

화란 Ketelmeer 담수호 침전지 공사 Construction of Depot in the Lake Ketelmeer

박 상 현*
Park, Sang-hyun

1. 머리말

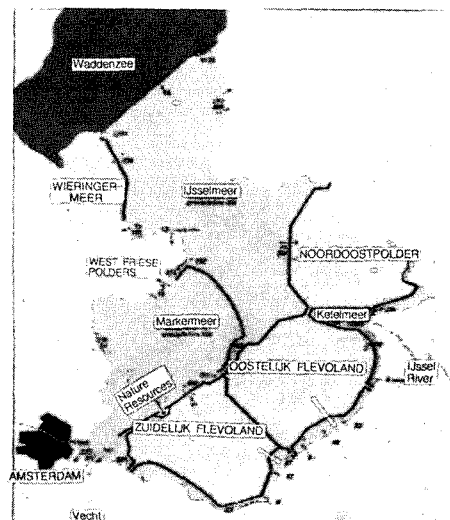
화란의 Ketelmeer 호수는 라인강의 하류인 IJssel 강 하구이며 1932년 Zuiderzee 간척사업에 의하여 조성된 IJsselmeer 호수의 상류에 위치한다. 이곳에서 현재 호수에 침전된 오염 물질을 준설하여 저장할 목적으로 대형 침전물 저류지 공사가 시행 중에 있다. 필자는 KBS TV 기자단 등 4인과 함께 지난 해 11월 11일 이곳의 공사 현장을 시찰하여 화란 간척지의 환경 친화적인 정책의 추진 현황을 취재하였다. 화란 정부의 교통 및 공공 수자원성의 기술 홍보 요원인 Mr. P. Van Oijen은 공사 현장을 안내하면서 그동안 진행되어온 이곳 간척 사업의 진행 과정에 대해서도 우리에게 소개해 주었다.

2. Ketelmeer 담수호 침전지 공사

IJsselmeer 호수는 <그림-1>과 같이 화란 정부가 1919년 북부 해안인 Waddenzee에서 착수된 Zuiderzee project에 의하여 조성된 간척지의 일부이다. Zuiderzee project에 의하여 북부 육지와 Wieringen 섬의 서안을 연결하는 길이 2.5km의 방조제

가 1924년 완공되었으며, 이 섬의 동쪽과 Friesland 해안을 연결하는 길이 30km의 방조제가 1932년 완공됨으로써 IJsselmeer 호수가 조성되었다. Wieringen 섬의 방조제가 완공된 후, 제방 안쪽 호수에는 1927년부터 3년간 방수제를 건설하여 1940년까지 20,000ha의 토지를 조성하였다.

IJsselmeer 호수의 동쪽인 Northeast polder(Noordoostpolder) 지구는 1936년부터 5년간 호수 내에 방수제를 설치한 후, 1942년부터 21년간 48,000ha의 토지를 조성하였으며, Eastern Flevoland



<그림-1> 화란 Zuiderzee 간척지와 Ketelmeer Project 위치도

* 농어촌진흥공사 농어촌연구원

(Oostelijkflevoland) 지역도 1950년부터 7년간 내방수제가 건설되고 1957년부터 20년간 54,000ha의 토지를 조성하였다.

호수 남쪽의 Southern Flevoland(Zuidelijkflevoland)는 1959년부터 9년간 방수제를 건설하여 1968년부터 현재까지 43,000ha의 토지를 조성하고 있다. 특히, 이 지역에서는 먼저 개발된 지역에서 부분적으로 실행되어온 환경 보존에 관한 시책이 더욱 적극적으로 도입되었다.

Southern Flevoland의 북서쪽 호수변인 Oostvaardersdijk에 1972년부터 5,600ha의 개발 지역을 호수와 습지 및 갈대 숲 그리고 버드나무 숲으로 조성하여 기러기와 왜가리 그리고 해오라기 등 철새의 서식지를 제공하며 소와 말을 방목하여 이들의 야생화를 추진하는 자연 생태 공간(Nature Resources)을 추진하고 있다.

한편, Southern Flevoland 서북쪽에 계획된 Markerwaard 지역은 1941년부터 1975년까지 방수제를 건설한 바 있지만 당초에 계획된 41,000ha의 토지는 아직까지 조성되지 않고 있다.

이와 같이 Zuiderzee project에 의하여 조성되는 토지는 225,000ha로서 전체 개발지역의 75% 이상을 농지로 사용하고 있으며, 다만 최근 개발된 Southern Flevoland는 약 50%를 농지로 사용하며, 주거 지역으로 18%, 삼림과 자연보존지역으로 25%를 사용하고 있다.

Ijsselmeer 호수 면적은 125,000ha이며, 간척지 개발 후 Northeast Polder와 Eastern Flevoland 사이의 호수에는 Ketelmeer 호수가 조성되었다. 이 지역은 라인강과 Ijssel 강이 유입되는 곳으로서 1959년대부터 1980년대까지의 급격한 공업화 과정에서 많은 오염 물질이 라인강 상류인 스

위스와 독일 그리고 화란 자체에서 호수 내로 유입되며 침전되었다.

현재, 라인강에서 유출되는 물의 20% 정도는 Ketelmeer 호수로 유입되고 나머지 80%는 화란의 서해안에서 Delta Project에 의하여 1971년에 조성된 Harlingvliet 호수로 유입된다. 이들 호수로 유입되는 라인강의 수질은 인접 국가간의 수질 보존에 관한 협정에 따라서 엄격하게 정화되고 있다. 유럽에서는 국가간의 수질문제를 해결하기 위한 북해 자율협약이 체결되어 있으며, 이를 바탕으로 라인 액션 플랜에 따라서 상류의 스위스나 독일의 공장이나 가정에서 배출되는 폐수와 하수를 잘 처리하여 강으로 흘려보내며, 농지에서도 비료나 농약의 사용을 엄격하게 규제하여 이제는 라인강 수질이 상당히 개선되었으며, 문제가 발생될 때는 그때마다 관련국들이 협의하여 처리하고 있다. 따라서 평상시 호수의 수질은 여름철 수영이 가능한 수준의 양호한 수질을 유지한다.

그러나 1980년대 이전에 호수로 유입된 오염물은 Ketelmeer 호수 면적 3,800ha 중 2,800ha를 오염시켰으며, 오염물의 침전 두께는 약 50cm이며 총량은 15백만 m³에 이르고 있다. 호수 바닥에 퇴적된 오염 물질은 주로 운할유 성분중 분해가 잘 안되는 물질인 PCBs(Polychlorobiphenyls)와 중유 성분인 다환성 탄화수소로 알려진 PAHs(Poly-cyclic Aromatic Hydro Carbons), 그리고 농약 폐기물 등이며 이곳에서 이를 섭취하며 서식하는 모기 유충의 치아가 기형화되는 등 일부 동물의 생태 환경이 악화되었다. 또한, 이러한 오염물은 지하로 침투된 후 용출되어 바람과 난류 흐름에 따라서 확산되거나, 선박이 지나갈 때 프로펠러의 작용으로 교란되어 호수의 물이

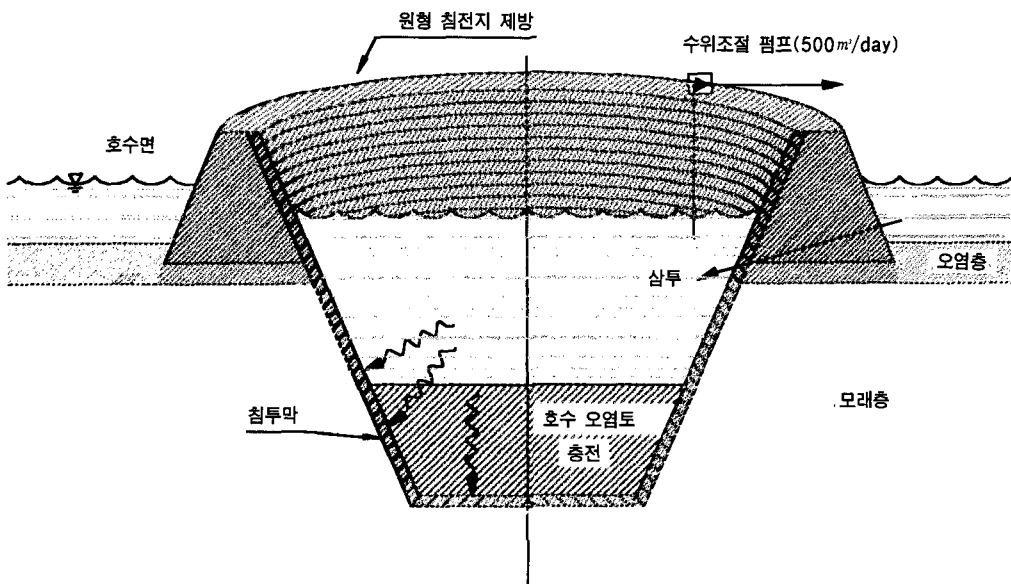
혼탁해지는 경우가 많다. 그러나 이와 같은 오염물을 원활하게 처리하는 화학적인 방법은 아직까지 개발되지 못하고 있다.

이러한 오염 물질을 정화 처리하기 위한 방안이 검토되었으며, 특히, 오염물이 처리된 후 다시 침출되어서 환경을 오염시키지 않도록 하기 위한 격리 관리 기법(IMC Condition: Insulation Manageability and Control)이 신중하게 검토되었다. 이의 최적 방안으로서 오염물 정화 처리 후의 오염물의 두께를 가급적 크게 하고 접촉면은 최소화하는 방안으로서 칸막이가 없는 원형 침전지가 검토되었다. 결과적으로, Ketelmeer 호수 중심부는 준설된 오염물을 침전시켜서 저장하기 위하여 <그림 - 2>와 같이 대형의 저류지 공법이 채택되었다. 이는 직경이 1,000m이고 깊이가 48m인 원주형 저류지로서 2천만 m^3 의 오염물을 저장할 수 있는 공간이다. 이 저류지는 호수 바닥(표고 약 -5.0m) 위로 높이가 10m인 원형 제방으로

쌓여지며 저류지 내부의 바닥의 모래를 파내고 바닥면은 점토 지수벽을 설치하며 제방의 사면의 기울기는 1:4 정도로 유지하고 호수의 침투수가 원활하게 유입되도록 침투막(Filter screen)을 설치할 예정이다. 침전지의 오염물이 호수로 배출되지 않도록 침전지의 내수위는 호수 수면보다 낮추어 관리할 예정이며 이를 위하여 침전지 내부에는 1일 간에 약 500 m^3 를 양수할 수 있는 펌프 시설을 갖출 예정이다.

화란 정부는 Ketelmeer 호수의 준설 공사를 1995년에 착수하였으며, 호수의 환경친화적인 준설 기법(Environmental friendly dredging techniques)에 대하여 다양하게 검토하였다. 호수가 넓기 때문에 매우 정밀한 깊이로 준설할 수 있는 방법과 특수한 장비가 필요하게 되었다.

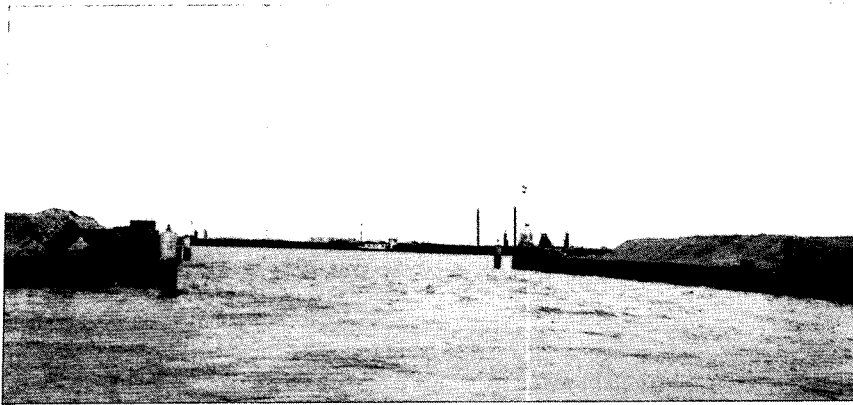
예컨데, 오염된 호수 면적인 2,800ha에서 1cm를 과다하게 준설한다면 280,000 m^3 의 운송 경비 및 저장 공간이 낭비되기 때문이다.



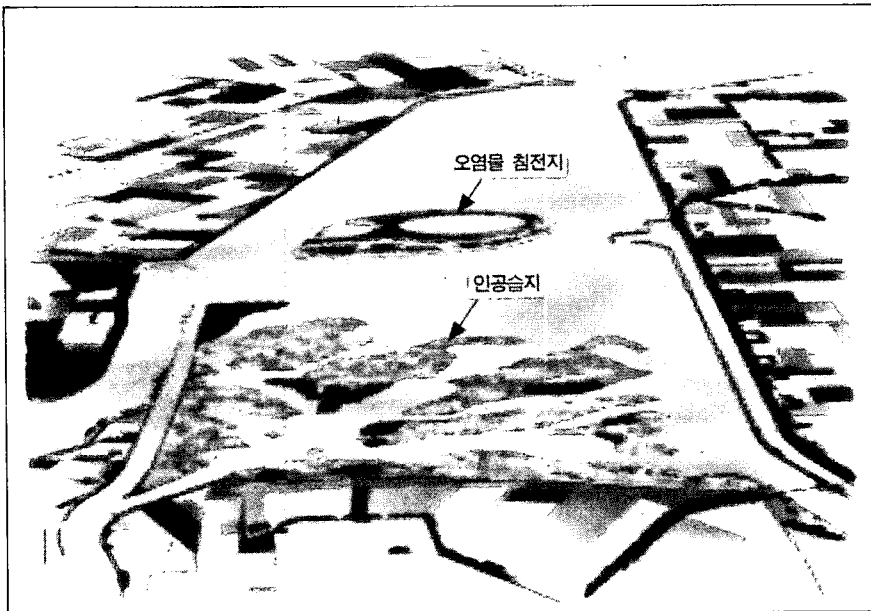
<그림 - 2> Ketelmeer 침전지 단면도

침전지에서 굴착되는 토사는 약 14백만 m^3 로 추정되었으며, 이는 인근 간척지의 자연공원과 위락 공간의 조성 또는 도로 공사의 기초 지반 재료로 활용된다. 침전지의 동쪽 제방 밖에는 인공적인 녹지가 조성되며, 남쪽 제방 밖에는 침전물 관리를 위한 선박의 정박 시설이 설치 되었다. 현재 이곳에는 침전지 내부의 토사를 파내기 위하여 Modified auger dredger, Environmental

disc cutter, Scoop dredger 등의 준설 공사 장비가 운행되고 있으며 공사 기간은 1996년부터 1998년까지 3년간으로 추진되고 있다. <그림 - 3>은 Ketelmeer 사업자구의 침전지 입구 양쪽 제방의 강널말뚝 설치와 준설모래의 적재 공사 현장을 보여준다. 침전지의 내용적 중에서 표고 6m 까지는 호수에서 준설된 오염 토사로 채워지며, 일부 여유 공간은 다른 사업 지구에서 발생한 폐기



<그림 - 3> Ketelmeer 침전지 공사현황 (침전지 입구)



<그림 - 4> Ketelmeer 호수의 오염물 침전지와 IJssel 강 하구의 인공습지 조성 계획도

기물로 채울 예정이다.

침전지가 다 채워진 후에는 깨끗한 토사로 덮고 그 위에는 물로 다시 채워서 오염된 물질이 공기와 접촉되지 않도록 하는 방안이 검토되고 있다.

또한, 이 침전지를 설치한후에 Ketelmeer 호수 주변의 환경도 완전히 바뀌게 될 전망이다.

이 침전지의 공사가 완료되면 <그림 - 4>와 같이 호수 종류에 있는 Schokkerhaven과 Ketelhaven 항과 조화를 이루며 관광지로서 각광을 받을 것으로 전망된다. 또한, Ijssel 강의 하구에도 인공적인 습지와 삼각주를 조성할 예정이다. 이러한 인공 습지는 시민의 휴식 공간으로 활용되며, 아프리카와 북극을 매년 왕래하는 알락 오리(Gadwall)와 가마우지(Cormorants) 등의 철새들에게 쾌적한 서식지를 마련해 주게 될 것이다. 따라서 많은 철새들이 중간 기착지로 활용하는 라인강 하구의 생태 서식지 환경을 더욱 확장하는데 기여할 것으로 전망된다. 강 하구에 습지 조성을 위한 삼각주를 설치한 후에 강폭이 감소하여 홍수 배제에 지장을 주는 일이 없도록 강의 남쪽 수로는 준설하여 수심을 증대할 예정이다. 이 수로의 북쪽 호수 주변에는 갯벌과 사주를 만들어서, 그 위에 새로운 초지가 자연적으로 생성될 전망이다.

3. 맺는말

화란은 전 국토의 60%를 간척 사업에 의하여 개발한 후 농지와 산업 용지로 활용하고, 일부 지역은 환경 보존을 위하여 자연과 조화를 이루는 생태 환경 개선과 시민이 즐겨 찾는 위락 공간으로 조성하고 있다. 따라서 개발된 자원은 경제적 관점에서 이익이

최대화되고 환경 보존적인 측면에서 건전한 지속적인 국토 환경을 가꾸는데 노력하고 있다. 이와 같이, 화란 정부가 추진하는 간척지 보존 정책은 식량의 자립도가 낮고 토지와 수자원이 매우 부족한 우리 나라의 간척 개발과 환경 보존 정책에 반영될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Facts and Figures the Ijsselmeer Polders, Directorate Flevoland RWS, Information Department
2. Lake Ijssel Area, Water Space Nature, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Regional Directorate Ijsselmeer Area, The Netherland.
3. The Ketelmeer Projects, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Regional Directorate Ijsselmeer Area, The Netherlands