



02

제주 민·군 복합항 관광미항 외곽 방파제 건설공사

Construction of Jeju Naval Base Breakwater

김민수 Min-Soo Kim
 삼성물산(주)건설부문
 제주 민·군복합항 관광미항 1공구
 설계팀장

김상채 Sang-Chae Kim
 삼성물산(주)건설부문
 제주 민·군복합항 관광미항 1공구
 현장소장

안성모 Sung-Mo Ann
 삼성물산(주)건설부문
 Civil사업부 ENG본부
 해양/항만팀장

1. 머리말

제주 민·군 복합항 관광미항(이하; 민·군 복합항)건설 사업은 전 세계 관광객이 방문할 수 있는 크루즈선의 접안기능과 날로 증가되는 해상교통량의 효율적인 감시 및 보호활동을 위한 해군작전 기지를 건설하는데 그 목적이 있다. 민·군 복합항 방파제 공사는 제주특별자치도 서귀포시 대천동 일원에 조성되는 최대 1만 5천 ton급 초대형 케이슨 57함을 이용하여 총 연장 1.5 km의 방파제를 건설하는 공사이다. 해군기지가 건설될 제주 서귀포 지역은 대한민국 최남단으로 태평양에서 직접 파도가 내습하는 지역으로 우리나라에서 가장 파고가 높고 강수량이 많은 지역이며, 태풍의 직접적인 이동경로 상에 위치하고 있다. 이러한 자연조건과 해군기지라는 특성에 맞도록 국내 최초로 방파제 전면이 돌출된 군함형 케이슨을 적용하였으며, 방파제 총 중량은 1백 45만 ton으로 매미급 태풍의 내습시에도 안전하도록 설계되었다. 외곽 방파제 건설공사는 설계단계부터 안정성 확보를 위해 국내 최고 수준의 설계기준을 적용하였다. 설계파고는 국내 최고 수준인 11.5 m를 적용하였고, 이에 대한 수리모형 실험을 통해 방파제 상부 높이 및 케이슨 단면 형상을 최적화 하였으며, 등대 및 조명탑에 대한 설계풍속은 태풍 매미의 관측치인 60 m/sec 상향 적용하였다. 또한 부두의 이용조건으로 15만톤급 크루즈선이 안전하게 접안할 수 있도록 서방파제 선석수심 12 m, 남방파제는 수심 15.2 m를 확보하여 접안능력을 향상하였고, 내진 1등급 설계기준을 적용하여 100년 빈도의 지진 발생시에도 안전하도록 설계하였다. 세계 최대 규모의 F/D선을 이용하는 공사로서 총 공사비는 3,286억원이며, 공사기간은 68개월(2010년 2월 ~ 2015년 9월)로 계획되어 현재 공사가 활발히 진행되고 있다<그림 1>.

2. 주요 공법 및 시공사례

2.1 케이슨 제작

제주해군기지에 사용되는 케이슨은 최대 중량이 1만 5천 ton으로 국내 최대 규모의 초대

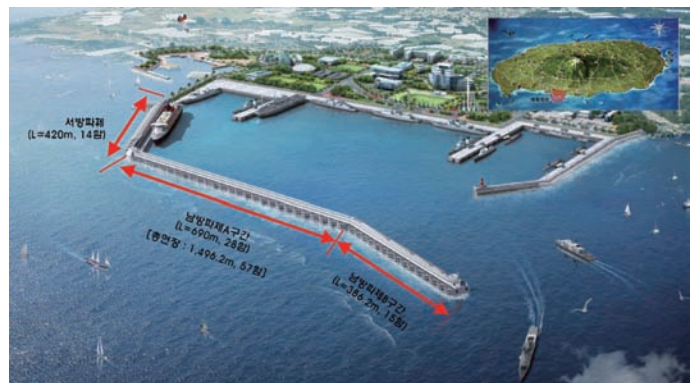


그림 1. 방파제 건설공사 조감도

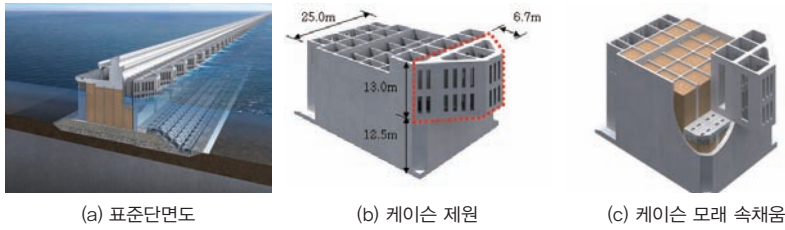


그림 2. 케이스 형상 개념도

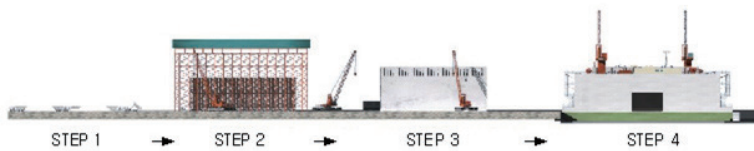


그림 3. 케이스 제작 순서

형 케이스이다. 이는 30평 아파트 110세대 규모이며, 12층 아파트 2개동을 합친 정도의 규모이다. 또한 국내 최초로 적용된 돌출형 케이스는 반사파를 저감할 수 있는 기능으로 설계되어 해군의 군함을 상감하였다(그림 2, 3).

케이스 제작은 크게 4단계로 이루어지며, 첫 번째 단계인 Step 1은 케이스의 저판을 제작하는 단

계이다. Casting Bed 위에 철제 거푸집(soffit form)을 사용하여 철근 조립 및 콘크리트가 타설되면 약 3일의 양생을 실시한 후 IP-CCV(Individual Pushing Cassion Carry Vehicle)를 이용하여 Step 2 단계로 이동한다. IP-CCV는 수직 및 수평 유압잭으로 이루어져 있으며, 250 ton의 수직 유압잭 84개가 동시에 케이스를 들어 올린 후 수평 유압잭이 기초 레일을 따라 한번에 50 cm씩

전진작업을 반복하여 이동한다(사진 1, 2).

Step 2로 이동한 케이스 저판에 슬립 폼(slip form)이 하강하여 Docking하게 되면 철근을 조립하고 시간당 약 10~25 cm의 속도로 슬립 폼이 상승하면서 콘크리트를 타설한다. 이때 Jack Rod는 슬립 폼을 연속적으로 상승시켜 콘크리트 구체를 형성하는 역할을 하며, 24시간 연속으로 타설하여 약 7일 정도 후 벽체가 완성된다(사진 3).

Step 2의 제작이 완료된 케이스는 Step 1에서 이동할 때와 동일하게 IP-CCV를 이용하여 Step 3로 이동시킨다. Step 3로 이동한 케이스에 양생 및 차수판을 설치한 후 Step 4인 F/D선으로 옮겨지게 된다. 우리 현장에서 사용 중인 F/D선은 길이 80m, 폭 50m, 높이 31.5m로 2만 ton을 적재할 수 있는 세계 최대 규모의 케이스 진수용 F/D선이다. F/D선으로 옮겨진 케이스를 지지대에 안착 후 IP-CCV를 Step 1으로 회수하면 케이스 제작 및 이동의 단계는 끝나게 된다. 케이스의 운송 및 거치를 위해 케이스를 탑재한 F/D선을 부상 시킨 후 예인선을 이용하여 진수할 지점으로 예인하게 되며

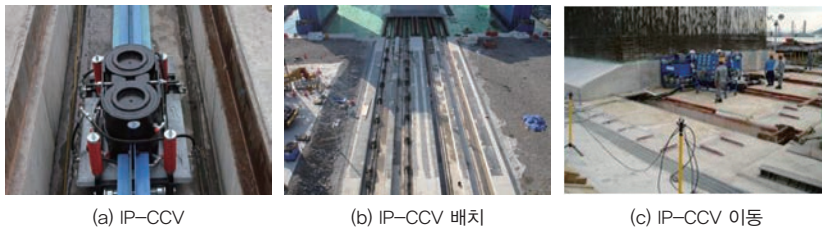


사진 1. IP-CCV

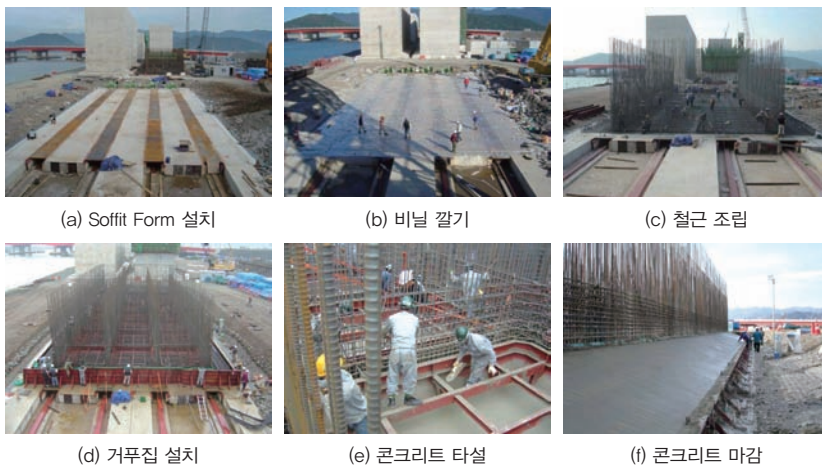


사진 2. Step 1의 케이스 저판 시공과정



사진 3. Step 2의 케이슨 벽체 시공 과정

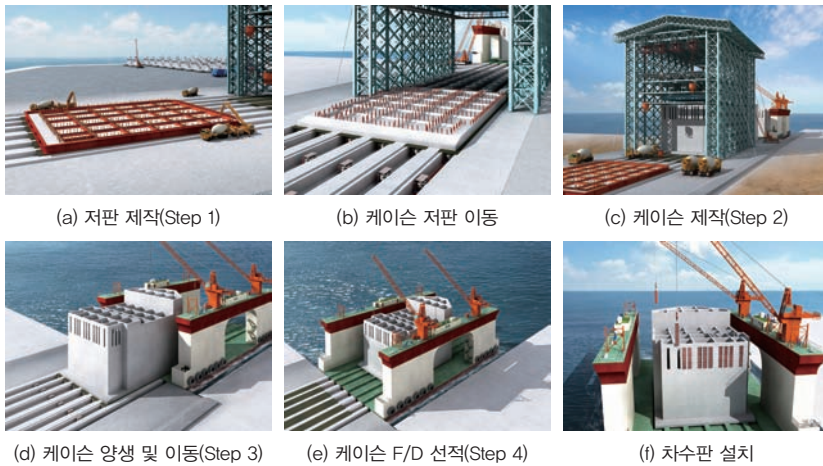


그림 4. 케이슨 제작 흐름도



사진 4. 화순항 케이슨 제작장 전경

케이슨 제작장에서는 이러한 공정을 10일 Cycle로 반복하여 해군기지 방파제 57함을 22개월에 완료하게 된다(그림 4, 사진 4).

2.2 방파제 시공

2.2.1 케이슨 진수 및 거치

방파제 시공을 위해 우선 시공위치에 계절별 조류의 흐름을 고려한 오타막을 설치한 후 연약한 기초지반을 Grab 준설선으로 준설하고, 준설된 기초에는 케이슨 하중을 받아 줄 수 있도록 기초사석을 시공한다. 기초사석이 포설되면 기초 고르기를 실시하고, Vibro Hammer를 이용하여 지지력이 확보될 수 있도록 다짐작업을 실시한다.

기초사석 포설 및 다짐이 끝나면 케이슨이 탑재된 F/D선을 Tug Boat를 이용하여 진수 위치까지 예인하게 된다. 화순항 제작장에서 방파제가 건설되는 강정항까지의 거리는 약 16 km이며, F/D선 예인 속도는 2 Knot(1.03 m/sec) 이내로써 약 4시간이 소요된다. 진수위치까지 예인된 F/D선의 내부격실에 해수를 채워 4시간가량 서서

히 진수시켜 약 17 m 가라앉았을 때 케이슨이 부력에 의해 부양하게 되는데, 부양된 케이슨은 예인선으로 이동시켜 셋팅바지로 고정하고 격실내부에 해수를 주입하여 거치시키게 된다.

정위치에 거치된 케이슨은 준설한 모래로 격실내부를 속채움하여 자중을 증대시키고 파력에 의한 변위를 방지한다. 속채움이 완료되면 속채움 모래가 유실되지 않도록 하며, 케이슨 덮개 블럭을 시공하고 상치 콘크리트를 타설하게 된다(사진 5, 그림 5).



사진 5. 케이스 거치 시공 과정



그림 5. 방파제 시공 순서도

2.2.2 상치 콘크리트 타설

케이스의 거치가 완료되면 상치 콘크리트를 타설한다. 상부공 상치 콘크리트 타설 물량은 약 24만 m³이며, 상치구조물은 14.4m의 높이로써 크게 4단으로 구분하여 각 단계별 평면 및 연직분할 타설 계획을 반영하였다. 또한 수화열에 대한 대책으로 고로슬래그와 플라이 애시를 사용한 저발열 콘크리트를 적용하였고, 해수에 의한 열화방지대책을 수립하였다(그림 6, 사진 6).

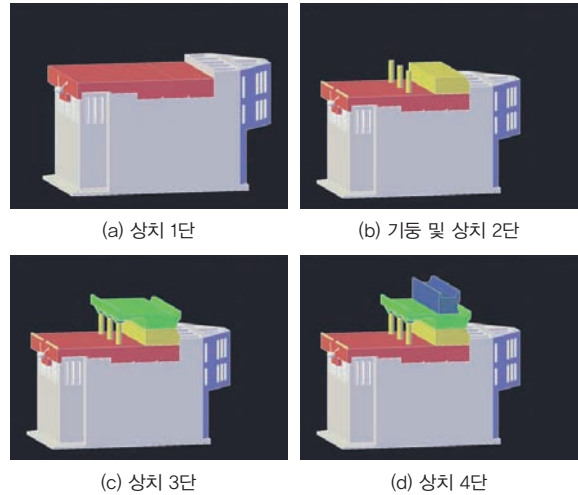


그림 6. 상치콘크리트 타설 순서



사진 6. 상치 1단 콘크리트 시공 과정

3. 맺음말

제주 민·군 복합항 외곽 방파제 건설공사는 태풍 등의 이상기후로부터 항내 정온도를 확보하고, 대형 크루즈선의 접안시설과 항내 부두시설을 보호하는 약 1.5 km 연장의 다목적 방파제를 축조하는 대형 항만건설 사업이다. 육상공사와 달리 해상공사는 너울 및 태풍 등의 기상조건에 매우 민감하므로 세심한

공사관리를 요하며 대수심, 고파랑 해역에서 비대칭 초대형 콘크리트 구조물을 정확한 위치에 진수·거치하는 것은 상당한 기술과 시공경험을 필요로 한다. 이러한 기술력과 시공경험 등이 당사의 국·내외 대형 케이스 형식의 항만 프로젝트 수행에 많은 도움이 되고 있으며, 향후 Offshore 구조물 및 침매터널 등 해양·항만 분야의 기술경쟁력을 확보하는데 큰 기여를 할 것으로 사료된다. 이 공사기사가 항만 건설공사에 대해 관심을 가지는 분들의 기술적 식견을 조금이나마 넓힐 수 있는 계기가 되었으면 하는 바람이다. □

담당 편집위원 : 최규용(삼성물산(주)건설부문 기반기술연구소)
kyuyong.choi@samsung.com



김민수 설계팀장은 세종대학교 토목환경공학과를 졸업한 후 동 대학원에서 해양항만 전공으로 석사학위를 취득하였고, 서영엔지니어링 항만팀에서 약 10년간 재직하며 국·내외 설계업무를 수행하였다. 2011년 삼성물산(주)건설부문 ENG본부 해양항만팀에 입사하여 제주해군기지 민·군 복합형 관광미항 1공구 현장의 설계팀장으로 재직하고 있다.
minsoo11.kim@samsung.com



김상채 현장소장은 동아대학교 토목공학과를 졸업하였으며, 토목시공기술사 자격을 보유하고 있다. 1989년 삼성물산(주)건설부문에 입사하여 부산신항만 건설 현장소장 등을 거쳐 현재 제주해군기지 민·군 복합형 관광미항 1공구 현장소장으로 재직하고 있다.
ingul@samsung.com



안성모 팀장은 서울대학교 토목공학과에서 항만수리학을 전공하고 일본 오사카대학교 토목공학과에서 해양 방재에 관한 연구로 박사학위를 취득하였으며, 일본 Toyo건설을 거쳐 1997년부터 삼성물산(주)건설부문에 있어서 항만 및 해양구조물의 설계Eng. 업무를 담당하고 있다. 현재는 Civil사업부 해양/항만 ENG팀장으로 다수의 해외 항만, 플랜트 및 Offshore 프로젝트 입찰 설계를 총괄하고 당사가 시공중인 현장에 대한 기술지원을 담당하고 있다.
smahn1@samsung.com

<http://www.kci.or.kr>



KOREA CONCRETE INSTITUTE