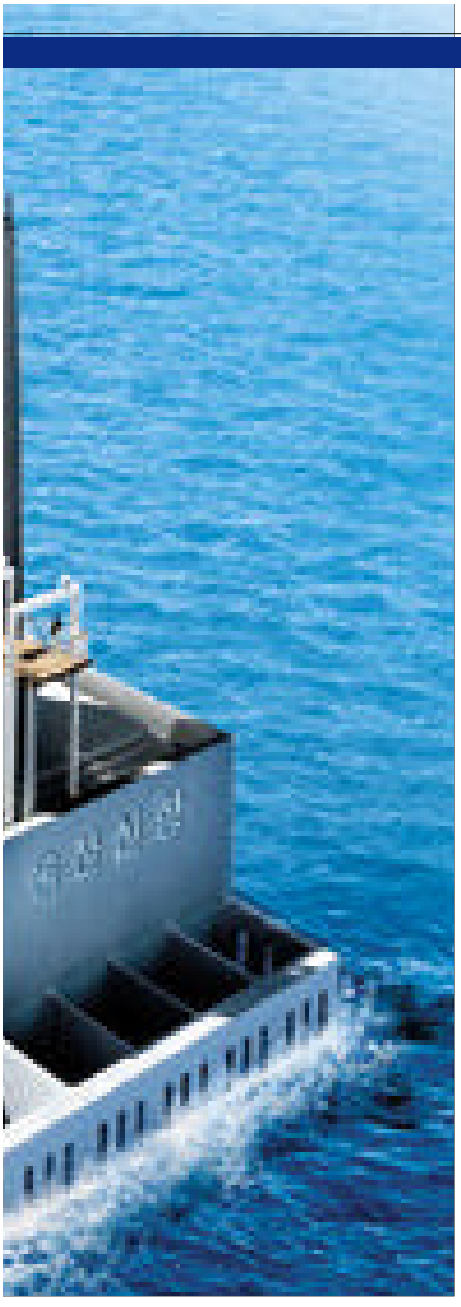
“ 고심도 · 고파랑 지역에 방파제 건설, 바다가 수놓은 산책로 ”

- DCM 적용해 해저 송유관 파손 방지, 공장형 슬립폼 공법으로 공기도 크게 단축 -

국내 동남권 거점 항만으로 개발되고 있는 울산신항의 핵심 외곽 시설인 남방파제가 완성 단계로 접어들고 있다. 남방파제의 경우 공정률이 이미 90%에 육박하고 있다. 멀리서 보면 마치 ‘ 바다가 수놓은아름다운산책로 처럼보인다.

울산신항남방파제는온산항남측해상에 전체2,100m의연장으로축조되고있다. 울산신항 남항 지역의일반 부두 10개 선석의 건설 · 운영 및 온산항의 원활한 운영에 필요한 정온 수역 확보를 위해 방파제가 건설되고 있는 것이다. 공사는 2개 공구로 나뉘어 진행되고 있는데제1공구는 현대건설 컨소시엄, 그리고제2공구는대우건설컨소시엄이 시공하고 있다. 공사 기간은 2004년 12월 28일부터 내년 5월 28일까지 약 53개월이다.

이 중 대우건설은남방파제 2,100m 가운



데 온산항측 방파제 1,100m를 건설하고 있다. 시공은 주간사인 대우건설(지분율 60%)을 비롯하여 GS건설, 포스코건설, 그리고 지역 업체인 금미건설이 공동 이행 방식으로 수행하고 있다. 공사 금액은 남방파제 1,100m 축조에 작업부두 515m, 진입 도로 320m 건설 등을 포함해 1,856억원이다.

DCM으로 대심도 연약지반 처리

이곳 남방파제 건설 지역은 해저 지반이 연약 점토층이다. 게다가 수심이 깊고 파랑이 심한 지역이어서 설계 및 시공시 세심한 주의가 요구되었다. 특히, 방파제 기초지반은 퇴적된 연약 점토층의 두께가 13m에서 최대 25m까지 분포되어 있어 연약 지반을 개량하는 데 어려움이 클 수밖에 없었다. 연약지반처리→기초 사석 마운드 조성→대형 케이슨 거치→상부 구조물 시공 등의 순서로 진행되는 공사의 첫 단계부터 난관에 부딪친 것이다.

이에 대우건설은 두께 17m까지의 해저 연약층은 대형 호퍼선을 사용하여 점토층을 걷어낸 뒤 투기장에 배출하고 모래 및 사석으로 치환하는 준설 치환 공법을 적용하였다. 반면, 두께 17m 이상으로 연약층의 심도가 깊은 구간은 시멘트와 원지반토를 교반하여 일종의 말뚝 기초를 형성하는 심층 혼합처리공법(DCM 공법)을 적용하였다.

방파제 하부 기초 연약지반 개량에 DCM 공법을 적용한 데는 또 다른 이유가 있었다. 그것은 바로 해저 송유관 파손 방지였다. 일반 모래기둥 공법을 적용할 경우 주변 지반의 융기로 현장 인근의 해저 송유관이 파손될 수 있었던 것이다.

케이슨 24시간 연속 제작

이곳 현장에서 연약지반 처리와 함께 가장 어려운 공정은 케이슨 제작 및 거치 작업이었다. 케이슨은 총 54개가 제작되었는데 1개 함당 중량이 5,300톤에 달한다. 높이도 아파트 5~6층에 맞먹는 20여m이다.

이처럼 거대한 케이슨을 제작하기 위해서는 단단하고 침하가 적은 제작장이 필요하였다. 그리고 대형 케이슨을 케이슨 진수대선인 FCL선에 선적하기 용이한 곳이어야만 하였다. 이에 대우건설은 기존 온산항 방파제 내측의 수심 5~7m 해상을 매립하여 케이슨 제작장을 조성하였다.

이처럼 케이슨 제작장을 조성한 대우건설은 공장형 슬립폼 공법을 적용하여 24시간 연속 철근조립 및 콘크리트 타설 작업이 이루어지도록 하였다. 이음매 없이 연속적으로 콘크리트를 타설해 벽체를 형성함으로써 내구성을 좌우하는 콜드조인트를 최소화하

울산신항 남방파제는 멀리서 보면 '바다가 수놓은 아름다운 산책로'처럼 보인다.

기위함이었다.

케이슨1함당제작기간은대략1주일. 비 또는 눈이 오거나 태풍이 와도 1주일 걸리는 연속 제작은 멈추지 않았다. 그 비결은 케이슨제작철골구조물인Gantry Tower에 있다. 트러스 형태의 이 구조물 상부에 전동 개폐식 천막을 설치함으로써 기상 조건에 영향을 받지 않도록 한 것이다. 대우건설은이와같은전천후케이슨 제작을통하여 공기를 크게 단축시킬 수 있었다. 54함의 대형 케이슨 제작을 거의 1년 만에 끝낸것이다.

대우건설이 케이슨의 연속 육상 제작을 실시한 가장 큰 요인은 현장의 자연 조건이었다. 수심이깊고, 파랑이심한지역이므로 언제든 해상 기상 변화에 의한 피해가 발생할수있었기때문이다. 더욱이해상에서안전한 작업이 가능하려면 육상에서 제작된 시설물을신속히이동시켜거치하는작업이 필요하였다.

케이슨 부력 활용해 5,30톤 구조물 거치

슬립폼 공법으로 벽체 제작된 케이슨은 수평 이동 잭에 의해 옆으로 옮겨져 소정의 양생기간을거친후 FCI선에선적된다. 이로써 케이슨의 해상 이동이 시작된다. 그런데 예인선이 끄는 FCI선은 대형 부선이어서 항로 이동시 다른 대형 선박과의 간섭이 발생할수있었다.

이러한 점을 고려해 대우건설은 사전에 관제소와협의하여주로새벽4시경에해상 이동을 시행하였다. 그리고 이동시 예인선은전후방에각각1대씩배치하여진수위치까지약2노트의속도로운반하였다.

케이슨이 진수 위치에 도착하면 FCI선 내에 물을 주입시켜 배를 서서히 가라앉힌다. 배가 가라앉으면서 속이 비어 있고 차

미니인터뷰 이수길 대우건설현장소장

“ 전 세계가 놀랄 방파제를 만들어 나갈 터 ”

이수길 소장에게 이곳 울산신항 남방파제공사는 남다른 현장이다. 그는이곳 현장에 두번부임하였다. 2006년 초에는 공사부장으로, 그리고올 초부터는 현장소장으로 근무하게 된 것이다. 그런 만큼 이곳 현장에 대한 그의 관심과 애착은유달리강해보였다.

“국내외에서 사례를 찾아보기 힘든 고심도, 고파랑 지역에 건설하는 방파제 공사 현장의 총괄자로서 막중한 책임감과 자부심을 갖고 업무에 임하고 있습니다. 이제1년도 채남지않은 잔여 공사 기간동안안전 · 품질 · 환경등 전분야에걸쳐서사고없이공사를마무리할수있도록최선을다하겠습니다.”

연구자 타입의 지적인 이미지를 풍기는 이수길 소장은 국내에서 굵직한 토목 공사를 경험한 베테랑건설기술인이다. 2000년대초에는싱가포르Kallang-Paya Lebar Expressway 프로젝트의공무및설계부장으로 참여해 기술 · 공정 · 품질 관리 면에서 우리나라 기술의 탁월한 수준을 유감없이 보여주기도 하였다. 그는당시현지 업체가 최초로 주간사를맡아 설계를 끌고 나갈수 없어그를비롯한대우건설직원들이 모든 일을 주도적으로 처리해 프로젝트를 성공시킨 일이 지금도 인상 깊다고 말했다.“현재 가족들이 싱가포르에살고있어가끔그곳을지나칠기회가있는데그럴때마다매우뿌듯함을느낍니다.”

이곳 현장에오기 전에 백령도 항만 공사에서 처음으로 현장소장을 경험한 이수길소장은 울산신항남방파제 공사에서 건설 기술인의 전성기를 맞고 있다. 당초 노출형으로 설계되어 있던 케이슨 제작 공법을 공장형 슬립폼 공법으로 변경하여 품질 및 안전 면에서 유리하면서도대형 케이슨 54함을 1년 만에 제작하여 공기를크게단축시켰다.

또한, 남방파제 2공구항내측 지점에 5만톤급 탱커 2척이 동시에 접안하여해상환적이 가능하도록설계함으로써 예산 절감에 획기적으로 기여하였다.“건설 기술인으로서 이곳 현장과 같은 대형 항만 공사를 접하기가 쉽지 않은 만큼 지금까지 쌓은 노하우를 바탕으로 발주처 및 직원들과 긴밀히 협의하여 전 세계가 놀랄방파제를만들어나가겠습니다.’

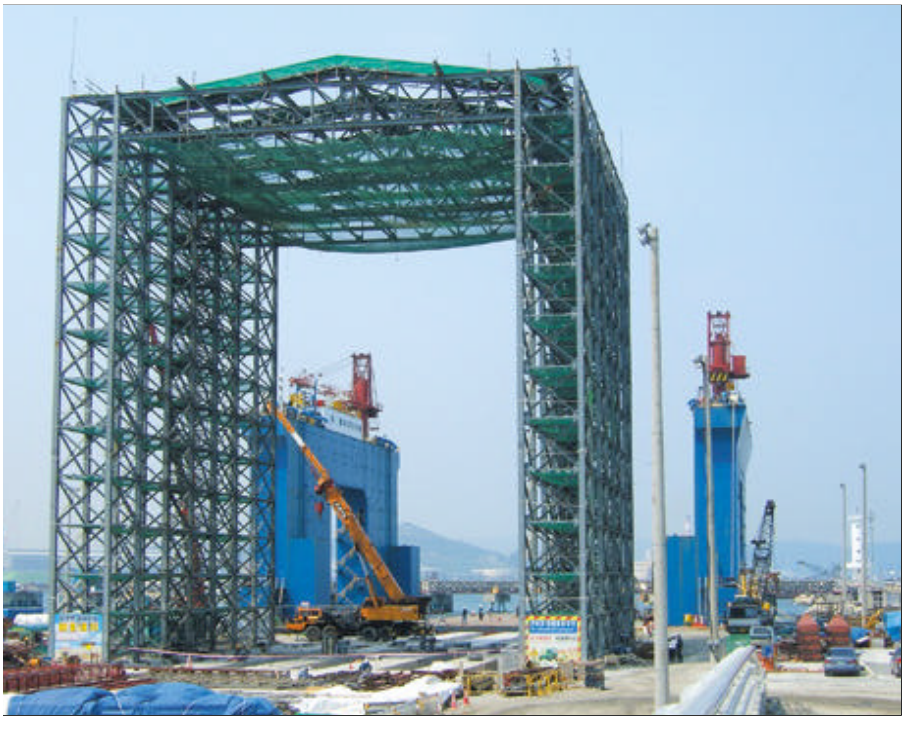
(사진은좌로부터)공장형케이슨 제작 시설, 케이슨진수및 예인, 케이슨거치.

수판설치로 물이 새지 않는케이슨은부유하게되고 FCL선과분리된다. 부유된케이슨은예인선 및작업선에 의하여설치위치에 고정된 후 물을 넣어 기초 사석 고르기가완료된구간에거치된다. 그리고케이슨거치가 완료되면 격실 내부에 잠수부를 투입하여 차수판을 해체한 후 모래 속채움을 실시한다.

대우건설은 이러한 공장형 케이슨 거치 공법을 통해 해상 크레인을 활용한 케이슨 인양 거치 공법의 한계점을 극복할 수 있었다. 최대3,000여 톤의 케이슨을 거치할 수 있는 해상 크레인의 인양 능력을 뛰어넘어 케이슨 자체의 부력으로 진수 및 거치가 가능토록한것이다. 이로인해케이슨의대형화가 가능해졌고, 이는깊은 수심에서의 효율적시공으로이어졌다.

방파제의상부구조물에는이용객의편의를위해3개소에소형선접안시설이설치된다. 또한, 방파제산책시단조로움을극복하고 보행의 쾌적성을 높이기 위해 보행로를 목재 데크로 시공할 예정이다. 포켓쉼터는 편안한 휴게 공간으로서의 역할과 함께 기상악화시피난처의역할을할수있도록설계되었다. 특히, 조망위치에따라모양이변하는 입체적인 공간을 지닌 등대를 설계하여 향후 울산신항의 랜드마크로서 손색이 없도록하였다.

케이슨제작을마치고해체되고있는트러스.



볼거리와 편안한 휴식 공간도 제공

현재 이곳 현장에서는 마지막 케이슨인 54번함의 거치가 완료되어 케이슨 속채움, 케이슨 상부 콘크리트 타설 작업이 진행 중이다. 앞으로공사완료시까지피복석및테트라포드등이제작되어거치될예정이다.

종래의 방파제는 파랑을 막는 목표에만 충실하였다. 하지만 친수 · 친환경 기능을 보완한 울산신항 남방파제는 남항 부두의 정온 확보는 물론이고 이용객에게 볼거리와 편안한 휴식 공간을 제공함으로써 향후 유사 프로젝트의 성공적인 사업 모델이 될 것으로 보인다. 더욱이 케이슨 제작 및 진수에 있어 우수한 안전성과 품질, 공기 단축 효과를 갖고 있어 카타르 조선소 건설 공사에 기술 수출이 예정되어 있는 것처럼 해외유사공사수주에도 크게 기여할 전망이다.

글 · 사진: **이형우** 기자