

교육용 해양플랜트 Rig 굴착 시뮬레이션 구현

박주용¹ · 조효제^{1*} · 이지훈¹ · 임영진¹

The Implementation of Drilling Simulation for Offshore Rig Education

Ju-Yong Park · Hyo-Jae Jo · Jee-Hoon Lee · Young-Jin Lim

ABSTRACT

The purpose of this study is 3 dimensional modeling of lower part of drilling system in offshore rig and simulation of drilling process. Recently, shipbuilding companies have been focusing on offshore rigs due to their high added-value and the reduced demand of new shipbuilding. In most cases, however, the basic design, installation and management of offshore rig are carried out by foreign companies. Therefore, it is difficult to obtain the knowledge and information of drilling system. In this study drilling devices, BOP(Blowout Preventor) and cementing job and mud circulation related components are included as the main components of offshore rig. The structure and function of them were analyzed from a viewpoint of object-oriented technique. On the basis of this analysis they were modeled in the 3 dimensional structure with 3D software tool such as CATIA and 3DVIA Composer. The drilling process was simulated according to the scenario of drilling operation. This simulation system can be effectively used for an educational tool for students and engineers in ocean plant industries.

Key words : Offshore rig, Drilling system, Simulation, 3D modeling, Object-oriented technique

요 약

본 논문은 해양구조물 rig의 굴착시스템의 하부 부분의 3차원 모델링과 굴착과정의 시뮬레이션에 있다. 최근 조선사들은 높은 부가가치성과 신조의 감소로 인해 해양구조물 rig에 관심이 집중되고 있다. 그러나 대부분의 경우 해양구조물 rig의 기본 설계, 설치 및 운영은 외국회사들이 수행하고 있다. 따라서 굴착에 대한 지식과 정보를 얻기가 쉽지 않다. 본 논문에서는 해양구조물 rig의 핵심장비로 굴착장비, 폭발방지장치인 BOP, 시멘트 작업 및 머드 순환 장치 관련 장비들을 포함하였다. 이들의 구조와 기능은 객체지향기술 관점에서 분석하였다. 이 분석에 기초하여 3차원 소프트웨어 도구인 CATIA와 3DVIA Composer를 이용하여 이 장비들을 모델링하였다. 굴착과정은 굴착작업의 시나리오에 따라 시뮬레이션되었다. 이 시뮬레이션 시스템은 해양플랜트 산업분야의 엔지니어와 학생들에게 교육도구로 유용하게 활용될 수 있다.

주요어 : 해양구조물 rig, 굴착시스템, 시뮬레이션, 3차원 모델링, 객체지향기술

1. 서 론

해양플랜트 rig 산업은 에너지 자원 부분에서 유망한 산업으로 국가에서도 크게 관심을 가지고 집중육성하고 있는 분야이다. 현재 생산되는 대표적인 에너지인 석유는 미래를 생각하여 생산량을 일정하게 유지하고 있지만 인

구증가에 따라 석유수요는 증가하고 있는 현실이다. 따라서 지구 면적의 70%를 차지하는 해양에서 에너지 자원을 찾게 되었다. 초기에는 기술의 부족으로 해안선에서 200m 내를 지칭하는 대륙붕에서 주로 시추가 시도되었다. 채산성 문제로 경제성이 없다고 평가되던 심해의 유전은 석유의 가격상승과 기술의 발전으로 개발이 요구된다. 이에 따라 해저 3000m 이상에서 시추를 시도하는 개념의 선박 또는 부유체가 개발이 필요하게 되었고 해양플랜트 rig 산업은 새로운 국면을 맞이하게 되었다. 이로써 드릴쉽, 반잠수식 해양플랜트 rig는 심해에서도 안정적인 시추가 가능한 만큼 수요가 늘어나고 있는 추세이다.

접수일(2010년 11월 24일), 심사일(1차 : 2011년 1월 30일), 게재 확정일(2011년 3월 26일)

¹⁾ 한국해양대학교 조선해양시스템공학부

주 저 자 : 박주용

교신저자 : 조효제

E-mail: hjjo@hhu.ac.kr

우리나라는 뛰어난 조선산업을 바탕으로 해양플랜트 전반에서도 무난한 안착을 할 것으로 예상되었다. 예상과 같이 FPSO, 드릴쉽 반잠수식 시추선 등의 연이은 턴키방식 수주에 성공하였다. 하지만 해양플랜트 rig 산업은 외국의 주요 oil major가 기술을 독점하여 해양플랜트 rig의 주요기능인 굴착에 대한 구성품은 수요가 공급보다 많은 현상을 나타내고 있다. 이러한 상황에서 부유체인 hull 파트는 한국에서 설계, 건조하지만 굴착부분을 담당하는 top side 시스템은 oil major 업체에서 설계, 설치를 담당하여 막대한 이익을 놓치고 있다. 일부 해양플랜트 rig의 설계와 기자재에 대한 국산화 시도가 있지만 아직 미미한 수준이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 관련 업계사람들과 학생들이 해양플랜트 rig의 주요기능인 시추에 대한 과정, 원리, 시추에 필요한 장비 등을 체계적으로 숙지하고 있어야 하고 이 분야에 대한 전문가가 양성될 필요가 있다. 하지만 석유 자원 및 지하자원이 극히 소량인 우리나라에서는 시추에 대한 관심, 교육지원, 관련 산업이 부족한 현실이다.

해양플랜트 rig 시추에 관한 교육은 여러 가지 문제점이 있다. 먼저 시추는 해저면 지하에서 이루어지기 때문에 직접 관측이 불가능할 뿐만 아니라 고압 및 폭발의 위험에 노출되어 있다. 또한 시추에 관련된 기자재 대부분은 매우 고가의 외국 수입품이어서 실물을 가지고 교육하기에 어렵다. 따라서 시뮬레이션을 통한 교육은 이 문제의 해결책이 될 수 있다.

본 연구는 해양플랜트 rig의 시추과정 과정과 장비의 작동원리를 시뮬레이션하고 손쉽게 배포 가능한 형태로 시뮬레이션을 제작함으로써 해양플랜트 rig관련 종사자와 학생들에게 좀 더 효과적으로 관련지식을 교육 할 수 있도록 하는 것이 목표이다.

2. 해양플랜트 Rig의 작업 과정

일반적으로 지상에서 굴착하는 작업 과정과 해양플랜트 rig에서 작업하는 과정은 크게 다르지 않다. 하지만 바닷물의 유동으로 작업할 공간이 쉽게 고정되기 어렵다는 점과 해저의 압력 등의 주변 환경을 고려해야하는 장비 운용에서 조금씩 차이가 있다. 최근에 건조되는 해양플랜트 rig는 위험을 줄이고 시간을 단축하기 위해서 많은 부분이 자동화되고 있다. 하지만 기본적인 작업과정은 변하지 않고 유지되고 있다. 해양플랜트 rig는 다음의 작업과정을 거친다.

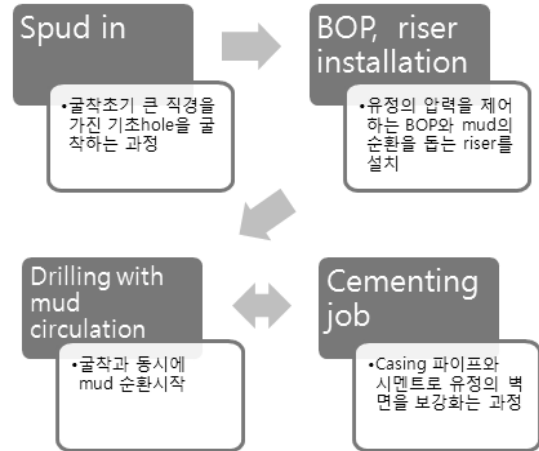


그림 1. 굴착의 과정

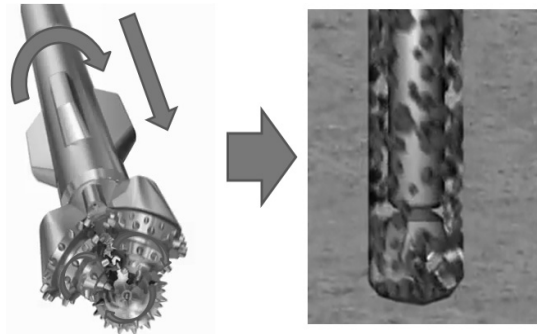


그림 2. 굴착의 개요

해양플랜트 rig에서 가장 핵심적인 기능은 다음 그림과 같은 굴착 기능이다. 굴착을 할 때는 해저 지반의 종류, bit의 종류, 머드의 점도, 압력 등 다양한 요소들이 고려된다.

머드는 점도와 다양한 화학물질로 구성된 유체이다. 머드는 그림 3과 같은 개요로 순환하며 굴착잔여물 제거, bit의 냉각 기능, 유정의 압력유지를 담당한다. 또한 머드의 상태를 검토함으로써 유정아래의 급격한 압력변화나 지반의 변화를 알아낼 수 있어 시추작업의 안전성에도 기여한다. 이와 같이 다양한 기능을 가진 머드의 순환과정 또한 굴착과정에서 중요한 부분을 차지한다.

굴착이 어느 정도 진행되면 지반의 종류가 달라져 머드 순환에 어려움을 겪거나 가스층을 만나는 경우가 생긴다. 이와 같은 상황에 따라 유정을 보강할 필요가 있다. 이때 유정의 벽을 직경이 큰 파이프를 지지하고 파이프와 지반 사이에 시멘트를 주입하여 보강하는 과정이 cementing job이다.

3. 해양플랜트 Rig 교육

3.1 교육의 현황

우리나라 대학의 조선해양학부에서 해양플랜트 rig에 관련된 학부과목은 해양플랜트 전반에 대해 다루거나 해양플랜트의 수중수면에서 거동, 구성되는 재료의 특성 등을 중점적으로 다루고 있다. 때문에 해양플랜트 rig의 구성품의 상호관계, 기능, 배치 등의 실제 설계나 설치에서 중요한 부분은 간과하기 쉽다. 또한 실제 굴착과정 설명은 전무하다고 볼 수 있다. 인터넷에 있는 해양에서의 굴착과 비슷한 지상의 굴착과정을 소개하고 있는 애니메이션이 몇 편 있지만 이는 해양에서의 굴착과 다소 차이가 있어 교육 자료가 부족한 현실이다.

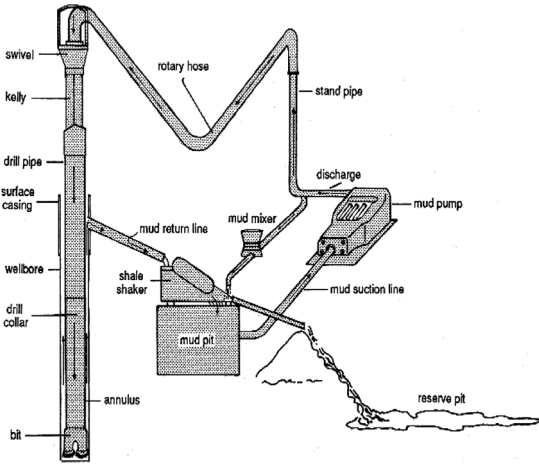


그림 3. 머드 순환의 개요

3.2 기업의 현황

금융위기로 조선업의 불황이 시작되어 해양플랜트 사업은 다양한 대안 중 하나로 떠오른다. 대형조선업체는 해양플랜트 분야에서 많은 수주에 성공하여 드릴십 점유율 세계 1위 등 눈에 띄는 실적을 내었다. 하지만 수주 당시에는 기존실적이 적고 특히 굴착에 대한 기술이 한국에 전혀 없기 때문에 굴착을 담당하는 top side의 설계 및 설치는 외국의 솔루션 업체가 담당하는 것으로 수주하였다. 이러한 수주방식은 전체 매출의 약 50% 정도를 솔루션 업체에 지불해야 함으로 많은 이익을 놓치는 단점이 있다.

또한 해양플랜트 rig는 기업에서는 효율성을 위하여 파트별로 나누어 일을 진행한다. 교육방식도 일대일 전승이 이루어지거나 파트별로 교육이 이루어지기 때문에 관련 종사자들은 해양플랜트 rig 전체를 이해하고 교육 받을 기회는 부족하다.

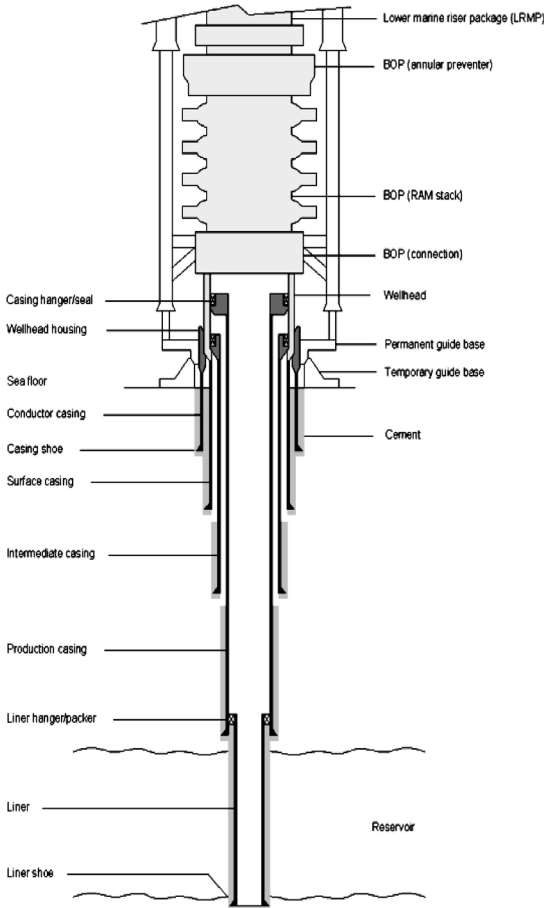


그림 4. Cementing job의 개요

3.3 해양플랜트 Rig 교육과 시뮬레이션

시뮬레이터는 실물 시스템의 형상과 기능을 동일하게 가상환경에서 구현하는 장치로 그 사용목적이 다양하다. 시뮬레이터를 통한 교육은 1930년대 중반 미국의 Edwin A. Link가 고안한 비행 시뮬레이터부터 자동차 성능 설계에 이르기까지 다양한 분야에서 활용되고 있다. 특히, 비행 시뮬레이터의 경우 시뮬레이터에 의해 결정되는 탑승 시간의 일부를 항공 범규상의 비행시간으로 인정하는 수준이어서 시뮬레이터를 통한 교육은 효과가 입증되고 있다.

해양플랜트 rig는 엄청난 건조비용과 고가의 운영비, 굴착시 동반되는 위험성, 시각적 접근의 불가능으로 실물

교육이 매우 어렵기 때문에 시뮬레이터에 의한 교육에 의존할 수밖에 없는 환경이다. 또한 시뮬레이터에 의한 교육은 각 구성부의 기능과 형상 및 구성부 간의 상호 연관성을 시각적으로 설명할 수 있어 매우 효과적인 교육이 가능하다.

3.4 해양플랜트 Rig 시뮬레이션의 현황

외국의 경우 해저시추과정을 묘사한 다양한 애니메이션이 있다. 하지만 이 경우 동영상으로 배포되어 장비의 형상과 기능을 단편적으로만 이해할 수 있고 해양플랜트 rig 관련 업체의 홍보를 목적으로 제작되는 경우가 많아 시추과정의 이해와 다양한 장비의 기능 및 작동 원리를 파악하기에 부족함이 있다.

그나마 이마저도 기술 보안등의 이유로 입수가 어려우며 상용화가 되어 있는 시뮬레이터는 거의 없는 실정으로서 해양플랜트 rig 교육은 해양플랜트 rig 제작 업체에서 제한적으로 이루어지고 있는 형편이다.

4. 해양플랜트 Rig 시추 모델

4.1 시추 모델의 필요성

우리나라는 다양한 용접 자동화 기술과 대단위 블록공법 등 뛰어난 선박 건조 기술을 바탕으로 해양플랜트 rig 건조부분에서도 세계적인 기술력을 가지고 있다. 하지만 실제로 해양플랜트 rig가 실제로 작동하는 원리, 시추할 때 구성품의 유기적인 관계를 숙지하고 있는 전문 인력은 매우 부족하다.

이와 같은 전문 인력 양성을 위해서는 시추과정을 잘 나타낼 수 있는 모델이 필요하다. 하지만 우리나라에서는 국내 제작된 시뮬레이터가 없고 해외에서 수입한다고 해도 유지보수를 해외에 의존해야 하는 상황을 타개하기 위해서는 해양플랜트 rig의 구성품의 작동원리와 시추를 위한 모델이 필요하다.

4.2 시추과정 분석

시추 모델링을 위하여 해양플랜트 rig를 하부에 대해서 구조를 명확히 이해하기 위해서 그림 5와 같이 class diagram을 작성하였고, 시추 과정에 사용되는 객체의 흐름을 그림 6과 같이 작성함으로써 시추과정을 분석하였다.

4.2.1 해양플랜트 Rig 하부의 구조

Drill string은 drill bit와 drill pipe로 구성되어 있다. 상부구조물에서 전달되는 회전력을 drill pipe가 drill bit

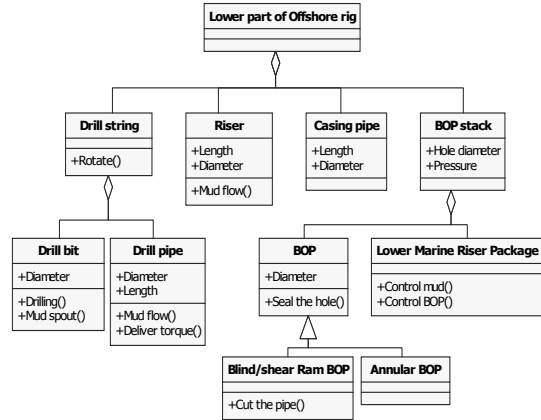


그림 5. Class diagram

로 전달하여 bit는 굴착을 수행하게 된다.

Riser는 머드가 순환할 때 머드가 바닷물에 유실되지 않도록 하고 drill string을 바닷물로부터 보호하는 역할을 수행한다. 또한, riser에는 해저의 장비와 통신, 제어할 수 있는 전선과 BOP의 작동을 제어하는 choke/kill line도 포함된다.

BOP stack은 여러 종류의 BOP(Blow Out Preventer)와 LMRP(Lower Marine Riser Package)를 하나의 시스템으로 구성한 장비이다. 이 장비는 유정의 폐쇄함으로써 유정의 폭발을 차단하며 머드의 비중을 조절하여 차단된 유정을 조절하여 재시추가 가능하도록 하는 역할을 한다.

Casing pipe는 유정을 보강하기 위한 큰 직경의 파이프이다. 비트보다 약간 더 큰 직경으로 이루어져 있다.

4.2.2 해양플랜트 Rig의 동적인 변화

각 시나리오에 대한 시추 모델의 동작 순서와 동적인 변화를 나타내기 위해서 장비 흐름도를 작성하였다.

Drilling process는 시추의 운용과정과 BOP가 작동하는 시나리오를 나타낸 것이다. 머드의 운용과 함께 시추 운용 중 시추 도중 갑작스런 유정의 압력증가나 기상상태의 급변상황에서 해저의 유정과 상부구조물의 빠른 분리를 위한 시나리오를 나타내었다.

Mud circulation은 시추를 수행할 때 머드의 순환과정을 나타낸 것이다. 각 구성품을 지날 때마다 머드의 순환을 위한 기능들이 수행되며 사용된 머드는 유정의 상태에 따라 화학처리나 여과과정을 거쳐 재사용하게 된다.

Cementing job은 유정을 시멘트로 보강하는 과정을 나타낸 것이다. 먼저 시추를 멈추고 drill string을 제거한다. Casing pipe를 유정의 내부에 위치시키며, 이때 centralizer

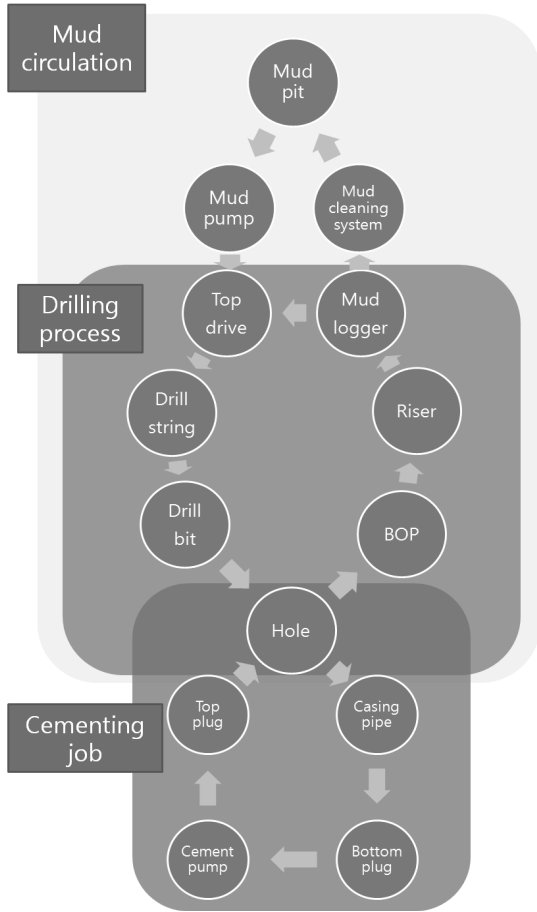
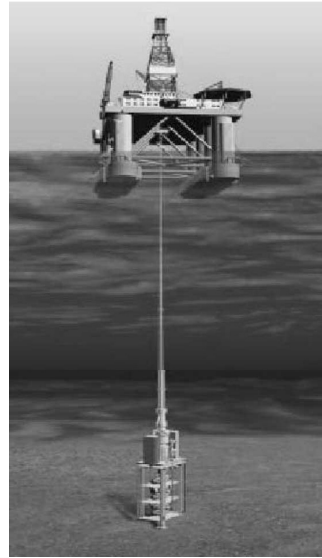


그림 6. 굴착장비의 흐름

라는 장비가 casing pipe에 부착되어 유정의 중앙에 casing pipe가 위치하도록 돕는다. Bottom plug로 casing pipe 내부를 청소하고 시멘트를 넣는다. Top plug가 casing pipe의 내부에 채워진 시멘트를 밀어냄으로써 파이프 주위와 홀의 사이로 시멘트가 채워지는 방식이다.

4.3 해양플랜트 Rig의 모델 배치 선정

해양플랜트 rig 종류 중 하나인 반잠수식 타입(Semi-submersible type)은 수선면적이 작고 형태가 정사각형에 가까워 거친 환경에서도 안정적인 위치제어가 가능하기 때문에 최근 발주가 많이 이루어졌다. 드릴쉽도 많이 발주되고 있지만 본래의 목적인 시추 외에 자항을 위한 장비가 많이 탑재되어 시추를 위한 교육에는 적합하지 않았다. 이를 참고하여 반잠수식 타입을 기준으로 그림 7과 같이 전체 구성품의 배치를 결정하였다.



상부 구조물

하부 구조물

그림 7. 모델의 배치

4.4 모델링/시뮬레이션 툴의 선정

모델링의 용이함과 여러 가지 장비의 추가, 수정, 협업을 생각하여 모델링 툴을 CATIA로 선정하였다.

시뮬레이터 툴은 CATIA에서 모델링한 파일을 손쉽게 변환이 가능하며 시간과 이벤트 변화에 따라 움직임을 나타낼 수 있으며 특정한 상태에 대해 다각도의 시점 변화가 가능한 3DVIA Composer(이하 Composer)를 사용하도록 하였다. Composer는 CATIA파일을 변환, 동기화하는 기능을 내장하고 있어 장비의 추가 및 변경에 적합하다.

5. 해양플랜트 Rig 시추 시뮬레이션

5.1 시뮬레이션 구현 방법

Composer를 이용하여 객체를 이동, 회전, fade out, in을 이용하여 효과적인 설명이 가능하고 cutting plane, 화살표 기능을 이용하여 객체 내부의 작동원리나 흐름을 나타내는 것이 가능하다. 시나리오에 따라 각 구성품의 변화나 내부 작동원리를 나타낼 수 있다.

완성된 시뮬레이션은 Microsoft사의 Power Point에 삽입되거나 독립된 실행파일 형태로 사용할 수 있다.

5.2 해양플랜트 Rig 작업과정 시뮬레이션

해양플랜트 rig가 수행하는 여러 가지 작업 시나리오에 따라 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 8, 9, 10는 각각 drilling process, mud circulation, cementing job의 각 시

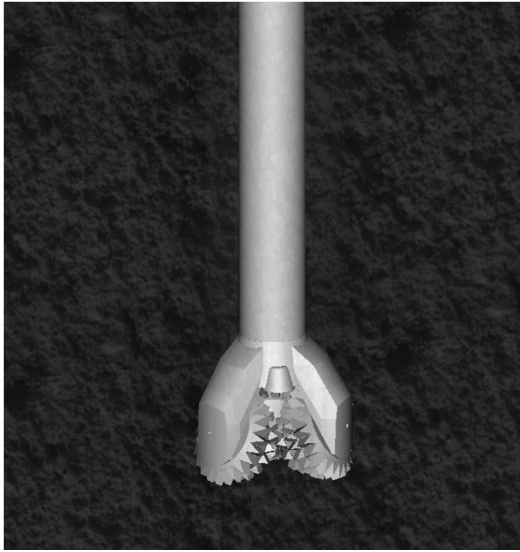


그림 8. Drilling process

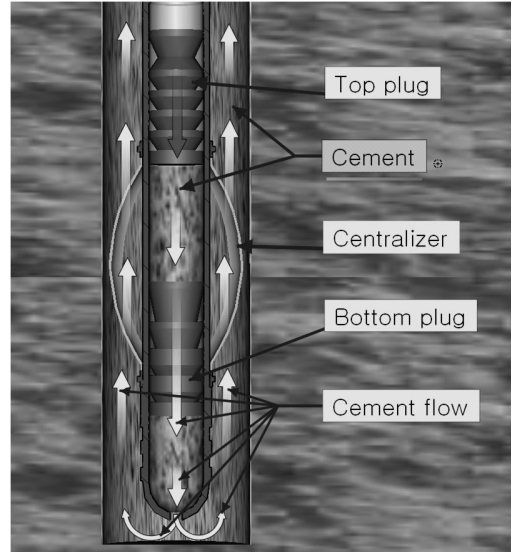


그림 10. Cementing job

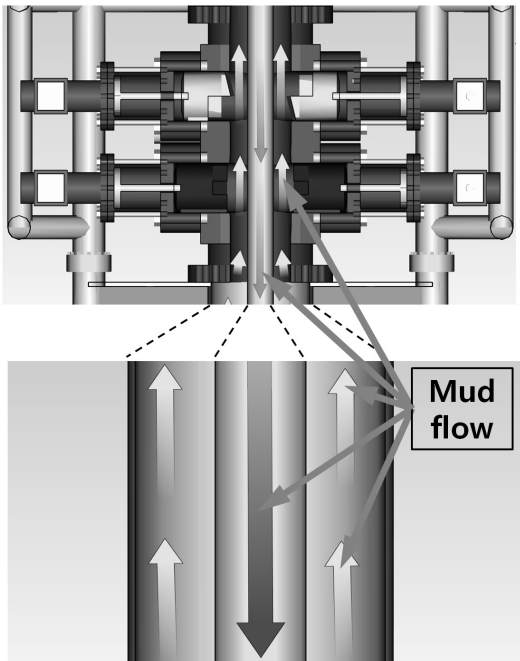


그림 9. Mud circulation

나리오에 따른 시뮬레이션의 한 장면이다. 진행과정 중 자세한 설명이 필요할 경우 시뮬레이션을 멈추고 다양한 각도에서 장비가 어떻게 작동하고 있는지 살펴 볼 수 있다. 시뮬레이션을 따라 교육함으로써 교육이 직관적이고 효과적으로 이루어지게 하는 것이 목적이다.

6. 결론 및 향후 연구 방안

본 연구는 해양플랜트 rig의 시추과정 중 라이저 하부에 대해 장비의 변화와 움직임을 시뮬레이션 함으로써 관련업종의 종사자나 학생들에게 해양플랜트 rig의 시추과정을 효과적으로 교육 자료로 사용하는 것이다.

심해에서 주로 작업하는 해양플랜트 rig 시추과정 특성상 비디오풀을 활용한 시청각 자료를 제작하기 쉽지 않기 때문에 이번 연구에서 제작한 시뮬레이션은 교육적 효과가 기존의 사진이나 교과서보다 클 것으로 예상된다.

시뮬레이션을 바탕으로 기업에서 실황에 맞는 기자재를 국산화를 실행할 수 있다면 매출의 손실을 줄임으로써 이익 또한 높아질 수 있을 것으로 기대된다.

앞으로 시뮬레이션에 대한 세부사항과 하부 구조물에 이어 상부구조물에 대한 모델링과 시뮬레이션이 완성하는 것이 다음의 연구에 이어져야 할 것이다.

후 기

본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인재양성사업의 연구결과입니다

참 고 문 헌

1. 김영주, “해양구조물인 Drilling System의 기술동향”, 기계저널, 48(10), pp. 14-18, 2008년 10월.
2. 박주용, “해양구조물 라이저 하부의 드릴시스템 시뮬레이터 개발 연구 보고서”, 2010년 6월.
3. 최성윤, 채상원, 한영신, 이철기, “교육 훈련용 3차원 항공기 시뮬레이터의 구현”, 한국시뮬레이션학회논문지, 12(3), pp. 1-11, 2003년 6월.
4. 한경숙, 황세훈, “운전자 교육을 위한 PC 기반의 굴삭기 시뮬레이터의 개발”, 한국시뮬레이션학회논문지, 9(1), pp. 83-91, 2000년 3월.
5. 한영신, 전동훈, “반도체 공정 교육을 위한 교육용 컴퓨터 모델 설계 및 구현”, 한국시뮬레이션학회논문지, 18(4), pp. 219-225, 2009년 12월.
6. P. Bommer, A Primer of Oilwell Drilling, 7th Ed., PETEX, pp. 245-272, 2008.
7. A. Mather, Offshore Engineering, 2nd Ed., Witherby, pp. 135-172, 2000.
8. J. Schmuller, Sams Teach Yourself UML in 24 Hours, Sam, pp. 82-102, 1999.



박 주 용 (jypark@hhu.ac.kr)

1979 서울대학교 조선공학과 학사
 1982 서울대학교 조선공학과 석사
 1993 독일 Aachen 공대 용접공학 박사
 1994~현재 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 교수

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, 자동화



조 호 제 (hjjo@hhu.ac.kr)

1980 부산대학교 조선공학과 학사
 1983 부산대학교 조선공학과 석사
 1991 동경대학 선박해양공학 박사
 2006~현재 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 교수

관심분야 : 해양구조물의 표류력 해석, 거동 해석



임 영 진 (youngjin.lim.kr@gmail.com)

2010 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 학사
 2010~현재 한국해양대학교 조선해양시스템공학과 석사 재학 중

관심분야 : 모델링&시뮬레이션



이 지 훈 (mekibos@nate.com)

2009 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 학사
 2011 한국해양대학교 조선해양시스템공학과 석사
 현재 DSME

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, 용접 자동화