

# 港口規劃建設與船舶通航安全之探討

以高雄港洲際碼頭二期規劃為例

報告人：胡延章 主任

# 綱要

前言

港口營運規劃

船舶通航安全

真時操船模擬

結語

# 前言 (1/3)

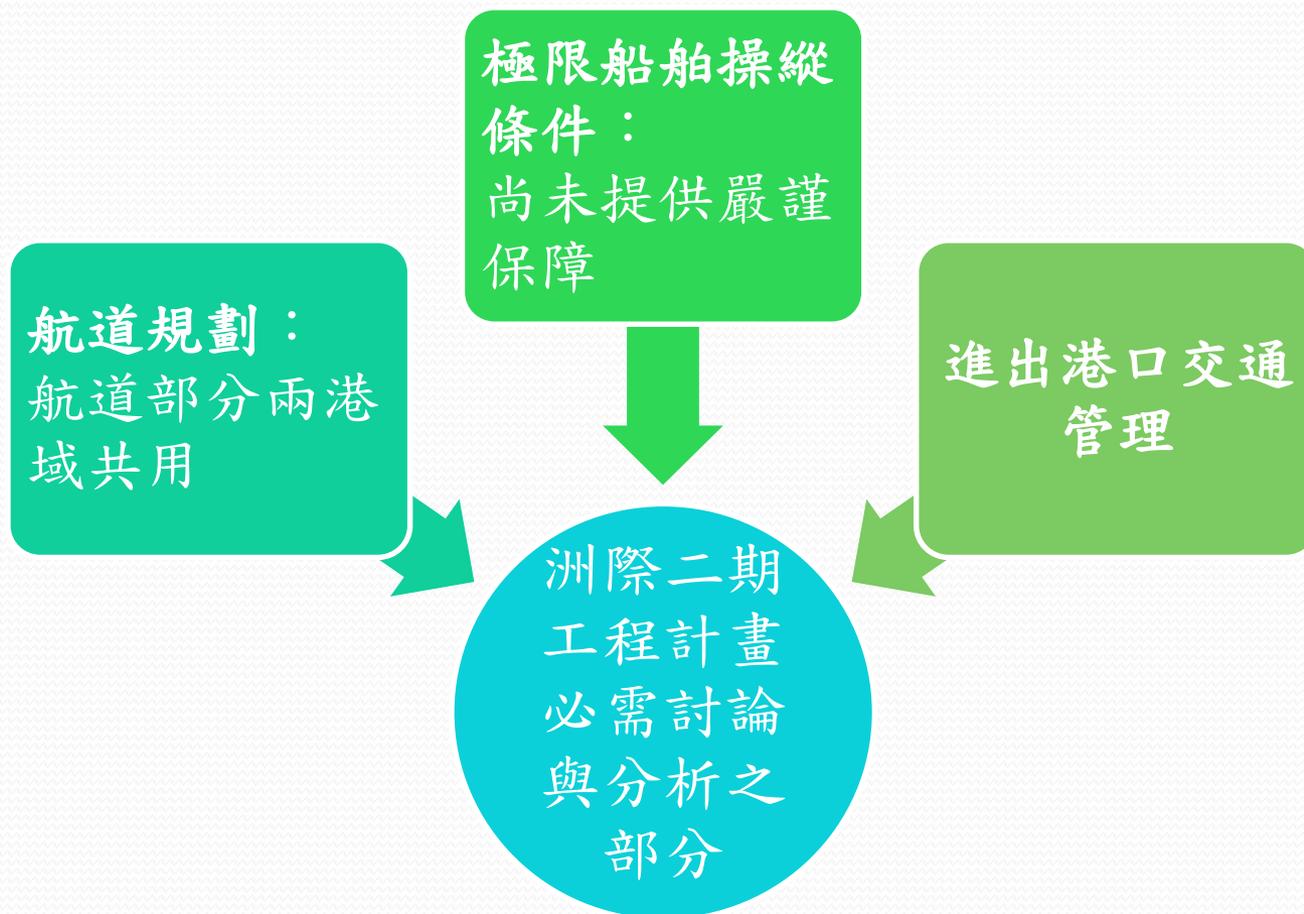
- 為適應船舶大型化的趨勢以及為了滿足高雄港貨櫃運量成長之需求，先後規劃了洲際一、二期工程



2004年  
洲際貨櫃中心第  
一期工程計畫  
(2011年正式開  
始營運)

2011年  
洲際貨櫃中  
心第二期工  
程計畫

# 前言 (2/3)



# 高雄港總圖



0 400 800 1200 1600 2000M

— 港區範圍線

港埠營運區：

- 港埠行政區
- 親水遊憩商業區
- 散雜貨碼頭區
- 貨櫃碼頭區
- 工業碼頭區
- 倉儲物流區
- 產業專區

特定專業區：

- 工業專業區
- 國防設備專業區



2015/3/31

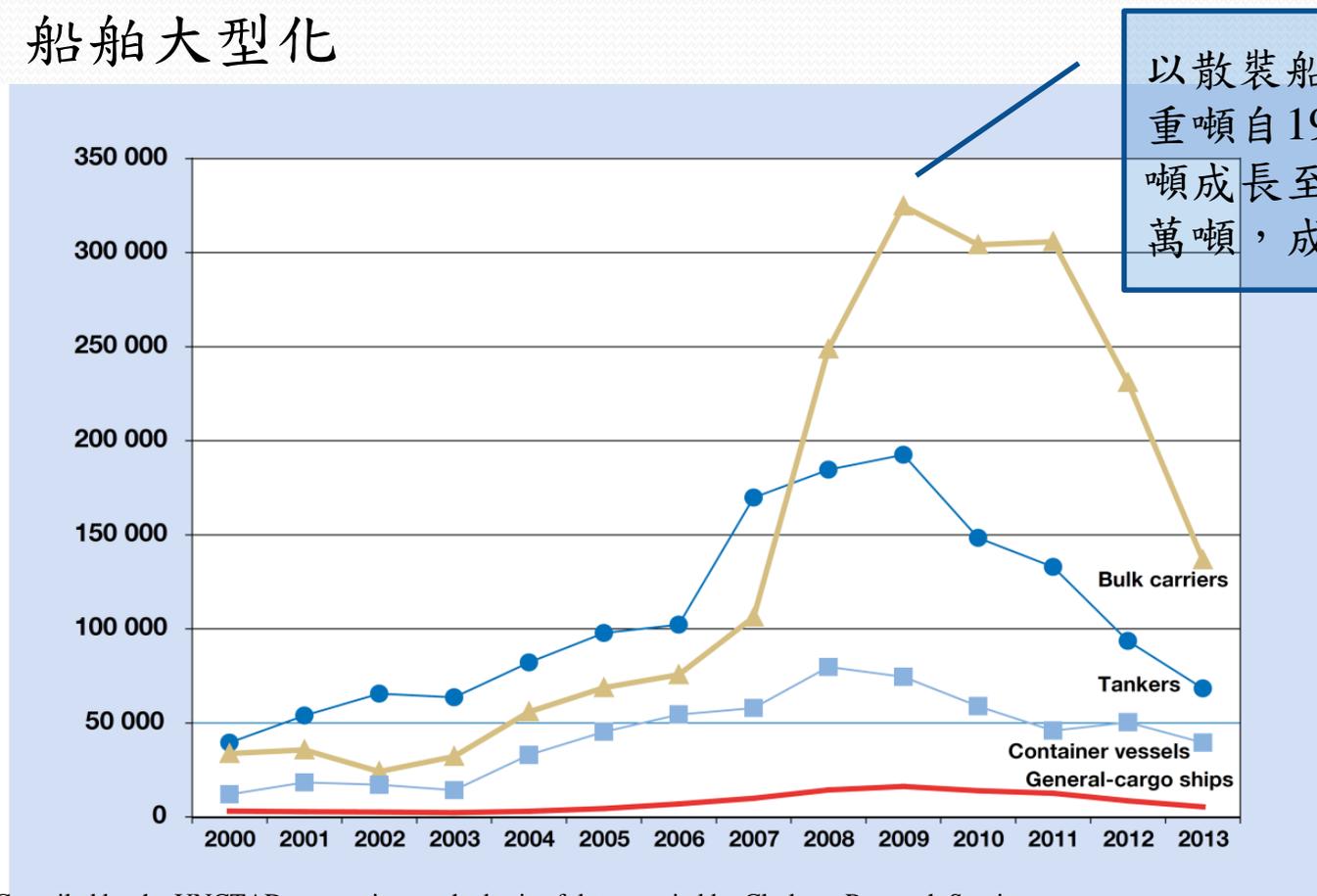
中華海洋事業協會

# 港口營運規劃 (1/8)

- 港埠營運發展
  - 船舶大型化
  - 自由貿易港區之推動
    - 高雄港於2005年起於既有港區申請自由貿易區，但港區內缺乏完整之土地。
  - 工程計畫之推動：
    - 可取得完整土地作為自由貿易港區之發展腹地。
    - 部分區域可引進產業，創造該產業成為國際物流供應鏈之重要節點，藉以提升高雄港碼頭作業及船舶運輸能量。

# 港口營運規劃 (2/8)

- 航運市場環境
  - 船舶大型化



參考資料：Compiled by the UNCTAD secretariat, on the basis of data supplied by Clarkson Research Services.

# 港口營運規劃 (3/8)

- 航運市場環境
  - 船舶大型化

	In service	Idle and laid up	Long-term storage	Repairs and not in service for other reasons	Total
Bulk carriers	99.75	0.14	0.02	0.10	100.00
Chemical tankers	99.57	0.36	–	0.08	100.00
Container ships	99.85	0.12	–	0.03	100.00
Ferries and passenger ships	98.23	1.49	–	0.28	100.00
General-cargo ships	98.78	0.87	0.04	0.31	100.00
Liquefied-gas carriers	98.62	1.19	0.19	–	100.00
Offshore supply	94.52	4.40	–	1.08	100.00
Oil tankers	98.16	1.25	0.48	0.12	100.00
Other/n.a.	99.31	0.53	–	0.16	100.00
<b>Total</b>	<b>98.96</b>	<b>0.73</b>	<b>0.16</b>	<b>0.15</b>	<b>100.00</b>

參考資料：Compiled by the UNCTAD secretariat, on the basis of data supplied by Clarkson Research Services.

# 港口營運規劃 (4/8)

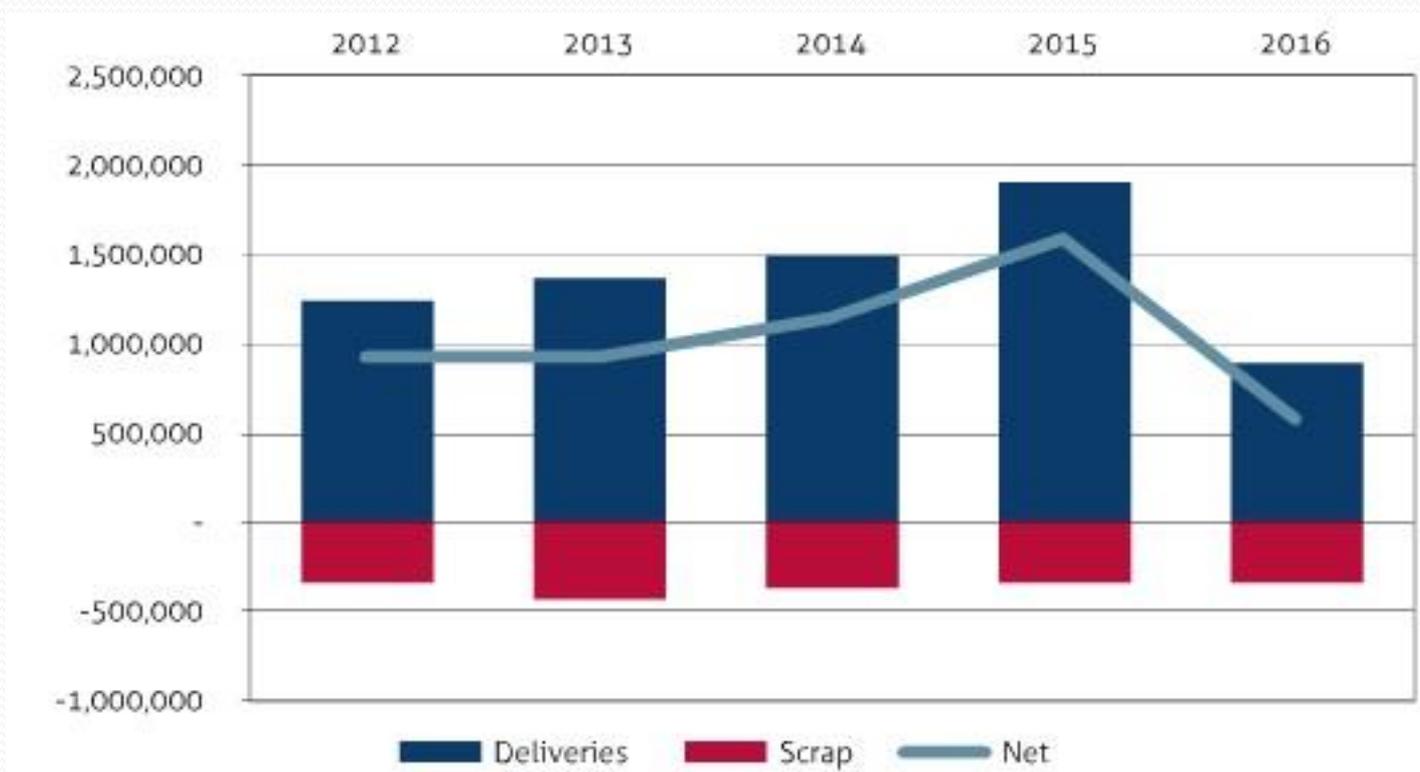
- 航運市場環境
  - 貨櫃船大型化

Teu Size range	In service November 2014		Outstanding Orderbook 2014		On Order 2015		On Order 2016+		Total vessels on order	Total teu on order
	No	Teu	No	Teu	No	Teu	No	Teu		
0-499	322	87,389	0	0	3	350	0	0	3	350
500-999	717	542,760	0	0	5	3,806	2	1,247	7	5,053
1,000-2,999	1,853	3,351,086	15	25,649	78	148,070	67	125,888	160	299,607
3,000-4,999	924	3,819,588	4	16,505	13	50,710	9	34,600	26	101,815
5,000-7,499	618	3,727,315	2	11,900	9	54,201	0	0	11	66,101
7,500-9,999	371	3,198,982	3	26,200	69	620,786	26	240,448	98	887,434
10,000-12,999	83	904,846	0	0	16	165,800	11	112,020	27	277,820
13,000-15,999	148	2,006,158	0	0	24	338,350	35	494,350	59	832,700
16,000+	20	336,670	1	18,400	30	538,110	10	191,000	41	747,510
<b>Total</b>	<b>5,056</b>	<b>17,978,594</b>	<b>25</b>	<b>98,654</b>	<b>247</b>	<b>1,920,183</b>	<b>160</b>	<b>1,199,553</b>	<b>432</b>	<b>3,218,390</b>

參考資料：Lloyd's List intelligence.

# 港口營運規劃 (5/8)

- 航運市場環境
  - 貨櫃船大型化



參考資料：Net fleet additions by capacity(teu).

註：Scrap levels for 2015 and 2016 estimated.

2015/3/31

中華海洋事業協會

# 港口營運規劃 (6/8)

- 航運市場環境

- 貨櫃船大型化

- 葛蕙銀在「越太平洋最適貨櫃船船型之研究」中 (2005)，基於貨源市場及成本考量因子分析，認為9000Teu為最佳配置。基於航行管理與港口條件因素 (2002)，最適化貨櫃船型為12000Teu。
- 隨著航運市場的變化，歐洲/遠東航線已出現CMA CGM營運的船舶，可載運16,020Teu，Maersk Line的Triple E class船舶可載運18,270Teu；CSCL的19,100Teu；今年 (2015) 一月MSC營運的19,224Teu的船舶已在韓國下水。上述有關貨櫃船大型化的研究已呈顯並說明了海運市場，特別是貨櫃營運上的快速變化。

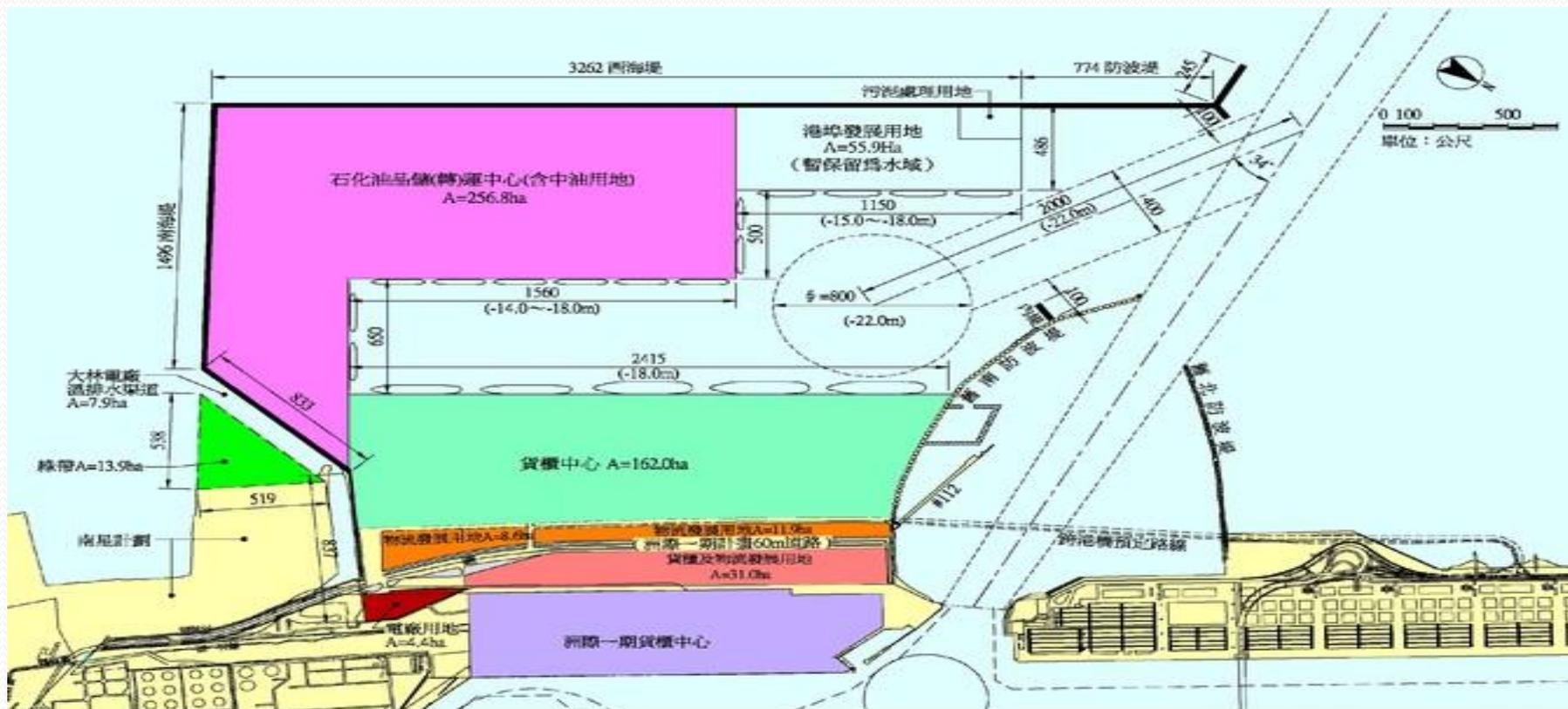
# 港口營運規劃 (7/8)

- 碼頭建設規劃

- 高雄港洲際碼頭二期工程計劃
- 可解決高雄港舊港區石化油品儲運的需求，建設最新現代化貨櫃中心吸引大貨櫃船彎靠。
- 該計畫預定興建水深16~18公尺之深水碼頭共19席，包含5席水深18公尺，可供18,000TEU級貨櫃輪靠泊之深水貨櫃碼頭，10席水深16~18公尺之石化油品碼頭，以及4席水深16公尺之散雜貨碼頭，並規劃分為石化油品儲運中心、貨櫃基地及港埠用地等三區塊進行開發。

# 港口營運規劃 (8/8)

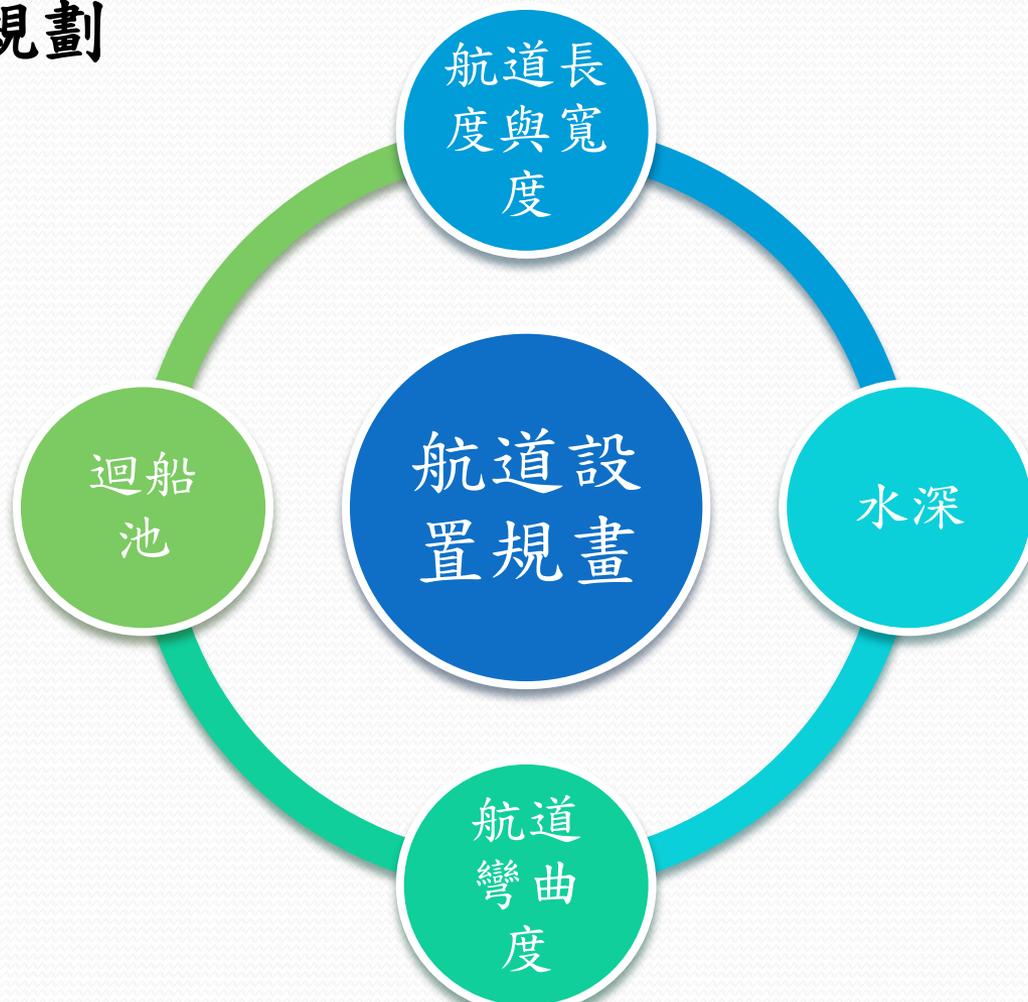
- 碼頭建設規劃
  - 洲際碼頭二期工程計劃圖



2015/3/31

# 船舶通航安全 (1/14)

- 航道設置規劃

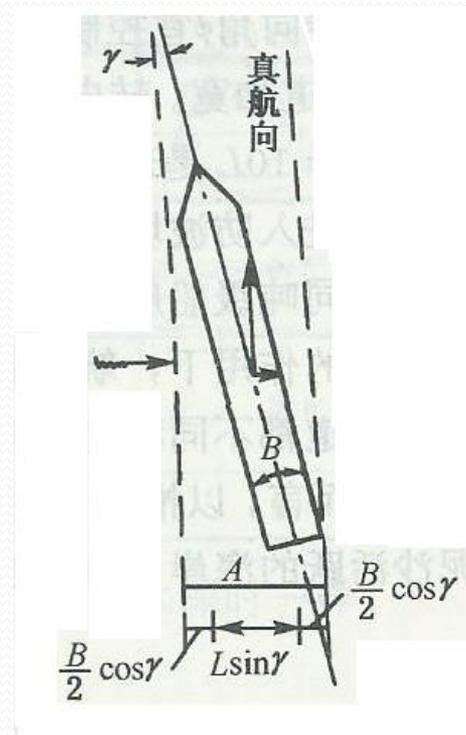


# 船舶通航安全 (2/14)

- 航道設置規劃

- 航跡帶寬度

- 船舶行駛受風、流影響，其航跡很難與航道軸線平行，即使在無風流狀態下行駛，螺旋槳產生的橫向力距亦迫使船舶偏轉。為保持實際航向與真航向間，保持風流壓偏角，船舶與風流壓偏角在導航中線左右擺動前進所佔的水域寬度稱為航跡帶寬度。



# 船舶通航安全 (3/14)

- 航道設置規劃

- 港口寬度

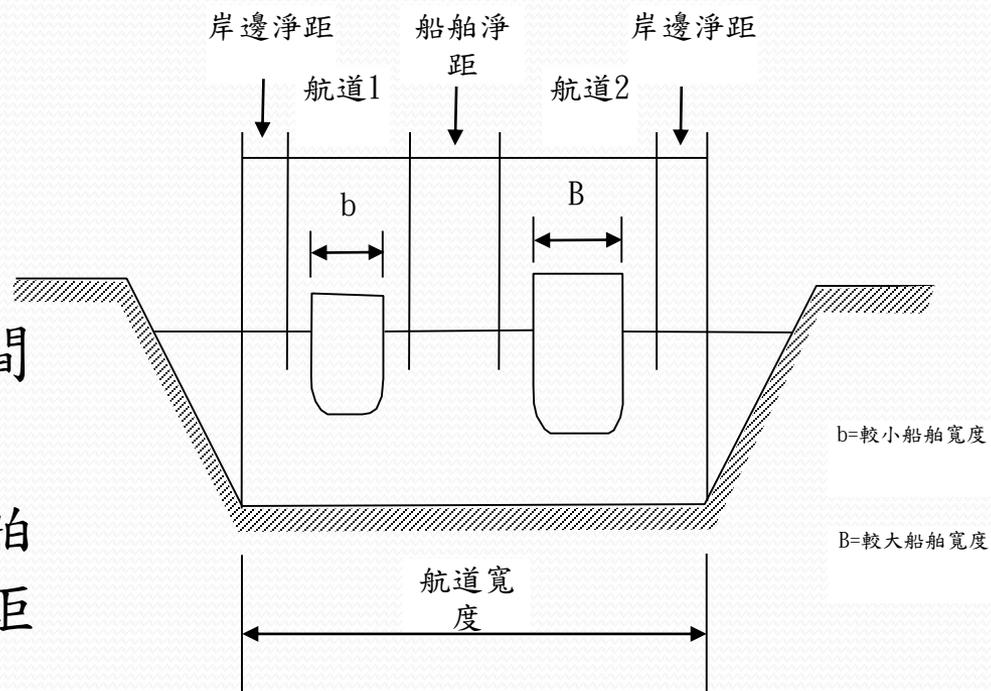
- 規劃進出港口航道首先必須考慮到港口寬度，因為港口為船舶經由航道進出港埠之門戶，而港口寬度係指垂直航道中心線之有效船舶航行水深的寬度，其寬度端視最大計畫船型或目標特殊船型之尺寸而定。

# 船舶通航安全 (4/14)

## ● 航道設置規劃

### ● 航道寬度

- 航跡帶寬度
- 船舶間錯船之餘裕間距
- 克服岸吸作用的船舶與岸壁間之餘裕間距



# 船舶通航安全（5/14）

- 航道設置規劃

- 航道法線

- 現況二港信號台前的隘口航道寬度僅183m，對長度大於400m，寬度大於50m貨櫃船向南轉向60度靠泊六櫃或向北轉向115度航進，在信號台前以港區安全操控速度4-5節情況下無法達成安全迴轉。考慮全速倒俾的制動距離及偏轉現象，加上低速情況下的風流影響，使船舶安全通過隘口的風險極高。拖船若能在船舶進入防波堤後隨即協助護航，則或可降低風險。

# 船舶通航安全（6/14）

- 航道設置規劃

- 航道長度

- 船舶進港時，為避免風與潮流等之影響，於尚未進入防波堤所保護之水域時，都必須保持某種程度以上之航速。因此，有必要決定從港口防波堤入口處至碼頭之航道長度，以確保其長度足敷船舶停船所需。停船距離則依船舶的船型及進港初始速度而定，超大型船舶可考慮採用拖船協助。

# 船舶通航安全 (7/14)

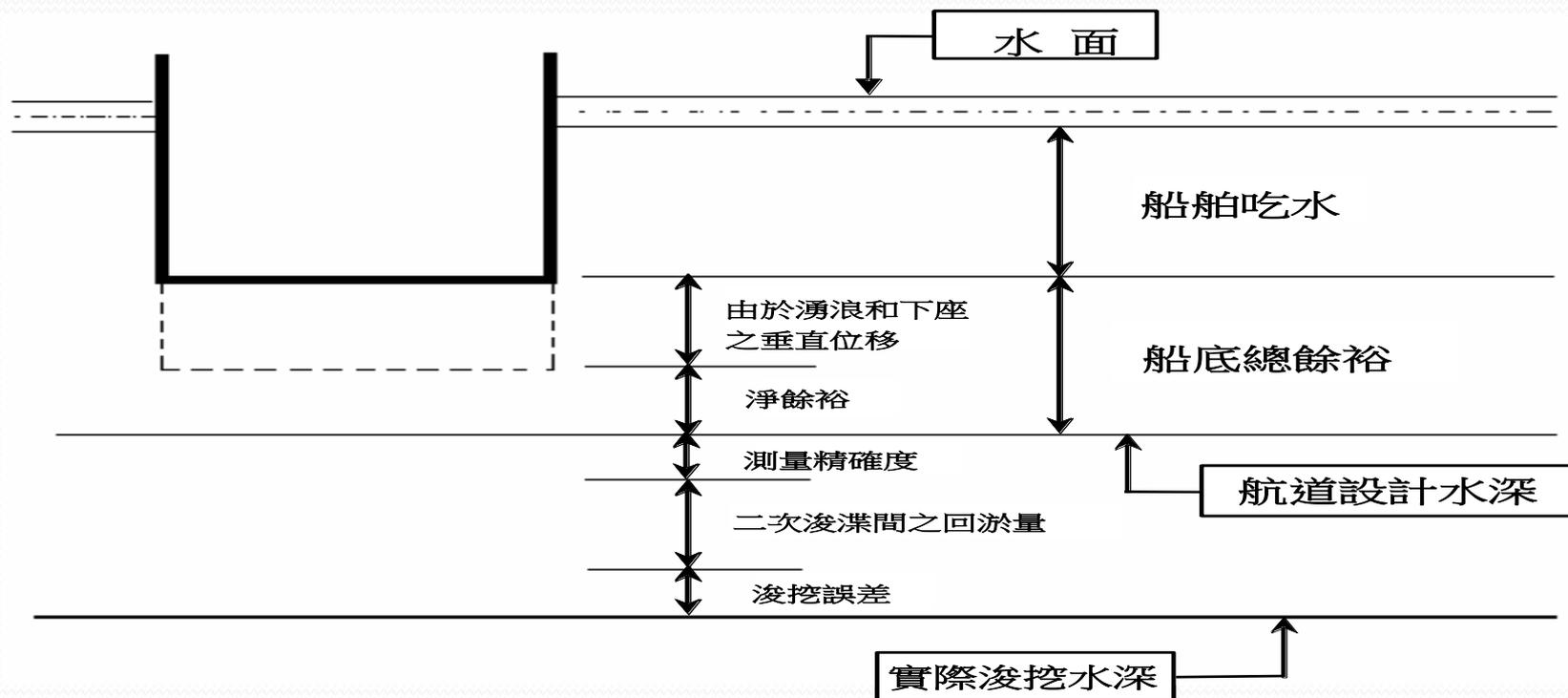
- 航道設置規劃

- 航道水深

- 航道設計深度主要由允許船舶吃水加上船底總餘裕水深合計而得。而航道實際浚挖深度，則需再考慮測量精確度、浚挖容許誤差及二次浚挖間之回淤深度作適當超挖。
- 當15,000TEU超大型貨櫃輪進港時，此時所需之航道水深至少需在18.0m以上。故洲際二期計畫及長程計畫之進港航道水深、迴船池及泊渠之設計水深至少須達18.0m(高雄港 低潮系統)以上。

# 船舶通航安全 (8/14)

- 航道設置規劃
  - 航道設計水深示意圖



# 船舶通航安全（8/14）

- 航道設置規劃

- 迴船池規劃

- 迴船池係供船隻調頭迴旋之處所，其大小得視船長、流速、風向、船速、有無拖船協助及船舶之機動性而定。一般而言，迴船池愈大，船舶操航愈容易，在短時間內即可調整船向；船舶迴轉時若使用拖船協助或船艙裝有側推器，則迴船池可考慮酌予減小，惟迴船池大小尚應考量對港域船舶進出能量的影響。

# 船舶通航安全（9/14）

- 船舶安全操縱的限制

- 防波堤設置所包圍的水域要適當留有發展餘地，水域小，易發生操船事故，壓縮港口未來發展。水域大，納潮量愈大，淤積量愈大。
- 進出洲際二期之船舶，下列各項應列入考慮：
  - 船速限制
  - 吃水限制
  - 風力與風向強度限制
  - 拖輪協助相關限制
  - 船與船之間隔距離限制

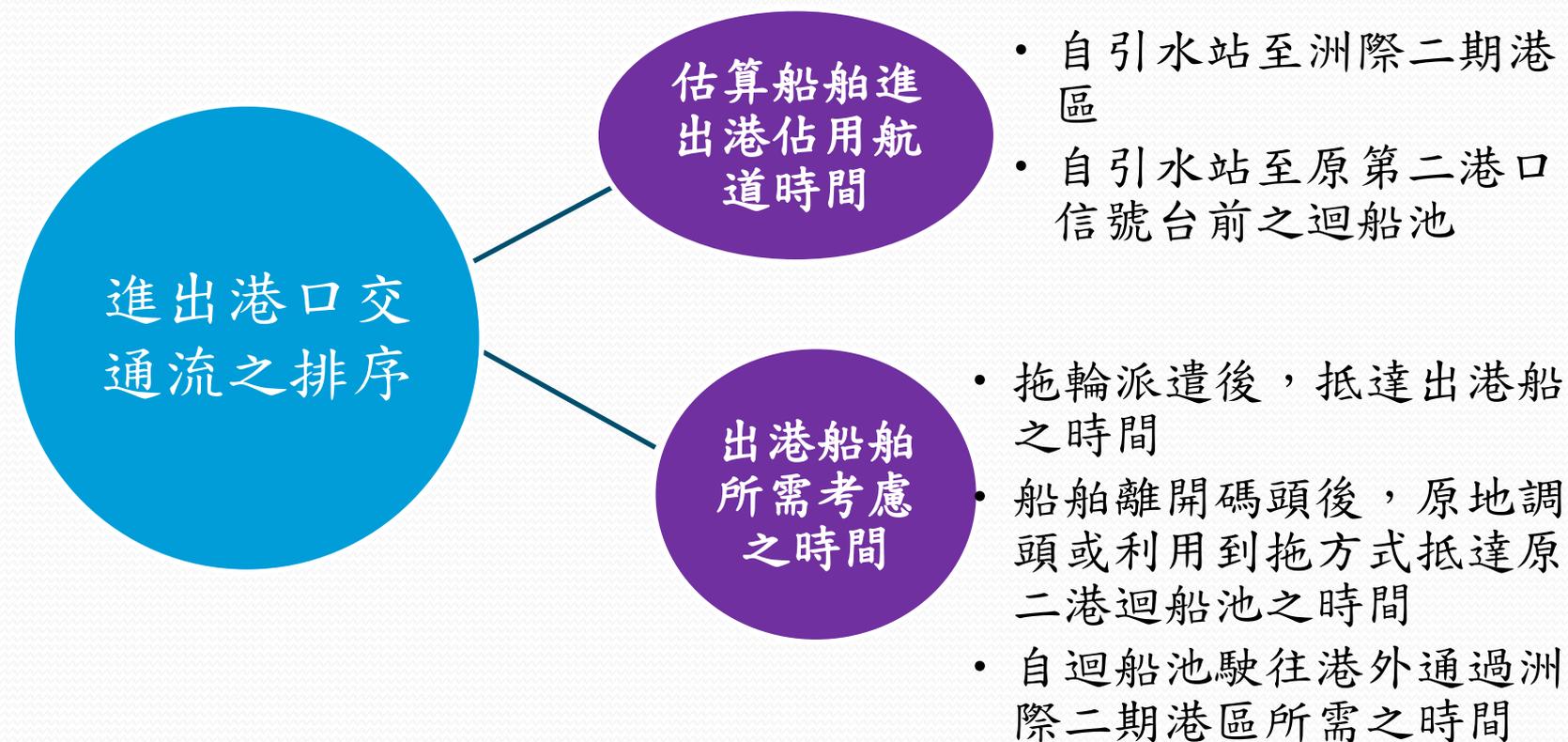
# 船舶通航安全（10/14）

- 交通流與進出航道

- 按照設計與規劃第二港口原航道與洲際二期港區均採用同一航道進出，因此對於進出港口之排序除了安全之外效率也必須注意。

# 船舶通航安全 (11/14)

## • 交通流與進出航道



# 船舶通航安全（12/14）

- 進出航道之交通管理

- 航道系統（Routeing System）

- 高雄港為配合VTS的設置發展於2001年完成了通航巷道及分道航行的規劃建置，為高雄港水域的通航安全奠立了基礎。該規劃中分別在第一港口及第二港口防波堤外畫定了警戒區、進出港分道航行巷道、引水站位置、錨泊區及其外側提供船舶南北向航行的通航水道。為緩解洲際二期完成後的堤口進出交通流，有學者提出複式航道方案，此有待進一步的評估研究。

# 船舶通航安全（13/14）

- 進出航道之交通管理

- 船舶交通服務（Vessel Traffic Service，VTS）

- 整體而言，VTS的硬體設備皆符合標準，但部分VTS操作員在航海資歷背景方面尚未能全然符合要求。目前每日服務進出一、二港口的商船總計約110艘次，若加上其他工作小船等，業務堪稱繁忙。
- 在一篇「單向水道船舶進出港最適化排序模式」（2008）研究中，確實說明亦驗證了電腦科學化排序的優化可行性，因應洲際二期碼頭的設置，Y行航道的規劃，未來在交通管理及進出港通行排序上，對於船舶抵各關鍵節點時間需做量化處理，建立電腦化排序的量化管理。

# 船舶通航安全 (14/14)

- 安全與效益

- 安全

- 洲際二期計劃修定後的航道和堤口寬度設計佈置，必須足以保障船舶的操航安全。此外，VTS必須提升交通管理的功能，準確掌握各船舶之動態，並根據各船舶所需佔用航道時間與泊靠碼頭位置，排定進出港口順序；協助護航的拖船更應盡早配合。

- 效益

- 南星洲際碼頭的建設完成將提供高雄港未來往南擴展之建設基地；高雄港未來將成為倫敦金屬交易中心(LME)遞交港，後續將成為非鐵金屬國際儲轉與發貨中心。

# 真時操船模擬 (1/13)

- 第一次操船模擬試驗

- 時間

- 2011年5月

- 目標船型

- 15000TEU貨櫃輪，船長400公尺，船寬51公尺，吃水15公尺

- 操船環境條件

- 風向北風與南風，風速10m/s，潮流包括漲潮與落潮。

- 操航次數

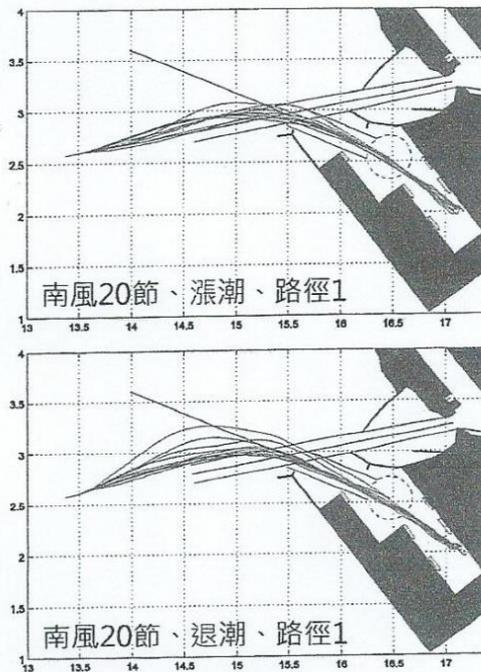
- 86次進港，16次出港

# 真時操船模擬 (2/13)

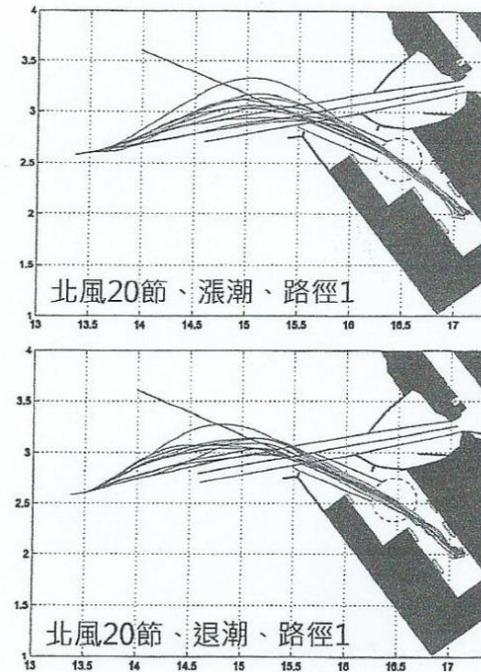
- 第一次操船模擬試驗模擬操航之軌跡圖

## 軌跡圖

- 洲際貨櫃中心第二期



- 洲際貨櫃中心第二期



# 真時操船模擬 (3/13)

- 第一次操船模擬試驗

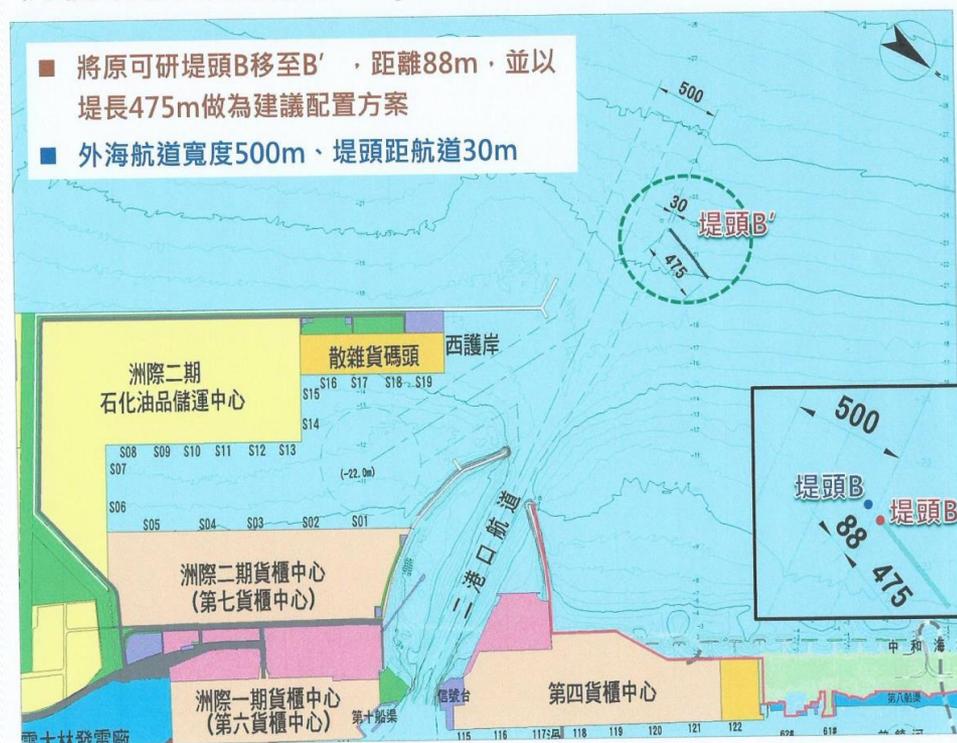
- 本次操航試驗是在假定洲際二期港區外側無任何遮蔽防波堤之情況下進行，結果進港與出港總共102次，均屬安全成功之操航。初步認定洲際二期港區規劃之航道、迴船池與水深，對服務15,000Teu的貨櫃船而言，應屬恰當。

# 真時操船模擬 (4/13)

## ● 洲際二期港區外側設置遮蔽堤之設施

高雄港務分公司在第二港口北側進行二期設施，因此北湧港域設施設計在洲際二期港區外側。高雄港務分公司在第二港口北側進行二期設施，因此北湧港域設施設計在洲際二期港區外側。高雄港務分公司在第二港口北側進行二期設施，因此北湧港域設施設計在洲際二期港區外側。

## 北側防波堤建議配置(真時操船配置)



# 真時操船模擬 (5/13)

- 第二次操船模擬試驗

- 時間

- 2014年11月2日至12月2日

- 目標船型

- 18000TEU貨櫃輪，船長400公尺，船寬59公尺，吃水16公尺

- 操船環境條件

- 風向北風與南風，風速13.9m/s，潮流包括漲潮與落潮

- 操航次數

- 洲際二期港域47次進港

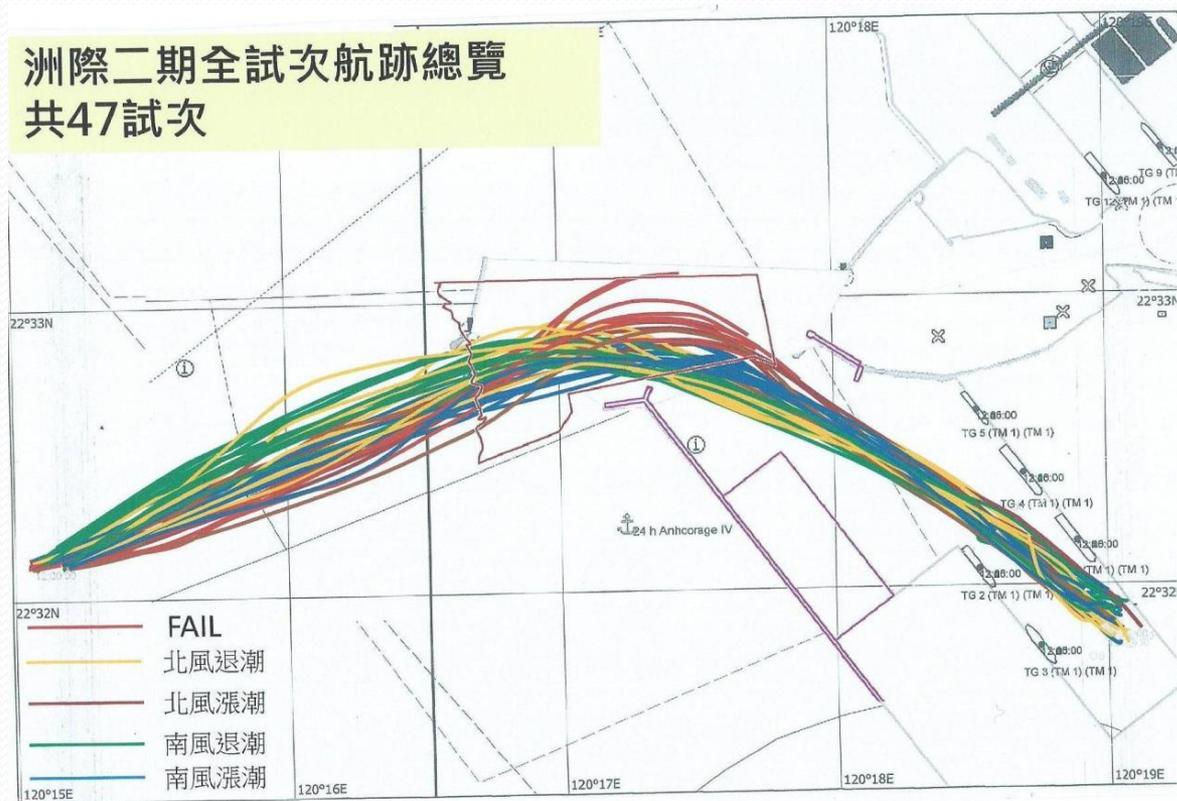
# 真時操船模擬 (6/13)

- 第二次操船模擬試驗

- 從操船模擬之結果來看，其失敗率為17%；若以淨原始40次計，失敗率為20%，實屬偏高。對進靠洲際一期第六貨櫃中心11次的模擬試驗中，總計11次，失敗3次，失敗率27%；若以淨原始10次計，失敗率為30%，關鍵點在於通過信號台狹窄隘口因素及未能安全制止船舶停船。

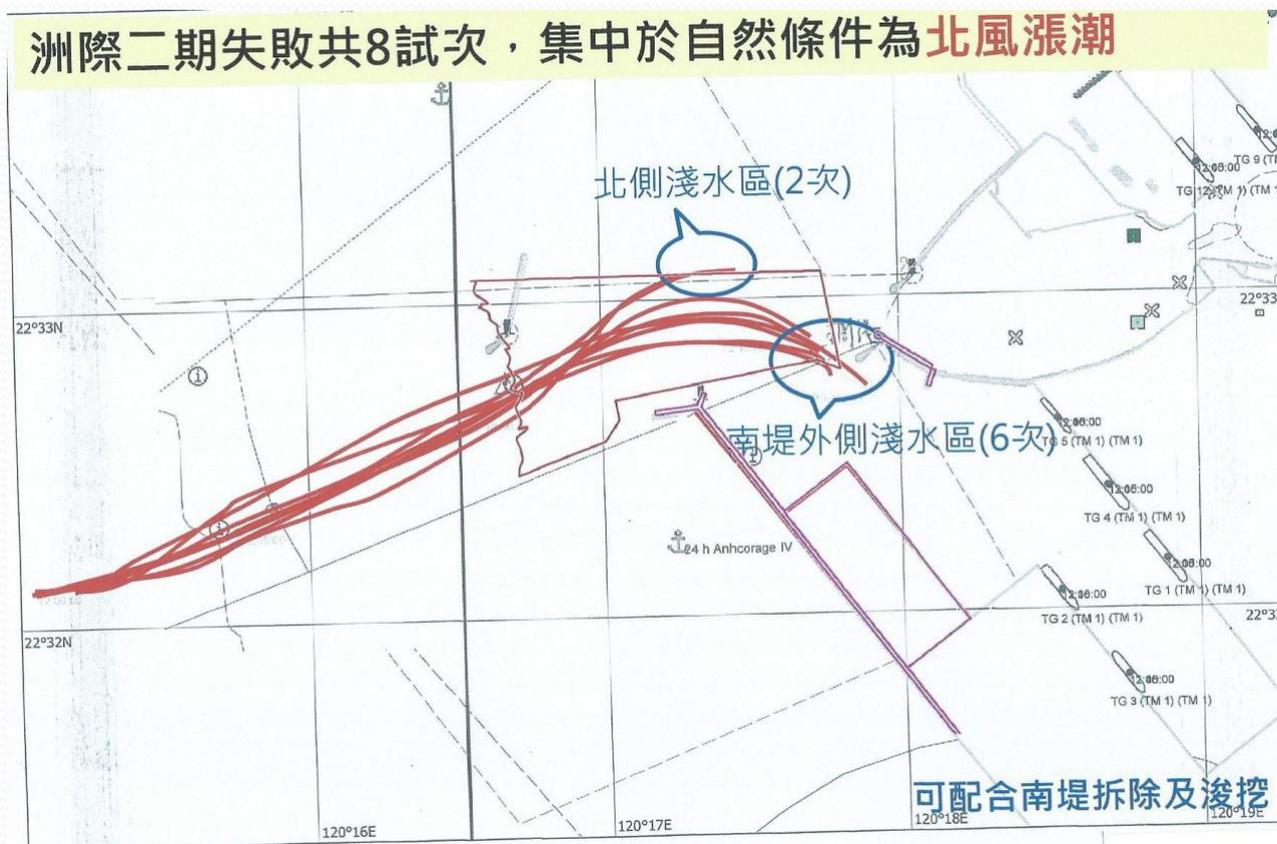
# 真時操船模擬 (7/13)

- 洲際二期港域47次進港之軌跡圖



# 真時操船模擬 (8/13)

- 操船模擬失敗8次



# 真時操船模擬 (9/13)

- 檢討失敗之原因

- 天氣之條件嚴苛，風力為13.9m/s約為7級風。
- 洲際二期港域外側設置之遮蔽波浪之防波堤，對於操船進港造成心理壓力，為一大障礙。當大船嘗試用大俾與大舵角通過擋浪堤時，立即要做向右轉向進入洲際二期港區，多次因為前進距太大與橫距不足而發生擱淺。
- 設定之風向為北風與南風對於進港船而言，是為橫風。對於大型貨櫃船在操航進港時，一直有向上風偏轉傾向，必須用大俾大舵修正，修正不及就可能擱淺，即使沒發生擱淺，也可能減速不及。
- 大型貨櫃船進入洲際二期港區外堤之速度平均高達10節，航道長度為2000公尺，以大船之巨大排水量，加上10節速度，其動量相當大，如果按實船正常之操船程序，將可能因船速較快而打不出倒車，或者到俾打出來卻無法及時停船。

# 真時操船模擬 (10/13)

- 第三次操船模擬試驗

- 2014年12月10日針對第二次操船模擬試驗之結果做檢討，認為洲際二期港域外側設置之遮蔽湧浪之防波堤，對於操船進港實為一大障礙。然而擋浪堤對於洲際二期港域遮蔽湧浪之需求實在有其必要性，因此經過研究討論與數值模擬實驗，決定將擋浪堤向西北方向外移，並將航道加寬為500公尺，再做一次操船模擬試驗，是為第三次操船模擬試驗。

# 真時操船模擬 (11/13)

- 第三次操船模擬試驗

- 時間

- 2015年4月1日至5月29日

- 目標船型

- 18000TEU貨櫃輪，船長400公尺，船寬59公尺，吃水16公尺

- 操船環境條件

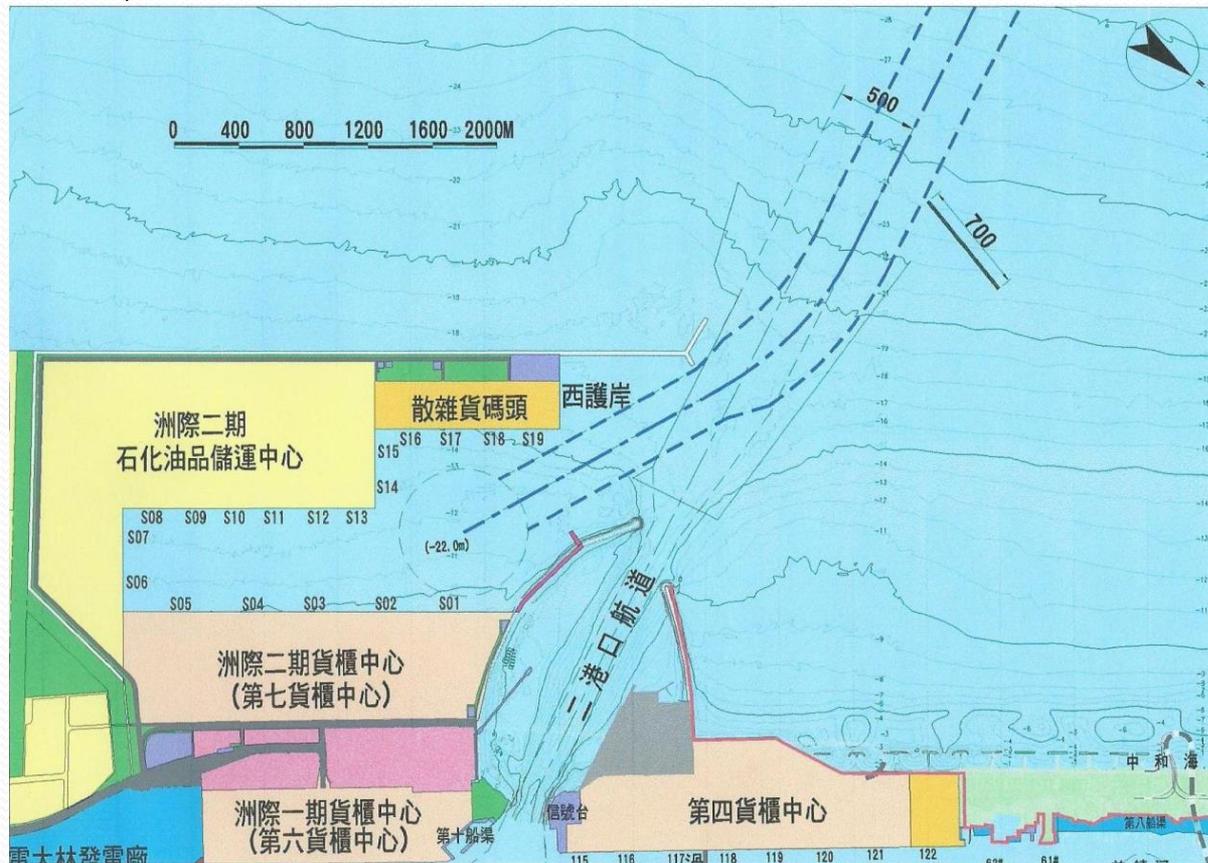
- 風向北風與南風，風速10m/s，潮流包括漲潮與落潮

- 操航次數

- 洲際二期港域40次進港，10次出港；另外第六貨櫃中心也排定操航進港20次

# 真時操船模擬 (12/13)

- 第三次操船模擬試驗之港域配置圖



# 真時操船模擬 (13/13)

## ● 風險評估

- 高雄港洲際碼頭的規劃與航道設計佈置，隨著服務船舶型式的不同規格，其風險的評估自有不同程度的考量。
- 洲際一期第六貨櫃中心在既有港口條件下，原規劃為服務13,000Teu的貨櫃船，在理論與實務操作上均為可行。
- 洲際二期的原規劃為服務大型散裝船、油化品船及15,000Teu的貨櫃船，在尚未將雙堤口單向進出的交通組織與管理的效能因素納入考慮下，經操船模擬試驗結果顯示為安全可行度高。
- 若服務船舶擴大為18,000Teu，從操船模擬試驗的結果顯示，無論洲際一期或二期，兩者失敗率頗高，風險發生概率高，屬高風險的範疇。
- 洲際一期由於隘口因素，改善空間有限。洲際二期則必須對堤口、航行巷道、航道長度及遮蔽區予以改善，或限制風力和流速影響。

# 結語

- 目前洲際二期港域之開口朝向西北西方向，必須在港域外側設一座擋浪堤，現階段只有改善修正擋浪堤位置，並利用操船模擬試驗以獲取驗證。
- 期望未來定案之擋浪堤不但對於港域之靜穩度有所助益，對操船航行亦無阻礙。
- 巨型貨櫃船受風、流壓影響頗大，在受限的水域航行與靠泊作業，有必要訂定安全作業規範。
- 港務公司必須準備足夠馬力與數量之拖輪，滿足巨型貨櫃輪與大型石化液體散裝船使用，且必須盡早到堤口外協助護航。
- 洲際二期規劃對港口整體的交通流勢必造成影響，港口VTS對於整體的進出港口的交通流管制與排序亦需謹慎訂定規則，以維護航行安全與港埠效率。

報告完畢  
敬請指教  
謝謝