

出國報告（出國類別：進修）

## 赴比利時參加「港口疏浚」課程報告

服務機關：交通部臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司

姓名職稱：蔡昀璋副工程師

派赴國家/地區：比利時/安特衛普

出國期間：107年6月16日至107年7月1日

報告日期：107年9月7日

行政院及所屬各機關出國報告提要

頁數：36 本文含附件：否

出國報告名稱：赴比利時參加「港口疏浚」課程報告

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

蔡昫璋/交通部臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司/開發建設處/副工程師  
/06-2653034

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

交通部臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司/蔡昫璋/06-2653034

出國類別：進修

出國地區：比利時

出國期間：民國 107 年 6 月 16 日至 7 月 1 日

報告日期：民國 107 年 9 月 7 日

內容摘要：

一、APEC(Antwerp/Flanders Port Training Center)於 1977 年設立，是一個專門從事與港口和海運有關課題培訓的國際性訓練機構，迄今已有超過 150 個國家，1 萬 5 千名以上學員參與過其中的課程，藉由短期訓練、現場參觀及互動課程達到最佳知識交流。

二、本次奉派參加 APEC 浚挖技術(Dredging Technologies)課程，藉由參訪世界級浚挖工程集團如楊德諾 ( Jan De Nul )、浚挖環境及海事工程 ( DEME-Dredging, Environmental & Marine Engineering )、汙染土壤回收中心 ( Fasiver、Hulsdonk )、安特衛普港浚挖泥砂脫水及儲存計畫 ( AMORAS ) 等，瞭解浚挖作業及浚挖土方再處理之情形，並透過課程上講解相關課題，如：浚挖土壤、耙吸式與絞刀式浚挖模擬、土方再處理及浚挖工程對環境影響層面等，及現場參觀與課程說明互相配合，讓學員能快速學習。

三、浚挖工作係屬港口營運所維繫之長年性工作，因工程環境可分為海上及海床下作業，不確定性較高且存在許多注意事項，從規劃、設計、施工等需配合調查、試驗及資料蒐集，如：浚挖區域土壤地質調查、氣象調查、海象及影響區域生態調查等，另船機的選擇上同時又要考量到浚挖的效益、深度等能力、浚挖船機本身裝載或排填土方的能量及環境施工區域（浚挖及填築區）的環境監測等，包含了許多學問；藉由本次研討上課的方式，不僅能夠與世界各國其他港口人員交流，同時也實際參觀安特衛普及相關港口設施，收穫良多。

# 赴比利時參加「港口疏浚」課程報告

## 內容大綱

## 頁次

壹、緣起及目的	2
貳、課程表	3
參、課程內容與學習過程	5
肆、心得與建議事項	36

### 壹、緣起及目的

港務公司為培育內部業務、工程、郵輪、港棧等人才，特別成立港務公司海運發展學院致力於相關專業課程之教育訓練，另一方面為了與世界接軌於 104 年與比利時安特衛普/法蘭德斯港口訓練中心 APEC(Antwerp/Flanders Port Training Center)簽訂合作意向書，將國際訓練機構引進，為台灣提供一個國際交流的平台。

該訓練中心董事會係由安特衛普港務局跟 Alfaport Antwerpen (安特衛普港私營海運企業聯合會)、CEPA(安特衛普港僱主協會)及法蘭德斯地區政府交通和公共工程部組成，藉由公、私部門與相關業者的合作，自 1977 年成立並開始傳授港口業務相關的課程，迄今已有 150 個國家，超過 15,000 學員參訓，課程涵蓋工程、碼頭管理、物流、碼頭工人訓練等各類港口營運相關領域。

APEC宗旨為「通過港口知識建立港口友誼」，除對外提供專業培訓課程外，更扮演安特衛普港務局一個重要的外部介接橋梁，搭起國際合作與專業人士的交流網路並提供實務、理論、互動教學及現場參觀的訓練課程。

本次課程係為期2周的短期訓練，課程涵蓋參觀安特衛普港相關設施及該港之浚挖泥砂脫水及儲存計畫 (AMORAS) 介紹、參訪當地世界級浚挖集團及自航自載耙吸式挖泥船、汙染土壤回收及再處理中心，並搭配實務課程講解以了解浚挖技術發展及未來趨勢。

本分公司近五年內新闢洲際貨櫃中心第二期工程計畫、第 115、116 及 117 號碼頭改建工程、第 120、121 號碼頭加深改建工程...等深水碼頭浚深新建及改建工程，另一方面近年內高雄港區每年維護浚挖已達近 40 萬立方米，故港埠發展與浚挖作業息息相關，本次奉派參加港口浚挖課程，除了充實豐富的浚挖技術實務與經驗交流外，更期許為後續工作執行上帶來新的看法。

## 貳、課程表

### 一、第一天 107 年 6 月 18 日(一)：

- (一) 安特衛普港介紹、自我介紹。
- (二) 浚挖土壤介紹、管理單位於海事及海岸服務之角色說明。

### 二、第二天 107 年 6 月 19 日(二)：

- (一) 參訪浚挖公司-楊德諾 (Jan De Nul)、耙吸式挖泥船功能及應用範圍。
- (二) 浚挖船機設計及建造之新趨勢 (及工廠參訪)、耙吸式挖泥船浚挖操作模擬。

### 三、第三天 107 年 6 月 20 日(三)：

- (一) 參觀安特衛普港相關設施。
- (二) 技術參訪-汙染土壤回收及再處理中心 (Fasiver)。

### 四、第四天 107 年 6 月 21 日(四)：

- (一) 參訪安特衛普港疏濬土方處理工廠 (AMORAS)。
- (二) 技術參訪-汙染土壤回收及再處理中心 (Hulsdonk)。

### 五、第五天 107 年 6 月 22 日(五)：

- (一) 參訪布魯日。
- (二) 現地參訪耙吸式挖泥船。

### 六、第六天 107 年 6 月 23 日(六)：

休息

### 七、第七天 107 年 6 月 24 日(日)：

休息

### 八、第八天 107 年 6 月 25 日(一)：

- (一) 參訪浚挖公司-浚挖環境及海事工程 (DEME)、絞刀式浚挖船作業原則簡介。
- (二) 耙吸式挖泥船使用及應用範圍、絞刀式浚挖船浚挖操作模擬。

九、第九天 107 年 6 月 26 日(二)：

- (一) 參訪荷蘭皇家 IHC 造船廠、耙吸式挖泥船整合設計及維護。
- (二) 浚挖對於環境影響的層面、造船廠廠區參訪。

十、第十天 107 年 6 月 27 日(三)：

- (一) 參訪荷蘭皇家 IHC 造船廠、工作坊-選擇您所需要的絞刀式浚挖船。
- (二) 耙吸式挖泥船之新發展。

十一、第十一天 107 年 6 月 28 日(四)：

- (一) 對浚挖計畫的流體動力學和形態學調查，以比利時 Deurganck dock 及羅馬尼亞 Lower Danube 為案例研究。
- (二) 浚挖逸散物質對環境的影響層面，如何預測、監控及最小化。

十二、第十二天 107 年 6 月 29 日(五)：

- (一) 工作坊-案例學習倫敦航道港口，五個問題及五個答案。
- (二) 結業式典禮。

## 參、課程內容與學習過程

### 一、安特衛普港

依 2107 年統計資料安特衛普港是僅次鹿特丹港的第 2 大歐洲港口，港區主要分布於斯海爾德河(Scheldt River)畔兩岸，港區內深水貨櫃碼頭區平均水深約為 16.5 公尺，惟北海潮汐及斯海爾德河潮差達 5 公尺以上，故安特衛普港以興建船閘方式（共 8 組）讓貨櫃船作業方便，在世界上是較為罕見的。

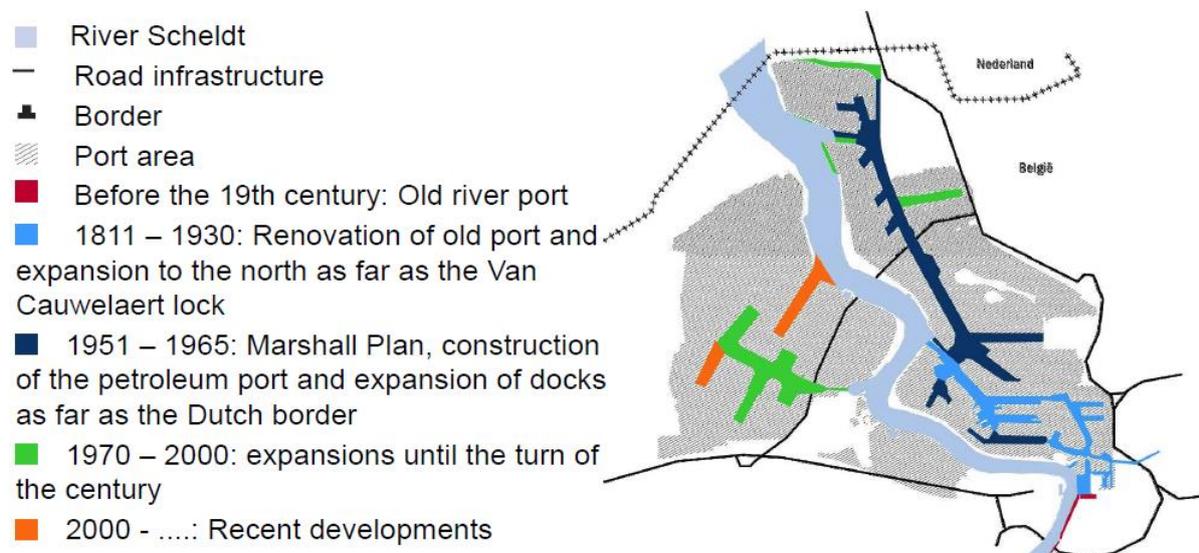


圖 1-1-1. 安特衛普港發展歷程<sup>91</sup>

安特衛普港區總面積為 12,068 公頃，碼頭總長度為 166km，鄰近西北歐生產及消費中心可用運用多種運輸方式，如：陸運、鐵路、駁船及管線等，是歐洲的第二大鐵路港口每年超過 2400 萬噸貨物由鐵路運輸，每天 250 列貨運列車運輸的貨物量約占港口總流量的 12%，港口內的客戶可以使 1,066 公里的鐵路線道和 26 條鐵路專用線。聯外公路總長度為 430km，分別連結歐洲的高速公路網，與荷蘭、德國、法國和歐洲的許多其他工業中心直接相連。另安特衛普港距出海口約 80 公里，雖然屬於內陸港但其連接 1,500 公里長的比利時駁船網路，且位於斯海爾德河-馬斯河-萊茵河三角洲中間的地理優勢，屬於歐洲內河航道網的中心可直接連接到泛歐洲的內河航道網，提供了絕佳的駁船運輸機會，每週超過 200 班次貨櫃駁船往返歐洲 67 個目的地。

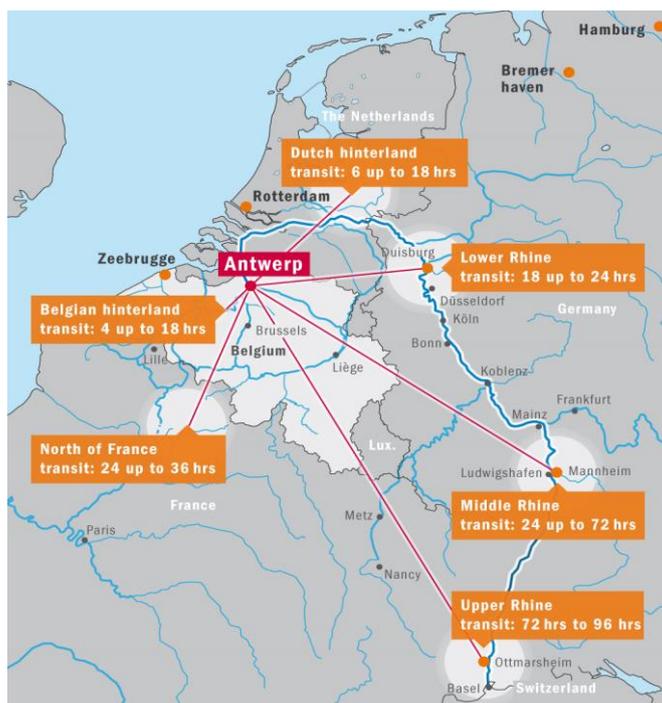


圖 1-1-2. 安特衛普港以駁船至鄰近國家相關城市的預估時程<sup>\*2</sup>

依據 2017 年統計資料，安特衛普港區內共計有 900 間公司，且從事港區內之直接、間接工作人數共達 142,654 人，其中化學工業為安特衛普港區內相當著名的產業聚落，全球前 10 大化學工業公司皆於港區內設廠，結合化工廠業上下游及當地物流業者，形成極具優勢之供應聚落。

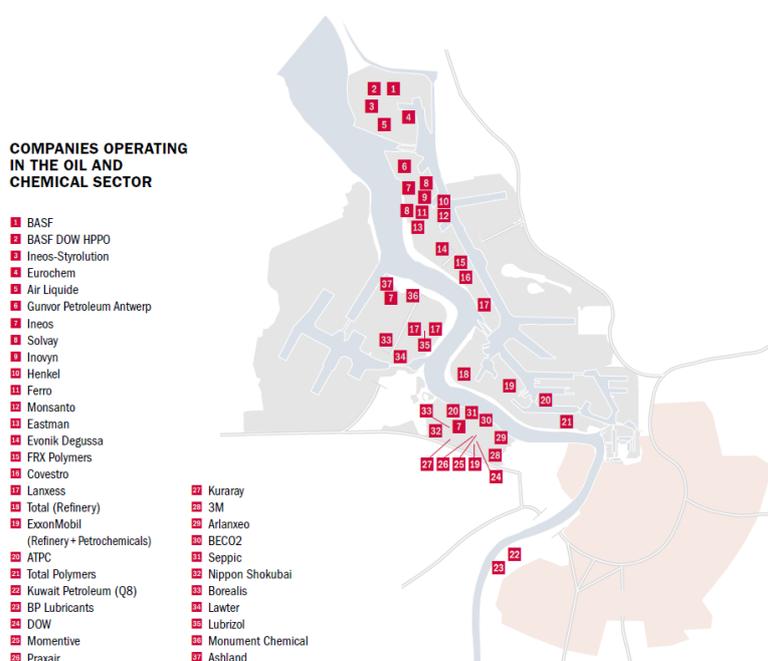


圖 1-1-3. 安特衛普港港區化工業分布圖<sup>\*2</sup>

為因應安特衛普港特殊地理條件及更新碼頭設備，港務局在港區基礎設施的投資方面，將從西元 2010 年至西元 2025 年，投入 16 億歐元進行下列建設：

1. 斯海爾德河加深工程(已完成)。
2. 短期計畫包含
  - a. 鐵路隧道連接安特衛普港左、右岸(已於 2014 年底完成)。
  - b. 左岸第二座船閘建置(已於 2016 年 6 月營運使用)。
  - c. 碼頭更新及投資。
  - d. 購買耙吸式挖泥船、新拖船、無動力受泥駁船(Dumb barges)及頂推駁船(Pusher barges)。
3. 長期計畫，發展左岸約 1000 公頃之 'Saeftinghe' 區域。

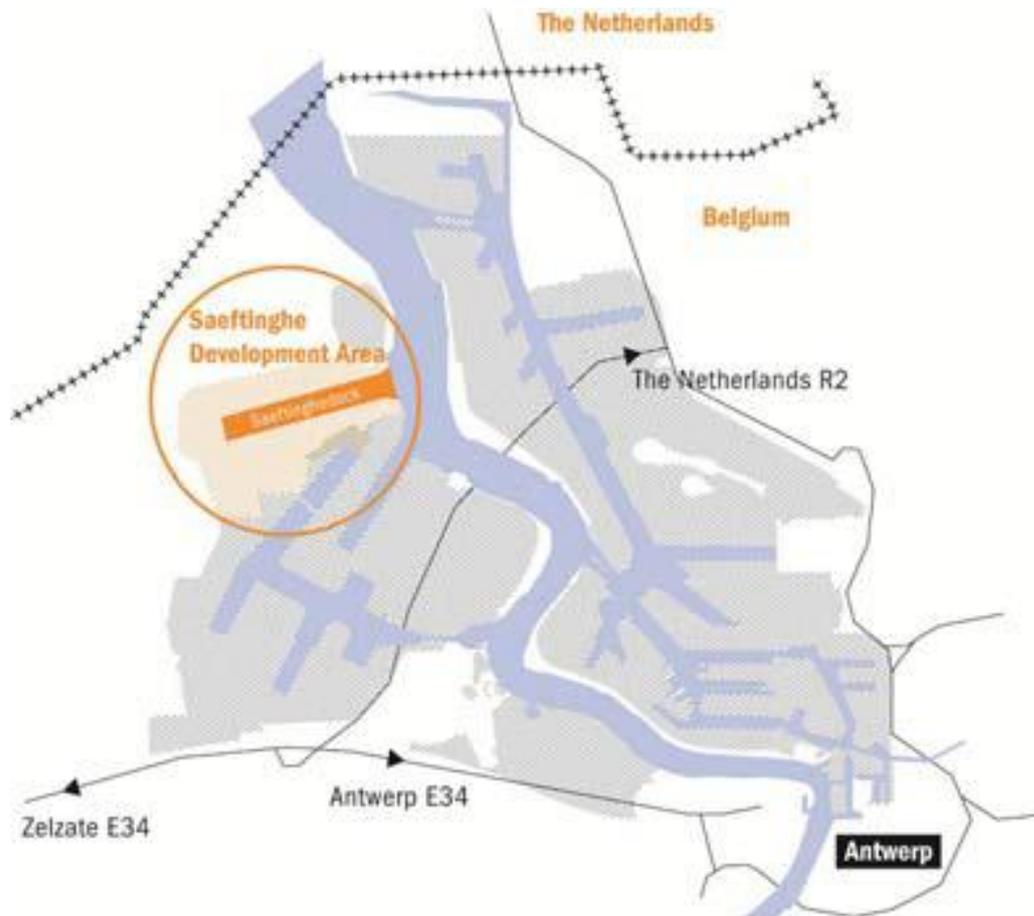


圖 1-1-4.安特衛普港長期計畫 Saeftinghe 區域<sup>\*2</sup>

## 二、安特衛普港參訪行程

### 1. 港務局總部

安特衛普港務局新總部(Port House) 設置於 63 號碼頭，係由伊拉克裔英國建築師札哈·哈蒂 (Zaha Hadid) 設計，並於 2016 年底完工，建築本體包含舊有之 4 層樓建築物並於其上新設玻璃及鋁合金板帷幕之建築物，可容納 500 名的員工，其內包含展覽空間之中央大廳、辦公室、會議室及全景餐廳等，白天反射周圍環境光線而晚上則可發出像水晶一樣的光芒，造型宛如船舶及當地聞名世界的鑽石。

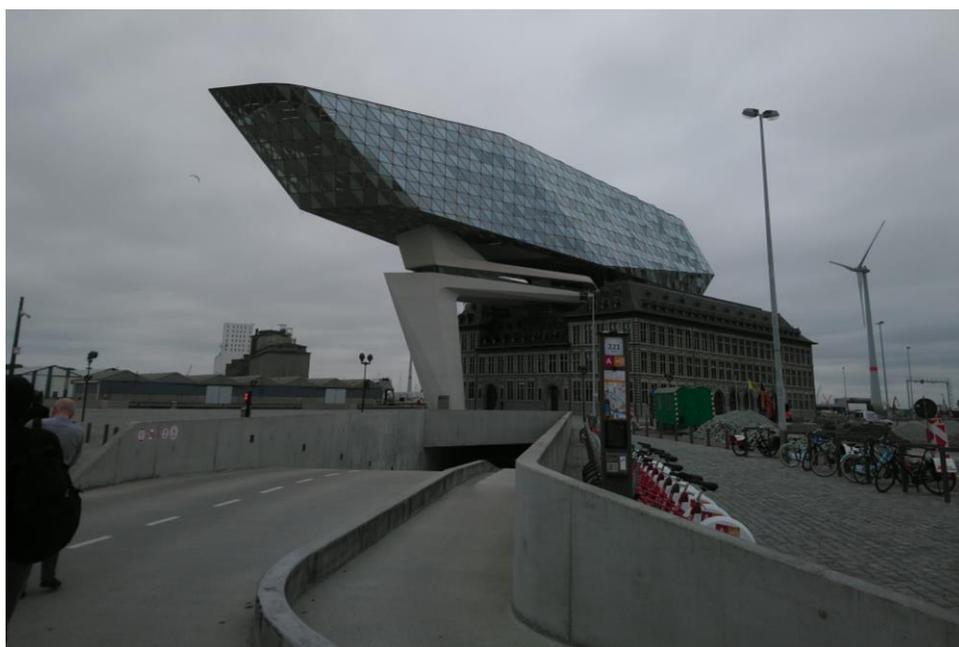


圖 1-2-1. Port House 外觀照

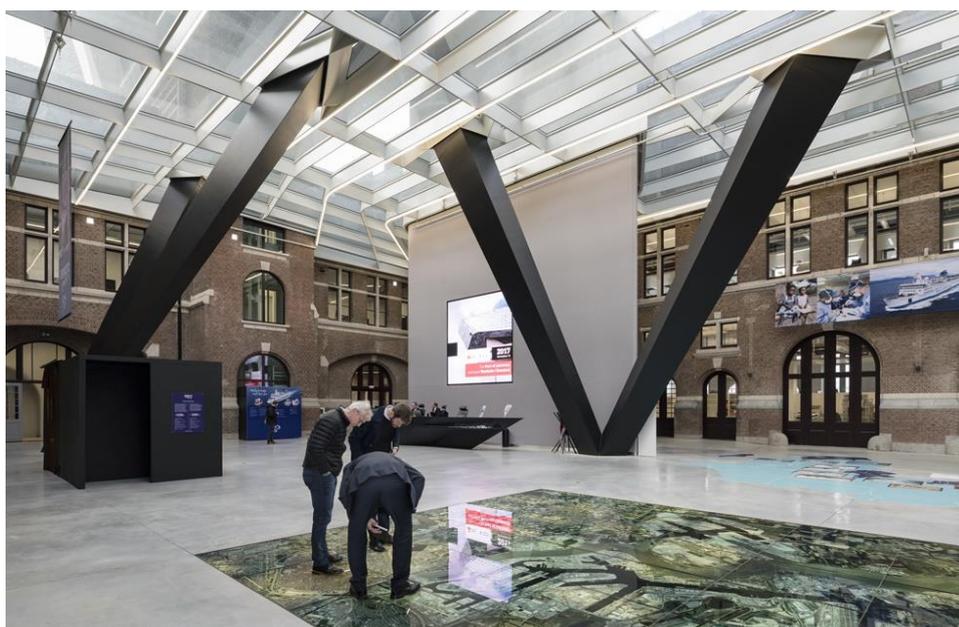


圖 1-2-2. Port House 1F 內部<sup>\*2</sup>

## 2. Kieldrecht Lock 船閘

該座船閘是左岸 Deurganck 碼頭的第二個船閘，現階段為世界上最大的船閘（後續鹿特丹港所興建的新船閘將取代），本船閘造價約 3.82 億歐元，船閘長 500 公尺、寬 68 公尺、操船水深 17.8 公尺，為斯海爾德河(Scheldt River)與 Waasland 運河之間的左岸碼頭提供通道。另為建造這個船閘，挖掘了 910 萬立方米土（其中近半數是以浚挖方式施作），主要材料包含 22,000 噸結構鋼及 760,000 立方之混凝土用來打造本船閘及相關橋梁。

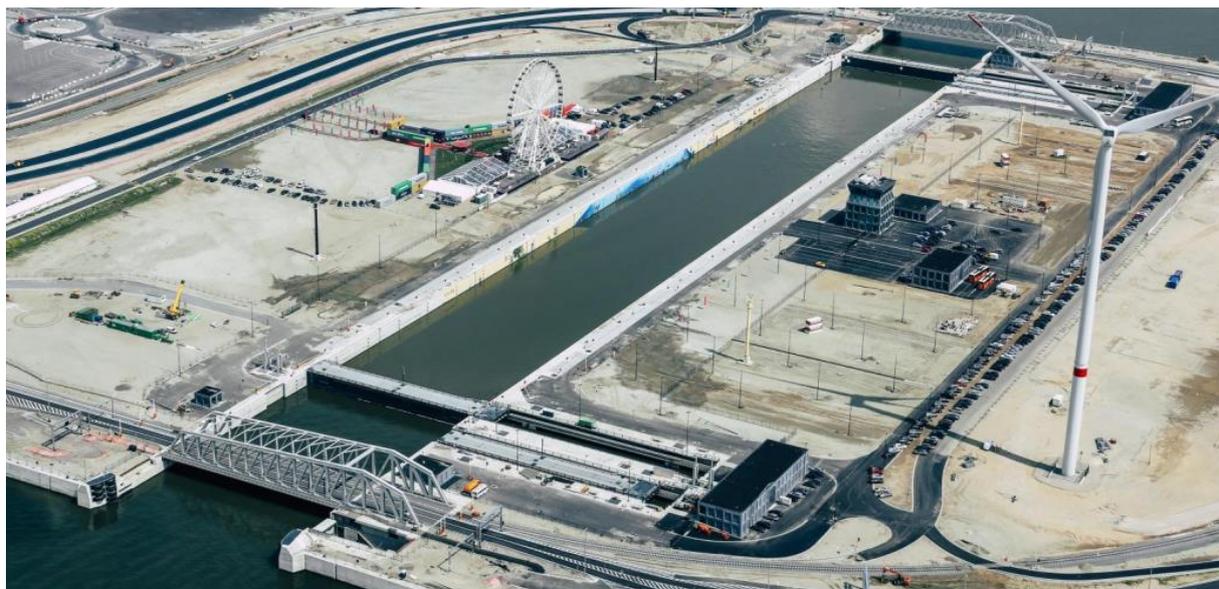


圖 1-2-3. Kieldrecht Lock 船閘空拍圖\*2



圖 1-2-4. Deurganck 碼頭內的貨櫃駁船

### 3.環港道路周邊綿密的運輸管線

安特衛普港是歐洲最重要的化學產業聚落，也是歐洲相關化學管線網絡中最重要的一樞紐，管線為（石油）化學品提供安全、可靠和環保的運輸工具，用於比利時和鄰國供應和分銷其產品；所有化學工業公司和獨立儲槽透過 57 條不同的產品管道及 1,000 公里的管線連接起來，這些管線輸送港內近 90% 的液體化學品（石油）化學品。

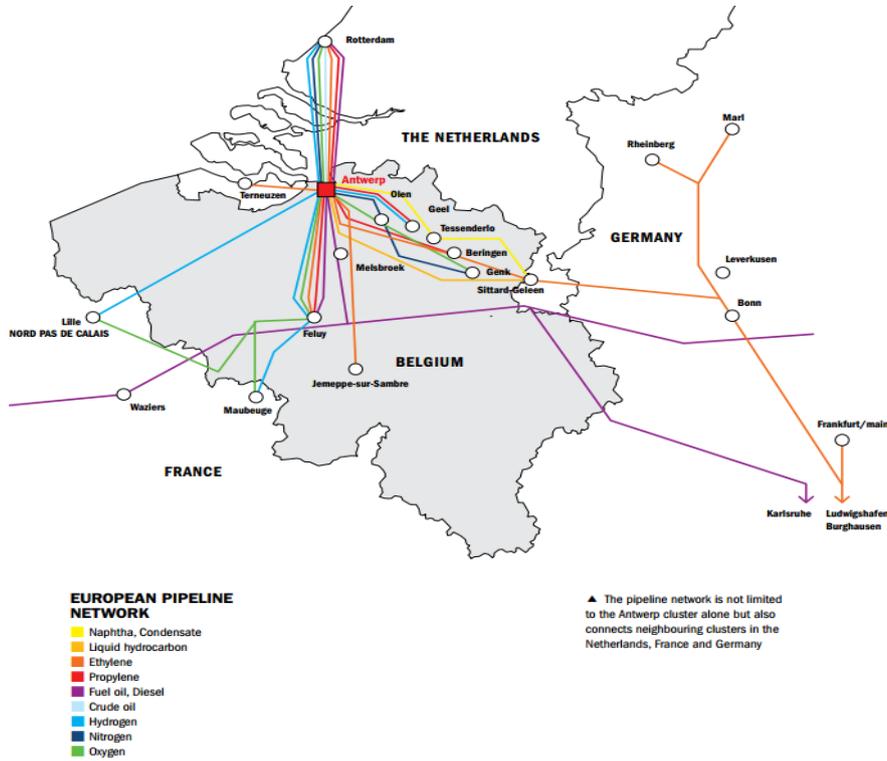


圖 1-2-5. 西歐化學管線網絡圖<sup>92</sup>



圖 1-2-6. 港區內化學管線(暗管部分)以不同標示樁提醒

#### 4. 港區內永續能源之發展

##### (1) 風力發電

安特衛普港務局於 2013 年底和左岸的開發公司已決定與私人夥伴合作，在斯海爾德河左岸推動建造一座大型風電場，在考量影響選址的所有因素（包括航空管制、鳥類生活、地面陰影和高壓線等因素）預計可容納多達 55 台風力發電機組，約可提供相當於 1-2 萬戶家庭的使用；另在右岸方面在考量解決航空管制的條件下，期待相關的風力發電機組能有顯著的提升。



圖 1-2-7 安特衛普港的風力發電機

##### (2) 太陽能發電

安特衛普港務局放寬了太陽能板的許可條件，使特許權持有人能夠為每個站點安裝高達 5MW 的容量。直到 2010 年，港務局所負責運營右岸的太陽能發電之配電網絡最高可達 30 kV，後續因修法之緣故根據法蘭德斯省政府規定，港務局在其允許的太陽能板數量方面受到限制。因此，該局董事會決定將右岸的太陽能發電網絡轉移到 Infrac 集團內的控股公司 IVEG，由於這種轉移帶來的太陽能發電規模優勢，已經建立了一個具有足夠傳輸容量的配電網絡。



圖 1-2-8 安特衛普港中的太陽能發電板<sup>\*2</sup>

### (3) 生物質能發電

安特衛普港將在港區建設生物質發電站，因此種能源將可以減少 20% 的溫室氣體排放，符合歐盟對成員國規定 2020 年的目標。經港務局對於港區公司的調查，找到了生物質能發電站的良好位置，並於 2011 年 10 月與 Solvay 公司簽署了合作意向書，後續預計於本年度（2018）開始建設容量為 200-400MW 的發電站。



圖 1-2-9 安特衛普港生質能發電廠預定地<sup>\*2</sup>

## 5. A.M.O.R.A.S (安特衛普港浚挖泥砂脫水及儲存計畫)

安特衛普港去年(2017年)貨櫃裝卸量為1,045萬TEU，為歐洲第二大港僅次於鹿特丹港，故維持足夠之水深供大型船隻泊靠事關重要，維護浚深範圍不僅限於斯海爾德河也包含航道、迴船池、船閘周邊與船席等，故每年衍生出百萬噸以上之浚挖泥砂，港區發展無法長期容納前述浚挖泥砂，故安特衛普港即構思如何將浚挖泥砂減量去化而孕育出A.M.O.R.A.S計畫，本計畫係應用工程技術過篩浚挖泥砂，利用機械式脫水使浚挖泥砂體積減量，最終送至堆置區域。

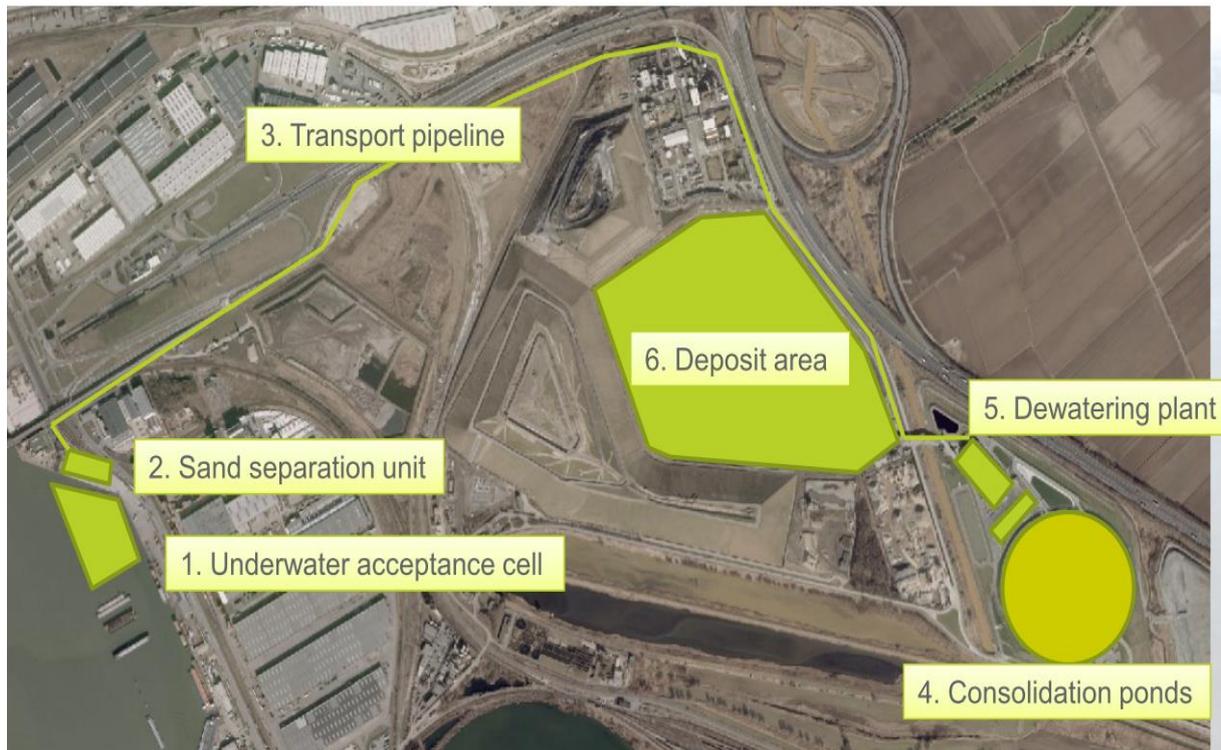


圖 1-2-10. A.M.O.R.A.S 浚挖泥砂脫水及儲存計畫步驟<sup>\*1</sup>

本計畫經年餘的建造(2008.9-2010)，及測試(2010-2011.9)，後續於2011年10月份正式運作。年處理量約200萬噸之含水浚挖泥砂，透過約3公里之泥砂輸送管線運送至沉澱池(後續亦將回收水送回處理)，計畫內之沉澱池可容納12萬立方之泥砂。經脫水工廠內脫水過濾加壓設備(場內共計12組)，浚挖泥砂脫水率可達60%以上，每日最高處理量約3,000噸脫水泥砂；後續由輸送帶送至佔地35公頃之堆置區域，堆置區每年可收受約45萬噸之脫水泥砂(預估營運壽期約30年)，經機械堆置及修坡其土方高度可達52公尺高。另一方面為去化上述眾多之脫水浚挖泥砂(Filter cake)，營運單位亦思考開發多種建材如瀝青混凝土、過濾材料、高壓磚及混凝土摻料(FCC)等，其中添加混凝土摻料部分經試驗結果28日-90日齡期強度亦可達同配比波特蘭1、2型水泥混凝土之9成。



圖 1-2-11. 長達 3 公里之浚挖泥砂運送管線（及回收水運回管線）



圖 1-2-12. 機械式脫水工廠外觀



圖 1-2-13. 廠房內機械脫水加壓設備



圖 1-2-14. 輸送帶將脫水泥砂送往暫存區暨堆置區周邊土丘



圖 1-2-15. 以脫水浚挖泥砂所開發之各種建材

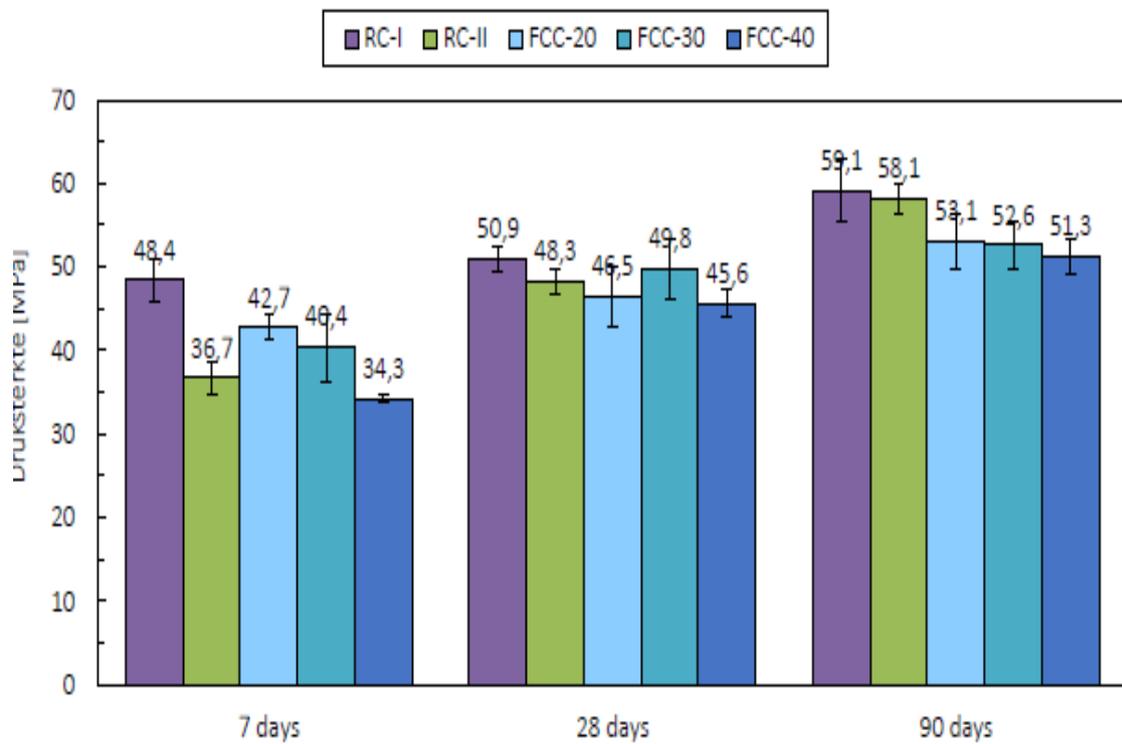


圖 1-2-16. 添加脫水浚挖泥砂之摻料 (FCC) 與波特蘭 1-2 型水泥混凝土強度對照<sup>\*1</sup>

### 三、港外參訪行程

#### 1. 污染土壤回收及再處理中心（Fasiver）

該中心之前為舊有之工業場址，其上為 42 公頃的污染土地且堆置 175,000 立方公尺的高污染性污泥，倘要有進一步的使用將需要整治。另方面當地有內陸船運所需，亦有疏濬置放浚挖土方之需要。本計畫透過東 Flander 省、當地 Ghent 市政府機構及相關公私部門的推動，包含原污染土方整治、浚挖土方堆置及該土地用途更新等目標（本計畫執行期間為 2014-2020 年），最終透過地景設計使本場址一部分提供為附近居民休憩及騎腳踏車的去處，其餘土地亦可提供當地中小企業使用，且本場址緊鄰 Zwijnaarde 運河亦可發展船運相關產業。



圖 1-3-1. 污染土壤回收及再處理中心（Fasiver）鳥瞰圖<sup>2</sup>

本中心整治及興建方式概述：

1. 於本工址周邊施作地下連續壁，將污染土隔離地下水及方便整治開挖作業。
2. 場區內污染土檢測及搬運至汙土處理廠。
3. 土丘部分以浚挖土方及透水粒料回填（原則以每 2.2 米之浚挖土方搭配 0.3 米之透水粒料）。
4. 土丘邊坡以織布或地工之物包覆以利穩定。
5. 填築高度至 EL+45 公尺，其上放置大型公共藝術品（徵選設計中，最大承重為 309 噸，最高 30 公尺），現場已預埋設 4 隻 34 米之基樁作為後續藝術品之基座使用。



圖 1-3-2. 汙染土壤回收及再處理中心（Fasiver）土丘設計圖



圖 1-3-3. 汙染土壤回收中心（Fasiver）土丘上方所預留之基樁

## 2. 污染土壤回收及再處理中心（Hulsdonk）

本中心為楊德諾集團內環境工程公司印維森(Envisan)所屬機構，該公司所執行之環境工程技術主要包含三個領域：1.土壤及地下水的復原。2.環境浚挖及相關浚挖泥砂之處置。3.特定廢棄物和替代原材料的加工處理。同時間印維森公司參與楊德諾集團的各種浚挖工程，合作開發特殊的設備和技術，以高效和環保的方式從海床或河床中清除浚挖泥砂。且該公司在歐洲設立 7 處污染土壤回收及再處理中心，在法國、比利時及羅馬尼亞等均有污染場址處置成功之案例，而本次參訪的處理中心即位於比利時的根特港附近。



圖 1-3-4. 污染土壤回收及再處理中心（Hulsdonk）鳥瞰圖<sup>\*1</sup>

該中心面積約 13 餘公頃，年處理土方量約為 45 萬噸，而受污染之浚挖泥砂運輸到最終目的地前，需經過脫水處理，並於工址現場或經由處理中心進行使用多樣化的技術處理，且在大多數情況下去污染的浚挖泥砂可以重新用作建築或工程材料。

最常用的浚挖泥沙處理技術包含：

- (污染的) 浚挖泥砂的自然和機械脫水
- 生物處理
- 物理化學處理
- 熱處理
- 固化處理



圖 1-3-5.汙染土壤回收及再處理中心（Hulsdonk）機械式過篩機



圖 1-3-6.汙染土壤回收及再處理中心（Hulsdonk）汙染土壤翻曬處理

### 3. 楊德諾 (Jan De Nul) 集團

1938年創立，最初從事之工作主要以土木工程為主，後續於1951年比利時進行了第一次浚挖工程後，發展至今已有83艘主要船機（如耙吸式挖泥船、絞刀式浚挖船等）、185艘輔助船機（如測量船、工作船等）及超過500台以上之重機械（如挖土機、推土機及裝卸卡車等），儼然成為浚挖業界裡的翹楚；而本分公司近期洲際二期工程計畫中S4-S5碼頭護岸及貨櫃中心新生地填築工程承攬商宏華營造公司亦有調用該集團耙吸式挖泥船機查爾斯-達爾文（CHARLES DARWIN）號施工。

本次進修參訪該公司研討主題係以以耙吸式挖泥船（Trailing Suction Hopper Dredger）為主，而耙吸式挖泥船主要優點包含：

- 有自身動力，浚挖過程機動性佳。
- 船機自有泥艙設定作業航線即可裝載浚挖土方。
- 浚挖深度及產能較佳，浚挖船機亦有大型化趨勢，市場已有泥艙容量46,000M<sup>3</sup>及浚挖深度可達155M之船機。
- 輸砂方式多元可配合受泥船、底拋、架設排泥管或艙吹等。

因上述之優點故常使用於營運中的碼頭維護浚挖作業（如本分公司115-117碼頭改建工程）；惟囿於船機及相關機械功能，倘挖區為岩石施工效率較差，且耙吸施工過程中會有泥砂溢流等問題。

#### MAIN VESSEL TYPES : TSHD



圖 1-3-7. 耙吸式挖泥船<sup>\*1</sup>

講解過程中授課講師有施作越南港口浚挖之經驗，且於過程中亦有遇有越戰時期未爆彈吸入取砂船內造成輸砂管損壞之經驗，筆者亦於課後與講師交流相關經驗，該案件因所吸入彈頭較小，故僅損害該節輸砂管後續僅以船上備料更換，試運轉後並無相關問題即可施作，另一方面該公司於可能埋有未爆彈相關海域，均有事先編列偵測費用以因應取砂過程中耙吸入相關未爆彈之可能。

而楊德諾公司為因應全球的海事浚挖工程，相關浚挖設備及機具大多採自行設計及施工，公司後方即是工廠且備有相關車床、CNC機具等，相關上述零組件及備料均可運用大型機械吊離運送至公司前方運河，送往世界各地；而浚挖產能為該公司盈虧與否之重要關鍵，故艦橋設備設計均規格化，可以讓相關浚挖操作人員馬上適應進入情況，另一方面為訓練新進浚挖操作人員，亦引進浚挖模擬系統，而系統操作介面均與運行中的浚挖船相同，透過相關訓練可以讓產量及工作時程均符合公司預期。



圖 1-3-8. 楊德諾集團長達 155m 耙吸管材（部分）運送



圖 1-3-9.楊德諾集團於自家工廠所製造之浚挖船耙吸頭



圖 1-3-10.楊德諾集團員工接受耙吸式挖泥船的浚挖模擬系統訓練

#### 4. 浚挖環境及海事工程（DEME-Dredging, Environmental & Marine Engineering）

本工程集團與前述楊德諾集團均為比利時籍，而其相關子公司可追溯至19世紀中期，後續為因應20世紀末期之疏浚業務危機，由國際衛浚有限公司（Dredging International）和Baggerwerken Decloedt & Zoon於1991年4月10日聯手成立浚挖環境及海事工程集團，後續憑藉集團內100多艘主要船舶的多功能船隊，並在全球近90多個國家均有工程實績；而在台灣該工程集團亦參與興建台塑公司麥寮六輕相關工程，而近年內本分公司之洲際二期新生地填築工程，該工程集團中國際衛浚公司亦有參與投標。

本次進修參訪該公司研討主題係以絞刀式浚挖船（Cutter Suction Dredgers）為主，而絞刀式浚挖船主要優點包含：

- 有自身動力，可自由移動。
- 可切削較為堅硬的軟岩。
- 配合錨鍊及棒錨定位作業，一般而言施工後平整度較佳。

惟囿於船機及相關機械功能，本種浚挖船機對於黏性土壤施工效率較差，且施工過程須配合錨鍊及棒錨定位作業故浚挖產能較前述耙吸式挖泥船差，且輸沙方式僅能配合受泥船或架設排泥管（容易干擾其他船隻），故一般而言較常使用於全新的碼頭興建工程。



圖 1-3-11.浚挖環境及海事工程集團內絞刀式浚挖船模型



圖 1-3-12.該工程集團中庭以絞刀式浚挖船切削頭做為公共藝術品



圖 1-3-13.由學員操作絞刀式浚挖船模擬系統（CSD）

## 5. 皇家 IHC 造船廠

本造船廠為荷蘭籍，其成員造船廠（Smit）可追溯至 17 世紀中期，後續於 1965 年由 5 間具有合作關係之造船廠合併為 IHC 造船廠，至 2014 年由荷蘭國王授予 IHC 造船廠榮譽稱號，更名為皇家 IHC。該造船廠多年來致力於浚挖船機及離岸海事工程船機的製造，全球員工約 3000 人，共計建造超過 2500 艘船機；其中參與本分公司洲際二期新地填築工程承攬商荷蘭商凡諾德公司之船機，如：麥西瑪號、特拉諾瓦號等均是本造船廠製造。

本次進修參訪該造船廠研討主題包含

### (1) 耙吸式挖泥船整合設計及未來發展趨勢

耙吸式挖泥船就其主要組成部分包含，引擎室、泵浦室、受泥艙、艙艙排放區、甲板室跟耙吸管等部分。

## TRAILING SUCTION HOPPER DREDGERS > MAIN COMPONENTS

### Layout

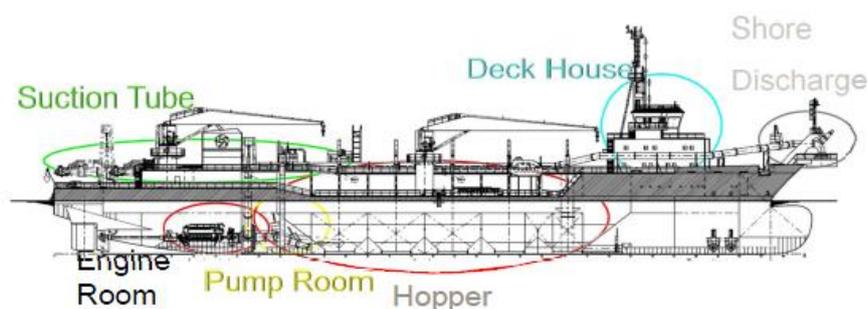


圖 1-3-14.耙吸式挖泥船就其主要組成部分<sup>31</sup>

其中為因應耙吸式挖泥船大型化其設計發展趨勢，概述如次：

- a. 耙吸管部分因浚挖深度已有超過百米以上發展之趨勢，故有直接在耙吸管上安裝水下泵浦確保耙吸輸泥砂功率不會降低。

### Suction tube with under water pump

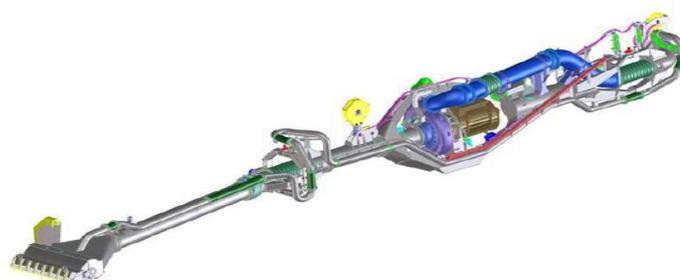


圖 1-3-15.耙吸管發展趨勢<sup>31</sup>

- b. 浚挖輸砂速度及土壤性質的即時量測，對浚挖船而言每船次的浚挖往往都具有數百萬台幣的產值，故能及時了解浚挖的效能並修正相關的步驟亦是確保工程執行能符合原規劃的要求，故近期新式耙吸式挖泥船均已安裝監測輸砂速度及土壤性質（粒徑、密度）儀器。



圖 1-3-16. 耙吸式挖泥船上監測輸砂速度及密度儀器

- c. 一般耙吸式挖泥船受泥艙及艙底門形式可分為 V 字形及中央匣兩種形式，而中央匣形式優點：泥艙容量較大、艙底門傾倒面積較大、自體清潔管線較易建造。  
V 字形優點：打造泥艙的零組件較少、泥艙的載重較小、所需之艙底門面積較小。  
綜上 V 字形受泥艙及艙底門形式於購置價格上較具經濟性，惟考量產量因素則以中央匣形式較佳。

#### HOPPER SHAPE

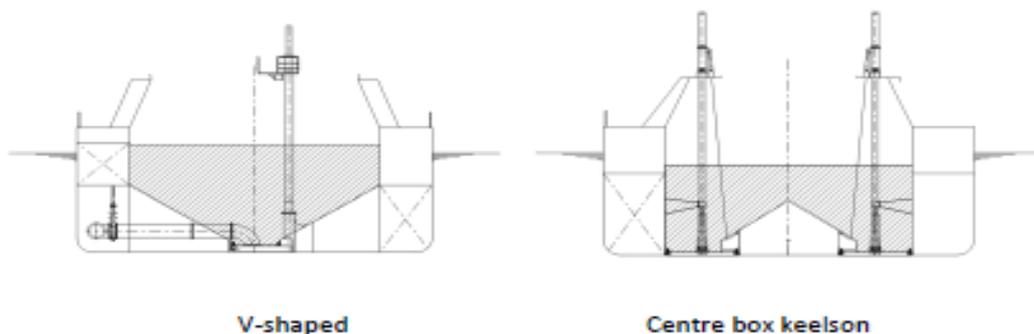


圖 1-3-17. 耙吸式挖泥船上受泥艙及艙底門形式<sup>\*1</sup>

(2) 工作坊-選擇您所需要的絞刀式浚挖船

此部分是透過案例計算某一碼頭新建及維護過程浚挖所需所耗費之費用，並以皇家 IHC 造船廠所建造之絞刀式浚挖船 Beaver 65DDSP 及 Beaver 50CSP 作為案例計算，相關費用亦考量羅列所需人員、工作船機、油料、利息損失等等資金。當然某方面 IHC 造船廠想透過實例計算推銷相關船機，但透過基本的計算亦可以對於浚挖成本有進一步的了解。

**EQUIPMENT CUTTER SUCTION DREDGERS – BEAVER 65DDSP**



**CUTTER SUCTION DREDGERS – BEAVER 50CSP**



圖 1-3-18.案例計算所使用之絞刀式浚挖船機<sup>\*1</sup>

**CALCULATION – 65DDSP**

• Dredging Volume (initial):	5.000.000 m3 (1250m3/hr – 4.000 hrs)
• Yearly (maintenance):	1.500.000 m3 (1750m3/hr – 6.900 hrs)
• Dredging timeframe (initial)	2 year
• Total timeframe	10 years
• Maintenance timeframe	8 years
• Investment	14.450.000 Euro
• Interest loss: 8% x 14.450.000 x 10	11.560.000 Euro
• Fuel (hours x 0,5 x 600)	3.300.000 Euro
• Maintenance	
• (0,2 x 5 Mio m3+ 0,1 x 12 Mio m3)	2.200.000 Euro
• Personnel (4 persons/shift)	
• 2 x 2 + 8 x 1 = 12 shifts x 4 persons	1.200.000 Euro
• Other costs (overhead, etc.)	10.000.000 Euro
<b>IHC</b> Total	42.710.000 Euro

圖 1-3-19.案例 Beaver 65DDSP 計算結果<sup>\*1</sup>

### (3) 造船廠廠區參訪

經由簡短的安衛危害告知後，就由嚮導帶領進入廠區參觀興建中的耙吸式挖泥船及絞刀式浚挖船，但囿於造船廠避免相關技術外流，不能刊登細部照片僅能就組裝後部分船機拍照。



圖 1-3-20.組裝中的絞刀式浚挖船 Beaver 50CSP



圖 1-3-21.組裝中的耙吸式挖泥船 Easydredge 3700

## 四、實務授課內容

### 1. 浚挖的土壤

浚挖土壤一般組成黏土、砂、礫石、岩石…及廢棄物等，因前述不同組合物的比例而造成土壤不同的物理及化學特性，例如：土壤中有機物含量較高往往會伴隨氣體進而造成泵浦的效能耗損、而土壤中廢棄物或比重較輕的物質往往會有漂浮於水面之問題，亦須配合相關環保技術處理（如污染防止膜等）。



圖 1-4-1. 浚挖過程中有汙染物質配合污染防止膜避免溢散<sup>\*1</sup>

而土壤粒徑分佈所也跟浚挖輸砂工率有一定的正向關係，以顆粒較小的細砂及更小的黏土為例，如果浚挖土壤為細砂在耙吸式挖泥船施作中可能有顆粒懸浮溢流汙染問題而浚挖土壤為黏土的話亦會造成絞刀式浚挖船的切削頭阻塞的問題。



圖 1-4-2. 因浚挖土壤的不同可能造成之浚挖問題<sup>\*1</sup>

故浚挖區域的土壤類別及性質越清楚，後續對於浚挖船機選用或浚挖切削頭更換及浚挖輸砂效率均能有所助益，而課程中亦針對了解工程土壤性質的地質鑽探孔數提出建議：

$$N = \{3 + (A^{1/2} * D^{1/3})\} / 50$$

其中 N 為土壤鑽孔數

A 為浚挖區面積(m<sup>2</sup>)

D 為取砂區平均厚度(m)

上述建議孔數均為經驗公式（世界水上運輸機處設施學會，PIANC，2000）。另建議為了解浚挖區土壤一般性質、力學性質及礦物顆粒特性等，亦建議施作下列土壤調查及試驗。

表 1-4-1. 浚挖區所需土壤調查資料<sup>81</sup>

浚挖區所需土壤調查資料 (*必要做, #建議做)			
	粒狀土壤	黏性土壤	岩石
一般性質			
B1 土壤顆粒分佈	*	#	
B2 現地密度		*	*
B3 含水量		*	#
B4 土壤液限及塑限含水量		*	
機械(力學)性質			
C1 土壤強度	*	*	*
C2 土壤黏滯係數		#	
C3 壓縮及沉陷量			
礦物顆粒性質			
土地組成成分	#(含碳)	#(含氣體)	
土粒密度	#		
土粒硬度			
顆粒形狀：稜角(angulaity)	#		
顆粒形狀：圓度(Sphericity)	#		

惟設計階段可能因浚挖區面積較遼闊致使土壤性質判斷失真，故各大浚挖公司亦於浚挖船機安裝監測輸砂速度及土壤性質（粒徑、密度）儀器（如圖 1-3-16）作為施工期間對於原設計資料的檢討及作為更換相關設備的依據。

## 2. 浚挖逸散物質對環境的影響層面-如何預測、監控及最小化

一般而言浚挖過程會造成海岸或河流型態的改變（如海岸線的侵淤現象），而浚挖過程中往往伴隨土石方的逸散，而逸散物質對環境的影響包含：

- 汙濁度。
- 遮擋陽光對水中植物的光合作用。
- 掩埋水中生物群（珊瑚，海草，底棲群落.....）。
- 可視性-影響鳥類及魚類的捕食。

而逸散物質的產生主要是來自於 1.土壤的挖除（耙頭，鏟斗，切削頭）。2.來自浚挖船泥艙的溢流損失、受泥船的裝載過程、或鏟斗的升降動作。3.浚挖船泥艙及受泥船於運輸過程中的脫水造成細粒料的損失。4.傾倒填築區時的細粒料的損失。5.浚挖船的螺旋槳動作。

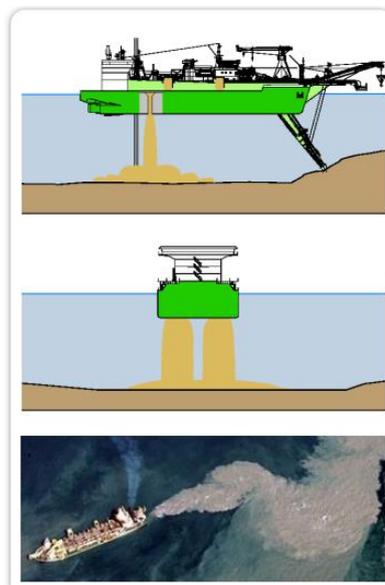


圖 1-4-3. 因浚挖作業所造成之逸散物質汙染<sup>\*1</sup>

而依據授課的國際海事及浚挖顧問公司（International Marine& Dredging Consultants）所發展之數值模擬程式（輸入潮汐水位、流速、溫度、鹽分…等基本資料），可預測相關逸散物的對流及擴散情形。

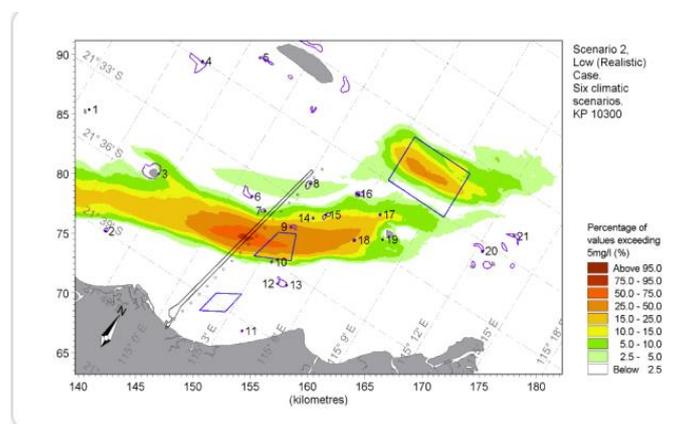


圖 1-4-4. 以數值模擬系統預測相關浚挖逸散物分佈的濃度<sup>\*1</sup>

而透過前述所預測可能發生嚴重逸散物污染的熱點，即可以相關監測的方式於現場監控，而課程中介紹有 4 種監測方法：1.反向散射 (back-scatter)、2.透射計 (transmissiometer) 3.聲波信號 (Acoustic signal)、4.遠程技術 (例如遙感探測) 等，其中前述 1-3 種屬安裝於工作船之儀器並將所收集之資訊呈現於圖資上，另遙感探測部分係將衛星影像或航拍照片以電腦軟體轉換成數值資料。

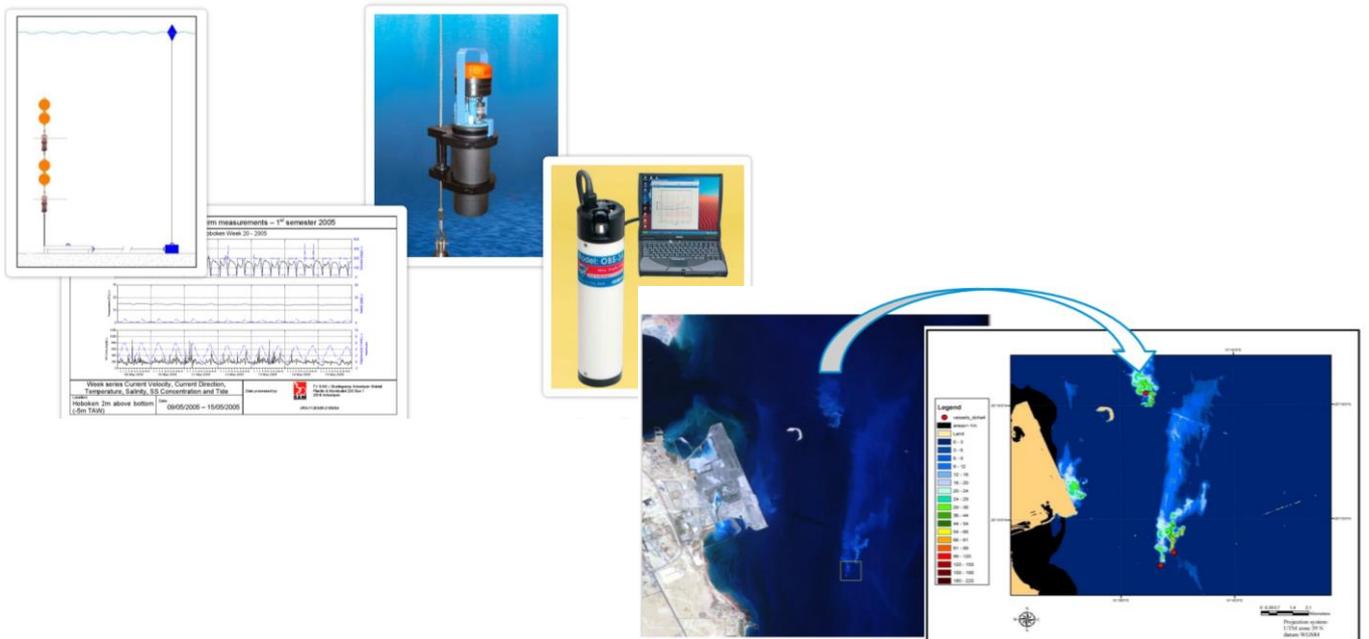


圖 1-4-5. 對浚挖逸散物監測方式<sup>81</sup>

而一般對於填築區或浚挖區的防止逸散物質擴散措施通常包含如污染防止膜、板樁圍堰、及深水砂腸等措施，倘監測過程中汙染情形已達行動值則會請施工廠商暫停施工，若汙染情形接近行動值則可能有下列作為：

- (1) 耙吸式挖泥船部分：浚挖過程不允許逸流、更換新式低汙染逸流管。
- (2) 絞刀式浚挖船部分：降低浚挖時切削轉速、更換對環境影響較低的切削頭（杓狀、碟狀）。



圖 1-4-6. 耙吸式及絞刀式浚挖船對於汙染逸散改善的作為<sup>81</sup>

### 3. 工作坊-案例學習倫敦航道港口，五個問題及五個答案

案例港口位於倫敦東方40公里的Shell Haven, Stanford-Le-Hope, 於泰晤士河的西岸，發展至今已具有25年的歷史，惟為符合近年內貨櫃船大型化的需求（至少符合3E級的貨櫃船規格），故相關需求如次：1.碼頭至少可泊靠20,000TEU的貨櫃船。2.操船水深至少-16m。3.泊位可停靠貨長度400m、寬度60m的貨櫃船，而改建完成後將成為英國21世紀後的第1個深海貨櫃港且預計可滿足未來10-15年的市場需求。



圖 1-4-7. 案例倫敦航道港口的區位及改建前照片<sup>\*1</sup>

本工程金額為4億歐元，屬於統包工程故由業主提出相關需求後即由統包商負責後續規劃設計及施工（並取得相關開發許可證及處理場地介面等問題），而工作坊的案例分析即以分組討論並報告，因本課程主要探討以浚挖及海事工程技術執行面的問題，故相關討論問題包括：

- (1) 推動浚挖及填築工程中需要那些資料?
- (2) 後續工程推動後對於環境的影響，及如何降低相關影響?
- (3) 本工程分兩階段推動可能的施工順序為何?
- (4) 依據不同的浚挖區域（迴船池、內航道-河道、外航道-北海）及地質條件（礫石、砂、倫敦黏土等）可以選用之浚挖船機為何?
- (5) 填築區依據使用性的不同可回填的土壤材料為何?

透過與各國海事從業人員討論及課程講解，所得到的結論摘要概述如次：

- (1) 港口浚挖工程於設計階段所需相關資料通常包含：船舶通行時間（尖離峰）及船舶運輸的數量、潮汐水深、環境敏感區域及當地的捕魚區域範圍、當地相關利益團體資料、土壤及相關材料資訊。

- (2) 港口碼頭興建後對於自然環境的影響，包含：河道縮減造成當地水文條件改變（如：河道侵蝕及淤積），可運用數值模擬對於侵蝕區域提早施作沖刷保護工程（如護床工或拋石保護）對於淤積區域增加浚挖的頻率，另因工程造成河道面積減少之區域可考量於周邊區域內增設生態保護區（或洪水的滯洪行水區域）。



圖 1-4-8. 倫敦航道港口工程計畫預計新生之生態保護區<sup>\*1</sup>

- (3) 在浚挖機具的選用條件考量包含：土壤類型、土壤顆粒的幾何、浚挖產能、浚挖或填築區的交通量、機動性等；通常於交通繁忙的區域（航道等區域）常考量耙吸式挖泥船（自有泥艙可不必配合受泥船且機動能力佳）施作，而配合現地較堅硬的礫石或硬岩通常考量絞刀式浚挖船或背鏟式浚挖船等，而浚挖區離填築區遇較遠的話通常亦會安排泥艙容量較大之船機施作，減少運輸趟數的油耗。

Location	Soil type	Spread
Turning basin/ Maneuvering area	Gravel	CSD+lines
		TSHD 5000 m <sup>3</sup>
		Gravel TSHD
Inner Channel 1 <sup>st</sup> stretch	Sands	TSHD 5000 m <sup>3</sup>
Inner Channel 2 <sup>nd</sup> stretch & Outer Channel 1 <sup>st</sup> stretch	Sands	TSHD 9000 m <sup>3</sup>
Outer Channel 2 <sup>nd</sup> stretch	'London' clay	TSHD 14000 m <sup>3</sup>

圖 1-4-9. 倫敦航道港口工程於浚挖機具的選擇<sup>\*1</sup>

## 肆、心得與建議事項

### 一、透過交流了解彼此

APEC 機構成立至今，已吸引超過 1 萬 5 千名的學員參與課程的研究，除港口管理機關、業者（港區及工程業界）的合作，課程安排則以實地參觀加上聘請學術機構及港口專家進行解說；而政府近期對外經濟發展重點在於南向政策，而高雄港迄今仍是東南亞地區少數超過 1000 萬 TEU 的港口，可透過獎助金申請給予有興趣的東南亞地區港區從業人員來台灣進修學習，過程中可透過具有半官方控股的航商及民間業者與相關參訓人員深化交流，提高台灣航運業對於於東南亞當地投資興建港口、櫃場的可能性。

### 二、歐洲港口的努力不懈

安特衛普港雖然囿於其地理區位（內陸港）而有潮差，但透過相關工程技術如船閘及完善的港口-運河-鐵路-運輸網，並持續發展資訊平台、複合式運輸，客製化等後天努力下，造就安特衛普港今日的成功。而筆者在參訓過程中的假日亦與巴西及摩洛哥籍學員一同參訪鹿特丹港的馬士基碼頭公司的馬斯二期碼頭(APM Maasvlakte 2)，親眼所見自動化櫃場對於心中自然又是另一種不同衝擊，另一方面當地緊鄰北海的風電場域，於港區搭遊覽車的旅途中亦見到不少陸上型的風力發電機正在安裝，過程中亦參觀海上型風力發電機基礎座的組裝場地，而進入低度管制區內的港警（或保安人員）交通工具亦為電動汽、機車等環保低碳交通工具，周邊填築出來的港區新生地亦有民眾從事風帆及露營等活動；故建議後續於大型公共建設工程規劃前能藉由參訪的方式，將國外的建置經驗及規劃想法引進國內，可提升國內公共工程的質與量。

### 三、相關人員參訓的可能

港口的維護浚挖係屬港口長年營運發展之所需，本次受訓課程不僅專注於技術層面，其對於工程、機具與環境等浚挖過程週期可能發生的事件均有介紹，其中印象較深的莫過於造船廠廠區的介紹，但囿於對造船及機械工程的領域較不熟稔，而本公司所屬的各分公司均有船機處、科等，每年均會自行辦理維護浚挖及浚挖船機的發包，建議透過相關採購人員的派訓，吸收國外最新的浚挖船機設計及發展技術，進而採購到品質更佳優良之浚挖船機。

\*1 資料引用於課程簡報。

\*2 資料引用於各公司網站。