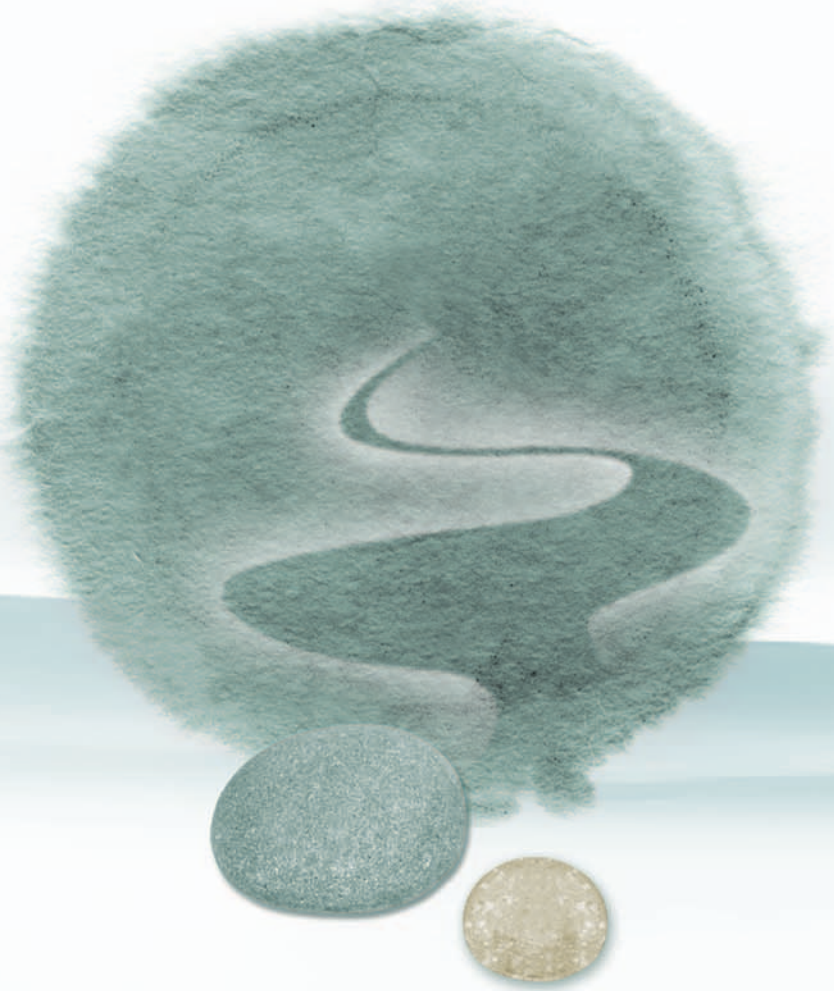
SWCB-97-101

土石流

防災歷年成果專輯

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION



行政院農業委員會
水土保持局 編印
中華民國九十七年十二月

土石流防災歷年成果專輯

目錄 CONTENTS

壹、土石流概述……1

一、土石流……2

二、歷年重大土石流災害……5

三、土石流潛勢溪流……11

貳、土石流防災體系……15

一、土石流防災相關法令架構……16

二、土石流災害防救業務計畫……17

三、土石流防災相關作業程序……19

四、土石流防災應變組織……24

參、土石流防災措施……27

一、土石流防災宣導……28

二、土石流防災演練……41

三、土石流易致災因子調查……47

四、強化地方自主防災能力……51

五、防災整備督導機制……61

肆、土石流應變作為……69

一、土石流災害緊急應變小組……70

二、土石流警戒發布機制……76

三、土石流災情監控……79

四、土石流災害緊急處理……83

伍、土石流災後復建……85

一、復原重建原則……86

二、重大災區復原重建實錄……88

三、防災科技研發與創新……106

陸、土石流防災成果……127

一、歷年經費與防災成效……128

二、結語與展望……130

序

台灣地理環境特殊，地形陡峻、地質脆弱、河短流急、地震及颱風豪雨頻仍，使土石流、崩塌、地滑等天然土砂災害頻傳。特別在民國 88 年 921 大地震造成中部山區嚴重的山崩及地滑災害之後，每逢颱風豪雨期間土石流發生之頻率與規模皆較往年大幅提高；89 年碧利斯及象神颱風、90 年桃芝及納莉颱風、93 年七二水災及艾利颱風等皆造成國內多處山區爆發嚴重土石流災害，危害當地居民、遊客生命財產安全，也阻斷了對外的交通聯繫，由此可見土石流防災工作之重要性與急迫性。

本成果專輯記載了本局歷年土石流防災重點工作，包含土石流災前整備、災中應變、災後復建及各項土石流防災新科技之應用與創新；此外，專輯中亦彙整了土石流防災疏散避難規劃、演練、防災教育宣導、自主防災社區推動及土石流防災專員培訓等推展成果，讓國人瞭解歷年來政府於土石流防災工作上所付出的心力與成效。

面對著美麗而又脆弱的自然環境，我們必須更加謙虛與努力，藉著成果專輯編印的機會，記錄本局歷年來在土石流防災工作上的付出與努力，翻閱紀錄檢討策勵之餘，也在爲明天的工作蓄積更充足的能量，迎向新的挑戰與衝刺。最後，期望本刊能發揮拋磚引玉的功效，促進產官學積極合作投入土石流防災的工作，讓這片土地青山常在、綠水長流。

行政院農業委員會水土保持局

局長

吳輝龍 謹識

中華民國九十七年十二月

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION

第壹章

土石流概述

壹 土石流概述

一、土石流

(一) 土石流的定義

- 土石流係指泥、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。
- 在台灣，土石流大多於颱風豪雨期間發生在山坡地或山谷之中，其外型與一般常見之混凝土砂漿極爲相似，因此又被喻成『天然預拌混凝土』。
- 土石流爲土壤沖蝕之一種特殊形態，常伴隨崩塌或地滑等沖蝕形態同時或延後出現。

(二) 土石流的型態

- 泥流型(mud flow)：泥沙爲主，運動方式以泥水本身的流動爲主，而砂石則懸浮於其中，流速約爲2～20m/s。

泥流型土石流

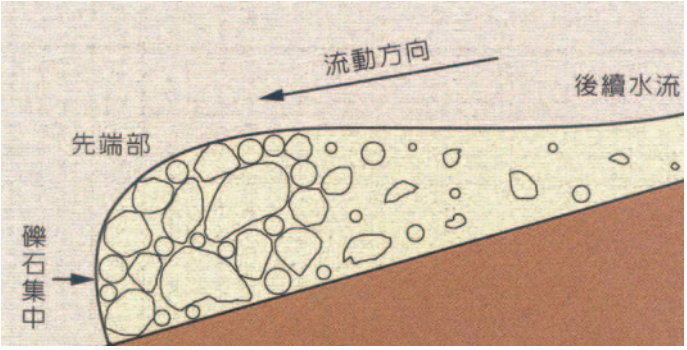
- 礫石型(granular flow)：礫石爲主，運動方式以碰撞和滾動爲主，而泥水只扮演潤滑的角色，流速約在3～10m/s之間。

礫石型土石流

(三) 土石流的特徵

- 流速快、泥砂濃度高、沖蝕力強、衝擊力大。
- 土石流表面之流速明顯的高於其平均流速，顯示土石流具有表面快而底面慢之流速分佈特性。
- 土石流之流動速度受其所含有之土石的粒徑、濃度及溪谷坡度所影響。礫石型之土石流其流速約在 3～10m/s，而泥流型之土石流則約爲 2～20m/s。

- 土石流之流速受其所含有之土石粒徑、濃度及溪谷坡度影響。礫石型之土石流其流速約在 3～10m/s，而泥流型之土石流則約爲 2～20m/s。
- 前端隆起且巨礫集中、流量大，後續水流多爲泥流或土石流。
- 大石在上、小石在下
- 土石流常於溪谷出口等坡度緩、寬度大之地點形成扇狀堆積地。



土石流運動特徵

土石流形成之扇狀堆積地—台中縣和平鄉松鶴部落台中 003、台中 004（93.08.25 艾利颱風）

南投縣水里鄉二廓坑溪及三廓坑溪扇狀地（90.7.30 桃芝颱風）

(四) 土石流發生原因

土石流發生原因主要與集水區內崩積物厚度、地質、地形及水文特性等因子有關，簡言之，形成土石流之基本要件有三個：

- 豐富的堆積物：鬆散土砂提供形成土石流所需的固態物質。
- 充足之水份：充足之水份降低土石流內固態物質的摩擦力，促使固態物質易於流動。
- 足夠的坡度：足夠大之坡度供給土石流流動之動力，使土石流克服摩擦力後繼續向低處流動。

(五) 發生徵兆

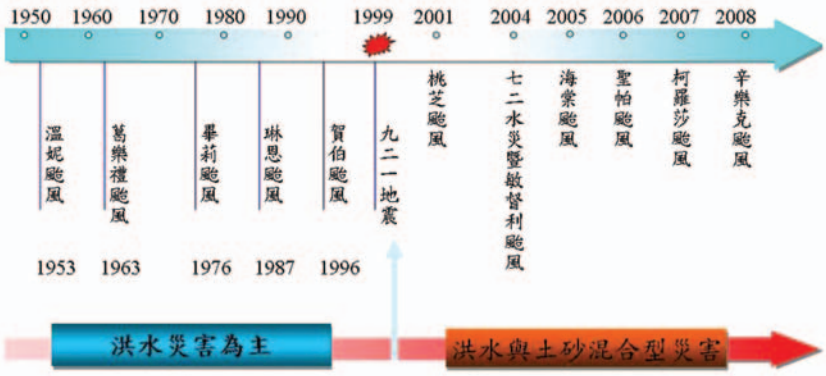
當土石流構成之雨量多、土石多及坡度多等「三多」條件一成立，土石流便可能發生。

土石流發生前徵兆

徵兆發生時間				徵　　兆	原　　因
🟠	🟠	🟠	🟠	1.附近有山崩或土石流發生	因其他的坡地斜面或許也不安定
🟡	🟡	🟡	🟡	2.野溪流量突然增加	因上游降下豪雨
🟠	🟠	🟠	🟠	3.有異常的山鳴	因上游地帶有大量土石滑落
	🟠	🟠	🟠	4.泉水停止	因斜面變形、水路閉塞
	🟡	🟡	🟡	5.溪水中帶有流木	因發生山崩或溪岸沖蝕
	🟠	🟠	🟠	6.溪水異常混濁	因發生山崩或溪岸沖蝕
	🟡	🟡	🟡	7.溪流中有石頭摩擦的聲音	因溪流流量增大
	🟠	🟠	🟠	8.有怪臭味	因上游發生山崩，腐植層發出之臭味
	🟠	🟠	🟠	9.動物有異常行爲	因發生人無法感受到的異常事情
	🟠	🟠	🟠	10.溪水流量急遽減少	因上游之野溪閉塞
			🔴	11.有樹木裂開之聲音	因上游已發生土石流
			🔴	12.溪流中有石頭摩擦聲音	因土石流發生
			🔴	13.有「Go」聲音	因土石流發生
			🔴	14.見到像雷光的閃電	因土石流發生
幾小時前	一小時前	幾分鐘前	發生土石流	標示符號： 必定發生 🔴 發生可能性高 🟠 有發生可能 🟡	

二、歷年重大土石流災害

台灣於 921 地震前颱風豪雨災情多以洪水災害爲主，921 地震後，由於地層鬆動，每逢颱風豪雨，極易造成洪水與土砂混合型災害。台灣歷年重大颱風豪雨災情如下。



台灣歷年重大颱風豪雨災情

重大颱風及土石流災情

時　間	災　害　名　稱	颱風總災情			土石流災害		
		死亡	失蹤	受傷	死亡	失蹤	受傷
90.07.30	桃芝颱風(TORAJI)	111	103	188	55	93	33
90.09.17	納莉颱風(NARI)	94	10	265	4	0	0
93.07.02	敏督利颱風(MINDULLE)	29	12	16	6	0	3
93.08.23	艾利颱風(AERE)	14	15	395	4	2	1
94.07.17	海棠颱風(HAITANG)	13	2	31	0	0	0
96.08.18	聖帕颱風(SEPAT)	0	1	28	0	0	0
96.10.06	柯羅莎颱風(KROSA)	9	2	57	0	0	0
97.07.16	卡玫基颱風(KALMAEGI)	20	6	8	0	0	0
97.09.14	辛樂克颱風(SINLAKU)	14	7	20	0	0	0

90 年桃芝颱風

◪南投縣信義鄉神木村土石流災害

土石流沖毀霍薩溪橋，10 鄰及 11 鄰居民對外交通中斷。

民宅遭土石流掩埋

◪南投縣水里鄉上安村及郡坑村土石流災害

郡坑村二廊坑溪上游崩塌，房屋全倒 14 棟、半倒 7 棟、1 人失蹤、農田流失 60 公頃。

上安村三廊坑溪土石流災情，16 人死亡、1 人失蹤、田園流失 80 餘甲、房屋全倒 26 户、半倒 29 户、公共工程皆損毀、財損超過 80 餘户。

93 年敏督利颱風（七二水災）

◪台中縣和平鄉博愛村松鶴部落土石流及崩塌災害

1 人死亡、1 人受傷、68 棟房屋毀損

93 年艾利颱風

◪新竹縣五峰鄉桃山村土石流及崩塌災害

4 人死亡、2 人失蹤、1 人受傷、5 戶遭沖毀。唯一對外聯絡道路縣 122（南清公路）多處坍塌或路基流失而中斷，民生用水、電信與用電亦中斷數日。

桃山國小旁土石流災害

土場部落崩塌災害（9 死 13 失蹤）

96 年聖帕颱風

◪高雄縣六龜鄉寶來村

寶來一橋旁野溪土石流沖積扇擠壓荖濃溪主河道，造成新寶來溫泉渡假村 12 棟渡假小木屋遭洪水沖毀流失；兩棟建物(迎賓樓及茶藝館)部分地基流失。河道左側護岸遭洪水沖毀流失約 300 公尺。

96 年柯羅莎颱風

◪新竹縣尖石鄉錦屏村崩塌災害

錦屏溪支流與錦屏溪交界處錦屏美人湯屋之露天風呂及員工宿舍遭受土石沖毀。錦屏溪支流土石溢流河道，淤埋竹 61 線約 120 公尺，1 人死亡，1 棟房舍受損。

97 年卡玫基颱風

◪高雄縣六龜鄉中興村土石流災害

房屋受損 9 棟、道路毀損 200 公尺。

◪台南縣楠西鄉灣丘村土石流災害

3 戶民宅遭溢流河道之土石泥流侵入、溪流橋孔遭土石淤埋、道路毀損 20 公尺。

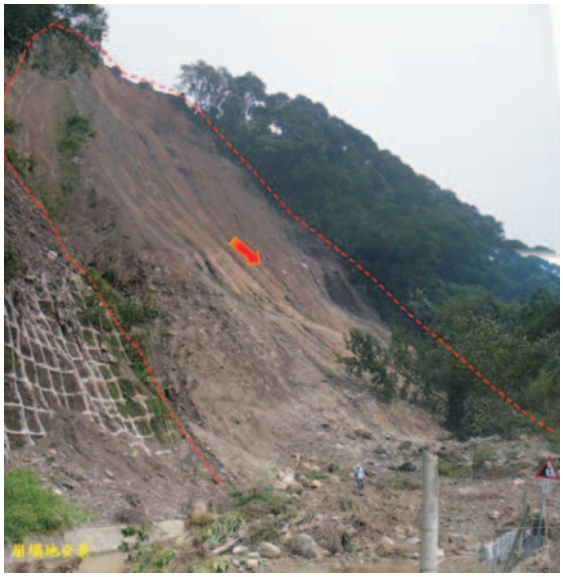
97 年辛樂克颱風

◪南投縣仁愛鄉南豐村土石流災害

土石流潛勢溪南投 004 於 9 月 15 日上午爆發土石流，土石侵入下游多處建物，並造成台 14 線交通中斷、房屋受損 4 棟、道路毀損約 150 公尺。

◪南投縣信義鄉豐丘明隧道旁崩塌災害

台 21 線豐丘明隧道南端 91k+600 處發生邊坡崩塌，近 5 萬立方公尺土石崩滑，掩埋該處台 21 線通行之人員及車輛共 6 輛小客車、2 輛機車及 2 台工程車遭土石掩埋、7 人死亡、7 人受傷。



三、土石流潛勢溪流

(一) 土石流潛勢溪流定義：

土石流潛勢溪流係指依據現地土石流發生之自然條件，配合其影響範圍內是否有保全對象等因素，綜合評估後，研判有可能發生土石流災害之溪流。

(二) 土石流潛勢溪流型態：

1. 溪流型土石流：
   - 有明顯溪谷地形
   - 土石流流路較長，集水區面積較大
   - 堆積物前端之礫石呈規則性的排列

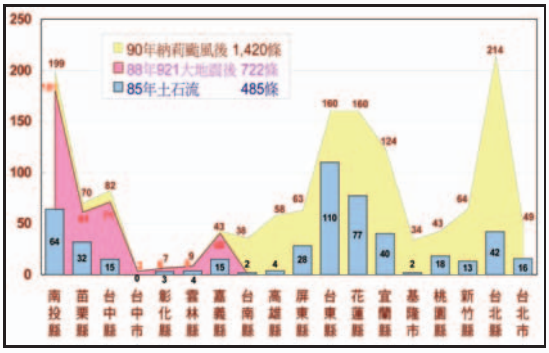
溪流型土石流

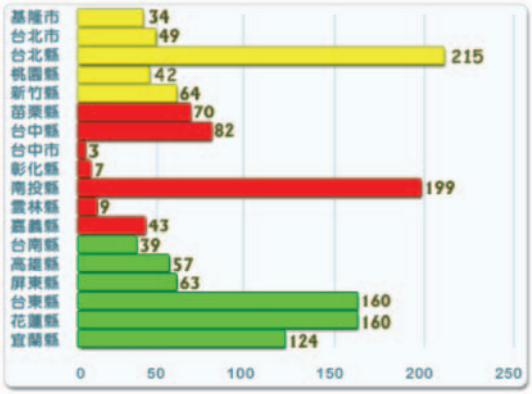
2. 坡面型土石流：
   - 無明顯溪谷地形
   - 土石流流路短、坡度大
   - 土石多爲一次性搬運，稜角均較明顯

坡面型土石流

(三) 土石流潛勢溪流調查沿革：

- 81 至 85 年度：農委會完成第一次調查，共計 485 條土石流潛勢溪流。
- 88 年九二一震災後，水土保持局針對九二一重建區重新調查，其中重建區土石流潛勢溪流增爲 370 條，經與第一次調查資料彙整，共計 722 條土石流潛勢溪流。
- 90 至 91 年度：因桃芝及納莉颱風造成地文條件改變，水土保持局進行重新調查，並於 91 年 3 月份完成，共計 1420 條土石流潛勢溪流。
- 97 年度：因考量近年來環境迭有變遷，部分如村里等行政區已有多處調整，故調整土石流潛勢溪流相關資料，以適時反應目前防災應變需求。台北縣土石流潛勢溪流由 214 條新增爲 215 條，桃園縣由 43 條降爲 42 條土石流潛勢溪流，全國土石流潛勢溪流總數仍爲 1420 條。





各縣市土石流潛勢溪流數量變遷

(四) 土石流潛勢溪流優先處理順序等級評估

經判定爲土石流潛勢溪流後，需進行優先處理順序等級判釋，以利土石流災害主管單位進行管理。自 92 年起其優先處理順序分級原則以「自然環境潛在因子」及「保全對象危害度因子」兩部分分別考量：

1. 自然環境潛在因子選定：

根據土石流發生之三大條件：足夠堆積物、水及坡度，挑選五個影響土石流發生之條件做爲評分因子，分別爲崩塌規模、地形因子、材料破碎情形、地質因子以及植生因子，並考慮各個因子與溪流發生潛勢之顯著影響關係加以配分，最高得分爲 100 分。

自然環境潛在因子配分表

因子	分類	評分
崩塌規模（30）	明顯大面積崩塌	30
	小規模崩塌	15
	無明顯崩塌	5
地形因子（30）	上游區坡度大於 50°	30
	上游區坡度介於 30°～50°	15
	上游區坡度小於 30°	5
材料破碎情形（20）	平均粒徑大於 12"	20
	平均粒徑介於 12"～3"	13
	平均粒徑小於 3"	5
	無明顯堆積材料	0
地質因子（10）	第一類（A、D、F 地質區）	10
	第二類（C、E 地質區）	6
	第三類（B、G 地質區）	3
植生因子（10）	裸岩、落石堆積	10
	植被稀疏	6
	植被中等稀疏	3
	植被密集	1
最高評分合計		100

2.保全對象危害度因子

保全對象共選定兩個主要因素，分別爲對建築物之危害及對交通設施之危害。在建築物部分因公共建築一般使用人數較多，故評分等級最高，另外保全户數越多，評分也越高；交通方面則以橋樑受損對交通之危害較高，故給予較高分數。而經歷 921 地震及桃芝颱風災害後，已有不少土石流潛勢溪流進行整治設施工程，故於現地調查時加入現地整治設施成效評估，若整治設施成效良好，則可降低土石流潛勢溪流對保全對象之危害。

保全對象危害度因子配分表

因　子	分　　類	評分
建築物（50）	公共建築（學校、醫院及民眾聚集場所等）	50
	15 户民宅以上	50
	5 户至 15 户間之民宅	40
	5 户以下	20
	無住户	0
交通設施（20）	橋樑	20
	道路	5
	無	0
現地整治成效（30）	待改進或無整治設施	30
	尚可	20
	良好或不需整治	5
最高評分合計		100

土石流之優先處理順序等級評估模式，最高得分爲 100 分，其優先處理順序評分＝(自然環境潛在因子 × 50 %)＋(保全對象危害度因子 × 50 %)，得分 40 分以下爲低優先處理順序等級，40～60 分爲中優先處理順序等級，60 分以上爲高優先處理順序等級。

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION

第貳章

土石流防災體系

貳 土石流防災體系

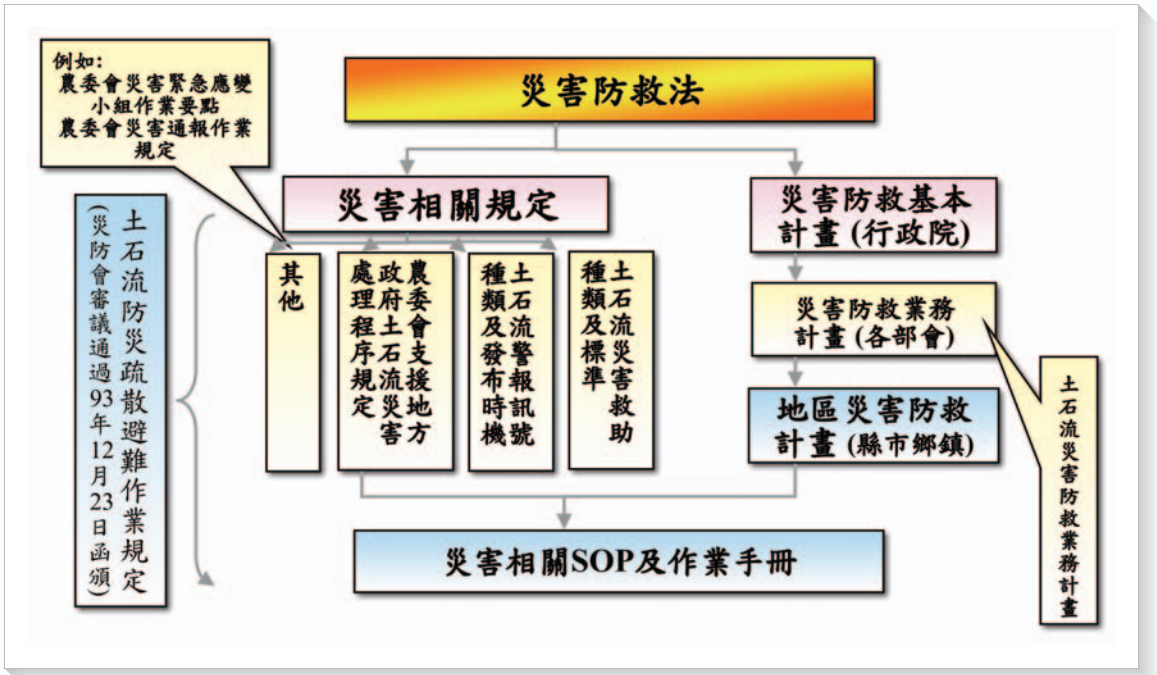
一、土石流防災相關法令架構

台灣天然災害頻仍，88 年 9 月 21 日發生大地震之後，國內立法與行政當局迅速通過災害防救法，作爲因應各種災害之基本法。

災害防救法於民國 89 年 7 月 19 日總統華總一義字第 8900178710 號令公布施行，其立法宗旨爲健全災害防救體制，強化災害防救功能，以確保人民生命、身體、財產之安全及國土之保全。

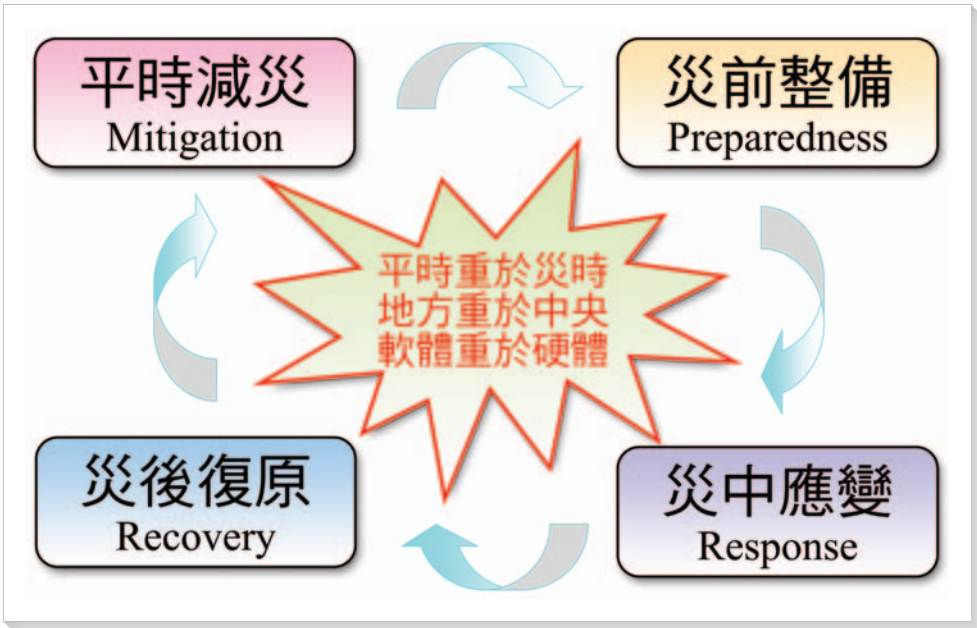
依據災害防救法第三條規定，行政院農業委員會爲土石流災害之中央災害防救業務主管機關，負責指揮、督導、協調各級災害防救相關行政機關及公共事業機關(構)執行各項土石流災害預防、緊急應變措施及災後復原重建等工作。

農委會依據災害防救法第十九條第二項規定，參照災害防救基本計畫相關內容，擬訂土石流災害防救業務計畫，作爲推動國內土石流災害防救工作之藍圖。



防災相關法令及計畫之位階

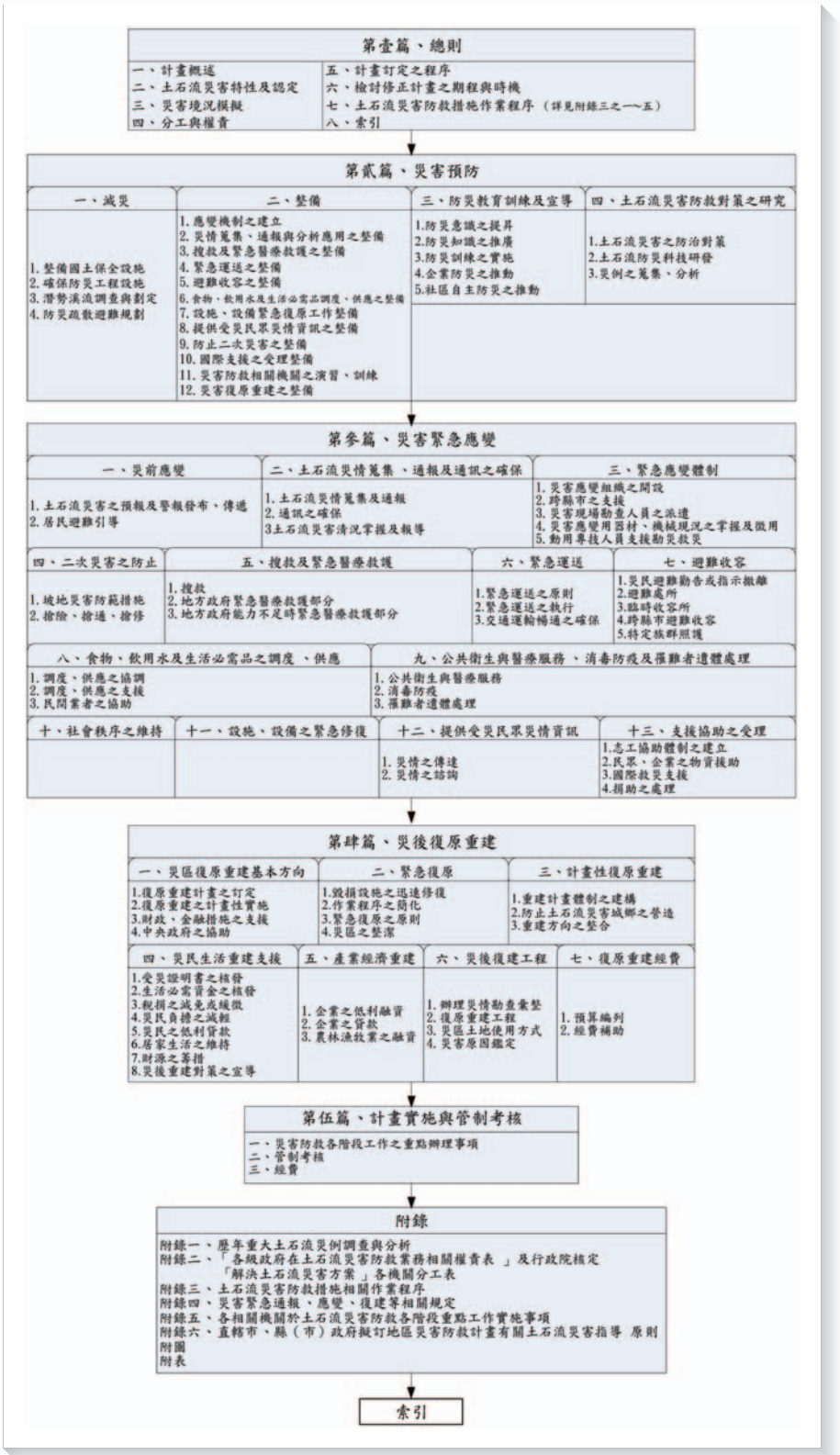
台灣在土石流災害管理中，其機制主要包括平時減災、災前整備、災中應變及災後復原。



土石流災害管理機制

二、土石流災害防救業務計畫

土石流災害防救業務計畫之擬定，目的在健全土石流防災體系，強化土石流災害預防相關措施，有效執行土石流災害搶救及復原重建，並加強土石流災害防救訓練及宣導，以提昇政府及民眾對土石流災害防救應變能力，減輕土石流災害損失，並作爲地區災害防救計畫之擬定依據，以達到保護國土及保障全民生命財產安全之目的。其架構參照行政院災害防救基本計畫，共由五篇構成。



土石流災害防救業務計畫架構圖

三、土石流防災相關作業程序

(一) 土石流防災疏散避難作業程序

1. 依據

土石流防災疏散避難作業程序係依據土石流災害防救業務計畫第貳篇第一章第四節與「土石流防災疏散避難作業規定」訂定之。

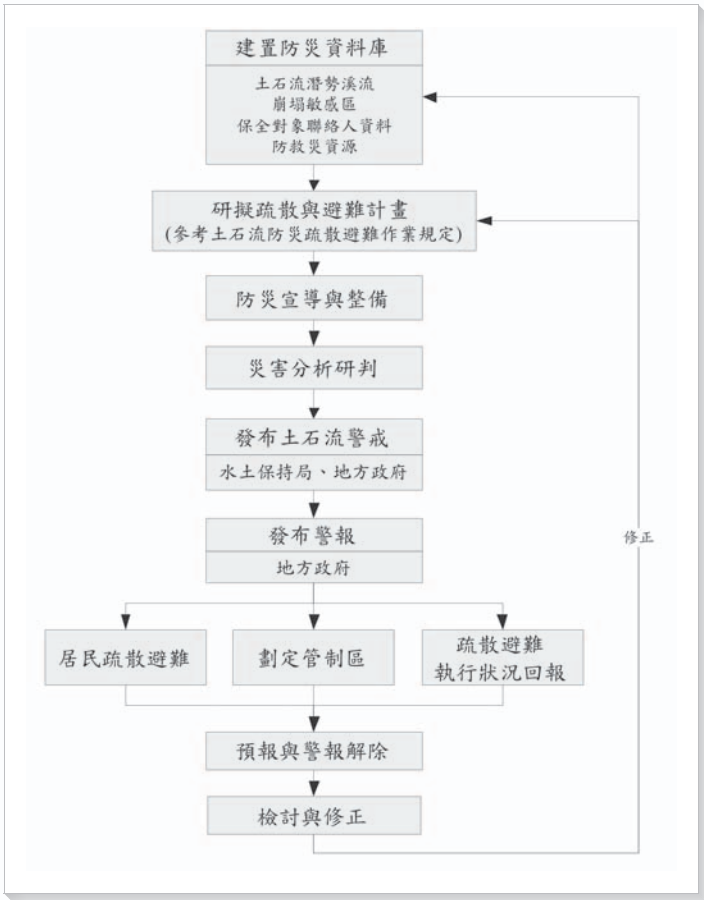
2. 目的

(1)提供各防救災單位於土石流災害已發生或有發生之虞時，可順利疏散居民，引導居民至安全避難處所，強化應變處理之能力。

(2)提昇民眾平時之準備及災害來臨時之應變能力，降低災害對生命、財產的威脅性，進而建全地區防救災體系，建立由下而上的災害預防觀念和避災對策。

3. 實施流程

實施流程在於爲提供各防救災單位於土石流災害已發生或有發生之虞時，可順利疏散居民、引導居民至安全避難處所、強化應變處理之能力。



土石流防災疏散避難實施流程

(二) 土石流災情蒐集與通報作業程序

1. 依據

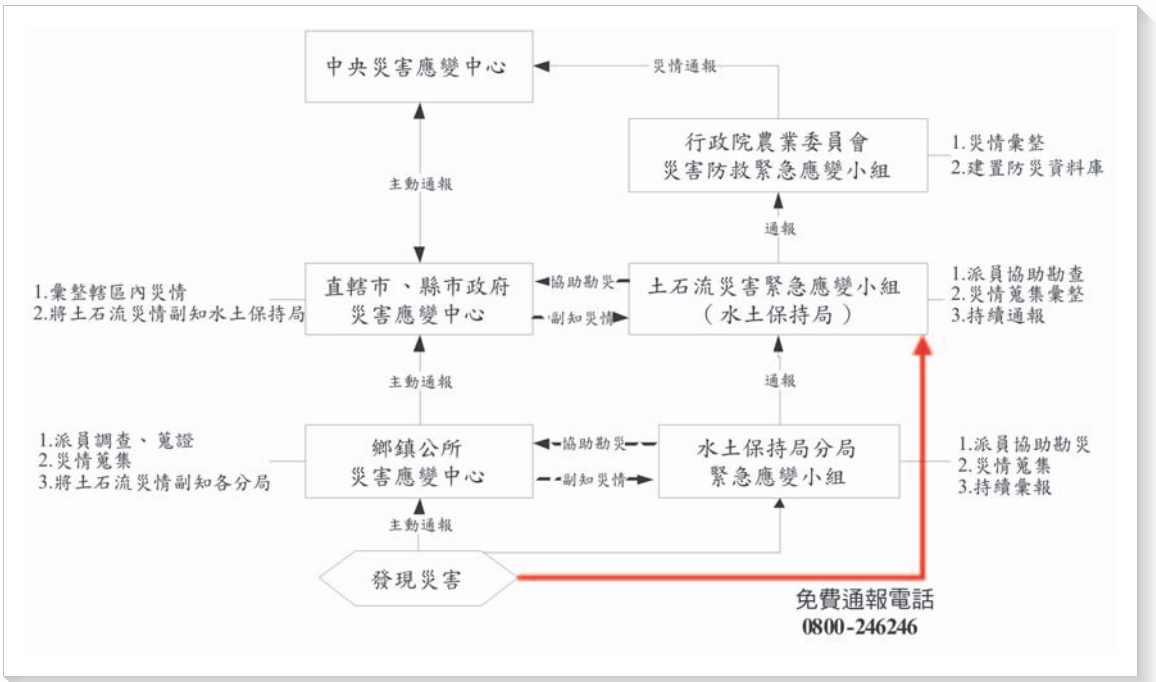
土石流災情蒐集與通報作業程序係依據土石流災害防救業務計畫第貳篇第二章第二節訂定之。

2. 目的

建構完善之通報系統與健全之緊急應變體系，迅速掌握災害狀況、即時通報傳遞災情；以期災時能迅速確實蒐集相關資訊及聯繫各方單位以取得協助，綜合運用各項防災資源與資訊，並作爲災時分析與擬訂緊急應變措施之依據。

3. 實施流程

實施流程在於土石流災害已發生或有發生之虞時，提供各防救災單位能確實蒐集相關災情並迅速通報上級及其他平行單位。



土石流災情蒐集與通報實施流程

(三) 土石流防災教育暨宣導實施要領

1. 依據：

土石流防災教育暨宣導實施要領係依據土石流災害防救業務計畫第貳篇第三章第一節訂定之。

2. 目的：

防災教育與宣導是防災整備工作的第一步，其主要目標爲：

(1)灌輸民眾正確觀念：先安置其身，再安定其生活、繼而安撫其心。

(2)提昇防災意識、建立正確災害風險之觀念：教導民眾認識災害、建立正確的風險觀念，藉此提高居民與學童之危機意識。

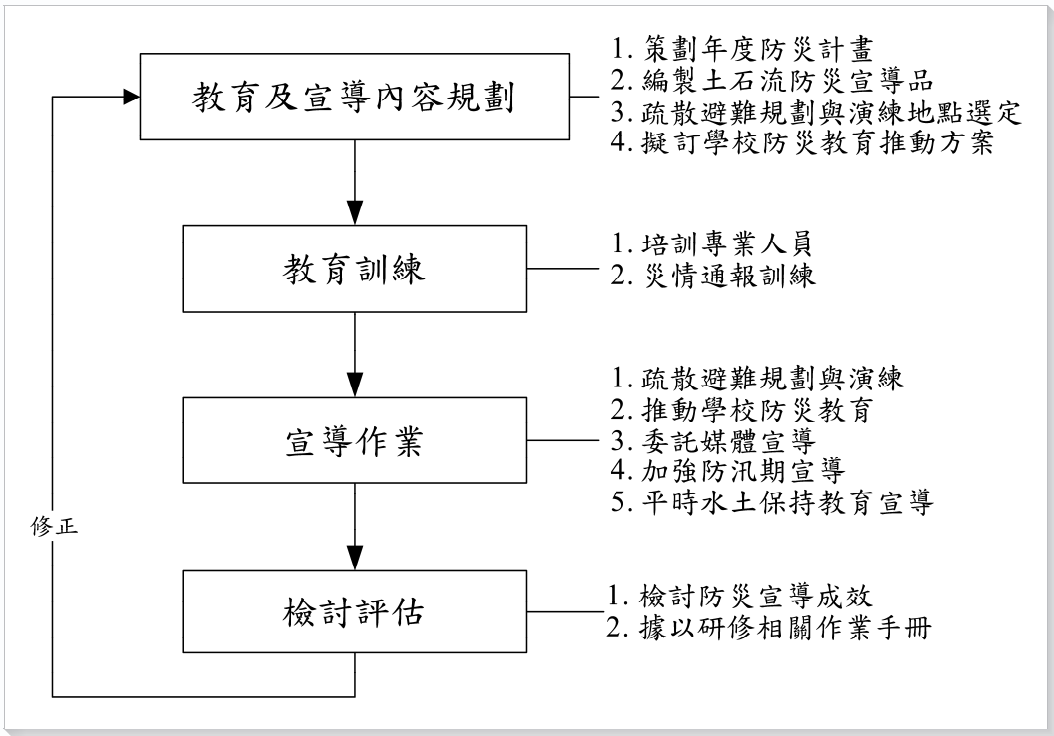
(3)訓練居民自救與救人、提昇緊急應變能力。

(4)加強災害防救業務人員災情通報能力，提升災情傳遞效率與準確性。

(5)培育基層防災人員與種子教師，協助防災教育宣導工作之推動。

3. 實施流程

實施流程在於提供各防救災單位於平時之防災教育與宣導工作有所依循。



土石流防災教育暨宣導實施流程

(四) 土石流災害預報與警報作業程序

1. 依據

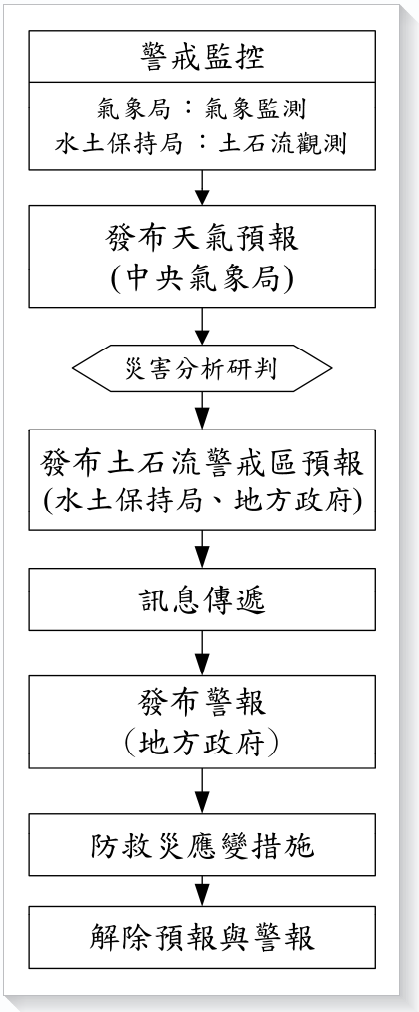
土石流災害預報與警報作業程序，係依據土石流災害防救業務計畫第參篇第一章第一節，與「土石流防災疏散避難作業規定」訂定之。

2. 目的

掌握土石流發生之資訊與徵兆，研判災害發生之可能性，並藉由預報之發布讓民眾提高警覺，必要時則發布土石流警戒疏散土石流潛勢溪流附近之民眾，以達到避災之效果。

3. 實施流程

實施流程係於土石流災害已發生或有發生之虞時，提供各防救災單位順利發布預報與警報。



土石流災害預報與警報實施流程

(五) 防止土石流二次災害暨復原重建作業程序

1. 依據

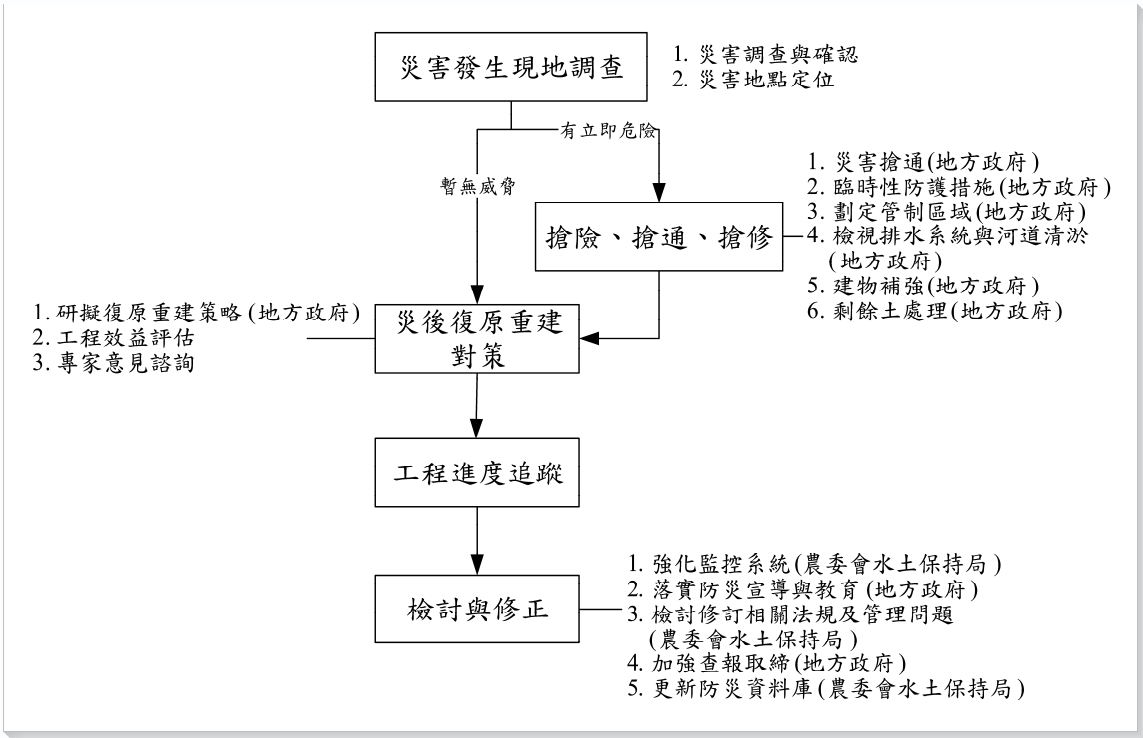
防止土石流二次災害暨原重建作業程序係依據土石流災害防救業務計畫第參篇第四章及第肆篇第六章第二節訂定之。

2. 目的

地震、颱風、洪水災害過後，鬆散的地質結構、大量的雨水，常是引發土石流災害之關鍵，對此二次災害之防範應特別重視。因土石流災害常挾帶大量的砂石，強大的破壞力更造成中、下游民眾的威脅；除了平時應規劃完善的防救災工作外，對於災後可能發生的二次災害更要加以防範，災後應特別加強山坡地與河川之勘查治理。

3. 實施流程

實施流程在於防範土石流二次災害發生及加強山坡地管理。



防止土石流二次災害暨復原重建實施流程

四、土石流防災應變組織

依據「行政院農業委員會災害緊急應變小組作業要點」，水土保持局爲執行土石流災害防救應變措施，成立土石流災害緊急應變小組（以下簡稱應變小組）。

(一) 應變小組組成

1. 指揮官

指揮官一人，由局長兼任，綜理應變小組災害應變事宜。

2. 副指揮官

副指揮官四人，由副局長二人、主任秘書及總工程司兼任，除進駐中央災害應變中心外，並襄助指揮官處理應變小組災害應變事宜。

3. 執行長

執行長一人，由土石流防災中心主任兼任，襄助指揮官及副指揮官綜理應變小組災害應變事宜。

4. 輪值主管

輪值主管一人，由水土保持局相關業務組科長兼任，並由各業務組組長指派業務嫻熟人員進駐，處理各項緊急應變事宜。

5. 業務分工

- 土石流防災中心：辦理應變小組之幕僚作業，支援分析研判及發布土石流警戒區。
- 監測管理組：支援分析研判及發布土石流警戒區。
- 保育治理組：支援應變小組應變作業，辦理主管之災害現勘與緊急處理。
- 農村建設組：支援應變小組應變作業，辦理主管之災害現勘與緊急處理。
- 綜合企劃組：支援應變小組應變作業。
- 秘書室：辦理應變小組行政支援事宜。
- 水土保持局所屬各分局：成立分局緊急應變小組，辦理災情通報、現勘與緊急處理核定。

(二) 成立時機

1. 三級開設

- 開設時機

氣象局發布豪雨特報或海上颱風警報後，經土石流防災中心

（以下簡稱防災中心）研判有開設必要時。

- 預估影響範圍內之水土保持局所屬分局，必要時應配合三級開設，成立該分局土石流災害緊急應變小組。

2. 二級開設
   - 開設時機
     (1)氣象局發布海上颱風警報，經防災中心研判有開設必要時。
     (2)已發布土石流紅色警戒區，或配合中央災害應變中心同步二級開設。
   - 預估影響範圍內之水土保持局所屬各分局，應配合二級開設，成立分局緊急應變小組。
   - 爲因應或預見重大災情，必要時應變小組得提昇爲一級開設。
3. 一級開設
   - 開設時機：氣象局發布海上陸上颱風警報後，或配合中央災害應變中心一級開設。
   - 預估影響範圍內之水土保持局所屬各分局，應配合一級開設，成立分局緊急應變小組。

(三) 作業程序

1. 應變小組成立後，防災中心應通知相關人員進駐，並通知水土保持局所屬分局成立分局緊急應變小組，展開各項緊急應變措施。
2. 應變小組進駐人員，應接受應變小組輪值主管之指揮、協調及整合。
3. 應變小組開設後，指揮官得視狀況召集水土保持局相關單位召開防救災會報，瞭解緊急應變處置情形及有關災情，並指示相關應變措施。
4. 災害發生或有發生之虞時，各進駐人員應掌握緊急應變處置情形及相關災情，隨時向執行長或輪值主管報告處理狀況。
5. 進駐人員應詳實記錄應變小組成立期間相關處理措施，送防災中心彙辦。
6. 各項災後復原重建措施，由各單位依權責繼續辦理。

(四) 降低開設等級及撤除時機

氣象局解除海上陸上颱風警報或豪雨特報後，得由執行長或輪值主管請示指揮官後降低開設等級或撤除應變小組。

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION

第參章

土石流防災措施

參 土石流防災措施

一、土石流防災宣導

爲易於推動土石流防災宣導，水土保持局將土石流防災知識從文字敘述轉化爲圖片、影片等多媒體之方式展現，並結合國立自然科學博物館之科學教育資源及土石流防災行動宣導車、輔導員、教具等，將土石流防災與應變知識傳播至各地。

(一) 村里社區宣導

1. 聚落宣導

- 圖說宣導：針對土石流概述、土石流危害方式、當地土石流防災疏散避難路線、土石流治理方法、土石流監測系統、土石流潛勢溪流概念及農村聚落重建等等進行詳細的解說，讓民眾對於土石流防救災有更進一步的瞭解。

圖說講解情形

- 雙向溝通：圖說講解結束後，與參加宣導之居民進行雙向溝通，主要由居民提出對圖說講解中有疑問的地方，或是對當地土石流預防措施之疑慮等相關問題，由講師及相關單位人員針對其問題予以回應或與民眾進行討論，以求獲得解決之方法。

民眾討論情形

2. 社區宣導

- 影片播放：藉由播放一系列土石流防救災影片供民眾欣賞，富有趣味性及教學性的影片，讓民眾在觀看的過程中也可以吸取相關土石流防救災資訊，一系列影片有：阿忠布袋戲、認識土石流之石頭家族篇及桃芝颱風紀實等等。
- 防災小遊戲：藉由小遊戲，如土石流獵人、防災用品連連看、土石流防災疏散有一套等，讓民眾在遊戲中進一步加深其相關知識之印象。

民眾觀看土石流劇場

土石流防災小遊戲吸引民眾

(二) 校園宣導

1. 土石流劇場：

利用土石流防災行動宣導車之播放功能，搭配教案活動與輔導員運用教具的模擬演出，讓小朋友體驗土石流防災重要性。

土石流劇場(土石流不流)演出情形

宣導車多樣性及豐富性吸引學童目光

土石流劇場演出情形

2.土石流行動劇與大型繪本及海報導覽：

以一系列的土石流防災海報及大型繪本，讓小朋友們清楚土石流防救災的相關訊息，並搭配相關道具進行互動教學，以加深小朋友們的印象。

土石流海報導覽疏散避難圖解說

小朋友踴躍參與行動劇的演出

小熊種樹繪本

土石流海報導覽之相關海報

3.影片欣賞與有獎徵答：

播放一系列富趣味性及教學性之影片供學童觀看，讓學童們從影片中獲得土石流防救災相關訊息，並藉由有獎徵答遊戲，加深學童們對土石流的認識。

影片內容解說

認識土石流之石頭家族篇影片欣賞

4.「土石流防災大富翁」遊戲

爲提倡土石流防災教育之成效，水土保持局以歷久不衰的大富翁遊戲爲藍本，結合現行最熱門的遊戲王卡，將土石流防災知識融合於遊戲中設計出「土石流防災大富翁」遊戲，提供民眾在遊戲過程中，自然學習土石流防災概念。

大富翁 PK 賽

土石流防災大富翁現場歡樂無限

「土石流防災大富翁」線上遊戲版

5. 雨量筒 DIY

由「土石流怪獸大戰環保小尖兵」的故事出發，讓學童們製作 DIY 型雨量筒來偵測土石流大怪獸什麼時候會攻擊家園，藉由小朋友自行攜帶的寶特瓶加上石膏及雨量計小貼紙等製作成的 DIY 型雨量筒，可讓小朋友們攜帶回家中，使家家户户都可以擁有一個 DIY 型雨量筒進行簡易監測，提高土石流潛勢區內居民的防災意識及避災能力，達到土石流防災的目的。

雨量筒 DIY 解說

DIY 型雨量筒製作完成

(三) 平面媒體宣導

爲進一步推廣土石流防災觀念，將土石流防災知識以淺顯易懂的文字敘述與圖表於颱風警報發布時刊登平面媒體，提醒民眾儘早作好防災準備。

「土石流防災最前線」快報

「土石流防災應變達人」宣導摺頁

(四) 科博館土石流防災劇場教室

爲進一步推廣土石流防災觀念，水土保持局自 92 年 8 月起即與國立自然科學博物館共同合作開闢土石流劇場教室，搭配生動活潑的互動式教學，將防災觀念向下扎根落實。劇場教室分別有「土石流不流」、「土水萬物一家親」、「鳥瞰大地的傷痕」、「挖土機狂響曲」及「憂災 悠哉」，趣味競賽包括「守護水土大作戰」、「防災 GOGOGO」及「誰能比我『牆』」等各式方案。

1.「土石流不流」

本課程單元於地動驚魄劇場教室實施，以解說及展演的方式，說明土石流的發生原因及防災措施，長期提供中小學學生及一般社會大眾體驗與探索土石流相關知識，讓土石流防災教育向下紮根。

「土石流不流」劇場教室上課情形

2.「土水萬物一家親」

本課程單元於環境保護劇場教室實施，以解說及展演的方式，使觀眾瞭解山坡地土石裸露及行水區洪水氾濫的成因，並察覺水土保持及生態平衡的重要，目前的處理與維護以應用工程、農藝或植生方法，以保育水土資源、維護自然生態景觀及防治沖蝕、崩塌、地滑、土石流等災害之措施。

本課程活動的進行是以樹精靈生長的山坡地被過度開發後，請來

水資源專家、土壤專家、生態專家，一起帶領觀眾做環境調查，以瞭解水土保持之重要性。

「土水萬物一家親」劇場教室上課情形

3.「鳥瞰大地的傷痕」

本課程單元於地形景觀劇場教室實施，以解說及展演的方式，使觀眾瞭解常見的地質災害及其成因並配合重大地質災害的實例來探討如何減少地質災害的發生或發生時對人類的損害。

教育活動的進行是以阿發星探險隊隊長受阿發星之王所託，帶領阿發星上的專家(觀眾)前往地球上的福爾摩沙島(台灣)探勘，卻發現號稱福爾摩沙美麗之島的各種地質災害如地震、地層滑動、土石流、落石...等，教學過程中設計了過度抽取地下水引起地層下陷的模型及順向坡易引起地層滑動等操作型教具，使觀眾容易瞭解災害的發生常與人類不當行爲有關係。

「鳥瞰大地的傷痕」劇場教室上課情形

4.「挖土機狂響曲」

本課程單元於人與環境劇場教室實施，以解說及展演的方式，先以一部虛擬的挖土機帶領觀眾回到台灣早期的農村生活，認識當時的農耕背景與土地利用方式。之後，隨著時間的演進，挖土機參與農村的發展，土地的開發也逐漸轉變。在高利潤、高報酬的追求下，原始山林的墾伐與坡地的過度開發似乎成了不歸路，而讓農村生態和坡地環境產生巨大的改變。伴之而來的災害，挖土機成爲人類救災的工具，隨著生態保育意識的覺醒與永續經營理念的落實，農村的發展也漸漸有了新的風貌。

「挖土機狂響曲」劇場教室上課情形

5.「憂災 悠哉」

本課程單元於人與環境劇場教室實施，在「憂災悠哉」劇場裡，救難專家憂災博士教導大家認識天然災害的種類和發生的原因，加強災害事前預防以及發生時的應變能力，學習如何與天災共存。

6.「守護水土大作戰」

「守護水土大作戰」競賽單元，參賽的觀眾必須先動手組裝一個「守護水土面面觀」的立體球，然後帶著自己的立體球和其他參賽者進行分組趣味競賽，不只比運氣、比手氣，也要比參賽者對於守護水土的行動力，以期激發起青少年學生對環境保護正確作爲的判斷。

水土保持探索機台

「守護水土大作戰」競賽活動

「守護水土大作戰」遊戲軟體

7.「防災 GoGoGo」

爲了推廣防災教育，體認環境保護的重要，藉由「防災 GoGo-Go」的災況模擬，參賽者操控數碼防災車，完成救災任務。

觀眾正思考正確的防災路線

解說人員為參加學員解說防災的策略

「防災 GoGoGo」活動情形

8.「誰能比我『牆』」

透過劇場教學，讓觀眾更能理解災害如何形成及環境保護的重要性；由於土石流災難的威脅，村民正努力的建設美麗的家園，爲了爭取更多的建地，於是在大片順向坡的下方挖掉坡腳，可是地質專家後發現，隨時會大面積、大規模的順向坡滑動，危及民房，搭建一座堅固的擋土牆，以抵抗順向坡的滑動，確保村民的生命財產安全是有其必要性，本活動激勵了滿腦子創意的觀眾前來挑戰，透過活動的設計強化觀眾對坡地的利用和保護意識。

解說人員為參加學員解說擋土牆的功能

擋土牆要接受坡地滑動的測試

(五) 水土保持戶外教室與土石流教學園區

水保局於全台目前設有 19 處水土保持戶外教室與 3 處土石流教學園區作爲土石流防災宣導使用。

水土保持戶外教室網頁(http://swcclassroom.swcb.gov.tw/)

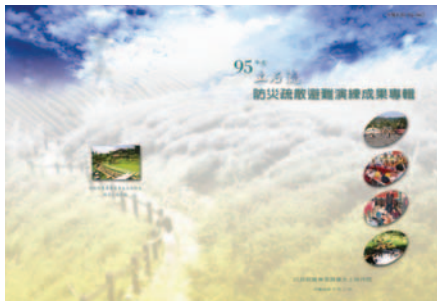
水土保持戶外教室與土石流教學園區分布圖

(六) 其它宣導物品

由水土保持局統籌編輯及印製各式土石流防災宣導品（書籍、光碟、摺頁、宣導品、海報），並分送地方政府、學校機關或其他政府、民間單位。

書籍

96 年土石流年報



95 年土石流防災疏散避難演練成果專輯

光碟

認識土石流之石頭家族篇 VCD

認識土石流之布袋戲篇應變小組簡介 VCD

摺頁

土石流防災我最「夯」摺頁

土石流不流摺頁

宣導品

手電筒

逃生包

海報

土石流防災教育宣導

土石流防災有一套

二、土石流防災演練

(一) 演練內容

模擬土石流發生時可能造成之災害，並分成災害發生前、災害發生時以及災後復建處理三個階段，演練作業指導原則及執行流程內容如下圖。

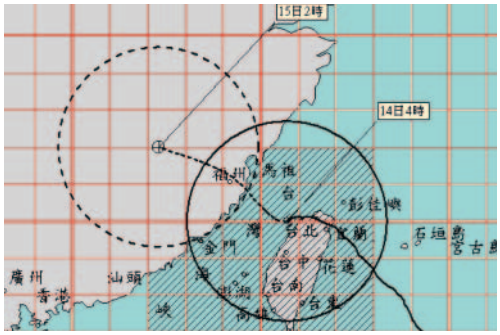
(二) 演練項目

◪項目一：防災宣導與預防

中央氣象局發布颱風、豪雨特報後，土石流潛勢溪流地區居民立即將雨量筒擺放於戶外，並注意降雨情形；此時地方單位或消防分隊則深入土石流潛勢區域加強災害預防之宣導，提醒民眾除做好防災措施外，更應有隨時配合疏散之準備。

◪項目二：發布警報

颱風外圍環流逐漸逼近，中央氣象局發布豪雨特報，各地區應嚴防豪雨，山區更需多加戒備。水土保持局依據氣象局雨量資料適時發布土石流警戒區，以供地方政府與土石流潛勢區附近居民參考。



◪項目三：社區自衛隊動員

在警報發布後，社區自衛隊隊長要求隊員緊急集合，請各組（預警監控、疏散收容、搶救、後勤及救護組）就任務分配採取行動，並隨時回報。

◪項目四：成立災害應變中心

指揮官指示立即成立「災害應變中心」，並召集各防救災編組單位進駐，針對各單位業務執掌範圍應辦理事項及整備情形與颱風豪雨可能造成的危害提出報告，供指揮官作救災決策之參考。

◪項目五：災情蒐集、監控與通報

社區自衛隊協助巡視災區並蒐集災情、清查災民等，當發現尚有未疏散或受傷之民眾時，自衛隊即刻協同消防、醫療單位進行搜救並對傷患採取緊急救治。

◪項目六：開設前進指揮所

指揮官接獲社區自衛隊隊長通報後，認爲有成立前進指揮所之必要，立即指派副指揮官率領任務編組單位前往災區成立前進指揮所，就近指揮救災工作。

◪項目七：居民疏散避難

爲避免災害、保護居民生命安全，指揮官指示警消單位協同社區自衛隊立即勸導居住於低窪地區及土石流潛勢溪流附近民眾準備隨身用品後，疏散至避難處所避難。

◪ 項目八：管制交通

爲求爭取時間，有效疏散災區居民，並避免災區現場交通紊亂，指揮官請派出所辦理交通管制，維持災區救災路線暢通，並防止路過車輛進入土石流潛勢溪流附近。

◪項目九：強制疏散

當發現有土石流潛勢溪流附近住户不願配合疏散時，社區自衛隊立即向應變中心反應。指揮官指示消防分隊及派出所進行強制疏散。

◪項目十：緊急救援/醫療救護

針對各種因災害所導致亟待救援之緊急狀況，於接獲通報後，指揮官即指派搶救隊人員（消防隊、衛生所、自衛隊搶救組及救護組）攜帶救援器材前往救援，並將受傷民眾送至地區醫療院所進行診治。

◪項目十一：治安維護

爲維護災區之治安，指揮官指示警察單位負責災區收容所治安維護工作，以防宵小趁機作亂。

◪項目十二：道路搶通

因土石阻斷交通影響救災動線，爲順利進行災區救援工作，指揮官立即調派挖土機、卡車等重機械於現場疏浚及清除工作，以維持救災動線之暢通。

◪項目十三：災民收容

災民收容所辦理災民登記、安置及心理建設與輔導等事項，安置妥當後，疏散收容組即刻將收容人數與安置狀況等資料回報災害應變中心。

◪項目十四：其他災害應變處理

颱風豪雨過後導致居民生活環境遭到破壞，爲避免居民生活受影響進而逐步展開各項因應措施，如：火災救援/維生管線修復/電力搶修/通訊恢復/防疫消毒等。

防疫消毒

維生管線修復

火災救援

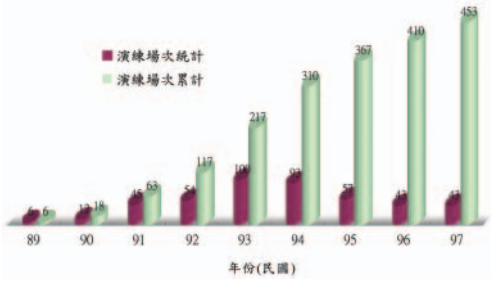
電力搶修

◪項目十五：災情彙整

本次颱風豪雨造成之土石流災害，經政府、防災任務編組單位及社區民眾共同努力下，已控制災情，並完成階段性任務。接著由災害應變中心彙整各防救災單位回報之資料。

(三) 疏散避難演練成果

土石流防災疏散避難演練從89年試辦至今，原本由農委會水土保持局指導各規劃地點辦理，現已交由縣市政府與鄉鎮公所自行辦理，有效落實地區防災；截至97年止，累積完成453場防災演練，災害亦逐年的減少，顯見演練的效益。



歷年土石流防災疏散避難演練場次統計

演練情形

三、土石流易致災因子調查

(一) 土石流潛勢溪流資料更新機制

1. 土石流潛勢資料常時維護作業

考慮保全對象變化及土石流發生條件之改變，每年度持續定期辦理土石流潛勢溪流相關資料更動維護，係爲土石流災害防救業務中亟爲重要之基礎工作。

此外，爲使土石流警戒發布更趨精準，水土保持局亦每年主動針對土石流潛勢溪流及其影響範圍持續檢討，當發現其資料與現狀不符亦予以清查，並納入每年度之土石流潛勢溪流調查，並予以更新資料。

2. 土石流潛勢資料五年一度更新作業

爲強化土石流潛勢溪流資料之有效管理與運用，必須明確規劃研擬一套完善且合理之土石流潛勢溪流資料更新時程與基準，使未來防災工作更有效率。爲此，水土保持局參考國內外相關規劃報告，採用每五年一次爲基礎調查週期。若遭遇重大事件時，如九二一地震或桃芝颱風之災害規模，則應針對部分區域啓動更新調查基準。

(二) 土石流潛勢地區風險評估

根據水保局歷年易致災因子調查成果，搭配歷史災害事件之雨量、災害規模等相關資訊，進行初步土石流災害頻率分析，同時依據現地調查與實際社會經濟資料，建立風險損失模式，以進行土石流災害之風險評鑑；俾將風險評鑑結果作爲土石流潛勢溪流風險分級依據，並且透過風險評估以初步制訂準則，提供後續風險控制參考。

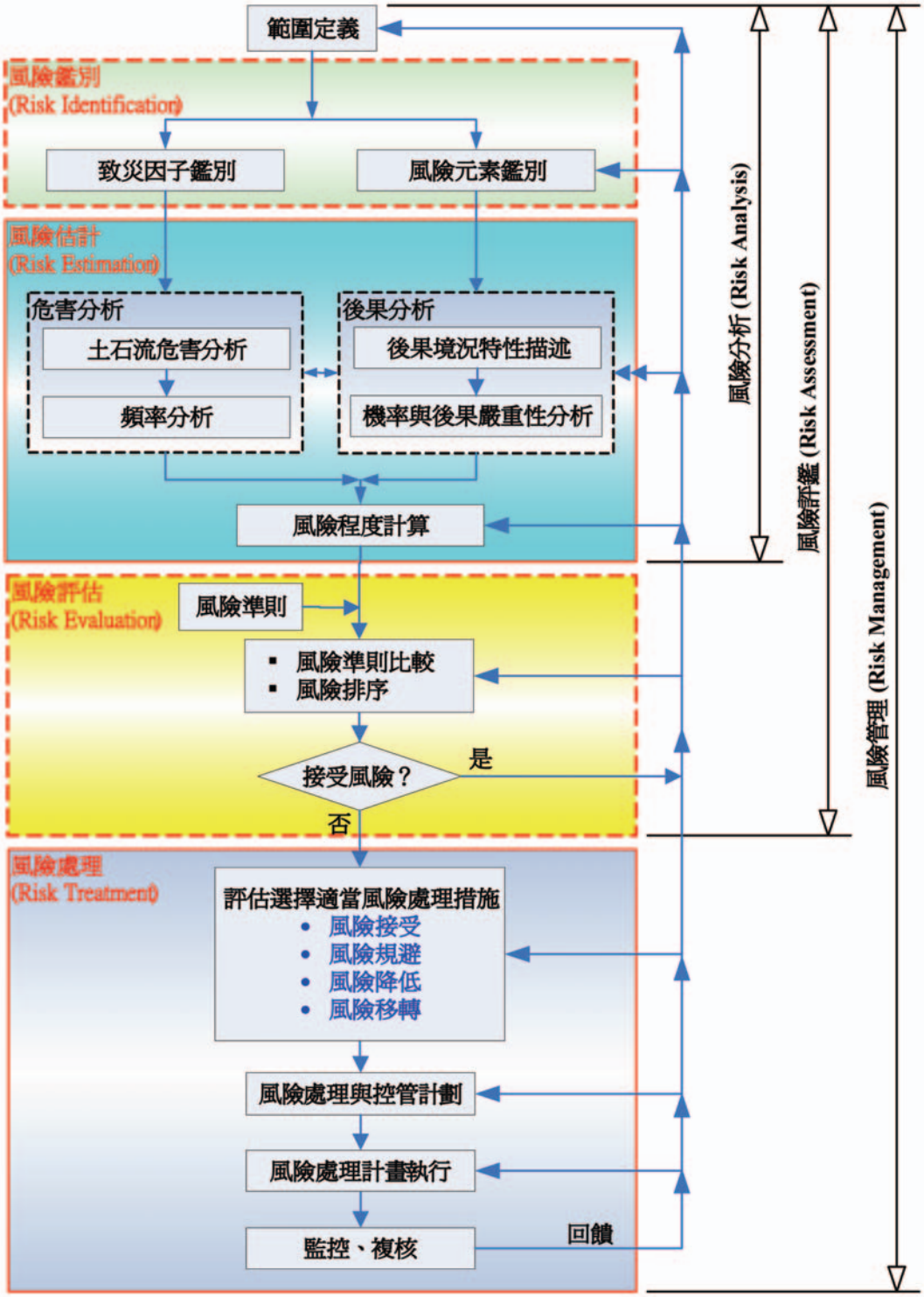
97 年水土保持局已建立台灣地區土石流風險評鑑與風險管理標準作業程序(SOP)，並挑選台灣地區 20 處曾發生過重大土石流災害之村里，依照標準作業程序進行歷史災害蒐集以及風險元素等有價地物調查之工作，以進行土石流危害頻率及風險之分析，並將分析結果製作成土石流風險地圖，以供後續土石流災害風險管理參考使用。

土石流災害風險分析流程：

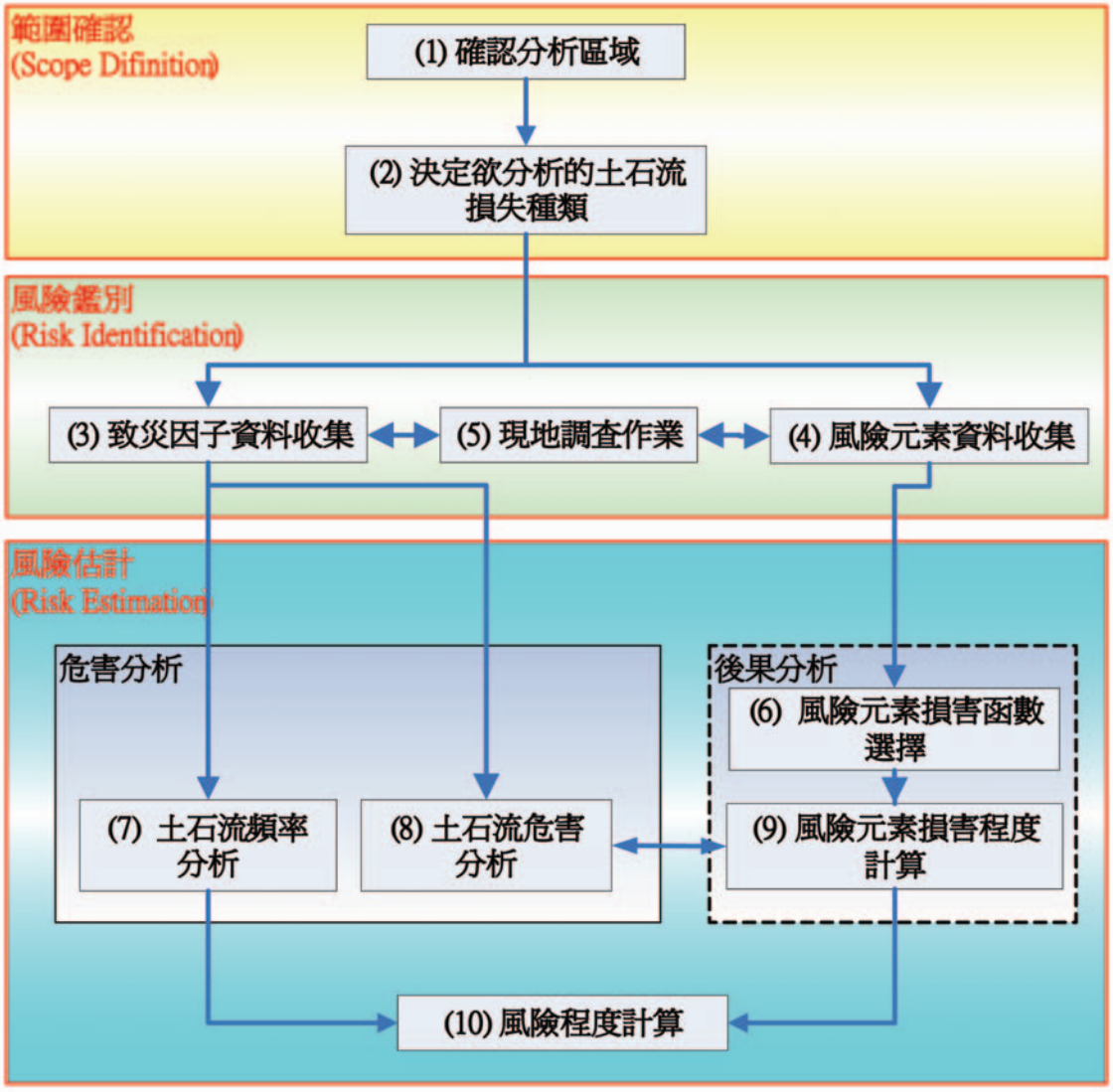
1. 確認分析區域，收集欲分析區域的基本資訊，包含收集行政區、地理位置、邊界及所在溪流等基本資訊。
2. 決定欲分析的土石流損失種類，可能包含有形損失及無形損失。
3. 致災因子資料收集，爲後續土石流頻率及危害分析的依據。

4. 風險元素資料收集，調查在土石流可能影響範圍內的風險元素，包含建築物、公共設施、農作物等有價地物，以及保全住户之分布等。
5. 現地調查作業，現地蒐集土石流之易致災因子資料、歷史災害紀錄、風險元素等，並以資料庫之方式建置儲存。
6. 依不同之風險元素選擇該元素之土石流易損性函數，以計算土石流發生時之可能災損或傷亡。
7. 土石流頻率分析，依土石流歷史災害資料及雨量資訊，配合數值模擬與統計進行頻率分析。
8. 土石流危害分析，以數值模擬方式推算土石流發生後的危害範圍及強度，即推估土石流堆積範圍、堆積深度及速度。
9. 風險元素損害程度計算，爲利用危害分析結果所得之土石流堆積範圍、深度及速度分佈資料，及依分析風險元素種類對應之易損性函數，計算其損害程度。
10. 風險值計算，結合利用後果分析及頻率分析所得的可能損失大小及發生機率，進而估算得風險評估所適用之成本、效益或其它風險相關者所關切的變數，作爲風險管理決策參考之用，並將計算成果製作土石流風險地圖。

台北縣瑞芳鎮弓橋里台北 A068 土石流風險地圖(97 年 8 月)



土石流災害風險管理流程圖



土石流災害風險分析流程圖

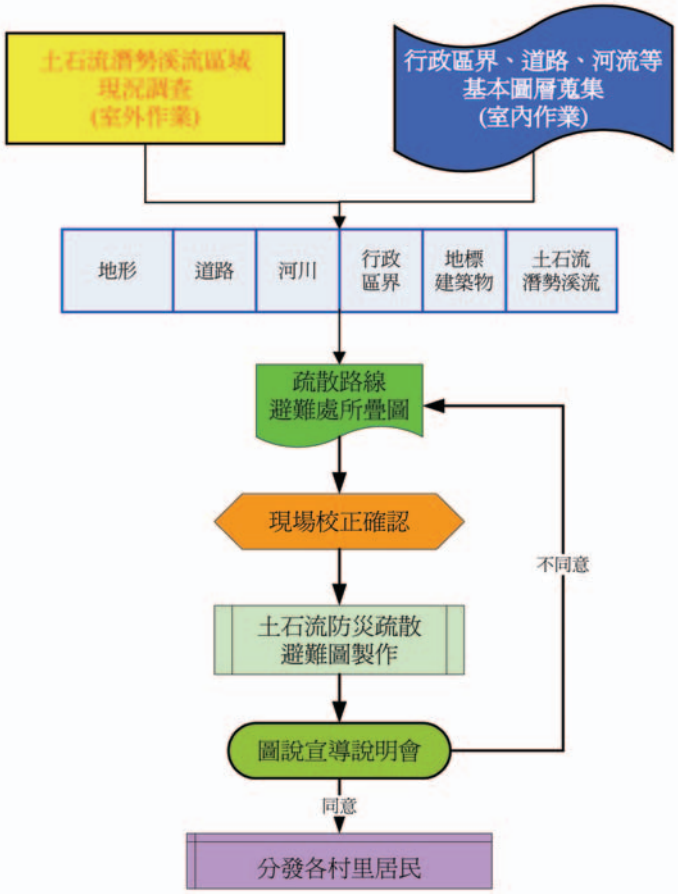
四、強化地方自主防災能力

(一) 村里避難計畫

1. 疏散避難規劃

水保局於桃芝風災後，特別加強土石流防災疏散避難相關工作之推動，透過「土石流防災疏散避難規劃作業程序」擬定，以當地土石流可能成災狀況(或條件)、規模及影響範圍爲現勘重點，配合相關調查及研發之成果，規劃當地土石流防災疏散避難機制。土石流防災疏散避難規劃之相關資料應包含：

- 基本資料蒐集及調查：工作範圍內之土石流潛勢溪流現地調查與民眾防災連絡相關資料。
- 危機判斷及緊急避難系統建立，包括危機判斷及處理方式、避難路線、避難處所及緊急救援聯絡系統。
- 繪製土石流防災疏散避難圖，分送土石流潛勢流附近民眾。
- 規劃成果之圖說宣導及居民雙向溝通座談。



土石流防災疏散避難規劃工作流程圖

土石流防災疏散避難圖基本資料調查表

項目	名　　稱	內　　容	備　　註
1	村里長聯絡資料	村里長基本資料	姓名、地址、電話
2	土石流潛勢溪流保全住户資料	保全對象基本資料	姓名、地址、電話（以居住現地爲主，並另存檔案儲存，在圖上僅標示鄰里名稱）
3	警消醫療單位	警察、消防、醫療單位	警消醫療單位名稱、地址、電話
4	災害通報單位	水保局及所屬分局、林務局、公路局、河川局等災害應變小組及縣市、鄉鎮災害應變中心等	災害治理管轄單位名稱、地址、電話
5	疏散路線	疏散方向與路線	疏散方向附現況照片指示
6	避難處所	公共設施、學校、機關等安全處所或區域民宅	於圖上標示，並以照片指引
7	緊急救災直昇機起降點	運動場、廣場或允許直昇機起降之處所或平台	疏散路線及避難處所週遭之安全地區、起降點座標

2. 防災地圖製作

◪疏散路線方面

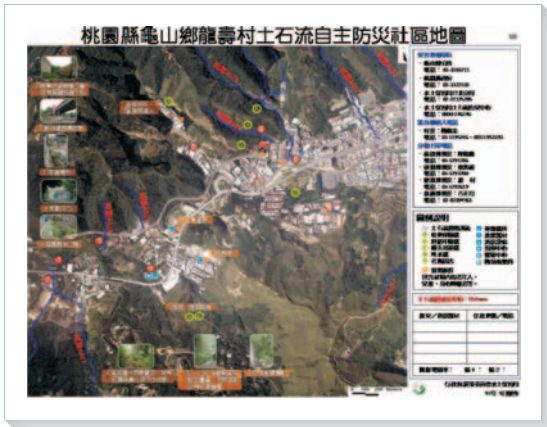
- ◉於颱風豪雨期間避免穿越土石流潛勢溪流
- ◉於颱風豪雨期間不經過危險路段、陡坡區
- ◉於颱風豪雨期間不沿著溪床或溪谷方向疏散
- ◉盡量利用現有道路

※若現地情況無法滿足以上要求時，則建議應以提早疏散爲宜

◪避難處所方面

- ◉避難處所距離不可過長，步行以不超過 30 分鐘爲宜
- ◉避難處所之空間需能維持疏散居民日常生活作息
- ◉不能位於可能崩塌之潛在危險區
- ◉不能位於危險孤立的腹地（如易淹水、不易與外界聯絡之地區）
- ◉與外界需有安全的通路

※若避難處所無法滿足以上條件時，則建議應以提早疏散爲宜



土石流防災地圖之演進

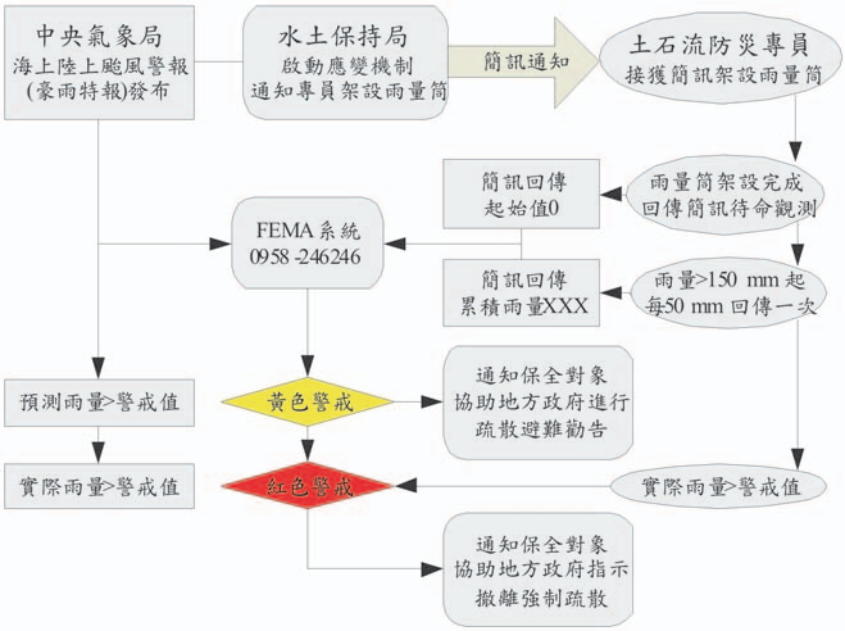
(二) 土石流防災專員

水保局於 94 年起針對土石流潛勢溪流週邊村落的村里長、村里幹事、地方意見領袖、曾參與土石流防災疏散避難演練之在地人、社區守望相助隊員、自衛隊及水土保持解說員、義工等進行招募，並擇重點防災地區組訓成立「土石流防災專員」。

土石流防災專員主要在教導民眾平時應關心颱風豪雨訊息、並會使用簡易雨量筒、學習觀測土石流警戒雨量及進一步了解當地社區環境、土石流潛在威脅的地方等，進而可結合當地民眾組成自主防災社區，共同協助土石流監測，以瞭解山區雨量變化並協助災情通報與疏散、撤離等工作，落實由上而下之通報管道，並協助水土保持局及各分局瞭解各地災情狀況及降雨情形，達成由下而上之回報機制。最後達到山區社區的民眾「人人懂防災，家家無災害」之目標。其任務如下：

1. 應變期間

- 落實由上而下之通報管道：協助政府將黃色或紅色警戒區之訊息，通知至所負責之保全對象。
- 建立由下而上之回報機制：協助各級政府瞭解當地災情狀況及降雨情形並回報。
- 推動自主防災觀念與行動：自主雨量觀測，如達警戒值，立即主動通知保全對象，並回報相關單位。



土石流防災專員應變作業流程

2. 平時任務

- 協助防災宣導。
- 協助社區水土保持設施檢查。
- 協助社區防災之組織與推動。
- 隨時瞭解社區保全住户更動情形並回報地方政府。
- 隨時瞭解社區避難處所內設備物資情形並回報地方政府。

3. 進階及擴大任務—水土保持義工部分

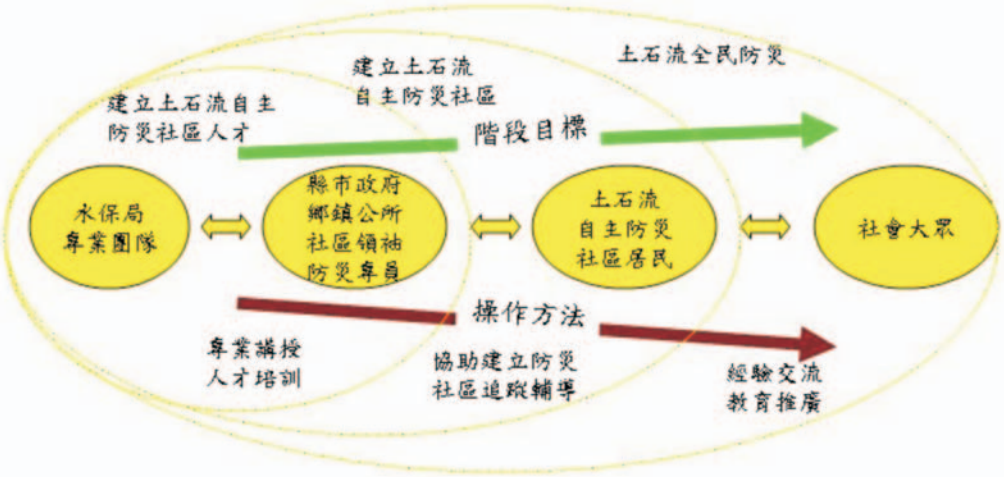
- 協助水土保持教育宣導。
- 擔任水土保持義工。
- 協助各級政府辦理社區防災教育，並可擔任種子輔導員。

土石流防災專員裝備

(三) 自主防災社區

土石流自主防災社區推動與輔導分爲三階段。第一階段由水土保持局邀集專業團隊，設計課程進行講授，培訓地方政府相關業務承辦人員、村里長及防災專員成爲土石流自主防災種子教師，散播土石流防災社區種子。第二階段結合種子教師與社區居民，經由社區踏勘、組織座談、防災宣導、防災演訓，以及防災地圖製作等方式，建立土石流自主防災社區。第三階段，由各社區經驗交流以及教育宣導，擴大推展土石流自主防災。各階段工作目標及操作方法示意於下圖。水

保局亦針對土石流自主防災社區相關人員進行教育訓練以期能擴大土石流自主防災社區之推動。



土石流自主防災社區推動理念示意圖

1. 推動土石流自主防災社區

◪社區環境調查：

邀集村里長、土石流防災專員或社區意見領袖，進行實地踏勘，分析社區之易致災因子(含土石流、崩塌、淹水)、交通易中斷地點及記錄弱勢族群分布、社區重機械、醫療資源、具特殊技能(如救護、搜救、重機械操作)相關人員之分布情形。現勘及組織座談部分照片如下圖。

現勘及座談活動照片圖

◪輔導社區成立自主防災組織：

以社區現有之組織爲主體，強化防災相關編組、資料建置及相關技能輔導。

◪協助社區校核保全清冊與疏散避難程序：

協助地方政府將相關資料更新於水土保持局防災整備系統。透過環境調查及社區宣導與村里長解釋流程並校核後，請村里長至該村里之鄉鎮區公所將更新資料交由承辦人，由承辦人上網更新。

◪社區防災地圖初稿製作：

依據社區環境調查結果，以水土保持局提供具座標之彩色正射影像爲底圖，透過環境調查走訪社區，調查該社區之易致災因子、醫療資料、重機械及弱勢族群分布等元素後，記錄於防災地圖上，製成A0尺寸大小，比例至少1/5,000之社區防災地圖初稿。

◪以社區工作坊進行防災對策討論：

爲使社區居民更了解土石流防災知能及自身所居住的環境之易致災點，以及安全區域與路線，以社區工作坊形式辦理進行社區防災地圖與防災對策討論。

◪製作社區防災地圖：

邀集社區防災組織成員及保全住户，進行防災地圖討論。防災地圖製作爲動態進行，活動過程強調民眾之自發參與，講師僅協助議程進行。

地圖資料彙整及防救災議題討論結果，即繪製成防災地圖。活動過程部分照片及防災地圖如下圖。

防災地圖製作活動照片

2. 土石流自主防災社區種籽教師培訓

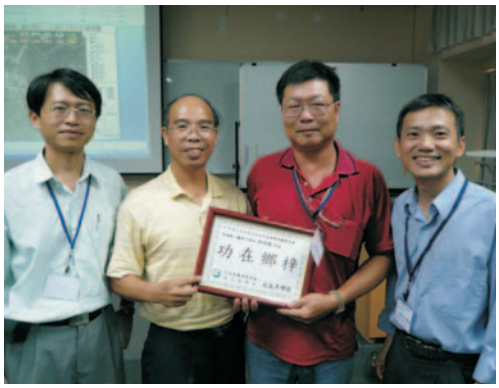
爲培訓土石流自主防災工作人才，提升政府推動土石流自主防災社區之效能水土保持局辦理種籽教師培訓講習會，實施課程內容包括：

- 防災社區理念與內涵
- 防災社區推動方法與程序
- 土石流疏散避難作業程序簡介及避難規劃原則
- 國內土石流防災對策
- 防災社區實作
- 防災社區操作課程
- 落實土石流自主防災社區之建立

種籽教師培訓活動照片圖

3.進行土石流自主防災社區推動經驗交流活動

爲加強各防災社區間之經驗分享與交流，邀請各輔導社區居民代表、政府機關，縣(市)及鄉(鎮、市、區)公所推動土石流災害防救相關人員，相關學術單位人員等，共同參與經驗交流活動。活動之重點在於交換社區自主防災工作進行之成果以及經驗，並藉此活動將自主防災示範社區的成果展現於社會大眾。活動之議程包含防災專題演講、社區經驗發表，自由提問，委員提供建議與意見，以及頒獎等。

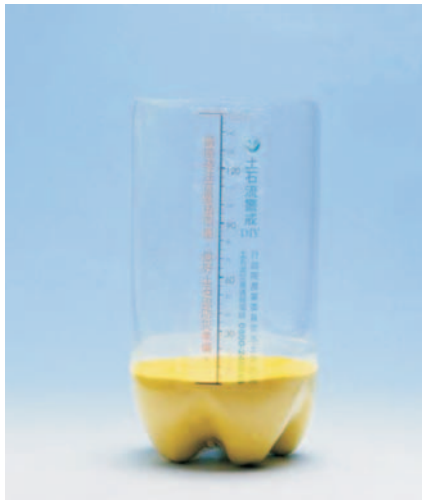


經驗交流活動照片圖

(四) 簡易雨量筒

爲使土石流潛勢溪流附近民眾，在颱風豪雨季節能提高警覺，水土保持局開發土石流防災簡易型雨量筒及DIY 型雨量筒，期使土石流潛勢溪附近之居民能自行製作並進行雨量觀測，作爲土石流防災避難的參考。

爲加速推廣，水土保持局亦設計製作「DIY 雨量筒材料包」，持續分送土石流潛勢溪流區域內居民自行DIY 製作。



簡易雨量筒

雨量筒宣導海報

簡易雨量筒材料包

五、防災整備督導機制

(一) 土石流防災整備會議

土石流防災整備會議主要目的有下列幾項

- 瞭解防汛期前各單位土石流防災整備情形，並予協助
- 土石流警戒基準值修訂情形說明與公布
- 各地方政府土石流防災疏散避難計畫、保全對象清冊更新校核及土石流防災自主檢查表填報情形檢討
- 土石流防災疏散避難規劃、演練及土石流防災宣導辦理情形追蹤

透過上述議題討論及溝通，使各單位更加瞭解土石流防災整備情形，亦能在技術及資源上互相交流，加強防災體系間縱橫向的聯繫。農委會及水土保持局每年均定期於防汛期前邀集各縣市政府召開多次防汛整備會議，水土保持局所屬各分局也會召集所屬轄區鄉(鎮、市、

區)公所召開整備會議，以充分了解各地土石流防災整備狀況。此外農委會每年防汛期前亦會就土石流防災整備情形，於行政院院會中提出報告。

台北分局土石流防災整備會議

台中分局土石流防災整備會議

南投分局土石流防災整備會議

台南分局土石流防災整備會議

台東分局土石流防災整備會議

花蓮分局土石流防災整備會議

(二) 自主檢查

爲落實各單位防汛期前土石流防災整備工作，水土保持局亦擬訂各項自主檢查項目，如建立保全對象清冊、完成疏散計畫、辦理疏散演練及宣導等，指導各級政府確實完成各項整備工作。

(三) 實地查核

爲使防汛期前土石流防災整備工作實施之成效及經驗能與各縣市政府及相關單位分享，並使民眾充分瞭解政府重視的態度及投入之心力，水土保持局每年防汛期前均會同行政院災害防救委員會、消防署及水利署等中央災害防救機關至各地方政府訪視，並實地查核避難處所整備及各項民生物資之儲備情形。

水土保持局會同行政院災害防救委員會至臺中縣和平鄉博愛村松鶴部落現地訪視

(四) 整備系統

自 94 年起建置土石流防災整備管理系統，將所有防災整備資源統一建置於資料庫中，每年於防汛期前由地方政府進行檢核，並可隨時進行線上更新，目前共包含 3 個系統，分別是

- 土石流防災整備自主檢查系統：

  由 19 縣市政府及 159 鄉鎮市區公所自行上網填列自主檢查表，檢核項目共計 17 大類。

- 土石流保全對象資料管理系統：

  由縣市政府及鄉鎮市公所將保全對象之資料彙整於資料庫中，進行保全對象清冊線上編修、保全清冊統計分析，並隨時進行線上更新，保持各級政府資料同步，並避免因人員離職，致資料遺失。

◪土石流防災疏散避難計畫管理系統：

建置相關作業統一格式，並供各單位共享，除可避免資料重複建置，建立由下而上的土石流防災疏散避難計畫，並降低因承辦人員異動造成資料遺失之風險。

土石流防災整備管理系統首頁

檢核表完成統計

保全對象清冊建置與查詢

保全對象統計表—影響範圍管理

避難處所管理

土石流防災疏散避難計畫管理系統

土石流防災疏散避難計畫查詢

土石流防災疏散避難計畫匯出

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION

第肆章

土石流應變作為

肆 土石流應變作為

一、土石流災害緊急應變小組

(一) 土石流災害緊急應變小組開設

國內遭受豪雨及颱風等天然災害侵襲，部分災害更造成人員傷亡與財產損失。爲因應各豪雨颱風與災害之發生，自 90 年起開設土石流災害緊急應變小組，各年度開設次數、開設總日數、通知緊急聯絡人、土石流警戒發布、重機械待命情形如下表。

歷年土石流災害緊急應變小組開設紀錄

年度 / 開設紀錄		91 年度	92 年度	93 年度	94 年度	95 年度	96 年度	97 年度
開設次數		10	9	8	13	10	7	6
開設總日數		24	25	83	51	32	29	34
通知緊急聯絡人(人次)		1,510	1,869	41,139	52,687	72,369	128,565	144,722
紅色警戒發布(條)		-	-	-	1,879	368	598	1,071
黃色警戒發布(條)		-	-	-	2,487	930	1,659	1,772
重機械(台次)	三級待命	502	179	1,470	2,529	2,737	2,802	3,776
	二級進駐	0	0	463	404	11	141	44
	一級搶通	0	0	502	9	28	70	72

(二) 土石流防災應變系統創新

「土石流防災應變系統」係爲國內採用網際網路架構設計的天然災害應變與管理系統之先趨，自 91 年正式上線以來，已成爲國內其他災害應變系統設計時之重要參考網站；同時，本系統除提供國內土石流防災即時預警及相關防災調查、規劃等資訊外，亦廣泛應用於風災、水災等災害防救相關政府與學術研究單位之實際業務。

本系統爲提昇各級政府防災單位使用效率，並同步分享訊息，已依據不同單位的需求發展出客制化的災害應變及資訊查詢平台，包括水土保持局內部使用的土石流災害緊急應變小組作業平台、水土保持局所屬六個分局所專用的應變作業平台、行政院農業委員會林務局專用的應變作業平台、各縣市政府應變中心專用的應變作業平台，以及提供一般民眾使用的資訊查詢平台等五個應用平台，並發展手機查詢版本、土石流警戒與即時雨量資訊自動簡訊訂閱服務，提供多元化土

石流防災資訊服務，以期藉由土石流防災資訊的公開與落實，有效降低土石流的危害，相關成效已由國內近年來土石流傷亡人數大幅降低之結果得到實證。簡言之，本系統之應用範圍可分爲四個面向：

- 颱風豪雨期間土石流警戒發布的單一窗口
- 各級政府土石流防災應變決策支援的共同平台
- 國內外學術研究單位蒐集土石流資訊的最大來源
- 土石流防災教育宣導及相關知識的入口網站

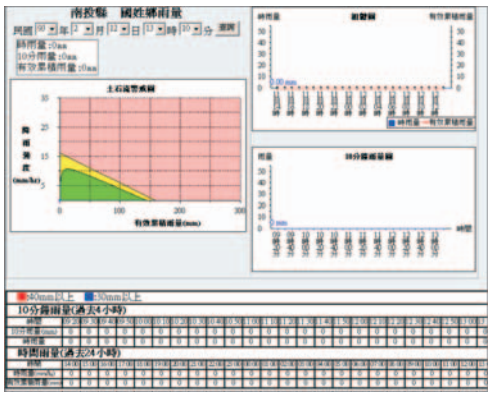
土石流災害管理是一項持續性工作，水土保持局近年來導入各項資訊技術發展多元性之土石流災害管理模式，使得土石流災害管理工作已趨完善。土石流防災應變系統建置後爲土石流防災應變管理上帶來諸多效益，包括：

1. 中央氣象局資料接收及分析

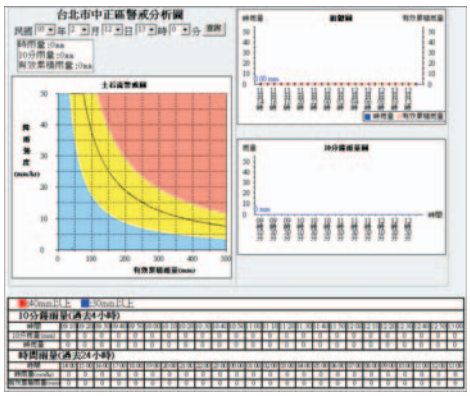
自動接收及處理中央氣象局原始氣象資料，經由加值處理後，提供土石流警戒模式分析使用。

2. 應用 QPESUMS 提昇土石流警戒分析模組精度

災害應變過程中即時雨量資料爲土石流警戒分析重要資料來源，本系統除接收中央氣象局即時資料外，同時整合由中央氣象局、水土保持局、水利署共同開發的 QPESUMS 系統，將計算出之高解析度實際雨量及預測雨量整合至雨量資訊相關網頁上，提供災害應變人員掌握未來降雨趨勢資訊，強化土石流警戒分析上的精度。



(a) 雙線分析(CL,EL)模式



(b) 機率式分析模式

土石流警戒分析模式畫面

QPESUMS 預測雨量整合

3. 土石流警戒決策支援模組

土石流警戒分析與發布，係依據土石流警戒基準值並配合中央氣象局雨量資料進行分析及研判，除了考量雨量因素外，通常也必需考量土石流潛勢地區環境及人文因子進行研判，提高土石流警戒發布精度。

土石流警戒決策支援模組，除運用土石流警戒基值分析模式爲基礎，並研究發展土石流風險度評估模式及土石流警戒學習回饋模式，提供研判人員更客觀做出警戒發布決策。

土石流警戒決策支援模組整合畫面

4.文件自動傳真

簡化文件傳真流程節省傳真過程所耗費時間，協助操作人員由應變資料庫中自動產生傳真文件內容，並且提供操作人員利用選擇方式由災情通訊錄中，快速選擇傳真對象，傳真文件經由傳真線路同步發送至各單位。

5.簡訊系統建置

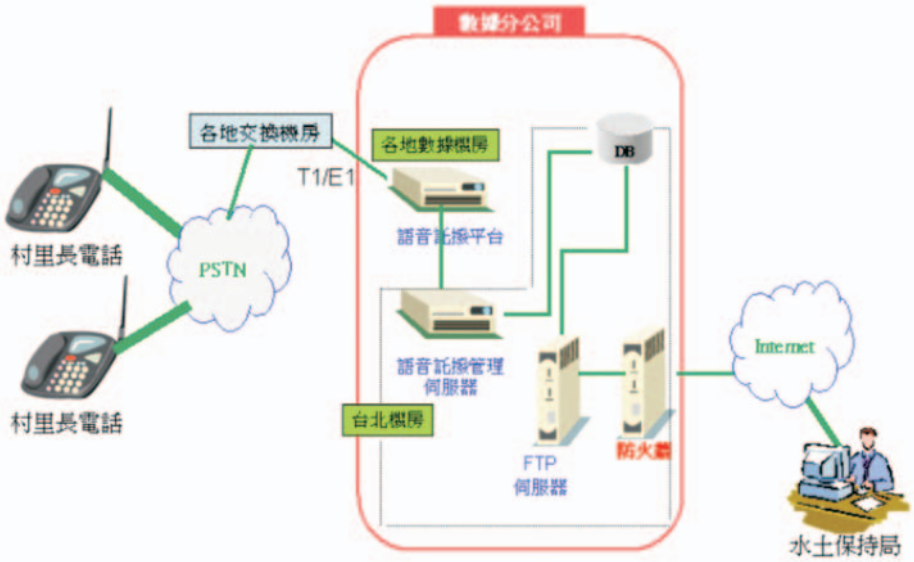
減輕水土保持局應變人員於颱風豪雨期間繁重的聯繫工作，能夠在雨量達應變小組開設標準時，主動通知承辦人員及應變小組輪值人員，於第一時間進駐應變小組，隨時因應可能發生的災害。同時，各地防災專員亦可透過簡訊方式，回報各地降雨量，做爲發布土石流警戒參考資料。

簡訊系統發送畫面

現地雨量回傳機制

6.語音廣播系統建置

透過電話提醒潛勢地區於災害期間提高警覺，對於降低災害影響程度有一定幫助，然一次災害發生所需撥打電話量相當大，傳統採用人工撥打往往需耗費大量人力及時間，因此，93 年時水土保持局與電信業者合作開發語音廣播系統，提供應變人員於應變系統上設定撥話清單並設定語音內容後，直接透過電信業者機房端撥打語音電話，受話端接聽電話後即可接聽到語音內容，大幅提昇通報效能。



語音廣播系統架構圖

7. RSS 災情新聞蒐集模組

系統提供訂閱網路新聞頻道功能，由作業人員設定訂閱頻道及過濾關鍵字，由系統自動接收網路上與土石流災情相關資訊，提供應變小組更進一步掌握全台土石流災情狀況。

網路新聞管理畫面

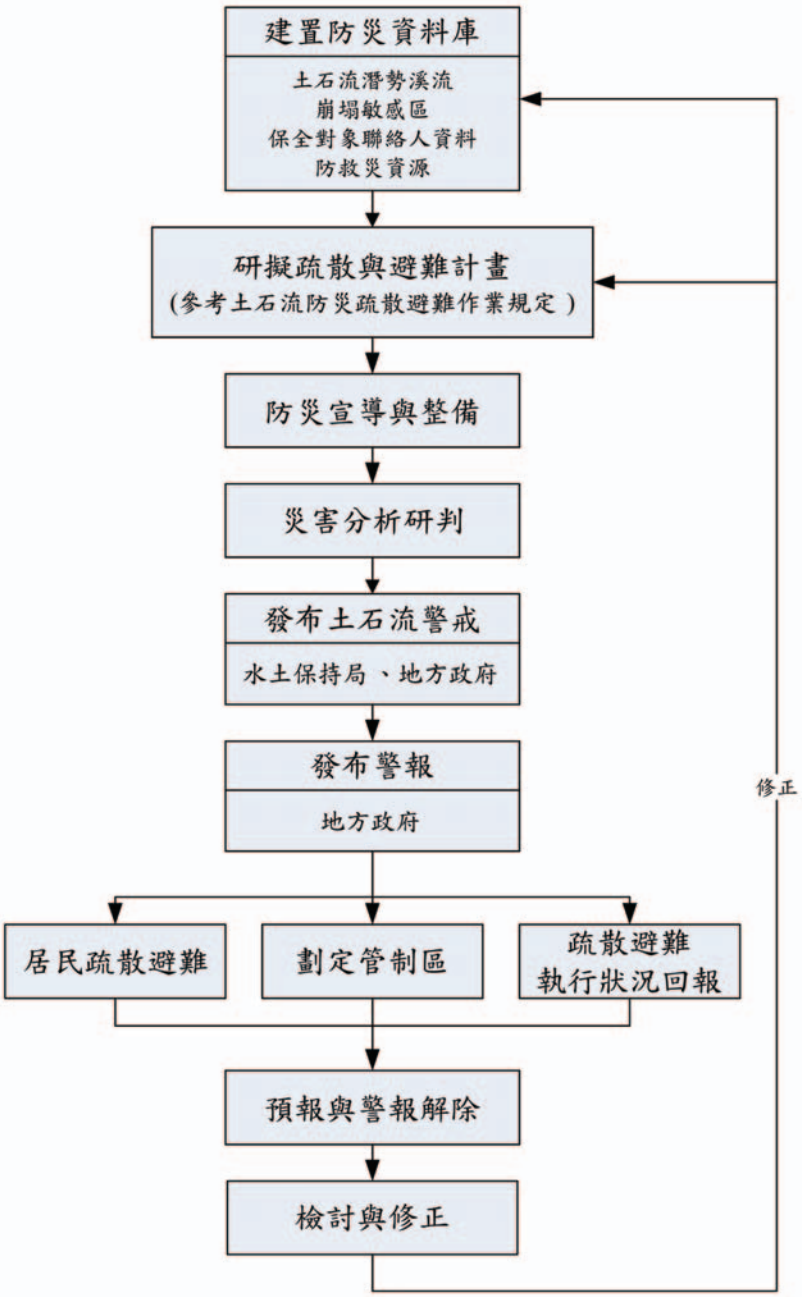
8. 手機災情資訊查詢

整合行動電話，提供應變小組指揮官、輪值人員或者各級防災單位人員在無法以電腦上網的環境之下，亦可獲取必要土石流災情及氣象資訊。手機災情查詢系統提供包括土石流觀測站影像、土石流警戒情形、土石流潛勢溪流、土石流災情查詢及中央氣象局氣象預報、即時雨量、衛星雲圖等資訊。

手機災情資訊查詢畫面

二、土石流警戒發布機制

爲提供各防救災單位於土石流災害已發生或有發生之虞時，可順利疏散居民、引導居民至安全避難處所、強化應變處理之能力，水土保持局於 93 年訂定「土石流防災疏散避難作業規定」，並建置土石流紅色與黃色警戒發布機制。



土石流防災疏散避難流程

(一) 建立標準作業程序

水土保持局爲建立土石流災害警戒機制，已訂定土石流災害防救措施相關標準作業程序，包括土石流防災疏散避難作業程序、土石流災情蒐集與通報作業程序、土石流防災教育暨宣導實施要領、土石流災害預報與警報作業程序及防止土石流二次災害暨復原重建作業程序，適時依據中央氣象局氣象資訊評估，發布土石流警戒區域及嚴密監控土石流災情。

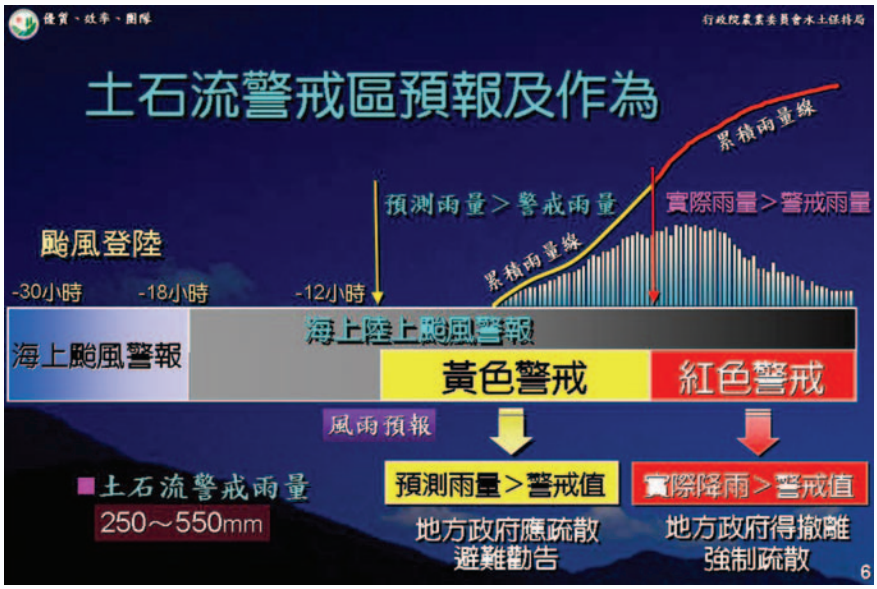
(二) 土石流警戒區之發布範圍

1. 土石流警戒區之發布範圍主要係針對土石流潛勢溪流下游影響範圍內之民眾發出警訊，並非全鄉或全村均需疏散。
2. 土石流潛勢溪流之詳細位置，因實務上不可能一條一條寫在「土石流警戒區預報」上，故地方災害應變中心收到通報單後，應詳查土石流潛勢溪流之位置 (可翻閱圖冊或直接於「土石流防災資訊網」http://246.swcb.gov.tw 查得)後，針對其保全對象進行疏散。

(三) 土石流警戒區發布時機及警戒作為：

目前土石流警戒區預報，係依颱風或豪雨開始降雨之不同階段，分爲黃色警戒及紅色警戒。其中黃色及紅色警戒之定義與發布時機如下：

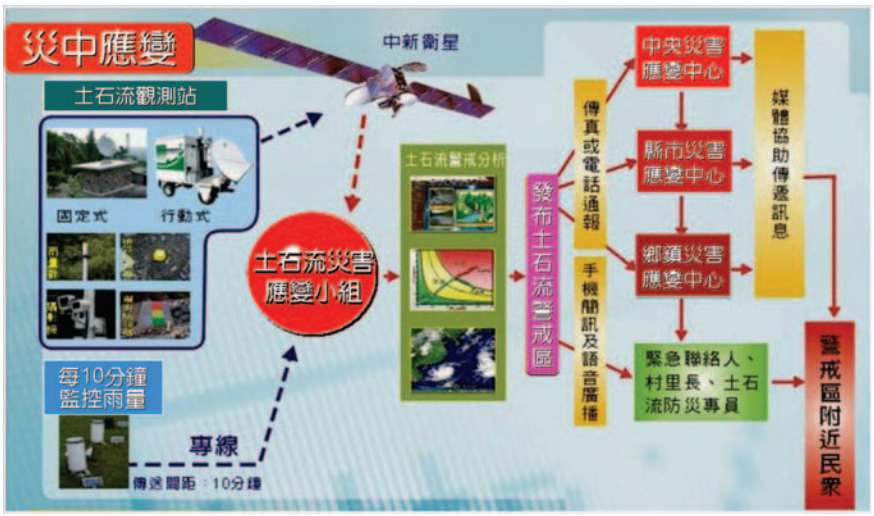
1. 黃色警戒：當中央氣象局發布某地區之預測雨量大於土石流警戒基準值時（此時可能尚未開始降雨），由農委會水土保持局發布該地區爲二級（黃色警戒）土石流警戒區，地方政府應進行疏散避難勸告。
2. 紅色警戒：某地區實際降雨已達土石流警戒基準值時，由農委會水土保持局發布該地區爲一級（紅色警戒）土石流警戒區，地方政府得指示撤離強制疏散。
3. 地方政府可依各地區當地雨量及實際狀況，自行發布局部地區爲二級（黃色警戒）或一級（紅色警戒）土石流警戒區。



(四) 土石流警戒區通報流程

目前土石流警戒發布後，水土保持局即透過自動傳真系統將土石流警戒訊息同步傳送至中央、縣市、鄉鎮災害應變中心及媒體等相關單位，並公布於土石流防災資訊網首頁，公告周知。

同時爲強化通報效率，將土石流警戒訊息即時傳遞至第一線緊急聯絡人與村里長等，水土保持局於發布某地區爲土石流警戒區時，亦同步透過自動傳真、簡訊及語音廣播等方式，將警戒訊息即時藉由多重管道快速轉知當地民眾因應及進行避難。



三、土石流災情監控

(一) 分局查報

水土保持局或分局人員如獲知災情時，均依「水土保持天然災害查報單」填報查證，並登錄於水土保持局土石流防災應變系統(http://fema.swcb.gov.tw)

TO：□水土保持局土石流災害緊急應變小組　　FAX：049-2394309
□林務局集水區治理組　　FAX：02-23911530

管制案號：　　災害 水土保持天然災害查報單　　分局(林管處)案件編號：

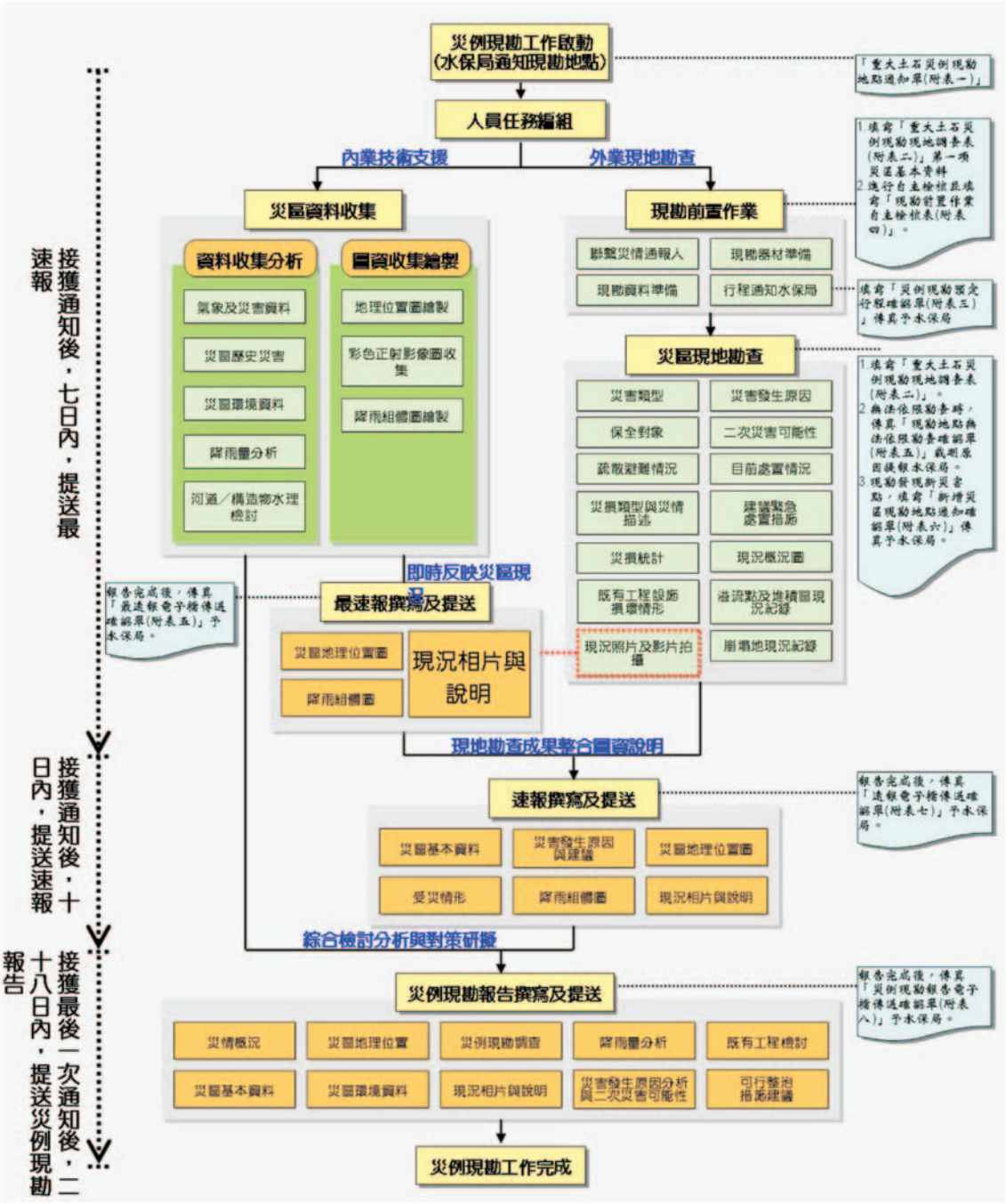
災情基本資料	1	災損類型：□農路 □治山防災 □土石流 □農村聚落 □其他(含源頭處理)_____									
	2	查報單位：第　分局、　林管處			3	災害時間：　年　月　日　時					
	4	勘查時間：　年　月　日　時			5	GPS 座標：X=　Y=					
	6	災害地點：　縣(市)　鄉(鎮市區)　村(里)　(□國有林地)									
	7	死亡：　人	8	失蹤：　人	9	受傷：　人	10	房屋受損：　戶	11	橋樑受損：　座	
	12	道路損壞：　公尺	13	農田淹沒(流失)：　公頃			14	初估土砂流出量：　m^3			
	15	災害處理權責單位:□水保局 □林務局 □地方政府 □公路總局 □水利署 □其他_____									
	16	1.災情概述 2.目前處理情形：									
	17	目前處理情形：(除非勾選第(1)或(2)選項，否則應加填列 18～29 欄) □(1)已由(或已通知)權責單位處理　□(2)尚待後續現勘確認 □(3)擬列入水保局(林務局)年度計畫辦理　□(4)係為農路，已將勘查結果移請縣市政府辦理 □(5)建議列入本次災害緊急搶通修或復建工程									
緊急搶通修工程	18	建議搶通(修)工程名稱:_____緊急處理工程					19	優先等級：□1 □2 □3			
	20	建議執行單位：					21	預估搶修經費：　千元			
	22	工程內容(詳列計算公式，如空間不足，請記於次頁)									
災害復建工程	23	建議復建工程名稱:_____災害復建工程					24	優先等級：□1 □2 □3			
	25	建議工程執行單位：					26	預估復建經費：　千元			
	27	工程內容(詳列計算公式，如空間不足，請記於次頁)									
合計	28	災害工程合計：21 +26=　千元					29	搶修、復建效益：受益戶數：_____戶			

備註：1.表頭底線處請自行填入災害名稱，例如「桃芝颱風」、「921 震災」、「901107 豪雨」
2.分局(或林管處)案件編號：例如「投-5」即表示南投分局本次災害回報之第 5 件災害。
3.如需辦理搶修或復建工程，則每件災害現場至少需拍攝二張照片。

勘查人員：　　課長：　　副分局長：　　分局長：

(二) 重大土石災害現勘(SOP)

水土保持局針對重大土石災區進行現勘時，訂定相關作業程序(SOP)，使勘災作業機制具備統一之標準記錄格式及規範，以利災情彙整及災例蒐集。重大土石災例現勘標準作業程序圖如圖所示，各階段工作內容概述如下：



重大土石災例現勘標準作業程序圖

1. 災例現勘工作開始

針對發生重大土石災害地點，彙整基本資料後，以傳真或電子郵件方式傳送通知勘查單位。

2. 人員任務編組

現勘單位主要區分爲：外業現地勘查小組，至少專業技師一員，主要負責整體勘查作業及撰寫報告；內業技術支援小組，主要負責行政作業及後勤技術支援。

3. 現勘前置作業

現地勘查前置作業內容主要包括聯繫災情通報人、現勘資料準備、現勘器材準備、行程通知水保局。

4. 災區現地勘查

災區現地勘查主要依據「重大土石災例現勘現地調查表」內容，針對災區受災情形與現況進行相關之調查、訪談、影像及量測等紀錄工作，並根據現地勘查結果做初步之災害發生原因研判及緊急處置措施建議。其勘查主要內容事項如下：

災區基本資料	●災區行政區域 ●災區土地權屬 ●土石流警戒發布與基準值
受災情形	●災害發生時間 ●疏散避難情況 ●災害類型 ●災損類型與災情描述 ●保全對象 ●災損統計
災害發生原因與建議	●災害發生原因 ●建議緊急處置措施 ●二次災害可能性 ●訪談紀錄 ●目前處置情況
現況概況圖	●崩塌地、堆積區及地標於圖上標示坐標 ●崩塌地及堆積面積於圖上繪製並量化 ●以能用繪圖方式說明現況為原則
溢流點及堆積區現況紀錄	●溢流點(堆積區)位置 ●堆積規模 ●原溪床斷面 ●堆積礫石粒徑 ●堆積規模
崩塌地現況紀錄	●崩塌區位 ●崩塌類型 ●崩塌規模 ●邊坡類型 ●地質材料 ●殘土狀況 ●斜面坡度 ●周圍植被

災區現地勘查

5.報告撰寫及提送

97 年辛樂克颱風重大土石災例最速報
97 年辛樂克颱風
南 投 縣—仁愛鄉精英村
仁愛鄉
南投縣
9/15 11:00 洪水災害發生
(R=938.2mm、I=47.0mm/hr)
參考雨量站：廬山(C0I010) 土石流警戒基準值：250mm
災害位置 (TWD67)
X:268194 Y:2657749
廬山雨量站
南投 001
96 年 1 月
正射影像圖
97 年辛樂克颱風-南投仁愛-005
❖災區位置：仁愛鄉精英村(廬山溫泉區)
❖災害發生時間：9 月 15 日 11 時
❖災害類型：洪水災害(南投 001)
❖有效累積雨量：938.2mm
❖災損描述與統計：
✓廬山溫泉區於 9 月 15 日發生歷年來最嚴重之洪水災害，塔羅灣溪(南投 001)兩岸 10 多家飯店遭洪水侵入，其中綺麗溫泉旅館及公主小妹淺假屋倒塌，而廬山賓館遭崩塌土石掩埋造成 3 人活埋。
✓人員傷亡：1 死 2 傷。 ✓房屋受損：約 50 棟。
✓道路毀損：約 1,500 公尺(榮華巷)。
✓橋梁毀損：2 座(溫泉橋及溫泉一號橋)。
97 年 9 月 21 日
SPOT 衛星影像圖
碧柳飯店
飯店遭洪水土石侵入
廬山賓館遭土石掩埋
廬山賓館
塔羅灣溪兩岸全景
註 1：坐標採 TWD67 系統
註 2：降雨組體圖資料來源—水土保持局土石流防災資訊網
優質、效率、團隊
行政院農業委員會水土保持局

四、土石流災害緊急處理

(一) 重機械待命

水土保持局爲因應颱風豪雨及防汛期間，即時疏通水路及堵塞之橋涵，以暢通水流，避免災害發生或擴大，特訂定土石流防災重機械待命緊急作業方式，支援相關鄉、鎮、市、區公所辦理重機械待命。

1. 進駐地點之選定：

由水土保持局各分局會同縣、市政府及執行單位於每年三月底前選定可能發生土石流之高危險地點，報局核備。

2. 進駐條件：

水土保持局土石流災害緊急應變小組開設後基於防減災需求考量時。

3. 進駐時機：

由水土保持局災害緊急應變小組依進駐條件通知水土保持局各分局或視實際需要轉知執行單位進駐，或由鄉、鎮、市、區公所向水土保持局各分局提出申請獲同意後進駐。

4. 撤除進駐：

當地縣市陸上颱風警報解除時。

(二) 緊急水土保持處理

當人民之生命、身體、健康或財產遭遇緊急危難，經行政院農業委員會或水土保持局局長或其授權人員核准確有緊急處理必要之工程，水土保持局依據「行政院農業委員會水土保持局辦理土石災害緊急水土保持處理程序」辦理土石災害緊急水土保持處理與維護之搶險、搶通、搶修，其重點包括：

1. 依土石災害緊急水土保持處理程序執行預算書編製、招標、決標、驗收。
2. 工程施工應在契約規定期限內完成，若因變更設計或其他正當理由，須展延工期或因故停工、復工者，執行機關應根據承包商提出之申請書在契約期限內列舉事實理由，延期計算式、預定展延期限等自行核定。
3. 依土石災害緊急水土保持處理程序執行仍無法有效因應災害緊急應變時，得隨時報水保局以專案處理。

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION

第伍章

土石流災後復建

伍 土石流災後復建

一、復原重建原則

因土石流災害常挾帶大量的砂石，強大的破壞力更造成中、下游民眾的威脅；除了平時應規劃完善的防救災工作外，對於災後可能發生的二次災害更要加以防範，災後應特別加強山坡地與河川之勘查治理。分五步驟：

(一) 災害發生現地調查

1. 災情確認
2. 派員調查
3. 會同專門職業及技術人員協助救災，給予專業諮詢，以維護救災人員安全。
4. 災害地點定位：利用 GPS(全球衛星定位系統)確實標定土石流發生地點、災害地點或相關位置之座標。
5. 災情勘查項目：災害地點、災害類型、影響範圍(是否需劃定爲管制區)、人員傷亡、破壞程度、初估土砂量、損失金額、建議處理措施等。

(二) 搶險、搶通、搶修（有立即危險）

1. 對於有立即危險、可能對民眾生命財產構成威脅之處，農委會應會同地方政府施行緊急水土保持處理。
2. 災害搶通
3. 臨時性防災設施
4. 劃定管制區域
5. 檢視排水系統
6. 河道清淤
7. 建物之補強
8. 剩餘土處理：坡面崩塌、道路搶通或河道土砂清淤之相關土石、淤砂，應設置安全之土砂堆置場所，或建立回收再利用管道，避免剩餘土造成二次災害。

(三) 災後復原重建對策（暫無威脅）

1. 研擬復原重建對策：由地方政府與相關單位共同協商，擬定復原重建策略、推動災區重建工作，協助災民恢復安定生活。
2. 工程效益評估：落實復原重建計畫，將重大工程發包，並評估各項工

程效益。

3. 專家意見諮詢：徵詢相關防救災專家之意見，落實防災與救災工作之推行。

(四) 工程進度追蹤

通報各災害案件至土石流防災應變系統（http://fema.swcb.gov.tw），應請水土保持局分局人員與地方政府共同追蹤查詢災害復原重建情形、掌握工程進度，據以更新土石流防災應變系統（http://fema.swcb.gov.tw）。

(五) 檢討與修正

1. 強化觀測系統：加強雨量觀測之研究與警報系統之開發；建置與更新環境地質資料庫，加強潛勢溪流與保全對象之掌握。
2. 落實防災宣導與教育：地方政府應落實防救災宣導、加強疏散演練工作與各項工程進行，軟硬體措施並重，提昇居民防災意識，減少土石流災害所造成之損失。
3. 檢討、修訂相關法規
4. 加強山坡地違規使用查報取締工作，減少濫墾、濫伐與濫建之行爲。
5. 更新防災資料庫：加強重點地區之災害調查與分析，據以更新災例資料庫。

二、重大災區重建實錄

(一) 南投縣信義鄉豐丘村

1. 歷年災害

⑴尼爾森颱風(74.8.23)

因豐丘野溪上游土石崩塌而發生土石流，造成下游果園遭土石埋沒。

⑵賀伯颱風(85.7.31)

豐丘野溪上游土石再度崩塌滑落，流出約 30 萬立方公尺的土砂，埋沒 14 公頃的果園及葡萄園，造成房屋全倒10 戶、半倒 11 戶、死亡 2 人，並導致台 21 線中斷，危及豐丘 4、5 鄰約 50 戶，130 人和 15 公頃的農地。

⑶奧托颱風(87.8.4)

因豐丘野溪上游土石淤滿臨時貯砂池，致使少量土砂流至台 21 線公路影響交通。

⑷九二一大地震(88.9.21)

921 地震時，豐丘地區雖未造成嚴重傷亡事件，但已使得原本破碎之地質結構更加鬆散，新增之崩塌地面積顯著增加。

⑸桃芝颱風(90.7.30)

颱風豪雨激發之土石流，受到貯砂池攔蓄及牽制減勢，然部分土砂自右岸及下游透水柵流出，除台 21 線遭部分流出土石埋沒，幸未有重大災害。

賀伯颱風

奧托颱風

桃芝颱風

賀伯、奧托及桃芝颱風對豐丘造成之災害照片

2. 治理成果

(1)硬體整治成果

受限於溪流可用壩址不足，豐丘土石流治理係以貯砂減勢工程爲主，自 76 年度開始至 90 年先後完成 15 項治理工程。其中以集水區下游堆積區貯砂池工程最具關鍵，經 90 年桃芝颱風豪雨所激發的土石流考驗，貯砂池確能有效發揮攔蓄土砂，降低土石流流速之效果，使其致災能力大大降低。

而 90 年至今，針對豐丘野溪後續管理與維護及其他野溪整治的投入，即使經歷許多豪雨或颱風，如 93 年敏督利颱風、95 年 0609 豪雨等，均未有明顯災害再度發生，彰顯整治成果功效。

豐丘橋上游

豐丘橋下游

豐丘三號壩

豐丘二號壩

水土保持工程整治現況(2008.10.26)

⑵軟體防災措施

水土保持局於 92 年規劃(96 年更新)信義鄉豐丘村土石流緊急避難路線，並辦理土石流潛勢區疏散路線與避難處所圖說宣導說明會，將豐丘國小、豐丘派出所附屬柔道館及豐丘村活動中心設爲避難處所。

豐丘村土石流緊急避難路線圖

豐丘村民上課聆聽情況

吳俊鋐講師為豐丘村民解說土石流發生過程及災害

豐丘村土石流潛勢區疏散路線與避難處所宣導說明會情形

豐丘派出所附屬柔道館

豐丘村活動中心

豐丘國小

直昇機起降點—豐丘國小

豐丘村避難處所

(3)土石流觀測站

豐丘土石流觀測站儀器包括雨量計 1 組、CCD 2 組、地聲檢知器 2 組、鋼索檢知器 4 組及水位計 1 組。

豐丘土石流觀測站儀器安裝位置圖

雨量計及衛星通訊

超音波水位計

上游 CCD

下游 CCD 及投射燈

上游鋼索檢知器

下游鋼索檢知器

豐丘土石流觀測儀器

(二) 雲林縣古坑鄉華山村

1. 歷年災害

⑴九二一大地震(88.9.21)

921 地震時，華山溪上游邊坡嚴重崩塌，土石大量堆積於山谷河道中。

⑵ 89 年 6 月豪雨

6 月 3 日午後雷陣雨誘發雲林 004 潛勢溪流(科角溪)土石流，土石衝至民宅，危及 6 戶住家安全。6 月 25 日豪雨亦引發雲林 003 潛勢溪流(華山溪)土石流，威脅沿岸 15 戶居民安全，並有 50 戶之交通受阻。

⑶納莉颱風(90.9.17)

雲林 003 潛勢溪流(華山溪)再度爆發土石流，並使十多戶民宅遭土石吞沒，上游 6 萬立方公尺巨量土石下移，淹沒 208 縣道，毀損華松橋等 3 座橋樑。

納莉颱風對華山造成之災害照片

2. 治理成果

(1)硬體整治成果

華山溪經整治後，歷經多次颱風豪雨，包括 93 年七二水災、艾利颱風、94 年海棠及馬莎颱風、95 年 0609 豪雨、97 年卡玫基及辛樂克颱風，均無任何災害發生，上游源頭處產出之土石，在抵達輸送段前，於發生段即已被攔阻，可見水工結構物確實發揮預期之功效。

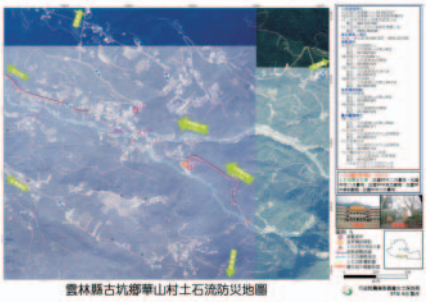
華山溪上游防砂壩

華山溪上游防砂壩

水土保持工程整治現況(2008.10.26)

(2)軟體防災措施

水保局於 91 年規劃(97 年更新)華山村土石流緊急避難路線，並辦理土石流潛勢區疏散路線與避難處所圖說宣導說明會，將華南國小、祥雲寺、福華宮及南天宮設爲避難處所。



華山村土石流緊急避難路線圖

村長與華山村民仔細詳閱土石流疏散避難路線規劃圖

講師向村民說明疏散避難之路線規劃

華山村土石流潛勢區疏散路線與避難處所宣導說明會情形

福華宮

祥雲寺

華南國小

南天宮

直昇機起降點—華南國小操場

直昇機起降點—祥雲寺前廣場

華山村避難處所

(3)土石流觀測站

華山土石流觀測站儀器包括雨量計 1 組、CCD 3 組、地聲檢知器 1 組、鋼索檢知器 4 組及水位計 1 組。

華山土石流觀測站儀器安裝位置圖

上游 CCD

中游 CCD

下游 CCD

地聲檢知器

超音波水位計

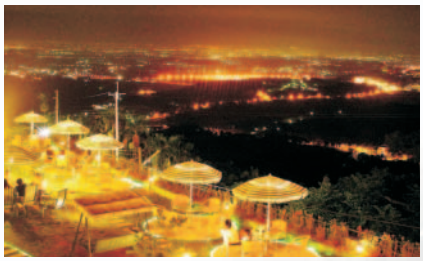
鋼索檢知器

雨量計

華山土石流觀測儀器

3.魅力農村

水土保持局成功整合華山山林美景及台灣咖啡特色，讓華山之美更具自然生態和教育意義。重建後的華山，正好迎上台灣近年來的周休二日休閒風與咖啡熱潮。順著山勢而建的咖啡坊，以及隱身林間的特色民宿，讓華山成爲假日休閒的最佳去處。



(三) 南投縣水里鄉上安村

1. 歷年災害

⑴賀伯颱風(85.7.31)

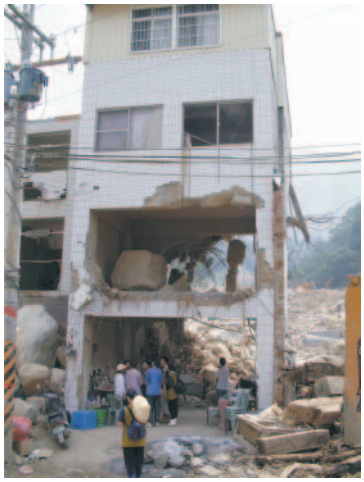
三廓坑上游林相遭破壞，使三廓坑中上游區域有嚴重之土石災害，造成上安村三廓坑公共施受損及居民傷亡。

⑵九二一大地震(88.9.21)

921 地震時，上安地區雖未造成嚴重傷亡事件，但已使得原本破碎之地質結構更加鬆散，坡面新增之崩塌地顯著增加。

⑶桃芝颱風(90.7.30)

桃芝颱風挾帶暴雨，大量土石沖刷而下，高達三、四層樓的土石流沿著三廓坑溪傾瀉而下，相關工程措施雖發揮部分攔蓄效果，仍無法抵擋土石的破壞，原本不到 10 公尺寬之三廓坑溪，瞬間被沖刷成逾 100 公尺寬，一時之間橋斷路毀、房屋倒塌、田園流失、人員傷亡，共計造成上安村死亡失蹤 17 人，田園流失 80 餘甲，房屋全倒 26 戶、半倒 29 戶、財損超過 80 餘戶。



桃芝颱風對上安造成之災害照片

2. 治理成果

(1)硬體整治成果

三廓坑溪經整治後，歷經多次颱風豪雨，包括 93 年七二水災、艾利颱風、94 年海棠及馬莎颱風、95 年 0609 豪雨、97 年卡玫基及辛樂克颱風，造成全省多處災情傳出，三廓坑溪雖爲土石流高潛勢溪流但卻無災害發生，上游梳子壩與防砂壩均有效控制土砂，可見本處水工結構物確實發揮預期之功效。

95 年 0609 豪雨上游梳子壩有效控制土砂運移
水土保持工程整治

(2)軟體防災措施

水保局於 91 年規劃(96 年更新)華山村土石流緊急避難路線，並辦理土石流潛勢區疏散路線與避難處所圖說宣導說明會，將七鄰民宅及永天宮設爲避難處所。

上安村土石流緊急避難路線圖

七鄰民宅

永天宮

上安村避難處所

(3)土石流觀測站

上安土石流觀測站儀器包括雨量計 1 組、CCD 1 組、地聲檢知器 1 組、鋼索檢知器 2 組及水位計 1 組。

上安土石流觀測站儀器安裝位置圖

地聲檢知器

CCD 及投射燈

超音波水位計

鋼索檢知器

上安土石流觀測儀器

3.魅力農村

上安村走出地震及土石流災害的陰霾，透過鄉村社區組織再造，營造多元化的公共開放空間，帶動鄉村新產業。上安村爲冬季賞梅的最佳景點，四月梅子採收季節，梅枝廢物利用，將梅子樹每年修剪下的長枝，製作爲代表社區的「呆呆鉛筆」。到了七月，「上安葡萄季」隆重登場，一顆顆晶盈剔透、玉潤珠圓的「黑紫玉」葡萄，更有許多創新多元的體驗系列活動，吸引全國各地之遊客，到此地體驗上安魅力農村之美。

(四) 花蓮縣光復鄉大興村

1.歷年災害

⑴莎拉颱風(78.9.11)

南清水溪溪水暴漲，掩埋農田 15 公頃，造成 10 棟房屋全毀，25 棟房屋半毀及 2 人死亡。

⑵碧利斯颱風(89.8.22)

颱風挾帶豪雨而發生洪水氾濫，造成公墓河底便道沖毀、產業道路毀損、大興瀑布護堤沖毀、福壽產業道路損壞、大興村道路損壞及產業道路損壞。

橋受土石衝擊破壞　　大興村社區被土石掩埋

桃芝颱風對大興造成之災害照片

⑶桃芝颱風(90.8.1)

爆發嚴重的土石流災情，造成約 150 萬立方公尺之土石下移，大興全村 184 户，近 150 户遭土石掩埋，造成 27 人死亡、16 人失蹤、8 人受傷的慘重災情。

2.治理成果

(1)硬體整治成果

大興社區經整治後，歷經多次颱風豪雨，上游梳子壩及加強工程均有效控制土砂運，可見本處水工結構物確實發揮預期之功效。

水土保持工程整治現況(2008.10.21)

(2)軟體防災措施

水土保持局於 90 年規劃(96 年更新)大興村土石流緊急避難路線，將大興國小及基督教信望愛少年學園設爲避難處所。

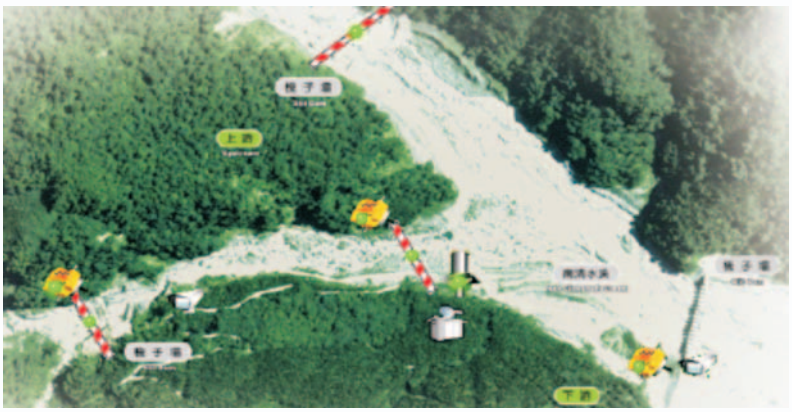
大興村土石流緊急避難路線圖

信望愛學園　大興國小　直升機起降點—大興國小操場

大興村避難處所

(3)土石流觀測站

大興土石流觀測站儀器包括雨量計 1 組、CCD 2 組、地聲檢知器 3 組及鋼索檢知器 4 組。



大興土石流觀測站儀器安裝位置圖

上游雨量計及鋼索檢知器　無線鋼索檢知器　中游地聲檢知器

大興土石流觀測儀器

(五) 台中縣和平鄉博愛村松鶴部落

1. 歷年災害

⑴九二一大地震(88.9.21)

921 地震時，松鶴雖未造成嚴重傷亡事件，但已使得原本破碎之地質結構更加鬆散，坡面新增之崩塌地顯著增加。

⑵敏督利颱風(93.7.3)

台中 003(松鶴一溪)、台中 004(松鶴二溪)土石流潛勢溪流於七二水災期間發生土石流事件，造成 1 人死亡、1 人受傷，所幸居民已提前疏散至避難處所(博愛國小)，方使災情減到最低程度；在房屋建物方面，計有 30 棟房屋遭土石掩埋（分佈於第 7、8、9、10 鄰），災民皆在地方政府及社區團體協助下暫時安置於原住民技藝中心處所。在對外交通與其他事項方面，本村唯一對外聯絡道路台 8 縣道因 7 月 3 日溪流暴漲造成路基流失及崩塌造成中斷，另外還造成本村民生用水、電信與用電中斷。

敏督利颱風對松鶴之災害照片

2. 治理成果

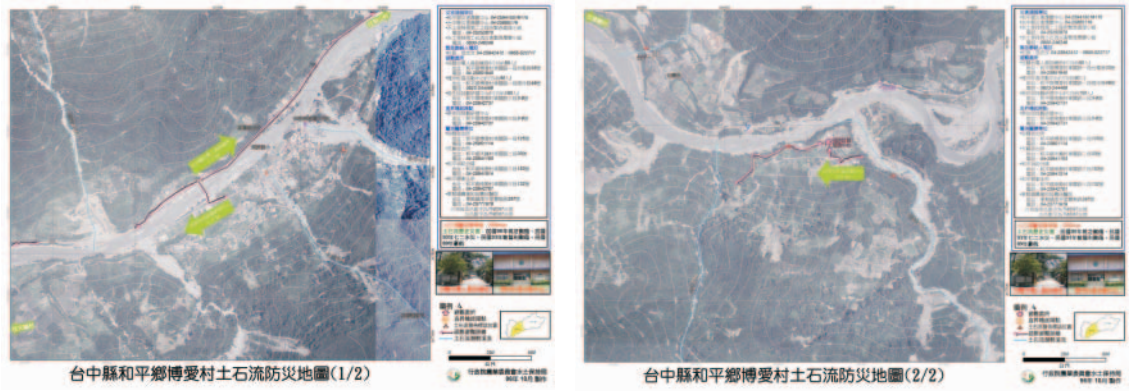
⑴硬體整治成果

松鶴部落經整治後，歷經 0609 豪雨、96 年聖帕颱風、97 年卡玫基颱風，上游梳子壩及加強工程均有效控制土砂，可見本處水工結構物確實發揮預期之功效。

水土保持工程整治現況(2008.10.23)

⑵軟體防災措施

水土保持局於 91 年規劃(96 年更新)博愛村土石流緊急避難路線，並辦理土石流潛勢區疏散路線與避難處所圖說宣導說明會，將谷關台電人員訓練所、原住民技藝研習中心及裡冷活動中心設爲避難處所。



博愛村土石流緊急避難路線圖(96 年 8 月)

博愛村村長致詞

和平鄉代表致詞

連惠邦教授替大家解答疑問

圖說宣導順利完成

博愛村土石流潛勢區疏散路線與避難處所圖說宣導說明會情形

原住民技藝研習中心

裡冷社區活動中心

台電訓練所谷關訓練中心

直昇機起降點—原住民技藝研習中心

博愛村避難處所

(3)土石流觀測站

松鶴土石流觀測站儀器包括雨量計 1 組、CCD 2 組、地聲檢知器 2 組及鋼索檢知器 8 組。

松鶴土石流觀測站儀器安裝位置圖

松鶴一溪上游 CCD

松鶴一溪下游 CCD

松鶴一溪上游地聲檢知器

松鶴一溪下游地聲檢知器

松鶴一溪上游鋼索檢知器

松鶴一溪下游鋼索檢知器

松鶴一溪雨量計

松鶴二溪鋼索檢知器

松鶴土石流觀測儀器

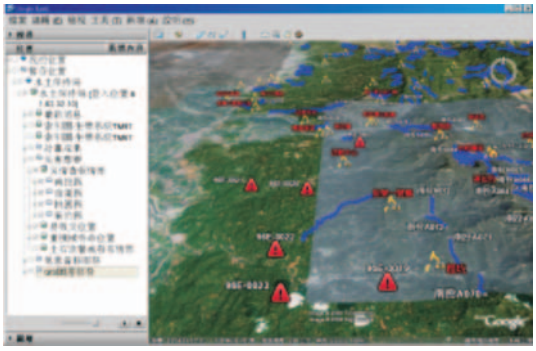
三、防災科技研發與創新

(一) 互動式 Google-Earth 資訊平台應用與開發

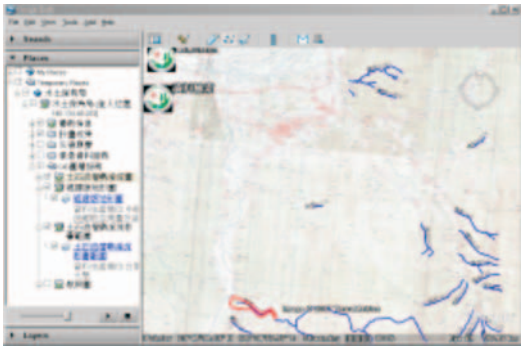
水土保持局於民國 96 年起開始研究如何運用 Google Earth 的優勢，與土石流防災業務結合，豐富在土石流防災業務之推動，加強民眾對於相關防災資訊獲取之速率。水土保持局爲了持續推廣 Google Earth 於水土保持及土石流防災業務上的應用，並提昇民眾主動學習土石流相關防災教育課程之意願，導入觸控式螢幕、wii 遊戲機之無線操控模式等互動式介面，以提昇 Google Earth 展示平臺使用者介面的親合力，提高民眾學習意願，強化民眾防災意識。

1. 土石流資訊與 Google Earth 整合

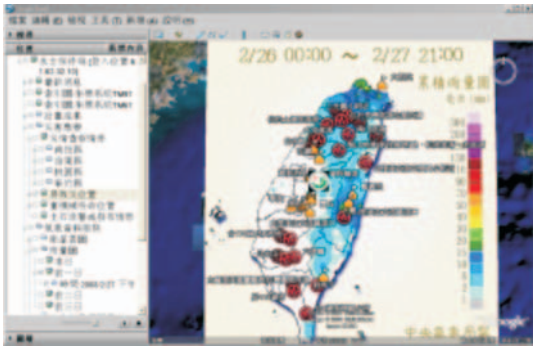
運用 Google Earth 平台，整合水土保持局即時災情查報資料及無人載具飛機所拍攝之航拍照片，透過視覺化圖台系統呈現更直觀災害地理相關位置，俾使進行災時搶救或災後分析及檢討災害時，擁有較佳的分析及展示平台，有效提昇水土保持局在土石流災害管理工作成效。



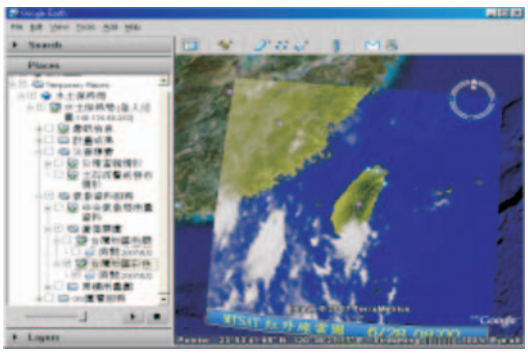
⑴災情分布



⑵土石流分布



⑶累積雨量圖



⑷衛星雲圖

土石流資訊與 Google Earth 整合

2. 互動式操作介面

傳統的有線滑鼠、鍵盤與主機侷限於線纜的連接，使操作人員僅可在線纜有限範圍內操作 Google Earth，在應用操作十分不便。透過觸控方式來操作 GoogleEarth 有利於解說地圖上資訊，但傳統控觸控螢幕價格昂貴及可攜性不佳，在防災宣導活動應用上較爲不便。爲提供多元化的互動式操作，水土保持局遂即進行單點觸控式模組、多點觸控模組、WII-Remote 無線控制模組等研發工作。

單點觸控式模組成果展示

(1)單觸控式模組

單點觸控式模組採用紅外線及藍芽技術，可讓操作者直接在顯示界面上進行操作，經由操作者觸碰螢幕坐標位置模擬滑鼠輸入的行爲，節省滑鼠移動的時間，如此可提供較爲直覺且快速的操作方式。

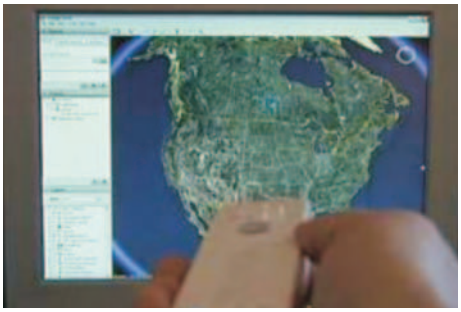
多點觸控式模組成果展示

(2)多點觸控模組

多點觸控式模組延伸自單點觸控式模組，可利用兩隻手指直接在螢幕上操作的設備(如感應式手套)，讓操作人員透過雙手的動作，控制 Google Earth 上的地圖拉近、拉遠、旋轉、平移等操作功能。

(3)無線控制模組

無線控制模組的設計，則是整合時下最流行的 wii 體感式無線控制器，操作者只要在無線訊號的射程範圍內，手持 wii 無線控制器，就可以進行 Google Earth 的地圖拉近、拉遠、旋轉、平移等操作。



無線控制模組成果展示

⑷互動式操作介面之研發，將爲水土保持局帶來以下效益：

a.成本低廉，攜帶方便，可以取代價格昂貴的觸控螢幕。

b.觸控界面選擇彈性化，可用於螢幕投影、電腦螢幕等。

c.透過觸控的方式進行電腦操控，用於成果展示或教育宣導，能夠輕易吸引大眾目光。

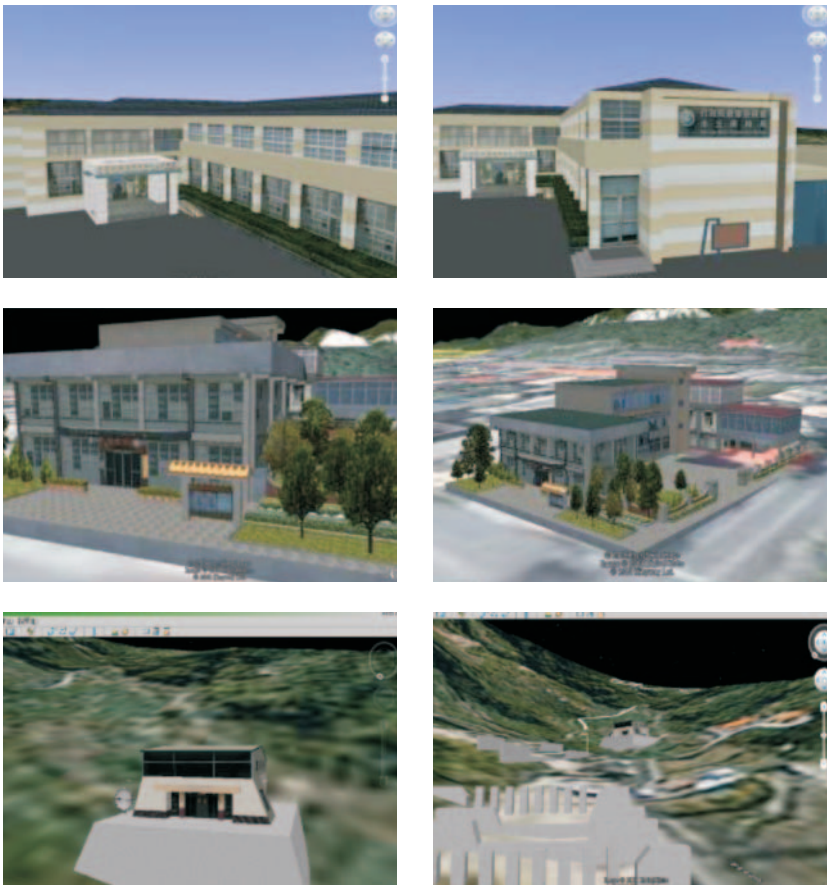
3.互動式土石流防災遊戲開發

本遊戲係爲整合 Google Earth 平台的土石流防災遊戲，與一般土石流防災網路遊戲不同的是：玩家可搭配 WII Remote 操作器進行遊戲操作，同時，可一覽完整的航照影像與 3D 的場景，有身歷其境的不同感受。

藉由精心規劃與設計的遊戲，導入山坡地保育及土砂災害防治之資訊，透過與玩家互動的方式，將土石流發生條件、徵兆、型態、易發生地點、防治方法、防災物品等防災與應變觀念，正確傳達到各種年齡層，使其對於天然災害及避難行動有更深層之瞭解，加強民眾對於土石流防災之認知，讓全民一起來防災。

4.虛擬 3D 模型建置

製作水土保持局本局、所轄六處分局建物，及全台 13 處土石流觀測站重要工程設施（如梳子壩）、觀測小屋及橋樑等區域之建物的 3D 模型，並將模型整合至 Google Earth 上，下圖爲模型建置成果。



虛擬 3D 模型建置成果

(二) 光纖感測技術於坡地監測之應用

國內現行的土石流預警系統主要是採用累積雨量及降雨強度作爲預警指標的事前預警方法，其警報準確度較低，應變時間較長。爲了提高土石流警戒系統的準確度，近年來的研究多針對準確度較高的事發偵測方法，如鋼索感應器、光束阻斷器、空氣次聲及地聲感應器等。但從以往現場觀察資料得知，藉由感測土石流發生時所伴隨而來的巨大低鳴聲（空氣次聲）及地表振動（土石流地聲）的模式，因地聲於地表中傳遞時衰減較快，故只有當土石流抵達地聲檢知器附近時，才能偵測到明顯的地聲訊號，應變時間也較短。

1. 光纖感測技術於坡地監測之優勢

有鑑於光纖感測技術之高靈敏度、低損耗及寬頻，適合應用於長距離、微弱訊號偵測的特性。將可把土石流地聲感測位置，往更上游佈設光纖地表振動感測系統，以瞭解光纖光柵技術於坡地防災科技上應用之可行性。此外，也利用麥克風偵測土石流發生時空氣中之聲音訊號，期能與現有之土石流觀測站並行及光纖地聲感測系統，共同觀測與收集土石流災害之資料，進行比較分析，以供進一步土石流災害研究與預警基準建置之用。

2. 光纖光柵量測系統架構

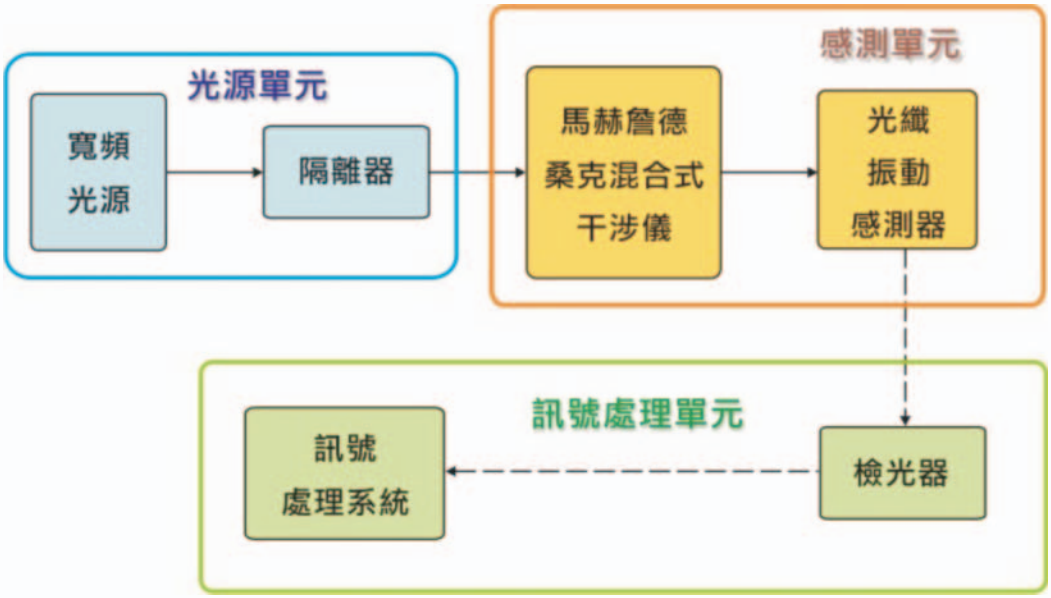
干涉儀光纖感測系統之運作，主體系統分爲三大單元如下：

(1)光源單元：其組成元件包括雷射光源和光隔離器。

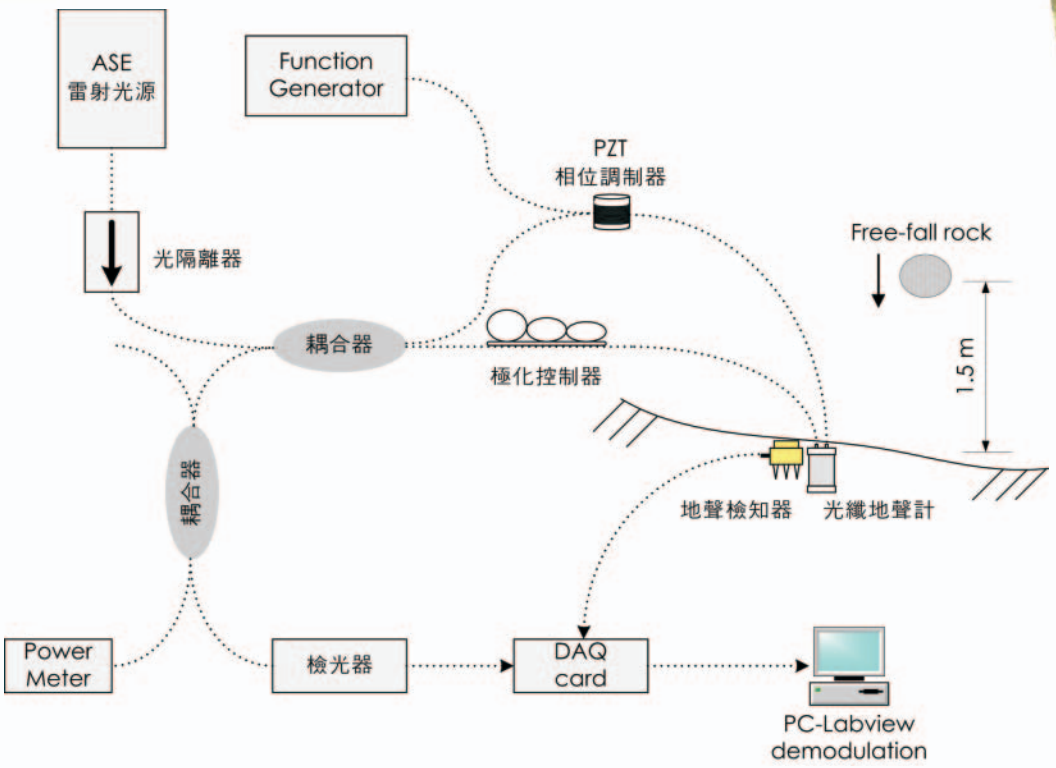
(2)感測單元：桑克與馬赫－詹德混合式干涉儀、 FBG 光纖光柵感測器等。

(3)訊號處理單元：包含了循環器、檢光器和訊號處理系統。

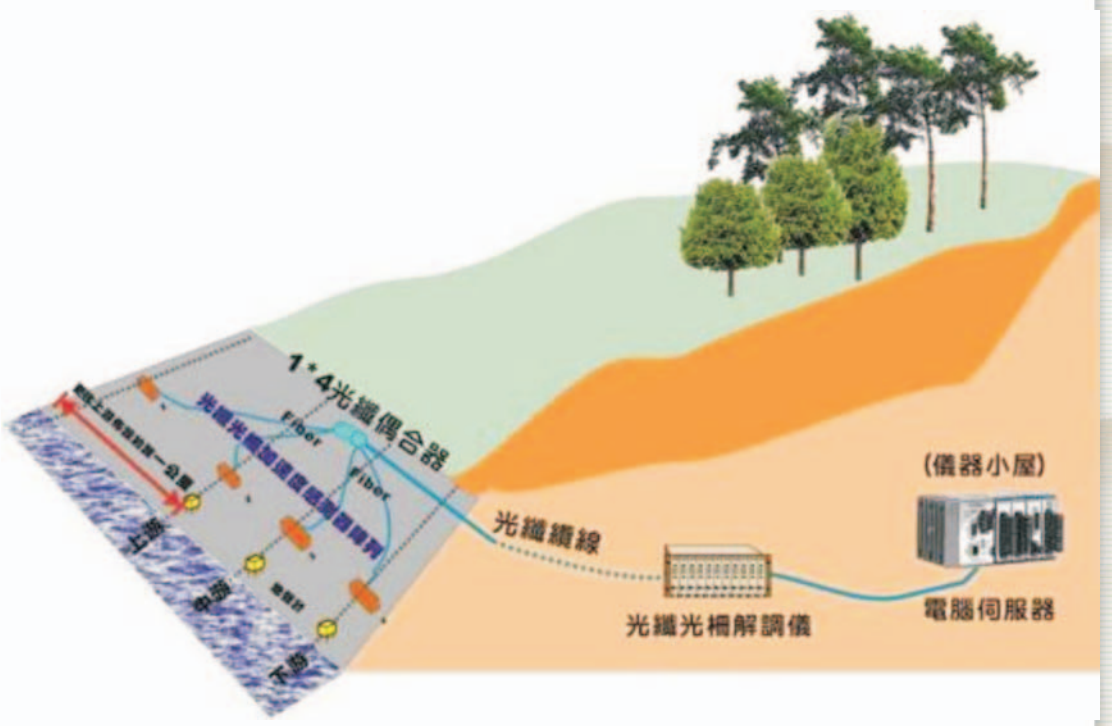
光纖光柵土石流地聲量測系統之架構，其方塊圖及整個系統感測架構如下圖所示。光纖感測器以頻率分佈在 10～300 Hz 低頻域特性而設計，量測因土石衝擊所引起的振動訊號。



光纖光柵土石流地聲量測系統方塊圖



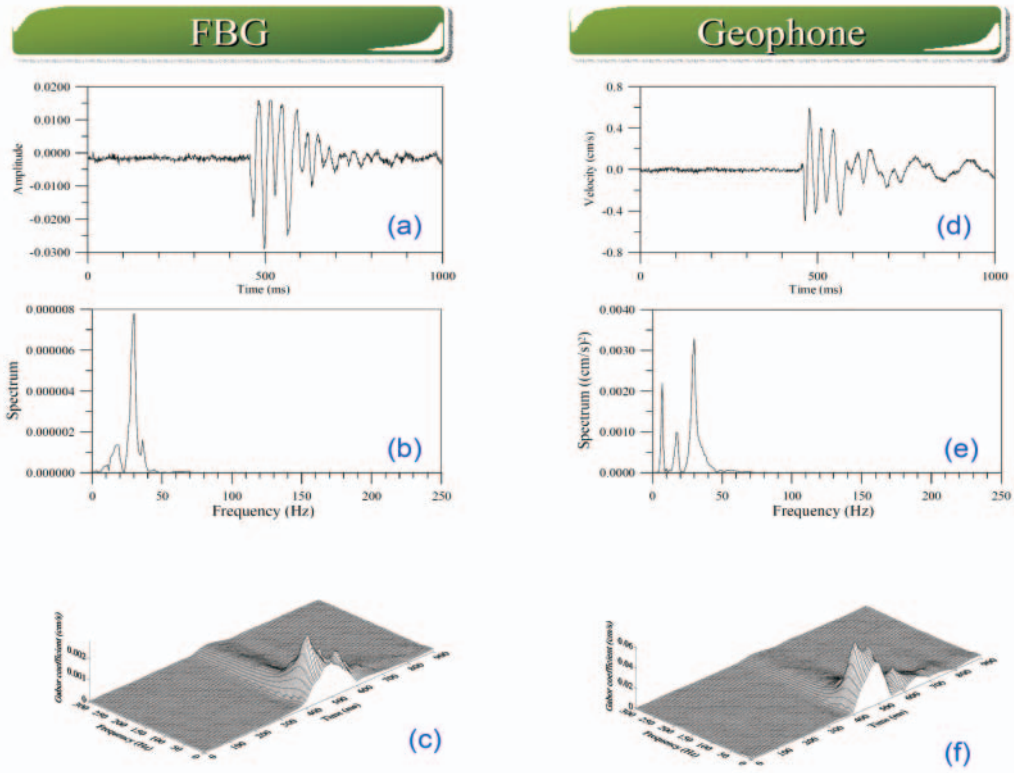
光纖地聲感測系統儀器配置圖



光纖土石流地聲觀測系統示意圖

3.光纖光柵量測系統測試成果

完成光纖光柵土石流地聲量測系統之架構後，將進行地聲感測系統之功能測試，待調整完成後擇一土石流觀測站現場進行現地之實驗。該實驗主要爲利用光纖光柵土石流地聲量測系統及地聲檢知器同時量測人工方式產生之地聲訊號，並加以分析比較，藉以得知光纖光柵土石流地聲量測系統之性能特性。其光纖光柵感測器(FBG) 與地聲檢知器量(Geophone)測試結果成果比較如圖。



光纖光柵感測器(FBG) 與地聲檢知器量(Geophone)測試結果成果

4.光纖光柵量測系統的特色

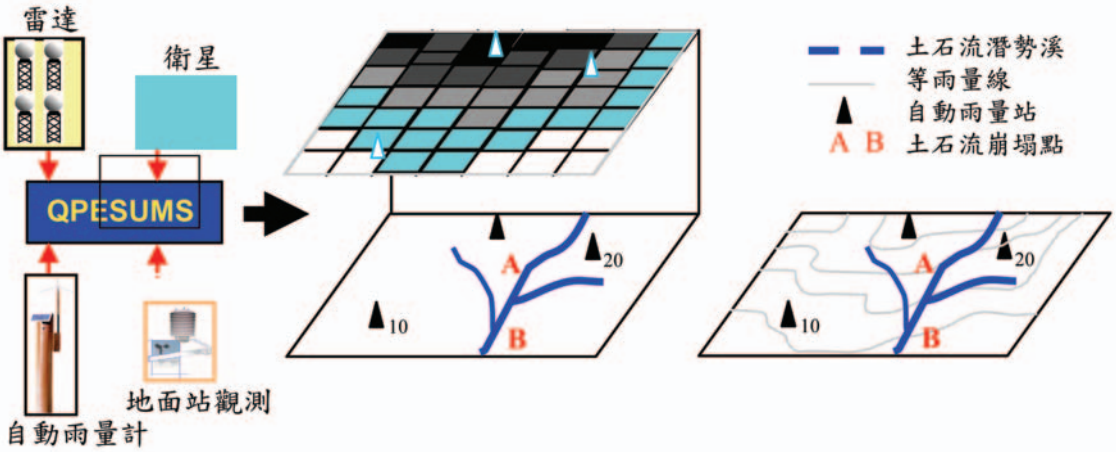
⑴傳統感測器缺點：電路系統之供電問題、易受電磁干擾、長途傳輸之穩定性與維修經費。光纖感測器則無此缺點。

⑵光纖感測器優點：細小、質輕、抗電磁干擾，集訊號傳輸與傳感於一體，且耐高溫、抗腐蝕、低損失特性，可遙測遠距離的資訊、具有更高的靈敏度與可靠性、可結合多工技術。

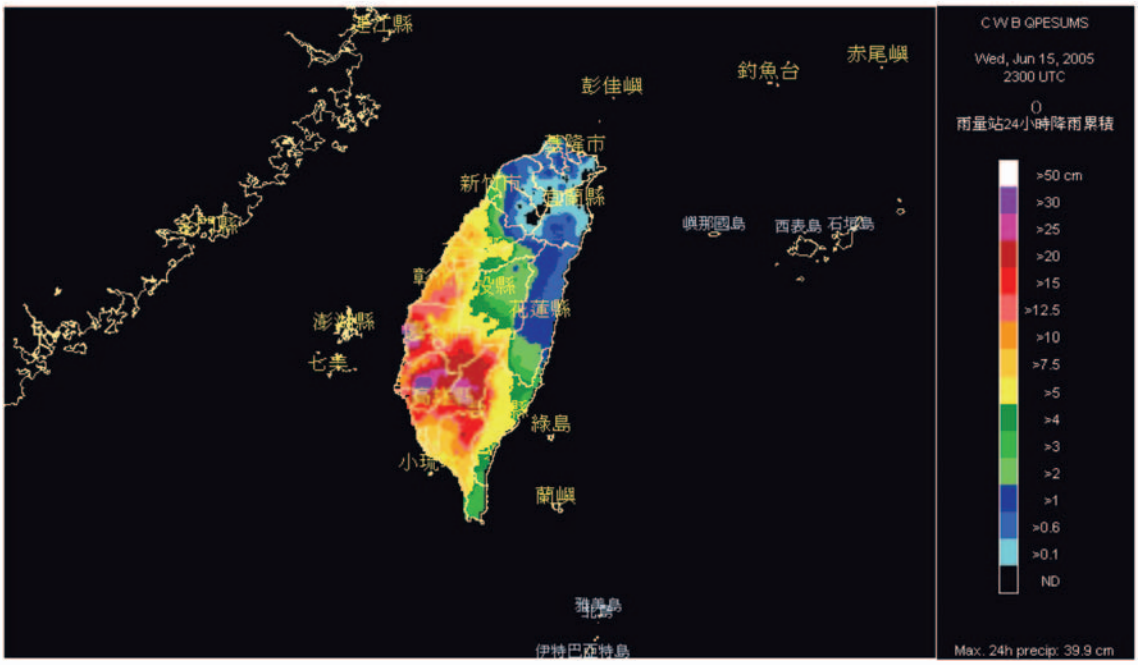
⑶光纖感測器之特性，光纖傳遞地聲訊號可傳遞長距離，而不影響地聲訊號。可將其發展調整適用於土石流發生之偵測，達到早期警戒之目的。

(三) 高解析度定量降雨估計與預報技術研發

爲提昇土石流警戒發布之準確性，水土保持局自 95 年起與中央氣象局合作，共同委託美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)，辦理「高解析度定量降雨估計與預報系統」開發。利用 QPESUMS 雷達高時空解析雨量資訊，整合即時地面自動雨量站觀測，發展局部區域定量降雨估計技術。期透過台美之技術合作，針對台灣土石流潛勢地區，開發 0~1，0~3 小時即時定量降雨預報(QPF)在土石流監測之應用，並透過分析技術的開發，以提昇本局土石流監測技術。



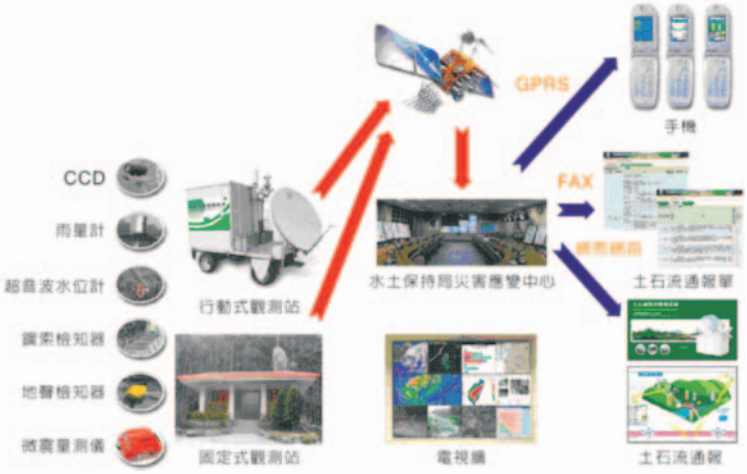
QPESUMS 系統之雨量估計方式



雷達定量降水估計

(四) 土石流觀測站創新

土石流觀測站爲對各區域水文、地理等資料，做長期蒐集、調查及研究，以爲未來建立土石流警戒基準值之參考，水保局於民國 91 年開始，陸續建置完成全台 13 處固定式土石流觀測站及二座行動式土石流觀測站的建置計畫，於防汛期間將土石流潛勢溪流現場即時資訊整合於本局土石流防災應變系統，提供各級防災單位決策參考。



土石流觀測系統

固定式土石流觀測站分布圖

◪固定式土石流觀測站：

1. 主要儀器

主要可分爲現場觀測儀器、前端儀器屋、中端傳輸模組及後端展示模組四大部分，各觀測站現有之觀測儀器包括雨量計、CCD攝影機（含投射燈）、鋼索檢知器、地聲檢知器及超音波水位計等。各項儀器功能介紹如下：

CCD 攝影機

⑴ CCD 攝影機：

以電荷耦合元件爲感光體之攝影機，在台灣亦應用在土石流觀測站，是重要的觀測儀器之一，主要配合鋼索檢知器，觀測溪流動態情況，眞實紀錄土石流運動之影像，並可推求土石流之表面流速。

地聲檢知器

⑵地聲檢知器：

設置於土石流溪流之河岸、河床或防砂壩翼，偵測並紀錄土石流發生時所造成的地表震動訊號，可偵測土石流發生並粗估其規模，做爲發布土石流警戒之參考。

⑶超音波水位計：

設置於土石流溪流河岸或防砂壩翼，爲土石流觀測站的儀器設備之一，紀錄溪流水位隨時間的變化，量測水深或土石流泥深，以推估土石流流量。惟受儀器本身限制，檢測感應頭距離水面以不超過 10 公尺爲原則。

超音波水位計

(4)衛星天線：

透過中新一號衛星，即時傳送現場各類偵測結果。

衛星天線

(5)雨量計：

紀錄一地逐時或逐日降雨量的觀測儀器，其架設位置以儀器小屋上方爲主，主要功能爲蒐集土石流發生現場即時雨量資料，作爲本局發布土石流警戒之指標。

(6)資料接收中心：

爲一鋼筋混凝土構造物，本身具有電力供應系統，整合各觀測儀器(衛星天線、雨量計等)所有的資料，並且可自動進行儲存及控制觀測系統運作模式。

雨量計

資料接收中心

⑺鋼索檢知器：

鋼索檢知器

其構造爲一條鋼索加上兩條銅質電線組合而成，並在其上加掛數片反光布條，以利夜間識別。設置於防砂壩溢洪口或河道兩岸，土石流發生時，遭衝斷之鋼索檢知器可發出信號。其優點爲價格低廉應用廣泛，惟無法重複使用爲其缺點。

2. 新增氣候觀測儀器

97 年於 13 處觀測站增設氣候感測器，其觀測器規格如下表所示，希望藉由長期觀測瞭解氣候變遷情形與地坡地環境變化相關性。目前增設之氣候感測器有溫濕度計、大氣壓力計、風力風向計、土壤含水量感測器、日照輻射感測器等。藉由長期間的氣候感測器量測記錄，以瞭解現地各項氣候因子的變化相對於坡地環境的影響相關性。

⑴自動溫濕度計

自動溫濕度計

溫度：
量測範圍：-10~+60℃
精確度：±0.6℃
濕度：
量測範圍：0-100%
精確度：±3%（0-90%），
±5%（90-98）

訊號擷取頻率：每秒 1 筆

(2)風力風向計

風力風向計

風速：
量測範圍：0-100m/s
精確度：±0.3m/s
風向：
量測範圍：0-360°
精確度：±3°

訊號擷取頻率：每秒 1 筆

(3)大氣壓力計

大氣壓力計

量測範圍：630-1130mBar
精確度：±0.125%FS
反應時間：約 10ms

訊號擷取頻率：每秒 1 筆

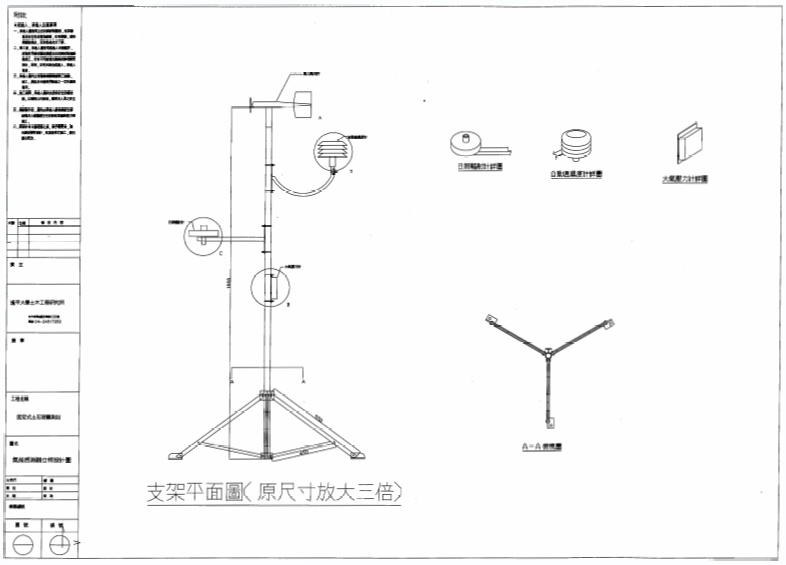
(4)日照輻射計

日照輻射計

波長範圍：400-1100nm
量測範圍：0-1400W/m2
精確度：±4%
反應時間：約 50ms

訊號擷取頻率：每秒 1 筆

氣候觀測儀器架設方式，目前規劃採用儀器三角架進行設置，儀器架上將設置風力風向計、溫濕度計、大氣壓力計及日照輻射計這四項氣候儀器架置，其安裝方式如下圖所示。



氣候儀器與儀器三角架安裝設計圖

考量本項儀器設備安全性，因此規劃之風力風向計、溫濕度計、大氣壓力計及日照輻射計這四項氣候儀器裝設地點以設置於資料接收中心屋頂爲第一優先考量，如資料接收中心屋頂不適合架設則調整於附近適當地點，神木觀測站設置地點如下圖所示。

神木站氣候感測器配置圖

⑸土壤含水量感測器

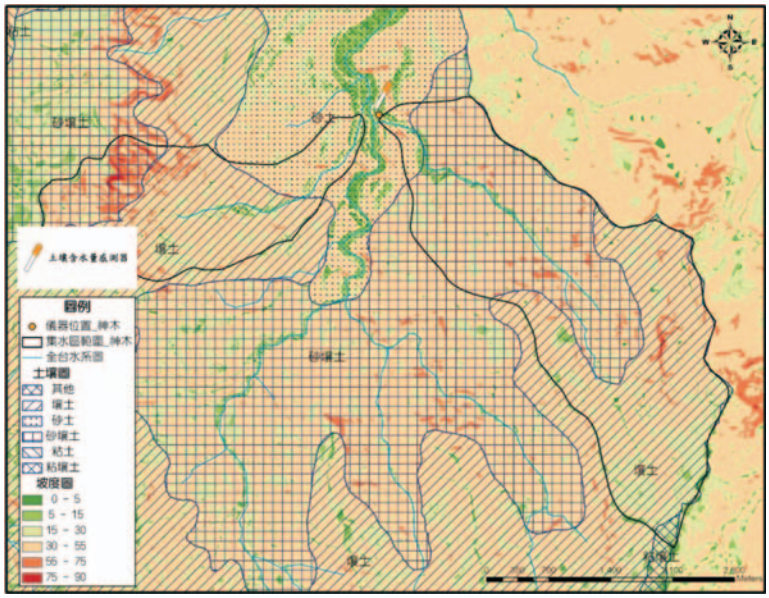
土壤含水量感測器

量測範圍：0-100%
反應時間：約 1 秒

訊號擷取頻率：每秒 1 筆

土壤含水感測器量測目的爲當颱風豪雨時，量測降雨量與雨水入滲造成土壤含水量增加的關係。故在儀器架設時必須先考量各觀測站潛勢溪流周圍的土壤性質，找出主要土壤性質的位置以及儀器可以架設的範圍，並靠近現有的雨量計。

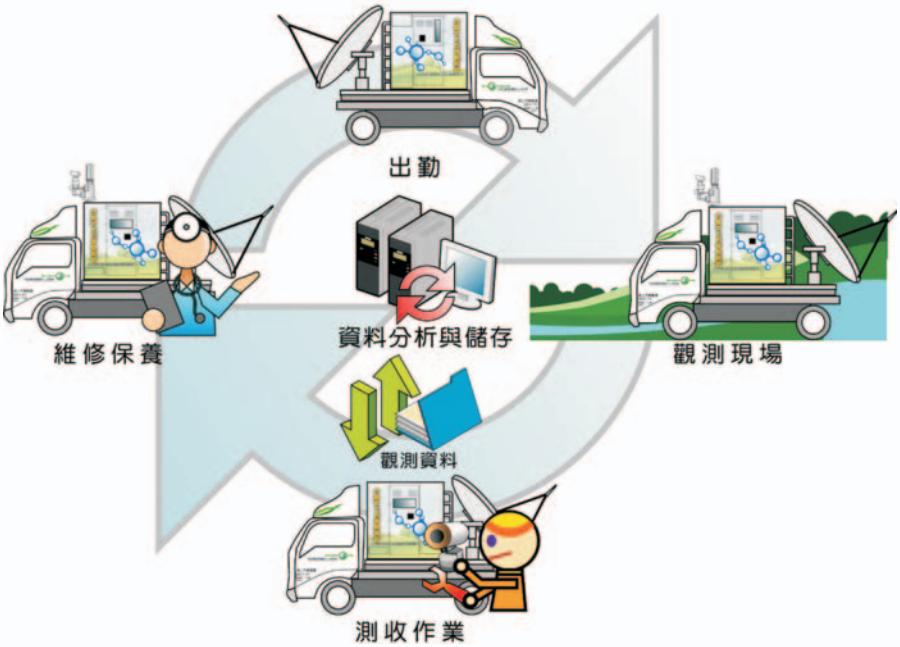
神木觀測站主要觀測溪流爲出水溪及愛玉子溪，而出水溪是近期崩塌情形較多之溪流，挑選出水溪爲主要觀測重點，並以出水溪集水區上游處主要分佈之砂壤土質，規劃於觀測站附近，選取相同砂壤土質之平緩地（坡度 0~15 度範圍內，距離儀器屋 100 公尺內），進行土壤含水量感測器之埋設安裝，感測器規劃安裝地點如下圖所示。



神木土壤、坡度分布及土壤含水量感測器規劃設置圖

◪行動式土石流觀測站：

爲可獨立自主(無人化)進行土石流觀測工作，其通訊系統可克服天候及地形限制，即時傳回資料，具有適時抵達觀測地點的機動性。目前編制有 2 台，依颱風動向機動架設，藉以提昇土石流之捕捉率；再利用衛星通訊傳輸，即時回傳現地影像，以作爲相關研究分析使用。行動式土石流觀測站主要包含觀測儀器、展示系統、電力系統、通訊系統及資訊系統五大部分。系統配備如下，可將現地資訊擷取、儲存及傳送至控制中心。



行動式土石流觀測站作業流程

行動式土石流觀測站

1. 觀測儀器：

包含雨量計 1 組、CCD 高效能數位攝影機（含紅外線投射燈）2 組、地聲檢知器 1 組、模組化 CCD 及模組化雨量計。

2. 電力系統：

維持行動式土石流觀測站自主營運的電力系統，其組成內容包含發電機(附掛 100 公升油箱)、不斷電系統、電池組等。

3. 展示系統：

展示行動式土石流觀測站即時資訊，透過網際網路方式，結合土石流防災應變系統(http://fema.swcb.gov.tw)，提供各級防災單位現場即時資訊。

4. 資訊系統：

行動式土石流觀測站資料擷取、儲存、傳送及控制中心，其設備包括工業電腦、影像伺服器、集線器、遠端控制電源開關、矩陣解碼器等。

5. 通訊系統：

爲求即時將現場資訊傳回災害應變中心，採用 C 頻衛星通訊，確保其通訊品質

行動式土石流觀測站可自主營運達 72 小時以上，同時配合全台 13 座土石流觀測站採雙軌五分區（東西雙軌、北中南花東五區）機動派遣。出動時機係於中央氣象局發布海上陸上颱風警報時，依颱風行進路線，機動派遣至土石流潛勢溪流附近，執行現地觀測的任務。

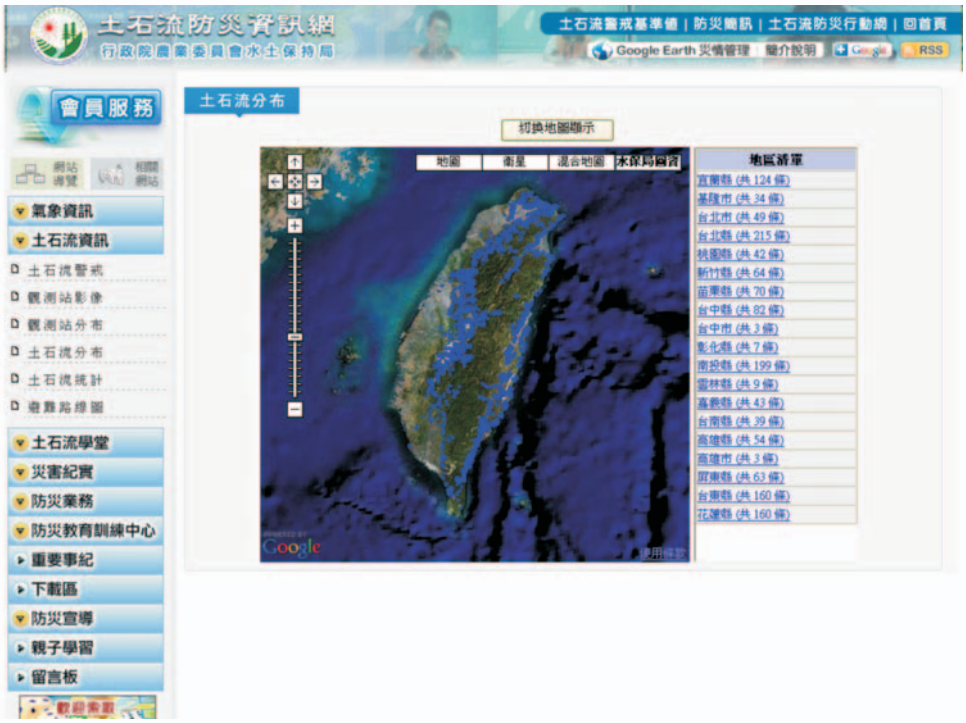
(六) 土石流防災資訊網(http://246.swcb.gov.tw)

土石流防災資訊網，提供民眾土石流潛勢溪流、土石流防災疏散避難規劃與即時雨量查詢等防災資訊。

氣象資訊	土石流資訊	土石流學堂	災害紀實	防災業務	防災宣導
即時雨量 衛星雲圖 颱風現況 氣象資料綜合報告 天氣預報	土石流警戒 觀測站影像、分布 土石流分布、統計 避難路線圖 避難演練	認識土石流 土石流災害管理 土石流防災策略 土石流年報 專有名詞 線上學習	重大土砂災情報告 重大土石流災例 災例影像庫	相關規定 土石流災害防救業務 計畫、作業手冊 土石流專家學者 教育訓練中心	推廣文宣 影片劇場 趣味遊戲

土石流防災資訊網架構圖

土石流防災資訊網首頁



土石流資訊

會員服務
網站導覽
相關網站
氣象資訊
土石流資訊
土石流學堂
認識土石流
土石流災害管理
土石流防災策略
土石流年報
專有名詞
線上學習
避難路線
災害紀實
防災業務
防災教育訓練中心
重要事紀
下載區
防災宣導
親子學習
留言板
土石流
土石流潛勢溪流
颱風與土石流
土石流災害
土石流治理
土石流Q&A
定義 | 型態 | 特徵 | 發生原因 | 發生徵兆 | 分類方式 | 土石流警戒基準值 |
土石流定義
土石流係指泥、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。
延伸閱讀
在台灣，土石流大多在豪雨期間發生在山坡地或山谷之中，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』。
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同時或延後出現。(土石流概論 2003)
發生部
流動部
堆積部
土石流是泥、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，水與固態物質間因充分混合之結果。使土石流運動型態與力學機制，脫離一般牛頓性流體範疇，而呈現較複雜之力學機制。發生時往往因為其流速快、具突發性、衝擊力強及破壞性大而造成許多嚴重災情。(水土保持手冊 1992)
一個大型的波狀運動，沿著河谷順流而下，其中夾雜了許多固體的和流體的組成物質，在移動的過程中，少部分波的移動速度較快而覆蓋到前方流動的土石之上，造成不斷的重疊現象。(Johnson, A. M., Rodine, J. R. 1984)
土石流是由土石與水混合成一流體之集體搬運，而流體中含有大礫石、細粒砂、流木等，以大礫石為頭部之滾動、滑動、跳躍向下運動。(張立憲1985)
土石流為土石與水之混合體，其運動型態為集體搬運；與水流沖刷河岸或河床沖蝕之個別搬運不同。(黃雲城1991)
土石流乃風化土壤、崩積土或溪床堆積物因飽含水分而沿斜坡或溪床發生急速流動之現象。(張石角1995)
土石流是一種高濃度水砂混合兩相流(two-phase flow)，具有大量土砂礫石集中並呈隆起之先端部(forefront)，而以段波型態做高速運動的流動體。(種憲邦1996)
山崩後的土石或泥漿堆積在溪床或河谷中，在遭受豪雨侵襲或溪床逕流時，此堆積物便形成高含水量之黏稠狀波體順坡潰洩而下。(洪明瑞1998)
說明：土石流的運動方式可以分成發生區、流動區與堆積區。發生區的橫剖面形狀多呈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。而流動區為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。至於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。
請點選 觀看影片

土石流學堂

會員服務
網站導覽
相關網站
氣象資訊
土石流資訊
土石流學堂
災害紀實
重大土石災情報告
重大土石流災例
災例影像庫
防災業務
防災教育訓練中心
重要事紀
下載區
防災宣導
親子學習
留言板
災例影像庫
搜尋影像圖檔
依年度 不拘 查詢 依類別 不拘 查詢 依關鍵字 送出 依縣市 不拘縣市 不拘鄉鎮 送出
顯示條件：全部
影像分類 拍攝內容 格式 瀏覽
土石流災害 地利村五鄰野溪之90年桃芝颱風之地利村土砂災情 jpg
土石流災害 地利村五鄰野溪之90年桃芝颱風之地利村土砂災情 jpg
土石流災害 神木村出水溪85年賀伯颱風土石流災害衛星航照圖 jpg
土石流災害 神木村出水溪85年賀伯颱風民宅遭沖毀 jpg
土石流災害 神木村出水溪85年賀伯颱風神木村土石流災害 jpg
土石流災害 神木村出水溪85年賀伯颱風神木村警察哨遭土砂掩沒 jpg
土石流災害 神木村出水溪85年賀伯颱風霍蘭溪橋土石堆積情形 jpg

災害紀實

會員服務

網站導覽 相關網站

- 氣象資訊
- 土石流資訊
- 土石流學堂
- 災害紀實
- 防災業務
  - 相關規定
  - 土石流災害防救業務計畫
  - 土石流災害防救業務作業手冊
  - 歷年演練場次
  - 歷年宣導場次
  - 歷年自主防災社區
  - 避難路線圖
  - 土石流專家學者
- 防災教育訓練中心
- 重要事紀
- 下載區
- 防災宣導

歷年自主防災社區

請選擇查詢： 全部年度 全部縣市 全部鄉鎮 查詢

總計: 108 處

序號	年度	縣市	鄉鎮	村里	自主防災社區地圖
1	94	台中縣	和平鄉	博愛村	
2	97	台中縣	東勢鎮	龍興里	
3	95	台中縣	東勢鎮	慶福里	
4	96	台中縣	新社鄉	中和村	自主防災社區地圖下載
5	97	台中縣	新社鄉	福興村	
6	96	台北市	內湖區	大湖里	自主防災社區地圖下載
7	95	台北市	北投區	大屯里	
8	97	台北市	北投區	秀山里	
9	96	台北縣	三芝鄉	橫山村	自主防災社區地圖下載
10	95	台北縣	三峽鎮	五寮里	
11	95	台北縣	三峽鎮	有木里	
12	97	台北縣	五股鄉	五龍村	
13	97	台北縣	石碇鄉	潭邊村	
14	97	台北縣	金山鄉	三界村	
15	97	台北縣	金山鄉	永興村	
16	96	台北縣	金山鄉	重和村	自主防災社區地圖下載
17	96	台北縣	泰山鄉	大科村	自主防災社區地圖下載
18	96	台北縣	泰山鄉	明志村	自主防災社區地圖下載

防災業務

會員服務

網站導覽 相關網站

- 氣象資訊
- 土石流資訊
- 土石流學堂
- 災害紀實
- 防災業務
- 防災教育訓練中心
- 重要事紀
- 下載區
- 防災宣導
- 親子學習
- 留言板

年度培訓課程 | 開課資訊 | 網路課程 | 講師資料庫 | 土石流專家學者 | 防災教育創意教學成果

研習議程 | 台北場 | 台中場 | 台南場 | 花蓮場

時間	課程主題	說明	主持人／主講人
08:30~09:00	報到	報到領取研習手冊	
09:00~09:30	相見歡	學員自我介紹及分組	水土保持局土石流防災中心郭力行技士
09:30~10:00	土石流防災資訊蒐集與應用 下載簡報 線上課程	介紹土石流防災資訊網中的教學資源及Google Earth	水土保持局土石流防災中心郭力行技士
10:00~10:30	土石流防災創意教學 下載簡報 線上課程	國小老師以自身教學經驗分享土石流防災課程	西屯國小賴如足老師
10:30~10:45	休息	享用茶點交流	
10:45~12:00	防災趣味遊戲—土石流防災大富翁	介紹土石流防災大富翁教具，每位教師體驗土石流防災大富翁印刷版 以土石流防災大富翁大型活動版結合機智搶答遊戲。意見分享及交流、問卷調查	西屯國小賴如足老師 何厝國小賴雅芬老師
12:00~13:00	休息	午餐	
13:00~14:10	防災教案探索之旅 下載簡報 線上課程	教案設計示範引導，包含雨量簡設計、土石流防災大富翁、影片等教案範例，引導教師設計教案、教具、海報	何厝國小賴雅芬老師
14:10~15:40	腦力激盪大挑戰	分組規劃設計簡易型教案與海報	西屯國小賴如足老師／何厝國小賴雅芬老師
15:40~16:00	休息	下午茶	
16:00~17:00	成果發表	教案海報成果分享	何厝國小賴雅芬老師
17:00~17:20	座談交流		

防災教育訓練

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION

會員服務
推廣文宣
網站導覽
相關網站
氣象資訊
土石流資訊
土石流學堂
災害紀實
防災業務
防災教育訓練中心
重要事紀
下載區
防災宣導
推廣文宣
影片劇場
趣味遊戲
親子學習
留言板
認識土石流
土石流防災有一套
土石流防災資訊網
點選看大圖
點選看大圖
點選看大圖
土石流防災
土石流防災三步驟
居家防災多準備
土石流防災

防災宣導

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION

第陸章

土石流防災成果

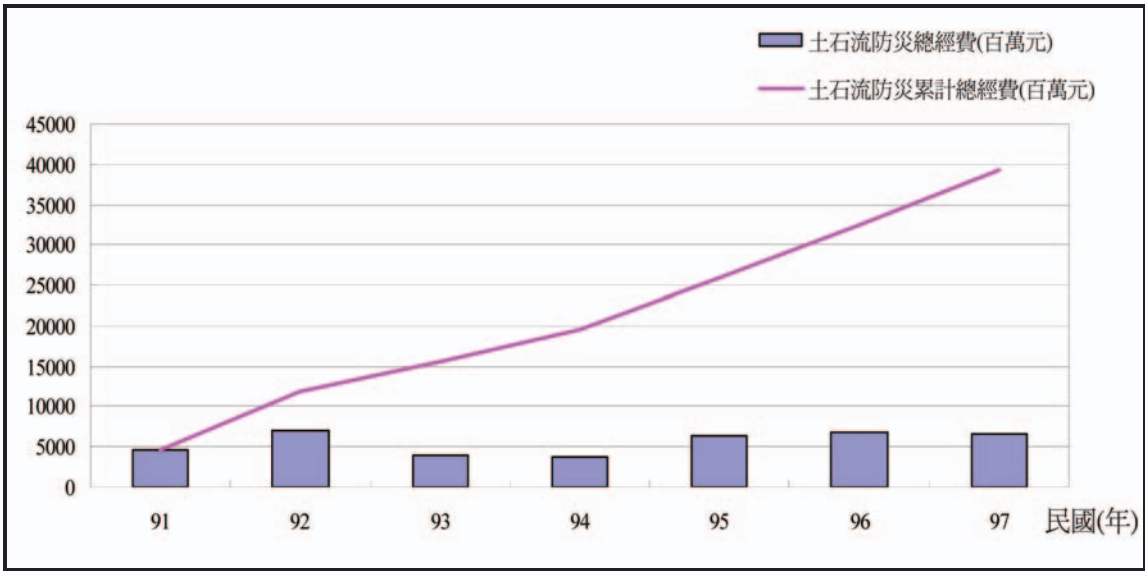
陸 土石流防災成果

一、歷年經費與防災成效

歷年來水土保持局分別於土石流監測、坡地防災應變、加強山坡地水土保持、易淹水地區水患治理計畫、石門水庫及其集水區整治計畫等項目中，投入防災經費，如下表所示。

土石流防災經費(單位：百萬元)

年度	整體(含軟、硬體)防災相關經費			軟體防災措施經費	
	公務預算	特別預算			
	加強山坡地水土保持	易淹水地區水患治理計畫	石門水庫及其集水區整治計畫	土石流監測	坡地防災應變
91	4,669.4	-	-	-	50.0
92	7,100.6	-	-	-	90.0
93	3,874.5	-	-	-	70.0
94	3,783.8	-	-	85.8	57.2
95	2,995.3	2,500.0	883.4	71.9	44.5
96	1,214.1	4,000.0	1,572.6	57.6	34.3
97	1,216.5	4,000.0	1,458.0	75.8	66.7
合計	24,854.1	10,500.0	3,914.0	291.0	412.6

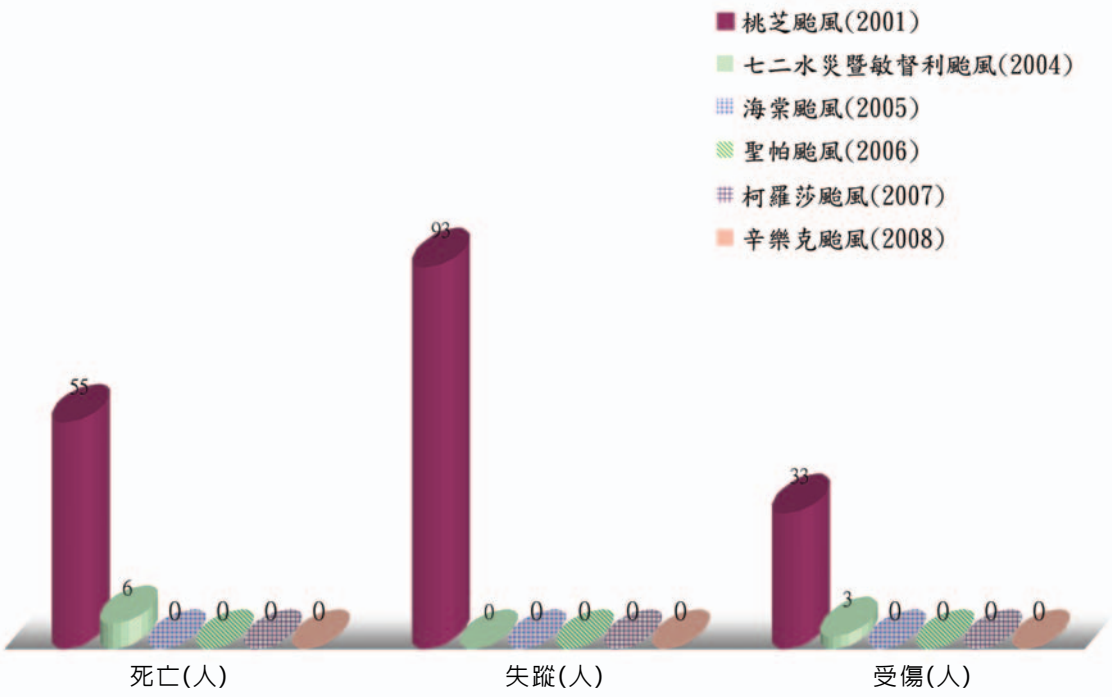


土石流防災經費

隨著土石流防災經費之投注，各地土石流防災整備之執行，截至97年止累計已完成：

- 土石流疏散避難演練：453場
- 土石流疏散避難規劃：564處
- 建置保全對象清冊：32,154人
- 土石流防災教育宣導：796場
- 推動自主防災社區：108處
- 土石流防災專員：1,408人次
- 充實避難處所設施：201處
- 疏散避難計畫：522村里

歷年重大土石流災情統計比較如下圖。由圖可知，水土保持局近年來致力於土石流防災工作，已逐漸達成土石流災害零傷亡之目標。

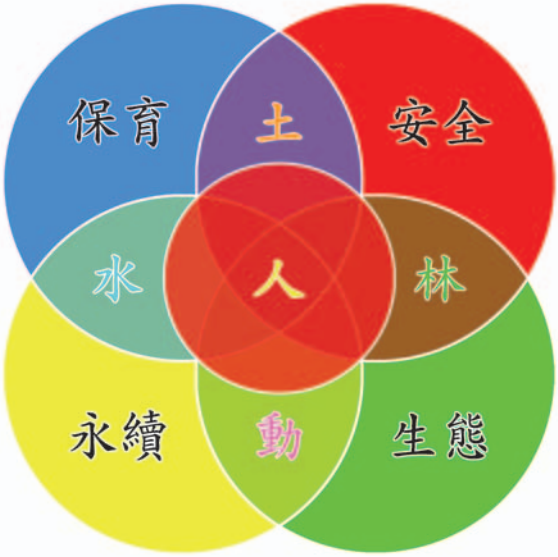


重大土石流災情

二、結語與展望

水土林動人思維

水土保持局近年來持續推動全方位治山防災，建構安全山坡地環境，並考量水資源保育、土砂控制、植生復育及生態保育之重要性，採心懷人文之觀點，重現水土林動人風貌。



水 保育水土資源

保土蓄水

蘇樂野溪保育治理

砂崙仔崩塌地處理

土 減免災害

土石流防災

花蓮地區清水溪治山防災

泥牛埔泥岩地區水土保持

林 涵養水源

植生綠化

治理前

后番子坑溪生態工法治理

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION

動 永續利用

生態景觀

人 國民福祉

以人爲本

水土保持局除加強國土保育復育與推動農村新風貌建設等工作外，亦強化土石流防災體系及生態環境保育，並打破以往的老舊體制，成爲優質、效率、團隊、創新的形象，實踐「水土林動人」的理念，讓水土保持局擁有高效率的執行力，賦予新生命、展現新風華，創造水土保持新紀元新視界。

國家圖書館出版品

土石流防災歷年成果專輯
行政院農業委員會水土保持局編著
南投市：農委會水土保持局，民97
ISBN 978-986-01-6408-4（平裝）

土石流防災歷年成果專輯

THE ACHIEVEMENT OF DEBRIS FLOW DISASTER PREVENTION

編 著 者：行政院農業委員會水土保持局
發 行 人：吳輝龍
發 行 所：行政院農業委員會水土保持局
總 編 輯：陳樹群
編輯委員：趙國昭、施金爐、簡俊發、林裕益、王晉倫、陳振宇、連榮吉、尹孝元、蔡明發、黃效禹、何謹余、郭力行、盧樺葦、楊永祺、朱志彬
編審委員：王价佢、范正成、單信瑜、陳天健、陳聯光
（按姓氏筆畫順序排列）
地　　址：540 南投縣南投市中興新村光華路六號
電　　話：049-2394300
傳　　真：049-2394309
網　　址：http://www.swcb.gov.tw
出版日期：中華民國九十七年十二月
定　　價：500 元
G P N：1009703460
I S B N：978-986-01-6408-4 （平裝）

欲利用本書全部或部分內容者，須徵求著作財產權人同意或書面授權。
請洽水土保持局（電話：049-2394234）

與您一起打拼 Work together with you

行政院農業委員會水土保持局
Soil and Water Conservation Bureau, COA
南投市中興新村光華路6號
http://www.swcb.gov.tw

ISBN 978-986-01-6408-4
9789860164084
GPN：1009703460
定價：500元