出國報告(出國類別:進修)

# 108年度短期出國訓練-『港口規劃與基礎設施設計』課程

服務機關:臺灣港務股份有限公司 花蓮港務分公司

姓名職稱:吳助理工程師志彬 派赴國家/地區:荷蘭/代夫特

出國期間:108年1月12日-108年2月3日

## 摘要

本次受訓期間為 108 年 1 月 14 日至同年 2 月 1 日,出國期間為 108 年 1 月 12 日至同年 2 月 3 日,受訓地點為:代夫特,荷蘭(Delft, Netherlands),IHE 水事教育學院,本城市位在荷蘭中部,以古城文明,該區內有歷史悠久的教堂與博物館,並與商業結合,交通便利發達,與主要港口城市鹿特丹市,有 40 分鐘鐵路車程,距離阿姆斯特丹史丹甫機場有 1 個小時的鐵路車程。

本次訓練課程重在港口規劃理論的教學,與教授的實務經驗之探討與分析,在此將本次訓練課程摘要說明如下:

港口的主要使用目的,在於暢通海內外的貨物運輸,其高效率的執行,有賴於現代化的設備與營運技術的配合,概略性的介紹港灣設施的相關設備,目前的設備操作,主要以電腦設備提供即時資訊,配合人力與專業技術操控;另外,國外已經發展出 AI 技術操控設備,例如碼頭區內的無人駕駛貨櫃運送車,貨櫃轉運區的貨物儲存與分配,出口區吊放出入碼頭的貨櫃車。

碼頭結構形式決定碼頭造價成本,但各種形式碼頭的決定取決於氣象,海 象,潮流,投資年限,法規限制等自然與人文因素。

一般來說,成本低的港口,回收快,建造時間短,但強度低,耐用年限短,適合在平靜的海事條件影響下運作;成本高的港口,使用用途廣,耐用年限長,但回收時間長,容易受經濟景氣因素影響,但適應氣候條件可以比較嚴苛,缺點是需要長時間維護等的不利因素。

港口經營建造費用甚鉅,所以應該有效且經濟的使用港口資源,而使用效益的提升有助於成本的回收,併提高營收;而效益提升應先比較成本,考慮運作效率;港口的使用與經營方式上,力求減低停泊時間,增加港口數量,等等都是提升使用效益的關鍵,而如何減低停泊時間,決定停泊數都應該經過評估後做成決定,才能有效幫助提升效益。

碼頭位置的決定,可有效提升港口的使用率;試想如果因為環境因素導致碼頭關閉時間(downtime)的時間太長,勢必影響碼頭的使用頻率,進而影響使用效益;另外,港區位址的選定應考量因素有-海浪(wave),海流(current),潮流(swell),船的漂移行動(manoeurvrability)等各種天然因素及工程技術上的限制。

船長時間靠泊在碼頭上需要有穩固的錨船設備,適當的固定繫船繩的角

度;使用緊急脫鉤設備,在停靠期間,如果發生重大天災或是人為破壞的情況,即時的防制措施,可以防止災害持續擴大;船在停靠期間,仍有風力,潮汐力,潮流力,船本身隨流產生的動態力等因素在影響,導致船隻在駁靠期間產生的相對運動,防止此種相對運動對船本身,對鄰船,對碼頭造成的破壞,所以需要繫船繩將船穩固的固定在位置上。

碼頭規劃區分為海區與岸區,海區的主要目的在供應船隻運行;岸區的主要目地在提供貨物倉儲,運輸,船隻的修護,港口的保護設施等硬體設備。

## 目次

目的.		1
過程.		2
石	碼頭設施簡介	2
石	碼頭結構介紹	15
Ä	港口營運分析	21
石	瑪頭位置決定	28
3	安全的靠泊	39
伍	瑪頭規劃設計思考	50
心得及	及建議	60

## 目的

本次出國短期教育課程為「港口規劃與基礎設施設計」,受訓時間約20 天,受訓地點是荷蘭,代夫特市,IHE 水事訓練學院;雖然國內已經有海洋大學,海洋科技大學等專業學校教授海事相關知識,但是相較之下,荷蘭的海洋工程技術還是比較先進的,且與時俱進的更新,因此遠赴荷蘭吸收新知,還是可以多認識現代港灣工程技術。

本課程是一個短時間授予港灣工程專業相關的訓練課程,除港口規劃的各個程序介紹,還有現況中,國外設備使用情形,是一次結合理論與實務的訓練課程。

期許在經過訓練課程後,將所習得相關知識,撰寫成書面資料,報告本人訓練期間所經所歷,期許有利用的價值,供同仁日後討論與參考。

此份報告內容涉及規劃設計基本概念及報告國外港區現有狀況,相關資訊 將理論與實務結合,若能與現有實務中狀況結合,或進行調整,或進行應用, 使本次的訓練能發揮最大的效益。

## 過程

本次出國訓練課程在於將港口基礎設施介紹與規劃港灣理論結合,相關訓練資訊,介紹內容如下。

#### 碼頭設施簡介

碼頭的主要使用目的,在於暢通海內外的貨物運輸,其高效率的執行,有 賴於現代化的設備與營運技術的配合,本章節概略性的介紹港灣設施的相關設 備;目前的設備操作,主要以電腦設備提供即時資訊,配合人力與專業技術操 控;另外,國外已經實際應用 AI 技術操控設備,例如-碼頭區內的無人駕駛貨 櫃運送車,貨櫃轉運區的貨物儲存與分配,吊放到進出碼頭的貨櫃車。

一般而言,運輸貨物種類及運輸方式,決定碼頭形式;而港口依裝卸的貨物種類劃分為散雜貨 (Dry Bulk Cargo, Liquid Bulk Cargo),貨櫃 (Container),一般貨物(General Cargo,包含散雜貨與貨櫃運輸),(Ro/Ro Cargo)。

碼頭依基礎形式區分為 ( Quay Wall), (Jetties):

Quay Wall 碼頭:主要是岸壁式碼頭,可以使用馬路,鐵路,管線運送, 直接將貨物吊放到碼頭,使用運輸工具,直接將貨物分配,寄運。

Quay Wall 碼頭一般作為 General Cargo, Container, Dry Bulk Cargo 使用,簡略敘述其優/缺點如下:

#### 優點:

- 1.易於保養維護
- 2.用途範圍廣泛:可使用鐵路運輸,車輛運輸,輸送帶,管線運輸。
- 3.碼頭乘載力較高

#### 缺點:

- 1. 營建費用高,回收成本時間長
- 2. 不易擴充,受腹地面積大小限制使用方式
- 3. 靠近港區,容易因洩油,或是裝卸物掉落,或是擱淺,而造成環境 汙染與無法使用的困擾。



上圖為 Quay wall 貨櫃港/下圖為通用貨物(General Cargo)港



## Jetty 碼頭:

Jetties 主要是離岸連結船與碼頭間的運輸(Liquid Bulk Cargo),一般是LNG,LPG船運輸化學原料,或是使用輸送帶的鐵礦,煤炭等等。

Liquid Bulk Cargo 選擇使用 Jetty 形式,是因為化學船設施的儲槽必須在低溫,高壓下儲存,在遭遇變故時,可能因為災害導致化學品污染海洋,造成海洋溫度遽烈變化,污染海洋環境,因此選擇以離岸形式運輸。



Jetty 繫船設施有 Breasting Dolphin, Mooring Dolphin Dolphin 不是海豚,是一種繫船纜繩的頭,類似繫船柱的作用



## 以下照片介紹,不同 Jetties 形式的碼頭使用情形



## Ro/ Ro cargo harbor

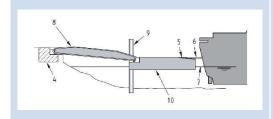
Ro/Ro Cargo= Roll on/ Roll off cargo= wheeled cargo, such as automobiles, truck, railroad cars.

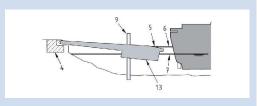


Ro/Ro cargo Direct vessel approach 用途廣泛 降低建造成本 下載貨物角度受限制



Floating pontoon system 潮位變化較大,無法直接卸載 裝置承載力,轉換角度受限制







Movable shore link spans 多重卸載甲板增加裝置承載力

渡船直接連接道路使用 坡道安裝碰墊防止碰撞

港口在興建/營運階段,會使用/遭遇很多類型的機械,設備配合使用,以 下照片資料,概略性介紹各種設備外觀/特性。

## 水上使用吊車(可吊運營建材料/裝卸貨物)



水上吊車(Marine Cranes) 使用限制: 承載<100 T 使用期限受限於波浪狀況 因所有權利影響使用成本 水深限制航道 有船身浮動影響工作性



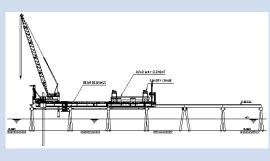
水上吊車/離岸使用(Offshore Cranes)使用限制: 承載>100 T 使用期限受限於波浪狀況 成本相對 marine cranes 提高 水深限制航道 有船身浮動影響工作性



水上/揚升腳架吊車(Jacket-up barges) 使用限制: 承載>100 T,因使用 Jacket-up,故乘載 力相對提高· 使用受限於波浪狀況輕微 成本相對 offshore, marine cranes 提高 工作性相對良好,不會有船身浮動影響







架橋施工(Cantitravel bridge) 使用限制: 適用在直線延伸工程 不受限於航道水深 工作範圍可伸臂長 24M 工作性良好

岸上卸載工具介紹 (unloading equipment)-為增加碼頭吞吐量,應使用高 效率的裝卸工具。



化學船卸載用機械設備(Liquid cargo equipment)





乾式散雜貨運送設備(Dry cargo equipment)





通用貨物卸載吊車,可換吊車頭下載 貨櫃(Containerized ship loading)(Dry bulk)



高效能的乾式雜貨卸載設備(Dry cargo equipment, high capacity)(9000 tones/hr)



抓斗(grab unloader)

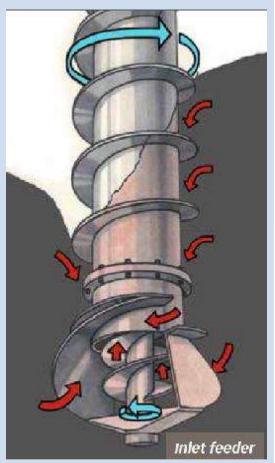


連續性乾式散雜貨卸載設備 (Continuous ship unloader)





螺旋型運送,裝載吊具(Screw unloader for dry bulk cargo)



螺旋形裝載吊具,經由螺旋運作方式將貨物收集到管內,輸送到天車後,以輸送帶運送到出貨口(較適合比重輕,不堅硬材料,好處是效率高,缺點是維護困難,運送貨物種類受限制)



多功能式輸送帶(multiple conveyors)





管式輸送帶(Tube conveyors),上圖輸 送礦石。



巨型門型天車(Deepsea container crane)

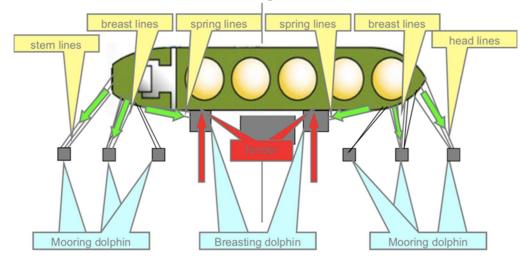


傳統門型天車(Typical container crane)



雙側裝卸載吊車(Container terminal with dual side loading)

Jetties碼頭,船/繫船柱(dolphin),名稱與位置的示意圖



## Typical view ship shore interface jetty

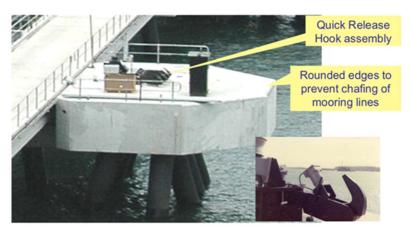


上圖介紹 breasting/ mooring dolphin 相對位置/ 下圖介紹繫船柱的形式

## Moorings at new Panama locks

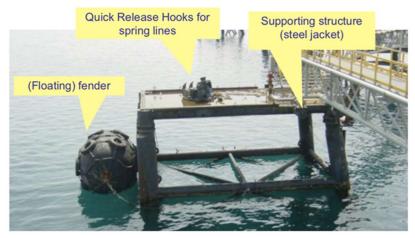


## Typical mooring dolphin



繫船柱台邊緣應採用圓邊,避免尖銳腳割傷繫船繩,使用快速脫鉤,遭 遇危險狀況時快速脫離。

## **Breasting dolphin**



流動式繫船裝置,使用防撞碰墊,使用鋼構支撐,可以快速脫鉤



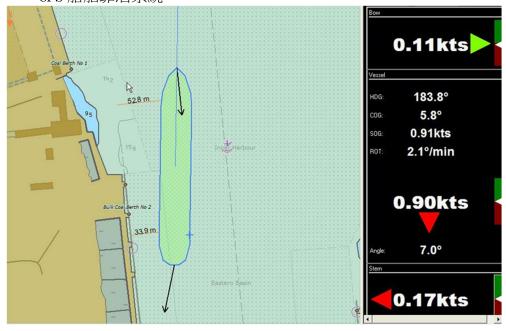
絞盤幫助拉緊繫船繩,快速脫鉤裝置

## 靠泊狀況監控系統



靠泊監控設備,幫助安全性提升船舶靠港監控,及時反映停泊狀況回饋, 有效提更港區利用效益。

GPS 船舶靠泊系統



## 目前鹿特丹碼港口使用運送設備介紹



貨櫃轉運區,AI 操控門型架



貨櫃區內,AI 操控貨櫃車進行貨櫃卸 載運送



門型吊車大型化,配合貨櫃船大型化



散雜貨吊車,可根據使用目的,調換掛勾,貨櫃/抓斗。





倉儲區內低溫設施,使用非燃料式設 備進行搬運工作,低汙染



倉儲區內使用電力式堆高機



煤炭散雜貨用,水中裝卸吊車



煤炭散雜貨用,輸送帶及門型天車

#### 碼頭結構介紹

碼頭結構形式決定碼頭造價成本,但各種形式碼頭的決定取決於氣象,海 象,潮流,投資年限,法規限制等自然與人文因素影響。

一般來說,成本低的港口,回收快,建造時間短,但強度低,耐用年限短,適合在平靜的海事條件下運作。

成本高的港口,使用用途廣,耐用年限長,但回收時間長,容易受經濟景 氣因素影響,但適應氣候條件可以比較嚴苛,需要長時間維護,等不利因素影響。

以下介紹,是適用在不同碼頭形式的基礎:

## 適用在 Quay walls 碼頭的結構形式介紹: Superstructure concrete cast on site Concrete Concrete cast prefabricated element on site Rubble fill (caissons) Blocks Fill material Caisson Block wall Concrete cast on site Prefabricated L-elements Rubble fill L-shaped wall

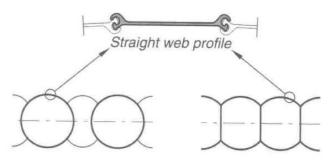
## Caisson



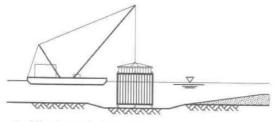
## Block walls



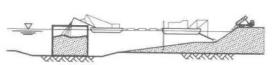
## 圍堰施工



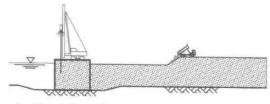
Top view cellular wall



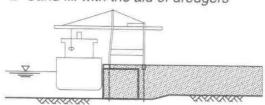
1- Placing of the cell



2- Sand fill with the aid of dredgers



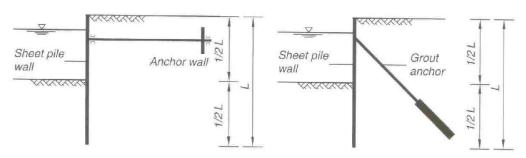
3- H-profile driven and sand backfill



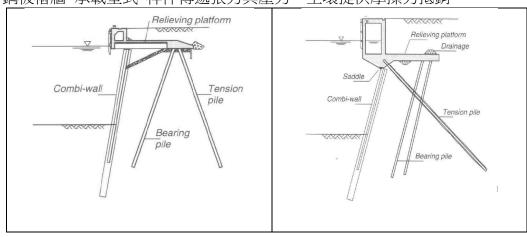
4- Quay completed and in use



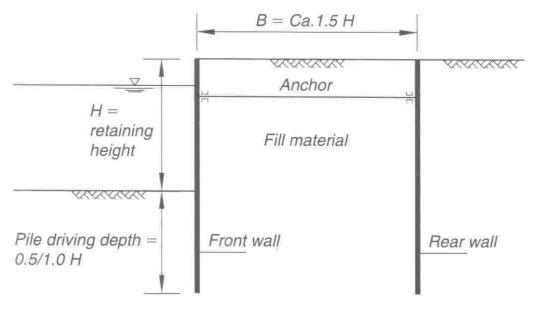
背拉牆-錨拉



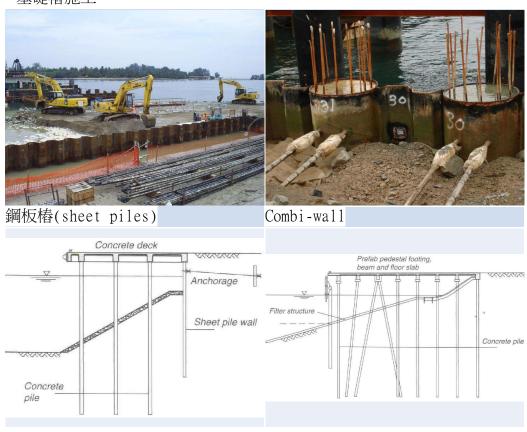
鋼板樁牆-承載型式-桿件傳遞張力與壓力,土壤提供摩擦力抵銷。

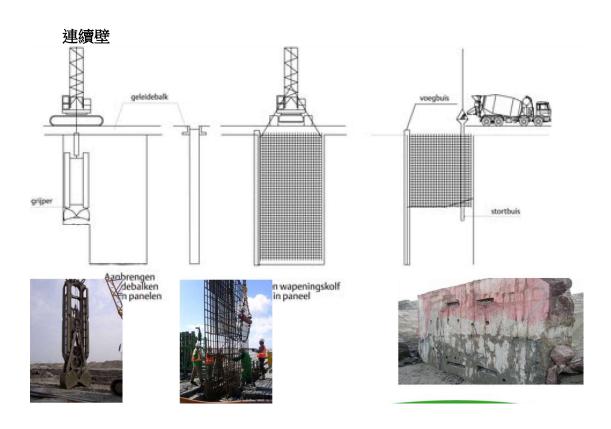


## 背牆拉錨



基礎椿施工





## 適用在 Jetty 碼頭的基礎



上圖 Jetties 碼頭管線配置情形/下圖 Jetties 碼頭裝卸貨使用的機械式設備



Jetties碼頭通常使用基樁作為基礎,也有使用堤防式的基礎形式;基樁基礎的施工優點,是基樁的製造在工廠內,品質及時間的控管相對容易,但是營建材料成本會比較高,設計條件也比較嚴峻(基樁的耐壓/承載試驗);而堤防式基礎成本可能比較低,但是回填的土方必須經過夯實、壓密,逐層回填等程序,因此耗時會比較久,對於想要快速營運回收成本的考量的話,可能要做好營建時間的控管。

#### 港口營運分析

港口經營/建設費用甚鉅,所以應該有效且經濟的利用港口資源,而使用效益的提升有助於成本回收,提高營收。

而效益提升應先比較成本,考慮運作效率。

港口的使用,應力求使用率的提高;而使用率的提高,可以少量的碼頭數量支應,但碼頭的數量太少,無法應對頻繁的船班,造成船等待入港的時間延長,降低船公司進港停靠的意願;所以船班的安排,船舶停靠碼頭的數量,船舶停靠碼頭的時間,等待入港的時間,應該力求平衡,追求最佳的經濟效益。

以下進行影響營運的原因分析,再檢討如何減低船的等待時間,如何提高 碼頭使用的效率。

#### 港口運輸鍊

(出口)

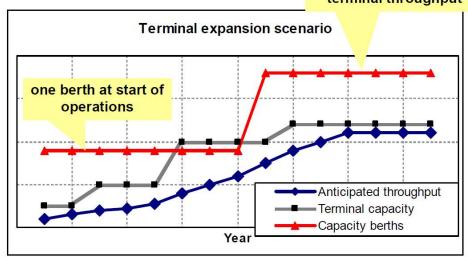
內地生產→運輸到港口→運送港口倉儲→碼頭吞吐貨物→貨物運送出口 (進口)

依船期船入港卸貨→碼頭吞吐貨物→運送港□倉儲→港區運送→貨物運 送淮□

碼頭數量發展,提高港口貨物吞吐量

## Terminal development vs berth capacity sec

second berth in line with terminal throughput



圖表說明-增加停泊碼頭數量(berth no.)增加港口吞吐量;設計的容量應 高於預測數量,以免不敷使用。

另外影響貨物吞吐/港口容量的影響因素有(鐵路運量/馬路運量;泊船碼頭數量,港口設計容量)

以例題解釋原理:

#### EX1.

[條件]貨物進港口速率(dV/dt)=500ton/hr 港口儲存容量 V=100,000t 岸邊調運貨物數量 dS/dt=1,500t/hr 貨船運量=20,000t

[結論]港區裝卸時間計算

V=(dS/dt-dV/dt)\*t,

100000=(1500-500)\*t, t=100hr=4.2d ays<1 week,  $\rightarrow 1$  berth

#### EX2.

[條件]承 EX1.港口運送效率=0.7

港區靠船時間(arrival & berthing time)=3hr

港區離港時間(ship departure time)=3hr

最大壓載排水(Max. deballasting rate)=0.1 DWT/hr

#### [結論]港區裝卸時間計算

有效裝載率(Effective loading rete)

=0.7\*1500=1050 t/hr [<0.1\*20,000=2000],

[選 1050,因為裝卸貨物速率若大於壓載排水速率,可能會有船翻覆 危險,故選比較小的值作為船卸載速率]

→船裝卸需要時間= 3+ 20000/1050+ 3= 25 hrs

港區裝卸時間計算

V=(dS/dt-dV/dt)\*t,

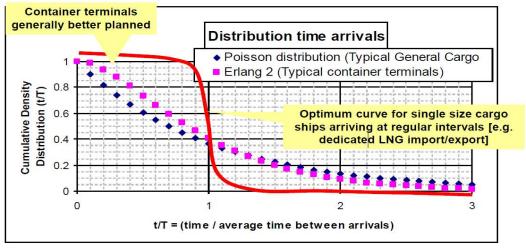
100000= (20000/25-500)\*t → t= 333 hrs= 13.9 days> 1 week, → 2 berth

提升效益-有效利用港口,需要提升碼頭使用率

碼頭使用率提升影響因素→

最小化等待停靠時間,最大化港區停泊區(berth)容量,而增加 berth 數量有助於提升,今但需考慮土地數量,土地取得成本,建造成本,…。

## **Arrival characteristics;**

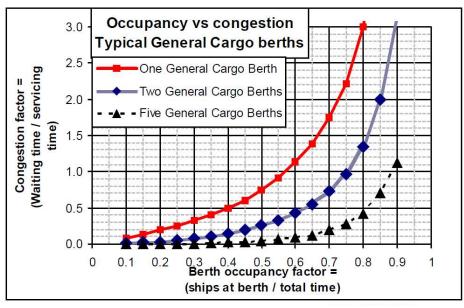


上圖說明貨櫃船與通運貨物船造成等待時間的差異,貨櫃船優於通運貨物

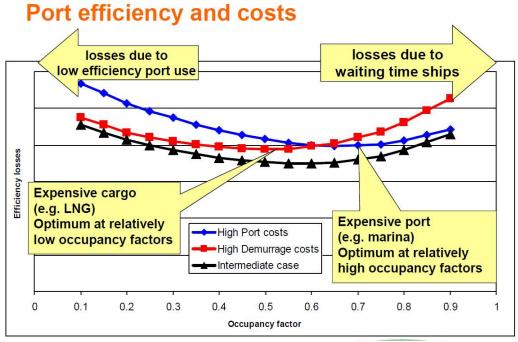
船,而最佳化的是化學 LNG 船,歸因於貨物尺寸單純化,有效益的貨物裝卸載。

## Occupancy versus congestion

[refer Tsinker: PortEngineering]



上圖說明壅塞發生與停泊使用效益的關係,越多的 berth no.,則等待時間 越少。



上圖是港口效益與成本分析,降低港口使用率導致效益降低,增加使用率但卻造成等待靠泊時間,高額的營建成本可因為增加使用率,而使效益損失減少;像 LNG 船,高價貨物降低效益損失要提升使用率,但是超過後可能因為等待時間加長,導致效益損失加大;像高成本的碼頭因為提高使用率,導致效益損失減少。

[結論]提高港口使用率,降低/營建營運成本,所以要降低等待時間;降低

等待時間,可以增加 berth no.,但增加 berth no.,導致增加興建/營運成本提高,所以平衡成了重大議題。

#### [最佳化結論]

通用貨物港口(general cargo berth): berth / vessel= approx. 1/4

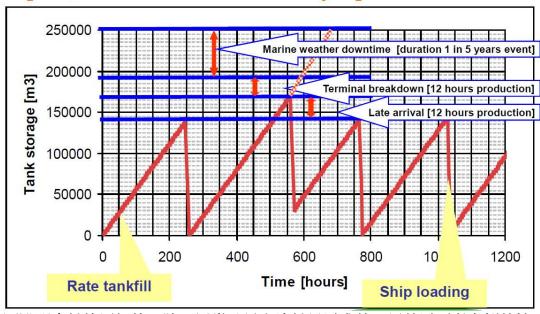
化學船港口(LNG berth):無法使用時間(downtime) <10%

最佳使用率/等待靠泊時間,比=60%

運油船(Oil berth):最佳化靠泊發生率(occupancy ratio)= 70%

另外一個影響效益要考慮的設計因素是儲存區安全容許儲存量,舉 LNG 船 為例。

## Safety ullage storage vs downtime [LNG berth taken as example]

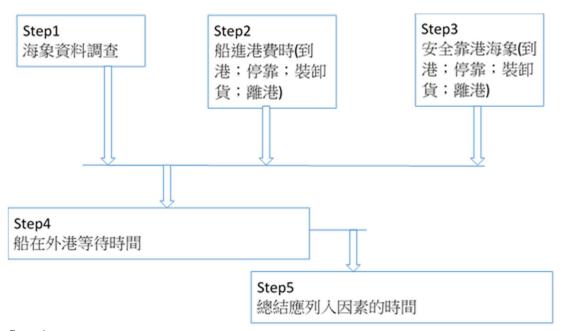


上圖說明倉儲使用紀錄,除了通常及最高峰儲量需求外,另外需要考慮例外情形發生的因應,例如天候因素,碼頭發生故障無法使用,船期延誤等等

不能使用時間(downtime)影響分析

計算結果	數值化因素		
Downtime ratio	船舶等待時間造成成本增加		
	EX.船停靠時間,船離港時間		
持續性 downtime 事件	增加設計倉儲額外儲藏量		
	EX. 意外狀況無法持續裝卸載貨物		
季節性問題	因季節性可能導致貨物吞吐量不同		
年度需求不同	長時期預測港口需求量		
法規限制	潛在性原因導致值計發生數量小於預		
	測值		

Downtime 研究程序



## Stepl. 海象調查

資料:調查海流向,流速,空氣可見度,風向,風速,浪流向,浪高,浪 週期,水位高。

用途:計算出船可進港時間。

來源:衛星回傳資訊,船員目視,氣象站回傳,地區觀測站。

Step2.

## **Downtime study steps [2]**

## Assess durations of stages in ship handling [example]

opera	tion and duration		Duration [h]		
Berth approach:			6		
B1	boarding pilot & initial approach [1h]	1			
B2	final approach with tugs fastened [1h] & berthing [1h]	2			
<b>B</b> 3	connect arms & line up [1.5h]	2			
B4	arm & ship cool down [1.5h]	1			
Unloading:					
UL	total unloading time [14h]		14		
Departure:			6		
D1	purge & disconnect [1.5h]	2			
D2	prepare engines [1.5h] & others [1h]	2			
D3	disconnect vessel & depart [1h]	1			
D4	disembark pilot [1h]	1			
Total			26		

上圖說明船從進港,卸貨,到出港,等等的總耗費時間。

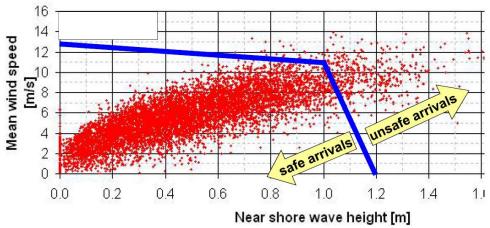
## Step3.

#### 泊靠限制原因分析

船靠港時-引導入港限制(EX.海流,浪,風力,可見度等) 船卸貨時-風力,浪,海流等限制下載機械工作可能性及效率 船離港時-與入港導引限制相同。

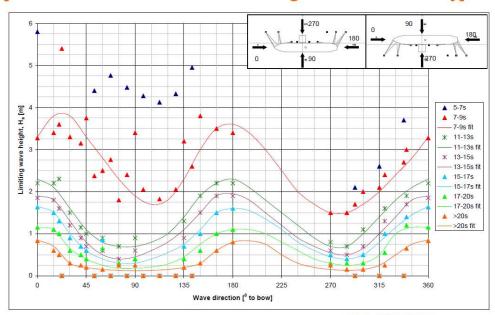
## Typical examples of navigational limit

[to be assessed on the basis of a nautical study]



圖片說明浪太高,影響到船進港的風險

## Typical examples of moored ship limit [to be assessed on the basis of e.g. a TERMSIM study]

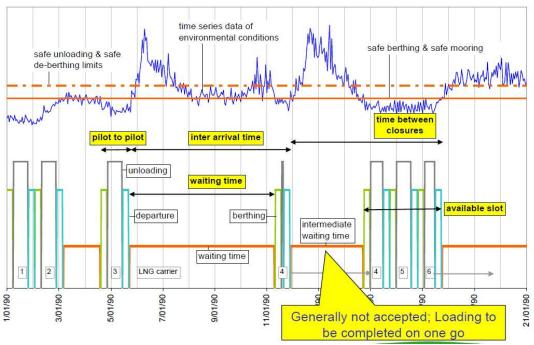


上圖說明船舶的靠港限制:不同浪高,流速與對船艏方向, 導致不同的界線限制船的停靠

## Step4.

## **Downtime study steps [4]**

## Time line results downtime events



上圖說明時間軸上, downtime 的發生原因分析

Step5. 終和 downtime

## Downtime (=waiting time) ratios

	Mean of	Mean no. of slots	Total	Waiting
	no. of slots	with waiting time	waiting	time ratio
	[#/	3000	time	[% of
	period ]	[# / period ]	[days]	total time]
All year	342.3	17.3	23	6.2
January	26.1	3.5	5	16.6
February	23.5	2.5	4	15.7
March	27.6	2.1	3	10.5
April	28.6	1.6	1	4.4
May	30.3	1.2	1	2.3
June	29.9	0.4	0	0.5
July	30.9	0.1	0	0.1
August	31.0	0.0	0	0.0
September	29.7	0.2	0	0.5
October	30.6	0.6	0	1.3
November	27.4	2.2	3	10.9
December	26.8	2.8	4	12.3

#### 碼頭位置的決定

碼頭位置的決定,可減少碼頭關閉時間(downtime)發生,而有效提升港口的使用率;試想如果 downtime 的時間太長,勢必影響碼頭的使用頻率,進而影響使用效益。

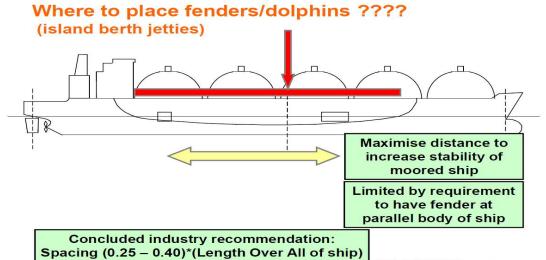
港區位址的選定應考量因素有-海浪(wave),海流(current),潮流(swell),船的漂移行動(manoeurvrability)各種天然因素及工程技術上的限制。

由於船的重量很大,根據衝量公式(p= mv),船的停靠速率是一個很重要的研究課題,參考下圖示意:

## **Key function marine structure during berthing operation = Energy absorption**



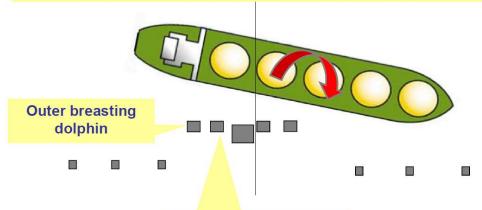
停靠線(berth line) 的決定-船身與碼頭接觸長度,建議為 (0.25~0.4)\*(船全身長)



## The berthing ship at a jetty

Centre of gravity ship not too close to outer dolphin to keep her under control

[typical maximum offset 0.1\*LOA (<15 m) from spotting point]
[spotting point = centre manifold at centre berth]



## Inner breasting dolphin

船的停靠,避免船的重心太靠近外側 breasting dolphin,通常最大偏心距 0.1\*LOA(並小於 15M)

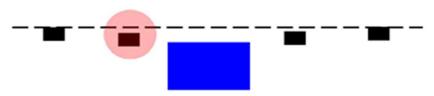
## Ship shore; berth lay-outing Straight berthing line?

Generally not preferred:

 always parallel mooring of ship along quay / jetty→ stability of ship & no risk on punching of fender panels in flare of ship

However, sometimes used to save on fender / pile costs →

 Check compression characteristics due at parallel berthing (fender deflection can be smaller, but should not be overloaded in such cases)

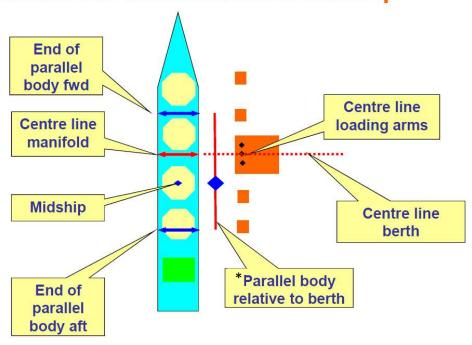


Berth line 通常不建議採用直線,因直線可能會有船身碰撞 mooring dolphin 的風險,會增加碰墊與基樁設計的成本,因此通常不建議採用直線設計。

EX.

假設港口設計 LNG 船停靠噸數 75000-160000 M3 75000M3(LOA=260M),停靠線=(0.25-0.4)LOA=65-104M 160000M3(LOA=295M),停靠線=(0.25-0.4)LOA=74-118M 此時 breasting dolphin 間隔設計 85-90M 可滿足設計

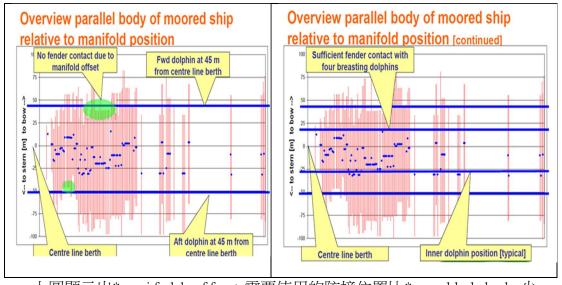
## Position of selected moored ship



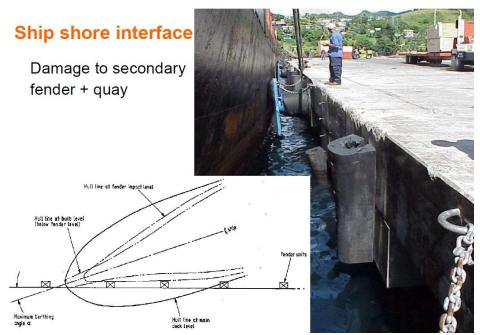
圖中顯示,理想設計狀況下,船停靠線(berth line)的相對位置

\*parellel body:船身與岸壁平行; manifold off-sets:多點連結式碼頭

而 Jetties 碼頭的好處是不用設計太多的防撞碰墊,缺點是-船的船身長度 影響到 dolphin 的設計位置,因此 jetties 碼頭通常是用在化學船等的船身長 度控制在一定規模尺寸的船隻。

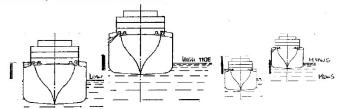


上圖顯示出\*manifold offset 需要使用的防撞位置比\*parallel body 少



圖中顯示 Quay wall 碼頭與防撞碰墊受損害狀況。

## Ship shore interface; fender level



#### 防撞碰墊設計概念:

考慮船隻尺寸

高低潮位線

考慮船載重,裝/卸載船身位置

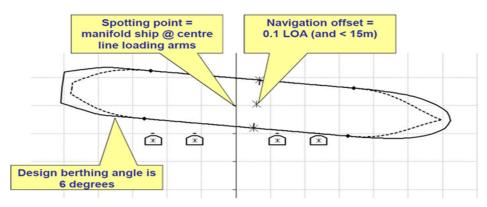
#### 防撞碰墊規範要求:

中線防撞碰墊應低於甲板水平線

盡量減少水下工作(例如安裝,維護碰墊)

儘量減少營建成本

## Design conditions at outer breasting dolphin

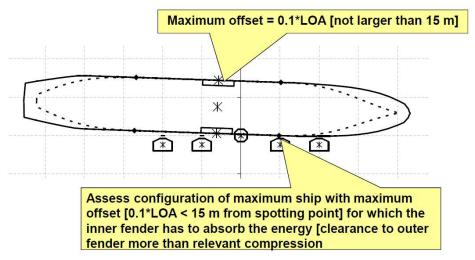


上圖示意泊船時角度設計建議6度,偏心點位置設計在0.1LOA並小於15M

設計考量 breasting dolphin 與 parallel berthing:

## Ship shore interface

### Example of evaluation layout inner fender

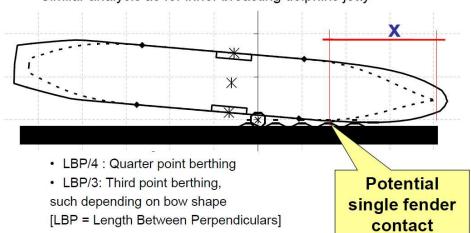


圖示意最大船與最大偏心位置在(0.1)LOA/15M 下,內側碰墊需要吸收能量,與 外側碰墊相對壓力更大。

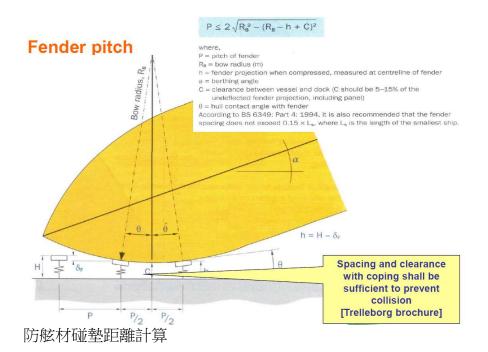
## Ship shore interface

### Design conditions at quaywalls

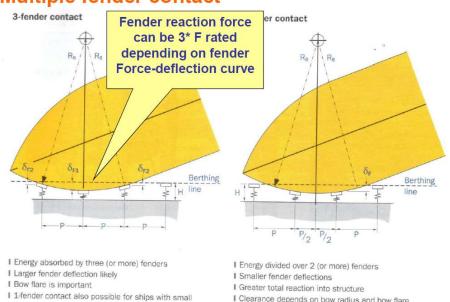
- Similar analysis as for inner breasting dolphins jetty



船與碼頭的碰撞點,會因為船艏的形狀,而有碰撞數量的差異,而碰撞數量的差異,會導致碰墊吸收能量的差異,決定是由 3 個碰墊吸收或是由 4 個碰墊吸收,當然吸收碰墊的數量越多,造成碰墊的破壞就更少。上圖介紹的是 Quay wall 碼頭碰墊使用狀況。



## Multiple fender contact



防舷材碰撞2個與3個比較圖,3個的話最大應力容易集中在中間碰墊,造 成損壞。因此建議採取間距以2個碰撞點比較經濟。

停泊碰撞能量計算,計算後可做為碰墊型態,種類,承載能力,設施間隔 依據,參考使用:

### Calculation berthing energy

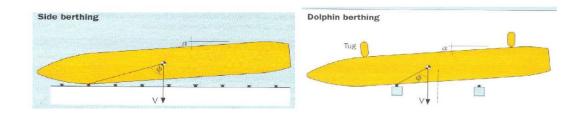
E (in kNm) =  $\frac{1}{2}$  \* Cs \* Cm \* Ce \* Cc \* (displ. tonn.) \*  $v^2$ 

- Cs = softness factor (% of energy to be taken by fender)
- Cm = mass factor to include effect of inertia water
- Ce = eccentricity factor [including effect of rotation]

- Ce = eccentricity factor [including effect of rotation]
- Cc = configuration factor to include reduction energy on fender by damping of water enclosed by ship and quay
- Displacement tonnage ship [upon arrival]

I Clearance depends on bow radius and bow flare

- v = approach velocity at centre of gravity ship

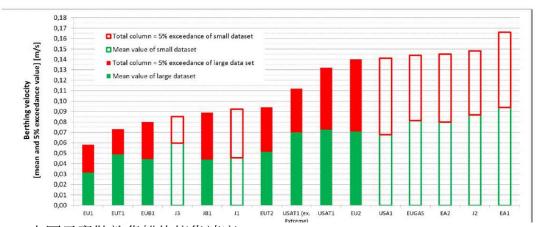


除了碰墊設計以外,船的停靠速度也是重點考量因素

考量因素包含:船的重量;風力、潮流速度的影響;導航協助;拖

船的協力配合;船的動態分析;船舶停靠空間。

# Measured data for dry/liquid bulk jetties



上圖示意散雜貨船的停靠速度

# **Preliminary conclusions WG145**

- Weak correlation between vessel size and berthing velocity
- Local conditions and local ship handling procedure more important than ship size
- Berthing angle for container quays very small (much smaller than 6 degrees)
- The effect of strong currents and waves (Bremerhafen containers) can double or even triple the characteristic berthing velocity compared to sheltered conditions (Rotterdam containers).
- For dry and liquid bulk carriers, the difference of having a closed quay vs a
  jetty in the port of Rotterdam results in about 30% higher velocities for the
  jetty

#### 根據 WG145 結論

結構破壞,考慮有關於船的尺寸或是船的停靠船速 而停靠環境不同或是船的操作狀況因區域特性不同,比起船的尺寸影響更 重要

貨櫃船的停靠角度很小(遠小於6度)

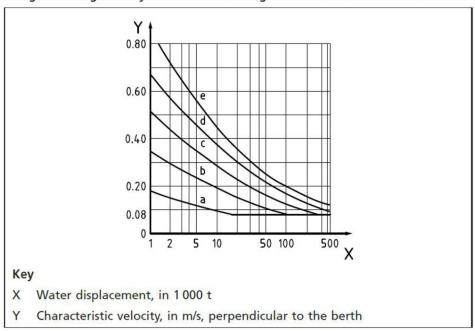
勁流與強浪造成的效應導致停靠速度是內港設計(\*sheltered condition)的 2-3 倍。

\*sheltered condition = 在防波堤保護下的港口,通常受波浪影響的情况比較小; exposed condition = 開放式港口,船隻直接遭受潮流,波浪,風力的影響。

散雜貨船在 Quay wall 的速度比在 jetty 的速度高 30%(在鹿特丹港的狀況 如此)。

# BS6349 Part 4 (2014) = Figure 9

Design berthing velocity as function of navigation conditions and size of vessel



NOTE 1 In the absence of any other information, characteristic velocities for alongside berthing with the use of tugs or thrusters may be estimated from Figure 9, on which five curves are given corresponding to the following navigation conditions:

- a) good berthing, sheltered (i.e. not exposed to waves and/or currents);
- b) difficult berthing, sheltered;
- c) good berthing, exposed to waves and/or currents;
- d) difficult berthing, exposed to waves and/or currents;
- e) adverse berthing, exposed to waves and/or currents.

根據 BS6349 結論設計船的停靠速度-船的速度越快,則受潮流,波浪,及船的動態影響則越小。

BS6349 Part4(2014) =PIANC 2002 Velocities

NOTE 2 The designer's choice of berthing conditions depends on the berthing method proposed for the berth. The following are examples of various berthing conditions.

- · A good berthing condition might be when a vessel:
  - · can be brought to a stop parallel to the berth; and
  - can manoeuvre or be manoeuvred, without hindrance from other vessels, onto the berth with assistance from tugs and/or thrusters.
- A difficult berthing condition might be when a vessel:
  - is berthing with assistance from tugs and/or thrusters and the vessel is not brought to a stop parallel to the berth; or
  - cannot manoeuvre to a position alongside the berth without hindrance from other vessels; or
  - · might be required to change its direction in relation to the berth; or
  - has a significant angular velocity.
- An adverse berthing condition might be when a vessel:
  - is berthing with the assistance from tugs and/or thrusters and the vessel is not brought to a stop parallel to the berth; and
  - cannot manoeuvre to a position alongside the berth without hindrance from other vessels; and
  - · might be required to change its direction in relation to the berth; and
  - has a significant angular velocity.

NOTE 3 Where vessels berth without assistance from tugs or thrusters, the berthing velocities might be considerably higher than those given in Figure 9.

A design velocity of at least 0.08 m/s should be used in design irrespective of the actual berthing conditions.

其他 Berth energy 計算公式因子分析

E (in kNm) =  $1/2 * Cs * Cm * Ce * Cc * (*displ. tonn.) * v^2$ 

### \* displ. Ton= 船的吃水重量

軟硬因子(Cs,考慮使用軟式或硬式碰墊)

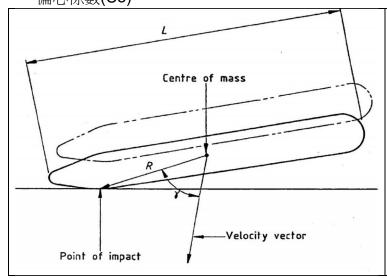
軟式 Cs= 1.0

硬式 Cs= 0.9-1.0;通常採用 Cs= 1.0

重量因子(Cm)

Cm= 1+ 2D/ B (D: 吃水深度, B: 船寬度)

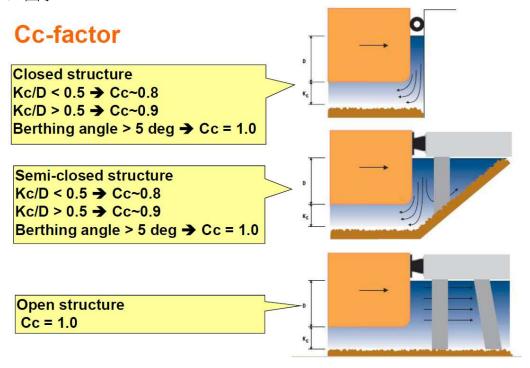
偏心係數(Ce)



Ce =  $(k_2 + R_2 \cos_2 \gamma) / (k_2 + R_2)$ 

k = radius of gyration = approx. 0.25 L

### Cc 因子



### 安全係數因子

# Safety margins PIANC [abnormal/normal]

PIANC 2002 guidelines propose the following

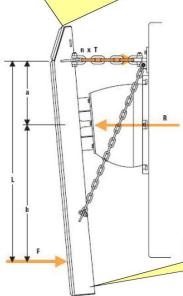
tanker / bulk

<ul> <li>largest</li> </ul>	1.25
<ul> <li>smallest</li> </ul>	1.75
<ul><li>container</li></ul>	
<ul> <li>largest</li> </ul>	1.50
<ul> <li>smallest</li> </ul>	2.00
<ul> <li>general cargo</li> </ul>	1.75
<ul><li>ro-ro / ferries</li></ul>	2.00
<ul> <li>tugs, work boats</li> </ul>	2.00

Given ambiguous definition, project specific values recommended

# Low level impact

Chamfer at top to minimize point load on ship's hull



- Occurs when ships with a low freeboard arrive at low tide:
- Determines size of tension chains
- Angular compression of fender

Sometimes chamfer at bottom to guide mooring lines while making fast

示意圖-位置低的防撞碰墊,使用建議

# **Double fender impact**

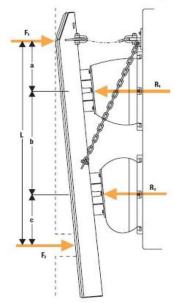


示意圖-雙重吸振碰墊

· Occurs when belted ships arrive



- Determines bending moment in panel
- Angular compression of fender

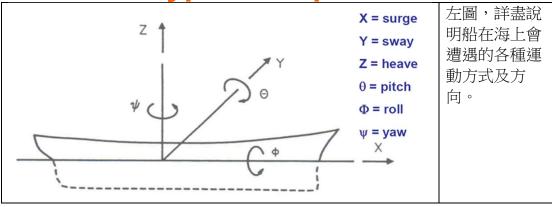
## 安全的靠泊

船長時間靠泊在碼頭上需要有穩固的錨船設備,適當的固定繫船繩的角度;使用緊急脫鉤設備,在停靠期間發生重大天災或是人為破壞的情況下,即時的防制措施,可以防止災害持續擴大。

船在停靠期間,仍有風力,潮汐力,潮流力,船本身隨流產生的動態力等,影響船隻在駁靠期間產生的運動,防止此種運動對船,對鄰船,對碼頭造成的破壞,所以需要繫船繩將船穩固的固定在位置上。

因此繫船繩的數量與承載能力,應仔細評估,有足夠的承載力才能安全的綁住停泊中的船隻。

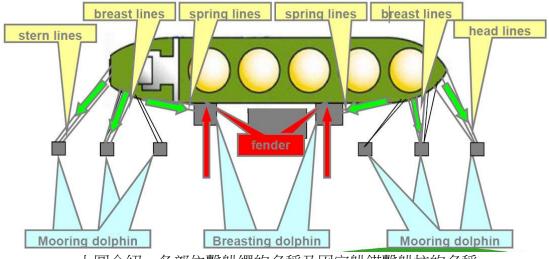
Typical ship motions



# **Definition of mooring lines**

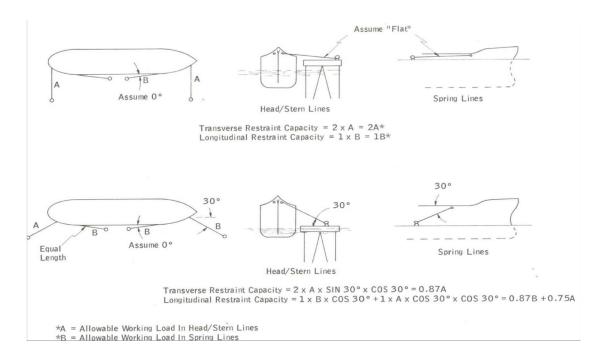
Functional requirement mooring provisions:

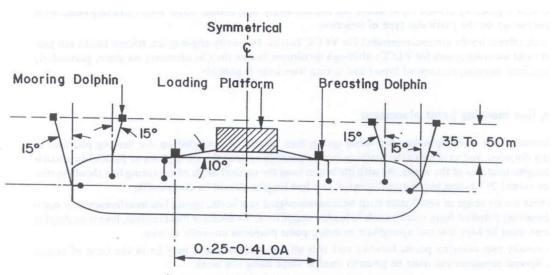
- prevent ship from drifting away and/or colliding with structures and adjacent ships
- design of facilities should aim at maximum efficiency of mooring lines



上圖介紹,各部位繫船繩的名稱及固定船錨繫船柱的名稱

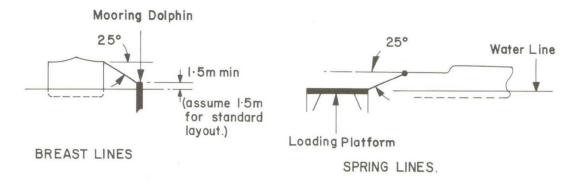
- Outer mooring dolphins: -30 / +60 degrees
- Middle / inner mooring dolphins: -45 / +45 degrees
- Breasting dolphins: 0 / 15 degrees
- 繫船繩垂直向角度(Vertical angles): = -5 / +30 degrees





(assume 0.3 LOA for standard layout) horizontal angles not to exceed values shown.

示意圖-理想的船舶拉錨角度設計



vertical angles of lines (in true elevation) not to exceed values shown with vessel in least favorable load state.

For Calculation by vessel designer of line requirements for Design Conditions use standard layout generally with max values of angles shown.

Lightest load state then determines distances from vessel to dolphins/hooks.

Vertical angles may be recalculated for laden state.

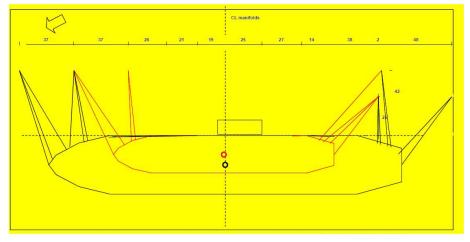
\*spring line-彈性線, breasting line-抵抗線

總結-良好的船舶停靠,應具備的條件有:

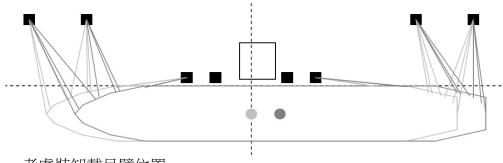
- >考量船隻裝/卸載的便利性
- >Breast lines 儘量垂直岸壁線, spring lines 儘量平行岸壁線
- >船艏/船尾繋船繩儘量減少側向拉力約束→不要設計出約束船艏/船 尾專用繋船柱

(船艏/船尾,繫船柱抵抗力有:船的本身動態動;海流,波浪產生的不對稱力)

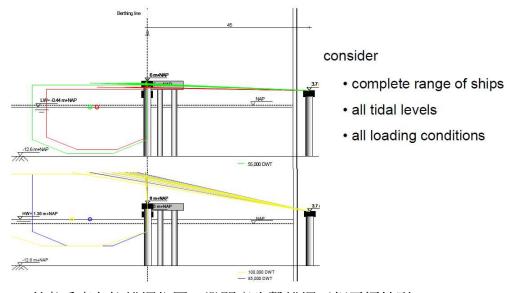
consider complete range of vessels and resulting line angles



繫船柱位置應設計多點位繫船柱



考慮裝卸載吊臂位置



考慮垂直向拉船繩位置,避開產生繫船繩互相干擾情形

Quay wall 繫船柱位置間隔,建議 30M 設一處(EAU 與 BS6349 規範)

- Barges: 4 lines (1 (head) / 1 spring (fwd) / 1 spring (aft) / 1 (stern) )
- Small ship: 10 lines (2 (head)/ 2 (breast fwd)/ 1 spring (fwd)/ 1 spring (aft)/ 2 (breast aft)/ 1 (stern))
- < 40,000 DWT: 14 lines (2 / 2 / 1 / 1 / 2 / 2 )
- > 40,000 DWT: 16 lines (3 / 3 / 2 / 2 / 3 / 3 )
- > 200,000 DWT:20 lines (4 / 4 / 2 / 2 / 4 / 4 ) (depending on layout berth)

在設計階段,應納入風力及潮流力參數作為設計因子

- >風力-使用 30 秒陣風速度為計算基礎
- >海流載重假設為靜力載重狀態
- >使用 OCIMF/SIGTTO 係數及船舶形體的參數評估載重
- >依據 OCIMF 停泊手冊,第 3 版指出:停泊設備在船上的狀況,應假設 為-60 節全方位,30 秒陣風速度

假設海流速度:3節(0度與180度相對角)

2節(10與170度相對角)

0.75 節(無相對角)

## 繫船柱與快速接鉤頭介紹

繋船柱(Bollards)

預鑄鐵材質-

高抗張/壓力;需要防蝕維護/塗裝

預鑄鋼材質-

高抗張/壓力;較少侵蝕

快速接鉤頭(Quick release hook, QRH)

機械設備複雜,精細;需要經常維護;優點是緊急狀況下快速脫鉤



快速接鉤頭示意圖



快速接鉤頭使用 20 年後腐蝕狀況



快速接鉤頭示意圖



繫船柱示意圖

碼頭使用掛勾介紹照片

## 碼頭設施介面檢討-以圖片說明



工作淨空間 >0.5M, (<=75 ton) >0.9M, (> 75 ton)



### 繫船柱設施淨空間

在繫船繩與繫船柱間的空間

>0.5M

在鄰近繫船柱>0.9M

在繫船柱後空間

船<40000DWT→1.2M(操作作業使用)

船>40000DWT→3.5M(吊卡車作業使用)



繫船柱鄰近防撞碰墊,易造成吊鉤 作業困難,應避免。

爬梯周圍設置防護設施

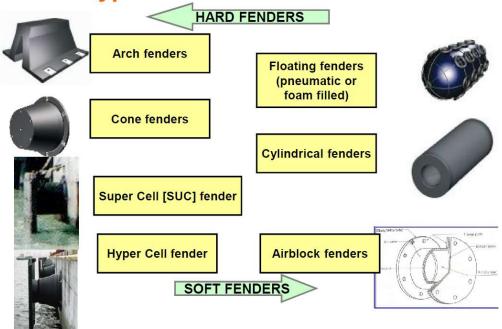


防撞碰墊平板後面應加設鐵鍊以增 加碰墊應力及承載能力

下圖顯示 Jetties 碼頭配置狀況



# Fender types and characteristics



上圖示意-各種形式的防撞碰墊(Fender),主要分硬式,軟式。

### 硬式碰墊特性:

- >適用在大型船隻,相對使用範圍較小。
- >小型船隻容易因海流影響,碰撞之後產生顛頗現象;在 Swell 情況下 有明顯震動現象
- >設計載重情況-以浮動式 dolphin, (潛在疲勞破壞條件為要素)

#### 軟式碰墊特性:

- >不適合大型船隻使用
- >對小型船隻施影響較小;在 Swell 情況下震動現象不明顯;設計因子影響比較小。
- >浮體式 fender 適合使用在船與船之間防碰撞
- >充氣式 fender 在啟用前,要進行內壓測試

# Angular compression fender is case specific

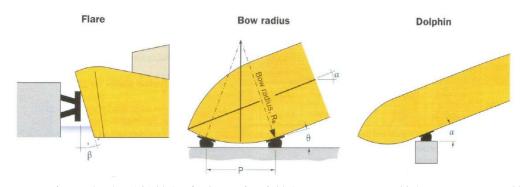


示意圖-船與碰墊接觸角度-平板式接觸, Quay wall 接觸, Dolphin 接觸

### Quay wall 選擇碰墊的設計方式

E(rated fender)\*(reduction factors E) > Abnormal berthing energy
F (structure) = F (rated fender)\*(correction factor F)
 (Reduction factors E) & (correction factor F) [refer PIANC]

- Angular fender compression
  - depends on fender type → vendor's info; (say for example: TE ang.= 0.9)
- Temperature effects
  - TFmax (low temp) (say 1.05); TFmin (high temp) (say 0.95)
- Berthing velocity [strain rate fender]
  - Say 10% compression/second → VFEnergy=0.99; VFReaction = 0.988
- Manufacturing tolerance [generally: TMan. Energy = 0.9 / TMan. Force = 1.1]

EX.假設 abnormal 停靠能量= 2000 kNm

E rated> E abnormal/ TE ang\* TF min\* VFEnergy\* Tman. Energy

- $\rightarrow$  E rated> 2000/ (0.9\*0.95\*0.99\*0.9)= 2625 kNm
- → 選擇 fender> 2625 kNm
- → F structure>F rated\*(1.0 \* TF max \*VFForce \* TMan. Force)
- → F structure>F rated\*(1.0 \* 1.05 \* 0.988 \* 1.1 ) = 1.14 \* F rated

Jetties 使用的碰墊型式與 Dolphins

# Fenders and dolphins at jetties

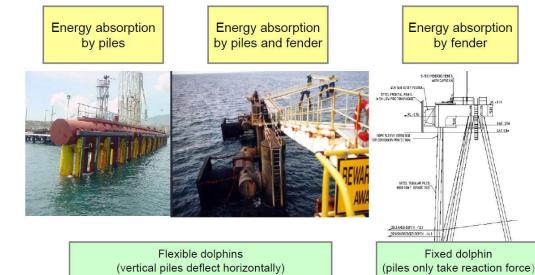


示意圖-固定式與滑動式 dolphins 的比較圖,滑動式吸收船碰撞能量,可藉由基樁或是碰墊吸收,而固定式能量,由碰墊吸收。

#### 固定式 Dolphin 的設計

-設計考量-能傳遞碰墊的能量與停靠的繫船繩傳遞的能量。

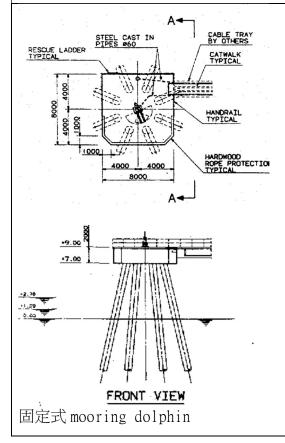
## 圖示各種形式的 dolphin 應用

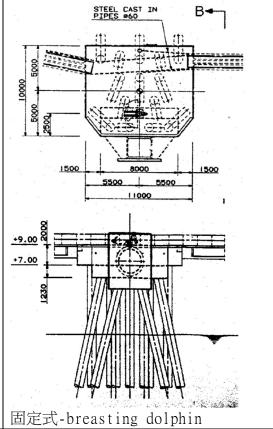


圍堰型式(Cofferdam)的 dolphin



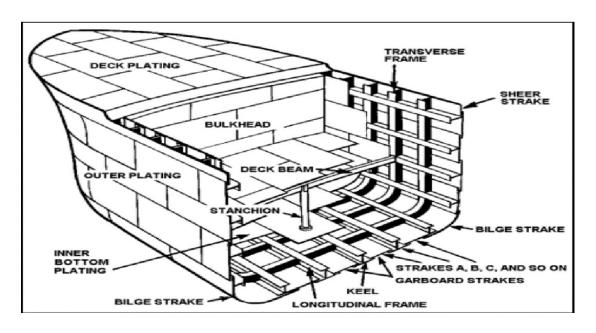
結塊堆積基礎(Blockwall)型式 dolphin





## 船體承受碰撞的壓力設計

- -船體受力面積-面板厚度應有 15-20mm
- -Longitudinal stiffeners 間隔約 0.9 m
- -體採用 Transverse frames



常見的碰墊損壞狀況



碰墊主體斷裂-可能是受力超過設計,可能是長時間使用,疲勞造成破壞



船與岸壁摩擦破壞-可能是船碰撞點 不佳,可能是碰墊間隔設計不當



長時間海水作用力造成腐蝕



長時間海水作用力造成腐蝕



長時間陽光曝曬造成破壞



長時間陽光曝曬造成破壞



長時擠壓變形



碰墊固定鍊經海水腐蝕



生物排泄物也會造成腐蝕



碰墊結構遭腐蝕

#### 碼頭規劃設計思考

碼頭規劃區分為海區與岸區分別說明其功用與特性,海區的主要目的在供 應船隻運行;岸區的主要目地在提供貨物倉儲,運輸,船隻的修護,港口的保 護設施等硬體設備。

海區考慮因素在於便利船隻的通行,因此航道的設置與保養維護是主要課題,其次對沿岸設施的保護與規劃,也應列入設計考慮的範疇。

### 海區設施應有:

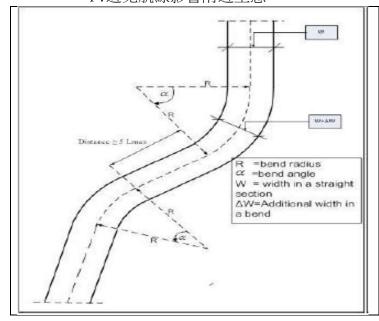
1.港區內外航道;2.迴船區;3.港池

#### 海區設施相關設計:

1. 航道設計

考慮因素計有:1)航線路線; 2)航道寬度; 3)航道深度; 4)船的移動需要空間

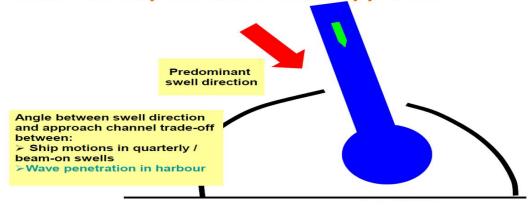
- 1) 航線路線設計
  - A. 航線應盡量縮短,以減少興建成本及提高運輸效益
  - B.海況,港池因素考慮,避免太接近出入口,容易因海況影響船進 出時間
  - C. 開挖航道或相關設施(如港岸基礎等)需要耗費很大的營建/維護成本,應盡量避免
  - D.考慮風力,海流,波浪的影響
  - E.港區內避免曲折/轉角(容易因轉角導致進港困難)
  - F. 避免航線影響附近生態



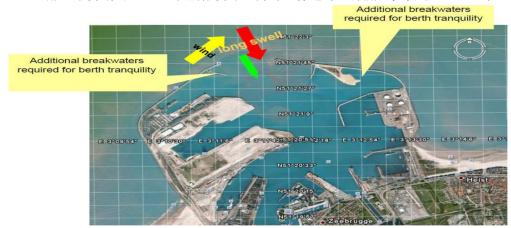
航線可以選擇順流,減 少水流對運行路線干 擾。

容易因風力波浪等因素 的影響,導致航道可使 用航道時間的縮短。 建議盡量使航道直線可 以方便通行。

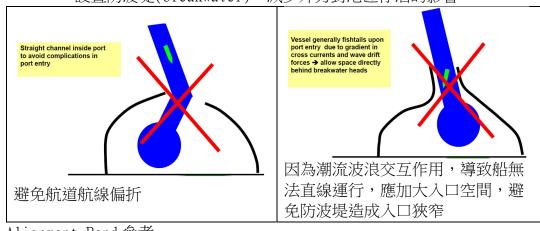
## Relevant aspects safe initial approach



船型方向與 SWELL 流動方向宜採小的夾角,讓船身穿越 SWELL 線。



船的進港角度,與 SWELL 還有風向交會示意圖, 設置防波堤(breakwater),減少外力對港區停泊的影響。



Alignment Bend 參考

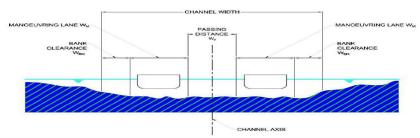
No.	Ship Type	Rc
1	Cargo ship	5 Loa
2	Small cargo ship	6 Loa
3	Container ship (over Panamax)	7 Loa
4	Container ship (Panamax)	6 Loa
5	Very Large Bulk Carrier	6 Loa
6	Large Bulk Carrier (Panamax)	6 Loa

7	Small Bulk Carrier	5 Loa
8	VLCC	5 Loa
9	Small Tanker	5 Loa
10	LNG ship	4 Loa
11	Refrigerated Cargo Carrier	5 Loa
12	Passenger Ship	4 Loa
13	Ferry Boat	5 Loa

### 2) 航道深度

# Channel width

Planning stage / Conceptual Design
 PIANC Concept (1997 – 2014)



航道寬度示意圖-根據 PIANC(1997-2014)

#### PIANC Method (2014)

One way:

$$W = W_{BM} + \sum W_i + W_{BR} + W_{BG}$$

Two way:

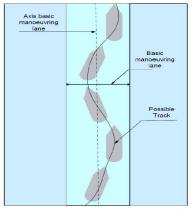
$$W = 2W_{BM} + 2\sum_{i}W_{i} + W_{BR} + W_{BG} + \sum_{i}W_{D}$$

Ship Manoeuvrability	Good	Moderate	Poor
Basic Manoeuvring Lane, W <sub>BM</sub>	1.3 B	1.5 B	1.8 B

Wi : Environmental and Other Factors

 $W_{\rm BR}$ ,  $W_{\rm BG}$  = bank clearance

 $W_P$  = passing distance, comprising the sum of a separation distance between both maneuvering lanes  $W_M$  and an additional distance for traffic density



 $W_{\text{\tiny BM}}$  = width of basic manoeuvring lane as a multiple of the design ship's beam  $B^{1}$  船運行軌跡非直線性運動,因船的動力,海流推力,波浪推力等,造成船行方向是左右搖擺不定,因此需要多餘的空間容納船的運行偏差避免碰撞。

Width Wi	Vessel Speed	Outer Channel (open water)	Inner Channel (protected water)	
(a) Vessel speed V₂ (kts, with respect	Speed	(open water)	(protected water)	
to the water)				
V <sub>e</sub> ≥ 12 kts	fast	0.1 B		
8 kts ≤ V <sub>e</sub> < 12 kts	mod		.0	
5 kts ≤ V <sub>5</sub> < 8 kts	slow		.0	
(b) Prevailing cross wind V <sub>cw</sub> (kts)				
- mild	fast	0.1	1 B	
V <sub>cw</sub> < 15 kts	mod	0.3	2 B	
(< Beaufort 4)	slow	0.3	3 B	
The state of the s				
- moderate	fast		3 B	
$15 \text{ kts} \le V_{cw} < 33 \text{ kts}$	mod		4 B	
(Beaufort 4 - Beaufort 7)	slow	0.6	6 B	
- strong	fast		5 B	
$33 \text{ kts} \le V_{cw} < 48 \text{ kts}$	mod		7 B	
(Beaufort 7 - Beaufort 9)	slow	1.1	1 B	
(c) Prevailing cross-current V <sub>cc</sub> (kts)				
<ul> <li>negligible V<sub>cc</sub> &lt; 0.2 kts</li> </ul>	all	0.0	0.0	
- low	fast	0.2 B	0.1 B	
0.2 kts ≤ V <sub>cc</sub> < 0.5 kts	mod	0.25 B	0.1 B	
U.2 KIS S Vcc < U.3 KIS	slow	0.25 B	0.2 B	
	SIOW	U.3 B U.3 B		
- moderate	fast	0.5 B	0.4 B	
0.5 kts ≤ V <sub>cc</sub> < 1.5 kts	mod	0.7 B	0.6 B	
	slow	1.0 B	0.8 B	
	THE STREET			
- strong	fast	1.0 B	-	
$1.5 \text{ kts} \leq V_{cc} < 2.0 \text{ kts}$	mod	1.2 B	_	

船行的移動速度越快,則受波浪及潮流的影響比較小,可以偏近直線運動; 但船行速度過快,會因為船的重量大,產生的衝量大(P= M\*V),則靠泊時, 船交會運行時有碰撞的危險產生,因此寬度的限制會影響船行的速度。

<ul><li>(d) Prevailing longitudinal current V<sub>IC</sub></li><li>(kts)</li></ul>				_	
- Iow V <sub>IC</sub> < 1.5 kts	all	0.0			
- moderate	fast		0	.0	
1.5 kts ≤ V <sub>/C</sub> < 3 kts	mod slow			1 B 2 B	
- strong	fast		0.1	1 B	
V <sub>IC</sub> ≥ 3 kts	mod slow			2 B 4 B	
(e) Beam and stern quartering wave height H <sub>s</sub> (m)					
- H₂≤1 m -1 m < H₂<3 m	all all	0.0 ~0.5 B		0.0	
- H₂≥3 m	all	~1.0 B		-	
(f) Aids to Navigation (AtoN)				_	
- excellent				.0 2B	
- good - moderate				4 B	
(g) Bottom surface - if depth h ≥ 1.5 T			0	.0	
<ul> <li>if depth h &lt; 1.5 T then</li> <li>smooth and soft</li> <li>rough and hard</li> </ul>		0.1 B 0.2 B			
(h) Depth of waterway h		14 - 27 Page 2 A			
The state of the s		h≥ 1.5 T	0.0 B	h≥1.5 T	0.0 B
		1.5 T > h ≥ 1.25 T h < 1.25 T	0.1 B 0.2 B	1.5 T > h ≥ 1.15 T h < 1.15 T	0.2 B 0.4 B
(i) High cargo hazards		See explanation in box(i) overleaf			

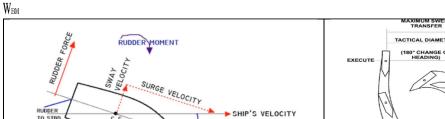
根據 
$$W = W_{BM} + \sum W_i + W_{BR} + W_{BG}$$

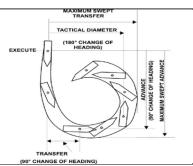
Bank Clearance Wbr/Wbg

Width for bank clearance (W <sub>BR</sub> and/or W <sub>BG</sub> )	Vessel Speed	Outer channel (open water)	Inner channel (protected water)
Gentle underwater channel slope (1:10 or less steep)	fast	0.2 B	0.2 B
	moderate	0.1 B	0.1 B
	slow	0.0 B	0.0 B
Sloping channel edges and shoals	fast	0.7 B	0.7 <i>B</i>
	moderate	0.5 B	0.5 <i>B</i>
	slow	0.3 B	0.3 <i>B</i>
Steep and hard embankments, structures	fast	1.3 <i>B</i>	1.3 <i>B</i>
	moderate	1.0 <i>B</i>	1.0 <i>B</i>
	slow	0.5 <i>B</i>	0.5 <i>B</i>

### Note:

1.  $W_{BR}$  and  $W_{BG}$  are widths on 'red' and 'green' sides of channel



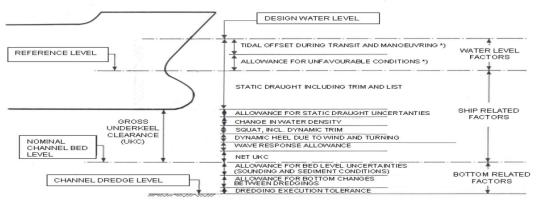


$$W = 2W_{BM} + 2\sum_{i}W_{i} + W_{BR} + W_{BG} + \sum_{i}W_{p} \quad \text{(for 2 way channels)}$$

Width for passing distance $W_p$	Outer Channel (open water)	Inner Channel (protected water)
Vessel speed $V_{\mathcal{S}}$ (knots) - fast: $V_{\mathcal{S}} \ge 12$ - moderate: $8 \le V_{\mathcal{S}} < 12$ - slow: $5 \le V_{\mathcal{S}} < 8$	2.0 <i>B</i> 1.6 <i>B</i> 1.2 <i>B</i>	1.8 <i>B</i> 1.4 <i>B</i> 1.0 <i>B</i>

#### 3)航道深度

# Channel depth



船是否可以順利進港,取決於航道深度影響,會因為船的吃水深(滿載時),船行運動會上下移動(避免船碰撞航道海床,造成破壞或擱淺),港口潮位高低變化(若吃水深度大於低潮位深度時,船無法出港)影響,海床狀態(航道淤積導致航道深度不足)等因素造成船進港時間的控制。

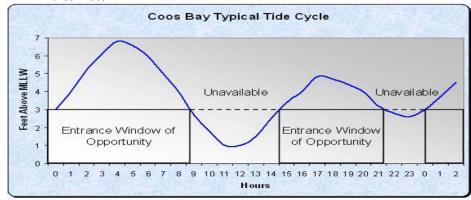
航道深度計算公式:(依據 PIANC)

A. 粗略概算-d =  $1.1 \sim 1.5$  Ds (但不適合做為大型船隻計算依據)

B. 規劃階段-d = Ds - T + Smax + r + m

Ds:船最大吃水深度

T:高低潮位差



Smax:船行移動高低變化

r:波浪影響因素

#### m:安全係數加值

-Sandy bottom m=0.5m; -Rock bottom m=1.0m

EX.

Ds=18m,Smax= 0.7m, r=Hs/2 =1m, m=0.5m,不計潮位差下→ d=20.2m,

此時若以粗略計算 d=1.5\*Ds= 27m,

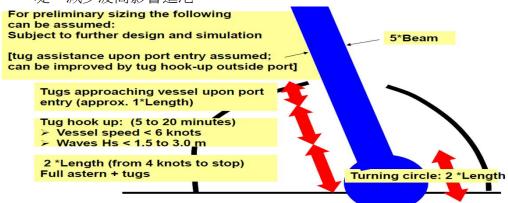
比較出來,概略算出航道深度,必須多挖 6M,勢必造成高額的浚 挖成本。

- D.細部設計階段-以電腦數據精算
- 4)船的移動需要空間

船靠港程序

- 減速到 4 節(knots~=2m/s)
- -領港導航
- -拖船助行與護航
- -泊靠船後繫纜繩

\*港內波高限制在1.5M,若常態波高超過1.5M,將建議設置防波場,減少波高影響進港

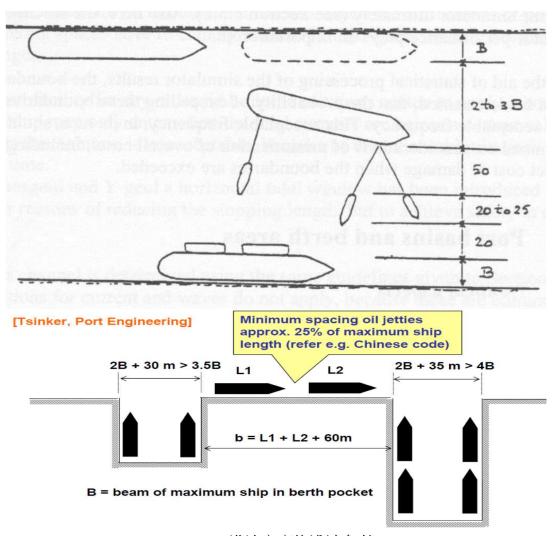


### 2. 迴船區



#### 3. 港池

港池寬度:粗略計算:5B+100m,B= 目標船體寬度



港池寬度的設計參考-

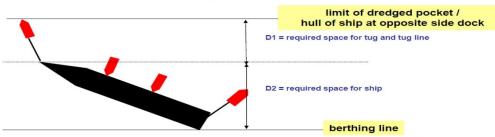
### Basin sizing for tug assisted ships

(Port of Rotterdam recommendations)

#### Required manoeuvring space inside Port

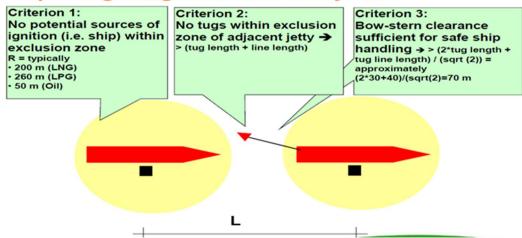
#### Recommendation Port of Rotterdam

- D1 = 100 m for ships with large windage area [LNG]
  - 70 m for VLCCs
- D2 = 2\*BEAM of largest ship



上圖,使用拖船協助,應設置的港池寬度

## Spacing Large Oil and Gas jetties



大型運油船與瓦斯裝運船應加大船體之間安全間距

- 1)安全半徑-LNG 船>=200M, LPG 船>=260M, 運油船。=50M
- 2)鄰近船體間距應>拖船長度+繫船繩長度
- 3)船首船尾淨空間>[2(拖船長度)+繫船繩長度]/2^0.5 大約是 (2\*30+40)/1.414= 70M
- 4. 泊靠區長度計算

Lq = 1.1 n (Loa + 15) + 15

n = number of berths

Loa: length overall, average ship (0.8\* Ldesign vessel)

### 設計考慮流體力學部分

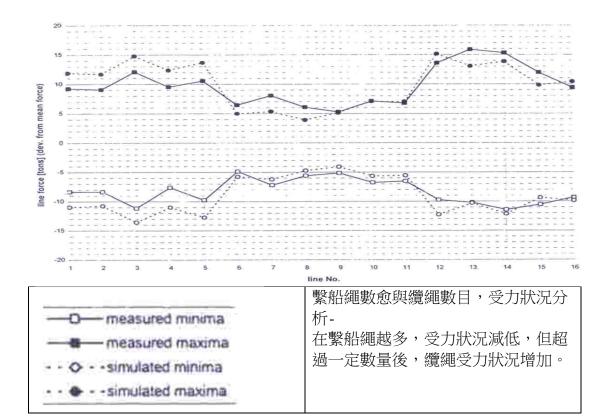
- 1)波浪穿越 2)波浪共振 3)潮位差,海流影響 4)形態學
  - 1)波浪穿越 因不同船種,浪高限制船裝/卸載操作時間(down time)

Table 5-2: Limiting operational wave height

	Limiting wave heights H <sub>s</sub> in m		
Type of vessel	0° (head or stern)	45° - 90° (beam)	
General cargo	1.0	0.8	
Container, Ro/Ro ship	0.5		
Dry bulk (30,000-100,000); loading	1.5	1.0	
Dry bulk (30,000-100,000); unloading	1.0	0.8 - 1.0	
Tankers 30,000 dwt	1.5		
Tankers 30,000 - 200,000 dwt	1.5 - 2.5	1.0 - 1.2	
Tankers > 200,000 dwt	2.5 - 3.0	1.0 - 1.5	

Table 5-3: Allowable ship motions

	Allowable motion amplitudes				
Type of ship	Surge (m)	Sway (m)	Yaw (°)	Heave (m)	
Tankers	2-3	2-3	1	1.5	
Bulkers	0.5-1.5	0.5-1.0	-	0.3-0.5	
Container ship	0.5	0.3	1	0.3	
Ro/Ro ship (at the ramp)	0.3	0.2	0	0.1	

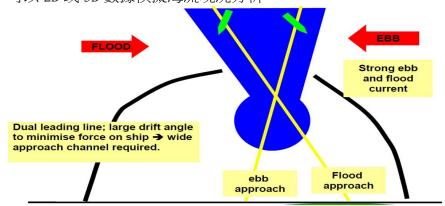


## 2)港池區內波浪共振

減低影響-避開週期波;避免採用岸壁式設計,減少港區內角度出現,例如直角形式碼頭面;使用協波設計吸收能量。

#### 3)潮位差,海流影響

避免港區內出現交岔洋流與海流,導致進港困難 避免停靠區內海流方向垂直船行方向,易造成船的上下偏位移 可以 2D 或 3D 數據模擬海流現況分析

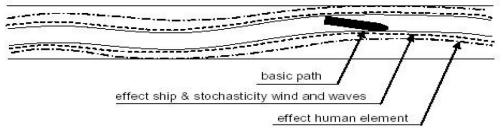


考慮船行方向與波浪潮流方向,以便利進港,加大防波堤開口以便利航道運行。





在未考慮潮流情況下,造成航道淤積,結果是船無法通行,港口無法使用-建議改善措施是在潮流來向的北面增設防波堤,阻擋淤砂流到南面來堵塞航 道,定期檢測航道水深,清淤,以維持航道的使用。



航道規劃應列入船行移動,風力波浪,安全係數考量,設計足夠的航道寬 度。

## 心得

本次承蒙長官提攜,使同仁能有機會赴海外學習港口規劃與基礎設施設計相關知識;在公司工作一段時間後,再與此次學習的課程對照,發現港灣工程設計應考量的重點;在有一定的設計概念後,對日後工程的執行與檢核,可以更得心應手,並避免重複發生工作上的錯誤。

此次報告撰寫之內容,承蒙指導老師傳授港灣工程之相關知識,如有使用 的效益,希冀能傳閱工程同仁指教,讓本人有機會改進,並精進,將來投諸實 地運用,增進工作效益,以下學習的心得分享。

### 工程上的差異:

先就港灣工程與陸地上的土木工程討論,最大的差異在於海象的變化,因為港灣工程的主體(指船隻)的移動方式會受潮流,潮位,海流,溫度,風力等等外來因素所影響,相較於陸地上土木工程的主體(例如汽車,機械)的移動方式受風力,重力的因素影響,很明顯,港灣工程的主體相當不容易控制,所以就客體(港灣工程指港口,土木工程指建築物)的設計考量重點就必須增加考慮所謂安全空間的因素加入。

#### 環境影響因素分析:

就影響的因素分析,天氣因素導致工期的控制困難度增加,例如遠地颱風 造成短波高,但是能量強的海浪,影響船的進出港作業及停泊作業,造成船體 前後、上下、左右運動損害港口設施,但是陸地上的土木工程不會遭遇這種問 題,頂多颱風來襲,暫停施工;另外,船隻的重量大,造成的衝量大,船體受 波浪影響上下運動,損害港口設施,不像陸地上土木工程,機械停在陸地上可 以用剎車停止機械或是汽車運動。

#### 風險評估,在實施規劃設計階段應先考量:

在規劃設計階段,把風險因素加入,在國外的工作執行上,向來是擺在第一位,因為屏除風險因素以後,造成的損失往往很小,所以專案成功機會會比較大;國外在設計工程的時候會加入很多的人因元素,比如人的工作高度限制(是否架設施工架或使用高空工作車以達到適合的工作高度及保護),載具的安全乘載極限(載具乘載人數限制,承載重量限制),材料的耐用度(材料都有使用期限,例如金屬長期使用會形成疲勞反應,但國內的消費習慣往往都是精省為

考量,相關安全減少,風險便提高),本次訓練課程中有提到,沒有考量到海流帶來淤積的風險,導致港口在1年之內航道淤積,導致港口無法使用,或是因為沒有考量生態環境,開發港口以後造成環境的傷害,事後要搶救或是修補,耗費的成本往往比開發港口想要達成的效益更大,本來要賺的錢卻變成虧錢的生意,所以風險因素評估應該在規劃設計階段,仔細評估考量,務必把損失的風險降到最低。

### 合約的訂定,應時俱宜:

在訂定合約的階段,應視專案規模,專案性質,金額的大小,訂定適合的合約,例如單純的舊有建物更新維護,可以找舊有的圖說進行修復,此時可以最低價標,進行發包,如果是新建港口,由於需要考量的層面廣,需要邀專家,進行評估,可以考慮統包工程,由廠商設計,採購,發包,業主可以訂出需求,評估廠商提出的設計案,進行效益評估,以決定得標廠商,好處是廠商找出設計有利他的施工,可以節省成本,業主只要廠商的成果有達到要求的效益,將風險及保固責任轉嫁給施工的廠商,缺點是當廠商的能力不足時,可能風險會造成業主必須承接完成施工,所以合約的選擇影響執行的成敗與效益很大。

#### 訓練後感想:

學而後知不足,在此課程訓練後發現很多相關知識仍有待學習補充,因本 次課程涉及航海,氣象,土木工程,機械工程相關知識,而筆者主要修習土木 工程,在課程學習後做成本次工程報告,相關內容翻譯後或許有辭不達意的情 況發生,期讀者能及時反應本人改進,有未盡之處,仍請長官與同仁不吝指 教。

# 建議事項

#### 訓練資訊的分享:

此次參與荷蘭之 IHE 學院訓練課程,每年都有課程更新上課內容,(學校網址是:https://www.un-ihe.org/),如有相關課程資訊,建議可以在公司公佈欄上公告,讓有意學習之同仁可以先參考課程資訊,師資,在報名後再由長官甄選,一方面讓同仁有競爭向上的動力,長官也可以有更多適當人選可以參考。

#### 加強語言能力的建議:

此次參加訓練課程,發現語言能力仍有待加強,所以建議同仁多吸取新知,閱讀英文報紙,多接觸,對語言使用不陌生;像我此次去參加訓練才發現英文的溝通能力,還是落後其他同學很多,是因為我平常的練習不夠,所以要多加自我檢討改進,才不會浪費出國訓練這麼好的機會。

#### 加強模擬的建議:

港口的大小如何設計,實施之前應該要以年度運量的數據做為參考;比如說:船停靠花的時間,船停靠使用的範圍大小,船的裝卸載效率,如果未經過適當的模擬,設計太小,導致不敷使用,設計太大,導致設計浪費,實際上都不是很好的方案;所以加強模擬狀況,可以有效避免設計的錯誤。

#### 加強不同部門間溝通的建議:

現在國家面臨少子化的課題,感覺每個人要接觸與處理的資訊越來越多,也越來越複雜,但是每個人接觸的工作範圍都不同,而每個人都學有專精,所以有時候會有資訊上的落差,所以除了在自己執行的工作崗位上努力工作外,也應該主動詢問其他部門的專業知識,比如說,在設計階段去了解使用者的需求,工程部門同事去徵詢業務部門同事現場使用與遭遇的情況,或是主動詢問勞安部門同事,有關勞安工作應該如何宣導與執行,因為現在的工作很重視資訊的回饋(feedback),避免犯同樣的錯誤,提升工作效益,所以我們應該加強與其他部門的溝通。

#### 總結:

以上見解是經過這次訓練課程,與同學老師交流的結果,發現到「以管窺天」,本來視界就是會受限,所以多與外面的世界交流,知道外面的世界發生甚麼事,對於以後我們遇到問題,思考如何解決,有多種方案可以選擇,選擇風險最小,效益最高的方式,可以幫助我們面對問題,迎刃而解,希望這個觀念可以大家共勉之,最後,還是感謝長官的提攜,讓本人得以增廣見聞,提升專業能力,以上報告,謝謝。

# (附錄)

## 本次參與課程人員名單

Name	Country		Group
Emilia Rizzi	Italy	MSc	1
Jamani Antoni Balderamos	Belize	MSc	1
Abdulla Alson Athif	Maldives	MSc	1
Shadrack Kwaku Hinson	Ghana	MSc	1
Chih-pin Wu	Taiwan	Short course	2
Terence Chow Wing Ee	Singapore	Short course	2
Jun Rui Goh	Singapore	Short course	2
Hector Hugo Silva	Peru	Short course	3
Jayakumar Aravindan	India	Short course	3
Chukwu Nnadi Oji	Nigeria	Short course	3
Abdualrahman Matog Ahmed Abu	Libya	Short course	4
Miwagh			
Abdullah Al Balushi	Oman	Short course	4
Siad Ali Said Ali Al-Hajri	Oman	Short course	4