

整體性減災計畫之研擬

國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center for Disaster Reduction

坡地災害防治組

社會經濟組

Slopland Disaster Reduction Division

Socio-Economic System Division

摘要

本計劃包含三大部分包括：易淹水地區治理實施計畫綜合效益評估示範研究、水庫土砂災害防治與供水機能措施成效評估、坡地崩塌高潛勢地區防災示範計畫。96 年度研究重點分別為：1.易淹水地區水患治理工程之家戶損失分析----以新塹示範區為例，2.石門水庫颱風降雨與土砂災害特性探討，3.地質災害圖於坡地災害預警之可行性探討。

在易淹水地區水患治理工程之家戶損失分析部份，為能更具體了解水災對居民實際的危害，依據福利經濟學的損失定義及理論，以機會成本及金錢的損失的概念，重新估算了家戶的各項資本損失，藉以提昇估算的精度。再者，亦嘗試以家戶的角度來探討水災的影響，依據巨災模型理論，有系統的估算出水災可能造成之家戶損失及工程整治的實際效益，此結果使政府更清楚了解災民各類資本的實際損失，有助於政府災後工作的推動。

在水庫土砂災害防治與供水機能措施成效評估部分以石門水庫歷年颱風降雨與水庫淤積關係進行分析，根據石門水庫集水區雨量站建站以來劇烈降雨變化分析結果顯示，發現在 2000 年之後颱風期間的降雨不僅降雨強度有增加，發生劇烈降雨的頻率也有增加的趨勢。颱風期間平均降雨量超過 400mm、洪峰流量大於 4000cms、集水區累積流量大於 $3 \times 10^8 \text{m}^3$ 時，水庫集水區之土砂運移將有可能對於水庫造成較嚴重的影響，此研究分析結果顯示氣象環境之變遷所影響之水砂變化及供水之調配將是未來水庫經營管理的重要政策參考方向。

在崩塌高潛勢地區防災示範計畫以中央地質調查所 91-95 年調查之「坡地地質災害潛勢圖」之圖資為基礎資料及歷史坡地災害資料，探討地質災害高敏感區與歷史坡地災害之相關性，以進行坡地災害預警之可行性探討，經利用地質災害潛勢圖與坡地災害資料庫分析相關性，結果顯示坡地災害點位達 83% 落在地質災害潛勢圖內，適合進一步納入坡地災害預警之用。依據本中心於災害應變中心之作業經驗，將地質災害潛勢圖圖資規劃納入目前本中心所應用之防災應變系統中，待系統測試後，期於未來能提昇坡地災害預警之正確性。

關鍵詞：易淹水地區、家戶損失分析、石門水庫、土砂災害、坡地崩塌

一、易淹水地區水患治理工程之家戶損失分析----以新塭示範區為例

1.1 前言

2004 年的 72 水災，造成全台的淹水面積高達 659 平方公里，並釀成 29 人死亡、16 人受傷、12 人失蹤；2005 年 612 豪雨造成南部地區多處淹水，淹水面積亦超過 500 平方公里，並造成相當大的農業損失。為解決易淹水地區的水患問題，行政院已於 2005 年 7 月 5 日核定「易淹水地區水患治理綱要計畫」。依據此綱要計畫，各相關部會已分階進行各項易淹水地區的整體治理工程。

不過因為易淹水地區的整治計畫可能影響的層面非常廣泛，因此各相關單位均會針對各項整治工程，事先進行效益評估的工作，以確保計畫的執行成效。然而由於政府目前對於整治工程之效益評估，多半是依工程領域的分類方法，估算直接和間接損失。但依據實際災後的調查來看，很多的損失很難分開估算，若單就直接或間接損失來估算的話，容易低估災害的影響。再者，政府估算的損失多以大範圍之漁業、農業、工業等損失為主，較少針對家戶的損失進行評估，但家戶為淹水損失估算中重要的基本單位，亦是直接影響易淹水地區居民反應之重要因素。

因此為能更具體了解水災對居民實際的危害及提高損失估算的精度，本研究嘗試從家戶損失的角度來分析工程整治之效益，同時依據經濟學的理论及損失的定義，重新估算目前整治工程之實際效益，最後並以水利署選定之新塭示範區為例，行實際的評估工作。

1.2 工程整治前後之家戶損失分析--以嘉義新塭部落為例

嘉義新塭位於八掌溪與龍宮溪之間，鄰嘉義、台南縣界。由於該區地勢過於低平，不利於平地之排水，因此時常遭受水患之苦，尤以七二水災及六一二豪雨淹水最為嚴重，村莊人口總數近 5000 人，半數以上面積均淹水，最大淹水深度逾 1 公尺。所以在易淹水計畫中，優先將新塭地區納入整治之示範區，期能降低未來水災發生之機率。

依據水利署水規所之規劃報告書(2006)，在水利署和當地居民溝通協調之後，未來該區會依據十年之設計降雨頻率，進行下列幾項治理工程：1 排水系統及出口改善(含疏濬);2.新設抽水站二座並增強現有抽排功能;3 補強村落圍堤改善缺口;4.利用現況鹽田設置滯洪區等四項工程。因此，本研究就會針對上述治理工程前及工程工後的情況，進行家戶損失評估的工作，以便未來計畫效益之評估。

1.2.1 危害度分析

本研究採用水利署水規所以 SOBEK 模式所計算之模擬結果，資料網格為 40 公尺×40 公尺，其中包括有無水患治理工程時該區域的淹水模擬數值資料。產生的資料內容包含各點之座標、模擬淹水深度與面積，圖 1.1 即為治理工程前後之淹水模擬結果(以 10 年重現期距之降雨為例)。

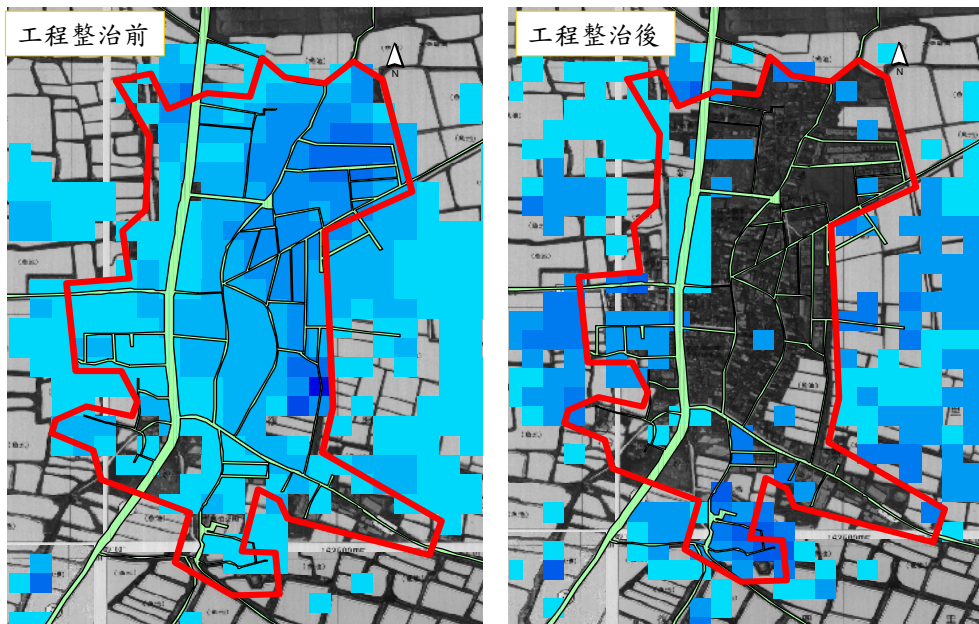


圖 1.1 新塭地區(紅框)工程整治前後之淹水面積

1.2.2 受體調查

受體調查主要是指受到水災危害之家戶總量。本研究依據新塭地區的航照資料及現地調查資料(朱香如,2003)，估算出新塭地區所有家戶的定位及建物類別。不過，依據此區過去的調查資料，水災淹水深度大多數在 3 公尺公下，所以受災的家戶絕大部份都是一樓住戶。因此在受體調查的部份，本研究只考慮一樓的家戶。

1.2.3 損失推估

在損失估算的部份，本研究依據國家災害防救科技中心，於 2004 年針對遭受敏督利颱風、艾利颱風等水災之災區，所進行的天然災害社經衝擊的問卷調查報告，來估算受災戶之家戶損失。

問卷調查的對象以台灣北部地區(台北、基隆)及中部地區(台中、嘉義、雲林)五個縣市為主，有效樣本為 367 份(北部地區 198 份，中部地區 169)，在 95%的信賴水準下，抽樣誤差為 5.1%。其中由於本研究所討論的示範區是位於中部地區，因此在平均損失值的計算只取中部地區的樣本。

利用此調查資料，分項估算各類資本之損失值。不過因為各樣本之家戶損失項目並不盡相同，所以本研究均採平均值的方式來估算家戶的損失值。同時，由於不同淹水深度可能造成的損失不同，為能更詳細的估算，本研究依據家戶淹水深度的分佈，大致分成幾個等級來討論。其結果如圖 1.2 所示。

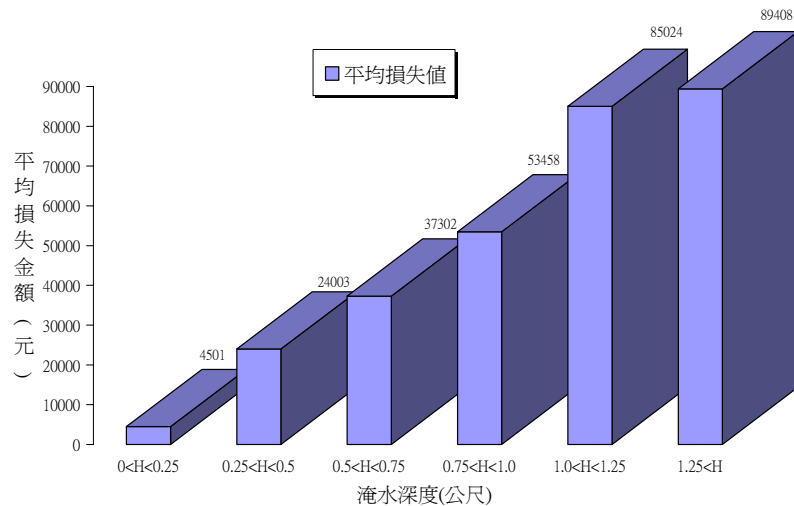


圖 1.2 不同淹水深度之家戶損失平均值

參照圖 1.2 的資料，可得知不同深度之家戶平均損失值，且從圖形的趨勢來看，淹水損失和淹水深度是明顯成正比的。淹水深度在 0.25m 以下的平均損失值為 4501 元；0.25m 至 0.5m 之平均損失值為 24003 元；0.5m 至 0.75m 之平均損失值為 37302 元；0.75m 至 1m 之平均損失值為 53458 元；1m 至 1.25m 之平均損失值為 85024 元；最後由於大於 1.25m 之樣本數較少，因此此處是將大於 1.25m 之樣本都一併取平均，求得其平均損失值為 89408 元。最後求得整治工程前後之損失情況。(如表 1.1)

表 1.1 工程整治前後之家戶損失比較

降雨頻率(年)	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年
平均損失(元) (治理前)	30,365,802	40,537,565	46,469,526	58,703,697	69,290,364	81,185,454
平均損失(元) (治理後)	4,745,850	6,409,032	6,866,609	7,557,588	7,823,573	9,011,708
兩者差別(元)	25,619,952	34,128,533	39,602,918	51,146,109	61,466,791	72,173,745

按照表 1.1 的分析結果，可以明顯看出工程整治前後損失之差異值，此差值在經濟學上即定義為計畫的效益。從表 1.1 也可看出，此工程整治的計畫，對於降雨頻率愈大的事件所產生的效益也愈大，同樣工程內容，對於 2 年頻率的降雨減少了 25,619,952 元；對於 100 年頻率的降雨卻少減了 72,173,745 元，兩者相差將近 3 倍。其中主要的原因，在於此工程有效降低了淹水的深度。因為淹水深度和損失有很大的關係，且損失高的家戶多均是淹水深度較高的族群，而淹水深度較低的族群受損情況就明顯較小，只要能降低淹水的深度，原本淹水深度較高的族群就會變成淹水深度較低的族群，此時水患對家戶所能造成的損失就有限，就可以減少大部份的損失。

1.3 結語

本文依據福利經濟學的損失定義及理論，以機會成本的概念及金錢的損失，重

新估算了家戶的各項資本損失，有助於估算精度之提昇。要強調的是，本文所考量的損失只以家戶的損失為主，尚未加入其他如商業、工業、農林漁牧等損失，因此實際的計畫效益會高對本文所估算的結果。不過本研究所求得之家戶損失，已可清楚反應居民各類資本的實際損失，有助於政府未來災後工作的推動。

二、石門水庫颱風降雨與土砂災害特性探討

2.1 前言

石門水庫於 52 年 9 月開始蓄水時期間即遇上葛樂禮颱風，其後幾次颱風造成重大土砂災害；近年來以 93 年艾利颱風與 94 年馬莎颱風之土砂災害問題，造成石門水庫庫區原水濁度（Nephelometric Turbidity Unit，簡稱 NTU）過高，無法由既有之取水口供水，造成民生與經濟產業重大損失影響最為嚴重。根據水利署之資料，93 年艾利颱風於石門水庫平均降雨量 967 mm，造成大範圍崩塌與土砂災害，以及尖峰流量高達 8,594 cms，水庫土砂淤積量新增 2,788 萬 m^3 ，造成水庫總蓄水容量減少 9%，水庫庫容剩餘 73%，自來水停水長達 17 天；94 年馬莎颱風於石門水庫平均降雨量 819 mm，崩塌地雖僅新增 42.1 ha，但尖峰流量超過 5,300 cms，水庫淤積量新增 233 萬 m^3 ，同樣造成石門水庫原水濁度過高而影響民生與工業用水長達 7 天。

根據過去災害調查紀錄，石門水庫集水區內土砂災害特性主要以路基坍方、落石及崩塌所造成之道路阻斷災害為主。根據林務局農林航測所航空照片影像判釋結果，石門水庫集水區崩塌裸露地於 93 年艾利颱風後計有 2,130 處，總面積達 671.8 ha；而 94 年馬莎颱風後計有 3,722 處，總面積達 703 ha。

2.2 水庫淤積量與颱風降雨分析

2.2.1 水庫淤積歷史

根據石門水庫歷年的淤積狀態發現，水庫的淤積量從民國 52 年開始蓄水後至民國 63 年而趨於穩定，其中幾個年份有較高淤積量，如 58 年、60 年、61 年、65 年、74 年、85 年、93 年及 94 年，經查證當年都有較大之颱風事件發生，將石門水庫年淤積量與年累積雨量做個對照（圖 2.1），發現兩者之相關性沒那麼明顯，再將過去幾場造成水庫土砂災害之颱風降雨事件之單場累積雨量與年淤積量作對應（圖 2.2），發現其兩者之間除 93 年艾利颱風外，其他事件中單場累積雨量與年淤積量有高度相關性，由此可知，平常之降雨事件所能搬運的泥沙有限，主要的淤砂來源應是極端降雨事件時造成的結果（歐陽元淳，2002）。

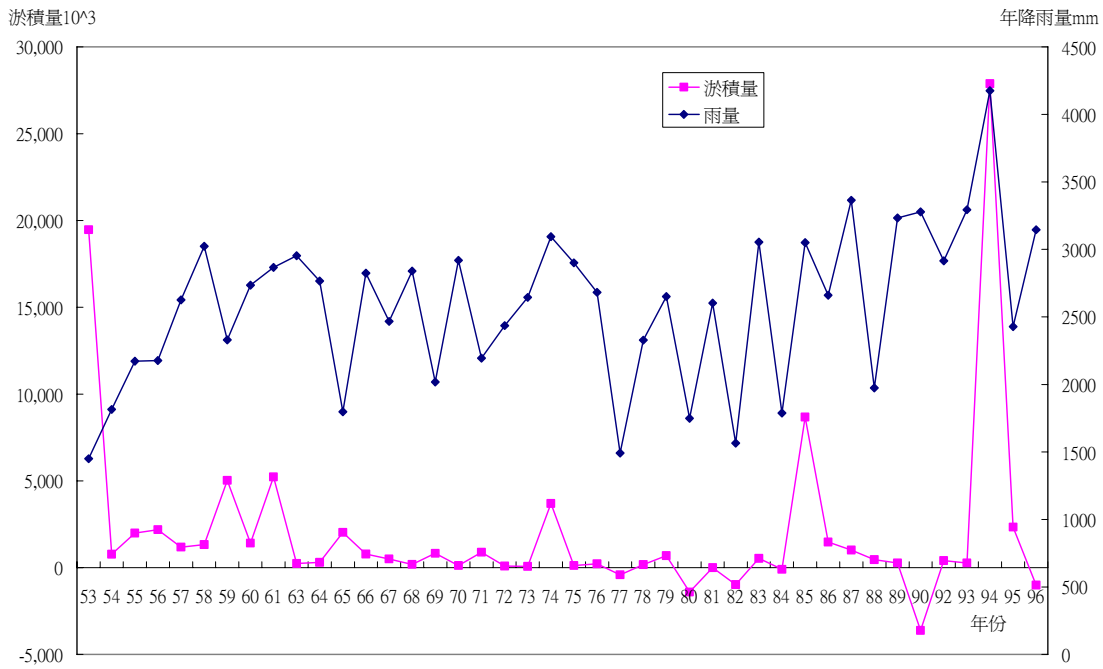


圖2.1 石門水庫年雨量與淤積量對應圖

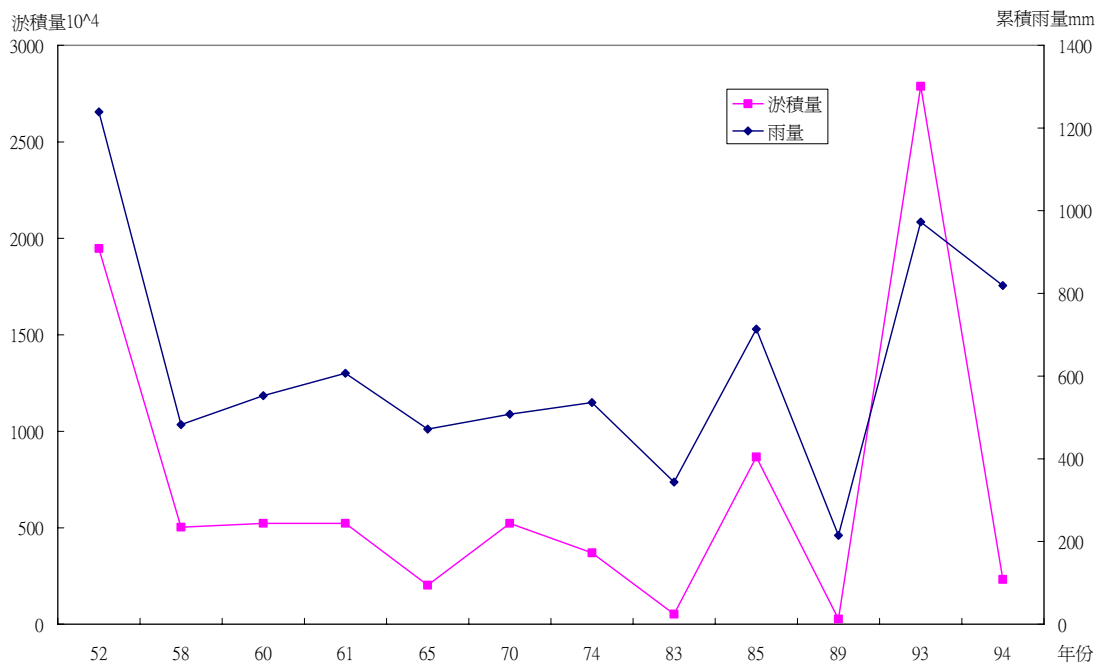


圖2.2 石門水庫歷年重大颱風事件雨量與淤積量對應圖

2.2.2 水庫淤積與颱風降雨分析

利用歷年幾場重大颱風事件之警報發佈期間之累積雨量、降雨強度、累積流量、洪峰流量與年淤積量作分析，當水庫集水區颱風累積降雨量大於 400 mm 時，水庫將有可能產生較大的淤積量，若再進一步針對降雨強度分析，可知當降雨強度 6 小時達 200mm、12 小時達 300mm 時，亦有可能對水庫產生較大的淤積量。將累積雨量與淤積量進行迴歸分析（圖 2.3），發現兩者間呈高度線性相關，一般來說，在河川整個輸砂的過程中是一種連續性載運過程，泥砂藉著河川水流長期由上往下運送，而雨量亦為另一個啟動輸砂過程的開關，因此，雨量與輸砂量多半呈現曲線相

關，何以此分析卻為線性相關，可能的原因為此分析之雨量為某年度單一事件降雨非連續降雨，故與年淤積量間所呈現的關係為線性關係，再者，淤積量測量亦為單次測定並無法看出一年內之淤積量變化，也因此更顯示出水庫淤積量受極端降雨事件有較大的影響。

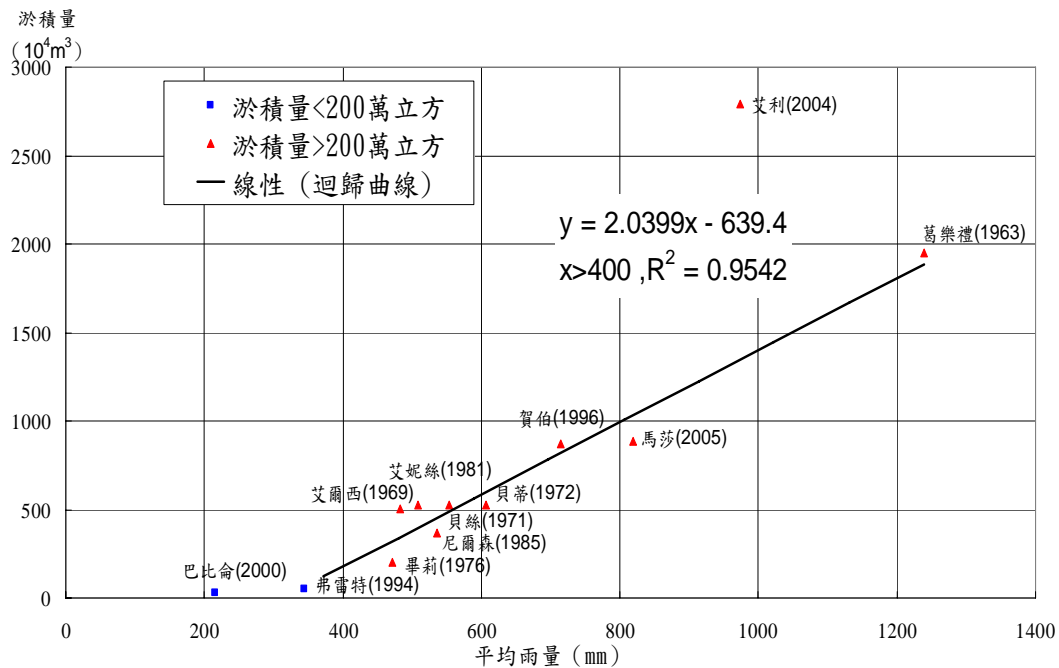


圖2.3 歷次颱風降雨量與水庫淤積量變化分佈圖

颱風所帶來的豪雨使得石門水庫入流量遽增，歷年重大颱風事件累積雨量與累積流量，兩者之間之相關性很大。另外，累積流量與水庫淤積量變化分佈圖如圖 2.4 所示，尖峰流量與水庫淤積量變化分佈如圖 2.5 所示，若將累積流量、尖峰雨量與淤砂量兩者分別進行迴歸分析，發現流量大所攜帶的泥砂量增多。由歷年石門水庫水文資料顯示，平均日流量小於 100cms，其含砂量幾可忽略不計（楊錦釗，2003），而在過去幾場引起石門水庫土砂災害的颱風中其尖峰流量高達 2000cms 以上及單場累積流量在 50000cms 以上。若以圖 2.3 所分析出當水庫集水區颱風累積降雨量大於 400 mm 時，水庫將有可能產生較大的淤積量，所對應之累積流量（圖 2.4）約 $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 與尖峰流量（圖 2.5）約 4000cms。此一結果有助於未來石門水庫集水區對於颱風降雨所造成之洪峰流量及累積流量所挾帶土砂量之推測作為進一步水庫操作與管理防範措施之參考。

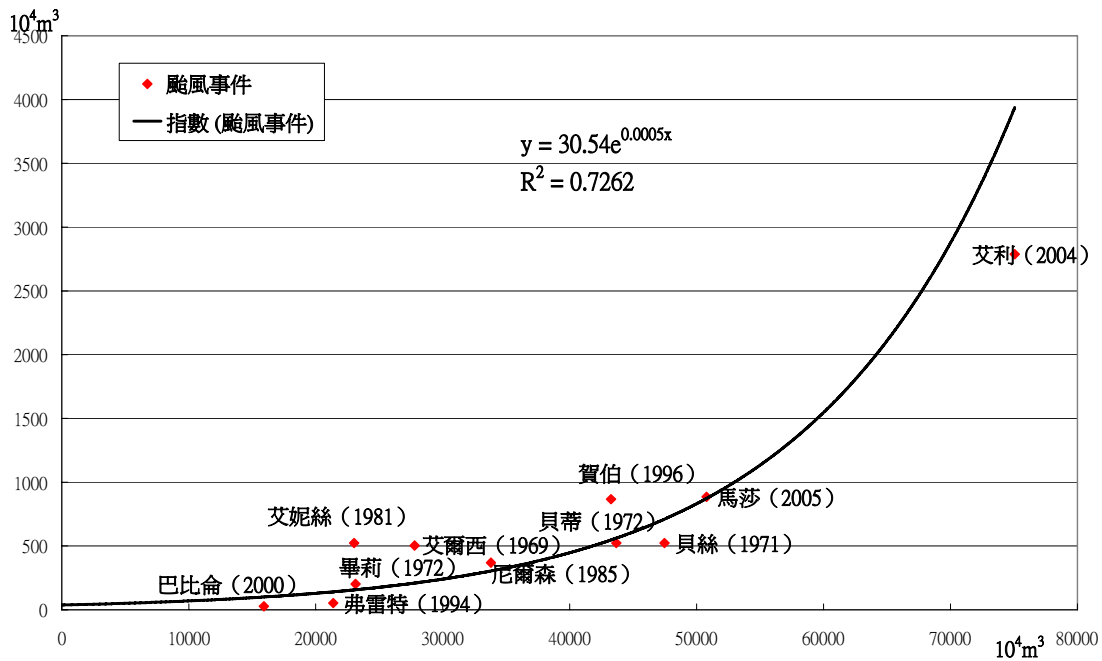


圖2.4 歷次颱風累積流量與水庫淤積量變化分佈圖

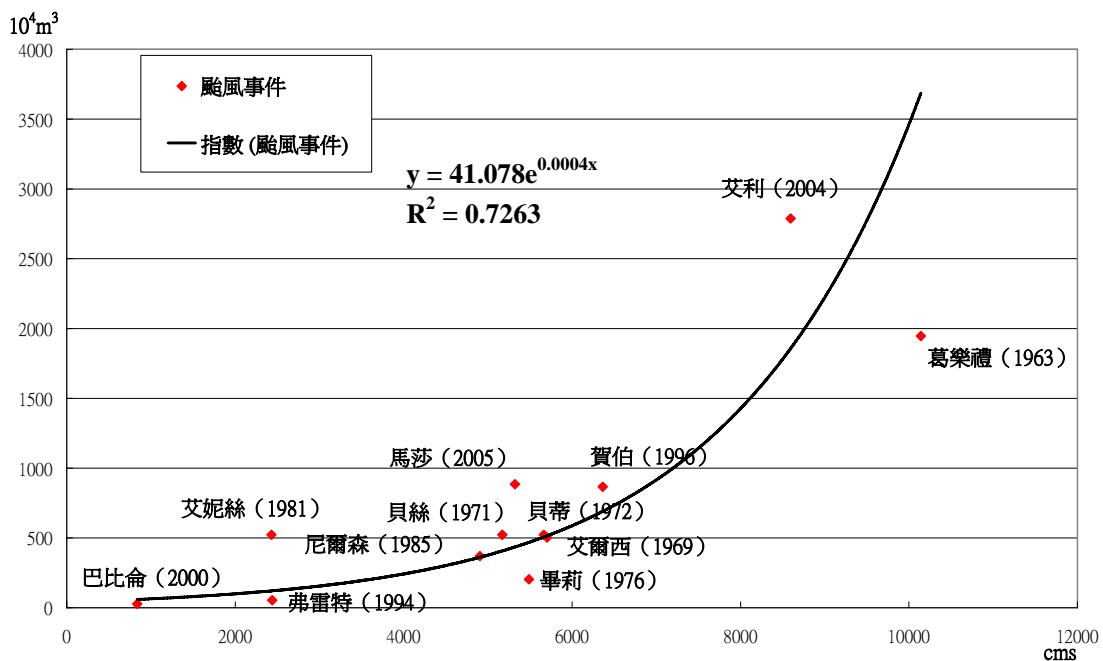


圖2.5 歷次颱風尖峰流量與水庫淤積量變化分佈圖

2.3 結語

石門水庫一年需滿庫 4 次才能提供下游所需水量，因此供水壓力相當大，在庫容小的先天條件下，加上近年來颱風事件帶來大量淤泥造成水庫容量減少，且水庫原水濁度常因強降雨事件而飆高淨水廠無法處理的窘境。由過去建壩以來石門水庫上游地區的劇烈降雨事件，前 95% 的總降雨量皆為 800mm 以上，總降雨量達 1200mm 以上的則有 6 次，其中 2000 年之後就發生了 4 次，前 95% 的日雨量都在 200mm 以上，300mm 以上的只發生了三次，其中兩次為 2000 年之後發生的，由此可知石門水庫上游地區颱風降雨強度與發生劇烈降雨有增強的趨勢。當颱風平均降雨量

>400mm、洪峰流量>4000cms或颱風期間累積流量>3x10⁸m³時將造成水庫土砂淤積量明顯之變化，此一結果從氣象環境之變遷所影響之水砂變化將是未來水庫經營管理的重要參考方向。

三、地質災害圖於坡地災害預警之可行性探討

3.1 前言

本研究採用中央地質調查所產製之地質災害潛勢圖，探討地質災害潛勢圖的分布及歷史坡地災害之相關性，進一步研擬加值應用模式，以加強坡地災害預警作業任務。以利後續推動坡地崩塌防災策略及地區災害防救對策，建構安全台灣。

3.2 地質災害潛勢圖基本特性

本研究利用經濟部中央地質調查所於91~95年度建置之「坡地地質災害潛勢圖」為研究基礎，進行潛勢敏感區圖層分佈區位與歷史坡地災害點位之相關性探討，研擬坡地災害預警作業程序，以作為實際防災預警之應用。

地質災害潛勢圖之災害分類係依據Varnes(1978)山崩分類法，以移動方式與物質劃分，其分類結果簡化合併成4類，分別為：落石、岩屑崩滑、岩體滑動、土石流，但多數山崩型態係屬於複合型，可能伴隨數種不同類型發生。

圖3.1為全台地質災害潛勢圖幅面積分佈比例圖，其中以低敏感區49%及岩屑崩滑敏感區42%之調查比例為最多，其他岩體滑動敏感區、落石敏感區及土石流敏感區調查比例則皆低於10%。圖3.2 橫條圖展示各縣市內，地質災害潛勢區之總調查面積值，並在圖中標示該縣市之圖幅調查程度，縣市調查程度以：【圖幅調查面積/縣市面積】方式呈現，以圖中桃園縣橫條圖之資料標籤：(23,963；75,816/120,877)為例，此標籤是說明桃園縣內地質災害潛勢區圖幅總面積為23,963公頃，桃園縣總面積為120,877公頃，而縣內調查圖幅面積為75,816公頃，用此兩種資訊標籤提供初步探討各縣市之坡地致災潛勢現狀。

圖3.2分析結果，可知各縣市之地質災害敏感分佈面積中以台北縣、南投縣與花蓮縣境內之地質災害敏感區面積最多，依序為134,339公頃、116,518公頃與154,624公頃，其中低敏感區與岩屑崩滑敏感區佔最大比例。而台南市、高雄市、屏東縣及嘉義市境內的地質災害敏感區面積最少。

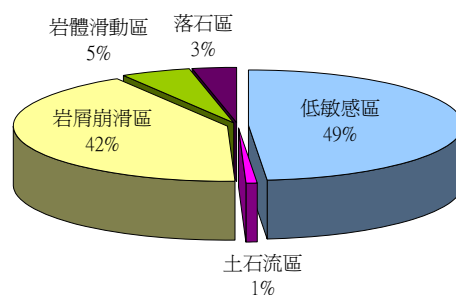


圖 3.1 地質災害潛勢圖幅面積分佈比例圖

(資料來源：地調所)

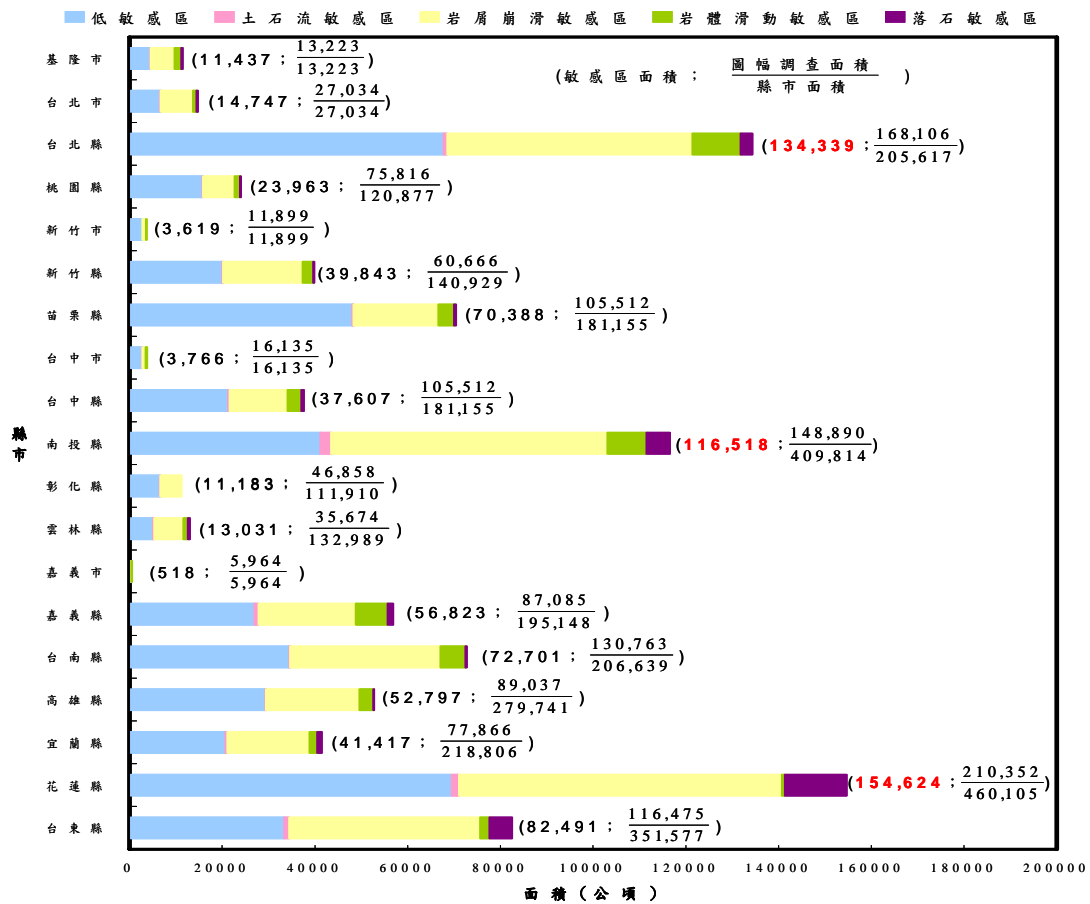


圖 3.2 各縣市之地質災害潛勢圖幅分佈面積分析圖

3.3 地質災害潛勢圖與坡地災害資料庫套疊分析

將地調所提供之調查圖幅範圍，與本中心蒐集之歷史坡地災害點位圖相互套疊，以進行地質災害潛勢圖之易致災性探討分析，套疊情形如圖3.3所示，分析成果顯示：本中心蒐集之2,351筆歷史坡地災害記錄中，有1,478筆落在地調所之調查圖幅內，而有873筆資料不在調查圖幅內。

將1,478筆坡地災害點位圖層，與地質災害低敏感區、土石流敏感區、岩屑崩滑敏感區、岩體滑動敏感區及落石敏感區等圖層相套疊，擷取各災點所屬之地質災害敏感區分類，結果如表3.1所示，表中顯示1,478筆歷史坡地災害點位中，有1,227筆歷史坡地災害皆能符合地質災害敏感區之分類，比例高達83%，再細分，以39.4%在低敏感區(含地質災害敏感區及山崩低敏感區)為最高、35.8%在岩屑崩滑敏感區為次之，其餘分別為2.7%在土石流敏感區、2.6%在岩體滑動敏感區以及2.5%在落石敏感區。從災點比例最高的兩種地質災害潛勢敏感區顯示，低敏感區雖判定為較不具發生災害潛勢或極低者，但於颱風豪雨期間仍不可疏忽地表風化層亦崩落的地區，雖然災害規模不及岩體崩滑的破壞，但其坡地災害致災潛勢仍然存在。因為岩屑崩滑敏感區內之災害筆數達35.8%，僅次於地質災害低敏感區，且遠高於其他三種地質災害敏感區，分別為土石流敏感區(2.7%)、岩體滑動敏感區(2.6%)、落石敏感區(2.5%)。建議於颱風豪雨期間需特別注意岩屑崩滑敏感區之致災危險性。

在細分各敏感區中(低敏感區除外),分級為高敏感區所佔的災害筆數比例大多比中敏感區者較多,例如災點落於岩屑崩滑敏感區之高、中敏感區比例分別為21.9%與13.9%;災害點位於落石敏感區之高、中敏感區比例分別為2.4%、0.1%。依此建議岩體滑動敏感區、落石敏感區及土石流敏感區仍須提高注意各敏感區之高敏感區。

另外,有251筆歷史坡地災害點位雖然在調查圖幅內,但是並無對應之分類地質災害敏感區,這些無對應地質敏感區之歷史坡地災害點位,主要分佈在台北市內湖區、台中市北屯區、台中縣新社鄉與南投縣國姓鄉,建議地調所於上述該處之地質災害敏感區之調查,可再將歷史坡地災害點位資訊納入參考研判因素之一。

3.4 結語

本研究依地調所提供之「地質災害潛勢圖」為研究基礎,進行敏感區圖層分佈區位與歷史坡地災害點位之符合度探討,最後研擬坡地環境地質災害敏感區分佈圖於實際防災應用之流程,將地調所之調查成果落實於政府防災應變所需。透過圖幅與歷史災害之比較,在有圖幅的區域,災點位置與敏感區為達83%的相符,其中敏感區位置確實能反映出歷史災點位置;對於圖幅的涵蓋性,本研究透過統計分析,發現對於部分山區的調查資料略顯不足,建議未來相關單位在進行地質災害敏感區之劃設可加強山區主要道路之調查。

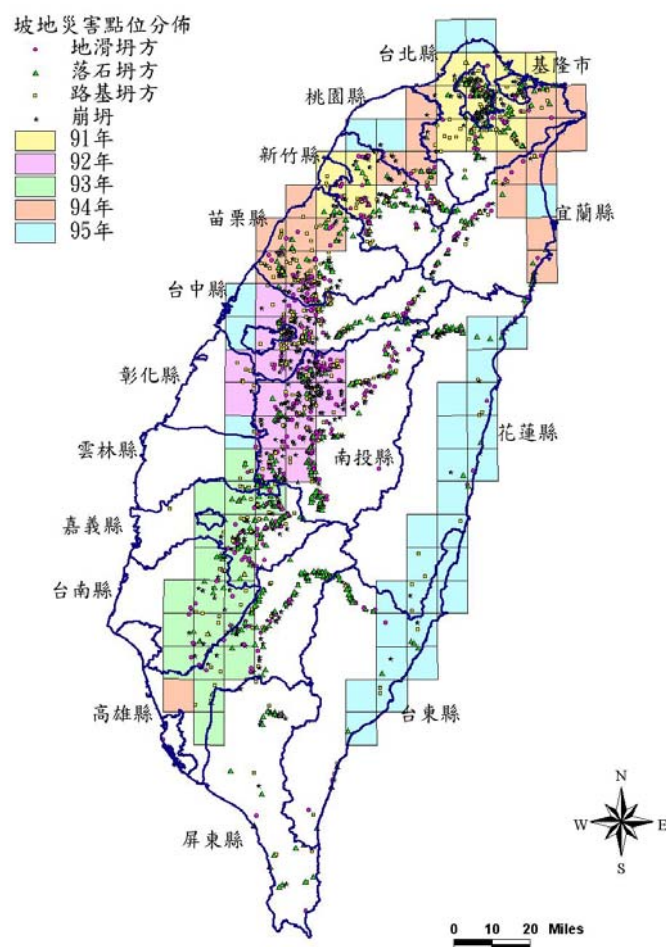


圖 3.3 調查圖幅與歷史坡地災害點位分佈圖

表 3.1 在調查圖幅內之歷史坡地災點於地質災害敏感區內分佈情形

敏感區	筆數	比例 (%)	分級	筆數	比例 (%)
低敏感區	583	39.4	山崩低敏感區	121	8.2
			地質災害低敏感區	462	31.3
土石流敏感區	40	2.7	中敏感區	14	0.9
			低敏感區	1	0.1
			高敏感區	25	1.7
岩屑崩滑敏感區	529	35.8	中敏感區	206	13.9
			高敏感區	323	21.9
岩體滑動敏感區	38	2.6	中敏感區	20	1.4
			高敏感區	18	1.2
落石敏感區	37	2.5	中敏感區	2	0.1
			高敏感區	35	2.4
無分類	251	17.0		251	17.0
總計	1478	100.0	總計	1478	100.0

參考文獻

1. 朱如香，2003，嘉義新塭聚落之空間構成分析，國立成功大學建築研究所碩士論文。
2. 歐陽元淳（2002），「水庫集水區土壤沖蝕之研究-以石門、翡翠水庫為例」，國立臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文。
3. 楊錦釗（2003），「水庫沉滓運移模式與應用-以石門水庫為例」，經濟部水利署委辦計畫。
4. 環境地質與地質災害敏感區測繪作業準則，2006年11月，經濟部中央地質調查所。
5. 國家災害防救科技中心(2006)，「石門水庫土砂災害問題分析」，國家災害防救科技中心2006年技術報告。
6. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2006，嘉義縣布袋鎮新塭地區淹水改善檢討規劃報告。