

地震災害風險分析與都市土地使用 管制之研究

內政部建築研究所研究報告
中華民國 94 年 11 月

094-301070000G3-050

地震災害風險分析與都市土地使用 管制之研究

研究主持人：陳建忠 組長

協同主持人：施鴻志

研究員：周士雄

研究助理：張尚文

廖采嶠

康合蟬

內政部建築研究所研究報告

中華民國 94 年 11 月

目次

表次	III
圖次	IV
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究動機與目的	1
第二節 研究內容與方法	2
第三節 研究流程	4
第二章 地震災害風險評估與減緩策略之探討	7
第一節 地震災害風險評估	7
第二節 減緩災害風險之土地使用管理	23
第三節 風險減緩策略評估體系	38
第三章 實證地區地震災害風險分析	41
第一節 地區發展概況	41
第二節 災害環境分析	52
第三節 暴露與傷害性分析	60
第四章 實證地區地震災害風險減緩策略分析	67
第一節 問卷成員分析	67
第二節 減緩效果分析	70
第三節 實施可行性分析	82
第五章 實施機制擬定	91
第一節 風險分區劃設	91
第二節 風險減緩策略決定	97
第三節 都市計畫檢討	102
第六章 研究發現	113
第七章 結論與建議	115
第一節 結論	115
第二節 建議	116

附錄一 HAZ-TAIWAN 之建物使用類型分類	119
附錄二 第一次專家會議會議紀錄	125
附錄三 第二次專家會議會議紀錄	129
附錄四 地震風險減緩效果評估問卷	133
附錄五 期初審查會議意見回覆表	149
附錄六 期中審查會議意見回覆表	155
附錄七 期末審查會議意見回覆表	159
附錄八 相對性風險分析之操作說明	163
參考書目	177

表 次

表 2-1 實質設施內容表	10
表 2-2 土地使用規劃與重要風險	25
表 3-1 人口成長分析	44
表 3-2 建築物相關因子	46
表 3-3 湖子內地區重要設施一覽表	49
表 3-4 維生管線相關因子	51
表 3-5 建築物單位造價及耐用年數參照表	65
表 4-1 專家問卷成員之屬性組成表	68
表 4-2 地方官員問卷成員之業務關聯表	69
表 4-3 各種災害程度下風險減緩措施效果的得點分佈	72
表 4-4 各種暴露程度下風險減緩措施效果的得點分佈	74
表 4-5 各種傷害性程度下風險減緩措施效果的得點分佈	76
表 4-6 各種災害程度下風險減緩措施效果得點的顯著性 檢定結果	79
表 4-7 各種暴露程度下風險減緩措施效果得點的顯著性 檢定結果	80
表 4-8 各種傷害性程度下風險減緩措施效果得點的顯著 性檢定結果	80
表 4-9 風險減緩措施效果矩陣	81
表 4-10 各風險減緩措施實施層面適合度得點的顯著性檢 定結果	83
表 5-1 地震災害程度劃分原則	92
表 5-2 各種風險程度下的風險特徵組合原則	96
表 5-3 各種風險特徵組合下的措施減緩效果得點	98
表 5-4 風險減緩策略矩陣	100
表 5-5 風險減緩措施的實施可行性評估結果	101
表 5-6 湖子內都市計畫地區建築基地開發強度規定	103
表 5-7 各土地使用分區的風險程度分析	104
表 5-8 各土地使用強度的風險程度分析	108

圖 次

圖 1-1 研究流程圖.....	5
圖 2-1 破壞曲線的簡圖.....	12
圖 2-2 脆弱性曲線集合的簡圖.....	12
圖 2-3 HAZ-Taiwan 系統模組架構.....	16
圖 2-4 地震災害風險減緩效果評估架構圖.....	40
圖 3-1 研究範圍圖.....	41
圖 3-2 嘉義地區斷層分佈圖.....	43
圖 3-3 湖子內地區產業分佈圖.....	45
圖 3-4 湖子內地區土地使用現況分佈圖.....	45
圖 3-5 湖子內地區建物使用類型分佈圖.....	47
圖 3-7 湖子內地區建物結構類別分佈圖.....	48
圖 3-8 湖子內地區建物屋齡分佈圖.....	48
圖 3-9 湖子內地區建物樓層使用類別分佈圖.....	49
圖 3-10 湖子內地區學校分佈圖.....	50
圖 3-11 湖子內地區危險設施分佈圖.....	51
圖 3-12 湖子內地區道路分佈圖.....	52
圖 3-13 梅山斷層地表加速度分佈圖.....	56
圖 3-14 觸口斷層地表加速度分佈圖.....	56
圖 3-15 湖子內地區地表加速度分佈圖.....	57
圖 3-16 湖子內地區土壤液化機率分佈圖.....	59
圖 3-17 湖子內地區土壤液化程度分佈圖.....	60
圖 3-18 湖子內地區日間暴露程度分佈圖.....	62
圖 3-19 湖子內地區夜間暴露程度分佈圖.....	63
圖 3-20 湖子內地區傷害程度分佈圖.....	66
圖 4-1 地方官員對風險減緩措施效果的認知分佈.....	77
圖 4-2 公眾對風險減緩措施效果的認知分佈.....	78
圖 4-3 各項減緩措施已被執行的程度分佈.....	85
圖 4-4 實施各項減緩措施被預期的行政作業複雜程度分佈...86	86
圖 4-5 實施各項減緩措施被預期的政府實施成本程度分佈...87	87

圖 4-6 各項減緩措施的行政作業複雜性與政府實施成本的比較.....	88
圖 4-7 民眾對各項減緩措施的支持度分佈.....	89
圖 5-1 地震災害分區圖.....	93
圖 5-2 暴露分區圖.....	94
圖 5-3 傷害性分區圖.....	95
圖 5-4 地震災害風險分區圖.....	97
圖 5-5 湖子內地區都市計畫土地使用分區圖.....	102
圖 5-6 住宅區之風險程度分佈圖.....	105
圖 5-7 商業區之風險程度分佈圖.....	105
圖 5-8 休閒專用區之風險程度分佈圖.....	106
圖 5-9 工業區之風險程度分佈圖.....	106
圖 5-10 關鍵性公共設施之風險程度分佈圖.....	107
圖 5-11 高度容積率（250%~320%）使用區之風險程度分佈圖.....	108
圖 5-12 中度容積率（120%~210%）使用區之風險程度分佈圖.....	109
圖 5-13 低度容積率（20%~30%）使用區之風險程度分佈圖.....	109
圖 5-14 高度災害區內之土地使用計畫分佈.....	111

摘 要

關鍵詞：地震災害、風險管理、土地使用、風險減緩

一、研究緣起

土地使用管理是防災策略的重要基礎。然而，對災害潛在地區進行嚴格發展管制，雖可避免人類遭受到災害的衝擊，但過度的使用管制仍有造成土地資源利用浪費的疑慮，此種衝突在天然災害頻繁而土地資源又相當有限的台灣地區，更是重要發展課題。綜觀整個地震災害風險的研究，從災害風險概念、資料庫與決策支援系統建置、災害風險損失評估到防災空間規劃，已提出具體的方法論與應用工具；這些豐碩成果如何落實到都市土地使用管理的實務層面，將是本研究所要解決的重要議題。

二、研究方法及過程

本研究透過地震災害風險評估相關文獻，整理地震災害風險因子，並以相對性風險比較方法，界定研究地區之相對風險程度；此外，透過專家地區規劃官員與民眾之問卷，評價與土地使用管理有關之風險減緩措施的效果，界定不同風險特徵下的各種主要與次要減緩措施，建立一個同時考量風險特徵與減緩措施的策略矩陣。在實際的應用上，配合研究範圍內的重要災害特徵與地區發展環境深入探討地區的風險分佈特性，並以風險減緩策略矩陣為基礎，研提減低災害風險的土地使用管理機制建議，包括在土地使用分區管制、營建管理、都市更新與都市計畫通盤檢討等層面的實施。

三、重要發現

經過各階段研究所獲致的成果，包括地震災害風險環境分析、風險減緩措施效果分析以及土地使用管理策略等三部分，本研究有下述之重要發現：

(一) 地震災害風險環境的分析

- 1 透過比較性風險分析 (comparative risk analysis) 方法，以所建立的風險評估指標，可呈現地區災害風險的相對程度分佈，對都市計劃檢討的資訊提供有很大的助益。
- 2 區域性的地震災害損失評估可利用 Haz-Taiwan 系統來進行，以里為單位，

但需投入大量經費與時間。本研究所建立之相對性風險評估方法，可配合規劃街廓之需要以適當尺度之網格為單位，對於地方政府在進行主要計畫中土地使用規劃與管理的作業需求上，具有簡易快速的優點。

(二) 風險減緩措施效果的分析

- 1 為界定各種與土地使用管理有關的風險減緩措施的影響效果，本研究進行專家問卷，針對災害、暴露與傷害性等三個風險因子的不同程度情況，進行各項風險減緩措施的效果評量。結果顯示在不同風險特徵與不同風險程度下，各減緩措施之效果也有差異。
- 2 本研究建立一個同時反映風險程度與減緩效果的風險減緩策略矩陣。結果顯示，高度災害風險地區具有較佳風險減緩效果的主要減緩措施有「建築物結構強化」、「禁限建地區指定」、「土地使用機能檢討變更」、「土地使用強度檢討變更」與「防災規劃」等五項；中度災害風險分區的主要減緩措施有「建築物結構強化」、「禁限建地區指定」與「防災規劃」等三項；低度風險區被認為實施風險減緩措施的整體效果並不會很大，因此無主要的減緩措施。

(三) 土地使用管理策略

- 1 本研究提出以土地使用分區管制、營建管理、都市更新以及都市計畫通盤檢討作為實施各項風險減緩措施的管理層面。結果顯示，直接以建築物為對象的減緩措施適合納入「營建管理」與「都市更新」之層面實施；與土地利用有關的減緩措施適合納入「土地使用分區管制」與「都市計畫通盤檢討」兩層面；與地區防救災作業有關的措施比較適合在「都市計畫通盤檢討」與「營建管理」層面實施，其他諸如風險資訊揭露、地震保險與風險稅等其他措施，被認為比較適合在「營建管理」作業中實施。
- 2 各項土地使用管理機制都有其法源依據，風險減緩措施的相關內容若要納入各個土地使用管理機制來執行，有必要先探討相關的法令規定條文。本研究針對每個風險減緩措施的執行所可能涉及的事項，檢視了土地使用管理相關的法令條文以利未來執行時的參考。

四、主要建議事項

根據本研究之各項重要成果與發現，針對可立即推廣運用與未來中長期可實施或加強的建議事項，列舉如下：

(一) 立即可行之建議

1 研究方法的應用：

主辦機關：各縣市政府

協辦機關：內政部建築研究所、內政部營建署

本研究所提出之地震災害風險相對性評估方法可提供地方政府進行都市地區之風險區劃分參考；此外，所建立有關災害風險分析的地質與土壤、都市經濟發展以及土地與建築使用等現況資料，應確保資料的持續更新。

2 土地使用管理策略的實施：

主辦機關：各縣市政府；

協辦機關：內政部營建署；

本研究所建構考量風險減緩的土地使用管理策略的架構，可提供地方政府的規劃決策單位作為都市計畫新定或檢討時的參考，建議在具體的實施規定上，地方政府應配合法令規定與視當地狀況來進行調整。

3 災害防救業務的參考：

主辦機關：行政院災害防救委員會；

協辦機關：國家災害防救科技中心、各縣市政府；

有關防救災能力強化與都市防災規劃等措施，屬於各縣市災害防救業務的範疇，可提供本研究成果作為其執行強化地區災害防救能力計畫時的參考。

(二) 中長期建議

1 災害減緩措施的有效性研究：

主辦機關：內政部建築研究所；

為使專家學者的主觀判斷成果具有更客觀的科學性，建議專家問卷可擴大進行，同時輔以量化評量方法進行各項減緩措施的有效性敏感分析，亦將使風險減緩措施的效果評價更具信心。

2 風險減緩策略實施的法令修訂：

主辦機關：內政部營建署；

協辦機關：行政院經濟建設委員會、內政部建築研究所；

執行減緩地震災害風險的策略涉及龐雜的法令體系。未來如何搭配各項風險減緩措施的執行，提出強制性與獎勵性的規定，並解決與現行法令條文之衝突或重覆的部分，應有更深入的探討。

3 多災害風險之土地使用管理策略研究：

主辦機關：內政部建築研究所；

協辦機關：行政院國家災害科技中心；

不同類型的災害應有不同的土地使用管理的具體作為，本研究針對地震災害進行土地使用管制研究，建議應擴大至洪水、人為等其他災害之研究，最後彙整提出可處理多災害風險的土地使用管理策略。

Abstract

Keywords : earthquake disaster, risk management, land use, risk mitigation

Land use management is an important fundament for disaster prevention strategies. Strictly control development in potential hazard prone areas can prevent people from serious impact by disaster. However, it may lose the opportunities of utility welfare on land resources. This issue of value trade-offs between disaster prevention and land use development is urgent and important in Taiwan. Land use management for disaster risk consideration is a decision making mechanism which can efficiently evaluate the trade-offs between the losses due to potential natural disasters and the benefits of land development. With this mechanism, the aggressive strategies on land use can be drawn up respond to disaster risks. The study results can help urban planners to make the land use decisions with maximum risk-reduction in the future.

The research area is Hu-tzu-nei urban planning district in Chia-Yi City. Through the investigated data of primary hazard characteristics and socioeconomic environment, we analyze the risk natures and spatial distributions on research area. The evaluation results of risk mitigation measures are integrated to land use decisions. The suggested land use management mechanism is then proposed accordingly.

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

土地使用管理乃重要的防災策略之一，對災害敏感地區的嚴格發展管制雖然可避免人類遭受到災害的衝擊，但過度的計畫管制仍有造成土地資源利用浪費的疑慮，此種衝突在天然災害頻繁而土地資源又相當有限的台灣地區，更是重要之發展課題。自然災害事件在本質上具有機率性的風險特質，其發生可能帶來損失，但相對地也存在開發利益的機會；整合風險管理理念，可有效地考量這種潛在災害損失與開發利益之間的替換效果，提出因應災害風險的積極而適當的土地使用策略。

傳統都市土地規劃的考量多以都市發展政策的達成、合理的人口分佈、經濟產業的成長、都市活動間之相容性等範疇為目標，甚少將災害風險的條件做適當地綜合性考量；而都市防災規劃的角色是在災害敏感地區劃設與限制條件訂定後，於可發展地區所制訂的都市計畫土地使用型態下指派防救災據點與路線，著重於災害發生後的救災與避難效率。從規劃目標來看，都市土地使用應該考量公眾安全，因此對於潛藏著各種包含自然與人為的可能災害情境的都市地區，需有較嚴格管制的土地使用計畫或適當的風險減緩策略。為達此一目標，應該透過災害風險研究所提供的資訊，在土地使用管理機制中反映災害風險的特性，據以提出適當的風險減緩策略。

在都市地震災害的相關研究上，過去主要集中於工程與規劃領域，前者以不同災害對設施之破壞與波及程度之研究為主，包括土木工程領域在災害源、地質特性、防治材料與技術等，以及營建工程領域在衍生災害、危險度估算及設施破壞等的研究；後者則偏重在都市防災空間計畫研訂，包括防救災體系、避難空間、災民安置與救濟等的規劃。此外，環境相關領域也有許多災害的基礎性研究，包括災害分類系統、災害特性及損害程度之探討等。近三、四十年來，地震災害的風險研究陸續產生，不僅從災害所帶來損失與機率的觀點來探討其風險特性與大小，也進一步結合工程專業，提出降低風險的災害減緩策略。

國內在都市災害風險與土地使用管理領域的研究發展已近二十年，早期從國科會防災科技研究系列開始，包括施鴻志（1988）從地區災害敏感性與風險意識分析，提出減低各土地使用類項災害的都市災害防治策略；施鴻志與林進基

(1989) 探討都市工業災害污染的影響效應，並以績效管制方法提出土地使用分區管制策略。1999 年集集大地震後，地震災害研究成為重要議題。內政部建築研究所即從 1999 年積極投入 Haz-Taiwan 系統的本土化與應用研究，整合災害危險與經濟損失估計的方法論，進行一系列地震災害損失評估及其在防災與都市計畫之應用的研究（包括陳建忠、詹士樑，1999；黃台生、馮正民，1999，2000；洪鴻智、詹士樑，2001；馮正民、林偵家，2001；何明錦、洪鴻智，2002；陳建忠、洪鴻智，2003；陳建忠、林峰田，2003；何明錦、洪鴻智、葉錦勳，2004 等），成為都市防災空間規劃的重要基礎。地震災害風險的學術論文也從災害損失決策支援系統、風險區劃設、地震保險費率評估到土地使用管理策略等（丑倫彰，1999；王玟傑，2000；許文科，2000；周士雄，2004a 等）。綜觀整個地震災害風險的研究，從災害風險概念、資料庫與決策支援系統建置、災害風險損失評估到防災空間規劃，已提出具體的方法論與應用工具；這些豐碩成果如何落實到都市土地使用管理的實務層面，包括土地使用管制、營建管理、都市更新與其他財稅等相關措施，將是本研究所要解決的重要議題。

在前述研究基礎上，本研究目的在於探討土地使用管制措施在災害風險減緩上的效果，並提出其落實在都市土地使用管理機制的原則。從整體都市發展的觀點，全面性的土地使用管理應該考量地震、水災、工業災害等多災害境況，惟此涉及範圍與層面過於廣泛；本研究將以地震災害為探討對象，建立災害風險減緩措施評估方法，作為後續擴大至其他災害之基礎。歸納本研究目的包含以下三項：

- 一 探討影響各種土地使用型態之地區災害風險因子。
- 二 建立減緩災害風險之土地使用管理的評估方法。
- 三 研提都市地區在土地使用管理層面的災害風險減緩方針與原則。

第二節 研究內容與方法

導入災害風險考量之土地使用管理是一個強調能夠建立有效權衡災害損失與土地開發利益之間替換效果的決策機制，藉以決定出可因應災害風險的積極性土地使用策略。都市地區具有多災害（multi-hazards）之風險特性，包含自然災害與人為災害兩部分；台灣地區最主要之災害種類，自然災害包含地震、洪水與土石流，人為災害則包含毒性物質外洩與火災爆炸。本研究以地震災害為例，建

立適當之研究方法，作為後續擴大至多災害應用之基礎。在空間範圍上，以嘉義市湖子內都市計畫地區作為研究案例試作地區，配合範圍內的重要災害特徵與地區發展環境深入探討地區的風險分佈與特性，並結合可能的風險減緩策略進行評估，研提減低災害風險的土地使用管理機制建議，包括都市計畫通盤檢討、土地使用管制、都市更新、營建管理等內容與法規層面的原則。為達本研究目的，所進行的研究程序、內容與方法分述如下：

一 地震災害風險因子調查與資料庫建置

在地震災害風險因子界定的部分，透過地震災害風險評估相關研究與HAZ-Taiwan 評估系統的相關文獻回顧，整理對地震災害風險有貢獻的因子；同時，界定直接受到土地使用管理影響的因子，歸納為災害（hazard）、暴露（exposure）與傷害性（vulnerability）等三類，作為土地使用管理措施在地震災害風險減緩效果評估的目標。在實證區地震災害風險資料庫建置部分，以嘉義市湖子內都市計畫區為實證地區，建立案例試作所需的相關資料庫與圖層；此部分將配合地震災害風險因子在空間分佈上的分析，進行實地調查以蒐集相關的現況資料。

二 實證區地震災害風險因子分佈圖冊繪製

透過實際調查與蒐集之資料，以地理資訊系統（GIS）工具繪製網格單元的各個地震災害風險因子的空間分佈現況圖；此外，採用相對性比較方法，估計實證區之地震災害、暴露與傷害性等三項風險因子的相對嚴重程度，並繪製空間分佈圖。

三 災害風險減緩策略評估

本部分將回顧土地使用管理與災害風險減緩之相關文獻，歸納減緩地震災害風險的相關土地使用管理措施。接著，針對規劃、防災與營建等領域的專家學者進行各項災害減緩措施的問卷，界定各項措施在不同程度風險環境下的減緩效果，並提出風險減緩策略矩陣。

四 土地使用管理策略研擬

經前一步驟所界定之各項土地使用管理措施在各種風險程度下的減緩效果後，本步驟將結合實證區地震災害風險的空間分佈狀況，提出以各個網格單元為基礎的土地使用管理措施，並加總形成地區土地使用管理策略。最後，為瞭解當地政府規劃決策成員與居民的風險認知與減緩策略支持度，將進行地區問卷調查，使最後研擬之土地使用管理策略具有實際可行的機會。

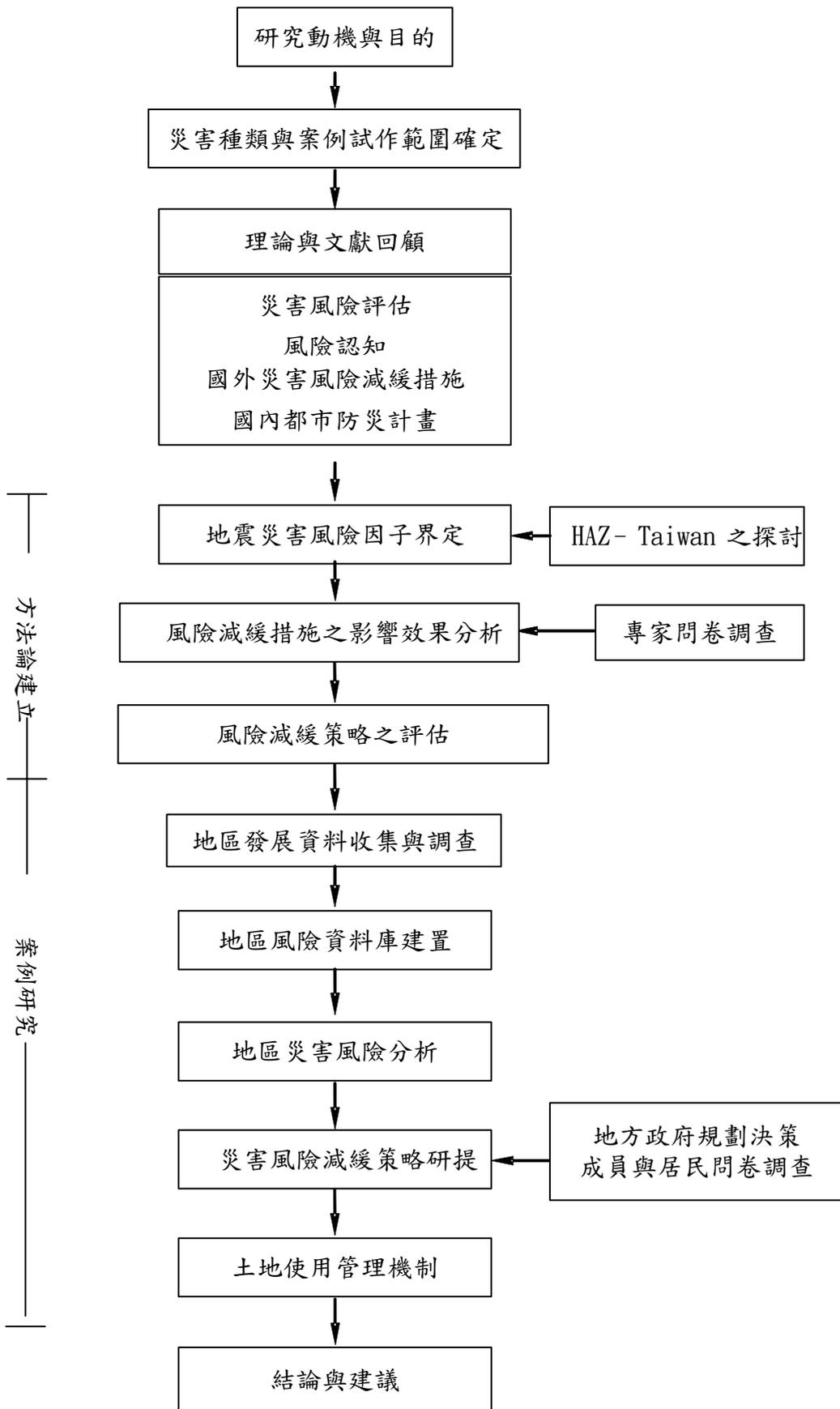
五 都市土地使用管理機制建議

本步驟主要在探討各項風險減緩措施如何落實於各個土地使用管理層面，包括都市計畫通盤檢討、土地使用管制、都市更新與營建管理，透過專家問卷分析與當地都市計畫管制規定與相關法令檢討，據以確認各項風險減緩措施於各個土地使用管理層面實施的建議。

第三節 研究流程

本研究包括文獻回顧整理、方法論建立與案例研究三大部分，最後提出適當之土地使用與風險管理機制建立之建議。各部份所包含步驟如圖 1-1 所示。

圖1-1 研究流程圖



資料來源：本研究整理

第二章 地震災害風險評估與減緩策略之探討

為能瞭解地震災害的風險特性，並提出一指標性的地震風險減緩措施之體系架構，本研究將針對地震災害風險評估、地震災害風險管理策略、災害風險與都市計畫等相關國內外文獻作回顧。

第一節 地震災害風險評估

對於「風險」的定義有許多不同的措辭，但基本上專家學者都同意它是遭受來自於災害 (hazard) 中造成傷害 (harm) 的機率 (probability)，簡單來講，災害是風險的根源，亦即災害是一個能夠引起傷害的物質或情況。在相關的研究中，施鴻志 (1988) 曾提出都市災害的風險分析架構，並據以劃定都市災害地區，其觀點係以一般民眾的災害風險意識為主；災害的危險度評估則能夠深入探討災害的屬性，並瞭解其嚴重的程度，過去的研究多以單一災害事件或特定區域為對象，例如地震災害 (陳亮全，1989；洪李陵，1991)、居住環境火災 (謝國正，1988)、山坡地開發計畫之風險評估 (呂義豐，1991) 等。此外，林建元 (1993) 亦曾針對山坡地開發災害風險進行負擔合理化的探討，丁育群 (1999) 從保險制度之建立探討山坡地的開發管理，都是國內走向災害風險管理的重要研究。

一 風險因子的組成

風險辨識為風險評估的首要工作，其目的在於探求造成風險的可能元素，以提供後續評估與管理決策。風險辨識是一項即為廣泛的工作，例如在某些情況下，風險分析者可能被要求去分析已經被辨識的特定等級的災害事件 (例如地震、洪水、火災或爆炸) 的頻率與嚴重性；有的時候，分析者的工作可能必須辨識與分析在某種情況下可能導致嚴重後果的所有等級的事件。為辨識潛在災害事件，系統性方法是相當有幫助的。以階層性模式 (hierarchical holographic modeling) 而言，多元模型 (multiple models) 被發展來呈現所被分析系統的各種向度 (Bier, Haines, Lambert, Matalas, & Zimmerman, 1999)，例如，從最一般性的概念開始—地震災害風險，將共同描述此概念的分子予以分解，然後再將每個因子分解為次因子，以此類推。例如，為了瞭解一個都市的地震災害風險，我們需要知道都市可能遭受的一些災害；為了能夠評估都市的災害，則必須知道地

表振動災害與附屬的災害，諸如液化、山崩與海嘯。透過此種系統性的階層模式來建立一個地區災害風險指標系統，比較能夠確實地辨識災害風險的可能因素。為探討地區地震災害風險的空間分佈特性，可在階層性的風險因子系統下建構一個災害風險指標系統，在這個指標系統中，地區災害風險的探討不僅應該檢視災害風險的預期後果（例如傷亡、經濟損失），也必須能夠考慮對災害風險有貢獻的因子（例如，經常的地震、脆弱的建築物）；如此，假如地區中存有許多典型引起更嚴重或更頻繁災害損失的特徵，它將被認為具有相對性的高風險。此種方法需要去定義對災害風險有貢獻的因子，並且假設每個因子與風險間都有正向（direct relation）或反向（inverse relation）的關係。假如一個因子與風險有正向關係，且 A 區域之因子值較 B 區域高，則 A 區域之災害風險也較高；假如相同因子與風險具有反向關係，則 A 區域之風險較 B 區域低。災害風險指標系統可以僅考慮相對性風險（relative risk），而不是絕對性風險（absolute risk）；因為災害風險的程度被理解為是連續、無單位、開放性尺度（open-ended scale）的，且大多不是只包含災害與非災害的一種二分類（binary categorization）。所以，迄今尚不存在有可衡量災害風險的單位，但是，一個地點的災害風險將能夠以相對於其它地點的方式來評估。根據 Davidson(1997)，所建立之地震災害風險指標系統，對一個都市地震災害風險有貢獻的因子，應該包括以下五個主要向度：

（一）災害因子

1. 地表振動（Ground Shaking）

此為最重要的災害成份，因為它通常直接負起地震破壞的的主要責任，且因為大部份的其它災害類型（如液化、崩塌、火災）都需要足夠的地表振動程度來觸發。地表振動的一般特徵包括振幅、頻率與持續時間，振幅在傳統上以最大地表加速（PGA）或強度（例如 MMI）來評估。

2. 土壤液化（Soil Liquefaction）

液化能夠引起建物與維生管線的結構破壞。當土壤液化，它將失去負載力量，導致落在其上的建物或設施下陷，此時，結構可能完整但傾斜，因而需要重建，但生命的損失將不大；液化能夠破壞地下基盤設施，像是輸送管，而造成洩漏至地表；道路與鐵路軌道若位於液化區域，也會遭受破壞。液化的敏感度決定於土壤的型態與相對密度以及地下水位之深度。

3. 地震後之火災（Fire Following Earthquake）

地震後產生的火災可能造成極度的摧毀，因為可能同時有多處的起火點，

且救火設施（如供水系統）可能因被破壞而減低了救火能力，人員無法到達，被破壞的道路以及受到瓦礫堆滿的阻礙等都是，日本阪神地震（1995 年）即是最典型例子。震災後火災的嚴重性通常是以區域中期望被燃燒的百分比來描述，包含三個主要的內容：可能起火點的數量與區位，火災蔓延的容易性以及火災可能被抑制的容易性。

4. 山崩 (Landslide)

山崩可能由於地震的地表振動而觸發。除了破壞建築與其他設施外，山崩能夠增加因地震導致之道路阻絕與不安定，河流與湖泊之阻隔以及因此引發洪水等的衝擊。影響山崩敏感度的主要因子為土壤附著、水位與坡度。

5. 海嘯 (Tsunami)

海嘯是「地震期間海平面上下翻動引起長週期的海浪。一但形成，海嘯能夠旅行數千哩，以每小時超過 500 哩的速度傳播」。當海嘯上岸，其路徑下的任何事物將被淹沒，並隨浪捲入海洋。由於其可能發生快速及無預警，且將大規模的破壞，故能引起嚴重的生命與財產損失，如南亞海嘯災難（2004 年）。

(二) 暴露因子

暴露描述了一個都市的規模。它包括了人們與實質物體的數量與分佈，以及它們所支持的活動的數目與種類。暴露是風險的必要內容；無論災害多嚴重，沒有暴露的人與設施，就不會有被破壞或被干擾，因而沒有風險。所以，暴露越大，則風險越大。其內容包括以下：

1. 實質基盤設施暴露 (Physical Infrastructure Exposure)

實質設施的項目很多，為便於評估每一個設施的暴露與傷害性，可依設施的使用性質予以分類，RMS（1997）為發展 HAZUS 所提出的分類系統如表 2-1 所示。一般而言，實質設施暴露可用每個設施內容的數目、規模（如平方尺、高度）、地理分析與金錢價值來評估；金錢價值（每平方呎的價值）視營建人力與材料成本而定。

表2-1 實質設施內容表

設施內容		次內容 (sub-components)
建築	一般性建物	住宅的、商業的、工業的、農業的、宗教/非營利、政府、教育建築
	關鍵性設施	醫院、健康照護設施、警察與消防局、緊急運作中心、通信中心、避難所
	高度潛在損失設施	核能發電廠、水壩、軍事設備、工業設備
交通運輸系統	公路系統	道路、橋樑、隧道
	鐵路	鐵軌、軌道橋樑、火車站、火車燃料設施、調度場、維修設施
	輕軌	同上
	公車	公車站、公車燃料設施、公車調度設施、調度場、維修設施
	港口與碼頭	港口水岸設施、港口作業設備、港口倉儲設施、港口燃料設施
	遊艇 (渡船)	水岸結構物、遊客轉運站、燃料設施、調度設施、維修設施
	機場	機場管制燈塔、機場跑道、轉運站、停車設施、燃料設施、維修設施與懸吊設施
公用設備	飲用水供給	管線、水處理廠、井、儲存槽、加壓廠
	廢污水	管線、污水處理廠、沉降站
	石油系統	管線、提煉廠、加壓廠、油槽區
	自來(天然)瓦斯系統	管線、壓氣站
	電力	變電所、配送線路、發電廠
	通信 (訊)	辦公室

資料來源：RMS (1997)

2. 人口暴露 (Population Exposure)

人口暴露傳達了都市中居民、社會經濟與群體等集合的數目與地理位置分佈。都市內所有群體的人可能受到相同的地震損失災害，也同樣能夠接受緊急應變與復建措施，不論其經濟水準、種族、宗教、性別或其他的特徵；然而，窮人、少數民族、流浪者、老年人口與幼年人口等，通常被認為是具有明顯傷害性特徵的群體。為評估這些群體個別的傷受害者，有必要詳加評估其個別的暴露。人口暴露也可能包含這些人在每日、每週、每月、每季的變化。

3. 經濟暴露 (Economy Exposure)

經濟暴露描述發生於都市內的經濟活動，也就是財貨服務與金錢的數量、型態、起源與目的地。流入與流出都市被視為經濟外部關聯因子，都市內經濟流動的數量與型態的評估，主要是藉由將經濟分為主要的部門（如農業、礦業、營造業、製造業、運輸業、貿易業、財務、保險與不動產業、服務業及政府），同時以各部門在整體經濟中的生產總值來決定。

(三) 傷害性因子

傷害性因子描述了在給予特定災害等級下，都市中風險暴露受體可能受災害衝擊的容易性與嚴重性。傷害性係指實質被破壞、傷害、死亡、無家可歸或日常生活受干擾的人口成員、以及經濟系統被干擾等的潛在性 (potential)。所有的暴露必須具有傷害性才構成風險，因此兩個因子都有相同的類項。

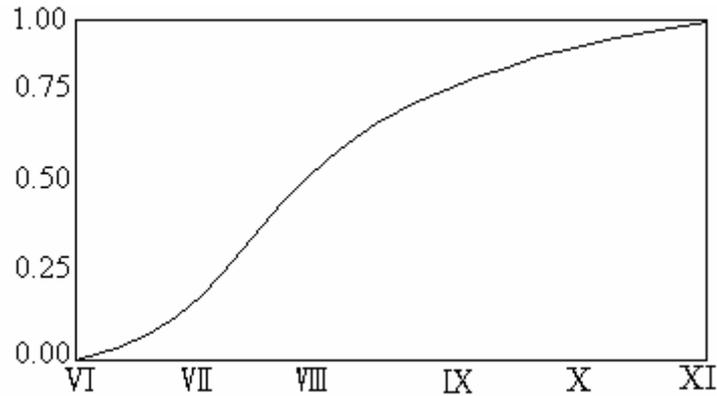
1. 實質設施傷害性 (Physical Infrastructure Vulnerability)

實質設施傷害性描述了實質設施在某一特定地震災害程度下的直接破壞的預期程度。通常，結構破壞的嚴重性是以損壞率 (damage ratio) 來評估，如修復成本除以重置成本，而結構傷害性則使用損壞曲線或脆弱曲線 (fragility curve) 來表現 (參見圖 2-1、圖 2-2)。使實質設施傷害性成為關鍵因子的兩個特徵，第一，它決定了都市將遭受實質損壞的程度，以及實質損壞間接影響許多地震後的其他事件；第二，至目前為止，一些已被實施的最有效的減緩措施都是那些以減低實質設施傷害性為目標的策略，例如耐震設計的建築法規。

2. 人口傷害性 (Population Vulnerability)

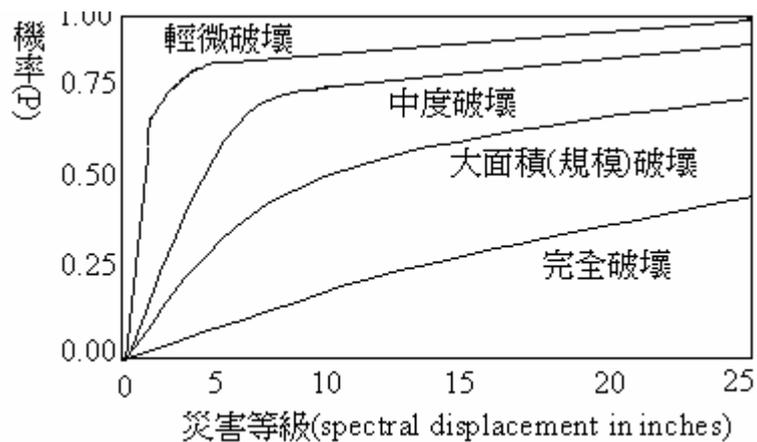
人口傷害性描述地震結果導致個體可能受傷、死亡、無家可歸或日常生活受干擾等的特徵，廣義上也包括他們歷經衝擊後的復原能力。造成都市居民傷害的變數有很多，例如年齡、種族或經濟地位。整體的人口傷害性主要由實質的、經濟的與社會的三種形式所構成：

圖2-1 破壞曲線的簡圖



資料來源：以 RMS (1997) 為基礎。

圖2-2 脆弱性曲線集合的簡圖



P [破壞狀況 \geq 特定破壞狀況 | 災害等級]

資料來源：以 RMS (1997) 為基礎。

(1) 實質的人口傷害性：

描述都市居民可能傷害的實質特徵。較可能受傷害的群體包括那些年輕（5歲以下的）、老年（65歲及其以上）、病患、殘障者或孕婦等，這些特徵可決定一個人逃離倒塌結構物、從受傷中恢復或在地震後艱困環境中存活的能力。

(2) 經濟的人口傷害性：

強調了那些地震前的經濟弱勢族群，例如窮人或失業者，可能特別難以從損失中復原，他們可能無法提供因地震傷害所需的醫療成本，而其遭受之財務損失佔所得百分比亦高於一般人。

(3) 社會的人口傷害性：

說明了某些邊際群體的成員遭受嚴重衝擊的事實，諸如街頭流浪者以及各種弱勢群體，假如他們因各種因素被迫居住於都市中較危險的區位，或者所接受的地震減緩措施與緊急救災資源較少時，這種限制可能轉換為傷害性的增加 (Blaikie et al,1994)。

3. 經濟傷害性 (Economy Vulnerability)

經濟傷害性與間接損失有關，例如，起源於經濟部門無法與那些受到直接實質破壞的部門進行向前連結 (原料供給) 或向後連結 (產出的銷售) 而產生的損失，或是由於貨物與服務在支配、投資或出口需求的降低而產生的損失。實質設施的暴露與傷害性大部分決定了直經濟損失的數量，而經濟的暴露與傷害性則大部份決定了間接經濟損失的程度。

從個體的家戶、公司、部門與地理位置的觀點，可以出現明確的損失者 (loser)。假設一家商店被破壞而有 6 個月無法銷售其產品，則其將遭受嚴重的經濟損失，但相對地同一街上的另一家未受破壞的商店則可能因接收前家的生意而有經濟上的利得。生產單位的傷害性則決定於此單位的利潤、清償能力、流動性、存量、市場可及性、貿易連結與政治影響等 (Albala-Bertrand,1993)。

(四) 外部關聯因子

在今日的全球化環境中，主要都市的相互連繫關係愈加緊密，沒有一個都市是孤立的。造成都市風險的因子以及地震災害的後果都不可能侷限在一個都市的邊界範圍內。外部關聯被總結來描述一個都市的破壞如何影響那些都市外的地區；一個都市的外部關聯評價，即表示其經濟損失將對交通運輸網路、政治過程與社會生活的干擾等向外延伸出其邊界的程度。這個因子可分為兩種外部關聯，其一為描述都市與國家的關係，其二為描述都市與世界的關係；不論如何，此項因子特別是針對那些影響範圍廣泛的都市而言，例如國家首都、世界城市。

(五) 緊急應變與復建能力因子(Emergency Response and Recovery Capability Factor)

此因子在描述一個都市，如何透過正式、有組織的努力，在地震前、後能夠有效且有效率地因應或從短期與長期衝擊中復原，但是以地震後的活動為主要目標 (例如重建規劃)。綜言之，就是建構完備的防救災、醫療、重建等機制，透過整體的危機處理操作來降低可能的地震衝擊。其包括以下 12 個部分的能力：

1. 緊急管理系統 (Emergency management system)
2. 通訊 (Communications)
3. 財務配置 (Financial arrangements)
4. 法令 (Legislation)
5. 損壞評估 (Damage assessment)
6. 搜救 (Search-and-rescue)
7. 二次災害控制 (Secondary hazard control)
8. 醫療照護 (Health care)
9. 群眾照護 (Mass care)
10. 避難所 (Shelter)
11. 清除 (Clean-up)
12. 恢復服務 (Restoration of services)

二 HAZ-Taiwan 風險評估模式

各領域對於災害風險的評估各有專注，例如，地質學家研究斷層斷裂的特徵，結構工程師探討建成環境之傷害性，緊急應變之規劃者則調查有效因應措施之需求，經濟學者試著去瞭解如何將實質設施的破壞轉化為對區域經濟的瓦解。然而，從災害風險的應用層面來看，相關各領域的整體性研究是有其必要性的。根據 Davidson (1997) 的歸納，災害風險評估的整合性研究主要分為工程與社會科學兩大陣營。工程陣營主要致力於損失估計的模式化 (earthquake loss estimation modeling)。1960 年代所發展的機率性災害分析 (PSHA) (Cornell, 1968) 為區域內地表振動的機率性期望等級提供一個繪圖 (mapping) 的方法論，在決定特定基地的未來時期的期望地表振動規模上，此架構整合了有關資料，包括地震來源 (如區位、再現關係、最大可能規模)、震源到基地的地表振動的衰減，以及基地內土壤對於地表振動的擴大或減低的能力，此災害的傳統呈現方式，是在特定時期內超過某一地表最大加速度 (peak ground acceleration) 的機率，其它諸如液化、山崩與地表斷層斷裂等的影響也都可以表現在個別的圖面。在損失估計的模式中，工程師將 PSHA 所產出有關暴露設施的數量、價值、區位與傷害性的資訊結合，來決定一個區域在未來某時期內潛在的破壞與經濟損失的量化估計。近來已經朝向自動化的部份，如利用專家系統與地理資訊系統 (GIS) 技術發展出許多地震損失評估軟體 (Shah, Boyle and Dong, 1991)。在 King (1994) 所提區域地

震災害與風險分析的基本步驟中，其估計經濟損失的模式主要考慮了來自業務中斷、非結構物內容的破壞以及非金錢的損失（含意外、傷害、失業與無家可歸）等因子。此外，其他的損失估計研究也很多，例如，Coburn, Space and Pomonis（1992）估計地震中因建築物倒塌而損失的生命程度、Scawthorn（1986）估計地震後火災的損失、Cret and Katayama（1992）估計地震期間維生系統的破壞。過去 20 年的新範疇強調社會發展背景與事件衝擊之間的相關性。一個地震事件本身不會創造災害，只有當一個自然現象在時空上與易受傷害的人口產生交集時，災害才會發生。社會科學研究即是對於此種自然與社會間的互動有一種新的看法，強調都市不再只是災害的承受者（接受端），在這種社會科學領域中，處理都市的傷害性與衝擊的因果關係的因子，與地震本身一樣重要。如此，都市的社會、政治、經濟與文化特徵也是對都市地區傷害性有貢獻的成份（Albala-Bestrand, 1993; Blaikie et al., 1994; Burton, Kate, and White, 1993; Hewite, 1983; Kreimer and Manasinghe, 1992; Varley, 1994 等）。

整體而言，工程界的損失估計模式為災害風險評估的整體性工作提供了一個量化、客觀的方法，它傳遞了分佈於區域內的期望破壞與經濟損失的資訊。此項工作結合社會與經濟等層面的考量，而出現綜合性的風險評估模式，例如美國聯邦危機管理署（FEMA）所提出的 HAZUS，已經成為近來最重要的一個災害風險評估模型。國內學術界也引入此模型中的地震災害評估模組並修正為 Haz-Taiwan，成為我國現階段地震災害評估研究（包括建築物損害、經濟損失等）的重要工具，茲將 Haz-Taiwan 風險評估模型簡要整理如下：

（一）HAZ-Taiwan 的分析流程與架構

HAZ-Taiwan 系統採模組化設計，每一子模組均獨立存在。但之間具有密切關連，共同建構成一個完整的地震災害評估系統。HAZ-Taiwan 系統的模組關係，如圖 4 所示。其估計方式係從地震發生可能引發之災害與損失的系統架構，估計地震的災害潛勢與損失風險。系統將地震所可能引發之災害，藉由地表震動與地層破壞的估計成果，將可能引發之災害損失分成三類（詹士樑、何明錦，2004），分別說明如下：

1. 直接實質損害

直接實質損害評估分為一般建築物、重要建築物與設施、交通與維生管線系統等模組。所謂重要建築物與設施乃指地震發生後，提供災區各項緊急救援服務工作，例如醫院、緊急應變設施（消防、警政與救災指揮中心）與學校等，分

別提供醫療服務、緊急救援、維護社會秩序與提供災民必要的臨時避難所，因此這些建築物與設施必須維持正常營運。

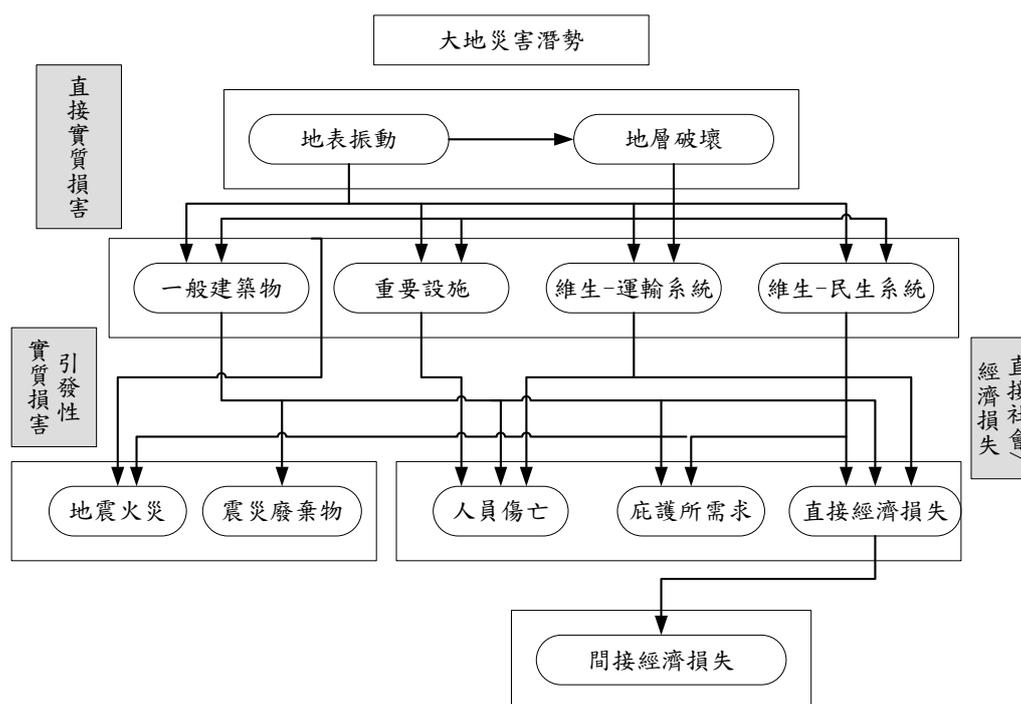
2. 引發性實質損害

地震導致的引發性實質損害評估模組係評估因結構、設備或管線系統遭破壞所引致的二次災害，如火災和廢棄物等。當地震災害發生時，因建物損害而導致維生管線（如瓦斯管線、電線）破裂，將增加火災發生機率；同時，若維生管線與道路系統亦遭受破壞，消防用水與設備無法立即供應時，將致使火災無法有效撲滅，而造成更嚴重的傷亡及災害損失。

3. 直接與間接社會經濟損害

直接實質損害與引發性災害都有可能造成社會及經濟上的損失。HAZ-Taiwan 地震損害包含人員傷亡、庇護所需求，以及直接與間接經濟損失風險估計。

圖2-3 HAZ-Taiwan 系統模組架構圖



資料來源：洪鴻智等，2003

(二) HAZ-Taiwan 評估因子

為執行 HAZ-Taiwan 系統所需投入的因子相當多，基本上可分為「災害性」與「損失」兩類，分別說明如下：

1. 災害性

地震災害潛勢包含地表振動、地層破壞與海嘯等，其中地層破壞包含土壤液化、山坡滑動和地表斷層開裂等模式，現階段 HAZ-Taiwan 僅考慮到地表震動和地層破壞對各類建物與設施的影響。地表振動潛勢係根據假設的震源位置、規模及最大地表加速度，來推估各區的震度；或根據歷年來所收集的實測地震記錄，以統計迴歸的方式推估各區的震度（葉錦勳，2000）。地層破壞潛勢則利用土壤鑽探、地質、地形與地下水位等資料，推估各地區土壤液化敏感類別與山崩潛感類別，再配合各地區預估的震度值，推算液化與山崩發生機率，及其引致的地表永久變形量。

(1) 地表振動

地表振動一般是以最大地表加速度、最大速度和結構反應譜等來量化，其結果以等震度圖表示。在評估交通系統、維生管線設施或建物之非結構元件的損害程度時，一般以地表最大加速度（PGA）和最大速度（PGV）等來評估。但一般建物由於耐震設計時已考慮韌性需求，在強震下建物進入非線性反應，因此評估一般建物之結構系統與非結構元件之損害程度時，則利用結構反應譜（葉錦勳，2000）。其所須資料包含有震源分佈、地震規模大小、震源距離等。

(2) 地層破壞

土壤液化現象是飽和土壤的孔隙水壓因劇烈振動而急速增加，致使有效剪應力喪失而呈流體狀態。土壤液化後因基礎不均勻沈陷、側移或開裂而致上部結構破壞，對結構物具極大威脅。為評估土壤在地震時液化的機率，首先依各地區土壤特性給予液化潛能分級（susceptibility category），並根據經驗與實測值來推估各類別在不同震度、延時和地下水位時的液化機率。HAZ-Taiwan 假設土壤液化產生的沈陷量僅與敏感類別有關，而與地表震度及延時無關；但側移量與敏感類別、地表震度與延時均有關係（葉錦勳，2000）。地震引致的山坡滑動係因滑動土塊的重力與慣性力的合力，大於其與周圍土壤的摩擦力或剪力，而引致山坡滑動的地表加速度稱為臨界加速度。HAZ-Taiwan 根據地質狀況與坡度等將山崩潛感分為五等級，每一等級對應一臨界加速度。各類別的平均滑動量為該地區地表震度、延時與地下水位的函數。斷層錯動引致的地表開裂，僅在指定震源時才預估，其最大錯動的中值（median）為地震規模的函數，並假設發生位置沿斷層均勻分佈。其所須資料包含有最大地表加速度、地震規模、地下水位深度、土層深度、地質狀況、地形條件、土壤性質等。

2. 損失

HAZ-Taiwan 系統對於一般建物、重要設施及維生管線（包括交通系統及公共設施）的評估，係在特定的地表運動及地表破壞下，發生某特定損壞狀況之或然率（孫志鴻、丑倫彰，1999）。損壞評估結果亦包含了設施功能喪失、預期的電力及自來水供應中斷以及所需的修復時間。各項損壞所造成的主要損失包括：

(1) 人口數

人員傷亡數量的估計，需要的資料包含傷亡程度的分類、白天人口分佈資料、夜晚人口分佈資料，以及通勤時間人口分佈資料。由於通勤人口估計有其困難性，HAZ-Taiwan 系統只估計交通動線與橋樑系統上（下）的人口。

(2) 一般建築物

一般建物包含住宅、商業、工業、農業、宗教、政府機關、文教機關等建築物。資料包括建物使用類型、建物結構別、建築物老舊（屋齡）等，以估算出在特定使用類型和建物結構型態下，某一使用類型之建物的損壞機率。各種使用別建物之不同建物結構所佔的比率關係，透過加權平均方式估計各種建物使用別損壞比率。建物損失的估算包含有建物重建成本、建物內部財產損失、庫存損失、建物維修期間可能損失等。

(3) 重要設施

重要設施是指提供一般民眾公共服務之設施，包含有醫院、警察局、消防局和學校等設施。重要設施損害情形的機率取決於該設施之場址位置，所需資料包含有重要設施數量、醫院的病床數、學校數量等。

(4) 危險物質之區位分佈

指的是具有，製造或儲存危險物質之設施的分佈區位，例如化學物品公司、中油油槽位置等。

(5) 高潛在毀損(High potential loss, HPL)之設施

高潛在毀損之設施係指包含水壩、核電廠、變電所、軍事設施及其他 HPL 設施所在之區位，因這些設施屬特殊結構，須個別評估其地震危害度。然而，此部分目前尚未涵蓋在 HAZ-Taiwan 系統的運作內。

(6) 維生-運輸系統

包含公路系統、鐵路系統、公車系統、港埠系統、渡口系統與機場系統等六個系統，其所評估的重要因子分述如下：

- ① 公路系統：包含道路、橋樑與隧道，需要的資料包括其所在區位、分

類、重建成本與公路長度等。

- ② 鐵路系統：包含軌道、橋樑、隧道、場站、燃料補充設施、調派設施與維修設施等，需要的資料包含這些設施的區位、分類、重建成本與軌道長度等。
- ③ 公車系統：包含場站、調派設施與維修設施等，需要的資料包含這些設施的地理位置、分類與重建成本等。
- ④ 港埠系統：包含港區的結構物、起重/貨物處理設備、貨倉設施燃料補充設施等，需要的資料包含這些設施的地理位置、分類與重建成本等。
- ⑤ 渡口系統：包含港區的結構物、乘客集散站、燃料補充設施、調派設施與維修設施等，需要的資料包含這些設施地理位置、分類與重建成本等。
- ⑥ 機場系統：包含控制塔台、跑道、航站、停車場、燃料補充站與維修設施等，需要的資料包含這些設施地理位置、分類與重建成本等。

(7) 維生-民生系統

包含飲用水系統、污水系統、油料系統、天然氣系統、電力系統與通信系統等六個系統，所評估之重要因子分述如下：

- ① 飲用水系統：包含管線、水處理廠、水井、儲存槽與加壓站，需要的資料包含這些系統的地理位置、系統內容分類、重建成本以及管線的修護成本等。
- ② 污水系統：包含管線、污水處理廠與污水處理站等，需要的資料包含污水系統內容的地理位置、分類和設施重建成本以及管線的修護成本等。
- ③ 油料系統：包含管線、精煉廠、加壓設備與油槽等，需要的資料包含石油系統內容的地理位置、分類和設施的重建成本以及管線的修護成本等。
- ④ 天然氣系統：由管線與壓氣站所組成，需要的資料包含這些系統的區位、分類和設施的重建成本、管線的修護成本等。
- ⑤ 電力系統：包含變電所、輸配電線路、發電設備與輸電塔等，需要的資料包含這些系統設施的區位、分類與重建成本等。
- ⑥ 通訊系統：通訊系統的主要辦公室，需要資料包含設施的地理位置、分類與重建成本等。

(三) HAZ-Taiwan 之災害損失評估方法

一般對所謂的損失多採狹義定義，只估計地震造成的實質設施損害之貨幣損失，而以重置成本估計之。以重置成本估計地震災害損失的相關評估方法論中，常引用之估計模式係以成本損害分析法將各項損害貨幣化，再予以加總方式評估(Perry, D.C., and Subbs, N., 1998)。HAZ-Taiwan 之災害損失評估對象，包括對建築物的直接經濟損失、重要設施與交通-維生系統、避難人口需求以及人口傷亡等損失估計，分述如下。

1. 建物直接經濟損失估計

HAZ-Taiwan 系統之地震直接經濟損失估計，係將建物損失以貨幣損失額表示。地震之建物直接經濟損失估計內容包括以下四個項目(羅俊雄等，2002)：

(1) 建物維修與重建成本

所需輸入資料包含建物使用類別、建物結構別、第 i 種使用類別建物在地震損壞程度下的結構損壞成本、第 i 種使用類別結構損失成本、區域內成本調整指數、樓地板面積、第 j 種結構建物發生地震損壞程度之機率與建物之單位重建或維修成本。

(2) 建物內部財務損失

建物內部財產損失估計項目係指不包含在建物結構與非結構體之物件，主要指傢俱、櫥櫃、桌椅、櫃檯等設備的損失，所需輸入資料包含第 i 類建物之內部財物價值、第 i 類建物在地震損壞程度下之重建成本、區域成本調整指數、第 i 種建物結構，加速-敏感型非結構體元件損害 (acceleration-sensitive damage) (指天花板、機房與電力設備、管線與樓梯) 單位 (m^2) 重建成本、第 i 種建物結構，移動-敏感型非結構體元件損害 (drift-sensitive damage) (指隔牆、外牆、裝飾品與玻璃) 單位 (m^2) 重建成本。

(3) 庫存損失

營業庫存損失之多寡或特性，會隨建物類別之不同，而有差異。故估計地震造成的建物營業庫存損失，不同建物類別 (或使用別) 之營業額便成為極佳之估計指標 (詹士樑、何明錦，2004)。地震造成庫存產生損失之主要原因可能在於地震造成之貨幣翻落、建物倒塌壓損或水管破裂造成之破損，所以建物加速-敏感型非結構部份的損害狀況亦為估計之重要依據。其所需輸入的資料包含有第 i 類建物之營業庫存損失價值、所有建物之營業庫存損失價值、第 i 類建物單位面積 (m^2) 之年毛營業額等。

(4) 建物維修期間可能損失

在地震損害之狀況下，須瞭解建物功能喪失與修護所需之時間，方易於估計因營業功能喪失的相關損失。所謂「功能喪失」指設施無法營業或發揮應有之功能。建物修護時間包含「建物本身之建造與清潔時間」及「取得經費、完成設計與取得許可營業之時間」。維修期間可能損失估計包含重安置成本、營業收入損失及租金損失，分述如下（羅俊雄等，2002）：

① 重安置成本

地震後對受害廠商或建物使用者的重安置成本，主要產生在建物損害後進行維修或重建，使用者須另尋他處進行營業或居住行為所需之成本，重安置成本包括中斷成本（disruption costs）與租金成本。中斷成本指因建物損害，所需之遷移與搬運成本。租金成本只租用臨時建物或其他營業處所需之租金支出。此兩種成本對建物自有者而言，皆須支付。但對建物承租者而言，租金之支付只是轉移與新房東，對整體之租金成本並無增加，因而可只估計中斷成本。

② 營業收入損失

地震造成各種類別產業或建物所有人之所得損失估計，須包含資本、財產損失與勞力所得等損失。若估計地震造成之所得損失，除需考慮產業之營業損失外，尚須加入因停止營業所產生之其他收入損失。產業收入的分配，一部份可列入公司盈餘外，尚需用來支付勞工薪資、房屋與設備之租金、銀行貸款利息等。所以產業之收入結構，除利潤外，尚包含所支付薪資、未支付之勞務支出及資產收入等。理論上，這些損失皆應計入所得損失，方能完整估計地震所造成之直接所得損失（詹士樑、何明錦，2004）。其所須輸入之資料包含有第 i 類建物之收入損失、第 i 類建物，每天之收入損失、在某地震損壞程度下之建物功能喪失時間、第 i 類建物之回復因子(recapture factor)等。

③ 租金損失

各類建物之租金損失估計，主要指各類建物之因地震造成的實質租金損失。估計損失涉及之變數，包括每平方公尺之租金、建物樓地板面積與建物功能喪失時間（陳亮全等，2003）。

2. 重要設施與維生系統損害估計

重要設施之地震損害估計，包含醫院病床數、消防設施、學校、飲用水管線、通訊、橋樑、電力供應設備的功能維持率等。HAZ-Taiwan 系統中維生線系統分成兩類，第一類是運輸系統包含公路、鐵路、公車、港埠、渡口與機場等六

個子系統，第二類是民生系統包含飲用水、污水、油料、天然氣、電力與通信等六個子系統。影響 HAZ-Taiwan 系統估計維生線系統的直接經濟損失之變數，包含：

- (1) 維生管線系統因地震發生特定損壞程度之機率；
- (2) 維生管線系統子系統各構成元件的重置成本；
- (3) 維生管線系統在不同損壞程度下之損害比率。

故維生管線系統的直接經濟損失估計方法為各子系統的複合損壞率（compounded damage ratio）乘上重置成本。

3. 避難人口需求估計

HAZ-Taiwan 系統的避難需求模組，主要由直接/間接經濟社會損失類模組中之「庇護所(shelter)」次模組所估計，主要提供下列兩種基本功能：

- (1) 需重安置戶數之估計(指因住宅失去居住功能，而須尋求庇護所者)，其所需資料包含有總戶數、總居住戶數、住所的住宅類性建物中之建物結構中度損壞的機率、住所的住宅類性建物中之建物結構嚴重損壞的機率、住所的住宅類性建物中之建物結構完全損壞的機率、住所單位中喪失水電功能的機率等。
- (2) 需要短期庇護所之人數/戶數，其所需資料包含有人口數、總戶數、所得分布、住宅自有率、承租住宅之比率、年齡分布等。

4. 傷亡估計方法

HAZ-Taiwan 系統對於傷亡之估計，所估計的時間向度係考量不同時段發生地震可能導致之傷亡特性，分別估計三個不同時段(凌晨二時就寢時間、清晨八點通勤尖峰時段、下午三時之一般時段)可能傷亡之人口。其所需輸入之資料包含人口分布、建物型態與土地使用別關係及損壞狀況機率等資料，而傷害的嚴重性可分為四個等級，如下所述：

- (1) 第一級為輕微受傷：只需基本的包紮處理，無需住院。
- (2) 第二級為較嚴重的傷害：需要進一步的醫藥處理、但無生命危險。
- (3) 第三級為嚴重傷害：如無即時就醫，隨時有生命危險。
- (4) 第四級當場死亡或致命傷害

人口分佈為估計地震所造成之人員傷亡最主要的資料。在 HAZ-Taiwan 系統中將人口分佈依不同之建物使用別，分成居家、住宅、工業、通勤等四種人口分佈。在推估人員傷亡上，HAZ-Taiwan 僅評估因建物或橋樑損壞可能造成的人員

傷亡。建物結構型式與使用別之對應關係(指特定土地使用與建物型態的分佈關係,或不同土地使用別與建物型態分佈關係),乃同時考慮各種使用別建物之不同建物結構所佔的比率關係,透過加權平均方式估計各種建物使用別損壞比率。損壞狀況機率,則是應用直接實質損壞模組所估計之各種建物結構型式與橋樑,發生不同損壞程度之機率,以推估建物與橋樑損壞的機率(詹士樑、何明錦,2004)。

第二節 減緩災害風險之土地使用管理

地震災害風險減緩策略之提出,主要在於地震發生前或發生中所作之措施以之防範,並把災害損失降至最低,目的在於減緩地震發生時所帶來生命財產之損失。陳亮全(2003)指出工程式之防救災措施的資源投入龐大,效果卻有限,因此現在的災害防救理念,愈來愈強調災前的土地使用管理策略及都市成長管理,而非遭逢災難時的救災、應變或避難設計。因此,本研究將從整合土地使用管理與地震災害風險管理的角度,探討降低地震災害風險的效果。

一 土地使用管理之角色

都市的配置與發展、設施的區位、關鍵性建築物與公共設施、以及建成環境的物理發展等都會影響環境災害之發生及其所造成後果的嚴重性;反之,它們在減低可能的災害衝擊上也都扮演重要的角色。土地使用規劃、建築耐震設計的法令與其他財稅措施都可成為災害風險減緩的土地使用管理策略,也是都市規劃部門的重要核心任務。從整個都市規劃程序來看,災害風險減緩應該被視為正常都市規劃的一項額外元素,也就是構成完整規劃程序的一部分,而不是規劃操作之外的另一項獨立活動。例如,當設置一所新學校或規劃一個新的住宅區時,災害風險應該與交通運輸、土地成本、地區環境之適宜性、公共設施服務成本、景觀資源利用等因素一起被衡量。假如有一個基地的潛在災害程度較其他基地為高,在其他的所有因素條件都相同時,我們將選擇災害程度較低的基地;如果不是,可以採取較高的抗災標準來建設學校或對住宅結構賦予更嚴格的管制,但最終的決策仍應該加入其他因素的成本與開發利潤來考量。

以土地使用管理來降低天然災害在美國已行之有年,多數美國地方政府都有訂定綜合計畫(comprehensive plan),綜合計畫的主要功能在於為社區的未來發

展型態、成長與活動做出願景的描述，它將潛在的自然災難納入成長管理與發展架構當中，高風險的地震帶可能被規劃為遊憩使用或低密度使用(邱昌泰，2000)。早在 1950 年代即以土地使用管理降低洪氾損失，如田納西河谷管理計畫。在地震方面，美國加州地區自 1971 年聖費南度地震後，州議會要求地方政府特別注意地震風險問題，規定地方綜合計畫要涵蓋「地震安全要素 (Seismic Safety Element)」，該計畫必須詳細說明對於地震風險的考量、如何預防地震與教育民眾，針對地震災害問題進行資料蒐集與解決方案之研擬，並將之納入土地使用管理計畫中。後來所通過的 Alquist-Priolo 特別研究分區法案(Alquist-Priolo Special Studies Zones Act)，要求地方政府機構對於活動斷層帶進行最基本的管制。華盛頓州於 1990 年就通過成長管理法(Growth Management Act)，對於發展過於快速的城市要求提出廣泛的都市發展計畫，該法要求郡與市必須針對地質災害的危險地區進行指定與保護的行動；1991 年更全面性規定華盛頓州所有郡或市皆應明確指出具有地質災害的關鍵地區(critical areas) (Randolph, 2004)。目前已有超過半數的州也強制地方政府必須為自然災害的減緩進行規劃 (Schwab et al., 1998)。美國的土地使用計畫，已從過去消極的資訊與建築安全標準提供者，轉為更緊密結合地震風險特質與災害防救需求的災害風險管理模式 (陳亮全，2003)。

從 Fishoff et al. (1978) 檢視英國目前整個關於環境風險政策立場的分析研究結果 (Walker, Pratts and Barlow, 1998)，可以歸納出土地使用規劃力量可能被用來控制環境風險的四個規劃層次，如表 2-2 所示。Fishoff 等人針對 10 個不同風險來源 (或危險區域)，分別統計其在四個規劃層次上是否已經建立或新近發展，以瞭解風險的考量在土地使用規劃政策上的情形。從各個規劃層次在風險處理的應用情形，即可以界定出土地使用規劃在風險管理上之角色地位，分述如下：

表2-2 土地使用規劃與重要風險

重要風險 \ 規劃層次	新風險源的區位	風險源的風險減低	風險暴露人口的區位	為風險暴露人口提供保護
地方/區域空氣污染 (固定污染源)	E	e	R	e
地方/區域空氣污染 (移動污染源)	E/R	R	E/R	—
全球大氣變遷	—	R	—	—
重大意外事故災害	E	e	E	e
受污染的土地	—	E/R	E/R	E/R
廢棄物處理：掩埋	E/R	E	E/R	—
廢棄物處理：焚化	E/R	e	E/R	—
廢棄物污染(點源)	E	e	—	—
廢棄物污染(非點源)	E	e	—	—
核電廠設立	E	—	E	—

註：E/e：已經建立的事項（1985年之前）；大寫表主要角色，小寫表次要角色。

R/r：最近的事項

資料來源：Walker, Pratts and Barlow, 1998, “Risk, environment and land use planning: an evaluation of policy and practice in the UK”, in: Environment, Planning and Land Use, edited by Kivell, Roberts and Walker, p.102.

(一) 規範風險源的空間區位

是處理環境風險的最主要預防手段，主要是透過控制風險來源的區位來管理風險。例如，製造或使用有毒物質原料的化學工廠、垃圾焚化爐、加油站等，在土地使用計畫中必須限制其區位，使不影響人類、財產與環境生態等。

(二) 減低風險源本身的風險

當前述具有潛在風險的土地使用機能或設施已經存在或難以遷移時，必須透過適當的規劃與管制手段來減低其本身的風險，例如在風險源周邊劃設緩衝的開放空間、污染排放的監控等。

(三) 管制風險暴露人口的區位

對規劃而言，這是一種當已存在風險源無法有效控制、預測甚至瞭解的情況下所必須採取的手段，通常與控制接近風險源的住宅區或高強度開發有關。例如，位於活動斷層帶、濕地、邊坡不穩定等區域，應該限制區域內的都市發展機能項目與強度。

(四) 提供風險暴露人口必要之防護措施

當無法調整風險暴露受體（人口或環境生態）之區位時，即可透過此一手段來提供可用來保護人類或環境的一些限制性措施，例如強化建築設施之抗災能力、採用污染者付費等方法。此外，也涉及到在規劃條件中要求公共性建築增加或改變建築設計與結構，以提供某種程度之風險防護。

二 土地使用管理之工具

適當的土地使用管理可以有效地降低社會對於天然災害的暴露或傷害性，因此能降低災害損失。土地使用規劃、建築耐震設計的法令與其他財稅措施都可成為災害風險減緩的土地使用管理策略，也是都市規劃部門的重要核心任務。因應災害風險所採取的減緩策略包括土地使用規劃、營建管理、政府獎勵補償、社會等的運作機制，以下針對與都市規劃層面有密切關係的各種土地使用管理工具進行探討，瞭解他們應如何應用於災害風險的可能減緩措施上。

(一) 土地使用規劃

土地使用的風險管理措施主要是在考量造成地震風險的自然環境條件與都市傷害性因子，以減少都市中的人與財產暴露於高度災害的環境。French et al.(1996)在美國加州北嶺地震(Northridge Earthquake)後的研究中發現，土地使用規劃對於此次地震事件的損壞減低其實是存在一些效果的。他們發現雖然地區的地質條件仍是最重要的損壞預測因子，但土地使用規劃的品質也在損壞預測上具有統計的顯著性。因此，因應自然環境災害條件並調整都市土地使用的管理措施，可以減少都市中的人與財產暴露於高度災害的環境。土地使用規劃方面採取的措施，包括風險區劃設、土地使用管制等。

1. 風險區劃設

為避免在高危險的敏感地區開發，各相關土地使用管理法均有劃設風險區，並限制其開發的型態。加州聖摩圖郡(SanMoteo)是一個活斷層與山崩災難頻繁的地區，其根據自然環境特性劃分為「資源管理區」、「森林地保護區」及「計

畫農業區」三種，並且規定不同用途，居民提供安全保證（邱昌泰，2000）。台灣位處於災害頻繁的地理區位，每個都市都有承受災害風險的潛在性；然而都市的發展也應該能夠安全地調解其成長壓力，每一個擁有極端危險區域的行政地區也都應該有較不危險的區域可被指定開發。災害風險區的劃設成果，可被用來做為都市規劃者考量災害減緩的土地使用決策的一項資訊。透過所繪製的地震災害風險分區圖，可以界定出都市範圍內可能的活動斷層位置、地表振動放大（ground motion amplification）、潛在的山崩（landslides）或落石（rockfalls）、以及土壤液化（soil liquefaction）等的區域；即使在現今發達的科學知識分析中，此種災害風險區的劃設仍具有很大的不確定性，但對於土地使用的區位策略考量仍然很重要（Coburn and Spence, 2002）。透過地震災害風險區的劃設，都市規劃者得以確認都市及其周邊地區在未來地震中可能產生嚴重地震災害的區域，因而避免建築物興建於具有較高潛在災害的區域內。在土地使用管理策略上，具有非常高度災害的分區可留下來做為諸如農業區、公園等開放空間使用，或是誘導都市朝相反方向來擴張發展，藉此降低整體都市的地震災害風險。假如區位規劃是可行的，則此種風險減緩的方法是有好處的，因為這不需要直接的資本投入就可以增加安全；但是可能涉及到許多的間接成本，例如，一個地區的地價可能高於另一地區，或者可能增加運輸成本或公共設施的需求。然而在許多情況下，這些成本卻可能遠低於強化建築所需的營建成本，或受災害衝擊後所付出的直接生命財產成本以及間接的經濟活動中斷成本。當區位選擇受到限制或者有必須在較高地震災害區域發展的重大理由時，也可以透過要求此區位上的建築物或公共設施以較高的耐震標準來興建，達成降低風險的目標。

2. 土地使用管制

從許多的歷史經驗可以知道，如果一個地震事件的震央正好位於一個大都市的正下方或附近，將會產生最嚴重的地震災難，也就是說，人與建築物的集中也隱含著高度的災害風險。都市發展本身就具有高度集中的意義，因此分散化發展是一個風險減緩的基本策略，也就是藉由降低密度與分散設施來減低高風險發生的機會。這可以透過土地使用管制來限制發展的密度，例如建蔽率、容積率或高度管制等都是能夠被用來限制發展密度的經常性措施；當然，對於建成都市地區的密度是很難改變的，未來的新興發展區比較容易限制密度。

欲降低既存都市地區的密度，根本的作法是針對具有高度地震災害風險的區域，進行土地收購並進行建築物的拆除以創造開放空間，並將新的都市發展引

導到較低風險的地區。此種作法包括墨西哥市在 1985 年地震後將許多倒塌建築物的基地變更為都市公園，日本也將地震防護目標（主要是火災風險的分散化與避難區域的提供）設定為在所有的主要城市中必須提供每人 3 m² 的公園用地（Coburn and Spence, 2002）。然而，這是一項昂貴且必須是長期性的政策。在都市內的新開發區採用土地使用管制策略來減緩地震災害風險是相對容易的，這包括開發基地的建蔽率、建築容積或高度限制等措施。

（二）設計與營造規範

災害減緩措施除了在土地規劃具有較顯著的效果之外，Burby et al.(1998)也從北嶺地震的研究中發現建築法令的要求也是另外一個損害預測的顯著因子。其實，考量地震災害風險的減緩與一般都市土地使用規劃的較重要差異，就是在於對建築管理的強調上，這包括新建築物興建與既有建築物整修兩個部分的考量。都市中所存在的建築設施包括公共性建築設施與私人建築物兩種，對於都市地震災害風險的貢獻都很重要，也是在設計與營造策略中都應該處理的部分。

1. 公共設施防護

公共設施是維持都市活動機能的最重要因素，因此規劃新設施與管理既存設施也成為都市地震災害風險減緩的一個很重要部分。地方政府所提供與管理的公共設施包括醫院、學校、公共住宅、政府建築物、博物館與許多其他公共擁有的建築物；此外，還有許多的公共服務與公用設備，包括運輸路網與場站、維生系統以及許多其他關鍵性設施的設計與區位等，都在都市土地使用規劃中被考量。這些公共設施與設備對於都市社會持續運作機能而言是很重要的，有些甚至是很關鍵的元素，如何保護它們免於地震的破壞，是確保因都市社會瓦解以及都市服務喪失所引起經濟損失的重要課題。

創造一個健全的都市設施系統，應該包括設施本身的傷害性分析，例如消防站建築應足以對抗地震，以保持其在最需要的時候仍為可服務的狀態。而這個系統中任何比較脆弱或危險的部分應該被辨識。可能的話，所有關鍵性服務的分散化應該是地震災害風險減緩的最重要目標，這可以透過都市防災計畫來實現；假如不可能，各種關鍵性公共設施應該以較高的耐震標準被保護。也就是說，針對那些服務機能必須在地震後被持續提供的關鍵性設施，假如因為政府支出或行政效率的考量下而無法採行分散化策略時，則集中設置的設施或公共建築物就應該被強化。

由於公共設施與設備的項目與數量繁多，地方政府通常缺少資源進行全面

性的強化整修或實施高標準的耐震設計，因此必須考量各項設施或設備對於地震災害風險貢獻的程度予以排序。其考量因素視決策者的偏好或民眾的支持度而異，然而較為重要的考量因素有三，第一是建築物使用者的生命考量，大部分時間都有許多居民使用的建築物應該獲得較優先的防護，例如醫院、療養院、監獄等；第二是易受傷害的建築物，也就是興建年代較為久遠的老舊建築物、諸如瓦斯管、油管等較為脆弱的管線設施；第三是某些特殊機能的公共設施，例如學校、消防站等，應該獲得較優先的防護。

2. 私人建築規範

最顯著且持續對地震安全環境改善有幫助的政策就是建築法令的強制執行，這種建築物的耐震設計法令本身被限制在它們能夠減低建成環境的傷害性的程度，並且增加對地震災害的防護。通常，根據最新地震法令規範所興建的新建築物，在後來的地震事件中將比舊建築物承受較低的損壞後果。美國加州在 1971 年 San Fernando 地震後所修正的新耐震設計法令明顯地降低了 1994 年 Northridge 地震的建築物損壞以及生命損失，1995 年的日本阪神地震也證實此種結論；由於 Northridge 地震中建築物的成功表現，建築法令幾乎沒有再進行修正 (Olshansky, 2001)。

當一個新法令被引入，它能夠適用於所有新的工程建築，因此只有每年新建的建築物可能符合新的法令並具有更高的耐震表現。根據 Coburn and Spence (2002) 的觀點，都市中的一些老舊建築物將隨著時間而被拆除並被新建築物取代，這種建築物的重置率視建築結構的有效壽命、建造的耐久性、地價與區位等多重因素而定；也就是說，新法令所造成整體建築物的傷害性減低，受到新建築物的增加率與老舊建築物的重置率所影響。如此，在建築物增加與建築物重置均很緩慢的地區，新的耐震設計建築法令的引入對於建築傷害性減低的影響程度是很小的；反之，對建築物急速擴張與改變的都市成長地區或新發展地區而言，新耐震設計法令對地震災害風險的減緩將較有效果。

如上所述，具有既存建築物的地區將繼續成為構成地震災害風險的重要元素。因此，都市地區的建築管理策略需要一個較全盤性的考量。前述的耐震設計法令只是減低建築物整體傷害性的許多措施中的一種，採取既存建築物的強化整修措施對於地震災害風險的減緩也具有重要貢獻。例如，美國洛杉磯市於 1981 年採取磚石建築 (URM) 整修計畫，隨後在 1994 年 Northridge 地震中證明此計畫相當成功地拯救了許多可能的生命損失，因為執行整修計畫的建築物都沒有倒

塌，只有約 200 棟建築物嚴重損壞與 300 棟建築物部分損壞 (Olshansky, 2001)。由於大部分的地震災害風險是來自於住宅、商業以及其他的私人建築，因此主要的策略就是促使屋主改善其既有建築物以減低地震災害風險，例如具有可能立即倒塌、具有高度地震傷害性、或者假如遭受破壞會產生嚴重後果的建築物，必須要求屋主自己採取整修或拆除的行動。現行的法令即有規定建築物的耐震設計標準，加強建築物的耐震能力，以減緩地震災害帶來的損傷。建築法規所制訂的是最小限度的標準，有設計的建築物並非永不被損壞，所以隨著災害發生規模的擴大，地方建築法規應持續的檢討與修改，以增加建築物對災害的抵抗能力 (Smith, 2001)。

(三) 其他配合工具

上述各項土地使用管理工具都屬於實質層面，透過空間與設施的管制規範來直接處理風險。雖然實質性工具的採用具有相當大程度的效果，然而在某些情況下，由於社會、經濟或政治因素，這些實質工具將難以執行。因此在整體的土地使用管理架構中，就必須有一些可搭配實質性工具的其他工具來彈性配合，以減少採取實質性工具的機會或未來執行的阻力。在各種可能的工具中，主要包括土地收購、財稅及宣傳教育等三種，茲分述如下：

1. 土地收購

透過法令程序，對有風險的地區，由政府收購以管制風險區的開發。特別是在高密度發展的都市，可針對具有高度災害風險的區域，進行土地收購並拆除建築物以創造開放空間，都市發展的需求則引導較低風險的地區。例如墨西哥市在 1985 年地震後，政府購買許多倒塌建築物的基地並變更為都市公園 (Coburn and Spence, 2002)。「土地收購」的方式，為最有效的災害預防措施，可以透過「區段徵收」、「以地易地」、「設定地役權」與「協議價購」及「權利轉換」等。而「發展權移轉」是將土地發展權從高風險地區移轉到低風險地區，基本概念在於土地的使用權與所有權是可加以分割的，這些被分割的權力可以用其他地點的土地加以移轉使用。

2. 財政與稅賦

被界定為具有高度風險的區域，從土地使用的減緩觀點來看，並不適合高強度機能的發展，甚至是任何的開發行為。政府對於高風險地區的開發活動，可透過較高的財政與稅賦管制措施，來減少開發。周士雄(2004b)認為財政與稅賦的政策是由社會大眾支付成本來保障此高風險區域內的特定財產，並不具備整體

風險效益，各種財稅工具的使用，可更公平地將公共減災成本移轉給災害風險區域內的開發者；這些政策包括開發衝擊費(impact taxes)、減低土地使用強度的稅賦獎勵、以及徵收風險稅來支持緊急應變管理的服務措施等。而陳矜怡(2004)更指出土地開發者應依其開發行為隱含的災害風險程度，繳納災害風險稅(risk-based taxation)，以分攤政府所增加的防救災成本。因此，以課稅或其他財政措施進行災害敏感地區的土地使用管理，鼓勵民眾減少在高風險地區進行開發活動。

3. 獎勵措施

為使都市土地的發展能更完善健全，政府同意開發者在風險區開發的條件之一是土地、設施或金錢的回饋，例如允許業者進行開發，但應該負責興建污水或水源處置系統、道路橋樑、公園綠地、開放空間及學校預定地等。另外，對土地使用管制的放寬是允許發展者可以超過某種限制，通常是密度或高度限制，以交換實施某項減緩災難的措施，例如建築業者為四周的建築提供更多的開發空間，則允許該建築物超過某高度限制。

4. 宣傳與教育

此工具的使用目的在於企圖影響決策官員對於都市開發區位、類型、強度等的選擇，以及一般民眾對政策的支持。針對開發者與民眾進行宣傳與教育的工作，以擴大民眾在土地課題、環境等方面的知識。提供有關於地方災害本質、受影響的關鍵設施、災害減緩等的資訊，給予都市土地管理者與受到災害影響的民眾。民眾可以藉由這些資訊，建築或重建其家園與事業，因而避免災害的破壞或摧毀。基本的概念是透過風險資訊的使用與防災教育的宣導，強化一般民眾對於災害風險的察覺，進而影響其因應風險的行為。這包括公共資訊傳播、災害知識與營建專業的教育、不動產交易中的災害風險揭露規定、以及在高度風險去建立警告招牌等。

三 土地使用管理實施層面

災害評估系統所提供的資訊，可協助掌握都市的風險特性，並擬定適當的風險減緩措施。而各項地震災害風險減緩措施的實施，必須考慮在現行法令與行政程序架構下的適當性，使其充份發揮實務效果。回顧台灣現行的土地使用管理體系法令，可落實各項災害風險減緩措施的主要實務層面包括「土地使用分區管制」、「都市更新」、「營建管理」與「都市計畫通盤檢討」等四部份，茲說明如下：

(一) 土地使用分區管制

土地使用分區管制為都市計畫重要的實施工具，用來控制土地與建築物的使用，主要係透過土地使用類型的分區管理與限制（都市計畫法第 32 條），以及建築基地面積或基地空地比、容積率、前後側院、停車場及建築物之高度、與有關交通、景觀或防火等事項之規定（都市計畫法第 39 條）。

(二) 都市更新

都市更新最主要之目的為促進都市土地有計畫之再開發利用，復甦都市機能，改善居住環境，增進公共利益。處理方式包括建築設施之重建、整建與維護為手段；此外對於建築物有傾頹或朽壞之虞、排列不良或道路彎曲狹小等情形，皆可採取都市更新的手段以維護都市安全機能（都市更新條例第 6 條）。

(三) 營建管理

建築技術規則之建築構造編主要針對建築物進行相關強度與建築結構設計之規定。其目的在於對新建建築物能採取有效之建築結構體與耐震係數(強度)以抵抗當地震災害發生時所帶來之衝擊，以防建築物之倒塌並防止二次災害之發生，如火災與爆炸。除了新建建築物之結構系統必須符合所在震區的特定耐震係數設計（建築技術規則建築構造編第 43 條及第 47-1 條）外，非結構建材與設備及非建築物也應設計能抵禦任何方向之地震力（建築技術規則建築構造編第 42 條）。對於現有既成市街之建築物也規定須對耐震工程品質及既有建築物之耐震能力評估與耐震補強（建築技術規則建築構造編第 47-2 條）；針對土壤產生液化之可能性，會發生土壤液化之基地應進行土質改良、設置適當基礎等措施（建築技術規則建築構造編第 48-1 條）。

(四) 都市計畫通盤檢討

根據都市計畫定期通盤檢討實施辦法規定，都市計畫發布實施後，每五年至少通盤檢討一次，但計畫發布實施已屆滿計畫年限或二十五年者，應予全面通盤檢討。通盤檢討計畫除了針對土地使用管制事項之合理性進行檢討變更外，也應就都市防災避難場所、設施、消防救災路線、火災延燒防止地帶等事項進行規劃及檢討（都市計畫定期通盤檢討實施辦法第 7 條）。

四 土地使用管理法令

由於任何政策之公布實施皆須有法令依據為基礎，綜觀目前國內的相關法

令，與上述地震災害風險減緩措施的實務層面有關的法條整理如下：

(一) 土地使用分區管制

針對災害潛勢地區之土地使用，實施禁、限建地區的管制、土地使用機能及使用強度的規定等，以管制地區的開發行為降低災害的暴露性與傷害性。國內有關都市土地使用分區管制之法令如下所述：

1. 區域計畫法

- (1) 區域土地之使用管制，都市土地先行劃定計畫地區範圍，實施禁建之土地，依都市計畫法管制（第 12 條）。
- (2) 非都市土地之地區，應由相關政府單位，按照非都市土地分區使用計畫，製定非都市土地使用分區圖，其管制規則，則由中央主管機關定之（第 15 條）。
- (3) 土地分區使用計畫及土地分區管制，應以文字表明計畫目標及有關水土保持、自然生態保育、景觀、環境及優良農地保護、洪水平原管制以及天然災害防止等事項。其為非都市土地之分區使用計畫，並應以圖面表明之，以為製定非都市土地使用分區圖之準據。（施行細則第 6 條）。

2. 都市計畫法

- (1) 都市計畫得劃定住宅、商業、工業等使用區，並得視實際情況，劃定其他使用區域或特定專用區（第 32 條）。
- (2) 都市計畫範圍內土地得視實際發展情形，劃定各種使用區及特定專用區，都市計畫地區得依都市階層及規模，考量地方特性及實際發展需要，於細部計畫書內對住宅區、商業區再予細分，予以不同程度管制（台灣省施行細則第 14 條）。
- (3) 都市計畫地區內之住宅區及商業區，應依計畫容納人口、居住密度、每人平均居住樓地板面積及公共設施服務水準，訂定平均容積率，並依其計畫特性、區位、面臨道路寬度、鄰近公共設施之配置情形、地形地質、發展現況及限制，分別訂定不同之容積率管制（台灣省施行細則第 33 條）。
- (4) 擬定細部計畫時，應於都市計畫書中訂定土地使用分區管制要點，包括有關之防災事項（台灣省施行細則第 35 條）。

3. 建築法

政府應劃定高災害潛勢地區之範圍，予以發布並豎立標誌，禁止在該地區範圍內建築（第 47 條）。

4. 實施區域計畫地區建築管理辦法

活動斷層線通過地區，地方政府得劃定範圍予以公告，管制不得興建公有建築物，並限制建築物之高度與使用類別（第 4-1 條）。

(二) 都市更新

為促進舊市區土地有計畫之再開發利用，復甦都市機能，改善居住環境，增進公共利益，因此進行都市更新。持推動都市更新計畫，以促進都市土地之再開發利用，復甦都市機能，改善居住環境。國內有關都市更新之法令如下所述：

1. 都市計畫法

- (1) 都市更新處理方式分為三種：「重建」係為全地區之徵收、拆除原有建築、重新建築、住戶安置，並得變更其土地使用性質或使用密度。「整建」為強制區內建築物為改建、修建、維護或設備之充實，必要時，對部分指定之土地及建築物徵收、拆除及重建，改進區內公共設施。「維護」加強區內土地使用及建築管理，改進區內公共設施，以保持其良好狀況。前項更新地區之劃定，由地方政府依各該地方情況，及按各類使用地區訂定標準（第 64 條、都市更新條例第 4 條）。
- (2) 更新地區範圍劃定後，其需拆除重建地區，應禁止地形變更、建築物新建、增建或改建（第 69 條）。

2. 都市更新條例

- (1) 建築物窳陋且非防火構造或鄰棟間隔不足，有妨害公共安全之虞；建築物因年代久遠有傾頹或朽壞之虞、建築物排列不良或道路彎曲狹小，足以妨害公共交通或公共安全；建築物未符合都市應有之機能；建築物未能與重大建設配合；具有歷史、文化、藝術、紀念價值，亟須辦理保存維護；居住環境惡劣，足以妨害公共衛生或社會治安等之地區，應優先劃定為更新地區（第 6 條）。
- (2) 有下列各款情形之一時，直轄市、縣（市）主管機關應視實際情況，迅行劃定更新地區；並視實際需要訂定或變更都市更新計畫：
 - 甲、因戰爭、地震、火災、水災、風災或其他重大事變遭受損壞。
 - 乙、為避免重大災害之發生。
 - 丙、為配合中央或地方之重大建設。前項更新地區之劃定或都市更新計畫之擬定、變更，上級主管機關得指定該管直轄市、縣（市）主管機關限期為之，必要時並得逕為辦理。（第 7 條）

3. 災害防救法

為減少災害發生或防止災害擴大，各級政府應依權責實施下列事項：

- 一、災害防救計畫之訂定、經費編列、執行與檢討。
- 二、災害防救教育、訓練及觀念宣導。
- 三、災害防救科技研究成果之應用。
- 四、治山、防洪及其他國土保全。
- 五、老舊建築物、重要公共建物及災害防救設施、設備之檢查、補強、維護及都市災害防救機能之改善。
- 六、災害防救上必要之氣象、地質、水文及其他相關資料之觀測、蒐集、分析及建置。
- 七、以科學方法進行災害潛勢、危險度及境況模擬之調查分析，並適時公布其結果。
- 八、地方政府及公共事業災害防救相互支援協定之訂定。
- 九、社區災害防救團體、民間災害防救志願組織之成立及其活動之促進、輔導、協助及獎勵。
- 一〇、災害保險之推動。
- 一一、有關弱勢族群之災害防救援助必要事項。
- 一二、災害防救資訊網路之建立、交流與國際合作。
- 一三、其他災害防救相關事項。(第 22 條)

(三) 營建管理

由於地震災害所造成的損害程度不易預測，政府因而針對建築物的設計、結構及建材等相關防震規定頒佈法令，以降低災害損失。國內有關減緩地震傷害的建築規定如下所述：

1. 區域計畫法

合法建築物因地震、風災、水災、爆炸或其他不可抗力事變而遭受損害，經地方政府認定為危險或有安全之虞者，土地權利關係人得於一定期限內提出申請，依原建蔽率、原規定容積率或原總樓地板面積重建（台灣省施行細則第 39 條）。

2. 都市計畫法

對於都市計畫各使用區及特定專用區內土地及建築物之使用、基地面積或基地內應保留空地之比率、容積率、基地內前後側院之深度及寬度、停車場及建築物之高度，以及有關交通、景觀或防火等事項，依據地方實際情況作必要之規定（第 39 條）。

3. 建築技術規則

- (1) 特定建物使用類別之樓層數及樓地板面積符合規定者應為防火構造，使用不燃材料建造（建築設計施工編第 69 條、70 條）。
- (2) 作用於高層建築物地上各樓層之設計用地震力除依本規則建築構造編第一章第五節規定外，並應經動力分析檢討，以兩者地震力取其合理值（建築設計施工編第 235 條）
- (3) 高層建築物依設計用風力求得之結構體層間位移角不得大於千分之二·五。高層建築物依設計地震力求得之結構體層間位移所引致之二次力矩，倘超過該層地震力矩之百分之十，應考慮二次力矩所衍生之構材應力與層間位移（建築設計施工編第 236 條）。
- (4) 高層建築物為確保地震時之安全性，應檢討建築物之極限層剪力強度，極限層剪力強度應為彈性設計內所述設計用地震力作用時之層剪力之一·五倍以上。但剪力牆之剪力強度應為各該剪力牆設計地震力之二·五倍以上，斜撐構造之剪力強度應為各該斜撐構造設計地震力之二倍以上（建築設計施工編第 238 條）。
- (5) 依建築物使用類別，而訂定內部裝修材料的標準（建築設計施工編第 88 條）。
- (6) 建築物構造除垂直載重外，須設計能以承受風力或地震力或其他橫力。風力與地震力不必同時計入；但需比較兩者，擇其較大者應用之（建築構造編第 3 條）。
- (7) 訂定建築物構造之耐震設計、地震力及結構系統標準（建築構造編第 42 條）。
- (8) 建築物耐震設計之震區劃分，由中央主管建築機關公告之（建築構造編第 43 條）。
- (9) 結構系統應以整體之耐震性設計，並符合規範規定（建築構造編第 47-1 條）。
- (10) 耐震工程品管及既有建築物之耐震能力評估與耐震補強，依規範規定（建築構造編第 47-2 條）。
- (11) 建築基對設計地震及最大考量地震下會發生土壤液化之基地，應設置適當基礎，並以折減後之土壤參數檢核建築物液化後之安全性（建築構造編第 48-1 條）。

(12) 施工中結構體之支撐及臨時結構物應考慮其耐震性。但設計之地震回歸期可較短。施工中建築物遭遇較大地震後，應檢核其構材是否超過彈性限度（建築構造編第 50-1 條）。

4. 住宅地震保險共保及危險承擔機制實施辦法

(1) 辦理住宅火災保險業務之財產保險業與中央再保險股份有限公司(以下簡稱中再公司)共同組成住宅地震保險共保組織(以下簡稱共保組織)，以共保方式承保住宅地震保險(以下簡稱本保險)。

共保組織會員之認受成份，包括基本成份及分配成份。基本成份由中再公司會商中華民國產物保險商業同業公會(以下簡稱產險公會)訂定之。分配成份之計算，以各會員過去三年平均之住宅火災保險保險費收入佔有率為準。

第一項共保組織之作業規範，由中再公司會商產險公會訂定，報經主管機關核定後實施（第 2 條）。

(2) 本保險採全國單一費率，其純保險費率占百分之八十五，附加費用率占百分之十五。附加費用率應至少包括共保組織管理費用、住宅地震保險基金管理費用及再保險市場或資本市場分散危險之預留調整費用（第 6 條）。

(四) 都市計畫通盤檢討

辦理都市計畫通盤檢討，藉由適度調整都市計畫內容，以符合民眾所需，強化地區服務機能與相對競爭力。國內有關都市計畫通盤檢討之法令如下所述：

1. 區域計畫法

區域計畫公告實施後，在發生或避免重大災害時，得隨時檢討變更（第 13 條）。

2. 都市計畫法

都市計畫經發布實施後，遇有左列情勢之一時，當地直轄市、縣(市)(局)政府或鄉、鎮、縣轄市公所，應視實際情況迅行變更：

甲、因戰爭、地震、水災、風災、火災或其他重大事變遭受損壞時。

乙、為避免重大災害之發生時。

丙、為適應國防或經濟發展之需要時。

丁、為配合中央、直轄市或縣(市)興建之重大設施時。前項都市計畫之變更，內政部或縣(市)(局)政府得指定各該原擬定之機關限期為之，必要時，並得逕為變更。（都市計畫法第 27 條）

3. 都市計畫定期通盤檢討實施辦法

- (1) 都市計畫發布實施後，每五年至少通盤檢討一次，視實際情形分期分區。但都市計畫發布實施已屆滿計畫年限或二十五年者，應予全面通盤檢討（第 2 條）。
- (2) 通盤檢討前應先進行地區之基本調查及分析估計，內容應包括自然及人文景觀資源、人口規模、人口密度分布、建築密度分布、產業結構及發展、土地利用、公共設施容受力、住宅供需、交通運輸等項目。都市計畫通盤檢討時，原計畫之估計與前項估計有重大出入者，應重新修正，作為檢討之依據（第 5 條）。
- (3) 通盤檢討時，應針對舊有建築物密集、畸零破舊，有礙觀瞻、影響公共安全，必須拆除重建，就地整建或特別加以維護之地區，進行全面調查分析，劃定都市更新地區範圍（第 6 條）。
- (4) 通盤檢討時，應就都市防災避難場所、設施、消防救災路線、火災延燒防止地帶等事項進行規劃及檢討（第 7 條）。
- (5) 住宅區之檢討，應依據都市發展之特性、地理環境及計畫目標等，區分成不同發展性質及使用強度之住宅區，其面積標準應依據未來二十五年內計畫人口居住需求預估數計算（第 28 條）。

第三節 風險減緩策略評估體系

為減緩地震災害風險，透過適當土地使用管理方法可降低土地使用暴露於災害的影響過程與強度，藉以降低災害損失。本研究根據前述相關文獻提出地震風險減緩策略，並在土地使用管理層面上建立地震災害風險減緩評估架構。

一 地震災害風險減緩措施

許多的研究文獻顯示土地使用管理的減災措施可以有效降低地震災害事件的潛在暴露與傷害性，本研究歸納 11 項重要的地震災害風險減緩措施，並分為「營建管理規範」、「土地使用管制」、「災害防救規劃」與「相關配套」等四個向度的策略茲說明如下：

(一) 營建管理規範

1. 建築結構強化

脆弱的建築結構是地震災害的重要因子。建築結構強化的考量可以耐震係數為基礎，並分別考慮新建築與既有建築物兩部份，措施包括強化新建築的基礎設計與/或規定更高的耐震設計標準、既有建築物的結構補強與危險(高齡)建物之改建。

2. 安全建材使用

地震災害的主要損失與衝擊係由於建物倒塌所造成，若能使用安全建材，例如輕量、防火性能，將可減少損失或避免二次災害產生。

3. 禁、限建地區指定

此項措施通常係針對高度災害風險的地區，具體做法包括禁止建築物興建、限制建築物高度，或是須經特別審核通過方能興建。

(二) 土地使用管制

1. 土地使用機能檢討變更

住宅、商業與工業等都市計畫使用分區，分別代表都市中的各項活動機能，其隱含著不同的開發利益與風險暴露。配合地震災害的空間分佈狀況，規劃上應權衡土地使用所潛藏的風險性，決定具較低災害風險的機能配置方案。

2. 土地使用強度檢討變更

土地使用強度代表人口與財產的數量，也就是風險暴露量。這通常可由建築物容積率與建蔽率的規定來反映。

3. 關鍵性公共設施區位檢討變更

關鍵性公共設施在地震災害中扮演著重要的角色，例如學校、醫院、消防隊、警察局、體育場等，不僅具有大量人口集中的潛在風險，也做為救災避難的重要場所，因此區位的配置考量應特別慎重。

(三) 災害防救規劃

1. 防災規劃

此項措施係強調地震災害發生前即透過規劃手段，使災害發生後的傷害性得以降低。內容包括避難場所與避難路徑之規劃、延燒防止地帶劃設、救災路線的指定與消防據點之規劃。

2. 救災能力強化

強化都市救災能力可以減低人員傷亡並即時防止災害蔓延與二次災害產生，達到減緩風險的目的。

(四) 相關配套

1. 地震保險實施

地震保險措施主要針對個別建築物，期望在難以避免的建物損害發生後能夠獲得補償，以減低損失。

2. 地震風險資訊的揭露

在進行完整的都市風險評估，辨識出都市地區高風險地區後，結果應公佈予都市民眾與房屋仲介業者了解地區風險狀況。

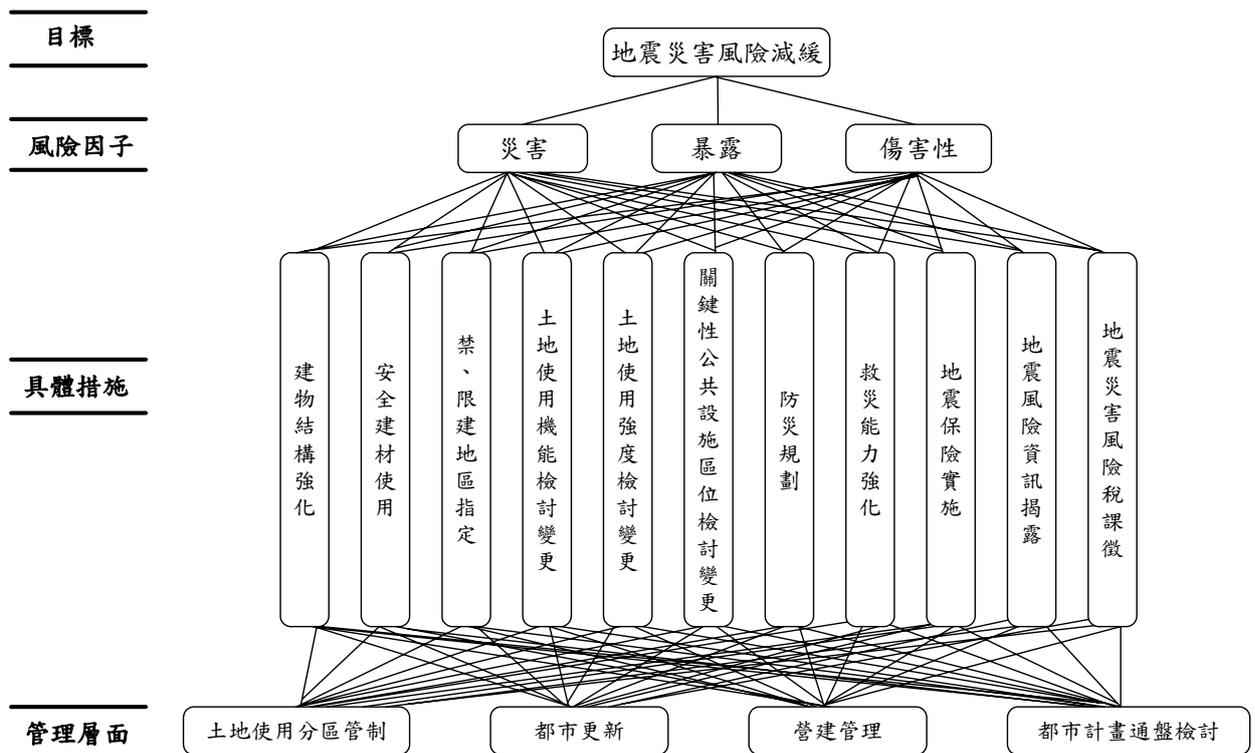
3. 地震災害風險稅課徵

在都市中具災害風險且有必要進行開發之地區，可進行風險稅之課徵，使當地政府具有足夠以資金提供適當的防救災措施，例如防救災資源與防救災能力之強化，以符合受益者付費的原則。

二 地震災害風險減緩效果評估架構

各項地震災害風險減緩措施的實施，必須考慮在現行法令與行政程序架構下的適當性，使其充份發揮實務效果。台灣現行的土地使用管理體系，主要的實務層面包括「土地使用分區管制」、「都市更新」、「營建管理」與「都市計畫通盤檢討」等四部份，本研究初步建立地震災害風險減緩措施成效評估之架構如下：

圖2-4 地震災害風險減緩效果評估架構圖



資料來源：本研究整理

第三章 實證地區地震災害風險分析

本研究選擇以嘉義市湖子內都市計畫地區作為地震災害風險評估之實證地區。以下針對實證地區的發展現況與地震災害風險特性進行分析說明。

第一節 地區發展概況

本節針對湖子內都市計畫地區內對地震災害風險有貢獻的自然環境與社會經濟各項因素，透過二手資料之蒐集與現地調查，建立基本資料庫並繪製成圖。

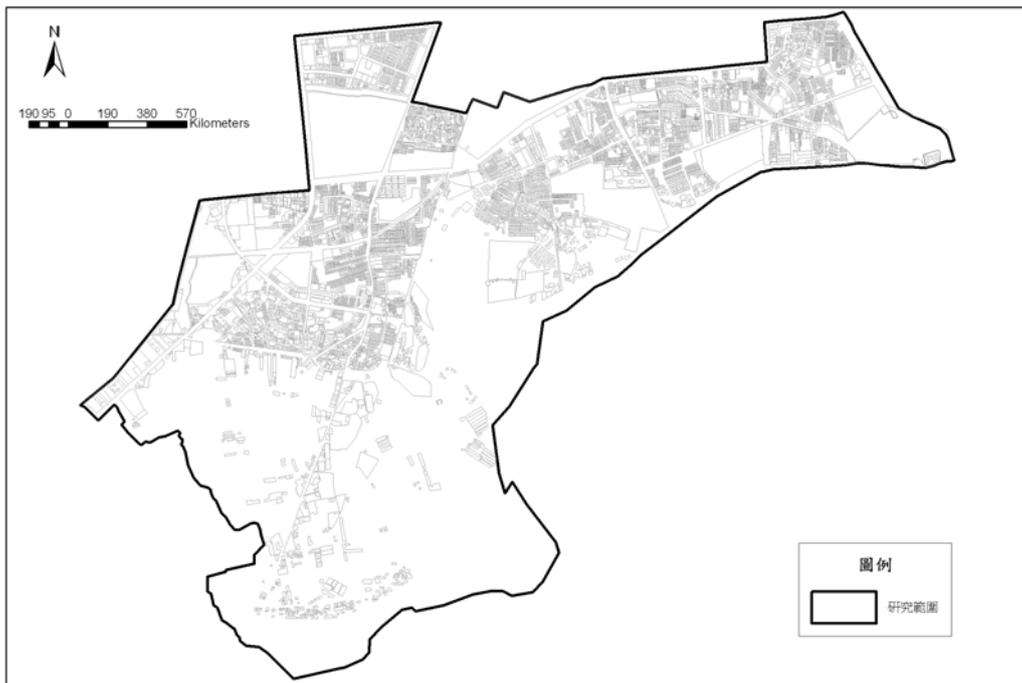
一 自然環境

地震災害潛勢包含地表振動、地層破壞等，而區域所在的地形、土壤特性、斷層分佈等自然環境條件都是產生這些地震災害潛勢的基礎條件，以下分別說明湖子內地區各項自然環境的條件狀況。

(一) 地理位置

湖子內地區位於嘉義市中心區的南側，其東側鄰近嘉義縣番路鄉，南側則鄰近嘉義縣中埔鄉，(見圖 3-1)，面積總計約為 572.97 公頃。

圖3-1 研究範圍圖



資料來源：本研究整理

(二) 地形

本實證區為台灣西南部嘉南平原北端，全區均為肥沃之平原，地形平坦，標高約在 23~34 公尺之間，地勢約為北高南低走向，東西二側往計畫區中央之湖子內路方向傾斜，東北地區則有一條西北-東南走向之陡坡，形成高差約 5 公尺之階地地形。

(三) 氣候

本實證區屬於亞熱帶季風氣候，全年氣溫以七月最高，一月最低，年平均溫度攝氏 23.3 度，氣候溫和怡人。冬季為乾季，以東北季風為主；夏季西南風盛行，風力和緩，年平均風速約為 2.53 公尺。七至九月間為颱風侵襲季節，雨量豐沛，年平均雨量約為 2,000 公釐。

(四) 水文

本實證區在地面水方面包括八掌溪、南排水幹線、在來排水幹線及其他分布於農業區間的灌溉排水溝渠，多為由北向南之流向。在地下水方面，依環保用地場址之地質鑽探結果，地下水位在奇美畜牧公司北側為 1.4 公尺，南排幹線東南側為 3.5~5.8 公尺，為西北向東南之流向。整體而言，因嘉南平原地層乃由極細之淤泥及粘土組成，含水性差，嘉義市全區之地下水皆不豐沛。用水資源仍以引用八掌溪之蘭潭水庫與仁義潭水庫之水源為主。

(五) 地質

嘉義市位處嘉南平原，地質結構主要為年代甚新之沖積層；平原東側山麓則為砂岩、泥岩構成之頭嵙山層及紅土台地堆積層。實證範圍內之地盤構造屬於沖積土壤，土壤類別為泥盤層土、紅棕色磚化紅土及沖積土等。依據中央地質調查所出版之臺灣活動斷層分布圖，本區並未有斷層經過，距離最近者包括位於東側約 5 公里之九芎坑斷層(存疑性活動斷層)及北側約 10 公里之梅山斷層(第一類活動斷層)，另外還有大尖山斷層、觸口斷層以及木屐寮斷層分布於實證地區附近(見圖 3-2)。

圖3-2 嘉義地區斷層分佈圖



資料來源：本研究整理

二 社會經濟

地震災害風險的特徵由三個因子組成，分別為災害性、暴露性及傷害性。災害的產生與其自然環境特性有關，暴露性與傷害性的產生則是決定於區域內社會經濟的特性。

(一) 人口

依嘉義市民國 92 年底各都市計畫區人口統計可知，實證範圍所在之「嘉義市湖子內地區都市計畫」區現有人口數為 30,959 人，佔全市人口比例超過 10%。近五年來，本區之人口成長有逐年上生之趨勢，特別是 91 年之後，其人口成長率甚至超過嘉義市（參見表 3-1），顯然人口呈現集中的狀況。

表3-1 人口成長分析

年	嘉義市		嘉義市湖子內地區都市計畫		
	人口數	成長率	人口數	成長率	佔嘉義市比率
88	258,175	0.15%	29,614	—	11.47%
89	259,221	0.41%	29,734	0.41%	11.47%
90	261,025	0.70%	29,941	0.70%	11.47%
91	267,907	2.64%	30,775	2.79%	11.47%
92	269,594	3.28%	30,959	3.40%	11.47%
平均	—	0.33%	—	1.12%	—

資料來源：都市域發展統計彙編（民 88~92 年）

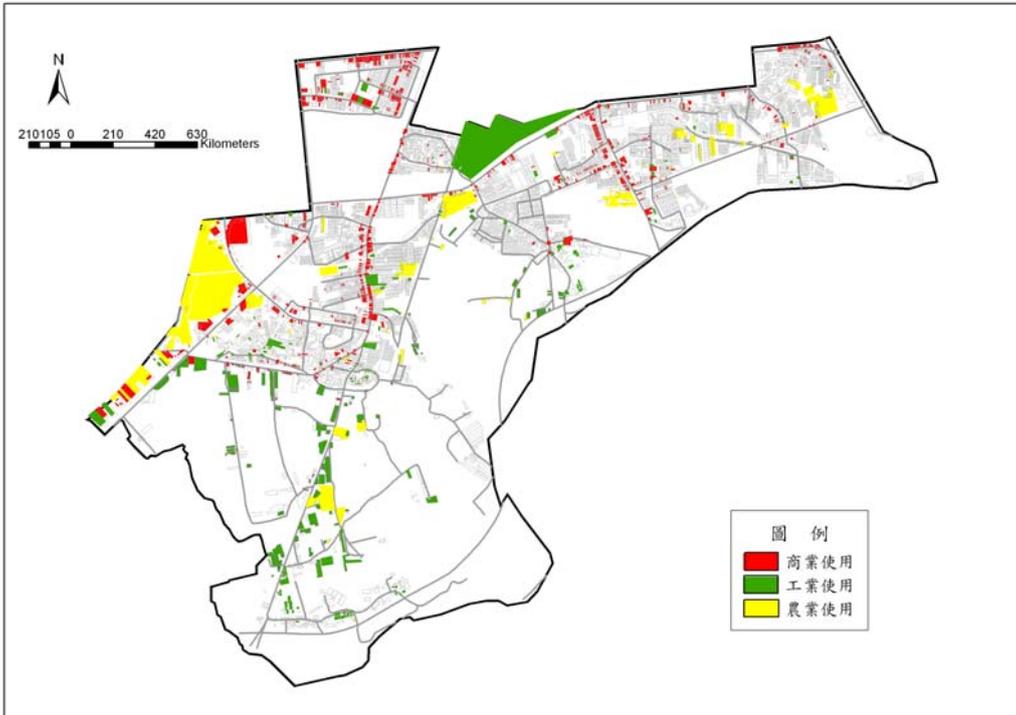
(二) 產業

透過本研究實地調查土地與建物使用情形後，可發現湖子內地區的產業活動包括商業、工業及農業使用，工商業以小規模的商店及小型工廠為主（參見圖 3-3）。農業使用的土地面積以水田、旱田及菜圃等使用者為最多，主要種植作物包括水稻、玉米及甘蔗等。

(三) 土地使用

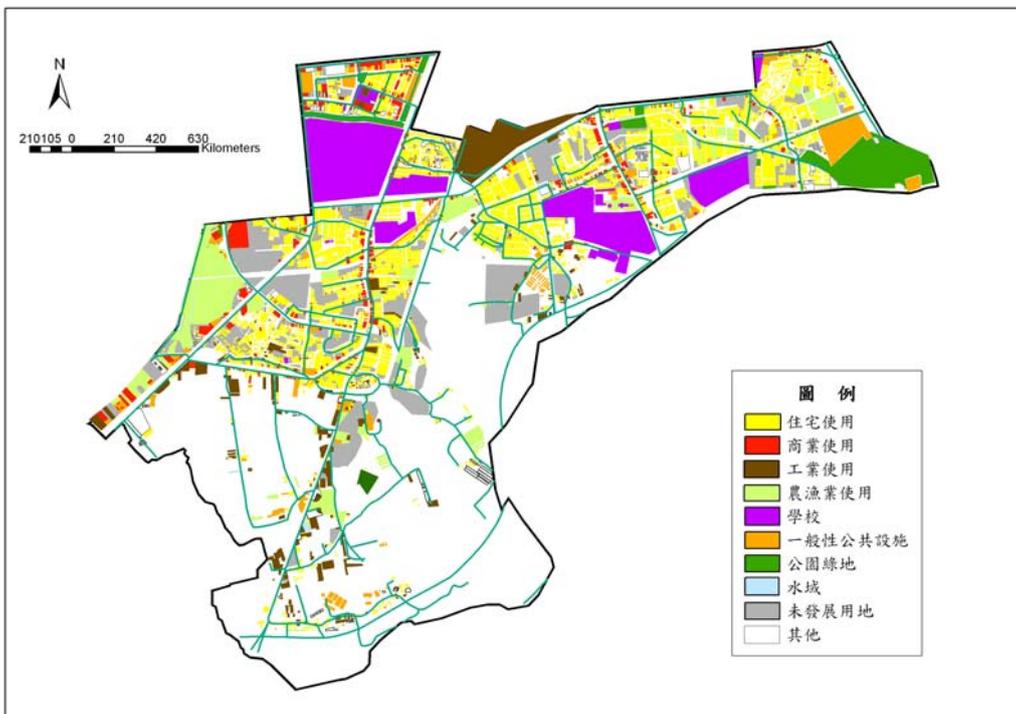
在土地使用現況方面，依本研究調查所得資料分析，發現實證區域內的土地開發主要集中於北部，主要是延續嘉義市中心發展的結果。各項土地使用以住宅使用面積最大（達 75.46 公頃，佔 13.15%），次為學校用地（36.68 公頃，佔 7%），其他使用面積依次為未發展用地（36.35 公頃）、工業使用（32.35 公頃）、農業使用（18.17 公頃）、公園綠地（13.79 公頃）、商業使用（11.62）公頃等（參見圖 3-4）。

圖3-3 湖子內地區產業分佈圖



資料來源：本研究整理

圖3-4 湖子內地區土地使用現況分佈圖



資料來源：本研究整理

(四) 建築物

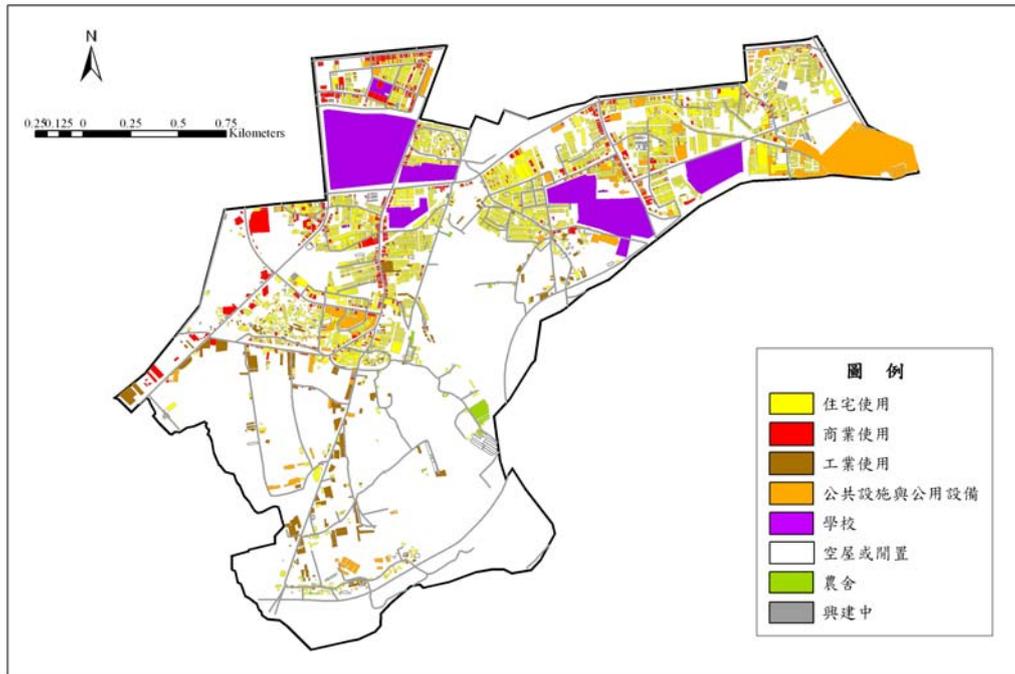
依據 HAZ-Taiwan 系統中所設定的建物基本資料，本研究將調查資料分類如表 3-2 所示，在建物使用類型方面，將其分類為住宅、商業、工業、公共設施與公用設備、學校、空屋或閒置、農舍及其他（興建中）等，本區建物多為住宅使用（參見圖 3-5）；在建物使用型態方面，分類為獨棟、雙併、連棟及大廈（六樓以上）等，本區建物多為連棟式建築（參見圖 3-6）；在建物結構類別方面，分類為鋼筋混凝土、加強磚造、磚石、金屬（鐵皮屋）、木造及其他等，本區建物大多為鋼筋混凝土的結構（參見圖 3-7），而木造結構的建物有 420 棟，當地震發生時，此類型之建物耐震係數不高且易燃，因此容易產生二次災害（如火災）；在建物老舊程度方面，本研究以建築物的屋齡來表示，介於 0~80 年以上，以 10 年為一區間歸類，發現本區建物屋齡以 11 年~20 年居多，僅少數屋齡較高（參見圖 3-8）；在建物樓層別方面，分類為八層樓，本區建物多為二、三樓之建物，六樓以上建物僅 107 棟（參見圖 3-9）。在建築物的空間分佈上，主要集中在湖子內地區中央之現有住宅區及其南側地區、湖子內路二側等處，其中湖子內路二側以工業使用為主，其餘建築物則以住宅使用為多。

表3-2 建築物相關因子

HAZ-Taiwan 系統	研究計畫分類
建物使用類型	住宅、商業、工業、公共設施與公用設備、學校、空屋或閒置、農舍及興建中
建物使用型態	獨棟、雙併、連棟及大廈（六樓以上）
建物結構類別	鋼筋混凝土、加強磚造、磚石、金屬（鐵皮屋）、木造及其他
建物老舊程度	介於 0~80 年以上，以 10 年為一區間
建物樓層別	分類為八層樓

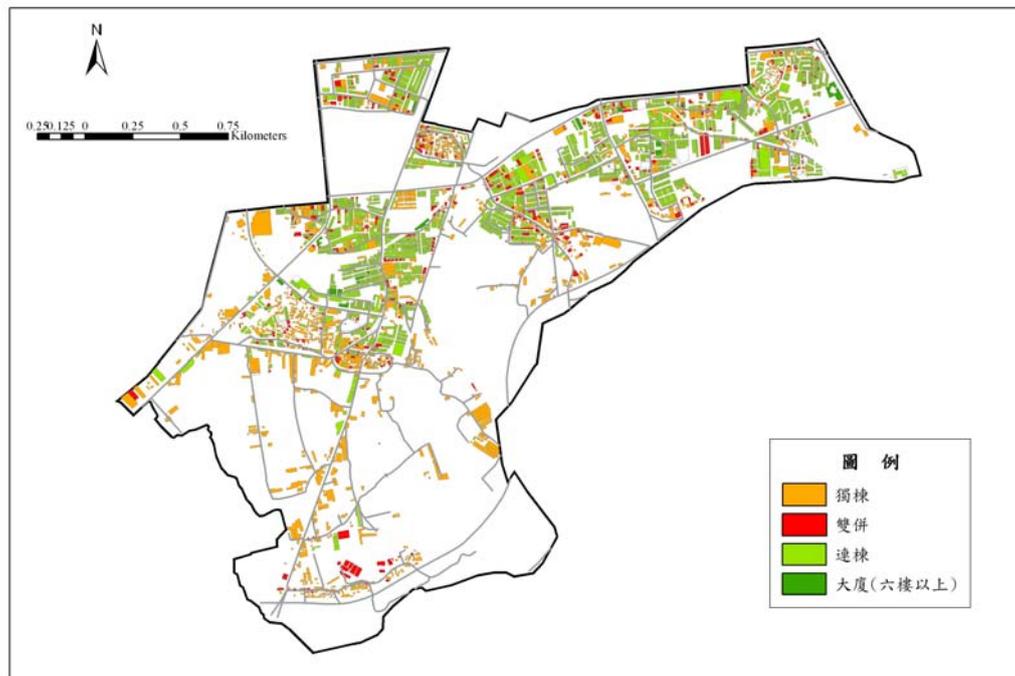
資料來源：HAZ-Taiwan 系統及本研究自行整理

圖3-5 湖子內地區建物使用類型分佈圖



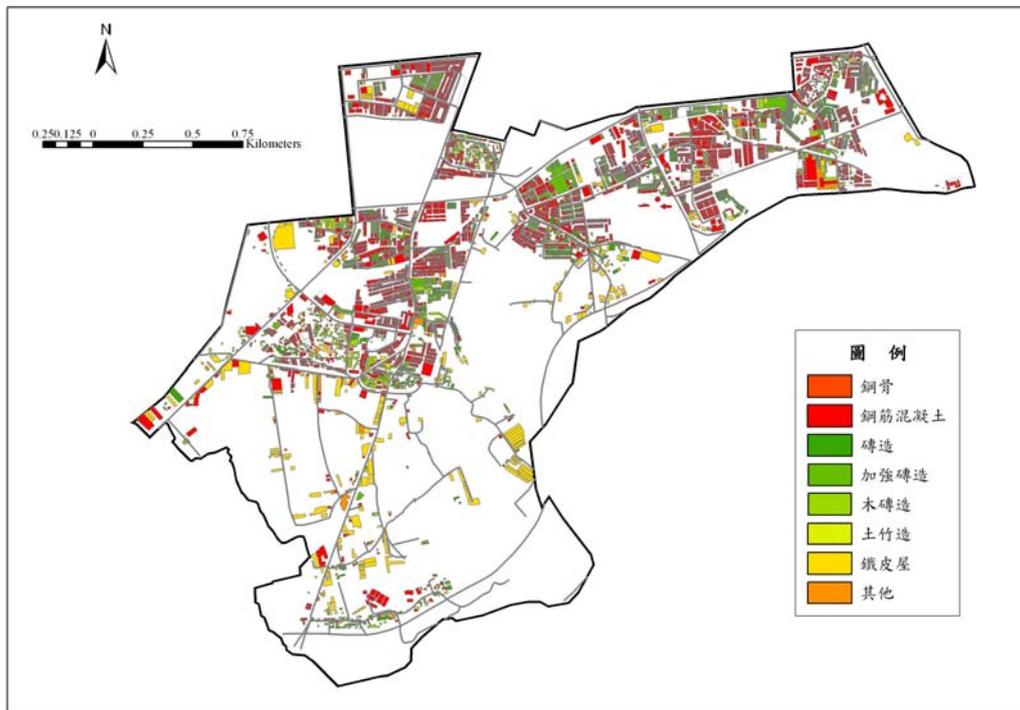
資料來源：本研究整理

圖3-6 湖子內地區建物使用型態分佈圖



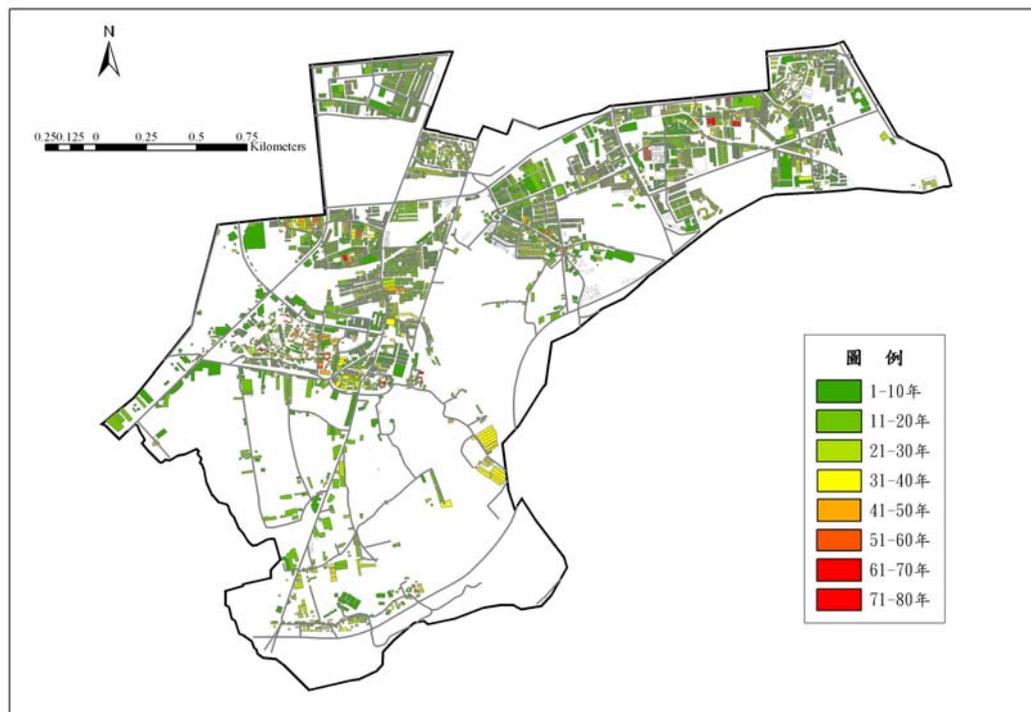
資料來源：本研究整理

圖3-7 湖子內地區建物結構類別分佈圖



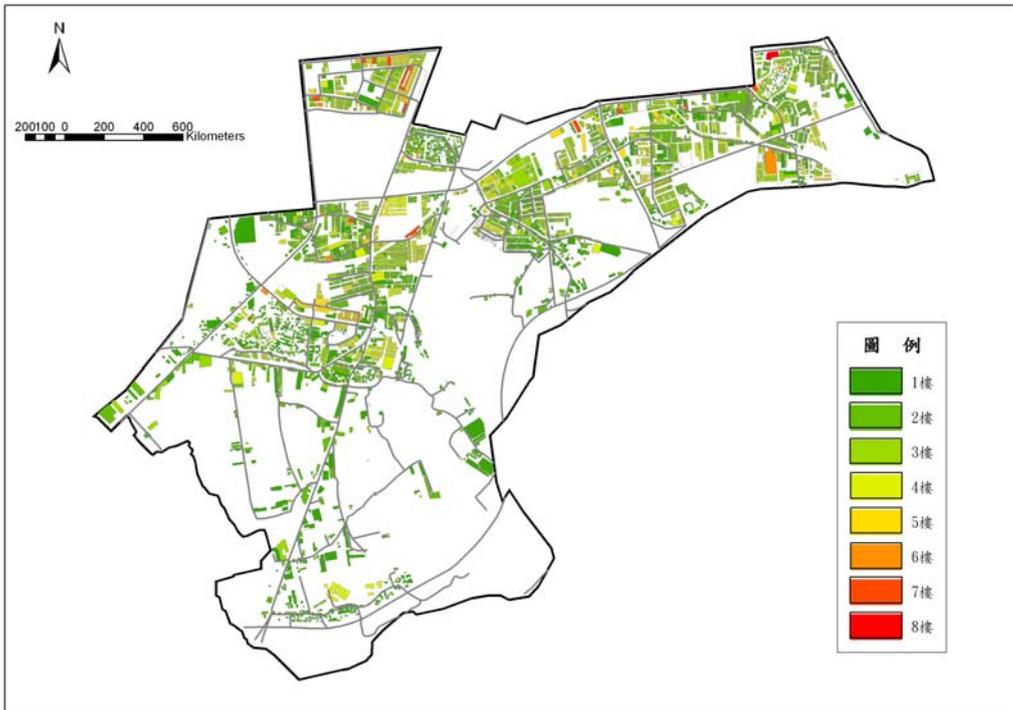
資料來源：本研究整理

圖3-8 湖子內地區建物屋齡分佈圖



資料來源：本研究整理

圖3-9 湖子內地區建物樓層使用類別分佈圖



資料來源：本研究整理

(五) 重要設施

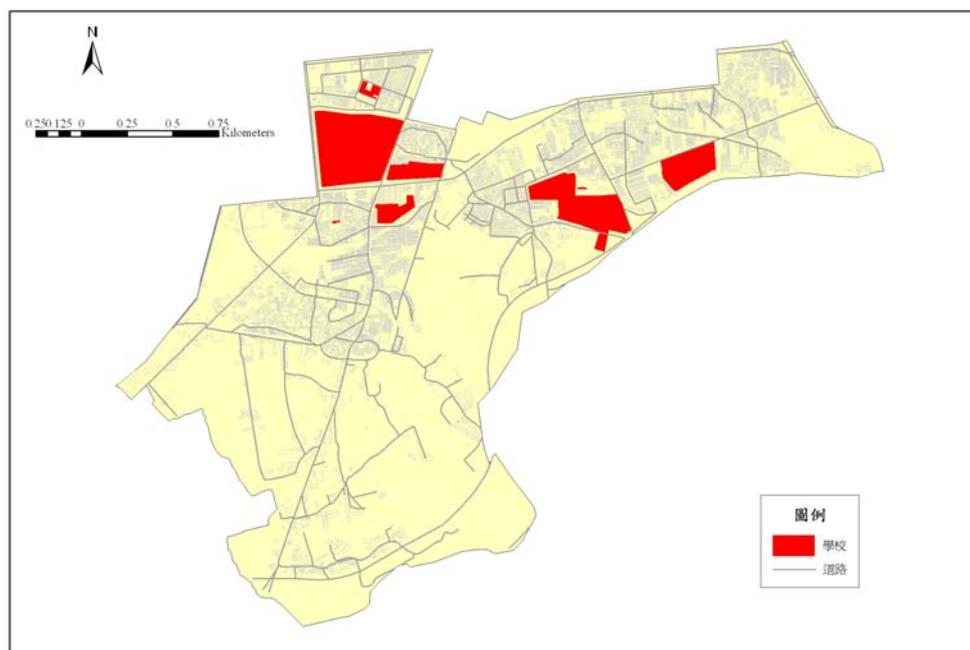
HAZ-Taiwan 系統中的重要設施，包含有醫院、警察局、消防局及學校等設施，經調查實證區內之重要設施僅包含其中四項，區內並無醫院（參見表 3-3），對於地震發生時的救護行動可能影響。湖子內地區之重要設施以學校用地所佔之比例較高，已開闢有國小二所(興安國小、志航國小)、國中三所(大業國中、民生國中及部分南興國中)及高中二所(立仁工商、輔仁中學)（參見圖 3-10）。垃圾處理場用地已興建完成垃圾焚化爐，其餘公園、兒童遊樂場、市場、停車場則多未開闢。本實證區內除前述垃圾處理場用地位於計畫區南側外，並無其他公共設施。

表3-3 湖子內地區重要設施一覽表

重要設施	醫院	警察局	消防局	學校
數量	0	1	2	7

資料來源：本研究整理

圖3-10 湖子內地區學校分佈圖



資料來源：本研究整理

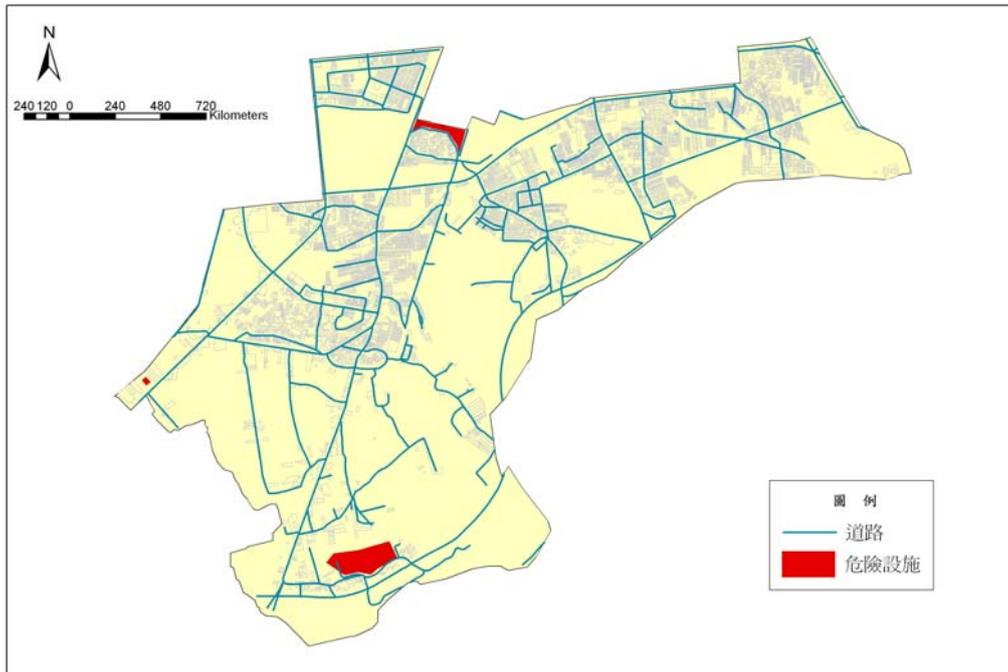
(六) 危險設施

HAZ-Taiwan 系統對於危險設施之考慮，僅有危險物質之區位，對於高潛在毀損之設施，則須另外評估。本研究調查區內之危險設施分佈如圖 3-11 所示，分別位於西側的加油站、南側為新建成的焚化場以及北側的中油油廠，當未來地震災害發生時，可能會直接衝擊當地居民。

(七) 維生管線

HAZ-Taiwan 系統將維生管線系統分成兩大類（參見表 3-4），在維生-運輸系統方面，經調查實證區範圍內並無港埠設施、渡口設施、機場設施以及橋樑與隧道，故不列入評估，道路系統的區位分佈（參見圖 3-12）。在維生-民生系統方面，由於管線分佈資料涉及安全考量，資料取得有其困難性，因此目前不列入考慮。

圖3-11 湖子內地區危險設施分佈圖



資料來源：本研究整理

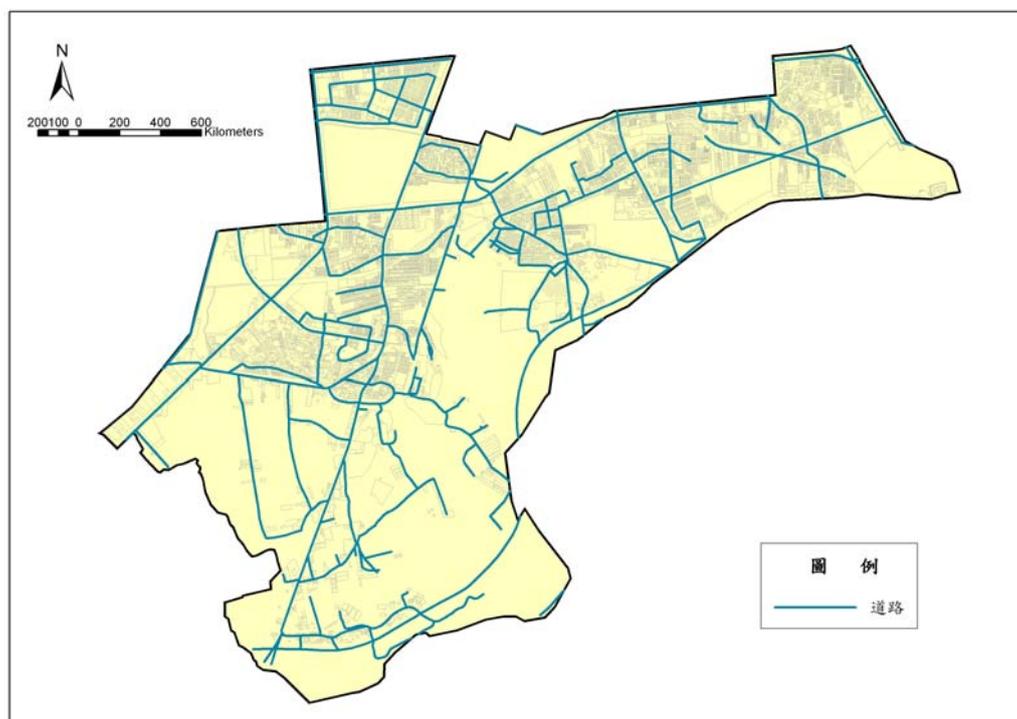
表3-4 維生管線相關因子

項 目		HAZ-Taiwan	本研究
維生-運輸系統	公路	√	√
	鐵路	√	√
	公車	√	×
	港埠	√	×
	渡口	√	×
	機場	√	×
維生-民生系統	飲用水	√	×
	污水	√	×
	油料	√	×
	天然氣	√	×
	電力	√	×
	通訊	√	×

註：√表蒐集的資料 ×表未蒐集的資料

資料來源：本研究整理

圖3-12 湖子內地區道路分佈圖



資料來源：本研究整理

第二節 災害環境分析

地震事件的發生可能會因地層下陷、山崩、土壤液化與地表振動而造成建物損壞或引發火災等災害，以下針對實證地區可能引起地震損害的二次災害，包括地表震動與土壤液化，進行評估分析。

一 地表震動

(一) 斷層

就嘉義市湖子內而言鄰近所包含的斷層包括北側的梅山斷層、東北側的九芎坑斷層和大尖山斷層以及西南側的觸口斷層與木屐寮斷層。詳細說明如下：

1. 梅山斷層：長約 13 公里，為 1906 年梅山地震的地震斷層，分布於嘉義縣梅山至民雄一帶，呈東北東走向。距離本研究實證地區約 10 公里，屬第一類活動斷層。
2. 九芎坑斷層：全長約為 17 公里，分布於雲林古坑到嘉義竹崎附近，呈南北走

向。距離本研究實證地區約 6 公里，屬存疑性活動斷層。

3. 大尖山斷層：全長約為 25 公里，位於嘉義觸口至大尖山間，呈北西至北東走向，與本研究實證地區距離約為 16 公里，為第一類活動斷層。
4. 觸口斷層：全長約 65 公里，由台南那拔林附近延伸至嘉義觸口附近，呈北東走向。距離本研究實證地區約 15 公里，為第一類活動斷層
5. 木屐寮斷層：長約 7 公里，北由台南縣白河東方山豬崁向南延伸至六重溪北岸，呈南北走向，距離本研究實證地區約 8 公里，屬存疑性活動斷層。

(二) 地表加速度的評估

為了估算當大地震發生時，位於嘉義（縣）市不同場址之最大加速度峰值 (PGA)，於本研究中，首先利用 Campbell(1981)所提之衰減公式，估算不同地點因震源及路徑效應所造成之地震動大小，再利用之前研究成果，修正各個測點之場址放大效應，進而得到不同地點之最大加速度峰值(PGA)。

在地震動預估前，需先評估位於實證地區附近有哪些斷層可能引發大地震，以及這些斷層可能發生的最大地震規模。以本研究嘉義市而言威脅最大的斷層為梅山斷層、觸口斷層兩斷層，分述如下：

梅山斷層：最大可能發生之地震規模(ML)為 7.1，其震央位置為 23.55°N, 120.45°E，震源深度為 6 公里。

觸口斷層：最大可能發生之地震規模(ML)為 7.3，其震央位置為 23.51°N, 120.67°E，震源深度為 5 公里。

1. 影響因子

- (1) 最大地表運動歷時峰值(PGA)：PGA 值定義為地震加速度歷時之極值，是目前工程上應用最為廣泛的參數，物理意義簡單使用方便為其優點。
- (2) 反應譜值：即譜加速度(Sa)、譜速度(Sv)、譜位移(Sd)等。對應不同的結構週期，均可建立其衰減律。以反應譜值衰減律進行危害度分析，可得到均布危害度反應譜。
- (3) 簡化均布危害度反應譜參數：Sas 為短週期譜加速度，通常以結構週期 0.3 秒（或 0.2 秒）來代表；Sa1 為長週期譜加速度，通常以結構週期 1.0 秒來代表，又稱 1 秒週期譜加速度。反應譜計算之結構阻尼比取 5%。由於反應譜值隨週期變化相當大，直接取 0.3 秒及 1.0 秒反應譜值來建構簡化反應譜，可能導致相當大的誤差。一般而言，反應譜在短週期區的譜加速度會趨近常

數，而在長週期區的譜速度亦會趨近常數，因此 S_{as} 可取短週期區間譜加速度之平均值，

$$S_{as} = \frac{1.0}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} S_a(t) \cdot dt \dots\dots\dots (1)$$

其中 T_1 、 T_2 為短週期區間之範圍，通常取 0.1~0.5 秒區間。有時為能保守反映反應譜之最大值可能在前述週期 0.1~0.5 秒區間外，而將式(1)的積分區間固定為 0.4 秒($T_2 - T_1 = 0.4$)，對所有結構週期以式(1)移動掃描，求最大值定義為短週期譜加速度 S_{as} ，在本研究裡，均採用此一短週期譜加速度 S_{as} 定義。 S_{a1} 則取長週期區間譜速度之平均值，並假設其對應之週期為 1.0 秒，再換算成 S_{a1} ，即

$$S_{v1} = \frac{1.0}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} S_v(t) \cdot dt \dots\dots\dots (2)$$

$$S_{a1} = 2\pi \cdot S_{v1} \dots\dots\dots (3)$$

其中 T_1 、 T_2 為長週期區間譜速度趨近常數之範圍，本研究採用積分區間固定為 1.0 秒($T_2 - T_1 = 1.0$)，對所有結構週期以式(2)移動掃描，求最大值定義為長週期區間譜速度均值，再以式(3)換算成 S_{a1} 。

- (4) 等值地表加速度(EPA)：PGA 值並不足以有效描述地盤運動對結構物之影響。因此，由反應譜值來定義有效地表加速度(EPA)，將式(1)的 S_{as} 除以常數 2.5，即為 EPA。

2. 分析方法

為了能確實反映位於不同地盤條件的測站之放大效應，本研究引用葉永田(2003)之研究成果，該研究並未採用先依地盤條件分類再進行衰減律回歸分析的傳統程序，而採用二階段式步驟進行震度衰減律分析。第一階段回歸出一個不分地盤條件的震度衰減律作為參考衰減式 Y_r ；第二階段則分析每一個測站資料對參考衰減式 Y_r 的系統偏差，進而得到考慮地盤條件的修正衰減律 Y_s 。

根據葉永田(2003)所提嘉義地區之衰減模式，估算當前述二個大地震發生時，位於嘉義市不同地點之地震動大小。其原理敘述如下：

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，地震動會發生衰減現象，在工程上，地震動 Y 之衰減

律可表示為：

$$Y = f(M, R) \dots\dots\dots (4)$$

其中 M 和 R 分別為地震規模及震源距離。於工程應用上，有多種常用的衰減率形式，而本文採用 Campbell(1981)所提出的衰減公式，亦即

$$Y_r = PGA(g) = f(M, R) = b_1 e^{b_2 M} [R + b_4 \exp(b_5 M)]^{-b_3} \dots\dots\dots (5)$$

其中 $b^1 \sim b^5$ 為常係數，可由回歸分析求得。

第二階段則進行所有測站資料對參考衰減式 Y_r 的系統偏差分析，正規化殘值(residual) (Campbell, 1981)可定義為

$$NR_i = \frac{(Err_i) - MR}{\sigma_{Err}} \dots\dots\dots (6)$$

其中 $Err_i = \ln PGA_i - \ln \overline{PGA_i}$ 為每個測站資料對式(2)的誤差， PGA_i 為實測值， $\overline{PGA_i}$ 為參考衰減式 Y_r 的計算值。誤差統計分析之均值 MR 及標準偏差 σ_{Err} 。針對每一個測站，將每個測站資料對式(5)的誤差進行統計分析，並計算其正規化殘值(residual)，可得測站系統偏差函數關係。

根據測站誤差統計分析之殘值對 PGA 之關係，顯示誤差殘值隨 PGA 呈半對數關係。此外，也對地震規模及震源距離做比較，結果發現誤差殘值與地震規模及震源距離之關聯性不高。各測站所顯現之系統偏差應可視為完全反映該測站之地盤特性，此一系統偏差為震度大小之函數。

因此，對每一個測站而言，式(4)均可以另一個修正函數加以修正，而得到考慮地盤震動特性之修正衰減式，其修正關係函數可定義為

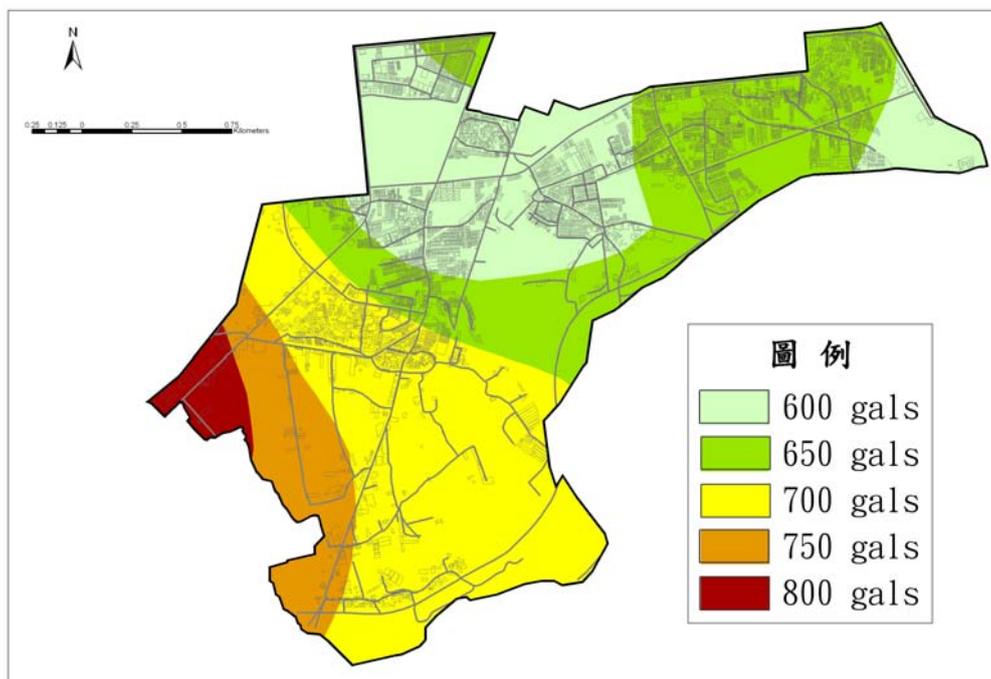
$$\ln(Y_s) = C_0 + C_1 \ln(Y_r) \dots\dots\dots (7)$$

其中 Y_s 為測站修正衰減式。配合中央氣象局之測站資料，將式(4)及式(7)應用於地震災害潛勢分析，應可得到不錯的結果。

(三) 危險程度評估

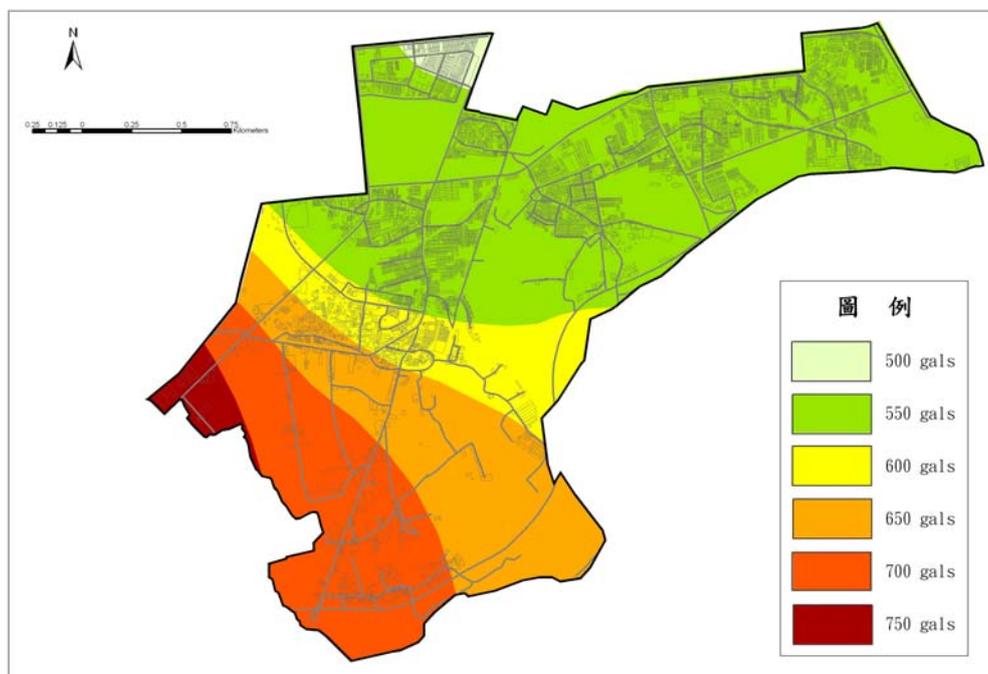
由中央氣象局得知當地表加速度大於 400gals 時為劇烈地震，可能會造成建築物崩塌及山崩等嚴重損害，而本研究實證地區的地表加速度皆分布於 500gals 到 800gals 中屬高危險區域(參見圖 3-13、圖 3-14)，為了劃分實證區內各地區的不同危險程度，本研究採用葉永田(2003)所提出之衰減模式，並選取本研究實證地區範圍的研究結果，可大略得知危險程度主要由東南向西北遞減，梅山斷層分布在 600gals 到 800gals 之間危險程度較高於觸口斷層的 500gals 到 750gals 之間。

圖3-13 梅山斷層地表加速度分佈圖



資料來源：嘉義市防救災示範計畫

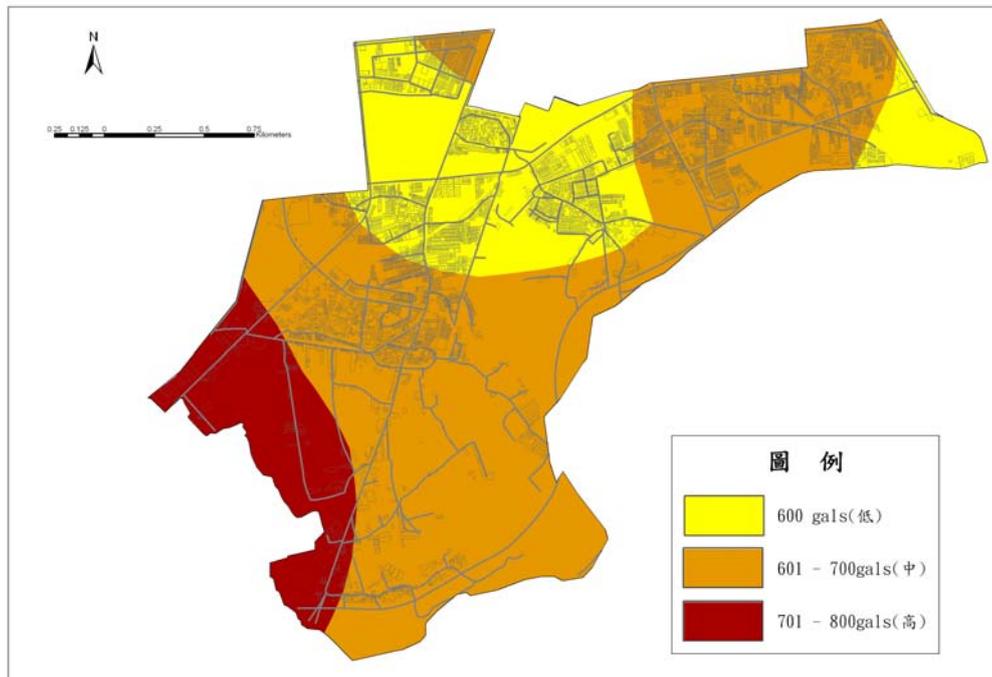
圖3-14 觸口斷層地表加速度分佈圖



資料來源：嘉義市防救災示範計畫

而整體實証地區危險程度則是採上述梅山斷層與觸口斷層兩斷層區域中 gals 數值較高者做為該區域的危險程度，共分為 600gals、601-700gals 以及 701-800gals 三個層級，以東南邊為高危險程度，北端為低危險程度，其餘為中危險程度，結果如圖 3-15 所示。

圖3-15 湖子內地區地表加速度分佈圖



資料來源：嘉義市防救災示範計畫

二 土壤液化

(一) 影響因素

日本新潟及美國阿拉斯加於 1964 年發生大地震，所引發的土壤液化，造成生命財產的損失，促使學者對土壤液化現象的重視。美國 H. B. Seed 教授及其研究群，首先以動態三軸試驗來模擬地震作用應力，經由一系列的研究計劃，使液化行為有了明確的解釋。研究結果指出許多因素將影響土壤液化行為，本研究將一些因素討論於下：

1. 相對密度 (Dr)

相對密度係影響砂土液化的最主要因素之一，一般而言，對於同一試驗土樣，相對密度愈高愈不容易液化。當 Dr 大於 70%時將極少可能發生液化現象。依據 Mulilis (1975) 研究液化機制之結果指出，在相對密度小於 70%時，引起土壤液化之反復應力比與相對密度 Dr 呈線性關係，且此線性關係乃為圍壓的函

數。Peacock & Seed (1968) 亦有相似之結論。

2. 有效圍壓 (σ)

有效圍壓亦是影響液化強度之主要因素之一。Mulilis (1975) 指出隨著有效圍壓之增加，液化強度則略為線性降低。

3. 細粒料含量

Lee & Fitton (1969) 指出在相對密度相同之條件下，進行動態三軸試驗，粘性細料會使抗液化強度增大，而粉質細料會使抗液化強度降低。若細料含量愈高則液化強度有增加之趨勢。

4. 取樣擾動之影響

Townsend 等人 (1978) 指出對於鬆至中等緊砂土，因取樣過程的擾動造成相對密度的增加會增加砂土之抗液強度，而緊密砂土則因膨脹而會減低其液化強度。

5. 土層之排水情況

孔隙水壓之消散速率，亦關係到液化是否能發生；其與土壤之滲透性、壓縮性與飽和度有關；一般而言，飽和度低於 100% 之砂土亦會液化，但其液化可能性將隨飽和度之降低而遞減。

6. 地表震動強度與震動持續時間

1964 年日本新潟地震後，曾搜集整理該地過去 370 年大約 25 個地震記錄，顯示只有三大地震曾引起該地發生液化現象，而該三次地震之地表加速度皆超過 0.13g 以上，此外 1964 年之阿拉斯加地震，位於 Anchorage 地區發生液化引起邊坡滑動現象，顯示當地震震動開始後 90 秒才發生液化，因此若震動持續時間較短時，較不會產生液化現象。

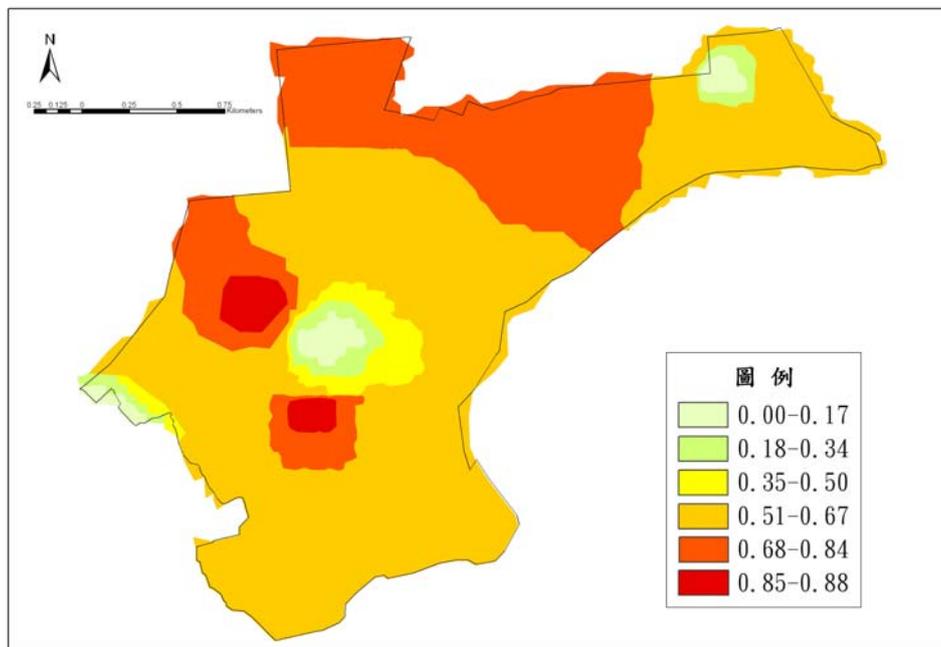
(二) 土壤液化災害程度評估

土壤液化分析可利用現地不擾動土樣進行室內試驗或採現地試驗參數，如 SPT-N、CPT- q_c ，震測剪力波速 VS 等方法進行分析。室內試驗因砂土容易受擾動，不廣受工程界採用。現地經驗則以 SPT-N 值最容易獲得，且較為可靠，因此目前世界各國設計規範普遍以 SPT-N 法為基本方法。Seed 簡易經驗法係美國國家地震工程研究中心(1997)修正 Seed 簡易經驗法而提出，將 Seed et al(1985, 1996) 所有以圖表表示之參數全面公式化。此法美國加州大學戴維斯分校 Idress 教授針對 921 集集大地震於員林地區有土壤液化災害地點進行現場鑽探取樣，

並進行相關現場地球物理試驗，以瞭解土壤液化後之地層狀況。

為了劃分實證區內各地區的不同災害程度，本研究採用陳怡睿等（2002）建立之羅吉特迴歸評估模式，將嘉義地區的鑽探資料逐一導入，計算出各樣本點的危險機率，配合機率加權法之應用求得 135 個孔位的液化機率值。經擇取本實證範圍（嘉義市湖子內都市計畫地區）內的評估結果後，依據機率分佈的狀況將研究區劃分為六個等級的災害程度，其機率值的分佈分別為 0.00-0.17 以下、0.18-0.34、0.35-0.50、0.51-0.67、0.68-0.84 及 0.85-0.88，結果如圖 3-16 所示。

圖3-16 湖子內地區土壤液化機率分佈圖



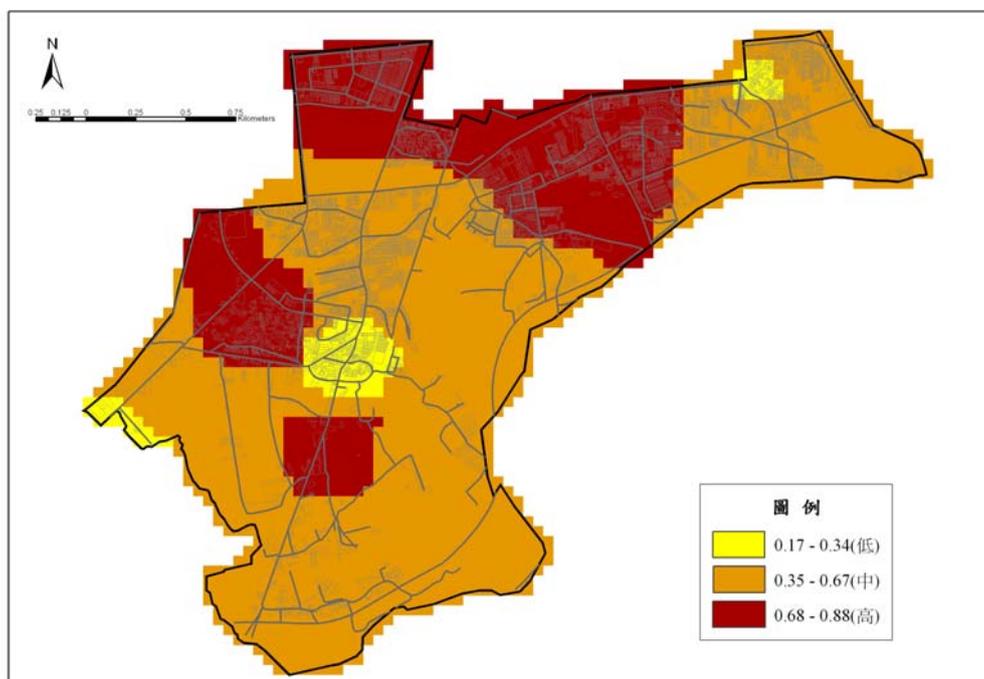
資料來源：陳怡睿等（2002）

三 災害性程度分析

在各項資料的分析上，本研究採用網格單元進行空間的分析，在 50 公尺長度的正方形網格單元下，全研究區總計分割為 2438 個網格(研究分區)，將土壤液化災害機率值分派到各個網格之中。分派的原則係採取保守的態度來訂定其危險等級，也就是說，當一個網格內具有兩種以上機率值的分佈時，則取機率值最高者，並劃定該危險程度；各等級災害分區的風險衡量尺度分別取其機率區間之最大值，依據所得的土壤液化機率，將災害性的程度分為高程度、中程度及低程度三等級，機率 0.17~0.34 表該區具有低程度的災害性，機率 0.35~0.67 表該區具有中低程度的災害性，機率 0.68~0.88 表該區具有高程度的災害性。所得之實

證區土壤液化災害程度分佈，參見圖 3-17。

圖3-17 湖子內地區土壤液化程度分佈圖



資料來源：本研究整理

第三節 暴露與傷害性分析

依據地震災害風險指標的概念基礎，本研究建立了一個衡量地震風險的簡易量化概念。若以 R 代表地震風險，則其值乃為災害、暴露與傷害等三個因子共同貢獻，只要其中一項因子消失，風險也就消失，因此以下式表示：

$$R=H*E*V$$

其中， H 表示災害因子， E 為暴露因子， V 為傷害性因子。當風險在不同的空間尺度下進行分析時， H 、 E 與 V 的衡量也可以被使用，也就是說，這些因子可以地區、都市或區域的尺度進行資料的使用，以描繪出都市內、都市間與區域間的風險輪廓。

一 暴露程度分析

暴露是風險的基本成分，無論災害事件多嚴重，沒有暴露之人口與建築設施就不會有破壞，也因而沒有風險也沒有所謂損害之發生；所以暴露程度愈大，所潛藏的損害也可能越大。暴露於各個特定土壤液化危險區內的風險程度，本研

究界定由實質設施、人口與經濟等三個因子分別貢獻：

$$E = Fe + Pe + Ee$$

各網格內的各項暴露量分派，方法如下所述：

(一) 實質設施暴露分析

實質設施雖然包含一般建築物、重要設施、維生-運輸系統及維生-民生系統，但估計重要設施及維生管線有其困難性，目前本研究僅以建築物為主要對象，採用建築物分佈密度的概念作為衡量指標，亦即全部建築物平面投影面積總和佔全區土地面積的百分比：

$$F_{ie} = a_i / A_i$$

其中， F_{ie} 代表 i 網格 ($i=1,2,\dots,m$) 內的實質設施暴露程度； a_i 為 i 網格 ($i=1,2,\dots,m$) 內的所有建築物平面投影面積總和； A_i 為 i 網格之土地面積。

(二) 人口暴露分析

都市人口具有流動的特性，特別是在日、夜間的分佈及通勤時間的分佈更有明顯的差異，導致災害事件發生於日、夜間及通勤時間所造成的傷害程度也具有差異性，但通勤人口的估計亦有困難。本研究在人口暴露的分析上，將區分為日間人口暴露與夜間人口暴露，以衡量日間風險與夜間風險的差異。由於人口的統計資料並未區分日、夜間人口，加上統計單位是全研究區，因此本研究必須針對現況人口總數進行各研究區分佈與日、夜間分佈的分派。

首先，假設都市中的日間人口主要分佈在住宅、商業與工業等三種使用分區，從事戶外休息活動與道路使用的人口則予以忽略；夜間人口則定義為全部集中於住宅區時的人口。此外，分派基礎是都市中各種活動的空間使用水準或服務水準，也就是單位樓地板面積中的活動人口數 (人/m²)。對住宅使用而言，這就是居住淨密度；對商業使用而言，就是單位面積的服務人口數；對工業使用而言，就是單位生產面積的員工數。如果都市內各網格的各種活動空間使用水準或服務水準為固定，則實證區內的總人口即可透過下列方法分派到各研究分區內：

$$P_{ied} = \{P / \sum_{i=1}^m (a_i \times f_i)\} * (a_i \times f_i)$$

$$P_{ien} = \{P / \sum_{i=1}^m (a_{i1} \times f_{i1})\} * (a_{i1} \times f_{i1})$$

其中， P_{ied} 為 i 網格內之日間人口暴露量； P_{ien} 為 i 網格內之夜間人口暴露量； P 為網格內之總人口數； f_i 為 i 網格內的建築樓層總量； a_{i1} 為 i 網格內住宅使用之建築物平面投影面積； f_{i1} 為 i 網格內住宅使用之建築樓層總量。

(三) 經濟暴露分析

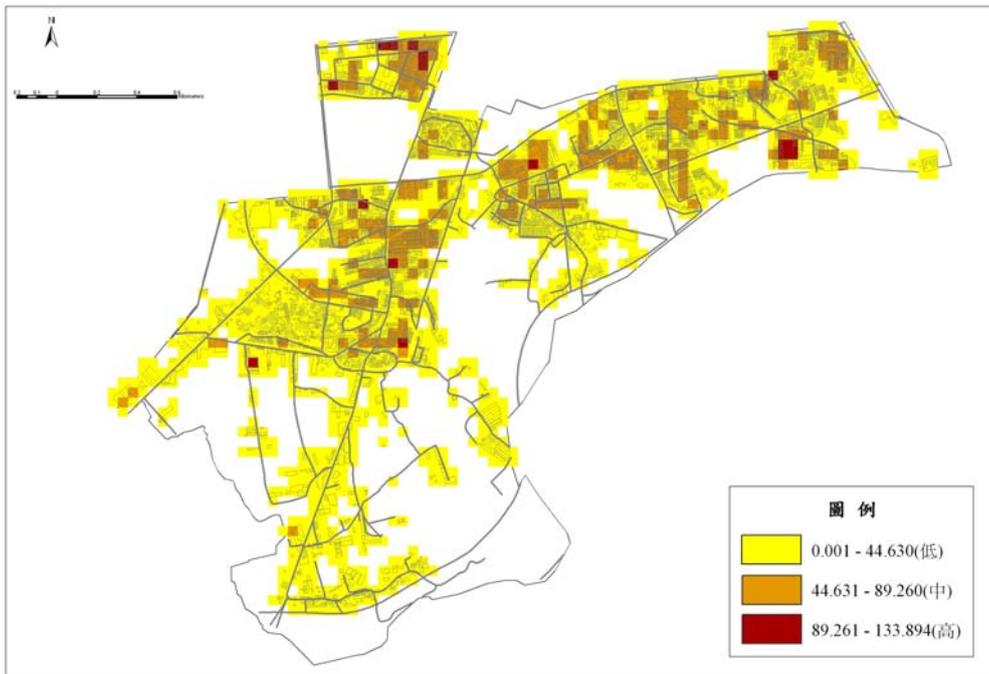
以各產業部門產值來代表經濟暴露的指標也無法從統計資料中取得，因此本研究以主要產業之發展密度作為衡量指標，亦即工業與商業使用的土地面積總和佔全區土地面積之百分比：

$$E_{ie} = \sum_{j=2}^3 a_{ij} / A_i$$

其中， E_{ie} 為 i 網格內的經濟暴露程度； a_{ij} 為 i 網格內 j 使用類別（ $j=1、2$ 或 3 ，分別代表住宅、商業與工業使用）之建築物平面投影面積； A_i 為 i 網格的土地面積。

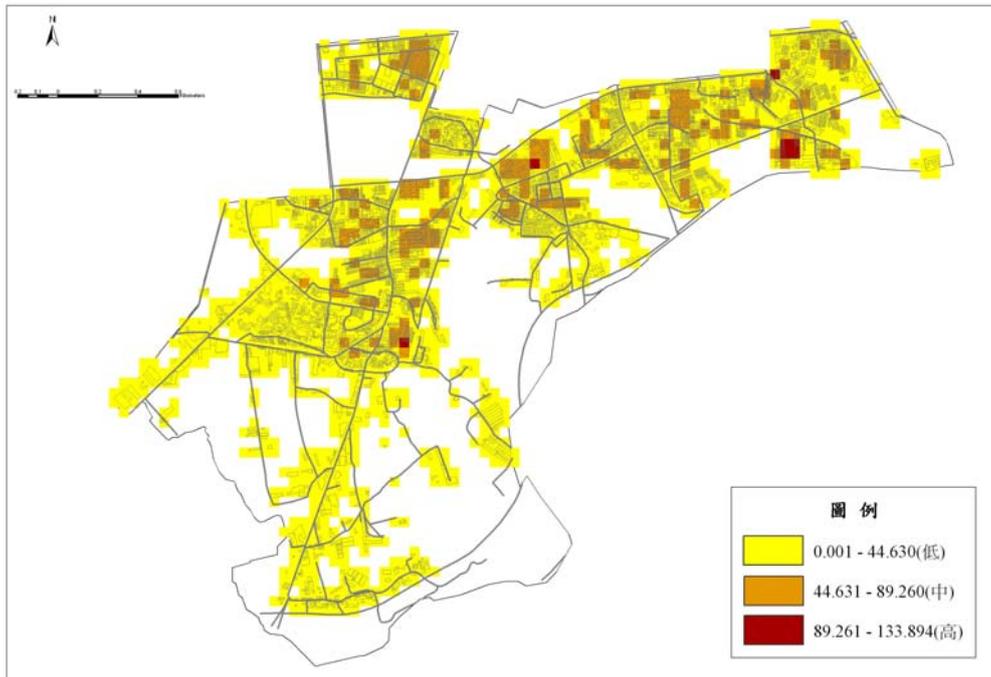
將上述暴露因子依實際資料進行衡量，分日間與夜間分別進行暴露程度的計算，暴露程度為 0 表該區不具有暴露性，日夜間暴露程度介於 0.01~44.630 表該網格具有低程度的暴露性，暴露程度介於 44.631~89.260 表該網格具有中程度的暴露性，暴露程度介於 89.621~133.894 該網格具有高程度的暴露性。結果發現各網格的暴露程度差異非常小（參見圖 3-18 及圖 3-19），而且屬於無風險狀態的網格，不論日間暴露性或夜間暴露性均多達 48% 的比例。扣除這些屬於無風險的區域，衡量日間暴露性與夜間暴露性，顯見日間暴露的範圍較分散，某些分區亦具有較高程度的暴露性，而夜間的暴露性則有地區性集中的現象。

圖3-18 湖子內地區日間暴露程度分佈圖



資料來源：本研究整理

圖3-19 湖子內地區夜間暴露程度分佈圖



資料來源：本研究整理

二 傷害程度分析

當一個地震發生在風險暴露之地區，若沒有造成人員傷亡或是財產損失就不會構成風險。由於風險暴露體存在傷害性才構成風險，因此傷害性的評估項目將與暴露程度的評估相同，也就是指實質設施、人口與經濟等三個因子遭受災害所帶來的損失程度，且三個因子對災害風險是分別貢獻的，即：

$$V = F_v + P_v + E_v$$

分派到各網格內之各項傷害量的方法如下所述：

(一) 實質設施傷害分析

實質設施的傷害性評估仍然以暴露於液化危險區內的建築物為主，可能產生的傷害型態主要是建築物的傾斜或倒塌。火災也是可能產生的間接災害，但不在本研究考量之內，主要是因為發生火災的主因多為建築物倒塌後產生管線受損所引起，這部分損害已經考量在建築物損壞之中。參考 HAZ-Taiwan 系統之損失評估，本研究以建物之重建成本為主，而造成建築物損壞的主要原因與建築物的結構品質有很大關連性，這通常可以反映在建築結構與屋齡兩項指標上；並引用陳怡睿(2002)土壤液化潛勢研究的成果，將建物屋齡大於 4 年且構造屬於鋼筋混

凝土、木磚造或鐵皮屋者，列為具有損害危險傾向之建物。依此，本研究以危險傾向之建築物作為衡量指標，亦即「屋齡大於4年且構造屬於鋼筋混凝土、木磚造或鐵皮屋」之數量。

在損失的衡量方面，本研究採用民國91年實施之新制住宅火災及基本地震保險中的估價規定，以建築物之實際現金價值作為受災後可能的導致的最大損失。建築物實際現金價值為重置成本扣除折舊後的餘額，也就是：

$$\begin{aligned} \text{建築物實際現金價值} &= \text{重置成本} - \text{折舊後餘額} \\ &= (\text{各類建築構造單價} \times \text{各類建築樓地板面積}) \times (1 - \text{折舊率}) \\ &= \text{建築物總造價} \times \{1 - (\text{建築物年齡} / \text{耐用年數} + 1)\} \end{aligned}$$

在達到耐用年數的建物方面，其損失的橫量則是採用嘉義市稅捐稽增處的規定，也就是視達耐用年數的建築物，其剩餘得價值只剩其建築物殘餘的價值，故無折舊率等考量。

$$\begin{aligned} \text{建築物實際現金價值} &= \text{重置成本} \times \text{殘值率} \\ &= (\text{磚木造建築構造單價} \times \text{各類建築樓地板面積}) \times \text{殘值率} \end{aligned}$$

建築物之單位造價係參照台北市產物保險商業同業公會所制訂之保險估價基準，此標準為住宅類建築之造價；各種建築構造之耐用年數則依照行政院所公佈之固定資產耐用年數表之規定，詳見表3-5。

表3-5 建築物單位造價及耐用年數參照表 單位：元／坪

結構 樓層別	鋼骨造	鋼筋混凝土	加強磚造	磚石造	金屬造	木造
1	36,000	30,000	30,000	20,000	20,000	20,000
2	36,400	32,000	32,000	20,000	20,000	20,000
3	37,000	35,000	35,000	20,000	20,000	20,000
4-5	51,600	43,000	43,000	20,000	20,000	20,000
6-8	61,200	51,000	51,000	20,000	20,000	20,000
9-10	63,600	53,000	53,000	20,000	20,000	20,000
11-12	69,600	58,000	58,000	20,000	20,000	20,000
13-14	72,000	60,000	60,000	20,000	20,000	20,000
15-16	81,600	68,000	68,000	20,000	20,000	20,000
17-18	84,000	70,000	70,000	20,000	20,000	20,000
19-20	93,600	78,000	78,000	20,000	20,000	20,000
21-24	99,600	83,000	83,000	20,000	20,000	20,000
耐用年數	55	55	35	25	20	15

資料來源：台北市產物保險商業同業公會制訂，民國 85 年 5 月。

(二) 人口傷害分析

總體的人口傷害性視暴露人口的特性而定，其主要分析的項目在於對人身衝擊的程度以及人的生命價值。前者著重於因個體承受風險能力的不同而造成不同的風險傷害性，比較常見於不同風險間的比較；後者則屬於個體條件的差異性。本研究僅就土壤液化災害風險進行探討，且因土壤液化所可能造成的傷害較為單純，大多是透過建築物損壞而造成，因此每個人承受此災害風險的能力的差異性並不大。所以，如果將每個人的生命價值視為相同時，則人口傷害性的程度就等同於暴露人口量的程度。

(三) 經濟傷害分析

因地震事件發生所導致的經濟損失層面非常廣泛，一般可分為機器設備與各項設施破壞的損失（直接損失）以及因生產停頓所造成的交易損失與各項機會成本等（間接損失）二部分，前者可以固定資產為分析指標，後者則以營業收入

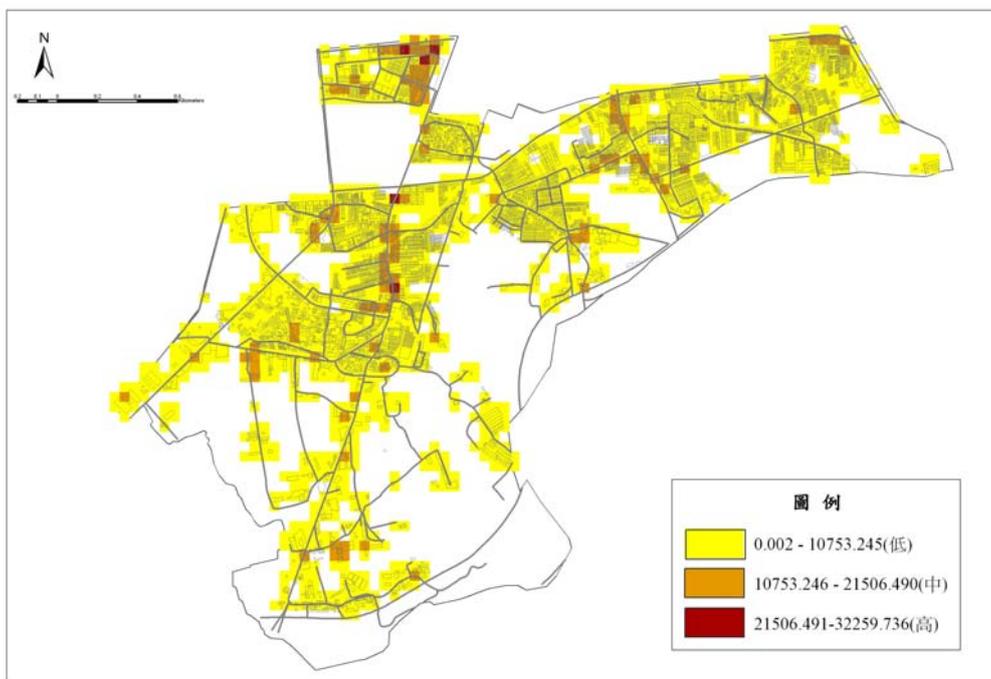
為分析指標。本研究將以商業的登記資本額以及工業的實際運用固定資產為指標作為災害發生後可能引起的直接損失估計，間接損失將以年營業收入額的統計資料進行衡量，並且假設影響期為一季（3個月），也就是將年營業收入乘上 0.25。由於統計資料的限制，因此資本額、固定資產與年營業收入的資料均為嘉義市的資料，以其單位價值（包括平均每家之資本額、固定資產與營業收入）為標準作為本研究分區內商業與工業的資本額、固定資產與年營業收入值。各網格經濟傷害的程度值可由下式來衡量：

$$E_{iv} = \{Nb_{i2} * (c_2^t + 0.25r_2^t)\} + \{Nb_{i3} * (c_3^t + 0.25r_3^t)\}$$

其中， E_{iv} 為 i 網格內之經濟傷害程度； Nb_{i2} 與 Nb_{i3} 分別為 i 網格內商業與工業之家數（本研究以建築物數量代表）； c_2^t 與 c_3^t 分別為 t 年時商業之平均每家資本額與工業之平均每家固定資產值； r_2^t 與 r_3^t 分別為 t 年時商業與工業之平均每家年營業收入。

將上述傷害因子依實際資料進行衡量，進行傷害程度的計算，程度為 0 表該區不具有傷害性，將計算出災害性的結果分為高程度、中程度及低程度三等級（參見圖 3-20），結果發現傷害程度較大的網格，多屬於商業或工業使用，其他就較為平均。

圖3-20 湖子內地區傷害程度分佈圖



資料來源：本研究整理

第四章 實證地區地震災害風險減緩策略分析

本章主要是基於問卷所反映的結果來分析各項地震災害風險減緩措施之效果，包括減緩效果與實施效果兩個部分。地震災害減緩策略的擬定應該以具有最大減緩效果與最大實施效果為目標，透過此兩種效果的分析，將成為本研究擬定地震災害減緩策略的重要基礎。

第一節 問卷成員分析

為檢驗各項風險減緩措施的影響效果，本研究透過專家問卷進行分析。此外，為反映地方公眾的風險認知及其對土地使用管理策略實施的意見，亦針對地方政府與居民分別進行問卷。總計本研究共進行三種問卷，受訪成員狀況分述如后。

一 專家問卷成員

專家問卷的對象包括學者與政府單位主管兩種，涵蓋了防災規劃、都市計畫、營建管理與土地管理等四個專業領域。被列入受訪名單的成員總計 41 位。問卷方式係採郵寄進行。經問卷回收與判定為有效的問卷數為 20 份，有效問卷率為 48.78%。其成員按種類與專業領域來區分，如表 4-1 所示。因此，本研究所進行的專家問卷分析的樣本，由 13 位學者與 7 位政府單位主管所組成；包含的專業領域以都市計畫為主（計 10 位，佔 50%），其次為防災規劃 4 位（佔 20%），土地管理 3 位（佔 15%）及都市更新 1 位（佔 5%）。

表4-1 專家問卷成員之屬性組成表

種類	專業領域	服務單位	有效樣本數
學者	防災規劃	成功大學都市計劃學系 (1)	4
		義守大學公共政策與管理學系 (1)	
		長榮大學土地管理與開發學系 (2)	
	都市計畫	成功大學都市計劃學系 (2)	4
台北大學都市計劃研究所 (1) 立德管理學院 (1)			
營建管理	長榮大學土地管理與開發學系 (2)	2	
土地管理	逢甲大學土地管理學系 (1)	3	
	崑山科技大學不動產經營學系 (1) 長榮大學土地管理與開發學系 (1)		
政府 單位 主管	都市計畫	台北市政府都市發展局 (1)	6
		高雄市政府都市發展局 (1)	
		台南市政府都市發展局 (2)	
台南縣政府城鄉發展局 (1) 高雄縣政府建設局 (1)			
都市更新	台北市政府都市更新處 (1)	1	
總有效樣本數			20

資料來源：本研究整理

二 地方官員問卷成員

以主管實證地區土地使用管理的嘉義市政府為對象，針對減緩地震災害風險的土地使用策略實施的相關意見進行問卷。列入問卷的成員對象包括土地規劃與管理有關的承辦主管與人員，因此選擇地政局重劃課以及工務局都市計劃課、建築管理課、土木課等單位的正式編制人員為問卷對象，總計 20 人。經問卷回收與判定為有效的問卷數為 10 份，有效問卷率為 50%。為瞭解受訪者的業務領域，本問卷配合實施地震災害減緩措施的四個土地使用管理層面來區分，由受訪者就自己所承辦業務與四個土地使用管理層面的關聯性程度，從相當高 (4)、很高 (3)、高 (2)、有些高 (1)、無關聯 (0) 等 5 個程度自行填答，其分佈與平均得點結果如表 4-2 所示。整體而言，全體受訪官員的承辦業務以土地使用管制層面的關聯度最高，其次為都市計畫通盤檢討，都市更新與營建管理也都具有略低於高度關聯的程度。

表4-2 地方官員問卷成員之業務關聯表

土地使用 管理層面	業務關聯程度（次數）					總體關聯程度 （平均得點）
	相當高	很高	高	有些高	無關聯	
土地使用 分區管制	3	2	3	1	1	很高～高（2.5）
都市更新	1	1	4	2	2	高～有些高（1.7）
都市計畫 通盤檢討	2	1	4	1	2	高（2）
營建管理	1	2	3	1	3	高～有些高（1.7）

資料來源：本研究整理

三 一般居民問卷成員

在湖子內都市計畫地區的居民方面，本研究總計發放 1000 份問卷，其中有 500 份問卷由訪員進行街頭隨機抽樣面對面訪問，500 份問卷採住宅投遞再派員回收方式進行。經問卷回收與判定為有效的問卷數為 507 份，包括街頭訪問 420 份（有效問卷率 84%）、住宅投遞 87 份（有效問卷率 17.4%），總體有效問卷率為 50.7%。

以下從七個受訪者的基本屬性問項，所進行統計的結果如下說明：

- (一) 性別：受訪樣本以男性居多，其中男性受訪者 268 位，佔 52.9%；女性受訪者 239 位，佔 47.1%。
- (二) 年齡：受訪者年齡分佈以 20~49 歲之間者為最多，其中 20 歲以下佔 11.2%，21~29 歲者佔 27.2%，30~39 歲者佔 25.2%，40~49 歲者佔 20.7%，50~59 歲者佔 12.2%，60~69 歲者佔 2.0%，70 歲以上佔 1.4%。
- (三) 教育程度：在教育程度以高中（職）及大學為最多，分別佔樣本數之 46.9% 以及 36.1%，國中佔 56 人（11.0%），研究所以上共 10 人（2.0%），國小以下有 20 人，佔 3.9%。
- (四) 所得水準：在所得水準上以 20,000 以下及 20,001~40,000 為最多，分別佔樣本數 33.7% 以及 47.5%，40,001~60,000 者佔 13.4%，60,001~80,000 者佔 2.8%，80,001 以上者佔 2.6%。
- (五) 有無房屋：在受訪樣本中有房屋者為 166 人，佔 32.7%；無房屋者共 341 人，佔 67.3%。

- (六) 有無土地：受訪樣本以無土地者居多，其中擁有土地者 129 位，佔 25.4%；無土地者 378 位，佔 74.6%。
- (七) 有無受災經驗：在受訪樣本中，有過地震災害經驗者為 164 人，佔 32.3%；無地震災害經驗者為 343 人，佔 67.7%。

第二節 減緩效果分析

本節主要分析 20 位專家問卷的結果，探討各項地震災害風險減緩措施在不同災害風險特徵下的影響效果。同時，配合地區地方政府官員與一般民眾的風險認知調查分析，一併比較專家學者、地方政府官員與一般民眾之間對於各項減緩措施效果的差異性。

一 專家問卷結果統計

由於地區發展程度的差異以及地震事件本身受到地質條件的影響，地震災害風險具有空間的差異性。如前一章所進行的地震災害風險環境分析，可知本實證地區內各網格空間確實具有不同的風險特徵。如何有效率地減緩地震災害對整個都市地區所造成的影響，必須因應不同風險屬性來執行適當的災害減緩措施，以避免資源浪費或防護不週的情況。

為界定各種地震災害風險減緩措施在不同風險特徵下的影響效果，本研究透過相關領域專家的問卷，就其經驗進行判斷，所獲得的成果將作為在實證地區研擬地震災害減緩策略的基礎。在地震災害風險環境分析中，將風險的因子分為災害、暴露及傷害性等三部分，並經過網格形式的空間分析後，決定了本實證地區內各網格空間的風險特徵。此風險特徵即是由災害、暴露與傷害性所組成，各網格分別具有不同程度的風險因子。本項問卷即是配合各風險因子的不同程度來進行，由專家就其知識與經驗判斷不同程度下各種風險減緩措施的效果。

為了掌握各災害減緩措施對於三個風險因子在不同風險程度下的減緩效果，本項分析將依照災害程度、暴露程度與傷害性程度分別分析各項災害減緩措施的影響效果。根據專家對各項災害減緩措施的影響效果判斷基準，可賦予不同影響效果 0 到 5 的評點（0 為無效；1 為些微有效；2 為普通有效；3 為有效；4 為很有效；5 為非常有效），依此進行統計分析。各項分析結果如下：

(一) 災害程度

依據統計結果顯示，隨著災害程度愈大，被認為有效的風險減緩措施的項目愈多，且影響性也愈大。各項減緩措施的有效性得點區間，高度災害為 3-4.9，中度災害為 2.29-4，低度災害則為 1.65-3.41。結果參見表 4-3。

表4-3 各種災害程度下風險減緩措施效果的得點分佈

災害程度	風險減緩措施效果的平均數分佈																								
高度災害	<p style="text-align: center;">災害性(高程度)</p> <table border="1"> <caption>高度災害 - 風險減緩措施效果的平均數</caption> <thead> <tr> <th>風險減緩措施</th> <th>平均數</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>禁限建地區指定</td><td>4.29</td></tr> <tr><td>救災能力強化</td><td>4.29</td></tr> <tr><td>防災規劃</td><td>4.18</td></tr> <tr><td>土地使用強度檢討變更</td><td>3.82</td></tr> <tr><td>關鍵性公共設施區位檢討變更</td><td>3.76</td></tr> <tr><td>地震風險資訊揭露</td><td>3.71</td></tr> <tr><td>土地使用機能檢討變更</td><td>3.65</td></tr> <tr><td>建物結構強化</td><td>3.29</td></tr> <tr><td>安全建材使用</td><td>3.25</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>3.0</td></tr> <tr><td>地震災害風險稅課徵</td><td>3.0</td></tr> </tbody> </table>	風險減緩措施	平均數	禁限建地區指定	4.29	救災能力強化	4.29	防災規劃	4.18	土地使用強度檢討變更	3.82	關鍵性公共設施區位檢討變更	3.76	地震風險資訊揭露	3.71	土地使用機能檢討變更	3.65	建物結構強化	3.29	安全建材使用	3.25	地震保險實施	3.0	地震災害風險稅課徵	3.0
風險減緩措施	平均數																								
禁限建地區指定	4.29																								
救災能力強化	4.29																								
防災規劃	4.18																								
土地使用強度檢討變更	3.82																								
關鍵性公共設施區位檢討變更	3.76																								
地震風險資訊揭露	3.71																								
土地使用機能檢討變更	3.65																								
建物結構強化	3.29																								
安全建材使用	3.25																								
地震保險實施	3.0																								
地震災害風險稅課徵	3.0																								
中度災害	<table border="1"> <caption>中度災害 - 風險減緩措施效果的平均數</caption> <thead> <tr> <th>風險減緩措施</th> <th>平均數</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>防災規劃</td><td>4.0</td></tr> <tr><td>救災能力強化</td><td>3.65</td></tr> <tr><td>建物結構強化</td><td>3.6</td></tr> <tr><td>禁限建地區指定</td><td>3.35</td></tr> <tr><td>安全建材使用</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>土地使用強度檢討變更</td><td>3.29</td></tr> <tr><td>關鍵性公共設施區位檢討變更</td><td>3.18</td></tr> <tr><td>地震風險資訊揭露</td><td>3.18</td></tr> <tr><td>土地使用機能檢討變更</td><td>2.94</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>2.29</td></tr> <tr><td>地震災害風險稅課徵</td><td>2.29</td></tr> </tbody> </table>	風險減緩措施	平均數	防災規劃	4.0	救災能力強化	3.65	建物結構強化	3.6	禁限建地區指定	3.35	安全建材使用	3.3	土地使用強度檢討變更	3.29	關鍵性公共設施區位檢討變更	3.18	地震風險資訊揭露	3.18	土地使用機能檢討變更	2.94	地震保險實施	2.29	地震災害風險稅課徵	2.29
風險減緩措施	平均數																								
防災規劃	4.0																								
救災能力強化	3.65																								
建物結構強化	3.6																								
禁限建地區指定	3.35																								
安全建材使用	3.3																								
土地使用強度檢討變更	3.29																								
關鍵性公共設施區位檢討變更	3.18																								
地震風險資訊揭露	3.18																								
土地使用機能檢討變更	2.94																								
地震保險實施	2.29																								
地震災害風險稅課徵	2.29																								
低度災害	<p style="text-align: center;">災害性(低程度)</p> <table border="1"> <caption>低度災害 - 風險減緩措施效果的平均數</caption> <thead> <tr> <th>風險減緩措施</th> <th>平均數</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>防災規劃</td><td>3.41</td></tr> <tr><td>救災能力強化</td><td>3.24</td></tr> <tr><td>建物結構強化</td><td>3.06</td></tr> <tr><td>禁限建地區指定</td><td>2.82</td></tr> <tr><td>土地使用強度檢討變更</td><td>2.76</td></tr> <tr><td>關鍵性公共設施區位檢討變更</td><td>2.76</td></tr> <tr><td>地震風險資訊揭露</td><td>2.65</td></tr> <tr><td>土地使用機能檢討變更</td><td>2.53</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>2.35</td></tr> <tr><td>地震災害風險稅課徵</td><td>1.88</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>1.65</td></tr> </tbody> </table>	風險減緩措施	平均數	防災規劃	3.41	救災能力強化	3.24	建物結構強化	3.06	禁限建地區指定	2.82	土地使用強度檢討變更	2.76	關鍵性公共設施區位檢討變更	2.76	地震風險資訊揭露	2.65	土地使用機能檢討變更	2.53	地震保險實施	2.35	地震災害風險稅課徵	1.88	地震保險實施	1.65
風險減緩措施	平均數																								
防災規劃	3.41																								
救災能力強化	3.24																								
建物結構強化	3.06																								
禁限建地區指定	2.82																								
土地使用強度檢討變更	2.76																								
關鍵性公共設施區位檢討變更	2.76																								
地震風險資訊揭露	2.65																								
土地使用機能檢討變更	2.53																								
地震保險實施	2.35																								
地震災害風險稅課徵	1.88																								
地震保險實施	1.65																								

資料來源：本研究整理

在高度災害的情況下，有三項減緩措施被認為其影響是很有效的，包括「禁限建地區指定」、「救災能力強化」與「防災規劃」，其他各項措施也都具有有效以上的得點；中度災害情況下僅有「防災規劃」被認為是很有效的減緩措施，有效的措施則有 7 項；低度災害情況的平均得點多在 2 到 3 之間，顯示風險減緩措施的效果較為普通，但以「防災規劃」、「救災能力強化」與「建物結構強化」等三項較為重要。

(二) 暴露程度

在不同暴露程度的部分，分析結果顯然與災害性的狀況具有一致性，有就是隨著暴露程度愈大，被認為有效的風險減緩措施項目與影響性都愈大。各項減緩措施的有效性得點區間，高度災害為 2.76-4.59，中度災害為 2.18-3.71，低度災害則為 1.59-3.06。結果參見表 4-4。

表4-4 各種暴露程度下風險減緩措施效果的得點分佈

暴露程度	風險減緩措施效果的平均數分佈																								
高度暴露	<p style="text-align: center;">暴露性(高程度)</p> <table border="1"> <caption>高度暴露下風險減緩措施效果的平均數</caption> <thead> <tr> <th>風險減緩措施</th> <th>平均數</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>禁限建地區指定</td><td>4.59</td></tr> <tr><td>土地使用機能檢討變更</td><td>4.18</td></tr> <tr><td>土地使用強度檢討變更</td><td>4.12</td></tr> <tr><td>防災規劃</td><td>4.12</td></tr> <tr><td>建物結構強化</td><td>3.88</td></tr> <tr><td>地震風險資訊揭露</td><td>3.71</td></tr> <tr><td>安全建材使用</td><td>3.65</td></tr> <tr><td>救災能力強化</td><td>3.65</td></tr> <tr><td>關鍵性公共設施區位檢討變更</td><td>3.59</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>3.24</td></tr> <tr><td>地震災害風險稅課徵</td><td>2.76</td></tr> </tbody> </table>	風險減緩措施	平均數	禁限建地區指定	4.59	土地使用機能檢討變更	4.18	土地使用強度檢討變更	4.12	防災規劃	4.12	建物結構強化	3.88	地震風險資訊揭露	3.71	安全建材使用	3.65	救災能力強化	3.65	關鍵性公共設施區位檢討變更	3.59	地震保險實施	3.24	地震災害風險稅課徵	2.76
風險減緩措施	平均數																								
禁限建地區指定	4.59																								
土地使用機能檢討變更	4.18																								
土地使用強度檢討變更	4.12																								
防災規劃	4.12																								
建物結構強化	3.88																								
地震風險資訊揭露	3.71																								
安全建材使用	3.65																								
救災能力強化	3.65																								
關鍵性公共設施區位檢討變更	3.59																								
地震保險實施	3.24																								
地震災害風險稅課徵	2.76																								
中度暴露	<p style="text-align: center;">暴露性(中程度)</p> <table border="1"> <caption>中度暴露下風險減緩措施效果的平均數</caption> <thead> <tr> <th>風險減緩措施</th> <th>平均數</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>禁限建地區指定</td><td>3.71</td></tr> <tr><td>防災規劃</td><td>3.29</td></tr> <tr><td>救災能力強化</td><td>3.29</td></tr> <tr><td>安全建材使用</td><td>3.24</td></tr> <tr><td>土地使用強度檢討變更</td><td>3.24</td></tr> <tr><td>建物結構強化</td><td>3.18</td></tr> <tr><td>地震風險資訊揭露</td><td>3.12</td></tr> <tr><td>土地使用機能檢討變更</td><td>3</td></tr> <tr><td>關鍵性公共設施區位檢討變更</td><td>2.82</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>2.47</td></tr> <tr><td>地震災害風險稅課徵</td><td>2.18</td></tr> </tbody> </table>	風險減緩措施	平均數	禁限建地區指定	3.71	防災規劃	3.29	救災能力強化	3.29	安全建材使用	3.24	土地使用強度檢討變更	3.24	建物結構強化	3.18	地震風險資訊揭露	3.12	土地使用機能檢討變更	3	關鍵性公共設施區位檢討變更	2.82	地震保險實施	2.47	地震災害風險稅課徵	2.18
風險減緩措施	平均數																								
禁限建地區指定	3.71																								
防災規劃	3.29																								
救災能力強化	3.29																								
安全建材使用	3.24																								
土地使用強度檢討變更	3.24																								
建物結構強化	3.18																								
地震風險資訊揭露	3.12																								
土地使用機能檢討變更	3																								
關鍵性公共設施區位檢討變更	2.82																								
地震保險實施	2.47																								
地震災害風險稅課徵	2.18																								
低度暴露	<p style="text-align: center;">暴露性(低程度)</p> <table border="1"> <caption>低度暴露下風險減緩措施效果的平均數</caption> <thead> <tr> <th>風險減緩措施</th> <th>平均數</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>禁限建地區指定</td><td>3.06</td></tr> <tr><td>建物結構強化</td><td>3</td></tr> <tr><td>救災能力強化</td><td>3</td></tr> <tr><td>防災規劃</td><td>2.88</td></tr> <tr><td>安全建材使用</td><td>2.71</td></tr> <tr><td>地震風險資訊揭露</td><td>2.47</td></tr> <tr><td>土地使用強度檢討變更</td><td>2.35</td></tr> <tr><td>土地使用機能檢討變更</td><td>2.35</td></tr> <tr><td>關鍵性公共設施區位檢討變更</td><td>2.18</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>1.94</td></tr> <tr><td>地震災害風險稅課徵</td><td>1.59</td></tr> </tbody> </table>	風險減緩措施	平均數	禁限建地區指定	3.06	建物結構強化	3	救災能力強化	3	防災規劃	2.88	安全建材使用	2.71	地震風險資訊揭露	2.47	土地使用強度檢討變更	2.35	土地使用機能檢討變更	2.35	關鍵性公共設施區位檢討變更	2.18	地震保險實施	1.94	地震災害風險稅課徵	1.59
風險減緩措施	平均數																								
禁限建地區指定	3.06																								
建物結構強化	3																								
救災能力強化	3																								
防災規劃	2.88																								
安全建材使用	2.71																								
地震風險資訊揭露	2.47																								
土地使用強度檢討變更	2.35																								
土地使用機能檢討變更	2.35																								
關鍵性公共設施區位檢討變更	2.18																								
地震保險實施	1.94																								
地震災害風險稅課徵	1.59																								

資料來源：本研究整理

在各暴露程度情況下的減緩措施效果分佈上，被認為高度暴露時具很有影響效果的，包括「禁限建地區指定」、「土地使用機能檢討變更」、「土地使用強度檢討變更」與「防災規劃」等四項，另有 6 項措施也都具有有效以上的得點；中度暴露情況下的措施有效性平均得點多分佈在 3 到 4 之間，亦即多具有有效以上的效果；低度暴露情況的平均得點多分佈於 2 到 3 之間，其中以「禁限建地區指定」、「建物結構強化」及「救災能力強化」的減緩效果較大。

(三) 傷害性程度

從統計分析結果顯示，各項措施對於傷害性的減緩效果略低於災害性與暴露性。各項措施在各種程度下的有效性得點區間，高度災害為 2.82-4.29，中度災害為 2.24-3.59，低度災害則為 1.41-2.88。結果參見表 4-5。

減緩高度傷害性的措施，以「禁限建地區指定」和「防災規劃」最具效果，其他如「土地使用機能檢討變更」、「建物結構強化」、「土地使用強度檢討變更」、「安全建材使用」與「救災能力強化」等 8 項也都是有效果的減緩措施；中程度傷害性的情況，有 8 項減緩措施的效果都被認為有效(平均得點 3)，顯示專家對減緩中度傷害性的看法開始分歧；在低程度傷害性的情況下，結果顯示各項措施平均得點差異性不大，也多被認為僅具普通效果。

表4-5 各種傷害性程度下風險減緩措施效果的得點分佈

傷害性程度	風險減緩措施效果的平均數分佈																								
高度傷害性	<p style="text-align: center;">傷害性(高程度)</p> <table border="1"> <caption>高度傷害性風險減緩措施效果的平均數</caption> <thead> <tr> <th>風險減緩措施</th> <th>平均數</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>禁限建地區指定</td><td>4.29</td></tr> <tr><td>防災規劃</td><td>4.06</td></tr> <tr><td>土地使用機能檢討變更</td><td>3.88</td></tr> <tr><td>建物結構強化</td><td>3.82</td></tr> <tr><td>土地使用強度檢討變更</td><td>3.82</td></tr> <tr><td>安全建材使用</td><td>3.71</td></tr> <tr><td>救災能力強化</td><td>3.65</td></tr> <tr><td>地震風險資訊揭露</td><td>3.53</td></tr> <tr><td>關鍵性公共設施區位檢討變更</td><td>3.47</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>3.06</td></tr> <tr><td>地震災害風險稅課徵</td><td>2.82</td></tr> </tbody> </table>	風險減緩措施	平均數	禁限建地區指定	4.29	防災規劃	4.06	土地使用機能檢討變更	3.88	建物結構強化	3.82	土地使用強度檢討變更	3.82	安全建材使用	3.71	救災能力強化	3.65	地震風險資訊揭露	3.53	關鍵性公共設施區位檢討變更	3.47	地震保險實施	3.06	地震災害風險稅課徵	2.82
風險減緩措施	平均數																								
禁限建地區指定	4.29																								
防災規劃	4.06																								
土地使用機能檢討變更	3.88																								
建物結構強化	3.82																								
土地使用強度檢討變更	3.82																								
安全建材使用	3.71																								
救災能力強化	3.65																								
地震風險資訊揭露	3.53																								
關鍵性公共設施區位檢討變更	3.47																								
地震保險實施	3.06																								
地震災害風險稅課徵	2.82																								
中度傷害性	<p style="text-align: center;">傷害性(中程度)</p> <table border="1"> <caption>中度傷害性風險減緩措施效果的平均數</caption> <thead> <tr> <th>風險減緩措施</th> <th>平均數</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>禁限建地區指定</td><td>3.59</td></tr> <tr><td>防災規劃</td><td>3.41</td></tr> <tr><td>安全建材使用</td><td>3.24</td></tr> <tr><td>建物結構強化</td><td>3.18</td></tr> <tr><td>土地使用強度檢討變更</td><td>3.12</td></tr> <tr><td>救災能力強化</td><td>3.06</td></tr> <tr><td>地震風險資訊揭露</td><td>3</td></tr> <tr><td>關鍵性公共設施區位檢討變更</td><td>3</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>2.76</td></tr> <tr><td>地震災害風險稅課徵</td><td>2.53</td></tr> <tr><td>土地使用機能檢討變更</td><td>2.24</td></tr> </tbody> </table>	風險減緩措施	平均數	禁限建地區指定	3.59	防災規劃	3.41	安全建材使用	3.24	建物結構強化	3.18	土地使用強度檢討變更	3.12	救災能力強化	3.06	地震風險資訊揭露	3	關鍵性公共設施區位檢討變更	3	地震保險實施	2.76	地震災害風險稅課徵	2.53	土地使用機能檢討變更	2.24
風險減緩措施	平均數																								
禁限建地區指定	3.59																								
防災規劃	3.41																								
安全建材使用	3.24																								
建物結構強化	3.18																								
土地使用強度檢討變更	3.12																								
救災能力強化	3.06																								
地震風險資訊揭露	3																								
關鍵性公共設施區位檢討變更	3																								
地震保險實施	2.76																								
地震災害風險稅課徵	2.53																								
土地使用機能檢討變更	2.24																								
低度傷害性	<p style="text-align: center;">傷害性(低程度)</p> <table border="1"> <caption>低度傷害性風險減緩措施效果的平均數</caption> <thead> <tr> <th>風險減緩措施</th> <th>平均數</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>防災規劃</td><td>2.88</td></tr> <tr><td>地震風險資訊揭露</td><td>2.76</td></tr> <tr><td>安全建材使用</td><td>2.71</td></tr> <tr><td>建物結構強化</td><td>2.65</td></tr> <tr><td>禁限建地區指定</td><td>2.65</td></tr> <tr><td>救災能力強化</td><td>2.65</td></tr> <tr><td>土地使用強度檢討變更</td><td>2.53</td></tr> <tr><td>地震保險實施</td><td>2.29</td></tr> <tr><td>土地使用機能檢討變更</td><td>2.24</td></tr> <tr><td>關鍵性公共設施區位檢討變更</td><td>2.18</td></tr> <tr><td>地震災害風險稅課徵</td><td>1.41</td></tr> </tbody> </table>	風險減緩措施	平均數	防災規劃	2.88	地震風險資訊揭露	2.76	安全建材使用	2.71	建物結構強化	2.65	禁限建地區指定	2.65	救災能力強化	2.65	土地使用強度檢討變更	2.53	地震保險實施	2.29	土地使用機能檢討變更	2.24	關鍵性公共設施區位檢討變更	2.18	地震災害風險稅課徵	1.41
風險減緩措施	平均數																								
防災規劃	2.88																								
地震風險資訊揭露	2.76																								
安全建材使用	2.71																								
建物結構強化	2.65																								
禁限建地區指定	2.65																								
救災能力強化	2.65																								
土地使用強度檢討變更	2.53																								
地震保險實施	2.29																								
土地使用機能檢討變更	2.24																								
關鍵性公共設施區位檢討變更	2.18																								
地震災害風險稅課徵	1.41																								

資料來源：本研究整理

二 地方官員與民眾問卷結果統計

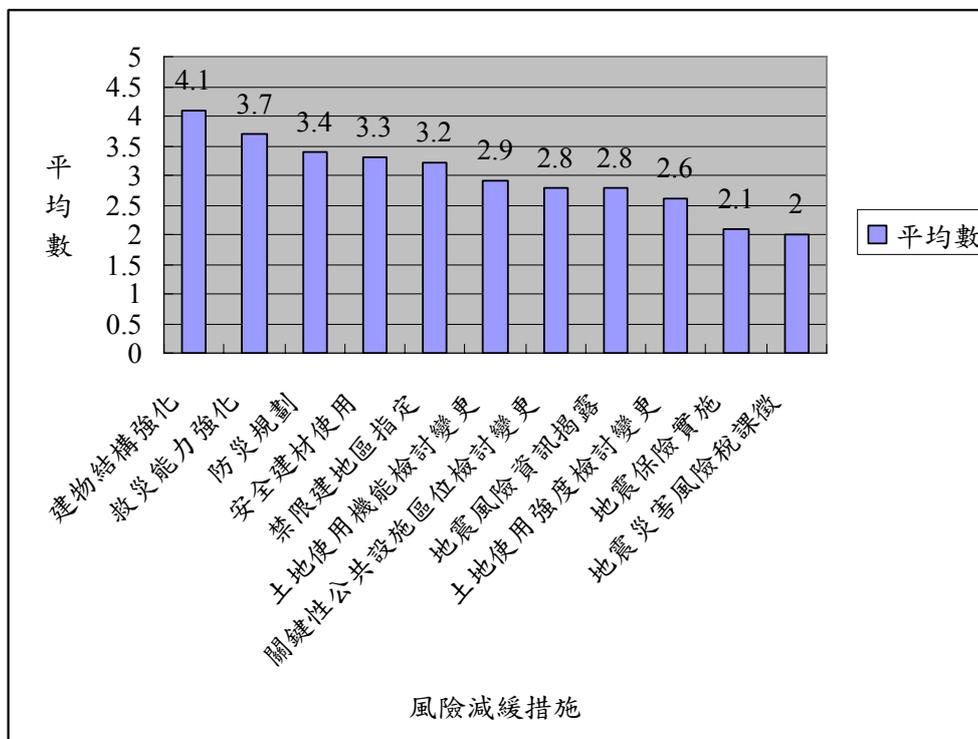
為瞭解實證地區的土地使用主管官員與一般居民對各項風險減緩措施影響效果的看法，本研究亦設計相關問項並進行統計分析。透過對地方認知的掌握，將協助未來實施風險減緩措施時，是否有必要進行調整的考量。本部分將先就地方官員與一般居民在風險減緩措施效果上的看法，分別進行初步的統計分析。下一部分再進行比較分析。

(一) 地方官員的認知

在地方官員的問卷中，針對 11 項地震災害風險減緩措施，分別請受訪者評量其有效程度。影響效果的程度劃分與統計評點皆與專家問卷相同，以利未來的比較分析。根據平均得點的統計結果，各項減緩措施實施效果的平均得點區間位於 2 至 4.1 之間，分佈情形詳見圖 4-1。

在各項減緩措施的效果判斷上，「建物結構強化」是被認為最有效果的措施，「救災能力強化」、「防災規劃」、「安全建材使用」與「禁限建地區指定」等四項措施亦都被認為是有效的措施。

圖 4-1 地方官員對風險減緩措施效果的認知分佈



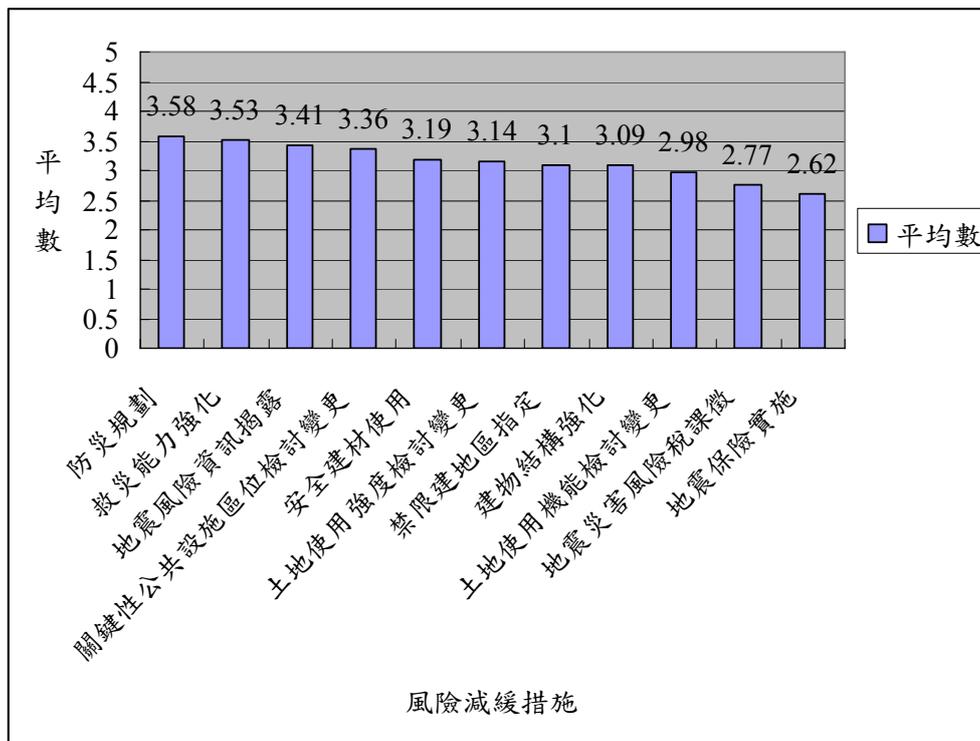
資料來源：本研究整理

(二) 一般居民的認知

針對各項地震災害風險減緩措施的減災效果，在居民問卷中也是分別請受訪者評量其有效程度，影響效果的程度劃分與統計評點皆與專家問卷及地方官員問卷都具有一致性。從各項減緩措施實施效果的平均得點區間位於 2.62 至 3.58 之間的結果來看，顯示居民大致認為各項措施的減緩效果是有效的，且意見集中的態勢比專家及官員來得明顯，分佈情形詳見圖 4-2。

在各項減緩措施的效果判斷上，最有效的前 4 名為「防災規劃」、「救災能力強化」、「地震風險資訊揭露」與「關鍵性公共設施區位檢討與變更」，其有效性的得點有比較明顯的領先。

圖 4-2 公眾對風險減緩措施效果的認知分佈



資料來源：本研究整理

三 小結

從上述三種問卷的統計結果，可以得知各項風險減緩措施在影響效果上的差異分佈情形。本研究欲建立減緩地震災害風險的土地使用策略，基本的理念即是以各種風險減緩措施的影響效果為基礎，因此有必要為每項措施的影響效果界定其減緩程度，並整理成減緩措施與風險特徵的減緩效果矩陣，未來將可

配合實證地區的空間風險特徵分佈，研提具有最佳減緩效果的實施策略。

(一) 減緩效果的程度界定

為能明確界定各項減緩措施在各種風險特徵下的減緩效果，本研究針對專家問卷的部分進行顯著水準的檢定（t 檢定），並以「很有效」（評點為 4）以上及「有效」（評點為 3）以上分別進行在 5% 信賴水準下的單尾檢定，用以界定「最佳減緩效果」與「次佳減緩效果」的各種措施。各種風險特徵情況下的減緩效果平均得點的顯著性檢定結果分別如表 4-6、表 4-7 與表 4-8 所示。

表4-6 各種災害程度下風險減緩措施效果得點的顯著性檢定結果

風險減緩措施項目	高程度		中程度		低程度	
	平均數	變異數	平均數	變異數	平均數	變異數
建物結構強化	3.29*	1.60	3.65*	1.12	3.06*	2.56
安全建材使用	3.25*	1.87	3.35*	1.24	2.82*	2.28
禁限建地區指定	4.29**	0.97	3.65*	1.74	2.76*	3.69
土地使用機能檢討變更	3.65*	0.49	2.94*	1.31	2.35	1.74
土地使用強度檢討變更	3.82**	1.53	3.29*	0.85	2.65	1.87
關鍵性公共設施區位檢討變更	3.76*	0.69	3.18*	1.15	2.76*	2.07
防災規劃	4.18**	0.78	4.00**	0.38	3.41*	1.38
救災能力強化	4.29**	0.72	3.65*	0.74	3.24*	2.44
地震保險實施	3.00*	2.38	2.29	1.6	1.88	1.49
地震風險資訊揭露	3.71**	2.60	3.18*	1.78	2.53*	3.01
地震災害風險稅課徵	3.00*	2.75	2.29	1.85	1.65	2.12

註：1. 樣本數 n=20。

2. 「*」表示在 5% 顯著水準下通過平均值大於 3 分 t 檢定之項目。

3. 「**」表示在 5% 顯著水準下通過平均值大於 4 分 t 檢定之項目。

資料來源：本研究整理

表4-7 各種暴露程度下風險減緩措施效果得點的顯著性檢定結果

風險減緩措施項目	高程度		中程度		低程度	
	平均數	變異數	平均數	變異數	平均數	變異數
建物結構強化	3.88**	1.11	3.18*	0.90	3.00*	2.13
安全建材使用	3.65*	1.37	3.24*	1.19	2.71	1.60
禁限建地區指定	4.59**	0.38	3.71**	1.72	3.06*	2.93
土地使用機能檢討變更	4.18**	0.40	3.12*	1.11	2.35	2.24
土地使用強度檢討變更	4.12**	0.86	3.24*	0.57	2.35	1.62
關鍵性公共設施區位檢討變更	3.59*	1.63	2.82*	1.28	2.18	1.90
防災規劃	4.12**	0.86	3.29*	1.10	2.88*	2.11
救災能力強化	3.65*	1.49	3.29*	1.47	3.00*	2.30
地震保險實施	3.24*	1.94	2.47	1.39	1.94	1.31
地震風險資訊揭露	3.71*	1.60	3.00*	1.75	2.47	2.39
地震災害風險稅課徵	2.76*	1.94	2.18	1.15	1.59	1.13

註：1.樣本數 n=20。

2.「*」表示在 5%顯著水準下通過平均值大於 3 分 t 檢定之項目。

3.「**」表示在 5%顯著水準下通過平均值大於 4 分 t 檢定之項目。

資料來源：本研究整理

表4-8 各種傷害性程度下風險減緩措施效果得點的顯著性檢定結果

風險減緩措施項目	高程度		中程度		低程度	
	平均數	變異數	平均數	變異數	平均數	變異數
建物結構強化	3.82**	1.65	3.18*	0.90	2.65*	2.12
安全建材使用	3.71**	1.97	3.24*	0.82	2.71*	1.85
禁限建地區指定	4.29**	0.72	3.59*	1.26	2.65*	2.74
土地使用機能檢討變更	3.88**	0.86	3.00*	1.00	2.24	1.44
土地使用強度檢討變更	3.82**	1.40	3.00*	0.88	2.53	1.39
關鍵性公共設施區位檢討變更	3.47*	1.26	2.76	1.32	2.18	1.90
防災規劃	4.06**	0.81	3.41*	1.01	2.88*	1.86
救災能力強化	3.65*	1.74	3.06*	1.31	2.65*	1.99
地震保險實施	3.06*	1.18	2.53	0.89	2.29	1.47
地震風險資訊揭露	3.53*	1.14	3.12*	0.86	2.76*	1.94
地震災害風險稅課徵	2.82*	1.90	2.24	1.19	1.41	0.88

註：1.樣本數 n=20。

2.「*」表示在 5%顯著水準下通過平均值大於 3 分 t 檢定之項目。

3.「**」表示在 5%顯著水準下通過平均值大於 4 分 t 檢定之項目。

資料來源：本研究整理

(二) 減緩效果矩陣建立

根據上述減緩效果平均得點的顯著性檢定結果，進一步彙整 11 項減緩措施在各種風險特徵（即風險因子與風險程度的組合）下的減緩效果，據以建立一個風險減緩效果矩陣，如表 4-9 所示。此成果將成為後續在擬定風險減緩策略時的重要基礎。

表4-9 風險減緩措施效果矩陣

各項措施之減緩效果		風險特徵			災害			暴露			傷害性		
		高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低
建物結構強化	最佳				●			●					
	次佳	○	○	○		○	○		○	○			
安全建材使用	最佳							●					
	次佳	○	○	○	○	○		○	○	○			
禁限建地區指定	最佳	●			●	●		●					
	次佳		○	○			○		○	○			
土地使用機能檢討變更	最佳				●			●					
	次佳	○	○			○				○			
土地使用強度檢討變更	最佳	●			●			●					
	次佳		○			○				○			
關鍵性公共設施區位檢討變更	最佳												
	次佳	○	○	○	○	○		○					
防災規劃	最佳	●	●		●			●					
	次佳			○		○	○			○	○		
救災能力強化	最佳	●											
	次佳		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
地震保險實施	最佳												
	次佳	○			○			○					
地震風險資訊揭露	最佳	●											
	次佳		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
地震災害風險稅課徵	最佳												
	次佳	○			○			○					

資料來源：本研究整理

第三節 實施可行性分析

為確保所將建構的土地使用管理實施具有可執行性成效，實有必要探討各項減緩措施的實施層面適合性、可行性與民眾支持度。這三方面分屬專業、政府與居民可判斷的領域，因此分別被設計在專家問卷、地方政府官員問卷與民眾問卷中，本節即就問卷的分析結果，分述如後。

一 實施層面

為使各項地震災害風險減緩措施能夠在土地使用管理的各個層面得以落實，本研究在專家問卷的部分亦針對各項措施在四個土地管理層面的實施適合性進行問卷。根據專家對各項災害減緩措施的實施層面適合度判斷基準，賦予不同適合度從 0 到 5 的評點（0 為不適合、1 為些微適合、2 為普通適合、3 為適合、4 為很適合、5 為非常適合），依全體受訪專家學者的評點進行加總平均，結果如表 4-10 所示。

為有效界定實施適合性的程度，透過大於 4 分與 3 分的顯著性單尾檢定，以通過 4 分以上檢定的減緩措施作為「主要實施層面」，通過 3 分以上檢定的減緩措施作為「次要實施層面」。此種實施層面的劃分，將成為土地使用管理機制研擬的重要基礎。以下分就四個土地使用管理層面，說明主、次要實施的減緩措施的狀況。

(一) 土地使用分區管制層面

以土地使用分區管制為主要實施層面的減緩措施有 3 項，包括「土地使用機能檢討與變更」、「土地使用強度檢討與變更」以及「禁限建地區指定」；作為次要實施層面的也有 3 項措施，包括「關鍵性公共設施區位的檢討與變更」、「都市防災規劃」以及「地震風險揭露」。

(二) 都市更新層面

根據平均得點與顯著性檢定結果，並無任何減緩措施適合以都市更新為主要的實施層面。但作為次要實施層面的措施則高達 8 項，包括「建物結構強化」、「安全建材使用」、「禁限建地區指定」、「土地使用機能檢討與變更」、「土地使用強度檢討與變更」、「關鍵性公共設施區位的檢討與變更」、「都市防災規劃」、以及「地震風險資訊揭露」。

表4-10 各風險減緩措施實施層面適合度得點的顯著性檢定結果

風險減緩措施項目	土地使用 分區管制		都市更新		營建管理		都市計畫 通盤檢討	
	平均數	變異數	平均數	變異數	平均數	變異數	平均數	變異數
建物結構強化	2.47	2.39	3.18*	1.78	4.59**	0.38	1.94	1.93
安全建材使用	1.65	2.24	3.06*	1.81	4.53**	0.39	1.29	1.97
禁限建地區指定	3.94**	2.18	2.82*	3.4	2.00	3.63	4.53**	0.39
土地使用機能檢討變更	4.06**	0.93	3.53*	1.14	1.35	2.62	4.47**	0.39
土地使用強度檢討變更	4.59**	0.38	3.71*	0.97	1.76	2.44	4.53**	0.39
關鍵性公共設施區位檢討變更	3.12*	2.99	3.18*	1.78	1.35	2.24	4.59**	0.38
防災規劃	3.00*	2.63	3.71*	0.72	3.18*	2.65	4.35**	0.49
救災能力強化	1.65	2.62	2.53	2.14	2.65*	2.74	2.76*	2.19
地震保險實施	1.76	3.32	2.18	2.53	3.29*	2.60	1.71	2.47
地震風險資訊揭露	2.94*	3.43	3.06*	2.68	3.41*	2.76	3.18*	3.40
地震災害風險稅課徵	1.88	2.11	2.18	2.03	2.94*	2.43	1.76	2.57

註：1.樣本數 n=20。

2.「*」表示在5%顯著水準下通過平均值大於3分t檢定之項目。

3.「**」表示在5%顯著水準下通過平均值大於4分t檢定之項目。

資料來源：本研究整理

(三) 營建管理層面

以營建管理為主要實施層面的減緩措施有2項，包括「建物結構強化」與「安全建材使用」；其他有5項措施適合以營建管理作為實施的層面，包括「都市防災規劃」、「救災能力強化」、「地震保險實施」、「地震風險揭露」與「地震災害風險稅課徵」。

(四) 都市計劃通盤檢討層面

以都市計劃通盤檢討作為主要實施層面的減緩措施有很多項，包括「禁限建地區指定」、「土地使用機能檢討與變更」、「土地使用強度檢討與變更」、「關鍵性公共設施區位的檢討與變更」以及「都市防災規劃」；作為次要實施層面的有2項措施，包括「救災能力強化」以及「地震風險揭露」。可看出都市計劃通盤檢討被認為是一個相當重要的災害風險減緩措施的實施層面。

二 實施可行性

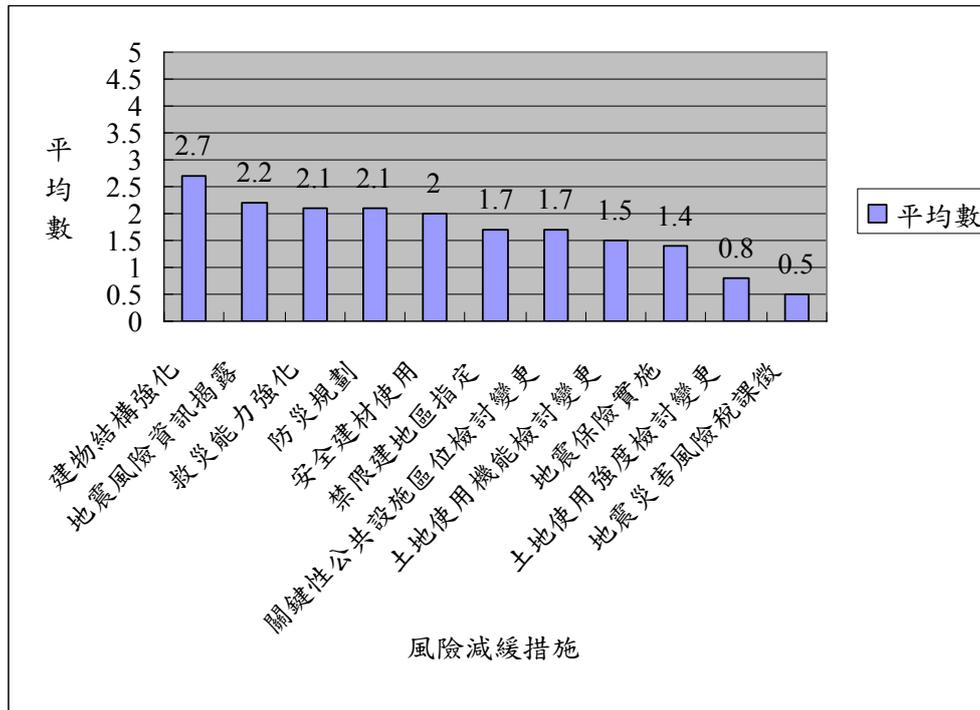
各項減緩措施的實施主要在地方政府，因此在實施可行性的探討上，主要是針對嘉義市政府內主管土地管理相關業務人員的看法為主。涉及實施可行性分析的項目包括行政作業複雜性與政府的實施成本，當此二項的程度愈低時，表示可行性愈高。本部分先就各項減緩措施已被執行的程度進行探討，接著分析各項措施在未來執行時可能面臨的行政作業複雜性以及政府的實施成本。

(一) 已執行程度

本問項的統計結果可以反映未來必須努力的空間。換言之，減緩措施已被執行的程度愈低，表示未來愈必須被加強執行。受訪者被要求以 5 個判斷基準來填答，分別是「不列入考慮」、「考慮中」、「規劃中」、「已部分執行」以及「已徹底執行」，在統計上亦分別賦予 0 到 5 的得點來代表。圖 4-3 為各減緩措施在實證地區中已被執行的程度的平均得點分佈，得點區間為 0.5-2.7。

根據統計結果，可知各項減緩措施在目前的執行上並不積極，已被規劃且部分執行的僅有「建物結構強化」，尚在規劃階段的措施有 4 項，包括「安全建材使用」、「禁限建地區指定」、「土地使用機能檢討與變更」以及「救災能力強化」。其餘各項措施多僅在考慮中，也就是尚未進入決策階段；其中，「地震保險實施」與「地震災害風險稅課徵」更是尚未列入考慮。

圖 4-3 各項減緩措施已被執行的程度分佈



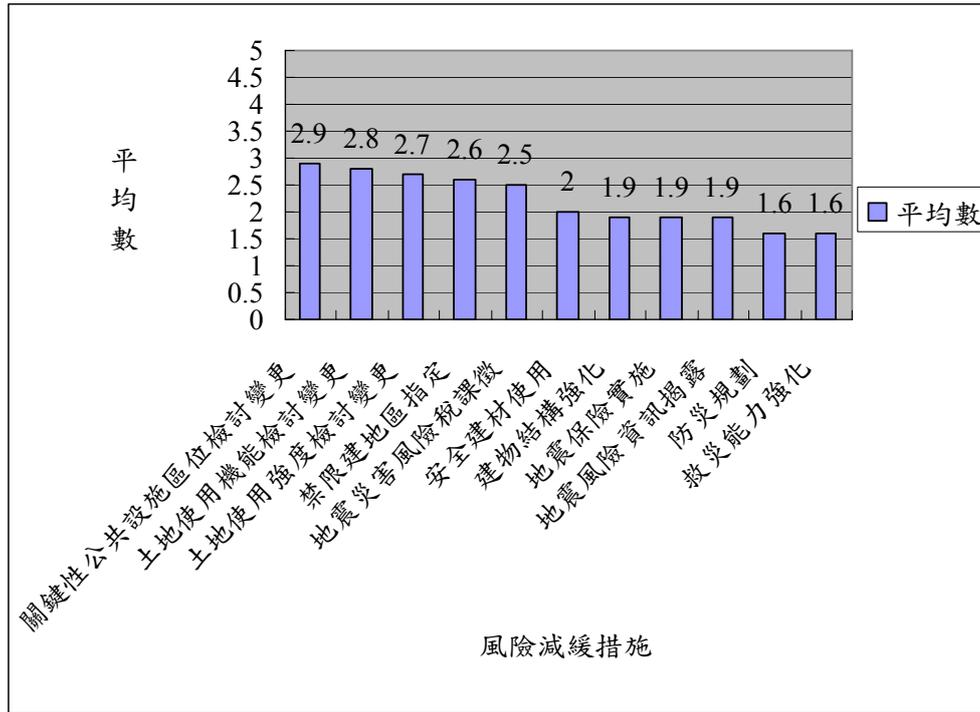
資料來源：本研究整理

(二) 行政作業複雜性

本問項是由地方政府業務承辦官員針對各項災害減緩措施的實施，所預期在行政作業上的複雜程度進行判斷。其判斷的基準分為 5 等位，統計時賦予從 0 到 4 的評點（0 為相當不複雜、1 為不複雜、2 為些微複雜、3 為複雜、4 為相當複雜），依全體受訪官員的評點進行加總平均，結果如圖 4-4 所示。

統計結果顯示，各項措施的行政作業並不被預期相當複雜，整體複雜程度的平均得點區間位於 1.6-2.9。接近複雜程度的措施包括「關鍵性公共設施區位的檢討與變更」、「土地使用機能檢討與變更」、「土地使用強度檢討與變更」以及「禁限建地區指定」等；複雜程度最低的措施有二項，分別是「防災規劃」與「救災能力強化」。

圖 4-4 實施各項減緩措施被預期的行政作業複雜程度分佈



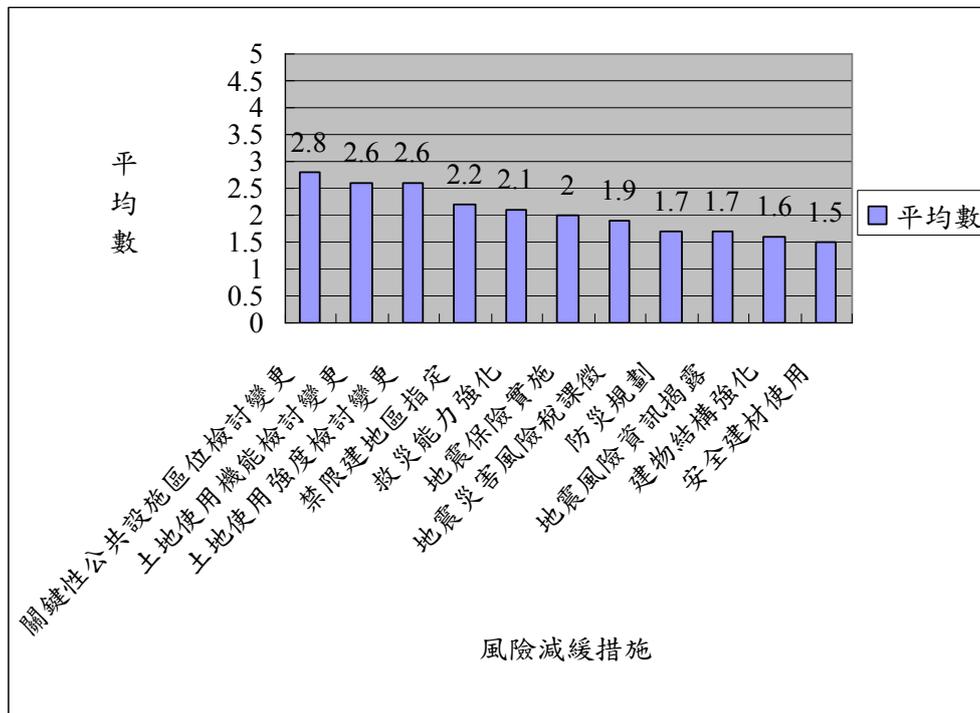
資料來源：本研究整理

(三) 政府實施成本

本問項是針對各項災害減緩措施的實施，受訪者所預期政府可能開支的實施成本高低進行判斷。判斷基準分為 5 等位，統計時賦予從 0 到 4 的評點（0 為相當不高、1 為不高、2 為有些高、3 為很高、4 為相當高），依全體受訪官員的評點進行加總平均，結果如圖 4-5 所示。

整體的平均得點區間位於 1.5-2.8，顯然各項措施的實施被認為政府支出成本的程度多為普通。就個別措施的實施成本來看，「關鍵性公共設施區位的檢討與變更」、「土地使用機能檢討與變更」與「土地使用強度檢討與變更」等三項措施被預期的實施成本明顯是較高的；而成本較低的措施包括「建物結構強化」與「安全建材使用」，概因此二項措施主要是在規範私部門，政府僅需支應一般的行政管理成本。

圖 4-5 實施各項減緩措施被預期的政府實施成本程度分佈



資料來源：本研究整理

(四) 小結

如前所述，行政作業複雜性與政府實施成本是涉及實施可行性的兩項要因，如果兩個問項均具有較高的得點，未來在執行上可能面臨較大壓力，則實施的可行性有必要謹慎斟酌；反之，若兩個問項均具有較低的得點，則實施的可行性就甚高。因此，將各減緩措施在兩個問項的平均得點進行比較，如圖 4-6 所示，可以明顯發現，大部分減緩措施在兩項因素中具有一致性，也就是具較高（或較低）複雜性者也同時具較高（低）的實施成本；僅有兩項措施的複雜性與實施成本的方向不一致。根據此種趨勢，可界定各項減緩措施的實施可行性如下：

1. 可行性較低者

也就是同時具有很高行政作業複雜性與很高政府實施成本的措施均屬之。依平均得點分析結果，此類措施包括「關鍵性公共設施區位的檢討與變更（2.9-2.8）」、「土地使用機能檢討與變更（2.8-2.6）」、「土地使用強度檢討與變更（2.7-2.6）」以及「禁限建地區指定（2.6-2.2）」。

2. 可行性偏低者

係指是同時具有很高行政作業複雜性（或較高政府實施成本）與有些高之政府實施成本（或行政作業複雜性）的措施均屬之。依平均得點分析結果，此類

措施僅有「地震災害風險稅課徵（2.5-1.9）」。

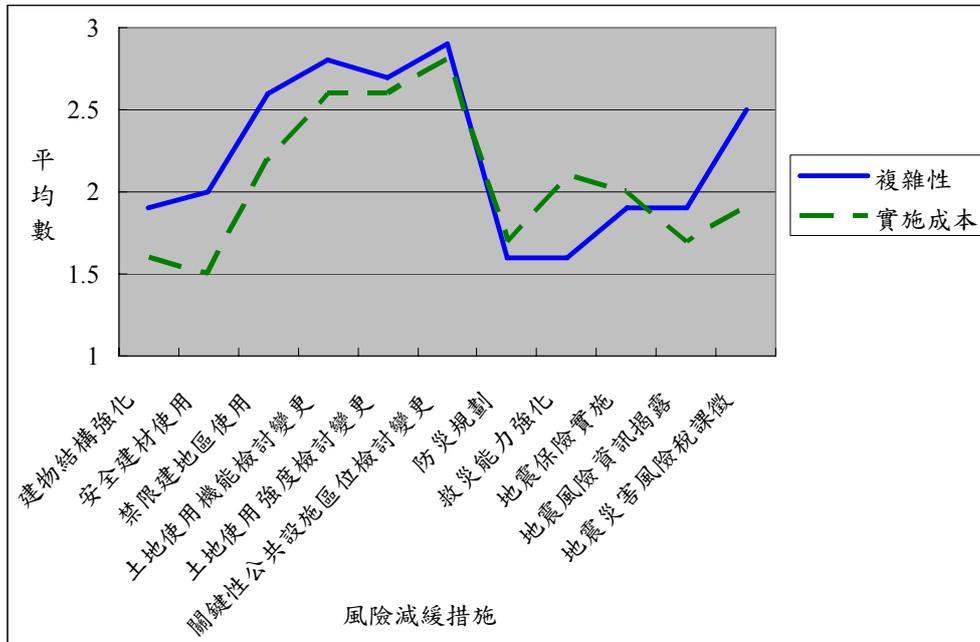
3. 可行性偏高者

係指是同時具不高行政作業複雜性（或較高政府實施成本）與有些高之政府實施成本（或行政作業複雜性）的措施均屬之。依平均得點分析結果，此類措施包括「安全建材使用（2.0-1.5）」、「救災能力強化（1.6-2.1）」與「地震保險實施（1.9-2.0）」。

4. 可行性較高者

具有不高行政作業複雜性與不高政府實施成本的措施均屬之，依平均得點分析結果，此類措施包括「防災規劃（1.6-1.7）」、「建物結構強化（1.9-1.6）」以及「地震風險資訊揭露（1.9-1.7）」。

圖 4-6 各項減緩措施的行政作業複雜性與政府實施成本的比較



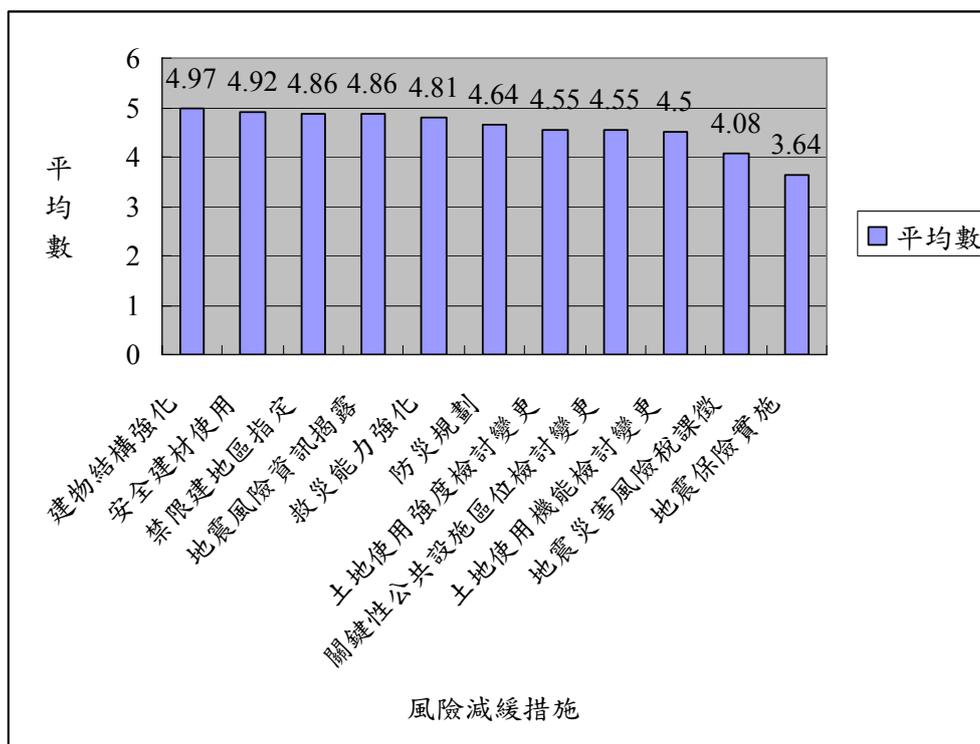
資料來源：本研究整理

三 居民支持度

各項風險減緩措施的實施能否受到民眾的支持，是一項重要的決策考量。本研究在居民問卷中，請受訪者就政府未來徹底實施各項減緩措施時的支持程度進行填答，支持的程度分為 7 等分，判斷基準及統計評點分別為「很不支持(0)」、「不支持(1)」、「有些不支持(2)」、「沒意見(3)」、「有些支持(4)」、「支持(5)」以及「很支持(6)」。

各項減緩措施的實施支持度，可從平均得點的分佈得知，詳見圖 4-7。整體而言，民眾對各項措施的態度多接近於支持（平均得點區間為 3.64-4.97）。個別的減緩措施支持度上，顯然對於與建築物有關的措施（例如「建物結構強化」與「安全建材使用」）獲得較大的支持，這大概是由於建築物的減災處理是一般民眾比較能夠掌握的關係；而民眾比較無法確切掌握的措施，包括土地使用與公共設施等向度，支持度則稍微落後。民眾支持程度較差的兩項措施（包括「地震災害風險稅課徵」與「地震保險實施」），或許是因為直接涉及財務支出的關係。

圖 4-7 民眾對各項減緩措施的支持度分佈



資料來源：本研究整理

第五章 實施機制擬定

風險管理的最大目標在於有效率地減緩風險，如何因地制宜採取適當的減緩策略是重要課題。我國地方政府對於地震災害的土地使用管理策略，多以中央政府所公布的法令與策略為主，未考量地方的風險空間特性作適當的調整，並在一體適用的原則下來實施。本章即以嘉義市湖子內都市計畫地區為例，研提一個同時考量地區的地震災害風險特徵與風險減緩措施效果的架構，亦即從空間面與策略面作為提出實證地區土地使用管理策略的原則基礎，並檢討現行都市計畫內容的風險狀況與提出風險減緩建議。

第一節 風險分區劃設

降低地震災害風險必須從風險因子來處理，本研究將地震災害風險因子分為災害、暴露與傷害性，並就實證地區的現況資料分析其地震災害風險的空間分佈情形，並以網格（50m×50m）為空間單位，界定其本身所具備之三種風險因子對風險貢獻的三個程度，形成各網格空間的風險特徵。

在因應不同風險因子的特性提出適當的風險減緩策略前，必須瞭解地震風險的三個因子的處理特性。藉由來源—路徑—受體（source-pathway-receptor）的風險分析的方法，可以配合地震的三個風險因子來說明，進而瞭解其特性：

1. 風險來源（source）：就是指造成風險的根本原因。在地震風險中，造成風險的主要來源就是地震事件的發生，也就是風險因子中的「災害」。由於地震屬於天然災害，人類尚無能力可以掌控其是否發生，甚至難以預測，因此風險來源難以被有效處理。
2. 風險路徑（pathway）：就是指傳遞災害的可能途徑。在地震風險中，地質與土壤條件是傳遞風險的主要路徑，包括地表震動、斷層斷裂、土壤液化等，此為自然環境條件，也是屬於「災害」，但人類透過科學知識與現代技術，能夠推測地震災害的可能路徑（例如斷層帶位置），但仍存有不確定性。此外，危險建築與設施也是重要的風險路徑，這與「傷害性」有關；此為人類社會發展的成果，是比較能夠掌握的部分。
3. 風險受體（receptor）：就是指受到風險影響的對象。都市中受到地震事件影響的主要是人類及其財產，這包括生命、健康、建築物與設施、經濟活動等，

也就是一種「暴露」。這是人類能夠處理的部分，可以透過各種手段來決定是否暴露於可能的災害環境。

綜言之，地震風險中的「災害」包括地表震動、斷層、土壤液化等條件，屬於風險來源；「暴露」是指人口、建築設施與經濟等活動的區位與數量，屬於風險受體；地震風險的「傷害性」主要是由建築物與設施造成，特別是老舊、結構與材料不佳等脆弱性高的建築設施。

基於前述，地震風險中的「災害」是人類社會所無法處理的部分，也就是如 Walker, Pratts and Barlow (1998) 所提在土地使用規劃進行「規範風險源的空間區位」與「減低風險源本身的風險」兩個策略，將難以達成。然而，「災害」因子是風險的根本來源，因此其資訊必須被利用，反映在土地使用管理策略中，作為執行「管制風險暴露人口的區位」與「提供風險暴露人口必要的防護措施」兩個策略的基本條件。

一 災害分區

將實證地區依照「災害」的程度來劃設「災害分區 (hazard zone)」，可掌握本地區地震災害的風險來源與基本路徑。在地震災害風險環境分析專章中，影響地表震動的地表加速度與土壤液化等兩種災害條件，被依相對比較的結果劃分為三種程度（高、中、低）。根據此結論，可進一步將兩種災害的分佈情形進行組合以形成地震災害分佈；方法是以網格為單位，每個網格內的地震災害由「地表加速度程度」與「土壤液化程度」組成，並同樣區分為高、中、低三種程度，原則如表 5-1 所示。

表5-1 地震災害程度劃分原則

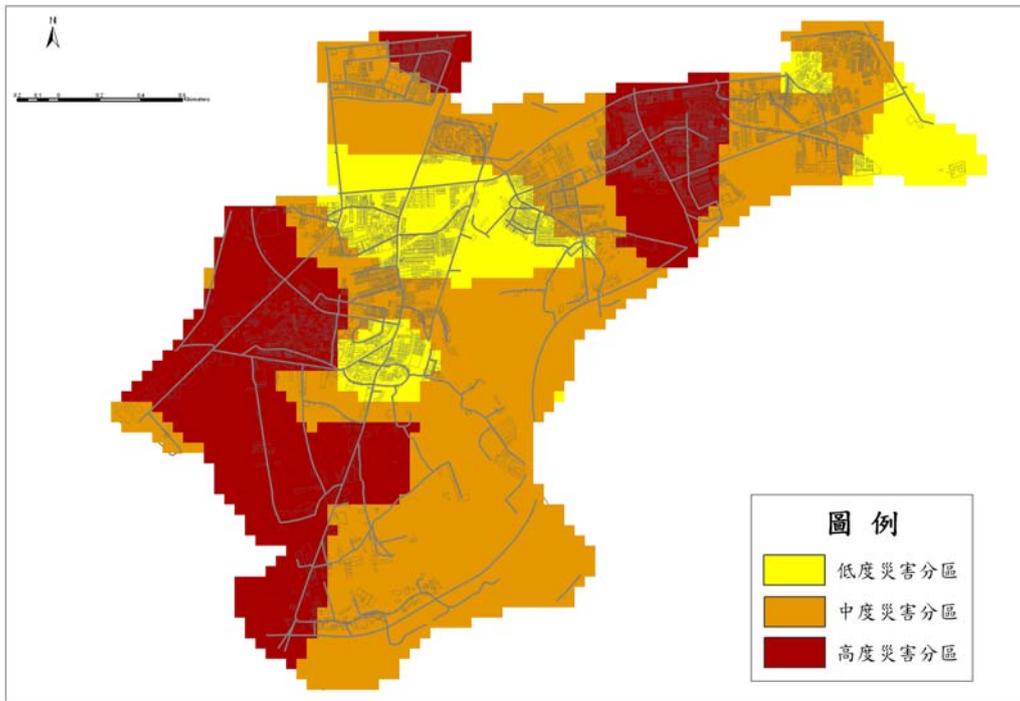
土壤液化程度 地表加速度程度	高	中	低
高	高度災害	高度災害	中度災害
中	高度災害	中度災害	低度災害
低	中度災害	低度災害	低度災害

資料來源：本研究整理

在此原則下，湖子內都市計畫地區即可被劃分為「高度災害分區」、「中度災害分區」與「低度災害分區」等三種程度的地震災害區，其位置如圖 5-1 所示。結果顯示，整個湖子內都市計畫地區的地震災害分佈以中度災害區的範圍最大，面積約 323 公頃（佔 52.9%），共計有 1290 個網格；其次為高度災害區，面積約

187 公頃（佔 30.7%），包含有 748 個網格；低度災害區的面積最小，共約 100 公頃（佔 16.4%），計有 400 個網格。

圖5-1 地震災害分區圖



資料來源：本研究整理

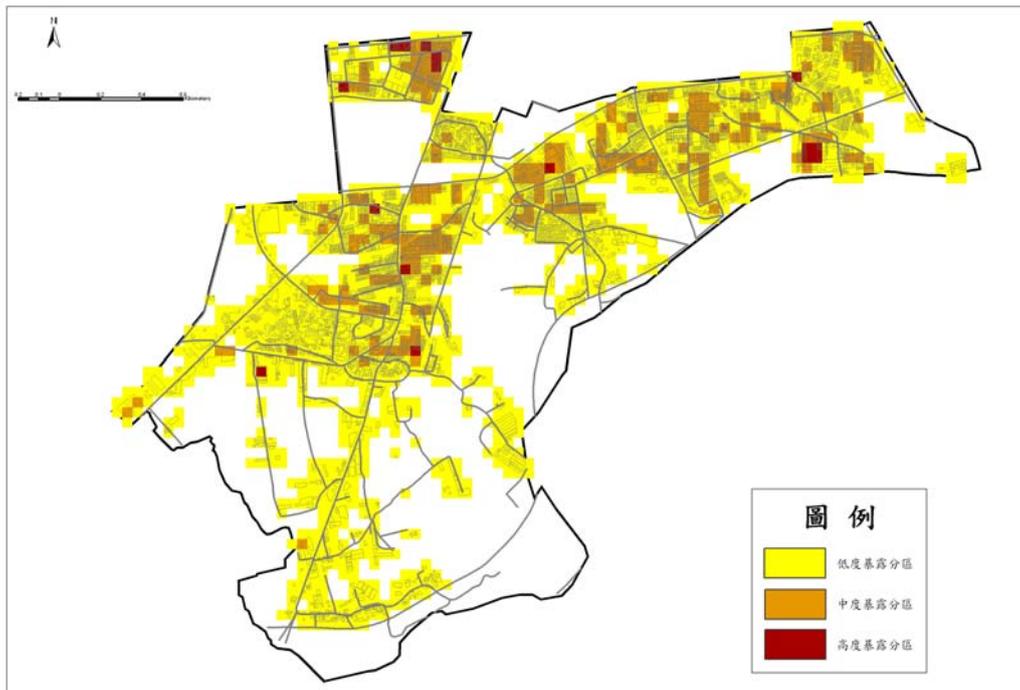
二 暴露分區

依據地震災害風險環境分析的結果，顯示本地區日間與夜間的暴露程度分佈，分見圖 3-18 與圖 3-19。區分日間暴露與夜間暴露的主要目的在於掌握人類活動分佈的差異，便於災害發生時得以預先掌握風險狀況，以利救災決策。然而對土地使用管理而言，政策與計畫並無日間與夜間的差異，加上地震災事件的發生具有很大的隨機與不確定性，因此本研究在風險減緩策略的應用上，不另分日間與夜間的暴露。

在日間暴露與夜間暴露的結合上，本研究採最壞狀況的概念來劃分暴露分區，方法是比較網格的日間暴露程度與夜間暴露程度，並選擇程度較大者為暴露分區的程度。合併後得到整個湖子內都市計畫地區的地震災害暴露程度分佈，並劃分為「高度暴露分區」、「中度暴露分區」與「低度暴露分區」，如圖 5-2 所示。結果顯示本地區大部分為低度暴露區，面積約 262 公頃（佔 83.2%），包含 1048 個網格；其次為中度暴露區，面積約 49 公頃（佔 15.6%），網格數有 196 個；高

度暴露區則僅有約 4 公頃（佔 1.2%），包含 16 個網格。此種結果與本地區屬於新近開發區，大部分地區為農業與空地之未建築用地或低密度住宅使用有很大關係。

圖5-2 暴露分區圖

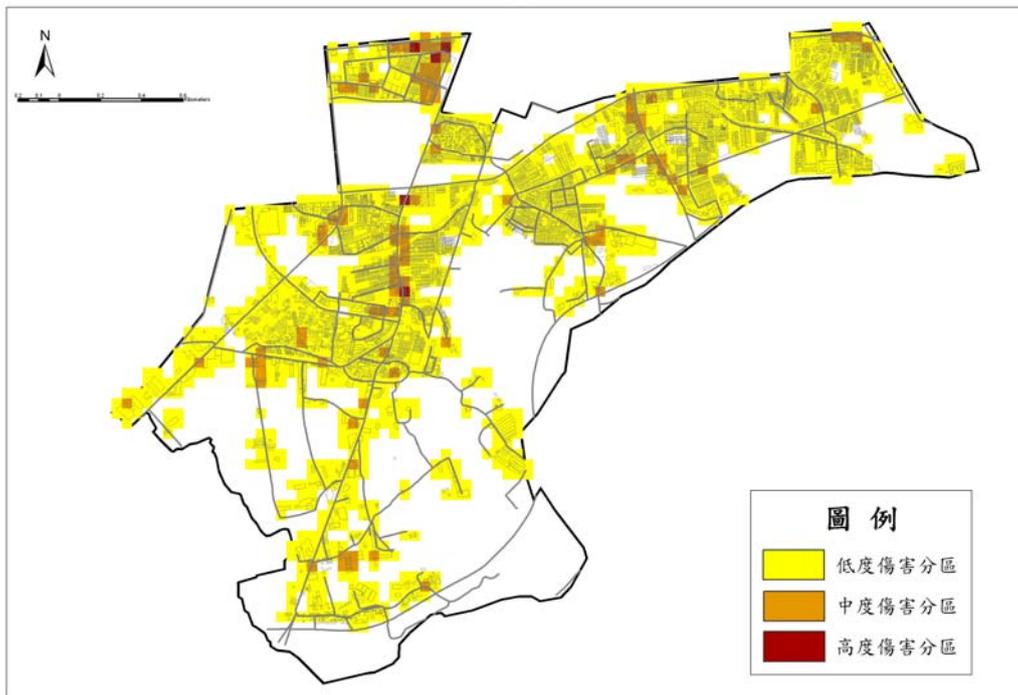


資料來源：本研究整理

三 傷害性分區

顯示本地區暴露於地震災害空間下的受體是否容易受到傷害的程度，可依據地震災害風險環境分析中的傷害性程度分佈圖（參見圖 3-20）的結果，逕行將三種傷害性程度的分佈範圍，劃分為「高度傷害性分區」、「中度傷害性分區」與「低度傷害性分區」，如圖 5-3 所示。在各分區的分佈上，以低度傷害性分區範圍為最大，面積約 272.75 公頃（約佔 91.9），包含 1091 個網格；其次為中度傷害性分區，面積約 22.75 公頃（7.7%），有 91 個網格；高度傷害性分區僅有約 1.25 公頃（0.4%），內含 5 個網格。此結果與暴露分區類似，概因新近發展區的建築物較新以及經濟發展程度不高所致。

圖5-3 傷害性分區圖

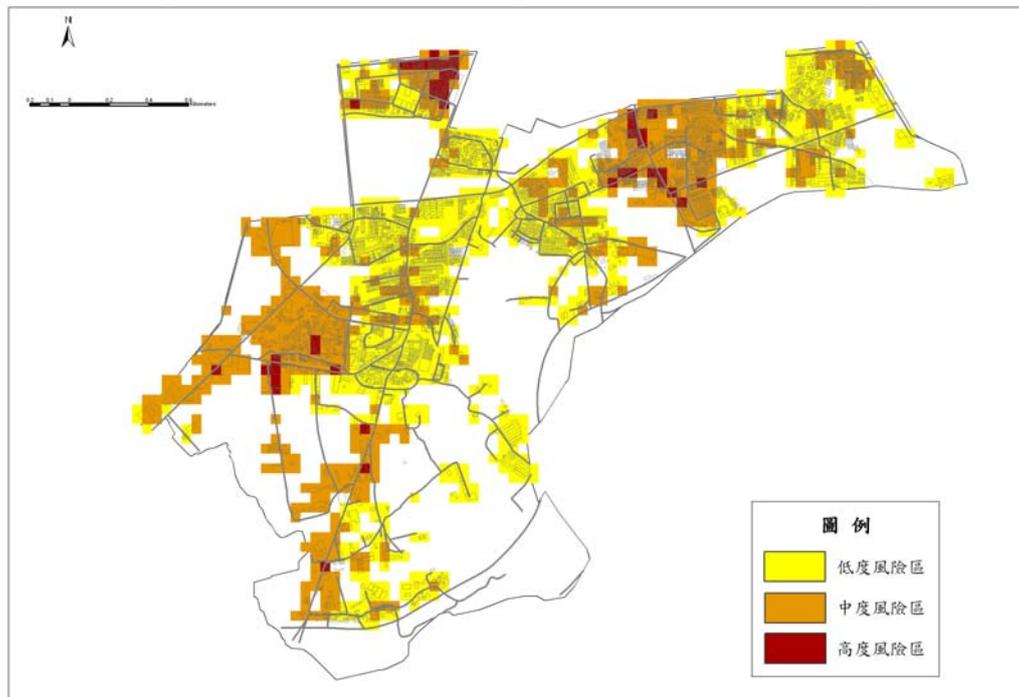


資料來源：本研究整理

四 風險分區

為得到地區的總地震災害風險分佈情況，必須將上述三種風險因子的空間分佈狀況進行整併，並將各分區圖進行套疊。界定地震災害總風險的程度，主要是以「地震災害總風險={災害，暴露，傷害性}」的集合概念為基礎；如前所述，災害、暴露與傷害性分別劃分為對風險有貢獻的三種程度，因此可能的地震災害總風險就包含了 27 種不同的風險特徵組合。為配合風險減緩策略的效果與可行性等考量，總風險程度仍然必須歸類為「高度風險」、「中度風險」與「低度風險」等三種；劃分原則係以三個風險因子與不同風險程度所形成的風險特徵組合來比較，凡是具有「三個高程度」、「二個高程度與一個中程度」以及「一個高程度與二個中程度」的任何風險特徵組合者歸劃為高度風險群，具有「三個低程度」、「二個低程度與一個中程度」以及「一個低程度與二個中程度」的任何風險特徵組合者歸劃為低度風險群，其他的組合均為中度風險群，分佈情況如表 5-2 所示。

圖5-4 地震災害風險分區圖



資料來源：本研究整理

第二節 風險減緩策略決定

本節將根據各項風險減緩措施的影響效果以及地區的災害風險特徵建立風險減緩策略矩陣，做為決策者在面對地震災害風險減緩策略決定時的考量資訊。此外，風險減緩策略的可行性也被列入考量，從地方政府行政作業與居民支持度兩個面向可進行探討。相關內容分述如下。

一 選擇風險減緩措施

針對不同程度的風險地區，如何選擇適當的措施使具有最大的減緩效果，是建立風險減緩策略的重要議題。根據前章所建立的風險減緩措施效果矩陣（表 4-9），可以知道各項風險減緩措施在不同風險特徵下的最佳或次佳效果，此即為選擇風險減緩措施的最重要基礎。然而，為了配合前述的風險程度劃分，則必須將各個風險特徵組合下的減緩措施效果予以加總，使形成總風險的三個程度。在方法上，本研究採取簡易的量化方法，設定最佳減緩效果的得點為 2，次佳減緩效果的得點為 1，其他為 0；如此，每個減緩措施在各個風險特徵組合下的減緩效果得點即可被加總，得點區間將介於 0 到 6 之間，所得到的結果如表 5-3 所示。

表5-3 各種風險特徵組合下的措施減緩效果得點

減緩措施			建物結構強化	安全建材使用	禁限建地區指定	土地使用機能檢討變更	土地使用強度檢討變更	關鍵性公共設施檢討變更	防災規劃	救災能力強化	地震保險實施	地震風險資訊揭露	地震災害風險稅課徵
風險特徵	災害	暴露											
高	高	高	5	4	6	5	6	3	6	4	3	4	3
		中	4	3	5	4	5	2	5	4	2	4	2
		低	4	3	5	3	4	2	5	4	2	4	2
	中	高	4	4	6	4	5	3	5	4	2	4	2
		中	3	3	5	3	4	2	4	4	2	4	1
		低	3	3	5	2	3	2	3	4	1	4	1
	低	高	4	3	5	3	4	2	5	4	2	4	2
		中	3	2	4	2	3	1	4	4	1	4	1
		低	3	2	4	1	2	1	4	4	1	4	1
中	高	高	5	4	5	5	5	3	6	3	3	3	2
		中	4	3	4	4	4	2	5	3	2	3	1
		低	4	3	4	3	3	2	5	3	2	3	1
	中	高	4	4	5	4	4	3	5	3	1	3	1
		中	3	3	4	3	3	2	4	3	0	3	0
		低	3	3	4	2	2	2	3	3	0	3	0
	低	高	4	3	4	3	3	2	5	3	1	3	1
		中	3	2	3	2	2	1	4	3	0	3	0
		低	3	2	3	1	1	1	4	3	0	3	0
低	高	高	5	4	5	4	4	3	5	3	2	3	2
		中	4	3	4	3	3	2	4	3	1	3	1
		低	4	3	4	2	2	2	4	3	1	3	1
	中	高	4	4	5	3	3	3	4	3	1	3	1
		中	3	3	4	2	2	2	3	3	0	3	0
		低	3	3	4	1	1	2	3	3	0	3	0
	低	高	3	3	4	2	2	2	4	3	1	3	1
		中	3	2	3	1	1	1	3	3	0	3	0
		低	3	2	3	0	0	1	3	3	0	3	0

註：減緩效果的得點區間為 0 到 6。

資料來源：本研究整理

根據上述得點，每個減緩措施在不同風險特徵組合下的效果即獲得量化的表示，可以表示出其在風險減緩效果上的貢獻。在風險減緩措施的選擇上，各都市地區即可因應其風險特徵來選擇具有較大減緩效果的措施。

二 建立風險減緩策略矩陣

一個都市地區可能具有很多種的風險特徵，例如本研究所界定的三種風險因子與三種風險程度的情況，至多可出現 27 種風險特徵；如果因應每個網格的風險特徵來採取不同的風險減緩措施，則一個都市地區可能會因減緩措施的錯綜複雜造成執行上的混亂。因此在策略的實施機制上，必須同時考量實施空間的整體性與風險減緩措施的最大效果。

因此，本研究即建構一個以地震災害風險空間與風險減緩措施效果所組成的風險減緩策略矩陣。在地震災害風險空間的部分，以前述所界定的三種風險程度的風險分區為策略實施單元，使其包括各種可能的風險特徵。在風險減緩策略的總體效果考量上，係將前述各減緩措施在不同風險特徵組合下的效果得點予以歸類，得點 5~6 者為具有最大減緩效果，屬於該風險特徵下的主要措施；得點 3~4 者為具有一般減緩效果，屬於該風險特徵下的次要措施；得點 2 以下者則不予考量，可提供決策者自行考量。

每種風險分區的主要措施與次要措施的決定，則是根據該風險分區中的各個風險特徵集合的減緩效果，只要有隸屬任何一個風險特徵下的主要措施，都被決定成為該風險分區下的主要措施；同樣地，只要有隸屬任何一個風險特徵下的次要措施，也都被決定成為該風險分區下的次要措施。依此方法所建構的風險減緩策略矩陣如表 5-4，此決策矩陣將是土地使用管理決策者考量採取有效風險減緩措施的最重要依據。

表5-4 風險減緩策略矩陣

風險分區	風險特徵			減緩策略										
	災害	暴露	傷害性	建物結構強化	安全建材使用	禁限建地區指定	土地使用機能檢討變更	土地使用強度檢討變更	關鍵性公共設施檢討變更	防災規劃	救災能力強化	地震保險實施	地震風險資訊揭露	地震災害風險稅課徵
高度風險區	高	高	高	●	○	●	●	●	○	●	○	○	○	○
	高	高	中	○	○	●	○	●		●	○		○	
	高	中	高	○	○	●	○	●	○	●	○		○	
	高	中	中	○	○	●	○	○		○	○		○	
	中	高	高	●	○	●	●	●	○	●	○	○	○	
	中	高	中	○	○	○	○	○		●	○		○	
	中	中	高	○	○	●	○	○	○	●	○		○	
中度風險區	高	高	低	○	○	●	○	○		●	○		○	
	高	中	低	○	○	●		○		○	○		○	
	高	低	高	○	○	●	○	○		●	○		○	
	高	低	中	○		○		○		○	○		○	
	高	低	低	○		○				○	○		○	
	中	高	低	○	○	○	○	○		●	○		○	
	中	中	中	○	○	○	○	○		○	○		○	
	中	低	高	○	○	○	○	○		●	○		○	
	低	高	高	●	○	●	○	○	○	●	○		○	
	低	高	中	○	○	○	○	○		○	○		○	
	低	高	低	○	○	○				○	○		○	
低度風險區	低	中	高	○	○	○				○	○		○	
	低	中	中	○		○				○	○		○	
	中	低	中	○		○				○	○		○	
	中	低	低	○		○				○	○		○	
	低	中	中	○	○	○				○	○		○	
	低	中	低	○	○	○				○	○		○	
	低	低	中	○		○				○	○		○	

註：1. 「●」與「○」分別代表各風險特徵下的主要措施與次要措施；
 2. 「■」與「□」分別代表各風險分區下的主要措施與次要措施。
 資料來源：本研究整理

三 評估措施的實施可行性

風險分析一直被視為是相當專業的領域，決策者引用其風險評估結果作為減緩災害風險的決定，通常容易忽略居民的意見。然而，風險減緩策略的實施攸關居民權益甚鉅，如果決策者一味強調專業考量而忽略民眾所關心部分時，則減緩策略可能難以執行甚或引起民眾抗拒。本研究依據相關地震災害風險研究進行地區的風險分區劃設，同時以專家學者所判斷的風險減緩措施效果為基礎，最後建立可輔助決策者決定於適當地區採取適當風險減緩措施的策略矩陣。在考量地方態度的部分，則納入地方政府行政作業的經驗判斷與地區居民對減緩措施的支持態度，期望對有助於風險減緩策略的真正落實。

根據前章的地方官員問卷居民問卷的統計分析結果，可就行政作業可行性與居民支持度作為風險減緩措施的實施可行性評估的依據；將此兩個向度的統計結果整理成表 5-5 的形式，可以發現同時獲得高行政作業可行性與高民眾支持度的措施包括「建物結構強化」、「地震風險資訊揭露」、「安全建材使用」與「救災能力強化」等四項，是決策者可優先實施的措施；相對地，同時獲得低行政作業可行性與低民眾支持度的措施為「地震災害風險稅課徵」，此為決策者在決定是否實施時必須慎重考量的。其他措施則屬於未獲得共同支持或共同不支持的部分，決策者可在行政作業可行性或居民支持度之間進行權衡，通常最後的決定將視決策者的認知與態度而定。

表5-5 風險減緩措施的實施可行性評估結果

支持度 可行性	高	偏高	偏低
高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 建物結構強化 ■ 地震風險資訊揭露 ■ 防災規劃 		
偏高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 安全建材使用 ■ 救災能力強化 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 地震保險實施
偏低			<ul style="list-style-type: none"> ■ 地震災害風險稅課徵
低	<ul style="list-style-type: none"> ■ 禁限建地區指定 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 關鍵性公共設施區位檢討變更 ■ 土地使用機能檢討變更 ■ 土地使用強度檢討變更 	

資料來源：本研究整理

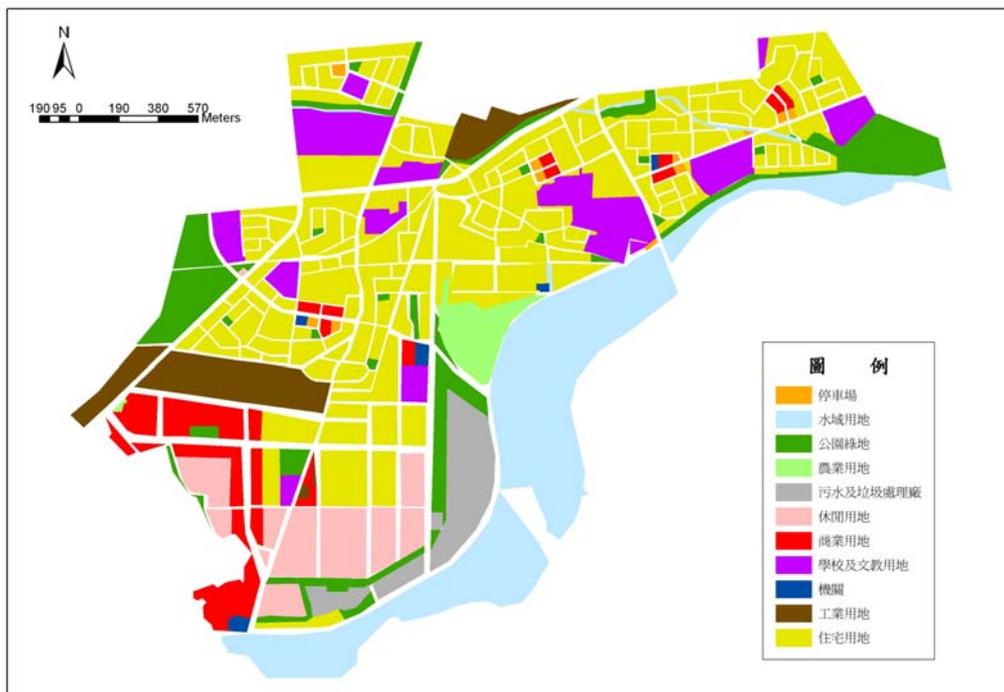
第三節 都市計畫檢討

地震災害風險係由災害、暴露與傷害性共同構成，其中，災害因子係受到地震事件發生、地質與土壤條件等自然因素的影響，都市計畫內容影響災害因子的可能性不大。從都市計畫所能影響的觀點來看，未開發地區由於尚無暴露因子存在，因此屬於災害風險極低的地區，未來可能改變風險程度的就是計畫內容，而其土地使用管理的策略僅需考量災害因子的分佈；已開發的建成地區則存在不同條件的暴露與傷害性因子，造成不同程度的既存災害風險，都市計畫不應增加此既存風險。在上述原則下，本節將就嘉義市湖子內都市計畫地區的計畫內容進行風險特徵的檢討，過此一檢討成果可提供地方政府決定實施風險減緩措施地點的參考。

一 與地震風險有關的土地使用管制內容

本地區屬於原嘉義市湖子內地區都市計畫的範圍，其土地使用管制規定現依據「變更嘉義市都市計畫（不含嘉義交流道附近特定區、仁義潭風景特定區）（通盤檢討）案」來執行。其中，對地震災害風險有貢獻的相關因素，包括土地使用類型與土地使用強度，將影響暴露因子的條件（災害與傷害性並不會因都市計畫內容而有所改變），其土地使用分區配置及主要規定如圖 5-5 與表 5-6 所示。

圖5-5 湖子內地區都市計畫土地使用分區圖



資料來源：嘉義市政府提供

表5-6 湖子內都市計畫地區建築基地開發強度規定

項目		建蔽率	基準容積率	備註		
土地使用分區	住宅區	60%	180%	第一種、第二種及第三種住宅區		
	商業區	70%	280%	第一種、第二種及第三種商業區		
	休閒專用區	70%	280%	第一種、第二種及第三種休閒專用區		
	乙種工業區	70%	210%			
公共設施用地	學校用地		50%	150%		
	公園用地		15%	30%		
	兒童遊樂場用地		15%	30%		
	廣場兼停車場用地	建議以廣場使用為主		10%	20%	廣(停)2、湖廣(停)1、10、13、14、16及18
		建議以停車場使用為主	平面使用	10%	20%	廣(停)1、3、湖廣(停)2~9、11、12、15、17、19及20
			立體使用	80%	320%	
	機關用地		50%	250%		
	社教用地		50%	250%		
	垃圾處理場用地	供垃圾焚化場使用		50%	250%	坵 1
		供灰渣掩埋場使用		10%	20%	坵 2
	污水處理場用地		40%	120%		
	變電所用地		40%	120%		
抽水站用地		40%	120%			

資料來源：嘉義市政府提供。

二 土地使用分區之災害風險檢討

從主要計畫中所規劃與訂定的各項土地使用分區機能、配置與開發強度等，都將影響未來計畫實施後可能帶來的地震災害風險。主要就是計畫發展所帶進來的風險受體，包括人類、建築設施與經濟等活動，使得地區中暴露於地震災害環境的數量增加。以下分為土地使用型態與開發強度兩個部分分別探討。

(一) 土地使用型態之檢討

在湖子內都市計畫地區的主要計畫中，影響地震災害風險較重要的土地使用型態包括住宅區、商業區、休閒專用區、乙種工業區、學校用地、機關用地、社教用地以及垃圾焚化場等，其中的學校用地、機關用地、社教用地以及垃圾焚

化場都屬於對災害風險影響很大的關鍵性公共設施。上述土地使用型態不僅必須興建大量建築物與相關工程設施，也可能帶來大量人口，是很重要的暴露因子；這些土地使用分區如果存在有現況使用且具有很大的傷害性時，則未來的災害風險威脅將會很大。

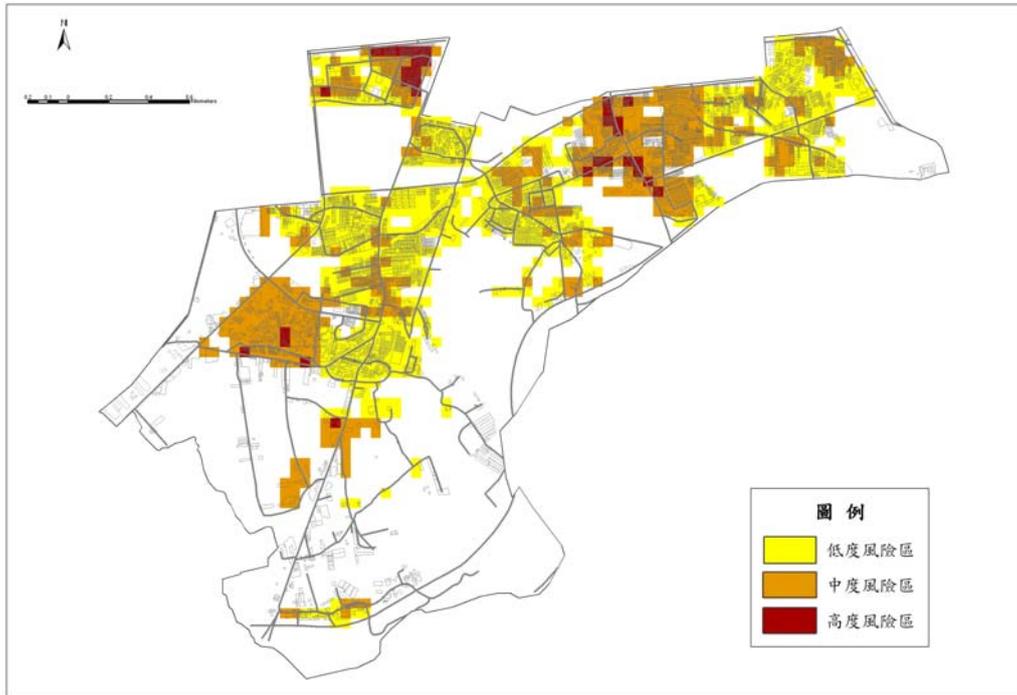
因此，本研究分析了上述土地使用類型分區的範圍內的既存災害風險狀況，透過地震風險分區圖與土地使用計畫圖進行套疊，並以網格為單元來分析，可以瞭解上述五種土地使用類型分區範圍內的風險程度分佈，參見圖 5-6 至圖 5-10。從疊圖的結果來看（詳見表 5-7），位於高度風險區的土地使用分區的比例並不大，大部分的使用類型多位於中度風險區。其中，住宅區的土地多劃設於低度風險區，僅將近 40% 的網格位於中度風險區，是配置較為理想的使用類型；商業區有 66.67% 的網格位於中度風險區，這對於此種將引入大量人潮與經濟活動的使用分區而言，必須慎重考慮採取必要的風險減緩措施。

表5-7 各土地使用分區的風險程度分析

土地使用分區		風險程度		
		高	中	低
住宅區	面積（公頃）	8.25	84.5	120.25
	比例（%）	3.87	39.67	56.46
	網格數（個）	33	338	481
商業區	面積（公頃）	0.25	12.5	6
	比例（%）	1.33	66.67	32
	網格數（個）	1	50	24
休閒專用區	面積（公頃）	0.25	9	10
	比例（%）	1.3	46.75	51.95
	網格數（個）	1	36	40
乙種工業區	面積（公頃）	2	13.75	9.25
	比例（%）	8	55	37
	網格數（個）	8	55	37
關鍵性 公共設施	面積（公頃）	0	12.75	21.5
	比例（%）	0	37.22	62.78
	網格數（個）	0	51	86

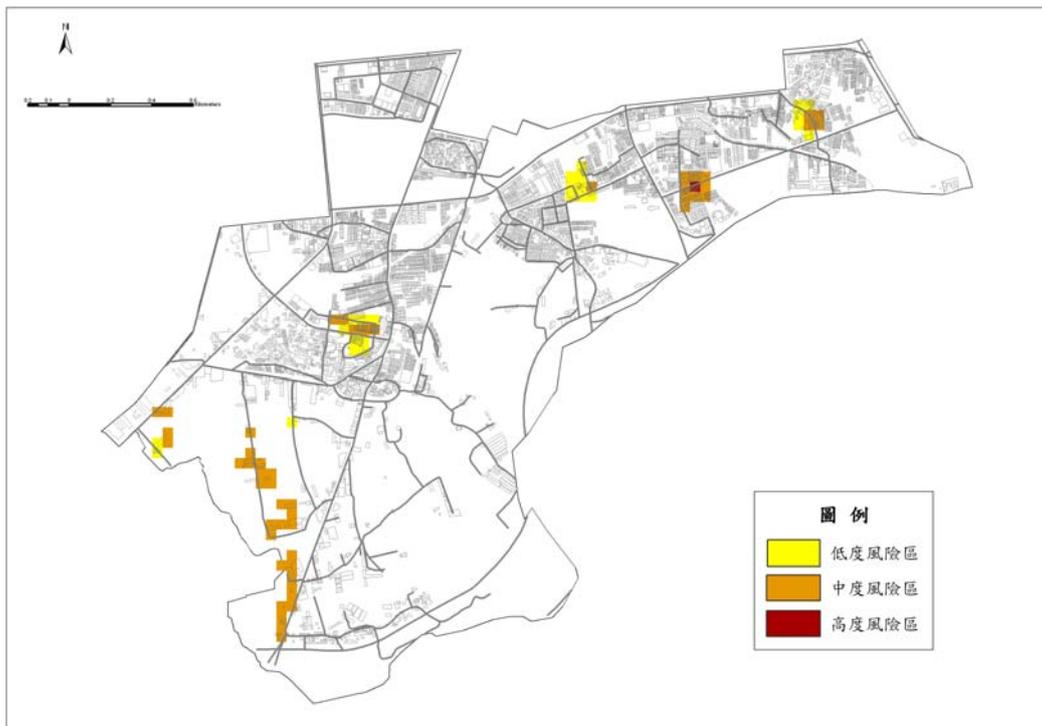
資料來源：本研究整理

圖5-6 住宅區之風險程度分佈圖



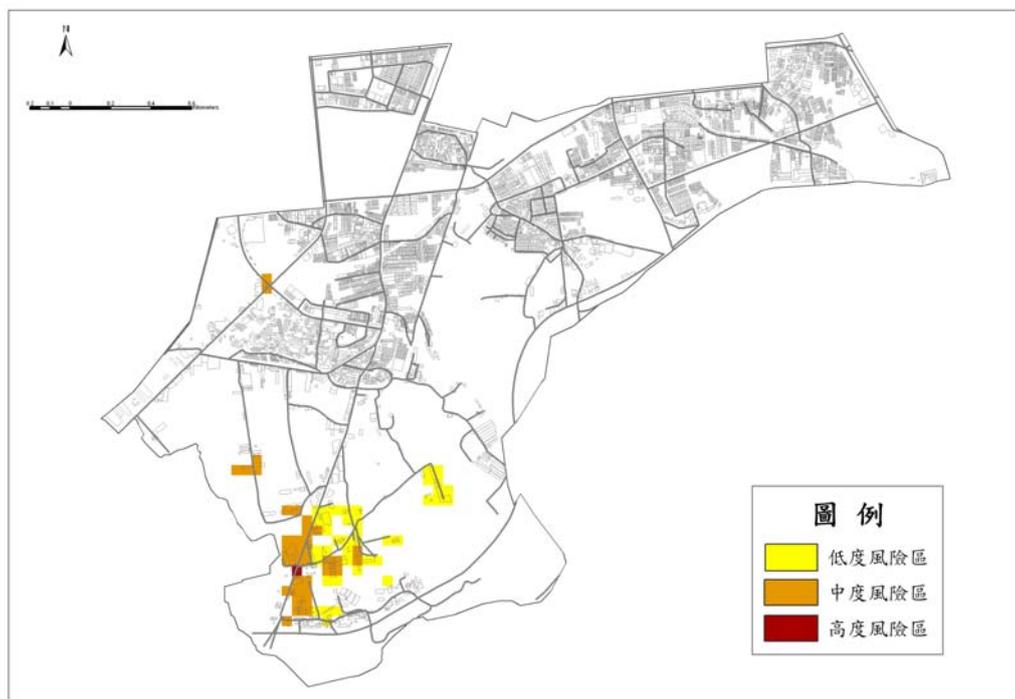
資料來源：本研究整理

圖5-7 商業區之風險程度分佈圖



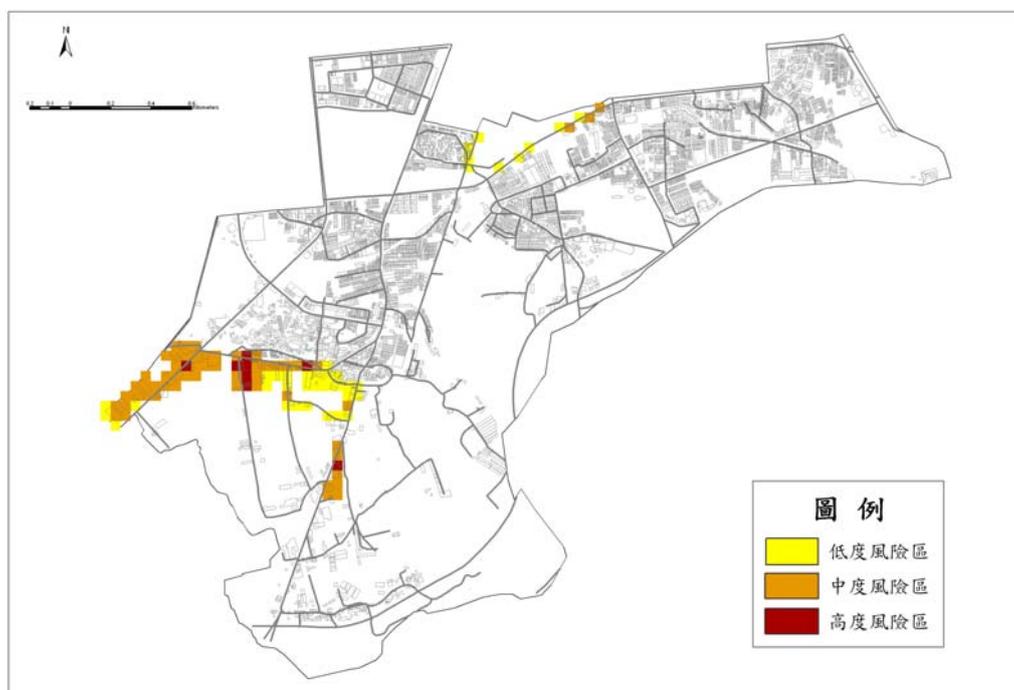
資料來源：本研究整理

圖5-8 休閒專用區之風險程度分佈圖



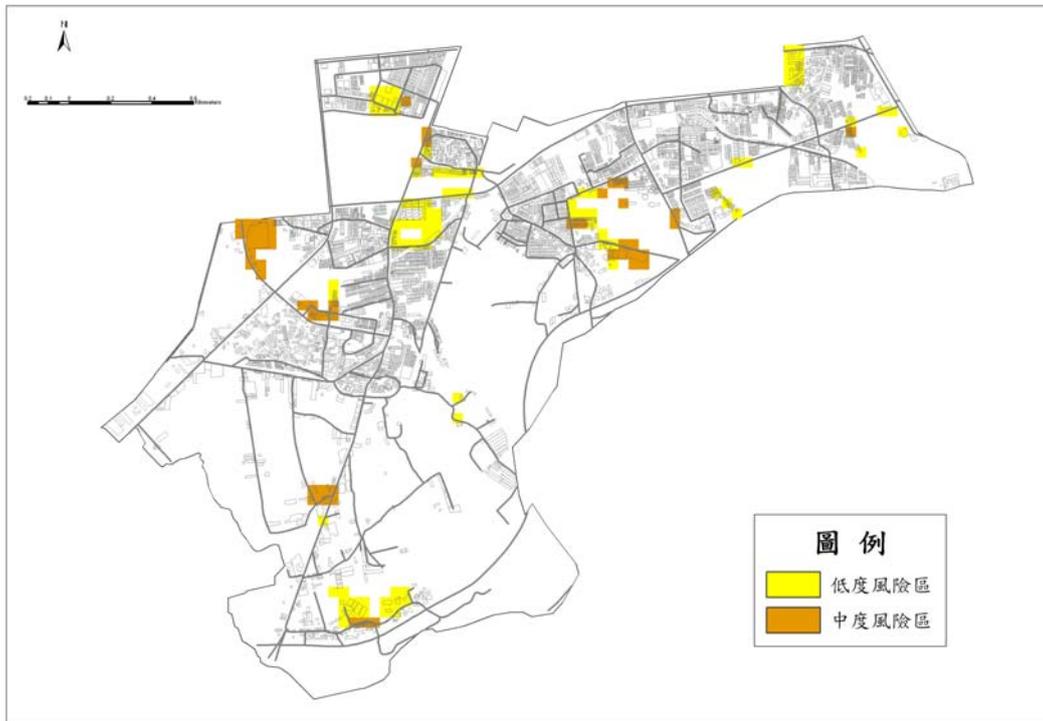
資料來源：本研究整理

圖5-9 工業區之風險程度分佈圖



資料來源：本研究整理

圖5-10 關鍵性公共設施之風險程度分佈圖



資料來源：本研究整理

(二) 土地使用強度之檢討

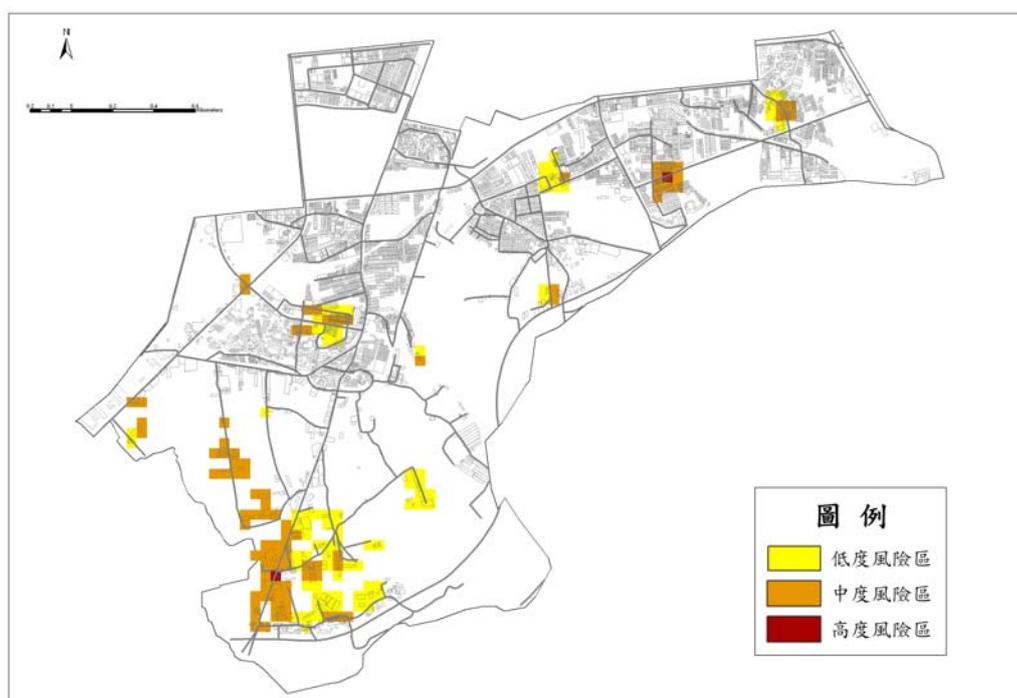
土地開發強度是決定建築與設施數量的重要條件，也間接影響引入居住與活動的人口數量。開發強度愈高代表未來的風險暴露量愈大，如何使高強度的開發行為避開高災害風險區是很重要的課題。本研究將計畫中的土地使用管制要點關於容積率的部分，按規定的強度高低進行了三個等級的劃分，並將之與風險分區圖進行套疊，得到不同程度的開發強度範圍內的既存風險狀況，結果參見圖 5-11 到圖 5-13。從結果來看，大部分仍位於中度風險區內；值得注意的是，高度容積率的發展範圍中，有 51.47% 的網格是位於中度風險區，這是比較需要考量某些風險減緩措施的地區。此外，屬於中度容積率的範圍較廣，因此有較多的網格位於高度風險區，也應該特別考量風險減緩措施的採用。

表5-8 各土地使用強度的風險程度分析

土地使用強度		風險程度		
		高	中	低
高度容積率 (250%~320%)	面積(公頃)	0.5	21.75	20
	比例(%)	1.18	51.47	47.35
	網格數(個)	2	87	80
中度容積率 (120%~210%)	面積(公頃)	9.75	101.25	130.5
	比例(%)	4.03	41.93	54.03
	網格數(個)	39	405	522
低度容積率 (20%~30%)	面積(公頃)	1	17.5	37.75
	比例(%)	1.78	31.11	67.11
	網格數(個)	4	70	151

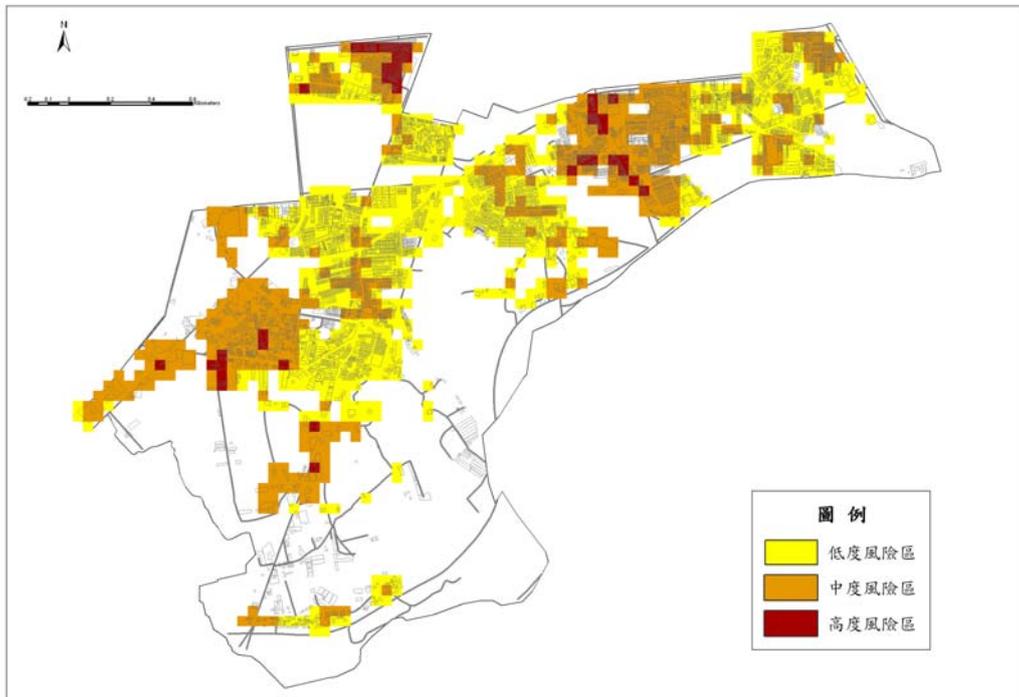
資料來源：本研究整理

圖5-11 高度容積率(250%~320%)使用區之風險程度分佈圖



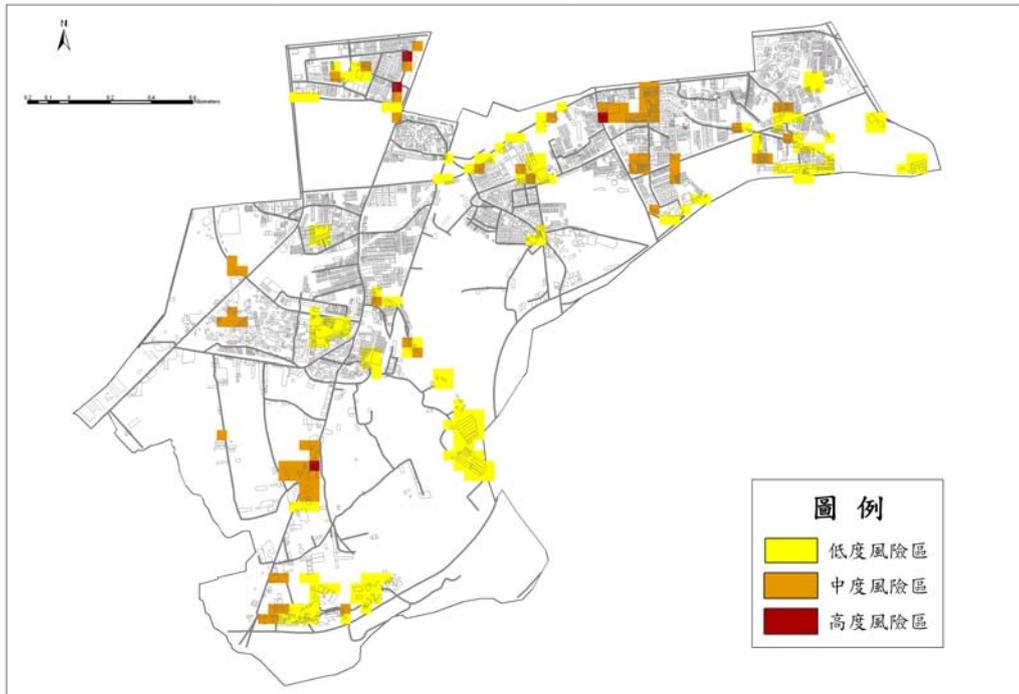
資料來源：本研究整理

圖5-12 中度容積率（120%~210%）使用區之風險程度分佈圖



資料來源：本研究整理

圖5-13 低度容積率（20%~30%）使用區之風險程度分佈圖



資料來源：本研究整理

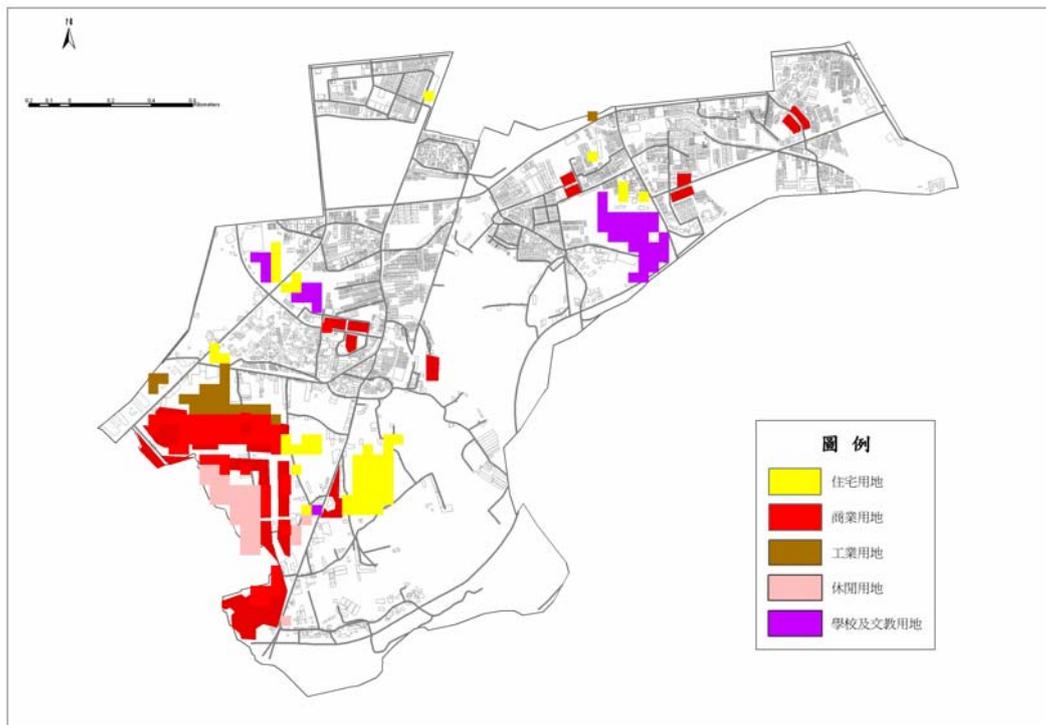
三 小結

都市地區包含建成地區與未發展地區，前者由於具有大量暴露受人口、建築設施與社經活動，因此已存在各種程度的災害風險；後者則因尚未有建築設施存在，少有固定人口與活動存在，因此在本研究所提的風險分析中屬於無風險的地區，但可能存在著某種程度的災害因子。然而在未來土地使用計畫下，不論建成地區或未發展地區都潛藏著災害風險，因此都必須考量實施各種災害風險減緩措施。建成地區中的土地使用分區，其風險程度的分佈已如上述，其結果可顯示出必須考量實施風險減緩措施的地點分佈。

都市中未發展地區的地震風險雖然微乎其微，這是由於無暴露與傷害性因子存在的關係，但此種地區仍然可能具有災害性，例如土壤液化潛勢等。未來隨著土地使用計畫的實現，暴露與傷害性因子都將被引入，而逐漸形成地震風險。為了避免未來都市發展所帶來的高風險，土地使用管理應該及早實施必要的災害減緩措施，以達到風險規避的效果。整體而言，影響未開發地區未來災害風險的最根本因子就是災害性，如何配合所劃設的「災害分區」提出適當的土地使用規劃管理，將是最重要的災害減緩策略；其中，又以「高度災害分區」的風險管理更為重要。

根據災害分區圖與土地使用計畫圖的套繪結果（參見圖 5-14），顯示「高度災害分區」內的土地使用計畫類型以計畫區西南側的商業區最多，高達 60 個網格，其次為住宅區以及關鍵性公共設施（包含學校、文教、與機關用地），分別包含了 44 個與 41 個網格，而休閒專用區與工業區也包含了 26 個與 17 個網格，這些都是可能帶來較高暴露與傷害的使用類項，也是本地區土地使用計畫建議應該進行檢討修正的地點；在減緩措施的選擇上，可配合專家問卷分析結果所建立的風險減緩措施效果矩陣（表 4-9），從具最佳與次佳效果的措施項目中來考量。

圖5-14 高度災害區內之土地使用計畫分佈



資料來源：本研究整理

第六章 研究發現

經過上述地震災害風險分析、風險減緩策略分析以及實施機制擬定等階段之研究，本章將其所獲致之重要研究發現予以整理歸納。主要包括以下六點：

- 一 在實證地區的地震災害風險環境分析中，本研究探討地表震動與土壤液化的災害，並以可能的地表加速度分佈與土壤液化機率來評估相對的風險程度；在資料的引用上，主要是透過現地調查所取得的各種土地與建築使用現況資料，輔以統計資料與相關研究的地質鑽探資料。在成果上，本研究將實證地區各種地震災害風險相關資料建檔，包括屬性與圖形資料庫；同時分析獲得本地區在災害、暴露與傷害性等三個風險因子的相對程度分佈圖，並組成地震風險分區圖。
- 二 經由專家學者對各種減緩措施效果的評量，本研究建立了一個同時反映風險分區與減緩效果的風險減緩策略矩陣。此決策矩陣並未特別針對實證地區，而是一種通盤性的結論，可被應用於其他地區。結果顯示，在高度災害風險地區具有較佳風險減緩效果的主要減緩措施有「建築物結構強化」、「禁限建地區指定」、「土地使用機能檢討變更」、「土地使用強度檢討變更」與「防災規劃」等五項，次要減緩措施則以「安全建材使用」、「救災能力強化」與「地震風險資訊揭露」為主；中度災害風險分區的主要減緩措施有「建物結構強化」、「禁限建地區指定」與「防災規劃」等三項，而次要減緩措施則以「安全建材使用」、「土地使用機能檢討變更」、「土地使用強度檢討變更」、「救災能力強化」與「地震風險資訊揭露」等項為主；低度風險區被認為實施風險減緩措施的整體效果並不會很大，因此無主要的減緩措施，但有次要措施可建議考慮，包括「建物結構強化」、「禁限建地區指定」、「防災規劃」、「救災能力強化」與「地震風險資訊揭露」等五項。
- 三 減緩措施的實施可行性評估上，係綜合考量了行政作業的可行性與居民的支持度，分析結果顯示「建築物結構強化」、「安全建材使用」、「地震風險資訊揭露」、「防災規劃」與「救災能力強化」的可行性最高，而「地震災害風險稅課徵」的可行性最低。其他措施則在行政可行性與居民支持度上的看法具有歧異，在決策考量上需視決策者係偏重行政作業執行度或偏重民意支持的態度而定。
- 四 本研究提出以土地使用分區管制、營建管理、都市更新以及都市計畫通盤檢討作為實施各項風險減緩措施的管理層面，同時以專家問卷的結論為依據。

整體而言，直接以建築物為對象的減緩措施適合納入「營建管理」的層面來實施，其次也可在「都市更新」時被提出執行；直接與土地利用有關的減緩措施適合納入「土地使用分區管制」與「都市計畫通盤檢討」層面，從管理性質來看，前者應以新市區或未開發用地的都市計畫範圍的規劃為主，後者則以舊市區或已開發區域的都市計畫通盤檢討與變更作業為主；與地區防救災作業有關的措施比較適合在「都市計畫通盤檢討」層面實施，其次也可在「營建管理」中來執行；其他諸如風險資訊揭露、地震保險與風險稅等其他措施，被認為比較適合在「營建管理」作業中實施，但地震風險資訊揭露則是比較可以廣泛被實施的措施。

- 五 地震災害風險分析是相當專業的領域，不僅需要包括地震歷史、地質土壤、社會經濟發展等繁多類型與數量的基本資料，也需要客觀的分析方法。學術研究領域在方法論的發展愈來愈周延也不斷進步，但經常面對分析資料缺乏、過時或精細度不足等根本問題，導致風險分析方法難以應用。此外，為蒐集建立完整的基本災害風險資料，仍有待投入更多的資源，甚至建立資料蒐集與共享機制。例如 Haz-Taiwan 系統為台灣目前最為完整的地震災害損失評估工具，然系統的應用需有許多類項與精細的資料，系統參數亦需因應地方特性進行修正；完成這些系統操作的基本架構亟需投入相當大的資源，加上此評估系統不易取得分享，因此其推廣應用的價值仍有拓展空間。
- 六 都市中的災害風險受到許多變動因素的影響，例如都市發展動態、社會變遷、政策修訂等，在在都影響風險暴露與傷害性因子的數量與分佈，另一方面，生命價值與經濟產業價值，亦難以準確衡量。這些因素導致風險減緩措施的效果難以用量化的方式來評量。本研究透過專家進行綜合性評價，屬於較主觀的經驗判斷結果，並未針對每項風險減緩措施深入客觀分析，這兩種不同的減緩成效評估方式，其結果可能會有差異。

第七章 結論與建議

本研究的主要目的在於如何將地震災害風險分析的成果，應用於土地使用管理的層面，使都市地區的地震災害風險得以獲得減緩，並以嘉義市湖子內都市計畫地區為實證地區來進行。內容上包含地震災害風險環境的分析、風險減緩措施效果的分析以及土地使用管理策略的探討。以下即就本研究之相關結論與建議進行說明。

第一節 結論

本節將就各階段研究內容所獲致的成果結論進行說明，包括地震災害風險環境分析、風險減緩措施效果分析以及土地使用管理策略等三部分，分述如下：

一 地震災害風險環境的分析

在地震災害風險環境的分析上，本研究利用地理資訊系統的網格形式做為空間資料分析的單位，主要是考量未來土地使用管理多採取分區來執行的作法。因此，所有與地震災害風險分析有關的現況資料與分析成果，均以網格的形式來建立。

本研究探討地震災害風險的主要目的是在提供土地使用管理上的參考，使其能夠因應地震風險在地理空間上的差異而提出具有最佳減緩效果的土地使用管理策略，重點在於能夠掌握不同地理空間上的風險差異。因此，本研究採用比較性風險分析（comparative risk analysis）為方法。透過所建立的風險評估指標，界定各指標對於風險效益達成的正向或反向關係，進行相對性風險分析；具體而言，一個空間網格單元的風險是以相對於其他網格單元的方式來評估。如此，我們可以分析一個都市地區的地震災害風險空間分佈情形，找出具有相對較高風險的地點，以利配合實施適當的風險減緩策略。

二 風險減緩措施效果的分析

從過去的相關文獻整理出各種可被應用於土地使用管理策略上的風險減緩措施，這些包括土地使用規劃、營建管理與政府獎勵補助等的向度。各種風險減緩措施在其減緩效果上並不相同，特別是在不同風險程度的情況下。本研究為界定各種與土地使用管理有關的風險減緩措施的影響效果，乃進行專家問卷，透過

其在學理與經驗上的判斷，針對災害、暴露與傷害性等三個風險因子的不同程度情況，進行各項風險減緩措施的效果評量。另一方面，考慮到未來風險減緩措施的策略必須由地方政府來執行，且影響地方民眾的權益甚鉅，本研究亦進行地方政府官員與一般居民的問卷，瞭解其在行政作業可行性與民眾支持度的意見與態度。

三 土地使用管理策略

地震災害風險減緩策略矩陣的建立，主要是針對不同風險程度下具有較大減緩效果的主要或次要措施，提供決策者一個決策考量的依據，在土地使用管理上的落實仍須回歸到制度與法令層面來討論。特別是在法令的部分，各項土地使用管理機制都有其法源依據，風險減緩措施的相關內容若要納入各個土地使用管理機制來執行，有必要先探討相關的法令規定條文。本研究亦針對每個風險減緩措施的執行所可能涉及的事項，檢視了土地使用管理相關的法令條文，並進行整理以利未來執行時的參酌。

第二節 建議

建立減緩地震災害風險的土地使用管理機制涉及諸多複雜的事項，特別是地震災害風險本身的不確定性、都市發展變遷所造成的風險變化、土地使用管理法令的諸多限制以及執行風險減緩措施可能面臨的抗拒等課題，本研究企圖建立一個可綜合考量上述課題的架構，然而各部分都仍有待相關領域的持續研究與解決。本節針對各政府單位在實際執行地震災害風險之土地使用管理策略時，建議可推廣或延續之事項。

建議一

研究方法的應用：立即可行建議

主辦機關：各縣市政府

協辦機關：內政部建築研究所、內政部營建署

本研究所提出之地震災害風險相對性評估方法可提供地方政府進行都市地區之風險區劃分參考；此外，所建立有關災害風險分析的地質與土壤、都市經濟發展以及土地與建築使用等現況資料，應確保資料的持續更新。

建議二

風險減緩策略實施的法令修訂：中長期建議

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：行政院經濟建設委員會、內政部建築研究所

減緩地震災害風險的策略執行，包含土地使用分區管制、營建管理、都市更新與都市計畫通盤檢討等層面，與其直接有關與間接有關的法令相當多；本研究已進行相關法令之彙整，但龐雜的法令體系使本研究的回顧整理仍難以周延。未來如何搭配各項風險減緩措施的執行，提出強制性與獎勵性的規定，並解決與現有法令條文之衝突或重覆的部分，亦應有更深入的探討。

建議三

災害減緩措施的有效性研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

為使專家學者的主觀判斷成果具有更客觀的科學性，建議專家問卷可擴大進行，同時輔以量化評量方法進行各項減緩措施的有效性敏感分析，亦將使風險減緩措施的效果評價更具信心。

建議四

多災害風險之土地使用管理策略研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院國家災害科技中心

本研究僅以地震災害為例，台灣各都市所面臨的災害型態不僅於此，例如水災也是一個嚴重的災害風險。然而，不同類型的災害應有不同的土地使用管理的具體作為，建議在提出可處理多災害（multi-hazards）風險的土地使用管理策略時，應該整合多災害的風險分析以及風險減緩措施評價；如此將使土地使用管理策略的實施面臨更複雜的情況，有待更深入的研究。

建議五

土地使用管理策略的實施：立即可行建議

主辦機關：各縣市政府

協辦機關：內政部營建署

本研究所建構考量風減緩的土地使用管理策略的架構，可提供地方政府的規劃決策單位作為都市計畫新定或檢討時的參考，建議在具體的實施規定上，地方政府應配合法令規定與視當地狀況來進行調整。

建議六

災害防救業務的參考：立即可行建議

主辦機關：行政院災害防救委員會

協辦機關：國家災害防救科技中心、各縣市政府

有關防救災能力強化與都市防災規劃等措施，屬於各縣市災害防救業務的範疇，可提供本研究成果作為執行強化地區災害防救能力計畫時的參考。

附錄一

HAZ-Taiwan 之建物使用類型分類

一般用途	代碼	特定用途分類	備註
住宅	RES1	獨棟住宅	獨棟透天住宅、別墅
	RES2	臨棟住宅	連棟公寓、大樓住宅
	RES3	臨時住宅	旅館業(88)
	RES4	宿舍	軍公教、學生宿舍、監獄
	RES5	養老院、育幼院	養老院、育幼院等供住宿之慈善機構
商業	COM1	批發業(51-52)	凡從事以批售商品為主要業務之公司行號均屬之。商品批發代理業、工、礦、農、林、漁、牧等生產事業聯合或單獨設立之獨立批售單位亦歸入本類。
	COM2	零售業(53-55)	凡從事以零售商品為主要業務之公司行號，如百貨公司、零售店、攤販、加油站、消費合作社等均屬之。
	COM3	國際貿易業(56)	凡從事專營商品輸出、輸入或輸出入隻行業均屬之。
	COM4	餐飲業(57)	凡從事中西各式餐點、飲料供應之餐廳、飯館、食堂、小吃店、茶室、咖啡店、冰果店、飲食攤等，點叫後立即在顯場飲用或食用之行業均屬之。機關、工廠、招待所、俱樂部等附設獨立之餐飲部門亦歸入本類中。
	COM5	運輸、倉儲及通信業(G,61-63)	凡從事水、陸、空客貨運輸，倉庫之獨立經營，信件、包裹之郵遞，以及有線及無線電訊之收發等行業均屬之。
	COM6	金融、保險及不動產業(H,65-68)	金融及其輔助業(65)，證券及期貨業(66)、保險業(67)、不動產業(68)
	COM7	工商服務業(I)	法律及會計服務業(71)、建築及工程技術服務業(72)、商品經記業(73)、顧問服務業(74)、資訊服務業(75)、廣告業(76)、設計業(77)、租賃業(78)、其他工服務業(79)。

一般用途	代碼	特定用途分類	備註
商業	COM8	個人服務業(J)	環境衛生及污染防治服務業(81)、出版業(83)、電影事業(84)、廣播電視業(85)、藝文業(86)、其他個人服務業(89)
	COM9	醫療保健服務業(823)	凡從事醫療保健服務之行業，如醫療機構、藥局、醫事檢驗所、助產所、醫事放射、物理治療、職能治療及其他醫療保健服務業均屬之。
	COM10	娛樂業(87)	凡從事運動場、綜合遊樂園、視聽及視唱中心以及其他娛樂場所等經營隻行業均屬之。
工業	IND1	礦業及土石採取業	煤礦業(05)、石油、天然氣及地熱礦業(06)、金屬礦業(07)、非金屬礦業(08)、土石採取業(09)
	IND2	食品及飲料製造業	食品及飲料製造業(11)、菸草製造業(12)
	IND3	輕工業	紡織業(13)、成衣、服飾品及其他紡織製品製造業(14)、皮革、毛皮及其製品製造業(15)、木竹製品製造業(16)、家具及裝設品製造業(17)、紙漿、紙及紙製品製造業(18)、印刷有關事業(19)、其他工業製品製造業(39)
	IND4	非金屬與石化製造業	化學材料製造業(21)、化學製品製造業(22)、石油及煤製品製造業(23)、橡膠製品製造業(24)、塑膠製品製造業(25)、非金屬礦物製品製造業(26)
	IND5	金屬與石化製造業	金屬基本工業(27)、金屬製品製造業(28)、機械設備製造修配業(29)、電力及電子機械器材製造修配業(31)、運輸工具製造修配業(32)、精密器械製造業(33)

一般用途	代碼	特定用途分類	備註
商業	IND6	高科技製造業	
	IND7	水電燃氣業	電力供應業(41)、氣體燃料供應費(42)、蒸氣、熱水及熱能供應業(43)、用水供應業(44)
	IND8	營造業	土木工程業(45)、建築工程業(46)、機電、電路及管道工程業(47)、建物裝潢費(48)、其他營造業(49)
農業		農、漁、林、牧業(A,01-03)	
非營利業	REL1	社會福利及人民團體(824-825)	凡從事公益、慈善、文化、教育、藝術等之基金會及福利機構等均屬之。 凡各事業單位或從業人員按行業、職業類別組織、或民眾按供同興趣、供同信仰等結合依法組織隻人民團體均屬之。
	REL2	傳教機構(8291)	凡設主持人、並備經典、法物，經常供公眾從事宗教儀式及宗教活動之寺、廟、堂、壇、庵、觀、院等均屬之。但獨立管理之宗教團體所附設社會福利機構，如醫院、學校、基金會等應分別歸入社會服務業(82)之適當類。
政府機關	GOV1	公共行政業(K)	凡政府機關、民意機關、國防事業及國際機構等均屬之
	GOV2	緊急應變機關	警政、消防、危機處理中心

一般用途	代碼	特定用途分類	備註
教育	EDU1	大專院校(8211) 及學術研究單位 (822)	凡公私立大學、獨立學院、及專科學校均屬之。授予學位之獨立學院之研究所亦歸入本細類。但不包含學校宿舍。 凡從事自然科學、社會科學、人文科學等的研究、試驗、調查、分析、規劃之不授學位專門研究及服務之行業均屬之。
	EDU2	中小學教育	中學(8212)、職業學校(8213)、小學(8214)、學前教育事業(8215)、特殊教育事業(8216)
	EDU3	其他教育服務業	社會教育事業(8217)、職業訓練事業(8218)、其他教育訓練服務業(8219)

附錄二

第一次專家會議會議紀錄

九十四年度「地震災害風險分析與都市土地使用管制之研究」第一次專家會議會議紀錄

一、日期：民國九十四年六月三日

二、時間：中午十二時

三、地點：長榮大學土地管理與開發學系會議室

四、主題：「地震風險減緩效果評估」專家問卷內容

五、主席：施鴻志 教授

六、出席人員：張益三 教授

薩支平 教授

周士雄 教授

紀錄：謝秉佑 研究生

七、簡報事項：(略)

八、討論與建議事項：

(一) 張益三教授：

1. 地震災害風險減緩策略的決定，應該要能配合災害危險度來實施，也就是不同程度的危險度應該考慮不同的策略，盡量以符合成本效益的觀念來思考。
2. 從所提出來的減緩策略來看，部分似有重新整理的必要，例如「建蔽率、容積率管制」與「建物高度」，都屬於土地使用強度的管制，有無必要如此細分？如果策略項目太多，未來的問卷也會很難填答。又，「相關資訊提供」指的是什麼資訊，應該明確。
3. 都市中的防救災規劃對於災害風險的降低，應該具有實質的效果；建議可列入評估項目中考量。

(二) 薩支平教授：

1. 各項風險減緩措施，未來在實際執行上，是否只能於所提四個層面中的一個來實施，還是可同於多個層面中規定執行，建議可以多加考量。
2. 各項措施在每個土地使用管理的層面中，有無法規上的特別規定或說明，其實應該提出來讓我們知道。
3. 問卷將態度量表，為能夠區分出差異，建議應設計為5~7分位的形式。
4. 問卷評估的結果，如何反應在實施地區並形成具體的土地使用管理措施，應該要有明確想法。例如，是否區分為不同程度（高、中、低）

風險地區的特別措施，或有更進一步的特性分析。

(三) 施鴻志教授：

1. 很感謝張教授與薩教授的寶貴意見。這次討論係針對問卷的內容與形式，二位教授確實提出很具體的建議，對問卷的修正將很有幫助。
2. 風險的程度就依風險因子組成的項目（災害、暴露、傷害）分別劃分為三個程度，做為風險特性的描述，並反應在實證地區的空間分佈上，未來可依問卷結果及風險的空間分佈特徵，提出因地制宜的減緩策略。

(四) 周士雄教授：

風險減緩措施將會再盡量精簡，對風險因子影響具有相同性質的措施將會進行整併，讓問卷不致過於複雜而影響判斷。其他意見也將一併配合修正。

(五) 張益三教授：

建議問卷中應附上適當的說明，讓填答者瞭解各問題的來龍去脈，也有助於填答時的思考。

(六) 施鴻志教授：

1. 問卷盡快修正完畢，發放的對象應該注意涵蓋地震災害風險與都市計畫相關領域的學者及公部門決策者。
2. 問卷回收時間訂為六月二十一日，可適度提醒受訪者注意回覆時間。

散會 14：00

附錄三

第二次專家會議會議紀錄

九十四年度「地震災害風險分析與都市土地使用管制之研究」第二次專家會議會
議紀錄

一、日期：民國九十四年十月十三日

二、時間：中午十二時

三、地點：長榮大學土地管理與開發學系會議室

四、主題：「減緩地震災害的土地使用管理策略」專家座談

五、主席：施鴻志 教授

六、出席人員：李泳龍 教授

賴啟銘 教授

柯于璋 教授

紀雲曜 教授

周士雄 教授

紀錄：廖采岫 研究生

七、簡報事項：(略)

八、討論與建議事項：

(一) 賴啟銘 教授：

1. 本研究案若能與土地使用管制相互配合，便可推廣至各地方政府使用，實用性頗高。
2. 建議在風險因子中考慮增加建物耐震力為影響因子。例如在校園中，若能增加校園建物耐震力來降低風險，便可將校園列入避難場所，作為避難空間使用。
3. 問卷結果顯示出「救災能力強化」在傷害性高程度下屬中階效果，在災害高程度下則為高階效果，但就實際而言，災害的發生通常伴隨著傷害性，故有其矛盾性。
4. 在問卷結果中得知「禁限建地區指定」與「防災規劃」為高風險減緩的主要策略，若能配合土地使用分區管制及都市計畫通盤檢討進行效果會較佳。
5. 地震為不可預期的災害，若進行土地使用分區管制是否合理。
6. 最後，可考慮將維生管線放入減災措施中。在維生管線部分建議可尋求事業目的主管機關協助，例如要求水、電、通訊及瓦斯等主管機關於進

行規劃設計時充分考量防災之需求。

(二) 柯于璋 教授：

1. 建議在風險減緩措施中可增加土地徵收措施來取得危險地區之土地。
2. 過去土地使用的減災效果評估大多運用災害損失估計值來評估效果，本研究屬於另一類方法，應是偏重政策執行的整體評估。如此，建議在減災效果衡量上可思考包括暴露與危險、行政成本、執行上共花費多少私人與公共成本、執行方案困難度…等指標。
3. 土地使用管制效果衡量如何落實於空間上是有困難的，基本上必須配合風險三因子、問卷適合度及地區民眾意見等共五個面向，如何適當分派措施應為目前主要重點。

(三) 紀雲曜 教授：

1. 校園雖然可提供鄰近民眾一個避難空間場所，但校園建築物與圍牆大多老舊且超過耐用年數，當地震來臨時反而可能成為受害點而非避難點。
2. 資料中「救災能力強化」措施的說明可能會導致受訪者不同的認知，進而造成問卷結果不如預期，建議增加說明。
3. 問卷結果顯示在高程度暴露與高程度傷害性情況中，「禁限建地區指定」皆為高階效果；但其實際執行層面似乎不太可行，未來的政策落實也許會有困難，應予以考慮。
4. 風險減緩措施以平均數 3 為有效，是否陷入數值的迷思？建議採用分群分析較為客觀。
5. 另外可設置較客觀的第三部門進行災害資訊的產出與提供，做為人民或建商的參考依據，預期可帶動地震保險實施措施的運作。

(四) 李泳龍 教授：

1. 土地使用管理是屬於制度層面的議題，因此現行法令的配合或檢討很重要。建議各項措施在法令上的回顧可再加強，對於現行法令無法執行的措施，本案可提出建議策略。
2. 專家問卷的結果未必獲得地方的認同，這是執行面的問題。未來的實證地區問卷，可從對減災措施的支持度與可行性來著手，相信可提升本案未來的應用效益。

(五) 周士雄 教授：

1. 維生管線用於減災部分有其一定程度的困難性，例如工程品質與材料

2. 等，影響安全甚鉅，但這又非屬土地使用管理的層面，需相關單位配合才可進行。
3. 校園開放性空間仍應可作為臨時避難地點，但無法作為中長期收容場所；室內空間能否利用，建築物的耐震性將是關鍵性因素。
4. 本研究採用網格(50m×50m)為單位的空間分析方法，將研究區分為 5525 個網格，以三個風險因子的高、中、低程度形成各網格的風險特徵，每個網格選取該風險特徵下減緩措施效果平均得點 3 以上的措施，成為網格的減災措施。在地區減災措施的策略上，以各網格措施具有交集者為地區強制措施，其他項為建議措施提供政府與民眾參考。以上為初步想法，細節將再研究。

(六) 施鴻志 教授：

感謝各位老師的寶貴意見，針對減緩地震災害措施提供許多具體建議，對本研究具有很大幫助。

散會 14：30

附錄四

地震風險減緩效果評估

一、專家問卷

地震風險減緩效果評估問卷

No. _____

敬啟者 您好：

首先感謝您於百忙中撥冗填寫此份問卷，並擔任本研究之專業諮詢專家學者。本問卷係為協助執行內政部建築研究所「地震風險分析與都市土地使用管制之研究」所設計，目的在獲得各項地震風險減緩措施之實施效果的評價。素仰 先生學有專精、經驗豐富，期望借重先生之專業學養，惠予提供寶貴意見。本問卷填答內容純供學術研究使用，不對外公佈，敬請詳實填寫，感謝您的支持與協助，謹致 誠摯謝忱。敬祝 安康

高苑技術學院講座教授 施鴻志 敬啟

聯絡人：長榮大學土地管理與開發學系副教授 周士雄

聯絡電話：06-2785123 轉 2313

傳真電話：06-2785108

E-mail：shchou@mail.cju.edu.tw

※ 煩請於六月二十一日前，將填妥之問卷置於回郵信封中寄回，謝謝！

問卷說明：

1. 請詳閱問卷參考資料。
2. 請依據問卷參考資料及專業知識進行問卷內容。

【問卷內容】

第一部分 風險減緩措施效果評估

風險主要由災害、暴露與傷害性等三個因子所組成，某地區依各因子程度的組成而產生其風險條件。以下針對各個風險因子的不同程度，請您評量採取各種減緩措施的效果。

【填答範例】

本部份係針對每項措施在各種風險程度情況下的有效性尺度予以圈選。以「建物結構強化」措施的評估為例，在「高程度災害」的情況或地區，若您認為採行此項措施對風險減緩具有非常高效果，請在 5 的位置上予以圈選；在「中程度災害」的情況或地區，若您認為採行此項措施對風險減緩具有普通效果，請在 3 的位置上予以圈選；在「低程度災害」的情況或地區，若您認為採行此項措施對風險減緩具有些微效果，請在 1 的位置上予以圈選。若您認為所評估的減緩措施在某風險程度下並無法發揮任何效果時，請在 0（無效）的位置上予以圈選。

本問卷僅提出 11 項風險減緩措施供評估，若您認為尚有其他措施可採行時，請不吝於「其他（請補充）」項下填入，並依其在各風險程度下的實施效果尺度，分別予以圈選。

風險減緩措施	風險程度	災害因子		
		高程度災害性	中程度災害性	低程度災害性
建物結構強化		○	○	○
其他(請補充)		○	○	○
發展權移轉		○	○	○

【開始填答】

一、災害因子

風險程度 風險減緩措施	災害因子		
	高程度災害性	中程度災害性	低程度災害性
1.建物結構強化	_____	_____	_____
2.安全建材使用	_____	_____	_____
3.禁、限建地區指定	_____	_____	_____
4.土地使用機能檢討變更	_____	_____	_____
5.土地使用強度檢討變更	_____	_____	_____
6.關鍵性公共設施區位檢討變更	_____	_____	_____
7.防災規劃	_____	_____	_____
8.救災能力強化	_____	_____	_____
9.地震保險實施	_____	_____	_____
10.地震風險資訊揭露	_____	_____	_____
11.地震災害風險稅課徵	_____	_____	_____
12.其他(請補充)	_____	_____	_____

5
有效

5
有效

二、暴露因子

風險減緩措施	風險程度	暴露因子		
		高程度暴露性	中程度暴露性	低程度暴露性
1.建物結構強化		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
2.安全建材使用		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
3.禁、限建地區指定		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
4.土地使用機能檢討變更		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
5.土地使用強度檢討變更		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
6.關鍵性公共設施區位檢討變更		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
7.防災規劃		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
8.救災能力強化		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
9.地震保險實施		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
10.地震風險資訊揭露		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□ 有效
11.地震災害風險稅課徵		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
12.其他(請補充)		□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□ 有效

4

4

三、傷害性因子

風險減緩措施	風險程度			傷害性因子			
	高程度傷害性	中程度傷害性	低程度傷害性	高程度傷害性	中程度傷害性	低程度傷害性	
1.建物結構強化	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
2.安全建材使用	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
3.禁、限建地區指定	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
4.土地使用機能檢討變更	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
5.土地使用強度檢討變更	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
6.關鍵性公共設施區位檢討變更	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
7.防災規劃	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
8.救災能力強化	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
9.地震保險實施	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
10.地震風險資訊揭露	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
11.地震災害風險稅課徵	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
12.其他(請補充)	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	┌───┴───┐	
						5	4
						有效	4
						5	4
						有效	4

第二部份 風險減緩措施之實施層面

以下針對土地使用管理的四個層面，請您就各項措施評估其比較適合於哪些土地使用管理層面中來規定實施。

【填答範例】

本部份係針對每項措施在各種管理層面下實施的適合性尺度予以圈選。以「建物結構強化」措施為例，考量其在「土地使用分區管制」的規定下實施是否適當，若您認為非常適合，請在 5 的位置上予以圈選；考量其在「都市更新」的作業中實施是否適當，若您認為普通適合，請在 3 的位置上予以圈選；考量其在「營建管理」的規定下實施是否適當，若您認為僅些微適合，請在 1 的位置上予以圈選；考量其在「都市計畫通盤檢討」的作業中實施是否適當，若您認為並無法發揮任何效果時，請在 0（不適合）的位置上予以圈選。

本問卷僅提出 11 項風險減緩措施供評估，若您認為尚有其他措施可採行時，請不吝於「其他（請補充）」項下填入，並依其在各種管理層面下實施的適合性尺度，分別予以圈選。

管理層面 風險減緩措施	土地使用分區管制	都市更新	營建管理	都市計畫通盤檢討
建物結構強化				
其他(請補充) 發展權移轉				

【開始填答】

管理層面 風險減緩措施	土地使用分區管制	都市更新	營建管理	都市計畫通盤檢討
1. 建物結構強化	_____	_____	_____	_____
2. 安全建材使用	_____	_____	_____	_____
3. 禁、限建地區指定	_____	_____	_____	_____
4. 土地使用機能檢討變更	_____	_____	_____	_____
5. 土地使用強度檢討變更	_____	_____	_____	_____
6. 關鍵性公共設施區位檢討變更	_____	_____	_____	_____
7. 防災規劃	_____	_____	_____	_____
8. 救災能力強化	_____	_____	_____	_____
9. 地震保險實施	_____	_____	_____	_____
10. 地震風險資訊揭露	_____	_____	_____	_____5_____4

適合

附錄四

風險減緩措施 \ 管理層面	土地使用分區管制	都市更新	營建管理	都市計畫通盤檢討
11.地震災害風險稅課徵	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12.其他(請補充)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

問卷到此結束，再次感謝您的撥冗填寫！

5
適合

5
適合

二、地區居民問卷

地震災害風險減緩措施～地區居民問卷調查

您好：

長榮大學土地管理與開發學系為協助內政部建築研究所進行「地震災害風險分析與都市土地使用管制」的研究，需要進行本項問卷調查工作。您的意見對本研究成果將具有很大貢獻，望請全力協助填答。本問卷內容都僅作學術研究用途，保證不會對外公開。在填答過程中若有任何疑問，我們的訪員會盡力協助解釋。謝謝您的合作！

計畫主持人：施鴻志 教授
聯絡人：廖采函
電話：06-2785108

訪員姓名：_____

問卷編號：_____

開始填答：

一、基本資料

- 1.性別：男 女
- 2.年齡：20歲以下 20-29歲 30-39歲 40-49歲 50-59歲 60-69歲 70歲以上
- 3.教育程度：國小以下 國中 高中（職） 大學（專） 研究所及以上
- 4.所得水準（元/每月）：20,000以下 20,001-40,000 40,001-60,000
60,001-80,000 80,001以上
- 5.您自己或家庭在湖子內地區有無擁有房屋？有 沒有
- 6.您自己或家庭在湖子內地區有無擁有土地？有 沒有
- 7.您自己或熟識的親友過去有沒有遭受過地震災害的損失？有 沒有

二、對地震災害的看法

對於災害性地震（就是可能造成災害的地震事件，通常為規模7以上），請就下列問項提出您的看法：

1.您認為嘉義地區在未來10年內，發生災害性地震的可能性為何？

絕對不可能 有些可能 可能 非常有可能

2.如果發生災害性地震，您認為您目前居住的地區可不可能受到影響？

絕對不可能 有些可能 可能 非常有可能

3.如果發生災害性地震，且影響到了您目前居住的地區，您認為您目前居住的房屋可不可能受到傷害？

絕對不可能 有些可能 可能 非常有可能

三、對減低地震災害措施的看法

假若政府為減低災害性地震所造成的危害，將針對你目前居住的地區採取因應措施，請就下列問項提出您的看法：

1. 您認為下列各項措施對減低地震傷害的效果為何？

	非常有效	很有效	有效	尚可	些微有效	無效
強化建築物的結構（如耐震設計）	<input type="checkbox"/>					
使用安全建材（如防火）	<input type="checkbox"/>					
劃設禁建或限建的地區	<input type="checkbox"/>					
劃定土地使用分區（如商業、住宅區、公園）	<input type="checkbox"/>					
規定土地使用的強度（如建蔽率、容積率）	<input type="checkbox"/>					
考量關鍵性的公共設施位置（如學校、醫院）	<input type="checkbox"/>					
做好地區的防災規劃（如避難據點、路徑）	<input type="checkbox"/>					
強化地區的救災能力（如人員訓練、作業協調）	<input type="checkbox"/>					
購買地震保險	<input type="checkbox"/>					
公布地震危險程度的訊息（如斷層帶距離）	<input type="checkbox"/>					
向土地開發者課徵災害風險稅	<input type="checkbox"/>					

2. 您支持政府徹底實施下列各項減災措施嗎？

	很支持	支持	有些支持	沒意見	有些不支持	不支持	很不支持
規定建築物的結構設計	<input type="checkbox"/>						
強制規定使用安全建材	<input type="checkbox"/>						
指定禁建或限建的地區	<input type="checkbox"/>						
調整土地使用的分區（如商業區變住宅區）	<input type="checkbox"/>						
調整土地使用的強度（如降低容積率）	<input type="checkbox"/>						
調整關鍵性的公共設施位置（如遷移學校或醫院）	<input type="checkbox"/>						
擬定地區防災計畫（如指定避難據點、路徑）	<input type="checkbox"/>						
強化防救災能力（如添購設備、加強演習）	<input type="checkbox"/>						
強制購買地震保險	<input type="checkbox"/>						
公布地震風險訊息（如危險區域、斷層帶距離）	<input type="checkbox"/>						
向土地開發者課徵災害風險稅	<input type="checkbox"/>						

問卷結束，非常謝謝您的協助！

三、地方官員問卷

地震災害風險減緩措施～地區規劃決策官員問卷調查

您好：

長榮大學土地管理與開發學系目前協助內政部建築研究所進行「地震災害風險分析與都市土地使用管制」的研究，本研究係以嘉義市湖子內都市計畫地區為實證地區，為瞭解市政府在進行都市土地使用管理作業上的意見，需要進行本問卷調查工作。您的專業意見對研究成果將具有很大的貢獻，敬請全力協助填答。問卷內容都**僅作學術研究使用**，保證不會對外公開。在填答過程中若有任何疑問，請不吝與本研究團隊聯絡。謝謝您的合作！

計畫主持人：施鴻志 教授
聯絡人：周士雄 副教授
電話：06-2785108

問卷編號：_____

【參考資料】

本研究藉由土地使用管理相關文獻的回顧，整理出地震災害風險減緩的 11 項重要措施，並分為「營建管理規範」、「土地使用管制」、「災害防救規劃」與「相關配套」等四個策略面向，茲說明如下：

(一) 營建管理規範

1. 建築結構強化

脆弱的建築結構是地震災害的重要因子。建築結構強化的考量可以耐震係數為基礎，並分別考慮新建築與既有建築物兩部份，措施包括強化新建築的基礎設計或規定更高的耐震設計標準、既有建築物的結構補強與危險(高齡)建物之改建。

2. 安全建材使用

地震災害的主要損失與衝擊係由於建物倒塌所造成，若能使用安全建材，例如輕量、防火性能，將可減少損失或避免二次災害產生。

3. 禁、限建地區指定

此項措施通常係針對高度災害風險的地區，具體做法包括禁止建築物興建、限制建築物高度，或是須經特別審核通過方能興建。

(二) 土地使用管制

1. 土地使用機能檢討變更

住宅、商業與工業等都市計畫使用分區，分別代表都市中的各項活動機能，其隱含著不同的開發利益與風險暴露。配合地震災害的空間分佈狀況，規劃上應權衡土地使用所潛藏的風險性，決定具較低災害風險的機能配置方案。

2. 土地使用強度檢討變更

土地使用強度代表人口與財產的數量，也就是風險暴露量。這通常可由建築物容積率與建蔽率的規定來反映。

3. 關鍵性公共設施區位檢討變更

關鍵性公共設施在地震災害中扮演著重要的角色，例如學校、醫院、消防隊、警察局、體育場等，不僅具有大量人口集中的潛在風險，也做為救災避難的重要場所，因此區位的配置考量應特別慎重。

(三) 災害防救規劃

1. 防災規劃

此項措施係強調地震災害發生前即透過規劃手段，使災害發生後的傷害性得以降低。內容包括避難場所與避難路徑之規劃、延燒防止地帶劃設、救災路線的指定與消防據點之規劃。

2. 救災能力強化

強化都市救災能力係指消防救災的人員、設備、能力與行政協調等的提升，可以減低人員傷亡並即時防止災害蔓延與二次災害產生，達到減緩風險的目的。

(四) 相關配套

1. 地震保險實施

地震保險措施主要針對個別建築物，期望在難以避免的建物損害發生後能夠獲得補償，以減低損失。

2. 地震風險資訊的揭露

在進行完整的都市風險評估，辨識出都市高風險地區後，結果應公佈予都市民眾與房屋仲介業者了解地區風險狀況。

3. 地震災害風險稅課徵

在都市中具災害風險且有必要進行開發之地區，可進行風險稅之課徵，使當地政府具有足夠以資金提供適當的防救災措施，例如防救災資源與防救災能力之強化，以符合受益者付費的原則。

【開始填答】

一、 對地震災害風險的認知

對於災害性地震（就是可能造成災害的地震事件，通常為規模 7 以上），請就下列問項提出您的看法：

1. 您認為嘉義地區在未來 10 年內，發生災害性地震的可能性為何？

絕對不可能 有些可能 可能 非常有可能

2. 如果發生災害性地震，您認為湖子內都市計畫地區受到影響的可能性為何？

絕對不可能 有些可能 可能 非常有可能

3. 如果發生災害性地震，且影響到了湖子內都市計畫地區，您認為該地區的建築或相關設施受到傷害的可能性為何？

絕對不可能 有些可能 可能 非常有可能

二、 對減低地震災害措施的看法

請您就業務考量，針對下列各項地震災害減緩措施，提出您的看法：

1. 您認為下列各項措施對減低地震災害的效果為何？

	非常有效	很有效	有效	尚可	些微有效	無效
強化建築物的結構（如耐震設計）	<input type="checkbox"/>					
使用安全建材（如防火）	<input type="checkbox"/>					
劃設禁建或限建的地區	<input type="checkbox"/>					
劃定土地使用分區（如商業、住宅區、公園）	<input type="checkbox"/>					
規定土地使用的強度（如建蔽率、容積率）	<input type="checkbox"/>					
考量關鍵性的公共設施位置（如學校、醫院）	<input type="checkbox"/>					
做好地區的防災規劃（如避難據點、路徑）	<input type="checkbox"/>					
強化地區的救災能力（如人員訓練、作業協調）	<input type="checkbox"/>					
購買地震保險	<input type="checkbox"/>					
公布地震危險程度的訊息（如斷層帶距離）	<input type="checkbox"/>					
向土地開發者課徵災害風險稅	<input type="checkbox"/>					

2. 下列各項減災措施，在您的業務範圍內已經被執行的程度為何？

	已徹底執行	已部分執行	規劃中	考慮中	不列入考慮
規定建築物的結構設計	<input type="checkbox"/>				
強制規定使用安全建材	<input type="checkbox"/>				
指定禁建或限建的地區	<input type="checkbox"/>				
調整土地使用的分區（如商業區變住宅區）	<input type="checkbox"/>				
調整土地使用的強度（如降低容積率）	<input type="checkbox"/>				
調整關鍵性的公共設施位置（如遷移學校或醫院）	<input type="checkbox"/>				
擬定地區防災計畫（如指定避難據點、路徑）	<input type="checkbox"/>				
強化防救災能力（如添購設備、加強演習）	<input type="checkbox"/>				
強制購買地震保險	<input type="checkbox"/>				
公布地震風險訊息（如危險區域、斷層帶距離）	<input type="checkbox"/>				
向土地開發者課徵災害風險稅	<input type="checkbox"/>				

3. 下列各項減災措施的實施，您認為或預期在行政作業的複雜性為何？

	相當複雜	複雜	些微複雜	不複雜	相當不複雜
規定建築物的結構設計	<input type="checkbox"/>				
強制規定使用安全建材	<input type="checkbox"/>				
指定禁建或限建的地區	<input type="checkbox"/>				
調整土地使用的分區（如商業區變住宅區）	<input type="checkbox"/>				
調整土地使用的強度（如降低容積率）	<input type="checkbox"/>				
調整關鍵性的公共設施位置（如遷移學校或醫院）	<input type="checkbox"/>				
擬定地區防災計畫（如指定避難據點、路徑）	<input type="checkbox"/>				
強化防救災能力（如添購設備、加強演習）	<input type="checkbox"/>				
強制購買地震保險	<input type="checkbox"/>				
公布地震風險訊息（如危險區域、斷層帶距離）	<input type="checkbox"/>				
向土地開發者課徵災害風險稅	<input type="checkbox"/>				

4. 下列各項減災措施的實施，您認為或預期政府的實施成本(含行政資源)有多高？

	相當高	很高	有些高	不高	相當不高
規定建築物的結構設計	<input type="checkbox"/>				
強制規定使用安全建材	<input type="checkbox"/>				
指定禁建或限建的地區	<input type="checkbox"/>				
調整土地使用的分區（如商業區變住宅區）	<input type="checkbox"/>				
調整土地使用的強度（如降低容積率）	<input type="checkbox"/>				
調整關鍵性的公共設施位置（如遷移學校或醫院）	<input type="checkbox"/>				
擬定地區防災計畫（如指定避難據點、路徑）	<input type="checkbox"/>				
強化防救災能力（如添購設備、加強演習）	<input type="checkbox"/>				
強制購買地震保險	<input type="checkbox"/>				
公布地震風險訊息（如危險區域、斷層帶距離）	<input type="checkbox"/>				
向土地開發者課徵災害風險稅	<input type="checkbox"/>				

三、 您所負責的業務範疇

您目前所負責的業務，與下列四個土地使用管理層面的關聯性有多高？

	相當高	很高	高	有些高	無關聯
土地使用分區管制	<input type="checkbox"/>				
都市更新	<input type="checkbox"/>				
都市計畫通盤檢討	<input type="checkbox"/>				
營建管理	<input type="checkbox"/>				

問卷結束，非常謝謝您的協助！

附錄五

期初審查會議意見回覆表

期初審查會議意見回覆表

審查單位	討論與建議事項	修正處理情形
李教授威儀	<p>1. 本案確實有其重要性，但是案子太大，也許需要千萬的經費來執行，目前經費有限的情形下，宜明確區分各年度的研究內容以及本年度的研究重點。研究案主要是進行土地使用「管制」還是「管理」，亦應先釐清。風險操作方面，能否用 Haz-Taiwan 來輔助也要先了解。研究目標在於建立指導性原則或者是用來作為實際管制工具，也要界定清楚。</p>	<p>本研究案題目已修正為「地震災害風險分析與都市土地使用管制之研究」。但針對「土地使用管制」的說明，將於研究中釐清土地使用管制的層面是界定在「土地使用管理機制」建立之指導原則，而非「土地使用管制規則」。為使整個研究主題具有完整性，本研究將提出後續研究之範圍與重點。</p>
	<p>2. 中英文摘要宜調整一致。</p>	<p>已修正完畢。</p>
劉顧問慶男	<p>1. 全省可利用之都市土地，均已擬有都市計畫，研究案之進行應與之配合。都市災害風險因素包含地震、風災、水災或工業污染等，本計畫之研究範圍是否僅於地震災害，宜先確定。</p>	<p>本研究內容與重點確定以地震災害為對象。土地使用管理機制中的實施層面，不會涵蓋新訂都市計畫的部分，將以土地使用管制、都市更新、營建管理與都市計畫通盤檢討為主。</p>

審查單位	討論與建議事項	修正處理情形
劉顧問慶男	<p>2. 在都市計畫規劃過程，風災、水災、工業污染等可預測性高，可在都市計畫提早規劃預防，惟地震災害難以預測，建議將都市土地內相關之地震帶、斷層帶等資料明確提示，並增加章節就有關「法令之配合及執行機構機制」進行探討，研究如何在現有的法規架構下落實或增加法源，使各都市計畫據以通盤檢討。</p>	<p>本研究將會在實證地區的現況分析中提出有關地震斷層帶以及地震風險因子空間分佈成果。各項風險減緩措施在各土地管理層面中的實施，將會考慮到有關都市計畫、建築技術規則、都市更新條例等相關現行法令與執行機制。</p>
行政院經濟建設委員會	<p>1. 考量經費及研究時程限制，宜先確立研究範圍，並作成後續分期研究之建議或可行之意見。</p> <p>2. 有關災害風險評估導入土地使用管制後，如具體建議造成與現行法令競和問題，宜一併提出修法之具體建議條文。</p>	<p>空間上將以「嘉義市湖子內都市計畫地區」為實證區，並以地震災害為研究對象。為使整個研究主題具有完整性，本研究將提出後續研究之範圍與重點。</p> <p>對於考量災害風險後所提之土地使用管理措施，將針對各項措施所適宜落實的法令層面提出分析，並建議未來可能修法的方向。</p>

審查單位	討論與建議事項	修正處理情形
行政院研究發展考核委員會	<p>1. 目標如果放在管制層面（例如禁建或限建）執行上比較困難，建議放在規劃管理層面為妥。作法方面，例如以公告斷層帶的方法來替代斷層帶附近的禁限建（因為沒有人會往危險的地方去），自然可以免去政府介入管制時與民眾之間的衝突。</p>	<p>土地使用管理措施將涵蓋非管制性的作法，例如風險資訊揭露、地震保險或風險稅等，做為管制層面以外的配套措施。</p>
國家災害防救科技中心	<p>1. 在地震微分區資料上的收集，建請納入考量。</p> <p>2. 災害規模的設定，會影響各項分析結果，在分項時宜適當考量。</p>	<p>有關地震災害風險因子的各項資料將盡量收集。</p> <p>本研究重點並非進行地震災害損失評估，將不涉及災害規模的境況模擬。</p>
台北市政府都市發展局	<p>1. 以台北市為例，土地使用管制均已公告在案，如果研究的目標為變更土地使用管制規則規定降低使用密度或用途，侷限人民的權利，則會有推行上的問題。建議本研究案可著重在管理層次作成上位的指導原則，也許會比實際的管制措施來的可行。</p>	<p>研究成果重點將著重於建立土地使用管理機制的指導原則，可能的「土地使用管制規則」調整也僅是建議性質，實際執行仍有賴執行機關的實際考量。</p>

審查單位	討論與建議事項	修正處理情形
邱教授昌平	1. 在既有之土地使用分區中，要劃設風險區，並對高風險區之開發強制拆遷，限制開發，因此，其風險評估方法、程序、決策皆須非常正確而具有公信力。	本研究重點主要在建立地震災害風險減緩措施的效果評估，並提出可行的土地管理機制。成果可提供正確而客觀的地震風險評估後的政策執行依據。
陳組長建忠	1. 本所曾實施都市防災示範計畫範圍包含嘉義市湖子地區，相關資料可洽本組借閱參考。	遵照辦理。
	2. 有關土地使用計畫，宜由主要計畫之 Master Plan 下手，再進入細部計畫之考量。	未來在風險減緩措施的執行機制上，將考量都市計畫相關規定與執行程序的需求，配合主、細部計畫內容提出建議。
	3. Haz-Taiwan 是災後評估，本案宜定位在事先避災、減災。	本研究僅整理 Haz-Taiwan 的評估因子，做為地區風險因子分佈的資料蒐集基礎，並不進行災損評估。
	4. 並非近斷層就必然有災害，還必須考慮人、建物各變因之組合。	本研究所建立的土地使用管機制，將配合災害風險特性來考慮各種可能的配套性策略，並從民眾認知觀點探討可能的支持度。

附錄六

期中審查會議意見回覆表

期中審查會議意見回覆表

審查單位	審查意見	修正處理情形
黃教授健二	1. 調查資料以「網格」單元來處理，是否可考慮以「街廓」為單位，對於實際的土地管理執行較有幫助。	本研究在基本資料收集與建置上係以「建築物」為單位，風險環境分析則加總為「網格」為單位。在土地管理策略上可將網格加總成為「街廓」單位。
	2. 都市狹窄巷道在地震災害中其實很危險，特別是遭佔用時，應該特別提出可能的策略。	將針對街道（含巷道）寬度建立資料庫並納入風險環境分析。未來管理策略亦會一併考量。
	3. 都市中的避難地一般都以學校為據點，研究中應該予以考慮。	本研究已予考慮。
張教授寬勇	1. 報告書第七頁內所提災害因子中的「地表振動」，並未在風險環境分析中提出。	地表振動與斷層有直接關係，後續將以各網格與主要斷層帶之距離以地表加速度的分佈來補充分析。
	2. 三大項的災害因子，宜將其所包括的細部內容具體說明。	將會針對災害因子的細部內容與包括因子予以重新整理呈現。
	3. 相對性風險分析的方法，應有詳盡的介紹與說明。	分析方法及其與地理資訊系統結合運用的相關作法，將列於期末報告的附錄。
行政院經濟建設委員會	1. 目前很多的獎勵性作法，例如容積獎勵、更新獎勵…等，對災害風險有無影響？建議應納入考量。	將於土地管理策略中納入研究考量，惟細部作法涉及許多課題，有待深入討論。
	2. 課徵風險稅的作法很重要，是否能夠提出詳盡的規劃。	風險稅課徵的實施涉及廣泛層面，許多並非屬本研究範疇。本研究將就與土地管理相關的進行考量。

審查單位	審查意見	修正處理情形
內政部 營建署	1. 研究中所提4個土地管理層面，其所包含之法令與規定的層面很廣泛，未來的風險減緩措施對那個部分或條文有影響或應該如何修訂，是否可提出建議。	對於所涉及各個土地管理層面中的相關法令、條文與規定，本研究將作修訂方向與重點的建議。
陳組長建忠	1. 國科會、營建署都已經針對嘉義市的地震災害風險評估進行完整研究，其成果應進一步參考，有助於本研究的完整。	遵照辦理。
	2. 日間人口與夜間人口的推估，是否與本所在過去研究中所提出的方法一致，建議考量。	將回顧此研究的日、夜間人口推估方法，並考量實證地區資料的可取得性後，再行評估修正。
何副所長 明錦	1. 分析單位係以「街廓」或「網格」各有其優劣，是否可建立一可相互轉換的作法。	本研究「以建築物單元調查資料，網格單元分析風險環境，未來管理實施可將網格加總即為街廓單元。
	2. 減緩風險的土地管理策略考量到當地決策官員與居民意見很重要，建議再納入研究團隊中的專家學者的看法，並進行比較。	遵照辦理。
邱教授昌平 (書面意見)	1. 報告書架構調整建議(詳略)	遵照辦理。

附錄七

期末審查會議意見回覆表

期末審查會議意見回覆表

審查單位	討論與建議事項	修正處理情形
文教授一智	1. 嘉義市湖仔內地區其開發強度並不大，原則上是一個都市郊外的聚落，除了建築物的分布、屋齡外，將整個地區的開發現況進一步說明，有助於對這個地區更深入的解析。	選擇湖子內地區為研究地區，主要是考量本地區兼有建成地區與未發展地區，可同時考量舊市區更新與新都市開發的狀況。地區發展現況部分，本研究另有調查並建立產業、重要設施與交通等資料庫。
	2. 在結論中提到，民眾、專家學者及官員的意見未必一致的，建議分析差異性及其原因，為未來檢討及教育民眾之參考。	已於報告書中加強說明。
陳副處長麗春	1. 本案係採用網格分析嘉義市湖仔內地區，而網格分析能否應用於大都市，建議進一步說明。	建議在大規模地區（如台北市）使用 HAZ-Taiwan，因資料較為齊全；本研究所提方法比較適用於小規模的都市計畫地區。
	2. 關於實施機制方面，除了風險分區的劃設、風險減緩的策略、檢討都市計畫之外，在中、高風險區之獎懲策略建議可以一併考慮。	中、高風險區的管理策略可參照風險減緩策略矩陣。禁限建、地震保險與風險課稅等偏重於限制性策略；有關獎勵性策略，例如容積移轉、補貼等措施，可建議地方政府配合考量實施。
	3. 在現有的法規分析及實證過程中是否有涉及到實際運作上有其實際的困難，建議增列法令增修之具體建議。	在法令上僅提出原則性建議，主要是研究目標原就設定在提出土地使用管理之策略方針。法令之檢討與修訂牽涉甚廣，本研究於建議事項中已列為未來期應逐步實施的項目。

審查單位	討論與建議事項	修正處理情形
何副所長明錦	1.網格越細越準確，相對的分析時間就越長，建議就最適當的網格精確度進一步說明。	本研究採用網格尺度為 50m*50m，大約是一般市區街廓尺度，可配合都市土地使用分區的規劃，此乃基於實務的考量。在此原則上，未來的應用可配合各都市實際狀況來調整。
	2.知道災害潛勢以後所因應的災害減緩措施，只是一個原則而非唯一當然手段，若能就減緩措施原則及敏感度分析綜合考量，應會更客觀。	在本研究所提出之減緩措施實施原則下，若能進一步進行各項風險減緩措施的有效性敏感分析，將使未來的應用更具客觀性，本研究已於建議事項中列為未來可委託進行的重點研究。

附錄八

相對性風險分析之操作說明

一、 日間人口暴露之操作介紹

(一) 因子

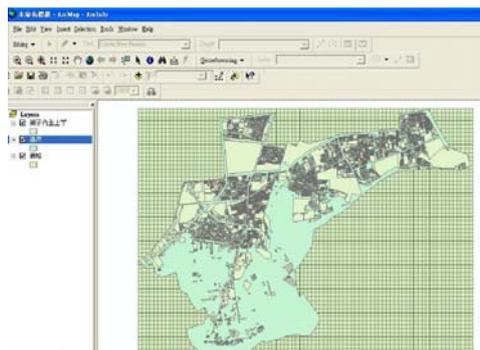
因子	資料類型	單位	說明
AREA	數值	m ²	建物面積
FLOOR	數值	m ²	樓地板面積
K	數值	個	網格數
PE_DAY	數值		日間人口暴露
網格面積	數值	m ²	50m×50m=2500 m ²

(二) 日間人口暴露計算

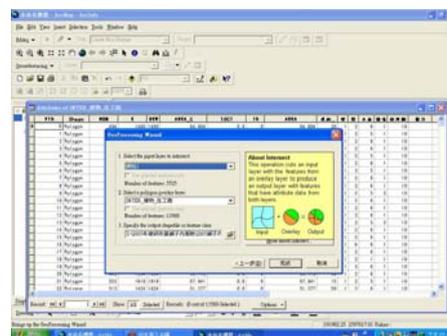
1. $\frac{\text{總現況人口}}{\text{總樓地板面積}} \times \text{住工商樓地板面積} = \text{日間人口暴露}$
2. $\text{建物面積} \times \text{樓層數} = \text{樓地板面積}$

(三) 電腦操作步驟

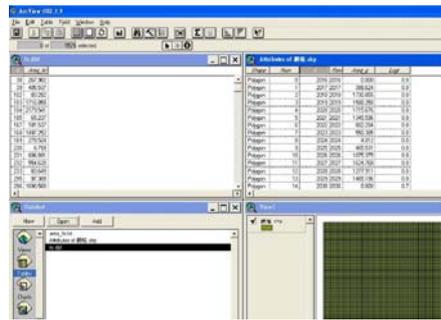
第一步 首先將開啟湖子內全圖、邊界以及網格全部，如下圖。



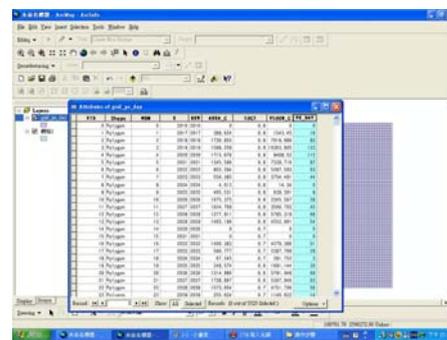
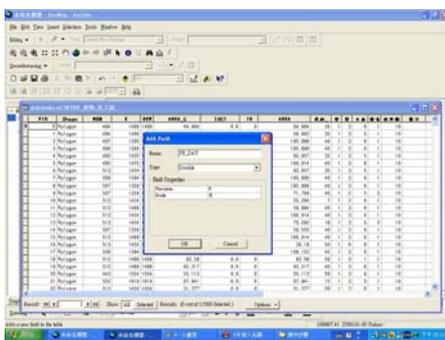
第二步 開湖子內全圖之屬性表，選取住工商之建物面積(AREA)，並將其分割至網格(K)中，參照下兩圖。



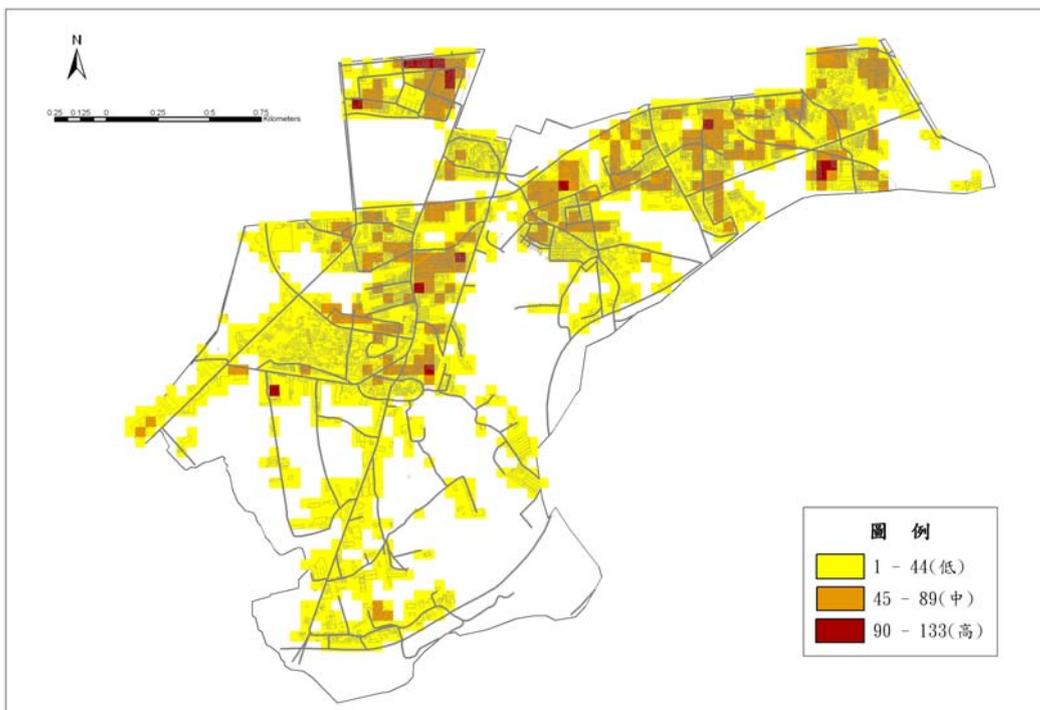
第三步 使用”連結”功能，把屬性表相互合併。



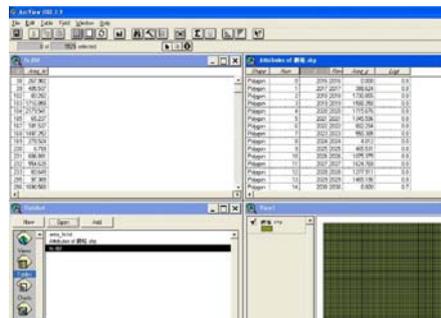
第四步 開啟所連結的屬性表，增加一欄位 PE_DAY (日間人口暴露)，並依照公式計算 PE_DAY 值如下兩圖所示。



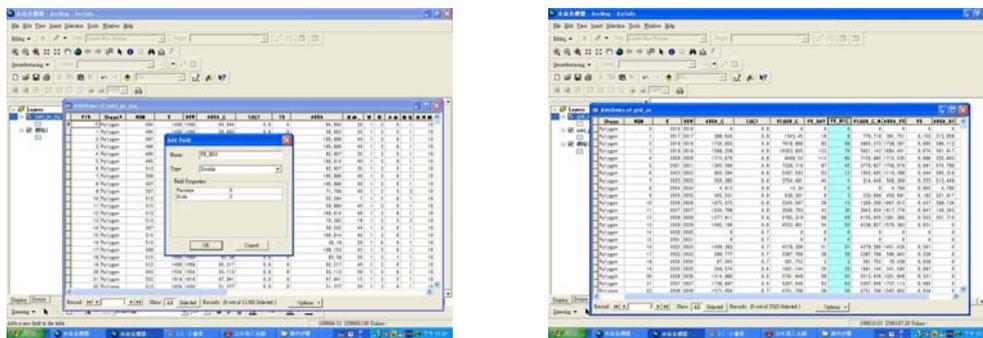
第五步 日間人口暴露出圖



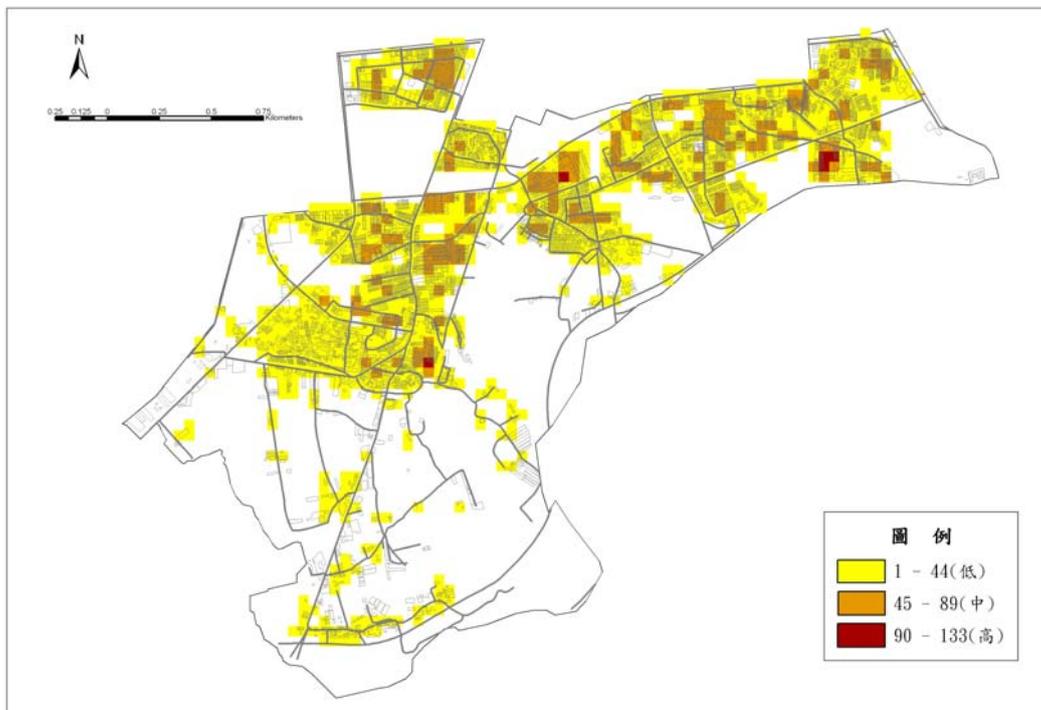
第三步 使用”連結”功能，把屬性表相互合併。



第四步 開啟所連結的屬性表，增加一欄位 PE_NIG (夜間人口暴露)，並依照公式計算 PE_NIG 值如下兩圖所示。



第五步 夜間人口暴露出圖



三、 經濟暴露之操作介紹

(一) 因子

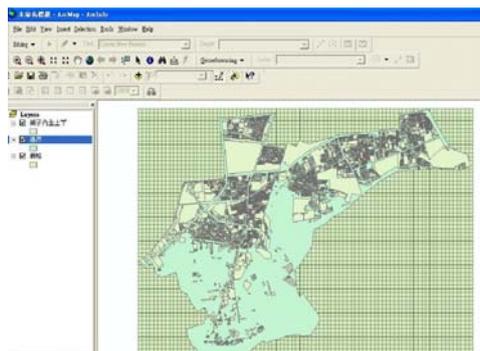
因子	資料類型	單位	說明
AREA	數值	m ²	建物面積
K	數值	個	網格數
Ee	數值		經濟暴露
網格面積	數值	m ²	50m×50m=2500 m ²

(二) 經濟暴露計算

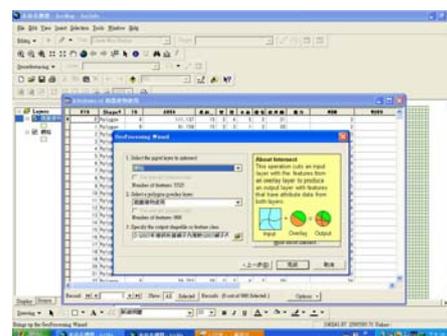
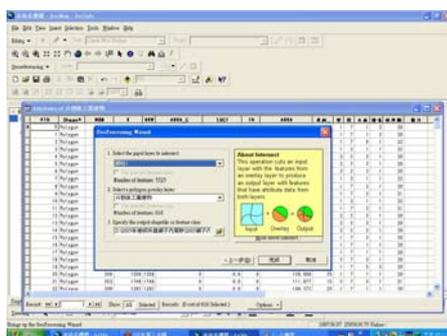
$$\frac{(\text{工業} + \text{商業})\text{建物面積}}{\text{土地面積}} = \text{經濟暴露}$$

(三) 電腦操作步驟

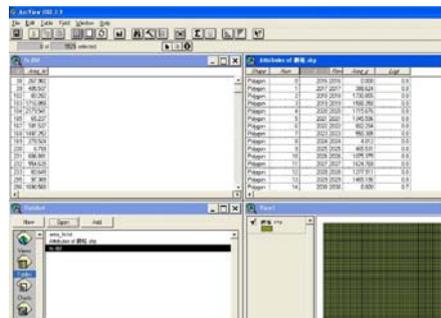
第一步 首先將開啟湖子內全圖、邊界以及網格全部，如下圖。



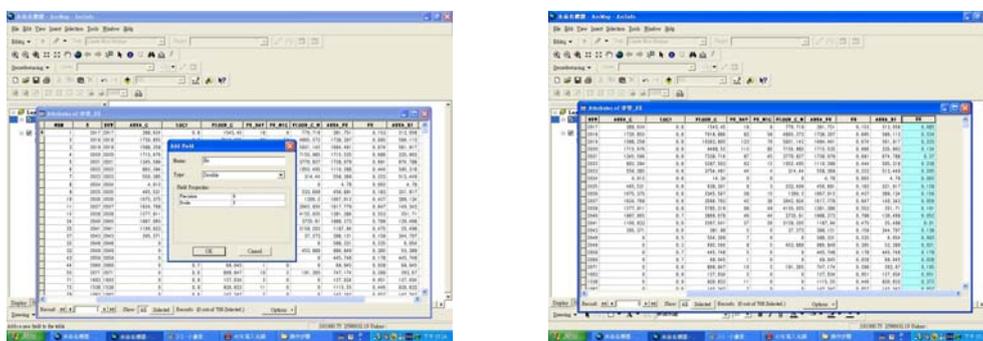
第二步 開湖子內全圖之屬性表，選取工業和商業建物面積(AREA)，並將其分割至網格(K)中，參照下兩圖。



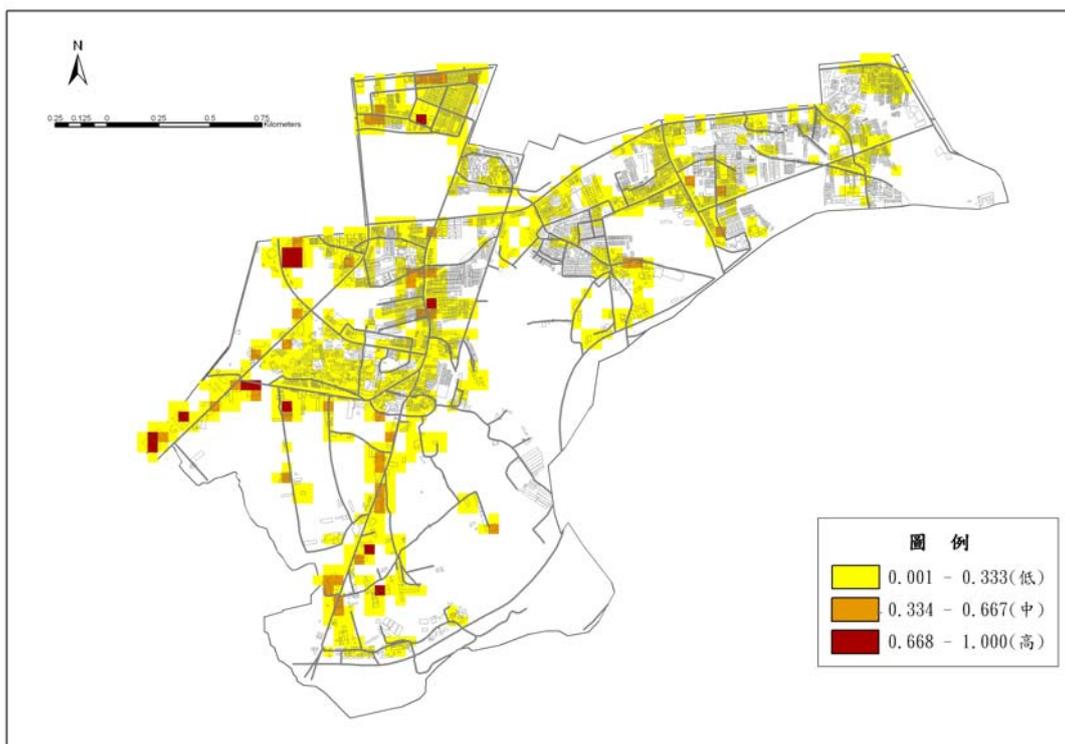
第三步 使用”連結”功能，把屬性表相互合併。



第四步 開啟所連結的屬性表，增加一欄位 Ee(經濟暴露)，並依照公式計算 Ee 值如下兩圖所示。



第五步 經濟暴露出圖



四、 實質暴露之操作介紹

(一) 因子

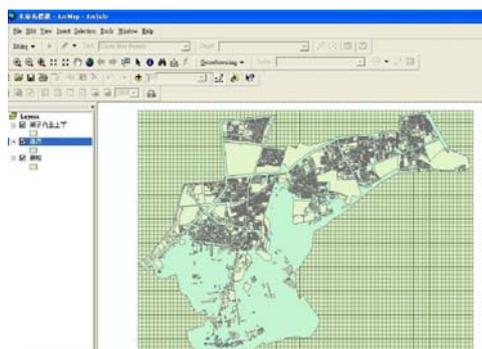
因子	資料類型	單位	說明
AREA	數值	m ²	建物面積
K	數值	個	網格數
Fe	數值		實質暴露
網格面積	數值	m ²	50m×50m=2500 m ²

(二) 實質暴露計算

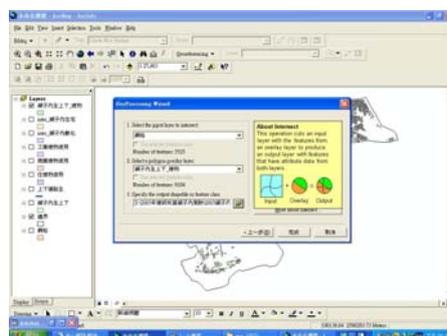
$$\frac{\text{全部建物面積}}{\text{土地面積}} = \text{實質暴露}$$

(三) 電腦操作步驟

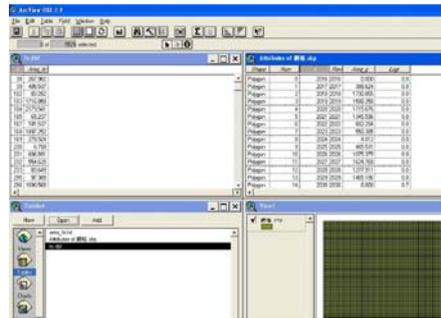
第一步 首先將開啟湖子內全圖、邊界以及網格全部，如下圖。



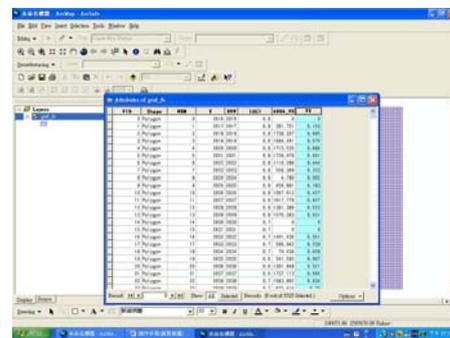
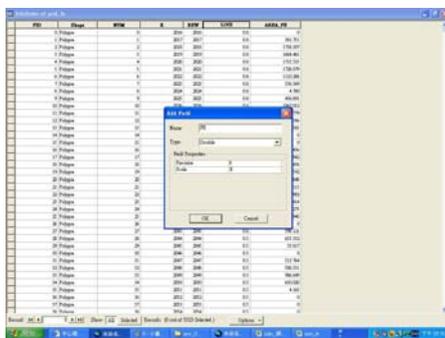
第二步 開湖子內全圖之屬性表，選取全部建物面積(AREA)，並將其分割至網格(K)中，參照下圖。



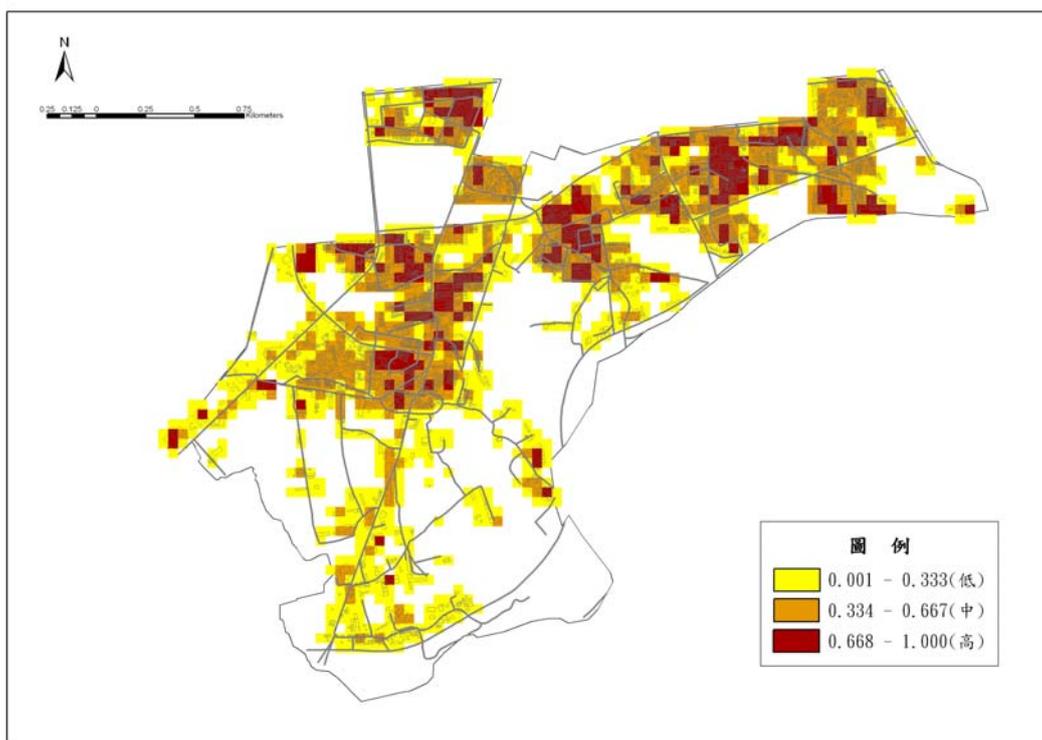
第三步 使用”連結”功能，把屬性表相互合併。



第四步 開啟所連結的屬性表，增加一欄位 Fe(實質暴露)，並依照公式計算 Fe 值如下兩圖所示。



第五步 實質暴露出圖



五、 經濟傷害之操作介紹

(一) 因子

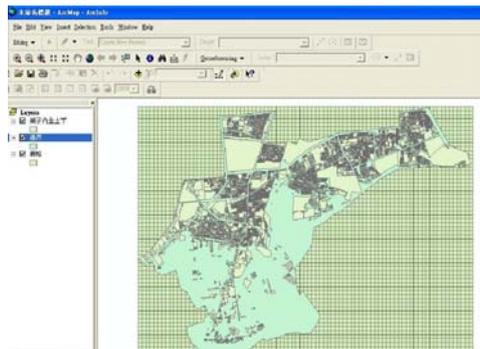
因子	資料類型	單位	說明
AREA	數值	m ²	建物面積
K	數值	個	網格數
Ev	數值		經濟傷害
網格面積	數值	m ²	50m×50m=2500 m ²

(二) 經濟傷害計算

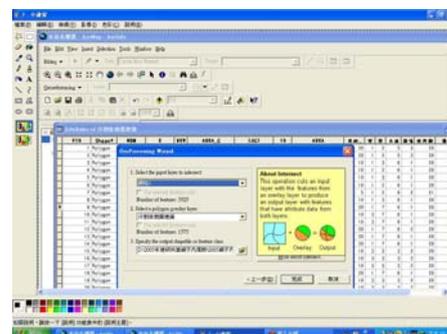
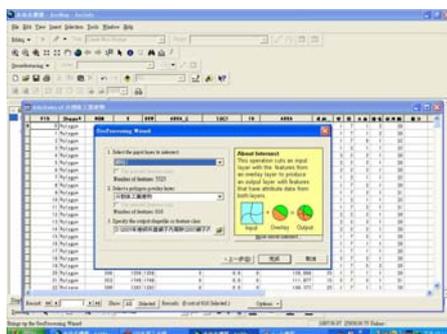
工業建物數量×[平均每家固定資產值(萬)+(平均每家年營業收入(萬)×0.25)]
 +商業建物數量×[平均每家資本額(萬)+(平均每家年營業收入(萬)×0.25)]
 =經濟傷害

(三) 電腦操作步驟

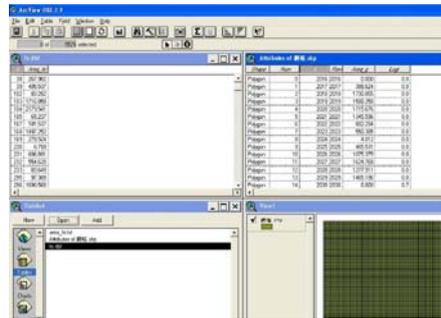
第一步 首先將開啟湖子內全圖、邊界以及網格全部，如下圖。



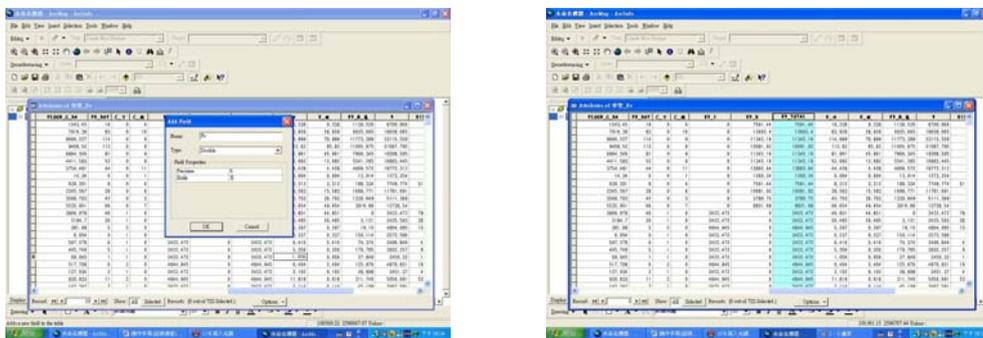
第二步 開湖子內全圖之屬性表，選取工業和商業建物面積(AREA)，並將其分割至網格(K)中，參照下兩圖。



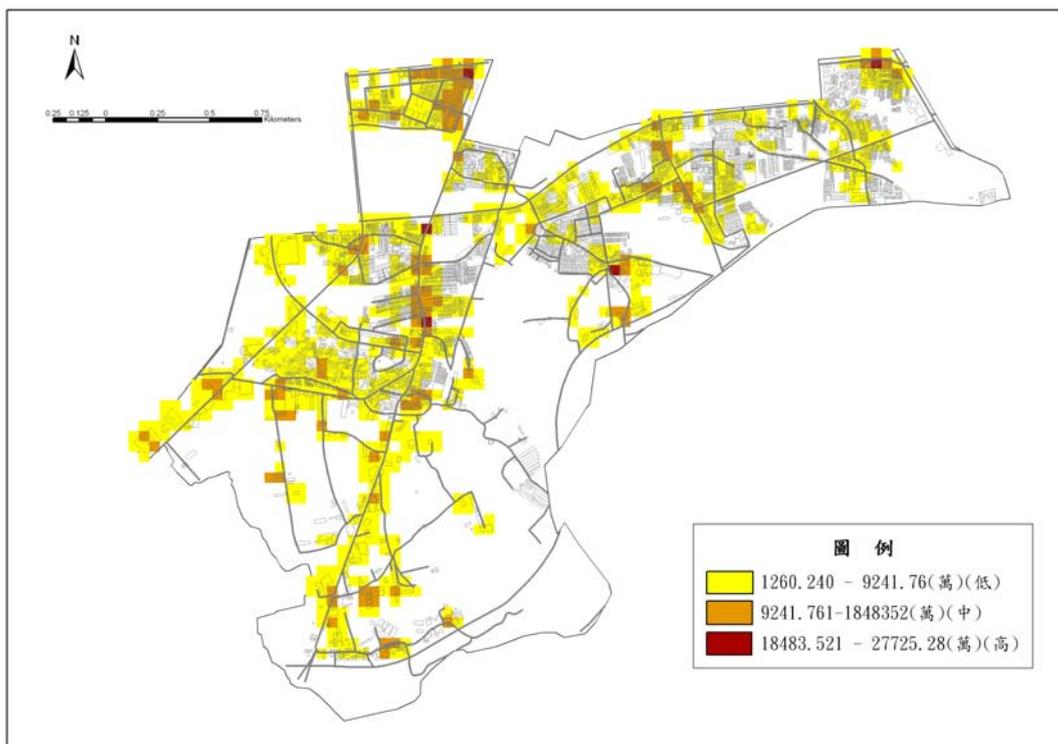
第三步 使用”連結”功能，把屬性表相互合併。



第四步 開啟所連結的屬性表，增加一欄位 Ev(經濟傷害)，並依照公式計算 Ev 值如下兩圖所示。



第五步 經濟傷害出圖



六、 實質傷害之操作介紹

(一) 因子

因子	資料類型	單位	說明
AREA	數值	m ²	建物面積
K	數值	個	網格數
Fv	數值		實質傷害
網格面積	數值	m ²	50m×50m=2500 m ²

(二) 實質傷害計算

1. 未達耐用年數

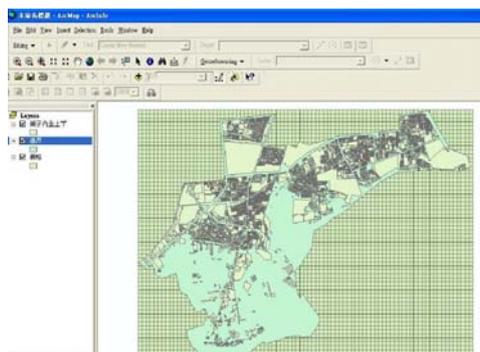
$$\begin{aligned}
 \text{實質傷害} &= \text{重置成本} - \text{折舊後餘額} \\
 &= (\text{各類建築構造單價} \times \text{各類建築樓地板面積}) \times (1 - \text{折舊率}) \\
 &= \text{建築物總造價} \times \{1 - (\text{建築物年齡} / \text{耐用年數} + 1)\}
 \end{aligned}$$

2. 已達耐用年數

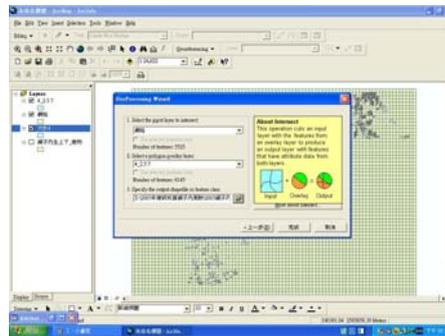
$$\begin{aligned}
 \text{實質傷害} &= \text{重置成本} \times \text{殘值率} \\
 &= (\text{磚木造建築構造單價} \times \text{各類建築樓地板面積}) \times \text{殘值率}
 \end{aligned}$$

(三) 電腦操作步驟

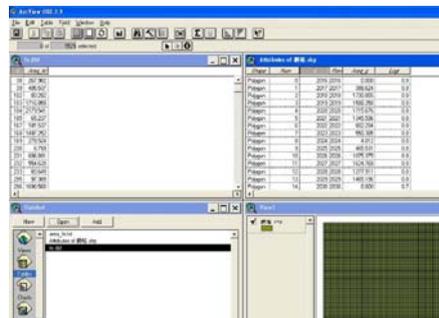
第一步 首先將開啟湖子內全圖、邊界以及網格全部，如下圖。



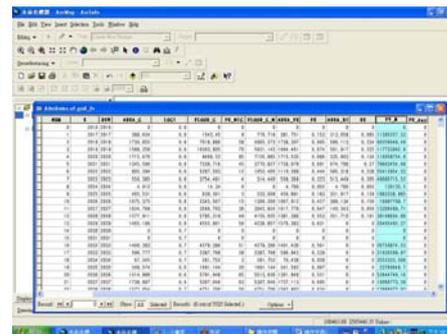
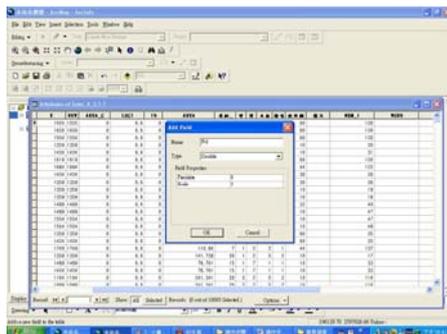
第二步 開湖子內全圖之屬性表，選取屋齡大於四且為鋼筋混凝土、木磚造及鐵皮屋之建物面積(AREA)，並將其分割至網格(K)中，參照下圖。



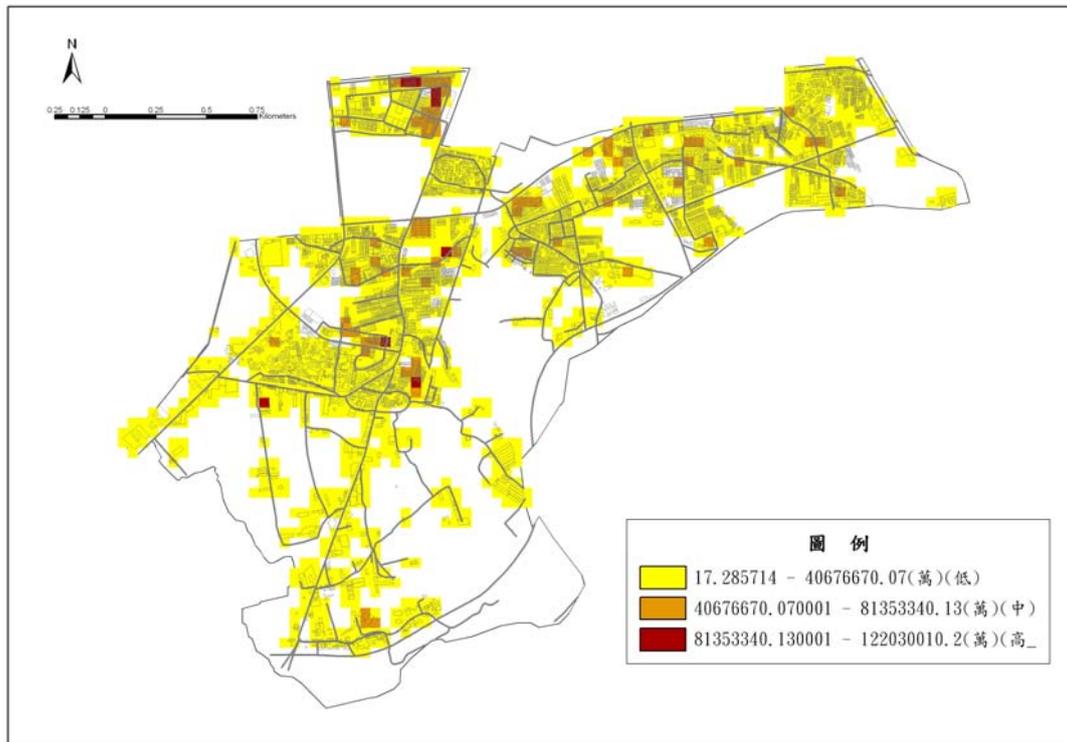
第三步 使用”連結”功能，把屬性表相互合併。



第四步 開啟所連結的屬性表，增加一欄位 Fv(實質傷害)，並依照公式計算 Fv 值如下兩圖所示。



第五步 實質傷害出圖



參考書目

中文部分

1. 丁育群。山坡地災害防救基金與保險制度之研究(一)。台北市：內政部建築研究所，民國 88 年。
2. 王玟傑。都市地區地震災害風險區劃設之研究。國立成功大學都市計畫研究所碩士論文，民國 89 年。
3. 何明錦、洪鴻智。應用 HAZ-Taiwan 系統進行都市計畫防災規劃方法與方式探討。台北市：內政部消防署。民國 91 年
4. 何明錦、洪鴻智、葉錦勳。都市地震防災空間系統系統規劃與 HAZ-Taiwan(TELES)系統應用整合之研究：子計畫二-新竹市之防災空間系統規劃。台北市：內政部建築研究所，民國 93 年。
5. 呂義豐。山坡地開發計劃風險評估。國立台灣科技大學工程技術研究所碩士論文，民國 80 年。
6. 周士雄。「環境風險管理決策中之公眾認知探討-以地震災害減緩措施為例」。都市與計劃第二十七卷第三期：頁 365~382 (民國 89 年)。
7. 周士雄。地震風險與土地使用管理之研究。國立成功大學都市計劃研究所博士論文，民國 89 年。
8. 周士雄。因應災害風險之土地使用管理策略。成功大學：2004 年公共工程學術研討會後九二一時期土地利用與交通發展論文集，民國 89 年。
9. 林建元等。山坡地開發災害風險之負擔合理化。工業技術研究院能源與資源研究所，民國 82 年。
10. 林淑鎂。地方層級都市安全防災規劃內容架構與地震災害評估模式之研究。國立台北科技大學建築與都市設計研究所碩士論文，民國 82 年。
11. 邱昌泰。災難管理學-地震篇。台北：元照出版，民國 89 年。
12. 施邦築。災害危險度相關資料蒐集及資料庫建立(示範區)研究。台北市：內政部消防署，民國 89 年。
13. 施鴻志。都市防災與土地使用規劃。台北市：行政院國家科學委員會防災科技研究報告 77-27 號，民國 77 年。
14. 施鴻志、林進基。都市災害與土地使用績效管制標準之建立。台北市：行政院國家科學委員會防災科技研究報告 78-14 號，民國 78 年。

15. 柯于璋。天然災害減輕與土地使用管理整合之研究—以地震災害為例。成功大學：2004年國土規劃論壇，民國93年。
16. 洪李陵。地震危害度新模式之研究。台北市：行政院國家科學委員會防災科技研究報告，民國80年。
17. 洪鴻智、詹士樑。都市地區避難救災路徑有效性評估之研究（三）：與HAZ-Taiwan整合應用。台北市：內政部建築研究所，民國90年。
18. 孫志鴻、丑倫彰。HAZ-Taiwan地震災害損失評估決策支援系統之開發。1999中華地理資訊學會年會暨學術研討會，逢甲大學國際會議廳，民國88年。
19. 陳怡睿、楊登成、李東屏、邱彥智、紀雲曜。邏輯迴歸模式評估土壤液化潛勢之研究。2002年液化潛能評估方法及潛能圖之製作研討會論文集，民國91年。
20. 陳亮全。國內都市可能形成之地震災害內容之初探。中華民國建築學會：中華民國建築學會第二屆建築學術研究發表會，民國78年。
21. 陳亮全。國內都市可能形成之地震災害內容之初探。中華民國建築學會第二屆建築學術研究發表會論文集，民國78年。
22. 陳亮全。都市地區土地使用與實質空間結構對地震災害形成影響之研究-有關易致地震災害地區區位之基礎研究。台北市：行政院國家科學委員會防災科技報告77-77號，民國80年。
23. 陳亮全。嘉義地區集居空間易致震災危險度評估及比較研究(一)。台北市：行政院國家科學委員會防災科技研究報告80-61號，民國81年。
24. 陳亮全。都市建築地震災害要因資訊系統之建立。台北市：內政部建築研究所籌備處，民國82年。
25. 陳亮全、邱昌平。有關臺灣都市地震災害及其成因之初步探討。臺灣大學土木工程研究所都市計畫研究室，民國77年。
26. 陳亮全、洪鴻智、詹士樑、簡長毅。「地震災害風險-效益分析於土地使用規劃之應用：應用HAZ-Taiwan系統」。都市與計畫第30卷第4期：頁281-299（民國92年）。
27. 陳亮全、洪鴻智、賴美如、陳素櫻、李家慧。HAZ-Taiwan系統直接經濟損失估計模組計數與操作手冊。國家地震工程研究中心，民國92年。

28. 陳建忠、林峰田。HAZ-Taiwan 系統進行都市計畫防災規劃方法與方式探討 (二): 日間避難人數推估模式之建立。台北市: 內政部建築研究所, 民國 92 年。
29. 陳建忠、洪鴻智。應用 HAZ-Taiwan 系統進行都市計畫防災規劃方法與方式探討 (二): 都市防災計畫之應用。台北市: 內政部建築研究所, 民國 92 年。
30. 陳建忠、詹士樑。都市地區避難救災路徑有效性評估之研究。台北市: 內政部建築研究所, 民國 88 年。
31. 陳羚怡、洪鴻智。洪氾地區開發之災害風險稅課徵方式之研究。台南: 2004 年全國災害危機處理學術研討會, 民國 93 年。
32. 馮正民、林貞家。日間人口估算模式之調查建置 (三): 國內日間人口後續調查及估算操作手冊之編撰。台北市: 內政部建築研究所, 民國 90 年。
33. 黃台生、馮正民。國內外日間人口估算方法彙整即可行性分析。台北市: 內政部建築研究所, 民國 88 年。
34. 黃台生、馮正民。日間人口估算方法: 國內日間人口實際調查與估算。台北市: 內政部建築研究所, 民國 89 年。
35. 葉錦勳。「地震災害損失評估與境況模擬方法之研究」。科學發展月刊第二十七卷第三期: 頁 260-268 (民國 89 年)。
36. 詹士樑、何明錦。都市地震防災空間系統規劃與 HAZ-Taiwan(TELES)系統應用整合之研究: 子計畫一—新竹市舊城區資料庫與參數庫之建置。台北市: 內政部建築研究所, 民國 93 年。
37. 蔡承璋。活動斷層帶限制發展處理機制與策略評估之研究。國立台北科技大學建築與都市設計研究所碩士論文, 民國 91 年。
38. 謝國政。居住環境火災風險度評估架構之研究。國立成功大學建築研究所碩士論文, 民國 77 年。
39. 魏玉蕙。921 地震災害與災後重建之研究-以埔里蜈蚣里為例。國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士論文, 民國 91 年。
40. 羅俊雄、葉錦勳、陳亮全、洪鴻智、簡文郁、廖文義。「HAZ-Taiwan 地震災害損失評估系統」。台大工程學刊第 85 期: 頁 13-32 (民國 91 年)。

英文部分

1. Albala-Bertrand, J.M. The Political Economy of Large Natural Disasters with Special Reference to Developing Countries., Oxford Clarendon Press,1993.
2. Bier, V.M., Haimes, Y.Y., Lambert, J.H., Matalas, N.C. and Zimmerman, R., A Survey of Approaches for Assessing and Managing the Risks of Extremes. Risk Analysis, Vol.19, No.4, p.p.83-94.,1999.
3. Blaikie, P., Terry C., Ian, D and Wisner, B., At Risk: Natural Hazards, People' s Vulnerability, and Disasters. London:Routledge.,1994.
4. Burby, R.J., Cooperating with Nature-Confronting Natural Hazards with Land-Use Planning for Sustainable Communities, pp.1-29, Joseph Henry Press, Washington, D.C,1998.
5. Burby, R.J., ed., Unleashing the power of planning to create disaster-resistant community. Journal of the American Planning Association, Vol.65, pp.247-258,1998.
6. Burton, I., Robin, W. K., and White, G.F.,The Environment as Hazards. 2nd ed. Revised, New York: Guilford.,1993.
7. Coburn, A. and Spence R., Earthquake Protection. John Wiley & Sons Ltd.: England.,2002.
8. Coburn, A., Spence, R., and Pomonis, A., Factors Determining Human Casualty Levels in Earthquakes: Mortality Prediction in Building Collapse, in Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering. Madrid, Spain, Rotterdam, Netherlands: Balkema.,1992.
9. Cornell, C.A., Engineering Seismic Risk Analysis. Bulletin of the Seismological Society of America 58, No.5, pp.1583-1606,1968.
10. Cret, L., and Katayama, T., On-line Damage Estimation for Lifeline System During Earthquakes, in Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering in Madrid, Spain, Rotterdam. Netherlands: Balkema.,1992.
11. Davidson, R.A., Earthquake Disaster Risk Index, Ph.D. Dissertation, Stamford University.,1997.
12. Deyle, R.E. and Smith, R.A., Risk-based taxation of hazardous land development. Journal of the American Planning Association, Vol.66, No.4, pp.421-434.,2000.

13. Fischhoff, B., Hohenemeser, C., Kaspersen, R., and Kates, R. Handing Hazards, Environment, Vol.20, pp.161-179,1978.
14. French, S.P., Nelson, A.C., Muthukumar, S., and Holland M.M.. The Northridge Earthquake: Land Use Planning for Hazard Reduction,. Georgia Institute of Technology, City Planning Program.,1996.
15. Hewitt, K. ed.. Interpretations of Calamity from the Viewpoint of Human Ecology, Winchester, Massachusetts: Allen & Unwin.,1983.
16. King, S.A., and Anne S.K. Regional Seismic Hazard and Risk Analysis Through Geographic Information System, Earthquake Engineering Center, Report No.111, California: Blume Center.,1994.
17. Kreimer, A., and Munasinghe, M.. Environmental Management and Urban Vulnerability, World Bank Discussion Papers, No.168, Washington D.C.,1992.
18. Lee and Fitton, Factors Affecting the Cyclic Loading Strength of Soil, Vibration Effects of Earthquakes on Soils and Foundations,. ASTM, STP450. pp. 71-95.,1969.
19. Mader, G.G. Enduring land-use planning lessons from the 1971 San Fernando earthquake. Earthquake Spectra, Vol.13, pp.703-720..1997.
20. Meulbroek, L. The promise and challenge of integrated risk management, Risk Management and Insurance Review, Vol.5, pp.55-66,2002.
21. Mulilis, J.P. The Effects of Method of Sample Preparation on the Cyclic Stress-strain Behavior of Sands. EERC Report 75-78, UCB,1975..
22. Olshansky, R.B. The role of earthquake hazard maps in loss estimation: A study of the Northridge earthquake. Earthquake Spectra , Vol.13, pp.721-737,1997.
23. Olshansky, R.B. Land Use Planning for Seismic Safety: The Los Angeles County Experience, 1971-1994. Journal of the American Planning Association, Vol.67, No.2, pp.173-185,2001.
24. Olshansky, R.B. and Wu, Y. Earthquake Risk Analysis for Los Angeles County under Present and Planned Land Uses. Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.28, pp.419-432.,2001.

25. Peacock, W.H. and Seed, H.B. Sand Liquefaction Under Cyclic Loading Simple Shear Conditions, Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 94, No. SM3, pp. 689-708,1968.
26. Perry, D.C., and Subbs, N. Evaluation of cost-effectiveness of various retrofit mitigation strategies, impact of new code provisions, and assessment of incentive programs. Paper presented at INEEL Annual Conference, Idaho Falls, IO,1998.
27. Randolph, J. Environmental Land Use. Planning and Management, Chapter3, pp.36-52, Island Press, Washington.,2004.
28. Scawthorn, C.. Fire Losses from Earthquake: Los Angeles Region. In Future Earthquake Losses in the Los Angeles Region: A One-day Seminar, in Santa Monica, California, 1986, California: EERI.,1986.
29. Seed, H.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F. and Chung, R.M. Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.111, No.12, pp. 1445,1985.
30. Shah, H., Boyle, R. and Dong, W. Geographic Information System and Artificial Intelligence: An Application for Seismic Zonation. In Proceedings of the 4th International Conference on Seismic Zonation. California: EERI,1991.
31. Shinozuka, M. Lifeline seismic disaster mitigation: research and implementation. Regional Development Dialogue, Vol.15, pp.195-205,1994.
32. Smith, K. Environmental Hazards : Assessing Risk and Reducing Disaster, 3th ed. Taylor and Francis Group, London,2001.
33. Thouret, J.C. Urban Hazards and risk: Consequences of earthquake and volcanic eruptions - a introduction. GeoJournal, Vol.49, pp.131-135,1999.
34. Tobin, L.T.. California' s urban hazard mapping program: A bold experiment in earth science and public policy. Paper presented at Fourth International Conference on Seismic Zonation.,1991.
35. Townsend, F.C. A Review of Factors Affecting Cyclic Triaxial Tests, Dynamic Geotechnical Testing, ASTM SPT654. American Society for Testing and Materials, pp. 356-383,1978.
36. Varley, A., ed.. Disasters, Development and Environment. London: Wiley,1994.

37. Walker, P. and Barlow. Risk, environment and land use planning: an evaluation of policy and practice in the UK. Environment, Planning and Land Use, Kivell, Roberts and Walker, pp.102,1998.