

## 블록의 크레인 리프팅 및 탑재 시뮬레이션

이규열, 구남국 (서울대학교), 노명일 (울산대학교)

### 1. 시뮬레이션 개요

#### 1.1 시뮬레이션 필요성 및 목적

최근 대형 조선소에서는 도크의 회전율을 높이기 위해, 선박 또는 해양구조물 블록의 크기가 대형화되는 추세이다. 따라서 실제 생산 및 건조 이전에 시뮬레이션을 통한 공법의 안정성 검증이 중요한 이슈가 되고 있다. 본 시뮬레이션의 목적은 대형 크레인을 이용한 블록 탑재 공법의 안정성을 동역학 시뮬레이션을 통해 검증하는 것이다.

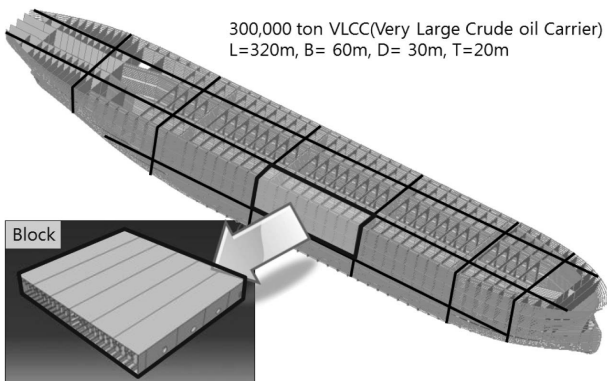


그림 1. VLCC (Very Large Crude Oil Carrier)

대형 유조선의 경우 그림 1에서 보는바와 같이 길이는 약 320m, 폭은 약 60m, 깊이는 약 30m이다. 이러한 대형 선박을 생산할 때에는 선박을 여러 개의 작은 블록으로 나누어 각각의 블록을 먼저 제작한 후, 그림 2와 그림 3에서 보는바와 같이 대형 크레인을 이용하여 블록을 들어 올려(리프팅, Lifting) 도크 내에 블록을 쌓아(탑재, Erection) 건조하는 공법을 사용한다. 탑재 블록의 개수가 적어질수록 도크를 사용하는 시간이 줄어들기 때문에 최근 블록의 크기를 대형화하기 위한 새로운 탑재 공법들이 개발되고 있다. 이에 실제 선박 건조 이전에 시뮬레이션을 통해 공법의 안정성을 검토하는 것이 중요한 이슈가 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 블록의 리프팅 및 탑재 작업의 검증에 도움을 주는 블록의 크레인 리프팅 및 탑재 시뮬레이션 기술에 대한 연구를 수행 중이며 연구 내용의 일부 결과를 간략히 소개하고자 한다.

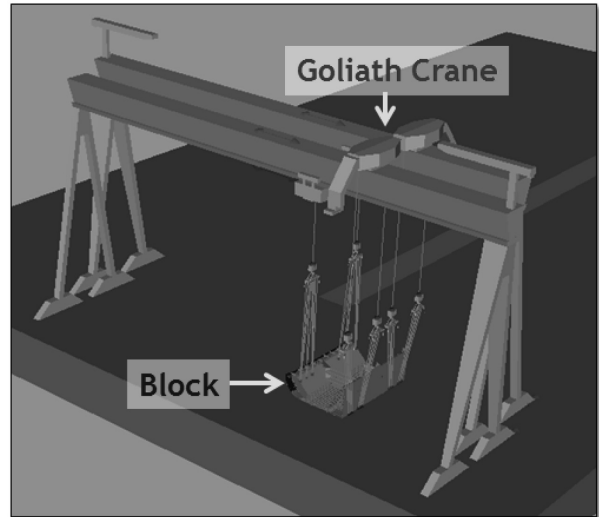


그림 2. 600톤급 골리앗 크레인 2대를 이용한 블록 리프팅 및 탑재 모습

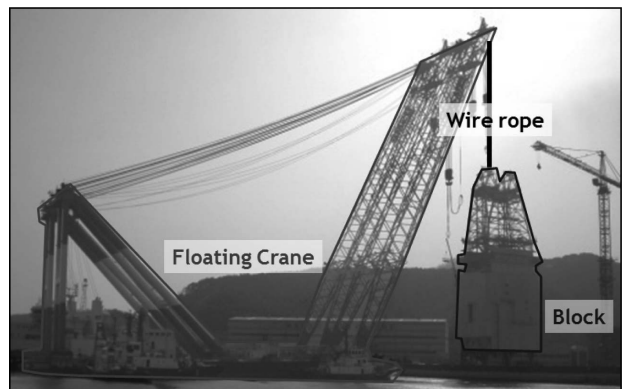


그림 3. 3,600톤급 해상크레인의 블록 리프팅 및 탑재 모습

#### 1.2 국내외 관련 기술 현황

국내에서는 본 응용 시뮬레이션과 관련하여 핵심 기술의 범용적인 형태만을 어느 정도 보유하고 있으며, 이를 조선해양산업에 응용하여 특화시킨 사례는 찾기 힘든 실정이다. 범용 기술로는 조선해양산업의 특수한 목적에 부합하기 어렵기 때문에, 이를 조선해양산업에 특화시킨 기술에 대해서만 언급하고자 한다. 조선소에서는 주로 역학과 관계 없이 사용자의 사용 편의성을 고려한 자동화 시스템 개발에 초점을 맞추고 있으며,

이러한 기술들을 통합하여 복합적인 기능을 수행하지 못하고 있는 실정이다. 한 조선소에서는 MSC사의 범용 다물체계 동역학 해석 소프트웨어인 ADAMS를 사용하여 해상크레인으로 운송하는 중량물 거동 분석을 수행한 바가 있으나, ADAMS는 조선 분야에 특화되지 않은 범용이기 때문에 유체력 등을 고려할 수 없었다. 따라서 해상크레인의 거동을 강제 운동으로 입력하여 시뮬레이션을 수행한 바 있다. 국내 주요 조선소와 일본의 한 조선소에서는 설계 데이터/블록 계측치로부터 블록 자동 배치, 정밀도 정보 공유, 가상 조립 및 탑재를 수행할 수 있는 자동화 시스템을 각 조선소에 맞도록 개발하고 있으나, 이러한 시스템들은 역학을 고려하지 않았기에 신공법의 검토 및 안정성 확보 등을 파악하기 어려운 실정이다. 이에 조선해양 분야에 특화된 외력을 고려하고, 다양한 기능을 유연하게 추가하기 위해서는 조선 전용의 다물체계 동역학 커널이 요구되고 있다. 따라서 조선 전용 다물체계 동역학 커널에 대한 핵심기술 연구를 수행하여 해상크레인으로 인양하는 블록의 동적 거동 분석을 수행하는 것이 필요하다.

## 2. 주요 응용 시뮬레이션

블록의 크레인 리프팅 및 탑재 시뮬레이션이라 함은 건조에 필요한 블록 턴오버(Turn Over) 및 블록 리프팅, 도크(Dock) 내 블록 반목 배치, 해상 탑재 등과 같은 작업의 검증 및 계획에 필요한 기술로 정의되며, 리프팅 시 러그 위치의 검증, 블록의 변형 및 응력 시뮬레이션, 해상 크레인과 플로팅 도크(Floating Dock) 등의 상호 운동 및 블록의 운동 시뮬레이션에 필요한 기술을 의미하고 있다. 이 중 본 원고에서는 선박 및 해양 플랜트 건조에 필요한 블록 리프팅, 탑재 작업의 검증에 도움을 줄 수 있도록 시뮬레이션 프레임워크(Simulation Framework)의 관련 커널 및 컴포넌트들을 구현하고, 이를 기반으로 한 다양한 시뮬레이션 프로그램의 개발에 대하여 소개할 예정이다. 본 응용 시뮬레이션을 통해 대형 크레인 및 해상 크레인을 이용한 블록의 리프팅 및 탑재 작업에서 미리 확인하고 검증하는 사항은 다음과 같다.

- 크레인 및 블록의 거동 해석
- 크레인 및 블록의 간섭
- 블록에 연결된 와이어(Wire Rope)의 장력 변화

이를 위해 본 응용 시뮬레이션에서는 그림 3과 같은 시뮬레이션 프레임워크의 관련 커널 및 컴포넌트들을 구성하였고, 이를 구성하는 각 모듈을 개발 중에 있다. 본 응용 시뮬레이션과

관련된 구성 모듈에 대한 간략한 내용은 다음과 같다.

- 시뮬레이션 엔진 관련: 서로 연결된 여러 물체의 거동을 해석할 수 있는 커널, 충돌을 검사하는 커널, 물체에 작용하는 외력(유체력, 계류력 등)을 계산하는 커널 등으로 구성됨
- 가시화 엔진 관련: 시뮬레이션 가시화
- 분석 엔진 관련: 시뮬레이션 수행 결과를 표나 그래프 형태로 출력
- 데이터베이스 관련: 크레인 및 블록의 정보 저장
- 응용 시스템 관련: 시뮬레이션 프레임워크 구성요소를 이용하여 응용예제에 대한 시뮬레이션을 수행

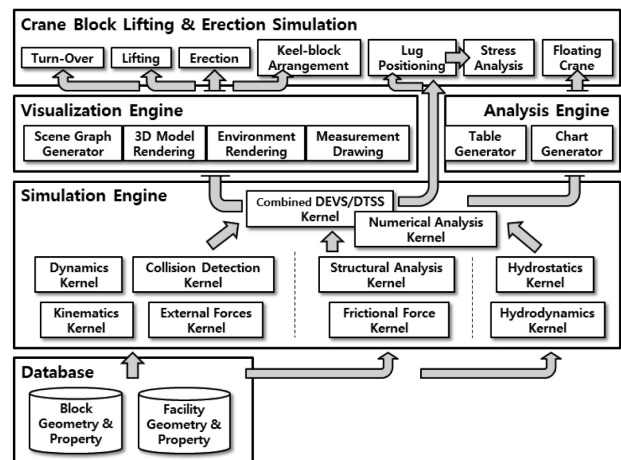


그림 4. 블록 리프팅 및 탑재 시뮬레이션 관련 커널

## 3. 블록의 크레인 리프팅 및 탑재 시뮬레이션의 적용 예

### 3.1 해상 크레인을 이용한 블록 리프팅 시뮬레이션

연구 진행 결과로서 위와 같이 구성한 응용 시스템의 일부 기능을 구현하여 시뮬레이션 테스트 프로그램을 개발하였다. 이를 이용하여 그림5와 같이 해상크레인을 이용한 블록 리프팅 시뮬레이션을 수행 하였으며, 해상크레인 및 블록의 거동 해석 및 와이어 로프에 걸리는 장력을 계산하였다. 본 시뮬레이션 예를 통해, 본 연구에서 개발된 응용 시스템의 프로그램이 블록의 리프팅 시뮬레이션을 효과적으로 수행할 수 있음을 검증 하였다.

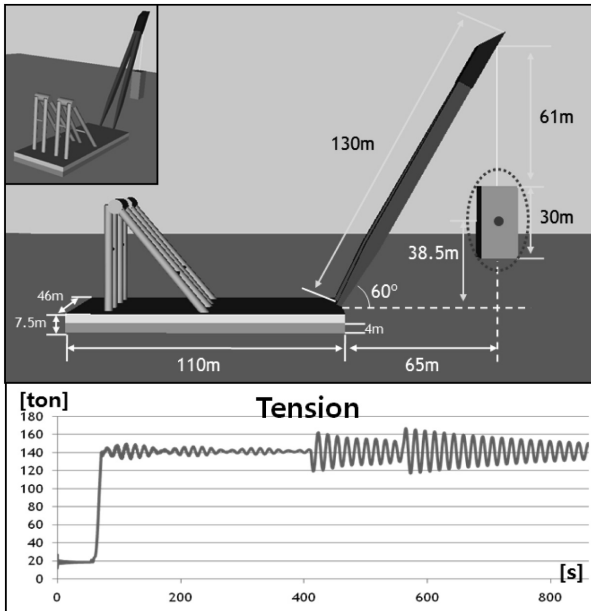


그림 5. 해상크레인 블록 리프팅 시뮬레이션 - 장력 계산

### 3.2 블록 탑재 시뮬레이션

응용 시스템의 다른 프로그램으로, 블록의 탑재 시뮬레이션과 턴 오버(turn-over) 시뮬레이션에 적용해 보았으며 그 결과에 대해 간략히 소개하도록 한다. 본 시뮬레이션은 해상 크레인을 이용하여 블록 1을 들어 올리고, 들어 올린 블록 1을 블록 2 위에 탑재하면서 블록 간에 간섭이 발생하는지를 확인하고, 간섭이 발생한다면 간섭을 일으킨 장비와 위치를 출력하는 것이 그 목적이다.

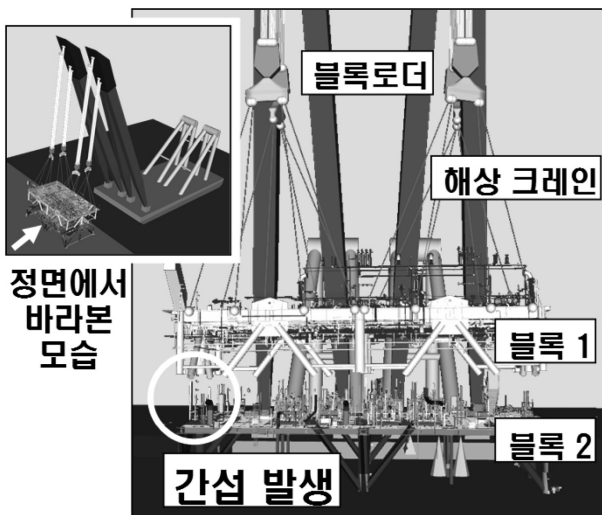


그림 6. 탑재시 두 블록 사이의 간섭을 확인하는 모습

### 해양구조물 블록 탑재 시뮬레이션

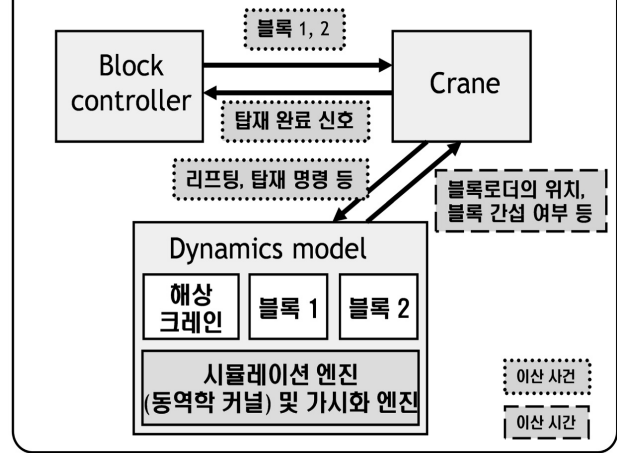


그림 7. 블록 탑재 시뮬레이션 모델의 구조도

블록 1을 블록 2 위에 내려놓는 과정에서 그림 6과 같이 간섭이 발생하였다. 간섭이 발생하면 해당 장비와 그 위치가 출력된다. 본 시뮬레이션 예시에서 간섭이 발생한 장비는 블록 1의 원기둥 형상 지지대와 그 지지대에 사다리와 같이 붙은 장비였다. 이에 실제 작업에서는 탑재가 완료된 이후에 사다리를 지지대에 설치해야 간섭을 피할 수 있을 것이라는 사실을 알 수 있다. 본 시뮬레이션 결과를 통해서 시뮬레이션 엔진 내 충돌 검사 커널(collision detection kernel)이 간섭 검사를 수행하여 간섭이 발생하는 장비와 그 위치를 출력할 수 있다는 것을 확인하였다. 실제와 유사한 정확한 블록 형상 모델이 입력된다면 시뮬레이션 결과도 실제와 유사하게 나올 것이라고 판단된다.

### 3.3 사용자 인터페이스 개발

그림 4에서 소개한 커널들 외에 GUI를 개발하고, 이를 이용해 커널들을 통합하여 응용 시스템 프로그램의 시제품(prototype)을 개발할 예정이다. 그림 8은 본 연구에서 개발한 프로그램의 시제품으로서 아래와 같이 구성되어 있다.

- 메뉴: 시뮬레이션 대상 물체의 연결관계 및 속성을 입력할 수 있음
- 모델 트리/속성 창: 각 물체의 연결 관계 및 속성을 표시해 줌
- 시나리오: 블록의 리프팅, 탑재 작업의 순서를 입력할 수 있음
- 시뮬레이션 가시화: 시뮬레이션 가시화

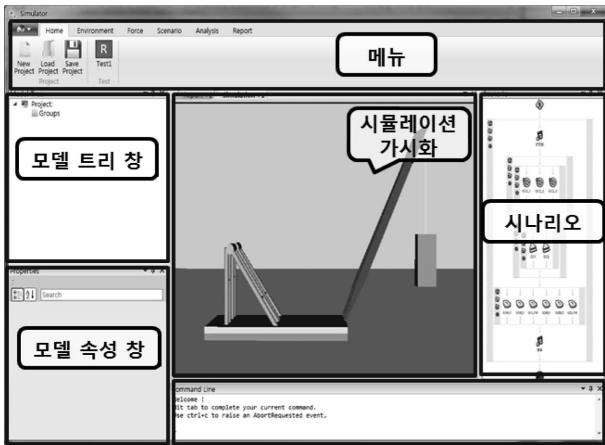


그림 8. 응용 시스템의 사용자 인터페이스 개발

## 4. 결론 및 기대 효과

본 응용 분야에서는 블록의 크레인 리프팅 및 탑재 시뮬레이션을 목적으로 하여 시뮬레이션 프레임워크의 관련 커널 및 컴포넌트들을 구현하고, 이의 효용성을 검증하기 위해 이를 블록의 탑재 시뮬레이션과 턴오버(turn-over) 시뮬레이션에 적용해 보았다. 시뮬레이션 결과, 실제 작업에서 발생할 수 있는 간섭 문제를 사전에 확인할 수 있었으며, 러그에 작용하는 반력을 계산하여 러그의 허용 반력에 대해 검토를 해 볼 수 있었다. 향후 보다 다양한 예제에 대해 본 응용 시뮬레이션 분야에 적용할 예정이고, 시뮬레이션 결과에 대해 실제 데이터와 검증(validation)을 수행할 계획이다. 이상과 같은 블록의 크레인 리프팅 및 탑재 시뮬레이션 기술이 현업에 성공적으로 적용될 수 있다면 실제 작업 수행 이전에 해당 작업의 타당성을 검토하는데 큰 도움을 줄 수 있으리라 예상된다.

## 참고 문헌

- 차주환, 노명일, 이규열, “범용 동역학 모듈과 가시화 모듈을 이용한 조선 블록 탑재 시뮬레이션”, 한국CAD/CAM학회 논문집, 14권, 2호, 2009.
- 함승호, 차주환, 이규열, “다물체계 동역학의 위상 관계 모델링

기법을 적용한 해상 크레인의 리프팅 시뮬레이션”, 한국 CAD/CAM학회 논문집, 14권, 4호, 2009.

- TOKAMOK, <http://www.tokamakphysics.com/>
- 구남국, 차주환, 권정환, 이규열, “해상 크레인에 의해 인양되는 중량물의 거동 감쇠를 위한 Tagline 제어 시스템”, 대한조선학회 논문집, 제 45권, 제 5호, pp. 527-535, 2009, 10.

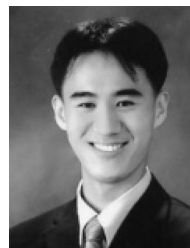
## 후기

본 원고는 지식경제부 산업융합원천기술개발사업(IT융합, 10035331, 시뮬레이션 기반의 선박 및 해양플랜트 생산기술 개발)으로 지원됨.



이 규 열

- 1946년생
- 1982년 독일 Technical University of Hannover 박사
- 현 재 : 서울대학교 조선해양공학과 교수
- 관심분야 : 전산 선박 설계, 조선 해양 시스템 설계
- 연 락 처 : 02-880-8378
- E-mail : dkylee@snu.ac.kr



구 남 국

- 1980년생
- 현 재 : 서울대학교 조선해양공학과 박사과정
- 관심분야 : 다물체계 동역학, 용접/전처리 로봇
- 연 락 처 : 02-880-8378
- E-mail : knk80@snu.ac.kr



노 명 일

- 1974년생
- 2005년 서울대학교 조선해양공학과 박사
- 현 재 : 울산대학교 조선해양공학부 교수
- 관심분야 : 전산선박설계, 시뮬레이션, 최적설계
- 연 락 처 : 052-259-2165
- E-mail : miroh@ulsan.ac.kr