

# 第十五屆旺宏科學獎

## 創意說明書

參賽編號：SA15-272

作品名稱：震不震-台灣地震之震度探討

姓名：劉家妤

關鍵字：地震、震度

## 摘要

地震震度和災害程度有密切相關性，大多數情況，距震央愈近，感受到的震度也就越大。但有時候卻不盡然，地質構造、震波傳遞方向或者是地形等不同因素，皆會導致距離震央較遠的地區反而感受到更明顯的震度。本研究探討影響地震震度大小的因素，希望了解地震在什麼樣的情況下，除了震央附近會產生較大的震度以外，還會在特定地區造成較大的影響。

從中央氣象局 2001 年到 2015 年的地震資料中，大部分地區的地震震度會與震央成反比，但有些地區的震度分布並不符合震度與震央距大致成反比的結果，本研究分別從三種不同的因素討論影響震度分布的情形：首先，若地震震波能量傳遞的方向在南北向的分量明顯大於東西向的分量時，等震度圖呈現南北狹長的形狀；在地質較軟的地區常會比較硬的地區感受到更大的震度；而沖積層較厚地區，則因為震波經多次的反射與折射，震度也隨之增大。

## 壹、研究動機

每當地震發生時，朋友們便開始發布許多有關地震的消息，當震央在中央山脈以東，身在東部的我們感覺到的地震竟然比西部地區來的小。因此，本研究想要探討在東部地區地震的發生位置對台灣本島各地區的震度影響，並找出導致此現象發生的可能因素。

## 貳、研究目的

探究影響地震震度大小的因素，以了解地震在什麼樣的情況下，除了會在震央附近產生較大的震度以外，還會在特定地區造成較大的影響。

## 參、研究設備及器材

電腦、網際網路、Word、Excel

## 肆、研究步驟

一、根據中央氣象局 2001 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日發布有感地震中有編號之地震進行分類。所謂有編號之有感地震的發布是以中央氣象局地震速報系統測站測得之震度為依據，而現階段有感地震之發布標準如下：

(一) 所有測站單站震度 4 級（含），或兩站震度 3 級（含）以上。

(二) 縣市政府所在地測站單站震度 3 級（含），或兩站震度 2 級（含）以上。

(三) 台北市或高雄市測站震度 1 級（含）以上。

(四) 所有測站震度單站 3 級（含），或兩站 2 級（含）以上。未達前述標準但明顯有感、一般民眾或機構反應查詢之地震。

二、依據震央位置所在的海陸位置及行政區域，將上述地震歸納為海底、陸地、海陸邊界地震，以及宜蘭、花蓮、台東、宜花交界、花東交界地震等類。

表 1 2001 年至 2015 年震央位於宜花東區域之有編號地震分類表

	海上	陸地	海陸邊界	宜蘭	花蓮	台東	宜花交界	花東交界	全台總數
2001年	47	34	5	22	44	14	1	1	136
2002年	123	32	12	71	68	15	12	0	196
2003年	65	39	9	41	40	32	1	3	148
2004年	52	29	8	18	40	27	4	0	113
2005年	64	48	36	38	78	26	6	0	117
2006年	42	29	11	16	37	28	1	0	110
2007年	46	20	2	22	29	14	3	0	91
2008年	43	23	7	15	36	20	2	2	102
2009年	91	20	7	20	89	9	0	0	154
2010年	72	27	11	28	64	15	3	4	153
2011年	91	36	6	32	77	23	0	1	172
2012年	35	73	55	28	113	31	11	0	214
2013年	40	61	27	28	97	11	8	2	166
2014年	26	58	26	38	52	22	8	0	154
2015年	52	31	5	19	57	12	1	0	100
合計	889	560	227	436	921	299	61	13	2126

三、一般來說，各地震度與震央距離成反比，等震度圖呈現同心圓狀，如圖 1。但在某些等震度圖，如圖 2，震央位於花蓮附近，除了同心圓狀的等震度圖型外（圖 2 中藍色弧線），亦有部分地區（圖 2 紅圈所示）震度略大，本研究稱為非同心圓狀等震度圖形。在表 1 中 2126 個地震震度圖，這類非同心圓狀等震度圖的地震共有 40 個（如表 2）。

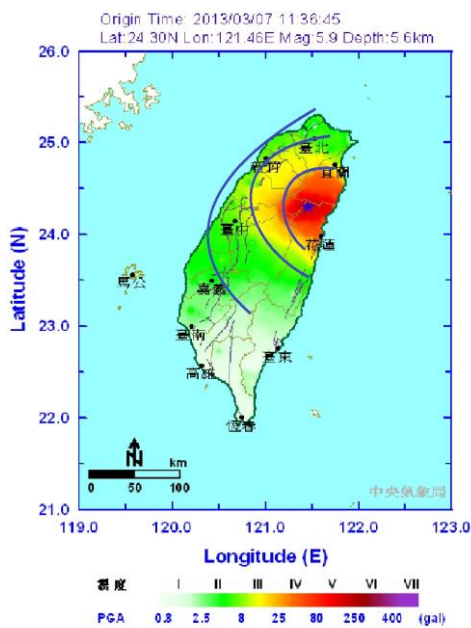


圖 1 同心圓等震度之圖例

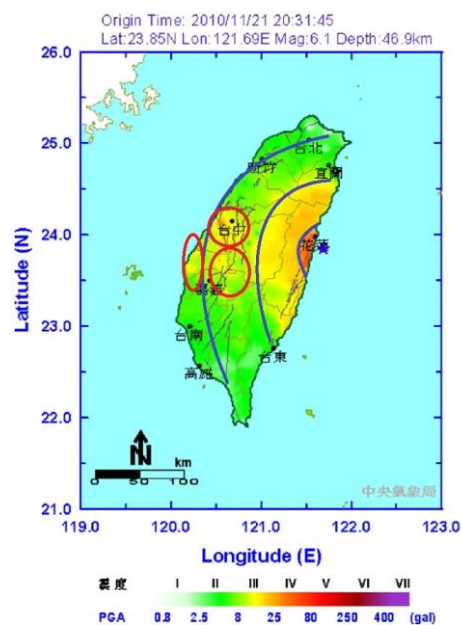


圖 2 非同心圓狀等震度之圖例

表 2 西部測站所測得之震度大於東部測站的地震

編號	區域		震央經緯度	深度(km)	芮氏規模
90132	花蓮	海上	23.87N 122.65E	12	6.7
91103	花蓮	海上	23.51N 121.65E	27.8	5.1
92052	宜蘭	海上	24.37N 122.02E	23.2	5.7
92062	花蓮	海上	23.54N 126.25E	28.3	5.4
92085	花蓮	陸地	24.21N 121.65E	57.7	5.3
93001	台東	海上	23.34N 122.71E	24.9	5.4
93012	花蓮	海上	23.38N 122.15E	17.4	5.6
93102	花蓮	海上	23.79N 122.76E	10	6.6
94157	台東	海上	21.9N 121.77E	133.2	5.5
95024	台東	陸上	22.88N 121.08E	7.2	6.2
95038	台東	海上	22.86N 121.3E	17.9	6
96005	台東	海上	22.63N 122.03E	25.8	6.2
96047	花蓮	海上	23.72N 121.64E	38.6	5.8
96058	花蓮	海上	24.28N 122.25E	54	6.6
96067	花蓮	海上	23.5N 121.61E	42.1	5.4
98027	花蓮	海上	23.92N 121.68E	43.4	5.3
98072	花蓮	海上	24.02N 122.22E	18.1	6
98102	花蓮	海上	23.37N 123.88E	43.3	6.8
98116	花蓮	海上	23.5N 121.8E	29.2	6.1
98144	花蓮	海上	23.79N 121.66E	43.8	6.9
99071	花蓮	海上	23.45N 121.74E	40	5.2
99099	花蓮	海上	23.68N 121.62E	36.2	5.1
99142	花蓮	海上	23.85N 121.69E	46.9	6.1
101058	花蓮	海上	24.04N 122.36E	29.2	5.7
101065	花蓮	海上	23.79N 121.73E	44.3	5
101197	台東	海上	22.47N 121.36E	26.9	5.4
102010	宜蘭	海上	24.44N 121.98E	13.7	5.1
102029	花蓮	陸地	24.3N 121.46E	5.6	5.9
102035	宜蘭	邊界	24.36N 121.78E	51.9	5
102077	花蓮	海上	23.98N 122.65E	35.3	6.2
102084	花蓮	海上	24.03N 122.24E	19.8	5.7
102089	花蓮	海上	23.76N 122.84E	40	5.7
102152	花蓮	海上	23.95N 122.45E	26.1	5.2
103033	宜蘭	陸地	24.7N 121.6E	60.9	5.6
103034	宜蘭	陸地	24.67N 121.6E	62.5	4.3
103042	花蓮	海上	24.01N 122.32E	23	5.8
103121	花蓮	邊界	23.64N 121.58E	33.4	5.2
104011	台東	海上	22.66N 121.4E	27.8	6.3
104015	花蓮	海上	23.73N 121.67E	38.4	6.2
104022	花蓮	海上	24.02N 122.44E	30.6	6.4

#### 四、測站位置分布圖

中央氣象局 CWB24 觀測網，於台灣本島上共設置 190 個地震觀測站（圖 3）

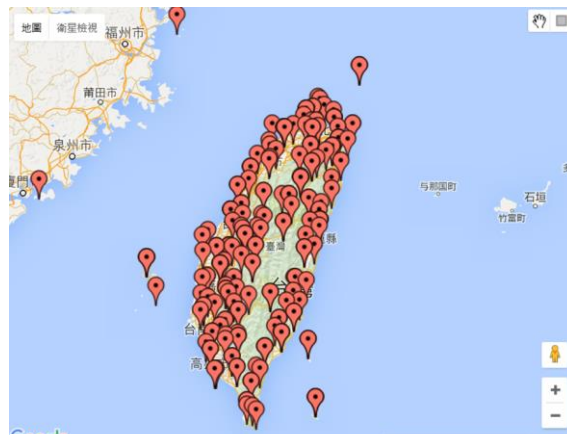


圖 3 CWB24 觀測網地震測站分布圖

## 伍、研究過程

本研究依據地震等震度圖的特色進行分類，分別討論震度與傳遞方向、地層結構、以及地形的相關性。

### 一、震波傳遞方向與震度的關係

(一) 各地區震度大小，多隨著震央距離越大而震度越小，所以在等震度圖上呈現同心圓的圖形。由本研究的 2126 筆地震記錄來說，除了同心圓的等震度圖之外，還有呈現南北向較為狹長的狀況，我們稱此為長橢圓形的等震度圖（如圖 8）。

我們推測長橢圓的等震度圖，是受到地震波傳遞方向的影響，可能是南北方向的震波加速度（或能量）較大，而東西方向的震波加速度較小，因此地震發生後，由震源傳遞出來往南北方向的能量較大，所以造成等震度圖呈長橢圓形的分布。

為了證明此現象，由中央氣象局的地震資料中，找出最接近該地震震央測站的強地動震波圖來討論。

(二) 以 2003 年 6 月 10 日的地震（編號 92057）為例：距離震央最近的測站為磯崎，磯崎測站的震波圖為圖 9。從圖中可知，測站接收到南北方向分量的最大加速度值為 142.84gal，而東西方向分量的最大加速度只有 95.11gal。因此，等震度圖上震度五級的區域會呈現南北狹長的長橢圓形，見圖 8。

(三) 其他如 99142 號、104015 號地震的也呈現出長橢圓的等震度圖，這些地震震央附近的強地動震波圖（圖 11、13），也可以看到南北分量大於東西分量的結果。

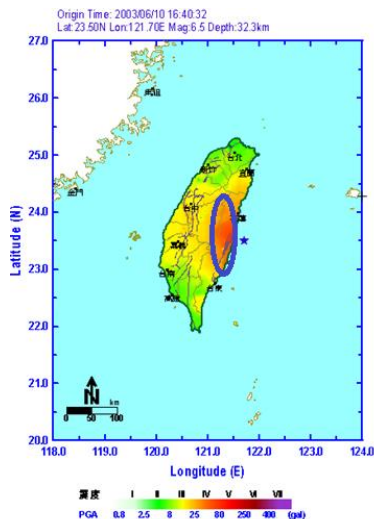


圖 8 92057 號地震等震度圖

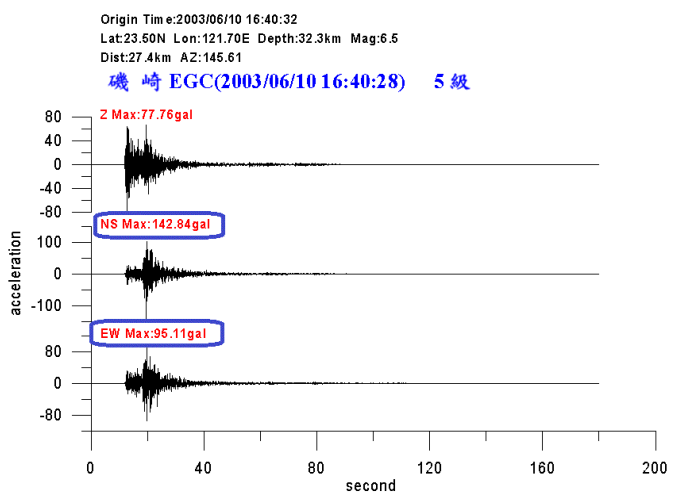


圖 9 99142 號地震強地動震波圖

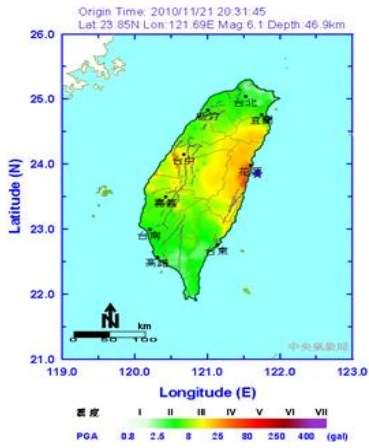


圖 10 99142 號地震等震度圖

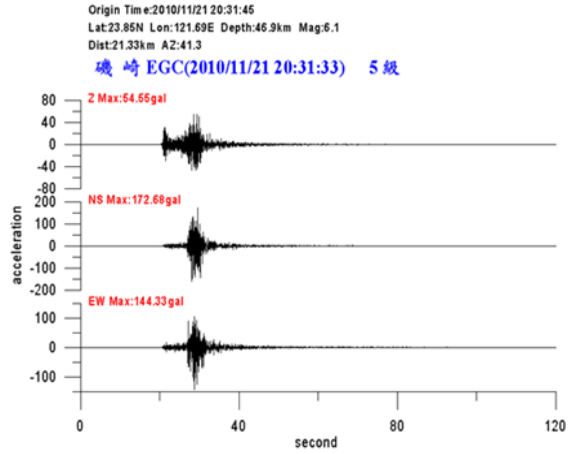


圖 11 99142 號地震強地動震波圖

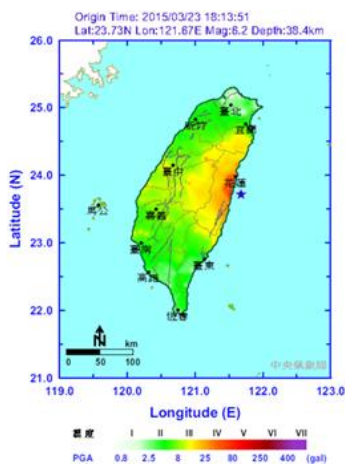


圖 12 104015 號地震等震度圖

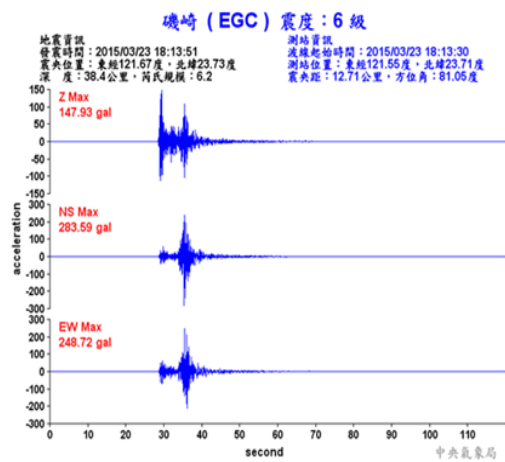


圖 13 104015 號地震強地動震波圖

(四) 根據上述的例子，本研究推測：呈現長橢圓形的等震度圖，應該與震波傳遞方向有關，地震時，南北方向釋放的震波能量大於東西方向的能量，對相同震央距的地點來說，在震央南北方向的測站震度較大，因此呈現長橢圓形的等震度圖。

## 二、地層結構-地質軟硬差異

- (一) 從一些等震度圖中，也發現有些地震在西部地區的震度會突然大於中部山區，如圖 14。有可能是因為當地地質較軟的緣故，尤其是在台中南投地區，故以台灣地質圖比照此現象。
- (二) 以 2010 年 11 月 21 日的地震（編號 99142）為例，由圖 14、圖 15 中 A、B 兩測站比較可得知，A 為桃園市測站（與震央相距 132.57 公里），B 為台中港測站（與震央相距 126.38 公里），再對照地質圖，A 地區由紅土、礫石組成，而 B 地區則僅由沖積土壤組成，因此本研究推測是因為 B 地區地質較軟的緣故，使其震度大於 A 地區。

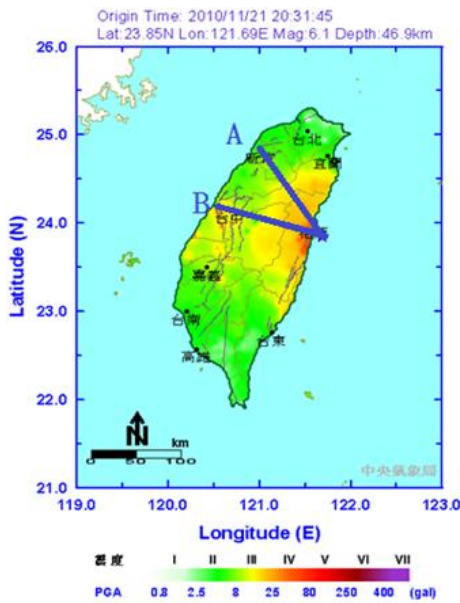


圖 14 99142 號地震等震度圖

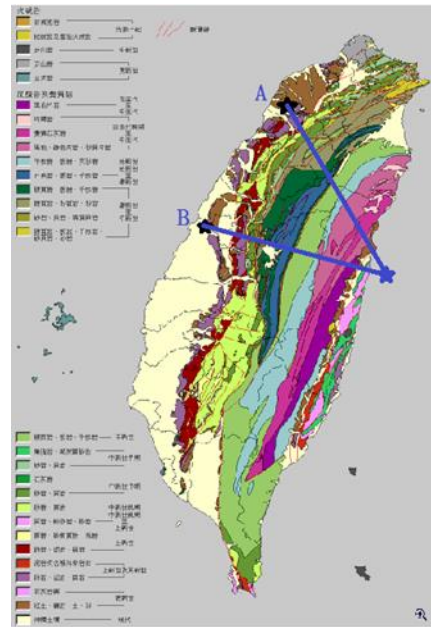


圖 15 台灣地表地質圖



(三) 圖 14 及圖 16 至圖 20 的等震度圖對照也與台灣地質圖對比，淡黃色部分表示為沖積土壤的地區，顯示台中、嘉義平原地區因地質較鬆軟，常由於地震波的放大現象，使該地的震度較大。而在地層質堅硬周圍地區，如南投山區與中央山脈，則地震波放大現象較不明顯，所測得震度也相對降低。

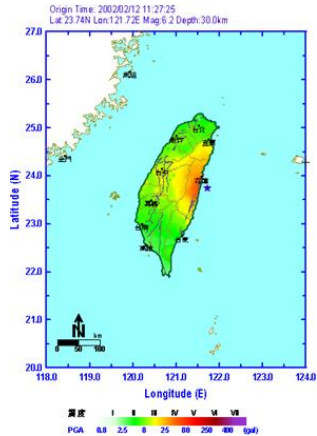


圖 16 91008 號地震等震度圖

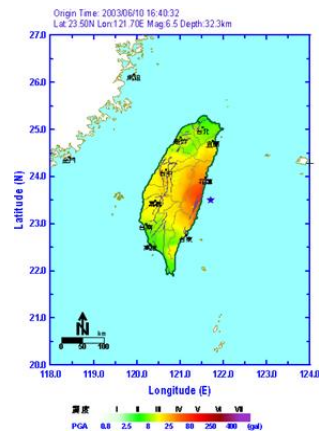


圖 17 92057 號地震等震度圖

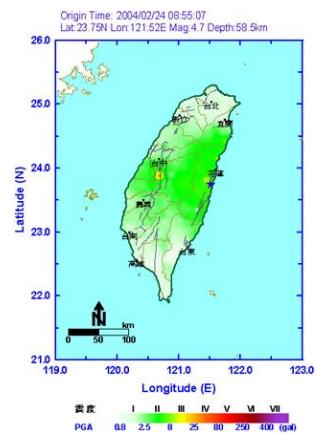


圖 18 93019 號地震等震度圖

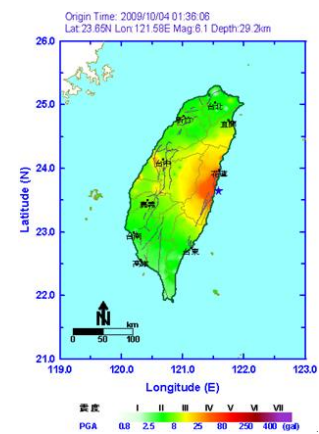


圖 19 98116 號地震等震度圖

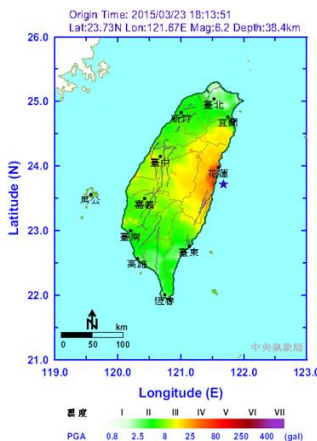


圖 20 104015 號地震等震度圖

(四) 為了更進一步探討地質軟硬程度對震度分布的影響，因此將等震度圖對照全  
台之地表下三十公尺平均剪力波速度 ( $V_{s30}$ )，比較二者之相關性，並以編號  
99142 地震為例：

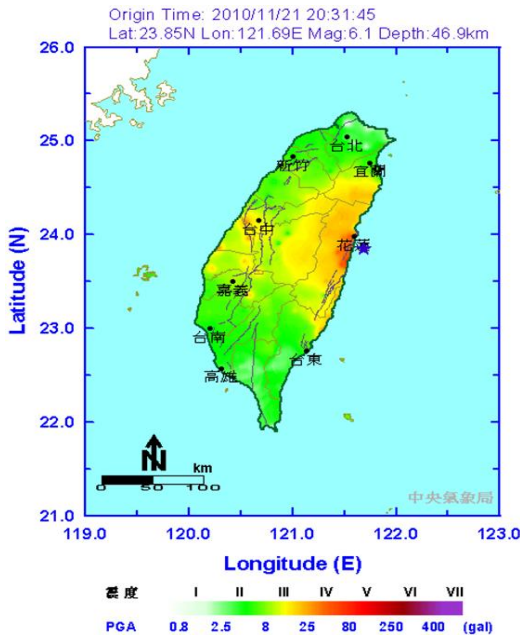


圖 21 99142 號地震等震度圖

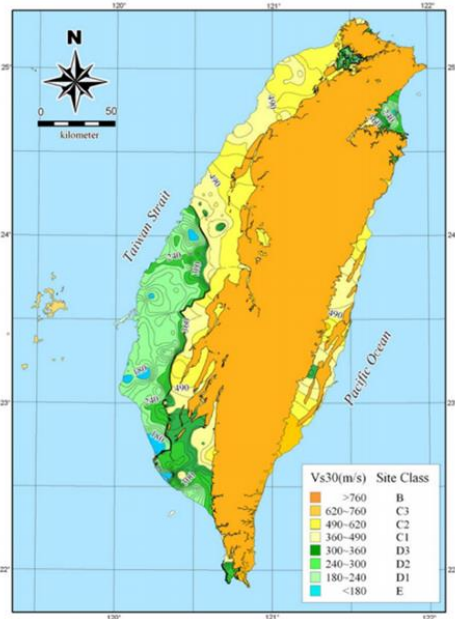


圖 22 全臺灣之  $V_{s30}$  分佈等值線圖

1. 地表下三十公尺以內的地層特性，為主要影響地震波放大效應的關鍵，故近年來場址效應研究也多以地表下三十公尺平均剪力波速度 ( $V_{s30}$ ) 作為評估場址條件之重要指標 (高嘉謙, 2014)。
2. 將此次地震有測到震度之中部地區測站依  $V_{s30}$  數值大小，分類為兩種場址：堅實場址 (表 3,  $V_s > 360$  m/sec)、普通場址 (表 4,  $180 \leq V_s \leq 360$  m/sec)。

表 3 各測站之  $V_{s30}$  建議值

	站碼	站名	$V_{s30}$ 建議值	所在縣市
堅 實 場 址	CHY102	大埔	836.12	嘉義縣
	TCU045	獅潭	706.96	苗栗縣
	TCU135	外埔	619.77	臺中市
	TCU128	三義	591.95	苗栗縣
	TCU017	新竹市	548.25	新竹市
	TCU014	桃園市	523.24	桃園市
	TCU082	台中市	469.37	臺中市
	TCU132	苗栗市	469	苗栗縣
	TCU149	台中港	455	臺中市
	TCU106	彰化市	450.96	彰化縣
	TCU081	竹北	427.14	新竹縣
TCU061	大肚	365.3	臺中市	
普 通 場 址	TCU110	員林	199.47	彰化縣
	CHY003	斗六市	183.19	雲林縣

3.將中部地區各測站測得本次地震之東西、南北、垂直方向最大地動加速度，對照 Vs30 建議值，並依與震央距離由近至遠排序，繪製成圖 23-25。

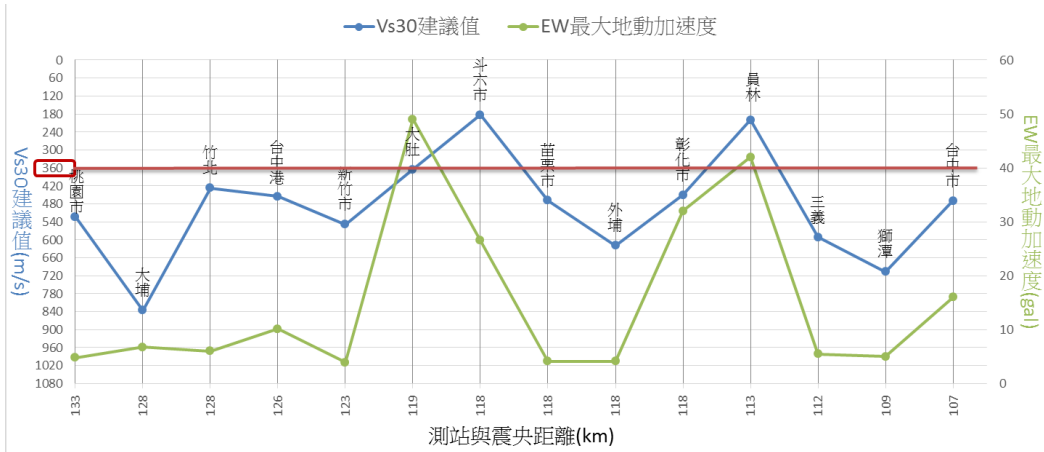


圖 23 東西方向最大地動加速度與 Vs30 建議值比較圖

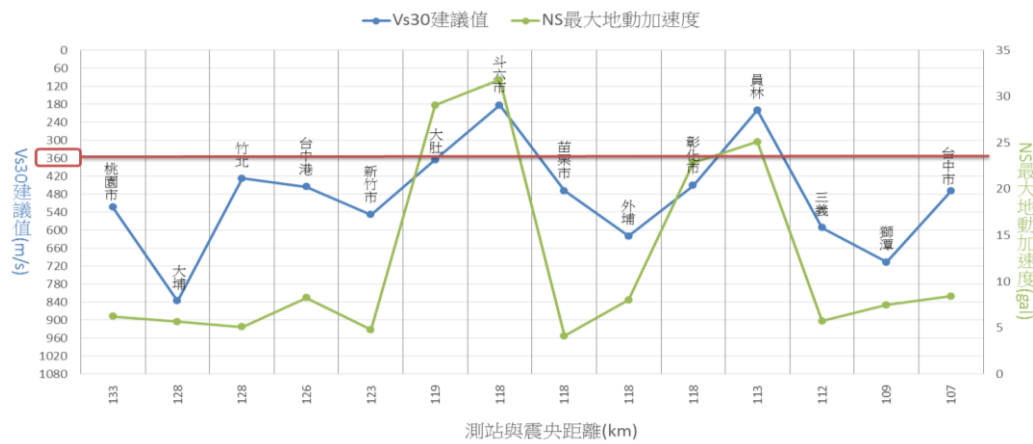


圖 24 南北方向最大地動加速度與 Vs30 建議值比較圖

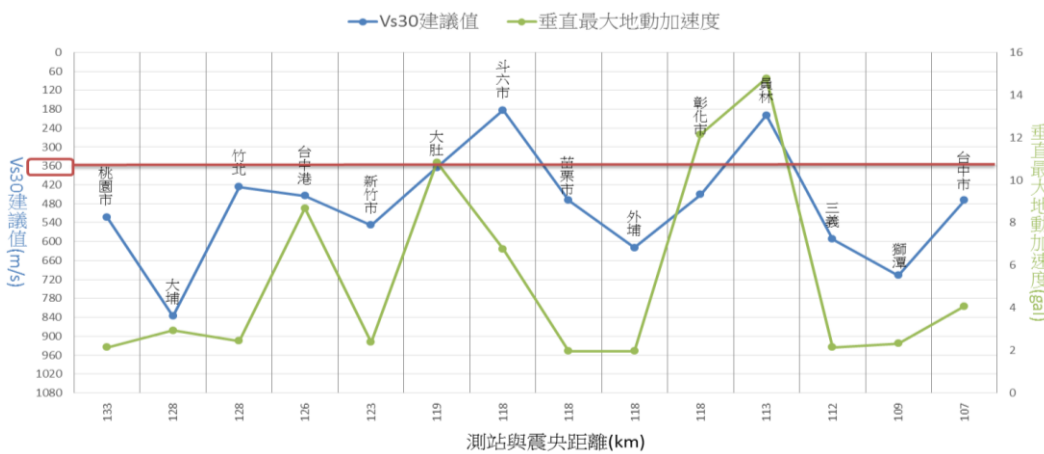


圖 25 垂直方向最大地動加速度與 Vs30 建議值比較圖

4.由圖 14、圖 15 中 A、B 兩測站比較可得知，A 為桃園市測站（與震央相距 132.57 公里），B 為台中港測站（與震央相距 126.38 公里），再對照 Vs30 建議值，分別為 523.24gal 及 427.14gal，而本次地震在三方向的最大加速度皆是台中港測站大於桃園市測站。

5.對照圖 23、24、25 中，各方向最大地動加速度與 Vs30 建議值可知，在相近的距離範圍內，Vs30 建議值較大的地區（地質較堅硬）所測得的最大加速度會較大，代表土壤性質與震度分布大致符合正相關性。

### 三、盆地效應（以台北盆地為例）

#### （一）地形

1.以 2014 年 02 月 22 日的地震（編號 103033）為例，由圖中可知，發現台北盆地內的震度（4 級）大於周圍地區（3 級）的現象，本研究推測，震度並非只與震央距離有關，跟地形也有一定程度的關係。

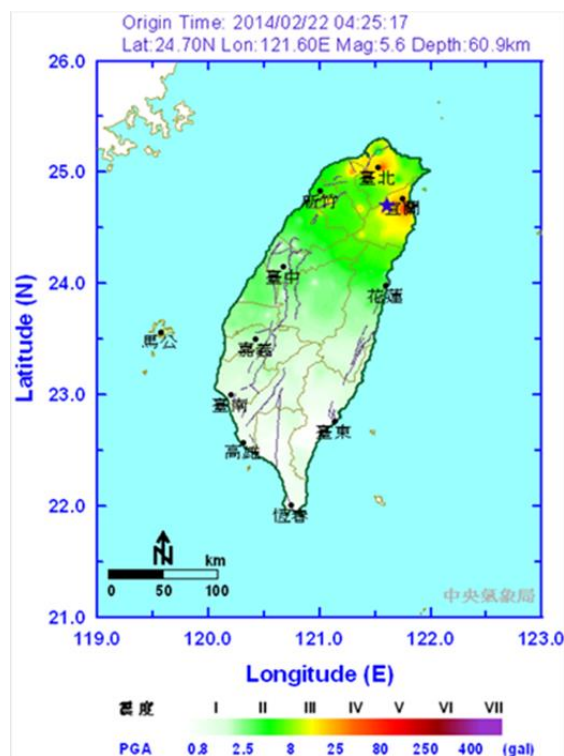


圖 26 103033 號地震等震度圖

2.台北盆地的周圍由西側的林口台地、擁有一系列褶皺和斷層的東南側西部麓山帶的丘陵區，以及由安山岩和火山碎屑岩疊覆而成北方的大屯火山群所包圍，而陷落的基盤則是和西部麓山帶相似的沈積物，其上覆蓋有沉積物。

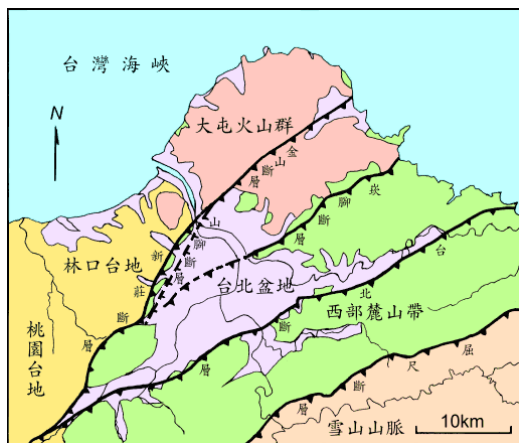


圖 27 台北地區地質圖

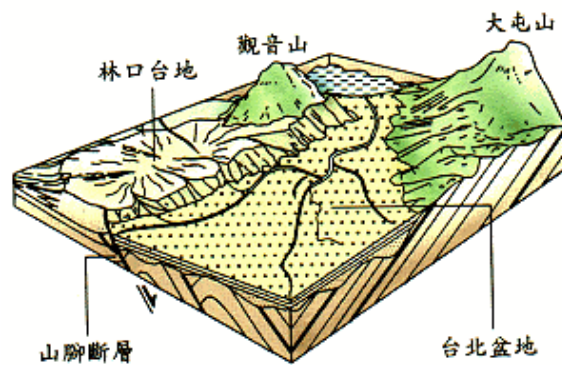


圖 28 台北盆地示意圖

3.盆地的邊緣為堅硬的岩質地層，盆地內的土層卻是鬆軟的沉積層，當遠方地震波傳到盆地下方岩層後，震波再由岩層向上傳播，經過多次反射、折射效應，使得傳到地表之地震波會產生放大效果，因此會造成盆地內地表的震動時間拉長、震動強度放大、長週期的地震波波形明顯等現象。

## (二) 松山層深度

1.將 103033 號地震等震度圖之台北區域放大，與臺北盆地松山層深度圖（圖 30）做比較，震度為 4 級（橘色）與 3 級（黃色）之區域大多位於松山層沉積相對較厚處，而震度 2 級（綠色）之區域則位於松山層沉積相對較薄處。由此可知，松山層深度會與地震震度分布有密切的關係。

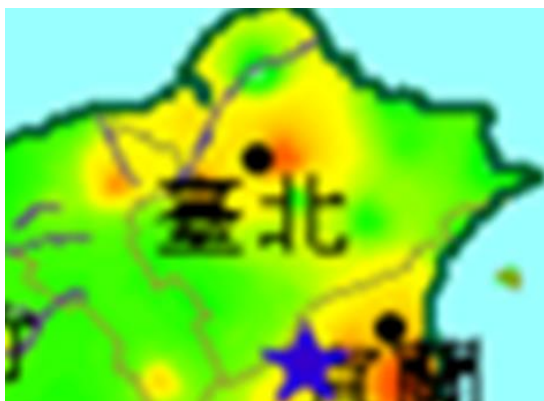


圖 29 103033 號地震等震度圖（臺北盆地地區放大圖）

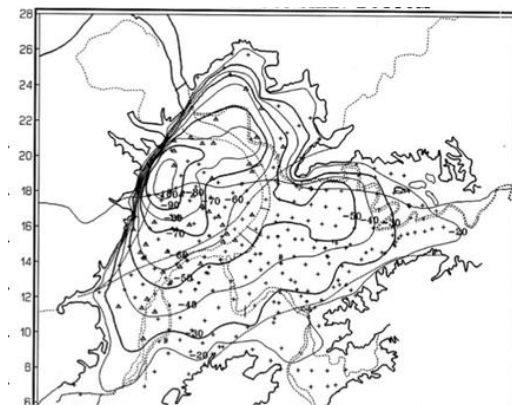


圖 30 臺北盆地松山層深度圖（單位：m）  
（溫國樑、林哲民，2015）

2.台北盆地的底部以褶曲的地層為基盤，基盤的深度大致由東南往西北愈來愈深，在五股、蘆州一帶深度達到最深，約為 600 公尺（圖 31）；基盤上則蓋著更新統和全新統的沉積物。從盆地輪廓立體圖（圖 32）來看，台北盆地類似一個楔型的半地塹，而山腳斷層正是盆地西側最主要的邊界斷層（參考資料 14、15）。

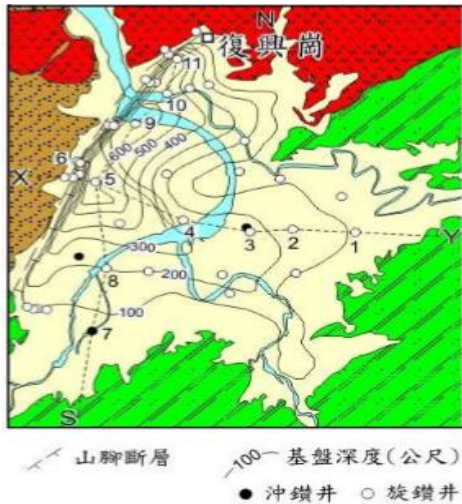


圖 31 臺北盆地地基盤深度（單位：m）分布圖  
（許榕珊、楊蔡宜，2011）

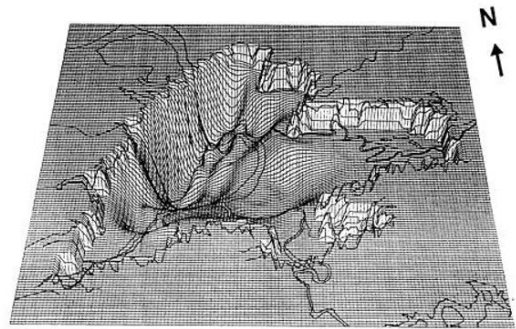


圖 32 臺北盆地第三季基盤輪廓立體圖  
（溫國樑、林哲民，2015）

3.松山層、景美層、五股層和板橋層是盆地四個未完全膠結的沉積層（圖 33），主要為沖積扇、河道和氾濫平原的沉積顆粒，所組成的砂、泥層及其互層，為大漢溪、新店溪與基隆河，自盆地東、南兩側西部麓山帶所帶來的碎屑沉積物。基隆河流域的沖積扇以較軟的泥為主，新店溪流域以較粗之石為主，大漢溪流域則以砂質土壤為主（許榕珊、楊蔡宜，2011）。

4.從不同地盤之平均加速度反應譜比較圖可知，松山層為軟弱的砂、泥互層，會產生有較大的最大加速度及震度；而其餘三層均有石層分佈，所產生的最大加速度便相對減小。因此，從 103033 號地震等震度圖（圖 29）來看，發現其在松山層較深的地區所造成的震度較周圍地區大。

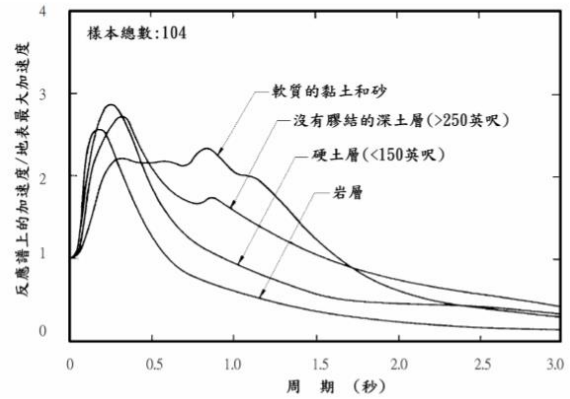
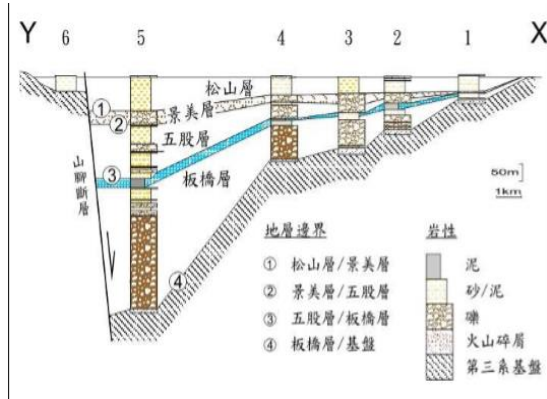


圖 33 為圖 31 所標示的東西向 XY 側線地層剖面

圖 34 不同地盤之平均加速度反應譜比較圖

(許榕珊、楊綦宜，2011)

(許榕珊、楊綦宜 2011)

(三) 在本研究檢視的 2126 個地震中，發現台北盆地的震度會相對大於其周邊地區，其中以圖 21 至圖 26 中地震的等震度圖的震度分布最為明顯。

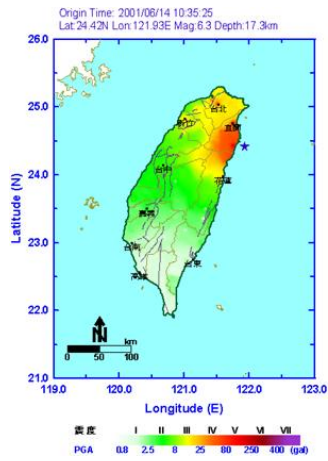


圖 35 90058 號地震等震度圖

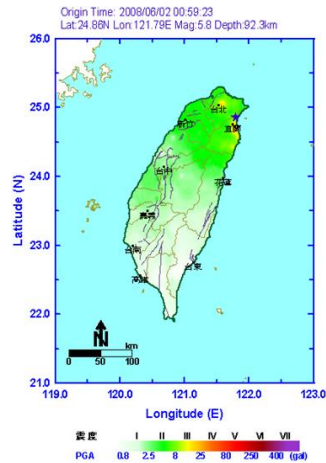


圖 36 97041 號地震等震度圖

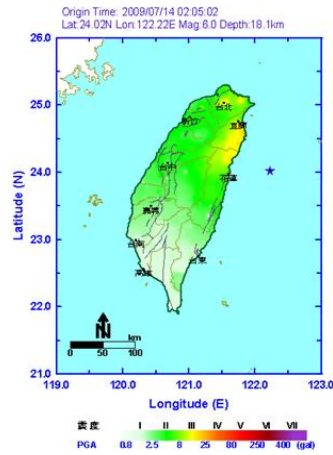


圖 38 98072 號地震等震度圖

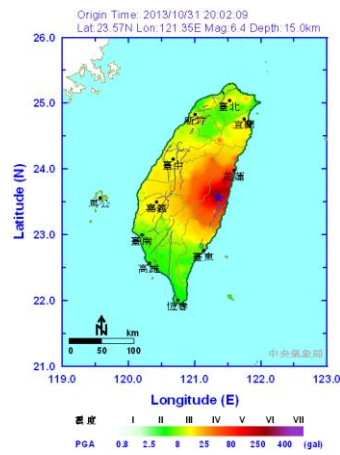


圖 37 102121 號地震等震度圖

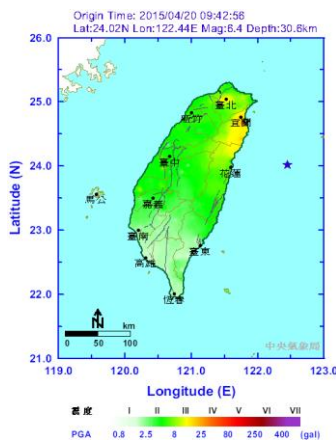


圖 39 104022 號地震等震度圖

## 陸、結論

根據本研究的探討，得知地震對各地區之震度影響不盡相同，歸納下列幾點：

- 一、若地震釋放的能量南北向明顯大於東西向，那麼南北方向的震度會大於東西向。
- 二、由台灣地質圖以及  $V_s30$  分佈等值線圖得知，在地層質地較軟的西部地區會將震波放大，使其震度也變大。
- 三、在與震央相近距離之下， $V_s30$  建議值較大的地區所測得的最大加速度會較大，代表土壤性質與震度分布大致符合正相關性。
- 四、地形與松山層沉積厚度皆會使台北盆地地區會因盆地效應而感受到更大的震度。
- 五、台北地區的基盤的深度大致由東南往西北愈來愈深，造成松山層沉積厚度相異，進而影響震度大小。



## 柒、參考資料

1. 中央氣象局。2016年3月27日，取自 <http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>
2. 經濟部中央地質調查所。2016年3月27日，取自 <http://www.moeacgs.gov.tw/2016.htm>
3. 經濟部中央地質調查所（地質百科）。2016年3月27日，取自 <http://www.moeacgs.gov.tw/know/index.jsp?cat=356>
4. 震度變化的因素。2015年12月23日，取自 <http://eportfolio.ntua.edu.tw/blog/files/6-12927-22051.php>
5. 撼天動地地震科學探索。2016年3月11日，取自 [http://www3.nstm.gov.tw/earthquake/A\\_2\\_5\\_d.htm](http://www3.nstm.gov.tw/earthquake/A_2_5_d.htm)
6. 地震災害與大地環境。2016年3月12日，取自 [http://www.ncree.org/safehome/ncr02/pc4\\_2.htm](http://www.ncree.org/safehome/ncr02/pc4_2.htm)
7. 臺北盆地地質災害潛勢分析。2016年3月12日。取自 <http://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/imgAction?f=/2011/20118891/0099.pdf>
8. 中央研究院台灣考古數位典藏博物館。2016年9月20日，取自 <http://proj1.sinica.edu.tw/~damta/tp01-1-2.html>
9. 強震測站工程地質資料庫。2016年8月20日。取自 <http://egdt.ncree.org.tw/>
10. 地震的震度如何推估？（下）。2016年8月5日。科學 Online 教育部高瞻自然科學教學資源平台。取自 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=62752>
11. 臺北盆地地質圖。2016年3月20日。臺灣省立博物館（1999）· 台灣博物季刊（第61期）· 台北盆地成因探秘。取自 <http://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/taipei/geology/geo4.htm>
12. 臺北盆地示意圖。2016年3月20日。臺灣省立博物館（1999）· 台灣博物季刊（第61期）· 台北盆地成因探秘。取自 <http://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/taipei/formation/formain.htm>
13. 黃慈銘（2000）台北盆地松山層土壤性質之空間分析。國立中央大學應用地質研究所論文
14. 溫國樑、林哲民（2015）。台灣地區之地動特性-以臺北盆地為例。中華民國地球物理協會。
15. 許榕珊、楊綦宜（2011）。台北盆地的盆地效應。中學生網站：小論文，第1-5頁

- 16.林柏伸（2009）。台灣地區強地動衰減式研究與路徑效應分析。國立中央大學地球物理研究所：博士論文。
- 17.郭俊翔、溫國樑、謝宏灝、林哲民、張道明（2011）。近地表剪力波速性質之研究。國家地震工程研究中心
- 18.高嘉謙（2014）。台灣地表下三十公尺之平均剪力波速 ( $V_{s30}$ ) 繪製。國立中央大學應用地質研究所：專題討論。