

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

天然災害防護規模設定之研究-總計畫

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2625-Z-002-039-

執行期間：93 年 11 月 01 日至 94 年 10 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學水工試驗所

計畫主持人：許銘熙

共同主持人：蕭代基，李清勝

計畫參與人員：謝龍生、潘宗毅、葉森海、吳啟瑞

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 1 月 27 日

中文摘要

在縣市政府地區災害防救計畫研擬過程中，應先設定其所能保護之災害規模。有此災害防護規模之後，則進一步可依此所設定之災害規模，規劃研擬地區災害防救基本計畫及相關業務計畫，包括防救災體系設置、預警系統規劃建置、預報系統規劃建置、高危險潛勢區域之劃設及土地利用監測管理、避難場所選取及路徑規劃及防救災資源分配等減災整備工作；或是於颱風期間進行可能淹水災情研判及緊急應變措施之研擬等等。由此可見災害防護規模設定對於研擬地區防災計畫之重要性。

然而，綜觀審視各層級應變單位所擬定之地區防災計畫，可發現共通性問題是尚未確實利用災害規模設定潛勢資料，以掌握地區災害特性，研擬更有效率之災害防治對策。本整合型計畫預計以一年期間完成應用於地區防災計畫之淹水、坡地及地震等天然災害防護規模設定作業程序之研擬，並針對各災害類別遴選兩個具代表性示範區做為案例分析，此研究成果將做為國家災害防救科技中心各協力機構未來協助各縣市政府研進行災害防護模設定之參考作業程序。

關鍵詞：天然災害、災害防護規模設定、地區災害防救計畫、減災策略

Abstract

In process of drawing the local disaster prevention and rescue plan for local governments, the determination of design defense magnitude of natural disasters is one of the essential study works. The design defense magnitude of natural disasters can be used as the basis of defense target to draw the disaster prevention strategy for the local disaster prevention and rescue plan, which includes administration system for disaster prevention and rescue work, planning of monitor and warning system, defined high hazard potential zones, land-use restrictions, the shelters and relieved resources allocated. To survey the local disaster prevention and rescue plan of all country governments, the common problem is the deficiency of design defense magnitude of natural disasters. The purpose of this project is to propose the analysis the design defense scope of natural disasters, including inundation, landslide and earthquake hazards. The pilot study for two counties was conducted to check the performance of results of the design defense magnitude of disasters. The achievements of this project will help the cooperation teams of National Science and Technology Center for Disaster Recuction(NCDR) to carry out the project of disaster prevention and rescue plan revised for all country governments in future.

Keywords: natural disasters, the local disaster prevention and rescue plan, defense magnitude of natural disasters, disaster prevention strategy.

目錄

中文摘要	I
Abstract.....	II
目錄	III
表錄	V
圖錄	VI
一、 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究示範區	3
二、 整體分工合作架構與研究重點	5
2.1 分工架構	5
2.2 研究重點	6
三、 研究方法與執行方式	8
3.1 研究方法	8
3.2 計畫執行方式	8
四、 具體成果	10
4.1 淹水災害規模設定	10
4.2 坡地災害規模設定	18
4.3 地震災害規模設定	24
五、 結論與建議	27
5.1 結論	27
5.2 建議	30
參考文獻	31
謝誌	37

附錄一 淹水災害防護規模設定之精簡報告.....	附 1-1
附錄二 坡地災害防護規模設定之精簡報告.....	附 2-1
附錄三 地震災害防護規模設定之精簡報告.....	附 3-1
附錄四 天然災害防護規模設定之工作討論會會議記錄.....	附 4-1

表錄

表 4-1 台北縣市不同淹水規模之淹水損失表	38
表 4-2 台南縣市不同淹水規模之淹水損失表	38
表 4-3 台北市淹水災害防護規模設定之綜合評估表	38
表 4-4 台北縣淹水災害防護規模設定之綜合評估表	39
表 4-5 台南市淹水災害防護規模設定之綜合評估表	39
表 4-6 台南縣淹水災害防護規模設定之綜合評估表	39
表 4-7 示範區之淹水災害損失與防救災預算比較表	40
表 4-8 示範區災害防護規模之指標因子表	40
表 4-9 土石流潛勢區內之災害損失	41
表 4-10 土石流直接災害損失之估算表	42
表 4-11 台中 003、台中 004 特定區內之土地損失	42
表 4-12 房屋用途分類表	43
表 4-13 台中縣房屋構造標準單價表（單位：元/平方公尺）	44
表 4-14 每年林業之損失值	44
表 4-15 台中 003 土石流潛勢區內之地上物損失	45
表 4-16 台中 004 土石流潛勢區內之地上物損失	46
表 4-17 台中 003 與台中 004 土石流災害之總損失	46
表 4-18 台北工址貢獻度最高兩震區之最適規模與距離	47
表 4-19 台南工址貢獻度最高兩震區之最適規模與距離	47

圖錄

圖 1-1 災害潛勢分析圖.....	49
圖 2-1 總計畫研究流程整合架構圖.....	50
圖 4-1 淹水災害防護規模設定作業流程.....	51
圖 4-2 台北市淹水損失與防災成本圖.....	52
圖 4-3 台北縣淹水損失與防災成本圖.....	52
圖 4-4 台南市淹水損失與防災成本圖.....	53
圖 4-5 台南縣淹水損失與防災成本圖.....	53
圖 4-6 台北市淹水災害防護規模(200 年重現期).....	54
圖 4-7 台北縣淹水災害防護規模(200 年重現期).....	54
圖 4-8 台南市淹水災害防護規模(100 年重現期).....	55
圖 4-9 台南縣淹水災害防護規模(100 年重現期).....	55
圖 4-10 淹水災害防護規模分級概念(以台北市為例).....	56
圖 4-11 坡地災害防護規模設定作業流程圖	56
圖 4-12 台中 003 土石流潛勢溪流影響範圍內土地使用圖	57
圖 4-13 台北工址位置圖.....	57
圖 4-14 台南工址位置圖.....	58
圖 4-15 台北工址危害度-比較傳統分析模式與特徵地震模式.....	59
圖 4-16 台南工址危害度-比較傳統分析模式與特徵地震模式.....	59
圖 4-17 深層地震震源分區圖	60
圖 4-18 淺層地震震源分區圖	60
圖 4-19 台北工址的回歸期 475 年各地震分區貢獻度分布圖	61
圖 4-20 台北工址的回歸期 950 年各地震分區貢獻度分布圖	61
圖 4-21 台北工址的回歸期 2475 年各地震分區貢獻度分布圖	62
圖 4-22 台南工址的回歸期 475 年各地震分區貢獻度分布圖	62
圖 4-23 台南工址的回歸期 2475 年各地震分區貢獻度分布圖	63
圖 4-24 台北工址考慮 DS10 分區之最適規模與距離.....	63

圖 4-25 台北工址考慮 DS03 分區之最適規模與距離.....	64
圖 4-26 台南工址考慮 DS11 分區之最適規模與距離.....	64

一、緒論

1.1 研究動機

所謂「天然災害防護規模」係指地方政府考慮地區災害特性及過去最大災情紀錄，依據災損特性訂定地方政府可保護之災情，以做為投入防救災資源與動員能力之依據。地方政府據此所設定之災情建置與規劃各項工程及非工程防護措施。當面臨如此所設定之天然災情實際發生時，由於事先已有妥善之工程及非工程防護措施進行防護，將可有效降低所設定之災害對於地方政府在民眾傷亡及社會經濟之影響衝擊。

地理上台灣位於副熱帶季風區，地形陡峻，河川短促，每年 5、6 月間會有異常梅雨，而 7~9 月間則有強風豪雨，常造成嚴重的災害。依據中央氣象局統計，從 1897 年至 1998 年間，台灣曾受到 364 次的颱風侵襲，平均每年達 3.6 次之多。根據統計，在民國 69 年至 87 年期間所造成的損失，平均每年達新台幣(以下同)174 億元，約為國民生產毛額的 0.33%。例如 1998 年瑞伯、芭比絲颱風及 2000 年象神颱風造成基隆河沿岸汐止地區一片汪洋。2001 年 7 月潭美颱風侵襲台灣南部，引發高雄市區空前的嚴重淹水，接踵而來的桃芝颱風則重創台灣中部，造成南投縣及花蓮縣慘重災情。2001 年 9 月的納莉颱風更使得台北市多處地區遭洪水吞噬，甚至癱瘓地下鐵及捷運系統，一年內連續三場重大颱風，分別在台灣南部、中部及北部造成嚴重水患。2004 年敏督莉颱風及七二水災殷鑒不遠，超大降雨量引起中南部嚴重淹水及土石流災情，重創中部橫貫公路及大甲溪水庫與電廠，並延伸許多災後重建復建議題熱烈討論及審慎評估，足見洪災防治工作之迫切及重要性。

在地質方面，台灣位於歐亞大陸板塊與太平洋的菲律賓海板塊交界之處，屬世界上有感地震最頻發的地區之一。1900 年以前有紀錄可考之致災地震有 50 多次，自 1900 年以來，所發生之成災地震達 83 次之多，幾近於每年有一次，在歷年統計中因震災而死亡之人數超過 5,000 人。其中以民國

88 年 9 月 21 日集集大地震更造成 2,400 餘人死亡與失蹤為最，11,000 多人受傷，直接財物損失逾 3,600 億元，環境與經濟等間接損失難以估計，對台灣社會造成重大衝擊。

臺灣因地殼運動關係，地表破碎、地層上昇，而形成陡峻的地形。地質構造複雜為崩塌的基本條件，而崩塌的誘發原因則為颱風豪雨的侵襲及地震，再加上山坡地大量開發更加重崩塌之災害。坡地災害類型以地滑型居多，土石流型其次。土石流型災害在花、東兩縣最多，據調查危險溪流河床坡度 15°以上、集水區面積 5 公頃以上、有大量淤積之河川，在花蓮縣有 148 條，臺東縣有 147 條。民國 88 年 9 月 21 日集集大地震造成中部災區崩坍之地點達 21,900 多處，崩坍面積估計達 8,600 多公頃以上，其中南投縣受創最嚴重，崩坍達 15,500 多處，崩坍面積約 6,100 多公頃。

由此可見，對於淹水、地震及土石流崩塌等天然災害之威脅，對台灣地區是無法避免的，而這些天然災害影響所及，不僅是人員傷亡及財產損失，進一步亦影響國家競爭力，所以政府每年投入相當多人力及物力，致力於減災預防工作上，以減輕各種災害損失，保障人民生命及財產安全，提昇生活環境品質及國家競爭力為政府施政之主要目標。

回顧過去政府對於災害防救之減災計畫，其工作重點是以工程防護措施為主。例如防洪方面是以興建堤防、河道疏浚、下水道及抽水站系統設施為主；坡地災害防治方面是以邊坡植生穩定工程、攔砂壩及野溪治理為主；地震防治方面是以興建法規規定之耐震建物為主。然近年來台灣地區歷經多次的大規模地震、洪水及土石流災變，均造成重大傷亡及損失，尤以民國 88 年 9 月 21 日發生的九二一集集大地震甚之，使得政府各災害主管機關深知過去之防災措施，除工程方法外，必須強化非工程之防救災體系，尤其是縣市政府層級之地區防災體系尤為重要。

民國 89 年 7 月 19 日以總統令頒佈施行「災害防救法」，這是政府在災害防治工作新的里程碑。此法除明定國家三級災害防救體制及各災害主管機關外，並規定災害防救執行單位應依災害防救基本計畫、相關災害防救

業務計畫及地區災害潛勢特性，擬定地區災害防救計畫，因此各地方政府應制訂其轄屬範圍之地區災害防救計畫，以作為災害防救業務執行上之依據。92年5月26日第六次中央災害防救會報決定：「地區災害防救計畫是地方政府執行災害防救工作之重要依據，中央有責任提供地方政府技術經驗與部分資源，協助擬訂完整、周全之計畫。以達成健全計畫制度、提升人力素質及精進防救災技術之目標。」由此可見，研訂地區災害防救計畫，以及據以落實推動災害防救相關工作，實為提昇社會整體抗災能力之關鍵。

然而，綜合審視目前各地方政府已擬訂之地區災害防救計畫，其共通性問題是尚未確實掌握地區災害特性，運用科學方法，有系統地研擬適切之災害防治對策。整體考量地區災害特性、損失風險，設定一適切的災害防護規模，是研訂地區災害防救計畫最重要的基礎工作。之後，可進一步據以進行災害潛勢分析(如圖 1-1 所示)，再進行境況模擬、研訂減災與應變對策，包括預警系統規劃建置、預報系統規劃建置、高危險潛勢區域之劃設及土地利用監測管理、避難場所選取及路徑規劃及水災防救災資源分配等減災整備工作，始可善用有效資源，發揮最大減災效益。因此，本整合型計畫主要工作即在研擬淹水、坡地及地震等天然災害防護規模之設定，並選擇示範地區作為先導性研究案例，建立作業方法與模式。研究成果可供縣市政府擬訂地區災害防救計畫參考運用。

1.2 研究目的

本整合型計畫結合國立台灣大學及國立中興大學兩校具有天然災害防治領域專長之教授專家，研擬減災計畫之淹水、坡地及地震等天然災害防護規模設定及作業規範，並選擇具有代表性示範區做為案例分析，研究成果將可供地方政府擬訂地區災害防救計畫，設定合理災害防護規模參考運用。

1.3 研究示範區

為檢驗所研訂之災害規模設定流程之適用性，因此乃選取研究示範區

域進行案例分析，對於淹水災害規模設定子計畫乃選取台北縣市與台南縣市作為研究示範區，台北縣市係屬於高度開發與人口密集之都會地區；而台南縣市係大都屬於低度開發之農業區，但其轄屬地區卻設有高科技科學園區，因此此兩處研究示範區均具有代表性，以利於將來推廣至其他縣市政府之淹水災害防護規模設定；而坡地災害規模設定子計畫選取台中縣及新竹縣為研究示範區，其係近年來台中縣及新竹縣之坡地災害日趨嚴重，因此藉此研究機會進行兩縣市坡地災害之發生機制調查與分析，以提供相關單位參考；在地震災害規模設定子計畫選取台北市為研究示範區，考慮地震災害影響最嚴重之地區應是人口密集之都會地區，因此乃選取台北市為人口相當密集都會型地區之代表。

二、整體分工合作架構與研究重點

2.1 分工架構

由於天然災害發生經常是複合性，例如颱風事件所引發之氣象災害，亦經常導致山區土石流災害發生，而土石流淤積河川斷面，引發更嚴重之淹水災害；另地震災害發生時亦經常有坡地崩塌災害發生。因此在研擬地區災害防救減災計畫時，應從災害整體性考量，使災害防救人力及資源能做最有效分配利用，並使災害損失降至最低。綜觀各類型災害之研究與分析，需要涉及特有專業領域，必須以研究群方式，整合各部分之研究成果，加強各研究子題間之連接與協調，以達到分工合作、群策群力之整體效果。

圖 2-1 為天然災害防護規模設定之研究應用於研究區域之研究流程圖，圖中顯示本研究主要是針對天然災害進行防護規模訂定之研究，並按各災害類別分成淹水災害防護規模設定之研究(子計畫一)、坡地災害防護規模設定之研究(子計畫二)及地震災害防護規模設定之研究：地盤運動、液化及結構物(如天然氣管網、自來水管網)損壞(子計畫三)，研究過程中，針對各種災害類別主要工作項目包含：整合各相關單位過去災害防救科技研發成果、蒐集建置歷史重大災害事件資料庫、災害風險分析及研擬災害防護規模設定之方法，最後總計畫彙整上述淹水、坡地及地震等災害之特性，提出適用於全台各地區之天然災害防護規模設定方法及程序，以作為將來各協力機構協助各地方政府進行災害防護規模設定之參考依據。本研究按災害類別訂定各子計畫之主持人及子計畫名稱分別為：

總計畫：(主持人：台灣大學許銘熙教授)

天然災害防護規模設定之研究

子計畫一：(主持人：台灣大學許銘熙教授)

淹水災害防護規模設定之研究

子計畫二：(主持人：中興大學游繁結教授)

坡地災害防護規模設定之研究

子計畫三：(主持人：台灣大學羅俊雄教授)

地震災害防護規模設定與維生線管網分析暨震後災損評估之研究

2.2 研究重點

本整合型計畫依據淹水、坡地及地震等三大災害類別，共分三個子計畫，其研究重點如下：

總計畫：天然災害防護規模設定之研究

- a. 協調各子計畫統一訂定災害防護規模設定作業之研擬格式。
- b. 與災害主管機關、專家學者及地方政府召開溝通協調會議，以研提合適的天然災害防護規模設定之作業程序。
- c. 綜整淹水、坡地及地震之災害規模，以提出合適於全台減災計畫之天然災害防護規模。

子計畫一：淹水災害防護規模設定之研究

- a. 既有淹水災害防救科技研發成果整合與基礎資料蒐集。
- b. 完成西北颱及西南氣流之淹水災害氣象致災成因分析
- c. 可能最大降雨量及降雨頻率分析。
- d. 淹水災害損失風險分析。
- e. 研擬淹水災害防護規模設定之作業。
- f. 完成研究示範區之淹水災害規模設定。

子計畫二：坡地災害防護規模設定之研究

- a. 完成坡地災害基本與災害資料庫之蒐集與建置
- b. 完成颱風豪雨動力分析
- c. 完成坡地災害防護規模設定方法研究
- d. 完成研究示範區坡地災害之規模設定
- e. 完成坡地災害之分佈圖。

子計畫三：地震災害防護規模設定與維生線管網分析暨震後災損評估之研究

- a. 整合各相關單位過去地震災害防救科技研發成果。

- b.蒐集過去歷史重大地震災害事件以建置災害資料庫。
- c.研擬地震災害防護規模設定之程序。
- d.完成研究示範區地震災害防護規模之設定。
- e.完成維生管網暨震後災害損失評估

三、研究方法與執行方式

3.1 研究方法

研究之進行，將首先依淹水、坡地及地震等災害類別分成子項計畫，各子計畫分別進行基礎資料蒐集與整合既有災害防救科技研發成果、蒐集過去歷史重大災害事件以掌握地區致災成因、災害損失風險分析、研擬各災害規模設定之作業規範準則與完成代表性示範區之災害規模之設定等項作業，最後總計畫彙整各類災害規模設定之作業規範研擬成果，提出最適用於台灣地區之天然災害設定規模作業規範。在計畫執行過程中，依據總計畫目標擬訂其主要工作項目，分述如下：

- 1.協助各子計畫進行資料蒐集並建置相關資料庫。
- 2.協調各子計畫訂定災害規模設定作業程序之格式。
- 3.與各災害主管機關、專家學者及地方政府召開溝通協調會議，以提合適之淹水、坡地及地震等災害防護規模設定方法。
- 4.綜整淹水、坡地及地震之等災害規模設定作業方法，以完成縣市政府地區防災計畫之天然災害防護規模之設定。
- 5.彙整各子計畫於代表性研究示範區之災害防護規模設定成果。

3.2 計畫執行方式

因本整合型研究計畫將針對各災害類別，研擬災害規模設定之程序，並選取具代表性研究區域進行案例分析。為確保所研擬災害規模設定方法能落實應用，所以在計畫執行過程中，除總計畫召開整體會議外，亦將邀集學者、災害主管機關、科技中心協力機構及縣市政府代表召開各項會議，分述如下：

- 1.平時定期召開整體工作討論會，掌握總計畫之研究進度及合作配合事項，進而協助解決各子計畫於執行期間所面臨之問題，以確保各本子計畫之研究品質及成果。

- 2.針對各類災害規模設定之程序，將邀集學者、災害主管單位、科技中心協力機構及各縣市政府防救災業務執行單位舉行座談會，達成共識以研擬制定適用於各縣市之災害規模設定作業規範。
- 3.針對各災害類別所完成代表性研究示範區之災害規模設定產製成果，將邀集學者、災害主管單位及縣市政府防救災業務執行單位舉行審查會議。
- 4.配合科技中心協力機構協助地方政府之推動進度，將適時邀集各協力機構進行協調溝通及技術移轉，以完成所協助之地方政府之天然災害防護規模設定。

整合型計畫已召開三次整體工作會議(會議紀錄如附錄四所示)，各子計畫亦召開多次工作檢討會議，且為利於成果將來落實應用，亦配合行政院災害防救委員會「協助地方政府強化防救災能力專案」所舉辦之研習會，對各地方政府基層業務人員及各協力機構研究人員進行災害規模設定教育訓練。

四、具體成果

本整合型計畫經過一年之研究執行，為使各子計畫所研訂規模設定程序能有相同之方法，因此執行期間曾多次討論，以達到預期目標。並為使執行成果能落實應用，亦邀集各協力機構與地方政府實際從事防救災業務之人員舉行教育訓練，因此執行成果相當豐碩，茲將各子計畫之執行具體成果分述如下：

4.1 淹水災害規模設定

本子計畫之主要目的係完成淹水災害規模設定程序之研訂，並選取台北縣市及台南縣市為研究示範區之案例分析，進一步規劃淹水災害防護規模可應用於地區災害防救計畫之項目。研究中並探討引發重大淹水災害災情氣象系統之發生機制，以作為未來進行颱洪應變之監測參考。茲將各項成果說明如下(詳細成果說明請參閱附錄一)：

1、依據模擬分析先後順序，將淹水災害防護規模設定作業流程分為淹水潛勢析、建立不同土地利用型態之淹水深度－損失關係、淹水災害損失風險分析及淹水災害防護規模審議之研擬等四個階段，整體淹水災害防護規模設定作業流程如圖 4-1 所示。茲將各研擬階段之設定程序，說明如下：

(1)淹水潛勢分析

I.降雨頻率分析及最大可能降雨(PMP)之推求：

(i)降雨頻率分析：

(ii)流域可能最大降雨(PMP)之推求：

II.淹水潛勢境況模擬分析：

(2)建立淹水深度－損失關係

I.蒐集與整理災害損失調查資料：

II.建立不同土地使用類別之淹水深度－損失關係曲線：

(3)淹水災害損失風險分析

I.社經資料蒐集及整理：

II.分析不同重現期各土地使用類別之淹水災害損失值：

(4)淹水災害防護規模設定之審議

I. 淹水災害防護規模之初步設定：

II.綜合評估審議程序：

(i)初審評估程序：

(ii)複審審議程序：

(iii)防災會報審議程序：

2、依據所研訂之規模設定程序，對研究示範區進行案例分析，其成果分述如下：

(1)淹水潛勢分析階段

I.降雨分析階段：

(i)頻率分析：

對於研究區域內各雨量站之頻率分析，本研究參考前經濟部水資源局於 90 年 12 月所完成之「水文設計應用手冊」[29]及水利署 92 年 2 月所完成之「台灣地區雨量測站降雨強度－延時 Horner 公式分析」[27]報告中全台各雨量站頻率分析之成果，整理出台灣各縣市不同重現期之 24 小時雨量。

(ii)可能最大降雨量分析：

對於研究區域之可能最大降雨量分析，同樣亦參考前經濟部水資源局「水文設計應用手冊」[29]計畫所完成之全台北、中、南、東四區可能最大降雨量之分析成果，台北市 24 小時可能最大降雨量依區域位置不同，其值從 1,050 毫米至 1,350 毫米；台北縣 24 小時可能最大降雨量依區域位置不同，其值從 950 毫米至 2,000 毫米；台南市 24 小時可能最大降雨量依區域位置不同，其值從 1,200 毫米至 1,300 毫米；台南縣 24 小時可能最大降雨量依區域位置不同，其值從 1,100 毫米至 1,700 毫米。

II.淹水潛勢境況模擬分析：

對於台北縣市及台南縣市之淹水潛勢境況模擬分析，將參考防災國家型科技計劃所完成全台 22 縣市 24 小時四種不同總降雨量 150、300、450 及 600 毫米之淹水潛勢，進一步內插求得不同降雨重現期所造成之總淹水面積及各淹水深度之面積。

(2)建立淹水深度－損失關係階段

本研究為節省災害損失資料蒐集時間並延續相關研究計畫之成果，乃參考近期由台北市政府工務局養護工程處所完成之「台北市排水系統調查檢討及資料建檔－雨水下水道設施標準評析之初期計畫」[25]，引用關於「積水損失調查分析研究」所建立不同土地利用型態之淹水深度－損失曲線。應用上述不同土地利用型態之淹水深度－損失曲線至不同示範區時，需考慮示範區之經濟特性而進行區域調整。本研究關於區域調整係數方法係參考經濟部水利署「水災損失評估系統模視之建立」及國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究—鹽水河流域洪災損害評估模式與資料庫建立之研究」之成果。

(3)淹水災害損失風險分析階段

將研究示範區之土地利用圖層與淹水潛勢圖層進行套疊，利用地理資訊系統可求得降雨延時 24 小時不同總降雨量於不同土地使用類別之各深度淹水面積。藉由應用不同土地使用類別之淹水深度－損失曲線圖分析示範區之淹水災害損失風險。降雨延時 24 小時四種不同總降雨量 150、300、450 及 600 毫米淹水境況所造成之災害損失估計如表 4-1 至表 4-2 所示。

(4)淹水災害防護規模設定之審議階段

I.淹水災害防護規模之初步設定：

蒐集研究區域過去歷史災情資料及相關社會經濟指標，以作為淹水災害防護規模初步設定之綜合評估資料，茲將上述災害損失風險分

析成果與各項指標進行比較，說明如下：

- (i)各重現期之淹水面積：如表 4-3 及表 4-6 所示，重現期 100 年之淹水面積，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 5.34 平方公里、38.86 平方公里、45.09 平方公里及 152.69 平方公里；重現期 200 年之淹水面積，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 6.77 平方公里、41.82 平方公里、47.32 平方公里及 162.75 平方公里，其中在台南縣市之淹水面積，已包含漁塭養殖業之面積。與過去歷史淹水事件之調查結果進行比較，台北縣市在納莉颱風之淹水面積分別為 25.47 平方公里及 37.7 平方公里；台南縣市在納莉颱風期間之淹水面積 65.54 平方公里。
- (ii)可能影響之民眾人數：如表 4-3 及表 4-6 所示，重現期 100 年可能影響之民眾人數，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 20,692 人、97,829 人、22,738 人及 52,889 人；重現期 200 年可能影響之民眾人數，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 25,698 人、111,559 人、24,088 人及 58,622 人。
- (iii)損失佔年經濟產值之百分比：如表 4-3 及表 4-6 所示，重現期 100 年損失佔年經濟產值之百分比，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 0.41%、0.50%、1.60%及 1.51%；重現期 200 年損失佔年經濟產值之百分比，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 0.52%、0.56%、1.73%及 1.66%。由此可見，台北縣市之年經濟總產值比其他地區高出甚多，是台灣相當重要之經濟活動區域，因此應須有較高之淹水災害防護規模。
- (iv)損失與防救災預算比較：如表 4-7 所示，年度災害防救預算及其佔年度總預算之比例皆以台北市為最高，因此台北市適合規畫較高之淹水災害防護規模。此外，台北縣市 200 年重現期之災害規模損失較 100 年重現期之災害規模損失高出 10 億元新台幣以上，相對於台南縣市之 200 年重現期災害規模損失約為 5 億元新台幣。

幣，台北縣市之淹水災害防護規模應設定較台南縣市為高。

(v)對交通運輸之衝擊影響：若發生淹水災情，在無適當保護措施之下，在台北市地區除原有市區道路受影響之外，將亦影響捷運系統、鐵路系統及高速公路等運輸系統；台北縣地區除原有鄉鎮市市區道路受影響之外，將亦影響部分捷運系統路線、鐵路系統及高速公路等運輸系統；台南市地區除原有市區道路受影響之外，將亦影響部分鐵路系統等運輸系統；台南縣地區除原有鄉鎮市市區道路受影響之外，將亦影響部分鐵路系統及高速公路等運輸系統。整體而言，淹水災情對於交通運輸之衝擊影響程度，在台北縣市將遠大於其他縣市，因此需要有較高之保護規模。

(vi)對防洪設施之衝擊影響：台北縣市位於淡水河盆地，每遇豪雨既容易淹水，因此皆需要高保護防洪設施進行保護，所以對於台北縣市地區，若其防洪系統設施受到淹水衝擊影響，將導致發生更嚴重災情產生，因此台北縣地區之淹水災害防護規模應較其他縣市有更高保護標準。

(vii)特別土地使用類別：台南縣行政區域內有台南科學園區，其是屬於高科技工業園區，每年為政府帶來相當高之經濟產值，因此若被淹水所侵襲，除年經濟產值受影響，亦影響投資環境之競爭力，因此對於這些地區，應具有較高之淹水災害保護規模。

(viii)高度開發與人口密集之都會地區：台北縣市在台灣地區是屬於高度開發與人口密集之都會地區，其單位面積所居住之人口數遠超過其他縣市，因此若發生嚴重淹水災情，則其直接與間接災害損失影響民眾生計甚大，因此應具有較高之淹水災害防護規模設定程度。

(ix)鄰近河川防洪設施保護程度：台北縣市位於淡水河流域，對於淡水河流域之防洪治理標準為重現期 200 年；而其他中央管河川之防洪治理標準為重現期 200 年，因此台北縣市應提高其淹水災害

保護規模與河川防洪設施保護規模相同，以求一致性。

(x)防救災效益分析：現階段淹水災害防護措施主要可分成內水及外水防治兩部分。內水主要藉由雨水下水道系統將落於堤內之雨水引至堤外；外水則藉由堤防將高漲之洪流阻隔於堤外。目前各地區之雨水下水道容量以 5 年重現期之暴雨量為設計依據，因此雨水下水道系統每年之養護成本可視為淹水災害 5 年重現期防護規模之防災成本。而各地區之堤防設計較不一致。台北縣市依據大台北防洪計畫，採用 200 年重現期之洪峰流量為設計目標；台南縣市則採用早期省水利局之設計標準，以 100 年重現期之洪峰流量為設計目標。因此堤防每年之養護成本可視為淹水災害 100 或 200 年重現期防護規模之防災成本。當淹水災害超越堤防之保護規模時，地方政府最終可投入所有之防救災預算進行救災，可視為超越堤防保護規模之防救災成本。然而各示範區之災害防救預算佔總預算之比例不一致。為求分析時之一致性，本研究以台北市之比例為基準進行其它示範區之災害防救金額調整。由地方政府之統計要覽及工務局之養護工程資料可推求示範區每年平均於雨水下水道及堤防養護工程所需之費用，可求得以台北市災害防救預算為基準之防救災成本。圖 4-2~4-5 中為不同淹水災害規模所對應之防救災成本及淹水災害損失。兩者差距最大之淹水災害規模即為最佳防護效益之淹水災害防護規模。經圖 4-2~4-5 之分析後，台北縣市及台南縣市最高防護效益之防護規模分別為 200 年及 100 年重現期之保護標準。

綜合考慮示範區防救災之成本及各相關指標因子，如表 4-8 所示。由表中可知災害規模越大，造成之直接損失、淹水面積、受影響人數、交通衝擊等必定越大。然而淹水災害防護規模之設定應考慮最佳效益之防護標準，因此指標因子中之「災害保護效益」即成為重要之決定因子。由表 5-30 可知，台北市、台北縣若將災害防護規模設定為 200

年重現期，可分別達到 6,731 百萬元及 9,242 百萬元之保護效益；台南市、台南縣若將災害防護規模設定為 100 年重現期，可分別達到 5,150 百萬元及 5,352 百萬元之保護效益。若各縣市再提高防護規模，需投入之保護成本將大幅提升，導致保護效益降低。本研究初步建議台北縣市之災害防護規模設定為 200 年重現期之保護標準，如圖 4-6 及 4-7 所示；而台南縣市之災害防護規模初步設定為 100 年重現期之保護標準，如圖 4-8 及 4-9 所示，其中台南科學園區為特別土地使用類別，應具有較高之保護規模，因此調整其災害防護規模為 200 年重現期之保護標準。

II. 綜合評估審議程序：

將上述台北縣市及台南縣市所初步設定之淹水災害防規模，應再經過地方政府初審評估會議、複審審議及防災會報等程序，以訂定台北縣市及台南縣市之最合適淹水災害防護規模。

3、針對西北颱、季風共伴及西南氣流之淹水致災成因分析，說明如下：

(1) 西北颱

所謂西北颱是指颱風從台灣東方海面向西北方向移行，當颱風在台灣東北方海面上時，由於此時颱風外圍環流對於台灣北部來說是吹北風，而環流會受到地形舉升作用的影響產生降水，故在台灣北部山區常產生大量降雨。等到中心通過基隆與彭佳嶼之間海面後，此時台灣北部及西部地區多吹西北風，風向恰好與海岸線垂直，即是與河流流向相反；同時由於颱風中心並未登陸台灣，結構沒有遭到地形的破壞，所以豪雨與強風將可持續。這股從河口往內陸吹的強風，可能使得海水倒灌，但影響更大的是會使先前在台灣北部山區降下的大雨不易宣洩，造成下游及低窪地區嚴重淹水；此外，因為風向平行河道的緣故，風會沿著河谷吹進來，阻擋很小，故強風亦是此類型颱風重要災害之一。由於是吹強烈西北風所導致的嚴重災害，故稱為「西北颱」。較典型的西北颱為民國 52 年的葛樂禮颱風、

民國 74 年的尼爾森颱風、民國 86 年的溫妮颱風及民國 93 年的艾莉颱風。一般最主要導引颱風行進的是太平洋高壓，此類型颱風到達台灣北方海面上時會持續向西或西北行進，可知主要導引颱風的太平洋高壓會延伸至較西的地方，且颱風是沿著高壓南緣前進。若太平洋高壓沒有往西延伸，則颱風可能會在台灣東方海面及往北或往東北方行進。總雨量的極值發生處大致都在北部竹子湖及阿里山山區兩地。

(2) 季風共伴效應

近年來『秋颱』常造成台灣發生重大災害，例如利奇馬颱風（90 年）、象神颱風（89 年）、瑞伯颱風（87 年）及芭比絲颱風（87 年）。就字面意義而言，所謂『秋颱』意指秋季颱風；但就綜觀環境而言，此時中緯度西風帶已逐漸南移，颱風在熱帶海洋形成後，常有機會受到中緯度槽線的影響。在此種綜觀條件下，一方面可能改變颱風的導引氣流，造成颱風轉向東北加速運動；另一方面，也可能造成颱風結構的變化，使得颱風強度增強或減弱。此類問題在目前實際的天氣預報作業上，較難確切掌握。當颱風環流與東北季風產生共伴作用，常導致豪大雨的出現（如 87 年的芭比絲颱風與 89 年之象神颱風），且常對台灣北部（和東北部）地區造成重大災情。秋颱易在台北大屯山區（竹子湖）、五堵至火燒寮間及宜蘭平原至太平山間出現大雨中心，而秋季侵台之颱風，90%都伴隨有東北季風及鋒面的影響。

(3) 引進西南氣流

夏季台灣吹西南風，此富含水氣的暖濕空氣遇到台灣地形，可藉由地形舉升導致該區域出現大量的降雨。若能使西南風增強，則可預期水氣將在地形迎風面產生額外的輻合，降雨量將會顯著增加；此外，西南氣流中如果伴隨有中小尺度的對流系統存在，也將提供相當程度的降雨量。要加強西南氣流，即氣壓梯度須增大。台灣地區

於 4~5 月進入春季，直到秋季開始，均屬在西南季風的範圍之內，因此從梅雨季開始，即有可能受到暖濕的西南氣流影響而導致有豪大雨現象發生，尤其是梅雨期間零星的中小尺度對流可能會伴隨在西南氣流中對台灣造成影響；除此之外，如果颱風位置與太平洋高壓配合之下，可能造成在台灣西南方的氣壓梯度增強，進一步導致西南氣流的增強；透過地形舉升，將會導致台灣中南部有豪大雨現象發生。

- 4、淹水災害防護規模資料之應用方向，最主要係落實於災害週期之減災、整備兩個階段，但各階段之防護措施應是按漸進方式開始動員應變，如圖 4-10 為淹水災害防護規模分級概念圖。當降雨量低於 5 年重現期防洪設計標準時，此時之防洪應變以工程保護為主要措施，並結合社區防救災應變計畫；進一步降雨量超過 5 年重現期防洪設計標準，但低於 25 年重現期時，此時防洪應變除以工程保護及社區防災外，尚須提升至鄉鎮市防災應變措施；降雨量超過 25 年重現期防洪設計標準，但低於 200 年重現期時，此時防洪應變除以工程保護、社區防災及鄉鎮市應變措施外，須提升至縣市層級防災應變措施；最後，降雨量超過地方政府淹水災害防護規模 100 年或 200 年重現期時，應立即通報中央災害應變中心，尋求其他縣市或中央單位支援。

4.2 坡地災害規模設定

本研究擬進行坡地災害防護規模設定標準作業方法研究，並選定台中縣松鶴部落作為示範區進行案例研究。研究進行中，分為基本與災害資料蒐集、颱風豪雨動力分析、坡地災害規模擬訂標準作業方法研究、與坡地災害規模研訂等項作業。由各縣市之坡地崩塌資料、土石流潛勢、歷史災害、山坡地敏感地質、坡地危險社區、礦採區等相關之圖資分析，另配合各地坡地災害致災之降雨強度、有效累積雨量、雨型特性以及致災可能性等，綜合以上資料，擬訂出示範區坡地災害防護規模設定標準作業方法、模式與作業程序，以提供相關單位之參考。茲將各項工作具體成果分述如

下(詳細結果請詳見附錄二)：

1、坡地災害防護規模設定作業流程研訂

應用所評定基準，以建置之空間資料庫與動力規模，擬訂示範區之坡地災害防護規模擬訂標準作業方法，以供防災計畫擬訂之參據。分析步驟包括：

- (1) 災害潛勢及範圍調查
- (2) 災損評估與量化
- (3) 危害度分級
- (4) 不同危害度與重現期之災害損失分析
- (5) 災害防護規模之研訂

坡地災害防護規模設定流程如圖 4-11 所示。

2、案例分析—台中縣松鶴部落為例

以下乃依分析流程步驟，以台中縣的松鶴部落為例進行各項分析探討。

(1)資料收集

民國 93 年 7 月 1 日敏督利颱風所挾帶的豐沛雨量及引進的強烈西南氣流，重創台中縣和平鄉松鶴部落，8 月艾利颱風再度重創了松鶴部落，造成 12 戶民宅遭土石淹沒慘況。所幸台中縣和平鄉的松鶴地區內台中 003 與台中 004 兩處土石流潛勢溪流事前已完成緊急避難路線的規劃及相關的防災工作，並在災前已進行了疏散的動作，因此降低這次災害所帶來之衝擊，且將人命傷亡減至最低。

(2)土石流影響範圍之劃定

關於土石流影響範圍的劃定部份，主要依據行政院農業委員會水土保持局所提供之土石流影響範圍為主，圖 4-12 即為水保局所劃定之影響範圍，及影響範圍內之土地利用情形。

(3)影響範圍內之土地利用現況調查

關於流影響範圍的之土地利用調查，同樣是依據水保局所提供之坡地土地利用分佈圖層，加以套繪求得台中 003 與台中 004 影響範圍

內之土地利用面積，並依據計算災損所需之土石流潛勢區內之土地分類方式（劉格非等，2005），將各類土地利用再歸納如表 4-9，其中由於此區已規劃了疏散避難的路線，原則上當土石流發生時不應有人命損失，故此處假設無人命損失，僅考慮財產損失。

(4) 土石流影響範圍內潛在之最大損失評估

經前文各類土利用之損失分析後，即可以列出影響區內所有損失項目，接著只需各別將這些損失項目予以量化，便可求出各項目損失值。本文擬根據劉格非、李欣輯研究（2005）之土石流潛勢區內各項直接損失的計算公式（如表 4-10 所示），進行各類災害損失計算。

(5) 財產損失計算

I. 土地損失

土地損失計算直接採用政府公告現值來計算，首先可根據水保局公布土石流潛勢溪之土石流特定水土保持計畫書資料（如表 4-11 所示），可以得知該特定區內各類土地之地目及地號。再根據台中縣地政局所公佈的土地現值資料，得知該區建地之價格平均值約為 130 元/m²；農耕用地的地價從 65 元/m²至 120 元/m²間，取平均值 92.5 元/m²計；林業用地的地價為 65 元/m²至 120 元/m²間，亦以平均值 92.5 元/m²地價計；道路用地部分由於此為公有地，無法從事買賣，故地政事務資料並無此地價格，因此此部份就不予計算。最後將上述計算結果統計如表 4-12。

II. 地上物損失

地上物若屬非建物類，只要遭掩埋即視為全毀，地上物若是建物，需要先依該區之土石掩埋高度來分析，高度超過 3m 以上視為全毀；介於 1~3m 建物為半毀；高度在 1m 視為輕微損失。而根據松鶴地區之現地勘查結果，特定區內的土石掩埋深度，除了上中游的陡坡之外，下游幾乎都大於 3m，甚至有高達 5~6m 以上。

(i) 建築用地之地上物損失

關於地上構造物價格的衡量方式，可以根據各縣市政府所公佈的各種房屋的分類標準（表 4-12）及「房屋標準單價表」（表 4-13）來計算。對照上兩表即可知各種建物每平方公尺的造價，再乘以建物各種樓層的面積，加總後即可求出建物總價值。對於全毀的建物而言，此價值即為住宅之直接損失。根據現有建物圖層與 1/25,000 地形圖套疊比對，與松鶴地區之現地勘查結果，松鶴地區內建物多為鋼筋混凝土建材之住宅或農舍等，建物平均約為兩層樓高。故根據表 4-13 的資料，建物應歸屬鋼筋混凝土建築的第三類，再依照表 4-14 資料，查得鋼筋混凝土第三類的建物，每平方公尺的造價第一層為 2400 元，第二層為 2500 元。已知台中 003 建物損失面積約為 66,874.21m²，台中 004 建物損失面積約為 58,977.61m²，最後，將上述之值代入建物損失的公式，即可求出棟建物總損失值（BL），計算式如下：

$$\begin{aligned}
 LL &= \sum_{i=1}^N LVi \times LLAi \\
 &= (66874.21 + 58977.61) \times 2400 + (66874.21 + 58977.61) \times 2500 \\
 &= 616,673,918 \text{ 元}
 \end{aligned} \tag{1}$$

(ii) 農耕用地之地上物損失

農耕用地上的損失項目有旱田、果樹及檳榔。旱田作物主要為稻米；果園作物主要以水梨為主。根據行政院農業委員會農糧署 2004 年關於農產品的產值報告：稻穀每公頃的平均產量為 6,043 公斤，且稻穀每公斤的市價為 32.91 元（以蓬萊米為例）；水梨每公頃平均產量為 14,903 公斤，每公斤約 61.79 元；檳榔每公頃的平均產量為 2,864 公斤，每公斤的市價約為 69.5 元（每粒約為 1.39 元，一公斤暫以 50 粒估算）。已知台中 003 土石流潛勢區內旱田（稻米）損失面積為 3,404.73m²；果園（水梨）損失面積約為 27,370.02m²；檳榔損失面積約為 12,644.55m²。台中 004 土石流潛勢區內旱田（稻米）損失面積為 9,297.7m²；果園（水梨）損失面

積約為 59,982.53m²，所以將上述的資料代入公式計算，即可求得農作物的總損失值（CL）。計算式如下：

$$\begin{aligned}
 CL &= \sum_i^n CO_i \times CP_i \times CL_{Ai} \\
 &= (0.34+0.93) \times 6043 \times 32.91 + (2.74+6) \times 14903 \times 61.79 + 1.26 \times 2684 \times 69.5 \\
 &= 8,535,894 \text{ 元}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

(iii) 林業用地之地上物損失

林業損失是以前一年度台灣地區林業平均之損失值來估算。根據林務局 2004 的林業統計資料（表 4-14），可得知台灣地區每年的林業災害的面積及其損失的總值。2004 年當年度總損失的面積約 1,007 公頃，其中被害（damage）金額為 144,819 元，而損失（loss）的金額為 130,691 千元，而其總損失值為被害及損失的加總，為 275,510 千元。然後，求得台灣地區 2004 年每平方公尺林木的平均損失值約為 27.36 元/m²。最後，將此平均值乘上實際的林業損失面積，就可求得土石流災害中的林業損失值。已知台中 003 林地總損失面積約為 159,559.46 m²，台中 004 林地總損失面積約為 41860.96m²。所以將上述的資料代入公式，即可求出林業的總損失值（FL），計算式如下：

$$\begin{aligned}
 FL &= FAL \times DLA \\
 &= (159,559.46 + 41,860.96) \times 27.36 \\
 &= 5,510,863 \text{ 元}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

(iv) 交通水利用地之地上物損失

土石流對道路所造成的損失目項包括路基流失、邊坡崩塌及土石流淤埋造成道路中斷等損失，而且通常這些項目大多是伴隨發生的，因此若要計算這些項目的直接損失，不能只考慮某一項的損失而已，也需要將相關的損失成本一併考量（如護坡、地基保護、擋土牆、排水等等）。由於造成道路損失原因及災害的型態都不盡

相同，所以很難一一分析。因此，在此採用平均值的估算方式，推求單位面積的損失值。而此平均估算值是參考政府過去對於道路（此處均以山區道路為主）及橋樑災後重建的費用，概算出因土石流災害而造成之損失。

依據劉格非、李欣輯研究(2005)，道路每平方公尺的損失以 30,000 元估算，橋樑最低可以每平方公尺 25,000 元來估算。其中需要強調的是，此值只是個初估的值，若要更精確的估算，則需要依實際的施工項目作細部分析。已知台中 003 影響範圍內道路的交通水利面積約有 5,555.31m²，其中道路損失面積約為 5,031.95m²、橋樑損失面積約為 523.36m²；台中 004 影響範圍內道路的交通水利面積約有 6,779.57m²，皆為道路損失面積。所以將所有的道路及橋樑的面積代入公式計算，計算式如下：

$$\begin{aligned} THL &= SUO_i \times SLN_i \\ &= (5,031.95 + 6,779.57) \times 30,000 + 523.36 \times 25,000 \\ &= 367,429,600 \text{ 元} \end{aligned} \quad (4)$$

最後，將上述的計算結果列於表 4-15 與表 4-16 中，如此可以看出此處若發生土石流災害，地上物之總損失值。

(6)完成災害評估作業

透過表 4-11 的土地損失及表 4-15 與表 4-16 的地上物損失的整理，可以清楚得知台中 003、台中 004 若發生土石流災害，而在水保局劃定的影響範圍下，可能造成的損失項目及最大的損失金額，如表 4-17 所示。

根據上表的分析結果，得知在松鶴地區（台中 003 與台中 004）發生土石流災害時，損失最嚴重項目為建物項目項目，佔總損失的比例高達的 59.1%，超過總損失的五成，其次是交通水利損失，佔總損失的 35.2%，約佔三分之一，再其次是土地損失 4.3%與農耕損失 0.8%，最後，剩下的 0.5%為林業的損失。

4.3 地震災害規模設定

本研究的範圍主要為考慮特徵地震模式之特性，在傳統之危害度分析方法之中加入此模式予以比較，配合台灣地區特殊的地理條件與工程性質，找出較符合台灣地區環境因素之下地震危害度分析的參數。並採用因數拆解，以求得災害地震之最適規模與最適距離。本研究利用特徵地震配合傳統之危害度分析之原理，推求最適規模與距離，可幫助地震境況模擬進行時，作為假設虛擬地震的可靠依據。主要的討論範圍包括：

- 衰減公式重分析：參考耐震設計規範的衰減公式分析方法，更新地震資料與分析步驟，重新回歸衰減公式。
- 考慮特徵地震模式之危害度分析：以特徵地震模式考慮斷層大地震迴歸期，並以此模式進行危害度分析，與傳統危害度分析結果比較其差異性，並列出其擴大因子。
- 地震境況模擬最適規模：最適規模為使工址發生地表運動強度超越固定迴歸期下的地表運動強度之加權平均規模。進行地震境況模擬時，可利用最適規模，設定模擬地震的規模程度。
- 地震境況模擬最適距離：最適距離為使工址發生地表運動強度超越固定迴歸期下的地表運動強度之加權平均距離。進行地震境況模擬時，可利用最適距離，設定模擬地震的發生位置。

將本子計畫之具體成果說明如下(詳細結果請詳見附錄三)

1、考慮特徵地震模式危害度分析結果與比較

選擇台北工址與台南工址，如圖 4-13 與圖 4-14 所示，對台北工址與台南工址進行危害度分析，並分別採用傳統模式與特徵地震模式計算斷層之危害度影響。考慮特徵地震模式時，先使用傳統危害度分析方法計算各個震區對工址的危害度，不考慮傳統的斷層危害度分析方法，此時所得之危害度分析結果，為傳統危害度分析方法去除斷層影響之後的分析結果。

將傳統危害度分析方法去除斷層影響之後的分析結果，加上斷層特徵地震之危害度分析結果，即可得到考慮斷層特徵地震模式之危害度分析結

果，將考慮斷層特徵地震模式之危害度與採用傳統模式分析之危害度加以比較，如圖 4-15 與圖 4-16 所示，考慮特徵地震模式所計算的危害度，造成兩個工址的危害度都提高了，尤其以台南工址的情況更明顯，這是因為特徵地震考慮了大規模地震的發生週期，而台南工址接近新化斷層，所以影響的程度更大，此結果與使用模式的特性相同。

2、地震境況模擬最適規模與距離實例分析

將所推導的危害度最適規模與距離應用於本分析報告，本章主要探討台北工址與台南工址危害度最適規模與距離之分析步驟與結果。分析步驟：

(1)收集與分析地震參數，劃分震區與斷層位置

以臺灣地區自 1900 年至 2003 年 5 月之地震震央分佈為地震參數分析依據。震區劃分分為深層與淺層震源分區，可參考圖 4-17、圖 4-18。

(2)切分小震區

圖 4-17、圖 4-18 之深層與淺層震源之震區範圍太大，不適合用於計算危害度最適規模與距離，因此，將每個震區再切分為更小的分區，以經緯度 0.25 度切為方塊狀的規則小震區。切分的小震區即為運算危害度之基本震區單元。

(3)選定工址

本分析報告選擇台北工址與台南工址兩個地點做為示範區。

(4)危害度最適規模與距離

將每一小震區對工址進行危害度分析，計算個別危害度曲線。對照所有震區貢獻之危害度曲線，可得到震區的各種規模下的年超越機率，計算各個震區到工址的距離，即可繪出在某一工址距離、規模與年超越機率的關係。

將每個大震區的貢獻度分別繪出，以得知災害地震的高潛勢區域，台北工址的回歸期 475 年、950 年、2475 年各地震分區貢獻度分布圖繪於圖 4-19、圖 4-20、圖 4-21；台南工址的回歸期 475 年、2475 年各地震分區貢獻度分布圖繪於圖 4-22、圖 4-23。由圖中可知，對

台北工址危害度的最大貢獻地震分區為 DS10，次大為 DS03，皆為淺層一般震區；對台南工址危害度的最大貢獻地震分區為新化斷層，次大為 DS11。

分別對兩工址之最大與次大貢獻區進行因數拆解，不同回歸期下各主要震區切分的每個小震區之貢獻值，台北工址危害度的最大貢獻地震分區 DS10 切分，分為回歸期 475 年、950 年、2475 年，台北工址危害度的次大貢獻地震分區 DS03 切分，分為回歸期 475 年、950 年、2475 年；台南工址危害度的最大貢獻地震分區新化斷層切分，分為回歸期 475 年、2475 年，台南工址危害度的次大貢獻地震分區 DS11 切分，分為回歸期 475 年、2475 年。

將個別震區之分布結果代入，可得到某一迴歸期之下的危害度相適規模與危害度相適距離，若將所有迴歸期之下的危害度相適規模與距離皆求出，即可知危害度相適規模與距離跟年超越機率的關係，將危害度相適規模與距離與年超越機率的關係繪於圖 4-24、圖 4-25、圖 4-26。

由圖中可得，台北工址與台南工址各回歸期的最大與次大貢獻區之危害度相適規模與距離，將其表列為表 4-18、表 4-19。

五、結論與建議

5.1 結論

本研究之主要目的係以一年時間完成淹水、坡地及地震等災害防護規模設定作業程序之擬定，並選取研究示範區進行案例分析，以檢驗所研擬災害規模設定作業程序之適用性。本研究成果相當豐碩，可獲致如下之結論：

1、淹水災害規模

- (1) 所研訂之淹水災害規模設定程序可做為國家災害防救科技中心各協力機構未來協助各地方政府進行淹水災害防護規模設定之標準作業準則，使所設定之淹水災害防護規模能在方法上、解析度、應用方向具有一致性及可靠度，並能達到最佳減災效果。
- (2) 於分析過程中，本研究依據模擬分析先後順序，可將淹水災害防護規模設定作業流程分成淹水潛勢分析、建立不同土地利用類別淹水深度—損失關係、淹水災害損失風險分析及淹水災害防護規模審議程序等四個階段。
- (3) 選取台北縣市及台南縣市兩個研究示範區域作為作業規範案例分析，依據台北縣市及台南縣市兩示範區之各項社會經濟指標、歷史淹水記錄、特別土地使用類別、高度開發與人口密集之程度、淹水損失及年度防救災預算等相關參考因子進行淹水災害防護規模設定之綜合評估。結果顯示，初步建議台北縣市之災害防護規模設定為200年重現期之保護標準；而台南縣市之災害防護規模初步設定為100年重現期之保護標準，其中，位於台南縣之台南科學園區為特別土地使用類別，應具有較高之保護規模，因此此園區調整其災害防護規模為200年重現期之保護標準。
- (4) 本研究已完成對台灣地區造成重大淹水災害天氣系統發生機制之探討，包含有西北颱、季風共伴及西南氣流等三種類型，將可提供各

災害應變層級在颱風期間之監控參考。

2、坡地災害規模

本研究透過坡地災害防護規模之評估過程，從基本資料蒐集、崩塌及土石流潛勢區之劃定、土地利用現況分析、颱風路徑與降雨分析、及案例之最大災損評估。經由歷史資料統計分析所得結論如下：

- (1) 基本資料調查與蒐集中以土地利用現況調查與資料之取得較困難。
- (2) 由土石流成災歷史資料統計，颱風路徑對引起土石流災害之影響，以東北季風共伴型對北部地區；引進西南氣流對中、北部地區及西北颱風對西南部地區之影響較大。
- (3) 洪水損失評估方法中之歷史災害損失曲線勉強可適用於小規模土石流災害，但不適用於大規模之土石流災害。統合公式計算法則囿於尚未有足夠之土石流災害資料，不建議以此法評估土石流災害損失。淹水經驗曲線法則為目前較適用於土石流災害之分析方法，然應用此一方法時，對於土石流掩埋深度和損失的關係及各別損失之計算，皆需要重新定義。
- (4) 本文依水土保持局所劃定之潛勢範圍及警戒雨量為基準進行示範區案例境況模擬與災損評估，分析結果顯示，松鶴一、二溪之災損金額約為十億元透過土石流初步災損評估的計算，可將大部份可見的損失予以量化，並可清楚得知每一項損失因子佔總損失的比例，有助於災後整治或未來災害防護規模設定的參考。
- (5) 以台灣目前的社經狀況為例，損失因子中以人命損失之單價最高，其次為交通水利設施、及建物損失。目前分析僅針對土石流災害中最嚴重的直接損失來進行分析，但完整的災損評估亦需將災害的間接損失（如健康、休旅、經濟活動中斷等）加入考量。

透過上述土石流災損評估方法的建立與示範區坡地災害防護規模設定程序的建立，預期可提供後續各地方政府及防救災相關單位於擬訂坡地災害防護規模作業上的參考。

3、地震災害規模

- (1) 傳統的地震危害度分析過程中，將斷層視為一線震源加以考慮，分析模式與一般震區模式相同，但觀察過去地質或地震記錄，斷層具有大規模地震週期性發生的特性，明顯地與 Gutenberg-Richter 關係式中，大規模地震發生次數隨規模增加而呈指數型直線下降的趨勢有所不同，因此，傳統的地震危害度分析經常低估了斷層的大規模地震發生率，也使得近斷層工址的危害度分析有改進之必要。Youngs Robert R.與 Kevin J. Coppersmith 提出特徵地震模式，將原有指數型之震源規模分佈模式改良為較合理之特徵地震模式，使斷層對整體危害度分析之影響能有更精確的分析結果。斷層參數對於分析結果之影響甚大，然而，目前對於斷層錯動回歸期的評估，雖有相關研究資料可供參考，但其中仍有疑義或尚缺乏，未來應對於這些較具威脅之第一類活動斷層做更深入研究，如能有更完整之斷層資料，斷層特徵地震模式之危害度分析亦能更準確更有依據。
- (2) 政府機關與研究機構在評估地震所造成的災害或擬定防救災計畫時，經常利用地震境況模擬，擬定震災緊急應變措施，評估建築物損壞程度與經濟損失情況。而地震境況模擬除需擁有足夠的建築物、人口等資料的分佈及特性外，尚需假設一虛擬地震發生，目前常利用過去造成災害的一些地震作為虛擬地震，但是並沒有合理的理由或依據來支持這樣的假設，如此，分析所得的結果將缺乏說服力。
- (3) 超越一特定年超越機率下的地表運動強度時，規模或距離的加權平均值即為最適規模與最適距離。以本報告中所提到的 475 年回歸期為例，可以求得固定工址由某震區所引致之最適規模與距離，亦即造成 475 年回歸期地表運動強度之最可能規模與最可能距離。可供假設地震境況模擬之虛擬地震的規模與發生位置時參考。
- (4) 由分析結果來看，在近斷層處，特徵地震模式將增大斷層的危害

度，分析結果也相當符合近幾次斷層引發大規模地震所呈現之地表運動參數分佈情況與大小。將傳統之危害度分析經由特徵地震模式考慮斷層效應之修正，相信能更符合實際情況，將近斷層效應完整地表現於地震危害度分析的結果之上。

- (5) 特徵地震模式可運用於多種地震危害度評估，可將斷層與一般震區之地震模式區隔開來，針對斷層之特性以特徵地震模式予以描述。對於傳統地震模式低估斷層大規模地震之缺點，可利用特徵地震模式運算之結果予以修正，得到較合理之評估結果。

5.2 建議

1. 由於隨著全球氣候變遷及與都市開發過程，各種天然災害規模隨時間而變異，因此亦須規定各縣市政府之災害防護規模設定，每隔若干年需重新重新檢討其災害規模之設定，以重新修定其地區災害防救計畫。台灣天然災害頻繁，建議每 5 年應重新檢討災害規模之設定。
2. 地區災害防救計畫為各地方政府防救災之指導綱要，因此建議各地方政府可參考本報告，依地區特性盡速完成各種災害保護規模之設定，以利於地區災害防救計畫之擬訂，其中關於災害規模設定之技術層面，可透過協力機構協助予以完成。

參考文獻

一、淹水災害規模設定

1. McEwen, L., Hall, T., Hunt, J., Dempsey, M., Harrison, M., 2002. "Flood warning, warning response and planning control issues associated with caravan parks: the April 1998 floods on the lower Avon floodplain, Midlands region, UK." *Applied Geography*, 22, 271-305.
2. Planning for Flood Risk Manual in Yorkshire and Humber, Environment Agency/Yorkshire and Humber Assembly, November 2003.
3. Strategic Planning for Flood Risk in the Growth Areas – Insurance Considerations, Association of British Insurers, July 2004.
4. Territorial Land Drainage and Flood Control Strategy Study – Phase I, Drainage Services Department, Hong Kong Government, August, 1990.
5. Territorial Land Drainage and Flood Control Strategy Study – Phase II, Drainage Services Department, Hong Kong Government, August, 1993.
6. Voortman, H.G., van Gelder, P.H.A.J.M., Vrijling, J.K., 2003. "Risk-based design of large-scale flood defence systems." European Safety and Reliability Conference 2003, Maastricht, The Netherlands.
7. Vrijling, J.K., 2001. "Probabilistic design of water defense systems in The Netherlands," *Reliability Engineering and System Safety*, 74, 337-344.
8. 王如意、易任，1996，應用水文學(上)，國立編譯館。
9. 王如意等，2001「台北盆地及鹽水溪流域示範區颱風災害危險度分析」，經濟部水資源局。
10. 王如意等，2002，「水災損失評估系統模式之建立(1/2)」，經濟部水利署。
11. 王如意等，2003，「水災損失評估系統模式之建立(2/2)」，經濟部水利署。

12. 王如意等，2003，「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(三)」，行政院國家科學委員會。
13. 台北市，2003，「統計要覽」。
14. 台北縣，2003，「統計要覽」。
15. 台南市，2003，「統計要覽」。
16. 台南縣，2003，「統計要覽」。
17. 台灣省政府台北地區防洪計畫工程執行中心，1996，「台北地區防洪計畫」，台灣省水利處。
18. 台灣省水利局，1989，「八掌溪治理工程實施計畫」。
19. 台灣省水利局，1987，「急水溪治理規劃報告」。
20. 台灣省水利局，1994，「曾文溪水系治理基本計畫」。
21. 台灣省水利局，1998，「鹽水溪治理基本計畫」。
22. 台灣省水利局，1982，「二仁溪治理基本計畫」。
23. 許銘熙等，1999，「台北縣市淹水潛勢資料」，防災國家型科技計畫辦公室。
24. 許銘熙等，1999，「台南縣市淹水潛勢資料」，防災國家型科技計畫辦公室。
25. 許銘熙等，2004，「台北市排水系統調查檢討及資料建檔－雨水下水道設施標準評析之初期計畫」，台北市政府工務局養護工程處。
26. 張靜貞，2003，「公共部門颱風災害損失評估與風險分攤及減輕機制之研究(2/2)」，行政院國家科學委員會。
27. 經濟部水利署，2003，「台灣地區雨量測站降雨強度－延時 Horner 公式分析」。
28. 鄭克聲等，2000，「水文設計規範研訂」，經濟部水資源局，第 9 章。

29. 鄭克聲等，2001，「水文設計應用手冊」，經濟部水資源局。
30. 蕭代基，2003，「家戶洪災災害損失評估與減輕機制之研究調查」，行政院國家科學委員會。

二、坡地災害規模設定

1. 王如意、鄭思蘋等，「台北盆地及鹽水溪流域示範區颱風災害危險度分析（一）」，經濟部水資源局研究計畫報告，國立台灣大學農業工程學研究所，(1999)。
2. 王如意、鄭思蘋等，「台北盆地及鹽水溪流域示範區颱風災害危險度分析（二）」，經濟部水資源局研究計畫報告，國立台灣大學農業工程學研究所，(2000)。
3. 王如意、鄭思蘋等，「台北盆地及鹽水溪流域示範區颱風災害危險度分析（三）」，經濟部水資源局研究計畫報告，國立台灣大學生物環境系統工程學系，(2001)。
4. 中國土木水利工程學會，七二水災災區調查與復建策略研擬，行政院經濟建設委員會，(2004)。
5. 水保局土石流防災應變系統網頁，<http://fema.swcb.gov.tw>。
6. 行政院農委會水土保持局，水土保持技術規範，(2000)。
7. 林美聆、游繁結、范正成、林炳森等，「九二一集集大地震後續短期研究—九二一震災土石流潛在溪流初步判定與分析」，NCREE-00-017，(2000)。
8. 吳瑞賢等，「颱風豪雨災害應變管理系統建置與應用」，國立中央大學專案研究報告，(2002)。
9. 國家災害防救科技中心，敏督利颱風及七二水災勘災調查初步災因分析及檢討評估報告，台北 (2004)。

10. 陳鴻烈，「坡地災害風險分析管理與成本效益分析」，國家災害防救科技中心-天然災害風險管理與成本效益分析講習講義，(2004)。
11. 黃金山，「台灣 2004 年 72 水災的省思及對策」，第八屆海峽兩岸水利科技交流研討會，廣州 (2004)。
12. 張齡方、蘇明道，「空間資料於洪災損失推估之應用」，農業工程學報，(47)，第 20—28 頁，(2001)。
13. 劉格非、李欣輯，「土石流直接災損評估方法之應用——以銅門村土石流災害為例」，第六屆海峽兩岸水土資源與生態環境學術研討會論文集，(2005)。
14. 謝正倫、許睿心，「土石流流動與淤積之數值模擬」，中國土木水利工程學刊，第五卷，第二期，第 109—123 頁 (1993)。
15. 謝正倫，「土石流危險溪流調查與危險等級判定」，第二屆全國治山防災研討會論文集，第 109—124 頁 (2000)。
16. Penning-Rowse, E. and Chatterton, J., “The Benefits of Flood Alleviation. A Manual of Assessment Techniques (Blue Manual),” Gower Publishing Group, Hampshire, United Kingdom (1977) .

三、地震災害規模設定

1. A.Der Kiureghian and A.H-S.Ang, “ a Fault-Rupture Model for Seismic Risk Analysis,” Bull. Seism. Soc. Am., Vol.67(1977)
2. Campbell K.W., 1981, “Near-Source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration”, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 71, No. 6, pp. 2039-2070.
3. Cornell C. Allin, “ Engineering Seismic Risk Analysis,” Bull. Seism. Soc. Am., Vol.58, No. 5, pp. 1583-1606 (1968)
4. Der-Kiureghian, A. and Ang, A.H-S., 1977, “A Fault-Rupture Model for Seismic Risk Analysis”, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 67, No. 4, pp.

1173-1194.

5. G. W. Milne and A.G. Davenport, “ Distribution of Earthquake Risk Risk in Canada,” Bull. Seism. Soc. Am., Vol.59, NO.2(1969)
6. HAZUS97 Technical Manual, Prepared by National Institute of Building Sciences for Federal Emergency Management Agency.
7. Hiroyuki Kameda, Yutaka Ishikawa, and Wenyi LI, “Probability-Based Determination of Scenario Earthquakes,” Seismic Risk Assessment of Urban Facilities in a Sedimentary Region(H. Kameda, and Zhang, Z.; editors), DPRI Kyoto University/SLDRCE Tongji University (March 1994)
8. J. N. Brune, “ Seismic Moment, Seismicity and Rate of Slip along Major Fault Zones,”J. Geophys. Res. 73(1968)
9. Loh, C.H., Jean, W.Y. and Penzien, J., 1994, “Uniform-Hazard Response Spectrum - An Alternative Approach”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 23, pp. 433-445.
10. Makropoulos, K.C. and Burton, P.W., 1983, “Seismic Risk of Circum-Pacific Earthquakes”, 1. Strain Energy Release, PAGEOPH, 121, 2, pp. 247-267.
11. McGuire, R.K.(1976), “Fortran Computer Program for Seismic Risk Analysis,”USGS, Open file series 76-67.
12. Norman A. Abrahamson, “ State of the Practice of Seismic Hazard Evaluation,” Proc. Geo200 Conference Melbourne (November 2000)
13. R. E. Wallace, “ Earthquake Recurrence Internals on the San Andreas Fault,” Geol. Soc. Am. Bull. 81 (1970)
14. Seismic Design Criteria for High Speed Rail Project, 1992, National Center for Research on Earthquake Engineering, NCREE, R.O.C.
15. “Site-Dependent Design Spectrum for Taiwan Region”, 1992, IESER 93002,

IES and NTU Technical Report, Taipei, Taiwan.

16. Youngs Robert R. and Kevin J. Coppersmith, "Implications of Fault Slip Rates and Earthquake Recurrence Models to Probabilistic Seismic Hazard Estimates," Bull. Seism. Soc. Am., Vol.75(1985)
17. Yutaka Ishikawa and Hiroyuki Kameda, " Hazard-Consistent Magnitude and Distance for Extended Seismic Risk Analysis," Proc .of 9th World Conference on Earthquake Engineering 2, Vol.II (1988)
18. Yutaka Ishikawa, and Hiroyuki Kameda, "Probability-Based Determination of Specific Scenario Earthquakes," Proc. of 4th International Conference on Seismic Zonation, Vol.II (1991)
19. 建築物耐震設計規範及解說,民國八十六年七月,內政部營建署
20. 羅俊雄,張國鎮,簡文郁,黃正耀,1998,台北金融中心工址耐震設計參數研究,嚴慶齡工業發展基金會工業研究中心報告.
21. 羅俊雄,簡文郁,鍾昇財,地震危害度分析技術手冊,國立台灣大學地震工程研究中心,CREE R88-02 AUG.1999.
22. 簡文郁,羅俊雄,1999,HAZ-TAIWAN 震害評估分析模式研究-建築物震害分析,國家地震工程研究中心報告.
23. 簡枝益,2001,地震危害度分析及機率地震境況模擬-考慮斷層滑移速率,國立台灣大學土木工程所碩士論文,指導教授：羅俊雄.
24. 鄭錦桐,2002,台灣地區地震危害度的不確定性分析與參數拆解,國立中央大學地球物理所博士論文,指導教授：蔡義本,李錫堤.
25. 林啟文,張徽正,盧詩丁,石同生,黃文正,“台灣活動斷層概論 第二版 五十萬分之一台灣活動斷層分佈圖說明書,” 經濟部 中央地質調查所特刊 第十三號 (November 2000)

謝誌

本研究計畫承蒙行政院國科會永續發展委員會提供研究經費，謹此誌謝。在研究計畫執行期間承蒙行政院國科會永續發展委員會魏良榮博士、行政院經濟建設委員會黃金山顧問、台灣大學土木工程學系洪如江教授、顏清連教授、中央氣象局郭鎧紋主任等委員提供本研究甚多寶貴之資料及意見，使本研究計畫得以順利執行與完成，於此一併誌謝。

表 4-1 台北縣市不同淹水規模之淹水損失表

重現期 (年)	台北降雨量 (mm)	淹水損失(百萬元)	
		台北市	台北縣
5	330	1,733.66	5,232.40
10	374	2,705.95	6,238.76
25	426	3,855.01	7,428.10
50	463	4,878.06	8,271.59
100	505	6,469.91	9,223.26
200	550	8,175.45	10,242.91

表 4-2 台南縣市不同淹水規模之淹水損失表

重現期 (年)	台南降雨量 (mm)	淹水損失(百萬元)	
		台南市	台南縣
5	330	2,806.57	2,982.31
10	410	3,755.78	4,016.87
25	480	4,537.44	4,955.77
50	530	5,049.20	5,658.46
100	580	5,560.96	6,361.16
200	625	6,021.55	6,993.58

表 4-3 台北市淹水災害防護規模設定之綜合評估表

重現期	24小時累積 降雨量	淹水面積	淹水面積/總 面積	學校、住 宅、工商之 淹水面積	學校、住 宅、工商之 衝擊人口	單位面積淹 水直接損失	淹水損失/縣 市生產毛額
(年)	(mm)	(km ²)	(%)	(km ²)	(人/km ²)	(百萬元/km ²)	(%)
10	374	2.40	0.97	1.36	3,849	1,129	0.17
25	426	3.22	1.30	1.91	4,002	1,197	0.25
50	463	4.01	1.62	2.35	3,993	1,216	0.31
100	505	5.34	2.15	2.96	3,873	1,211	0.41
200	550	6.77	2.73	3.62	3,797	1,208	0.52

表 4-4 台北縣淹水災害防護規模設定之綜合評估表

重現期	24小時累積 降雨量	淹水面積	淹水面積/總 面積	學校、住 宅、工商之 淹水面積	學校、住 宅、工商之 衝擊人口	單位面積淹 水直接損失	淹水損失/縣 市生產毛額
(年)	(mm)	(km ²)	(%)	(km ²)	(人/km ²)	(百萬元/km ²)	(%)
10	374	30.38	4.53	8.66	2,072	205	0.34
25	426	33.70	5.03	10.26	2,235	220	0.40
50	463	36.09	5.38	11.44	2,355	229	0.45
100	505	38.86	5.80	12.84	2,518	237	0.50
200	550	41.82	6.24	14.35	2,667	245	0.56

表 4-5 台南市淹水災害防護規模設定之綜合評估表

重現期	24小時累積 降雨量	淹水面積	淹水面積/總 面積	學校、住 宅、工商之 淹水面積	學校、住 宅、工商之 衝擊人口	單位面積淹 水直接損失	淹水損失/縣 市生產毛額
(年)	(mm)	(km ²)	(%)	(km ²)	(人/km ²)	(百萬元/km ²)	(%)
10	410	35.90	38.48	4.28	481	105	1.08
25	480	40.11	42.99	4.93	492	113	1.30
50	530	42.60	45.66	5.30	499	119	1.45
100	580	45.09	48.32	5.67	504	123	1.60
200	625	47.32	50.72	6.00	509	127	1.73

表 4-6 台南縣淹水災害防護規模設定之綜合評估表

重現期	24小時累積 降雨量	淹水面積	淹水面積/總 面積	學校、住 宅、工商之 淹水面積	學校、住 宅、工商之 衝擊人口	單位面積淹 水直接損失	淹水損失/縣 市生產毛額
(年)	(mm)	(km ²)	(%)	(km ²)	(人/km ²)	(百萬元/km ²)	(%)
10	410	112.60	18.18	5.65	265	36	0.95
25	480	130.34	21.05	6.94	305	38	1.18
50	530	141.52	22.85	7.80	330	40	1.34
100	580	152.69	24.66	8.67	346	42	1.51
200	625	162.75	26.28	9.45	360	43	1.66

表 4-7 示範區之淹水災害損失與防救災預算比較表

	人口數 (人)	總面積 (平方公里)	人口密度 (人/平方公里)	93年度災害防救預算 (百萬元)	年度災害防救經費平均數 (元/每人)	612豪雨農業損失 (百萬元)
台北市	2,621,441	272	9,645	2,576	983	--
台北縣	3,720,000	2,053	1,812	803	216	--
台南市	747,000	176	4,253	121	161	115
台南縣	1,100,000	2,016	546	337	307	606

	年度預算 (百萬元)	防災預算/年度預算 (%)	模擬面積 (平方公里)	100年重現期損失 (百萬元)	200年重現期損失 (百萬元)	100=>200之增加損失 (百萬元)
台北市	135,600	1.90	248	6,470	8,175	1,706
台北縣	78,725	1.02	670	9,223	10,243	1,020
台南市	21,629	0.56	93	5,561	6,022	461
台南縣	30,652	1.10	619	6,361	6,994	632

表 4-8 示範區災害防護規模之指標因子表

縣市別 評估項目 災害規模 (重現期)	台北市				台北縣				台南市			台南縣		
	50年	100年	200年	333年	50年	100年	200年	333年	50年	100年	200年	50年	100年	200年
災害境況	內水無法 排出	內水無法 排出	內水無法 排出	外水溢堤	內水無法 排出	內水無法 排出	內水無法 排出	外水溢堤	內水無法 排出	內水無法 排出	外水溢堤	內水無法 排出	內水無法 排出	外水溢堤
淹水直接損失 (百萬元)	4878.0	6470.0	8175.0	10070.5	8272.0	9223.0	10243.0	11375.8	5049.0	5561.0	6022.0	5658.0	6361.0	6994.0
災害保護效益 (百萬元)	3874.9	5319.9	6730.9	6050.4	7458.5	8347.0	9241.9	8878.9	4680.5	5150.1	5130.6	4917.7	5352.1	5303.0
淹水面積 (平方公里)	4.0	5.3	6.8	8.4	36.1	38.9	41.8	45.1	42.6	45.1	47.3	141.5	152.7	162.8
影響之民眾人數 (人)	16020	20692	25698	31260	85014	97829	111559	126814	21237	22738	24088	46726	52889	58622
各重現期總損失佔 年經濟產值之 百分比(%)	0.31	0.41	0.52	0.64	0.45	0.50	0.56	0.62	1.45	1.6	1.73	1.34	1.51	1.66
防救災預算 (百萬元)	2576.40				803.00				120.61			337.17		
對交通運輸之	影響捷運系統、鐵路系統及高速公路等				影響捷運系統、鐵路系統及高速公路等				影響部分鐵路系統			影響部分鐵路系統及高速公路		
對防洪設施之	全市55座永久抽水站及21座臨時抽水站				全縣有46座抽水站				全市有3座抽水站			全縣有5座抽水站		
特別土地使用類別	1.首善之區				1.中央災害應變中心				1.文化古蹟			1.台南科學園區		
高度開發與人口密	高密度開發				高密度開發				中密度開發			低密度開發		
鄰近河川防洪設施	淡水河保護標準重現期200年				淡水河保護標準重現期200年				曾文溪、鹽水溪保護標準重現			曾文溪、鹽水溪保護標準重現		

表 4-9 土石流潛勢區內之災害損失

		台中 003	台中 004
人命損失		無	無
財產損失		台中 003	台中 004
土地	建築用地	損失面積 51758.77 m ²	損失面積 72,722.05 m ²
	農耕用地	總損失面積約為 43,419.3 m ² (旱田+果園+檳榔)	總損失面積約為 69,280.23m ² (旱田+果園)
	林業用地	總損失面積約為 159,559.46 m ² (闊葉林+草地+荒地)	總損失面積約為 41,860.96 m ² (闊葉林+草地+荒地)
	交通水利用地	總損失面積約為 5,555.31 m ²	總損失面積約為 6,779.57 m ²
地上物	建築用地	建物損失面積約為 66,874.21 m ²	建物損失面積約為 58,977.61 m ²
	農耕用地	旱田(稻米)損失面積約為 3,404.73 m ² 果園(水梨)損失面積約為 27,370.02 m ² 檳榔損失面積約為 12,644.55 m ²	旱田(稻米)損失面積約為 9,297.7 m ² 果園(水梨)損失面積約為 59,982.53 m ²
	林業用地	總損失面積約為 159,559.46 m ² (闊葉林+草地+荒地)	總損失面積約為 41,860.96 m ² (闊葉林+草地+荒地)
	休閒旅遊用地	直接損失的部份已歸入住宅損失	直接損失的部份已歸入住宅損失
	交通水利用地	道路損失面積約為 5,031.95 m ² 橋樑損失面積約為 523.36 m ²	道路損失面積約為 6,779.57 m ²
	其他	忽略不計	忽略不計

表 4-10 土石流直接災害損失之估算表

●人命損失	$HL = HLV \times N$	
●財產損失		
土地損失	$LL = \sum_{i=1}^N LVi \times LLAi$	
地上物損失	建築用地	$BL = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M BCij \times BAIj$
	農耕用地	$CL = \sum_i COi \times CPi \times CLAi$
	林業用地	$FL = FAL \times DLA$
	交通水利用地	$THL = \sum_{i=1}^N SUOi \times SLNi$
	休閒旅遊用地	◆計算公式同前述四項。
	其他生產用地	◆可暫不考慮此項之直接損失。
	其他用地	◆可依需要再個別討論或暫忽略不計。

表 4-11 台中 003、台中 004 特定區內之土地損失

損失項目	土地利用 型態	土地利 用價值	計算數量			每單位價值		土地損失值（元）	
			數量		單位	金額（元）	單位	台中 003 台中 004	
			台中 003	台中 004					
			(1)			(2)		(1) * (2)	
土地損失 (LL)	建築用地	喪失	51,758.77	72,722.05	m ²	130	m ²	6,728,640	9,453,867
	農耕用地	喪失	43,419.30	69,280.23	m ²	92.5	m ²	4,016,285	6,408,421
	林業用地	喪失	159,559.46	41,860.96	m ²	92.5	m ²	14,759,250	3,872,139
	交通用地	喪失	5,555.31	6,779.57	m ²	_____	m ²	_____	_____
			土地總損失值					25,504,175	19,734,427

表 4-12 房屋用途分類表

構造 用途 分類	鋼骨造 鋼骨混凝土造 鋼骨鋼筋混凝土造	鋼筋混凝土造 預鑄混凝土造	加強磚造
第一類	國際觀光旅館、夜總會、 舞廳、咖啡廳、酒家、歌 廳、套房、電視台	國際觀光旅館、夜總會、舞 廳、咖啡廳、酒家、歌廳、 套房、電視台	旅館、餐廳、遊戲場所
第二類	旅館、百貨公司、餐廳、 醫院、商場、影劇院、遊 藝場所、超級市場、圖書 館、美術館、博物館、紀 念館、廣播電台	旅館、百貨公司、餐廳、醫 院、商場、影劇院、遊藝場 所、超級市場、圖書館、美 術館、博物館、紀念館、廣 播電台	百貨公司、醫院、商場、影 劇院、超級市場、圖書館、 美術館、博物館、紀念館、 廣播電台
第三類	市場、辦公廳(室)、店 舖、診所、住宅、校舍、 體育館、禮堂、寺廟、教 堂、開放空間、游泳池、 農舍、納骨塔	市場、辦公廳(室)、店舖、 診所、住宅、校舍、體育館、 禮堂、寺廟、教堂、開放空 間、游泳池、農舍、納骨塔	市場、辦公廳(室)、店舖、 診所、住宅、校舍、體育館、 禮堂、寺廟、教堂、開放空 間、游泳池、農舍、納骨塔
第四類	工廠、倉庫、停車場、防 空避難室、農業用房屋、 油槽、焚化爐	工廠、倉庫、停車場、防空 避難室、農業用房屋、油 槽、焚化爐	工廠、倉庫、停車場、防空 避難室、農業用房屋、油 槽、焚化爐
備註： 一、表內用途欄內未列之房屋，以其相近之用途歸類。 二、遊藝場所指保齡球館、溜冰場及其他類似之場所。			

(資料來源：台中縣稅捐處)

表 4-13 台中縣房屋構造標準單價表（單位：元/平方公尺）

構造	鋼骨造(P)				鋼筋混凝土造(B)				加強磚造(C)				鋼鐵造		木石	土 竹
	鋼骨混凝土造(A)				預鑄混凝土造(T)								200m ² 以上(U)	未達200m ² (J)	磚造(GHDEF)	造(KLR)
金額 樓層數	第一類	第二類	第三類	第四類	第一類	第二類	第三類	第四類	第一類	第二類	第三類	第四類	各種用途	各種用途	各種用途	各種用途
6	4,290	3,990	3,300	2,640	3,510	3,210	2,950	2,390								
5	4,140	3,840	3,150	2,490	3,360	3,060	2,800	2,240	2,840	2,540	2,400	1,960				
4	4,040	3,740	3,050	2,390	3,260	2,960	2,700	2,140	2,740	2,440	2,300	1,860				
3	3,940	3,640	2,950	2,290	3,160	2,860	2,600	2,040	2,640	2,340	2,200	1,760	2,300	900	1,200	
2	3,840	3,540	2,850	2,190	3,060	2,760	2,500	1,940	2,540	2,240	2,100	1,660	2,200	800	1,100	600
1	3,740	3,440	2,750	2,090	2,960	2,660	2,400	1,840	2,440	2,140	2,000	1,560	2,100	700	1,000	500

（資料來源：台中縣稅捐處）

表 4-14 每年林業之損失值

年 次 及 災 害 別		蔓延 面積	被 害 情 形 Damage						損 失 情 形 Loss					
			數 量 Quantity						價 值	數 量 Quantity				
Year & Damage			林 木	幼齡木	幼 苗	竹	副產物	Value		林 木	幼齡木	幼 苗	竹	副產物
		公頃	立方公尺	株	株	支(叢)	公斤	千元	立方公尺	株	株	支(叢)	公斤	千元
88	1999	2 440	76 249	863 427	-	3 962	2 375	379 911	75 990	863 261	-	2 694 128	1 262	375 424
89	2000	4 352	103 688	3 154 860	25 234	1 968 024	1 215	164 463	103 386	3 154 392	25 234	1 966 948	222	159 189
90	2001	1 620	647 111	152 536	250 000	263 966	309	96 316	645 328	152 281	250 000	252 545	32	73 629
91	2002	742	18 705	311 645	21 770	41 774	1 098	84 824	3 670	109 378	21 769	41 024	7	45 658
92	2003	800	4 312	43 271	23 596	33 888	699	34 698	624	31 967	20 614	27 468	348	18 089
93	2004	1 007	27 737	646 745	200 576	442 901	8 462	144 819	26 764	621 041	200 576	394 651	8 130	130 691

表 4-15 台中 003 土石流潛勢區內之地上物損失

損失分類	深度 (H)	損失項目			每單位價值		土地損失值
		內容	數目	單位 (m ²)	金額 (元)	單位	(元)
		(1)			(2)		(1) * (2)
建築用地 (BL)	H>3m 住宅全毀	鋼筋混凝土 第一層	66,874.21	m ²	2,400	m ²	160,498,104
		鋼筋混凝土 第二層	66,874.21	m ²	2,500	m ²	167,185,525
林業用地 (FL)	遭掩埋	林木	159,559.46	m ²	27.36	m ²	4,365,547
交通水利 用地 (THL)		道路	5,031.95	m ²	30,000	m ²	150,958,500
		橋樑	523.36	m ²	25,000	m ²	13,084,000
農耕用地 (AL)	遭掩埋	作物	損失面積 (公頃)	每公頃產量 (公斤/公頃)	每單位價值		計算結果
			(1)	(2)	金額 (元)	單位	
		(1)			(3)		(1)*(2)*(3)
		稻米	0.34	6,043	32.91	公斤	67,618
		水梨	2.74	14,903	61.79	公斤	2523,146
檳榔	1.26	2,864	69.50	公斤	250,800		
地上物總損失							498,933,240

表 4-16 台中 004 土石流潛勢區內之地上物損失

損失分類	深度 (H)	損失項目			每單位價值		土地損失值
		內容	數目	單位 (m ²)	金額 (元)	單位	(元)
		(1)			(2)		(1) * (2)
建築用地 (BL)	H>3m 住宅全毀	鋼筋混凝土 第一層	58,977.61	m ²	2,400	m ²	141,546,264
		鋼筋混凝土 第二層	58,977.61	m ²	2,500	m ²	147,444,025
林業用地 (FL)	遭掩埋	林木	41,860.96	m ²	27.36	m ²	1,145,316
交通水利 用地 (THL)		道路	6,779.57	m ²	30,000	m ²	203,387,100
農耕用地 (AL)	遭掩埋	作物	損失面積 (公頃)	每公頃產量 (公斤/公頃)	每單位價值		計算結果
			(1)	(2)	金額 (元)	單位	
		稻米	0.93	6,043	32.91	公斤	184,954
		水梨	6	14,903	61.79	公斤	5,525,138
地上物總損失							499,232,797

表 4-17 台中 003 與台中 004 土石流災害之總損失

損失類別			損失全額（元）	佔全部損失比例（%）
財產損失	土地（LL）		45,238,602	4.3
	地上物	建物（BL）	616,673,918	59.1
		農耕（AL）	8,551,656	0.8
		林業（FL）	5510863	0.5
		交通水利（THL）	367,429,600	35.2
災害損失總值			1,043,404,639	100

表 4-18 台北工址貢獻度最高兩震區之最適規模與距離

回歸期	475年	950年	2475年
最大貢獻區	DS10	DS10	DS10
	7.21	7.23	7.24
	36.5KM	35.8KM	34.9KM
次大貢獻區	DS03	DS03	DS03
	7.91	7.95	7.97
	84.1KM	82.6KM	81.1KM

表 4-19 台南工址貢獻度最高兩震區之最適規模與距離

回歸期	475年	2475年
最大貢獻區	新化斷層	新化斷層
	6.95	7.02
次大貢獻區	DS11	DS11
	6.88	6.97
	21.6KM	21.3KM

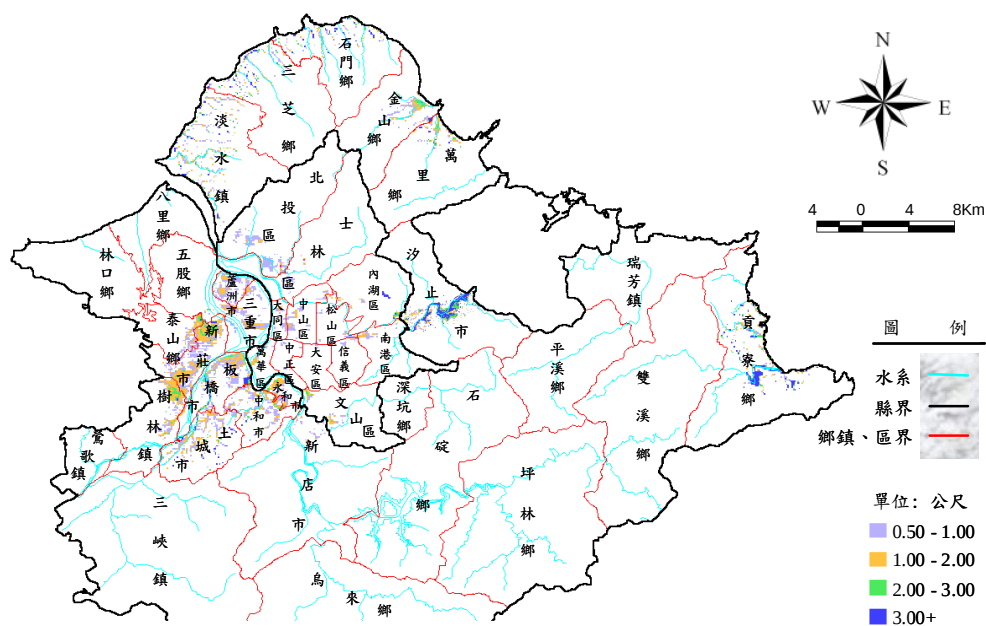


圖 1(a) 台北縣市淹水災害潛勢圖(600 公厘/日)

南投縣水里鄉、信義鄉土石流危險溪流

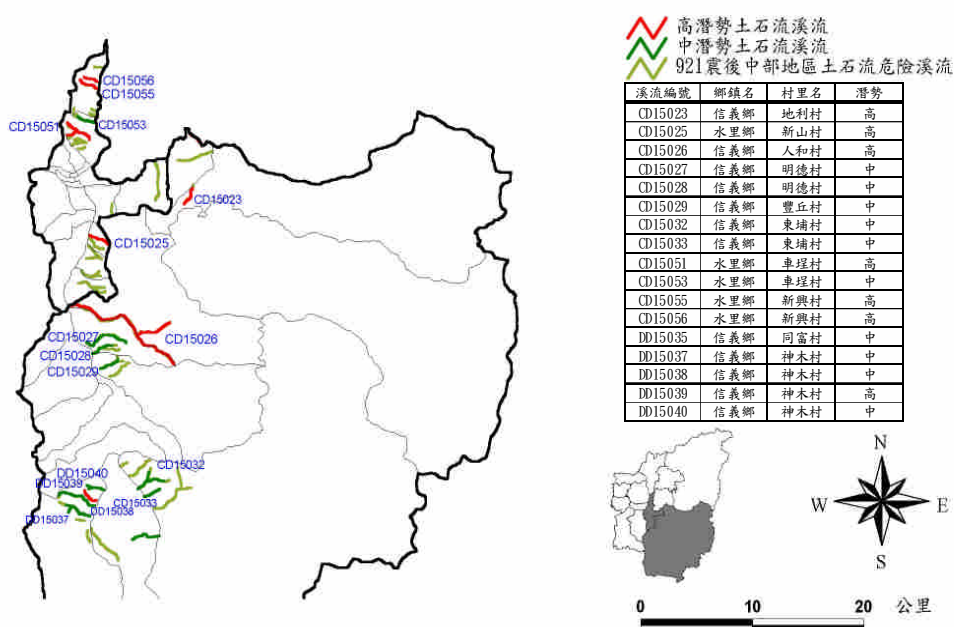


圖 1(b) 南投縣水里鄉、信義鄉土石流危險溪流

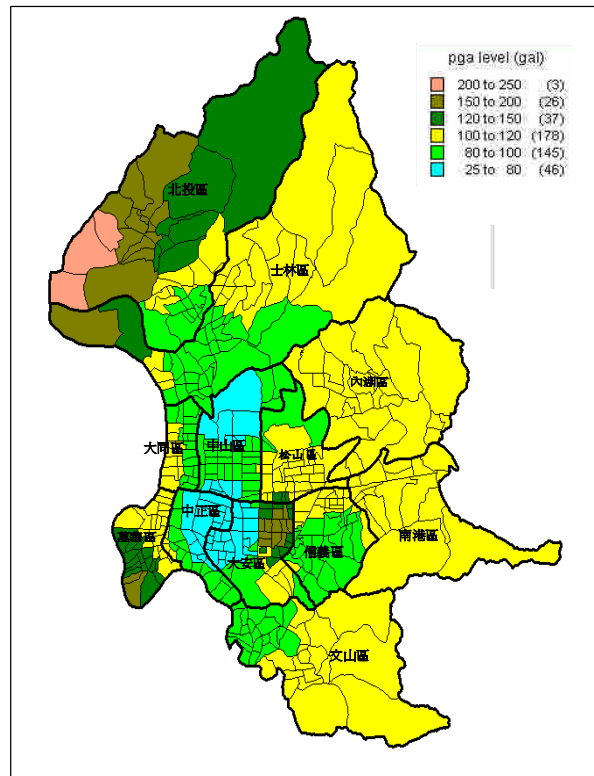


圖 1(c) 台北市最大地表加速度分佈圖
(規模：7.9、震源深度：10km、二度分帶座標：2694039,332899)

圖 1-1 災害潛勢分析圖

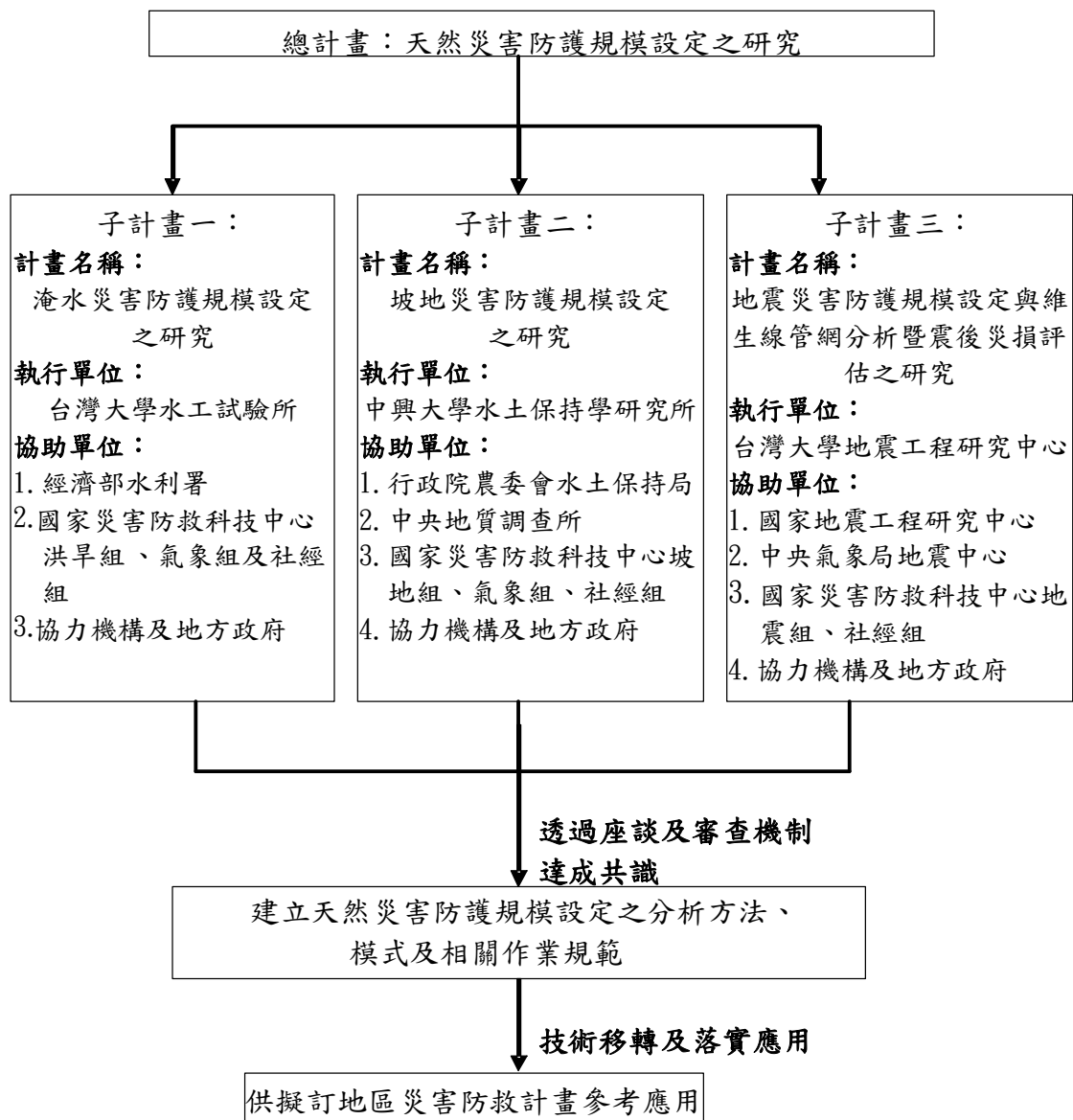


圖 2-1 總計畫研究流程整合架構圖

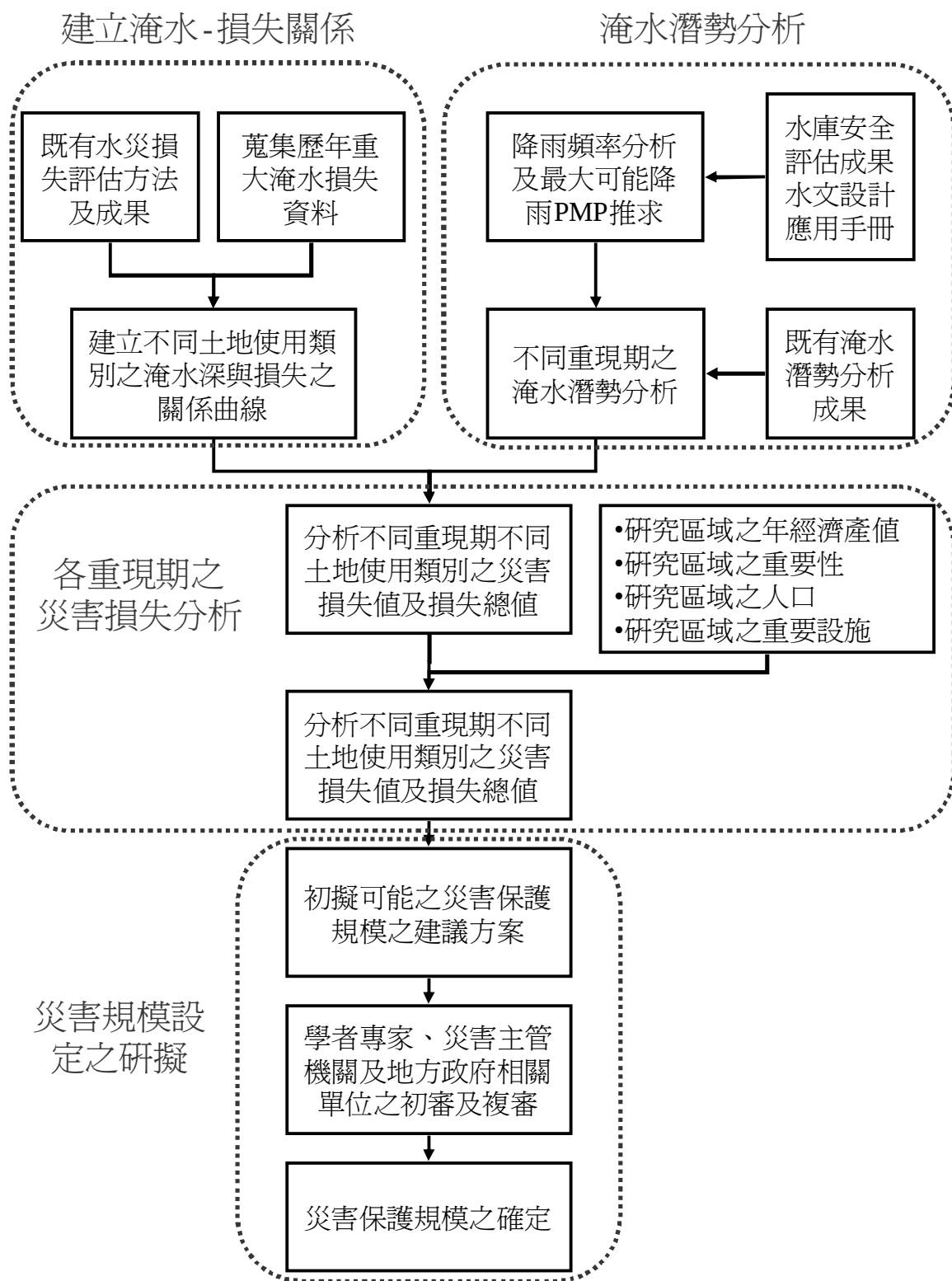


圖 4-1 淹水災害防護規模設定作業流程

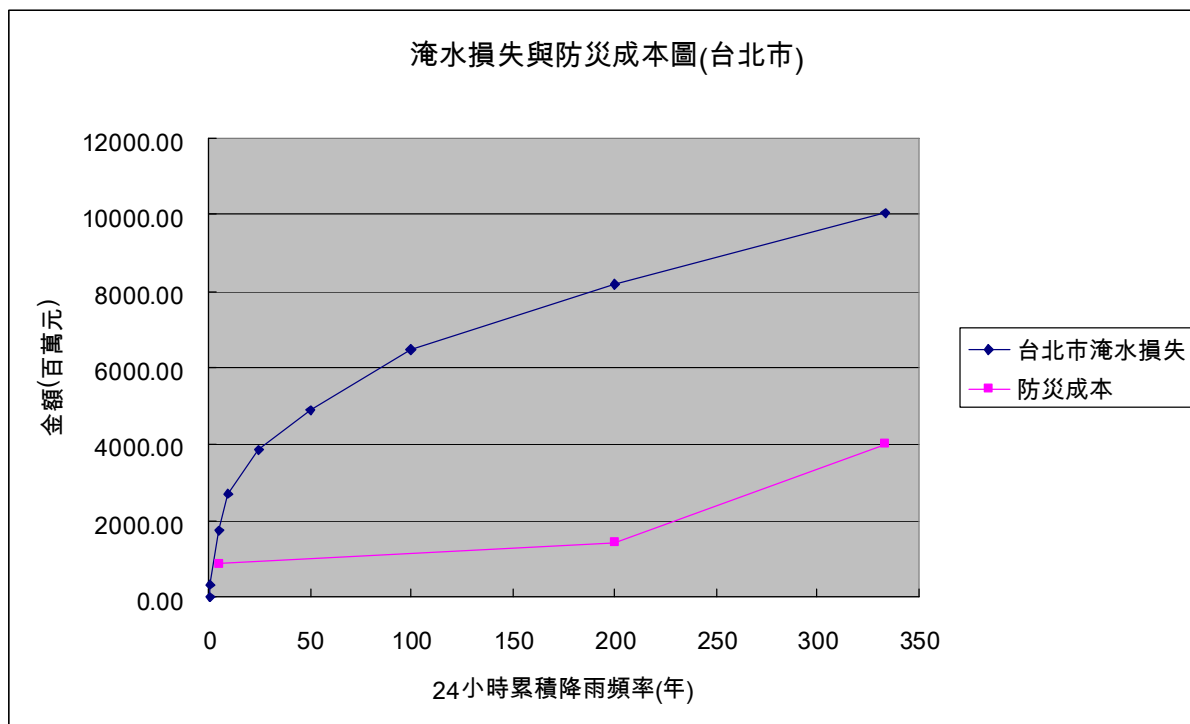


圖 4-2 台北市淹水損失與防災成本圖

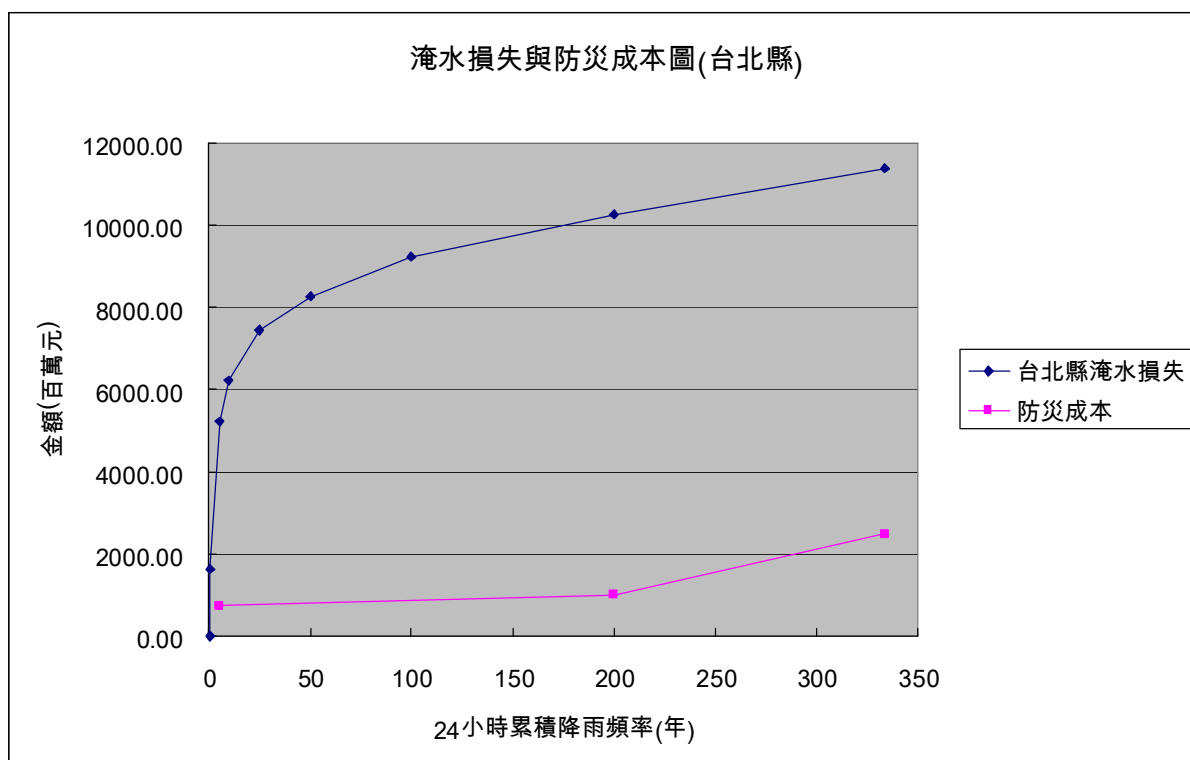


圖 4-3 台北縣淹水損失與防災成本圖

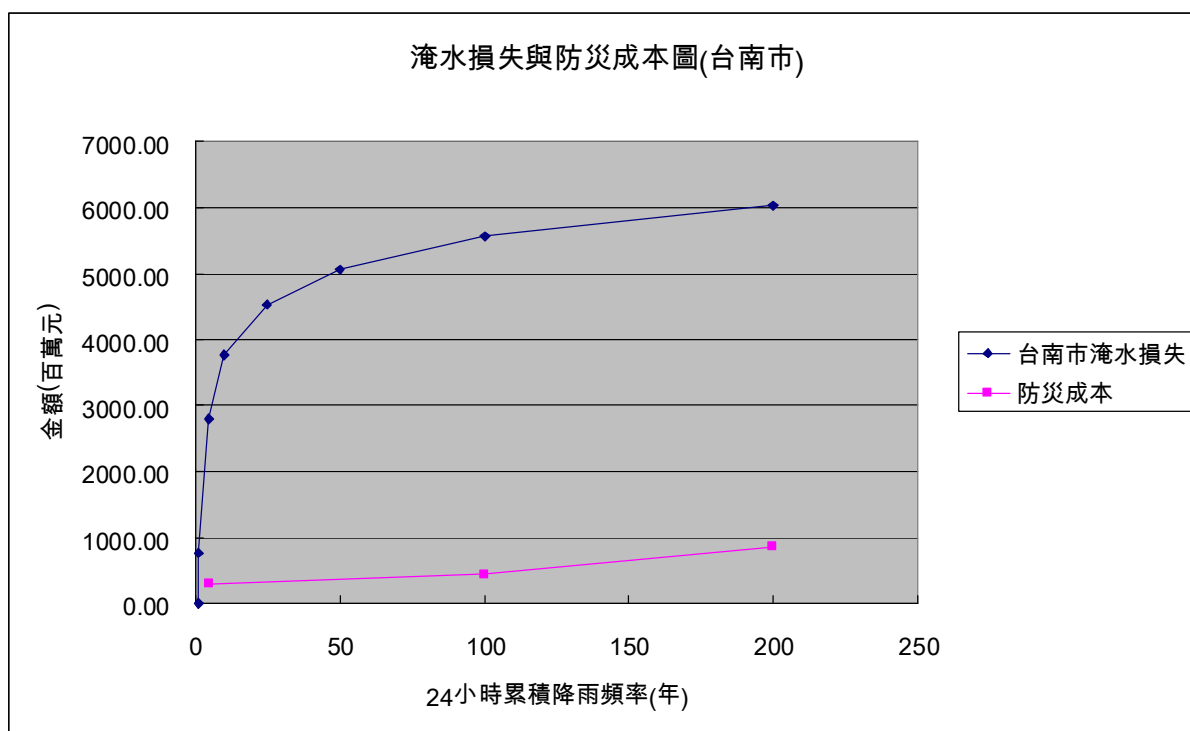


圖 4-4 台南市淹水損失與防災成本圖

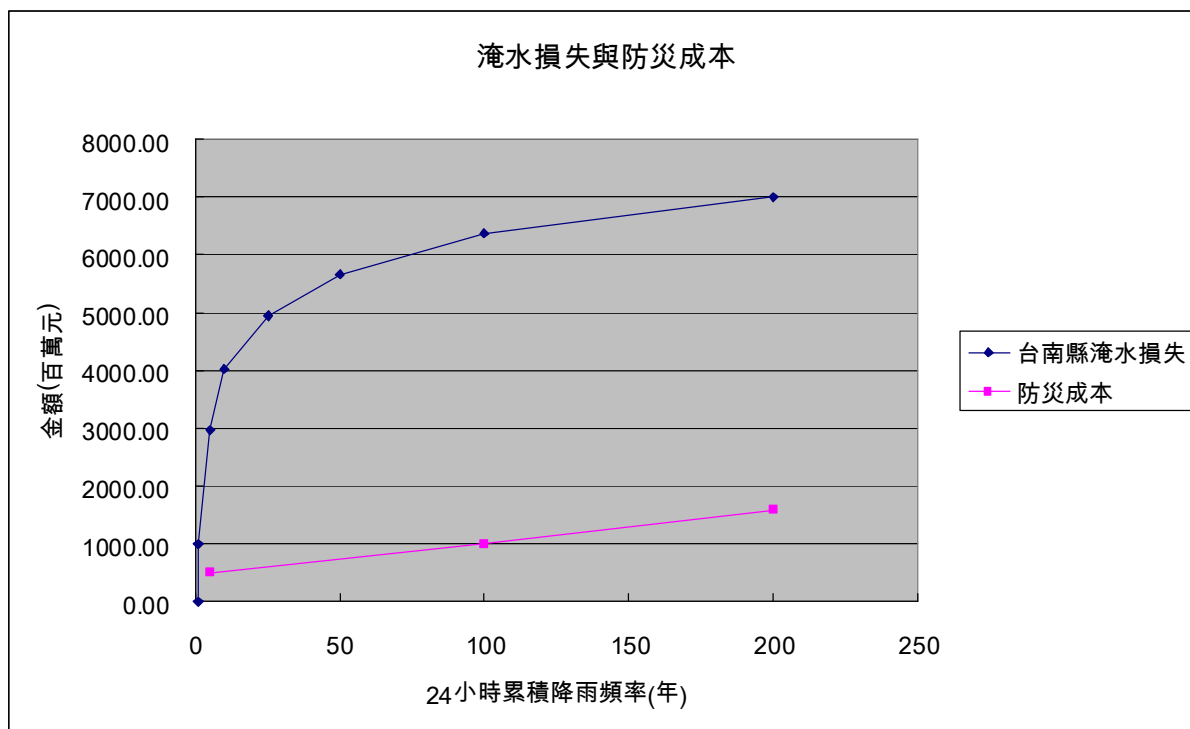


圖 4-5 台南縣淹水損失與防災成本圖

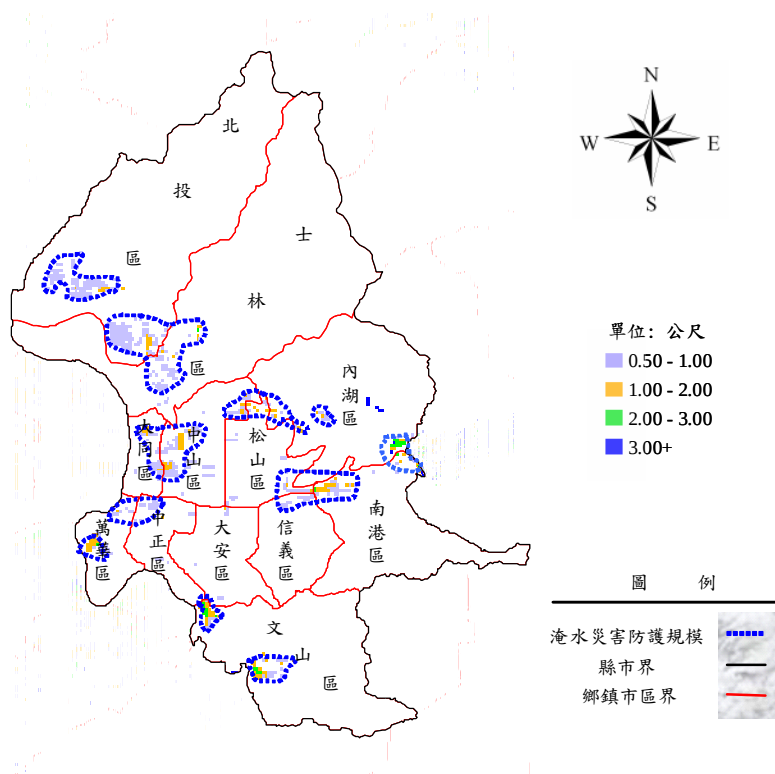


圖 4-6 台北市淹水災害防護規模(200 年重現期)

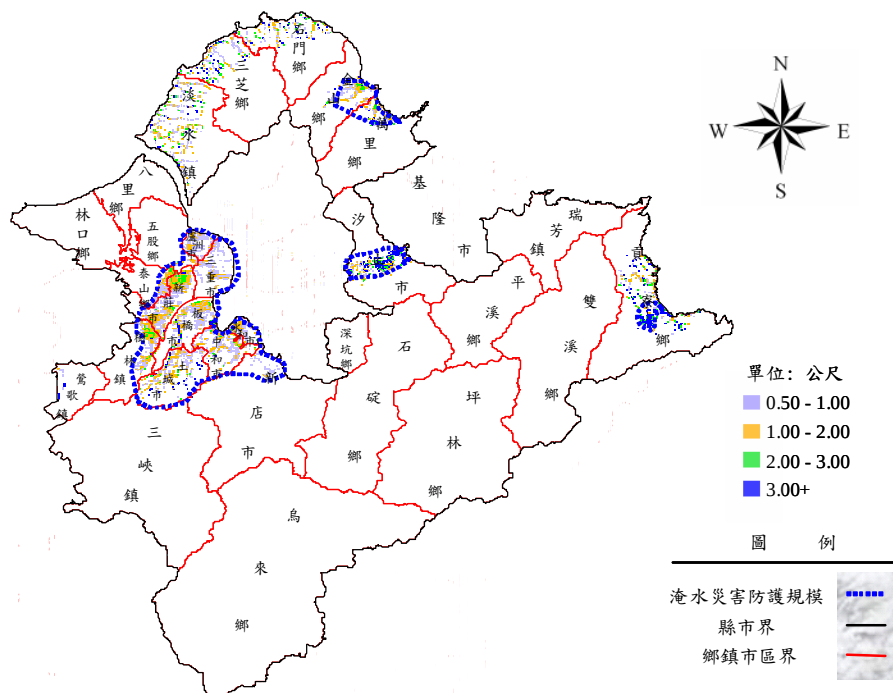


圖 4-7 台北縣淹水災害防護規模(200 年重現期)

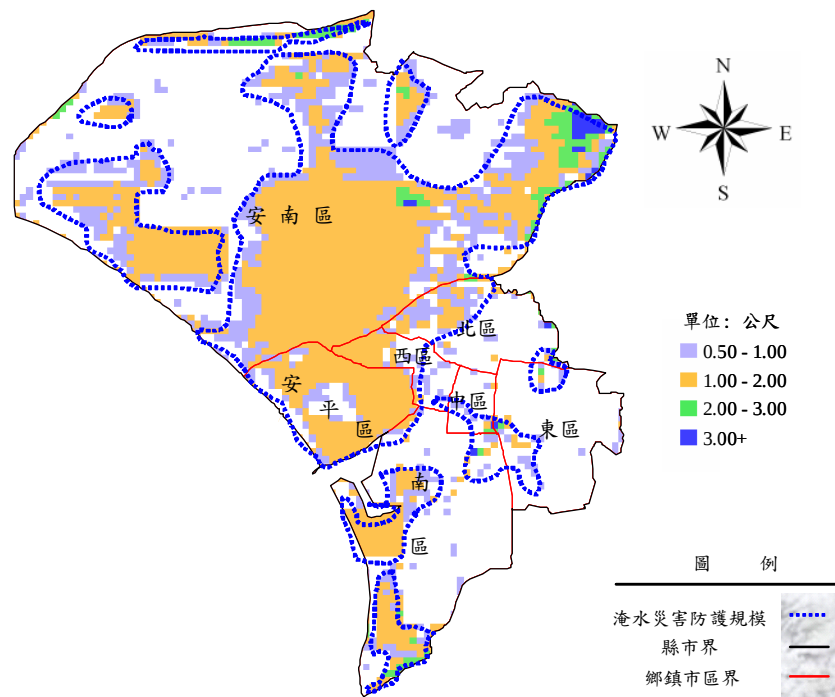


圖 4-8 台南市淹水災害防護規模(100 年重現期)

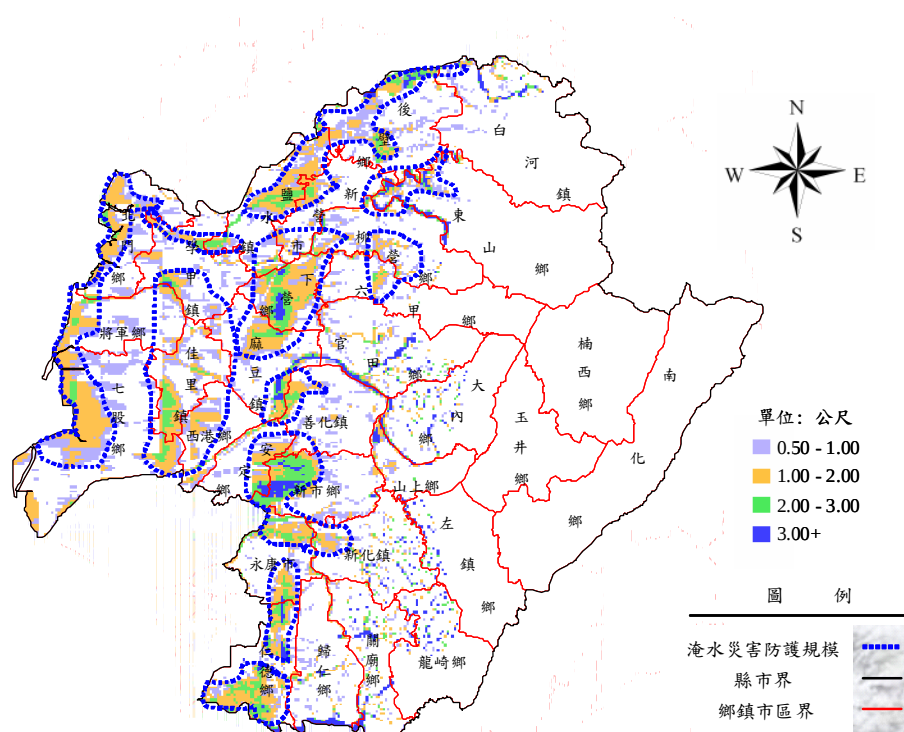


圖 4-9 台南縣淹水災害防護規模(100 年重現期)

分級標準		工程保護規模			
防救災措施	減災	<5年	排水設施可達到之保護標準	5~25年	25~200年or 25~100年
	整備		應用淹水潛勢圖加強對建物之耐災設計、實施鄉鎮市區互助訓練計畫、維護淹水監測系統		
	應變		應變資源人員編組、汛期前完成村里社區防洪排水設施檢修		
	復原		以鄉鎮市區災害應變中心指揮，確保各項維生系統之正常運作		
參與層級角色	鄉鎮市區		協助縣市災情勘查、統計水災損失金額		
	縣市中央				

● 執行 ▲ 協助與督導

圖 4-10 淹水災害防護規模分級概念(以台北市為例)

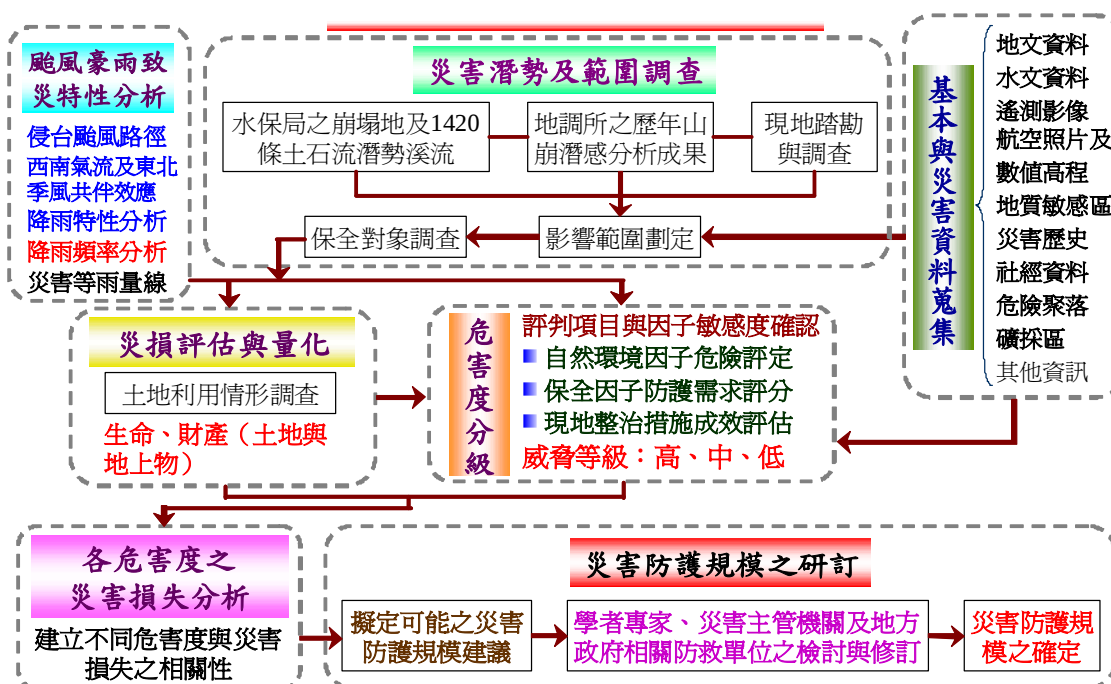


圖 4-11 坡地災害防護規模設定作業流程圖

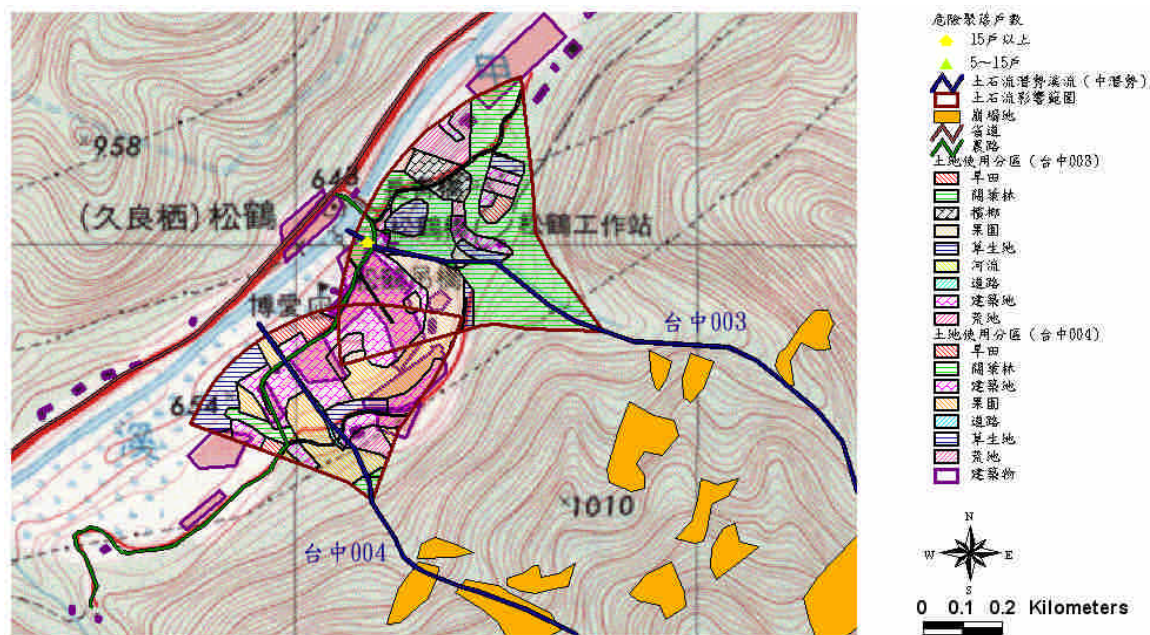


圖 4-12 台中 003 土石流潛勢溪流影響範圍內土地使用圖

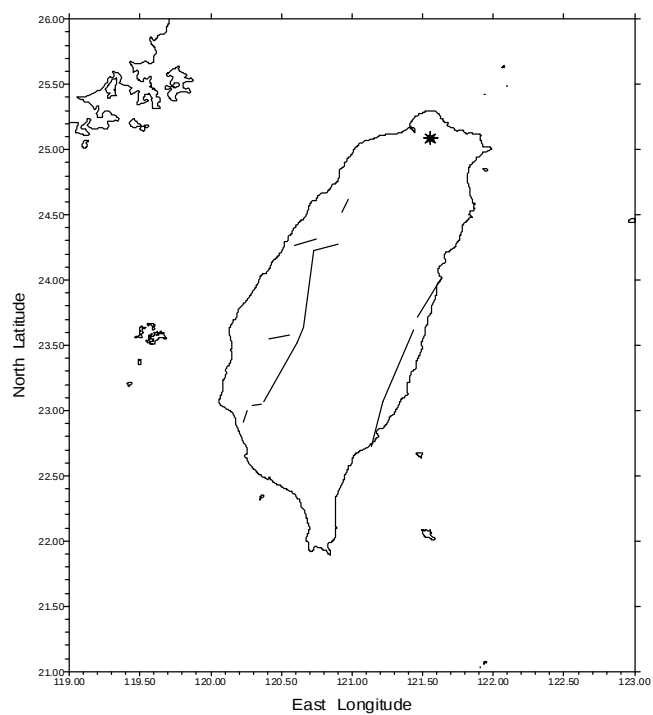


圖 4-13 台北工址位置圖

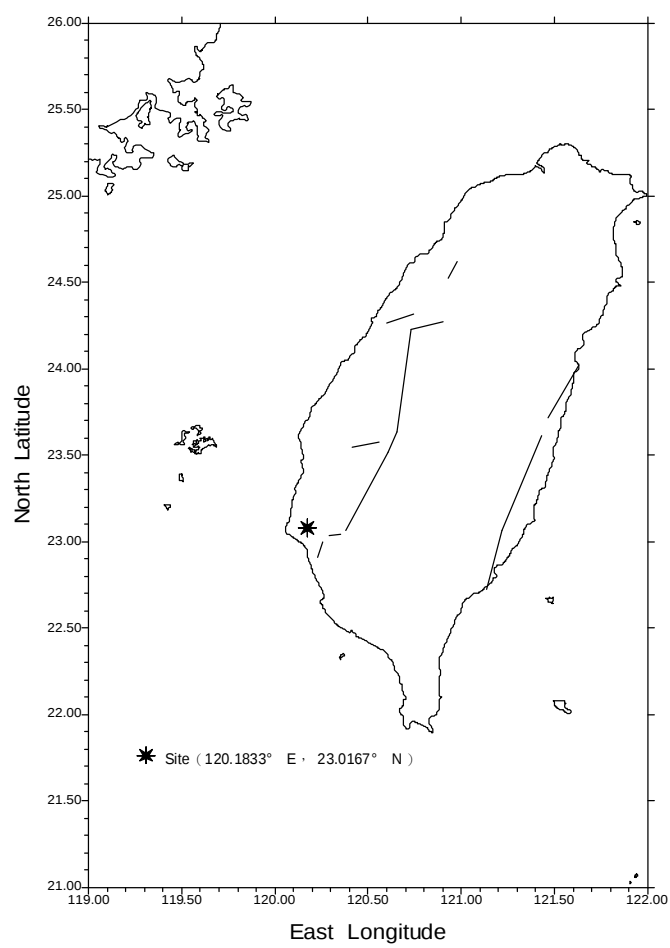


圖 4-14 台南工址位置圖

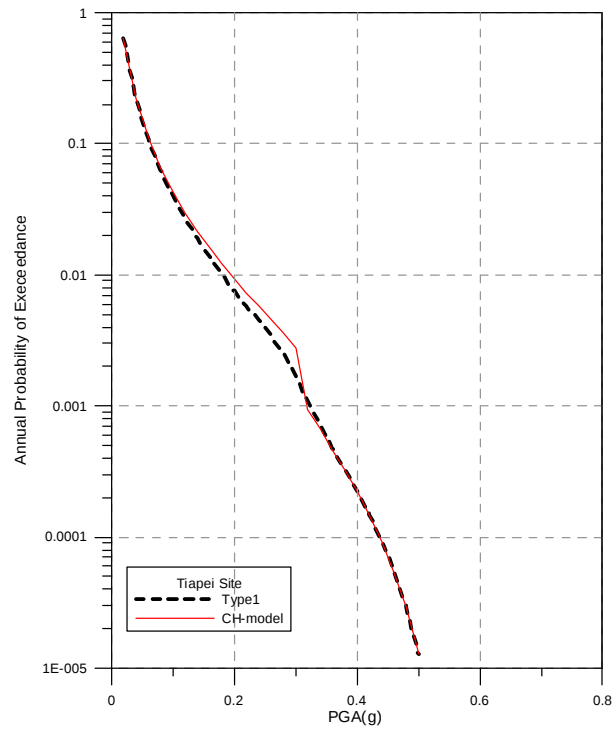


圖 4-15 台北工址危害度-比較傳統分析模式與特徵地震模式

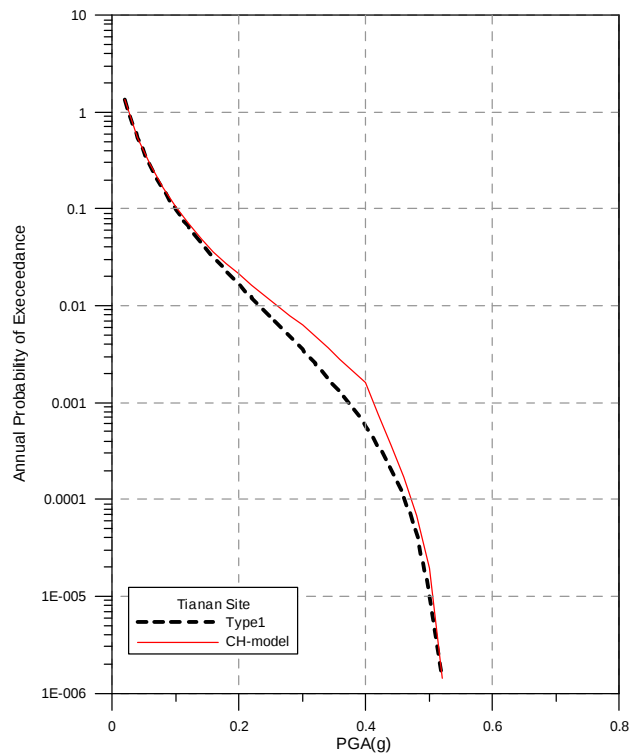


圖 4-16 台南工址危害度-比較傳統分析模式與特徵地震模式

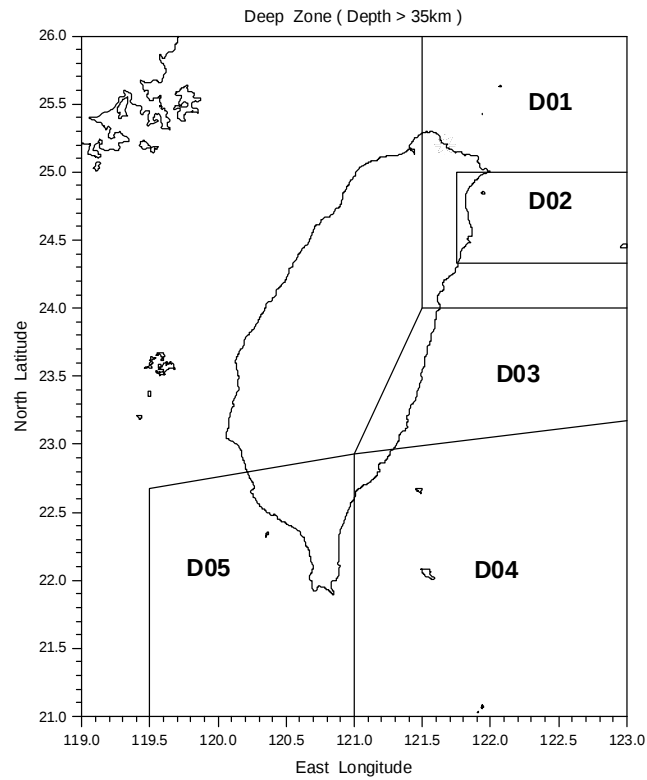


圖 4-17 深層地震震源分區圖

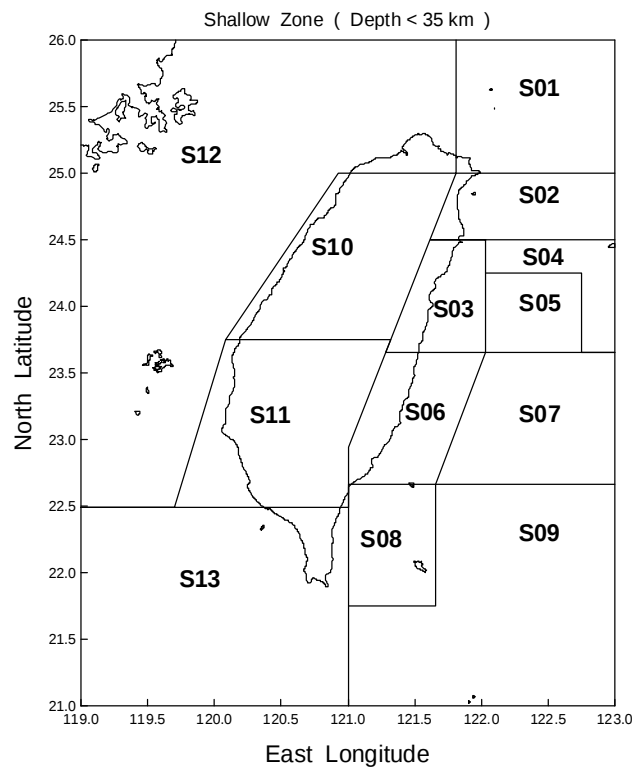


圖 4-18 淺層地震震源分區圖

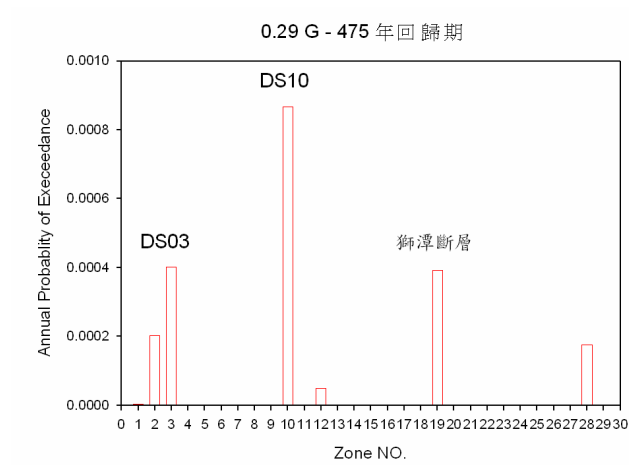


圖 4-19 台北工址的回歸期 475 年各地震分區貢獻度分布圖

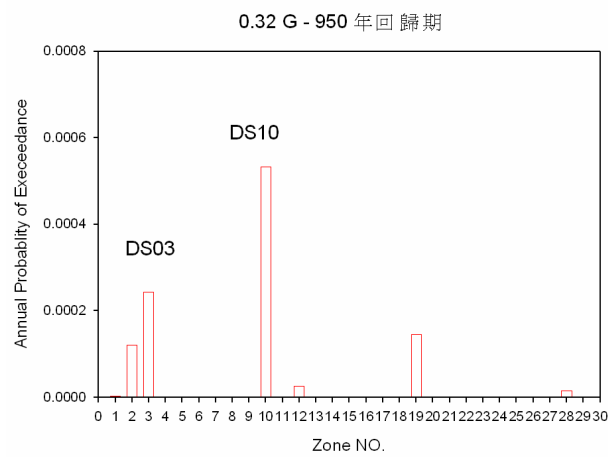


圖 4-20 台北工址的回歸期 950 年各地震分區貢獻度分布圖

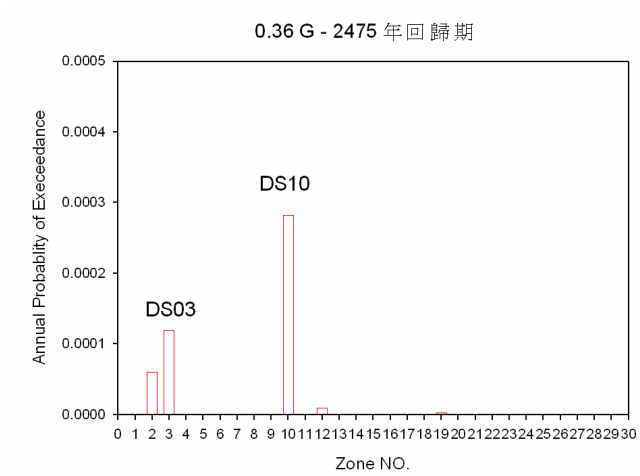


圖 4-21 台北工址的回歸期 2475 年各地震分區貢獻度分布圖

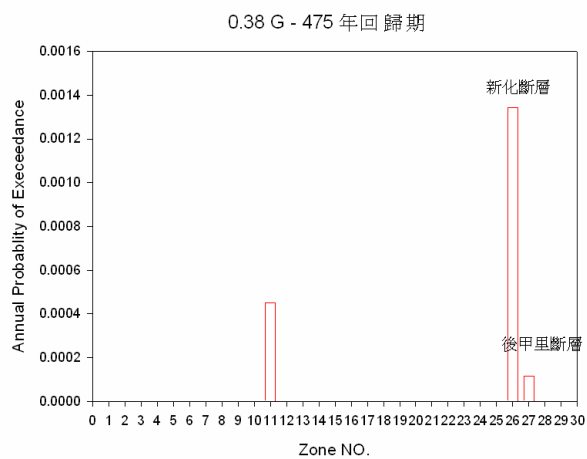


圖 4-22 台南工址的回歸期 475 年各地震分區貢獻度分布圖

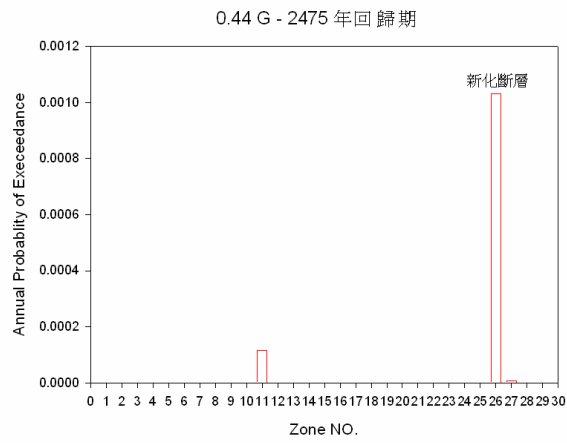


圖 4-23 台南工址的回歸期 2475 年各地震分區貢獻度分布圖

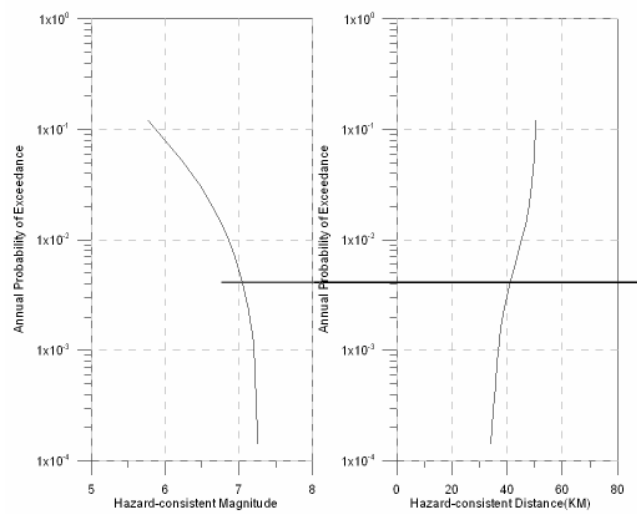


圖 4-24 台北工址考慮 DS10 分區之最適規模與距離

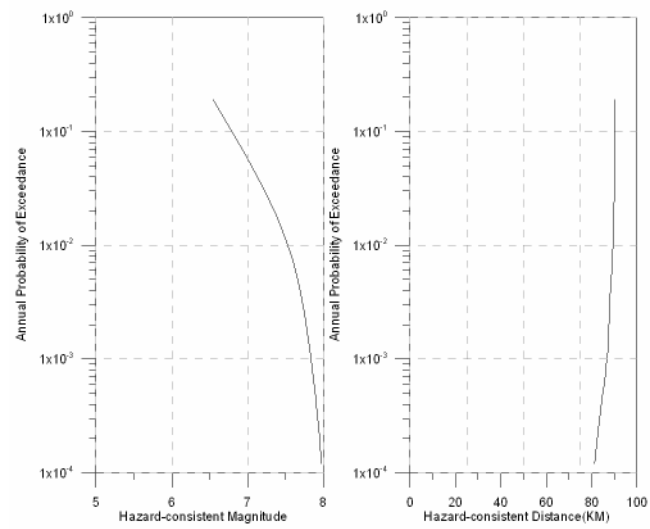


圖 4-25 台北工址考慮 DS03 分區之最適規模與距離

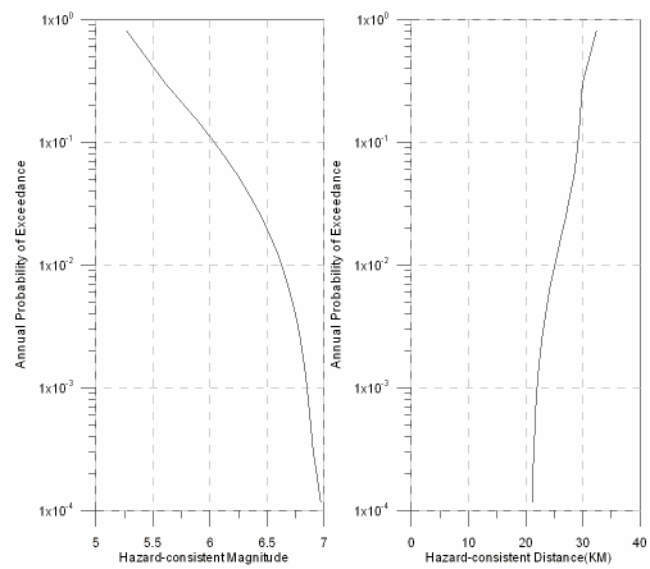


圖 4-26 台南工址考慮 DS11 分區之最適規模與距離

附錄一 天然災害防護規模設定之研究

—子計畫一：淹水災害防護規模設定之研究

精簡報告

計畫編號：NSC 93 - 2625 - Z - 002 - 040

執行期間：93 年 11 月 1 日至 94 年 10 月 31 日

主持人：許銘熙 教授

執行單位：國立台灣大學生物環境系統工程學系

護標準。

中文摘要

(關鍵詞：淹水災害、防護規模設定、設定作業程序、地區災害防救計畫)

本計畫主要在完成淹水災害防護規模設定作業程序之研訂，並選取兩個研究示範區域做為案例分析，以檢驗所研擬災害規模設定作業程序之適用性。透過此淹水災害規模設定作業程序之研擬，做為國家災害防救科技中心各協力機構未來協助各地方政府進行淹水災害規模設定之標準，使所設定之淹水災害規模能在方法上、解析度、應用方向具有一致性及可靠度，並能達到最佳減災效果。此淹水災害防護規模可應用於地方政府地區災害防救計畫之規劃，包含減災、整備、應變及復原等四個階段之災害週期。

於分析過程中，本研究依據模擬分析先後順序，將淹水災害防護規模設定作業流程分成淹水潛勢分析、建立不同土地利用類別淹水深度—損失關係、淹水災害損失風險分析及淹水災害防護規模審議程序等四個階段，並選取台北縣市及台南縣市兩個研究示範區域作為作業規範案例分析。

最後，依據台北縣市及台南縣市兩示範區之各項社會經濟指標、歷史淹水記錄、特別土地使用類別、高度開發與人口密集之程度、淹水損失及年度防救災預算等相關參考因子進行淹水災害防護規模設定之綜合評估。結果顯示，初步建議台北縣市之淹水災害防護規模設定為 200 年重現期之保護標準；而台南縣市之淹水災害防護規模設定為 100 年重現期之保護標準，其中位於台南縣之台南科學園區為特別土地使用類別，應具有較高之保護規模，因此調整其淹水災害防護規模為 200 年重現期之保

Abstract

(Keywords: inundation disaster, analysis flowchart of design defence scope, Local Disaster Prevention & Response Plans.)

The purpose of this project is to propose the analysis flowchart of design defence scope of inundation disaster. Two pilot study areas were chosen as the study cases to check the performance of analysis flowchart of design defence scope of inundation disaster. The achievements of this project will help the cooperation teams of NCDR to carry out the defence scope of inundation disaster for local governments in future. The defence scope of inundation disaster can be applied in the Local Disaster Prevention & Response Plans of local governments for four periods of disaster cycle such as mitigation, preparedness, response and recovery.

According to analysis and simulation precesses, four steps for determining the design defence scope of inundation disaster of local governments are given below,

- (1) scenario simulation of inundation potential.
- (2) establishment of the relationship between inundation depth and damage loss for varied land-use.
- (3) risk analysis of inundation disaster damage.
- (4) suggestion of the procedure of design defence scope for inundation disaster.

Taipei and Tainan counties/cities were selected as the pilot areas of case study for this project. The social-economic indices, history records of

inundation areas, special land-use types, the density degree of population, damage losses of inundation disaster, protect standard of river and the annual budget of protect and reduction with the total loss of different return periods were analysed and compared to draft the design defence scope of inundation disaster for pilot areas. Finally, the study suggests that the design defence scope standard of inundation disaster is 200-year return period for Taipei county/city and 100-year return period for Tainan county/city respectively. Owing to the significant industrial products and resources for Taiwan, the design defence scope standard of Tainan Science Park in Tainan county should be raised to 200-year return period.

一、前言

所謂「淹水災害防護規模」係指地方政府考慮地區洪災水文與環境特性，依據過去最大淹水災情紀錄及災損分析(包含淹水範圍及深度)訂定地方政府所能保護之最大可能淹水災情、據以投入之防救災資源與動員能力等減少災害損失。地方政府據此所設定之最大淹水災情建置與規劃各項工程及非工程防護措施，當面臨如此所設定之最大淹水災情實際發生時，由於事先已有妥善之工程及非工程防護措施進行防護，將有效降低所設定之最大淹水災害對於地方政府在民眾傷亡及社會經濟之影響衝擊。其淹水災害防護規模示意圖如圖 1 所示。

民國 89 年 7 月 19 日總統頒布之「災害防救法」，明定由各級政府與相關公共事業應擬訂災害防救基本計畫、災害防救業務計畫及地區災害防救計畫。在研訂地區災害防救計畫過程中，應首先設定其所能保護之淹水災害規模，有此淹水災害規模之後，則進一步可依此所設定之淹水災害規模，規劃研擬地區災害防救基本計畫及業務計畫，然綜觀審視過去各地方政府所擬定之地區災害防救計畫，可發現共通性問題是尚未確實利用淹水災害規模設定資料，以掌握地區淹水災害特性，研訂更有效率之淹水災害防治對策。鑑於此，設定地區淹水災害防護規模是研擬地區災害防救計畫時最首要完成之工作，而目前各地方政府在淹水災害規模

設定方面缺乏技術及經驗，因此如何協助各地方政府訂定淹水災害規模，是強化各縣市政府地區災害防救計畫首先需急欲解決之問題。

本研究之主要目的係完成淹水災害規模設定作業程序之擬定，並選取台北縣市及台南縣市兩個研究示範區域做為案例分析，以檢驗所研擬災害規模設定作業程序之適用性。期望透過此災害規模設定作業程序之擬定，做為國家災害防救科技中心各協力機構未來協助各地方政府進行淹水災害規模設定之標準作業準則，使所設定之淹水災害規模能在方法上、解析度、應用方向具有一致性及可靠度，並能達到最佳減災效果。

為檢核本研究所研擬淹水災害規模設定作業程序準則之適用性，因此將選取台北縣市與台南縣市作為本子計畫研究之示範區。台北縣市係屬於高度開發與人口密集之都會地區；而台南縣市係屬於低度開發之農業區，但其轄屬地區卻設有高科技科學園區，因此兩個研究示範區均具有代表性，以利於將來推廣至其他縣市政府之淹水災害規模設定。

二、文獻回顧

目前國內關於災害規模設定相關研究報告相當缺乏，僅有些許工程規劃設計相關作業規範有涉及災害保護程度上之說明，這可能與過去國內對於災害防救較注重於工程保護有某種程度相關，例如對於各縣市下水道系統興建，係根據下水道設計規範[1]，在下水道幹支線管線容量大小以 5 年重現期設計規模進行規劃興建，而抽水站系統則以 10 年重現期設計規模進行規劃興建；又如河川堤防之興建保護標準，是根據水利法進行規劃設計，依其重要保護程度而有重現期 200 年、100 年、50 年及 25 年等不同程級之設計標準，水庫興建亦有相類似之設計方式。

國內首次出現淹水災害規模設定之相關分析研究，可溯及民國 89 年防災國家型科技計畫辦公室與台北市政府推動防救災合作專案計畫，此專案計畫曾利用過去最大淹水災情紀錄、淹水潛勢、境況模擬及災害損失推估資料、防救災資源及動員能力等資料，初步設定台北

市政府淹水災害保護規模，並進一步利用此災害規模資料做為研訂地區災害防救計畫之參考依據。

進一步蒐集國外對於淹水災害規模設定之相關研究與報告，其情況與國內相似，亦無明確專文說明對於地方區域淹水災害規模設定係如何訂定，例如香港於1990年進行國土洪水控制策略之研討[2]，並訂定各級保護標準：村落之洪水保護堤防為200年重現期標準；村落排水系統為10年重現期標準；主排水管為50年重現期標準；發展地區之都市排水為50年重現期標準；都市排水之主要幹管為200年重現期標準；高密度農業用地為2-5年重現期標準；休耕或荒廢地則不設保護標準；水庫洩洪道上游之居住地為最大可能洪水之保護標準。

英國政府計畫於2016年在東南方發展約二十萬戶之規模[3,4]，英國保險協會特針對此一發展區探討洪災風險，讓保險業更易於評估投資風險。報告中主要條列五點原則：

1. 對於新開發區域之洪災保護標準應不低於200年重現期，且防洪計畫需確保經氣候變遷後仍可達到此標準。此外，洪災保護標準應隨開發區域之人口提高。以倫敦為例，目前已採用200年重現期之保護標準。但隨氣候變遷效應，目前之保護標準將於2030年成為1,000年重現期之保護標準。
2. 都市計畫者需視區域開發程度加強其防洪設施，以維持開發區之保護標準不變。該區域經開發後若洪災風險並無增加，則保險業者將持續提供洪水保險。
3. 開發區域之地點亦為保險業者考量之因素，若地點靠近河川或海岸，其風險自然較高。
4. 對於洪災風險較高地點，都市開發者需設計較高之災後恢復能力，使洪災損失降至最低。
5. 對於高密度開發區，其遭受地表逕流之潛勢較高。因此，都市計畫者需提供足以承受較大降雨之都市排水系統，而非一般都市排水系統。

其次，英格蘭東北方 Yorkshire(約克郡)及 Humber 之區域計畫，關於開發與洪災風險，參考第25號計畫方針指導手冊(Planning Policy Guidance Note Number 25, PPG25)，針對不同洪災風險做各別之描述。PPG25將洪災風險分成三種區域：

區域1：當河川、潮汐、海岸之洪水重現期大於1,000年時，則此區域可視為極低或無風險。對於任何開發並無與洪水有關之限制。

區域2：當河川洪水之重現期介於100年~1,000年重現期，而潮汐與海岸洪水介於200年~1,000年重現期時，該區域列為低度或中度風險。當洪災風險已評估完成，且防洪工程經適當之設計規畫，則該區域適合大多數之開發，但較不適合進行民生必需之都市基礎建設計畫執行。

區域3：當河川洪水之重現期小於100年重現期，而潮汐與海岸洪水小於200年重現期時，該區域列為高風險區。當防洪設施符合標準，且考慮該區域天然滯洪容量之衝擊下，可進行適度之住宅、商業、工業發展。但未開發或開發不足之地區則不適合進行新開發。惟民生必需之基礎建設有特殊地段之需求時，需符合防洪標準及不妨礙洪流或不導致洪氾區之滯洪空間減少之條件。

在荷蘭方面，根據1960年之Delta Coittee所公布之壩堤設計標準，考慮投資成本與壩堤結構破壞之機率。隨壩堤結構破壞之機率越低，其所需之投資成本相對提升，因此最小成本將發生在投資成本乘以壩堤結構破壞之機率為最小時。目前阿姆斯特丹之洪水保護標準為10,000年重現期，農村之保護標準為3,000至4,000年重現期。1980年來，對於設計水位超越機率之認知日漸成長，設計頻率或重現期之倒數並非洪水發生機率之良好預報器。

在美國方面，對於淹水災害保護規模之設定方法及程序，並無直接相關之研究報告，而僅蒐集全國水災保險計劃(National Flood Insurance Program)對於洪災保險之界定範圍，係以100年重現期為基準；進一步參考FEMA對於洪水平原地區之管理指導手冊，其對於洪水平原區域內不同土地利用型態有不同

之保護設計標準，例如在都市地區最小之保護規模為 100 年重現期(發生機率為 0.1)，而水土保持局(SCS)在農業區設定最小保護規模為 25 年重現期。而對於某些特定區域之保護標準，亦有一些特別規定，例如水庫下游地區考慮潰壩發生可能情形，其淹水災害保護規模提高至 500 年重現期。

基於上述對於淹水災害規模設定之文獻回顧，可知並無專文在探討淹水災害規模設定之方法與程序，推究其原因係災害規模設定除牽涉過去災害事件分析及監測資料之統計頻率分析、災害損失評估、地方政府防救災動員能力、人口及經濟各項影響指標評估外，尚需透過多次評估討論會議，予以決定地區之淹水災害規模設定。對於如此複雜嚴謹之設定程序，無法僅依據單方面學理分析可以完成設定，尚需透過會議審議予以決定。有鑒於此，本研究對於淹水災害規模之設定，除參考國內外之相關設定經驗，如 FEMA 全國水災保險計畫劃定洪災保險之界定範圍方式，亦將延續過去防災國家型科技計畫辦公室與台北市政府推動防救災合作專案之成果，進一步使淹水災害規模設定更具有理論嚴謹性，並將設定程序透過研究示範區之案例分析，分析其設定程序適用性，最後研撰成設定作業規範以推廣至其他縣市政府。

三、淹水災害防護規模設定作業流程之研訂

依據模擬分析先後順序，乃將淹水災害防護規模設定作業流程分成淹水潛勢分析、建立不同土地利用型態之淹水深度—損失關係、淹水災害損失風險分析及淹水災害防護規模審議之研擬等四個階段。茲將各研擬階段之設定程序，說明如下：

1. 淹水潛勢分析階段

- (1) 降雨頻率分析及最大可能降雨(PMP)推求
 - a. 降雨頻率分析
 - b. 流域可能最大降雨(PMP)之推求
- (2) 淹水潛勢境況模擬分析

2. 建立不同土地利用型態之淹水深度—損失關係階段

- (1) 蒐集與整理災害損失調查資料
- (2) 建立不同土地使用類別之淹水深度—損失關係曲線

3. 淹水災害損失風險分析階段

- (1) 社經資料蒐集及整理
- (2) 分析不同重現期各土地使用類別之淹水災害損失值

4. 淹水災害防護規模設定之審議階段

- (1) 淹水災害防護規模之初步設定
- (2) 綜合評估審議程序
 - a. 初審評估程序
 - b. 複審審議程序
 - c. 防災會報審議程序

四、研究區域案例分析

為檢核本計畫所研擬淹水災害防護規模設定作業程序之適用性，選定台北縣市與台南縣市作為示範區。台北縣市係屬於高度開發與人口密集之都會地區；而台南縣大都屬於低度開發之農業區，但其轄屬地區卻設有高科技科學園區，因此此兩處研究示範區均具有代表性，以利於將來推廣至其他縣市政府之淹水災害防護規模設定。茲將各示範區所完成分析結果按擬定推估作業流程分述如下：

4-1 淹水潛勢分析階段

1. 降雨分析階段

(1) 頻率分析

對於研究區域內各雨量站之頻率分析，本研究參考前經濟部水資源局於 90 年 12 月所完成之「水文設計應用手冊」[16]及水利署 92 年 2 月所完成之「台灣地區雨量測站降雨強度—延時 Horner 公式分析」[15]報告中全台各雨量站頻率分析之成果，整理出台灣各縣市不同重

現期之 24 小時雨量。同時應用內插法可求得四種不同總降雨量 150、300、450 及 600 毫米所對應之重現期及超越機率。

(2) 可能最大降雨量分析

對於研究區域之可能最大降雨量分析，同樣亦參考前經濟部水資源局「水文設計應用手冊」[16]計畫所完成之全台北、中、南、東四區可能最大降雨量之分析成果，範圍自 1,050 毫米至 1,350 毫米；台北縣 24 小時可能最大降雨量依區域位置不同，從 950 毫米至 2,000 毫米；台南市 24 小時可能最大降雨量依區域位置不同，從 1,200 毫米至 1,300 毫米；台南縣 24 小時可能最大降雨量依區域位置不同，從 1,100 毫米至 1,700 毫米不等。

2. 淹水潛勢境況模擬分析

對於台北縣市及台南縣市之淹水潛勢境況模擬分析，將參考防災國家型科技計畫所完成全台 22 縣市 24 小時四種不同總降雨量 150、300、450 及 600 毫米之淹水潛勢，本研究進一步內插求得不同降雨重現期所造成之總淹水面積及各淹水深度之面積。

4-2 建立不同土地利用型態淹水深度－損失關係階段

至今已有諸多學者完成不同土地利用型態淹水深度與災害損失間關係之研究[5,6,7,8,13,14,17]。研究中所蒐集之資料相當豐富，台北市政府工務局養護工程處所完成之「台北市排水系統調查檢討及資料建檔－雨水下水道設施標準評析之初期計畫」[13]中，關於「積水損失調查分析研究」所建立不同土地利用型態之淹水深度－損失曲線關係。考慮各縣市土地利用分類方式，選取其中住宅區、工業區(製造業、批發業)、商業區(零售業、服務業)與學校等經濟活動類別之淹水深度－損失曲線進行淹水災害損失風險之分析。對於研究區域，本文所參考之住宅區、工業區(大尺度製造業、小尺度製造業、大尺度批發業、小尺度批發業)、商業區(大尺度零售業、小尺度零售業、大尺度服務業、小尺度服務業)及學校等之淹水深度－損失曲線圖。

至於應用上述不同土地利用型態之淹水深度－損失曲線時，需要進行區域調整，本研究參考經濟部水利署「水災損失評估系統模視之建立」及國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究—鹽水溪流域洪災損害評估模式與資料庫建立之研究」之成果，對於住宅區之調整係數如表 1 所示，而對於工商業之調整係數如表 2 所示。

4-3 淹水災害損失風險分析階段

將研究示範區之土地利用圖層與淹水潛勢圖層進行套疊，利用地理資訊系統可求得降雨延時 24 小時不同總降雨量於不同土地使用類別之各深度淹水面積以及不同土地使用類別之淹水面積百分比。由於缺乏各土地使用類別中淹水部分之受災家數，因此假設示範區之工商業店家、住宅區及學校皆均勻分布於所屬之土地使用類別。於此假設下，根據示範區統計要覽[9,10,11,12]之各類營利事業家數可統計出所屬土地使用類別之總店家數，總店家數乘以淹水面積百分比即可求得不同土地使用類別之受淹家數。

應用不同土地使用類別之淹水深度－損失曲線圖，配合受淹家數進一步分析示範區之淹水災害損失風險，評估降雨延時 24 小時四種不同總降雨量 150、300、450 及 600 毫米淹水境況所造成之災害損失。再以內插法求得不同降雨重現期所造成之淹水災害估計損失，結果如表 3 與表 4 所示。

此外，蒐集研究區域過去歷史災情資料及相關社會經濟指標，如表 5 至表 7 所示，以作為下一階段淹水災害防護規模初步設定之綜合評估資料。

4-4 淹水災害防護規模設定之審議階段

1. 淹水災害防護規模之初步設定

將上述災害損失風險分析成果與各項指標進行比較，說明如下：

- (1) 各重現期之淹水面積：如表 8 至表 11 所示，重現期 100 年之淹水面積，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 5.34 平

方公里、38.86 平方公里、45.09 平方公里及 152.69 平方公里；重現期 200 年之淹水面積，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 6.77 平方公里、41.82 平方公里、47.32 平方公里及 162.75 平方公里，其中在台南縣市之淹水面積，已包含漁塭養殖業之面積。與過去歷史淹水事件之調查結果進行比較，台北縣市在納莉颱風之淹水面積分別為 25.47 平方公里及 37.7 平方公里；台南縣市在納莉颱風期間之淹水面積 65.54 平方公里。

- (2) 可能影響之民眾人數：如表 8 至表 11 所示，重現期 100 年可能影響之民眾人數，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 20,692 人、97,829 人、22,738 人及 52,889 人；重現期 200 年可能影響之民眾人數，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 25,698 人、111,559 人、24,088 人及 58,622 人。
- (3) 損失佔年經濟產值之百分比：如表 8 至表 11 所示，重現期 100 年損失佔年經濟產值之百分比，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 0.41%、0.50%、1.60%及 1.51%；重現期 200 年損失佔年經濟產值之百分比，台北市、台北縣、台南市及台南縣分別為 0.52%、0.56%、1.73%及 1.66%。由此可見，台北縣市之年經濟總產值比其他地區高出甚多，是台灣相當重要之經濟活動區域，因此應須有較高之淹水災害防護規模。
- (4) 損失與防救災預算比較：由表 12 中可知年度災害防救預算及其佔年度總預算之比例皆以台北市為最高，因此台北市適合規畫較高之淹水災害防護規模。此外，台北縣市 200 年重現期之災害規模損失較 100 年重現期之災害規模損失高出 10 億元新台幣以上，相對於台南縣市之 200 年重現期災害規模損失約為 5 億元新台幣，台北縣市之淹水災害防護規模應設定較台南縣市為高。
- (5) 對交通運輸之衝擊影響：若發生淹水災情，在無適當保護措施下，台北市地區除原有市區道路受影響之外，將亦影響捷運系統、鐵路系統及高速公路等運輸系統；台北縣地區

除原有鄉鎮市市區道路受影響之外，將亦影響部分捷運系統路線、鐵路系統及高速公路等運輸系統；台南市地區除原有市區道路受影響之外，將亦影響部分鐵路系統等運輸系統；台南縣地區除原有鄉鎮市區道路受影響之外，將亦影響部分鐵路系統及高速公路等運輸系統。整體而言，淹水災情對於交通運輸之衝擊影響程度，在台北縣市將遠大於其他縣市，因此需要有較高之保護規模。

- (6) 對防洪設施之衝擊影響：台北縣市位於淡水河盆地，每遇豪雨既容易淹水，因此皆需要高保護防洪設施進行保護，所以對於台北縣市地區，若其防洪系統設施受到淹水衝擊影響，將導致發生更嚴重災情產生，因此台北縣地區之淹水災害防護規模應較其他縣市有更高保護標準。
- (7) 特別土地使用類別：台南縣行政區域內有台南科學園區，其是屬於高科技工業園區，每年為政府帶來相當高之經濟產值，因此若被淹水所侵襲，除年經濟產值受影響，亦影響投資環境之競爭力，因此對於這些地區，應具有較高之淹水災害保護規模。
- (8) 高度開發與人口密集之都會地區：台北縣市在台灣地區是屬於高度開發與人口密集之都會地區，其單位面積所居住之人口數遠超過其他縣市，因此若發生嚴重淹水災情，則其直接與間接災害損失影響民眾生計甚大，因此應具有較高之淹水災害防護規模設定程度。
- (9) 鄰近河川防洪設施保護程度：台北縣市位於淡水河流域，對於淡水河流域之防洪治理標準為重現期 200 年，其他中央管河川之防洪治理標準為重現期 200 年，因此台北縣市應提高其淹水災害保護規模與河川防洪設施保護規模相同，以求一致性。
- (10) 防救災效益分析：現階段淹水災害防護措施主要可分成內水及外水防治兩部分。內水主要藉由雨水下水道系統將落於堤內之雨水引至堤外；外水則藉由堤防將高漲之洪流阻隔於堤外。目前各地區之雨水下水道容量以 5 年重現期之暴雨量為設計依據，因此雨水下水道系統每年之養護成本可視為淹水

災害 5 年重現期防護規模之防災成本。而各地區之堤防設計較不一致。台北縣市依據大台北防洪計畫，採用 200 年重現期之洪峰流量為設計目標；台南縣市則採用早期省水利局之設計標準，以 100 年重現期之洪峰流量為設計目標。因此堤防每年之養護成本可視為淹水災害 100 或 200 年重現期防護規模之防災成本。當淹水災害超越堤防之保護規模時，地方政府最終可投入所有之防救災預算進行救災，可視為超越堤防保護規模之防救災成本。然而，由表 12 可知各示範區之災害防救預算佔總預算之比例不一致。為求分析時之一致性，本研究以台北市之比例為基準進行其它示範區之災害防救金額調整。由地方政府之統計要覽及工務局之養護工程資料可推求示範區每年平均於雨水下水道及堤防養護工程所需之費用，由表 12 可求得以台北市災害防救預算為基準之防救災成本，如表 13 所示。

綜合評估示範區各相關指標因子後，本研究初步建議台北縣市之災害防護規模設定為 200 年重現期之保護標準，如圖 2 及 3 所示；而台南縣市之災害防護規模初步設定為 100 年重現期之保護標準，如圖 4 及 5 所示，其中台南科學園區為特別土地使用類別，應具有較高之保護規模，因此調整其災害防護規模為 200 年重現期之保護標準。

2. 綜合評估審議程序

將上述台北縣市及台南縣市所初步設定之淹水災害防規模，應再經過地方政府初審評估會議、複審審議及防災會報等程序，以訂定台北縣市及台南縣市之最合適淹水災害防護規模。

五、結論

本研究之主要目的係以一年時間完成淹水災害防護規模設定作業程序之擬定，並選取研究示範區進行案例分析，以檢驗所研擬災害規模設定作業程序之適用性。本研究經過資料蒐集與分析、淹水災害防護規模應用方向規劃、設定作業程序之研訂、示範區案例分析及致災天氣系統發生機制探討等工作，成果相當豐

碩，可獲致如下之結論：

1. 所研訂之淹水災害規模設定程序可做為國家災害防救科技中心各協力機構未來協助各地方政府進行淹水災害防護規模設定之標準作業準則，使所設定之淹水災害防護規模能在方法上、解析度、應用方向具有一致性及可靠度，並能達到最佳減災效果。
2. 於分析過程中，本研究依據模擬分析先後順序，可將淹水災害防護規模設定作業流程分成淹水潛勢分析、建立不同土地利用類別淹水深度—損失關係、淹水災害損失風險分析及淹水災害防護規模審議程序等四個階段。
3. 選取台北縣市及台南縣市兩個研究示範區域作為作業規範案例分析，依據台北縣市及台南縣市兩示範區之各項社會經濟指標、歷史淹水記錄、特別土地使用類別、高度開發與人口密集之程度、淹水損失及年度防救災預算等相關參考因子進行淹水災害防護規模設定之綜合評估。結果顯示，初步建議台北縣市之災害防護規模設定為 200 年重現期之保護標準；而台南縣市之災害防護規模初步設定為 100 年重現期之保護標準，其中，位於台南縣之台南科學園區為特別土地使用類別，應具有較高之保護規模，因此此園區調整其災害防護規模為 200 年重現期之保護標準。
4. 本研究已完成對台灣地區造成重大淹水災害天氣系統發生機制之探討，包含有西北颱、季風共伴及西南氣流等三種類型，將可提供各災害應變層級在颱風期間之監控參考。
5. 由於隨著全球氣候變遷及與都市開發過程，各重現期之淹水災害規模隨時間而變異，因此亦須規定各縣市政府之淹水災害防護規模設定，每隔若干年需重新重新檢討其災害規模之設定，以重新修定其地區災害防救計畫。
6. 地區災害防救計畫為各地方政府防救災之指導綱要，因此建議各地方政府應盡速完成淹水災害保護規模之設定，以利於地區災害防救計畫之擬定，其中關於災害規模設定之技

術層面，可透過協力機構協助予以完成。

六、謝誌

本研究計畫承蒙行政院國科會永續發展委員會提供研究經費，謹此誌謝。在研究計畫執行期間承蒙行政院國科會永續發展委員會魏良榮博士、行政院經濟建設委員會黃金山顧問、台灣大學土木工程學系洪如江教授、顏清連教授、中央氣象局郭鎧紋主任等委員提供本研究甚多寶貴之資料及意見，同時國家災害防救科技中心與其各協力機構、經濟部水利署第六河川局、台南縣政府工務局及台南科學工業園區之首長及先進，更熱心協助提供鹽水溪流域治理規劃及相關整治資料等，使本研究計畫得以順利執行與完成，於此一併誌謝。

七、參考文獻

1. McEwen, L., Hall, T., Hunt, J., Dempsey, M., Harrison, M., 2002. "Flood warning, warning response and planning control issues associated with caravan parks: the April 1998 floods on the lower Avon floodplain, Midlands region, UK." Applied Geography, 22, 271-305.
2. Planning for Flood Risk Manual in Yorkshire and Humber, Environment Agency/Yorkshire and Humber Assembly, November 2003.
3. Strategic Planning for Flood Risk in the Growth Areas – Insurance Considerations, Association of British Insurers, July 2004.
4. Territorial Land Drainage and Flood Control Strategy Study – Phase I, Drainage Services Department, Hong Kong Government, August, 1990.
5. 王如意、許銘熙、蘇明道、謝龍生、鄭士仁等，2001「台北盆地及鹽水溪流域示範區颶風災害危險度分析」，經濟部水資源局。
6. 王如意、許銘熙、蘇明道、鄭克聲、譚智宏、謝龍生、鄭士仁、鄭思蘋等，2002，「水災損失評估系統模式之建立(1/2)」，經濟部水利署。
7. 王如意、許銘熙、蘇明道、鄭克聲、譚智宏、謝龍生、鄭士仁、鄭思蘋等，2003，「水災損失評估系統模式之建立(2/2)」，經濟部水

利署。

8. 王如意、許銘熙、游保杉、陳增壽、賴進松、何興亞、陳明仁、張倉榮蔡長泰等，2003，「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(三)」，行政院國家科學委員會。
9. 台北市，2003，「統計要覽」。
10. 台北縣，2003，「統計要覽」。
11. 台南市，2003，「統計要覽」。
12. 台南縣，2003，「統計要覽」。
13. 許銘熙、鄭克聲、蘇明道、郭振泰，2004，「台北市排水系統調查檢討及資料建檔－雨水下水道設施標準評析之初期計畫」，台北市政府工務局養護工程處。
14. 張靜貞，2003，「公共部門颶風災害損失評估與風險分攤及減輕機制之研究(2/2)」，行政院國家科學委員會。
15. 經濟部水利署，2003，「台灣地區雨量測站降雨強度－延時 Horner 公式分析」。
16. 鄭克聲、王如意、許銘熙、虞國興、李光敦等，2001，「水文設計應用手冊」，經濟部水資源局。
17. 蕭代基，2003，「家戶洪災災害損失評估與減輕機制之研究調查」，行政院國家科學委員會。

表 1 台北縣市及台南縣市之區域住宅區調整係數

縣市別	消費支出	消費比例 (%)				相關消費金額	區域係數
		衣著鞋類	家具及家庭設備	運輸及通訊	雜項支出		
台北市	931785	3.78	2.04	9.83	7.13	212261	1.25
台北縣	702709	4.49	1.79	10.17	7.62	169142	1
台南縣	502072	3.36	1.8	11.85	6.47	117887	0.70
台南市	593635	4.33	1.38	9.95	6.97	134340	0.79

資料來源：行政院主計處及台灣電通股份有限公司之「2001年台灣市場指標」

表 2 台南縣市及台北市工商業區域調整係數

行業類別	台南縣	台南市	台北市
辦公室	0.804	0.856	1.71
製造	0.787	0.468	2.51
零售	0.745	0.843	2.25
批發	0.774	0.833	4.82

表 3 台北縣市不同淹水規模之淹水損失表

重現期 (年)	台北降雨量 (mm)	淹水損失(百萬元)	
		台北市	台北縣
5	330	1,733.66	5,232.40
10	374	2,705.95	6,238.76
25	426	3,855.01	7,428.10
50	463	4,878.06	8,271.59
100	505	6,469.91	9,223.26
200	550	8,175.45	10,242.91

表 4 台南縣市不同淹水規模之淹水損失表

重現期 (年)	台南降雨量 (mm)	淹水損失(百萬元)	
		台南市	台南縣
5	330	2,806.57	2,982.31
10	410	3,755.78	4,016.87
25	480	4,537.44	4,955.77
50	530	5,049.20	5,658.46
100	580	5,560.96	6,361.16
200	625	6,021.55	6,993.58

表 5 台北縣市近 20 年之重大歷史淹水事件表

台北縣市重大歷史淹水事件

年	月	颱風	雨量站	24小時最大降雨(mm)	淹水面積(km ²)
76	10	琳恩	五堵	891.0	30.00
85	8	賀伯	台北	220.0	10.49
86	8	溫妮	台北	205.0	1.80
87	10	瑞伯	五堵	492.0	2.91
87	10	芭比絲	五堵	319.0	--
89	10	象神	五堵	647.0	3.56
90	9	納莉	南港	389.5	
			五堵	759.0	37.7
			南港	746.5	
			內湖	717.0	
			天母	675.5	
			大直	616.5	
			五股	550+	

88年後24小時最大降雨資料來源：水利署水災防救作業支援系統

表 6 台南縣市近 20 年之重大歷史淹水事件表

台南縣市重大歷史淹水事件

年	月	颱風	雨量站	24小時最大降雨(mm)	淹水面積(km ²)
77	8	豪雨	台南	455.0	--
78	9	莎拉	台南	211.0	--
85	7	賀伯	台南	182.0	--
86	7	豪雨	台南	294.0	--
90	9	納莉	關仔嶺	644.5	65.54
			曾文	547.5	
			左鎮	401.5	
			虎頭埤	358.0	
			新市	272.0	

88年後24小時最大降雨資料來源：水利署水災防救作業支援系統

表 7 示範區相關社會經濟指標

縣市	人口數 (人)	人均年經常性收入 (元)	縣市生產毛額 (百萬元)
台北市	2,627,138	435,625	1,566,675.90
台北縣	3,676,533	364,441	1,834,211.92
台南市	749,628	338,979	347,857.63
台南縣	1,106,833	278,349	421,749.63

表 8 台北市淹水災害防護規模設定綜合評估

重現期 (年)	24小時累積 降雨量 (mm)	淹水面積 (km ²)	淹水面積/總 面積 (%)	學校、住 宅、工商之 淹水面積 (km ²)	學校、住 宅、工商之 衝擊人口 (人/km ²)	單位面積淹 水直接損失 (百萬元/km ²)	淹水損失/縣 市生產毛額 (%)
10	374	2.40	0.97	1.36	3,849	1,129	0.17
25	426	3.22	1.30	1.91	4,002	1,197	0.25
50	463	4.01	1.62	2.35	3,993	1,216	0.31
100	505	5.34	2.15	2.96	3,873	1,211	0.41
200	550	6.77	2.73	3.62	3,797	1,208	0.52

表 9 台北縣淹水災害防護規模設定綜合評估

重現期 (年)	24小時累積 降雨量 (mm)	淹水面積 (km ²)	淹水面積/總 面積 (%)	學校、住 宅、工商之 淹水面積 (km ²)	學校、住 宅、工商之 衝擊人口 (人/km ²)	單位面積淹 水直接損失 (百萬元/km ²)	淹水損失/縣 市生產毛額 (%)
10	374	30.38	4.53	8.66	2,072	205	0.34
25	426	33.70	5.03	10.26	2,235	220	0.40
50	463	36.09	5.38	11.44	2,355	229	0.45
100	505	38.86	5.80	12.84	2,518	237	0.50
200	550	41.82	6.24	14.35	2,667	245	0.56

表 10 台南市淹水災害防護規模設定綜合評估

重現期 (年)	24小時累積 降雨量 (mm)	淹水面積 (km ²)	淹水面積/總 面積 (%)	學校、住 宅、工商之 淹水面積 (km ²)	學校、住 宅、工商之 衝擊人口 (人/km ²)	單位面積淹 水直接損失 (百萬元/km ²)	淹水損失/縣 市生產毛額 (%)
10	410	35.90	38.48	4.28	481	105	1.08
25	480	40.11	42.99	4.93	492	113	1.30
50	530	42.60	45.66	5.30	499	119	1.45
100	580	45.09	48.32	5.67	504	123	1.60
200	625	47.32	50.72	6.00	509	127	1.73

表 11 台南縣淹水災害防護規模設定綜合評估

重現期	24小時累積 降雨量	淹水面積	淹水面積/總 面積	學校、住 宅、工商之 淹水面積	學校、住 宅、工商之 衝擊人口	單位面積淹 水直接損失	淹水損失/縣 市生產毛額
(年)	(mm)	(km ²)	(%)	(km ²)	(人/km ²)	(百元/km ²)	(%)
10	410	112.60	18.18	5.65	265	36	0.95
25	480	130.34	21.05	6.94	305	38	1.18
50	530	141.52	22.85	7.80	330	40	1.34
100	580	152.69	24.66	8.67	346	42	1.51
200	625	162.75	26.28	9.45	360	43	1.66

表 12 示範區之淹水災害損失與防救災預算比較表

	人口數 (人)	總面積 (平方公里)	人口密度 (人/平方公里)	93年度災害防救預算 (百萬元)	年度災害防救經費平均數 (元/每人)	612暴雨農業損失 (百萬元)
台北市	2,621,441	272	9,645	2,576	983	--
台北縣	3,720,000	2,053	1,812	803	216	--
台南市	747,000	176	4,253	121	161	115
台南縣	1,100,000	2,016	546	337	307	606

	年度預算 (百萬元)	防災預算/年度預算 (%)	模擬面積 (平方公里)	100年重現期損失 (百萬元)	200年重現期損失 (百萬元)	100=>200之增加損失 (百萬元)
台北市	135,600	1.90	248	6,470	8,175	1,706
台北縣	78,725	1.02	670	9,223	10,243	1,020
台南市	21,629	0.56	93	5,561	6,022	461
台南縣	30,652	1.10	619	6,361	6,994	632

表 13 示範區不同災害規模防救災成本比較表

防救災規模(年)	台北市	台北縣	台南市	台南縣
5(A)	870.8	757.2	303.4	498.5
100(A+B)	-	-	410.9	1008.9
200(A+B)	1444.1	1001.1	-	-
溢堤(A+B+C)	4020.1	2496.9	891.4	1691.0

養護成本A：每年平均養護雨水下水道工程之成本(百萬元)

養護成本B：90~93年每年平均養護防洪工程之成本(百萬元)

救災成本C：以台北市之防災預算比例為基準(百萬元)

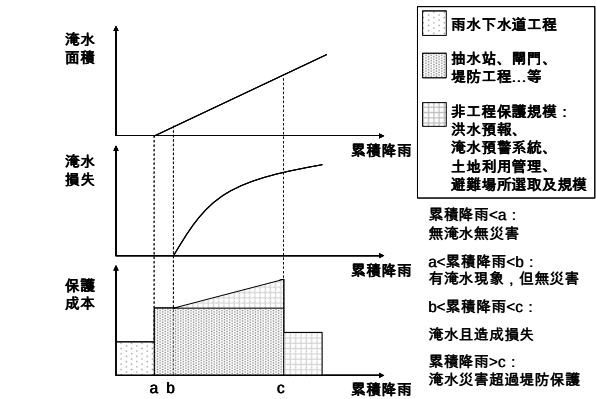


圖 1 淹水災害防護規模示意圖

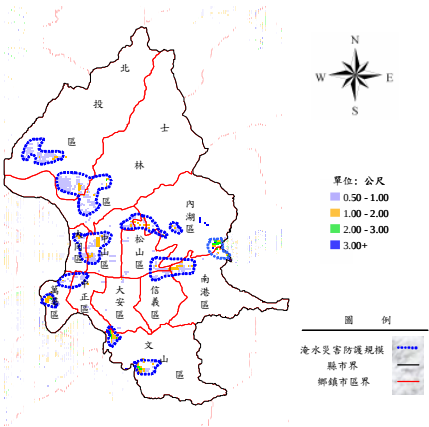


圖 2 台北市淹水災害防護規模(200 年重現期)

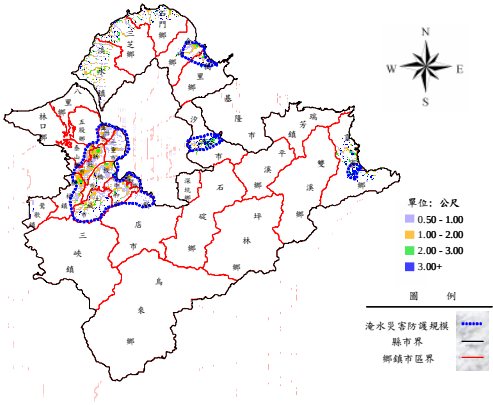


圖 3 台北縣淹水災害防護規模(200 年重現期)

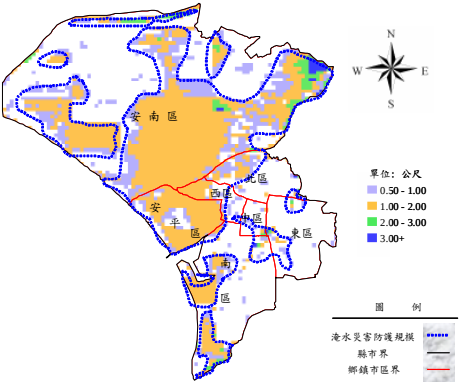


圖 4 台南市淹水災害防護規模(100 年重現期)

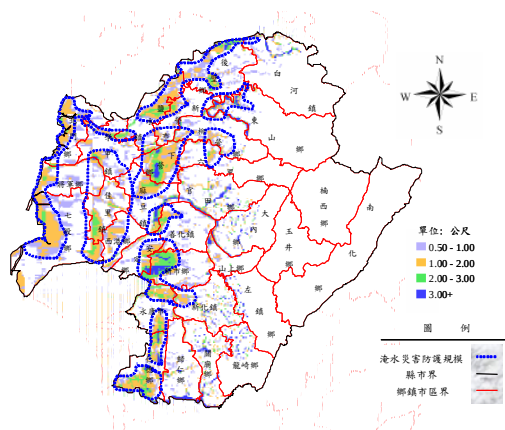


圖 5 台南縣淹水災害防護規模(100 年重現期)

天然災害防護規模設定之研究

—子計畫二：坡地災害防護規模設定之研究

精簡報告

計畫編號：NSC 93-2625-Z-005-011

執行期間：93 年 11 月 1 日至 94 年 10 月 31 日

主持人：游繁結 教授

執行單位：國立中興大學水土保持學系

中文摘要

（關鍵詞：坡地崩塌、土石流、災害防護規模設定、地區災害防救計畫）

坡地災害形成之因素很多，但基本要件是為鬆動之土石、不穩定地形與環境、以及致災動力。本研究依據此一觀念將災害規模設定之分析，分為靜態之基本背景及人為影響因子與動態之動力因子等，分別考慮兩因子之交互作用，以期研訂之坡地災害防護規模更臻應用性。本研究分析資料包括示範縣市之坡地崩塌資料、土石流潛勢、歷史災害、山坡地敏感地質、保全對象等相關之圖資；另配合各地坡地災害致災之降雨強度、有效累積雨量、雨型特性等，擬訂出土石流災害防護規模設定作業流程，並完成示範區基本與災害資料庫蒐集及現地調查規模劃定與示範區之颱風豪雨動力分析。

依據所研擬之災害防護規模設定流程，本研究以水土保持局所劃定之土石流潛勢範圍配合所公佈之警戒雨量為基準進行示範區台中縣仁愛鄉松鶴部落之案例進行境況模擬與災損評估，分析結果顯示松鶴一、二溪之土石流災損防護金額約為十億元。透過土石流初步災損評估的計算，已可將大部份可見的損失予以量化，並可清楚得知每一項損失因子佔總損失的比例，有助於災後整治或未來災害防護規模設

定的參考。透過上述土石流災損評估方法

的建立與示範區坡地災害防護規模設定程序的建立，預期可提供後續各地方政府及防救災相關單位於擬訂坡地災害防護規模作業上的參考。

Abstract

(Keywords: landslide, debris flow, Local Disaster Prevention & Response Plans.)

There are a lot of factors that the slopeland calamity initiated, parts of the fundamental conditions including the loosed soil mantle, topography and environment that become fragile under the external driving forces from rainfall or seismic shaking. This research establishes the flowchart for the design defense magnitude of slopeland disaster by dividing the factors to hazard into the static background, human induced and the dynamic factors and considers the reciprocation of the two factors. The databases used for the analysis in the pilot areas include historical landslides, debris flow prone creeks, security objects and areas prone to initiate landslide. The tracks of historical typhoons, the distribution of accumulative rains, rainfall types and characteristics are included in the optimal setting of the design defense magnitude of debris flow hazard for non-structure strategy in Taiwan.

One pilot area was analyzed for its economic losses of debris flow by the proposed design flowchart for setting-up of the debris flow hazard

magnitude. The economic losses by debris flow in the pilot area was estimated around 10 hundred million dollars in the Songher tribute in Taichung County. The proposed flowchart for setting-up the defendable debris flow hazard magnitude can be follow-up by the local government and for planning of hazard mitigation and prevention.

一、前言

為健全縣市層級災害防救體制，強化災害防救功能，推動災害防救工作及業務，八十九年七月十九日總統頒布之「災害防救法」，明定由各級政府與相關公共事業應擬訂災害防救基本計畫、災害防救業務計畫及地區災害防救計畫。惟擬定縣市層級之地區災害防救計畫，需設定該縣市預定保護之災害防護規模，才能依據所設定災害規模之大小，進行各項因應措施。

「坡地災害防護規模」的定義為，防救災單位依地區災損特性及可投入之防救災資源與動員能力，訂定其所能防護控制之最大坡地災害規模；再依據最大坡地災害規模，提昇防救災能力至所設定之最適防護標準，此即稱為坡地災害防護規模。目前各地方政府之地區災害防救計畫均尚未能確實掌握地區災害特性及損失風險，並運用科學方法有系統地研擬適切之災害防治對策。因此，本研究計畫擬進行坡地災害防護規模設定標準作業方法研究，並選定台中縣松鶴部落作為示範區進行案例研究。

本研究之進行，分為基本與災害資料蒐集、颱風豪雨動力分析、坡地災害規模擬訂標準作業方法研究、與坡地災害規模研訂等項作業。由進行各縣市之坡地崩塌資料、土石流潛勢、歷史災害、山坡地敏感地質、坡地危險社區、礦採區等相關之圖資分析，另配合各地坡地災害致災之降雨強度、有效累積雨量、雨型特性以及致災可能性等，綜合以上，擬訂出示

範區坡地災害防護規模設定標準作業方法、模式與作業程序，以提供相關單位之參考。

二、文獻回顧

國內目前對坡地災害規模之設定方法尚處於研究階段，未有一套有效準確之方法。然大致可分為直接法及間接法。直接法係以遙感探測或航照圖判釋結合 GIS 系統，針對過去之新舊崩塌地位置依實際之影響規模進行數位化圖示工作。直接之方法仍須對坡地崩塌後二次災害之可能影響規模進行估計。間接法則依理論推測可能之崩塌類型與位置，進而依據所在地形、地質、地勢等條件依據經驗統計過去災害，進而評估可能影響之規模，推估結果則可以機率之方式表示。以下則針對土石流之影響因子，現有土石流潛勢區之劃定方法、危險度分析及分級、災損評估與計算方法進行介紹。

2.1 土石流潛在危險溪流影響因子

欲進行土石流危險溪流潛能判定，採用現場調查結果予以判定，將耗費龐大人力、物力與時間。因此目前以利用土石流發生之相關影響因子，進行因子計量分析，來進行危險溪流潛能判定工作。依據土石流發生之三大基本條件，即足夠之水源供應、足夠之堆積物與適當之地形，所衍生之水文與地文參數，來選定土石流潛在危險溪流影響因子。影響因子中，流域之地文因子包括集水區面積、溪谷邊坡之坡向、溪流長度。自然堆積物因子包括地質、殘土率及溪谷邊坡之坡度。地形條件則包括溪床平均坡度及形狀係數。

2.2 潛勢範圍劃定方法

水土保持技術規範（89 年版）指出，預警範圍劃定應以安全為考量，並應依災害最大危險範圍予以劃定之，劃定方法如下：

1. 崩塌：崩落型之危險範圍，下邊坡以崖高之六倍為危險範圍，上邊坡以崖高之二倍為危險範圍。

2. 地滑：其危險範圍應依調查結果決定之。
3. 土石流：其危險範圍劃定方法（預警範圍之劃定），首先決定危險區之頂點A，以山谷之出口、扇狀地之頂點，或坡度十度為頂點；其次由A點依據土石流最大擴展角度（一百零五度）向下游劃出一扇狀區域；最後以扇狀區內坡度二度之等坡度線B作為土石流之到達邊界，則該扇形區與線B所涵括之範圍，即為土石流之危險範圍。

農委會水土保持局目前對土石流特定水土保持區之劃定，係採經驗公式配合數值模式，假設土石流為流體來推估土石之淤積範圍（謝正倫、許睿心，1993）。淤積長度估計則採日本建設省經驗公式：

$$\text{Log}L = 0.42 \times \text{Log}(V \times \tan \theta_d) + 0.935 \quad (\text{式 } 1)$$

式中，V 為土砂流出量（ m^3 ）； θ_d 為下游坡度（deg）；L 為淤積長度（m）。

土砂流出量估計係比照日本地區，以土砂流出量累積機率為 90% 之回歸公式推估之，即：

$$V = 70,992A^{0.61} \quad (\text{式 } 2)$$

式中，V 為土砂流出量（ m^3 ）；A 為集水區面積（ m^2 ）。

數值模擬土石流移動距離模式，主要在分析作用在土體單元上之作用力，並考慮土體單元間之作用，除基本控制方程式外，另包括單位土體重、土體單元間之作用力（intercolumn force）、及基底抗滑動阻力（basal resistance force）。常用之模擬程式有 FIO-2D 及利用 Debris-2D（劉格非、李欣輯，2005）來模擬土石流發生時之影響範圍。

近年來經由水保局、九二一重建委員會、縣市政府及當地居民之努力與整治，台灣地區土石流災害發生條件已有降低之趨勢；然保全對象是逐年改變，因此在考量保全對象及土石流發生條件改變下，於 92 年委託台大林美聆教授針對土石流潛勢溪流進行現地調查，依現況重新評定各潛勢溪流之優先處理順序，並劃定土石流之可能影響範圍，及提出後續之整治建議。其中土石流潛勢溪流影響範圍，劃定作業可分為三階段，首先於室內進行影響範圍之初步劃設，再以此為依據於進行現地調查時，依現地地形、地貌加以修正，並於室內作業進行編修。

2.3 土石流災害危險度分析

土石流災害之危險度分析係考量可能之致災因子與下游潛勢區是否有保全對象為基準，進行危險度之分級。由於 921 集集大地震可能是造成近年來台灣地區豪雨後發生土石流的主要因素，因此集水區境內是否有崩塌地遂成為一項重要的評估因子。

林美聆（2000）以集水區境內崩塌規模及地質因子為主要考量，其次考慮地形因子與材料破碎情形。崩塌規模則以崩塌面積超過集水區面積 1/5 或 10 公頃之影響比例較大。地質因素則分為三類，以第一類之東部海岸山脈、沈積岩及火成岩之影響權重較大。並以有無保全對象為主要考量，而自然環境潛在因子則乘以 70% 權重，並依下式之危害度公式計算後之評分結果進行危險度之高、中、低分級。

危害度評分

$$= (\text{自然環境潛在因子}) \times 70\% + (\text{保全危害度因子}) \times 100\% \quad (\text{式 } 3)$$

謝正倫（2000）則以有效集水面積、崩塌規模、地質因子及集水區通過斷層長度為土石流發生之自然環境潛在因子，並以下式計算進行危險度分級。

危害度評分

$$= (\text{自然環境潛在因子}) \times (\text{保全危害度因子}) \times 1\% \quad (\text{式 } 4)$$

陳鴻烈（2004）則以崩塌規模、地質因子與材料破碎情形外，另考慮陡坡之易於崩塌之特性。在保全危害度因子方面則增加考慮現地工程整治設施之成效，如表 2.1 所示。並將自然環境潛在因子及保全危害度因子各佔 50% 計算，如下式所示：

危害度評分

$$= (\text{自然環境潛在因子}) \times 50\% + (\text{保全危害度因子}) \times 50\% \quad (\text{式 } 5)$$

2.4 土石流災損評估

目前最常用的水災損失評估方式為淹水深度損失經驗曲線法（Eepirical Depth-Damage

Curve)，乃利用區域內之建物與相關經濟資料，推求各類型建築物之淹水深度損失經驗曲線（Penning-Rowell, Chatterton, 1977；王如意等，1999，2000，2001；張齡方、蘇明道，2001）。此法優點為即使是未發生災害的地區，也可以透過此方法來建立相關的損失模式，無需太多災後的統計資料。然土石流和淹水的災害型態不同，需要重新建立計算的模式。

國內目前土石流災害損失項目的分類主要為人命損失，如死亡、失蹤、受傷等，及財產損失包括（1）土地損失：農地、建地、水利用地等及（2）地上物損失：農作物、建物、公設等。劉格非、李欣輯（2005）將這些項目列為土石流災害直接損失估算之主要項目，如表 2.2 所示，並定義土石掩埋深度與損失程度之判定如表 2.3 所示，各項目災損計算方式則列於表 2.4。

2.5 土石流災損評估流程

土石流災損初步分成直接損失和間接損失兩類。直接損失是指災害第一時間所造成的損失。如人命傷亡、房屋損毀、道路中斷以及公設損壞等等。對於大多數的災害而言，直接損失的大小是第一時間內反應災害規模大小的重要參考指標，其估算的急迫性遠較間接損失來得重要。間接損失則泛指直接損失之外的所有損失。例如房屋遭損毀，居民後續無處可住；災區經濟活動受創，減少的收益；災害造成人命傷亡，災民後續的健康及心理問題等，都屬於間接損失範疇。

圖 2.1 為進行土石流災損評估的作業流程。首先為土石流基本及災害資料的蒐集，進而劃定土石流可能影響範圍，經由圖層套疊分析影響範圍內之土地利用現況，可計算出影響範圍內之最大災損評估，完成初步災害評估。

三、坡地災害防護規模設定作業流程研

訂

本研究之進行分為基本與災害資料蒐集、颱風豪雨動力分析、坡地災害規模擬訂標準作業方法研究、與坡地災害規模研訂等項作業。研究進行流程如下：

3.1 基本與災害資料建置及現地調查規模劃定
蒐集與建置包括衛星遙測影像、數值地型（DTM）、地文、水文、社經、災害歷史、地質敏感區、危險社區、礦採區等圖資，建置成分析空間資料庫，同時配合現地調查作業進行必要資料之補充調查，並且進行資料檢核作業以維資料之正確性，所建立之基本與災害資料庫為提供坡地災害規模分析與設定作業之主要依據。

3.2 颱風豪雨動力分析

颱風豪雨大小，影響崩塌與土石流災害規模。因此本研究根據中央氣象局之歷年颱風豪雨資料進行分析，針對過去颱風災害事件進行降雨量統計頻率分析，以及歷史颱風路徑特性、影響區域、降雨情形。並進行歷年重大颱風所引起的災害規模及災損統計資料進行致災的可能性分析，以掌握地區經常性致災降雨特性。進而設定各地坡地災害致災之臨界降雨強度、有效累積雨量等，建立示範區之崩塌及土石流啟動降雨動力基準。此外，近年可能受到氣候變遷及其他因素影響，降雨量之變化趨勢傾向於雨量增大且強度增強，因此有必要對某一地區可能最大降雨量進行分析，以推估可能產生的坡地災害規模。

吳瑞賢等（2002）之統計結果顯示，不同颱風路徑會對台灣各地造成不同程度的累積降雨與災情：

- （1）第一類路徑颱風：對台灣中部及北部造成較嚴重災情。
- （2）第二類路徑颱風：登陸前北部及東部風雨較強，由中部登陸後，南部會因西南風吹入導致雨勢增強，但以中南部山區雨勢最強烈，尤其以阿里山地區。
- （3）第三類路徑颱風：因有中央山脈阻擋，只會對台灣東部造成嚴重災情，中部縣

市會有明顯降雨。

- (4) 第四類及第五類路徑颱風：會對台灣東部及南部造成較嚴重災情，東部與南部縣市降雨機會大增。
- (5) 第六類路徑颱風：因行經台灣東部海面，因此會對花蓮、台東及屏東造成嚴重之災情。
- (6) 第七類路徑颱風：會對台灣南部造成較嚴重災情，東部縣市亦會有不小之降雨機率。
- (7) 第八類路徑颱風：災情方面以中、東及南部為主。
- (8) 第九類路徑颱風：因由台灣西南部登陸，雲嘉南地區首當其衝，因此會對台灣中南部造成嚴重災情。

黃金山（2004）根據中央氣象局颱風路徑九大類型再依其成災的方式可再加以區分成四大類，即：

- (1) 直接侵台（攻擊）型
- (2) 與東北季風混合（共伴）型
- (3) 引進西南氣流型
- (4) 西北颱左旋豪雨成災型

3.3 坡地災害防護規模擬訂標準作業方法研究

本文彙整國內外研究之各種規模設定方法，進行比較分析，同時考量國內坡地災害防救特性，如交通、人口分佈、避難處所等，確立坡地災害規模擬訂標準作業方法。由於隨著環境變遷與都市開發過程，各地人口分佈變遷及生活水準提高，因此地區災害防救計畫每隔數年即需修訂。依據坡地災害防護規模擬訂標準作業方法，各地區即可檢討其災害防救需求據以更新其坡地災害防護規模之設定。

3.4 坡地災害防護規模研訂

應用所評定基準，以建置之空間資料庫與動力規模，擬訂示範區之坡地災害防護規模擬訂標準作業方法，以供防災計畫擬訂之參據。分析步驟包括：

- (1) 災害潛勢及範圍調查
- (2) 災損評估與量化
- (3) 危害度分級

(4) 不同危害度與重現期之災害損失分析

(5) 災害防護規模之研訂

坡地災害防護規模設定流程如圖 3.1 所示。

四、案例分析_台中縣松鶴部落

本研究選取台中縣松鶴部落做為災害防護規模設定研究案之示範分析區，以下為松鶴部落內資料蒐集調查（自然環境、土石流潛勢溪流、土地利用與歷史災害概況）、致災兩型與該區防護規模設定等資料之概述。

4.1 資料蒐集與現地調查

4.1.1 自然環境

台中縣和平鄉博愛村內之松鶴部落，位在中橫公路台 8 線上，部落緊臨大甲溪，以長青橋、德芙蘭橋及松鶴吊橋與台 8 線連接，其相關位置分佈如圖 4.1 所示。境內有兩條溪流為水保局於民國 85 年即公告之土石流潛勢溪流，其編號分別為台中 003（松鶴一溪）與台中 004（松鶴二溪）兩者。據經建會勘災報告書（2004）指出，台中 003 源頭標高約 2,300m，至谷口高差約 1,600m，河道長度約 4,500m，集水區面積約 3750,000m²，於 1/25,000 地形圖上標示常時水流僅約 700m 長，推測集水區內溪谷水流多為伏流水，表層多為土石堆積，而水保局所劃設台中 003 之土石流影響範圍約佔 260,000m²，影響範圍內標示一處危險聚落，保全住戶在 15 戶以上。台中 004 之源頭標高約 1,450m，至谷口高差約 700m，河道長度約 1,500m，集水區面積約 500,000m²，並無常流水，水保局所劃設台中 004 之土石流影響範圍約佔 190,000m²，影響範圍內並無標示危險房舍。

松鶴部落境內高程最高近 2,000m，地勢走向由東南向西北漸低，由坡度分佈圖（圖 4.2）可知台中 003 集水區內之平均高程為 612.8m、平均坡度為 22.6°；台中 004 集水區內之平均高程為 379.6m、平均坡度為 26.5°。松鶴部落內

地質分佈如圖 4.3 所示，台中 003 與台中 004 集水區內主要地質為四稜砂岩層，其岩性以厚層淺灰色到灰白色石英岩質砂岩或石英岩為主，夾有暗灰色硬質岩或板岩。當砂岩混有灰質頁岩時，常呈現暗灰之色調。

4.1.2 土地利用現況

松鶴地區境內之主要土地使用為林班地、山坡地保育區與一般農業區，且由坡地土地利用圖（圖 4.4）可知松鶴地區之土地利用類型以闊葉林、針葉林與果園等利用為主。其中，台中 003 集水區內：闊葉林地面積為 2,462,465m²、佔總集水區之 76.9%；針葉林地面積為 679,461m²、佔總集水區之 21.2%；果園地面積為 22,136m²、佔總集水區之 0.7%。而台中 004 集水區內：闊葉林地面積為 398,478m²、佔總集水區之 66.1%；針葉林地面積為 134,468m²、佔總集水區之 22.3%；果園地面積為 28,755m²、佔總集水區之 4.8%。其他在台中 003 及台中 004 集水區範圍內，之土地利用與土地使用地類分區所佔面積，詳見表 4.1 所示。

4.1.3 坡地歷史災害

松鶴地區之坡地災害，包括多次土石流災害，及沿大甲溪河岸發生之崩塌災害，過去發生之坡地災害歷史，分述如下：

- (1) 民國 86 年賀伯颱風：賀伯颱風後於松鶴一溪上游，發生零星崩塌。
- (2) 民國 88 年 9 月 21 日集集地震：集集地震後，松鶴一、二溪集水區境內，均發生大區域之土石崩塌。
- (3) 民國 89 年 5 月 1 日豪雨：下午 4 點左右，松鶴部落境內之裡都溪與烏來溪發生土石流災害。
- (4) 民國 90 年 7 月 30 日桃芝颱風：桃芝颱風前崩落土石大多停留於上邊坡或坡腳處，溪谷無明顯沖刷。而颱風後，境內新增崩塌地雖不多，但集水區內堆積土石，因受大雨沖刷已開始向下游搬運。
- (5) 民國 93 年 7 月 3 日敏督利(MINDULLE)

颱風與七二水災：敏督利颱風與七二水災後，松鶴一溪、二溪上游崩塌地增加，溪谷沖刷嚴重，造成河道擴大造成沖積扇。據當地居民表示，7 月 2 日松鶴地區開始下起大雨，7 月 3 日凌晨兩、三點左右已有小規模土石流跡象發生，住家後方土石開始增加，但並未有損傷傳出。同日上午 8 時至 9 時間，松鶴一溪、二溪皆發生土石流。同日下午，松鶴一溪再發生第三波土石流，土石流發生期間，溪水夾帶巨石由高處流下四處流竄，沖進民宅，約 40 幾戶受到影響，土石堆積高度約一至二層樓高，災情慘重，圖 4.5 為敏督利風災後，松鶴地區所攝之空拍圖。

4.2 致災降雨特性

從氣象局調查侵台颱風路徑分類及影響範圍資料，與其他颱風相關資料(黃金山, 2004)，選擇最近造成松鶴地區損傷最為嚴重之事件，即民國 94 年敏督利颱風及七二水災，作為松鶴地區之致災降雨特性之探討事件，並以台中 003 與台中 004，利用鄰近雨量站資料內插至該兩條溪流溢流點處，以探討該兩條溪流於敏督利及七二水災期間之降雨特性為何。

因此，敏督利颱風對台灣之致災降雨特性分為兩階段來探討：(一)敏督利颱風影響期間(94/06/29, 23 時~94/07/07, 23 時)，為中央氣象局發佈陸上颱風警報至解除陸上颱風警報期間，期間較大降雨區集中在花蓮縣、屏東縣、高雄縣及嘉義縣山區；(二)強烈西南氣流影響期間(94/07/02, 23 時~94/07/04, 23 時)，為中央氣象局解除陸上颱風警報後之 48 小時，強烈西南氣流所伴隨的降雨，主要集中在台灣中部及南部山區，且累積雨量皆超過 1000mm。在這段期間內，台中縣、嘉義縣、南投縣及高雄縣共有 12 個雨量站的降雨量超過 1000mm。上述兩階段之全台降雨分佈圖如圖 4.6 所示。

從台中 003、台中 004 於敏督利颱風及七

二水災期間之降雨資料與實際發生土石流災害的時間記錄，與水保局所公布之土石流警戒基準值，進行驗證來探討該區之災害發生機率與致災降雨特性。其中以水保局公布之溢流點作為該土石流潛勢溪流之代表點，利用鄰近兩集水區之上谷關、白冷與阿眉雨量站資料，以距離平方反比法（IDW）內插雨量資料至溢流點處。

根據水保局於民國 94 年公布之土石流警戒基準值係指土石流發生機率大於 70%之土石流警戒值，其中部分村里重複，係因為座落於兩行政區之交界，且表中所指土石流警戒基準值係指有效累積雨量值，本文僅摘錄台中縣之土石流警戒基準值。其中松鶴境內之台中 003 與台中 004 對應水保局公布之土石流警戒基準值皆為 200mm，意即當台中 003、台中 004 之土石流潛勢溪流之累積雨量超過 200mm 時，該處將有 70%之機率可能發生土石流災害。

圖 4.7 係擷取民國 94 年 7 月 1 日至 7 月 3 日降雨期間，台中 003 與台中 004 溢流點處之逐時雨量圖，圖中顯示兩處之累積雨量都已近 1000mm，最大降雨強度發生於土石流災害發生時間（該災害發生時間點，為現勘時當地居民描述，並比對當時各災害通報記錄，加以確認）。依水保局所公佈之土石流警戒基準值，均為 200mm，據此與內差分析得之累積雨量值比較，此兩條溪流均於實際土石流災害發生前，即已超越該溪流 70%之土石流發生機率。

4.3 境況模擬

為考量災損設定結果具公信力及統一性，本文除採用水保局劃定土石流潛勢溪流影響範圍之境況模擬方式以外，另以 FLO-2D 模擬該地之土石流淹沒範圍劃定，此模擬方法除能劃定土石淹沒範圍外，亦可得土石堆積高度，將更有助於土石流影響範圍內之災損估算。於此以 FLO-2D 模擬松鶴地區台中 003 與台中 004 潛勢溪流，於敏督利及七二水災期間之土石流可能影響範圍。而模擬所需之雨量參數，則利

用鄰近集水區之代表雨量站，與各溢流點 QPE-SUMS 所擷取雨量作為雨量參數，模擬歷程為松鶴地區降雨時間，即從 7 月 1 日 21 時至 7 月 5 日 23 時為止。根據各清水流量歷線分布，以及松鶴地區土石流災害發生時間，擷取開始模擬的第 30 至 42 小時做為數值模擬期間，並參考與松鶴聚落具有相似地質條件之豐丘地區之地質參數資料，於第 34 小時至 37 小時加入土石流體積濃度等相關流變參數。各集水區土石流模擬堆積與現勘實際堆積範圍分別如圖 4.8 及圖 4.9 所示，圖中將模擬結果與現勘土石堆積範圍套疊，其堆積範圍大致相似。

4.4 災害防護規模設定—以松鶴部落為例

所謂災害規模防護，即是針對該區可能發生之災害進行預先的防護工作，欲進行災害規模之防護設定，就須先求得災害規模之大小，得知災害可能造成之損失大小後，便可以針對不同的需要或項目設定不同的防護規模。土石流災害防護規模設定流程包括：(1)資料收集、(2)土石流影響範圍之劃定、(3)影響範圍內之土地利用現況調查、(4)土石流影響範圍內潛在之最大損失評估、(5)完成災害評估作業，以下便依分析流程步驟，以台中的松鶴部落為例進行各項分析探討。

4.4.1 資料收集

民國 93 年 7 月 1 日敏督利颱風所挾帶的豐沛雨量及引進的強烈西南氣流，重創台中縣和平鄉松鶴部落，8 月艾利颱風再度重創了松鶴部落，造成 12 戶民宅遭土石淹沒慘況。所幸台中縣和平鄉的松鶴地區內台中 003 與台中 004 兩處土石流潛勢溪流事前已完成緊急避難路線的規劃及相關的防災工作，並在災前已進行了疏散的動作，因此降低這次災害所帶來之衝擊，且將人命傷亡減至最低。

4.4.2 土石流影響範圍之劃定

關於土石流影響範圍的劃定部份，主要依據行政院農業委員會水土保持局所提供之土石流影響範圍為主，圖 4.10 即為水保局所劃定之影響範圍，及影響範圍內之土地利用情形。

4.4.3 影響範圍內之土地利用現況調查

關於流影響範圍之之土地利用調查，同樣

是依據水保局所提供之坡地土地利用分佈圖層，加以套繪求得台中 003 與台中 004 影響範圍內之土地利用面積，並依據計算災損所需之土石流潛勢區內之土地分類方式（劉格非等，2005），將各類土地利用再歸納如表 4.2，其中由於此區已規劃了疏散避難的路線，原則上當土石流發生時不應有人命損失，故此處假設無人命損失，僅考慮財產損失。

4.4.4 土石流影響範圍內潛在之最大損失評估

經前文各類土地利用之損失分析後，即可以列出影響區內所有損失項目，接著只需各別將這些損失項目予以量化，便可求出各項目損失值。本文擬根據劉格非、李欣輯研究（2005）之土石流潛勢區內各項直接損失的計算公式（如表 2.4 所示），進行各類災害損失計算。

4.4.5 財產損失計算

4.4.5.1 土地損失

土地損失計算直接採用政府公告現值來計算，首先可根據水保局公布土石流潛勢溪之土石流特定水土保持計畫書資料（如表 4.3 所示），可以得知該特定區內各類土地之地目及地號。再根據台中縣地政局所公佈的土地現值資料，得知該區建地之價格平均值約為 130 元/m²；農耕用地的地價從 65 元/m²至 120 元/m²間，取平均值 92.5 元/m²計；林業用地的地價為 65 元/m²至 120 元/m²間，亦以平均值 92.5 元/m²地價計；道路用地部分由於此為公有地，無法從事買賣，故地政事務資料並無此地價格，因此此部份就不予計算。最後將上述計算結果統計如表 4.4。

4.4.5.2 地上物損失

地上物若屬非建物類，只要遭掩埋即視為全毀，地上物若是建物，需要先依該區之土石掩埋高度來分析，高度超過 3m 以上視為全毀；介於 1~3m 建物為半毀；高度在 1m 視為輕微損失。而根據松鶴地區之現地勘查結果，特定區內的土石掩埋深度，除了上中游的陡坡之外，下游幾乎都大於 3m，甚至有高達 5~6m 以上。

（1）建築用地之地上物損失

關於地上構造物價格的衡量方式，可以根據各縣市政府所公佈的各種房屋的分類標準

（表 4.5）及「房屋標準單價表」（表 4.6）來計算。對照上兩表即可知各種建物每平方公尺的造價，再乘以建物各種樓層的面積，加總後即可求出建物總價值。對於全毀的建物而言，此價值即為住宅之直接損失。根據現有建物圖層與 1/25,000 地形圖套疊比對，與松鶴地區之現地勘查結果，松鶴地區內建物多為鋼筋混凝土建材之住宅或農舍等，建物平均約為兩層樓高。故根據表 4.5 的資料，建物應歸屬鋼筋混凝土建築的第三類，再依照表 4.6 資料，查得鋼筋混凝土第三類的建物，每平方公尺的造價第一層為 2400 元，第二層為 2500 元。已知台中 003 建物損失面積約為 66,874.21m²，台中 004 建物損失面積約為 58,977.61m²，最後，將上述之值代入建物損失的公式，即可求出棟建物總損失值（BL），計算式如下：

$$LL = \sum_{i=1}^N LVi \times LLAi$$

$$= (66874.21 + 58977.61) \times 2400 + (66874.21 + 58977.61) \times 2500$$

$$= 616,673,918 \text{ 元}$$

（2）農耕用地之地上物損失

農耕用地上的損失項目有旱田、果樹及檳榔。旱田作物主要為稻米；果園作物主要以水梨為主。根據行政院農業委員會農糧署 2004 年關於農產品的產值報告：稻穀每公頃的平均產量為 6,043 公斤，且稻穀每公斤的市價為 32.91 元（以蓬萊米為例）；水梨每公頃平均產量為 14,903 公斤，每公斤約 61.79 元；檳榔每公頃的平均產量為 2,864 公斤，每公斤的市價約為 69.5 元（每粒約為 1.39 元，一公斤暫以 50 粒估算）。已知台中 003 土石流潛勢區內旱田（稻米）損失面積為 3,404.73m²；果園（水梨）損失面積約為 27,370.02m²；檳榔損失面積約為 12,644.55m²。台中 004 土石流潛勢區內旱田（稻米）損失面積為 9,297.7m²；果園（水梨）損失面積約為 59,982.53m²，所以將上述的資料代入公式計算，即可求得農作物的總損失值（CL）。計算式如下：

$$CL = \sum_i^n COi \times CPi \times CLAi$$

$$= (0.34 + 0.93) \times 6043 \times 32.91 + (2.74 + 6) \times 14903 \times 61.79 + 1.26 \times 2684 \times 69.5$$

$$= 8,535,894 \text{ 元}$$

(3) 林業用地之地上物損失

林業損失是以前一年度台灣地區林業平均之損失值來估算。根據林務局 2004 的林業統計資料 (表 4.7)，可得知台灣地區每年的林業災害的面積及其損失的總值。2004 年當年度總損失的面積約 1,007 公頃，其中被害 (damage) 金額為 144,819 元，而損失 (loss) 的金額為 130,691 千元，而其總損失值為被害及損失的加總，為 275,510 千元。然後，求得台灣地區 2004 年每平方公尺林木的平均損失值約為 27.36 元/m²。最後，將此平均值乘上實際的林業損失面積，就可求得土石流災害中的林業損失值。已知台中 003 林地總損失面積約為 159,559.46 m²，台中 004 林地總損失面積約為 41860.96m²。所以將上述的資料代入公式，即可求出林業的總損失值 (FL)，計算式如下：

$$\begin{aligned} FL &= FAL \times DLA \\ &= (159,559.46 + 41,860.96) \times 27.36 \\ &= 5,510,863 \text{ 元} \end{aligned}$$

(4) 交通水利用地之地上物損失

土石流對道路所造成的損失目項包括路基流失、邊坡崩塌及土石流淤埋造成道路中斷等損失，而且通常這些項目大多是伴隨發生的，因此若要計算這些項目的直接損失，不能只考慮某一項的損失而已，也需要將相關的損失成本一併考量 (如護坡、地基保護、擋土牆、排水等等)。由於造成道路損失原因及災害的型態都不盡相同，所以很難一一分析。因此，在此採用平均值的估算方式，推求單位面積的損失值。而此平均估算值是參考政府過去對於道路 (此處均以山區道路為主) 及橋樑災後重建的費用，概算出因土石流災害而造成之損失。

依據劉格非、李欣輯研究 (2005)，道路每平方公尺的損失以 30,000 元估算，橋樑最低可以每平方公尺 25,000 元來估算。其中需要強調的是，此值只是個初估的值，若要更精確的估算，則需要依實際的施工項目作細部分析。已知台中 003 影響範圍內道路的交通水利面積約有 5,555.31m²，其中道路損失面積約為 5,031.95m²、橋樑損失面積約為 523.36m²；台中 004 影響範圍內道路的交通水利面積約有 6,779.57m²，皆為道路損失面積。所以將所有

的道路及橋樑的面積代入公式計算，計算式如下：

$$\begin{aligned} THL &= SUO_i \times SLN_i \\ &= (5,031.95 + 6,779.57) \times 30,000 + 523.36 \times 25,000 \\ &= 367,429,600 \text{ 元} \end{aligned}$$

最後，將上述的計算結果列於表 4.8 與表 4.9 中，如此可以看出此處若發生土石流災害，地上物之總損失值。

4.4.6 完成災害評估作業

透過表 4.4 的土地損失及表 4.8 與表 4.9 的地上物損失的整理，可以清楚得知台中 003、台中 004 若發生土石流災害，而在水保局劃定的影響範圍下，可能造成的損失項目及最大的損失金額，如表 4.10 所示。

根據上表的分析結果，得知在松鶴地區 (台中 003 與台中 004) 發生土石流災害時，損失可達 10 億元，其中最嚴重項目為建物項目，佔總損失的比例達的 59.1%，其次是交通水利損失，佔總損失的 35.2%，約佔三分之一，再其次是土地損失 4.3% 與農耕損失 0.8%，最後，剩下的 0.5% 為林業的損失。

五、結論

本研究透過坡地災害防護規模之評估過程，從基本資料蒐集、崩塌及土石流潛勢區之劃定、土地利用現況分析、颱風路徑與降雨分析、及案例之最大災損評估。經由歷史資料統計分析所得結論如下：

1. 基本資料調查與蒐集中以土地利用現況調查與資料之取得較困難。
2. 由土石流成災歷史資料統計，颱風路徑對引起土石流災害之影響，以東北季風共伴型對北部地區；引進西南氣流對中、北部地區及西北颶對西南部地區之影響較大。
3. 洪水損失評估方法中之歷史災害損失曲線勉強可適用於小規模土石流災害，但不適用於大規模之土石流災害。統合公式計算法則囿於尚未有足夠之土石流災害資料，不建議以此法評估土石流災害損失。淹水經驗曲線

法則為目前較適用於土石流災害之分析方法，然應用此一方法時，對於土石流掩埋深度和損失的關係及各別損失之計算，皆需要重新定義。

4. 本文依水土保持局所劃定之潛勢範圍及警戒雨量為基準進行示範區案例境況模擬與災損評估，分析結果顯示，松鶴一、二溪之災損金額約為十億元透過土石流初步災損評估的計算，可將大部份可見的損失予以量化，並可清楚得知每一項損失因子佔總損失的比例，有助於災後整治或未來災害防護規模設定的參考。
5. 以台灣目前的社經狀況為例，損失因子中以人命損失之單價最高，其次為交通水利設施、及建物損失。目前分析僅針對土石流災害中最嚴重的直接損失來進行分析，但完整的災損評估亦需將災害的間接損失（如健康、休旅、經濟活動中斷等）加入考量。

透過上述土石流災損評估方法的建立與示範區坡地災害防護規模設定程序的建立，預期可提供後續各地方政府及防救災相關單位於擬訂坡地災害防護規模作業上的參考。

謝誌

本研究計畫承蒙行政院國科會永續發展委員會提供研究經費，計畫編號 NSC 93-2625-Z-005-011，謹此誌謝。在研究計畫執行期間承蒙中央氣象局郭鎧紋主任、行政院國科會永續發展委員會魏良榮博士、行政院經濟建設委員會黃金山顧問、中央大學應用地質研究所李錫堤教授、中興大學水土保持學系陳文福教授、陳樹群教授；台灣大學土木工程學系洪如江教授、林美聆教授、劉格非教授；台灣大學生物環境系統工程學系黃宏斌教授、台灣科技大學營建工程系廖洪鈞教授、成功大學土木系李德河教授、成功大學水利及海洋工程學

系謝正倫教授、屏東科技大學土木工程系林金炳教授、陳旺志教授、蔡光榮教授；花蓮師範學院鄉土文化研究所劉瑩三教授、國立成功大學水利及海洋工程學系詹錢登教授、雲林科技大學營建工程系所葛德治教授、逢甲大學水利工程學系連惠邦教授、嘉義大學土木與水資源工程學系劉正川教授、聯合大學能源與資訊學系鄧慰先教授（以上順序按照姓氏筆畫排列），提供本研究甚多寶貴之資料及意見，使本研究計畫得以順利執行與完成，於此一併誌謝。

參考文獻

1. 王如意、鄭思蘋等，「台北盆地及鹽水溪流流域示範區颱風災害危險度分析（一）」，經濟部水資源局研究計畫報告，國立台灣大學農業工程學研究所，（1999）。
2. 王如意、鄭思蘋等，「台北盆地及鹽水溪流流域示範區颱風災害危險度分析（二）」，經濟部水資源局研究計畫報告，國立台灣大學農業工程學研究所，（2000）。
3. 王如意、鄭思蘋等，「台北盆地及鹽水溪流流域示範區颱風災害危險度分析（三）」，經濟部水資源局研究計畫報告，國立台灣大學生物環境系統工程學系，（2001）。
4. 中國土木水利工程學會，七二水災災區調查與復建策略研擬，行政院經濟建設委員會，（2004）。
5. 水保局土石流防災應變系統網頁，<http://fema.swcb.gov.tw>。
6. 行政院農委會水土保持局，水土保持技術規範，（2000）。
7. 林美聆、游繁結、范正成、林炳森等，「九二一集集大地震後續短期研究—九二一震災土石流潛在溪流初步判定與分析」，NCREE-00-017，（2000）。
8. 吳瑞賢等，「颱風豪雨災害應變管理系統建置與應用」，國立中央大學專案研究報告，（2002）。
9. 國家災害防救科技中心，敏督利颱風及七

二水災勘災調查初步災因分析及檢討評估報告，台北（2004）。

10. 陳鴻烈，「坡地災害風險分析管理與成本效益分析」，國家災害防救科技中心-天然災害風險管理與成本效益分析講習講義，（2004）。
11. 黃金山，「台灣 2004 年 72 水災的省思及對策」，第八屆海峽兩岸水利科技交流研討會，廣州（2004）。
12. 張齡方、蘇明道，「空間資料於洪災損失推估之應用」，農業工程學報，（47），第 20—28 頁，（2001）。
13. 劉格非、李欣輯，「土石流直接災損評估方法之應用—以銅門村土石流災害為例」，第六屆海峽兩岸水土資源與生態環境學術研討會論文集，（2005）。
14. 謝正倫、許睿心，「土石流流動與淤積之數值模擬」，中國土木水利工程學刊，第五卷，第二期，第 109—123 頁（1993）。
15. 謝正倫，「土石流危險溪流調查與危險等級判定」，第二屆全國治山防災研討會論文集，第 109—124 頁（2000）。
16. Penning-Rowsell, E. and Chatterton, J., "The Benefits of Flood Alleviation. A Manual of Assessment Techniques (Blue Manual)", Gower Publishing Group, Hampshire, United Kingdom (1977).

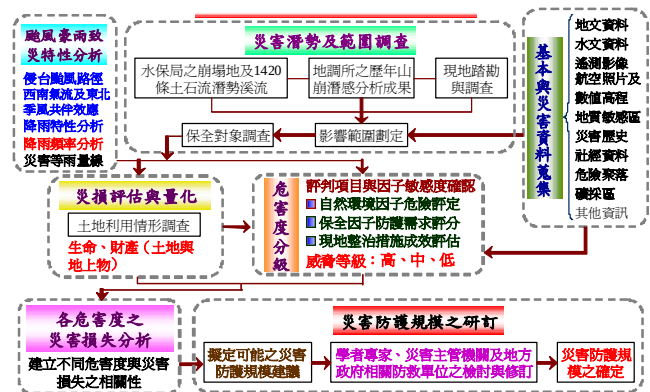


圖 3.1 坡地災害防護規模設定作業流程圖

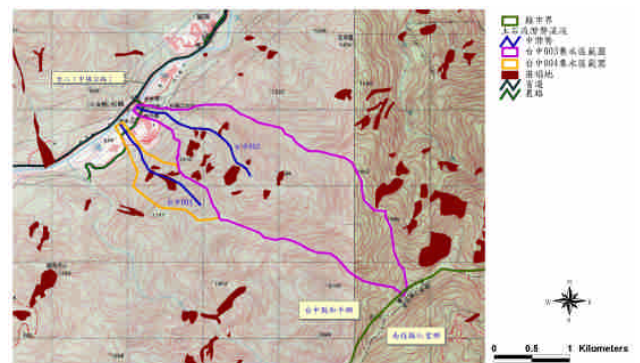


圖 4.1 松鶴地區位置圖

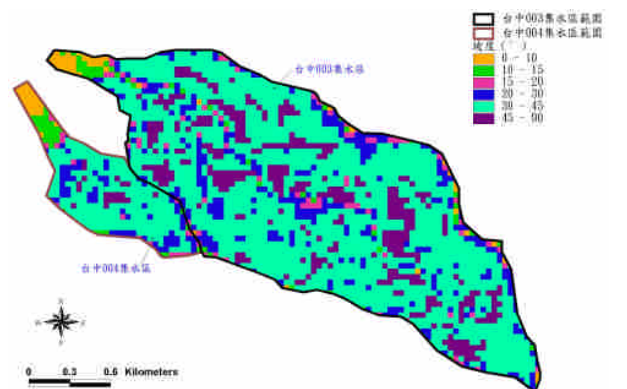


圖 4.2 台中 003、台中 004 內集水區坡度分佈圖

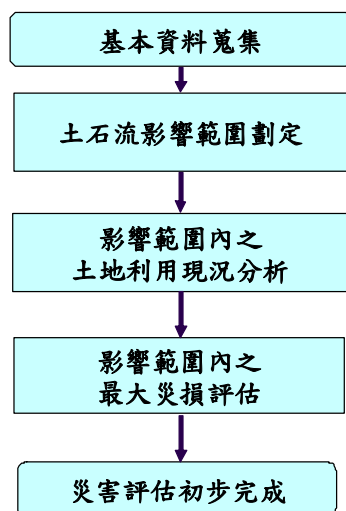


圖 2.1 土石流災損評估作業流程圖



圖 4.3 松鶴地區地質分佈圖

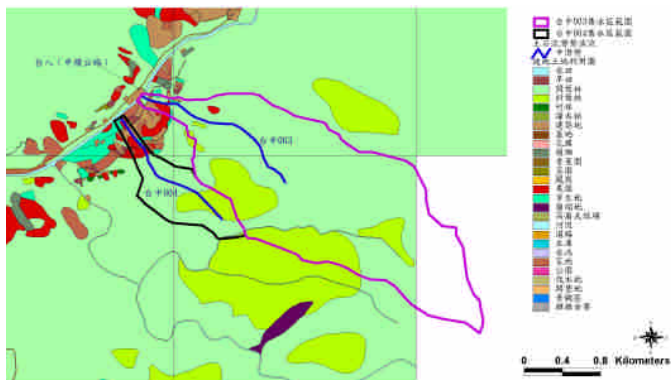
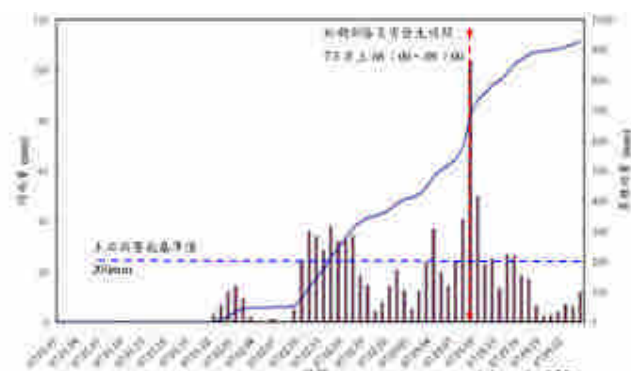


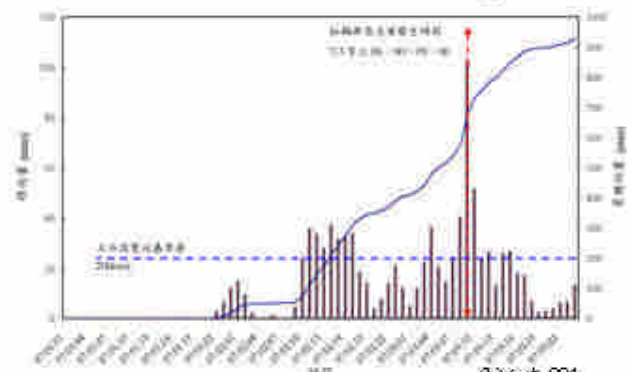
圖 4.4 松鶴地區坡地土地利用分佈圖



圖 4.5 松鶴部落空拍圖（照片來源：水保局）

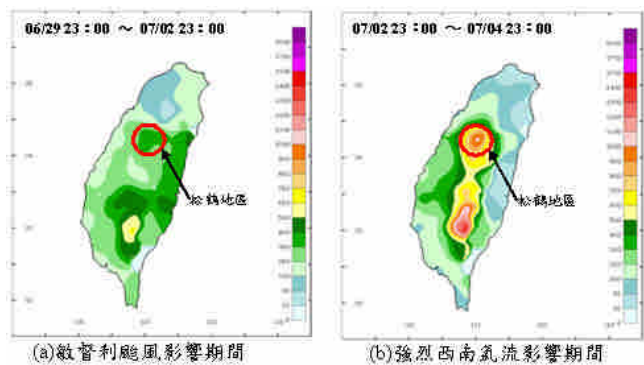


(a) 台中 003



(b) 台中 004

圖 4.7 敏督利颱風與七二水災之溢流點逐時雨量圖



(a) 敏督利颱風影響期間

(b) 強烈西南氣流影響期間

圖 4.6 全台降雨分佈圖（國家災害防救科技中心，2004）

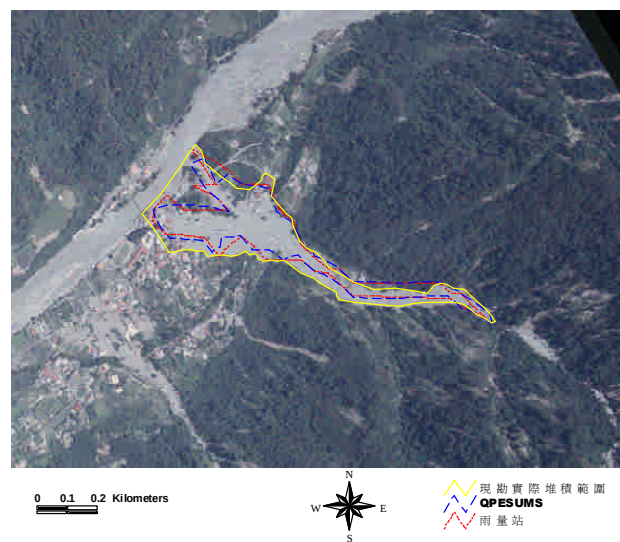


圖 4.8 台中 003 模擬結果比較圖

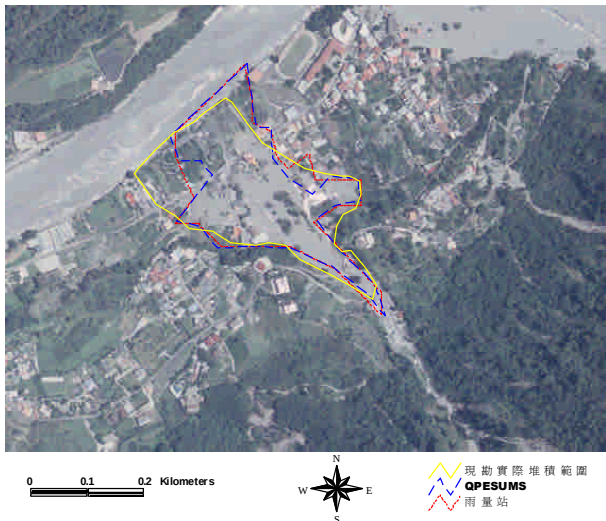


圖 4.9 台中 004 模擬結果比較圖

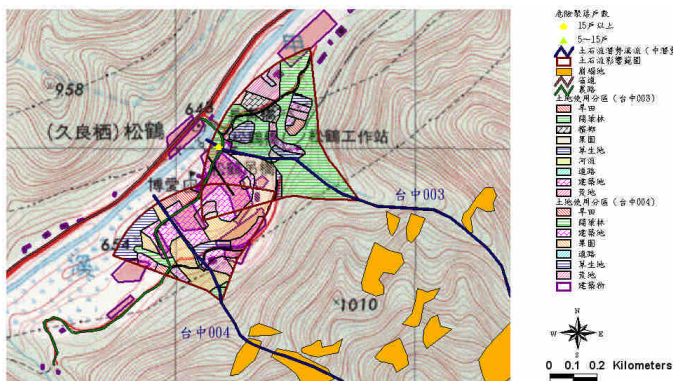


圖 4.10 台中 003 土石流潛勢溪流影響範圍內土地
地使用圖

表 2.1 土石流的危險度分級（陳鴻烈，2004）

因子	分類	評分	因子	分類	評分
崩塌	明顯大面積崩塌	30	公共建築(學校、醫院、聚會場所等)		50
規模	小規模崩塌	15	15戶以上民宅		50
(30)	無明顯崩塌	5	5~15戶間之民宅		40
坡度	上游區坡度大於50°	30	5戶以下		20
(30)	上游區坡度介於30°~50°	15	無住戶		0
上游區坡度小於30°		5	橋樑		20
材料	平均粒徑大於12"	20	道路		5
破碎	平均粒徑12"~3"	13	無		0
情形	平均粒徑小於3"	5	現地壁	待改進或無壁治設施	30
(20)	無明顯堆積材料	0	治底坡	尚可	20
岩性	第一類(A、D、F地質區)	10	(30)	良好或不需整治	5
(10)	第二類(C、E地質區)	6		最高評分合計	100
第三類(B、G地質區)		3			
植被	裸岩、落石堆積	10			
(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			

表 2.2 土石流災害直接損失估算之主要項目
（劉格非、李欣輯，2005）

人命損失	保險領域中最常用來估算人命之方式，是以 人在生前所能獲得之職工資率 來統計其「生命價值」
財產損失	取計對台灣地區進行研究文獻中之最低者 1,400萬元 作為計算值
土地損失	土地利用價值依 政府每年公告現值 ，較符合實際變化
建築物	計算以 住宅用地 為主
農耕地	主要計算 農作物損失
林業用地	土石潛勢區內之農耕地，以 水稻田、茶園、果園、橡膠 四種土地利用為主
交通水利用地	農作物單價根據 農糧署產值報告
休閒旅遊用地	分為 已開發與未開發 用地
其他生產用地	林木平均損失值參考行政院農業委員會 林務局之林業統計資料
其他用地	主要指毀損項目： 道路、橋樑、堤防及防砂壩
	參考政府過去各項目災後重建費用，概算該損毀項目對應之 平均單位面積損失值
	若求精確估算，則應參考 實際施工細部項目計畫損失值
	土石流災害所造成之直接損失只是此類損失中的少部份， 大部份屬於間接經濟損失
	指 採礦用地 ，對於現今土地利用而言，礦區已屬於極少數之經濟行為，因此可 暫不考慮採礦區之直接損失 ，除有特殊需要，再加入計算
	包括項目太廣泛，且每個土石流潛勢區情況不盡相同， 所佔直接損失比例亦不大 ，因此這部份 可依需要再個別討論或暫忽略不計

表 2.3 土石掩埋深度與損失程度之判定（劉格非、李欣輯，2005）

土石掩埋深度	地上物	
	建物	非建物 (以農作為主)
3公尺以上	全毀	全毀
1~3公尺	半毀	全毀
1公尺以下	輕微損失	全毀

表 2.4 土石流直接災害損失之估算表

人命損失	$HL = HLV \times N$	
財產損失		
土地損失	$LL = \sum_{i=1}^N LVi \times LLAi$	
地上物損失	建築用地	$BL = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M BCij \times BAij$
	農耕地	$CL = \sum_{i=1}^N COi \times CPl \times CLAi$
	林業用地	$FL = FAL \times DLA$
	交通水利用地	$THL = \sum_{i=1}^N SUOi \times SLNi$
	休閒旅遊用地	◆計算公式同前述四項。
	其他生產用地	◆ 暫不考慮此項之直接損失 。
其他用地	◆ 可依需要再個別討論或暫忽略不計 。	

表 4.1 台中 003、台中 004 集水區內土地利用
現況表

台中 003 集水區內_土地利用圖			台中 004 集水區內_土地利用圖		
地類	面積 (m ²)	佔總集水區比例 (%)	地類	面積 (m ²)	佔總集水區比例 (%)
闊葉林	2462,465	76.89	旱田	1,760	0.29
針葉林	679,461	21.22	闊葉林	398,478	66.09
建築地	15,168	0.47	針葉林	134,468	22.30
果園	22,136	0.69	建築地	20,818	3.45
草地	7,332	0.23	果園	28,755	4.77
河流	14,390	0.45	草地	8,961	1.49
道路	1,227	0.04	河流	1,864	0.31
荒地	519	0.02	道路	4,713	0.78
			荒地	3,155	0.52

表 4.2 土石流潛勢區內之災害損失

	台中003	台中004
人命損失	無	無
財產損失	台中003	台中004
土地		
建築用地	損失面積51758.77 m ²	損失面積72,722.05 m ²
農耕用地	總損失面積的為43,419.3 m ² (旱田+果園+檳榔)	總損失面積的為69,280.23m ² (旱田+果園)
林業用地	總損失面積的為159,559.46 m ² (闊葉林+草生地+荒地)	總損失面積的為41,860.96 m ² (闊葉林+草生地+荒地)
交通水利用地	總損失面積的為5,555.31 m ²	總損失面積的為6,779.57 m ²
建築用地	建物損失面積的為66,874.21 m ²	建物損失面積的為58,977.61 m ²
農耕用地	旱田(稻米)損失面積的為3,404.73 m ² 果園(水梨)損失面積的為27,370.02 m ² 檳榔損失面積的為12,644.55 m ²	旱田(稻米)損失面積的為9,297.7 m ² 果園(水梨)損失面積的為59,982.53 m ²
林業用地	總損失面積的為159,559.46 m ² (闊葉林+草生地+荒地)	總損失面積的為41,860.96 m ² (闊葉林+草生地+荒地)
休閒旅遊用地	直接損失的部份已歸入住宅損失	直接損失的部份已歸入住宅損失
交通水利用地	道路損失面積約為5,031.95 m ² 橋樑損失面積約為523.36 m ²	道路損失面積約為6,779.57 m ²
其他	忽略不計	忽略不計

表 4.3 土石流特定區內各類土地之地目及地號

地段名	台中縣和平鄉博愛段									
所屬	國									
地目	旱	林	雜	建			原	林班地		
地號	0019	0037	0505	0021	0044	0049	0018	八仙山事業區	第一一十一林班	
	0019-1	0038		0022	0046	0050	0018	八仙山事業區	第一一十一林班	
	0020	0057		0022-1	0046	0051	0042	八仙山事業區	第一一十二林班	
	0041	0058		0022-2	0046-2	0052	0045	八仙山事業區	第一一十三林班	
	0047	0060		0023	0046-2	0053		八仙山事業區	第一一十四林班	
	0055	0068		0024	0046-3	0054				
	0056	0178		0025	0046-3	0070				
	0059	0180		0026	0046-7	0071				
	0059			0027	0046-7	0075				
	0061			0028	0046-8	0076				
	0062		0040	0046-8	0077					
	0063		0040-1	0046-9						
	0064		0043	0046-9						
	0069		0043-1	0048						
小計	14	8	1	39			4	6		
總計	72									

表 4.4 台中 003、台中 004 特定區內之土地損

損失項目	土地利用 型態	土地利 用價值	計算數量		每單位價值		土地損失值(元)		
			數量		單位	金額(元)	單位	土地損失值(元)	
			台中 003	台中 004				台中 003	台中 004
			(1)					(2)	
土地損失 (LL)	建築用地	喪失	51,758.77	72,722.05	m ²	130	m ²	6,728,640	9,453,867
	農耕用地	喪失	43,419.30	69,280.23	m ²	92.5	m ²	4,016,285	6,408,421
	林業用地	喪失	159,559.46	41,860.96	m ²	92.5	m ²	14,759,250	3,872,139
	交通用地	喪失	5,555.31	6,779.57	m ²	_____	m ²	_____	_____
			土地總損失值				25,504,175		19,734,427

表 4.5 房屋用途分類表

構造 分類	鋼骨造 鋼骨或鋼土造 鋼骨鋼筋或鋼土造	鋼筋或鋼土造 陽明或鋼土造	加強磚造
第一類	國際觀光旅館、旅館舍、餐廳、咖啡廳、商業、娛樂、倉庫、車庫等。	國際觀光旅館、旅館舍、餐廳、咖啡廳、商業、娛樂、倉庫、車庫等。	旅館、餐廳、旅館舍等。
第二類	旅館、百貨公司、餐廳、醫院、商場、影劇院、遊藝場所、紀念館、圖書館、美術館、博物館、紀念館、展覽館、圖書館、紀念館、展覽館。	旅館、百貨公司、餐廳、醫院、商場、影劇院、遊藝場所、紀念館、圖書館、美術館、博物館、紀念館、展覽館、圖書館、紀念館、展覽館。	百貨公司、醫院、商場、影劇院、紀念館、圖書館、美術館、博物館、紀念館、展覽館、圖書館、紀念館、展覽館。
第三類	市場、辦公處(室)、店舖、診所、住宅、校舍、體育館、遊藝場、圖書館、紀念館、展覽館、圖書館、紀念館、展覽館。	市場、辦公處(室)、店舖、診所、住宅、校舍、體育館、遊藝場、圖書館、紀念館、展覽館、圖書館、紀念館、展覽館。	市場、辦公處(室)、店舖、診所、住宅、校舍、體育館、遊藝場、圖書館、紀念館、展覽館、圖書館、紀念館、展覽館。
第四類	工廠、倉庫、停車場、防空避難室、商業用倉庫、油槽、堆棧等。	工廠、倉庫、停車場、防空避難室、商業用倉庫、油槽、堆棧等。	工廠、倉庫、停車場、防空避難室、商業用倉庫、油槽、堆棧等。

備註：
一、本表所列之損失之資產，以該資產之用途為準。
二、遊藝場所指娛樂場、賭場及賽馬場等場所。

(資料來源：台中縣稅捐處)

表 4.6 台中縣房屋構造標準單價表(單位：元/m²)

構造	鋼骨造 (P)				鋼筋混泥土造 (B)				加強磚造 (C)				鋼鐵造		木石 磚造 (KLR) (GHDF)	土竹造 (KLR)
	鋼骨混泥土造 (A)				預構混泥土造 (T)								200mm ²	未達 200mm ²		
	鋼骨鋼筋混泥土造 (S)												(U)	(J)		
構造 金額 增層數	第 一 類	第 二 類	第 三 類	第 四 類	第 一 類	第 二 類	第 三 類	第 四 類	第 一 類	第 二 類	第 三 類	第 四 類	各樓 周連	各樓 周連	各樓 周連	各樓 周連
6	4,290	3,990	3,300	2,640	3,510	3,210	2,950	2,390								
5	4,140	3,840	3,150	2,490	3,360	3,060	2,800	2,240	2,840	2,540	2,400	1,960				
4	4,040	3,740	3,050	2,390	3,260	2,960	2,700	2,140	2,740	2,440	2,300	1,860				
3	3,940	3,640	2,950	2,290	3,160	2,860	2,600	2,040	2,640	2,340	2,200	1,760	2,300	900	1,200	
2	3,840	3,540	2,850	2,190	3,060	2,760	2,500	1,940	2,540	2,240	2,100	1,660	2,200	800	1,100	600
1	3,740	3,440	2,750	2,090	2,960	2,660	2,400	1,840	2,440	2,140	2,000	1,560	2,100	700	1,000	500

(資料來源：台中縣稅捐處)

表 4.7 每年林業之損失值

年次及災害類別	災區面積	被害情形 Damage						損失情形 Loss					
		數量 Quantity						價值 Value					
		林木	幼樹木	樹苗	竹	薪炭物	Value	林木	幼樹木	樹苗	竹	薪炭物	Value
Year & Damage		株	株	株	株	kg	元	株	株	株	株	kg	元
98	1899	2,440	76,249	863,427	6	1,962	2,375	379,911	75,990	8,632,661	1	2,684,127	1,262,375,424
99	2000	4,352	103,688	3,154,860	25,234	1,968,024	1,215	164,463	1,033,386	3,154,392	25,234	1,968,944	222,159,180
99	2001	1,620	647,111	152,536	250,000	263,966	309	96,316	645,328	152,281	250,000	252,545	32,733,629
99	2002	742	18,705	311,645	21,770	41,774	1,098	84,624	3,670	109,378	21,769	41,024	7,455,658
99	2003	800	4,312	43,271	23,595	33,888	659	34,689	634	31,967	20,614	27,468	348,118,083
99	2004	1,887	27,737	646,745	209,576	442,981	8,462	144,818	26,784	628,641	280,576	304,621	8,138,681

表 4.8 台中 003 土石流潛勢區內之地上物損失

損失分類	深度 (H)	損失項目			每單位價值		土地損失值
		內容	數目	單位 (m ²)	金額 (元)	單位	(元)
		(1)			(2)		(1) * (2)
建築用地 (BL)	H>3m 住宅全毀	鋼筋混凝土第一層	66,874.21	m ²	2,400	m ²	160,498,104
		鋼筋混凝土第二層	66,874.21	m ²	2,500	m ²	167,185,525
林業用地 (FL)		林木	159,559.46	m ²	27.36	m ²	4,365,547
交通水利 用地 (THL)	遭掩埋	道路	5,031.95	m ²	30,000	m ²	150,958,500
		橋樑	523.36	m ²	25,000	m ²	13,084,000
農耕用地 (AL)	遭掩埋	作物	損失面積 (公頃)	每公頃產量 (公斤/公頃)	每單位價值		計算結果
					金額 (元)	單位	
		(1)	(2)	(3)		(1)* (2)* (3)	
		稻米	0.34	6,043	32.91	公斤	67,618
		水梨	2.74	14,903	61.79	公斤	2523,146
檳榔	1.26	2,864	69.50	公斤	250,800		
地上物總損失							498,933,240

表 4.9 台中 004 土石流潛勢區內之地上物損失

損失分類	深度 (H)	損失項目			每單位價值		土地損失值 (元)
		內容	數目	單位 (m ²)	金額 (元)	單位	
		(1)			(2)		(1) * (2)
建築用地 (BL)	H>3m 住宅全毀	鋼筋混凝土第一層	58,977.61	m ²	2,400	m ²	141,546,264
		鋼筋混凝土第二層	58,977.61	m ²	2,500	m ²	147,444,025
林業用地 (FL)		林木	41,860.96	m ²	27.36	m ²	1,145,316
交通水利 用地 (THL)	遭掩埋	道路	6,779.57	m ²	30,000	m ²	203,387,100
農耕用地 (AL)	遭掩埋	作物	損失面積 (公頃)	每公頃產量 (公斤/公頃)	每單位價值		計算結果
				金額 (元)	單位		
		(1)	(2)	(3)		(1)*(2)*(3)	
		稻米	0.93	6,043	32.91	公斤	184,954
		水梨	6	14,903	61.79	公斤	5,525,138
地上物總損失							499,232,797

表 4.10 台中 003 與台中 004 土石流災害之總損失

損失類別		損失金額（元）	佔全部損失比例（%）
財產損失	土地（LL）		4.3
	地上物	建物（BL）	59.1
		農耕（AL）	0.8
		林業（FL）	0.5
		交通水利（THL）	35.2
災害損失總值		1,043,404,639	100

附錄三 天然災害防護規模設定之研究

—子計畫三：發地震災害防護規模設定與維生線管網分析暨震後災損評估之研究

精簡報告

計畫編號：NSC 93 - 2625 - Z - 002 - 041

執行期間：93 年 11 月 1 日至 94 年 10 月 31 日

主持人：羅俊雄 教授

執行單位：國立台灣大學地震工程研究中心

中文摘要

(關鍵詞：地震危害度分析、特徵地震、最適規模與距離)

在歷年收集的地震紀錄中顯示，特徵地震對於單一斷層的統計資料比傳統的指數型地震次數分布符合實際情況，在危害度分析過程中，斷層參數與衰減率是影響結果的重要因素，使用特徵地震可以將斷層的滑移活動的情況考慮在危害度分析中。由實際觀察可知，斷層引發的大規模地震有一定的回歸期，並非如一般地盤的大規模地震呈指數型的遞減，在本研究中，考慮特徵地震模式並對台灣地區進行危害度重分析，並比較傳統分析模式與特徵地震模式對於工址危害度曲線的影響程度。

完成上述之分析方法之後，將此方法用於分析兩個示範區台北與嘉南工址的最適規模與最適距離，此目的是因為地震境況模擬最重要的步驟是設定該工址之模擬地震，模擬地震可由最適規模與最適距離可用統計的方法進行科學的分析，以求得最可能使該工址發生危害的災害地震。這些分析結果可以用於災害防阻的前期規劃與模擬地震的設定。

Abstract

(Keywords：probability seismic hazard analysis, characteristic earthquake, Hazard-Consistent Magnitude and Distance.)

There is increasing evidence that the characteristic earthquake model is more appropriate for individual faults than the exponential magnitude distribution. In SHA, the calculation of the annual frequency of exceedance involves the frequency of occurrence of earthquakes of various magnitude, the rupture

dimension and location of the earthquakes, and the attenuation of the ground motion from the earthquake rupture to the site. Increasingly, fault slip rates are being used to constrain earthquake recurrence relationships for site-specific PSH assessment. There is evidence that the characteristic earthquake model (Youngs and Coppersmith model) is more appropriate for individual faults. In this study the Y-C characteristic earthquake model was used on the re-assessment of PSH analysis in Taiwan. Comparison in PSH analysis with and without the implication of fault slip rates and earthquake recurrence model was made in Taiwan area. Discussion on the sensitivity of each modal parameter on SHA was made.

Finally, implementation of the proposed method to seismic hazard analysis of Taiwan area was established. Works will concentrate on the study of most potential earthquake magnitude and distance in both Taipei basin as well as Cha-Nan area. Based on the proposed characteristic earthquake analysis, seismic de-aggregation study was conducted to estimate the most considerable seismic magnitude and distance of these two sites. Based on these identified most considerable earthquake magnitude and distance the ground motion simulation of these two areas is developed. The results can be used for seismic hazard prevention and disaster mitigation.

一、前言

台灣位於全球地震最頻繁的環太平洋地震帶上。在地體構造上，台灣正位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的複雜交介面之上，是屬於西太平洋板塊東緣菲律賓海板塊中一系列島弧群島之一。台灣即由此所構成之造山運動使板

塊隆起而形成。因此，地震災害一直是台灣地區潛在的重大自然災害之一。近年來地震頻傳，往往造成社會癱瘓、生命財產的損失，尤其是民國 88 年 09 月 21 日凌晨 01 點 47 分 12.6 秒於南投縣集集鎮附近發生的強烈地震，震央在北緯 23.87 度、東經 120.75 度，震源深度約 7 至 10 公里，地震規模達 7.3。集集大震的威力強大，除在震央附近的南投縣、台中縣市造成極大損害，甚至連遠在震央 150 公里外的台北地區也有災情發生，此次的集集地震造成房屋嚴重損害將近 20000 幢，死亡人數超過 2400 人，受傷人數則達 8000 人以上，造成的損害悚目驚心。

台灣屬於環太平洋地震帶，所以地震發生頻繁，所有的人民、建築物都很有可能遭遇突然來襲的強烈地震。普遍認為國內亟需一套完整的賑災評估系統與緊急應變措施規劃，以提供相關防救災單位及民眾參考；透過地震境況模擬提供救災單位及民眾進行防災演練，以期在無法預知之巨災來臨時能有效率的進行救災工作，以減輕地震災害損失及對社會之衝擊。

對台灣而言，地震是相當重要的天然災害防治對象，發生機率雖小，一旦發生必定造成極大之人員傷亡與經濟損失，尤其台灣地區地狹人稠，受災區域佔全國總面積將相對非常高。除做好震前防範外，強震後的緊急應變措施亦為減少地震災害一個極為關鍵的工作。

地震境況模擬可以為政府機關提供地震災害的參考數據，在平日即可擬定防救災計畫，使得相關單位在處理地震災害的預防、反應、危機處理與災後重建能夠更有效率。

二、研究範圍

本研究的範圍主要為考慮特徵地震模式之特性，在傳統之危害度分析方法之中加入此模式予以比較，配合台灣地區特殊的地理條件與工程性質，找出較符合台灣地區環境因素之下地震危害度分析的參數。並採用因數拆解，以求得災害地震之最適規模與最適距離。本研究利用特徵地震配合傳統之危害度分析之原理，推求最適規模與距離，可幫助地震境況模擬進行時，作為假設虛擬地震的可靠依據。

主要的討論範圍包括：

- 衰減公式重分析：參考耐震設計規範的衰減公式分析方法，更新地震資料與分析步驟，重新回歸衰減公式。
- 考慮特徵地震模式之危害度分析：以特徵地震模式考慮斷層大地震迴歸期，並以此模式進行危害度分析，與傳統危害度分析結果比較其差異性，並列出其擴大因子。
- 地震境況模擬最適規模：最適規模為使工址發生地表運動強度超越固定迴歸期下的地表運動強度之加權平均規模。進行地震境況模擬時，可利用最適規模，設定模擬地震的規模程度。
- 地震境況模擬最適距離：最適距離為使工址發生地表運動強度超越固定迴歸期下的地表運動強度之加權平均距離。進行地震境況模擬時，可利用最適距離，設定模擬地震的發生位置。

三、研究方法與步驟

首先要收集足夠的地震資料以便回歸計算衰減率以及各項危害度分析所需之參數，接下來即可進行危害度分析與求得最適規模與最適距離，以最適規模與最適距離設定模擬地震，並考慮土壤放大效應，可預估工址的地表震動強度，加入相位譜等工址特性後，得到模擬地震歷時，以便進行後續結構動力等分析。流程圖如圖 1 所示。

各階段的工作內容如下：

1. 地表加速度衰減律重分析

當地震發生時，能量由斷裂帶（面）以波的形式傳播至工址，由於傳播路徑材料及幾何上的關係，震度（例如：PGA 或 S_a ）必定發生衰減現象，將此衰減現象以數學式表示，即為地表加速度衰減律。

在工程上震度 Y 之衰減律可表為： $Y = f(M, R)$ ，其中 M 、 R 分別為地震規模及震源距離。工程上有許多種常用的衰減律形式，本研究採用 Campbell 所提出的衰減公式進行迴歸分析，得到衰減律如下

$$y = S_a(g) = f(M, R) = a_1 e^{a_2 M} [R + a_4 \exp(a_5 M)]^{-a_3}$$

為使迴歸分析能得到更好的結果，所有參數分為兩部分，分段進行迴歸分析，分段方式如下

$$\ln(y) = \ln(a_1) + a_2 M - a_3 * \ln[R + a_4 \exp(a_5 M)]$$

$$= A_k - a_3 * \ln[R + a_4 \exp(a_5 M)]$$

選取 270 個地震事件，如圖 2 所示，並由強震站資料中篩選出規模大於 4.5；距離小於 300KM 的測站資料進行分析，由每個單一地震事件中，各強震站收集的資料回歸最佳的 A_k 值，如圖 3 所示。得到 A_k 值後，將所有資料與 A_k 值代入地表加速度衰減律回歸出 a_3 、 a_4 、 a_5 。考慮到 PGA 值在短距離時，不會因為規模而有太大變化，因此加入束制條件 $a_2 = a_3 * a_5$

經多次迴歸分析與微調之後，得到重分析之地表加速度衰減律，將此結果表示於下：

$$y = 0.00305 * \exp(1.8336 M) [R + 0.0714 \exp(0.9200 M)]^{-1.9931}$$

將本次分析結果與耐震設計規範所提供的地表加速度衰減律做比較，圖 4 為規模 7 時的比較，圖 5 為規模 6 時的比較，圖 6 為規模 5 時的比較。

此結果乃是根據收集之強震資料且採用與地震危害度分析一致的斷層最近距離模式，因此應可用於台灣地區地震危害度分析使用。

2. 特徵地震模式

傳統地震危害度分析過程，對於斷層地震發生率的處理方式，是將地底下之斷層面投影至地表，得到的斷層投影面積相對於斷層所在之地震震區面積比例，及訂為該斷層之發生率。台灣地層複雜，並具有多條活動斷層，因此，在進行危害度分析時，必須特別考慮近斷層效應所造成的影響。在地質或地震記錄中顯示，活動斷層所引發的大規模地震具有週期性，Wallace (1997) 提出使用斷層滑移速率決定斷層大地震之迴歸期，Youngs 與 Coppersmith 提出特徵地震模式，將斷層滑移速率運用於危害度分析上，以取代傳統危害度分析在大規模地震不足之處。在本研究中，直接採用中央地質調查所對於斷層迴歸期的研究資料，以取代使用斷層滑移速率決定斷層大地震之迴歸期的方法。

特定斷層震源如果採用指數分佈模式以中、小規模地震發生率趨勢外插，推估最大規模附近的地震發生率將會有低估的情況發生。根據地震資料顯示，大規模地震每隔一段時間會重複出現，因此 Youngs 與 Coppersmith 發展

出一廣義再現機率密度函數 (generalized recurrence density function)。由地震發生率密度函數、地震矩與總地震矩率之關係，可推得特徵地震之地震發生率密度函數。

傳統的地震指數分佈模式其地震規模機率密度函數可由 Gutenberg -Richter 關係式表示，此關係式說明了在某區域上某段時間內，地震發生次數與相對應地震規模的關係，即 $\log N(m) = a - b m$ ，其中 m 表示地震規模， $N(m)$ 為地震規模大於等於 m 之地震發生次數， a 及 b 為常係數可由各震區資料迴歸分析而得。以自然對數值表示

$$\ln N(m) = (\ln 10) \cdot (a - b m) = \alpha - \beta m$$

$$N(m) = e^{\alpha - \beta m}$$

$$\text{其中 } \alpha = (\ln 10) \cdot a = 2.3 a$$

$$\beta = (\ln 10) \cdot b = 2.3 b$$

一般而言，小規模地震對建築物之危害甚小可略而不計，因此設定某一地震規模下限 m_0 ；而為避免單位時間內估算的地震釋放無窮大的能量，所以引入一規模上限 m_u ，改寫成 $N(m) = N(m_0) e^{-\beta(m-m_0)}$ $m_0 \leq m \leq m_u$ 其中 $N(m_0)$ 為地震規模大於等於 m_0 之地震發生次數。

地震規模頻率密度函數 (frequency density function for magnitude) $n(m)$ 為上式之餘數微分

$$n(m) = N(m_0) \frac{d(1 - e^{-\beta(m-m_0)})}{dm}$$

$$= N(m_0) \cdot \beta e^{-\beta(m-m_0)}$$

正規化後，則

$$n(m) = N(m_0) \frac{\beta e^{-\beta(m-m_0)}}{1 - e^{-\beta(m_u-m_0)}} \quad m_0 \leq m \leq m_u$$

除以總年數則地震年發生率密度函數 (density function for earthquake occurrence rate)

$$\dot{n}(m) = \dot{N}(m_0) \frac{\beta e^{-\beta(m-m_0)}}{1 - e^{-\beta(m_u-m_0)}}$$

其物理意義為地震年發生率乘上地震規模機率密度函數。

越來越多證據顯示，對於個別斷層而言，特徵地震模式較傳統指數分佈模式地震規模分佈恰當。特定斷層震源如果採用指數分佈模式以中、小規模地震發生率趨勢外插，推估最大規模附近的地震發生率將會有低估的情況發

生。根據地震資料顯示，大規模地震每隔一段時間會重複出現，因此 Youngs 與 Coppersmith 發展出一廣義再現機率密度函數（generalized recurrence density function）。

根據 Youngs 與 Coppersmith 假設的特徵地震之地震發生率密度函數（density function for occurrence rate）如圖 7 所示，圖中地震規模分為兩部分，一部份是在規模範圍 m_0 到 m' 之間依循地震指數分佈模式，而 m' 可視為地震指數分佈模式的上限地震規模；另一部份是在 $m_u - \Delta m_2$ 到 m_u 範圍間發生大規模的特徵地震規模，且大規模的特徵地震發生率固定。特徵地震模式之地震發生率密度函數可假設為

$$\dot{n}(m) = \begin{cases} \dot{N}(m_0) \cdot \left\{ \frac{1}{1+c'} \right\} \frac{\beta \cdot e^{-\beta(m-m_0)}}{1-e^{-\beta(m'-m_0)}} & , m \leq m' \\ \dot{N}(m_0) \cdot \left\{ \frac{1}{1+c'} \right\} \frac{\beta \cdot e^{-\beta(m_c-m_0)}}{1-e^{-\beta(m'-m_0)}} & , m' \leq m \leq m_u \end{cases}$$

$$c' = \frac{\beta \cdot e^{-\beta(m_c-m_0)}}{(1-e^{-\beta(m'-m_0)})} \cdot \Delta m_2$$

且由於 $\dot{n}(m) = \dot{N}(m_0) \cdot f_M^{YC}(m)$ ，其中 $\dot{N}(m_0)$ 為地震規模大於等於 m_0 之地震發生率，特徵地震之地震規模機率密度函數 f_M^{YC} 則為

$$f_M^{YC} = \begin{cases} \left\{ \frac{1}{1+c'} \right\} \frac{\beta \cdot e^{-\beta(m-m_0)}}{1-e^{-\beta(m'-m_0)}} & , m \leq m' \\ \left\{ \frac{1}{1+c'} \right\} \frac{\beta \cdot e^{-\beta(m_c-m_0)}}{1-e^{-\beta(m'-m_0)}} & , m' \leq m \leq m_u \end{cases}$$

3. 地震境況模擬最適規模與最適距離

地震境況模擬最適規模與最適距離是使用多參數予以延伸的危害度分析方法，可將其簡單定義為超越一特定年超越機率下的地表運動強度時，規模或距離的加權平均值即為最適規模與最適距離。參考這個方法，可以將危害度分析的結果拆解開來，可以更深入探討對於工址的災害地震之評估。

最適規模為使工址發生地表運動強度超越固定迴歸期下的地表運動強度之加權平均規模；而最適距離為使工址發生地表運動強度超越固定迴歸期下的地表運動強度之加權平均距離。進行地震境況模擬時，可利用最適規模與距離，設定模擬地震的規模程度與發生的合理位置，有較客觀之數據為依據，地震危害評估

之結果才能更精確。

機率地震境況模擬的觀念是由 Ishikawa 及 Kameda 所發展出來的，經由危害度相適規模與危害度相適距離可使用機率地震境況模擬。此方法限定地震境況模擬與相應的地表運動強度之關係。

地表運動強度參數的推求方法與傳統危害度分析相同。將所選定工址周圍的地區做震源分區，劃分成幾個地震震區，在每個地震震區中，描述該震區之地震活動參數（例如：地震發生率、b 值、地震規模上限 m_u 等），皆假設為常數；而根據包生過程（Poisson Process），在每個震區中，發生地震是隨機且獨立的事件。

令 p_0 為所選定工址的地表運動強度 Y 大於 y 時之年超越機率，可表示如下。

$$p_0 = 1 - e^{-\sum_k \omega_k}$$

其中 ω_k ：地震發生於第 k 震區而引起地表運動強度 Y 大於 y 之地震平均發生率，可表示如下。

$$\omega_k = v_k \cdot \sum_i \sum_j P(Y \geq y(p_o) | m_i, \delta_j) \cdot p_k(m_i) \cdot p_k(\delta_j)$$

其中 v_k ：第 k 震區的地震發生率

$P(Y \geq y(p_o) | m_i, \delta_j)$ ：已知地震規模 m_i 、震源距離 δ_j ，地表強度 Y 大於 y 的條件機率

$p_k(m_i)$ ：地震規模機率質量函數

$p_k(\delta_j)$ ：震源距離機率質量函數

決定 $y(p_o)$ 之後，可得到第 k 震區地震規模與震源距離在 $Y \geq y(p_o)$ 條件之下的機率分佈狀態，按機率計算加權平均地震規模與震源距離，即為第 k 震區在 $Y \geq y(p_o)$ 條件之下的條件平均地震規模與條件平均震源距離。

第 k 震區在 $Y \geq y(p_o)$ 條件之下的條件平均地震規模

$$E_k(M | Y \geq y(p_o)) = \sum_i \sum_j m_i \cdot P_k(m_i, \delta_j | Y \geq y(p_o))$$

第 k 震區在 $Y \geq y(p_o)$ 條件之下的條件平均震源距離。

$$E_k(\Delta | Y \geq y(p_o)) = \sum_i \sum_j \delta_j \cdot P_k(m_i, \delta_j | Y \geq y(p_o))$$

其中 $P_k(m_i, \delta_j | Y \geq y(p_o))$ ：第 k 震區地震規模與震源距離在 $Y \geq y(p_o)$ 條件之下的條件機率質量函數，可以下式表示之。

$$P_k(m_i, \delta_j | Y \geq y(p_o)) = \frac{P(Y \geq y(p_o)) | m_i, \delta_j \cdot p_k(m_i) \cdot p_k(\delta_j)}{P_k(Y \geq y(p_o))}$$

$$= \frac{P(Y \geq y(p_o)) | m_i, \delta_j \cdot p_k(m_i) \cdot p_k(\delta_j)}{\sum_i \sum_j P(Y \geq y(p_o)) | m_i, \delta_j \cdot p_k(m_i) \cdot p_k(\delta_j)}$$

由得到只考慮第 k 震區時的條件平均地震規模與條件平均震源距離。若考慮全部震區的條件平均地震規模與條件平均震源距離則求得危害度相適規模與距離，可表示如下。

$$\bar{M} = E(M | Y \geq y(p_o)) = \frac{\sum_k E_k(M | Y \geq y(p_o)) \cdot \omega_k}{\sum_k \omega_k}$$

$$= \frac{\sum_k v_k \cdot \sum_i \sum_j m_i \cdot P(Y \geq y(p_o)) | m_i, \delta_j \cdot p_k(m_i) \cdot p_k(\delta_j)}{\sum_k v_k \cdot \sum_i \sum_j P(Y \geq y(p_o)) | m_i, \delta_j \cdot p_k(m_i) \cdot p_k(\delta_j)}$$

$$\bar{\Delta} = E(\Delta | Y \geq y(p_o)) = \frac{\sum_k E_k(\Delta | Y \geq y(p_o)) \cdot \omega_k}{\sum_k \omega_k}$$

$$= \frac{\sum_k v_k \cdot \sum_i \sum_j \delta_j \cdot P(Y \geq y(p_o)) | m_i, \delta_j \cdot p_k(m_i) \cdot p_k(\delta_j)}{\sum_k v_k \cdot \sum_i \sum_j P(Y \geq y(p_o)) | m_i, \delta_j \cdot p_k(m_i) \cdot p_k(\delta_j)}$$

四、研究成果

1. 考慮特徵地震模式危害度分析結果與比較

選擇台北工址與台南工址，如圖 8 與圖 9 所示，對台北工址與台南工址進行危害度分析，並分別採用傳統模式與特徵地震模式計算斷層之危害度影響。

考慮特徵地震模式時，先使用傳統危害度分析方法計算各個震區對工址的危害度，不考慮傳統的斷層危害度分析方法，此時所得之危害度分析結果，為傳統危害度分析方法去除斷層影響之後的分析結果。

將傳統危害度分析方法去除斷層影響之後的分析結果，加上斷層特徵地震之危害度分析結果，即可得到考慮斷層特徵地震模式之危害度分析結果，將考慮斷層特徵地震模式之危害度與採用傳統模式分析之危害度加以比較，如圖 10 與圖 11 所示，考慮特徵地震模式所計算的危害度，造成兩個工址的危害度都提高了，尤其以台南工址的情況更明顯，這是因為特徵地震考慮了大規模地震的發生週期，而台南工址接近新化斷層，所以影響的程度更大，此結果與使用模式的特性相同。

2. 地震境況模擬最適規模與距離實例分析

將所推導的危害度相適規模與距離應用於本分析報告，本章主要探討台北工址與台南工址危害度相適規模與距離之分析步驟與結果。分析步驟：

(1) 收集與分析地震參數，劃分震區與斷層位置。

以臺灣地區自 1900 年至 2003 年 5 月之地震震央分佈為地震參數分析依據。震區劃分分為深層與淺層震源分區，可參考圖 12、圖 13。

(2) 切分小震區

圖 12、圖 13 之深層與淺層震源之震區範圍太大，不適合用於計算危害度相適規模與距離，因此，將每個震區再切分為更小的分區，以經緯度 0.25 度切為方塊狀的規則小震區。切分的小震區即為運算危害度之基本震區單元。

(3) 選定工址

本分析報告選擇台北工址與台南工址兩個地點做為示範區。

(4) 危害度相適規模與距離

將每一小震區對工址進行危害度分析，計算個別危害度曲線。對照所有震區貢獻之危害度曲線，可得到震區的各種規模下的年超越機率，計算各個震區到工址的距離，即可繪出在某一工址距離、規模與年超越機率的關係。

將每個大震區的貢獻度分別繪出，以得知災害地震的高潛勢區域，台北工址的回歸期 475 年、950 年、2475 年各地震分區貢獻度分布圖繪於圖 14、圖 15、圖 16；台南工址的回歸期 475 年、2475 年各地震分區貢獻度分布圖繪於圖 17、圖 18。由圖中可知，對台北工址危害度的最大貢獻地震分區為 DS10，次大為 DS03，皆為淺層一般震區；對台南工址危害度的最大貢獻地震分區為新化斷層，次大為 DS11。

分別對兩工址之最大與次大貢獻區進行因數拆解，不同回歸期下各主要震區切分的每個小震區之貢獻值，台北工址危害度的最大貢獻地震分區 DS10 切分，分為回歸期 475 年、950

年、2475 年，台北工址危害度的次大貢獻地震分區 DS03 切分，分為回歸期 475 年、950 年、2475 年；台南工址危害度的最大貢獻地震分區新化斷層切分，分為回歸期 475 年、2475 年，台南工址危害度的次大貢獻地震分區 DS11 切分，分為回歸期 475 年、2475 年。

將個別震區之分布結果代入，可得到某一迴歸期之下的危害度相適規模與危害度相適距離，若將所有迴歸期之下的危害度相適規模與距離皆求出，即可知危害度相適規模與距離跟年超越機率的關係，將危害度相適規模與距離與年超越機率的關係繪於圖 19、圖 20、圖 21。

由圖中可得，台北工址與台南工址各回歸期的最大與次大貢獻區之危害度相適規模與距離，將其表列為表 1、表 2。

五、結論

傳統的地震危害度分析過程中，將斷層視為一線震源加以考慮，分析模式與一般震區模式相同，但觀察過去地質或地震記錄，斷層具有大規模地震週期性發生的特性，明顯地與 Gutenberg-Richter 關係式中，大規模地震發生次數隨規模增加而呈指數型直線下降的趨勢有所不同，因此，傳統的地震危害度分析經常低估了斷層的大規模地震發生率，也使得近斷層工址的危害度分析有改進之必要。Youngs Robert R. 與 Kevin J. Coppersmith 提出特徵地震模式，將原有指數型之震源規模分佈模式改良為較合理之特徵地震模式，使斷層對整體危害度分析之影響能有更精確的分析結果。斷層參數對於分析結果之影響甚大，然而，目前對於斷層錯動回歸期的評估，雖有相關研究資料可供參考，但其中仍有疑義或尚缺乏，未來應對於這些較具威脅之第一類活動斷層做更深入研究，如能有更完整之斷層資料，斷層特徵地震模式之危害度分析亦能更準確更有依據。

政府機關與研究機構在評估地震所造成的災害或擬定防救災計畫時，經常利用地震境況模擬，擬定震災緊急應變措施，評估建築物損

壞程度與經濟損失情況。而地震境況模擬除需擁有足夠的建築物、人口等資料的分佈及特性外，尚需假設一虛擬地震發生，目前常利用過去造成災害的一些地震作為虛擬地震，但是並沒有合理的理由或依據來支持這樣的假設，如此，分析所得的結果將缺乏說服力。

超越一特定年超越機率下的地表運動強度時，規模或距離的加權平均值即為最適規模與最適距離。以本報告中所提到的 475 年回歸期為例，可以求得固定工址由某震區所引致之最適規模與距離，亦即造成 475 年回歸期地表運動強度之最可能規模與最可能距離。可供假設地震境況模擬之虛擬地震的規模與發生位置時參考。

由分析結果來看，在近斷層處，特徵地震模式將增大斷層的危害度，分析結果也相當符合近幾次斷層引發大規模地震所呈現之地表運動參數分佈情況與大小。將傳統之危害度分析經由特徵地震模式考慮斷層效應之修正，相信能更符合實際情況，將近斷層效應完整地表現於地震危害度分析的結果之上。

特徵地震模式可運用於多種地震危害度評估，可將斷層與一般震區之地震模式區隔開來，針對斷層之特性以特徵地震模式予以描述。對於傳統地震模式低估斷層大規模地震之缺點，可利用特徵地震模式運算之結果予以修正，得到較合理之評估結果。

謝誌

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助經費；計畫執行期間葉錦勳博士鼎力協助，提供寶貴資料；吳子修博士、高清雲博士、吳秉儒博士等，協助資料彙整與方法研究等工作，謹此敬致謝忱。

參考文獻

1. A. Der Kiureghian and A. H-S. Ang, “a Fault-Rupture Model for Seismic Risk

- Analysis," Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 67(1977)
2. Campbell K.W., 1981, "Near-Source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration", Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 71, No. 6, pp. 2039-2070.
 3. Cornell C. Allin, "Engineering Seismic Risk Analysis," Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 58, No. 5, pp. 1583-1606 (1968)
 4. Der-Kiureghian, A. and Ang, A.H-S., 1977, "A Fault-Rupture Model for Seismic Risk Analysis", Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 67, No. 4, pp. 1173-1194.
 5. G. W. Milne and A.G. Davenport, "Distribution of Earthquake Risk in Canada," Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 59, NO. 2(1969)
 6. HAZUS97 Technical Manual, Prepared by National Institute of Building Sciences for Federal Emergency Management Agency.
 7. Hiroyuki Kameda, Yutaka Ishikawa, and Wenyi LI, "Probability-Based Determination of Scenario Earthquakes," Seismic Risk Assessment of Urban Facilities in a Sedimentary Region(H. Kameda, and Zhang, Z.; editors), DPRI Kyoto University/SLDRCE Tongji University (March 1994)
 8. J. N. Brune, "Seismic Moment, Seismicity and Rate of Slip along Major Fault Zones," J. Geophys. Res. 73(1968)
 9. Loh, C.H., Jean, W.Y. and Penzien, J., 1994, "Uniform-Hazard Response Spectrum - An Alternative Approach", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 23, pp. 433-445.
 10. Makropoulos, K.C. and Burton, P.W., 1983, "Seismic Risk of Circum-Pacific Earthquakes", 1. Strain Energy Release, PAGEOPH, 121, 2, pp. 247-267.
 11. McGuire, R. K. (1976), "Fortran Computer Program for Seismic Risk Analysis," USGS, Open file series 76-67.
 12. Norman A. Abrahamson, "State of the Practice of Seismic Hazard Evaluation," Proc. Geo200 Conference Melbourne (November 2000)
 13. R. E. Wallace, "Earthquake Recurrence Internals on the San Andreas Fault," Geol. Soc. Am. Bull. 81 (1970)
 14. Seismic Design Criteria for High Speed Rail Project, 1992, National Center for Research on Earthquake Engineering, NCREE, R.O.C.
 15. "Site-Dependent Design Spectrum for Taiwan Region", 1992, IESER 93002, IES and NTU Technical Report, Taipei, Taiwan.
 16. Youngs Robert R. and Kevin J. Coppersmith, "Implications of Fault Slip Rates and Earthquake Recurrence Models to Probabilistic Seismic Hazard Estimates," Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 75(1985)
 17. Yutaka Ishikawa and Hiroyuki Kameda, "Hazard-Consistent Magnitude and Distance for Extended Seismic Risk Analysis," Proc. of 9th World Conference on Earthquake Engineering 2, Vol. II (1988)
 18. Yutaka Ishikawa, and Hiroyuki Kameda, "Probability-Based Determination of Specific Scenario Earthquakes," Proc. of 4th International Conference on Seismic Zonation, Vol. II (1991)
 19. 建築物耐震設計規範及解說, 民國八十六年七月, 內政部營建局
 20. 羅俊雄, 張國鎮, 簡文郁, 黃正耀, 1998, 台北金融中心工址耐震設計參數研究, 嚴慶齡工業發展基金會工業研究中心報告.
 21. 羅俊雄, 簡文郁, 鍾昇財, 地震危害度分析技術手冊, 國立台灣大學地震工程研究中心, CREE R88-02 AUG. 1999.

22. 簡文郁, 羅俊雄, 1999, HAZ-TAIWAN 震害評估分析模式研究-建築物震害分析, 國家地震工程研究中心報告.
23. 簡枝益, 2001, 地震危害度分析及機率地震境況模擬-考慮斷層滑移速率, 國立台灣大學土木工程所碩士論文, 指導教授: 羅俊雄.
24. 鄭錦桐, 2002, 台灣地區地震危害度的不確定性分析與參數拆解, 國立中央大學地球物理所博士論文, 指導教授: 蔡義本, 李錫堤.
25. 林啟文, 張徽正, 盧詩丁, 石同生, 黃文正, “台灣活動斷層概論 第二版五十萬分之一台灣活動斷層分佈圖說明書,” 經濟部 中央地質調查所特刊 第十三號 (November 2000)

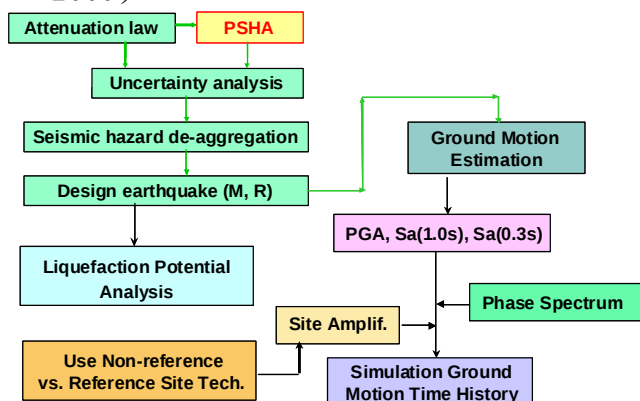


圖 1 地震危害度分析與境況模擬最適規模與最適距離暨後續分析流程圖

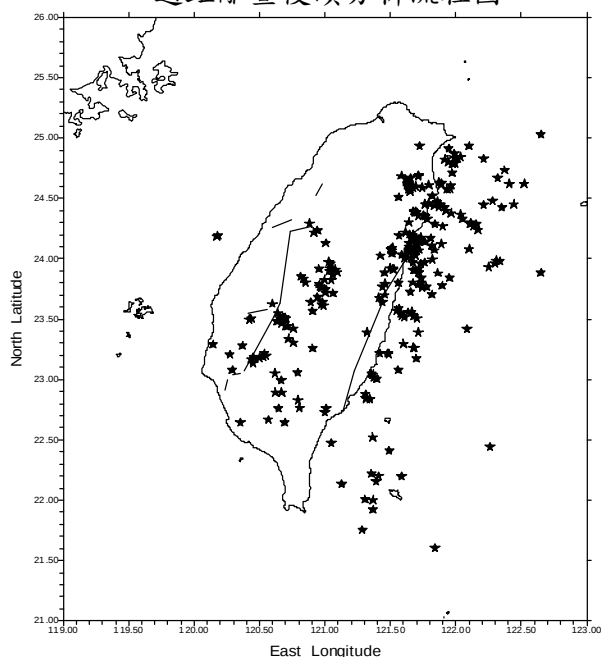


圖 2 選取的 270 個地震事件震央位置圖

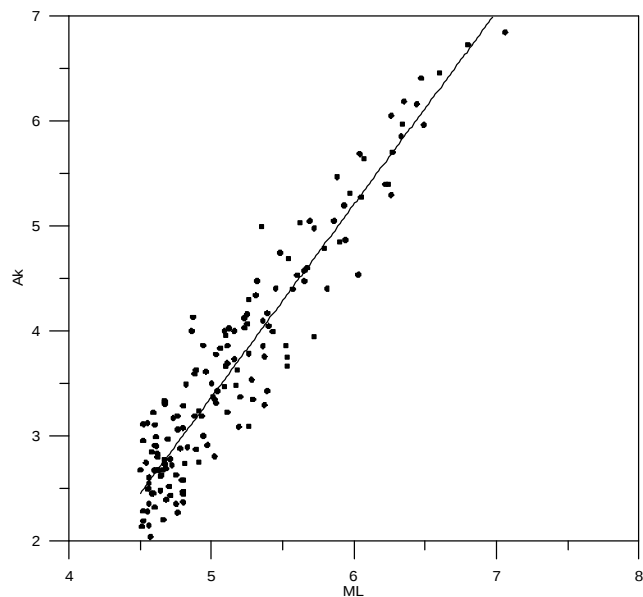


圖 3 以最小平方法計算最佳之 A_k 值示意圖

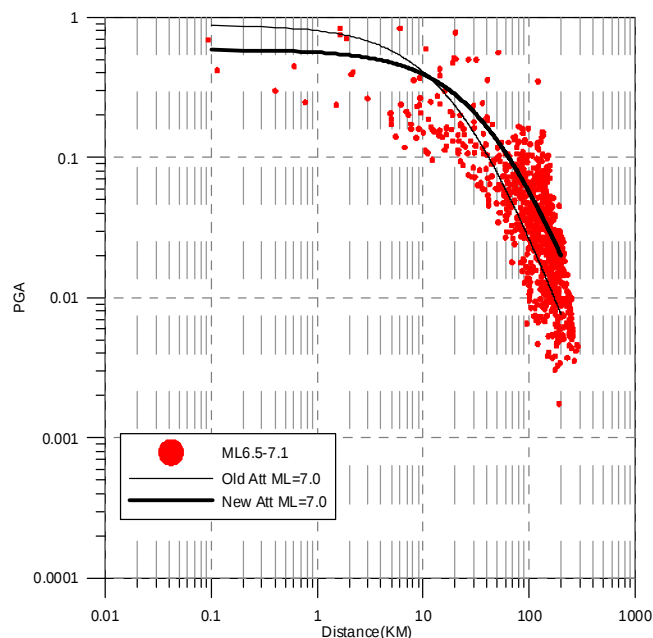


圖 4 本次重新回歸衰減率與規範之比較 ($M=7.0$)

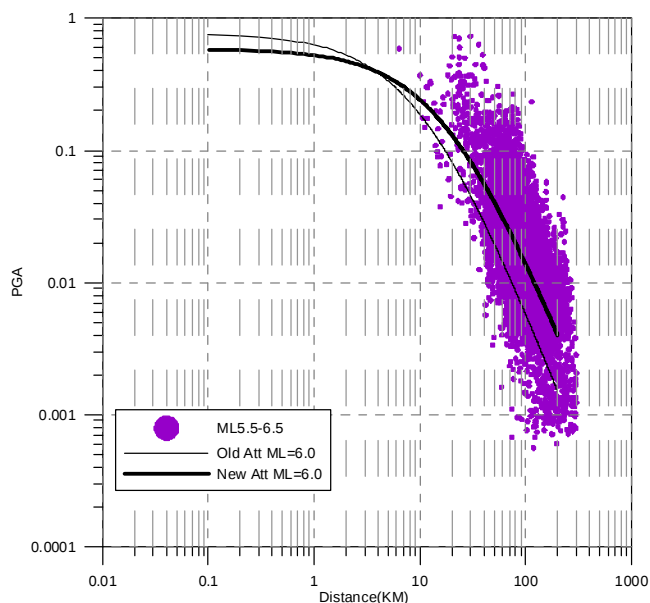


圖 5 本次重新回歸衰減率與規範之比較
($M=6.0$)

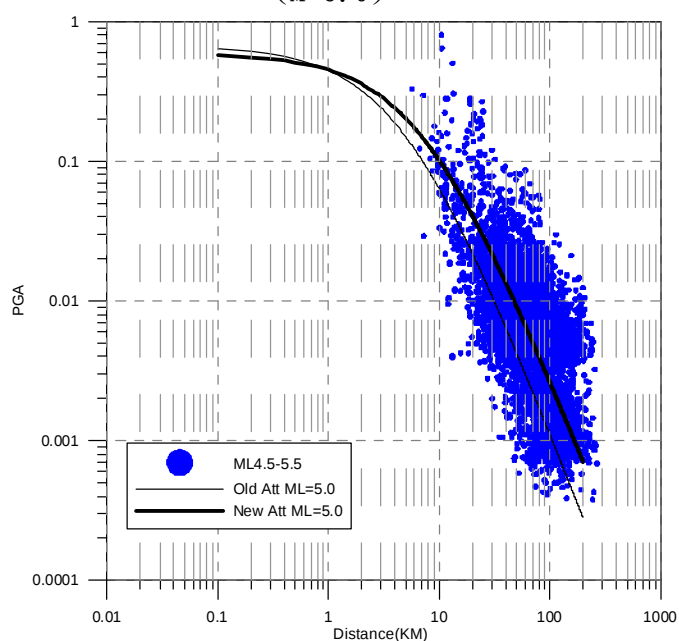


圖 6 本次重新回歸衰減率與規範之比較
($M=5.0$)

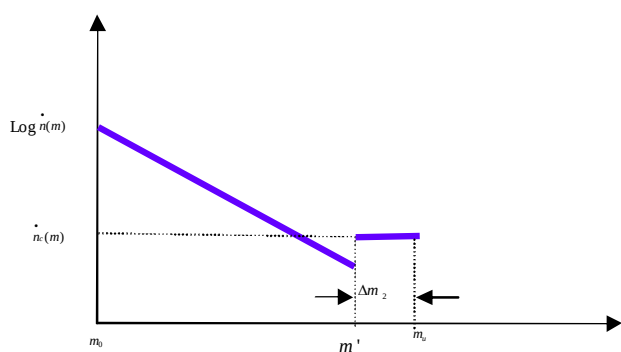


圖 7 特徵地震模式示意圖

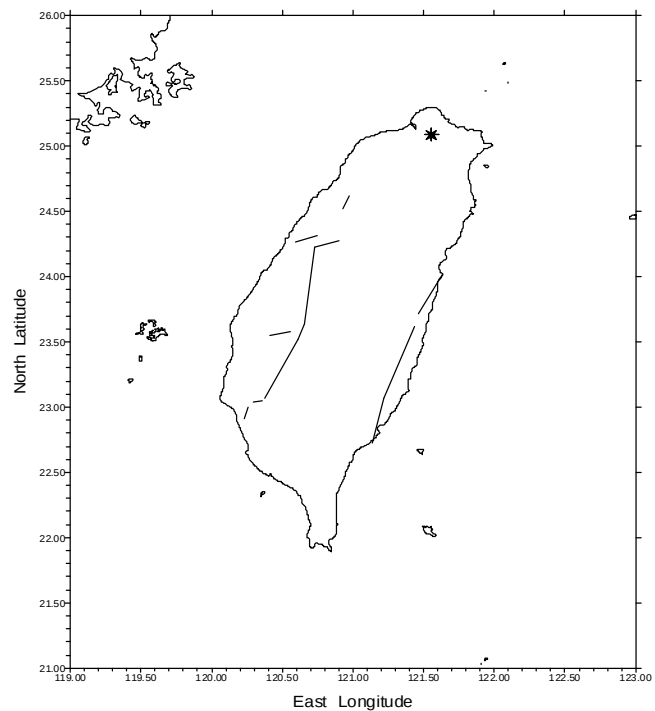


圖 8 台北工址位置圖

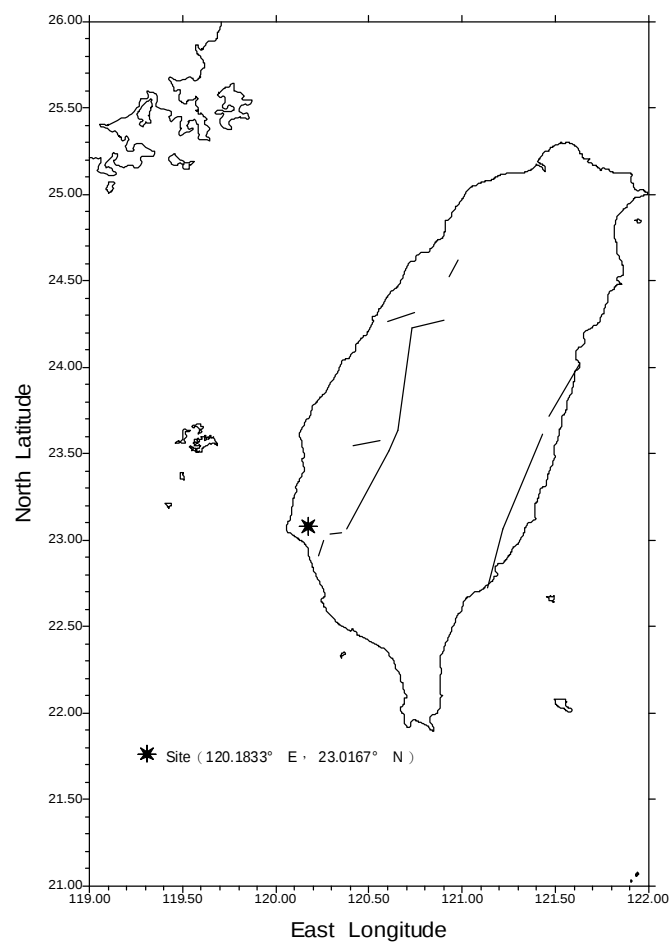


圖 9 台南工址位置圖

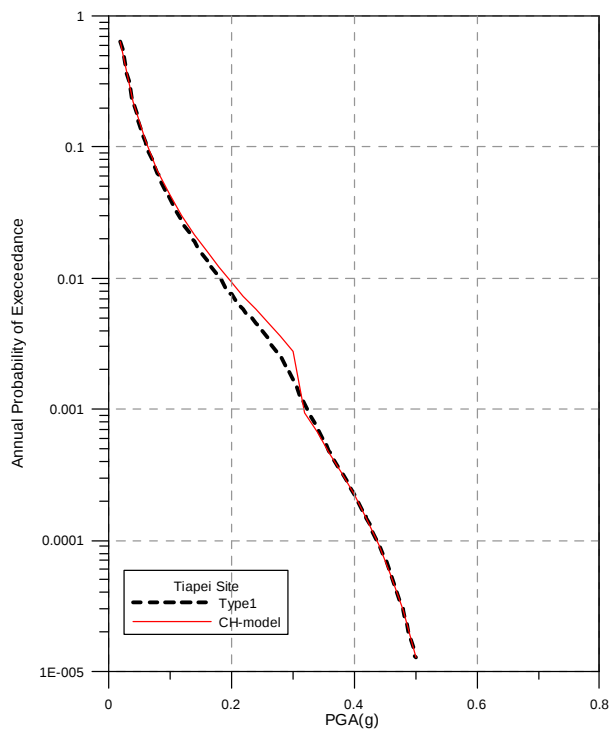


圖 10 台北工址危害度-比較傳統分析模式
與特徵地震模式

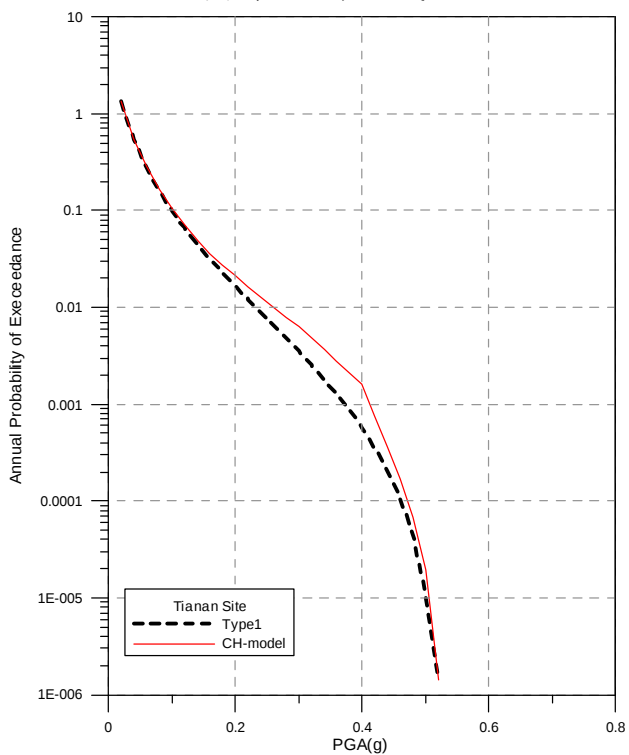


圖 11 台南工址危害度-比較傳統分析模式
與特徵地震模式

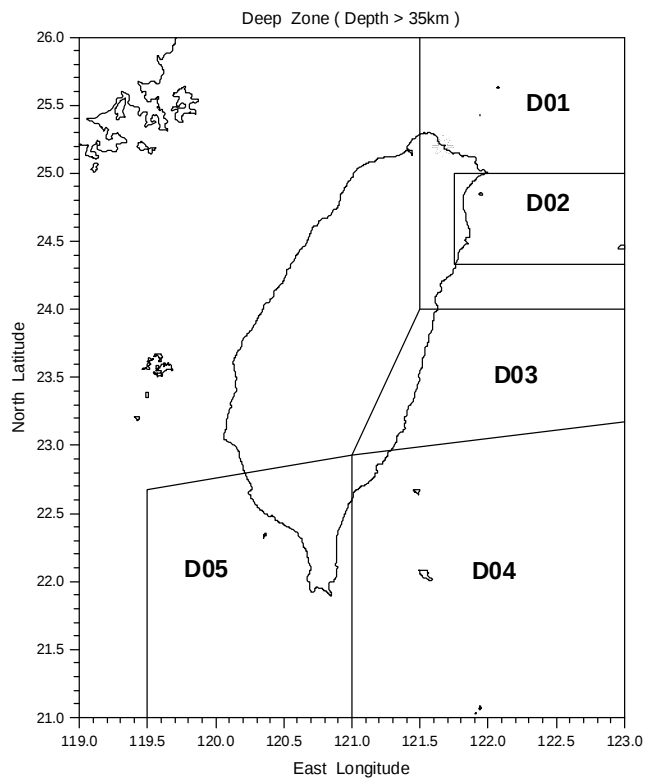


圖 12 深層地震震源分區圖

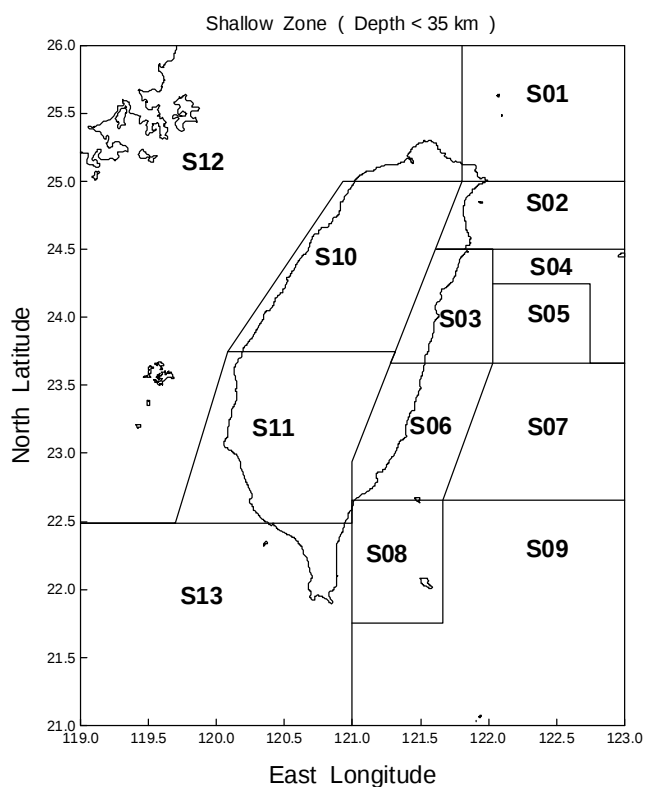


圖 13 淺層地震震源分區圖

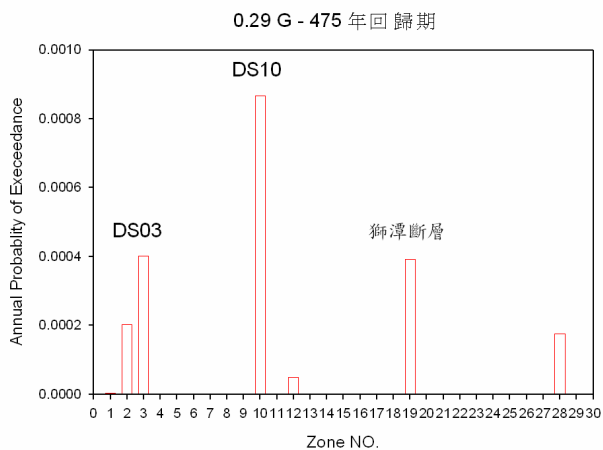


圖 14 台北工址的回歸期 475 年各地震分區貢獻度分布圖

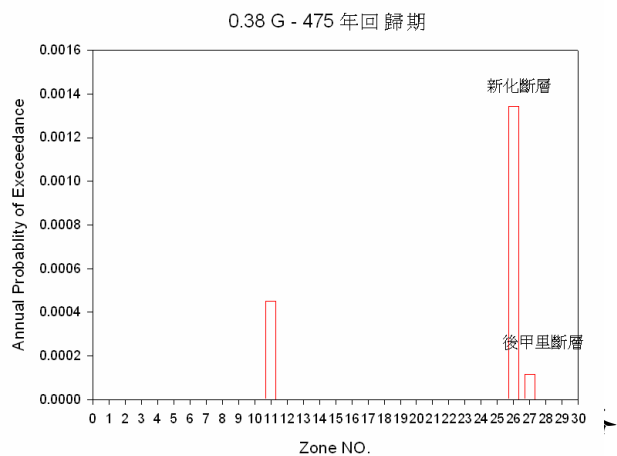


圖 17 台南工址的回歸期 475 年各地震分區貢獻度分布圖

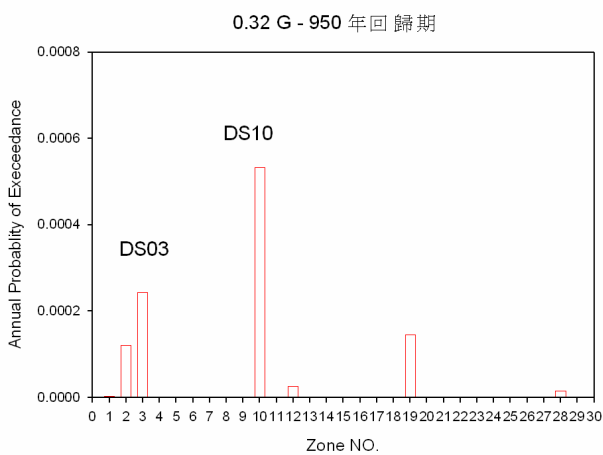


圖 15 台北工址的回歸期 950 年各地震分區貢獻度分布圖

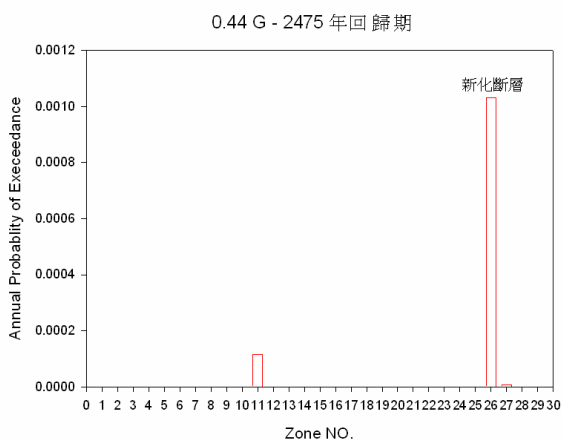


圖 18 台南工址的回歸期 2475 年各地震分區貢獻度分布圖

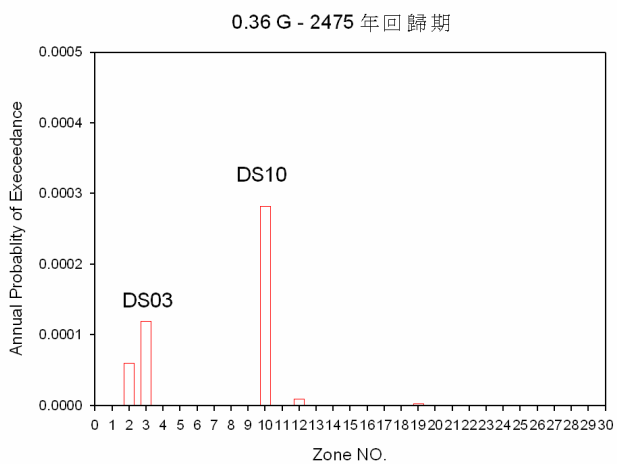


圖 16 台北工址的回歸期 2475 年各地震分區貢獻度分布圖

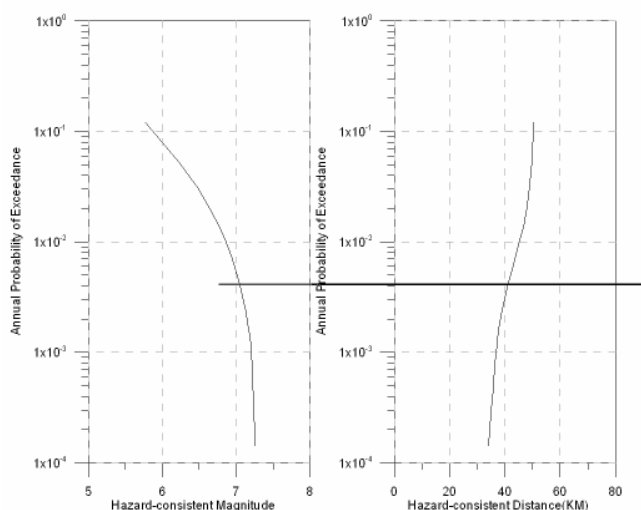


圖 19 台北工址考慮 DS10 分區之最適規模與距離

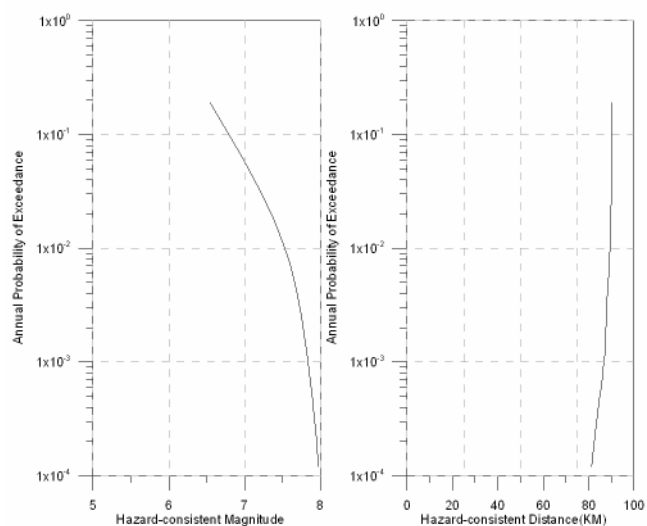


圖 20 台北工址考慮 DS03 分區之最適規模與距離

表 1 台北工址貢獻度最高兩震區之最適規模與距離

回歸期	475年	950年	2475年
最大貢獻區	DS10	DS10	DS10
	7.21	7.23	7.24
	36.5KM	35.8KM	34.9KM
次大貢獻區	DS03	DS03	DS03
	7.91	7.95	7.97
	84.1KM	82.6KM	81.1KM

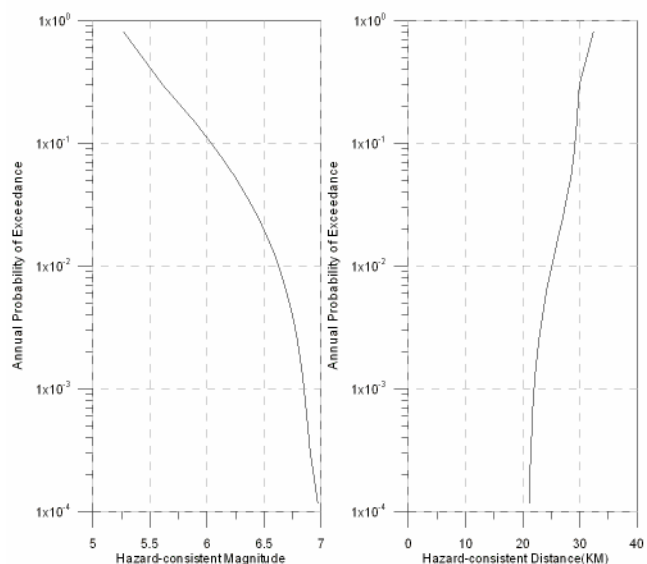


圖 21 台南工址考慮 DS11 分區之最適規模與距離

表 2 台南工址貢獻度最高兩震區之最適規模與距離

回歸期	475年	2475年
最大貢獻區	新化斷層	新化斷層
	6.95	7.02
次大貢獻區	DS11	DS11
	6.88	6.97
	21.6KM	21.3KM

附錄四 天然災害防護規模設定之工作討論會會議記錄

第一次工作討論會會議紀錄

一、會議時間：九十四年一月二十八日(星期五)上午十時

二、會議地點：國家災害防救科技中心三樓會議室

三、參與人員：許教授銘熙、李教授清勝、蕭教授代基、游教授繁結、
劉教授格非、羅教授俊雄、葉教授錦勳、洪教授李陵、
張教授哲豪、何執秘興亞、謝龍生博士、吳子修博士、
陳建元博士、薛朝光博士、潘宗毅博士、林又青小姐、
黃星翔先生。

四、主席：許銘熙教授

記錄：潘宗毅

五、主席報告

1. 本整合型計畫已通過國科會審查程序，各子計畫核撥清單已寄送各主持人，若尚未收到，請至國科會網站下載。

六、進度報告：

如附加檔之 pdf 檔所示。

七、討論事項

1. 劉格非教授：子計畫三之前已與各協力機構開會，發現有些協力機構並不知本計畫之存在，且協力機構是否需按照本計畫之結果執行？

羅俊雄教授：科技中心可利用協調會告知各協力機構。

許銘熙教授：本計畫提供之標準為一種依據，參考係根據標準進一步延伸。未來協力機構執行時，可依據本計畫之結果，亦可作為參考。

2. 張哲豪教授：建議提出災害防護規模之基準應為一底限，而非單一值。

蕭代基教授：亦或由中央訂出單一值，各地方政府進一步依據現況加強調整。另外在洪災保險方面，以前財政部保險司對災損之評估已委請台大蘇明道教授求得。由研究區域推廣至全省時，採區域系數調整法。而本人針對水災、坡地災害之調查將於二月底展開。未來災害防護規模應從經濟角度切入，由成本與效益做一比較。

許銘熙教授：未來本計畫應以一分析程序提供各縣市及協力機構參考。

3. 李清勝教授：台灣雨量站及土石流站之設置時間不夠長，其統計結果之不確定性相對較高。

劉格非教授：子計畫三當初討論時是以“程序”為研究重點。

許銘熙教授：未來各子計畫應以“分析程序”為重點。

4. 李清勝教授：瓦斯與自來水兩單位是否有做過相關之研究？

洪李陵教授：當初佈管之依據是以業務需求，並無考慮災害潛勢等問題。

葉綿勳教授：台灣自來水事業處並無完整之資料。若此計畫完成後，希望可提供自來水事業處進一步建立完整資料之動機。

5. 張哲豪教授：請總計畫設立網站，方便各子計畫查詢研究進度及開會資料。

許銘熙教授：未來綜合工作討論會暫訂於 3、5、7、9 月之月底召開，適當之時間界時再由總計畫與各位老師協調。報告內容限定為非細部計畫之執行過程、非技術性及各子計畫 召開座談後之結論分享，以提高開會效率。預計 5 月底為擴大會議，加入協力機構；7 月底將邀請複審委員參加(協力機構視 5 月底擴大會議討論而定)。

游繁結教授：可考慮配合中心之行政會議於星期四中午後召開。

八、決議事項：

1. 未來綜合工作討論會暫訂於 3、5、7、9 月之月底召開。
2. 5 月底之綜合工作討論會為擴大會議，將邀請協力機構參加。
3. 7 月底之綜合工作討論會將邀請複審委員參加。
4. 報告內容限定為非細部計畫之執行過程、非技術性及各子計畫召開座談後之結論分享。

九、散會：12:15pm

第二次工作討論會會議紀錄

一、會議時間：九十四年三月二十二日(星期五)上午十時

二、會議地點：國家災害防救科技中心三樓會議室

三、參與人員：洪教授如江、黃顧問金山、郭主任鎧紋、魏博士良榮、
李教授清勝、蕭教授代基、游教授繁結、羅教授俊雄、
葉教授錦勳、洪教授李陵、何執秘興亞、謝龍生博士、
吳子修博士、陳建元博士、薛朝光博士、潘宗毅博士、
林又青小姐、黃星翔先生。

四、請 假：顏教授清連、張教授哲豪。

五、主 席：許銘熙教授

記錄：潘宗毅

六、主席報告

1. 本整合型計畫已於 1 月 28 日召開第一次工作討論會，未來暫訂於 5、7、9 月之月底召開綜合工作討論會。

2. 5 月底之綜合工作討論會為擴大會議，將邀請協力機構參加。

七、進度報告：

略(詳見附加檔之 pdf 檔)。

八、討論事項

1. 黃金山顧問：地震災害規模設定方面，設計地震需界定使用對象。坡地災害規模設定方面，簡報中提到之桃芝颱風非屬西南氣流，應為穿越性颱風，請再確認。淹水災害規模設定方面，個人將目前颱風造成之災害性質歸類為 4 類：(1)直接侵臺，(2)西南氣流，(3)西北颱，(4)與東北季風共伴。直接侵臺之颱風因經過臺灣陸地，因此風災大於水災。西南氣流以第 6 類路徑為主，當後方有雲雨帶，且印度洋提供豐富水氣，此類颱風雖不登陸，卻易造成嚴重災情，需啟動西南氣流防災機制。個人可提供此部分之研究供相關計畫參考。此外，每一種公共設施對各級災害規模之防洪容量皆不同，應於不同級別之災害規模訂出需注意之公共設施。而 PMP 分析只應用於水庫設計，因為水庫不容許任何潰壩之可能。一般工程較少應用 PMP 分析，因此災害規模之分級上不需考慮 PMP。

李清勝教授：我們對東北季風共伴效應已有長時間之研究，目前正準備西南氣流之相關探討，未來可將西北颱納入研究範疇。

羅俊雄教授：對於設計地震之使用對象方面，一般結構物需做非線性強

度分析。目前大多採用建物附近之紀錄或代表性地震進行測試，因此本計畫希望找出人造之設計地震規模以提供結構物未來做非線性之強度分析。

2. 洪如江教授：淹水與坡地兩子計畫於致災事件上應再廣泛蒐集，並深入探討致災成因，使報告內容可提供地方政府防災之警惕。坡地災害規模方面，危險聚落很多，但是否有後續建議？目前僅台北市完成後續之搬遷動作，因此本研究之示範區雖不在台北市，建議可參考台北市之處理辦法。地震災害規模方面，中央地調所於台北盆地有更深層之鑽探資料，若資料對此計畫有幫助，可進一步蒐集。

游繁結教授：台北市目前採取三種方式，本計畫會納入考慮，謝謝。

3. 郭鎧紋主任：淹水災害規模之分級概念相當不錯。但依據簡報中之規畫，中央於 100 年重現期發生後才加入救災，可能無法達到民眾之要求，建議參與層級需再討論。建議丙級小於 20 年重現期、乙級小於 50 年重現期、甲級小於 100 年重現期。行政院災防會對海嘯之研究目前分四級。建議明年可計畫探討海嘯發布後之應變規劃。

許銘熙教授：謝謝郭主任之意見，我們將納入考慮。關於海嘯問題，目前已請地震中心蔡主任及國家災害防救科技中心陳主任進行專案研究之規劃，目前已開過 2 次討論會。此外，災害規模設定之研究結果將提供縣市政府擬訂防災計畫之用。未來在協力機構協助下，應將減災、整備、救災與復原納入整體計畫中。

4. 魏良榮博士：希望本計畫之最後成果可落實應用至地方防災工作中。坡地災害規模之示範區是否應為南投與台中，而非簡報中之新竹與台中？請再確認。維生管線部分，除了天然氣管線外，是否考慮評估其它管。施邦築教授對台電之管線有深入研究，可參考其相關成果。災害分級之落實應與相關單位保持聯繫，如水利署、中央氣象局、水保局、中央地調所等。

游繁結教授：會後將針對坡地部分之示範區做進一步確認。

洪李陵教授：台電為軟性管線，因此不需考慮地震之影響。中油屬硬管線，較易受地震影響，但分布密度不高。因此先將研究重點設定為天然氣管線。

許銘熙教授：與相關單位聯繫部分，總計畫將於 5 月之綜合討論會邀請協力機構參加，使本計畫與相關單位有更好之互動。

葉錦勳教授：台北市自來水事業處已對自來水管線做相當多之分析，但其它縣市相關研究較少。而瓦斯公司之資料取得較難，其中細管線比幹管容易致災，因此以細管之研究為主。個人有幾點意見：不管那一種災害之規模設定，到最後都將落實於各縣市或機關。因此醫療、救災及

復原之能量應概估，如此才易根據可能之損失傷亡進行防災計畫之研擬。
許銘熙教授：以淹水為例，災害損失即為本計畫之分析工作之一，而地區因特性不同，未來將由協力機構進行細部之損失研究。

5. 洪如江教授：淹水與坡地之規模設定請再思考設定標準。目前以重現期做為分級依據，但實際颱風侵台時，重現期不易即時推估。可考慮以淹水面積、深度、淹水時間為依據。而坡地之分級亦需明確。境況模擬則需依不同分級模擬，而致災後之應變需進一步規劃，以供地方政府參考。
蕭代基教授：水災部分，由流程圖可得各重現期之損失，此為期望值損失，可作為減災與整備之工作參考。然災害規模分級部分，甲、乙、丙之分級應以超越機率為依據。

許銘熙教授：淹水災害規模之分級與颱風動態無關，重現期係主要考慮颱風降雨之超越機率大小，以重現期作為分級標準係考慮防救災措施主要分成三階段：整備、應變、復原。平時各單位須根據淹水災害規模之分級進行不同保護標準之規劃，因此以重現期較易進行建物耐災設計、境況模擬、救災路線等規劃。

九、決議事項：

1. 各子計畫之災害規模分級設定請參酌各委員之意見適當修定。
2. 坡地災害規模之設定可參考台北市坡地災害之處理辦法。
3. 坡地災害規模設定之示範區已與魏良榮博士進一步確認。由於南投與台中之地理關係接近，致災事件易重覆，因此仍以新竹縣市與台中縣市為示範區。

十、散會：12:10pm

第三次工作討論會會議紀錄

時間：九十四年九月五日（星期一）12:00-15:00

地點：國家災害防救科技中心

主持人：許銘熙教授

出席者：黃顧問金山、顏教授清連、郭主任鎧紋、魏博士良榮、洪教授如江(請假)、羅教授俊雄、蕭教授代基、劉教授格非、葉教授錦勳、洪教授李陵、張教授哲豪

列席者：謝龍生博士、吳子修博士、陳建元博士、薛朝光博士、林又青佐理研究員、黃星翔佐理研究員、葉森海助理研究員、吳啟瑞佐理研究員。

記錄人：葉森海

一、報告事項

1. 本整合型計畫已於 1 月 28 日召開第一次工作討論會，未來暫訂於 5、7、9 月之月底召開綜合工作討論會。
2. 3 月 22 日召開第一次工作討論會。
3. 各子計畫已召開協力機構討論會議：
 - 6 月 21 日為淹水災害規模設定
 - 7 月 5 日為坡地災害規模之設定
 - 7 月 10 日為地震災害規模之設定

二、進度報告

(略)

三、討論與建議事項

各委員意見

黃金山顧問：

1. 淹水可區分為洪(外水)及澇(內水)所引起之淹水災害，淹水災害規模設定要考量其差異。
2. 降雨量之多寡不只以重現期表示，可再補充其相對應降雨量，配合行政院所提之 8 年 8 百億治水計畫，即希望當降雨量不超過 450 毫米/日

時，各縣市皆能不淹水為目標。

3. 洪災之狀況有(1)降雨重現期超過 200 年之情況、(2)堤防等水利設施損壞之情況、(3)降雨重現期小於 200 年之情況；澇災之狀況有(1)現有水利設施下之災害情況、(2)降雨量超過 450 毫米/日時之防災能力。
4. 建議國科會應成立相關研究全球氣候異常之專案計畫，以提供相關氣候資訊。
5. 水利防洪設施之設計需考量(1)何種情況下，降雨重現期會超過 200 年、(2)降雨重現期超過 200 年之災損情形、(3)降雨重現期超過 200 年之防災機制。
6. 水保局所定之 1420 條土石流危險溪流，數量似乎過多，可考量降雨、地質、地震等因子，加以區分低、中、高之土石流危險溪流。

顏清連教授：

1. 災害規模之設定，各縣市是否有統一標準，或直接提供成果給各縣市，其強制執行之效力如何。
2. 建議透過相關單位(如災害防救委員會)，強制各縣市政府落實災害規模之設定。
3. 請加強說明淹水災害規模設定與災害損失之關聯性。
4. 若設定之地震災害規模，地方政府無能力應變時，該如何應用地震災害規模設定資料。
5. 各種災害間之規模設定方法，建議尋求一致之表達方式。

郭鎧紋主任：

1. 地震災害規模之設定，習慣上以最大規模來考慮。
2. 各縣市政府目前無能力分析各斷層可能發生之最大規模，可由協力機構加以協助。
3. 請補充說明嘉南地區地震災害規模設定之進度
4. 花蓮地區亦有 deeper & near 之地震發生，而宜蘭地區受 shallow & far 地震之影響亦大。

5. 大台北瓦斯公司曾與日本公司合作建立安全措施系統，本計畫可考慮向大台北瓦斯公司索取相關資料參考。

魏良榮博士：

1. 京都議定書通過後，行政院隨即成立因應小組，國科會永續會為國科會之窗口，並規劃希望於今年內，成立一聯合防災及全球變遷二領域之專案計畫。
2. 各協力機構是本計畫之共同研究者，非僅接收資料者。
3. 本計畫須與地方政府建立良好之溝通管道，以達到落實於地方政府之目的。

各子計畫主持人說明

許銘熙教授：

1. 淹水災害規模之設定，是以工程及非工程方法共同解決洪澇災害之發生。
2. 降雨以重現期及日降雨量來表示各有其優缺點，如各縣市以降雨 450 毫米/日來說，宜蘭縣約為 5 年重現期，但雲林縣則超過 200 年重現期，因此為求統一標準並參照國外經驗，先以重現期表示，但會補充說明其地區相對應之降雨量。
3. 本計畫各種災害規模設定之研究方式，為先研擬一基本災害規模設定方法，然後再選取示範區做進一步之研究。
4. 本計畫將各種災害規模設定之方法，利用研撰設定作業流程規範推廣給各協力機構，透過各協力機構之協助以落實於地方政府，因此各協力機構在本計畫亦是共同研究者，主要功能是進行計畫成果之後續推廣。
5. 淹水災害規模之設定與淹水災害損失之關係，本計畫後續將再報告中做更詳細說明。

劉格非教授：

水保局所定之 1420 條土石流危險溪流，數量雖多，但尚有其它溪流可

能未包含在內，未來將透過各縣市政府及協力機構進一步檢討。

羅俊雄教授：

1. 地震災害規模之設定一般採用最大可能發生之規模，至於各縣市政府所能應變之能力，則須進一步透過境況模擬來決定。
2. 地震災害規模設定後續之境況模擬，因所需資料量龐大，本子計畫尚無法完成。
3. 嘉南地區之地震災害規模設定，本子計畫後續將積極建立。

葉錦勳博士：

國家地震中心已蒐集大台北瓦斯公司 921 地震及 331 地震相關資料，但其資料記錄方式與國家地震中心不同，亦無法即時取得資料。

決議事項：

1. 請各子計畫參酌各委員之意見進行分析。
2. 各子計畫與協力機構，未來再強化與地方政府之間合作關係，以利於將來研究成果之推動及落實應用。
3. 請各子計畫於 10 月 15 前將計畫成果報告電子檔寄送總計畫，以利於總計畫總報告之彙整。

四、臨時動議

無

五、散會

15.00