

# 出國報告（出國類別：考察）

## 參訪日本大阪關西國際機場 出國報告

服務機關：交通部

桃園國際機場股份有限公司

姓名職稱：黃處長春田

張資深工程師維庭

簡工程師(三)大淵

范工程師(三)修銘

鄭工程師(四)舜元

林工程師(四)品全

派赴國家：日本大阪

出國期間：112年11月13日至11月16日

報告日期：113年2月7日

## 公務出國報告提要表

出國目的	參訪日本大阪關西國際機場
服務機關	桃園國際機場股份有限公司
出國人員	黃春田、張維庭、簡大淵、范修銘、鄭舜元、林品全
人員職稱	處長、資深工程師、工程師(三)、工程師(三)、工程師(四)、工程師(四)
出國類別	<input type="checkbox"/> 實習(訓練) <input type="checkbox"/> 其他( <input type="checkbox"/> 研討會 <input type="checkbox"/> 會議 <input checked="" type="checkbox"/> 考察、觀摩、參訪 <input type="checkbox"/> 進修)
出國地區	日本大阪
出國期間	112.11.13~112.11.16
報告日期	113.2.7
關鍵詞	大阪、關西機場、空側道面、航空地面燈光、災後復原、韌性、ESG 永續發展
報告書頁數	48 頁
報告內容摘要	參訪考察鄰近標竿機場空側道面設施整建及維護、地面燈光設施與維護、跑道大型整建與刨鋪規劃、災後復原經驗及相關技術、航廈新穎設施及 ESG 永續發展應用等議題，藉由與標竿機場互相交流學習，精進臺灣桃園國際機場空側維護品質、設施韌性及管理作為。

## 目錄

<u>公務出國報告提要表</u> .....	1
壹、 目的 .....	4
貳、 過程 .....	5
一、 關西機場維護管理簡介 .....	6
二、 鋪面維護機制及智慧化檢測工具 .....	9
三、 大型跑道刨鋪工程規劃經驗 .....	17
四、 航空地面燈光設施維護工程 .....	18
五、 航廈設施及災後重建經驗 .....	31
六、 環境永續及設施韌性 .....	41
參、 心得與建議 .....	46

## 壹、 目的

近年來，本公司各項重大公共工程陸續展開，陸側以第三航廈主體及附屬設施工程為主，空側以跑道滑行道及停機坪之維護整建規劃、空側相關設施之維護規劃等項目為主。另於機場北側用地之第三跑道相關規劃及先期工程亦已開始執行，除藉各項規劃及工程持續培養公司內工程人員之施工經驗外，汲取世界各機場規劃及整建經驗，亦有利於未來機場各項規劃及工程順遂推動；考量日本大阪關西國際機場為亞洲先進機場之一，且近期已完成航廈整建、空側跑道、滑行道之加鋪工程及關鍵基礎設施防災精進作為等項目，對於正進行航廈興建、跑道、滑行道整建規劃之桃園機場現況極為相似，是桃園機場學習的對象。故安排參訪關西機場。

	
辦公大樓外觀	辦公大樓門口
	
辦公大樓一樓接待處	工作人員辦公空間

本次參訪簡報地點:大阪關西國際機場辦公大樓一樓

## 貳、 過程

日期	時間	行程
(11/13) 第一天	上午	去程：(06:25 出發-08:55 抵達) 搭乘長榮 BR178 班機前往日本大阪關西國際機場
	下午	啟始會議： 雙方人員介紹、致贈紀念品及確認行程
(11/14) 第二天	上午	交流討論： 空側道面維護、燈光維護及航廈設施
	下午	交流討論： 空側道面維護、燈光維護及航廈設施
(11/15) 第三天	上午	實地參訪： 設施及維護參訪 (跑道、滑行道、停機坪、助導航設施)
	下午	實地參訪： 設施及維護參訪 (維護中心、災後重建設施及韌性設施)
第四天(11/16)	上午	綜合座談： 雙方回饋參訪心得
	下午	回程：(17:45 出發-20:05 抵達) 搭乘長榮 BR129 班機返回臺灣桃園國際機場

# 一、 關西機場維護管理簡介

## (一) 大阪關西機場組織架構

本次參訪接洽單位是日本大阪關西機場集團(Kansai Airports Group)(下稱 KIX)，係自 2016 年起由 VINCI Airports 與 Orix Corporation 及其他民間企業合資取得特許權所成立，該集團負責機場營運各種相關行業，亦包含商業設施，與桃園國際機場股份有限公司屬交通部轄下的國營事業營運模式不同，惟其土地所有權仍隸屬於日本中央及地方政府，並受日本民航機構之管制，此部分與桃園機場情形較為類似。KIX 集團除大阪關西機場外，尚有營運鄰近之伊丹(ITAMI)(或稱大阪機場)及神戶(KOBE)等 2 機場，故轄下負責營運之機場跑道共計有 5 條。

### About Kansai Airports

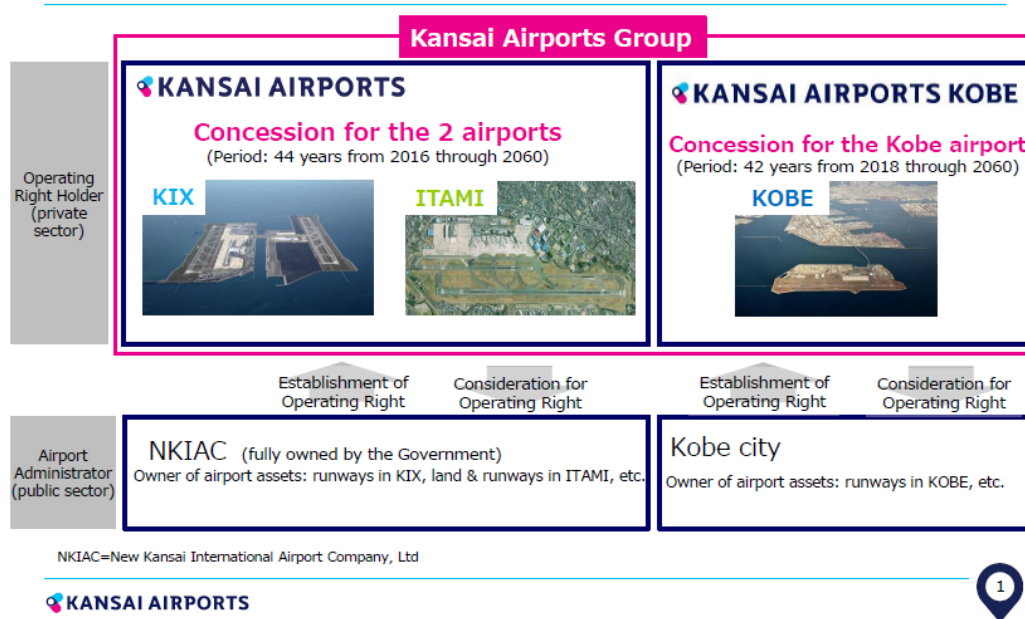


圖 1.1 大阪關西機場集團組織架構圖

## Our three airports (in 2019)

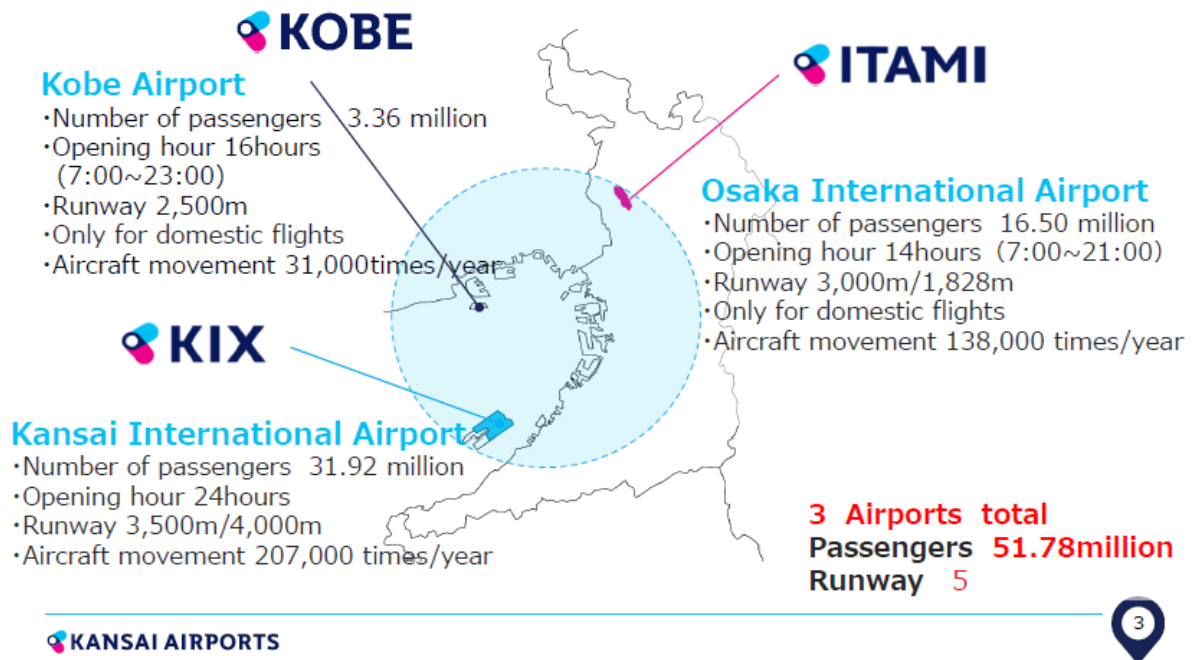


圖 1.2 大阪關西機場集團運量統計圖

### (二) KIX 技術部門

關西機場集團除工程相關之部門，如技術總部、第一航廈整建部門、基礎設施部門、建築物新建部門、特殊設施部門及資訊等各類部門外，尚有 2 家子公司 KTS(Kansai Airports Technical Services)及 KHC(KIA Heating & Cooling Supply Co., Ltd.)隸屬於技術部門。其中針對基礎設施部分，即本次參訪主要接洽單位，負責業務包含空側跑道、滑行道等鋪面及燈光設施之維護，亦包含陸側道路及結構維護作業，此部分與桃園機場將空側及陸側劃分為不同的部門執行相關業務有明顯的不同。另因關西機場為填海造陸之人工島，自完工開放以來全機場持續有沉陷之情形，且該沉陷情況屬關西機場面臨之重大課題，故特別成立有關機場範圍沉陷管理及防治之相關部門，如屬於 2 號人工島的 Cut-off wall 截水牆專案部門。除此之外，基本的維護修繕作業、及維護作業的管理等工作項目，包含維護作業的採購發包及履

約管理等業務，亦已劃分由子公司 KTS 負責，可參考下列示意圖，此部分也與本公司有極大的差異，關西機場雖然增加了業務執行的介面，但可降低母公司的人力編制需求，進一步降低母公司的人力成本。其部門業務劃分模式，或可做為本公司部門業務調整之參考。

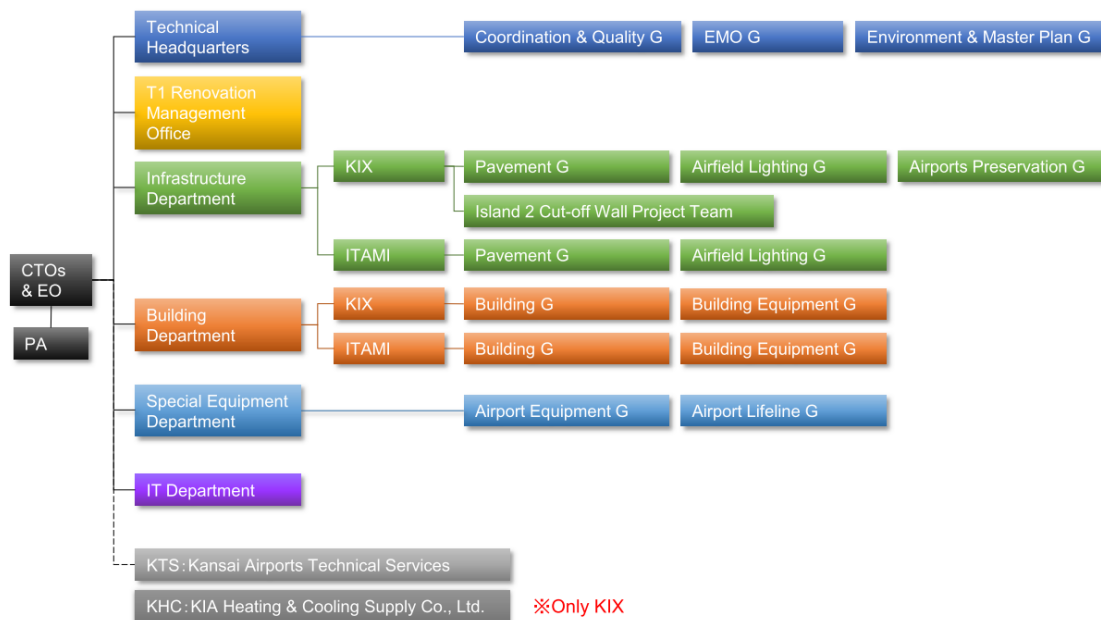


圖 1.3 技術部門組織架構

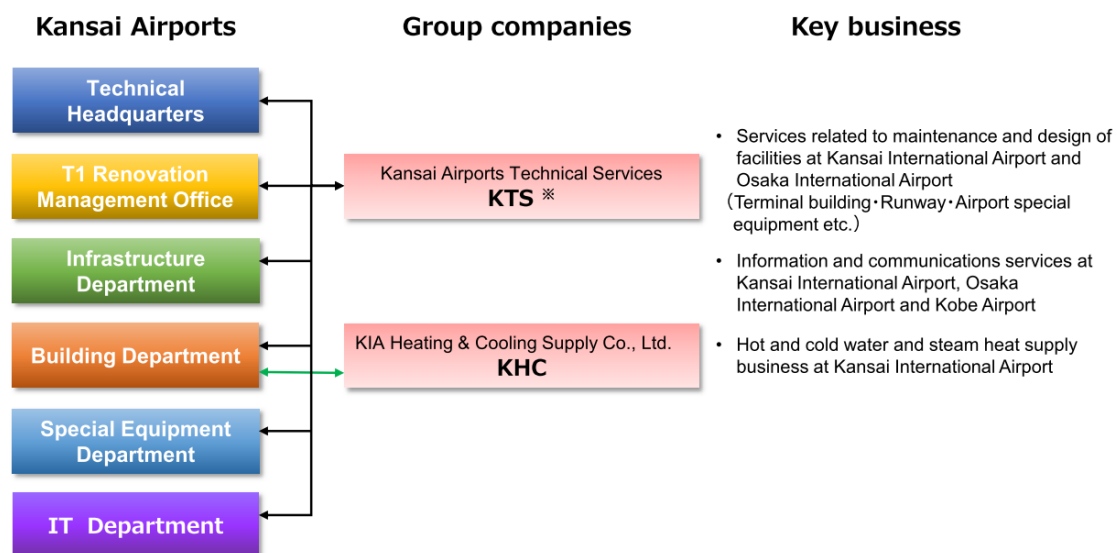


圖 1.4 技術部門關鍵業務



## Infrastructure department (Organization & task )

GM DGM	Airport	Group	Task	Facility				*Daily maintenance (Inspection, Repair)
				RWY, TWY, Apron, Airside structure etc	Landside road, structure etc.	Airfield light (light, system equipment etc)	Seawall Cut-off wall land, Port facility etc.	
KIX	Pavement	·Heavy maintenance, replacement, modification, ·Investment, maintenance plan for facilities	○*1	○			KTS	
					○*1		KTS	
	Airfield Lighting							
	Airport Preservation	·Settlement management ·Investment, maintenance plan for facility written right ·3 Airport risk management for natural disaster				○	KTS	
	Island 2 Team	·Plan, design and construction of countermeasures for Island 2 ground settlement (cut-off wall, drainage pumps)				Island 2 Cut off wall, Drainage Pump	-	
ITAMI	Pavement	·Heavy maintenance, replacement, modification, ·Investment, maintenance plan for facility written right	○	○			KTS	
	Airfield Lighting				○		KAP*2	

\*1 Heavy maintenance for KIX and KOBE

圖 1.5 基礎設施部門組織架構及業務示意圖

Jobs	In charge
<b>Airport and Facility Planning</b> layout planning, survey design, etc. for new facilities.	KAP
<b>Airport Management</b> coordination with stakeholders such as government, airlines, handling inspections, legal procedures, etc.	KAP
<b>New investment works and major renovation works</b> large-scale construction projects such as repavement of runway, taxi way, apron	KAP
<b>Maintenance and repair work</b>	KTS
<b>Maintenance management</b> Maintenance and inspection, emergency response, safety management, record analysis, manual/standard creation, drawing management, etc.	KTS

Work with KAP and KTS together as needed.

圖 1.6 關西機場公司與子公司(KTS)權責劃分示意圖

## 二、 鋪面維護機制及智慧化檢測工具

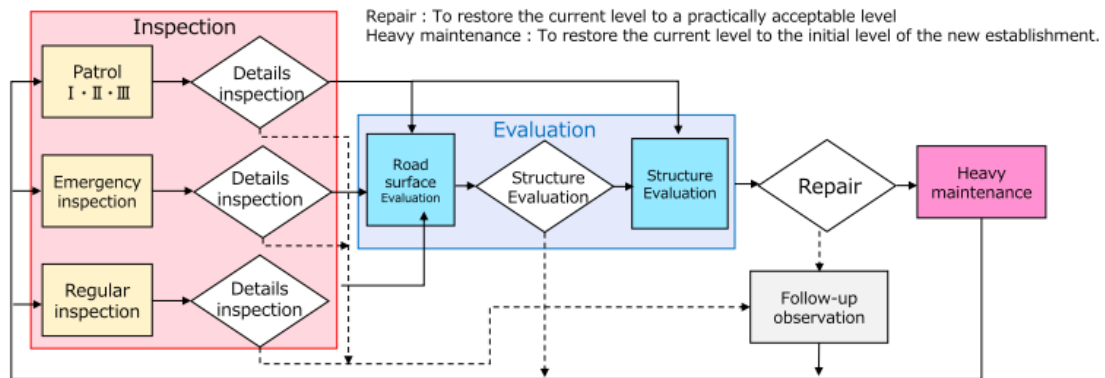
### (一) 跑滑道鋪面維護及巡檢機制

關西機場集團於跑道、滑行道之維護相關作業流程，原則上接近桃園機場現行之巡檢機制，除了盤點主要維護設施項目外(分為空側、陸側及海濱設施)，各項設施的維護作業流程外，亦有彙整年度巡檢時程表，並依巡檢類別劃分不同的巡檢頻率。常見的巡檢及維護作業與

桃園機場相同，包含夜間綠帶割草、清洗胎屑、鋪面 FOD 清掃、標線補繪、鋪面狀況目視檢查及鋪面燃油殘留清除等維護作業。而空側鋪面檢測作業亦包含了自動化檢測車、落種撓度檢測及摩擦係數檢測。而在陸側道路維護部分，則是依工作項目內容劃分為定期維護及不定期維護作業。

Area	Classification	Facilities
Air side	Basic facilities	Runway (A:3,500m B:4,000m)
		Taxiway (21,376m)
		Apron (94 spot)
	Pavement	Overrun·GSE road·ULD storage·service road
	Green area	RESA·Runway strips·Taxiway strips
	Structure	Perimeter fence·surface drainage
		Blast fence
Underground structure	Under drainage	
	Underpass·Utility tunnel	
Land side	Pavement	Road (17,500m)·Parking (88,230m <sup>2</sup> )
	Structure	Road sign·Road ancillary facilities
		Box culvert·Retaining wall
Bridge	Viaduct (2,900m)·Ancillary facilities of viaduct	
Seaside	Tide barrier & port facilities	Seawall (24,200m) , Cut-off wall, Berth for oil tankers, Pontoon, Breakwater,
	Marine facilities	MT station, Approach light inspection bridge

圖 2.1 主要維護管理設施



**Kinds of inspections**

Patrol	Identification of abnormality, location, and progress of damage, cracks, deformation, bumps, abrasion, grooving abnormalities, joint damage, signs, pavement surface
Emergency	Confirmation of damage, presence or absence of abnormalities, and suitability for use
Regular	Surface friction for runway, land surveying, road surface survey
Detail	Detailed investigation of the cause of the abnormality

圖 2.2 維護作業流程與巡檢類別

Facility	Category	Frequency (/year)	April	May	June	July	August	September	October	November	December	January	February	March
Runway including overrun	Patorol I	3	■											
	Patorol II	9		■	■	■		■	■	■		■	■	■
	Patorol III	3		■	■	■								
Taxi way	Patorol I	3	■				■				■			
	Patorol II	9		■	■	■		■	■	■		■	■	■
	Patorol III	3		■	■	■								
Apron	Patorol	12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Maintenance Apron	Patorol	12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Runway strip		2	■						■					
Taxiway strip		2	■						■					
RESA		2	■						■					
GSE road		12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Security road		6	■		■		■		■		■		■	
Survise road		6	■		■		■		■		■		■	
ULD parking area		6	■		■		■		■		■		■	
Underpass		2				■							■	
Utility tunnel		2			■						■			
Drainage facility		1									■			
Blast fence		1										■		
Security fence		1						■						

Facility	Category	Frequency (/year)	April	May	June	July	August	September	October	November	December	January	February	March
Ancillary facilities in landside		2			■	■					■	■		
Overpass		1			■	■					■	■		
Boxculvert		1			■	■					■	■		
Retainingwall		1			■	■					■	■		
road sign		1			■	■					■	■		
Road, Paking		1			■	■					■	■		
Roadside Ancillary Facilities		1			■	■					■	■		

圖 2.3 年度巡檢時程表

關西機場公司依照巡檢作業的流程及巡檢項目類別執行不同作業，仍採人工方式巡檢道面並記錄鋪面或設施狀況，並對各種損壞情形，規劃評估合適之施工方法，於修復完成後並持續觀察，並依照評估需求進行重型維護作業。依照上述年度巡檢時程表的作業內容，除了將業務範圍內需執行的巡檢業務依據設施類別劃分外，並將年度執行的頻率及執行時間分別列出，經盤點詳細內容可以很清楚了解一整年維護各項作業的時間點，可進一步掌握人力投入時間點及成本控制，達到作業效益最佳化的情境。對於未來第三航廈啟用及北側用地第三跑道等重大設施開發後的桃園機場，盤點維護業務內容及頻率，配合全生命週期的導入，可助於掌握所需人力及維護採購發包的成本，達成與關西機場類似的最佳化作業模式。

經了解，關西機場在機場範圍內設有瀝青拌合廠，廠內設備設施皆由維護廠商自行建置，使得在瀝青混凝土維護上能夠更有效縮短材料運送時程，除了專廠專用外，亦可避免拌合廠因承接其他工程出

料，影響機場維護使用，惟在使用熱拌瀝青出料時，仍有最小使用量，預估約為 500kg 用量才會啟動拌合，這部分與桃園機場日常維護遇到的困難點類似，常常要有一定的量拌合廠才會出熱拌瀝青材料，也得知即使是在機場範圍內設置拌合廠，仍然會有最少拌合量的情形發生。

## (二) 智慧化檢測

關西機場目前使用的鋪面管理系統，正規劃從 Geo 系統(地理資訊系統)轉變為 APMS 系統(機場鋪面管理系統)，其中 Geo 系統的執行方式，與過去桃園機場的巡檢模式極為類似，關西機場於 2017 年以前，與各項點檢作業前，皆須將系統中的資料以紙本方式輸出後帶至現場，並將現場狀況記錄後帶回至辦公室完成點檢報告，不只花費時間、紙本需求，同時也容易受天候影響，甚至亦造成場面上遺留 FOD，直至 2017 年 12 月後，關西機場才將平板電腦導入機場巡檢作業，於點檢作業時只須攜帶作業用平板，即可完成現場記錄等作業。

另外在關西機場公司於神戶機場於 2020 年開始導入的 APMS 系統，與目前桃園機場使用的 PMIS 系統較大的差異在於，APMS 系統可於 iPad 上執行現場巡檢的記錄、維修履歷、現況差異的確認等作業，而桃園機場使用的 PMIS 系統，除了平板裝置的巡檢結果記錄能力外，仍須在桌機才能使用完整的系統功能，此部分也是未來桃園機場維護作業可精進的方向。

除了上述鋪面巡檢的智慧化措施外，因應近年日本進入超高齡化社會，產生勞動力不足的影響，關西機場導入以下 2 種智慧化設備來減省人力需求，說明如下：

1. 原以人力巡檢方式針對跑道及滑行道中心線燈之周邊進行檢測，確認燈具周邊是否有裂縫產生，每年進行 3 次檢測，每次檢測共需 3 名人

力，耗費 28 日工時可完成。於近年引入熱成像攝影機後，仰賴儀器精確度提高及可立即攝影留存紀錄的緣故，可將檢測頻率降低至每年 2 次，且僅需 2 名人力花費 10 日即可完成相同作業。

2. 綠帶除草作業於近年引入無人自走式除草機，除能源部份可符合 ESG 精神，減少燃油消耗外，亦可減省人力需求，惟針對綠帶之平整度有較高之要求，可藉由內建 GPS 系統自定義除草範圍及路線，且因為除草機割除方式是不斷的重複切削，與現行除草業務直接割除至目標長度的方式不同，能使得草屑更細微，以至於自走式割草機不需要再額外收集割除後的草屑，未來可試國內廠商的導入及使用成果，進一步引入至桃園機場使用。

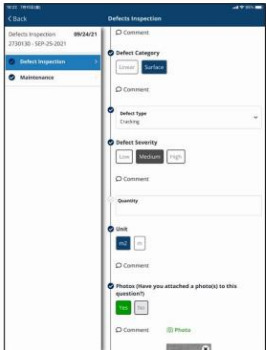


圖 2.4 點檢作業改變

**#1** 空港に係る基本データ（舗装構成、定期点検結果）の入力・閲覧  
Import & check basic data such as pavement and inspection info

**#2** モバイルアプリを用いた日々の維持管理  
Daily maintenance work using iPad


**#3** 中期～長期的な意思決定支援  
Support decision making




✓ タブレットを使って現地で変状のデータを  
確認・記録できる  
Registering the details of  
pavement defects using iPad.

✓ 点検結果、補修履歴のデータベース化  
Making the database of  
inspection results and  
repairment histories.

FY2020より神戸空港で  
APMSを試験的に導入  
Installed APMS as trial  
in UKB from FY2020



✓ Lane, Tile, Slabと呼ばれる単位ごとの各種データを  
確認できる  
Check any data of each unit such as Lane, Tile & Slab



✓ PRI, BBI, SFT調査、FWD調査の結果を取り込み確認できる  
Check inspection data such as PRI,BBI,SFT etc.

圖 2.5 於神戸機場試行的 APMS 系統

**T1 Concrete pavement**

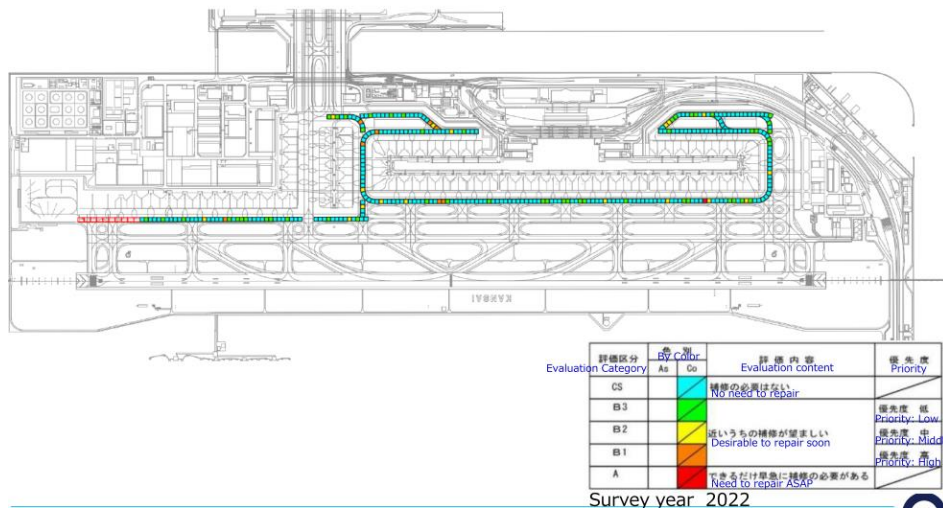


圖 2.6 剛性舗面状況調査示意图(2022 年)



圖 2.7 由國內廠商引進的自走式除草機

### (三) 空側設施實地參訪

本次參訪關西機場空側設施，可發現與桃園機場不同的是，關西機場在停機坪前方交通道材質上，原則使用柔性道面設計，主要考量柔性道面維修價格較低，且維修完成後可迅速開放使用之特性，對於差異沉陷造成的段差亦可迅速刨鋪改善，惟易受油污污染，使用壽齡平均約在 10 至 20 年間。而在參訪燈光維護中心外之綠帶上，設置有滑行道之道面結構及燈具之等比例模型，可對參訪單位或新進人員詳細說明燈具及鋪面配置細節，可加速人員對關西機場基礎設施的認識。

另於空側滑行道、停機坪等區域，可觀察到關西機場原則仍採用柔性、剛性道面並行的道面結構，於停機坪後方滑行道以剛性道面居多，其餘區域及跑道則以柔性道面為主，而在進出跑道的垂直滑行道也採剛性道面配置，與桃園機場近年來對空側跑道、滑行道使用配置的經驗與觀念一致，在受力特性較多扭轉、停等、慢速移動情況的道面區域，採剛性道面配置，降低受損及維護頻率。而在柔性道面上，可看到關西機場與桃園機場一樣，皆有車轍、裂縫、坑洞及各式不同大小的補丁或刨鋪修補的區域。

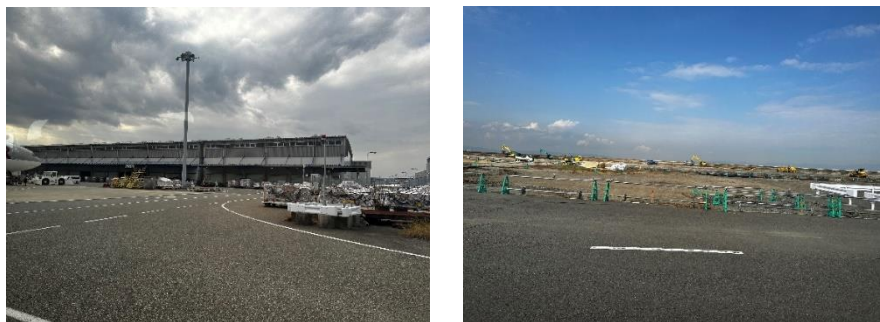


圖 2.8 機坪前方交通道



圖 2.9 滑行道鋪面結構及燈具等比例模型



圖 2.10 滑行道面損壞情形

另外，在空側道面維護作業上，關西機場與桃園機場一樣是以航管、營運為主要考量的模式，規劃及執行各項維護作業，除此之外，成本也是重要的考量因素，故在實際維護作業上，也常遇到障礙，本次參訪即可看到在柔性滑行道道面或道肩區域，有很明顯的差異沉陷後，隆起或填補過後的痕跡以及待修補維護的情形。

#### (四) 小結

關西機場道面維護並無預防性維護的概念，除了鋪面品質佳之外，大部分區域以差異沉陷所造成的損壞居多，近年 1 號人工島及 2 號人工島的年度沉陷量分別為 6 公分及 20 多公分，故往往在鋪面損壞之前，就以差異沉陷墊補的方式重鋪，與桃園機場於疫情期間刨鋪



南、北跑道不同，關西機場無較大型的刨除重鋪規劃，以局部區域改善方式為主。而在智慧化設施導入情形與桃園機場類似，於巡檢記錄及維護歷程記錄部分引入新系統，與桃園機場建置的 PMIS 鋪面維護管理系統類似，惟關西機場尚未引入桃園機場自去年開始的自動化攝影巡檢車輛，未來桃園機場可將該設施導入的成果與經驗分享予關西機場或其他機場。

### 三、 大型跑道刨鋪工程規劃經驗

#### (一) 道面整建工程規劃

關西機場道面整建工程作業，原則上依據計畫執行，在柔性道面部分，跑道的整建頻率是 13 年 1 次、滑行道則是 16 年 1 次、停機坪區域則同樣是 16 年 1 次，而在剛性鋪面部分則是以 50 年 1 次的頻率進行。大部分的鋪面受損範圍，皆是採維護方式進行局部或大面積的改善作業，此部分的規劃模式與桃園機場現行的鋪面機制相近，有較大的差異部分應是預防性維護的概念及道面整體刨鋪的頻率，關西機場較無預防性維護的概念，此部分應是受集團成本考量的影響。

另外，因關西機場持續受沉陷影響，空、陸側區域的柔性鋪面，持續有加鋪作業的執行，剛性道面則有預鑄板塊加上螺栓調整高度的工法因應，此部分也導致關西機場柔性鋪面在使用出現需要大型維護的損壞情形之前，沉陷造成的段差就立即需要加鋪改善，持續反覆的堆疊新的柔性材料於道面上，導致整體柔性道面的刨鋪頻率可間隔較長，這部分可以參考後續災後設施改善章節，對於跑道 A 的加鋪高程抬升計畫。

	RWY	TWY	Apron
Asphalt	13years	16years	16years
Concrete		50years	

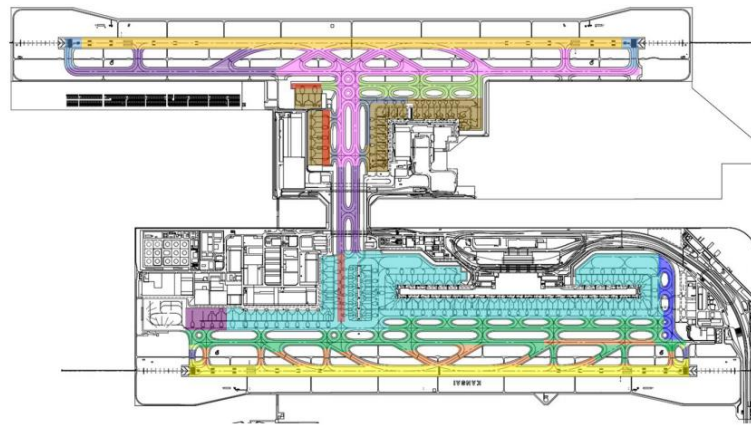


圖 3.1 關西機場鋪面整體整建計畫

## (二) 小結

可從關西機場分享整體整建計畫看出，跑道、滑行道、停機坪區域，雖未達整建年限，但已可規劃出各階段施工區域範圍。另外，在災後復原階段的跑道 A 抬升工程(第五章節會進一步說明)，更可看出關西機場對工程施工前的各項規劃非常仔細，在工程期程掌握也非常精準，這部分是桃園機場未來空側相關施工仍可精進的項目。

## 四、 航空地面燈光設施維護工程

### (一) 航空地面燈光設施簡述

關西機場為單純的民用機場，2019 年客運量已達到 3,192 萬人次，飛機起降量至 20.7 萬架次，貨運總量則達 201 萬公噸。關西機場共有 2 條跑道，跑道 A 長度為 3,500 公尺、跑道 B 長度均為 4,000 公尺，寬度均為 60 公尺，依儀器降落系統精確進場類別均屬第 II 類，可供飛行員在跑道視程 Runway visual range(RVR)只有 300 公尺以上的情況下著陸。燈具總數量約 10,709 盞，滑行道均設置邊燈及中心線燈，其中，目前燈具僅 16%有採用 LED，目標 2030 年全部採用 LED。有關先進場面導引控制系統(A-SMGCS; Advanced-Surface Movement

Guidance Control Systems)之 Follow the green 功能，關西機場目前並未使用此功能來引導航機，原因是單燈監控尚未導入及成本考量，僅以單燈監視功能，於圖控介面了解每個燈具狀態，未有單燈啟閉的功能。



圖 4.1 會議簡報交流情形

## (二) 航空地面燈光人力安排、委外發包及介面合作：

延續關西機場維護業務架構說明，航空地面燈光的業務分配原則與鋪面設施相近，維護業務包含關西機場、神戶機場及伊丹機場，本次交流過程中了解負責航空地面燈光維護業務的人力說明如下：

1. KOC (KIX Operation Center;關西機場營運中心)：8 員，燈光席位進行燈光狀態監視、利用監控系統執行維護性操作、異常評估，掌握飛航營運。
2. 基礎設施部的燈光組：5 員，與設備製造商建立契約合作、場面燈光工程的履約管理，亦有委託外部顧問，與本機場不同的是，業務範圍包含停機坪的高桅桿燈。
3. KTS 燈光組：21 員，日常維護、備品管理、燈具維修、維護規劃。

4. 燈光委外維護：19 員，由 KTS 發包委外的維護團隊，補充 KTS 維護業務並包含緊急搶修。
5. 委外維護合約分為 3 部分，分別是供電設施、監控系統、現場照明設備，皆有包含檢驗需求。而在大型維護或新建專案，燈光及土木亦是分開為不同合約執行。
6. KTS 燈光組及委外維護團隊分早班及夜班 2 班制，早班人力居多，燈光組沒有排輪值班，KOC 的燈光席位則有輪值班。
7. 燈光與土木的工程協同作業，在鋪面工程前安裝並固定燈具底座和管道後，進行上層底基層的施工。原本燈具底座和管道是在路面施工後鋪設的，但透過提前進行施工，可以省去上部路基的開挖、回填等工序，從而降低成本。另外降低成本方式為燈座規格朝縮小尺寸，原有燈具外露的部分維持大小不變，關西機場採用可調整大小燈座，以適用不同形式的道面。
8. 通訊方式由於文化差異，員工主要使用微軟的 Teams 作為公務聯繫交流管道，包含電子郵件、聯絡群組、線上會議召開、行事曆等完整功能，Line 則僅作為個人生活使用。

### (三) 供電系統說明：

1. 機場運作必須要有穩定的供電品質，完整的電力供應系統包括一迴路或多迴路市電、因應突發情況的緊急發電設備，配電部分應考量分區部屬，方可相互備援機制，進而規劃營運上的韌性。於第 II/III 精確進場或起飛跑道之目視輔助設施如進場燈系統等應符合 1 秒最大允許燈光切換時間，故航空地面燈光之供電系統之穩定性，攸關飛航安全甚重。目前關西機場電力來自於電力公司，77kV 高壓電纜是從大阪本島經由跨海橋(也是目前唯一通道)提供進機場旁的關西電力變電所。
2. 機場供電架構系統，關西電力變電所高壓電 22kV 分成 3 迴路平行供

應 3 個大區域的建築物，對於航空地面燈光恰好是與航廈迴路、貨機坪迴路分開，並且有柴油發電機可至少全天候供應 2 天。航空地面燈光專用的變電站依跑道劃分 2 站，分別為 T1 變電站供電給跑道 A 及其滑行道、T2 變電站供電給跑道 B 及其滑行道，變電站皆蓋在航廈旁邊，內部有恆流調節器(CCR)，依照迴路再送電至分散在空側的戶外電力機櫃，從戶外電力機櫃再供電到燈具。

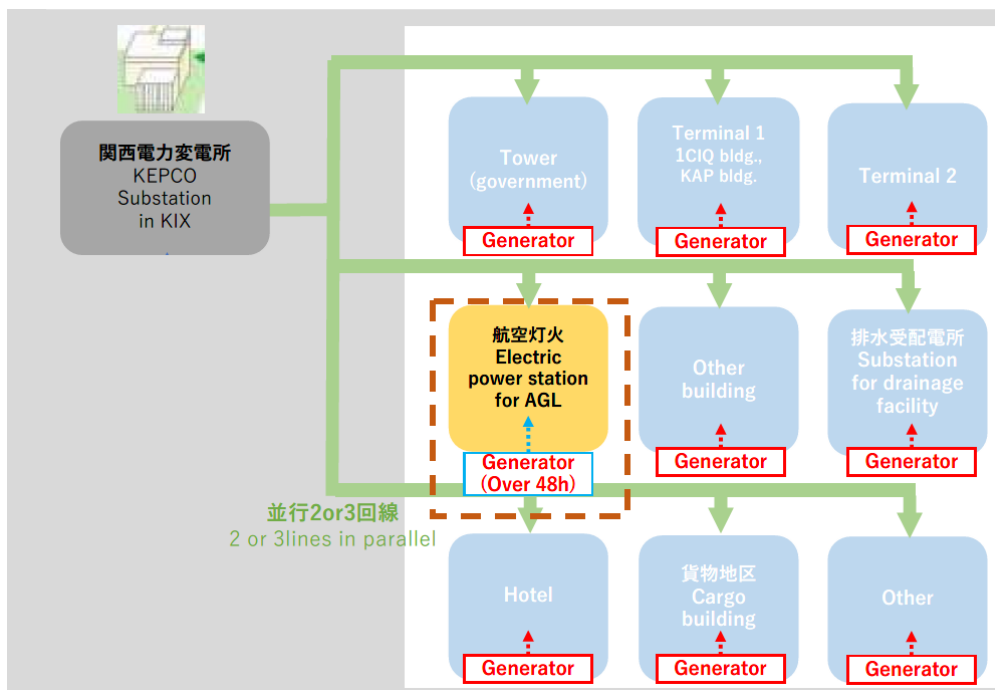


圖 4.2 關西電力變電所主要供電迴路

3. 以跑道 A 變電站為例，供電系統廠牌為 TOSHIBA，先由市電(City Power)供電給恆流調節器(CCR)、再由恆流調節器供應給場面燈具。當市電異常時，靜態不斷電系統會持續供電給恆流調節器，暫時維持場面燈具開啟，同時間緊急發電機於 15 秒內啟動供電給市電設備以補足缺少的電力，是為了在市電停電之緊急情況下，可以讓整體供電符合最大允許 1 秒內切換時間。

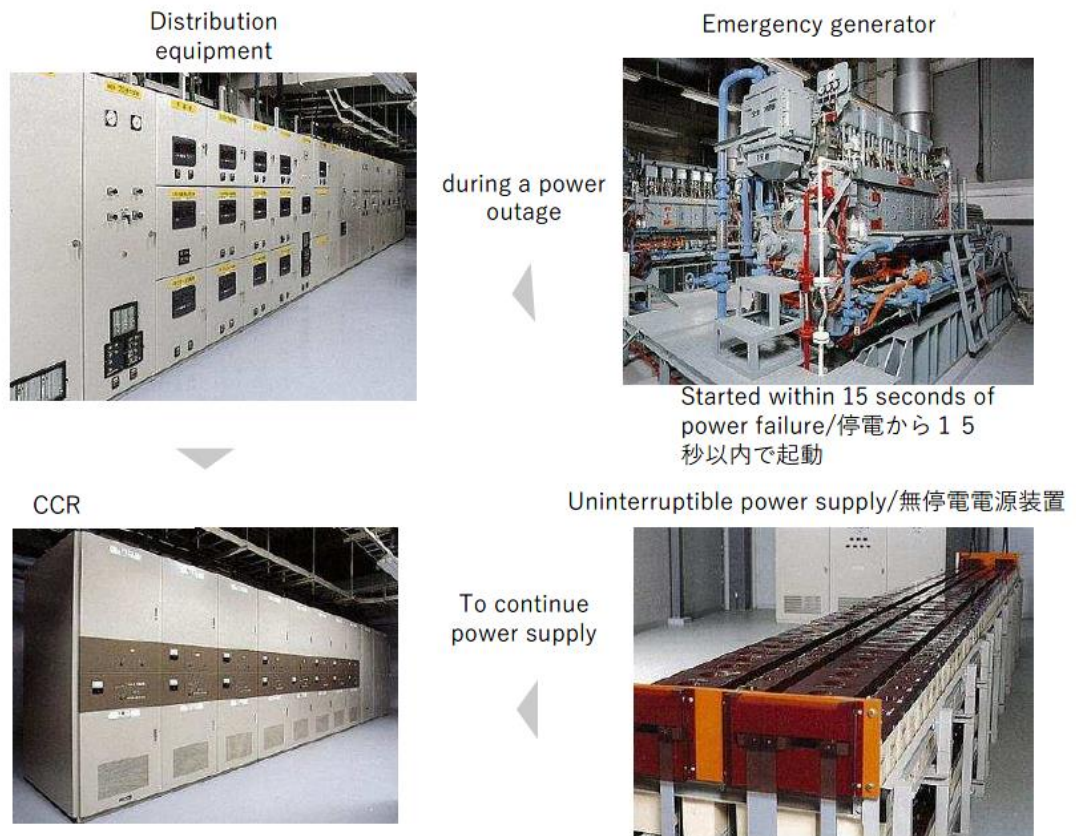


圖 4.3 關西機場航空地面燈光供電系統架構

- 連續 2 盞燈不亮是嚴重的議題，不符合 ICAO 規範，為避免因 CCR 故障使線段發生問題，CCR 對應至燈具時，用間隔的方式串接燈具，使得 CCR 異常時仍符合可營運規範。

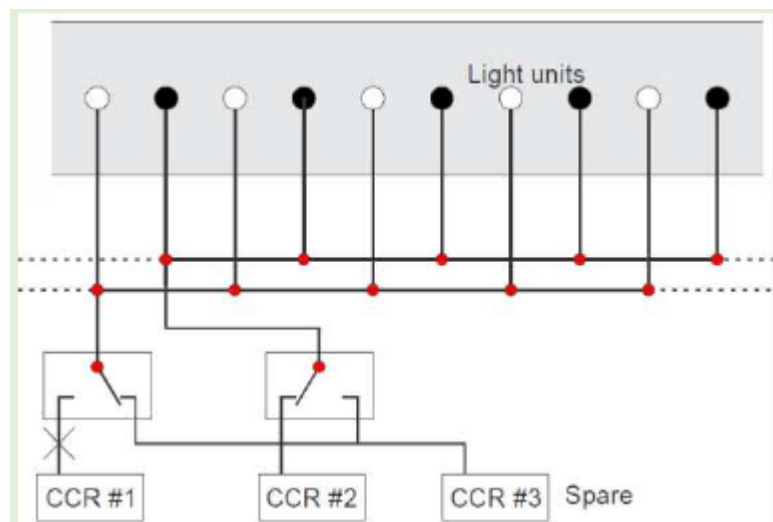


圖 4.4 CCR 對應至燈具採用間隔方式串接

- 本機場除每條跑道有 4 台 625KVA 發電機外，另具備 4 台 500KVA 旋轉

式動態不斷電系統，發電機只在市電中斷時自動切換供電，運轉時數較少，故障風險低，而且定期進行啟動運轉空載測試，及每月啟動運轉自動切換加載測試，確保於市電停電之緊急情況下，發電機可自動啟動運轉後投入供電。

6. 本機場航空地面燈光供電系統刻正規劃增設另 1 套電池式靜態不斷電系統，與關西機場相同機制，作為旋轉式動態不斷電系統之備援，掩護旋轉式動態不斷電系統維護後，須耗數小時的重啟作動時間。
7. 有鑑於 CCR 故障大都是內部 PCB 電路板故障，關西機場為節省採購成本，設立延長 CCR 使用年限達 35 年之目標，CCR 本身為日本在地品牌，所以會將故障的 PCB 電路板運往機場外專業電子廠商，進行檢測及更換板上的電子元件，成為翻新品重複使用。
8. 關西機場場面電力維護，手孔設計為常見鐵蓋，須要開啟工具，人孔則為掀蓋式，手孔可承重 10 噸，人孔可承重 25 噸，設計掀蓋式可以減少吊車開啟的作業時間。有關滑行道交口的燈具及電力設計，滑行道邊燈採用直立式邊燈，間距為 7.5 公尺，滑行道中心線燈的間距為 7.5 公尺，不論滑行道中心線或邊燈，迴路上採用不同 CCR 間隔燈具。

#### **(四) 航空地面燈光監控系統(ALCS； Airfield Ground Light Control & Monitoring System)：**

1. 航空地面燈光監控系統(下稱監控系統)主要使用者為飛航管制員，進行場面燈光啟閉及亮度等控制，以達到順利導引航機起降及至停機坪之目的。關西機場監控系統廠牌為 TOSHIBA，其可區分為跑道 A、跑道 B、共 2 個完全獨立運作的控制子系統(如遇系統故障將僅影響單一子系統)，架構上採用實體線連接，未連接其他航務功能的外部系統，屬封閉環境的工業控制系統，子系統有獨立的伺服器(1 運作 1 備

援)、網路交換器及實體網路，爰當子系統失效時，僅影響該系統負責跑道，不會影響整個機場的所有場面燈光。

2. 塔臺內有架設工作站供飛航管制員使用，監控席人員集中設置於第 1 航廈的 KOC，監控範圍是所有跑道，北邊另有小型燈光監控室，平時無人駐點，只供臨時緊急監控附近的跑道 B。
3. 關西機場在跑道及滑行道的交口，停止線燈統一搭配微波感知器，並且每月 1 次安排車輛進行測試微波感知器。對於停止線的 lead-on 功能是必須作動的，當偵測飛機或車輛進跑道時，滑行道上沒觸發感知器而按下停止線燈關閉按鈕，停止線燈也不會關閉。

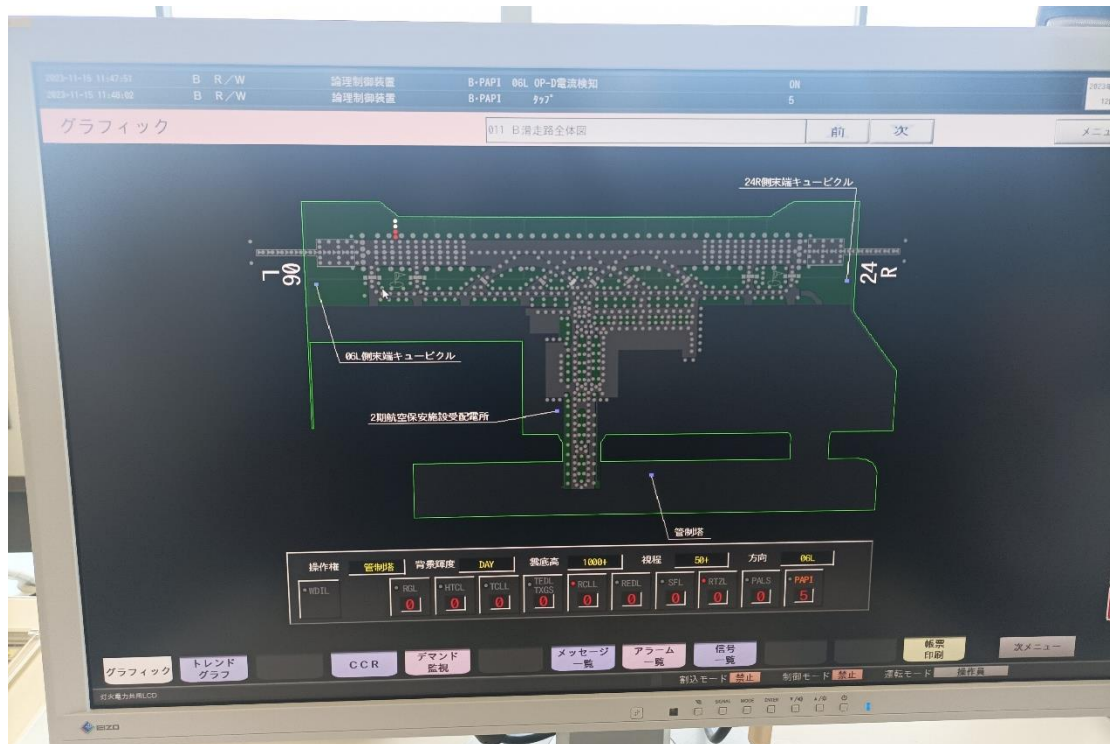


圖 4.5 燈光監控系統顯示燈具狀態管理頁面

4. 有關單燈效果的部分，跑道相關燈具及部分重點滑行道燈具使用單燈監視功能，沒有單燈控制啟閉，相當本機場的單燈 AGLAS(Airfield Ground Lighting Automatic System)的遠端定址器(Remote)，但在 TOSHIBA 系統中，關西機場將其稱為遠端變壓器(transformer)，由 CCR 使用迴路選擇器搭配電力載波去偵測每個燈具的遠端變壓器，以取得



狀態是否沒亮，關西機場好奇本機場為何能達到單燈啟閉，因為 ADB Safegate 的遠端定址器內有加入小型電路開關，以不通電的方式使得燈具不亮，進行達到啟閉 1 顆燈的效果。

- 運用監控系統快速掌握場面燈具現況，另外電力供應部分也一併納入管理，同一操作介面下，以切換頁籤的方式呈現，關西機場依經驗分析，在燈具維護頻率已經確實執行後，跑道可能緊急關閉通常是電纜故障引起的，在這種情況下是 KOC 決定關閉跑道來做搶修。

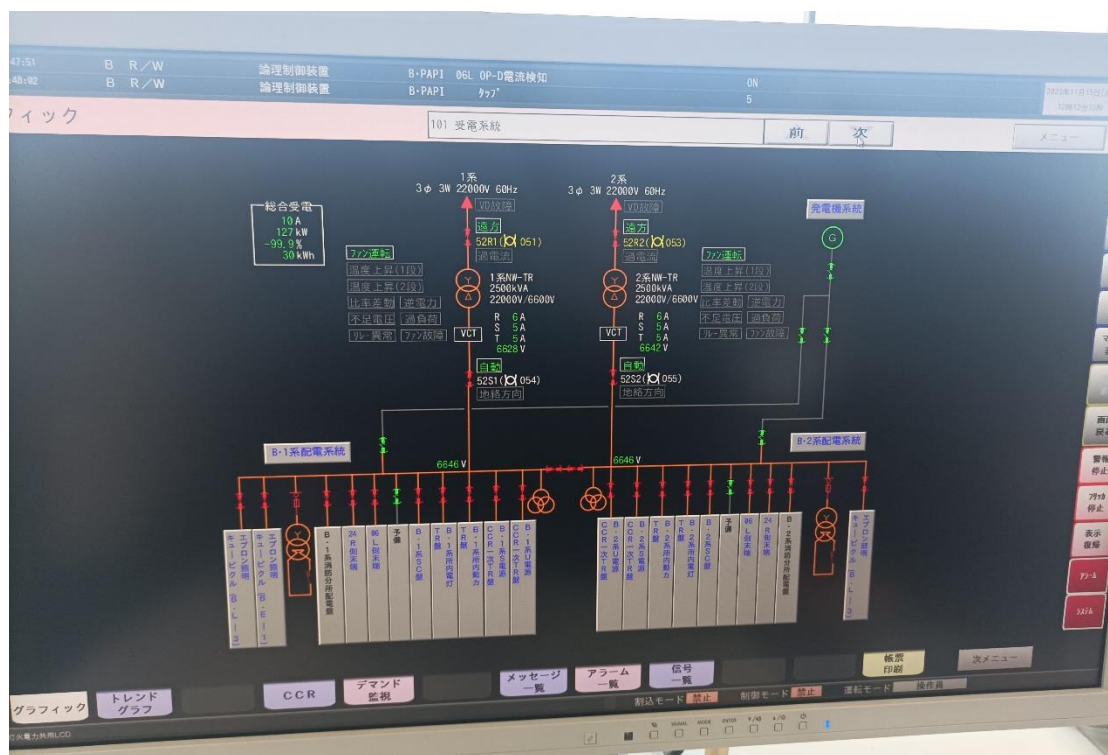


圖 4.6 燈光監控系統顯示電力管理頁面

- 桃園機場的監控系統有因應法規及 ISO27001 資安控制項目，所以要實施微軟安全性更新、防毒軟體病毒碼更新、系統日誌自動拋轉上級機關等要求，所以與資通處合作取得內部資源，避免連接外部網際網路，並且建置資安防護設備，以因應介接資通處。

### (五) 燈具及維護管理：

- 關西機場對燈具預防性維護部分，摘要如下：

表 4.1 燈具維護頻率

(1) 早晚各 1 次燈光巡場	(5) 每周 2 次現場燈具清理
(2) 每月 1 次現場燈具配件檢查	(6) 每周 1 次現場燈具清理
(3) 每 2 個月更換 PAPI 零件	(7) 每 2 周 1 次現場燈具清理
(4) 每半年更換現場燈具配件	(8) 每月 1 次現場燈具清理

2. 關西機場在研擬新的跑道/滑行道的採購需求，是沿用既有的規格，但對於燈具或料件的採購，是彈性選擇不同供應商，如 THORN(ADB Safegate)、YOUYANG、Crouse-Hinds 及 PHILIPS，這些供應商生產應用於場面的燈具是有經 ICAO 認證：

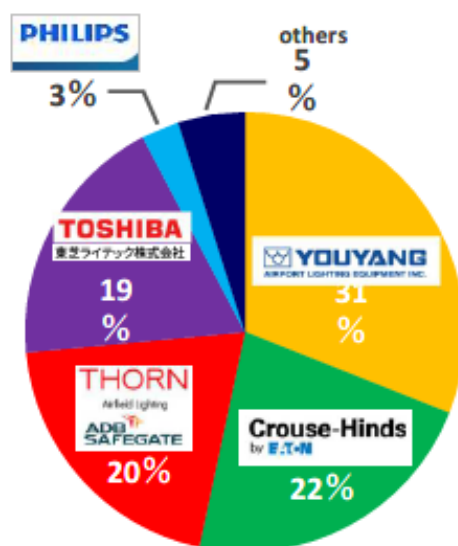


圖 4.7 關西機場燈光設備供應商

3. 關西機場對於場面上更換下來的燈具，有專門的設備及流程，首先經過高壓沖洗機清潔後，進行拆解、檢查及絕緣電阻測量，修復後使用漏電測試機及氣密確認，再拿至亮度測試室進行亮度檢測。



圖 4.8 高壓沖洗機



圖 4.9 漏電測試機

- 燈具都會提供一個序列號以進行追蹤，燈具經維修後，在亮度測試室中進行了光度測試，並且序列號也被記錄為翻新燈以進行追蹤，有關

燈光亮度檢測的更換標準，場面由燈光檢測車執行，如果亮度低於 60%就安排更換。在亮度測試室內執行檢測，如果亮度低於 80%就會更換，通常維修後的翻新品燈具，亮度檢測不合格率不到 20%。通過亮度檢測有自動化備料倉儲，存放翻新品燈具。



圖 4.10 燈具條碼

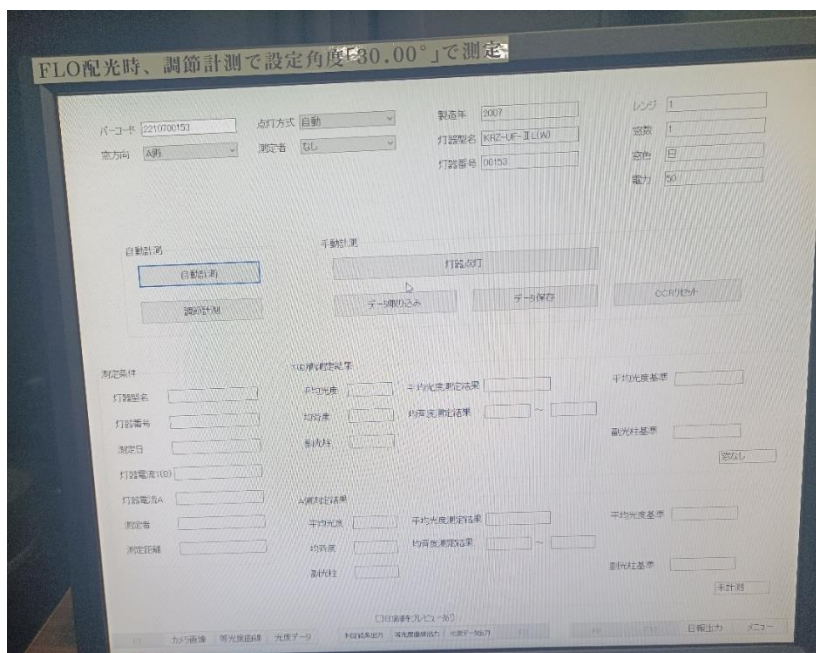


圖 4.11 維修履歷系統

5. 維修中心因應燈具一系列檢修，規劃了 4 個維修空間，地板上畫設參訪動線以避免外賓干擾，自動化備料倉儲可以記錄翻新品的燈具儲存

位置，由輸送帶及自動化設備放置在大型物料架。

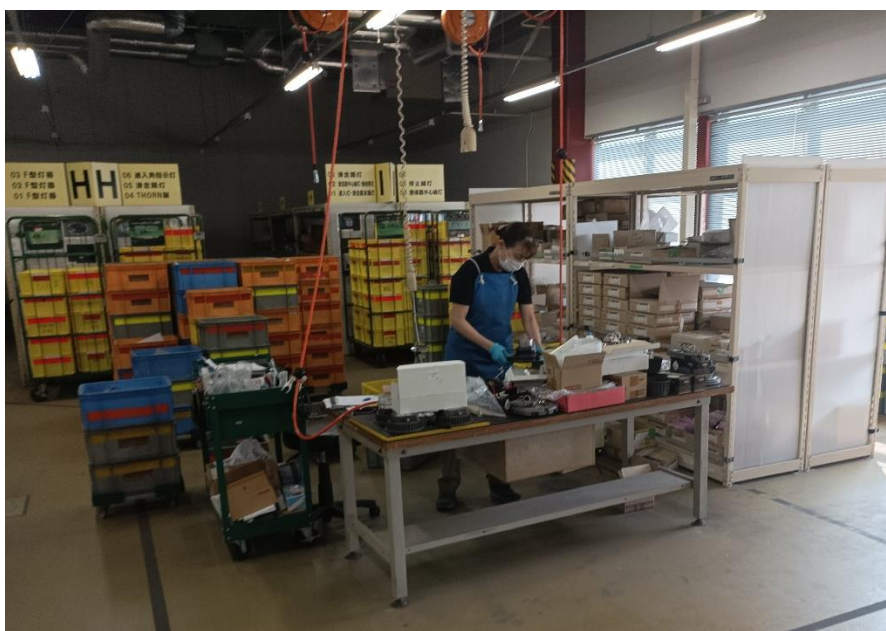


圖 4.12 維修作業空間

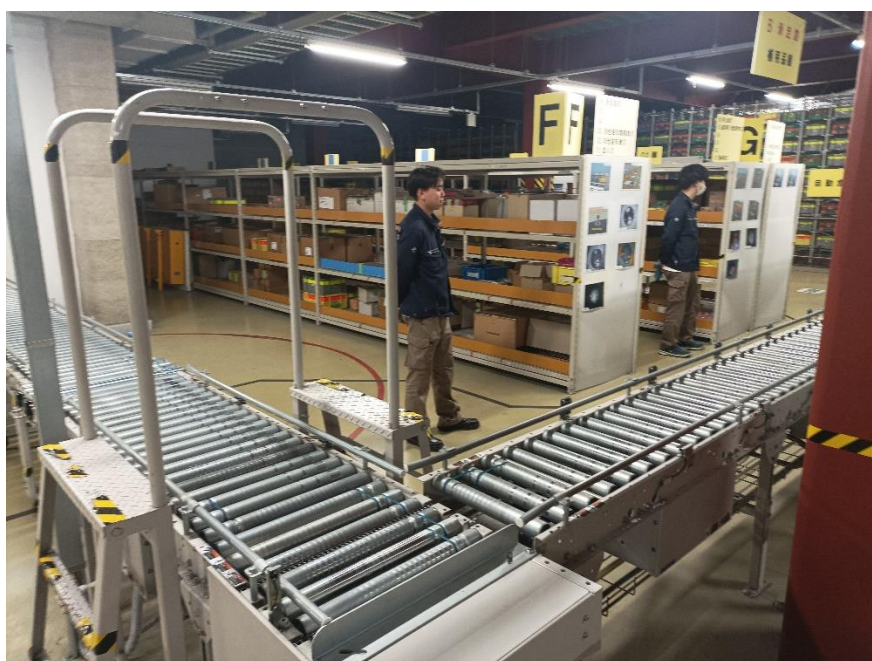


圖 4.13 自動化備料倉儲

6. 配合本機場後續規劃，特別請教有關進場燈架的材質，關西機場已全面換成鋁合金，雖有更換進場燈架的經驗，仍以不干擾營運為優先，且安裝基座環境單純，沒有分享更換須注意的困難點。



圖 4.14 進場燈架

## (六) 小結

1. 關西機場有子公司專門負責燈具維修及物料管理，所以人力訓練及基本維護得到長期保障，關於委外策略，值得注意是因為電力設備為日本企業製造供應，電路板的電子元件可以得到更換，甚至預留備品，不至於擔心供電元件備品短缺。
2. 對於燈光使用，穩定的供電品質極為重要，能透過電力監視系統提早知道供電情況，在一系統電力輸送及高壓轉低壓的過程，馬上看出哪個點位異常，可以限縮找問題的範圍，降低營運風險，這也是本公司刻正積極更新燈光電力監視設備的初衷。
3. 燈光監控系統設計上，關西機場也考量分散操作、設備備援、傳輸備援的架構，雖有本機場另導入資安防護機制，有定期做弱點掃描及滲透測試，防止惡意入侵或操作，但是人員操作才是防護關鍵，所以 KOC 人員跟本機場的燈光監控室人員，甚至是飛航管制員，都要經過審核。
4. 關西機場燈具的採購分散到 3 家廠商，雖無法參考關西機場的採購金額，但是可以增加採購的議價空間，當某燈具停產或換新一待產品

時，可以有多方評估的依據。另外關西機場已建置空間廣大的維修中心，導入自動化倉儲，可以管理各家廠商的料件及翻新品，將來本機場第三跑道發包應評估納入。

5. 本機場燈光供電來自高壓電雙迴路，地勢也是明顯高於海平面，「可攜式緊急跑道燈」的使用及收納空間，於因應跑道內完全沒電力時，如要加入營運，確有實用性，可以作為後續研擬調查。
6. 各家燈具出貨時，確有唯一識別碼，維護管理系統不僅只是巡檢表格電子化及無紙化，要加強燈光維護的管理，導入維護履歷、計算預防維護排程、故障維修紀錄、物料及庫存管理、統計查詢、報表管理等功能，需要專業人員及廠商共同規劃。
7. 桃園機場考量先進場面導引控制系統(A-SMGCS)之 Follow the green 功能，所以具備約 6,000 顆大量的定址器，設計已達到全場單燈控制功能，大幅增加燈光控制系統複雜度及維修設備數量，雖然到達全自動 Follow the green 尚有諸多內外部議題要整合及投入資源，對於成效不明的 Follow the green 功能，各單位應該優先考量飛航安全，維持滑道運作效能。

## 五、 航廈設施及災後重建經驗

### (一) 受災情形及復原說明：

2018 年 9 月，關西機場受 JEBI 颱風侵襲(第 21 號，臺灣命名為燕子)，侵襲時浪高最高為 5.2 公尺，因堤防失效，關西機場空、陸側受災情形嚴重、各項關鍵基礎設施功能受損或失效，唯一陸上聯絡橋亦因受貨輪撞擊，單向公路中斷且因公路門架掉落軌道，使得聯外鐵路運輸受阻，大量旅客受困於關西機場，第一航廈電力損失 50%，供電設備受水侵害，燃油槽、貨運區域及跑道 A、B 亦淹水。但關西機場

在不到 1 個月左右的時間，就修復大部分的設施並恢復正常營運，災後動員經驗、基礎設施改善的規劃等項目，值得桃園機場借鏡。

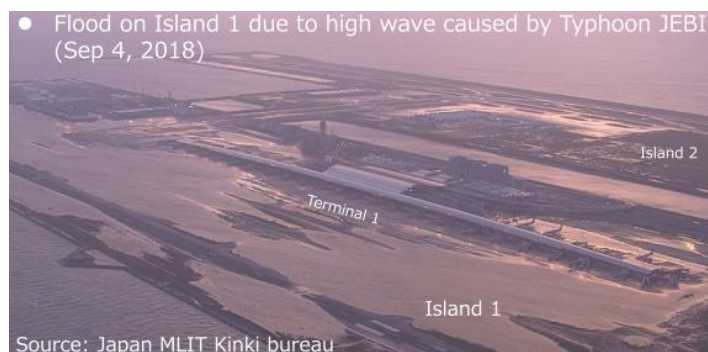


圖 5.1 關西機場受災情形 1

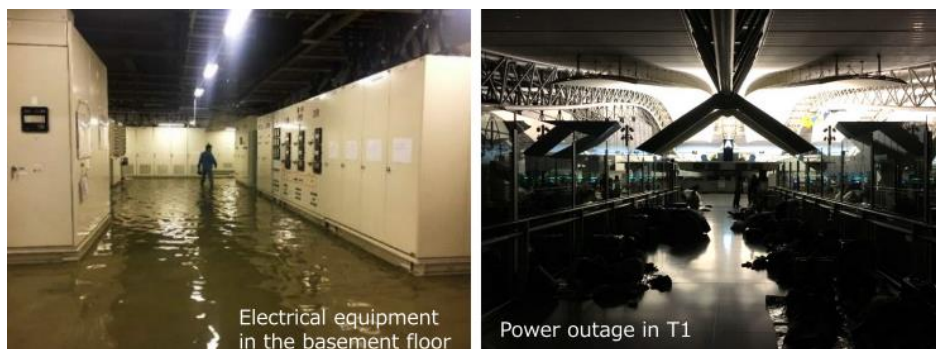


圖 5.2 關西機場受災情形 2

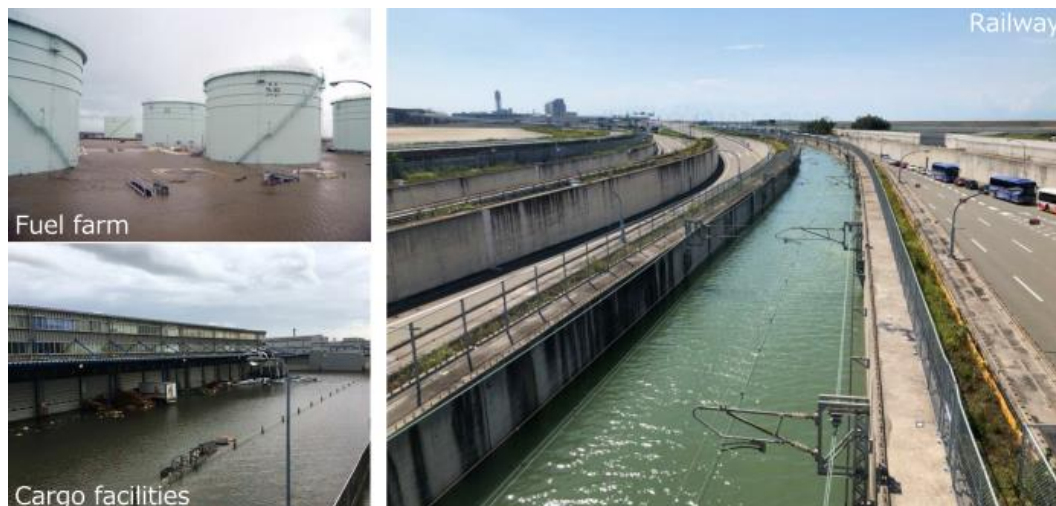


圖 5.3 關西機場受災情形 3





圖 5.4 關西機場受災情形 4

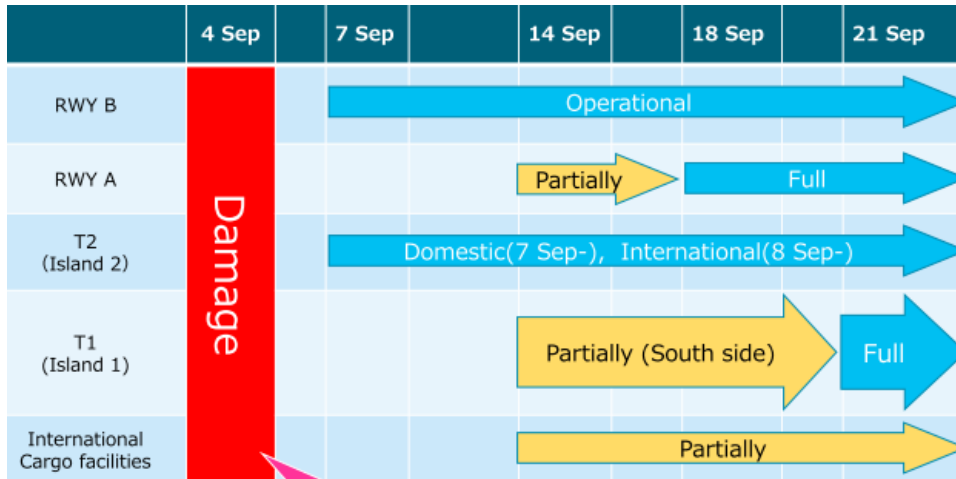


圖 5.5 災後復原時程一覽

關西機場於受災復原及設施改善部分，依據 3 大概念進行規劃，分別為災前預防(Prevent)、受災減輕(Resist)、災後重啟(Restart)，關西機場南側的防波堤，由原設計的 6 公尺高調整至 7.5 公尺高、調整消波塊堆置高度為 4.8 公尺及加厚防坡堤 1.5 公尺，這部分的改善即為災前預防的部分，因應氣候變遷的影響，藉由調整海岸周邊設施，將預估可能遭遇的災難情形，也就是可能遭遇的浪高，進一步評估改善應對的設施功能，達成預防災害的目的。

除此之外，關西機場也將位於相對低漥處或是受災時首先會受到衝擊的基礎設施調整位置，例如航廈的變電站，在 2018 年受災時，因首當其衝被淹沒，導致航廈基礎電力喪失，進一步影響抽水設備運作，使災情擴大。另外在共同管道等重要地下管線通道部分，也於開

口處加裝擋水設施，或是將開口處增高，避免受災時海水大量灌入。而在戶外的電子設備等部分，為了防止風雨侵襲時需要操作，或是要重複開啟操作設施，反而造成雨水損害的情況，在各操作設施採用更大的建物罩住，以達到防風雨的效果。



圖 5.6 開口處防風雨設施



圖 5.7 減災防洪牆及變電站遷移

## (二) 跑道 A 抬升計畫：

因應防波堤抬升後高度，部分區域會入侵跑道 A 原有之轉接面，故配合墊高跑道高程，避免入侵轉接面有不符合 ICAO 規範問題，跑道 A 整體抬升最大高度達 50 公分，其中，連接跑道的各滑行道考量縱坡坡度，亦需配合高程調整銜接。跑道因全段為柔性道面，採柔性加鋪工法，而在銜接滑行道部分，除了 A1 及 A14 滑行道為剛性道面，採剛性加鋪工法，其餘皆為柔性道面，採柔性加鋪工法。剛性加鋪工法較不常見，施工上需先將部分版塊刨除，再加鋪剛性道面，加鋪厚度約 10 至 46 公分不等，而柔性道面加鋪的工法較常見，與桃園機場 2020、2021 進行的南北跑道刨鋪工程工法相同，先刨除舊有道

面後再加鋪瀝青混凝土，最大加鋪厚度為 50 公分，分 3 至 5 層鋪築。

跑道 A 抬升計畫自 2021 年 9 月開始施工至 2022 年 7 月完工，一週 7 天內選擇 5 天封閉跑道施工，施工完成後開放使用，其餘 2 天未施工則是進行跑道 B 的維護作業，確保至少一條跑道運作，並維持跑道 B 的日常維護作業，每天施工時間自 1400L 至隔天 0550L 接續進行開放前作業，較未施工狀態下，跑道 A、B 於夜間輪流關閉維護，每天關閉時間為 2400L 至 0630L 共 6 小時 30 分，延長關閉時間 10 小時，故施工時跑道 A 關閉時間共計 16 小時 30 分。

跑道 A 柔性道面加鋪平均每天施工範圍前進 100-120 公尺，最多可達 150 公尺，其中 12 公尺為順接段，每天鋪築前亦要刨除以利坡度順接，一天最大鋪築量達到 1000 噸，施工能量主要受限於施工時間，16 小時 30 分的封閉時間內，約需 4 至 5 小時進行道面刨除及清潔等作業，並需 8 至 10 小時進行鋪築及養護作業，剩餘時間進行鋪面繪製，並約預留 2 至 3 小時進行開放前檢查及清掃等作業，日後才會於表面進行柔性道面鉅槽作業。同時亦需配合地面燈光復原，惟因加鋪厚度不只一層，最厚需加鋪 5 層瀝青混凝土，故關西機場在跑道 A 施工時，並沒有跑道中心線燈，而是以移動式跑道邊燈取代，並配合瀝青混凝土鋪築階段，埋設地面燈光管線，最後完成面再安裝各式燈具，同時亦需將週邊地面燈光設施如 PAPI、指示牌等進行基礎抬升作業。

施工過程所需混凝土骨材，皆先藉由海運運至機場內設置的拌合廠旁儲料空間，以確保料源品質穩定、鋪築時供料不中斷。施工完成所使用的瀝青混凝土拌合料約 20 萬噸。

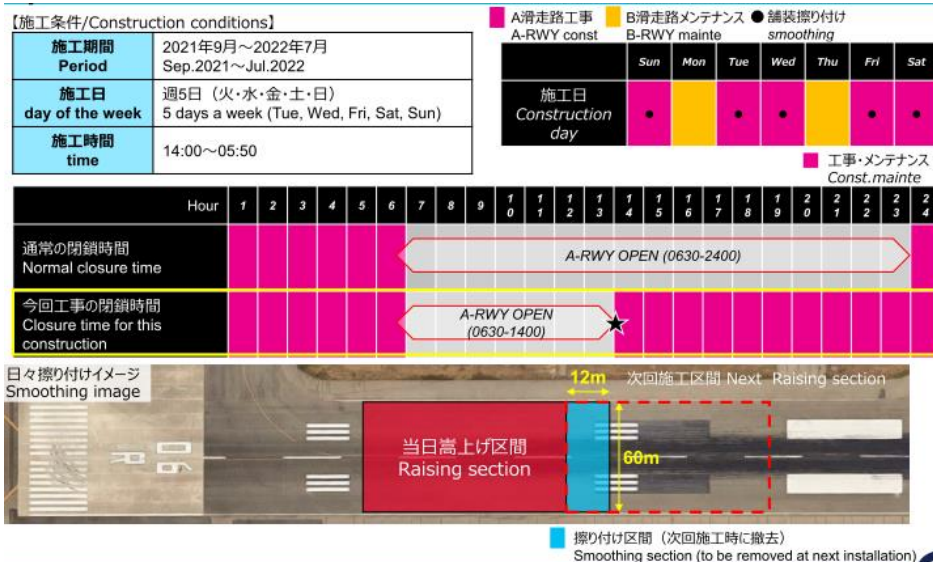


圖 5.8 跑道 A 施工時程表



圖 5.9 跑道 A 柔性加舗工序



圖 5.10 跑道 A 柔性加舗施工遠景

### (三) 燈光設施受災及復原說明：

1. 關西機場遭逢颱風，當時地勢較高的跑道 B 可持續營運，跑道 A 因的地勢低收到重創，發生異常狀況摘要如下
  - (1)儀降設備斷電
  - (2)進場燈架倒下
  - (3)數個戶外電力機櫃泡水
  - (4)PAPI、停止線燈 Sensor、指示牌泡水，
  - (5)直立式跑道邊燈、直立式滑行道邊燈泡水，但清潔後正常使用。
2. 為盡快復原跑道 A 運作，關西機場以恢復基本營運水準為目標，進行以下應變及搶修，摘要如下：
  - (1)儀降設備更換控制電路板，以移動式發電機供電。
  - (2)修復進場燈架。
  - (3)評估滑行道、PAPI 等基本所需戶外電力機櫃，更換內部供電元件，以移動式發電機供電。
  - (4)PAPI、停止線燈 Sensor、指示牌，更換控制電路板。
  - (5)使用「可攜式緊急跑道燈」，重點加強跑道邊燈、跑道頭燈、跑道末端燈之照明。



圖 5.11 可攜式緊急跑道燈



圖 5.12 共同管道淹水情形

比較本機場現況，關西機場能有快速應變，首先跑道地理環境單純，進場燈架可預先準備固定尺寸的備品。第 2 點是 CCR 在航廈旁邊無受損，戶外電力機櫃已有區分場面迴路，並其內部供電元件複雜性低，可快速更換控制電路板。第 3 點則是已備妥可攜式緊急跑道燈，只要安裝普通電池，依規範等距安裝至跑道上，即可使跑道有 24 小時基本燈光使用，白天可進跑道用遙控器關燈，延長使用時間。

因應颱風，跑道配合周圍海岸防水牆加厚，能與土木合作用工程手法減少成本，對於持續下沉的關西機場，積極面對問題，也保留因應下次突發狀況的資金。

#### (四) 第一航廈更新計畫

關西機場於 2017 年完成第二航廈擴建以後，積極規劃推動第一航廈翻新計畫。第一航廈於 1994 年完成啟用後，於 1999 至 2015 年完成一部分區域的擴建，並於 2021 年 5 月啟動第一航廈翻新計畫。

關西機場第一航廈除了國際線外，還有國內線營運中，2018 年疫情前關西機場國第一航廈國際線旅客接近 2,300 萬人次；國內線旅客約為 400 萬人次，關西機場期望藉由第一航廈翻新將航廈國際線旅客量推升至 4,000 萬人次。這次的翻新計畫，是針對國際線旅客量的大幅成長，故調整國內線航班和國際線航班所使用的停機坪及空側空間，將 39 個停機位由原本的國際線 32 個(含共用 2 個)、國內線 7

個，調整為國際線 35 個(含共用 4 個)、國內線 4 個，並進一步改善旅客體驗和動線改善，縮短出境程序所需要的時間，讓旅客能花費更多的時間待在出境區域，除了增加出境區域的樓地板面積外，也重新設計商業設施空間，讓旅客能放鬆心情享受出境的空側設施及商業空間。

本次參訪時間接近第一航廈翻新計畫的第二階段尾聲，於第一階段完成了國內線區域翻新、3 樓國際線入境區域的擴建及 CIQS 及商業設施的佈局。第二階段則是完成了 2 樓出境層中央區域的翻新、2 樓陸側商業區翻新及 3 樓中央區出境 CIQ 區域的翻新。第三階段預計將完成 4 樓國際線安檢區域的擴建、3 樓新的國際線貴賓休息室區域及 3 樓入境 CIQ 區域的翻新，第三階段完成後，關西機場將迎接來自世界各地參加大阪關西世界博覽會的旅客。於 2025 年 Q3 會期結束後，緊接著一直到 2026 年底將進行第四階段，2 樓南/北國際線商業設施的擴建，而在這四個階段期間，BHS 系統的重置將於第四階段前完成，而空橋的重置則是持續到第四階段完成時結束。

關西機場第一航廈翻新的規劃，將免稅品店集中並改變旅客的動線，讓旅客於出境時都能經過免稅店區域，讓旅客能更有效率的花費，在免稅店區域的盡頭銜接的是更開闊的商業設施廣場，除了有通透的視野外，也能看到航機運作，能讓旅客緊張的心情有效放鬆，接著以 4 種心情模式劃分商業空間，分別為樂趣(Fun)、新奇(Curious)、動感(Active)及平靜(Peaceful)，透過這些不同的商業設施氛圍，讓旅客能有嶄新的體驗。

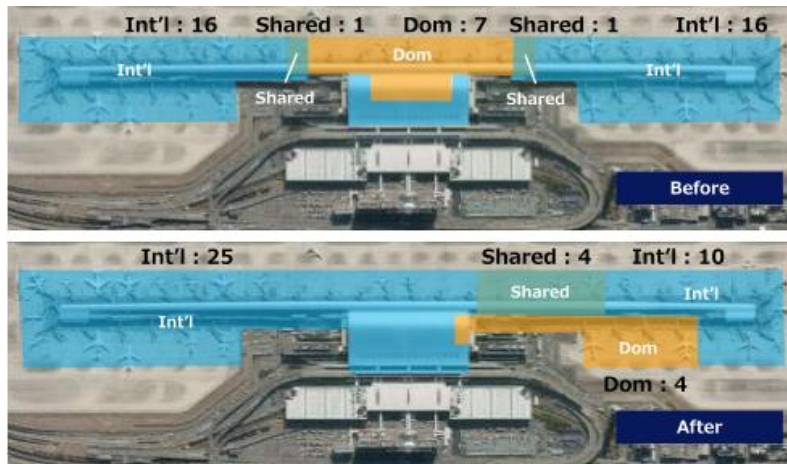


圖 5.13 停機位調整示意圖

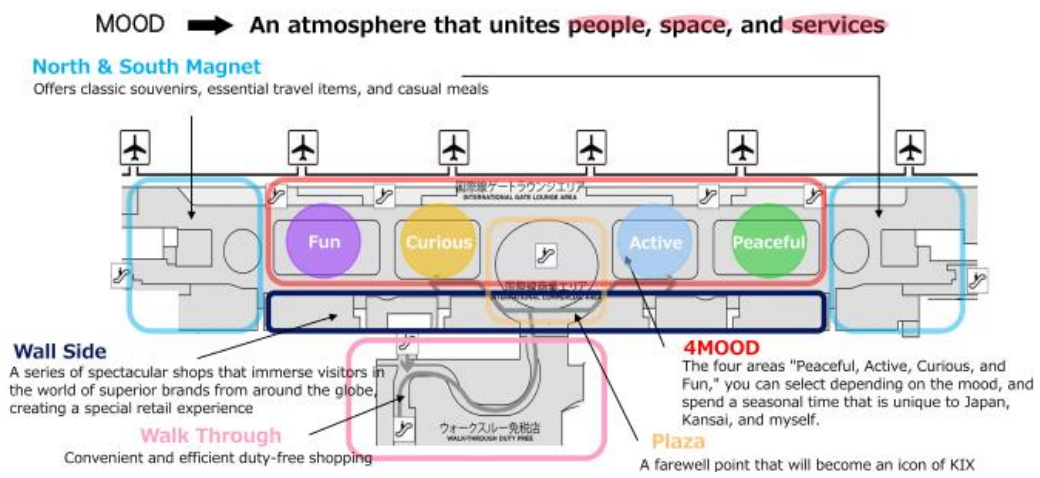


圖 5.14 免稅及商業設施空間調整後



圖 5.15 商業設施 4 種模式



## (五) 小結

從關西機場災後復原的速度及作業內容來看，關西機場內部各單位對設施的掌握程度相當高，縱使連續發生非預期的事件，從浪高破堤、管線淹水、設備失靈等狀況下，持續面對風、雨所帶來的災害，到最後也只能等風雨過後才能進行搶救復原，但因為掌握度高，能迅速應對災害帶來的影響，加上政府單位投入資源並能有效到位，使得復原速度非常快速，這些實際的經驗案例，能帶給桃園機場管理者不同的思路，近年在防災演習等活動中，逐步帶入情境模擬演練、工作坊的模式，讓管理單位能思考在特殊情境下能運用的資源、該如何應對，甚至啟動硬體設施的加強或更新。對未來第 3 跑道開發區域來說，因離海岸線更近地勢更低，對於氣候變遷所帶來的影響，或許能在規劃設計階段就能引入，延續關西機場防災、減災的理念，增加桃園機場的設施設備韌性，以應對特殊氣候帶來的考驗與課題。

跑道 A 的抬升計畫，與桃園機場過去跑道整建及跑道刨鋪工程不同，是採不停航施工，與國內松山機場及小港機場執行模式相似，對於航班架次逐漸恢復疫情前水準並持續成長的桃園機場來說，於第 3 跑道啟用前，勢必會需要採取不停航施工的跑道刨鋪維護工作，可作為未來規劃工程推動的參考範例。

## 六、 環境永續及設施韌性

### (一) 關西機場永續願景：

關西機場集團 2030 年目標：以 2016 年排放量/使用量為基準，溫室氣體減少排放 50%；減少一次性塑膠袋使用量 30%；不增加焚化垃圾處理量；不增加機場整體用水量以及減少自來水用水量 15%；持續環境監測及促進生態多樣性。

關西機場集團於 2050 年願景：機場公司淨零碳排；廢棄物 100% 回收率；持續環境監測並與環境共生。

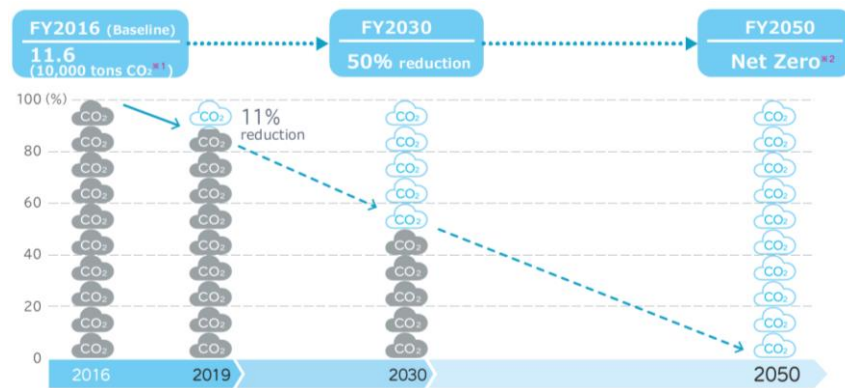


圖 6.1 關西機場淨零願景

## (二) 3 個關鍵措施：

為了達到 2030 年目標以及 2050 年願景，關西機場從三個關鍵措施著手：



圖 6.2 三個關鍵措施(減碳、循環經濟、環境共生)

## (三) 減碳措施

關西機場使用多項綠色能源，包括風力發電、太陽能發電以及消耗氢能之運具。在高度限制下，設置小型風力發電，提供廠區路燈使用。關西機場目前已在多處設置太陽能板，包括：第二航廈屋頂、貨

運園區大樓屋頂、南海巴士等候區屋頂、跑道周邊區域等，其中，第二跑道(B 跑道)旁於 2014 年設置太陽能板，由廠商租賃該區域面積後建置及維護太陽能板，該計畫名稱為「Mega Solar」，該區域共計建置 72,560 片，發電量為 11.6MWp(T3 太陽能板發電量為 800KWp)。

針對眩光疑慮，關西機場表示，市面上即有不眩光之太陽能板，使用特殊塗料非特定技術，不需要特別訂製或考慮傾斜角度，設置角度主要由發電效率決定，以 B 跑道旁建置的太陽能板為例，傾斜角度約為 15 度，設置基礎則是採用混凝土基座的方式架立太陽能板。太陽能板建置工程即包含維護合約 20 年，關西機場表示從 2014 年建置迄今 7 年，沒有換過一片太陽能板，主要為設置場所的一般性維護。太陽能除了供機場使用外，也賣給電力公司，創造收益。

近期亦有擴大太陽能板建設計畫「Sora Solar」，預計在 2025 年第 1 季啟用，設置在島 2 北邊，面積約為 178,600m<sup>2</sup>，發電容量約 22.8MWp，每年發電量 22.8 GWh/year，約 21%關西機場用電量。



圖 6.3 關西機場太陽能板/風力發電位置

關西機場的氫能主要運用在運具上，例如：機場巡迴巴士、地勤業者使用之堆高機，在廠區內設有儲藏液態氫之設備及氫能加油站。這些運具使用燃料電池，廢棄物為水與氫氣，不會有空氣汙染。另與空中巴士歐洲股份公司於 2022 簽署合作備忘錄 MoU( Memorandum of Understanding)，共同研究使用氫能驅動之飛機以及相對應之基礎建設。

經了解，關西機場目前使用之氫能為灰氫(grey hydrogen)而非綠氫(green hydrogen)，氫能是向廠商購買，且廠商之氫能為利用火力或核能生成，而非綠色能源（太陽能、風能）產生之電力生產，考量灰氫生產過程並不環保，若以全生命週期來看，並不比直接使用核能發電或火力發電所產生之碳排少，因此關西機場自 2014 年發展氫能以來，仍有部分設施尚未安裝使用或開發中。

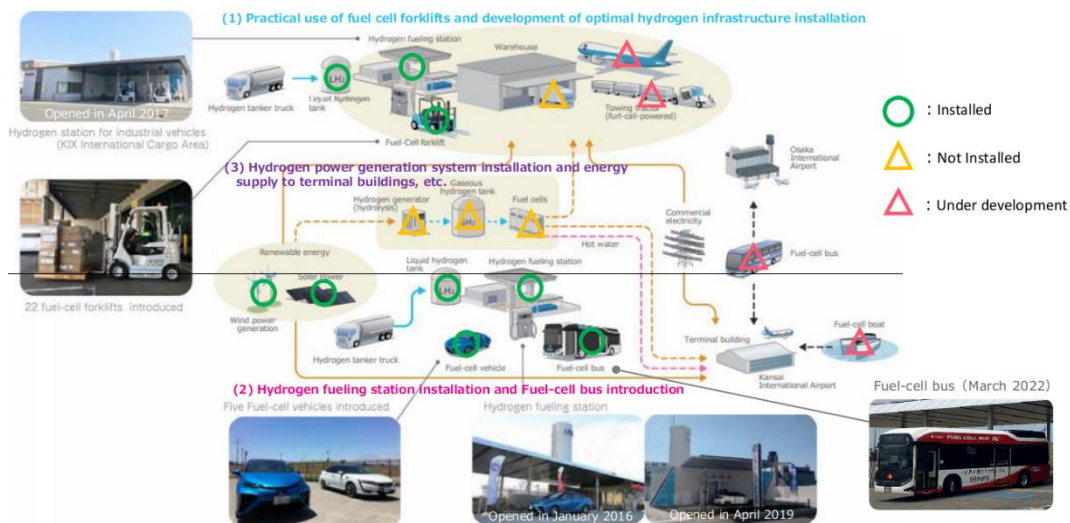


圖 6.4 關西機場氫能系統概念圖

#### (四) 循環經濟措施

推動利用民生廚房廢油，機場園區餐廳及空廚之廢油轉製成可供飛機使用之燃油，又稱 SAF(sustainable aviation fuel)，讓在地廢棄物重生供在地使用。已有相關供應鏈，預計在 2050 年可正式商轉，並且每年產出 30,000kl 燃油。另了解關西機場目前沒有活動家具採用租賃

模式。

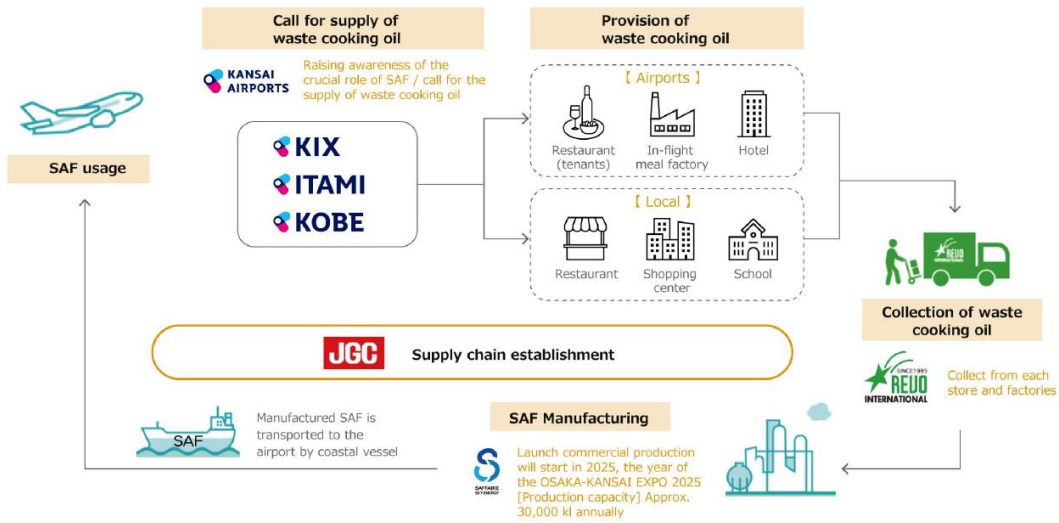


圖 6.5 廢油轉生系統概念圖

### (五) 環境共生措施

放置適合水草生長之消波塊，增加水草生長範圍，水草生長範圍面積約 22ha(2022 調查)，利用水草吸收二氧化碳，5 年吸收量約 103.2 噸 CO<sub>2</sub>，減緩溫室效應並有助於海洋生物多樣性。

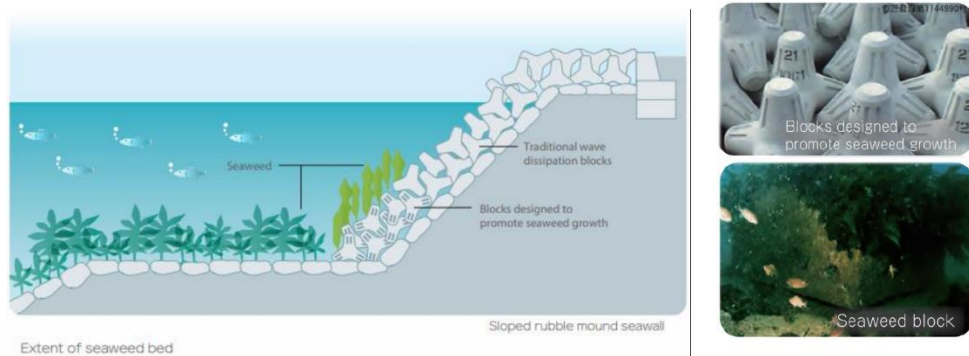


圖 4.6 人工島水草生長示意圖

### (六) 小結

本次參訪交流，相對較深刻的部分是太陽能板設置，T3 在設計階段做眩光模擬 SGHAT，確認設置座向及角度，避免眩光影響飛航安全，關西機場反映市面上即有防眩光之太陽能板，更可以確保不會有眩光產生，太陽能板座向與傾斜角度以最佳發電效率考量設置。另關西機場氫能廣泛導入使用，臺灣雖然在「2050 淨零排放路徑」中將氫

能納入電力供應規劃，目標 2050 年氫能佔電力供應約 9%~12%，但台灣加氫站的設置規範，尚無相關法規可循；也無進口氫能車的檢驗場域，恐無法立即將關西案例應用至本機場。

## 參、心得與建議

本次參訪關西機場行程緊湊，對於提出討論的各項課題，除了雙方各自簡報說明外，後續的提問討論交流及實地參訪令我們獲益良多，從關西機場集團的組織架構、辦公室空間、進出入空側管制區的崗哨、空側機坪、滑行道、地面燈光設施維護中心以及海岸設施等，關西機場負責業務的相關單位提供了非常詳盡的說明資料，雖然對方是以日語溝通說明並透過英文翻譯轉達予我們，但因為有著機場維護管理的共同語言，溝通順遂也讓我們此行能學習及反思。又以近期因燈光維護案獲得國內金質獎優選的特殊榮耀，藉由此行更發現對於桃園機場燈光維護管理的理念，和國外標竿機場理念相似，僅就空間運用、及部分設施設備的量體大小有所差異，使我們能更加有信心，確認走在正確進步的道路上。

對於跑道 A 墊高的施工計畫，後續在推動跑道刨鋪維護工程時，無法有疫情期間航班架次大幅下降不到 400 架次，而可以關閉跑道停航施工的情境，但可以關西機場的案例，採不停航施工，運用臨時性的跑道邊燈，每天封閉跑道稍長時段進行施工再開放使用，一週運用非連續日數進行，可兼顧另條跑道的維護作業。另外有廠內設置拌合廠的方式，在桃園機場近期週邊各項重大建設推動造成資源排擠的情況下，提供另一個出路，而在 112 年 5 月 19 日公共工程委員會修正了「公共工程工地型預拌混凝土設備設置及拆除管理要點」，將原規定中不得允許廠商於公共工程工地設置工地型預拌混凝土設備「工地

附近二十公里運距內無足夠合法預拌混凝土廠或其產品無法滿足工程之需求」之限制條件，放寬為「可評估設置之必要性，並經上級機關同意後，始得允許廠商於公共工程工地依相關法規設置工地型預拌混凝土設備。前項評估項目包括但不限於工地附近二十公里運距內有無足夠合法預拌混凝土廠或其產品能否滿足工程之需求。」對於未來桃園機場在推動工程案件面臨資源排擠效應，使急迫性較高的機場工程無法有足夠的材料供應單位時，有另外的選擇，也是未來採購發包時需要評估的重要條件之一。

關西機場災後復原及設施韌性，除了對設施的掌握程度相當高，能迅速應對災害帶來的影響，加上政府單位投入資源並能有效到位，使得復原速度非常快速，這些實際的經驗案例，能帶給桃園機場管理者不同的思路，除了讓桃園機場在未來相關災害演練上能有實際的案例外，讓管理單位能思考在特殊情境下能運用的資源、該如何應對，甚至啟動硬體設施的加強或更新有進一步的思考，例如關鍵材料的備料量或設施的維修頻率。對未來第 3 跑道開發區域來說，因離海岸線更近地勢更低，對於氣候變遷所帶來的影響，或許能在規劃設計階段就能引入，延續關西機場防災、減災的理念，諸如地下共同管道或設施增加防洪設備、關鍵設施週邊的防護措施等，可增加桃園機場的設施韌性，以應對特殊氣候帶來的考驗與課題。

關西機場在 ESG 永續經營部分，利用非活動區綠帶出租給廠商來設置大量的太陽能板，並利用太陽能板發電供應一部分設施電力，以及建築物或航廈屋頂設置太陽能板，對於桃園機場來說是很好的範例，而在太陽能板造成的眩光疑慮上，也提供了市面上有非特殊技術的防眩光塗料太陽能板可使用，降低桃園機場規劃投入設置太陽能板的疑慮。而在氫能運用上，雖然使用的是灰氫，不算是綠色能源，但對於目前要發展 SAF 等綠色能源的桃園機場來說，也是具有未來發展

性的能源之一。

對於桃園機場未來參訪標竿機場的規劃上，除了因應第 3 跑道窄開施工，可針對多跑道運作的機場規劃參訪，了解在多跑道的機場運作下，各項維護作業的展開與配合，另外對於桃園機場公司成立至今，推動的各項工程案件、現行的維護作業等相關寶貴經驗，都值得分享給國內外的機場或工程單位，未來可盤點並整合出相關的簡報或說明資料，讓雙方於參訪過程中，交流能更有效率且有最大的獲益。