

屏東縣政府

屏東縣109年度土壤液化調查與風險評估計畫  
委託技術服務

土壤液化調查成果說明會  
企劃書-定稿版



亞新工程顧問股份有限公司

中華民國一一一年十二月

## 屏東縣 109 年度土壤液化調查與風險評估計畫

### 委託技術服務

#### 審查意見

審查書件：土壤液化調查成果說明會企劃書 第 1 次審查

審查日期：111 年 12 月 12 日

|   | 章節、頁碼<br>或表、圖號 | 審查意見                                                                    | 意見回覆                                                             |
|---|----------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 | 第 1 頁          | 1. 請補充報名資訊，報名期間(或網址)<br>2. 是否需報名費用及聯絡窗口                                 | 1. 已補充於第 5 頁<br>2. 本次說明會針對縣府內各承辦及鄉鎮公所人員，因此不需報名費用，聯絡窗口資訊已補充於第 5 頁 |
| 2 | 第 2 頁          | 1. 請補充交通指引、會議室位置圖<br>2. 「本計畫規劃2小時之說明會」實際時間超過2小時，請確認用詞是否洽當               | 1. 已補充交通指引及會議室平面圖於第3頁<br>2. 感謝提醒，已修正為約3小時(第4頁)                   |
| 3 | 第 4 頁          | 1. 第4頁無頁碼<br>2. 表1支表頭為「宣導說明會議程表」建議(暫定)                                  | 1. 感謝提醒，已修正<br>2. 感謝提醒，已修正                                       |
| 4 | 其他             | 1. 建議應有參加對象之說明<br>2. 建議應有說明會簡章，簡章應包含報名方式及聯絡人資料等<br>3. 內文文字段若大於表頭過多，建議調整 | 1. 感謝提醒，本活動參加對象說明已補充於第 2 頁<br>2. 簡章已補充於附件<br>3. 感謝提醒，已進行調整       |

## 一、活動緣起

經濟部中央地質調查所自109年開始執行「土壤液化調查與風險評估計畫」，目標為提升鑽探資料密度與品質，藉以提升潛勢圖資精度與正確性，建構全國都會區地下水位觀測網，以掌握地下水位變化，加強土壤液化潛勢圖資於都市防災之加值應用，藉以評估老舊建築物之風險，作為後續防災規劃之參考。

本次說明會將分享臺灣土壤液化調查之發展，調查方法的分析與應用以及分享土壤液化調查及風險評估之成果。

亞新公司依本計畫工作說明書要求辦理計畫成果說明會，俾利達成宣導民眾正確且正面的看待液化可能造成之災害。

## 二、活動目標

本說明活動之目的，主要在使讓與會人員了解最新的的液化相關資訊及本計畫相關成果，期許能藉此讓與會人員得以理解本計畫，並對本計畫成果有所了解。

## 三、活動時間與地點

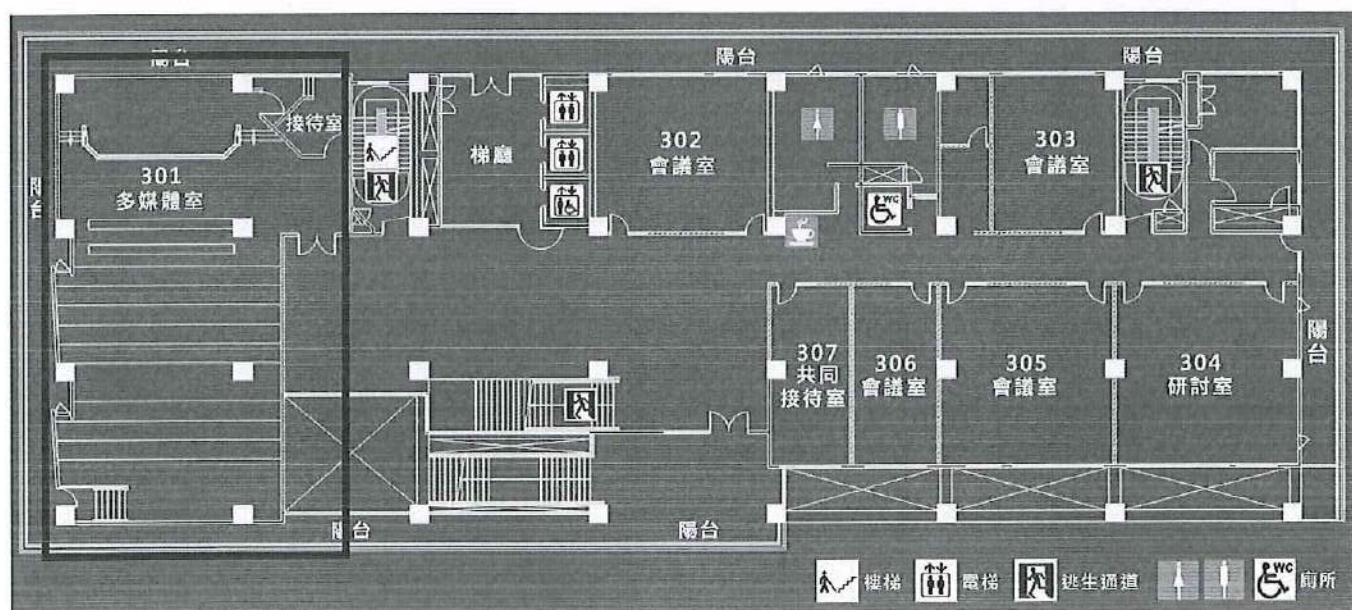
活動時間：112年1月11日下午1時30分

活動地點：屏東縣政府南棟301多媒體室，詳圖一。

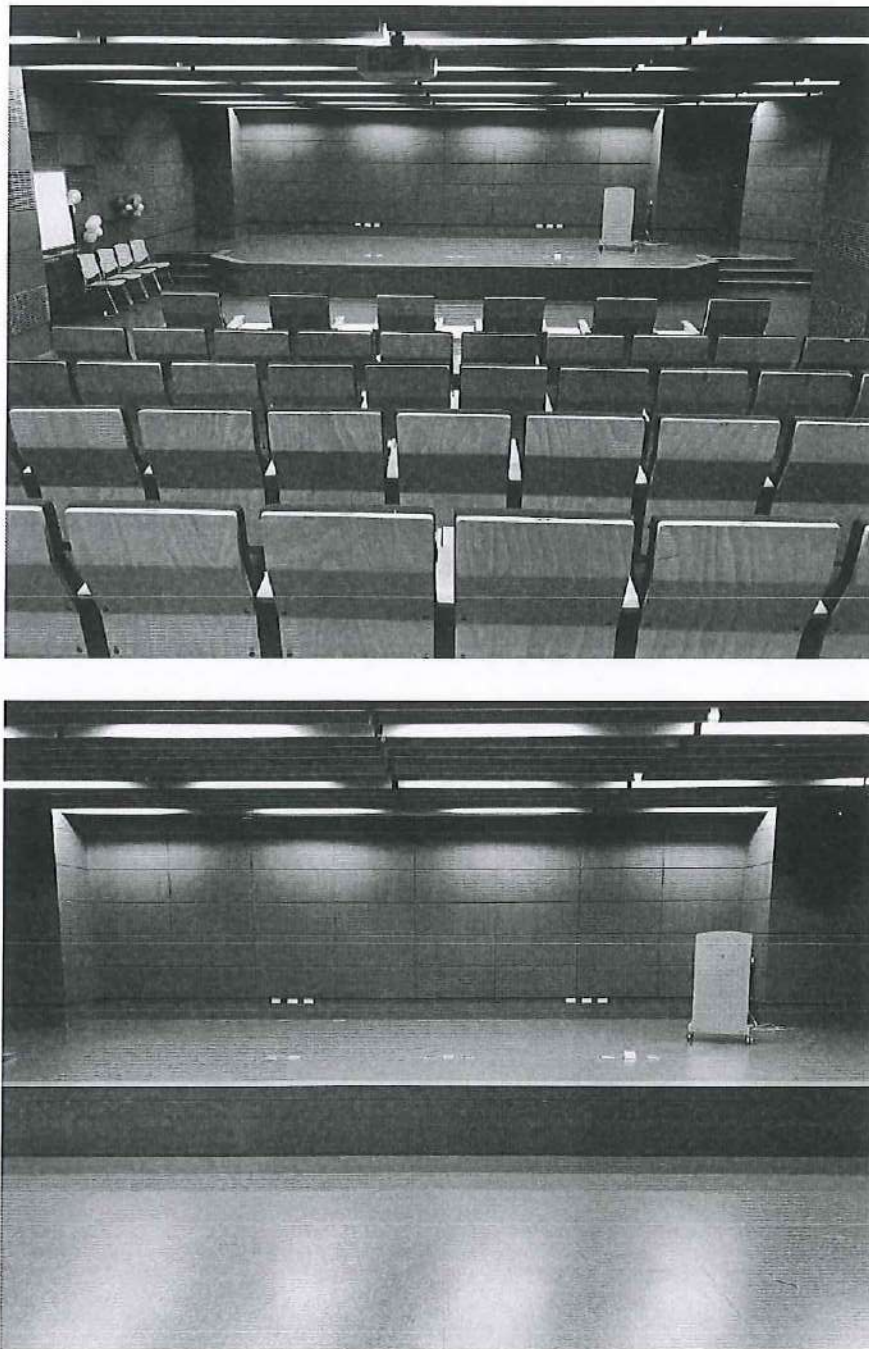
屏東縣政府南棟301多媒體室，可容納超過100人，詳圖二。

## 四、預定參加人員

屏東縣政府與土壤液化防災相關之各局處承辦人員及鄉鎮公所人員。



3



圖二 屏東縣政府南棟301多媒體室照片

## 五、活動內容與議程

為利計畫順利推展，並讓與會人員了解最新的的液化相關資訊及本計畫相關成果，故本說明活動將規劃針對「屏東縣109年度土壤液化調查與風險評估計畫委託技術服務」辦理成果說明。

本計畫規劃約3小時之說明會，說明會議程主要分為三大部分：



- 一、 土壤液化調查的規劃：由地調所介紹土壤液化在全臺調查的規劃和願景。
- 二、 本計畫督導方式與經驗分享：由總顧問團隊講述本計畫督導之經驗分享。
- 三、 本計畫調查與風險評估成果：由建置案廠商向與會人員說明本計畫相關調查的方式及分析的方法，並展示本計畫的成果。

活動議程詳表1，活動簡章詳附件。

## 六、主辦及承辦單位

指導單位：經濟部中央地質調查所

主辦單位：屏東縣政府城鄉發展處公安使用科

承辦單位：亞新工程顧問股份有限公司

協辦單位：社團法人中華民國大地工程技師公會

## 七、報名資訊

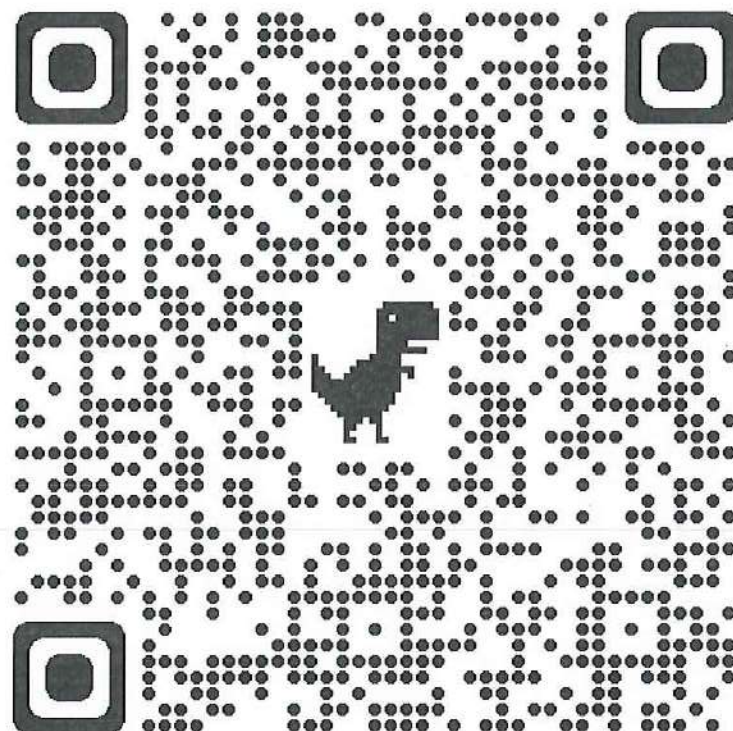
聯絡人：黃仲啓

連絡電話：08-7320415#3361

報名日期：即日起至111年1月6日止(上限100人，額滿截止)

報名網址：<https://forms.gle/d7QEioTnAbFYsz3F7>

報名 QR 碼



屏東縣土壤液化調查與風險評估執行成果講義

[https://drive.google.com/drive/folders/1X2a-WHfVKzAuovz1PT](https://drive.google.com/drive/folders/1X2a-WHfVKzAuovz1PTvgbAcsifazGrUm)

vgbAcsifazGrUm





表1 宣導說明會議程表(暫定)

| 項次 | 時間          | 議程                   | 主講人                                           | 主持人                        |
|----|-------------|----------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
| 1  | 13:00-13:40 | 報到                   |                                               |                            |
| 2  | 13:40-14:10 | 主辦單位及指導單位致詞          | 經濟部中央地質調查所<br>紀宗吉 組長<br>屏東縣政府城鄉發展處<br>吳哲瑋 副處長 | 亞新工程顧問股份有限公司<br>周忠仁 經理     |
| 3  | 14:10-14:30 | 台灣土壤液化潛勢調查規劃與願景      | 經濟部中央地質調查所<br>邱禎龍 科長                          |                            |
| 4  | 14:30-14:50 | 土壤液化調查與風險評估督導作業經驗分享  | 社團法人中華民國大地工程技師公會<br>蕭士慧 技師                    | 社團法人中華民國大地工程技師公會<br>王貽德 處長 |
| 5  | 14:50-15:10 | 屏東縣土壤液化調查與風險評估作業方法簡介 | 亞新工程顧問股份有限公司<br>沈士歲 工程師                       |                            |
| 6  | 15:10-15:30 | 屏東縣土壤液化調查與風險評估執行成果分享 | 亞新工程顧問股份有限公司<br>許凱翔 技師                        | 亞新工程顧問股份有限公司<br>曾孝欽 技師     |
| 7  | 15:30~15:50 | 綜合討論                 | 全體人員                                          |                            |



## 附件 說明會簡章

# 屏東縣109年度土壤液化調查與風險評估計畫 委託技術服務

## 土壤液化調查成果說明會



日期時間：112年1月11日 下午13:40

地點：屏東縣政府 南棟301多媒體室

| 項次 | 時間          | 議程                   | 主講人                                           | 主持人                        |
|----|-------------|----------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
| 1  | 13:00-13:40 | 報到                   |                                               |                            |
| 2  | 13:40-14:10 | 主辦單位及指導單位致詞          | 經濟部中央地質調查所<br>紀宗吉 組長<br>屏東縣政府城鄉發展處<br>吳哲瑋 副處長 | 亞新工程顧問股份有限公司<br>周忠仁 經理     |
| 3  | 14:10-14:30 | 台灣土壤液化潛勢調查規劃與願景      | 經濟部中央地質調查所<br>邱禎龍 科長                          |                            |
| 4  | 14:30-14:50 | 土壤液化調查與風險評估督導作業經驗分享  | 社團法人中華民國大地工程技師公會<br>蕭士慧 技師                    | 社團法人中華民國大地工程技師公會<br>王貽德 處長 |
| 5  | 14:50-15:10 | 屏東縣土壤液化調查與風險評估作業方法簡介 | 亞新工程顧問股份有限公司<br>沈士歲 工程師                       |                            |
| 6  | 15:10-15:30 | 屏東縣土壤液化調查與風險評估執行成果分享 | 亞新工程顧問股份有限公司<br>許凱翔 技師                        | 亞新工程顧問股份有限公司<br>曾孝欽 技師     |
| 7  | 15:30~15:50 | 綜合討論                 | 全體人員                                          |                            |

聯絡人：黃仲啓

連絡電話：08-7320415#3361

報名日期：即日起至111年1月6日止(上限100人，額滿截止)

報名網址：<https://forms.gle/d7QEioTnAbFYsz3F7>

指導單位：經濟部中央地質調查所

主辦單位：屏東縣政府城鄉發展處公安使用科

承辦單位：亞新工程顧問股份有限公司

協辦單位：社團法人中華民國大地工程技師公會





屏東縣政府

屏東縣109年度土壤液化調查與風險評估計畫  
委託技術服務

土壤液化調查成果說明會

# 屏東縣土壤液化調查與風險評估執行 成果分享

主講人：亞新工程顧問股份有限公司  
許凱翔 技師

2023年1月11日



亞新工程顧問股份有限公司  
MOH AND ASSOCIATES, INC.

## 簡報大綱

1. 土壤液化介紹
2. 地質調查成果及液化分析流程
3. 液化潛勢圖資製作流程及成果
4. 易致災風險評估
5. 結論與建議

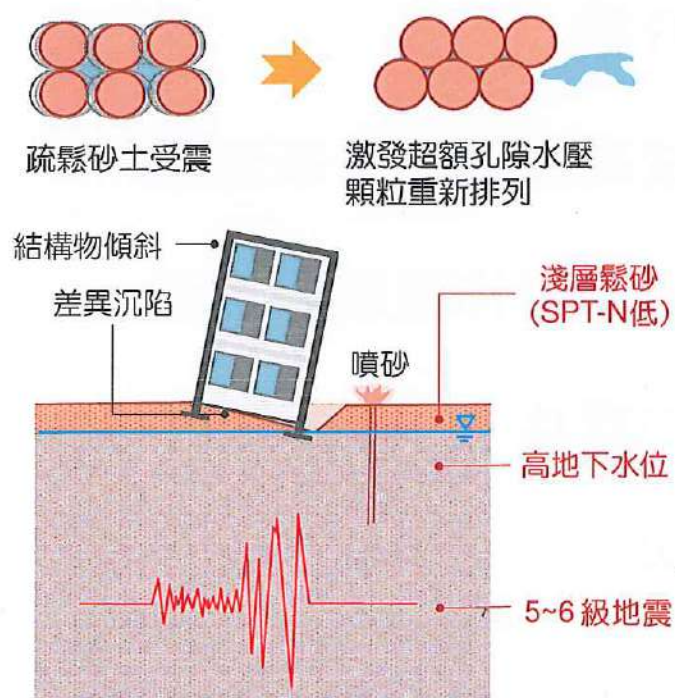
# 1

## 土壤液化介紹

### 1. 土壤液化



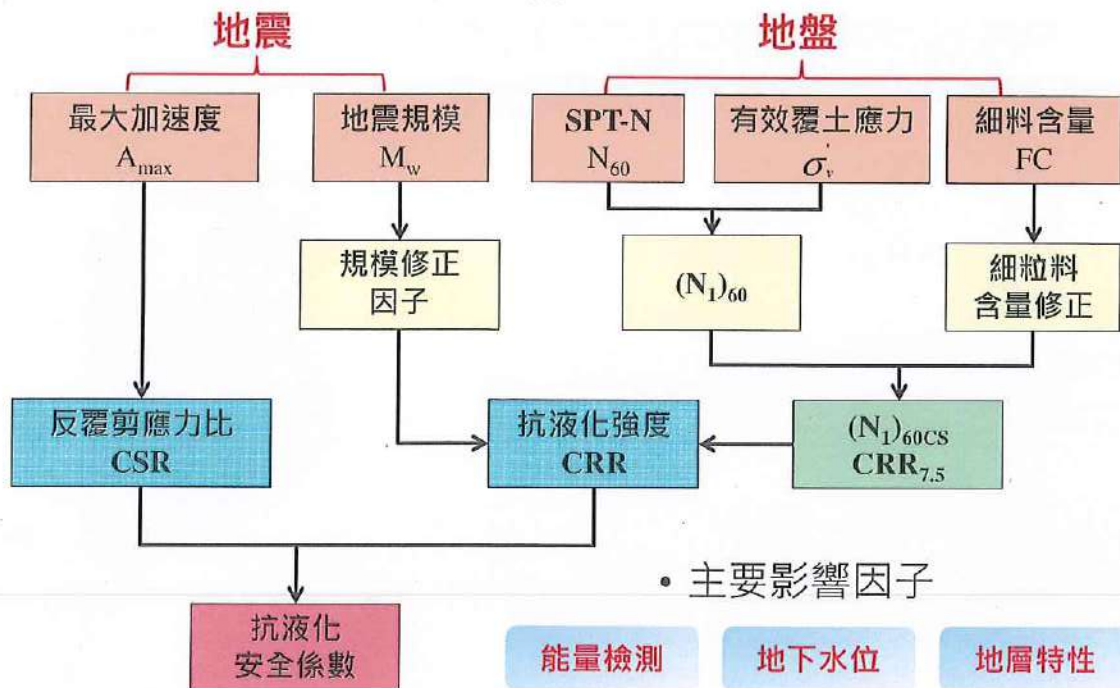
- 土壤液化三要素: 疏鬆砂土、高地下水位、強震



### 3. 液化潛勢分析方法



- 本計畫採HBF法進行液化評估



## 2

## 地質調查成果及液化分析流程

## 2. 計畫範圍



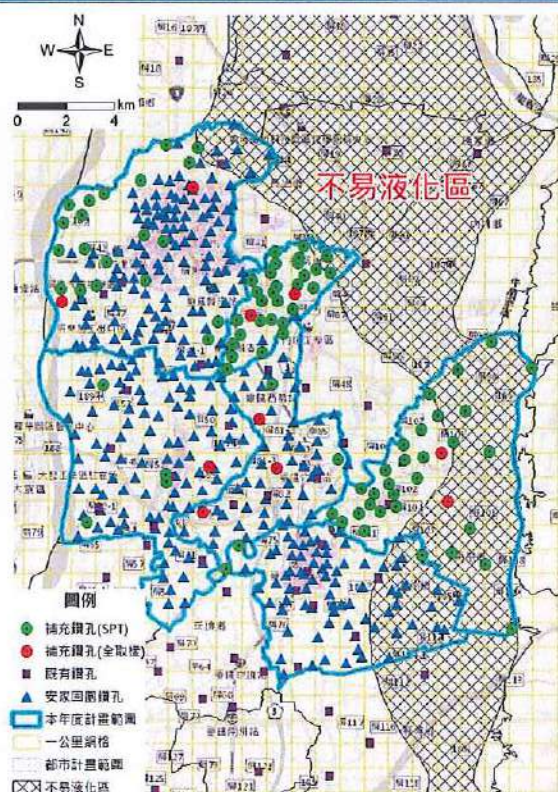
| 年度               | 預計執行鄉鎮                        | 計畫面積 (km <sup>2</sup> ) | 孔數         |
|------------------|-------------------------------|-------------------------|------------|
| 安家固園             | 屏東市、萬丹鄉<br>竹田鄉、潮州鎮<br>新園鄉、東港鎮 | 278.08                  | 494        |
| 109年度<br>(本年度計畫) | 屏東市、麟洛鄉<br>萬丹鄉、竹田鄉<br>萬巒鄉、潮州鎮 | 266.29                  | 98         |
| 110年度<br>(後續擴充)  | 崁頂鄉、新園鄉<br>南州鄉、東港鎮<br>林邊鄉、佳冬鄉 | 163.01                  | 58<br>(預計) |



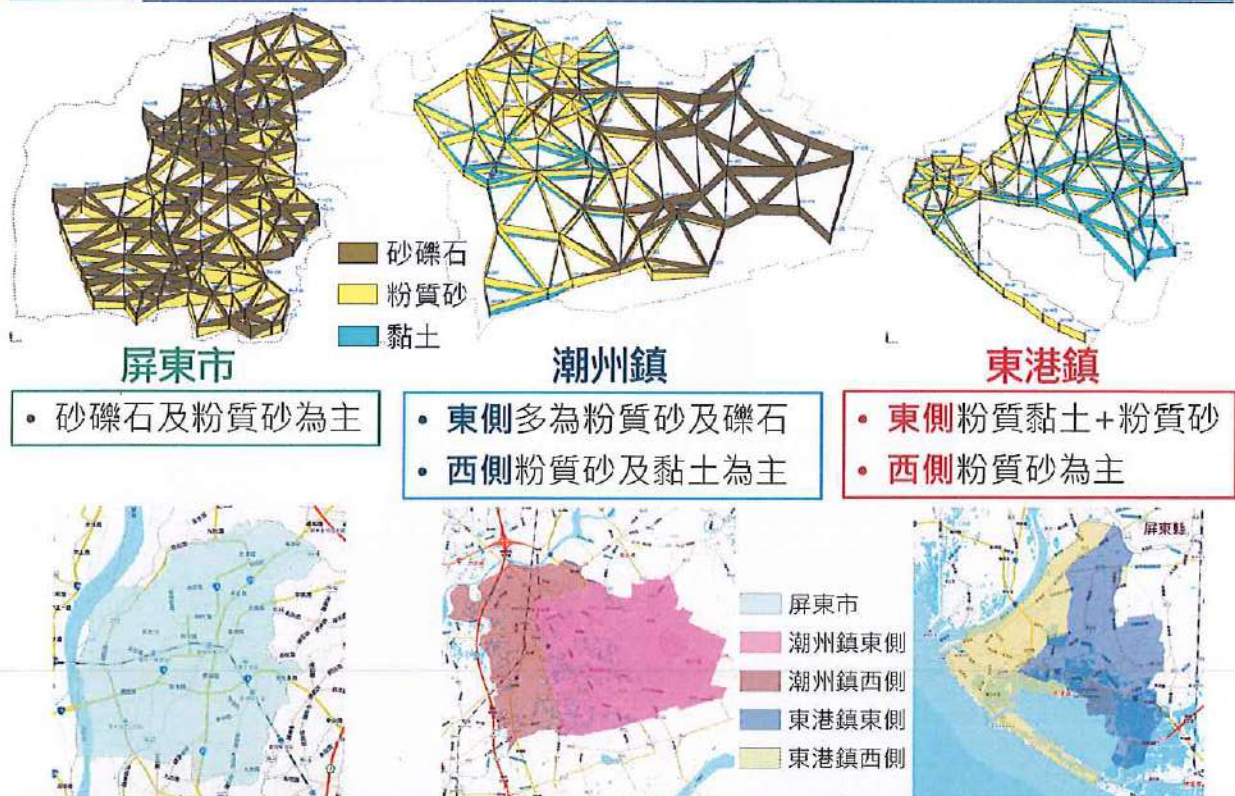
## 2. 補充地質鑽孔



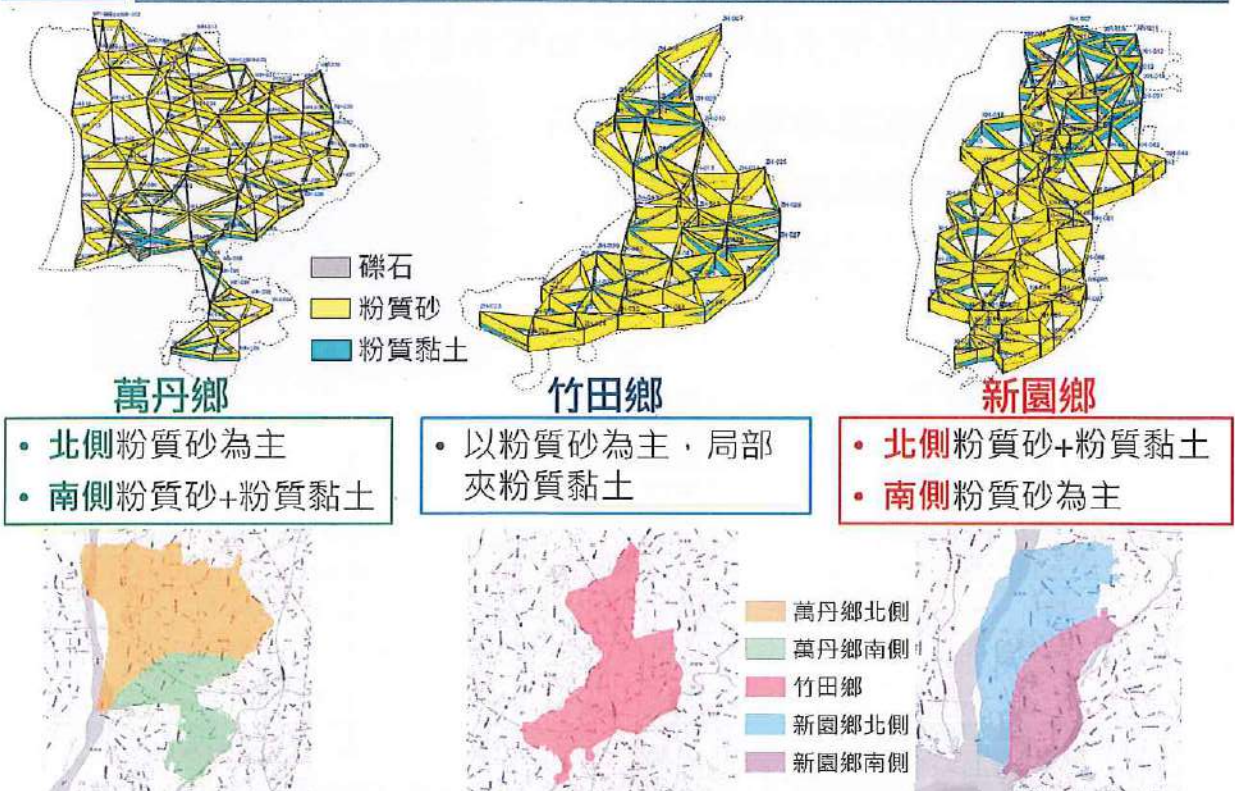
- 補充鑽探共計**592孔**
  - 安家固園494孔
  - 本年度98孔
- 自計式水位計
  - 安家固園28組
  - 本年度10組
  - 共計**38組**
- 震測圓錐貫入試驗(SCPT)
  - 安家固園26孔
  - 本年度6孔
  - 共計**32孔**



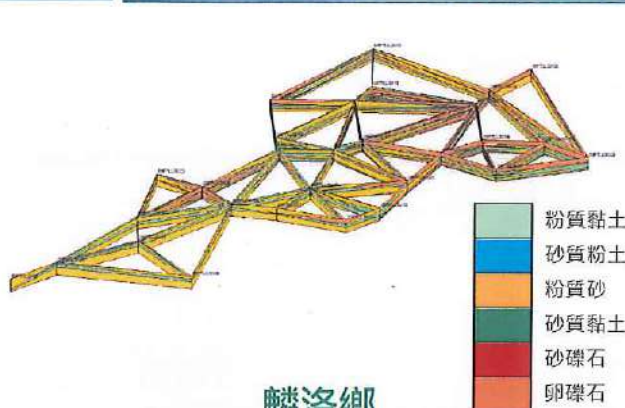
## 2. 地質架構-屏東市、潮州鎮、東港鎮



## 2. 地質架構-萬丹鄉、竹田鄉、新園鄉



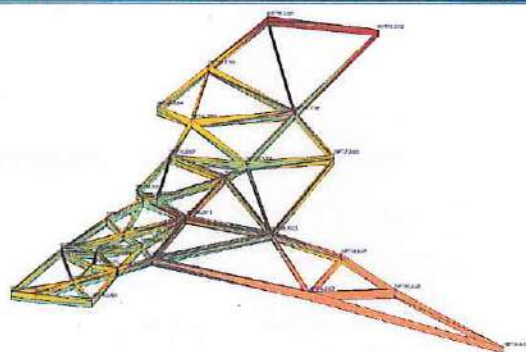
## 2. 地質架構-麟洛鄉、萬巒鄉



麟洛鄉

- 東側砂礫石+粉質砂為主
- 西側粉質砂+粉質黏土為主

|      |                      |    |     |
|------|----------------------|----|-----|
| 工程名稱 | 屏東縣土壤液化計畫鑽探過程均採用自動落錘 |    |     |
| 孔號   | 09PILLS002           |    |     |
| 箱號   | 8-16                 | 深度 | 4~8 |
| 日期   | 中華民國111年2月1日         |    |     |



萬巒鄉

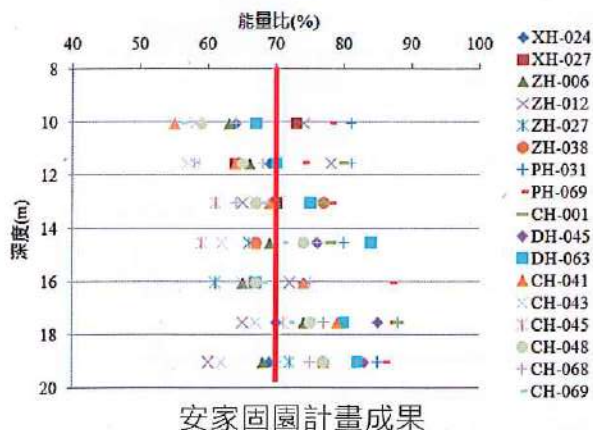
- 東側卵礫石為主
- 西側粉質砂+粉質黏土為主

|      |                      |    |     |
|------|----------------------|----|-----|
| 工程名稱 | 屏東縣土壤液化計畫鑽探過程均採用自動落錘 |    |     |
| 孔號   | 09PILLS002           |    |     |
| 箱號   | 8-2                  | 深度 | 4~8 |
| 日期   | 中華民國111年2月2日         |    |     |

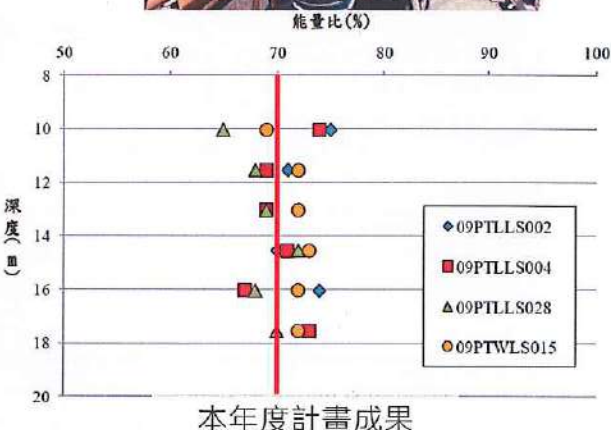
## 2. 能量檢測



- 屏東縣土壤液化計畫鑽探過程均採用自動落錘，共計檢測21組
- 安家固園計畫能量檢測共進行17組
- 本年度計畫能量檢測共進行4組
- 依據檢測結果，能量比平均=70%



安家固園計畫成果

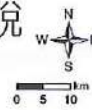
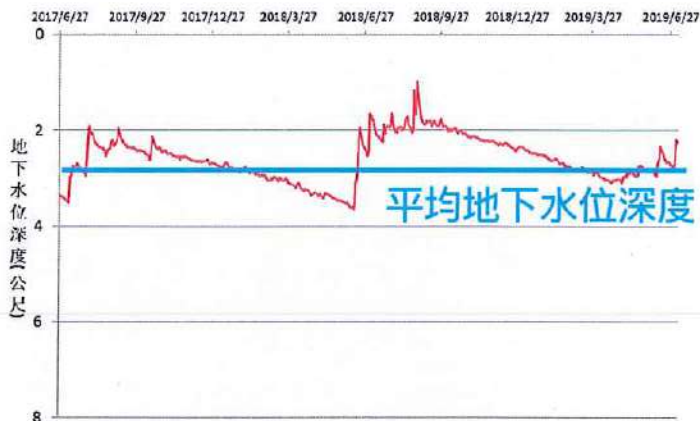


本年度計畫成果

## 2. 液化潛勢分析方法



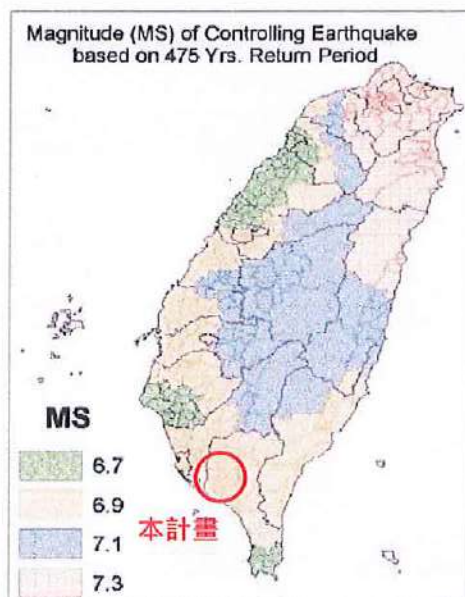
- 土壤液化分析因子：地震力、地下水位、分析方法
- 地震力：依建築物耐震設計規範及解說
- 地下水位：採用平均水位



## 2. 分析地震力



- 採建築物耐震設計規範之設計地震力



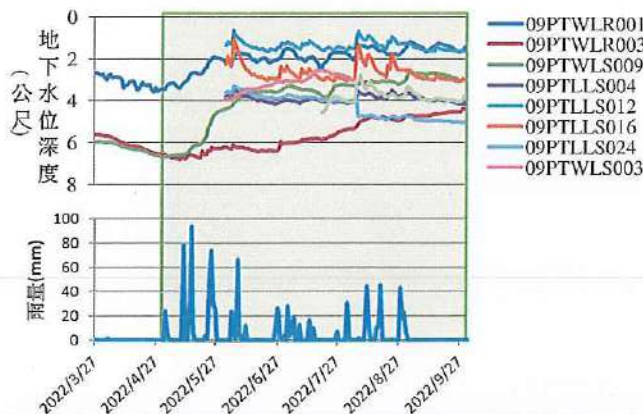
(邱俊翔及簡文郁等人, 2008)

| 行政區 | 地盤分類 | $S_{DS} = S_S^D \times F_a$ |       | $A_{max} = 0.4(S_{DS})g$ |
|-----|------|-----------------------------|-------|--------------------------|
|     |      | $S_S^D$                     | $F_a$ | $A_{max}$                |
| 屏東市 | 第二類  | 0.6                         | 1.1   | 0.264g                   |
|     | 第三類  | 0.6                         | 1.2   | 0.288g                   |
| 潮州鎮 | 第二類  | 0.6                         | 1.1   | 0.264g                   |
|     | 第三類  | 0.6                         | 1.2   | 0.288g                   |
| 萬丹鄉 | 第二類  | 0.6                         | 1.1   | 0.264g                   |
|     | 第三類  | 0.6                         | 1.2   | 0.288g                   |
| 竹田鄉 | 第二類  | 0.6                         | 1.1   | 0.264g                   |
|     | 第三類  | 0.6                         | 1.2   | 0.288g                   |
| 麟洛鄉 | 第二類  | 0.6                         | 1.1   | 0.264g                   |
|     | 第三類  | 0.6                         | 1.2   | 0.288g                   |
| 萬巒鄉 | 第二類  | 0.6                         | 1.1   | 0.264g                   |
|     | 第三類  | 0.6                         | 1.2   | 0.288g                   |

## 2. 分析地下水位-地下水位深度



- 本計畫採用分析水位：
  - 38孔自計式水位觀測井
  - 採觀測期間之**平均值**
  - 以克力金法(Ordinary Kriging Method)內插



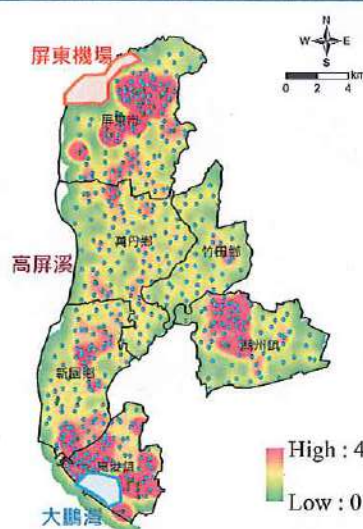
## 2. 液化分析方法比較



| 分析方法   | Seed法 (1985)                                                                     | T&Y法 (1983)                                                                     | JRA法 (1996)                                                                      | NCEER法 (1997)                                                                         | HBF法 (2012)                                                                           |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 發表者    | Seed                                                                             | Tokimatsu & Yoshimi                                                             | Iwasaki & Tatsuoka<br>日本道路協會                                                     | Youd & Idriss                                                                         | 黃俊鴻                                                                                   |
| 方法研究背景 | 世界規模7.5地震之案例                                                                     | 日本地震之案例                                                                         | 日本地震之案例<br>(阪神地震後修正)                                                             | 修正1985年之Seed法，世界規模7.5地震之案例                                                            | 台灣及世界各國地震業化與非液化之案例，參考Seed法                                                            |
| CRR    | Er                                                                               | 60%                                                                             | 72%                                                                              | 60%                                                                                   | 60%                                                                                   |
|        | MSF                                                                              | $\left(\frac{M_w}{7.5}\right)^{-1.11}$                                          | -                                                                                | $\left(\frac{M_w}{7.5}\right)^{-2.56}$                                                | $\left(\frac{M_w}{7.5}\right)^{-1.8}$                                                 |
|        | 正規格標準貫入阻抗                                                                        | $\frac{1}{\sqrt{\sigma_v'}} \times N_{60}$                                      | $\frac{1.7N_{72}}{\sigma_v' + 0.7}$                                              | $\frac{1}{\sqrt{\sigma_v'}} \times N_{60}$                                            | $\sqrt{\frac{101.325}{\sigma_v'}} \times N_{60}$                                      |
| CSR    | 修正後之標準貫入阻抗                                                                       | $(N_1)_{80} \times \Delta(N_1)_{60}$                                            | $C_1(N_1)_{72} + C_2$                                                            | $\alpha + \beta(N_1)_{60}$                                                            | $K_N \times (N_1)_{60}$                                                               |
|        | $r_d$                                                                            | 修正折線回歸                                                                          | 1-0.015z                                                                         | 修正多項式回歸                                                                               | 修正折線回歸                                                                                |
|        | MSF                                                                              | -                                                                               | -                                                                                | -                                                                                     | -                                                                                     |
| 備註     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 考量深度壓力折減</li> <li>● 考量地震規模影響</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 考量細粒料含量</li> <li>● 考量地震規模影響</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 考量低塑性土壤</li> <li>● 考量最大地表加速度</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 深度壓力折減修正多項式回歸</li> <li>● 考量地震規模影響</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 考量淺層及深層土壤應力折減</li> <li>● 考量地震規模影響</li> </ul> |

地震力以新版建築物耐震設計規範及解說進行分析

## 液化潛勢圖資製作流程及成果



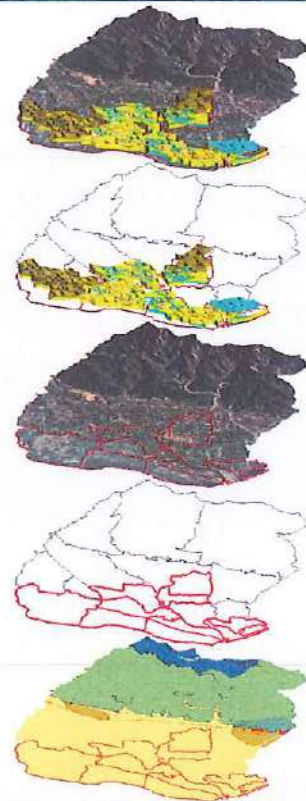
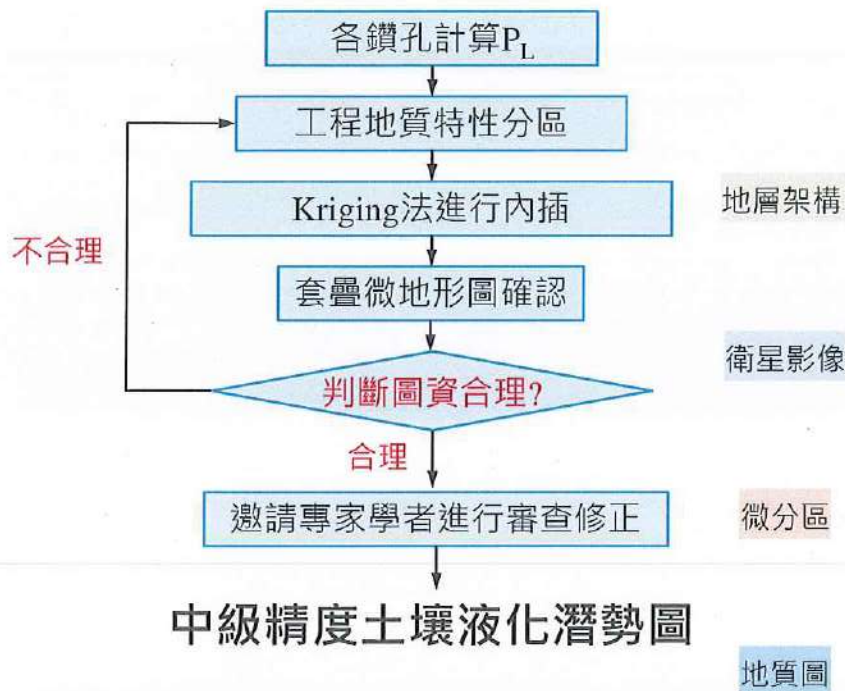
➤ 無法配置鑽孔區域  
屏東機場  
大鵬灣水域  
高屏溪行水區

- 18

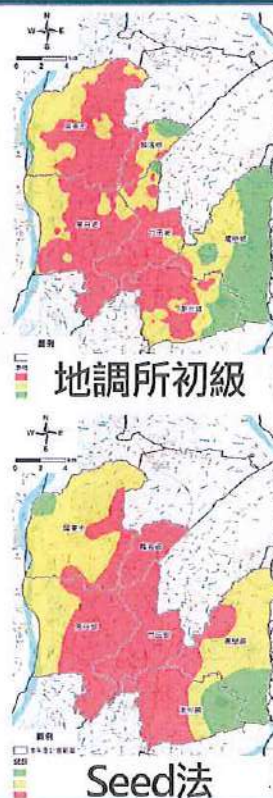
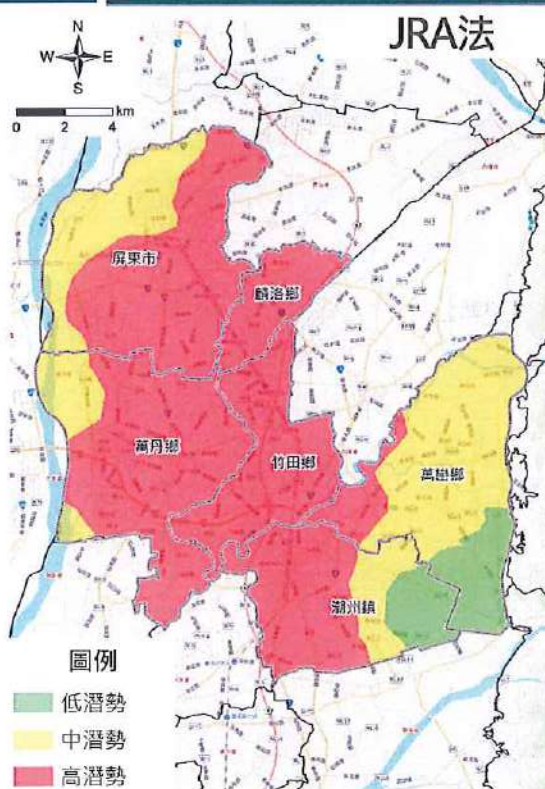
### 3. 圖資製作原則



製圖流程：



### 3. 液化分析成果



### 3. 液化分析成果



- 初級和JRA法進行比較，差異較大區域如下：
  - 麟洛鄉由中潛勢變為高潛勢
  - 萬巒鄉北側由低潛勢變中潛勢
- JRA法與其他方法在屏東市及萬丹鄉差異較大，差異較大區域之N值較高，故JRA法較為保守
- 高屏溪沿岸粒徑較大，東港溪沿岸兩側較多粉質砂，因此東港溪兩側液化潛勢較高

由保守到樂觀，依序為JRA法、Seed法、HBF法、T&Y法

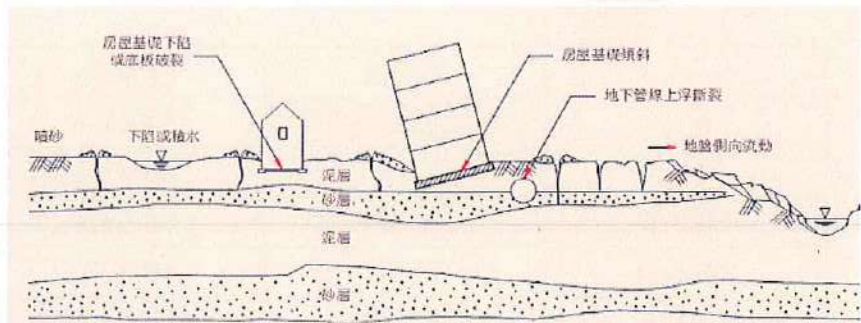
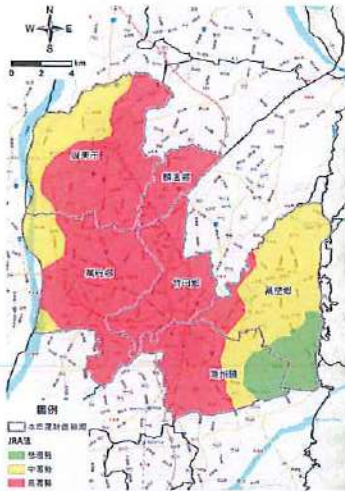
|       | 低潛勢    | 中潛勢    | 高潛勢    |
|-------|--------|--------|--------|
| 初級    | 18.39% | 31.81% | 49.81% |
| JRA法  | 7.20%  | 28.75% | 64.06% |
| HBF法  | 14.70% | 55.51% | 29.79% |
| Seed法 | 9.54%  | 40.87% | 49.60% |
| T&Y法  | 15.28% | 57.47% | 27.25% |

## 4. 易致災風險評估

## 4. 風險評估



- 土壤液化所引致的災害，易造成大範圍的建築物下陷與傾斜及維生管線系統損壞
- 本計畫將土壤液化潛勢地圖與液化災害風險加值應用



## 4. 易致災風險評估



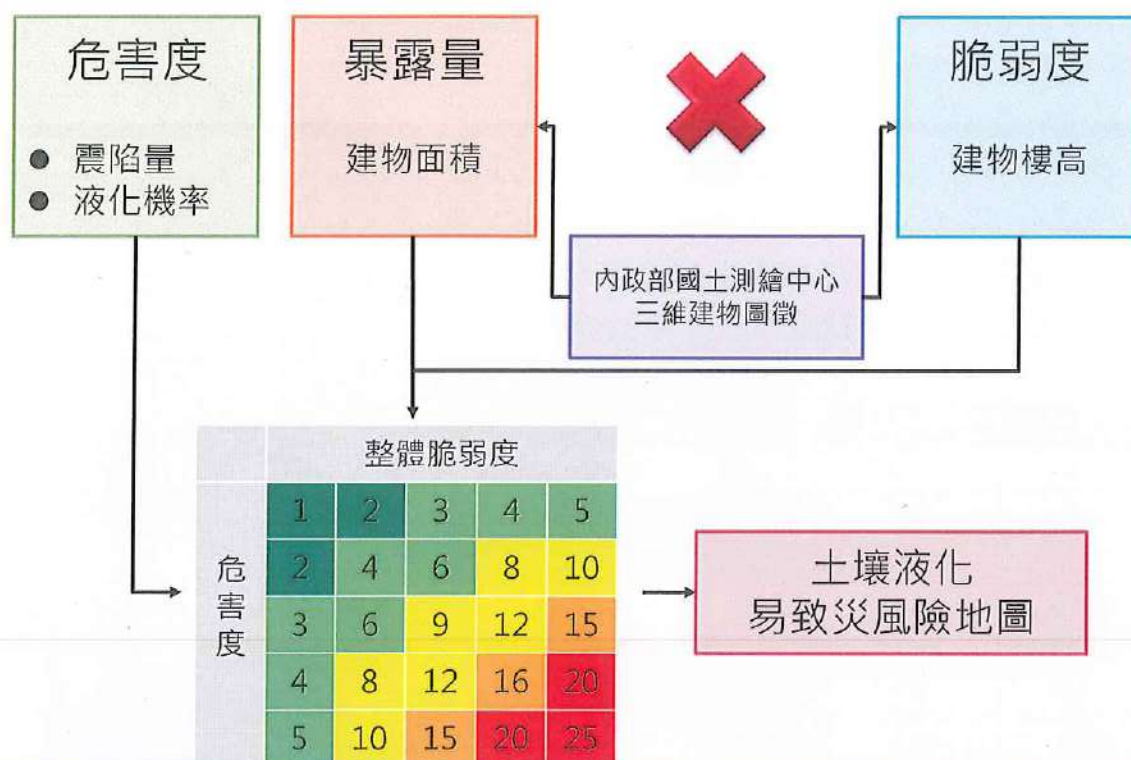
- 災害風險定義為**危害度**、**暴露度**及**脆弱度**三指標之乘積
- 危害度：一個**自然或人為引發的事件**，此事件將可能導致人員傷亡、財物損失、基礎設施損失、生計損失、環境資源損失等影響。
- 暴露度：人類生命及其生計、環境服務及資源、**基礎建設**、或經濟、社會、及文化資產處於有可能受到不利影響的地方。
- 脆弱度：一系統或地區**易受到不利影響的傾向與素質**(物理與社會經濟)，以及**因應不利影響的能力**。



$$\text{Risk} = 1\text{Hazard} \times 1\text{Vulnerability} \times 1\text{Exposure}$$

風險      危害度      脆弱度      暴露度

## 4. 易致災風險評估



## 4. 危害度評估



- 依據Ishihara and Yoshimine(1992)計算震陷量，分級標準依據建築物基礎構造設計規範淺基礎容許沉陷量
- 依據Juang、Jiang & Andrus(2002)計算液化機率及分級
- 將震陷量分級及液化機率分級綜整後，求得危害度等級=0.5×(震陷量+液化機率)



| 分級 | 震陷量(cm) |
|----|---------|
| 1  | 0~4     |
| 2  | 4~10    |
| 3  | 10~20   |
| 4  | 20~30   |
| 5  | >30     |

| 分級 | 液化機率      |
|----|-----------|
| 1  | 0~0.15    |
| 2  | 0.15~0.35 |
| 3  | 0.35~0.65 |
| 4  | 0.65~0.85 |
| 5  | >0.85     |

## 4. 暴露量×脆弱度評估



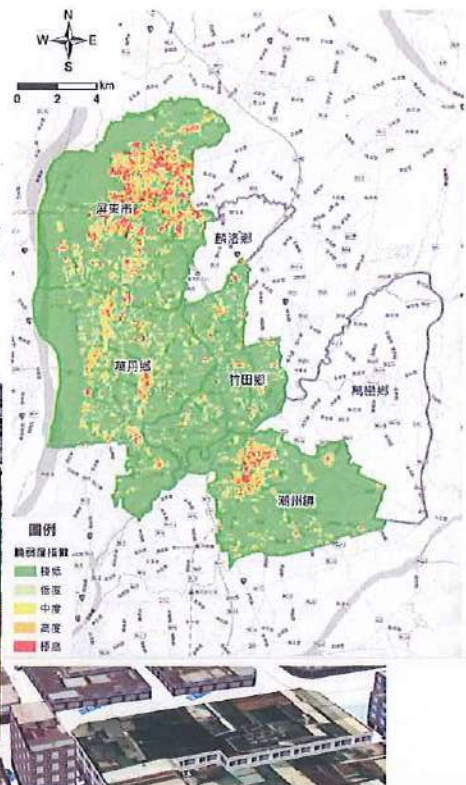
利用國土測繪中心多維度國家空間資訊之三維建物模型取得面積及樓高資訊

- 面積代表暴露量
- 樓高代表脆弱度，分級依據為譚志豪等, 2022 因屏東縣建管資料中，並無基礎型式、結構類別等資料，因此僅採樓高進行評估

最後網格方式計算暴露量與脆弱度之乘積，並予以分級

| 樓層數   | 脆弱度 |
|-------|-----|
| 1-4   | 0.8 |
| 5-6   | 0.6 |
| 7-9   | 0.4 |
| 10-15 | 0.3 |
| 16-29 | 0.2 |
| >30   | 0.1 |
| 空地    | 0.1 |

| 分級 | 暴露量×脆弱度 |
|----|---------|
| 1  | 0.1~0.2 |
| 2  | 0.2~0.3 |
| 3  | 0.3~0.4 |
| 4  | 0.4~0.5 |
| 5  | >0.5    |



## 4. 土壤液化風險評估



- 將**危害度**及**整體脆弱度**進行風險矩陣計算
- 風險較高的區域主要在**人口密集**的屏東市及潮州鎮市區

| 危害度 | 整體脆弱度 |    |    |    |    |
|-----|-------|----|----|----|----|
|     | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  |
|     | 2     | 4  | 6  | 8  | 10 |
|     | 3     | 6  | 9  | 12 | 15 |
|     | 4     | 8  | 12 | 16 | 20 |
|     | 5     | 10 | 15 | 20 | 25 |



風險等級與人口密度呈現正相關

## 4. 土壤液化風險評估



- 災害應變重要設施依照「110年屏東縣防災計畫」、「防災地圖」列冊評估
- 依照液化潛能指數、震陷量、興建時間提出應變對策建議
  - 液化風險等級高，應注意震災時，維生管線損毀影響安全與防災功能
  - 民國88年前興建之建築物，行耐震補強時應考量土壤液化影響
  - 未來如改建，基礎型式可採用筏式基礎，降低液化震陷引致差異沉陷影響



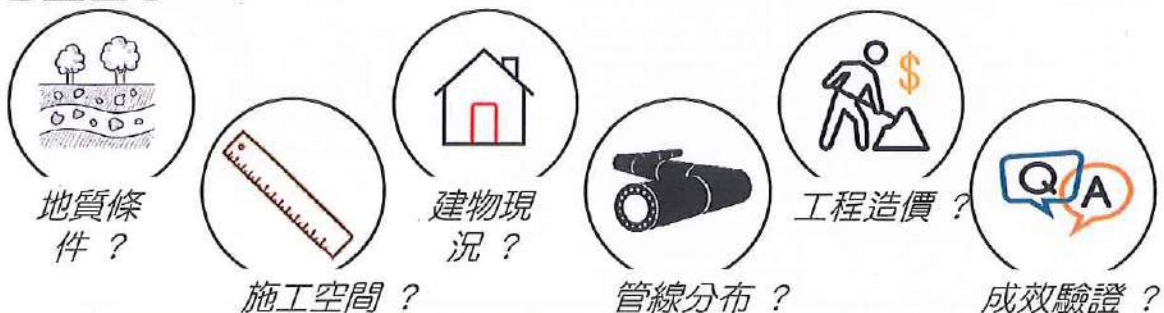
## 4. 既有建物液化防治工法選擇



### 防治工法



### 考量因子

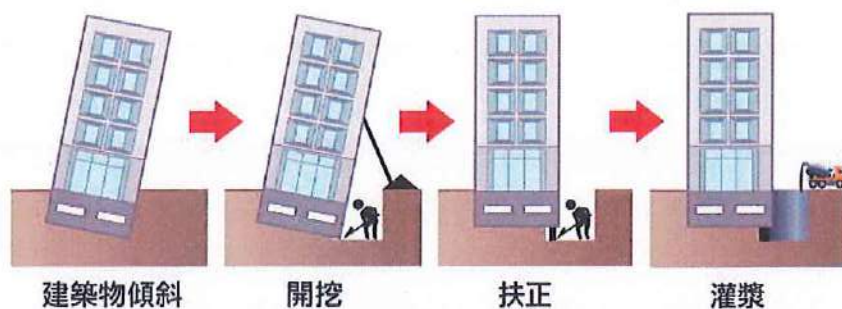


各工法皆有限制 需考量場址特性選擇適當工法

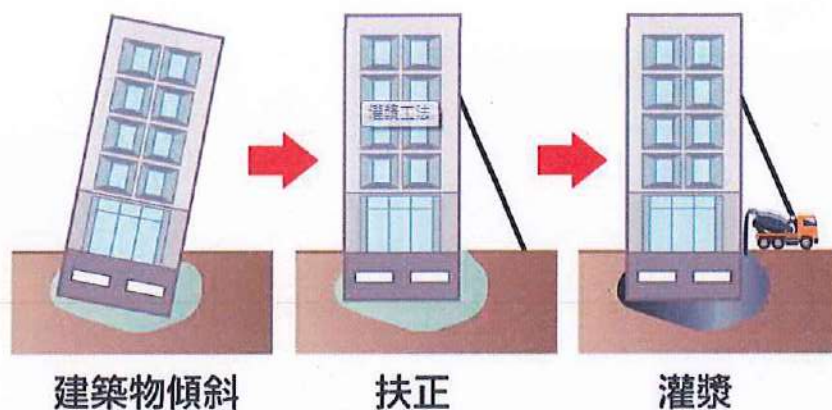
## 4. 既有建物扶正工法



頂昇工法：



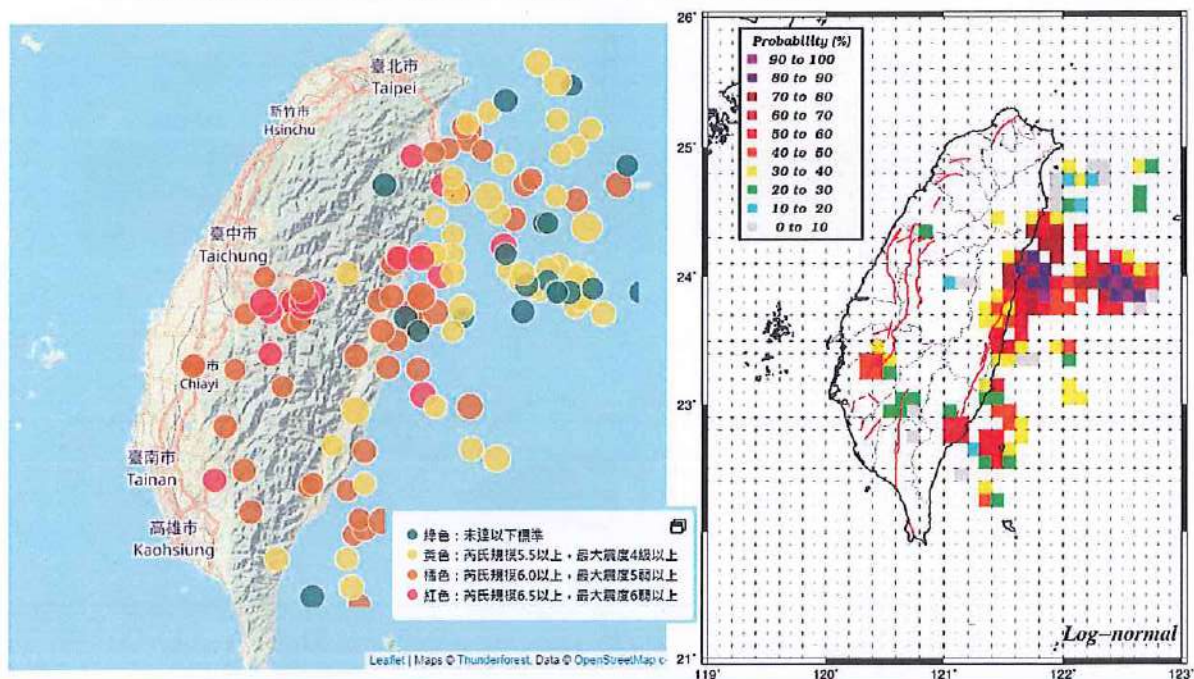
灌漿工法：



## 4. 台灣地震紀錄



- 依據近60年地震紀錄，震源多發生在東部版塊交界處及西部地震帶
- 50年內發生規模6.0之機率分布集中在東部地震帶



# 5. 結論與建議

## 5. 結論與建議



- 本計畫中級土壤液化潛勢地圖採用之鑽孔：
  - 105及106年度補充鑽孔共**494孔**
  - 既有資料蒐集共2,178孔，可用235孔，經環域分析後採用**27孔**
- 液化分析採用**平均地下水位**，以克力金法(Ordinary Kriging Method)內插
- 落錘能量比分別採**補充鑽孔為70%**；既有鑽孔為60%
- 中級圖資相較於初級圖資在中、高潛勢**略有增加**
- 土壤液化潛勢分析由保守到樂觀，依序為JRA法、Seed法、HBF法、T&Y法
- 土壤液化風險較高區域主要分布在屏東市及潮州鎮的人口密集區域
- 建議縣府**持續推動後續年度計畫**，增補其他鄉鎮以製作完善屏東縣中級土壤液化潛勢地圖及液化潛勢分析

# 簡報完畢

## 敬請指教

