

# 화란과 간척사업

— Zuiderzee 및 Delta Project 를 중심으로 —

朴 在 奎

<正會員·水公水文係長>

## <목 次>

1. 머릿말
2. 화란의 이모 저모
  - 2-1 화란이란 나라
  - 2-2 물과 진흙과 나막신
  - 2-3 뚝과 풍차와 펌프장
  - 2-4 꽃과 시장과 전차
  - 2-5 국제 수리공학과정(Delft)
3. 화란의 간척사업
  - 3-1 물을 길드리는 나라
  - 3-2 The Zuiderzee Project
  - 3-3 The Delta Project
  - 3-4 간척사업의 요약
4. 맺는 말

## 2. 화란의 이모 저모

### 2-1 화란이란 나라

가. 인구 : 화란은 인구밀도가 몹시 큰나라이다. 41,000 km<sup>2</sup>의 국토에 약 13,000,000 명의 인구가 살고 있고 그 땅의 1/5는 물로 덮혀있다. 1970 년의 인구밀도는 385 명/km<sup>2</sup>이며 북부화란 및 남부화란에 위치한 Utrecht 는 인구밀도가 가장 조밀하여 842~1050명/km<sup>2</sup>에 달한다.

나. 언어 : 화란인은 Dutch 어를 사용한다. 그러나 모든 중학교 이상 과정에서는 프랑스어, 독일어, 영어 중에서 한개 이상의 외국어를 가르친다. 화란을 방문하는 사람은 이중의 한 언어로 의사소통을 할수있다.

다. 종교 : 화란에는 여러 종교가 있다. 인구의 40%가 Roman Catholic church 를 신봉하고 Dutch Reformed church 는 인구의 28%, 다른 Protestant church 가 9%, 기타 4%, 교회에 속하지 않는 인구가 19%이다.

라. 국민소득 : 1인의 국민소득은 \$ 1,368 이다.

마. 지리적 환경 : 「화란의 땅은 알프스산의 흙으로 형성되었다」고 말하듯이 저지대의 대부분은 Rhine 강 Meuse 강, Scheldt 강의 합류삼각주이고 북쪽과 서쪽은 북해에 접하고 있다. 인구의 반이상이 방조제로 보호하지않았다면 고조시(High tide)마다 침수가 될 지역에 살고있다. 이러한 저지대는 수세기동안 점차적으로 물로부터 간척한 지역이다. 「세계는 신이 창조했고 화란

## 1. 머릿 말

1970/71의 화란정부 장학생으로 선발되어 Delft 공과대학 부설 국제수리공학과정(International Courses in Hgdraulics and Sanitary Engineering)을 이수코져 1970년 10월 22일에 김포공항을 출발, 동경에서 KLM 으로 가라타고 미국의 양카레지에 잠깐귀착, 급유한 다음 24일에 화란의 수도 암스텔담에 도착하여 화란의 1년이 시작되었다. 여기 그 1년 동안에 느낀 화란과 2대 간척사업인 Zuiderzee Project 와 Delta Project 에 대하여 중점적으로 기술코져하는 바이다.

은 화란인이 만들었다]고 하듯이 댐, 제방, 하구인, 풍차, 펌프장을 건설하여 바다물을 막고 Polder를 간척하고 지하수위를 조절하고 염해를 방지하며 하구담수호를 만들어서 농업과 원예업을 이르고 가축을 기르며 항구를 건설하여 무역을 하면서 바다보다 낮은 이 지대를 사수하였다. 16세기 이래 화란의 항해가들은 세계의 대양에 뛰어 들었으며 17세기경 Republic of the Seven Provinces의 황금시대에는 Amsterdam은 세계 항해, 상업 및 금융의 중심이었다. 지금은 세계 제일의 항구 Rotterdam이 유럽의 관문으로써 입부를 나라고 있다. 이와같은 인공적 환경은 거대한 자본투자와 유지관리비가 소요되며 이는 항해, 무역 및 농산물의 수출로 재원을 조달하였다.

**바. 국민성 :** 물위나 물근처에서 살고 물에서 힘을 기르고 궁극적으로 물에서 부강을 쟁취한 화란국민은 계속적으로 물과 싸우면서 그의 부강을 방어하지 않으면 안되었다. 이러한 끊임없는 투쟁은 생명과 재산을 보호하기 위하여 무한한 경계심과 조심심을 요구하였다. 이러한 환경은 화란인을 냉정하고 사무적이고 현실적인 국민성을 가지게 했다. 이러한 실제적으로 모든 생활활동에 접근하는 태도는 미술작품에도 반영되어 경열이나 과장이 없는 사실주의만을 추구하였다. 「Dutch pay」는 비용을 공동부담하는 세계적 대명사가 되었다.

## 2-2 물과 진흙과 나막신

제 3 빙하시대에 운반된 모래, 자갈 및 진흙으로 이루어진 모래층의 언덕시대 및 사구(Dune)로 형성된 이 나라는 앞쪽은 바다요 뒤에는 강물로 모래언덕과 진흙과 물의 나라이다. 그네들은 먹기이전에 살아야 했고 살기 위해서는 물과 싸워야 했고 따라서 제방을 쌓고 풍차를 돌렸고 수로(Canal)을 만들었다.

Delta Commission의 대표자가 전학은 학생들에게 「우리는 먹기 이전에 발바닥에 물을 붙이지 말아야 했다」고 말하였다. 그러나 그네들은 물을 떠나서 살수 없다. 강물은 비옥한 국토를 주었고 운수의 공급원이니 Inland Navigation Canal의 물은 수송수단이요 지하수를 유지시키는 함양원이다. 이는 진흙땅의 침하를 방지하고 바다물의 내륙침투를 막는다. 양수에 의한 지하수위저하는 법적으로 강력히 규제되고 있다. 실제로 낙석들은 지하수위 이상 1m내외의 토층에서 자라고 익는다. 한 토질역학교수는 학생들에게 침하현상을 강의 하면서 「지하수위의 변화에 따라 젖소의 젖질이 좌

우된다」고 하였다. 아직도 시골의 저지대에서는 나막신을 신은 여인이 있었으며 선물가게에서는 나막신이 인기품목으로 되어있다.

우리나라에도 나막신이 있었고 장마철에 신었다. 나막신은 인류가 자연의 힘인 물에 대한 하나의 보잘것 없는 마음의 피난처인지 모르겠다.

## 2-3 뚝과 풍차와 펌프장

화란의 뚝은 Dyke와 Dam으로 구분하고 자연적으로 이루어진 Dune이 있다. Dyke는 물결을 둘러싼 제방이고 Dam은 물을 가로 질러버는 토언제이다. Dune은 조류현상이나 바람등 자연적으로 생긴 사구이다.

간척사업은 먼저 바다나 강을 가로질러 토언제를 쌓고 물의 힘과 양을 조절한 후 하구호를 만들고 그 호수를 부분적으로 제방을 둘러쌓고 그 속의 물을 풍차나 펌프로 배수해 내고 Canal과 배수거로 지하수위를 조절하며 땅을 간척, 관개하였다. 17세기에 이미 풍차로 135,000 ha를 간척했고 Millwright 기사 Jan Adri aanszoon Leeghwater가 1650년경에 Haarlem Lake (18,000 ha)를 배수·관척하기 위하여 160개의 풍차를 계획했던것을 1845년경에 3대의 Steam-Driven Pumping Station으로 간척을 준공시켰다. 이제 이 나라에서는 풍차는 다만 관광용으로 남아 풍치를 더할뿐 모든 Polder의 배수는 대형펌프로 이루어진다.

## 2-4 꽃과 시장과 전차

원예와 튜립의 나라로 알려진 이 나라에는 일주일에 한번씩 장날이 설다. Delft에서는 목요일이 장날이며 200년을 걸려서 진척하였다는 시계탑이 있는 교회의 광장에 아침 일찍부터 노점이 들어서고 야채, 과일, 치즈, 생선, 과자류 및 잡화류가 진열되고 많은 사람들이 세움이 면제되어 물건값이 싼 이 장날을 이용한다. 이날은 Delft의 중심거리에 튜립, 휘아실스를 비롯한 꽃이 진열되어 지나는 사람마다 꽃을 사들고 기뻐하고 사랑한다.

「Bringing beauty to People」라는 표어 아래 'Keukenhof National Flower Show'가 있으며 6개국의 European Community가 주관하고 Dutch Horticultural Firm이 가꾼 이 꽃밭은 유럽인에게 비옥의 안식을 주기 위한 꽃의 난원이었다. 1950년 이래 11,500,000명이 관람했다고한다. 또 Haarlem의 Flower Auction은 세계적으로 유명하다. 이 나라의 전차는 도시의 주요교통수단이며 새벽 6시경 전차를 타보면 도시락을 지참하고

햇빛과 공사장으로 가는 건장하고 얼굴이 햇빛에 거슬린 노동자가 대부분이다.

## 2-5 International Courses in Hydraulic and Sanitary Engineering(국제수리 공학과정)

이 과정은 UN의 WHO와 OED의 후원하에 NUFFIC 과 Technological University, DELFT가 설립한 전문 기술자 연수과정으로써 Hydraulic Engineering Course, Hydrology Course 및 Sanitary Engineering Course의 3개 전문적 과정이 있고 Hydraulic 과정은 1972년으로 제15회가 되었다. 교장(Director)은 L.J. Mostertman이며 세계의 약 50개국에서 온 대학을 졸업하고 3년 이상 실무경험을 가진 기술자들이 만 11개월의 연수를 받는다. 소위 화란인 특유한 극성으로 아침 8:45분에 학과수업이 개강되어 오후 5:30분까지 8시간의 강의가 월요일부터 금요일까지 계속되고 토요일은 4시간 강의이다. 그네들은 자동차를 타고 외국으로 여행을 떠나면서 토요일은 항상 비찬속제를 내어 주말과 휴일을 빼앗는다. 인종전시장과 같이 많이 모인 연수생들은 「세계 어느 대학원코스가 8시간수업이 있느냐」 3년의 수업을 1년에 마치게 하는 강령군이라고 불평이 대단하다. Course Reader의 첫 소개강의시간에 노교수는 절감게 「운동선수는 쓸어질때 까지 쫓는다. 공부도 마찬가지다. 여러분은 왕복비행기표를 가졌으니 공부를 하기 싫으면 이노래고 고향으로 돌아갈 수 있다」고 타이른다. Hydraulic 과정에만도 3명의 Ph.D의 소지가 있었으며 그중에 지질학박사이고 교수인 노학생은 숙제, Report, Field Trip 출석부사인 및 시험으로 Post-Graduate Diploma에 얹어 놓은 이러한 일률적인 강의의 강행이 학생들의 자유로운 시간을 허용치 않아

전문분야를 연구할 시간을 주지 않는 결점은 있지만 전문분야의 전문기술을 훈련시키는 장점은 있다고 하겠다.

## 3. 화란의 간척사업

### 3-1 물을 길드리는 나라

역사상 세계에서 화란처럼 물과 밀접한 관계를 가진 곳도 없다. 화란국민의 생활은 앞에있는 물의힘을 막는 투쟁이 대부분 지배한다. 만일 화란사람들이 화란을 떠났던가 또는 물의힘과 싸우는 것을 포기한다면 국토의 대부분이 침수되는 것은 다만 시간문제이다. 실제로 이나라는 국토의 태반이 N.A.P(Nieuw Amsterdams Peil) 평균해면수위보다 낮기 때문이다. <그림 1> 고조시는 NAP보다 높은 지반도 바다물로 침수되고 저조시는 다시 바다물이 빠진다. 제방이 없이는 24시간마다 2회 일어나는 고조와 저조때문에 이 저지대에서는 사람이 살수없다. 따라서 바다물을 막기 위해 댐을 축조하고 제방을 둘러쌓고 하구인을 건설하였다. 그 대표적인 2대 간척사업이 Zuiderzee와 Delta Project이다. 화란의 국토는 고수위보다 높은 지대와 낮은지대의 두부분으로 나눌 수 있다. 이제 저지대에 대하여 물을 어떻게 다루어 왔는가를 살펴본다.

이 저지대에 언제부터 사람이 살기 시작했는지는 확실치 않고 B.C 400년부터 큰 하천이 바다로 사행하는 넓은 Fenland에 살아온것만은 틀림없다.

고조시에는 바다가 거의 전역을 덮었고 다만 약간의 지역이 임원히 물위에 있었을 뿐이었다. 이 약간의 지역은 북쪽의 진흙지대, 서쪽의 사구 등이었다.

Fenland보다 높은 지대도 해일때는 물속에 휩쓸렸

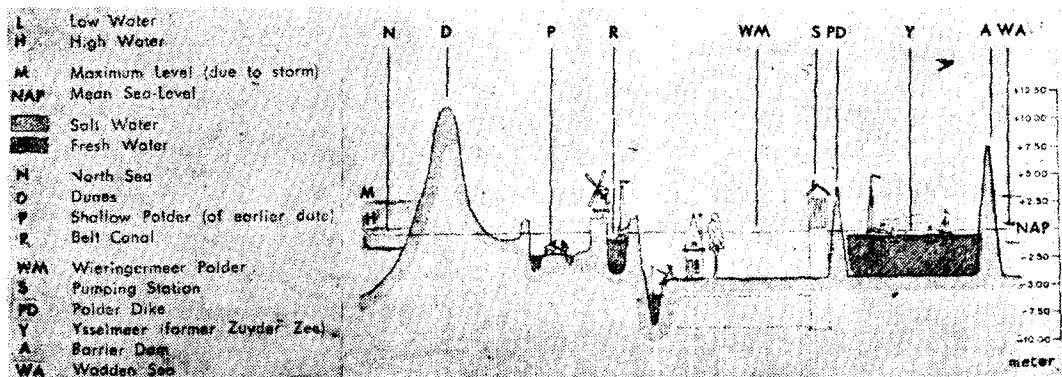


그림 1 cross-section the level of the reclaimed land below sea-level.

다. AD 47 년에 이땅에 정착한 Frisian 을 침략한 Corbulo's Campaign 때 Roman 군인의 장교였던 Pliny the Elder 가 기록하되 「이지역은 하루에 두번씩 바다에 침수된다 우리는 자신들에게 이 땅이 육지에 속하는지 바다에 속하는지를 정말로 묻지 않으면 안된다. 사람들은 조위로 알려진 수위보다 그네들 자신이 높게 쌓아 올린 곳에 살고있다. 그것은 마치 부근의 땅이 물에 침수되었을 때는 배에 타고 있는 선원과 같다」고 했었다. 화란인은 처음에는 자연적으로 상당히 높은 지역을 보다 더 높임으로써 물과의 싸움을 시작하였던 것이다. 그러나 아직도 방위적이여서 조류가 밀려오면 별수없이 물위에 남아있는 조그마한 땅조각으로 피신을 하였다. 수세기 동안 높은 곳으로 높은곳으로 피신을 하였으니 이는 바다 수위가 계속 천천히 상승하기 때문이었다. 바다수위는 지금도 계속 서서히 상승한다는 것이 정설이다. 인구는 늘고 살곳과 식량이 필요하였다. 따라서 많은 지역을 물로부터 보호하고 더욱 나아가 물에서 땅을 간척해야 할 필연적인 사환의 목표가 생겼다 하겠다.

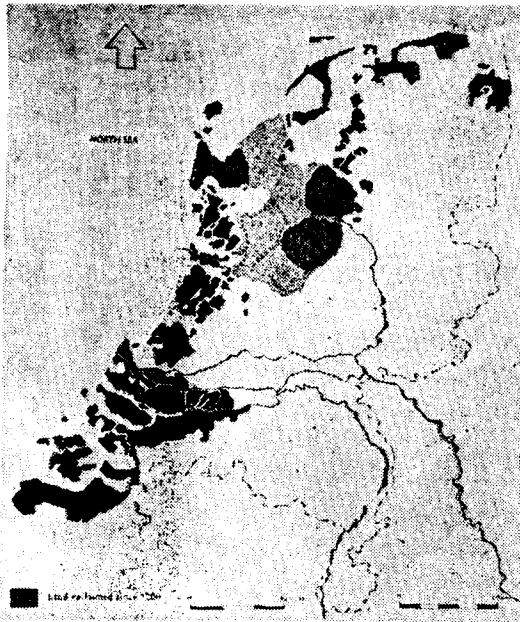


그림 2 About 1,560,000 acres of land was reclaimed from the sea

가. Dyke; Dyke 축조는 AD 7 세기~8 세기경에 농경지와 목축지를 보호하기 위하여 시도되었다. Dyke 는 흙으로 쌓았으며 섬과 섬을 연결하였다. Dyke 축조

란 벽찬 사업이어서, 수방의 완전한 체계를 세우는데는 수세기가 걸렸다. 홍수위험을 경감하는 다른방법은 큰 강변에 Dyke 를 축조하는 것이었다. 여름제방과 겨울제방사이에는 좁은 지대를 두어서 겨울의 홍수를 넘게 했으며 이 좁은 지대는 여름에는 목축지로 사용하였다.

나. Dyke 유지관리: 제방은 계속적으로 유지관리를 해야하기 때문에 제방을 유지관리할 책임을 누가 지느냐? 하는 문제가 생겼다. 저지대에 사는 사람이 소수이기 때문에 제방옆에 사는 사람 및 토지가 제방에 인접한 사람들이 책임을 지도록 원칙을 세웠다. 이를 일컫러 「Dyke duty」라고 하였다.

제방관리청은 1 년에 2~3 회 제방의 유지관리상태를 점검하고 의무를 소홀히 한 사람을 엄중히 문책했었다. 물론 훨씬 내륙지에 사는 사람들은 이런 제도로 큰 이익을 받는 셈이다. 다만 비상시 제방의 파괴위험이 있을때는 제방을 구하기 위하여 도움을 청하는 경중에 따라 내륙지사람도 동원했다. 인구가 증가하고 처음의 촌락이 도시로 성장함에 따라 제방의 유지관리는 더욱더 중요한 사회적 사업으로 되어 제방의 유지관리를 하는 조직이 점차적으로 전문가에게 맡겨지고 그에 소요되는 모든 비용을 지역사회가 부담하게 되었다. 제방이 이미 단순한 토언제가 아니기때문에 제방의 유지관리는 이제 전문가들이 수행한다. 바다의 파괴력에서 제방을 보호하기위하여 법면에 보호공을 설치하고 있다. 축 짚, 갈대 및 나무가지로 엮은 Mat 와 단단한 진흙으로 법면을 피복했고 목재의 Dyke Pile 를 제방법면 기초부에 타입해서 파도의 파괴력을 막아야했다.

다. 내륙수(Inland Water); 비와 눈이 내리 제방으로 둘러싸 제내지에 집수된 물은 인간과 가축 및 농업 공업용수로 필요불가결한것이다. 문제는 제방이 내수 처리에 지장을 준다는것이다. 15 세기경부터 풍차에 의하여 배수를 하고 다음에는 pump station 으로 배수를 했다. 따라서 Polder 의 간척이 시작되었다. Dyke 를 저지대 주위에 둘러 쌓고 저지대 내에 배수거를 파고 Canal 에 연결하여 Canal 에서 배수를 통하여 수위를 조절함으로써 Polder 의 수위를 유지하였다. <그림 3>

라. 물의 정복: 회전탑을 가진 풍차와 펌프의 발명은 호수의 배수를 가능케했다. 화란의 많은 호수는 홍수의 영구적 위험이 있다는 신호이다. 따라서 호수를 배수하여 건조시켜야했다. 호수의 바닥은 비옥하여서 호수를 건조시키므로써 훌륭한 농토를 얻을수 있었다. 호수의 배수방법은 Ring Dyke 를 제방근처의 흙으로 호수를 둘러쌓서 축조하고 제방축조에 사용한 흙의 굴착으로 Ring Canal 을 설치하였다. 풍차나 Pump 는 호수의 물을 Ring Canal 로 Pump 하기 위하여 제방위에

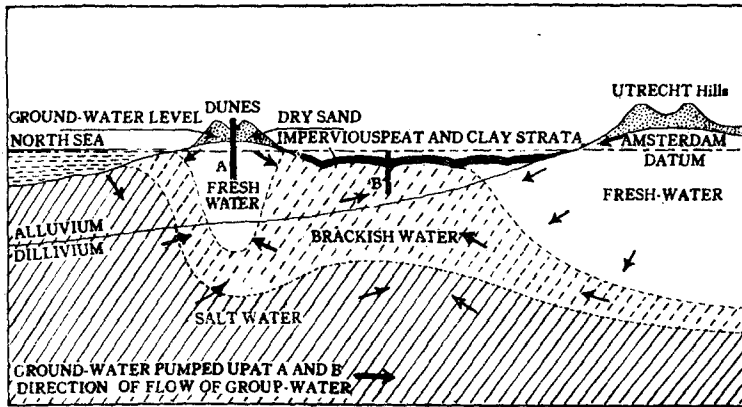


그림 3 seepage of salt water and the dunes with their fresh-water "bag"

설치한다. 호수가 거의 건조되었을때 호수바닥을 평평히 고르고 신조된 Polder의 과잉수를 처리하기 위하여 배수거와 수로가 호수바닥에 굴착된다. Polder를 배수하기 위하여 설치한 배수설비는 역시 Polder의 지하수위를 조절하기 위하여 사용하였다. 간척의 다른방법은 Gronigen 및 Friesland 북부주에서 사용되었는데 이 지역은 바다가 해안을 따라 수심이 얕은 지대에 남긴 silt의 퇴적때문에 북쪽으로 점차 확대된 지역이다. silt의 퇴적이 고조시 수면위에 남을 만큼 충분히 높아졌을때 그곳을 제방으로 체절하였다. 19세기이후 인간은 바다에 구조의 손을 뻗었으니 방조제에 직각으로 매 500m 마다 개거를 파고 댐을 한쪽개거에서 다른쪽개거 사이에 축조하고 동시에 배수거의 조직망을 굴착하였다. 이 댐과 개거와 배수거의 조합은 silt를 포함한 바다물의 유속을 감소시켰고 그 결과로 silt는 바닥에 퇴적되었다. silt 층의 높이가 충분히 높아지면 제방의 축조를 시작하였다. 수세기동안 Dyke 축조자들은 방조제 및 하구언의 필요성을 인식하고 있었으니 그 이유는

- 1) 필요한 물을 저류할수 있고 불요한물을 방류할수 있다.
- 2) 담수와 조수를 단순하고 효과적으로 분리할수 있다.
- 3) 조수를 배제하여 배후지의 과도한 염해를 방지할수 있다.
- 4) 수문으로 수위와 유량을 조절함으로써 해일로 인한 피해를 기존 내륙제방에 대하여 경감하고 따라서 기존제방의 유지관리비를 절감시킨다.
- 5) 지방민의 바다와 호수사이의 영원한 수로를 형성할수 있다는 것이었다.

### 3-2 The Zuiderzee Project

거대한 Zuiderzee Hydraulic Engineering Project는 기사 C.Lely에 의하여 금세기 초부터 시작되었다. 이 간척사업은 1920년 이래 진행중이며 간척사업의 대부분이 완성되었으나 사업의 완전한 준공은 몇 십년이 더 걸릴것이다. 이 간척사업은 2개의 부분으로 구성되어 있으니

1) Zuyderzee 하구에 방조제(Barrrier Dam)를 축조하고

2) 방조제로 형성된 담수호 Yssel Lake에 Dyke를 부분적으로 둘러 쌓고 225,000 ha의 5개의 Polder를 개척하는것이다.

방조제는 두 부분으로써 북화란의 내륙지와 바다 가운데 있는 Wieringen 섬을 연결하는 연장 2.5 km의 한 부분과 Wieringen 섬과 Frisian 해안을 연결하는 연장 30 km의 부분이다. 수면에서의 댐의 폭은 약 90 m이며 꼭마루폭은 2 m 이고 NAP 상의 높이는 6.80 m 이었다. 이런 기존댐을 35년후에 Delta Act에 의하여 수정, 보강하였으니 바다쪽 법면은 2 m 폭의 수평계단식 소단을 NAP의 수면에서 붙치고 Yssel Lake 호수쪽 법면은 NAP면이상 4 m 위치에서 폭 30 m의 소단을 두었다. Den Oever에 항해용 감문(Navigation Lock)를 설치하고 5개 수문을 일군으로 폭 12 m 짜리 25개의 수문을 설치하여 처음에는 댐을 축조한 Zuiderzee에서 바닷물을 퍼내고 다음에는 담수호의 수위를 조절하는데 사용하였다. 이 방조제의 수문으로 6시간간격으로 통수되는 575 백만 m<sup>3</sup>의 조류를 처리하는 것이다. Den Over에 있는 3군의 수문은 제 1군은 17세기에 이미 그 필요성을 지적한 수리공학자 Stevin으로 명명하고 나머지 2개군의 수문은 방조제의 축조가 북쪽섬과 내륙지의 연결부분의 얕은 해안의 수위에 어떻게 영향을 끼칠것인가를 예상하기위하여 많은 계산을 수행한 노벨수상자요 저명한 과학자인 H.A. Lorentz(1853-1928) 교수의 이름으로 명명하였다. 이 사업은 다음의 이점을 주었다.

가. 담수호의 축조: Zuiderzee가 체절되어 IJssel을 경유 Zuiderzee로 유입하는 Rhine 강물은 바닷물을 서서히 담수화하였다. 담수호가 된 호수를 Yssel Lake (IJsselmeer)라 재명하였다. 이 호수는 13백만 화란인의 생활용수와 많은 목축지, 농경지 및 원예지에 농업

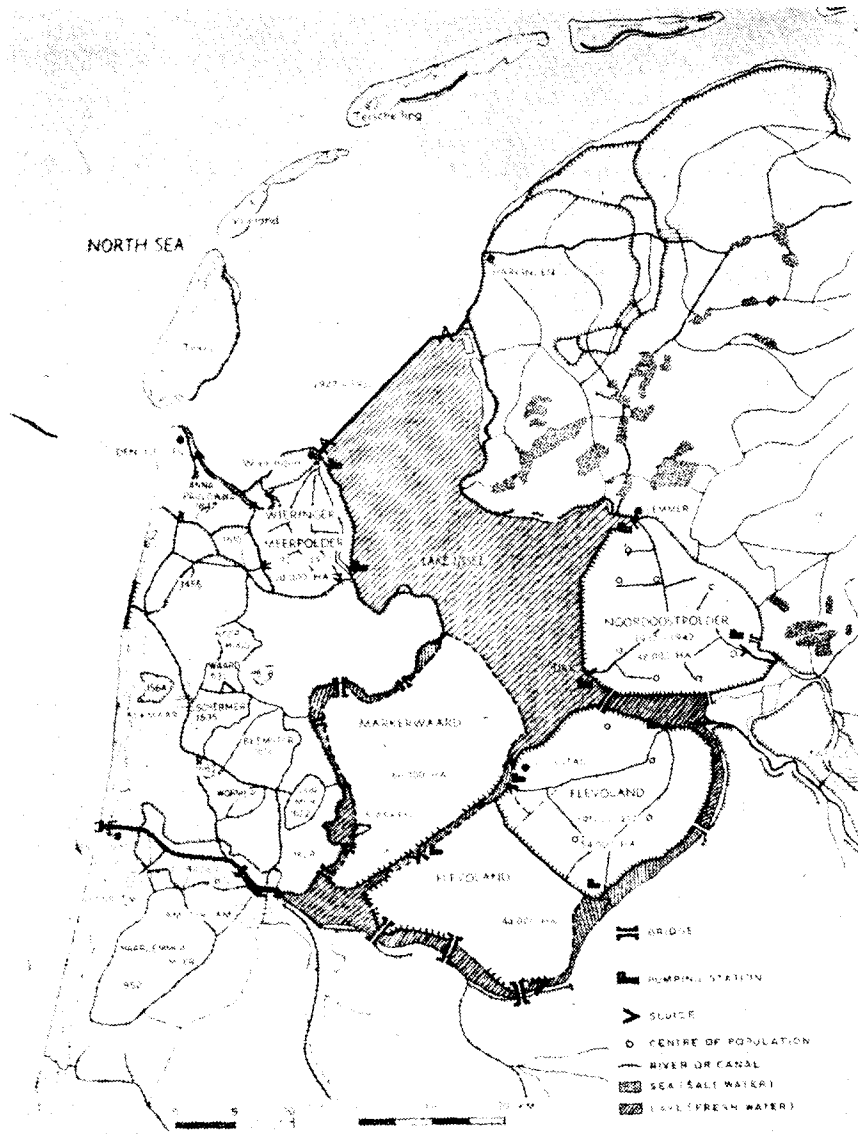


그림 4 when the zuyder zee has been turned into polders the Netherlands will have increased

용수를 공급하는 원천이다. 또 이 물은 이 호수부근 지역의 Canal 에 있는 많은 염수를 「Flushing」하고 간척지인 Polder 의 염수화를 방지한다.

나. 제방유지관리의 결감 : 총연장 32 km 의 2 개 댐이 300 km 연장의 기존 Zuiderzee 제방을 대체하였다. 구제방의 유지관리는 기존제방이 바다에 직접 노출되지 않았기 때문에 그 안전성이 높아져서 경감할 수 있다.

다. 주변지역의 배수용의 : 조류가 없고 Yssel Lake 의 수위가 일정하기 때문에 새로이 간척하는 주변 Polder 의 과잉수를 pump 로 배수하기가 용의하다. 댐을

축조하기 전에는 고조위시는 해수면 보다 더 높은 수면으로 흔히 펌프하지 않으면 안되었다.

라. 교통로의 단축 : 북화란과 Friesland 사이의 교통은 Dam 마무리됨에 통로를 건설함으로써 단축되었다.

마. 간척조건 개선 : 댐축조는 조류에 Yssel Lake 가 직접 접촉하지 않기 때문에 새로운 Polder 를 위한 제방건설비를 절감하였다. 제방높이를 나출수있고 유지관리가 용의하다. 신규로 간척된 Polder 가 어느 정도의 담수화를 이미 이루었기 때문에 배수한 다음에 단기간내에 Polder 의 간척지를 농업적으로 만들수 있다.

바. 5개 Polder의 배수: Zuiderzee 간척사업의 핵심은 5개 Polder로 226,000 ha의 비옥한 새로운 간척지를 확보하고 Yssel Lake로 남아있는 120,000 ha의 담수호를 용수의 공급원으로 사용할 수 있다는 것이다. 배수계획은 가장 비옥한 지역의 순서로 Polder화하도록 계획하고 하상이 모래로 구성된 지역을 댐저수지로 남겨두었다. Wieringermeer Polder의 배수이전에는 바다로부터 광대한 면적을 배수하여 간척한 경험이 전연없었기 때문에 처음으로 Andijk 근처에 40 ha의 시험 Polder를 1927년에 완성시켜 배수(토양건조), 염해방지(토양의 소금끼제거), 침하(토양의 건조로 인한 흙의 침하기간) 및 재배를 시험하였다. 여기서 얻은 지식을 최초의 Wieringermeer Polder에 적용하고 차례로 지식을 더하여 발달시켰다.

Yssel Lake에 계획된 5개 Polder

The Wieringer-meer Polder	20,000 ha
Noordoost Polder	48,000 ha
Oostelijk Flevoland	54,000 ha
Zuidelijk Flevoland	43,000 ha
Marker Waard	60,000 ha

사. Dyke 축조의 단계: 1) 만일 Dyke를 축조할 곳의 바다바닥이 느슨한 물질로 구성되어 준설을 해야 한다면 개거가 만들어진다. 2) 개거는 모래로 채운다. 3) 2개의 댐을 조류의 파괴력에 강하고 불투수성인 Boulder Clay로 축조한다. 4) 두 댐의 공간을 모래로 채운다. 이렇게 축조한 Dyke의 양법면은 표면내부는 Mattress로 피복하고 표면외부는 돌, Asphalt 또는 Concret로 피복한다. Dam의 꼭마루는 진흙을 깔고 풀을 심는다.<그림 5>

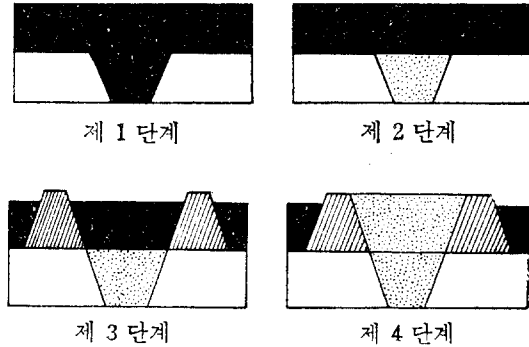


그림 5

### 3-3 The Delta Project

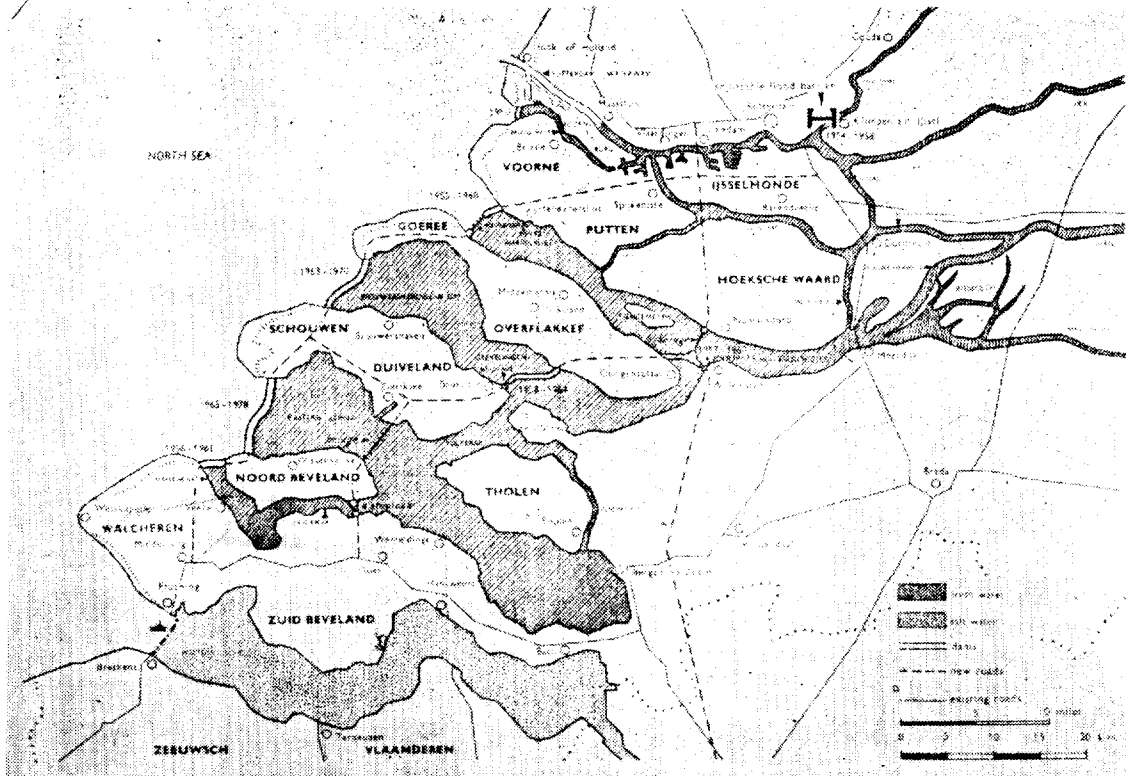


그림 6

Delta Project란 화란의 남서부 Delta 지역에 만조와 해일의 피해를 막기 위한 하구언 및 방조제를 건설하는 계획이다. Zuiderzee Project에서 방조제를 설치한 수심은 평균 5m 이었고 Delta 지역은 최고수심이 40m에 이르는곳도 있어 계획상차이와 시공상 난점이 있다. 손 치더라도 Zuiderzee 댐의 성공적인 완성은 Delta Project에 대한 자신을 갖게했다. 1950년과 1952년에 각각 Brielse Maas 및 Braakman에 caisson의 방식으로 방조제를 축조하여 해안선을 57km 단축시켰다. 제2차 세계대전중 Walcheren 섬의 파제부를 체결하기 위하여 최초로 Caisson을 사용한 경험을 살린 것이었다. 이 지역에 최초의 댐조작이 완성된 직후 1953년 2월 1일에 비극적인 홍수가 이 지역을 휩쓸었다. 풍력, 풍향, 만조 및 계속기간의 제요인이 가장 최악의 경우로 조합된 이 홍수는 1,835명의 인명손실, 500km의 연장에 이르는 Dyke가 전파 또는 반파되고 Delta 지역에 있는 약 200,000ha의 섬들이 바다에 침수되었다. 50,000채의 가옥, 학교, 농장 및 교회를 전파 또는 반파한 것이다.

긴급한 홍수복구공사가 진행되고 있는 동안 1953년 2월 21일에 육해운성 장관(Minister for Waterways and Highways)은 소위 Delta Commission을 임명하고 근본적인 수방계획을 세우도록했다. 그 결과로 2개의 계획안이 수립되었으니 제1안은 수백 km의 연장을 가진 기존댐을 적어도 1m 높인다.

제2안은 하구에 댐을 건설한다는 것이었다.

제2안인 하구언건설이 채택되어 Delta Project을 입안, 확정된 것이다. 이 사업은 건설비 및 노력면에서 진실로 거대한 사업이었으며 현대적 수리공학적 공법과 기계화 된 장비의 발달만이 그사업의 실현성이 보였다.

기존 Dyke의 고상과 하구언 건설은 그 공사기간과 공사비가 대략 같았다. 그러나 공학기술의 진보와 기계화를 전제로 하구언건설을 채택한 것은 훌륭한 판단으로 평가되고 있다. Delta Plan은 1957년에 면밀한 연구와 토의끝에 국회에서 승인되었다.

## 가. 사업의 내용

### 1) 4개의 하구언건설

The Haringvliet Sluices, Dam (V) (1955-1971)

- Cofferdam measurement 1450 m×600 m
- Sluice의 총연장 1 km
- 425톤의 수문 34개
- 철근콘크리트타설량 약 500,000 m<sup>3</sup>
- 배수능력 1,200,000,000 l/분

The Oosterschelde Dam (Ⅳ) (1969~1979)

- 최저수심 40 m
- 댐연장 8.5 km
- 수면에서 댐폭 200 m
- 댐의 저폭 1 km

The Veersche Gat Dam(Ⅱ) (1958~1961)

- Caisson 7개사용
- Caisson 무게 7,000톤
- Caisson의 치수 45m×20m×20m

The Brouwershavense Gat Dam (Ⅴ) (192~1972)

- 댐연장 6.5 km, 폭 200 m
- 무게 6,400 ton caisson 14개사용

### 2) 3개의 보조댐건설

Dam (Ⅰ)—Zandkreek (1957~1960)

Dam (Ⅲ)—Grevelingen (1958~1965)

Dam (Ⅳ)—Volkerak (1957~1970)

3) Hollandes IJssel에 storm-tide Barrage 건설이다.

## 나. 본사업의 이점

1) **담수호의 축조**: Maas 및 Rhine 강의 강물은 염수를 몰아내고 이 담수호는 농업, 원예, 공업 및 생활용수의 원천이 된다.

2) **해안선의 단축**: 해안선의 연장을 700km 단축하여 제방의 유지관리비를 절약하고 기존 Dyke는 제2방위선이 되며 Delta 지역의 안전성을 높였으며 1953년의 홍수의 재현을 방지토록했다.

3) **염해의 방지**: 조수가 canal의 조직망을 통해서 내륙으로 유입하는것을 방지하므로써 넓은 내륙지의 토양질을 개선하여 농업과 원예업의 생산성을 높인다.

4) **교통로의 단축**: Dam의 상부에 도로를 건설하여 배로써만 연결하던 섬과 섬의 교통을 육로로 연결하였다.

5) **새로운 기술의 발달**: 댐축조에 두가지 시공법을 채택했다. 그 첫째는 Cable Way이고 둘째는 Caisson 공법의 사용이다.

Cable way는 Grevelingen Dam의 건설중에 처음으로 시행하였다. Dam은 3단계로 건설하였는데 1단계는 댐의 중간부를 하구의 상당히 넓으면서 수심이 얇은 부분에 축조하고 양안의 깊은 수심의 부분은 남겨두었다. 수로가 넓고 수심이 얇은 부분(연장 1,200m)을 체결하기 위하여 Caleway가 사용되었으니 3개의 steel Mast를 세우고 거기에 같은 간격으로 2개의 Cable를 걸었다. 18 ton의 Diesel-Driven Gondolas를 Ca-



ble에 설치하고 2톤중량의 그물을 각 Gondola에 매달았다. 1개의 그물주머니는 10톤의 모래나 자갈을 운반하였다. 제 1과 제 2케이블은 교대로 작업을 해서 1주일에 13,000톤의 축제재료를 운반, 성토하였다. 수면에 꼭대기가 올라오고 넓은 부분의 수로가 체절되자마자 모래를 댐에 pump(준설장치)로 채운다. 충분히 넓게 수밀할때까지는 아직도 공극이 많다. 나머지 400m의 하폭은 Caisson을 사용하여 체절하였다.

Caisson의 공법은 Zuiderzee Dam의 경우와 같이 최후의 수로공간을 가장 단시간에 체절하는 공법이다. Delta 지역은 간단한 조수위의 차가 크고 막대한 해수가 조수위의 상승과 하강에 따라 하구를 드나든다. 댐을 체절할때는 비상하게 강력한 조류가 발생하고 이는 공간을 급격히 체절해야 한다는것을 의미한다. 이 문제는 Delta 지역에서 특별히 어려운 문제이었으니 그 이유는 하구가 깊고 Dam 건설에 많은 축제재료가 필요하다는 것이었다. 이 문제의 해답은 최종공간을 체절할때는 Caisson을 사용한다는 것이었다. Caisson은 예인선(Tug)이 끌고 체절할 곳까지 간다. 제위치에 운반하면 물을 채워서 갈아 앉힌다. 이와같이 Caisson을 차례로 많은 개수를 거치함으로써 크대한 수로공간을 상당히 단시간내에 체절할 수 있었다. 그러나 강력한 조류가 흐르면 특별한 대책이 없이는 Caisson을 제위치에 거치하는것이 불가능하였다. 이 대책은 거대한 철제 문비를 Caisson에 설치하여 Caisson를 제위치에 거치하자마자 문비를 열었다. 조류는 Caisson의 수문개방공간을 통하여 장애없이 통수되었다. 이것이 Culvert Caisson이다. 이렇게 조류의 증가된 장애없이 Caisson을 차례로 거치하였다. 최후의 Caisson을 제자리에 거치한 다음에 실질적 체절작업은 Caisson의 철제수문을 일제히 내리므로써 시행하였다. 이런 공법으로 Slack Water의 Veersche Gat에서 324m의 넓은 최종수로공간을 체절할 수 있었다. 철제문비를 내리자마자 전하구는 고수위가 되었다. 하구의 부분은 바닥이 고르지 못하기 때문에 즉 어떤부분은 다른부분보다 길기때문에 돌을 Caisson이 놓일 자리에 고루게 깔아서 평평히 해야 하였다.

### 3-4 간척사업의 요약

#### 가. Polder 축조에 의한 과거의 간척지

13, 14, 15세기	105,850 ha
16, 17세기	187,940 ha
18, 19세기	193,400 ha

계 (현재국토면적의  $\frac{1}{7}$ ) 487,190 ha

#### 나. The Zuiderzee Project

- 댐연장 30 km, 폭 90 m
- 공사기간 1927~1932 (방조제공사)
- 해안선단축 약 300 km
- IJsselmeer의 평균수심 5 m
- 5개 polder의 간척지 약 226,000 ha
- 담수저수지 120,000 ha
- 최대용량의 pumping station 3,200,000 l/분

#### 다. The Delta Plan

- 해안선 단축 약 700 km
- 공사기간 25년 (1954~1978)
- 간척지 약 15,000 ha
- 담수호 약 52,000 ha
- Delta Plan의 시행공정표

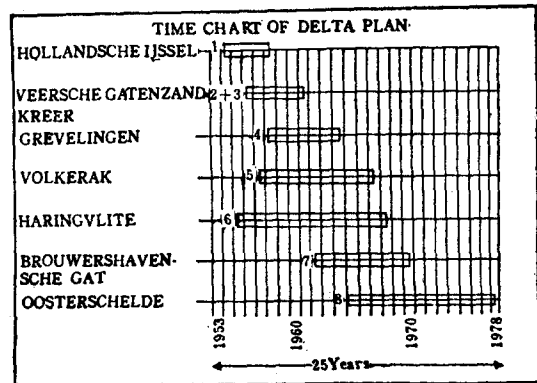


그림 7

#### • Delta Plan의 장단점

장점—1) 해안선감시의 단순화

2) 남서화란의 염해경감

3) Zeeland 주의 섬들간의 교립화해소

4) Randstad Holland로 알려진 지역의 리

크리에손 지역건설

단점—1) 전례의 굴양식업의 파괴

2) 새우 및 조개류양식업의 사라짐이었다.

### 4. 맺는 말

1667년에 Hendric Stevin이란 화란의 토목기사는 The Violence and Poison of the North Sea란 말을 썼는데 그것은 홍수와 소금을 말하는 것이었다. 이제 Zuiderzee Project와 Delta Plan으로 이러한 위험도를

<P. 900에 계속>