩落土方約一百萬立方公尺，而滑動面上仍殘留大量土石，目前於搶救災階段應嚴防不穩定之土石崩落造成二次災害。

(4) 大氣變動

由於台灣地區地殼運動激烈、地形陡峭、地質構造複雜、岩層破碎，加上地震活動頻繁、侵蝕與風化作用盛行，每遇颱風或豪雨，往往形成嚴重的山崩、土石流等坡地地質災害。而這些地質災害時刻在進行，也不是人類所能控制。