

國道隧道維護管理系統之規劃與開發

李國榮* 洪世勳** 高憲彰*** 林賜忠**** 王進成*****

摘要

國道高速公路路網目前已大致完成並進入維護管理階段，高速公路局著眼於公路相關結構體如邊坡、橋梁及隧道之安全及永續經營，除持續執行相關維護作業外，亦同時進行維護管理策略之擬定及研究。該局為能有效執行隧道之維護管理工作，以確保隧道營運功能的正常運作及安全，特委託中興社規劃並開發一套能符合隧道全生命週期思維並可提昇維護管理效率，增強管理決策的『國道隧道維護管理系統』。初步是希望藉由統整隧道之設計、施工、安全檢查、監測及維修等資料，並涵蓋國道 5 號所轄隧道之維護管理資料的管理系統，後續則希望推廣至國道全線隧道之維護管理工作。其目的除便於相關資料之建置、保存及查詢外，更希望對於此一海量資料可再運用各類資料探勘方法，從既有資料擷取或統計有用資訊，提供後續新檢監測技術及維護管理策略調整及研究之參考。

關鍵字：隧道維護管理系統、安全檢查、全生命週期、雪山隧道

一、前言

近年來，由於受到極端氣候影響，往往造成公共工程結構物受到破壞，並可能導致生命財產的損失。因此結構物設施維護管理思維亦逐漸從著重於施工進而延伸至營運階段的全生命週期品質及風險管理的觀念。而隧道為因應民生及交通需求而興建的結構體，雖然受地表外在環境因素影響較小，但由於結構體係穿山而過，除受到施工品質的良窳影響外，其周圍岩體的地質特性、構造、地下水及地震等外力均可能造成影響。因此考量隧道之永續經營，避免影響營運及維護社會大眾行的權利，有必要建立一套完整的隧道結構檢測、評估、維修之維護管理策略，並提供隧道管理單位作為日常之檢修依據與參考。

目前國內高速公路已通車路段共有 58 座隧道，總長度約為 81.319 公里。其中國道 5 號所轄雪山隧道全長達 12.9 公里，共包含 58 條坑道，為目前全世界極具規模之雙孔公路隧道群。由於國道隧道規模龐大且地質條件特殊，因此為有效執行隧道之維護管理工作，交通部臺灣區國道高速公路局北區工程處（以下簡稱北工處）委託財團法人中興工程顧問社（以下簡稱中興社）規劃及開發一套符合隧道全生命週期思維的『國道隧道維護管理系統』（以下簡稱本系統），以協助營運中隧道維護管理工作之執行與檢監測資料之完整儲存，並作為後續維護策略改善及新技術研究之資料來源，進而提昇國道沿線隧道維護及檢修效率。

* 中興工程顧問社大地工程研究中心高級研究員
 ** 中興工程顧問社大地工程研究中心前正研究員
 *** 中興工程顧問社大地工程研究中心副主任
 **** 交通部臺灣區國道高速公路局北區工程處頭城段段長
 ***** 交通部臺灣區國道高速公路局北區工程處頭城段工程司

二、系統定位及維護管理資料庫規劃

(一) 系統定位

全生命週期品質管理的精神，除了將工程結構物生命週期各階段所產製資料完整有序的保存外，透過預先規劃後續階段運作之所需，慎選適合的檢監測技術及維護管理策略的落實與改進，達到回饋至整體工程改善的良性循環作用。

因此中興社於系統開發之初即針對營運中隧道，提出隧道維護管理策略及流程建議（見圖 1），包括：（1）維護管理策略建立：如維護管理手冊及系統建置；（2）執行階段：落實維護管理作業及新檢監測技術之研究與引進；（3）策略規劃/修正：目的在進行維護管理策略之最佳化及修正等；（4）回饋：回饋並改善現行維護管理作業等。藉以確認本系統之定位及階段任務。

目前國道 5 號所轄隧道已參考交通部臺灣區國道新建工程局建置的「雪山隧道維護管理手冊」執行例行性養護作業。本系統即參考該手冊之維護管理策略進行系統開發及資料庫建置。同時中興社亦自行委託辦理維護管理技術之先導研究，其成果將提供北工處後續維護策略修正與新檢監測技術之參考。

(二) 維護管理資料庫類別

本系統資料庫內容橫跨規劃、設計、施工及維護管理各階段的資料（見圖 2），所涵蓋資料種類及數量極為龐雜，包括：（1）興工階段資料：如設計與施工資料、地質與岩體評分資料等；及（2）營運階段資料：包括歷年之檢監測成果、維修補強紀錄、維護管理資源與設施及相關研究與文件等。因此資料庫架構經評估後採用關聯性資料庫模式，並根據資料來源、資料與系統關連性、資料變動特性及未來可能收集建置資料項目加以分類及建置，以利於後續系統之追蹤查詢功能開發。資料庫格式則採用目前廣泛應用於資料庫系統開發之 Microsoft SQL SERVER。

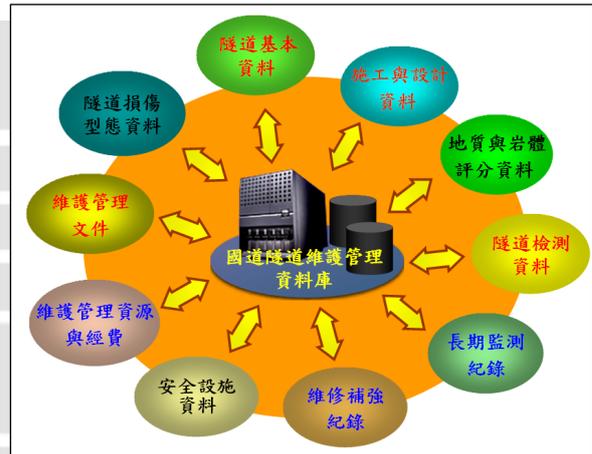


圖 2 國道隧道維護管理資料庫類別

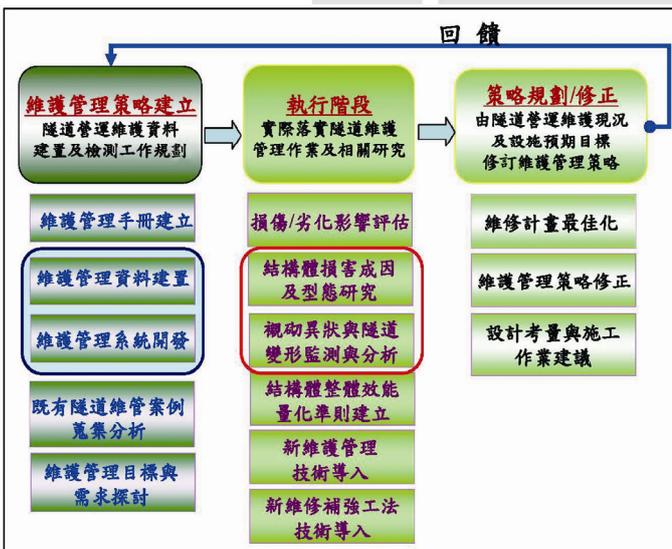


圖 1 隧道營運階段維護管理策略及流程

三、系統架構與預設使用者

本系統係以協助管理單位維持設施服務水準與操作穩定為開發目的，因此於進行系統架構及功能規劃時，即設定各項考量因素包括：（1）系統使用者類別及目的；（2）確保資料庫安全性與資料可信度；（3）資料查詢方便性；（4）檢測資料層級劃分，以簡化資料查詢上的困擾與複雜度；（5）安檢成果之資料格式、詳細度、正確性與記錄方便性；（6）安檢工作內容及各項作業頻率；及（7）檢測報表輸出自動化，以降低安檢所需耗費人力及費用等。

基於上述原則並依檢測對象（如隧道、豎井及機房等）及資料屬性（如目視巡檢、長期監測資料）的不同，分別規劃四類分具不同主要功能之子系統（見表 1），分別為（1）安檢資料記錄子系統；（2）維護管理資料建置子系統；（3）隧道資料管控子系統及（4）維護管理資料查詢子系統等。各子系統均可獨立運作，其中單機版子系統均具備匯出及匯入維護管理資料（XML 格式）功能，但僅有供系統管控人員使用的隧道資料管控子系統，具備將資料匯入伺服器端國道隧道維護管理資料庫功能，以達到資料管控目的。同時於各子系統及資料庫間架構一元件服務平台（DLL），目的在提高系統運行效率及資料庫安全性與資料存取功能之一致性，本系統整體運行架構如圖 3 所示。

表 1 各子系統主要功能與使用者規劃

子系統名稱	運行環境	預設使用者	子系統主要功能
安檢資料記錄子系統	單機版	安檢工作執行廠商	執行安檢工作現地記錄與資料整理、統計、維修建議及各式報表輸出
維護管理資料建置子系統	單機版	本團隊工作人員及安檢工作執行廠商	既有維護管理資料新增與編輯功能
隧道資料管控子系統	單機版	系統管控人員	安檢專案建立、安檢資料匯入及匯出
維護管理資料查詢子系統	網頁版	符合系統查詢權限人員，如管理決策人員、隧道安檢作業及研究人員等	既有維護管理資料之動態查詢、統計分析及資料下載功能

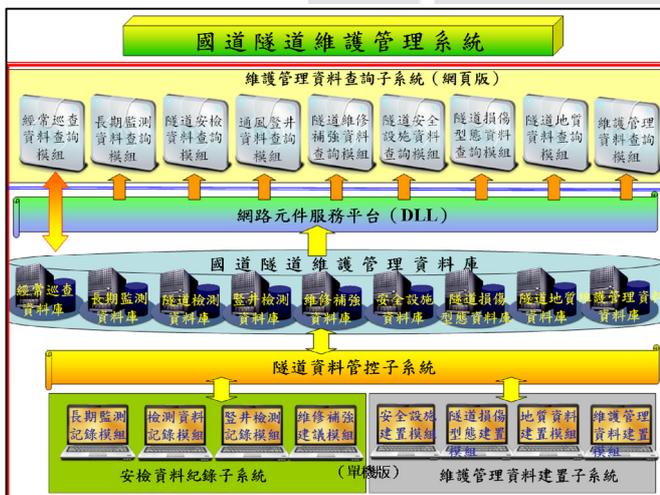


圖 3 系統整體架構與資料運行圖

四、子系統功能說明

（一）安檢資料記錄子系統

1. 子系統架構

本子系統開發目的為提供隧道例行維護作業之襯砌異狀與監測資料及安全評估與維修補強等紀錄之輸入及查詢軟體，共分為 6 個模組，分別為：（1）安檢專案管理模組；（2）檢測資料查詢模組；（3）安檢資料記錄模組；（4）長期監測作業模組；（5）維修決策作業模組及（6）安檢資料輸出模組等。子系統功能模組架構見圖 4。

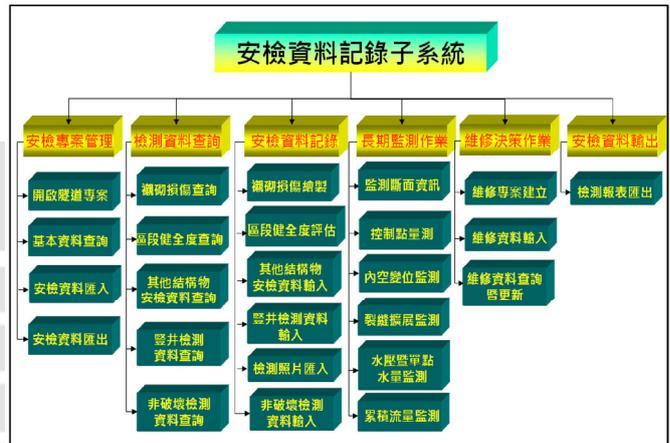


圖 4 安檢資料記錄子系統架構

2. 子系統功能介紹

（1）安檢專案管理模組

本模組主要為提供安檢專案基本資料查詢及安檢成果的匯出入功能，依其目的及功能分別建置 4 個子模組，包括：（a）開啟隧道專案子模組：選取作業隧道，以簡化系統執行流程及提高輸入資料歸屬之正確性；（b）基本資料查詢子模組：安檢專案及各作業階段之資訊、隧道結構體（如主線、聯絡道等）資料與區段設定及隧道沿線岩盤等級等查詢功能；（c）安檢資料匯入子模組：提供開啟由其他子系統匯出的隧道維護作業資料檔（XML 格式），並自動將相關資料匯入至本機的隧道維護管理資料庫，供後續安檢工作使用（見圖 5）；及（d）安檢資料匯出子模組：主要功能在匯出選取之隧道安檢專案所含維護管理資料（XML 格式）。



圖 5 安檢資料匯入子模組執行畫面

(2) 檢測資料查詢模組

本模組主要在提供各類結構物（如隧道類型（含聯絡道）、其他結構物及豎井等）目視檢查及非破壞檢測成果的查詢功能，依其目的及功能分別建置 5 個子模組，包括（a）襯砌損傷查詢子模組：提供隧道襯砌損傷展開圖、損傷屬性及損傷照片等資料之查詢功能，同時可與前期專案既有的襯砌損傷資料進行比對，以掌握襯砌損傷的分布現況與劣化趨勢；（b）區段健全度查詢子模組：本子模組（見圖 6）目的在提供隧道各檢測區段健全度分級資訊的查詢功能，同時展示各區段襯砌損傷的統計資訊，如損傷等級判定統計資料及柱狀圖、損傷摘要資料及損傷尺寸柱狀圖、查詢區段各類損傷出露百分比圖與異狀成因及型態案例資料等；（c）其他結構物安檢資料查詢子模組：本子模組提供如豎井洞口平台、主線兩側洞口及通風站與通風中繼站機房等非隧道形狀結構物之安檢資料與異狀照片查詢功能；（d）豎井檢測資料查詢子模組：提供豎井檢測資料如襯砌出露損傷紀錄及照片與檢測影音檔之查詢及播放功能；（e）非破壞檢測資料查詢子模組：本子模組（見圖 7）目的在展示隧道安檢工作期間所執行非破壞檢測成果。展示資料包括檢測紀錄、檢測照片或檢測檔案（PDF 或 XLS 格式）等。若查詢對象為隧道類型結構體（例如導坑），將同時展示非破壞檢測點分布展開圖。

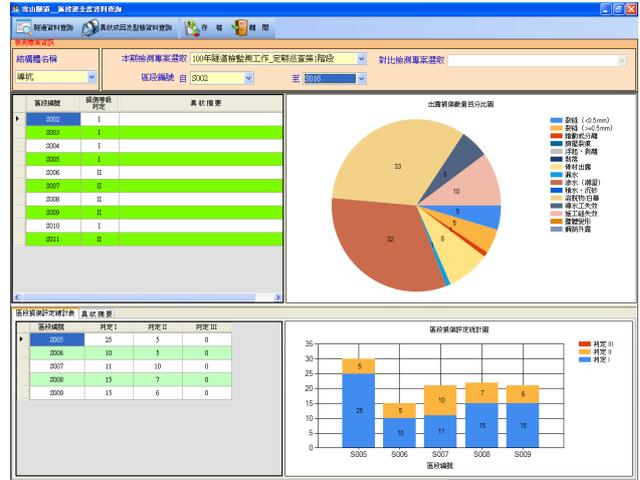


圖 6 區段健全度查詢子模組執行畫面

圖 7 非破壞檢測資料查詢子模組執行畫面

(3) 安檢資料記錄模組

本記錄模組為提供隧道各類結構物現地安檢作業損傷及非破壞檢測資料輸入功能。依其目的及結構物類別分別建置 6 個子模組，包括：（a）隧道損傷繪製子模組：本子模組係針對隧道襯砌出露損傷向量化繪製功能與損傷屬性如出露區域、評級、尺寸與現地照片匯入等記錄需求所開發功能模組（見圖 8）；（b）區段健全度評估子模組：本子模組將提供完整的損傷資料與統計分析資訊，包括各檢測區段出露損傷之等級判定統計資料及柱狀圖、損傷摘要及損傷尺寸柱狀圖、查詢區段各類損傷出露百分比圖與異狀成因及型態案例資料等，供專業人員進行區段健全度等級評定時參考；（c）其他結構物安檢資料輸入子模組：本子模組係提供非隧道形狀（如豎井

洞口平台、洞口及機房)之結構物出露異狀記錄所需輸入及編輯功能；(d) 豎井檢測資料輸入子模組：本子模組提供豎井襯砌出露損傷紀錄及檢測影像之輸入與編輯功能；(e) 檢測照片匯入子模組：本子模組(見圖 9)提供隧道現地照片與所拍攝損傷之對應功能；(f) 非破壞檢測資料輸入子模組：提供隧道非破壞檢測成果如檢測位置、測值、照片與成果檔案之匯入功能。

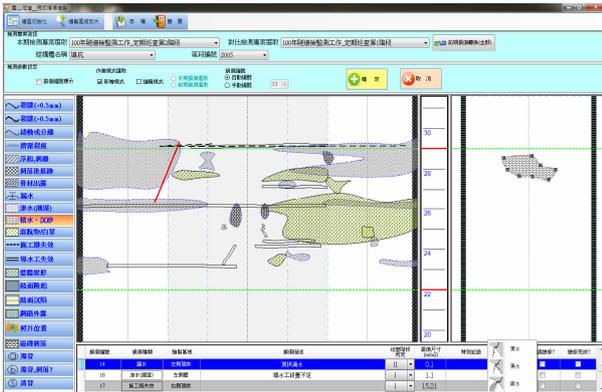


圖 8 隧道損傷繪製子模組執行畫面

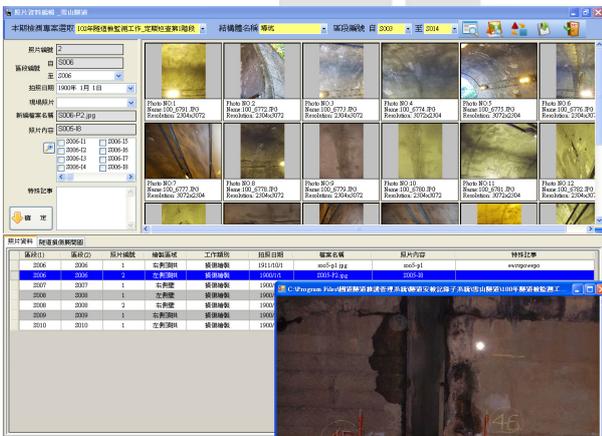


圖 9 檢測照片匯入子模組執行畫面

(4) 長期監測作業模組

本模組現階段主要針對國道 5 號各隧道已安裝之長期監測儀器，其量測資料輸入與查詢、歷時曲線繪製與管理值比較分析等需求所開發，同時具備監測圖表輸出與監測斷面新增等功能。適用之監測紀錄類別包括：(a) 內空變位量測(查詢子模組見圖 10)；(b) 控制點測量；(c) 裂縫擴展監測；(d) 水壓暨單點水量量測；及(e) 累積流量監測(查詢子模組見圖 11)等。

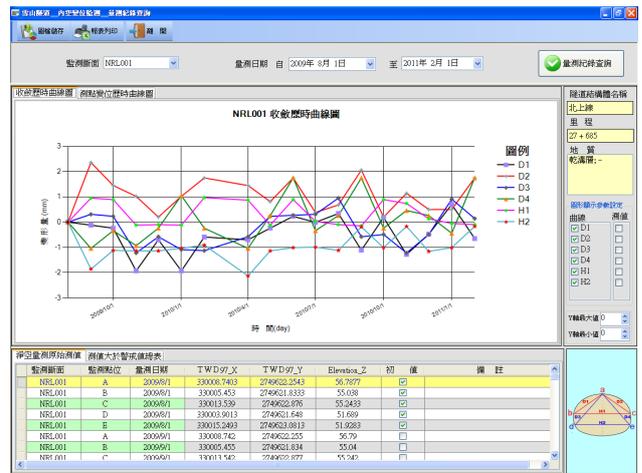


圖 10 內空變位監測資料查詢子模組執行畫面

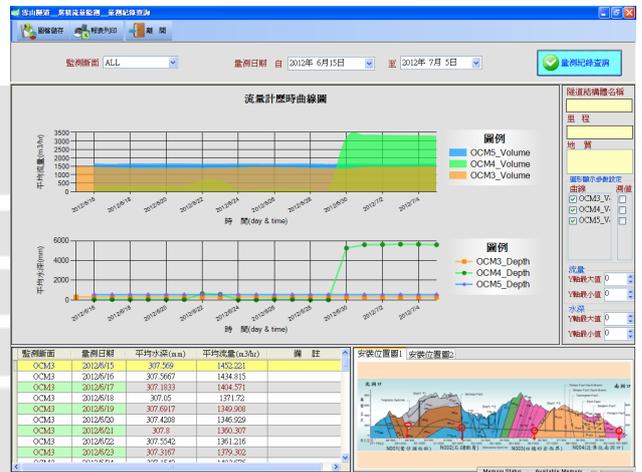


圖 11 累積流量監測資料查詢子模組執行畫面

(5) 維修決策作業模組

本模組主要在提供隧道經安檢或長期監測後，如研判結構體需進行緊急搶修或一般維修補強工作時，其維修區段、損傷選定、補強工法與預算書擬定所需之功能模組。依其目的及功能分別建置 3 個子模組，包括 (a) 維修專案建立子模組：提供維修專案建立及相關資料的新增與編輯功能；(b) 維修資料輸入子模組：本子模組目的在提供各結構物預定進行維修之損傷資料，並依損傷類別自動建議維修工法及修補面積等決策功能；(c) 維修資料查詢暨更新子模組：本子模組(見圖 12)目的在提供實際執行損傷維修工作內容編修及維修預算書或結算書輸出功能。

隧道名稱	結構體名稱	區段距離	損傷編號	損傷類型	檢製區域	維修工法	尺寸(修製前)	尺寸(修製後)	檢製照片	檢備狀
雪山隧道	導坑	S005	2	淨水(滲漏)	右側掌眼	混凝土修水浸蝕工法	13.92	13.92		
雪山隧道	導坑	S007	3	淨水(滲漏)	左側掌眼	混凝土修水浸蝕工法	5.48	6.48	S009-31.jpg	
雪山隧道	導坑	S006	4	泥狀物白蟻	右側掌眼	白蟻處理	0.948001	0.948001		
雪山隧道	導坑	S004	6	淨水(滲漏)	左側掌眼	混凝土修水浸蝕工法	0.28	0.28		
雪山隧道	導坑	S005	6	淨水(滲漏)	左側掌眼	混凝土修水浸蝕工法	4.56	4.56		
雪山隧道	導坑	S006	6	泥狀物白蟻	右側掌眼	白蟻處理	0.42	0.42		
雪山隧道	導坑	S007	6	泥狀物白蟻	右側掌眼	白蟻處理	0.712001	0.712001		
雪山隧道	導坑	S006	7	裂縫(0.5mm)	左側掌眼	混凝土修水浸蝕工法	3.28	3.28		
雪山隧道	導坑	S007	7	淨水(滲漏)	左側掌眼	混凝土修水浸蝕工法	1.272	1.272		
雪山隧道	導坑	S004	8	淨水(滲漏)	左側掌眼	混凝土修水浸蝕工法	13.26	13.26	S008-29.jpg	
雪山隧道	導坑	S006	8	淨水(滲漏)	左側掌眼	混凝土修水浸蝕工法	0.36	0.36	S007-31.jpg	
雪山隧道	導坑	S006	9	泥狀物白蟻	右側掌眼	白蟻處理				
雪山隧道	導坑	S007	10	淨水(滲漏)	右側掌眼	混凝土修水浸蝕工法				
雪山隧道	導坑	S005	12	裂縫(0.5mm)	右側掌眼	混凝土修水浸蝕工法				
雪山隧道	導坑	S006	13	泥狀物白蟻	左側掌眼	白蟻處理				
雪山隧道	導坑	S004	14	滲水	左側掌眼	混凝土修水浸蝕工法				
雪山隧道	導坑	S005	14	裂縫(0.5mm)	左側掌眼	混凝土修水浸蝕工法				
雪山隧道	導坑	S006	14	泥狀物白蟻	右側掌眼	白蟻處理				
雪山隧道	導坑	S005	15	泥狀物白蟻	左側掌眼	白蟻處理				
雪山隧道	導坑	S006	15	泥狀物白蟻	左側掌眼	白蟻處理				
雪山隧道	導坑	S006	16	淨水(滲漏)	右側掌眼	混凝土修水浸蝕工法				
雪山隧道	導坑	S007	17	泥狀物白蟻	右側掌眼	白蟻處理				
雪山隧道	導坑	S007	18	泥狀物白蟻	右側掌眼	白蟻處理	0.712	0.712		

圖 12 維修資料查詢暨更新子模組執行畫面

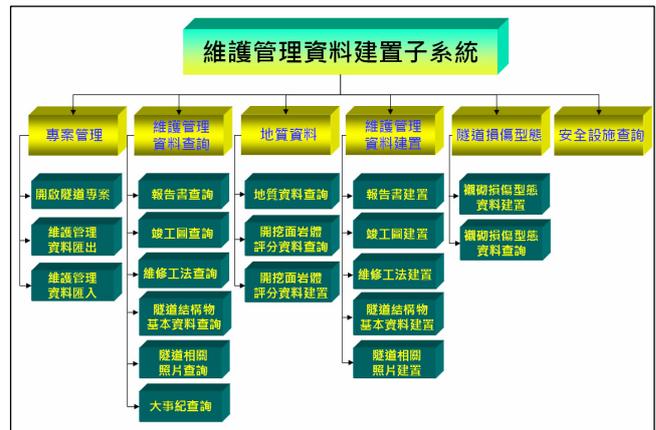


圖 14 維護管理資料建置子系統架構

(6) 安檢資料輸出模組

本模組旨在提供隧道安檢工作執行後，各類結構物檢監測資料輸出功能，輸出報表範例見圖 13。

公路編號	隧道名稱	區段距離	結構體名稱	檢製日期
1	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
2	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
3	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
4	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
5	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
6	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
7	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
8	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
9	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
10	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
11	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
12	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
13	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
14	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
15	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
16	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
17	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
18	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
19	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
20	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
21	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
22	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
23	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
24	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
25	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
26	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
27	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
28	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
29	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
30	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
31	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
32	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
33	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1
34	雪山隧道	S005	導坑	1009/5/1

圖 13 檢測報表匯出範例

(二) 維護管理資料建置子系統

1. 子系統架構

本子系統開發目的為提供施工及營運階段既有維護管理資料查詢及新增編輯軟體。目前包含有 6 個功能模組，分別為 (1) 專案管理模組；(2) 維護管理資料查詢模組；(3) 地質資料模組；(4) 維護管理資料建置模組；(5) 襯砌損傷型態模組；及 (6) 安全設施查詢模組等。子系統功能架構見圖 14。

2. 子系統功能介紹

(1) 專案管理模組

本模組建置目的為提供隧道專案開啟及維護管理資料的匯出及匯入功能。

(2) 維護管理資料查詢模組

本模組功能在提供包含報告書、竣工圖、維修工法(見圖 15)、隧道結構體基本資料、隧道相關照片及大事紀等資料查詢功能。

工料名稱	規格	單位	單價	數量	價額	備註
1	表面處理	式	1	40	40	
2	探樣坐落	式	1	40	40	
3	探樣工	工	0.01	2000	20	
4	小工	工	0.01	1500	15	
5	機具損耗	式	1	1	1	工資之4%
6	零星工料	式	1	26	26	
7	簡設工程	式	1	200	200	
8	學業利稅管理費及保險費	約16%	式	1	55	55

圖 15 維修工法查詢子模組執行畫面

(3) 地質資料模組

本模組係提供隧道所含地質資料查詢及雪山隧道施工階段開挖面岩體評分紀錄查詢與建置功能。包括：(a) 地質資料查詢子模組(見圖 16)；(b) 開挖面岩體評分資料查詢子模組；及 (c) 開挖面岩體評分資料建置子模組。

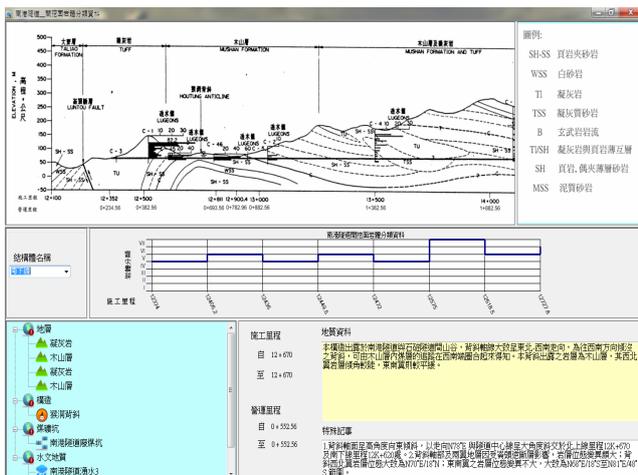


圖 16 地質資料查詢子模組執行畫面

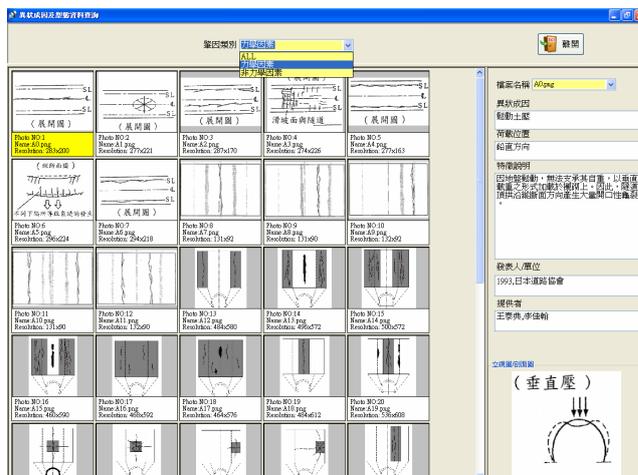


圖 18 襯砌損傷型態資料查詢子模組執行畫面

(4) 維護管理資料建置模組

本模組為報告書、竣工圖、維修工法、隧道結構體基本資料(見圖 17)、隧道相關照片等維護管理資料建置功能模組。



圖 17 隧道結構物基本資料建置子模組執行畫面

(5) 襯砌損傷型態模組

本模組功能在建置及查詢異狀成因及型態案例資料, 襯砌損傷型態資料查詢子模組畫面如圖 18。

(6) 安全設施查詢模組

本子模組目的在提供隧道主線之交控及機電設施資料查詢功能, 目前已建置國道 5 號沿線安全設施屬性資料可供查詢。

(三) 隧道資料管控制子系統

1. 子系統架構

本子系統開發目的為簡化隧道維護管理資料及例行巡檢成果傳輸流程, 並作為系統管理員管控各類資料匯出(入)國道隧道維護管理資料庫時之輔助工具。本子系統分為 3 個主要模組, 分別為: (1) 安檢專案管理模組; (2) 安檢資料匯入模組; (3) 安檢資料匯出模組等。子系統功能模組架構見圖 19。

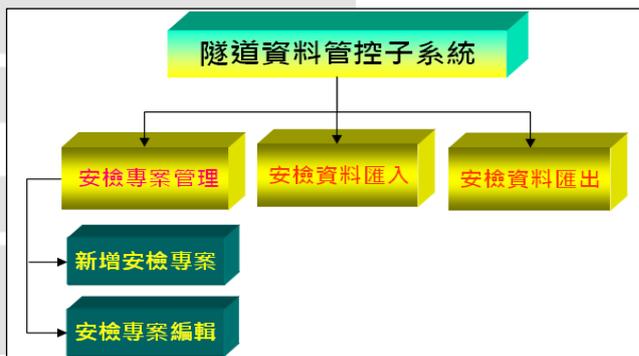


圖 19 隧道資料管控制子系統架構圖

2. 子系統功能介紹

(1) 安檢專案管理模組

本模組目的為提供作業隧道維護管理專案(如安檢、長期監測及維修補強等)新增及編輯功能, 包括新增安檢專案子模組及安檢專案編輯子模組。

(2) 安檢資料匯入模組

提供開啟其他子系統所匯出之隧道維護作業資料檔 (XML 格式)，並匯入至伺服器端國道隧道維護管理資料庫功能。

(3) 安檢資料匯出模組

本模組提供自伺服器端國道隧道維護管理資料庫，匯出指定隧道安檢作業資料 (XML 格式) 及所含安檢作業之實體資料如影像檔、文件檔等功能 (見圖 20)。

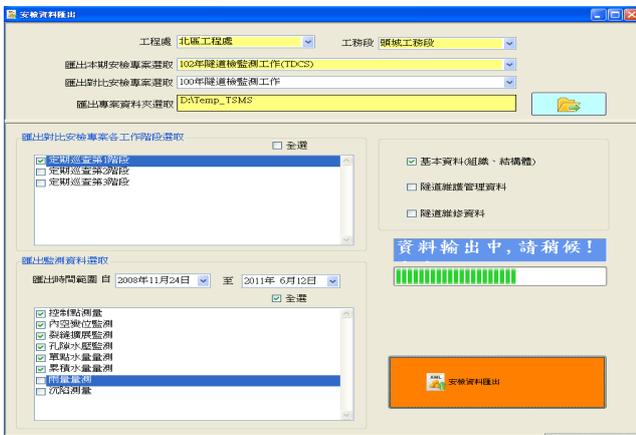


圖 20 安檢資料匯出模組執行畫面

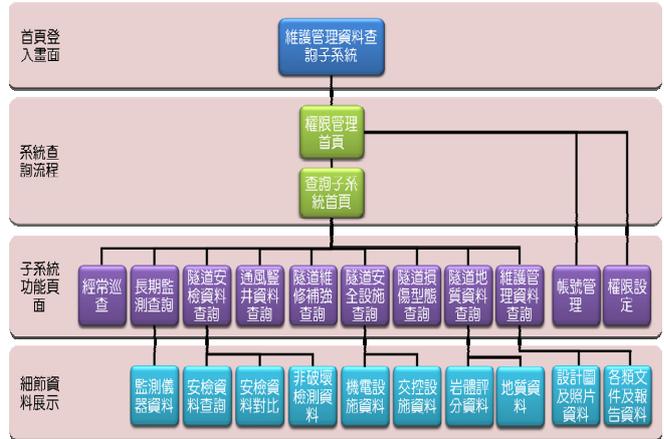


圖 21 維護管理資料查詢子系統架構圖



圖 22 維護管理資料查詢子系統登入畫面

(四) 維護管理資料查詢子系統

1. 子系統架構

本查詢子系統旨在透過網路及使用者權限管控方式提供各類維護管理資料遠端查詢功能，其模組功能則依資料類別及參考單機版子系統操作模式進行開發，分別為：(1) 經常巡查模組；(2) 長期監測資料查詢模組；(3) 隧道安檢資料查詢模組；(4) 通風豎井資料查詢模組；(5) 隧道維修補強資料查詢模組；(6) 隧道損傷型態資料查詢模組；(7) 隧道地質資料查詢模組；(8) 維護管理資料查詢模組；(9) 隧道安全設施資料查詢模組；及(10) 權限管理模組等。子系統功能模組架構見圖 21，子系統登入畫面見圖 22。

2. 子系統功能介紹

(1) 經常巡查模組

本模組包含經常巡查及大事紀兩項作業之編輯及查詢功能。其中經常巡查子模組又分為平板端 (見圖 23) 及網頁端兩部分，運作流程則參考工務段人員執行日常巡查之作業模式進行開發。

(2) 長期監測資料查詢模組

本模組係提供國道 5 號各隧道目前已安裝之長期監測儀器，其量測資料查詢、歷時曲線繪製與管理值比較分析等功能。監測儀器則包括 (a) 隧道內空變位量測；(b) 隧道控制點測量 (見圖 24)；(c) 裂縫擴展監測；(d) 水壓暨單點水量量測與 (e) 累積流量監測等。



圖 23 經常巡查子模組 (平板端) 執行畫面

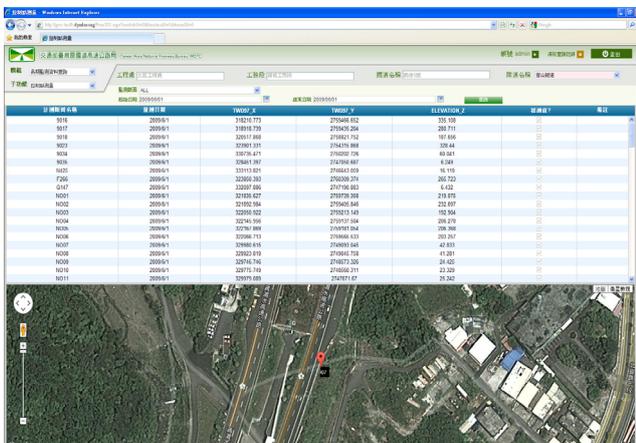


圖 24 控制點資料查詢畫面 (網頁版)

(3) 隧道安檢資料查詢模組

本模組目的在隧道除通風豎井外之主要結構物安檢資料查詢，包括隧道損傷資料、襯砌損傷展開圖 (見圖 25)、區段健全度分級資訊及非破壞檢測資料等。

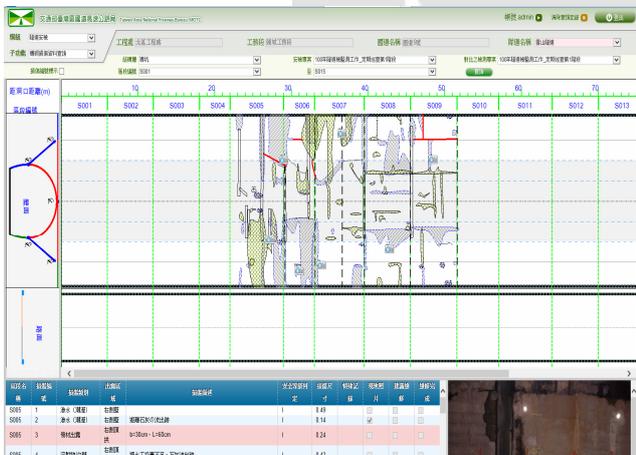


圖 25 隧道安檢資料查詢畫面 (網頁版)

(4) 隧道安檢資料查詢模組

雪山隧道現有 3 組進、排氣豎井結構物，本查詢模組 (見圖 26) 目的即在提供豎井安檢紀錄與拍攝的影音檔及損傷截圖等資料查詢功能。

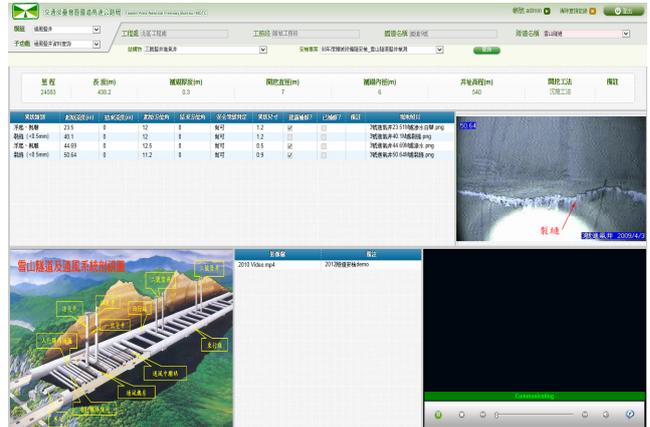


圖 26 豎井資料查詢畫面 (網頁版)

(5) 隧道維修補強紀錄查詢模組

本模組 (見圖 27) 目的在提供隧道維修補強紀錄查詢功能。



圖 27 維修補強紀錄查詢畫面 (網頁版)

(6) 隧道損傷型態查詢模組

本查詢模組目的在提供資料庫內建之隧道襯砌損傷型態及成因等案例資料查詢功能。

(7) 隧道地質資料查詢模組

本查詢模組提供隧道沿線地質資料及雪山隧道主坑及導坑施工期間鑽炸段開挖面 RMR 岩體評分紀錄 (見圖 28) 之查詢功能。

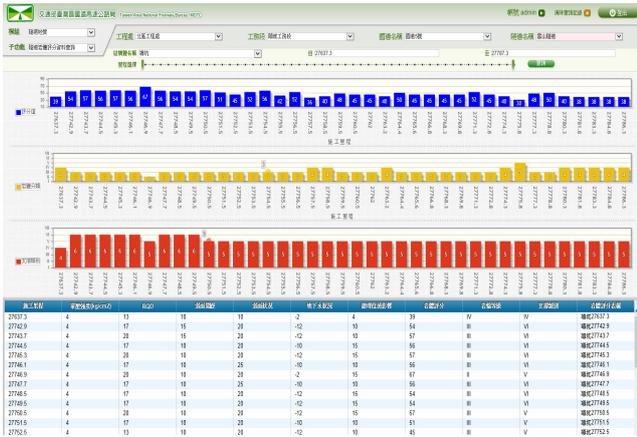


圖 28 RMR 岩體評分紀錄查詢畫面 (網頁版)

(8) 維護管理資料查詢模組

本查詢模組目的在提供資料庫維護管理資料，包括隧道結構體基本資料、隧道報告檔、竣工圖、維修工法及單價分析資料(見圖 29)及隧道照片等資料查詢功能。



圖 29 維修工法及單價分析資料查詢畫面 (網頁版)

五、結論與建議

國道隧道維護管理系統開發目的，初步是希望藉由統整隧道之設計、施工、安全檢查、監測及維修等資料，建立一套全面性落實生命週期概

念的管理系統，除便於相關資料之建置、保存及查詢外，並可提昇隧道之維護管理效率，增強管理決策及防災應變的能力。而為能達成提昇隧道風險管控機制目的，本社於系統開發期間亦同時進行斷層錯動引致隧道變位與襯砌應力增量的先導研究(將另文介紹)，目的即是希望逐步引進新檢監測技術及提供維護管理策略調整參考。

目前系統資料庫內容以國道 5 號之南港、石碇、烏塗、彭山及雪山等隧道之維護管理資料為主。後續如能持續擴充至更多國道隧道，對於此一海量資料除了可運用各類資料探勘(Data Mining)技術，從既有資料擷取或統計有用資訊外，並可作為後續隧道維護管理策略相關研究及系統功能擴充之參考資料，例如：(1) 檢測區段健全度量化分級標準建立；(2) 多期損傷追蹤比對功能，有助於襯砌長期劣化趨勢之掌握；(3) 隧道損傷成因判釋準則及輔助系統功能；(4) 隧道襯砌影像掃描技術的引進，並擴充襯砌影像損傷擷取功能；(5) 隧道襯砌損傷展開圖三維展示功能；(6) 維修工法適用性探討及新工法引進；(7) 新監測工法引進及監測儀器管理值適當性探討等。

參考文獻

中興工程顧問社(2007) 隧道營運維護管理系統，中興工程顧問社及株式会社アーステック東洋

李國榮等(2008) 隧道安檢損傷數位化及三維視覺化之研究，第七屆海峽兩岸隧道與地下工程研討會

李國榮等(2009) 隧道異狀之繪製及健全性評估方法研究，第十三屆大地工程研討會

中興工程顧問社(2013) 『國道隧道維護管理系統』期末報告，高速公路局北區工程處