



National Ilan University

國立宜蘭大學工程學刊第7期，76-92頁，2011年12月  
Bulletin of Collage of Engineering, National Ilan University, NO.7, P.76-92, December.. 2011

Bulletin of Collage  
Of Engineering  
<http://engineering.niu.edu.tw/main.php>

## 宜蘭市地震潛勢評估

黃宏謀<sup>1</sup> 陳暉婷<sup>2</sup>

1. 國立宜蘭大學建築與永續規劃研究所教授
2. 國立宜蘭大學建築與永續規劃研究所研究生

### 摘要

台灣受到歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的碰撞及沖繩海槽的擴張作用，宜蘭到花蓮外海一帶地震活動頻繁。宜蘭市為宜蘭縣之文教發展中心，人口及建築物較為密集，當地震發生時，可能造成嚴重的災損。本研究針對宜蘭市的地震潛勢包括地表振動與土壤液化進行評估，並將所得到的結果作成微分區圖。本研究結果顯示宜蘭地區若發生大地震時，宜蘭市將受到強烈的地表振動，並且在許多地區可能引起嚴重的土壤液化，因此宜蘭市為地震潛勢高風險之地區。本研究結果可作為宜蘭市地震防救災規劃的參考。

關鍵詞：宜蘭市、地表振動、土壤液化、微分區

\*通訊作者 E-Mail: [hmhwang@niu.edu.tw](mailto:hmhwang@niu.edu.tw)



National Ilan University

國立宜蘭大學工程學刊第7期，76-92頁，2011年12月  
Bulletin of Collage of Engineering, National Ilan University, NO.7, P.76-92, December.. 2011

Bulletin of Collage  
Of Engineering  
<http://engineering.niu.edu.tw/main.php>

# Assessment of Earthquake Potential in Yilan City

Howard Hwang<sup>1</sup> Wei-Ting Chen<sup>2</sup>

**1. Professor, Graduate Institute of Architecture and Sustainable Planning,**

**National I-Lan University**

**2. Graduate Student, Graduate Institute of Architecture and Sustainable**

**Planning, National I-Lan University**

## ABSTRACT

Taiwan is subject to the collision of Eurasian Plate and Philippine Sea Plate and expansion of Okinawa trough. As a result, earthquakes occur very often in Yilan and Hualian open sea area. Yilan city is a culture and education center in Yilan County; buildings and population are very dense in the city. When a large earthquake occurs, it may produce severe damage. In this study, we carry out an assessment of earthquake potential including ground shaking and soil liquefaction, and we present results in microzonation maps. This study reveals that Yilan City is an earthquake high-risk area. The results of this study may become a resource for planning of earthquake prevention in Yilan City.

**Keywords:** Yilan City, Ground shaking, Liquefaction, Microzonation

**\* Corresponding author**

**E-Mail:** hmhwang@niu.edu.tw

## 一、前言

台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的交接處，受到兩大板塊的碰撞及沖繩海槽的擴張作用，台灣東部及外海為地震較頻繁之地區，尤其以宜蘭到花蓮外海一帶地震活動最為頻繁。宜蘭市為宜蘭縣之文教發展中心，人口及建成環境較為密集，當地震發生時，極有可能導致建物損壞倒塌、橋梁斷落，造成交通阻塞，維生管線也可能損壞，導致斷水、斷電或瓦斯外洩，這些災損可能更進一步造成經濟損失以及人員傷亡，這都將造成宜蘭市嚴重的災難。若要進行宜蘭市的地震防救災規劃，應先了解宜蘭地區的震源分布及地震可能產生的影響，故本研究將針對宜蘭市的地震潛勢進行評估與分析，所得的結果可作為地震防救災規劃之參考。

## 二、宜蘭地區震源分布與模擬地震設定

地震隨時隨地都有可能發生，因防救災規劃須要考量單一地震對廣大的區域所造成的災損境況，故大多選定一個對該地區影響較大的震源作為模擬地震。黃宏謀等人(2007)根據宜蘭地區地震活動的情形，決定五個可能影響宜蘭地區的地震帶，然後根據震源相關資料與斷層長度，決定這五個地震帶的震源參數。圖 1 顯示黃宏謀等人(2007)所定的地震帶與宜蘭各鄉鎮市的相對位置關係，由圖可知，沖繩海槽 A 段為最靠近宜蘭市的地震帶，若這地震帶發生大地震，對宜蘭市將有嚴重的影響，故本研究選擇發生在沖繩海槽 A 段芮氏規模 7.0 震源深度 10 公里的地震作為模擬地震。

當地震發生時，可能引起地盤錯動、地表振動、土壤液化、山崩、海嘯等現象。如圖 1 所示，因沖繩海槽 A 段地震帶並未經過宜蘭市，當地震發生時，宜蘭市可能不會有地盤錯動的情況發生。宜蘭市位於蘭陽平原中間，不靠山也不臨海，故當地震發生時，宜蘭市也不會產生山崩、海嘯等現象。宜蘭市靠近地表的土層為沖積土層，土質鬆軟，因此當地震發生時宜蘭市可能感受到劇烈的地表振動。另外，宜蘭市的沖積土層可能含有許多鬆軟的砂土，加上地下水位偏高，當地震發生時，宜蘭市有些地方可能發生土壤液化的現象。因此本研究以地表振動與土壤液化這兩個項目來評估宜蘭市之地震潛勢。

### 三、宜蘭市地表振動評估

當地震發生時，地震釋放之能量會以地震波的形式透過各種介質傳達到地表，產生地表振動。影響地表振動的主要因素包括震源特性、波傳路徑及場址效應。震源特性係指地震的斷層型態、震源深度及地震規模大小等對地震波所造成的影响。例如，地震規模越大，地表的振動就越劇烈。波傳路徑為地震波由震源傳至地表的過程中，經過不同介質之介面產生反射及折射現象，因而改變地震波行進方向、震幅大小及震波頻率。一般而言，地震發生時，場址離震央越遠，其地表所感受到的搖動程度就越小。場址效應為地震波接近地表時，因地表土層而改變地震的特性(振幅、頻率、歷時)。若場址位於較軟弱的沖積層，地震波的振幅可能會有放大的現象。場址的地盤係由堅硬到軟弱等不同性質的各種土層所構成，在探討場址效應時，一般會將場址的地盤作適當的分類。

#### 3-1 宜蘭市鑽孔資料與地盤種類

根據內政部最新頒布的建築物耐震設計規範與解說（內政部，2006），台灣地區（台北盆地除外）之地盤依其堅實或軟弱程度分為三類，第一類為堅硬地盤，第二類為普通地盤，第三類微軟弱地盤。地盤的分類可藉由地表面下 30 公尺內土層之平均標準貫入試驗值  $\bar{N}$  來判斷， $\bar{N}$  值的計算公式如下：

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n (d_i/N_i)} \quad (1)$$

其中， $d_i$  為第  $i$  層土層之厚度(公尺)， $N_i$  為第  $i$  層土層之標準貫入試驗值，但不得大於 100。當  $\bar{N} > 50$  時，地盤歸類為第一類地盤(堅硬地盤)，當  $\bar{N} \geq 15$  且  $\bar{N} \leq 50$  時，地盤歸類為第二類盤(普通地盤)，當  $\bar{N} < 15$  時，地盤歸類為第三類地盤(軟弱地盤)。

趙紹錚等人(2008)曾蒐集宜蘭縣之鑽孔資料，並將蒐集之鑽孔資料以國家地震工程研究中心之格式建置成為資料庫。本研究抽取其中在宜蘭市內之鑽孔資料共 252 孔，鑽孔資料的分布如圖 2 所示。在判斷地盤分類時，須利用場址地表下 30 公尺內之土層資料，若鑽孔深度不足 30 公尺時，本研究參考場址周邊鑽孔之土層資料，將該場址不足 30 公尺之部分補足。根據式(1)，本研究計算所有 252 筆鑽孔之  $\bar{N}$  值，然後判斷其地盤

種類，結果均為第三類地盤。這結果如預期所料，因為宜蘭市位於蘭陽平原中央，蘭陽平原之表層為鬆軟的沖積土層，因此宜蘭市地盤種類判定為第三類地盤是合理的結果。

### 3-2 宜蘭市地表振動微分區

本研究以最大地表加速度(PGA)來表示地震所引起場址的地表振動強度。最大地表加速度可利用地表振動衰減公式與場址效應修正係數來求得。本研究採用簡文郁(2001)所推導台灣地區在一般地盤條件的地表振動衰減公式：

$$A = A_0 e^{aM_L} [R + b e^{cM_L}]^{-d} \quad (2)$$

其中  $M_L$  為芮氏規模， $R$  為震源最短距離(公里)， $A$  為在一般地盤條件下之最大地表加速度，迴歸係數  $A_0$  為 0.0036944， $a$  為 1.7537666， $b$  為 0.1221955， $c$  為 0.7831508， $d$  為 2.0564446。

本研究將沖繩海槽 A 段訂為線震源，因此震源最短距離  $R$  的計算方式如下：

$$R = \sqrt{(場址至斷層線的最短水平距離)^2 + (震源深度)^2} \quad (3)$$

因為場址的地盤種類與式(2)所設定場址之地盤種類不一定相同，因此需要使用場址修正係數來修正式(2)求得之最大地表加速度值，才能得到正確的地表振動強度。本研究利用葉錦勳等(2004)所推導含地盤效應之最大地表加速度 PGA 與  $A$  值對應關係作為場址修正係數(表 1)，來求得含地盤效應之最大地表加速度。葉錦勳等(2004)認為  $A$  在 0.1g 至 0.8g 之間， $A$  與 PGA 呈線性關係，當式(2)求得  $A$  值與表 1 所列的值不同時，可利用線性內插的方式來計算。本研究依上述方式，計算宜蘭市 252 孔由模擬地震所引起之最大地表加速度。

本研究接著進行宜蘭市地表振動微分區，因 252 筆鑽孔分布較不均勻(圖 2)，無法涵蓋整個宜蘭市區，因此本研究以 500 × 500 公尺網格將宜蘭市劃分為 182 小區塊，並求得每一區塊之中心點，由於本研究在第 3-1 節已將宜蘭市判定為第三類地盤，因此每

一區塊之中心點均為第三類地盤，本研究再根據上述方式，求得由模擬地震所引起在這 182 點之 PGA 值。本研究彙整這兩種資料共 434 點之 PGA 值，再以每 0.01g 為一間隔，繪製等高線，完成由沖繩海槽 A 段芮氏規模 7.0 模擬地震所引起宜蘭市地表振動微分區圖(圖 3)。因模擬地震發生在宜蘭市東南角之下方，由微分區圖可看出，宜蘭市東南角承受較嚴重的地表振動(0.44g)，相較之下，宜蘭市西北角的地表振動較輕微些(0.36g)，但其實不論受到 0.36g 或 0.44g 的地表振動，對建築物都會引起很劇烈的搖動，因此沖繩海槽 A 段芮氏規模 7.0 的模擬地震在宜蘭市會引起強烈的地表振動。

#### 四、宜蘭市土壤液化評估

土壤液化係指地表下飽和鬆散的砂性土壤或粉質性土壤，受到地震力的作用，土壤顆粒間的排列趨於緊密，孔隙水壓迅速上升，導致土壤喪失原有的強度與承載力。由土壤液化所產生的土壤變形，可能導致各種的地表異象，如噴砂、地表隆起開裂、地表沉陷及側向滑移等現象，進而造成建築物的破壞、傾斜或倒塌等情形。

本研究利用收集的鑽探資料來評估在模擬地震作用下場址是否發生土壤液化及液化的程度。場址鑽孔資料是由各種不同的土層所組成，每土層內的土壤一般是按統一土壤分類法(USCS)來分類，由於統一土壤分類法會分成太多的土壤種類，因此本研究將土壤分類簡化為四種，分別為礫石、砂土、粉土及黏土，而由這四種土壤所組成的土層，則稱為礫石層、砂土層、粉土層及黏土層。根據林卓君(2008)土層液化敏感性判別準則，本研究判定礫石層及黏土層不會發生土壤液化，黏土含量超過 15% 之粉土層也不會發生土壤液化，換言之，本研究認為黏土含量未超過 15% 之粉土層以及砂土層有可能會發生土壤液化。

土層由標準貫入試驗(Standard Penetration Test, SPT)所得的 N 值能顯示土層強弱之程度。由於目前世界各國進行標準貫入試驗所使用的機具不同，因此所得到的 N 值亦有所差異，故須先將 N 值作適當的修正，以便後續評估土壤液化時使用。在各種簡易土壤液化評估方法中，以 Seed 簡易液化評估法(Seed and Idriss, 1971; Youd et al., 2001)發展最早且完整，並且在工程界被廣泛使用，故本研究利用 Seed 簡易液化評估方法來判斷在模擬地震作用下土層是否發生土壤液化。

#### 4-1 Seed 簡易液化評估法

根據 Seed 簡易液化評估法，地表下某一土層之土層抗液化安全係數 FS 的計算公式如下：

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (4)$$

式中，FS 為土層抗液化安全係數，CRR 為土層抗液化強度比值，CSR 為地震所引起的土層反覆剪應力比值。因地震引起的土層反覆剪應力比值 CSR 可以用下列公式計算：

$$CSR = 0.65 \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left( \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) \cdot r_d \quad (5)$$

其中， $a_{max}$ 為最大地表加速度， $g$ 為重力加速度， $\sigma_v$ 為垂直總覆土應力， $\sigma'_v$ 為垂直有效覆土應力， $r_d$ 為土層深度折減係數，其計算式如下：

$$r_d = \frac{1 - 0.4113 \cdot z^{0.5} + 0.04052 \cdot z + 0.001753 \cdot z^{1.5}}{1 - 0.4177 \cdot z^{0.5} + 0.05729 \cdot z - 0.006205 \cdot z^{1.5} + 0.001210 \cdot z^2} \quad (6)$$

Seed 的研究團隊蒐集世界上地震規模 7.5 左右的地震案例，建置地震規模為 7.5 時之土層抗液化強度曲線(Seed et al., 1985)，這些曲線包含土壤中細粒料含量對土層抗液化強度的影響。依據這些曲線，Youd et al. (2001)建議地震規模為 7.5 時，土層抗液化強度比值 CRR<sub>7.5</sub>可用下列式子來計算：

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60CS}} + \frac{(N_1)_{60CS}}{135} + \frac{50}{[10 \times (N_1)_{60CS} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (7)$$

式中， $(N_1)_{60CS}$ 為含細粒料含量之正規化標準貫入試驗值。當地震規模不為 7.5 時，土層抗液化強度比值 CRR 與 CRR<sub>7.5</sub>會有差異，這差異可利用地震規模修正係數 MSF 來修正：

$$CRR = CRR_{7.5} \times MSF \quad (8)$$

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_W^{2.56}} \quad (9)$$

式中， $M_W$  為震矩規模。本研究的模擬地震設定為芮氏規模 7.0，因此須將芮氏規模轉換為震矩規模。本研究採用吳逸民等(2000)利用台灣地震資料，迴歸所得到芮氏規模  $M_L$  與震矩規模  $M_W$  之關係式：

$$M_L = 4.533 \ln(M_W) - 2.091 \quad (10)$$

根據式(10)，當芮氏規模為 7.0 時，震矩規模為 7.4。

Seed 簡易土壤液化評估法係利用土壤抗液化安全係數 FS 來判定土層是否會發生液化，當土層抗液化安全係數小於 1 時，判定該土層會發生土壤液化，反之，當土層抗液化安全係數大於 1 時，判定該土層不會發生土壤液化。

#### 4-2 Iwasaki 場址液化潛能評估法

如上所述，一個場址是由許多土層所組成，若發生液化的土層距離地表越近，場址液化的程度就越嚴重，另外，液化的土層越厚，場址的液化程度也越嚴重，因此場址的液化程度會受到場址下各個可能液化土層的影響，為了評估整個場址液化的情形，本研究利用 Iwasaki 液化潛能指數(Iwasaki et al., 1982)來評估整個場址液化的程度。Iwasaki et al. (1982) 藉由深度加權的概念來求得整個場址的液化潛能指數  $P_L$ ，計算式如下：

$$P_L = \int_0^{20} F(z)W(z)dz \quad (11)$$

式中， $P_L$  為液化潛能指數， $z$  為土層距地表之深度，以地表下 20 公尺為限， $F(z)$  為土層抗液化係數， $W(z)$  為深度權重係數。土層抗液化係數  $F(z)$  表示土層液化的程度，其計算式如下：

$$F(z) = \begin{cases} 0 & FS(z) > 1 \\ 1 - FS(z) & FS(z) \leq 1 \end{cases} \quad (12)$$

當土層抗安全液化系數 FS 大於 1 時， $F(z)$ 等於 0，代表土層不會液化，當土層抗安全液化系數 FS 小於或等於 1 時，則利用土層的 FS 值來求得  $F(z)$ 值， $F(z)$ 值介於 0 到 1 之間，當  $F(z)$ 值越小，代表土層液化程度越小，反之，當  $F(z)$ 值越大，代表土層液化程度越大。

深度權重係數  $W(z)$ 表示土層於地表下不同的位置對場址液化程度的影響，其計算式如下：

$$W(z) = 10 - 0.5z \quad (13)$$

利用式(11) 所求得的液化潛能指數值  $P_L$ 越大，代表場址液化程度越嚴重，反之，當  $P_L$ 值越小代表場址液化程度越輕微。Iwasaki et al.(1982)將場址液化程度分為四級：嚴重液化、中度液化、輕微液化及無液化，如表 2 所示。

本研究係利用鑽孔資料地表下 20 公尺內的土壤參數來進行土壤液化評估，由於不同的土壤參數值對土壤液化評估之結果影響甚大，因此若鑽孔資料不足 18 公尺或鑽孔資料之 N 值、土壤性質、細粒料含量等不齊全時，則刪除該孔資料，亦即不用該孔資料來進行土壤液化評估，若鑽孔資料超過 18 公尺但不滿 20 公尺，則將最底層之土壤及其參數延伸至 20 公尺。按此方式，在所搜集的 252 孔中刪除 67 孔，只剩下 185 孔。利用這 185 孔鑽孔資料，本研究計算場址的液化潛能指數並判定場址液化之嚴重程度，結果如表 3 所示，其中 127 孔判定為嚴重液化，35 孔判定為中度液化，14 孔判定為輕微液化，9 孔判定為無液化，鑽孔液化的分佈情形如圖 4 所示。

#### 4-3 宜蘭市液化微分區

本研究參照黃宏謀與林卓君(2009)所建議的方法進行宜蘭市液化微分區。該方法建議以每一鑽孔為中心及半徑 200 公尺，利用 GIS 軟體中 Buffer 的功能向外擴展為一個圓形，此圓形內的液化程度視為與該鑽孔的液化程度相同，若兩個不同液化程度的範圍有

相互重疊時，將重疊的區域作等分來分離兩個不同液化程度的範圍，本研究再對上述結果作適當之修正，例如：若有小部分未被劃定為任何一種液化程度的範圍，則參考鄰近液化程度作適當的填補，在同一液化程度區域內，若有零星的單獨區塊，其液化程度相對之下較輕微，則提升其液化程度，使整個區域成為同一液化程度，另外，幾處零星無液化區塊，為求保守起見，也將無液化區塊用臨近的液化程度取代。利用上述方式修改後，宜蘭市液化微分區圖如圖 5 所示。由圖可知，在沖繩海槽地震帶 A 段芮氏規模 7.0 的模擬地震作用下，宜蘭市有些區域呈現嚴重液化的狀態，另外，有部分地區如農地等無鑽孔資料，故無法判別其發生液化的可能性。

## 五、結論與建議

宜蘭市位於蘭陽平原中央，土層鬆軟、地下水位高，因此，當宜蘭地區如沖繩海槽 A 段發生大地震時，宜蘭市將受到強烈的地表振動，並且在許多地區可能引起嚴重的土壤液化，因此宜蘭市為地震潛勢高風險之地區。宜蘭地區若發生大地震時，可能導致建築物倒塌、維生管線破壞及人員傷亡，因此宜蘭市平時就需要作好地震防救災規劃，以減少地震災害的損失。

本研究雖然蒐集數百孔鑽孔資料，但由於非都市計畫地區或農田地區少有鑽孔資料，因此有許多地區無法評估發生液化的可能性，本研究建議持續蒐集宜蘭地區的鑽孔資料，使宜蘭市液化微分區圖更為完整，也可將這微分區圖提供給宜蘭市相關單位作為防災規劃的參考。

## 參考文獻

1. 內政部，(2006)，「建築物耐震設計規範與解說」，營建雜誌社，台北市。
2. 吳逸民、張建興、辛在勤、簡文郁，(2000)，「速報系統中強地動極值之推求」，第八屆台灣地區地球物理研討會論文集，台北，台灣。
3. 林卓君，(2008)，「土壤液化評估之探討-以宜蘭縣羅東鎮為例」，宜蘭大學建築與規劃研究所碩士論文，宜蘭，台灣。
4. 黃宏謀、林卓君，(2009)，"模擬地震作用下區域液化潛能評估-以宜蘭縣羅東鎮為

例”，國立宜蘭大學工程學刊，第 5 期，第 17-36 頁。

5. 葉錦勳、簡文郁、鍾立來，(2004)，“台灣震災早期評估系統之研發與應用”，中國土木水利工程學刊，第十六卷，第四期，第 609-620 頁。
6. 趙紹鋒、黃宏謀、許智豪，(2008)，“蘭陽平原三維淺層地下構造之探討”，國立宜蘭大學工程學刊，第四期，第 53-74 頁。
7. 簡文郁，(2001)，「考慮特徵地震與場址效應的地震危害度分析」，研究報告 NCREE-01-036，國家地震工程研究中心，台北市。
8. Iwasaki, T., Arakawa, T., and Tokida, K. (1982), “Simplified Procedures for Assessing Soil Liquefaction During Earthquakes,” Proceedings of the Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Southampton, pp. 925-939.
9. Seed, H. B., and Idriss, I. M. (1971), “Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential,” Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 97, No. SM9, pp. 1249-1273.
10. Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F., and Chung, R. M. (1985), “Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations,” Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. 111, No. 12, pp. 1425-1445.
11. Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., Dorby, R., Finn, W. D. L., Jr., Harder, L. F., Hynes, M. E., Ishihara, K., Koester, J. P., Liao, S. S. C., Marcuson III, W. F., Martin, G. R., Mitchell, J. K., Moriwaki, Y., Power, M. S., Robertson, P. K., Seed, R. B., and Stokoe II, K. H. (2001), “Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils,” Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, No. 10, pp. 817-833.

表 1 PGA 與 A 值之對應關係（葉錦勳等，2004）

地盤種類	PGA				
	A = 0.05	A = 0.1	A = 0.2	A = 0.4	A = 0.8
第一類地盤 (堅硬地盤)	0.045	0.0973	0.1976	0.3982	0.7994
第二類地盤 (普通地盤)	0.0564	0.1025	0.2022	0.4017	0.8006
第三類地盤 (軟弱地盤)	0.0746	0.1419	0.2372	0.4279	0.8093

註：表內數值的單位為 g

表 2 液化潛能指數與場址液化程度之關係

$P_L$ 值域	場址液化程度
$P_L \geq 15$	嚴重液化
$5 < P_L \leq 15$	中度液化
$0 < P_L \leq 5$	輕微液化
$P_L = 0$	無液化

表 3 宜蘭市鑽孔液化評估結果(沖繩海槽地震帶 A 段，芮氏規模 7.0)

場址液化程度	鑽孔數
嚴重液化	127
中度液化	35
輕微液化	14
無液化	9

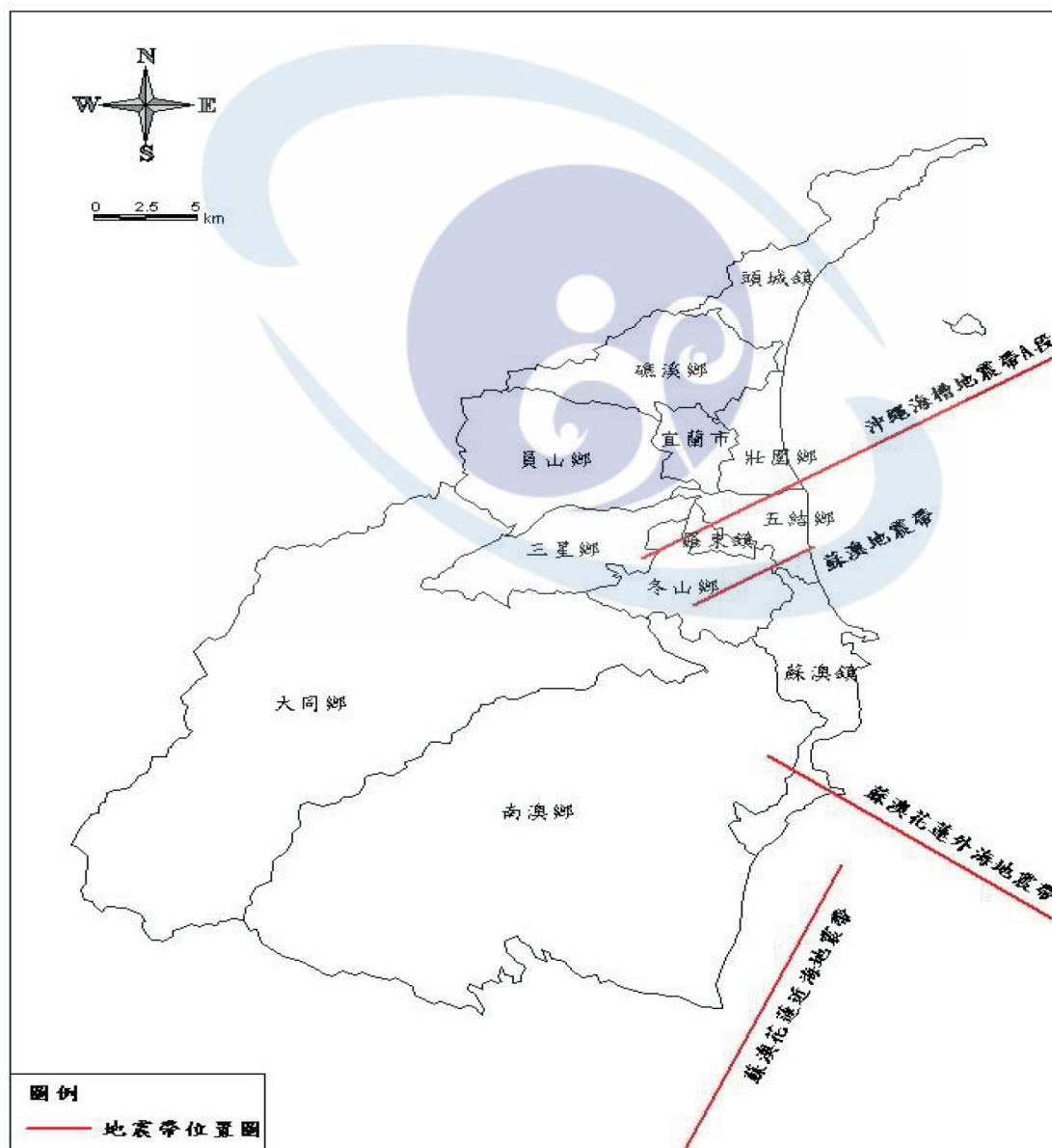


圖 1 宜蘭地區地震帶與宜蘭鄉鎮市位置關係圖(黃宏謀等，2007)

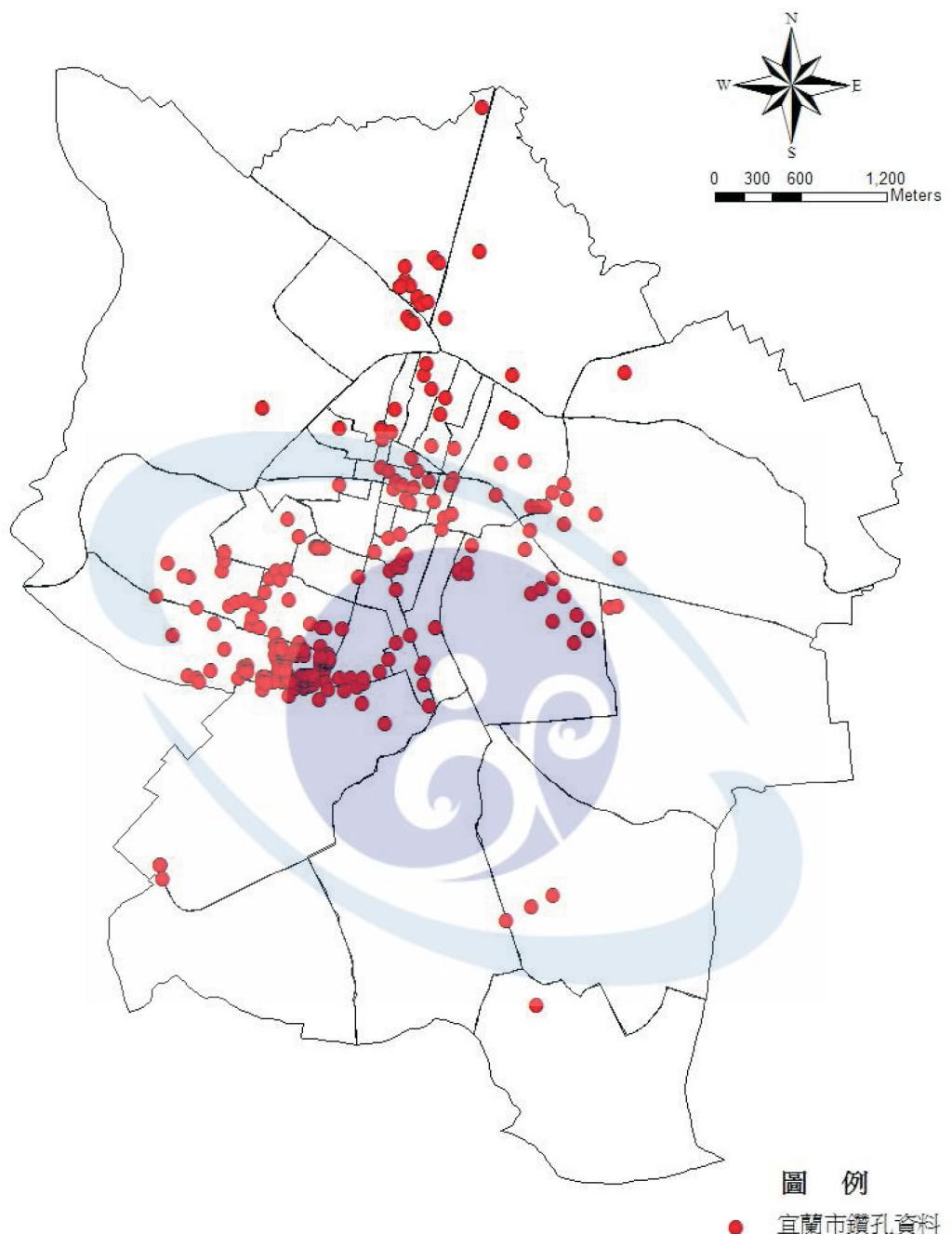


圖 2 宜蘭市鑽孔資料分布圖

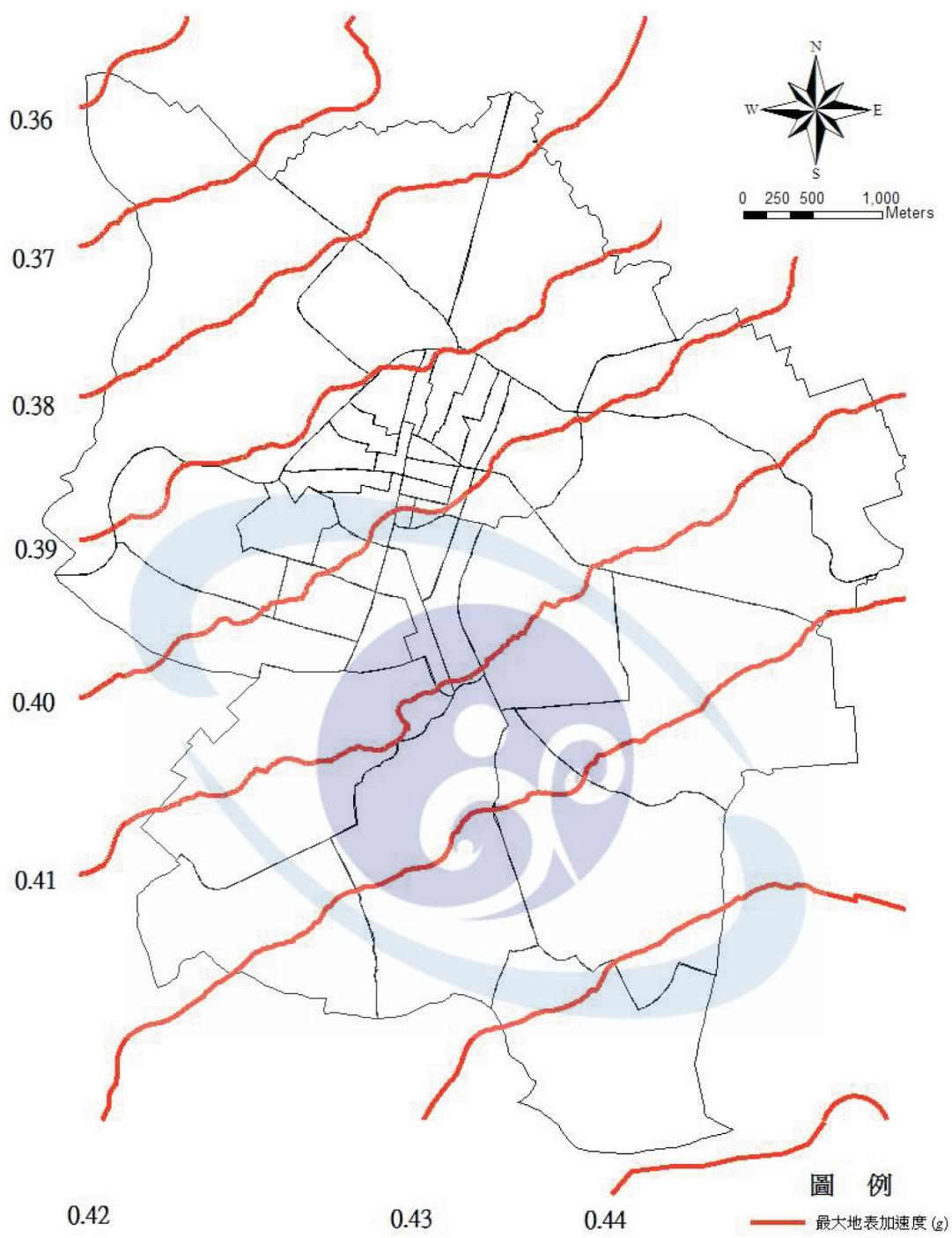


圖 3 宜蘭市地表振動微分區圖(沖繩海槽地震帶 A 段，芮氏規模 7.0)

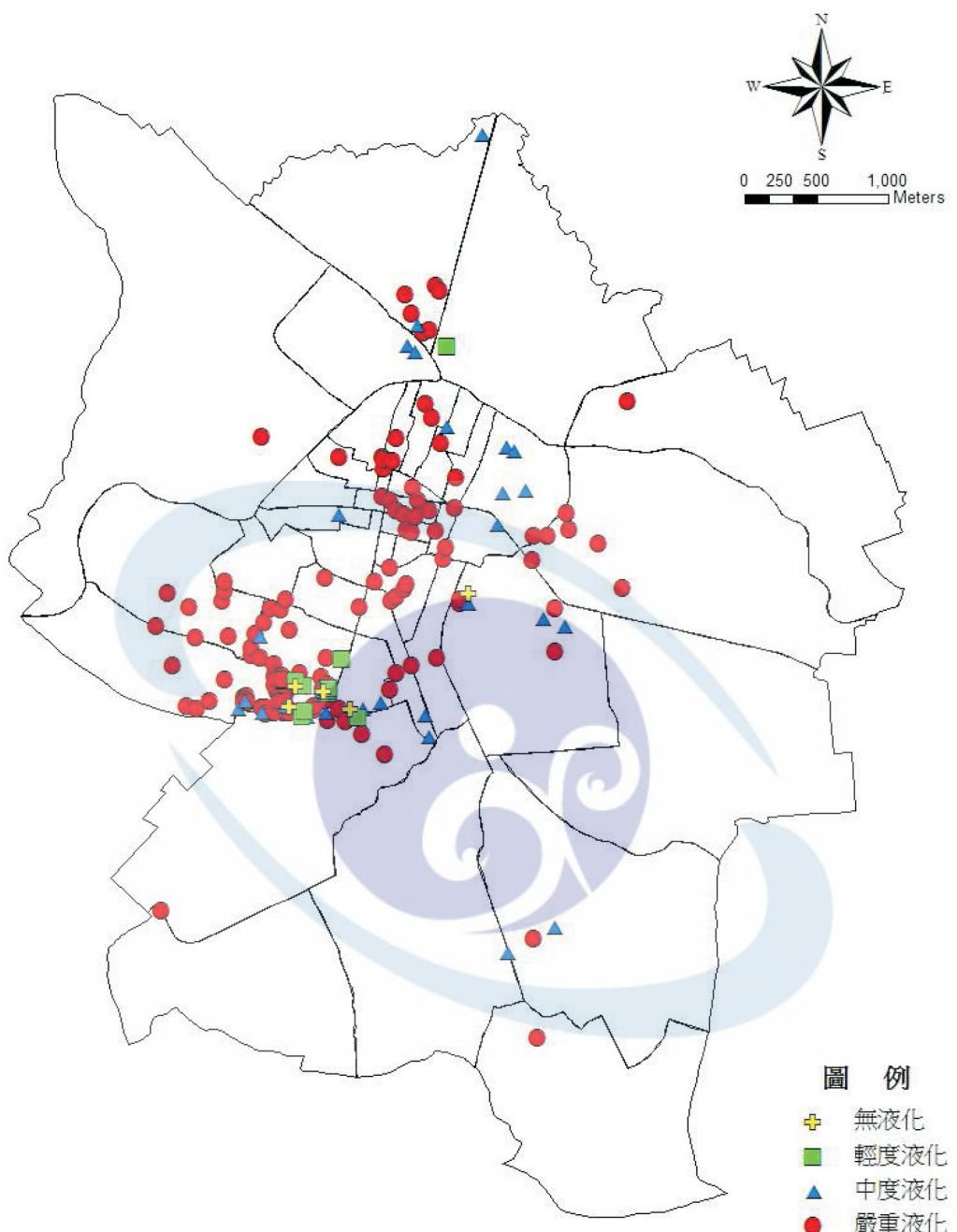


圖 4 宜蘭市鑽孔液化分佈圖(沖繩海槽地震帶 A 段，芮氏規模 7.0)

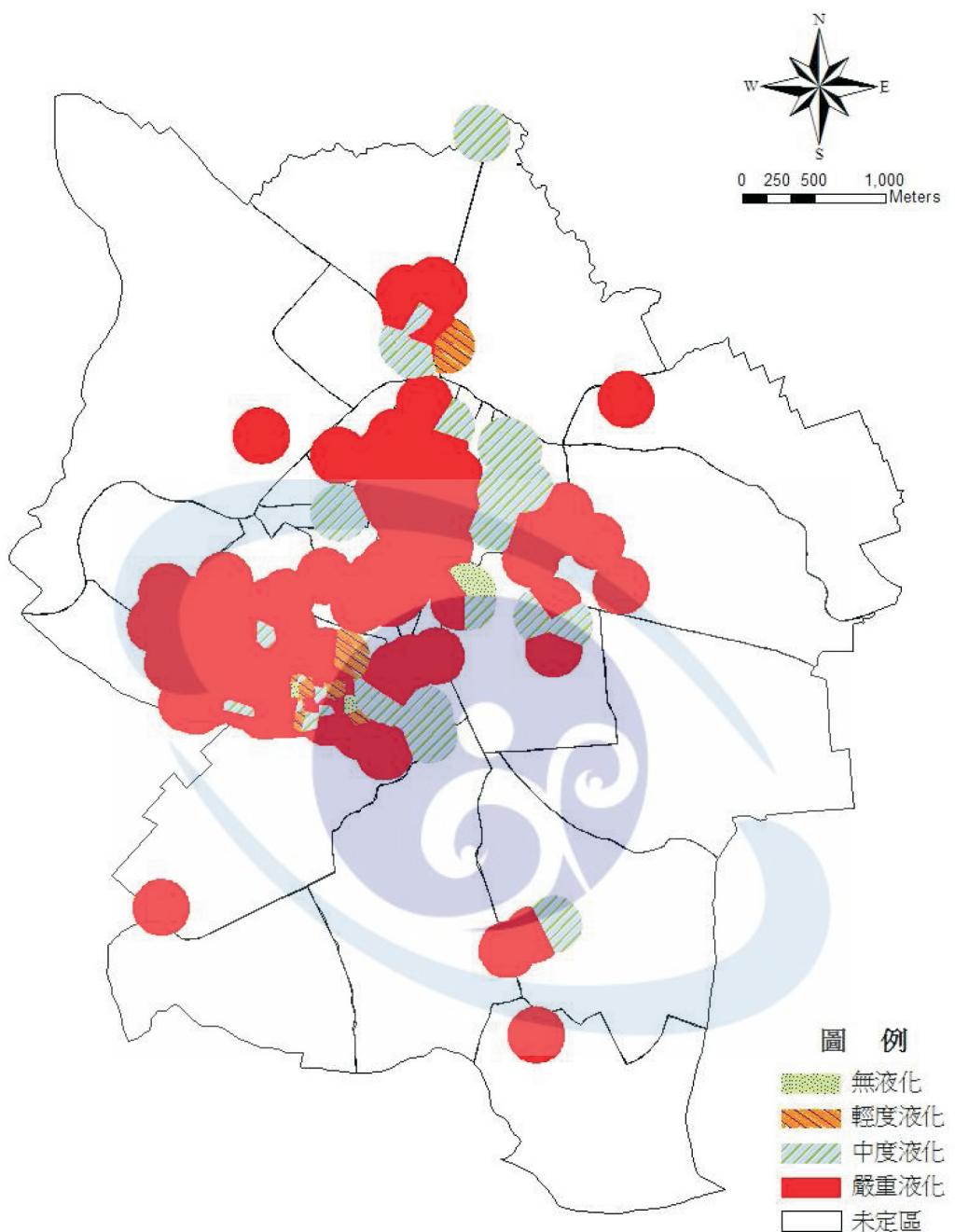


圖 5 宜蘭市液化微分區圖(沖繩海槽地震帶 A 段，芮氏規模 7.0)