

# 第一章 緒 論

本章之結構，第一節說明本計畫之緣起與目的，第二節說明研究方法與內容。

## 第一節 研究緣起與目的

近年因全球環境變遷造成的氣候異常及高災害潛勢地區的過度開發，不但造成全球遭受自然災害侵害的機率大增 (Anderson, 2000; Bayer and Amendola, 2000)，台灣每年因自然災害帶來的實質與社會經濟損害亦逐年提昇。特別從 921 集集大地震、象神與納莉颱風陸續侵台後，不但為北台灣與中台灣帶來近百年最嚴重的災害損害，亦使社會須重新面對與處理每年自然災害所帶來的重挫與災害損害 (陳亮全、洪鴻智、賴美如，2001)。此問題不但使我們需更重視防災政策所面臨的挑戰，且迫使防救災的規劃手段須在防災損害與成本遽升的衝擊下，引入有效的風險管理手段，以面對風險社會的來臨。

政府在面對上述的情境，乃於防災國家型科技計畫中，針對台灣常發生之地震等災害，提出災害潛勢分析、資料庫建立、風險估計與防救災計畫推動的相關構想 (顏清連等，1997)。政府除分別於民國 83 年與 89 年，參考「日本災害對策基本法」(黃炳中，1998)，頒定「災害防救方案」及「災害防救法」外 (張建興，2001)，亦擴展傳統地方之地區防救災計畫擬定向度，朝在地化與綜合性的防救災政策與規劃模式發展 (洪鴻智，2001)。

就地方政府的角度而言，因所面對的各種災害風險逐年提昇，傳統的地震災害風險分析 (risk analysis) 模式或以工程手段為主的防救災模式，已無法完全滿足防災工作需求，故屬於非工程手段之土地使用計劃、災害保險、建築管制標準訂定與開發管制方法，成為政策研擬之重要方向，且引入嶄新的地震災害風險評估 (risk assessment) 與決策評估支援工具，作為防救災地區規劃的決策與規劃輔助工具，成為無可避免的趨勢 (Olshansky and Wu, 2001)。

根據防災國家型科技計畫之定位，與地方政府防救災工作推動所需，

行政院國科會於民國 88 年引入美國之 HAZUS 地震災害損害評估系統，並於民國 88 至民國 90 年間，持續進行本土化之模式建置、參數修正與相關資料庫系統建立工作，以建置適於台灣應用之 HAZ-Taiwan 系統。故 HAZ-Taiwan 之基本架構雖源於 HAZUS 系統，但有效推廣於地方之防救災計劃與土地的規劃應用仍為努力方向。

HAZ-Taiwan 系統進行地震災害的影響與損害評估，目的在藉由系統境況模擬的輸出，使規劃單位能以模擬成果，作為地震防救災決策支援與計劃擬定的基礎(江澤欽、洪鴻智, 1999) 目前國科會已完成 HAZ-Taiwan 系統主要模組與資料庫系統建置工作，亦完成初步測試與本土化工作，後續之工作重心即在於推廣於地方進行都市防救災規劃之應用。

內政部建築研究所從民國 88 年始，投注於 HAZ-Taiwan 系統本土化與地區防救災周邊計劃的研究，成果相當斐然，特別是對日間人口估算、防救災避難路徑評估與避難行為模式的研究，這些成果對於 HAZ-Taiwan 的本土化與推廣應用有重要的意義。然 HAZ-Taiwan 的後續發展，應從系統模組的有效性利用、整合既有本土化的周邊研究成果、實際案例境況模擬與推廣應用可行方式的評估著手，以落實防災國家型科技計畫的目標及提昇防救災政策評估工作的有效性。

本研究之目的，即在於評估 HAZ-Taiwan 系統於城鄉規劃與防救災規劃之可行應用方式，及分析應用時可能面對的限制。惟因 HAZ-Taiwan 系統模組的範圍過大，某些模組亦非內政部所管轄範圍，故上述課題的探討，偏重在地震直接經濟損失（含建物與公共設施系統損害估計）、社會損失之人員傷亡與庇護所需求次模組的應用與討論，而可將研究目的歸納為下列四項：

- 一、 檢視與回顧 HAZ-Taiwan 系統模組與資料庫系統建置的現狀；
- 二、 整合國科會所進行關於 HAZ-Taiwan 系統模組建置之相關研究成果，並回顧應用的經驗與現況；
- 三、 評估 HAZ-Taiwan 系統應用於都市計畫中，防災計畫之方式與應用之可行性評估；

四、 撰寫 HAZ-Taiwan 系統於都市計畫地區防災規劃之應用指南與限制，以供推廣與應用之參考。

針對上述的研究目的，下節即針對研究方法與內容說明之。

## 第二節 研究內容與方法

### 一、研究內容

針對本研究之目的，預計進行之研究內容，可分成下列六個層面說明之：

#### （一）文獻回顧

文獻回顧之重心分成兩個層面：1. HAZ-Taiwan 系統模組之組成、損害與風險估計方法、資料庫與估計參數需求等；2. HAZ-Taiwan 相關系統模組應用於都市地區地震風險分析、土地使用與防救災規劃之相關文獻。

#### （二）資料蒐集

以台北市士林區為實證區，蒐集之資料分成兩個層面：1. 實證區之土地使用與社會經濟發展背景與現況資料；2. HAZ-Taiwan 系統境況模擬所需的資料與圖層基礎資料。

#### （三）HAZ-Taiwan 系統境況模擬

利用上述資料蒐集成果，進行兩個情境 A 與 B 的境況模擬，作為地震災害風險分析及不同規劃應用分析之基礎。

#### （四）地震風險與災害潛勢分析

根據境況模擬成果，分析地震風險、災害潛勢、潛在的地震社會經濟損失或損害的特質與空間分布特性。

#### （五）HAZ-Taiwan 系統應用的可行性評估

根據第（三）項與第（四）項之分析成果，評估 HAZ-Taiwan 系統之可行應用方式，與分析應用過程可能面對的相關限制。

#### （六）撰寫 HAZ-Taiwan 系統應用指南

根據境況模擬過程成果、實證分析成果與相關文獻之應用經驗，撰寫系統如何應用於都市防災規劃政策評估之方式及需配合之工作事項，以利於推廣。

## 二、程序與方法

以下即以圖 1-1 的研究架構與流程，分別說明研究進行之程序、步驟與內容。

### **第一步驟：文獻回顧與建立研究架構**

此步驟主要欲回顧 HAZUS 建置與 HAZ-Taiwan 系統建置相關之技術手冊、資料庫使用手冊，與 HAZ-Taiwan 相關都市防災規劃應用經驗文獻，以建立研究的基本架構，檢視可能面臨的課題與設定境況模擬進行方式。

### **第二步驟：設定 HAZ-Taiwan 系統模組模擬之基本情境**

本步驟之工作內容為根據前一步驟建立的架構，釐清 HAZ-Taiwan 系統進行境況模擬的條件與限制（如地震發生震源、規模、土壤條件之設定等），為後續的境況模擬預做準備。

### **第三步驟：蒐集境況模擬所需之資料庫與圖層**

將以台北市士林區為實證區，建立境況模擬所需的相關資料庫與圖層。此步驟除 HAZ-Taiwan 系統模擬所需的圖層與參數資料外，為更深入評估實證區的災感度（vulnerability）與風險分布特性，將配合系統所需進行相關參數與資料，進行實地調查，最後再將調查成果整合入境況模擬，建立所謂的「風險地圖（risk map）」，瞭解實證區的地震風險分布，提供政府進行地震風險分析、災感度評估與防災政策評估與擬定的參考。

### **第四步驟：進行境況模擬**

境況模擬進行方式，乃依實證區之現況，進行兩個地震事件 A、B 之情境模擬。事件 A 之震源假設發生在新城斷層，地震規模  $M=7$ ；事件 B 之震源假設發生在宜蘭外海，地震規模  $M=7.5$ ，兩個地震之震央深度皆假設為 10 公里。

### **第五步驟：地震災害潛勢、危險度與災感度分析**

透過兩個情境模擬，分析實證區地震災害潛勢、危險度與災感度的特質與空間分布，作為都市防災規劃與後步驟應用方式建議提出之基礎。

## **第六步驟：評估 HAZ-Taiwan 系統應用之方式與可行性**

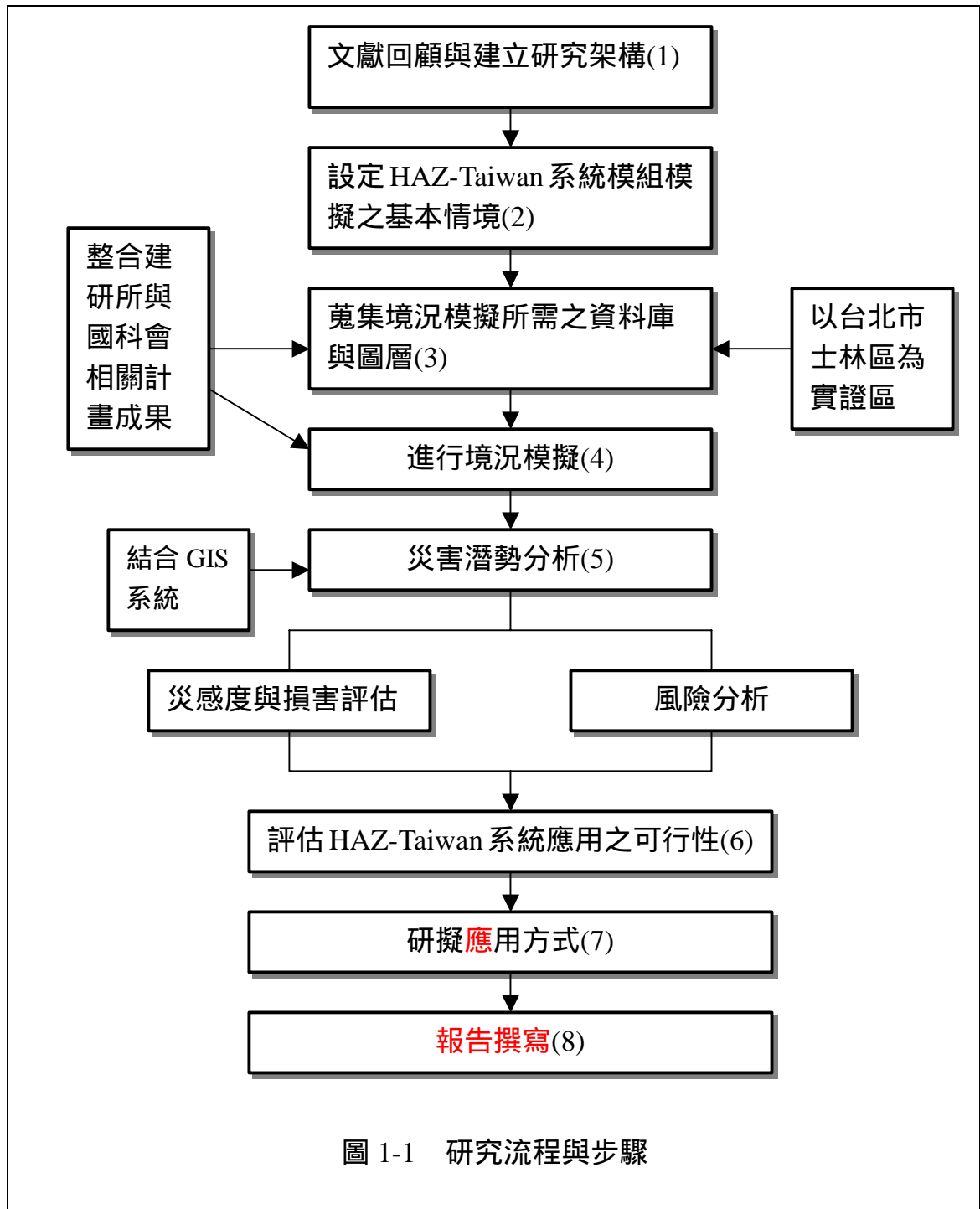
從決策支援系統的角度，本步驟將評估 HAZ-Taiwan 系統所能提供的功能，瞭解模擬與決策的系統需求，可能面臨的困難與都市計畫防災規劃應用的可行模式。HAZ-Taiwan 系統的應用，透過地震風險分析的境況模擬，分析實證區地震風險的地理分布、危險度較高或較為脆弱之地區。從境況模擬成果之比較分析，即可檢驗 HAZ-Taiwan 系統模擬可達到之成效，以作為評估其系統應用之方式與可行性。

## **第七步驟：研擬應用方式之建議事項**

本步驟將說明 HAZ-Taiwan 系統應用於都市防災規劃與政策評估的應用方式及可能面對的限制。

## **第八步驟：報告撰寫**

本步驟將綜合研究的分析過程與研究發現，撰寫成果報告與政策應用之建議。



## 第二章 HAZ-TAIWAN 系統之組成與應用

### 第一節 HAZ-Taiwan 系統之組成

HAZ-Taiwan 系統係由行政院國家科學委員會與經濟部技術處合作引進，由 Risk Management Solutions (以下簡稱 RMS) 修改原有之 HAZUS 系統為適合台灣使用之 HAZ-Taiwan 系統。HAZ-Taiwan 系統除維持原有 HAZUS 97<sup>1</sup>之優點外，並應用電腦科技、人工智慧結合地理資訊系統與各種天然災害損害評估系統，成為地震災害潛勢分析、風險與危險度評估之有效工具。以下第一部份說明 HAZ-Taiwan 系統開發之目的；第二部分說明 HAZ-Taiwan 系統模組之組成。

#### 一、HAZ-Taiwan 系統開發之目的

HAZ-Taiwan 系統之開發目的，除可回溯美國 FEMA 與 RMS 建構 HAZUS 97 的基本動機外，尚希望能加上本土化之要素，作為台灣估計地震相關損失與風險的基本工具。以下即就 HAZ-Taiwan 的開發目的分項說明之(江渾欽、洪鴻智，1999；葉錦勳，1999)。

##### (一) 順應使用者之需要

HAZ-Taiwan 系統之組成，係整合許多系統子模組所組成。這些系統之輸入資料與輸出，可滿足多元使用者之需求。不同使用者可簡單利用 HAZ-Taiwan 系統之輸出成果，作為地震災害防救政策擬定之基礎。由於 HAZ-Taiwan 系統能有效的結合地理資訊系統，因而可將地震災害損失之估計成果，明確的以地理資訊系統之方式圖示，使不同的使用者能簡易的從其輸出成果進行研判，使 HAZ-Taiwan 系統能以人性化之方式展示估計成果。

##### (二) 及時性

HAZ-Taiwan 系統所有各模組所引用之方法論，都希望能融入最新的地

---

<sup>1</sup> HAZUS 97 目前已有 HAZUS 99 之更新版，HAZ-Taiwan 已將 HAZUS 99 新增的功能納入。

震災害損失估計方法論。除此之外，對於估計之方法與成果，為使其應用能更廣泛且適用於所有地區，亦採用較一般化與綜合性之地震損失與危險度估計模式，期使估計成果具有代表性與普遍性。

### （三）滿足各層次操作與估計需求

HAZ-Taiwan 系統所各模組之設計，採彈性化之模型設計，不同的使用者可依對地震災害損失估計精確程度的要求，輸入不同程度之資料及輸出不同估計層次與精確度的成果。使用者在擬定地震之減救災政策時，可依輸入資料之精確度及決策資訊的需求程度，選擇適切系統模組進行估計，以符合使用者的彈性需求與操作所需。

### （四）滿足各種地震需要(earthquake demand)之彈性估計

HAZ-Taiwan 系統的地震危險度估計方法，可涵蓋地震之決定性(deterministic) 與機率性反應，並可接受使用者所提供之各種地震需求資料與外加的地理資訊系統資料庫。

各層面與機關所提「地震災害評估需求」所具有的不確定性，主源於地動的空間差異、時間的動態差異與地震強度。HAZ-Taiwan 系統乃利用損害機率矩陣 (damage probability matrixes；以下簡稱 DPM's) 與脆弱曲線 (fragility curve)，結合地理資訊系統技術，透過境況模擬之方式，讓使用者能易於進行估計與決策判斷，以有效的估計地震所具有之風險特性與危險度。

### （五）滿足不同程度與範圍之估計

HAZ-Taiwan 系統所包含之模組，可依使用者之經費限制與資料搜集的程度，進行不同程度之估計。在應用過程中，使用者可能因人力與經費所限，可應用系統之內設遺缺資料分析 (default data analysis)。如使用者之經費與人力允許，則可利用使用者提供資料分析 (user-supplied data analysis)，估計出較符合使用者需求之地震災害損失。

### （六）標準化

HAZ-Taiwan 系統之方法論中，具有下列之標準化方法：

- 1、 資料清冊所使用之資料來自統一的普查資料；
- 2、 使用資料庫之土壤圖、地動與大地災害圖等；
- 3、 建物與設施採統一性分類；
- 4、 建物結構採統一性分類；
- 5、 危害程度採固定分類等級；
- 6、 發展建物損害函數；
- 7、 將維生管線分群、評等與分析；
- 8、 提供標準化之輸出。

## 二、HAZ-Taiwan 系統模組

HAZ-Taiwan 系統乃採模組化設計，每一子模組均獨立存在，但子模組間具有密切之關連性，而構建成一個完整之地震災害評估系統。HAZ-Taiwan 系統之模組關係，可由圖 2-1 之架構說明之。

圖 2-1 之架構為完整之地震災害評估系統，其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風險。系統將地震所可能引發之災害，藉由地表震動與大地災害，將可能引發之災害損害分成三類；第一類為地震所引發之直接實質損害，包含結構物損壞、重要設施損壞、維生管線-交通運輸系統損壞與維生管線-公共管線設施損壞。第二類之損害為引發性之實質損害，包括地震可能引發之洪水、火災、有害物質、土石廢棄物，所造成之可能損害；第三類之損害為直接與間接社會經濟損害，包括：地震發生後對人員傷亡之估計、庇護所需求估計，及所引發之直接經濟損失與間接經濟損失。

HAZ-Taiwan 系統有效整合學術界研究地震災害特性與美國過去對地震災害評估之經驗，轉化成一個物件導向與具人性的地震災害評估電腦決策支援系統，使地震災害潛勢與危險度評估成為人性化且易操作之系統，此系統之引入對於天然災害相關之防救部門從事災害之預防、救助與計畫之推動，

有相當大之幫助。

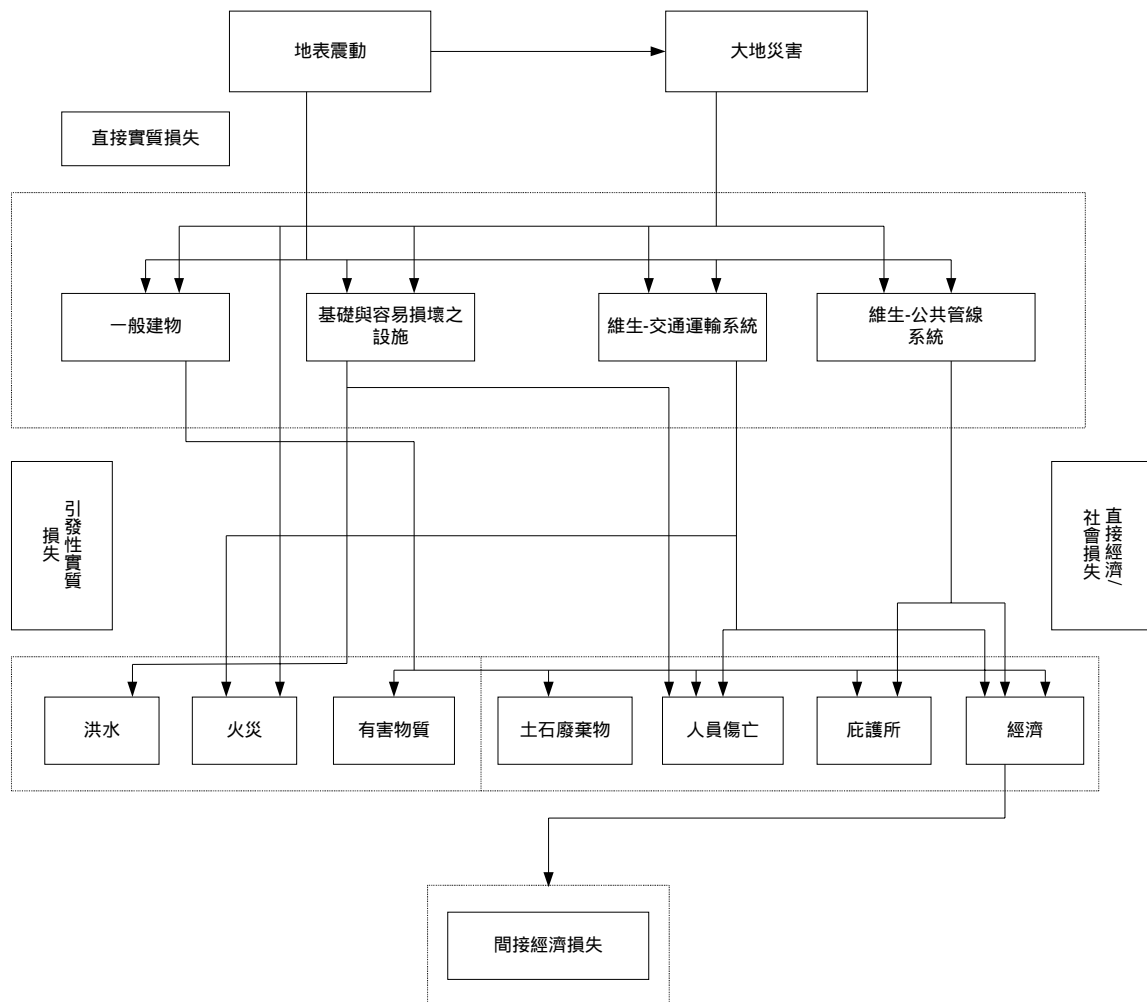


圖 2-1 HAZ-Taiwan 系統架構

## 第二節 HAZ-Taiwan 系統之損害估計方法

HAZ-Taiwan 系統的運作模式與邏輯，由圖 2-2 可將 HAZ-Taiwan 系統估計地震災害損失與減災策略擬定程序分成四個步驟。第一步驟為資料蒐集、資料庫建立與地震災害之界定，此步驟為 HAZ-Taiwan 系統基礎資料分析與評估範圍界定。第二步驟乃地震災害潛勢評估，主要工作為地震災害引發之地動評估與破壞影響分析。第三步驟為危險度評估與風險評估，主為地震災害與損失估計及相關實質損害之估計。第四步驟則根據前述各步驟所建立之資料系統與評估結果，擬定減災計畫。

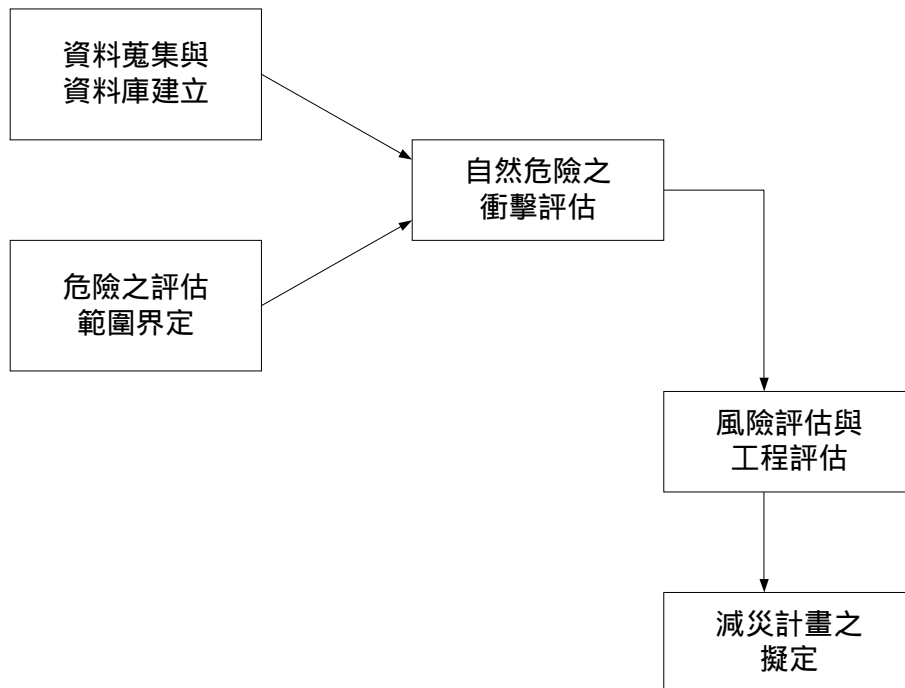


圖 2-2 HAZ-Taiwan 系統的地震災害評估與減災程序

資料來源：Federal Emergency Management Agency, 1997b, Fig. 1.1

HAZ-Taiwan 系統的地震災害損失估計方法，可進一步將操作之程序說明如下 (Federal Emergency Management Agency, 1997b, p.1-4)。

## 一、操作步驟

### (一) 第一步驟：選擇評估區域

依使用者需求，選擇欲評估之區域，區域之範圍可自定，但為便於資料蒐集，可配合行政區，選擇一縣市、區或鄉鎮進行評估。

### (二) 第二步驟：輸入地震模擬之模式

選定欲評估地區後，輸入欲模擬之地震強度與評估地區，輸入地區如有高度危險之斷層帶，亦須輸入以增進評估之精確度。

### (三) 第三步驟：輸入土壤與地質之資料

為提昇地震災害評估之準確度，盡可能輸入評估地區之土壤與地質之詳盡資料與圖。

### (四) 第四步驟：評估建物損害、設施與維生管線之損壞機率

HAZ-Taiwan 系統在此步驟可估計出建物損害、設施與維生管線之損壞機率分布圖，提供危險度析之基礎。

### (五) 第五步驟：估計社會經濟損失

根據危險度估計成果，利用社會經濟損失評估模組，進行社會經濟之人員傷亡、庇護所需求與因建物與設施損壞之直接與間接經濟損失估計。

### (六) 第六步驟：火災延燒、洪水與土石廢棄物之估計

地震後所引發之火災、洪水等，乃造成損失擴大之重要因素，故此步驟利用系統模組，估計地震後之火災延燒與洪水及可能產生之土石廢棄物數量。

由於 HAZ-Taiwan 系統模組之估計內容十分龐雜，惟本計畫將以社會經濟損害估計模組為主要模擬對象，偏重在傷亡估計與直接經濟損失估計。

## 二、HAZ-Taiwan 系統之輸出模式與內容

表 2-1 可歸納出 HAZ-Taiwan 系統的輸出成果，表中共涵蓋 12 個層面，

內容包括地震危害潛勢圖、一般建物的損害特性、交通與公共維生管線發生之損壞危險度、基礎設施之損壞風險、易損壞之設施、地震後之火災延燒、洪水泛濫區、危險物質分布區、碎屑與瓦礫之分布、社會損失、直接之經濟損失與間接經濟衝擊。

表 2-1 HAZ-Taiwan 系統之地震災害損失估計輸出成果

<u>地震危害潛勢圖</u> 1. 評估區之地震強度指標 2. 等地震度線圖 3. 各評估區之地震永久位移 4. 等地震永久位移線圖 5. 土壤液化分布圖 6. 邊坡地滑機率	<u>洪水氾濫區</u> 1. 受洪水侵害之居民數與建物之價值
<u>一般建物之損害特性</u> 1. 各種類別與結構建物之結構與非結構元件損壞之率	<u>危險物質之區位分布</u> 1. 具有危險物質之設施分布區位
<u>交通與維生管線</u> 1. 13 種維生管線之損壞機率、維修與換置之成本與修護時間 2. 水管之漏水與折斷之個數與分布 3. 電力與引用水系統損壞之分布圖	<u>地震後之碎屑與瓦礫</u> 1. 所有碎屑與瓦礫之重量、型態、分布與特質
<u>基礎設施</u> 1. 損壞機率 2. 可運作之機率 3. 病床之損失	<u>社會損失</u> 1. 無家可歸之戶數 2. 需要臨時庇護所之人數 3. 一天中不同時段的人員傷亡數
<u>高潛在毀損(High potential loss, 簡稱 HPL)之設施</u> 1. 水壩之區位 2. 核電廠之區位 3. 軍事設施毀損之機率與修護成本 4. 其他 HPL 設施之區位	<u>建物損壞之直接經濟損失</u> 1. 建物結構與非結構元件損壞之維修成本 2. 內部財產損失 3. 商業財物損失 4. 重置與搬遷成本 5. 營業損失 6. 工作薪資損失 7. 租金損失
<u>地震之火災延燒</u> 1. 起火點之數目 2. 發生火災位置之比率	<u>間接經濟損失</u> 1. 長期性對區域與總體經濟之影響 2. 對區域之長期性經濟影響

資料來源：Federal Emergency Management Agency, 1997b, Table 1.1

### 三、建物直接經濟損失估計法

HAZ-Taiwan 系統之地震直接經濟損失估計法，可將建物損失以貨幣額表之。地震之建物直接經濟損失估計內容包括 4 個項目：1. 建物維修與重建成本（含建物結構與非結構體）；2. 建物內部財物損失；3. 建物內存之商業貨品庫存損失；4. 建物維修期間可能之損失估計包括：(1)重安置成本 (relocation costs)；(2) 租金損失。以下即為 4 項損失之計方法（羅俊雄等，2002）：

#### （一）建物維修與重建成本估計

此部分之估計乃依各建物使用類別在各種損害程度之機率下，分就建物結構與非結構部分之損失估計之。建物結構體地震損失之估計式為：

$$CS_{ds,i} = CI \times \sum_{j=1}^n FA_{i,j} \times PMBTSTR_{ds,j} \times RCS_{ds,i,j} \quad (2-1)$$

$$CS_i = \sum_{ds=2}^5 CS_{ds,i} \quad (2-2)$$

式(2-1)-(2-2)之建物使用類別為  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )，建物結構別為  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ )。  $CS_{ds,i}$  表第  $i$  種使用類別建在  $ds$  地震損壞程度下的結構損壞成本；  $CS_i$  為第  $i$  種使用類別結構損失成本；  $CI$  表區域成本調整指數；  $FA_{i,j}$  為樓地板面積；  $PMBTSTR_{ds,j}$  表  $j$  種結構建物發生  $ds$  地震損壞程度之機率；  $RCS_{ds,i,j}$  為建物之單位重建或維修成本。  $ds = 1, 2, 3, 4, 5$  分別表損壞程度<sup>2</sup>。

非結構體損失之成本估計與結構體估計法類似，惟非結構體區分為加速-敏感型物損壞 (acceleration sensitive damage) (指天花板、機房與電力設備、管線與樓梯) 與流動-敏感物損壞 (drift-sensitive damage) (指隔牆、外牆、裝飾品與玻璃) 兩類，而可將估計式示之如下：

$$CNSA_{ds,i} = CI \times FA_i \times PONS A_{ds,i} \times RCA_{ds} \quad (2-3)$$

<sup>2</sup> ”1“為無損壞，”2“為輕微損壞，”3“為中度損壞，”4“為嚴重損壞，”5“為完全損壞。

$$CNSA_i = \sum_{ds=2}^5 CNSA_{ds,i} \quad (2-4)$$

$$CNSD_{ds,i} = CI \times FA_i \times PONS D_{ds,i} \times RCD_{ds} \quad (2-5)$$

$$CNSD_i = \sum_{ds=2}^5 CNSD_{ds,i} \quad (2-6)$$

式(2-3)-(2-6)之  $CNSA_{ds,i}$  表在損害程度  $ds$  下，加速-敏感型非結構部分之損壞成本。 $CNSA_i$  為加速-敏感非結構部分之損壞總成本； $CNSD_{ds,i}$  表  $ds$  損壞程度下，流動-敏感非結構部分之損壞成本； $CNSD_i$  為流動-敏感非結構部分之損壞總成本； $PONS A_{ds,i}$  為加速-敏感非結構部分損壞程度達  $ds$  程度之機率； $PONS D_{ds,i}$  乃流動-敏感型非結構部分損壞程度達  $ds$  之機率； $RCA_{ds,i}$  係加速-敏感非結構部分之單位維修或重建成本； $RCD_{ds,i}$  表流動-敏感非結構部分之單位維修或重建成本。

欲估計所有  $i$  類建物，非結構部分之總損失可將式(2-4)與(2-6)式相加：

$$CNS_i = CNSA_i + CNSD_i \quad (2-7)$$

估計所有  $i$  類建物之地震總損失（含結構與非結構體），可以下式(2-8)表之。

$$CBD_i = CS_i + CNS_i \quad (2-8)$$

估計所有種類的建物之總地震損失，則可將  $n$  種建物使用別之損失加總：

$$CBD = \sum_{i=1}^n CBD_i \quad (2-9)$$

## （二）建物內部財物損失估計

建物內部財產損失估計項目指不包含在建物結構體與非結構體之物件，主要指傢俱、櫥櫃、桌椅、櫃檯等設備的損失，而可將建物內部財物損失成本以式(2-10)-(2-11)估計之：

$$CCD_i = CI \times CV_i \times \sum_{ds=2}^5 CD_{ds,i} \times RC_{ds,i} \quad (2-10)$$

$$RC_{ds,i} = \sum_{j=1}^m PMBTNSA_{ds,i} \times FA_{ds,j} \times (RCA_{5,i} + RCD_{5,i} + RCMBT_{5,i,j}) \quad (2-11)$$

式(2-10)-(2-11)之  $CCD_i$  表建物內部財物損失成本； $CV_i$  為內部財物單位價值(以建物重建價值之比率表之)； $CD_{ds,i}$  表內部財物損壞比率； $RC_{ds,i}$  表建物之重建成本，其可以式(2-11)估計之； $PMBTNSA_{ds,i}$  表加速-敏感型非結構體損壞達  $ds$  程度之機率。

### (三) 商業營業庫存損失估計

商業營業庫存之內容與數量會隨建物類別而有差異，故估計庫存損失，各種建物類別之營業額成為極佳之估計指標。另庫存產生損失之主要原因，可能在於地震造成之貨品翻落、建物倒塌壓損或水管破裂造成之破損，所以建物加速-敏感型非結構部分的損害狀況，亦為估計之重要依據。庫存損失可依式(2-12)-(2-13)估計之：

$$INV_i = FA_i \times SALES_i \times BI_i \times \sum_{ds=2}^5 PONS A_{ds,i} \times INV D_{ds,i} \quad (2-12)$$

$$INV = \sum_{i=1}^n INV_i \quad (2-13)$$

式(2-12)-(2-13)之  $INV_i$  為營業庫存損失價值； $INV$  表所有建物之營業庫存總損失； $SALES_i$  表單位建物之每年毛營業額； $BI_i$  為營業庫存損失佔每年毛營業額之比率； $PONS A_{ds,i}$  為建物之加速-敏感型非結構體設施損害機率； $INV D_{ds,i}$  乃營業庫存達害程度  $ds$  的損壞比率。

### (四) 建物修護與功能喪失時間估計

在地震損壞之情境中，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。所謂的「功能喪失」，指設施無法營業或發揮應有功能的情況稱之。此期間通常比建物修護期為短，因在建物修護期間，

仍可能需另覓他處或藉由其他變通方式營業，直到建物功能恢復為止。

建物修護時間包含：1. 建物本身之建造與清潔時間，2. 取得經費、完成設計與取得許可營業之時間。影響功能修復時間因素非常複雜，這些影響因素，在 HAZ-Taiwan 乃利用經驗調查之結果，建立參數系統以調整所估計之建物修護時間。以下可將建物失去功能之時間以式(2-14)估計之：

$$LOF_{ds} = BCT_{ds} \times MOD_{ds} \quad (2-14)$$

式(2-14)之  $LOF_{ds}$  指功能喪失時間； $BCT_{ds}$  乃建物重建或維修時間； $MOD_{ds}$  為建物維修時間乘數。

#### (五) 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，主產生在建物損壞後進行維修或重建，使用者須另覓他處進行營業或居住行為所需之成本。故重安置成本包括：1. 中斷成本 (disruption costs)：因建物損壞，所需之遷移與搬運成本。2. 租金成本：指租用臨時建物或其他營業處之租金支出。此兩種成本對建物自有者而言，皆須支付。但對建物承租者，租金之支付只是轉移予新房東，對整體之租金成本並無增加，因而只需估計中斷成本。

HAZ-Taiwan 系統不計入無損壞與輕微損壞兩種 ( $ds = 1, 2$ ) 狀態下之支出，因兩種損壞情況，對建物原有功能妨害不大，使用者之重安置支出亦不明顯，故可忽略不計。最後可將估計方式表為：

$$REL_i = FA_i \times [(1 - \%OO_i) \times \sum_{ds=3}^5 (POSTR_{ds,i} \times DC_i) + \%OO_i \times \sum_{ds=3}^5 (POSTR_{ds,i} \times (DC_i + RENT_i \times LOF_{ds}))] \quad (2-15)$$

式(2-15)之  $REL_i$  為建物之重安置成本； $DC_i$  表中斷成本 (元/平方公尺)； $LOF_{ds}$  表在地震損壞程度  $ds$  下，建物功能中斷時間； $\%OO_i$  表建物自有率； $RENT_i$  表單位租金成本 (平方公尺/天)。

## 6. 租金損失

估計租金損失涉及之變數，包括建物單位租金、建物樓地板面積與建物功能喪失時間。惟估計租金損失，對  $ds = 1, 2$  之情況亦不列入。另估計租金損失，尚須瞭解建物之自有率，估計時須扣除建物自有者，以估計租金之實質損失。最後租金損失之估計方式可表為：

$$RY_i = (1 - \%OO_i) \times FA_i \times RENT_i \times \sum_{ds=3}^5 POSTR_{ds,i} \times RT_{ds} \quad (2-16)$$

上式之  $RY_i$  表租金損失； $RENT_i$  為單位租金（平方公尺/天）； $RT_{ds}$  為地震損壞程度  $ds$  下，所需之維修時間。

## 四、避難人口需求估計法

HAZ-Taiwan 系統的避難需求模組，乃由直接/間接經濟社會損失類模組中之「庇護所 (shelter)」次模組所估計，其提供之基本功能包含：

1. 須重安置戶數之估計(指因住宅失去居住功能，而須尋求庇護所者)；
2. 需要短期庇護所之人數/戶數。

上述之所謂的重安置戶數估計，在估計需長期避難所之總戶數，估計的係基於地震損壞之住宅數及喪失水電功能之戶數。短期庇護需求估計，則以總需要安置之戶數的特定比率估計，因短期避難所的需求估計不確定因素較大，且隨時間變動之需求起伏較大，故以特定比率估計可使估計工作簡化。

### (一) 無家可歸住戶之估計

HAZ-Taiwan 模組對於所有失去住宅或避難總戶數 (#UNU) 的估計，乃依據資料庫系統中，各類住宅之建物與進住的比率，再依其他模組估計各級地震可能造成建物倒塌比率 (或數量) 估計需要安置的戶數，及估計庇護所的總需求。可將估計的基本資料需求說明如下 (陳建忠、詹士樑, 1999)。

## 1. 資料需求

HAZ-Taiwan 的庇護所模組估計所需之資料或輸入包含：

1. 總戶數 ( $\#HH$ );
2. 總居住戶數 (非空屋) ( $\#SUF$ );
3. 住所的住宅類型建物中，建物結構中度損害的機率 ( $\%SFM$ );
4. 住所的住宅類型建物中，建物結構嚴重損害的機率 ( $\%SFE$ );
5. 住所的住宅類型建物中，建物結構完全損害的機率 ( $\%SFC$ );
6. 住所單位中喪失水電功能的機率 ( $\%WAG$ ).

上述這些輸入的資料、變數或參數，主要來自 HAZ-Taiwan 系統「直接損害模組」中之「一般建物」與「公共設施」系統模組的估計成果提供。

## 2. 估計方法

HAZ-Taiwan 系統估計地震受災安置戶需求之方法，係以地震引發之建物結構體損壞，造成失去居住功能住所數的數目估計之。故估計地震後，須安置的總戶數/人數估計，以下列兩項之總住所數總和為準：

1. 因建物結構體損壞所造成失去居住功能住所的總數；
2. 因建物喪失水、電功能所造成失去居住功能住所的總數。

以上所謂的「喪失居住功能」的建物或住宅，在許多相關的研究文獻中，多以建物結構體完全損壞的建物方認定為喪失居住功能的住宅。惟在 HAZ-Taiwan 系統中，因須較精確的估計安置戶，採取較廣泛的認定標準，而以居住者認定無法居住的住宅，便視為喪失居住功能，因而只要建物結構體中度、嚴重或完全損壞者，皆視為喪失居住功能，估計方法為：

$$\%SF = w_{SFM} \times \%SFM + w_{SFE} \times \%SFE + w_{SFC} \times \%SFC \quad (2-17)$$

$$\#UNU_{SD} = \#SUF \times \%SF \quad (2-18)$$

上三式之  $w_{SFM}$ 、 $w_{SFE}$ 、 $w_{SFC}$  分別代表家戶分別產生中度、嚴重與完全損壞機率的權重。此值可依各地的實際受災特性，及決策者的決策特性與需求設定之。另  $\%SF$  代表家戶住宅損害的比率。

另外一種可能喪失住宅居住功能的建物，主要為水、電功能喪失的住宅。喪失水、電功能住宅數的估計與發生的機率與範圍，乃以維生管線損壞估計模組的估計成果為準，可將之表為  $\%WAG$ 。此類喪失居住功能的住宅總數估計方法可示之於下式：

$$\#UNU_{UTL} = \%WAG \times [\#SUF (1 - \%SF)] \quad (2-19)$$

上式之  $\#SUF$  代表住所單位總數，在一般的救災行動中，住宅喪失水、電的功能，並不代表必然失去居住的功能，而須視當地的氣候或相關之生活條件而定。因而在估計此類的喪失住宅功能的住所數時，可就受災地區的住所數取一定比率  $\varepsilon$  估計之。至於  $\varepsilon$  應取何值，同樣可依當地的氣候、生活條件與決策條件的需求而定。根據以上之說明，可綜合第 (2-18) 與第 (2-19) 式，將地震災區須安置的總戶數/人數，藉由下式估計之：

$$\#DN = (\#UNU_{SD} + \varepsilon \times (\#UNU_{UTL})) \left( \frac{\#SUN}{\#HH} \right) \quad (2-20)$$

上式之  $\#DN$  代表須安置的總戶數。其估計的基本原理，即藉由建物結構損壞的住所單位數，加上水電功能損壞的住所單位數（利用  $\varepsilon$  修正後），再乘上總戶數與總居住單位數的比率估計之。

## （二）短期庇護所需求估計

受災戶在喪失住宅或需要尋求庇護所時，短時間內可能會尋求不同的管道以尋求暫時的庇護所，包括親友、慈善機構、公部門或其他相關機構提供等，作為短期避難之處。根據以往的經驗，地震災區的居民約有 80% 會尋求公部門所提供的庇護所。依美國 Northridge 地震經驗，發現公有庇護所收容的避難者，約有 1/3 住所的損壞程度非常輕微或毫無損壞。如再考慮其他如公共設施/管線損壞（如水、電功能），增加的短期避難者，將可高達 50%。

## 1. 資料之需求

短期避難所需求估計的主要依據與資料來源，乃藉由須安置戶數的估計成果及相關統計或參數資料進行估計。短期避難所的估計非常不易，且隨災區特質之不同而有極大差異，故利用統計與參數資料進行適當修正乃必要之工作。估計短期避難所需求所需的輸入資料臚列如下：(1) 人口數 ( $POP$ )；(2) 總戶數 ( $\#HH$ )；(3) 所得分布 ( $HI_i$ ),  $i = 1, \dots, k$ ；(4) 住宅自有率 ( $HO_1$ )；(5) 承租住宅之比率 ( $HO_2$ )；(6) 年齡分布 ( $HA_j$ ),  $j = 1, \dots, l$ 。

## 2. 估計方法

短期避難所的需求估計，須依賴經驗值，方能較精確的估計。尤其對於公部門所需提估庇護所的估計，可依過去地震或颱風（或颶風）的災民避難特性進行估計與建立參數系統。需公部門提供避難所的災民，多屬於中、低收入或家中有幼童或老年人的家戶為主。此等影響社會經濟因素皆須納入需求估計的程序中。換言之，短期避難所的需求估計，因涉及較多的社會經濟特質，估計過程須將之合理的納入考慮。HAZ-Taiwan 系統的短期庇護所需求估計方式為：

$$\#STP = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{m=1}^2 (\alpha_{ijm} \times (\frac{\#DN \times POP}{\#HH})) \times HI_i \times HA_j \times HO_m \quad (2-21)$$

上式之 $\#STP$ 代表需要短期避難所的人數， $\alpha_{ijm}$ 為常數， $HI_i$ 表第 $i$ 等級所得居民之比率； $HO_m$ 表住宅擁有方式的比率； $HA_j$ 表第 $j$ 級年齡居民之比率。上式 $\alpha_{ijkl}$ 的估計，可利用不同居民的社會經濟屬性為權重，再以這些屬性的加權平均方式估計之。

## 五、傷亡估計方法

HAZ-Taiwan 系統對於傷亡之估計，依傷害的嚴重性分為四個等級，四個等級傷亡的定義列於表 2-2。且估計的時間向度，為顧及不同時段發生地震可能導致之傷亡特性，需分別估計地震發生在凌晨二時就寢時間、清晨八時通勤尖峰與下午三時之一般日間時間，三個時段的可能傷亡人口 (FEMA, 1999)。

表 2-2 傷害等級

傷害等級	內容
第一級	輕微受傷，只需要基本的包紮處理，無須住院
第二級	較嚴重的傷害，需要進一步的醫藥處理，但無生命危險
第三級	嚴重傷害，如無即時就醫，隨時有生命威脅
第四級	當場死亡或致命傷害

## 1. 資料需求

### (1) 人口分布

估計傷亡所須之資料主要為人口分布，人口分布資料則依不同土地使用別或使用行為，分住宅、商業、工業與通勤四個類別分別建立。理論上欲估計不同時段地震傷亡情況，須有完整的日、夜間人口分布，但實際上目前對於日間人口估計仍未完成，故本研究之模擬，仍以夜間人口（戶籍人口）之分布為主要資料源。另通勤人口估計亦有困難，HAZ-Taiwan 系統只估計交通動線與橋樑系統上（下）的人口，兩者皆需要有統計資料上的支援。其中橋樑系統的人口，估計方法如下：

$$\#NBRDG = CDF \times \#COMM \quad (2-22)$$

其中之 $\#NBRDG$ 表在橋樑上或下的人口分布， $CDF$ 為常數（可應用經驗質估計）， $\#COMM$ 為統計上的通勤人口。

### (2) 建物型態與土地使用別關係

模式估計另引用：i. 特定土地使用與建物型態的分布關係；ii. 不同土地使用別與建物型態分布關係，以估計日間人口傷亡之分布。

### (3) 損害狀況機率

應用其他模組估計不同建物結構產生不同損害程度的機率，以估計建物、橋樑損壞的機率。

## 2. 估計方法

HAZ-Taiwan 估計傷亡人口分布的方法，係依據建物損壞與橋樑系統不

同情況損壞機率與人口分布關係，估計各級傷害人口分布。估計方式係透過事件樹( even tree )模型，分別估計不同事件與發生機率下的四級傷亡分布。機率估計之模型如下：

$$P = P_A \times P_E + P_B \times P_F + P_C \times P_G + P_D \times (P_H \times P_J + P_I \times P_K) \quad (2-23)$$

上式  $P$  為發生傷亡的機率， $P_A$ 、 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$  表四級不同損害程度的機率， $P_H$  與  $P_I$  為發生建物與橋樑倒塌的機率； $P_E$ 、 $P_F$ 、 $P_G$ 、 $P_J$ 、 $P_K$  為不同損害情境下的傷亡機率，產生傷亡人口之期望值為：

$$EN = \sum_{i=1}^n P \times N_i \quad (2-24)$$

式(2-24)之  $EN$  為傷亡預期人口， $N_i$  為第  $i$  種土地使用別之人口分布值。

### 第三節 HAZ-Taiwan 相關系統之應用

本節主要目的，在說明 HAZ-Taiwan 或相關系統的應用現況，作為後續境況模擬與評估 HAZ-Taiwan 系統應用方式的參考。以下第一部份說明地震風險與損害評估系統扮演的功能；第二部分說明 HAZ-Taiwan 相關系統應用現況與成果，包含美國之 HAZUS 系統、日本東京都地震災害評估系統與義大利 NGDE 系統；第三部份說明 HAZ-Taiwan 系統應用之層面與成果。

#### 一、地震風險與損害評估系統之功能

傳統土地使用計畫，因擬定過程常忽略各項災害發生的潛勢特性，造成土地使用計畫無法配合防救災之相關事宜，亦無法降低災害可能帶來的侵害（Mader, 1997）。都市計畫之防災規劃，需掌握規劃區的地震風險分布與災害潛勢特性。然地震的災害潛勢或風險分析並非易事，因地震災害具有下列特性（Olshansky and Wu, 2001）：

1. 地震發生具有不特定區位的特性，無人能清楚預知哪個斷層或地區會發生地震，或發生強度多大的地震；
2. 每個斷層發生地震的機率，非常難以預測；
3. 每個地震發生皆具有獨立性，地震造成之損害特性會因其產生之地震波與所經過地區之特性而有差異；
4. 地震之震度及對建物損壞的程度難以估計，因其需視地震波經過的土壤條件而定。

儘管地震預測與風險分析的困難，但地震災害潛勢圖與災害危險分析成果，仍是提供公部門進行土地使用規劃、土地使用管制與區劃的進行、斷層帶周圍的禁限建措施、災感度降低策略擬定、執行防災配套或提供防災誘因政策及審查與評估新開發地區的重要依據。完善的土地使用計劃與防救災計

劃，皆應有完整的災害潛勢與風險分析資訊為規劃決策支援（Olshansky, 1997; Olshansky, 2001）。

從美國的執行經驗，都市計畫之地區地震災害防救計畫，主要包含：1. 安全準則（safety elements）的訂定與提供，安全準則中須提供：(1) 災害潛勢圖作為審核建築開發案之基礎；(2) 提供風險與災害潛勢的資訊，及可能減災或降低災害潛勢的策略；(3) 提高政府單位對於災害的認識，並界定不同部門的責任與組織架構（Olshansky, 2001）；2. 斷層區的劃設及提出相對應的土地使用管制計畫；3. 建築標準的訂定；4. 減救災方案，如建物、設施補強計畫與災害應變策略；5. 地質或相關災害敏感區資料的提供；6. 重建計畫的擬定（Burby et al., 1999）。例如美國加州在 1990 年的「加州地震災害圖法（California Seismic Hazards Mapping Act, 簡稱 SHMA）」頒布後，便強制加州地方政府推動地震災害潛勢與資訊提供的工作，作為加州地區擬定防救災計畫、開發審議與都市計畫通盤檢討的基準（Tobin, 1991）。

反觀國內對於區域計畫或都市計畫的擬定，普遍忽略地區防救災計畫的重要性。直到民國 83 年 4 月頒布「災害防救方案」及民國 89 年 6 月頒布「災害防救法」後，方給予地區災害防救計畫擬定較的明確法源。特別是地方政府的防救災與都市計畫單位，須依「災害防救法」第二十條與「災害防救法施行細則」第九條規定，擬定地區災害防救計畫，此計畫的內涵應包含兩個精神：1. 提供資訊（如災害潛勢資訊）；2. 建立災害防救工作推動的基本計畫（張建興，2001）。但地方政府因限於資訊與人力不足，常無法有效的擬定與執行計畫，甚至因資訊不足與缺乏有效的災害潛勢分析資料，導致擬定的災害防救計畫缺乏地方特質，流於抄襲與形式化，對於防救災工作幫助不大（陳亮全、賴美如，2000）。另一個較嚴重的課題，在於地方災害防救計畫與土地使用計畫的連結性，不但缺乏明確的法令規範，且常在資訊缺乏、執行機關的差異與防救災工作不受重視的情況下，產生嚴重脫勾現象。

綜合當前地方政府、都市與土地使用計畫的發展趨勢，地方政府需有明確且易於應用地震災害評估系統。災害評估系統應具備三個層面之基本分析

功能 ( Olshansky and Wu, 2001 ):

1. 災害界定 ( hazard identification ): 估計特定區域，特定自然災害發生的強度、機率與區位分布；
2. 災感度評估 ( vulnerability assessment ): 評估在特定區域與特定強度的災害中，暴露在災害範圍內，居民與財產之傷害或損害特質，及造成傷害與損失之程度；
3. 風險分析：對於特定區域內，估計在不同災害強度下，不同程度居民傷害與財產損害發生之機率，以更完整分析特定地區的災害風險。

上述三項系統評估或災害決策系統提供的資訊，主要提供決策者空間的災害資訊與分析功能，包括災害發生強度、機率、人體傷害與財產損害的地理分布。就地震災害評估決策支援系統的建立角度，除提供上述三項基本災害評估之決策支援功能外，尚可依之進行計畫評估、都市計畫通盤檢討或新地區開發的規劃與審議決策支援 ( Shinozuka, 1996 )。

## 二、HAZ-Taiwan 相關系統的應用

地震災害評估系統所需具有的功能，在 HAZ-Taiwan 系統皆可進行合理的評估與境況模擬。此系統的前身 HAZUS 在美國已有許多應用與評估經驗，特別是在地方政府的地震災害潛勢評估與風險分析。以下可將 HAZ-Taiwan 相關系統應用之一般性功能，及日本、義大利與美國相關地震災害評估系統應用經驗說明之：

### (一) 地震風險與資訊提供與決策資源

地震災害評估系統，為達成地震災害潛勢與風險分析的基本功能，須蒐集或結合兩個層面的資料庫系統 ( Bendimerad, 2001 ):

1. 地震災害資料 ( seismic hazard data ): 包含地質、地貌、地震結構、土壤、基地條件、地震能量衰減特性等資訊之提供，用以估計地表震度 ( ground motion ) 或地表坍塌 ( ground failure ) 發生於特定地區的機率分布；
2. 基盤設施資料庫 ( infrastructure inventory data ): 提供建築環境、交通運輸設施、維生系統與主要設施的資訊，作為估計災感度與損害的基礎。

對於地震防救災規劃準備、應變與災後重建工作，Perry and Lindell (1997) 將其視為組織決策與管理的課題。特別在地震災害發生時的應變計劃，須確保可供疏散與遷移的區位、重點就業地點的保護、設施資訊的掌握、緊急疏散的計畫等。這些計畫的規劃與決策支援，皆須有良善的風險分析與潛勢空間分布資訊，方能正確的擬定與執行計畫。另 GIS 與科技災害風險源的風險與外部性潛勢分析的結合，作為環境風險管理者災害防救決策支援，亦為近年來防救災規劃的重要工作 ( Orford, 2002 )。

近年來，以社區或地區為主的災害防救計劃為重要的政策擬定方向 ( Burby *et al.*, 1998; Burby, *et al.*, 1999 ; 洪鴻智，2002 )。為地方進行災害防救，除須由適當的地震災害風險與潛勢資訊外，應提高防救災規劃的資訊與規劃內涵的品質，此對於地震災感度的降低有極大幫助。一般地方政府常使用之土地使用管理與建築管制標準的方法，其實多數缺乏防災的考量，或非依地震災害潛勢的特性設計。執行成果除會造成防災與災損降低的效能不彰外，亦會提高政策執行的成本。故提供地震風險資訊及防災規劃，可有效的降低地震造成之災害損害。

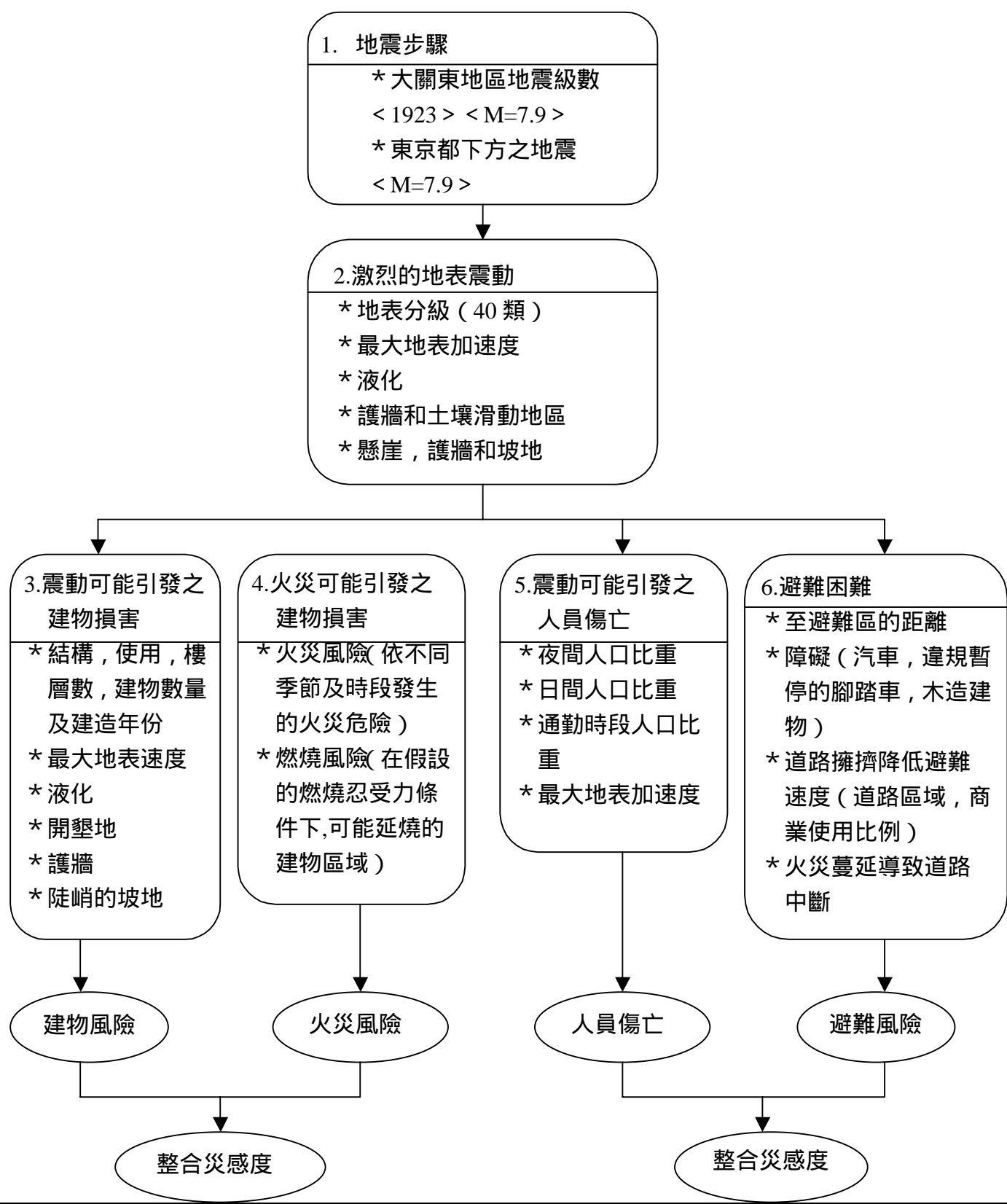


圖 2-3 東京地震災害評估系統 (Uitto, 1998, p.12)

## (二) 東京都地震災害評估系統

日本為多地震之國家，為提供有效的地震災害評估系統，故結合災害風險與潛勢分析系統與 GIS 系統的相關應用，為重要的發展方向。相關的應用系統中，其中較著名者為 Uitto (1998) 應用 GIS 系統分析<sup>3</sup>，作為日本東京地震風險與災感度分析的決策支援工具。其評估系統，從圖 2-3 所示，包含建物風險、火災風險、人體風險、與避難風險之評估等四類，評估成果除成果除納入東京都都市規劃與防救災計畫外，亦作為災前預防、災害應變策略擬定（如避難路徑規劃、避難所的設置等）災後重建與災害社會經濟衝擊評估的地震災害風險管理工具。災害評估之規模，可大至整個東京都，亦可小到一個鄰里單元、街廓到單一住宅，皆能有效的分析災害潛勢與災感度特質，而有利於使用者之彈性使用。

日本東京都之地震災害評估系統的主要特性，乃是依據都會區地震災害風險與災感度特質而設計。特別是針對東京都所特有的地震引發住宅大規模火災延燒模式、日間與夜間避難人口分布、避難與庇護風險與規劃支援系統等特質而設計，故在防救災規劃支援工作上，皆具有很高的應用與參考價值（東京都都市計劃局，1987；陳建忠、詹士樑，1999）。

## (三) 義大利國家地震防範團地震災害評估系統

在 1980 年代，義大利國家研究委員會（National Council of Research）之國家地震防範中心（National Group for Defense against Earthquake），即開始發展地震災害評估系統（以下簡稱此系統為 NGDE 系統），作為劃設地震潛勢區劃設與評估地震災害衝擊的基礎。NGDE 系統主要的地震災害評估內容，著重在地震風險與危險度分析，不著重在經濟損失估計（Meletti, 2000）。

NGDE 系統模組的地震災害評估方法，主要引用地震構造模型，評估地震的危險度分布，作為地震潛勢區劃設及其他地震損害評估模式的輸入。透

---

<sup>3</sup> 此系統為東京青山學院、東京聯合國大學、美國加州州立大學與東京都都廳合作開發，作為地震災害評估系統（Uitto, 1998）。

過系統模擬之成果，同樣可提供為土地使用計畫、防救災規劃與土地開發審議的基礎。

#### (四) 美國 HAZUS 系統模組之應用

HAZUS 系統為 HAZ-Taiwan 系統的前身，故瞭解 HAZUS 系統的應用經驗，對於提昇 HAZ-Taiwan 系統的應用層面與內涵有極大幫助。Whitman *et al.* (1997) 曾說明美國 FEMA 與國家建築研究所 (NIBS) 發展 HAZUS 地震損害估計方法模組的開發背景，Whitman *et al.* 指出 HAZUS 系統主要在提供地方、州與聯邦進行地震風險與災害潛勢分析的決策支援工具，HAZUS 系統的應用層面可包含：

1. 進行地震損害之境況模擬，瞭解地震災感度的分布與內涵；
2. 進行地震減災策略的成本-效益評估 (cost-benefit evaluation)，如建物補強、土地使用管制策略的評估，以助於策略之選擇與防減災計畫的擬定；
3. 提供土地使用與開發單位，評估土地使用分區管制、規劃、建築管制標準等擬定的基礎；
4. 作為擬定災難應變計畫，地震災後重建成果檢視與擬定災後長期重建政策之評估支援系統。

從上述應用層面，亦可藉由不同的地震情境模擬的比較分析，作為災害防救相關法令、方案與政策研擬的資訊參考基準。

延續 Whitman *et al.* (1997) 的研究，Kircher *et al.* (1997) 應用 HAZUS 系統，以洛杉磯郡為實證區，以 1994 年美國 Northridge 地震資料，進行損害評估與情境模擬比較分析。比較結果發現透過 HAZUS 估計的建物損失估計值與 Northridge 造成損失的觀測值無太大差異，代表 HAZUS 在實際應用的可行性，及作為地震救災規劃與土地使用計畫決策支援系統的潛力。

另一應用 HAZUS 系統與地震災害潛勢與損害估計的經驗，為 Olshansky and Wu (2001) 應用 HAZUS 系統於估計洛杉磯郡的災害潛勢評估，評估之內

容包含：1. 地震災害分析：估計洛杉磯郡在不同地震情境下，地震潛勢分布；2. 災感度分析：估計暴露在不同災害潛勢下，主要設施、學校、交通運輸系統、一般建物之感受地震社會經濟衝擊的程度；3. 風險分析：估計各類公共設施、建物與交通設施發生經濟損失之程度與機率，及產生傷亡之機率、程度和分布。藉由 HAZUS 系統的境況模擬成果，評估洛杉磯郡發展現況與新擬定都市計畫可能增加的地震災害潛勢、風險分布與災感度區位分布，作為地區防災計畫擬定、都市規劃修訂、計劃通盤檢討與研擬配套防救災計畫的參考，文中亦提出許多地方政府應用 HAZUS 可行的模式與準則，作為系統推廣的參考。

另應用 HAZUS 系統模組應用的研究，尚包含 Bendimerrad (2001) 應用於模擬與估計美國舊金山、洛杉磯與東京的地震災害損失額度與分布，發現藉由 HAZUS 的估計成果可提供下列之防災決策支援資訊：1. 獲取簡單與直接的風險評估與分析資訊，作為規劃與防災工作決策之參考；2. 提供不同地震強度損害與傷亡的境況模擬，作為災感度分析的基礎；3. 特定設施損害或特定地區損害的境況模擬；4. 依決策者需求，進行不同政策手段的減災效應評估的敏感度分析。HAZUS 系統應用的相關應用研究中，尚有 Kircher *et al.* (1997) 應用 HAZUS 系統於地震建物經濟損失估計，Whitman *et al.* (1997) 應用同樣之系統發展全國性的地震損失評估系統。這些應用之經驗，不但提高地震災害評估的應用基礎，亦可透過實際的應用過程，針對各地的地震災害與災感度特質，修正 HAZUS 系統模組的估計方法與相關參數系統，以增加 HAZUS 系統的應用性與彈性。

### 三、HAZ-Taiwan 系統的應用

HAZ-Taiwan 系統於 1999 年引入，引入初期 HAZ-Taiwan 系統，仍以 HAZUS 的模組、參數與損害估計系統為主。鑒於本土化工作的推動，行政院國科會（含國家地震中心與防災國家型科技計畫辦公室）、內政部建築研究所、內政部營建署與相關單位，隨即投注大量的資源進行本土化與資料、參數系統和估計方法的更新與本土化，目前此工作尚進行中（江渾欽、洪鴻智，1999）。惟目前的工作重心，在於推動地方政府之實務推動，以累積應用經

驗及修正相關的參數系統與評估方法。

由於 HAZ-Taiwan 系統的模組與資料庫系統的建立尚屬濫觴期，故有系統之應用尚密切執行中。多數的文獻多偏重在系統模組的介紹，與地震損失評估方法的說明（如羅俊雄、葉勇凱，2000；葉錦勳、羅俊雄，2000；羅俊雄等，2002）。HAZ-Taiwan 系統較初步的應用與分析，包括江渾欽、洪鴻智（1999），曾以台北市為例，引用 HAZ-Taiwan 系統建置地震建物損失評估方法與資料庫建立，該計劃之重心在於應用台北市的資料，更新 HAZ-Taiwan 系統之建物損害估計資料庫與參數系統，並更新部分的損害估計方法，以使 HAZ-Taiwan 系統能更適於本土應用，此過程與 HAZUS 系統在美國推廣過程類似。

另一個應用 HAZ-Taiwan 系統之研究，為陳亮全、洪鴻智與賴美如（2001）應用 HAZ-Taiwan 模組，以台北市士林區為例，評估地震災害發生可能造成的建物損失的災感度分布，及不同經濟損失的地理分布特性。研究發現土地使用模式與開發強度，為影響地震災感度分布之重要因素，特別是住宅密度較高之設施，在面臨巨災情境下，可能造成災難性的地震損害。惟該研究僅以士林區四個里為地震損害估計範圍，且未有效結合 GIS 系統，展示地震損害的空間分布特質，如欲瞭解士林區整體的地震損害風險分布特性，除應再擴充研究地理範圍外，亦可整合 GIS 系統，較可獲得更具一般性的風險與災感度分析內涵。

其他模組的分析，尚有陳亮全等（2001）與簡賢文等（2001）應用 HAZ-Taiwan 系統，以台北市與嘉義市為例，估計大型公共設施與商業設施發生災害後的避難所需求。兩者的研究成果發現，HAZ-Taiwan 在估計避難需求層面的不足及忽視台灣本土性避難行為的特性，而提出部分參數修正的建議。另馮正民、林偵家（2001）為補足 HAZ-Taiwan 系統對於日間人口估計模式的不足，乃以百貨公司、車站、郵局、餐飲及銀行五個行業為例，討論日間人口之估計方式，研究成果對於 HAZ-Taiwan 系統，估計地震傷亡風險的日間人口推估參數修正與本土化有重要意義。

此等文獻分析成果發現 HAZ-Taiwan 系統的境況模擬成果，可助於地方

政府進行地震風險與災感度分析、規劃避難路徑、劃設避難所與估計地震損害災感度分析的參考。

另洪鴻智、詹士樑（2001）與洪鴻智等（2001），應用 HAZ-Taiwan 系統的交通模組損害模式的部分估計成果，進行都市避難救災路徑損害之風險分析。此等文獻係以 HAZ-Taiwan 的地震危險，造成交通路徑損壞的機率為輸入，以台北市大安區為例，分析各避難路徑截斷機率，並引用效用理論建立績效評估系統，評估最適的避難救災路徑。研究成果發現，HAZ-Taiwan 系統可有效的作為避難救災路徑選擇與評估的決策支援工具，而可作為地區或社區防救災規劃的資訊與決策之支援。

綜合上述 HAZUS 與 HAZ-Taiwan 系統建立與應用的相關文獻，可歸納出不管是日本東京都之地震災害評估系統、義大利之 NGDE 系統、HAZUS 或 HAZ-Taiwan 系統模組，主要功能皆在於協助政府進行區域之風險分析、災感度評估與損害分布的境況模擬，並可進行各類防救災與土地使用計畫的計畫評估支援。如能將此等資訊有效應用，配合相關的政策評估工具，則可推廣至各地方政府防救災規劃之用。

## 第三章 實證區與資料蒐集

### 第一節 實證區發展概況

本研究計畫選擇以臺北市士林區作為 HAZ-Taiwan 系統模組在都市計畫防災規劃方法運用之實證地區。故以下針對士林區與 HAZ-Taiwan 系統模組相關之資料蒐集與該區的發展現況說明如下：

#### 一、地理位置

士林區位於臺北市北部，居大屯火山群南側斜面與臺北盆地北部。東北部為山嶽、丘陵相接，東南有臨界大崙山嶺及大直諸山，西南區地形平坦。其東與萬里鄉、汐止鎮接壤，西以淡水河與蘆洲市為界，南臨中山區、內湖區，北接北投區，為臺北市十二個行政轄區面積最大之區，全區面積 62.37 平方公里，約佔整個臺北市面積的 23%。

#### 二、地質

士林區的東北部多屬山區，山區地質屬水成岩或火成岩而成之土性；西南部則多屬平地，平地則屬沖積層土質，僅西南社子一帶屬砂質。茲將士林地區的地質與土壤圖示之於圖 3-1 與 3-2。

#### 三、人口

士林地區的人口總數約在三十萬人左右，僅次於大安區，但因士林區的面積為十二個行政轄區中最大，所以密度每平方公里不及五千人，僅高於北投區。茲將士林區相關之人口統計資料整理於表 3-1、表 3-2。

#### 四、土地使用

士林區因多數為山坡地，有一部份屬陽明山國家公園。士林區的都市計畫分區使用約 60%以上為保護區，士林區面積雖廣大，但大部分非建築用地，全區約只 30%為可供都市發展用地，其中災感度較大的土地使用方式（含住、工、商），約佔 22.41%。茲將士林區的都市計畫土地使用分區情形，以圖 3-3 和表 3-3 來表示。

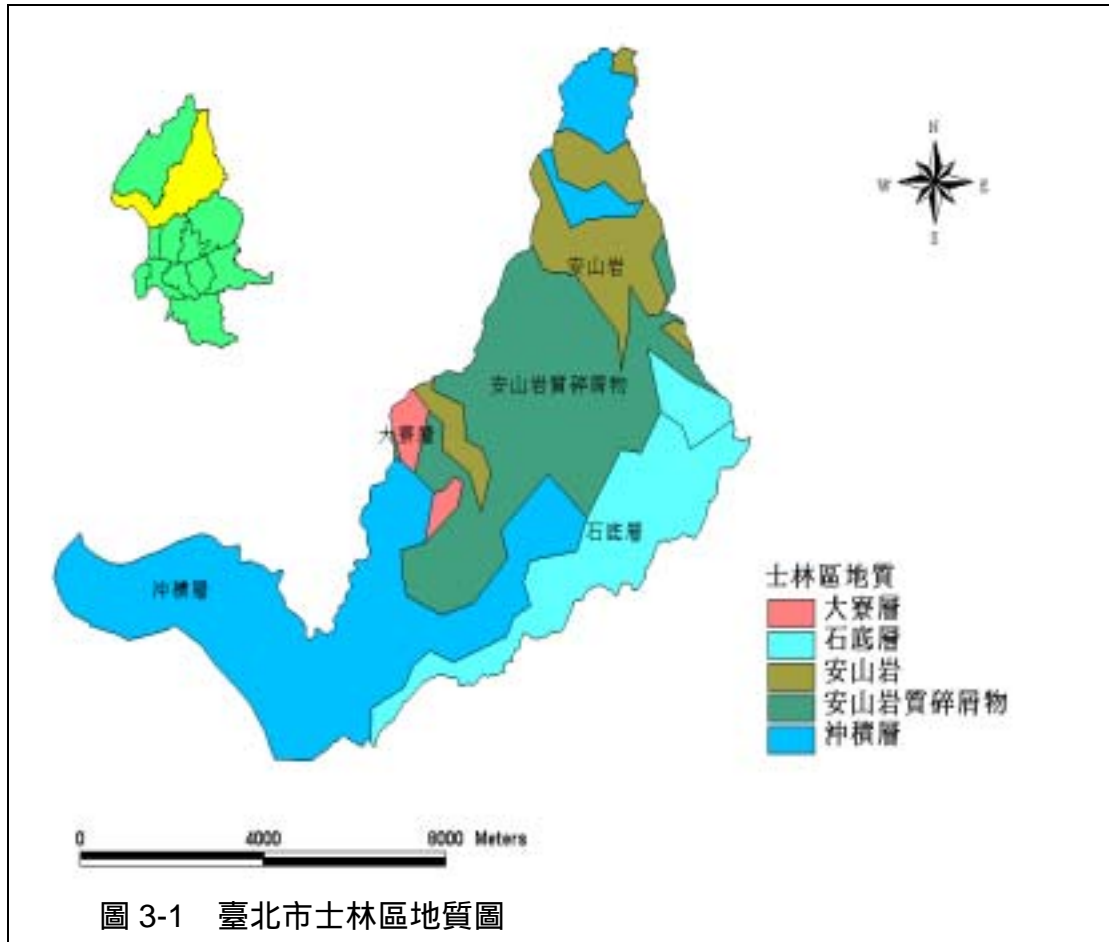


圖 3-1 臺北市士林區地質圖

資料來源：行政院內政部營建署全臺區域計畫圖（民國 88 年）

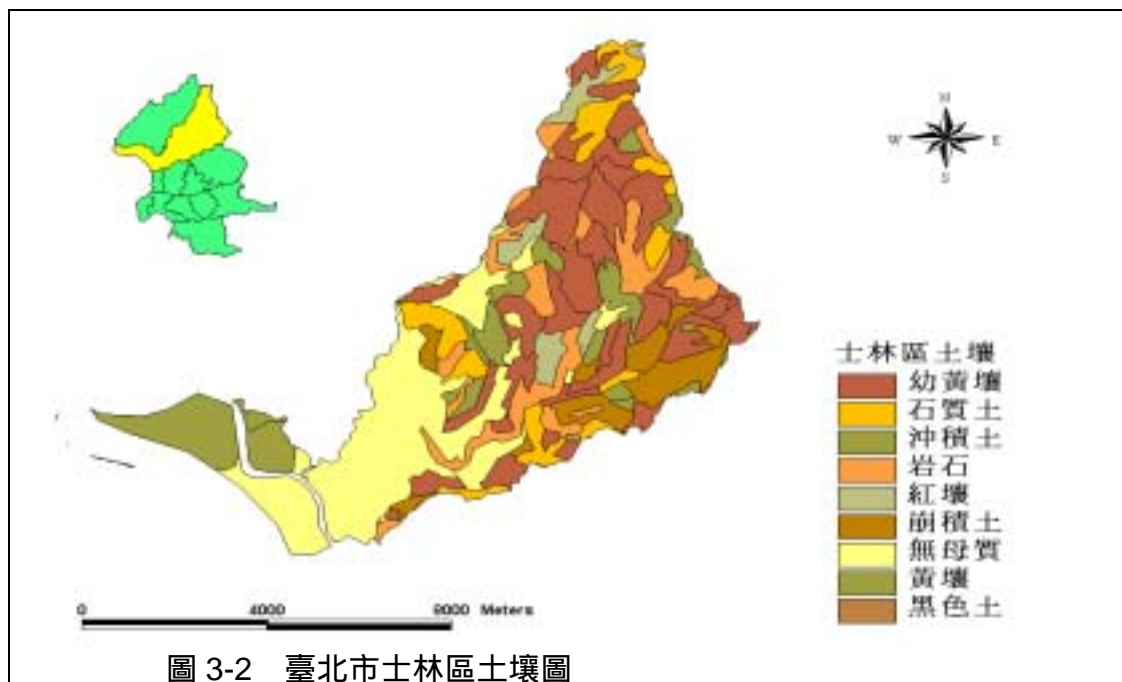


圖 3-2 臺北市士林區土壤圖

資料來源：行政院內政部營建署全臺區域計畫圖（民國 88 年）

表 3-1 臺北市士林區人口消長

年度	人口數(人)	遞減率(%)
民國 79 年	300478	---
民國 80 年	300512	0.11
民國 81 年	301068	1.85
民國 82 年	298419	- 8.80
民國 83 年	299127	2.37
民國 84 年	298255	- 2.92
民國 85 年	294405	- 12.91
民國 86 年	293731	- 2.29
民國 87 年	296810	10.48
民國 88 年	295209	- 5.39
民國 89 年	294443	- 2.59

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81-90 年）

表 3-2 臺北市士林區歷年人口、密度及性比例

年度	土地面積 (平方公里)	現住人口			人口密度 (每平方公里 人數)	性比例 (每百女子所 當男子數)
		合計	男	女		
民國 80 年	63.9143	300512	150604	149908	4702	100.46
民國 81 年	63.9143	301068	150619	150449	4710	100.11
民國 82 年	63.9143	298419	148959	149460	4669	99.66
民國 83 年	63.9143	299127	149069	150058	4680	99.34
民國 84 年	63.9143	298255	148643	149612	4666	99.35
民國 85 年	62.3682	294405	146774	147631	4720	99.42
民國 86 年	662.3682	293731	146358	147373	4710	99.31
民國 87 年	62.3682	296810	147417	149393	4759	98.68
民國 88 年	62.3682	295209	146363	148846	4733	98.33
民國 89 年	62.3682	294443	145869	148574	4721	98.18

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81-90 年）

根據臺北市地政處的統計資料顯示，士林區在民國 89 年底，已登記土地約佔該區全部土地面積 93%強，在已登記的土地中又以直接生產用地佔全部已登記土地 74%強，直接生產用地中又以山林用地佔大部分，佔 53%強，茲將士林區已登記土地之各種使用面積列之於表 3-4。

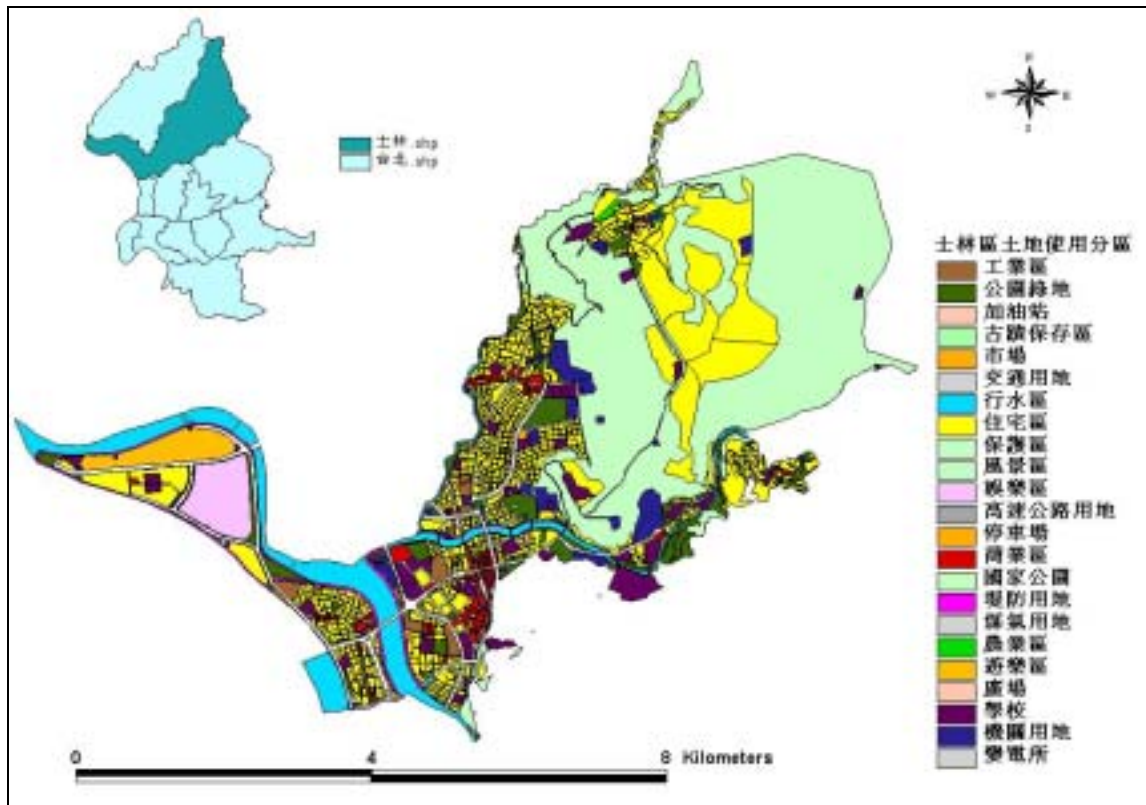


圖 3-3 臺北市士林區土地使用分區圖

資料來源：行政院內政部營建署全臺區域計畫圖（民國 88 年）

## 五、公共設施

公共設施用地方面，從台北市各行政區的都市計畫分區使用情形比較，士林區公共設施用地面積佔該區都市計畫土地使用分區中比例最低，比人口密度最稀疏的北投區還低。從表 3-5 可發現士林區於民國 89 底，共有公園 27 座、綠地 37 座、廣場與兒童公園各兩座、河濱公園 3 座，此等綠地與廣場，可作為防災庇護之規劃所用。另從表 3-6、3-7，可發現士林區其他公共設施或服務之統計，至民國 89 年底止，醫院與診所計有 263 家，其中屬於公立或是市立者，各 2 家，學校則計有 37 所（不含幼稚園與特殊教育）。

表 3-3 臺北市士林區都市計畫面積分區使用情形

項目別 年度	總計	可供都市 發展土地	住宅區	工業區	商業區	行政區	文教區	娛樂區	飛機場	公共設 施用區	特定專 用區及 其他	其他土地	農業區	保護區	風景區	行水區
民國 80 年 面積(公頃) 百分比(%)	12115.31 100.00	<b>2900.97</b> <b>23.94</b>	2573.70 21.24	57.24 0.47	85.28 0.70	73.92 0.61	99.15 0.82	-- --	-- --	-- --	-- --	<b>9214.34</b> <b>76.06</b>	1057.85 8.73	7534.71 62.19	11.68 0.10	621.78 5.13
民國 81 年 面積(公頃) 百分比(%)	12115.31 100.00	<b>2917.55</b> <b>24.08</b>	2590.28 21.38	57.24 0.47	85.28 0.70	73.92 0.61	99.15 0.82	-- --	-- --	-- --	11.68 0.10	<b>9197.76</b> <b>75.92</b>	1041.27 8.59	7534.71 62.19	11.68 0.10	621.78 5.13
民國 82 年 面積(公頃) 百分比(%)	12115.31 100.00	<b>3012.15</b> <b>24.86</b>	2530.25 20.89	57.24 0.47	89.52 0.74	73.92 0.61	99.87 0.82	77.83 0.64	-- --	72.10 0.60	0.00 0.00	<b>77.83</b> <b>0.64</b>	949.25 7.84	7534.71 62.19	11.42 0.09	619.20 5.11
民國 83 年 面積(公頃) 百分比(%)	12115.31 100.00	<b>3012.15</b> <b>24.86</b>	2530.25 20.89	57.24 0.47	89.52 0.74	73.92 0.61	99.87 0.82	77.83 0.64	-- --	72.10 0.60	0.00 0.00	<b>9103.16</b> <b>75.14</b>	949.25 7.84	7534.71 62.19	11.42 0.09	619.20 5.11
民國 84 年 面積(公頃) 百分比(%)	6391.43 100.00	<b>2402.93</b> <b>37.60</b>	863.08 13.50	26.90 0.42	67.95 1.06	-- --	45.19 0.71	78.08 1.22	0.36 0.01	1320.86 20.67	0.51 0.01	<b>3988.50</b> <b>62.40</b>	5.09 0.08	3441.30 53.84	6.35 0.10	535.76 8.38
民國 85 年 面積(公頃) 百分比(%)	6236.82 100.00	<b>1756.05</b> <b>28.16</b>	863.08 13.84	26.90 0.43	68.95 1.11	-- --	28.14 0.45	78.08 1.25	-- --	628.08 10.07	62.82 1.01	<b>4480.77</b> <b>71.84</b>	5.09 0.08	3930.81 63.03	8.11 0.13	536.76 8.61
民國 86 年 面積(公頃) 百分比(%)	6236.82 100.00	<b>1756.54</b> <b>28.16</b>	846.22 13.57	26.90 0.43	68.95 1.11	-- --	28.14 0.45	78.08 1.25	-- --	645.43 10.35	62.82 1.01	<b>4480.28</b> <b>71.84</b>	5.00 0.08	3930.41 63.02	8.11 0.13	536.76 8.61
民國 87 年 面積(公頃) 百分比(%)	6236.82 100.00	<b>1756.08</b> <b>28.16</b>	846.22 13.57	26.90 0.43	68.95 1.11	-- --	45.19 0.72	78.08 1.25	-- --	640.92 49.82	49.82 0.80	<b>4480.74</b> <b>71.84</b>	5.09 0.08	3930.41 63.02	8.11 0.13	537.13 8.61
民國 88 年 面積(公頃) 百分比(%)	6236.82 100.00	<b>1756.08</b> <b>28.16</b>	846.22 13.57	26.90 0.43	68.95 1.11	-- --	45.19 0.72	78.08 1.25	-- --	640.92 10.28	49.82 0.80	<b>4480.74</b> <b>71.84</b>	5.09 0.08	3930.41 63.02	8.11 0.13	536.76 8.61
民國 89 年 面積(公頃) 百分比(%)	6236.82 100.00	<b>1901.14</b> <b>30.48</b>	851.67 13.66	26.90 0.43	71.54 1.15	-- --	45.19 0.72	78.08 1.25	-- --	777.94 12.47	49.82 0.80	<b>4335.68</b> <b>69.52</b>	5.09 0.08	3785.35 60.69	8.11 0.13	537.13 8.61

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81-90 年）

附註：83 年年底以前的資料，為士林與北投兩區共同統計之分區使用情形。

表 3-4 台北市士林區已登記土地利用面積 單位：公頃

年度	總計	建築用地							直接生產用地			
		合計	建物基地	雜地	寺廟用地	墳墓地	鐵路建地	公園用地	合計	耕地		
										合計	水田	旱田
民國 80 年 筆數 面積	64930 5705.9700	30857 922.3314	28306 776.7138	2127 103.0033	26 2.9712	255 25.3960	42 7.5424	101 6.7047	25114 4424.1556	20486 2028.7347	8023 543.6690	12463 148.0657
民國 81 年 筆數 面積	65601 5749.7079	30959 931.5960	28395 780.1842	2137 108.8133	26 2.9712	256 25.3802	44 7.5424	101 6.7047	25638 4458.8615	20834 2019.9833	8159 541.3893	12675 1478.5940
民國 82 年 筆數 面積	66955 5808.7827	31209 939.3546	28375 789.2613	2401 107.4732	26 2.9712	262 25.4018	44 7.5424	101 6.7047	25784 4459.7447	20835 2017.8689	8102 537.2468	12733 1480.6221
民國 83 年 筆數 面積	67601 5805.0638	31531 952.1943	28705 792.1749	2412 111.6970	24 2.6398	228 25.0172	45 7.5515	117 13.1139	25.378 4395.0267	20414 1899.0655	7911 515.9598	12503 1383.1057
民國 84 年 筆數 面積	68032 5831.3600	31639 953.8300	28811 795.3800	2414 110.9805	24 2.6398	228 21.8568	45 9.8612	117 13.1139	25537 4419.2614	20533 1899.4178	8024 515.2562	12509 1384.1613
民國 85 年 筆數 面積	68193 5844.7441	31804 9979.0685	28832 799.1823	2453 128.7917	25 2.8377	236 24.2718	50 7.5068	208 16.4782	25507 4407.3378	20431 1884.6310	7836 495.1528	12595 1389.4782
民國 86 年 筆數 面積	68255 5844.0993	31778 979.7095	28820 800.7808	2438 127.7625	26 2.9712	236 24.2091	50 7.5068	208 16.4782	25565 4406.0364	20458 1883.3314	7827 493.9367	12631 1389.3947
民國 87 年 筆數 面積	68351 5844.0839	31838 981.4859	28866 802.8161	2450 127.5294	30 2.9712	234 24.1843	50 7.5068	208 16.4782	25558 4404.3358	20444 1881.7524	7819 492.8870	12625 1388.8654
民國 88 年 筆數 面積	68546 5844.2024	31916 983.2504	28907 804.6880	2437 127.4256	30 2.9712	234 24.18324	100 7.5068	208 16.4745	25624 4402.7624	20489 1880.2020	7800 491.9765	12689 1388.2255
民國 89 年 筆數 面積	68701 5835.1705	32069 1008.6931	8940 803.8812	2598 150.7899	30 2.99712	234 24.1843	50 7.5068	217 19.3597	25567 4368.0557	20438 1858.8021	7849 491.4235	12589 1367.3786

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81-90 年）

附註：84 年起採用電腦登錄，與 83 年以前的人工登錄有所差異。

表 3-4 台北市士林區已登記土地利用面積（續完） 單位：公頃

年度	直接生產用地				交通水利用地							其他 (原野)
	養魚池	池沼	礦泉地	山林	合計	道路	鐵道線路	灌溉水路	溝渠	溜池	堤防用地	
民國 80 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	11 1.7278	4609 2392.7627	8663 319.5290	6765 166.4508	29 2.6862	569 9.9674	701 44.5718	28 0.6387	571 95.2141	296 39.9540
民國 81 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	16 1.8119	4780 436.1359	8704 319.2908	6788 166.3201	29 2.6862	582 9.9654	706 44.4663	28 0.6387	571 9.52141	300 39.9596
民國 82 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	20 1.8119	4921 2439.1335	9661 369.8031	7259 176.2319	29 2.6862	596 10.0658	1173 84.9700	28 0.6387	576 95.2105	301 39.8803
民國 83 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	20 1.8118	4936 2393.2190	10359 417.4175	7660 187.55445	11 2.5684	613 14.4450	1465 120.7600	25 0.6010	585 91.4986	333 40.4253
民國 84 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	20 1.8118	4976 2517.1014	10519 417.8333	7729 187.7142	11 2.5684	618 14.4444	1553 1221.0104	25 0.6010	583 91.4949	337 40.4331
民國 85 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	20 1.8118	5048 2519.9646	10539 417.8359	7751 187.4609	11 2.5684	618 14.7140	1551 120.9950	25 0.6010	583 91.4966	343 40.5019
民國 86 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	20 1.8118	5079 2519.9628	10570 417.8752	7762 187.4803	12 2.5684	624 14.7132	1557 121.0127	25 0.6010	590 91.4995	342 40.4782
民國 87 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	20 1.8118	5086 2519.8412	10613 417.7840	7802 187.4080	12 2.5684	620 14.7003	1564 121.0067	25 0.6010	590 91.4995	342 40.4782
民國 88 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	20 1.8117	5107 2519.8183	10664 417.7114	7833 187.3657	12 2.5684	623 14.6999	1579 120.9760	25 0.6010	592 91.5004	342 40.4782
民國 89 年 筆數 面積	5 0.7045	3 0.2259	20 1.8118	5101 2506.5114	10730 418.1595	7874 187.5853	12 2.5684	624 14.6964	1603 121.2080	25 0.6010	592 91.5004	335 40.2622

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81-90 年）

附註：84 年起採用電腦登錄，與 83 年以前的人工登錄有所差異。

表 3-5 台北市公園、綠地、圓、廣場、兒童遊樂場、河濱公園面積

種類 年度	公園		綠地		廣場		兒童遊樂場		河濱公園	
	座數	面積 (m <sup>2</sup> )	處數	面積 (m <sup>2</sup> )	處數	面積 (m <sup>2</sup> )	座數	面積 (m <sup>2</sup> )	座數	面積 (m <sup>2</sup> )
民國 80 年	25	582008	23	79149	1	2446	--	--	--	--
民國 81 年	25	582008	23	79149	1	2446	--	--	--	--
民國 82 年	27	564880	31	86415	1	2446	--	--	--	--
民國 83 年	29	608761	33	88283	1	2446	--	--	--	--
民國 84 年	31	612979	33	88283	1	2446	--	--	--	--
民國 85 年	32	631939	36	91004	1	2446	--	--	--	--
民國 86 年	33	637629	37	92170	1	2446	--	--	--	--
民國 87 年	27	420724	33	117496	1	3500	2	1858	--	--
民國 88 年	27	425227	36	151870	1	3500	2	1858	--	--
民國 89 年	27	443227	37	162896	2	4339	2	1858	3	477267

資料來源：台北市統計要覽（民國 81-90 年）

附註：87 年台北市政府工務局公園路燈管理處依都市計畫規劃屬性重行整理全都市計畫及非都市計畫公園、綠地、兒童遊樂場、廣場、河濱公園資料。

表 3-6 台北市士林區醫院診所家數

年度	總計				醫院				診所			
	合計	市立	公立	私立	合計	市立	公立	私立	合計	市立	公立	私立
民國 80 年	214	2	--	212	2	1	--	1	212	1	--	211
民國 81 年	221	2	--	219	3	1	--	2	218	1	--	217
民國 82 年	230	2	--	228	3	1	--	2	227	1	--	226
民國 83 年	245	2	--	243	3	1	--	2	242	1	--	241
民國 84 年	254	2	--	252	3	1	--	2	251	1	--	250
民國 85 年	250	2	--	248	3	1	--	2	247	1	--	246
民國 86 年	263	3	1	259	3	1	--	2	260	2	1	257
民國 87 年	256	3	1	252	3	1	--	2	253	2	1	250
民國 88 年	256	3	1	252	3	1	--	2	253	2	1	250
民國 89 年	263	2	2	259	2	1	--	1	261	1	2	258

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81-90 年）

附註：1 凡設置病室收容病人，病床在 10 床以上，有醫師及護士人員各兩人，藥劑師(生)一人，在非診療時間有醫師當直者為醫院。2 三軍各醫院均未列入。3 包括中醫院。4 附設民眾診療院之軍醫院列入醫院，事業單位及學校附設醫務室不列入診所。5 煙毒勒戒所列入醫院。

## 六、建築物

士林區建築物的分布概況，攸關士林區之地震災感度與風險分布之特性。惟針對建築物存量的統計資料非常有限，故初步僅能透過臺北市政府所核發的營造建築物建照執照，瞭解士林區現有建築物的情況。從表 3-8 可發現，建照的核發數從民國 80 年-89 年，除民國 81 與 82 年，因不動產景氣，有較多之核發數外，其他皆在 52-83 棟間。惟對於地震災害分析，較重要的建築物存量問題，因二手資料缺乏，且無法掌握建築物之使用現況與結構，故需透過土地使用現況調查之方式獲得。

## 七、產業

士林區主要土地使用模式為農業區與住宅、文化區，而非工業或商業區，多以小規模的商店和小型工廠為主。較重要的商店集中在士林夜市、天母商圈及延平北路一帶；至於工業集中在社子與後港一帶。此外，因本區土地大多為都市計畫之保護區與農業區，所以農牧產業在本區亦具有重要之地位。惟受限於二手資料，此處僅列出士林區工廠登記的家數與表 3-9，顯示士林產業發展概況。從表 3-9 所示，以 89 年為例，主要的產業為印刷相關事業（佔 23.6%），其次為電力及電子機械器材製造修配業（佔 14.8%），其他產業皆不多。

表 3-7 台北市士林區學校分佈

年度	設立別	各級學校									幼稚園	特殊教育
		總計	高級學校			中等學校			小學			
			合計	大學 院校	專科 學校	合計	高級 中學	國民 中學		職業 學校		
民國 80 年	合計	35	4	3	1	13	3	8	2	18	61	1
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	26 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	-- 3	8 --	1 1	17 1	14 47	1 --
民國 81 年	合計	36	4	3	1	13	3	8	2	19	57	1
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	27 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	-- 3	8 --	1 1	18 1	14 43	1 --
民國 82 年	合計	37	4	3	1	13	3	8	2	20	54	1
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	28 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	-- 3	8 --	1 1	19 1	14 40	1 --
民國 83 年	合計	37	4	3	1	13	4	7	2	20	54	2
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	28 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	1 3	7 --	1 1	19 1	14 40	2 --
民國 84 年	合計	37	4	3	1	13	4	7	2	20	55	2
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	28 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	1 3	7 --	1 1	19 1	16 39	2 --
民國 85 年	合計	37	4	3	1	13	4	7	2	20	55	2
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	28 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	1 3	7 --	1 1	19 1	16 39	2 --
民國 86 年	合計	37	4	3	1	13	4	7	2	20	56	2
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	28 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	1 3	7 --	1 1	19 1	16 40	2 --
民國 87 年	合計	37	4	3	1	13	4	7	2	20	56	2
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	28 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	1 3	7 --	1 1	19 1	17 39	2 --
民國 88 年	合計	37	4	3	1	13	5	6	2	20	57	2
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	28 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	2 3	6 --	1 1	19 1	17 40	2 --
民國 89 年	合計	37	4	3	1	13	5	6	2	20	56	--
	國立	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	市立 私立	28 9	-- 4	-- 3	-- 1	9 4	2 3	6 --	1 1	19 1	18 38	-- --

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81-90 年）

表 3-8 台北市士林區核發營造建築物建造執照—用途別 面積：平方公尺 造價：新台幣千元

年度	總計				集合住宅				店鋪住宅				商場或市場			
	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價
民國 80 年	68	74	399503	2882258	34	36	89927	634598	13	14	30911	207704	--	--	--	--
民國 81 年	95	110	380866	2948702	43	54	72096	488333	28	30	84538	610639	--	--	--	--
民國 82 年	110	127	415282	3555709	47	52	57710	389559	44	56	241294	2158059	1	1	12619	93574
民國 83 年	54	58	192938	1761743	34	34	39321	260836	9	10	79017	889454	--	--	--	--
民國 84 年	46	53	154699	1140337	23	25	51026	453210	12	15	29131	241517	--	--	--	--
民國 85 年	49	64	169565	1420590	30	39	45403	340647	7	12	520018	435683	--	--	--	--
民國 86 年	56	66	170959	1325067	34	38	57017	465553	11	14	44118	398798	--	--	--	--
民國 87 年	68	82	187611	1857997	41	48	77909	736770	4	4	46717	570856	1	1	9127	91347
民國 88 年	62	79	371960	4531032	42	57	151760	1742441	6	8	34542	404696	--	--	--	--
民國 89 年	53	79	352257	4110720	28	31	61737	643783	10	32	109958	1212983	--	--	--	--

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81 年至 90 年）

表 3-8 台北市士林區核發營造建築物建造執照一用途別（續 1） 面積：平方公尺 造價：新台幣千元

年度	辦公室				工廠或工廠宿舍				學校或教室				醫院或診所				娛樂性建築			
	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價
民國 80 年	--	--	--	--	1	1	12764	92042	4	5	29894	144177	1	1	75469	592435	--	--	--	--
民國 81 年	4	4	51160	443673	2	2	11963	84734	5	5	33580	325722	--	--	--	--	--	--	--	--
民國 82 年	2	2	9781	72375	1	1	7063	60038	6	6	5526	34589	--	--	--	--	--	--	--	--
民國 83 年	3	4	7734	62818	--	--	--	--	3	3	11585	73795	--	--	--	--	--	--	--	--
民國 84 年	1	1	3433	36052	-	--	--	--	3	3	19617	122226	1	1	16062	136523	--	--	--	--
民國 85 年	3	3	13118	103463	1	1	941	12237	5	6	40640	498324	1	1	2058	10290	--	--	--	--
民國 86 年	5	5	21193	162958	--	--	--	--	4	7	5066	30726	--	--	--	--	--	--	--	--
民國 87 年	2	3	13185	130491	1	1	1134	7600	7	13	30927	207749	--	--	--	--	--	--	--	--
民國 88 年	2	2	18399	192221	2	2	23403	284742	3	3	22797	198157	--	--	--	--	--	--	--	--
民國 89 年	1	1	24143	161932	1	1	948	14408	1	1257	1722	--	--	--	--	--	--	--	--	--

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81 年至 90 年）

表 3-8 台北市士林區核發營造建築物建造執照—用途別（續完）面積：平方公尺 造價：新台幣千元

年度	旅館或餐廳				倉庫				公共建築				文教設施建築				其他建築			
	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價	件數	棟數	總面積	造價
民國 80 年	--	--	--	--	1	1	1462	6345	4	5	152409	1169418	5	6	6584	34518	6	6	1545	7366
民國 81 年	--	--	--	--	--	--	--	--	1	1	2088	10916	8	8	100676	745344	4	6	24765	239341
民國 82 年	--	--	--	--	1	1	3164	23413	4	4	21935	166396	4	4	56190	557706	--	--	--	--
民國 83 年	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3	5	54491	469750	2	2	790	5090
民國 84 年	--	--	--	--	--	--	--	--	1	1	--	13035	4	6	35266	136659	1	1	164	1115
民國 85 年	--	--	--	--	--	--	--	--	1	1	537	3461	1	1	14850	16485	--	--	--	--
民國 86 年	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2	2	43565	267032	--	--	--	--
民國 87 年	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	12	12	8612	113184
民國 88 年	--	--	--	--	--	--	--	--	3	3	110448	1617000	--	--	--	--	4	4	10611	91775
民國 89 年	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	12	13	155214	2075892

資料來源：臺北市統計要覽（民國 81 年至 90 年）

表 3-9 台北市士林區工廠登記家數

業 別	民國 83 年	民國 84 年	民國 85 年	民國 86 年	民國 87 年	民國 88 年	民國 89 年
食品製造業	22	22	22	23	18	15	15
煙草製造業	--	--	--	--	--	--	--
紡織業	14	14	18	18	17	17	17
皮衣及服飾品製 造業	28	26	23	23	16	15	13
皮革、皮毛及其 製品製造業	2	2	--	--	--	--	--
木材製品製造業	1	1	--	--	--	--	--
非金屬家具及裝 設品製造業	1	--	5	4	3	3	3
紙漿、紙及紙製 品製造業	12	13	11	11	9	9	8
印刷及有關事業	55	56	59	64	66	65	64
化學材料製造業	1	1	1	1	1	1	1
化學製品製造業	7	7	5	5	5	5	5
橡膠製品製造業	10	9	7	7	4	5	5
塑膠製品製造業	11	11	11	10	10	9	9
非金屬礦物製品 製造業	3	3	2	2	2	2	2
金屬基本工業	3	1	3	3	3	3	4
金屬製品製造業	35	36	25	26	25	23	22
機械設備製造修 配業	19	19	18	18	16	15	15
電力及電子機械 器材製造修配業	63	66	61	57	48	42	40
運輸工具製造修 配業	7	6	12	14	12	12	10
精密器械製造業	11	10	14	14	13	15	15
雜項工業製品製 造業	27	27	22	22	22	20	19
修理服務業	3	3	3	3	4	3	4
合計	335	333	322	325	294	279	271

資料來源：臺北市統計要覽（民國 84-90 年）

## 第二節 HAZ-Taiwan 系統資料蒐集

HAZ-Taiwan 將地震所可能引發之災害，藉由地表震動與大地災害所引發之可能災害損失情境，將之分成三類；第一類為地震所引發之直接實質損害；第二類之損害為引發性之實質損害；第三類之損害為直接與間接之社會經濟損害。本研究主要探討社會經濟損失中的人員傷亡、庇護所、直接經濟損失三個子模組。故對實證地區與 HAZ-Taiwan 系統相關資料的蒐集，需以造成人員傷亡、庇護所、直接經濟損失等三項模組損失所需之相關資料蒐集為主。本節將分成兩部分來探討，首先說明進行 HAZ-Taiwan 境況模擬所需之資料；其次闡述資料來源。

### 一、所需資料

境況模擬所需蒐集之資料，可依圖 2-1 之 HAZ-Taiwan 系統模組架構為基礎進行說明。從圖 2-1 可知人員傷亡、庇護所、直接經濟損失三個子模組的估計，係由一般建物、基礎與容易損壞之設施、維生-交通運輸系統、維生-公共管線系統等模組的損失所造成，上述的四個直接實質損害估計模組又是由地動和因地動帶來的災害風險造成。故系統境況模擬的資料需求，需從最上層估計地動機率分布和大地災害之需求；估計第二層直接實質損害估計的資料需求，及第三層估計直接經濟社會損失模組所需要之資料分別建立。以下即分從此三個層面的資料需求內容說明之：

#### （一）地動和大地災害估計

對於地震災害潛勢評估需要資料包括：地震震源、斷層圖、場址土壤分類圖、山崩潛感分級圖、地下水深分佈圖，其內容為（蔡義本等，1998）：

##### 1. 地震震源

地震震源的位置、深度和強度直接決定地動的幅度與規模，進而決定地動帶來之大地災害的程度，所以需先掌握地震震源之特性。

##### 2. 斷層圖

地震動會因斷層的存在而有所差異，斷層的屬性會對大地的震動有所影響。斷層資料庫所需的資料則包含：各活動斷層之長度、斷層活動形式、滑移速率、地震距率、特徵地震規模及回復週期等。

### 3. 場址土壤分類圖

地質特性會影響大地災害的程度，故需針對地盤之剪應力強度、N 值或剪力波速等資料進行蒐集，以增加對大地災害震動及大地災害估計之準確性。

### 4. 山崩潛感分級圖

對於山崩潛感知識的掌握，有助於減少災害損失，山崩潛感分析則需要土壤坡度分類資料合併進行分級。

### 5. 地下水深分佈圖

地下水水位面會影響土壤液化的可能性，地下水水深分佈為評估土壤液化潛能的基礎。土壤液化對建築結構物在地動的穩固帶來嚴重的威脅，故確切估計大地震動所帶來的災害，需估計土壤液化潛能。

## (二) 直接實質損害估計所需資料

直接實質損害估計包含四個子模組：一般建物、基礎與容易損壞之設施、交通運輸系統、維生管線系統。各子模組所需資料如下 (Federal Emergency Management Agency, 1997a)：

#### 1. 一般建物

一般建物包含住宅、商業、工業、農業、宗教、政府機關、文教機構等建築物。資料包括建物結構類型和建物使用類型，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害機率，在 HAZ-Taiwan 系統模式中，乃將建物之使用類別分成 31 類，建物結構則分 14 種類型。

#### 2. 基礎設施與容易損壞之設施

基礎設施是指提供一般民眾公共服務之設施，包含醫院、警察局、消防

局和學校等設施。基礎設施損壞情形的機率取決於該設施之場址位置，所需資料包含基礎設施數、醫院的病床數、學校數量等。

### 3. 交通運輸系統

- (1) 公路系統：包含道路、橋樑、隧道，需要的資料則包括上述三者的區位、分類、重建成本、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、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、軌道長度等。
- (3) 公車系統：包含場站、調派設施、維修設施等，需要的資料包含這些設施的地理位置、分類、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，需要的資料這些設施的地理位置、分類、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、維修設施等，需要的資料包含這些設施的地理位置、分類、重建成本。
- (6) 機場系統：包含控制塔台、跑道、航站、停車場、燃料補充站、維修設施等，需要的資料包含這些設施的地理位置、分類、重建成本。

### 4. 維生-公共管線系統

- (1) 飲用水系統：包含管線、水處理廠、水井、儲存槽、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、管線的修護成本等。
- (2) 污水系統：包含管線、污水處理廠、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、管線修護成本等。
- (3) 油料系統：包含管線、精煉廠、加壓設備、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、管線修護成本等。
- (4) 天然氣系統：包含管線、壓氣站所組成，需要資料包含這些系統的區位、

分類和設施的重建成本、管線修護成本。

(5) 電力系統：包含變電所、輸配電線路、發電設備、輸電塔等，需要資料包含這些系統設施的區位、分類、重建成本。

(6) 通訊系統：指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、重建成本等

### (三) 直接社會經濟損失所需之資料

本研究計畫欲探討三個模組：經濟、庇護所、人員傷所需的資料為(FEMA, 1997c)：

#### 1. 直接經濟損失

估計地震直接經濟損失需要的資料包含：建物使用類型分類、建物修復或重建成本、建物之加速-敏感性非結構部分之修護成本、建物之移動-敏感性非結構部分之修護成本、內部重建價格、內部重建成本比率之估計、平均總產值、庫存產值、庫存損失產值表、再營業之修復時間、租金損失及損失成本、自有比率等十二項。詳細之內容可說明如下：

(1) 建物使用類型分類：模擬地區之建物使用類型分布。

(2) 建物修復或重建成本：各類型建物之重建或修護成本。

(3) 建物之加速-敏感性非結構部分之修護或重建成本：建物非結構物(如天花板、機房與電力設備、管線與樓梯)之重建或修護成本。

(4) 建物之移動-敏感性非結構部分之修護或重建成本：建物裝飾或隔間之非建物結構部分(如隔牆、外牆、裝飾品與玻璃)之修護或重建成本。

(5) 內部重建成本：指建物結構體與非結構體外，內部設施或物件之重建或修護成本。

(6) 庫存產值：各使用類型建物之庫存損失，其計算方式係以各產業之平均總產值為基礎，乘以庫存率而得。

(7) 再營業之修復時間：指地震發生後不同建物類別，在不同地震損壞程度情況下，從建物功能中斷到建物可恢復原有功能所需之時間。

(8) 租金成本：各使用類型建物之租金。

(9) 自有比率：各類建物之自有率。

## 2. 庇護所

估計庇護所需求估計，第一種估計項目為無家可歸戶數/人數的估計，其主透過流離失所家庭的數量與不適合居住住宅單元數估計而得，估計過程主要輸入資料為人口數、各類住宅之家戶數等。另估計短期庇護所需要的資料包括：居民的收入、所有權狀態、年齡等 (FEMA, 1997c)：

## 3. 人員傷亡

人員傷亡數量的估計，需要的資料包括：傷亡程度的分類、人口分佈資料、地震發生的時間、結構物損失情況機率的分類等。

以上的資料需求，為 HAZ-Taiwan 系統境況模擬所需的基本資料與參數，惟在本研究無法針對所有的資料進行蒐集與校正，只能針對士林區所特有及較關鍵的資料項目進行蒐集與調查，其他資料則以防災國家型科技計畫辦公室（以下簡稱防災辦公室）國家地震工程中心與台北市政府所提供資料為主。故以下即說明 HAZ-Taiwan 系統之資料與參數系統來源。

## 二、資料來源

### (一) 地動和大地災害估計模組

估計地動和大地災害之危險度所需的資料庫與圖，HAZ-Taiwan 系統模組資料庫，已修改 HAZUS 系統原有模組的估計方法，納入台灣地震特性，特別是台北市盆地效應的地震危險度估計模式，故可直接引為本研究境況模擬的基本程式與資料庫。

HAZ-Taiwan 系統估計地動和大地災害的資料庫系統來源包含：

1. 地震震源：主以氣象局 1900 年至 1998 年間之有感地震資料設定。

2. 斷層圖：活斷層資料由中央大學工程地質與防災科技研究室提供。活斷層比例尺約兩萬五千分之一。
3. 場址土壤分類圖：包含(1)經濟部地質調查所 25 萬分之一比例尺地質圖幅；(2)蒐集由國道工程局、中興工程顧問社、亞新工程顧問公司等提供之道路沿線鑽井之 30 公尺內 N 值資料；(3)數值地形圖。
4. 山崩潛感圖：包含(1)農林航空測量所 40 公尺網格數值地形資料 (DTM)；(2)經濟部地質調查所 25 萬分之一比例尺地質圖幅。
5. 地下水深圖：(1)農林航空測量所 40 公尺網格數值地形資料 (DTM)；(2)數值地形彩繪明暗圖 (地形變化)。HAZ-Taiwan 系統所用之地下水位資料是向量圖層，為 400 公尺網格比例之地下水位深值。

## (二) 直接實質損害估計資料

直接實質損害估計包含四個子模組：一般建物、基礎與容易損壞之設施、維生-交通運輸系統、維生管線系統。

### 1. 一般建物

HAZ-Taiwan 系統即根據其建立的 31 種建物使用類型建立資料庫，內建資料包括：建築物樓地板面積、數量、建築物耐震能耐曲線、建築物之易損性曲線等資料。此部份之資料來源主要為防災辦公室、國家地震工程中心及本研究之土地使用調查。

### 2. 基礎與容易損壞之設施

在基礎與容易損壞設施方面，系統參數與資料包含輕度、中度、嚴重與完全四個不同損害程度，醫療院所、學校和緊急應變中心的功能恢復函數。本部分主要資料來源為防災辦公室。

### 3. 維生-交通運輸系統

在維生-交通運輸系統設施方面，系統參數與資料包含輕度、中度、嚴重、完全四個不同損害程度，公路、鐵路、公車、港埠、渡口、機場等系統之相關損害函數、功能恢復函數、損害比率及機場塔台的重建或修護成本，及公路路段長度及寬度；公路橋樑的長度、寬度和橋樑位置。本部分之主要資料

來源為國家地震工程中心、防災辦公室與台北市政府。

#### 4. 維生-公共管線系統

在維生-公共管線系統方面，系統參數與資料包含輕度、中度、嚴重、完全四個不同損害程度下飲用水、污水、油料、天然氣、電力、通信等系統之損害函數、功能恢復函數、損害比率以及管線（飲用水、污水、油料、天然氣等系統）的損害比率；以及飲用水、污水、油料、天然氣、電力、通信等系統之重建或修護成本；另外尚有通訊系統中通訊設施及電力系統中電力設施的重建成本、耐震設計要求、區位等資料，本部分之主要資料來源為防災辦公室。

### （三）直接經濟社會損失之資料

#### 1. 直接經濟損失

HAZ-Taiwan 系統在估計經濟損失方面，內建：(1) 建築物結構與非結構體重建或修護成本：在輕度、中度、嚴重、完全四個不同損害程度下各種類型建物的建築物結構體與非結構體之修復或重建成本；(2) 內部財產損失：在輕度、中度、嚴重、完全四個不同損害程度之各種類型建物的內部財產損害成本(3) 商業庫存損失：在輕度、中度、嚴重、完全四個不同損害程度下各種類型建物的商業庫存損失；(4) 修復時間：在無、輕度、中度、嚴重、完全五個不同損害程度下各種類型建物的建物修復時間；(5) 收入損失：不同使用類型建物之租金、薪資及資本相關收入。本部分之主要資料來源為防災辦公室、工商普查及本研究之問卷訪談調查而得。

#### 2. 庇護所

HAZ-Taiwan 系統在估計庇護所需求方面，估計無家可歸戶數/人數之主要的資料需求為：(1) 總戶數；(2) 空屋率；(3) 各類型住宅之地震中度、嚴重、完全損害的機率；(4) 住所單位中喪失水電功能的機率。此部份之資料主要為台北市政府之統計要覽，參數資料（如建物損害機率）則為系統模擬的輸出。另估計短期庇護所之資料需求為：(1) 人口數；(2) 總戶數；(3) 所得分布；(4) 住宅自有率；(5) 承租住宅之比率；(6) 年齡分布。此部份的資料的來

源，主要為台北市政府與地政統計年報。

### 3. 人員傷亡

HAZ-Taiwan 系統在在估計人員傷亡方面，資料內容包含：(1) 於不同建物類型及不同建築物損害狀態下，每千人傷亡率；(2) 不同橋樑損害狀態下，每千人傷亡率(3) 人口分佈及不同時段的人口數(時段共分成凌晨二時、早上八點、下午三點等三個時段；人口數的類別則分成住宅、商業、工業與通勤人口數四個類型。本部分之資料主要來源為防災辦公室與台北市政府。

### 三、資料之特性與限制

本研究進行境況模擬之 HAZ-Taiwan 系統內建及所蒐集之資料庫，並非非常完整。以下茲將資料之限制分述如下：

#### (一) 地動和大地災害

此層級之資料庫與圖層，以現有國家地震工程研究中心建置的現況為基礎，不另進行資料的蒐集與調查。

#### (二) 直接實質損害估計

##### 1. 一般建物

依據 HAZ-Taiwan 系統對建物的分類，共分 31 種使用型態(如表 3-10)，針對境況模擬所需，需蒐集與調查之資料為士林區之建物使用型態、結構、數量與區位分布資料。惟因士林區之幅員相當廣闊，欲對所有士林區進行土地使用現況普查似有困難，故本研究除以防災辦公室與國家地震工程研究中心提供之資料庫為基礎外，只針對士林區都市發展較密集之地區(災感度較高)，抽取 8 個里進行土地使用與問卷調查，將所獲得資料作為補充與校正之用。

##### 2. 基礎與容易損壞之設施

HAZ-Taiwan 系統中內建之資料庫，已具大部分基礎設施相關資料，但尚有需多醫療院所的病床數和消防車數量等資料缺乏或過時，此等資料尚有更新與補充之空間，在後續應用時可補強。

### 3. 維生-交通運輸系統

此部份資料，主要以 HAZ-Taiwan 系統現有系統庫為主，但資料尚非完整，於後續應用時可補強。

### 4. 維生-公共管線系統

此部份資料，主要仍沿用防災辦公室所提供之資料，但對於設施的重建與修護成本等資料仍不足，故可於後續應用時補強。

## (三) 社會與直接經濟損失估計

### 1. 建物直接經濟損失估計

本部分主要之資料源係透過營建廠、建築師、問卷訪談與工商普查資料而得，此部份之資料需隨時更新，以維其精確性。

### 2. 庇護所

本部分主依防災辦公室所提供之資料進行模擬，其中較大的課題在日間人口資料的缺乏，此部份尚需續調查的補強。

### 3. 人員傷亡

此部份之資料，較大的課題亦在缺乏日間人口資料，故估計成果可能有偏誤，此部份亦可於後續應用補充。

表 3-10 建物使用類型

編號	使用類別	包含之使用類別
1	獨棟住宅	-
2	連棟住宅	-
3	臨時住宅	-
4	宿舍	-
5	養老院	-
6	批發業	-
7	零售業	-
8	國際貿易業	-
9	餐飲業	-
10	交通業	運輸業、倉儲業、通信業
11	財管業	金融業、証券及期貨業、保險業、不動產業
12	工商服務業	-
13	社會及個人服務業	-
14	醫療保健服務業	-
15	娛樂業	-
16	礦石工業	煤礦業、石油；天然氣、地熱、(非)金屬礦、土石採取業
17	食品及煙草工業	-
18	輕工業	家具、皮革、木竹、紙、塑膠、橡膠製造業
19	石化工業	石油、化學及煤製品製造業
20	金屬及機械工業	金屬製品製造業、機械及電子器材製造修配業
21	精密器械製造業	-
22	能源工業	電力、水、燃料、蒸氣供應業
23	營造業	-
24	農林漁牧業	-
25	公共行政業	-
26	危機處理業	-
27	大專學校	-
28	基礎教育及特殊教育	-
29	職業訓練及社會教育	-
30	教堂及廟宇	-
31	非營利事業	-

表 3-11 建物修護或重置成本表（輕度、中度、嚴重、完全四種損失）

單位：千元/平方公尺

NO	使用類別 結構類別	木 結 構	鋼骨 力 結 構	強化 鋼骨 結 構	輕鋼骨 結 構	鋼骨配混 凝土剪力 牆	鋼骨配磚 牆	混凝土 力 結 構	混凝土配 剪力牆	混凝土配填 充式未強化 磚牆	混凝土結構 配混凝土剪 力牆	未強化磚結 構配承載牆	鋼強化混 凝土結構	鋼強化混凝土 結構配剪力牆	鋼強化混 凝土配強 化牆	平均造價
2	連棟住宅															
3	臨時住宅															
4	宿舍															
5	養老院															
6	批發業															
7	零售業															
8	國際貿易業															
9	餐飲業															
10	交通業															
11	財管業															
12	工商服務業															
13	社會及個人服務 業															
14	醫療保健服務業															
15	娛樂業															
16	礦石工業															
17	食品及煙草工業															
18	輕工業															
19	石化工業															
20	金屬及機械工業															

表 3-11 建物修護或重置成本表（輕度、中度、嚴重、完全四種損失）（續）

單位：千元/平方公尺

NO	使用類別 結構類別	木 結 構	鋼骨 力 結 構	強化 鋼骨 結 構	輕鋼骨 結 構	鋼骨配混 凝土剪 力 牆	鋼骨配磚 牆	混 凝 土 力 結 構	混 凝 土 配 剪 力 牆	混 凝 土 配 填 充 式 未 強 化 磚 牆	混 凝 土 結 構 配 混 凝 土 剪 力 牆	未 強 化 磚 結 構 配 承 載 牆	鋼 強 化 混 凝 土 結 構	鋼 強 化 混 凝 土 結 構 配 剪 力 牆	鋼 強 化 混 凝 土 配 強 化 牆	平均造價
21	精密器械製造業															
22	能源工業															
23	營造業															
24	農林漁牧業															
25	公共行政業															
26	危機處理業															
27	大專學校															
28	基礎教育及特殊 教育															
29	職業訓練及社會 教育															
30	教堂及廟宇															
31	非營利事業															

## 第四章 境況模擬分析

本章主要目的，乃引用 HAZ-Taiwan 系統，以台北市士林區為例進行境況模擬，及作為後一章評估 HAZ-Taiwan 系統應用於都市計畫防災規劃方式的基礎。以下第一節說明境況模擬的情境設定與操作步驟；第二節為模擬結果分析。

### 第一節 情境設定與模擬步驟

HAZ-Taiwan 地震損害評估系統境況模擬之操作步驟與情境設定為：

#### 一、第一步驟：建立研究區域

本計畫所選定之實證境況模擬區為臺北市士林區，HAZ-Taiwan 系統即以此地區為地震損害與損失評估之地理範圍。

#### 二、第二步驟：輸入地震災害模擬事件

根據所選定之震災模擬事件，定義一新的地震事件，將該模擬事件之震央座標、地震規模、震央深度及斷層形式等資料輸入系統，即可執行災害損害與損失評估分析。

#### 三、第三步驟：估計地表震動與大地破壞情形

依上述兩步驟，HAZ-Taiwan 系統會根據系統內已建立之山崩潛感、場址土壤、地下水位圖等資料，進行地震災害潛勢分析。此步驟之輸出，可展示士林區之地震之地動強度等值圖和地層破壞分佈圖。

#### 四、第四步驟：評估評估建物、重要設施與維生管線損壞機率

HAZ-Taiwan 系統根據上一步驟所估計之地震潛勢成果進行模擬，以進一步估計地震危險度，包含建物損害、重要設施與維生管線之損壞機率與地理位置分佈圖，這些圖層可被用作災感度評估與風險分析之基礎。

#### 五、第五步驟：估計直接經濟/社會損失

根據上一步驟所得出之危險度估計成果，可估計直接經濟損失與社會損

害，估計內容包含：建物損壞所引發之直接經濟損失、重要與交通設施損害成本、人員傷亡與庇護所需求。

藉由上述五個步驟，即可完成 HAZ-Taiwan 系統之境況模擬，並可依其模擬的成果，分析士林區地震危險度或災感度之特性與分布，作為地區防救災計畫研擬的地震風險管理決策之支援工具。

## 第二節 情境模擬分析

本節將說明依所選定之不同地震災害事件之系統境況模擬成果，進行不同成果的比較分析。境況模擬係將地震災害模擬事件分成 A、B 兩種事件，事件 A 為假設震源在新城斷層，地震規模  $M=7$ ，震央深度為 10 公里。事件 B 則設定震源為宜蘭外海，地震規模為  $M=7.5$ ，震央深度同樣為 10 公里。藉由兩個地震事件模擬成果的比較，可更多向度的探討士林區，在不同地震事件的可能地震危險度與災感度分布特性，以更一般性的理解實證區的地震災害特性。本節之損害模擬不進行所有 HAZ-Taiwan 損失子模組之模擬，只針對直接實質損失與社會經濟損失子模組之建物直接經濟損失、重要設施損害、交通與維生管線損害、傷亡估計與庇護所需求模組進行境況模擬。

### 一、事件 A：新城斷層

本事件之震源設定於士林區的西南方之新城斷層，選擇此事件係因此斷層為靠近臺北市且為確實度較高之斷層，發生機率較大（為國家地震工程研究中心建議），另考慮淺層地震對於建物和設施之危害度較大，故將震央深度假設為 10 公里。設定系統之震央位置為二度分帶座標 269000，2742000（121.188E，24.79N），地震規模假設為  $M=7$ 。以下茲將模擬所得之災害損害估計成果說明如下。

#### （一）地動

從圖 4-1 可發現事件 A 之情境設定條件下，最大地表加速度（peak ground acceleration；PGA）的地理分布。從圖中發現，PGA 之分布可分為三級，較大之 PGA 地點為士林區之西南部，約為劍潭、天母與社子等地區（地動最大加速度約為 0.233-0.283g 間（地動最大加速度 g 與震度間的關係可參見表 4-1）。PGA 較大之地區，隱含地震發生時，可能產生較大之震度，而產生較嚴重之損害。

表 4-1 地震震度之分級(八十九年八月一日公告)

震度分級		地動加速度範圍	人的感受	屋內情形	屋外情形
0	無感	0.00008g*以下	人無感覺	-	-
1	微震	0.00008~0.0003g	人靜止時可感覺 微小搖晃	-	-
2	輕震	0.0003~0.0008g	大多數的人可感到搖晃,有的人會有恐懼感	電燈等懸掛物有小搖晃	靜止的汽車輕輕搖晃,類似卡車經過,但歷時很短
3	弱震	0.0008~0.026g	幾乎所有的人都感覺搖晃,有的人會有恐懼感	房屋震動,碗盤門窗發出聲音	靜止的汽車明顯搖動,電線略有搖晃
4	中震	0.026~0.082g	有相當程度的恐懼感,部分的人會尋求躲避的地方,睡眠中的人幾乎都會驚醒	房屋搖動甚烈,底座不穩物品傾倒,較重傢俱移動,可能有輕微災害	汽車駕駛人略微有感,電線明顯搖晃,步行中的人也感到搖晃
5	強震	0.082~0.255g	大多數的人會感到驚嚇恐慌	部分牆壁產生裂痕,重傢俱可能翻倒	汽車駕駛人明顯感覺地震,有些牌坊煙囪傾倒
6	烈震	0.255~0.408g	搖晃劇烈以致站立困難	部分建築物受損,重傢俱翻倒,門窗扭曲變形	汽車駕駛人開車困難,出現噴沙噴泥現象
7	劇震	0.408g 以上	搖晃劇烈以致無法依意志行動	部分建築物受損嚴重或倒塌,幾乎所有傢俱都大幅移位或摔落地面	山崩地裂,鐵軌彎曲,地下管線破壞

資料來源：交通部中央氣象局資訊服務網 ( <http://www.cwb.gov.tw/V3.0/index.htm> )

註：\* 1 gal = 1 cm/sec<sup>2</sup>, 1 g = 980 gal

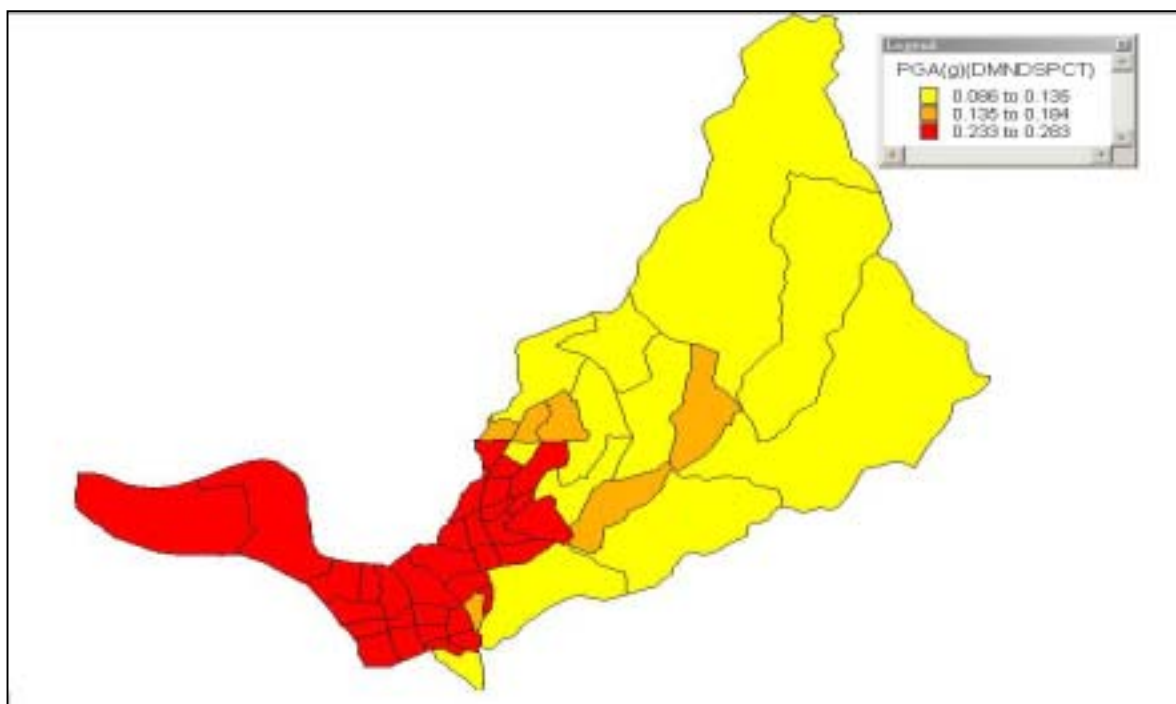


圖 4-1 臺北市士林區最大地表加速度分佈（事件 A）

## （二）一般建物損害

表 4-2 顯示事件 A，造成不同建物損害機率分布的模擬結果，其發現住宅、商業與教育使用之建物嚴重與完全損害機率較高。因士林區主要土地使用模式為住宅，此結果可能造成住、商使用或混合使用之建物之大量受損或倒塌，而造成嚴重的傷亡與較多的庇護所需求。

表 4-2 一般建物損害之估計

	樓地板面積( 仟 平方公尺)	損害機率 (%)				
		沒有損害	輕度損害	中度損害	嚴重損害	完全損害
農業	323	19.00	0.66	2.24	6.32	9.78
商業	314	26.86	1.02	3.48	8.28	14.20
教育	576	23.14	1.24	4.42	7.58	9.62
政府	497	17.28	1.30	3.36	5.38	6.64
工業	413	13.82	0.34	0.94	3.54	9.40
宗教	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
住宅	5912	46.48	1.06	1.74	11.36	33.46
平均值	8035 (總計)	20.94	0.80	2.31	6.07	11.87

### (三) 重要設施損害

本節所討論之重要公共設施，以醫院、消防設施、學校等與防救災較相關的設施為主。表 4-3 為醫院地震損害之境況模擬成果，成果呈現地震後三天內，約有 49%醫院之病床數會喪失功能，惟地震後三個月約有 74%病床數功能會恢復。

表 4-3 醫院功能恢復估計結果

	總病床數	第一天		第三天		第七天		第三十天		第九十天	
		病床數	%	病床數	%	病床數	%	病床數	%	病床數	%
大型醫院	1148	580	50.5	587	51.1	599	52.2	672	58.5	852	74.2
小型醫院	20	10	50.0	11	55.0	11	55.0	13	65.0	15	75.0
總計	1168	590	50.5	598	51.2	610	52.2	685	58.6	867	74.2

表 4-4 顯現消防隊與學校的功能損壞模擬成果，第一天約有 36%-40%的功能會喪失，此對於救災工作進行有嚴重影響。綜合表 4-3 與表 4-4 之模擬成果，發現重要公共設施的損壞非常嚴重，政府應有相對的防救災配套策略，方足以應付如此地震巨災。

表 4-4 緊急應變設施、學校功能估計成果

	數量	功能性 (%) (第一天)
消防隊	4	60.00
學校	39	63.95

### (四) 交通運輸與維生管線系統損害

表 4-5 為飲用水系統功能損害的模擬成果，成果發現只 PGV 會造成損害，但損害狀況不嚴重。表 4-6 為公路與通訊設施功能損壞之境況模擬成果，成果顯示公路與通訊設施之功能，地震發生當天約可維持 74%的功能，地震發生三個月內之功能則可恢復至約 84%。綜合此兩個部分的損害估計，整體損害情況尚不十分嚴重，如能加強政府的修復機能，應可將損害衝擊程度降至最低。

表 4-5 飲用水系統管線損害分析結果

	管線長度 (公里)	PGV 造成之需修復損害數 (當天)	PGD 造成之需修復損害數 (當天)
士林區	61.01	0.24	0.00

表 4-6 公路橋樑、通訊設施功能估計結果

	數量	功能性 (%)					
		當天	第一天	第三天	第七天	第三十天	第九十天
公路橋樑	35	74.46	74.71	76.49	77.54	83.40	83.86
通訊設施	8	74.38	74.50	75.63	77.50	80.88	84.25

### (五) 直接經濟損失

表 4-7 為一般建物損壞引發之直接經濟損失的估計成果，估計內容包含建物損害的實質資產成本損失與收入損失。兩者合計之經濟損失額約為 933 億元，整體建物之資產損害比率為所有建物之 32.67%。資產損失仍為主要的直接經濟損失源，其佔損失總額之 79.27%。然此等損失尚不包含建物損壞引發的間接經濟損失，如計入間接經濟損失，損失額將大幅擴張。

表 4-7 一般建築物直接經濟損失分析結果 單位：億元

資產損失				損失比率 (%)	收入損失				全部損失
結構損害成本	非結構損害成本	內部財產損害	庫存損失		重置損失	資本相關收入損失	薪資收入損失	租金收入損失	
273.91	306.104	159.619	0.236	37.67	133.270	2.486	9.042	48.628	933.298

表 4-8 為交通運輸與維生系統損害之直接經濟損失估計成果，交通運輸設施損失約為 450.54 億元，高於維生系統之 160.32 億元，兩者之合計損失額約為 610.86 億元。如綜合建物、交通運輸與維生系統損壞的直接經濟損失額，合計約為 1544.16 億元。

表 4-8 交通運輸與維生系統直接經濟損失

單位：億元

交通運輸系統	公路系統		公車系統	合計
	450.535		0.019	450.537
維生系統	飲用水系統	電力系統	通信系統	合計
	3.627	1.296	155.398	160.320

(六) 庇護所需求

表 4-9 與圖 4-2、4-3 為庇護所需求的模擬估計成果，其估計主要依建物倒塌之狀況模擬而得。估計成果顯示，無家可歸之戶數約為 3 萬 5 千餘戶，需要短期庇護所之人口約為 1 萬 5 千餘人。從庇護所需求分布，亦可發現主要的需求集中之區域與地震 PGA 較強及人口較集中地區有高度相關(集中在士林西南部與東南地區)，隱含此等地區之建物損壞或倒塌亦較嚴重，故此等地區的防救災支援系統與設施，需投資較多之資源，甚至需將之落實於地區防救災計畫。

表 4-9 庇護所需求估計

	無家可歸家庭戶數	短期庇護所需求人數
士林區	35781	15927

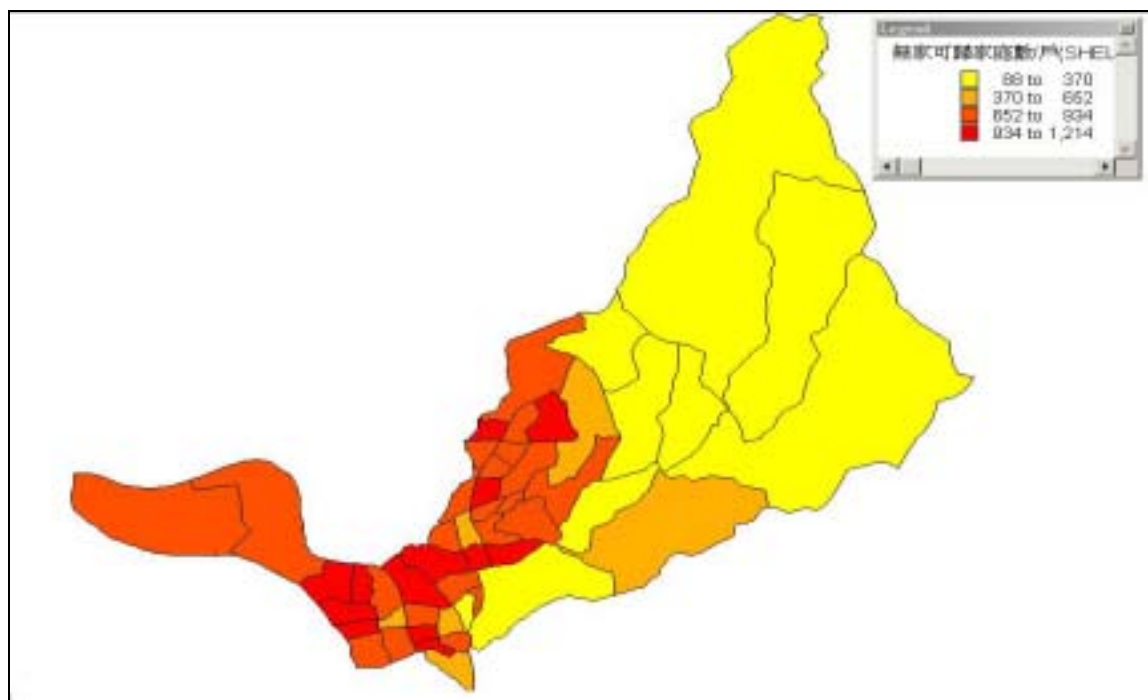


圖 4-2 臺北市士林區無家可歸戶數分佈 (事件 A)

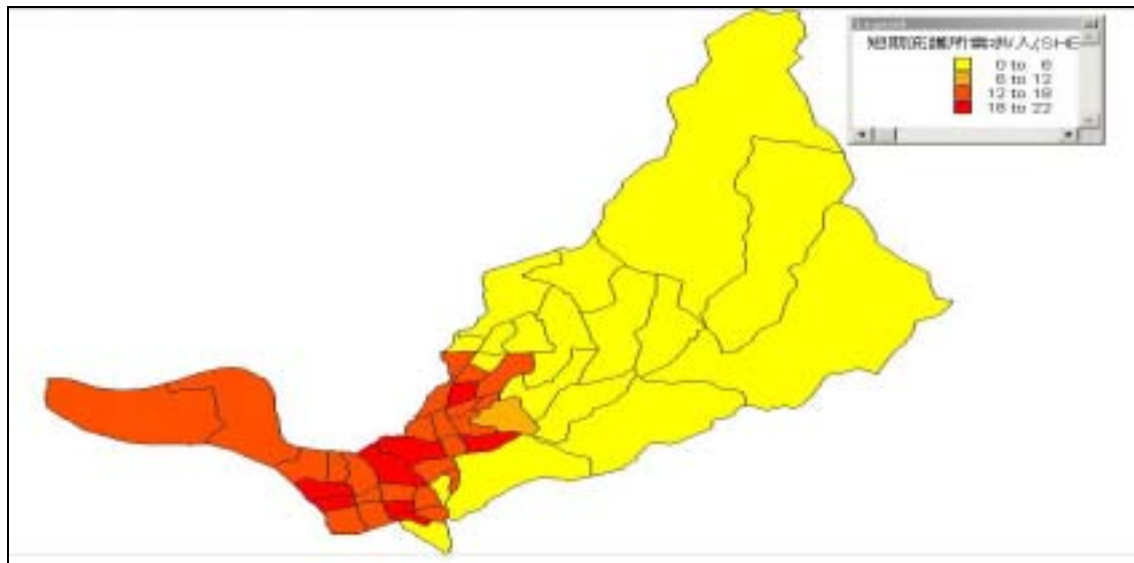


圖 4-3 臺北市士林區短期庇護所需求人數分佈（事件 A）

#### （七）人員傷亡

人員傷亡之估計，為考慮不同地震發生時段與日夜間地震造成的傷亡差異，故模擬之時段分為凌晨二時、清晨八時與下午三時三種時段。HAZ-Taiwan 系統人員傷亡估計共分四個等級，第一等級為僅需基本醫療，無須住院者；第二等級為較嚴重之患者，需進一步之醫療處理與住院，但無立即生命危險者；第三級為重傷，若無儘速就醫或醫療處理，會有立即性之生命危險者；第四級為立即死亡者。表 4-10 之估計成果，發現傷亡較嚴重之時段為凌晨二時，多數人就寢之時間，預估傷亡人數可達 2 萬 1 千餘人。然地震發生時間如在日間，人員傷亡則以下午三時上班時間較為嚴重（4,624 人），工作人口之傷亡將大幅增加。

表 4-10 人員傷亡估計

	總傷亡數-凌晨二時				總傷亡數-清晨八時				總傷亡數-下午三時			
	在家人 口	工作 人口	通勤 人口	總計	在家 人口	工作 人口	通勤 人口	總計	在家 人口	工作 人口	通勤 人口	總計
一級 傷害	17005	78	0	17083	3263	215	0	3478	2748	930	0	3678
二級 傷害	3371	15	0	3386	647	42	0	689	545	183	0	727
三級 傷害	511	2	0	514	98	6	0	104	83	27	0	109
四級 傷害	511	2	0	514	98	6	0	104	83	27	0	109
總計	21399	98	0	21496	4107	269	0	4376	3458	1166	0	4624

## 二、方案 B：宜蘭外海

本事件之震源設定於士林區東南方之宜蘭外海，選擇此震源之原因，乃因歷史震央資料之震源大多位於此處，故以選擇其為模擬事件。模擬設定之震央二度分帶座標為 2694039, 332899 ( 121.817E, 24.35N )，地震規模假設為  $M = 7.5$ ，同樣考量到淺層地震對於建物和設施之危害較大，故亦設定震央深度為 10 公里。此事件與事件 A 之差異，除在於震源位置不同外，地震規模亦較大，茲將模擬估計之地震損害與損失估計成果說明如下：

### (一) 地表運動

從圖 4-4 之模擬成果，發現 PGA 分布較嚴重之地區，與事件 A 類似，仍集中在士林區之西南區域之人口與建物較集中之劍潭、天母與社子等地區，故兩個不同震源所得出之 PGA 分布，無太大差異，反而地震規模較大之事件 B 之震度略小於事件 A。

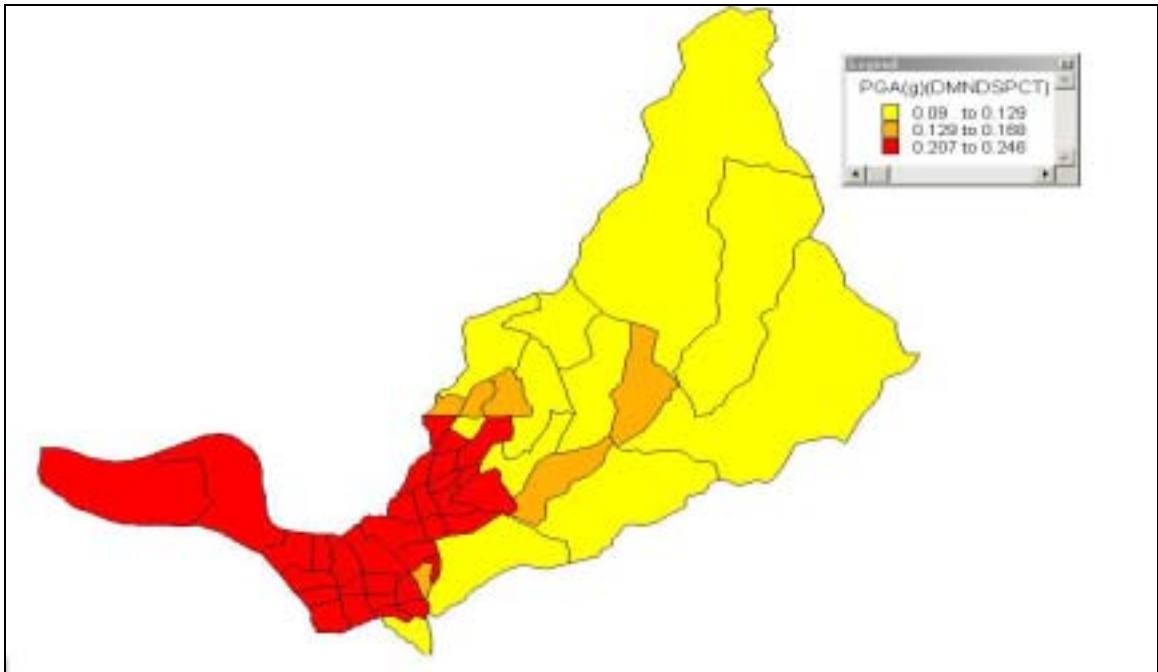


圖 4-4 士林區最大地表加速度分佈（事件 B）

（二）一般建物損害機率

一般建物損害狀況的模擬成果，可從表 4-11 的估計成果發現，損害較嚴重者仍為住宅與商業使用，完全損害之平均機率為 11.24 %。但與事件 A 比較，完全與嚴重損害之比率差異不大。

表 4-11 建物損害之估計

	樓地板面積( 仟 平方公尺 )	損害機率 ( % )				
		沒有損害	輕度損害	中度損害	嚴重損害	完全損害
農業	323	19.00	0.66	2.28	6.44	9.58
商業	314	26.90	1.02	3.90	8.92	12.90
教育	576	23.32	1.28	4.90	7.70	8.80
政府	497	17.38	1.26	3.58	5.56	6.10
工業	413	13.80	0.34	0.94	3.78	8.92
宗教	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
住宅	5912	46.48	1.10	1.88	12.22	32.38
平均值	8035	20.98	0.81	2.50	6.38	11.24

### (三) 重要設施損害

從表 4-12、4-13 之境況模擬成果，可顯示醫院、消防隊與學校之功能受損狀況。結果顯示此三類設施功能受損狀況，較事件 A 之差異亦不大，醫院地震後第一天之功能可維持約 51%，三個月內功能可恢復至 74%。消防功能地震後一天內可維持約 61%，學校功能可維持 65% 之功能，提供之功能略高於事件 A。

表 4-12 醫院功能分析

	總病床數	第一天		第三天		第七天		第三十天		第九十天	
		病床數	%	病床數	%	病床數	%	病床數	%	病床數	%
大型醫院	1148	580	50.5	588	51.2	601	52.4	679	59.1	852	74.2
小型醫院	20	10	50.0	11	55.0	11	55.0	13	65.0	15	75.0
總計	1168	590	51	599	51	612	52	692	59	867	74

表 4-13 緊急應變設施、學校功能估計

	數量	提供功能 (%) (第一天)
消防隊	4	61.25
學校	39	64.74

### (四) 交通運輸與維生管線系統損害

從表 4-14 之模擬成果，發現地震造成之公路橋樑與飲水設施的損害，公路橋樑無損害的機率約為 52%，完全損害之機率為 31%。飲水設施則有 54% 之機率無損害，完全損害之機率為 23%，此損害情境與事件 A 差異不大。另表 4-15 之飲用水管線損害狀況，亦與事件 A 無甚差異。表 4-16 所顯現之公路橋樑與通訊設施的功能受損狀況，地震當天之功能仍可維持 74% 以上，而三個月內即可恢復至約 85%。

表 4-14 公路橋樑、飲用水設施損害估計

	數量	平均損害機率 ( % )				
		沒有損害	輕度損害	中度損害	嚴重損害	完全損害
公路橋樑	35	0.52	0.04	0.12	0.01	0.31
飲水設施	1	0.54	0.04	0.02	0.17	0.23

表 4-15 飲用水系統管線損害分析

	管線長度 ( 公里 )	PGV 造成之需修復損害數 ( 當天 )	PGD 造成之需修復損害數 ( 當天 )
士林區	61.01	0.2	0.00

表 4-16 公路橋樑、通訊設施功能估計

	數量	功能性 ( % )					
		當天	第一天	第三天	第七天	第三十天	第九十天
公路橋樑	35	74.31	74.74	76.23	77.20	83.14	83.57
通信設施	8	74.38	74.50	75.75	78.13	81.50	85.50

#### (五) 直接經濟損失

表 4-17 為交通運輸系統與維生管線系統之直接經濟損失估計成果，其中交通運輸之總損失約為 435 億元，維生系統損失約為 158 億元，合計約為 594 億元，略低於事件 A 之 610 億元。

表 4-17 交通運輸系統、維生系統直接經濟損失 單位：億元

運輸系統	公路系統		公車系統		合計
	434.762		0.019		434.764
維生系統	飲用水系統	電力系統	通信系統		合計
	3.830	1.252	152.423		157.506

表 4-18 顯示一般建物倒塌引發的直接經濟損失估計結果，總損失額約為 905 億元，亦較事件 A 之 932 億元略低。綜合重要設施、維生管線與建物之直接經濟損失，總計約損失 1,499 億元，略低於事件 A 之 1,544 億元。

表 4-18 一般建築物直接經濟損失估計

單位：億元

資產損失				損失 比 (%)	收入損失				全部損 失
成本結 構元件 損害	成本非 結構元 件損害	成本內 部財產 損害	庫存 損失		重置損 失	資本 相關 收入 損失	薪資 收入 損失	租金收 入損失	
267.715	296.802	151.644	0.221	36.67	130.461	2.408	8.674	47.527	905.452

## (六) 庇護所需求估計

從表 4-19 之庇護所需求估計成果，顯示無家可歸之戶數約有 3 萬 5 千戶，需要短期庇護所者約有 1 萬 5 千餘人。此估計成果，可作為士林區設置庇護所或興建組合屋之參考。另從圖 4-5 與 4-6，亦可發現無家可歸與短期庇護所需求較殷切者，同樣集中在建物損壞較嚴重與人口較集中之西南與南部區域。此與事件 A 之模擬成果類似，故士林西南與南部區域之各里土地使用計畫、避難圈劃設、避難路徑規劃與防救災規劃，需提出相對之配套策略，以處理其較高災感度的課題。

表 4-19 庇護所需求估計

	無家可歸家庭戶數	短期庇護所需求人數
士林區	34805	15505

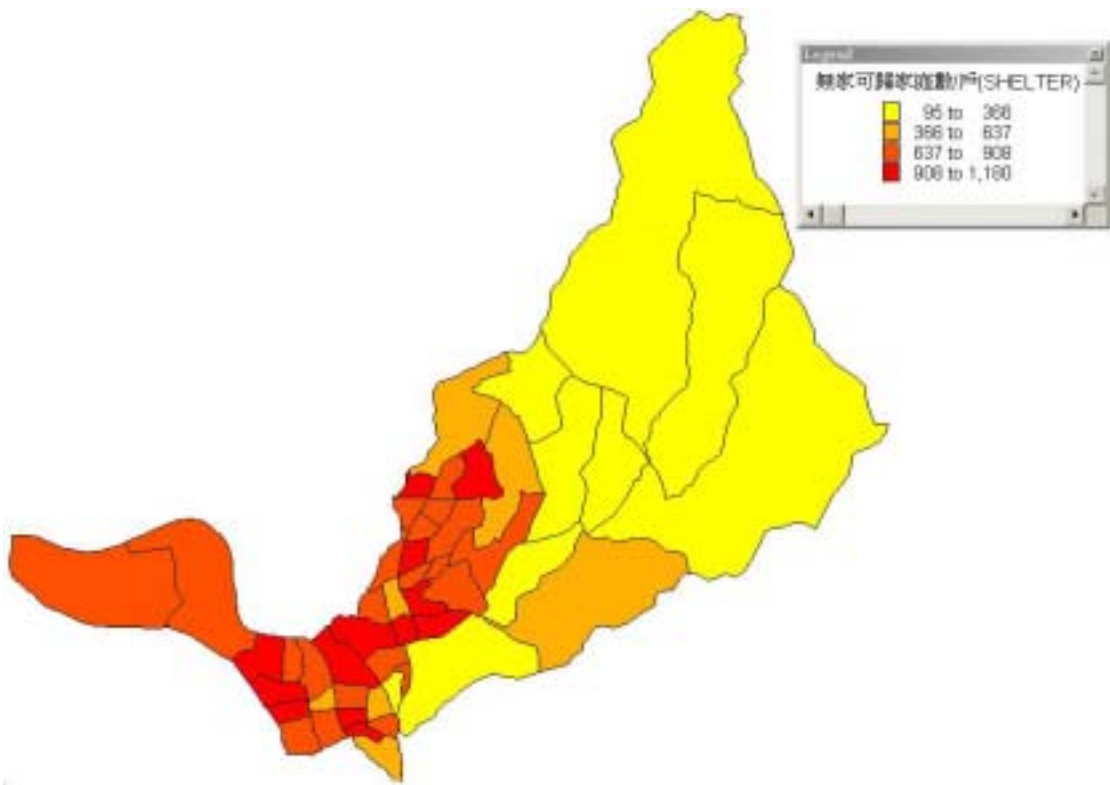


圖 4-5 臺北市士林區無家可歸戶數分佈（事件 B）

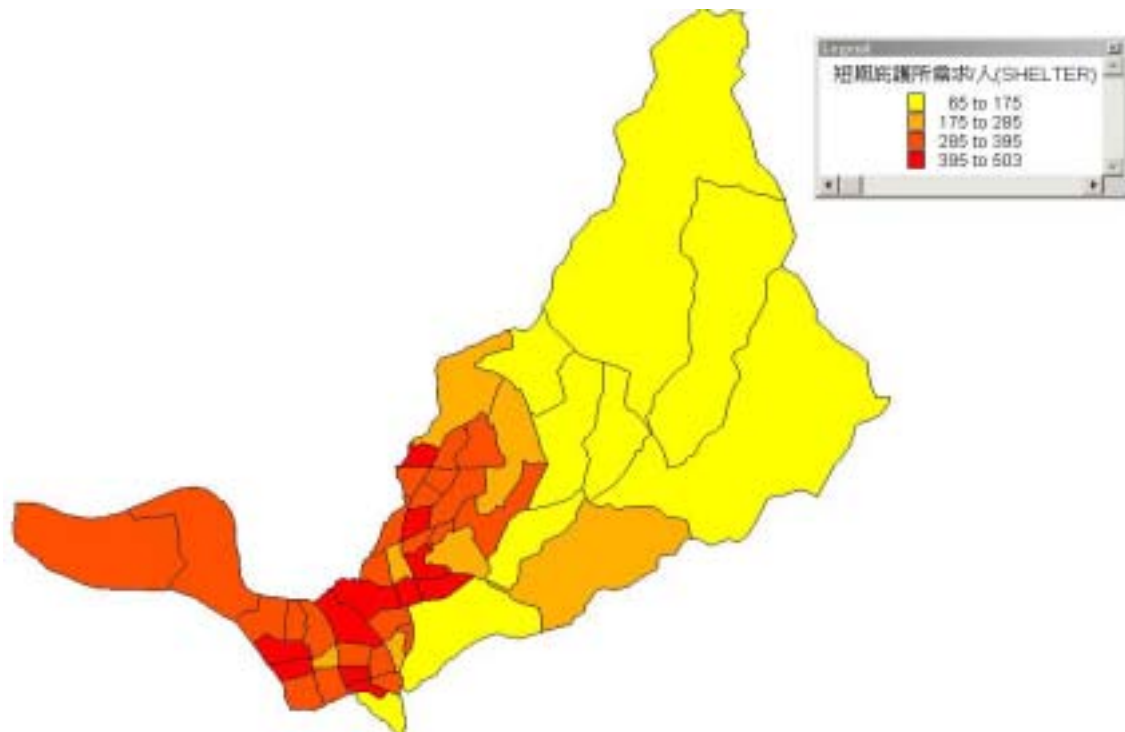


圖 4-6 臺北市士林區短期庇護所需求人數分佈（事件 B）

### (七) 人員傷亡

表 4-20 為人員傷亡估計的結果，模擬之時段與事件 A 同樣分成三個時段。傷亡人口之估計結果，與事件 A 類似，同樣以凌晨二時最嚴重（四級傷害總人口約為 20,897 人）。惟地震如發生在白天，日間之清晨八時與下午三時模擬估計的傷亡人口差異不大，四及傷害總人口約在於 4,200-4,500 人，略低於事件 A。

表 4-20 人員傷亡估計

	總傷亡數-凌晨二時				總傷亡數-清晨八時				總傷亡數-下午三時			
	在家人 口	工作 人口	通勤 人口	總計	在家 人口	工作 人口	通勤 人口	總計	在家 人口	工作 人口	通勤 人口	總計
一級 傷害	16537	73	0	16610	3174	202	0	3376	2672	874	0	3547
二級 傷害	3275	14	0	3289	628	40	0	668	529	171	0	700
三級 傷害	497	2	0	49	95	6	0	101	80	25	0	105
四級 傷害	497	2	0	499	95	6	0	101	80	25	0	105
總計	20806	91	0	20897	3992	254	0	4246	3362	1096	0	4458

綜合事件 A 與 B 的境況模擬成果，發現模擬事件的差異主在於震源與規模。從地震損失與損害的評估成果，事件 B 之規模  $M=7.5$  雖大於事件 A 之  $M=7$ ，但整體而言，兩者的損害差異並不大，反而事件 B 造成之損害或損失略低於事件 A。

從兩個事件的模擬成果，顯示士林西南與南部區域不但是地震危險度較高之區域，亦是災感度較高之地區。如發生類似之地震事件，此兩個區域可能皆會產生嚴重之損害與損失，故地區防救災計畫之擬定應考慮此災害危險度與災感度分布特質，投資較多的防救災資源，或針對地區災害特性提出配套的土地使用規劃策略、公共設施計畫與相關非工程配套策略，以有效降低地震可能造成的損害或損失。

## 第五章 防救災規劃應用分析

本章主要目的在討論 HAZ-Taiwan 系統，於士林區各里地震損害模擬之地理分布特性，及於都市計畫防災規劃之應用方式與課題的探討。以下第一節以事件 B 為例，說明其在士林區各里之危險度與災感度分布，並指出其在防救災規劃的意涵；第二節則提出 HAZ-Taiwan 系統應用於都市計畫防救災規劃的方式及相關之課題。

### 第一節 地區災害危險度模擬

本節主要以第四章震源發生在宜蘭外海之事件 B (M=7.5，震央深度 10 公里) 為基礎，說明可能之災害危險度分布與特性，作為防救災規劃策略擬定與應用方式的參考。

#### 一、地表運動

從第四章第二節 (參見圖 4-1) 之地表運動模擬成果，發現 PGA 分布較強烈之地區，北至三玉里、天壽里、天福里，西至富洲里、福安里，東至岩山里、福志里，南至福華里、福順里、富光里，約有 32 個里較嚴重 (PGA(g)>0.22)。此範圍為士林人口、土地強度與建物設施最密集之地區，隱含之地震災感度亦最大。故地震一旦發生，可能造成的危險度將非常嚴重。因此進行防救災規劃，需重新檢討本地區之避難路徑設計、避難圈劃設、庇護所提供、消防、救難等規劃內涵，並檢視可行的配套策略，如土地使用計畫、補強計畫、地震保險等，以納入都市計畫與地區防救災計畫的擬定與檢討中。

#### 二、建物損害分布

為簡化分析內容，本節只針對建物損害較嚴重之住宅與商業使用建物，且只針對建物結構體損害之特性與分布討論之<sup>1</sup>。從表 5-1 之住宅使用建物結構體損害機率與分布，可發現建物結構體損害的機率，其中至少為嚴重損害機率較高的里：如天壽里、三玉里等 (機率 49%以上者)，共有

<sup>1</sup> 建物非結構體之損害與結構體損害具有高度正相關，結構體損害較嚴重之地區，非結構體亦會有嚴重損害，故討論結構體損害的特性與分布，可隱含非結構體損害的分布與特性。

30 個，佔士林所有里之 60%，且多集中在 PGA 較大之中部、西南區域。故可預見此地區造成之建物倒塌、經濟損失與傷亡將最嚴重，故防救災規劃應特別著重此等地區的配套策略，以降低地震可能引發之損害。

表 5-1 各里一般建物損害機率-住宅

村里	至少輕微損害	至少中度損害	至少嚴重損害
菁山里	0.50	0.48	0.44
平等里	0.00	0.00	0.00
溪山里	0.00	0.00	0.00
陽明里	0.49	0.46	0.39
天母里	0.50	0.48	0.45
新安里	0.50	0.48	0.45
公館里	0.51	0.50	0.48
東山里	0.50	0.48	0.45
天和里	0.51	0.49	0.47
天山里	0.50	0.49	0.47
天玉里	0.50	0.49	0.47
芝山里	0.50	0.48	0.45
天壽里	0.51	0.50	0.49
天福里	0.50	0.48	0.45
三玉里	0.51	0.50	0.49
天祿里	0.50	0.49	0.48
福安里	0.00	0.00	0.00
永福里	0.50	0.49	0.47
蘭興里	0.51	0.50	0.49
翠山里	0.49	0.46	0.40
富洲里	0.51	0.50	0.49
蘭雅里	0.51	0.50	0.49
聖山里	0.51	0.50	0.49
岩山里	0.51	0.50	0.49
忠誠里	0.51	0.50	0.49
德行里	0.51	0.50	0.49
名山里	0.51	0.50	0.49
德華里	0.51	0.50	0.49
福志里	0.51	0.50	0.49
福林里	0.49	0.46	0.40

表 5-1 各里一般建物損害機率-住宅 (續)

村里	至少輕微損害	至少中度損害	至少嚴重損害
舊佳里	0.51	0.50	0.49
永倫里	0.51	0.50	0.49
社園里	0.51	0.50	0.49
社子里	0.51	0.50	0.49
福德里	0.51	0.50	0.49
仁勇里	0.51	0.50	0.49
義信里	0.51	0.49	0.48
社新里	0.51	0.50	0.49
福中里	0.51	0.50	0.49
葫東里	0.51	0.50	0.49
前港里	0.51	0.50	0.49
葫蘆里	0.51	0.50	0.49
百齡里	0.51	0.50	0.49
福順里	0.51	0.50	0.49
承德里	0.51	0.50	0.49
富光里	0.51	0.50	0.49
福華里	0.51	0.50	0.49
明勝里	0.49	0.46	0.40
福佳里	0.51	0.50	0.49
後港里	0.51	0.50	0.49

表 5-2 顯示商業使用建物之結構體損害機率與分布，表中顯示商業使用損害之程度略低於住宅使用。其中至少嚴重損害機率較高者為天壽里、天祿里...等 (機率 43%以上者)，約有 20 個里，約佔所有里之 40%，且仍集中在南與西南區域，此多為老舊市區與住商混合大量集中區域，故如何配合土地使用或都市更新策略，降低此等地區之危險度與災感度，為防救災規劃推動的重心。

### 三、重要設施損害分布

重要設施之地震損害狀況模擬，將只討論學校與醫療設施兩項設施的損害狀況與功能維持機率。表 5-3 顯示三所醫院地震後，維持之病床數與功能。三所醫院地震一週內，約能提供 53%之功能，提供之總病床數約有 599 床 (有些醫院之病床數資料欠缺，故實際之病床數應大於此數)。單純

以此提供士林為醫療急救之需應不足，故如何規劃配套的區域醫療急救網，或設置臨時醫療站，以滿足地震後大量湧現的傷患，乃防救災醫療計畫需考慮的方向。

表 5-2 各里一般建物損害機率-商業

村里	至少輕微損害	至少中度損害	至少嚴重損害
菁山里	0.00	0.00	0.00
平等里	0.00	0.00	0.00
溪山里	0.00	0.00	0.00
陽明里	0.45	0.38	0.23
天母里	0.00	0.00	0.00
新安里	0.00	0.00	0.00
公館里	0.00	0.00	0.00
東山里	0.49	0.45	0.34
天和里	0.00	0.00	0.00
天山里	0.49	0.48	0.39
天玉里	0.00	0.00	0.00
芝山里	0.00	0.00	0.00
天壽里	0.51	0.49	0.44
天福里	0.49	0.46	0.34
三玉里	0.00	0.00	0.00
天祿里	0.50	0.49	0.44
福安里	0.00	0.00	0.00
永福里	0.50	0.48	0.39
蘭興里	0.50	0.49	0.43
翠山里	0.46	0.39	0.24
富洲里	0.00	0.00	0.00
蘭雅里	0.50	0.49	0.43
聖山里	0.00	0.00	0.00
岩山里	0.00	0.00	0.00
忠誠里	0.00	0.00	0.00
德行里	0.00	0.00	0.00
名山里	0.00	0.00	0.00
德華里	0.00	0.00	0.00
福志里	0.00	0.00	0.00
福林里	0.46	0.39	0.24
舊佳里	0.50	0.49	0.44

表 5-2 各里一般建物損害機率-商業 (續)

村里	至少輕微損害	至少中度損害	至少嚴重損害
福佳里	0.50	0.49	0.44
永倫里	0.50	0.49	0.43
社園里	0.50	0.49	0.44
社子里	0.50	0.49	0.44
福德里	0.51	0.49	0.44
仁勇里	0.51	0.50	0.44
義信里	0.00	0.00	0.00
社新里	0.50	0.49	0.44
福中里	0.51	0.49	0.44
葫東里	0.51	0.49	0.44
前港里	0.51	0.50	0.44
葫蘆里	0.50	0.49	0.44
百齡里	0.51	0.50	0.44
福順里	0.51	0.50	0.44
承德里	0.00	0.00	0.00
富光里	0.51	0.49	0.44
福華里	0.00	0.00	0.00
明勝里	0.00	0.00	0.00
後港里	0.51	0.49	0.44

表 5-3 醫療設施功能維持分布

名稱	當日功 能率	當日 床數	次日功 能率	次日 床數	第 3 日 功能率	第 3 日 床數	1 週功 能率	第 7 日 床數	第 30 日床數	90 日 功能率	第 90 日床數
陽明 醫院	50%	300	50%	303	52%	309	53%	319	359	74	447
陽明 醫學院	50%	274	50%	277	51%	279	51%	282	320	74	405
同慶 醫院	51%	10	52%	10	54%	11	56%	11	13	76	15

學校的損害狀況與分布，可由表 5-4 之模擬成果展現。表中呈現 39 所學校地震後能維持的功能，其中受損較嚴重之學校為：雨農、雨聲國小等 11 所學校（功能僅能維持 55% 以下）。受損較嚴重之學校，除會喪失部分教學功能外，如該學校兼負避難中心與庇護所功能，則需檢討其可行性

與替代性，以避免產生救難與避難的困境。

表 5-4 學校損害與功能維持率分布

名稱	類別	第一天功能維持率(%)
平等國小	EFS1	63
溪山國小	EFS1	75
雙溪國小	EFS1	75
泰北中學	EFS1	92
東吳大學	EFS2	92
蘭雅國中	EFS1	58
華岡藝校	EFS2	76
雨農國小	EFS1	55
雨聲國小	EFS1	55
格致國中	EFS1	63
福林國小	EFS1	55
衛理女中	EFS1	92
至善國中	EFS1	75
士東國小	EFS1	55
啟明小學	EFS1	58
中國文化大學	EFS2	93
中國海專	EFS2	56
文昌國小	EFS1	55
社子國小	EFS1	55
劍潭國小	EFS1	73
士林高商	EFS1	58
富安國小	EFS1	56
葫蘆國小	EFS1	55
百齡國小	EFS1	57
福安國中	EFS1	58
士林國小	EFS1	55
銘傳大學	EFS2	92
陽明高中	EFS1	58
天母國小	EFS1	59
陽明山國小	EFS1	63
三玉國小	EFS1	55
啟智學校	EFS1	55
天母國中	EFS1	58

表 5-5 則顯示 4 座消防設施地震後能維持的功能比率，平均維持之功能為 60%，其中福安分隊與社子分隊之受損可能較嚴重，僅能維持約 55% 之功能，故在地震後救難與消防工作推動會嚴重受阻，此問題應納入士林區或台北市都市計畫之地區防救災之整體規劃中。

表 5-5 消防設施損害與功能維持分布

名稱	類別	第一天功能維持率(%)
天母分隊	EFFS	59
福安分隊	EFFS	55
山仔后分隊	EFFS	76
社子分隊	EFFS	55

#### 四、交通運輸與維生管線系統損害分布

由於交通運輸設施缺乏完整的公路、鐵路(或軌道)路段與場站資料，故僅就公路橋樑模擬之損壞狀況說明之。從表 5-6 可顯現 35 座橋樑之損害狀況，表中顯示以明華橋、天母橋與百齡橋...等 12 座橋樑之完全損壞機率較大，可達 46%，而至少輕微損壞之機率為 50%。故以此為重心的避難、救災相關之交通運輸計畫，即需有配套的交通運輸替代計畫，否則因地震後的橋樑損壞會造成交通中斷，而影響救災與重建工作的進行。

表 5-6 橋樑損害機率分布(%)

名稱	分類	沒有損害	輕微損害	中度損害	嚴重損害	完全損害	至少輕微損害
福林橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
雨農橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
士林復興	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.00	0.22	0.47
興農橋	HBR5	0.52	0.04	0.15	0.02	0.28	0.48
至善橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.23	0.47
劍南橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.23	0.47
大經橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.00	0.22	0.47
外雙溪橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.00	0.22	0.47
碧溪橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.00	0.22	0.47
礁坑橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.00	0.22	0.47
楓林橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.00	0.22	0.47

表 5-6 橋樑損害機率分布(%) (續)

名稱	分類	沒有損害	輕微損害	中度損害	嚴重損害	完全損害	至少輕微損害
明華橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
天母橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
百齡橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
雙溪橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
士林橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
文昌橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
中山二橋	HBR5	0.53	0.06	0.17	0.01	0.23	0.47
望星橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.22	0.47
自強橋 (左)	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.23	0.47
自強橋 (右)	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.23	0.47
婆婆橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.23	0.47
公公橋 (自訂)	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.22	0.47
勝利橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.22	0.47
雅蘭橋 (自訂)	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.22	0.47
望星橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.01	0.22	0.47
磺溪橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.45	0.50
迪化橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
重陽橋 引道	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
東華橋	HBR5	0.50	0.01	0.02	0.01	0.46	0.50
聖人橋	HBR5	0.53	0.06	0.18	0.00	0.22	0.47
竹蒿領橋	HBR5	0.52	0.04	0.15	0.01	0.27	0.48
菁巒橋	HBR5	0.52	0.04	0.15	0.02	0.28	0.48
福壽橋	HBR5	0.52	0.05	0.16	0.01	0.26	0.48
新園橋	HBR5	0.52	0.05	0.16	0.01	0.26	0.48

表 5-7 顯示兩項公車服務設施地震破壞之狀況，表中顯示完全損害的機率平均為 28.5%，至少輕微損害之機率為 50%，但從另外模擬結果發現其功能仍可維持 72%以上（未於表中呈現）。故地震後之大眾運輸系統，如捷運系統嚴重受損，公車系統仍可肩負多數的大眾運輸機能，此在地震

後的大眾運輸計畫擬定可多加利用。

表 5-7 公車系統損壞機率分布 (%)

名稱	分類	沒有損害	輕微損害	中度損害	嚴重損害	完全損害	至少輕微損害
中興大業巴士股份有限公司天母站	BDF4	0.50	0.03	0.04	0.13	0.31	0.50
中興大業巴士股份有限公司故宮站	BDF4	0.50	0.04	0.04	0.16	0.26	0.50

維生系統的損害狀況，則針對飲水系統、電力系統與通訊系統的損壞狀況討論之。表 5-8 顯示通訊設施的損壞狀況，表中顯示 8 項設施至少中度損害的機率平均約為 43.1%，而石牌機房、社子機房等 4 座機房之至少嚴重損害機率為 48%。此結果嚴重影響災害之通訊品質，如欲避免災害短期之通訊中斷，應有備案之通訊維持計畫，以利救災與重建工作之進行。

表 5-8 通訊設施損害機率分布(%)

名稱	分類	至少輕微損害	至少中度損害	至少嚴重損害
山仔后機場	CBO1	0.49	0.46	0.34
天母機房	CBO1	0.50	0.49	0.45
石牌機房	CBO1	0.51	0.50	0.48
二線中心辦公室	CBO4	0.51	0.50	0.48
士林機房	CBO1	0.49	0.47	0.37
社子機房	CBO1	0.51	0.50	0.48
士林電信局	CBO4	0.51	0.50	0.48
士林線中	CBO1	0.49	0.47	0.37

HAZ-Taiwan 系統可模擬飲用水管線之破裂、洩漏、損壞之位置與機率，及功能維持之比率。從模擬結果，估計供水處輕微損壞之機率為 46%，管線洩漏處約有 5 處，斷裂處為 0。故整體供水設施之損害尚不嚴重，但因供水設施損壞引發的供水中斷問題，仍需提出配套之供水計畫，以防止災區無水可用的窘狀。

電力設施之地震後功能維持狀況，因資料之限制，只估計蘭雅變電所損害估計狀況。從表 5-9 所示，在地震當天完全損壞之機率為 31%，至少

輕微損壞之機率為 51%，惟地震當天與次日仍可維持 73%之功能。地震可能造成部份地區之停電，故宣導民眾自備食物、救難與照明器材，或提供相對之救援與維持重要設施（如醫療院所）的穩定供電為重要之工作。

表 5-9 電力設施損害機率分布

名稱	分類	沒有損害	輕微損害	中度損害	嚴重損害	完全損害	至少輕微損害
蘭雅變電所	ESS1	0.49	0.01	0.02	0.17	0.31	0.51

## 五、一般建物引發之直接經濟損失分布

一般建物地震倒塌或損害造成的直接經濟損失，為地震最主要的直接經濟損失源。表 5-10 為地震發生後，建物破壞後的總合損失，其中損失較嚴重之里，依次為：三玉里、蘭雅里與蘭興里（三個里每里損失在 37 億-87 億元間），損害較嚴重之建物以住宅與商業使用為主。此三個里為住宅區高度集中之地區，故地震發生後結構與非結構體總體損失亦較高，此結果與陳亮全、洪鴻智、賴美如（2001）之模擬分析成果大致相符。另對於重要設施，亦可利用 HAZ-Taiwan 分別估計其損失與判斷可能之分布。

表 5-10 各里建物損害引發之直接經濟損失（單位：千元）

村里	總損失	住宅	商業	工業	農業	政府	教育
菁山里	81,555	1,632	0	0	54,888	25,035	0
平等里	47,732	0	0	0	41,116	0	6,616
溪山里	50,024	0	0	10,516	37,421	2,087	0
陽明里	1,535,406	944,405	171,176	0	104,527	10,358	304,940
天母里	1,439,029	1,403,212	0	0	35,817	0	0
新安里	421,172	10,432	0	0	352,802	2,116	55,822
公館里	49,659	10,591	0	0	39,068	0	0
東山里	1,869,092	892,375	149,425	731,939	25,275	0	70,078
天和里	864,215	856,314	0	0	7,901	0	0
天山里	2,354,845	2,249,960	104,885	0	0	0	0
天玉里	1,883,170	1,715,687	0	0	0	0	167,483
芝山里	3,010,075	2,811,399	0	0	29,574	0	169,102

表 5-10 各里建物損害引發之直接經濟損失 (續) (單位：千元)

村里	總損失	住宅	商業	工業	農業	政府	教育
社園里	871,091	837,436	18,609	0	0	15,046	0
社子里	913,149	571,209	290,402	51,538	0	0	0
福德里	2,687,474	2,003,303	28,850	10,064	0	298,765	346,492
仁勇里	677,262	671,474	5,788	0	0	0	0
義信里	1,380,225	952,677	0	0	0	331,935	95,613
社新里	1,514,596	1,093,451	57,223	12,884	0	0	351,038
福中里	2,385,038	1,127,114	324,600	655,033	0	23,419	254,872
葫東里	445,163	439,392	5,771	0	0	0	0
前港里	3,042,288	1,424,264	115,740	1,216,511	0	285,773	0
葫蘆里	3,028,733	2,106,778	285,415	117,857	273,138	0	245,545
百齡里	1,970,014	1,926,943	36,169	0	0	6,902	0
福順里	794,037	687,197	106,840	0	0	0	0
承德里	1,990,770	1,990,770	0	0	0	0	0
富光里	674,943	592,171	63,486	0	0	19,286	0
福華里	1,901,507	1,901,507	0	0	0	0	0
明勝里	817,967	638,866	0	0	129,637	0	49,464
天壽里	2,041,613	1,688,483	31,343	0	321,787	0	0
天福里	2,447,605	2,350,548	97,057	0	0	0	0
三玉里	8,675,469	2,953,443	0	0	81,024	3,707,964	1,933,038
天祿里	3,521,098	3,105,102	153,840	0	0	0	262,156
福安里	0	0	0	0	0	0	0
永福里	512,103	57,711	96,618	25,070	332,704	0	0
蘭興里	3,754,720	2,502,919	31,179	372,303	0	523,878	324,441
翠山里	1,496,297	799,185	54,634	0	454,861	99,742	87,875
富洲里	330,657	79,668	0	0	0	0	250,989
蘭雅里	3,912,913	3,781,922	130,991	0	0	0	0
聖山里	1,957,055	1,957,055	0	0	0	0	0
岩山里	2,232,687	1,432,732	0	0	28,298	736,794	34,863
忠誠里	1,925,428	1,925,428	0	0	0	0	0
德行里	1,399,500	1,094,649	0	304,851	0	0	0
名山里	3,516,158	3,213,084	0	0	0	0	303,074
德華里	1,721,462	1,721,462	0	0	0	0	0
福志里	2,652,464	2,447,567	0	0	0	0	204,897
福林里	770,348	274,310	5,344	0	129,264	9,458	351,972
舊佳里	1,928,308	893,264	844,710	0	0	190,334	0

表 5-10 各里建物損害引發之直接經濟損失（續） （單位：千元）

村里	總損失	住宅	商業	工業	農業	政府	教育
福佳里	3,387,450	1,044,566	683,805	1,080,890	0	0	578,189
後港里	2,732,147	1,968,629	7,242	198,466	1,230	0	556,580
永倫里	932,493	410,574	28,475	493,444	0	0	0

建物倒塌或損壞之經濟損失較嚴重地區，隱含是防災計畫推動之重點區域，亦是災後重建投入資源較多之地區。從另一角度，直接經濟損失較多之地區，亦是估計重建成本投入額度的重要依據。故應針對此等地區提出配套的土地使用計畫與地震保險策略，並加強建物補強等工作，以降低其災感度及災後重建的資源投入。

## 六、庇護所需求分布

庇護所需求估計為估計短期避難中心、組合屋與相關避難除所提供的基礎。從表 5-11 可瞭解各里無家可歸戶數與需要短期庇護所之需求人數，從估計成果發現無家可歸戶數最多之里，分別為：蘭雅里（1180 戶）、社新里（1148 戶）與後港里（1123 戶）。短期庇護所需求較殷切之里為社新里（503 人）、蘭雅里（490 人）與福華里（482 人）。此等里皆為 PGA 最大之區域，從模擬結果發現不但建物損壞機率最高，損壞造成之避難人數亦最多。故配套之避難路徑、庇護所與避難中心的規劃，為此區域防救災規劃的重心。

表 5-11 各里庇護所需求估計分布

村里	無家可歸家庭數 / 戶	短期庇護所需求 / 人
菁山里	151	65
平等里	127	89
溪山里	95	70
陽明里	250	125
天母里	629	280
新安里	211	122
公館里	170	127
東山里	467	199
天和里	925	387
天山里	843	360
天玉里	1,051	458

表 5-11 各里庇護所需求估計分布 (續)

村里	無家可歸家庭數 / 戶	短期庇護所需求 / 人
永倫里	952	390
社園里	877	374
社子里	849	394
福德里	782	329
仁勇里	687	297
義信里	351	182
社新里	1,148	503
福中里	723	329
葫東里	538	273
前港里	614	285
葫蘆里	968	442
百齡里	963	437
福順里	752	355
承德里	760	311
富光里	824	366
福華里	1,073	482
明勝里	388	164
芝山里	702	300
天壽里	667	289
天福里	647	287
三玉里	769	328
天祿里	710	328
福安里	688	313
永福里	166	122
蘭興里	848	348
翠山里	476	216
富洲里	758	326
蘭雅里	1,180	490
聖山里	708	325
岩山里	659	273
忠誠里	794	350
德行里	596	276
名山里	913	398
德華里	829	382
福志里	1,053	465

表 5-11 各里庇護所需求估計分布 (續)

村里	無家可歸家庭數 / 戶	短期庇護所需求 / 人
福林里	297	134
舊佳里	988	409
福佳里	1,066	476
後港里	1,123	475

## 七、傷亡人口分布

地震發生後傷亡人口分布的估計，不但攸關避難、醫療與救難的規劃，亦是防救災規劃所欲降低的主要地震傷害種類。本文模擬傷亡之時段主要分為凌晨二時、上午八時與下午三時三個時段。傷亡總人數已於第四章中說明，以下說明的重心為各里的傷亡分布。

表 5-12 為凌晨二時，如發生地震估計之傷亡人口分布，表中顯示三級與四級傷害估計之人數一致，因兩者皆屬嚴重的傷害，是否由三級轉換為四級傷害，需視當時之醫療條件而定。從表 5-12 所示，三級與四級傷害最嚴重的里依序為：後港里 (130 人)、蘭雅里 (16 人) 與百齡里 (15 人)。如地震發生在日間，表 5-13 為上午八時通勤時間的傷亡估計人口分布，表中顯示三級與四級傷亡最嚴重之里為：後港里 (27 人)，其餘各里皆在 4 人以下。另表 5-14 為下午三時上班時間之傷亡分布，其中三級與四級傷害最嚴重之里為：後港里 (28 人)，其餘各里皆在 3 人以下。故可歸納，如地震發生在日間，後港里可能發生較嚴重之人員傷亡。

上述傷亡人口估計，因缺乏完整之日間人口資料，故估計之成果需有進一步之資料方能提高精確度。惟從估計之傷亡人口分布特性，可提供醫療設施、避難與收容設施設計的參考，特別是如何調整醫療與庇護所 (或避難中心) 供給與需求間缺口的課題，發揮區域防救災計畫網絡功能，乃都市計劃與地區防救災計畫擬定的重要方向。

表 5-12 凌晨二時發生地震之各里人員傷亡分布 (單位：人)

村里	總計(一級傷害)	總計(二級傷害)	總計(三級傷害)	總計(四級傷害)
菁山里	2.343	0.452	0.06 ( ) 4	0.064
平等里	1.259	0.243	0.032	0.032
溪山里	0.414	0.075	0.009	0.009
陽明里	34.233	6.233	0.862	0.862
天母里	271.289	52.668	7.861	7.861
新安里	3.732	0.724	0.103	0.103
公館里	17.880	3.527	0.531	0.531
東山里	102.557	19.942	2.981	2.981
天和里	454.087	89.543	13.572	13.572
天山里	393.324	77.538	11.746	11.746
天玉里	455.571	89.805	13.604	13.604
芝山里	298.505	58.062	8.680	8.680
天壽里	260.917	51.768	7.862	7.862
天福里	278.466	54.157	8.907	8.907
三玉里	148.371	29.448	4.471	4.471
天祿里	309.229	61.383	9.329	9.329
福安里	0.000	0.000	0.000	0.000
永福里	10.301	2.033	0.305	0.305
蘭興里	297.774	59.116	8.986	8.986
翠山里	62.076	11.480	1.629	1.629
富洲里	115.390	22.875	3.471	3.471
蘭雅里	561.320	111.448	16.946	16.946
聖山里	354.382	70.364	10.697	10.697
岩山里	209.815	41.657	6.330	6.330
忠誠里	380.556	75.560	11.487	11.487
德行里	226.046	44.882	6.823	6.823
名山里	418.277	83.052	12.626	12.626
德華里	391.774	77.788	11.826	11.826
福志里	465.782	92.496	14.064	14.064
福林里	27.866	5.151	0.731	0.731
舊佳里	239.645	47.579	7.231	7.231
福佳里	189.823	37.683	5.727	5.727
後港里	4,320.619	857.864	130.401	130.401
永倫里	240.259	47.700	7.254	7.254
社園里	458.295	90.995	13.833	13.833

表 5-12 凌晨二時發生地震之各里人員傷亡分布 (續) (單位：人)

村里	總計(一級傷害)	總計(二級傷害)	總計(三級傷害)	總計(四級傷害)
社子里	289.245	57.427	8.729	8.729
福德里	276.383	54.882	8.342	8.342
仁勇里	342.099	67.937	10.327	10.327
義信里	130.570	25.786	3.910	3.910
社新里	430.345	85.444	12.988	12.988
福中里	204.209	40.548	6.164	6.164
葫東里	266.807	52.893	8.056	8.056
前港里	159.997	31.771	4.829	4.829
葫蘆里	373.875	74.241	11.283	11.283
百齡里	497.753	98.847	15.026	15.026
福順里	337.962	67.114	10.202	10.202
承德里	362.300	71.949	10.936	10.936
富光里	372.719	74.015	11.251	11.251
福華里	479.380	95.200	14.471	14.471
明勝里	83.854	15.508	2.202	2.202

表 5-13 上午八時發生地震之各里人員傷亡分布 (單位：人)

村里	總計(一級傷害)	總計(二級傷害)	總計(三級傷害)	總計(四級傷害)
菁山里	2.454	0.472	0.063	0.063
平等里	2.556	0.494	0.065	0.065
溪山里	0.943	0.168	0.021	0.021
陽明里	6.878	1.250	0.172	0.172
天母里	52.420	10.176	1.158	1.158
新安里	3.673	0.711	0.095	0.095
公館里	5.679	1.118	0.162	0.162
東山里	25.146	4.872	0.727	0.727
天和里	87.342	17.223	2.610	2.610
天山里	75.937	14.968	2.267	2.267
天玉里	88.380	17.418	2.638	2.638
芝山里	57.841	11.248	1.681	1.681
天壽里	52.624	10.440	1.578	1.578
天福里	53.744	10.450	1.562	1.562
永倫里	63.252	12.547	1.912	1.912
社園里	88.455	17.561	2.669	2.669

表 5-13 上午八時發生地震之各里人員傷亡分布 (續) (單位：人)

村里	總計 (一級傷害)	總計 (二級傷害)	總計 (三級傷害)	總計 (四級傷害)
社子里	61.377	12.175	1.849	1.849
福德里	55.166	10.948	1.661	1.661
仁勇里	65.722	13.051	1.984	1.984
義信里	26.331	5.194	0.785	0.785
社新里	86.465	17.158	2.604	2.604
福中里	48.634	9.647	1.466	1.466
葫東里	51.233	10.174	1.547	1.547
前港里	39.473	7.831	1.191	1.191
葫蘆里	77.456	15.374	2.328	2.328
百齡里	95.871	19.038	2.894	2.894
福順里	66.281	13.159	1.999	1.999
承德里	69.538	13.810	2.099	2.099
富光里	72.948	14.483	2.200	2.200
福華里	92.009	18.272	2.777	2.777
明勝里	17.167	3.176	0.449	0.449
三玉里	34.599	6.848	1.028	1.028
天祿里	60.387	11.984	1.820	1.820
福安里	0.000	0.000	0.000	0.000
永福里	4.332	0.852	0.123	0.123
蘭興里	61.910	12.282	1.864	1.864
翠山里	13.687	2.531	0.356	0.356
富洲里	29.481	5.823	0.875	0.875
蘭雅里	108.313	21.504	3.269	3.269
聖山里	67.950	13.492	2.051	2.051
岩山里	43.010	8.531	1.290	1.290
忠誠里	73.043	14.503	2.205	2.205
德行里	46.653	9.261	1.409	1.409
名山里	81.130	16.107	2.448	2.448
德華里	75.170	14.925	2.269	2.269
福志里	90.068	17.884	2.718	2.718
福林里	6.443	1.187	0.167	0.167
舊佳里	53.143	10.534	1.595	1.595
福佳里	52.390	10.381	1.576	1.576
後港里	881.105	174.856	26.552	26.552

表 5-14 下午三時發生地震之各里人員傷亡分布

(單位：人)

村里	總計 (一級傷害)	總計 (二級傷害)	總計 (三級傷害)	總計 (四級傷害)
菁山里	11.409	2.193	0.289	0.289
平等里	13.007	2.512	0.331	0.331
溪山里	4.461	0.801	0.098	0.098
陽明里	7.239	1.304	0.175	0.175
天母里	45.820	8.894	1.320	1.320
新安里	16.746	3.239	0.427	0.427
公館里	15.187	2.985	0.416	0.416
東山里	36.571	7.044	1.406	1.406
天和里	74.488	14.687	2.223	2.223
天山里	66.102	13.022	1.971	1.971
天玉里	78.932	15.536	2.348	2.348
芝山里	51.306	9.964	1.484	1.484
天壽里	55.902	11.087	1.645	1.645
天福里	46.566	9.046	1.350	1.350
三玉里	57.376	11.284	1.651	1.651
天祿里	55.569	11.016	1.669	1.669
福安里	0.000	0.000	0.000	0.000
永福里	14.126	2.774	0.390	0.390
蘭興里	69.211	13.695	2.061	2.061
翠山里	19.706	3.642	0.497	0.497
富洲里	58.488	11.480	1.694	1.694
蘭雅里	93.747	18.606	2.827	2.827
聖山里	57.183	11.354	1.726	1.726
岩山里	48.745	9.633	1.432	1.432
忠誠里	61.503	12.212	1.856	1.856
德行里	47.755	9.475	1.444	1.444
名山里	72.092	14.302	2.168	2.168
德華里	63.243	12.557	1.909	1.909
福志里	79.114	15.700	2.382	2.382
福林里	10.463	1.910	0.262	0.262
舊佳里	77.704	15.337	2.299	2.299
福佳里	96.310	19.027	2.877	2.877

表 5-14 下午三時發生地震之各里人員傷亡分布 (續) (單位：人)

村里	總計 (一級傷害)	總計 (二級傷害)	總計 (三級傷害)	總計 (四級傷害)
後港里	930.439	184.285	27.850	27.850
永倫里	98.329	19.483	2.977	2.977
社園里	76.880	15.257	2.316	2.316
社子里	75.697	14.973	2.264	2.264
福德里	55.993	11.085	1.667	1.667
仁勇里	55.728	11.066	1.682	1.682
義信里	28.135	5.521	0.825	0.825
社新里	90.155	17.847	2.691	2.691
福中里	70.787	14.007	2.123	2.123
葫東里	43.610	8.659	1.316	1.316
前港里	57.987	11.483	1.743	1.743
葫蘆里	89.054	17.648	2.637	2.637
百齡里	82.133	16.307	2.477	2.477
福順里	62.274	12.350	1.873	1.873
承德里	58.565	11.631	1.768	1.768
富光里	67.928	13.471	2.041	2.041
福華里	77.474	15.386	2.339	2.339
明勝里	19.437	3.598	0.499	0.499

## 第二節 Haz-Taiwan 資訊應用方式與使用檢討

本節主要目的，乃以前述之宜蘭外海 7.5 級地震模擬結果為例，根據 Haz-Taiwan 所產生之損失估計成果，討論都市計畫與地區防災規劃上之應用，第一部分為輸出資訊之呈現，第二部分為應用方式，以及第三部分探討系統應用之課題。

### 一、Haz-Taiwan 之損失估計資訊

#### (一) 一般建物直接經濟損失

在建物總損失部分，以位於中央之三五里受創程度最為嚴重，達 86 億餘元，而且受創分佈也以其為中心向南北兩面延伸。

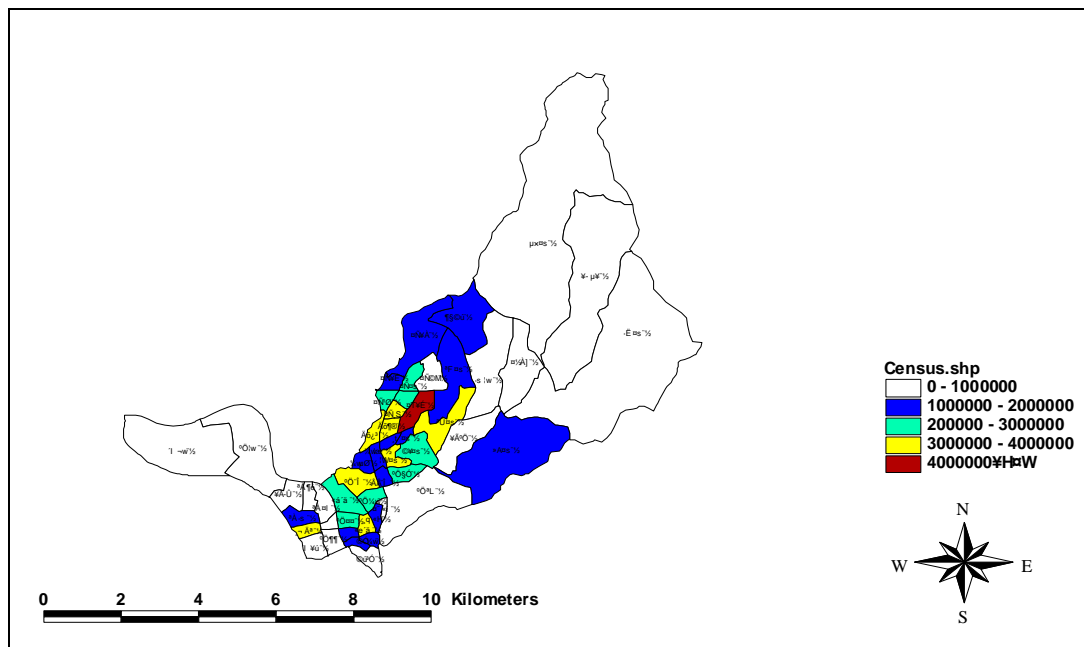


圖 5-1 一般建物直接經濟總損失分佈圖 (單位千元)

在住宅方面的損失部分，集中在中央地帶為主，天山里、芝山里、天福里、三五里、蘭雅里、名山里、翠山里、葫蘆里達 20 以上之損失，尤以蘭雅里的 37 億為最。

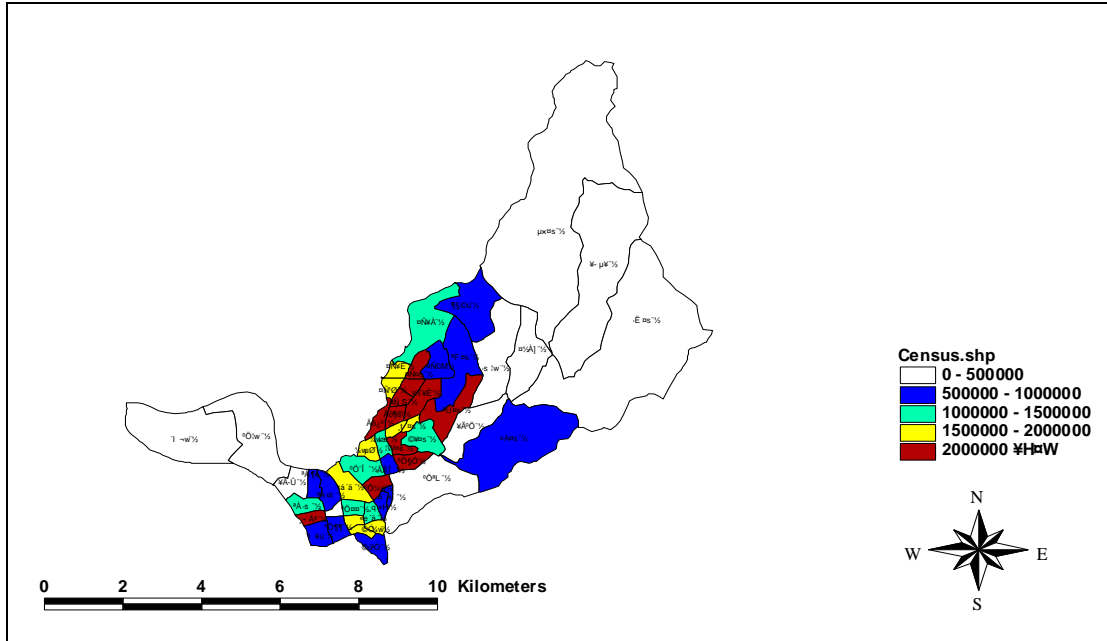


圖 5-2 一般建物直接經濟損失分佈圖（住宅）(單位千元)

在商業建物方面，分佈於南面為主，其中以舊佳里、福佳里的八億及六億為最高。

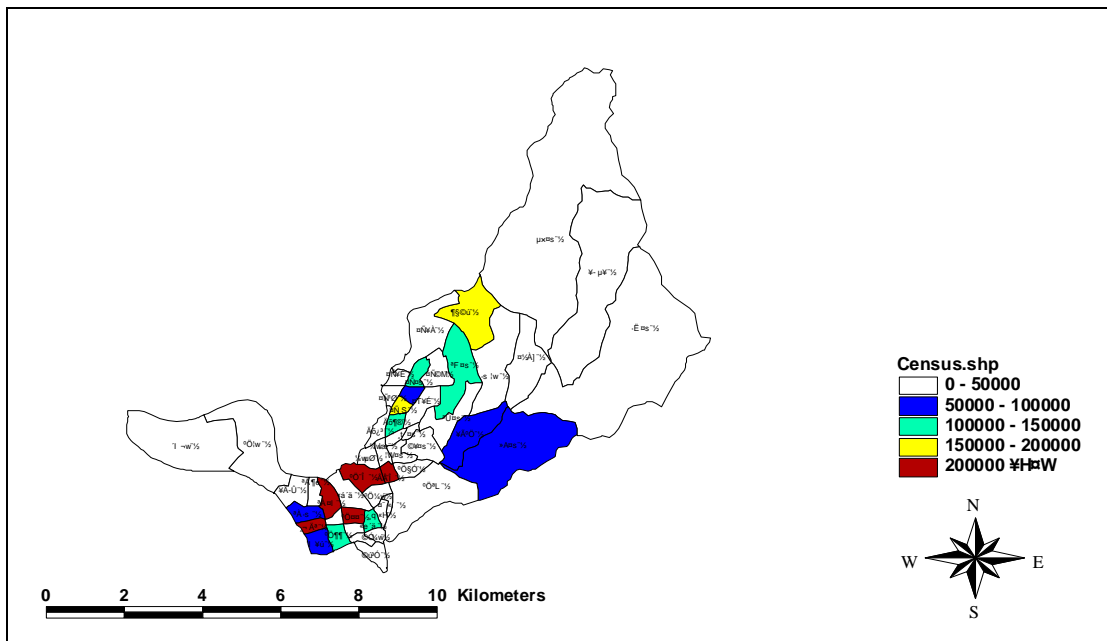


圖 5-3 一般建物直接經濟損失分佈圖（商業）(單位千元)

在工業建物方面，主要以南面的受損較重，而位於中央地帶的東山里，南方的福佳里與前港里為受創最重地區。

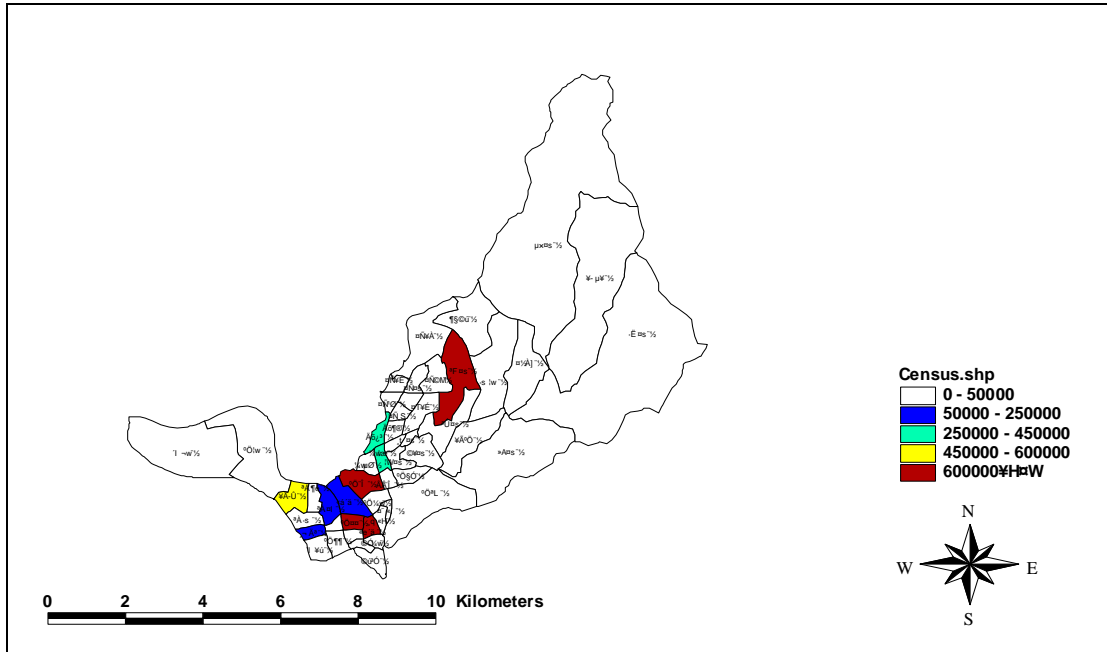


圖 5-4 一般建物直接經濟損失分佈圖（工業）(單位千元)

農業損失分佈在中央偏東方向，以新安里、天壽里、永福里、翠山里、葫蘆里受創最為嚴重。

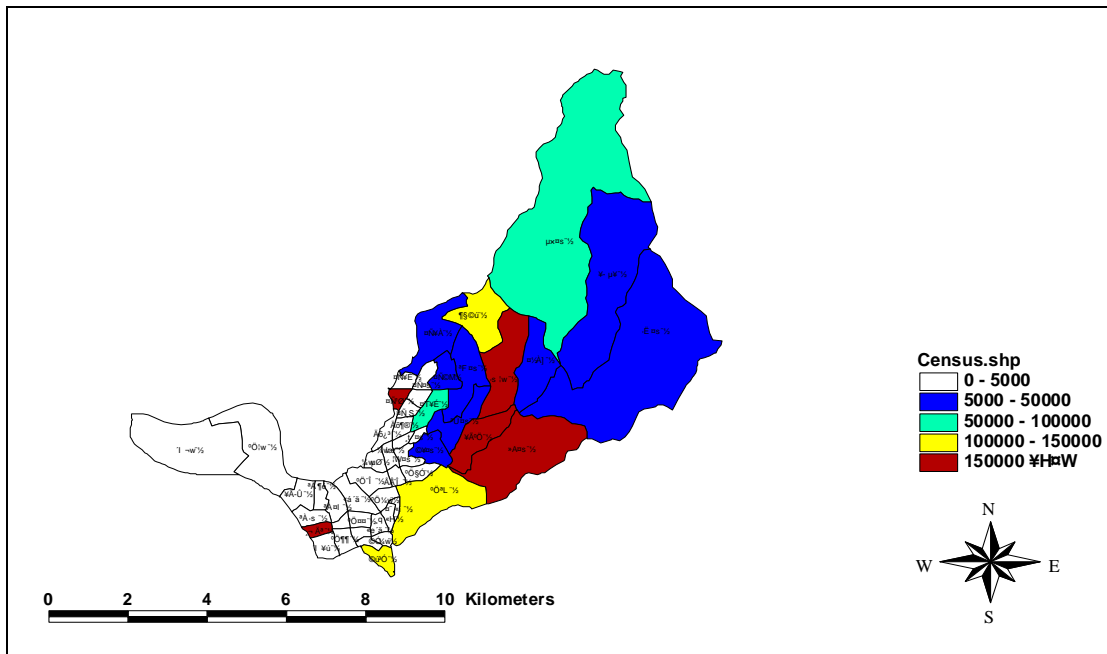


圖 5-5 一般建物直接經濟損失分佈圖（農業）(單位千元)

政府機關受創分佈較為零散，其中以三玉里受創最重，達 37 億之金額。

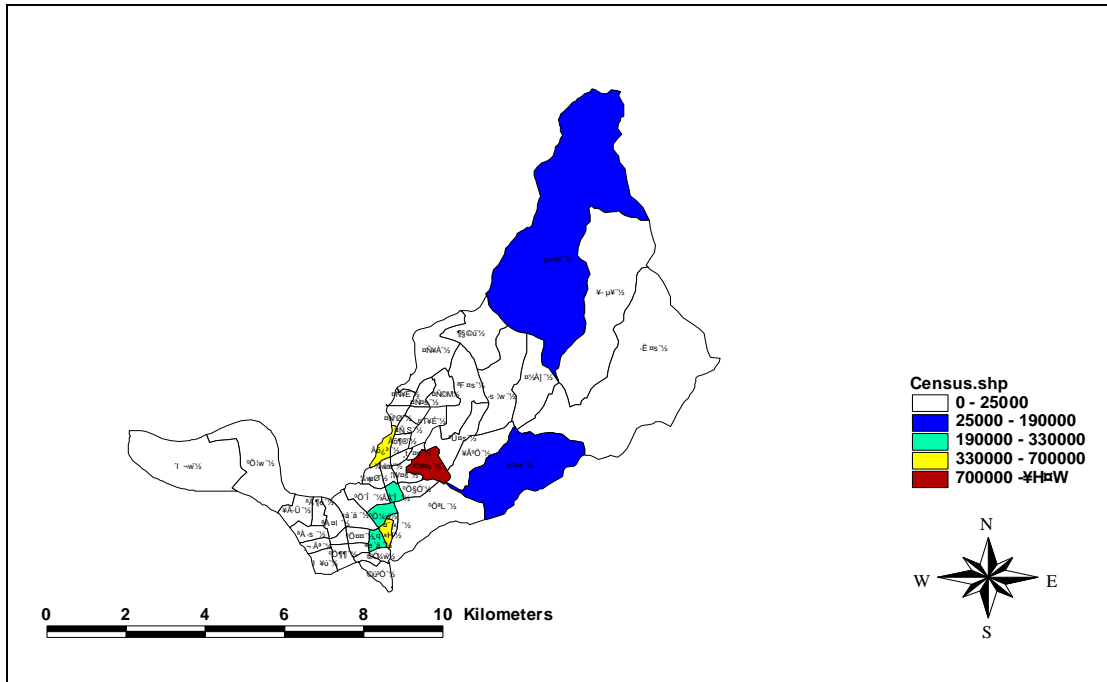


圖 5-6 一般建物直接經濟損失分佈圖（政府）(單位千元)

在教育設施方面，受創地區分佈於中南方為主，以三玉里受創較為嚴重，達 19 億餘元。

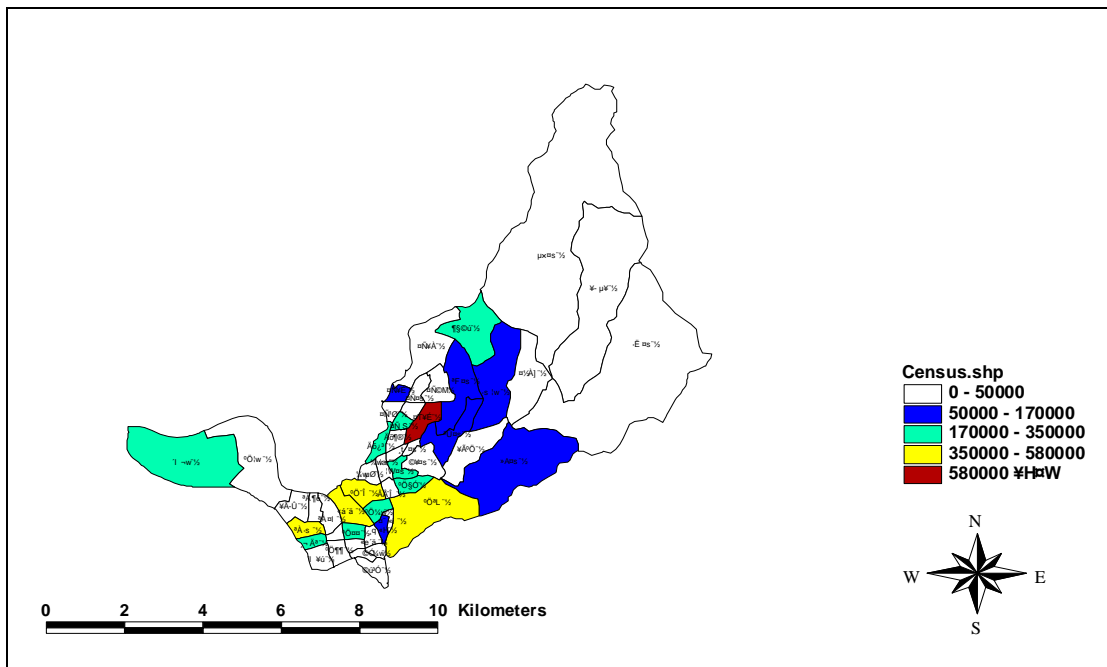


圖 5-6 一般建物直接經濟損失分佈圖（教育）(單位千元)

## (二) 非結構元件加速敏感型

### 1. 工業

從圖 5-7 可以看發現受創地區的分佈，各里受創比例範圍皆有 46%以上。

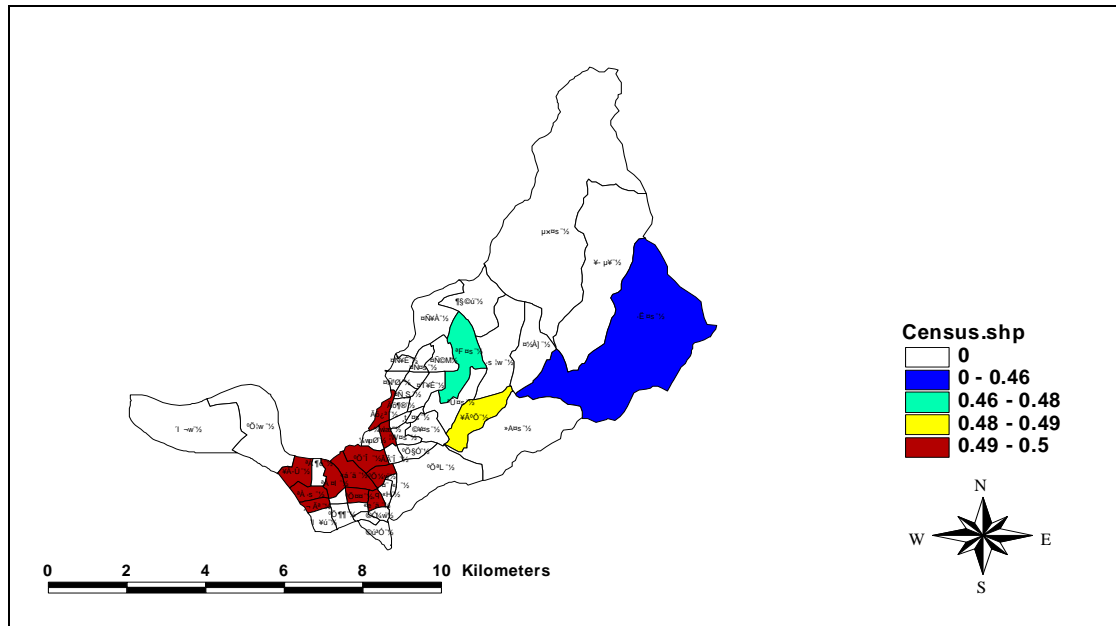


圖 5-7 一般建物損害依用途分類非結構元件加速敏感型-至少輕微損害（工業）

圖 5-8 可以看出，在工業建物方面，各里受到中度損害以上的地區，而不同顏色代表著各里不同的受創比例，大約在 30%到 50%間。

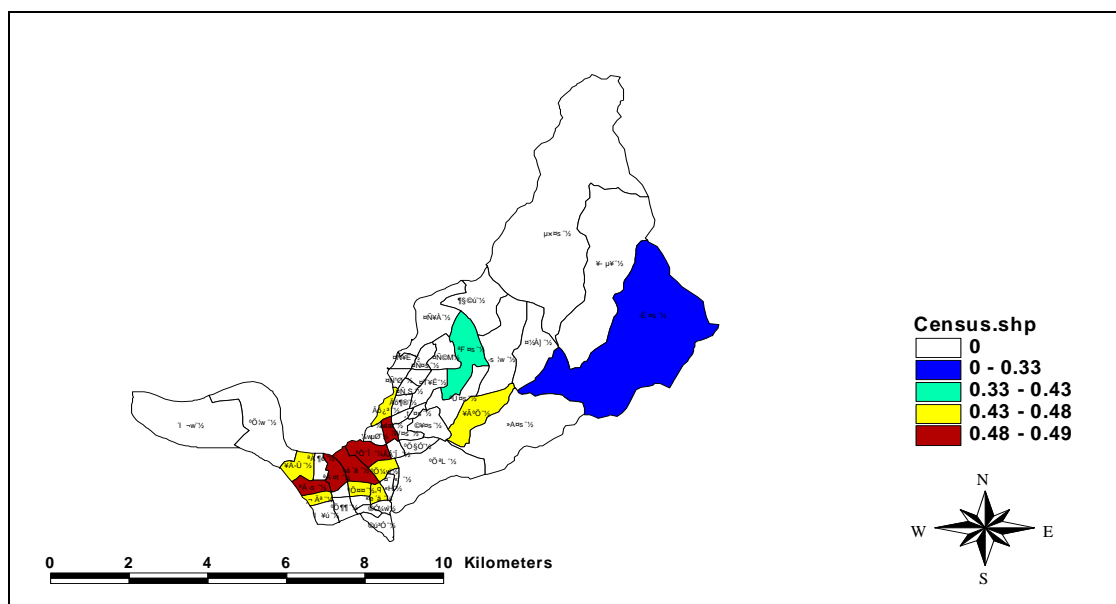


圖 5-8 一般建物損害依用途分類非結構元件加速敏感型-至少中度損害（工業）

## 2.住宅

由圖 5-9 可知幾乎所有住宅都受到固定的創擊，在各里比例上都有 47%到 50%間的狀況。

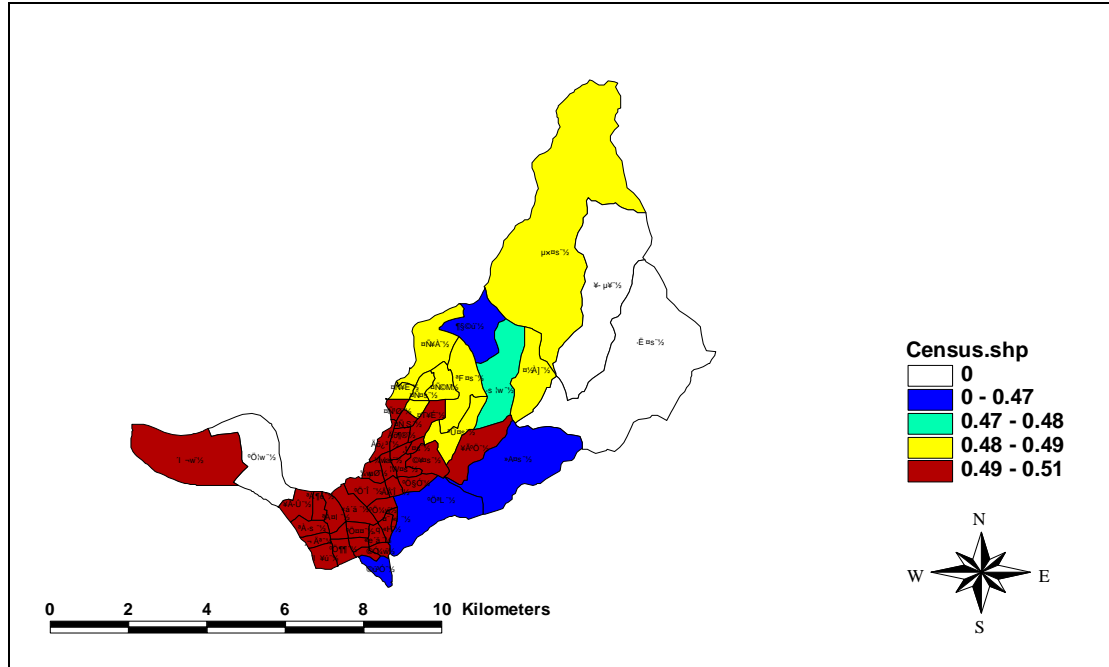


圖 5-9 一般建物損害依用途分類非結構元件加速敏感型-至少輕微損害 (住宅)

在住宅方面，具有較嚴重受創地區分佈如下圖，其中西南方受到的衝擊比例最高。

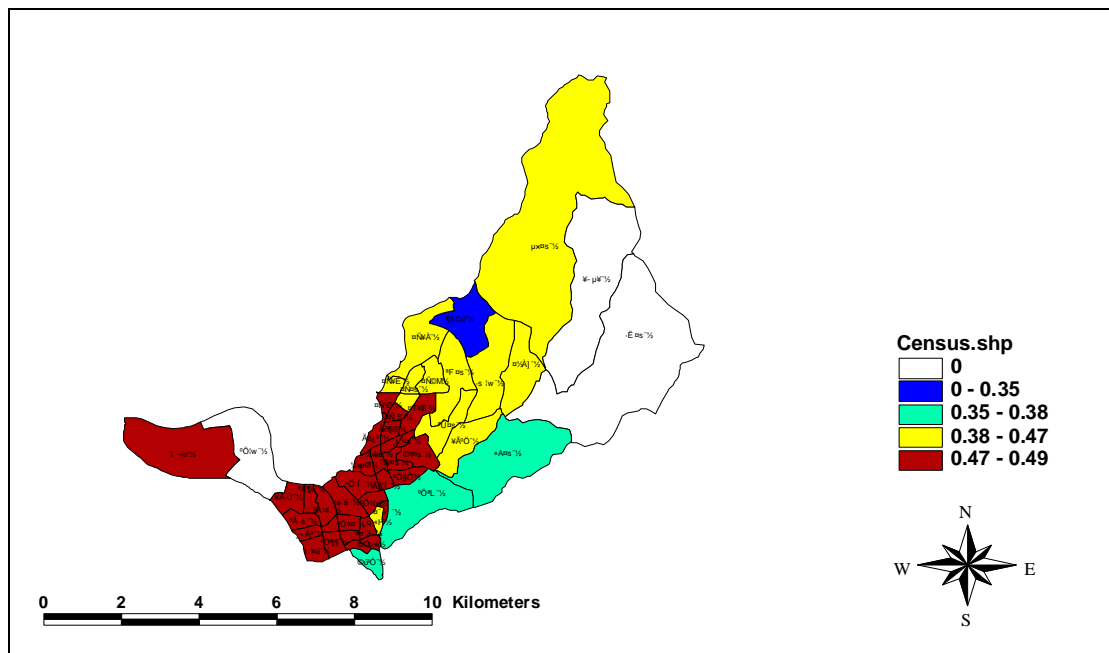


圖 5-10 一般建物損害依用途分類非結構元件加速敏感型-至少中度損害(住宅)

### 3.政府

在政府機關部門受到衝擊的地區分佈相當廣，其受創比例由 40 到 50%不等，而以南方受創的密集度較高。

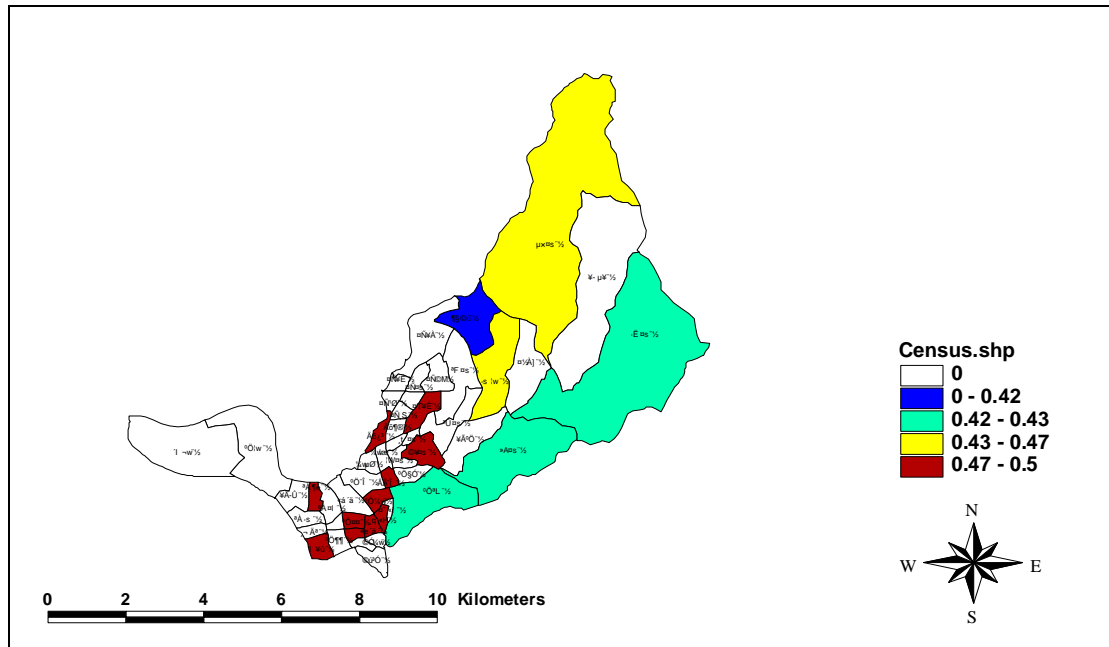


圖 5-11 一般建物損害依用途分類非結構元件加速敏感型-至少輕微損害(政府)

受創較嚴重的地區，如圖下所示，其中以南方密集度較高，約四成的比例。

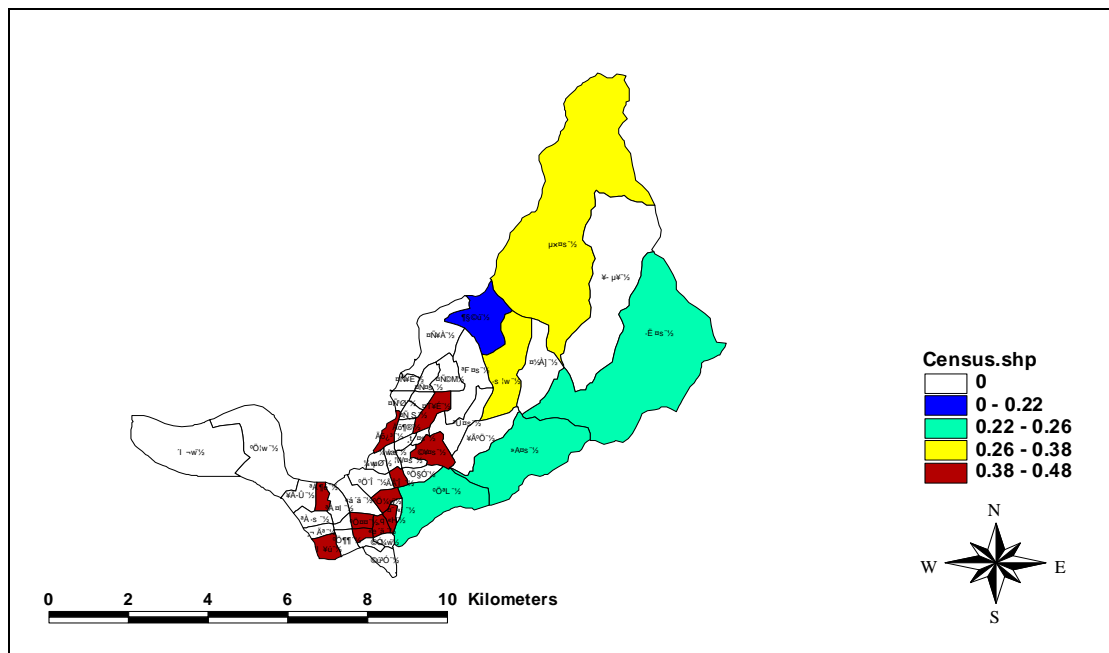


圖 5-12 一般建物損害依用途分類非結構元件加速敏感型-至少中度損害(政府)

#### 4.商業

商業受創分佈集中在南半部，且都有 40%以上的受創率。

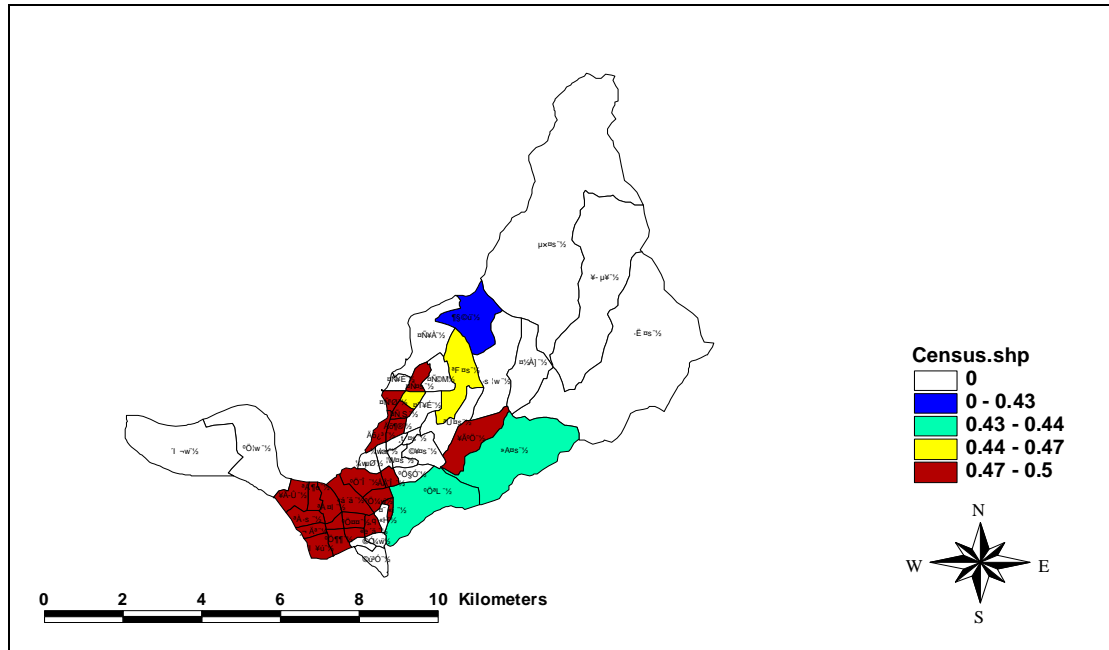


圖 5-13 一般建物損害依用途分類非結構元件加速敏感型-至少輕微損害(商業)

在商業部分具有較嚴重的受創，集中在中南方，其受創比例約占各里一成到兩成不等。

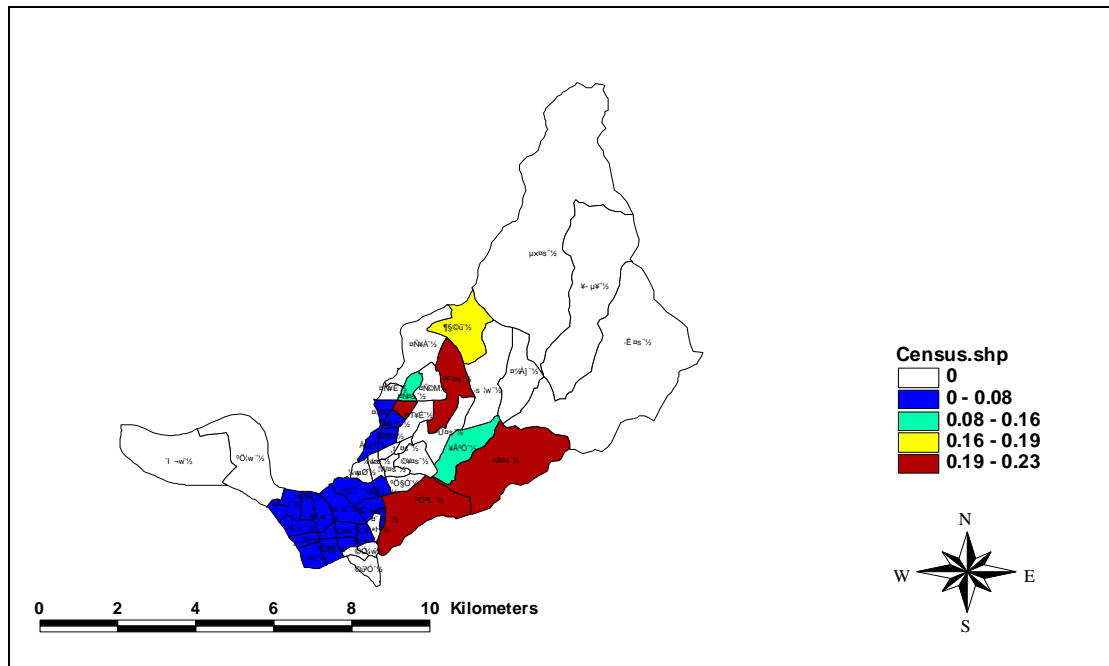


圖 5-14 一般建物損害依用途分類非結構元件加速敏感型-至少中度損害(商業)

### (三) 一般建物損害依用途分類結構元件

#### 1. 工業

在工業建物結構上，受創地區主要集中在南方，各里受創比例約 50% 上下。

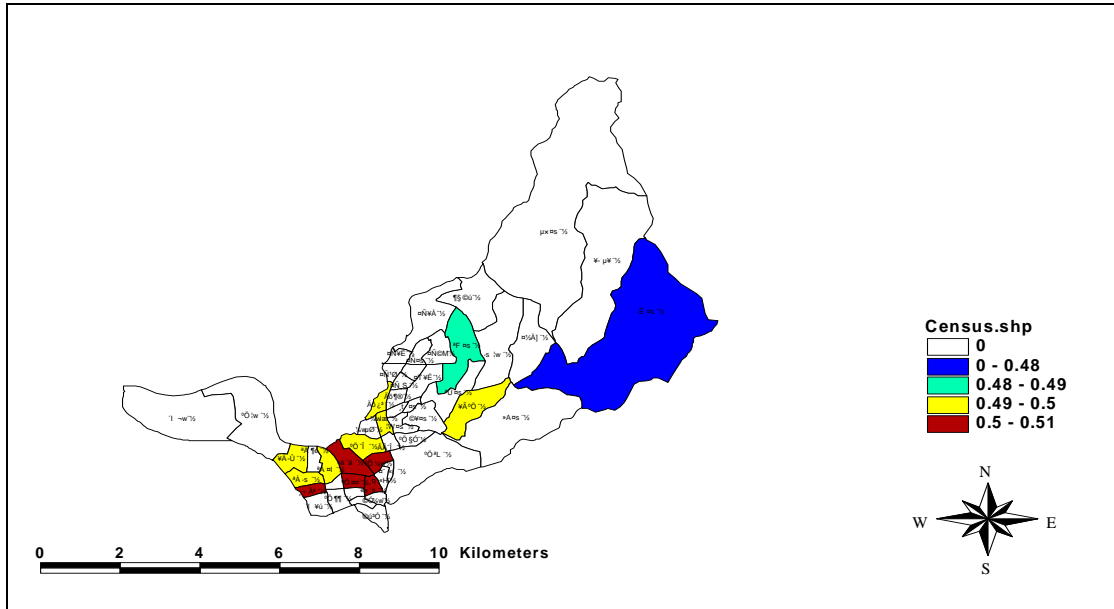


圖 5-15 一般建物損害依用途分類結構元件-至少輕微損害（工業）

遭受中強度以上之損害的工業建物分佈如下，集中於南邊，各里受創比例約在 45%到 50%之間。

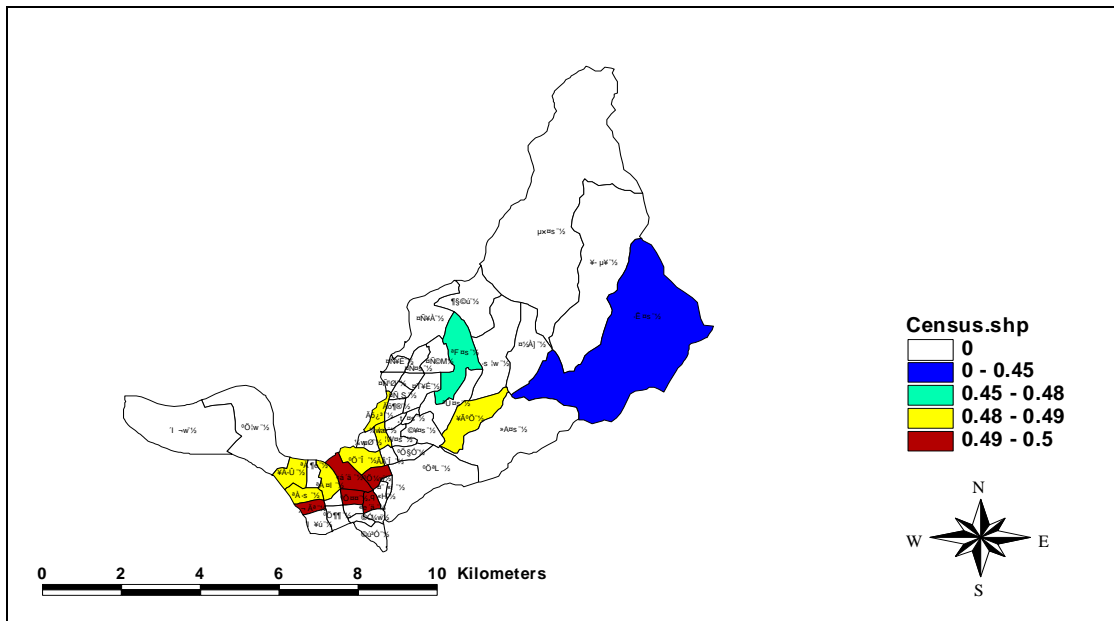


圖 5-16 一般建物損害依用途分類結構元件-至少中度損害（工業）

## 2.住宅

在住宅建物結構方面，士林幾乎受到全面創擊，且各里受創程度在五成上下。

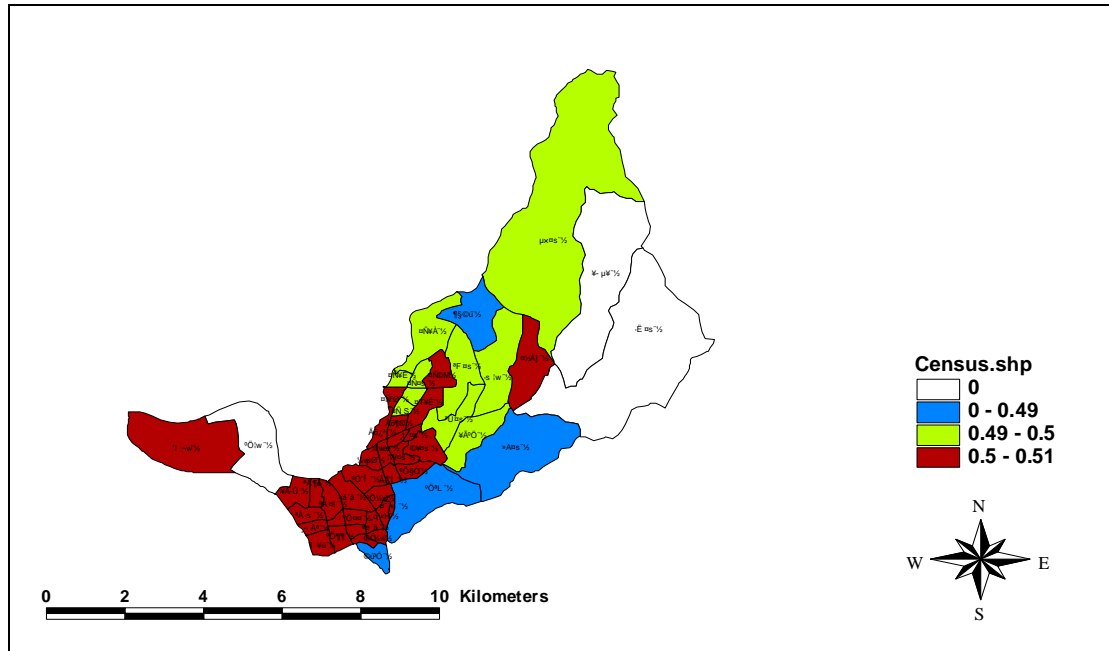


圖 5-17 一般建物損害依用途分類結構元件-至少輕微損害（住宅）

在住宅建物結構方面，士林所受到的創擊幾乎都在中度以上，且各里受創程度在四成六到五成之間。

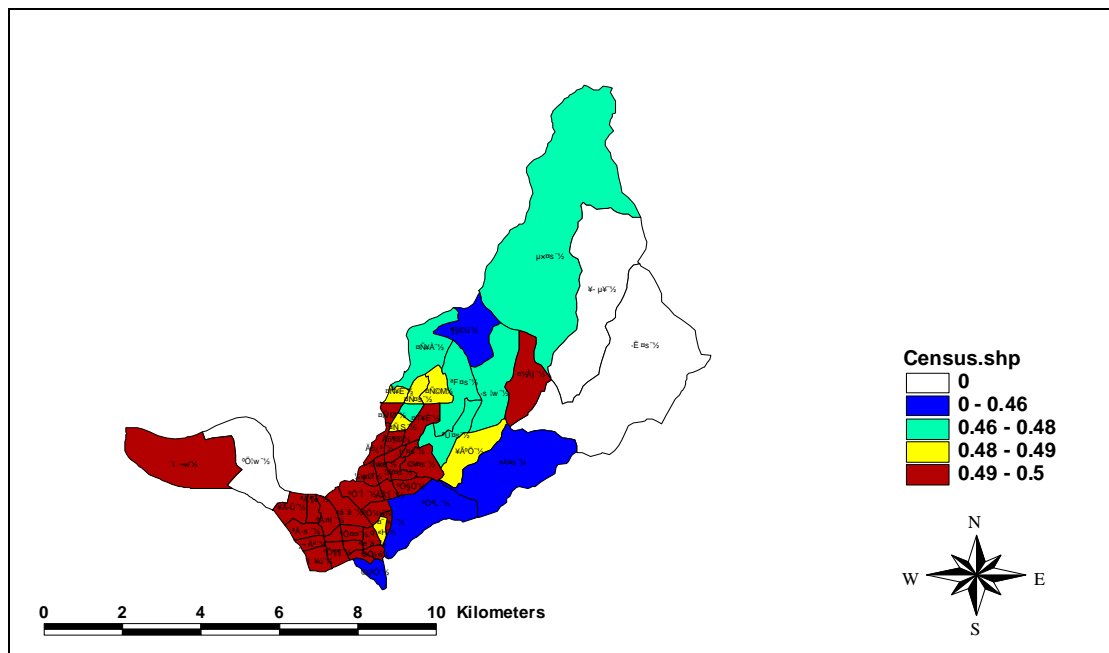


圖 5-18 一般建物損害依用途分類結構元件-至少中度損害（住宅）

### 3.政府

在政府相關建物部分，受創分佈較廣，比例上在 45%到 51%之間。

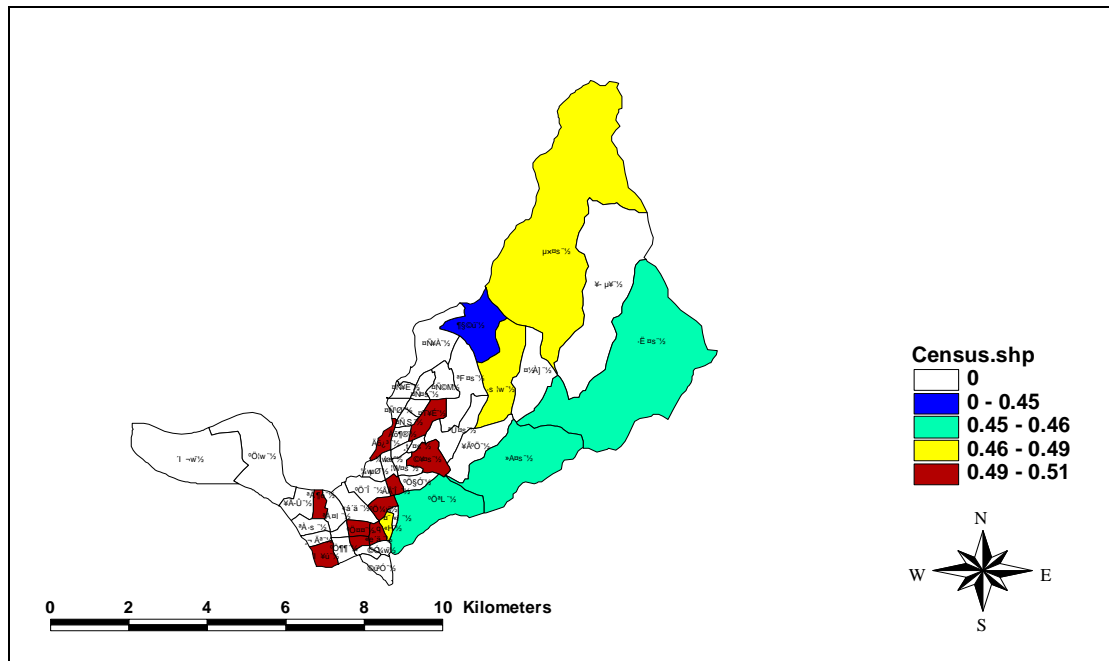


圖 5-19 一般建物損害依用途分類結構元件-至少輕微損害（政府）

政府部分具有較重損害部分，分佈較廣，以南部受創密集度較高在四成五以上。

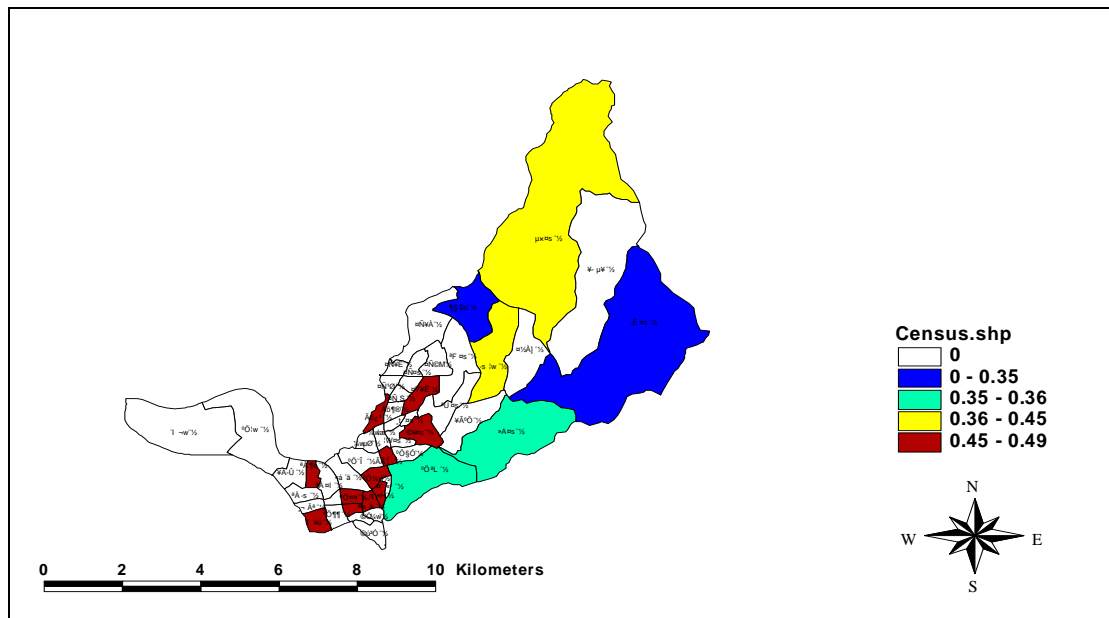


圖 5-20 一般建物損害依用途分類結構元件-至少中度損害（政府）

#### 4.商業

在商業建物結構方面，受到創擊地區如下，分佈於南方，各里比例約45%到50%之間。

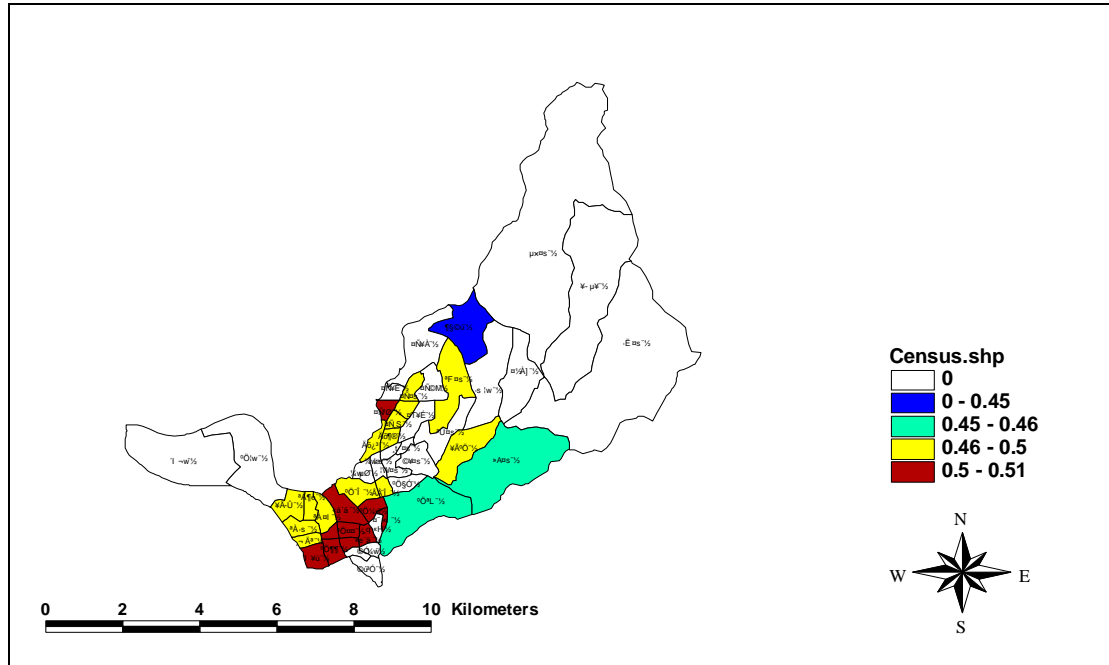


圖 5-21 一般建物損害依用途分類結構元件-至少輕微損害（商業）

在商業建物結構上，受到中度以上損害分佈地區集中在南邊，各里受創程度相近，約四成到五成之間。

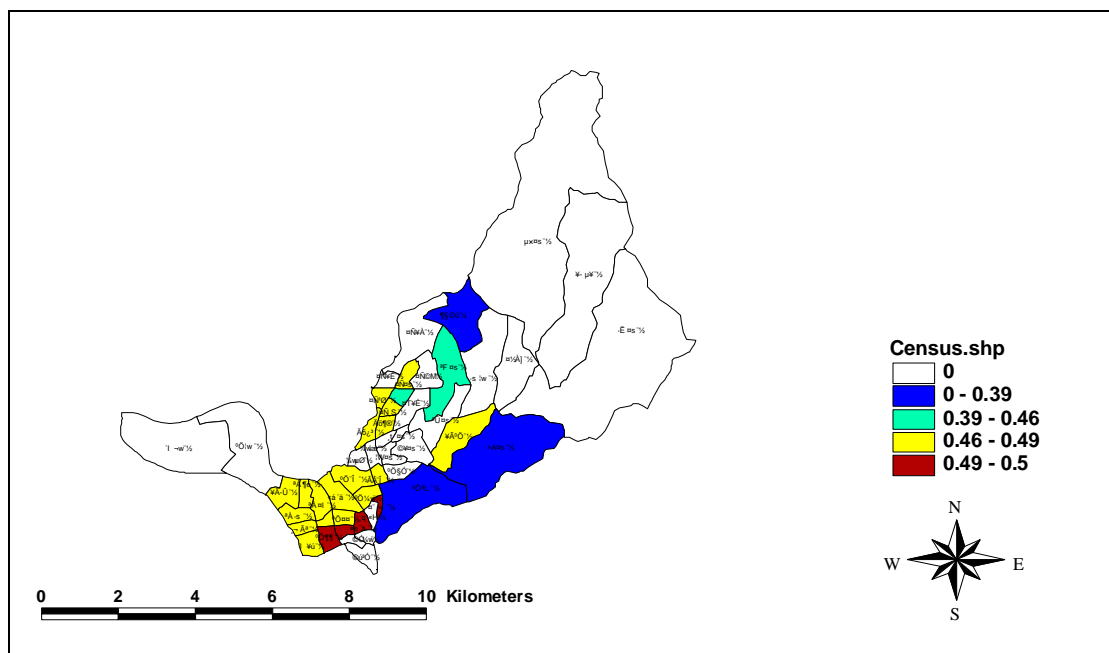


圖 5-21 一般建物損害依用途分類結構元件-至少中度損害（商業）

#### (四) 在人員傷亡與處置方面

##### 1. 在凌晨二時

由圖中可以發現一級傷害中，主要的人員傷亡集中在西半部，且傷亡達 400 人以上的地區約有 9 個里，而其中以後港里的傷亡人數最多為 4,320 人。

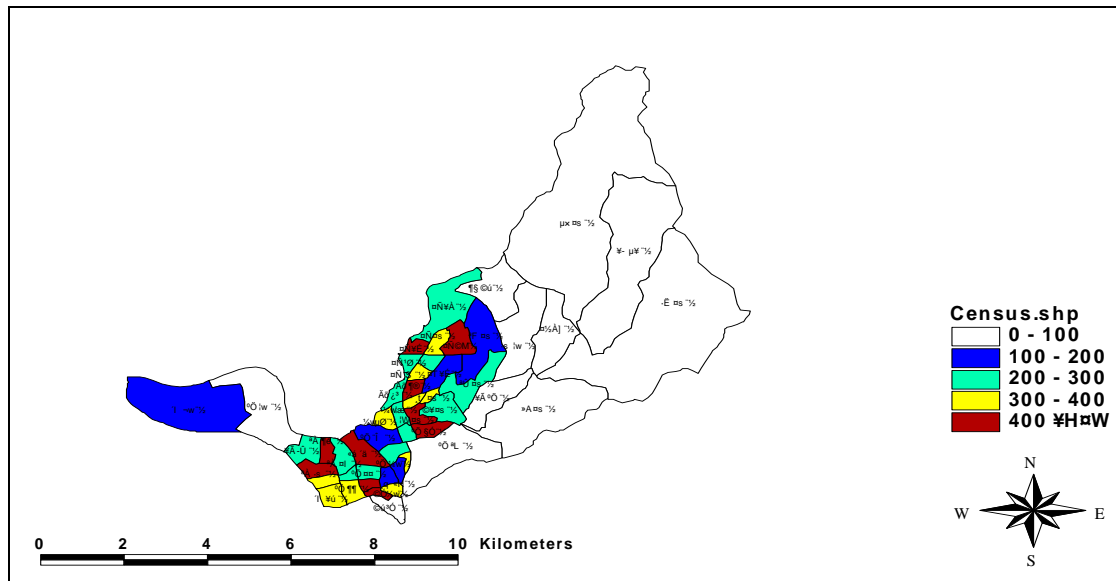


圖 5-22 一級傷害之分布狀況（凌晨二時）

在二級傷害部分，同樣集中在西半部，值得注意的是位於下方紅色區塊的後港里，傷亡竟達 858 人次之多。

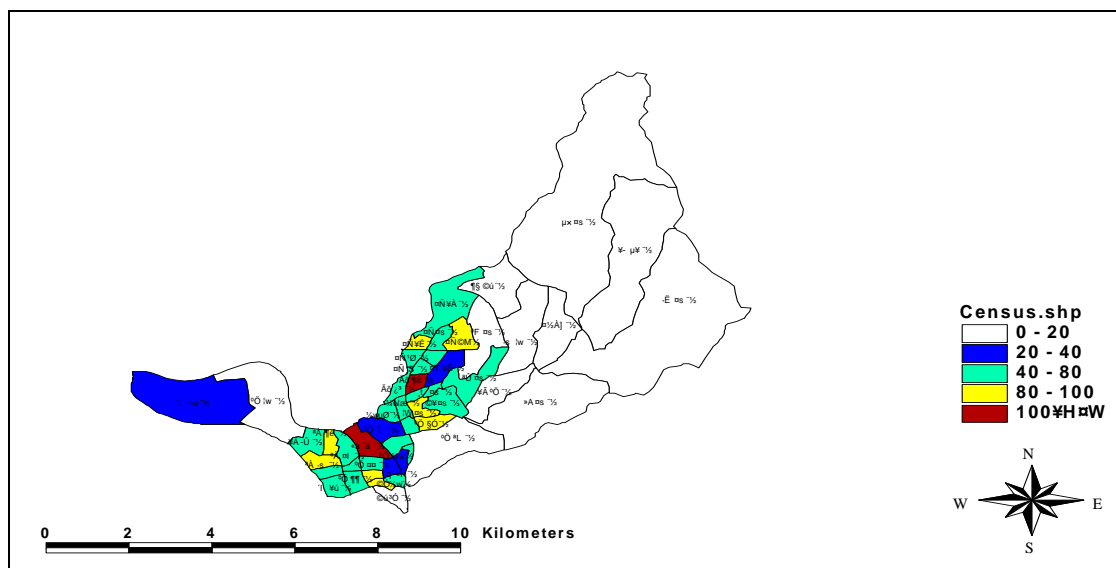


圖 5-23 二級傷害之分布狀況（凌晨二時）

在三級傷害部分，傷亡人數減少，但依舊集中在西南部分，而傷亡最大的為後港里的 130 人。

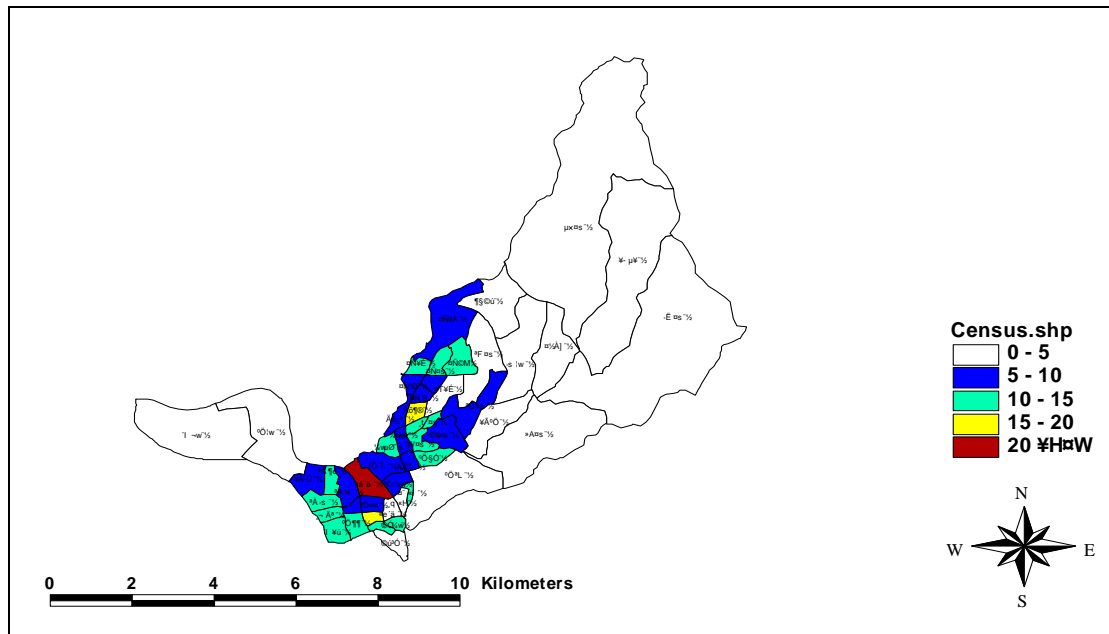


圖 5-24 三級傷害之分布狀況（凌晨二時）

在四級傷害部分，依舊集中在西南半部，而以後港里受創最為嚴重，人次達 130 人。

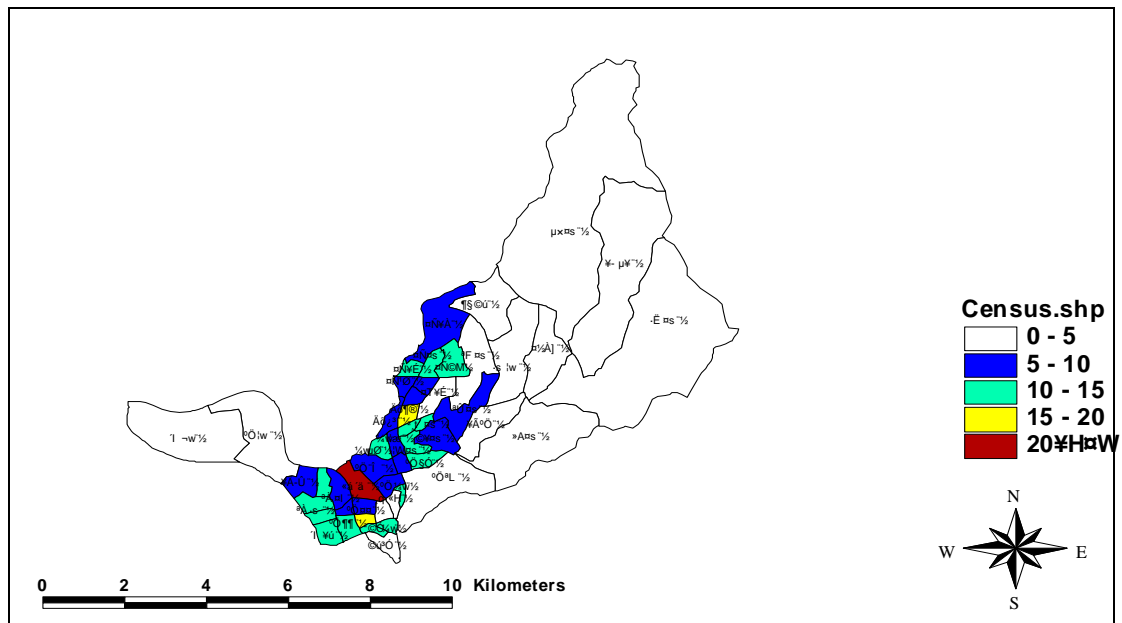


圖 5-25 四級傷害的分布狀況（凌晨二時）

## 2.在下午三時

一級傷害部分，集中在左下方地帶，超過百人傷亡者，以後港里的 930 人為最多。

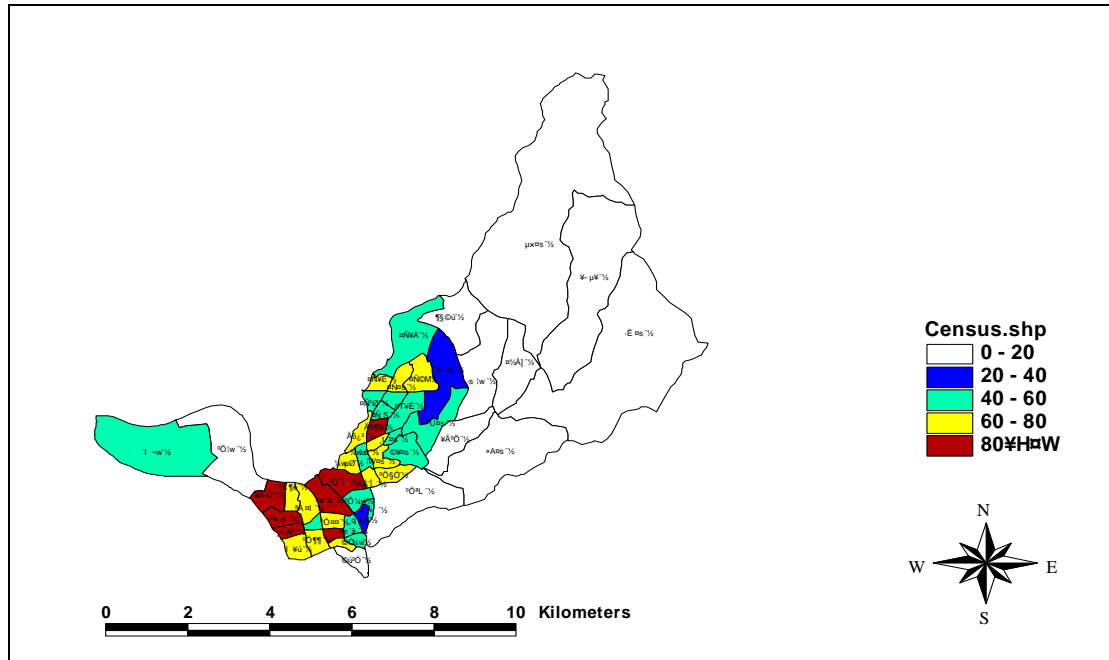


圖 5-26 一級傷害的分布狀況（下午三時）

在二級傷害中，可以發現其受傷害據點以後港里為中心，集聚在西南半部的位置上，而其傷亡人數達 185 人。

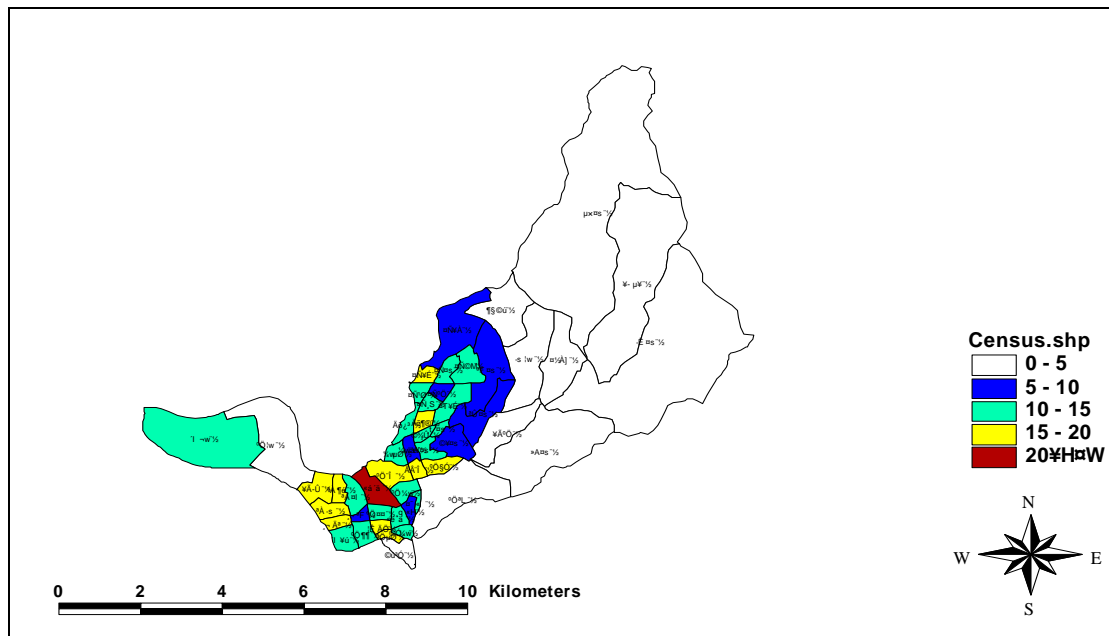


圖 5-27 二級傷害的分布狀況（下午三時）

三級傷害以上，分佈在西南方，人數在 1 到 4 之間，惟後港里較為嚴重，其傷亡人數約 27 人。

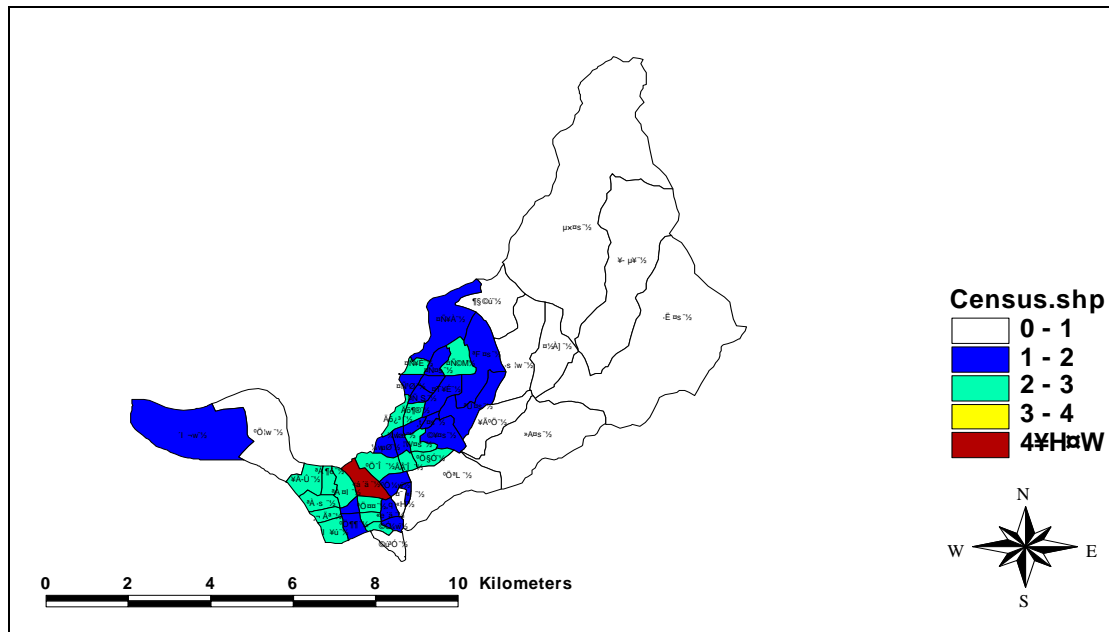


圖 5-28 三級傷害的分布狀況（下午三時）

四級傷害以上，分佈在西南方，人數較少，以後港里為中心，其傷亡人數約 27 人。

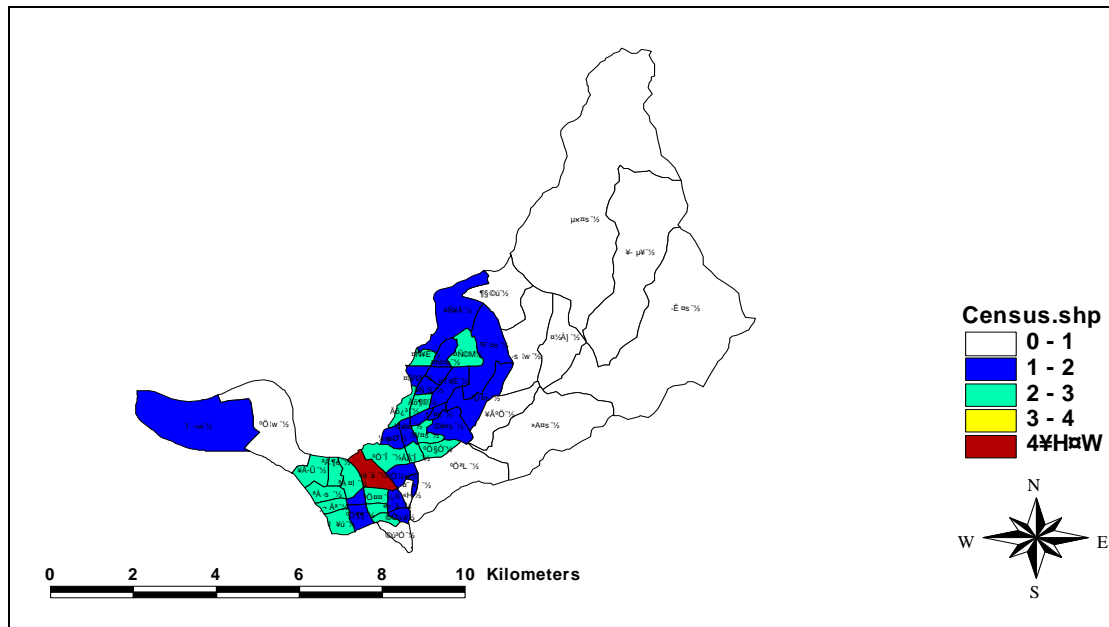


圖 5-29 四級傷害的分布狀況（下午三時）

### 3.清晨八時

在通勤時間中，一級傷害傷亡的分佈在西南部，且較為平均大多為40-60人之間，最嚴重的傷亡地區為後港里，880人次。

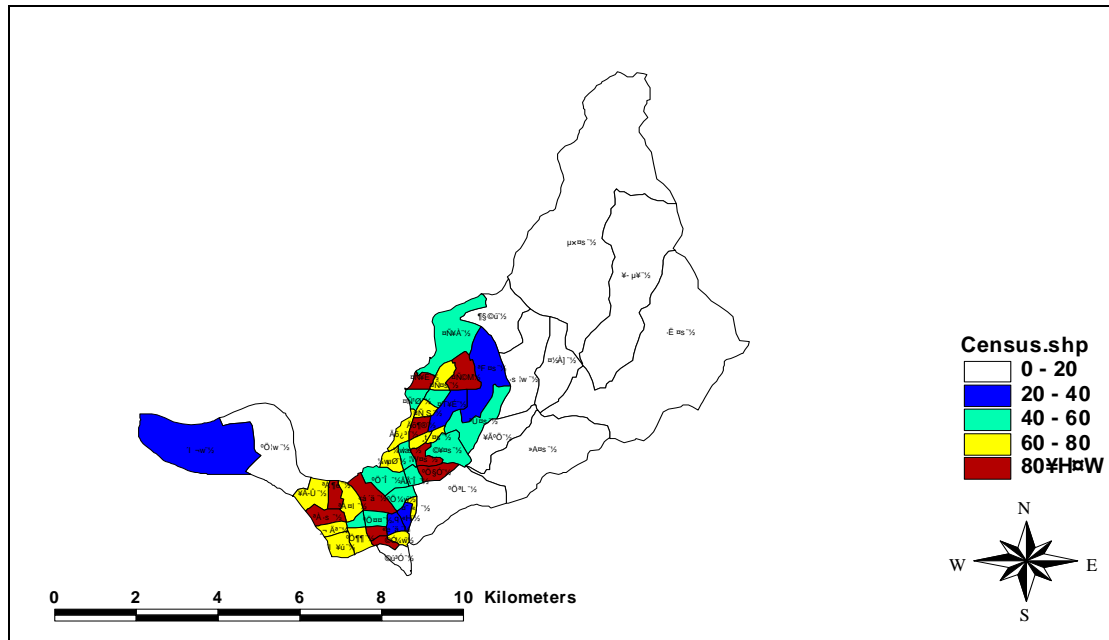


圖 5-29 一級傷害的分布狀況（清晨八時）

在通勤時間中，二級傷害傷亡的分佈在西南半部，各地區差不多，最嚴重的傷亡地區為後港里，人次 175 人。



圖 5-30 二級傷害的分布狀況（清晨八時）

在通勤時間中，三級傷害傷亡的分佈在西南半部，各地區差不多，最嚴重的傷亡地區為後港里，人次 27 人。

### 8am03

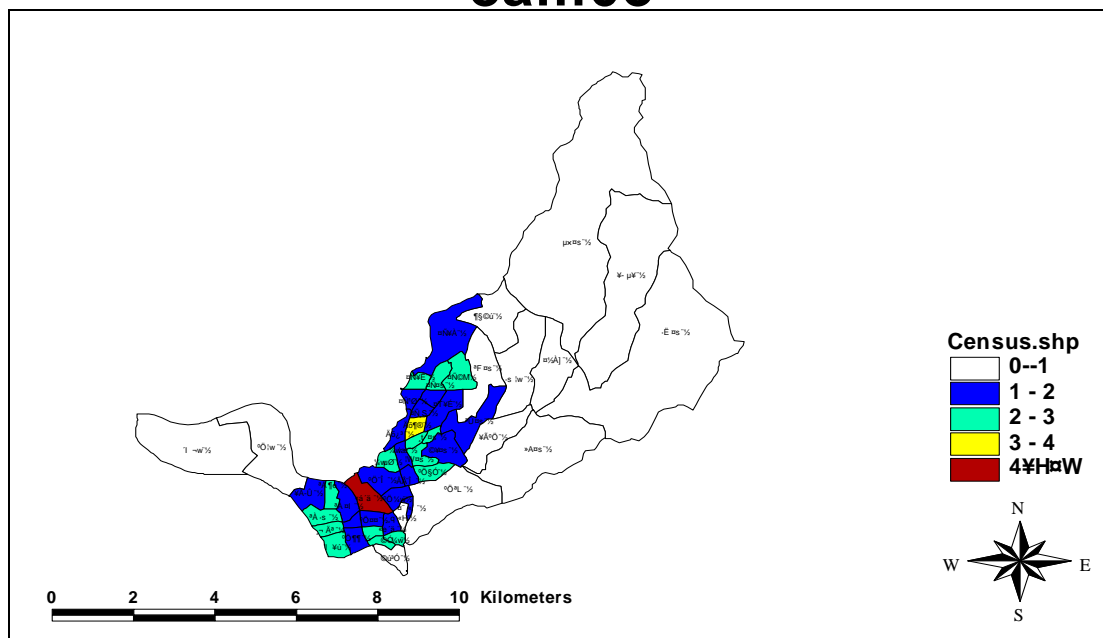


圖 5-31 三級傷害的分布狀況（清晨八時）

在通勤時間中，四級傷害傷亡的分佈在西南半部，各地區差不多，最嚴重的傷亡地區為後港里，人次 27 人。

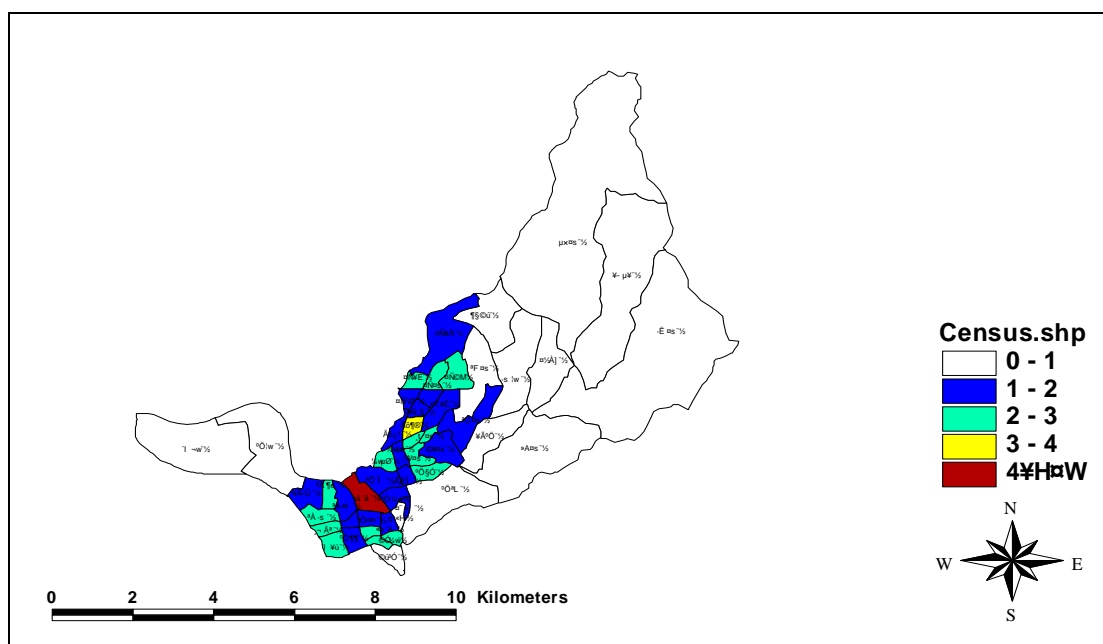


圖 5-32 四級傷害的分布狀況（清晨八時）

#### 4.有關避難所的處置

##### (1) 在無家可歸家庭數量

在西南半部尤其嚴重，約在 600 戶以上，其中以天玉里、蘭雅里、福佳里、後港里、社新里及福華里最為嚴重，皆有千戶以上數量需要安置。

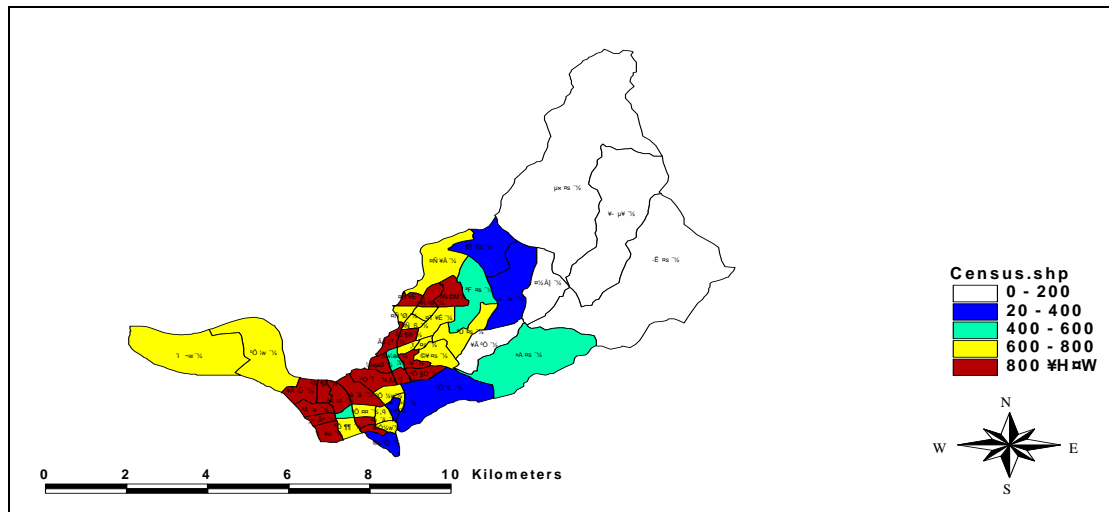


圖 5-33 無家可歸家庭數量的分布狀況

##### (2) 短期庇護所之需求

隨著無家可歸家庭數的分佈，其需要短期庇護所的分佈狀況也是集中在西南部，數量多在 300 人以上。

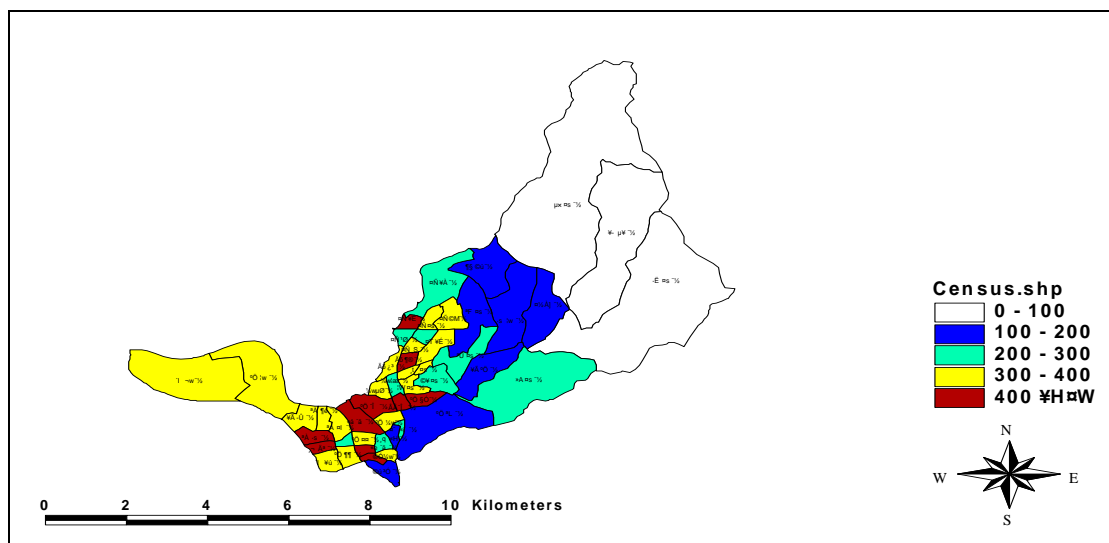


圖 5-34 短期庇護所需求的分布狀況

## 二、都市計畫與地區防災計畫之應用

以上經由 HAZ-Taiwan 模擬產生的成果，包含地區建物與人員的損失規模，以及空間分佈，我們可以藉以重新省視在規劃部門，各種不同模式的應用方式，並提供不同的參考建議，補足過去傳統計畫部門思考上之不足點，並透過這樣的方式，讓規劃部門在防災方面提供一個更有力的參考模式。以下分述其應用方式。

### (一) 在地區防災計畫方面

地區防災計畫主要以防災圈為主體，透過其運作，在災害產生的同時，有不同的應變措施。

#### 1. 透過 HAZ-Taiwan 的運用來看防災圈特質

防災圈是透過近鄰生活圈、生活文化圈、區生活圈之聯繫所構成。近鄰生活圈為鄰里生活中心，小學為主要活動中心。生活文化圈是在各地區設置防災據點，作為支援活動之據點，作為區生活圈與鄰里生活圈之聯繫行動。區生活圈是以市府為主體的廣泛性救援中心。在 HAZ-Taiwan 系統中，以里為單位的評估模式，在空間範圍上，性質近似近鄰生活圈。因此將 HAZ-Taiwan 的評估結果視為近鄰生活圈的狀況時，可以針對各種需求設施提供不同的區位建議。

#### 2. 運用在設置公共及防災設施上

在各種必要公共及防災設施的考量上，透過 HAZ-Taiwan 模型的評估結果，可以推估幾項重要設施設置的條件與需求。

- (1) 各近鄰生活圈在地震過後所產生的損害分佈狀況，包括人員及建物方面，可以以此為基礎，推估生活文化圈互助聯繫的範圍，並找尋支援活動點的最適區位與地點。
- (2) 透過不同時間點上的災害評估，可以推估居住人口分佈集居、就業分佈地區、主要通勤路線。並以此為參考依據，選擇區位，設置必要的防災設施，並規劃適當的防災路線。
- (3) 可以利用人員災害損害模式的分佈，對區生活圈的範圍進行調整。

- (4) 對於避難所的位置，藉由各地區避難家庭數量的需求，提供一個具體性的區位建議。
- (5) 對於損失較為集中的地區，可視為是主要的都市集聚中心，因此對於這些地區應該要有足夠合宜的避難設施，或藉由都市更新手法提供新的公共空間或藉由區與區之間容積移轉方法，使其他商業或工業區提供新的公共空間，以解決公共空間不足之問題。
- (6) 估計與檢討現有維生管線，如電力、飲水、通訊設施等之防災容量，如估計成果發現無法滿足防救災需求或可能在地震時產生嚴重損害，則需提出對應之危機處理配套措施，以降低地震災害損失。
- (7) 估計現有救災與醫療設施於災後提供的功能與容量，透過估計成果，可幫助規劃者必要的資訊，擬定相關的支援計畫與風險管理應變計畫，以提昇防救災的效率。

## (二) 通盤檢討

根據通盤檢討第七條『都市計畫通盤檢討時，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』。傳統在規劃方面的通盤檢討主要是檢測原計畫方面的推估與實際上有重大出入時或地區窳陋，才會進行修正。透過 HAZ-Taiwan 運作，可以檢討計畫上，土地利用方式的適宜性（陳博雅，1999）。

### 1. 土地使用分區之設定

依據 HAZ-Taiwan 在一般直接經濟損失的評估中，可發現不同里在各種不同建築形式上的建築損失，除顯示出各地區的各種使用型態的用途類別特性外，值得注意的其同時代表這地區主要的經濟型態，也顯示出面對災害時不同的需求。透過建物型態損失的評估，以及人員傷亡程度的分佈，可以作為土地使用分區是否應做調整的一個考慮因子。另一方面，可以針對這些地區做其建築密度的監控，減少未來發生災害可能產生的問題。同時也可根據不同損害狀況的地區，依據其經濟型態，可以提供不同的獎勵方式，例如明訂容積率與建蔽率（做為開放空間獎勵），據以規劃

充足的公共及防災設施。

## 2. 庇護所或避難中心設置

就人員傷亡及庇護所需求數的推估結果，可以在通盤檢討上，重新檢討各地區在公共設施需求及分佈的適當性，以作為臨時庇護所或避難中心的主要地點，另一方面對災難發生時，可以會同其他區域對庇護所的地點及時提供必要的設置場所、區位大小與數量，爭取救援的時間與空間。

另一方面避難路線的規劃，也同時影響庇護所或避難中心運用的效能，在選擇庇護所或避難中心設置的地點，應該配合各庇護所位置提供相對性需求的避難路線，包括綠帶、道路線等，作為及時救援的一個主要通道。

## 3. 調整公共設施需求

過去在公共設施的通盤檢討，一般是考慮大區域範圍內，公共設施面積的最小面積，亦即人與公共面積的比值。透過 HAZ-Taiwan 的評估結果，在公共及防災設施的面積及區位，應有不同性質的考量。如針對人員傷亡較大的地區，提供較多的防災設施、便利或適宜的防災通道及路線，可以減少傷亡的產生。因此在地點與路線的考量，比面積的比例更加具有重要性。

## 4. 地區建築密度修正與限制

根據建物損失與人員傷亡相互比對，可以發現各里在地區的人口密集度集中狀況，以及被破壞的情形分佈。因此，可以藉由建築密度的修正與限制，減少傷亡的發生比例。例如在人員及建物災害損失分佈比較高的地帶，限制其容積率或調整容積率，將容積轉移到其他災害比例較少地區；或者利用建蔽率的控制，提供適宜的防災走道或路線，減少災害傷亡比。

### （三）都市更新選址方面

透過 HAZ-Taiwan 在人員及建物損失評估，可以事先預測可能發生災害的主要地區與建物型態及其人員分佈。並以此為基礎，檢測需要都市更新的地區分佈。並根據地區已有之人口及未來需求預測，提供適宜的公共設施配置與服務。另一方面，透過一般直接經濟損失部分，可以初步得到

重建一地區所需的資本，可以因應年度預算的需求，擬定各地區優先發展或都市更新之順序，有效率的推動都市更新，改善居住環境品質以及提供優良的防災環境。

#### （四）都市建設規範

根據人員及建物損害分佈狀況及分佈比例，可以做為都市建設規範參考的一部份。為減少這些傷亡型態的產生，可以藉由建設過程中都市設計的功能予以提供部分都市公共空間或防災動線，作為整體防災計畫中的一部份。

##### 1. 對於各種不同的土地使用分區其建築規範的限制

在受損災害較嚴重地區的地方，依其不同地區受創狀況的分佈，對於住宅與商業區應予明訂防災圈內的建築密度與容積率，以確保足夠的公共空間。在工業區方面，應配合周邊地區的使用狀況，提供相關的防災設施規劃內容，如防災綠帶、動線、避難場所、安全管理維護系統等。

##### 2. 考量計畫人口與實際人口的平衡，使公共設施規劃合理。

##### 3. 對於各地區的公園、綠地、廣場，除規劃為遊憩、運動及集會之外，需考量防災之功能，建立防災公園與防災據點。

##### 4. 對於國民中小學規劃應同時考量做為防救災據點 而衛生保健及警察消防為都市防災重要設施，需配合防災圈規劃。

##### 5. 對於高危險地區的建築需擬定較高的耐震係數，減少建物破壞的程度。

從上述 HAZ-Taiwan 可應用的四個層面與應用方式，可將 HAZ-Taiwan 輸出的地震損害資訊，與各應用層面的互動關係與應用之內容，整理示之於圖 5-35。從圖中不但可瞭解 HAZ-Taiwan 可行的應用層面，亦可顯示 HAZ-Taiwan 應用於都市規劃防災計畫之程序。

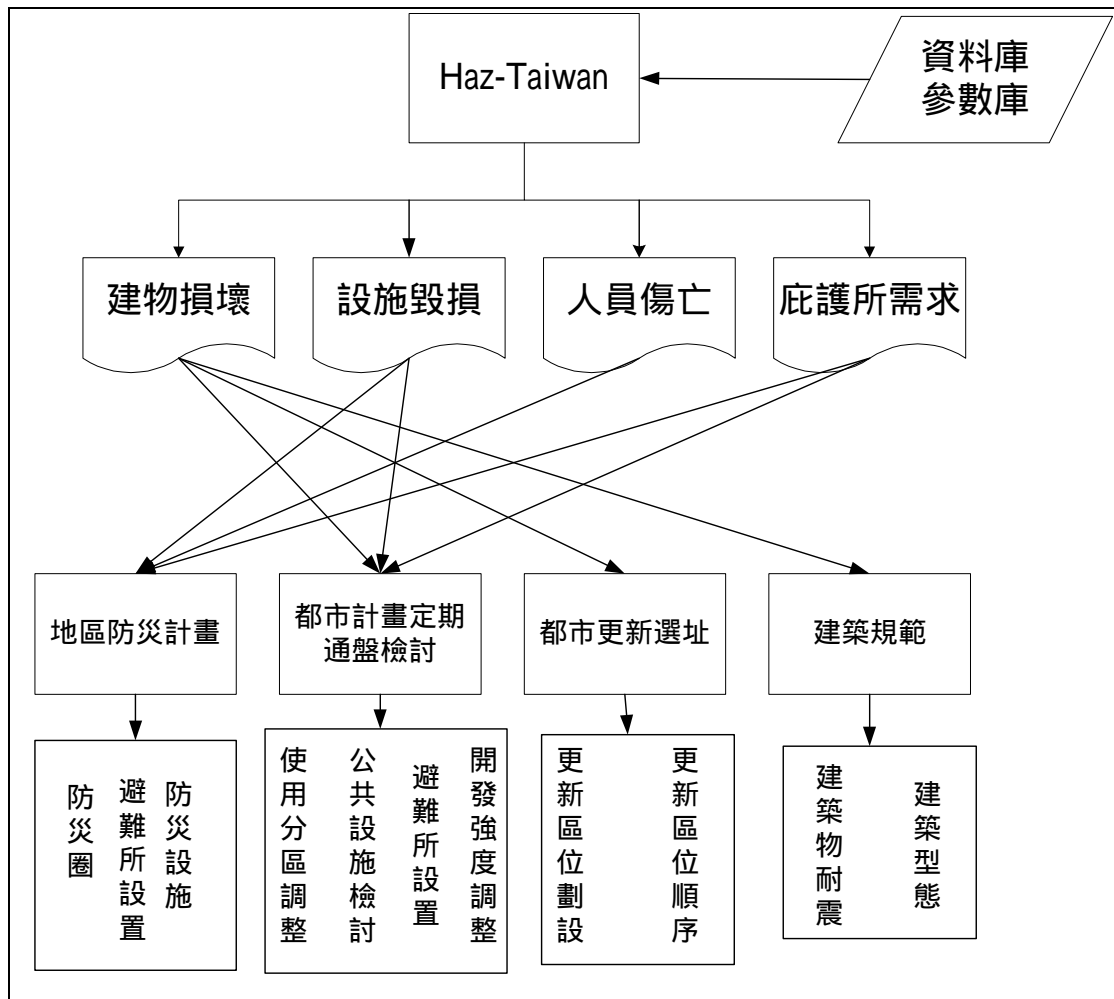


圖 5-35 HAZ-Taiwan 應用之程序

### 三、應用檢討

1. 在執行地震事件分析時，HAZ-Taiwan 系統可以同時設定多個地震事件以供選取並執行分析；但若選定一地震災害事件並執行分析，得出所有損害與損失結果之後，若再針對另一個已設定之災害事件執行分析時，其所得出之結果與前一地震災害事件相同，故 HAZ-Taiwan 系統在操作上有其限制，在同一操作介面下無法針對新選定的事件進行分析，需將操作介面退出後方可針對另一事件進行分析。
2. 在 HAZ-Taiwan 系統的資料庫中對於一般建築物之用途形式對應關係是要求在四種耐震設計水準（高、中、低耐震設計水準及耐震設計規範前等四種）規範下，但受限於於資料收集上的問題，如無法有效釐清不同建物使用別之各類耐震設計類別與比率，則無法精確估計損失，系統亦無法有效估計，此會產生資料蒐集上的困境。

3. 清單資料庫中的一般建築物的價值是根據建物的樓地板面積而做變動，亦即建物總樓地板面積大小會影響經濟損失的結果，但是建物樓地板面積卻與建物數目是獨立的，兩者之間無自變與應變之關係存在，意即代表在更新建物數目資料後，該地區的總樓地板面積不會因建物數目的變動而更動，如此則代表建物數目如果增加，當地震災害事件發生時，所帶來的經濟損失也不會因此增加，這樣的結果勢必有所偏誤。因此 HAZ-Taiwan 系統關於此點在設計上似乎有所缺漏。
4. 由於系統中主要以鄰里為基本空間單元，因此，在應用上較適合大範圍空間之應用，例如縣市為範圍之地區綜合發展計畫或防災計畫，對於社區層級之空間，若要作較細緻的應用，建議應調整資料的空間單元，改以網格式的資料結構，對於較小地區的應用，方得以顯現出資料的差異，但此一調整將擴及其他基本資料的建置成本，需要較謹慎的評估。

以上所述為 HAZ-Taiwan 系統在操作技術層面上的課題，但就應用層面，可能會衍生下列兩項課題：

1. 資料與參數庫建立：HAZ-Taiwan 提供地震災害損害評估的作業平台，資料庫與參數需求視使用者的需求，設定資料庫與參數的精確程度。惟應用初期如欲使地方政府完整建立此資料庫，可能較為困難，故宜由相關單位抽取幾個具代表性之縣市，建立參數與區域乘數庫，應用時，只要以所抽取之樣本乘上特定區域乘數，即可進行初步分析，毋須進行全台地區普查，如此應可提高應用層面。地方政府應用時，亦可依地方特色，擬定損害評估之重心，無須建立所有模組所需的資料庫，且如能配合都市規劃或通盤檢討過程建立相關資料庫，則勢能大幅提昇應用層面。
2. 地震事件之設定：HAZ-Taiwan 系統估計地震損害的基準為事件導向，一次只能估計單一地震情境所造成的損害。此在應用上不盡合理，故應在地震災害潛勢估計的過程進行改良，利用統計方法，建立以空間為基準的地震潛勢分布圖，顯示每個空間單元呈現的地震潛勢、危險度或損害機率分配，方能提高應用層面。

## 第六章 結論與建議

本計畫主要目的，在引入 HAZ-Taiwan 地震損害評估系統作為地震風險管理與防救災決策評估之輔助工具，評估其於城鄉規劃與防救災規劃之可行應用方式與課題。內容主要除引介 HAZ-Taiwan 系統外，亦以台北市士林區為例，進行兩個地震事件的境況模擬，以瞭解 HAZ-Taiwan 系統的可行應用方式與隱含課題，以下即分別說明本研究之結論與建議。

### 第一節 結 論

以下可從 HAZ-Taiwan 系統引介、境況模擬成果與應用方式三個層面，說明研究發現。

#### 一、HAZ-Taiwan 系統引介

HAZ-Taiwan 系統之前身雖為美國 HAZUS 系統，但從 1999 年引入台灣，即開始進行相關參數、資料庫建置及本土化之工作，當前主要目標在推廣於地方政府之防救災規劃相關應用。本研究即配合此工作，協助引介 HAZ-Taiwan 系統及提出可行的應用方式，並指出應用可能需處理的相關課題。

#### 二、境況模擬

本研究以台北市士林區為例，分別進行兩個地震事件的模擬，一個以新城斷層為震源，設定地震規模  $M=7$  (事件 A)；另一個則以宜蘭外海為震源，設定地震規模  $M=7.5$  (事件 B)，兩個地震之震央深度皆設為 10 公里之淺層地震。分析之內容包含：比較分析兩個地震事件引發的總計地震損害與損失，以及以事件 B 為基礎，分析地震引發之損害與損失在士林區之地理分布特質。

總計損失之模擬成果，發現事件 B 之地震規模雖大於事件 A，但兩者造成的損害差異不大，且地震潛勢、危險度與災感度分布亦高度相符，代表士林區高地震風險地區，不管震源在何處，可能皆為相同地區。兩個事件模擬結果，發現高地震風險地區集中在士林之西南與南部區域，約為劍潭、社子、天母等地區。此等地區為士林區精華地區，為人口、建物與都

市發展強度最高之地區。損害評估之內容，包含建物損壞機率與直接經濟損失、重要設施功能損壞與直接經濟損失、交通運輸設施功能與直接經濟損失、庇護所需求與傷亡人口估計。這些損害項目估計成果，兩個地震事件差異皆不大，但較嚴重損害之地區皆集中在同樣之區域。

事件 B 引發之地震地理分布模擬成果，PGA 分布較嚴重之里約有 32 個，此 32 個里不但具有較高的地震災害潛勢亦是地震危險度與災感度最高之處。綜合模擬各項模擬成果，建物經濟損失較嚴重之里為：三玉里、蘭雅里、蘭興里等，庇護所需求較多之里為蘭雅里、社新里、後港里等，皆為士林區之精華地帶，故配套的防救災與土地使用計畫，成為應用 HAZ-Taiwan 系統的關鍵方向。

如欲提昇 HAZ-Taiwan 系統境況模擬的有效性，尚需要利用更多的經驗資料對模型進行校正。由於地震的經驗資料有限，且暴露區的實質與社會經濟資料蒐集的困難與不完整，使案例境況模擬的成果尚有改進與討論的空間，此兩個部份皆是本研究的限制。故 HAZ-Taiwan 系統的後續校正與提供模擬與分析所需的相關資料更新與補充，皆是提高模擬效度與信度的重要後續研究方向。

### 三、都市計畫防災規劃應用方式與課題

本研究針對 HAZ-Taiwan 系統應用於都市計畫之防災規劃，分別針對下列四個層面提出應用指南：

1. 地區防災計劃擬定：關於防災圈劃設、公共與防災設施提供與規劃檢討，提出可行的應用方向；
2. 都市計畫通盤檢討：關於土地使用分區劃設與管制、庇護所設置與規劃、避難路徑規劃、公共設施需求調整、供給設計及地區開發強度設計與規範等，提出都市通盤檢討的應用原則與方向；
3. 都市更新選址與規劃：藉由地震災害評估之成果，可瞭解高危險地區之分布，及可能造成損害與損失較嚴重之區域，此成果不但可應用於都市更新之選址，亦可作為更新地區防災設施規劃與提供的基礎；
4. 都市開發與建設之審議：可應用地震災害模擬成果，調整土地使用分區

的建築規範，檢討公共設施提供標準，檢討綠地、廣場、學校等作為防災避難中心的可行性，並檢討醫療、消防設施、飲水、電力規劃之防救災容量，作為都市開發與建設審議之基準；

5. 土地使用規劃與管制：以往都市土地使用規劃過程，缺乏從土地使用規劃的角度，納入防災規劃的思考向度。HAZ-Taiwan 系統的境況模擬成果，可提供規劃區之災害潛勢與危險度資訊，而可將之納入土地使用分區檢討、規劃與開發強度管制的依據。

除提出上述之應用方式建議外，亦提出 HAZ-Taiwan 系統在操作技術與應用層面可能面對的課題。在技術層面，主要的課題在於：操作介面設計的便利性 估計效率與資料庫建立格式。應用層面之課題則主在於：1. 資料庫與參數庫建立成本與資源需求過於龐大；2. 地震潛勢與危險度估計模式設計，係以地震事件為主體，非以空間單元表達之課題，造成地震潛勢與危險度分析成果缺乏統計基礎。基於這些課題之限制與 HAZ-Taiwan 系統之不足，下節則提出 HAZ-Taiwan 系統應用與系統設計改善之建議。

## 第二節 建議

從士林區的實證境況模擬成果，可提出 HAZ-Taiwan 系統應用的建議，然為利於推廣與應用，除有些課題需解決外，亦須進一步提出應用程序設計的改善建議，以利於推廣。以下即分就系統改善與應用設計兩個層面的後續工作建議之。

### 一、HAZ-Taiwan 系統介面改善

#### (一) 資料與參數庫建立

1. 應儘速由中央政府協調一負責機構，協助建立全台各縣市之區域乘數庫，以利於推廣用；
2. 為提高分析與應用之支援績效，建議資料庫格式可提昇為網格系統，以利於地區性都市計畫與防災規劃的細部規劃應用；
3. HAZ-Taiwan 系統資料與參數庫的建立，可訂定短期與長期的建置計畫。短期而言，為配合地方特色與防災規劃需求，可協調一負責機構，以抽樣調查方式建立全台之資料庫與參數庫系統，以節省人力與相關資源投入。長期而言，則可應配合都市計畫或通盤檢討程序配合建置，並更新與補充短期所建立的資料與參數庫系統。

#### (二) 系統技術介面設計

1. 建立以空間單元為主體的地震潛勢與危險度機率分配圖，改善 HAZ-Taiwan 以單一地震事件為主體的地震損害展現模式；
2. 直接經濟損失估計模組的串聯性不足，造成估計之資料與參數輸入之繁雜，如能增加模組內各參數與估計參數間的串聯，即可提高估計之效率。

#### (三) 系統校正：應配合歷史資料與實證分析的成果校正 HAZ-Taiwan 系統的估計模式與參數，以提高估計的信度與效度。

### 二、推廣與應用

- (一) 都市計畫與防災規劃應用：目前之都市計畫防災規劃過程，缺乏防災體系的系統思考向度，故建議將 HAZ-Taiwan 系統納入地區防災

規劃體系、都市計畫通盤檢討程序、都市更新規劃與選址、都市開發與建設審議、土地使用規劃與管制之過程。

- (二) 建立應用準則與程序：本計畫重點在評估 HAZ-Taiwan 系統的應用方向與可能隱含的課題。然如欲更進一步的應用於都市計畫防災規劃之決策輔助或風險管理工具，可尋求一示範地區，引用 HAZ-Taiwan 系統為輔助工具，實際進行規劃與應用示範，以藉之擬定應用程序、訂定應用準則、檢討標準、擬定防救災設施需求估計準則與方法等，以使地方政府、社區或相關團體之應用能更為便捷與簡化。
- (三) 提昇推廣與應用之層面：可採兩個方式進行：1. 可將本研究之部分（或全部）成果置於建研所網站，以利於使用者應用；2. 透過說明會與合作方式進行推廣，此部份除防災國家型科技計畫辦公室持續在推動外，本研究亦與台北市政府合作進行推廣與部分技術移轉，然此兩方面之工作皆須持續進行，以利於永續推動 HAZ-Taiwan 系統的應用。
- (四) 整合其他災害之防災規劃：HAZ-Taiwan 系統只針對地震之潛勢、危險度與災感度進行模擬與估計，然都市地震外，尚有洪水與其他自然與人為災害，而亟需提出有效的整合應用模式，以使都市計畫之防災規劃能更為完整。

## 參考文獻

- 台北市政府主計處 ( 1992-2001 ), 台北市統計要覽。
- 台北市士林區區公所網站, <http://www.sld.gov.tw/>。
- 台北市士林區戶政事務所網站, <http://www.slhr.taipei.gov.tw/c.html>。
- 交通部中央氣象局資訊服務網, <http://www.cwb.gov.tw/V3.0/index.htm>
- 江渾欽、洪鴻智 ( 1999 ), HAZ-Taiwan 地震災害損失成本及其比率推估 - 以建築結構物破壞引起之直接間接損失為探討對象( 台北市示範地區第一期計畫), 內政部營建署委託, 台北。
- 東京都都市計劃局 ( 1987 ), 地震區域危險度調查報告書, 東京。
- 洪鴻智 ( 2001 ), 建立抗災社區與災害風險管理, 立法院院聞月刊, **29**: 106-121。
- 洪鴻智 ( 2002 ), 防災社區之建立: 綜合性災害風險管理模式之應用, 發表於第二屆台灣土地研究學術會議, 國立台北大學地政系主辦, 台北。
- 洪鴻智、詹士樑 ( 2001 ), 都市地區避難救災路徑有效性評估方法之研究 (三): 與 HAZ-Taiwan 整合應用, 內政部建築研究所專題研究計劃成果報告, 台北。
- 洪鴻智、詹士樑、陳柏廷、廖仲仁 ( 2001 ), 都市地區避難救災路徑有效性評估方法之研究: HAZ-Taiwan, 發表於民國 90 年度建築計畫聯合研討會, 內政部建築研究所主辦, 台北。
- 馮正民、林偵家 ( 2001 ), 日間人口估算模式之調查建置 (三): 國內日間人口之後續調查及估算操作手冊之編撰, 內政部建築研究所專題研究計劃成果報告, 台北。
- 張建興 ( 2001 ), 災害防救法解說, 台北: 鼎茂圖書。
- 陳建忠、詹士樑 ( 1999 ), 都市地區避難救災路徑有系性評估之研究, 內政部建築研究所專題研究計劃成果報告, 台北。

陳亮全、賴美如 (2000), 地區防災計畫研擬之初探, 發表於第四屆全國防災學術研討會, 內政部消防署主辦, 桃園。

陳亮全、洪鴻智、賴美如 (2001), 應用 HAZ-Taiwan 系統進行地震建物直接經濟損失之估計: 以台北市士林區為例, 發表於 2001 年地震災害境況模擬研討會, 國家地震中心主辦, 台北。

陳亮全、簡賢文、張歆儀、朱慶琳、邱景祥、潘國雄 (2001), 大規模地震災害短期避難所需求性與居民避難行為研究, 發表於 2001 年地震災害境況模擬研討會, 國家地震中心主辦, 台北。

陳博雅 (1999), 都市計畫通盤檢討基礎調查及規劃技術手冊研究, 內政部建築研究所委託, 台北。

黃炳中 (1998), 日本災害對策基本法簡介, 立法院院聞, 26: 61-84。

葉錦勳 (1999), 地震災害損失評估與境況模擬方法之研究, 科學發展月刊, 27: 260-268。

葉錦勳、羅俊雄 (2000), HAZ-Taiwan 的建築物損失評估方法, 土木技術, 3: 73-82。

蔡義本、溫國樑、陳桂寶、郭健愷 (1998), 台灣地震目錄的統整與強地動衰減模式的發展, 八十七年度防災國家型科技計畫—整合性專案報告。

顏清連、蔡義本、陳亮全、李清勝、許銘熙、林美聆、羅俊雄 (1997), 防災國家型計畫: 規劃報告, 行政院國家科學委員會。

簡賢文、江崇誠、曾平毅 (2001), 都市空間大量人員避難行為模式之建構 (三): 以大型商業設施為對象, 內政部建築研究所研究成果報告, 台北。

羅俊雄、葉勇凱 (2000), 九二一集集大地震對於工程建設的破壞, 理論與政策, 14: 65-85。

羅俊雄、葉錦勳、陳亮全、洪鴻智、簡文郁、廖文義 (2002), HAZ-Taiwan 地震災害損失評估系統, 台大工程學刊, 85: pp.13-32。

- Anderson, D. R. (2000), "Catastrophe insurance and compensation: Remembering basic principles," *CPCU Journal*, **53**: 76-89.
- Bayer, L. J. and Amendola, A. (2000), "Global change, natural disaster and loss-sharing: Issues of efficiency and equity," *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, **25**: 203-219.
- Bendimerad, F. (2001), "Loss estimation: A powerful tool for risk assessment and mitigation," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, **21**: 467-472.
- Burby, R. J., French, S. P. and Nelson, A. C. (1998), "Plans, code enforcement, and damage reduction: Evidence from the Northridge earthquake," *Earthquake Spectra*, **14**: 59-74.
- Burby, R. J., Beatley, T., Berke, P. R., Deyle, R. E., French, S. P., Godschalk, D. R., Kaiser, E. J., Kartez, J. D., May, P. J., Olshansky, R., Peterson, R. G. and Platt, R. H. (1999), "Unleashing the power of planning to create disaster-resistant community," *Journal of the American Planning Association*, **65**: 247-258.
- Federal Emergency Management Agency (1997a), *HAZUS: Earthquake Loss Estimation Methodology: User's Manual*, Washington DC.
- Federal Emergency Management Agency (1997b), *Earthquake Loss Estimation Methodology - HAZUS: Technical Manual (Vol.I)*, Washington DC.
- Federal Emergency Management Agency (1997c), *Earthquake Loss Estimation Methodology - HAZUS: Technical Manual (Vol.II)*, Washington DC.
- Federal Emergency Management Agency (1997d), *Earthquake Loss Estimation Methodology - HAZUS: Technical Manual (Vol.III)*, Washington DC.
- Federal Emergency Management Agency (1999), *Earthquake Loss*

*Estimation Methodology - HAZUS: Technical Manual*, Washington DC.

Freeman III, A. M. (1994), *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*, Washington DC: Resources for the Future.

Kircher, C. A., Reitherman, R. K., Whitman, F. V. and Arnold, C. (1997), "Estimation earthquake losses to buildings," *Earthquake Spectra*, **13**: 703-720.

Mader, G. G. (1997), "Enduring land-use planning lessons from the 1971 San Fernando earthquake," *Earthquake Spectra*, **13**: 45-54.

Meletti, C., Patacca, E. and Scandone, P. (2000), "Construction of a seismotectonic model: The case of Italy," *Pure and Applied Geophysics*, **157**: 11-35.

Olshansky, R. B. (1997), "The role of earthquake hazard maps in loss estimation: A study of the Northridge earthquake," *Earthquake Spectra*, **13**: 721-737.

Olshansky, R. B. (2001), "Land use planning for seismic safety: The Los Angeles County experience, 1971-1994," *Journal of the American Planning Association*, **67**: 173-185.

Olshansky, R. B. and Wu, Y. (2001), "Earthquake risk analysis for Los Angeles County under present and planned land uses," *Environment and Planning B*, **28**: 419-432.

Orford, S. (2002), "Valuing locational externalities: A GIS and multilevel modeling approach," *Environment and Planning B*, **29**: 105-127.

Shinozuka, M. (1994), "Lifeline seismic disaster mitigation: research and implementation," *Regional Development Dialogue*, **15**: 195-205.

Tobin, L. T. (1991), "California's urban hazards mapping program: A bold

experiment in earth science and public policy," Paper presented at *Fourth International Conference on Seismic Zonation*.

Uitto, J. I. (1998), "The geography of disaster vulnerability in megacities: A theoretical framework," *Applied Geography*, **18**: 7-16.

Whitman, F. V., Anagnos, T., Kircher, C. A., Lagorio, H. J., Lawson, R. S. and Schneider, P. (1997), "Development of a national earthquake loss estimation methodology," *Earthquake Spectra*, **13**: 643-661.

附錄一

期初審查會議意見回覆表		
討論與建議事項	研究單位處理情形	
1	<p>本研究應就台北市現有資料庫之可信度加以評估，並探討 HAZ-Taiwan 所建置之資料庫的基礎理論或數據是否切合本土，且應釐清資料庫架構系統及基準，否則應用於防災規劃將會有疑議。</p>	<p>現有 HAZ-Taiwan 系統的台北市相關資料庫，係由國科會與防災辦公室所建置，內容多係 HAZ-Taiwan 系統引入後，透過調查與資料蒐集所建立，故多數已本土化，在境況模擬與應用上，問題應不大。惟境況模擬過程，本研究會檢驗相關資料的適用性，並進行必要的補調與資料更新，以使模擬成果更精確。</p>
2	<p>建議本案能與嘉義結合，若以台北市為例範圍太大，建議選一地區（一個行政區或跨行政區）作精確之研究。</p>	<p>將考慮以台北士林區為實證區，進行境況模擬與評估（請參見修正後計畫書 p.14、p.16）</p>
3	<p>本研究太過於強調 HAZ-Taiwan 之操作技術，宜加強探討如何應用 HAZ-Taiwan 之分析成果於都市規劃，亦即應強調第六步驟「HAZ-Taiwan 系統應用之可行性評估」之研究。</p>	<p>已調整研究的內容與程序，詳請參見修正後計畫書 p.18。</p>
4	<p>第七步驟「使用指南」，應是「如何使（應）用 HAZ-Taiwan 成果」，而非「HAZ-Taiwan 之操作手冊」，</p>	<p>已調整用語與研究內容，詳請參見修正後計畫書 p.14 之研究內容，與 p.18 第七步驟之研究程序。</p>
5	<p>若 HAZ-Taiwan 需繼續於國內應用，「技術手冊」及「操作指南」非常重要。</p>	<p>參酌多位委員的建議，已調整研究內容，主要為 HAZ-Taiwan 應用指南編撰，至於使用手冊的編寫建議於後續研究中製作。</p>
6	<p>若欲以台北市為例，必須考量 HAZ-Taiwan 所需建置的資料相當龐大，台北市之資料庫雖較完整，但資料格式不符且所欠缺的項目甚多，因此若以台北市整個行政轄區為範圍，則必須考慮在一年內是否能達成研究目標。</p>	<p>由於 HAZ-Taiwan 系統的資料需求非常龐大，故模擬的重心將偏重在直接經濟損失與傷亡之估計，以減低資料蒐集的負荷。另外為降低資料蒐集的困難，考慮以士林區為實證地區，除可提高估計之詳細度外，亦可簡化資料蒐集內容。相關修改之說明請參見修正後計畫書 p.14 與 p.16。</p>
7	<p>建議本計畫能否探討「如何驗證」HAZ-Taiwan 推估模擬結果之正確度，以為行政機關評估是否據以實施之參據。</p>	<p>HAZ-Taiwan 系統的重點在於進行地震風險分析與損害評估，故評估的結果即隱含不確定性或只是機率模式的描述。本研究的重點不在檢驗 HAZ-Taiwan 系統估計的準確性，而在於如何讓 HAZ-Taiwan 系統可用，及如何使用的問題，故檢驗 HAZ-Taiwan 系統估計的精確性問題，建議可納入後續研究之課題。</p>



## 附錄二

期中審查會議意見回覆表	
討論與建議事項	研究單位處理情形
施邦築教授	<p>1. 本案實證區為台北市士林區，該區之 HAZ-Taiwan 所需資料庫已相當完整，因此建議不要僅使用 HAZ-Taiwan 之內部設定值，而是直接引用台北市政府防災辦公室的成果。</p> <p>2. 建議本案研究團隊深入瞭解 HAZ-Taiwan 在輸入資料之完整性、詳細度不同的情況下，所得的結果若要進而利用到防災空間規劃時，所應注意或受限制的重點內容。</p>
李威儀教授	<p>1. 防災規劃是多面的，如能由各個研究共同參與，將更可發揮效能。</p> <p>2. 本研究除了推論 HAZ-Taiwan 在防災規劃之可行性外，亦可從規劃面回饋檢討 HAZ-Taiwan 現有結構如何調整，將更可以提供防災規劃應用。</p>
蔡博文教授	<p>1. 災害名詞的定義，如災害潛勢、危險度等儘量與現況常用定義一致。</p>
曾清涼教授	<p>1. 本案對 HAZ-Taiwan 的敘述，應將其全部功能列出，然後再取其地震方面推展防災規劃的應用。</p>
	<p>實證分析已引用台北市政府防災辦公室的成果，且與台北市政府合作進行模擬。惟台北市政府之資料不足處，本計畫另透過自行調查與訪談成果補足之。</p> <p>實證分析的資料乃以里為基本單元，此在實際分析應用於地區防災規劃，確實有侷限。故在第五章第二節與第六章，皆針對此課題提出說明，並建議擴展資料庫系統為網格系統，以提高應用價值。</p> <p>非常贊同，如有任何研究團隊願意參與，皆竭誠歡迎。</p> <p>本計畫在第五章第二節與第六章，已針對 HAZ-Taiwan 系統在系統介面設計與應用兩個層面的課題提出說明，且提出改善與修正之建議。</p> <p>已配合常用之定義更正。</p> <p>本計畫於第二章第一節與第二節，已列出 HAZ-Taiwan 系統之所有災害估計功能，並於第五章實證區之境況模擬說明本計畫模擬之重點與應用層面，且於第五章第二節與第六章提出應用層面與相關方法與方式之建議。</p>

期中審查會議意見回覆表（續）

	討論與建議事項	研究單位處理情形
曾清涼教授	2.本案以士林為實證區，但從震源到土林的土壤地質狀況如何，恐超越 HAZ-Taiwan 推估之限制，其補充修正方式如何，宜加以敘述。	本計畫係採用國家地震工程研究中心所提供之地震潛勢與危險度評估模式與資料，此模式之建立，已考慮士林區之土壤特性，但如何更提高估計績效，為後續研究重要方向。
	3.本系統能不能在 ArcView GIS 的影像檔中操作，請予說明。	HAZ-Taiwan 系統乃採用 MapInfo 系統，確實無法在 ArcView 系統中呈現，此為系統先天的限制，只能依賴資料與圖形處理解決此課題。
陳錕山教授	1.本計畫以士林區為實證區來分析模擬系統功能，以作為後續之規劃依據。對於風險及經濟損失評估按不同風險因子加以評析，為評估系統之效益，宜建立評估指標。	本計畫之重心不偏重在評估系統優劣的評估指標建立，目的在討論 HAZ-Taiwan 應用於都市計畫防災規劃之方式與課題。惟如能建立相關評估指標，或將系統評估地震風險的指標進行改良，皆是重要的後續研究方向。
	2.在內建資料庫圖層及相關屬性資料上，除因系統模擬遷就現有資料外，對於將來系統之運轉上，對於資料規格之需求應加以界定，以發揮系統之最大功能。例如 DTM40 公尺之解析度是否滿足要求，特別是都會區，而地形變化之偵測是否需定期更新與執行等，在計畫中應可建議。	HAZ-Taiwan 系統之資料庫與圖層相關屬性資料，的確在應用與使用上有許多限制，此在本計畫第五章第二節已有討論，並列入第六章之後續系統介面設計與改善之建議。
賴美如小姐	計畫執行內容與進度符合防災國家型科技計畫之規劃，惟此計畫為首次將 HAZ-Taiwan 系統損失評估方法實際應用於示範區地方政府，未來應與地方政府實務單位配合進行模擬結果之檢證工作。	本計畫已與台北市政府合作進行境況模擬。
洪佳慧小姐	1.本研究缺乏都市防災規劃的說明，以做為 HAZ-Taiwan 選取分析項目之參考依據。	HAZ-Taiwan 系統於都市計畫防災規劃的應用方式為本計畫重點之一，此部份已於第五章第一節與第二節說明。

期中審查會議意見回覆表（續）

討論與建議事項	研究單位處理情形
<p>洪佳慧小姐 2. 引用 HAZ-Taiwan 進行評估之誤差率為何，及誤差將因何種因素產生，如比例尺或內建值等，若能詳加分析，將會是本研究最有價值之處；如何修改系統以符合計畫目標，而不僅止於套用，亦是本研究案另一項重要的工作。</p>	<p>本計畫之重心並非在校正 HAZ-Taiwan 系統的估計誤差，此部份無疑是最根本的問題，但因系統估計精確的校正涉及的層面非常廣泛，包括地震潛勢評估模型的設定、暴露（exposure）區資料的精確性、地質、土壤與其他社會經濟資料的精確性皆會影響評估成果，這些資料與模式的改善皆需要經驗與眾多研究成果的累積，亦需投入非常多的資源進行修正與建立，此皆非使用者或地方政府可負擔，故應由特定的單位輔導使用者進行維護與技術合作，方亦於推行，此部份於本計畫第六章已列入建議。</p>

附錄三

期末審查會議意見回覆表	
討論與建議事項	研究單位處理情形
<p>1. HAZ-Taiwan 系統所模擬士林地區兩次事件：A、以新城斷層為震源規模 7，及 B、以宜蘭外海為震源之規模 7.5 結果受災情況相似，是否可以再進一步說明兩次模擬各區所受之震度為何？</p>	<p>關於地動加速度 g 與震度的關係，已列於表 4-1，說明於第四章第二節。</p>
<p>2. 建物的損失狀況於資料處理上，是否把建物構造之因素加入，由於建物構造因素關係建物的耐震強度，依此計算建物之損害比例和直接經濟損失會更正確，所以建物之分類僅以用途別的住宅、商業、工業區分是否恰當。</p>	<p>HAZ-Taiwan 系統的估計地震建物損失的過程，已將建物結構與耐震強度考慮於內，期末報告修正稿已於第二章第二節補充說明建物損失的估計方法與資料輸入方式（請參見）。</p>
<p>3. 庇護所需求之計算是否可更詳細說明，P.36 無家可歸者有 3 萬 5 千戶，需要短期庇護的有 15,000 人，是如何計算請加以說明，（若以每戶 3 人計算，也有 10 萬 5 千人，此與 P.61 表 4-1 住宅的嚴重損害佔 44.82%，以每人 25 m<sup>2</sup>樓地板計算也剛好是 10 萬 5 千人）。</p>	<p>庇護所需求之估計非單純以人口之比率估計，尚考慮其他社會經濟因素，與某些無家可歸之避難者可能尋求親友之協助等因素。此部分亦已於第二章第二節補充說明庇護所需求的估計方法（請參見）。</p>
<p>4. 透過 HAZ-Taiwan 的模擬對於都市計畫的擬定、通檢或都市防災等都可提高市民生活的安全性。</p>	<p>關於 HAZ-Taiwan 的應用建議，於第五章第二節已針對應用的層面，按都市規劃防災計畫、通盤檢討的程序，透過流程圖方式更有系統說明，以利於使用者應用與閱讀（請參見）。</p>
<p>5. 透過 HAZ-Taiwan 模擬各種不同程度的震災，以制定各種不同程度的震災救援計畫。</p>	<p>本計畫之實證分析，有針對不同震度可能造成的損害或損失進行模擬，發現較高風險、危險或災感度之地區皆集中在類似之區域。故採取的政策建議，係以較保守方式，偏重在高危險地區可採取的措施與 HAZ-Taiwan 可應用程序的說明。換言之，係以空間為單元的應用建議，而較不強調不同地震規模應採取的措施。此方式在不確定何種損害程度震災可能發生時，似較可行且能降低執行的行政與執行成本。</p>

黃健二教授

期末審查會議意見回覆表（續）

討論與建議事項	研究單位處理情形
<p>1.建議考慮補充模擬成果之驗證，如九十一年331地震之地表加速度驗證；921地震之社會經濟損失等，以提高分析成果的可信度。</p>	<p>HAZ-Taiwan 模型的校正確實為重要之工作，國家地震工程研究中心亦持續在進行此工作。由於本研究的重心不在檢驗 HAZ-Taiwan 系統預測的準確性，而在如何應用，故損害估計值的多寡僅供擬定政策時的參考，何況 HAZ-Taiwan 的估計成果，較合理的方式應是各種損害的機率分配，而非單一估計值，此工作已在後續研究建議中說明（請參見第六章第一節與第二節之說明）。</p>
<p>2.在應用層面上，除了土地開發利用管理與緊急應變因應措施之外，亦可將平時減災、災後復建之相關措施納入。</p>	<p>HAZ-Taiwan 之應用確實不僅止於土地使用規劃層面，其他如減災與災後重建政策的擬定與評估，皆為重要的應用方向，包含土地使用規劃（含減、防災措施）、都市更新與通盤檢討等（皆含減、防災措施）。惟本研究的重點在於都市規劃，特別在於土地使用規劃的應用評估，其他層面的應用已於第五章第二節中建議，且亦於第六章第一節與第二節中說明與提出後續研究建議。</p>
<p>3.若能在地區防災計畫、災害防救計畫之擬定內容中，充分應用本計畫分析結果，將可對相關之工作推展有所助益。</p>	<p>欲地方政府或後續應用者，更易於掌握 HAZ-Taiwan 之內涵與應用，可以一示範區實際進行應用準則與資料庫建立格式的擬定，並以 HAZ-Taiwan 之輸出，作為擬定或檢討其地震防救災計畫的基準，應可更有效示範 HAZ-Taiwan 之應用方式與應用程序，以提昇其應用上的操作性（此部份之說明，已列入後續研究的建議，請參見第六章第二節）。</p>

何興亞執行秘書

期末審查會議意見回覆表（續）

蕭家旗副市長	<p>1.本報告基本上可行，具參考價值。</p> <p>2.HAZ-Taiwan 系統之應用，首需建立各項資料庫，如土壤、地質、維生管線、建物構造等基本資料，目前各縣市尚未建立數位化資料，因此實務應用上，可能尚有一段落差。</p>	<p>感謝肯定。</p> <p>在後續研究上，建議須有一主管單位，協助各地方政府擬定資料蒐集計畫及訂定資料庫之格式。此工作防災辦公室已在推動，但仍須有專責管理的機關。此部份於後續研究建議，亦有補充說明（請參見第六章第二節）。</p>
市	<p>3.可否建議利用 HAZ-Taiwan 系統，運用各區資料分析模擬各區之災害損失狀況，再據以訂定各區不同之法規規範。</p>	<p>此課題為 HAZ-Taiwan 實際應用之重要課題，除在第六章第二節之建議加強說明外，亦建議後續研究能選一示範區，實際應用 HAZ-Taiwan 進行規劃與檢討，應有助於完成此課題的建議。</p>
建研所意見	<p>1.本研究已對 HAZ-Taiwan 系統應用於防災規劃方式及應用限制提出初步研究成果，為使讀者易於明瞭，建議進一步彙整以流程圖或其他方式，提示各規劃層級及規劃流程之應用時機及應用方式。</p> <p>2.建議就目前之研究成果評估在實務應用之成熟度，及推廣應用之途徑，例如可否藉由網路平台宣導及提供技術應用參考，或應辦理講習教導各縣市政府於地區防災計畫之應用方式等。</p>	<p>已針對此建議，修改第五章第二節的撰寫方式，並補充圖 5-35 說明，以便於讀者引用、閱讀與討論。</p> <p>針對此建議可採兩個方式進行：(1) 可將本研究之部分（或全部）成果置於建研所網站，以利於使用者應用；(2) 透過說明會與合作方式進行推廣，此部份除防災國家型科技計畫辦公室持續在推動外，本研究亦與台北市政府合作進行推廣與部分技術移轉。此兩方面之工作皆須持續進行，本研究已將之加強說明於第六章第二節之建議，以作為後續推廣應用之參考。</p>

## 附錄四

九十一年度「應用 HAZ-Taiwan 系統進行都市計畫防災規劃方法與方式探討」  
專家座談會會議記錄。

一、時間：九十一年十二月十七日（星期二）下午六時三十分

二、地點：臺北大學地政系會議室（教學大樓七樓）

（地址：台北市民生東路三段六十七號）

三、主持人：洪鴻智教授

記錄：李嘉慧

四、出席者：

邱敬斌先生、白仁德教授、鄧慰先先生、張立立教授

巫新煌先生、詹士樑教授、賴美如小姐、陳建忠組長

簡長毅先生、蔡綽芳小姐

## 五、討論課題：

- (1) HAZ-Taiwan 系統有哪些可應用與技術支援層面？
- (2) 如何提昇 HAZ-Taiwan 系統資料庫建立之效率與困難之解決？
- (3) 如何與應用單位合作加強推廣？
- (4) 由何種組織進行推廣與研發工作？

## 六、主席致詞：略

## 七、綜合討論及建議：

### (一) 白仁德教授：

1. 橋樑是交通設施中最重要的節點，損害情況以機率來表示並不明確，建議提供更精確的數值來表示。
2. HAZ-Taiwan 境況模擬的成果可應用於災後的救遠援行動，如人員派遣、路線規劃等。

### (二) 陳建忠組長：

1. HAZ-Taiwan 系統最小規模採取鄰里單元的規劃方式，要對應到街廓規劃上就顯得規模過大，運用上可能有有問題，此課題有待將來克服。
2. 如果美國有將 HAZUS 系統應用到其都市規劃防災計畫的經驗，則台灣在應用 HAZ-Taiwan 即可直接參照美國應用的應用經驗。
3. HAZ-Taiwan 之設計與模組操作應更人性化，讓使用者能更易於操作，如參考遊戲軟體的做法。
4. 思考如何引用與轉換各地方政府現有的資料庫於 HAZ-Taiwan 系統，以縮短資料庫建立花費的時間及降低投入的資源。

### (三) 鄧慰先博士：

1. HAZ-Taiwan 資料庫與使用模式，應先經標準化的過程，方能提高其被信任的程度及應用的可行性，此方面可委請防災國家型科技計畫辦公室協助。
2. 對於地震情境與事件設定 A 與 B 兩種情境的理由應補充說明，對於地震危

險度或潛勢分析，建議可使用統計方法，提供地震危險度或潛勢分布的機率分配資訊，非單純以報告中所設定之事件 A 與 B 之模式，應較合理。

(四) 張立立教授：

1. HAZ-Taiwan 系統內部參數的建置是否需要依各地方自然與社會人文的差異，訂定各地方不同的參數以提高該模型的準確度及符合地方的特質，方有利於系統的推廣。
2. 各地方政府現有的資料庫格式差異度很大，HAZ-Taiwan 系統需求的格式如何與這些既存的資料庫結合是未來推廣運用上的一個重點。
3. HAZ-Taiwan 系統的推廣，政府應扮演更積極的角色，主導資料庫、參數庫建立與相關之推廣工作。

(五) 邱敬斌先生：

1. HAZ-Taiwan 境況模擬的成果雖然無法達到百分之百的準確，但仍可作為地方政府進行主要計畫，或劃定避難路線與避難點的參考。
2. 在應用推廣方面，若涉及到人民權益變更，推動上會有較大的阻力，但如只是政策上或規劃策略的調整，則可行性較高。
3. 地震災害防治的工作應由中央主導，經費由中央控制，地方政府為了爭取經費就會重視防災工作，HAZ-Taiwan 系統才能推廣到各地方的政府，地方政府才會去落實應用。
4. 建議 HAZ-Taiwan 系統推廣的步驟，應從短期之推廣教育，中期之政策評估，與長期之法規檢討修正與實質規劃運用，系統性的推廣。
5. HAZ-Taiwan 境況模擬的成果未來繼續修正達到一個精確度之後，取得信賴後，可做為地方政府推動都市更新政策時劃定更新地區的依據。

(六) 賴美如小姐：

1. 中央或地方政府將來在作防災規劃上，即可參考 HAZ-Taiwan 境況模擬的成果來制定政策。

2. HAZ-Taiwan 資料庫如何標準化的問題，應與市府實際操作人員共同釐清與訂定，方可收事半功倍之效。

(七) 蔡綽芳小姐：

1. HAZ-Taiwan 境況模擬後，仍需後續的檢證工作以增加其準確性。
2. 在實際應用方面，建議主要以作地區防災計畫的單位為推廣對象。

(八) 巫新煌先生：

1. 政府單位需要的是「數據」而非機率，將來或許可發展出換算公式將機率轉換成明確之數據。
2. 中央政府如認為 HAZ-Taiwan 系統確實可行，鑑於地方政府人力及經費不足，因此中央需要有對等的單位去推動，並且要有經費支應系統後續的維護、開發及技術支援。
3. HAZ-Taiwan 系統的資料庫非常龐大，當初台北市將資料轉化成符合該系統的格式時花費相當大的功夫和時間。較佳的方式，乃將此系統的資料庫格式固定，視其系統需要哪些資料，再建置檔案，才能方便此系統的運用。
4. 雖然目前 HAZ-Taiwan 系統精確度還不是那麼高，但是對於災害和危害估計次序是不變的，因此仍可作為台北市都市規劃時的參考。

八、散會：下午九時卅分