

出國報告（出國類別：考察）

101年歐洲隧道營運管理觀摩

服務機關：交通部臺灣區國道高速公路局等2個單位

姓名職稱：李綱科長等4人

派赴國家：德國、奧地利

出國期間：101年10月17日至10月25日

報告日期：102年1月23日

公務出國報告摘要

頁數：57

報告名稱：101年歐洲隧道營運管理觀摩

主辦機關：交通部臺灣區國道高速公路局

連絡人/電話：李綱/（02）29096141轉2371

出國人員：

李綱	交通部臺灣區國道高速公路局	科長
陳柏源	交通部路政司	技士
林錦堂	交通部臺灣區國道高速公路局	副工程司
藍如萍	交通部臺灣區國道高速公路局	工程員

出國類別：考察

出國地點：德國、奧地利

出國期間：101年10月17日至25日

分類號/目：H0/綜合類（交通）

關鍵詞：長隧道、交控系統、機電系統

內容摘要：

為汲取歐洲長隧道之機電及交通控制等營運管理經驗，俾利供國內雪山隧道等長隧道之營運管理參考，特安排本次出國參訪，本次歐洲長隧道參訪國家為德國及奧地利，德國主要考察對象為Autobahn A71公路隧道群之Rennsteig隧道及交控中心(Thuringia)，該隧道係德國最長隧道，建置時程與我國雪山隧道相近，且採用與雪山隧道類似之縱流式通風系統，曾於2004年由歐洲最大汽車俱樂部ADAC票選為全歐洲最安全之隧道，相關運作經驗可提供國內雪山隧道運作參考；奧地利主要考察對象為A9公路隧道群之Plabutsch隧道及交控中心(Steiermark州、Kärnten州)，該隧道為奧國第2長隧道，其全國高速公路均委由公辦民營之ASFiNAG公司統一營運管理。為比較奧地利與臺灣長隧道運作經驗，本次行程另安排與格拉茲科技大學進行緊急應變座談會，針對緊急應變程序及設備維護管理等經驗交流。

目錄

壹、前言	1
貳、行程紀要	2
參、參訪內容	5
一、德國考察	5
二、奧地利考察	24
肆、其他	51
一、軌道運輸大量使用	51
二、友善的自行車環境	51
三、懸掛式路燈、號誌	52
四、鐵路與大眾運輸資訊整合	53
伍、心得與建議	56
一、管理作為	56
二、硬體設施	56
三、緊急應變程序	56
四、採購招標作業	57
五、其他	57

壹、前言

由於雪山隧道為國內最長、世界第五之長隧道，其營運管理具有一定之難度，為精進國道5號雪山隧道交控機電營運管理作為，故派員赴歐洲隧道營運管理先進國家觀摩，汲取經驗與意見交流。

目前全世界長隧道除雪山隧道採用縱流式通風系統外，另德國之Rennsteig隧道亦採用此種通風系統，其隧道長度約為7.9公里，雙孔單向運作，二線車道，其建置時程亦與雪山隧道相近，故以該隧道為主要觀摩對象。

另奧地利Plabutsch隧道長度約9.9公里，原為單孔雙向通車，因交通量與行車安全考量，自1999開始施工挖掘第二孔(西側)，2004開放改為雙孔單向通車，係奧地利第二長隧道。其全國高速公路之設計營運維護均委由公辦民營之ASFiNAG公司統一管理，與我國公路建設之分標執行方式不同。

此外，因雪山隧道於本(101)年5月發生重大火災事件，德、奧管理單位亦欲瞭解事件情況及我國緊急應變處理作為，並與我方分享其救災經驗，可做為彼此之借鏡，維護長隧道之行車安全。

本局刻正辦理國道5號交控機電系統提升案，赴歐洲先進國家參訪有助於雪山隧道未來規劃，由維護、管理及緊急應變等各方考量，重新全盤檢視雪山隧道軟硬體之提升，作為未來國道5號整體營運之參考方向。

貳、行程紀要

國道5號雪山隧道全長約12.9公里，為國內首位，全世界排名第5長之公路隧道，自95年6月通車以來，本局面臨營運管理上高難度挑戰，爰於101年編列出國參訪計畫，期望透過與其他國家長隧道營運管理經驗交流，以精進我國長隧道管理作為。

本次參訪歐洲國家係透過日本顧問OTA先生協助安排聯繫後，建議參訪德國Rennsteig隧道、奧地利Plabutsch隧道，囿於參訪地點路程及受訪單位時程，故原出國計畫擬派4人、天數6天，經報請交通部同意調整為3人為期9天，於原編列預算額度內支應，超出金額由出國人員自行負擔(奉核在案)，另交通部路政司亦共同派員，針對相關隧道管理策略進行參訪。

本次參訪為配合德國與奧地利受訪單位接待日期，出國行程自101年10月17日至25日，共計9天，詳細行程如下：

表2.1.1歐洲隧道營運管理參訪行程表

日期	起訖地點	行程摘要
10月17日 (星期三)	台北→新加坡(轉機)	去程
10月18日 (星期四)	新加坡(轉機) →德國:法蘭克福	去程
10月19日 (星期五)	法蘭克福→烏茲堡	德國參訪 1. Thuringia 控制中心 2. Rennsteig隧道
10月20日 (星期六)	德國:法蘭克福 →奧地利:格拉茲	轉程
10月21日 (星期日)	奧地利:格拉茲	奧地利參訪 1. Steiermark州交控中心 2. Plabutsch隧道
10月22日 (星期一)	奧地利:格拉茲	奧地利參訪 1. Karnten州交控中心 2. 格拉茲大學技術交流
10月23日 (星期二)	奧地利:格拉茲 →德國:法蘭克福	1. 轉程 2. 技術研討(日本隧道專家顧問OTA先生)
10月24日 (星期三)	德國:法蘭克福 →曼谷(轉機)	返程
10月25日 (星期四)	曼谷(轉機)→台北	返程



Rennsteig 隧道管理單位座談會



Rennsteig 隧道緊急救援通道前合影



Kärnten 州區域交控中心參訪



Steiermark 州區域交控中心管理單位座談會



格拉茲科技大學隧道緊急應變座談會

圖2.1.1 參訪活動照片

參、參訪內容

為精進國道5號雪山隧道交控、隧道機電營運管理作為之需求，本次參訪考察歐洲長隧道之營運管理，包含交控、機電、消防等內容，考察標的為德國Rennsteig隧道、奧地利Plabutsch隧道、Steiermark州交控中心、Karnten州交控中心，並與格拉茲大學進行隧道緊急應變座談會之技術交流。

因應受訪單位要求，希望瞭解國內101年5月7日雪山隧道火燒車事件經過，於參訪前備妥相關資料，包含高公局宣導短片、雪山隧道交控與隧道機電簡介、雪山隧道火燒車事件原因與檢討、國內採購制度說明及彙整隧道相關營運管理討論事項，進行簡報說明及意見交流。參訪考察過程茲分述如下。

一、德國考察

由於德國Rennsteig隧道之建置及通車時程與雪山隧道相近，且該隧道與雪山隧道採用類似之縱流式通風系統，更曾於2004年榮獲歐洲最大汽車俱樂部ADAC票選為全歐洲最安全隧道（資料來源：維基百科http://en.wikipedia.org/wiki/Rennsteig_Tunnel），故安排參訪本隧道。

（一）地理位置

1. Rennsteig 隧道

為德國最長公路隧道，全長約7.9公里，隸屬Autobahn A71公路之隧道群，位於法蘭克福東北方約160公里Thuringian州南部，穿越Thuringian Forest（圖林根森林），橫越德國中部的一大山林區。1998年開工興建，至2003開放通車，採雙孔單向配置，開放大貨車通行。

2. Thuringia控制中心

Thuringia 控制中心位於Thuringian森林A71高速公路上，負責管理埃爾福特(Erfurt)州轄內之高速公路，總長度約500公里，含12座隧道(總長約22.2公里)。

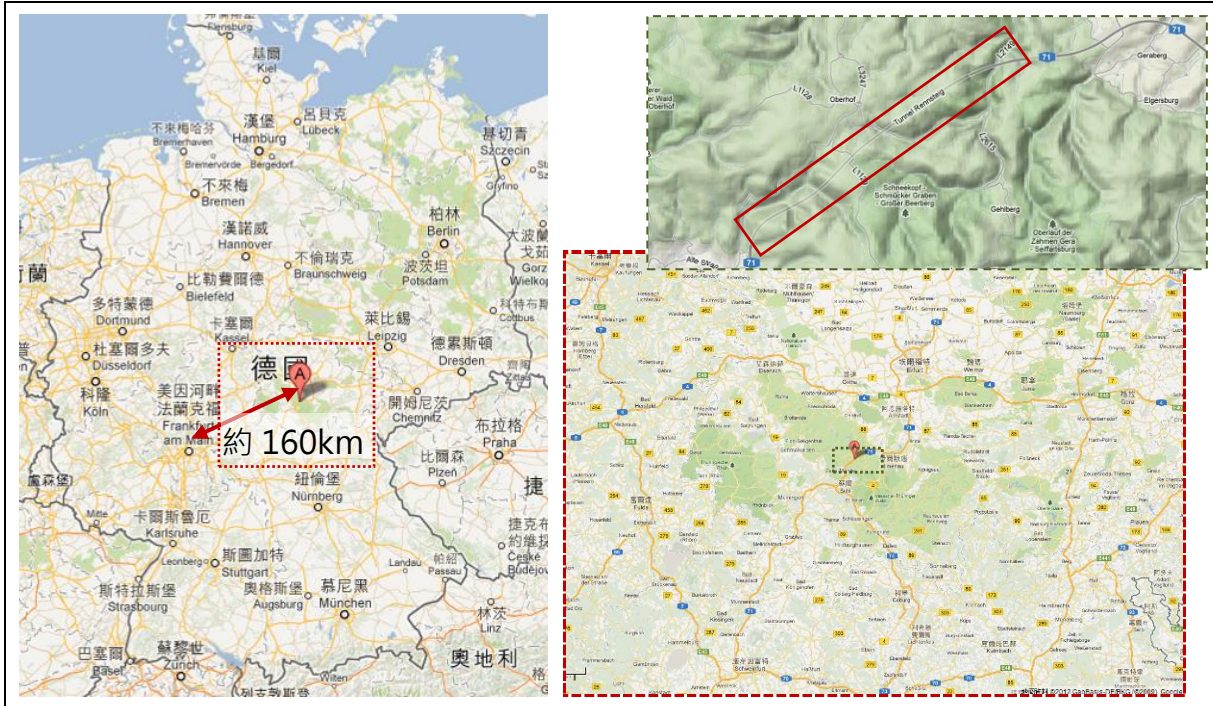


圖3.1.1 Rennsteig隧道地理位置圖

TLBV		FREISTAAT THÜRINGEN LANDESAMT FÜR BAU UND VERKEHR	
<h1>Tunnels</h1>			
A71	Behringen Tunnel	465 m	Nov. 1998/Apr. 2008
A71	Hochwald Tunnel	1,056 m	November 2001
A71	Berg Bock Tunnel	2,740 m	December 2002
A71	Rennsteig Tunnel	7,916 m	July 2003
A71	Alte Burg Tunnel	874 m	July 2003
A71	Eichelberg Tunnel	1,123 m	December 2005
A4	Lobdeburg Tunnel Jena	600 m	May 2007/September 2009
A 71	Schmuecke Tunnel	1,700 m	December 2008
A38	Hoellberg Tunnel	900 m	December 2009
L1048	Poerzberg Tunnel	1,145 m	December 2010
A4	Jagdberg Tunnel	3,300 m	2014
B88	Rothenstein Tunnel	385 m	20xx

19.10.2012 Control Center Thuringia 5
Taiwanese group

圖3.1.2 Thuringia控制中心轄管隧道

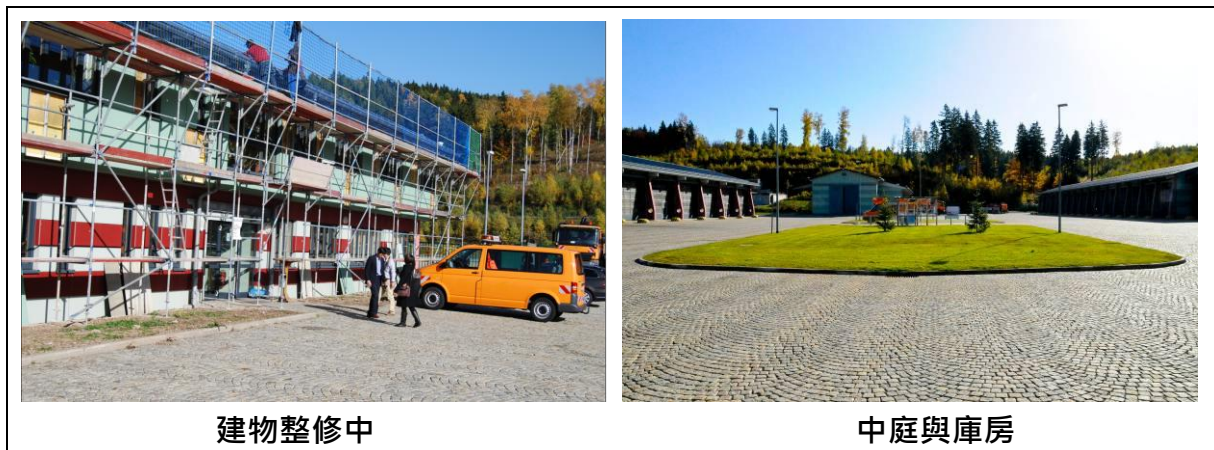


圖3.1.3 Thuringia控制中心外觀

(二) 人員配置與任務

1. 人員配置

- (1) 每班 2 位操作人員，三班制。
- (2) 1 位工程師負責通風及消防等機電設備。
- (3) 1 位工程師負責安全設備。
- (4) 1 位技術人員負責交控及網路設備。
- (5) 1 位隧道經理。
- (6) 未來將新聘 2 位工程師。

2. 主要任務

- (1) 控制及監視設備運作情形
- (2) 控制及監視交通設備運作
- (3) 控制及監視交控設備
- (4) 監視 CCTV
- (5) 隧道資訊廣播
- (6) 統計及分析
- (7) 協調維護及修護工作(委外辦理系統維護)
- (8) 接聽緊急電話及一般事故通報電話
- (9) 無線電通訊
- (10) 監視路況和天候
- (11) 道路事件救援服務

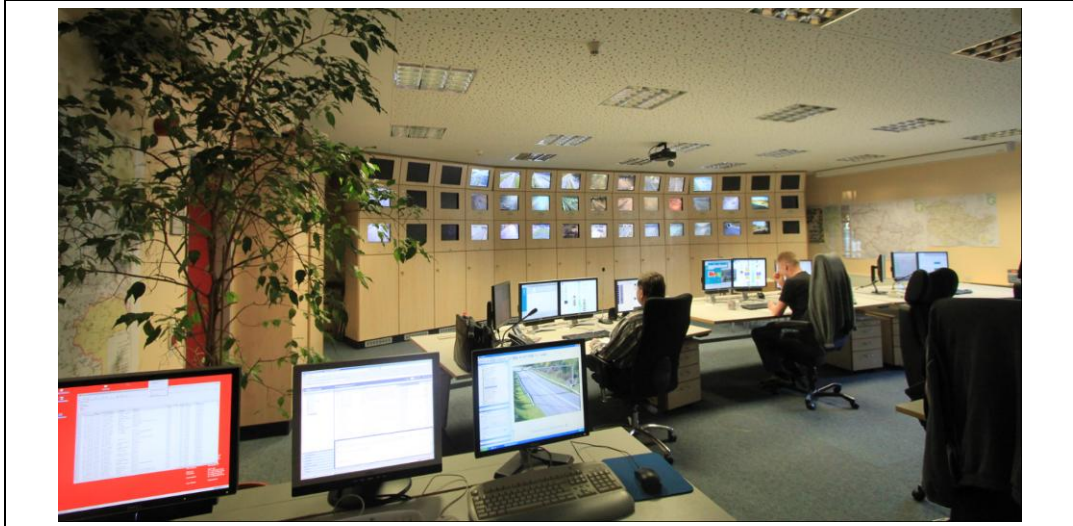


圖3.1.4 Thuringia控制中心控制室

(三) 設施

1. 通風設施

Rennsteig 隧道與雪山隧道採用類似之縱流式通風系統，通風機配置及性能說明如下：

- (1) 軸流風機：進氣風機 8 部、排氣風機 8 部；風機馬達耐溫等級 400°C/2 hours。
- (2) 噴流風機：共計 54 部、葉片直徑 1,200mm、推力 1,500N；雙機並排吊掛，作為輔助通風及排煙之用

Rennsteig 隧道另建置有 2 處緊急救援通道，兼具通風進氣孔功用，與雪山隧道採用豎井之設計有所不同，係考量供迅速進入隧道執行救援任務。

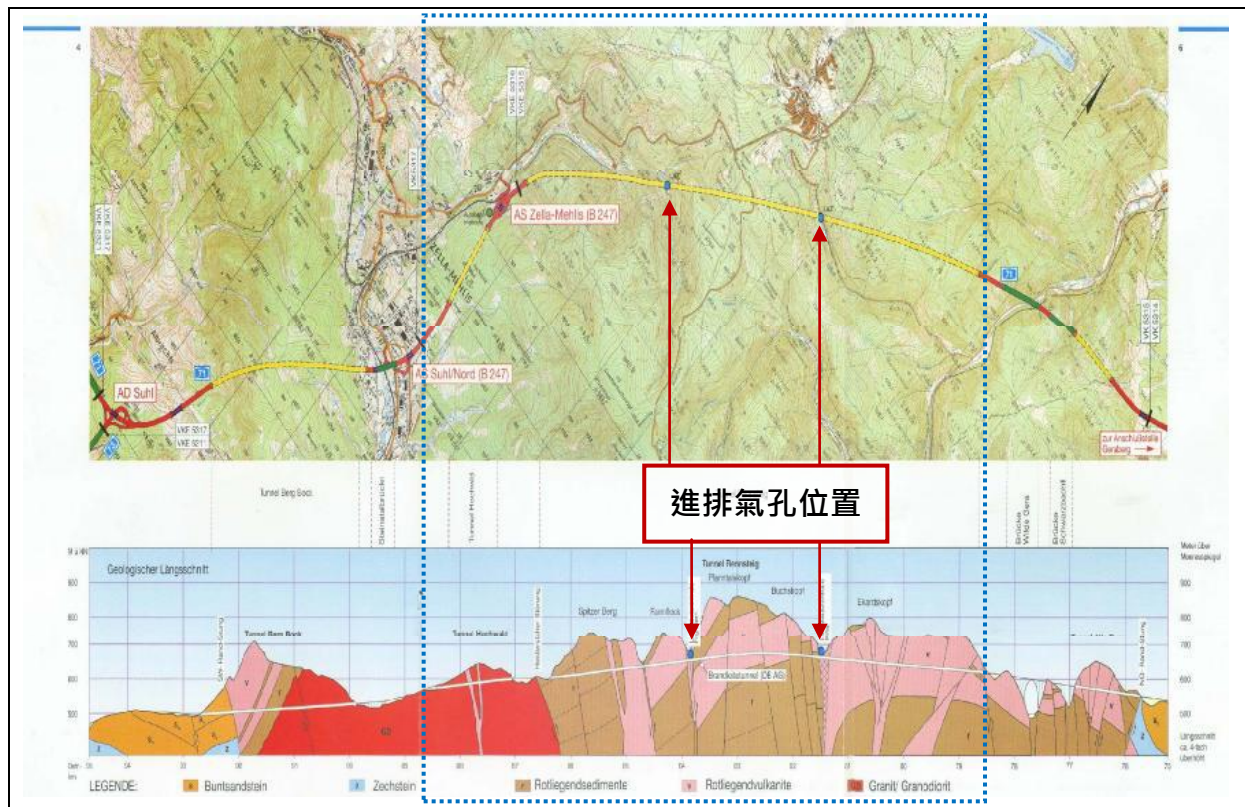


圖3.1.5 Rennsteig隧道平面圖與斷面圖

進氣孔將隧道分為3個通風區段，每個區段長度平均約2.6公里。

Rennsteig隧道2處通風進氣孔分別位於東行線及西行線，供應新鮮空氣進入隧道主線雙向，並將隧道主線雙向廢氣由中間之排氣豎井向上排出。排氣豎井直徑約6.5公尺，位於濃密之樹林中，遠觀井口如同週遭林木之尖頂呈鋸尺狀，與景觀友善融合，避免過於突兀。空氣交換系統示意如圖3.1.7所示。

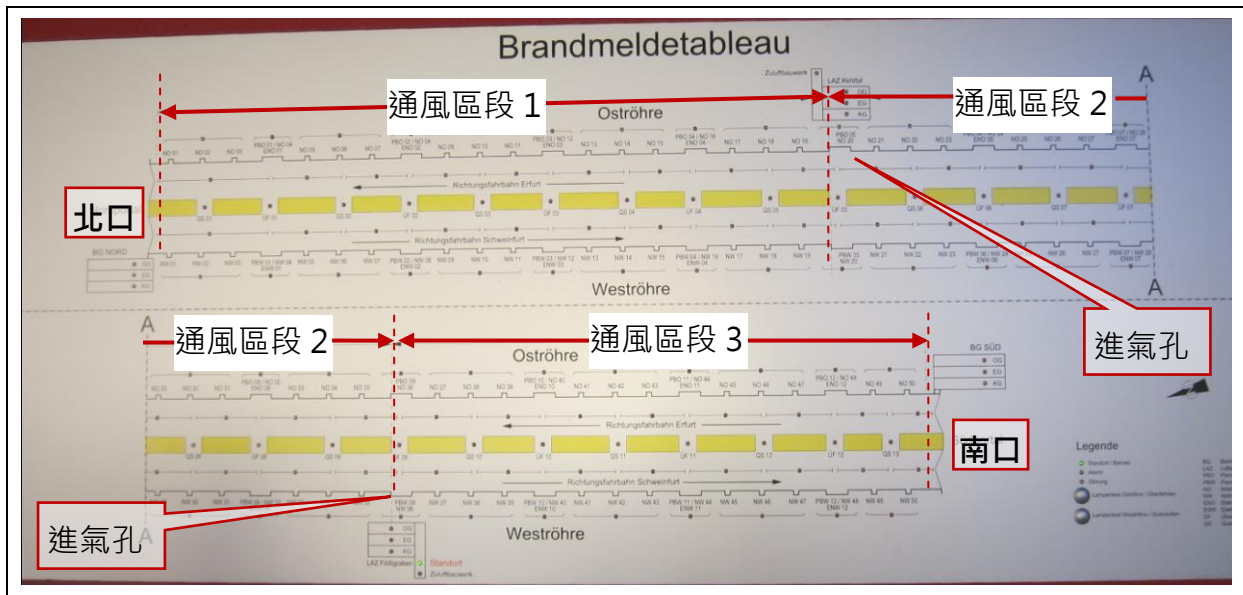


圖3.1.6 Rennsteig隧道通風區段配置圖

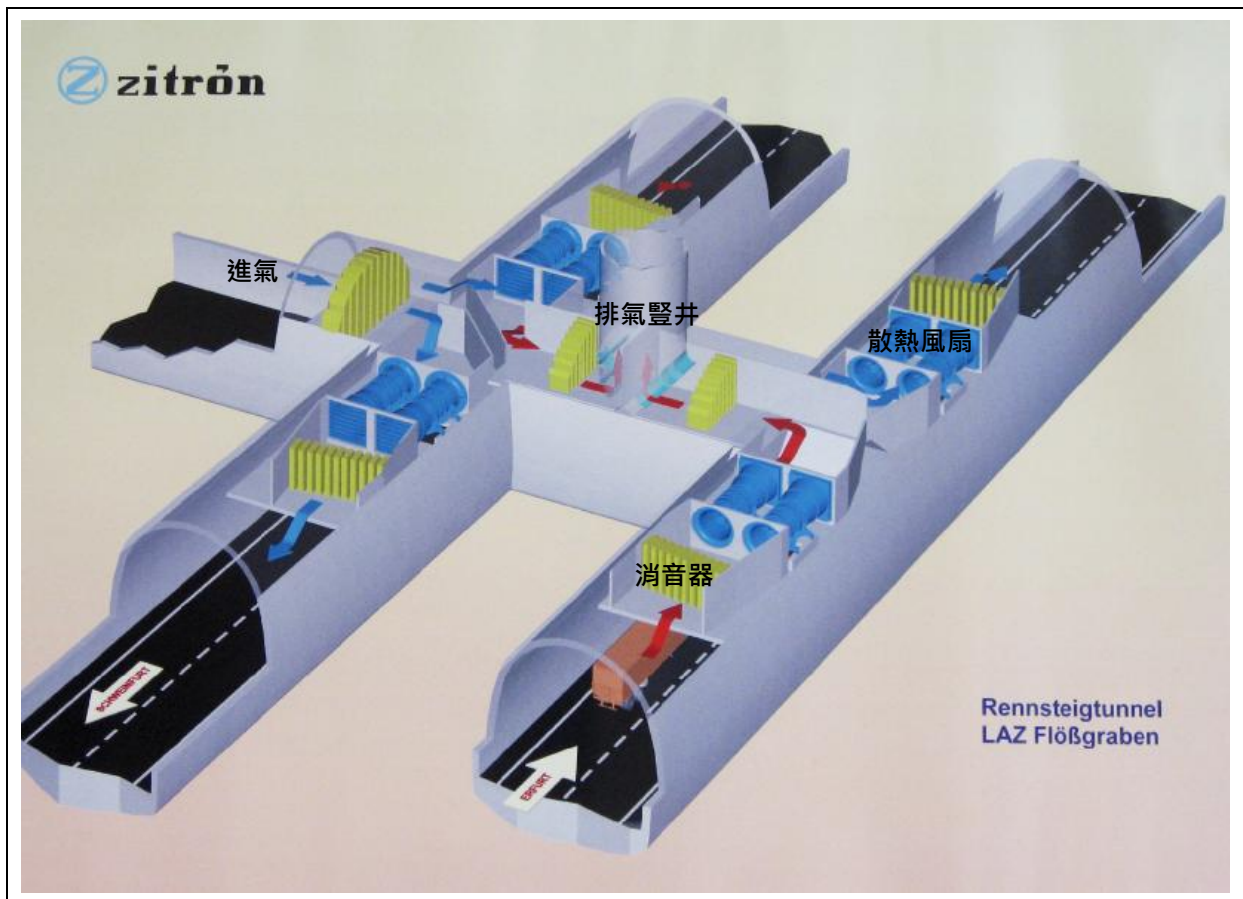


圖3.1.7 Rennsteig隧道空氣交換系統示意圖



消音器



主線進氣孔



通風機



風管



通風排氣豎井內部(上、中、下)



主線平頂排煙孔



排氣豎井外觀

圖3.1.8 Rennsteig隧道通風設施

2. 緊急救援通道/進氣孔

緊急救援通道/進氣孔除提供新鮮空氣外，亦可供作緊急狀況時，救援人員和機具通行使用，入口處規劃直升機停機坪，以供緊急救助時可以快速運送傷患。入口處以鏤空閘門為門禁管制，不影響新鮮空氣進入隧道內，控制中心可透過閉路電視攝影機監看外，亦可遠端遙控門禁。

在緊急救援通道口設置有火警系統偵測顯示盤，以圖示方式顯示隧道內各火警偵測點的狀態，通道沿路設置有號角喇叭，並於末端設置煙霧偵測器，以便檢視進入隧道之空氣品質，俾免引入不潔淨之空氣。

緊急救援通道末端即銜接隧道主線，設置有安全門，可供民眾緊急逃生及救援車輛進出，除可現場手動現場開/關門外，亦可由控制中心遠端遙控。

於隧道東端入、出口邊各設一緊急救援直升機停機坪，增加救援之速度，兩停機坪間亦闢建道路相通。



直升機停機坪



緊急救援通道外觀

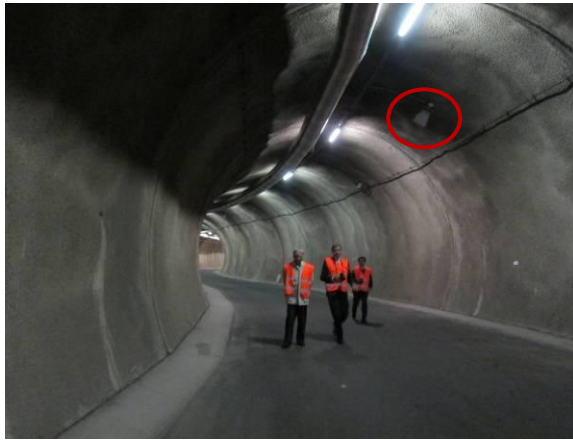


遠端門禁管制

圖3.1.9 緊急救援通道/進氣孔:入口處



火警系統偵測顯示盤



號角喇叭



煙霧偵測器

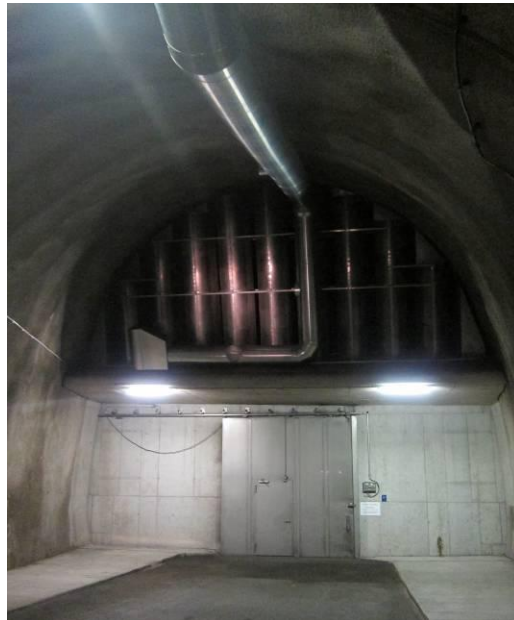


圖3.1.10 緊急救援通道/進氣孔:通道內部



通道側



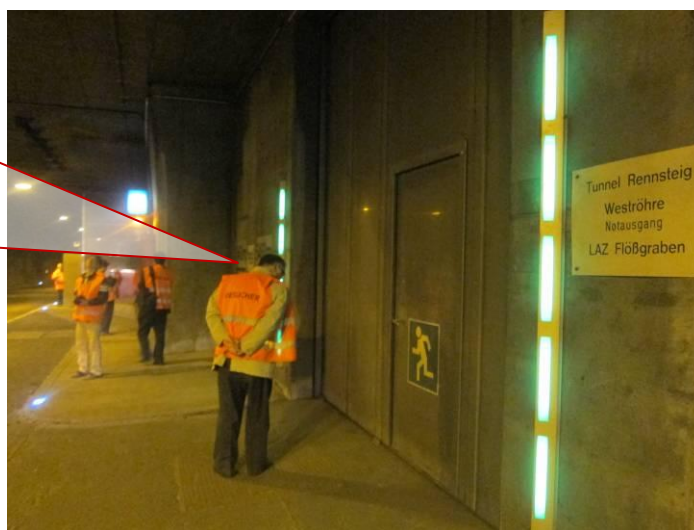
人員避難門開啟



車行避難門開啟



距隧道口里程標示



主線側

圖3.1.11 緊急救援通道/進氣孔:通道末端安全門

3. 照明設施

主線採單排鈉光燈，安裝於隧道中央，於隧道入出口處為加強照明區，燈具較為密集。於避車彎、人行橫坑、車行橫坑處主線上則加裝2排鈉光燈加強照明。燈具維護之清潔每年一次，為增加隧道照明亮度於兩邊隧道壁塗白色漆。聯絡隧道前有LED燈，兩邊人行維修步道裝有LED導引燈。因LED燈較為省電，除平時點亮作為輔助照明以增加照明亮度外，於停電或火警停電時作為緊急逃生指引燈，可減輕UPS或發電機之供電負荷。目前雪山隧道並無此設置。

4. 火警消防系統

設置火警偵測系統，並於能見度很低時視同火災發處理。於緊急電話室旁箱體內置ABC乾粉滅火器2只、設置雙接頭消防栓1組，可接兩消防水管或水帶，惟並無置放消防水管或水帶，咸認隧道管理單位認為火警時用路人不宜使用消防水滅火，而應由消防專責人員穿著適當防護衣攜消防水管或水帶到場後接消防栓實施滅火，此與我國相關隧道消防法規及火警滅火有不同之理念。

5. 電力系統

設南北各一外電供電迴路。無設置緊急供電發電機，於外電停電時，由UPS供應基本電力1小時，若1小時後外電仍未復電則關閉隧道。此在具備供電穩定及電氣設備故障率低之條件下，此設計卻確實可節省設備建造經費及日後養護經費。德國工業先進、所生產之電氣設備優良、耐用，日後所投入之設備養護人力、經費必較我國節省，但電力系統設計如此簡單，應是基於如下考量，值得借鏡。

(1) 設備所在之電氣室環境幾不受隧道髒空氣之影響小。其電器室非常乾淨、地板並無灰塵，每一電氣門均為不銹鋼材質，且均有膠質封條，除可杜絕噪音外，更可杜絕門外不管乾淨或髒的氣體滲入，以保護電氣設施。

(2) 選用之電氣設備性能良好、耐用，且設計優良，受外部之干擾

影響低，使用穩定。

(3) 外電供電幾乎不停電。

(4) 車流量較低，因故封閉隧道尚能為大眾所接受。

(5) 用路人守法，遵守隧道管理單位公布封閉隧道之資訊。

本隧道UPS室空間較小，但設置吸風機，吸口設於UPS排氣口上方，將UPS所排放之熱氣由吸氣管吸出後送至排氣風管再跟隨隧道穢空氣由排氣豎井排出，以降低UPS室溫度保護UPS。一般而言UPS所排放之熱氣較其他電氣設備多，此熱氣必須迅速排出或設置冷氣機將其冷卻，目前國內隧道機房係設置冷氣機予以冷卻方式，但冷氣機冷房能力往往必須很大，且須設置二部以上輪替24小時運轉，電力負擔重、效果不佳，亦增加養護費用，本隧道前述散熱方式，省電節能又經濟，值得借鏡。

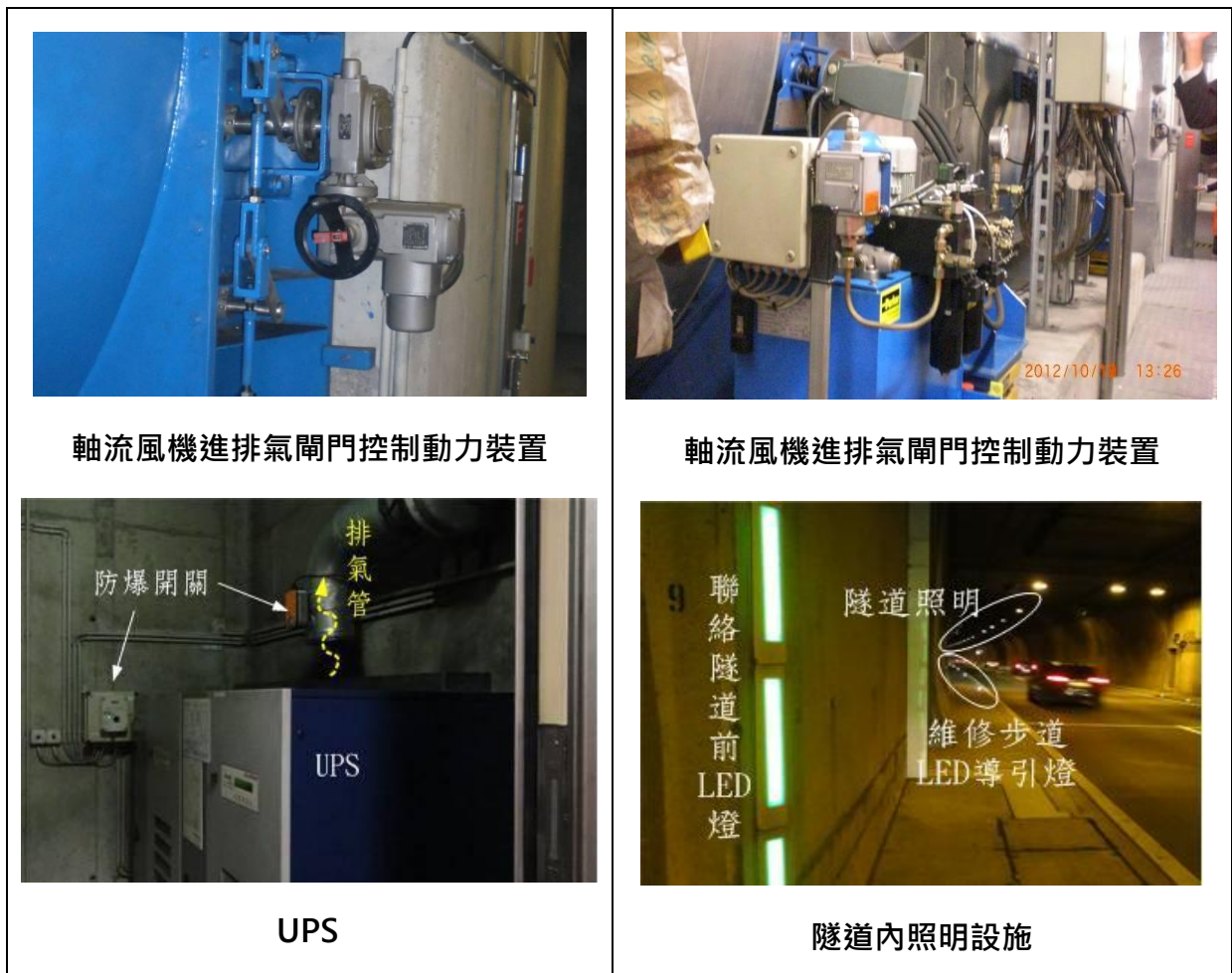


圖3.1.12 隧道機電設施

6. 緊急逃生安全門（車行橫坑）

Rennsteig隧道配置有12處車行橫坑，平均約600公尺一處，可供民眾及車輛緊急避難時使用。其安全門設計為大小門，小門提供民眾避難時方便開啟，亦可避免火災時過多煙塵進入橫坑內部，小門為單方向開啟且設置門弓器可自動關閉，門縫有橡膠材質密封條，可加強關閉時之密合度，以避免於火警時濃煙由空隙竄入，確保橫坑為安全之臨時避難處所；右邊小門係由橫坑內部通往主線，左邊小門係由主線進入橫坑，門上標示有緊急逃生標示以利辨識，且小門上有透明玻璃小窗，便於觀察橫坑內外情況。另車行橫坑大門除可現場手動開關之外，亦可由控制中心遠端遙控。



圖3.1.13 緊急逃生安全門（車行橫坑）

在車行橫坑空間與雪山隧道橫坑空間大小相近，壁面標示該隧道橫坑銘牌，用於辨識隧道名稱、方向、橫坑編號等資訊；設置有固定之消防連接管，以利消防隊員救災時，由對向車道快速銜接消防水車進行滅火(雪山隧道目前已擇處試辦成效良好，近期內將全面建置)；橫坑內尚設置號角喇叭、緊急電話、閉路電視監控攝影機等設施，另配備有緊急救護箱。



橫坑銘牌



消防連接管



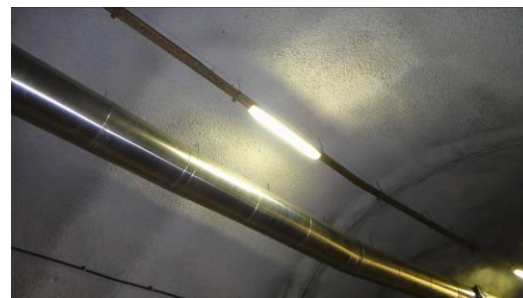
緊急救護箱及緊急電話



號角喇叭



閉路電視監控攝影機



橫坑內照明設備

圖3.1.14 緊急逃生安全門（車行橫坑）-內部設施

在主線側安全門邊設置有LED燈標示以高照度燈光標示，加強安全門位置辨識作用，壁面亦標示該橫坑銘牌、逃生方向指示燈等；另配合橫坑內固定之消防連接管，其外部設置消防管快速接頭，以縮短消防人員佈水線之時間。



圖3.1.15 緊急逃生安全門（車行橫坑）考察照片-安全門(主線側)

(四) 交通管理

1. 交通事故認定

3輛車以下之交通事故，視為小事件(minor accident)；超過3輛車或涉及貨車之交通事故，則視為大事件(major accident)，封閉隧道。

2. 火災處理原則

(1) 交通量超過設計容量時，提前向隧道消防隊預為警告，暫不封閉隧道。

- (2) 控制室濃霧偵測器自動發出告警時，暫不封閉隧道。
- (3) 隧道現場火警偵測器發出告警時，自動封閉雙向隧道。

3. 超速取締

隧道兩端設置車牌辨識系統，以進出時間決定是否超速（不考慮隧道內車速）。

4. 危險物品運送

進入隧道前先找一Safety Car(私人公司所有)，車後隨同警戒，再向控制中心通報，控制中心管制封閉車道。

5. 速率控制

隧道內設置車速偵測器，對隧道內車流進行即時車速監測，如有需要調升或調降速限，則以速率可變標誌管制，提供用路人遵循。

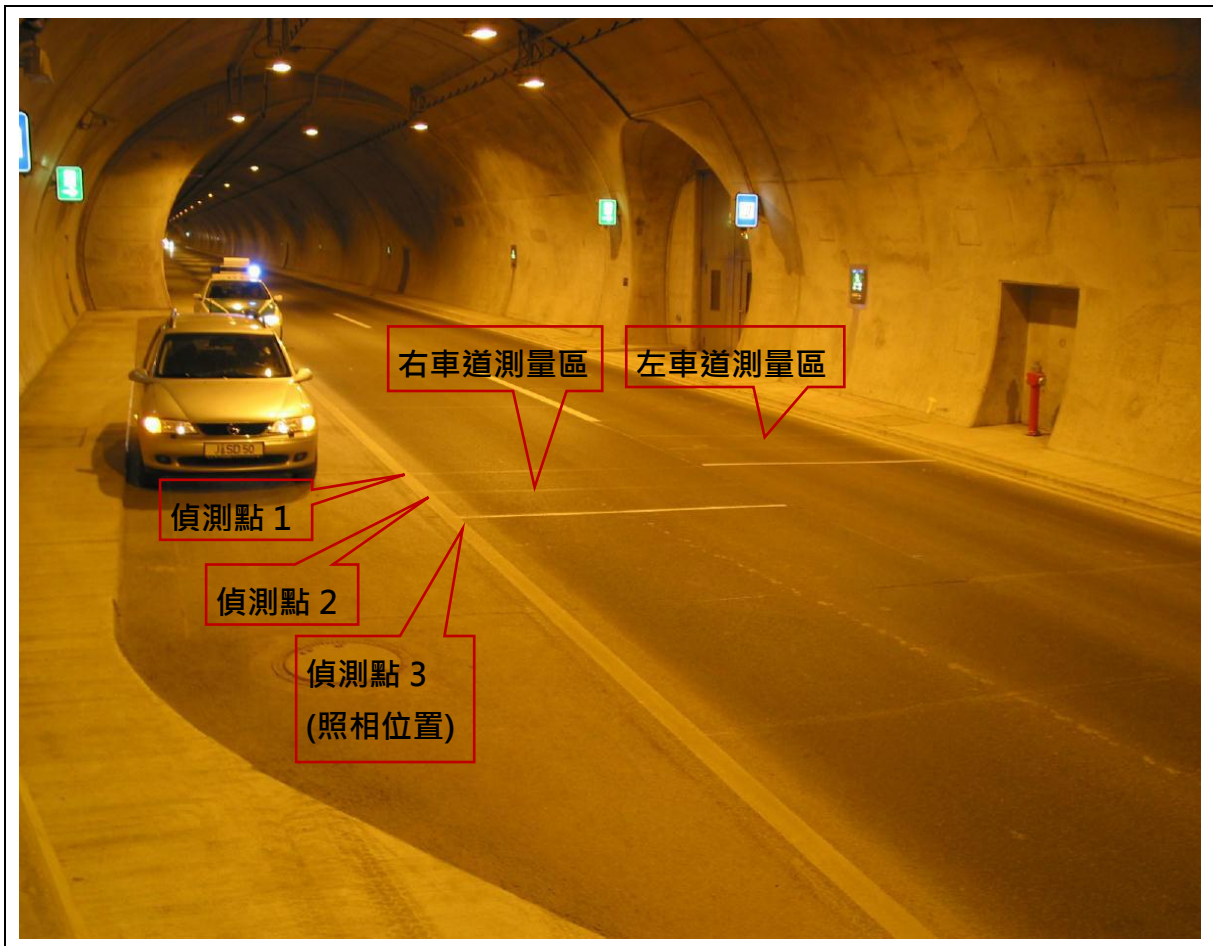


圖3.1.16 車速偵測器佈設方式

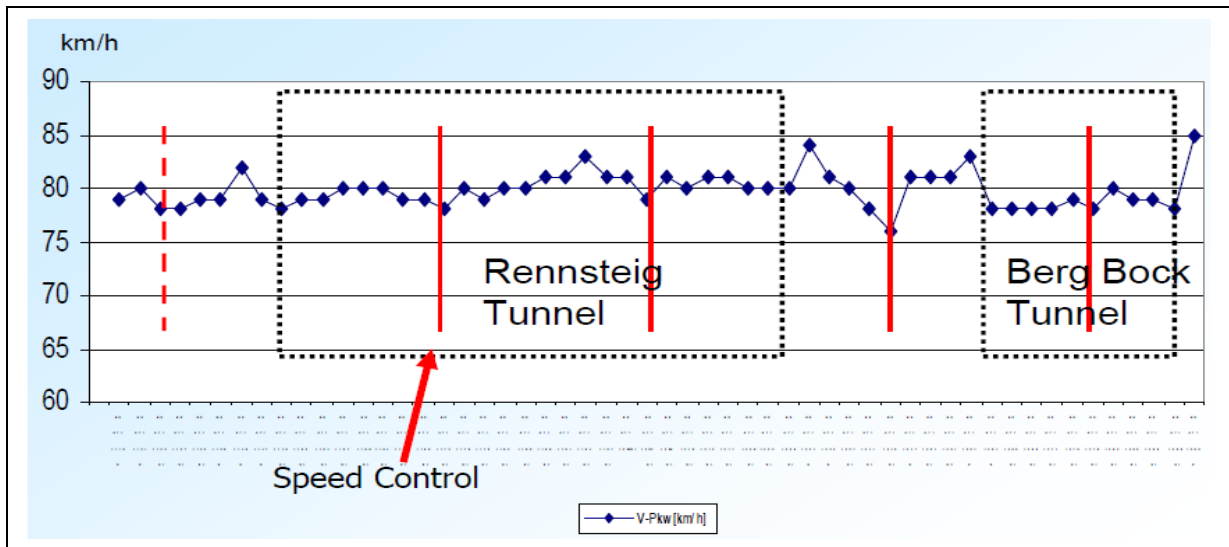


圖3.1.17 速率控制分析圖

(五) 設備維護招標

工程標招標時，採類似異質採購最低標，後續維護作業則以限制性招標方式洽原工程標施作廠商議價，每年1次，無期限限制；表現良好者繼續續約維修，如表現不佳，則重新招標。

2011年所管轄10隧道中，有一隧道維護成效不佳，重新招標（以公開評選方式辦理），其餘均由原施作廠商維護。

(六) 其他

過溫偵測系統為德國STUVA非營利研究機構之測試計畫之一，利用紅外線熱感技術偵測大貨車排煙管是否過溫，並利用歷史資料庫統計分析不同類型車輛過溫之門檻，預定於2013年第三季完成測試計畫，初步階段研究成果詳圖3.1.18所示。

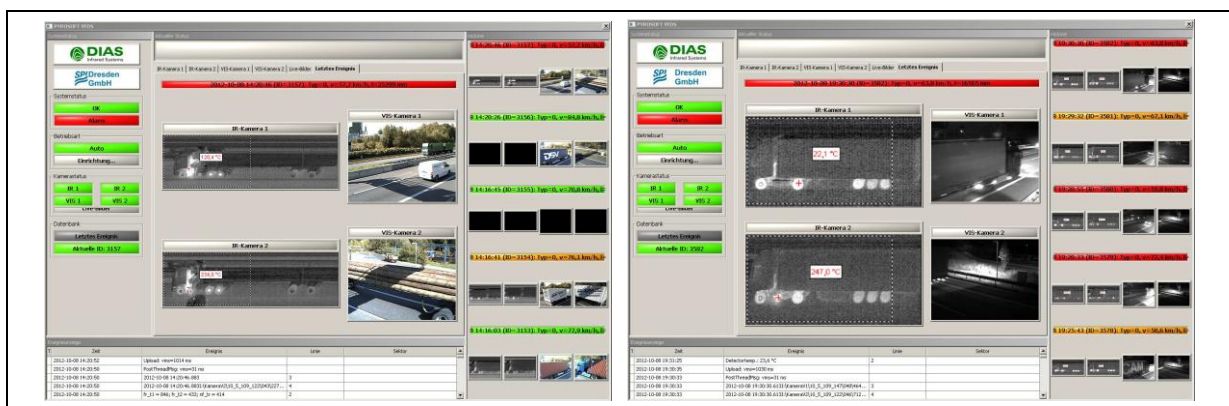


圖3.1.18 過溫偵測系統初步階段研究成果

二、 奧地利考察

本次奧地利參訪由該國高速公路管理營運單位ASFiNAG公司接待，考察目標為Plabutsch 隧道，並安排至Steiermark州區域交控中心及 Karnten州區域交控中心參觀。此外，本次亦拜會格拉茲科技大學(交通環境研究所)，並與ASFiNAG公司、Steiermark州政府等隧道緊急應變相關研究單位進行隧道緊急應變座談會。

(一) 地理位置

Plabutsch隧道為奧地利A9公路隧道群之主要隧道，位於奧地利南部格拉茲(Graz)西方，南北走向，二線車道，海拔高度南端350公尺、北端369公尺，為連結歐洲中部與東南之高速公路。原東行線長度約9.92公里，為單孔雙向，於1987年通車，因交通量增加於1999年改建及開始施工挖掘西行線(長度10.08公里)，2004完工開放雙孔單向通車，係奧地利第二長公路隧道，速限為通過隧道平均時速不可超過100公里，設計速度為車流量每日雙向2萬輛(重車比例25%)。

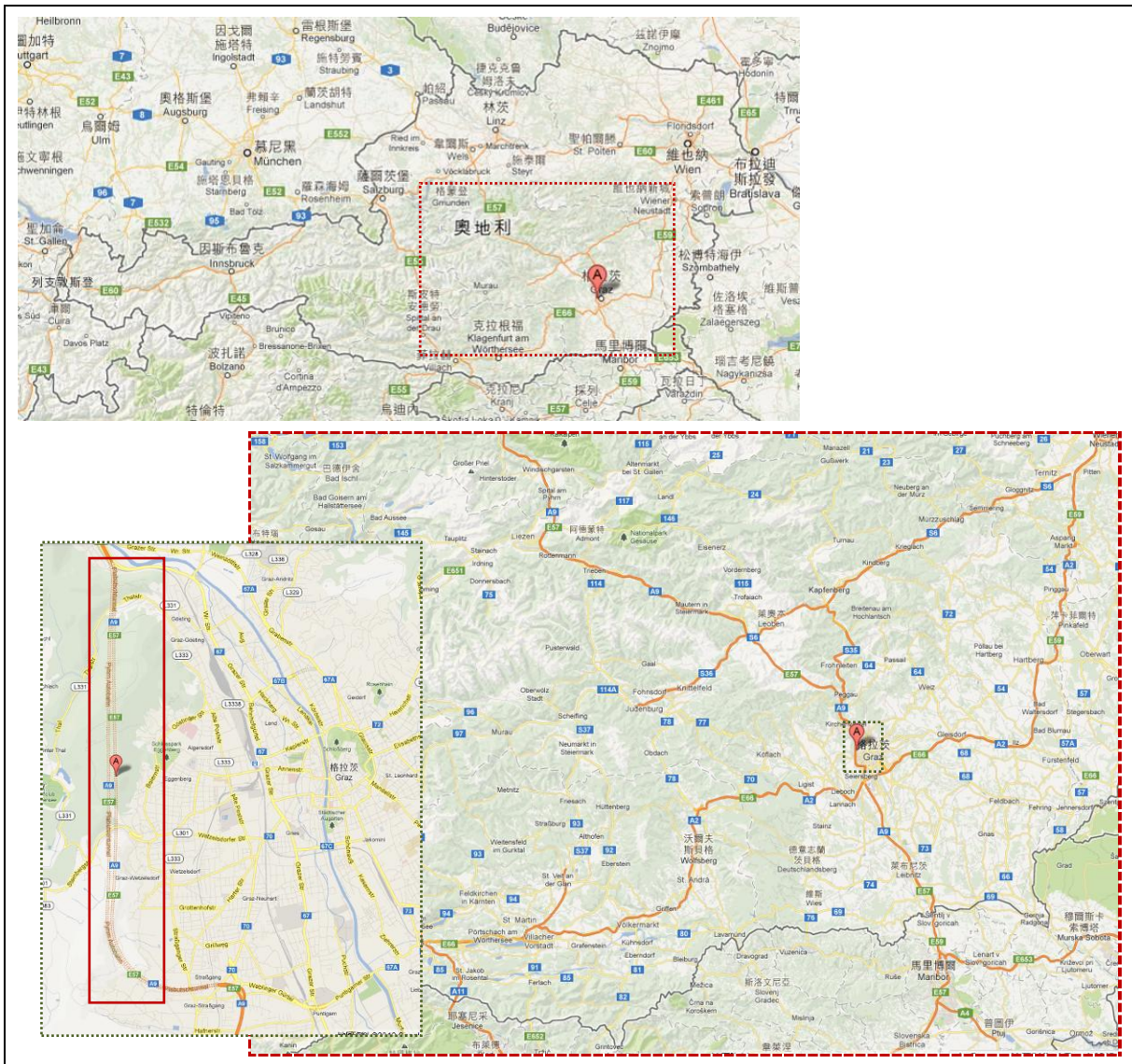


圖3.2.1 Plabutsch隧道地理位置圖

由於A9公路路線行經格拉茲市鎮，奧國為避免未來通車後交通造成環境品質汙染，故鄰近格拉茲路段採用隧道設計，包含本次參訪之Plabutsch隧道。



圖3.2.2 Plabutsch隧道建設過程照片及衛星圖

(二) 高速公路管理單位及交控中心

1. Austrian Freeway Authority (ASFiNAG)公司

奧地利全國高速公路之規劃、財政、維護和通行費收取均委由奧地利高速公路經營管理公司(ASFiNAG)統籌營運管理，旗下有建設、管理、機械、營運、收費及國外部等子公司，該公司目前僱用2,700員工，負責管養道路總長度約2,175公里、151處隧道、5,134橋梁、426交流道、90服務區、34休息站及10處交控中心(9個區域型交控中心，1個全國交控中心)。ASFiNAG公司成立於1982年，早期為全官股國營公司，目前轉為公有民營公司，奧地利聯邦政府擁有100%資金(公有民營)，主要收入來自高速公路收費(小車採年繳費、大車採ETC)、服務區營運收入

及汽油附加道路使用稅收。1997年與奧地利聯邦政府簽署契約，授予ASFiNAG更多權力和責任，如土地持有、設施使用權及收取通行費的權利。

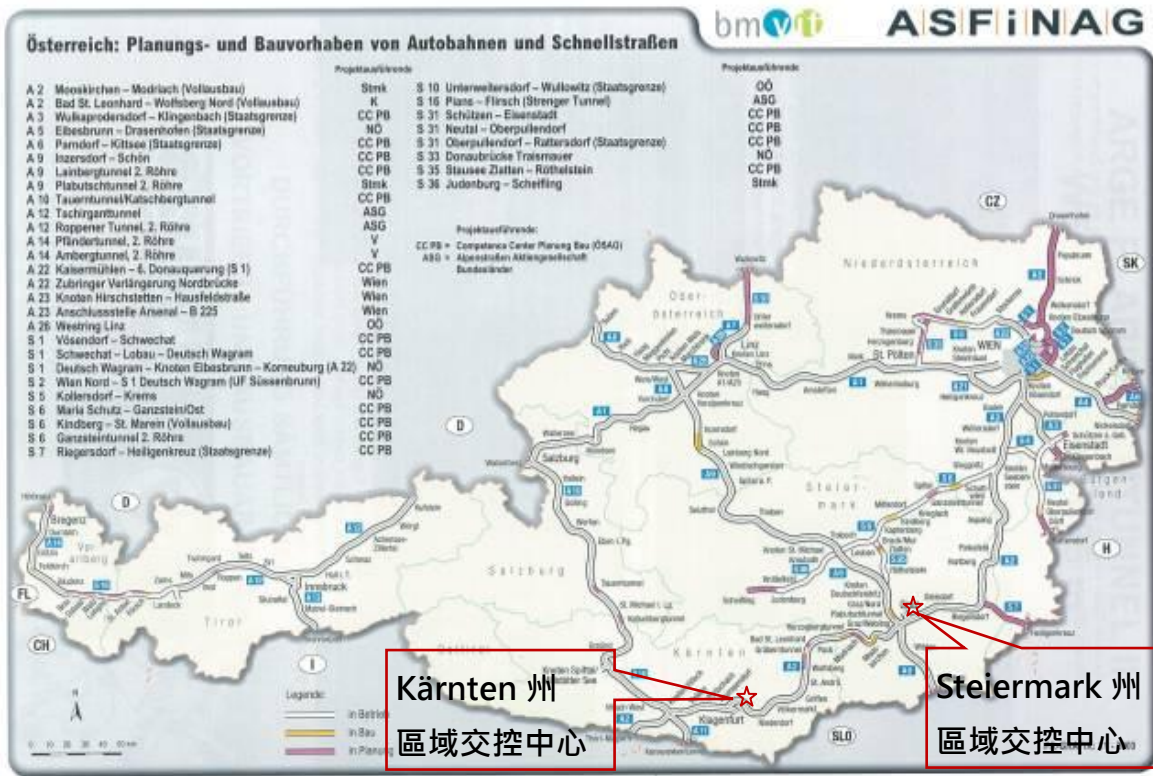


圖3.2.3 ASFiNAG轄管公路路網圖

2. 區域交控中心

本次行程除考察Plabutsch隧道外，ASFiNAG公司亦安排參觀管理該隧道之Steiermark州區域交控中心，以及Kärnten州區域交控中心。由於奧地利之高速公路委由同一公司管理，故其交控中心之配置及設施大致相同，茲分述如下。



圖3.2.4 Steiermark區域交控中心外觀



圖3.2.5 Kärnten區域交控中心外觀

各區域交控中心24小時配置2席操控人員，分別管理不同路段，其操控台設備配置及功能均相同；控制室後方設置指揮席，於重大緊急事件時，指揮官進駐指導。



控制室全景

設置於後方之指揮席

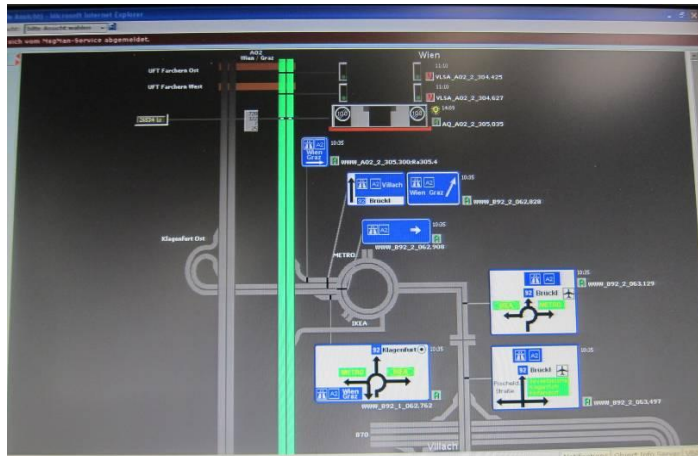
各操控席位

圖3.2.6 區域交控中心控制室

交控中心控制室於操控台中間為主要監控螢幕，包含操控人員責任範圍之各區路段圖誌控制、現場終端設備監控、事件訊息、緊急電話系統、相關作業手冊與查詢資料。交控系統為封閉性系統，考量資訊安全因素，另於操控台右側設置一部唯一對外可使用網際網路電腦。



操控台主要監視螢幕畫面



工作站細覽圖畫面



單一非封閉對外聯絡網路

圖3.2.7 操作台設備配置

交控中心為高速公路所有資料匯集處，故其工作站多，監控螢幕亦多。奧地利之交控中心將工作站均配置於地面下方，透過線孔與操作台之螢幕銜接，其操作台設計輕巧且散熱佳，立面放置8台螢幕，另桌面亦有設計1處螢幕可供使用。



圖3.2.8 多螢幕操控台

奧地利交控中心之投影螢幕係採用數位電視牆方式，可調播圖控全覽/分段圖、CCTV影像等，且其調播彈性大，可任意切割或重疊畫面。



圖3.2.9 投影螢幕

(三) 設備

1. 隧道區設備與設施

(1) 隧道機房

隧道內配置機房，全日派駐人力監控，可就近監控現場機電設備運作情況。此機房位於隧道內中段，內部鋪設地毯、潔淨明亮，空氣清新，雖位於隧道上方，但其機房內部氣體交換顯與隧道隔離，推測係由進氣豎井引入新鮮空氣，並將空氣排出至排氣豎井，如此交換空氣，使機房能長時間進駐人員。雪山隧道為消防安全派駐自衛消防編組人員每班4人進駐改裝貨櫃屋長時間待命，其空氣交換應可參考此方式。

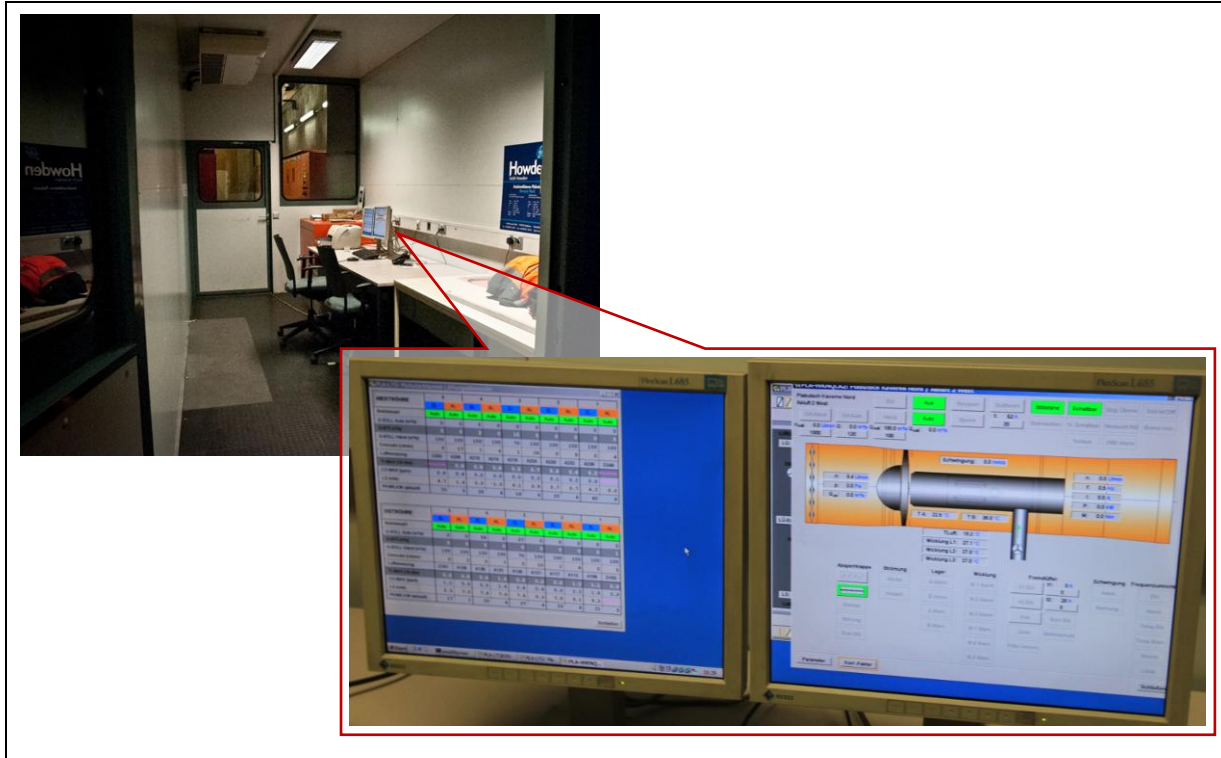


圖3.2.10 隧道監控機房

(1) 通風設施

早期Plabutsch隧道採全橫流式通風系統，因歐洲接連發生隧道火災傷亡事故，隧道防災及通風主要觀念遂轉而改採集中排煙區域點排，以利逃生，於1999年擴建時改採點排式通風系統，並加大排氣口面積，且將整座隧道劃分為6個安全逃生區段。隧道北端洞外上方排氣風機，火警時透過排氣風管可將隧道內之濃煙反向排至較高之空間，遠離洞口，以避免濃煙排出後輕易受外界風場影響轉向又竄入另一洞隧道，平時亦可作為隧道排氣用。於隧道中段設有一處進、排氣豎井。

a. 軸流風機

每一通風區間長1.9公里，共3座通風機房，每座共4台軸流風機(2進2排)，扇葉直徑2.8m、風量 $193\text{m}^3/\text{s}$ ，380kW，增壓1715 pa、操作溫度 -20°C 至 $+40^\circ\text{C}$ 。風機馬達耐溫等級 $400^\circ\text{C}/2$ hours。

b. 噴流風機

雙機並排吊掛，作為輔助通風及排煙之用。

(2) 照明設施

主線採單排鈉光燈，安裝於隧道中央，於隧道出入口處為加強照明區，燈具較為密集。於避車彎、轉彎曲度較大處、人行橫坑、車行橫坑處主線上則加裝2排鈉光燈加強照明。燈具維護之清潔每年一次，為增加隧道照明亮度於兩邊隧道壁塗白色漆。聯絡隧道前有LED燈，兩邊人行維修步道裝有LED導引燈，此設計德國Rennsteig隧道相同。

(3) 消防火警設施

消防栓每106m一處，消防管使用立式輪盤收納，滅火液採用水、泡沫等二種，依火災種類由用路人選擇不同之消防液體滅火，選擇閘門設於輪盤下方，以方便用路人選擇。緊急電話及滅火器室每212m一處全隧道共44處，除置緊急電話外並其旁箱體內置20型AB乾粉滅火器滅火器2只。

前述消防栓與滅火器之設計與德國Rennsteig 隧道有明顯不同，奧地利消防栓可供用路人使用而德國Rennsteig 隧道則不供使用，其差異在於對用路人能否在安全無虞情況下使用及迅速逃離火場之對用路人安全觀念不同。Plabutsch隧道採用AB乾粉滅火器 而德國Rennsteig 隧道則採用ABC乾粉滅火器(我國道隧道亦均採此類滅火器)，不同之處在於AB乾粉滅火器無法對c類火災滅火。

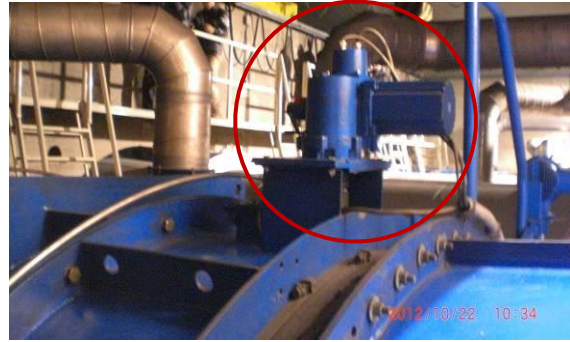
我國道隧道消防栓僅提供水滅火而Plabutsch隧道則多提供泡沫滅火，值得參考

(4) 電力系統

與德國Rennsteig隧道供電理念相同，亦無設置緊急供電發電機，於停電時由UPS供應基本電力1小時，若1小時後外電仍未復電則關閉隧道，供電系統採用此設計方式依國情不同各有不同之先決條件須先克服，其優劣前已論述。



主線照明設施



通風管及閘門控制動力裝置



通風設備



通風設備



消防栓



空氣流量計

圖3.2.11照明及通風等機電設施

(5) 車行橫坑設施

車行橫坑外(主線側)之避車彎空間較大,可提供較多車輛暫停,且匯入主線時較安全。車用與人用之安全門為獨立設置,車用安全門可由現場手動開啟。橫坑內另有規劃多處

機房，收容終端設備之控制器、電力設備等。



圖3. 2. 12車行橫坑設施

(6) LED式路面標記燈光束

奧地利高速公路隧道路側之路面標記大多採用LED形式，與國內多數採用強化玻璃或雙面式反光標記有所不同，其雙面分別為紅色燈光及白色燈光，順車行方向於道路右側以紅色顯示，左側以白色顯示，可增加隧道車道邊緣辨識

度，減少照明需求，加強道路行駛方向辨識。據悉歐洲部份隧道使用該類LED路面標記，搭配速率控制功能，惟奧地利現況無該項功能。



圖3.2.13 LED式路面標記

(7) 緊急電話(ET)

奧地利高速公路沿途路側設置有緊急電話，於隧道口及隧道內亦有設置緊急電話。其中隧道內之緊急電話規劃有明顯之特殊按鈕，在緊急求救或火災時可直接按下按鈕，可直接聯繫交控中心，交控中心控制室人員可立即通知查看，並派員處理。



路側緊急電話



隧道口緊急電話



無須通話之
特殊緊急按鈕

隧道內緊急電話

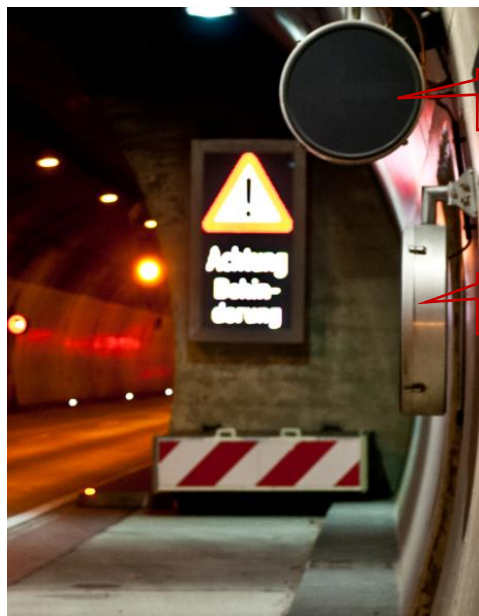
圖3.2.14 隧道內緊急電話

(8) 隧道內CMS及車行橫坑前LCS

避車彎設置CMS可提供緊急事件資訊，平時則可供作宣導訊息使用。



隧道口LCS



供主線左轉入車行橫坑用

供車行橫坑左轉入主線用

隧道內CMS及車行橫坑前箭頭圖案LCS

圖3. 2. 15隧道內CMS及車行橫坑前LCS

2. 高速公路路側設施

(1) 資訊顯示及交通管制設備

奧地利高速公路交控系統之資訊顯示及交通管制設備

包含資訊可變標誌(CMS)、車道管制號誌(LSC)及速限可變標誌(CSLs)。

其中資訊可變標誌與我國高速公路交控設備型式類似，有門架式、懸臂式，隧道內則設置於停車彎之壁面。車道管制標誌則多採以圓形之紅、黃、綠三色燈號之號誌，主要設置於隧道口(連續2處)，另隧道內於車行橫坑處之避車彎加設箭頭圖案之號誌。而速限可變標誌(CSLs)有門架式及路側立桿式，另設置多功能型資訊顯示設備，可顯示速限及事件訊息。



門架式CMS

門架式CMS及LCS

懸臂式CMS

立桿式CSLS

多功能型資訊顯示設備

太陽能供電

圖3. 2. 16資訊顯示及交通管制設備考察照片

(2) 交通資料收集系統

奧地利因冬季下雪天候影響，不適合線圈式車輛偵測器，故其高速公路之交通資料蒐集系統多採用微波式車輛偵測器。



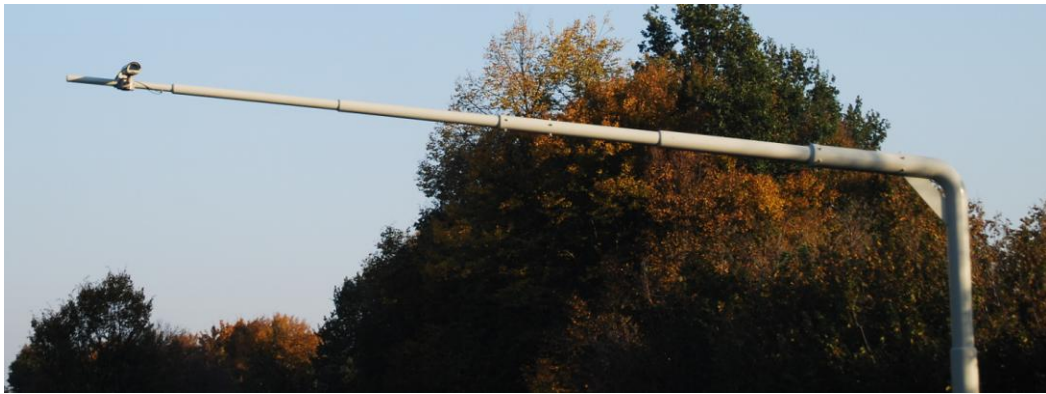
圖3.2.17交通資料收集設備考察照片

(3) 閉路電視系統(CCTV)

奧地利高速公路沿途亦設置有閉路電視攝影機，供交控中心即時監控車流情況，其設置方式有立桿式、懸臂式等。



立桿式CCTV攝影機



懸臂式CCTV攝影機

圖3.2.18路電視系統考察照片

(4) 廣播系統/號角喇叭

奧地利高速公路除隧道內設置有廣播系統外，其隧道洞口亦有配置號角喇叭。



圖3.2.19廣播系統考察照片

(5) 路側緊急電話



路側緊急電話



隧道口緊急電話

圖3.2.20路側緊急電話考察照片

(6) 交通標誌

a. 速限標誌

奧地利高速公路交控中心可依交通路況調整速限，故除有速限標誌外，亦有解除速限標誌。其設置型式除固定式牌面外，尚有翻轉式牌面、速限可變標誌(即CSLS)等。



重車禁止超車

固定式速限標誌

重車速限附牌



翻轉式速限標誌及速限可變標誌



固定式解除速限標誌



可變式解除速限標誌



解除重車超車管制標誌

圖3.2.21速限標誌考察照片

b. 指示標誌

奧地利高速公路相關指示標誌與我國雷同，如地名里程指示標誌、出口預告標誌、觀光標誌、里程碑、出口標誌等。



圖3. 2. 22指示標誌考察照片

c. 施工標誌

施工標誌佈設原則與我國大致相同，包含施工區前預告及管制措施、施工區交通維持等，以維持用路人行車安全。

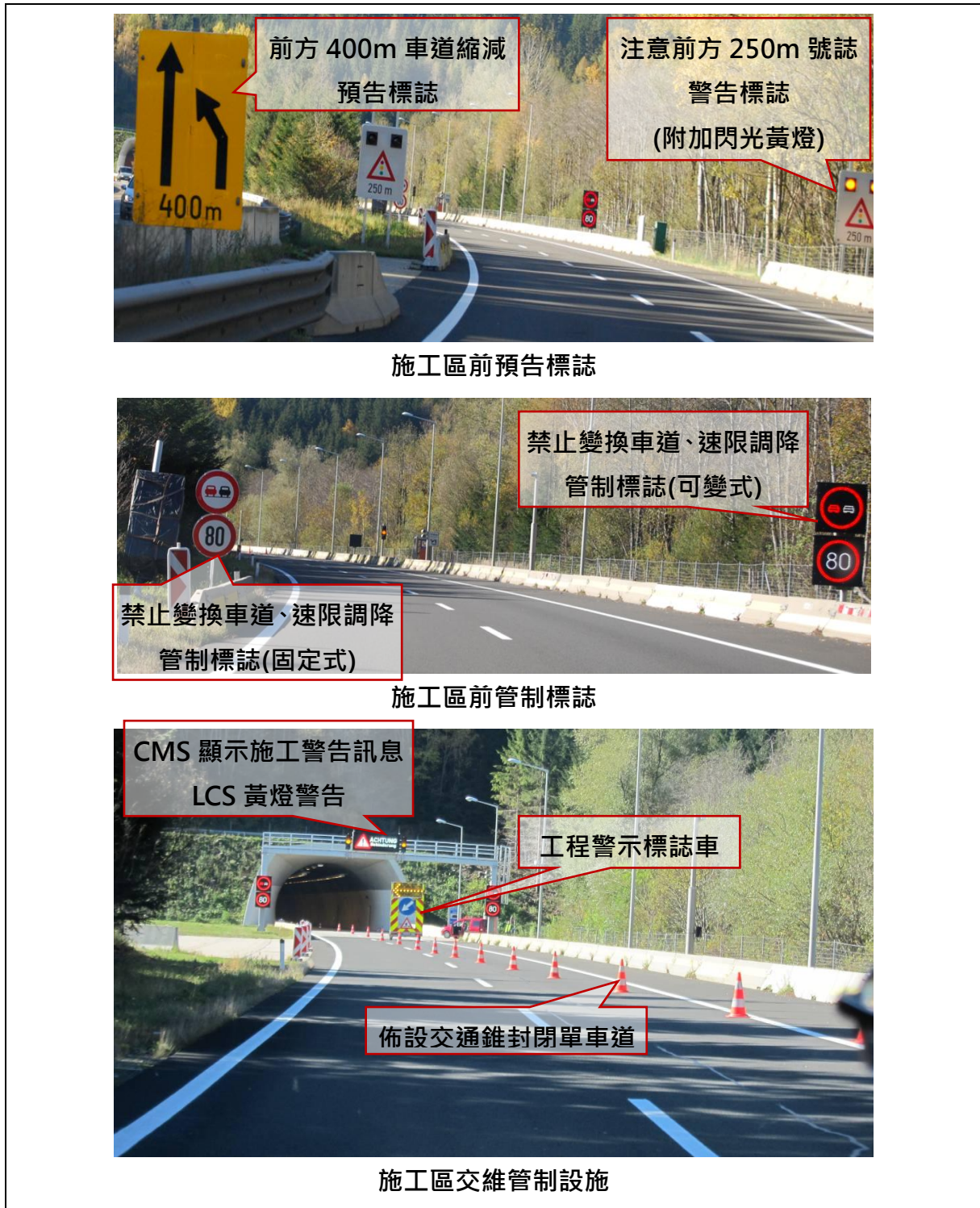


圖3.2.23施工標誌考察照片

d. 停車導引標誌

奧地利高速公路服務區停車導引標誌係將各類車種(如小客車、巴士、拖車、重型機車、聯結車等)以圖形化標誌，以利用路人進入服務區時能快速辨識其停車區方向。如遇服務區或停車場停止使用時，則於道路上原設置之停車場指示標誌上附掛紅色叉號設方式告知用路人。



圖3.2.24停車導引標誌考察照片

e. 地磅站交通導引

奧地利高速公路設置有地磅站，2.5噸以上重車必須過磅，其導引方式類似施工區，包含預告、管制、車道導引等。

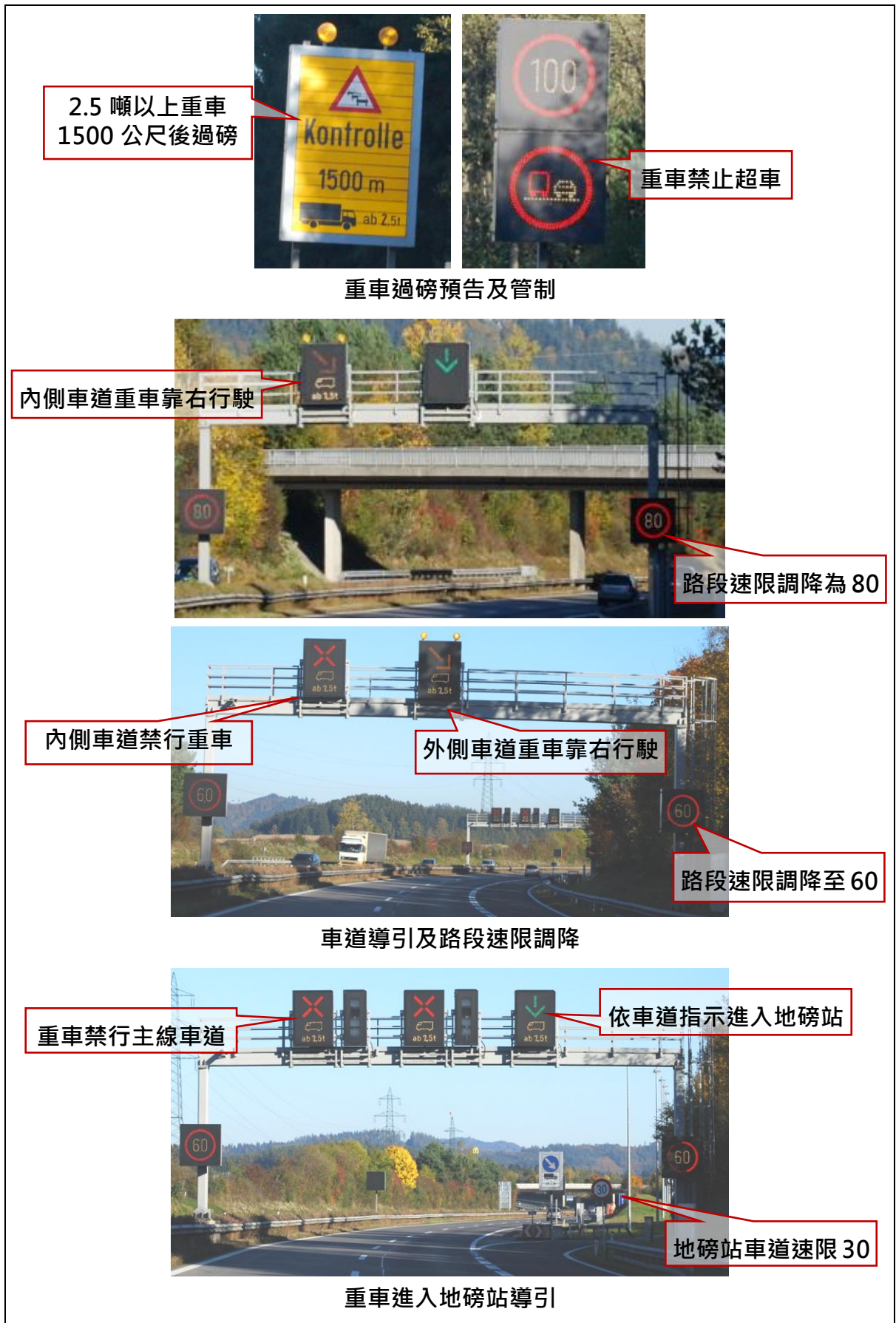


圖 3. 2. 25 地磅站交通導引考察照片

(四) 危險物品運送車輛

奧地利對於危險載運物訂定相關數字代碼，標示於載運車輛後方(可手動調整)，並針對載運物品特殊性質附掛相關標示，以利管理單位辨識。(比如:載油車輛以2表示柴油、3表示汽油等)



圖3. 2. 26危險物品運送車輛考察照片

(五) 格拉茲科技大學緊急應變座談會

與會單位包含格拉茲科技大學交通環境研究所(熱力組)、ASFiNAG公司、Steiermark州政府(規劃建設部-隧道技術部門)、台灣高速公路局、台灣世曦工程顧問股份有限公司、中興工程顧問股份有限公司等單位。

會中針對臺灣與奧地利雙方高速公路隧道維護作業招標方式、緊急應變處理進行研討，並針對過去發生過之隧道火災事件進行經驗分享與交流。

1. 維護作業招標方式

ASFiNAG公司設有維護部門，自辦維修作業，如遇無法解決問題，則另案成立計畫，邀請廠商(含原廠商)提供解決方案，甚至包括後續維修訓練課程在內。

如遇部分維護工作委外辦理時，則採公開評選方式，其評選指標中，品質約佔10%，其餘90%仍為價格考量；惟出席奧方人員一致認為此種維修採購策略價格仍為最重要考量因素，建議仍應以品質為重要考量指標。

2. 緊急應變處理

以本(101)年5月雪隧發生火燒車事件處理至事後檢討過程為例，從偵知或接獲通報緊急事故，於應變處理，現場救援、災後處理及緊急搶修等過程，每一階段應變中心均須向上級層層通報、回復、追蹤，同時媒體於接獲消息後即刻至應變中心要求提供最新消息；事件處理過程中，於等待救援民眾均透過緊急電話持續通報，並要求立即到現場救援處理，造成交控中心人員處理困難。

而奧地利隧道管理體系則採階段性的射後不理 (fire and forget)處理方式，即交控中心接獲事件確認後，通報警察、消防、醫療等相關單位，由警察機關負責道路封鎖，消防單位負責現場搶救作業，醫療單位負責傷患醫療救治，各單位均各司其職，交控中心人員只監視該事件之應變處理，並注意是否有二次災害等，期間可不理會其他與事件無涉之事務，相關任務均由各單位自行負責。其中緊急電話部分，交控中心只要確認為同一事件，且可透過CCTV掌握現場狀況，則於接聽第一通緊急電話後，後續之緊急電話均不予接聽，除非監控時有新事件產生。令事件處理過程中，其上級或媒體等非救援相關單位亦不會在事件當下，聯絡控制中心要求提供資料或發布資訊。以奧地利ASFiNAG公司管理之9個州(省)控中心為例，每一交控中心每班均僅2人值班，緊急事件時，一員指揮進駐，共三人處理所有緊急事故。

肆、其他

一、軌道運輸大量使用

參訪歐洲德國、奧地利，在法蘭克福和格拉茲兩大城市可發現，軌道運輸被大量使用，透過綿密的班次，提供舒適的軌道服務，減少公車、汽車等使用石油產物之運具，使得空氣污染減少，值得國內參考。



圖4.1.1發達的輕軌運輸系統

二、友善的自行車環境

市區內設置大量自行車專用道，具自行車專用號誌，兼具環保與運輸功能；另在奧地利更發覺自行車專用道常與輕軌共用專用道路權，充分利用道路空間，同時藉由自行車非常機動之特性，穿梭在輕軌之間，兼顧安全性。在鐵路上亦設置專屬的自行車停放空間，以提供不同城市間移動之自行車旅客使用。



圖4.2.1大量使用之自行車專用道



圖4.2.2鐵路專用自行車停放空間



圖4.2.3自行車專用號誌

三、懸掛式路燈、號誌

歐洲都市內，利用懸掛方式設置照明路燈及號誌，與臺灣不同，具有節省鋼構經費及利用空間之優點，但如果在台灣採用，則應顧及歐洲所沒有之颱風強風特性，另利用天際空間設置之電線等，亦對都市產生另一種負面景觀。



圖4.3.1利用天際空間設置懸掛式路燈、號誌

四、鐵路與大眾運輸資訊整合

在搭乘奧地利國鐵(Osterreichische Bundesbahn、簡稱ÖBB)，在車輛抵達車站時，車內資訊顯示有前方車站不同運具之轉乘資訊，包括有OIC (ÖBB Inter City)、EC (ÖBB Euro City)、輕軌路線等軌道運輸，以及公車路線，提供資訊有各運具預計到達時間、實際到達時間、等候月台，以及目的地等，提供搭乘國鐵旅客準備下車時，即獲得充分之大眾轉乘運輸資訊，可提供國內台鐵及高鐵參考。

ÖBB railjet 556  **03**
 Graz Hbf-W. Meidling 21.10.2012 08:59

Plan **aktuell** In Kürze erreichen wir auf Gleis 3
09:01 **09:01** **Bruck a. d. Mur**

Haben Sie auch nichts vergessen?

Ihre Anschlüsse ● erreichbar ● gefährdet 1/3

Plan	aktuell	Fahrt	nach	Gleis
09:06	● 09:06	R 1705	Neumarkt in Stmk	2b
09:09	● 09:09	S 1	Graz Hbf	6
09:58	● 10:19	EC 151	Ljubljana	5
10:09	-	S 1	Spielfeld-Straß	2B

ÖBB railjet 556  **03**
 Graz Hbf-W. Meidling 21.10.2012 08:59

Plan **aktuell** In Kürze erreichen wir auf Gleis 3
09:01 **09:01** **Bruck a. d. Mur**

Haben Sie auch nichts vergessen?

Ihre Anschlüsse ● erreichbar ● gefährdet 2/3

Plan	aktuell	Fahrt	nach	Gleis
10:14	-	R 4012	Mürzzuschlag	2A
10:15	● 10:18	OIC 531	Lienz in Osttirol	1
09:05	-	Bus 171	Turnau Maurerbachbrücke	
09:28	-	Bus 1	Bruck/Mur Murinsel	

ÖBB railjet 556  **03**
 Graz Hbf-W. Meidling 21.10.2012 08:59

Plan **aktuell** In Kürze erreichen wir auf Gleis 3
09:01 **09:01** **Bruck a. d. Mur**

Haben Sie auch nichts vergessen?

Ihre Anschlüsse ● erreichbar ● gefährdet 3/3

Plan	aktuell	Fahrt	nach	Gleis
09:53	-	Bus 3	Apfelmoar Schleife	

圖4.4.1 奧地利國鐵車內大眾運輸轉乘資訊



圖 4. 4. 2 鐵路上提供上網服務

伍、心得與建議

一、 管理作為

- (一) 德國危險車輛以安全公司警戒方式，可提供參考。
- (二) 德奧對於交控中心充分授權當班控制人員視交通情況，進行相關交通管理或管制作為(如車道封閉、速限機動調整等)，因路況樣態眾多，難以羅列，故不會刻意訂定過於細部之標準作業程序要求控制人員進行一致性之管理策略，可供參考。
- (三) 相關標誌、號誌的權威性建立，台灣有待努力(號誌、速限標誌)。
- (四) 工程階段應多考量管理需求，透過工程手段，可解決許多後續管理作業不可能完成的事項。
- (五) 德、奧長隧道假日之全日雙向交通量約35,000 PCU，僅約雪山隧道交通量之50%，並無道路容量不足導致交通壅塞問題，故未有特殊之交通管理策略。
- (六) 監控系統獲得充分驗證、控制複雜而有效，管理人員充分信賴監控系統之自動控制作為，可減少人為之操作。

二、 硬體設施

- (一) 緊急救援通道設計方式大幅提高安全等級，值得國內後續其他長隧道設計參考。
- (二) 隧道路面標記採用LED燈方式，讓隧道車道邊緣明顯，減少隧道照明需求，值得借鏡。
- (三) 交控系統內單一非封閉對外聯絡網路方式，與外界聯絡，與本局方式相同，可適當提高資通安全。
- (四) 設備堅固耐用、可靠及簡單而不複雜，對設備所處環境提供足夠之保護，使設備長時間正確運作。
- (五) 規劃設計時充分考量日後設備維修、人員活動空間及環境需求。施工時與隧道壁體整合，避免事後吊掛，提高隧道結構安全性。

三、 緊急應變程序

- (一) 由於國情不同，「階段性射後不理」之緊急應變處理理念，很難在台灣執行，所以後續的緊急處理仍然要繼續的派遣雙倍以上人力，以應付緊急事故處理。

- (二) 德、奧消防工作不屬於道路管理體系，因此德、奧長隧道除德國過河隧道Elbe 3.1km洞口設專屬消防隊外，其餘長隧道無設置專屬消防隊，控制中心偵測火災發生時由控制中心通知鄰近消防隊進行救援。歐洲各國除少數特殊隧道外，均未設置消防灑水相關設備，目前僅針對細水霧功能進行研究中，暫無計畫設置水系統。

四、採購招標作業

- (一) 德國隧道維修採購以限制性招標方式辦理，奧地利則由ASFiNAG公司自辦維修工作，部分委外維護則以公開評選辦理，奧方人員均認為ASFiNAG公司90%考量價格因素不正確，應以品質為主要考量指標。相較國內高速公路目前交控系統工程及隧道機電系統維護係以異質採購最低價標方式進行，已有兼顧品質考量需求。
- (二) 以限制性招標方式，洽原廠商維護，立意良善，也可由原施作廠商提供原廠維護服務，後續值得本國相關機電、交控系統維護作業採購執行參考。

五、其他

由於歐洲幅員廣闊，各國對其隧道規劃設計、管理維運、應變作為均有不同之作法，且其整體公路運輸系統發展較多元性，建議後續仍可編列預算派員考察，與他國進行經驗交流。