

出國報告（出國類別：會議）

日本羽田機場工程材料攔阻系統(EMAS)
交流會議
出國報告

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：林宏憲組長、陳周駿副主任、翁丁煌主任、
邱韶勛技正、張峰齊正工程師

派赴國家：日本

出國期間：109年2月18日至21日

報告日期：109年4月27日

目錄

壹、目的.....	2
貳、出國行程.....	3
參、會議內容.....	9
肆、心得與建議.....	41

壹、目的

有鑑於近年來民意代表數次於立法院質詢南竿機場側風問題嚴重，建議儘速裝設攔阻網，航空公司亦曾反映南竿機場風切狀況影響航機操作，建議設置工程材料攔阻系統(EMAS)。經查詢，之前全球共有美國及瑞典 2 家廠商生產工程材料攔阻系統，其中美國廠商 Zodiac Aerospace 生產之 ESCO EMAS 於美國 68 個機場、共 112 跑道端裝設，惟 ESCO EMAS 已於 107 年 9 月宣布停產，之後恢復少量生產，但僅提供已設置 ESCO EMAS 機場繼續維護之服務；另瑞典廠商 Runway Safe 之產品為 Green EMAS，目前僅於 7 個機場裝設，全球機場安裝實績較少，尚未普及且無航機攔阻實際案例。

經查日本羽田機場甫於 108 年設置 Green EMAS，本局曾多次向 Runway Safe 公司索取羽田機場設置 Green EMAS 相關資料，惟因該公司表示非主包商，無法提供，另模擬及驗證資料亦未能取得。考量 Green EMAS 目前尚未經 FAA 認證，且諸多問題尚待釐清(包含規格設計、效能驗證、驗收程序等)，為利評估於南、北竿機場設置 Green EMAS 之可行性，爰擬參訪羽田機場向日方請益及現勘相關設施；此外，台灣松山機場為因應台日及兩岸飛航 A330、B767 等大型航機，28 跑道端於 100 年完成設置 ESCO EMAS(為亞洲第 2 個)，故藉由此次交流會議與日方分享辦理過程。另日方同時提出希望了解桃園機場刻正進行之第三航站區建設計畫及主體航廈工程，爰行前亦請桃機公司協助準備相關資料，由本局向日方說明及答詢。

貳、出國行程

2.1 出國行程及人員

本次日本羽田機場工程材料攔阻系統(EMAS)交流會議 109 年 2 月 18 日至 2 月 21 日於國土交通省航空局羽田機場辦公室舉行，與國土交通省航空局、東京空港事務所、關東地方整備局、東京空港整備事務所等單位，針對羽田機場 Green EMAS 設置經驗議題進行交流，並安排實地勘察羽田機場之跑道、航廈連通道、左右定位台等空側設施。本次出國人員包含民航局場站組林宏憲組長、邱韶勳技正、張峰齊正工程師以及臺北國際航空站陳周駿副主任、南竿航空站翁丁煌主任共 5 人。行程如下：

日期	星期	行程	內容
109 年 2 月 18 日	二	臺灣→日本	去程
109 年 2 月 19 日 至 21 日	三~五	日本東京	日本羽田機場工程材料攔阻系統(EMAS)交流會議
109 年 2 月 21 日	五	日本→臺灣	回程



圖 2.1.1 日本國土交通省航空局羽田機場辦公室位置圖

2.2 交流會議內容及與會人員

本次交流會議之內容、接待單位及與會人員彙整如下：

日期	會議內容	接待單位及與會人員
109年2月19日	羽田機場空側設施規劃及興建之研討與現勘 ◆ 國內線航廈與國際線航廈連通道 ◆ A 跑道左右定位台 ◆ D 跑道填海造陸及棧橋工程 ◆ C 跑道南延及地盤改良 ◆ Green EMAS 試作模型 ◆ 羽田機場聯絡道路	❖ 國土交通省航空局 ◆ 空港技術課 菅野昌生 (課長輔佐) 池田英 (係長) ◆ 政策企画調査室 山口學 (係長) 安亮太 (係長) ❖ 東京空港事務所 ◆ 生野優 (空港長) ◆ 村田雅康 (次長) ◆ 地福哲郎 (前任施設運用管理官) ◆ 青木工、木元淳二 (主幹施設運用管理官) ❖ 東京空港整備事務所 ◆ 衛藤謙介 (所長) ◆ 大橋照美 (副所長) ◆ 加藤浩司 (事業調整課長)
109年2月19~20日 (夜間 20:30~01:30)	羽田機場 Green EMAS 設施研討與現勘 ◆ 松山機場 EMAS 設置經驗分享 ◆ 羽田機場 Green EMAS 設置研討	❖ 國土交通省航空局 ◆ 空港技術課 菅野昌生 (課長輔佐) 池田英 (係長) ◆ 政策企画調査室 藤崎晃 (課長輔佐) 山口學 (係長) 安亮太 (係長) ❖ 東京空港事務所 ◆ 村田雅康 (次長) ◆ 地福哲郎 (前任施設運用管理官) ◆ 青木工、木元淳二 (主幹施設運用管理官) ❖ 關東地方整備局 ◆ 早川武尊 (整備課係長) ❖ 東京空港整備事務所 ◆ 工藤浩 (統括建設管理官)

		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 北上晃 (第六建設管理官室室長) ◆ 宮崎純 (第六建設管理官室係長)
109年2月21日	桃園機場第三航廈專案研討	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 國土交通省航空局 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 政策企画調査室 山口學 (係長) ◆ 空港技術課 神尾唯

交流會議及現地勘察之照片如下：



圖 2.2.1 本局場站組林宏憲組長致贈禮品予羽田機場空港長生野優



圖 2.2.2 羽田機場空側設施規劃及興建研討會議





圖 2.2.3 羽田機場空側設施現地勘察



圖 2.2.4 臺北國際航空站陳周駿副主任分享松山機場 EMAS 設置經驗(夜間)



圖 2.2.5 羽田機場 Green EMAS 設施研討會議(夜間)



圖 2.2.6 羽田機場 Green EMAS 設施現地勘察(夜間)

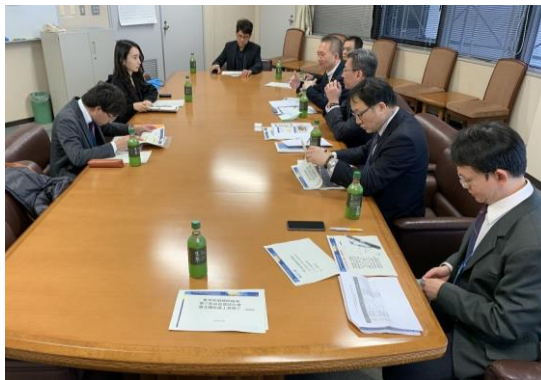


圖 2.2.7 桃園機場第三航廈專案研討會議

參、會議內容

3.1 羽田機場簡介

羽田機場位於日本東京都大田區，1931 年啟用，與成田國際機場並列為東京兩大聯外機場，以營運國內航線為主，國際航線為輔，國際線航班以飛至東北亞與東南亞之中短程航線為主。羽田機場占地約 1,516 公頃，擁有 3 座航廈(2 座國內線、1 座國際線)、4 條跑道，分別為 A 跑道(16R/34L、3000×60m)、B 跑道(04/22、2500×60m)、C 跑道(16L/34R、3360×60m)、D 跑道(05/23、2500×60m)，如圖 3.1.1，近年客運量約為 8,500 萬人次。

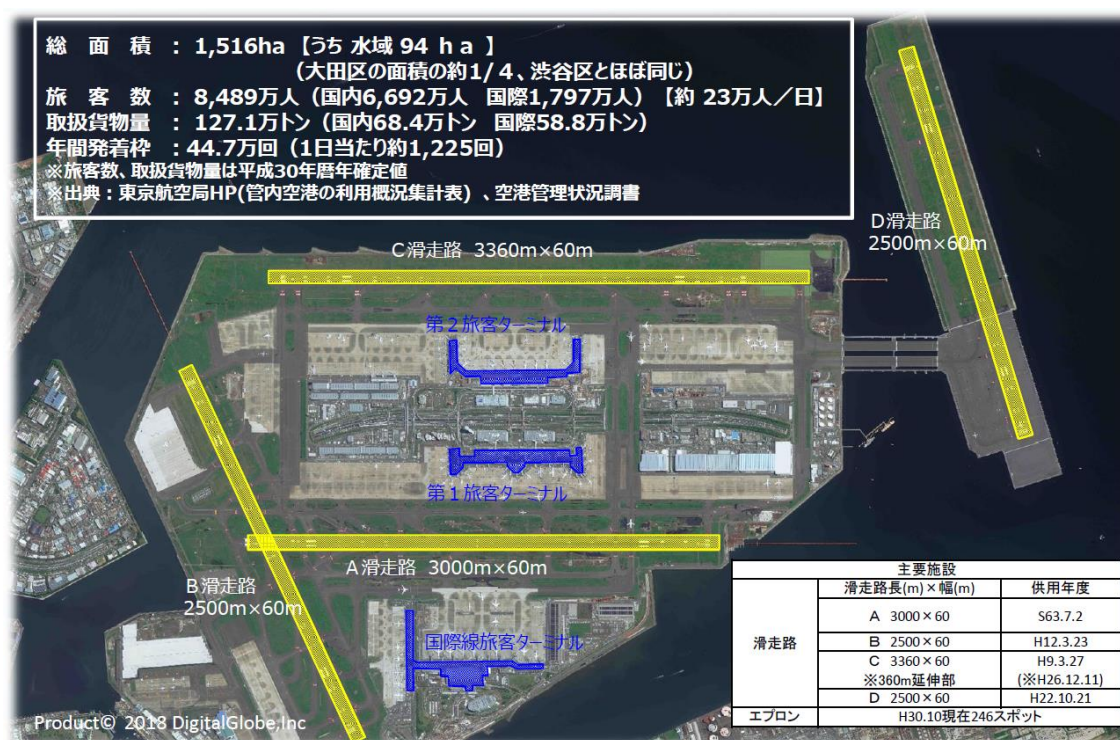


圖 3.1.1 羽田機場配置圖

羽田機場土木工程設施(包含 Green EMAS)之興建由國土交通省轄下之關東地方整備局之東京空港整備事務所執行，其維護管理則由國土交通省轄下之東京航空局之東京空港事務所負責。國土交通省之業務職掌主要包含國土開發、交通運輸、基礎建設及觀光發展等，組織架構十分龐大，包括內部部局、審議會、設施機關、特別機關、地方支部局、外局等，本次交流會議之聯繫窗口航空局係屬內部部局，而前述關東地方整備局及東京航空局則屬於地方支部局。國土交通省組織圖如圖 3.1.2。

國土交通省航空局、關東地方整備局及東京航空局之業務職掌說明如下：

1. 航空局：組織架構主要包含航空網絡部、安全部、交通管制部等，主要業務涵括航空公司監理、國際航空協定、機場規劃與設施改善、航空安全確保、空域管理與航空保安等，業務內容與本局相近。
2. 關東地方整備局：組織架構主要包含企劃部、建設部、河川部、道路部、港灣空港部、用地部、事務所等，主要負責辦理關東地區(東京都、千葉縣、神奈川縣、山梨縣、長野縣、茨城縣、櫛木縣、群馬縣、埼玉縣)之道路、河川、港灣、機場等公共工程，其中機場工程部分由轄下常駐於羽田機場之東京空港整備事務所執行，本次現勘之 Green EMAS、航廈連通道、左右定位台、進場燈等工程皆包含在內。關東地方整備局直接隸屬於國土交通省，且專責辦理陸、海、空相關工程，完工後再交由各權責機關維護管理。
3. 東京航空局：組織架構主要包含空港部、保安部、總務部、安全統括室等，主要負責北海道、東北、關東及中部等 4 大區域共 37 座國際與國內機場之設施維護管理、噪音防制、航空保安等事務，轄下有 23 個事務所，其中羽田機場部分由東京空港事務所負責。

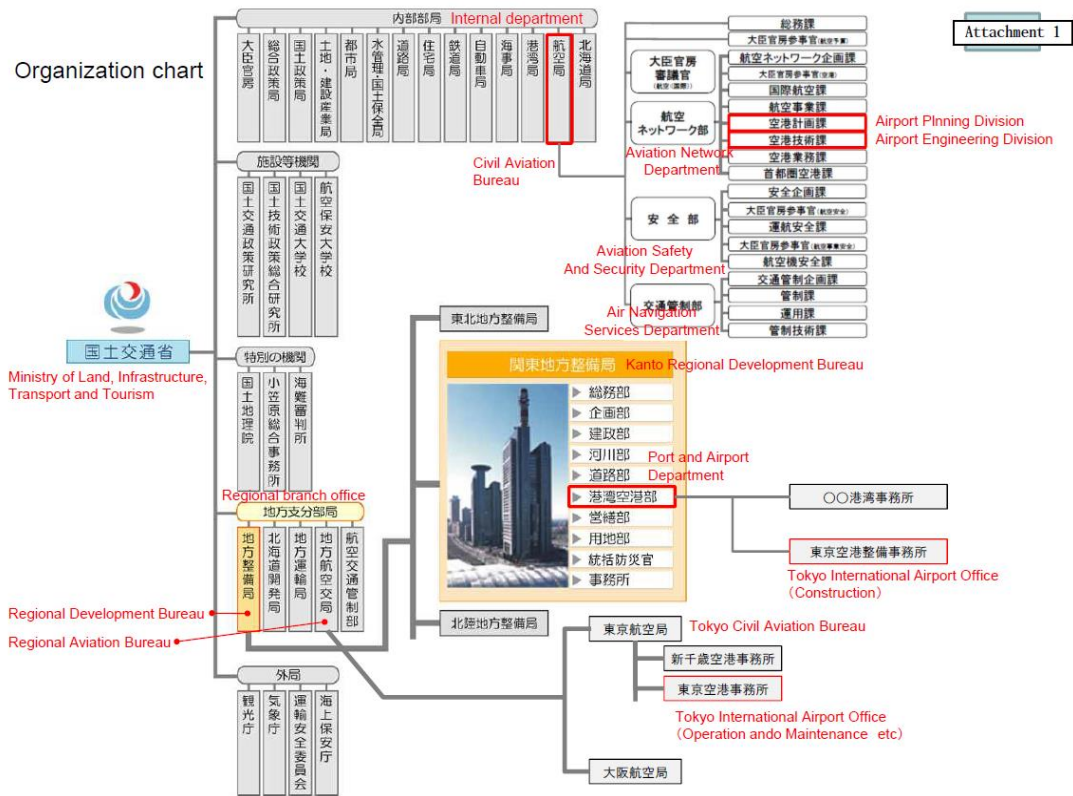


圖 3.1.2 國土交通省組織圖

3.2 羽田機場 Green EMAS 設施研討與現勘

3.2.1 羽田機場攔阻系統設置緣由

跑道端安全區(以下稱 RESA)係為因應航機衝出跑道或著陸時過早觸地之用，依日本國內標準「航空土木設施的設置標準」，舊規定 RESA 長度為 40 公尺，復依據 ICAO 於 2010 年公告「安全監視監查程序」Universal Safety Oversight Programme(簡稱 USOAP)之建議，經檢討於 2013 年改變日本國內標準，跑道長度 1,200 公尺以上者，RESA 長度建議為 240 公尺，至少需 90 公尺，且全部機場皆採用此新標準，以保護機場及周邊土地安全。由於羽田機場 A 跑道南側 RESA 僅 40 公尺，未符前述新標準，故需研擬因應對策；目前日本國內未達 RESA 新標準之跑道計有 97 處(如下表)。

	RESAの総数 (滑走路数×2)	最小範囲(90m)未満 のRESAの数	空港名
会社管理空港	14	1	成田B
国管理空港	50	16	稚内 釧路 函館 新潟A 新潟B 羽田A 広島 高松 松山 高知 北九州 長崎 熊本 大分 宮崎 鹿児島 ※稚内、函館、高知、熊本、鹿児島は整備中
特定地方管理空港	10	5	旭川 帯広 秋田 山形 山口宇部
地方管理空港	108	60	利尻 奥尻 中標津 紋別 女満別 青森 花巻 大館能代 庄内 福島 大島 新島 神津島 三宅島 八丈島 富山 能登 福井 松本 静岡 神戸 南紀白浜 鳥取 隠岐 出雲 石見 岡山 佐賀 対馬 福江 壱岐 種子島 屋久島 奄美 喜界 徳之島 沖永良部 与論 久米島 南大東 北大東 伊江島 宮古 多良間
共用空港	20	4	丘珠2 美保 徳島
その他の空港	16	11	調布 岡南 天草 但馬 八尾A 八尾B
合計	218	97	

此外，羽田機場之前每日上午 7 時至 11 時 30 分(於北風季節)及下午 3 時至 7 時(於北風與南風季節)之時間帶，起降架次為每小時 80 架次，為在 2020 年東京奧運和殘障奧運之前，於 A 跑道北面(16R 跑道)進場引進新的飛航路徑，以增加航機起降架次至每小時 90 架次(如圖 3.2.1)，為此，有關航機衝出跑道之防範措施，亦需確保有足夠之跑道端安全區。

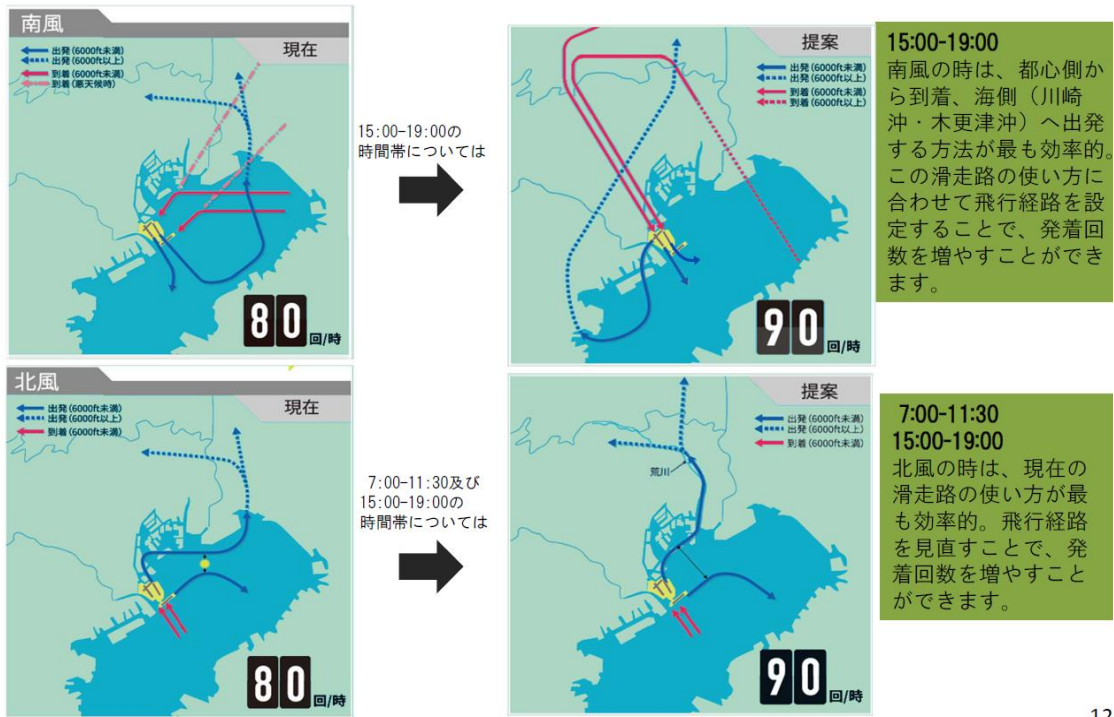


圖 3.2.1 羽田機場 A 跑道飛航路徑調整前後示意圖

12

國土交通省對於既有機場 RESA 未達最低標準之情形，依據 2017 年日本制訂 RESA 因應對策之指導方針，採取用地擴張、跑道移設、跑道長度調整、引進攔阻系統等 4 種方式進行改善，分述如下：

1. 用地擴張：採用棧橋方式，將 RESA 長度由現況 40 公尺延長為 90 公尺，場站設施(如跑道、跑道地帶)及航空保安設施(如進場燈)無需調整，如圖 3.2.2 所示。

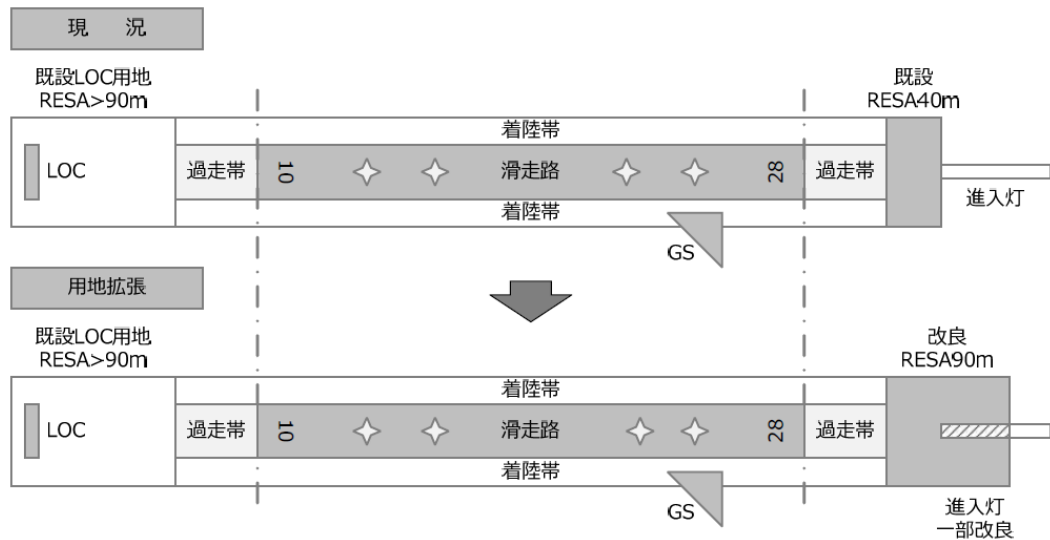


圖 3.2.2 用地擴張示意圖

2. 跑道移設：將 RESA 長度由現況 40 公尺，往跑道內延長為 90 公尺，因跑道須維持既有長度，故需往 RESA 反方向平移 50 公尺，助導航設施、燈光及標線等亦需配合調整，如圖 3.2.3 所示。

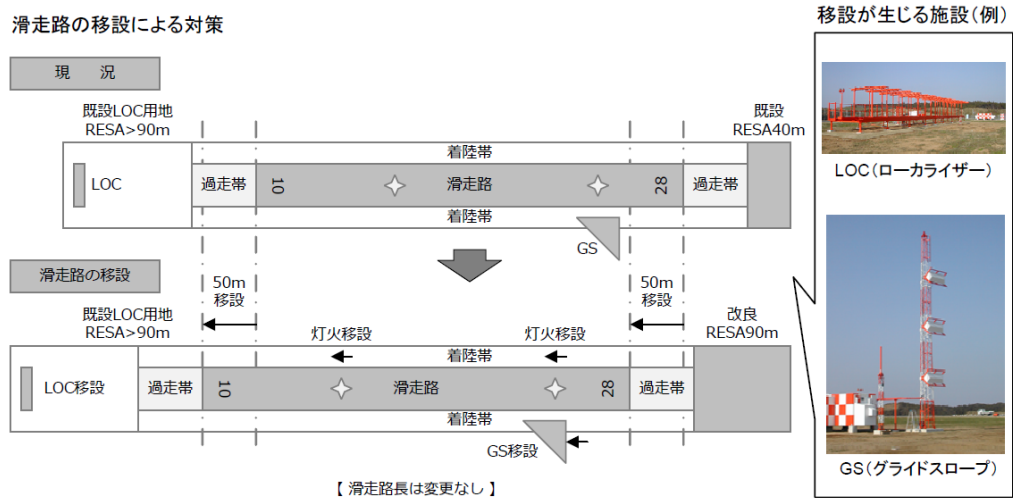


圖 3.2.3 跑道移設示意圖

3. 跑道長度調整：將 RESA 長度由現況 40 公尺，往跑道內延長為 90 公尺，跑道長度配合縮短 50 公尺，燈光及標線等亦需配合調整，如圖 3.2.4 所示。

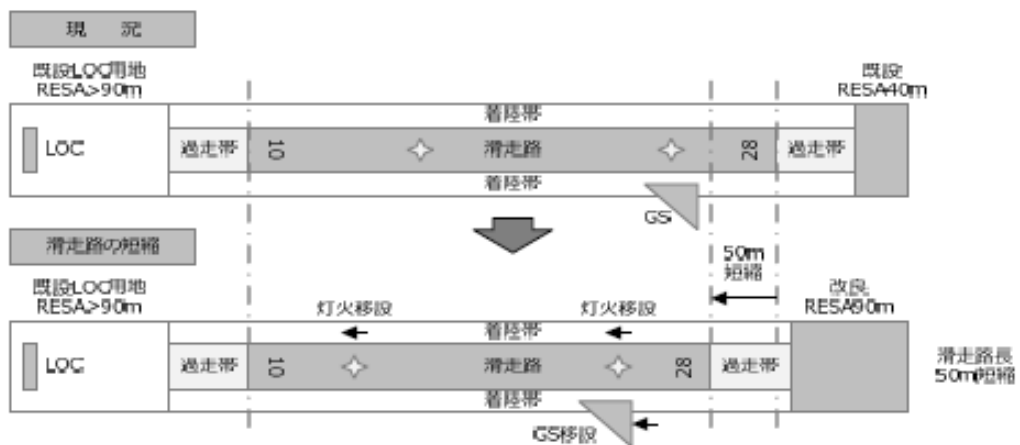


圖 3.2.4 跑道長度縮短示意圖

4. 引進攔阻系統：於跑道地帶及 RESA 處設置攔阻系統，以降低衝出跑道之航機速度，如圖 3.2.5 所示；攔阻系統僅能於航機衝出跑道時產生效用，無法防範航機過早落地。

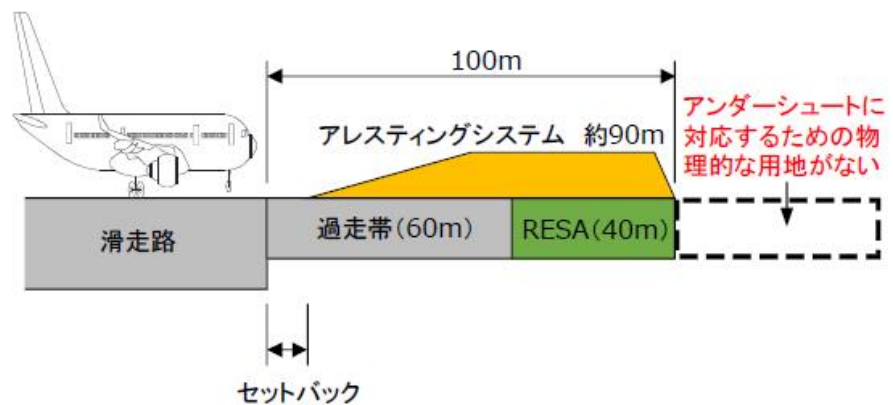


圖 3.2.5 設置攔阻設施示意圖

羽田機場 A 跑道南側 RESA 長度，原依舊標準 40 公尺設置，未達新標準所要求之 90 公尺。經檢討用地擴張，因 A 跑道南側臨海與河川，考量對河川和海洋之可能影響，於 2020 年東京奧運和殘障奧運前恐難提供所需用地；至跑道移設及跑道長度調整，由於 A 跑道與 B 跑道相交，若跑道移設，跑道容量將降低；若跑道長度調整，亦將面臨相同問題。因前述 3 項措施可行性較低，故羽田機場決定引進攔阻系統，亦為日本國內機場首度設置。

3.2.2 攔阻系統簡介

攔阻系統是指當飛機在降落時有衝出跑道的狀況時，能夠減輕飛機的受損狀況之系統。自美國於 1996 年初次設置後，在美國以外的地區亦有實際設置案例，惟日本尚未引進。目前世界上攔阻系統有美國 Zodiac Aerospace 公司

(前身為 ESCO 公司)的 ESCO EMAS 和瑞典 Runway Safe 公司的 Green EMAS 兩種，因 Zodiac 公司所產新攔阻系統材料已停產，爰本次採用 Green EMAS。

Green EMAS 係採用環保再生發泡玻璃為主之粒狀破碎性材料，該材料日本國內工廠可生產，其上鋪設可控制低強度回填材料(CLSM)，該產品於 2014 年初次使用以來，已有美國、瑞士、法國、德國、英國、日本等 7 個機場實際設置(如下表)。Green EMAS 吸收飛機衝擊能量之主要材料為發泡玻璃 (SILICA FOAM)，在其上層為表面保護層(POLYMER COATING)及可控制低強度回填材料(CLSM)，不會傷害飛機並且能令飛機降速。GreenEMAS 的構造如圖 3.2.6，由上而下為表面保護層-CLSM 層-發泡玻璃層-鋪裝層。

國家	年度	機場
美國	2014	芝加哥 Midway 機場
瑞士	2016	蘇黎世機場
法國	2017	法屬 Roland Garros Airport(法屬非洲小島)
	2018	法屬 Dzaoudzi - Pamandzi Airport (法屬非洲小島)
德國	2019	薩爾布呂肯 Saarbruclen 機場
英國	2019	Northolt airport(空軍)
日本	2019	羽田機場

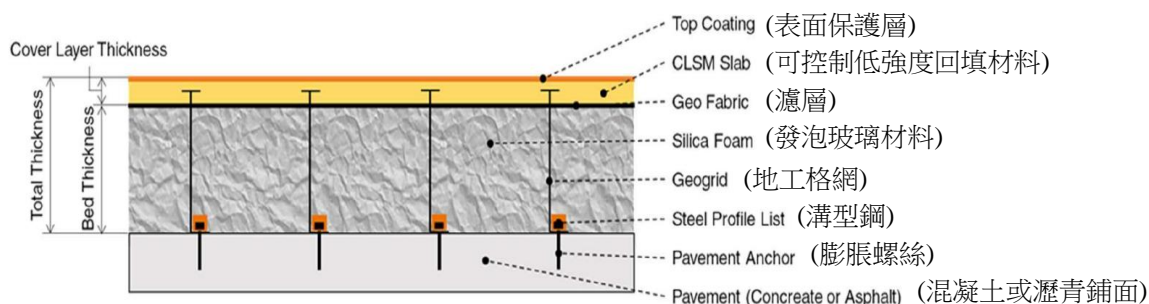


圖 3.2.6 Green EMAS 構造圖

3.2.3 羽田機場之航機攔阻系統

羽田機場 Green EMAS 之主辦機關為國土交通省關東地方整備局，該局先就基本工程設計部分與民間建築設計公司訂定契約，之後再與民間工程公司(大成建設)訂定契約，該民間工程公司(大成建設)則與 Gadelius 公司(Green EMAS 之日本代理商)訂約，而 Gadelius 公司已與技術專利商 Runway Safe 公司間已有合約，故本案設計(包含材料規格及施工規範)係由 Runway Safe 公司

提出，再由大成建設施工，施工過程中，進場材料及施工作業方式均需經技術專利廠商 Runway Safe 公司確認，工程完工後交由國土交通省東京航空局使用管理。日方辦理本工程案採購概念類似我國統包案，即先委託專案管理廠商 PCM 辦理概念設計，再發統包標辦理細部設計及施工，惟與傳統統包作法不同的是統包商所提細部設計成果，是由統包商自行負責，因其中涉及專業機密，專案管理廠商並無法亦無能力審查，而施工時亦因涉及專業機密亦由統包商自行監造，專案管理廠商並無法亦無能力監造。

羽田機場 Green EMAS 設置於 A 跑道南側(34L)，如圖 3.2.7，寬度為 60 公尺(與跑道同寬)、長度為 84.5 公尺及厚度為 0.4 公尺(最厚處)，如圖 3.2.8。Green EMAS 設置經費約 20 億日圓，爾後每年維護管理費概估約為設置經費之 0.5~1%。

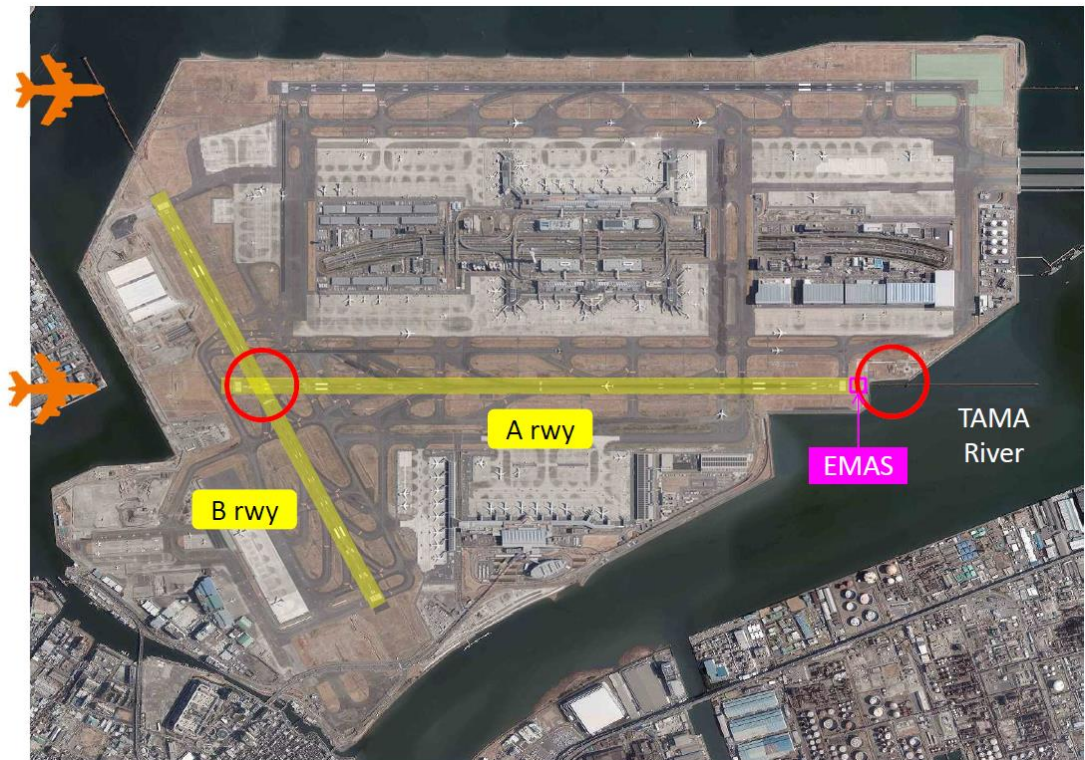


圖 3.2.7 羽田機場 Green EMAS 位置圖(A 跑道南側)

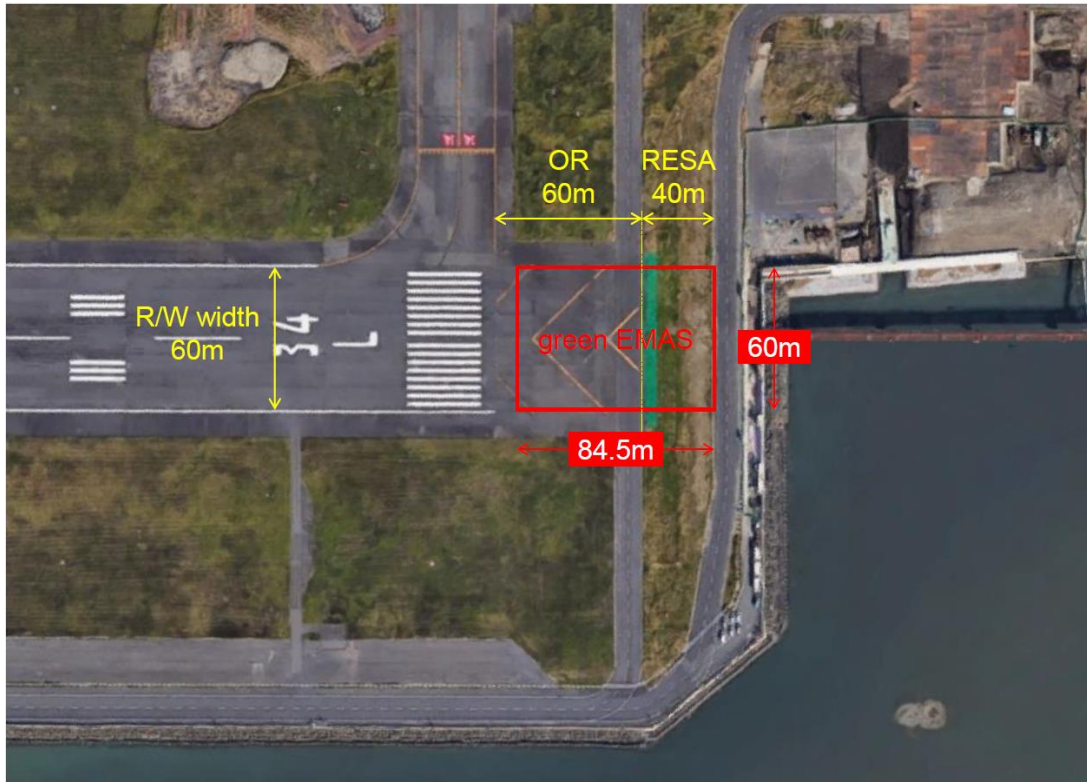


圖 3.2.8 羽田機場 Green EMAS 尺寸圖

3.2.4 羽田機場設置 Green EMAS 攔阻系統效益

羽田機場 Green EMAS 於現地條件(空間)限制下，具有攔阻超過 40Knot/h 航機之最低性能。Green EMAS 之設計目的為攔阻航機之性能最大化，依日方於會中所提供資料，最大起飛重量(MTOW)及最大降落重量(MLW)的 80%所對應之攔阻性能結果如圖 3.2.9。

最大起飛重量(MTOW) 之 Green EMAS 攔阻性能

航空機モデル	MTOW [kg]	性能結果	
		設計ケース [ノット]	代表的ケース [ノット]
エアバスA320	76 976	52~/61*/63^	55~/72*/74^
エアバスA321	91 002	61~/62*/63^	65~/72*/75^
エアバスA330-200	233 004	50/51^	61/63^
エアバスA330-300	233 003	49/50^	61/63^
エアバスA350-900	280 005	49/51^	61/63^
エアバスA350-1000	311 005	46/47^	57/59^
ボーイングB737-400	68 040	53~/61*/63^	56~/71*/73^
ボーイングB737-800	79 017	57~/61*/63^	61~/72*/74^
ボーイングB747-400	396 900	51/52^	62/64^
ボーイングB767-300	156 492	52/54^	65/67^
ボーイングB777-200	242 676	47/48^	59/61^
ボーイングB777-300	299 376	47/48^	58/59^
ボーイングB777-300ER	340 200	47/48^	57/59^
ボーイングB777-9	351 540	47/48^	58/59^
ボーイングB787-8	227 934	50/51^	61/63^
ボーイングB787-9	254 016	51/52^	62/63^
ボーイングB787-10	254 016	50/52^	62/63^
エンブラエル E170	37 201	47~/59*/61^	47~/70*/73^

最大降落重量(MLW)的 80%之 Green EMAS 攔阻性能

航空機モデル	80% MLW [kg]	性能結果	
		設計ケース [ノット]	代表的ケース [ノット]
エアバスA320	52 799	59~/60*/62^	65~/73*/75^
エアバスA321	62 241	65/66^	75/76^
エアバスA330-200	149 602	49/50^	63/65^
エアバスA330-300	145 602	48/49^	63/64^
エアバスA350-900	165 603	50/51^	64/66^
エアバスA350-1000	188 803	45/47^	60/61^
ボーイングB737-400	44 997	62/62^	66~/72*/74^
ボーイングB737-800	53 089	64/64^	70~/72*/74^
ボーイングB747-400	228 614	50/51^	64/66^
ボーイングB767-300	108 864	49/51^	64/66^
ボーイングB777-200	161 482	46/47^	61/63^
ボーイングB777-300	190 149	46/47^	60/61^
ボーイングB777-300ER	201 036	46/47^	59/61^
ボーイングB777-9	213 011	46/47^	60/62^
ボーイングB787-8	137 894	48/50^	63/64^
ボーイングB787-9	154 224	48/50^	63/65^
ボーイングB787-10	161 482	48/49^	63/64^
エンブラエル E170	26 240	55/57^	69/71^

圖 3.2.9 Green EMAS 攔阻性能結果

羽田機場於 16R 跑道設置 EMAS 後，查該機場 AIP 之 RESA 尺寸及跑道長度之公布距離(TODA、TORA、LDA、ASDA)如圖 3.2.10。

RJTT AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	TRUE BRG	Dimensions of RWY(M)	Strength(PCN) and surface of RWY	THR coordinates THR geoid undulation	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APP RWY
1	2	3	4	5	6
16L	149.88°	3360×60	PCN 95/F/B/X/T Asphalt Concrete	353357.23N 1394711.59E 117.7FT (Displaced THR) 353346.27N 1394719.34E 117.8FT	THR ELEV : 21.8FT (Displaced THR) THR ELEV : 19.2FT TDZ ELEV : 19.2FT
34R	329.88°	3360×60	PCN 95/F/B/X/T Asphalt Concrete	353222.90N 1394818.49E 117.1FT (Displaced THR) 353233.02N 1394811.34E 117.2FT	THR ELEV : 27.8FT (Displaced THR) THR ELEV : 19.7FT TDZ ELEV : 21.0FT
16R	149.88°	3000×60	PCN85F/B/X/T Asphalt Concrete	353335.95N 1394608.64E 117.9FT (Displaced THR) 353322.47N 1394618.19E 117.9FT	THR ELEV : 20.5FT (Displaced THR) THR ELEV : 16.4FT TDZ ELEV : 16.4FT
34L	329.88°	3000×60	PCN 85/F/B/X/T Asphalt Concrete	353211.76N 1394708.41E 117.3FT	THR ELEV : 18.2FT TDZ ELEV :18.4FT
04	035.01°	2500×60	PCN 85/F/B/X/T Asphalt Concrete	353256.47N 1394540.60E 117.8FT	THR ELEV : 19.0FT TDZ ELEV :19.3FT
22	215.01°	2500×60	PCN 85/F/B/X/T Asphalt Concrete	353402.88N 1394637.61E 117.9FT	THR ELEV : 35.0FT TDZ ELEV :35.0FT
05	042.56°	2500×60	PCN 102/F/B/X/T* Asphalt Concrete	353126.41N 1394812.47E 116.9FT	THR ELEV : 45.5FT TDZ ELEV :45.5FT
23	222.56°	2500×60	PCN 102/F/B/X/T* Asphalt Concrete	353226.15N 1394919.61E 116.9FT	THR ELEV : 54.7FT TDZ ELEV :54.7FT

Slope of RWY	Strip Dimensions(M)	RESA(Overrun) Dimensions(M)	Arresting System		Remarks	
			7	12		
See below figure	3480×300	150×300			RWY grooving: RWY 16L/34R 3360m×40m RWY 16R/34L 3000m×40m RWY 04/22 2500m×40m RWY 05/23 2500m×40m *REF AD2.23.7 CAUTION : THR of RWY 16L is displaced by 390m inward. In case of landing, the usable length of RWY 16L is 2,970m. In case of take-off, the usable length of RWY 16L is 3,360m. THR of RWY 34R is displaced by 360m inward. In case of landing, the usable length of RWY 34R is 3,000m. In case of take-off, the usable length of RWY 34R is 3,360m. THR of RWY 16R is displaced by 480m inward. In case of landing, the usable length of RWY 16R is 2,520m. In case of take-off, the usable length of RWY 16R is 3,000m. Usable length of RWY 34L is 3,000m for both landing and take-off.	
	3480×300	240×300				
	3120×300	40x(MNM:255 MAX:300)**	EMAS(84.5m×62.8m) *See RJTT AD2.23.8			
	3120×300	240×300				
	2620×300	186x(MNM:210 MAX:300)**				
	2620×300	240×300				
	2620×300	240×300				
	2620×300	240×300 **For detail, ask airport administrator				

RJTT AD 2.13 DECLARED DISTANCES

RWY Designator	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)	Remarks
1	2	3	4	5	6
16L	3360	3360	3360	2970	Nil
34R	3360	3360	3360	3000	Nil
16R	3000	3000	3000	2520	Nil
34L	3000	3000	3000	3000	Nil
04	2500	2500	2500	2500	Nil
22	2500	2500	2500	2500	Nil
05	2500	2500	2500	-	Not usable for LDG
23	2500	2500	2500	2500	Nil

圖 3.2.10 羽田機場飛航指南(AIP)

跑道設置 EMAS 係為跑道端安全區(RESA)不足時之替代方案之一，RESA 功用係為容納航機衝出跑道及著陸時過早觸地，羽田機場 EMAS 設置於 34L 跑道頭，對於使用 16R 跑道起降之航機，提供衝出跑道攔阻功能，惟因 34L 跑道頭之 RESA 長度仍維持 40 公尺，並未延伸至 90 公尺，且 EMAS 部分亦設置於跑道地帶內，未全部設置於 RESA 區域，對於使用 34L 跑道降落之航機，無法提供過早觸地之容納功能，如圖 3.2.11。

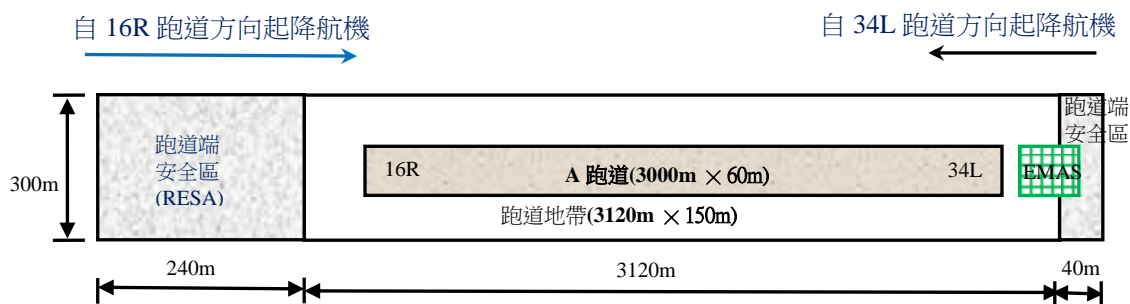
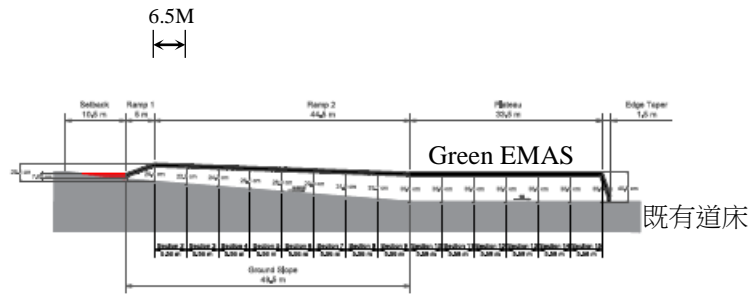
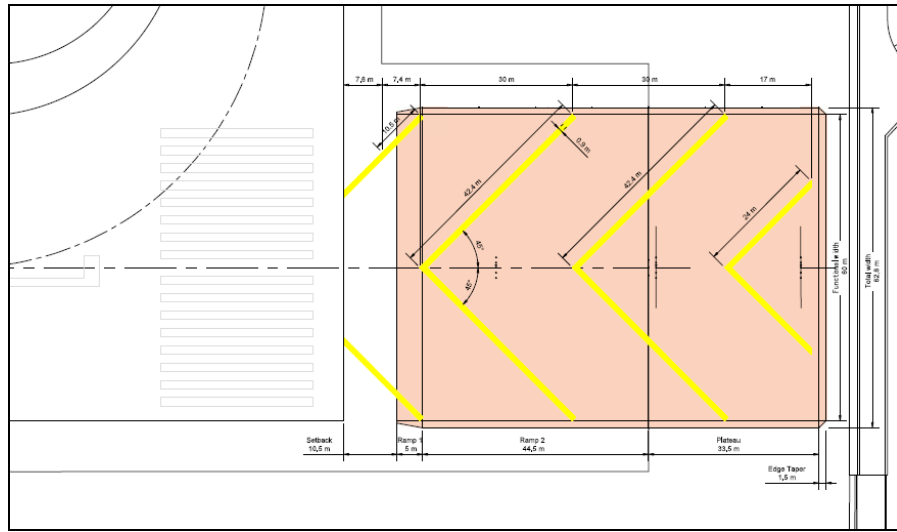


圖 3.2.11 A 跑道、跑道地帶、跑道端安全區及 EMAS 配置示意圖

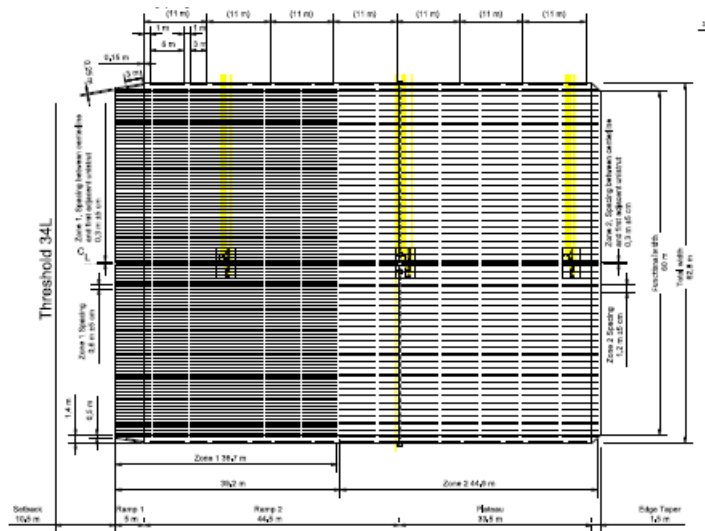
3.2.5 攔阻系統之施工作業

羽田機場 16R 跑道設置 Green EMAS 施工期程約 2 個月(不包含材料購置運送及道床整理等施工前置作業)。從以往 Green EMAS 工程經驗，羽田機場考量每日工作量，劃分施工區域並進行施工作業，每週工作 5 日，每日 23:00 至次日 6:30 關閉跑道施工。Green EMAS 尺寸長為 84m、寬為 60m、厚度 25cm~40cm，該工程施作係以橫向(與跑道垂直方向)分為 13 道，每道寬約 6.5m 及長約 60m，逐道施工，每道施作方式為打設膨脹螺絲、埋設溝形鋼、埋設排水管、架設格網(間距約 0.6~1.2m)、鋪設及滾壓發泡玻璃(厚度約 25~40cm)、

鋪設濾層及格網、澆置 CLSM(厚度約 5cm)、塗表面保護層、設置伸縮縫。配置圖、剖面圖、施工順序及現況相片如圖 3.2.12~圖 3.2.15。



縱斷面(分為 13 道施工)



平面圖(施工分區示意)

圖 3.2.12 羽田機場 Green EMAS 配置圖

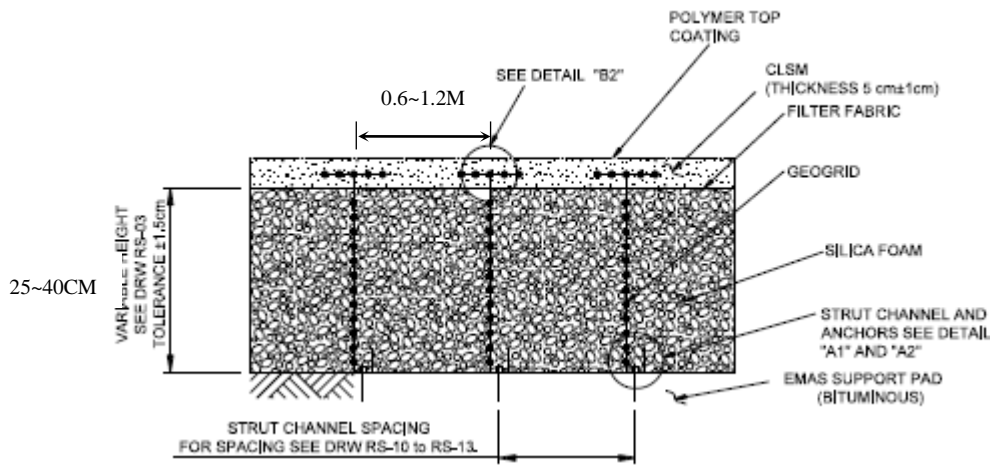


圖 3.2.13 羽田機場 Green EMAS 剖面圖



圖 3.2.14 Green EMAS 施工順序





圖 3.2.15 Green EMAS 現況相片

有關每日施工後如何維持 RESA 平整，係依據「限制區域內工程實施指導方針」，對 RESA 表面進行必要措施，以確保航機運行安全及工程安全管理，指導方針摘錄如下：

- 若表面開挖深度超過 30cm 以上，回填深度需至 30cm，且表面須平整，與既有道面銜接最大坡度為 1/2。若開挖深度若在 30cm 以內，則與既有道面銜接最大坡度為 1/2。壕溝寬度 30cm 以下之排水工程或纜線裝設工程可無需回填。
- 攔阻系統之結構材料如地工格網、溝型鋼、膨脹螺絲等施工臨時材料，須符合 ICAO Doc. 9157 Aerodrome Design Manual (Part 6, Frangibility) 或 RESA 設計標準 FAA Doc. Advisory Circular 150/5300-13A。

3.2.6 攔阻系統之維護管理及保證

施工完成後，羽田機場管理單位東京空港事務所依據 Runway safe 公司提供的維護手冊制訂攔阻系統維護手冊，由 Runway safe 公司提供兩年保固，有關維護方法、頻率、負責實施單位及維護費分攤等，則由東京航空局、東京空港事務所、Gadelius 公司(日本國內 Green EMAS 代理商)和 Runway safe 公司等決定維護方法、頻率、負責實施單位及維護費分攤(保固期 2 年內 Runway safe 公司每年免費到現地檢查，如涉及材料更換及施工費則依雙方協議辦理)等。保固期間 Gadelius 公司存有足夠需要時間生產的發泡玻璃材料庫存量，可立即辦理維修工作，至於其他材料則視需要時另行採購。

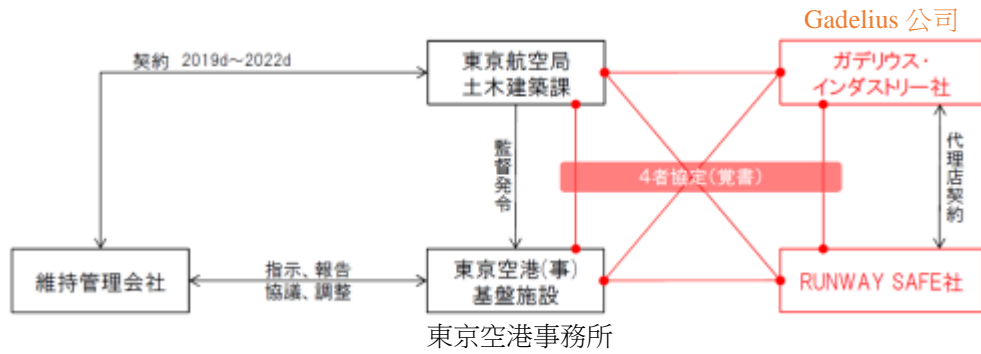


圖 3.2.16 羽田機場 Green EMAS 保固及維護之機關與廠商關係圖

攔阻系統檢查作業分為 3 種，分別為日常檢查、每季檢查及年度檢查，頻率分別為每年 8 次、每季 1 次及每年 1 次，前開兩種檢查由維護廠商執行，年度檢查由 Runway safe 公司執行，檢查 Green EMAS 是否發生任何變形或裂損情況，並依檢查結果辦理相關維修工作，檢查相關文件如圖 3.2.17。羽田機場 Green EMAS 自 2019 年 8 月底完工至今(2020 年 2 月)，並無發現特別損壞情形。

点検種別	点検者	資格の要否	頻度	調査方法	点検施設	着目内容	記録方法	その他
点検① [日常点検]	空港スタッフ メンテ業者	不要	8回/年	徒歩 目視調査	EMAS 全体 進入ランプ サイドランプ リアランプ	亀裂、剥離、変色、 接続材料の緩み、 前回点検時からの変化	点検簿に記録 点検マップに記録 写真記録	異物の破片 の除去
点検②* [公式点検]	空港スタッフ メンテ業者	必要	4回/年	"	"	亀裂、剥離、変色、 接続材料の緩み、 前回点検時からの変化 側面配水管(水や氷の有無)	"	-
点検③* [公式点検]	RUNWAY SAFE	-	1回/年	"	"	ガラスフォーム、トップスラブの 移動、沈下	"	-

◆羽田空港(EMAS)メンテナンス等スケジュール感

項目	実施主体	2019												2020												2021												2022												2023		
		H31d(R1d)												R2d												R3d												R4d												1	2	3
設置 工事	関東局 大成建設 ガデリウス社 RUNWAY SAFE	[Timeline: 7月完成・引渡し]																																																		
保障	ガデリウス社 RUNWAY SAFE	[Timeline: 7月開始]																																																		
点検① [8回/年]	羽田基盤 メンテナンス業者	●●●●●●●●												●●●●●●●●												●●●●●●●●												●●●●●●●●												●●●		
点検② [4回/年]	羽田基盤 メンテナンス業者	★ RUNWAY SAFE トレーニング												●●●●												●●●●												●●●●												●●●		
(仮) 点検③ [1回/年]	RUNWAY SAFE													● 無償												● 無償												● 有償														

Airport:	
Type of Inspection:	<input type="checkbox"/> Formal Inspection <input type="checkbox"/> Informal inspection
EMAS Location:	
Inspection Date:	Report Date:
Inspection by:	

BED CONDITION	
Top Coating	YES NO Location
Are there any cracks, delamination or discolorations or changes from previous inspection?	Location documented on attached map
Joints	
Is there any missing, loose or damaged sections of expansion joints?	Location documented on attached map
Drainage	
Is there existence of any water or ice in the drainage system?	Location documented on attached map
OBSERVATIONS -Briefly describe the overall conditions and provide details on any note defect	

Attach photo of any defects noted

EMASの状態	
トップコート	YES NO 位置
前回の検査から亀裂、剥離、変色等はあるか？	添付：点検マップ
ジョイント	
ジョイントに欠損、緩み、損傷等はあるか？	添付：点検マップ
排水溝	
排水内に水や氷はあるか？	添付：点検マップ
点検結果(全体的な状況、破損の詳細を記載する)	

※破損状況写真を添付する。

圖 3.2.17 羽田機場 Green EMAS 檢查作業相關文件

另有關羽田機場 Green EMAS 保證書提交，日方表示其概念與家電採購類似，由家電製造商出具保證書，隨產品送販賣店，再轉交購買者，最終送交使用者。故是由 Runway safe 公司出具 Green EMAS 保證書，轉交民間工程公司(大成建設)，再轉交工程主辦機關(關東地方整備局)，最終送交營運管理機關(東京航空局)，後續相關保證責任，則由東京航空局依保證書逕與 Runway safe 公司處理，如圖 3.2.18。



圖 3.2.18 羽田機場 Green EMAS 保證書提交

至於羽田機場採購 Green EMAS 時，如發生航機衝出跑道，Green EMAS 未能依原設計有效攔阻航機，造成人員傷亡及航機損壞所產生責任及巨額賠償，如何考慮 Runway safe 公司是否具責任保證能力。日方提供資料及口頭回應時提到 Green EMAS 的目的是為提高飛機著陸和起飛時的安全性，如航機發生衝出跑道，該系統未能攔阻成功，仍需依事故調查責任歸屬，不宜完全歸責於 Runway safe 公司。

3.2.7 日本引進攔阻系統遭遇困難課題

3.2.7.1 日本國內首次施作

本工程承包商(日本的業者大成建設)並無攔阻系統實際施工經驗，因此事先試鋪原尺寸大模型，以確認將來實際施作程序順暢，並由技術專利廠商 Runway Safe 公司派員來進行試鋪期間品質及尺寸確認，本次執行試鋪與正式施工相同均由技術專利廠商 Runway Safe 公司來進行邊作業邊確認或建議等執行程序。

3.2.7.2 實施工程管理專利技術項目確認

攔阻系統設置是由技術專利廠商 Runway Safe 公司提供自設計至工程施作程序及確認性能。Green EMAS 大部分材料於日本當地取得，表面塗料(coating)因日本無 Runway Safe 公司所要求性能之同等品，故由美國進口。另 CLSM 及 Glass foam 為特殊材料，在日本試驗製作並經 Runway Safe 公司認可後使用。Green EMAS 材料組成及來源如圖 3.2.19。

材料名	商品名 他	調達国 (料源)	調達者 (購料者)
フォームガラス (発泡ガラス材料)		国内(日本)	ガデリウス・インダストリー (Gadelius 公司)
CLSM (可制御低強度回填材料)		国内	
トップコート シーラー (表面保護層)	Ghostshield	米国(美國)	
トップコート アクリルコーティング (表面保護層)	Sherwin Williams	米国	
アスファルトアンカー (膨脹螺絲)	AAG SP-10	米国	
アスファルトアンカーグラウト(螺帽)	ノンシュリンクハイグラウト低温タイプ	国内	工事業者 (大成建設)
ジオグリッド (格網)	テンサーSS-2	国内	工事業者
ジオテキスタイル (濾層)	アクスターマントル	国内	工事業者
溝形鋼	FUS41 2.0	独国(德國)	工事業者
シーリング材 (施工目地) (伸縮縫填縫材)	ダウコーニング890	米国	工事業者
シーリング材 (伸縮目地) (伸縮縫填縫材)	ダウコーニング888	米国	
排水管	VU50	国内	工事業者

圖 3.2.19 羽田機場 Green EMAS 材料組成及來源

有關工程施作(如發泡玻璃及 CLSM 厚度等)是由承包商(日本的業者大成建設)辦理,至於品質管控則由技術專利廠商 Runway Safe 公司進行試驗並發佈性能確認證明,相關驗證涉及 Runway safe 公司專利,該公司以企業機密為由拒絕提出,工程主辦機關及承包商均無從知悉,亦無法查證。

至於工程主辦機關如何驗收並確認性能,經再洽日方表示「Green EMAS 是由 Runway Safe 公司使用獲得 FAA 認可之模擬系統進行設計,因性能驗證相當困難,由該公司保證性能」。

3.2.7.3 施工期間施工程中留置物安全性證明

為確保航機運行安全,並不允許於跑道周邊區域放置工事用品,惟攔阻系統施作過程中之材料進場暫堆區域,由技術專利廠商 Runway Safe 公司整理清單併同安全證明提送東京航空局。

3.2.7.4 使用管理及後續維護相關課題

Runway Safe 公司表示 Green EMAS 使用年限為 20 年,惟目前第 1 座 Green EMAS 於 2014 年於美國芝加哥機場設置,目前設置時間仍未達 20 年,故其耐用性尚需時間驗證。

此外，若發生航機衝出跑道事故或遭遇積雪、地震時，Green EMAS 需進行修復或處理，惟相關材料需由國外進口較為費時，故相較於 RESA 所需維護管理之人力及經費為多。

3.3 羽田機場空側設施規劃及興建之研討與現勘

國土交通省航空局本次共安排現勘 6 處羽田機場空側設施，依序為國內線航廈與國際線航廈連通道、A 跑道左右定位台、D 跑道填海造陸及棧橋工程、C 跑道南延及地盤改良、Green EMAS 試作模型及羽田機場聯絡道路(如圖 3.3.1)，皆由關東地方整備局轄下之東京空港整備事務所負責執行，分述如下。



圖 3.3.1 羽田機場空側設施現勘位置圖

3.3.1 國內線航廈與國際線航廈連通道

羽田機場目前國內線航廈與國際線航廈之間係由巴士繞行場外道路接駁，由於訪日旅客人次增加，為因應轉機旅客隨之增加之可能性，羽田機場刻正進行場內提供大型接駁巴士通行之國內線航廈與國際線航廈連通道工程，連

通道位置如圖 3.3.2，除了確保有效率的轉機動線外，並希望能達到縮短轉機時間、提高轉機便利性及提供定時接駁之目的。

國內線航廈與國際線航廈連通道全長 2,484.94 公尺，其中隧道部分長 1,853.59 公尺，採用全斷面隧道鑽掘機(Tunnel Boring Machine, TBM)施工，完工後將可有效取代既有之場外接駁巴士，工程經費約新台幣 240 億元。連通道之平面圖、剖面圖及施工相片如圖 3.3.3 及 3.3.4。

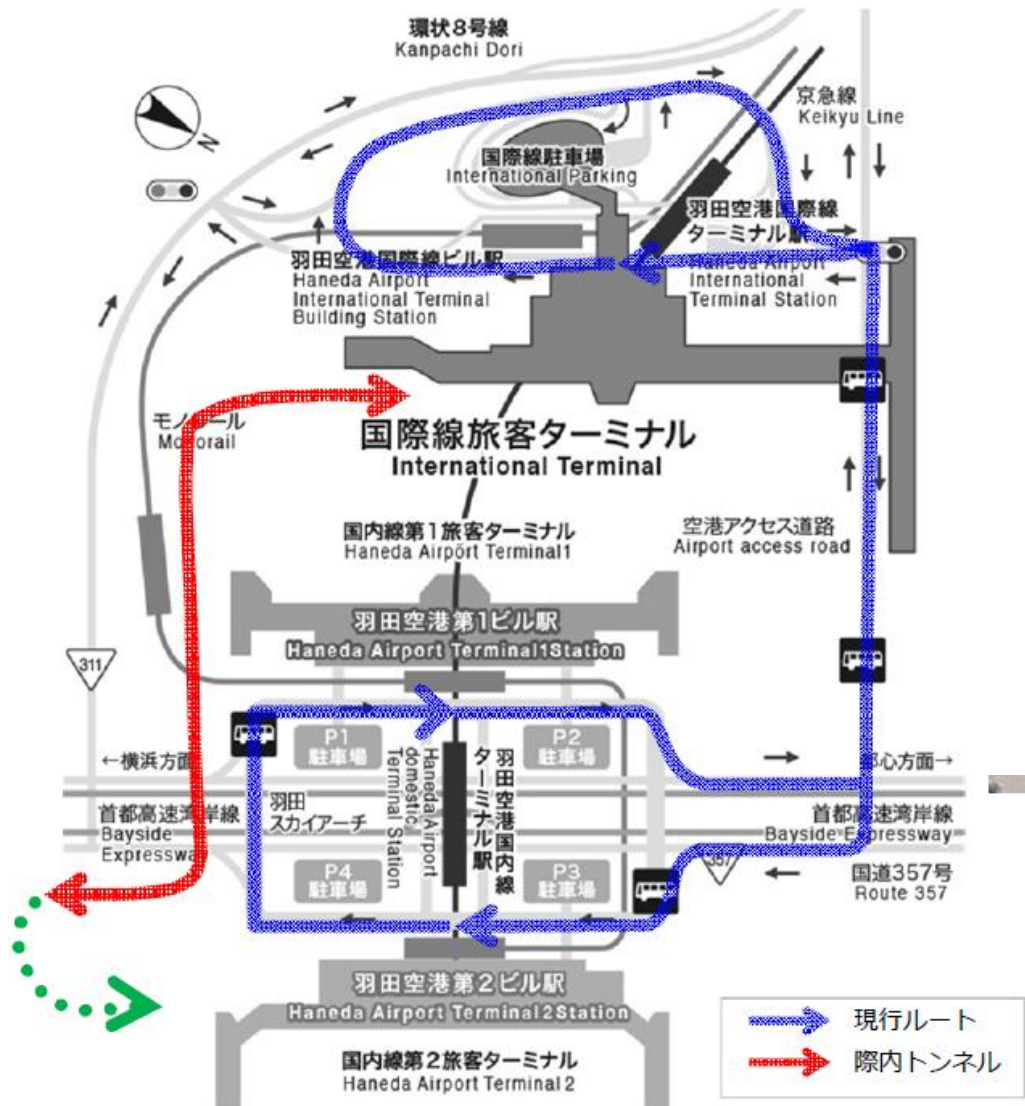




圖 3.3.2 國內線航廈與國際線航廈連通道位置圖(紅色線條)

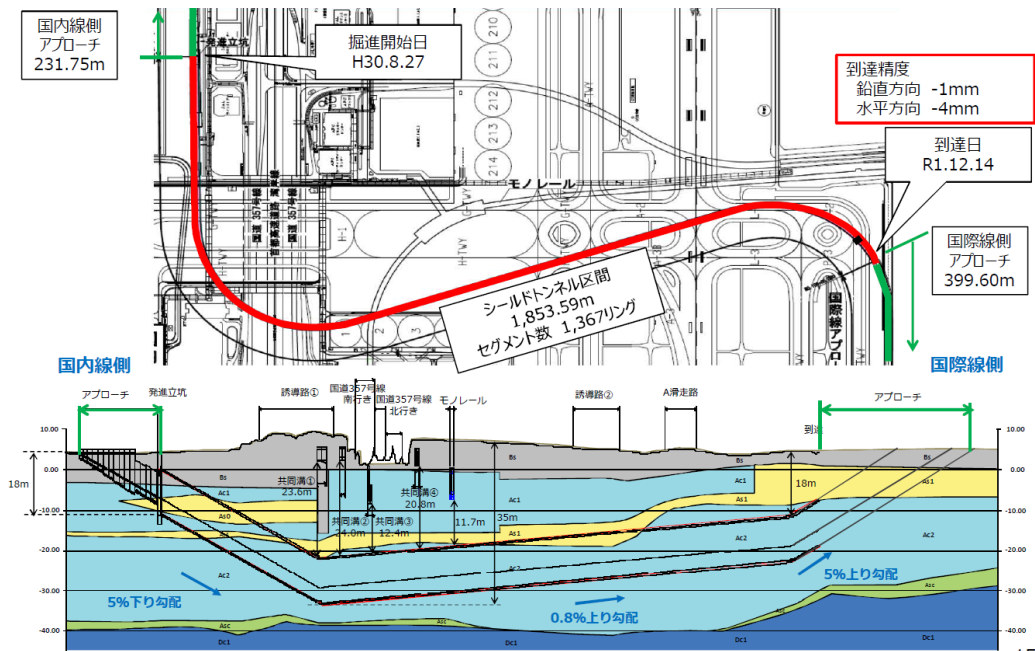


圖 3.3.3 國內線航廈與國際線航廈連通道平面圖及剖面圖



圖 3.3.4 國內線航廈與國際線航廈連通道施工相片

3.3.2 A 跑道左右定位台

依據「日本再興戰略 2016」，於 2020 年東京奧運及殘障奧運開始前，羽田機場為增加約 3.9 萬起降架次，進行 A 跑道及 C 跑道南側之左右定位台新設工程，設置地點如圖 3.3.5。除新設左右定位台之外，羽田機場同時進行電波反射用地之填築(包含人工地盤、護岸改良)及攔阻系統(Green EMAS)之設置，因施工地點鄰近跑道且位於進場面下方，故採夜間施工方式進行(每日 23:00 至次日 6:30 關閉跑道施工)，並限制施工機具放置場所及僅能於陸域施作(不可由海域進入施工)；電波反射用地(人工地盤)之面積約 9,000 平方公尺(100m×90m)，工程經費約 600~700 億日圓，如圖 3.3.6。左右定位台及電波反射用地之 3D 模擬圖及完工相片如圖 3.3.7 及 3.3.8。



圖 3.3.5 A 跑道及 C 跑道左右定位台設置地點



圖 3.3.6 A 跑道左右定位台、電波反射用地及攔阻系統位置圖

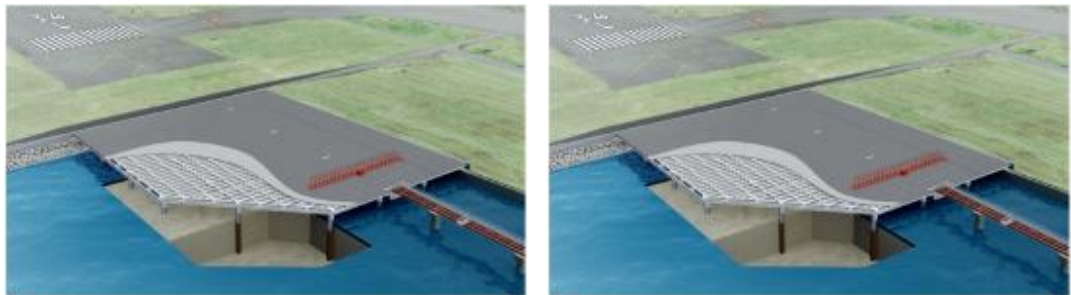


圖 3.3.7 A 跑道左右定位台及電波反射用地 3D 模擬圖



圖 3.3.8 A 跑道左右定位台及電波反射用地完工相片

3.3.3 D 跑道填海造陸及棧橋工程

羽田機場 D 跑道位於海上，2010 年完工啟用，工程經費約新台幣 8,000 億日圓。D 跑道全長 2,500 公尺，分為棧橋部分及填海造陸部分，兩者之間以伸縮裝置連接，如圖 3.3.9。棧橋部分之長度約 1,100 公尺、寬度約 520 公尺、面積約 52 公頃，該處水深約 14~19 公尺，總共使用 35 萬噸鋼材架設而成，如圖 3.3.10；填海造陸部分之長度約 2,020 公尺、寬度約 420 公尺、面積約 95 公頃，該處水深約 12~20 公尺，使用土石方約 3,800 萬立方公尺，如圖 3.3.11。

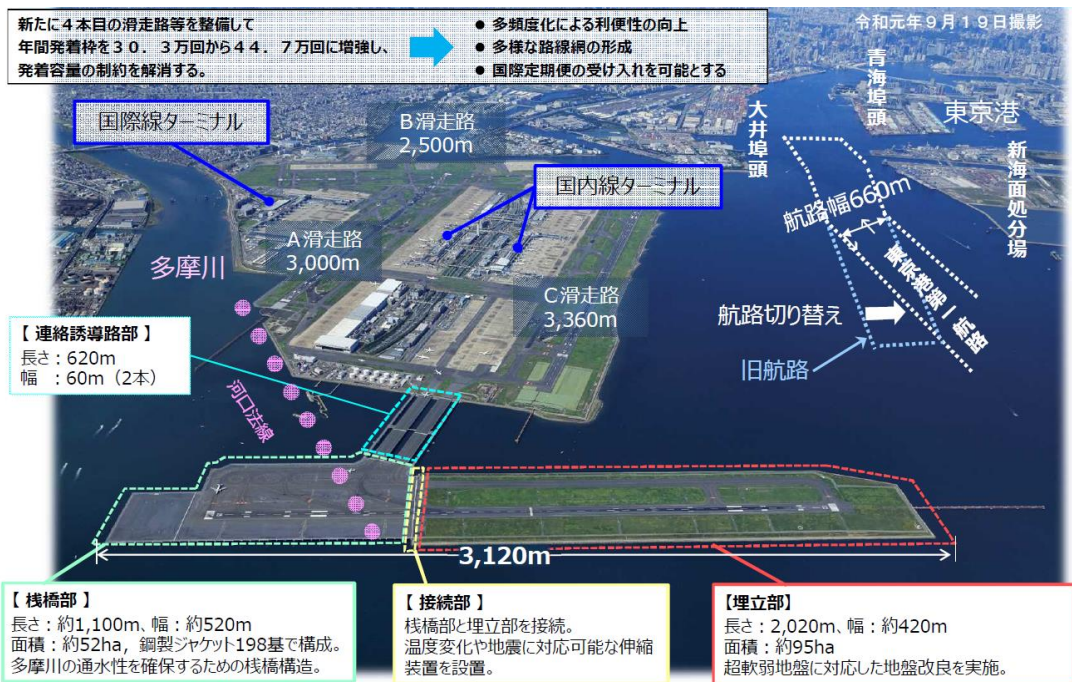


圖 3.3.9 D 跑道概要圖



圖 3.3.10 D 跑道棧橋部分模擬圖及現況相片

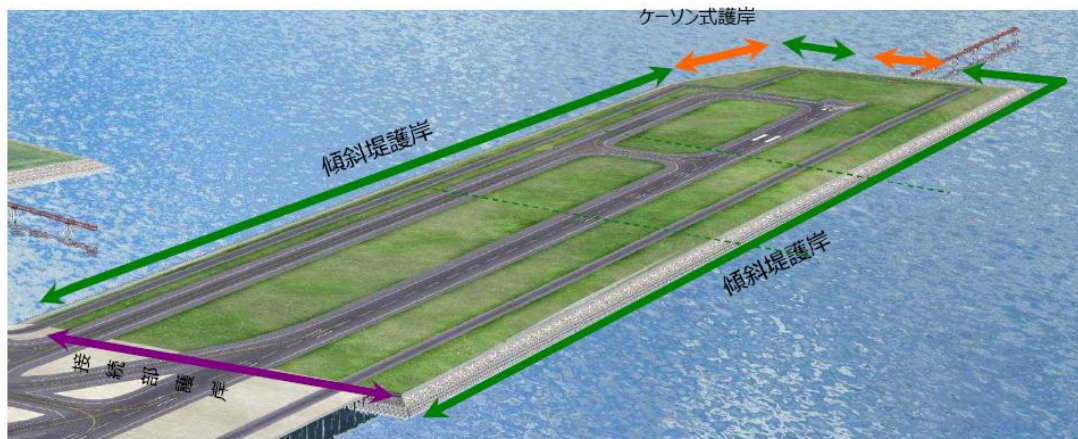


圖 3.3.11 D 跑道填海造陸部分示意圖

據關東地方整備局表示，D 跑道採用棧橋及填海造陸 2 種工法之主要原因為羽田機場旁有多摩川流經，D 跑道處恰好為出海口，若 D 跑道全部填海造陸，將影響嚴重影響河川流向及當地環境，爰鄰近出海口部分採用棧橋，距離出海口較遠部分採用填海造陸。

3.3.4 C 跑道南延及地盤改良

C 跑道原先長度為 3,000 公尺，但為減輕噪音對於都心地區之影響，深夜及早晨時間僅使用南側 2,500 公尺區間起飛，北側 500 公尺區間則不使用。惟考量國際線航機大型化及起飛重量增加之趨勢，羽田機場爰採用地盤改良方式，將 C 跑道往南延長 360 公尺，便能於深夜及早晨時間使用南側 3,000 公尺區間起飛，如圖 3.3.12。

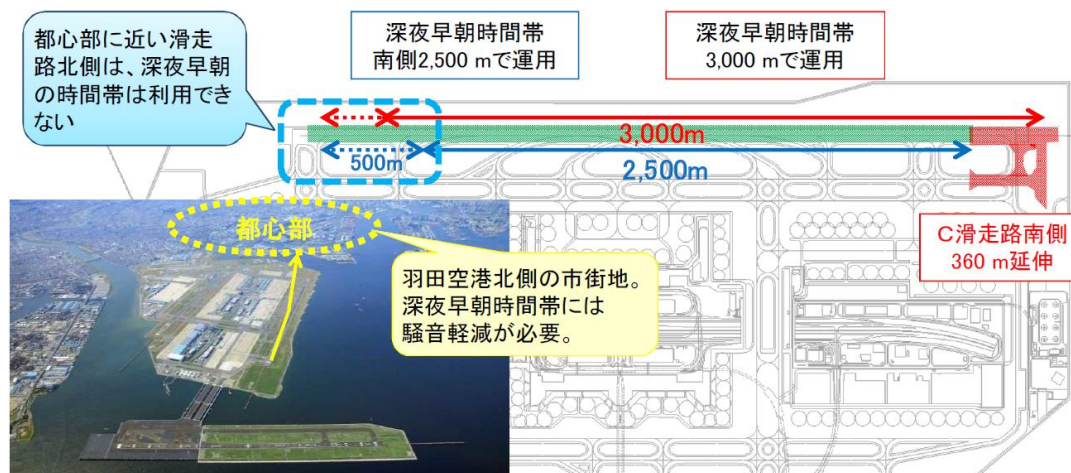


圖 3.3.12 C 跑道南延示意圖

由於羽田機場各項工程施工過程中及機場營運期間產生許多廢棄物，考量廢棄物運棄需耗費諸多人力與費用，因 C 跑道延長需填海造陸，故羽田機場以廢棄物焚化掩埋進行地盤改良暨填海造陸工程，同時為防止廢棄物焚化掩埋後之有毒物質可能經由地下水流出，故地盤改良部分特別施作連續壁及表面防水工程，如圖 3.3.13。

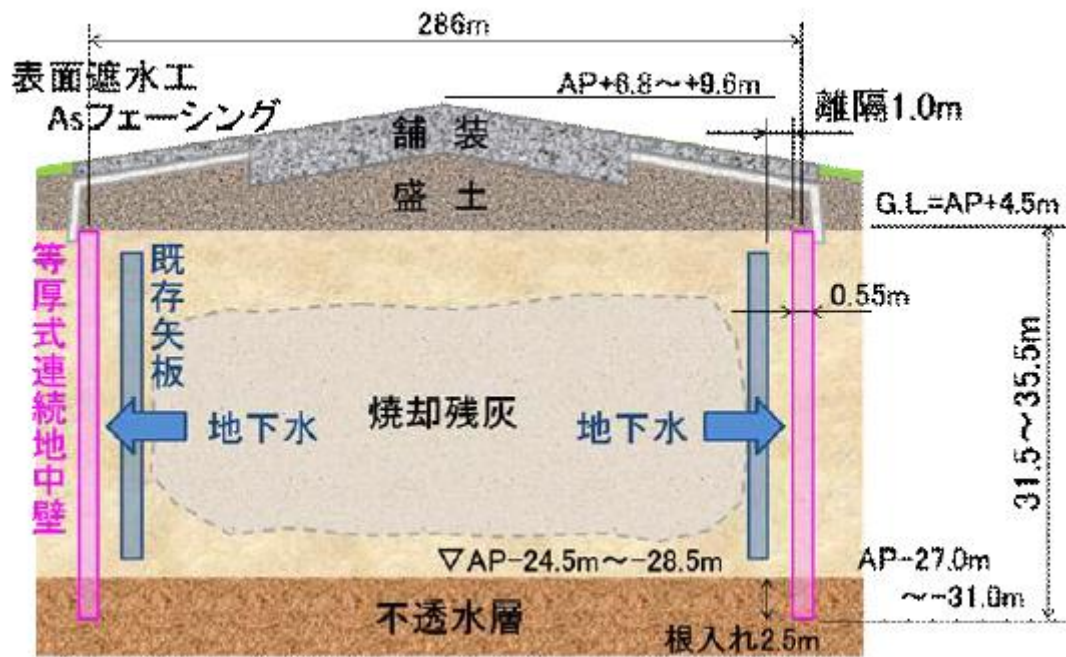
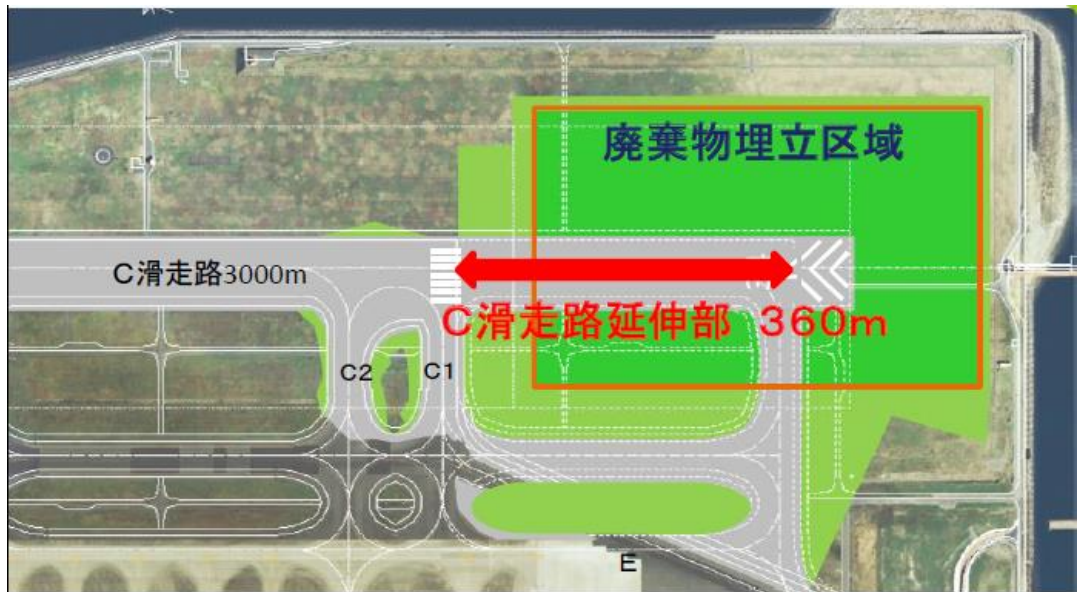


圖 3.3.13 C 跑道南延段地盤改善暨填海造陸工程規劃示意圖

3.3.5 Green EMAS 試作模型

由於羽田機場 A 跑道 Green EMAS 為日本國內首次設置之攔阻系統，故在正式施工前，東京空港整備事務所先於機場內小規模試作，以模擬施工情境及熟悉施工順序，Green EMAS 模型如圖 3.3.14。



圖 3.3.14 Green EMAS 模型

3.3.6 羽田機場聯絡道路

為開發多摩川沿岸之水岸空間及串聯羽田機場與川崎市殿町地區，關東地方整備局及川崎市政府合作辦理羽田機場聯絡道路興建、環狀道路八號線改良及多摩川護岸修建工程(如圖 3.3.15~3.3.18)，概述如下：

1. 羽田機場聯絡道路：由川崎市政府負責興建，工程經費約 200 億日圓，預計 110 年完工，殿町地區與羽田機場之距離將由目前 11 公里縮短為 2 公里。施工相片如圖 3.3.17。
2. 環狀道路八號線及多摩川護岸：由關東地方整備局負責辦理，預計 109 年完工，後續環狀道路八號線可與羽田機場聯絡道路銜接，多摩川護岸設施則可提供水岸空間開發項目(旅館、多功能設施)整體使用。施工相片如圖 3.3.18。

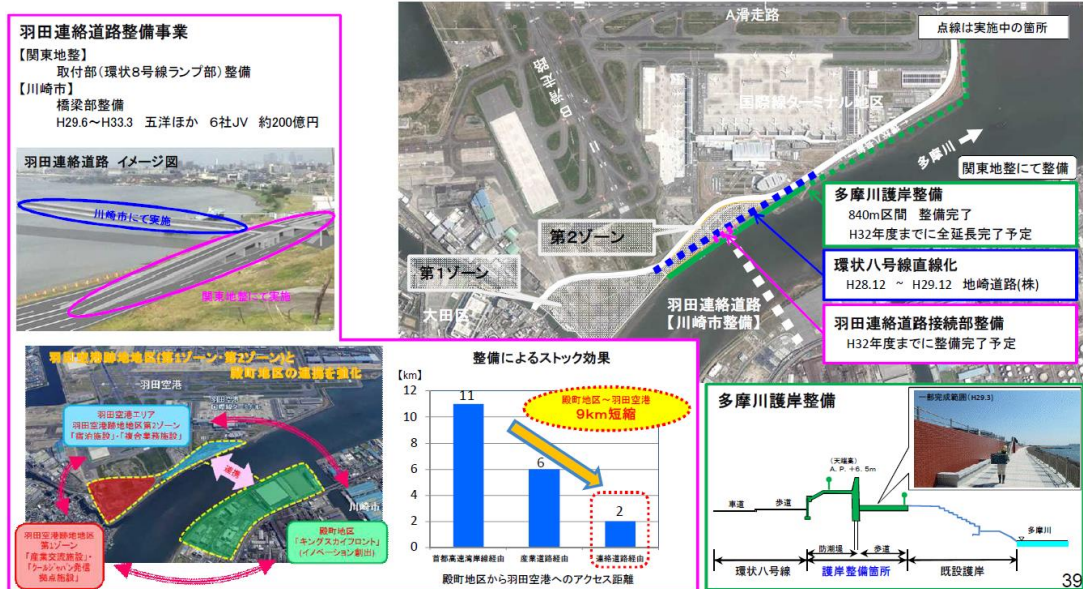


圖 3.3.15 羽田機場聯絡道路相關工程規劃內容

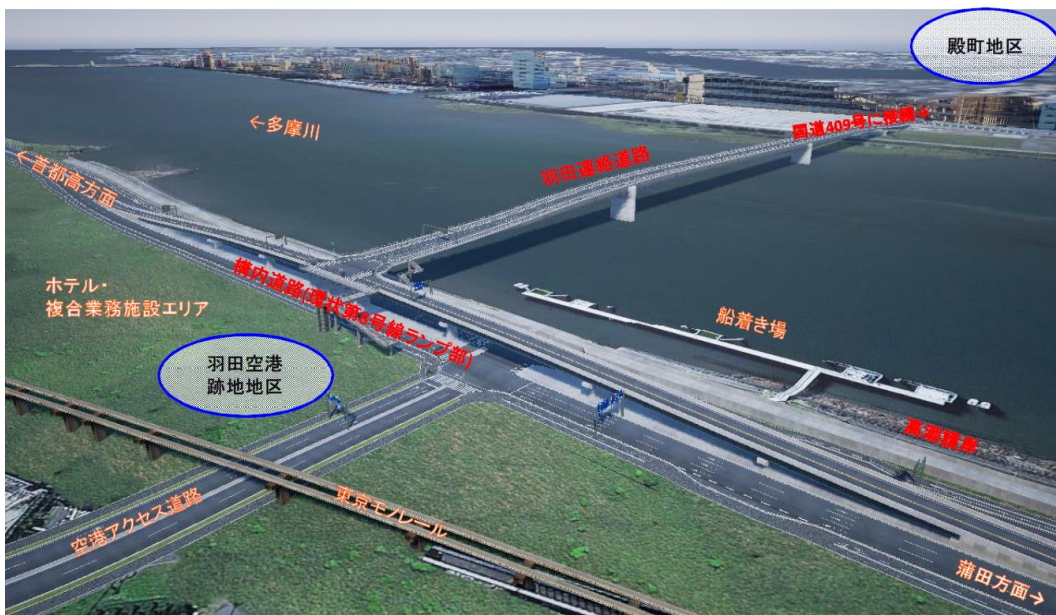


圖 3.3.16 羽田機場聯絡道路相關工程 3D 模擬圖



圖 3.3.17 羽田機場聯絡道路施工相片



圖 3.3.18 環狀道路八號線施工相片

肆、心得與建議

4.1 心得

1. 日本羽田機場為改善場站設施、增加跑道容量並兼顧飛航安全，針對設施規範標準、航機飛航路徑及安全防護措施進行評估與規劃。因 A 跑道南側之 RESA 未符 ICAO 規範及日本國內新標準，且為於 2020 年東京奧運之前增加跑道容量，爰針對不同風向及時間帶重新規劃航機飛航路徑；同時為降低新航路對於航機衝出跑道之風險，故研擬用地擴張、跑道移設、跑道長度調整、引進攔阻系統等 4 種方式進行評估，經綜合考量土地取得、環境影響、設施條件及作業期程後，最終決定引進攔阻系統(Green EMAS)。其評估方式大致與 FAA Order 5200.8 Runway Safety Area Program 所提跑道安全區長度不足之 5 項替代措施，包含 1.遷建或跑道移位、2.縮短跑道距離、3.前兩項組合、4.公布距離、5.設置工程材料攔阻系統相同。
2. Green EMAS 屬於 Runway Safe 公司獨家專利具商業機密，對於每個案件均需由該公司依攔阻機型衝出速度，量身訂作設計每道每層結構組成厚度及尺寸，再據以選擇適用材料(主要材料需進口)後依工序進行施工。FAA 網站於 108 年 10 月 4 日發布訊息，有兩家 EMAS 製造商(包含 Runway Safe 公司，另一家 ESCO 公司已停產)產品符合 FAA 150-5220-22B, 「Engineered Materials Arresting Systems for Aircraft Overruns」，惟每次 EMAS 設置時需經 FAA 審查及核准。關於這點，日方表示 Runway Safe 公司會依羽田機場當地條件及需求提出設計資料(包含結構組成、各層厚度及尺寸等)及可攔阻機型(含衝出速度)，至於如何驗證效能，日方表示 Green EMAS 係由 Runway Safe 公司使用獲得 FAA 認可之模擬系統進行設計，故由該公司提出保證。另有關保證責任部分，日方認為如發生航機衝出跑道 Green EMAS 未能依原設計有效攔阻航機，造成人員傷亡及航機損壞所產生責任及巨額賠償，因航機衝出跑道責任不應全屬於 Runway Safe 公司，故並不會向該公司要求負全責。另有關 Green EMAS 設置完成後之定期檢查維護及耐久性，日方表示保固期 2 年內 Green EMAS 日本代理商留存主要材料(發泡玻璃)備品，其他材料需再視需要另行

採購，因羽田機場設置自 2019 年 8 月設置完成迄今時間尚短，尚無法得知後續維護性是否會受限於原廠(如停產、漲價等)及耐久性。綜上，日方對於 Green EMAS 設置採取信任製造商之態度，國內機場未來如有設置 Green EMAS 之規劃，建議除參考羽田機場之經驗外，可針對性能驗證、責任保證、後續維護等方面進一步深入探討，以達到設置目的。

3. Green EMAS 雖然為日本國內首次設置航機攔阻系統，惟羽田機場透過與承包商及製造商之溝通討論，充分了解 Green EMAS 之工程經驗及材料特性，並藉由本身對於機場營運狀況及工作量之掌握，妥善安排施工順序及人力機具，使得 Green EMAS 於 2 個月內順利完工，且未影響機場營運及飛航安全，顯見主辦機關之專業能力及與承包商、製造商之間溝通、合作與互信，對於工程品質及時程掌握而言十分重要。
4. 機場跑道採填海造陸而成者並不罕見，例如關西國際機場、仁川國際機場、香港國際機場、澳門國際機場等，但如羽田機場 D 跑道同時採用棧橋及填海造陸 2 種工法則十分稀少，其目的在於避免機場開發影響河川流向及環境生態。一般而言，填海造陸之工程建設對於自然環境必然會產生負面影響，惟羽田機場規劃興建 D 跑道時，除考量機場自身營運需求外，亦主動採取兼顧環境保護之方案，雖然可能增加工程經費且延長建設期程，卻使得機場建設所造成之生態衝擊及所衍生之負面印象降至最低，此種兼具創新及環保之做法，值得借鑑與學習。
5. 國土交通省之主要業務包含國土開發、交通運輸、基礎建設及觀光發展等，類似於未來行政院組織改造後之交通建設部，從規劃、施工到管理，分別由不同的專責機關辦理。以機場相關業務而言，上位規劃作業由航空局辦理，規劃方向確定後，設計及施工交給各地方整備局與轄下空港整備事務所執行，完工啟用後，維護管理工作再交由各地方航空局與轄下空港事務所負責，組織分工相當清楚明確，各司其職亦能相互合作；此外，各機關皆深具專業知識、豐富經驗及協作能力，對於機場未來長期發展及國際競爭力等方面，均有相當助益。

4.2 建議

1. 羽田機場對於場站設施未符合國際規範或國內標準，研擬改善方案及尋求解決之道，並務實考量機場現況、周邊環境、辦理時程、限制條件等各項因素，以決定最佳(可行)方案。國內機場進行場站設施改善時，有時受限於機場條件不佳、周邊地形限制、計畫時程緊迫及經費額度不足等狀況，無法全面改善或完全到位，為兼顧政策目標及作業期程，建議規劃單位及工程單位應於規劃初期多加溝通討論、相互協調，確認規劃方案務實可行且工作時程符合預期目標，俾於未來施工階段如期如質完工啟用。
2. 馬祖南竿機場受限於地形條件無法設置 RESA，本局前於 2012~2013 年間已依 FAA Order 5200.8 Runway Safety Area Program 所提跑道安全區長度不足之 5 項替代措施檢討，目前係以公布距離方式等效設置。依本次羽田機場交流會議及現勘結果，設置 Green EMAS 業已解決羽田機場原本 RESA 長度不足之問題，並同時降低 A 跑道提升容量所衍生之可能風險。考量南竿機場地勢較高及周邊存在天然障礙物，近年來航空公司亦時有反映風切問題影響航機降落之穩定性及安全性，且未來北竿機場整建時，全部航機將改飛南竿機場，屆時南竿機場之飛安確保將更形重要，故建議本局及航空站可參考羽田機場相關經驗，妥善評估於南竿機場設置 EMAS 之必要性及可行性。