



經濟部地質調查及礦業管理中心

GEOLOGICAL SURVEY and MINING MANAGEMENT AGENCY, MINISTRY of ECONOMIC AFFAIRS

土壤液化圖資製作及防治技術 精進研討會

三維地質模型於都市災之應用

簡報人：楊智堯

CECI



台灣世曦

工程顧問股份有限公司

中華民國113年12月2日



簡報內容

壹.前言

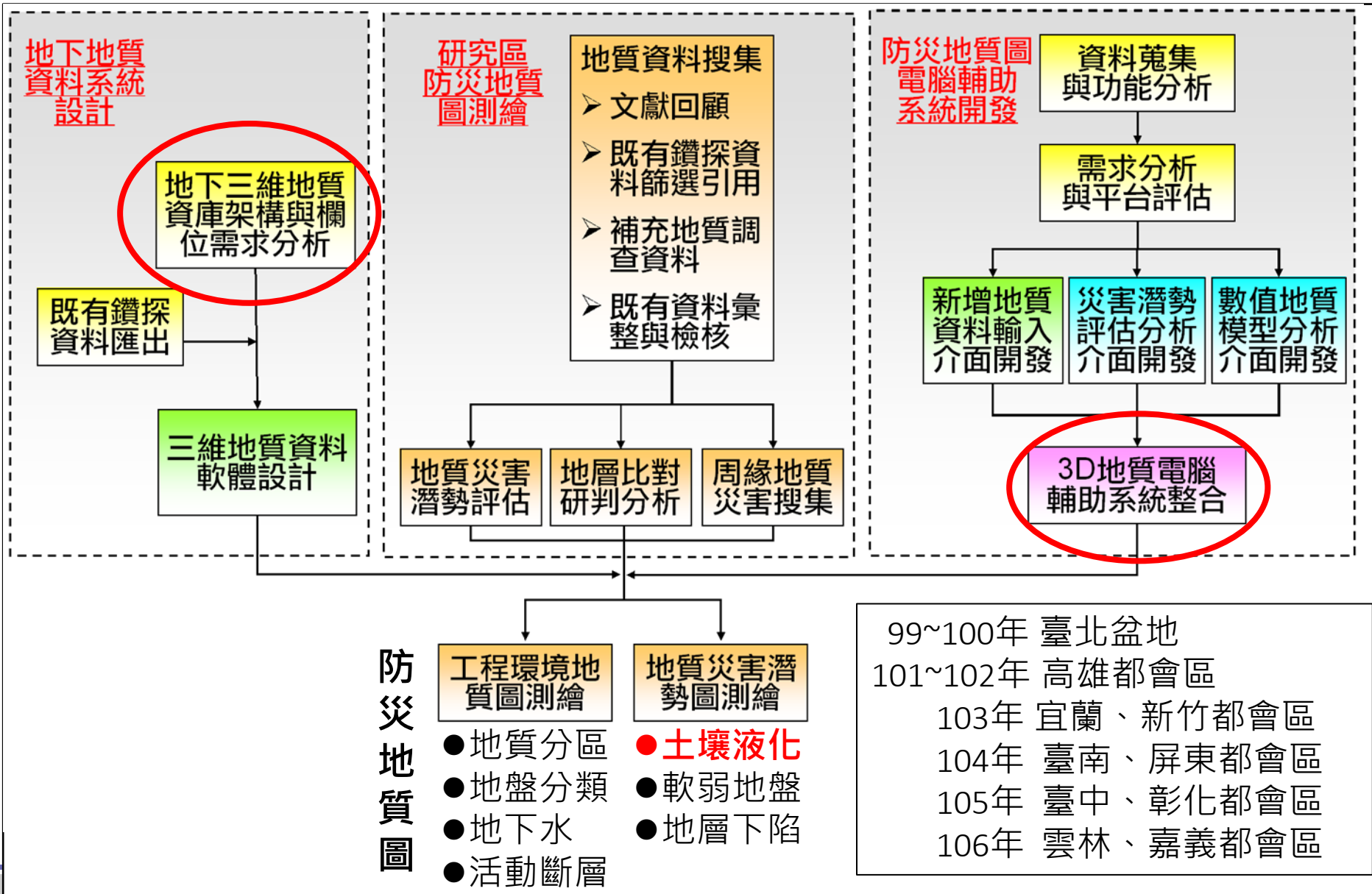
貳.三維地質網格架構與系統

參.三維地質網格之應用與加值

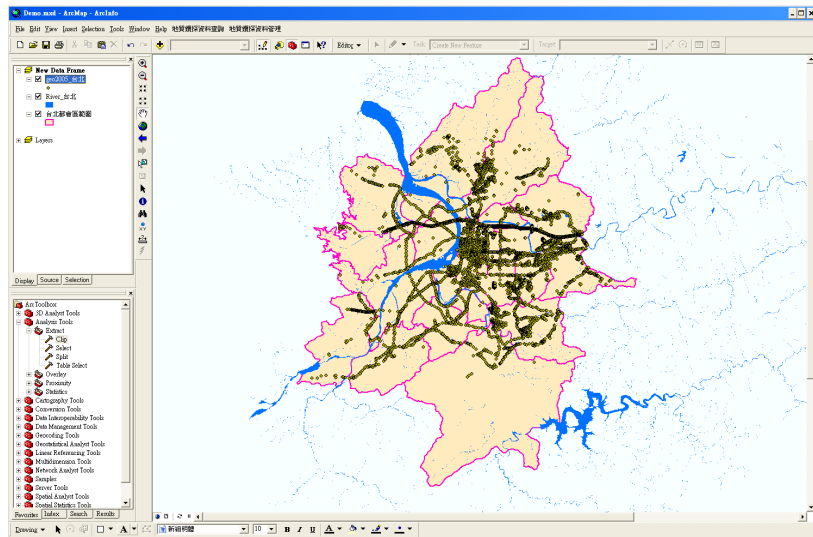
肆.結語

壹.前言

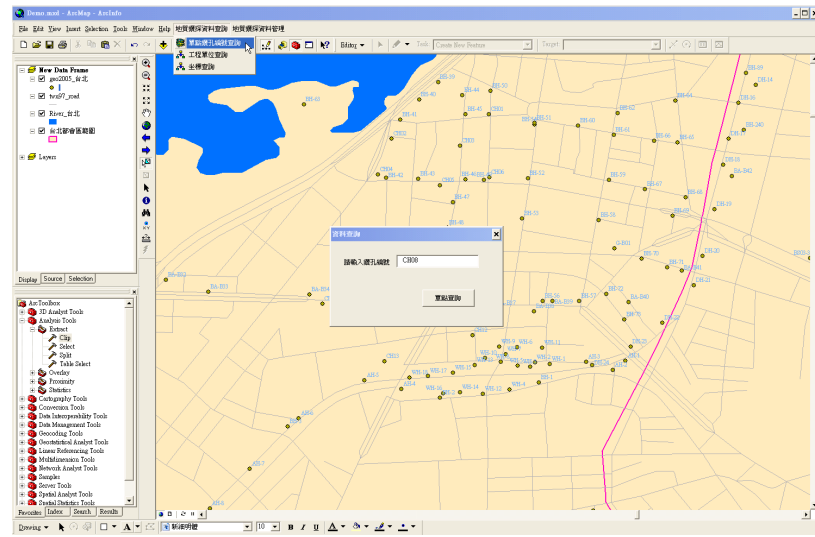
都市防災地質資訊分析與建置計畫



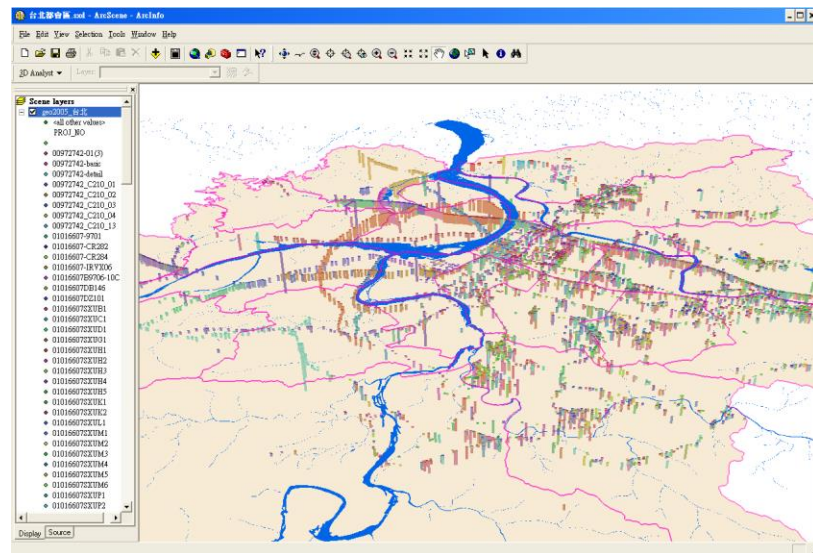
單點鑽孔→三維地層



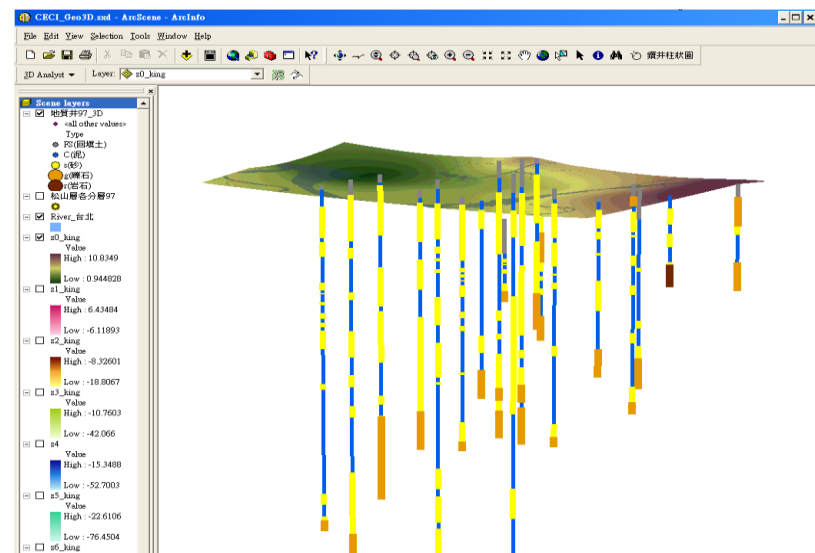
資料庫核心管理模組



資料庫查詢模組

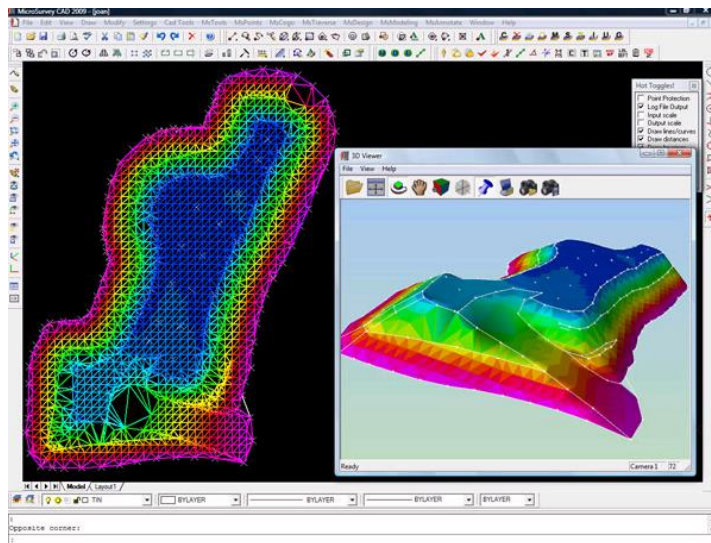


3D格式輸出及展示

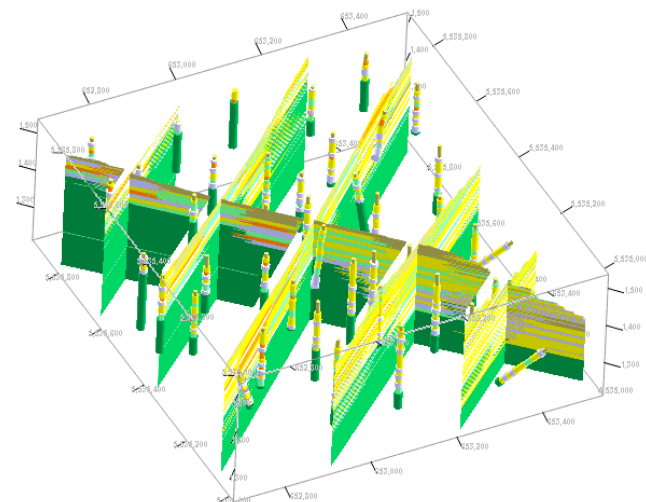


單點展示3D鑽孔地層柱狀圖

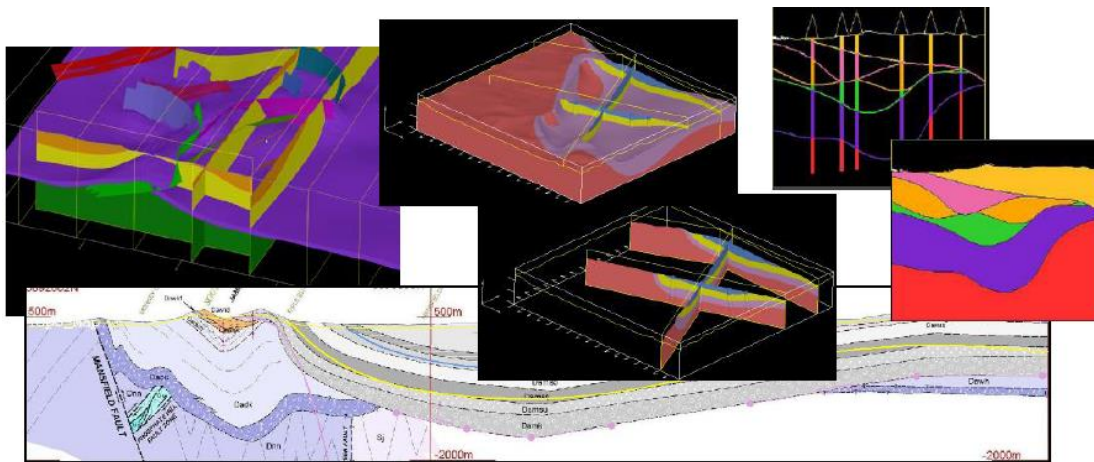
研選商業軟體



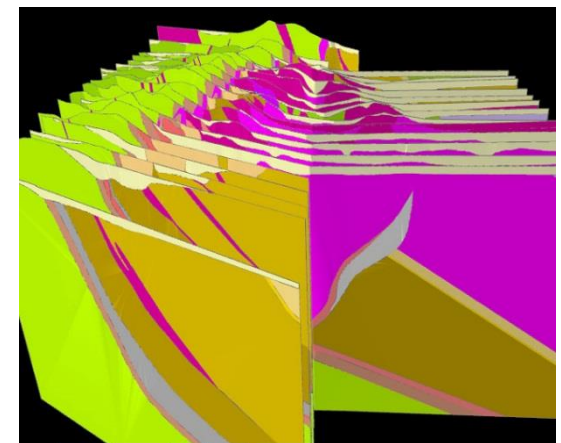
Civil 3D



Rockworks



3D GeoModeller



MapGIS

商業軟體適用性比較

	軟體平台	應用現況	優勢	劣勢
1	GoCAD	在地質工程、礦業發展、地球物理探測及水利工程有廣泛應用	三維地質展示、功能及應用分析模組強大	開發及購置成本高
2	AutoCAD Civil 3D	在應用於工程設計及綜橫剖面計算，能結合多種DTM地形資料格式，並快速展現三維資料	高效能、資料開放性高、國際大廠支援度佳及價格較低廉	較偏向工程應用，於地質分析展示介面較少
3	ESRI ArcMap 3D	使用最多之GIS軟體。shp格式為全球流通最高格式。可擴充3D分析模組，利用ArcSense展示三維資料。	具有強大之資料庫管理能力，支援開發之協力廠商眾多	僅具展示功能，須依靠外掛軟體支援應用功能。
4	RockWorks	結合GIS與三維地質建模之分析軟體，支援ArcMap9及ArcMap10，支援Solid、Surface、Fence、Profile及地質統計等多種分析應用功能。	具有完整之地質資料分析與編輯模式，與ArcMap搭配能直觀式的進行判讀與解釋。	國內目前相關可參考文獻較少
5	3D GeoModeller	為CAD-Base之三維地質建模分析軟體，專門為地質應用所開發之專業軟體，最新版為1.3版新增多種3D Geo Model。	為專業之地質分析軟體，能對地質模型之細部參數進行修訂及解釋。	Cad-Base不易讀取GIS資料庫，且購置成本高。
6	MapGIS	在 MAPGIS 7.0 中所推出的真實三維資料，為中國地礦部門所採用	擬真度高、支援面廣	資料格式與相容性不佳
7	MVS	結合GIS與三維地質建模之分析軟體，專門為解決工程應用與地質領域、環境規劃等而設計。	能結合航空影像與ArcMap整合，並製作輸出4D動畫。	偏重工程應用分析模式，地質分析支援較少。

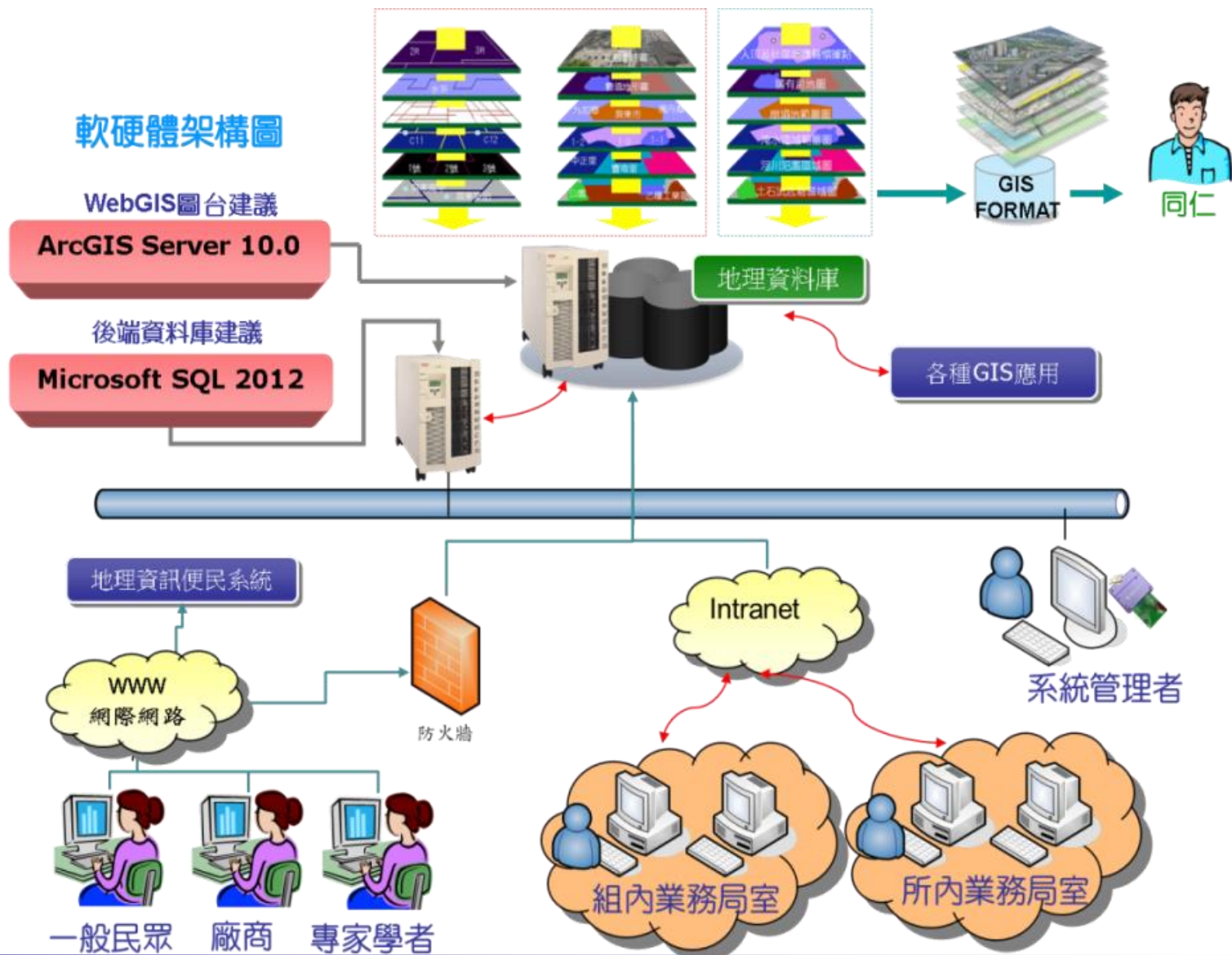
評估結果

- 商業軟體仍多需由工程師統一定義各鑽孔之分層，以利軟體進行比對。
- 經比對建立之模型，多以岩性分類，並以三維平面組合，仍非實體三維模型。
- 無法建立土層之物理性質與力學性質等屬性，多以三維展示功能為主。
- 模型資料庫資料萃取不易，難以加值。



自行開發

貳.三維地質網格系統與架構



地質分析評估功能模組

電腦輔助系統

- 利用ESRI ArcMap 之桌上型GIS軟體之分析功能及程式開發。



資料管理功能模組

- 設計可匯入多個鑽探資料模組，因應大量高品質專案資料。



地質資料分析評估模組

1 井錄分析模式

2 三維網格分析模式

透過電腦系統之輔助獲得分析結果，本模式可透過單一功能按鍵完成四大分析程序，產出三維網格防災資料庫成果。

地質資料分析模組

系統資訊

程式設計：CECI

修訂日期：101.6.29

序號 / 資料數

井錄條件篩選

井錄篩選 篩選符合液化分析條件之井錄資料

井錄模式

井錄模式資料分析

地表加加速度參數設定：

中小地震：

設計地震： $0.4 * S_{ds}$

最大地震： $0.4 * S_{ms}$

自訂參數：

井錄模式土壤液化圖繪製：

中小地震圖 設計地震圖 最大地震圖 自訂地震圖

三維網格模式

網格土壤液化分析 + 三維網格資料庫建置

Step1: 建立1m為間距之垂直向內差資料(N, FC, PI, RT)

Step2: 建立30m內水平向內插資料(N, FC, PI, RT)

Step3: 寫入網格資料庫

Step4: 以網格為單位進行土壤液化計算分析

三維網格模式剖面圖繪製：

EW剖面圖繪製 NS剖面圖繪製

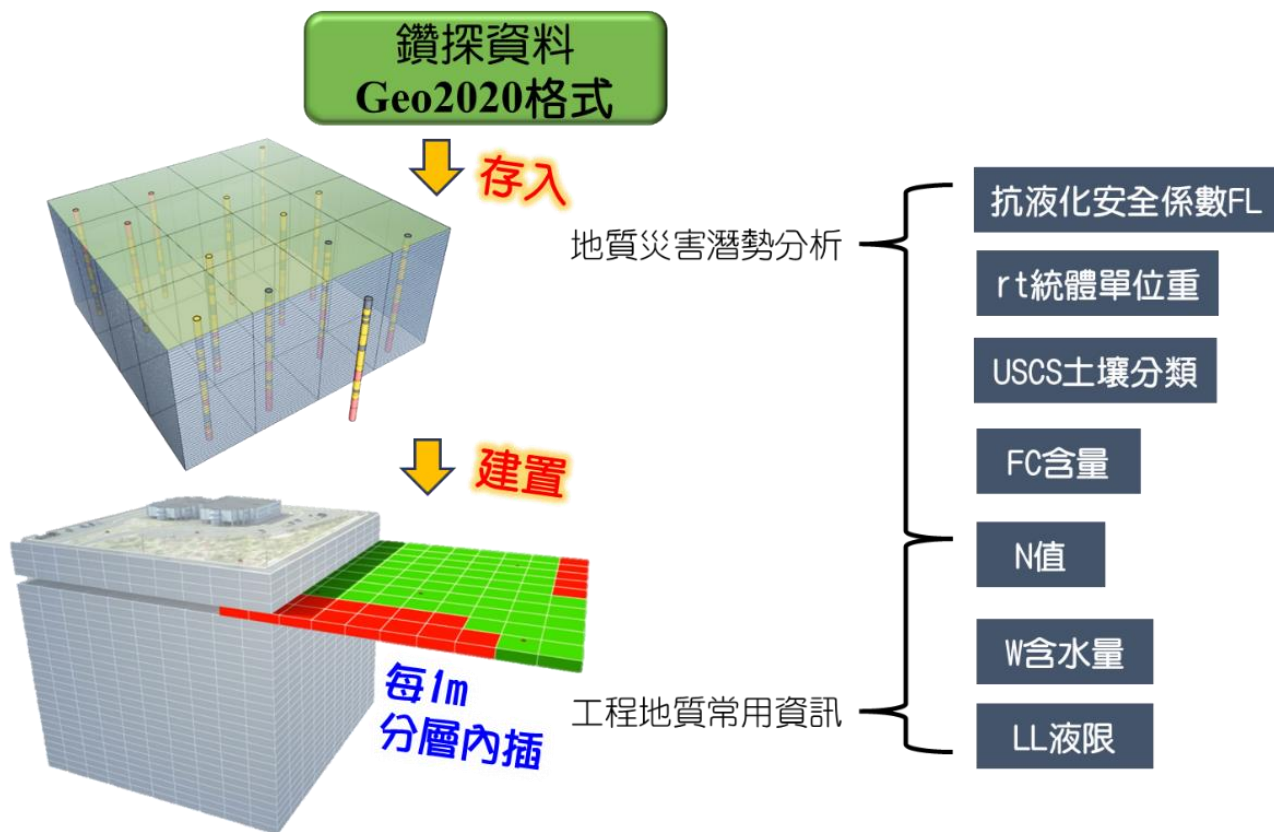
程序及資料庫建置

1 井錄分析模式

利用井錄資料來構建研究區的地下三維立體網格資料庫。

2 三維網格分析模式

此模式的優勢在於建置出涵蓋研究區整體的三維網格資料庫，可用於後續各類查詢與主題圖的應用。



三維地質資料庫建立

1 空白網格建立

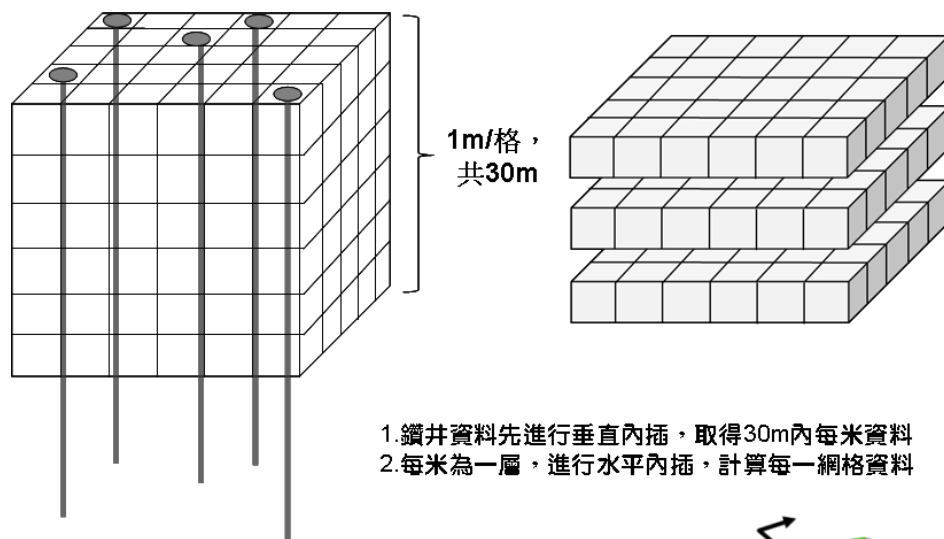
廣域網格之精度：
平面100m*100m、深度1m。

2 地質鑽孔標準化

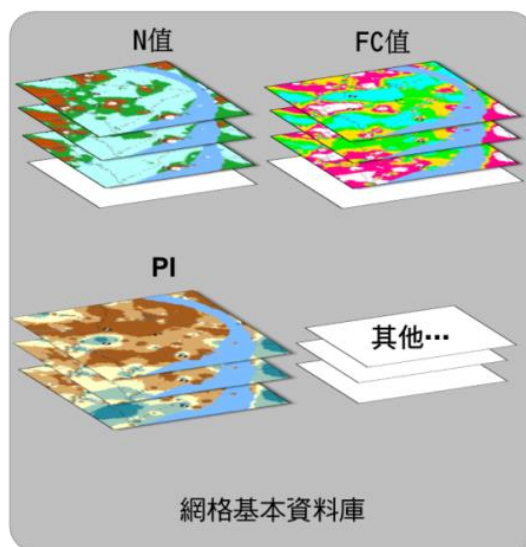
加權平均法產生垂直1m間距之地質資料，再以平面統計內插土壤基本資料。

3 土壤液化潛勢分析

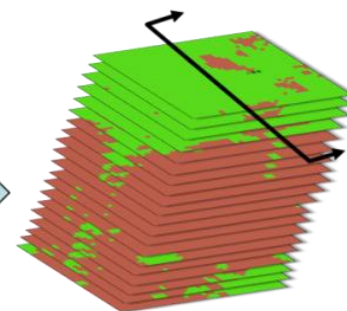
各網格分別計算土壤液化安全係數 (F_L 值)。



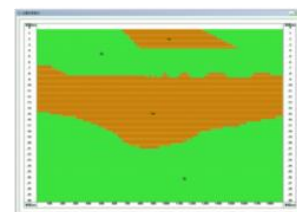
1. 鑽井資料先進行垂直內插，取得30m內每米資料
2. 每米為一層，進行水平內插，計算每一網格資料



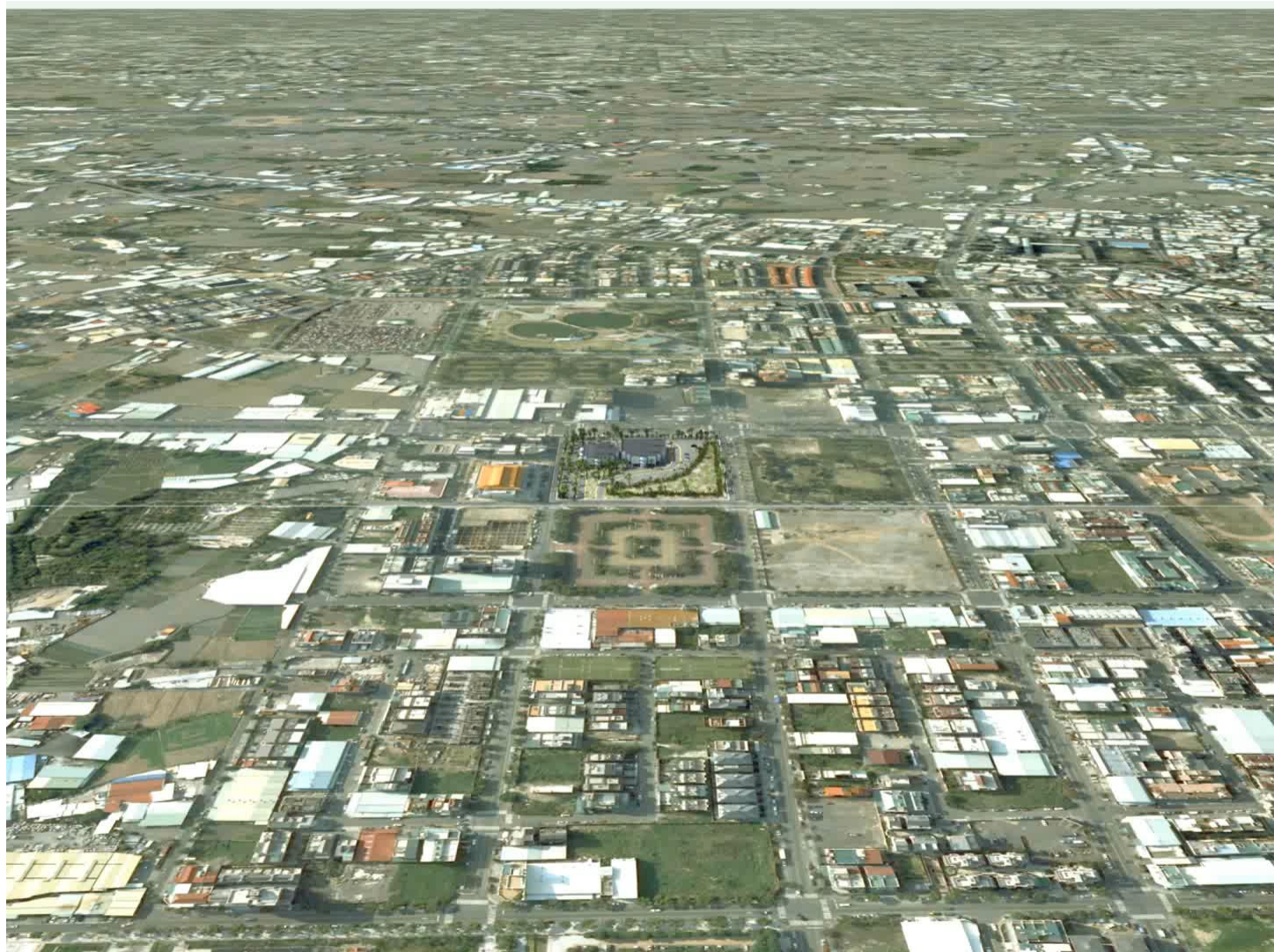
土壤液化
潛能分析



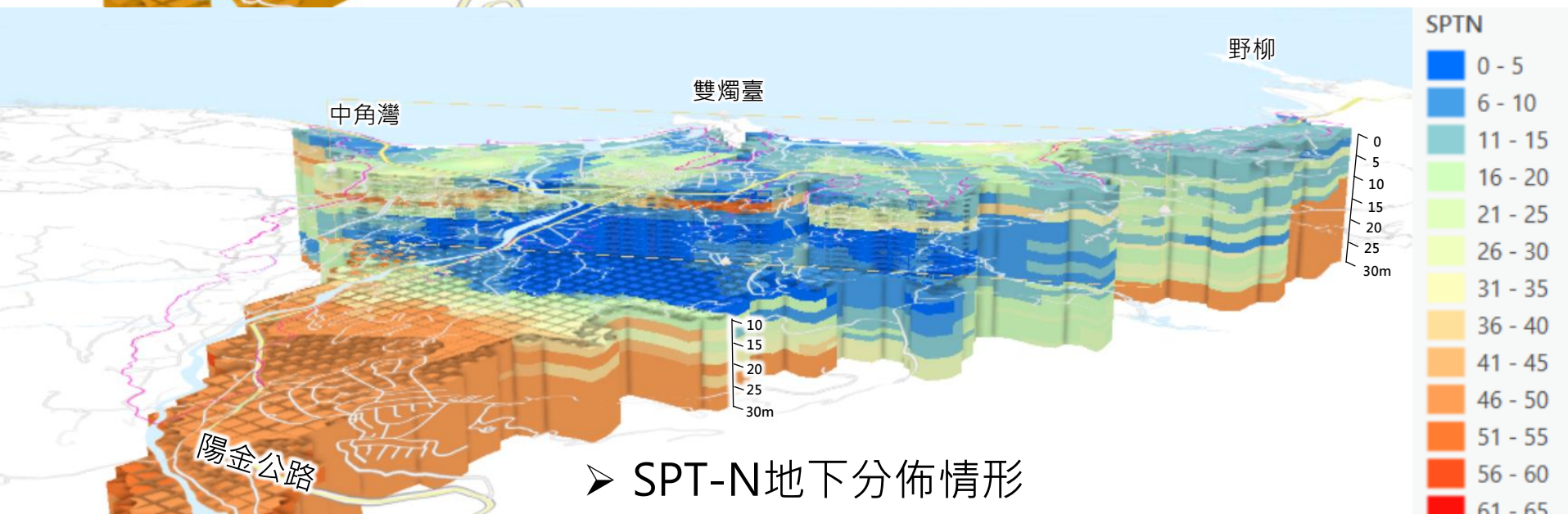
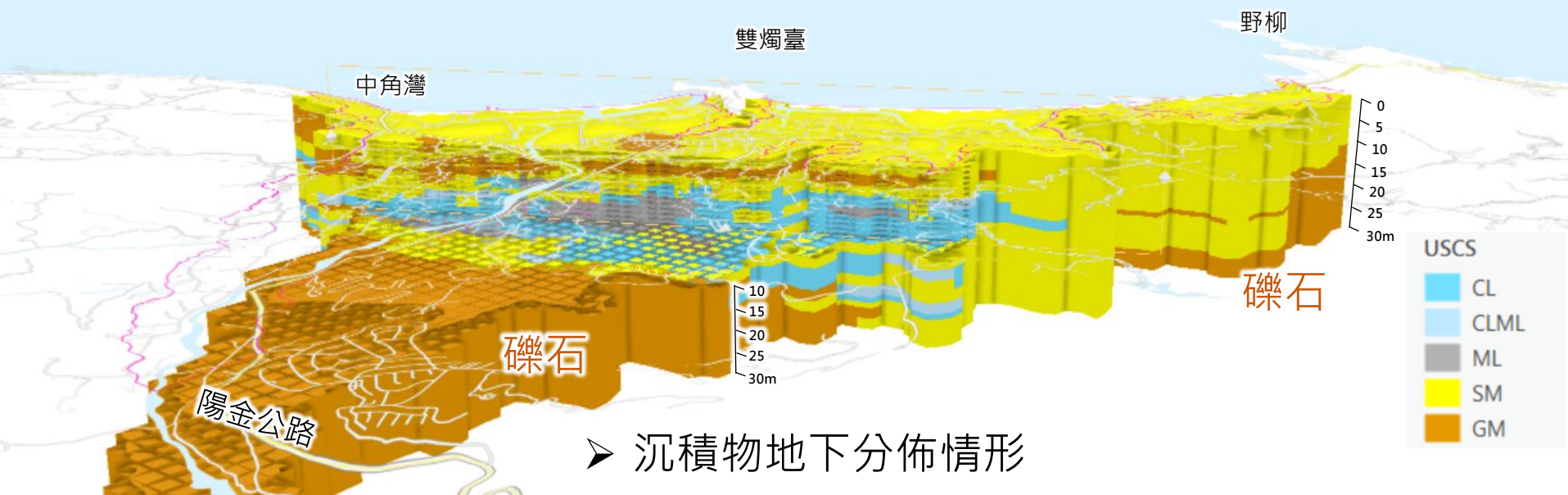
剖面展示(30M)



三維地質資料庫建置動畫

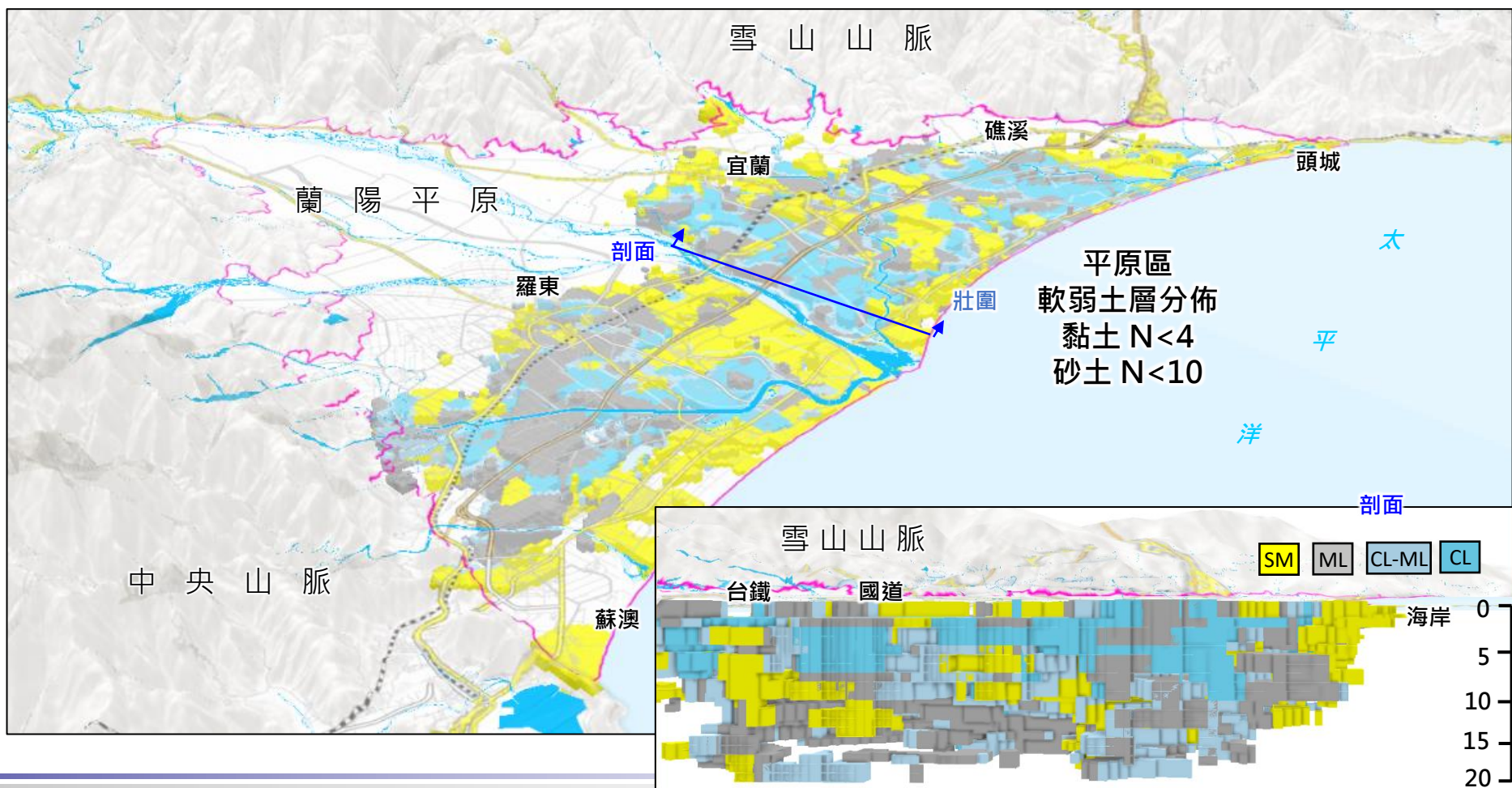


參.三維地質網格之應用與加值



地質剖面資料繪製

- 蘭陽平原平原區幾乎為軟弱土層
- 沿蘭陽溪剖面軟弱地層最厚達10m以上



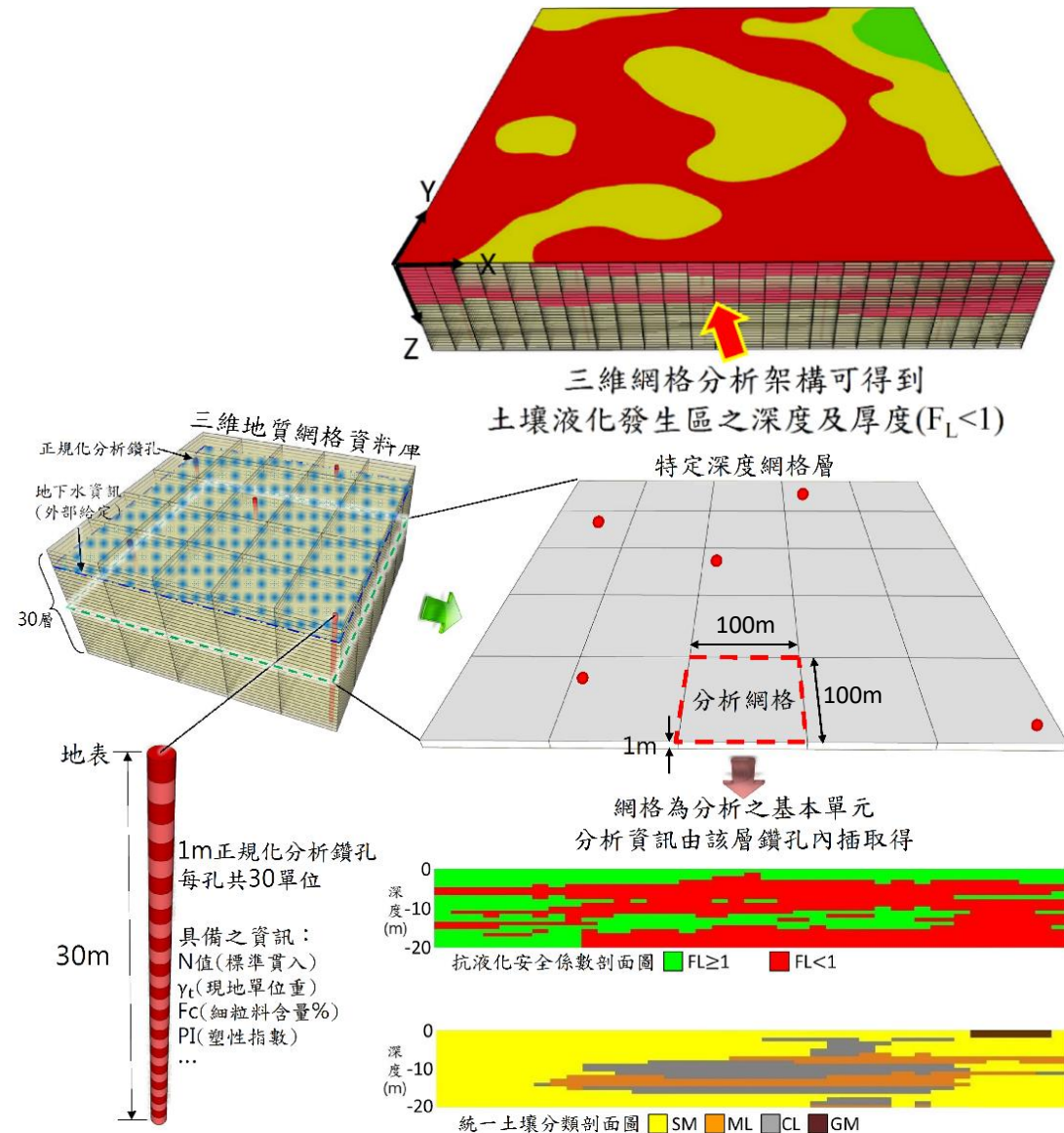
軟弱地層篩檢

- 黏土-SPT-N<4 分佈在台2線與磺溪周邊
- 軟弱土層約6~10m厚



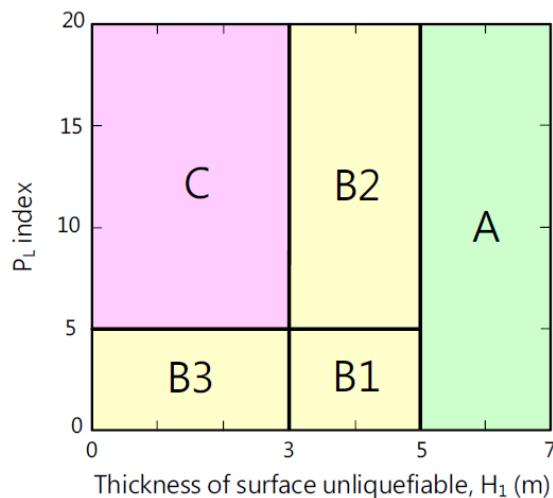
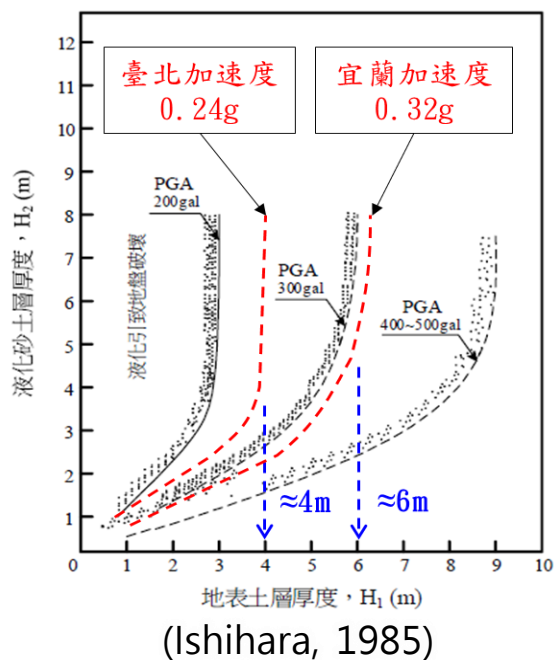
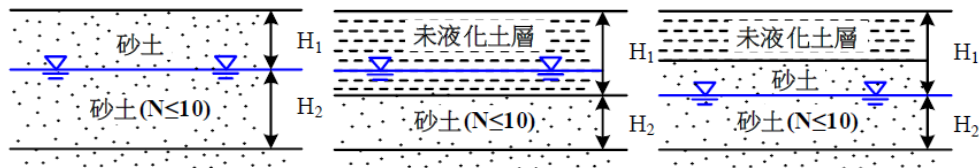
土壤液化地層三維分布

- 使任意內插位置皆可視為獨立虛擬鑽孔，可淡化單一鑽孔資料錯誤影響整體分析。
- 得以任意剖面展示土壤液化分層(F_L)、統一土壤分類(USCS)以及軟弱土層(V_s)等各類剖面三維地質網格，提升分析效益及附加價值。
- 可展示地下30公尺，AVE_VS、AVE_N、PL(最大地震、中小地震、設計地震)等不同之分析結果。

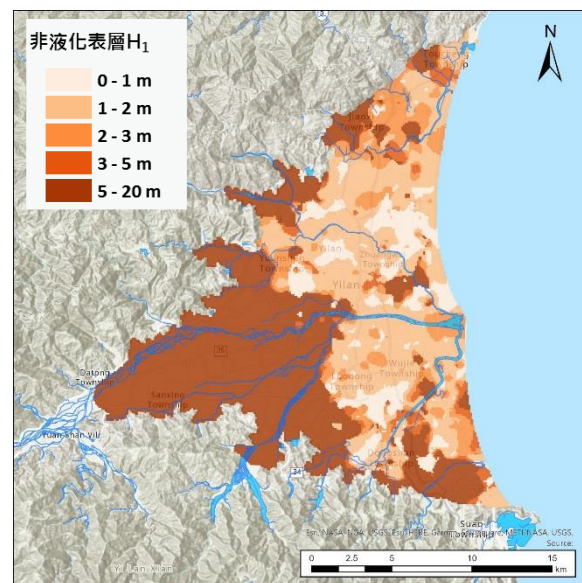
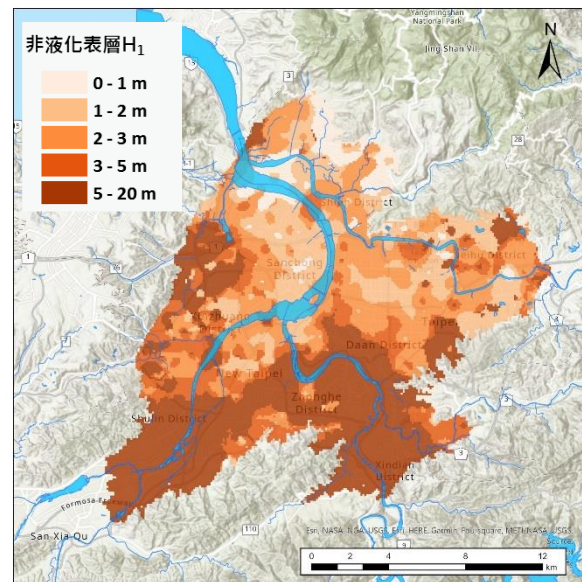


土壤液化非液化土層厚度評估

➤ 非液化表層 H_1



(Towhata, 2016)



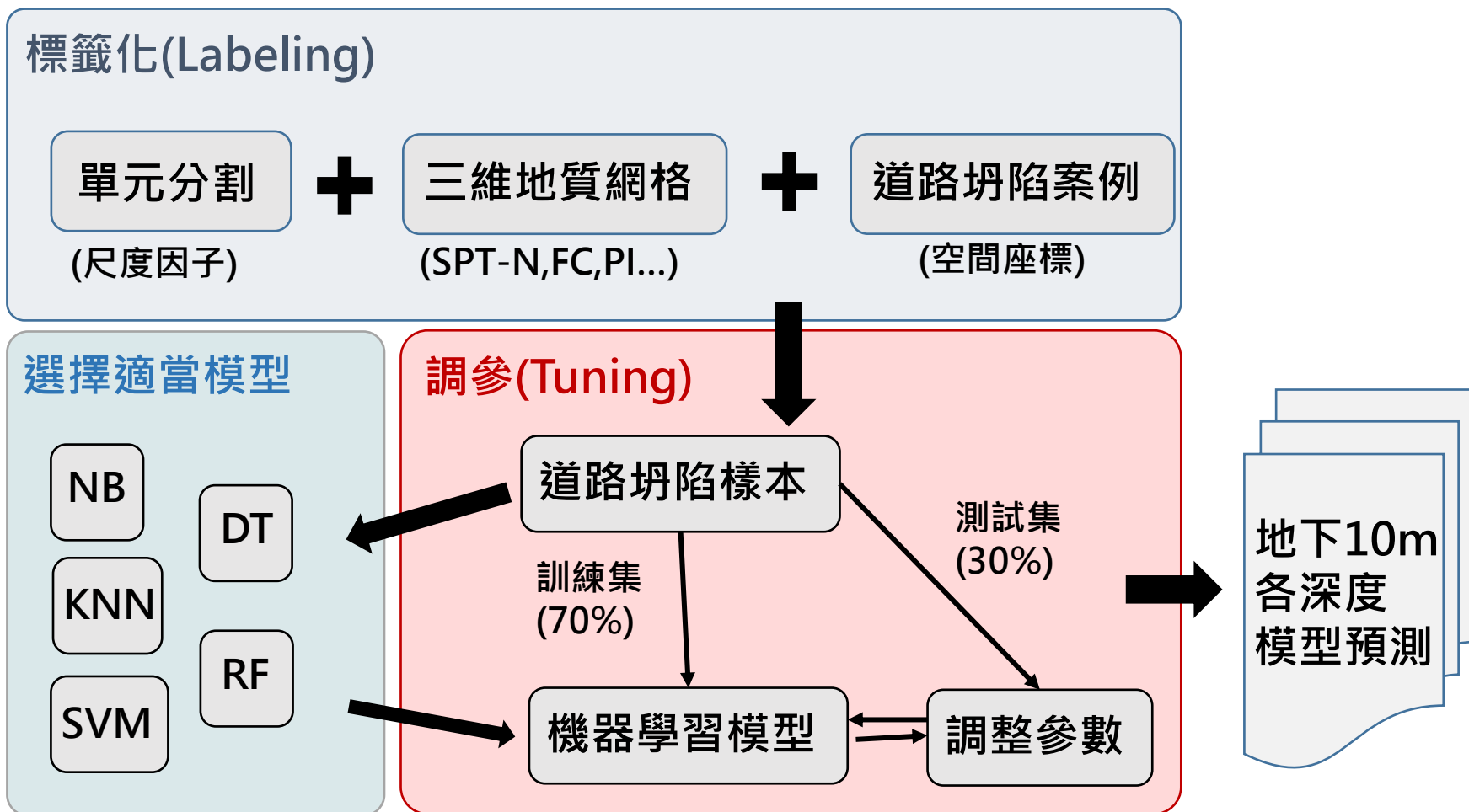
土壤液化管線及老舊建物風險評估

ArcGIS 三維地質_demo

登入



都市地質災害地層AI歸納辨識



肆.結語

□ 平原區三維地質資料庫的應用背景與技術優勢

- 精細的地質數據支持
- 土壤液化分析的精準性

□ 三維地質資料庫的技術創新與數據處理

- 資料庫的動態更新與精確內插
- 虛擬鑽孔的應用
- 靈活展示與多維數據分析

□ 在風險評估與防災策略中的應用

- 土壤液化災害風險評估
- 公共安全與災害防護計畫支持

□ 多領域的資料共享與應用整合

- 跨部門的數據共享與應用
- 智慧城市管理系統的融入

□ 未來發展方向與創新潛力

- 基於人工智能的自動化分析
- 動態三維地質模型的升級