

NCDR 102-TXX

大臺北地區大規模地震衝擊情境之 災害潛勢與建物人員災損分析



國家災害防救科技中心

中華民國 103 年 02 月

大臺北地區大規模地震衝擊情境之 災害潛勢與建物人員災損分析

災害潛勢與建物人員災損分析



目錄

表目錄.....	v
圖目錄.....	vi
第一章 前言.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
第二章 大規模地震地動情境.....	5
2.1 地動分析模式介紹.....	5
2.2 地動特徵分析結果.....	7
2.3 特定震源地動情境模擬.....	10
第三章 大臺北地區土壤液化潛能分析.....	24
3.1 大臺北地區地質環境概述.....	24
3.2 土壤液化成因及國內外研究現況.....	25
3.3 大臺北地區土壤液化分析.....	31
3.3.1 大臺北地區土壤液化敏感性分析.....	32
3.3.2 臺北盆地土壤液化潛能分析.....	32
3.4 土壤液化引致沉陷分析.....	37
3.4.1 臺北盆地土壤液化引致沉陷分析.....	37
3.4.2 大臺北地區土壤液化引致沉陷分析.....	38
3.5 土壤液化災害衝擊情境初步分析.....	39
第四章 建物損壞評估.....	53
4.1 地震災損評估系統文獻回顧.....	53
4.1.1 HAZUS 地震災損評估系統.....	53
4.1.2 TELES 地震災損評估系統.....	55

4.2 新北市地震災損評估系統.....	58
4.3 一般建物災損評估.....	60
4.3.1 房屋稅籍資料.....	61
4.3.2 建物災損評估流程.....	61
4.3.3 大臺北地區建物災損評估.....	63
4.4 小結.....	64
第五章 人員受災情境研判.....	83
5.1 日間人口評估模式.....	83
5.1.1 人口定義.....	83
5.1.2 日間人口評估模式之建立.....	84
5.2 簡易動態人口分布評估模式之建立.....	86
5.2.1 人口流動統計資料.....	86
5.2.2 簡易評估法.....	87
5.2.3 研究結果分析.....	88
5.3 網格人口評估.....	89
5.3.1 網格分區說明.....	89
5.3.2 建物基地面積人口密度分區法.....	89
5.3.3 建物基地面積人口密度分區法研究成果.....	91
5.3.4 樓地板面積人口密度分區法.....	91
5.3.5 樓地板面積人口密度分區法研究成果.....	92
5.4 震後人口受災影響分布評估.....	93
5.4.1 大臺北地區地震引致人員受災情境模擬.....	93
5.4.2 建物引致人員受災分析.....	96
第六章 結論與建議.....	114
參考文獻.....	115

表目錄

表 2.1、地動預估模式彙整與場址修正.....	12
表 2.2、造成大臺北地區災害的地震事件.....	13
表 3.1、液化敏感性分類表(Youd and Perkins, 1978).....	41
表 4.1、依房屋稅籍資料的構造類別所歸納的模型建物分類(葉錦勳， 2003).....	66
表 4.2、不同年代建物所在震區與耐震設計水準的對應關係(葉錦勳， 2003).....	66
表 4.3、單棟模型建物的樓地板面積(葉錦勳，2003).....	67
表 4.4、各模型建物的能耐曲線參數(葉錦勳，2003).....	67
表 4.5、各模型建物的易損性曲線參數 (a)高耐震設計水準建物(葉錦 勳，2003).....	68
表 4.5(續)、各模型建物的易損性曲線參數(b) 中耐震設計水準建物 ..	68
表 4.5(續)、各模型建物的易損性曲線參數 (c)低耐震設計水準建物 ..	69
表 4.5(續)、各模型建物的易損性曲線參數 (d) 未經耐震設計水準建物	69
表 4.6、短週期與長週期結構之阻尼比修正係數 B_s 與 B_1 (線性內插求值)	70
表 4.7、地表加速度計算方式(新北市地震災損評估系統，2012).....	70
表 4.8、房屋稅籍資料格式.....	71
表 5.1、日本和歌山縣各時刻下人口流動評估方法.....	98
表 5.2、大阪市及台北市都市條件綜整.....	98
表 5.3、台灣都會區動態人口簡易評估模式.....	99
表 5.4、人員受災模擬項目彙整.....	99

圖目錄

圖 2.1、大臺北地區 500x500m 網格化圖資.....	14
圖 2.2、PGA 預估觀測站分布圖.....	15
圖 2.3、PGA 預估觀測站間距統計.....	15
圖 2.4、PGV 預估觀測站分布圖.....	16
圖 2.5、PGV 預估觀測站間距統計.....	16
圖 2.6、PGD 預估觀測站分布圖.....	17
圖 2.7、PGD 預估觀測站間距統計.....	17
圖 2.8、地動值預估的流程(Jean et al., 2006).....	18
圖 2.9、造成大臺北地區災害的地震事件.....	18
圖 2.10、台灣地區活動斷層分布圖與大臺北地區山腳斷層幾何圖	19
圖 2.11、山腳斷層幾何位置與可能引致的地震矩規模.....	19
圖 2.12、山腳斷層全段錯動之 PGA 模擬震度分布.....	20
圖 2.13、山腳斷層全段錯動之 PGV 模擬震度分布.....	20
圖 2.14、山腳斷層全段錯動之 PGD 模擬震度分布.....	21
圖 2.15、山腳斷層北段錯動之震度分布：(a)PGA, (b) PGV, (c) PGD.	22
圖 2.16、山腳斷層南段錯動之震度分布：(a)PGA, (b) PGV, (c) PGD.	23
圖 3.1、臺北盆地 $PGA=0.23g$ 土壤液化潛能評估結果(李崇正，2001)	42
圖 3.2、臺北盆地設計考量地震($PGA=0.24g$)土壤液化潛能分布(中央地 調所，2011).....	42
圖 3.3、抗液化安全係數與液化後體積應變關係(Ishihara, 1992).....	43
圖 3.4、本研究提出之土壤液化分析流程及主要產出.....	43
圖 3.5、土壤液化潛能評估流程(內政部，2011).....	44
圖 3.6、大臺北地區地質及水系圖(中央地質調查所及水利署).....	44

圖 3.7、大臺北地區土壤液化敏感圖.....	45
圖 3.8、地震規模 7.1 之 PGA 分布圖及土壤液化潛勢圖.....	46
圖 3.9、地震規模 6.9 之 PGA 分布圖及土壤液化潛勢圖.....	47
圖 3.10、地震規模 6.3 之 PGA 分布圖及土壤液化潛勢圖.....	48
圖 3.11、本研究與中央地質調查所之土壤液化評估結果比較.....	49
圖 3.12、臺北盆地三組特定震源之液化引致沉陷分布(地下水位 2m)	50
圖 3.13、大臺北地區土壤液化引致沉陷分布圖(地震規模 7.1、地下水位 2m).....	51
圖 3.14、大臺北地區液化引致沉陷套疊橋梁分布圖.....	52
圖 4.1 建物地震災損評估流程(HAZUS).....	72
圖 4.2 標準化需求震譜 (蔡昇達, 1999).....	73
圖 4.3、結構物容量曲線 (蔡昇達, 1999).....	73
圖 4.4、結構物易損性曲線 (蔡昇達, 1999).....	74
圖 4.5、機率累積分布圖.....	74
圖 4.6、雙線性化容量震譜曲線(新北市地震災損評估系統, 2012)...	75
圖 4.7、性能點(新北市地震災損評估系統, 2012).....	75
圖 4.8 (a)、大臺北地區建物損壞分布圖-完全損壞.....	76
圖 4.8(b)、大臺北地區建物損壞分布圖-嚴重損壞.....	76
圖 4.8(c)、大臺北地區建物損壞分布圖-中度損壞.....	77
圖 4.8(d)、大臺北地區建物損壞分布圖-輕微損壞.....	77
圖 4.9(a)、板橋示範區建物棟數分布圖-所有建物.....	78
圖 4.9(b)、板橋示範區建物棟數分布圖-無耐震設計建物.....	78
圖 4.10(a)、板橋示範區建物樓地板面積分布圖-所有建物.....	79
圖 4.10(b)、板橋示範區建物樓地板面積分布圖-無耐震設計建物.....	79
圖 4.11、板橋示範區強地動分布圖.....	80
圖 4.12、板橋示範區所有建物完全損壞的災損分布圖.....	80

圖 4.13(a)、板橋示範區無耐震設計建物災損分布圖-完全損壞.....	81
圖 4.13(b)、板橋示範區無耐震設計建物災損分布圖-嚴重損壞.....	81
圖 4.13(c)、板橋示範區無耐震設計建物災損分布圖-中度損壞.....	82
圖 4.13(d)、板橋示範區無耐震設計建物災損分布圖-輕微損壞.....	82
圖 5.1、行政院主計總處 2010 年人口統計資料.....	100
圖 5.2、縣市常住人口及活動人口資料.....	100
圖 5.3、各時刻下人口流動統計資料.....	101
圖 5.4、都會城市各時段下的人口流動趨勢.....	101
圖 5.5、動態人口資料評估流程.....	102
圖 5.6、大臺北地區(北北基)全時段人口動態活動分布評估結果.....	103
圖 5.7、縣市全時段人口動態活動分布評估結果比較.....	103
圖 5.8、縣市室內人口及環境屬性人口分布比較.....	104
圖 5.9、縣市總人口、室內人口及戶外人口比較.....	104
圖 5.10、建物輪廓面積人口密度分區法.....	105
圖 5.11、居家時段室內人口分布(基地面積密度分區).....	105
圖 5.12、上班通勤時段室內人口分布(基地面積密度分區).....	106
圖 5.13、上班時段室內人口分布(基地面積密度分區).....	106
圖 5.14、下班通勤時段室內人口分布(基地面積密度分區).....	107
圖 5.15、樓地板面積人口密度分區法分析流程.....	107
圖 5.16、居家時段室內人口分布(樓地板面積密度分區).....	108
圖 5.17、上班通勤時段室內人口分布(樓地板面積密度分區).....	108
圖 5.18、上班時段室內人口分布(樓地板面積密度分區).....	109
圖 5.19、下班通勤時段室內人口分布(樓地板面積密度分區).....	109
圖 5.20、四種不同時段下人口受災境況說明.....	110
圖 5.21、TELES 各模型建物損害所引致的傷亡率.....	110

圖 5.22、震後建物毀損引致人員傷亡資料庫與評估技術介接規劃流程
..... 111

圖 5.23、震後建物毀損引致人員死亡分布模擬(居家時段)..... 112

圖 5.24、震後建物毀損引致人員死亡分布模擬(上班通勤時段)..... 112

圖 5.25、震後建物毀損引致人員死亡分布模擬(上班時段)..... 113

圖 5.26、震後建物毀損引致人員死亡分布模擬(下班通勤時段)..... 113

1.2 研究目的

透過專家諮詢會議方式討論大臺北地區之高潛勢地震源與合宜之地動預估方法，並建立大臺北地區高潛勢地震源之地動分布圖資與引致液化分布情境，接續整合地動模擬與工程評估技術，目前針對建物災損評估與人員傷亡評估為主要優先進行工作。其中，大臺北地區高潛勢地震源之地動分析之重要成果包括：一、設定大臺北地區地震衝擊模擬震源，二、建立網格化地動圖層，三、建置土壤液化評估流程與網格化潛勢圖資。

大臺北地區建物及人口主要集中於沖積平原地區，在強烈地震作用下，沖積平原地區可能發生土壤液化現象；土壤液化後，土壤將失去承载力而地表將產生沉陷，危及建物及設施安全。因此，本研究參考國內外相關研究，並考量分析尺度及基本資料細緻程度，建立土壤液化初步及詳細評估方法；然後以地動模擬之網格化地動分布值，進行大臺北地區土壤液化潛勢及液化引致沉陷分析，建置網格化土壤液化潛勢圖資。

針對一般建物，採用非線性靜力分析（易損性分析）的評估方法，建立不同結構型態建物的損害評估模式，並進行測試及說明。主要工作：

1. 網格化建物分布圖層：目前已取得台北市、新北市及基隆市的房屋稅籍資料，並依據結構型態、建物高度、建造年代、耐震設計等級等來進行建物分類，建立網格化建物分布圖層。
2. 建物損害評估技術：針對非線性靜力分析（如易損性分析）進行盤點，召開學者專家座談會，與外部進行討論與交換意見，建立可行的一般建物損害評估程序，並產製網格化建物災損分布圖。

在整個防災計畫中，人是最重要的保全對象，因此人口資訊是都市防災計畫中，最不可或缺的基礎資料。透過已掌握的人口資料，在災害前的整備期間，可以及早規劃防災資源的整備；當災害發生期間，透過已知的人口分布情形，可於第一時間內將資源投入人口集中處，提升救災資源的調度效率。

為能因應天然災害的襲擊，尤其是任一時刻都可能發生的地震，其所引致人員傷亡的災害程度，是隨著發生時間及人口所在環境而有所不同的。因此人口分布地圖於防災研究上有其重要性，資訊的提供也應該朝向更細緻化的選擇。傳統的人口資訊，在數據資料的部分，多由實際調查所得，不僅需要花費大量的人力與時間進行蒐整，從數據資料也無法直接判讀空間性的資訊；在人口分布圖的部分，則常見圖層分區單元不夠細緻、研究分區不同或行政單元於時間上的重組與邊界變遷，造成使用時資料無法對應等問題，也使得現行人口分布圖

多以行政區域為單位，在資訊上也只呈現特定行政區的人口密度或是人口數的訊息。爰此，人口資訊若能因應時間、所在環境來給予細緻的人口數據資訊，並且透過人口分布圖提供空間性資訊，同時在資料格式上可配合不同分區邊界來建置人口資料，是為較符合現今人口資料運用的期待。

第二章 大規模地震地動情境

本研究透過專家諮詢會議方式討論大臺北地區之高潛勢地震源與合宜之地動預估方法，並建立大臺北地區高潛勢地震源之地動分布圖資與產製網格化圖資供後續災害潛勢評估。

2.1 地動分析模式介紹

彙整八項地動預估研究文獻，包含Jean and Loh (2001)、張毓文 (2002)、Jean et al. (2006)、章順強(2009)、Lin and Lee (2008)、Lin et al. (2011)、劉坤松(1999)、Liu and Tsai (2005)、Wu et al. (2001)等，上述研究成果分別針對最大地表加速度(Peak Ground Acceleration, PGA)、最大地表速度(Peak Ground Velocity, PGV)、最大地表位移(Peak Ground Displacement, PGD)以及譜加速度(Spectral Acceleration, SA)進行地動預估模式的分析與建立，其中為強化地動預估的精準，即降低預估模式的偏差值，部分研究成果將場址修正因子納入地動預估模式中；修正因子可以分為兩個範疇，第一類屬於單一場址修正因子，即不論預估地動值大小其修正量固定，如Lin and Lee (2008)、Lin et al. (2011)、劉坤松(1999)以及Liu and Tsai (2005)，第二類屬於非固定場址修正因子，即場址修正量依預估地動值而變化，如張毓文 (2002)、Jean et al. (2006)、章順強 (2009)等研究成果。此外，地動預估模式具有特定震源

的預估，如台灣地區隱沒帶發生的地震，如Lin and Lee (2008)與Lin et al. (2011)。各地動預估模式整理如表2.1所示。

本研究地動預估使用之網格為500x500公尺，可明顯呈現大臺北地區(涵蓋台北市、新北市、基隆市地區)之地動各場址之間差異，空間解析相較於鄉鎮區更細緻且易於資料彙整與提升評估效能，以及能夠涵蓋較多地動值預估，圖2.1為大臺北地區範圍，底圖為Google Earth衛星影像圖，其中黃色方框為網格，本項工作挑選易於取得與合宜的地動預估模式進行特定震源造成各地震動情境，初步以PGA、PGV以及PGD為主要情境模擬重點；PGA地動模擬選取Jean and Loh (2001)、張毓文(2002)與Jean et al. (2006)之研究成果，PGV地動模擬選取章順強(2009)之研究成果，PGD地動模擬選取劉坤松(1999)、Liu and Tsai (2005)之研究成果。

網格的解析需視上述各研究成果所使用觀測站的密度，解析大臺北地區500x500公尺網格的地動值的需有觀測站間距離至少1,000公尺(=1公里)的資料，才能符合該網格的解析程度，其中PGA使用Jean and Loh (2001)、張毓文(2002)與Jean et al. (2006)之地動預估模式，文獻中使用的觀測站位於大臺北地區之位置分布如圖2.2所示，其中方形符號為觀測站位置，總計觀測站有108站，圖2.3為各觀測站距離間距統計，橫軸為各測站距離間距，縱軸為分布密度，間距分布1~65公里範圍，

平均間距約10公里；PGV使用章順強(2009)之地動預估模式，文獻中使用的觀測站位於大臺北地區之位置分布如圖2.4所示，其中方形符號為觀測站位置，總計觀測站有96站，圖2.5為各觀測站距離間距統計，距離間距分布1~63公里範圍，平均距離間距10公里；PGD使用劉坤松(1999)、Liu and Tsai (2005)之地動預估模式，總計觀測站有84站，距離間距分布範圍為1~64公里；文獻中使用的觀測站位於大臺北地區之位置分布如圖2.6所示，其中方形符號為觀測站位置，圖2.7為各觀測站距離間距統計，間距分布1~64公里範圍，平均間距10公里。因此，由PGA、PGV、PGD的觀測站距離間距可以得到最小觀測站距離間距為1 km，結果符合500x500m網格解析。

各地地動分布預估流程可以分為兩個階段，首先以地動預估模式進行各觀測站位置的地動值計算，再加以場址修正量，以Jean et al. (2006)之地動概略圖表示，如圖2.8所示，先進行評估各地點位的地動加速度值，接續依據該加速度值將各點位進行場址修正。PGV與PGD以相同流程進行各地之地動預估。

2.2 地動特徵分析結果

回顧歷史地震發生後造成大臺北地區的事件，可參閱中央氣象局官方網站，如表2.2所示，自1694年至2002年總計共13起地震事件，依據地震距離大臺北地區的遠近及震源深度，可以分類為三種不同的地

震震源：

1. 第一類為遠處的大規模地震：如 1986 年 11 月 15 日規模 6.7 的花蓮地震，造成中和市華陽市場倒塌災害；1999 年 9 月 21 日規模 7.3 的集集地震，造成東星大樓、博士的家倒塌災害；2002 年 3 月 31 日規模 6.8 的花蓮地震，造成 101 大樓吊車墜落砸死四人。
2. 第二類為盆地直下的深源地震：如 1909 年 4 月 15 日規模 7.3，深度 80 公里的台北地震，造成 9 死 51 傷及房屋全倒 122 棟、半倒 1050 棟。
3. 第三類為盆地直下的淺源地震：歷史記載顯示康熙 33 年(1694 年)4 月台北地區曾發生大規模地震，造成盆地下陷成大湖(林朝榮，1957)；地震學者估計其規模為 7.0 (Hsu, 1983)，地質學者認為其與山腳斷層的正斷層活動有關(李錫堤，1995)。上述歷史地震事件分布如圖 2.9 所示。

大臺北地區之直下型地震，如 1864、1865 以及 1867 年地震紀錄，雖然無震源深度資訊，但學者指出 1864 年地震事件與山腳斷層活動有關，應可歸屬於淺源地震；此部分模擬較接近以山腳斷層錯動結果，但設定規模較小。依據歷史紀錄，大臺北地區之直下型地震，亦有 1909 年震源深度 80 公里，屬深源地震。遠處的大規模地震，不管是內陸震源或是東部外海震源造成大臺北地區的局部區域出現較高震度，且依

據歷史災害紀錄，亦是局部災情。震源設定課題本年度初以淺部直下型地震事件為地震動情境模擬為主，未來再深入探討其它可能模擬震源。

此外，淺部直下型地震事件以中央地質調查所公布台灣地區活動斷層調查與地質學者確認類屬第二類活動斷層之山腳斷層橫跨大臺北地區，如圖2.10所示。依據林啟文等人(2007)整理相關文獻，可將山腳斷層分為南北兩段，中間以台北市北投地區為分界點，以南向延伸至新北市樹林地區，長約13公里，以北向為延伸至新北市金山地區約21公里，根據近期的相關研究，學者指出北段可至海域外16公里(胡植慶等人, 2011)。根據斷層長度與地震規模的經驗關係式(Wells and Coppersmith, 1994)可以估算山腳斷層可能發生的地震規模，如下：

$$M_w = 4.86 + 1.32 \log(L), \sigma = 0.34 \quad (2.1)$$

其中 M_w 為地震矩規模， L 為斷層長度， σ 為偏差值。如圖2.11所示，假設山腳斷層北段錯動(紅色線段)，斷層長度約37公里，可能導致震矩規模約6.9的地震；假設山腳斷層南段錯動(綠色線段)，斷層長度約13公里，可以導致震矩規模約6.3的地震；假設山腳斷層全段錯動(斷層長度約50公里)則可能導致震矩規模約7.1的地震。

由於地動預估模式之輸入參數為芮氏規模，因此參考Wu et al. (2001)所提供的地震矩規模與芮氏規模之經驗轉換式，如下：

$$M_L=4.3*\ln(M_w)-2.09\pm 0.14 \quad (2.2)$$

其中為 M_L 芮氏規模，山腳斷層南段錯動導致芮氏規模約6.2的地震，山腳斷層北段錯動導致芮氏規模約6.6的地震，山腳斷層全段錯動導致芮氏規模約6.8的地震。

2.3 特定震源地動情境模擬

大臺北地區威脅最大的可能震源為山腳斷層，因此，地動情境設定可以山腳斷層三種不同錯動導致的地震規模，第一類地動情境為全段錯動導致地震矩規模7.1(=芮氏規模6.8)的地震，第二類地動情境為山腳斷層北段錯動導致地震矩規模6.9(=芮氏規模6.7)的地震，以及第三類地動情境為山腳斷層南段錯動導致地震矩規模6.3(=芮氏規模6.2)的地震，為簡化地震源的幾何分布，本項工作初步以線斷層型態為地震源的幾何形狀，且設定震源深度為10公里。

第一類地動情境為極端災害情境，屬山腳斷層全段錯動：圖2.12為山腳斷層全段錯動PGA地動模擬，大臺北地區鄰近斷層之PGA值超過400 gal(=cm/sec²)，為中央氣象局定義之劇震等級，即人的感受達到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，地下管線破壞等情形；遠離斷層線區域亦有6級震度區域(250~400 gal)。圖2.13為山

腳斷層全段錯動PGV地動模擬，最大值出現在大臺北地區西南、東南及東北區域，即板橋、石碇、基隆等區域。圖2.14為山腳斷層全段錯動PGD地動模擬，顯示斷層沿線區域之PGD出現較大值，其中以板橋、樹林等區域之PGD為最大。

第二類地動情境為山腳斷層北段錯動，圖2.15(a)為PGA地動模擬，圖2.15(b)為PGV地動模擬，圖2.15(c)為PGD地動模擬，結果顯示大臺北地區亦有震度超過七級區域，由於設定規模與斷層長度相較於第一類情境小，因此七級震度區域小於第一類情境之七級震度區域。

第三類地動情境為山腳斷層北段錯動，圖2.16(a)為PGA地動模擬，圖16(b)為PGV地動模擬，圖16(c)為PGD地動模擬，結果顯示大臺北地區震度七級區域，明顯小於第一類與第二類情境。

表 2.1、地動預估模式彙整與場址修正

	預估模式	修正項
*Jean and Loh (2001)	PGA, PGV, SA(T=0.3s, 1.0s)	1. 無場址修正
*張毓文 (2002)	PGA	1. 各觀測站之場址修正 2. 地震規模修正
*Jean et al. (2006)	PGA, PGV, SA(T=0.3s, 1.0s)	1. 各觀測站之場址修正 2. 地震規模修正
*章順強 (2009)	PGV	1. 各觀測站之場址修正 2. 地震規模修正
Lin and Lee (2008)	PGA, SA(T=0.01-5.0s)	1. 預估式含場址分類(土壤、岩盤兩類) 2. 板塊內與板塊邊界地震
Lin et al. (2011)	SA(T=0.01-5.0s)	1. 預估式含場址分類(土壤、岩盤兩類) 2. 淺部震源
*劉坤松 (1999) ; Liu and Tsai (2005)	水平向與垂直向 PGA, PGV, and PGD	1. 無場址修正項 2. 只針對 1999 年集集大地震與 2003 年成功地震得到殘差值分析。
Wu et al. (2001)	PGA, PGV	1. 以即時站資料建立地動預估式 2. 各即時站之場址修正

* 符號為本研究所選用的研究成果

表 2.2、造成大臺北地區災害的地震事件

發震時間	震災地區	北緯	東經	規模	深度 (km)	災害狀況
1694/4~5	臺北地區	25.0	121.5	7.0	-	地陷、形成康熙臺北湖
1811/3/17	嘉義以北地區	23.8	121.8	7.5	-	人死 21、傷 6、房倒 41
1815/7/11	臺北、宜蘭	24.7	121.8	6.5	-	龍山寺傾倒
1815/10/13	嘉義以北地區	24.0	121.7	7.7	-	人死 113、傷 2、房倒 243
1865/11/6	臺北、基隆	24.9	121.6	6.0	-	壽山巖崩壞、死亡頗多。
1867/12/18	臺北、基隆、新竹	25.3	121.7	7.0	-	海嘯、地裂、人死數百。
1909/4/15	臺北附近	25.0	121.5	7.3	80	9 人死亡
1920/6/5	全臺	24.0	122.0	8.3	20	5 人死亡
1935/4/21	新竹、臺中烈震	24.4	120.8	7.1	5	3276 人死亡
1986/5/20	花蓮、臺北	24.1	121.6	6.2	16	1 人死亡
1986/11/15	花蓮、臺北	24.0	121.8	6.8	15	中和華陽市場倒塌
1999/9/21	南投、臺中	23.9	120.8	7.3	8	東星大樓、博士的家倒塌
2002/3/31	花蓮、臺北	24.2	122.1	6.8	9.6	101 大樓吊車倒塌



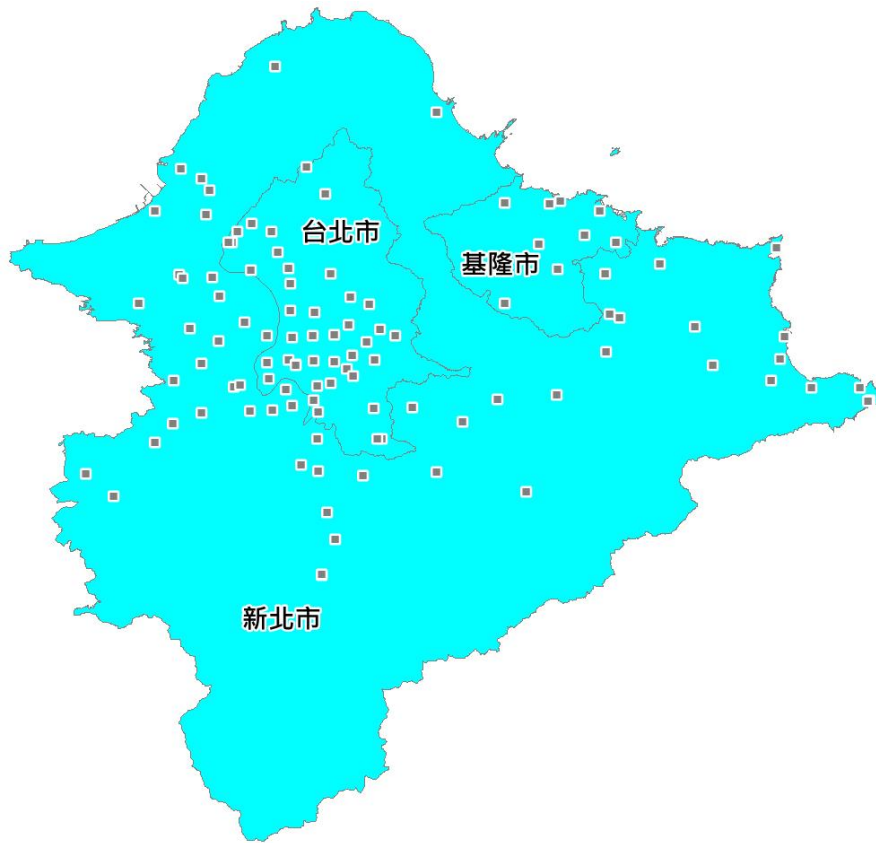


圖 2.2、PGA 預估觀測站分布圖

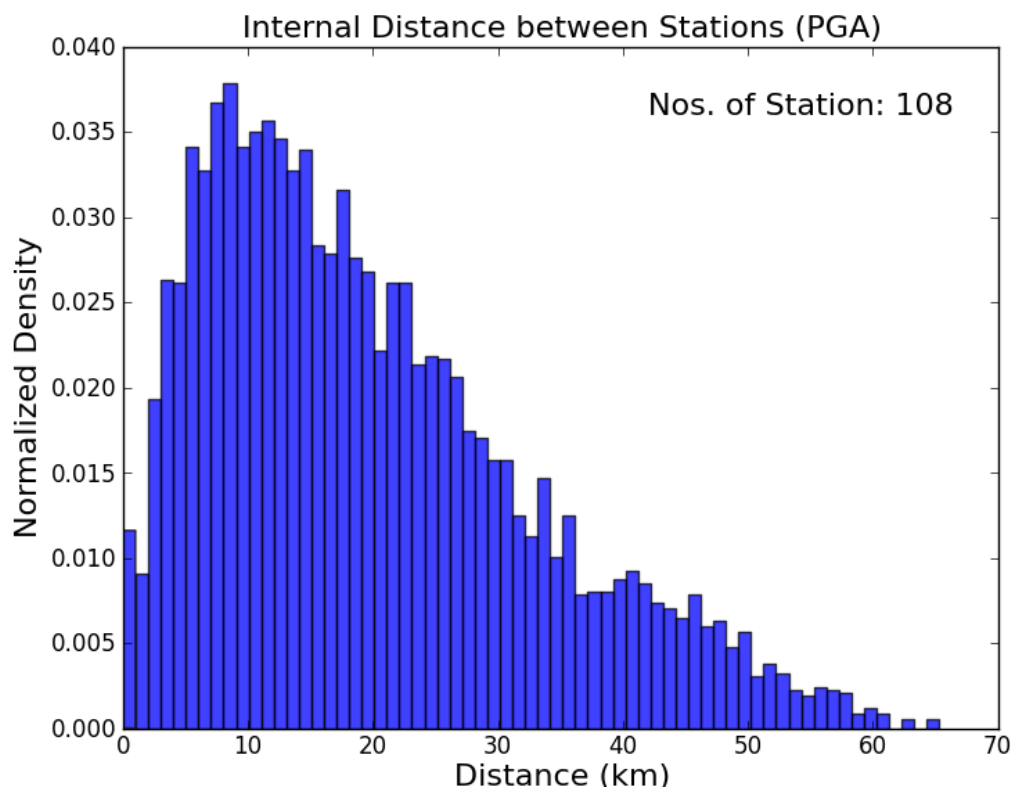


圖 2.3、PGA 預估觀測站間距統計

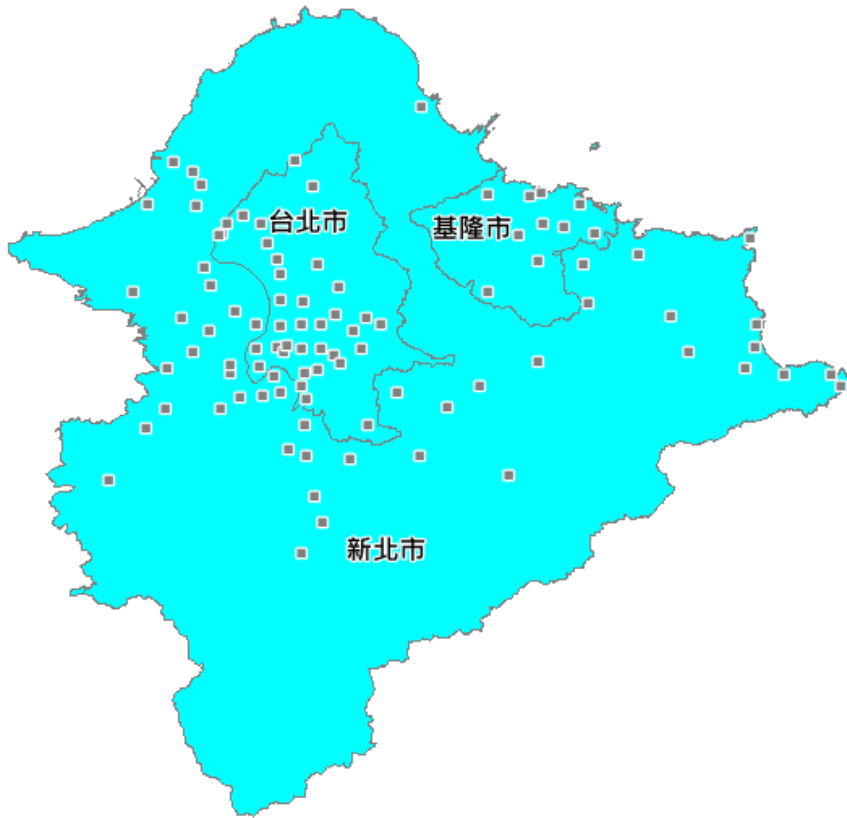


圖 2.4、PGV 預估觀測站分布圖

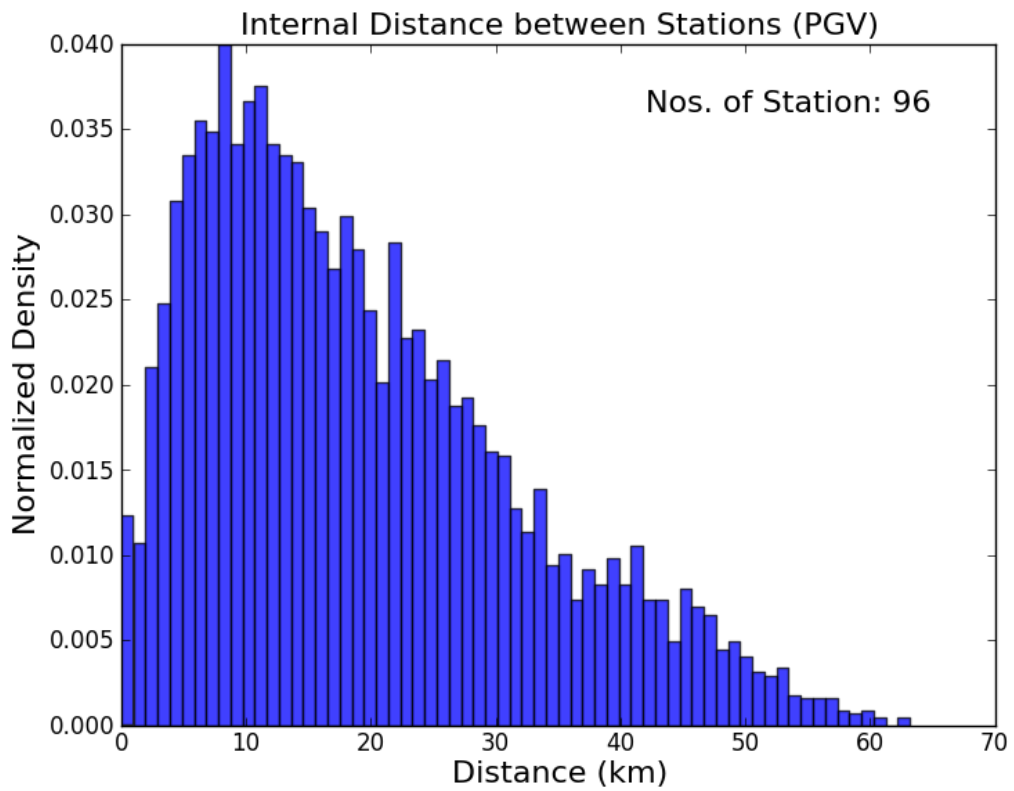


圖 2.5、PGV 預估觀測站間距統計



圖 2.6、PGD 預估觀測站分布圖

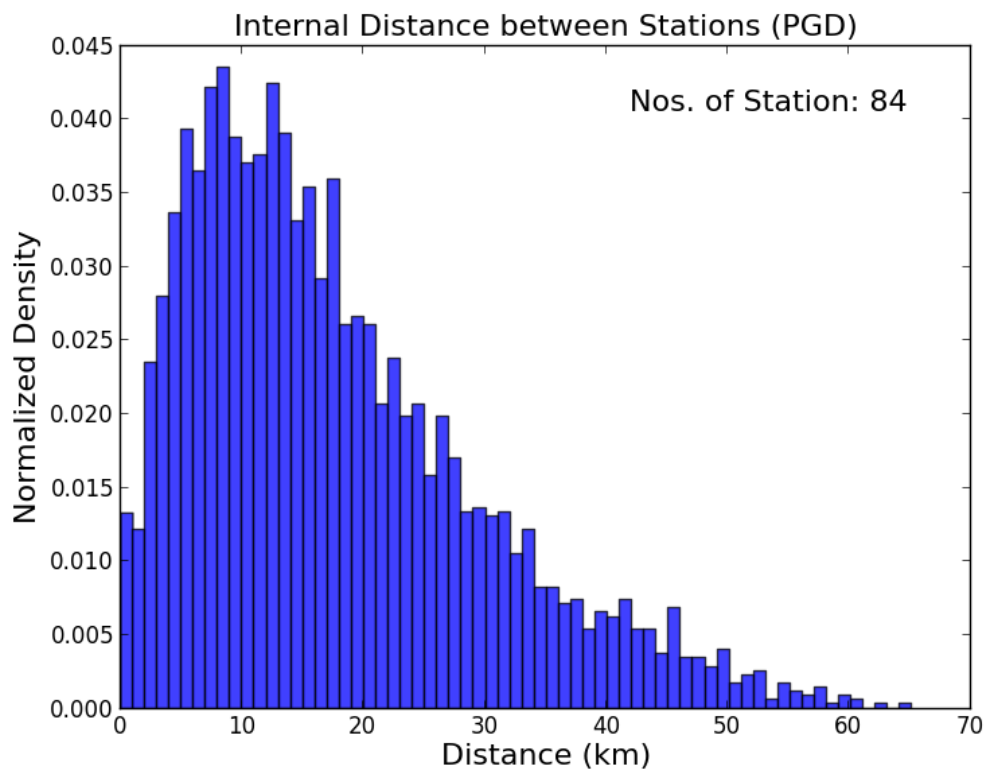


圖 2.7、PGD 預估觀測站間距統計

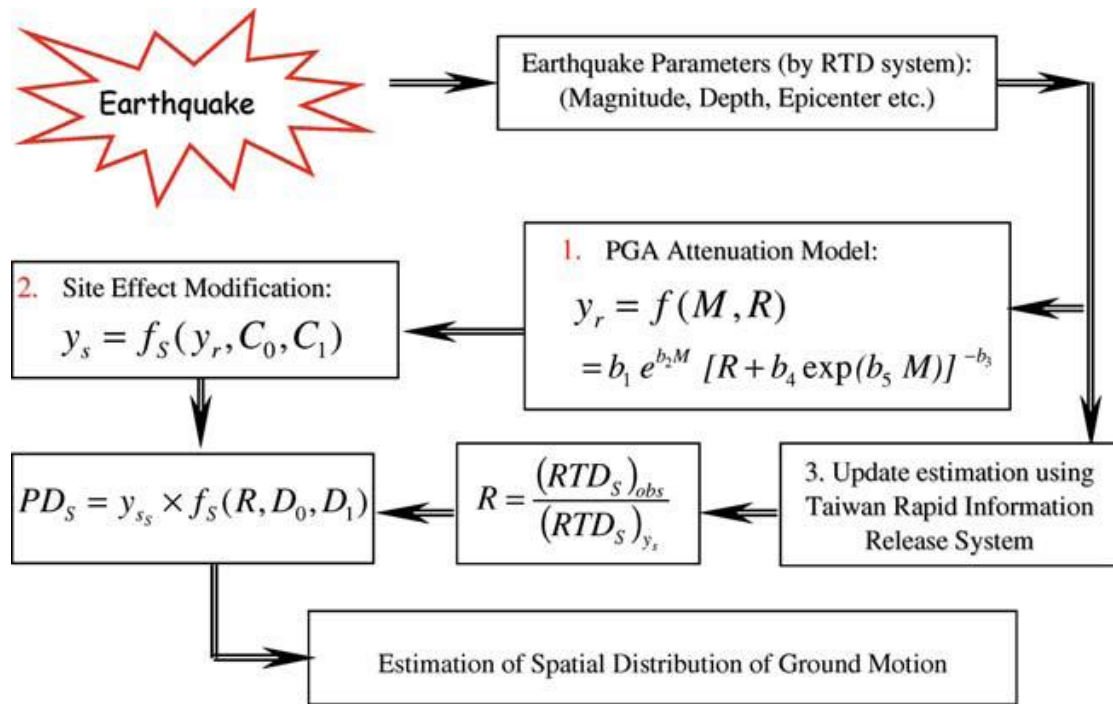


圖 2.8、地動值預估的流程(Jean et al., 2006)

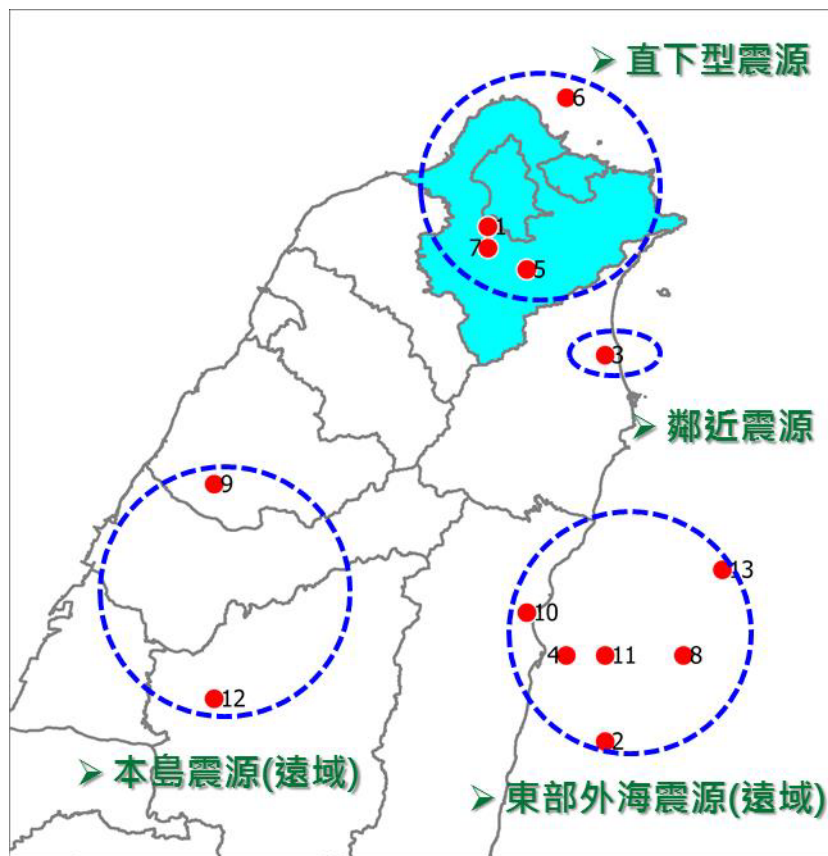


圖 2.9、造成大臺北地區災害的地震事件

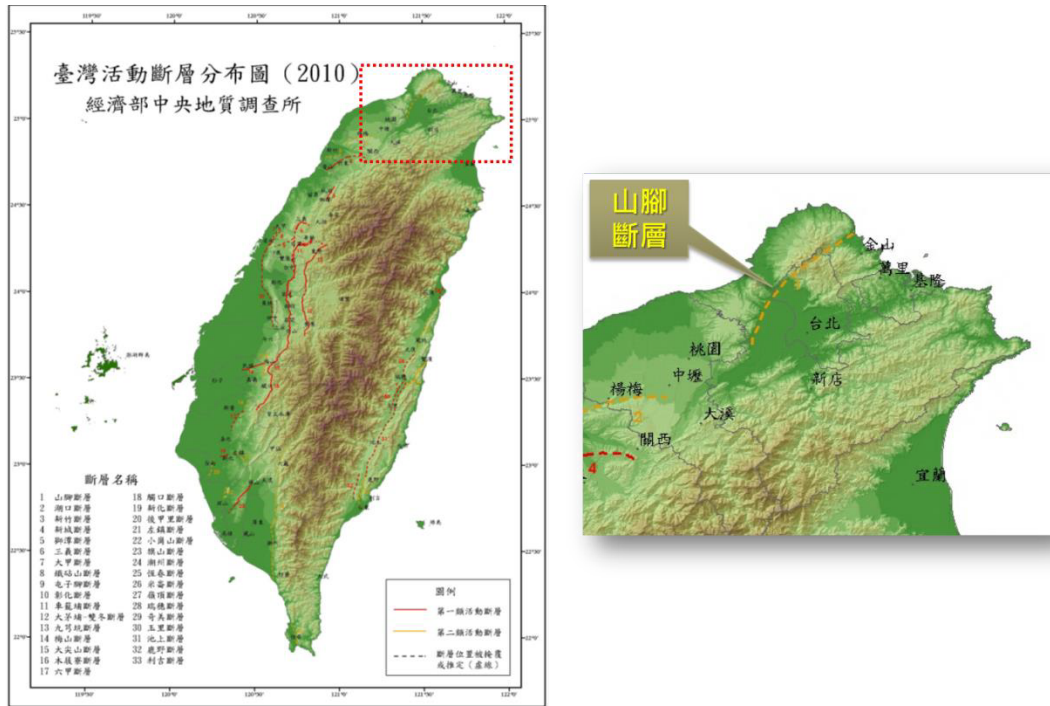


圖 2.10、台灣地區活動斷層分布圖與大臺北地區山腳斷層幾何圖

山腳斷層全段錯動

- 規模7.1
- 陸上長度約34公里
- 海域長度約16公里

山腳斷層北段錯動

- 規模6.9
- 陸上長度約21公里
- 海域長度約16公里

山腳斷層南段錯動

- 規模6.3
- 長度約 13公里

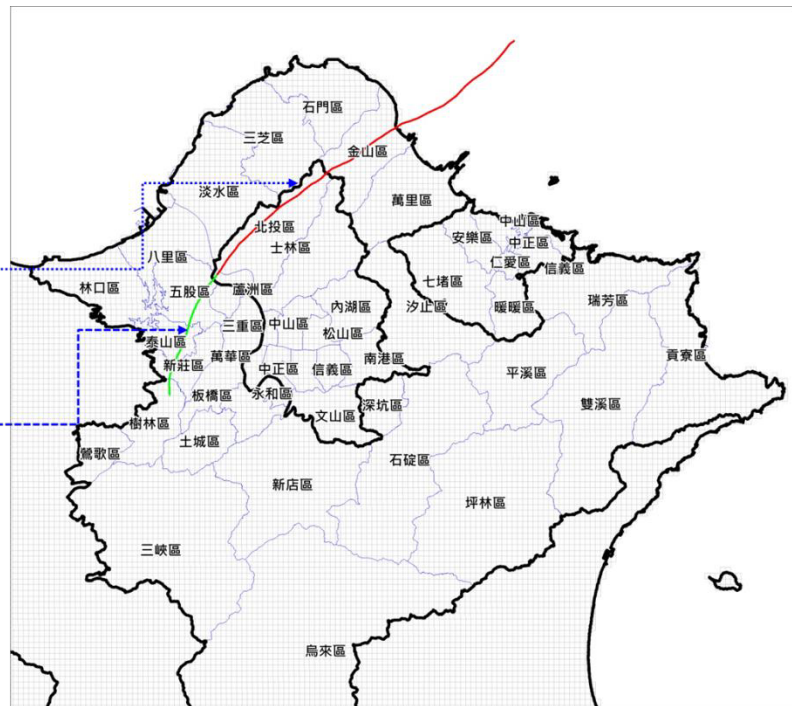


圖 2.11、山腳斷層幾何位置與可能引致的地震矩規模

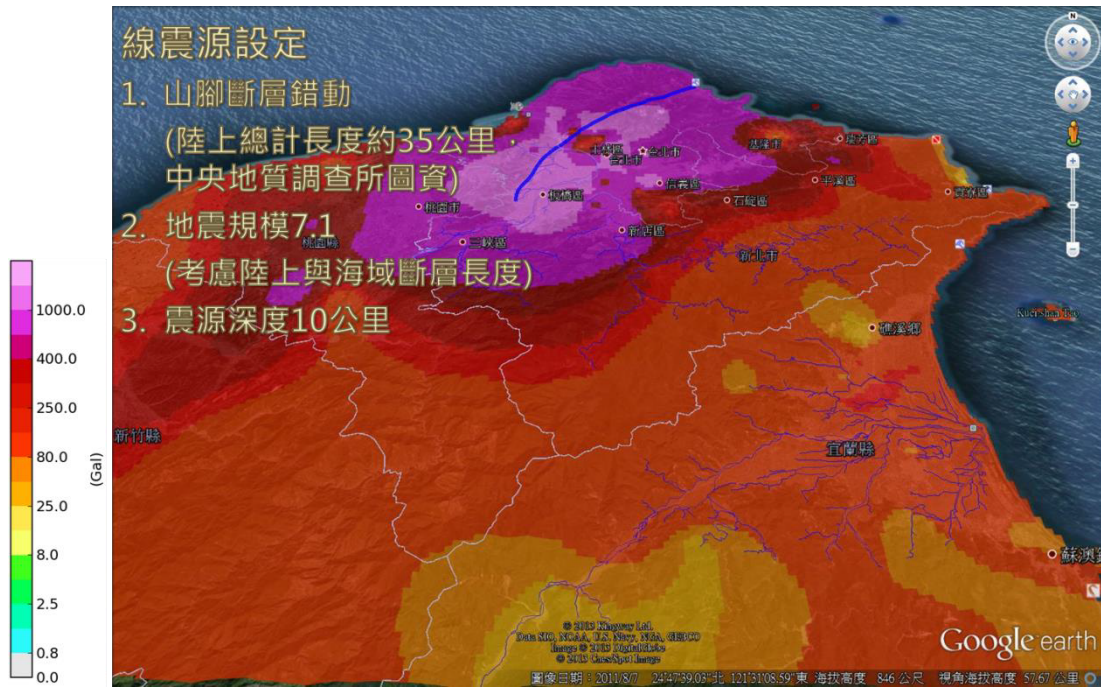


圖 2.12、山腳斷層全段錯動之 PGA 模擬震度分布

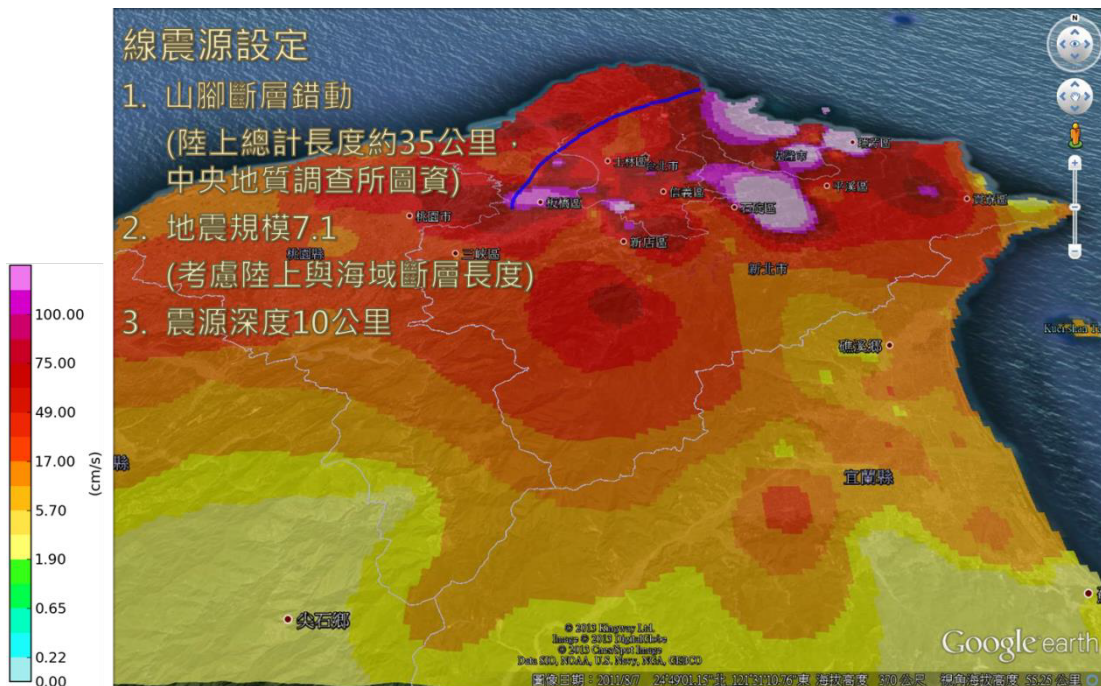


圖 2.13、山腳斷層全段錯動之 PGV 模擬震度分布

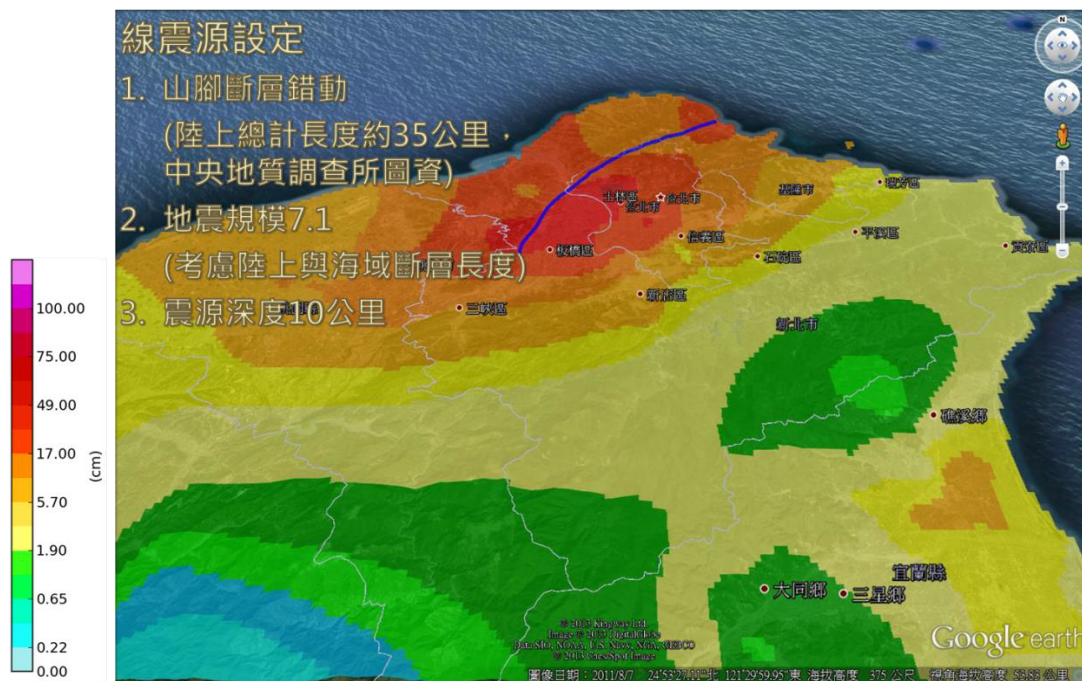


圖 2.14、山腳斷層全段錯動之 PGD 模擬震度分布

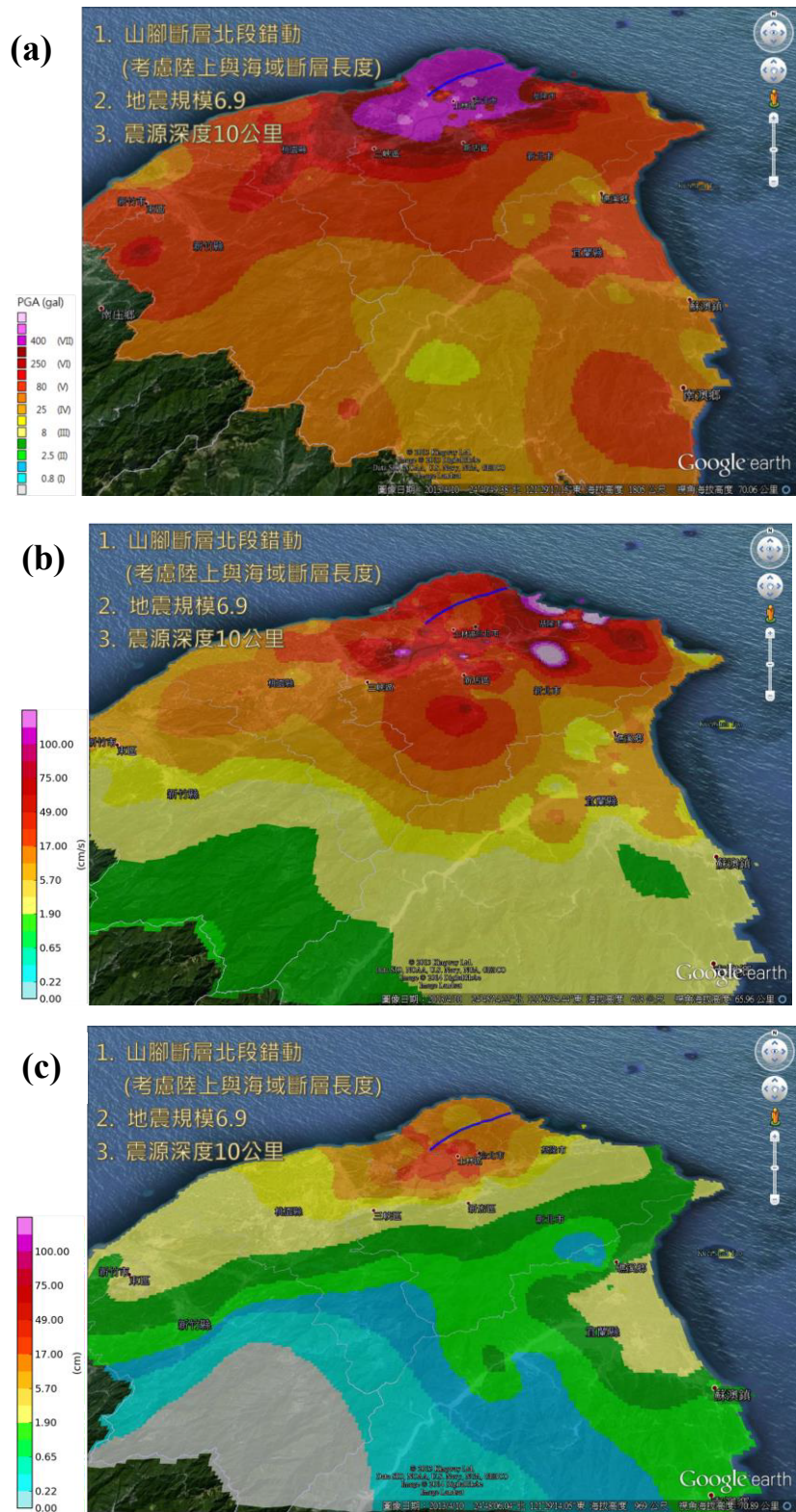


圖 2.15、山腳斷層北段錯動之震度分布：(a)PGA, (b) PGV, (c) PGD

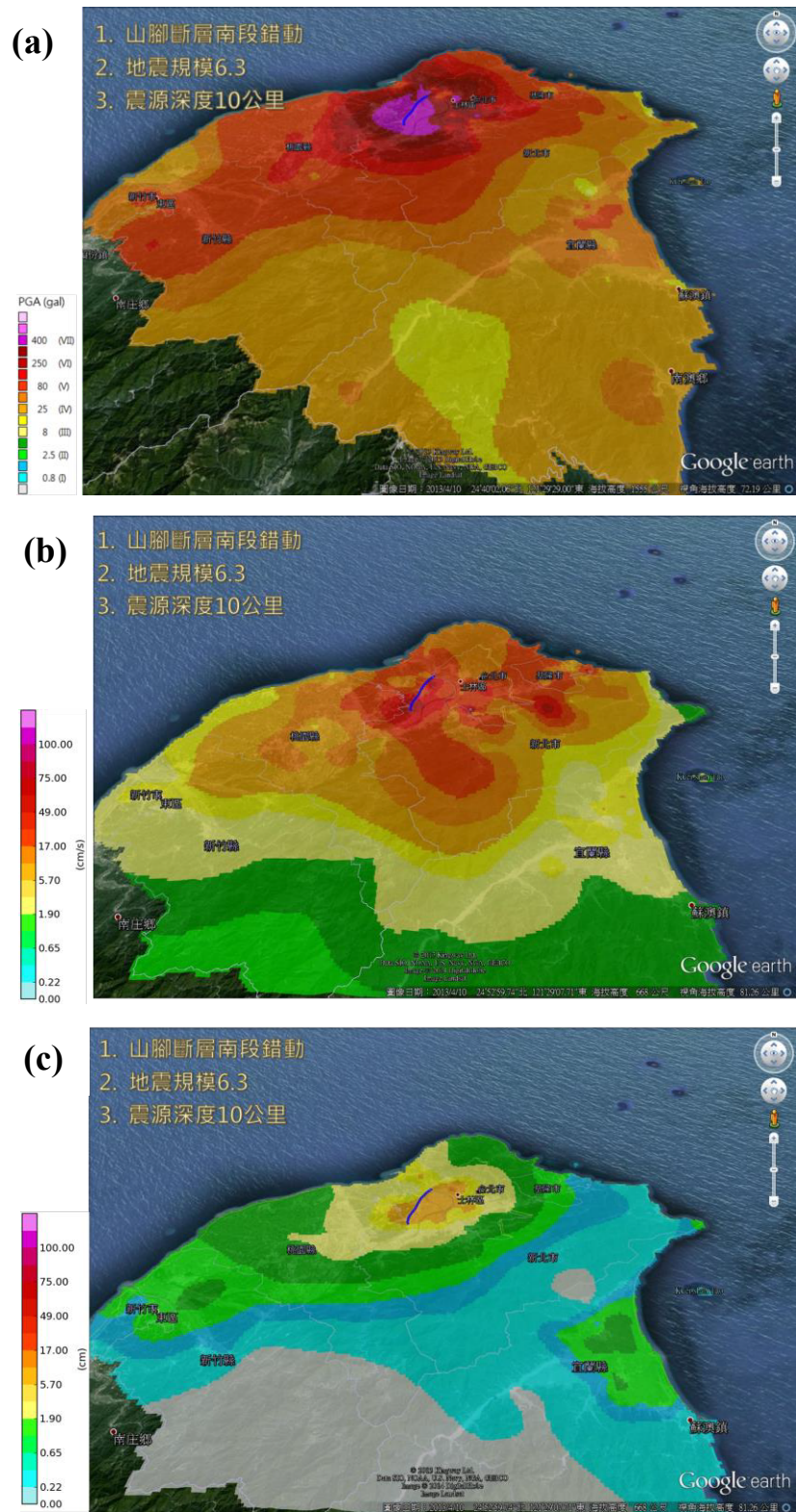


圖 2.16、山腳斷層南段錯動之震度分布：(a)PGA, (b) PGV, (c) PGD

第三章 大臺北地區土壤液化潛能分析

3.1 大臺北地區地質環境概述

大臺北地區包含臺北市、新北市、基隆市三個行政區，人口達700萬人，約佔我國人口30%，人口聚集區域以臺北盆地為主，並擴及周邊山區及臺地。臺北盆地周圍由丘陵及臺地所圍繞，盆地東側及南側為第三紀(Tertiary)中新世(Miocene)沉積岩地層所構成；盆地北部由大屯火山群屏障，以安山岩熔岩及火山碎屑覆蓋於中新世地層上；盆地以西則為林口臺地，以礫石層及砂泥岩互層為主(中央地質調查所，2011)。

臺北盆地主要的河流為淡水河水系，淡水河由基隆河、新店溪、大漢溪等支流匯集成，具有透水性良好的含水層，地下水蘊藏豐富。過去臺北盆地曾因超抽地下水而造成地盤沉陷，經過政府實施禁止抽取地下水政策後，地下水位已逐漸穩定回升。根據水利署地下水位監測紀錄，盆地中心區域的地下水位約在地下2m至3m左右(中央地質調查所，2011)。

臺北盆地為沖積平原，以第三紀沉積岩為基盤，上覆第四紀(Quaternary)沉積層。第四紀沉積層由地表而下依序為松山層、景美層及新莊層，松山層表土層為黃棕色黏土，其下分為6個次層，由砂土層及黏土層交互形成(洪如江，1966)，厚度約20m至100m；不過由於沉積

過程不同，土層分布隨著流域不同有些差異，各次層並非均勻分布於整個盆地。景美層主要由黃棕色礫石層所組成，厚度約為20m至50m。新莊層主要由青灰色礫石層、砂與泥之互層所組成，厚度在100m以上(李志剛及秦中天，1998)。

3.2 土壤液化成因及國內外研究現況

土壤液化是指充滿水的砂質土壤受到強烈地震搖動後，土壤顆粒排列趨於緊密而造成孔隙水壓增高。當超過臨界值時，促使砂與水混合成為如泥漿般的液體，甚至噴砂至地表的現象。土壤液化發生的必要條件包括：

1. 含有疏鬆的砂土層：地盤必須含有疏鬆的砂土層，當砂質土壤越顯著時，其液化潛能與災害潛勢有偏高的趨勢。
2. 高地下水位：地下水位高，使得砂土層孔隙充滿水分，呈現飽和狀態。
3. 足夠規模的地震力：土壤結構受到強烈地震搖晃，土壤顆粒將趨向緊密排列，擠壓顆粒間的孔隙水而激發超額孔隙水壓(Excess Pore Water Pressure)，即所產生的孔隙水壓超過顆粒所在深度之靜水壓力。當超額孔隙水壓不斷上升至等於覆土應力時，土壤顆粒間已無接觸應力，土壤顆粒有如漂浮於水中，即達到液化狀態。

土壤液化以後，可能會造成下列地表破壞，甚至危及結構安全：

1. 噴砂：噴砂為觀察土壤液化最直接之地表特徵，當地盤受到強烈地震作用，所產生之超額孔隙水壓將沿著地層中的裂縫或疏鬆軟弱處往上消散，當壓力水噴發至地表時，往往將土壤中的微小砂土顆粒一起帶出來，產生噴砂現象。
2. 地表沉陷：當地下某深度土壤產生土壤液化後，在超額孔隙水壓消散及移動的過程中，常將砂土顆粒一起帶走，原位置土壤之體積變少，因而產生地表沉陷。地表沉陷時，將使結構物跟著沉陷；若產生不均勻沉陷，將使結構物傾斜，或使結構物受到額外的彎曲應力而產生裂縫。
3. 側向擴展(Lateral Spreading)：當土壤液化後，表層土壤可能變成土水混合物而往低處流動。側向擴展區內之結構物，可能受到額外的側向力作用而產生側向位移或甚至破壞。

國內外已有許多學者提出土壤液化評估方法，參考國際土壤力學與基礎工程學會大地工程技術委員會在「大地地震危害分區手冊」(ISSMFE TC4, 1999)建議之三級調查方法，依其複雜程度及適用範圍可以分為以下三類，並分別簡述國內外研究現況：

1. 液化敏感性(Liquefaction Susceptibility)分析方法

美國聯邦緊急災難管理署(Federal Emergency Management Agency,

FEMA)開發了一套多種災害損失評估系統(HAZUS-MH)，在地震災害模組中，提出一套分析土壤液化敏感性的方法(FEMA, 2013)，參考Youd and Perkins(1978)提出之液化敏感性分類表(如表3.1)，根據地質年代、水系、地盤分類等資料進行分析，將土壤液化潛感分為非常高、高、中等、低、非常低五級。美國地質調查所(U. S. Geology Survey)和加州地質調查所(California Geology Survey)合作製作加州地區液化災害潛勢圖，並公開於網站(<http://earthquake.usgs.gov/regional/nca/qmap/>)。這套方法適用於廣大範圍、大比例尺之初步分析，之後可針對高潛感地區做地質鑽探取得土壤樣本，進行詳細土壤液化潛能評估。

2. 液化潛能(Liquefaction Potential)評估方法

國外已有許多學者提出液化潛能評估方法，主要以工程鑽孔及現地試驗(標準貫入試驗、圓錐貫入試驗、震測法等)獲得之土壤參數推估土壤抗液化強度，並定義抗液化安全係數為土壤抗液化強度除以地震引致土層剪應力。當地震引致土層之剪應力大於土壤抗液化強度時，即抗液化安全係數小於1，則達到初始液化程度。

此外，受到土壤覆土應力的影響，在地下越深處越不容易發生土壤液化，深層土壤即使發生土壤液化也不容易發展至地表而影響到結構物，因此Iwasaki等人(1982)提出定義液化潛能指數(Liquefaction Potential Index, P_L)，考慮地下20m以內之影響，以深度加權法評估整個

地盤的液化潛能：

$$P_L = \int_0^{20} F \cdot W(z) dz \quad (3.1)$$

其中， $F = 1 - F_L$ ，當 $F_L \leq 1.0$

$F = 0$ ，當 $F_L > 1.0$

$W(z) = 10 - 0.5z$

F_L 為抗液化安全係數

z 為距地表之深度，單位為公尺。

Iwasaki 等人(1982)分析過去6次地震案例，綜合64個液化區域和23個非液化區域的資料，發現 $P_L=15$ 為大部分液化與非液化工址的主要分界線，並提出液化嚴重程度之分級方式：

$P_L=0$ ：沒有液化或極少液化；液化風險(Liquefaction Risk)非常低。

$0 < P_L < 5$ ：輕微液化；液化風險低。

$5 \leq P_L < 15$ ：中等液化；液化風險高。深層可能液化，但地表沉陷不明顯。

$P_L > 15$ ：嚴重液化；液化風險非常高。地表可能出現明顯液化表徵，如噴砂或顯著沉陷。

921地震時，土壤液化地點遍及南投縣、台中縣、彰化縣、雲林縣及嘉義縣，發生地點之地質條件主要為沖積層、舊河道、河岸高灘地、水力回填海埔地等，造成多處建物沉陷或傾斜、管線上浮、河川堤岸

邊坡滑動、港灣堤岸擋土牆外移導致後方回填地盤沉陷破壞等。因此，國科會委託國家地震工程研究中心及各大學共同執行「全國液化潛能圖之製作及評估方法之研究」計畫，採用Seed等人(1985)、日本道路協會(1996)、Tokimatsu和Yoshimi(1983)所提出之方法進行液化潛能評估。其中，以日本道路協會(1996)方法及最大地表加速度(Peak Ground Acceleration, PGA)0.23g分析臺北盆地土壤液化潛能之如圖3.1(李崇正，2001)，可以看出在淡水河兩側的蘆洲區、五股區、三重區、板橋區、萬華區、大同區等皆有極高的液化危害風險。

中央地質調查所(2011)採用GEO2010工程地質探勘資料庫於臺北盆地之工程鑽孔資料，將每個鑽孔地下30m以內之土壤參數進行垂直向及水平向內插，獲得以1m為單位之三維網格化剖面資料。並根據我國建築耐震設計規範(內政部，2011)規定之土壤液化評估方法，分別以中小度地震(PGA=0.07g)、設計地震(PGA=0.24g)及最大考量地震(PGA=0.32g)分析臺北盆地土壤液化潛能。其中設計地震(PGA=0.24g)之分析結果如圖3.2，可看出土壤液化高潛勢區除了和圖3.1相同的淡水河左右兩岸地區外，還包括內湖區、松山區的基隆河流域地區。

3. 土壤液化機率研究及危害度分析

美國多種災害損失評估系統(HAZUS-MH)在地震災害模組中，除了提出土壤液化敏感性分析方法外，並考量每種液化敏感性土壤可能

發生液化之PGA不同，以及地震規模、地下水位等因素，提出一套土壤液化機率評估方法(FEMA, 2013)；此種方法適用於在尚未取得工程鑽孔資料時，使用地質資料初步分析土壤液化之可能性。

由於地震之發生、地盤運動衰減及延時、描述土壤液化行為之基本物理模型、自然環境土壤性質之空間分布均存在不確定性與變異性，因此國內亦有多位學者(黃富國等人，2000；黃俊鴻，2003；賴聖耀等人，2003)考慮上述因素提出各種土壤液化機率評估方法。大致都是先進行地震危害度分析(Seismic Hazard Analysis)以建立地動參數(如PGA值)之年超越機率曲線，並以不同之機率模型呈現土壤強度參數之變異性；然後結合地動參數及其對應之地震規模、工址地盤條件及土壤參數等，建立液化潛能指數(P_L 值)之年超越機率，並以實際地震液化案例比較驗證。

此外，土壤液化發生後，往往伴隨著地表沉陷，進而危及結構物安全。Ishihara等人(1992)進行一系列不同相對密度砂土之動力單剪試驗，提出抗液化安全係數與液化後體積應變之關係圖(如圖3.3)，可由抗液化安全系統推估液化引致之地表沉陷量。並指出當地表沉陷達30cm至70cm時，將產生地表裂縫、噴砂及地盤流動等破壞型態，結構物也將產生嚴重損害。

3.3 大臺北地區土壤液化分析

經由國內外相關研究之回顧與盤點，考量分析尺度及基本資料細緻程度，建立土壤液化之初步分析與詳細分析兩種評估方法(如圖3.4)：

1. 土壤液化敏感性初步分析法：對於大臺北地區(臺北市、新北市及基隆市)廣大地區，在尚未取得工程鑽孔資料之前，參考 HAZUS 方法，使用地質圖、數值地形資料、水系分布資料，初步評估土壤液化敏感性。
2. 土壤液化潛能詳細分析法：對於液化敏感性較高的臺北盆地，採用我國耐震設計規範之建議方法(參考日本道路橋 1996 年規範略為修正，如圖 3.5)，及中央地質調查所提供之臺北都會區三維工程鑽孔資料，結合特定震源之地表最大加速度(PGA)分布值，詳細分析之土壤液化潛能。

本研究提出之分析方法，具有以下之特色：

1. 地震作用力採用特定震源之網格化 PGA 分布值，各地 PGA 值不同，較以往分析法對於整個分析區域採用同一 PGA 值，更接近現地狀況。
2. 將土壤參數離散為網格化三維資料，結合對應格點之土壤參數及 PGA 值進行土壤液化分析，可更細緻呈現土壤液化分布情形。

3.3.1 大臺北地區土壤液化敏感性分析

參考HAZUS建議之方法，分析大臺北土壤液化敏感性：

1. 蒐集大臺北地區之地質圖(25萬分之一)及水系圖(如圖 3.6)，將圖層彙入地理資訊系統；為利於後續分析及展示，將分析區域以 500m×500m 網格呈現。
2. 根據表 3.1 之液化敏感性分類表(Youd and Perkins, 1978)，河道經過地區之現代地盤屬於極高土壤液化敏感性；因此將淡水河、基隆河、新店溪、大漢溪主河道區域所經過之網格設定為極高液化敏感區。
3. 臺北盆地大部分地區為沖積平原(Alluvial Plain)，屬土壤液化中度敏感性，因此將地質圖之沖積層所在網格設定為土壤中度液化敏感區。
4. 其他地區則為山坡地或岩盤，液化可能性低，將其設定為低液化敏感區，並據此產製大臺北地區土壤液化敏感圖如圖 3.7。

3.3.2 臺北盆地土壤液化潛能分析

本研究以三種特定震源(山腳斷層全段、北段、南段錯動)，地震規模分別為7.1、6.9、6.3之震源參數進行地動模擬，並以500m×500m之網格呈現PGA分布情形。圖3.8(a)為規模7.1地震之PGA分布圖，圖中灰色

格狀區域為臺北盆地範圍，可看出盆地幾乎所有地區之PGA皆在400gal(如圖棕色區域)以上，即達七級震度以上，大約一半區域之PGA達600gal至800gal(如圖粉紅色區域)，甚至局部地區之PGA超過800gal(如圖紅色區域)，為非常極端之地震情境。

臺北盆地之土壤參數採用中央地質調查所提供之三維工程鑽孔資料，其網格大小為100m×100m；圖3.8(a)之PGA分布值，其網格大小為500m×500m，位於500m×500m網格內之工程鑽孔點位，則給定其PGA為同一數值。土壤液化分析採用我國建築耐震設計規範建議之土壤液化潛能評估方法(如圖3.5)，以100m×100m網格為單元，結合對應格點之網格化土壤參數與PGA分布值，計算各格點上之液化潛能指數 P_L ，如(3.1)式。此外，根據水利署民國98年之地下水位觀測資料(中央地質調查所，2011)，臺北盆地中心區域之地下水位大致在地下2m至3m之間，因此分析地下水位0m、1m、2m、3m之情況，探討地下水位高低對土壤液化潛能之影響。根據Iwasaki等人(1982)提出之液化潛能指數分級方式，以 $P_L=0$ 、 $0 < P_L \leq 5$ 、 $5 < P_L \leq 15$ 、 $P_L > 15$ 為分界，將液化潛勢分為極低、低、中、高四級，產製臺北盆地三種特定震源、地下水位1m至3m之土壤液化潛勢圖如圖3.8至圖3.10。

以圖3.8(c)地震規模7.1、地下水位2m之分析結果為例，由於整個臺北盆地之PGA幾乎都大於400gal，在如此大的地震力作用下，盆地中

心區域約40%面積皆為高液化潛勢(如紅色區域)，包含台北市士林區、大同區、萬華區、中山區、中正區、大安區、松山區、信義區、內湖區、南港區及新北市三重區、蘆洲區、新莊區、板橋區、永和區共15個行政區，必須特別注意土壤液化對於結構物及重要設施之影響。此外，比較次圖(b)、(c)、(d)，盆地中心區域極高液化潛勢的範圍變化不大，地下水位1m的極高液化潛勢範圍僅在盆地邊緣地帶略大於地下水位2m、3m之結果；顯示在如此大的地震力作用下，盆地中心區域可能都達到嚴重液化程度，地震力之影響遠大於地下水位高低對液化潛勢之影響。

圖3.9為地震規模6.9之PGA分布圖及土壤液化潛勢圖，由次圖(a)可看出臺北盆地大部分地區的PGA仍在400gal以上，不過600gal至800gal區域明顯變小、且已無800gal以上地區。在這樣大的地震力作用下，極高液化潛勢區範圍大致和規模7.1地震之分析結果相差不多，僅在盆地邊緣地帶之極高液化潛勢範圍較小。此外，比較次圖(b)、(c)、(d)，地下水位1m在盆地邊緣地帶的極高液化潛勢範圍略大於地下水位2m、3m之結果；因為地下水位高，較多土壤處於飽和狀態，較易發生土壤液化，分析結果合理。

圖3.10為地震規模6.3之PGA分布圖及土壤液化潛勢圖，由次圖(a)可看出僅盆地西半部約1/3區域之PGA大於400gal，盆地中心區域大約

1/3區域之PGA在300gal至400gal之間，盆地南部及東部區域約1/3區域之PGA則在200gal至300gal之間。由次圖(b)、(c)、(d)，地下水位1m在盆地邊緣地帶的極高液化潛勢範圍則可看出大於地下水位2m、3m之結果，在規模6.3地震作用下，地下水位高低對於土壤液化潛勢之影響較為明顯。

此外，本研究規模6.3地震之PGA在盆地中心區域大約在300gal至400gal之間，與中央地質調查所(2011年)研究之最大考量地震PGA=320gal接近，因此以地下水位2m之分析結果為代表，和中央地質調查所(2011年)分析結果(地下水位以鑽探期間之水位資料設定)比較如圖3.11。本研究地震作用力採用網格化PGA分布值，各地PGA值不同，相較於中央地質調查所(2011年)設定整個臺北盆地PGA皆為320gal，更能接近現地之狀況，這也在三個地區的土壤液化潛勢評估結果反應出二者之差異性：

1. 臺北市北投區與士林區交界、靠近基隆河匯入淡水河一帶，本研究之PGA有很大區域在100gal至300gal之間，如圖3.10(a)之綠色及黃色區域，小於中央地質調查所(2011年)最大考量地震設定之320gal，使得本研究在此區域完全沒有高液化潛勢區，僅呈現少許低液化潛勢區(如圖3.11(a)黃色區域)，而中央地質調查所(2011年)之分析結果在此區域仍存在許多高液化潛勢區(如圖3.11(b)) $P_L > 15$

區域)。因此，本研究採用 PGA 各地分布不同之方式，可以呈現出此地區 PGA 較小而其土壤液化潛勢較低之合理結果。

2. 臺北市中正區及萬華區一帶，本研究分析之高液化潛勢區範圍(如圖 3.11(a)紅色區域)僅出現在局部微小地區，而以中液化潛勢或低液化潛勢區(如圖 3.11(a)橘色或黃色區域)為主，甚至有些地方出現極低液化潛勢區(如圖 3.11(a)綠色區域)；而中央地質調查所(2011 年)之結果則出現相當大範圍的高液化潛勢區(如圖 3.11(b) $P_L > 15$ 區域)，其次為中液化潛勢區($5 < P_L \leq 15$)，而無低液化潛勢區($0 < P_L \leq 5$)。其原因和此區域之 PGA 值有關，以本研究此區域出現極低液化潛勢或低液化潛勢區(如圖 3.11(a)綠色或黃色區域)而言，其 PGA 值在 100gal 至 300gal 之間；而中央地質調查所(2011 年)最大考量地震設定之 PGA 為 320gal，其此區域之分析結果為中液化潛勢區($5 < P_L \leq 15$)或高液化潛勢區($P_L > 15$)。本研究採用 PGA 各地分布不同之方式，亦可顯現 PGA 較小而其土壤液化潛勢較低之微小變化。
3. 臺北市南港區、位於基隆河上游地區，本研究之 PGA 以 200gal 至 300gal 為主(如圖 3.10(a)之黃色區域)，本研究分析所得之高液化潛勢區範圍很小(如圖 3.11(a)紅色區域)，以中液化潛勢區為主(如圖 3.11(a)橘色區域)，而中央地質調查所(2011 年)最大考量地震之分析結果則以高液化潛勢區($P_L > 15$)為主。本研究採用 PGA 各地分布不

同之方式，可充分呈現此區域大範圍 PGA 較小而其土壤液化潛勢較低之明顯變化。

3.4 土壤液化引致沉陷分析

對於工程鑽孔資料較為齊全的臺北盆地，以土壤潛能分析結果計算土壤液化引致之沉陷量。對於大臺北地區無工程鑽孔資料的地區，則以土壤液化敏感性分析結果推估土壤液化可能造成之沉陷量，並將二者分析結果整合，處理方式分別說明如下。

3.4.1 臺北盆地土壤液化引致沉陷分析

根據前節土壤液化潛能分析所得各格點不同深度之抗液化安全係數(F_L 值)，參考Ishihara與Yoshimine(1992)研究，計算土壤液化引致之沉陷量，處理步驟如下：

1. 由圖 3.3 之抗液化安全係數和液化引致體積應變關係，以某格點某深度推估土壤液化產生之體積應變。
2. 將該格點上的體積應變乘上每個網格長度 1m 得到該深度之沉陷量。
3. 將地下 20m 各深度之沉陷量加總得到地盤總沉陷量。

圖3.12是規模7.1、6.9、6.3三組特定震源作用下、地下水位2m之液化引致沉陷分布圖，以次圖(a)地震規模7.1之結果為例，盆地中心高液

化潛勢區之沉陷量都超過30cm，在新北市新莊區、臺北市中山區、松山區、內湖區甚至產生80cm至1m的沉陷。次圖(b)及(c)分別為地震規模6.9及6.3的分析結果，可看出隨著地震規模減小，沉陷量大於30cm的影響區域略為縮小，不過沉陷達到80cm至1m的區域依然存在。

3.4.2 大臺北地區土壤液化引致沉陷分析

美國聯邦緊急災難管理署於HAZUS-MH之地震災害模組中，除了提出一套分析土壤液化敏感性的方法(FEMA, 2013)外，亦建議各土壤液化敏感性類別可能產生之沉陷量，即液化敏感類別極高、高、中等、低、非常低之沉陷量分別為30cm、15cm、5cm、2.5cm、0cm。由於臺北盆地大部分沖積層地區都有工程鑽孔資料，因此，對於有工程鑽孔資料的地區，皆以3.4.1節由土壤液化潛能分析結果計算之沉陷量為主；對於無工程鑽孔資料之沖積層地區、岩盤地區，則以土壤液化敏感性推估沉陷量。最後再將二者分析結果整合，產製大臺北地區土壤液化引致沉陷分布圖，處理方式說明如下。

1. 由於臺北盆地工程鑽孔資料網格尺寸為 100m×100m，而大臺北地區地質圖網格尺寸為 500m×500m，為便於將分析結果整合，先將 500m 網格內由各格點位置土壤液化潛能分析計算之沉陷量平均，成為 500m 網格解析度之沉陷量分布圖。

2. 將地質圖中和臺北盆地分析區域重複之網格去除，並套疊水系分布圖。
3. 根據美國 HAZUS-MH 之建議，沖積層為中度液化敏感區，因此將地質圖中沖積層所在之網格設定其沉陷量為 5cm。岩盤地區為極低液化敏感區，將其沉陷量設定為 0cm。
4. 將土壤液化潛能計算之沉陷分布圖和液化敏感性推估之沉陷分布圖結合，產製大臺北地區土壤液化引致沉陷分布圖，[圖 3.13](#) 為地震規模 7.1、地下水位 2m 之分析結果。

3.5 土壤液化災害衝擊情境初步分析

土壤液化除了造成地盤沉陷外，亦會造成噴砂、地盤流動等地表破壞，根據本研究土壤液化分析結果，分析土壤液化可能造成之災害衝擊情境如下：

1. 土壤液化引致地盤沉陷之影響：土壤受到強烈地震作用，當淺層土壤發生液化時，產生噴砂現象，土壤失去承载力，結構物下陷或傾斜。以地震規模 7.1、地下水位 2m 之分析結果為例，臺北盆地中心區域(約 40%面積)都達到高液化潛勢(如[圖 3.8\(b\)](#)之紅色區域)，這些區域可能產生 30cm(如[圖 3.12\(a\)](#)淺棕色)以上的沉陷；然而這些區域之房屋相當密集，可能造成許多房屋下沉或傾斜。此外，臺北市及

新北市有許多高架橋、跨河橋梁皆位於沉陷量超過 30cm 之地區，部分地區甚至產生高達 80cm 至 1m 之沉陷。圖 3.14 為大臺北地區液化引致沉陷套疊省公路橋梁分布圖，淡水河、大漢溪、新店溪多座跨河橋梁、臺北市及新北市多座高架橋梁在如此高沉陷量之情境下，橋梁可能產生嚴重破壞，可能導致交通癱瘓、救災行動受阻等災害衝擊。

2. 土壤液化引致地盤側潰之影響：當土壤液化發生在緩坡、河邊或海岸邊時，土壤側向流動可能使橋梁傾斜、河堤開裂、港灣構造外移等破壞。根據分析結果，盆地中心淡水河、大漢溪、新店溪沿岸皆位於高液化潛勢區，應特別注意液化引致測潰對橋梁、河堤之影響。此外，臺北港在規模 7.1 地震作用下，港區附近 PGA 達 200gal 至 300gal，亦可能對港灣構造物造成一些破壞。
3. 土壤液化引致上浮之影響：土壤液化產生之上浮力可能使地下管線及地下捷運上浮、產生撓曲變形過大而破壞。臺北盆地地下管線、地下捷運錯綜複雜，盆地中心區域(約 40%面積)都達到高液化潛勢，在如此高 PGA 的地動作用下，許多地方可能會產生嚴重液化，液化產生之上浮力可能使地下管線及地下捷運上浮或甚至破壞，可能導致都市機能受損之災害衝擊。

表 3.1、液化敏感性分類表(Youd and Perkins, 1978)

Type of Deposit	General Distribution of Cohesionless Sediments in Deposits	Likelihood that Cohesionless Sediments when Saturated would be Susceptible to Liquefaction (by Age of Deposit)			
		< 500 yr Modern	Holocene < 11 ka	Pleistocene 11 ka - 2 Ma	Pre-Pleistocene > 2 Ma
(a) Continental Deposits					
River channel	Locally variable	Very High	High	Low	Very Low
Flood plain	Locally variable	High	Moderate	Low	Very Low
Alluvial fan and plain	Widespread	Moderate	Low	Low	Very Low
Marine terraces and plains	Widespread	---	Low	Very Low	Very Low
Delta and fan-delta	Widespread	High	Moderate	Low	Very Low
Lacustrine and playa	Variable	High	Moderate	Low	Very Low
Colluvium	Variable	High	Moderate	Low	Very Low
Talus	Widespread	Low	Low	Very Low	Very Low
Dunes	Widespread	High	Moderate	Low	Very Low
Loess	Variable	High	High	High	Unknown
Glacial till	Variable	Low	Low	Very Low	Very Low
Tuff	Rare	Low	Low	Very Low	Very Low
Tephra	Widespread	High	High	?	?
Residual soils	Rare	Low	Low	Very Low	Very Low
Sebka	Locally variable	High	Moderate	Low	Very Low
(b) Coastal Zone					
Delta	Widespread	Very High	High	Low	Very Low
Estuarine	Locally variable	High	Moderate	Low	Very Low
Beach					
High Wave Energy	Widespread	Moderate	Low	Very Low	Very Low
Low Wave Energy	Widespread	High	Moderate	Low	Very Low
Lagoonal	Locally variable	High	Moderate	Low	Very Low
Fore shore	Locally variable	High	Moderate	Low	Very Low
(c) Artificial					
Uncompacted Fill	Variable	Very High	---	---	---
Compacted Fill	Variable	Low	---	---	---

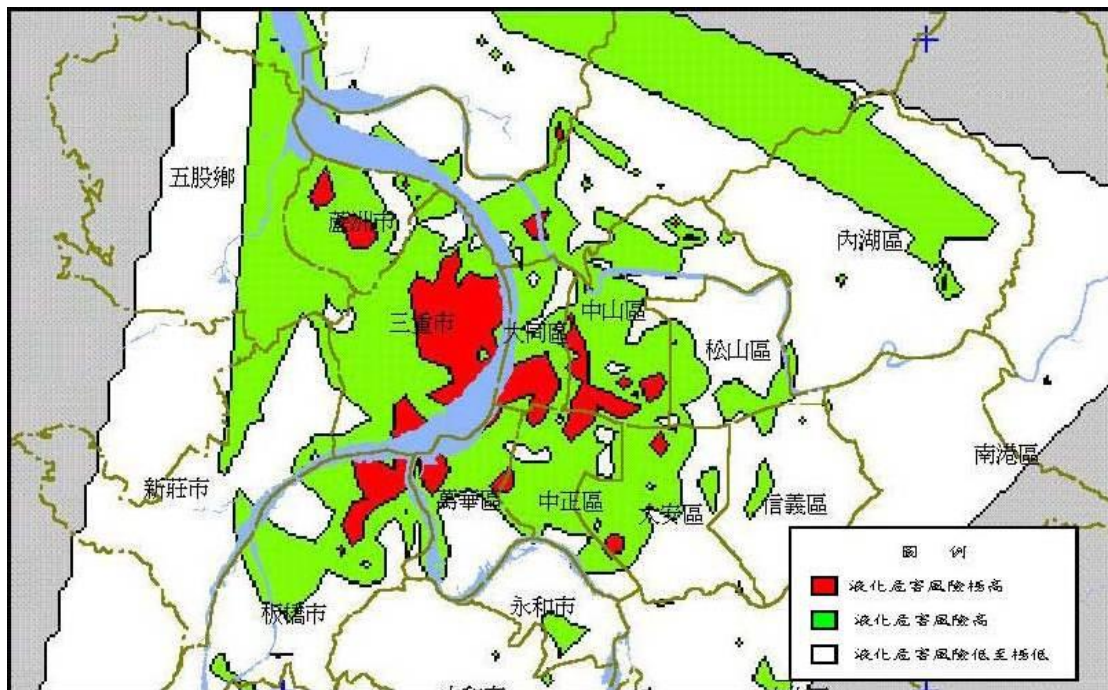


圖 3.1、臺北盆地 $PGA=0.23g$ 土壤液化潛能評估結果(李崇正, 2001)

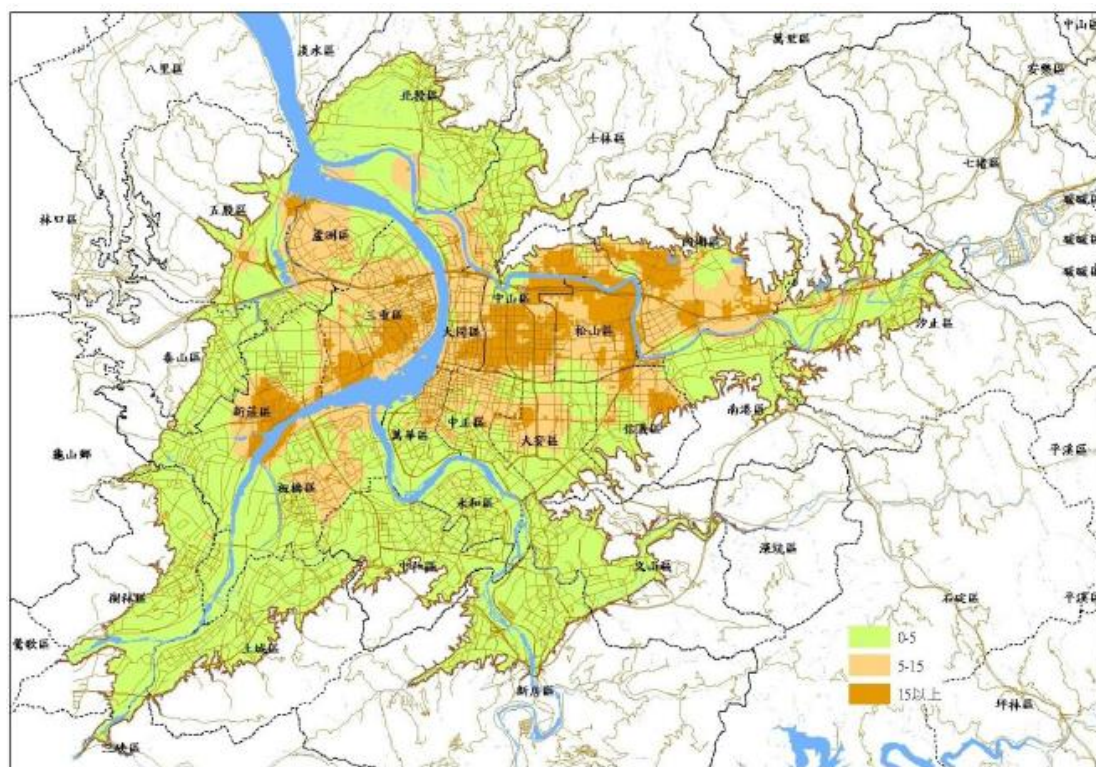


圖 3.2、臺北盆地設計考量地震($PGA=0.24g$)土壤液化潛能分布(中央地調所, 2011)

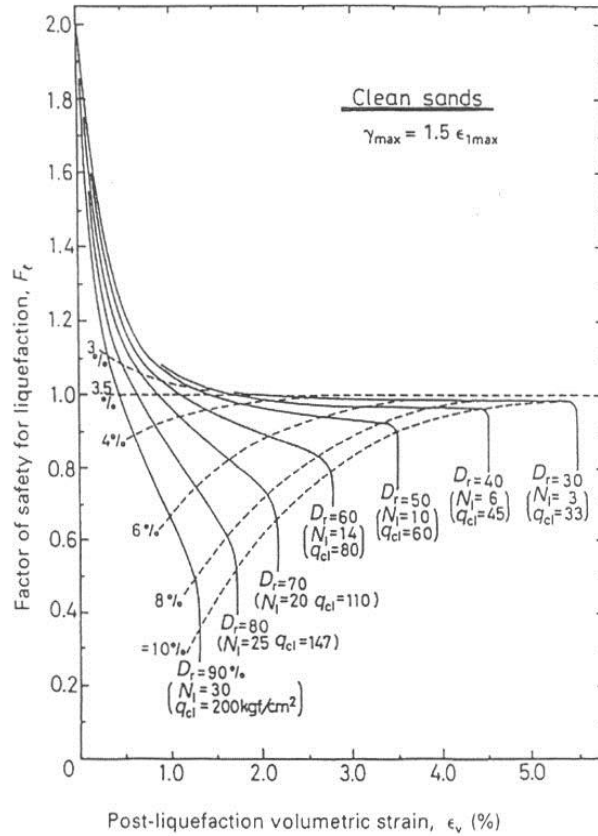


圖 3.3、抗液化安全係數與液化後體積應變關係(Ishihara, 1992)

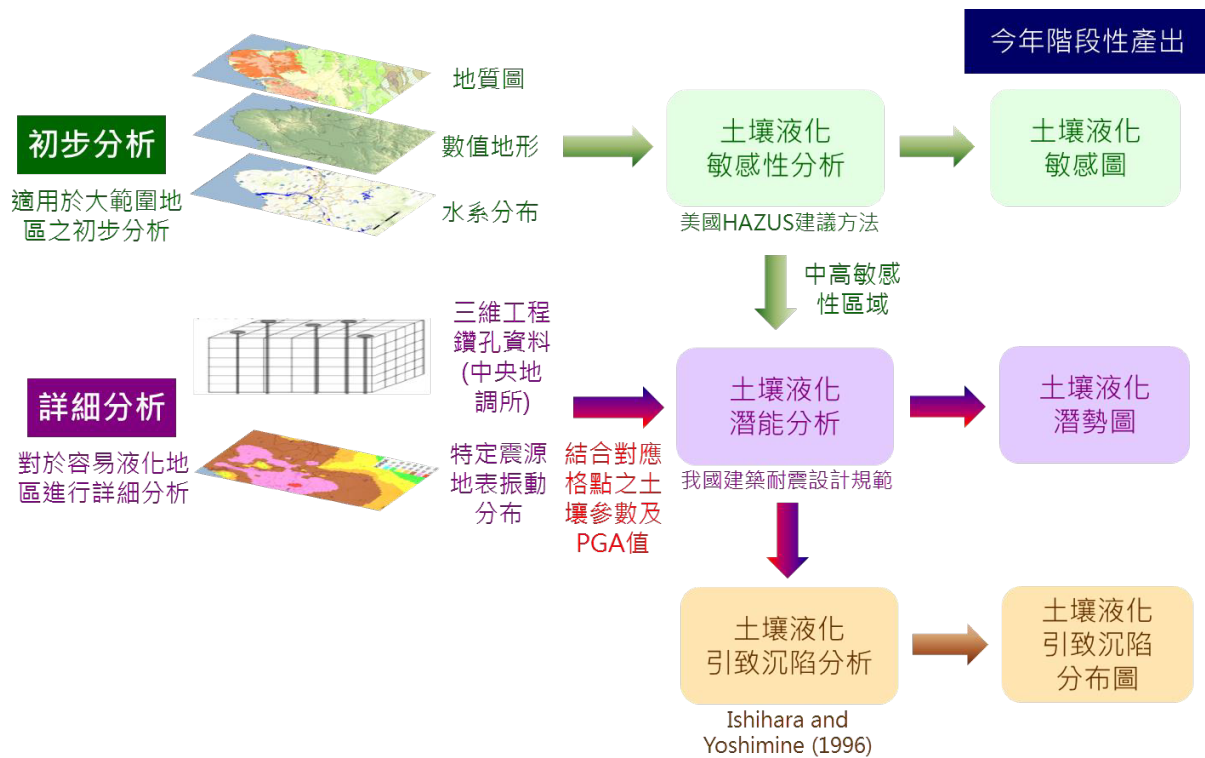


圖 3.4、本研究提出之土壤液化分析流程及主要產出

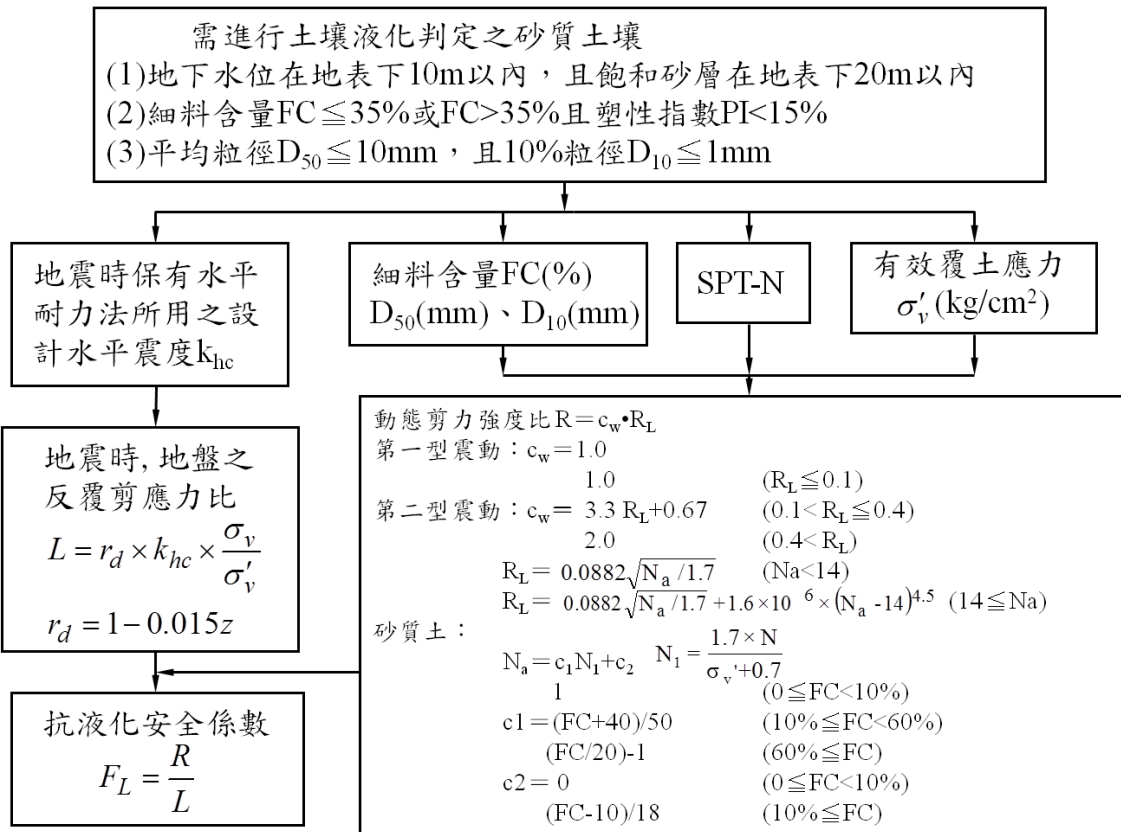


圖 3.5、土壤液化潛能評估流程(內政部，2011)

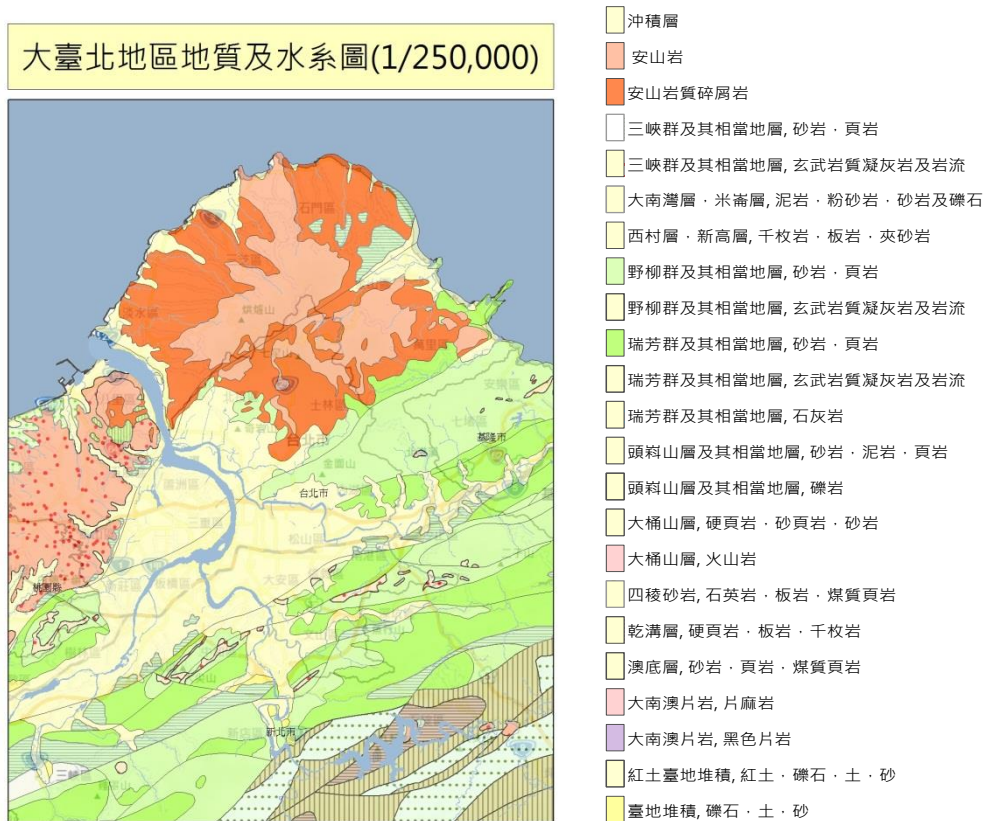


圖 3.6、大臺北地區地質及水系圖(中央地質調查所及水利署)

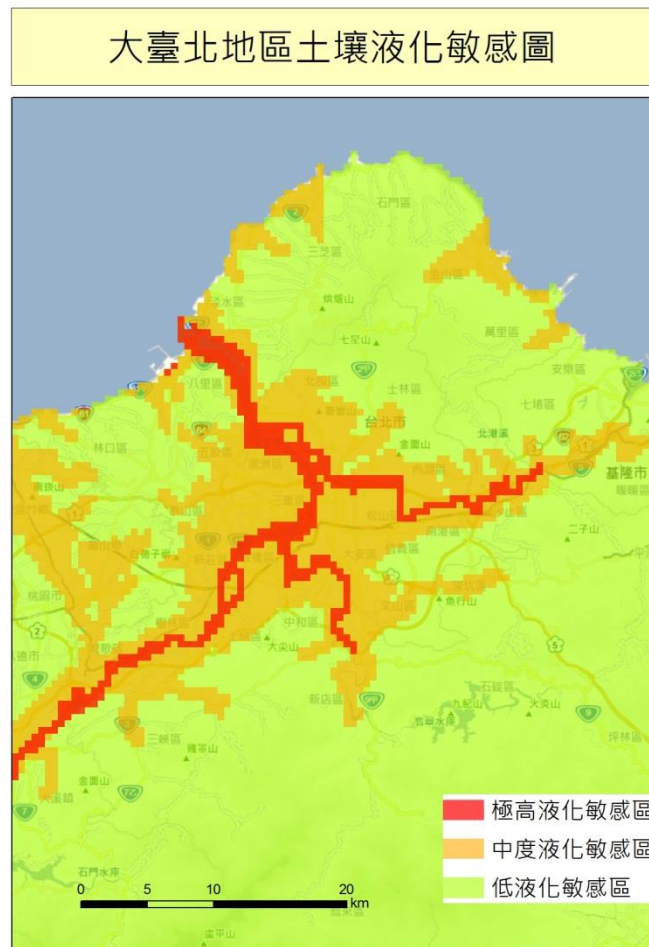
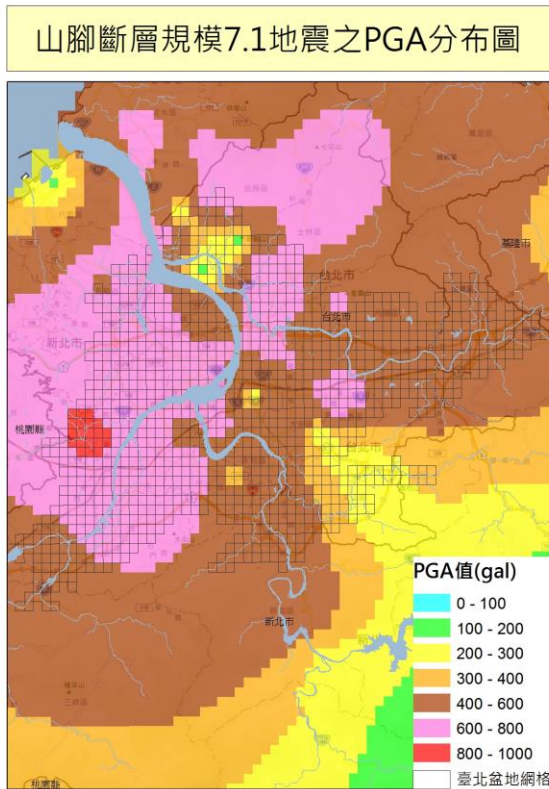
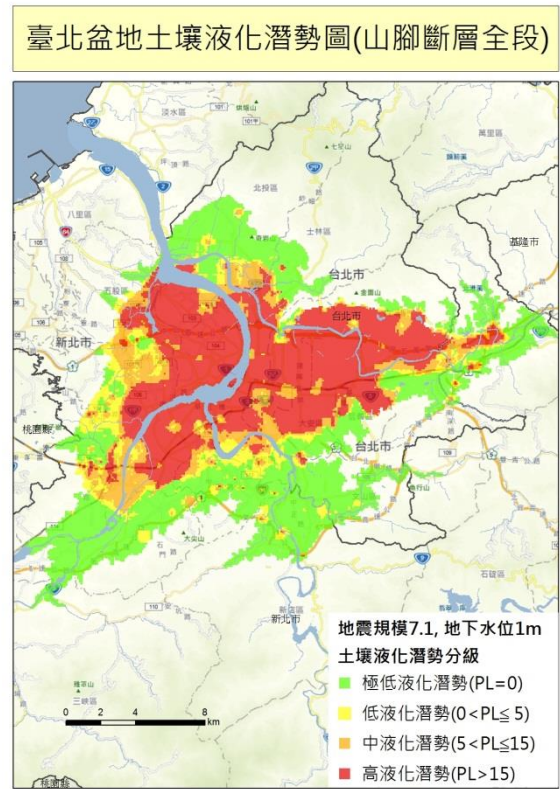


圖 3.7、大臺北地區土壤液化敏感圖



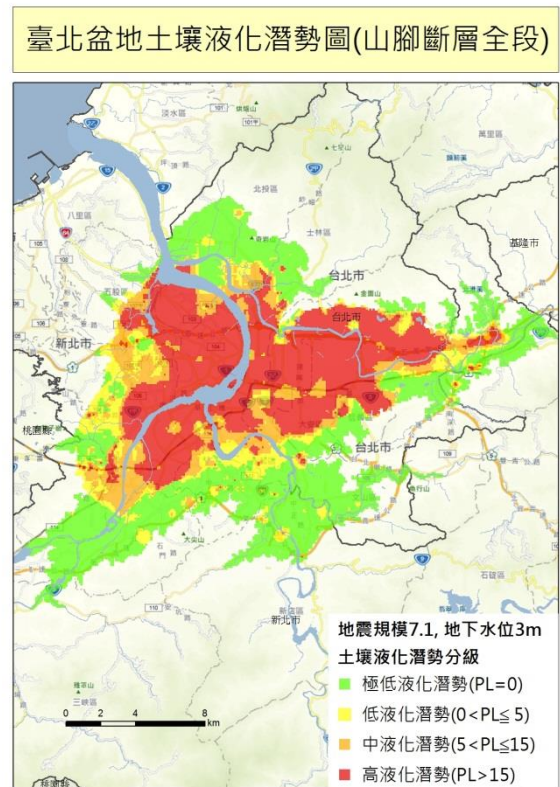
(a) PGA 分布圖



(b) 地下水位 1m 之土壤液化潛勢圖

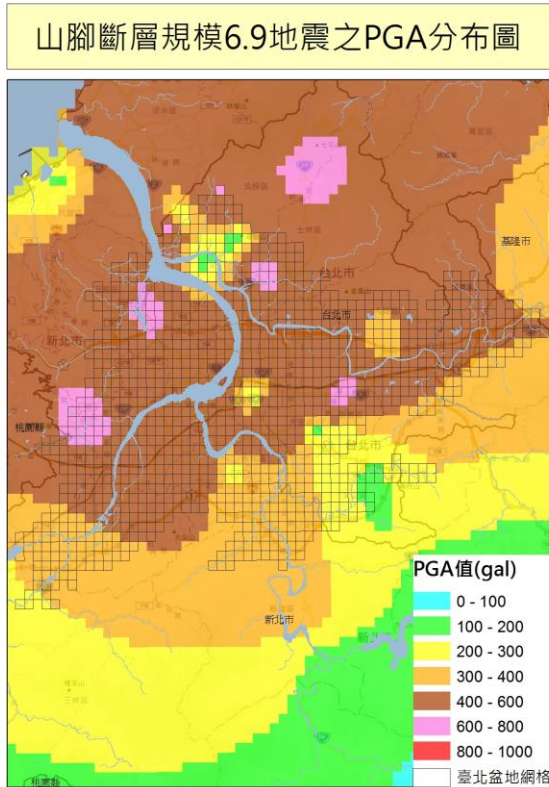


(c) 地下水位 2m 之土壤液化潛勢圖

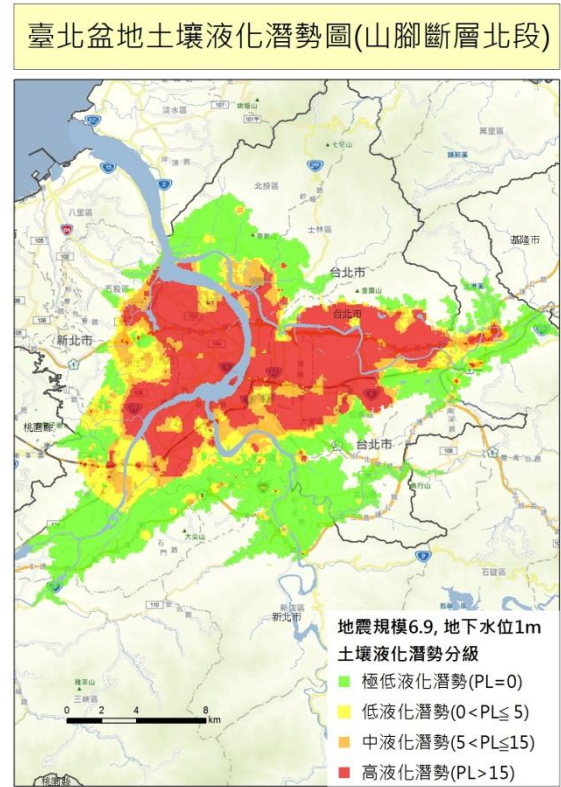


(d) 地下水位 3m 之土壤液化潛勢圖

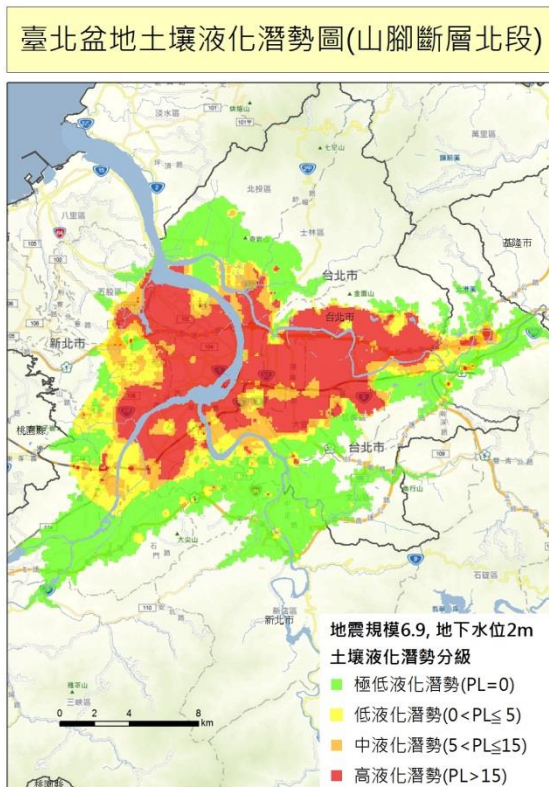
圖 3.8、地震規模 7.1 之 PGA 分布圖及土壤液化潛勢圖



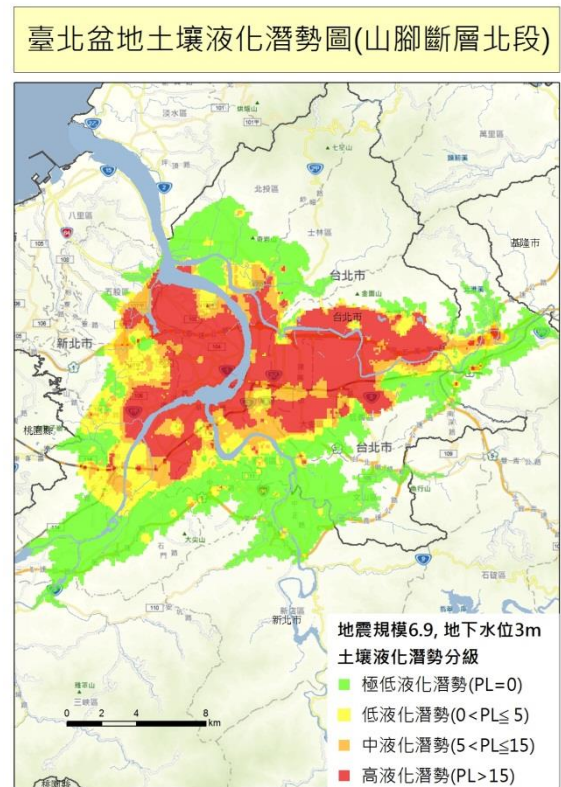
(a) PGA 分布圖



(b) 地下水位 1m 之土壤液化潛勢圖

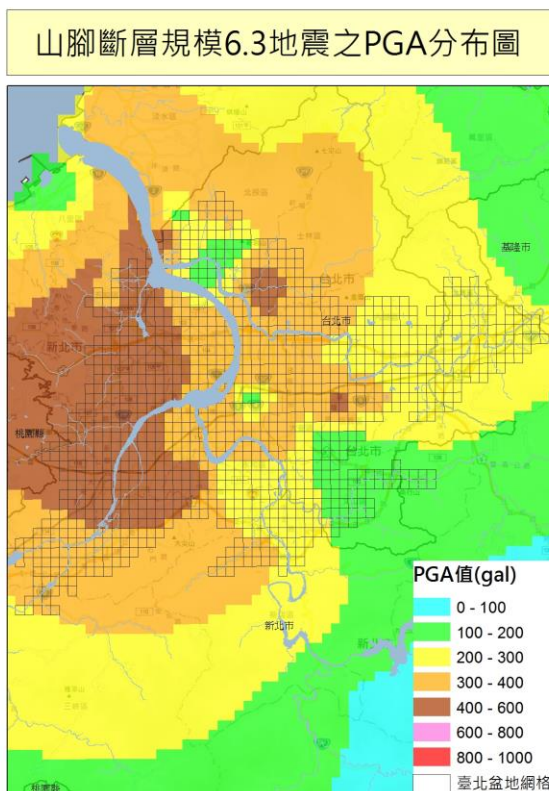


(c) 地下水位 2m 之土壤液化潛勢圖



(d) 地下水位 3m 之土壤液化潛勢圖

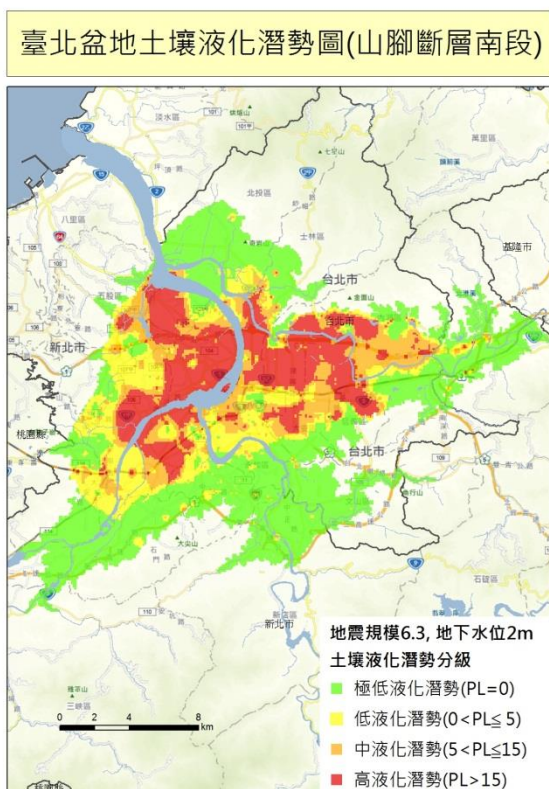
圖 3.9、地震規模 6.9 之 PGA 分布圖及土壤液化潛勢圖



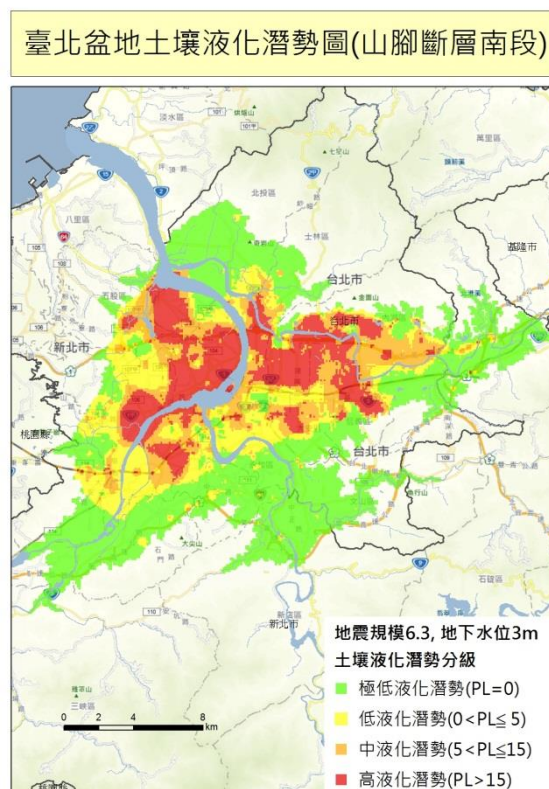
(a) PGA 分布圖



(b) 地下水位 1m 之土壤液化潛勢圖

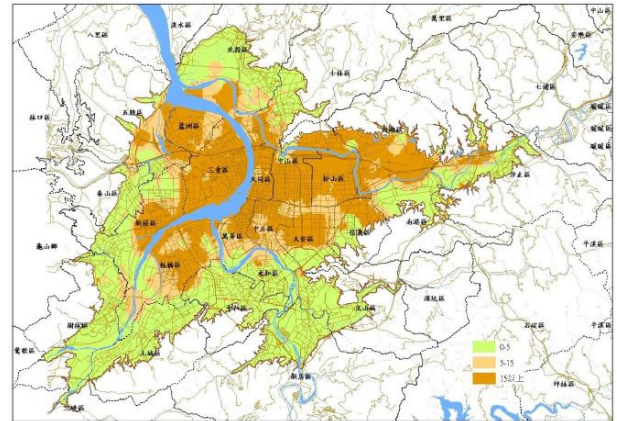
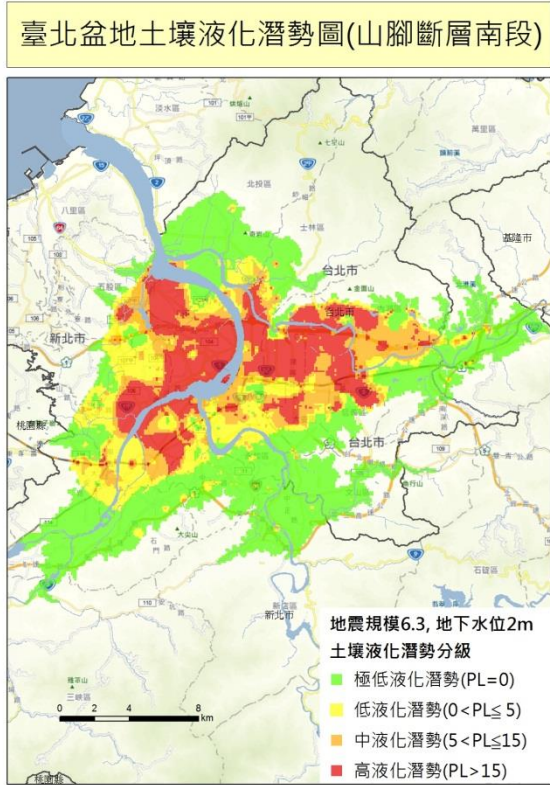


(c) 地下水位 2m 之土壤液化潛勢圖



(d) 地下水位 3m 之土壤液化潛勢圖

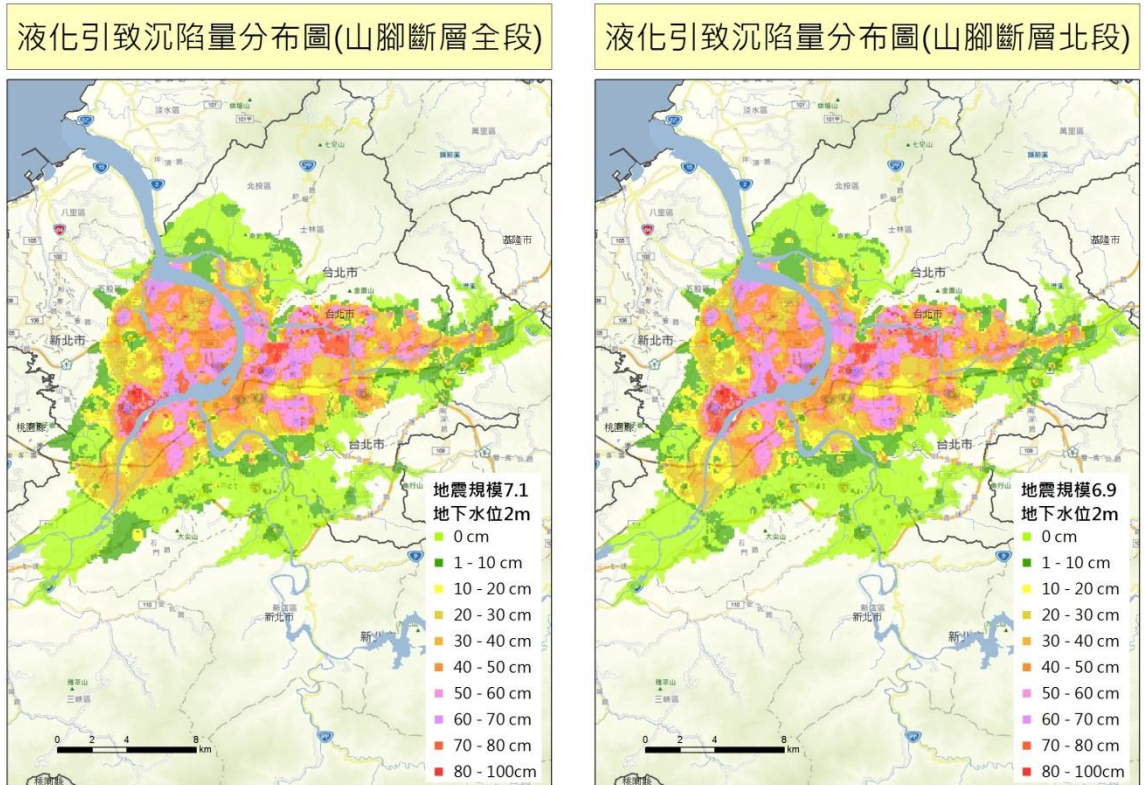
圖 3.10、地震規模 6.3 之 PGA 分布圖及土壤液化潛勢圖



(a)本研究地震規模 6.3、地下水位 2m 之評估結果

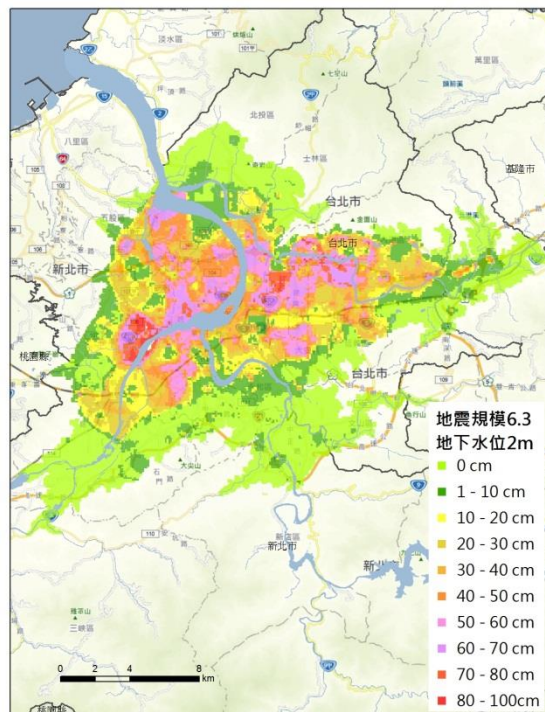
(b)中央地質調查所最大考量地震 (PGA=320gal)之評估結果

圖 3.11、本研究與中央地質調查所之土壤液化評估結果比較



(a)地震規模 7.1 液化引致沉陷分布 (b)地震規模 6.9 液化引致沉陷分布

液化引致沉陷量分布圖(山腳斷層南段)



(c)地震規模 6.3 液化引致沉陷分布

圖 3.12、臺北盆地三組特定震源之液化引致沉陷分布(地下水位 2m)

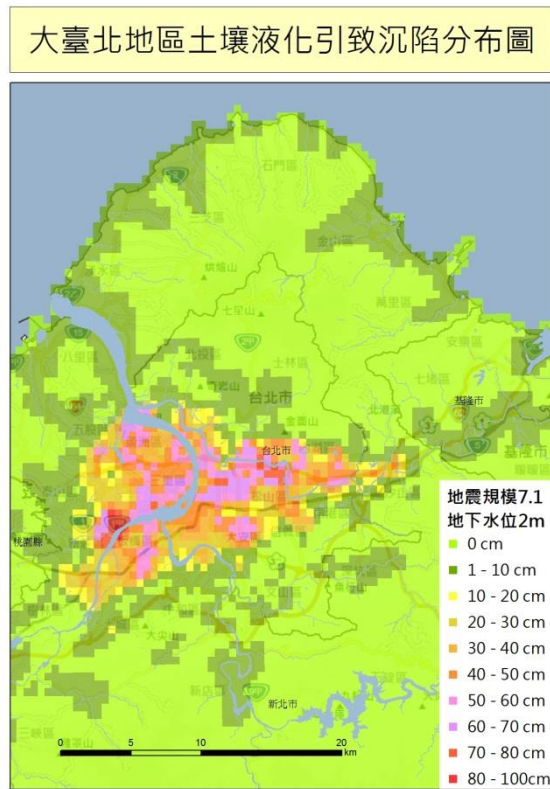


圖 3.13、大臺北地區土壤液化引致沉陷分布圖(地震規模 7.1、地下水位 2m)

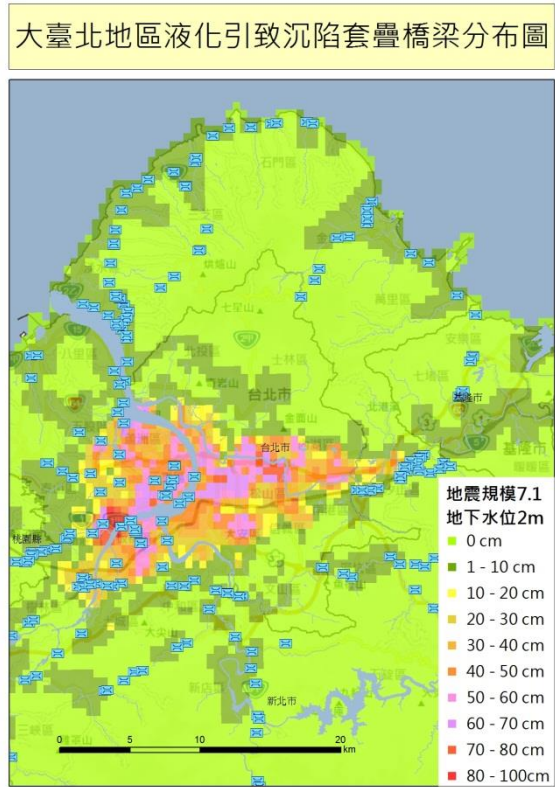


圖 3.14、大臺北地區液化引致沉陷套疊橋梁分布圖

第四章 建物損壞評估

依據大臺北地區大規模地震地動情境，推估各結構型態建物的損害數量，建立大臺北地區之網格化建物災損分布圖。本章的大臺北地區一般建物損害評估結果，可以提供進行後續的人員傷亡評估。建物災損分布圖配合人員受災分布圖，更可以作為研擬大臺北地區震後建物致災所引致人員傷亡情境分析之參考。

4.1 地震災損評估系統文獻回顧

本研究蒐集國內、外三個地震災害評估系統（HAZUS 地震災害評估系統、TELES 地震災害評估系統、新北市地震災損評估系統），本研究僅針對建物的地震災損評估部份加以介紹。

4.1.1 HAZUS 地震災損評估系統

美國 RMS(Risk Management Solutions, Inc.)開發 HAZUS 軟體，開始時 HAZUS (1997)針對地震災害評估災損，2005 年改版為 HAZUS MH MR-1 (2005)可以評估多重災害，如洪水、颶風等。本研究僅針對其中地震災損評估的建物部份加以介紹如下（評估流程如圖 4.1 所示）：

1. 將建物資料分類

將建物資料依結構型態、耐震設計等級（低耐震設計、中耐震設

計、高耐震設計、無耐震設計) 進行分類。

2. 建立需求震譜 (Demand Spectrum)

需求震譜指建物受地震作用下的耐震要求 (如圖 4.2 所示)，一般為建物所在地盤的設計反應譜。HAZUS 97 建議以 $T=0.3$ 秒之譜加速度值之 S_a 值代表等譜加速度區域。在等譜速度區域則取 $T=1$ 秒之 S_v 值為定值，而 S_a 值將會與 $1/T$ 成正比，此兩區域的交點稱為 T_{av} 。當週期大於 T_{vd} 以上進入等譜位移 S_d 區域。

3. 建立容量曲線或能耐曲線 (Capacity Curve)

容量曲線或能耐曲線是指建築物基底剪力與頂層變位之關係圖，其代表的是結構物的抗震能力。可根據結構動力學將基底剪力與頂層變位轉成譜加速度 S_a 與譜位移 S_d 關係圖 (如圖 4.3 所示)，控制點為：降服容量點 (D_y, A_y) 及極限容量點 (D_u, A_u) 。

4. 尋找容量曲線與需求譜的交會點，即為性能點。

當結構物進入非線性範圍時，結構物會產生遲滯阻尼，消散能量而降低結構物反應。可參考 ATC(1996)作法，增加的阻尼比，修正原來需求震譜，再重新求取性能點，因此求取性能點過程是一個迭代過程。

5. 建立易損性曲線(Fragility Curve)

易損性曲線是用來評估建物在地震發生時，發生損害的機率，橫軸為結構物的反應可以是譜位移 S_d 或譜加速度 S_a ，縱軸為其相對應的

發生機率（如圖 4.4 所示）。若以地表運動造成結構物之 S_d 為橫軸；在給定 S_d 下，結構物損害大於等於某一固定損壞狀況發生的機率為縱軸，假設兩者之間的函數關係為對數常態累積機率函數，如

$$P[ds | S_d] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{ds}} \ln \left(\frac{S_d}{\bar{S}_{d,ds}} \right) \right] \quad (4.1)$$

其中， $P[ds | S_d]$ 為在給定之 S_d 下，損害大於等於某一損害狀況發生的機率。 $\bar{S}_{d,ds}$ 為對應某一損害狀況臨界值之中位數(Median)， β_{ds} 為對應某一損害狀況之標準偏差(Standard Derivation)， Φ 為累積標準常態分布函數， ds 為某一損害狀況。

6. 決定結構物發生某種損害程度之機率

性能點配合易損性曲線，可以決定結構物發生某種損害程度的機率。若將結構之損壞狀態訂為五階段，分別為無損壞、輕微損壞、中度損壞、嚴重損壞與完全損壞，其四條線將空間分成五區，代表著不同的損害程度，三條虛線代表不同震度下的結構物反應，其截距則代表了結構物發生此種損害程度的機率（如圖 4.4 所示）。

4.1.2 TELES 地震災損評估系統

台灣地震損失評估系統 (TELES) 系統分析架構及評估方式系根據台灣地震損失評估方法與境況模擬軟體 Haz-Taiwan 系統，其中 Haz-Taiwan 即為美國研發 HAZUS 之延伸，經由國科會和國家地震工程

研究中心整合各專家及單位多年研究，分析模式及參數值已逐漸本土化，使得在地震災害的潛勢分析，能夠得到更精確的值。本研究針對建物評估部份加以介紹如下，有關分析模式可以參考過去文獻(葉錦勳，2003；葉錦勳，2006；葉錦勳，2007)。本節僅就 TELES 目前建物資料庫及模式參數建置情形說明如下：

1. 建物資料庫

由於建物數量龐大，如果進行建物的獨棟分析，將耗費大量時間與資源，若能把建物有效分類，使得在相同地震作用下，同一類建物有類似結構反應，可減少大量分析數量。TELES 依據台灣地區建物，的建築材料和樓層數目，將建物分類為 15 種模型建物（詳表 4.1），其中建物樓層數目分為 1~3 樓、4~7 樓及 8 層樓以上三個區間。

另外，因為不同時期建造房屋所使用耐震設計規範並不相同，震區劃分也不相同，因此 15 種模型建物根據建造年分以及所在位置，分為高耐震設計(H)、中耐震設計(M)、低耐震設計(L)、無耐震設計(P)四個等級（詳表 4.2）。一旦建物的模型建物及耐震設計等級確定後，即可建立各類建物的能耐曲線。

由於建物數量龐大，如果進行建物的獨棟分析，將耗費大量時間與資源，因此 TELES 在分析建物時，以樓地板面積方式來呈現。如有需要估算各模型建物的棟數，TELES 亦提供單棟模型建物的樓地板面

積（詳表 4.3），可用該模型建物之總樓地板面積除以該模型建物單棟之樓地板面積。

2. 能耐曲線參數

當建物受側向作用時，由結構分析可求得建物基底剪力與對應頂層位移，可根據結構動力學原理將基底剪力與頂層變位轉換成譜加速度 S_a 與譜位移 S_d 關係圖，此即為建物的能耐曲線。TELES 內建各模型建物能耐曲線參數是經由簡化過程推導而來，其各模型建物能耐曲線僅由降服能耐 (D_y, A_y) 及極限能耐 (D_u, A_u) 極限兩點決定（詳表 4.4）。

3. 易損性曲線參數

在 TELES 中，建物的損害程度分為五個等級，分別為無損壞 (d_1)、輕微損壞 (d_2)、中度損壞 (d_3)、嚴重損壞 (d_4) 與完全損壞 (d_5)，其分類方式是以建物在地震作用下的最大位移來判定，最大位移可由能耐曲線與需求曲線交點求得，若考慮最大位移為隨機變數，並假設建物達到任一損害程度的機率分布為對數常態分布。如果要決定一對數常態分布的機率函數，需要決定對數標準差 σ 以及對數平均值 m 。目前 TELES 內建各模型建物之易損性曲線參術 (σ, m)，其預設值乃根據多次震災經驗修正後得到（詳表 4.5）。

性能點配合易損性曲線，可以決定結構物發生某種損害程度的機率。如將輕微損壞、中度損壞、嚴重損壞與完全損壞，其四條線畫在

一起，如圖 4.5 所示，圖中 D 代表最大位移，其截距 a、b、c、d 與截距 e 分別代表無 (d_1)、輕微 (d_2)、中度 (d_3)、嚴重 (d_4) 與完全損壞 (d_5)。

4.2 新北市地震災損評估系統

新北市政府為提升地震防災、應變之能力，並希望能夠考量新北市自然環境與社會經濟因素，研擬減緩地震災害衝擊之可行方案，於是 101 年度委託專業服務案，開發新北市地震災損評估系統（以下簡稱為新北市評估系統）。希望藉由本地化震災損評估系統，能夠提供地震災害境況模擬之參考，擬定相關地震災害防、救事項，減輕地震災害損失。

結構物受損評估中，經常使用易損性曲線作為依據，而易損性曲線指各類結構物在不同最大地表加速度或頻譜位移或最大位移反應下，所產生不同損壞狀況的機率值。新北市評估系統(2012)以最大地表加速度(PGA)作為結構物損壞曲線之地動參數。製作地表加速度曲線的方法，可根據結構動力學原理，首先將頂層位移（真實位移）轉換為譜位移、基底剪力轉換為譜加速度，改以譜位移及譜加速度座標系統建立雙線性化之容量震譜(Capacity Curve)曲線，如圖 4.6 所示。

1. 地震力折減係數

透過目前耐震設計規範採用之「強度折減-位移韌性-彈性週期 (R- μ -T)」關係式，即可計算任一性能狀態之譜加速度 a_{pi} 所對應之地表加

速度 PGA 值，據以繪出結構位移與地表加速度的關係曲線。

現行規範的結構系統地震力折減係數 F_u 是以完全彈塑性系統為基準來推導的，如屬雙線性， F_u 與週期及韌性比的關係可能異於現行建築物耐震設計規範(2011 年版)。雙線性的推導過程，是以側推分析所得之容量曲線求得該容量曲線之降伏點，根據各階段之塑性位移 δ_i 與降伏位移 δ_y 依式 4.4 計算結構物各階段下之韌性 R_i ，將側推分析所得之韌性 R_i 代入式 4.2，即可求得建築結構在所考慮方向基本振動週期 T 對應之結構系統地震力折減係數 $F_u(R)$ 。

$$F_u(R) = \begin{cases} R_i & ; \quad T \geq T_0^D \\ A + (R_i - A) \times \frac{T - 0.6T_0^D}{0.4T_0^D} & ; \quad 0.6T_0^D \leq T < T_0^D \\ A & ; \quad 0.2T_0^D \leq T < 0.6T_0^D \\ A + (A - 1) \times \frac{T - 0.2T_0^D}{0.2T_0^D} & ; \quad T \leq 0.2T_0^D \end{cases} \quad (4.2)$$

$$A = \sqrt{[1 + \alpha(R_i - 1)][2R_i - 1 - \alpha(R_i - 1)]} \quad (4.3)$$

$$R_i = \frac{\delta_i}{\delta_y} \quad (4.4)$$

$T_0^D = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ 為規範之工址設計水平譜加速度的短週期與中週期的分

界點。 S_{DS} 與 S_{D1} 分別為工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數，

α = 降伏勁度比，將降伏勁度(K_s)除以初始勁度(K_e)即可求得。

2. 譜加速度 a_{pi}

ATC-40 中揭示，結構物進入非線性階段之後的有效阻尼比(等效遲滯性阻尼比)包含原結構本身固有黏滯阻尼比(一般取為 0.05)及結構物

非彈性遲滯行為的等效遲滯性阻尼比兩部分，可表示如：

$$\beta_{eff} = \beta_{basic} + \beta_0 = \beta_{basic} + \frac{0.637k(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} \quad (4.5)$$

其中， κ 表示阻尼修正因子，與結構物系統耐震行為及地震歷時長短有關。 a_y 與 d_y 則分別代表降伏時之譜加速度與譜位移。當阻尼比異於 5% 時，現行建築物耐震設計規範有加速度修正係數依結構週期長短不同而有 B_1 或 B_s 之規定，如表 4.6 所示。此外，如圖 4.7 所示，性能點(Performance point)位於容量譜與非彈性需求譜之交點上，性能點需同時滿足該二者之特性，故容量譜上之譜加速度 a_{pi} 與譜位移 d_{pi} 等於非彈性需求譜上的譜加速度 $(S_a)_{inelstic}$ 與譜位移 $(S_d)_{inelstic}$ 。即：

$$(S_a)_{inelstic} = a_{pi} \quad (4.6)$$

$$(S_d)_{inelstic} = d_{pi} \quad (4.7)$$

最後， a_{pi} 對應的地表加速度(PGA)依所在工址之地震需求特性如工址設計水平譜加速度係數 S_{ad} (為工址水平向之設計譜加速度與重力加速度 g 之比值)、工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數 S_{DS} 與 S_{D1} ，建築物等效振動週期 T_{eff} 、等效遲滯性阻尼 (β_{eff}) 與阻尼比異於 5% 加速度修正係數 B_1 或 B_s 等有關，可以表示如表 4.7 所示。

4.3 一般建物災損評估

本研究依據大臺北地區的山腳斷層震源（山腳斷層全段錯動，規

模 7.1) 模擬結果，並選取最大加速度 (PGA) 模式預估值為地動分布圖層，推估一般建物的損害數量，產製大臺北地區網格化建物災損分布圖層。

4.3.1 房屋稅籍資料

目前已取得台北市、新北市及基隆市的房屋稅籍資料，並整合為同一格式 (如表 4.8 所示)，由於一般建築物的數量龐大，無法依個別結構系統的差異，逐一進行震後的損害評估。因此，需依建物構造類別、樓層數，概分 15 種模型建物 (如同表 4.1)，並依建物建造年代、耐震設計等級，分為高耐震設計(H)、中耐震設計(M)、低耐震設計(L)、無耐震設計(P)四個等級 (如同表 4.2)。一旦建物的模型建物及耐震設計等級確定後，即可建立各類建物的能耐曲線。

由於網格單元的空間解析比鄉鎮區較於細緻，而且易於資料彙整與提升評估效能，此外為配合地動分布圖層，採用相同的網格 (500m x 500m) 建立網格化建物分布圖層。

4.3.2 建物災損評估流程

ATC-40 將結構物的耐震需求視為輸入，進而求得結構物耐震性能為其輸出。此方法較適合用於新建結構物之耐震設計，較不適用於既有老舊建築物的耐震能力評估。為避免 ATC-40 評估法中所需反覆迭代

的複雜運算，本研究建立較為直接且易於接受的建物災損評估流程。

說明如下：

1. 由地動分布圖層決定網格的 PGA 值，由耐震設計規範查出網格的工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數 S_{DS} 與 S_{D1} 。
2. 建築物阻尼比為 5%，短週期與長週期結構之阻尼修正係數 $B_s=1$ ， $B_1=1$ 。阻尼比異於 5% 阻尼，由耐震設計規範查出 B_s 與 B_1 值。
3. 耐震設計規範中，

$$\text{一般工址之短週期與中週期的分界 } T_0 = \frac{S_{D1} B_s}{S_{DS} B1} \quad (4.8)$$

$$\text{臺北盆地之短週期與中週期的分界 } T_0 = \frac{T_0^D B_s}{B1} \quad (4.9)$$

$$T_e = 2\pi \sqrt{\frac{D_y}{A_y g}} \quad (4.10)$$

4. 將 PGA、 S_{DS} 、 S_{D1} 、 B_s 、 B_1 、 T_0 、 T_e 值代入表 4.7，利用表 4.7 的容量譜之譜加速度(a_{pi})對應的 PGA 關係，決定出譜加速度(a_{pi})值
5. 利用譜加速度(a_{pi})與降服能耐 A_y 決定地震力折減係數 $F_u(R)$

$$F_u(R) = \frac{a_{pi}}{A_y} \quad (4.11)$$

再由地震力折減係數 $F_u(R)$ 決定韌性比 R_i

$$F_u(R) = \begin{cases} R_i & ; T_e \geq T_0 \\ A + (R_i - A) \times \frac{T_e - 0.6T_0}{0.4T_0} & ; 0.6T_0 \leq T_e < T_0 \\ A & ; 0.2T_0 \leq T_e < 0.6T_0 \end{cases} \rightarrow F_u(R) = R_i$$

其中

$$\begin{cases} A + (A - 1) \times \frac{T_e - 0.2T_0}{0.2T_0} & ; T_e \leq 0.2T_0 \end{cases}$$

$$A = \sqrt{[1 + \alpha(R_i - 1)][2R_i - 1 - \alpha(R_i - 1)]} \quad (4.13)$$

6. 由韌性比 R_i 決定決定出譜位移 (d_{pi}) 值

$$R_i = \frac{d_{pi}}{D_y} \quad (4.14)$$

7. 參考 TELES 之作法，將結構之損壞狀態訂為四階段，分別為輕微損壞、中度損壞、嚴重損壞與完全損壞，可以決定結構物發生某種損害程度的機率。

4.3.3 大臺北地區建物災損評估

1. 大臺北地區

本研究依據大臺北地區的山腳斷層震源模擬結果，並選取最大加速度 (PGA) 模式預估值為地動分布圖層，建立大臺北地區網格化建物災損分布圖(如圖 4.8 所示)，完全損壞有 27329 棟、嚴重損壞有 41409 棟、中度損壞有 77999 棟、輕微損壞有 95079 棟。

從圖 4.8(a)完全損壞分布圖中，基隆市災損並不嚴重，其原因是基隆市地區的地動分布並不強烈；但從圖 4.8(d)輕微損壞分布圖中，建物輕微損壞分布圖與網格化人口分布圖的分布趨勢，則有相當的一致性。

2. 板橋示範區

本子計畫以板橋區為示範區，更進一步說明建物災損評估。圖 4.9 建物樓地板面積分布圖層中，圖 4.9(a)是目前所有建物的棟數分布情形，其中以 C1(鋼筋混凝土構造)棟數最多。圖 4.9(b)無耐震設計建物(民

國 62 年以前建物) 的棟數分布情形，無耐震設計建物有相當的數量，其中以 RM(加強磚造) 棟數最多，其次為 URM(磚造)。

圖 4.10(a)是目前所有建物的樓地板面積分布情形，其中以 C1(鋼筋混凝土構造) 面積最多。圖 4.10(b)無耐震設計建物(民國 62 年以前建物) 的樓地板面積分布情形，其中以 RM(加強磚造) 面積最多，其次為 C1(鋼筋混凝土構造)。

比較圖 4.9 (a)與圖 4.9(b)，可以看出 SRC(鋼骨鋼筋混凝土) 棟數並沒有增加很多。比較圖 4.10 (a)與圖 4.10(b)，可以看出 SRC(鋼骨鋼筋混凝土) 樓地板面積增加很多。意味 SRC 建物增加棟數沒有很多，但 SRC 每棟建物的樓地板面積都很大，因而樓地板面積增加很多。

板橋示範區位於強地動區內 (圖 4.11)，因此災情嚴重，圖 4.12 是板橋示範區所有建物災損分布圖，完全損壞有 3894 棟。圖 4.13 是板橋示範區無耐震設計建物災損分布圖，完全損壞有 768 棟、嚴重損壞有 969 棟、中度損壞有 1627 棟、輕微損壞有 1793 棟。可以看出無耐震設計建物其耐震能力不足，一旦發生大地震，可能造成大量損壞，並導致大量的人員傷亡。

4.4 小結

本研究已取得台北市、新北市及基隆市的 102 年的房屋稅籍資料，進行模型建物分類，建立網格化建物分布圖層。此外，本研究建立建

物損害評估技術，可以避免 ATC-40 評估法中所需反覆迭代的複雜運算，評估技術並進行測試，初步建立大臺北地區網格化建物災損分布圖。

本研究今年建立一般建物的非線性靜力分析（易損性分析）的評估技術，其適用建築物必須以基本振態的反應為住，亦即樓高不得超過 50 公尺，且平面配置必須規則，未來希望能夠引進國內外新的建物損害評估技術，並逐步擴充建物損害評估模組（如超高樓建築評估模組）。

表 4.1、依房屋稅籍資料的構造類別所歸納的模型建物分類(葉錦勳，2003)

結構型態分類 (TELES)			層數	典型 層數	高度 (公尺)
1	W1	木造	All	1	4.2
2	S1L	鋼構造 (低樓層:1~3層樓)	1-3	2	7.2
3	S1M	鋼構造 (中樓層:4~7層樓)	4-7	5	18.0
4	S1H	鋼構造 (高樓層:8層以上)	8+	12	46.8
5	S3	輕鋼構 (低樓層)	All	1	4.6
6	C1L	鋼筋混凝土構造 (低樓層)	1-3	2	6.0
7	C1M	鋼筋混凝土構造 (中樓層)	4-7	5	15.0
8	C1H	鋼筋混凝土構造 (高樓層)	8+	12	36.0
9	PCL	預鑄混凝土構造 (低樓層)	1-3	2	6
10	RML	加強磚造 (低樓層)	1-3	2	6.0
11	RMM	加強磚造 (中樓層)	4-7	5	15.0
12	URML	磚造 (低樓層)	1-2	1	2.7
13	SRC1L	鋼骨鋼筋混凝土 (低樓層)	1-3	2	7.2
14	SRC1M	鋼骨鋼筋混凝土 (中樓層)	4-7	5	18.0
15	SRC1H	鋼骨鋼筋混凝土 (高樓層)	8+	12	46.8

表 4.2、不同年代建物所在震區與耐震設計水準的對應關係(葉錦勳，2003)

建造年代	震區劃分	耐震設計水準
民國 62年以前	全部	P
民國 62年~71年	強震區	M
	中震區	L
	弱震區	L
民國 72年~79年	強震區	M
	中震區	M
	弱震區	L
民國 80年~86年	強震區	H
	中震區	M
	弱震區	L
民國 87年~89年	一甲區	H
	一乙區	H
	二區	M
	三區	L
民國 90年以後	一區	H
	二區	M

表 4.3、單棟模型建物的樓地板面積(葉錦勳，2003)

模型建物	樓地板面積
W1	100
S1L	200
S1M	800
S1H	4800
S3	200
C1L	200
C1M	800
C1H	4800
RML	200
RMM	800
PCL	200
URML	200
SRC1L	200
SRC1M	800
SRC1H	4800

表 4.4、各模型建物的能耐曲線參數(葉錦勳，2003)

MBT	高耐震設計水準				中耐震設計水準				低耐震設計水準				未經耐震設計			
	Dy	Ay	Du	Au	Dy	Ay	Du	Au	Dy	Ay	Du	Au	Dy	Ay	Du	Au
W1	1.22	0.4	45	1.3	1.037	0.34	38.25	1.105	0.854	0.28	31.5	0.91	0.732	0.24	27	0.78
S1L	1.6	0.4	30	1.1	1.36	0.34	25.5	0.935	1.12	0.28	21	0.77	0.96	0.24	18	0.66
S1M	6.172	0.333	60	0.9	5.246	0.283	51	0.765	4.32	0.233	42	0.63	3.703	0.2	36	0.54
S1H	19.685	0.254	120	0.8	16.732	0.216	102	0.68	13.78	0.178	84	0.56	11.811	0.152	72	0.48
S3	1.6	0.4	30	1.1	1.36	0.34	25.5	0.935	1.12	0.28	21	0.77	0.96	0.24	18	0.66
C1L	1.22	0.4	24	1.1	1.037	0.34	20.4	0.935	0.854	0.28	16.8	0.77	0.732	0.24	14.4	0.66
C1M	2.92	0.333	48	0.9	2.482	0.283	40.8	0.765	2.044	0.233	33.6	0.63	1.752	0.2	28.8	0.54
C1H	7.468	0.254	96	0.8	6.348	0.216	81.6	0.68	5.228	0.178	67.2	0.56	4.481	0.152	57.6	0.48
RML	1.22	0.4	24	1.05	1.037	0.34	20.4	0.893	0.854	0.28	16.8	0.735	0.732	0.24	14.4	0.63
RMM	2.92	0.3	48	0.85	2.482	0.255	40.8	0.723	2.044	0.21	33.6	0.595	1.752	0.18	28.8	0.51
PCL	1.22	0.4	24	1	1.037	0.34	20.4	0.85	0.854	0.28	16.8	0.7	0.732	0.24	14.4	0.6
URML	1.22	0.35	24	0.9	1.037	0.298	20.4	0.765	0.854	0.245	16.8	0.63	0.732	0.21	14.4	0.54
SRC1L	1.6	0.4	30	1.1	1.36	0.34	25.5	0.935	1.12	0.28	21	0.77	0.96	0.24	18	0.66
SRC1M	6.172	0.333	60	0.9	5.246	0.283	51	0.765	4.32	0.233	42	0.63	3.703	0.2	36	0.54
SRC1H	19.685	0.254	120	0.8	16.732	0.216	102	0.68	13.78	0.178	84	0.56	11.811	0.152	72	0.48

表 4.5、各模型建物的易損性曲線參數 (a)高耐震設計水準建物(葉錦勳, 2003)

MBT	m_{d2} (cm)	β_{d2}	m_{d3} (cm)	β_{d3}	m_{d4} (cm)	β_{d4}	m_{d5} (cm)	β_{d5}
W1	9.60	0.83	14.08	0.83	21.44	0.83	32.00	0.83
S1L	13.17	0.83	19.31	0.83	29.41	0.83	43.89	0.83
S1M	21.95	0.78	32.19	0.78	49.01	0.78	73.15	0.78
S1H	34.24	0.73	50.21	0.73	76.46	0.73	114.12	0.73
S3	15.00	0.83	22.00	0.83	33.50	0.83	50.00	0.83
C1L	10.97	0.83	16.10	0.83	24.51	0.83	36.58	0.83
C1M	18.29	0.78	26.82	0.78	40.84	0.78	60.96	0.78
C1H	26.33	0.73	38.62	0.73	58.81	0.73	87.78	0.73
RML	10.97	0.83	16.10	0.83	24.51	0.83	36.58	0.83
RMM	18.29	0.78	26.82	0.78	40.84	0.78	60.96	0.78
PCL	10.97	0.83	16.10	0.83	24.51	0.83	36.58	0.83
URML	9.60	0.83	14.08	0.83	21.44	0.83	32.00	0.83
SRC1L	13.17	0.83	19.31	0.83	29.41	0.83	43.89	0.83
SRC1M	21.95	0.78	32.19	0.78	49.01	0.78	73.15	0.78
SRC1H	34.24	0.73	50.21	0.73	76.46	0.73	114.12	0.73

表 4.5(續)、各模型建物的易損性曲線參數(b)中耐震設計水準建物

MBT	m_{d2} (cm)	β_{d2}	m_{d3} (cm)	β_{d3}	m_{d4} (cm)	β_{d4}	m_{d5} (cm)	β_{d5}
W1	8.64	0.85	12.67	0.85	19.30	0.85	28.80	0.85
S1L	11.85	0.85	17.38	0.85	26.47	0.85	39.50	0.85
S1M	19.75	0.80	28.91	0.80	44.11	0.80	65.84	0.80
S1H	30.81	0.75	45.19	0.75	68.81	0.75	102.71	0.75
S3	13.50	0.85	19.50	0.85	30.15	0.85	45.00	0.85
C1L	9.88	0.85	14.49	0.85	22.06	0.85	32.92	0.85
C1M	16.46	0.80	24.14	0.80	36.76	0.80	54.86	0.80
C1H	23.70	0.75	34.76	0.75	52.93	0.75	79.00	0.75
RML	9.88	0.85	14.49	0.85	22.06	0.85	32.92	0.85
RMM	16.46	0.80	24.14	0.80	36.76	0.80	54.86	0.80
PCL	9.88	0.85	14.49	0.85	22.06	0.85	32.92	0.85
URML	8.64	0.85	12.67	0.85	19.30	0.85	28.80	0.85
SRC1L	11.85	0.85	17.38	0.85	26.47	0.85	39.50	0.85
SRC1M	19.75	0.80	28.97	0.80	44.11	0.80	65.84	0.80
SRC1H	30.81	0.75	45.19	0.75	68.81	0.75	102.71	0.75

表 4.5(續)、各模型建物的易損性曲線參數 (c) 低耐震設計水準建物

MBT	m_{d2} (cm)	β_{d2}	m_{d3} (cm)	β_{d3}	m_{d4} (cm)	β_{d4}	m_{d5} (cm)	β_{d5}
W1	7.68	0.87	11.26	0.87	17.15	0.87	25.60	0.87
S1L	10.53	0.87	15.45	0.87	23.53	0.87	35.11	0.87
S1M	17.56	0.82	25.75	0.82	39.21	0.82	58.52	0.82
S1H	27.39	0.77	40.17	0.77	61.17	0.77	91.30	0.77
S3	12.00	0.87	17.60	0.87	26.80	0.87	40.00	0.87
C1L	8.78	0.87	12.88	0.87	19.61	0.87	29.26	0.87
C1M	14.63	0.82	21.46	0.82	32.67	0.82	48.77	0.82
C1H	21.07	0.77	30.90	0.77	47.05	0.77	70.22	0.77
RML	8.78	0.87	12.88	0.87	19.61	0.87	29.26	0.87
RMM	14.63	0.82	21.46	0.82	32.67	0.82	48.77	0.82
PCL	8.78	0.87	12.88	0.87	19.61	0.87	29.26	0.87
URML	7.68	0.87	11.26	0.87	17.15	0.87	25.60	0.87
SRC1L	10.53	0.87	15.45	0.87	23.53	0.87	35.11	0.87
SRC1M	17.56	0.82	25.75	0.82	39.21	0.82	58.52	0.82
SRC1H	27.39	0.77	40.17	0.77	61.17	0.77	91.30	0.77

表 4.5(續)、各模型建物的易損性曲線參數 (d) 未經耐震設計水準建物

MBT	m_{d2} (cm)	β_{d2}	m_{d3} (cm)	β_{d3}	m_{d4} (cm)	β_{d4}	m_{d5} (cm)	β_{d5}
W1	6.72	0.89	9.86	0.89	15.01	0.89	22.40	0.89
S1L	9.22	0.89	13.52	0.89	20.58	0.89	30.72	0.89
S1M	15.36	0.84	22.53	0.84	34.31	0.84	51.21	0.84
S1H	23.97	0.79	35.15	0.79	53.52	0.79	79.88	0.79
S3	10.50	0.89	15.40	0.89	23.45	0.89	35.00	0.89
C1L	7.68	0.89	11.27	0.89	17.16	0.89	25.61	0.89
C1M	12.80	0.84	18.78	0.84	28.59	0.84	42.67	0.84
C1H	18.43	0.79	27.04	0.79	41.17	0.79	61.45	0.79
RML	7.68	0.89	11.27	0.89	17.16	0.89	25.61	0.89
RMM	12.80	0.84	18.78	0.84	28.59	0.84	42.67	0.84
PCL	7.68	0.89	11.27	0.89	17.16	0.89	25.61	0.89
URML	6.72	0.89	9.86	0.89	15.01	0.89	22.40	0.89
SRC1L	9.22	0.89	13.52	0.89	20.58	0.89	30.72	0.89
SRC1M	15.36	0.84	22.53	0.84	34.31	0.84	51.21	0.84
SRC1H	23.97	0.79	35.15	0.79	53.52	0.79	79.88	0.79

表 4.6、短週期與長週期結構之阻尼比修正係數 B_s 與 B_l (線性內插求值)

有效阻尼比 ξ (%)	B_s	B_l
<2	0.80	0.80
5	1.00	1.00
10	1.33	1.25
20	1.60	1.50
30	1.79	1.63
40	1.87	1.70
>50	1.93	1.75

表 4.7、地表加速度計算方式(新北市地震災損評估系統，2012)

一般工址			
較短週期	短週期	中週期	長週期
$T_{eff} \leq 0.2T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})}$	$0.2T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})} \leq T_{eff}$ $< T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})}$	$T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})} \leq T_{eff}$ $< 2.5T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})}$	$2.5T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})} \leq T_{eff}$
$\frac{a_{pi} \times B_s(\beta_{eff})}{\left(\frac{2.5S_{aD}(T_{eff})}{S_{DS}}\right)} = \frac{a_{pi} \times B_s(\beta_{eff})}{\left[1 + \frac{3T_{eff}^D}{0.4T_0^D}\right]}$	$\frac{a_{pi} \times B_s(\beta_{eff})}{\left(\frac{2.5S_{aD}(T_{eff})}{S_{DS}}\right)} = \frac{a_{pi} \times B_s(\beta_{eff})}{2.5}$	$\frac{a_{pi} \times B_l(\beta_{eff})}{\left(\frac{2.5S_{aD}(T_{eff})}{S_{DS}}\right)}$	$\frac{a_{pi} \times B_l(\beta_{eff})}{\left(\frac{2.5S_{Dl}(T_{eff})}{S_{DS}T_{eff}}\right)}$
臺北盆地			
較短週期	短週期	中週期	長週期
$T_{eff} \leq 0.2T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})}$	$0.2T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})} \leq T_{eff}$ $< T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})}$	$T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})} \leq T_{eff}$ $< 2.5T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})}$	$2.5T_0^D \frac{B_s(\beta_{eff})}{B_l(\beta_{eff})} \leq T_{eff}$
$\frac{a_{pi} \times B_s(\beta_{eff})}{\left(\frac{2.5S_{aD}(T_{eff})}{S_{DS}}\right)} = \frac{a_{pi} \times B_s(\beta_{eff})}{\left[1 + \frac{3T_{eff}^D}{0.4T_0^D}\right]}$	$\frac{a_{pi} \times B_s(\beta_{eff})}{\left(\frac{2.5S_{aD}(T_{eff})}{S_{DS}}\right)} = \frac{a_{pi} \times B_s(\beta_{eff})}{2.5}$	$\frac{a_{pi} \times B_l(\beta_{eff})}{\left(\frac{2.5S_{aD}(T_{eff})}{S_{DS}}\right)}$	$\frac{a_{pi} \times B_l(\beta_{eff})}{\left(\frac{2.5T_0^D}{T_{eff}}\right)}$

表 4.8、房屋稅籍資料格式

A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		O		P		Q		R		S		T		U		V		W		X		Y		Z		AA	
NID	稅號	樓層	建物類別	構造別	構造別名	用途類別	用途細類	用途細類	總樓層	樓層高度	起課年月	經歷年數	營業面積	住家面積	非住家面積	總面積	房屋座落	使用編號	使用核發	建照編號	建照核發	TWD97_X	TWD97_Y	TranLevel	address																												
2947351	1.4E+10	2	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	38	0	70.9	0	0	70.9	新北市板橋區黃石里					296105.1	2767052	2																													
2947352	1.4E+10	3	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	38	0	70.9	0	0	70.9	新北市板橋區黃石里					296105.1	2767052	2																													
2947353	1.4E+10	1	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	38	0	43.3	0	0	43.3	新北市板橋區黃石里					296105.1	2767052	2																													
2947354	1.4E+10	1	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	38	0	69.2	0	0	69.2	新北市板橋區黃石里					296043.1	2767013	1																													
2947355	1.4E+10	2	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	38	0	69.2	0	0	69.2	新北市板橋區黃石里					296105.1	2767052	2																													
2947356	1.4E+10	3	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	38	0	69.2	0	0	69.2	新北市板橋區黃石里					296043.1	2767013	1																													
2947357	1.4E+10	4	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	38	0	43.3	0	0	43.3	新北市板橋區黃石里					296043.1	2767013	1																													
2947358	1.4E+10	1	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	30	0	32	0	0	32	新北市板橋區黃石里					296038	2767009	1																													
2947359	1.4E+10	1	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	37	0	35.6	0	0	35.6	新北市板橋區黃石里					296038	2767009	1																													
2947360	1.4E+10	1	1C	加強磚造	H		0	0	100	0	30	0	3	0	0	3	新北市板橋區黃石里					296038	2767009	1																													
2947361	1.4E+10	2	1C	加強磚造	H		0	0	100	0	30	0	5	0	0	5	新北市板橋區黃石里					296105.1	2767052	2																													
2947362	1.4E+10	2	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	37	24.5	44.1	0	0	68.6	新北市板橋區黃石里					296105.1	2767052	2																													
2947363	1.4E+10	3	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	37	0	68.6	0	0	68.6	新北市板橋區黃石里					296105.1	2767052	2																													
2947364	1.4E+10	4	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	37	0	68.6	0	0	68.6	新北市板橋區黃石里					296105.1	2767052	2																													
2947365	1.4E+10	1	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	37	26.4	0	0	0	26.4	新北市板橋區黃石里					296027.9	2767005	1																													
2947366	1.4E+10	2	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	37	0	68.3	0	0	68.3	新北市板橋區黃石里					296105.1	2767052	2																													
2947367	1.4E+10	3	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	37	0	68.3	0	0	68.3	新北市板橋區黃石里					296027.9	2767005	1																													
2947368	1.4E+10	4	1B	鋼筋混疑	H		0	0	100	0	37	0	68.3	0	0	68.3	新北市板橋區黃石里					296027.6	2767004	1																													
2947369	1.4E+10	5	1F	磚石造		5	0	各種用途	1	30	8201	21	0	26.4	0	26.4	新北市板橋區黃石里					296027.6	2767004	1																													

C：樓層 **E**：構造別 **J**：總樓層 **G**：用途類別
M：經歷年數 **O**：住家面積 **R**：總面積
S：房屋座落 **X**：TWD97_X **Y**：TWD97_Y

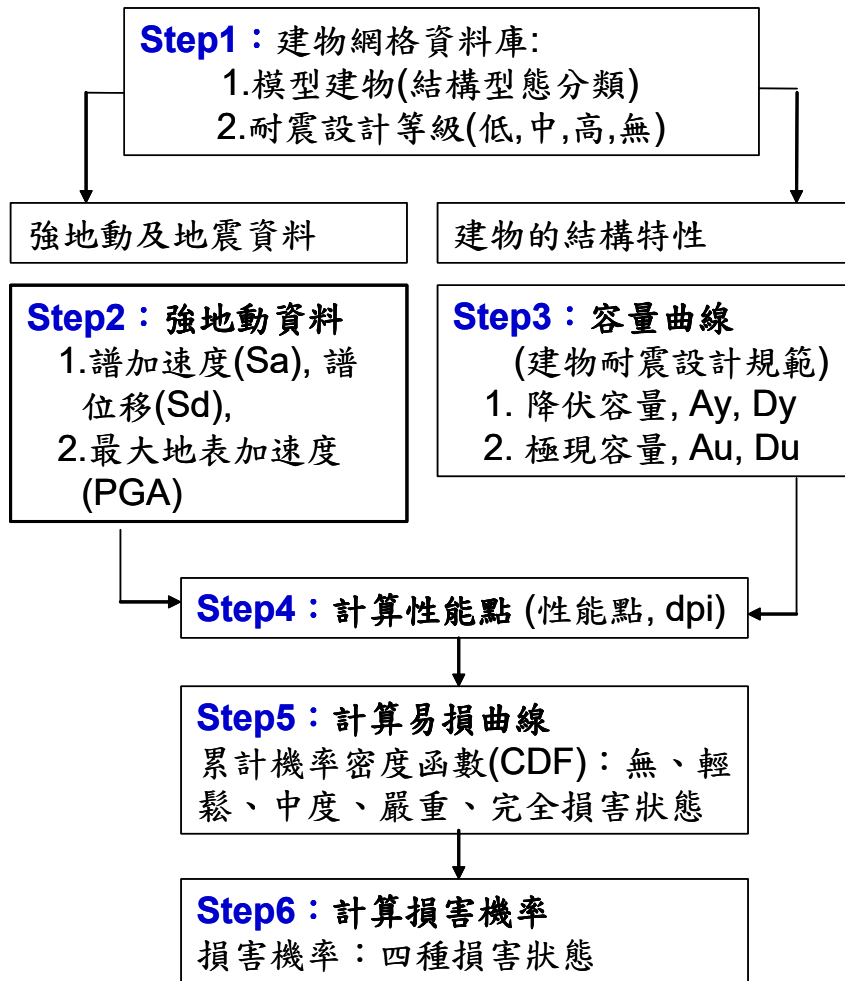


圖 4.1 建物地震災損評估流程(HAZUS)

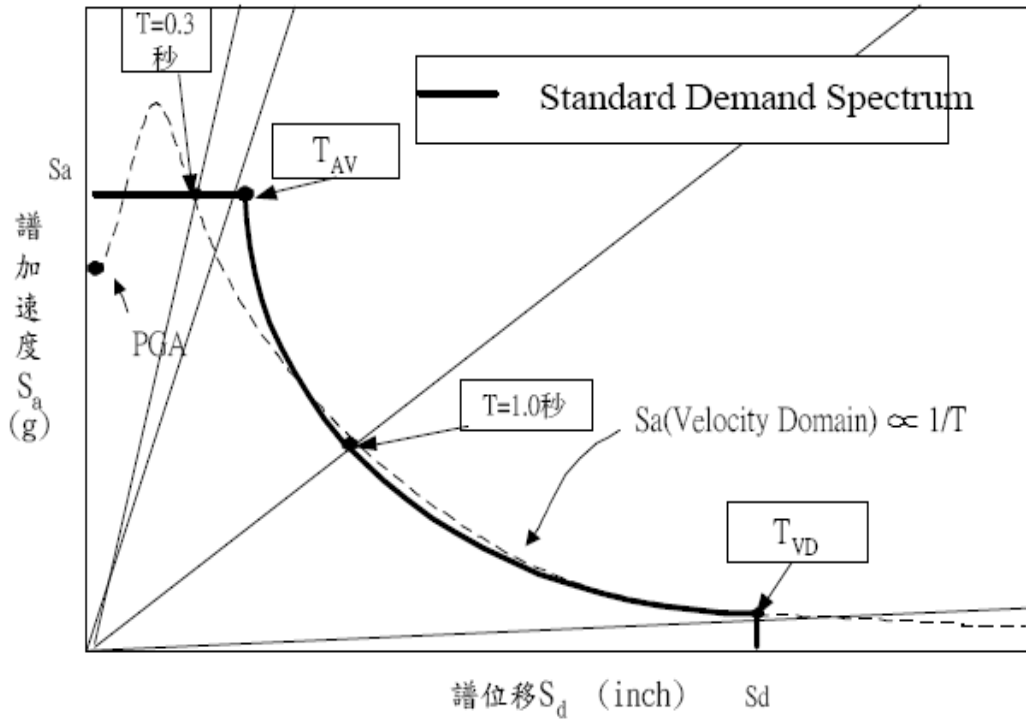


圖 4.2 標準化需求震譜 (蔡昇達, 1999)

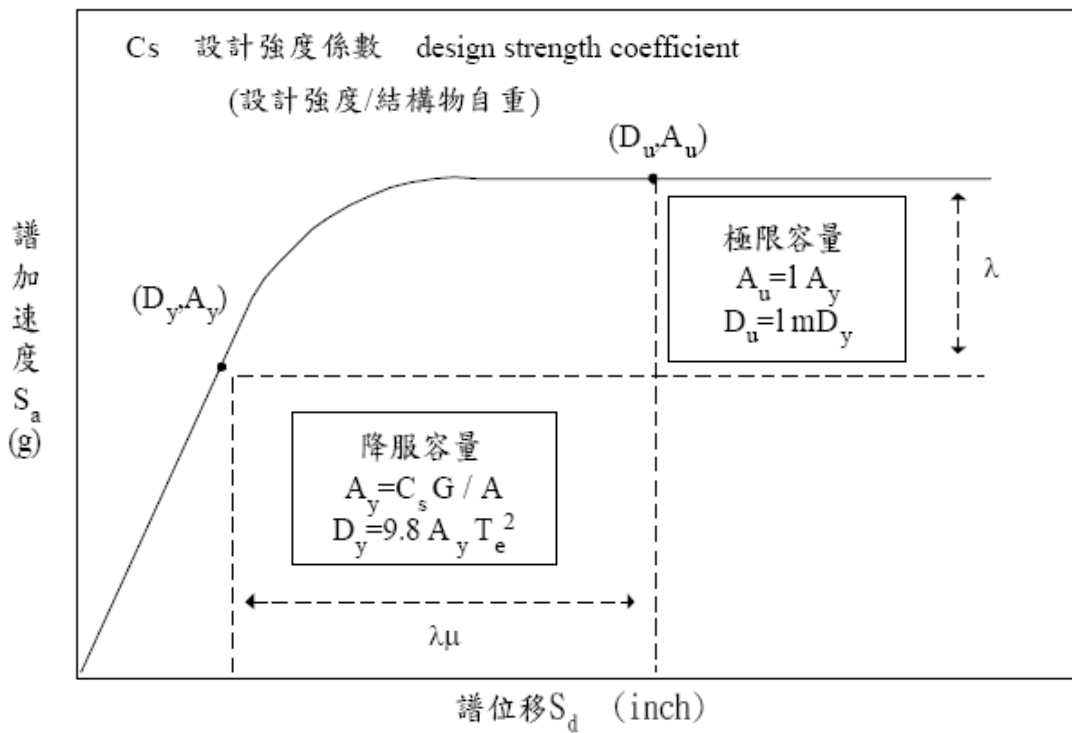


圖 4.3、結構物容量曲線 (蔡昇達, 1999)

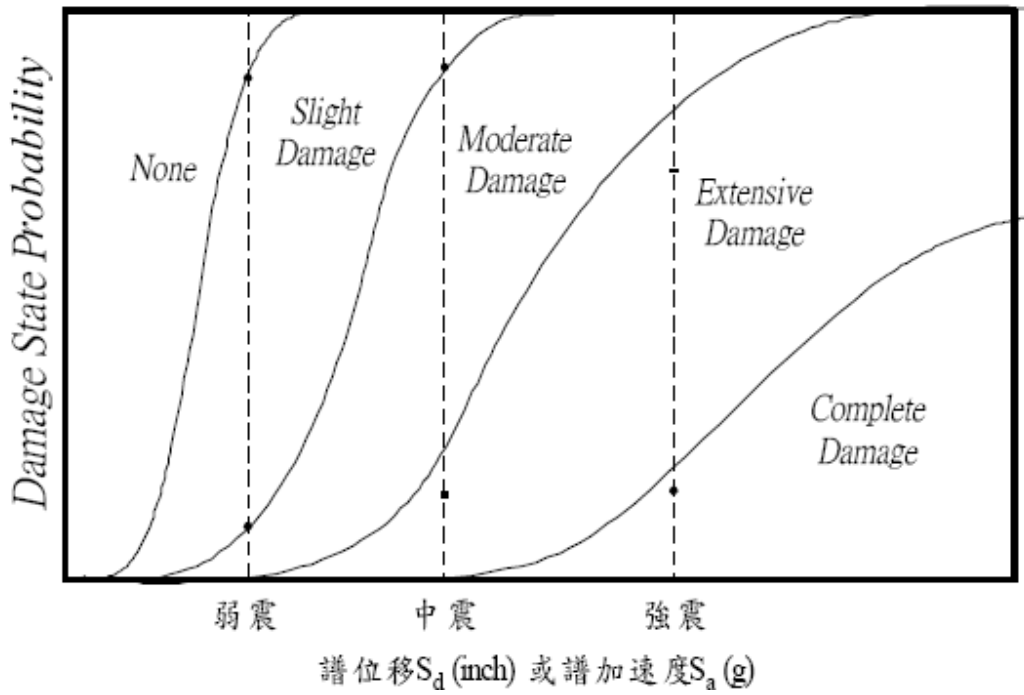


圖 4.4、結構物易損性曲線 (蔡昇達, 1999)

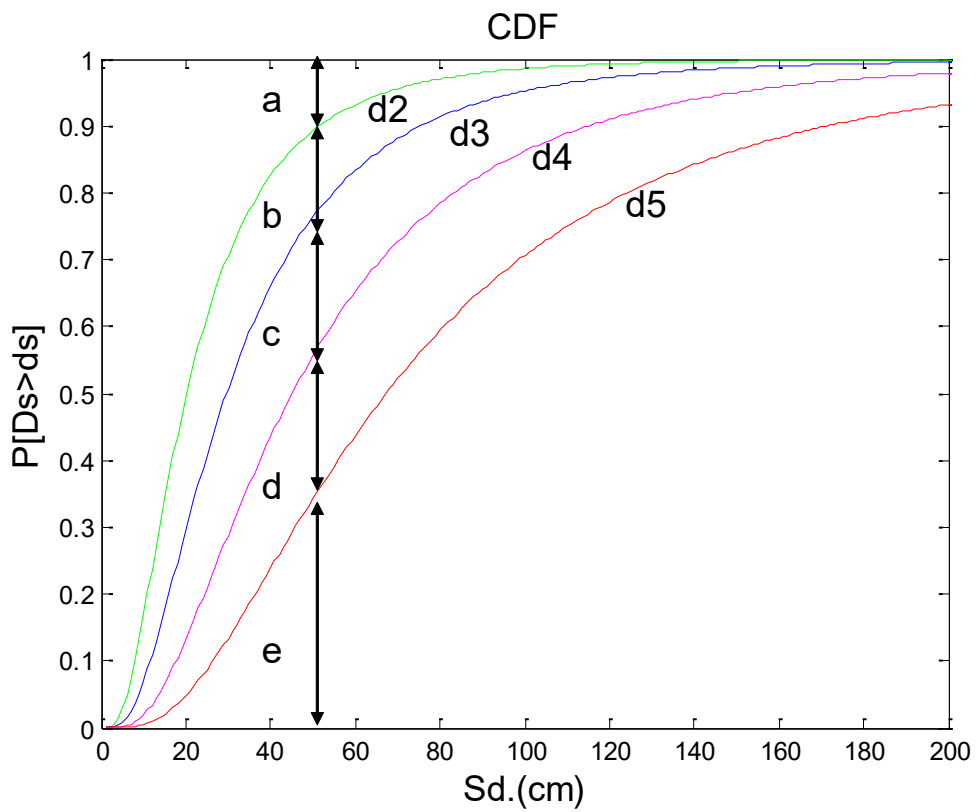


圖 4.5、機率累積分布圖

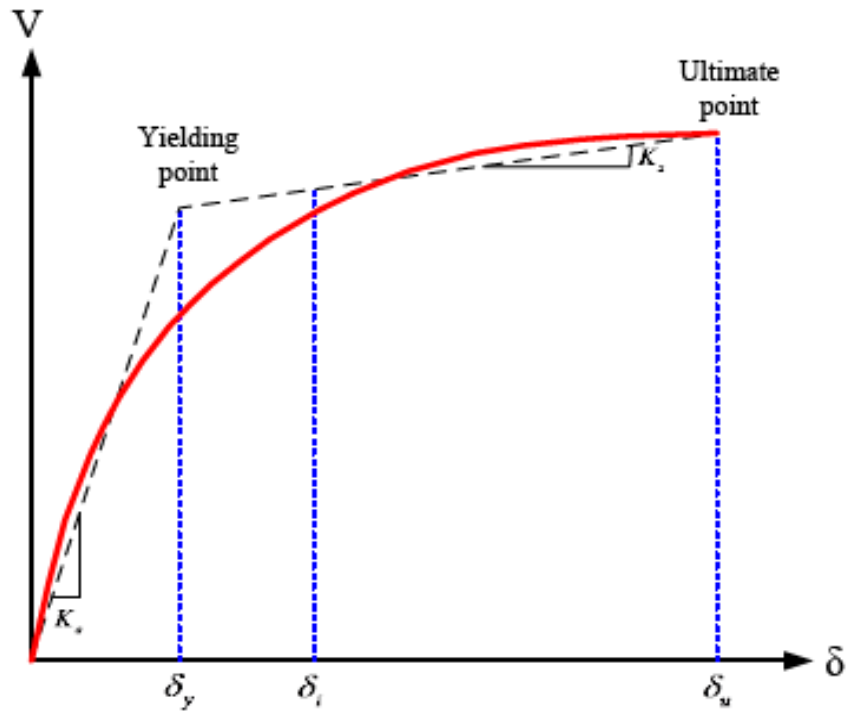


圖 4.6、雙線性化容量震譜曲線(新北市地震災損評估系統，2012)

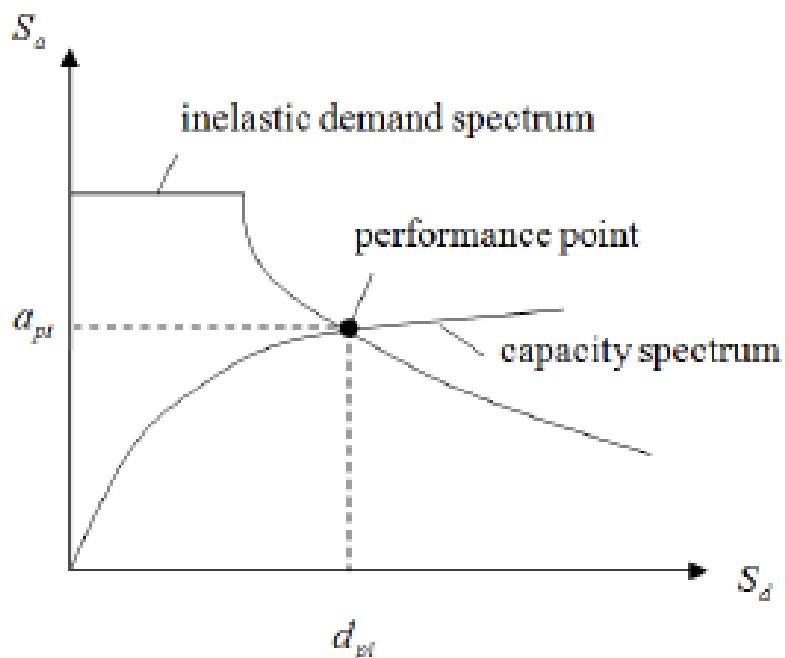


圖 4.7、性能點(新北市地震災損評估系統，2012)

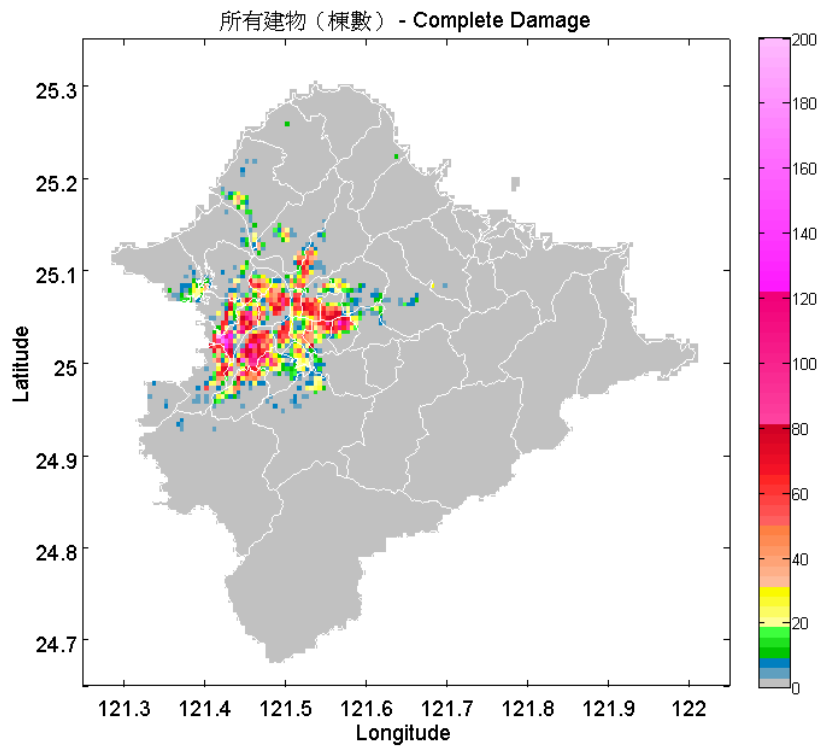


圖 4.8 (a)、大臺北地區建物損壞分布圖 - 完全損壞

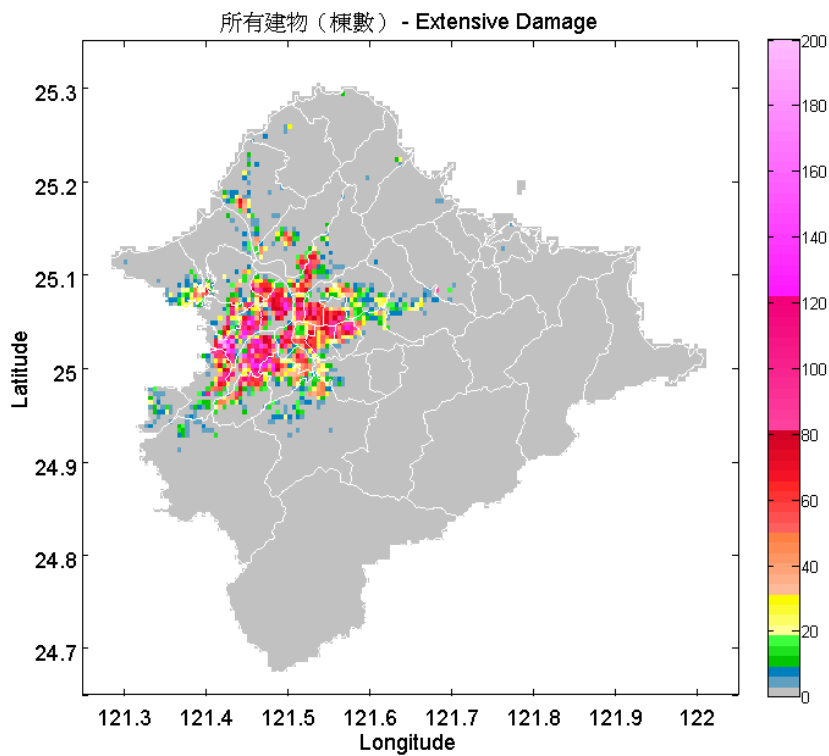


圖 4.8(b)、大臺北地區建物損壞分布圖 - 嚴重損壞

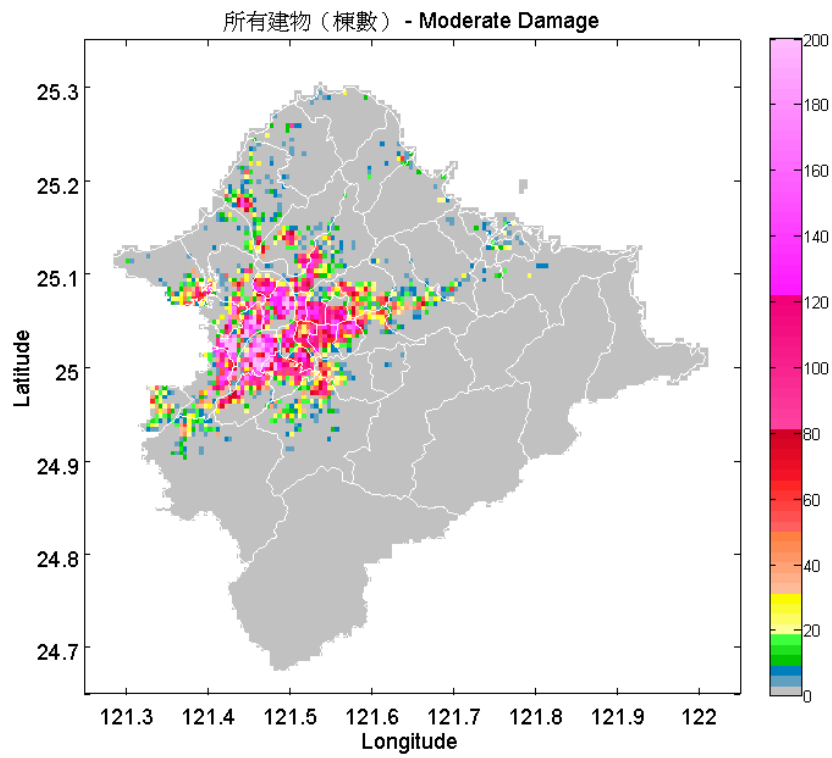


圖 4.8(c)、大臺北地區建物損壞分布圖 - 中度損壞

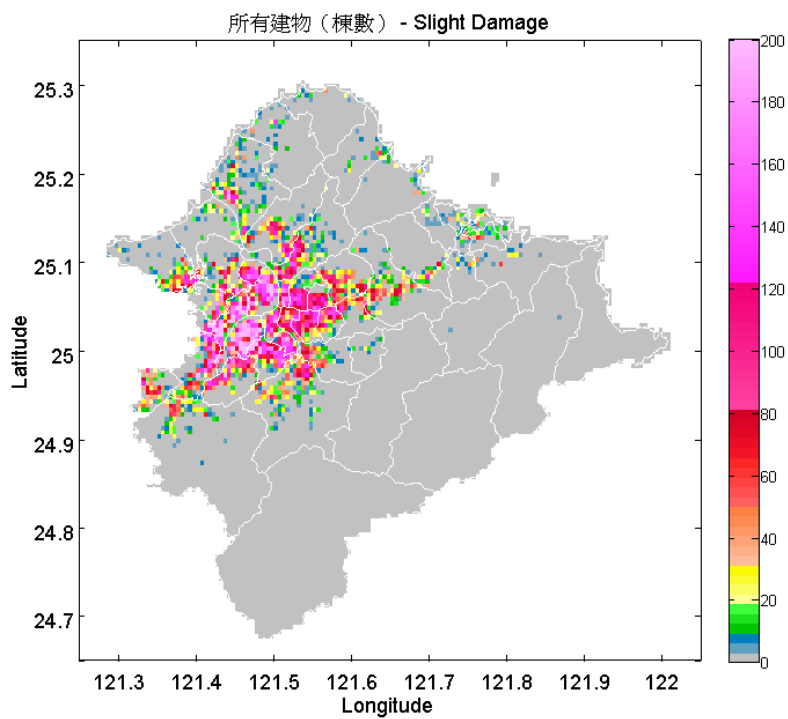


圖 4.8(d)、大臺北地區建物損壞分布圖 - 輕微損壞

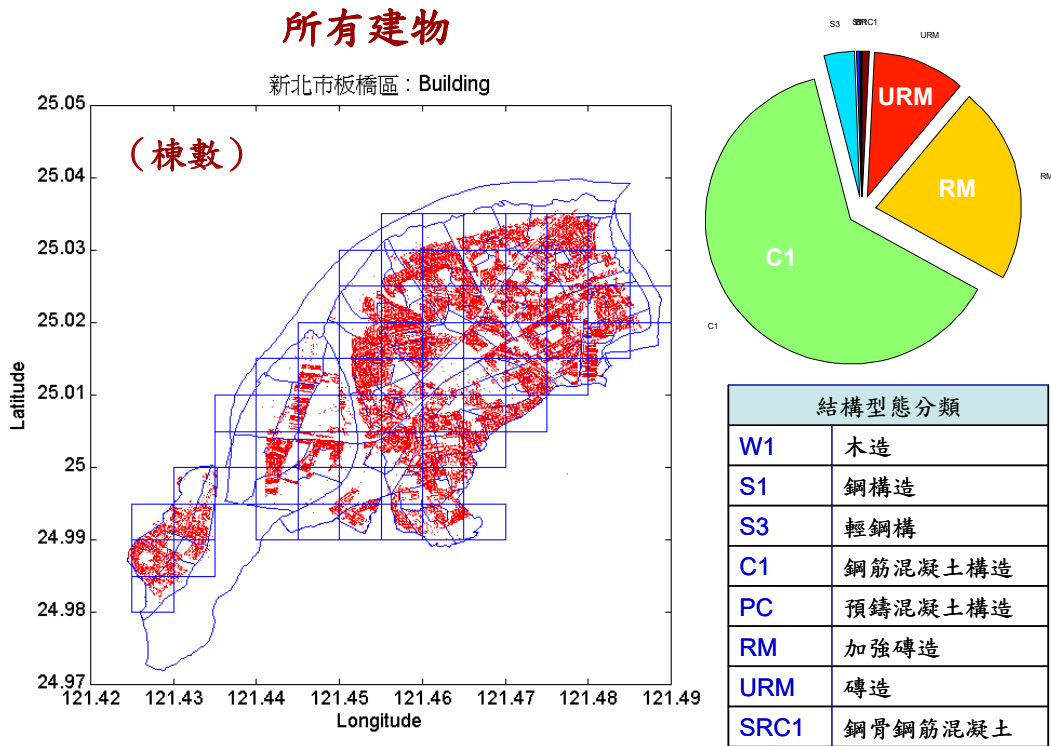


圖 4.9(a)、板橋示範區建物棟數分布圖 - 所有建物

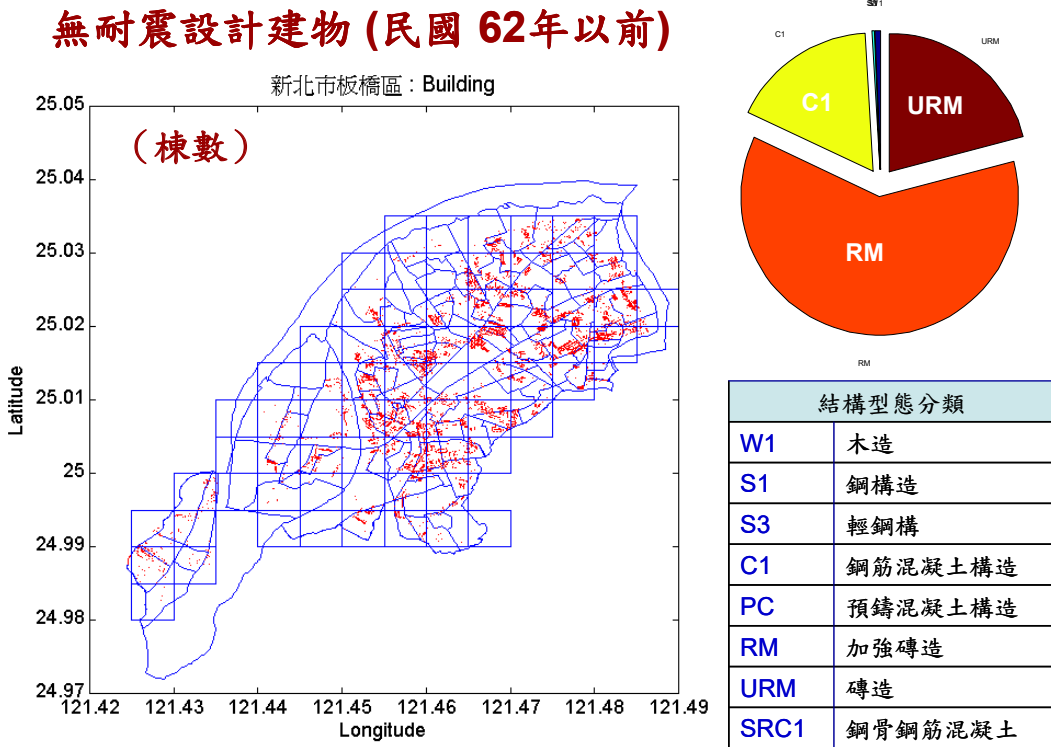


圖 4.9(b)、板橋示範區建物棟數分布圖 - 無耐震設計建物

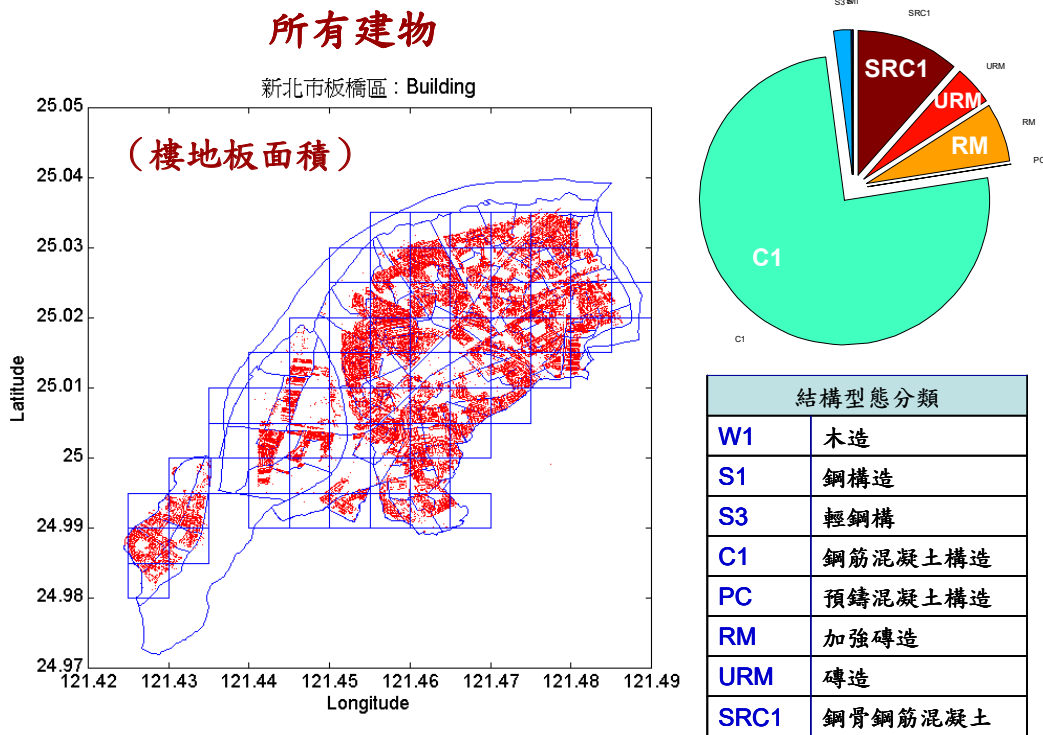


圖 4.10(a)、板橋示範區建物樓地板面積分布圖 - 所有建物

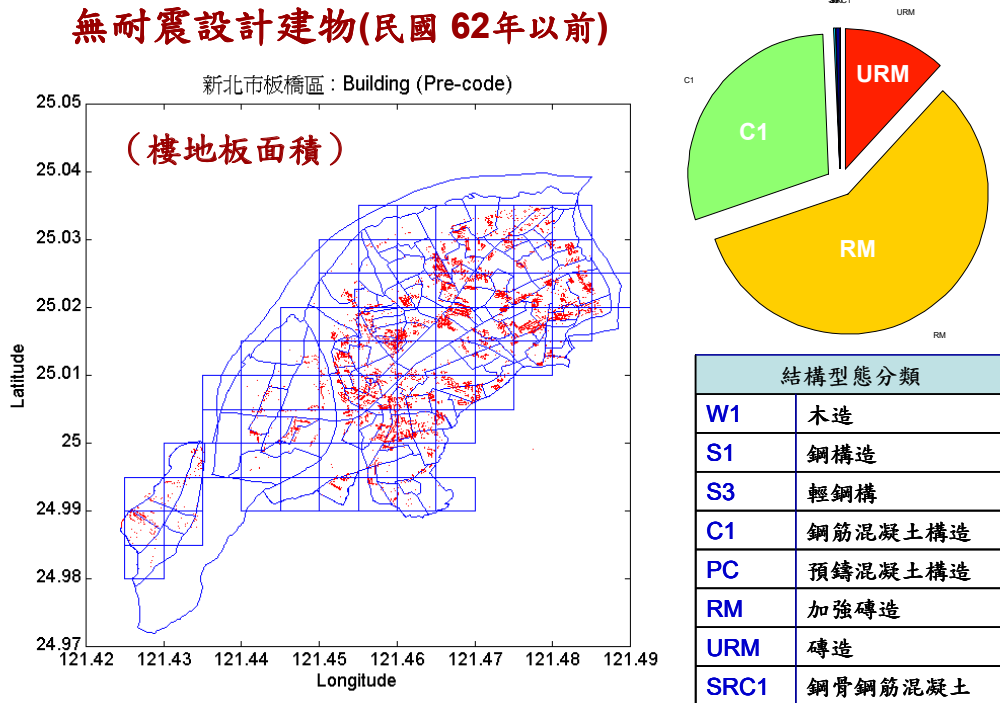


圖 4.10(b)、板橋示範區建物樓地板面積分布圖 - 無耐震設計建物

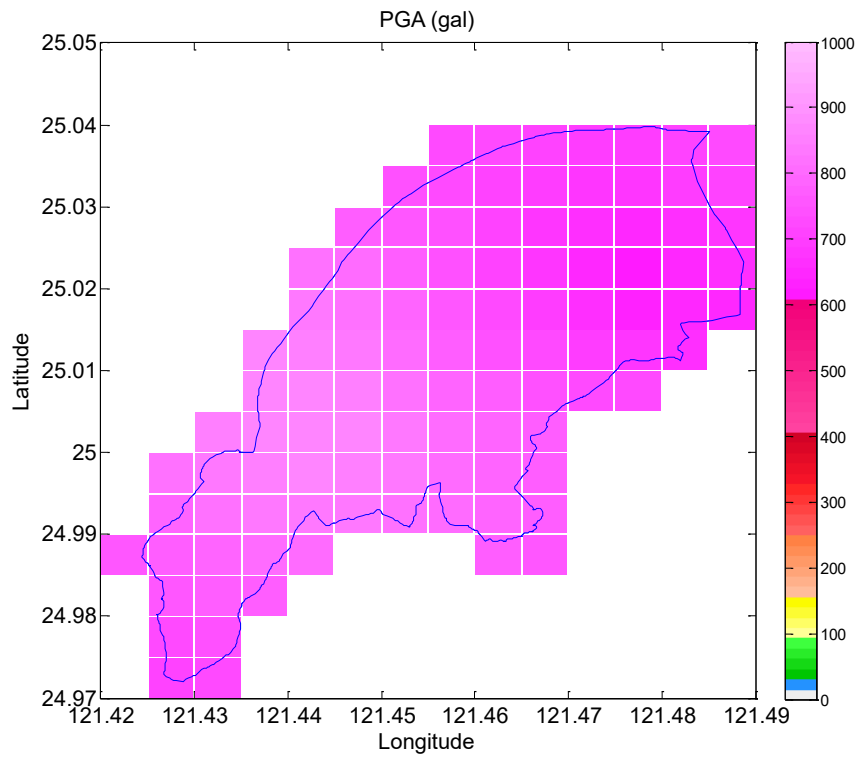


圖 4.11、板橋示範區強地動分布圖

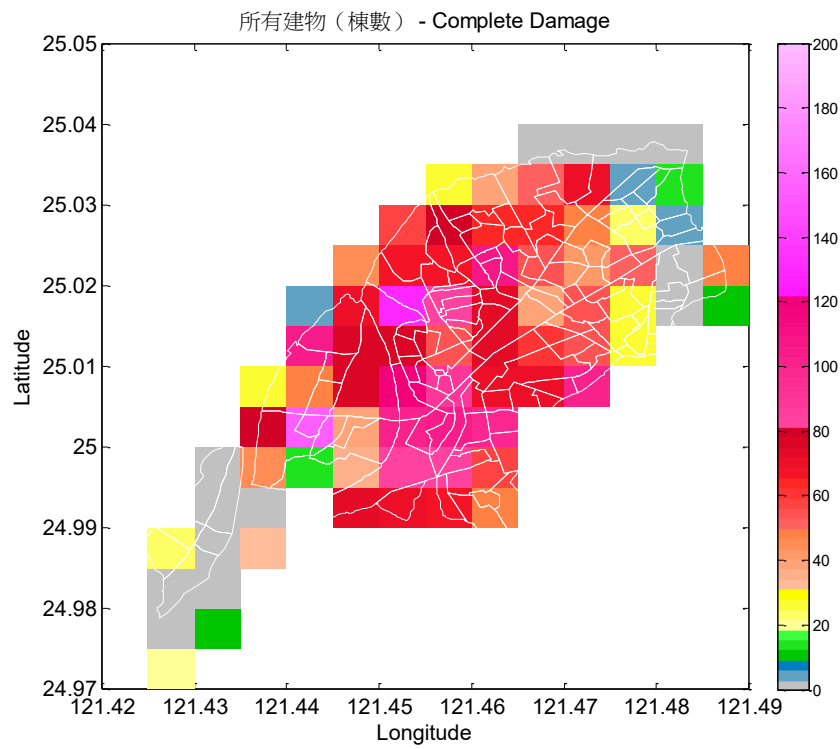


圖 4.12、板橋示範區所有建物完全損壞的災損分布圖

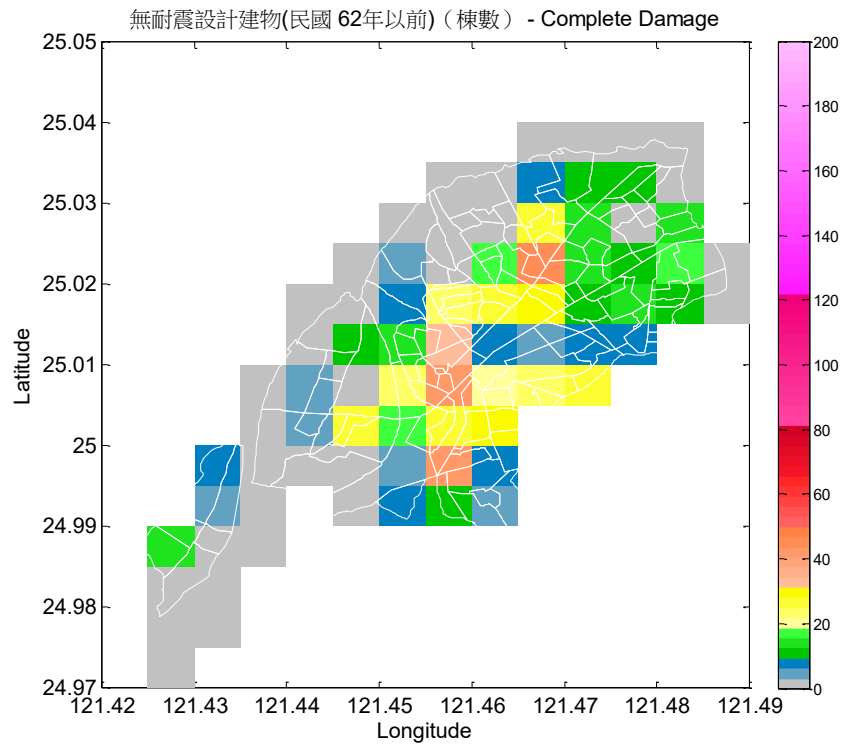


圖 4.13(a)、板橋示範區無耐震設計建物災損分布圖 - 完全損壞

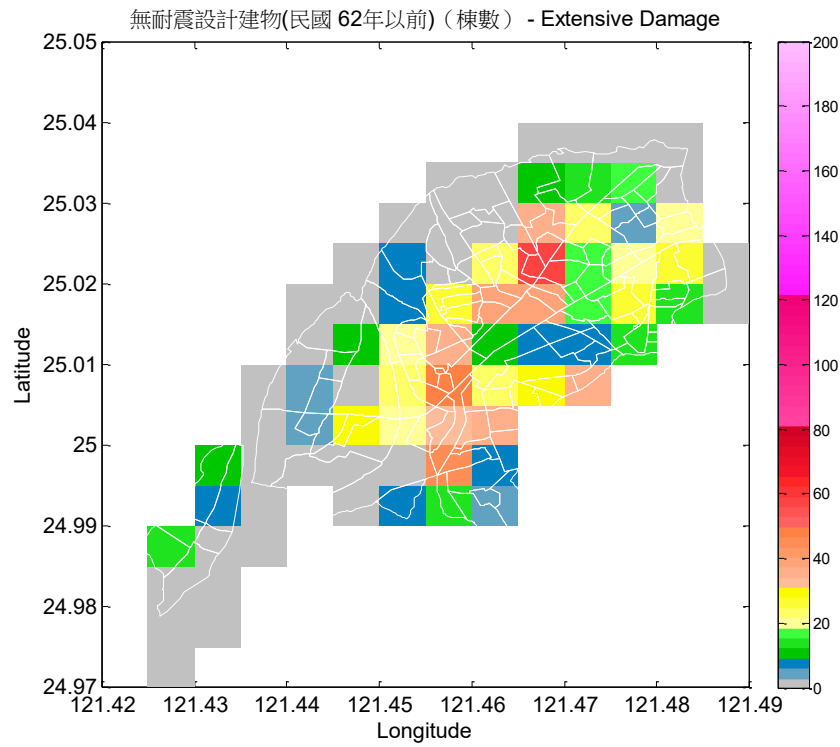


圖 4.13(b)、板橋示範區無耐震設計建物災損分布圖 - 嚴重損壞

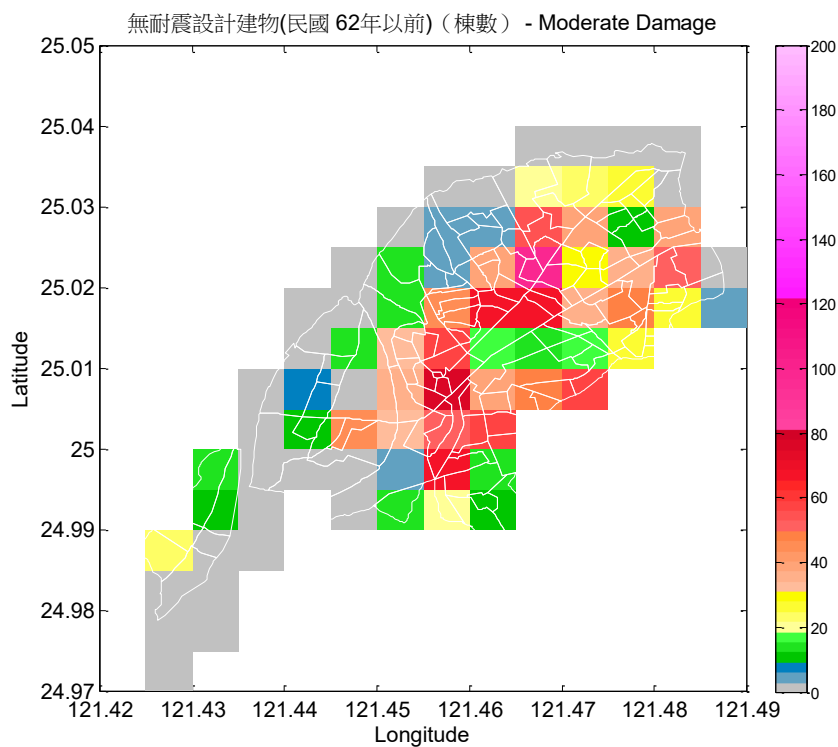


圖 4.13(c)、板橋示範區無耐震設計建物災損分布圖 - 中度損壞

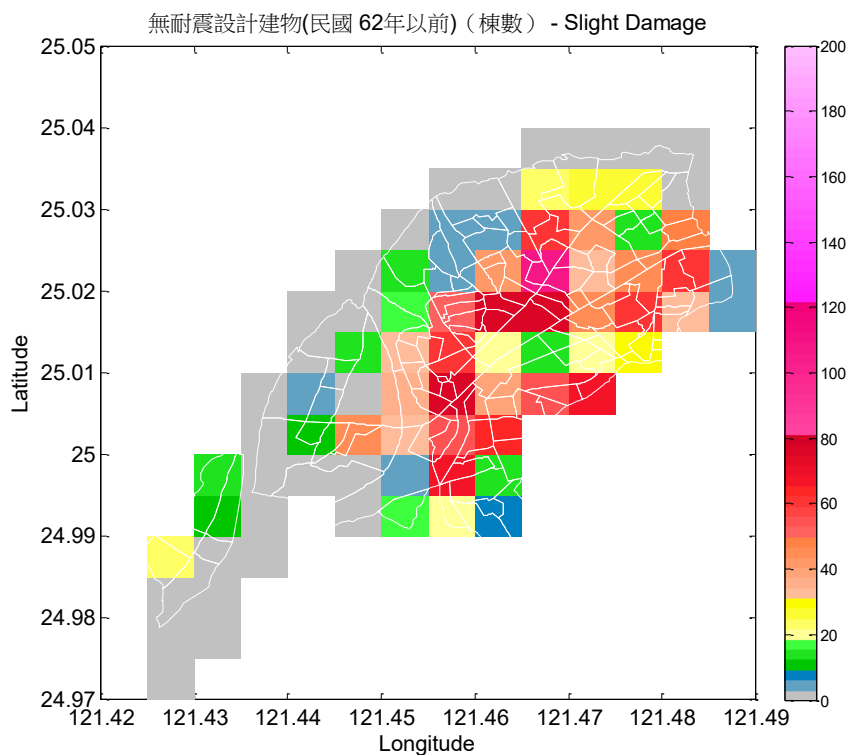


圖 4.13(d)、板橋示範區無耐震設計建物災損分布圖 - 輕微損壞

第五章 人員受災情境研判

透過建立簡易動態人口評估模式，提供評估一日 24 小時內各時段下的人口數，並依據人口活動特性，區分出室內人口及戶外人口，另可再考量建物用途細分人口分布，總計可提供 12 種不同環境及時段的人口分布境況。此外，因應不同分區邊界圖層疊合時可順利讀取資料，本研究以 500mx500m 正方形網格做為分區單元，並進行透過網格人口分析進行建物下的人口分布圖。最後分析因建物損害所引致的受災人口分布，提供一日時間 4 種不同時段下，因一般住宅或其他建物毀損造成人口致死的分布模擬。

5.1 日間人口評估模式

目前人口資料多以戶籍人口為主要統計數據，但戶籍人口用於表示區域內實際停留的人口數則較為不符合實際現況，此外，日間時段有可能因為工作、求學、旅遊等因素，需要考慮人口流動情形。故本研究針對日間人口建置資料評估的模式。

5.1.1 人口定義

人口相關的統計資料有許多分類，本研究僅就使用的人口相關資料進行說明，其相關定義如後所述。

1. 戶籍人口：指在地區內設有戶籍之國民，不論其是否實際住在戶籍地，只要有登記戶籍則全數納為統計人數中，即統計戶籍登記數為該地區之人口。
2. 常住人口：實際居住在區域內已達或預期達 6 個月以上之所有本國籍與外國籍人口。
3. 日間人口：定義較分歧，本研究以區域內白天活動的人口，統計往來本地及外地工作及上學的人口，但不包含外地來購物等不定期的人口。
4. 夜間人口：多以戶籍人口或常住人口表示。本研究以 2010 年主計處全國人口普查常住人口統計最新資料進行分析，統計實際居住在區域內已達或預期達 6 個月以上之所有本國籍與外國籍人口。

5.1.2 日間人口評估模式之建立

以駐留人口之概念來定義日間活動人口，即考量日間時段在區域內停留的人口數，主要統計往來本地及外地工作及上學的人口，但不包含外地來購物等不定期的人口。資料採用 2010 年行政院主計總處全國人口普查常住人口統計資料，如圖 5.1 所示。

另參考由行政院主計總處所公布的活動人口資料，但資料精度不一致，因此需要進行資料單元的轉換，尺度從行政區的縣市轉換為鄉鎮市區。日間人口資料單元精度轉換方法如後說明之。

活動人口及相關原始資料請參考圖 5.2 所示，其中

A =縣市常住人口

B =在本縣市活動人口=在本縣市常在人口= C

B' =(在本縣市活動人口/常住人口)%

C' =(在本縣市活動人口/活動人口)%

D =縣市活動人口=縣市日間人口= $A \times (B' / C')$

得出 (B' / C') 為縣市單元的活動人口/常住人口比例值。故採用

此比例值，應用至鄉鎮市區的日間人口數評估，即為

E =鄉鎮市區活動人口 = 鄉鎮市區日間人口

=鄉鎮市區常住人口 $\times (B' / C')$ 。

以此類推，即可求出每個縣市內以各鄉鎮市區為資料單元的日間人口數。

此日間人口評估模式的建立，透過行政院主計處的公開資料，即可直接進行評估，不僅無須另外申請資料，也可免除過多的資料篩檢的程序，有利於業管單位參用。此外，透過行政區單元的精度轉換，可將資料單元由行政分區的縣市單元提升至鄉鎮市區單元，提供出較為精細的人口統計資料，有利於基礎資料的運用及參考。

5.2 簡易動態人口分布評估模式之建立

為能因應人口在時空上的分布變化之推估資訊，本研究建立簡易動態人口分布評估模式，以提供不同時間及活動環境的條件下，24小時人口的動態分布資訊。

5.2.1 人口流動統計資料

為瞭解各種活動的日間人口數量與環境屬性的關係，多採以實地抽樣調查的方式，來建立人口分布、環境屬性與時間的關係，以了解真實日間人口活動的情形。但調查方式需要耗費大量的人力及時間來進行，而且國內目前尚未建立出完善的全台人口流動資訊，無資料可提供分析。爰此，本研究參考日本中央防災會議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」所提出的人口流動統計資料，本研究應用資料的參數做為參考模型。

人口流量統計，如圖 5.3 所示，包含該地區的總人口、室內人口、戶外人口，另外依活動環境屬性不同，可再區分出一般住宅人口及其他建物人口。彙整日本大阪府、大阪市、京都府及和歌山縣的人口活動統計圖，如圖 5.4 所示，可看出都會型態的人口活動流動趨勢，在晚上 22 時至上午 5 時的時段，其總人口數與室內人口數相當，該時段的戶外人口為極少數；在上午 8 時的時段，其總人口數並非最高，室內人口數也明顯變少，但此時的戶外人口數明顯為最多；在上午 12 時的

時段，此時的各項人口數皆可視為 9 時至 17 時之間總人口數、戶外人口數及室內人口數的平均數值；在下午 18 時的時段，其總人口數接近 10 時至 15 時的總人口數，但此時戶外人口數較多，室內人口數略少，綜觀都會地區人口流動統計資料，可發現人口流動具有大致相同的活動趨勢。

5.2.2 簡易評估法

為便於評估不同時段下的人口分布資訊，參考日本和歌山縣應用人口流動統計資料所建立的評估方法，如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，但考量台北市與大阪市的都市機能較為相近，如表 5.2 所示，故本研究選以大阪市的人口流動趨勢進行參數分析。

本研究的評估法主要適用於週一~周五期間，假日及特殊節日則需另外評估，並將一日 24 小時分為四個時段，分別為居家時段(22 時~6 時)、上午通勤時段(6 時~9 時)、上班時段(9 時~17 時)、下午通勤時段(17 時~22 時)。

基於分析資料、時段設定及參用的評估模式，本研究建立出適用於台灣都會區的動態人口簡易評估模式，如表 5.3 所示，其中總人口代表指該時段之區域內受影響的人口數；室內人口指在室內的人口數，包含一般住宅內人口數及其他建物或設施用途之室內人口數；戶外人口則表示通勤人口數，包含上班及上學人口數。

本模式評估結果能因應人口在時空上的分布變化，可依據時間查詢 24 小時全天時段的總人口資訊，或是依活動環境查詢室內及戶外人口數，或是可依據建物用途查詢一般住宅人口及其他建物下的人口資訊。提供在不同時間及環境屬性的條件下，各時段人口的動態分布的簡易評估資訊，分析流程如圖 5.5 所示。

5.2.3 研究結果分析

研究區域以大臺北地區進行資料分析，包含台北市、新北市及基隆市。如圖 5.6 所示，居家時段具有最大值的一般住宅人口，上午通勤時段及下午通勤時段分別出現較多的戶外人口，而上班時段中在其他建物內的人口數也具有較多比例的人口，是為符合都會型態的人口流動趨勢，如圖 5.7 所示則為各縣市全時段的人口流動情形。

從單一縣市的資料，可發現到都市機能的特性。如圖 5.8 所示，各縣市的室內人口資料，高峰值在台北市出現在上班時段，新北市及基隆市則為居家時段；住宅人口高峰值在大臺北地區皆為居家時段，其他建物人口高峰值大臺北地區則皆出現在上班時段。如圖

5.9

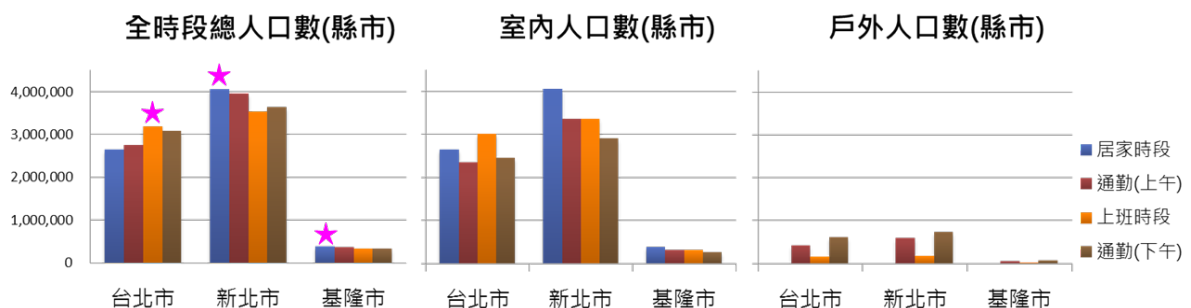


圖 5.9 所示，各縣市的總人口資料，顯示出台北市在上班時段具有最高人口數，而鄰近的新北市及基隆市在上班時段人口數則略減，與

實際現況上班人口與上學人口往台北市集中的人口流向趨勢相當符合。

5.3 網格人口評估

為展現人口的數量與結構屬性等統計資料，可透過地圖的方式呈現人口在區域分布的差異和發展趨勢。本研究主要進行人口數量在空間上的分布狀況，對於人口結構或屬性在空間上的變化則未納入討論，此外採用網格分區方式來呈現人口分布情形。

5.3.1 網格分區說明

世界各國的人口分布地圖多因行政統計上的方便，常使用容易取得資訊的行政單元作為分區。然而行政分區屬於不規則分區單元，如同都市規劃中使用特定路段、管理轄區來劃分區域，或是自然環境中採用流域或山界進行分區。上述方式皆屬於不規則分區單元，此法在主題呈現上，有益於資訊的直接讀取，但是對於人口的統計資料，卻容易造成調查統計、資訊取得及整合的困難度。

爰此，本研究採用 500mx500m 網格圖層作為分區單元，其正方形單元形狀規則，不僅利於資料分析的運算及使用，也利於疊合其他圖層的資訊來進行後續的加值應用。

5.3.2 建物基地面積人口密度分區法

本研究以分區密度法為分析基礎概念，主要以人口密度(人/平方公尺)來呈現空間上人口疏密差異。但考量分區單元內的人口密度分布並非呈現均勻分布，倘若分區單元較大，將無法顯示出人口集中的區域，因此分區的劃分精度以及判定人口活動區域是需要進一步考量的條件。

為了提高人口評估精度，在網格分區中需進一步研判該區域是否為人口活動的範圍，爰此透過結合建物基地圖層進行空間單元的初步篩選，可將網格區分出室內區域以及戶外區域，而分析的人口對象為所有建物下的室內人口，處理程序如後說明。

1. 動態人口資料處理：首先將人口資料精度處理為鄉鎮市區單元的活動人口資料，再依據本研究建置的人口動態簡易評估模式，評估出居家、上班通勤、上班及下班通勤時段下的室內人口數。
2. 行政單元人口密度：將室內人口資料平均分配置行政區內的建物面積，推求出每個行政區的人口密度。本研究採用的人口統計資料為行政區域單元的鄉鎮市區，建物面積圖資則為建物基地面積。
3. 網格基地面積分析：篩選出網格單元內，各行政區界的建物基地面積。如圖 5.10 步驟二所示，單一網格中包含的建物基地面積，則須進一步區分出中正區、文山區及大安區三個不同行政區界。

4. 網格人口評估：將每個網格中，同一行政區界裡的人口密度及基地面積對應後加總，即可得每個網格的人口數。最後再進行網格人口的分類及填色，即可完成人口分布圖。

5.3.3 建物基地面積人口密度分區法研究成果

以大臺北地區作為研究成果示範區域，進行建物基地面積人口密度分區研究，其一日時間下室內人口動態的地理空間分布呈現資訊，分別如圖 5.11 至圖 5.14 所示。

5.3.4 樓地板面積人口密度分區法

網格單元透過基地面積，可初步判定出室內及戶外的人口活動區域，如果想要進一步篩選出人口集中區域，則可再加入其他的空間屬性資訊，作為判定的參數。

以台北市信義區為例，包含 101 大樓的網格單元中，若以基地面積進行人口數推算，會不易展現出該區域的人口集中特性，所以本研究透過樓地板面積資訊，加入樓高的概念，提供進階的篩選機制。此外針對人口的資料部分，將室內人口依據建物用途進行細分，提供人口活動在不同環境屬性的篩選，提供更細緻的人口分布結果。研究程序如圖 5.15 所示及如後說明之。

1. 動態人口資料處理：

- (1) 將行政院主計處 99 年人口及住宅普查之常在人口資料處理為鄉鎮市區單元的活動人口資料。
 - (2) 依據本研究建置的人口動態簡易評估模式，評估出居家、上班通勤、上班及下班通勤時段下的室內人口數。
 - (3) 依據本研究建置的人口動態簡易評估模式，將 4 個不同時段的室內人口依建物用途區分出一般住宅人口及其他建物人口，總計需完成 12 種人口分析。
2. 行政單元人口密度：分別推算出每個行政區的人口密度，包含 4 個不同時段下的室內人口密度、一般住宅人口密度以及其他建物人口密度。
 3. 網格樓地板面積分析：結合內政部房屋稅籍資料庫，篩選出網格單元內，各行政區界的建物樓地板面積，並分類出一般住宅樓地板面積及其他建物樓地板面積。
 4. 網格人口評估：將每個網格中，同一行政區界裡的人口密度及基地面積對應後加總，即可得每個網格的人口數。最後可得到一日 24 小時內 4 個不同時段，每各時段的室內人口分布圖，或是依據建物用途，可得到一日 4 個不同時段，每個時段的一般住宅人口分布圖及其他建物人口分布圖。

5.3.5 樓地板面積人口密度分區法研究成果

以大臺北地區作為研究成果示範區域，進行樓地板面積人口密度分區研究，其一日時間下室內人口動態的地理空間分布呈現資訊，分別如圖 5.16 至圖 5.19 所示。

5.4 震後人口受災影響分布評估

考量大臺北地區的地理環境、人口分布、重要設施等因素，進行都會區受震後引致人員傷亡的境況擬定。

5.4.1 大臺北地區地震引致人員受災情境模擬

大臺北地區是為都會區，在受震後的情境模擬主要可分為建物內、行進間、戶外或公共空間等三種人員活動空間情境，其受災情境如下分述之。

1. 建物內人員受災模擬

(1) 室內環境致災

- a. 地震搖晃中跌倒受傷。
- b. 室內家具或擺飾掉落或傾倒壓傷或死亡。
- c. 玻璃割傷或爆裂受傷。
- d. 瓦斯管線脫落或復電時引起震後火災
- e. 直接燒傷亡或墮傷亡（無大樓倒塌受困）。

f. 延燒時傷亡。

g. 受困後燒傷亡或墮傷亡（火災時建物倒塌無法逃出）。

(2) 建物受損致災

a. 建物傾倒、破壞導致受傷或死亡。（致災類別包含強烈振動、地形破壞、土壤液化、海嘯）山坡地區受土石崩落導致建物毀損，被土石壓毀傷亡。

b. 山坡地區受搖晃直接土體崩落，被土石淹沒傷亡。

c. 沿岸低挖地區受海嘯溢淹，避難不及死亡。

(3) 避難動線過程致災

a. 電梯中受困。

b. 連棟公寓、集合式住宅樓梯跌倒受傷或推擠踐踏死亡。

c. 因救援交通中斷，等待救援中死亡。

2. 行進間人員受災模擬

(1) 行走間致災

a. 建築物附屬物件傾倒或墜落受傷或致死，附屬物件包含遮雨棚、欄杆或水塔。路燈、號誌燈、電線桿或道路指示牌、大型廣告物(T壩、看板)或廣告招牌。

b. 圍牆、施工中工地設備或器材毀損倒塌。

c. 販賣機傾倒。

d. 建物門窗變形，玻璃爆裂。

(2) 開車或搭乘道路運輸致災

- a. 行經高架道路、橋梁等毀損，車輛翻落導致受傷或死亡。
- b. 被路邊的墜落物壓傷或致死。
- c. 感覺到地震，車輛驚慌失措，追撞傷亡。

(3) 軌道運輸致災

- a. 高鐵、台鐵、捷運等鐵道系統出軌，列車翻落。
- b. 纜車掉落、翻覆。

(4) 航運致災等境況

- a. 船隻相互碰撞或衝撞岸邊，翻落至水中。

3. 戶外或公共空間人員受災模擬

(1) 地下街、地下站體、展演空間或捷運車廂內致災

- a. 搖晃中跌倒受傷。
- b. 墜落物砸傷。
- c. 玻璃割傷或爆裂受傷。
- d. 室內火災或爆炸災。
- e. 人潮疏散推擠踐踏死亡。
- f. 受困電梯中。
- g. 人口密集區，如學校、商場歸類至室內。

(2) 海邊

- a. 海嘯發生，沿海地區疏散交通阻塞，來不及疏散至高處，溢淹死亡。
- b. 海嘯造成建物沖損，屋內人員因而傷亡。
- c. 海嘯造成震後火災，屋內人員受困燒傷或致死。

另彙整日本已公布的地震對策中所提擬的人員受災模擬情境項目，如表 5.4 所示。參考本研究將一日時間分為四個時段，可依時段分別探討出人員可能受災的情形以及主要受災情境，如圖 5.20 所示。

5.4.2 建物引致人員受災分析

從九二一大地震的人員傷亡統計分析資料發現，有近八成的致死率發生在居家，而造成人員死亡的主要原因為房屋建築的倒塌破壞，因此建物毀損引致人員傷亡，為震後人口受災影響首要考量的要項。

本研究主要分析因建物損害所引致的受災人口分布。其分析方法基於人口動態分布評估結果，結合第四章之建物損害評估結果與應用台灣地震損失評估系統(TELES)的傷亡率參數，如圖 5.21 所示，以建置震後人口的受災評估模式。資料處理則與本中心資訊組進行資料庫與評估技術介接合作，以內政部房屋稅籍資料庫建立自動化分析產出，評估項目包含人口密度評估及震後受災人口術評估，最後再進行網格化處理，其處理流程如圖 5.22 所示。

透過網格圖層呈現一日各時段下，人員因建物毀損致死的分布圖。如圖 5.23 至圖 5.26 所示。從模擬結果顯示，建物引致人員死亡的區域主要集中在台北市及新北市。綜整一日 4 個時段單一網格的模擬結果顯示，台北市信義區皆出現較高的人員死亡數，人員死亡模擬最大值則發生在上班時段(9 時~17 時)，符合該區域屬人潮集中區的商辦特性；而新北市中出現較高的人員死亡數則在板橋區，人員死亡模擬最大值則發生居家時段(22 時~6 時)，同樣符合新北市中人口居住密集區的特性。

表 5.1、日本和歌山縣各時刻下人口流動評估方法

■時刻別住宅滞留人口及びその他施設滞留人口の算出手法

時刻	住宅滞留人口及びその他施設滞留人口	移動中人口比率
朝 5 時	<ul style="list-style-type: none"> • 全人口[人]=夜間人口[人] • 住宅滞留人口[人]=屋内人口[人]=夜間人口[人] • 移動中人口[人]=0[人] 	0 %
昼 12 時	<ul style="list-style-type: none"> • 全人口[人]=昼間人口[人] • 屋内人口[人]=0.95×昼間人口[人] • 住宅滞留人口[人]=0.35×夜間人口[人] • その他施設滞留人口[人]=屋内人口[人]-住宅滞留人口[人] • 移動中人口[人]=0.05×全人口[人] 	5 %
夕 18 時	<ul style="list-style-type: none"> • 全人口[人]=(2×夜間人口[人]+3×昼間人口[人])/5 • 屋内人口[人]=0.90×{(2×夜間人口[人]+3×昼間人口[人])/5} • 住宅滞留人口[人]=0.61×夜間人口[人] • その他施設滞留人口[人]=屋内人口[人]-住宅滞留人口[人] • 移動中人口[人]=0.10×全人口[人] 	10%

※ 和歌山県（2006）より抜粋

表 5.2、大阪市及台北市都市條件綜整

大阪市		臺北市	
都道府縣	大阪府	主要城市	臺北市
鄰近城市	奈良縣、和歌山縣、 京都府、兵庫縣	鄰近城市	新北市、基隆市、 桃園縣
面積	222.47 km ²	面積	271.7997 km ²
人口（資料時間:2011年4月）		人口（資料時間:2013年7月）	
• 人口數	2,676,042人 (日間人口全國第二名)	• 人口數	2,682,372人
• 人口密度	11,981人/km ²	• 人口密度	9,869人/km ² (台灣第1位)
管轄行政區		管轄行政區	
• 區	24	• 區	12
重要設施	機場	重要設施	港口、機場、核電 廠、水庫、

表 5.3、台灣都會區動態人口簡易評估模式

時段	A.總人口	B.室內人口	C.一般住宅人口	D.其他建物人口	E.戶外人口
居家 22時~6時	夜間人口數	夜間人口數	夜間人口數	-	0
上午通勤 6時~9時	(4夜間人口數+日間人口數)/5	0.85A	0.72(夜間人口數)	B-C	0.15A
上班 9時~17時	日間人口數	0.95(日間人口數)	0.4(夜間人口數)	B-C	0.05A
下班通勤 17時~22時	(夜間人口數+4日間人口數)/5	0.8A	0.63(夜間人口數)	B-C	0.2A

表 5.4、人員受災模擬項目彙整

人員受災模擬情境	東海	東南海 南海	都市 直下型	南海 海溝
• 建物損毀	○	○	○	○
• 海嘯受災	○	○	-	○
• 坡地災害	○	○	○	○
• 火災	○	○	○	○
• 圍牆、販賣機等屋外墜落物致災	-	○	○	○
• 室內擺飾移動、墜落、傾倒或墜落物致災	-	○	○	○
• 海嘯受困者	-	○	-	○
• 交通中致災	-	-	○	-
• 無法自行脫困致災	-	-	○	○
• 返家困難者	-	-	○	-
• 需震後避難者	-	-	○	-

備註：「○」表示列為模擬項目，「-」表示未列入之。

表 1 臺北市常住人口數及人口密度
Table 1 Number of resident population and population density in Taipei City
民國99年底 Year end of 2010

按鄉鎮市區別分	常住人口數(人) Number of resident population(person)			土地面積 (平方公里) Total land area (km ²)	人口密度 (人/平方公里) Population density (person/km ²)	By township/city/district
	總計 Grand total	男 Male	女 Female			
臺北市	2 655 515	1 261 062	1 394 453	271.8	9 770.1	Taipei City
松山區	190 779	87 330	103 449	9.3	20 513.9	Songshan District
信義區	228 768	107 404	121 364	11.2	20 425.7	Xinyi District
大安區	302 806	141 946	160 860	11.4	26 561.9	Da'an District
中山區	217 851	101 980	115 871	13.7	15 901.5	Zhongshan District
中正區	151 265	73 258	78 007	7.6	19 903.3	Zhongzheng District
大同區	118 502	55 838	62 664	5.7	20 789.8	Datong District
萬華區	187 140	90 725	96 415	8.9	21 027.0	Wanhua District
文山區	280 758	133 511	147 247	31.5	8 913.0	Wenshan District
南港區	120 262	59 353	60 909	21.8	5 516.6	Nangang District
內湖區	280 726	132 351	148 375	31.6	8 883.7	Neihu District
士林區	313 856	150 047	163 809	62.4	5 029.7	Shilin District
北投區	262 802	127 319	135 483	56.8	4 626.8	Beitou District

註：人口密度=常住人口數/土地面積，土地面積係為內政部戶政司統計資料。
Note: Population density=number of resident population/total land area. Total land area data were obtained from the Department of Household Registration, the Ministry of

圖 5.1、行政院主計總處 2010 年人口統計資料

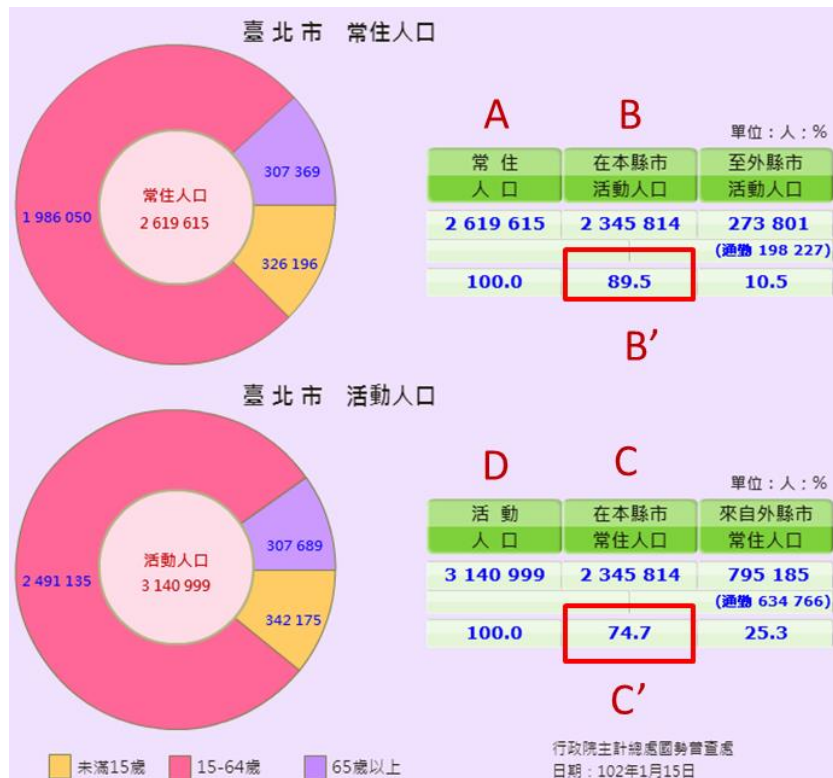


圖 5.2、縣市常住人口及活動人口資料

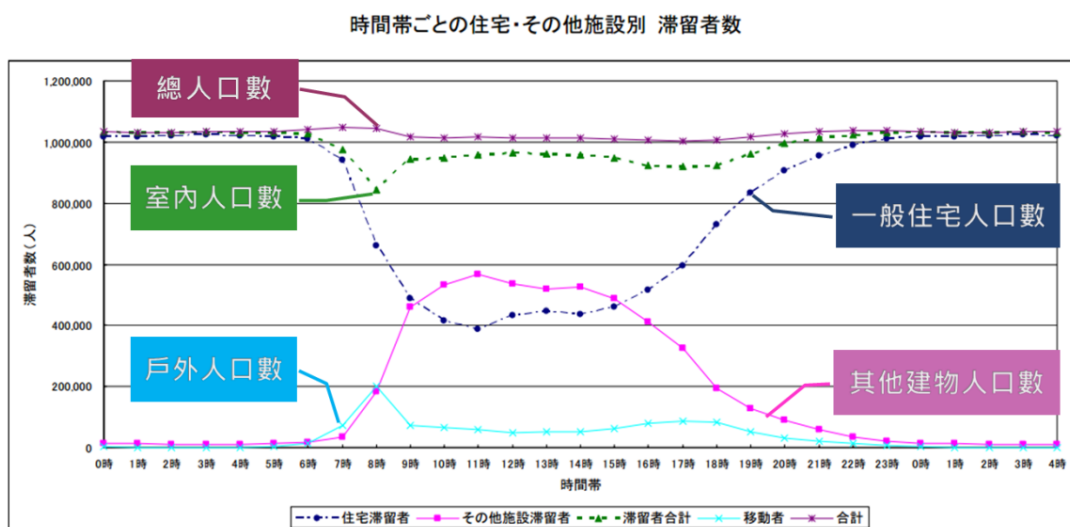


圖 5.3、各時刻下人口流動統計資料

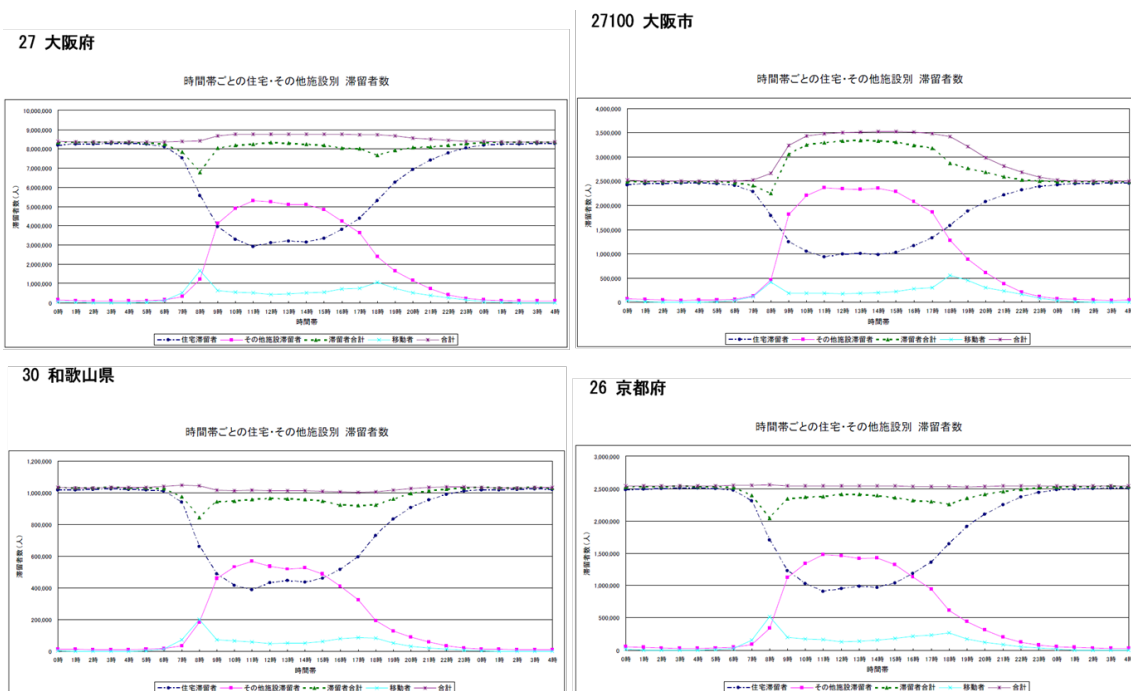


圖 5.4、都會城市各時段下的人口流動趨勢

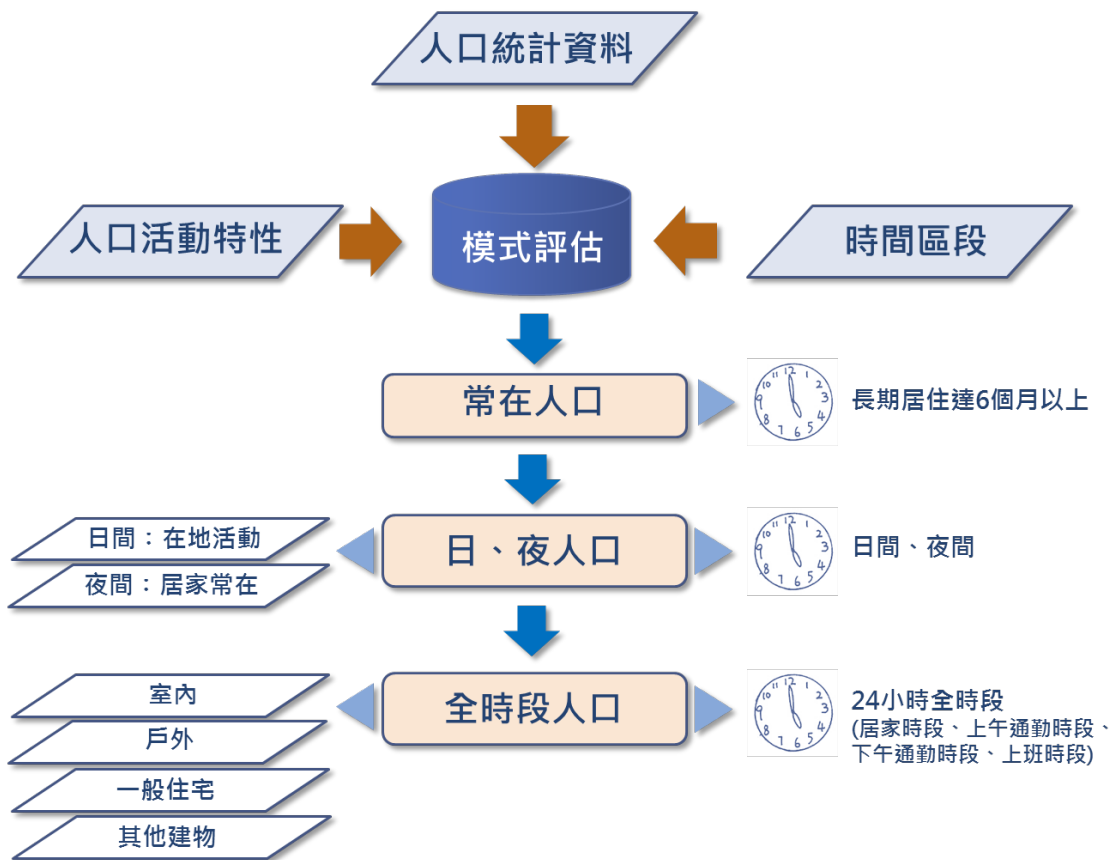


圖 5.5、動態人口資料評估流程

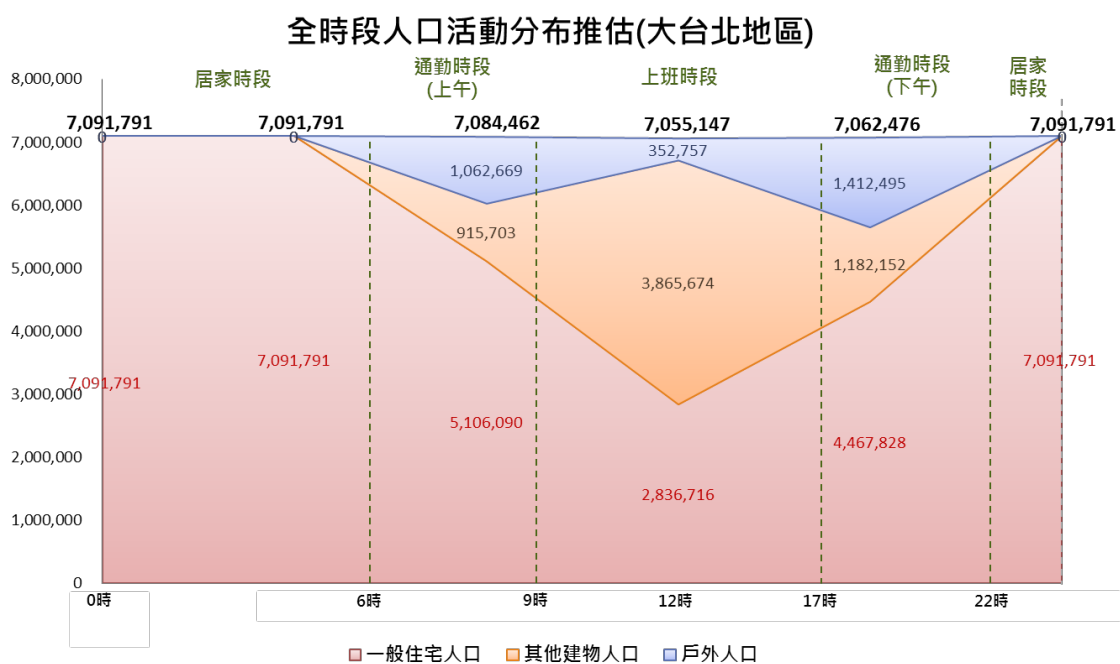


圖 5.6、大臺北地區(北北基)全時段人口動態活動分布評估結果

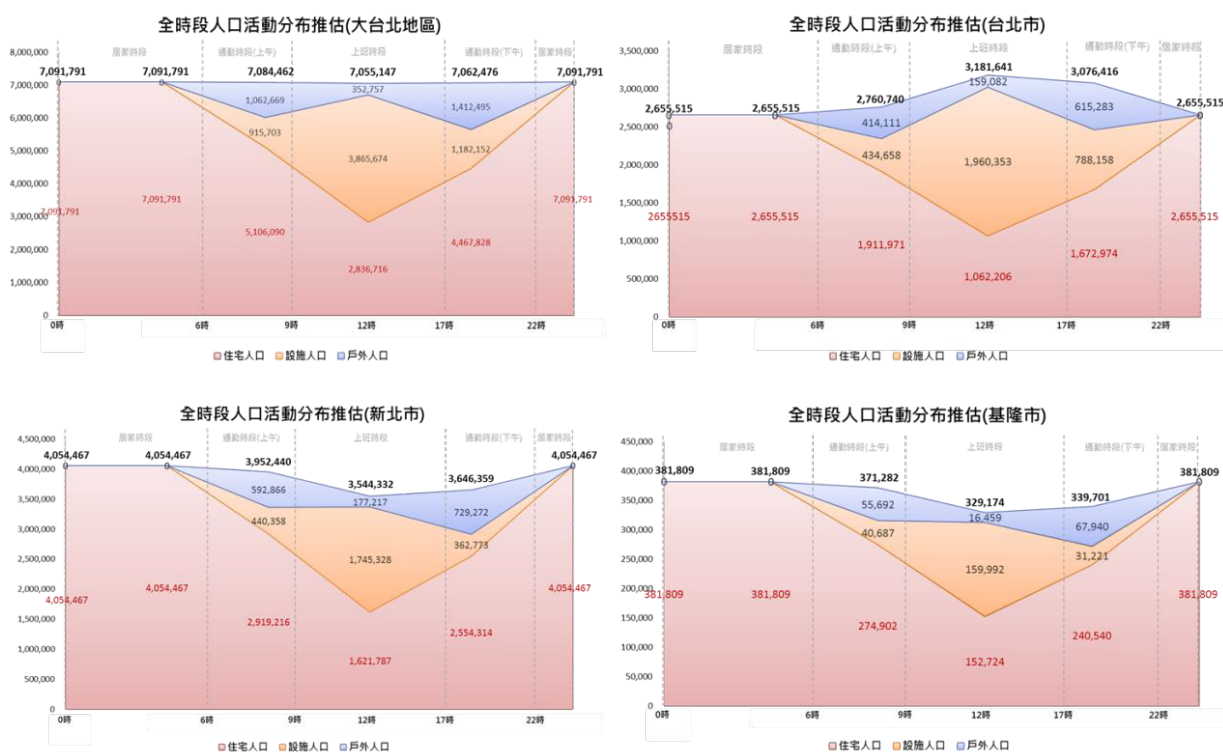


圖 5.7、縣市全時段人口動態活動分布評估結果比較

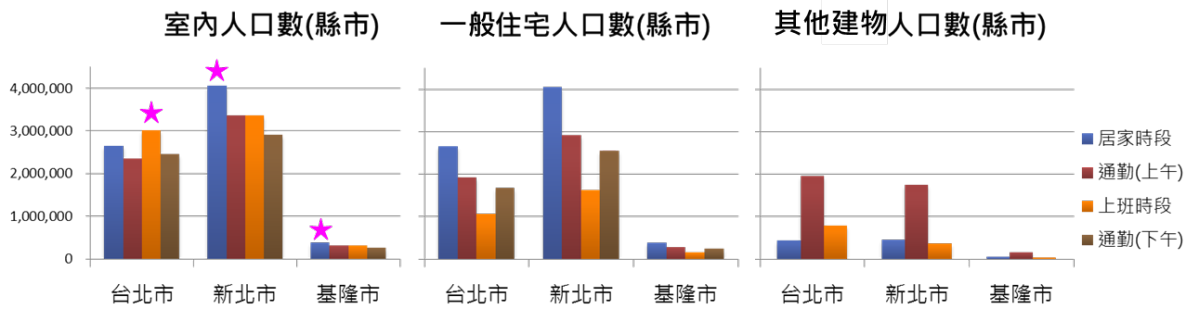


圖 5.8、縣市室內人口及環境屬性人口分布比較

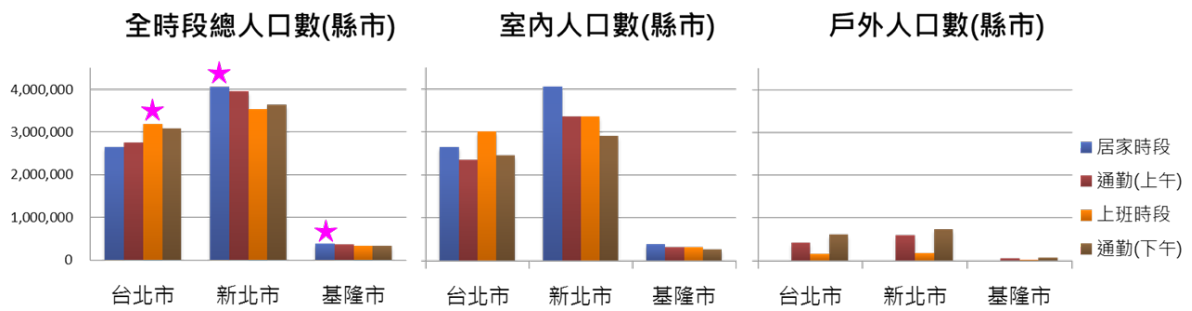


圖 5.9、縣市總人口、室內人口及戶外人口比較

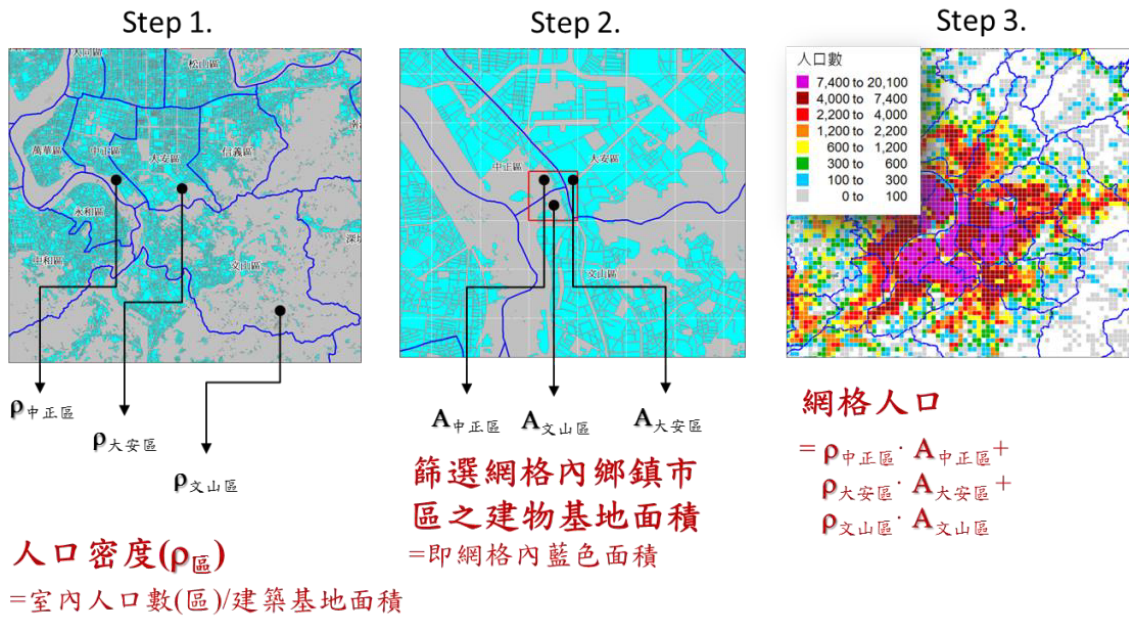


圖 5.10、建物輪廓面積人口密度分區法

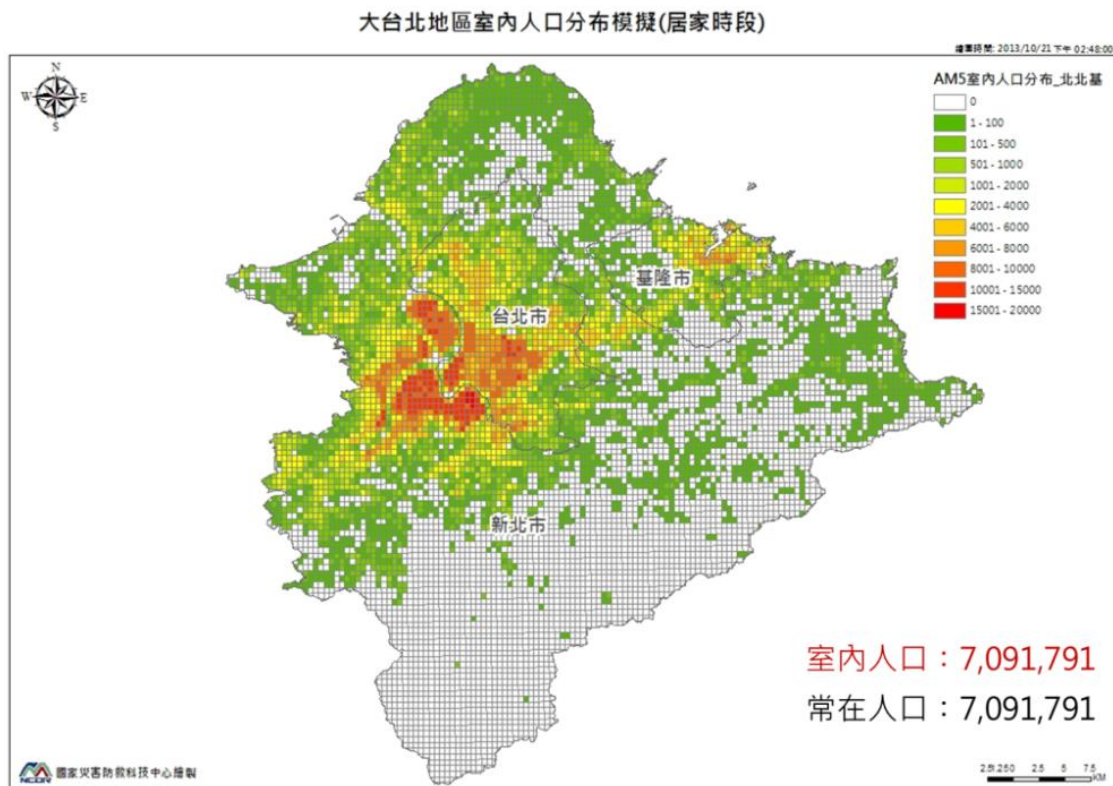


圖 5.11、居家時段室內人口分布(基地面積密度分區)

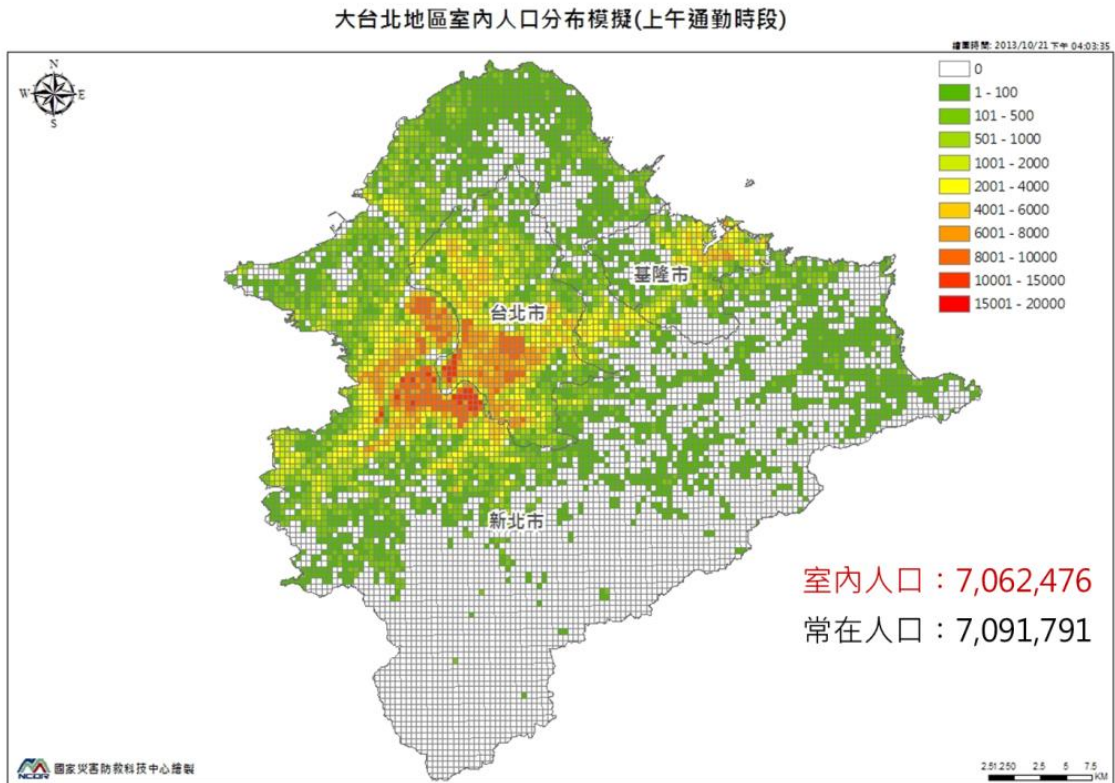


圖 5.12、上班通勤時段室內人口分布(基地面積密度分區)

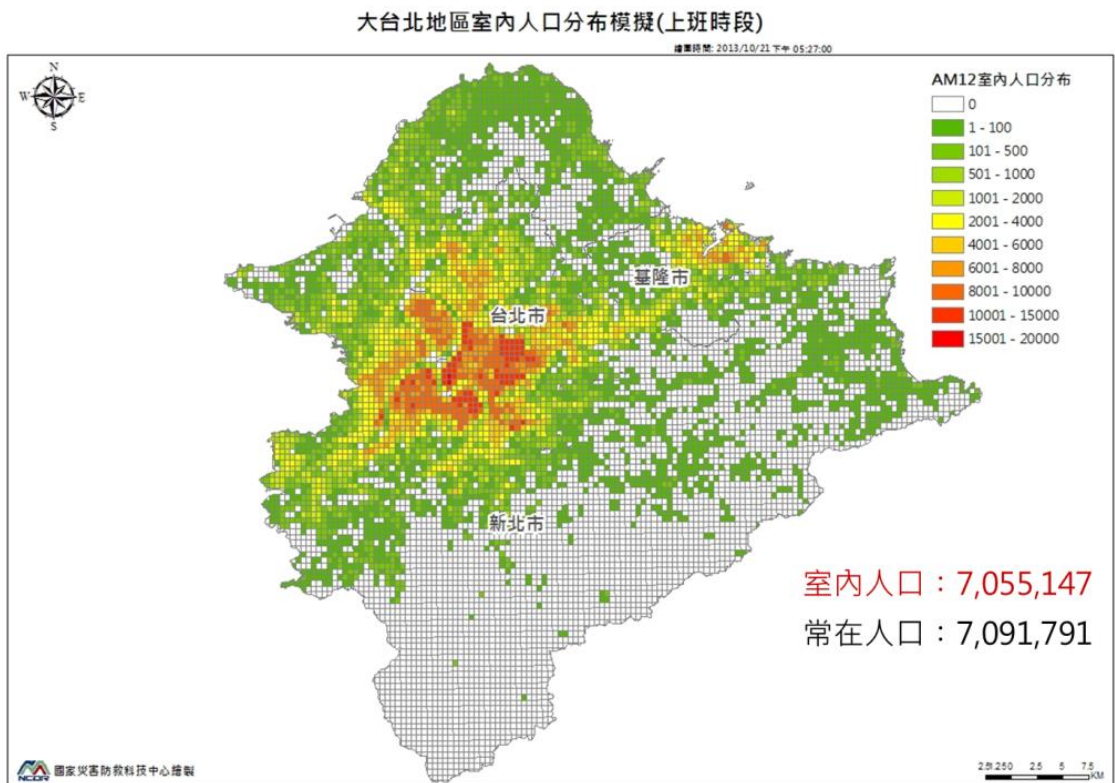


圖 5.13、上班時段室內人口分布(基地面積密度分區)

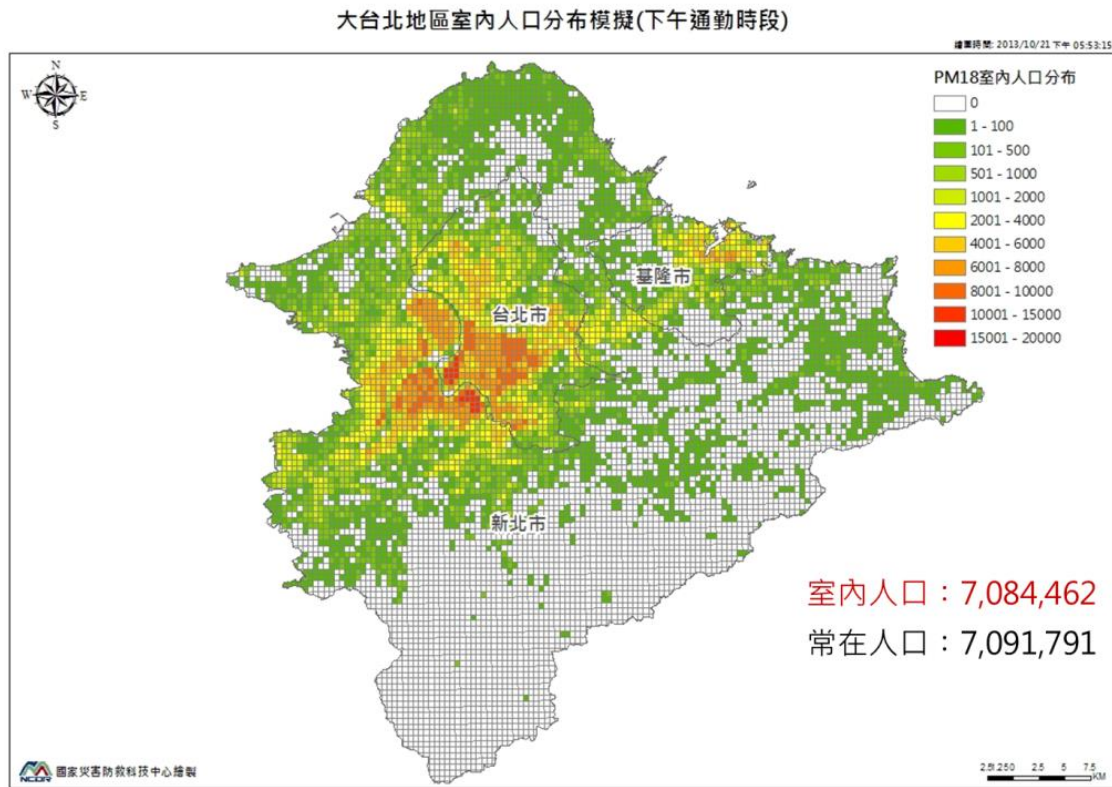


圖 5.14、下班通勤時段室內人口分布(基地面積密度分區)

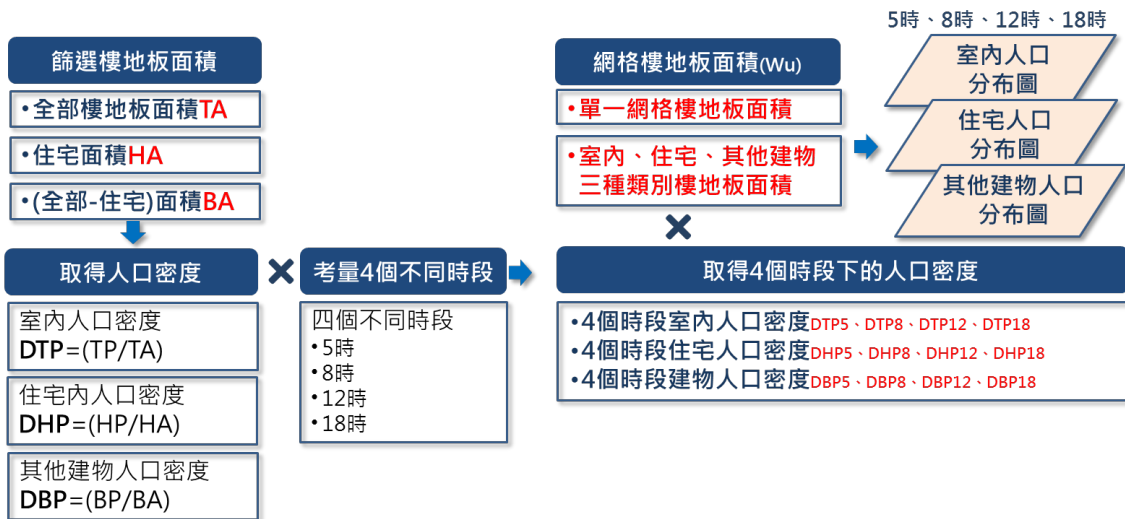


圖 5.15、樓地板面積人口密度分區法分析流程

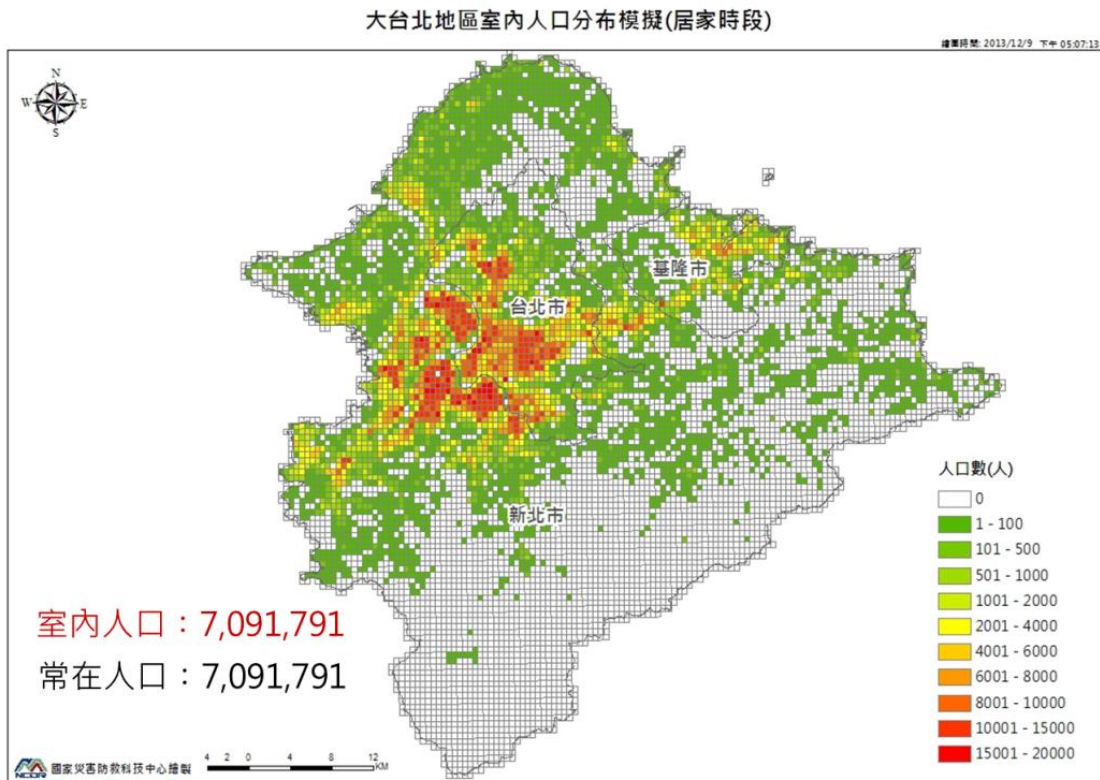


圖 5.16、居家時段室內人口分布(樓地板面積密度分區)

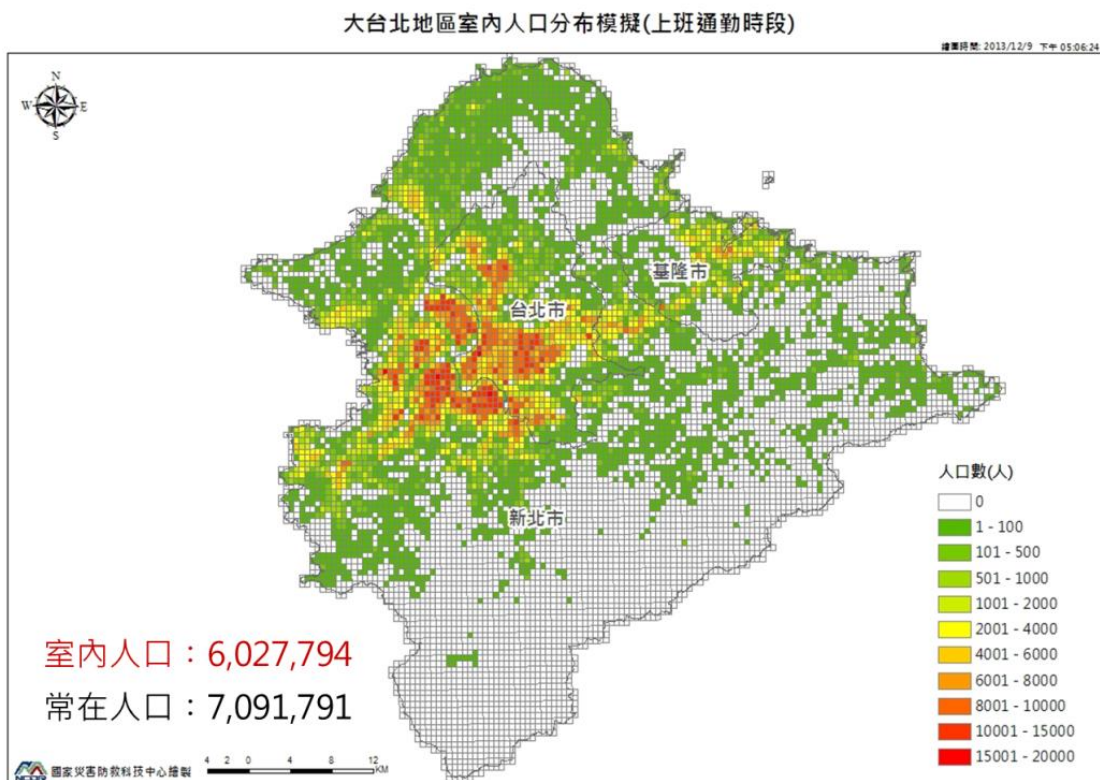


圖 5.17、上班通勤時段室內人口分布(樓地板面積密度分區)

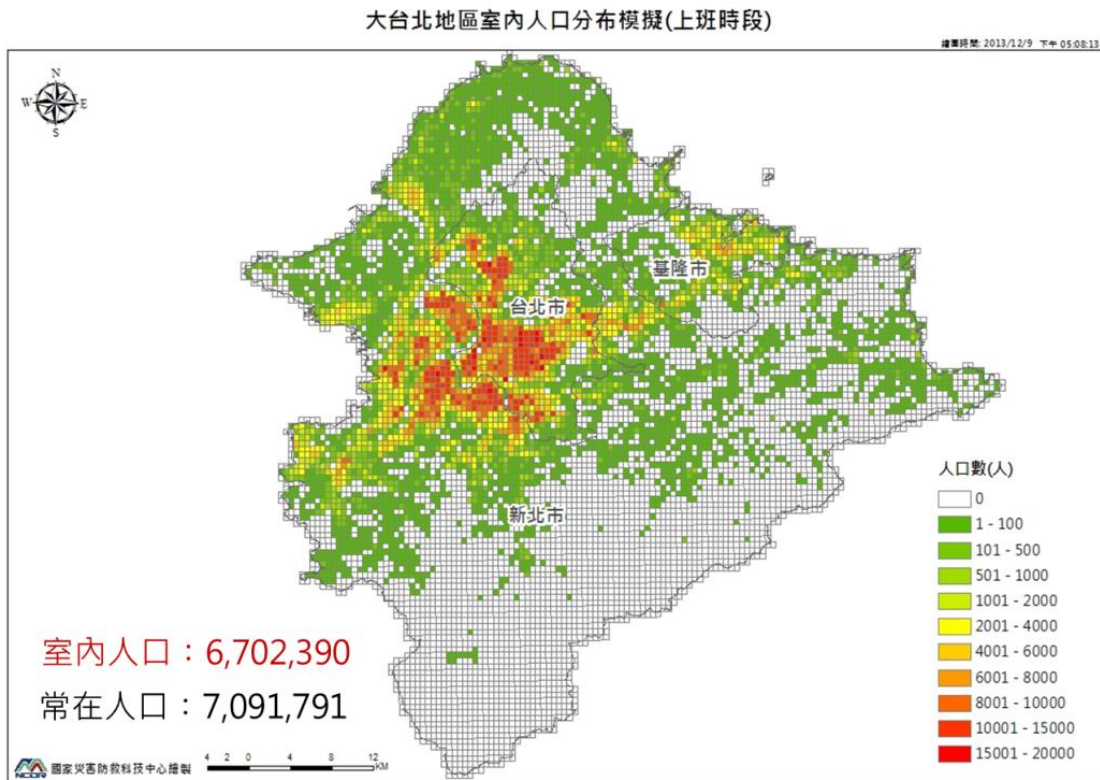


圖 5.18、上班時段室內人口分布(樓地板面積密度分區)

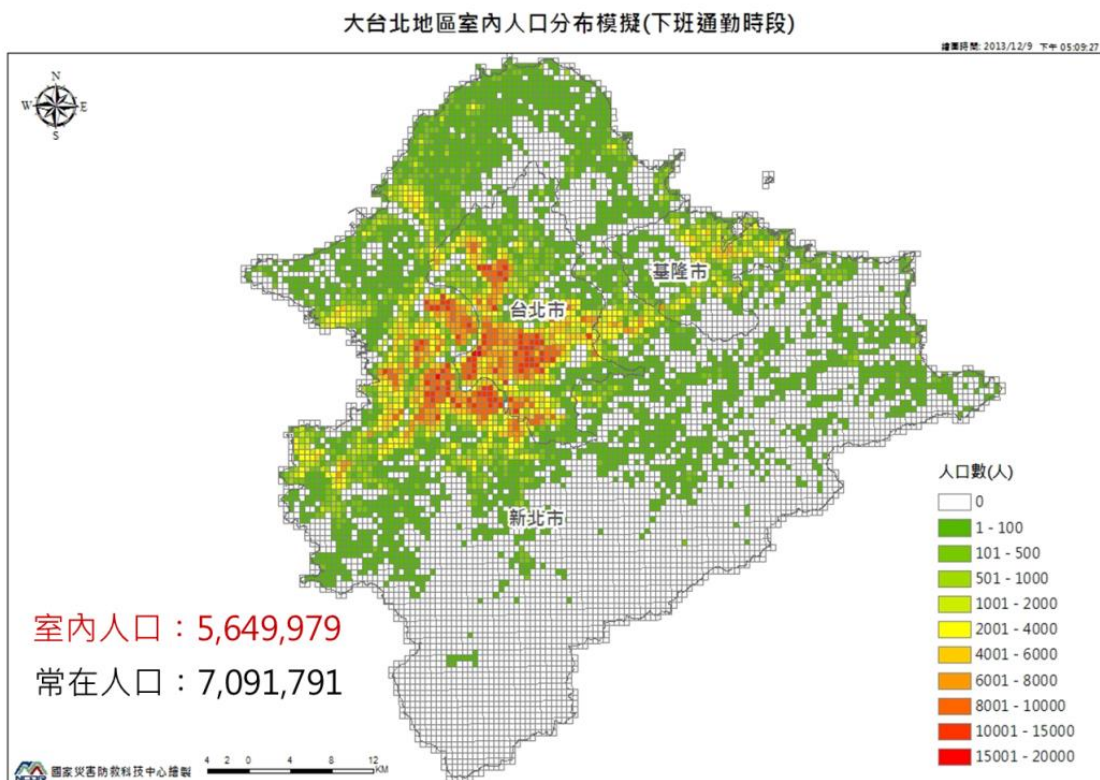


圖 5.19、下班通勤時段室內人口分布(樓地板面積密度分區)

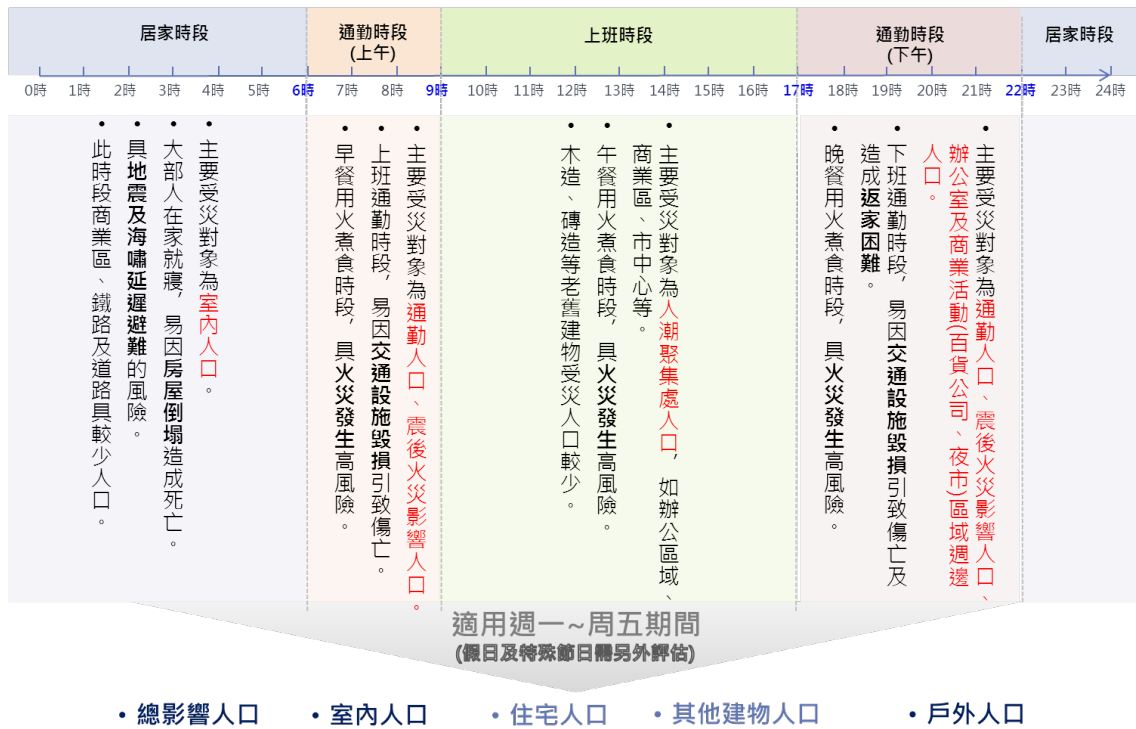


圖 5.20、四種不同時段下人口受災境況說明

輕微損害					中度損害					嚴重損害				
MBT	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	MBT	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	MBT	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
W1	0.020	0.001	0.000	0.000	W1	1.000	0.500	0.100	0.010	W1	0.200	0.020	0.002	0.000
S1L	0.020	0.001	0.000	0.000	S1L	1.000	0.500	0.100	0.010	S1L	0.200	0.020	0.002	0.000
S1M	0.020	0.001	0.000	0.000	S1M	1.000	0.500	0.100	0.010	S1M	0.200	0.020	0.002	0.000
S1H	0.020	0.001	0.000	0.000	S1H	1.000	0.500	0.100	0.010	S1H	0.200	0.020	0.002	0.000
S3	0.020	0.001	0.000	0.000	S3	1.000	0.500	0.100	0.010	S3	0.200	0.020	0.002	0.000
C1L	0.020	0.001	0.000	0.000	C1L	1.000	0.500	0.100	0.010	C1L	0.200	0.020	0.002	0.000
C1M	0.020	0.001	0.000	0.000	C1M	1.000	0.500	0.100	0.010	C1M	0.200	0.020	0.002	0.000
C1H	0.020	0.001	0.000	0.000	C1H	1.000	0.500	0.100	0.010	C1H	0.200	0.020	0.002	0.000
PCL	0.020	0.001	0.000	0.000	PCL	1.000	0.500	0.100	0.010	PCL	0.200	0.020	0.002	0.000
RML	0.020	0.001	0.000	0.000	RML	1.000	0.500	0.100	0.010	RML	0.200	0.020	0.002	0.000
RMM	0.020	0.001	0.000	0.000	RMM	1.000	0.500	0.100	0.010	RMM	0.200	0.020	0.002	0.000
URML	0.020	0.001	0.000	0.000	URML	2.000	1.000	0.200	0.020	URML	0.400	0.040	0.002	0.000
SRC1L	0.020	0.001	0.000	0.000	SRC1L	1.000	0.500	0.100	0.010	SRC1L	0.200	0.020	0.002	0.000
SRC1M	0.020	0.001	0.000	0.000	SRC1M	1.000	0.500	0.100	0.010	SRC1M	0.200	0.020	0.002	0.000
SRC1H	0.020	0.001	0.000	0.000	SRC1H	1.000	0.500	0.100	0.010	SRC1H	0.200	0.020	0.002	0.000
MBT	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	MBT	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	MBT	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
W1	7.000	5.600	4.200	3.500	W1	10.000	8.000	6.000	5.000	W1	10.000	8.000	6.000	5.000
S1L	7.000	5.600	4.200	3.500	S1L	10.000	8.000	6.000	5.000	S1L	10.000	8.000	6.000	5.000
S1M	4.000	3.200	2.400	2.000	S1M	8.000	6.400	4.800	4.000	S1M	8.000	6.400	4.800	4.000
S1H	2.000	1.600	1.200	1.000	S1H	6.000	4.800	3.600	3.000	S1H	6.000	4.800	3.600	3.000
S3	7.000	5.600	4.200	3.500	S3	10.000	8.000	6.000	5.000	S3	10.000	8.000	6.000	5.000
C1L	7.000	5.600	4.200	3.500	C1L	10.000	8.000	6.000	5.000	C1L	10.000	8.000	6.000	5.000
C1M	4.000	3.200	2.400	2.000	C1M	8.000	6.400	4.800	4.000	C1M	8.000	6.400	4.800	4.000
C1H	2.000	1.600	1.200	1.000	C1H	6.000	4.800	3.600	3.000	C1H	6.000	4.800	3.600	3.000
PCL	7.000	5.600	4.200	3.500	PCL	10.000	8.000	6.000	5.000	PCL	10.000	8.000	6.000	5.000
RML	7.000	5.600	4.200	3.500	RML	8.000	6.400	4.800	4.000	RML	8.000	6.400	4.800	4.000
RMM	4.000	3.200	2.400	2.000	RMM	6.000	4.800	3.600	3.000	RMM	6.000	4.800	3.600	3.000
URML	8.000	6.400	4.800	4.000	URML	10.000	8.000	6.000	5.000	URML	10.000	8.000	6.000	5.000
SRC1L	7.000	5.600	4.200	3.500	SRC1L	10.000	8.000	6.000	5.000	SRC1L	10.000	8.000	6.000	5.000
SRC1M	4.000	3.200	2.400	2.000	SRC1M	8.000	6.400	4.800	4.000	SRC1M	8.000	6.400	4.800	4.000
SRC1H	2.000	1.600	1.200	1.000	SRC1H	6.000	4.800	3.600	3.000	SRC1H	6.000	4.800	3.600	3.000

完全損害(無倒塌) 完全損害(倒塌)

• 人員傷亡分級，共4級

S1 僅需基本治療，不需住院；

S2 需較多的醫療手續且需住院，但無生命危險；

S3 若無適當且迅速的醫療，將有立即的生命危險；

S4 立即死亡

圖 5.21、TELES 各模型建物損害所引致的傷亡率

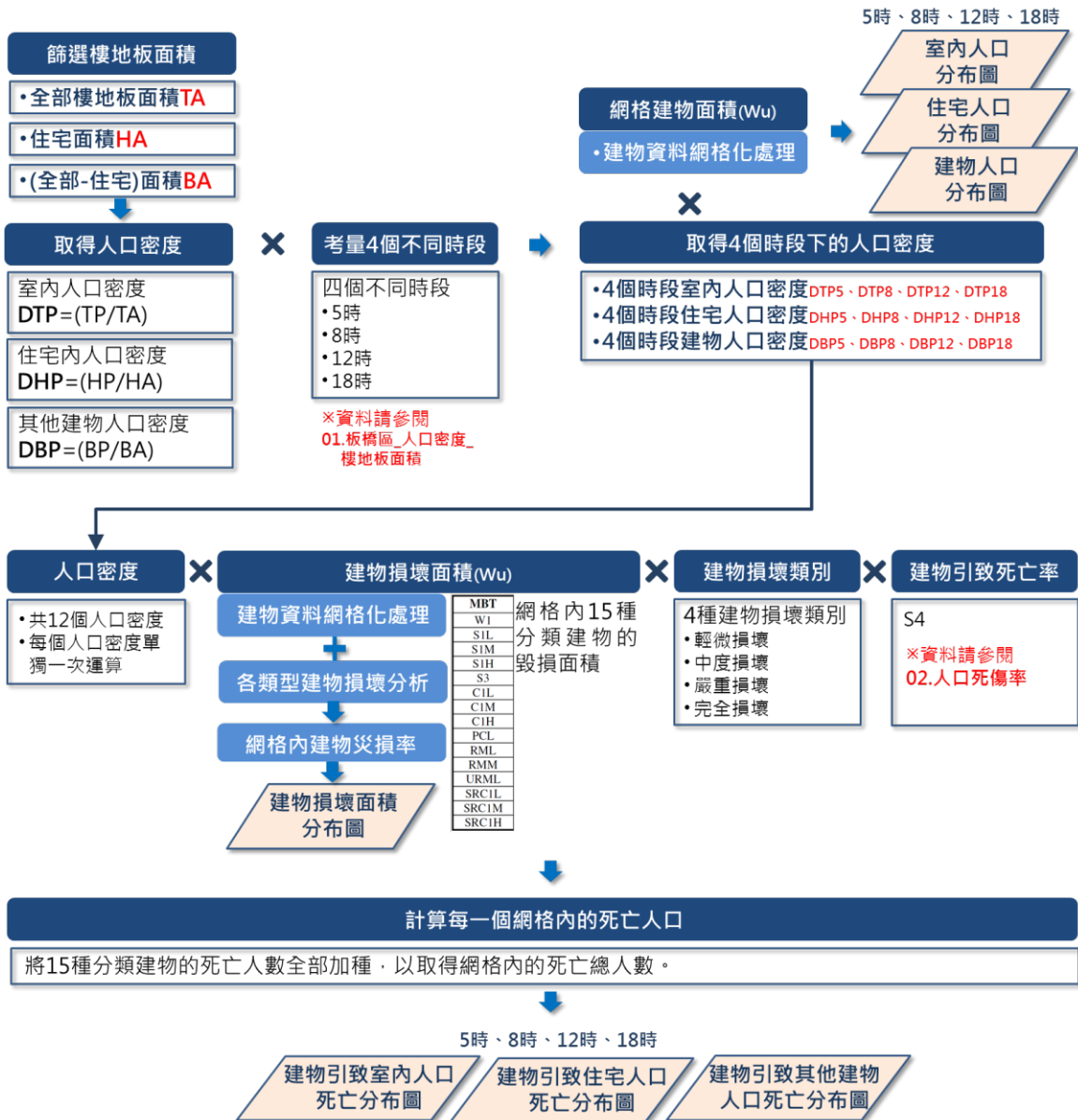


圖 5.22、震後建物毀損引致人員傷亡資料庫與評估技術介接規劃流程

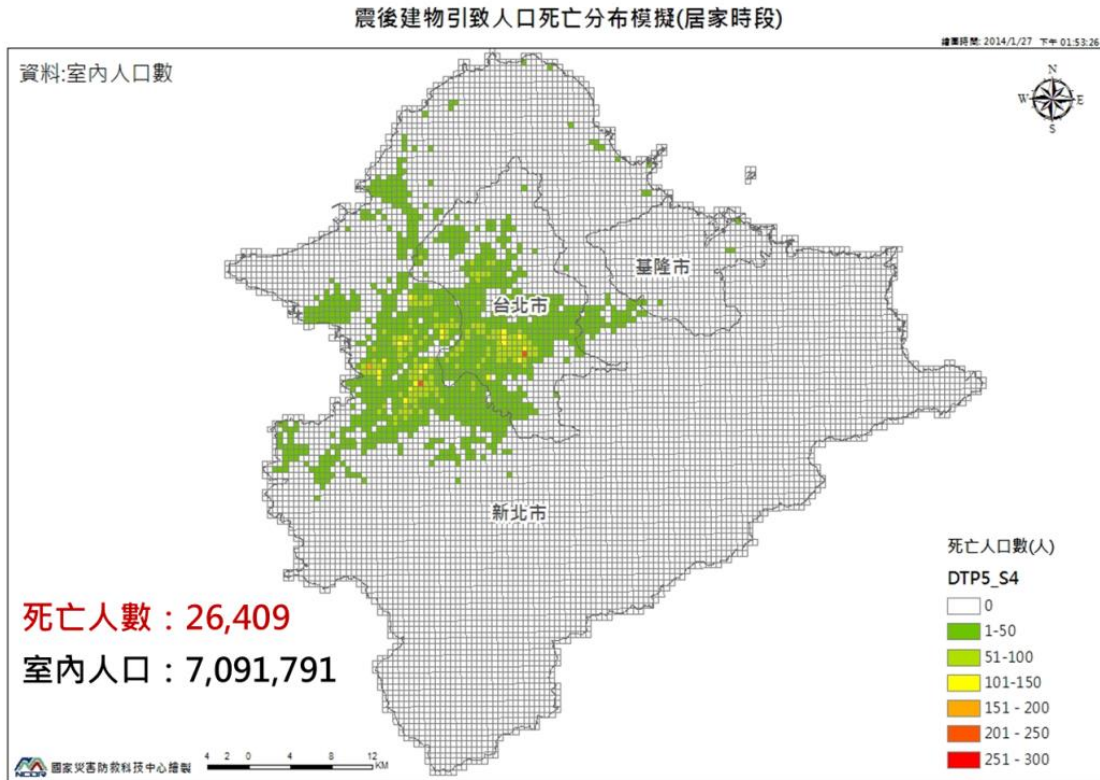


圖 5.23、震後建物毀損引致人員死亡分布模擬(居家時段)

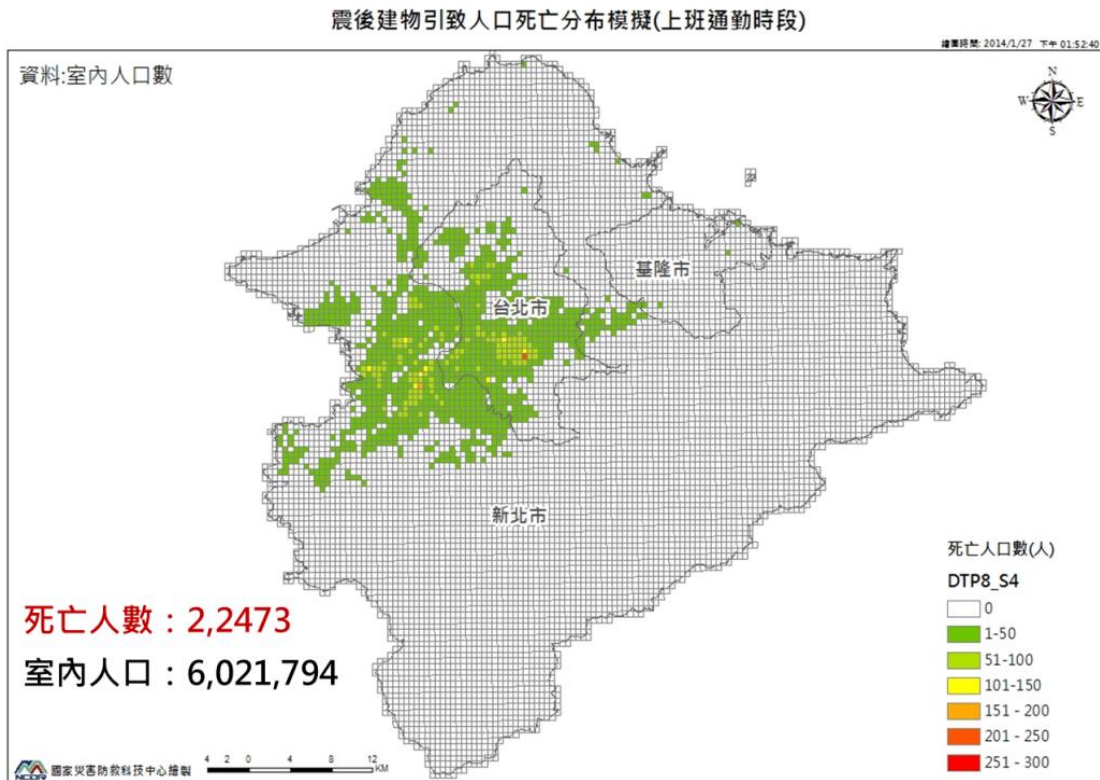


圖 5.24、震後建物毀損引致人員死亡分布模擬(上班通勤時段)

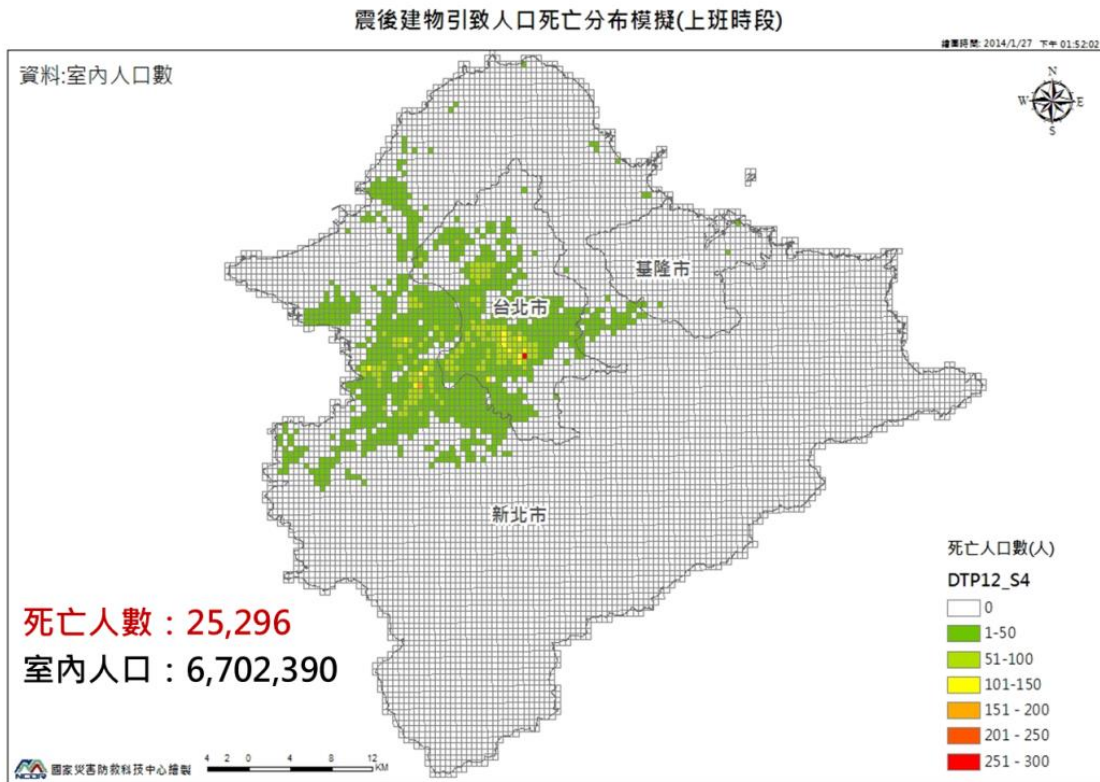


圖 5.25、震後建物毀損引致人員死亡分布模擬(上班時段)

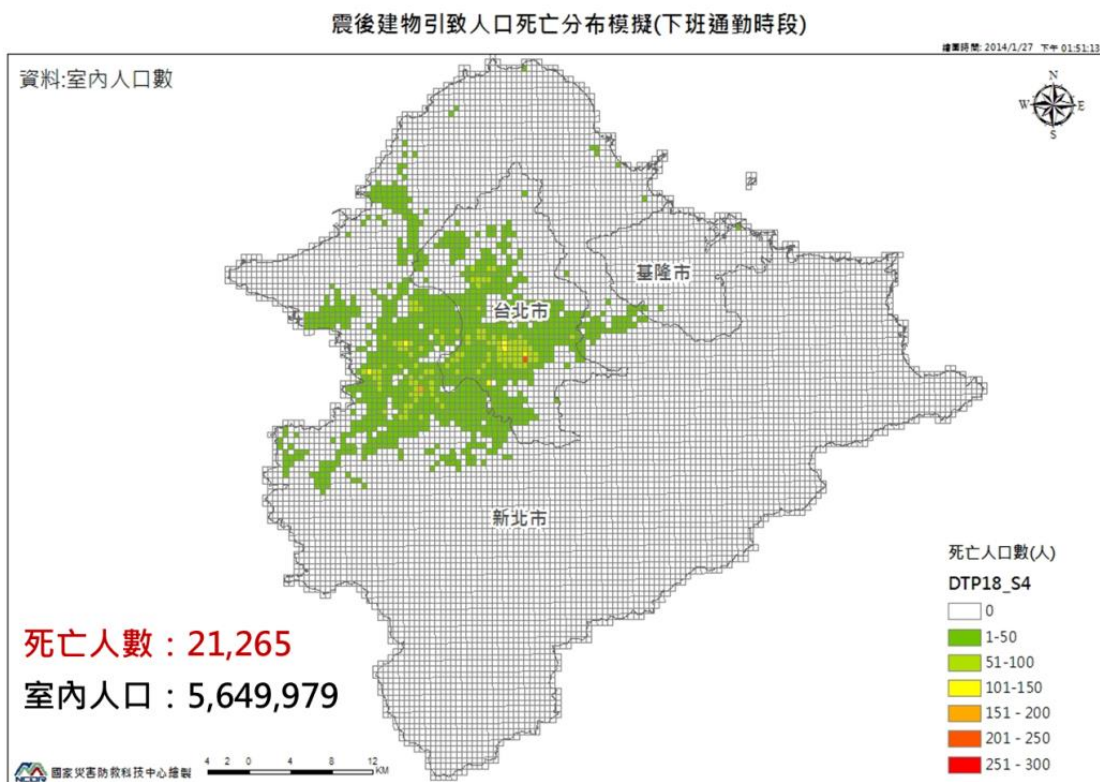


圖 5.26、震後建物毀損引致人員死亡分布模擬(下班通勤時段)

第六章 結論與建議

本報告主要評估大臺北地區之高潛勢地震源與挑選合宜之地動預估方法，並計算大臺北地區高潛勢地震源之地動分布圖資，結合網格化工程鑽孔資料進行土壤液化評估，並且建立建物與人員的災損評估模式，整合地動模擬與災害潛勢評估技術與成果。目前本研究利用模型建物作建物損壞機率的分析，其中應用 TELES 的部份建物模式與參數，未來希望能夠召開學者專家座談會進行討論與交換意見，尋求外部協商合作的機會，提升建物損害評估技術、模式參數的精確度。此外，未來各地區人口資訊若能因應時間、所在環境來給予細緻的人口數據資訊，並且透過人口分布圖提供空間性資訊，同時在資料格式上可配合不同分區邊界來建置人口資料，是為較符合現今人口資料運用的期待。

參考文獻

- Applied Technology Council (1996), "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings," Vol. 1, Report No. SSC 96-01, Redwood city, CA, U.S.A.
- Federal Emergency Management Agency (2013), Earthquake Model, Hazus-MH2.1 Technical Manual, Department of Homeland Security, USA.
- Hsu, M. T. (1983), "Estimation of Earthquake Magnitudes and Seismic Intensities of Destructive Earthquakes in Ming and Ching eras," Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 29, p. 1-18.
- Ishihara, K and Yoshimine, M. (1992), "Evaluation of Settlements in Sand Deposits Following Liquefaction during Earthquake," Soils and Foundations, Vol. 32, No. 1, p. 173-188.
- Iwasaki, T., Arakawa, T. and Tokida, K. (1982), "Simplified Procedures for Assessing Soil Liquefaction during Earthquakes," Proceedings of the Conference on Soil Dynamics & Earthquake Engineering, Southampton, p. 925-939.
- Jean, W. Y. and Loh C. H. (2001), "A Study on the Classification of Site Effects and its Application to the Seismic Hazard and Microzonation," 10th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, SDEE'2001, Volume of Extended Abstracts, p. 82.
- Jean, W. Y., Chang, Y. W., Wen, K. L. and Loh, C. H. (2006), "Early Estimation of Seismic Hazard for Strong Earthquakes in Taiwan," Natural Hazards, Vol. 37, p. 39-53.
- Lee, C. T., Cheng, C. T., Liao, C. W. and Tsai, Y. B. (2001), "Site Classification of Taiwan Free-field Strong-Motion Stations," Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 91, p. 1283-1297.
- Lin, P. S. and Lee, C. T. (2008), "Ground-Motion Attenuation Relationships for Subduction-Zone Earthquakes in Northeastern Taiwan," Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 98, p. 220-240.
- Lin, P. S., Lee, C. T., Cheng, C. T. and Sung, C. H. (2011), "Response Spectral Attenuation Relations for Shallow Crustal Earthquakes in Taiwan," Engineering Geology, Vol. 121, p. 150-164.

- Liu, K. S. and Tsai, Y. B. (2005), "Attenuation Relationships of Peak Ground Acceleration and Velocity for Crustal Earthquakes in Taiwan," *Bulletin of the Seismological Society of America*. Vol. 95, p. 1045-1058.
- Risk Management Solution, Inc., (1997), *Earthquake Loss Estimation Method - HAZUS97 Technical Manual*, National Institute of Building Science, Washington, D. C.
- Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., and Chung, R.M. (1985), "The Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluation," *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, Vol. 111, No. 12, p. 1425-1445.
- Tokimatsu, K. and Yoshimi, Y. (1983), "Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT N-value and Fines Content," *Soils and Foundations*, Vol. 23, No. 4, p. 56-74.
- Well, D. L. and Coppersmith, K. J. (1994), "New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Area, and Surface Displacement," *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 84, p. 974-1002.
- Wu, Y. M., Shin, T. C. and Chang, C. H. (2001), "Near Real-Time Mapping of Peak Ground Acceleration and Peak Ground Velocity Following a Strong Earthquake," *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 91, p. 1218-1228.
- Youd, T. L. and Perkins, D. M. (1978), "Mapping Liquefaction-Induced Ground Failure Potential," *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 104, No. GT4, p. 433-446.
- 中央防災會議事務局(2007)，中央防災會議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第31回)，中部圏・近畿圏の内陸地震に係る被害想定結果について(案)～基本被害～，P.50。
- 內政部營建署(2011)，建築物耐震設計規範及解說。
- 日本道路協會(1996)，道路橋示方書・同解説—V耐震設計編。
- 行政院主計處(2012)，99年人口及住宅普查總報告提要分析，台北市。
- 李志剛、秦中天(1998)，「台北盆地大地工程特性」，*土木技術雜誌*，第六期，第37-49頁。
- 李崇正、熊大綱(2001)，「台北盆地土壤液化潛能圖之製作研究(II)」，*國家地震工程研究中心報告*，NCREE-01-007。

- 林啟文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧 (2007)，臺灣北部的活動斷層-兩萬五千分之一活動斷層條帶說明書，經濟部中央地質調查所。
- 林朝榮 (1957)，台灣地形，台灣省文獻委員會，共 424 頁。
- 洪如江(1966)，「台北盆地各土壤之物理特性」，國立臺灣大學工程學刊，第 10 期，第 194-217 頁。
- 張順強 (2009)，「場址特性分析及最大速度衰減模式校正」，國立中央大學碩士論文。
- 張毓文 (2002)，「場址特性分析及最大加速度衰減模式校正」，國立中央大學碩士論文。
- 黃俊鴻(2003)，「土壤液化風險評估之研究」，國科會專題研究計畫報告，NSC91-2625-Z-008-010。
- 黃富國、陳正興(2000)，「土壤液化之機率分析法」，土工技術，第 82 期，第 43-56 頁。
- 新北市政府消防局 (2012)，「新北市地震災損評估系統期末報告」，新北市政府 101 年度委託專業服務案。
- 經濟部中央地質調查所(2011)，「三維都市防災地質資訊整合分析與建置(2/4)」，經濟部中央地質調查所 100 年度委辦計畫。
- 葉錦勳(2003)，「台灣地震損失評估系統-TELES」，國家地震工程研究中心，NCREE-03-002。
- 葉錦勳(2006)，「地震危害度分析與震災境況模擬技術整合研究 (I)」，國家地震工程研究中心，NCREE-06-015。
- 葉錦勳(2007)，「地震危害度分析與震災境況模擬技術整合研究 (II)」，國家地震工程研究中心，NCREE-07-040。
- 劉坤松(1999)，「台灣地區強震地動衰減模式之研究」，國立中央大學博士論文。
- 蔡昇達(1999)，「地震災害風險評估及地震保險之風險管理」，未出版之碩士論文，國立中央大學。
- 賴聖耀、謝明志、蘇吉立、陳志芳(2003)，「港灣地區地震監測與土壤液化潛能評估之研究」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，MOTC-IOT-91-HA01-1。