

네덜란드 스헬더 해일 방벽

- 델타 프로젝트의 대표 방파제

유 위 성 | 한국건설산업연구원 연구위원
wsyoo@cerik.re.kr

네덜란드라는 나라 이름은 '해수면보다 낮은 땅'으로 해석되면서, 댐(dam)으로 끝나는 암스테르담, 로테르담 등의 도시 이름들 또한 그동안 물과의 전쟁이 얼마나 치열했는지를 짐작케 한다. 네덜란드는 북해(North Sea)에 접해 있고 동으로는 독일, 남으로는 벨기에와 국경을 마주하고 있는 나라로서, 세 개의 큰 강(라인강, 마스강, 스헬더강)이 모두 이 나라를 지나 북해와 연결되어 있다. 이러한 지리적 여건에 의해 전 국토의 27%가 바다보다 낮으며, 특히 남서부 일부 지역에는 암스테르담의 평균 수심보다 6.7m나 낮은 곳들도 있다.

일반적으로 네덜란드를 언급할 때 항상 '물'과 '둑'을 함께 논의한다. 역사적으로 바다 범람에 의한 위협을 지속적으로 받아오던 네덜란드는 1953년에 폭풍과 함께 몰아닥친 파도가 제이란드(Zeeland)주 중심의 남서부 해안 지역을 뒤덮었다. 제방은 무너졌고 마을은 물에 잠겨 잠에서 미처 깨어날 틈도 없이 1,835명의 주민과 가축 20만 마리가 희생되었다. 또한 7만 2,000여 명의 이재민이

생겼으며, 가옥 4만 7,000채와 16만 헥타르의 농지가 흔적도 없이 사라졌다. 이러한 자연 재해를 스스로 극복하기 위해 댐, 제방, 수문, 운하 건설 기술 등 세계 최고의 수리 공학 기술을 바탕으로 '델타 프로젝트'라는 기적을 이루었다.

그런데 네덜란드인들은 델타 프로젝트 이전 1930년대부터 북 홀란드주와 프리슬란드를 잇는 댐을 만들어 두 지역을 도로로 잇고, 담수호를 만들어 최대의 상수원으로 이용하는가 하면 대규모의 간척사업으로 국토의 6%(2,050km²)나 되는 땅을 일구어 12번째 주 플레보란드(Flevoland)를 만들어냈다. 이러한 사업들은 생존을 위해 어쩔 수 없이 이루어진 것들이었다. 생존의 절박함에 더하여 네덜란드인들의 치밀함과 국토 방어 의지 아래 부실 공사는 발붙일 데가 없었다.

델타 프로젝트

1941년 네덜란드 남서부에 위치한 델타 지역을 비롯한 내륙의 도르트레흐(Dordrecht) 등 6개 도시의 1

인류 역사와 함께한 건설 상품 100선 81

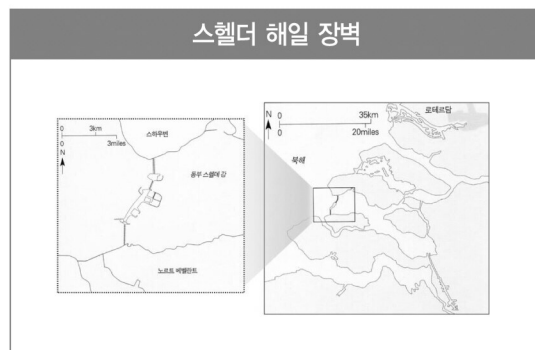
만여 가구가 침수된 사건을 포함하여 1953년 해안을 막은 몇 군데의 둑이 무너져 바닷물이 범람하면서 델타 전 지역이 침수되어 많은 사망자가 발생하고 50여만 가구가 이재민이 되는 대참사가 델타 프로젝트의 기적을 탄생시켰다. 네덜란드 정부는 홍수로 범람하여 침수 피해의 직접적인 원인이 되었던 라인(Rijn)강과 마스(Mass)강, 스텔더(Schelde)강이 한데 만나는 제이란드 지역에 대규모의 댐을 건설하기로 하였다. 각 섬들의 목에 댐을 만들어 바닷물의 범람을 영구적으로 예방하려는 목적으로 제이란드 지역에 4개의 댐을 건설하는 '델타 프로젝트'를 추진하였다. 이 프로젝트로 1958년부터 1972년까지 남서부 제이란드의 델타 지역에 7개의 댐과 방파제가 건설되었다. 이 프로젝트의 마지막 관문인 스텔더 해일 방벽 건설은 세계의 여덟 번째 불가사의라고 불릴 만큼 불가능에 가까운 것을 현실로 이룬 네덜란드인의 지혜와 끈기의 산물이었다.

스텔더 해일 장벽 건설

델타 프로젝트에는 동부 스텔더강 어귀를 막는 약 7km의 가장 길고 어려운 댐의 건설이 포함되어 있다. 이 부근의 최대 수심은 40m 이상이고 조류가 무척 거센 곳으로, 댐 건설은 1969년에 시작되어 1973년 말에는 그 길이가 5km에 이르는 인공섬 세 개를 만들었다. 그러나 독특한 자연 환경을 잃을 뿐만 아니라 현지의 주요 소득원이었던 조개잡이와 어업에 대한 경제적 손실이 커서 초기 계획을 포기하였다. 하지만 기술자들은 불박이 댐을 짓는 대신 개방형 해일 장벽을 세운다는 혁신적인 설계를 제안했다. 이동식 셔터를 설치하여 정상적인 날씨에는 열어두고 강풍이 불거나 파도가 높을 때는 닫아서 이 일대를 보호하자

는 것이었다. 이러한 혁신적 개방형 해일 장벽을 건설하기 위해 무수한 실험을 수행하였다. 그 결론은 인공섬 사이의 해협에 대형 콘크리트 방파제 65개를 세 구간으로 나누어 일렬로 배열하고, 방파제 사이마다 이동식 철문 또는 셔터 62개를 설치하는 것이었다.

스텔더 해일 방벽 건설의 첫 단계는 해저에 방파제를 세울 만한 단단한 토대를 마련하는 일이었다. 우선 해저의 토양을 15미터 깊이로 압축해야 했다. 그런 다음 특별히 제작한 선박에서 철봉을 해저에 꽂고 진동시켜 물을 빼고 모래를 안정시켰다. 이 작업만도 3년이나 걸렸다. 거센 해류가 모래 기반을 무너뜨리지 않도록 하기 위해 모래와 자갈을 채운 여과용 매트릭스를 강어귀의 바닥에 깔았다. 이 작업을 위해 특별히 제작한 선박에 매트릭스를 감은 커다란 통을 싣고 나가 바다 위에서 매트릭스를 펼쳤다. 그와 동시에 삼각주의 한 섬에 설치한 건설펀(dry dock)¹⁾ 세 곳에서는 개당 1만 8,000톤이나 나가는 육중한 콘크리트 방파제들을 건설했다. 방파제 하나를 완성하는 데 약 18개월이 걸렸지만, 공장 생산하듯이 연속적으로 제작했다. 방파제가 완성되자 건설펀에 물을 채우고, 특별히 제작한 선박 두 척으로 방파제를 견인해 정확한 위치



1) 선박을 수리하거나 청소할 때 배를 넣을 수 있도록 만든 구조물로 건식독이라고도 함.



콘크리트 방파제 운송 및 건설

에 설치했다. 그런 다음 방파제를 매트리스에 고정하고 내부 공간을 모래로 채워 안정성을 강화했다. 그리고 돌을 여러 층으로 쌓은 받침돌을 방파제의 기단 주변에 설치했다. 이 공정에 모두 500만톤의 돌 받침이 사용되었다. 다음 작업은 방파제들을 콘크리트 받침으로 연결하고, 그 위에 상자형 들보 다리를 놓아 도로를 만드는 일이었다. 물론 이동식 철문도 끼웠다. 문들은 두께 5m에 폭이 40m이며, 높이는 방벽에서의 위치에 따라 6~12m로 다양하다. 가장 큰 문은 삼각주의 가장 깊은 곳에 설치한 무게 480톤짜리다. 문을 여닫는 데는 한 시간 가량이 걸리며, 수시로 점검한다. 방벽은 평균 1년에 두 번, 수위가 높아질 때 닫히는데 그 효과는 과연 탁월했다. 동부 스텔더 해일 방벽은 1987년에 공식적으로 완공되었다. 이런 방식으로 바다를 막은 설비는 세계에서 유일하며, 네덜란드의 대부분 지역을 안전하게 보호해 주고 있다. 또한 삼각주 일대의 환경 관리에도 도움을 주고, 섬들 간의 교통을 원활히 해주며, 여가 용도로도 크게 기여한다. 이 설비는 현대적이고 기술적으로 발달한 구조물이지만, 주변 환경과도 아주 잘 어울리는 것으로 평가된다.

해일 방벽이 주는 교훈

지구 온난화로 인한 물난리는 특정 지역이나 국가

에서만 문제가 아니다. 2005년 미국을 강타했던 허리케인 카트리나를 보면서 가장 큰 경각심을 느꼈던 나라 중 하나는 네덜란드였을 것이다. 물론, 과거 네덜란드에 모든 교통수단까지 통제되고 건물이 붕괴되는 등의 사고로 외신에 소개되었던 강력한 폭풍이 찾아온 적도 있었으나 다행히 큰 문제없이 잘 지나갔다. 하지만 안전에 관한 한 타협이란 있을 수 없으므로 계속되는 기상이변에 대처하기 위해 많은 네덜란드 기술자들은 더 좋은 방안을 찾고자 노력하고 있으며, 혹시 모를 최악의 시나리오에 대비하기 위한 사업을 1,000억 달러 이상을 투자하여 2100년까지 진행할 계획이라고 한다.

네덜란드와 항상 접하고 있는 북해는 지구 온난화로 2100년까지 1.3m 상승하고, 2200년까지 3m가 상승할 것이라고 한다. 해수면이 상승하면 저지대가 많은 네덜란드는 존재 자체를 위협받는다. 그래서 범람 위험을 평가하는 기준도 예전보다 높아졌다.

네덜란드는 4개의 큰 강 보수작업을 현재도 진행 중이고, 기존 둑과 바닷물 방어 체계를 강화하기 위한 작업들도 진행 중이며, 방벽들을 교체하고 있다. 그러나 해수면 상승에 대한 대책으로 무조건 둑을 더 튼튼하고 높게 건설하는 것만이 능사가 아니라는 것을 네덜란드인들은 알고 있다. 그래서 물을 무조건 막기보다는 물을 완충할 수 있는 지대를 구축해, 범람시 물 위에 뜰 수 있는 건물을 만드는 등 계속적으로 개선된 대책 마련에 애쓰고 있다.

이렇게 역사적으로 불리한 지리적 여건 속에서 어려움을 극복해야 하는 네덜란드인들의 노력과 지혜는 지구 환경이 급속히 변하고 있는 현 시점에서 소중한 자산이라 생각된다. CERIK