

# 카타르 QEZ3 항만 공사 시공사례



김 호 준

현대건설㈜  
인프라환경엔지니어링실 대리  
(hjkim@hdec.co.kr)



채 영 호

현대건설㈜  
카타르 신항만 공사 대리  
(youngho.chae@hdec.co.kr)



김 광 표

현대건설㈜  
토목환경사업본부 차장  
(kimkp@hdec.co.kr)



남 하 용

현대건설㈜  
인프라환경엔지니어링실 부장  
(halyoung.nam@hdec.co.kr)



김 태 섭

현대건설㈜  
카타르 신항만 공사 소장  
(tesubkim@hdec.co.kr)

## 1. 서론

카타르 QEZ3 항만 공사는 카타르 신항만 위원회 (New Port Steering Committee)가 발주한 '카타르 신항만 프로젝트(Qatar New Port Project)' 중 35번째 Package로 QEZ3(카타르 제3경제구역) 일대에 중소형 선박 접안시설을 건설하는 공사이다. 본 공사는 해안선으로부터 육지를 굴착하여 약 3,884m의 안벽을 조성하고, 준설 및 육상 굴착으로 6.7km의 진입 항로(Access Channel)를 건설하는 굴입식 항만으로 항내 Basin 및 진입 항로의 육상화 굴착을 위한 Dewatering과 항로 준설 및 준설 세립분 처리가 주요한 공정이다.

## 2. 카타르 신항만 프로젝트 소개

카타르 신항만 프로젝트는 2022년 월드컵 개최 등을 대비하고, 2030년 국가 발전 계획에 의거하여 진행되는 대규모 국책사업으로 총 사업비 8조원으로 컨테이너 터미널, Cargo 터미널, 크루즈 터미널 및 해군기지 등을 건설하는 대규모 항만 프로젝트이다. 첫 번째 package가 2011년 상반기에 착공하였으며, 2016년 개항을 목표로 공사 진행 중에 있다. 신항만의 컨테이너 물동량은 2016년에 2백만 TEU를 예상하고 있으며, 2020년까지 4백만 TEU로 증가할 것으로 예측하고 있다.

## 3. QEZ3 항만 개요

QEZ3 항만은 카타르 신항만의 북쪽에 위치하는 카타르 제3경제자유구역(Qatar Economic Zone 3)의 개발을 위한 중소형 선박용 항만으로 2016년 2월 준

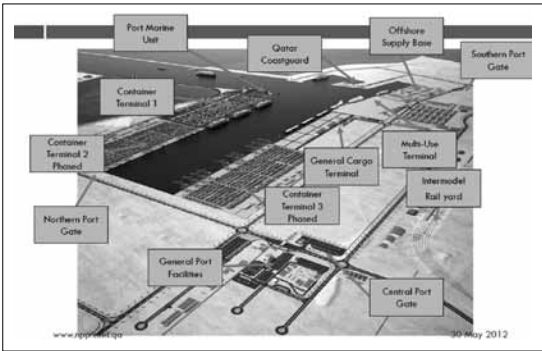


그림 1. 카타르 신항만 공사 조감도

공을 목표로 마무리 공사 중에 있다. 주요 공사 내용으로는 중력식(블록식) 안벽(3.8km), 방파제(3.3km), 진입항로(6.7km), 호안 및 부지조성으로 구성되어 있다.

#### 4. 환경적인 제약

공사 주변 해안은 Coral, Mangrove, Seagrass 등의 해상생물들이 비교적 넓게 분포하고 있어, 공사 중 환경 영향 저감 대책이 공사 초기 주요 이슈로 부각되었다. 특히, 주요 공중에 대해서는 환경영향 저감방안에 대한 카타르 환경청(MoE, Ministry of Environment) 승인을 득한 이후에 착공이 가능하기 때문에 공사 초기부터 환경영향 저감대책 수립 및 환경청 승인에 매진하였다.

환경청 승인이 필요한 주요 아이템은 양수(Dewatering Permit), 해양식생이식(Relocation of Marine Habitats), 준설(Dredging Permit) 등으로 여러 단계의 승인 과정과 중동 지역 관청의 느린 업무 처리 관행 등으로 인해 당초 예상을 훨씬 초과하는 기간이 소요되었다.



그림 2. QEZ3 항만 위치도

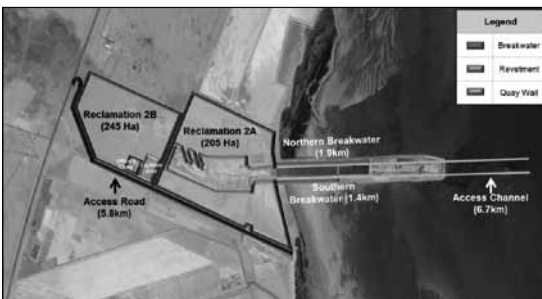


그림 3. QEZ3 항만 주요 공사내용

#### 5. Dewatering 및 방류 계획

안정적인 Dry 굴착을 위해서는 적절한 차수 또는 양수(Dewatering) 공법의 선정이 중요하다. 이를 위해 인접 현장에서 적용중인 차수/양수 공법을 조사했고, 현장 양수 시험(Pumping Test)과 침투해석을 통해 유입량을 정확히 산정하려 하였다. 침투 유량이 과다하고 굴착 사면의 안정성이 우려된다면 Slurry Wall 등의 영구 차수벽이 경제성이나 안정성 측면에서 더 유리할 수 있으나, 당 현장은 굴착 깊이가 10m 내외로 비교적 얇고 암반층(Limestone) 굴착으로 굴착면의 안정성이 확보되는 상황이었으므로 Trench와 Sump Pit를 이용한 양수공법으로 최종 결정하였다.

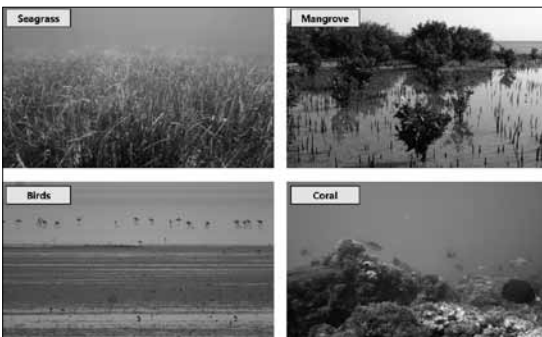


그림 4. 현장 주변 환경 현황

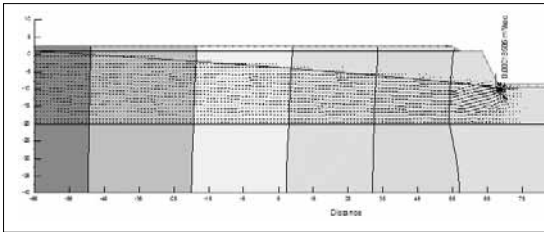


그림 5. 양수 시험과 침투 해석



그림 6. 안벽 내부 굴착 전경

양수(Dewatering) 과정에서 발생한 지하수의 염분 농도가 160PSU(Practical Salinity Unit) 정도로 인근 바닷물 염도의 약 4배에 이르렀다. 이런 고농도 염수를 시간당 5,000톤 가량 해상 방류해야 하므로 주변 생태계에 대한 영향을 고려하여 방류위치를 선정해야 했다. 시간에 따른 고염수의 확산 모델링을 수행하여 주변 생태계에 영향이 최소화되도록 해안선에서 약 1.8km 떨어진 해상에 방류하는 것으로 계획하였다. 또한, 방류 지점 인근 15개 지점에서 실시간 수질 모니터링을 실시하여 방류 중 염도가 기준치를 상회할 경우 자동으로 경보가 전송되어 저감 대책(Mitigation

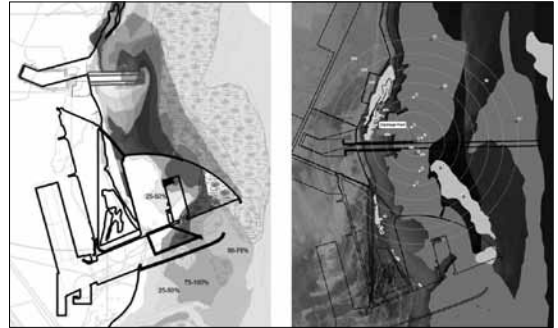


그림 7. 염수 확산 모델링 및 모니터링 계획

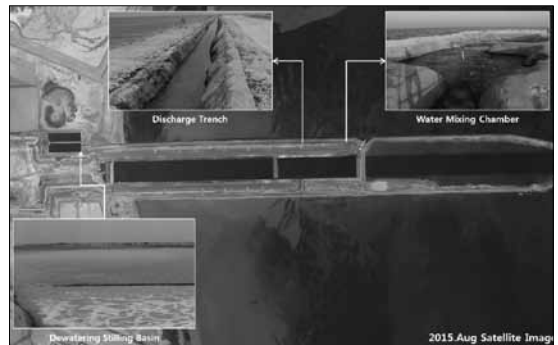


그림 8. 해상 방류 시스템

Measure)이 작동되는 시스템을 구축하였다.

## 6. 항내 Basin 및 진입 항로 (Access Channel) Dry 굴착

안정적인 Dewatering System을 운용함에 따라 항내 Basin과 진입 항로 (Access Channel) 일부 구간에 대해 Dry 굴착을 실시하였다. 항내 Basin의 경우 약 760만 입방미터의 토사와 Limestone을 굴착 했으며, 진입 항로 (Access Channel)의 경우 약 550만 입방미터의 토사와 Caprock 그리고 Limestone을 굴착하였다. 전체 굴착 공정은 약 18개월동안 진행되었으며, Breaker와 대형 굴착기(12m3 Excavator)를 동원한 기계식 굴착 공법이 적용되었다.

굴착 공법 및 장비 규모를 결정함에 있어 굴착하는

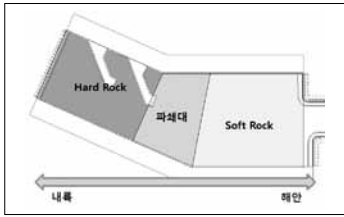


그림 9. 항내 Basin 굴착 구역과 구역별 지반조사 자료

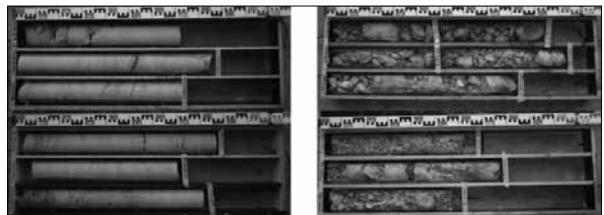
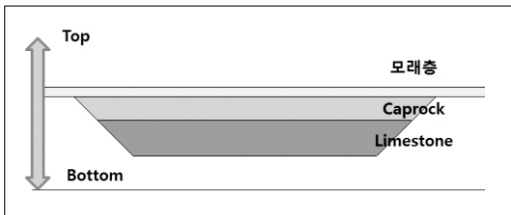


그림 10. 진입 항로 (Access Channel) 지층 분포와 지반조사 자료 (좌-Caprock, 우-Limestone)



그림 11. 항내 Basin(좌) 및 진입 항로 Access Channel(우) 굴착 전경

지반의 종류와 특성에 대한 분석이 선행되었으며, 이는 지반조사 자료 및 실내 시험(RQD, 일축압축 강도) 데이터를 기반으로 판단하였다. 항내 Basin의 경우 Limestone의 풍화도에 따라 크게 3구역으로 구분하였으며, 해안에 가까울수록 풍화도가 큰 경향을 보였다. Hard Rock을 제외한 구역은 대형 굴착기(12m<sup>3</sup> Excavator)를 동원하여 굴착이 가능했으며, 일부 단단한 구간과 Hard Rock의 경우 Breaker를 동원하여 굴착하였다.

진입 항로 (Access Channel)의 경우 모래층 바로 아래에 Caprock (Calcarenite-석회사암)이 두

껍게 존재하였고, 그 아래에 풍화가 심하게 진행된 Limestone층이 나타났다. Caprock의 경우 강도는 Limestone보다 떨어지지만 RQD가 매우 높은 밀실한 구조를 가지고 있어, 굴착 공법 선정에 중요한 요소로 작용하였다.

## 7. 중력식 안벽 공사 (Quay Wall)

중소형 선박이 접안하는 안벽은 무근 콘크리트 블록식으로 설계 되었으며, 안벽의 총 연장은 약 3,884m



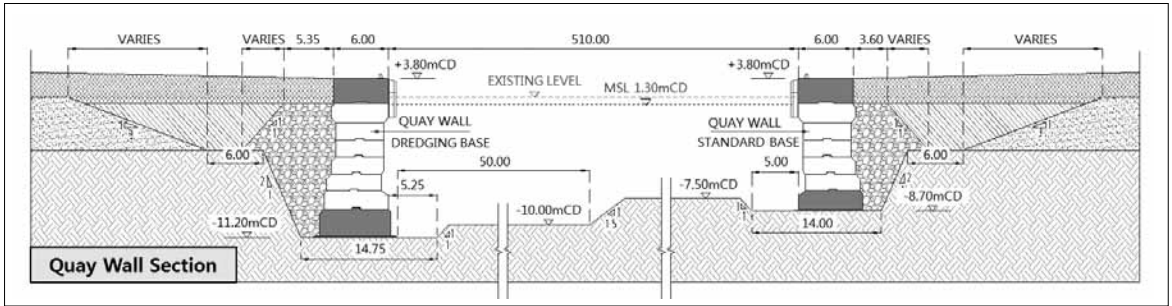


그림 12. 안벽 단면



그림 13. 안벽 시공 공정

로 크게 1,905개의 Insitu 1단 블록과 9,731개의 Precast 블록 및 476개(Span-연장 8m)의 상치 콘크리트로 구성되어 있다. 많은 개수의 Precast 블록을 단기간에 효율적으로 생산 및 관리하기 위해 세밀한 계획 수립이 필요하였으며 이는 블록 생산 Bed의 배치, 콘크리트 블록 양생기간 및 생산된 블록의 이동거리 등을 종합적으로 고려하여 현장에 적용하였다.

Precast 블록의 경우 블록간 25mm 간격이 있어 블록 설치에는 매우 유리하지만 향후 세립분의 유출로 인해 배면 침하가 발생할 가능성이 있으므로 석분 함량 등 뒷채움 사석에 대한 품질관리가 요구되었다. 또한 상치 콘크리트의 경우 개당 약 115m<sup>3</sup>의 무근 콘크리트로 공기 확보를 위하여 수화열 해석을 통해 3단

분리 타설을 2단으로 축소하였으며, 타설 후 온도 센서 설치 및 지속적인 수화열 점검을 통하여 온도 균열 최소화, 우수한 품질 확보를 위해 노력하였다.

## 8. 준설 및 세립분 처리

진입항로(Access Channel) 외곽 3.0km 의 굴착 물량은 약 113만 입방미터로 CSD(Cutter Suction Dredger)를 동원하여 진행되었다. 동원된 준설선은 암준설이 가능한 Taurus-II(Boskalis)로 4,000kW의 Cutter Power로 일 평균 12,000~20,000m<sup>3</sup>의 물량을 소화하여 약 3개월에 준설 작업을 완료하였다.

Limestone 준설 및 펌프 압송 과정에서 Silt 크기 이하의 세립분이 다량 발생하여 이에 대한 처리가 주요 현안이 되었다. 특히, 준설수를 해상 방류할 경우 수질

기준이 엄격하여(TSS<50mg/liter) 세립분을 침전시킨 후에 준설수를 방류할 수 있도록 충분한 용량의 침사지(Stilling Basin) 확보가 매우 중요하였다.

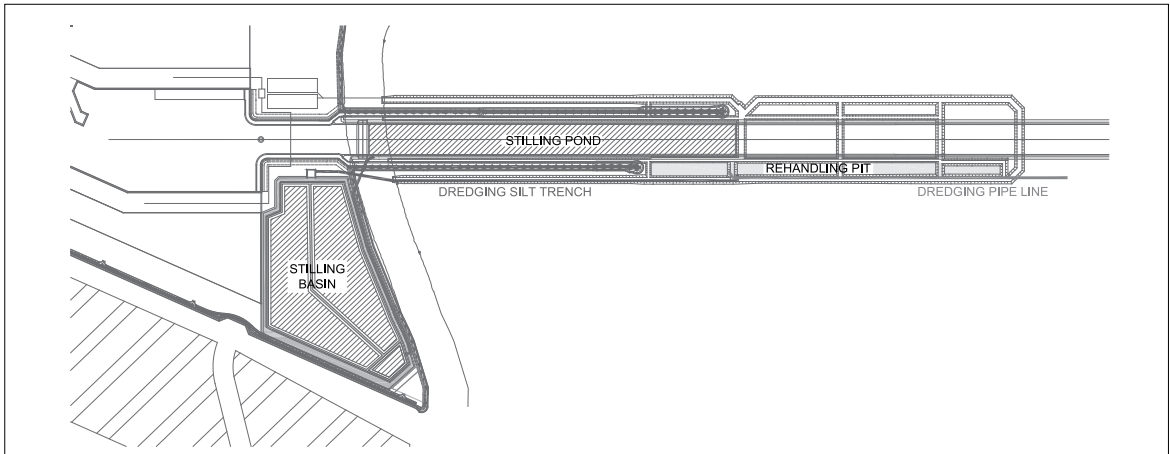


그림 14. 준설 및 침사지 계획 평면도



그림 15. 준설 시스템 전경

Limestone 준설 및 Pump 압송 과정에서 발생한 세립분은 전체 준설량의 최대 약 30%로 예측하였고, 실내 침강시험을 통해 Limestone 세립분(1 micron 이하)의 침강 시간을 고려하여 침사지의 용량을 산정하였다. 그러나 당 현장내 가용한 부지가 협소함에 따라 세립분 처리와 배출수 기준을 만족시키기 위한 최적화된 침사지 설계가 요구되었으며, 육상 굴착이 완료된 진입 항로 (Access Channel)의 일부를 침사지로 사용하는 설계 변경을 통하여 성공적으로 준설을 마무리 하였다.

## 9. 결론

카타르는 2022년 월드컵 개최 및 2030년 국가비전에 따라 향후 지속적으로 공사 발주가 예상되는 지역이나 변화하는 현지 여건을 잘 파악하여 공사 입찰에 참여하여야 한다.

특히 해상 공사의 경우 환경 기준이 엄격하고 환경청 승인이 장기간 소요되므로 공사 준비 단계에서 공기, 관련 비용 및 Risk에 대한 관리가 철저히 필요하다고 판단된다. 또한, 국내에서는 경험이 없는 Limestone준설 및 Dewatering에 대한 시공 사례가 중동지역 유사 공사의 수주 및 수행에 좋은 참고 자료가 될 것이라 생각한다.

마지막으로 사막과 같은 열사의 황무지에서 가족을 떠나 동고 동락하며 프로젝트의 성공적인 완수를 위해 불철주야 노력하신 소장님 이하 모든 현장 가족들의 노고에 박수를 보내고 싶다.