

出國報告（出國類別：考察）

參訪關西機場及羽田機場 填海造陸建設

服務機關：臺灣港務股份有限公司

姓名職稱：王錦榮總經理

鄭智文助理副總經理

廖哲樞副總工程司

盧佩玟督導

林育仁經理

派赴國家：日本

出國期間：114年 5月 29日至 6月 2日

報告日期：114年 9月 1日

目錄

內容大綱	頁次
壹、 考察目的	2
貳、 出國期間與考察行程	5
參、 考察內容	6
一、 日本關西機場參訪及填海造地工程考察	6
二、 日本神戶機場參訪及填海造地工程考察	17
三、 日本大阪夢洲島參訪及填海造地工程考察	27
四、 日本東京羽田機場參訪及航廈拓建工程考察	34
肆、 心得與建議	41

壹、考察目的

- 一、馬祖現有南、北竿2座機場如(圖1.1)，目前皆提供 ATR72 航機起降，惟每逢霧季或天候不佳時，常因能見度低於起降限度，導致航機暫停起降作業或取消航班，對於旅客行程安排、航空公司營運管理及當地觀光產業發展，造成相當程度之影響。另因受限於北竿機場跑道長度，ATR72 航機無法滿載起飛（起飛限載 56 人），使得航機運能無法完全發揮。為此，地方民意要求交通部民航局優先改善機場飛航環境及條件，以期提升機場運作效率。
- 二、經民航局綜合分析，基於未來發展、資源有效運用並經凝聚在地民意共識後，擇定優先發展北竿機場，先將跑道提升為 3C 類儀器跑道，並改善北竿機場跑道長度不足之問題，解決過往北竿機場ATR72航機無法滿載起飛，無法完全發揮航空運能之議題。
- 三、北竿機場跑道現有長度為1,150公尺，預計向南延伸350公尺，使總長度達1,500公尺，此長度將使 ATR72-600 在北竿機場標準天氣條件下，以最大起飛重量（MTOW）起飛。其中跑道南延 350m 部分為本計畫主要之海域填築區域，整體跑道區域需土總量約 355 萬立方公尺(實方)，土方來源將自原有跑道西北側風山開挖取土如(圖1.2)。
- 四、本計畫海域填築區將採用重力式防坡堤圍出填築區，惟本計畫工址下方為軟弱土層，需搭配地盤改良工法方能提供足夠之承載力。考量目前海上相關工程施工機具皆有一定之高度，施工面又正臨飛機起降面，本計畫在民意希望以不關閉機場前提下拓建機場跑道，其工程將面臨重大挑戰。
- 五、民航局於114年3月27日與本公司(臺灣港務股份有限公司)簽訂代辦工程協議書，委託本公司代為辦理本計畫規劃、設計、監造及工程採購作業(圖1.3)，本公司對於海事工程(圍堤、抽砂填地、新生地土地改良、碼頭及護岸...等)有相當豐富經驗及專業之團隊，惟本案涉及在機場營運不中斷之前提下施工，不論陸域工程、海域工程皆有相當大程度之影響，且未來新跑道沉陷控制也是本公司新課題，故藉由本次日本機場及填海造地工程考察行程，希望與日本相關團隊交流討論，為本計畫提供更多經驗及工法，作為未來設

計時之參考資料。



圖1.1 南、北竿機場位置示意圖



圖1.2 北竿機場周邊山嶺示意圖



圖1.3 代辦啟動儀式

貳、出國期間與考察行程

本次出國考察行程內容詳如下表2.1所示

表2.1、出國考察行程一覽表

日期	主要行程
5/29(四)	1. 高雄小港機場搭機至日本關西機場。 2. 拜會關西機場公司(Kansai Airports)，關西機場填海造地工程現地考察。
5/30(五)	1. 拜會神戶市港灣局(Ports and Harbors Bureau KOBE City Goverment)，神戶機場填海造地工程現地考察。 2. 參訪神戶機場建物及設施，及地層下陷、海水倒灌應變相關工程。
5/31(六)	1. 拜會大阪港灣局(Osaka Ports and Harbors Bureau)，大阪夢洲填海造陸工程現地考察。 2. 參觀萬國博覽會。
6/1(日)	1. 移動日(神戶到東京)。
6/2(一)	1. 拜會東京國際航空樞紐公司(TIAT, Tokyo International Air Terminal Corporation)，羽田機場跑道增建工程考察。
6/3(二)	1. 日本東京成田機場搭機至台北松山機場。

參、考察內容

一、日本關西機場參訪及填海造地工程考察(圖3.1.1~圖3.1.4)

關西國際機場，坐落於日本大阪灣東南部的和泉近海離岸5公里的人工島上，面積約1,067.7公頃，與神戶機場、大阪國際機場並列為關西地方三大機場。



圖3.1.1 關西機場填海造地工程討論交流會



圖3.1.2 交流會圓滿完成

關西國際機場第一期造陸工程於1987年動工興建、1994年9月4日完工啟用，在原水深17~18公尺的海域已不到5年的時間完成約510公頃人工島，使用了1.8億立方公尺的土方，是世界第一座完全以填海造陸建成的機場，同時也是一座海上機場，建有一條3500公尺長的跑道及航廈，可不受宵禁限制的24小時運作。



圖3.1.3 路程上仍詳盡地解說工程過程



圖3.1.4 進入機場的安檢作業

為了應付日益增加的航空交通，關西機場於1996年開始第二期工程，在水深20公尺的海域進行約542公頃的第二期人工島工程，透過填海把人工島面積擴大到1,300公頃，以興建第二條跑道及第二航廈。目前機場第二條4,000公尺長的跑道（6L/24R跑道）已經於2007年8月2日開始運作，為日本第二條有4,000公尺長的跑道，原有的3,500公尺跑道（6R/24L跑道）成為副跑道(詳圖3.1.5~圖3.1.6)。



圖3.1.5 關西機場空拍照

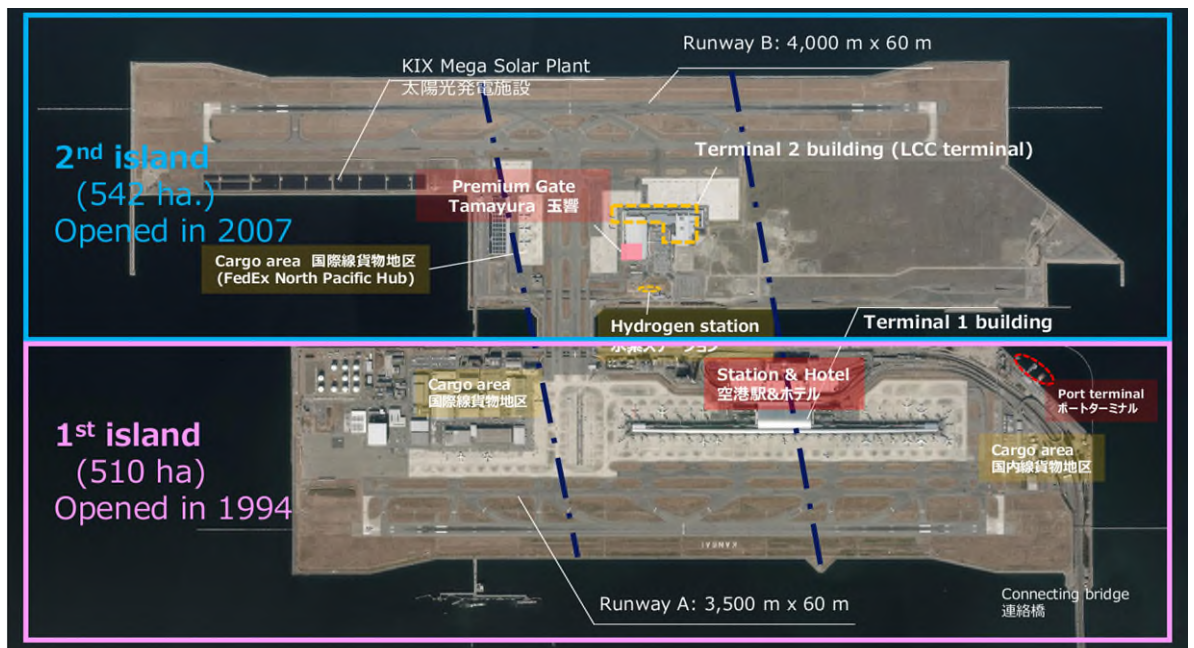


圖3.1.6 關西機場一、二期人工島示意圖

由於大阪灣海底擁有很厚的沖積泥土層，地質條件欠佳，該機場建在水深17~20公尺的軟弱地層上(圖3.1.7)，即便建造初期以大規模的地質改良工程改善地質(圖3.1.8)，但至今仍不斷的下沉中，目前機場啟用30多年已下沉超過3公尺(圖3.1.9)，全球暖化趨勢及日趨頻繁的極端氣候，讓機場面臨被海水淹沒的風險。從機場營業之初，營運單位就不得不花費2,700億日元用於維修以及建造一堵水泥牆以防海水滲入(圖3.1.10、圖3.1.11)，後續又進行護岸及擋水牆加高工程(圖3.1.12~圖3.1.14)和增加抽水站強化排水功能等。

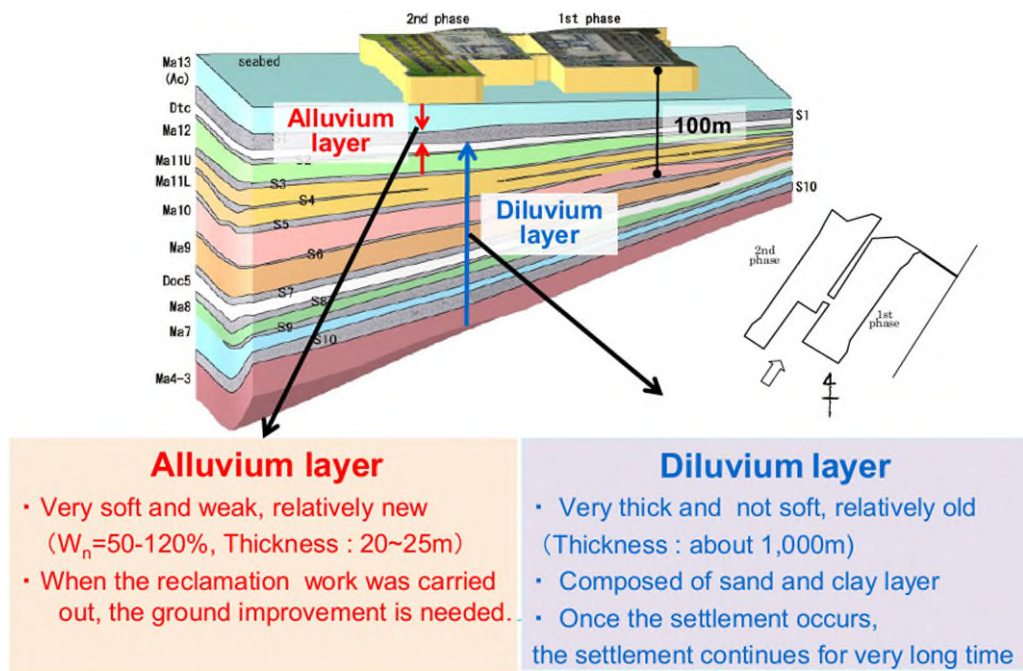


圖3.1.7 關西機場人工島地質分析

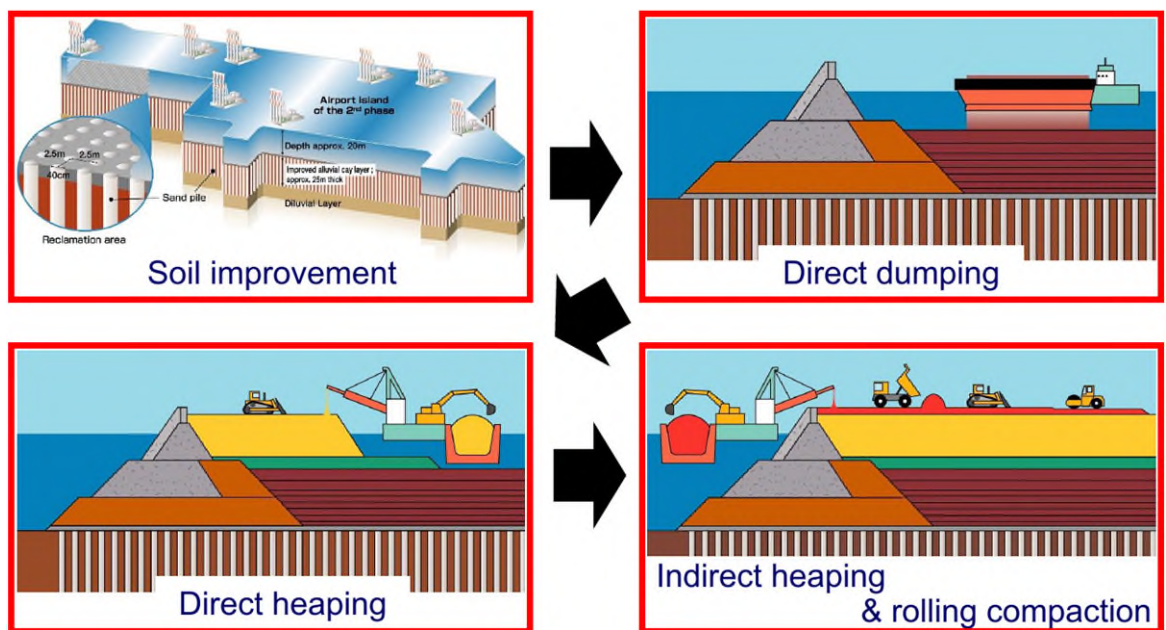


圖3.1.8 地質改良流程圖



- The settlement of alluvium layer has been finished an early stage by the ground improvement.
- The settlement of diluvium layer continues for a long time.

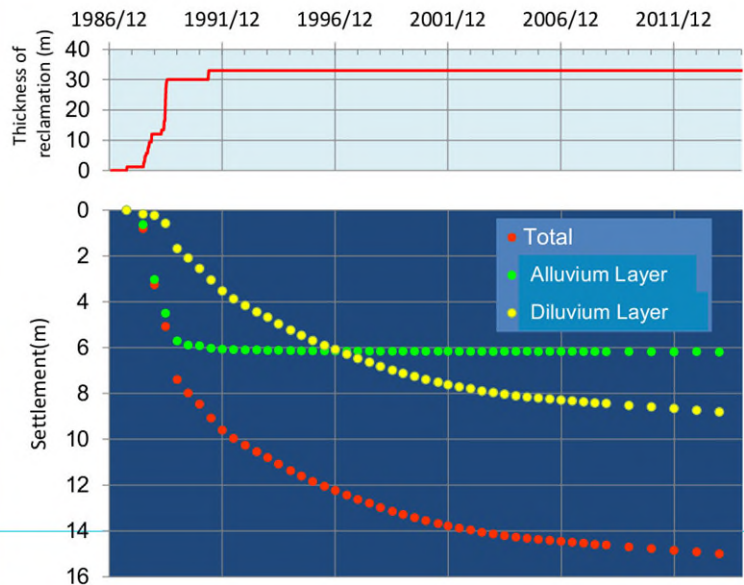


圖3.1.9 地層下陷歷年分析

Cut-off wall construction

- The ground settlement made ground level lower.
- Water could easily move into the ground and the water-level relatively went up in the island.
- Water pressure acted to the basement of building and water was leaking into the basement structure.

Cut-off wall construction
around 1st island
2000~2006

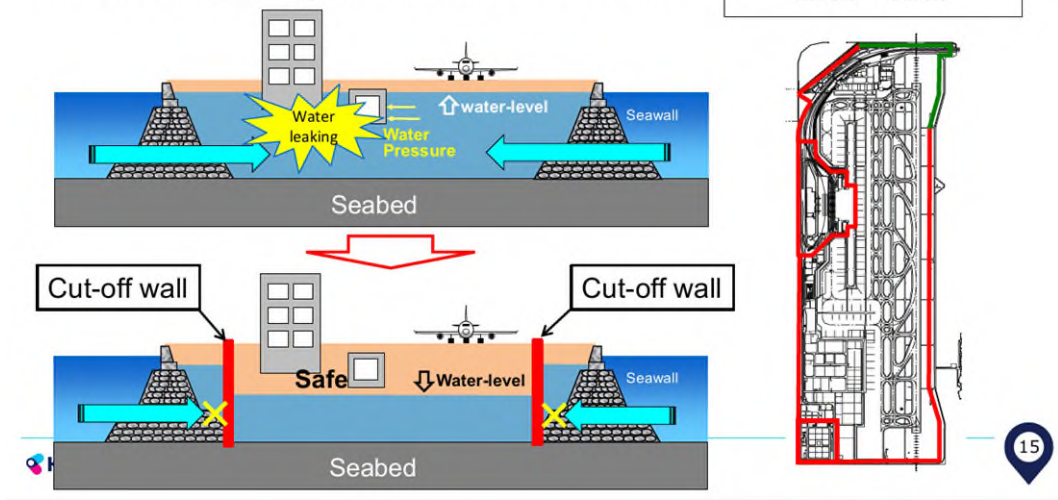


圖3.1.10 增設擋水牆示意圖-1

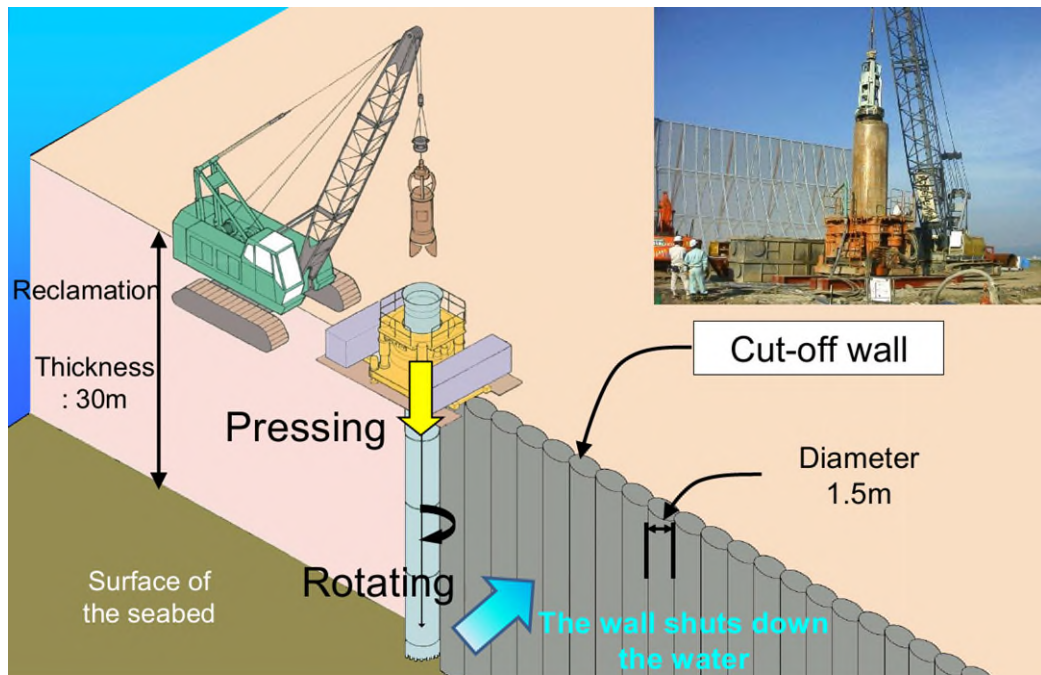


圖3.1.11 增設擋水牆示意圖-2

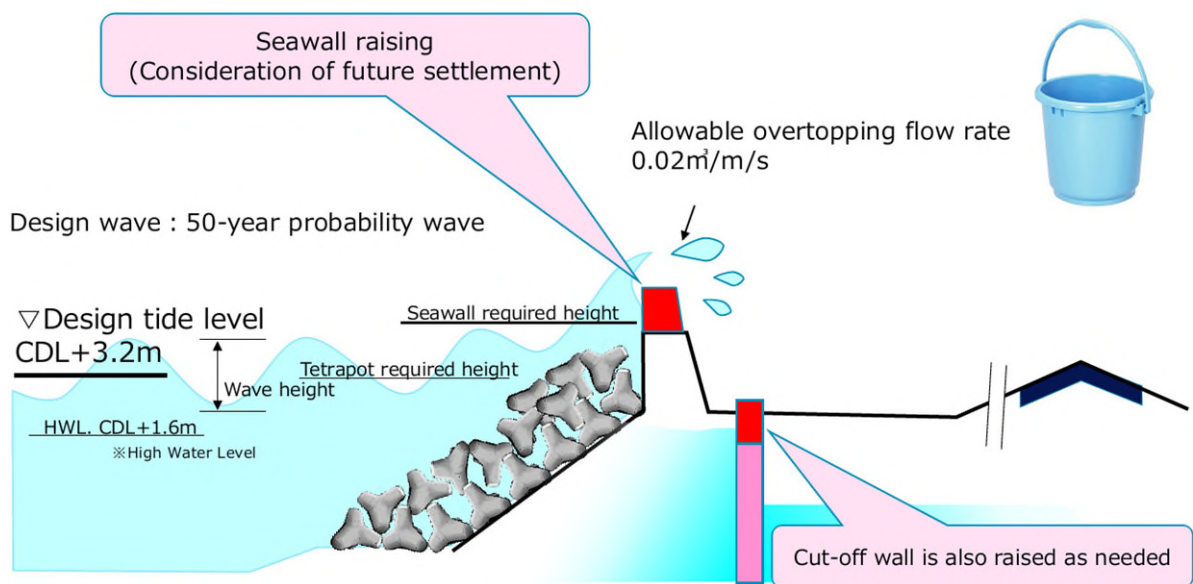


圖3.1.12 防波堤及擋水牆加高示意圖



圖3.1.13 擋水牆



圖3.1.14 防波堤加高

關西機場第二跑道之人工島工程，施工期間為維持第一跑道及航廈之正常營運，其海上施工階段所採用的海上大型起重機係可配合機場營運的飛航限高，調整起重機的高度，使機場在更安全的施工環境下仍可正常營運並完成起降作業(圖3.1.15、圖3.1.16)。



圖3.1.15 海事工程及施工機具-1



圖3.1.16 海事工程及施工機具-2

機場第一期航廈主要由義大利建築師倫佐·皮亞諾（Renzo Piano）和日本建築師岡部憲明設計，設計階段經工程師計算未來將有大範圍均勻沉陷，故設計建築物時皆有考量沉陷後之處置，例如地下室柱底設計為可調式柱底板，牆面設計成夾層滑動式牆面，管路則設計為撓式軟管接頭，樓梯則預留新增階梯的介面(圖3.1.16~圖3.1.20)。機場航廈透過完整預防性規劃下，在後續整座機場島下沉時，大幅節省建築物抬升工程的費用。



圖 3.1.16 可調式柱底板-1



圖 3.1.17 可調式柱底板-2



圖 3.1.18 管道撓性接頭



圖 3.1.19 樓梯台階增設



圖 3.1.20 滑動式牆面板

二、日本神戶機場參訪及填海造地工程考察(圖3.2.1~圖3.2.4)



圖 3.2.1 神戶機場填海造地工程交流會



圖 3.2.2 神戶機場現地考察



圖 3.2.3 神戶機場填海造地現地考察



圖 3.2.4 神戶機場填海造地交流會圓滿完成

神戶國際機場，坐落於日本大阪灣北區、神戶市以南約8公里的人工島上，面積約272公頃，與關西機場、大阪國際機場並列為關西地方三大機場(圖3.2.5)。



圖 3.2.5 神戶機場位置示意圖

神戶國際機場造陸工程於1999年動工興建，機場於2004年正式啟用，機場人工島在原水深17~18公尺，有了關西機場人工島下陷的經驗，在填海造陸之前顧問公司更加謹慎評估海床的地質狀況，並實施約90孔的地質鑽探，其中最深的孔達300公尺以上，經分析該土層18~43米為軟弱沖積黏土層，43~300公尺以下為古代洪積黏土層，地相對堅硬，惟仍屬沉陷影響之範圍(圖3.2.6)。

借鏡關西機場經驗，神戶機場人工島建造前，便針對該島下方進行了30米共計30萬根的砂樁地質改良工程，每根砂樁直徑40公分，花費14個月消耗了將近400萬立方公尺的海砂完成地質改良，藉由砂樁擁有絕佳的排水性，在填海造地施工期間完成了整個人工島範圍的壓密沉陷(圖3.2.7)。

10 空港島の地盤評価 Ground Evaluation of the Airport Island

BE KOBE

- 約90本のボーリングを実施。
- Carried out about 90 boring.
- 海底下300mの地盤の状況で、地盤沈下の影響があると考えられている範囲であり、詳細に検討を実施。
- It is a range thinking to influence it of the subsidence and, in the situation of the ground of bottom of the sea lower 300m, carries out examination in detail.
- 一直上部に堆積している沖積粘土とよばれる軟弱粘土は、約1万8千年代に堆積したと推定。その下には砂礫層があり、横断物の支持地盤となる部分。その下には、洪積粘土と呼ばれる数十年前に堆積した粘土層があり、沖積層に比べると堆積年代も古く、比較的硬質な粘土。
- When the soft clay called the alluvium clay which deposited in the upper part most deposited around 18,000 years ago. I estimated it. There is gravel in the bottom and is a part becoming the support ground of the structure. There is the clay layer which deposited hundreds of thousands of years before it is called alluvium clay below and is older than an alluvium in the sedimentation generation and is relatively hard clay.

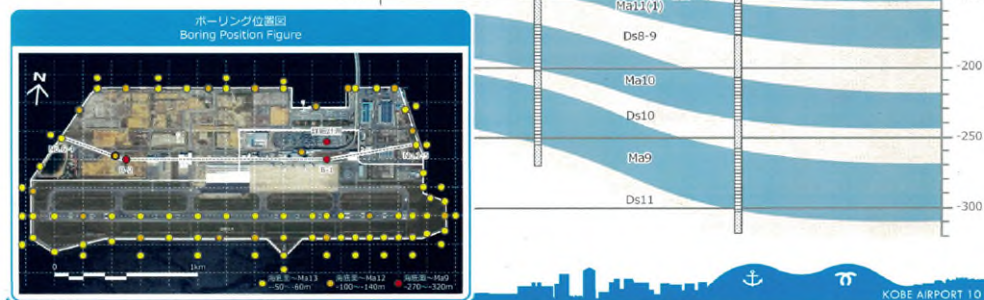
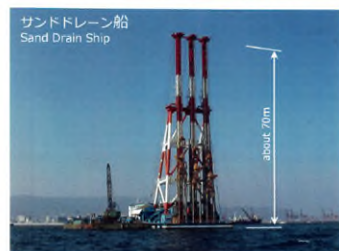


圖 3.2.6 神戸機場人造島地質調査

13 サンドドレーン工法 Sand Drain Method

BE KOBE



- 30mに及ぶ軟弱粘土層（沖積層）の地盤改良
- Soil improvement of the soft clay for 30m (Alluvium marine clay)
- 約400万m³に及ぶ海砂により直径40cmの砂杭を造成
- Sand drain pile of 40cm in diameter is formed by the sea sand for about 4,000,000m³
- 埋立施工期間中に圧密沈下を完了
- Complete consolidation settlement during a construction period
- 関西国際空港第2期工事との輻輳によりサンドコンパクション船を偽装し施工（10船団）
- Camouflage a sand compaction ship for congestion with the Kansai International Airport second stage construction and undertake construction (10 fleets)
- GPS機能の搭載により施工管理技術の向上
- Improvement of the construction management technology by the deployment of the GPS function
- 14か月で護岸部22.3万本（1999年11月～2000年9月）、埋立部7.4万本（2000年9月～12月）打設完了
- 223,000 building a breakwater departments (from November, 1999 to September, 2000), 74,000 (from September, 2000 to December) reclamation part casting are completed in 14 months.



圖 3.2.7 人造島地質改良工法

神戸機場人工島272公頃約使用超過5000萬立方公尺之土方，惟其中土方來源並非單純從外海抽砂填築，大部分土方來源於現為神戸複合產業園區之場址，該區位於神戸市北側的六甲山地帶，且為了在運送大量土方不影響市民的情況下，採用長達14.5公里的皮帶輸送機搬運超過5000萬立方公尺之土方，

先將土方從神戸複合產業園區運送至須磨碼頭，裝載上運砂船，並透過海運送至神戸機場人工島海域，土方運送機運送能力每小時可運送5000立方公尺土方，運送速度達240公尺/分鐘，並在完成填海造地之工作後廢除(圖3.2.8~圖3.2.12)。



圖 3.2.8 人造島土方來源及運送路線示意圖



圖 3.2.9 土方陸運流程示意圖

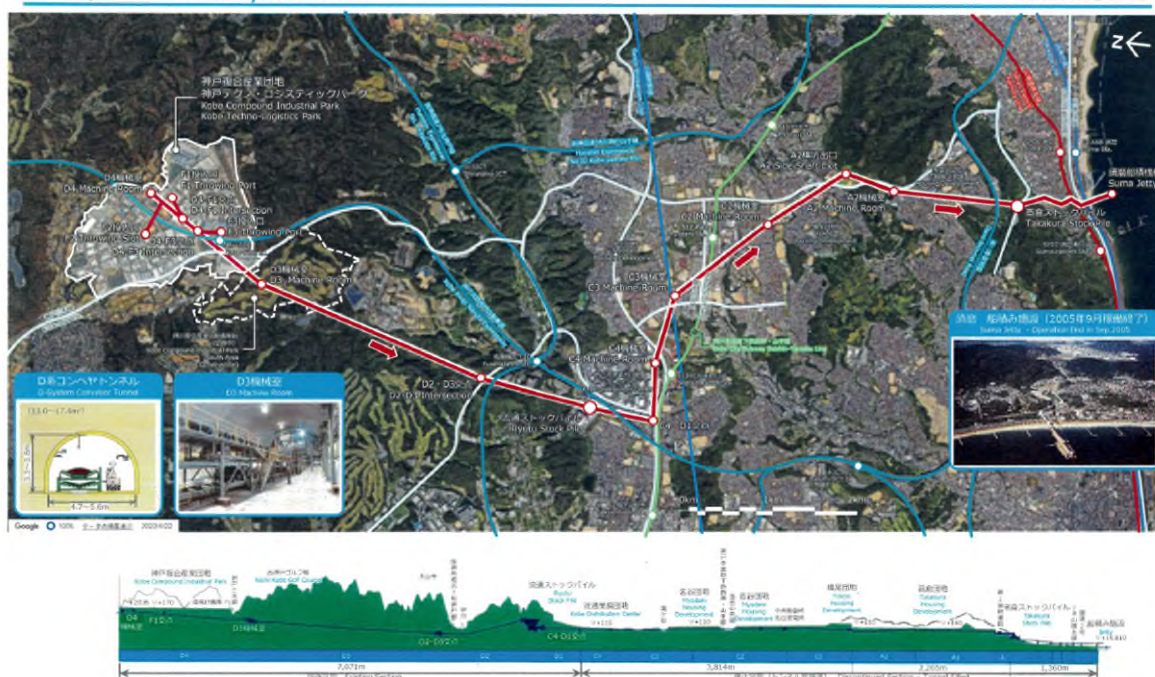


圖 3.2.10 土方輸送機路線示意圖



圖 3.2.11 土方搬運(輸送帶)工法-1

31 神戸空港島における埋立土砂運搬工法 Fill Material Transporting Methods in Kobe Airport Island

BE KOBE



圖 3.2.12 土方搬運(輸送帶)工法-2

神戸機場人造島亦展示其環境友善先驅，並作為環境創造示範機場 (Environmental Creation Model Airport)，人工島護岸嘗試以人造藻場作為環境創造之實驗，並於島上設有人工海濱、人工沙灘及親水護岸，造地完成多年後水下驗證其環境復育效果顯佳(圖3.2.13)。且日本現正積極發展氫能產業，該島亦為全球首座液化氫裝卸基地，名為"HyTOUCH Kobe"，用於接收由液化氫船運送來的液化氫，並作為無二氧化碳氫能供應鏈技術研究協會 (HySTRA) 的設施(圖3.2.14)。

17 環境に配慮した先駆的な取組み（環境創造型空港） Pioneering Environmental Initiatives –Environmental Creation Model Airport

BE KOBE

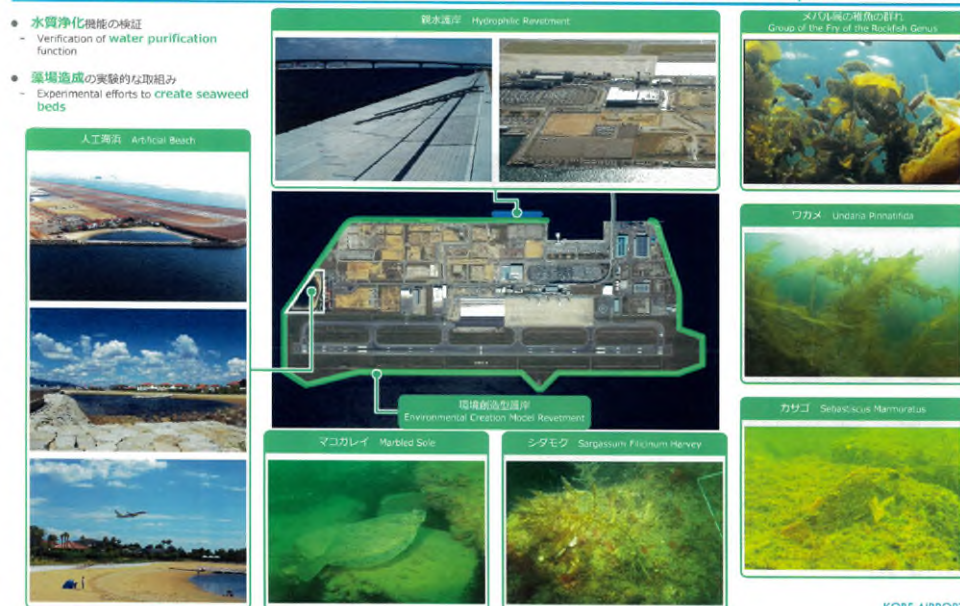


圖 3.2.13 神戸機場人造島環境創造示範機場



圖 2.2.14 神戸機場人造島設有日本首座液化氫裝卸基地

神戸機場填海造地工程完成後，為完整監控人造島沉陷量，島上佈滿4孔式及1孔式沉降板，利用沉降板鋼管內的空間進行檢查鑽探及各種儀器的安裝，以確認地盤改良的效果(圖3.2.15)。神戸機場於2006年2月16日啟用，再經前面砂樁地質改良工程後便已趨於穩定，機場營運至今並未有沉陷而造成任何問題(圖3.2.16)，相對於關西國際機場因地基問題導致的下陷和淹水問題，故出現將神戸機場作為備用機場之討論。

神戸機場於2006年營運時被定位為國內線專用機場，由於廉價航空及日本觀光旅遊熱潮興起，關西國際機場使用率連年上升，經過2018年因為颱風風災造成機場暫停關閉事件，讓關西、伊丹及神戸3座機場所成立的組織會經過長期討論後，宣布神戸機場將朝向國際機場邁進，先期因應2025大阪關西世博的舉行，於2025年4月18日國際線正式開航，並由台北出發的星宇航空JX834作為首發航班，預計在2030年前後完成可運轉國際定期航線的航廈設施升級。

21 計測沈下板の配置 Placement of Measurement Subsidence Board

BE KOBE

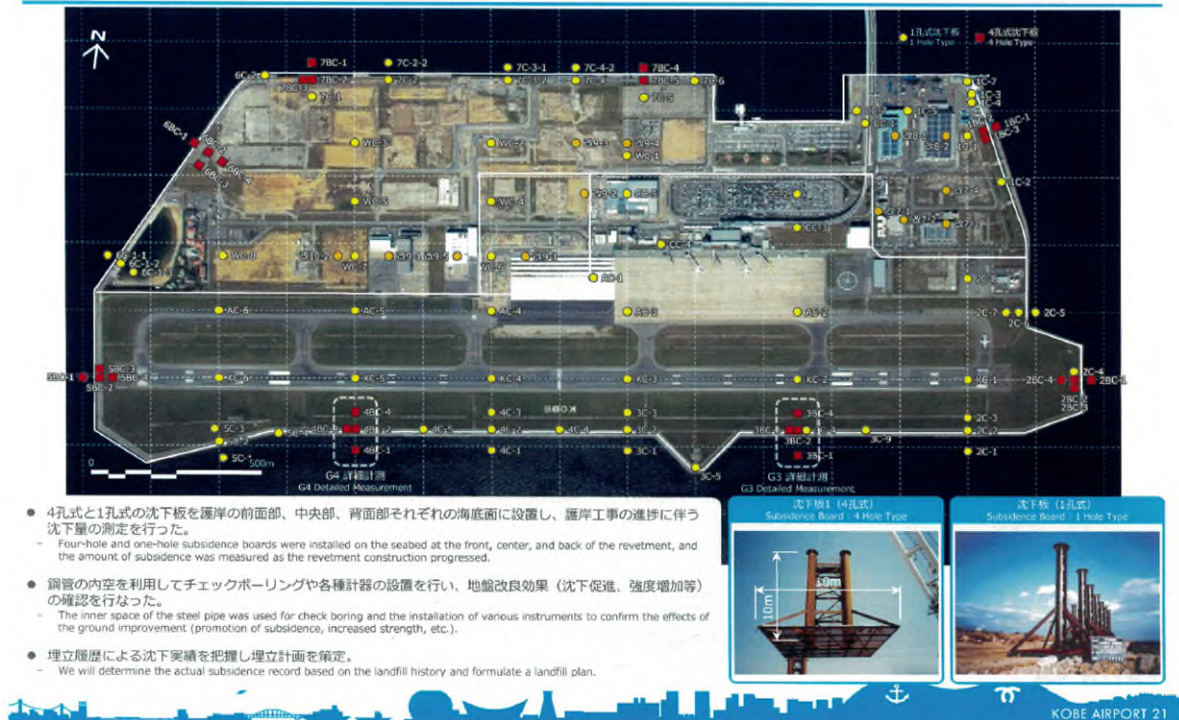


圖 2.2.15 土壤沉陷監測設備及點位

22 層別沈下計測 Subsidence Measurement by Stratum

BE KOBE

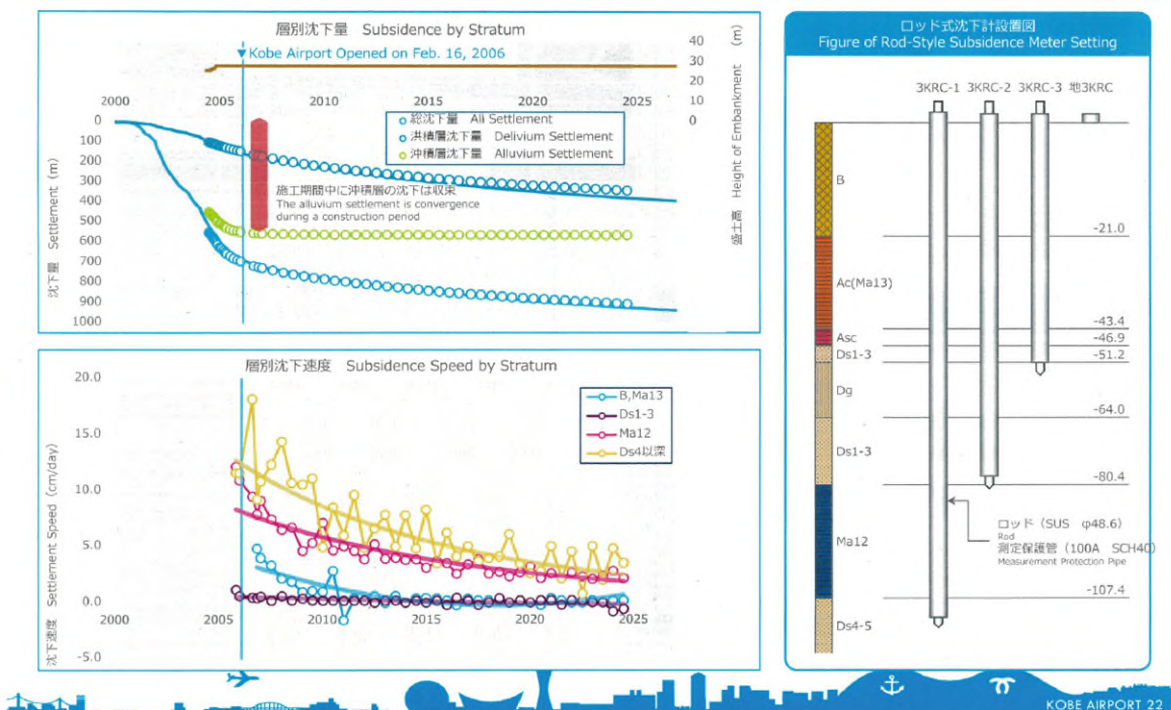


圖 3.2.16 自 2006 年營運土壤沉陷已趨於穩定



圖 2.2.17 神戸機場 2025 年 4 月 18 日國際線正式開航



圖 3.2.18 神戸機場人造島聯外橋施工照

三、日本大阪夢洲島參訪及填海造地工程考察(圖3.3.1~圖3.3.3)



圖 2.3.1 大阪夢洲萬國博覽會入園安檢



圖 3.3.2 大阪夢洲填海造地現地討論交流



圖 3.3.3 大阪夢洲填海造地工程交流會圓滿完成

大阪夢洲坐落於日本大阪市此花區之人工島，為大阪港填海造地開發中九個填海造地區(面積共約2000公頃)之一，其中夢洲面積占390公頃，呈現不規則五邊形，與咲洲、舞洲稱為大阪灣三大人工島(圖3.3.4)。

■ Reclamation of nine areas: Overall area of approx. 2,000 ha

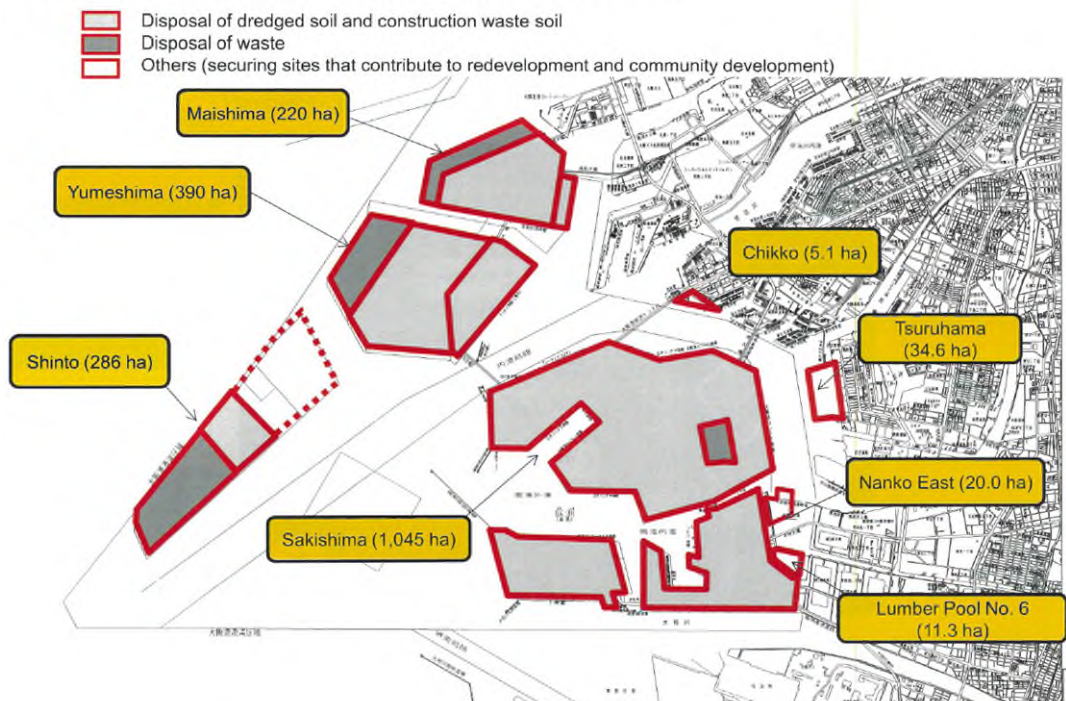


圖3.3.4 大阪港填海造地開發計畫

夢洲島興建於1970年代，起初為廢棄物的掩埋場，1988年大阪市政府制定「科技港大阪」計劃中，計畫將大阪灣人工島(包含夢洲、咲洲、舞洲)打造成

新的城市中心，具備科技、貿易物流功能，其中面積最大的咲洲逐漸發展為3島的行政中心，形成了商務交流及貿易樞紐，並集中環境、新能源、醫藥等新進技術之研發以及多功能貨櫃碼頭(圖3.3.5，6座水深13.5公尺的碼頭，碼頭長度共2,100公尺)；面積最小的舞洲則發展為體育島，島上陸續興建舞洲棒球場、舞洲競技場、舞洲運動廣場、舞洲海濱網球場等體育設施，成為大阪市內具規模的體育園區，日本大型音樂節SUMMER SONIC每年8月亦在此舉行。



圖 3.3.5 咲洲貨櫃物流中心(6 座碼頭)

而夢洲島則因90年代日本泡沫經濟的衝擊下發展一度擱置，在接連的開發失利，讓大阪府與大阪市背負巨額債務，甚至長年被視作泡沫經濟的「負遺產」，2008年大阪市在申辦奧運會時，曾計劃將夢洲設置為奧運村，但隨申奧失敗而告終。夢洲的東區被開闢為3座水深15公尺的貨櫃碼頭，西側廢棄物掩埋場的一部份則設置了大規模的太陽能發電設施 (圖3.3.6~3.3.7)，直到大阪申辦2025年世界博覽會成功，夢洲島的發展才出現轉機，於2025年4月13日至10月13日舉辦為期6個月的展覽(圖3.3.8)，並獲得世界各地旅客的好評。2023年4月14日，經日本政府批准建設計劃，大阪府和大阪市將與美國米高梅國際酒店集團聯手在夢洲興建以賭場為主的統合型渡假村(IR, Integrated Resort)，於2025年4月24日舉行統合型渡假村 (IR) 的開工典禮，將結合賭場、國際會議中心、飯店與娛樂設施(圖3.3.9)，未來將成為日本首座合法綜合渡假村(賭城夢洲)。



圖 3.3.6 夢洲地區的都市開發



圖 3.3.7 夢洲貨櫃物流中心(3 座碼頭)

照片來源：

<https://www.mottimes.com/article/detail/6231>



圖 3.3.8 夢洲萬國博覽會空拍照

照片來源：

<https://www.businessday.com.tw/article/category/183025/post/202304200018/>



圖 3.3.9 夢洲綜合型渡假村願景圖

夢洲島面積390公頃，分為4大區域分別由生活廢棄物、建築事業廢物土方及大阪灣區內疏浚土方填海造地，其中為增加疏浚土方收容量，在填築土地之前就先於海床進行大規模土地改良工程，第一階段於填好疏浚土方時先透過降低地下水位方法進行強制排水，使得土方體積減少且強度增加，並在土方上方進行表面處理及砂土鋪蓋後第二階段再進行PBD(Plastic board drain) 塑料排水板工程(圖3.3.10~圖3.3.11)，在軟土地基中打設大量垂直的排水通道，利用塑料排水板的孔隙，形成人工排水通道，縮短排水時間，加速土壤固結，縮

小土方體積，提高地基的承載力和穩定性，促進地基的壓密；經觀測再完成 PBD工程後土地共下沉了4.5公尺(圖3.3.12)。

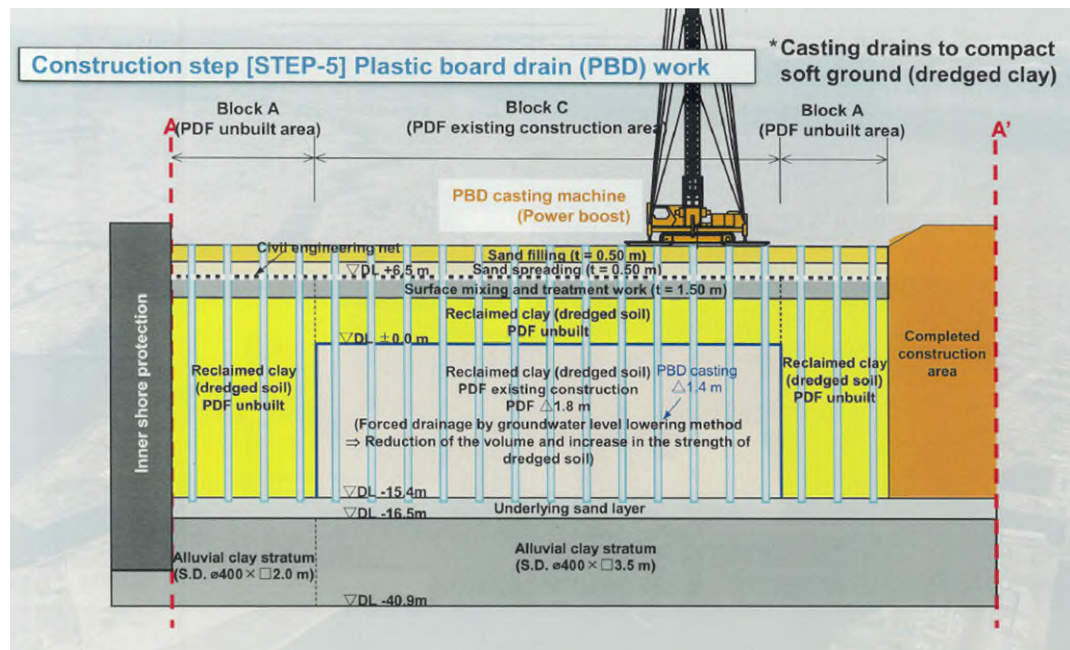


圖 3.3.10 PBD(Plastic board drain) 塑料排水板工法示意圖



圖 3.3.11 PBD(Plastic board drain) 塑料排水板工法施工照

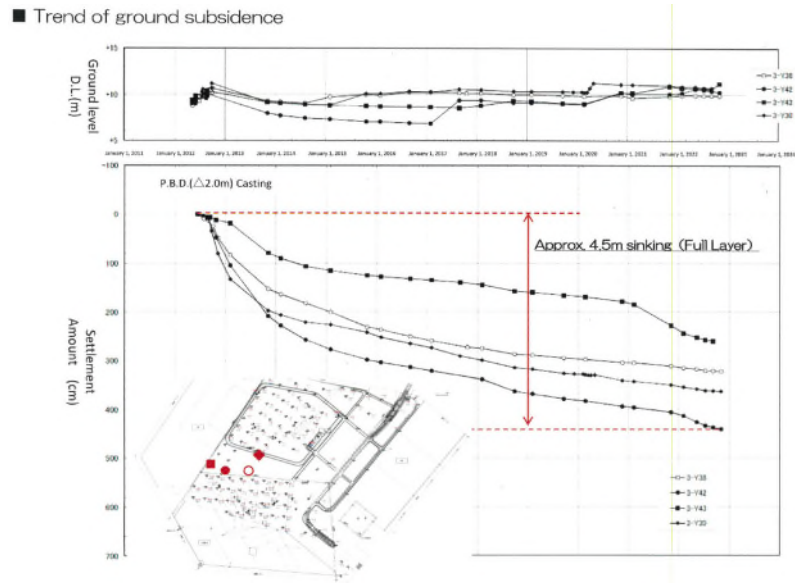


圖 3.3.12 夢洲地層下陷趨勢圖

夢洲島約有5分之1面積原先為垃圾掩埋場，埋藏的垃圾隨著時間而產生沼氣(即甲烷)，所以需要利用管線將地面下的沼氣排放至地面上，擴散至大氣中以稀釋甲烷濃度，而不至於爆炸。2024年3月28日萬博會場曾發生興建中的公廁，因施工時沒有檢測甲烷濃度，就發生爆炸意外，所幸並沒有人員受傷。後來大阪萬博也因此要求會場內，必須定期檢測甲烷濃度、加強通風換氣，並嚴禁用火，但在2025年4月試營運期間仍發生檢測出甲烷超標，達到可引爆的濃度，引發安全疑慮，未來臺灣本島如有相關的民生廢棄物掩埋造地計畫，皆應引以為鏡。



圖 3.3.13 「大屋根環形迴廊」：獲得金氏世界紀錄認證，成為世界最大木造建築物

四、日本東京羽田機場參訪及航廈拓建工程考察(圖3.4.1~圖3.4.4)



圖 3.4.1 羽田機場公司機場營運交流會



圖 3.4.2 羽田機場參訪



圖 3.4.3 機場貴賓當日識別證



圖 3.4.4 交流會圓滿完成

羽田國際機場，坐落於日本東京都大田區，離東京市中心約20分鐘車程，占地面積約1,522公頃，啟用於1931年8月25日，與成田國際機場並列為東京兩大聯外機場，亦為日本國內航線樞紐。

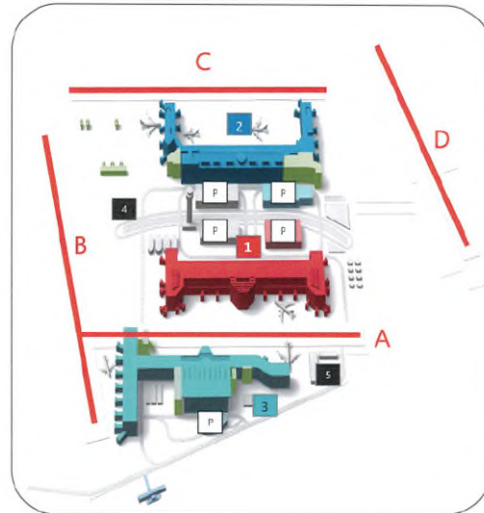
羽田機場為日本歷史最悠久的機場之一，曾透過填海造陸多次拓建用地範圍，擁有3座航廈、4條跑道、232個停機坪；機場全天24小時營業，至2025年止計有52條國際航線、49國內航線，每年將近49萬次的起降及8,500萬的旅客人數，無論在面積、起降航班或旅客流量上均為日本機場之最，2024年名列世界客運流量第4高的機場，曾在「Skytrax」歷年得過：世界最清潔機場、世界最佳國內機場、最佳 PRM 和無障礙設施、最佳機場（70+百萬旅客）、亞洲最清潔機場等獎項，並獲2025年「世界十大最佳機場」第3名(成田機場為第5名) (圖3.4.5)。



圖3.4.5 羽田機場概述

羽田機場共有3座航廈(圖3.4.6)，第一航廈為國內線航廈，總樓層面積29.2萬平方公尺；第二航廈為國內、國際線航廈，總樓層面積35.4萬平方公尺；第三航廈(原為第二航廈)為國際線航廈，總樓層面積26.8萬平方公尺(拓建後)，2010年2月10日啟用，當時東京單軌電車站名定為羽田機場國際線大樓站，而京濱急行電鐵站名定為羽田機場國際線航站樓站，為了加強國際線航班的作業能量，羽田機場於2017年10月動工改建第二航廈南側，增設國際線通關設施。隨著2019年第二航廈國際線拓建工程的完工，第二航廈於2020年3月14日更名為第三航廈，各航廈的聯外鐵路車站也同步進行更名為羽田機場第三航站樓站(圖3.4.7)。

- Total airport area: 1,522 ha
- Apron, Total area: 268 ha / Spots: 232
- 4 Runways
 - Runway A 3,000 m × 60 m (16R/34L)
 - Runway B 2,500 m × 60 m (04/22)
 - Runway C 3,360 m × 60 m (16L/34R)
 - Runway D 2,500 m × 60 m (05/23)
- Runway capacity:
486,000 takeoff and landing slots/year
- 3 Passenger Terminals :
 - Terminal 1 (Domestic) 1
 - Total floor area: 292,400 m² / 24 fixed gates
 - Terminal 2 (Domestic/International) 2
 - Total floor area: 354,312 m² / 27 fixed gates
 - Terminal 3 (International) 3
 - Total floor area: 268,000 m² / 20 fixed gates
- Cargo Terminal :
 - Cargo Terminal Domestic 4
 - Cargo Terminal International 5



- 5 Car Parks :
 - 13,112 vehicles (capacity) P

圖3.4.6 羽田機場主要設施

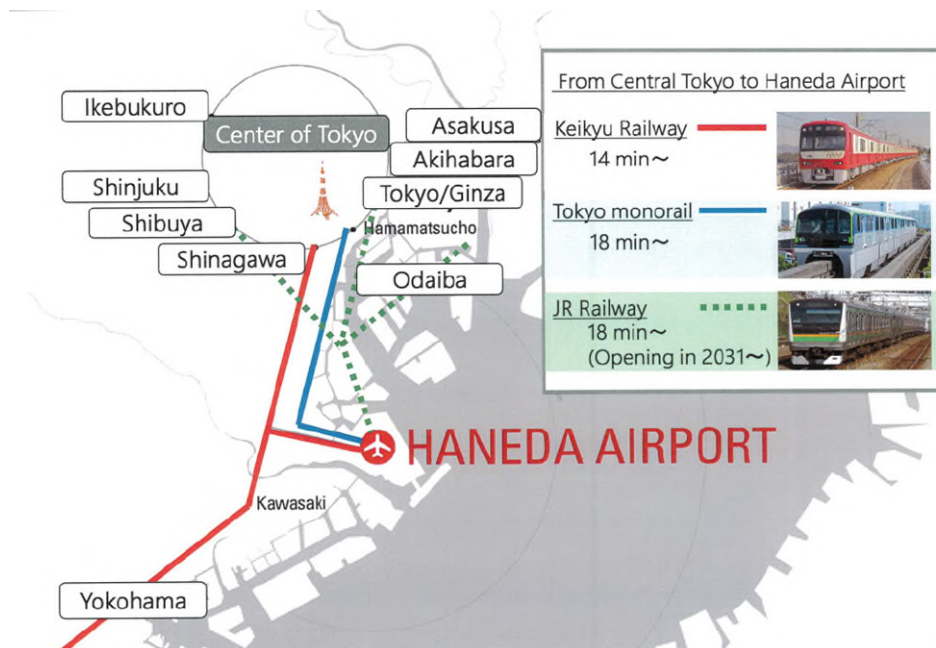


圖3.4.7羽田機場大眾交通接駁示意圖

第三航廈為5層高的國際航廈(圖3.4.8)，以及6層高的停車場（約3,200個泊位），樓板面積約236,000平方公尺，設有全日空、日本航空、國泰航空及達美航空的貴賓室，以及空橋20座(第105 – 114號及第140 – 149號門)，而第131-139號門則是以公車接駁登機。在航廈之內，四樓建有以昔日江戶街道模樣建成的商店街(江戶小路，圖3.4.9)，有不少日本傳統特色料理，或是可以凸顯日本特色的餐飲，以及日本最大規模的免稅店；旅客設施使用費設定在比中部國際機場的2,500日圓低500日圓。航廈的聯外交通，除了東京單軌電車羽田線

一部分的路軌作出更改，以連接鄰近新建的車站之外，在地底運轉的京急空港線也興建新車站。



圖 3.4.8 羽田機場第三航廈概覽



圖3.4.9 羽田機場四樓江戸小路



圖3.4.10 第三航廈擴建段



圖3.4.11 航廈拓建連接空橋

羽田機場第二、三航廈皆為東京國際航空樞紐公司(TIAT, Tokyo International Air Terminal Corporation)管理並營運(圖3.4.10)，主要業務範圍包含國際客運航廈及設施所有權與管理、向航空公司及機場營運商出租辦公室和商定，並管理停車場、商品銷售(免稅店等)、餐飲店及咖啡店的管理、資訊服務、休息室及會議室租任管理等。

Tokyo International Air Terminal Corporation (TIAT) manages and operates Terminal3 and the international flights facility of Terminal2, which was planned as a Private Finance Initiative (PFI) project.

Name	Tokyo International Air Terminal Corporation (TIAT)
Establishment	June 20, 2006
Capital	100,000,000 yen
Main Business Areas	•Ownership and management of the international passenger terminal and facilities •Leasing of offices and stores to airlines and airport operators and management of the parking lot. •Sales of goods (Duty free shops, &c.) •Management of food and beverage stores and cafes •Services etc. (Information services, lounge & rental conference room management, &c.)
President CEO	Masatoshi Akahori
Stockholders	•Japan Airport Terminal Co., Ltd. (stockholding ratio: 51.00%) •Japan Airlines Co., Ltd. (stockholding ratio: 16.87%) •ANA Holdings Inc. (stockholding ratio: 16.87%) •10 other companies
Corporate Philosophy	As the gateway to the nation's capital, Tokyo, we will endeavor to continue providing cutting-edge terminal facilities and services to customers from across the world and thus contribute to the development of the international aviation network.



圖3.4.12 東京國際航空樞紐公司(TIAT, Tokyo International Air Terminal Corporation)簡介

肆、心得與建議

一、代辦北竿機場圍堤造地及跑道延建第一期計畫工程

本工程計畫為交通部民航局委託交通部臺灣港務股份有限公司代為辦理規劃、設計、監造及工程採購作業，第一期計畫期程為114~125年，計畫經費約220.3億元，工程包含重力式圍堤、山坡地開挖取土並回填新生地、水土保持、土壤地質改良、跑道延長、飛航相關設施設置及系統建置等。本公司對於圍堤、抽砂填地、新生地土地改良、碼頭及護岸有相當豐富經驗及專業之團隊，惟本案因地方民意希望能在機場正常營運下進行工程，對於陸域工程及海域工程都有相當大的挑戰，且未來新生地也面臨下陷的問題，藉由本次參訪日本各地填海造地工程以及機場營運單位的交流訪談，收獲相當豐富。

二、新生地下陷的預防

日本團隊因為關西機場從營運後就一直發生新生地不斷下陷的情形，機場用地低於海平面，導致颱風季節防坡堤高度不足海水湧入機場用地，關西機場相關團隊花費大量經費加高防坡堤、止水樁、抽水站、擋水門等設施，所以後來神戶機場在填海造地之前，就先對該場地地質調查做足準備，做了約90孔的地質鑽探，其中最深的孔甚至達300公尺以上，以取得較完整的地質資料。後續下方進行共計30萬根耗時14個月的砂樁地質改良工程，藉由砂樁的排水性，在填海造地施工期間完成整個人工島範圍的壓密沉陷，於2006年2月16日啟用至今並未有沉陷而造成任何問題。

夢洲島第一階填地工程亦先透過降低地下水位方法進行強制排水，使得土方體積減少且強度增加，藉由打設大量的塑料排水板，利用塑料排水板的孔隙，形成人工排水通道，縮短排水時間，加速土壤固結，縮小土方體積，提高地基的承載力和穩定性，促進地基的壓密，藉此亦可收容更多的土方。

三、營運期間施工機具的選用

關西機場第二跑道用地亦為填海造地而來，施工期間第一跑道及航廈能正常營運，關鍵在於海上施工採用的海上大型起重機能配合機場營運的限高而降低高度，讓機場可以在更安全的施工環境下維持正常營運。

神戶機場人工島的土方來源，並非從臨海浚挖回填，而是由市區北側的

山區開採運至海上，為減少每日上百台運土車進出新區影響市民及對環境的污染，採用長達14.5公里的皮帶輸送機搬運超過5000萬立方公尺之土方，未來北竿機場的新生地土方亦可考慮採用輸送機搬運，在減少一天上百台運土車進出機場用地的同時，也將對飛機跑道的污染降到最低。

四、新生地上方建築物及結構對於地表下陷之預防

關西機場第一期航廈建置前，其設計顧問團隊透過地質鑽探結果即已知未來地表會有整體均勻的下陷現象，雖說均勻沉陷對於建築物結構並不至於造成永久性的破壞，但因航廈特殊建築物體，對於高程準確仍有程度上的要求，固顧問團隊在設計時加入了大量的因應未來地表下陷的防範規劃，如地下室柱底設計為可調式柱底板，牆面設計成夾層滑動式牆面，管路則設計為撓式軟管街頭，樓梯則預留新增階梯的介面，透過完整預防性規劃下，後續大幅節省了建築物抬升工程的費用。

五、新生地環境復育

北竿機場西南側緊鄰馬鼻灣濱海公園，為當地著名光觀遊憩景點之一，其中每年3-9月時，馬鼻灣濱海公園也是觀賞馬祖遊客最想遇見的奇幻美景「藍眼淚」的著名地點之一，「藍眼淚」為馬祖最具代表性的生態奇景，更是被CNN評選為世界十五大奇景之一。

參考神戶機場人造島環境友善工程，嘗試以人造藻場作為環境創造之實驗，也許未來北竿機場規劃設計階段，可邀集專家學者研究藍眼淚的生長環境，嘗試創造合適的環境，以人工的方式來繁殖藍眼淚，促進馬祖的觀光發展。

六、與機場管理單位的溝通協商

本次參訪關西機場、神戶機場及羽田機場的機場營運單位，皆認為本「北竿機場圍堤造地及跑道延長」計畫要在工程與營運間達成平衡，困難重重，建議未來臺灣的設計團隊在前期規劃就務必與機場營運單位做足協調與溝通，並且務必了解飛機起降的限制及機場航安的管理機制，例如飛機起降前的跑道FOD(Foreign Object Debris)檢查作業，FOD是指飛機跑道上的異物，對飛機起降安全構成潛在威脅，因此機場營運單位對於本計畫未來每日將有數百輛運土車經過機場跑道周邊有較大的擔憂。為此，本公司在辦理本工程設計時，

將頻繁攜顧問公司拜訪北竿機場相關部門，蒐集足夠的資料納入設計考量要件，以其完備考量設計及施工階段之風險評估。

七、結語

本次參訪特別感謝關西機場公司盡心竭力且詳盡的介紹業務內容，並盛情邀請我們參觀機場場地，讓我們一睹其防範海水倒灌及地層下陷的優質措施；感謝神戶港灣局接待我們參訪神戶機場，用心準備30分鐘紮實的簡報，讓我們更了解神戶機場填海造地的豐富經驗；還要感謝大阪港灣局特別接待我們參訪夢洲島，在艷陽下，仍以大字報詳盡介紹夢洲島填海造地的經驗，同時見證萬國博覽會的龐大人潮；再感謝羽田機場公司在機場最繁忙的星期一，撥空接待我們參觀機場航廈拓建等相關先進設施，雙方熱情交流業務經驗、拓展視野。最後要感謝本次出訪團隊的所有成員，每個成員所提供的豐富意見都積攢為本次出訪更有價值的知識及經驗。