

新北市地震災害潛勢評估與損失分析案例探討

林柏伸¹、謝寶珊¹、李易叡¹、顏銀桐¹、邵國士¹、鄭錦桐¹

財團法人中興工程顧問社

摘 要

為加強新北市地震防災應變能力，減少地震災損，以及考慮近期北台灣區之地質調查新事證以及地震學研究的新進展，本研究對於新北市鄰近之孕震源進行檢討，繪製地震災害潛勢圖，並且進行地震災害損失評估，提供新北市防災預警機制之參考，有效統籌防災應變所需之情資，以快速提供地震危險潛勢地區之防災、救災參考。

針對可能影響新北市的斷層震源、區域震源及隱沒帶震源，以地震目錄資料搭配地質資料建立不同震源的活動機率模型，以供後續地震危害度分析使用。從新北市周圍可能影響的震源，計算新北市各區的地震危害度曲線。每區設定其形成心座標為計算地震危害度分析使用之作標點，並以Lee and Tsai (2008)的研究成果中擷取該點座標的Vs30值輸入地震危害度分析參數之中，分別計算PGA、反應譜加速度SA0.3秒、SA1.0秒不同回歸期的危害度。從各區的地震危害度分析結果進行參數拆解分析後，擬定各區的境況模擬地震，地震境況模擬所需的參數包括：地震規模、震央位置、震源深度、斷層破裂型態(正斷層、逆斷層、走向滑移斷層)等。

本研究以國家地震工程研究中心的TELES地震災害損失評估系統，模擬境況地震發生時新北市之地表振動強度分布、建築物的損害狀態及數量，進而推估境況模擬地震所可能引致的人員傷亡、經濟損失。

由本研究針對新北市內各區所計算的地震危害度，搭配TELES的房建物資料庫、人口經濟資料庫與易損性分析，可以進行各區的地震風險分析及地震風險曲線計算。研究成果可做為防災提前部署、減災規劃之參考，並可經由提高公眾防災意識與擬定疏散避難計畫之非工程手段方式加強新北市防災應變功能。



Taiwan Geosciences Assembly
台灣地球科學聯合學術研討會

新北市地震災害潛勢評估 與損失分析案例探討

林柏伸、謝寶珊、李易叡、顏銀桐、邵國士、鄭錦桐

財團法人中興工程顧問社
防災科技研究中心



財團法人中興工程顧問社



防災科技研究中心
Disaster Prevention Technology Research Center

簡報大綱

- 前言
- 地震災害潛勢分析
 - 機率式地震危害度分析
 - 震源活動特性
 - 區域震源
 - 活動斷層
 - 隱沒帶震源
 - 地動預估式GMPE
 - 場址效應
- 台灣北部危害度分析成果
- 新北市區域地震境況模擬
- 結論與建議

前言

- **災害防救法第22條**

- 「為減少災害發生或防止災害擴大，各級政府平時應依權責實施下列減災事項：...七、災害潛勢、危險度、境況模擬與風險評估之調查分析及適時公布其結果。」

- **災害防救法施行細則第9條**

- 「直轄市、縣（市）政府及鄉（鎮、市）公所每二年應依相關災害防救計畫與地區災害發生狀況及災害潛勢特性等進行勘查、評估，檢討地區災害防救計畫；必要時，得隨時辦理之。」

- **地質與地震新事證**

- 山腳斷層調查
- 日本311東北大地震:隱沒帶

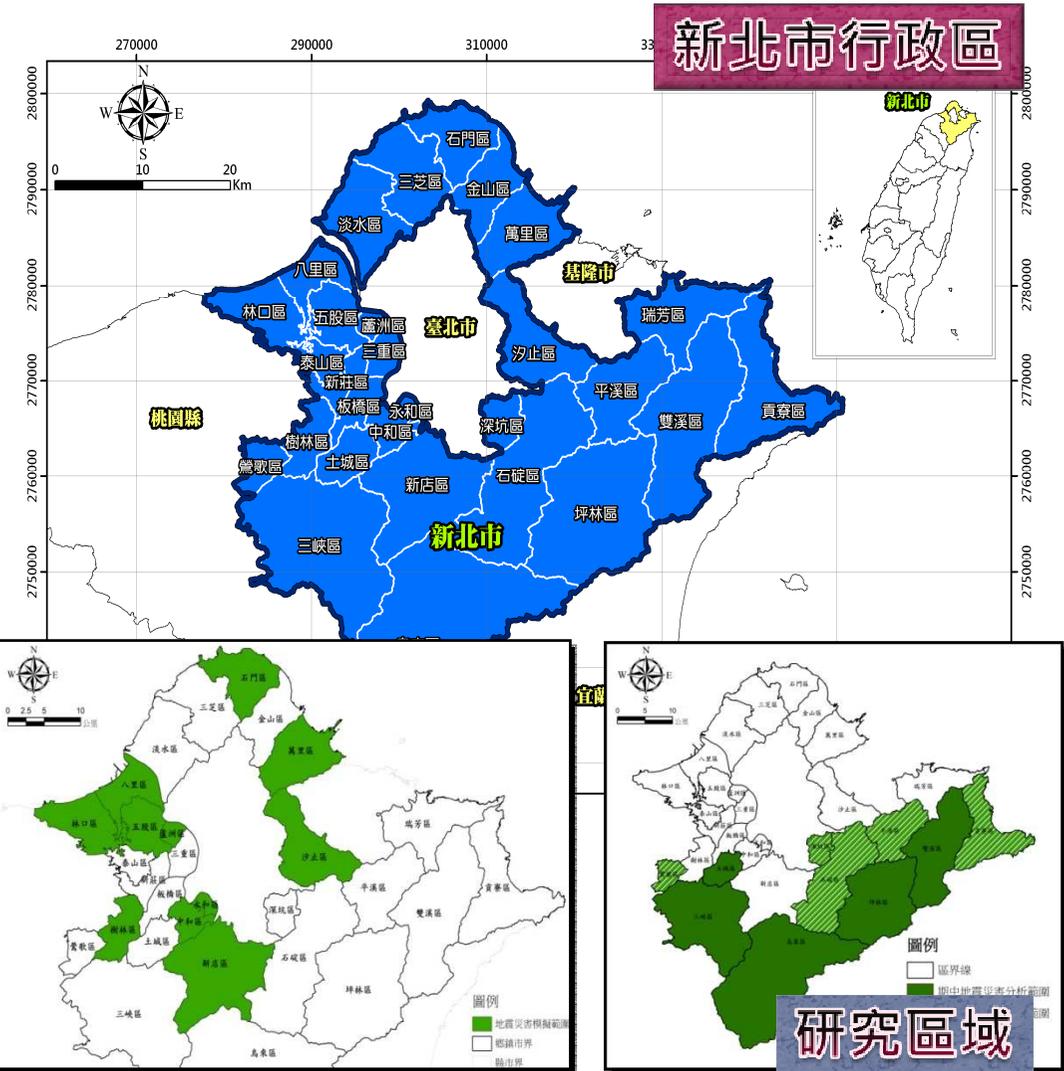
- **更新新北市境況模擬與風險評估之需求**

緣起

- ◆ 即時掌握可能受災影響之區域範圍及對象，並**檢討現有之危險潛勢區域疏散撤離及應變機制**，期能以非工程手段方式加強新北市防災應變功能。
- ◆ 期能**整合**新北市淹水潛勢圖資、土石流防災地圖及**地震災害潛勢圖**等，以**快速提供危險潛勢地區災害供防災、救災參考**。

地震災害分析

- 第一年度範圍：蘆洲、五股、林口、萬里、汐止、中和、永和、八里、石門、新店、樹林等11個行政區。
- 第二年度期中範圍：土城、三峽、烏來、拉林、雙溪等5個行政區。

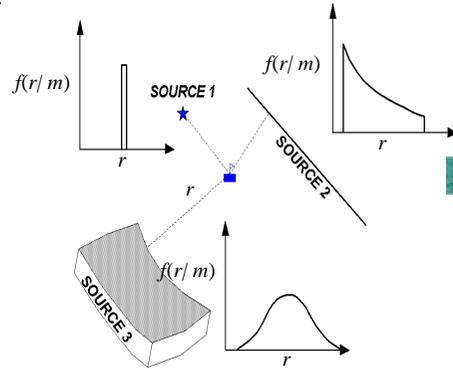
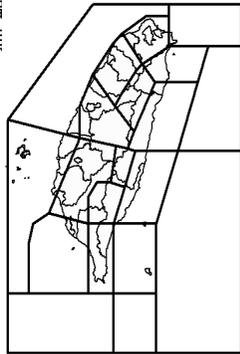


機率式地震危害度分析(PSHA)評估流程

1. 孕震源評估

評估可能影響場址的孕震源

- 活動斷層
- 區域震源
- 隱沒帶

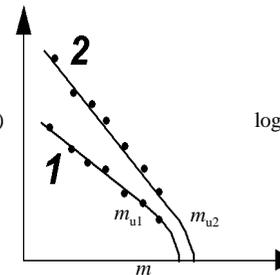


2. 活動性評估

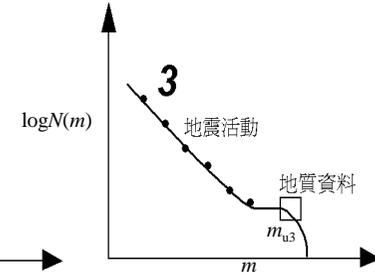
評估各個孕震源的活動特性

- 地震目錄分析
- 震源幾何形貌
- 斷層滑移速率
- 地震發生率
- 最大可能地震

指數規模分佈模式



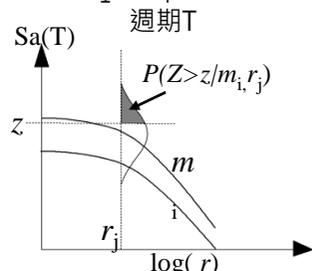
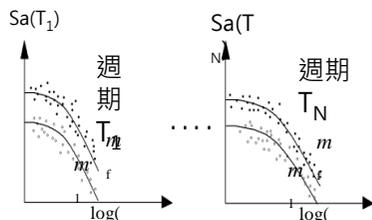
特徵地震模式



3. 地動預估式GMPE

評估當地震發生後，場址所在位置的地動值

- 以Vs30考慮場址特性
 - 地殼地震與隱沒帶地震不同
 - 建立週期($T_1 \sim T_N$)的反應譜振幅值地動預估式
- 註： $Sa(T_i)$ 為週期 T_i 時的加速度反應譜， $m_1 \sim m_f$ 為地震規模。

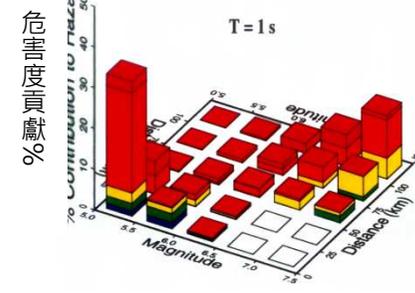
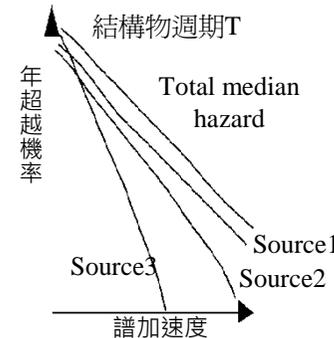


強地動超越的條件機率

計算地動預估式在規模 m_i 及距離 r_j 時，強地動 $Sa(T)$ 超越 z 的機率

4. 危害度曲線計算與參數拆解

考慮各孕震源的位置與場址的相對位置，並計算其活動特性，以地動預估式評估可能的地動值，最後計算得到某一強地動值的年超越機率，繪製危害度曲線圖。參數拆解可檢視各震源對於整體危害度貢獻。

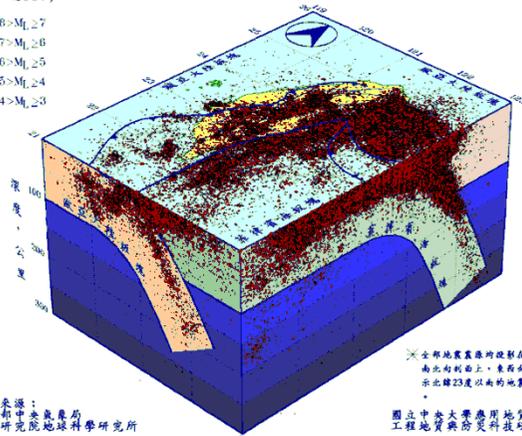


台灣北部主要震源類型

地震目錄

臺灣的地震與地體構造
(1900-2007)

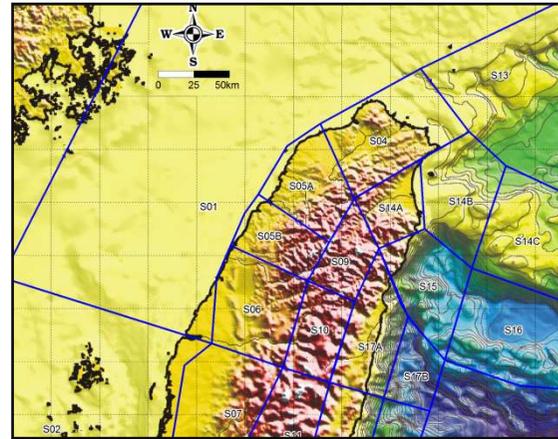
- $8 > M_L \geq 7$
- $7 > M_L \geq 6$
- $6 > M_L \geq 5$
- $5 > M_L \geq 4$
- $4 > M_L \geq 3$



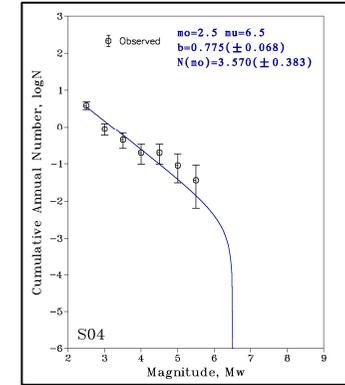
地震資料來源：
1. 交通部中央氣象局
2. 中研院地球科學研究所

* 全部地震震源的投影在水平面呈扇形分布，愈靠南則密度愈高，表示北緯23度以南的地震震源分布。
國立中央大學應用地質研究所
工程地質與防災科技研究室製

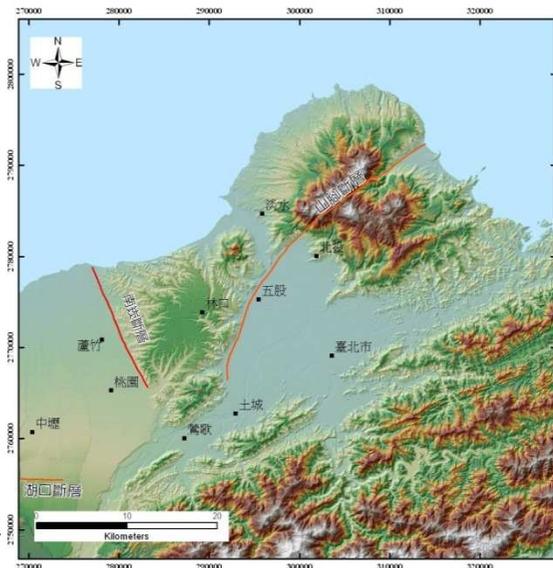
區域震源



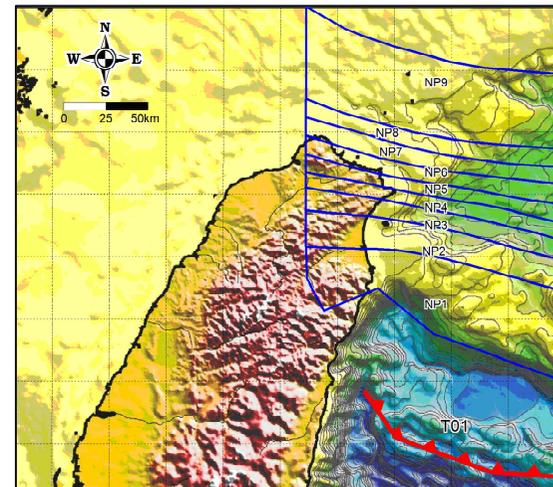
截切指數模式



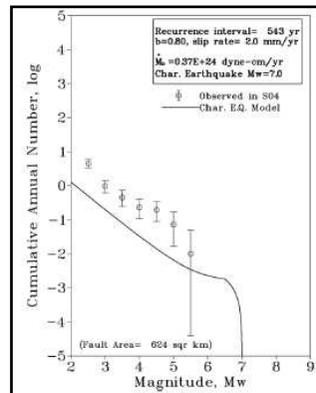
斷層震源



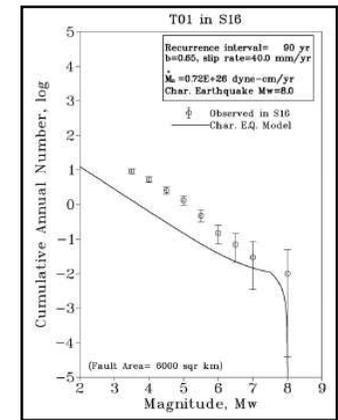
隱沒帶震源



特徵地震模式

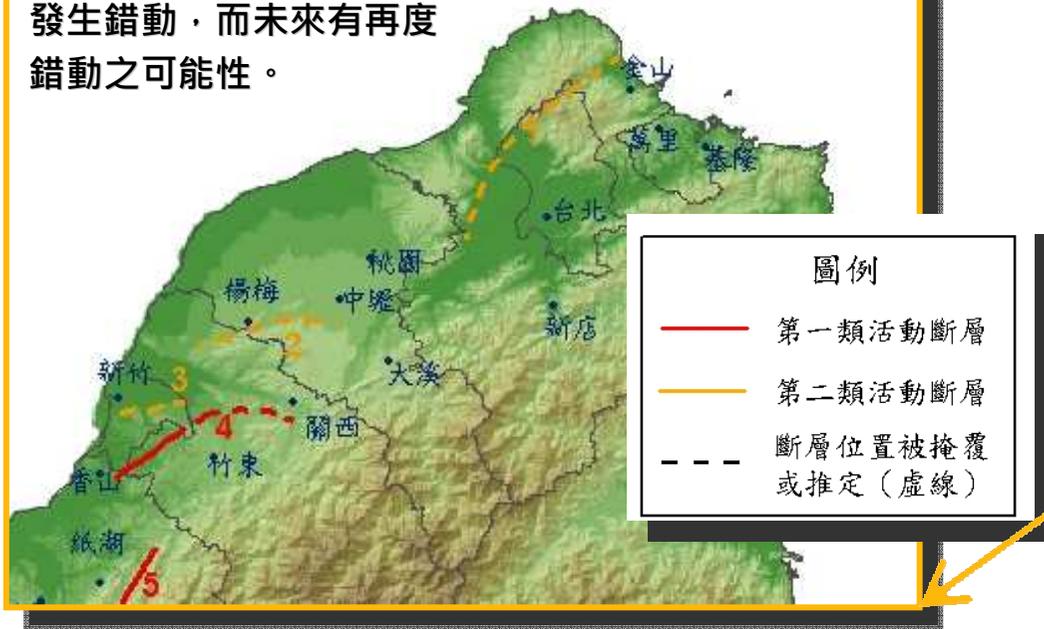


板塊界面特徵地震模式



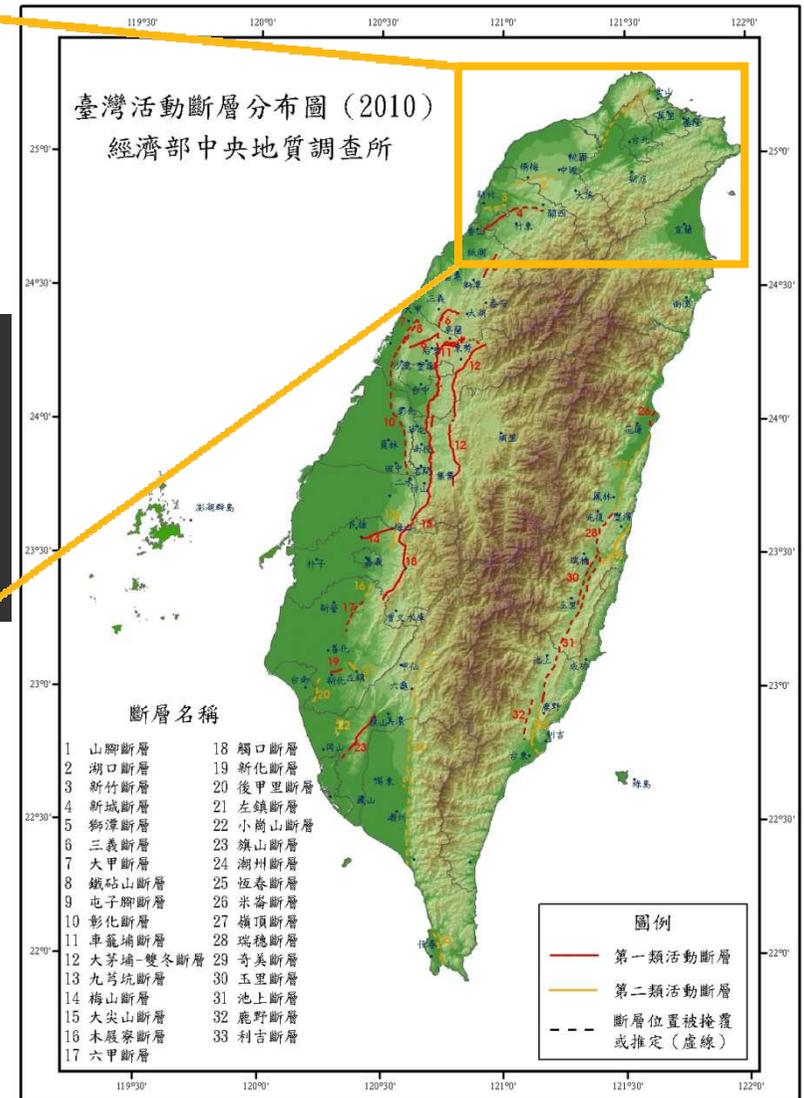
台灣活動斷層分布圖(2010)

斷層在過去某時段內曾經發生錯動，而未來有再度錯動之可能性。



第二類活動斷層 (更新世晚期活動斷層) :

- 1.更新世晚期 (距今約10萬年內) 以來曾經發生錯移之斷層。
- 2.錯移階地堆積物或台地堆積層之斷層。



影響強地動的三大效應-震源、路徑與場址

$$Y = yE = b_1 f_1(M) f_2(R) f_3(M, R) f_4(K) E$$

Y : 真實之地表加速度,

y : 推估之地表加速度

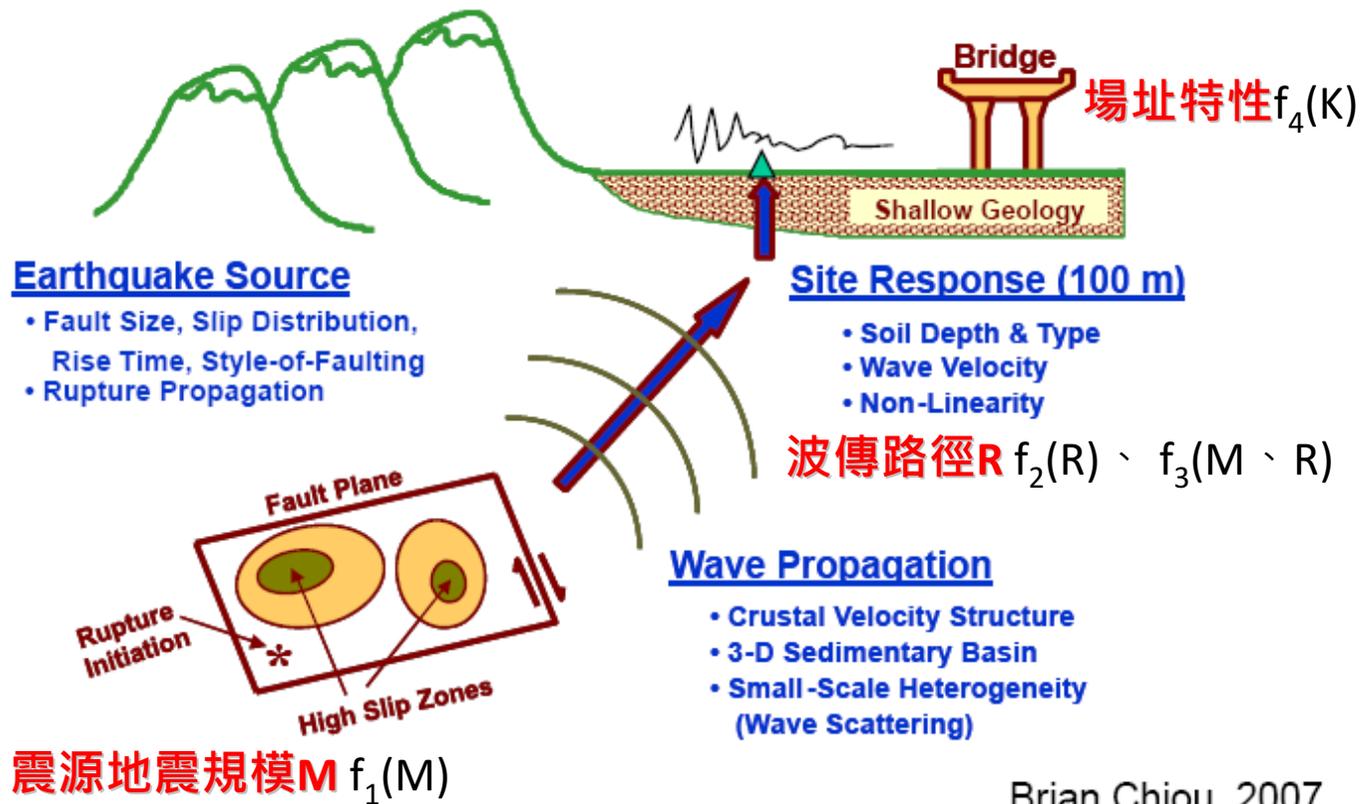
E : 隨機變數(random variable)

$f_1(M)$ 是規模的增函數(increasing function)

$f_2(R)$ 是距離的減函數(decreasing function)

$f_3(M, R)$ 是規模和距離的函數

$f_4(K)$ 是場址效應(site effect)的修正係數

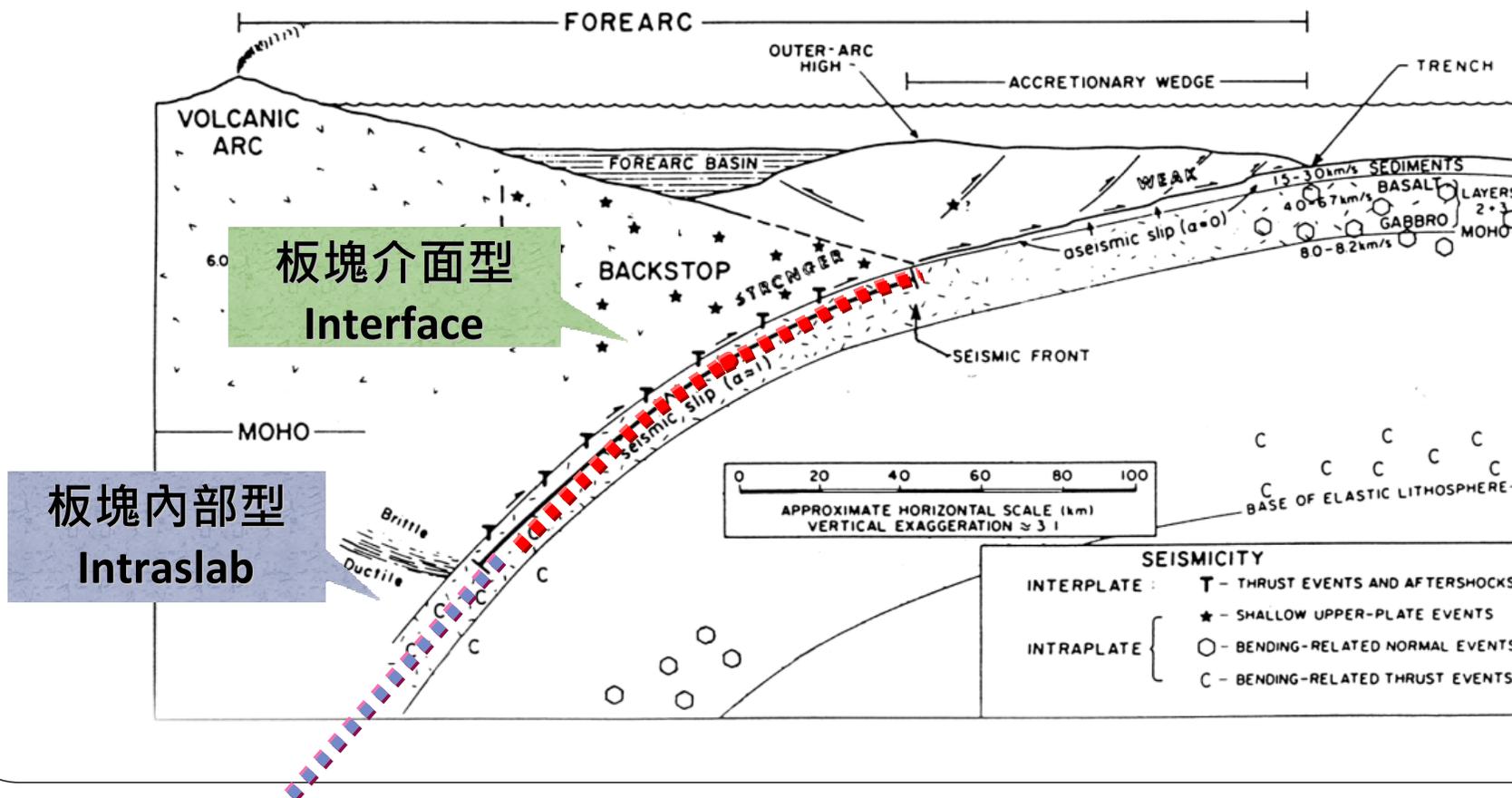


本研究隱沒帶GMPE(Lin and Lee, 2008)

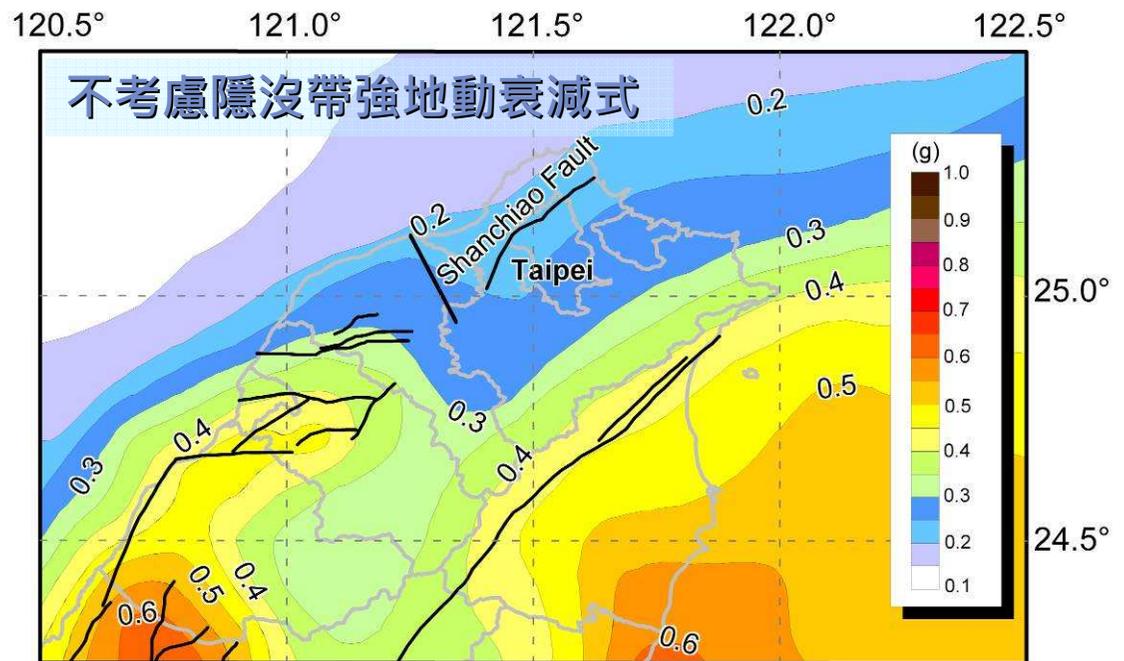
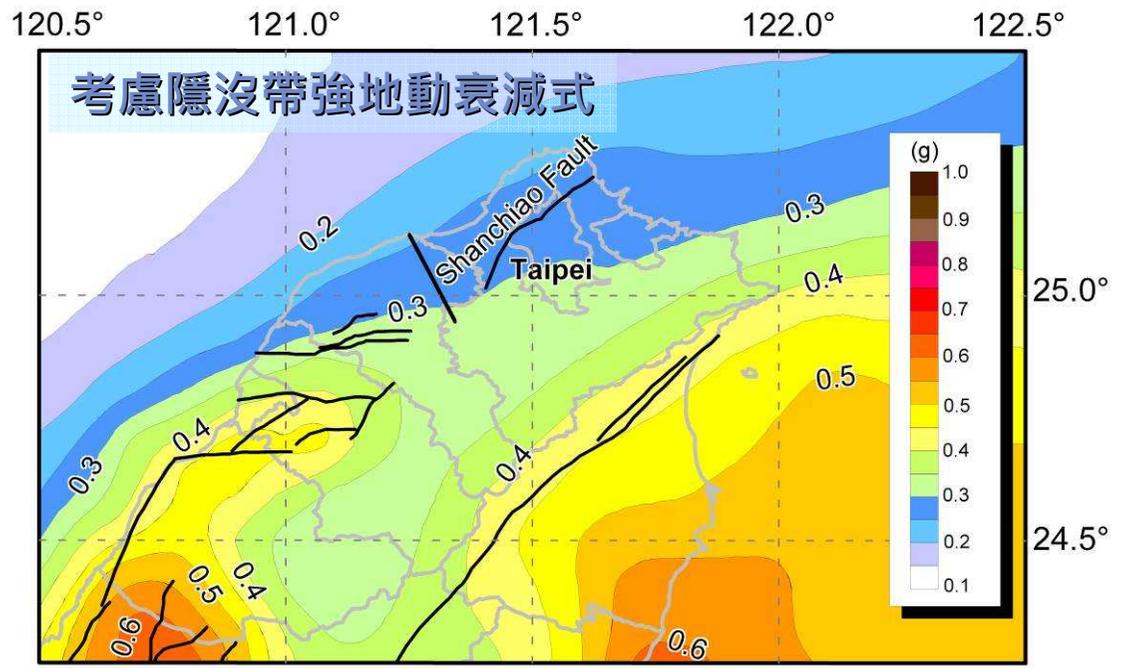
$$\ln(\text{PGA}) = -2.5 + 1.205M - 1.905 \ln(R + 0.516 \exp(0.6325)) + 0.0075H + 0.275Z_t$$

M 是地震矩規模， PGA 是水平向最大地表加速度， R 是距離， H 是震源深度，

Z_t 為地震種類(板塊介面型地震或板塊內部型地震 ($Z_t=0$: Interface, $Z_t=1$: Intraslab))

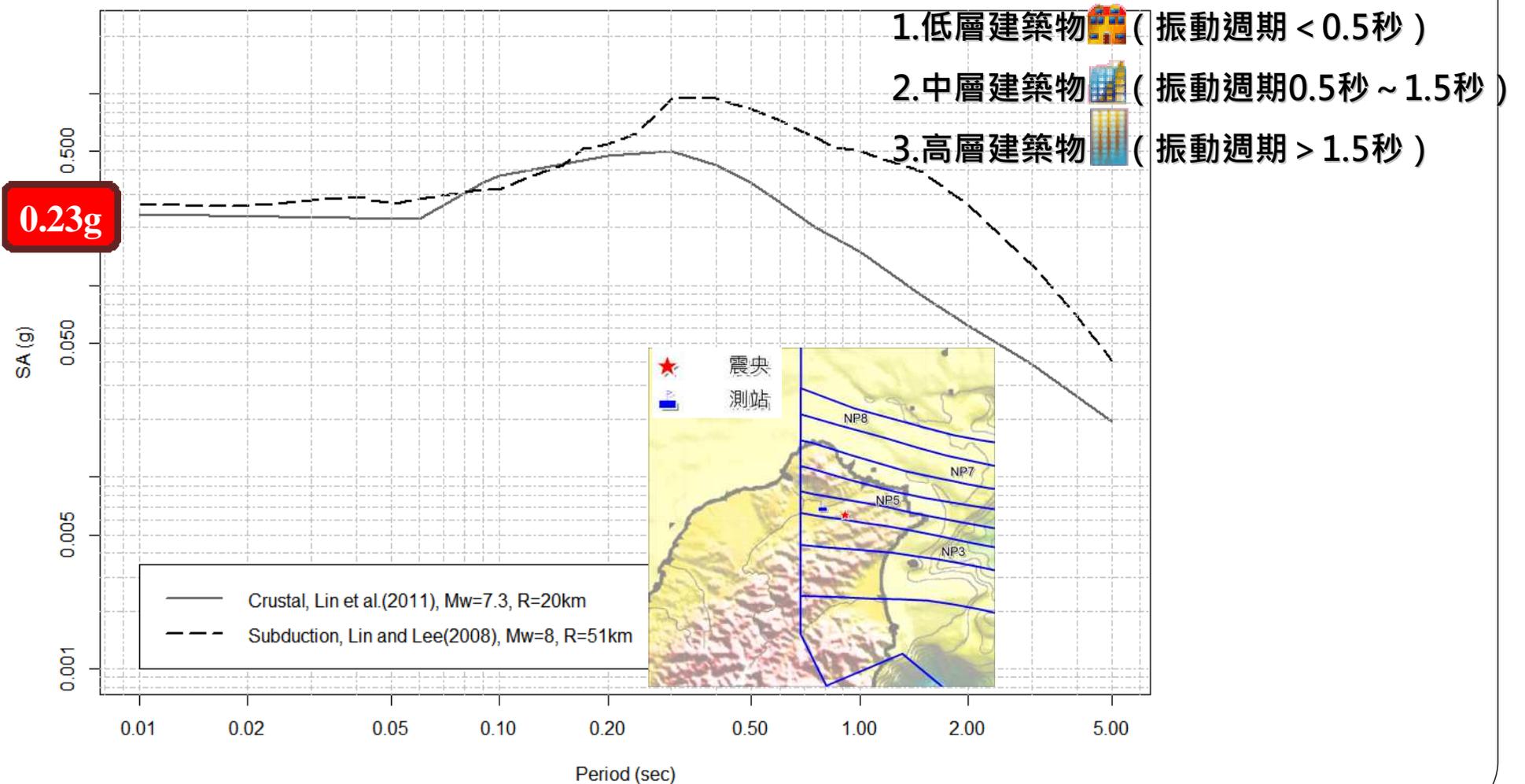


未考慮
隱沒帶衰減式
台北盆地的強地動
將低估約2成
(Cheng et al. 2010)

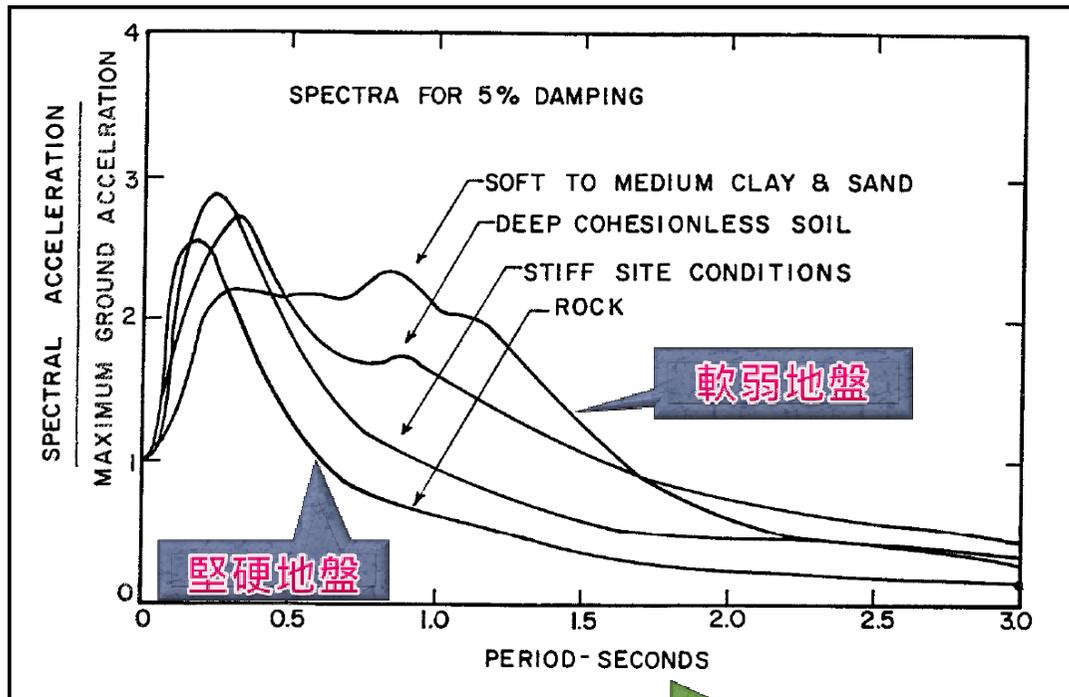


不同震源類型不同反應譜型

Spectral shape for Crustal and Subduction Earthquake

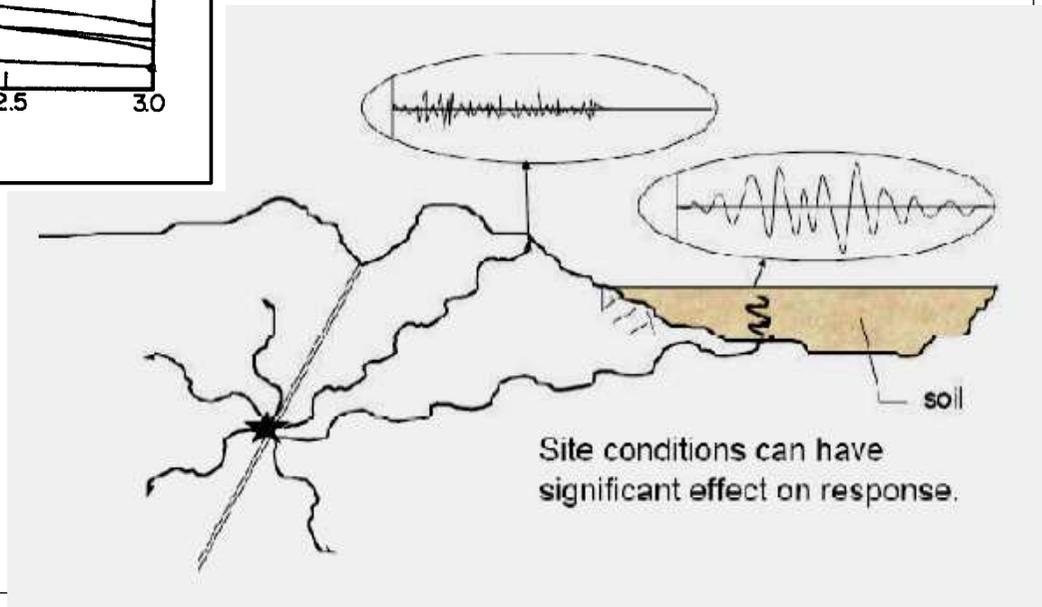


場址效應：不同地盤條件不同反應譜型



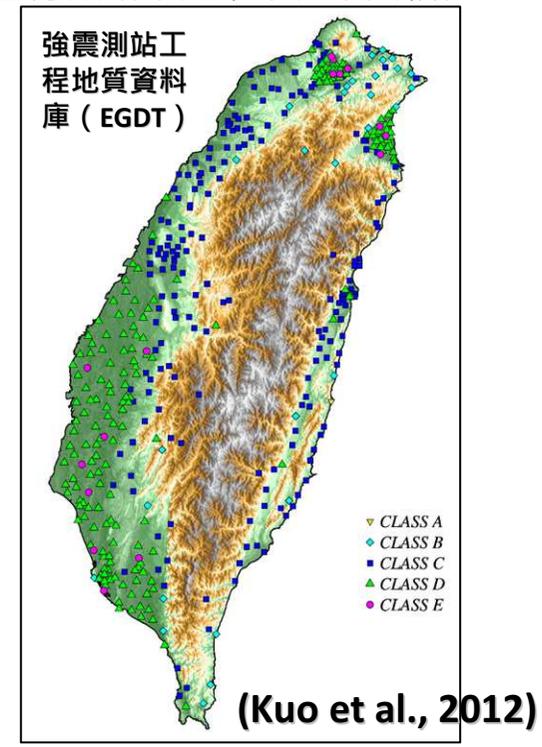
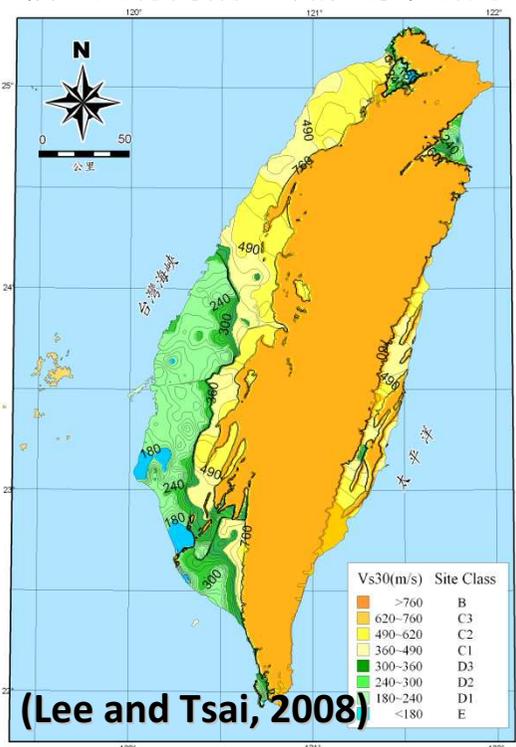
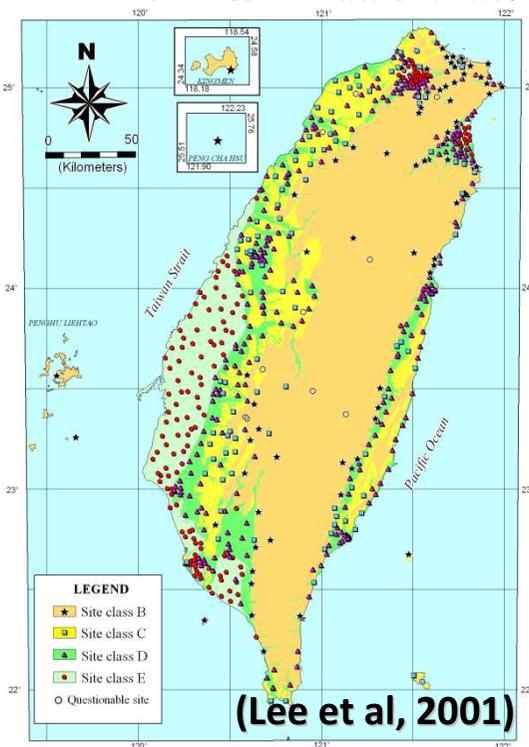
Average acceleration spectra for different site conditions (Seed, Ugas, and Lysmer 1976, courtesy of Seismological Society of America)

週期越長



場址效應：TSMIP測站之地盤分類

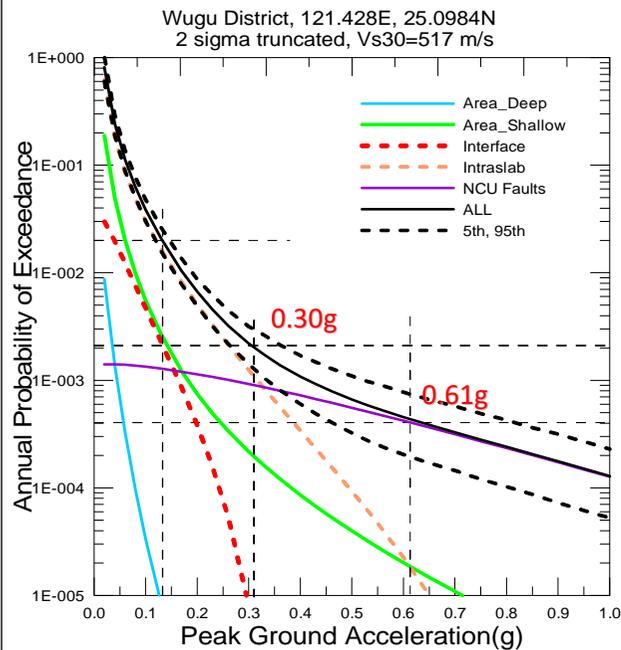
- ▶ Lee et al. (2001) 以地質圖、數值地形、剪力波速及 SPT-N 值，參考 Borchardt (1994a, b) 的地盤分類方法，依據 1997 NEHRP 地盤分類標準，進行全台灣地盤分類。
- ▶ Lee and Tsai (2008) 搜集並檢核強震測站鑽探資料，以高品質剪力波速度資料進行與 SPT-N 值關係研究，建立剪力波速度推估模式。並運用地質統計方法進行空間資料分析，對各個鑽孔所計算的 V_{s30} 進行內插，提出以 V_{s30} 為基礎之全臺灣強震站場址分類結果。
- ▶ Kuo et al. (2012) 發現最適合台灣的地質條件下使用的 V_{s30} 外插法乃是最簡單的底部速度定值法 (BCV)，依據 NEHRP 公布的 V_{s30} 地盤分類準則 (BSSC, 2001)，對所有已鑽探之自由場強震站(四百多個)進行場址分類，進一步與前人之相關研究成果比較並進行討論，以說明本研究地盤分類結果之準確性確實較佳。



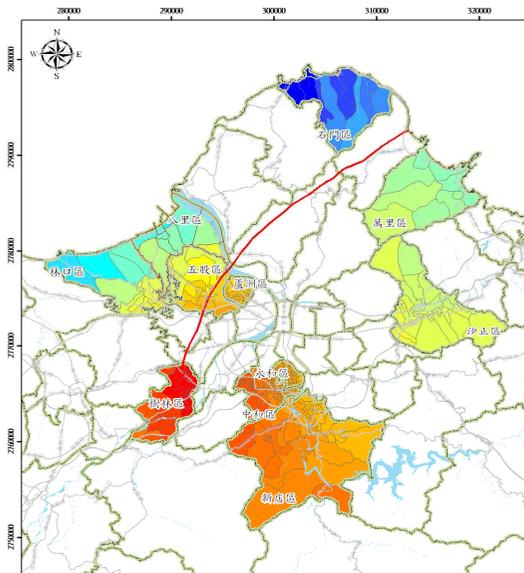
台灣北部危害度分析成果

地震災害損失分析流程與架構

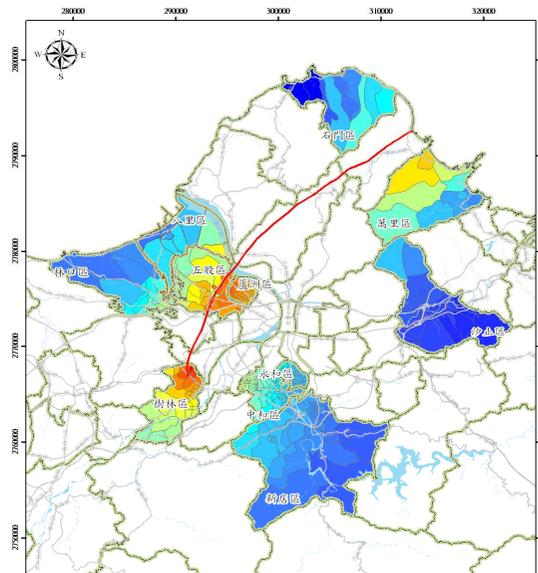
五股區危害度曲線圖



11區475年回歸期地震潛勢圖



11區2475年回歸期地震潛勢圖

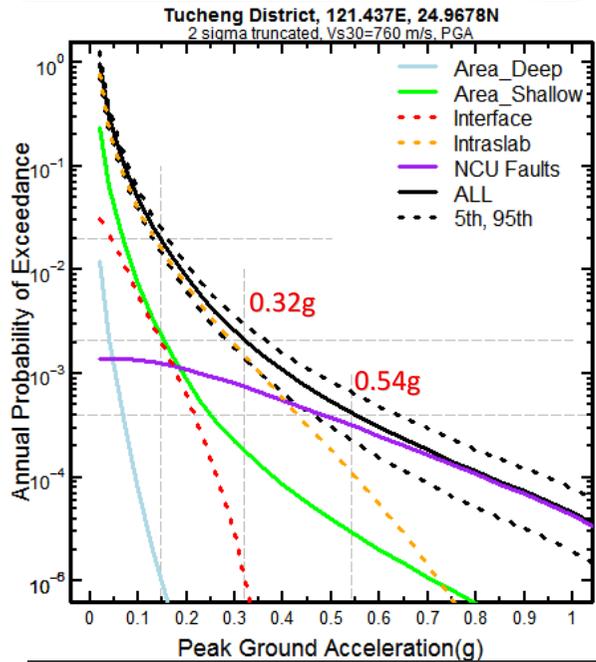


五股區475年PGA危害度參數拆解

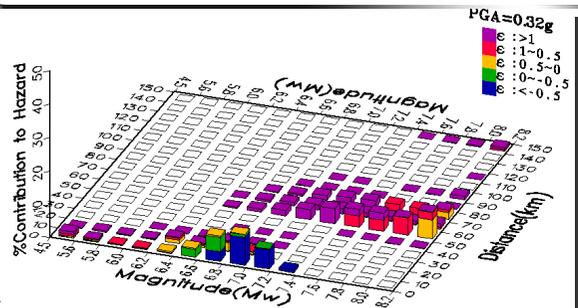
- ◆ 每區設定其形心座標為計算地震危害度分析使用之坐標點。
- ◆ 以Lee and Tsai (2008)的研究成果中擷取該點坐標的Vs30值輸入地震危害度分析參數之中，分別計算PGA、反應譜加速度SA0.3秒、SA1.0秒不同迴歸期的危害度

地震災害損失分析流程與架構

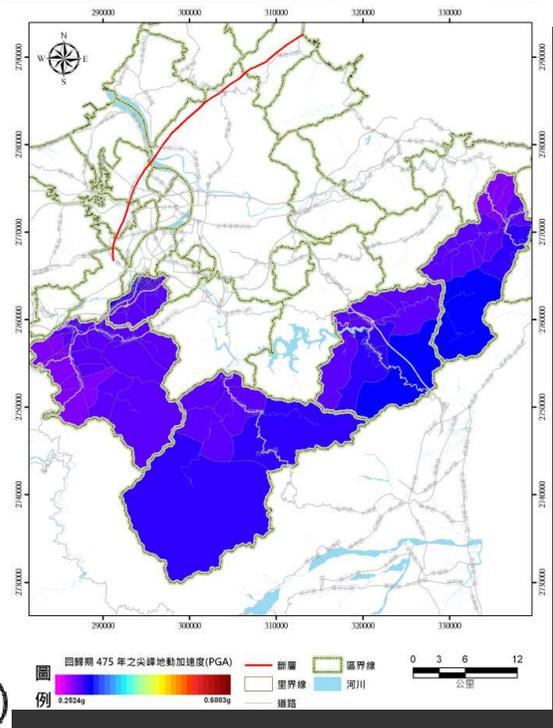
土城區危害度曲線圖



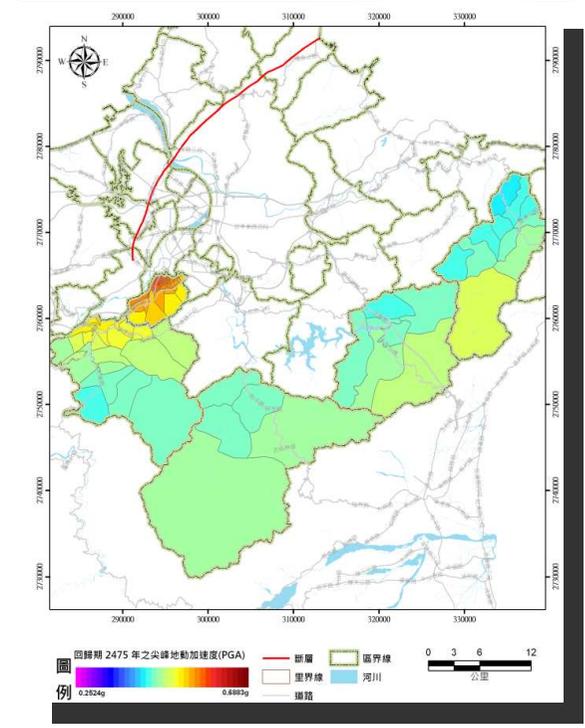
土城區475年PGA危害度參數拆解



5區475年回歸期地震潛勢圖



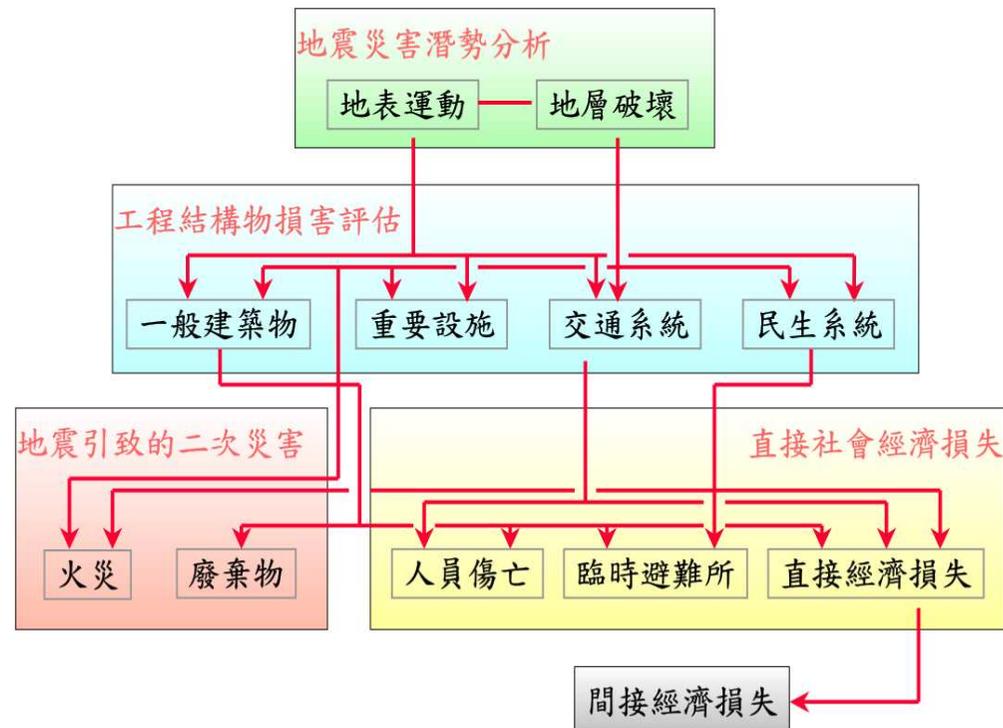
5區2475年回歸期地震潛勢圖



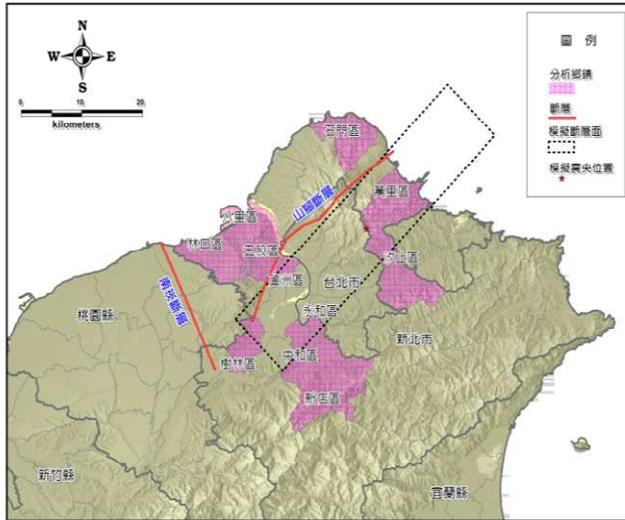
- ◆ 每區設定其形心座標為計算地震危害度分析使用之坐標點。
- ◆ 以Lee and Tsai (2008)的研究成果中擷取該點坐標的Vs30值輸入地震危害度分析參數之中，分別計算PGA、反應譜加速度SA0.3秒、SA1.0秒不同迴歸期的危害度

地震災害損失分析流程與架構

- 根據本計畫完成的16個行政區之地震危害度曲線及震源參數拆解結果，擬定出境況模擬地震事件，以國家地震工程研究中心所開發的台灣地震損失評估系統(TELES)進行各區的境況地震災損評估分析。
- **模擬境況地震作用下之地表振動強度、建築物的損害狀態及數量**，進而推估地震所引致的人員傷亡、經濟損失。

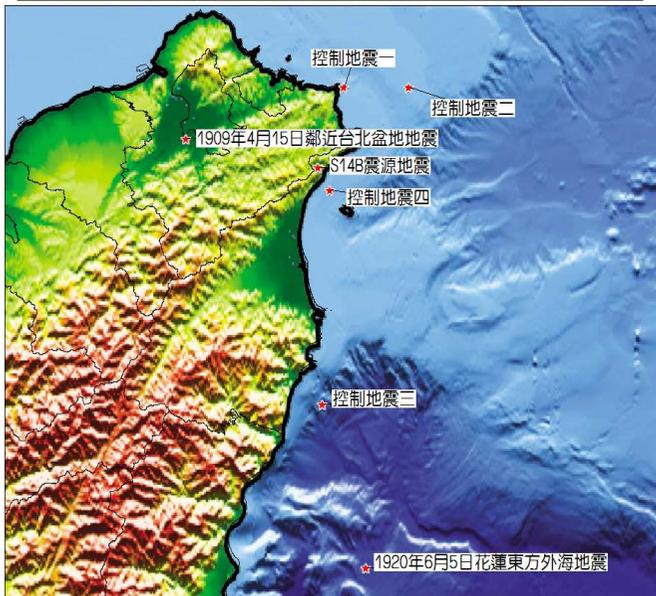


災害境況模擬



本計畫所擬定的境況模擬地震事件表

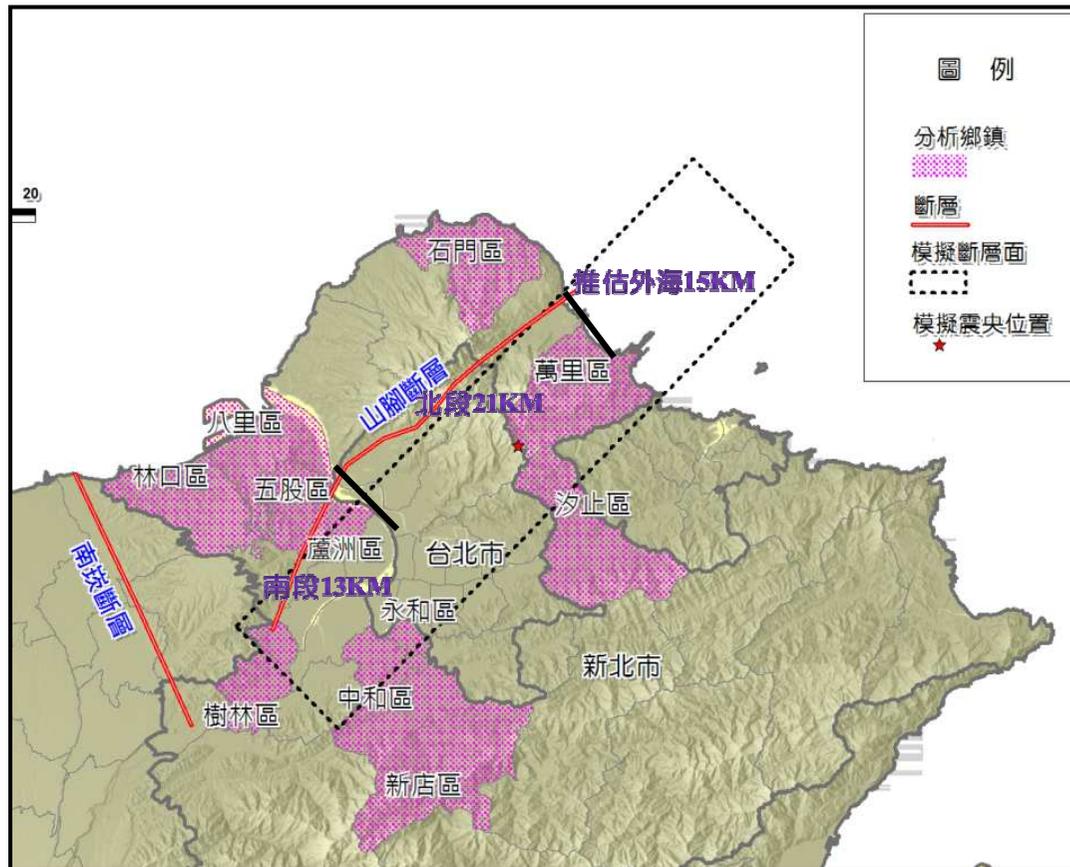
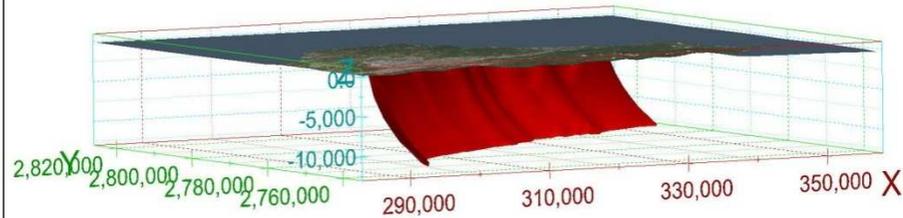
境況模擬地震事件	經度	緯度	深度	地震矩規模 M_w	*芮氏地震規模 M_L
山腳斷層	121.6	25.14	10	7.1	6.79
1909_04_15台北盆地	121.5	25	80	7.3	6.92
1920_06_05_花蓮外海	122.13	23.92	20	8.3	7.50
S14B震源地震	121.87	24.93	10	7.5	7.04



國震中心對於新北市所設定的控制地震事件表

境況模擬地震事件	經度	緯度	深度	表面波規模 M_s	*芮氏地震規模 M_L
控制地震一	121.94	25.12	10	7.36	7.08
控制地震二	122.12	25.12	10	7.42	7.12
控制地震三	121.88	24.38	10	7.44	7.13
控制地震四	121.9	24.88	10	7.21	6.97

山腳斷層陸域[南段與北段]及 海域推估破裂分佈以及斷層幾何模型示意圖



- 破裂方向北45度東
- 長度50公里
- 寬度22公里
- 傾角60度
- TELES預設震源位置於斷層面中心

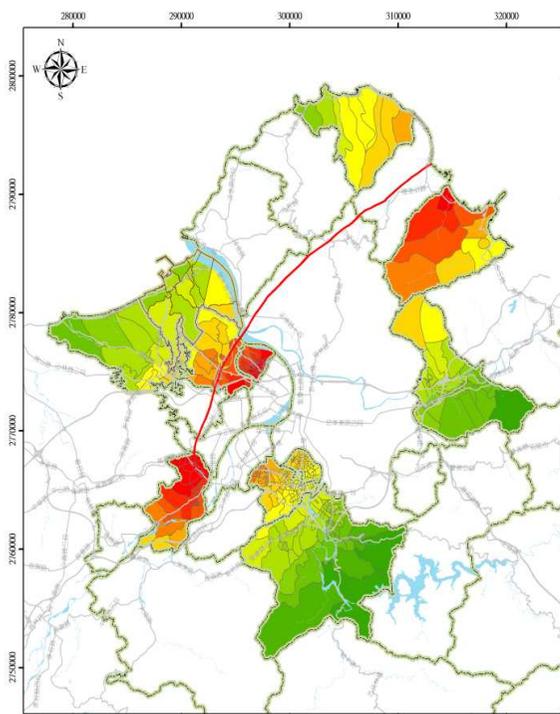
陸域：台灣北部的活動斷層-二萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書(2007)

海域：王天楷等人(2007)

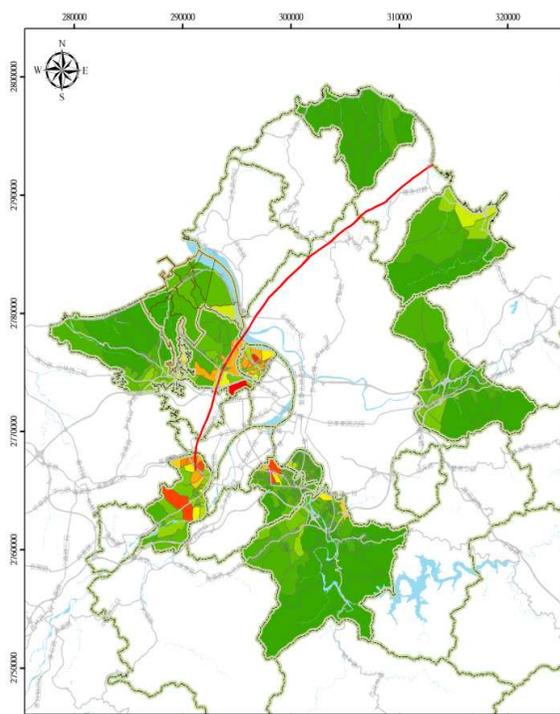
災害境況模擬-損失彙整表

境況模擬地震事件	經度	緯度	深度	芮氏地震規模 M _L	一般建物直接經濟損失(百萬)
山腳斷層	121.6	25.14	10	6.79	127,775
1909_04_15 台北盆地	121.5	25	80	6.92	2,483
1920_06_05_花蓮外海	122.125	23.925	20	7.50	10
S14B 震源地震	121.87	24.93	10	7.04	12,336
控制地震一	121.94	25.12	10	7.08	8,706
控制地震二	122.12	25.12	10	7.12	3,412
控制地震三	121.88	24.38	10	7.13	825
控制地震四	121.9	24.88	10	6.97	7,687

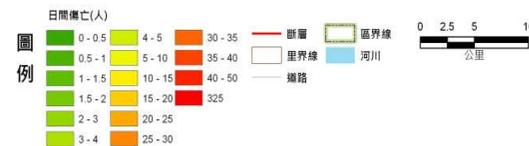
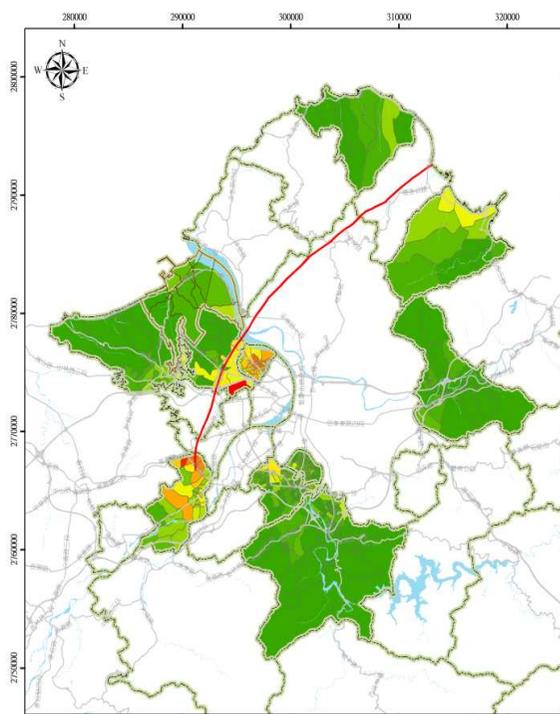
蘆洲等11區災害境況模擬-山腳斷層



PGA分布

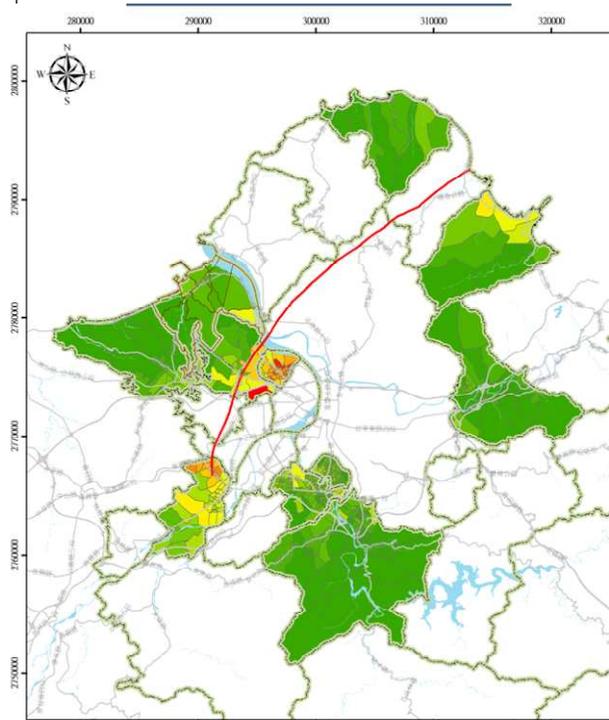


建物直接經濟損失

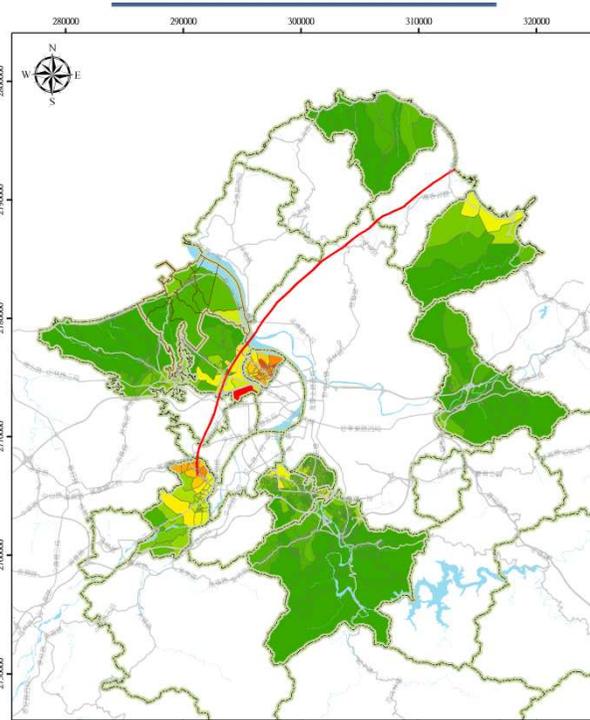


日間人員傷亡

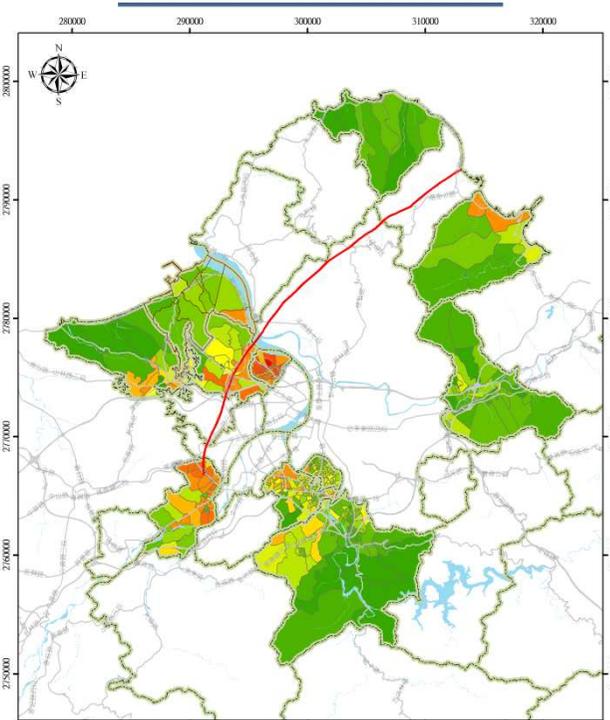
蘆洲等11區災害境況模擬-山腳斷層



夜間人員傷亡

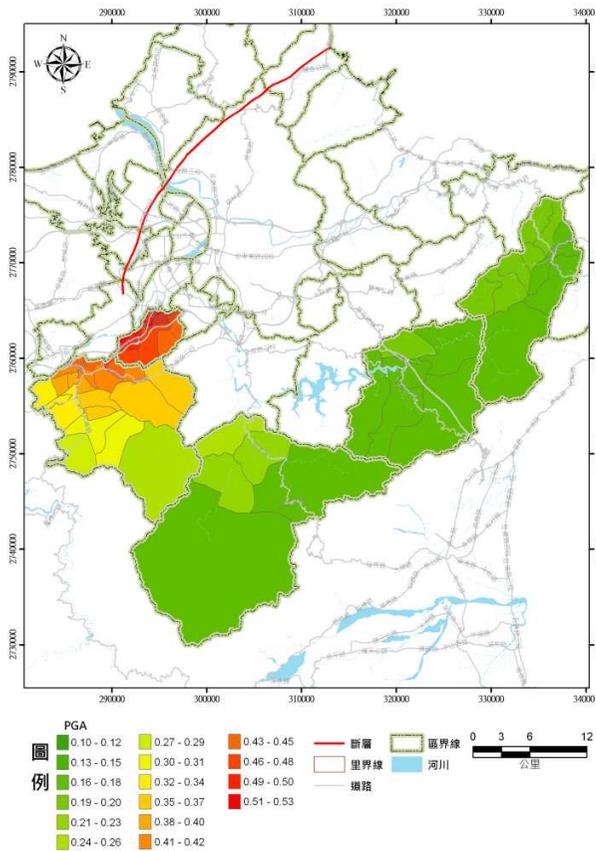


假日及通勤時間傷亡人數

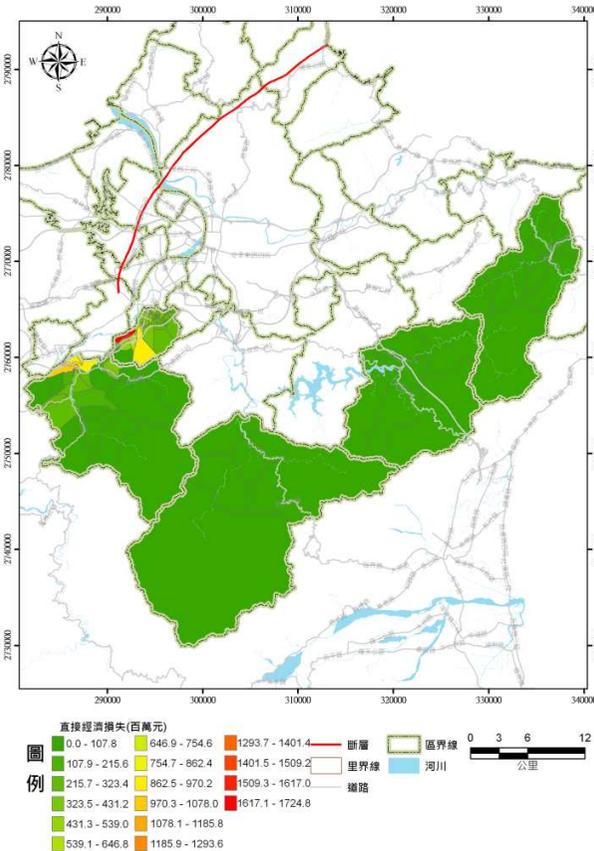


避難人數

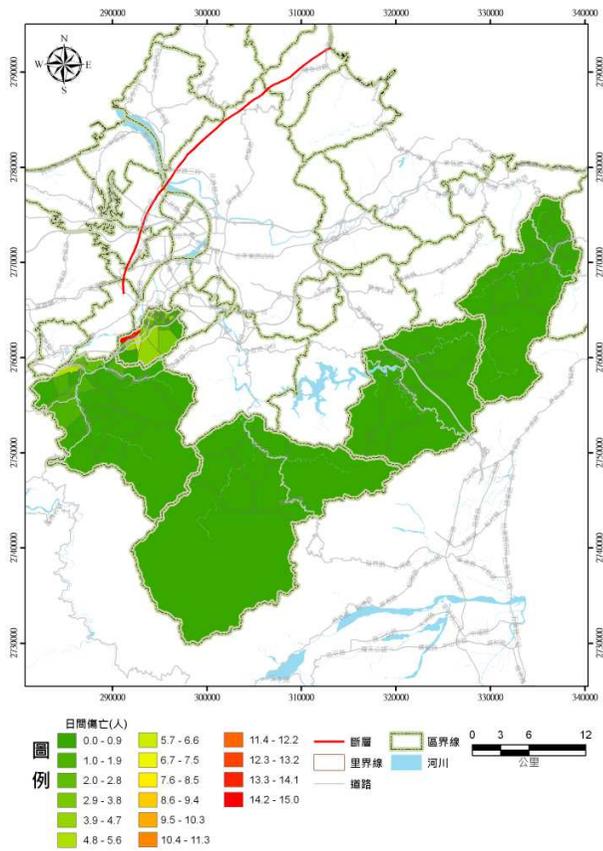
土城等5區災害境況模擬-山腳斷層



PGA分布



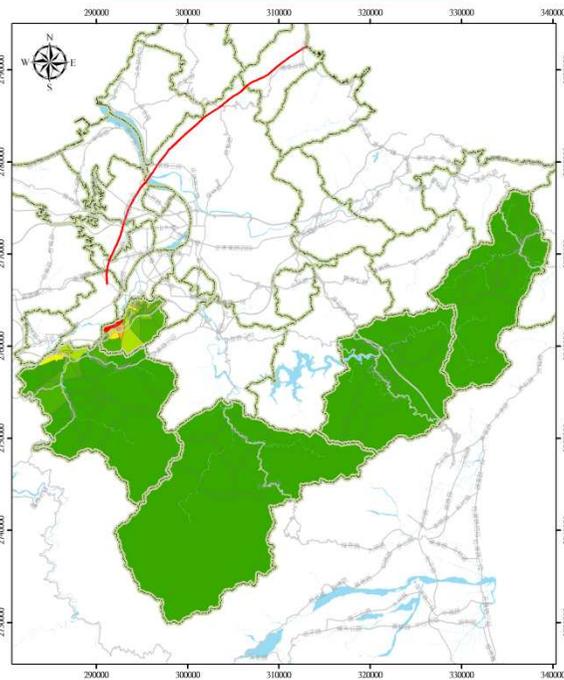
建物直接經濟損失



日間人員傷亡

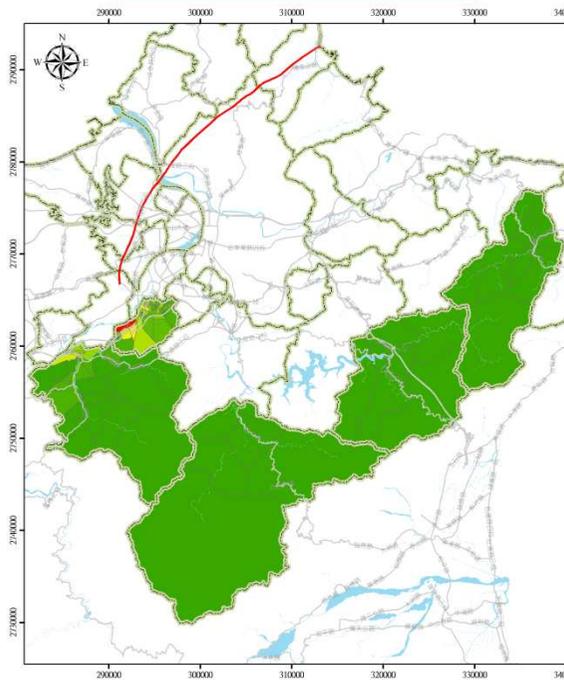
土城等5區災害境況模擬-山腳斷層

新北市境況模擬圖



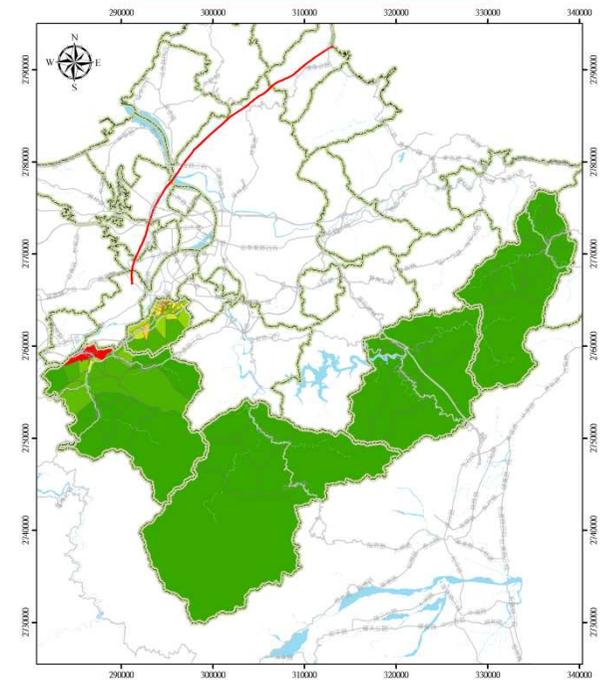
夜間人員傷亡

新北市境況模擬圖



假日及通勤時間傷亡人數

新北市境況模擬圖



避難人數

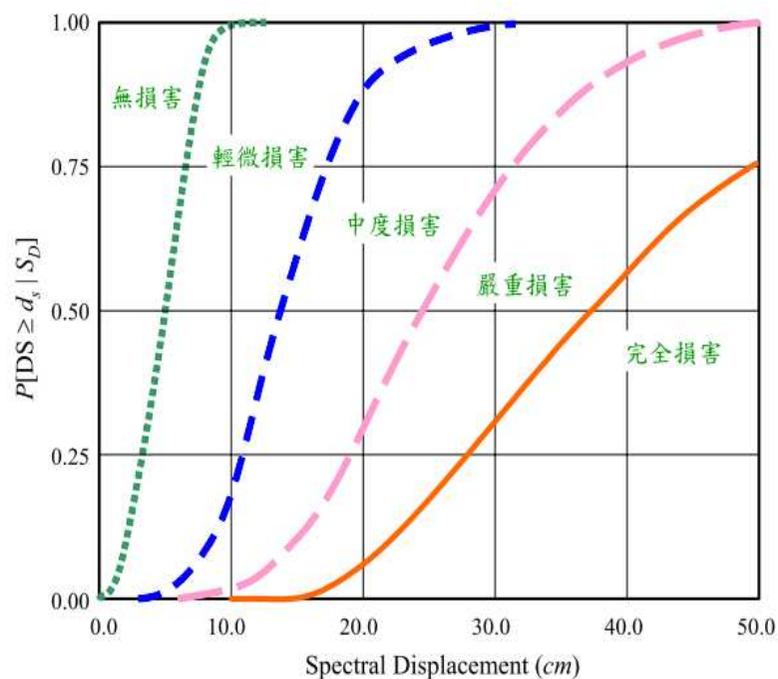
地震風險分析

風險(Risk) : $Risk = Hazard \times Exposure \times Vulnerability$

■ 風險 = 危害潛勢 × 暴露量 × 易損性

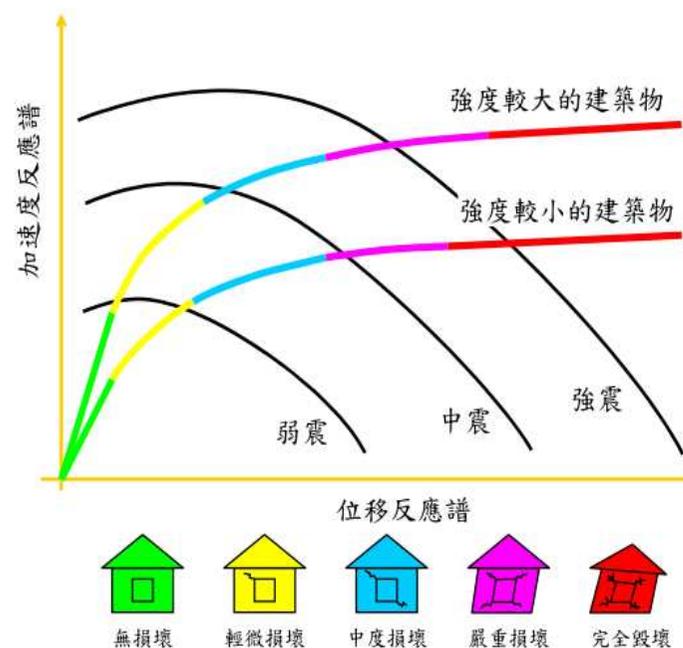
- 暴露於地震災害威脅下之人、財、物，因為災害發生而形成之損壞所造成之損失。

不同損害狀態之易損性曲線與機率示意



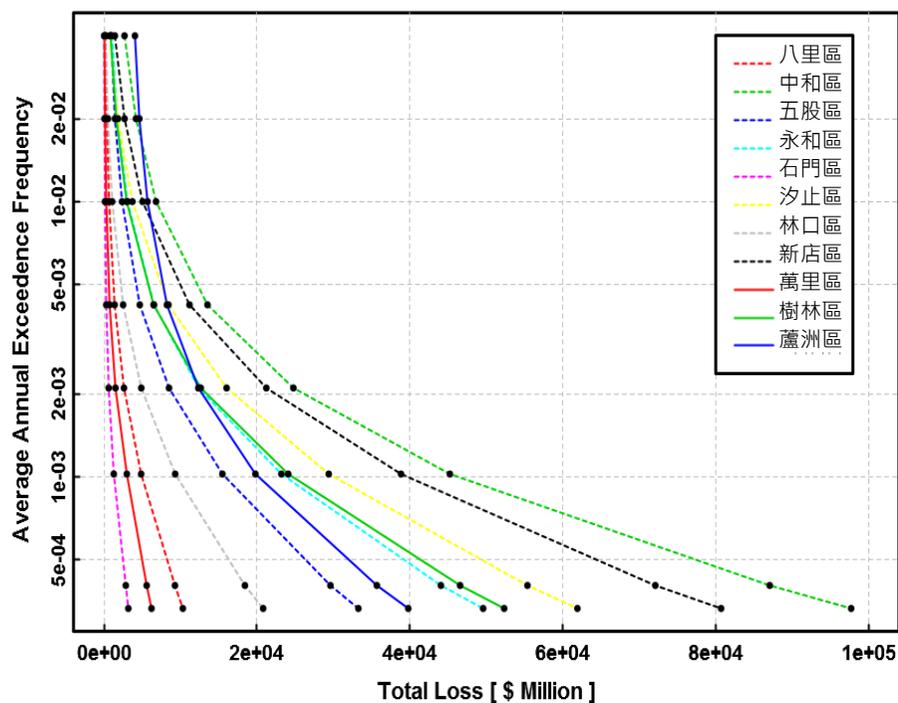
摘自TELES技術手冊

一般建築物損害評估模式的示意圖

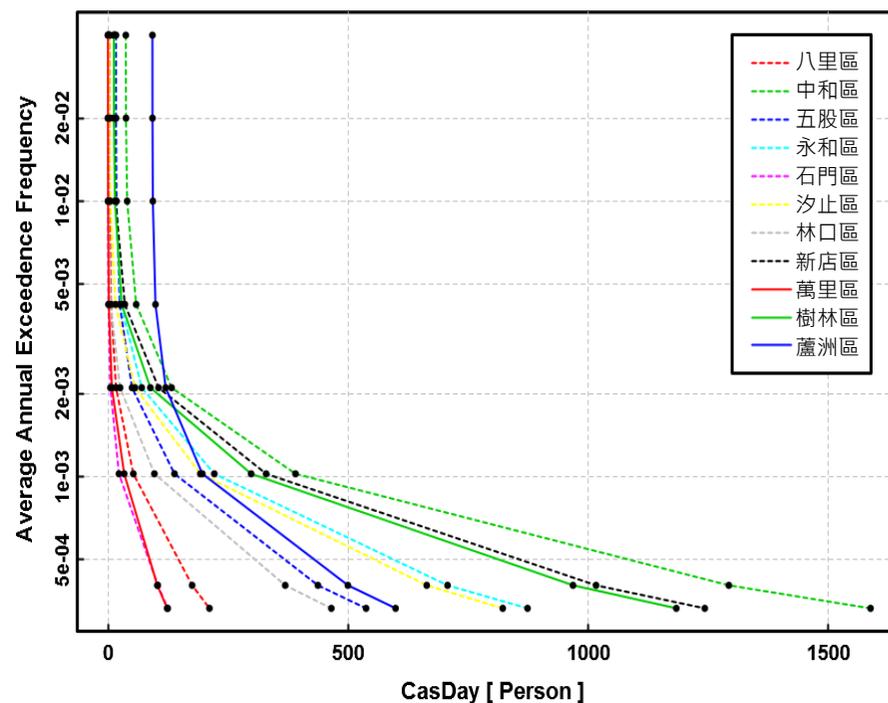


地震風險分析

蘆洲等11區一般建物直接經濟損失的風險曲線

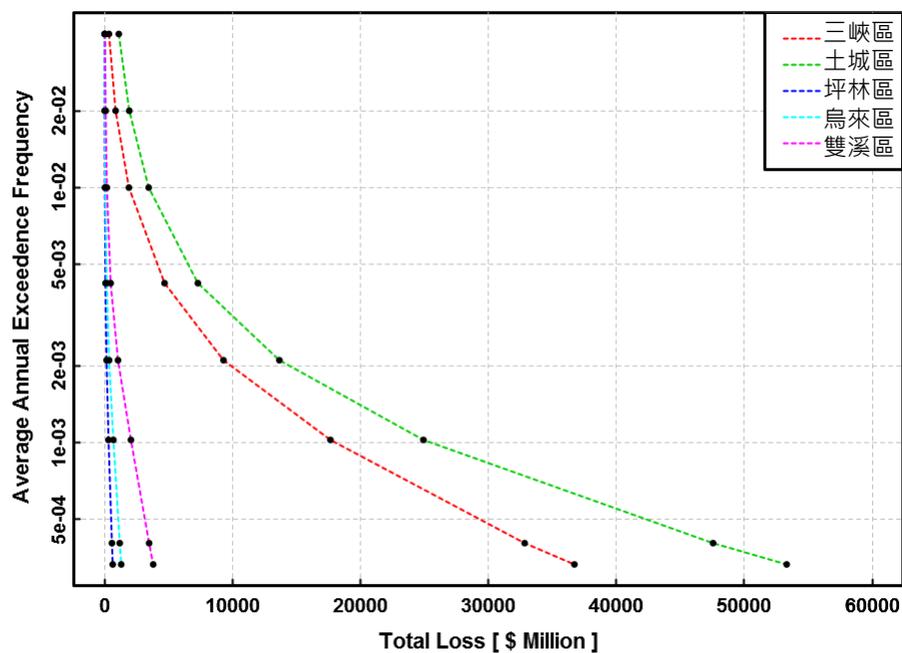


蘆洲等11區日間人員傷亡的風險曲線

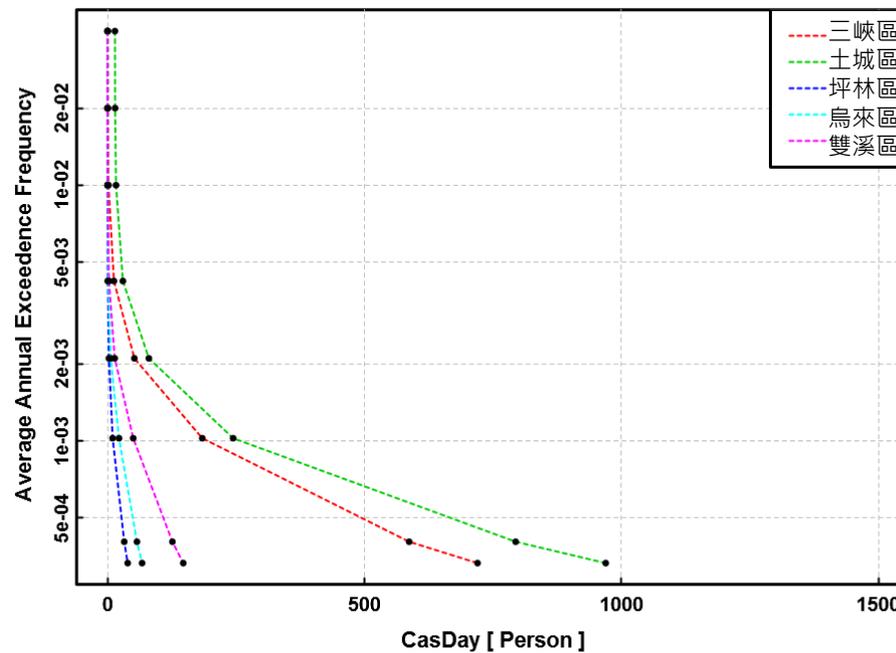


地震風險分析

土城等5區一般建物直接經濟損失的風險



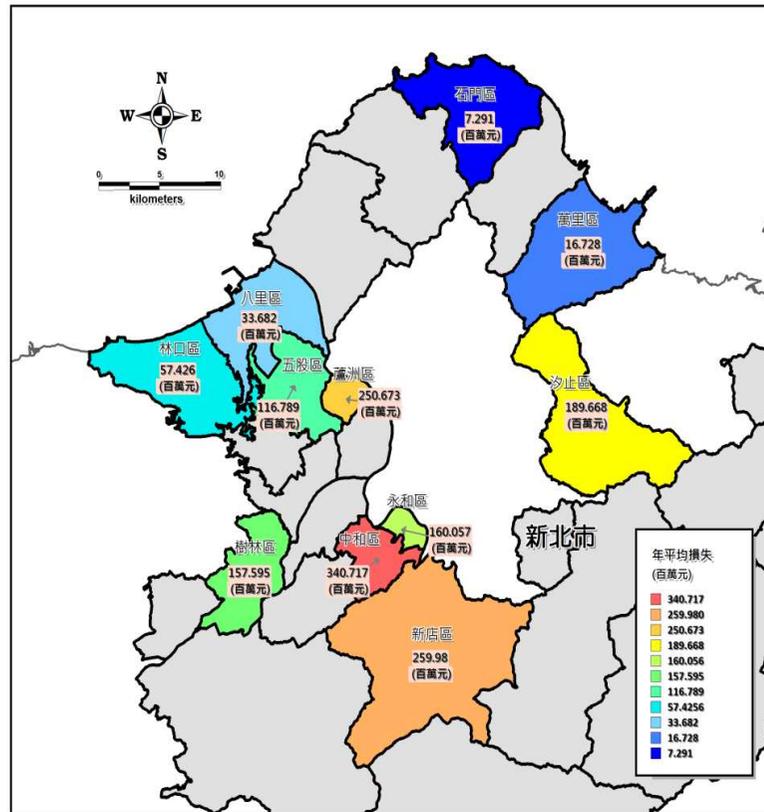
土城等5區日間人員傷亡的風險曲線



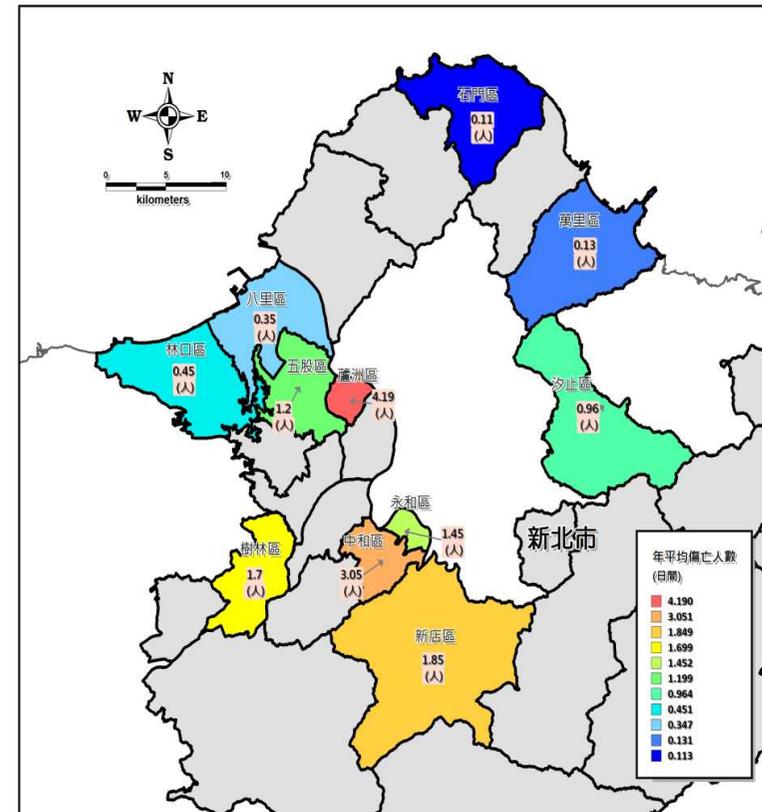
地震風險分析-蘆洲等11區各區年平均損失

區	八里區	中和區	五股區	永和區	石門區	汐止區	林口區	新店區	萬里區	樹林區	蘆洲區
一般建物直接經濟損失(百萬)	33.68	340.72	116.79	160.06	7.29	189.67	57.43	259.98	16.73	157.6	250.67
傷亡人數(人)	0.35	3.69	1.24	1.72	0.12	1.14	0.39	2.06	0.17	1.62	5.01

各區建物直接經濟損失年平均損失分布圖



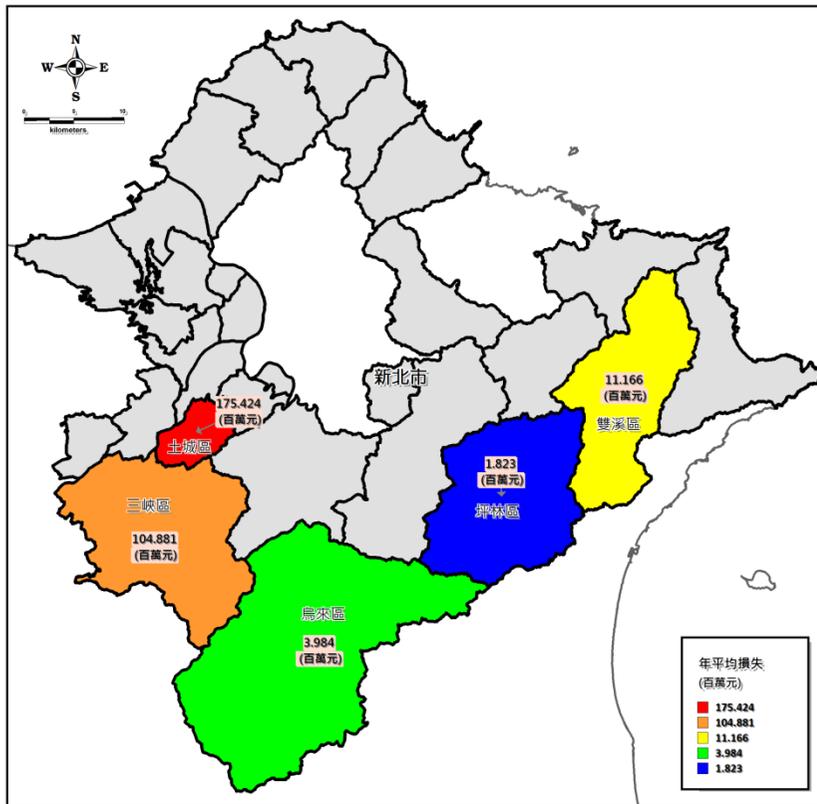
各區人員傷亡年平均損失分布圖



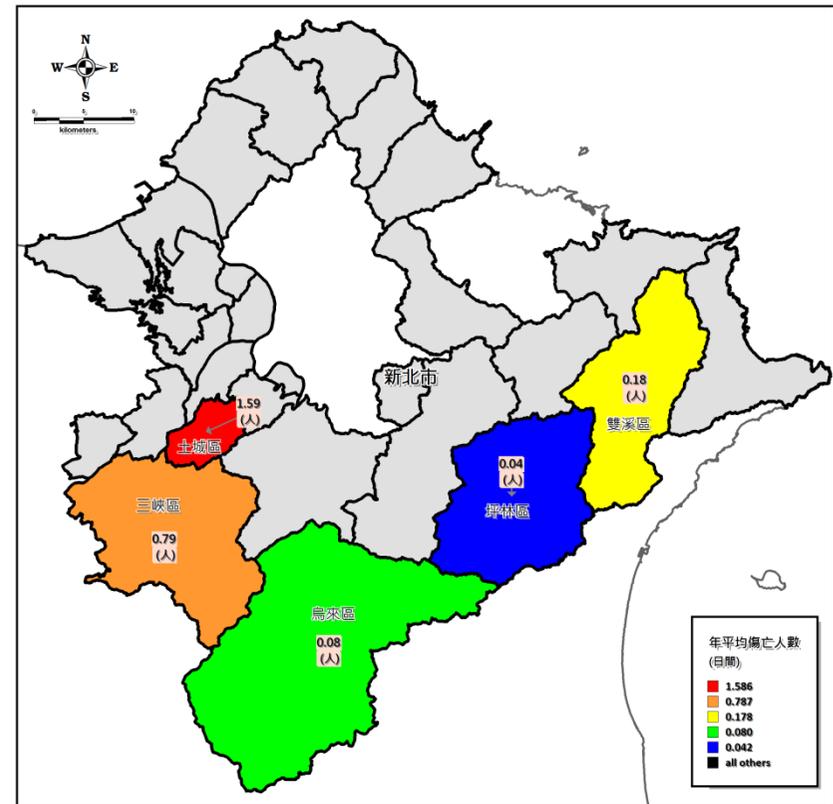
地震風險分析-土城等5區各區年平均損失

行政區	三峽區	土城區	坪林區	烏來區	雙溪區
一般建物直接經濟損失(百萬)	104.88	175.42	1.82	3.98	11.17
傷亡人數(人)	0.79	1.59	0.04	0.08	0.18

各區建物直接經濟損失年平均損失分布圖



各區人員傷亡年平均損失分布圖



結論與建議

- 本計畫完成新北市16個行政區在某一強地動值下的年超越機率及危害度曲線，並運用國家地震工程研究中心的TELES地震災害損失評估系統，推估地震所引致的人員傷亡、經濟損失及地震風險曲線計算。
- 成果可了解在境況地震發生後，可能的災害分佈規模與範圍，協助災害應變中心規劃緊急應變措施，亦可在平時依照可能發生地震之情境，預先研擬地區災害防救計畫，以減少地震所引致的人命傷亡、經濟損失和社會不安等問題。
- 台灣北部歷史地震必須進一步進行分析評估
 - 1909年台北盆地正下方隱沒帶板塊內部型，震源深度約80km，規模7.3
 - 1920年花蓮外海隱沒帶板塊界面型，震源淺層，規模8.0
- 台北盆地地震災害評估必須採用隱沒帶震源之強地動衰減式
- 地震波模擬技術漸成熟，可採用於都市地震防災
 - 日本地震調查研究推進本部→用於東京、大阪大都會的防災
 - 保險業風險管理

感謝聆聽
敬請指教

財團法人中興工程顧問社
防災科技研究中心

林柏伸

(02) 27580568 ext. 299

person@sinotech.org.tw