

오만 수리조선소 건설공사 소개



김 창 시

(주)대우건설 토목사업본부
광양항서측배후단지2공구
현장소장

dwchang@dwconst.co.kr



황 은 석

(주)대우건설 토목사업본부
토목기술2팀 과장

marina@dwconst.co.kr



고 부 현

(주)대우건설 토목사업본부
토목기술2팀 과장

koppu@dwconst.co.kr

1. 서 론

오만은 아라비아반도 남동부에 위치한 신밭드의 고향으로 알려진 나라로, 인도양과 페르시아만을 연결하는 요충지이나 우리에게 잘 알려지지 않은 나라이다(그림1). 산맥이 국토의 한가운데를 가로지르고 산에서 발원한 계곡(와디, Wadi)이 해안 방향으로 흐르며, 수도 무스카트(Muscat)를 비롯한 주요 도시들은 북쪽 바닷가에 있다. 오만의 인구는 약 331만 명(2008년)으로 원주민은 아랍인이며, 전체 인구 중 약 30%는 인도 및 파키스탄 등에서 일하러 온 이주민이다.

1970년 12월 17일 제정된 오만의 국기에서 빨강

색은 새로운 오만, 흰색은 평화와 번영, 초록은 이슬람교에 대한 믿음과 식물자원의 풍부함을 나타낸다.

오만은 오랫동안 무역의 중심지로, 한때 포르투갈 왕국에 점령당한 적이 있었으나 1741년에 독립하였다. 1891년 영국에 대한 정치적, 군사적 의존도가 높아져 사실상 피보호국이 되었고, 1951년 영국과 우호통상조약을 체결하면서 완전 독립국이 되었다.

오만의 1인당 GDP는 14,400달러(2006년)이며, 산업별 구성비율은 농업 2.5%, 공업 38.8%, 서비스업 58.7% (2006년)으로 주요 경제 수입원은 석유와 소량의 농산물 및 목축업이다. 경지면적은 약 10만ha인데 기후의 제약으로 50% 이상이 북부 바티나 해안지역에 집중되어 있고, 농업인구는 19만 명이다.



〈그림 1〉 오만 지도

1960년대부터 석유 시추가 성행하여, 1999년에는 전체 수출의 80%를 차지하였으며, 원유 매장량은 47억 배럴(세계 26위), 천연가스 매장량 8,291억³m(세계 28위)이다. 카부스 빈 사이드 알 사이드 국왕이 1970년 집권한 후 유가 하락에 의한 불황에 대비하여 경공업 중심의 산업구조 개편과 육성에 힘쓰고 있으며, 불과 35년 만에 각종 산업인프라라는 물론 관광인프라 구축 등에서 성공적인 인바운드 FDI를 유치하는 등 산업 여건이 하루가 다르게 변모하고 있다. 최근 유가 상승에 힘입어 경제가 연간 14.4% 성장하는 등 최고조 상태라고 할 수 있다.

1992년 4차 5개년 개발계획으로 사회간접자본 확충, 산업공단 조성 및 제조업 육성, 농수산업개발 등 석유 의존에서 탈피하는 경제정책을 추진하였고, 1996년 5차 5개년 개발을 통해 중소기업 육성 등 산업의 다변화 정책, 관광산업 육성, 정부 지출 축소 및 민영화를 통한 재정수지 균형을 추진하고 있다.

2. 오만 두قم(DUQM) 개발 계획

오만 정부는 관광 및 산업단지 개발에 따른 항공 운송 수요 증가에 대응하기 위해 기존 2개 공항의 확장 및 4개의 신규 공항 건설, 1개 공항의 추가 건설 여부를 검토하고 있다. 2012년 완공을 목표로 무스카트 공항, 살랄라 공항 확장사업과 소하르, 두قم, Ras Alhad, Adam 4개 지역의 신공항 건설을 진행하고 있다.

이 중 두قم 지역에 2020년까지 두바이를 뛰어넘는 신도시를 세운다는 계획은 공사 규모가 200억 달러에 달하는 대형 프로젝트로, 황량한 사막인 두قم에 관광해양도시를 건설하는 것이다(그림2). 항만배후부지에 분당보다 넓은 740만평 규모의 부지를 조성하고, 여기에 호텔, 병원, 테마 파크, 골프장 등 각종 위락시설을 조성할 계획이다.

본 고에서는 현재 오만 정부에서 계획중인 두قم 신도시 개발 계획 중 대우건설에서 건설중인 오만수리조선소현장의 Dry Dock 및 안벽 축조공사의 설계 개선 사례 및 시공 개요를 소개하고자 한다.



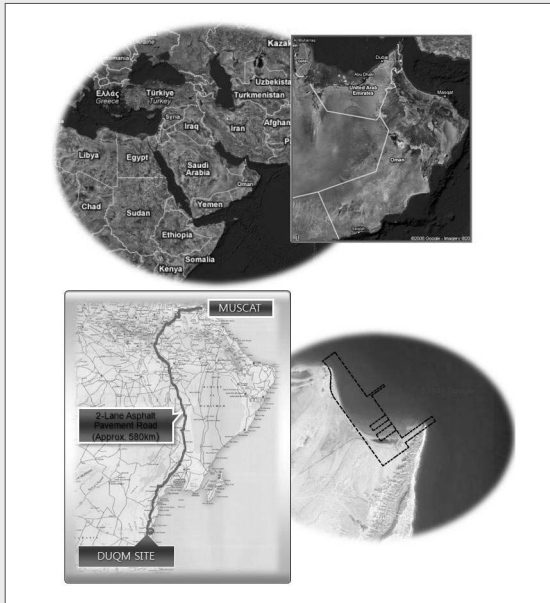
〈그림 2〉 오만 두قم 개발 계획도

3. 사업 개요

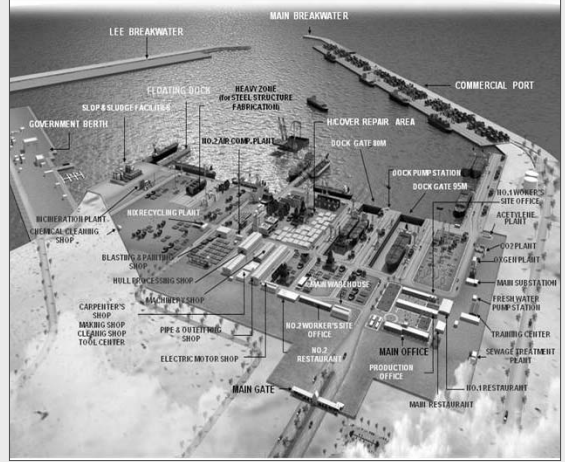
두쿰 지역은 3,000여명의 유목민들이 생활하는 사막 오지로, 오만의 수도인 무스카트에서 약 580km 떨어진 동남쪽 해안에 위치하고 있으며, 오만 중부권 개발의 일환으로 현재 기반조성공사가 진행 중이다(〈그림 3〉, 〈그림 4〉 참조).

3.1 사업 개요

- 공사명 : Construction of Ship Repair Yard and Drydock Complex at Duqm Port
- 발주처 : MONE (Ministry of National Economy) / Oman
- PMC : 대우조선해양 (DSME)
- 재원 : 발주처 재원



〈그림 3〉 현장 위치도

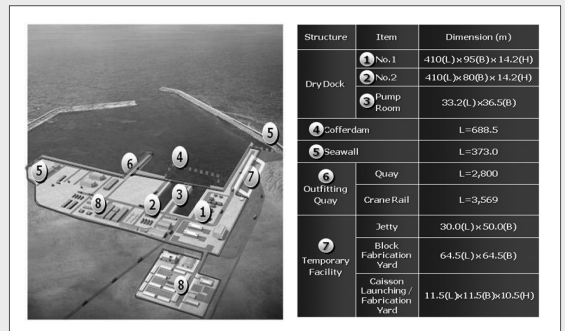


〈그림 4〉 오만 두쿰수리조선소 조감도

- 추정공사비 : USD 4.3억 (토목 USD 3.04억, 건축 USD 1.26억)
- 발주방식 : 국제 공개경쟁 입찰
- 공사기간 : 2008. 6. 8 ~ 2010. 12. 7 (30개월)

3.2 시설 개요(〈그림 5〉 참조)

4. 설계 개선 사례



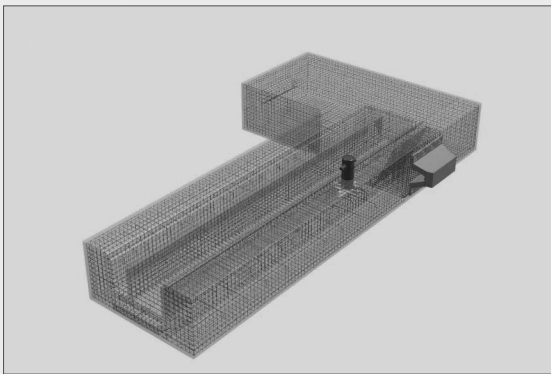
〈그림 5〉 시설 개요

4.1 BIM (Building Information Modeling)

오만수리조선소현장에서는 도면 작성, 상세도면 작성(철근상세도 포함), 수량 산출 기능까지 겸비한 Tool을 실시설계 출발 단계부터 고민하였고, BIM 기반의 패키지 중에서 현장에서 꼭 필요한 철근상세도 작성 기능까지 포함하고 있는 AllPlan을 선정하여 설계를 하였다.

BIM을 이용한 설계의 장점은 복잡한 구조물의 배근도를 3차원으로 쉽게 작성하여 2차원 도면에 비해 시공자의 이해도가 월등히 우수하며(〈그림 6〉 참조), 배근 상세도가 자동으로 작성되며 철근 및 콘크리트 등 수량이 집계된다는 것이다.

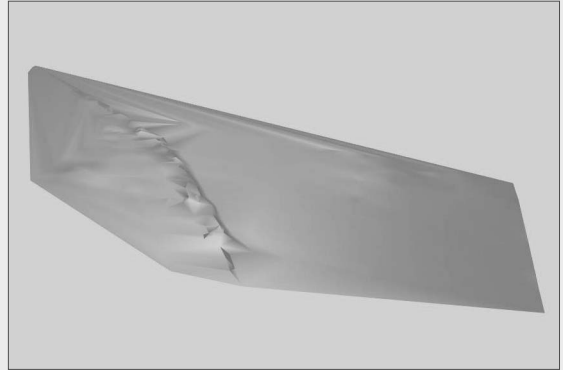
또한 AllPlan DTM(Digital Terrain Module)을 사용하여 Dry Dock, Quay Wall, Western Yard



〈그림 6〉 배근 상세도

Extension 그리고 Solid Waste Area(부지 서측 경계선 바깥으로 폐기물 매립지를 만드는 추가 공사)의 토공 도면 작성 및 토공량을 쉽게 산출하였다(〈그림 7〉 참조).

수리조선소는 토목구조물을 기본으로 선박 수리

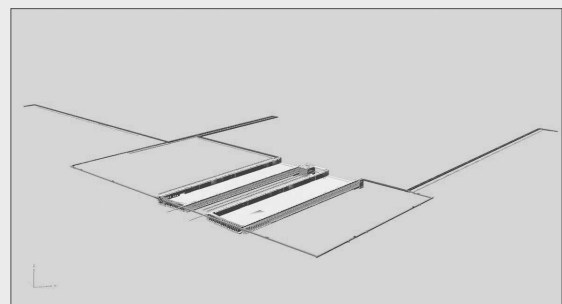


〈그림 7〉 토공량 산정

를 위한 제반 시설 및 수리 후의 폐기물에 대한 처리 시설(환경설비)들이 결합된 시설물이므로, 토목 구조물과 제반 상부 구조물 및 기계, 전기 배관, 배선 사이에 발생하는 구조적인 간섭문제가 발생할 수 있다. 이러한 구조물간의 간섭문제를 원활하게 처리하는지 여부가 프로젝트의 성패를 결정하는 주요 요인이고, 따라서 사전시뮬레이션이 가능한 Tool이 필요하다. 사전시뮬레이션은 3차원 모델링에 의해서 가능하며 AllPlan에 의한 사전시뮬레이션으로 구조물간의 간섭 여부를 검토하였다(〈그림 8〉 참조).

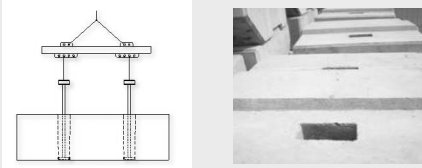
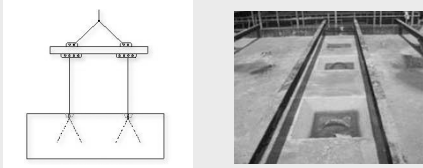
4.2 안벽 블록 Lifting Bar System 개선

먼저 T형 Bar와 오메가형 Wire를 비교하여 적정



〈그림 8〉 구조물 시뮬레이션도

〈표 1〉 T형 Bar와 오메가형 Wire 비교

구분	T형 Bar	오메가형 Wire
개념도		
장점	1) 녹 발생이 없어 환경친화적 2) Wire 등을 매설하지 않으므로 경제적 3) Lifting Point를 최소화(2점식)할 수 있어 효율적	1) 수중 미세작업(정거치 및 수정)이 용이
단점	1) 수중 미세작업(정거치 및 수정)이 어려움 2) 거치 후 Bar가 블록에 걸려서 잘 안 빠짐	1) 매설된 Wire의 부식에 따른 녹 발생 2) Wire의 가공 및 조립이 어려움 3) Wire의 파단에 따른 안전사고 발생 가능성 4) 다점식(4점식)에 따른 인양고리 체결/해체 시간 과다

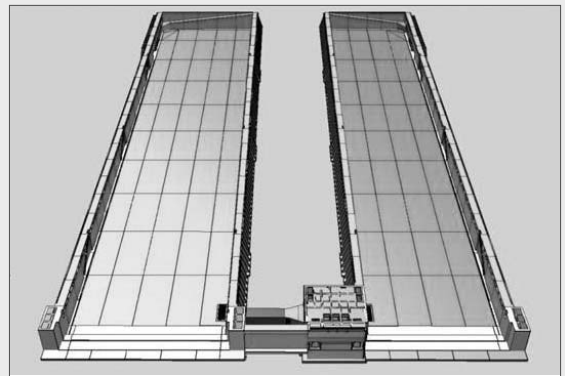
한 안벽 블록의 Lifting System을 선정하였다. 〈표 1〉에서 보는 것처럼 T형 Bar는 환경친화적, 경제적, 효율적이지만 수중에서의 섬세한 작업이 어려우며 Bar를 빼내기 어렵다는 단점이 있다. 오메가형 Wire는 수중작업이 용이하나 녹이 발생하며 가공 및 조립이 어렵고 공정시간이 길어지는 단점이 있다.

T형 Bar는 블록에 Bar를 끼우고 90도 회전을 하여 고정시킨 다음 Lifting 및 이동을 하게 되는데, 90도 회전된 위치를 고정할 수 있는 Stopper를 개선하여 적용하였다. 또 블록의 Hole이 하부의 T형에 맞추어져 있어서 수직방향의 Bar에 비해서는 상당히 커서 블록을 이동할 때 흔들림이 발생하는 문제를 해결하기 위하여 상부와 하부에 Spacer를 넣어 고정시키는 방법으로 변경하였다.

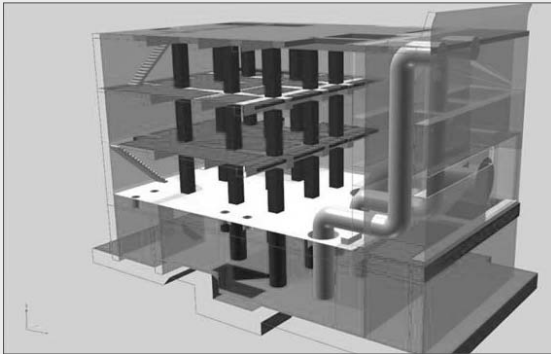
4.3 Dry Dock

오만수리조선소 선박수리용 Dry Dock은 Dock 2

개소와 펌프룸으로 이루어진다. Dock No.1은 길이 410m, 폭 95m, 높이 14.2m로 VLCC급 또는 LNG선을 수리할 수 있는 규모이며, Dock No.2는 길이 410m, 폭 80m, 높이 14.2m로 VLCC급 또는 2척의 PANAMAX급을 수리할 수 있는 규모의 Dock와 Dock 내 배수를 담당하는 길이 33.2m, 폭 36.5m 규



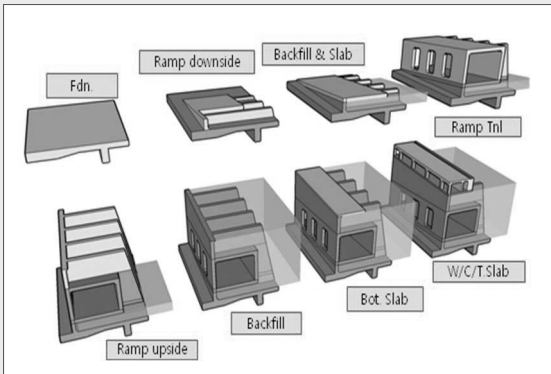
〈그림 9〉 Dry dock 조감도



〈그림 10〉 펌프룸 조감도

모의 펌프룸으로 구성되어 있다(〈그림 9〉, 〈그림 10〉 참조).

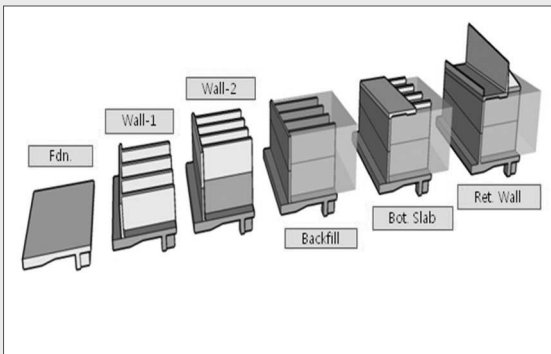
Dry Dock는 Floor, Wall 기초, 부벽식 옹벽, 서비스 갤러리로 구성되어 있다. 기초는 굴착하여 기반 암에 시공하는 것으로 설계하였으며, Dock Floor는 바닥에 유공관을 설치하여 하부 침투수에 의한 양압력을 방지하도록 배수타입으로 설계하였다. 또한 부벽식 옹벽 끝단에 Cutoff Wall을 설치하여 지하수 유입과 전단을 방지하도록 설계 되었다(〈그림 11〉~〈그림 14〉 참조).



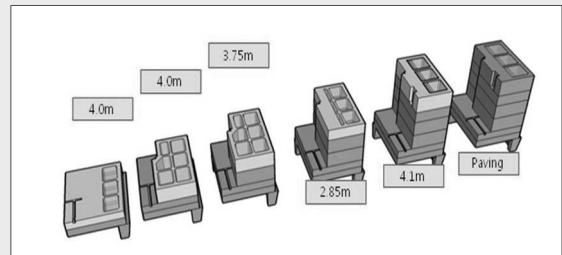
〈그림 11〉 Wall 시공단면도

4.4 의장안벽공

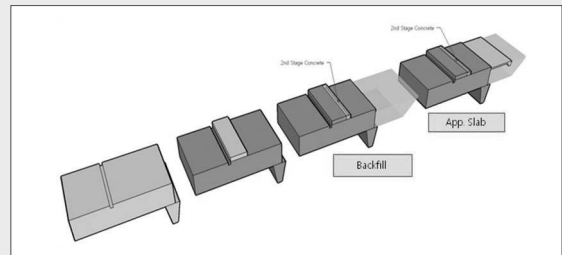
선박의 각종 갑판 기계장치와 배관, 배선, 전기 및 전자 설비 등을 장착하기 위하여 선체를 옆으로 기울게 하도록 만든 안벽을 의장안벽이라 한다. 오만수리조선소 안벽규모는 〈표 2〉와 같다.



〈그림 12〉 Ramp Way 시공단면도



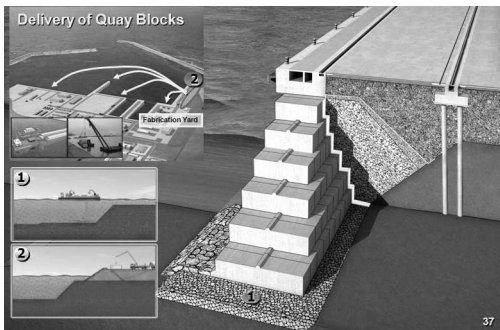
〈그림 13〉 Vertical Sill 시공 단면도



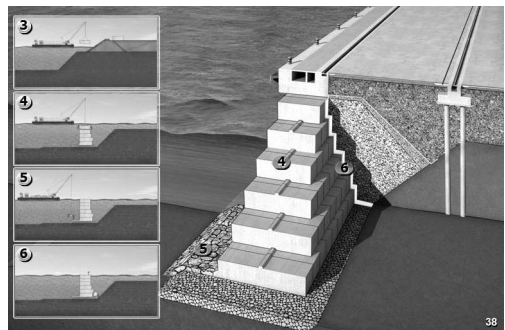
〈그림 14〉 Horizontal Sill 시공 단면도

〈표 2〉 안벽 규모

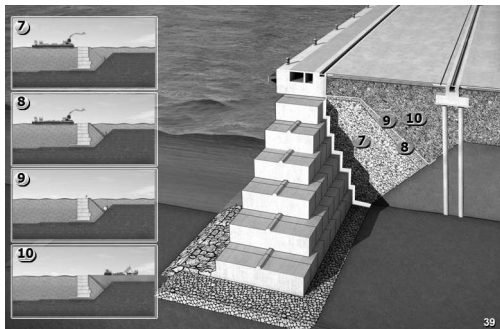
안벽	설계 규모	규격
안벽 No.1	VLCC급	350m×60m
130m 안벽	터그 보트, 도크 게이트, SMALL TANKER(5,000DWT급 이하)	102m×16.8m
안벽 No.2	PANAMAX급	270m×32m
안벽 No.3	CAPE SIZE급	290m×50m
안벽 No.4	PANAMAX급, HANDYMAX급	270m×32m
안벽 No.5	VLCC급	350m×60m



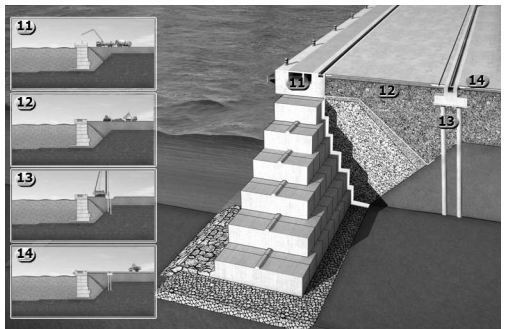
(1) 기초지반 다짐



(2) 블록 설치



(3) 뒷채움



(4) 포장 및 크레인기초 설치

〈그림 15〉 안벽 시공순서도



〈그림 16〉 육상 부분 안벽 시공 사진



〈그림 17〉 Dry Dock 시공 전경

일반적으로 안벽공사는 해상작업을 통해 블록 또는 케이슨을 거치한 후 뒷채움 및 매립하는 순서로 공사가 진행된다. 오만수리조선소의 경우 〈그림 15〉에서 보듯이 주로 해상작업을 통해 안벽을 시공

하지만, Dock와 연결되는 일부 구간은 Dock Cofferdam을 연장 시공하여 차수를 실시하고 굴착한 후 육상에서 Dock와 안벽을 병행 시공함으로써 당초보다 수개월 공기를 단축하여 후속 공정에 필요한 절대공기를 확보할 수 있었다(〈그림16〉 참조).

5. 시공 개요

- 2008.06.08 Cofferdam 토공사 착수
- 2008.06.09 석산 EPP 및 임시 시료 채취 허가
- 2008.07.07 Cofferdam 토공 최종 체결
- 2008.10.23 Cofferdam Sheet Pile 항타 완료 (4,314본)
- 2009.01.22 Quay Block 첫 제작
- 2009.06.23 Dock No.1 첫 바닥 콘크리트 타설
- 2009.07.06 Dock No.2 첫 바닥 콘크리트 타설
- 2009.05.18 해상공사 착수 (안벽 기초사석 투하)
- 2009.08.04 Quay Block 해상 거치 착수
- 2009.10.01 Cofferdam 연장구간 토공 착수
- 2010.02.03 포장 첫 Concrete 타설

오만수리조선소는 2010년 6월에 착공하여 2010년 7월 현재 공정율은 84%이며, 2010년 12월 준공에 맞춰 공사가 순조롭게 진행 중이다.

Dry Dock 경우 도크 내부에 Gate를 제작 중이며, 9월 중에 펌프룸의 시험 가동 및 충수가 이루어질 예정이다(〈그림 17〉 참조).

안벽의 기초 사석 및 블록 거치가 거의 완료되었으며, 현재 상치 블록 및 크레인 기초 시공이 이루어



〈그림 18〉 안벽 시공 전경

지고 있다. 당초 공정계획상 절대공기가 상당히 촉박하였으나, Lifting Bar System 개선 및 안벽의 육상시공 등을 통해 기한 내 공사가 마무리가 가능할 수 있었다(〈그림 18〉 참조). 〈그림 19〉는 오만수리조선소의 전경 사진이다.

6. 결론

중동지역의 새로운 전진기지 오만은 석유의존도를 줄여가며, 빠르게 민영화를 이루면서 잠재력을 키워나가고 있다. 수도 무스카트와 제2의 도시 살랄라 중간 남부 해안도시 두쿰에 ‘제2의 두바이’를 만든다는 장기 플랜을 만들고 그 첫번째 과업으로 수행되고 있는 프로젝트가 두쿰 수리조선소이다. 이는 한국의 대우조선해양과 대우건설이 맡아 수행하고 있으며, 향후 성공적인 프로젝트의 마무리로 석유산업을 대체하고 산업의 다변화를 꾀하는 오만의 움직임에 발맞춰 점차 커져가는 중동의 미개척지 오만에서의 교두보를 확보하는데 큰 역할을 할 것으로 판단된다.



〈그림 19〉 오만수리조선소 전경

참고문헌

- 대우건설, Duqm Shipyard & Dry Dock Complex 기본설계, 실시설계보고서
 대우건설(2009), Duqm Shipyard & Dry Dock Complex 공사지

저자 약력

김창시

- 1987년, 서울대학교 공과대학 토목공학과 공학사
- 1998년, 서울대학교 대학원 토목공학과 공학석사
- 1991년, 동부엔지니어링
- 1996년, (주)대우건설

저자 약력

황은석

- 1998년, 건국대학교 공과대학 토목공학과 공학사
- 2000년, 건국대학교 대학원 토목공학과 공학석사
- 2000년, (주)대우건설

저자 약력

고부현

- 1999년, 충남대학교 공과대학 토목공학과 공학사
- 2001년, 충남대학교 대학원 토목공학과 공학석사
- 2002년, (주)대우건설