

## 和蘭의 Eastern Scheldt 地區 事業 紹介

韓 相 昱 · 申 昊 哲

(農業振興公社 事業本部長) · (農業振興公社 電算技術室)

### 1. 머 리 말

本稿는筆者等이 지난번 西北 유럽 國家들에 對한 先進地域의 農業土木 分野에 對한 視察期間 中에 和蘭의 干拓事業에서 1986년에 竣工한 Delta Project 中 가장 重要하고 難工事였던 Eastern Scheldt 事業地區의 着手 背景과 工事概要를 紹介함으로써 이 分野에 중사하거나 관심있는 분에게 事業의 計劃, 設計와 新工法 等の 技術的인 情報과 資料를 提供하는 데 뜻이 있다고 思料되어 紹介한다.

### 2. 事業 着手 背景

네덜란드는 1953年 西部地域에 Storm Beafort 10號와 11號의 大海溢로 因하여 1,853名이 死亡하고 約 20萬ha의 土地가 침수되었으며 約 500 km의 海岸施設이 破損되고 5萬棟의 家屋, 學校, 教會 等の 建物이 災難을 當하였으며 7萬 2千餘名이 移住하여야 하는 엄청난 被害를 當하였다.

Delta Project는 위와 같은 被害로 부터 人命과 國土를 保護하고자 1958年 Delta法案을 네덜란드 議會가 採擇함으로써 着手하게 되었다.

이 事業은 Rotterdam港과 Antwerp 間을 相互 연결하면서 네덜란드의 西南部 河口를 澈질하는 것이며 海岸線을 數百km나 단축시킬 뿐만 아니라 海水의 침입을 차단 함으로써 淡水湖 開發 에도 意味가 부여되는 事業이다.

1958년부터 施行한 Delta事業, 推進, 狀況은 다

음과 같다.

- 1958年 Hollands Ijssel 防潮堤
- 1960年 Zandkreek 防潮堤
- 1961年 Veerse 防潮堤
- 1965年 Grevelingen 防潮堤
- 1970年 Volkerak 防水堤
- 1971年 Haringvliet 防潮堤
- 1972年 Brouwers 防潮堤
- 1986年 Eastern Scheldt 防潮堤(海溢防止)

### 3. 工事概要

Eastern Scheldt 地區는 Delta 事業 中 가장 重要하고 難工事였으나 干拓技術의 經驗蓄積과 많은 研究를 거둬서 完工할 수 있었다고 한다.

當初 計劃은 Eastern Scheldt는 完全히 防潮堤로 澈질하는 計劃으로 推進되었으나 繼續的인 研究 檢討 結果 平常時에는 湖水가 드나들게 함으로서 自然環境을 最大로 保護하고 海溢이 豫想될 때에 만 排水閘門을 조작하여 潮水를 차단 함으로서 海溢 被害를 防止하는 計劃으로 補完하였다.

補助 防潮堤로서는 上流에 2個所의 防潮堤를 築造하여 海水의 流入을 防止코져한 philips와 "Oester 防潮堤가 竣工되어 上流에 淡水湖 設置와 潮水의 影響을 받지 않는 河運通路로 기여 하도록 하였다.

排水閘門을 포함한 storm surge barrier는 1985 年 竣工 目標로 事業施行主인 建設省과 施工者

인 Dosbouw 間的 契約下에 긴밀한 相互協力과 各界各層의 助言과 技術用役團의 協助로 여러가지 計劃이 研究 開發되었고 使用裝備와 施工法이 잘 提示되어 1986年에 竣工되었다.

延長 3,000m의 Barrier는 Hammen, Schaar 및 Roompot의 3개의 江에 設置되었으며 65개의 콘크리트 pier와 62連의 閘門으로 構成되어 있다.

Storm Surge Barrier의 重要工事 概要는 다음과 같다.

가. 建設港 設置

65개의 콘크리트 pier와 上下部의 Beam, 基礎 Mattress 等の 各部分의 構造物은 Schaar建設港에서 組立式으로 製作하도록 計劃되었다.

나. Pier의 製作과 工程計劃

18,000ton의 P. S 콘크리트 Pier 製品은 바닥고 -15.2m의 낮고 넓이가 1km<sup>2</sup>의 거대한 建設港에서 製作되었다.

Pier의 높이는 30.25m~38.75m이고 Caisson斷面인 下部는 空洞으로 하여 Pier가 設置되는 最終단계에 그라우팅으로 채워지게 製作 되었다.

1個 pier의 工事 期間은 거의 1年 半이 所要되었고 2週 간격으로 새로운 pier가 着手되어 항상 30個 以上の pier가 工事中에 있게 되었다.

工事 期間中の 建設港은 巨大한 野外 콘크리트 工場과 같았으며 1979年 5月부터 1983年初까지 45萬m<sup>3</sup>의 組立式 콘크리트 部品이 製作

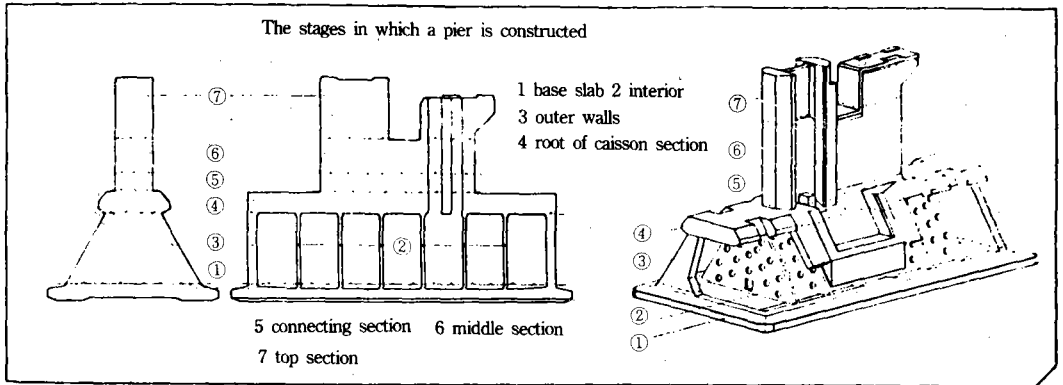


그림 . 1. pier의 施工 7 段階.

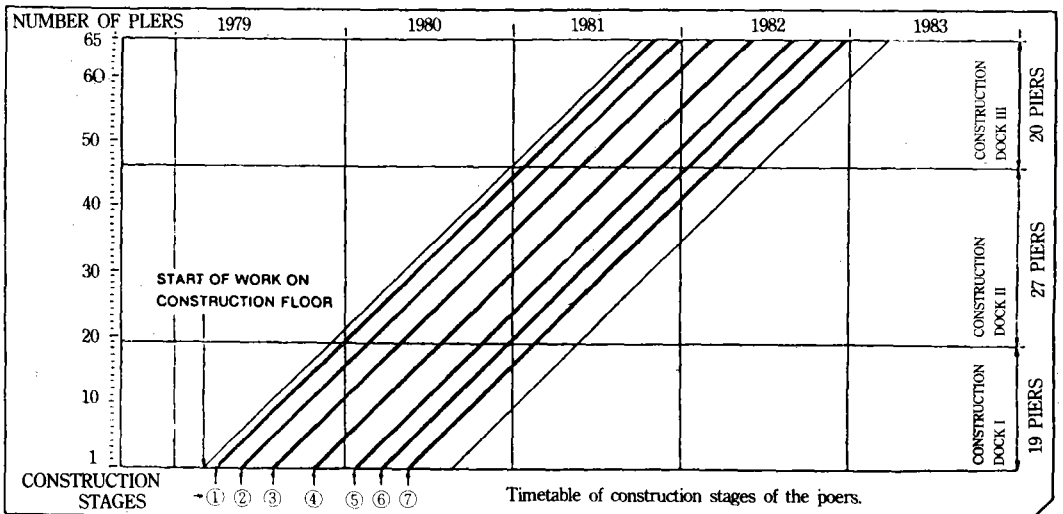


그림 . 2. Pier의 工程計劃(1979-1983).

되었으며 pier의 製作단계와 工程計劃은 아래 圖表와 같다.

一. Pier가 製作되는 7段階

- |                 |         |
|-----------------|---------|
| 1. 基礎 Slab      | 5. 連結斷面 |
| 2. 内部 벽체        | 6. 中間斷面 |
| 3. 外部 벽체        | 7. 윗 斷面 |
| 4. Caisson부의 지붕 |         |

다. Pier의 設置

個當 重量이 1萬 8千톤이나 되는 組立式콘크리트 構造物을 水深이 30m나 되는 곳에 45m 간격으로 正確하게 設置한다는 것은 쉬운 일이 아니다.

Pier의 設置에 使用된 運搬과 設置를 담당한 船舶은 Ostrea이었고 Macoma는 pier가 設置되는 동안 起重機船의 役割을 하였다.

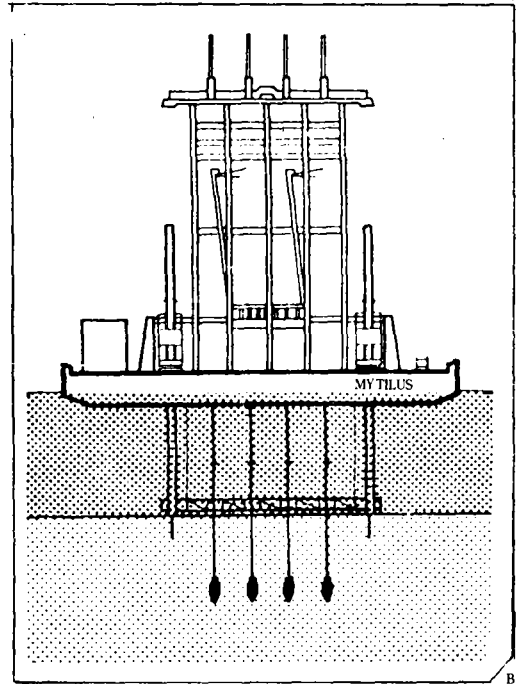
Ostrea는 U字形으로 생겨서 建設港에서 pier를 감싸잡아 數m를 들어 올린 상태로 Eastern Scheldt의 設置場所까지 運搬하게 되면 適當한 地點에서 Macoma와 合流하여 相互結合하여 Pier가 바닥으로 下降하는 동안 正確한 位置에 놓이도록 하며 Macoma는 또한 진공청소기와 같은 역할을 할 수 있어 Pier 基礎 部分에 潮水 移動時 堆積된 모래 등을 除去하였다.

운반된 pier와 기초 바닥 사이의 공간을 필요한 높이 만큼 부분적으로 높이기 위하여 모래, 시멘트, 물의 혼합물로 pier 内部의 空洞部를 통하여 그라우팅하고 基礎Slab全體가 均一한 지지력을 가질 수 있게 하여 最終적으로 pier를 設置하였다.

이와 같은 特殊한 工法을 適用하기 爲하여 Ostrea와 Macoma는 1981에 Eastern Scheldt 事業 地區의 工事を 爲하여 特別히 製作하여 既存 船舶이나 裝備가 할 수 없는 役割을 하였다.

라. 基礎바닥 工事

pier는 鐵門扉, 道路와 橋梁 등으로 構成되는 上部構造를 支持하므로 storm surge Barrier의 척추 기능을 한다. 海溢이 發生하여 閘門을 닫게 되면 Barrier는 巨大한 荷重을 받아 pier가 이 힘을 基礎바닥에 傳達해야하므로 基礎바닥 工事は 重要하므로 施工이 잘 되어야 한다.



Diagrammatic representation of seabed compaction by the Mytilus.

그림 . 3. Mytilus 基礎바닥다짐船.

本 地區의 基礎바닥 工事は pile을 使用하지 않고 表層을 파내고 質이 나쁜 모래는 良質의 모래로 置換하고 깊은 部分은 돌로 地盤을 높여서 침식을 防止하고 바닥의 支持力을 增大시키며 pier를 安全하게하기 爲하여 pier 부근의 80m 이상을 다졌다.

이러한 目的을 爲하여 다짐裝備인 Mytilus를 特殊裝作하여 使用하였으며, Mytilus는 4個의 큰 vibrating棒으로 6m×25m의 面積에 18m 깊이 까지 다질 수 있게 하였으며 3年間に 걸쳐 3個 地區에 다짐工事を 하였고 基礎다짐 后의 結果를 調査하기 爲하여는 Johan V 地質調査船이 使用되어 水中에서 Soil Sampling과 密度 測定을 實施하였다.

다짐工事が 끝나고 pier가 設置되기 前에 正確한 깊이로 平平하게 바닥을 고르고 200m×42m×0.36m의 基礎Mattress를 特殊裝備인 Cardium과 Jan Heijmans로 1次로 下層 Mattress를 布設하였

으며 다시 그 上層에 構造物의 支持力을 強化하기 위하여 60mm×20m×0.36m의 2次 Mattress를 布設하였다. 이 때 pier의 간격은 45m이고 1次 下層 Mattress幅은 42m이므로 3m의 빈틈이 생기므로 그 區間은 바다자갈과 채석한 돌로 두겹으로 공간을 메웠다.(그림. 4 參照)

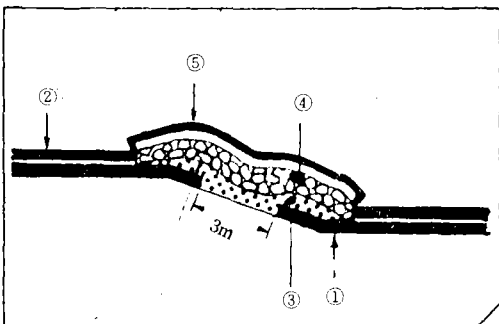
Mattress는 pier 設置 基礎의 水平높이를 결정하고 海床의 세굴방지와 水壓變化的 충격 흡수 등 때문에 重要하며 上下層 Mattress는 모래, 잔자갈, 굵은자갈의 3겹의 工場製品으로 만들어져 filter Mattress라고 한다.

基礎바닥의 面은 높이가 均一하게 平平하여야 하는데 Cardium에 依하여 포설된 filter Mattress는 0.3m 정도의 굴곡이 생기므로 바닥이 均一하지 못한 곳에 0.15~0.6m 두께의 BLock Mattress를 포설한다.

이와 같은 여러 단계의 作業을 通하여 pier가 設置될 수 있는 기초바닥 工事が 完成된다.

마. Sill工事

pier의 安定을 增大하기 爲하여 pier基礎부근의 水中에 필터 理論을 適用하여 上層에는 粒徑이 큰 것을 使用하고 下層에는 작은 것을 投入하므로 流速에 依하여 損失되는 것을 防止하고 上層部는 6~10 ton 무게의 basalt block을 投入한다.

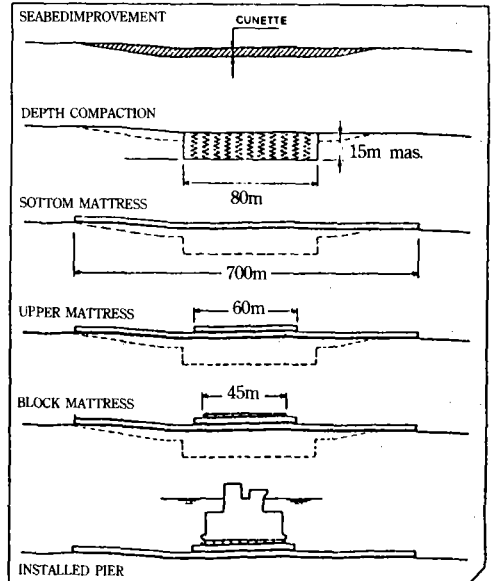


C Sealing the joint between two sets of mattresses  
 1 bottom mattress  
 2 upper mattress  
 3 sea gravel  
 4 quarry stone  
 5 gravel ballast mattress

그림 . 4. 매트레스間的 자갈채움.

이 捨石工事は pier의 콘크리트 構造를 損傷하기 때문에 水面에서 直接 投下하지 않고 barge에 捨石材를 싣고 特殊 Crane에 장치된 기중기船에 의해 定位置에 아래 그림과 같은 方法으로 投下된다. (그림. 6 參照)

무게가 1 ton 前後의 捨石材는 dynamic positing System에 適合한 Stone dumper에 依하여 投下되고 重量이 큰 6~10 ton의 捨石材 投下時는 pier의 保護를 爲하여 아스팔트 보호공으로 구조물이 손상되지 않게 하였으며 barrier의 수명은



Construction of the foundations

그림 . 5. 基礎工事 過程.

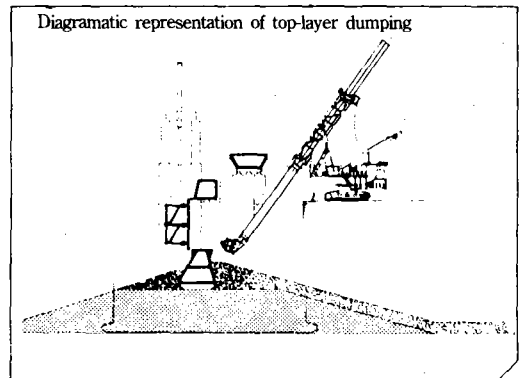


그림 . 6. 捨石投入의 方法.

200年으로 設計되었다.

여기에 投入된 捨石材는 約 5百萬 ton이었으며 約 4年間 이 石材는 독일, 핀란드, 스웨덴 및 벨 지움으로 부터 輸入되었으며 돌의 單位重量은 2.8~3.0 ton/m<sup>3</sup>으로 流失에 저항이 큰 것을 使用하였다.

捨石 投入 方法은 그림. 5와 같다.

바. 上部構造

水中에 Sill工事が 完成되면 上部構造物을 本位置에 設置한다.

上部構造物은 圖 7에서 보는 바와 같이 ① 道路橋梁 Box Girder ② Capping Unit ③ 上部 Beam ④ 門扉 ⑤ Sill Beam으로 組立된다.

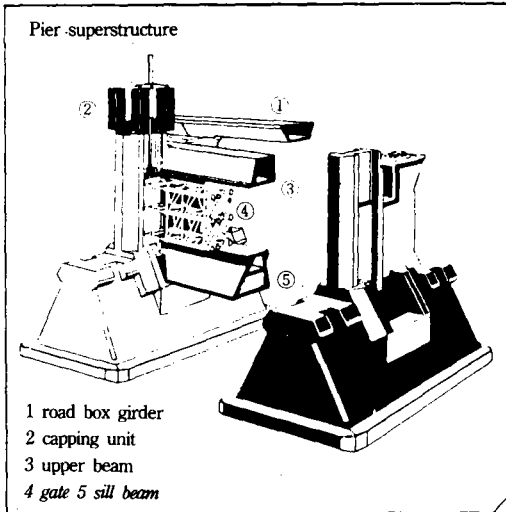


그림 . 7. 上部構造物 組立.

이 들 各 構造物은 各各의 特性을 가지고 있으며 製作 및 施工概要를 簡記하면 다음과 같다.

1) 道路橋梁 Box Girder

道路橋 Box Girder는 組立時의 重量이 1,200 ton, 길이 45m의 concrete構造이며, pier 위에 62 個를 設置하고 内部에는 門扉및 機械作動室이 있고 그 위에는 道路가 設置된다. 이 외 特別히 輕量콘크리트로 된 80m 길이의 Girder가 있으며 첫째 pier와 陸地部를 연결시킨다.

2) Capping Unit

Capping Unit는 組立時 P. S콘크리트로 門扉를 設置하기 爲하여 pier의 높이를 증가시키는 役割을 爲하여 製作되었으며 個當 重量은 250~460 ton이며 各 pier 마다 2個의 Capping Unit가 必要하다.

3) 上部 Beam

上部 Beam은 門扉로 닫아지는 barrier의 上部 끝에 設置하는 것으로서 空洞인 5m×4m의 구형 빔이며 P. S콘크리트로 製作된 構造로서 本當 重量은 1,100ton이다.

Sill Beam은 建設港에서 製作되었으며 62連의 鐵材 門扉가 pier 사이에 設置되었다.

4) 門 扉

門扉는 42m의 빔을 가지며 높이는 5.9m~11.9 m로 河川斷面과 거의 비슷하게 中央部는 깊고 兩岸은 얕게 하였으며 重量은 300~500 ton이다.

門扉는 兩側의 水位差에 依한 水壓에 견딜 수 있고 가장 惡條件下에서도 開폐될 수 있도록 하였으며 문비의 作動은 Hydraulic System이 使用되어 各 門扉는 Hydraulic System에 依해 開폐되도록 되었다.

5) Sill Beam

Sill Beam은 P. S콘크리트로 製作되며 本當 長이가 39m 幅과 높이가 各各 8m로서 空洞으로 重量은 2,500 ton이다.

水中 Sill 上部의 pier 사이에 設置하며 設置后 Beam 兩側에 捨石을 投下하며 Beam의 빈 部分은 모래로 채운다.

사. 海床保護工과 Anchor pile

潮流速의 增加로 海底面 침식을 防止하기 爲하여 Barrier 上下流 兩側에 500~600m의 幅으로 保護工을 布設하였다.

保護工을 하지 않으면 海底面이 위험할 정도로 침식될 염려가 있었기 때문이다.

保護工은 아래 그림에서 보는 바와 같이 重量 콘크리트Mat, Asphalt로 채워진 捨石 Apron과 Mastic Asphalt slabs 등의 構造로 施工되었다.

Barrier의 工事に 使用된 여러 機能의 Anchor는 海床保護工을 害치지 않도록 特殊한 패턴으로 海底에 設置하였으며 이 앵커파일은 200ton의 荷重을 견딜 수 있게 하였다.

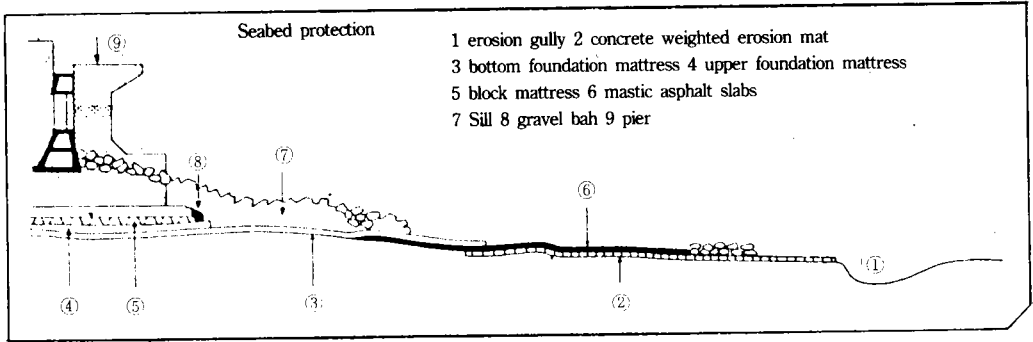


그림 . 8. 海床保護工.

아. 其他施設

其他施設로서는 ① 臨時橋梁 ② Roompt通船門 ③ 發電所 ④ Service 建物 ⑤ 水文氣象 Center 및 ⑥ 電子裝備 등이 있다.

1) 臨時橋梁은 工事期間中 工事場에 1,000人/日 以上の 人員 수송을 위하여 3km의 길이로 施設하고 Barrier 完工后 解體하였다.

2) Roompt 通船門은 어선과 레저용 선박이 통과할 수 있도록 100m×16.5m 규모로 바닥높이를 -6m에 施設하였다.

3) 發電所는 工事期間 동안 建設港의 deepwell draining System과 같은 繼續的인 工事에는 많은 電力이 소모되므로 人口 45,000名 都市의 전력 수요와 맞먹는 12,000KVA 용량을 가지는 발전소가 세워졌다.

4) Service 建物은 62個의 閘門이 中央集中式으로 作動 할 수 있는 施設과 建物の 위층에는 Delta Project 全般과 Eastern Scheldt Barrier에 대한 영구적인 展示場이 設置되었다.

5) 水門氣象 Center를 設置하여 水位潮流速, 波高, 水温, 염도 등의 資料를 수집, 分析토록 하였다.

6) 最近에 現代的인 裝備와 施設에서 전자장비를 쓰지 않는다는 것은 상상도 못할 일이다.

Eastern Scheldt에서는 最新의 전자장비를 使用하였다.

예를 들면 2km의 먼 곳에도 5cm以內의 範圍에 自動的으로 位置를 固定시켜 주는 最新의 전자장비와 最近에 開發된 水中에서 位置를 固定할 수 있는 Sounding 技術, 海床基礎狀態의 平平함을 測定할 수 있는 技術과 모래가 쌓인 높이를 2~3cm 두께까지 測定할 수 있는 技術, Gyroscope와 Accelerometer의 使用, 많은 Sensor를 利用하여 판독, check, process, 記錄, 저장 및 정보의 재생기능 등을 할 수 있는 컴퓨터를 적재한 多目的의 선박인 Cardium號가 使用되어 精密施工에 크게 寄與하였다.

參 考 文 獻

1. The compartmentalisation works in the Eastern scheldt
2. The storm surge barrier in the Eastern Scheldt
3. The art of a nation
4. Dam the Delta
5. Estuaries and seas
6. Lifting Vessel "OSTREA"
7. Deep-Compaction Eastern Scheldt Storm Surge Barrier
8. Dustpan Dredger/Mattress Laying pontoon "CARDIUM"