T·Y·LIN INTERNATIONAL TAIWAN

新北市新店區安坑1號道路三連拱隧道工程之介紹

彭康瑜[1] 曾何騰[2]

[1]林同棪工程顧問股份有限公司 副總經理兼總工程師

[2]林同棪工程顧問股份有限公司 技術經理

Smart Construction X Multifunctional Concrete
TCI 2021 Concrete Conference,
November 18-19, 2021

MOST 科技部 Ministry of Science and Technology

國立高雄科技大學 National Kaohsiung University of Science and Technology

社團法人台灣混凝土學會 Taiwan Concrete Institute

簡報大綱

一、工程概要

二、工程挑戰性

三、工程創意作為

T·Y·LIN INTERNATIONAL TAIWAN

MOST 科技部 Ministry of Science and Technology
國立高雄科技大學 National Kaohsiung University of Science and Technology
社團法人台灣混凝土學會 Taiwan Concrete Institute

一、工程概要

捷運安坑線
第二期工程
安和支線(安康路至安坑1號道路):全長約0.7公里
攻瑰路至安泰路：全長約1.2公里
安康路
安祥路
中和交流道
安泰路
土城
安坑交流道
第一期工程
三孔隧道
圖例
第一期工程
第二期工程

一、工程概要—計畫緣起

串聯安坑交流道與安坑地區，加速地區發展

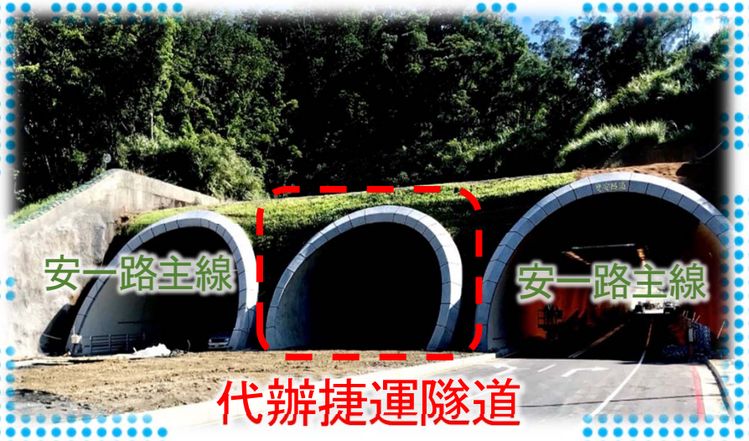
全長1, 230公尺
路寬40公尺

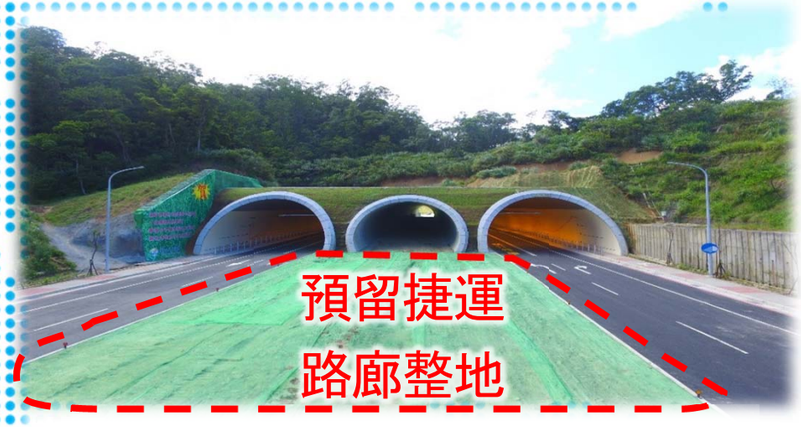
本標工程
2019年9月13日通車

永和次系統(祥和路)
2010年12月24日通車

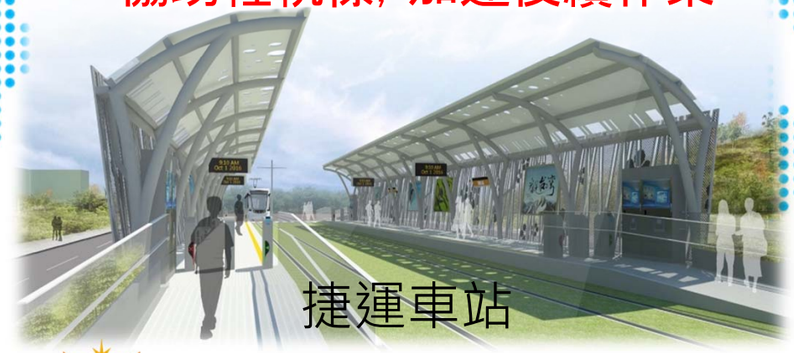
一、工程概要

- 整合市府安坑一號道路及捷運工程
- 代辦捷運橋梁基礎、隧道、排樁等
- 減少二次施工加速大眾運輸推展

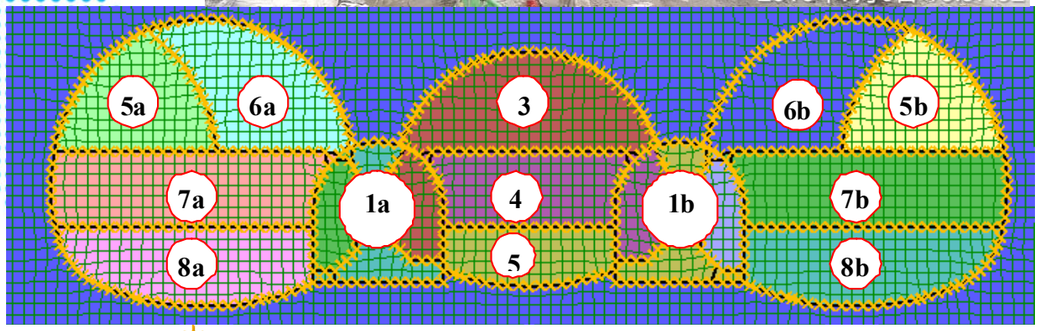




協助輕軌標，加速後續作業

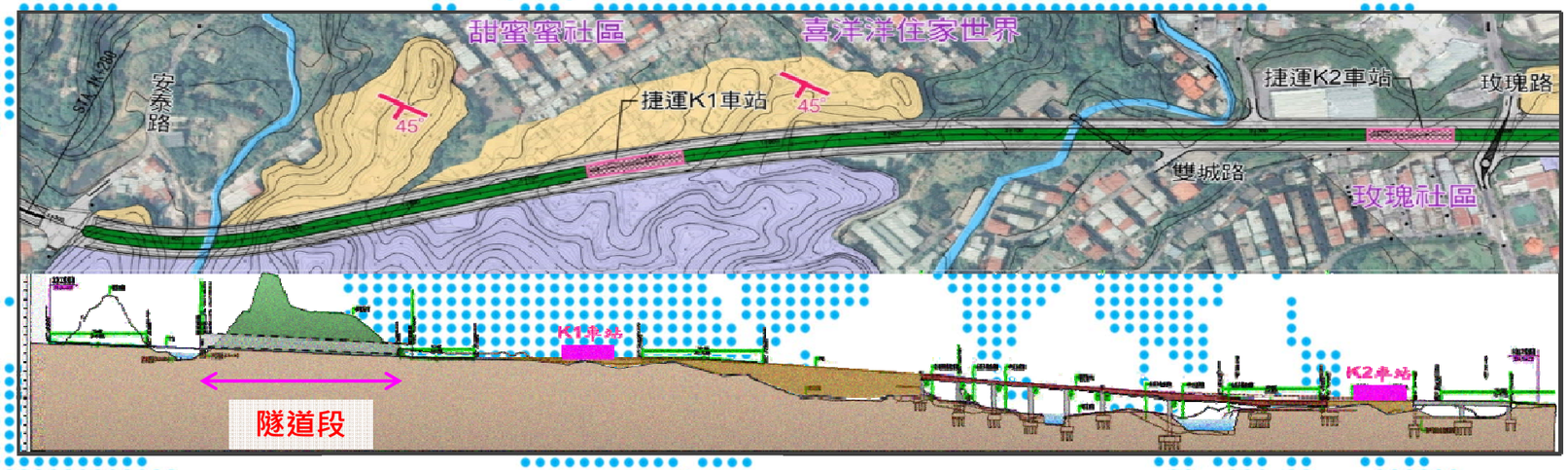


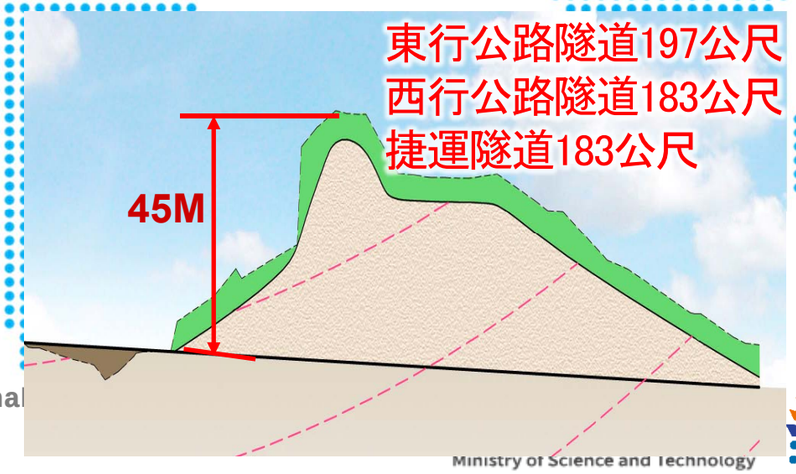
二、工程挑戰性



二、工程挑戰性

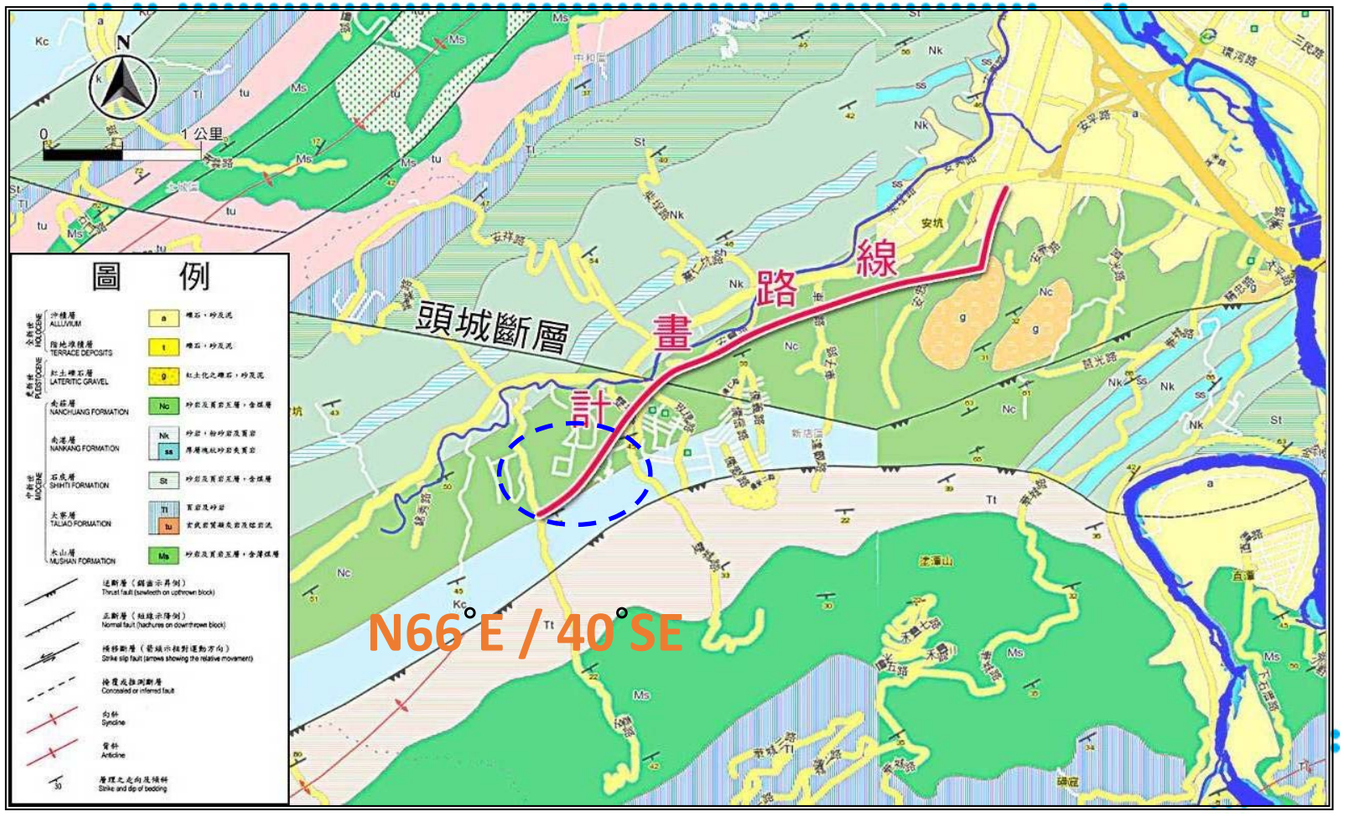
- 北側緊鄰安坑區段徵收區、用地徵收不易
- 避免環境衝擊、減少土方開挖及用地徵收





地質條件

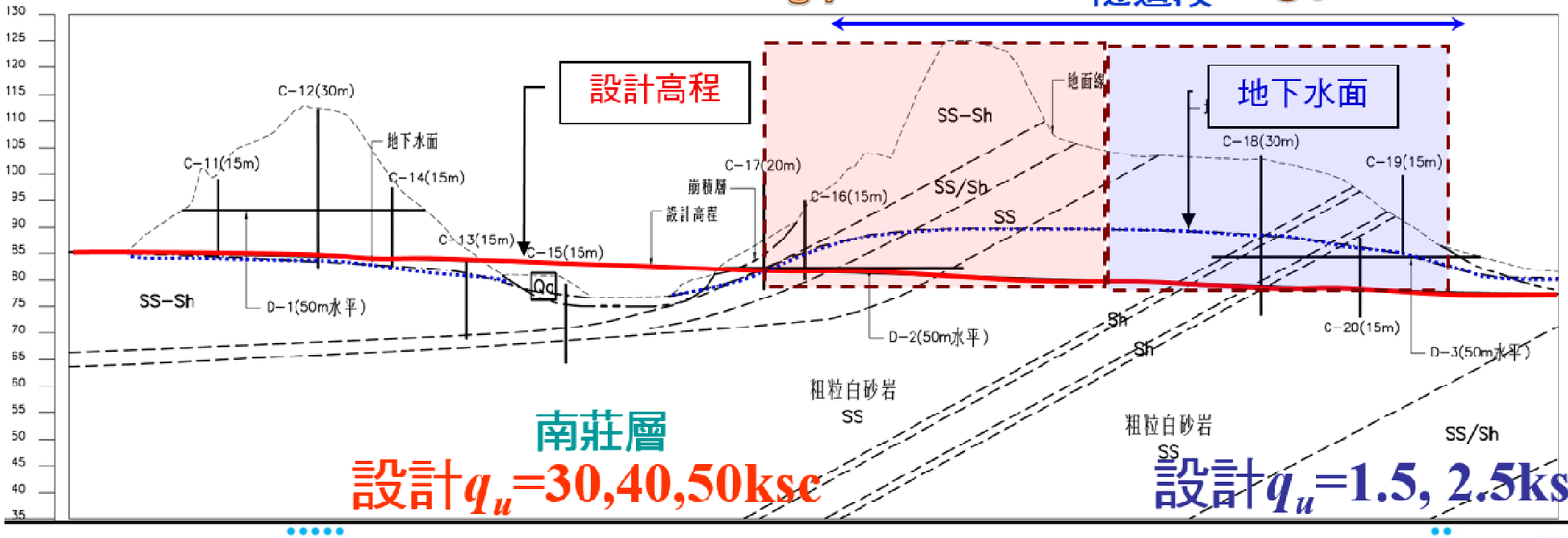
- 地層為南莊層(砂岩)
- 無地質構造通過
- 岩心試體擾動、浸水後強度低
- 無地質構造破壞之虞，慎防岩體變形之破壞模式



地質條件

隧道西側
q_u=14.5~94.6
kgf/cm²

隧道東側
q_u=0.9~3.25
kgf/cm²



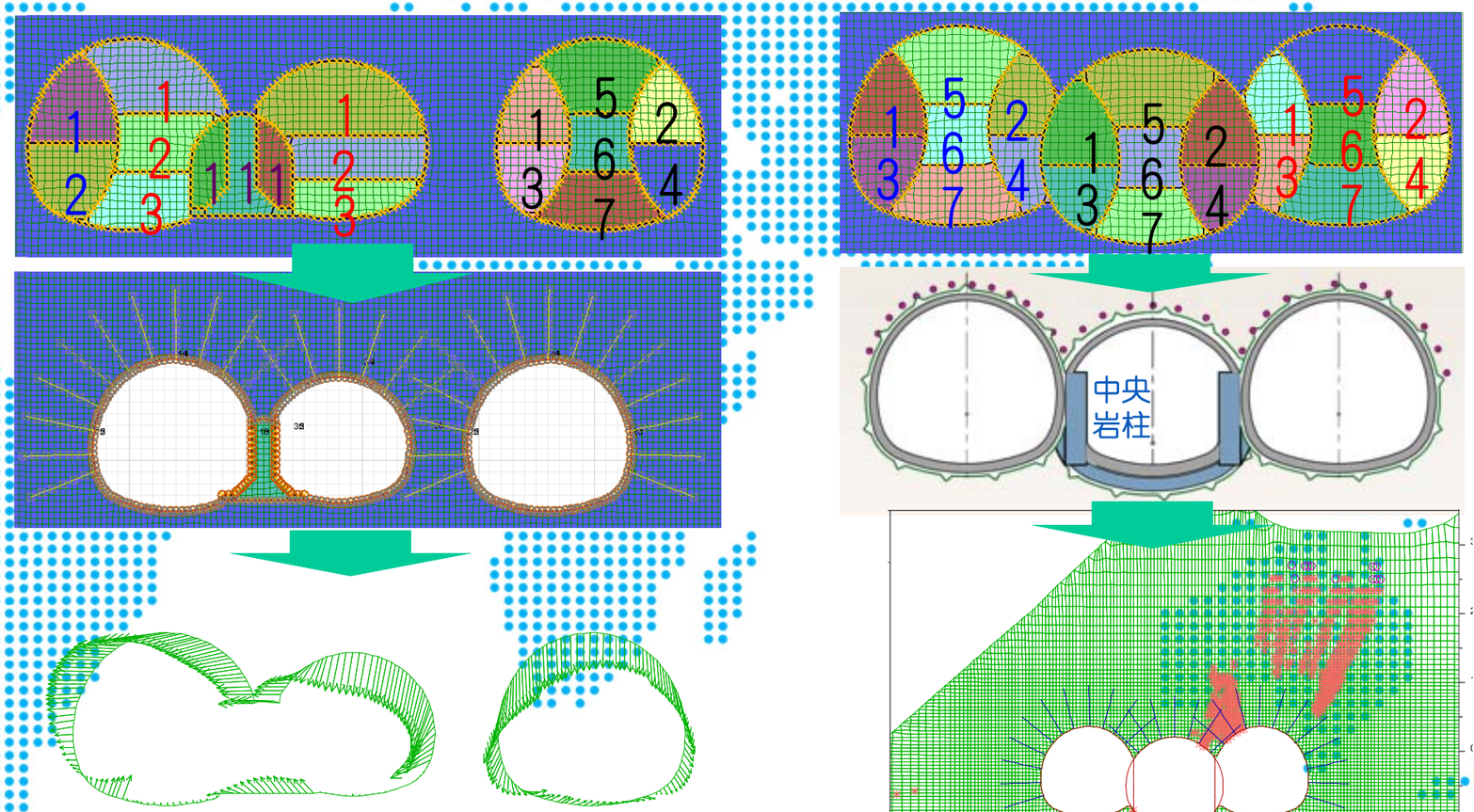
南莊層
設計q_u=30,40,50ksc

設計q_u=1.5, 2.5ksc

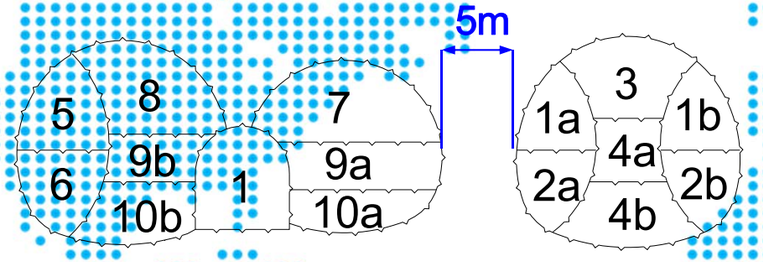
設計階段考量

邀請多位隧道專家學者共同討論

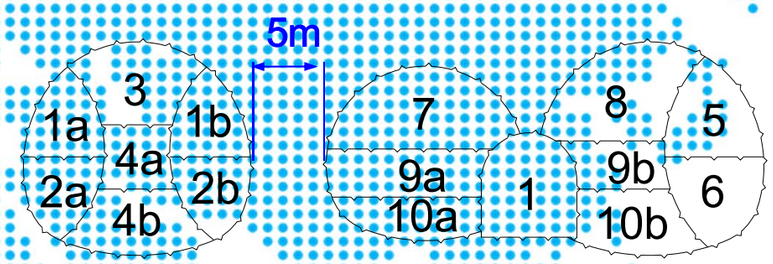
歷時近一年方決議最佳之設計方案



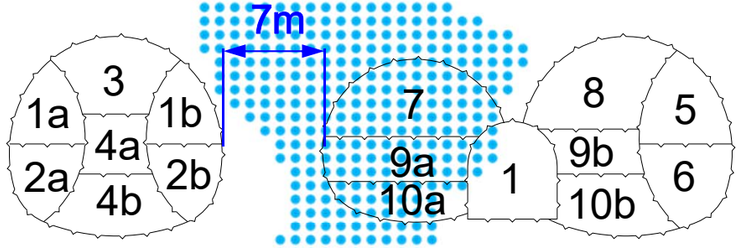
設計階段三孔隧道配置方案研究



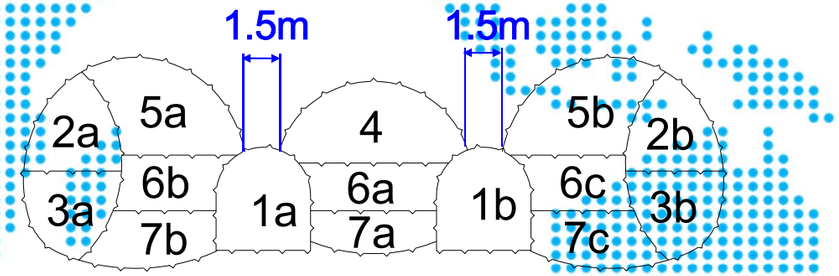
方案一，單中間RC壁牆靠西側且東側間距5m



方案二，單中間RC壁牆靠東側且西側間距5m



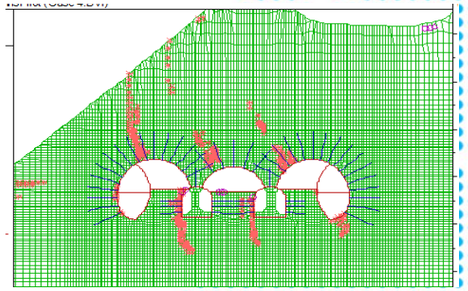
方案三，單中間RC壁牆靠東側且西側間距7m

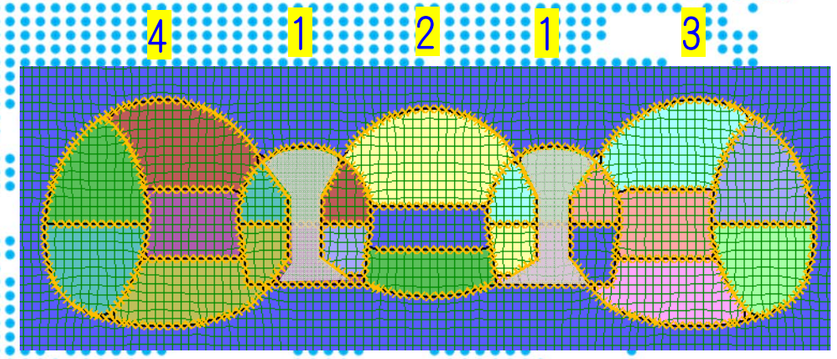


方案四，雙中間RC壁牆

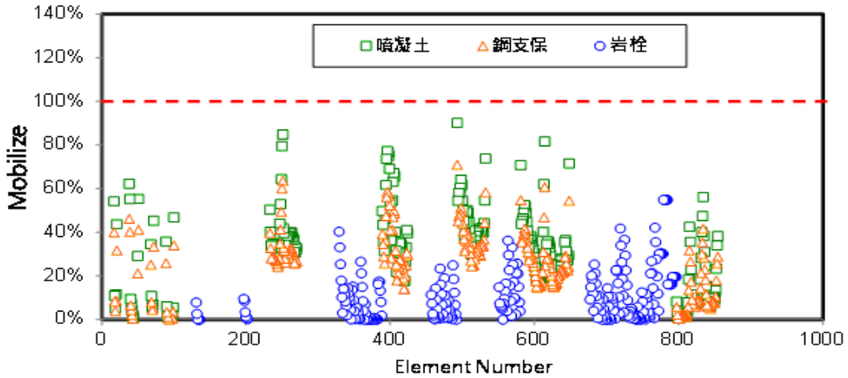
數值分析結果

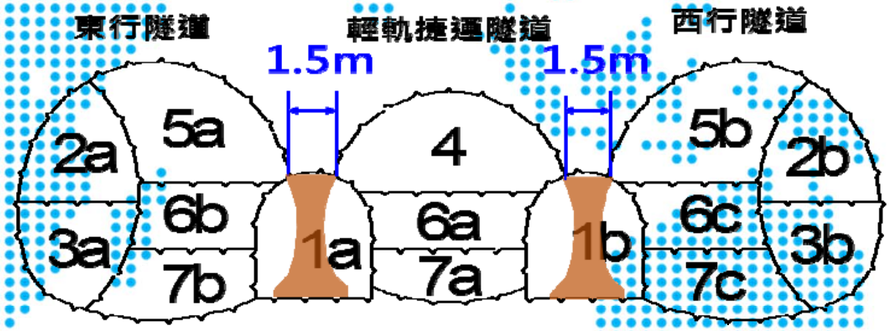
- 岩體與支撐位移最小
- 開挖過程之塑性區分布亦為安全





- 支撐系統強度平均為設計強度之80%以下





採用：雙中央導坑工法＋雙中間RC壁牆

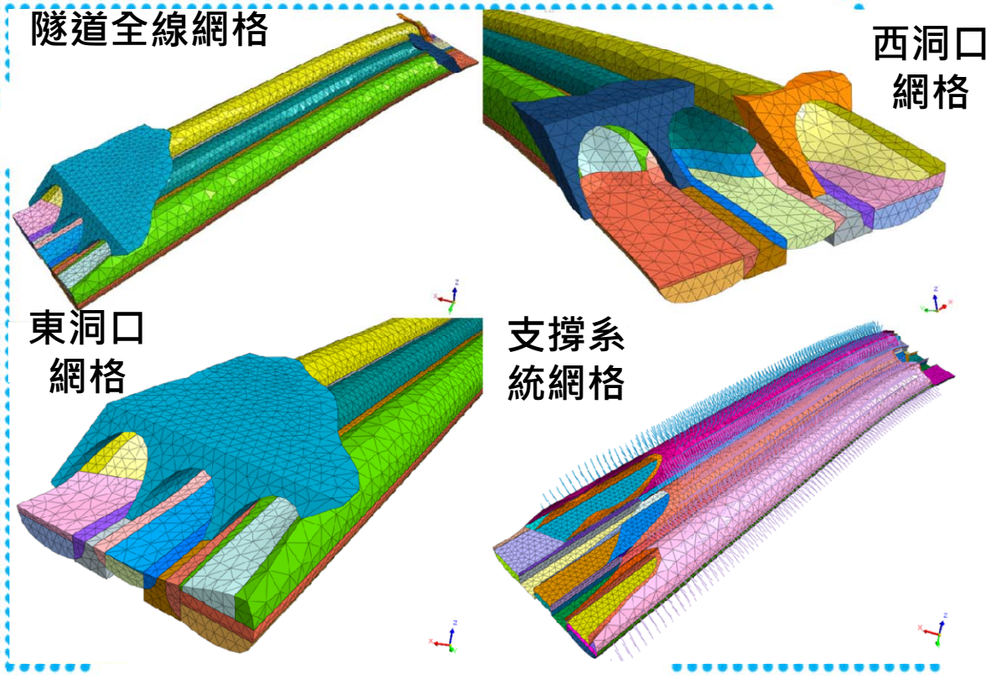
施工階段精進作為

落實新奧工法邊作邊設計（Ongoing Design）的理念

契約編列「隧道安全評估」，因應導坑開挖、計測資料，甚至於若發生抽坍後，提供施工單位能迅速評估，提出因應工法及對策

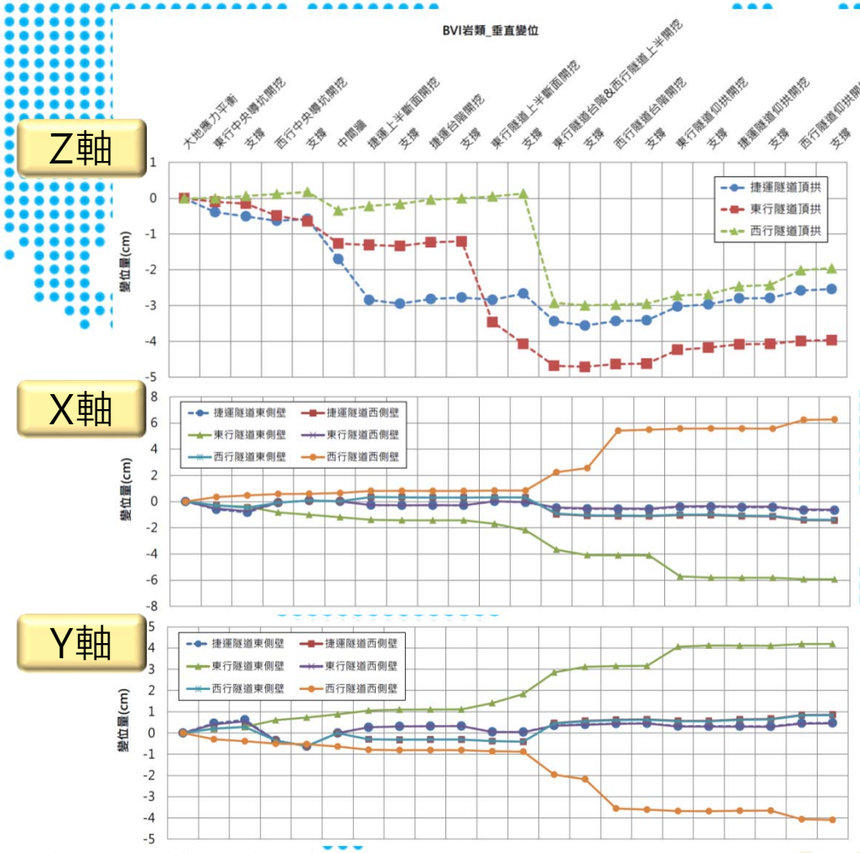
透過三維數值分析，可在開挖前預測潛在的危險，避免可見的危險，並透過工法的調整，提升隧道開挖作業整體之安全性

傳統方式：
直接開挖，遇到問題才想辦法解決，造成變更耗時

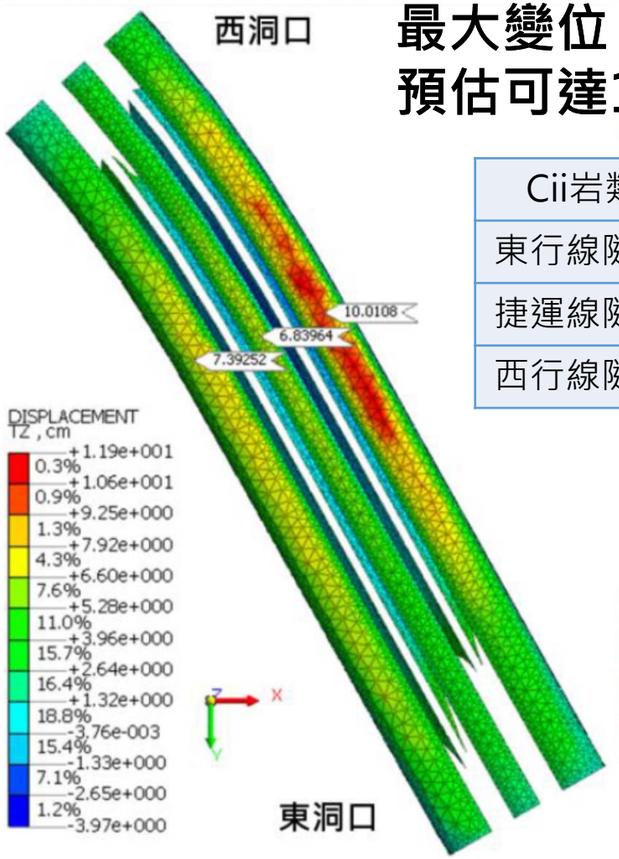


施工逐步分析檢討、提升安全性

近接三連孔隧道數值模擬



隧道開挖各階段側壁變位曲線



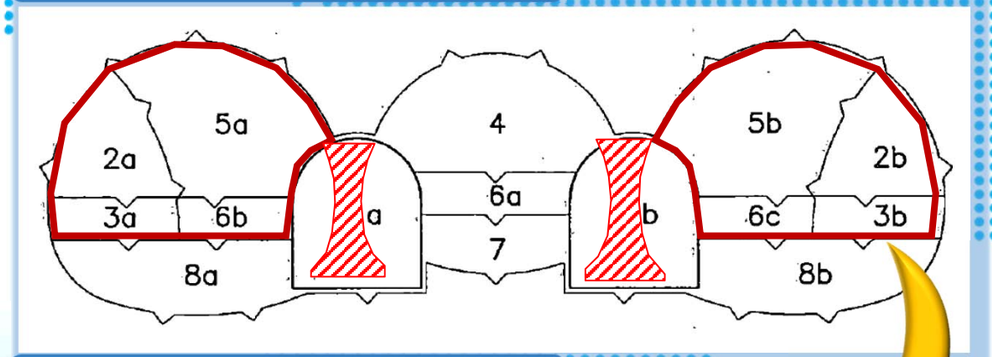
最大變位
預估可達10 cm

Cii岩類	實際量測
東行線隧道	- 4.26 CM
捷運線隧道	- 4.94 CM
西行線隧道	-3.11 CM

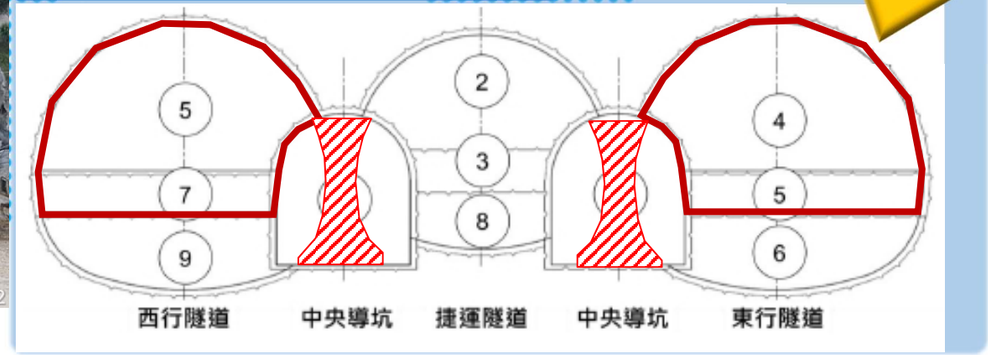
施工階段精進作為

依據中央導坑及捷運隧道所得開挖資料、重新分析檢討施作順序

原設計施作順序



優化工法



原設計：

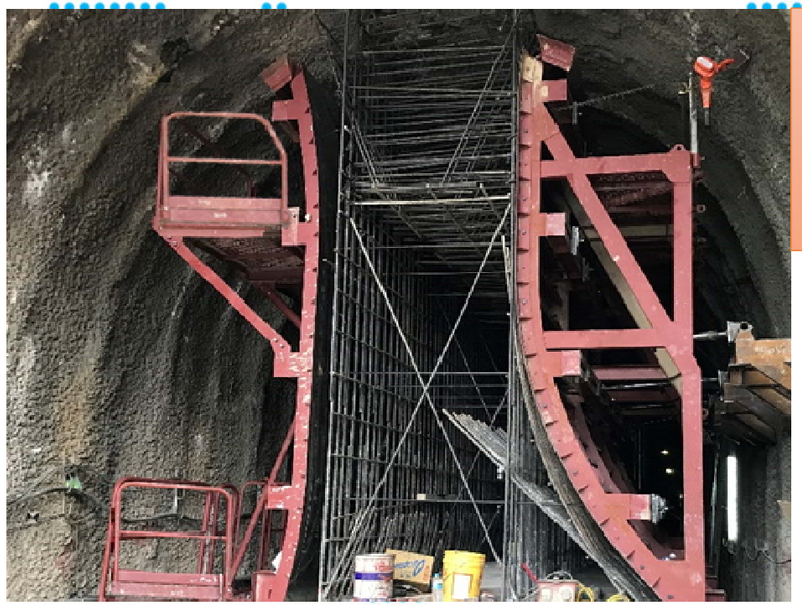
施作方式需有兩個側導坑，且工序上需分成四次的施作

優化工法：

透過安全評估報告以及地質紀錄，採用上下半台階開挖方式進行，節省約四千萬經費及縮短2個月工期

中央導坑中間牆施工

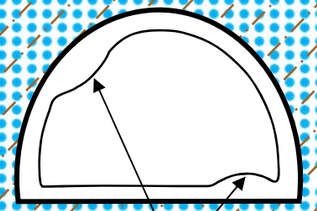
考量施工性以及安全性，施工廠商調整採用優於契約方案之鋼筋及模板工作車，不僅提升工作效率，提高對施工者的安全保障



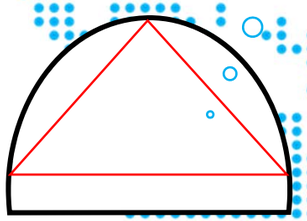
模板優化：
鋼模結合施工架及施工平台

鋼筋工作車：
可沿軌道前進且有高、低工作平台

三、工程創意作為



淺覆蓋、近接開挖
弱岩開挖後發生變位



沒有
變位

因為變形可能不在監測位置附近
隧道開挖圍岩變位預警資訊有限

三、工程創意作為

採三維雷射掃瞄技術(LiDAR)取代傳統監測

全斷面掃描
監測確實掌
握變位資料

項目	傳統測量	地面光達
單站測距能力	遠 (約1公里)	近 (約200公尺)
測距精度	mm	mm
資料獲取點數	少 (1點/次)	多 (100萬點/s)
反射稜鏡	需	不需
作業時間	需裝設計測規標後	開挖完後立即作業
解算速度	快 (數分鐘)	慢 (數小時)
監測範圍	局部	全面
環境需求	需光源	不需光源
相機	無	工業級相機

施工期間之安全監測

- 隧道斷面及上方邊坡全方位光達掃描
  完整掌控變位資訊
- 輔以伸張儀、鋼筋應力計、傾度管等資訊回饋，代入三維分析，並每季針對安全監測及工法進行會議檢討

監測儀器	監測項目
邊坡傾度管	變形、位移
邊坡監測鋼樁光達掃描	變形、位移
隧道光達掃描	圍岩變形、位移
鋼筋應力計	拉、壓應力及方向
伸張儀	圍岩變形、位移

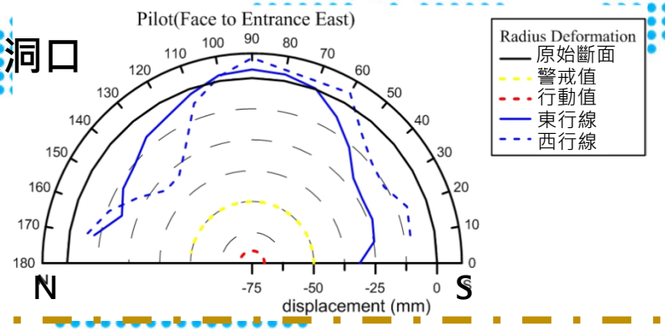
地質技師為確保各階段施工安全
隧道施工開挖輪進，至工地實地勘查

監控圍岩應力和變形情況

- 確保施工人員和隧道結構安全
- 永久襯砌及仰拱施作時機依據

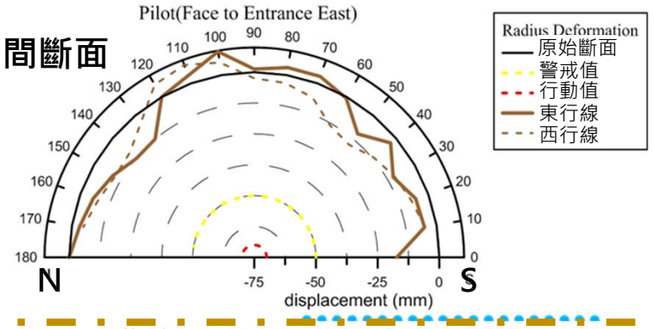
隧道圍岩環向變位

東洞口



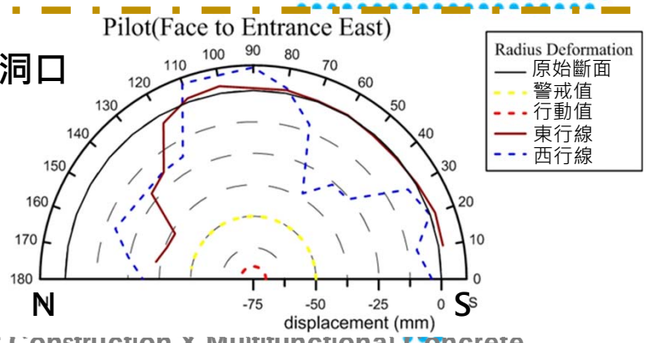
變位受偏壓影響
東行線：南側側壁變位較大
西行線：以北側側壁變位較大

中間斷面

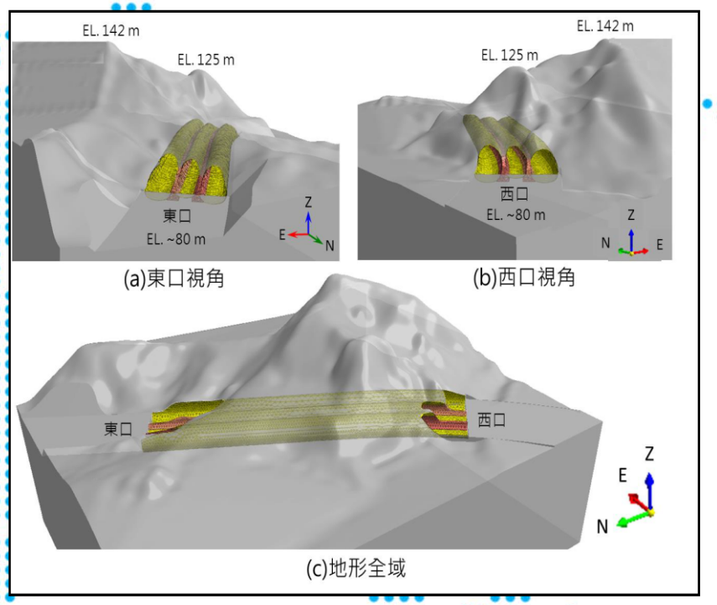


受地形偏壓行為影響較小

西洞口



變位受偏壓影響，北側側壁變位較大

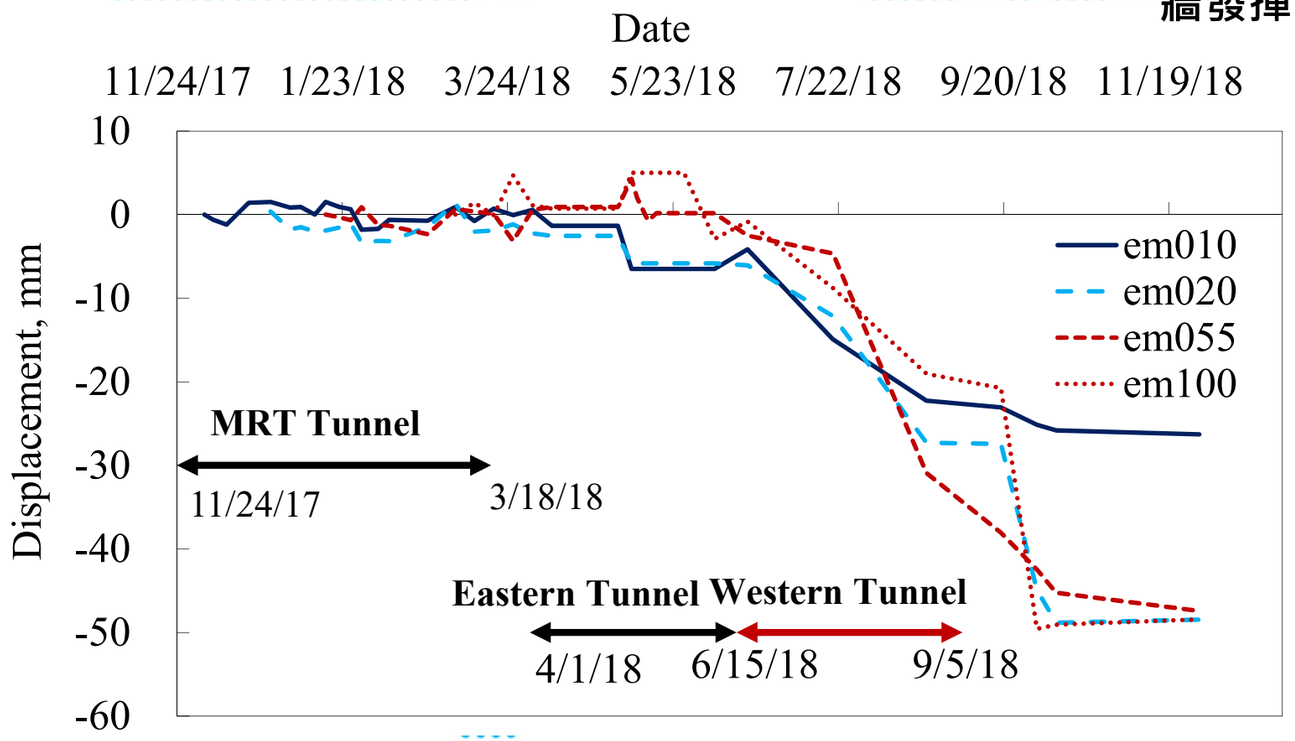


三維光達掃瞄監測技術

- **隧道全斷面變位監測結果**
- **全面瞭解隧道各方向變位**
- **以合理評估隧道變形行為**

隧道圍岩變位管理

■ MRT隧道在東西側RC中間牆構築完成，始進行開挖，在其貫通(2018/03/18)後兩個月之最大變位δmax 約僅6mm，顯見中間牆發揮減緩岩體變位之功效

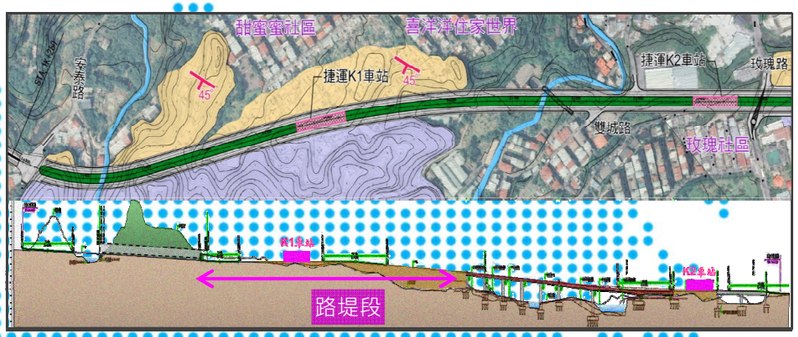


■ 其後因**相鄰隧道施工**而有持續變位，首先因東行線隧道施工最大變位δmax約達10~15mm，其後因西行線隧道施工最大變位δmax約達20~25mm

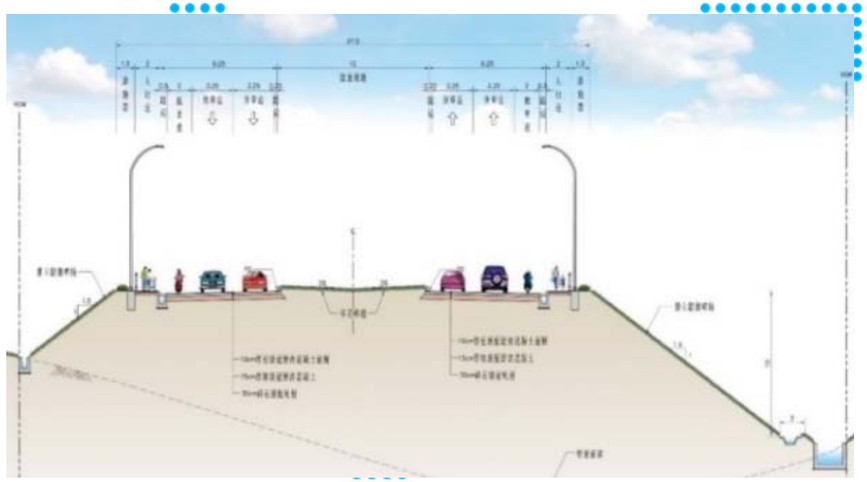
■ 其間因受**降雨事件**(2018/07~09月)弱化岩體之影響，隧道岩體變位增加Δδmax 約15~20mm，最終岩體變位位δmax約達35~45mm。

三、工程創意作為

- 縮短橋梁長度，採填方路堤設計，有效消化隧道剩餘土石方，節省工程經費



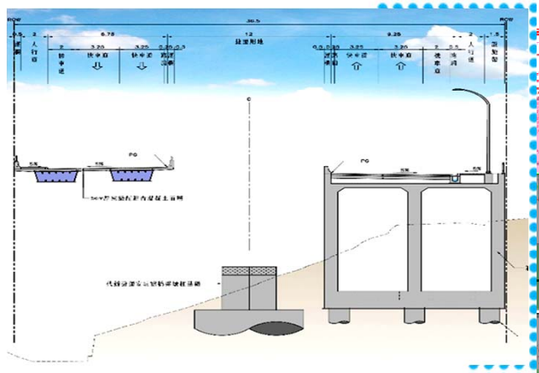
縮短90公尺橋梁長度及減少3.7萬方剩餘土石方，可節約1.84億元工程經費

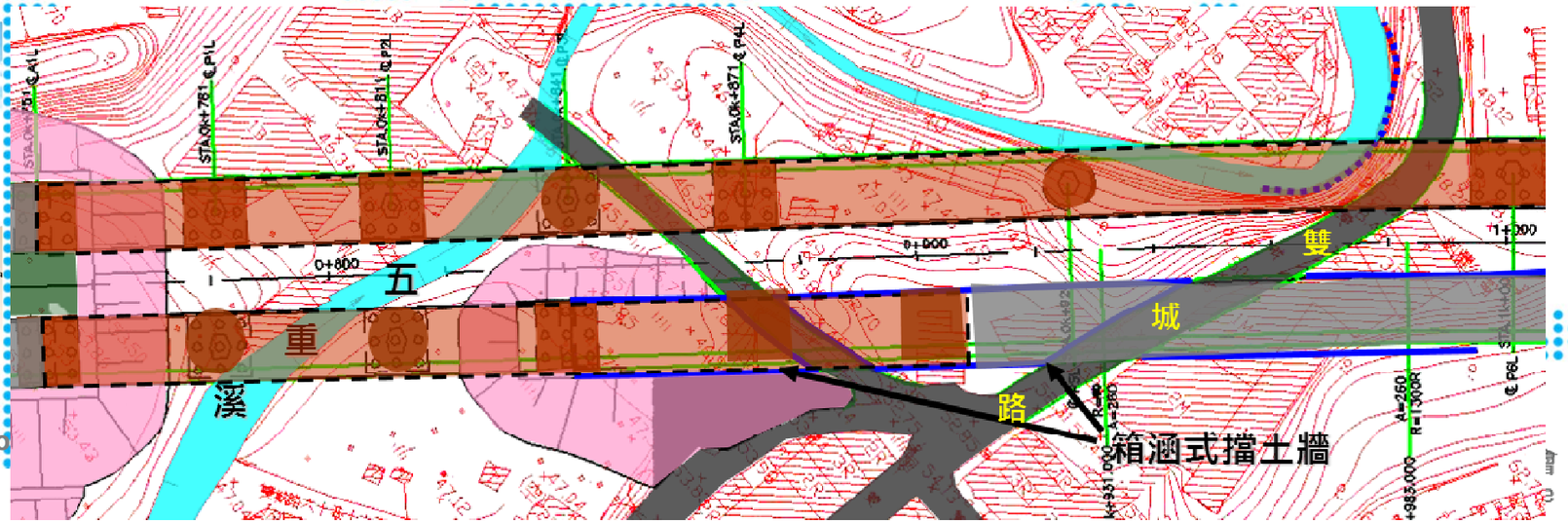


三、工程創意作為

- 既有橫交道路，路幅狹窄，採立體交叉設計、並改善地區道路、提升交通安全
- 箱涵式擋土牆，節省經費，提供河谷段吊梁組裝空間

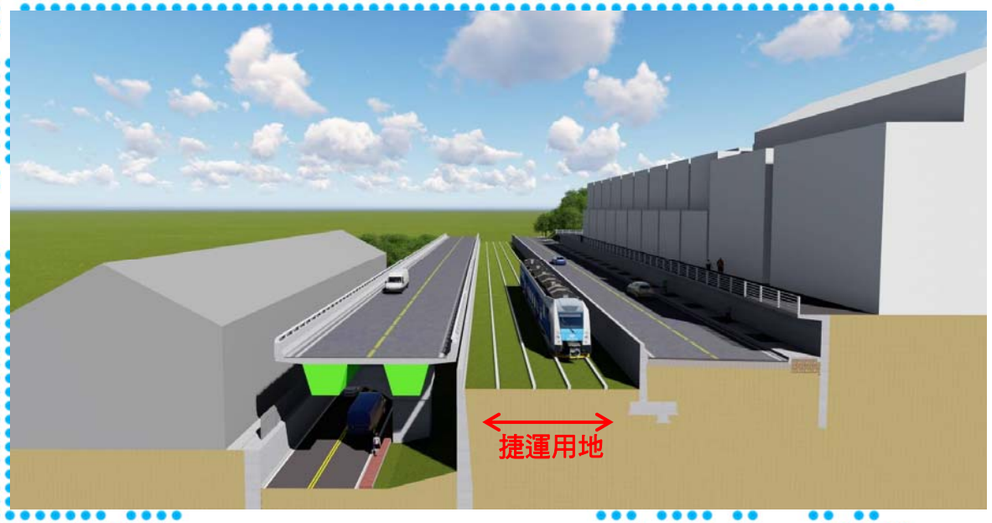
高差大、便道施作不易

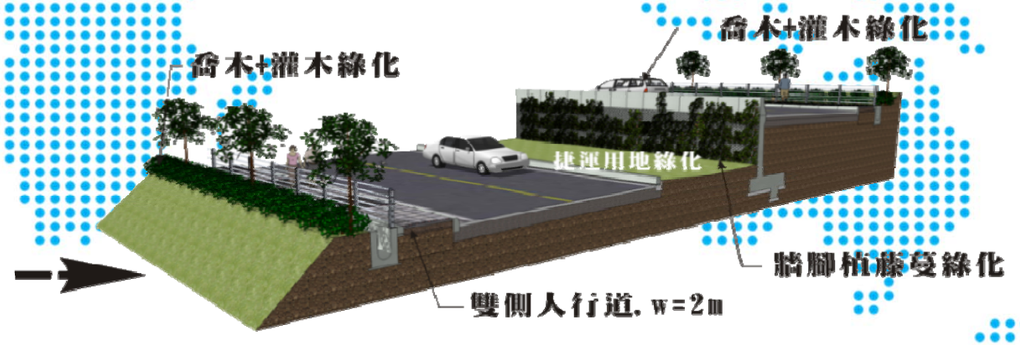




三、工程創意作為

採南北向不等高設計
減少鄰房開挖深度，避免鄰損事件



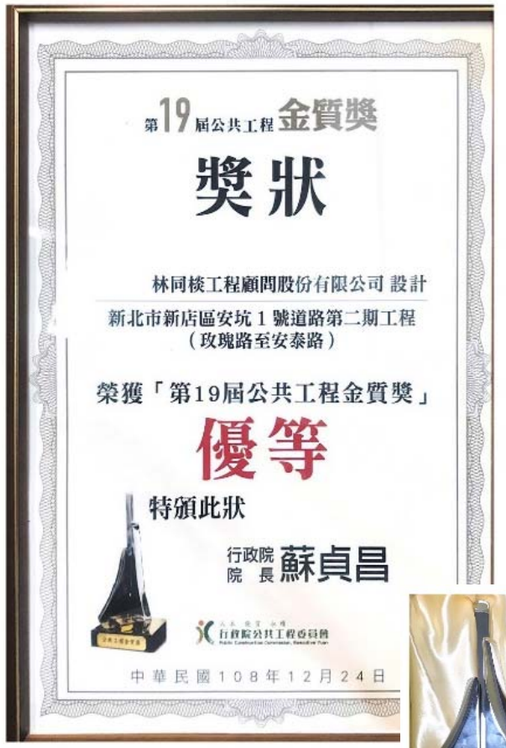


結 語

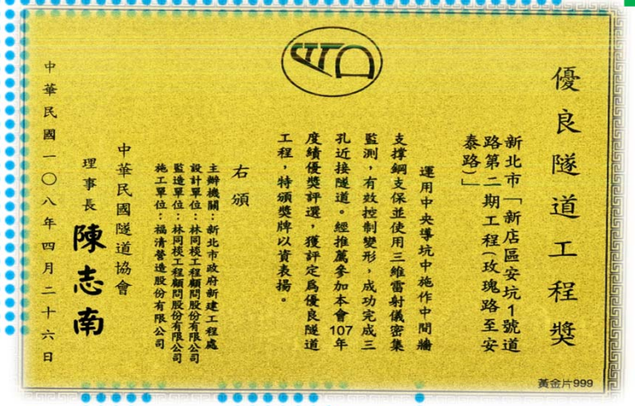
- 安坑隧道受限路廊用地僅40公尺，但需容納2條公路隧道及1條捷運隧道，使三孔隧道間距僅約1.5公尺，隧道沿線岩體單壓強度極低，增加開挖風險
- 為克服軟弱岩體，設計階段即廣邀專家學者集思廣益，採用**雙中央導坑搭配RC中間牆，配合主隧道小斷面側導坑開挖**，以維安全。
- 本工程具**淺覆蓋、岩體強度極低、多孔近接**等特性，每一輪進開挖擾動皆會影響周圍已完工隧道及地表邊坡，圍岩變形行為複雜
- 應用**3D光達掃描**，監測工作面附近及擾動影響範圍，量化分析圍岩及地表變位狀況，除應用於隧道開挖警戒，亦回饋提供開挖調整依據

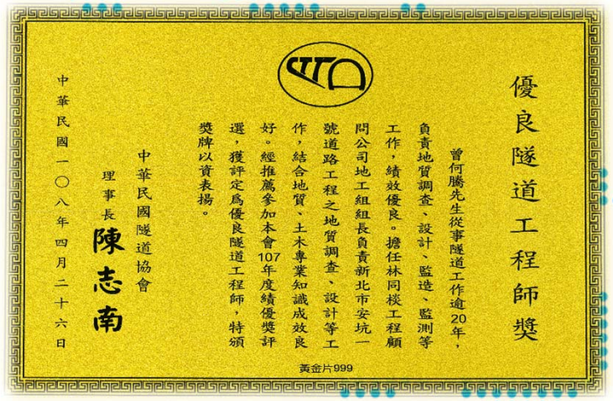
工程獎勵

金安獎佳作

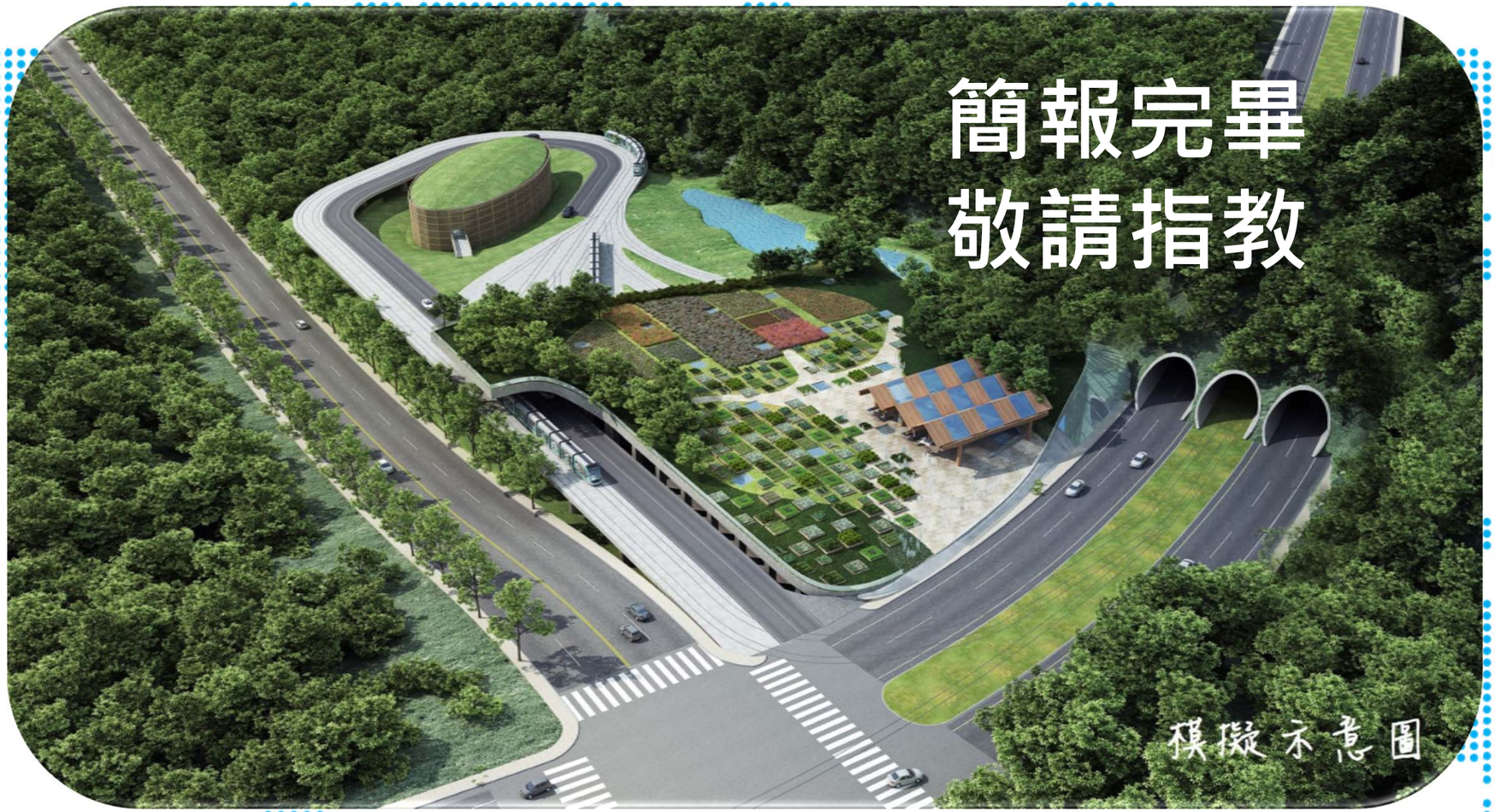


金質獎優等





優良隧道工程獎


簡報完畢
敬請指教
模擬示意圖