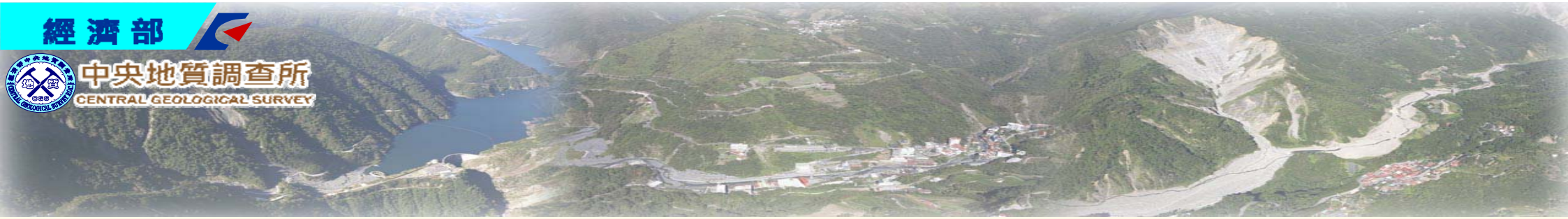


經濟部



中央地質調查所
CENTRAL GEOLOGICAL SURVEY



土壤液化潛勢調查緣起與展望

邱禎龍

經濟部中央地質調查所
環境與工程地質組

印尼地震(2018.9.28)



<https://www.ettoday.net/news/20181002/1271094.htm>



<https://hk.news.yahoo.com/印尼強震重災區-土壤液化造成大破壞-143502850.html>



<https://udn.com/news/story/12520/3397920>



https://www.youtube.com/watch?v=BVixh_Zq2OQ



日本北海道胆振東部地震(2018.9.6)



<https://www.sankei.com/affairs/photos/180906/afr1809060138-p5.html>



<http://www.spotvnews.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=235278>



<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-45430574>



<https://tw.news.yahoo.com/北海道地震-路面破裂土地液化-人車難行-033420882.html>

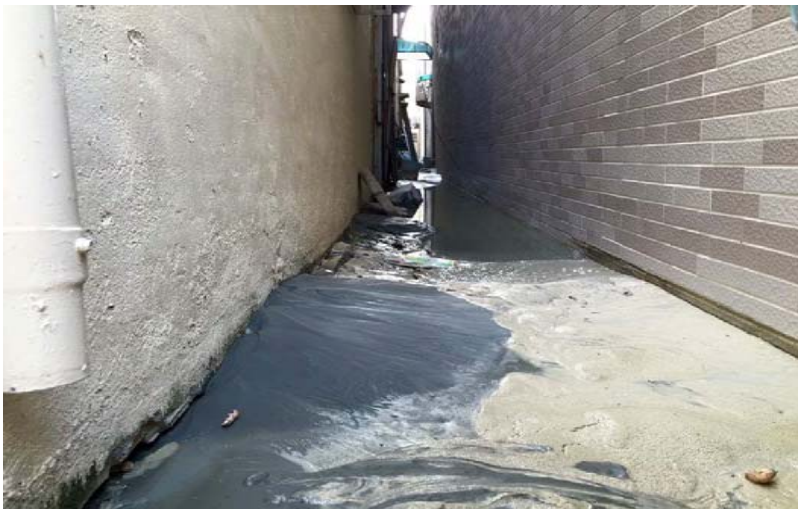
美濃地震(2016.2.6)



惠安里防屋下陷



惠安里地板隆起龜裂



惠安里地表噴砂



新化北勢里地表噴砂



921地震(1999. 9. 21)



臺中港碼頭



彰濱工業區



彰化縣員林鎮崙雅里



臺3線小溪橋下游左岸堤防側潰



1901~2014死亡超過10人以上地震

百年內17次

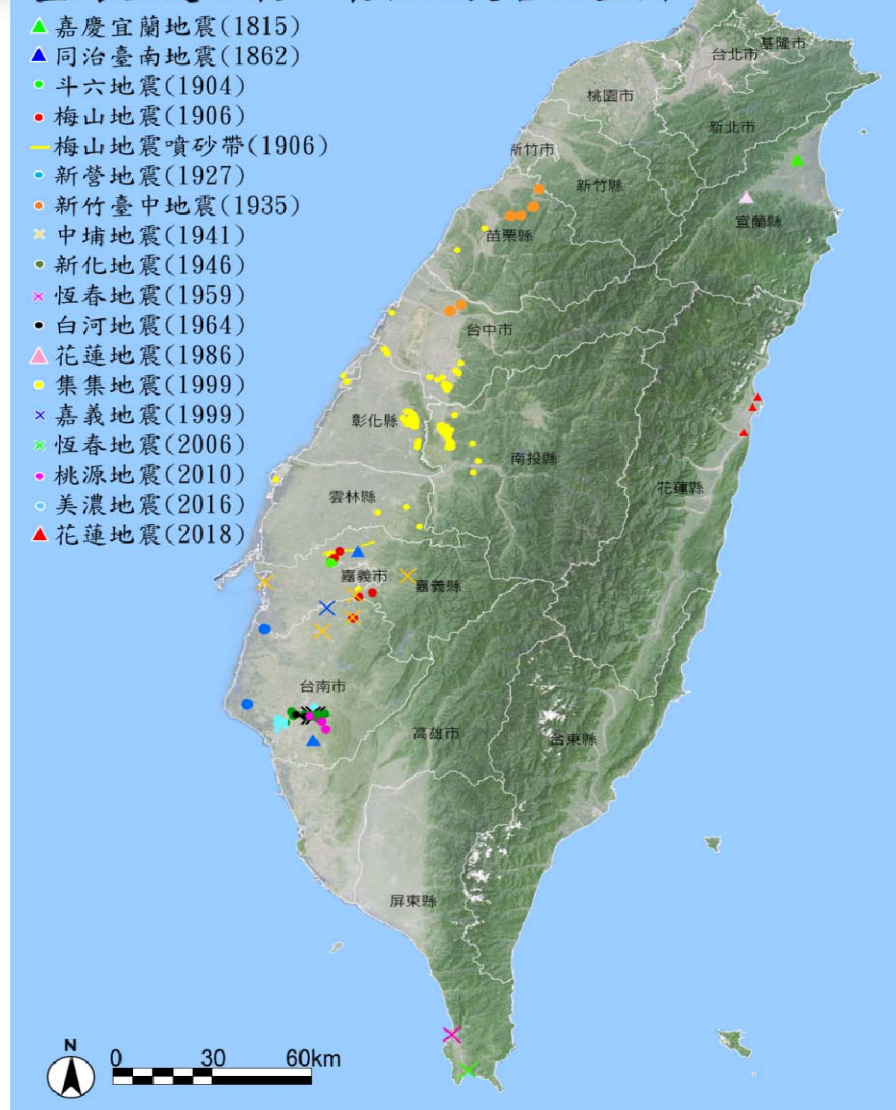
| 年 | 月 | 日 | 地點 | 深度 | 規模 | 死亡 | 備註 |
|------|----|----|----------|----|-----|-------|-----------------------|
| 1904 | 11 | 6 | 嘉義附近 | 7 | 6.1 | 145 | 斗六地震新港附近發生地裂及噴砂 |
| 1906 | 3 | 17 | 嘉義縣民雄 | 6 | 7.1 | 1,258 | 梅山地震梅仔坑北方至民雄長13公里斷層 |
| 1906 | 4 | 14 | 鹽水港 | 20 | 6.6 | 15 | 7時52分再震, 地裂噴砂, 崖崩甚多 |
| 1916 | 8 | 28 | 濁水溪上流 | 45 | 6.8 | 16 | 南投地震系列埋沒14戶 |
| 1917 | 1 | 5 | 埔里附近 | 淺 | 6.2 | 54 | 南投地震系列 |
| 1927 | 8 | 25 | 臺南新營附近 | 20 | 6.5 | 11 | 地裂噴砂 |
| 1935 | 4 | 21 | 竹縣關刀山附近 | 5 | 7.1 | 3,276 | 新竹-臺中烈震獅潭、屯子腳斷層 |
| 1935 | 7 | 17 | 後龍溪河口 | 30 | 6.2 | 44 | 新竹-臺中烈震餘震 |
| 1941 | 12 | 17 | 嘉義東南10公里 | 12 | 7.1 | 358 | 嘉義地方(中埔)烈震草嶺山崩 |
| 1946 | 12 | 5 | 臺南新化附近 | 5 | 6.1 | 74 | 新化地震有地裂, 電桿鐵路歪斜 |
| 1951 | 10 | 22 | 花蓮東南15km | 4 | 7.3 | 68 | 花東縱谷地震系列山崩地裂, 鐵路彎曲下沉 |
| 1951 | 11 | 25 | 臺東北方30km | 36 | 7.3 | 17 | 花東縱谷地震系列 |
| 1957 | 2 | 24 | 花蓮 | 30 | 7.3 | 11 | 山崩 |
| 1959 | 8 | 15 | 恆春 | 20 | 7.1 | 16 | 恆春地震 |
| 1964 | 1 | 18 | 臺南東北43公里 | 18 | 6.3 | 106 | 嘉南烈震(白河地震)有地裂, 噴砂 |
| 1986 | 11 | 15 | 花蓮東南10公里 | 15 | 6.8 | 13 | 花蓮地震, 中和華陽市場2/3房屋倒塌 |
| 1999 | 9 | 21 | 魚池西南7公里 | 8 | 7.3 | 2,415 | 20世紀最大地震, 車籠埔斷層錯動80公里 |

未來50年台灣孕震構造之發震機率圖



(未來50年臺灣孕震構造發震機率圖，馬國鳳，2015)

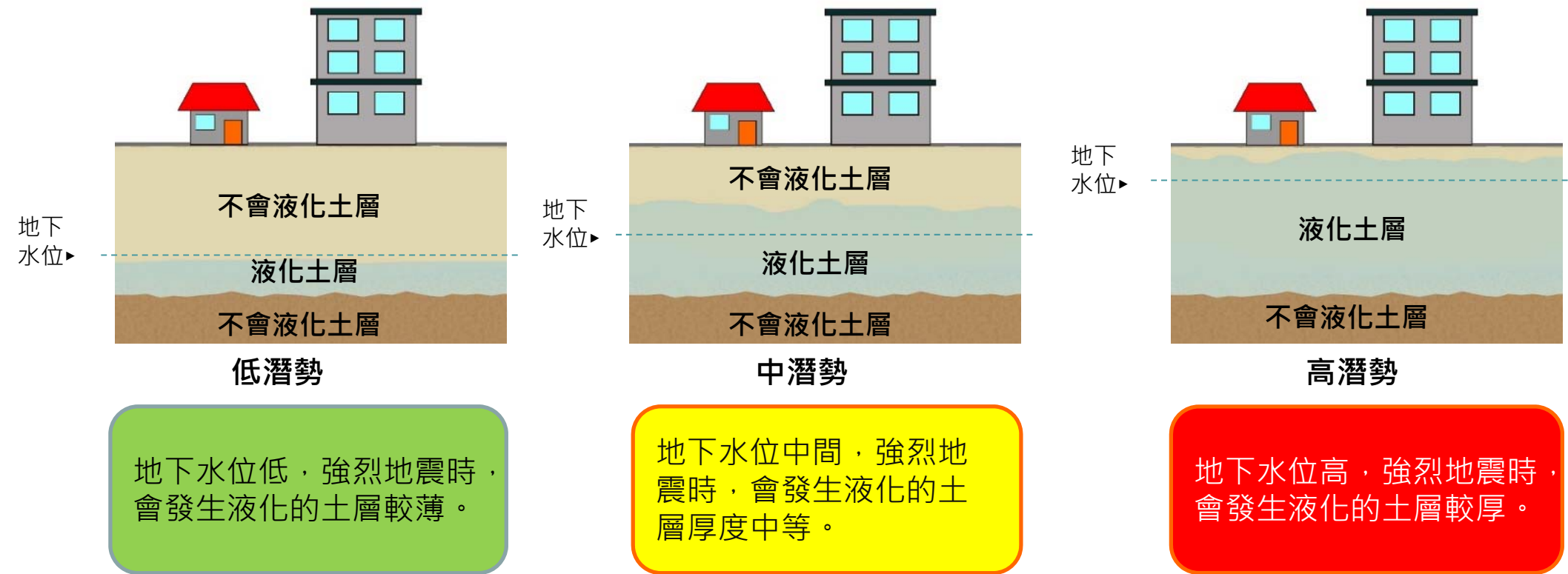
臺灣歷史地震土壤液化災害位置圖



(臺灣歷史地震發生土壤液化位置分布圖)

土壤液化潛勢比較

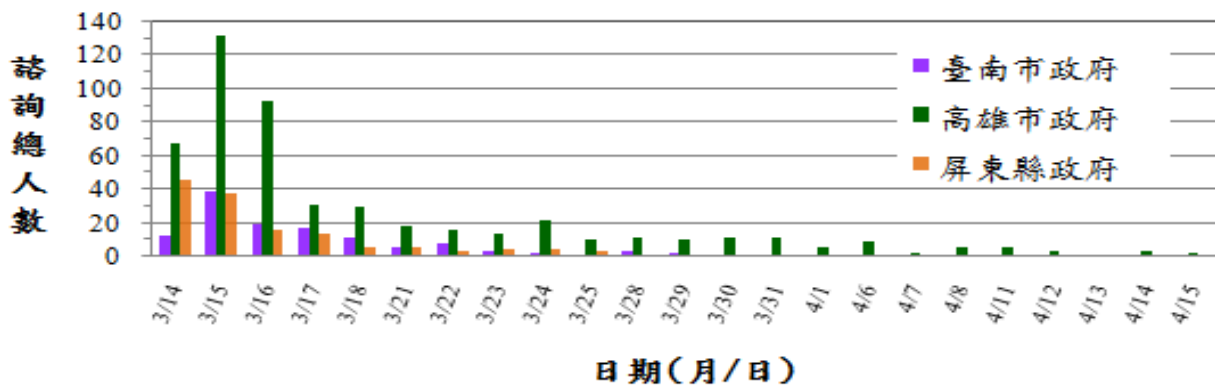
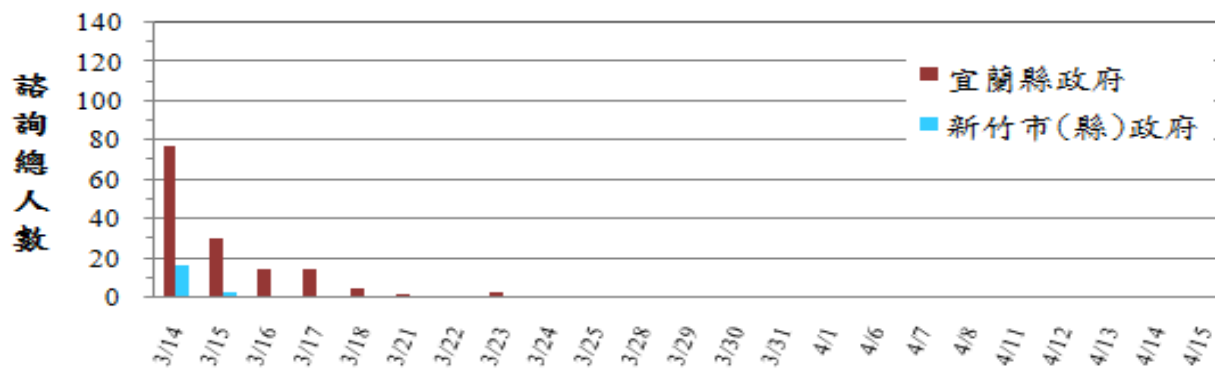
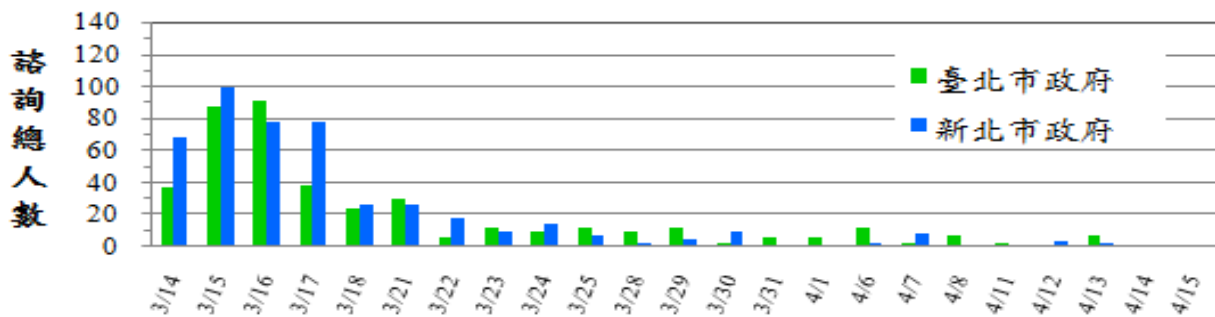
公開的土壤液化潛勢圖分為三級，顯示在約5到6級(因地區而異)強烈地震發生時，可能發生土壤液化之輕重程度。



土壤液化潛勢高、中、低之地質條件示意圖

土壤液化潛勢區之建築物之地盤改良研究





105年3月14日地調所公開第一批的初級土壤液化潛勢圖資。經統計各縣市約有3,000人以電話或現場諮詢方式，瞭解土壤液化資訊。公開網站最大單日瀏覽人數為172萬人次，累積瀏覽人數為662萬人次，目前每月仍有約6萬瀏覽人次。



土壤液化潛勢查詢系統民眾版

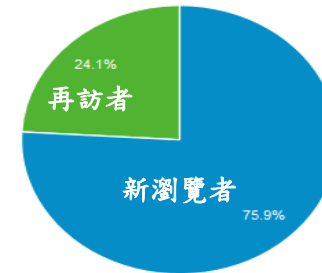
- 2018年北海道膽振東部地震：日本時間9月6日3時7分59.3秒



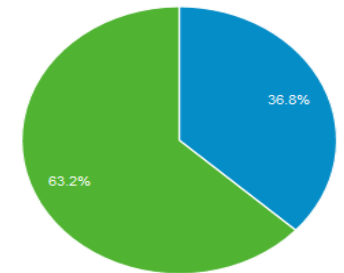
| | | | |
|------|----------|----------|---------|
| 日期 | 9月6日(四) | 9月7日(五) | 9月8日(六) |
| 人次 | 5,986 | 5,273 | 1,990 |
| 日期 | 8月30日(四) | 8月31日(五) | 9月1日(六) |
| 上周人次 | 786 | 675 | 273 |
| 變更% | 685% | 681% | 628% |

■ New Visitor ■ Returning Visitor

2018/9/5 - 2018/9/12



2018/8/29 - 2018/9/4





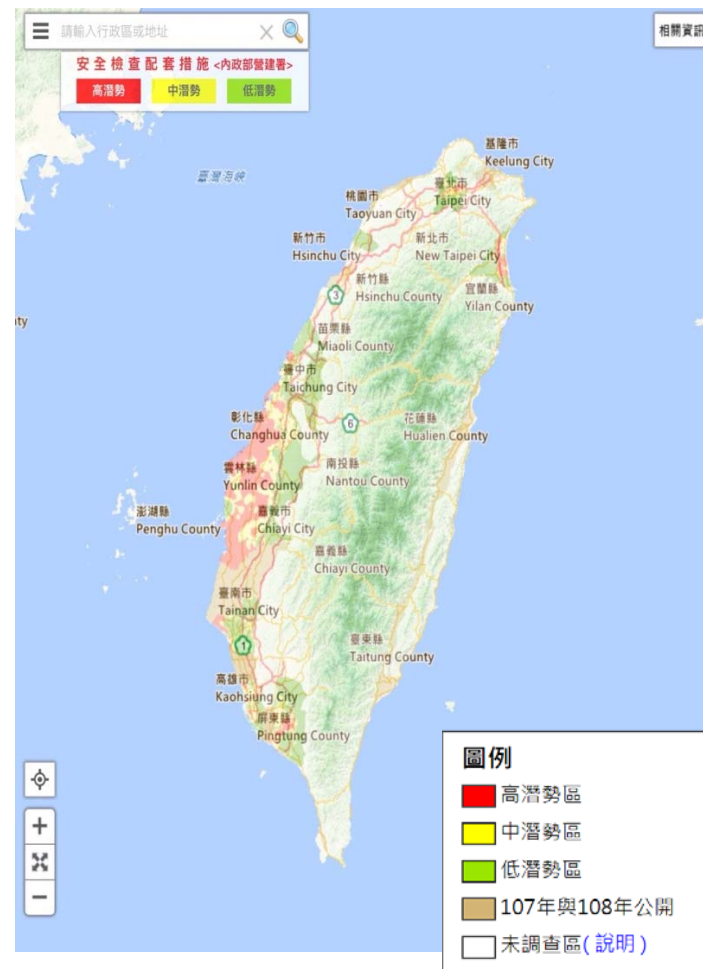
大綱

- 計畫緣起與目標
- 土壤液化潛勢調查未來展望



全國土壤液化潛勢圖資公開作業時程

| 時程 | 辦理事項 |
|--------|---|
| 2月14日~ | 展開土壤液化潛勢區圖資的整理準備工作加速建置公開系統之作業 |
| 2月16日 | 楊次長召開『土壤液化潛勢圖資整合會議』確認中央地調所為全國土壤液化圖資主要機關 |
| 2月18日 | 許政委召開『研商公布土壤液化潛勢區相關事宜』會中說明土壤液化潛勢區之調查與公開作業辦理情形 |
| 2月24日 | 行政院召開「土壤液化潛勢區資訊公開及配套措施」第1次專案會議 |
| 2月26日 | 與內政部召開『土壤液化潛勢區公開與相關配套整合協調會議』確認相關配套說帖之整合及文宣連結方式 |
| 3月7日 | 行政院召開「土壤液化潛勢區資訊公開及配套措施」第2次專案會議 |
| 3月10日 | 行政院發言人檢視查詢系統內容及文宣會議 |
| 3月11日 | 行政院召開「土壤液化潛勢區資訊公開及配套措施」第3次專案會議 |
| 3月14日 | 臺北市、新北市、新竹縣市、臺南市、高雄市、屏東縣、宜蘭縣土壤液化潛勢圖資及查詢系統記者會及公開上網 |
| 12月16日 | 臺中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣市等5縣市土壤液化潛勢圖資及查詢系統公開 |
| 106年 | 基隆、桃園、南投、苗栗、花蓮、臺東土壤液化普查及地質鑽探調查 |
| 107年 | 北臺南、北高雄、南高雄、恆春半島與花蓮壤液化潛勢圖資調查 |
| 108年 | 基隆、桃園、南投、苗栗、臺東等縣市土壤液化潛勢圖資調查 |



- 0206地震後，依據行政院指示，地調所於105年底完成臺北市、新北市、高雄市、臺南市、新竹縣市、宜蘭縣、屏東縣、臺中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣市等11縣市之初級土壤液化潛勢圖資(比例尺1/25,000)公開；
- 105年9月臺北市公布自辦完成之土壤液化潛勢圖資(1/5,000)，民眾可上網查詢。107年3月22日舉辦「2018臺北市土壤液化潛勢圖資說明會」，公開說明最新版本的臺北市土壤液化潛勢圖



國內土壤液化潛勢圖資概述

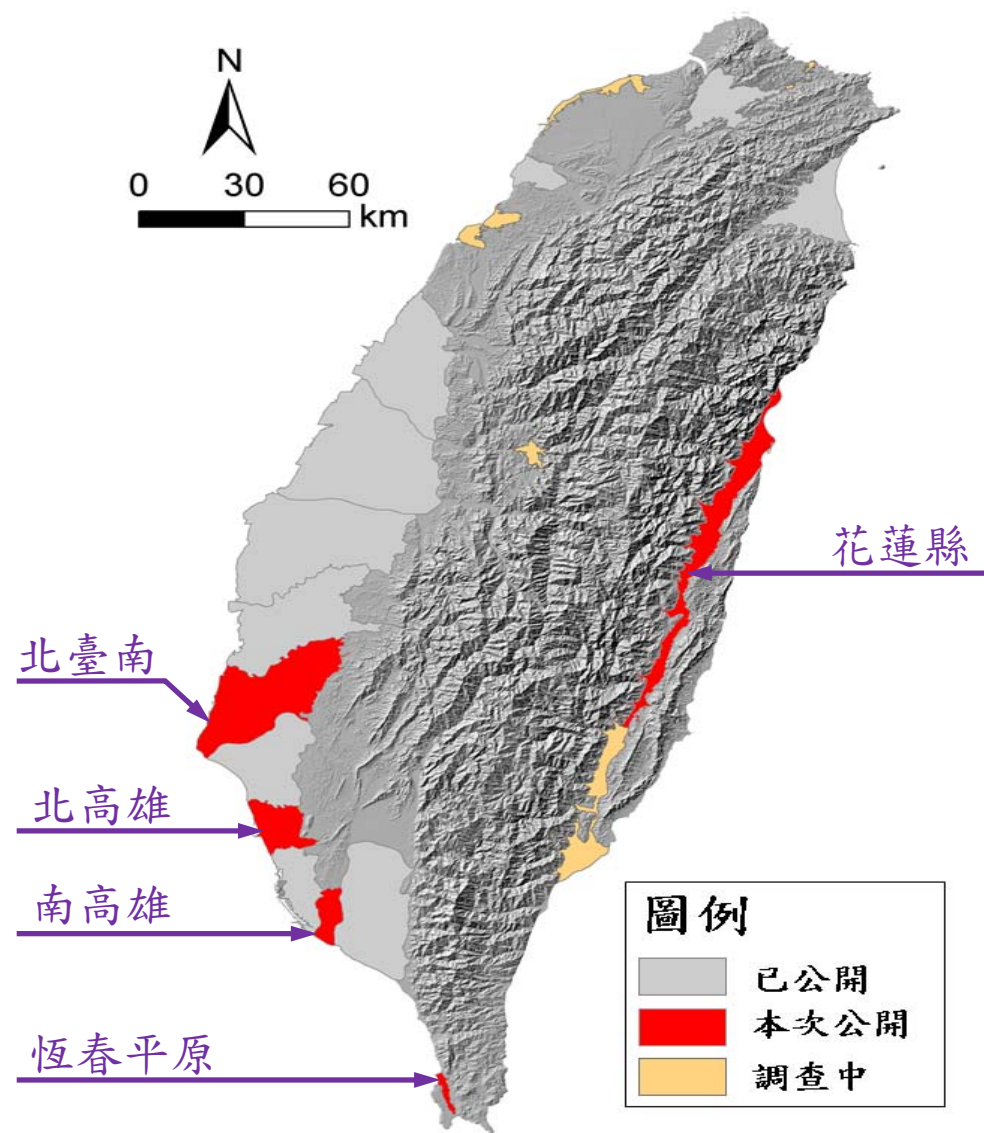
- 地調所(初級圖資1/25000)
 - 三維都市防災地質資訊整合分析與建置(99~102年)
 - 臺北盆地、高雄都會區(舊高雄市)
 - 都市防災地質資訊分析與建置(103~106年)
 - 宜蘭、新竹、臺中、彰化、雲林、嘉義、臺南、屏東等平原區
 - 土壤液化潛勢調查分析與精進(107~112年)
 - 108年完成其餘平原區的土壤液化潛勢圖
- 安家固園計畫第一期(105年) - 中級圖資
 - 臺北市、新北市、臺南市、高雄市、屏東縣、宜蘭縣
- 安家固園計畫第二期(106年) - 中級圖資
 - 臺北市、新北市、臺南市、高雄市、屏東縣、宜蘭縣、臺中市、彰化縣、雲林縣

第三批土壤液化潛勢圖公開範圍

公開範圍

| | |
|------|---------|
| 北臺南 | (798.5) |
| 北高雄 | (206.8) |
| 南高雄 | (110.8) |
| 恆春平原 | (28.0) |
| 花蓮縣 | (523.5) |

總面積 **1,667.6 km²**





中央地質調查所公開之初級土壤液化潛勢圖資統計

| 縣市名稱 | 縣市總面積 (公頃) | 分析面積 (公頃) | 潛勢區所佔百分比(%) | | |
|------|---------------|--------------|-------------|-----------|------------|
| | | | 高潛勢區 | 中潛勢區 | 低潛勢區 |
| 臺北市 | 27,180 | 12,718 | 7.7 (22.6) | 6.8(44.6) | 85.4(32.8) |
| 新北市 | 205,257 | 17,655 | 9.0 | 32.0 | 59.0 |
| 新竹縣市 | 153,169 | 11,634 | 0.6 | 2.9 | 96.5 |
| 宜蘭縣 | 214,363 | 33,902 | 22.5 | 16.6 | 60.9 |
| 臺南市 | 219,165 | 51,762 | 11.6 | 21.1 | 67.3 |
| 高雄市 | 295,185 | 25,799 | 15.5 | 41.3 | 43.2 |
| 屏東縣 | 277,560 | 77,023 | 11.0 | 20.2 | 68.8 |
| 臺中市 | 221,490 | 59,166 | 5.7 | 7.1 | 87.2 |
| 彰化縣 | 107,440 | 103,041 | 36.9 | 28.4 | 34.7 |
| 雲林縣 | 129,083 | 121,954 | 43.1 | 26.8 | 30.1 |
| 嘉義縣市 | 196,367 | 80,316 | 50.2 | 23.5 | 26.3 |

潛勢圖資公開之法源依據

● 災害防救法第 22 條：

第1項第7款及第4項規定：「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。…第一項第七款有關災害潛勢之公開資料種類、區域、作業程序及其他相關事項之辦法，由各中央災害防救業務主管機關定之。」

● 風災震災火災及爆炸災害潛勢資料公開辦法(簡稱本辦法)

第1條規定：「本辦法依災害防救法第二十二條第四項規定訂定之。」第4條第2款規定：「震災之災害潛勢資料公開項目及公開機關如下：…二、土壤液化潛勢分布圖：經濟部中央地質調查所。」

● 政府資訊公開法：

第6條規定：「與人民權益攸關之施政、措施及其他有關之政府資訊，以主動公開為原則，並應適時為之。」

第7條序文：「下列政府資訊，除依第十八條規定限制公開或不予提供者外，應主動公開：…」

第18條第1項序文：「政府資訊屬於下列各款情形之一者，應限制公開或不予提供之：…」

分析地下水位

- 土壤液化潛勢分析，地下水對結果影響甚大。

| 圖資類型 | 單位 | 分析地下水位決定方式 |
|---------|-----|-----------------------|
| 初級土壤液化圖 | 地調所 | 有長期水位監測井：平均水位深度+1個標準差 |
| | | 無長期水位監測井：鑽孔水位 |
| 中級土壤液化圖 | 臺北市 | 汛期平均水位 |
| | 新北市 | 汛期平均水位 |
| | 宜蘭縣 | 平均水位 |
| | 臺南市 | 汛期平均水位+1個標準差 |
| | 高雄市 | 平均水位深度(考慮微地形) |
| | 屏東縣 | 平均水位深度+1個標準差 |



長期水位觀測井建置與蒐集

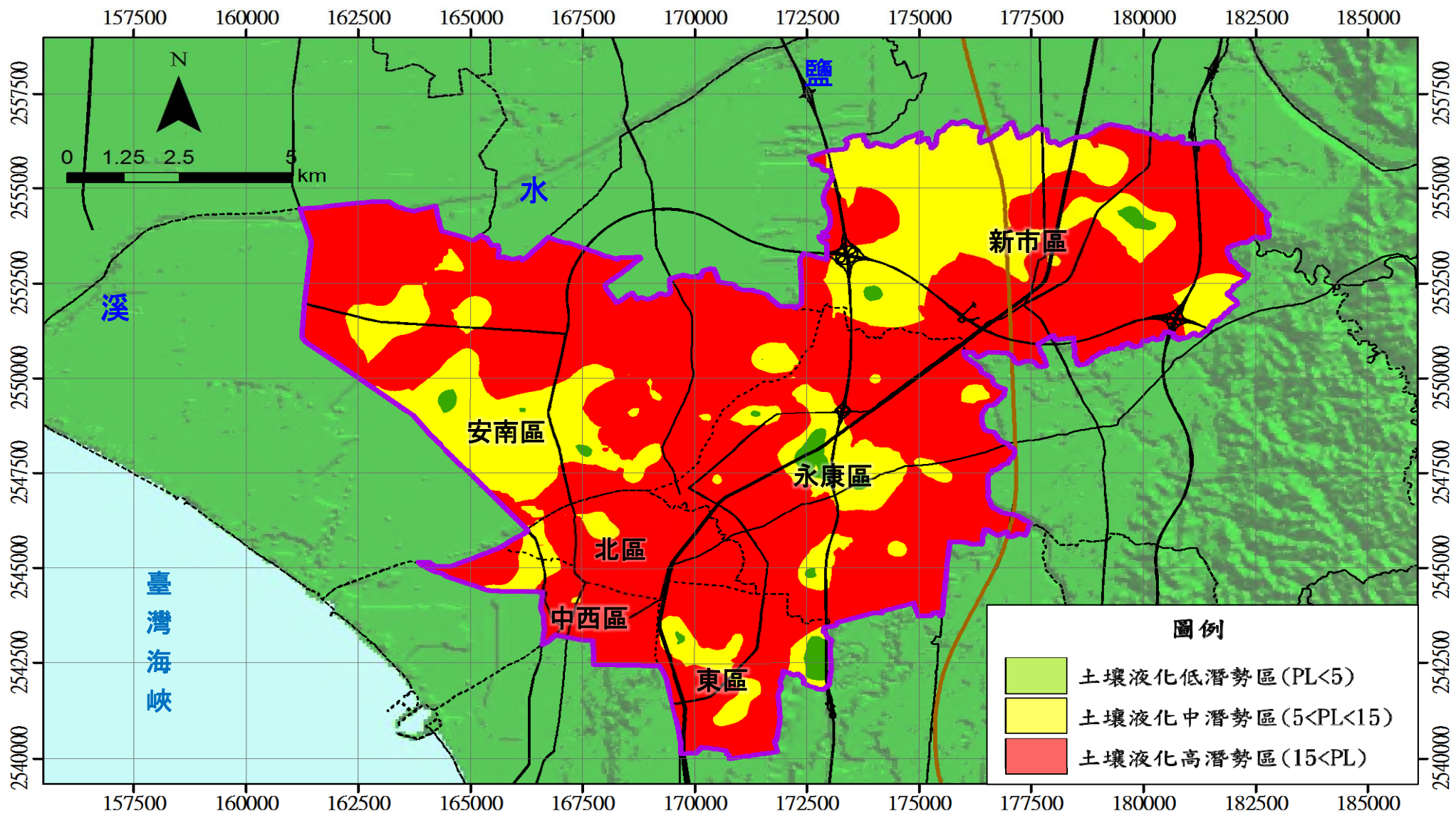
- 既有長期觀測井主要有水文井、環保署地下水質監測井、地調所工程井及安家固園計畫鑽井。
- 由於早期所設的水位觀測井多已失去功能，後續將持續建置新水位井及納入可用水位井，進行長期監測，以提供合理的土壤液化分析水位。

地調所106~107年建置水位觀測井數

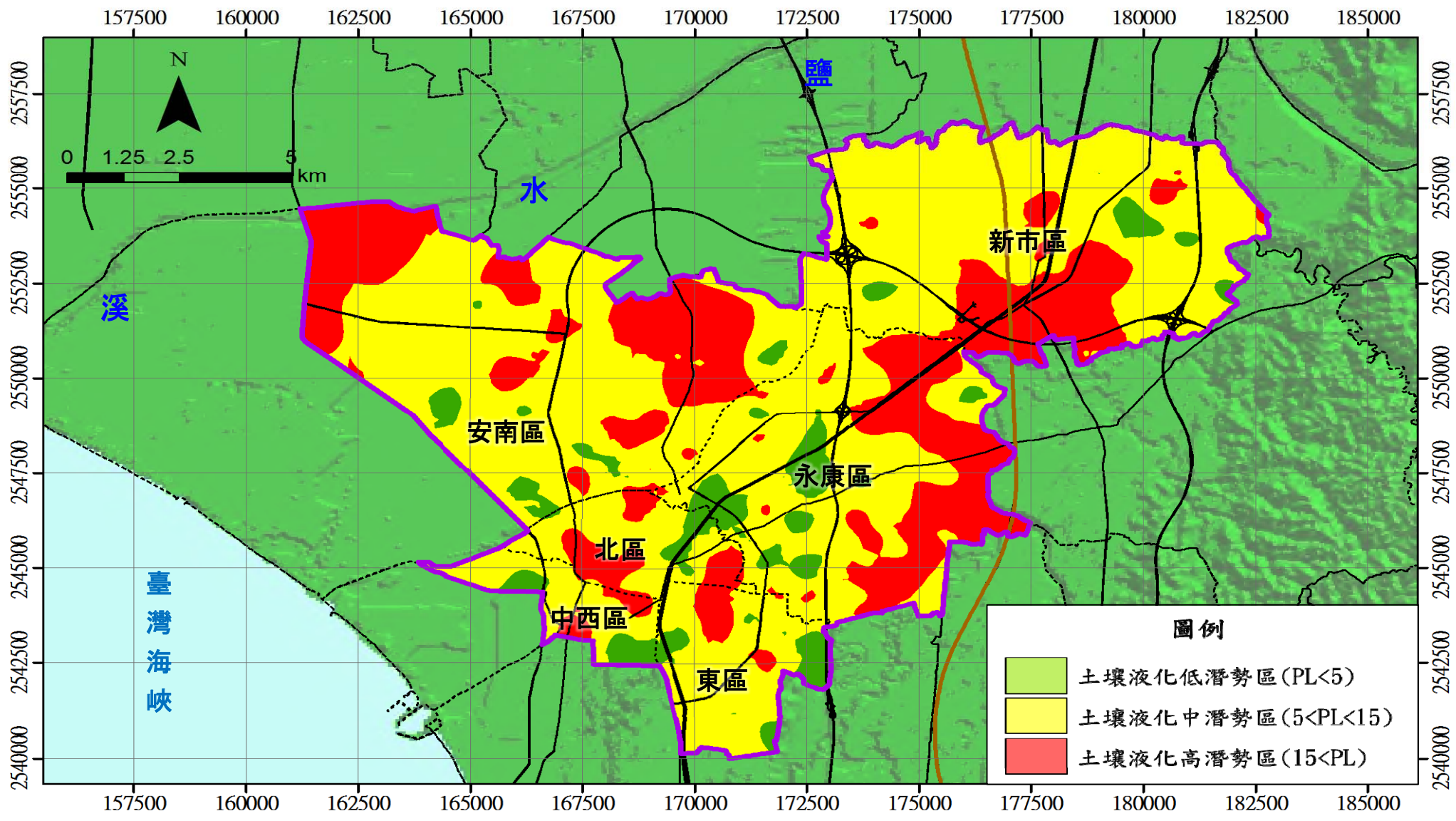
| 年度 \ 地區 | 桃園 | 苗栗 | 南投 | 北高雄 | 恆春平原 | 花蓮 | 臺東 | 北臺南 | 總計(孔) |
|---------|----|----|----|-----|------|----|----|-----|-------|
| 106 | 6 | 5 | 7 | 24 | 12 | 8 | 3 | - | 65 |
| 107 | - | - | - | - | - | 14 | - | 39 | 53 |

安家固園第一期建置水位觀測井數

| 縣市 | 臺北市 | 新北市 | 宜蘭縣 | 臺南市 | 高雄市 | 屏東縣 | 總計(孔) |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 水位觀測井 | 180 | 300 | 220 | 312 | 268 | 250 | 1,530 |



水位0

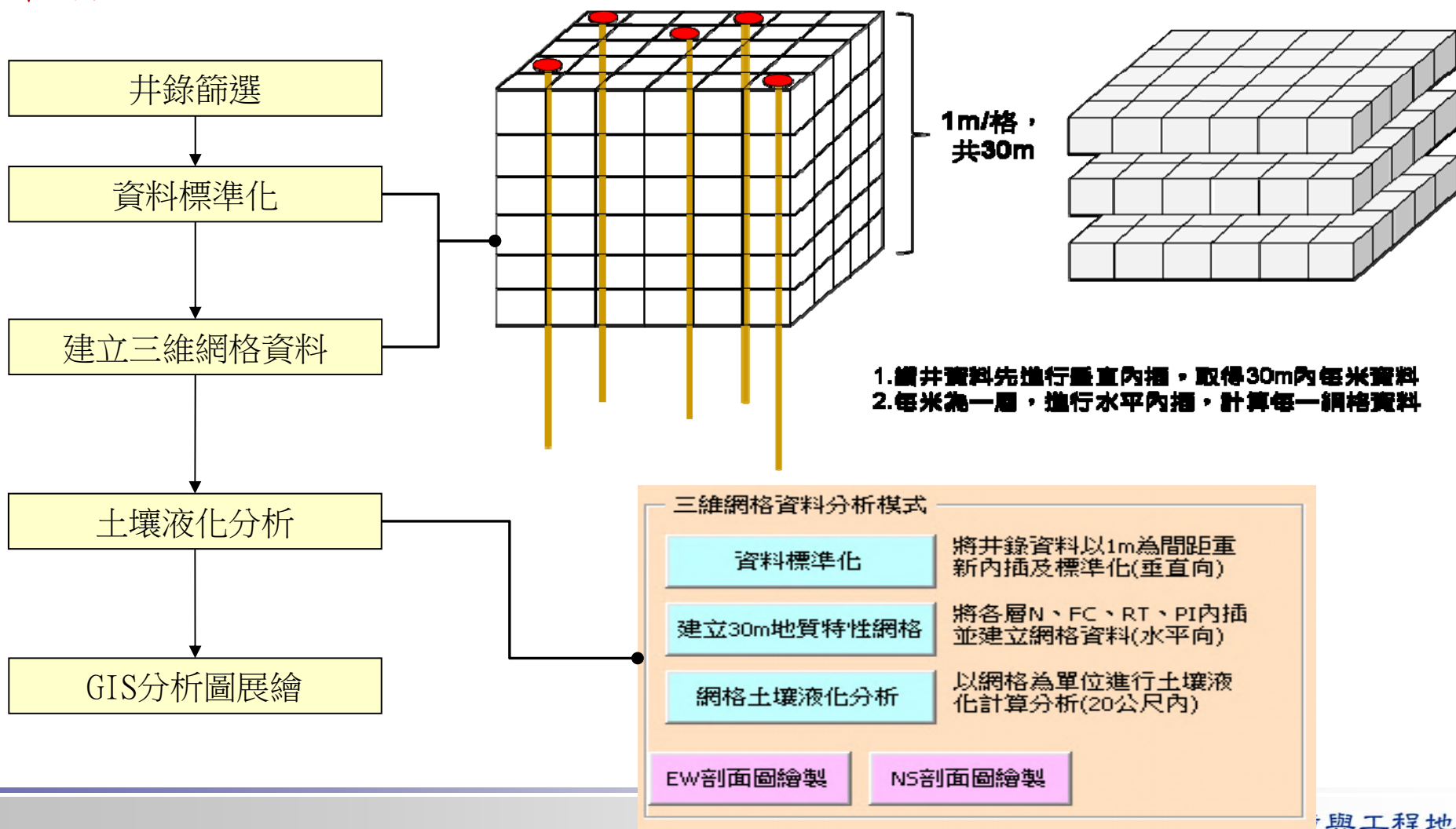


設計水位



「三維網格土壤液化分析」模組

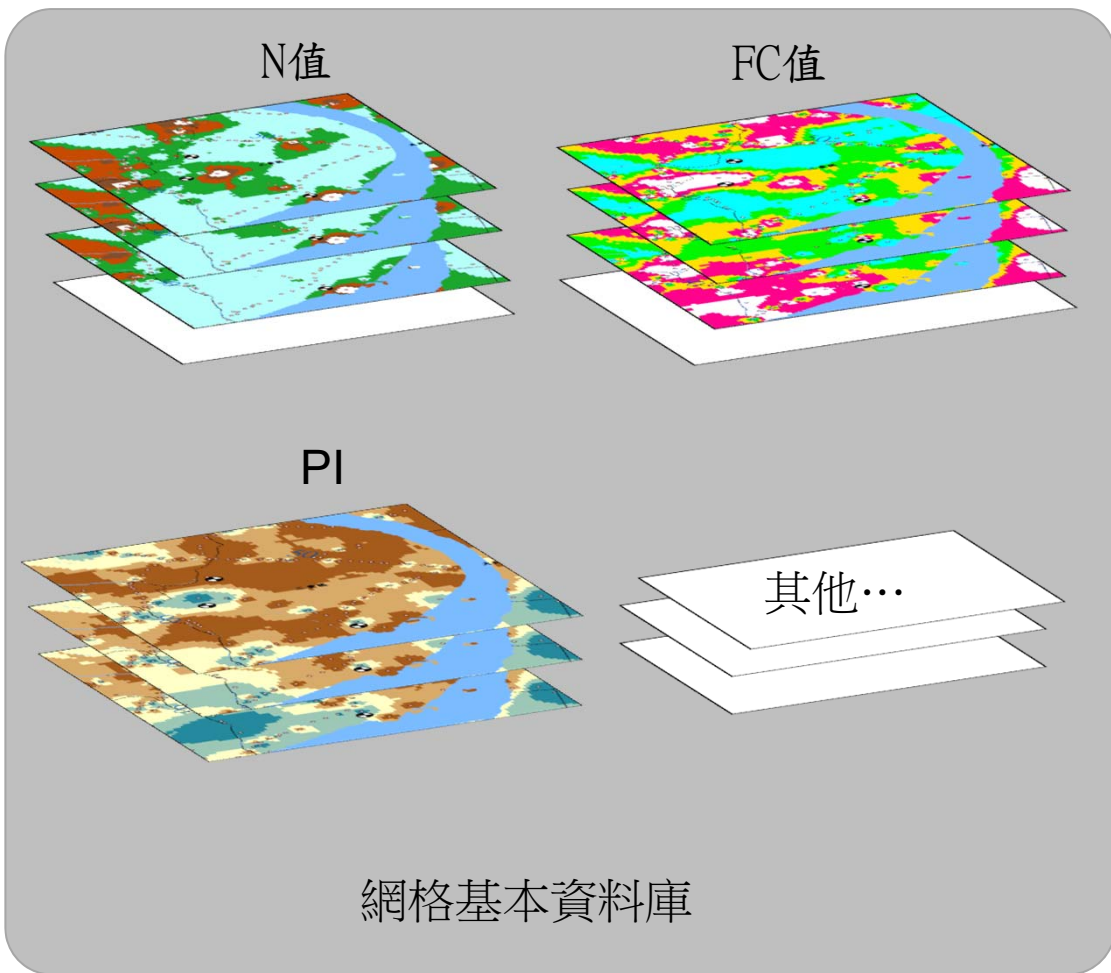
建立三維網格資料庫，每個網格大小為水平100m*100m垂直1m，網格資料先進行垂直的標準化，再進行水平內插。



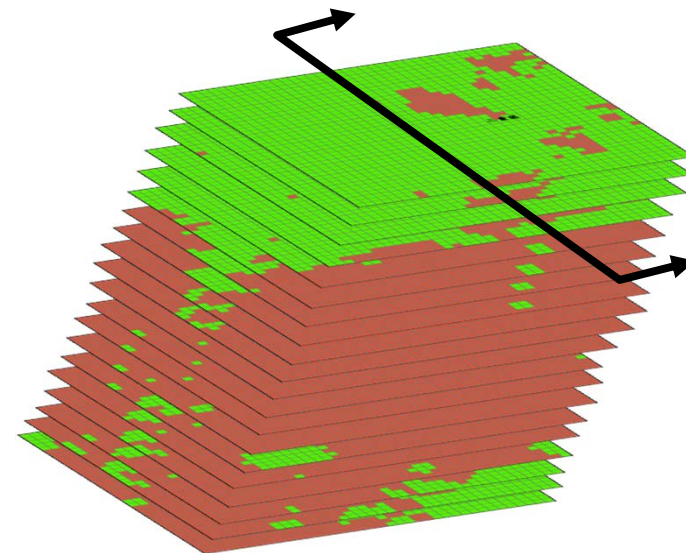
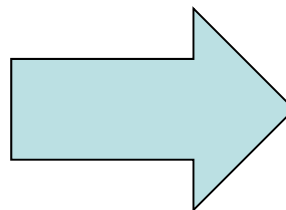


「三維網格土壤液化分析」模組

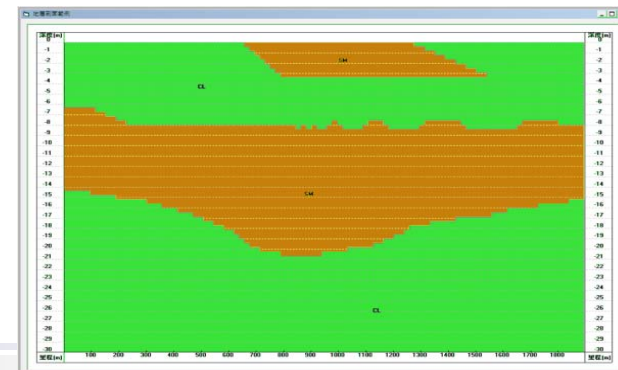
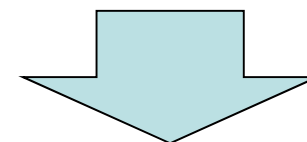
每個網格均包含N、FC、PI、PL、Vs等各項參數。



土壤液化潛能分析

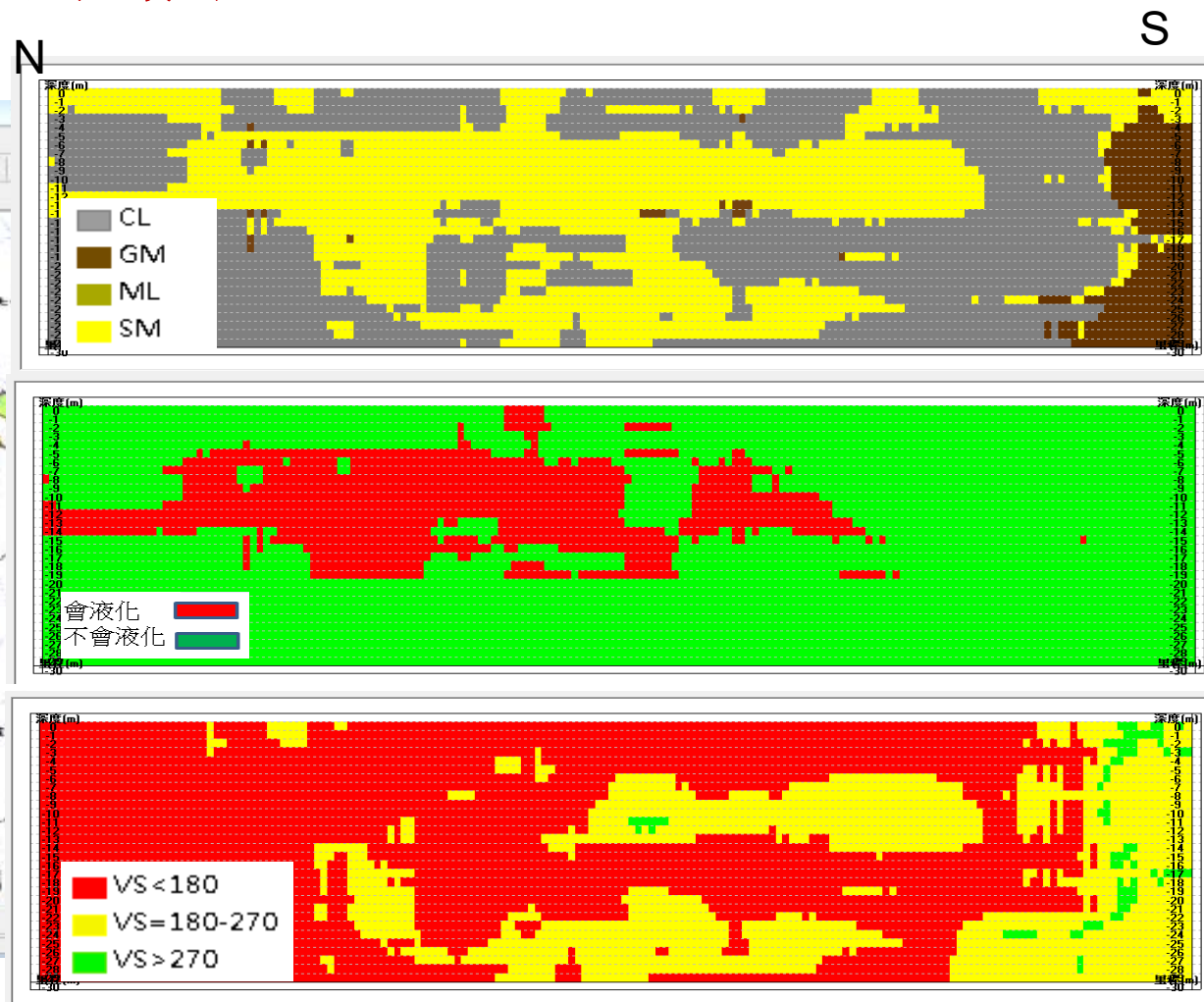
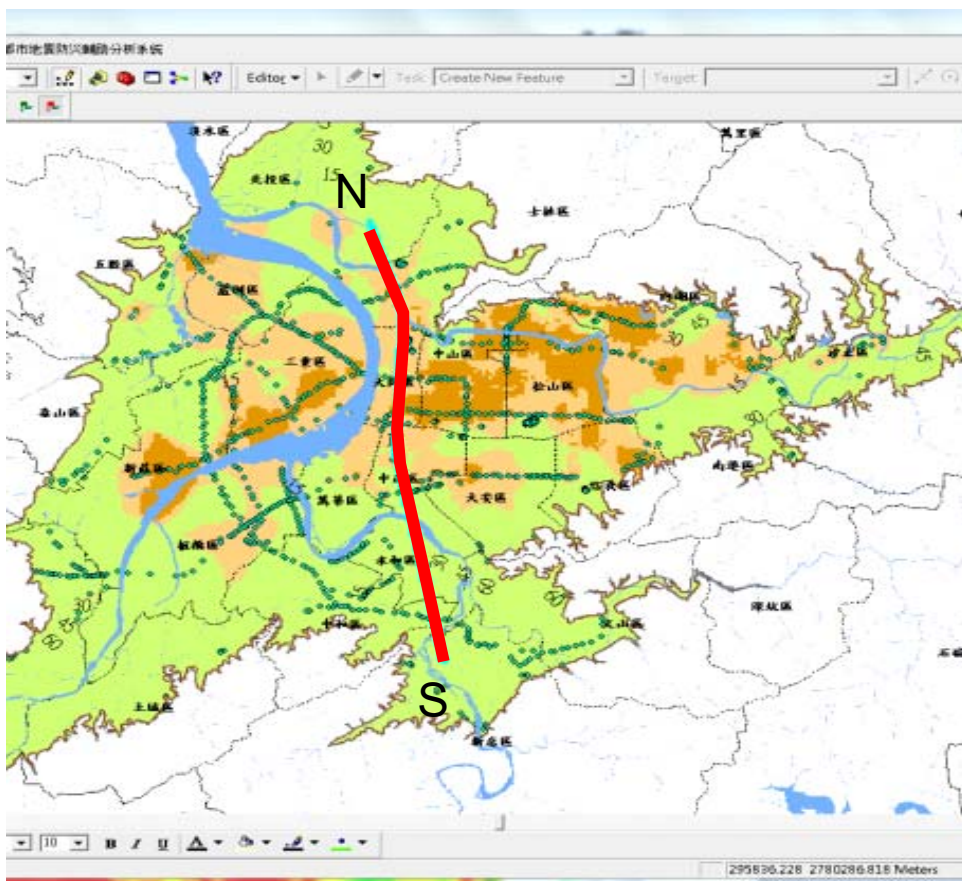


剖面展示(30M)



「三維網格土壤液化分析」模組

由於是三維資料庫，因此可提供任何相關屬性的剖面資料。





土壤液化潛勢圖製圖方式比較

| 項目 \ 單位 | 地調所 | 臺北 | 新北 | 宜蘭 | 臺南 | 高雄 | 屏東 |
|---------|------------------------------|------------|------------|----------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 分析方式 | NJRA (公開) NCEER T-Y | HBF | HBF | HBF | HBF | HBF | HBF |
| 分析水位 | 平均水位 +1個標準 差 | 汛期平均 水位 | 汛期平均 水位 | 平均 水位 | 汛期平均 水位+1個 標準差 | 平均水位 (考慮微地 形) | 平均水位 +1個標準 差 |
| 製圖方式 | 三維 網格 | 井錄 分析 | 井錄 分析 | 三維網格 | 井錄 分析 | 井錄 分析 | 井錄 分析 |
| 內插方法 | IDW | Kriging | Kriging | Kriging | Kriging | Kriging | Kriging |



土壤液化潛勢調查未來展望

地質大數據

1. 前期圖資與資料庫匯入及檢核
2. 鑽探資料庫土壤參數檢核與分級
3. 鑽探資料庫土壤參數資料補遺
4. 資料探勘(Data Mining)與加值應用

智慧防災

5. 國內外近期液化災例蒐集與勘查
6. 液化易致災區成因研析
7. 強震後地表變位及可能液化區評估
8. 液化災害防治措施評析
9. 土壤液化資訊公開平台建置

監測物聯網

10. 示範場址地質鑽探調查
11. 示範場址智慧防災地質監測網建置
12. 示範場址場址效應評估與驗證
13. 示範場址液化動態評估系統建置
14. 示範場址土壤液化高級圖資試作

前瞻應用

15. 地震資料蒐集與前瞻應用
16. 中級圖資產製與前瞻應用
17. 液化沉陷圖資產製與前瞻應用
18. 地下水位圖資產製與前瞻應用

地質大數據

參數檢核與分級

資料補遺

資料探勘

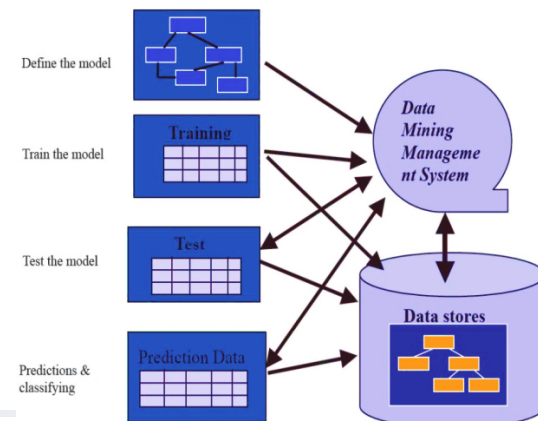
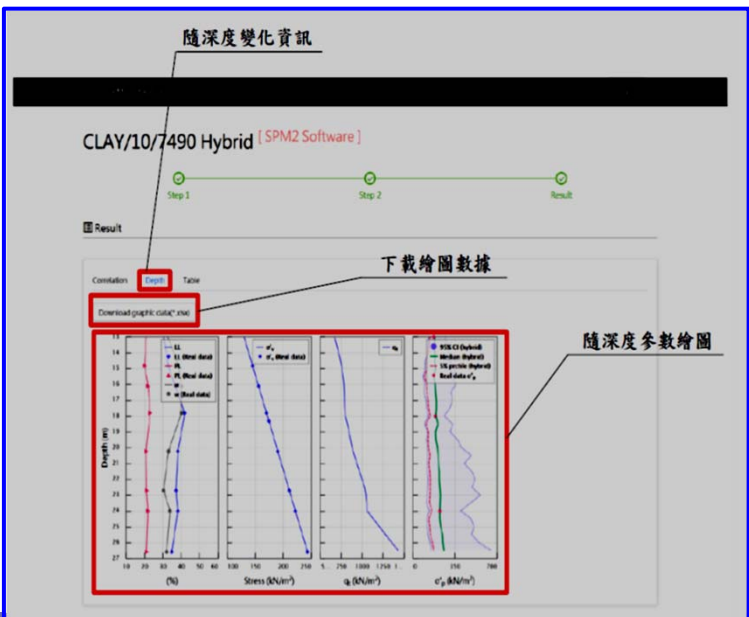
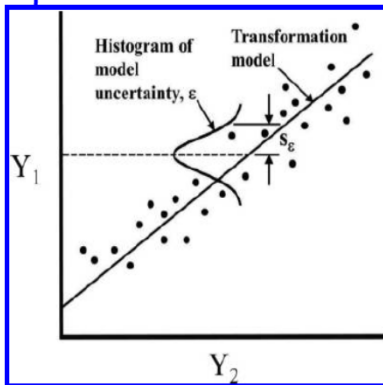
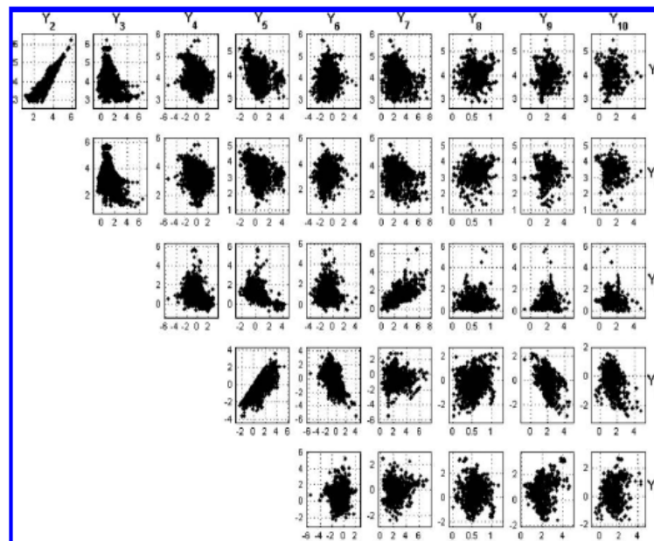
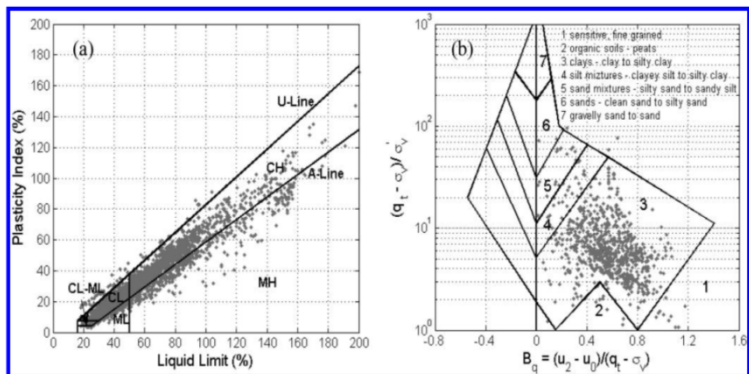


Figure 1. Data mining components

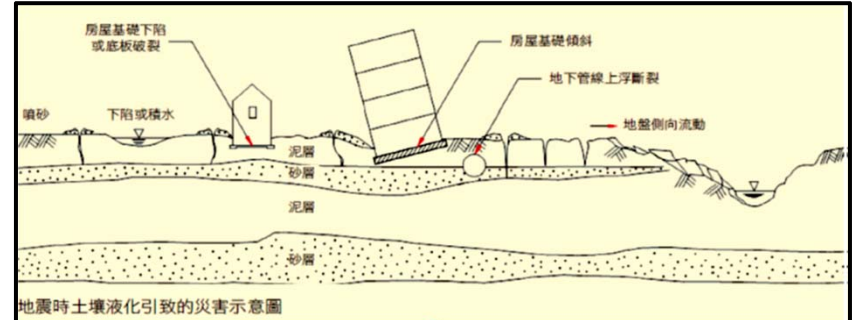
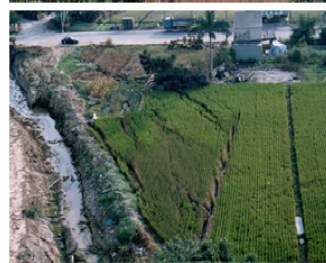
智慧防災

液化災例蒐集與勘查

液化易致災區成因研析

土壤液化資訊公開平台建置

- 國內案例
- 日本案例
- 印尼案例



路堤結構

- 中二高路堤、貓羅溪堤防等損害調查、蒐整與分析
- 地形、地質資料
- 液化嚴重程度評估

建物結構

- 員林、霧峰、難頭等建物損害調查、蒐整與分析
- 地形、地質資料
- 建物與基礎型式
- 液化嚴重程度評估

橋梁結構

- 溪南橋、石榴橋、綠美溪橋等
- 地形、地質資料
- 基礎設計資料
- 液化嚴重程度評估

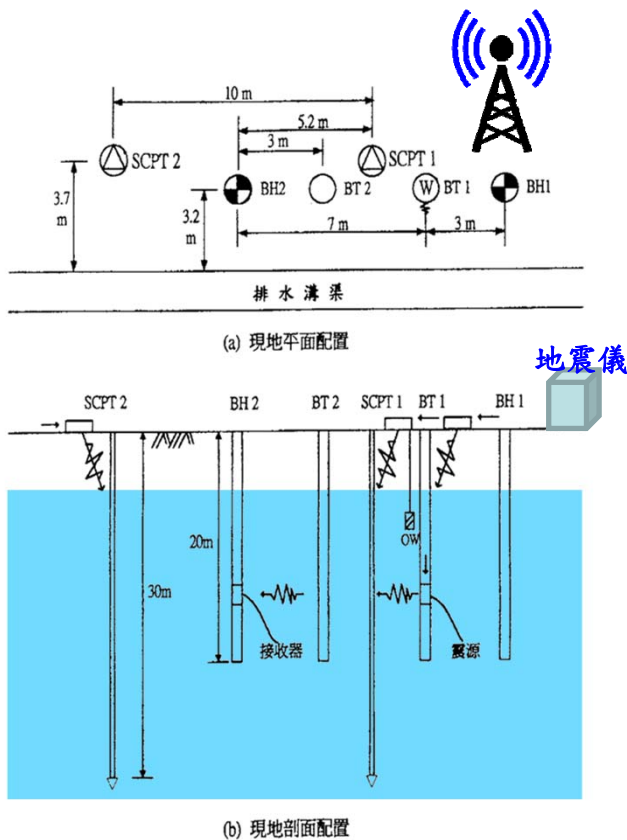
地盤液化與結構物受害關係之分析與評估

回饋至土壤液化評估與工程對策之研究

結束

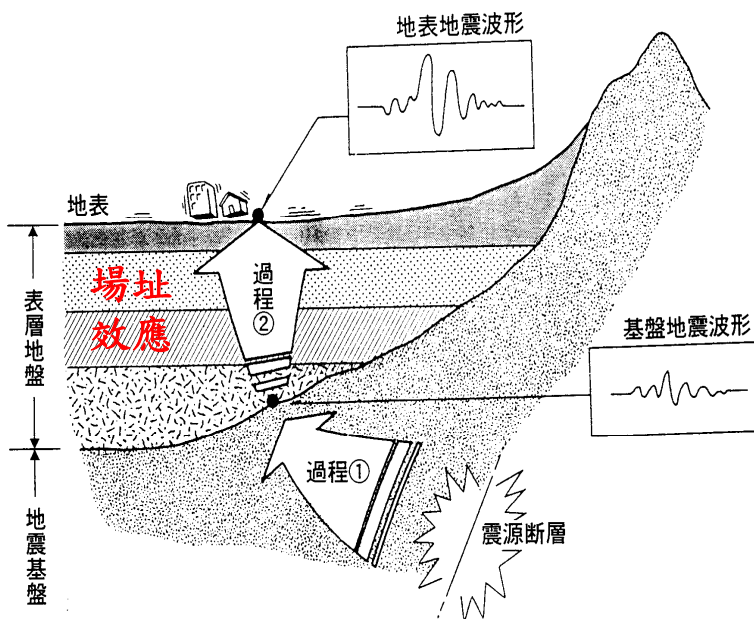


地震、水位監測物聯網

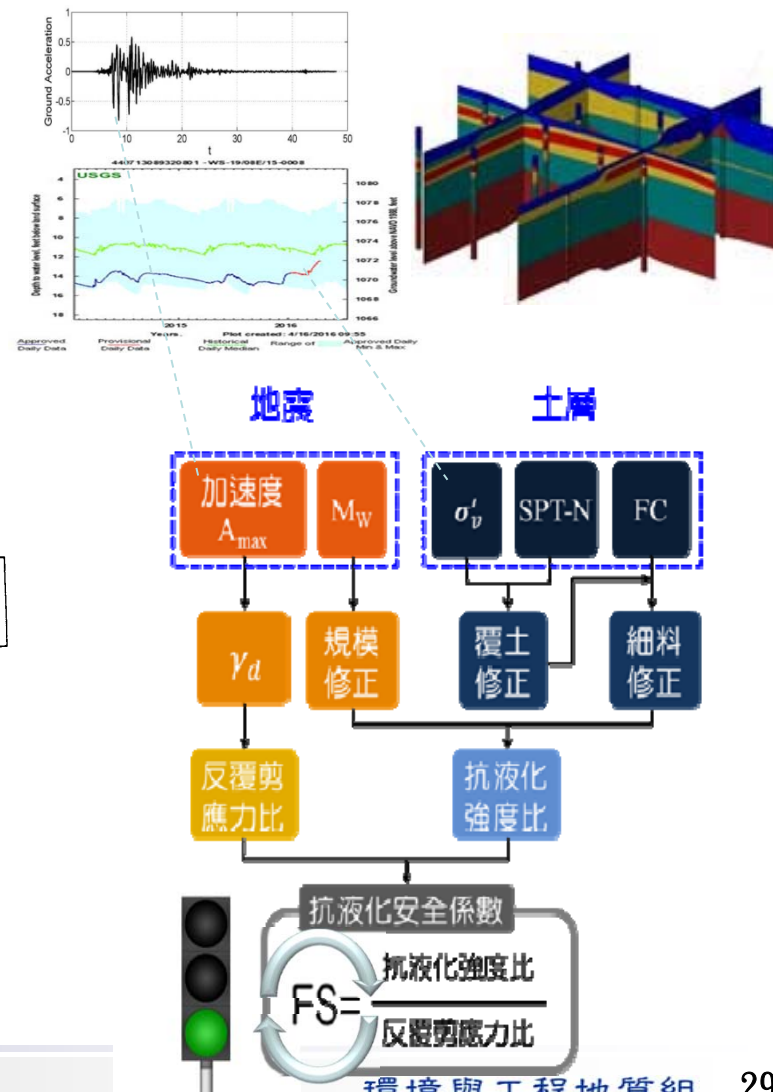


- 圖例：
- △ SCPT 探量孔
 - SPT 鑽孔
 - ⊕ 薄管連續取樣鑽孔兼作觀測井及下孔震測
 - 薄管連續取樣鑽孔

場址效應評估與驗證



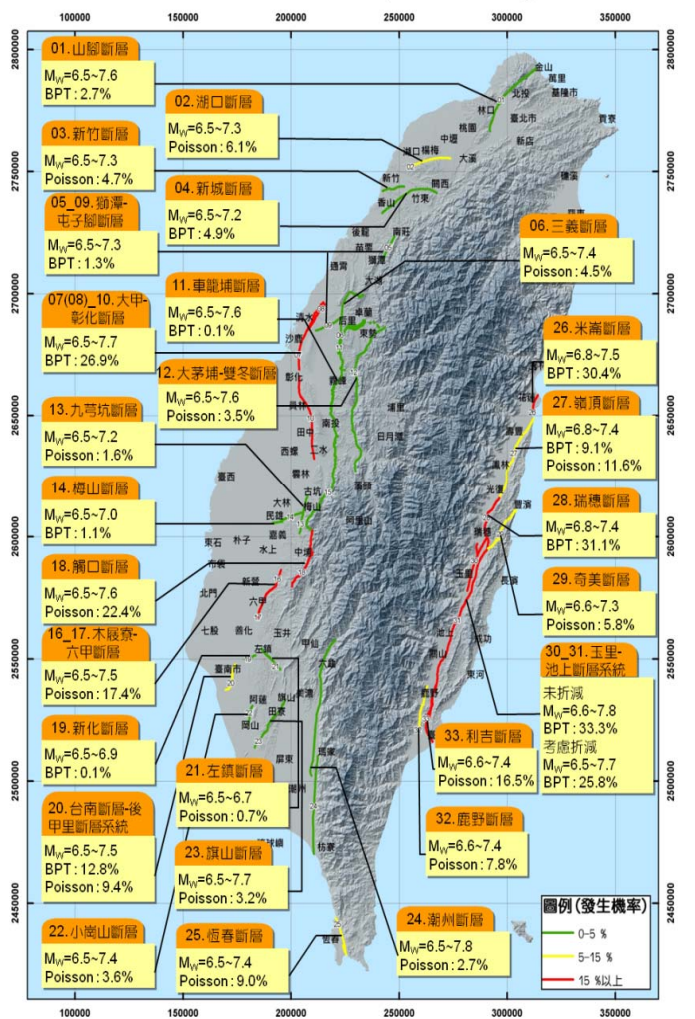
液化動態評估系統建



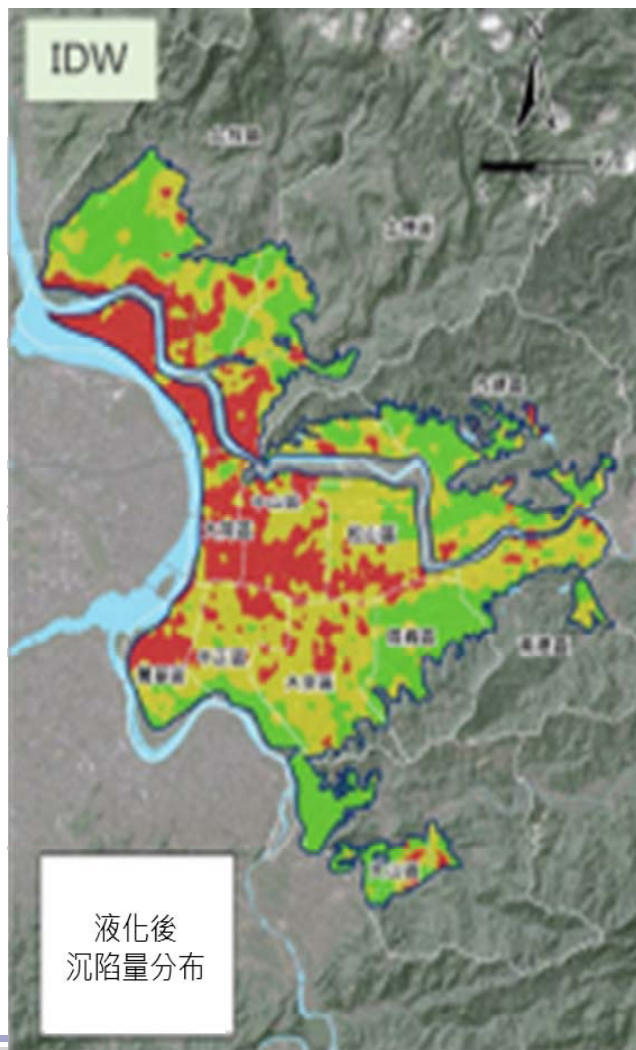
前瞻應用

地震圖資(示意圖)

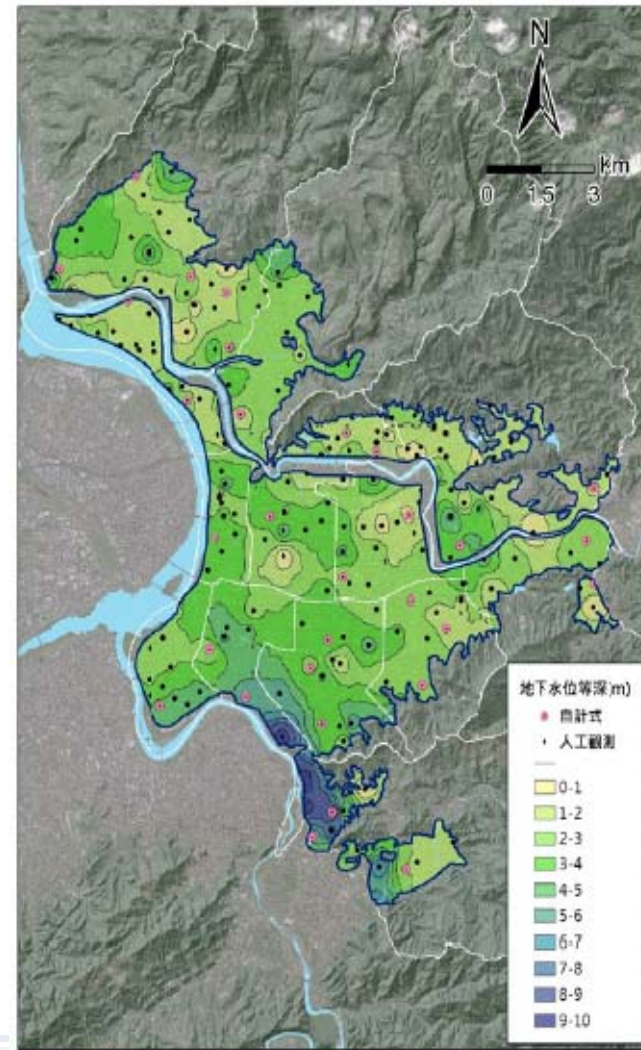
30 Year $M_w \geq 6.5$ probability



液化沉陷圖資(示意圖)

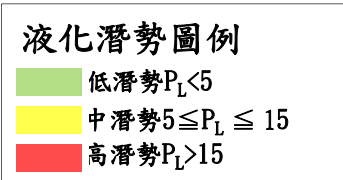
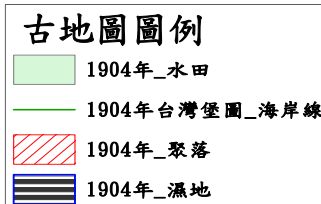
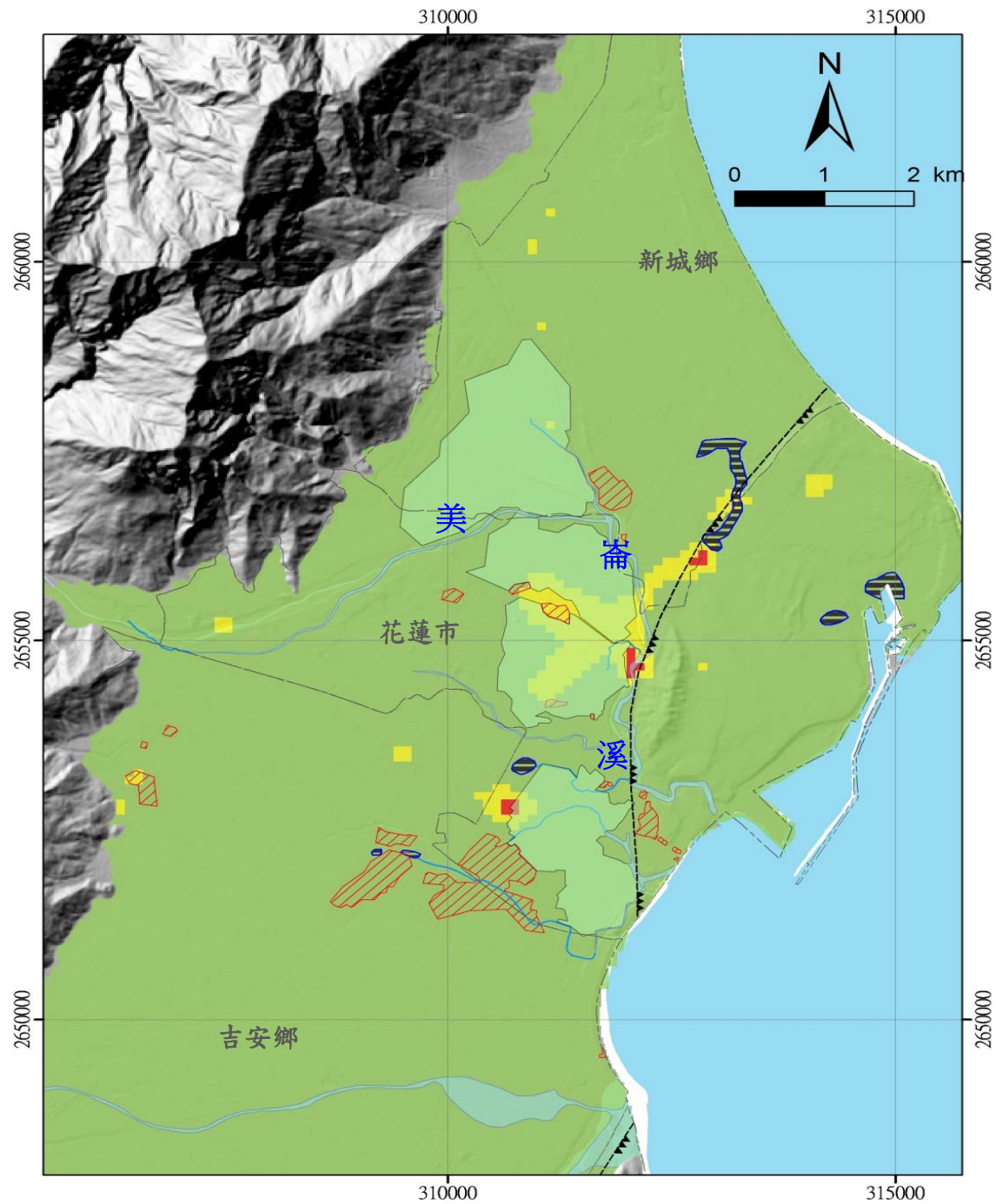


地下水位圖資(示意圖)





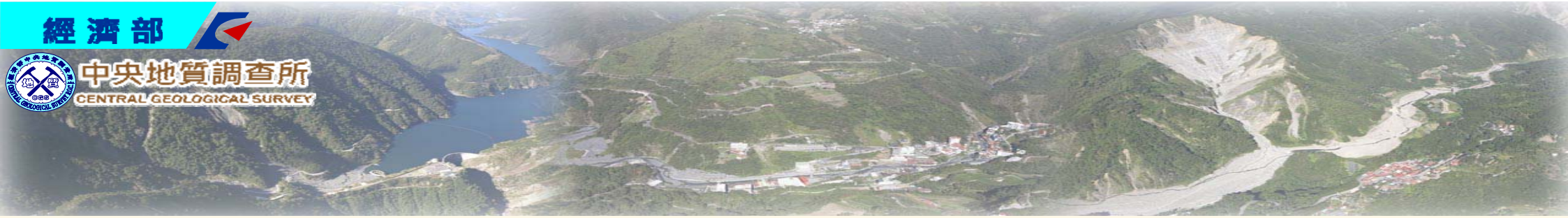
古地圖 + 液化潛勢圖



經濟部



中央地質調查所
CENTRAL GEOLOGICAL SURVEY



感謝聆聽
歡迎提供建議

