

離岸風力規劃設計施工及 船舶後勤介紹 B-施工船舶 與機具

周處長顯光

船舶暨海洋產業研發中心



離岸風力規劃設計施工及船舶後勤介紹B- 施工船舶與機具



船舶暨海洋產業研究發展中心
海洋產業處處長周顯光
中華民國106年10月17日



內容介紹

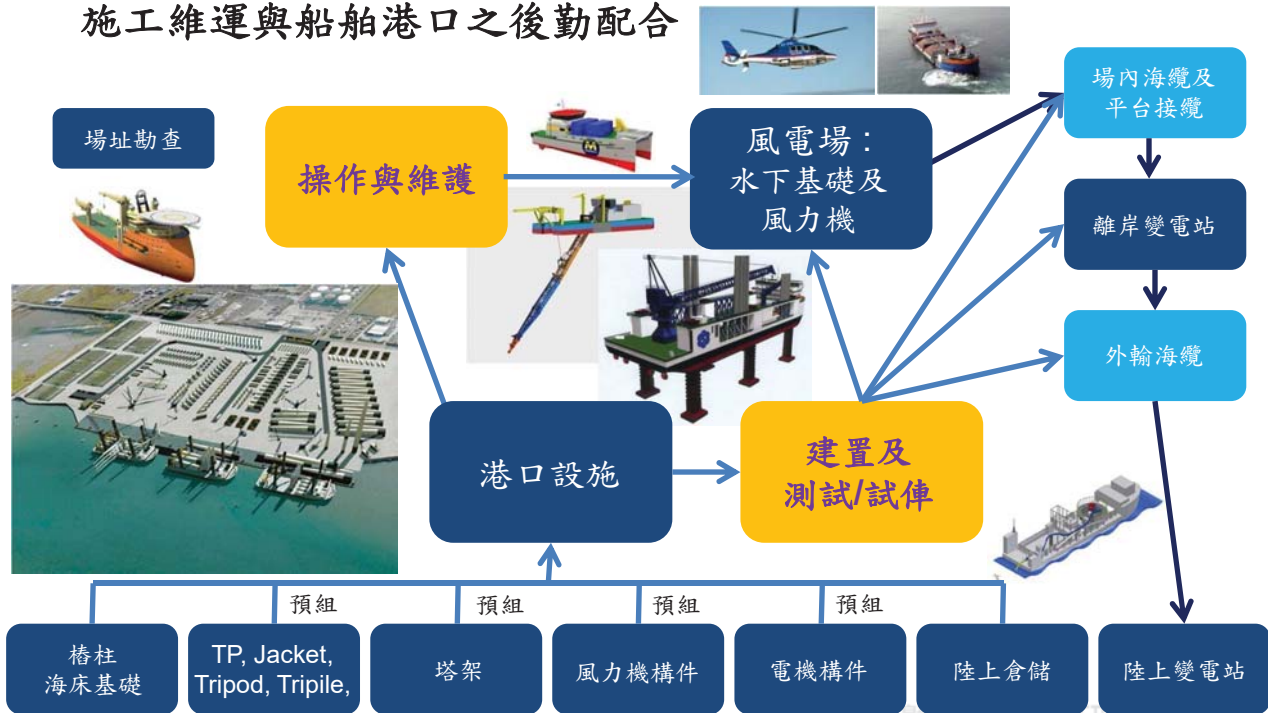
- 風電海事工法
- 施工船隊組織
- 建議結論





風電海事工程：作業準備

施工維運與船舶港口之後勤配合



物料集中各作業碼頭分類處理及就地預組，利用工作船載運或前往安裝、鋪纜與維護。



風電海事工程

整理海床

挖泥作業：剷平整地

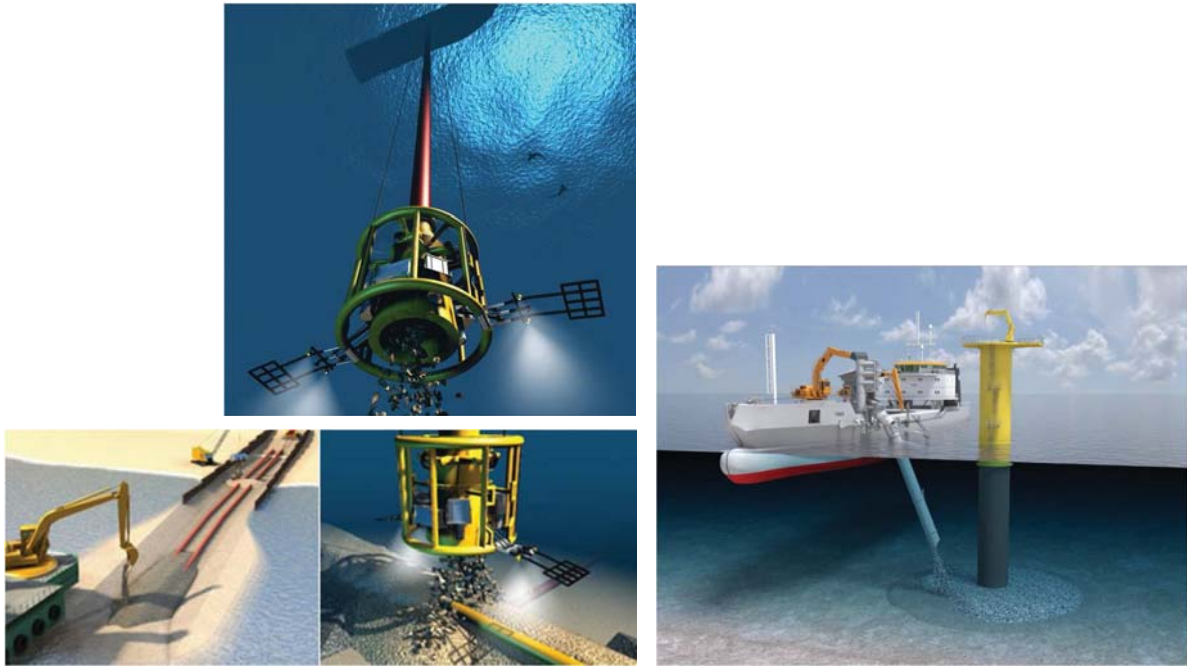




風電海事工程

整理海床

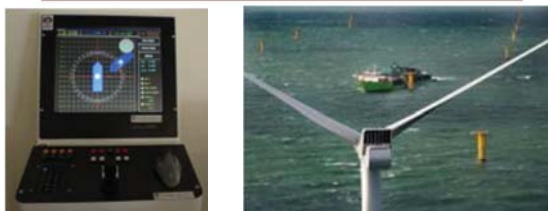
拋石作業：填補整地及設防掏刷保護



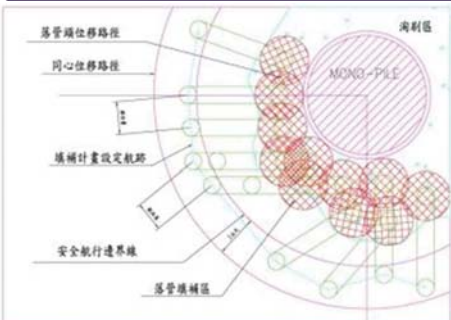
5



精準拋石護樁船舶機具技術

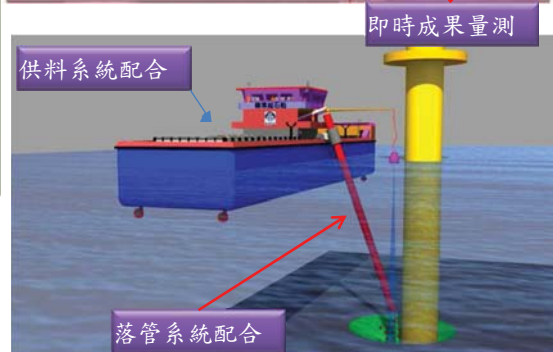
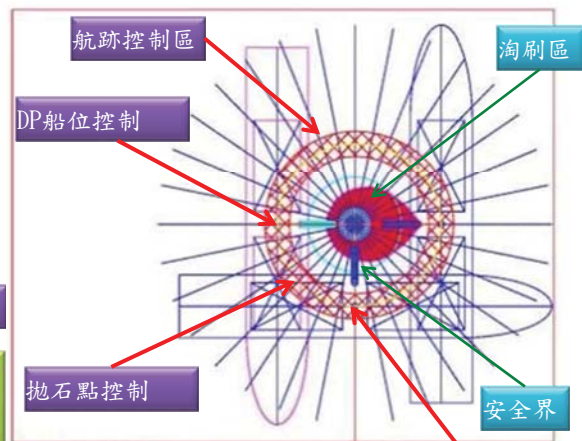


船舶動態定位應用、風場航跡標定及循跡操控技術研發



- 技術項目**
- ▶ 船舶近接安全航行技術
 - ▶ 填補作業規劃技術
 - ▶ 船舶循跡移位控制技術
 - ▶ 落管連動技術
 - ▶ 供料整合技術

- ▶ 作業水深：30公尺以內
- ▶ 循跡精度：±2公尺以內
- ▶ 循跡控制：定位控制精度在2米直徑以內
艏向控制精度在±5度以內
- ▶ 可依拋石3D量測計畫設定位移速度與駐留時間



6



風電海事工程

保護海床

網袋式拋石：設防掏刷保護



研發中心
R&D Center



風電海事工程

自升船之打樁施工

船艏端操作

船舷端操作



支腳
距窄
小或
船長
小者



支腳
距寬
大且
船長
大者



中心
Center



風電海事工程

翻正吊樁作業(絞鏈車，自升船上，拉離吊車)

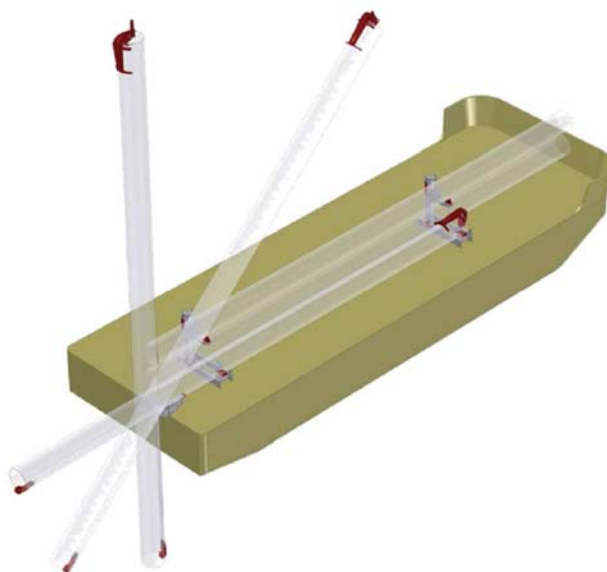


Ship and Ocean Industries R&D Center



風電海事工程

翻正吊樁作業(縱向翻正)





風電海事工程

ISC抱樁扶正機

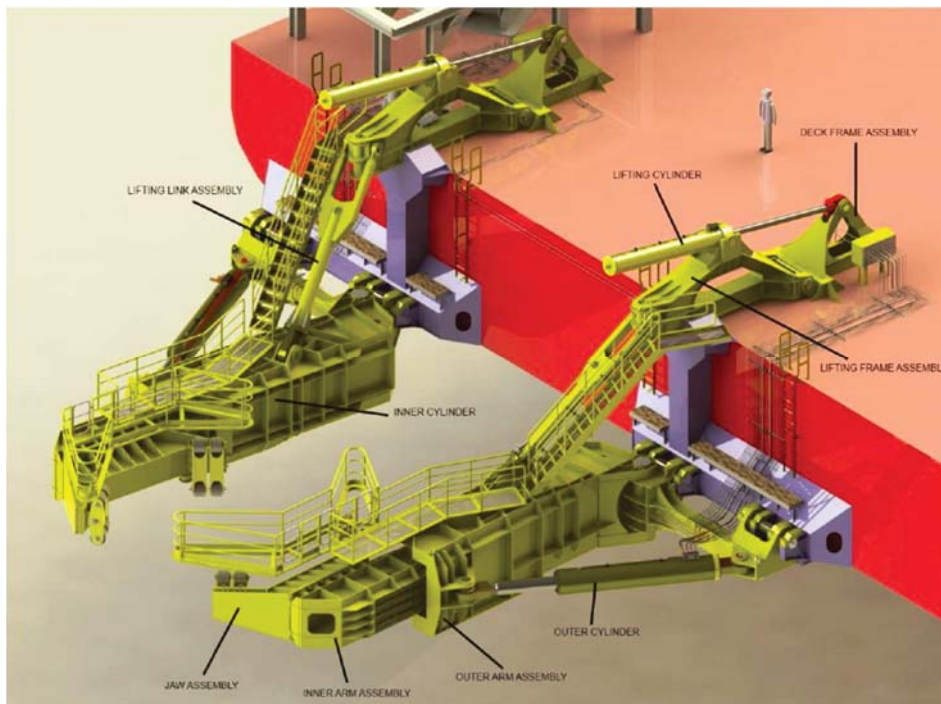


11



風電海事工程

Houlder抱樁扶正機



發中心

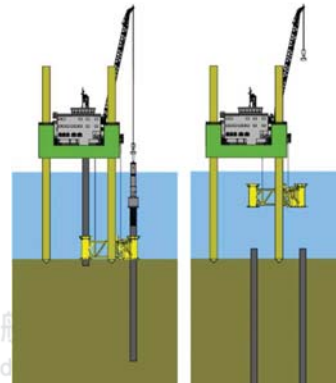
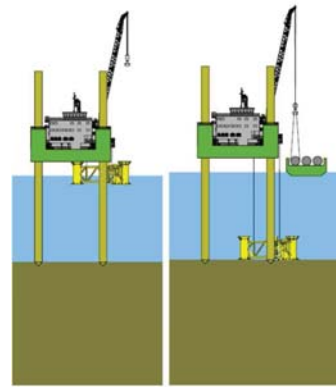
Ship and Ocean Industries R&D Center

12



風電海事工程

水下基礎預打樁作業 Jacket之預打樁模架

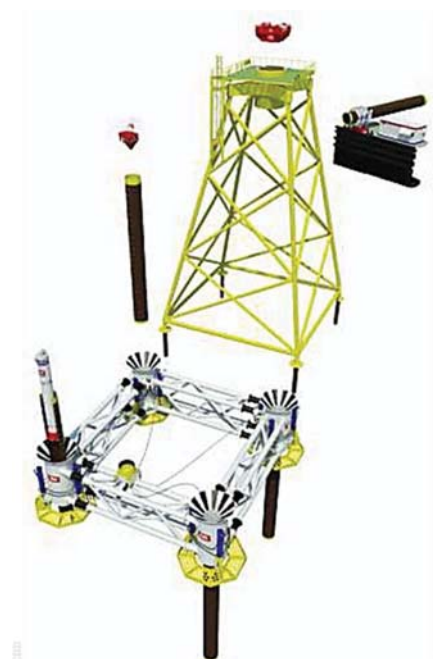


13



風電海事工程

水下基礎預打樁作業 Jacket之預打樁模架



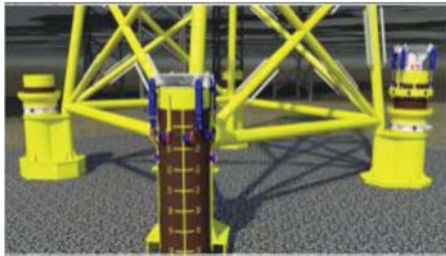
法人 船舶三洋片庄木研成中心
Ship and Ocean Industries R&D Center

14



風電海事工程

水下基礎後打樁作業 後打樁之Jacket基礎之輔助機具



風電海事工程

打樁施工 油壓打樁機(單樁基礎者)





風電海事工程

打樁施工

油壓打樁機，Pile貫穿Jacket支腳



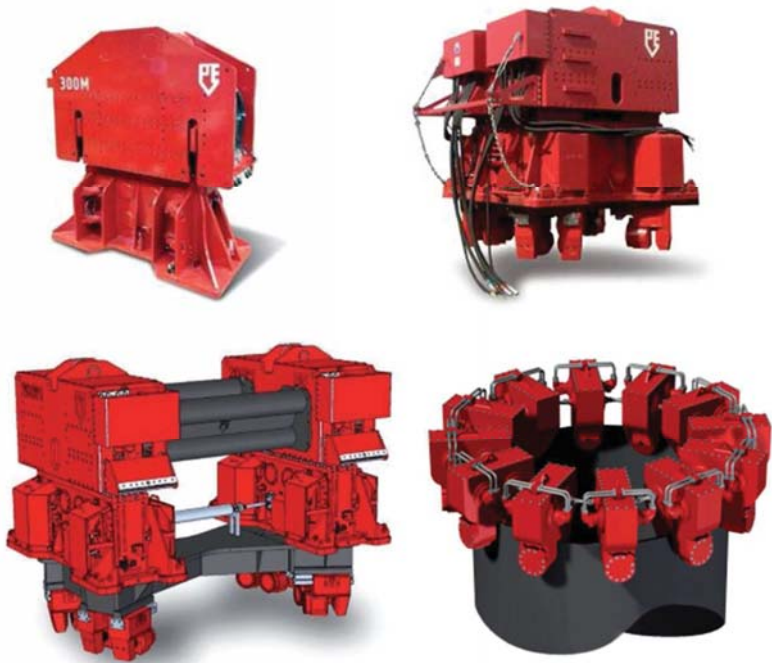
研發中心
R&D Center



風電海事工程

打樁施工

震動打樁機(靜音式)



來源：PVE/ICE

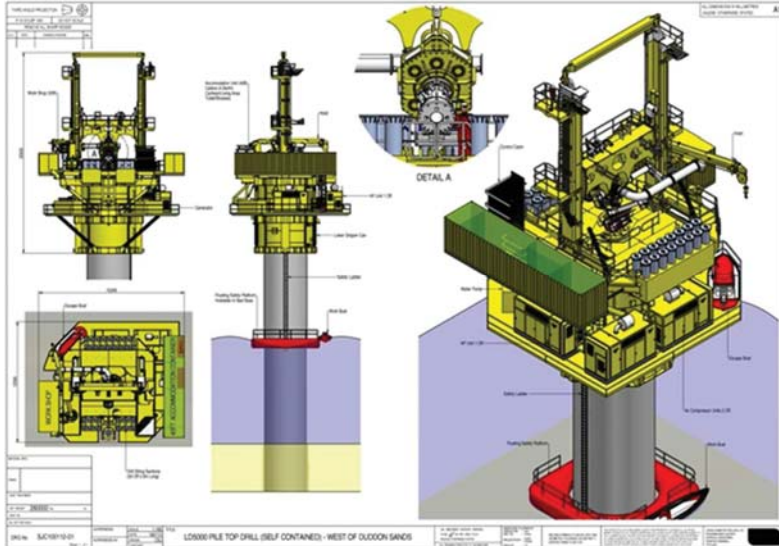
船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



風電海事工程

打樁施工

Mono Pile鑽孔機(硬質海床)



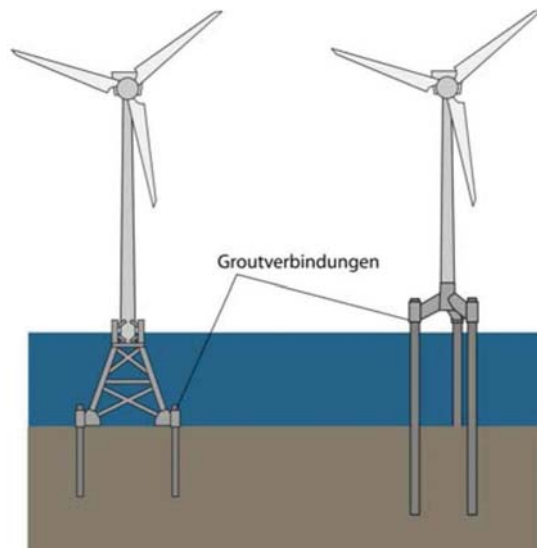
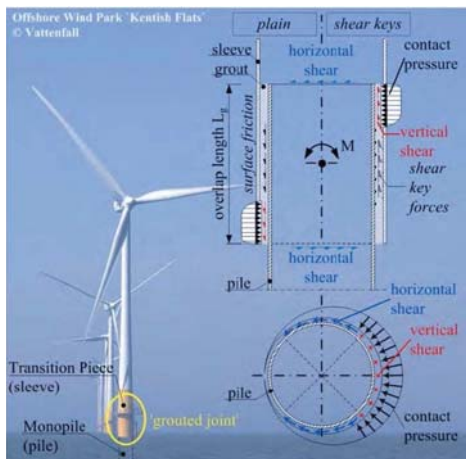
Ship and Ocean Industries R&D Center 19



風電海事工程

水下基礎灌漿作業

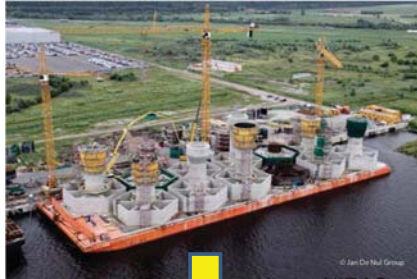
TP與Monopile、Jacket或Tripile與Pile之結合





風電海事工程

灌漿式水下基礎作業 重力式基礎之安裝工序(三種)



來源：Middelgrunden

重力式之安裝工序是整地、吊裝基礎、裝塔架、裝風力機。

來源：GEOSEA



風電海事工程

變電站上構之海陸運輸



變電站上構大都以千噸級論，陸上很難找到匹配的重件吊車，通常採SPMT出廠及登船。



風電海事工程

變電站基礎及上構之吊裝作業 Lifting方式



海運後以吊車船吊裝Jacket基礎及Topside。

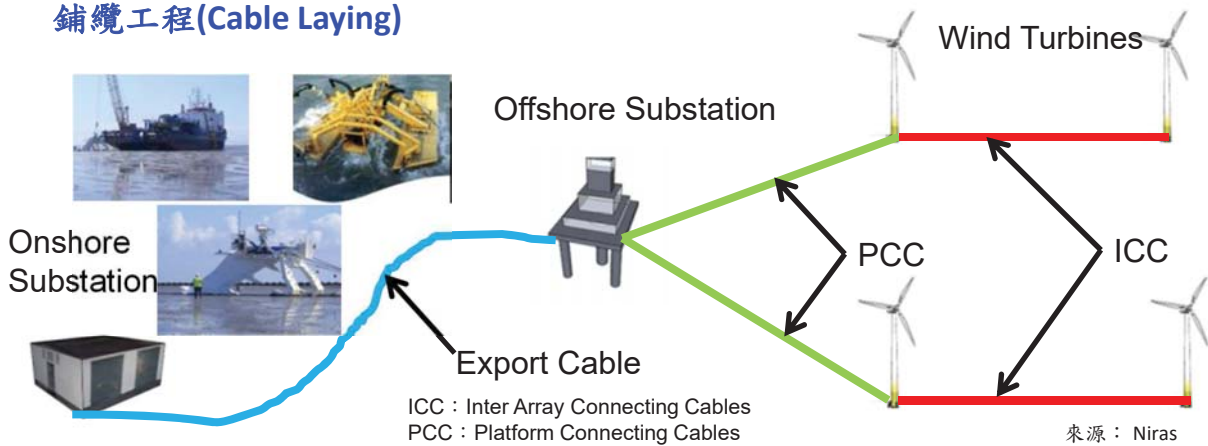


23



風電海事工程

鋪纜之運作 鋪纜工程(Cable Laying)



離岸風力機基礎安裝完成，緊接進行鋪纜作業，藉鋪纜船達成。 R&D Center 24



風電海事工程

鋪纜之運作

機間鋪纜工程(Array Cable Laying)



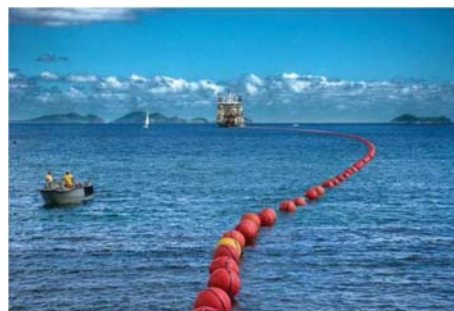
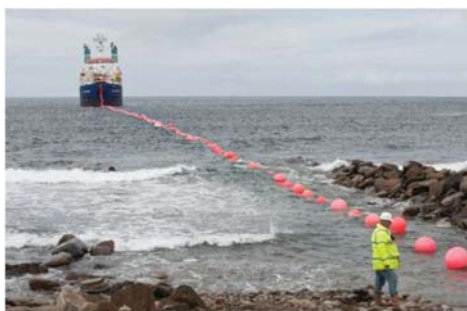
法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



風電海事工程

鋪纜之運作

輸出海纜上岸



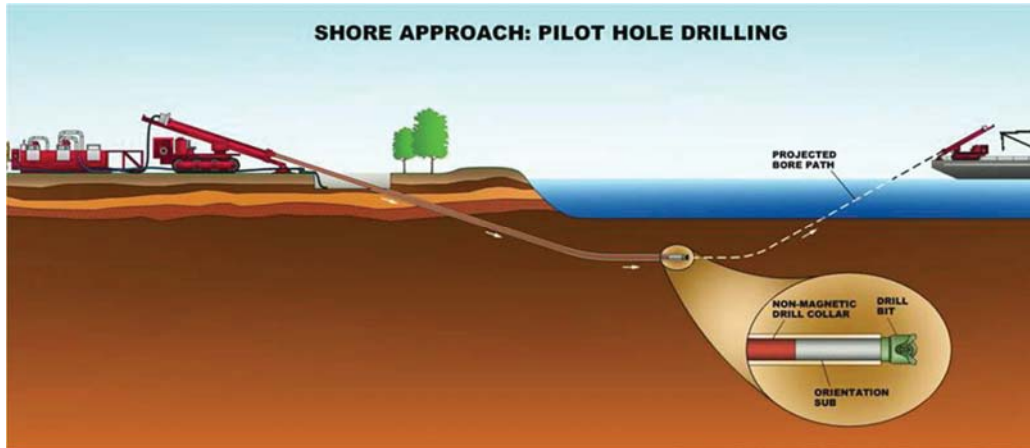
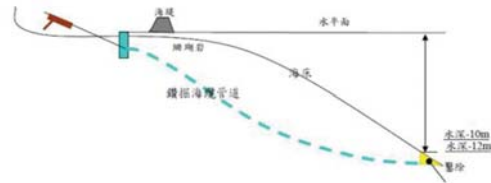
Ship and Ocean Industries R&D Center



風電海事工程

鋪纜之運作

水平定向鑽掘(Horizontal Directional Drilling), 輸出海纜上岸工法



風電海事工程

安裝船隊之分工組合

風力機安裝方式

- A. 塔架→機艙+輪殼→1組葉片→1組葉片→1組葉片
- B. 塔架→機艙+輪殼+2組葉片→1組葉片
- C. 塔架→機艙→3葉轉輪
- D. 半機
- E. 整機



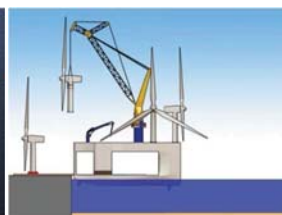
A 模式



B 模式



C 模式



D 模式



E 模式

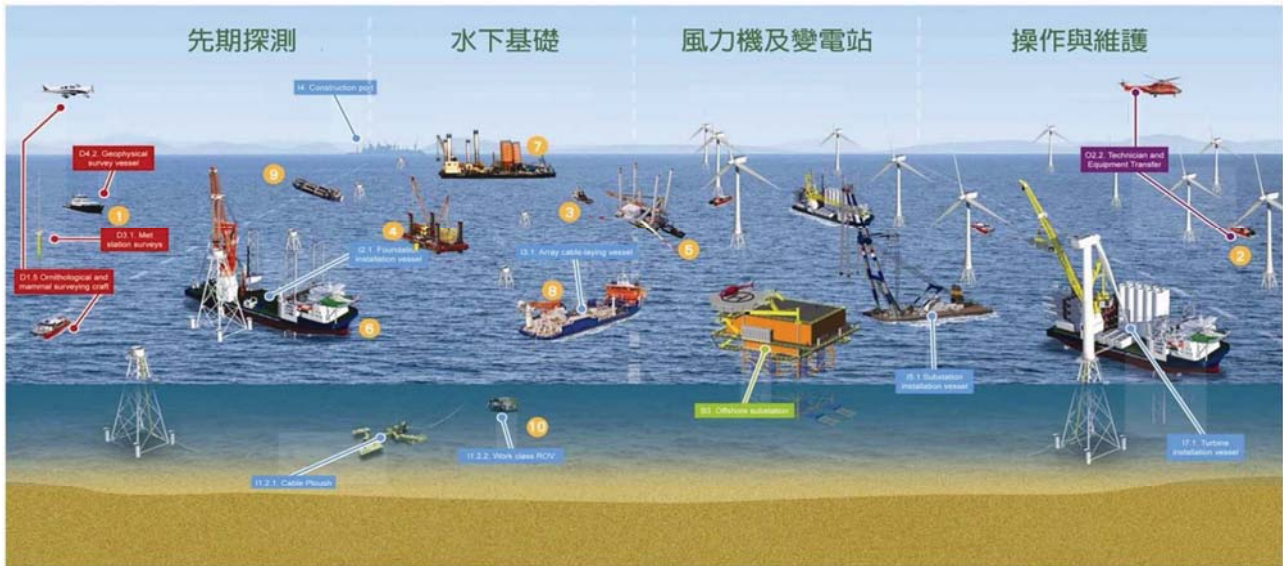
定腳式安裝

浮動式安裝

來源: A2SEA x3, Brearlice, OLC



施工船隊組織



- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 震測船/補給船 2 交通船配安全繫泊及登機措施 3 遠洋拖船/補給船 4 鑽測/打樁兼安裝用自升平台 5 載運用自升平台 | <ul style="list-style-type: none"> 6 載運兼安裝用自升船 7 灌漿船 8 鋪纜船備海底挖溝機 9 拋石船 10 水下作業機具 |
|--|---|



施工船隊組織

施工船隊之種類

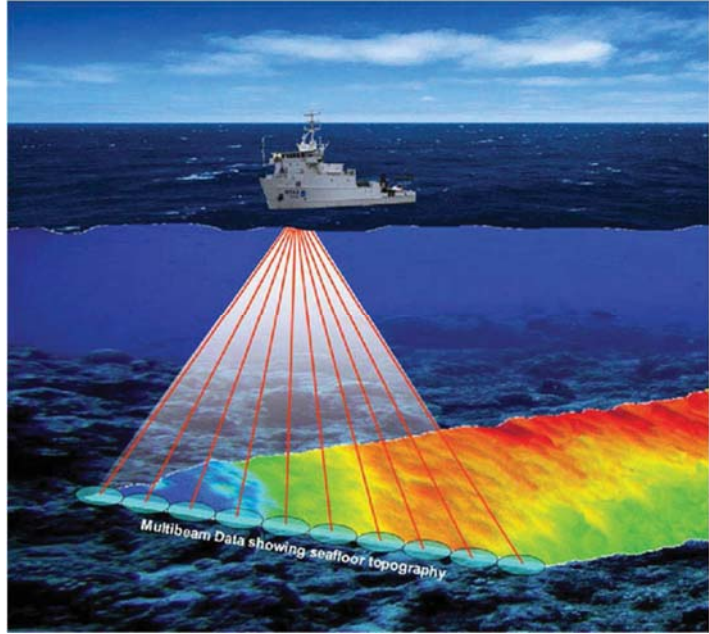
- **調查船隊**
勘查船、自升式鑽探船、浮動式鑽探船、觀測船、專業機具
- **支援船隊**
拖船、MultiCat、操錨船、補給船、潛水支援船、戒護船、ROV
- **整理船隊**
挖泥船、拋石船、扒床船、小型吊裝船
- **運輸船隊**
駁船(搭配拖船)、自航貨船、半升式船、自升式船、半潛船(重件)
- **安裝船隊**
起重船(浮式、半升式、自升式)、專業機具、ROV
- **鋪纜船隊**
Array Cable鋪纜船、Export Cable鋪纜船、專業機具、ROV
- **交通船隊**
人員運輸船、SOV、輔助人員機具、運貨設施



調查船隊

海床地貌之調查船舶

聲納勘查船 (Multi-beam Survey vessel)



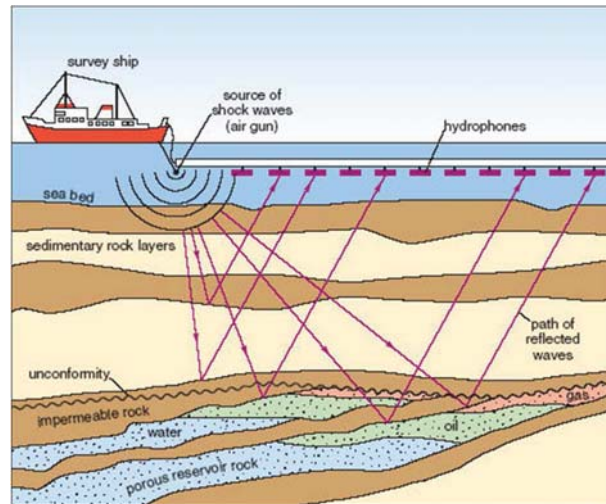
Ship and Ocean Industries R&D Center 31



調查船隊

海床地層之調查船舶

震測勘查船 (Seismic Survey vessel)

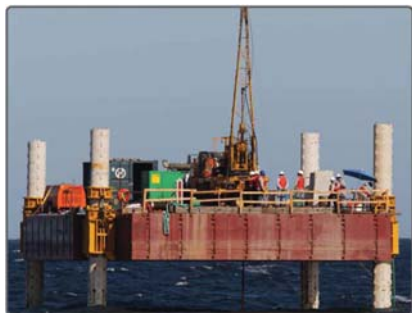


業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



調查船隊

海床地質之調查船舶(Jack-up)
淺海鑽探船 (Drilling Platform)



Ship and Ocean Industries R&D Center 33



調查船隊

海床地質之調查船舶(Floating)
深海鑽探船 (Drilling Vessel)



Ship and Ocean Industries R&D Center 34



調查船隊

環境生態之調查船舶
鳥鯨觀測船



支援船隊

拖曳引領之支援船舶
拖船、MultiCAT之搭配



拖船



MultiCAT





支援船隊

拖曳引領之支援船舶 不對稱拖船 (MultiCAT)



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



支援船隊

協助操錨之支援船舶 協助操錨之操錨船、補給船或建造用多功船



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



支援船隊

補給服務之支援船舶

補給船/支援作業船/建造用多功船



中心
Center



支援船隊

潛水活動之支援船舶

潛水支援船



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



支援船隊

外圍服務之支援船舶
觀察/戒護船

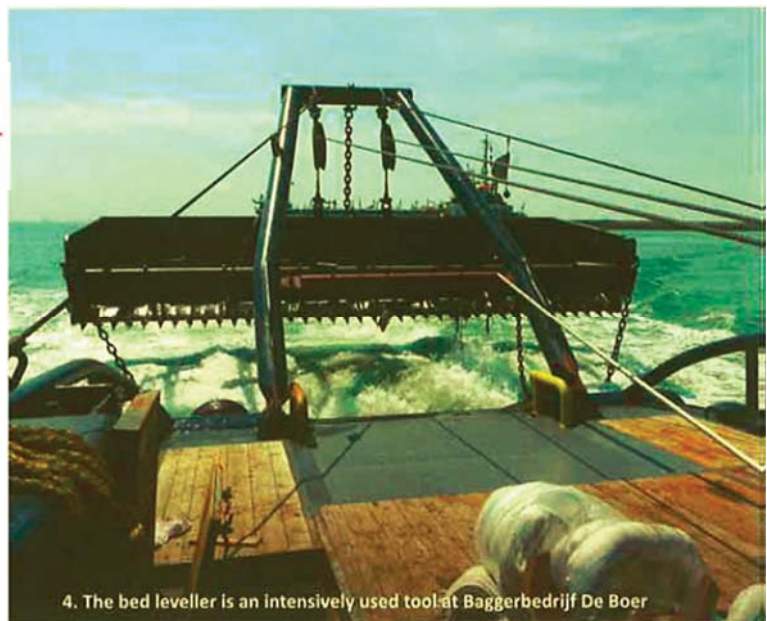


財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



整理船隊

海床基礎之整理船舶
填補整地：扒床



4. The bed leveller is an intensively used tool at Baggerbedrijf De Boer

若在鬆軟海床情況下，可直接採用扒床方式整平海床基礎。

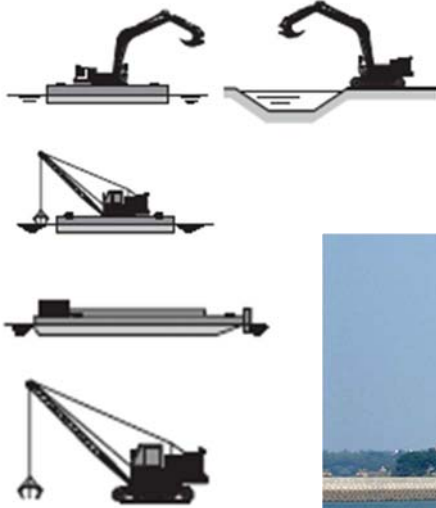
Ship and Ocean Industries R&D Center



整理船隊

海床基礎之整理船舶

剷除整地：挖泥船



來源：宏華



來源：宏華

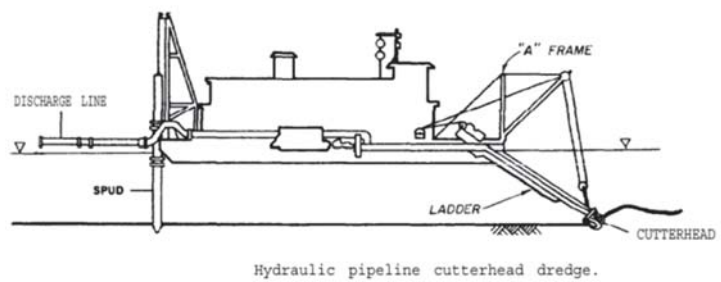
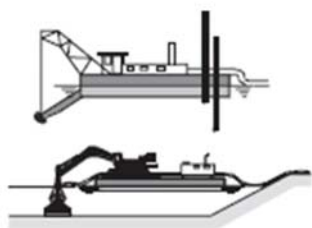
水深淺風浪小者可採挖土機或抓斗機。



整理船隊

海床基礎之整理船舶

剷除整地：挖泥船



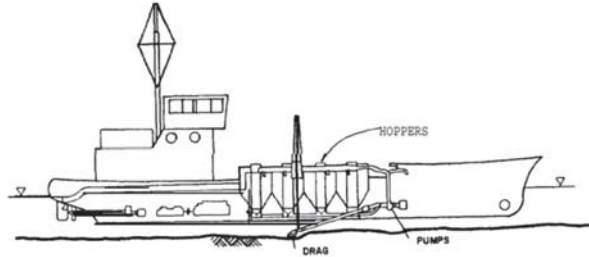
動用具足夠工作水深之挖泥船整地，水深淺風浪小者可能採Cutter dredger。



整理船隊

海床基礎之整理船舶

剷除整地：挖泥船



Self-propelled seagoing hopper dredge.



高水深者之整地則雇用高船舷之Suction Hopper dredger挖泥船。

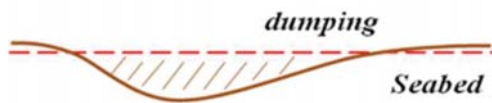
財團法人船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



整理船隊

海床基礎之整理船舶

填補整地及防掏刷保護：拋石船



淺海直接拋石



離岸風機海下基礎之固底及防掏砂設施，藉拋石船(Dumping Vessel)來達成。

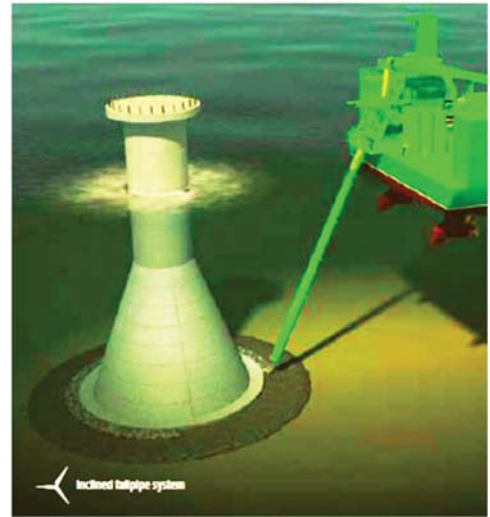
財團法人船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



整理船隊

海床基礎之整理船舶

填補整地及防掏刷保護：導管式拋石船



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



運輸船隊

風電基礎之運輸船舶

裝載單裝式基礎：駁船



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



運輸船隊

風電基礎之運輸船舶
裝載Jacket式基礎：駁船

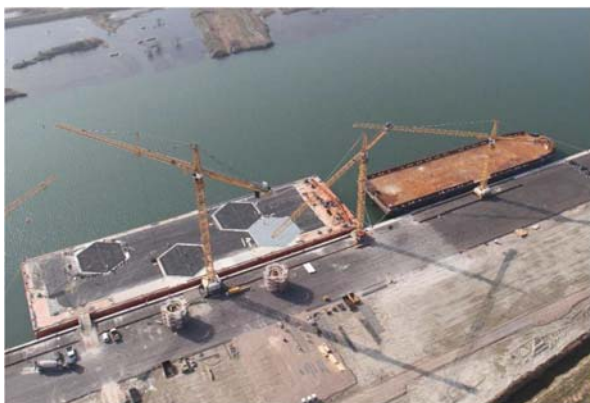


中心
Center



運輸船隊

風電基礎之運輸船舶
建造兼運送重力式基礎：駁船



法人 船舶及海洋產業研究中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



運輸船隊

風機元件之運輸船舶

裝載風力機構件：駁船



運輸船隊

風機元件之運輸船舶

裝載風力機構件：運輸船





運輸船隊

風機元件之運輸船舶

裝載葉輪：自升式駁船



風力機之運輸由駁船、自升平台、自推船進行，前兩者需拖船拖運與協助定位。

Ship and Ocean Industries R&D Center 53



運輸船隊

風電構造之運輸船舶

裝載變電站上構或進行Float Over：駁船



Float Over

財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center

54



安裝船隊

風電安裝船之趨勢

1. 第一代：起重駁船(Crane Barge)

- 無自升，無自推。
- 僅在平靜海況操作。

2. 第二代：起重駁船/船 (Crane Barge/Ship)

- 無自升，有自推或 DP。
- 僅在平靜海況操作。

3. 第三代：起重自升駁船(Jack-up Barge with cranes)

- Winch wire/ Hydraulic Cylinder自升系統，無自推。
- 在約1m浪高近海操作(第一代 Jack-up)

4. 第四代：專業自升風電安裝船(Expertise WTIV)

- Hydraulic Cylinder自升系統，有自推。
- 在約1.5~1.8m浪高近海操作(第二代 Jack-up)

5. 第四1/2代：專業大型自升風電安裝船(Expertise WTIV of wider service)

- Electric Rack & Pinion自升系統，有自推。
- 採桁架式支腳，作業水深可達50~60m，在約2m浪高海況操作。
- 大船體、大甲板面積、大住艙，續航停留日較長。
- 大承載、大吊車，容量達1500t @35m，可吊裝大型水下基礎。



浮船作業



臨時
調用
仍不
可缺

法人船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center

55



安裝船隊

浮式起重船之分類

Shear Leg型起重駁船





安裝船隊

浮式起重船之分類

Tub Mounted Rotating Crane型起重船



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



安裝船隊

浮式起重船之分類

Tub Mounted Rotating Crane型起重半潛船



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



安裝船隊

浮式起重船之分類

建造用多功能船



海況補償之迴旋吊車



海況補償之A-Frame吊車



兼備海況補償之迴旋吊車及A-Frame吊車

中心

Shanghai Ocean Industries R&D Center



安裝船隊

自升式平台船之分類

盒狀自升安裝船



吊車獨立艙置，艙房靠舷，如Jack Barge或潤邦。



吊車獨立艙置，艙房置艙中，如Neptune號。



吊車獨立艙置，艙房置艙，如Victoria Mathias號。

中心

Shanghai Ocean Industries R&D Center



安裝船隊

自升式平台或船之分類
流線狀自升安裝船



吊車獨立艙置，如BARD Windlift 1號。



抱腳式吊車置艙腳，如BraveTern號。



抱腳式吊車置艙腳，如Innovation號。

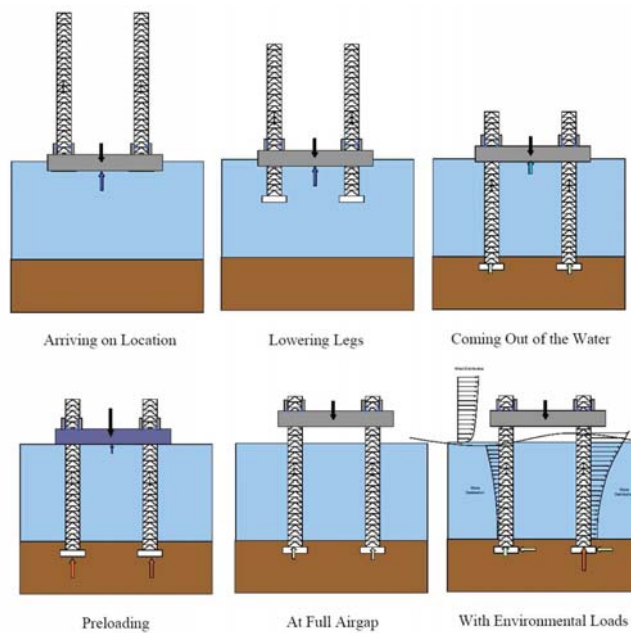
發中心

Ship and Ocean Industries R&D Center



自升式安裝船施工安全

前往現場操作程序



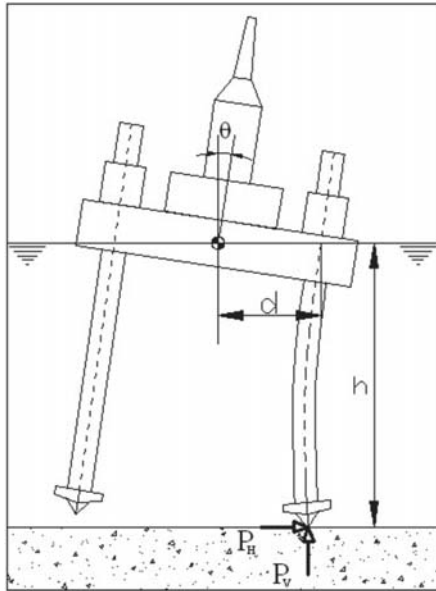
來源: BENNETT & ASSOCIATES, L.L.C. & OFFSHORE TECHNOLOGY DEVELOPMENT INC.

財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



自升式安裝船施工安全

自升船之升降操作 甩腳撞擊海床之現象



$$P_H = \frac{2\pi}{T} \theta \sqrt{\frac{I_m k_H}{1 + \frac{k_V}{k_H} \left(\frac{d}{h}\right)^2}}$$

$$P_V = \frac{2\pi}{T} \theta \sqrt{\frac{I_m k_V}{1 + \frac{k_H}{k_V} \left(\frac{d}{h}\right)^2}}$$

P_H is the horizontal component of the impact force;
 P_V is the vertical component of the impact force;
 θ is the single amplitude of roll or pitch;
 T is the period associated with the roll or pitch motions;
 I_m is the mass inertia of the unit for the roll or pitch motions;
 k_H is the horizontal stiffness of the leg;
 k_V is the vertical stiffness of the leg;
 d is the distance between the center of gravity and the leg;
 h is the distance between the center of gravity and the soil.

自升式平台初著海床之撞擊力及支腳底受力之關係。

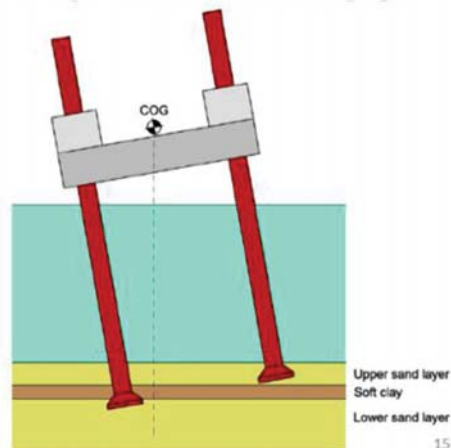
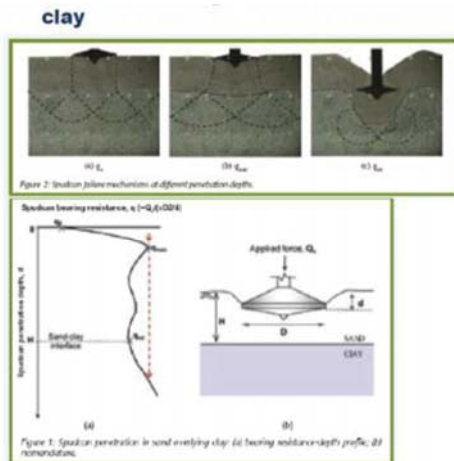
船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



自升式安裝船施工安全

自升船之升降操作 穿傾(Punch through)現象：

1. 硬土層(最常為砂土SM)座落在軟土層(最常為黏土CL, Clay)上。
2. 最大承載阻力出現在上層之硬土層。
3. 硬土層(砂度層)厚度過薄，導致破壞線穿過砂土層進入黏土層，產生急速且非預期的差異沉陷。



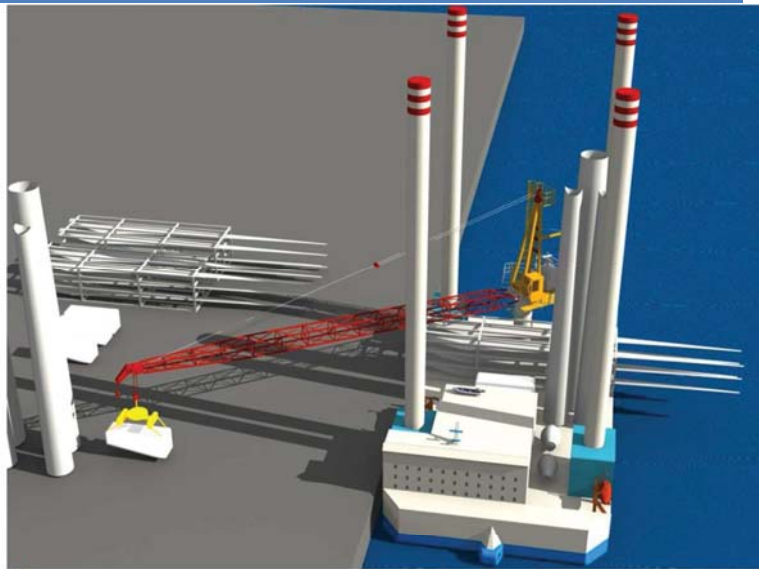
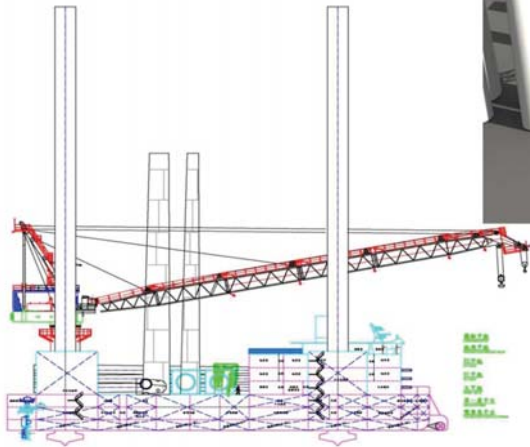
船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center

“正確的調查”“事前的評估”“合理的操作”，是確保自升式平台安全的最佳方案。



自升式安裝船設計範例

與IHC國際合作，
建立自行設計能力



財團 船舶暨海洋產業研發中心
法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



安裝船隊

離岸作業輔助機具

水下遙控載具(ROV, Remotely operated underwater vehicle)





鋪纜船隊

鋪纜船之形成種類

- 現有Barge 改裝
- 現有多功船改裝
- 現有小型拋石船改裝
- 現有大型拋石船改裝
- 新造鋪纜船兼多功能船
- 新造鋪纜專業船



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center

67



鋪纜船隊

現有BARGE 改裝之鋪纜船

ULISSE



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center

68



鋪纜船隊

中型多功船改裝之鋪纜船

Normand Pioneer



法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



鋪纜船隊

大型拋石船改裝之鋪纜船

Willem de Vlamingh



發中心
R&D Center



鋪纜船隊

新式專業鋪纜船

SIEM AIMERY



中心
Center

71



交通船隊

人員運輸船 (CTV, Crew Transfer Vessel)

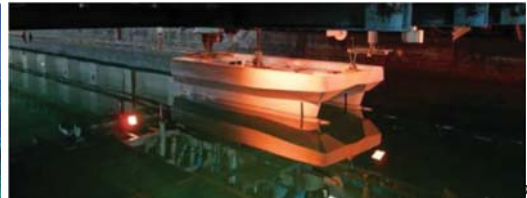
1. 單洞船 (Mono Hull)



2. 雙洞船 (Catamaran)



3. SWATH船 (Small Water-plane Area Twin Hull)





交通船隊

登機系統 (TAS, Turbine Access System) 之趨勢 (動對靜)

Crew Boats with TAS (配備登風力機補償設施之適航交通船):

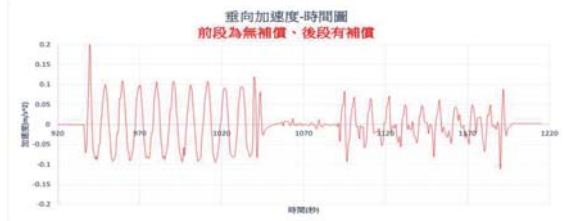
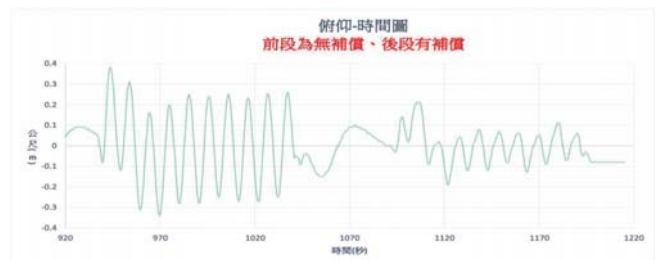
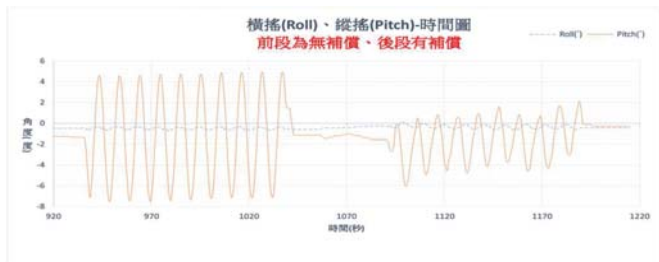


財團法人船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center

來源: BMT



船舶安全登塔系統原型開發



整合波浪運動測試結果(前段無補償，後段有補償)

財團法人船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center



交通船隊

支援船舶之種類

SOV+ Ampelmann Gangway



Ampelmann Gangway

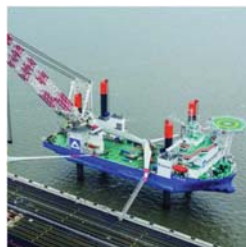


以船舶機具提升施工安全及效率

工法之差異 → 安全、省時、施工品質及精準度之差異

例如：

- 碼頭裝貨



立吊



浮吊

- 拋石方式



導管拋石或吊地工織袋



- 打樁



Pile、TP
分體



Pile、TP
一體

財團
法人

Ship and Ocean Industries R&D Center



船機之差異 → 安全、省時、施工品質及精準度之差異

例如：

- 自升安裝船WTIV



DP2

- 鋪纜船Cable Layer



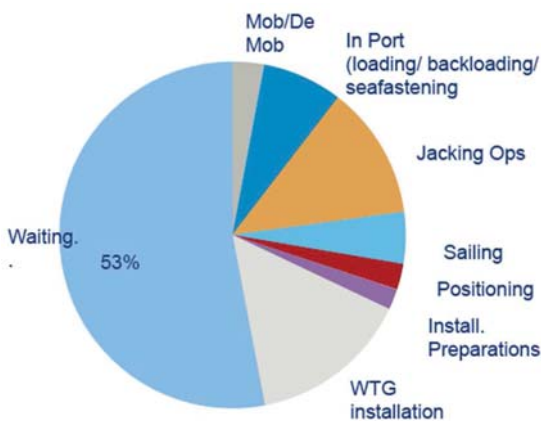
DP2

- 交通船



SOV

財團法人
Ship and Ocean Industries R&D Center 77



來源：DANISH SHIPOWNERS' ASSOCIATION

海氣象變化不定，若逢狀況嚴重，只好停工回航避險，而每趟往返動員耗時花錢，丹麥統計海事作業耗時，其中**等候**佔53%，確認出航判斷是否安危，有賴於正確預測及解讀，而**天候**才是影響工期與財務的真正風險。



來源：Vestas



來源：MPI

財團法人
Ship and Ocean Industries R&D Center 78



建議結論

1. 工程往往延宕耗時比估計**冗長(Time spent Longer)**，過程比原先預期的**複雜 (Much Complicated)**。
2. 海上的天候與海象變化多端，不易預測**(Unpredictable weather)**，若要對應天候海況就需使用適當的船隻，**用對船是成功的一半**。
3. 若要對船機有信心作用－事前多演練！**(More Tries before sails)**，任何關鍵事件都有**備份、備案、退路**之考量。

Key Plans and Plants are the Key Issues for success!



財團法人 船舶暨海洋產業研發中心
Ship and Ocean Industries R&D Center

79

