

出國報告（出國類別：進修）

## 赴比利時參加港埠工程訓練課程報告

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：吳仁捷助理工程師

派赴地區：比利時

出國期間：104年5月11日至104年5月22日

報告日期：104年6月24日

行政院及所屬各機關出國報告提要

頁數：21 本文含附件：否

出國報告名稱：赴比利時參加港埠工程訓練課程報告

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

吳仁捷/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/助理工程師  
/07-5622497

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/吳仁捷/07-5622497

出國類別：進修

出國地區：比利時

出國期間：民國 104 年 5 月 11 日至 5 月 22 日

報告日期：民國 104 年 6 月 24 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 4 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 港埠工程(Port Engineering)課程，實務上藉由參觀安特衛普港設施、研究實驗室及疏濬處理工廠瞭解港口實際運作情形，課程上講解港口工程相關課題，如：防波堤、港口整體計畫、船閘等，現場參觀與課程說明互相配合，讓各位學員快速學習及吸收。
- 三、要規劃設計一個港口是相當不容易的，從可行性研究、規劃、設計、施工一直到完工啟用，往往需要漫長的時間，其中又必須經過重重實驗及資料蒐集，如：防波堤軟體數值計算及硬體水工模型、氣象調查、海象調查等，同時又要考量到進港船舶尺寸大小、港內外的操作行為及貨物裝卸資訊、工程結構物及相關機電設備等，才能定案、設計、施工，每一細項都蘊含了許多高深的學問與設計者的心血。
- 四、經過本次參加國外課訓課程，深深瞭解藉由類似研討會上課的方式，不僅能夠與其他港口人員交流，同時也實際參觀安特衛普港口設施，收穫良多。

# 赴比利時參加港埠工程訓練課程報告

## 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	20

## 壹、緣起及目的

港務公司海運發展學院為致力人才培育，陸續開辦港務公司內部相關之業務、工程、郵輪、港棧等人才培育專業課程，近期亦與比利時安特衛普/法蘭德斯港口訓練中心簽訂合作意向書，將國際訓練機構引進，為台灣提供一個國際交流的平台。

APEC(Antwerp/Flanders Port Training Center)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 14,000 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主要由3個機構組成：安特衛普港務局、港區業者(Alfaport Antwerp)&港區受雇聯盟(Port of Antwerp Employers' Association)及法蘭德斯政府機構(Department of Mobility and Public Works)，藉由公、私部門與相關業者的合作，提供實務、理論、互動教學及現場參觀的2~3周訓練課程。

本次課程係為期 2 周的短期訓練，課程涵蓋港口介紹(安特衛普港、澤布魯日港)、港口設計理念與未來趨勢，港口浚深維持，並輔以港區工程設施參觀等。基本上以上午課程講解，下午赴港口實驗室及參觀浚深機構的型態進行。

港口的未來發展與港埠工程息息相關，本分公司目前也正積極進行洲際二期、南星計畫及第四貨櫃中心後線場地擴充等工程，故奉派報名參加 Port Engineer 訓練課程，以充實更豐富的港口設計實務與經驗交流。

## 貳、課程表

### 一、第一天(104年5月11日)：

- (一) 安特衛普港介紹、港口計畫新趨勢簡報。
- (二) 坐巴士參觀安特衛普港。

### 二、第二天(104年5月12日)：

- (一) 參觀法蘭德斯水動力學實驗室(含水工模型、操船模擬及拖曳水池)。
- (二) 船閘通行簡報

### 三、第三天(104年5月13日)：

- (一) 參觀浚深公司(DEME Group)。
- (二) 港口總計畫(master planning)及專案方析。

### 四、第四天(104年5月14日)：國定假日

- (一) 參訪安特衛普歷史中心。

### 五、第五天(104年5月15日)：

- (一) 參觀 Deurganck 碼頭的 PSA 辦公室。
- (二) 參觀 Deurganckdoklock 船閘工地。

### 六、第六天(104年5月18日)：

- (一) 港口水動力研討會(潮汐、波浪、洋流、水文氣象)。
- (二) 港口進出簡報(船舶尺寸、安全觀念、交通管理)。

七、第七天(104年5月19日)：

- (一) 內港進出(鐵路、內陸、水道及管線等)。
- (二) 設計城市港口之技術衝擊簡報。

八、第八天(104年5月20日)：

- (一) 防波堤介紹(型式、負載、設計及穩定性等)。
- (二) 入海河流地形學(沉澱作用、入海河流分析)。

九、第九天(104年5月21日)：

- (一) 參觀澤布魯日港。
- (二) 參觀 A.M.O.R.A.S(港區浚深維持及浚深物質處理)。

十、第十天(104年5月21日)：

- (一) 拖船部門架構與操作流程。
- (二) 結業典禮。

## 參、課程內容與學習過程

### 一、港口

#### (一)安特衛普港

安特衛普港(Port of Antwerp)於 16 世紀就成為歐洲十分繁榮的商業城市港口，比利時全國海上貿易 70%的經由該港完成，18 世界即成為比利時最大的工業中心和海上貿易中心，目前安特衛普港是僅次鹿特丹的第 2 大歐洲港口，主要港區分布於斯凱爾特河(Scheldt River)畔，港區共有 7+1(興建中)個船閘，在世界上是較為罕見的，目的是避免北海潮汐及斯凱爾特河潮差 5m 影響。

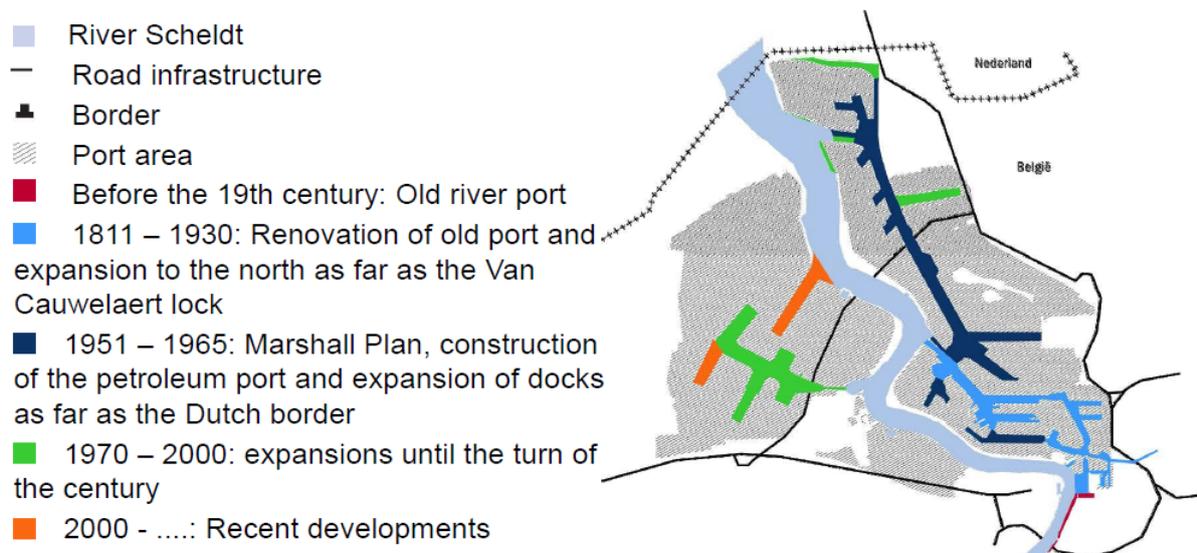


圖 1. 安特衛普發展歷程

安特衛普港總面積為 12,068 公頃，碼頭總長度為 166km，港區鐵路總長 1,061km，是世界上擁有鐵路最長的港口，公路總長度為 409km，分別連結歐洲的鐵路網和高速公路網，港區亦設有易腐食物之專用碼頭，主要是儲存新鮮水果，因此成為西歐最重要的水果進口港，如：香蕉、柳橙等，若載運水果之船班因潮汐等因素無法進港時，將會造成西歐地區有一段時間無水果供應。

依據 2014 年統計資料，港區目前直接從事人員數(60,873)與間接人員數(85,392)共達 146,265 人，2014 年散雜貨總計 1.99 百萬噸，貨櫃佔 108 百萬噸，液化散雜貨佔 63 百萬噸。

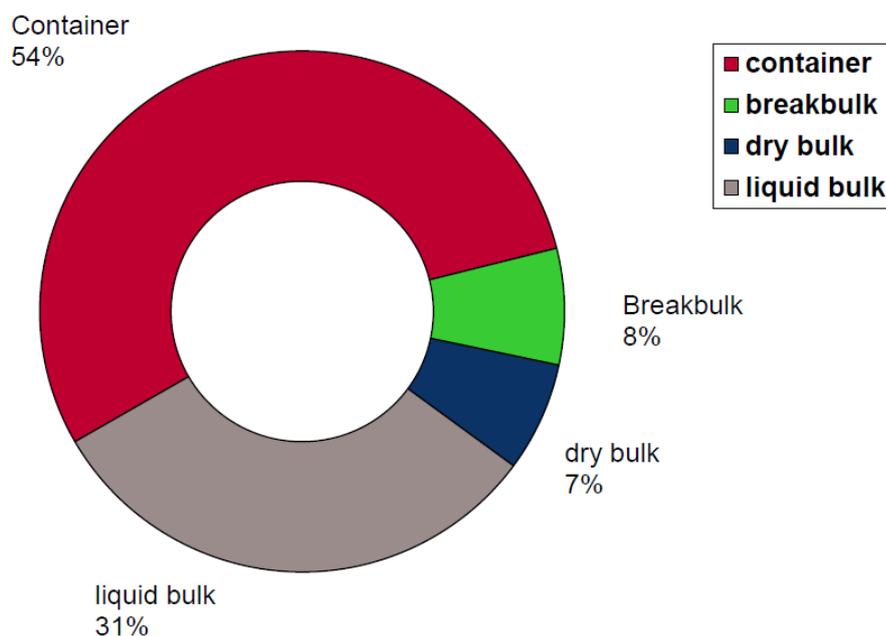


圖 2. 2014 年貨物運輸比例

港區基礎建設的發展方面，從西元 2010 年至西元 2025 年，將投入 16 億歐元進行下列建設：

1. 斯凱爾特河加深工程(已完成)。
2. 鐵路隧道連接安特衛普港左、右岸(已於 2014 年底完成，目前使用中)。
3. 左岸第二座船閘建置。
4. 碼頭更新及投資。
5. 購買耙吸式挖泥船(trailing suction hopper dredger)、新拖船、非自行泥駁船(dumb barges)及頂推駁船(Pusher barge)。
6. 大約 1000 公頃 'Saeftinghe' 區域長期發展計畫。

## (二)安特衛普港參訪行程

### 1. 港務局新大樓

安特衛普港務局將建立其新總部(Port House)設置於 63 號碼頭科技中心，將可容納 500 名的工作人員，內部包含展覽空間之中央大廳、辦公室、會議室及全景餐廳等，新大樓表面上安置玻璃及鋁合金板，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，預計於 2016 年底完工，可惜並無入內參觀。



圖 3. Port House 3D 效果圖。



圖 4. Port House 現況。

## 2. 港內核能電廠

緊鄰著斯凱爾特河和安特衛普的 Doel 小鎮，因安特衛普港擴張之關係，政府向 Doel 住民徵收用地，造成衝突使得居民人數銳減，當地並設有 4 座反應爐及 2 座冷卻塔，具有 2.839MW 總發電能量並於每年產生 220 億 KWh 電量，約佔比利時重要的自有發電能量的 30%，然而目前已經有 1 座冷卻塔故障，比利時也想於近期將另 1 座冷卻塔關閉。



圖 5. 核能電廠僅 1 座冷卻塔運行

港區內電力傳輸以高壓電塔架空線路為主，甚至有高壓電塔基座設置於河中間，空間使用及安全性考量相較高雄港地下線路較不便利。



圖 6. 高壓電塔駐立於港口邊。

### 3. 港區替代能源

因 2003 年比利時議會通過逐步放棄核電的法案，要求所有核電機組在完成原設計 40 年運轉壽命後關閉，亦即在 2015 年前關閉其中 2 座機組，並於 2025 年前關閉比利時境內全部核電廠，爰比利時政府大力推動替代能源方案，目前已展開北海風場發電計畫，尤其在於發展離岸風力發電，目前其風力發電約 1GW，若擴大北海離岸風力發電後，約可達 2 至 3GW，另亦隨處可見港區內或居民屋頂上設置有太陽能設備。

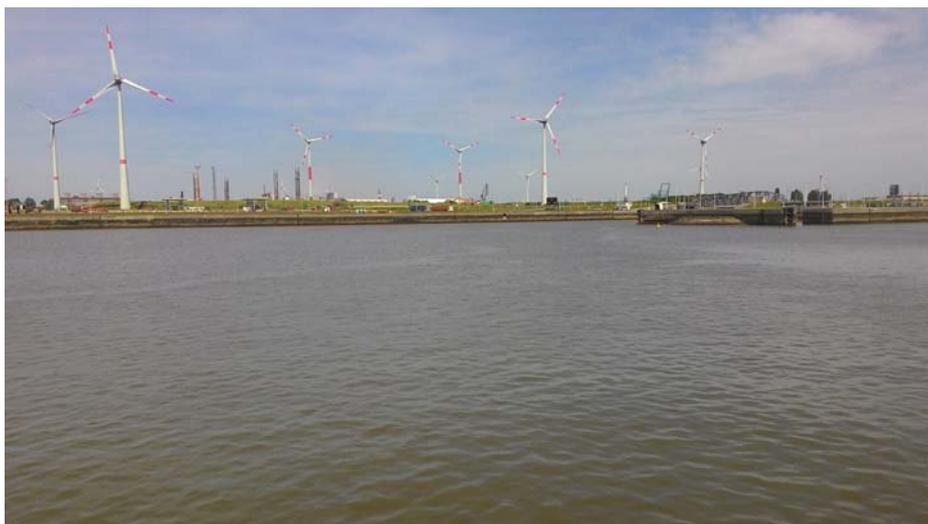


圖 7.風力發電。

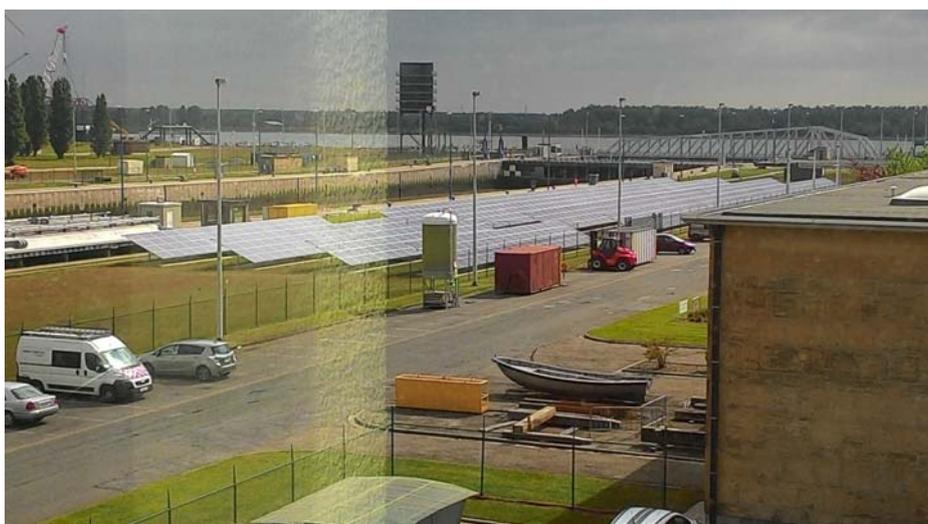


圖 8 太陽能發電。

#### 4. Deurganckdoklock 船閘

該座船閘係位於斯凱爾特河左岸，是 Deurganck 港池的第二個船閘，完成之後將成為世界上最大的船閘(長 500 公尺、寬 68 公尺、深 17.8 公尺)，2015 年四月底已開始向船閘內注水，並聘請塗鴉藝術家完成長 300 公尺、寬 9 米的塗鴉畫，從控制塔可以看到牆面的塗鴉，另外該船閘 4 座巨型閘門是由中國製造，預計 5 月底可到達安特衛普。

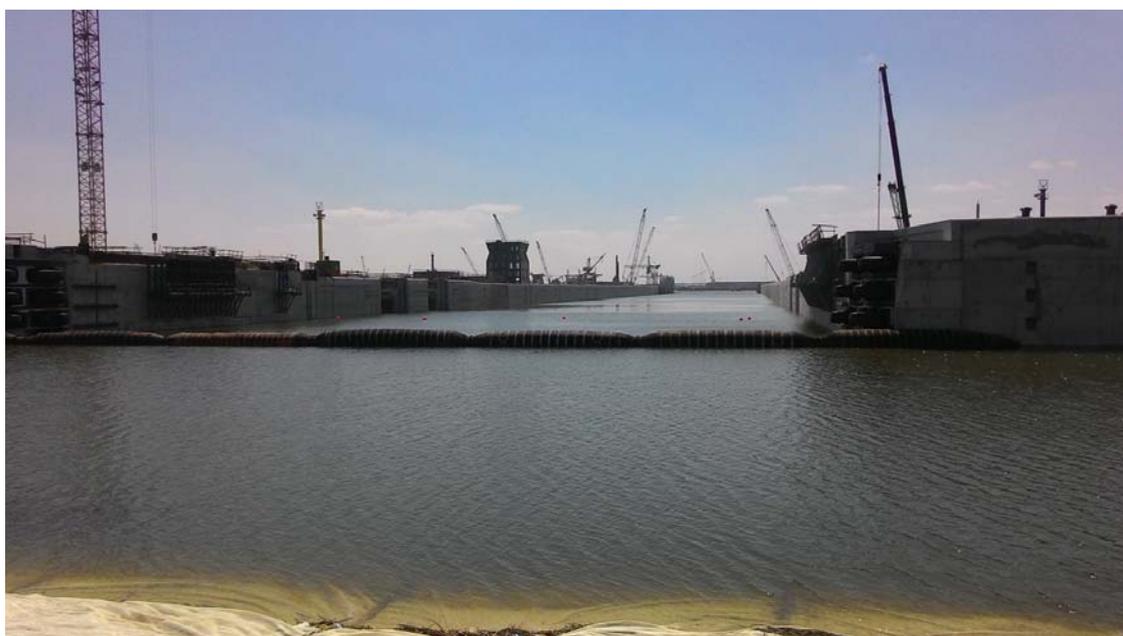
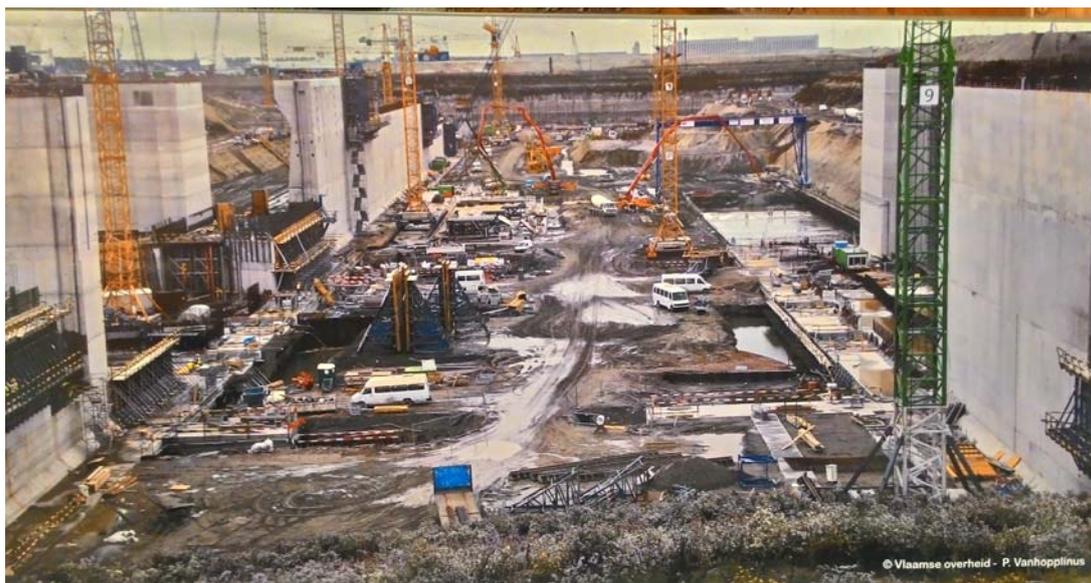


圖 9. Deurganckdoklock 船閘建造情形及現況

## 5. A.M.O.R.A.S 機構

對於安特衛普港而言提供足夠水深的航道是非常重要的，浚深維持作業不僅只在斯凱爾特河也常發生於碼頭，每年約有 500,000 噸浚深物質處置後丟置於陸地上，惟目前由於港區限制擴展範圍，幾乎已無儲存容量，於是 A.M.O.R.A.S 應用最新進的環境技術，將浚深物質去水化用來限制原體積大小，並將港區的浚疏土加工變成建築材料。



圖 10. 長 3km 管線從港區延伸至處理工廠



圖 11. 去水化步驟



圖 12. 疏浚土處理完後堆置



圖 13. 處理後做成的建築加工品

## 6. 法蘭德斯水動力學實驗室

(一)拖曳水池：為水動力學的一種設備，主要是用船舶模型試驗方法來瞭解船舶的運動、航速、推進功率及其他性能的試驗水池，本次參觀的水池總長度 87.5m，有效長度為 68m，寬度為 7m，最大水深為 0.5m，船舶樣品長度約為 3.5~4.5m，水池的一端裝有可在水池中產生規則和不規則長峰波的造波機，通過測量船舶在波浪中的縱向迎隨波浪運動特性參數，可研究船模的耐波性能。

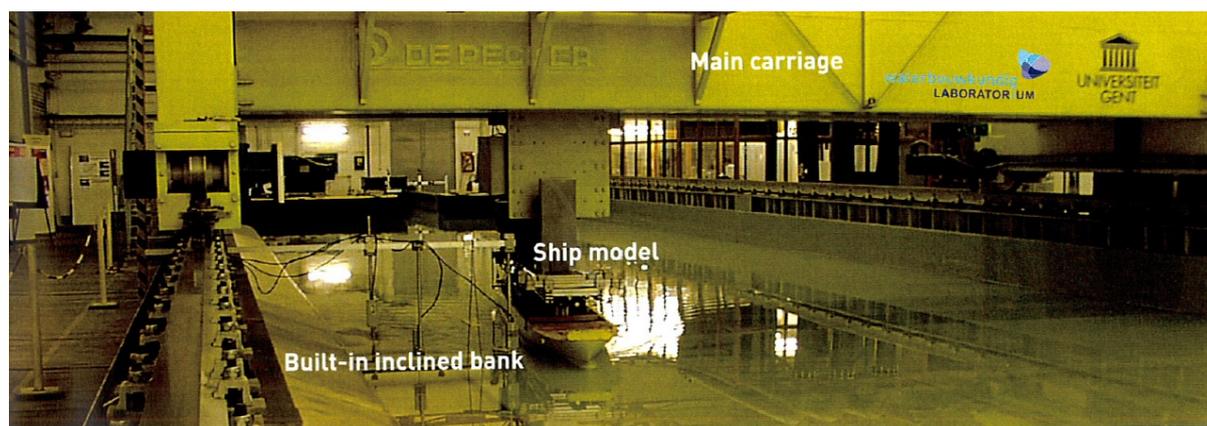


圖 14. 拖曳水池試驗

為使能模擬船舶交錯時的情形，拖曳水池裝備著輔助的活動平台，此活動平台能使第二艘船舶以 1.2m/s 的速度直行前進，所以就能模擬出船舶交會或超前時的情況。

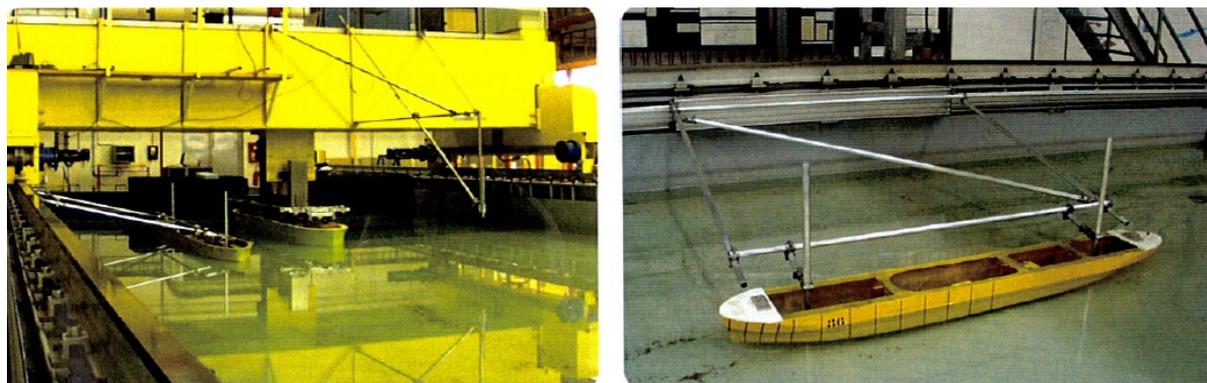


圖 15. 輔助滑動平台模擬船舶交錯

(二)操船模擬：船舶航行模擬器是一套用來在虛擬環境中測試航道的儀器，由許多重要的元件組成，最重要的就是數學模型，是用來計算船舶運動的核心，藉由船舶航行時計算不同的力作用在船舶上，如：風、波浪、潮汐、及其他船舶穿越時的影響。其次，該模擬器有一個駕駛室。船長或是船員可從儀器，雷達，及外部景色知道船舶行為，外部景色可實際輸入於電腦中並由螢幕顯示，讓模擬情形盡量真實，藉由每秒 5 次計算船舶所受到的外在力量，新的位置及速度將被推導出來，到新的位置後再繼續計算下個步驟，直到航行結束為止。



圖 16. 操船模擬駕駛室。



圖 17. 觀察室查看操船模擬情形。

(三)水工模型：水工模型試驗是一種預測水體通過規劃中的水工結構物或瞭解水體通過既有的水工結構物或瞭解水體通過自然地物流況的工具，試驗結果可作為工程設計或工程設備操作的參考依據。水工模型試驗之進行包括(a)既有資料之收集及(b)模型建造及量測設備需求之考量。既有資料來自於工程設計需求或直接現場量測資料或由數值模式模擬之間接資料。試驗工作必需考慮重要參數之選擇與量測之準確性。參數之選擇一般應用因次分析配合水理經驗與理論而得，而量測之準確性則決定於適當的量測設備與方法，港口興建前應做水工模型試驗進行分析。

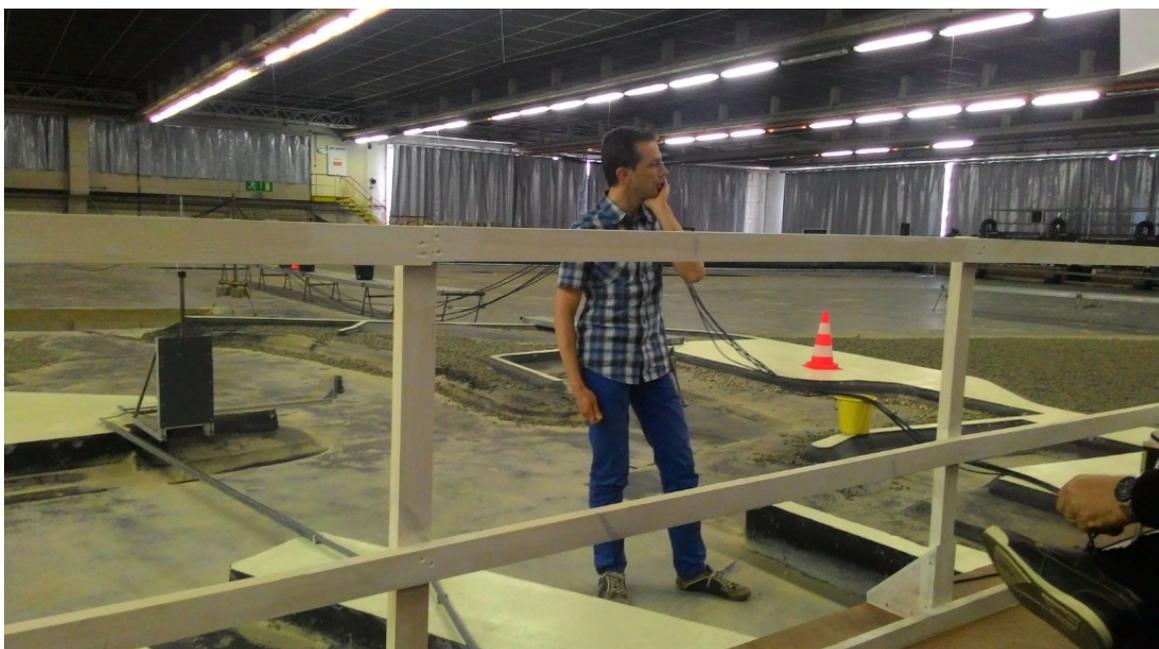


圖 18. 水工模型現場

### (三)澤布魯日港

布魯日(Bruges)自從中世紀就有很長的海洋歷史，中世紀的布魯日更是全歐洲集會聖地，可惜的是因為河道的淤塞導致經濟慢慢沒落，19~20 世紀時因比利時政府建立開放式的海港(Zeebrugge)又使得 21 世紀的今日又成為經濟及物流發展中心。

澤布魯日港特色如下：

- (1)分別於不同時期建置 3 道防波堤，並且可經過船閘進入到內港。
- (2)每年 220 萬進出口之車輛，並設置 120 公畝的土地做為車子加工的工廠，為不同顧客之需要加工，達到最佳的附加價值。
- (3)是歐洲最大的漁港之一，共計每年 2 仟萬公斤的漁貨。
- (4)每年超過 100 艘次的遊輪、70 萬民旅客，為的就是參觀歷史城市布魯日，遊客主要來自英國、德國及美國。
- (5)具有第一艘 LNG 驅動之拖船，



圖 19. Zeebrugge 出海口處防波堤

## 二、課程內容

港口總體計畫(master planning)：

(1)一般情形(General context)：港口設計的目標就是能達到港口管理，並預測未來潮流及發展後，在經濟利益及費用支出上達到公平貿易，建設方面可分成兩部分，包含基礎建設(硬體)及制度(軟體)，制度為一般世界上可接受的政策，並非教條。

(2)任務敘述(Mission Statement)：如何在創造最大的附加價值下，花費最小，例如：鹿特丹港：如何在貨櫃港中增加港口價值，並維持歐洲第一大港。安特衛普港：如何繼續保持港口的現況。

(3)主要趨勢(Main Trends)：航海目前趨勢為船舶大型化及船東集中化現象，港口方面則需引進新的物流觀念(整合物流鏈)、增加港口間溝通、持續發展重要性及讓進駐港口的公司自由發展，運輸方面則需要複合式的交通網路。

(4)戰略位置(Strategic positioning)：利用SWOT分析了解優勢、機遇、弱點及威脅，其中正向包含貨櫃產生影響(來源-目的地)、產業群聚效應、運具分配(Modal-split)、勞工生產力及腹地可用空間，負向包含港口位置及地形、腹地連接、港口勞工問題。

(5)預測(Forecasting)：要規劃一個較強健的預測之前，必須先了解目前的每個進出口商品、每條航路，然後做出撒點圖(Scatter Plot)，找出相對應關係。分析方面可利用簡單的定量分析、定性分析及解釋兩種組合後變量分析。

(6)貨櫃容量最佳化：如何達到港口貨櫃量之最佳化，在貨櫃量已達到港口容量80%的時候規劃，同時須考量未來15~20年貨櫃成長量規模。

(7)花費分析：分析每個選項的財務可行性，並審查現有的方法來實現良好的財政狀況。

(8)環境，社會和安全評估：應特別注意支付給任何港口發展項目的環境方面。港口、防洪及環境敏感點的保護，有利於利用自然資源，防止水和空氣污染，廢物處理和生態清淤活動都可以比技術和經濟方面的更嚴格考慮。

(9)社會觀感：就由港口持續性的發展計畫、不僅能夠增加就業機會、增加收入並減少社會貧窮人口。

港口和碼頭設計執行上之衝擊：

港口設計上如圖20.的流程，為了達到便利性，對碼頭或港口進行設計，同時須考量設計上的限制，設計完後工程進行執行及建置，並依據操作實務經驗達到流程之最佳化。

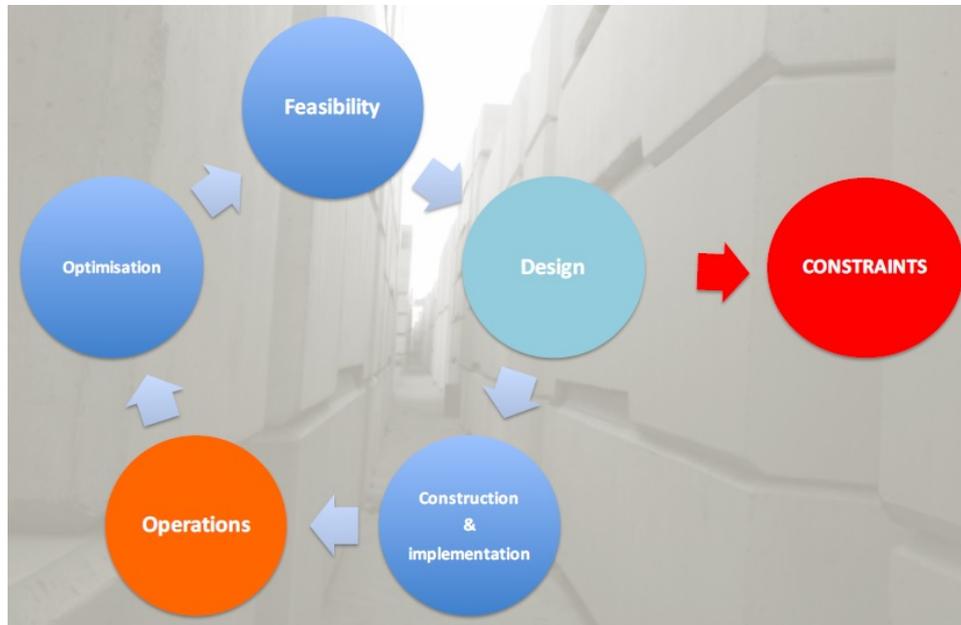


圖20. 碼頭設計流程

在進行設計前客戶的想法是非常重要的事，我們必須了解客戶的需求，其次，因為港口或碼頭設計後就確定大致的輪廓，不能因為追求價格便宜而達不到所需功能，通常在買橋式起重機之前就須決定了。

Looking at projects



- C**ustomer
- C**limate
- C**argo
- C**onnections
- C**oncept
- C**onstruction
- C**ommunity
- C**ash

圖21. 設計考量項目。

承上所知，依據客戶的需求進行設計及規劃，並訂出計畫的執行時程，工程結束後提出報告分析成果，並進行後續的投資及財務管理、維修管理及IT建置。

貨櫃場的運作方面，貨櫃資訊最為重要，現場工作人員必須清楚知道貨櫃的來源、位置、及目的地，設計時亦須了解現場運作情形，舉列來說，當設計高桅桿燈時可能依據目前最新燈的性能進行燈柱間距設計，所以導致高桅桿距離越來越遠，可是附掛於高桅桿上的廣播系統距離卻是固定的，必須要綜合考量才行。

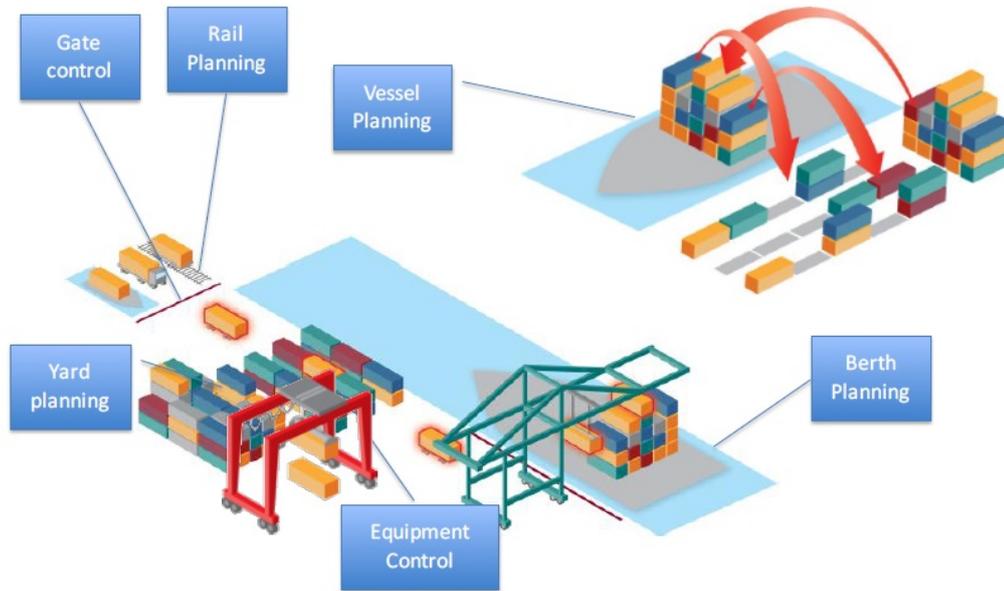


圖22. 碼頭管理

### Cargo Exchanges = Information Exchanges

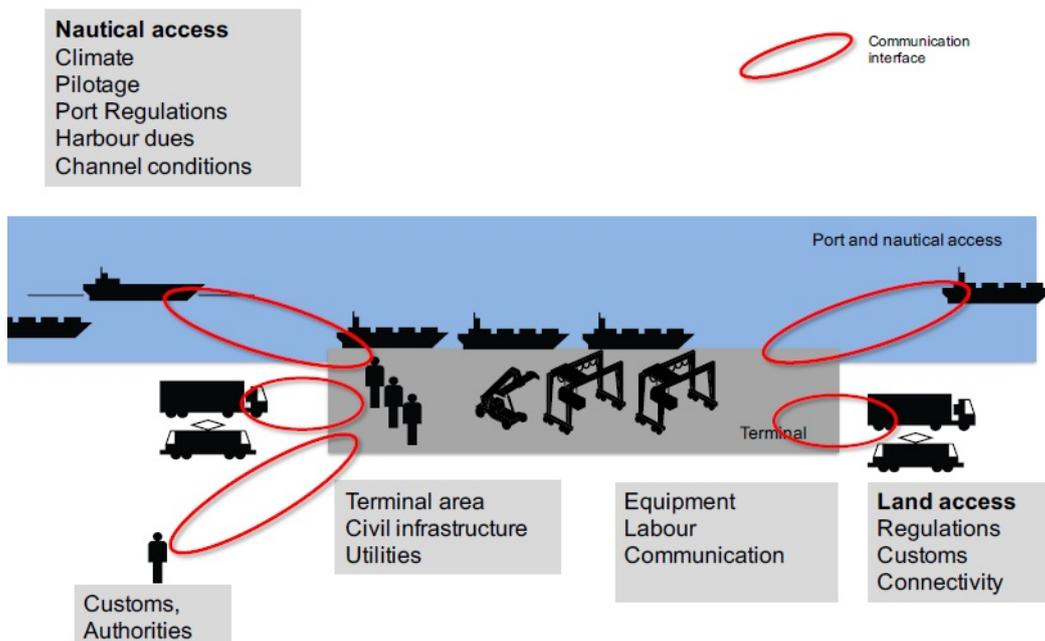


圖23.碼頭資訊交換流程

## 肆、心得與建議

APEC 機構之所以如此成功，主要是該機構與港口管理機關及港區業者合作，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，並經由來自世界各地的學員以研討會的形式進行討論，獲益良多。

安特衛普港為歐洲第二大港，以其完善的港口-運河-鐵路-運輸網持續發展，雖然潮差對港口發展帶來些許不便，也不像高雄港是天然港口，但利用其地理位置，完善的資訊平台、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。

本次參加的為港埠工程課程，該機構也還有許多不同專業領域的課程，建議公司可持續派員參加此類課程，建立國際港口交流，亦可分散至不同的港口進行學習，擷取不同港口成功之經驗。

若將來在從事公共工程中遇到較特殊或較重要之工程，仍希望有機會能夠藉由出國參訪的方式，將國外的建置經驗及想法引進國內，不僅能減少工程中可能遭遇的錯誤，也可將公共工程品質做到最好。

為達到本分公司的永續發展，建議總公司能夠統籌成立一個設計機構或單位，就國內各港口設計時能進行實際數值分析及模擬，不再只是交由顧問公司而無任何驗證機制，亦可與國內學術單位進行交流與合作，將相關設計經驗及研究成果留在公司裡，機電設計亦然，能夠引進相關程式或軟體計算電力系統短路電流或消防系統等，則可避免設計不良之情形發生，亦可慢慢建立起公司自己設計團隊及實力。