

智慧化隧道維護管理系統展望

財團法人中興工程顧問社
大地工程研究中心
蕭富元

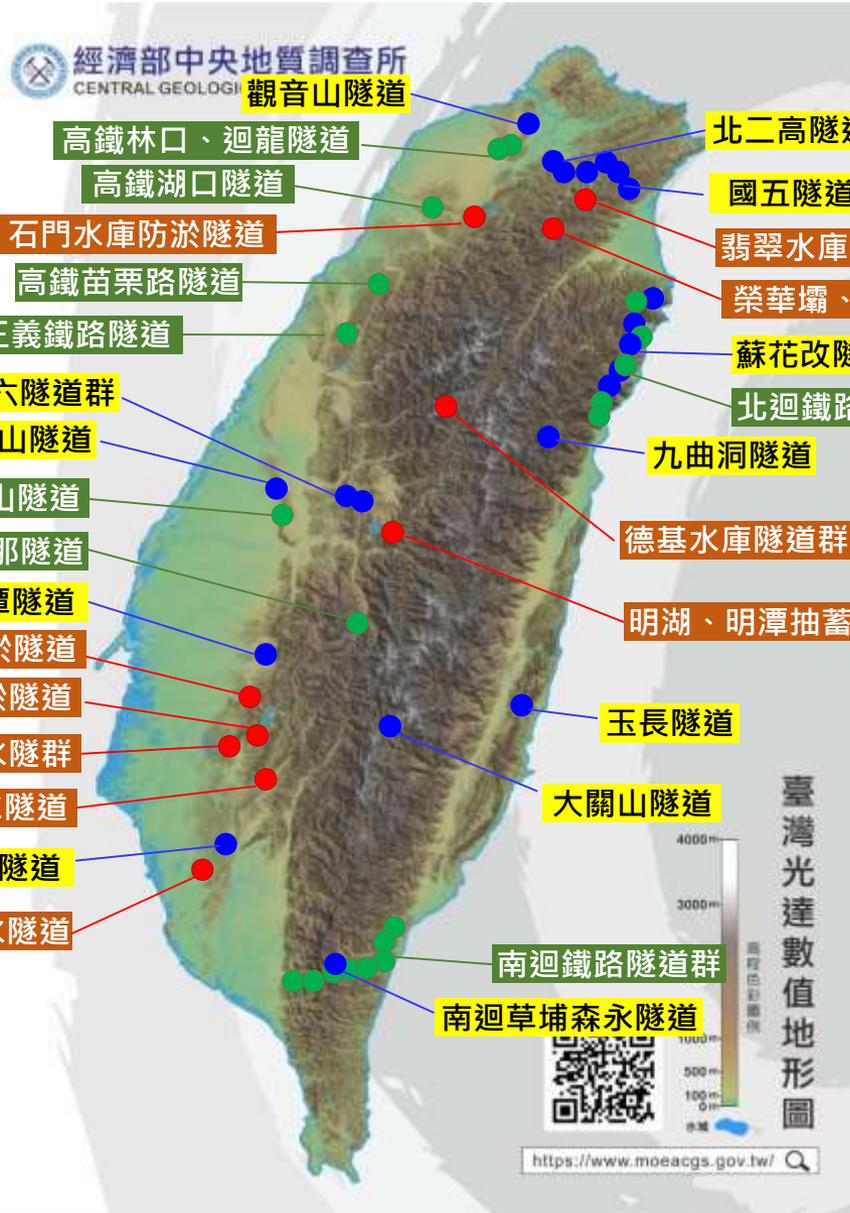
台灣隧道工程



獅球嶺隧道(劉銘傳隧道)
長度235m，1890年建成
迄今約130年，被列為古蹟
鐵路隧道



台灣隧道工程

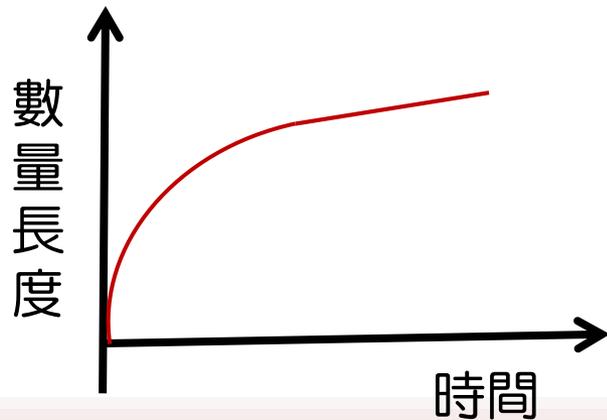


台灣山岳面積約占75%
鐵公路運輸及水利建設與
隧道密不可分

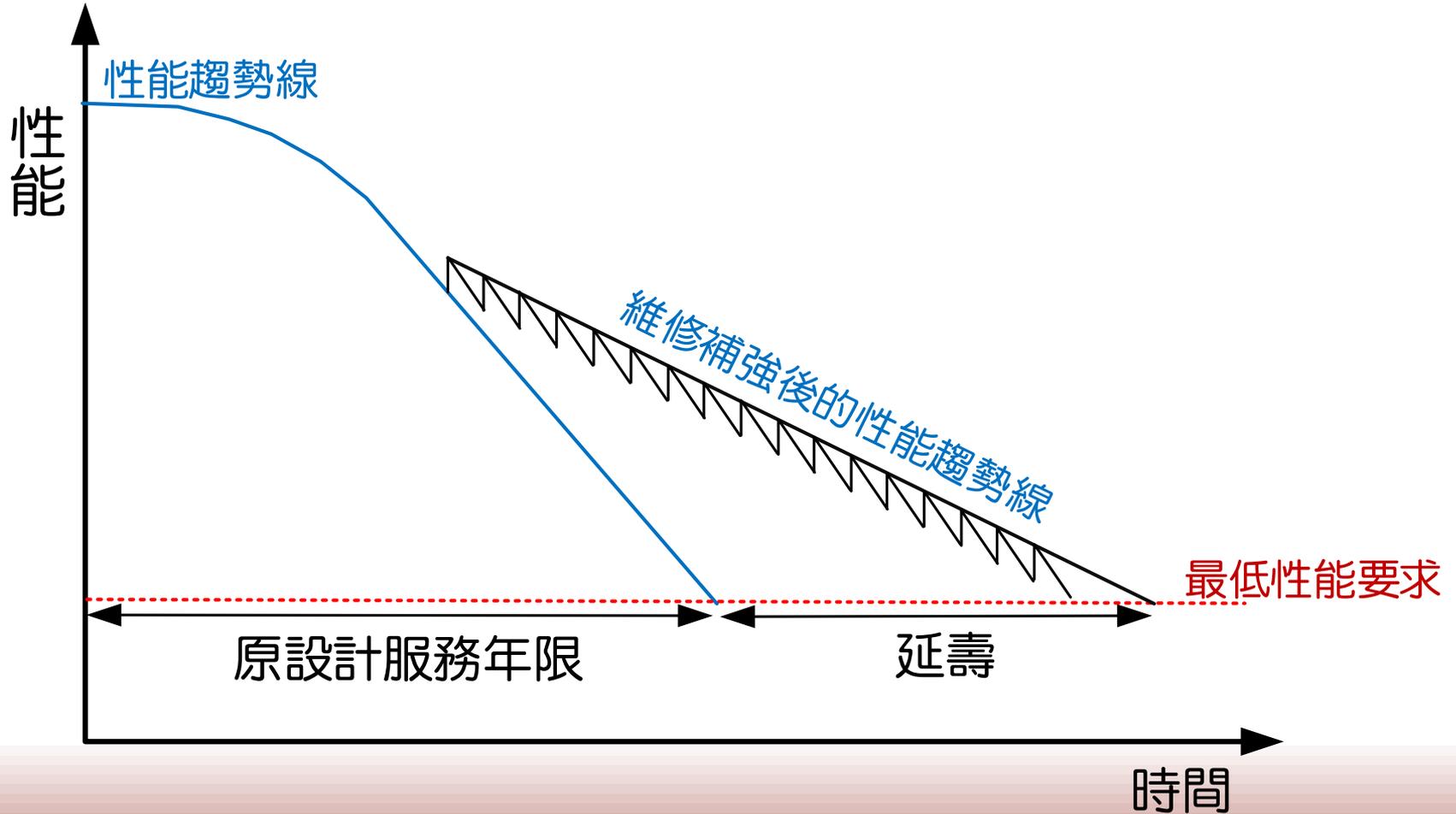
中華民國隧道協會資料：
台灣山岳隧道總長度已超
過800公里

隧道數量與長度持續增加

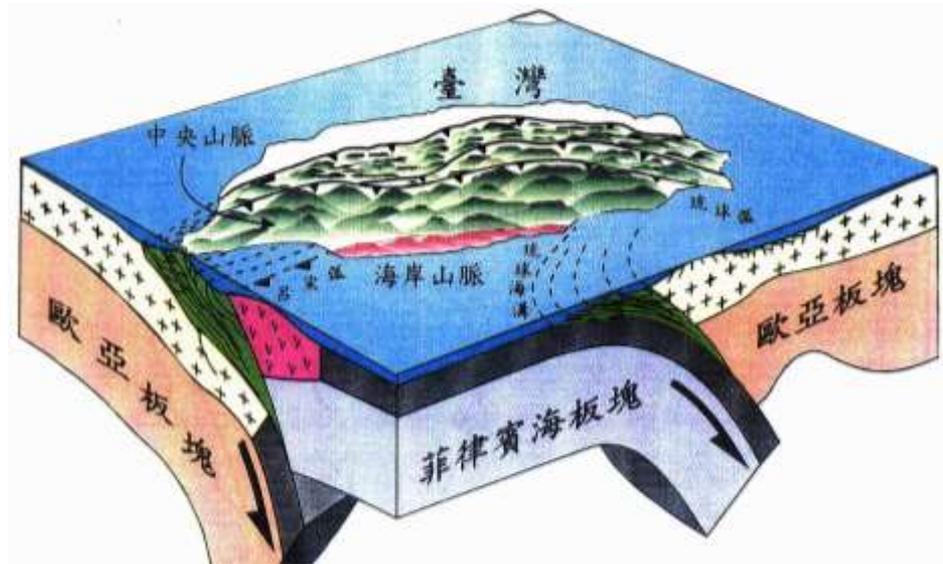
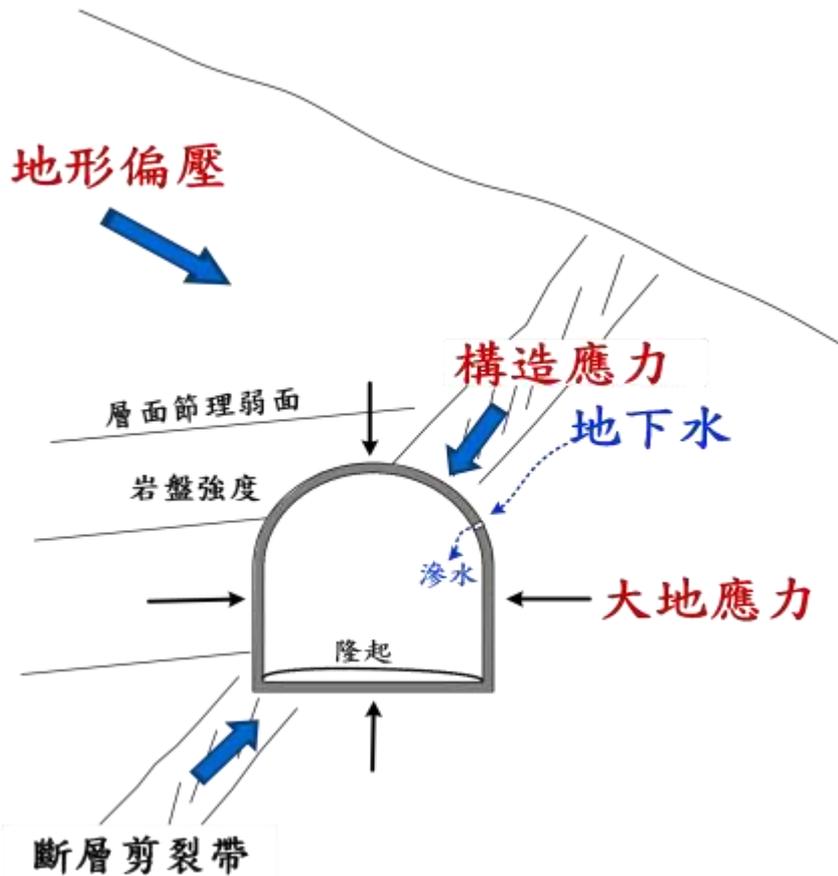
- 台北捷運隧道營運長度已逾185公里，各都會區捷運隧道及鐵路地下化工程建設仍持續興建
- 水庫防淤隧道(曾文水庫、石門水庫、南化水庫、白河水庫..)、引水隧道(烏山頭水庫、湖山水庫..)持續興建，陸續完工
- 交通部公路總局年報資料，台灣公路隧道長度於104~107年以每年約10公里速率增加



建設之後-面對課題



台灣隧道維護管理挑戰



- 時間
- 環境
- 外力

隧道營運常見問題



隧道營運常見問題



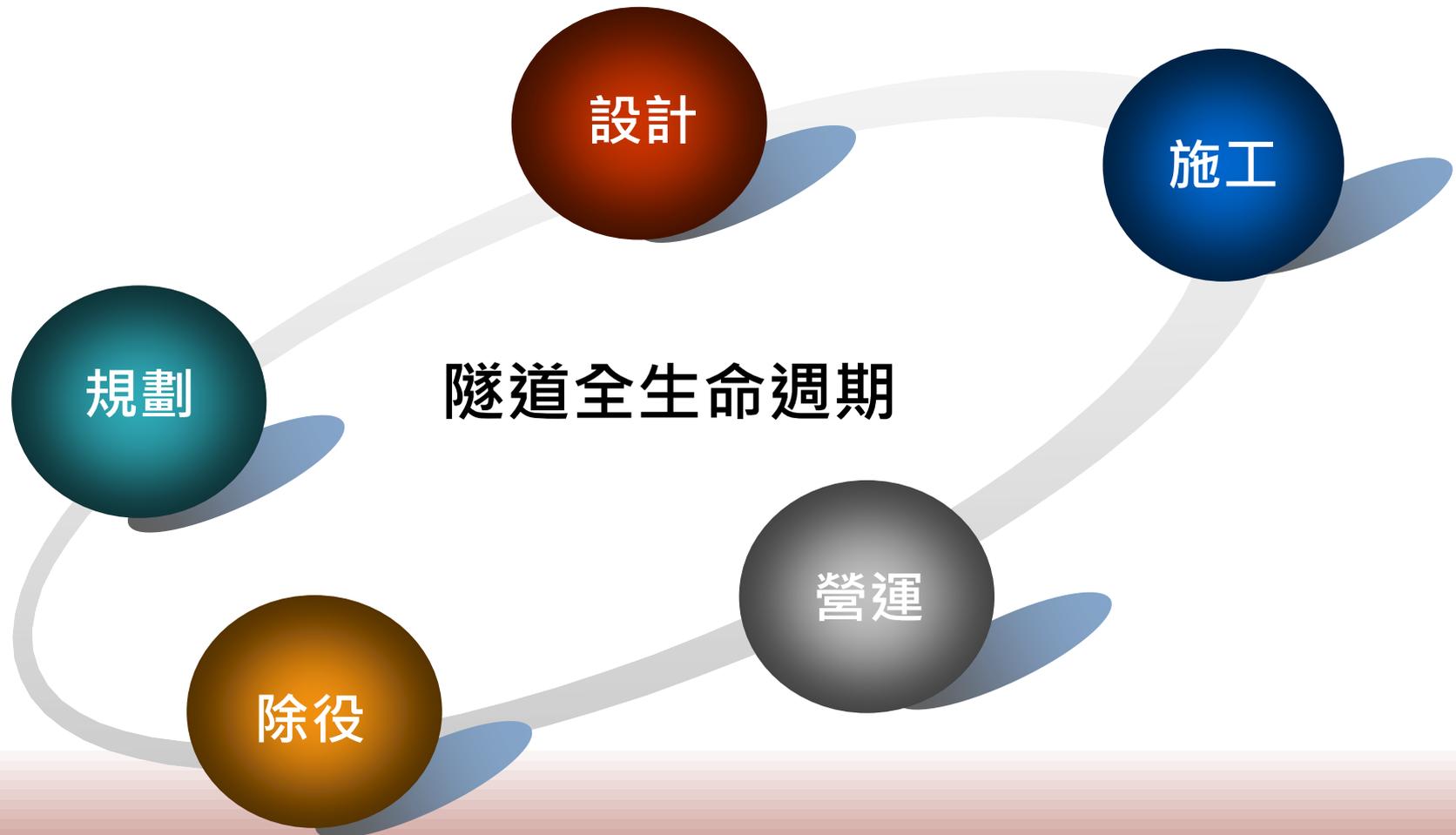
隧道服務功能降低甚無法繼續營運

⇒ 將對交通運輸及社會衝擊甚大，問題常非短期內可克服

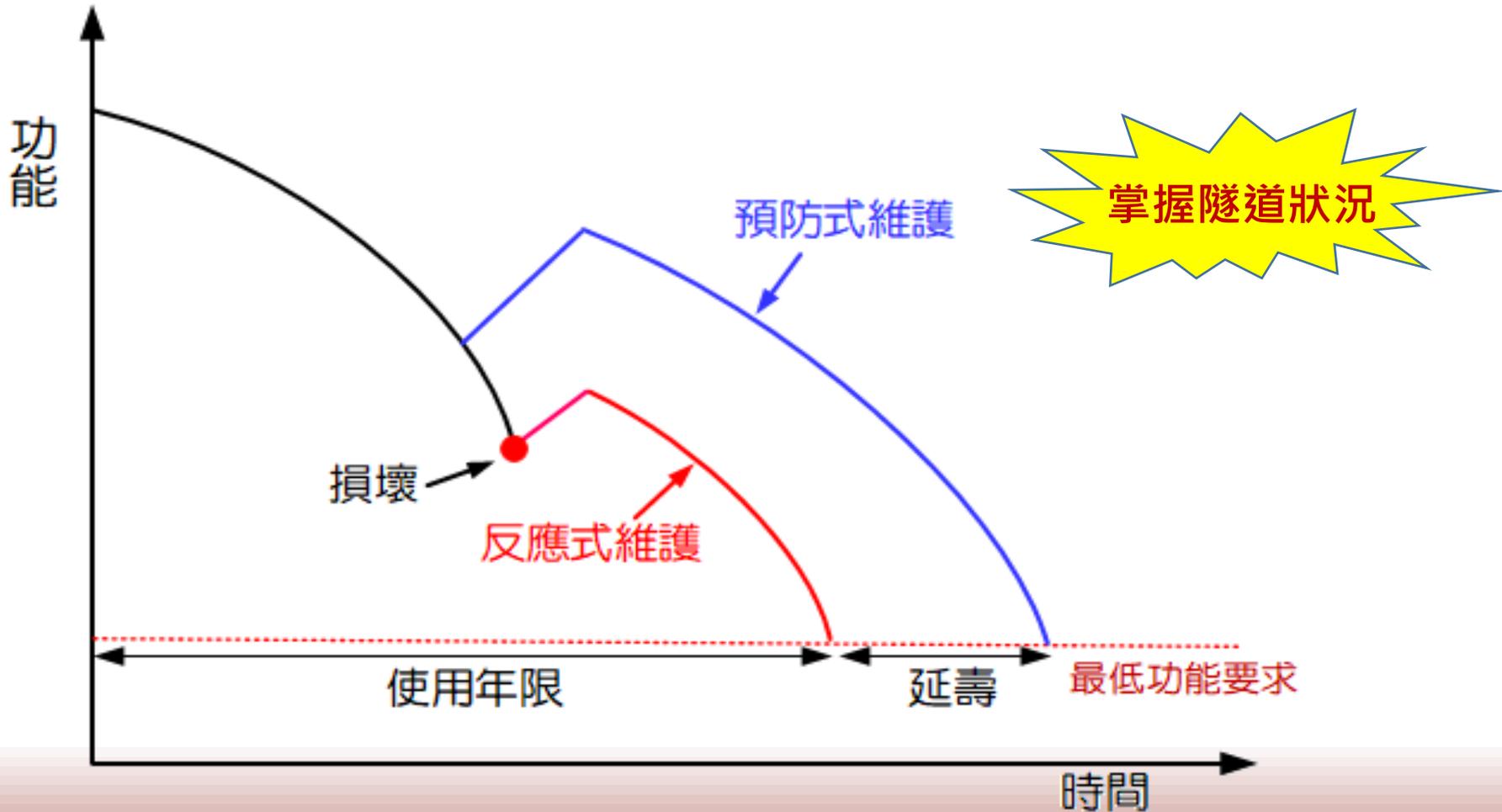


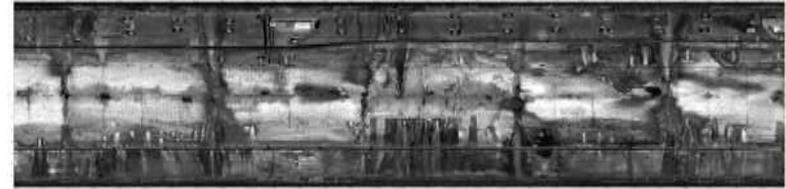
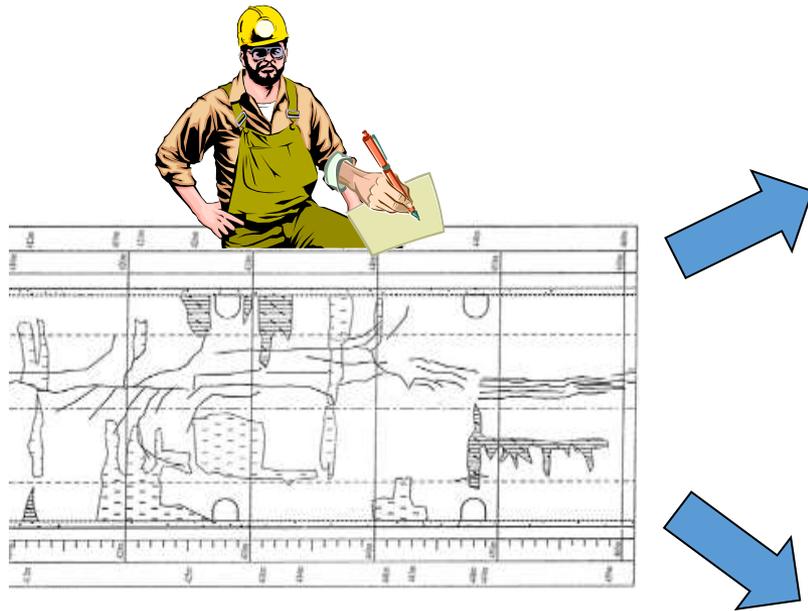
隧道營運維護管理
重要任務與艱鉅挑戰

隧道維護管理涉及層面



國際上隧道維護管理思維，已由以往損壞後被動因應維修方式，轉化為「**維護預防**」與「**延壽**」導向

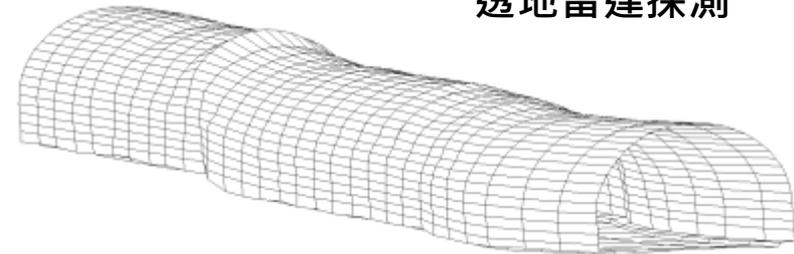




LiDAR影像掃描



透地雷達探測



精密測量

技術進步→更精確詳實資料

→時間序列、空間位置

→複雜巨量資料

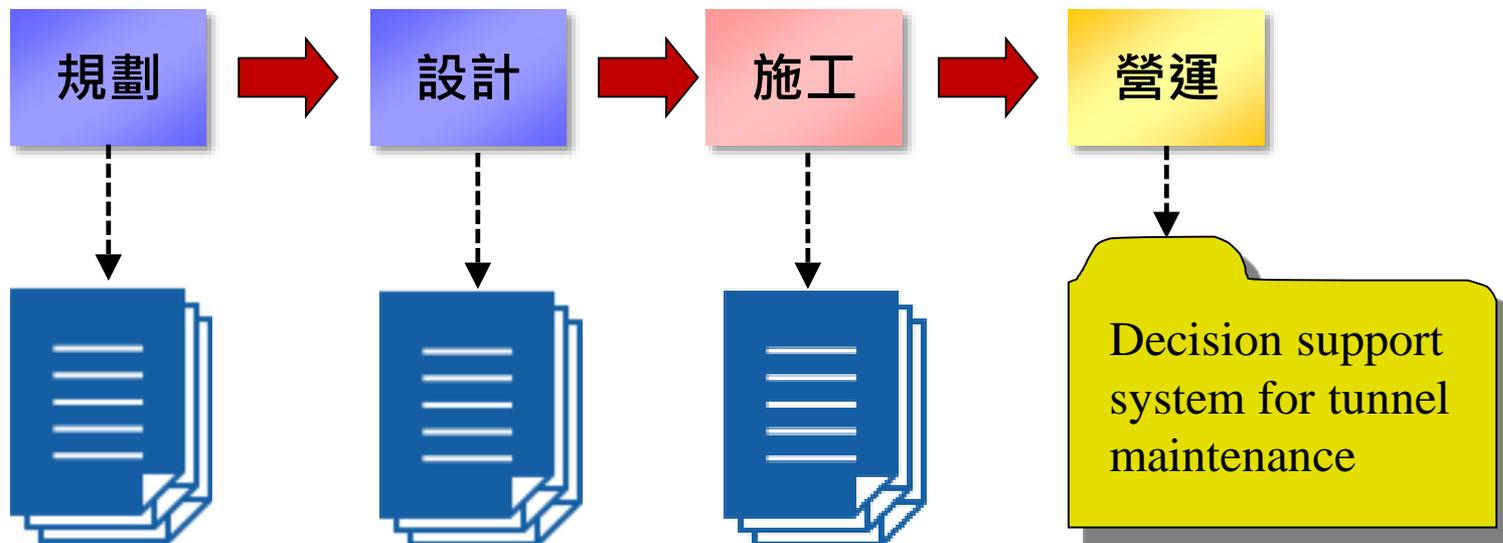
(整合、分析、儲存、查詢..)

資料庫系統化維護管理



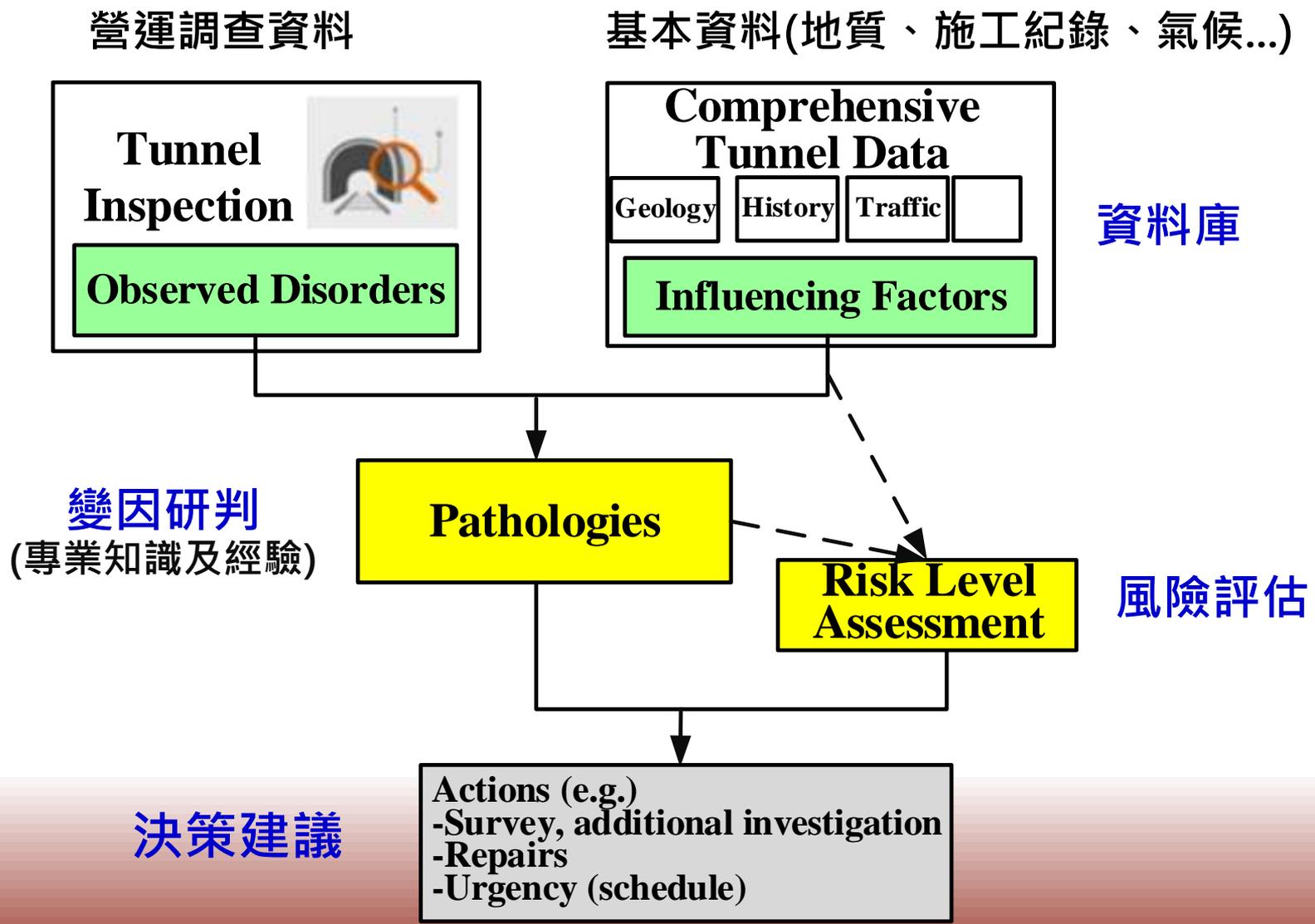
- 2012~2017年，歐洲 法國、英國、德國、瑞士、荷蘭、義大利、西班牙、希臘、愛沙尼亞9國，21個單位共同推動

NeTTUN(New Technologies for Tunneling and UNderground works)



隧道維護管理
決策輔助系統

隧道維護管理決策系統(Decision support system)





交通部臺灣區國道高速公路局
Taiwan Area National Freeway Bureau, MOTC

高公局-國道隧道維護管理系統

烏塗隧道南口

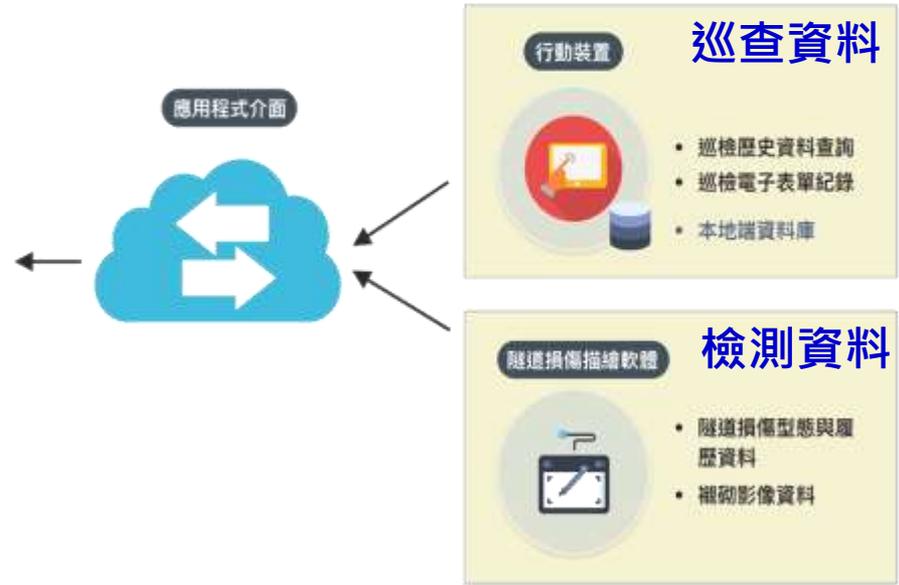
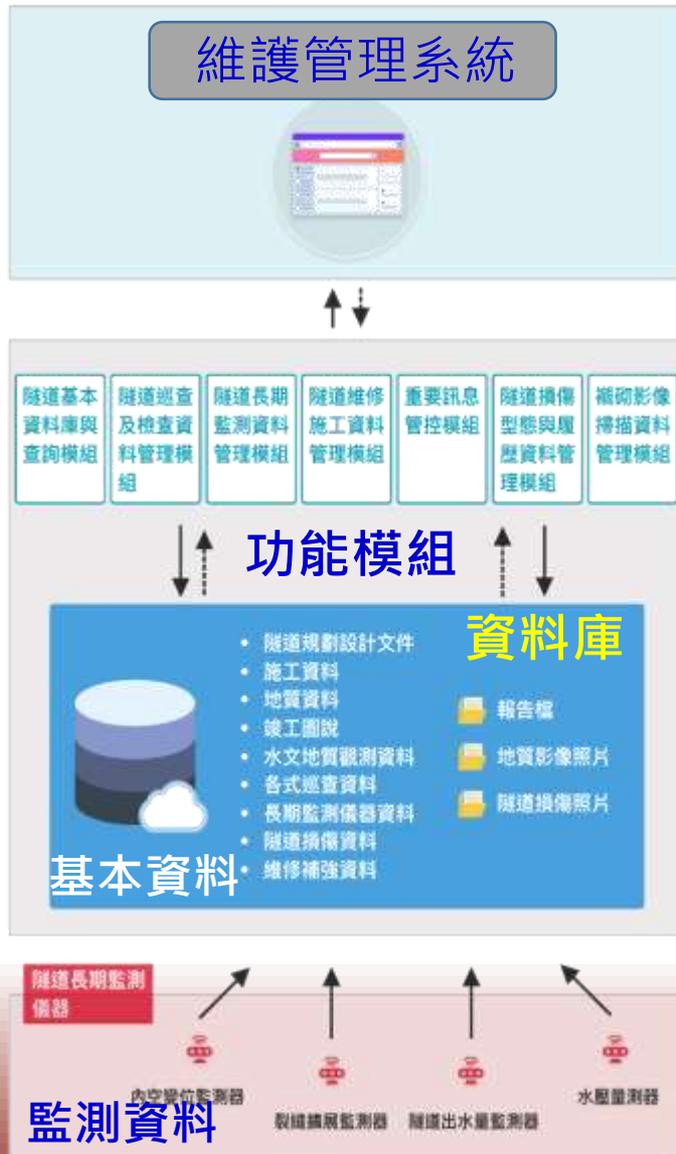
- 2011年針對國道5號隧道特性，委託財團法人中興社開發
- 2013年底完成，2014年初上線運作
- 2017年系統擴展應用至全台國道隧道
- 目前持續辦理系統功能擴充



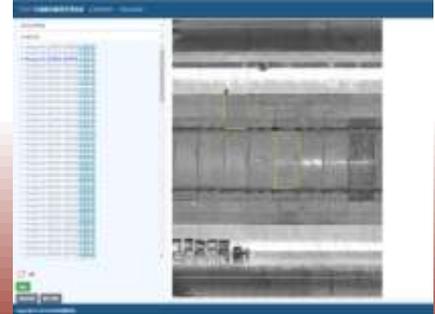
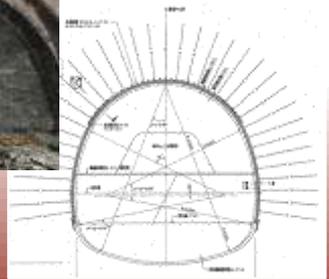
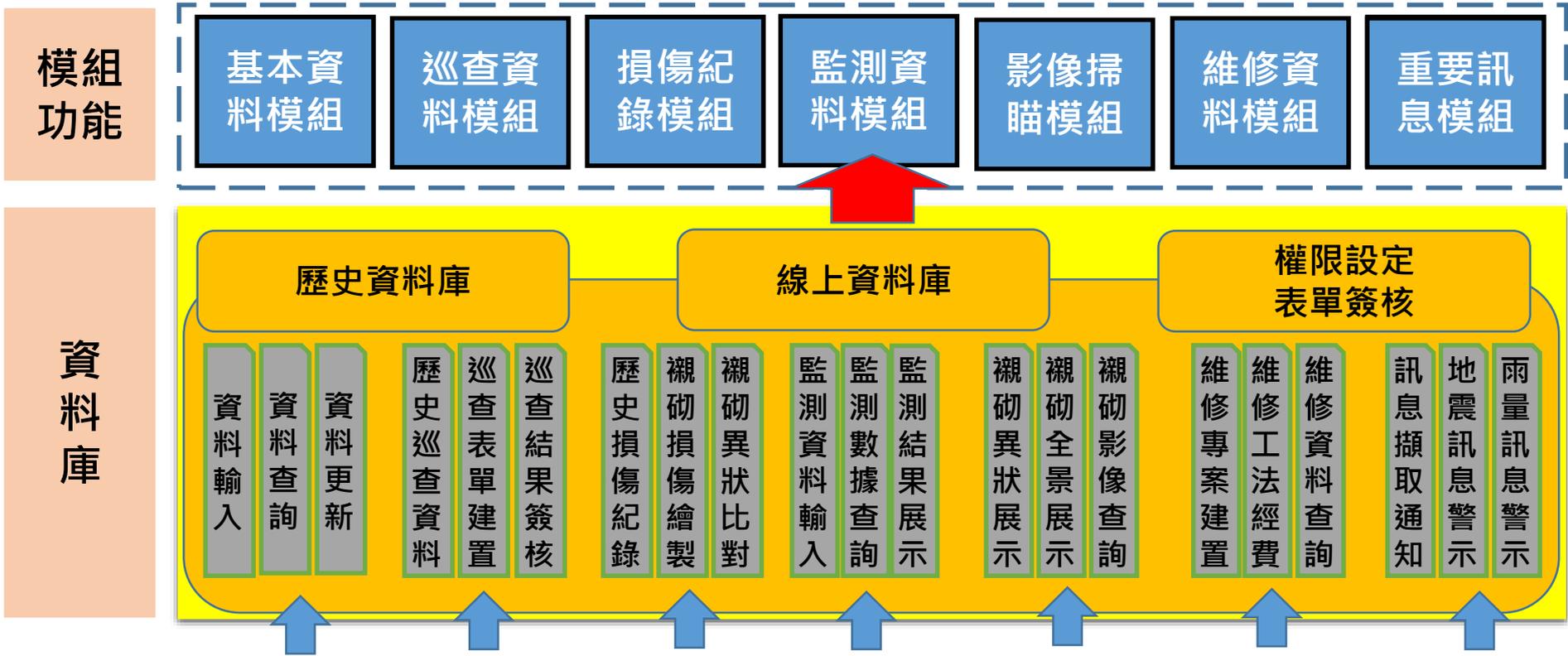
公路總局隧道維護管理系統

系統架構-全網路版

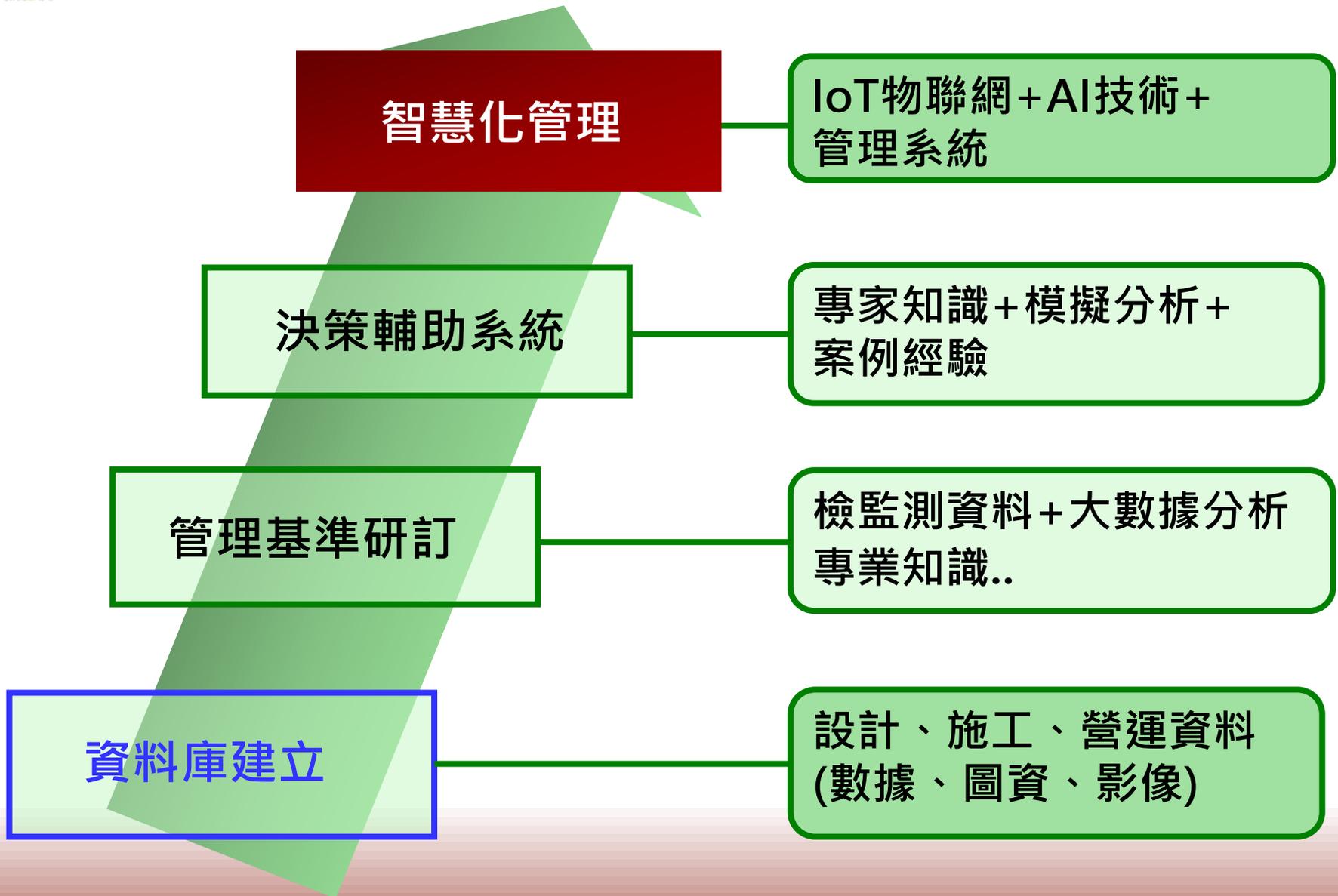
財團法人中興社負責開發



公路總局隧道維護管理系統

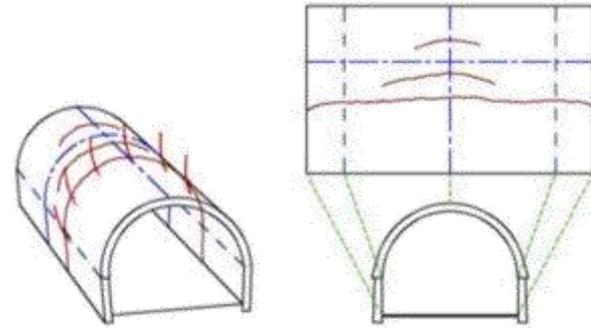


日期	位置	類別	狀態
2015-01-01	第一區	巡查	正常
2015-01-02	第一區	巡查	正常
2015-01-03	第一區	巡查	正常
2015-01-04	第一區	巡查	正常
2015-01-05	第一區	巡查	正常
2015-01-06	第一區	巡查	正常
2015-01-07	第一區	巡查	正常
2015-01-08	第一區	巡查	正常
2015-01-09	第一區	巡查	正常
2015-01-10	第一區	巡查	正常
2015-01-11	第一區	巡查	正常
2015-01-12	第一區	巡查	正常
2015-01-13	第一區	巡查	正常
2015-01-14	第一區	巡查	正常
2015-01-15	第一區	巡查	正常
2015-01-16	第一區	巡查	正常
2015-01-17	第一區	巡查	正常
2015-01-18	第一區	巡查	正常
2015-01-19	第一區	巡查	正常
2015-01-20	第一區	巡查	正常
2015-01-21	第一區	巡查	正常
2015-01-22	第一區	巡查	正常
2015-01-23	第一區	巡查	正常
2015-01-24	第一區	巡查	正常
2015-01-25	第一區	巡查	正常
2015-01-26	第一區	巡查	正常
2015-01-27	第一區	巡查	正常
2015-01-28	第一區	巡查	正常
2015-01-29	第一區	巡查	正常
2015-01-30	第一區	巡查	正常
2015-01-31	第一區	巡查	正常

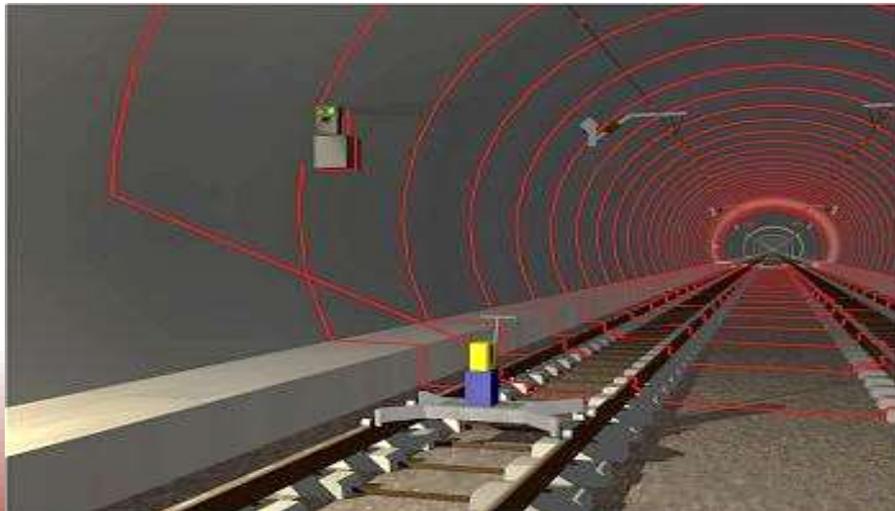




智慧化系統展望-新科技技術導入



LiDAR影像掃描取代目視手繪紀錄





隧道損傷異狀直接在掃描影像判釋註記

本期檢測專案選取 2014南迴線電氣化土建工程_隧道安檢工 - 結構體名稱 主隧道 - 繪製區域 豎面

掃瞄影像目錄 64431.14-64461.14
 掃瞄影像檔名 D:\電檢OR影像資料\035全線隧道\image_064431142_064461142.tif

作業模式選取 新增模式 編輯模式

掃瞄編號 自動編號 手動編號 1

異像編號標示 標頭結語繪製

縮放比例 0.2

- 裂縫 (<0.5mm)
- 裂縫 (>0.5mm)
- 錯動或分離
- 擠壓裂痕
- 浮起、剝離
- 剝落後痕跡
- 骨材外露
- 漏水
- 滲水(微滲)
- 積水、沉砂
- 剝脫物/白華
- 施工遺失效
- 導水工失效
- 壁體變形
- 路面隆起
- 路面沉陷
- 鋼筋外露
- 照片位置
- 磁磚剝落
- 漏管
- 漏管、剝落?
- 清管

起點里程	終點里程	異像編號	異像種類	繪製區域	異像描述	檢測里程判定	異像尺寸 (m/m ²)	特別記錄	現場照片	建議維修
M030	M030	2	裂縫 (>0.5mm)	左側壁		乙	1.82		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
M030	M030	3	裂縫 (<0.5mm)	左側拱頂		乙	2.89		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
M031	M031	1	滲水(滲漏)	左側壁		乙	1.81		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
M031	M031	2	滲水(滲漏)	左側壁		乙	1.79		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

公路總局|隧道管理系統 專案管理 攝影影像查詢 異狀抽驗 異狀查詢

SanYi

- SanYi_161150-161175
- SanYi_161175-161200
- SanYi_161200-161225

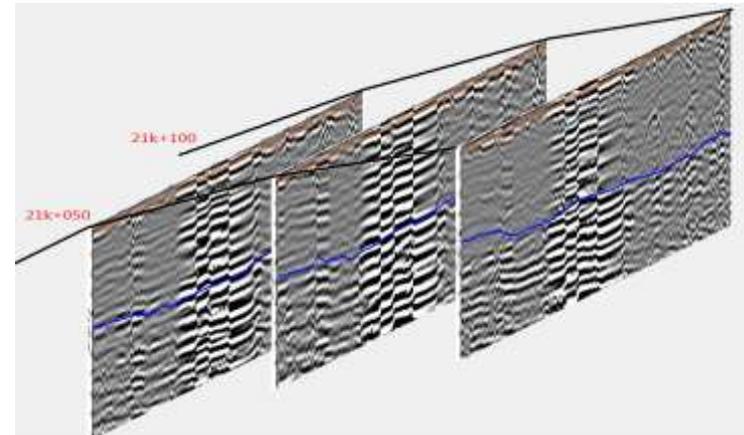
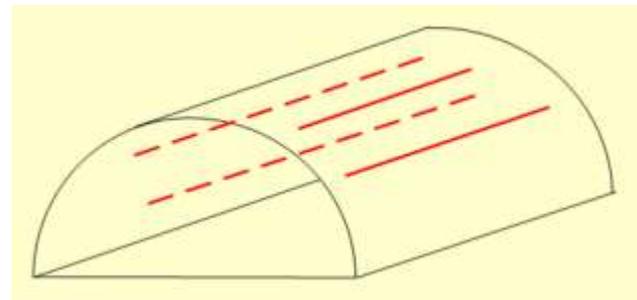
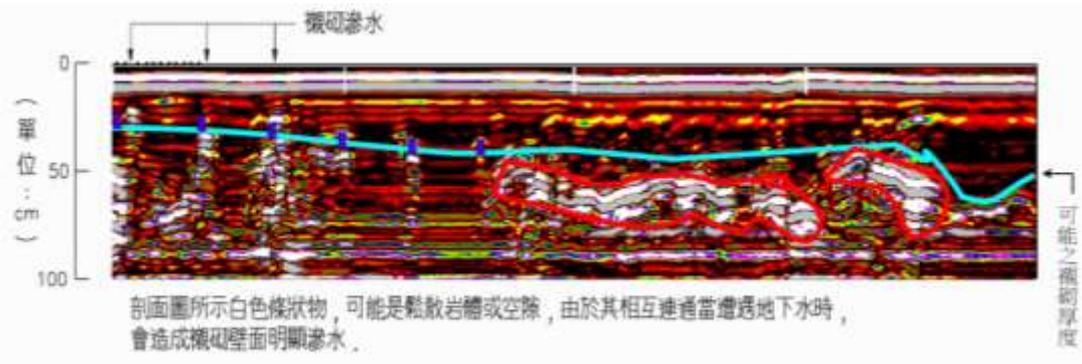
全景影像

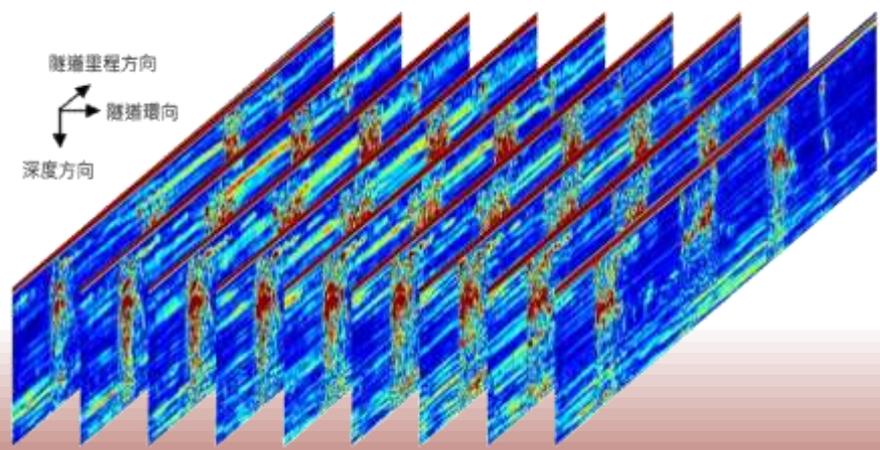
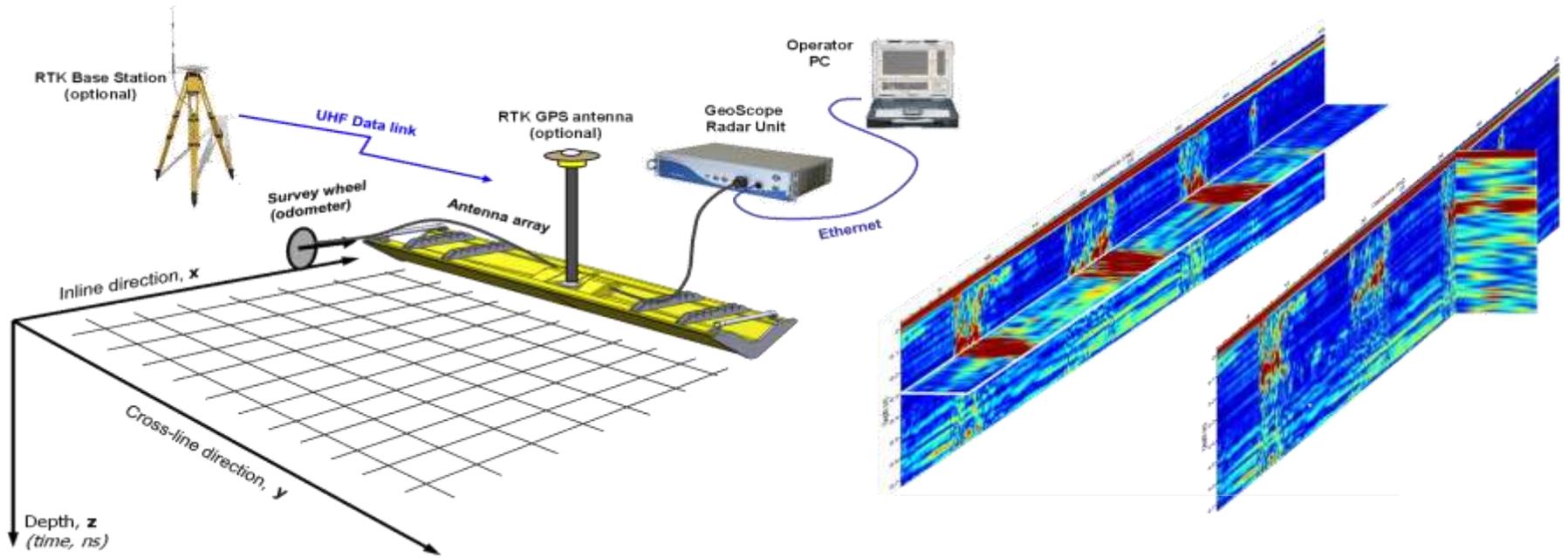
異狀位置

異狀屬性資料

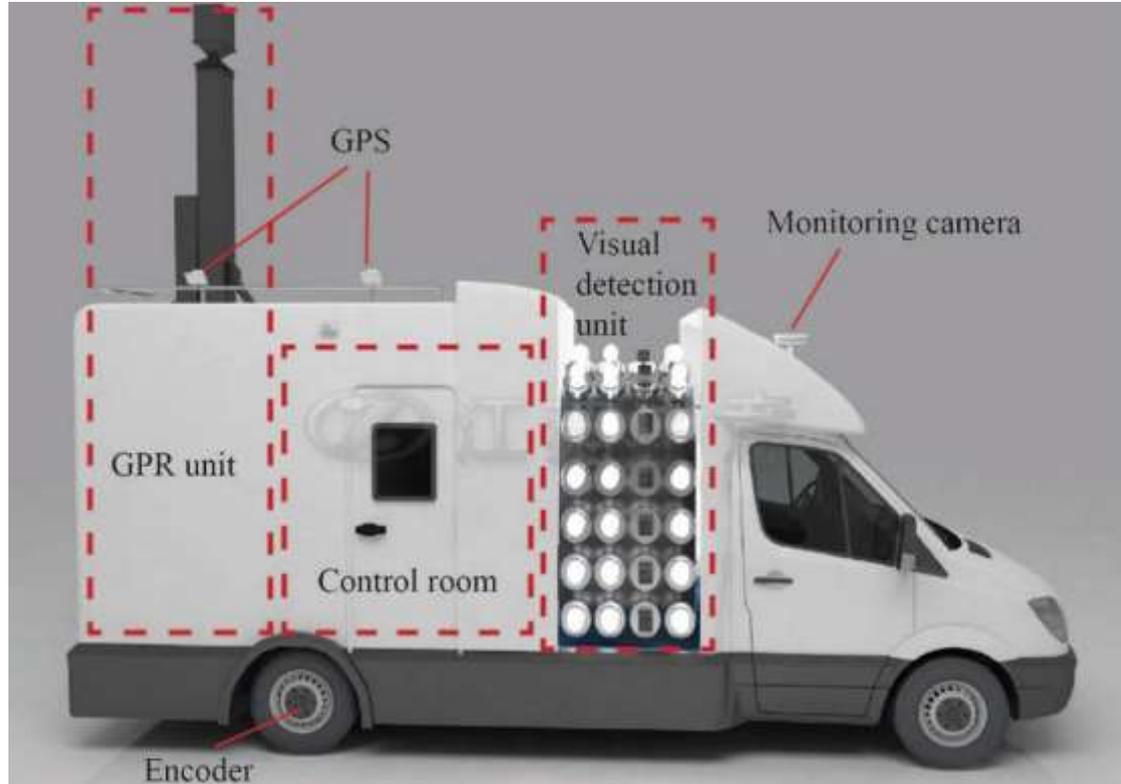
異狀編號	異狀種類	異狀面積	異狀長度	異狀寬	起始里程	結束里程	出露區域編號	安全等級判定
SA_C001_161166	C	0.598	23.838	0	161165.3	161166.3	5	甲
SA_C002_161155	C	0.00809	23.838	0	161154.5	161154.6	3	甲
SA_C003_161159	C	2.26242	23.838	0	161158.6	161159.1	4	乙

Copyright © CYTech 公司 版權所有





智慧化系統展望-新科技技術導入



多種項探查儀器組合安裝於一個行動設備

智慧化系統展望-新科技技術導入



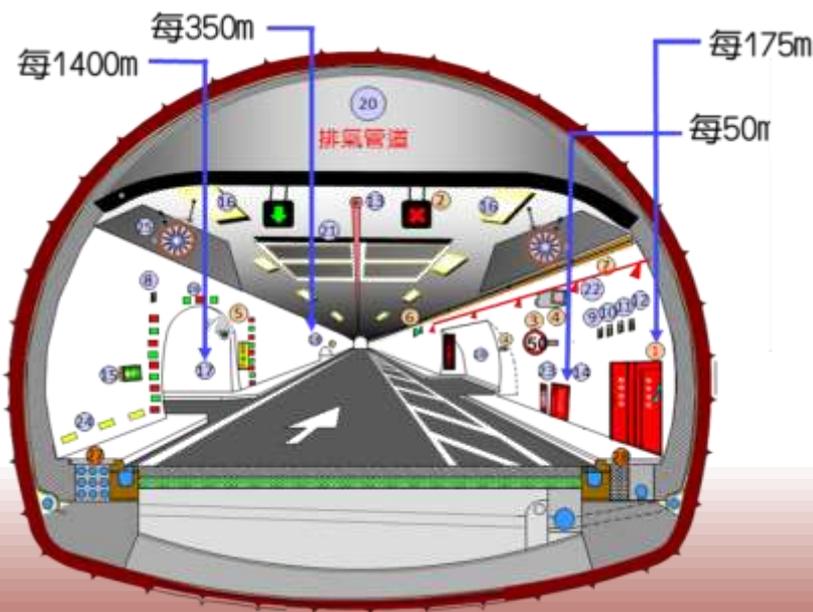
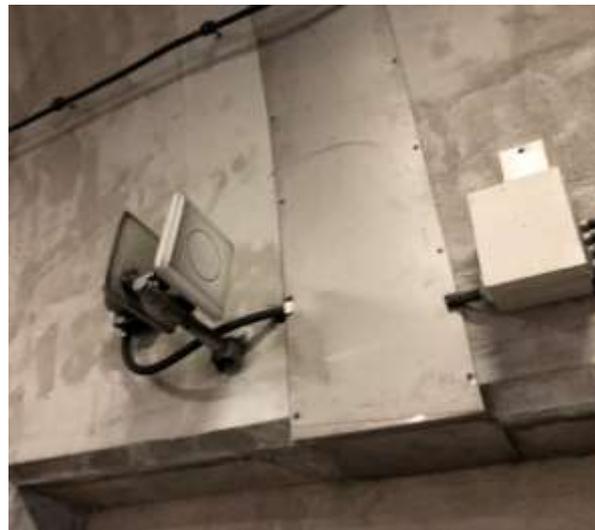
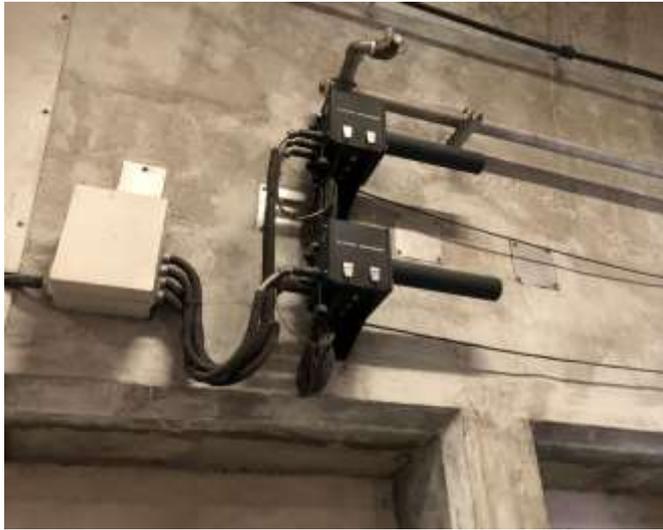
自走式機器人：

結合數位相機、雷射掃描、IMU定位等多項設備，可於隧道地下空間移動探查；並透過大數據深度學習，建立隧道異狀自動判釋功能，協助工程師作業

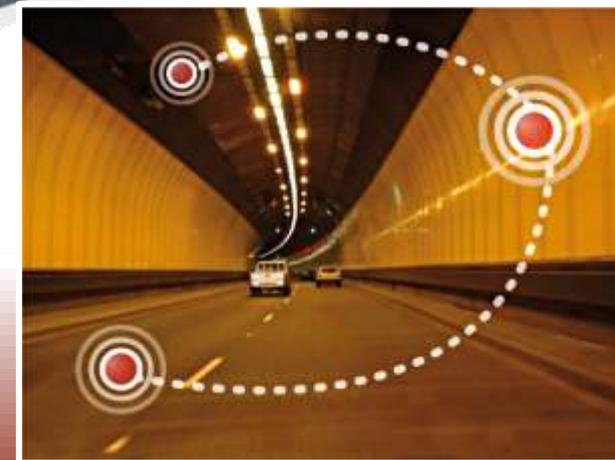
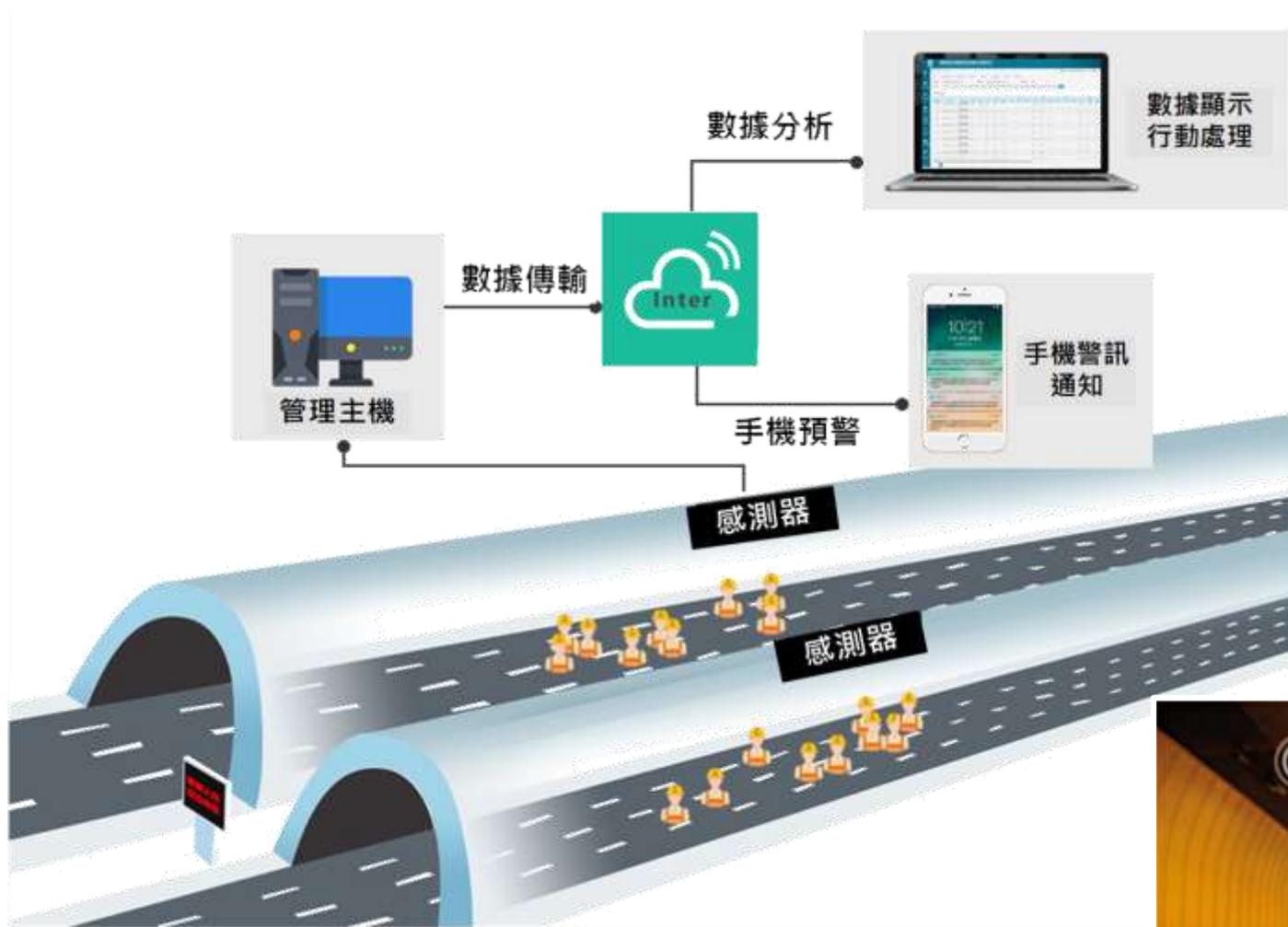


智慧化系統展望-IoT物聯網技術

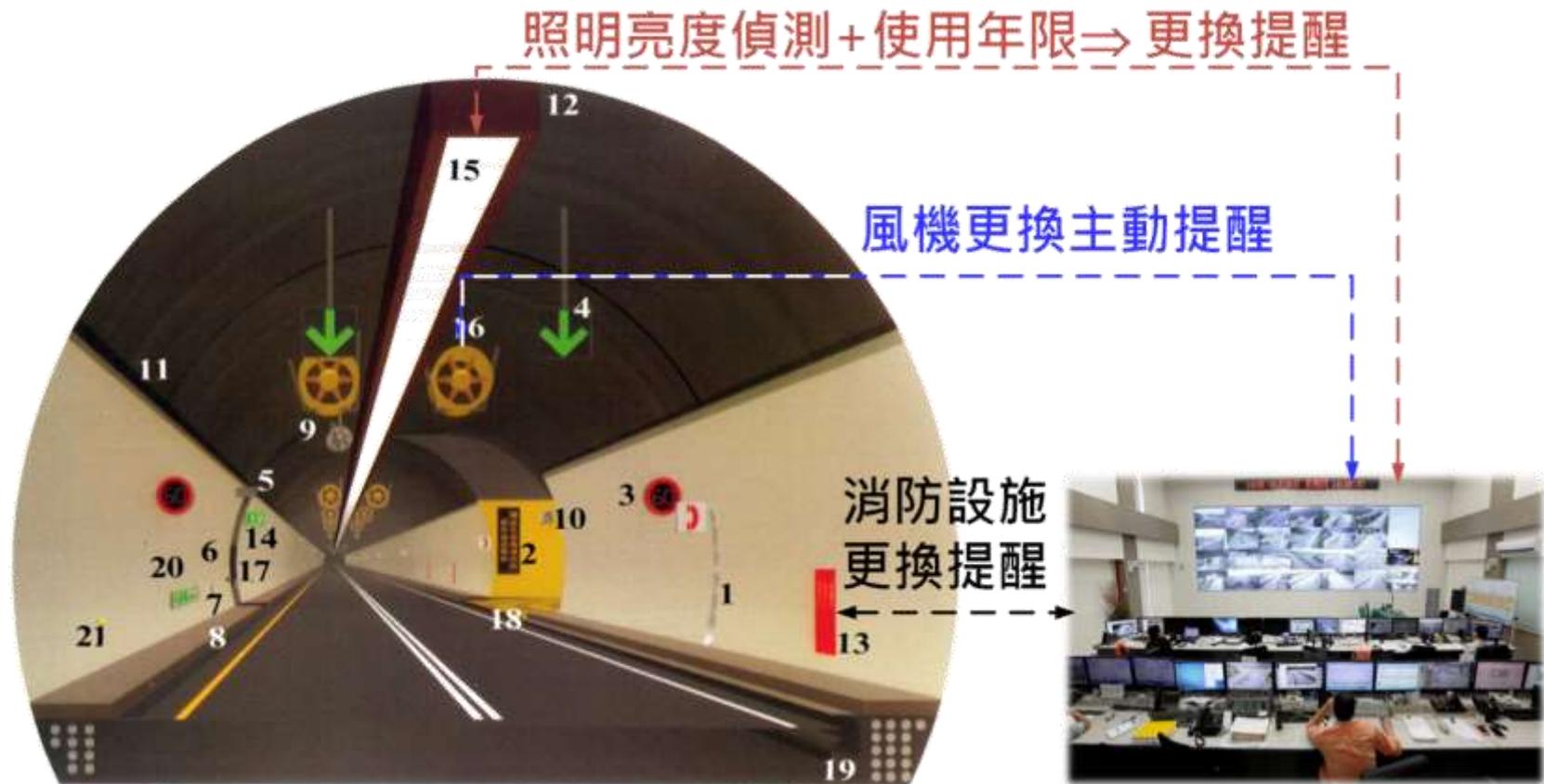




- | | | |
|---------------|-------------|------------|
| 1 緊急電話 | 8 溫濕度計 | 20 排氣管道 |
| 2 車道管制號誌 | 9 一氧化碳偵測器 | 21 通風排氣口 |
| 3 速限可變標誌 | 10 氮氧化物偵測器 | 22 水霧噴頭 |
| 4 固定式攝影機(IID) | 11 煙塵偵測器 | 23 水霧自動閥 |
| 5 旋轉式攝影機 | 12 風速風向偵測器 | 24 火災緊急照明燈 |
| 6 廣播器 | 13 火警偵測器 | 25 噴流式風機 |
| 7 無線電漏波電纜 | 14 消防栓箱附滅火器 | 26 逃生門標示燈 |
| 27 高壓管道 | 15 避難方向指示燈 | |
| 28 低壓交控管道 | 16 照明燈具 | |
| | 17 車行連絡通道 | |
| | 18 人行連絡通道 | |
| | 19 緊急避車彎 | |



設施管理作為主動提醒



安全舒適節能的行車環境

影像式輝度計



機房

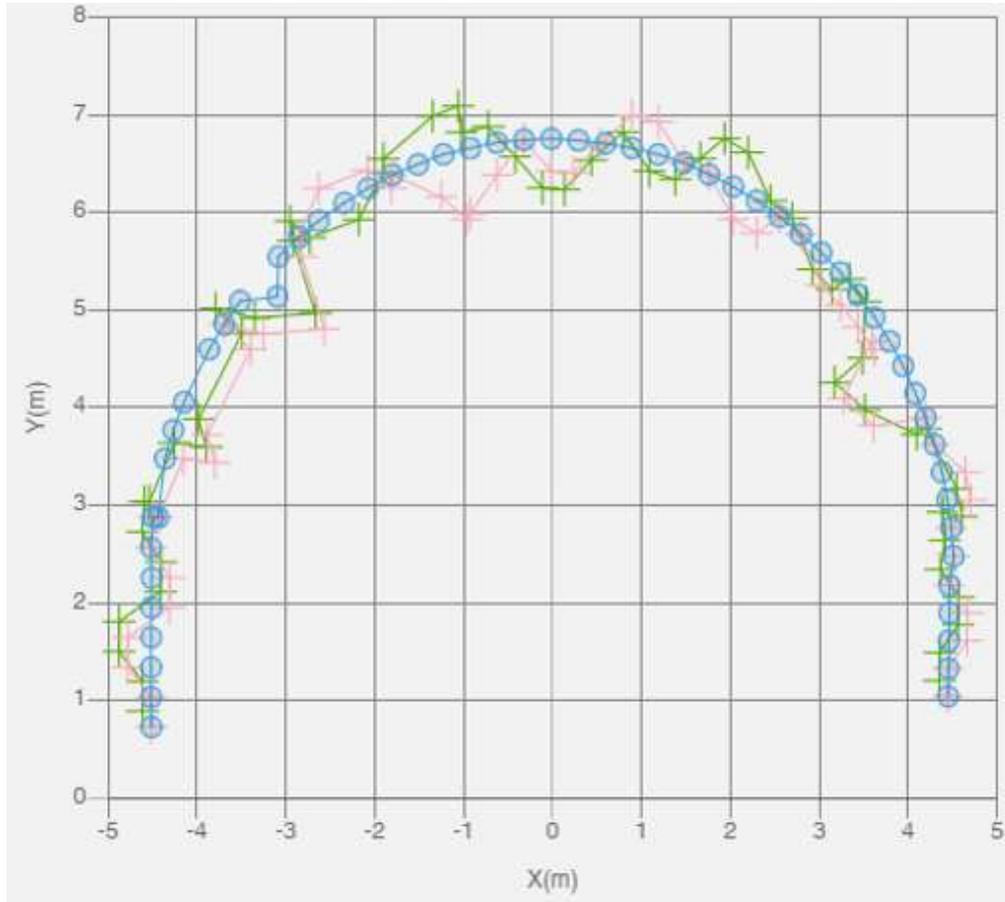
隧道內LED燈具



調光控制系統



開關箱設備



各式監測儀器 掌握隧道結構安全

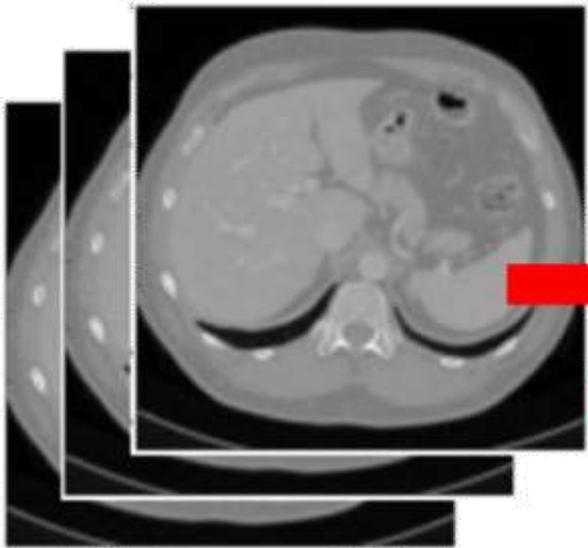


智慧化系統展望-複雜巨量資料儲存與解析



AI人工智慧應用於隧道巨量複雜檢測 資料解析與判釋

腦部斷層掃描(CT)
影像



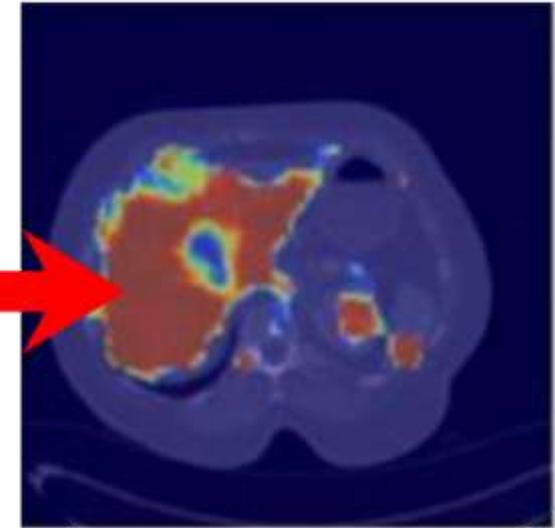
隧道影像、波傳..資料

卷積深度學習模型
(CNN)



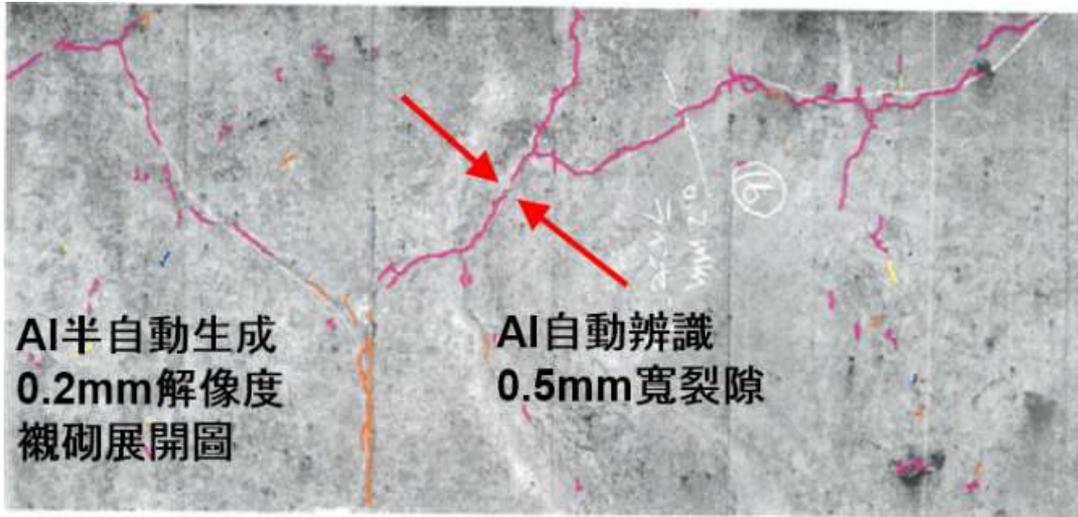
AI深度學習

經AI標註可能病變區域後
的影像



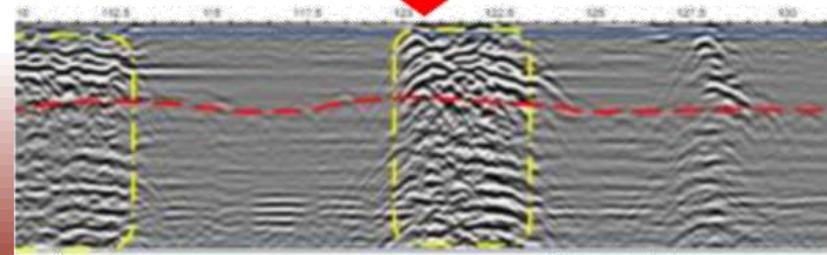
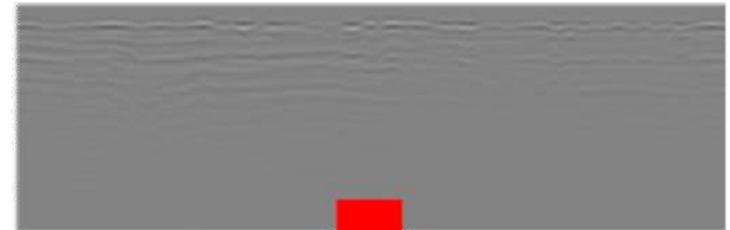
AI隧道異狀研判

AI人工智慧應用於隧道巨量複雜檢測 資料解析與判釋

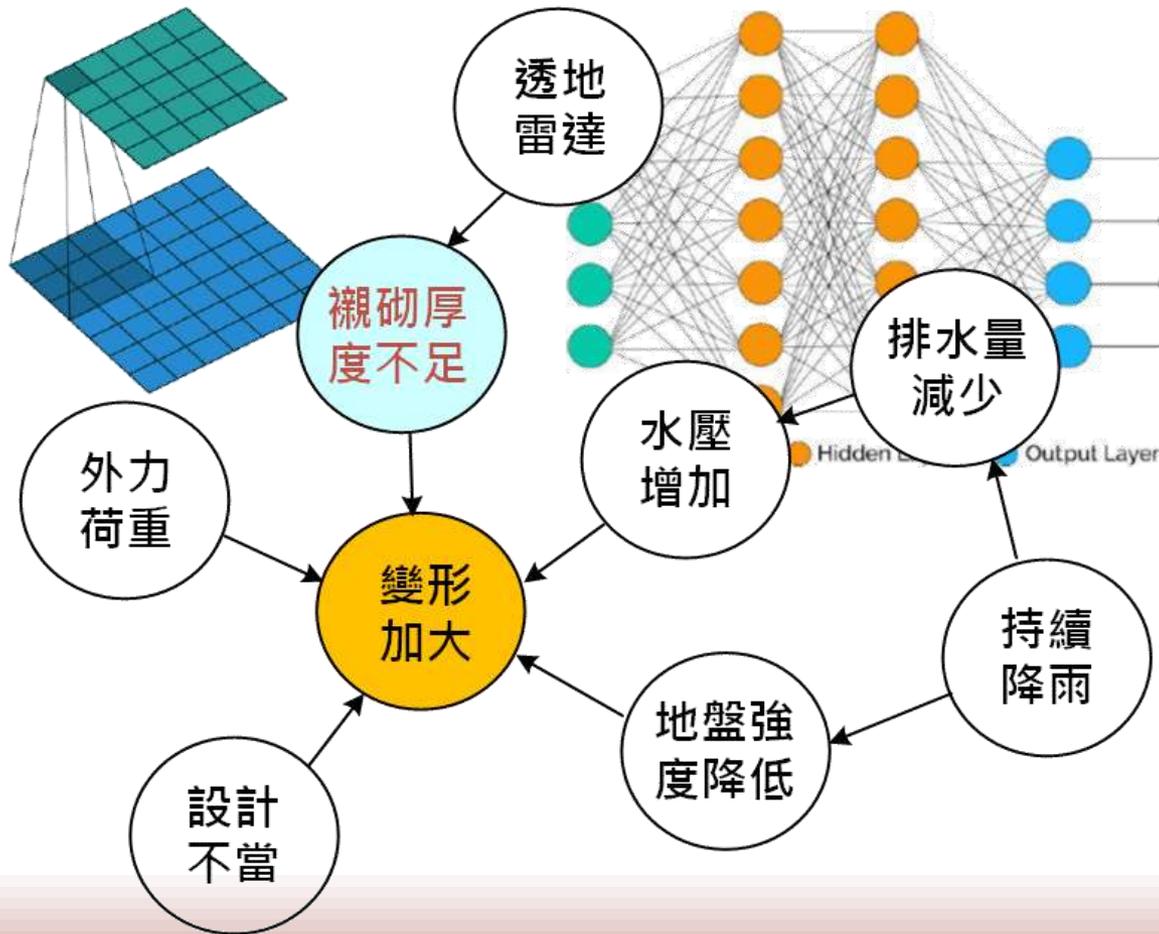


襯砌點雲掃描資料處理判釋

透地雷達資料解析



AI人工智慧應用於隧道異狀診斷



智慧化隧道維護管理實現指日可待



智慧化結構安全診斷

智慧化營運效能管理

智慧化通風照明節能

智慧化重要事件通報

智慧化避災引導疏散



感謝聆聽 期待智慧生活



蕭富元 博士/資深研究員

財團法人中興工程顧問社

大地工程研究中心

TEL: (02)8791-9198 ext.398

E-mail: fuyuan@sinotech.org.tw