

都市建築開挖風險評估： 3D數值模擬實務案例分享



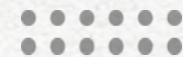
主講者：張偉哲 助理教授
中國科技大學 土木與防災系



簡報日期：2025.08.21



- 01. 都市建築開挖的需求
- 02. 歷年建築工程的災害彙整
- 03. 案例一：基地背景與工程說明
- 04. 案例一：三維模擬仿真分析
- 05. 案例一：支撐設計與效益優化
- 06. 案例二：基地背景與工程說明
- 07. 案例二：三維模擬仿真分析
- 08. 案例二：支撐設計與效益優化



01.都市建築開挖的需求

- 都市更新帶動小基地深開挖與建物重建，工程的風險性逐步攀升!!!
- 異形基地、軟弱地質及高密度鄰房等複雜條件，使得傳統分析及計算方法難以滿足現況需求。
- 藉由運用FLAC3D三維數值模擬，整合現場地形、地質與監測資料，掌握其施工變形與風險性。
- 分階段模擬施工流程，提升工程安全性與經濟效益，優化風險管理，強化災變責任界定。



新北三重工地



新北永和工地



台北慶城工地



信義崇德工地



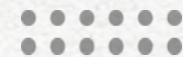
大直基泰工地

針對「拆除既有建物，興建全新建物」的方案整理：

分類名稱	法規依據	主要內容/說明	特點/適用對象
(1) 危老重建	危老條例	拆除危險或老舊建築後重建，程序簡化、容積獎勵多。	個案推動快速，適用危險/老舊建築
(2) 海砂屋重建	都市更新條例、危老條例	拆除結構危險（如海砂屋）重建，優先補助與加速審查。	屬於危險建築，重建優先
(3) 都市更新（協議合建）	都市更新條例	拆除原有建物，由實施者重建新房並依約分配產權。	權利人與建商協議合作
(4) 都市更新（權利變換）	都市更新條例	拆除原有建物，權利人換取新建物產權。	權利重新分配、無現金流動
(5) 都市更新（地區徵收）	都市更新條例	拆除全區建物，政府統一重建後再分配或標售。	適用大範圍、權屬複雜地區
(6) 防災型都更	都市更新條例	拆除高風險建物，重建同時提升防災能力。	容積獎勵多，強調防災
(7) 公辦都市更新	都市更新條例	政府主導，拆除舊建物統一重建，協調力強。	適用推動困難或大型區域
(8) 私辦都市更新	都市更新條例	民間主導，拆除舊建物重建新房，彈性較高。	地主、建商、住戶自行推動
(9) 社會住宅重建	住宅法、都市更新條例	拆除舊有公營住宅、國宅，重建為新型社會住宅。	以弱勢族群住宅為主

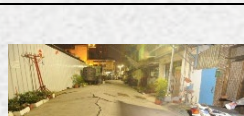
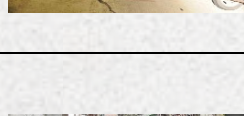
- 2023年起，全台天坑事件激增，台北市情況最為嚴重。
- 社會輿論將「天坑」現象視為嚴重警訊，凸顯建築工程潛在危機。
- 擋土工程不良、地下水抽取及老舊管線爆裂為主要成因，亟待正視與改善。

時間	縣市	發生情況	原因
3月21日	彰化縣	彰化市平和八街路面塌陷，長、寬、深各有5、6、2公尺	自來水地下管線脫管
3月24日	高雄市	前鎮區瑞隆路與崗山西街口路面塌陷，造成1名機車女騎士受傷	自來水接管破損
4月27日	新竹縣	竹北市莊敬六街建案工地旁道路坍塌，導致一輛特斯拉墜坑事件	建案工地地下室開挖長期抽取地下水，使周邊土壤坍塌，加上開挖解壓，造成破壞面延伸至地面
5月1日	台中市	大里區東榮路和永隆路口路面坍塌約1.5公尺	自來水爆管造成路面坍塌
5月13日	台北市	信義區崇德街60巷建案工地旁塌陷，坑洞長15公尺、寬3公尺、深度2到3公尺	工地地下室施工，連續壁有破洞滲水
6月20日	台南市	安平區府平路、健康四街口道路塌陷1公尺，導致一輛大車後輪陷入，車身側翻，幸無人傷亡	雨水箱涵頂板老舊鏽蝕滲水
7月8日	台北市	大同區南京西路315號前南京西路路面塌陷，經搶修後暫時恢復通車，10日清晨又發生坍塌	淡水河漲退潮影響地下水位，加上汙水管破洞導致地基砂土長年被掏空
8月18日	台北市	南港區南港路3段47巷與昆陽街60巷口長寬深各約2公尺的天坑	台北市雨水連接管脫管
8月19日	台北市	中山區民生東路2段159巷路面出現1公尺深塌陷	旁邊側溝有破洞漏水，地下土壤被側溝漏水帶走
8月20日	台北市	萬華區昆明街320巷建案工地旁路面塌陷，坑洞約長3公尺、寬2公尺、深度1.5公尺	建案基地外舊有水溝因地基鬆軟，遇上大雨沖刷，導致土石流失下陷
8月21日	新竹縣	竹北市光明六路跟縣政七街建案工地旁道路塌陷，長約10公尺、寬約3公尺、深近3公尺	建案工地設置的止水樁不夠密集，加上豪雨將該處土石淘空下陷



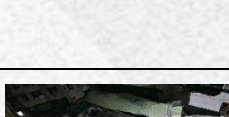
02. 歷年建築工程的災害彙整

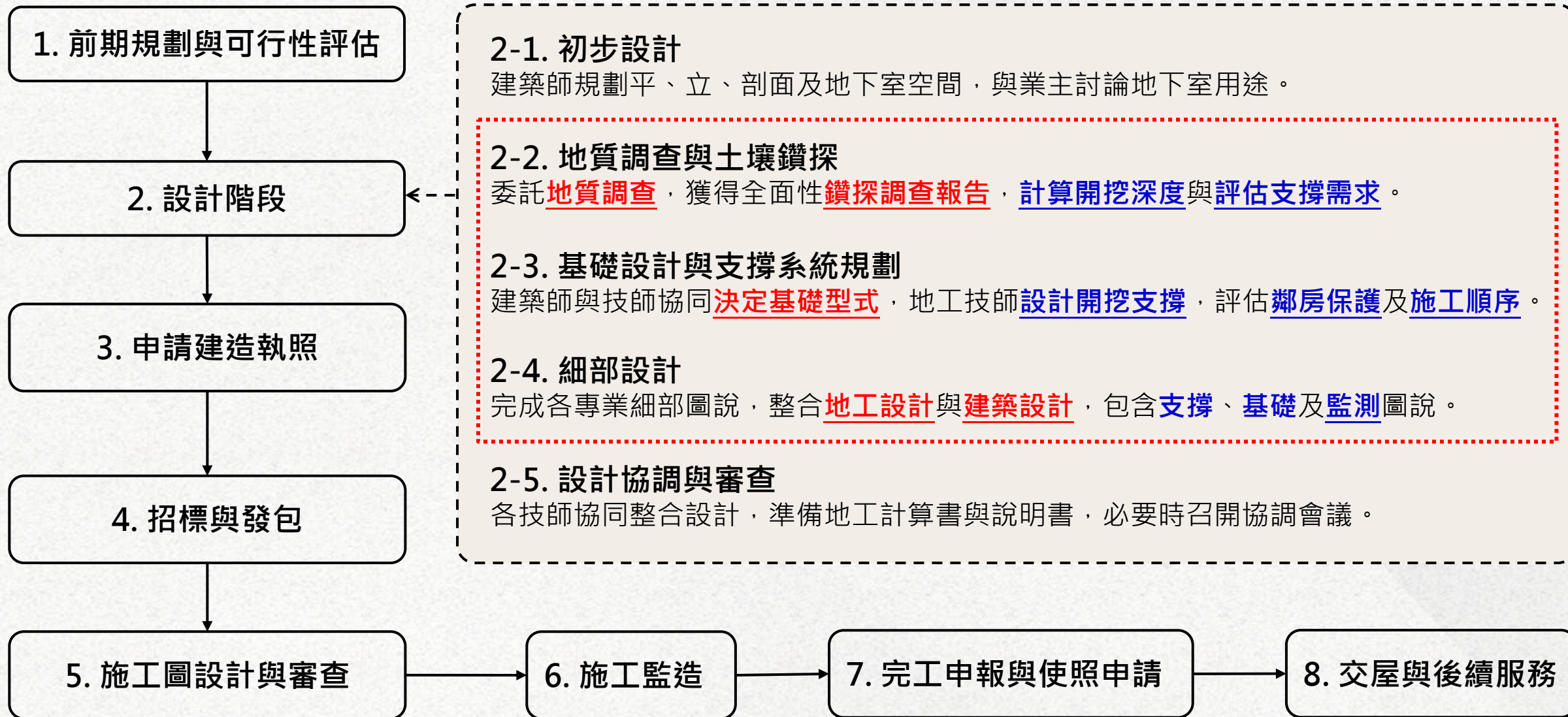
2000 年	台北市信義計劃區： 開發工程	在開挖工程中，由於地下水位判斷錯誤和監測措施不完善，導致地基沉陷。
2000 年	台北市大同區： 信義新村重建工程	施工方未預見舊有建築與土壤的互動問題，導致鄰近建築物基礎沉降，影響建築安全。
2014 年	高雄市六合夜市： 地下停車場開挖	未有效處理地下水位異常上升，缺乏降水計劃與支撐措施，引發災害。
2015 年	台南市永康區： 綠意廣場住宅大樓開挖	對地質條件了解不足，未正確評估地下變形潛勢，導致地下滑動與塌陷，影響施工進度。
2016 年	台中市南區： 太平洋百貨停車場擴建	地質調查不足，未預測地下水位波動，施工管理不到位，影響施工安全。
2016 年	台中市大里區： 住宅大樓開挖工程	地基因地質條件評估不足，未預測土壤承载力與地下水流動影響，導致不均勻沉陷及周圍土地滑動。
2017 年	台南市安平區： 歷史建築重建工程	開挖過程中未充分評估土層變化與地下結構，最終引發崩塌。
2018 年	基隆長庚醫院： 擴建工程	缺乏對土壤穩定性與水文條件的考量，且監控不足，導致基礎不穩。

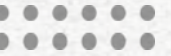
1970 年 7 月 8 日	台北市中正區： 亞洲聯合開發大樓	興建中的亞洲聯合大樓，在凌晨的一場大雷雨中，地基全部塌陷。 (摘自國家文化資料庫)	
1993 年 2 月 28 日	台北市北投區： 自強街 5 巷	在開挖工程中，因地盤隆起安全支撐潰敗，導致鄰房基地沉陷， (摘自倪至寬調查資料)	
1993 年 9 月 27 日	台北市士林區： 力霸百老匯工程	在開挖工程中，安全支撐設計不足，導致支撐潰敗基地沉陷。 (摘自國家文化資料庫)	
2014 年 6 月 7 日	高雄市漢神商圈： 附近大樓工地	未充分預測地下水層與沙層分佈，缺乏適當的降水和支撐措施，造成土壤不穩與建築結構問。 (摘自三立新聞網)	
2020 年 7 月 12 日	新北市永和區： 文化路建案工地	施工管理不當，造成砂湧，並引發周邊地基下陷、民宅塌陷及瓦斯管線破裂，市政府因此停工並疏散。 (摘自三立新聞)	
2021 年 12 月 23 日	桃園市中壢區： 松義三街建築工程	施工方式不當，造成振動地基流失，引發周邊地基下陷。 (摘自自由時報)	

歷年災害案例整理(二)

2022 年 1 月 5 日	台北市信義區： 和平東路建築工地	初步判斷地層沉陷主因 1 月 3 日地震造成地下自來水管線破裂，由新工處及自來水處搶修中。	
2023 年 4 月 28 日	新竹縣竹北市： 勝利一路工地	路面多次塌陷形成天坑，災害源於原路基回填不實、土壤流失與地下水抽取。 (摘自中時新聞網)	
2023 年 5 月 16 日	台中市龍井區： 建築工地開挖工程	附近屋主指控說是一旁正在興建的工地，抽地下水導致路面塌陷，房屋和路面間出現一條寬 4 公分、50 公分深的裂縫。(摘自台視新聞)	
2023 年 8 月 20 日	台北市萬華區： 昆明街開挖工程	施工過程中發生地層塌陷，造成 3 公尺長、2 公尺寬和 1.5 公尺深的下陷。(摘自中央社)	
2023 年 9 月 8 日	台北市大直街： 建案工地	地下室開挖不當，造成底層支撐的連續壁折斷，影響周圍民宅，導致結構龜裂傾斜。 (摘自中央社)	
2024 年 2 月 23 日	台北市松山區： 慶城街工地	連續壁擋土牆的前導作業與導溝部分發生人行道塌陷。 (摘自三立新聞)	

2024 年 3 月 7 日	台南市中西區： 五妃街工地	疑似因連續壁施工造成周邊道路坍陷，導致停放附近的貨車及吊車掉入坑洞中。 (摘自中央社)	
2024 年 7 月 26 日	台中市中沙鹿區 基地開挖工程	疑似因大雨導致開挖基地周邊路基流失，導致多處坍陷致使預拌車入坑洞中。 (摘自 TVBS)	
2024 年 10 月 5 日	屏東市潮州鎮 基地開挖工程	該建案多次出現路基掏空、電線杆歪斜情況，疑似擋土設施滲水造成 3M 深坑釀災。 (摘自台視新聞網)	
2024 年 12 月 12 日	高鐵左營站的重劃區 建築工地	基地的側連續壁在深約 10 到 12 公尺處被發現有破損，有進沙的問題，導致一旁人行道及大馬路沉陷。(台視新聞網)	
2024 年 12 月 12 日	高鐵鼓山區 建築工地	進行地下室筏基開挖，發現基地西南側連續壁有包泥破洞情況，立即進行內側泥沙回填，連外側 CCP 止水樁施作。 (摘自 yahoo 時報)	
2025 年 1 月 6 日	新北市三重區： 六張街建案工地	基礎採用擋排樁設計無法有效保護鄰房基礎，造成地基流失坍陷。 (摘自自由時報)	





03. 案例一：基地背景與工程說明

- 基地位於彰化縣，面積1299.33平方公尺。
- 規劃地上12層、地下1層，開挖深度約6公尺。
- 依規定設置3處地質鑽孔調查。
- 掌握土層材料特性，作為基礎設計依據。



➤ 地質概況

- 基地屬沖積層，表層有1~3m表土，
- 下方為厚度十公尺以上之砂質礫石層。

➤ 地盤性質

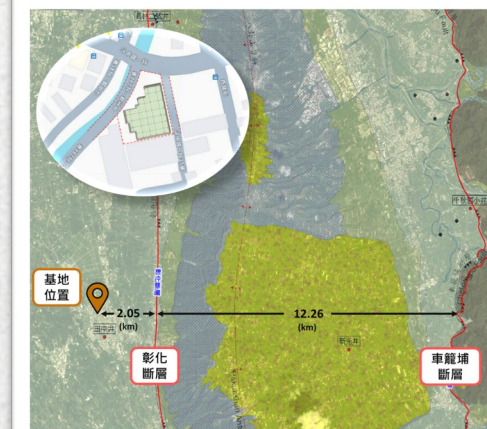
- 屬第二類普通地盤。
- 基礎層為卵礫石夾棕灰色粉土質砂層，SPT-N值>100，承載力約130.6 t/m²。

➤ 斷層與地質安全

- 距離彰化斷層約2.05km、車籠埔斷層約12.26km。
- 無法規認定不可開發之地質構造，須注意附近斷層效應。

➤ 地層組成

- 由回填雜土、卵礫石層、粉土質砂層及細砂夾礫石層組成。



層次	統一土壤分類	地表下 分布深度 範圍 (m)	N (AVG)	含水量 (%)	統體 單位重 γ_m (t/m ³)	比重 G_s	孔隙比 e	ϕ (°)	C (t/m ²)
灰色/棕色細砂質粉土層	SM/ML	0.0~4.2	7	18.8	1.91	2.68	0.67	29 ⁽¹⁾	0
卵礫石夾棕灰色粉土質砂層	GP/GM	4.2~15.9	100	-	2.25	2.65	-	33~35 ⁽¹⁾	0
棕色粉土質中細砂夾礫石層	SP-SM /SM	15.9~30.0	42~100 (61)	17.7	2.19	2.66	0.43	30~33 ⁽¹⁾	0

鑽探調查報告成果(土層分布與材料特性)

➤ 建築規劃與基礎建議

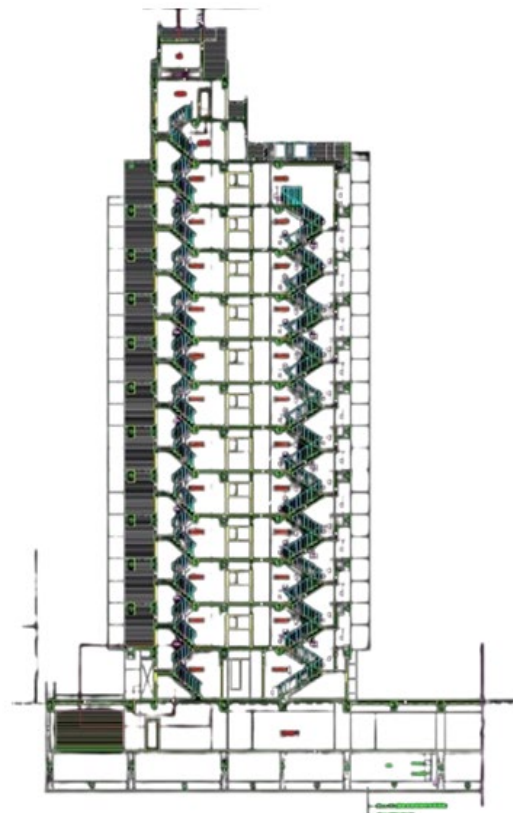
- 規劃地上12層、地下1層，預定開挖深度 GL: -6.00m。

➤ 開挖及支撐工法

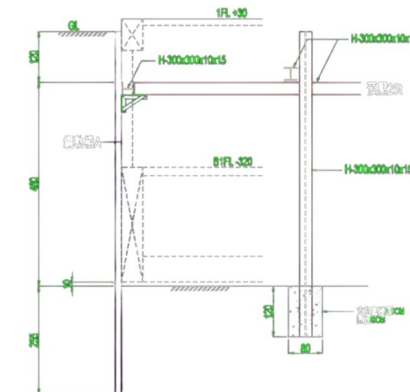
- 建議採支撐明塹開挖工法。
- 鋼軌樁擋土貫入至底面下3.8m，安全係數可達1.5以上。
- 地下水位需降至開挖底面1~2m以下。

➤ 地下水管理

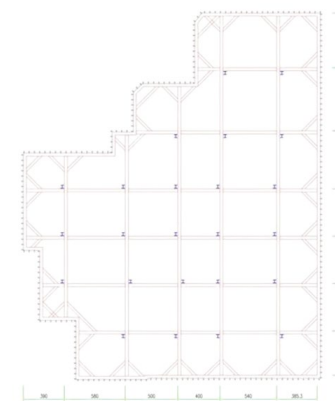
- 基地開挖時，應該不會受地下水位影響。
- 施工期間需持續監測地下水。
- 確實降水以維持穩定及降低液化風險。



建築規劃剖面



擋土支撐剖面



擋土支撐設計

➤ 模型建立：

以CAD設計圖為基礎納入周邊道路、鄰房及現場的支撐條件，還原重建出全尺寸1:1仿真三維數值模型

➤ 風險考量：

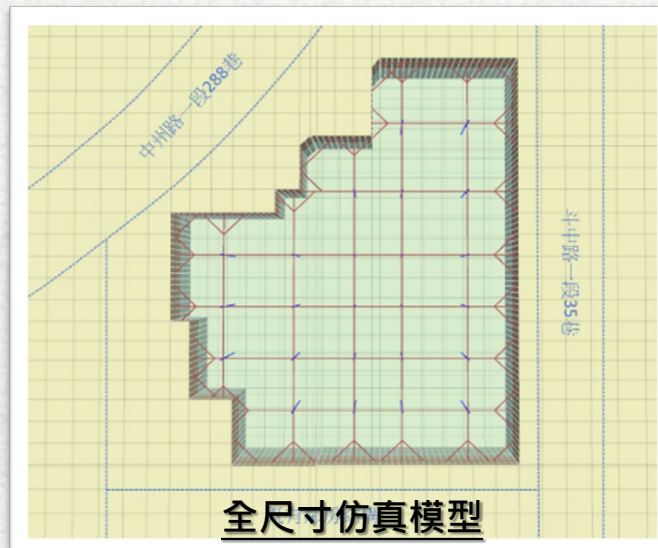
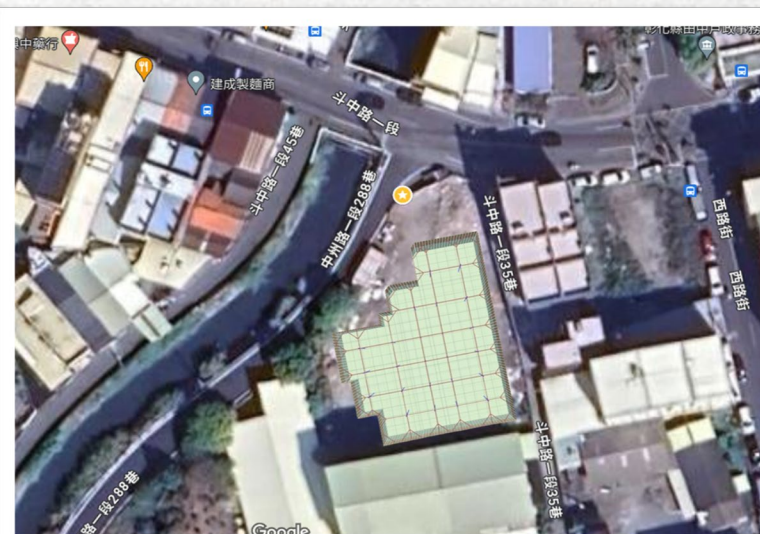
因應基地不規則性與潛在施工風險

➤ 力學場分析：

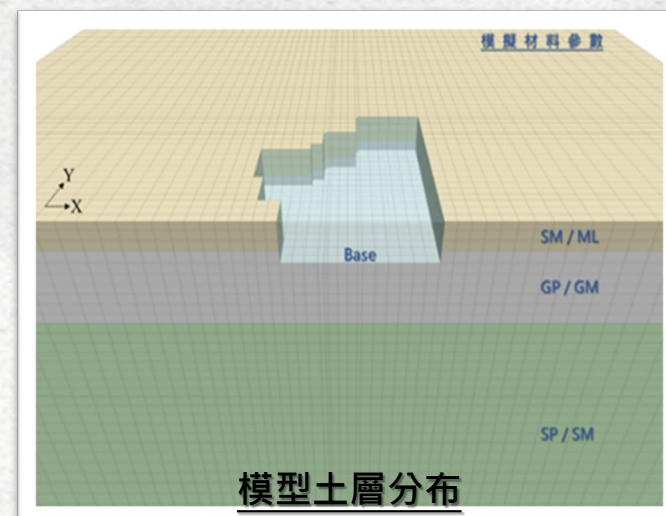
掌握變形潛勢區域，分析支撐系統對安全性與經濟性的效益。

➤ 支撐優化：

探討兼顧施工安全與成本效益設計



土層參數表	SM/ML	GP/GM	SP/SM
體積模數 (Pa)	2.500E+07	6.670E+07	6.000E+07
剪切模數 (Pa)	1.150E+07	4.000E+07	3.600E+07
密度 (kg/m ³)	1910	2520	2190
凝聚力 (Pa)	0	0	0
摩擦角 (°)	29	33	30
支撐參數表	鋼軌樁	中間柱	圍苓
密度 (kg/m ³)	7850	7850	7850
慣性矩I _y (m ⁴)	2.396E-05	2.021E-04	3.988E-04
慣性矩I _z (m ⁴)	6.282E-06	6.753E-05	1.358E-04
截面積 (m ²)	8.264E-03	1.185E-02	1.719E-02



➤ 模擬工序

第一階段開挖：G.L. 0.00 ~ G.L. -2.00

第二階段開挖：G.L. -2.00 ~ G.L. -6.00

➤ 模擬目的：

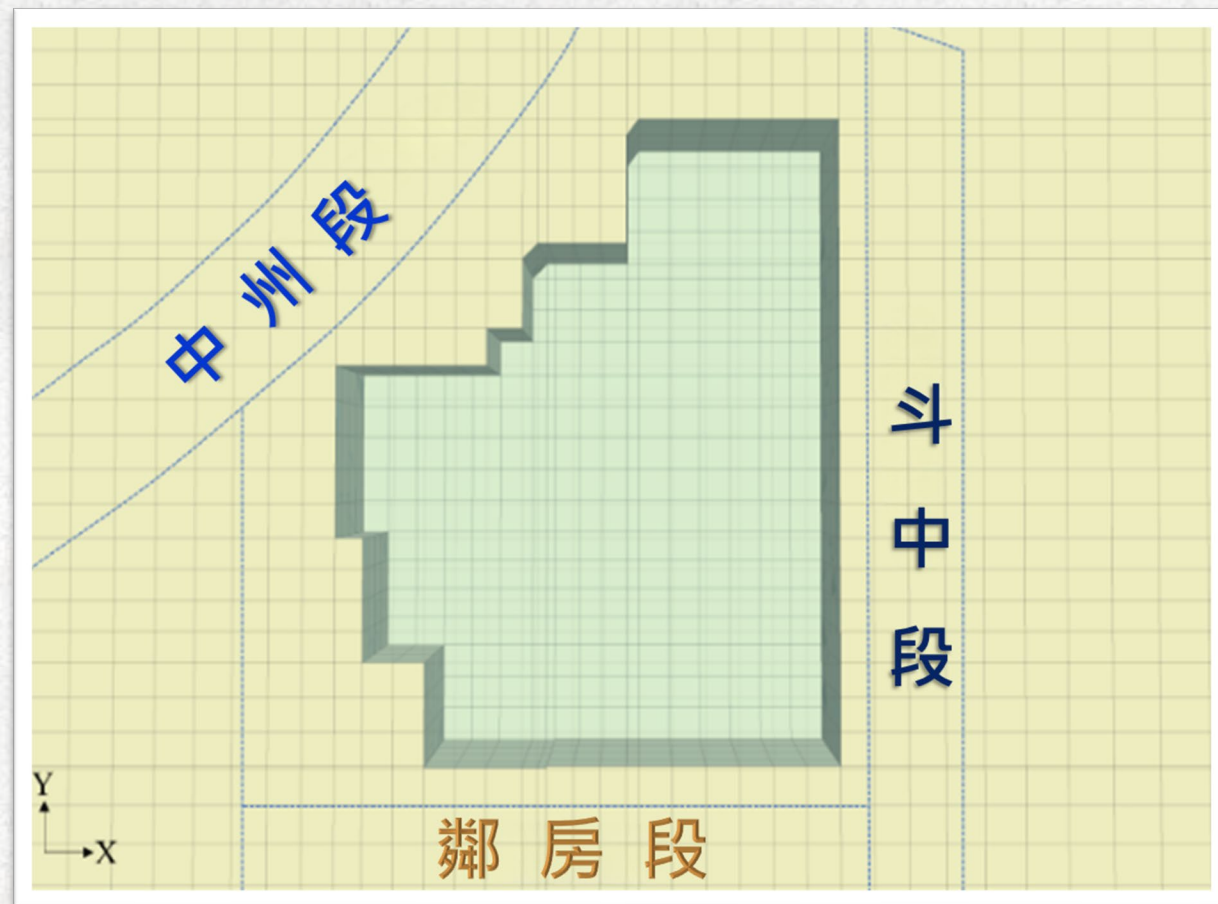
1.分析不同開挖階段的變形潛勢

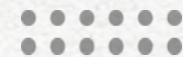
2.探討鄰房與支撐的互制影響

3.提供風險判釋與補強設計依據

➤ 聚焦區域：

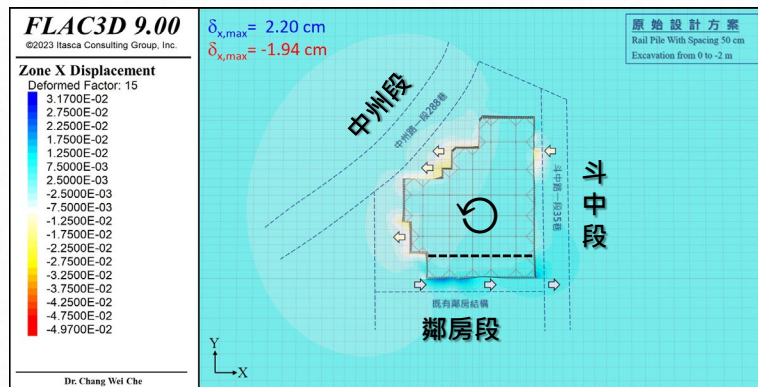
「中州段」「斗中段」「鄰房段」





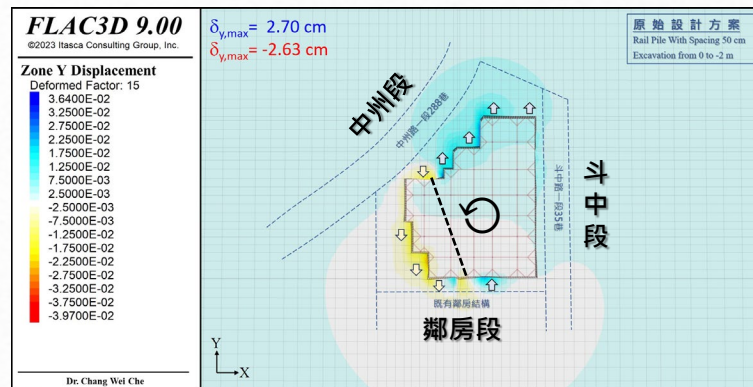
04. 三維模擬分析與鄰損成因探討

水平 δx 變形潛勢



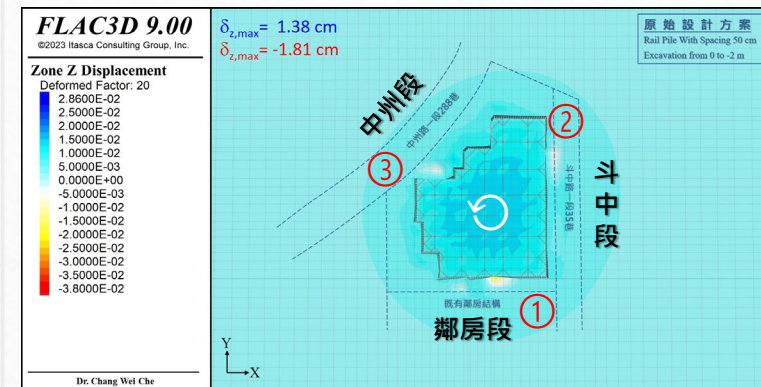
第 1 階段開挖

水平 δy 變形潛勢

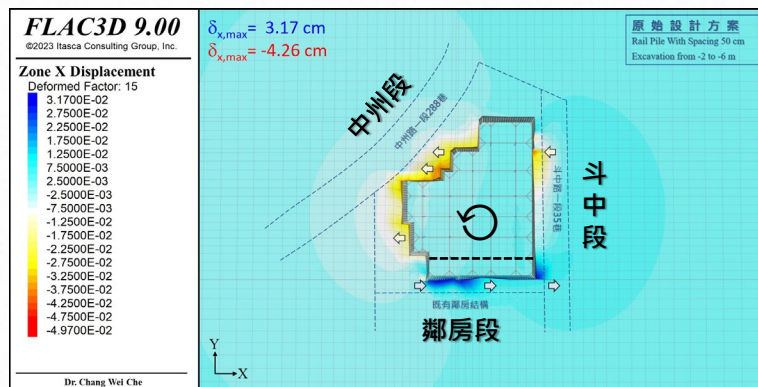


第 1 階段開挖

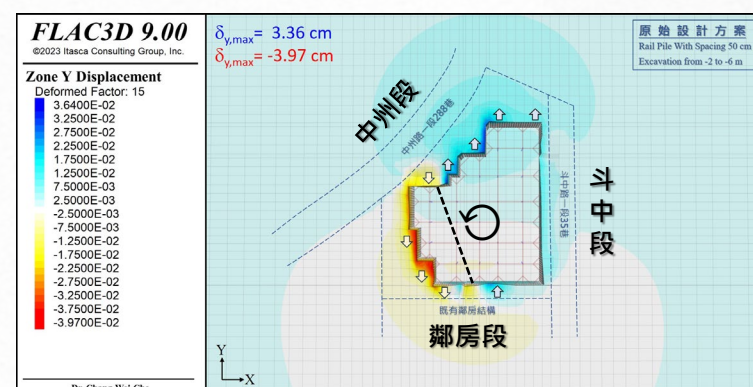
垂直 δz 變形潛勢



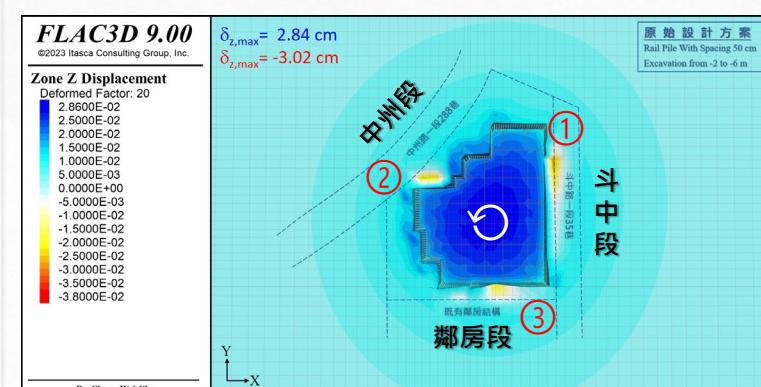
第 1 階段開挖



第 2 階段開挖

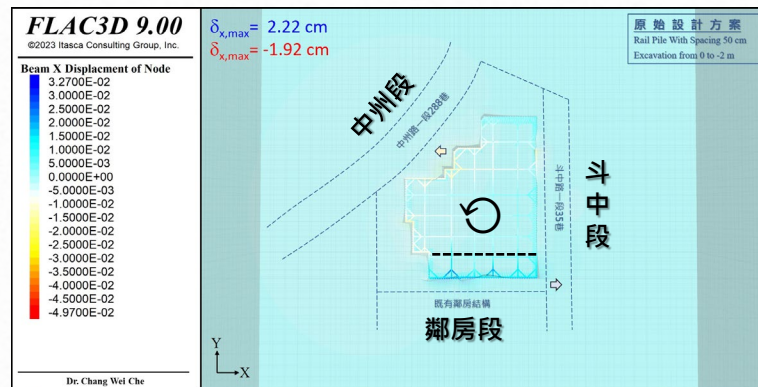


第 2 階段開挖



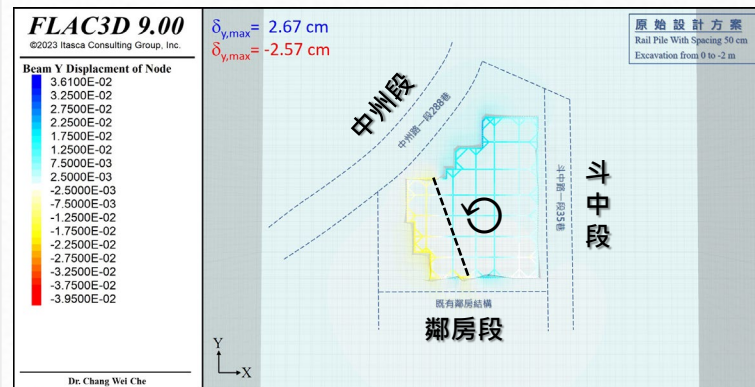
第 2 階段開挖

水平 δx 變形潛勢



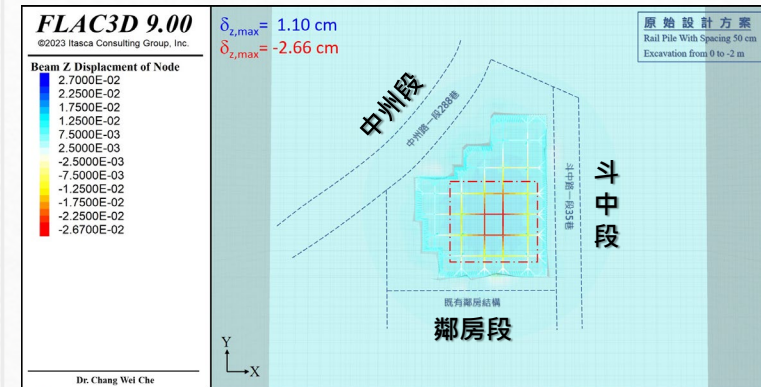
第 1 階段開挖

水平 δy 變形潛勢

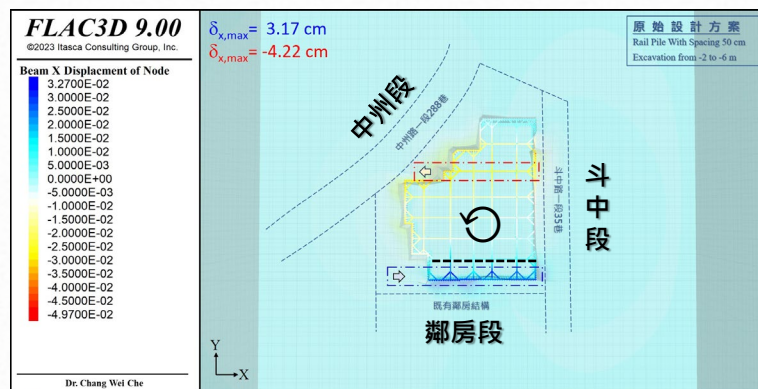


第 1 階段開挖

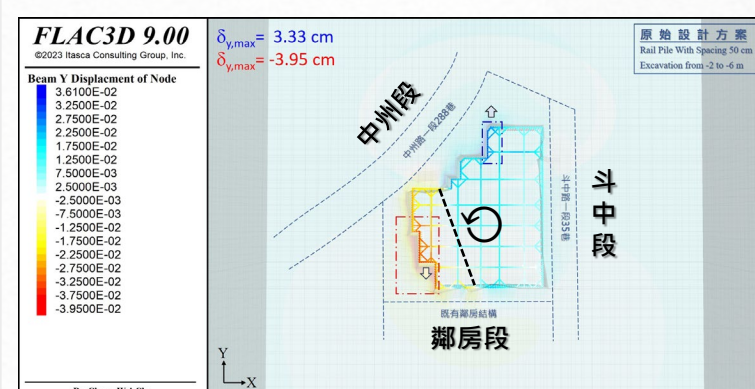
垂直 δz 變形潛勢



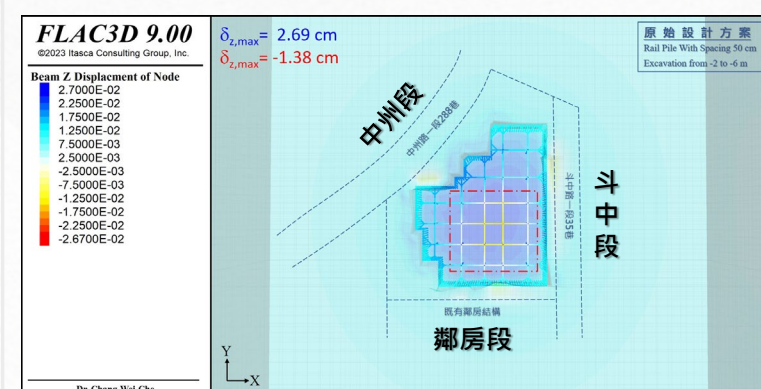
第 1 階段開挖



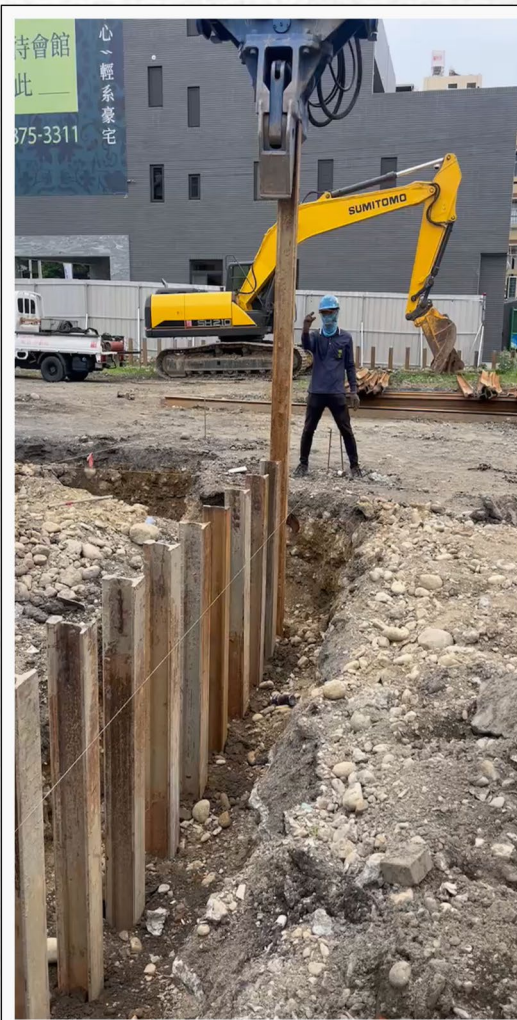
第 2 階段開挖



第 2 階段開挖

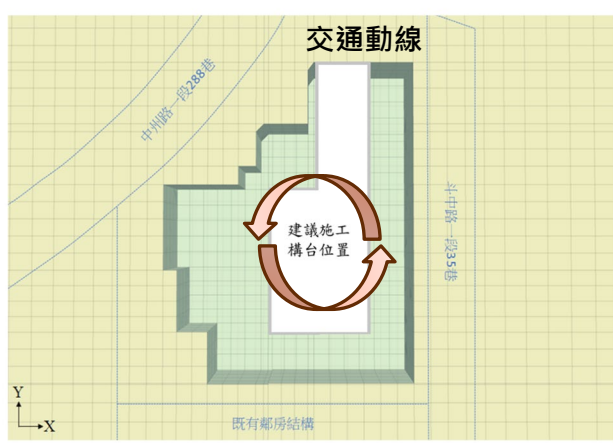


第 2 階段開挖

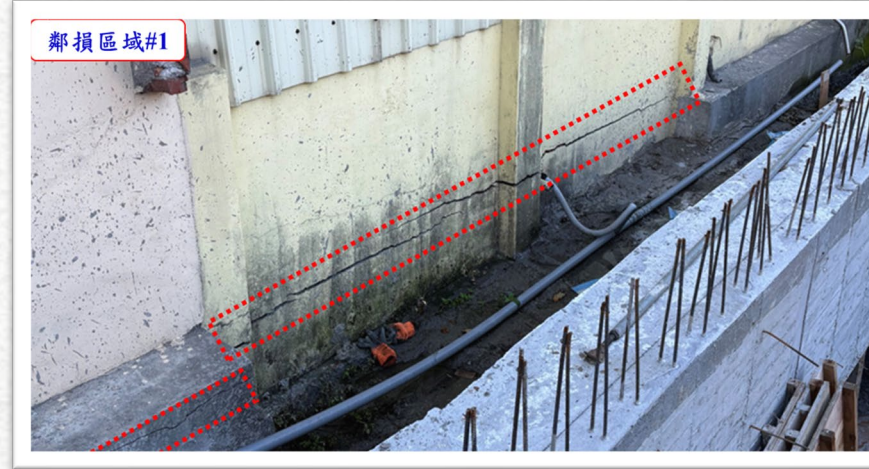


透過三維數值模擬分析，施工團隊已大致能掌握開挖力學場變形特徵。根據模擬成果，提出以下施工建議：

1. 中間樁採根固設計，抑制土體隆起並提升穩定性。
2. 調整構台位置，阻斷應力重分配，減緩區域變形。
3. 加強沉陷潛勢區監測，特別關注斗中區域。

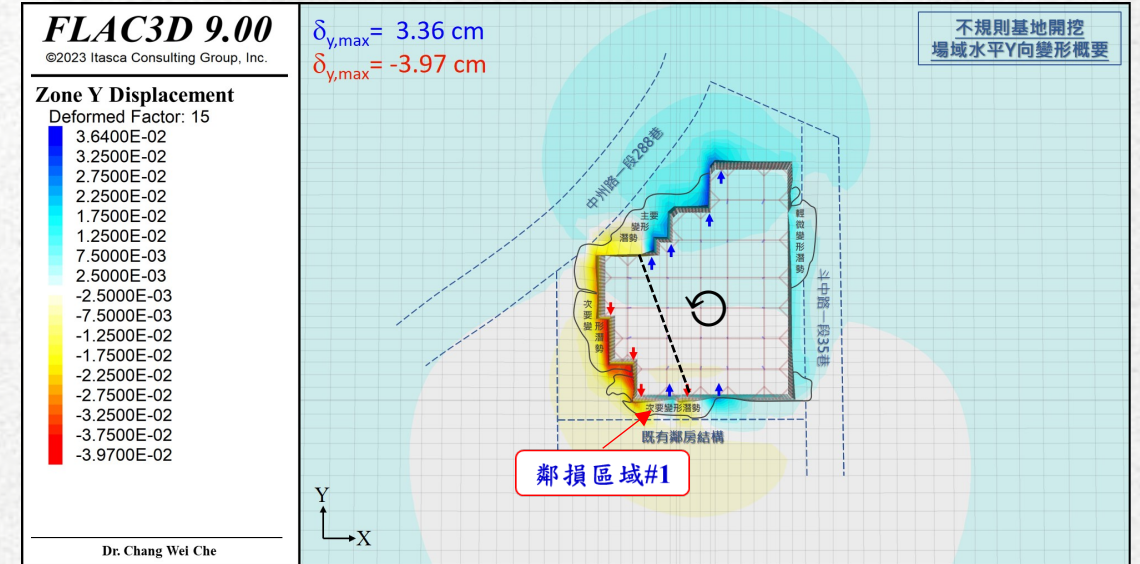
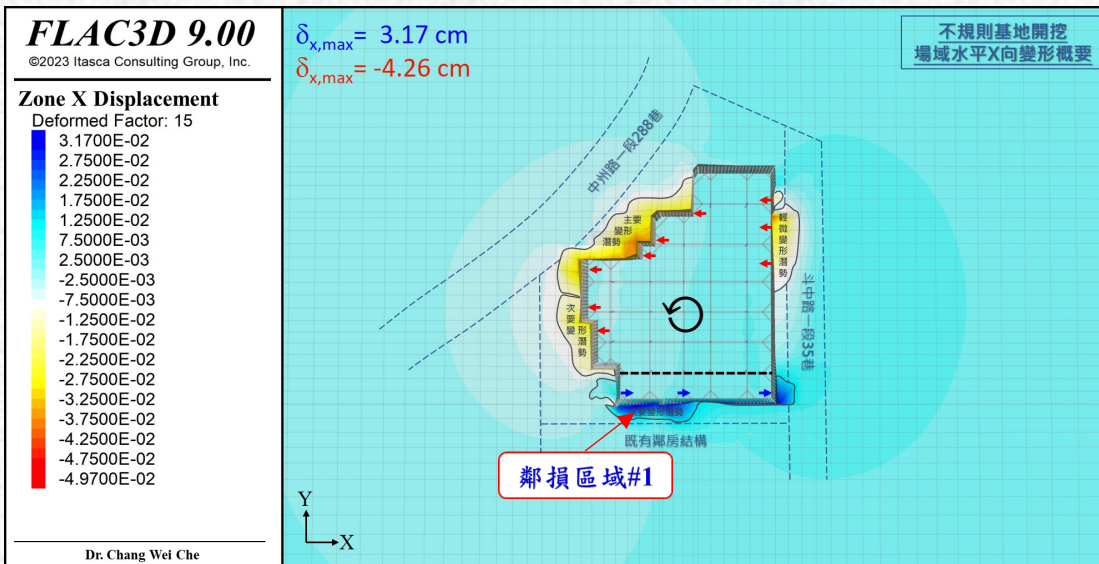


現場鄰房損壞(一)



➤ 鄰損區域#1:

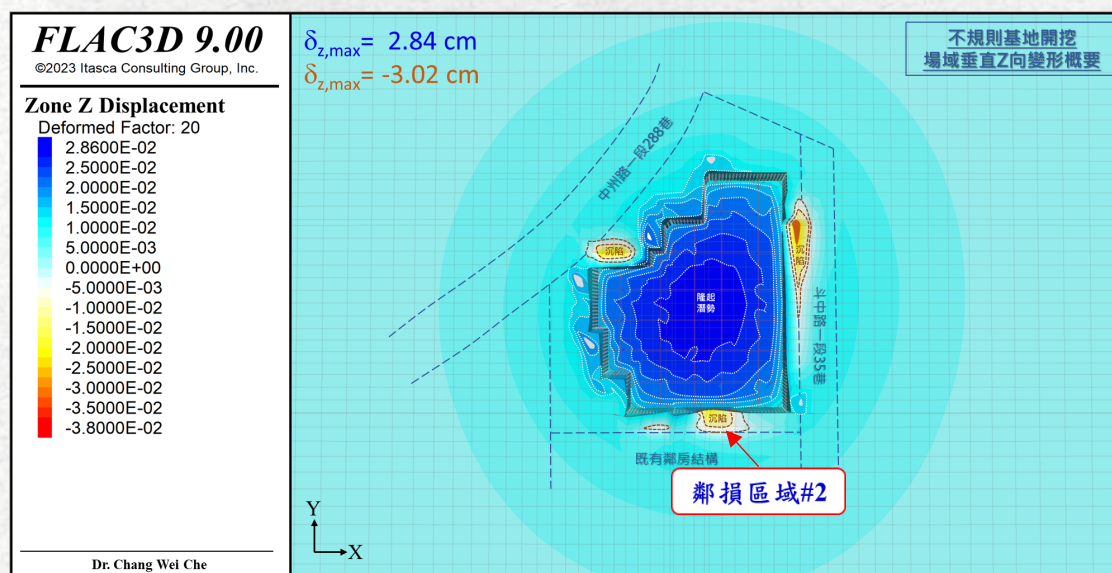
牆體底部出現**水平方向剪切裂縫**。裂縫持續擴展至貫穿整面牆體。主要由地基**剪切**引起的**結構變形**。

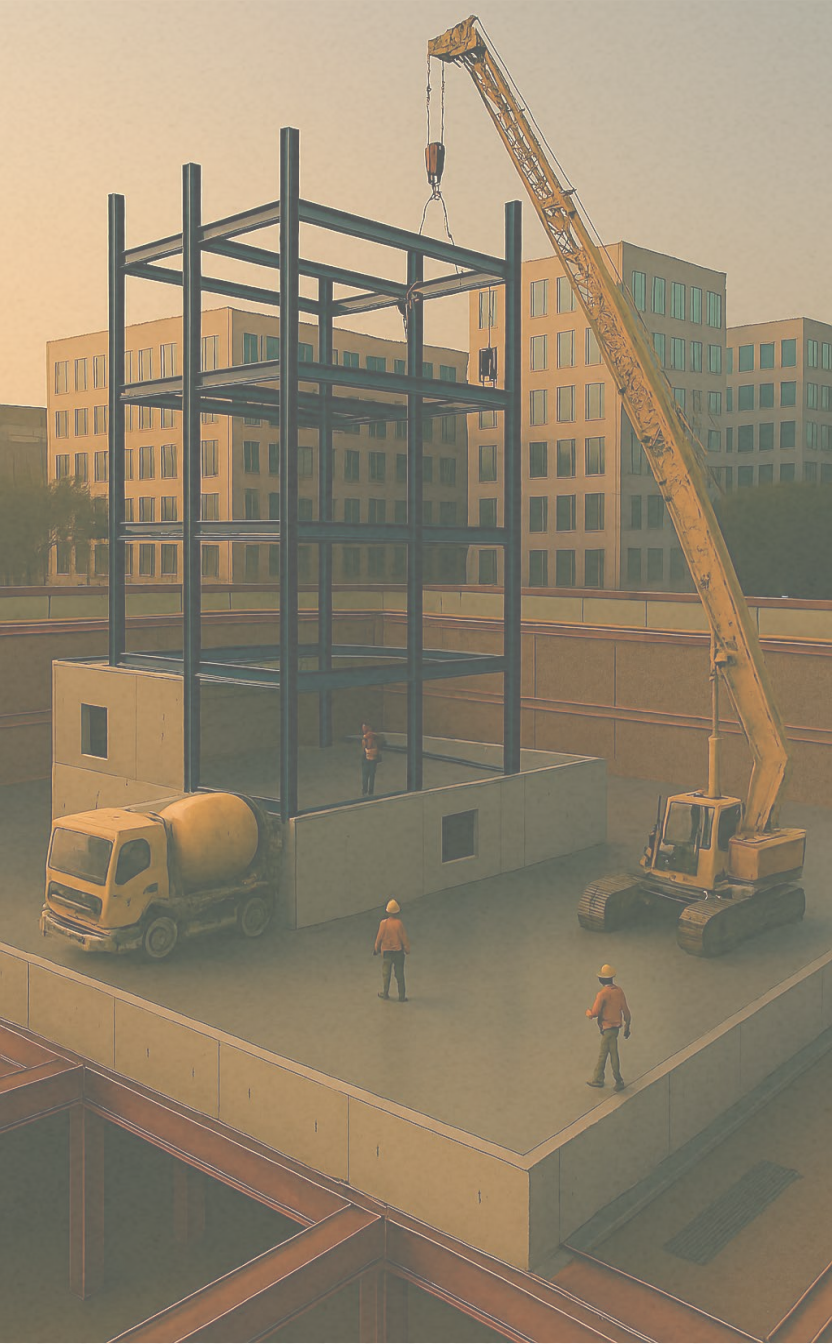
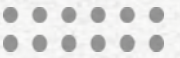




➤ 鄰損區域#2:

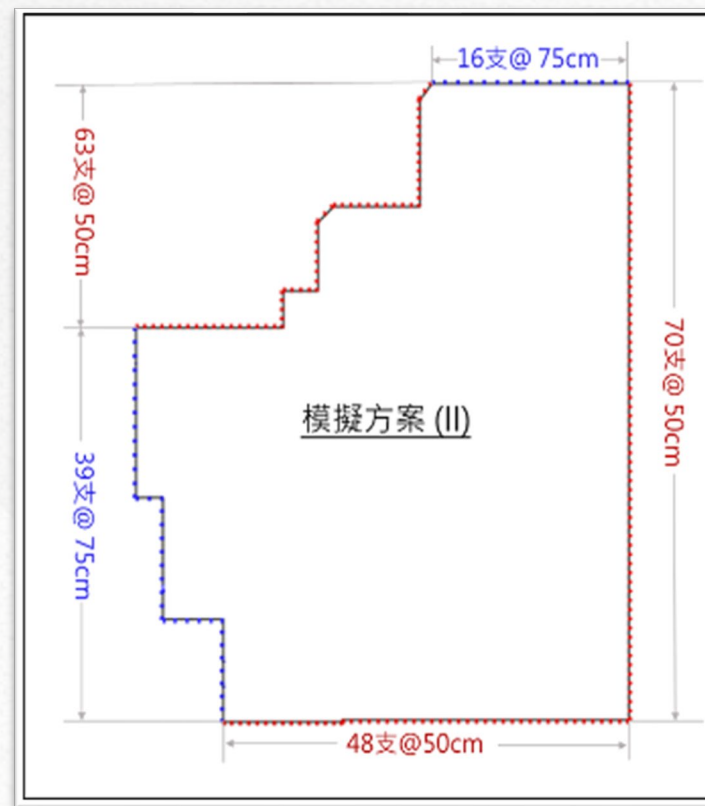
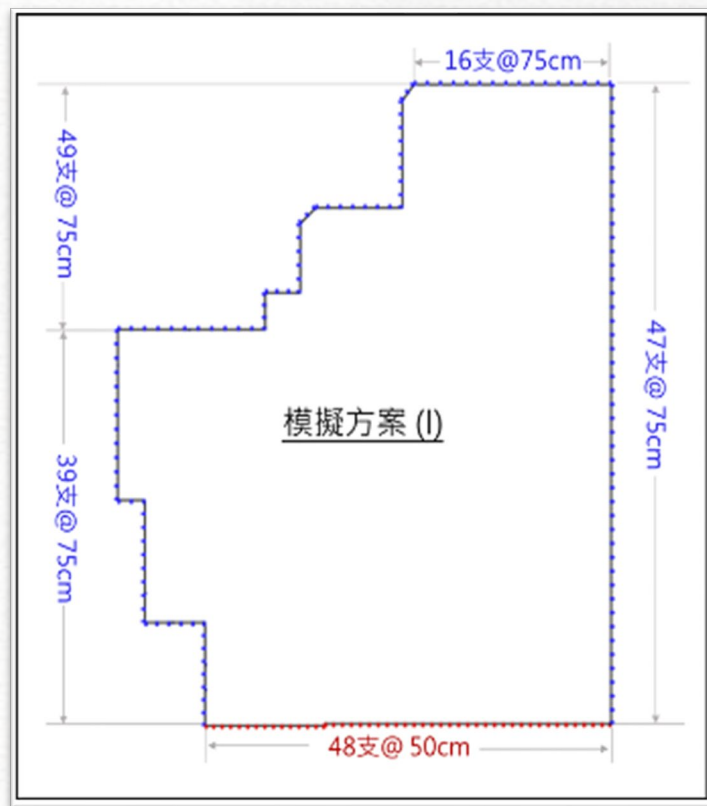
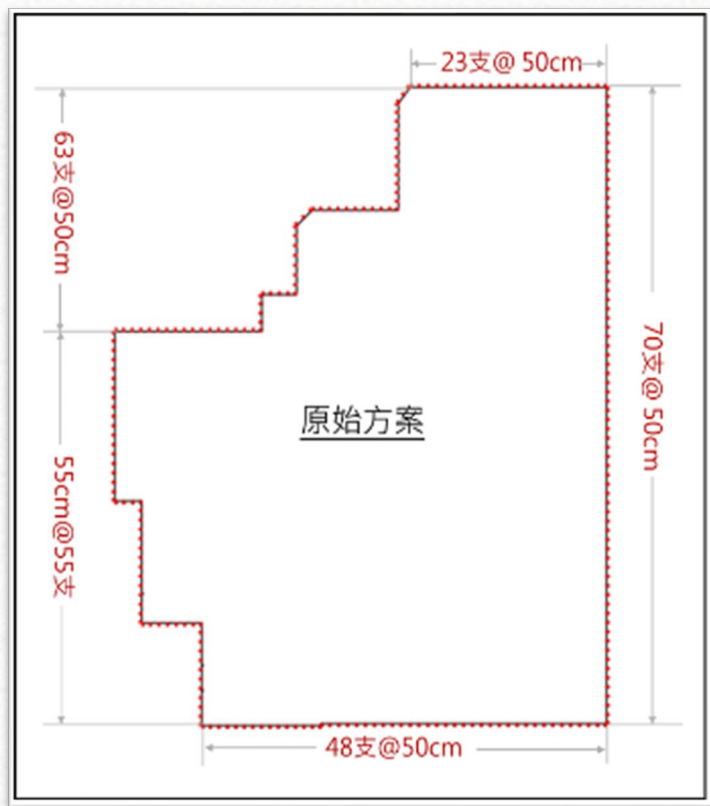
鄰房整體牆面出現多處斜向裂縫。裂縫呈現非連續性分布，未貫穿全牆。主要由地基沉陷引起的結構變形。





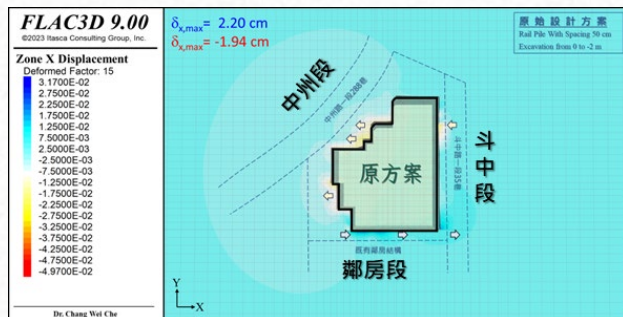
05. 案例一：支撐優化與經濟效益

在確保結構穩定的前提下，針對原始設計提出兩項支撐優化方案，分別調整「斗中段」與「中州段」的鋼軌樁間距，以達到成本節約；同時，「鄰房段」則維持50公分間距，兼顧鄰房保護與經濟效益。

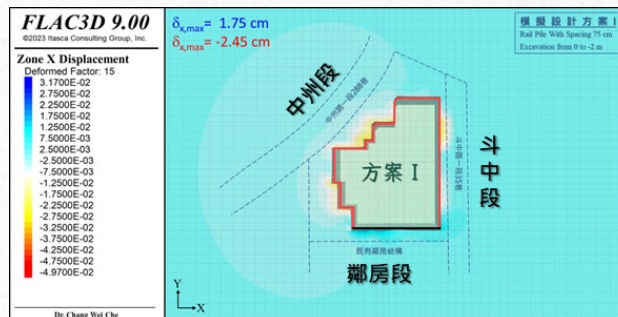


第1階段開挖

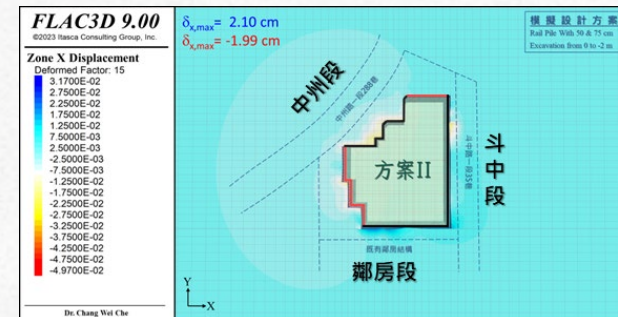
原始方案



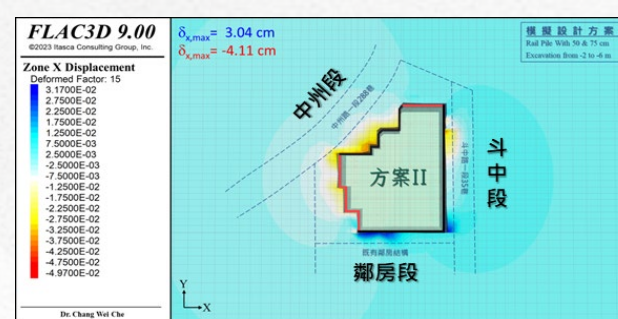
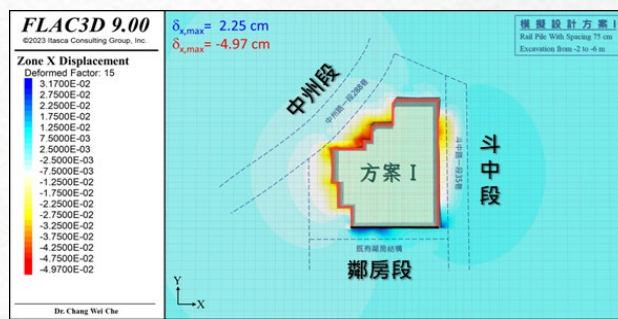
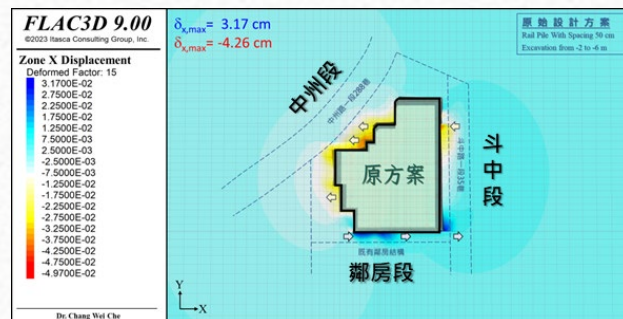
模擬方案(I)



模擬方案(II)



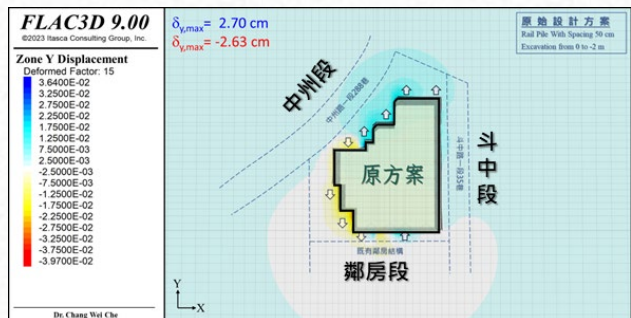
第2階段開挖



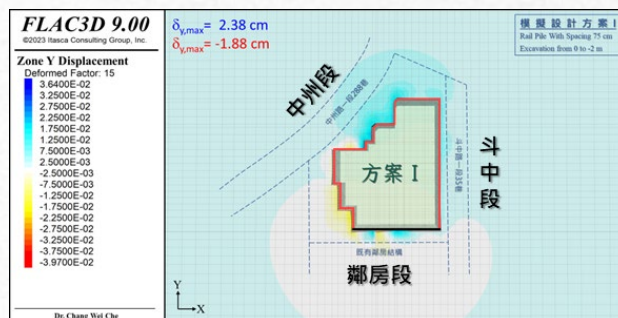
	變形方向	原始方案	模擬方案 I	變形幅度 %	模擬方案 II	變形幅度 %
第一階段	水平向右	2.20	1.75	- 20.45 %	2.10	- 4.55 %
	水平向左	1.94	2.45	+ 26.26 %	1.99	+ 2.58 %
第二階段	水平向右	3.17	2.25	- 29.05 %	3.04	- 4.10 %
	水平向左	4.26	4.97	+16.67 %	4.11	- 3.52 %

第1階段開挖

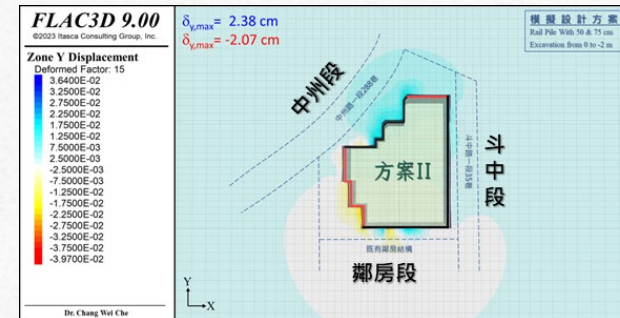
原始方案



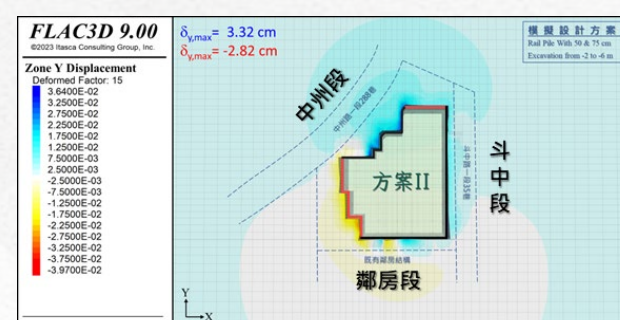
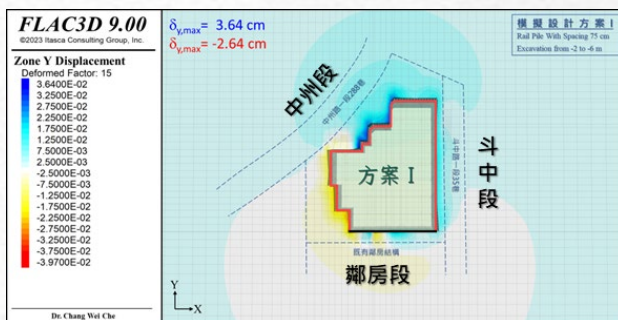
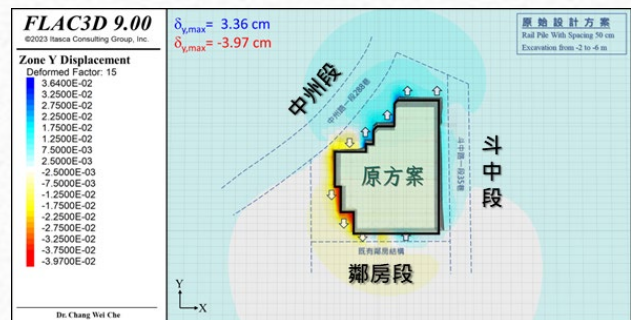
模擬方案(I)



模擬方案(II)



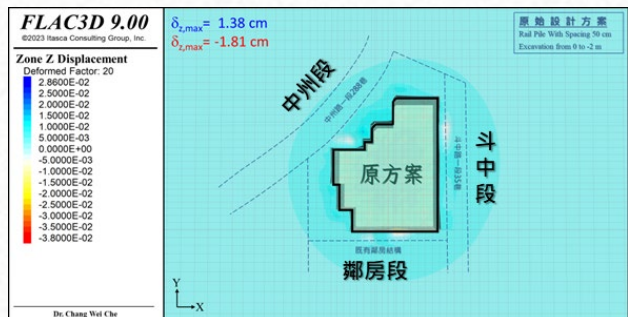
第2階段開挖



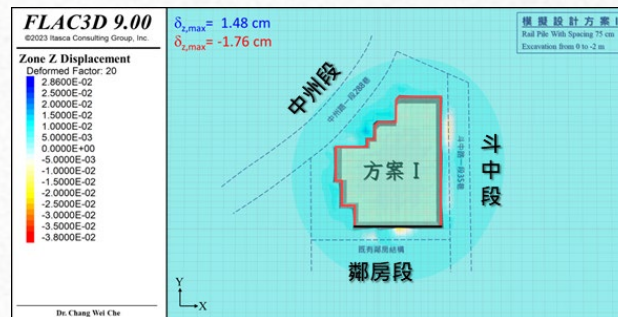
	變形方向	原始方案	模擬方案 I	變形幅度 %	模擬方案 II	變形幅度 %
第一階段	水平向上	2.70	2.38	- 11.85 %	2.38	- 11.85 %
	水平向下	2.63	1.88	- 28.56 %	2.07	- 21.26 %
第二階段	水平向上	3.36	3.64	+ 8.33 %	3.32	- 1.19 %
	水平向下	3.97	2.64	- 33.43 %	2.82	- 28.92 %

第1階段開挖

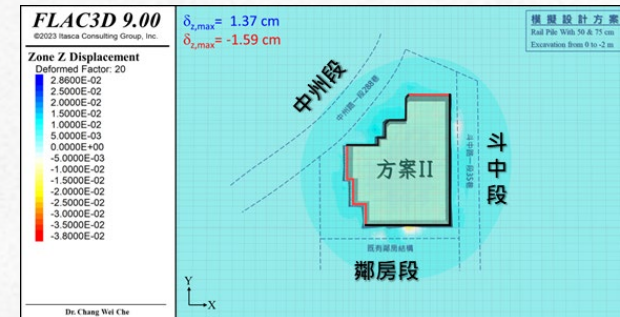
原始方案



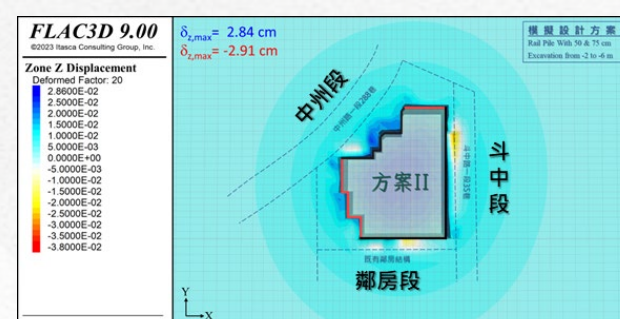
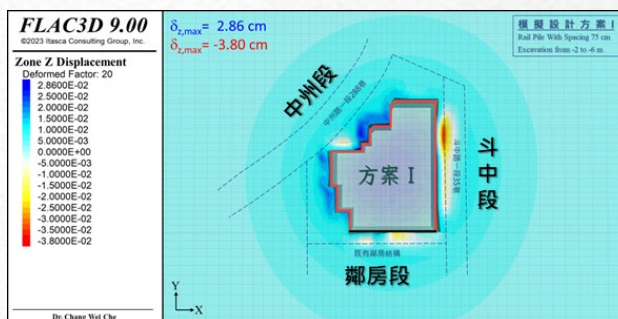
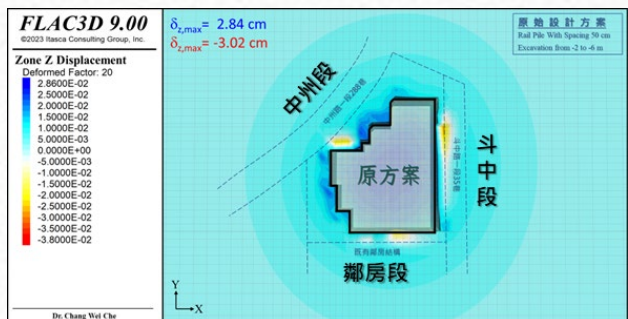
模擬方案(I)



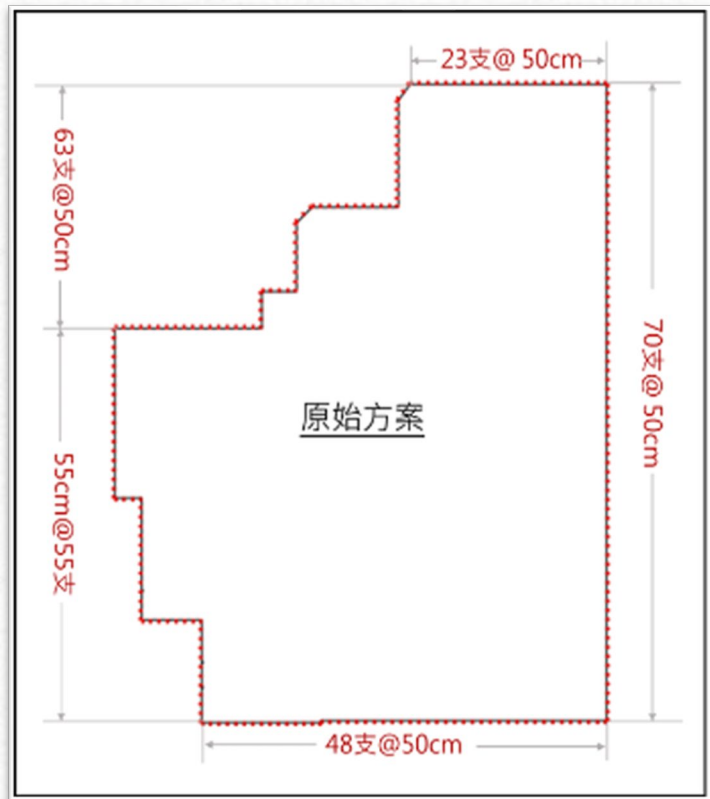
模擬方案(II)



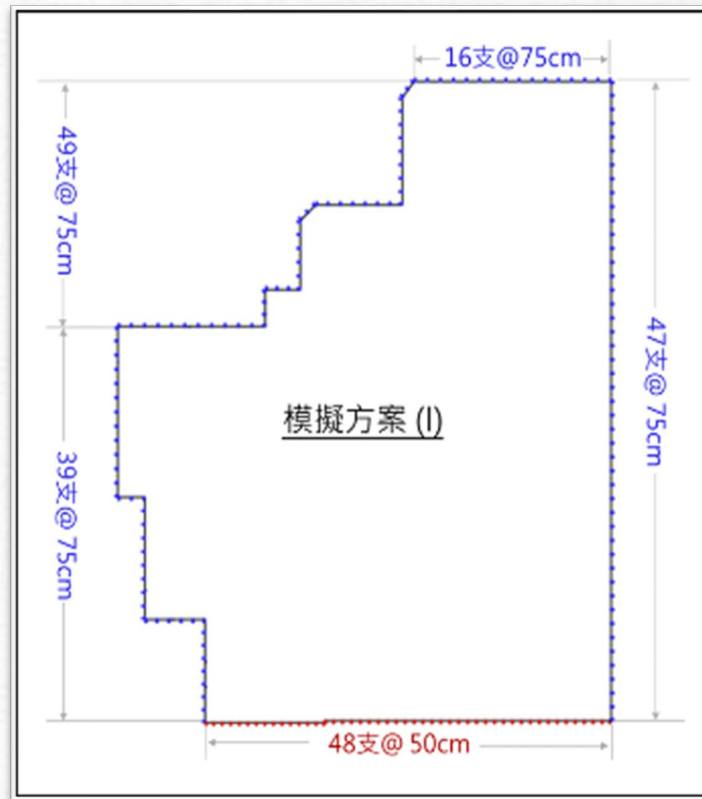
第2階段開挖



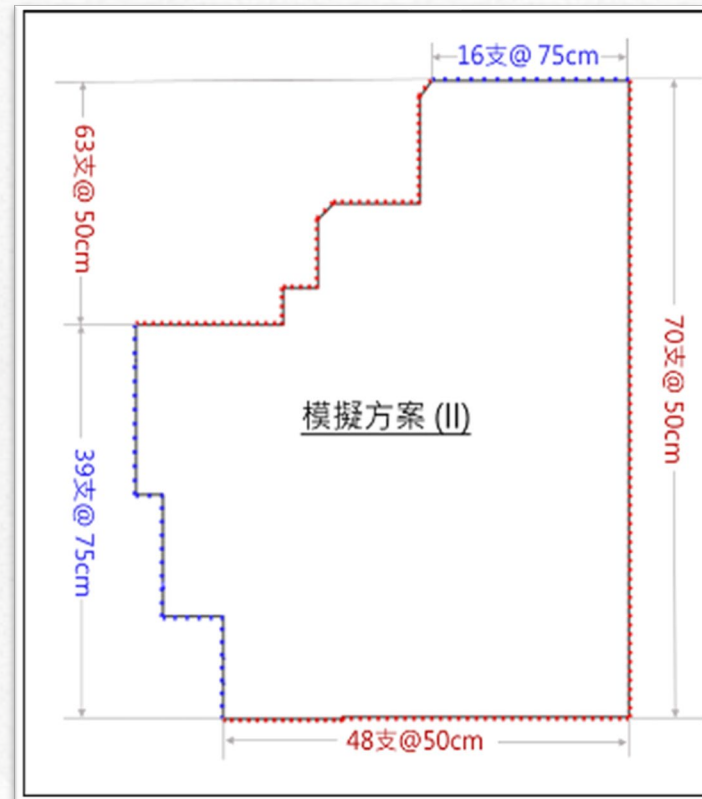
	變形方向	原始方案	模擬方案 I	變形幅度 %	模擬方案 II	變形幅度 %
第一階段	垂直隆起	1.38	1.48	+ 7.25 %	1.37	- 0.72 %
	垂直沉陷	1.81	1.76	- 2.76 %	1.59	- 12.15 %
第二階段	垂直隆起	2.84	2.86	+ 0.70 %	2.84	+ 0.00 %
	垂直沉陷	3.02	3.80	+ 25.83 %	2.91	- 3.64 %



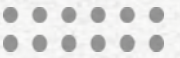
鋼軌樁數量：259 支
造價成本：約 275 萬



鋼軌樁數量：199 支
造價成本：約 246 萬
成本節約：約 29 萬



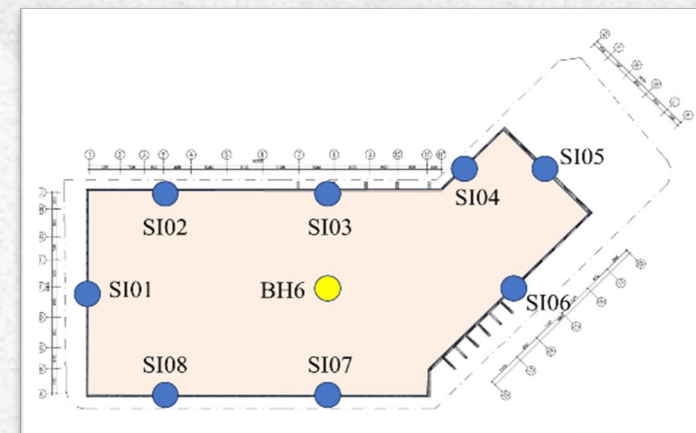
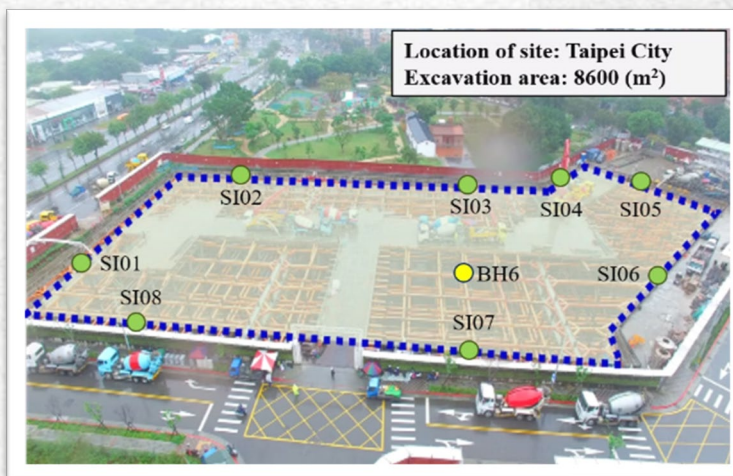
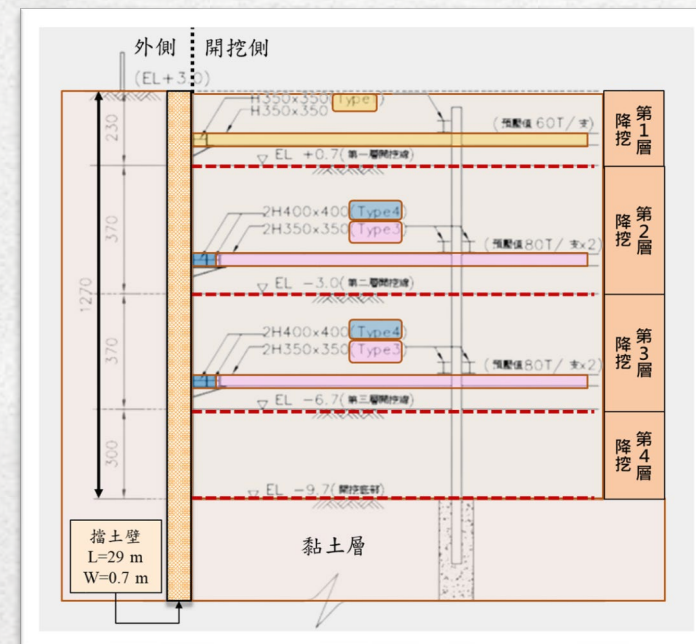
鋼軌樁數量：236 支
造價成本：約 264 萬
成本節約：約 11 萬

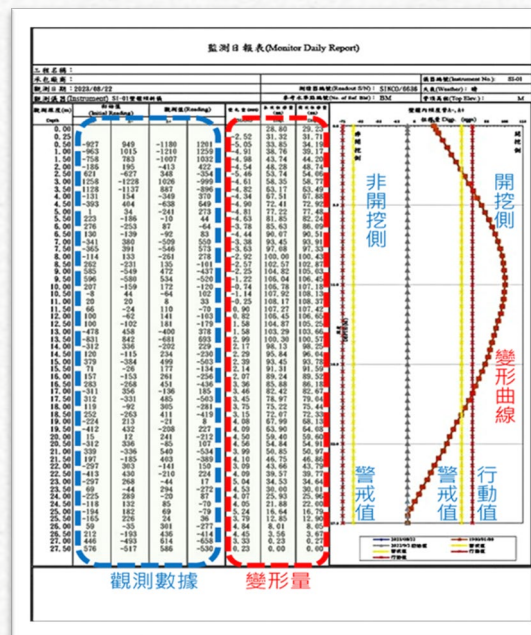


06. 案例二：基地背景與工程說明

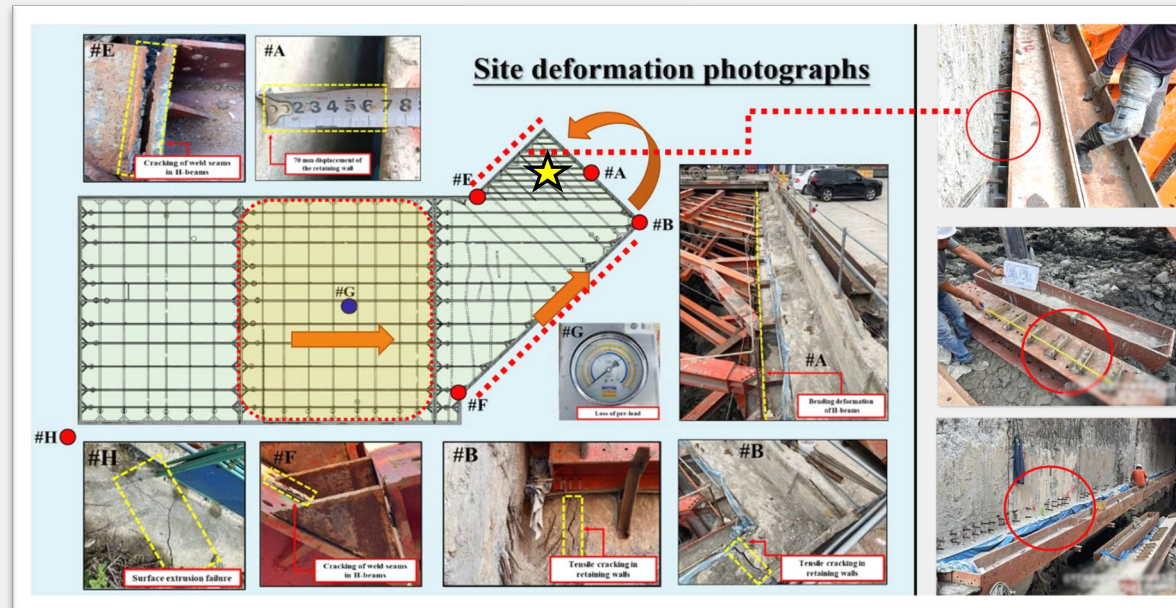
基地概況

- 工程位於台北市某土地重劃開發區，開挖面積約8,600平方公尺。
- 規劃建築為地上1層、地下2層，最大開挖深度12.7公尺。
- 採用70公分厚、29公尺深的擋土連續壁作為主要支撐結構。
- 輔以型鋼內支撐系統，進行4層開挖及3層支撐的建築施工。





壁體SI-01傾斜監測數據



➤ 開挖過程中出現無法預期的非規律性變形，異常現象包括：

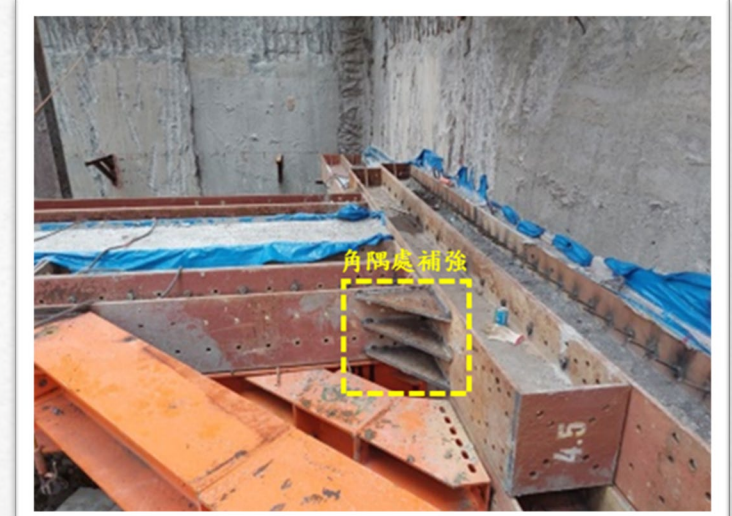
#A區：擋土壁向內推擠，最大變形量達72 mm，側向土壓顯著增加。

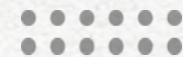
#B區：擋土壁拉裂，壁體拉力超過設計極限，結構完整性受損。

#E、#F區：水平支撐焊道破壞，支撐系統失效，無法有效分散土壓力。

#G區：土壓計讀數歸零，預壓力消失，被動土壓力釋放，圍苓支撐減弱。

#H區：工作鋪面出現裂縫，疑似下方地盤沉陷或土體流動。

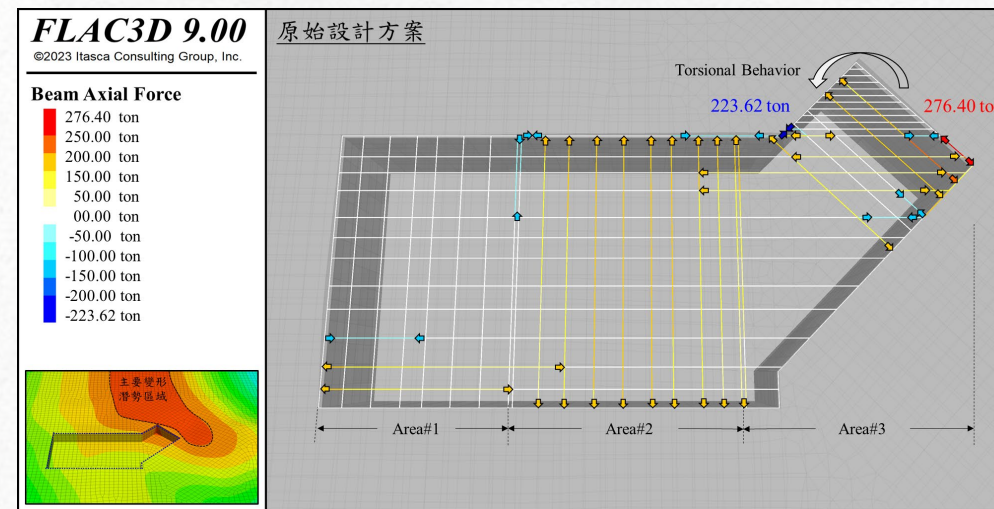
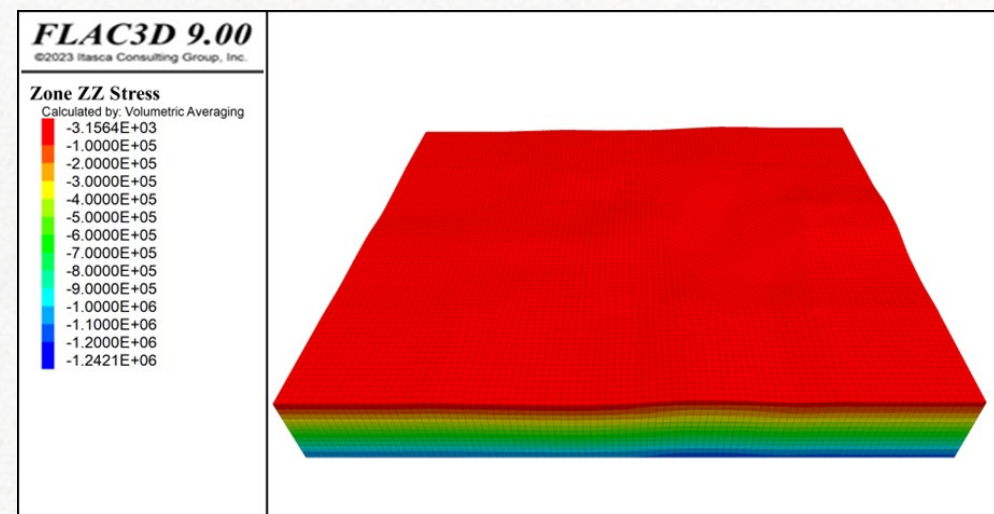
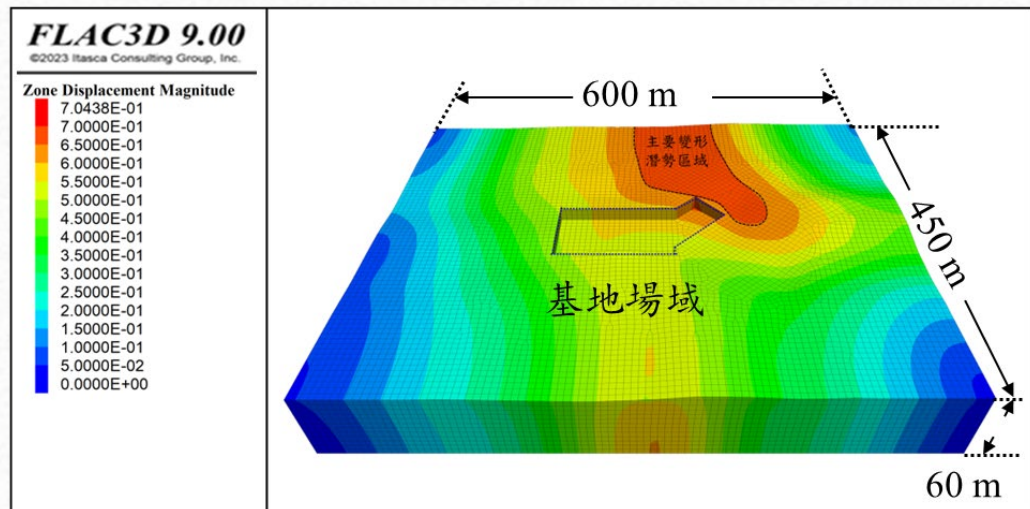
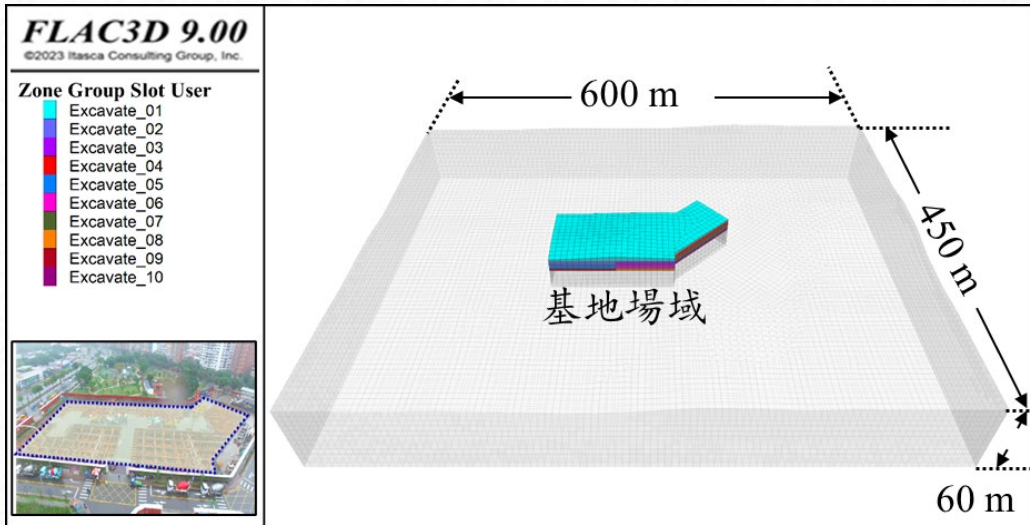




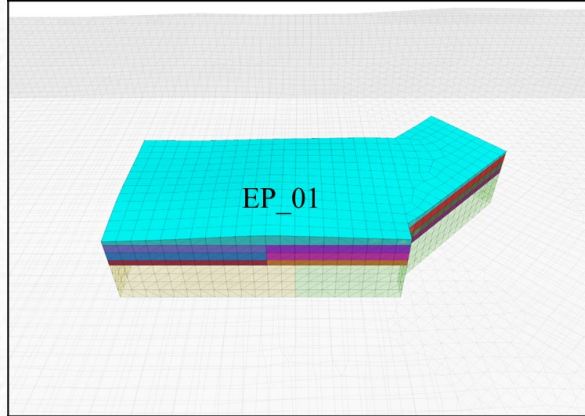
07. 案例二：三維模擬仿真分析



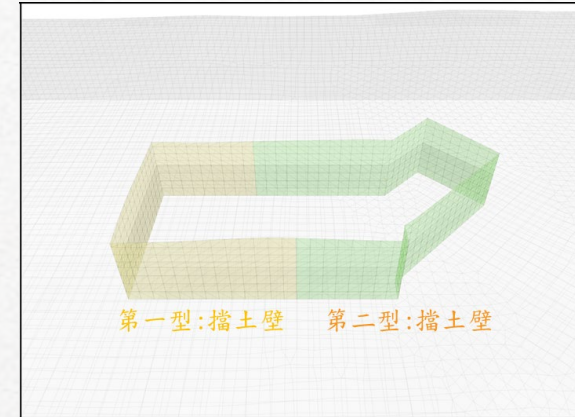
三維仿真模型



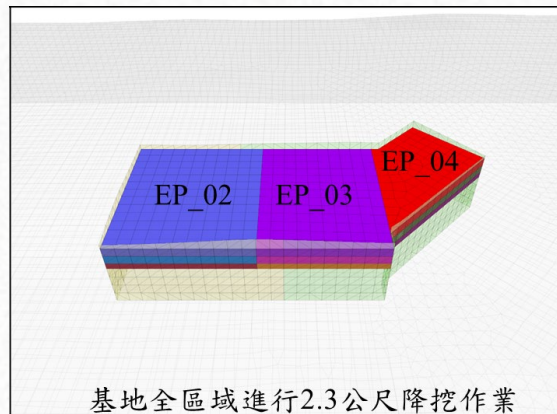
EP_00 階段 / 整地作業



EP_00 階段 / 擋土壁施作

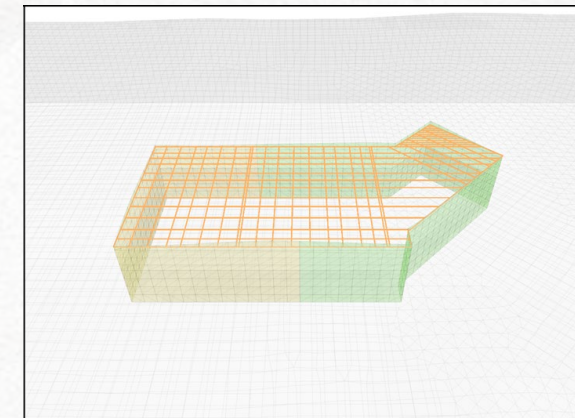


EP_01 階段 / 降挖作業

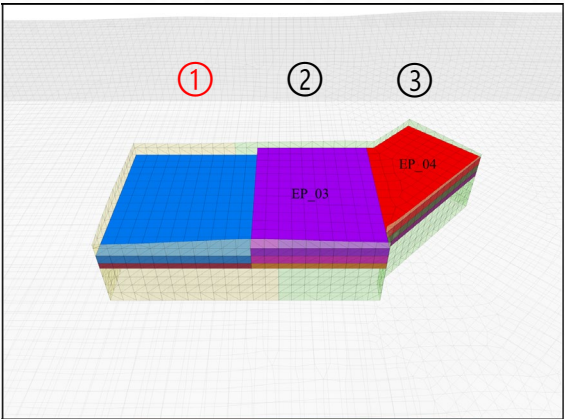


基地全區域進行2.3公尺降挖作業

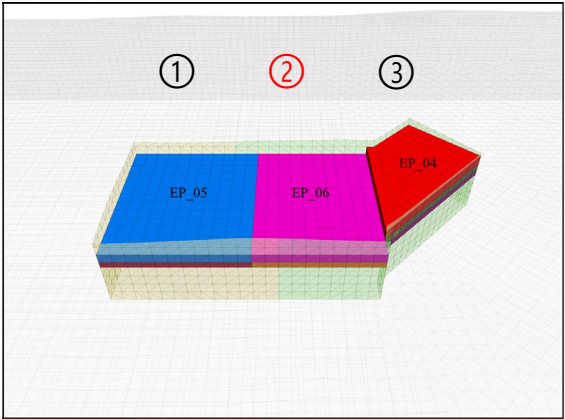
EP_01 階段 / #01 架設支撐



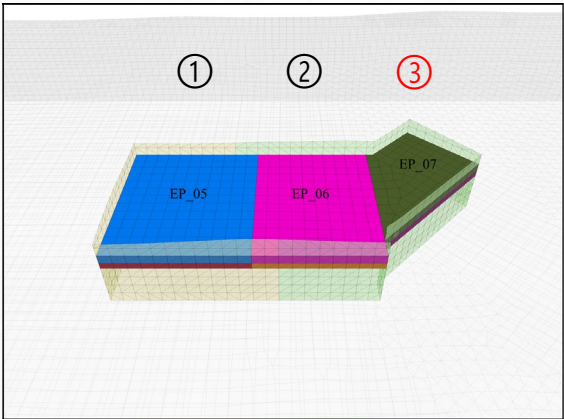
EP_02 階段 / 左側降挖



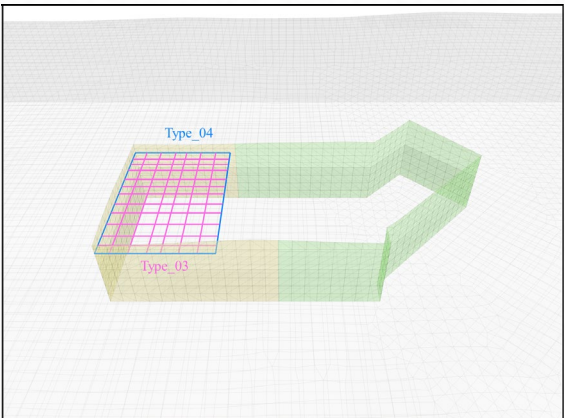
EP_03 階段 / 中間降挖



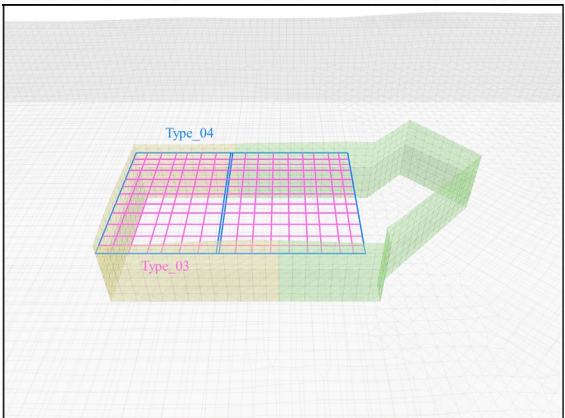
EP_04 階段 / 右側降挖



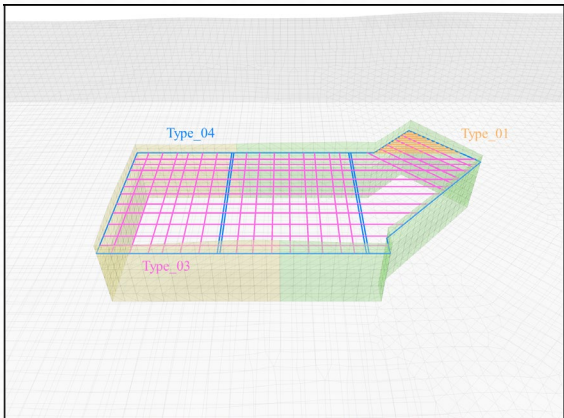
EP_02 階段 / #02 支撐



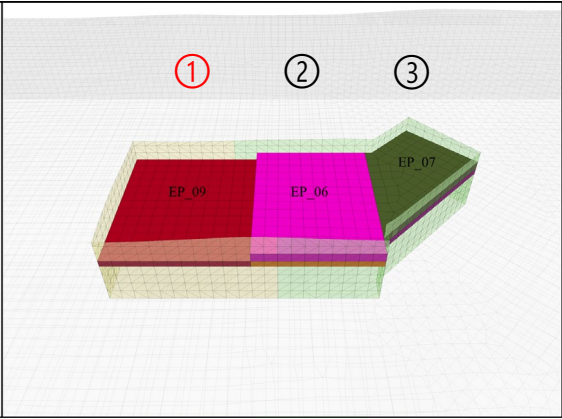
EP_03 階段 / #03 支撐



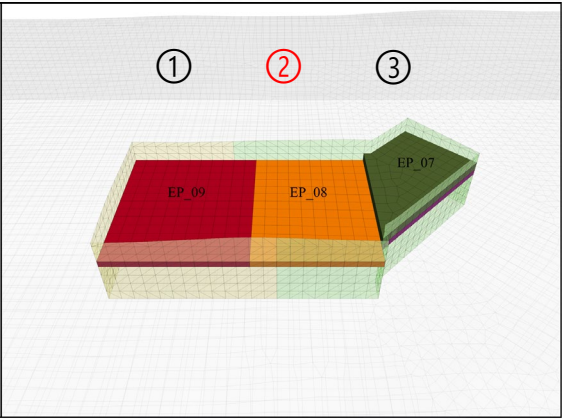
EP_04 階段 / #04 支撐



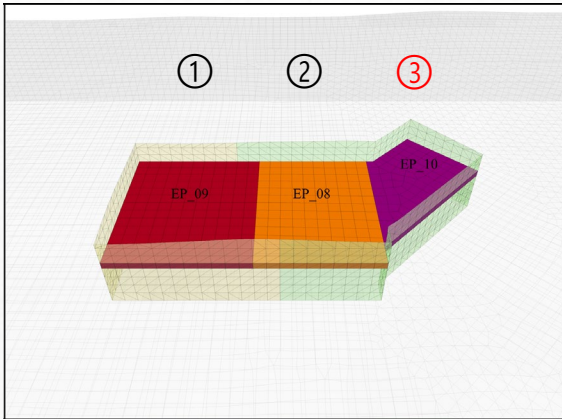
EP_05 階段 / 左側降挖



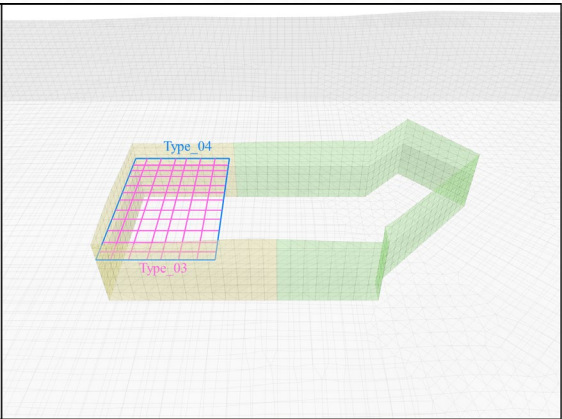
EP_06 階段 / 中間降挖



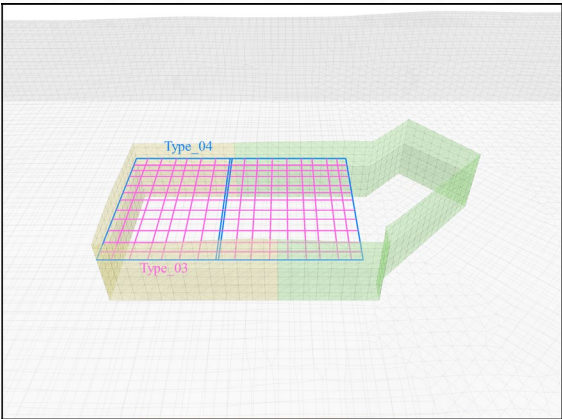
EP_07 階段 / 右側降挖



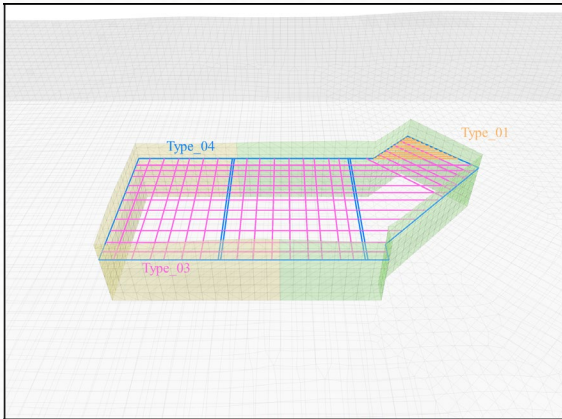
EP_05 階段 / #05 支撐



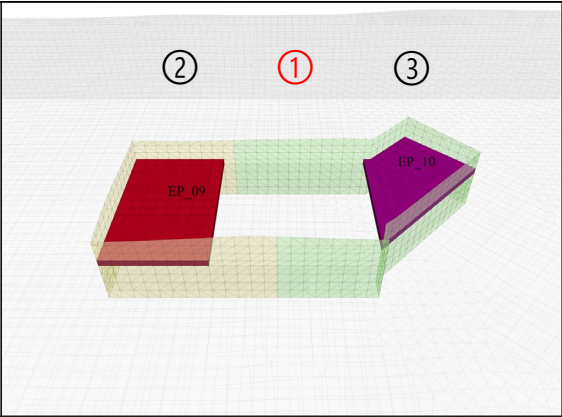
EP_06 階段 / #06 支撐



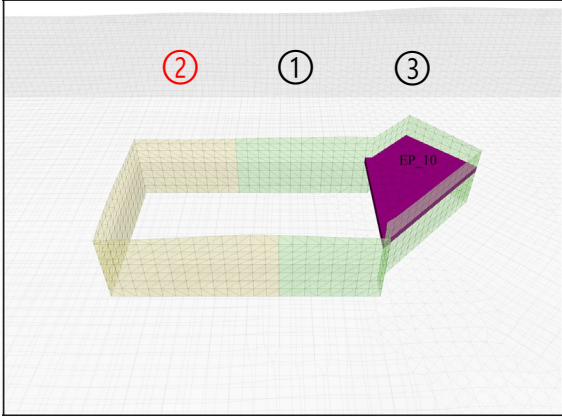
EP_07 階段 / #07 支撐



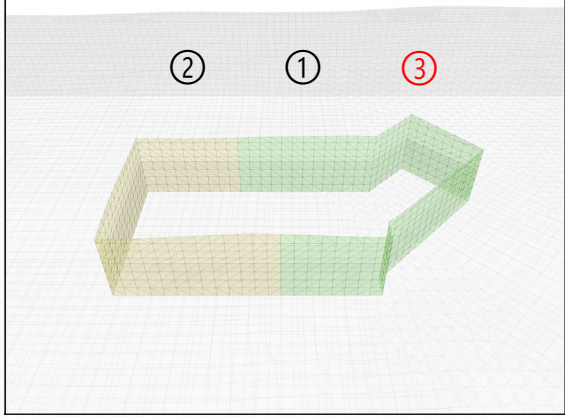
EP_08 階段 / 中間降挖



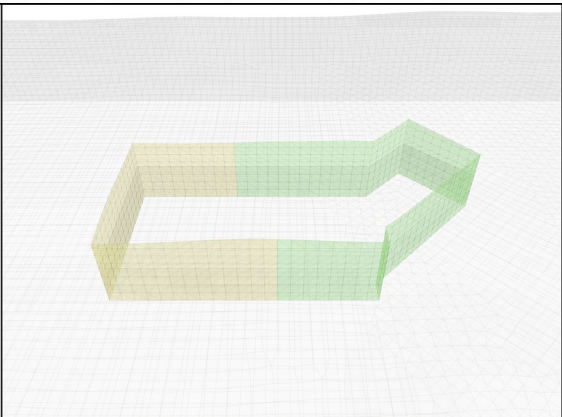
EP_09 階段 / 左側降挖



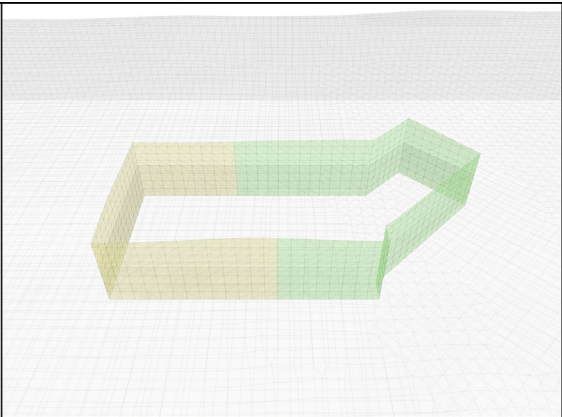
EP_10 階段 / 右側降挖



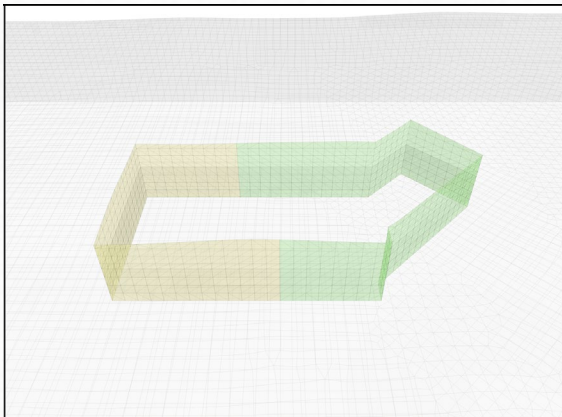
EP_08 階段 / 無支撐

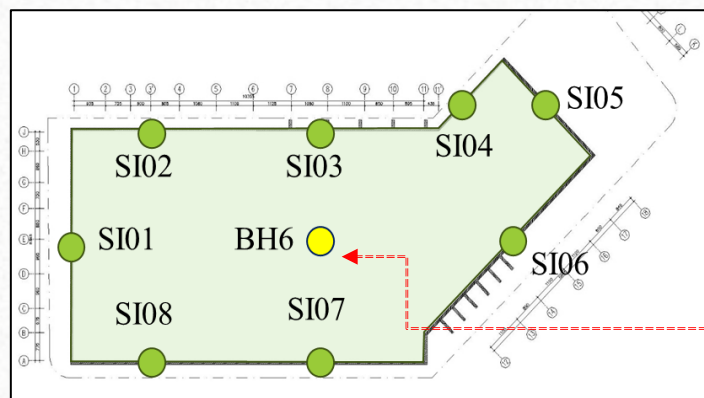


EP_09 階段 / 無支撐

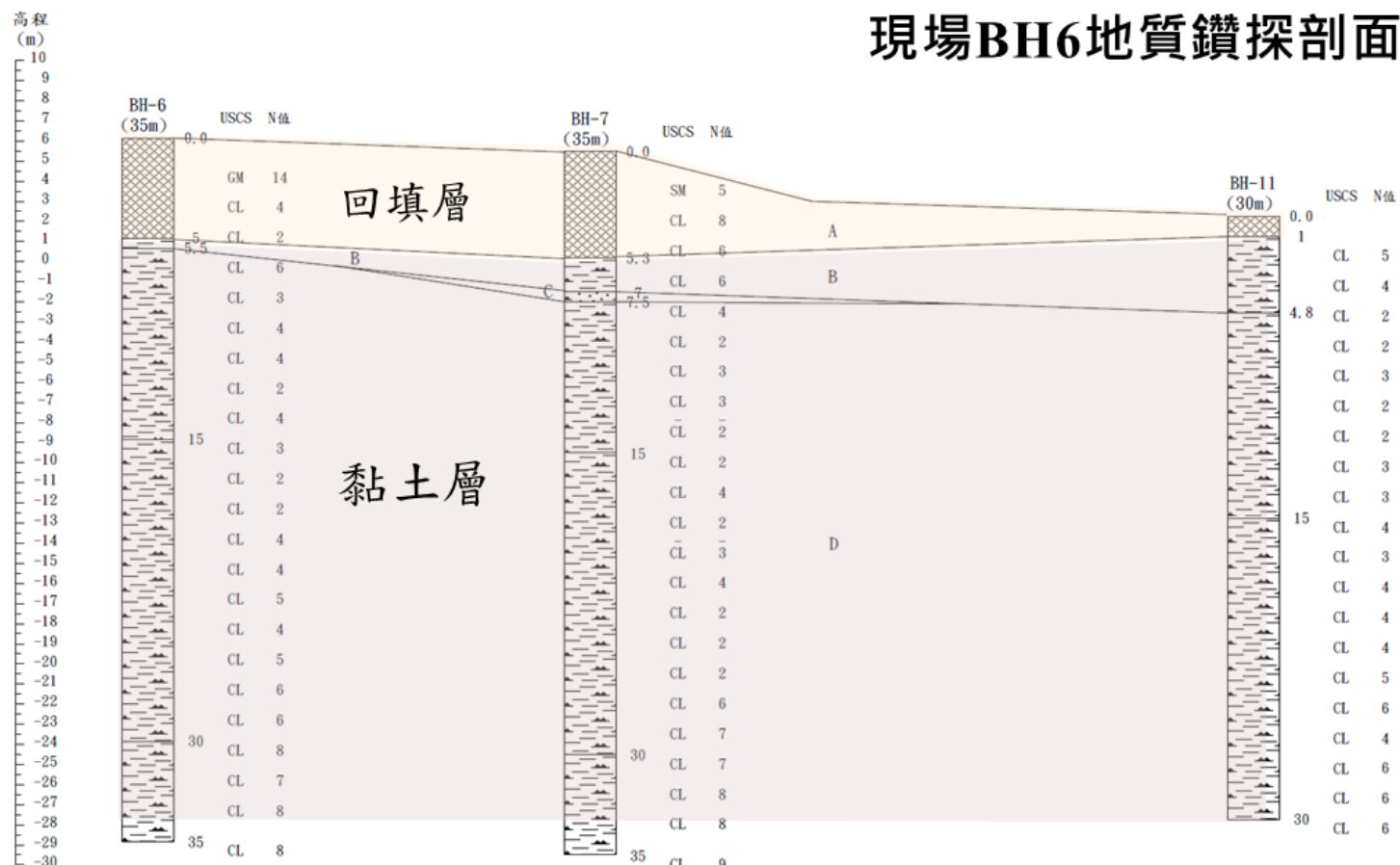


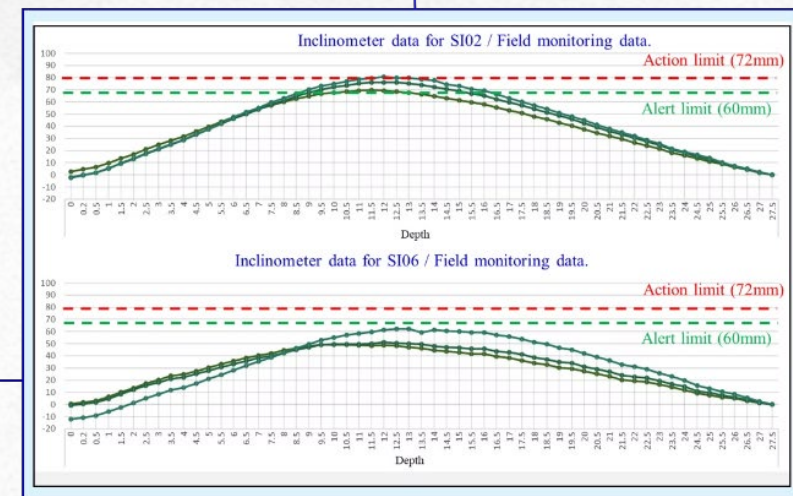
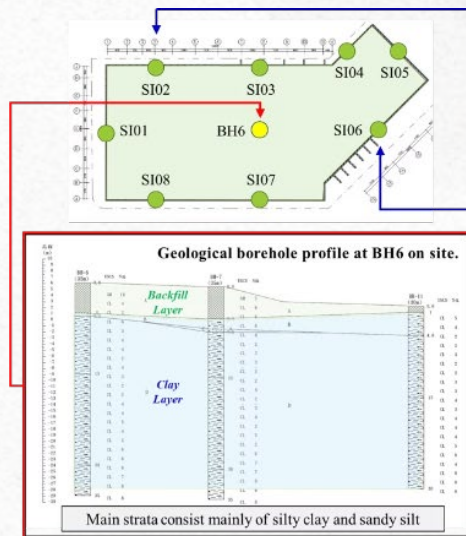
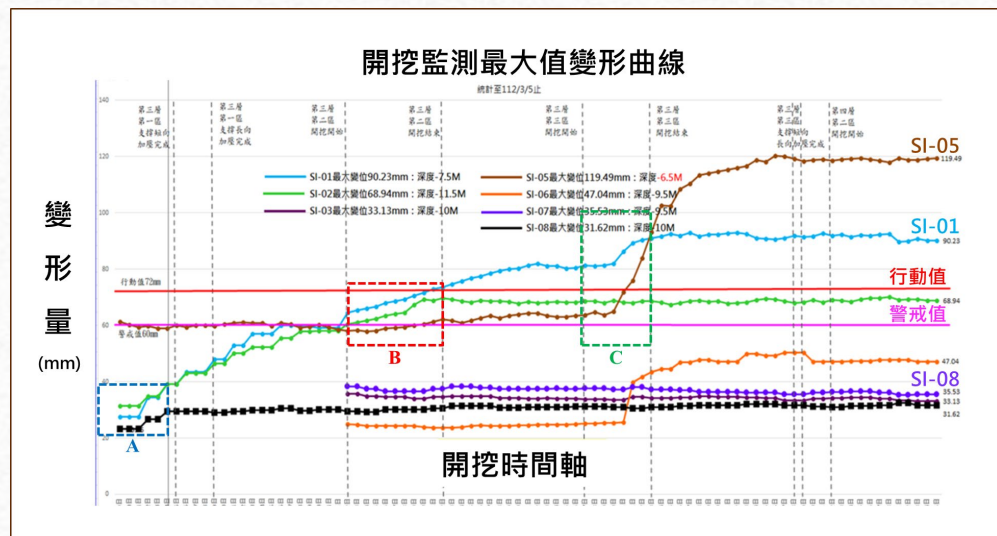
EP_10 階段 / 無支撐



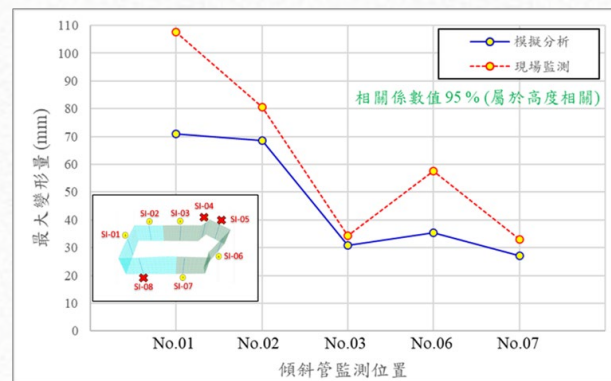
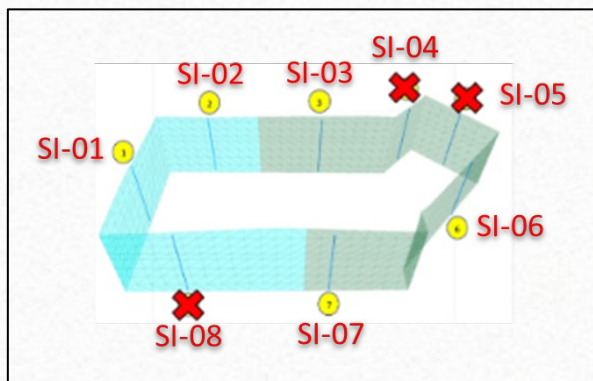


岩層材料	回填層	黏土層
覆土深度(m)	0~5	0.7~29
彈性模數 (MPa)	5.6	11.0
泊松比	0.3	0.3
凝聚力(kPa)	11.0	16.8
摩擦角(°)	12.5	12.6
密度 (g/cm ³)	1930	1860





- 監測設置：模型設有8處監測，精確對應現場傾斜管處。
- 剔除異常及不具代表性數據：
 - SI-04：移至壁體外側，數據與擋土壁變形無直接關聯。
 - SI-05：已明顯破壞，數據波動大、可靠性不足。
 - SI-08：地表回填土多，受多重因素干擾，可靠性不足。
- 最終採用SI-01、SI-02、SI-03、SI-06、SI-07作為變形驗證依據。



- 五處傾斜管監測點與模型位置精確對應，最大變形量對比分析顯示，實測與模擬高度吻合。

Pearson相關係數達95%，證實兩者具高度正相關。

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

傾斜管監測位置	No.01	No.02	No.03	No.06	No.07
模擬分析 max (mm)	71.06	68.42	30.72	35.47	27.06
現場監測 max (mm)	107.48	80.56	34.29	57.70	32.87
(Xi - Xav)	24.51	21.87	-15.83	-11.08	-19.49
(Yi - Yav)	44.90	17.98	-28.29	-4.88	-29.71
(Xi - Xav)(Yi - Yav)	1100.68	393.29	447.72	54.05	578.93
(Xi - Xav) ²	600.94	478.47	250.46	122.68	379.70
(Yi - Yav) ²	2016.01	323.28	800.32	23.81	882.68
Σ(Xi - Xav)(Yi - Yav)	2574.6706				
Σ(Xi - Xav) ²	1832.2523				
Σ(Yi - Yav) ²	4046.1130				
相關係數計算公式 r	0.95				

- 支撐構件最大軸力驗證吻合：
最大壓力223.62噸、最大拉力276.40噸。

- 其餘支撐軸力與現場監測數據高度吻合。

VG5：

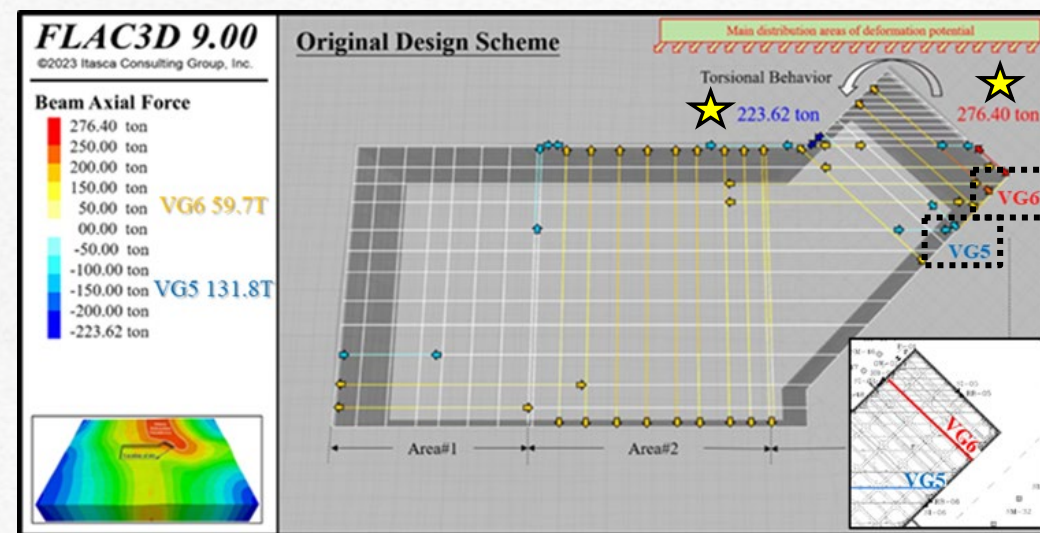
模擬值：-100 至 -150 噸

實測最大值：131.81 噸，平均值：127.78 噸

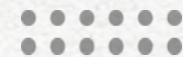
VG6：

模擬值：-50 至 -100 噸

實測最大值：59.71 噸，平均值：55.58 噸

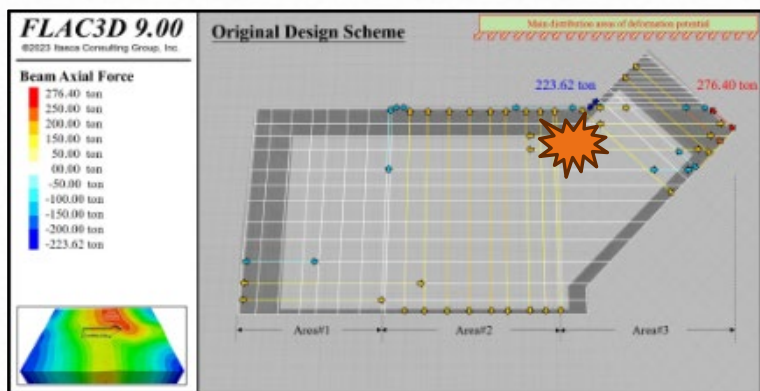


儀器編號	層別	斷面積 (3)	初始應變讀值 (1)	量測應變讀值 (2)	支撐軸力 (4)	平均軸力 (5)	警戒值	行動值
Instrument No.	Layer	Cross Area	Initial Strain Reading	Strain Reading	Axial Force	Axial Force	Alarm	Action
VG-01-01-01	1	173.9	3006	2881	57.41	55.35	115	135
VG-01-01-02	1	173.9	2974	2858	53.28			
VG-01-02-01	1	173.9	3146	2907	109.77	106.79	115	135
VG-01-02-02	1	173.9	2741	2515	103.80			
VG-01-03-01	1	173.9	2780	2522	118.49	120.33	115	135
VG-01-03-02	1	173.9	2802	2536	122.17			
VG-01-04-01	1	173.9	2845	2783	28.47	30.54	115	135
VG-01-04-02	1	173.9	3007	2936	32.61			
VG-01-05-01	1	173.9	2973	2704	123.54	127.68	115	135
VG-01-05-02	1	173.9	2951	2664	131.81			
VG-01-06-01	1	173.9	3096	2984	51.44	55.58	115	135
VG-01-06-02	1	173.9	3006	2876	59.71			
VG-01-07-01	1	173.9	2921	2884	13.51	12.97	115	135
VG-01-07-02	1	173.9	3078	3044	12.42			
VG-01-08-01	1	173.9	2692	2677	5.48	5.85	115	135
VG-01-08-02	1	173.9	3174	3157	6.21			



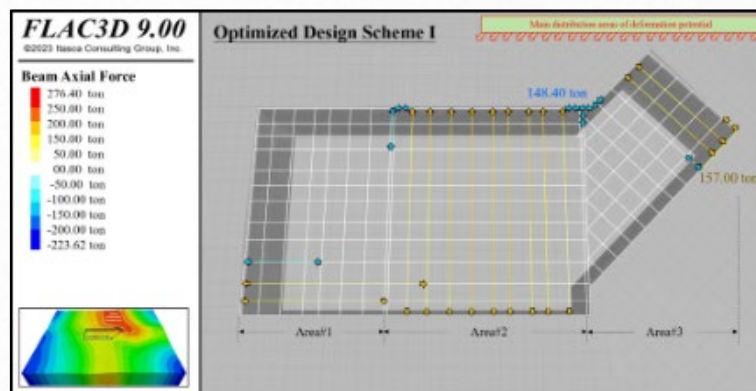
08. 案例二：支撐設計與效益優化

原始方案

現場補強設計

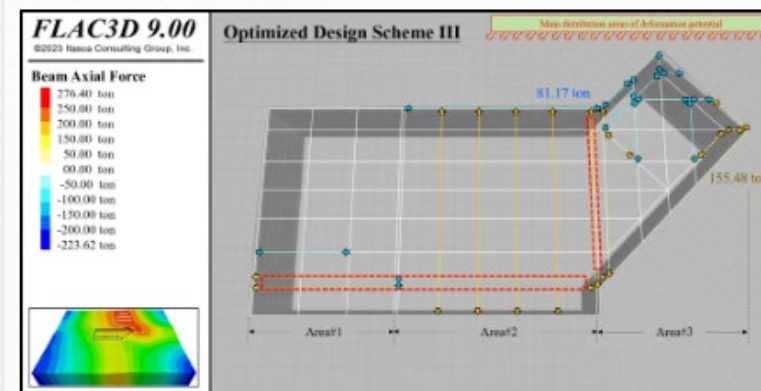
- 東北角隅設置**11支斜撐補強**。
- 開挖過程中仍發生**支撐破壞**及**擋土壁扭轉變形**。
- 檢討推論**長向軸力推擠**，導致壁體變形。

模擬方案(I)

經典對稱設計

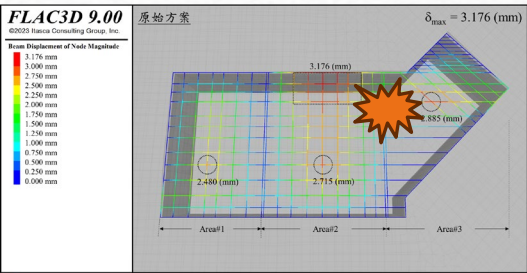
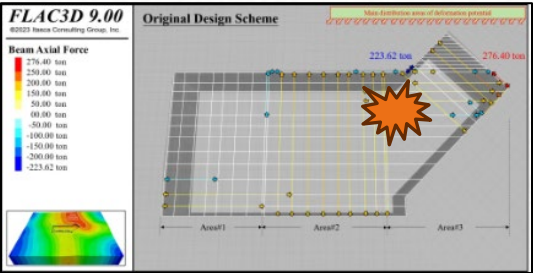
- 能**有效分散**並控制基地右側區域的**內部擠壓變形**行為。
- 對稱系統有助於**提升區域 Area #3** 局部支撐穩定性。

模擬方案(II)

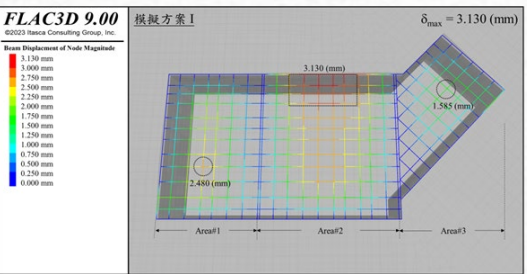
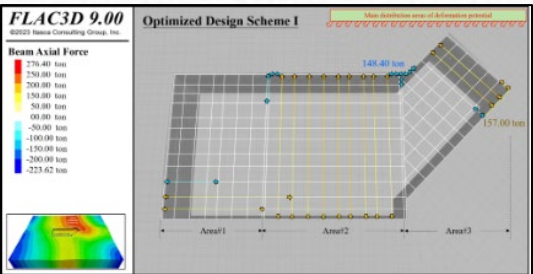
內側框架設計

- 採用類似**內框架**的設計思路，有效將**受力傳遞**至內框架。
- 可以針對**變形潛勢方向**進行**巧妙調整應對**，提升穩定性。

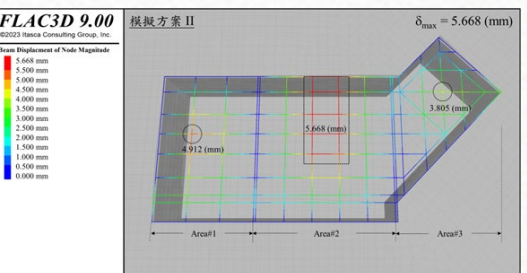
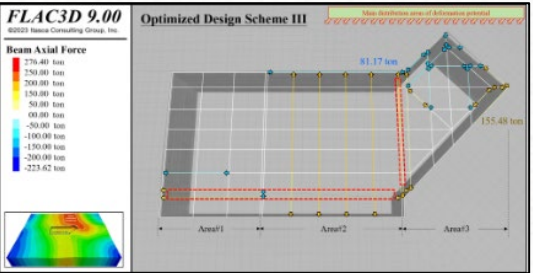
為了估算實際造價成本，多次諮詢支撐規劃設計公司，並以 H350x350x12x9 的 TypeA 型支撐構件作為基準，依據租賃條件計算，每單位長度的租賃費用約為 5,800 元（租期三個月）。據此作為經濟效益評比如下：



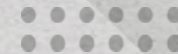
開挖區域	Area#1	Area#2	Area#3	累積長度	造價成本
原始變形	2.48 (mm)	3.18 (mm)	2.89 (mm)	3471 (m)	2013 萬



開挖區域	Area#1	Area#2	Area#3	累積長度	造價成本	成本節約
原始變形	2.46 (mm)	3.13 (mm)	1.59 (mm)	3376 (m)	1958 萬	55 萬
變形幅度	-0.97%	-1.45%	-45.08%			



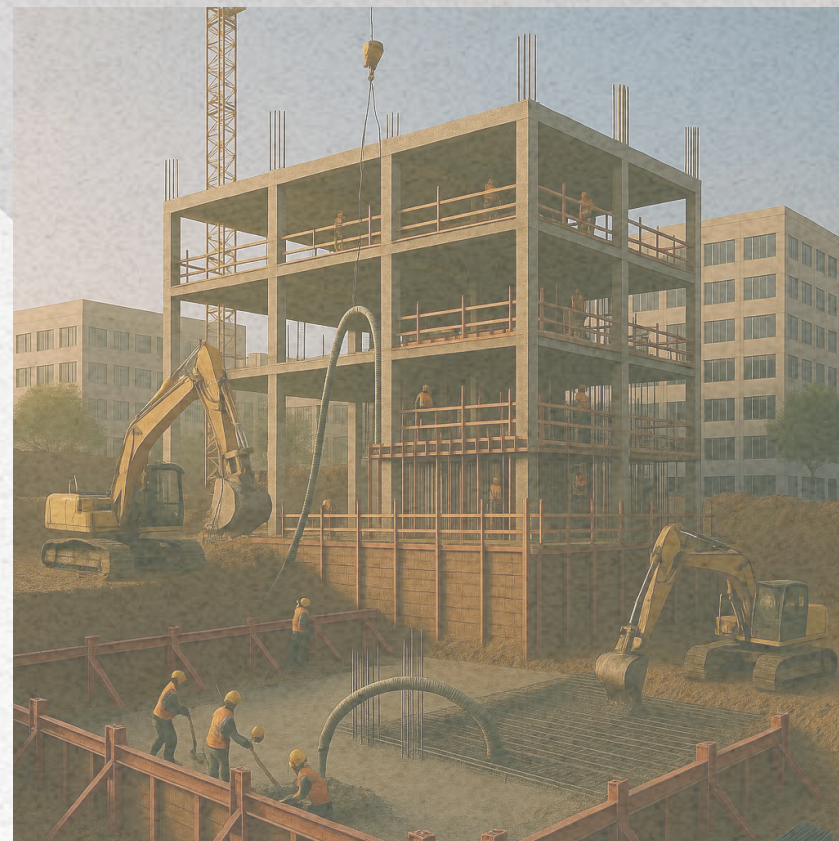
開挖區域	Area#1	Area#2	Area#3	累積長度	造價成本	成本節約
原始變形	4.91 (mm)	5.67 (mm)	3.81 (mm)	2326 (m)	1349 萬	664 萬
變形幅度	+98.06%	+78.74%	+31.89%			



感謝耐心聆聽：
Thank you all for your attention.



主講者：張偉哲 助理教授
中國科技大學 土木與防災系



簡報日期：2025.08.20