

出國報告（出國類別：其他）

「高雄港過港隧道消防設備效能提升改善  
工程」赴奧地利製造廠廠驗訪視

出國報告

服務機關：臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司

姓名職稱：廖處長哲樞、張詠誌督導

出國地區：奧地利

出國期間：113年07月07日至113年07月14日

報告日期：113年08月05日

行政院及所屬各機關出國報告提要

頁數：24 本文含附件：否

出國報告名稱：「高雄港過港隧道消防設備效能提升改善工程」

赴奧地利製造廠廠驗訪視出國報告

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

廖哲樞/臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司/工程處/處長/07-5622475

張詠誌/臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司/工程處/督導/07-5622491

出國類別：其他

出國地區：奧地利

出國期間：113年07月07日至113年07月14日

報告日期：113年8月5日

分類號/目：

關鍵詞：細水霧

## 內容摘要：

高雄港過港隧道長度 1,550 公尺，引道開口段(前鎮端 350.5 公尺，中興端 158 公尺)約 508.5 公尺，隧道本體長度為 1,041.5 公尺，為連接高雄港前鎮商港區及中興商港區，為旗津地區對外唯一車行交通要道，於民國 73 年 5 月竣工通車，至今已有 40 餘年，高雄港務公司為確保高雄港中興商港區之營運量及旗津社區繁榮與居民生活，近年來，除對過港隧道進行補強延壽工程，並陸續增設許多安全設施。

考量過港隧道止水構造無法承受隧道內發生火災時之高溫、救災空間狹小、消防救援不易迅速抵達事故等情形，爰於臺灣第一座及目前唯一的沉埋管型式之海底隧道內規劃自動化滅火設備以確保第四貨櫃中心之營運量與用路人行車安全。

依據本案可行性評估報告第二次審查會議結論(高港工字第 1118770866 號)摘要，高雄港過港隧道為國內首見且惟一之沉埋管隧道，其在隧道結構、內部淨高、頂板吊掛設施、伸縮縫之橡膠止水環等，與國內一般常見之山岳隧道或潛盾隧道有明顯差異，功能需求亦有差異。經出席委員及與會單位對於顧問公司所提四種水系統方案之評估與比較結果無明顯反對意見，因此，承辦之顧問公司以自動之「細水霧系統」辦理後續設計工作。

本案國內現有隧道中，以細水霧系統作為自動滅火設備之首例，所採用之撒水系統及設備有別於國內目前使用之產品，因此，本分公司依顧問公司建議，赴奧地利測試用隧道(ZaB)實地檢視測試、材料設備廠商(奧地利 AQUASYS 公司)及奧地利裝有細水霧設備之隧道(Arlberg 公路隧道)與當地相關工程專業人員進行施工經驗交流及觀摩，以利日後於高雄港過港隧道增設細水霧設施更臻完善。

「高雄港過港隧道消防設備效能提升改善工程」辦理國外隧道消防細水霧原型機測試暨廠驗

出國報告

目次

壹、目的	5
貳、過程	6
參、心得及建議	24

## 壹、目的

細水霧設備約佔本案改善工程整體工程經費 43.92%，該工項為本案日後消防設備效能提升之重要關鍵。

赴奧地利進行實地檢視測試及廠驗可清楚瞭解材料設備廠商(奧地利 AQUASYS 公司)依照送審之設計圖及施工圖樣，將本案細水霧設備之管、閥、控制閥各部尺寸如長度、寬度、高度，以及間距數量組立裝置於測試場所(Zentrum am Berg 工區)，撒水頭末端壓力及流量是否與送審資料相符合；另外，經由實地參訪觀摩奧地利既有隧道細水霧設備運作情形，亦可與具實務營運經驗之工程專業人員進行施工交流請益，期能於本分公司工程人員對於本項設備有進一步了解。

## 貳、過程

表 1 行程說明

時間	行程	地點	備註
7月7日(日)	桃園機場出發	桃園市	—
7月8日(一)	抵達奧地利維也納，續搭車前往因斯布魯克	維也納 因斯布魯克	—
7月9日(二)	(1)觀摩阿爾貝格隧道細水霧設置 (2)參訪 W&H Dental 牙醫器材工廠細水霧應用設施	因斯布魯克 林茲	參訪
7月10日(三)	(1)拜訪 AQUASYS 公司 (2)參訪 AQUASYS 細水霧設備生產流程	林茲	參訪
7月11日(四)	Zentrum am Berg 工區細水霧原型機測試	林茲	廠驗
7月12日(五)	細水霧原型機測試後檢討會議	維也納	會議
7月13日(六)	(1)本次參訪及廠驗總結會議 (2)維也納機場搭機回台	維也納	會議
7月14日(日)	上午班機抵達桃園機場	桃園市	—

### (一) 本次行程出發前討論與工作安排(7/8)

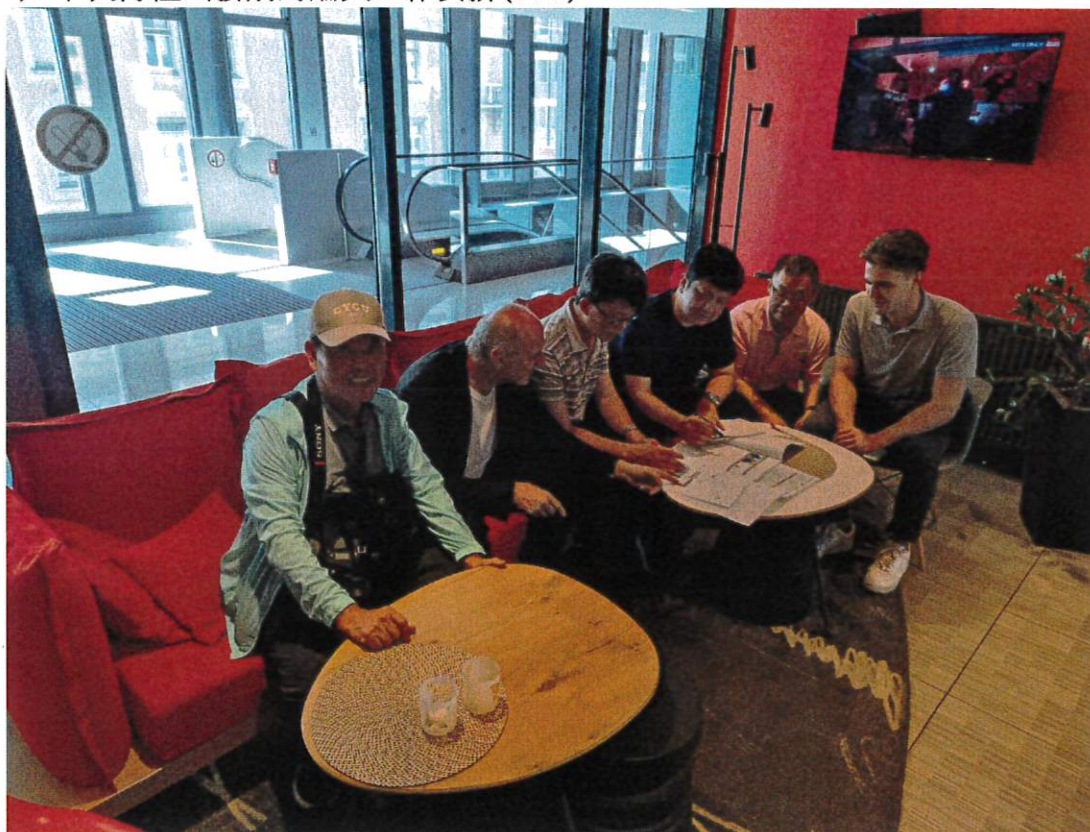


圖 1 出發前討論訪視行程與工作安排

### (二) 觀摩阿爾貝格隧道(Arlberg tunnel)細水霧設置(7/9)

阿爾貝格公路隧道全長 13.976 公里，是奧地利最長的公路隧道。當它落成時，它是世界上最長的公路隧道。

本次參訪時正處隧道關閉進行維修工程，因此，可提供更距離的了解。

首先，施工時對於人員進出之管制相當嚴格，行前須接受職安教育，進入時，同台灣一樣，每個人需著反光背心、安全帽、安全雨鞋外，尚需配帶進出識別證，最特別的是，配帶識別證的人員在隧道中的位置可於維護管理監控中心之顯示幕上顯示，因此，隧道中之人員數可清楚掌握，這個措施，可以作為高雄港過港隧道未來管理參考。

另外，因奧地利冬天會下雪，為避免管路內之水結冰，因此，消防管路內設有溫度檢測，當管內溫度低於設定溫度時，輔助幫浦即啟動，使管路內之水流動，但這樣的動作仍無法完全防止結冰，因此，設計單位利用隧道中段因地熱因素管內水不會結冰特性，利用循環混合，使管路在冬天不會有結冰之虞。

該隧道後來整建時，於隧道上方設置維修通道，並將探測器、管線、制水閥等設備修改安裝於通道內，以便於巡檢維護，此點亦可作未來參考。



圖 2 阿爾貝格隧道維護管理單位人員接待



圖 3 阿爾貝格隧道維護管理監控中心



圖 4 阿爾貝格隧道現況



圖 5 阿爾貝格隧道細水霧設施



圖 6 檢視阿爾貝格隧道維修通道



圖 7 檢視阿爾貝格隧道管路相關偵測設備





圖 8 檢視阿爾貝格隧道細水霧設施泵浦設備



圖 9 檢視阿爾貝格隧道逃生通道

### (三) 參訪 W&H Dental 牙醫器材工廠細水霧應用設施(7/9)

W&H Dental 公司為牙醫器材設備生產工廠，廠內環境相當乾淨明亮，參訪該公司係因該公司考量生產機台及產品屬精密物件，為減免火災滅火時產生之水損，採用細水霧之自動滅火設備。

該公司之火災探測器安裝時，於探測器旁以較大型文字標示編號，方便未來檢修時之對照，此一措施與國內常因美觀，以標籤紙標示有很大之不同，在未來的設計上，可在適當之場所，將此一標示方式放入規範中。

撒水系統之水放水試驗手動閥，以雙鎖頭方式管制，值得我們參考。在可能與人員接觸之管架，於各稜角處，均有防撞傷等措施，亦值得我們學習，

該公司因位置下雪區域，為避免管中水於冬天時結冰，管路會因此受到破壞，水系統，平時採充氣方式，遇火災時，再將系統管充水放射，此一部分，在台灣僅為書中之項目，本次所見，可印證書中所學。

國內一般常設置之滅火器為乾粉，該公司除配置乾粉滅火器外，因應機台生產時可能發生之油類火災，除機台內配置之二氧化碳滅火系統外，另配置二氧化碳滅火器因應，此一雙保險之規劃方式值得我們未來工程設計時參考。

其他屬該公司專屬之滅火方式，因涉及該公司商業機密，爰未提供參觀說明。

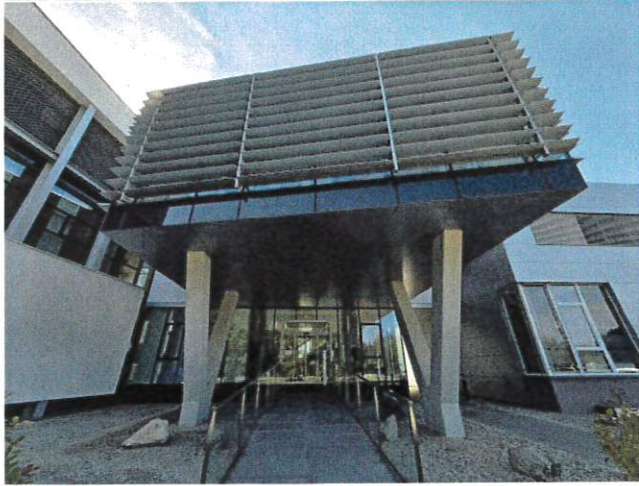


圖 10 W&H Dental 牙醫器材工廠-1



圖 11 W&H Dental 牙醫器材工廠-2



圖 12 火警探測器標示



圖 13 配電盤設備



圖 14 水系統末端壓力測試閥



圖 15 細水霧撒水頭

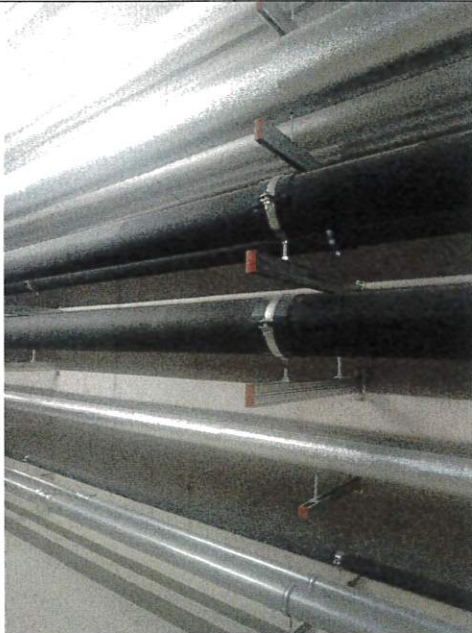


圖 16 管架末端保護



圖 17 加壓馬達泵浦設備-2

#### (四) 奧地利 AQUASYS 公司(7/10)

##### 高雄港過港隧道細水霧設備製造廠

##### A. 公司簡介

AQUASUS 高壓細水霧滅火系統為歐洲領導品牌，自 1995 年創立以來，將原本的水、控制及電力安裝整合為單一設備，提供更方便、性能更優秀的消防滅火系統。在業界，AQUASYS 提供精密的客製化服務，服務案例遍及歐洲多方領域，如各類工業設備、發電機及變電站、商辦大樓、豪宅、一般倉儲及大樓中庭廊道冷卻防火逃生，更是全球首間取得隧道滅火認證，擁有多項隧道滅火工程實績的公司。

高壓細水霧與一般傳統撒水系統不同，其原理是使用高壓泵浦經由不鏽鋼管透過水霧頭，將一般水珠打成極細微的水分子至防護空間中，使其快速吸收熱能，瞬間降溫而達到滅火效果。當細水霧瀰漫在空間中能有效降低含氧量並隔離熱輻射，滅火時如同大霧，並在滅火過程中不傷及周邊重要資料，是新一代先進環保與安全的滅火系統。

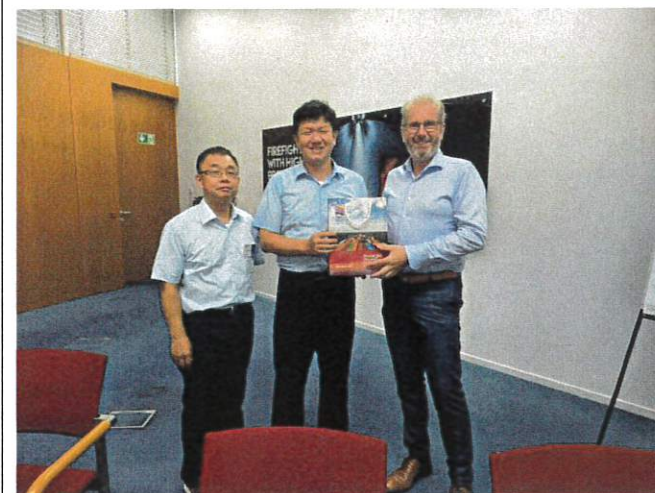


圖 18 拜訪 AQUASYS 公司



圖 19 AQUASYS 公司執行長專題簡報

### B. AQUASYS 工廠細水霧設備訪視(7/10)

1. AQUASYS 公司已開始生產本工程細水霧設備相關零組件，並持續檢討研析高雄港過港隧道細水霧設備配置效能，以符合送審文件及契約規定。
2. 該公司為一專業之消防器材之製造整合公司，該公司生產之撒水頭型式多樣，與我過去所見之型式有所不同，例如持壓式撒水頭，它的型式與過去所見之動作機制除酒精燒破原理外，放水方式主要是於撒水頭內利用壓力反射噴撒，與國內常用擋水板反射噴撒有所不同。
3. 該公司內部亦設有撒水頭的品管測試空間，可將生產之撒水頭於場內實際安裝後，控制入水量及壓力，由設置之檢測設備量測出水量、壓力、放射狀況等。
4. 本次該公司另介紹撒水系統之蓄水池、加壓泵浦設備可利用貨櫃屋組裝，有利於需移動於不固定空間滅火時之使用，可減少設備重覆設置的費用，亦可減維護成本，但限於較小之滅火空間，未來是否可利用於高雄港，需再視狀況而定。



圖 20 AQUASYS 工廠參訪



圖 21 AQUASYS 工廠精密組件製作



圖 22 AQUASYS 工廠實驗室設備

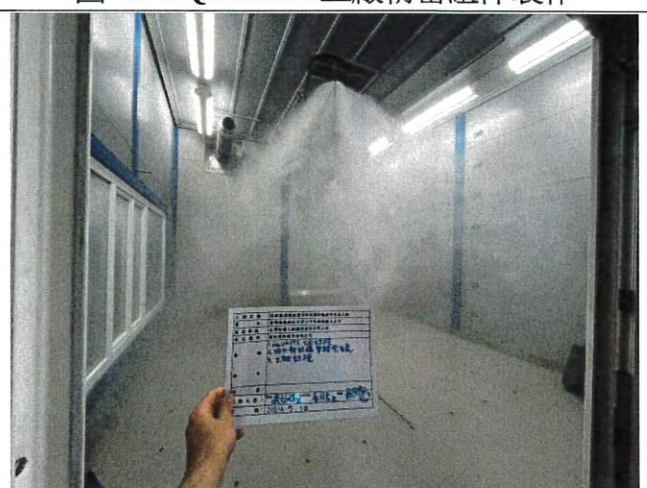


圖 23 AQUASYS 工廠細水霧設備試運轉(一)



圖 24 AQUASYS 工廠細水霧設備試運轉(二)



圖 25 AQUASYS 工廠細水霧馬達泵浦設備

## (五) 於 Zentrum am Berg 工區辦理本案細水霧原型機測試

原契約規劃細水霧原型機測試，承攬廠商已於本分公司到達前在 Zentrum am Berg 工區完成架設組裝，等待本次團隊(機關監造及承商)現場實際進行測試查證及 IBS 公證公司會同認證測試結果。

### A. Zab 測試中心佈設

細水霧原型機測試安排於奧地利 Montanuniversität Leoben Department Zentrum am Berg, 8700 Leoben, Austria, Franz Josef Straße 18 Zentrum am Berg 施作。

現場檢測過程與結果及報告亦將由奧地利 IBS 公證單位提供認證項目說明，並會同檢測與認證。(現場測試隧道:長度L=25m x 寬度W=10m x 高度H=4.8m)

### B. 現場佈設依據

1. 依照 圖 26.A300600-15637-0-C 之 ZAB 測試中心 25x10M 隧道噴頭配置圖，排列佈設現場管路與噴頭。
2. 依照 圖 27.A300101-15057-1-C 之分區閥製作圖，使用該型式分區閥。
3. 依照 圖 28.A300101-14518-1-M 之 25M 分區噴頭設計配置圖，為 ZAB 測試廠佈設之依據。
4. 依照 AS-PDS-01.01-B\_approved 之送審高壓力泵浦型錄之規格，將另案提送工廠查驗。ZAB 測試中心使用現場既有泵浦設定以下測試一 25M 分區流量與壓力需求：

- ZAB 現場泵浦技術流量 Flow Rate(Max):2,200L/min。
- 泵浦壓力 Pressure(Max):64Bar
- 泵浦進水端 Pump Inlet DN150
- 泵浦出水端 Pump Outlet DN125

5. 依據 圖 29.細水霧系統 AQUASYS 設計計算式 3 分區(每區 25M)，需使用總流量=3,283.2 L/min。

本次 ZAB 測試中心測試一分區(每區 25M)，需使用流量=3,283.2 L/min /3=1094.4 L/min。ZAB 現場試驗使用泵浦可以調整轉速，改變流量及壓力。

- 測試 25M 分區泵浦需求流量 Required Flow Rate (min):1,094L/min。
- 最後端噴頭需求壓力 Required Pressure (min ):36.4Bar

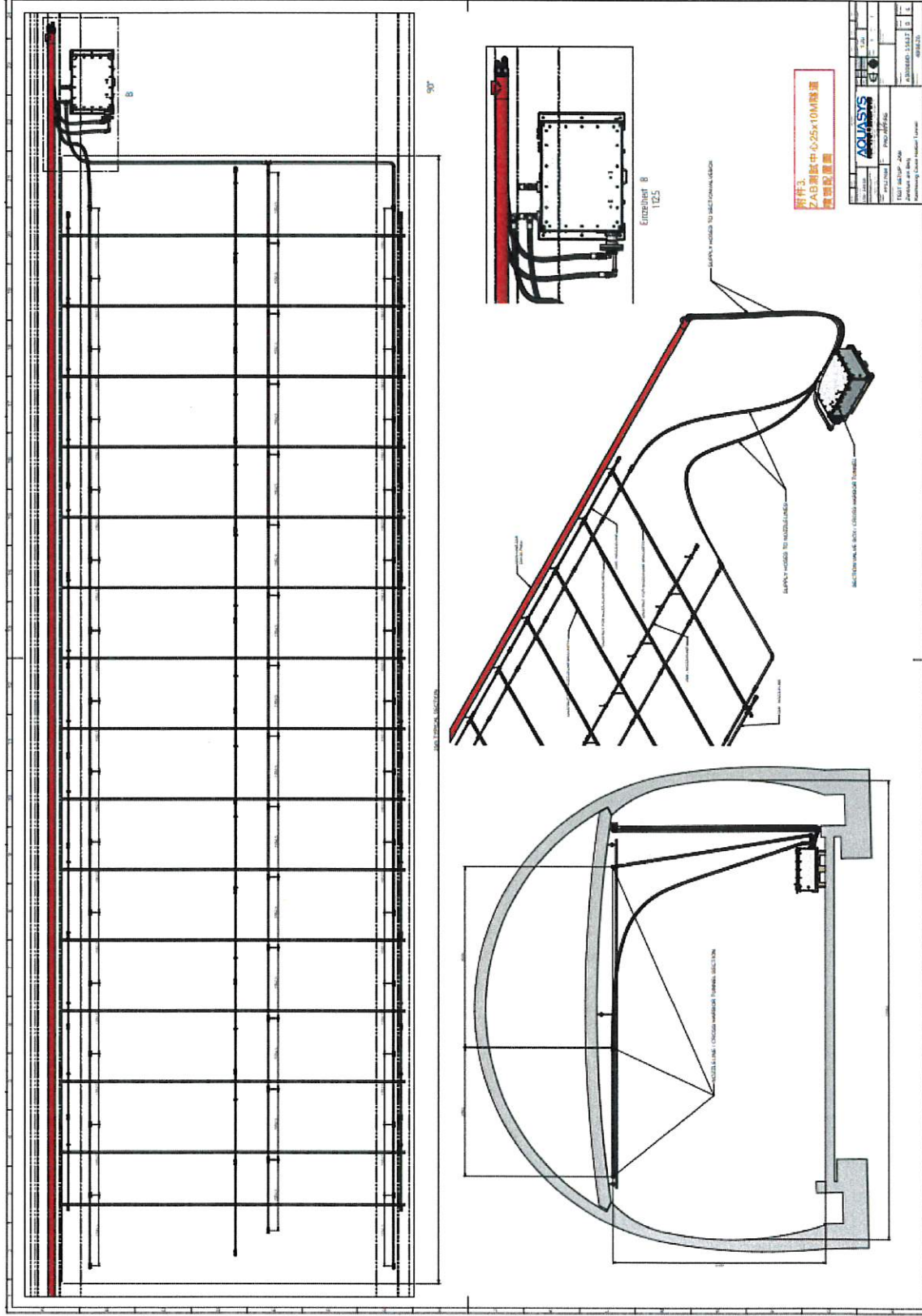


圖 26 A300600-15637-0-C 之 ZAB 測試中心 25x10M 隧道噴頭配置圖







## 附件8.細水霧系統AQUASYS設計 計算式

### Kaohsiung Cross Harbor Tunnel – water mist application rate:

The water mist application rate for the Kaohsiung Cross Harbor Tunnel is calculated by dividing the total water flow rate in the activated zones by the projected area of the activated zone.

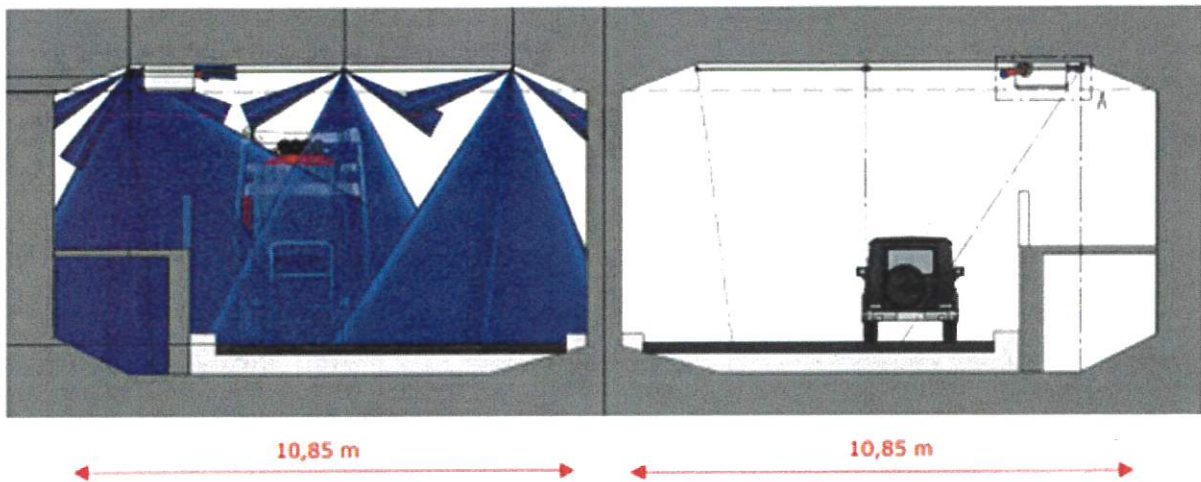
#### Total water flow rate:

The total water flow rate for 3 activated section is calculated by the total number of nozzle heads in 3 activated sections times the water flow rate of every individual nozzle head.

Pressure at nozzle head: 36,4 bar gives a flow rate per nozzle head: 22,8 l/min.

$3 \times 16 = 48$  nozzle heads per section  $\times$  3 sections  $\times$  22,8 l/min flow rate nozzle head = 3.283,2 l/min.

#### Area of the activated zones:



The area of the activated zone is calculated by the width of the tunnel times the length of the activated zone.

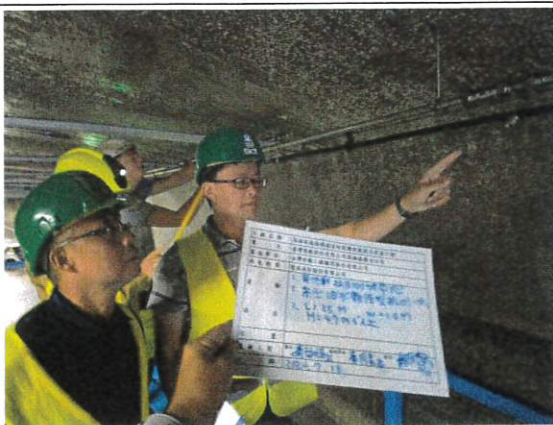
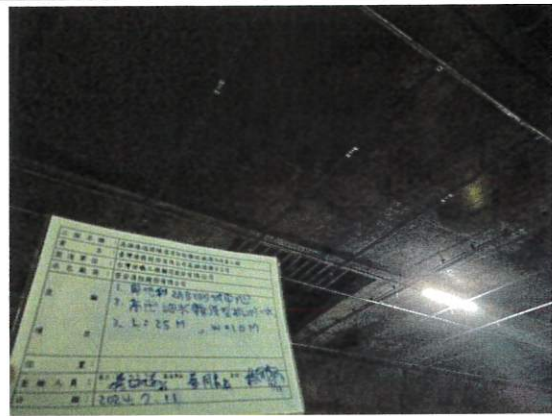
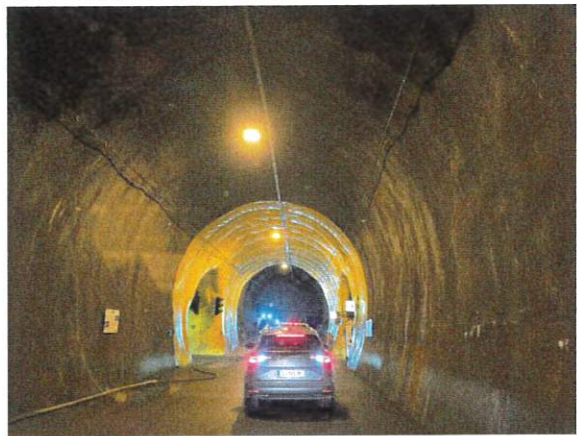
$10,85 \text{ m tunnel width} \times 75 \text{ m activated length} = 813,8 \text{ m}^2$

#### Water Mist application rate:

Total water flow rate / area of activated zones =  $3.283,2 \text{ l/min} / 813,8 \text{ m}^2 = 4,03 \text{ l/min m}^2$

圖 29 細水霧系統 AQUASYS 設計計算式

6. 細水霧設備進場前，須於測試場所組立系統( 含泵浦、管、閥、控制閥等 )，通知業主及工程司到場，並依據第 1397A-3.5.1 細水霧原型機測試規定，在放水時確認下列項目：
- (1) 消防泵浦須達到系統工作壓力等級，並與日後安裝之消防泵浦有同等性能。
  - (2) 確認細水霧自動閥之開啟與關閉之狀態。
  - (3) 確認每一細水霧噴頭之放水狀態( 有無撒水障礙、噴頭有無阻塞、放水分佈等 )，必要時應做調整。
  - (4) 確認每一細水霧噴頭之噴嘴保護蓋確實脫離狀況，並於測試後將保護蓋重新套裝於噴嘴上。若經原廠提出測試證明可以防止灰塵、油污及油污硬化堵塞後細水霧噴頭仍可正常噴撒動作則無須該項保護蓋，且需有原廠提出之認證。
  - (5) 以留設於最高點及最遠端之細水霧分區分支管末端壓力錶，確認現場實際之噴頭放水壓力及放水密度須符合本章 2.4.1 節所述之送審核定條件。
  - (6) 現場實際之放水密度須選取放水區域末端三只噴頭以軟管銜接，待系統放水穩定後將軟管接置採集箱，收集一分鐘後，依其流量換算單位面積之放水密度。
  - (7) 測試期間須全程攝影紀錄。
  - (8) 原型機測試前，需先提送測試計畫書，供工程司或業主審核後方可進行後續測試計畫。
  - (9) 原型機測試其費用已含於細水霧系統內，不另計價。
  - (10) 原型機測試規模至少達到放射區域至少達到 250 平方公尺(10 公尺寬 × 25 公尺長)，並測試細水霧系統之放水密度。



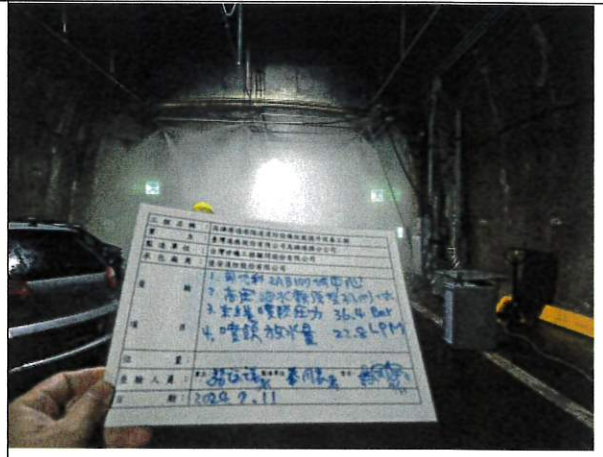
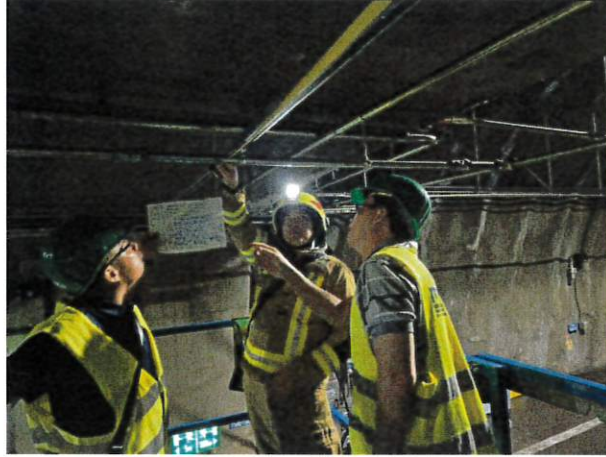




圖 30 於 Zentrum am Berg 工區辦理細水霧原型機測試

### C. 測試結果

依上述 B.1~5 項現場佈設，依照工程契約技術條款第 1397A-3.5.1 細水霧原型機部設測試，本次 ZAB 測試中心測試 25M 分區泵浦需求流量 Required Flow Rate 大於 1,094L/min，後端噴頭需求壓力 Required Pressure (min) 大於 36.4Bar，相關結果皆符合設計要求。

### (六) 相關會議討論(7/12, 7/13)



圖 31 於維也納辦理細水霧原型機測試綜整會議討論(7/12)



圖 32 本次行程參訪及廠驗總結會議討論(7/13)

本次行程參訪觀摩及細水霧原型機測試之綜整討論意見如下：

1. AQUASYS 公司現場組立完成細水霧系統之管、閥、控制閥各部規格尺寸及效能，應可達到送審文件之要求。
2. 依照 AS-PDS-01.01-B\_approved 送審高壓力泵浦型錄規格，因與本次於 ZAB 測試中心使用現場既有泵浦設定供測試一 25M 分區流量與壓力需求不同，將另案提送工廠查驗。
3. 依據 圖 27. 細水霧系統 AQUASYS 設計計算式 3 分區(每區 25M)，需使用總流量=3,283.2 L/min。本次 ZAB 測試中心測試一分區(每區 25M)，需使用流量=3,283.2 L/min /3=1094.4 L/min。ZAB 現場試驗使用泵浦確可以依實際需求調整轉速，改變流量及壓力。
4. 依據細水霧設備噴頭出水狀況特性，流量測定初始出水不能作為試驗值，須待出水至少約 1 分鐘以後方始穩定，此時方開始收集出水量之數值較可作為正式試驗數據，亦較符合設計模式。

5. 本次 ZAB 測試中心僅測試一分區(每區 25M)細水霧設備效能,如能依據圖 27.細水霧系統 AQUASYS 設計計算式 3 分區(每區 25M),檢核使用總流量(=3,283.2 L/min)及泵浦效能設定,確認終端噴頭之流量與壓力需求,應更能與過港隧道細水霧設備實況契合。

### 參、心得及建議

- 一、本次實地參訪阿爾貝格隧道,了解到消防系統設計之設計,除了設備本身的性能需考慮外,亦需了解氣候對設備之影響,例如,偵測管路中水的溫度,以啟動管中水防凍機制;另外,由該隧道之規劃,了解到設置維修管道對於隧道維管、管路佈設、監測設備之安裝等均有相當大的助益,若設置空間允許下,應儘可能整體性的規劃。
- 二、W&H Dental 牙醫器材工廠對於火警探測器的標示方式、線架的稜角保護、依場所性質需要而規兩種滅火器、工廠內之清潔維護及水系統末端手動閥安全機制之管理等,對於未來高雄港建築物之消防規劃或管架設計之規範,或可在設計時作為參考。
- 三、本次與 AQUASYS 公司相關人員面對面討論本案細水霧設施之管、閥、控制閥以及壓力泵浦等設備生產流程、品質管控及生產出貨到裝設前之意見交流,可作為本公司後續工程材料品質管控之參酌;另檢討後續相關機械設備整合及出貨時程,以期能如期如質於高雄港過港隧道現地組裝。
- 四、實地觀摩奧地利商 AQUASYS 細水霧生產工廠,得悉細水霧設備具有許多優點包括將原本的水、電控、及電力安裝整合為單一設備,提供更方便、性能更優秀的消防滅火系統。另外,模組化及客製化的產品規劃,使得任意尺寸及配置結合成為可能,使其可應用於各類工業設備、發電機及變電站、商辦大樓、豪宅、一般倉儲及大樓中庭廊道冷卻防火逃生等場所,未來分公司可視高雄港過港隧道使用及維護之情形,將細水霧設備應用於高雄港其他之建設中。
- 五、本次於 ZAB 測試中心進本案細水霧原型機測試,據了解,該測試隧道原為礦坑,因已無繼續採礦之價值,將其改建再利用,使其成為多項消防設備測試之場所,國內應也可思考,將已廢棄之場所作再利用。