

出國報告(出國類別：實習)

赴瑞士、荷蘭實習 隧道災害搶救訓練報告



服務機關：內政部消防署及高雄市政府消防局

職稱姓名：科長林志淵、專員朱敏誠

科員宋博煜、小隊長吳庭碩

派赴國家：瑞士、荷蘭

報告日期：103年1月21日

出國期間：102年10月13日~102年10月26日

出國報告名稱：赴瑞士、荷蘭實習隧道災害搶救訓練報告

出國計畫主辦機關：內政部消防署及高雄市政府消防局

聯絡人：朱敏誠 電話：049-273-9119；宋博煜 電話：07-812-8111*3064

出國人員：內政部消防署 科長林志淵、專員朱敏誠

高雄市政府消防局 科員宋博煜、小隊長吳庭碩

出國類別：實習

出國期間：102 年 10 月 13 日至 102 年 10 月 26 日

派赴國家：瑞士、荷蘭

報告日期：103 年 1 月 21 日

分類號/目 /

關鍵詞：瑞士、隧道

內容摘要：

臺灣位居歐亞大陸板塊與菲律賓板塊之間，地殼變動與造山運動發達，導致地形多樣且複雜，主要有山坡地、丘陵、盆地、台地及平原等五大地形；除此之外，臺灣亦位於環太平洋的火山地震帶，故有若干火山地形。儘管如此政府為縮短城鄉差距、產業發展、國土開發及交通建設等因素，建造隧道成為交通規劃的重大目標；且隧道能縮短交通時間的功效，一旦施工完成、落成啟用並通行後，就會成為民眾通勤、生活休閒等之一部分，因此隧道安全成為重要議題之一。

隧道屬於封閉性空間，一旦發生車禍，致使火災發生，火、煙及高溫將迅速蔓延，並讓隧道內車輛因缺氧而無法繼續啟動，若事故地點為長隧道更造成逃生困難，國內案例如：我國雪山隧道通行後，101 年 5 月 7 日發生火燒車事故，係屬通行車輛相互追撞，造成 2 人死亡及 30 人以上受傷。

有鑑於此內政部消防署與高雄市政府消防局共同選定歐洲瑞士國際隧道訓練中心(IFA)，希冀能從中汲取隧道事故救援經驗供國內救災單位參考，強化國內隧道救援能力。

目次

壹、任務範圍(出國之緣由及目的).....	4
貳、IFA 介紹.....	5
參、IFA 訓練課程-隧道災害事故救援訓練暨城市搜救研習班	14
肆、訓練內容.....	15
伍、少女峰隧道消防設施.....	41
陸、Holmatro 參訪及訓練體驗.....	43
柒、參訪荷蘭 Veilighelds 消防單位.....	51
捌、主要心得(比較分析我國與外國之制度及政策).....	59
玖、建議事項(分項敘述可供我國或高雄市具體採行之事項及改 進作為).....	67
拾、備註.....	71

壹、任務範圍(出國之緣由及目的)

內政部消防署訓練中心業於 99 年 1 月 19 日正式落成啓用，並著手進行火災搶救、隧道事故救援、急流等 17 項相關消防專精訓練規劃。考量瑞土地形多山陵，隧道路段數量眾多，相關隧道災害救援經驗豐富，更建置有國際隧道訓練中心，足為我國隧道救援師法之對象。此外，考量隧道事故中，除火災事故外，一般車禍事故更是救援出勤之主因。

臺灣的隧道數量與瑞士相較要少許多，其中最長的雪山隧道及次長的八卦山隧道已經通行，而高雄市轄內長度 1 公里以上的隧道有：

- 一、 高雄過港隧道：全長 2,250 公尺，為臺灣唯一的水底公路隧道，兩側各有兩條汽車道及一條機車道，主要涵洞是由六節鋼筋混凝土沉埋管結構體所組成並建置於水面之下，相較一般隧道搶救困難因素多了有海水滲入之虞，一旦發生事故後果難以設想。
- 二、 國道 3 號中寮山隧道：為南臺灣高速公路最長的隧道，屬雙孔雙向，兩側各有三線車道，全長約 1,860 公尺。
- 三、 美濃往杉林之月光山隧道：為單孔雙向，兩側各有一線車道，全長 1,670 公尺。

重大隧道事故發生機率不高，但往往一旦發生所造成的損失比一般事故嚴重，故增強我國隧道災害事故救援能力乃當務之急。

長隧道的構造特性為密閉式結構設計，出口個數、位置及大小皆明顯受限，一旦發生事故對內部人員會造成不安感、壓迫感或恐懼感等負面心理影響，且密閉式結構內通風供給有限，導致隧道一旦發生火災儼然成為一座火爐，產生高溫、火焰與大量濃煙，不僅如此隧道自然採光受限，只要斷電或照明系統無法有效運作，整個隧道將陷入漆黑，造成救援行動困難，並提高意外發生機率；再者隧道無線電通訊效能較差，甚至無法通聯，如何增強或彌補通訊問題相對

重要。

目前國內南投消防署訓練中心已建置類似隧道的模擬訓練場供訓練隧道災害救援之用，惟相關教育訓練內容仍亟需參考國外訓練經驗進行開發與建置，訓練場的規模在實際操作訓練後，亦有補強的建議需求，訓練裝備器材亦有提升的必要。

「他山之石，可以攻錯」，爰此，為能汲取國外隧道救災經驗及技能，內政部消防署及高雄市政府消防局於 102 年 10 月 13 至 26 日各派遣 2 名人員前往瑞士國際隧道訓練中心(IFA, International Fire Academy) 及荷蘭國際知名之車禍救援訓練單位 Holmatro 公司，觀摩學習隧道災害搶救裝備器材、場地建置情形、課程規劃與師資培養遴選等營運方式，藉以提升隧道災害搶救能力及訓練中心營運開班之成效。

貳、IFA 介紹

由於瑞士是全世界隧道最多的國家，全世界最長的聖哥達隧道(Gotthard)位處於瑞士，所以在瑞士發生隧道事故的機率相對較高，且瑞士曾在隧道發生過重大災害，得到慘痛傷亡教訓，依據 IFA 的簡報瑞士消防單位有隧道救災成功案例，例如：

- 一、1990 年在蘇黎世的 Hirschgraben 隧道事故中救出 180 人。
- 二、2000 年在德國柏林的 Deutsche Oper 地下車站救出 350 人。

發生各種隧道重大事故後，交通部底下的瑞士聯邦公路局(以下簡稱 ASTRA, Swiss Federal Office for Roads) 於 2000 年成立專責小組，針對瑞士境內公路隧道進行安全評估，其報告中提出應設立隧道安全搶救培訓設施及興建隧道供救災單位訓練的計畫；2005 年經由瑞士聯邦國會決定建造 IFA 國際隧道救援訓練中心，最初 ASTRA 要求巴賽爾建築保險公司 (Basellandschaftliche Gebäudeversicherung, 簡稱 BGV) [註 1]及索洛圖恩建築保險公司 (Solothurnische Gebäudeversicherung,

簡稱 SGV) 共同成立 IFA，同時研發隧道救援教育訓練課程，於是成立後的 IFA 與專門經營隧道鑽探爆破的 Gasser 公司合夥，選擇在於巴爾斯塔爾鎮(Balsthal)原本沒落工業區及龍疆鎮 (Lungern) 興建二處隧道救援訓練中心。巴爾斯塔爾鎮之訓練設施係於 2007 年建造，龍疆鎮之訓練設施係於 2006 年開始建造，經過長時間的規劃與研議，該隧道模擬訓練設施終於 2009 年完工，並分別於 2009 年 10 月 6 日及 8 日開始啓用。

IFA 最初經費係由 ASTRA 支應，又因瑞士「隧道」屬於政府交通底下的部門 FEDRO [註 2] 負責，所以再轉由 FEDRO 負責經費，建造期間瑞士鐵路部門 SBB 亦有支援經費，前後耗資約 4 億瑞士法郎。

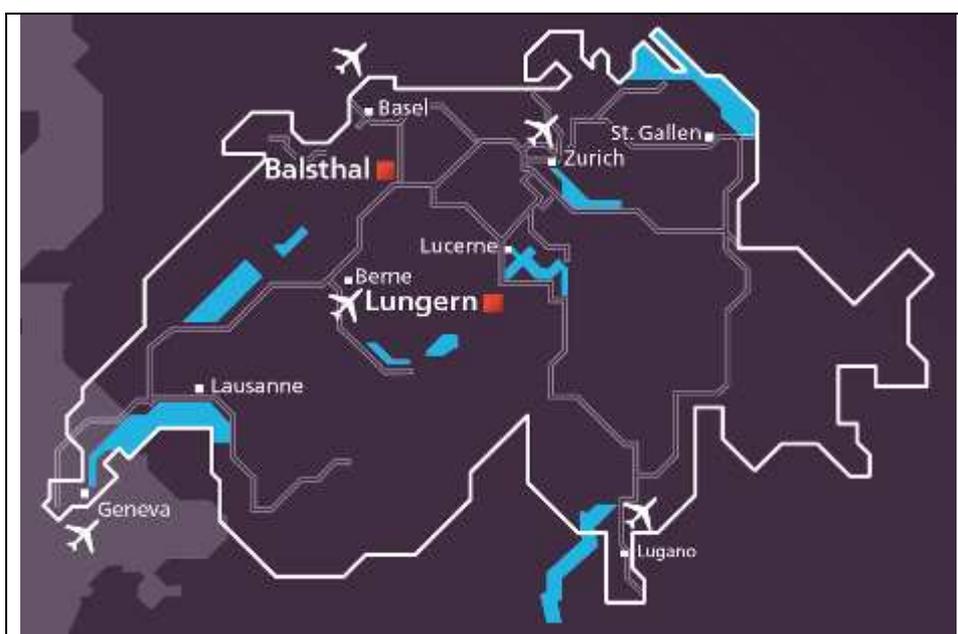


圖 1 瑞士暨 IFA(巴爾斯塔爾與龍疆鎮)位置圖。

IFA 是爲了讓消防員能夠成功處理隧道意外而建立，屬非營利組織，它的經費源自政府、保險公司以及瑞士國內外等參加訓練之單位團體，嚴格來說 IFA 訓練機構介於政府部門與私人機構之間。

Markus Vogt 提到 IFA 以顏色區分爲紅色與黑色 IFA 兩個部門，紅色 IFA 於 1994 年開始建造，1998 年完工，自 2000 年開始訓練正式課程，並專門訓練一般的消防人

員。黑色 IFA 即為本次參訪對象，底下設有執行長 1 名、市場營銷與品質管理處、財務會計及資訊處、教育訓練部(培訓組、教學團隊、發展組)、課程部(行政組、企劃組)、營運與技術部(住宿組、採購組、技術組)， 23 個專職職員(包含 5 個教官[註 3])、120 個兼職教官、教職人員及操作人員：

一、黑色 IFA，工作項目如：

- (一)專門作地下交通設施(UTF ,underground transportation facilities)[註 4]意外事故救援訓練。
- (二)負責研擬搶救戰術與救災技術。
- (三)試驗與證實戰術與技術的可行性。
- (四)訓練消防員、提供學習與體驗的環境，並有 2 座隧道[註 5]搭配各種設施與設備，可讓受訓學員在貼近實際狀況下操作各種消防技能。
- (五)與其他國家作交流。
- (六)目標是減少搶救人員意外風險、增加成功救援機率、減少傷害(包括環境、經濟及建築物設施)。

二、黑色 IFA 的兩個訓練設施介紹：

- (一)巴爾斯塔爾(Bals thal)訓練設施分為建物類及設施類，詳如平面配置圖(圖 2)，以功能用途分述如下：



圖 2 巴爾斯塔爾訓練設施平面配置圖。

1.A 建築：設有餐廳(約可同時容納 200 人)、酒吧、套房等，可招待受訓學員或貴賓，詳如圖 3-1 至圖 3-6。



圖 3-1 A 建築正面建築外觀。



圖 3-2 A 建築右後方建築外觀。



圖 3-3 餐廳用餐區。



圖 3-4 自助式取餐區。



圖 3-5 寢室正面圖。



圖 3-6 床頭置物設計。

2.基礎設施建築(B)：禮堂、寄物間、淋浴間、福利社及咖啡廳，針對建築物消防栓、消防衣架、淋浴間省水設計，值得參考設計，詳如圖 4-1 至圖 4-8，圖 5-1 至圖 5-2 及圖 6。



圖 4-1 基礎設施建築(B)正面外觀。



圖 4-2 B 建築內裝置藝術之實體消防栓剖面圖。



圖 4-3 B 建築內裝置藝術之實體消防栓剖面圖。



圖 4-4 B 建築內裝置藝術之實體消防栓剖面圖。



圖 4-5 B 建築內裝置藝術之實體消防栓剖面圖。



圖 4-6 B 戶外造型之消防栓外觀。



圖 4-7 B 戶外造型之消防栓外觀。



圖 4-8 B 戶外造型之消防栓外觀。



圖 5-1 消防衣架為 IFA 的消防衣帽間設備，遠觀為一排人形鋼管，鋼管直徑約 1 公分，管上有孔，內通熱空氣竄出來以烘乾消防衣褲。



圖 5-2 消防衣架連接氣管之閥。



圖 6 淋浴間，按壓下方按鈕上方水管就會出水一段時間，可樽節水資源。

3. 圓頂訓練場(C)：有一般建築物火災、地下室火災、室外消防等訓練場景。

4. 細木工業訓練場(D)

5. 材料與交通工具訓練場(E)。
6. 培訓教室(F)。
7. 工廠訓練場(G)。
8. ziko-Civil defence competence 中心(H)。
9. hk Hydraulik Klus AG(I)。
10. 可攜式滅火設備訓練平台(K)：訓練搶救液體火災，可用水、泡沫、粉末
3種滅火方式，並設有泡沫回收系統。
11. 訓練場中心(M)。
12. 訓練場北部(N)。
13. 坑道救援訓練場(P)。
14. 閃燃訓練設施(R)。
15. 訓練場南部(S)。
16. 隧道訓練設施(T)： 260 公尺長，150 公尺可供訓練，含公路、鐵路隧道
及月台…等模擬訓練設施，詳如圖 7-1 至圖 7-2。



17. 停車場訓練設施(U)。
18. 操作訓練場(X)及(Z)，詳如圖 8-1 至圖 8-6。



圖 8-1 民防組織實際操作城市救援訓練。



圖 8-2 鑽孔器材之幫浦。



圖 8-3 狹小空間救援訓練設施內部。



圖 8-4 狹小空間救援訓練設施上端，可打開鐵窗觀看內部情形，並放置檔板作障礙。



圖 8-5 倒塌建築物救援訓練場。



圖 8-6 狹小空間救援訓練設施入口。

(二)龍疆鎮(Lungern)訓練設施：

設有火災事故模擬隧道(150 公尺長)、排氣隧道、備用連結隧道、維護隧道、

安全避難隧道、教育訓練室及餐廳等，詳如龍疆鎮訓練設施平面配置圖(圖 9)，本次考察以此曲訓練場地規畫時作課程為主，有關龍疆鎮隧道訓練場入口如附圖 10。



圖 9 龍疆鎮隧道訓練設施平面配置圖。



圖 10 龍疆鎮隧道訓練場大門。

參、IFA 訓練課程---隧道災害事故救援訓練暨城市

搜救研習班

- 一、隧道火災課程計畫導覽。
- 二、隧道火災部署課程、IFA 戰術訓練中心及隧道火災救援戰術介紹。
- 三、隧道火災搶救訓練(公路與鐵路)。
- 四、聖哥達隧道及附近消防隊參訪與公路隧道火災搶救訓練。
- 五、隧道設施、消防器材及隧道火災滅火原則介紹。
- 六、城市搜救及工業訓練(職災)訓練。

肆、訓練內容

第一天消防署由桃園國際機場出發至荷蘭阿姆斯特丹，再轉搭荷蘭航空至瑞士蘇黎世國際機場，抵達時間為當地時間中午 12 時 05 分，高雄市政府消防局由高雄國際機場出發至越南胡志明，再轉機至德國法蘭克福國際機場，抵達時間為當地早晨 5 時 45 分，抵達後隨即租賃 AVIS 七人座之車輛，駕駛前往瑞士蘇黎世機場與消防署人員會合後一同前往 IFA 在巴爾斯塔爾的隧道救援訓練中心。

一、隧道火災課程計畫導覽：

一開始的課程由 Markus Vogt (IFA 中 5 人常設教官之一) 和 Jorg Winkler (本次行程 IFA 業務承辦人) 為我們導覽這次 IFA 所準備的課程，導覽情形如圖 11，計畫內容如下：

- (一) 介紹環境如 Balsthal 內的餐廳、隧道訓練中心、訓練塔、戰術訓練中心等。
- (二) 參訪聖哥達隧道、部署於隧道旁之消防隊、隧道行控中心等。
- (三) 至龍疆鎮隧道訓練設施操作實際搶救訓練。
- (四) 至 Wangen a.d. Aare 參訪軍方的城市搜救和工業訓練設施(armasulsse

Training Center)。



圖 11. Markus 與 Winkler 導覽課程計畫概況。

介紹完課程計畫後 Markus 與 Winkler 介紹瑞士消防概況。

二、隧道火災部署課程、IFA 戰術訓練中心及隧道火災救援戰術：

在這堂課在戰術訓練中心上課，IFA 的戰術訓練中心有一條長條型桌(詳如圖 12-1 至圖 12-4)，桌上中間有一個長方形的螢幕可以顯示隧道平面圖，搭配消防車模型與有色磁鐵(代表人員)或其他道具，進行隧道事故沙盤推演。



圖 12-1 長方形教學螢幕，可顯示簡報或假設情境，有助於教學與兵棋推演。

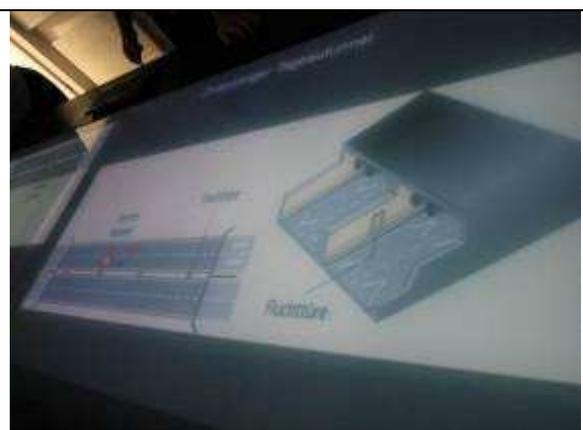
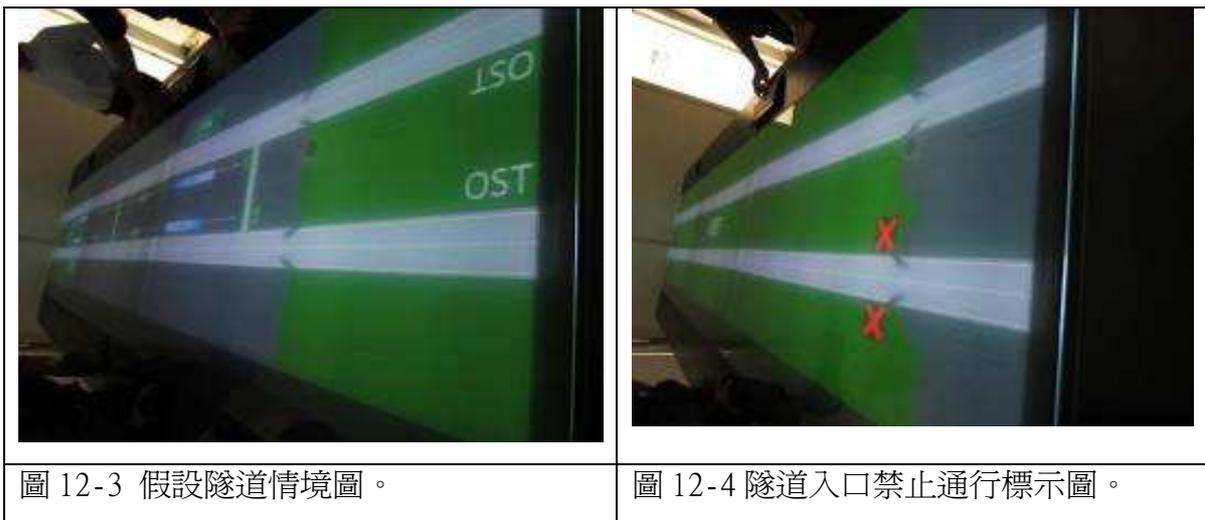


圖 12-2 簡報內容。



課程中 Markus 不斷丟問題讓我們思考如何部署車輛及消防人員才具合理性及有效性，例如：

- (一)消防車應如何部署?
- (二)是否適合採用排煙戰術?
- (三)隧道內通訊不良問題應如何克服?
- (四)消防車輛欲進入隧道救援時，發現隧道內已充滿車輛且道路寬度不足，且還有許多車輛欲逃離，往出口行駛時卻動彈不得，造成消防車輛難以前進時該如何應變?
- (五)消防車輛進入隧道時，發現風向是吹向己方(逆風)該如何應變?
- (六)搜索人員欲進入搜索發現入口被車輛堵住時應如何應變?
- (七)搶救人員欲利用消防栓滅火，卻發現被車輛擋住無法操作時該如何處置?

上述各種搶救隧道事故問題，相關圖表資料詳如圖 13-1 至圖 13-7。

現代隧道設計皆朝向雙孔雙向隧道方式建造，兩個平行隧道以數個垂直平面安全通道連接，Markus 假設一雙孔雙向隧道顯示在長方形桌螢幕上，其中一條隧道內有一台卡車載滿易燃物，不幸地發生事故，且隨著時間經過煙迅速擴張至隧道空間，民眾發現後立即找尋緊急通訊電話報案(手機無訊號)，隨後隧道兩端附近的消防隊收到派遣，立即派遣消防人員及車輛，並由警察單位設立封鎖線，管制交通，禁止一般車輛進入。

消防車若於發生事故之隧道前往事故發生位置通常會受到阻礙，例如隧道內行駛之車輛、濃煙、高熱等，故 Markus 將消防人車部署至「另一條未發生事故的平行隧道」，讓 1 名消防員負責聯絡工作，攜帶無線電或必要通訊裝備在隧道出口待命，負責傳達訊息給指揮官或同仁，其餘車輛及人員繼續向前，當行經安全通道時派遣 1 名消防員至「發生事故的隧道」查看(詳如圖 13-8)，此時會有幾個狀況：

- (一)未發現濃煙或火點，立即回報指揮官並往下一個安全通道前進。
- (二)發現濃煙但未發現火點，立即回報指揮官派遣搜索組進行搜索。
- (三)發現火點時，立即回報指揮官派遣滅火組部署水線滅火。

以此類推，由兩端消防隊共同找出最靠近火點之安全通道，部署水線、撲滅火勢，並進行疏散與人命救援等任務。

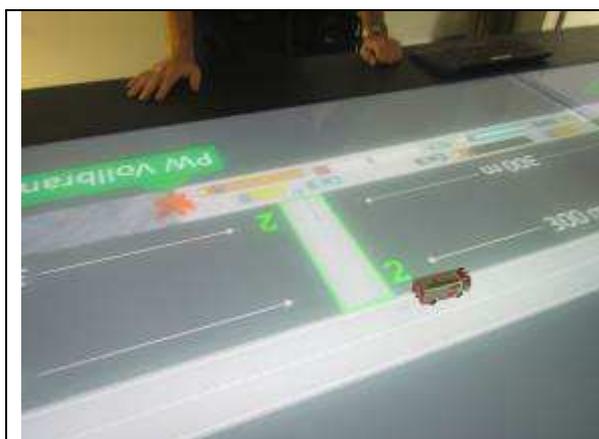


圖 13-1 沙盤推演情形，消防車停於橫向通道口前方，有利於部署水線。



圖 13-2 上(順)風處溫度較低，有利於救災。



圖 13-3 上風處入口上方也有煙回流。

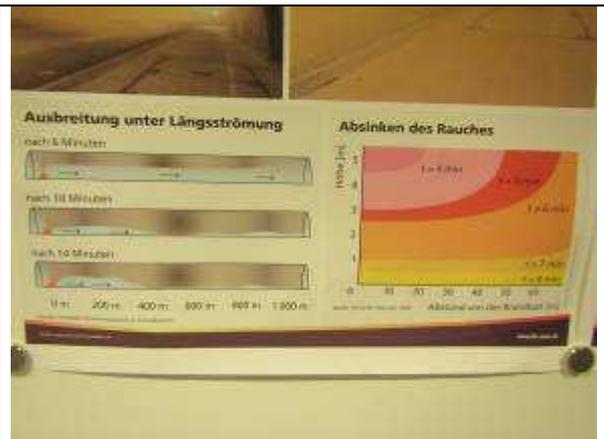


圖 13-4 煙擴散的速度非常快速。



圖 13-5 隧道通風系統說明圖。



圖 13-6 藉由豎井作通風排煙。

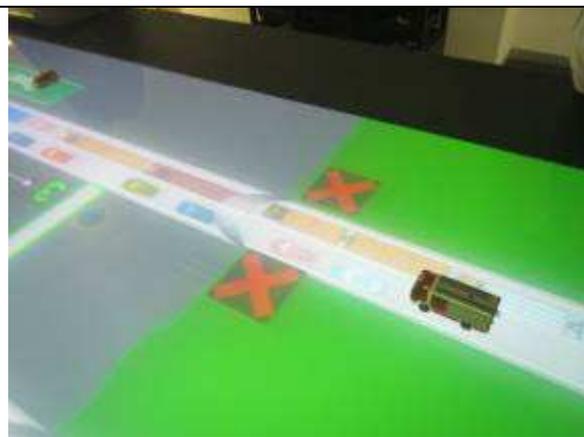


圖 13-7 消防車欲進入發生事故之隧道，卻遇到前方車輛過多無法進入之問題。



圖 13-8 派 1 名消防員經由橫向通道查看另一平行隧道情形。

有關隧道排煙乙節，依據 Markus 所介紹，隧道內的氣流有一定的方向，但要加上外力去進行排煙作業效率非常差，原因在於煙的重量太重。以 1

立方公尺的空氣來說有 1.2 公斤，假設一個隧道截面積是 7.5 公尺*5 公尺，1,000 公尺的隧道就有 45,000 公斤，若以高雄市過港隧道的長度 2,250 公尺做計算，隧道內共有 101,250 公斤的空氣，而煙的重量更重!所以用排煙機將濃煙排出隧道的作業困難度很高。

但濃煙蔓延的速度很快，Markus 和 Winkler 展示給我們看的一段重大隧道事故的 CCTV 攝影機紀錄片，片中隧道內車輛已停駛，一個民眾下車查看後發現有異常現象，同一時間立即轉身向後逃跑，此時濃煙出現於 CCTV 鏡頭並很快地將鏡頭遮住，最後並證實該名人員不幸於火場中罹難。

三、隧道火災搶救訓練(公路與鐵路)：

本章訓練 Markus 引導我們到 IFA 隧道訓練場地(T)，裏頭有公路及鐵路的訓練場地及設施，到達時剛好有隊伍在訓練鐵路隧道事故救援。Markus 提到搶救公路隧道意外訓練以人命為優先，為逐步確保人員受困情形，故從搜索訓練開始，但在救災時應儘可能搜索與滅火同時進行；搜索組由五個人組成，包含 1 位帶隊官及 2 個小組(由 4 位消防員組成)；帶隊官須持有「熱顯像儀」以看清楚火場狀況，並藉由掌控 2 個小組搜索行動、進度與狀況，視現場狀況靈活調配搜索小組任務，即時給予清楚的指令；每個小組成員須以 2 人以上一起行動為原則，一組搜索車輛左側，一組搜索車輛右側，完成後的小組站在搜索車輛車頭前表示這輛車車內及車底下地板皆搜索完畢，示意讓帶隊官知曉並讓另一搜索小組往下一台車搜索，以此類推。

帶隊官須能夠掌控 2 個搜索小組，且很嚴謹的逐車搜索車內及車底下地板是否有人員受困，搜索時應以手電筒檢視車內狀況，不應直接擊破車窗，以避免濃煙及高溫入侵車內待救者。當發現有人受困車內，開門時同時需準備「共生面罩」供給受困民眾空氣，避免毒氣及濃煙嗆傷。Markus 說上述的搜索技巧必須不斷重複訓練，直至在黑暗且吵雜的環境中也可以順遂地操作器材及進行搜索作業。

鐵路隧道救援與公路隧道救援模式類似，需逐步搜索與搶救，搜索時以車廂作單位，車廂底下每 1 公尺都要蹲下並伸腳或使用器材探索火車下有無受困民眾，且須進入火車箱內搜索，故為具備鐵路隧道搜索任務所需體能，需針對消防人員穿著全套消防衣帽鞋及空氣呼吸器時，進行蹲站與登梯等動作做加強體適能訓練。

另 Markus 還提到隧道比一般道路安全，原因如下：

- (一)在隧道不受天氣影響。
- (二)出入口有交通管制。
- (三)行車有速度限制。
- (四)此外在我國還有不能變換車道的規定。

所以發生意外的機率相對低於非隧道道路；可一旦發生隧道意外事故，便相當難救援，原因如：

- (一)隧道長度不一，但意外總發生於長距離隧道，導致救援作業需耗費相當多時間。
- (二)民眾之車輛因災害而於現場迴堵，因此消防人員之個人裝備及救災器材需要長距離人工攜帶與搬運，致使搶救人員虛耗體力，能攜帶的裝備也因此不多。
- (三)地下交通意外或隧道火災總會伴隨著致命的高溫[註 6]、濃煙與毒氣。
- (四)因排煙不易造成能見度快速降低。

隧道事故屬於侷限空間，有狹窄的路徑、牆壁及意想不到的障礙物堵住消防栓、道路、安全門及出入口等等，必須以最壞的打算來思量戰術，擬定訓練計畫，由淺至深，由簡單至困難地落實訓練消防人員，甚至要訓練到在黑暗中也可以順利地操作所有消防設備與器材(包含空氣呼吸器之氣瓶更換)，執行救援任務的程度才能在救災現場發揮最大功能。

除訓練消防員外，Winkler 說儘管瑞士消防有作這方面的工作，許多人遇到事故廣播或警示燈亮起時，行為反應仍是瞻前顧後，查看是否有意外

發生，且為保護自己用血汗、時間賺取得來的財產，通常會捨不得離開車子，等到濃煙壟罩整個車廂引擎導致缺氧熄火，人與車輛便動彈不得，此時存活機率就微乎其微，因此對民眾應該作隧道事故應變之宣導，例如在隧道內碰到事故要立即逃到最近的相對安全區域，車上鑰匙不要拔除，以便搶救人員移動車輛，並同時使用廣播器及警示燈作警告人們緊急事故發生，須立即逃離…等，才可有效提昇消防人員救災效能，並增加事故現場人員存活的機會。

四、參訪聖哥達隧道及配屬消防隊與公路隧道火災搶救訓練：

(一) 聖哥達隧道：

參訪消防隊時，他們播放聖哥達隧道的介紹影片，內容大致如下：

聖哥達山口穿越瑞士南部阿爾卑斯山脈，且一直是北歐和義大利間的一條重要交通道路。這條隧道於古羅馬時期就為人們所使用，但直到 14 世紀交通始熱絡起來，才有現在這條長的、蜿蜒而上的公路隧道穿越阿爾卑斯群山直通隧道的入口。1882 年瑞士開通另一條鐵路隧道穿過山脈，使行程更為方便。而聖哥達隧道直到 1980 年才開通。目前它是地球上最長的公路隧道，長度約 16 公里。因氣候因素，每逢冬季下雪時聖哥達山口就會關閉。這條隧道是世界上最長的汽車專用道路，穿越瑞士蘇黎世東南阿爾卑斯山脈聖哥達峰。

施工完竣後的新隧道穿過山體部分長達 870 公尺，平均每小時有 1,500 多輛汽車穿過隧道，每小時可通行 1,800 輛汽車。其中聖哥達隧道是 A2 公路最主要的部分，它只設計為單向單線通行。隧道中嚴格禁止超載，且有速限，通過隧道的車輛速度需在每小時 80 公里以內。2000 年的時候有將近七百萬台車輛行經聖哥達隧道；其中包括 150 萬輛卡車。單日最高交通流量為 2000 年 7 月 29 日的 40,545 輛。

聖哥達隧道最大覆蓋層高度為 1,000 公尺。該隧道大部分通過花崗岩、花崗片麻岩和片岩地層，也遇到其他不良岩層，最壞地段為風化的砂

礫和滑石。隧道剖面設計成 10 公尺寬的馬蹄形(半橢圓，詳如圖 14-1)斷面，在其頂部分隔成進風和排風口，一旦發生火災，橫向通風可以分區段隔斷而不影響其他通風區。隧道中每隔 800 米加寬一段斷面，為故障汽車提供避車道。隧道設計兩個豎井和兩個斜井作通風井(詳如圖 14-2)，最深的一個有 893 公尺。在離隧道一側 30 米處，開挖平行導坑，每隔 250 公尺設一橫向聯絡通道，整個隧道內有 13,200 個燈，當火災發生時緊急照明系統會被啟動，緊急照明系統每隔 40 公尺設置一個，設置在高度 80 公分，假設有車輛拋錨，駕駛人應該儘快將車輛停放於避車道內，避車道在隧道的東側每隔 1,500 公尺設置一個，西側則是每隔 750 公尺設置一個，遇到緊急事件時駕駛人應該儘速用 SOS 電話聯絡控制中心。

聖哥達隧道採用雙向控制系統讓交通順暢並在事故發生的第一時間內立即啟動產生動作，車輛暫停區則是保留給來回巡邏的交通巡警使用。在隧道內有不斷線的 VHS 廣播全天候輸出提供駕駛人路況訊息。隧道兩端設有電子計算機控制站，通過電視錄像機和傳感器提供數據，以監視和控制流量，並對空氣清潔度變化、失火及照明亮度也能及時察覺、報警。

聖哥達隧道是很安全的，不僅有一條平行的緊急避難隧道，最先進的火警偵測系統和空調系統。若發生事故，15 分鐘內便可以將隧道內的有害氣體排出；此外，隧道內每隔 250 公尺設置一個避難室，每個避難室可容納 70 人。

空氣監視系統對隧道來說是非常重要的。聖哥達隧道空氣系統偵測器隨時監控空氣中是否有被污染，以及能見度高低等等問題。空氣監視系統能夠確保隧道內空氣品質維持在一定程度。新鮮空氣和廢氣管道放置在洞頂的拱圈內。

聖哥達隧道是條歷史悠久的道路，也曾發生過歷史火災，在參訪途中我們看到聖哥達隧道歷史火災產生的殘骸(詳如圖 15)，並被陳列於桌上。



圖 14-1 隧道剖面圖，馬蹄形(半橢圓設計)。

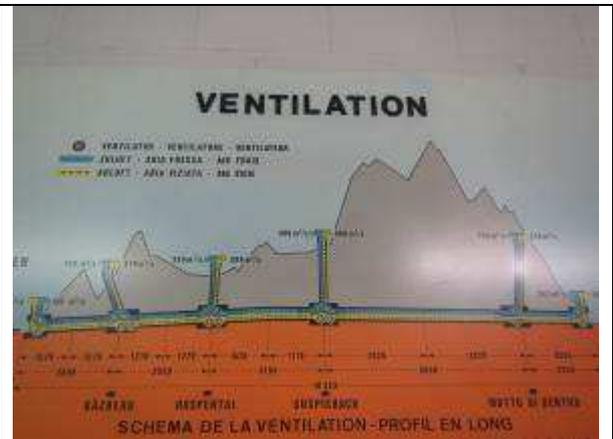


圖 14-2 隧道平面圖及豎井。



圖 15 聖哥達隧道歷史火災殘骸。

(二) 聖哥達隧道配置之消防隊：

該消防隊係為應對聖哥達隧道發生事故時而設置，其抵達隧道口的時間需要 3 分鐘，到達隧道中央的時間需要 12 分鐘；平均每年出勤 100 至 150 次，幾乎都是車禍救援案件，有關該消防隊與隧道行控中心外觀詳如圖 16-1 至圖 16-3；他們的車輛、裝備及器材亦是針對隧道救援而設置，在消防隊車輛展示中，有化學消防車(圖 16-4)及一台車功能係針對隧道而設計，其功能摘錄如下：

1. 可在車的前端放射水霧壟罩車頭，用以防護車輛，也可以轉換為水柱做滅火攻擊且射程很遠，且兩者可同時操作，詳如圖 16-5。
2. 車頂的排煙機可以放射水霧並調整方向作降溫使用，詳如圖 16-6。
3. 車底盤中央有一油壓裝置，可將車身頂起並可於 1 分鐘內旋轉 360 度，亦即可在原地掉頭開走，如此在狹窄隧道之救災極有幫助，詳如圖 16-7 至圖 16-8。
4. 車頭前方有一攝影器材可將前方景像攝入於車內駕駛坐旁之螢幕，於搶救過程中視線不明時有助益，詳如圖 16-9。
5. 消防車駕駛艙內空氣壓力大於車外壓力(正壓)。
6. 車體下方可噴撒泡沫，具防滑功能。
7. 後車座設置裝備器材置物架，詳如圖 16-10。



圖 16-1 Werichof Goschonen 消防隊。



圖 16-2 消防衣帽鞋架，與我國類似。



圖 16-3 與該消防隊連接的隧道行控中心。



圖 16-4 化學消防車。



圖 16-5 特殊隧道車輛以水霧保護車身並同時噴射水柱。



圖 16-6 特殊隧道車輛車頂排煙機噴射水霧情形。



圖 16-7 特殊隧道車輛底部油壓裝置。



圖 16-8 特殊隧道車輛原地轉動情況。



圖 16-9 車頭前方攝影器材。



圖 16-10 消防車內擺置狀況。

(三)公路隧道火災搶救訓練：

在 IFA 訓練所需的個人裝備原則上由參訓學員自備，只有類似我們遠道而來的參訓單位、無法自備的學員，IFA 才會提供協助。

這個章節 Markus 和 Winkler 開車載我們到 IFA 另一個訓練場地—龍疆鎮隧道事故訓練場。龍疆鎮是一個很美麗的地方，渺渺雲煙、高山秀麗，就像畫一樣，訓練地點在一洞穴內，洞穴門口設有兩扇很重的木製大門，打開木製大門進入洞穴時馬上就可發現裡面往右手邊走有一間西式餐廳。

我們拿著在 IFA 所準備的消防衣帽鞋進入隧道更深層的位置，訓練模擬場地就在那裡；裡頭模擬公路隧道事故，有許多廢棄車輛放在訓練場地內供學員體驗。此時 Markus 擔任教官，並以相當嚴謹、慎重的方式說明搶救組如何滅火，帶隊官應如何掌控組員進行搶救，搶救小隊由 5 個人組成，包含 1 位指揮官及 2 個滅火小組(由 4 位隊員組成)，指揮官須統籌指揮兩個搶救小組，靈活調度並指揮射水方式、方向與目標，講解完畢後就分配任務。

本次的訓練，囿於本次行程規劃、訓練時間及經費等因素，無法完成全套訓練流程，故以初級場景訓練為主，主要情境設定為消防人員（為本次參訓人員）已抵達火災現場，並已完成水線佈置，無須長距離延伸作業；無待救人員，僅需進行滅火處置，起火車輛分別為 1 小客車、1 大貨車。

本次參訓人員剛好有五個人，恰恰可組成一個搶救小隊，Markus 要我們輪流擔任帶隊官，指揮各小組，操作 5 次隧道車輛火災救援訓練，這次訓練 Markus 啟動大型製煙機、周圍又有吵雜的機械聲，故訓練時宛如實際事故現場般真實，訓練情形如圖 17-1 至圖 17-18。搶救火場訓練時，教官 Markus 提醒下列幾項重點：

- 1、 為保護隧道結構，應注意降低起火車輛上方熱、煙的蓄積，以水霧防護降溫。
- 2、 起火車輛若為 2 輛，水線可分別進行攻擊，惟因無防護水線，應小心避免過度靠近火點；起火車輛若為 1 輛，水線可用 1 線攻擊、1 線防護方式撲滅火點。
- 3、 小隊指揮官應處於可環視 2 滅火小組的後方，留意火勢及煙熱發展的情況。即便現場 2 輛起火車輛之一已完成撲滅火勢，惟隧道火災事故因火點高輻射熱、牆壁與天花板大量熱回饋效應及煙熱排除不易等因素下，車輛仍有復燃之可能性。在滅火小組成員專注於眼前火點撲滅而造成視野狹窄之情況下，指揮官應隨時留意現場狀況，保持 2 滅火小組對應 1 或 2 處火點之彈性應變不同戰術。



圖 17-1 Markus 提到不要做蹲站的動作，浪費體力。



圖 17-2 先將兩條水線公母接頭接好。



圖 17-3 副瞄子手持兩條水線接好的公母接頭
往後拉開水帶，再折返回瞄子手處。



圖 17-4 部署水線時需橫跨車輛。



圖 17-5 預留水線。



圖 17-6 由隧道兩側部署水線，作包夾。



圖 17-7 兩線一起向前推進(一線防護、一線滅
火)。



圖 17-8 打開貨車後車門滅火。



圖 17-9 撲滅小客車照片，一線於朝火點上方
射水降溫與防護，一線進攻滅火。



圖 17-10 Markus 著消防衣帽鞋及氣瓶從旁
指正與教導學員缺失。



圖 17-11 Markus 堅持訓練結束後不可立即卸下裝備。



圖 17-12 一直到操作室 Markus 才准許卸下裝備，並一步一步共同作業，顯得有紀律。



圖 17-13 卸下消防帽，並告訴我們調順呼吸(此時還不能卸下面罩)。



圖 17-14 調順呼吸(不喘)始能卸下面罩。



圖 17-15 兩兩檢查 SCBA 並關上氣閥。



圖 17-16 運用肺力閥洩壓。



圖 17-17 卸下雙氣瓶背架及換下新氣瓶作業。



圖 17-18 訓練完成後，全員與 Markus 和 Winkler 合照。

五、隧道設施、消防器材及隧道火災滅火原則介紹。

- (一) 本章節 Markus 展示巴爾斯塔爾訓練隧道內的廢棄車輛及模擬車輛（裝設瓦斯點火系統及移動模組，可於訓練場內移動至任一位置），佈置成隧道事故現場，再配合大型製煙機及事故音效，可讓受訓人員體驗到更為逼真之訓練，詳如圖 18-1 至圖 18-5 與圖 19-1 至圖 19-2。

	
<p>圖 18-1 隧道訓練設施內部一隅。</p>	<p>圖 18-2 移動模組車輛外觀圖。</p>
	
<p>圖 18-3 移動模組車輛燃燒狀況。</p>	

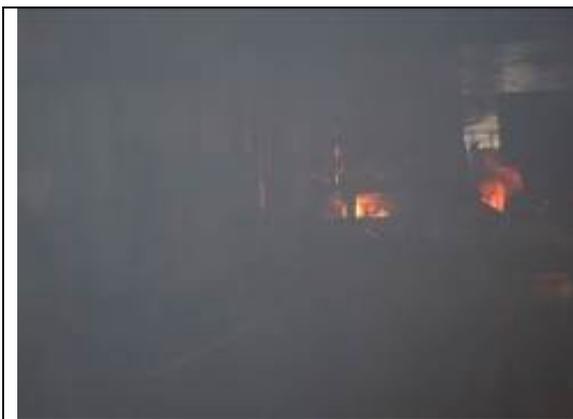


圖 18-4 放煙後現場能見度降低狀況。



圖 18-5 訓練用移動式器材櫃。



圖 19-1 逃生標示與照明燈



圖 19-2 逃生標示與照明與無燈光狀況

(二)Markus 介紹的隧道救災用器材中，包括裝上輪子的擔架(用以搬運受困民眾，節省救援人員體力)、半身軟式擔架(類似 SKED)、熱顯像儀、無線通訊器材、個人照明燈、梯子、白板(用以掌控空氣呼吸器的壓力、使用時間、使用者等)、水帶(瑞士分為 A、B、C 水帶)、分流器(可將 1 條水線分成 3 線)等，詳如圖 20-1 至圖 20-9。



圖 20-1 裝上輪子的擔架。



圖 20-2 半身軟式擔架(可拖拉)。



圖 20-3 半身軟式擔架拖拉情況。



圖 20-4 學員用熱顯像儀(藍色)。



圖 20-5 Markus 介紹熱顯像儀用途。



圖 20-6 教官用熱顯像儀(紅色)。



圖 20-7 隧道救災用梯。



圖 20-8 Winkler 展示使用該梯。

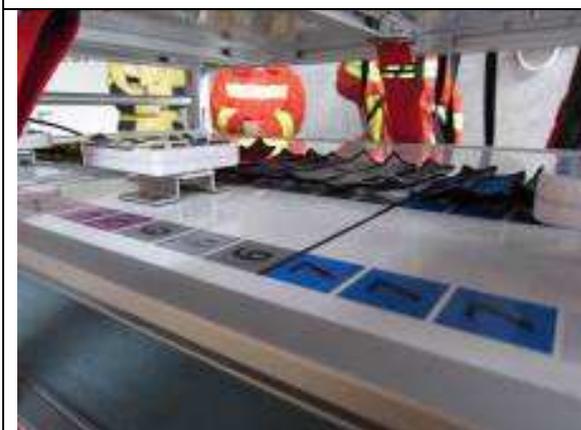


圖 20-9 紀錄搶救人員資訊用之白板

(三)介紹完隧道內設施與器材後 Markus 講解隧道火災滅火原則(詳如圖

21),滅火時 1 條水線的瞄子手調整瞄子射水角度約 30 至 45 度[註 7]的水霧,掃射事故車輛上方,用意在於截斷高溫及向上升的濃煙,以達到降溫與防護效果,另 1 條水線則是以水柱打向火點做滅火攻擊;為順遂達到前述滅火及降溫效果,副瞄子手負責的水線管理就很重要,Markus 所介紹的方法中,將水帶拋出後副瞄子手必須將水帶向後拉直再折回瞄子手位置一次,以避免水帶纏繞導致瞄子壓力不足,甚至無法出水,有時甚至需要避開或跨越障礙物;此外指揮官必須掌握現場狀況、穿針引線、冷靜果斷,帶領各小組完成救援任務。



圖 21 Markus 教授滅火原則

另外Markus 與 Winkler 還引導我們參觀 IFA 的倉庫，倉庫整理得井然有序，規模大到需要用手動堆高機與電動堆高機來搬運裝備器材。詳如圖 22-1 至圖 22-6



圖 22-1 倉庫管理情形。



圖 22-2 倉庫內手動堆高車。



圖 22-3 電動堆高車。



圖 22-4 器材放置車架，內放置滅火所需基本裝備，可被拖拉。



圖 22-5 雙節梯放置於車架之側面圖。



圖 22-6 雙節梯放置於車架上方。

六、城市搜救及工業(職災)訓練。介紹各設施

這章我們參訪瑞士軍方的事故救援訓練設施，裏頭有平面火災訓練場，倒塌建築物搜索場地、火災搶救訓練塔、城市搜救訓練塔、化學塔槽訓練場、火車事故救援訓練場、洪水訓練場(現已無使用)、淹水事故訓練場等，詳如圖 23-1 至圖 23-4、圖 24-1 至圖 24-2、圖 25-1 至圖 25-4、圖 26、圖 27-1 至圖 27-4、圖 28-1 至圖 28-2、圖 29-1 至圖 29-4、及圖 30-1 至圖 30-2。



圖 23-1 平面火災訓練場。



圖 23-2 以水泥製成之室外消防栓。



圖 23-3 平面火災訓練場內部圖。



圖 23-4 油槽。



圖 24-1 倒塌建築物訓練場正面(係將完整建築物爆破後建立通道，強化支撐而成之訓練場)。



圖 24-2 倒塌建築物訓練場側面。



圖 25-1 火災搶救訓練塔外觀。



圖 25-2 火災搶救訓練塔內部。



圖 25-3 窗戶底部裝置木板，可避免繩索割傷。



圖 25-4 石板可依訓練目標設計與移動，應用於城市搜救訓練。



圖 26 城市搜救訓練塔外觀



圖 27-1 化學塔槽訓練場外觀。



圖 27-2 化學塔槽訓練場火車模擬設施。



圖 27-3 泡沫回收渠道。



圖 27-4 泡沫回收渠道口。



圖 28-1 洪水訓練場仰望圖(現已無使用)。



圖 28-2 洪水訓練場橋墩。



圖 29-2 淹水事故訓練場外觀。



圖 29-2 放水口。



圖 29-3 淹水事故訓練場內浮筒。



圖 29-4 淹水事故訓練場排水溝。



圖 30-1 耐高溫攝影機外觀。



圖 30-2 耐高溫攝影機保護架與連接插座

IFA 隧道災害事故救援訓練暨城市搜救研習班結束後，林科長代表致贈 IFA 紀念品(詳如圖 31-1，並我們與教官群(Markus 及 Winkler)合照，詳如圖 31-2。



圖 31-1 科長林志淵代表贈送 IFA 紀念品



圖 31-2 與教官群合照，由左至右分別為翻譯、專員朱敏誠、科長林志淵、Winkler、小隊長吳庭碩、Markus、科員宋博煜

伍、少女峰隧道消防設施

少女峰是瑞士有名的觀光名勝，少女峯鐵路電車採用 St rub 齒軌鐵路（如下圖 32-1），全長約 7 公里，最大坡度高達 25%，於 1896 年動工，施工歷時長達 16 年，於 1912 年通車，自從鐵路建立後每天都有全世界觀光客朝聖，鐵路約有四分之三左右的路段是在冰河底下隧道岩壁裡通過，工程十分艱鉅，也因此隧道安全需特別著重，故將有關本次觀察到的隧道消防設施列舉如下：室內消防栓、火警自動警報設備及廣播系統、滅火器、U-50 移動式滅火設備、避難方向標示、火災緊急按鈕、緊急電源插座，詳如圖 32-2 至圖 32-10。



圖 32-1 齒軌鐵路可幫助火車避免爬坡時發生
下滑，或下坡時車速過快出軌等事故。



圖 32-2 室內消防栓、滅火器、緊急電源插
座、火災緊急按鈕設置狀況。



圖 32-3 火警自動警報設備及廣播系統。



圖 32-4 滅火器。



圖 32-5 U-50 移動式滅火設備

圖 32-6 避難出口標示。



圖 32-7 火災緊急按鈕。

圖 32-8 避難方向標示。



圖 32-9 避難出口距離標示。



圖 32-10 緊急電源插座。

陸、Holmatro 參訪及訓練體驗

我們到訪時，服務台的螢幕就顯示 Holmatro 今日有哪些單位會到該公司，並致予歡迎，值得效仿(詳如圖 33-1)，這項行程由 Holmatra 工廠的安東(前亞洲經理，詳如圖 33-2 至圖 33-4))介紹他們的公司營運狀況，Holamatra 建立於 1967 年，目前有 320 個員工，營業額從 6 千 500 萬歐元至 7 千 500 萬歐元不等(其中 4%是從網路經銷)；安東介紹他們的產品項目包括契型千斤頂(以動力來源分類可分為油壓推動與手動)、一般千斤頂、邊角千斤頂(安東亦介紹操作方法及順序)、一般油壓剪、三用油壓剪、發電機、環保電動幫浦、電動油壓剪、V 支柱；另安東還導覽器材展示區(詳如圖 33-5)及工廠內部狀況，包括原料、3D 設計系統、製造、包裝、機械、品管及生產線等(囿於工廠內部不能拍照，故未能呈現內部照片)。

安東還安排 1 位教官講解器材及理論，還安排 2 部小客車，讓我們實際操作車輛救援。



圖 33-1 Holmatro 服務台旁螢幕，歡迎我國到訪。

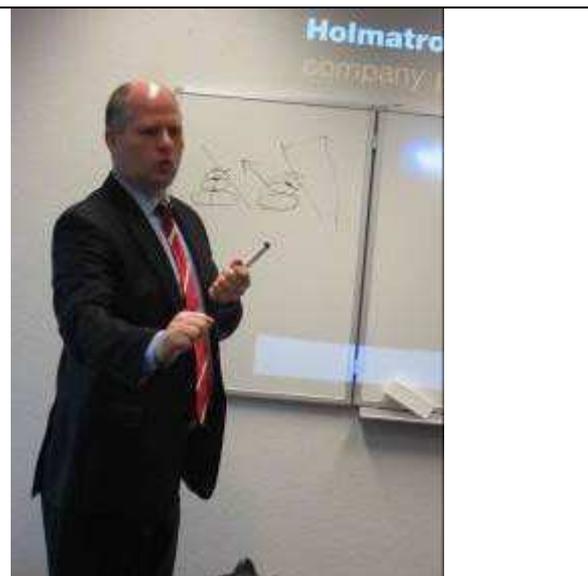


圖 33-2 安東介紹破壞器材。

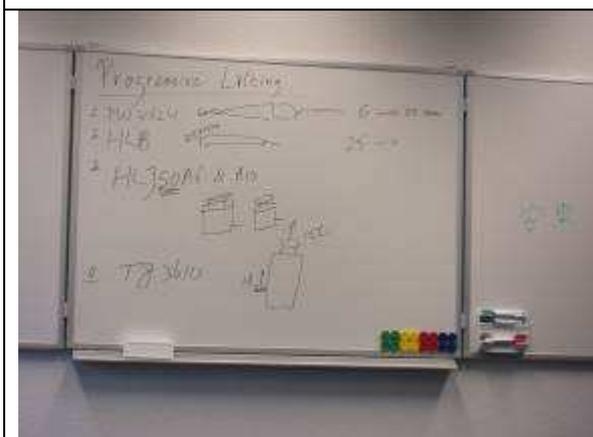


圖 33-3 安東介紹楔型千斤頂、一般千斤頂、邊角千斤頂等使用方法。



圖 33-4 科員宋博煜代表致贈紀念品。



圖 33-5 器材展示區



車禍是當前消防人員於隧道中最常應變的災害狀況之一。於車禍的事故現場中，消防人員所使用最有價值的輔助工具即是一他們的知識、經驗以及技術，其次才是更強而有力的器材。因此，不斷重複且正確的訓練，是消防人員救災最有力的後盾。

在車禍意外事故現場作業時，必須恪守預定的事件流程。下列的清單列舉出在一個車禍意外事故現場中，消防單位所扮演的角色、並且確認沒有忽略任何「必要的程序或作業行動」。

一、現場評估：進入災害現場時應留意環境是否安全（如車流、有無危險物品等）後方可進行後續作業。

二、建立工作區：協請警察人員或其他方式管制交通車流，劃定可放置車輛及器材之區域，確保救災作業範圍安全無虞。

三、車輛固定：

車輛固定在所有的車輛意外事故中是必要的，救援人員需要彙整現場全部過程及狀況資訊來決斷如何進行穩固。本次訓練只使用梯狀楔形墊及支撐柱來完成。相關重點如下

(一) 車輛固定應以對象兩側為原則，避免僅固定 1 處，造成另 1 處之動搖。(如圖 34-1 至圖 34-3)

(二) 於梯狀楔形墊塊固定時，可背向車輛，用身體再次穩固車輛後，以後腳跟輕踢墊塊，確保其卡緊支撐。(如圖 34-4)

四、接近傷患：依照我國緊急救護技術員相關作業規範，可以對傷患進行評估、生命支持、由傷患的位置評估如何就其位置脫困、並避免傷患受到二次創傷及包紮等。

五、拆除玻璃（脫困）：

為了讓救援人員接近傷患，可能需要移除玻璃。車前擋風玻璃通常是夾層安全玻璃，而且實際上是由玻璃及塑膠像三明治一般層層夾住。這樣的設計是為了在受到衝擊時裂開，卻仍保持一整片的完整性，但不易拆除，本次訓

練中心有特殊之玻璃切割器，可強制切割拆除擋風玻璃（如圖 34-5）。而車輛側面及後面的玻璃便是強化安全玻璃，當撞擊強烈之處，強化安全玻璃會破裂成細小的破片。強化安全玻璃相對於擋風玻璃是容易移除的：只要使用三用撬棒或尖頭斧的尖端，但是力道不穩時卻可能刺穿入車內的座位區。若是在玻璃的角落使用彈簧式中心衝，就更能夠在受控制的情況下擊碎玻璃（如圖 34-6）。不過有時也要注意避免安全玻璃碎片會散射到車廂內部，可用軟布等物品於內側屏蔽碎片（如圖 34-7）。

六、移出傷患：當脫困通道被建立後，要盡可能覆蓋住切割或金屬撕裂造成的尖銳利角、覆蓋可能傷及傷患的玻璃碎片、並清除動線上的所有器材，而後才將傷患移出，避免造成二次傷害。

七、現場穩固：傷患救出後，仍應留意將車輛破壞後之物品妥善放置，並將器材歸位。

本次的訓練，囿於行程規劃、訓練時間及經費等因素，無法完成全套訓練流程，僅就車輛固定、拆除玻璃（脫困）；另有關脫困通道之建立詳如圖 34-8 至圖 34-27。



圖 34-1 固定器材附屬裝備用於打孔。



圖 34-2 覆車輛需先固定，圖中為固定用器材。



圖 34-3 另一側固定情形。



圖 34-4 以後腳跟輕踢固定楔形墊塊。



圖 34-5 玻璃切割器。



圖 34-6 彈簧式中心衝操作。



圖 34-7 軟布防護碎玻璃。



圖 34-8 車輛救援訓練情況用油壓破壞器於前輪上方之位置壓制，以製造縫隙。



圖 34-9 教練教授前輪上方車體部作法。



圖 34-10 將油壓剪開至最大，再靠至最底部，再將油壓破壞器材閉合。



圖 34-11 操作正面情形。



圖 34-12 操作側面情形



圖 34-13 角度過高不易操作。



圖 34-14 應以水平的角度進行壓制作業。



圖 34-15 製造空隙後就可以進行後續破壞作業。



圖 34-16 破壞車門與車體之連軸。

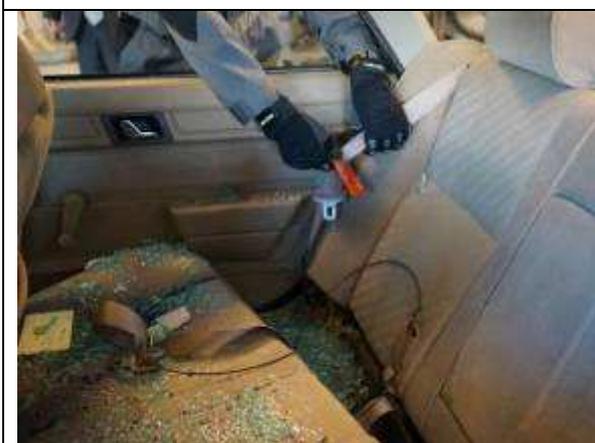


圖 34-17 割斷安全帶。

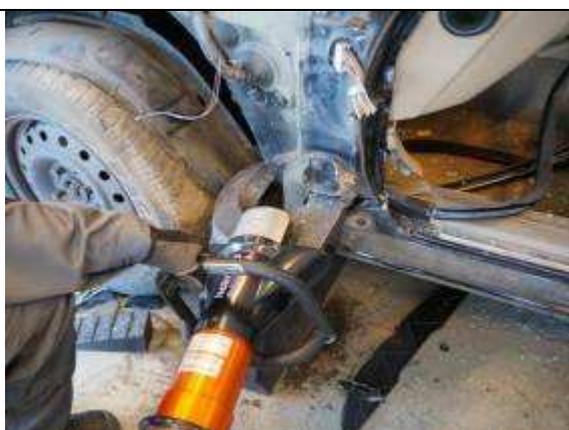


圖 34-16 剪出 1 段缺口反摺點，避免稍後推頂駕駛座 A 柱時車體不會跟著連動。



圖 34-17 設置止滑塊，以利稍後架設推頂桿。



圖 34-18 使用推頂桿製造脫困空間。



圖 34-19 運用帆布保護救援人員、維護地面環境等。



圖 34-20 於車頂左下方剪一刀。



圖 34-21 於車頂右下方剪一刀。



圖 34-22 剪斷上方 C 柱。



圖 34-23 剪斷上方 B 柱。



圖 34-24 剪斷上方 A 柱。



圖 34-25 一起將車頂往下扳。



圖 34-26 最後用腳往下踩到底，即可將受困人員救出。



圖 34-27 全員與教練合照。



圖 34-28 教練與翻譯合照。

柒、參訪荷蘭 Veilighelds 消防單位

這項行程接待我們的荷蘭消防官說道：荷蘭有 25 個安全防護區，每一個安全防護區有一個 Brandweer(相當於臺灣的地方消防局)，未來打算合併與減少至 10 個安全區域。荷蘭消防與我國消防相異的地方還有：

- 一、勤務採勤一休二制度(3 班制)。
- 二、勤務表一次排訂 7 年，以方便同仁確認出勤情形。
- 三、以前是 55 歲可退休，現在囿於政府財政困難，以 67 歲為退休年齡之下限(公務員、勞工等所有職業皆同)，惟政府仍提供終身俸。

- 四、 除救護勤務由另一個公部門值勤外，荷蘭消防局亦肩負起預防火災、搶救災害、消防安檢及為民服務等任務。
- 五、 荷蘭有 65 人的國家特種搜救隊，係由軍人、消防、警察及醫療人員，係屬任務編組而成。
- 六、 在 Veilighelds 安全防護區內有 16 個無人消防隊供義消救災使用，1 個警消消防隊，人數分別為 720 人及 80 人；消防安檢由專責安檢部門執行，目前該區安檢人力不足 10 名，場所經檢查不合格者政府可勒令其停業。
- 七、 在 Veilighelds 安全防護區內 17 城市僅有 1 處設立警消人員，另 16 城市無常駐警消人員，僅提供場地，有勤務再呼叫義消人員出勤。
- 八、 荷蘭有 12 個訓練中心，皆為私人機構，因為並無限制訓練屬地，能提供更佳的訓練品質者獲得大部分消防人員青睞。
- 九、 荷蘭的消防員養成教育以 1 週 2 次 6 小時，每年 10 月至隔年 5 月為受訓期間，共需 3 年，每年都需要考試，皆須通過後才能取得證書。本訓練內容、時間等不分警消或義消人員皆相同，惟如以警消人員為志業，可花費額外的金額報名參與日間下午之課程，以擷節受訓時間。
- 十、 消防隊以日間 1 分鐘、夜間 1.5 分鐘出勤為原則。
- 十一、 Veilighelds 消防單位每天要求所屬同仁進行有 1.5 小時重量訓練，鍛鍊強健之體魄以因應瞬息萬變之各種災害。
- 十二、 對於一般建築火警，以 1 水箱車 6 人出勤為主，與有電梯大樓才出勤雲梯車（1 車 2 人）。

有關荷蘭 Veilighelds 消防單位外觀及廳舍概況詳如圖 35-1 至圖 35-10，車輛維護中心詳如圖 36-1 至圖 36-8，車庫內概況詳如圖 37-1 至圖 37-9，面罩維護及消防衣烘乾區詳如圖 38-1 至圖 38-5，其中值得評估與效法之作為如下：

- 一、 配合消防單位所要求之體能訓練，設置重量訓練場。
- 二、 車庫內設置消防人型衣架(可烘乾消防衣帽鞋)。
- 三、 消防衣掛置區(非靠牆之設計，有利於通風與陰乾，避免消防衣發臭與發霉)。

- 四、廢氣排氣管(可將消防車輛廢氣排除於室外)。
- 五、消防車上設有 GIS 電子地圖(出勤時可發揮引導行車路線之功能)。
- 六、將無線電掛置於車上，可減少分隊出勤依序領取無線電之時間。
- 七、設置面罩維護單位，可節省面罩採購、維護及維修等經費。
- 八、設置車輛裝備器材維修單位，並請原廠派員教授專業維修技能，節省採購、維護及維修等經費。



圖 35-1 荷蘭 Veiligheids 消防隊拱牌。



圖 35-2 餐廳。



圖 35-3 餐桌擺設情形。



圖 35-4 會客空間圖。



圖 35-5 會客沙發正面圖



圖 35-6 雅房內衣櫥櫃。



圖 35-7 雅房內單人床，下方設有床櫃。



圖 35-8 雅房盥洗用流理台。



圖 35-9 重量訓練場。



圖 35-10 參訪與討論情形。



圖 36-1 擦手用紙巾。



圖 36-2 維護裝備桌。



圖 36-3 維護裝備平台。



圖 36-4 維護裝備。



圖 36-5 車輛維護中心內部。



圖 36-6 車輛維護中心內部一隅。



圖 36-7 刀梯，可掛至於白雪覆蓋之屋頂。



圖 36-8 車輛維護空間。



圖 37-1 車庫內消防衣烘乾區。



圖 37-2 小型救災車，內設有空氣呼吸器。



圖 37-3 車內擺置設計狀況。



圖 37-4 消防衣掛置區，不靠牆有利通風。



圖 37-5 GIS 電子地圖。



圖 37-6 廢氣排氣管，可引導車庫內之車輛廢氣至戶外。



圖 37-7 廢氣排氣管正面圖。



圖 37-8 廢氣排氣管系統設置情形。



圖 37-9 消防車內無線電掛置情形。



圖 38-1 面罩維護區。



圖 38-2 面罩維護裝備。



圖 38-3 面罩維護相關表單。



圖 38-4 面罩維護用零件。



圖 38-5 消防衣烘乾設備。

捌、主要心得(比較分析我國與外國之制度及政策)

一、瑞士國家暨消防相關制度介紹：

瑞士屬於聯邦制國家，依照人均國民生產總值，瑞士是世界最富裕的國家之一（7萬7,840美元，約新臺幣229萬831元，駐瑞士臺北文化經濟代表團，2012年），同時瑞士人均財富也居世界前茅；聯邦政府位於伯恩，而瑞士依語言可分為法語、義大利、羅曼什語及拉丁語區，依行政區又可分為26個行政區，每個行政區都有它自己的法規，總面積約41,285平方公里，人口約800萬人，有1,541個消防單位（其中15個是專業消防單位、226個是在工業區之消防單位、其餘是自願消防單位），消防人員總計有96,792個消防人員（7,722位是女性消防員、1,295是專業消防員，約十分之九是義消），2012年瑞士共有69,504個緊急案件（14,304件是火警、9,541件是小案件、17,346是誤報），且在這些案件中，共救出3,160個人。

項目	數量	備註
行政區	26 個行政區	每個行政區都有它自己的法規，總面積約 41,285 平方公里，人口約 800 萬人。
消防單位	1,541 個消防單位	15 個是專業消防單位、226 個是在工業區之消防單位、其餘是自願消防單位。
消防人員	96,792 個消防人員	7,722 位是女性消防員、1,295 是專業消防員，約 9/10 是義消
案件數量	2012年瑞士共有 69,504 個	14,304 件是火警、9,541

項目	數量	備註
	緊急案件	件是小案件、17,346 是誤報
救援成果	2012 年瑞士消防人員共救出 3,160 個人	

有關瑞士消防相關制度如下：

(一) 在瑞士保險是個很重要的制度，有關消防的保險大致如下：

1. 「房屋險」：顧名思義就是房屋的保險，在瑞士每棟房子皆規定要保險，保險內容包含火災、飛機墜落摧毀房屋、水災、土石流、雪崩及冰雹(不含地震)等自然災害，且每年都要繳交，並以建築物價值(不含土地的價值)來做計算。若建築物為橋梁、隧道等公共設施或場所，亦需繳付相關保險金，且是由政府機構內相對應之部門負責該項保險費用。一旦發生天然災害，消防人員就會去搶救，再由政府或保險公司支付保險金給受災戶並支付薪資給消防人員，26 個行政區中較先進的 7 個行政區由政府機關負責消防業務及所需資源，其餘 19 個行政區由政府旗下單一的公共保險公司負責。
2. 「私人住宅物品險」：有關火災發生後的賠償問題，房子損壞的部分由房屋險處理，房屋裡面物品損壞部分由私人住宅物品險處理。
3. 依據 1957 年 11 月 5 日實施的瑞士消防法第 23 條規定，瑞士國民 20 至 50 歲皆有服消防役的義務(類似我國的「義勇消防人員」但又屬兵役性質)，且須受與專業消防人員一樣的消防訓練；若瑞士國民不想服消防役，必須繳交消防役代金，而消防役代金與年所得有關，相對的若服消防役可領取薪資。
4. 依據接待我們的 Jorg Winkler 所說，政府與保險公司是以不追求利潤的基礎來辦理保險、維持與經營，它們所收到的保險費皆被用來做消防設施建設、建立消防隊、消防人員訓練及基本營運資金；例如瑞士的建築物有類

似工業的汗水處理系統來回收救火時使用的泡沫，經過風吹日曬，久了那些管線都會生鏽、腐化，而這些維修、替換管線的費用就是從國民所繳交的消防役代金裡支應。

(二) 瑞士消防隊皆需要執行火災搶救與救難的任務，與我國法定任務預防火災、搶救災害、緊急救護以及為民服務等工作相較下更為專精；搶救災害的部分，瑞士大部分火災由義消作搶救，當火警發生，指揮中心會發送訊息到義消的收訊裝置，告知時間與地點，他們會立即穿上全套消防衣帽鞋到自願消防單位駕駛消防車輛與攜帶所需器材至現場救災，類似於任務編組制度或民防組織。

(三) 消防安檢的部分，在瑞士是由消防廠商去檢查，這就類似售後服務，對廠商來說販售消防裝備器材所賺取的利潤並不會比售後服務(如維修、保養、定期檢查等)來的高。

(四) 有關隧道內是否設置撒水頭的議題，國內學者建議要裝設，但我們詢問到瑞士的隧道並沒有裝設，原因為瑞士隧道數量太多，若要裝設撒水頭所需要的經費太過昂貴，更不用提後續的保養與維修所需耗費的龐大金額等，Markus 和 Winklerg 說或許裝設在隧道裝設撒水頭將會是個趨勢，然而瑞士目前沒有足夠的經費來源做這件事情。

二、瑞士 IFA 與我國內政部消防署訓練中心之分析探討

消防署訓練中心為我國消防人員訓練之搖籃，除期許整合提昇全體消防人員救災水平，更放眼與國際級訓練接軌。瑞士 IFA 為世界聞名之隧道訓練機構，分析研討彼此之差異，進而發現我國弱勢處而加以強化提昇，係本次出國研習之重點。下表為我國消防署訓練中心與瑞士 IFA 之分析比較表。

項目		消防署訓練中心	瑞士 IFA	比較結果建議
人 力 資	職員總 人數	23 人	23 人（包含 5 名專職教官）	2 單位職員人數相同，惟可從後列表格得知，總訓練容量差

項目	消防署訓練中心	瑞士 IFA	比較結果建議
源			異之大，消防署訓練中心迫切需要爭取增加相關職員人力。
教官總人數	教官皆為縣市支援人員，統計 102 年止，計有 1 年期支援教官 13 人，兼任教官 260 位以上（火災搶救部分）	5 名專職教官，120 人兼任教官。	目前消防署訓練中心並無專任教官，建議參考瑞士 IFA 設立專職教官（詳下列建議事項第 2 點）。
教官資格之取得	目前計有火災搶救、救護技術人員、救助、急流及防火宣導等辦理教官訓練，其中火災搶救教官訓練為期 2 周，受訓資格為需取得火災搶救初級班結訓。目前並無開辦隧道事故搶救訓練教官專班。	引進 ISO29990 的國際標準，有關教官的資格採證照制度；在瑞士 Swiss Fire Association 負責訓練專職消防員，認證及格後才能獲取基本火災搶救教官的證照；持此證照到 IFA 可以接受 3 天的隧道事故救援訓練，再由 5 位專職教官評核該員是否可勝任教官職務，評核時間約 2 個禮拜，若通過評核後就能獲取隧道救援訓練教官資格，且每年至少要在 IFA 擔任教官	消防署訓練中心於 99 年啓用，相關軟體（教官培訓、訓練內容、教材）已具初步規模。除左列班期有教官班外，其餘班期以各領域專家學者及火災搶救教官為授課主力，未來可參考 ISO29990 及瑞士 IFA 模式，積極培訓各類型災害專精搶救教官人員。

項目		消防署訓練中心	瑞士 IFA	比較結果建議
			服務 20 天以上。	
硬 體 設 施	隧道種 類(一般 隧道、長 公路隧 道、海底 隧道、高 架道路 延伸隧 道、連續 隧道或 其他)	僅有公路隧道； 惟另有仿地下車 站(鐵路及捷運) 訓練場，可供相 關訓練。	1、巴爾斯塔爾隧道訓 練設施內部可分為 公路及鐵路 2 部分。 2、龍疆訓練設施為公 路隧道。	
	隧道 長、寬、 高尺 寸。	1 長隧道 100 公 尺、1 短隧道 55 公尺，寬度皆為 10 公尺，高度皆 為 7 公尺。長短 隧道間設置有 1 訓練用聯絡道 路；仿地下車站 訓練場長 100 公 尺，分為捷運及 鐵路各 50 公 尺，軌道區高度 8.5 公尺，寬度	1、巴爾斯塔爾隧道訓 練設施中公路及鐵 路為平行設計，長度 260 公尺，寬度 7.6 公尺，高度 5 公尺。 無訓練用聯絡道路 設計。 2、龍疆訓練設施為公 路隧道安全避難隧 道(safety tunnel) 長度 170 公尺，火災 事故模擬隧道(fire tunnel) 長度 150	隧道救災之困難點之 一為消防人員徒步進 行長距離搶救裝備器 材搬運，為求更貼近 災害現場情境，消防 署訓練中心可延長公 路隧道長度。(詳下列 建議事項第 1 點)

項目	消防署訓練中心	瑞士 IFA	比較結果建議
	4.公尺。	公尺，有訓練用聯絡道路設計。	
隧道火點種類 (大型車、小型車、固定車、固定或移動火點)	於長隧道中設有 1 固定小型車火點，另仿地下車站訓練場於鐵路及捷運車廂內設有 2 處固定火點。	1、巴爾斯塔爾隧道訓練設施公路隧道部分計有 11 處大、小型車可移動式火點。鐵路隧道部份車廂中至少有 2 處固定火點。 2、龍疆訓練設施有 2 輛大型車火點。	建議消防署訓練中心改成移動式火點，並增加火點數量(詳下列建議事項第 1 點)
災害情境之操作控制系統人員身份為何?	不同火點由各別教官操作	火點統一由中控室之職員操作	
隧道平時如何做維護與保養。	由維護承商派遣 1 名人員進駐園區，每半年再由原廠技師來臺進行檢修及零件更換作業。	由職員進行例行維護保養，每 2 年再由原廠技師進行檢修及零件更換作業。	目前消防署訓練中心每年辦理模擬訓練設施維護標案，若由不同廠商得標，維護成效可能不一，而模擬訓練設施為專業特殊系統，目前國內無其

項目		消防署訓練中心	瑞士 IFA	比較結果建議
				他相同設備，建議可透聘專職維護人員，以確保模擬訓練設施正常運作。
訓練內容	訓練種類	除公路隧道、地下車站災害搶救等訓練外，亦有火災搶救、救助、急流、救護、防火宣導、特種考試消防警察人員、警察大學及臺灣警察專科學校學生、航空器、船舶災害搶救等各式數十種訓練。	巴爾斯塔爾訓練設施以公路及鐵路隧道訓練為主，另有提供火災搶救及車輛救助、城市搜救等訓練；龍疆訓練設施僅提供公路隧道訓練。	由訓練種類得知，消防署訓練中心提供各式通才訓練，各式救災技能乃至特種災害均有涉略；瑞士 IFA 配合風土民情及發展策略，著重發展隧道災害搶救部分。
	隧道每班別需要授課天數、學員人數及教官人數	初級訓練天數 5 天，學員每班 20 人，設有 1 教官 2 助教。	消防人員初級及進階訓練天數皆為 2 天，指揮官需再多 1 天訓練。學員建議每班 12 至 16 人，至多可容納 18 至 24 人同班訓練，設有 1 教官 3 助教。義消人員初級訓練 2 天，半年後再複訓 1 天。	為達到更佳的訓練效果及提供更安全的訓練環境，建議消防署訓練中心可增加助教人員。

項目	消防署訓練中心	瑞士 IFA	比較結果建議
隧道課程規劃學科與術科課程比例？其上課程順序為何？	學科與術科課程比例約 1 比 3，各課程分別進行學科訓練後再進行術科訓練	學科與術科課程比例 1 比 3，於第 1 天完成學科訓練後再進行 3 天術科訓練	
每年需辦理課程幾班期？每年訓練之總量（人/日次）為何？	102 年開辦 382 種各式班期，訓練總量約 14 萬人/日次，其中 4 班為公路隧道訓練，2 班為地下車站訓練，合計 6 班約 800 人/日次。	每年約 7,000 人/日次參與，以隧道訓練為主。	雖消防署訓練中心有關公路隧道及地下車站訓練人數不及瑞士 IFA，惟消防署訓練中心目前仍以消防人員通識全才訓練為主，未來可視災害淺勢分析、容訓人數及經費等因素，依救災需求增加各項專精訓練。
受訓費用(含食宿)	每人每日約新臺幣 2,700 元	每人每日約瑞士法郎 1,100 元（約新臺幣 3 萬 6,000 元。）	在考量國民消費水準之情況下（瑞士約為我國 3 倍），我國收費仍數物美價廉。建議消防署訓練中心調高現行收費標準，以反

項目		消防署訓練中心	瑞士 IFA	比較結果建議
				應設施、器材、水電及人力等成本。惟目前各公部門財源拮据，可調高收費基準，另提供公部門更優惠折扣加以平衡，減少其經費負擔。
	訓練裝備器材之來源	消防人員須自行準備消防裝備，空氣呼吸器及氣瓶由園區提供	消防人員須自行準備消防裝備，空氣呼吸器及氣瓶由園區提供	
其他	參訪人員是否需要支付費用？	無償提供，參訪由專人接待，惟須事先入園	參訪由專人接待，並酌收相關費用	雖瑞士 IFA 針對參訪人員，預期人事、水電、各項接待事務用品之成本須相關收費係屬合理，惟為積極推展社會大眾對於災害防救之認同，且考量我國國情不同，現階段仍不宜收費。

玖、建議事項(分項敘述可供我國或高雄市具體採

行之事項及改進作為)

一、充實內政部消防署訓練中心公路及隧道事故訓練場設施

目前內政部消防署訓練中心業已建置 1 處公路及隧道事故搶救訓練場 (T-22)，該設施分別有長度 100 及 55 公尺等 2 處長、短隧道，其中長隧道中心距出口 50 公尺處建置 1 模擬小客車事故實火火點，供我國消防人員訓練使用。惟該火點係固定設施，經多次訓練受訓學員熟稔環境後，將瞭解事故位置而有預期心理，使訓練效果打折扣。本次實習之瑞士國際隧道訓練中心，該隧道總長 250 公尺，其中 150 公尺可供實火訓練，並建置 11 處實火火點。該 11 處實火火點及建築體防護設施皆採可移動式設計，除可擲節建置成本外，更可配合訓練需求變更事故訓練地點、火勢大小等變因，增加受訓學員之臨場感，發揮訓練之最大效益，故建議訓練中心未來充實公路及隧道事故搶救訓練場 (T-22) 建置時，可增加隧道長度，並將該移動式火點設計理念納入考量。

二、消防署開設專職教官職缺

消防署訓練中心佔地 109 公頃，計有 34 棟建築物，102 年訓練約為 14 萬人日次，平均每日訓練約 560 人日次，目前編制員額為 23 名，皆為業務承辦人員及主管人員，並無專任教官，係由各縣市消防機關支援教官以進行各專業訓練授課。支援教官可分為長期（1 年以上）及短期（數日）等 2 種型態，一般而言，長期支援教官對於課程內容及授課方式皆較為熟稔。瑞士國際隧道訓練中心目前除一般行政人員外，編制有 5 位專職教官，其任務除擔任課程主講教官外，肩負教學內容編排及教官（助理教官）培訓事宜。專職教官除可於各訓練課程內容、教材編纂時提供專業意見，且具有前述長期支援教官之授課優勢外，並可藉由與外聘短期教官、助教人員共同授課，觀察、評價教官人員講授課程之能力與特性，統籌辦理訓練中心後續教官、助教人員規劃、管理及聘用等重要方針。

三、體適能訓練軟體及硬體規劃

本次前往瑞士國際隧道訓練中心觀摩，該中心考量於長隧道救災情形下，消防人員將面臨黑暗、高熱、濃煙及長時間等不利環境下工作，研擬隧道事故救災人員常用之技能，其中包括長距離部水線、車輛中人命搜索、黑暗中氣瓶更換、著消防衣帽鞋上下登梯（火車及捷運之階梯）、火車及捷運車體下搜索（以每平方 1 公尺為搜救單元）等。目前國內業有前 3 項訓練，惟後 2 項係屬火車及捷運隧道中救災所需技巧，目前國內相關訓練較少，未來可針對轄區內有火車及捷運隧道之消防人員，進行相關體適能訓練，以強化火車及捷運事故中，消防人員之人命搜救能力。此外，參訪瑞士或荷蘭消防隊時，普遍發現健身器材為其不可或缺的設備，畢竟外勤消防人員執行救災救護工作時需有強健的體魄支撐任務遂行。因此強化消防人員肌、耐力逐一添購各單位健身器材及良好的運動習慣，才能常保消防工作長治久安。

四、設立裝備器材維護中心

為充實各消防機關各項救災裝備器材及個人防護裝備保養維修能量，可參考荷蘭消防隊與 Holmatro 的合作關係，成立破壞器材保養維修部門，由專責人員負責基礎維護保養工作，並定期邀請廠商技術指導，除了能讓所有裝備器材時時刻刻保持最佳狀態外，還可節省公帑。

五、訓練設備購充

電腦資訊日益發達，各項災難推演可藉由戰術兵推，由電腦試算出災場所產生的濃煙量，災民逃生的時間，及車輛、水線的部署，供消防指揮官指揮及搶救用。建議建置戰術推演室，設計模擬諸如化學工廠、公路隧道等各項災害，藉由不斷的演練提升外勤指揮官指揮作戰能力。

此外，本次我們路過德國時在小城鎮中無意間遇到無人消防隊(詳如圖 39-1)，經查訪該消防隊周邊停置一台 HEIL 小型救災車輛(詳如圖 39-2 至圖 39-5)，可進行直線式申梯作業，體積小但可負重 250 公斤，以 70 公斤計算約可乘載 3 人，考量我國相當重視狹小巷道救災，建議研議評估該小型救災車輛

配置於巷道多消防隊之可行性。



圖 39-1 無人消防隊



圖 39-2 配屬之高空作業車側面圖。



圖 39-3 高空作業車正面圖。



圖 39-4 高空作業車後側圖。



圖 39-5 高空作業車梯子收納情形。

拾、備註

註 1：IFA 是由二個單位共同營運，包括巴賽爾建築保險公司

（Basellandschaftliche Gebäudeversicherung，簡稱 BGV）及索洛圖恩建築保險公司（Solothurnische Gebäudeversicherung，簡稱 SGV）。BGV 成立於 1833 年，是一個獨立的公共機構，保險項目包括火災、自然災害和水域事故；SGV 則是一個公開的獨立機構，附屬於瑞士政府，但由一個行政委員會負責管理及營運，SGV 的服務範圍包括建築物的消防安全及自然災害。

註 2：瑞士的交通部底下有公路部門(FEDRO, Swiss Federal Railway)與鐵路部門(SBB, Swiss Federal Railway)，依據 Jorg Winkler 所說，政府哪個部門負責某種災害，就必須負責主政、預防或防止該項災害，並須提供所需經費，包括建設、裝備、器材、場地等所有資源。

註 3：瑞士訓練機構引進 ISO29990 的國際標準，有關教官的資格採證照制度；在瑞士 Swiss Fire Association 負責訓練專職消防員，認證及格後才能獲取基本火災搶救教官的證照；持此證照到 IFA 可以接受 3 天的隧道事故救援訓練，再由 5 位專職教官評核該員是否可勝任教官職務，評核時間約 2 個禮拜，若通過評核後就能獲取隧道救援訓練教官資格，且每年至少要在 IFA 擔任教官服務 20 天以上，IFA 一年至少辦理 120 個班來訓練瑞士的消防員，再加上國外遠道而來取經的團隊，班程就更多，Markus 表示一個班最適當人數在 12 至 16 人，時間才不會太緊湊亦不會太過鬆弛，且利於安排課程內容；一個班通常是 1 個教官搭配 3 個助教來授課，助教採自願制，IFA 會列出一年既定班程，由兼職教官選擇要參加哪個班程，若超出 3 人則由教官挑選助教。

註 4：UTF 全稱為 underground transportation facilities，本文譯作地下交通設施，UTF 事故特別之處在於空間路徑長但個別房間較少、給予消防人員更高的救災壓力、事故現場障礙物較多且有不穩定的交通工具、電力設施殘骸等，而救災時方向問題在地下交通設施通常比一般建築物要簡單。

註 5：IFA 的隧道訓練設施是由真實隧道改建而成，結面積約 7.6 公尺*5 公尺，長度約 260 公尺，並建設有 3 人操作的行控中心、標示設備、照明燈、熱感應器、訓練用水帶車、大型製煙機等，隧道裏頭有 11 個瓦斯與水管的连接點，可接上移動模擬設施與廢棄車輛，其中移動設施可一節一節移動，再搭配大型煙霧製造機(約 2 至 3 分鐘就可以充滿整個隧道)，用以模擬事故情境，並依據訓練目標安排期程、調整情境與設定困難度；Markus 和 Winkler 說曾經有參訓單位要求情境為停車場，他們就依照需求整理場地，安排停車場火災給他們。

註 6：隧道火災的溫度範圍，以著裝完整救災人員來說，從可接受的攝氏 100 度以下到難以生存的攝氏 1,000 度以上皆有，故救援行動一定要有水線防護。

註 7：射水的方式與角度由搶救人員依經驗、現場狀況、帶隊官指令等做調整。