

# Skid Launching System을 위한 Floating Dock Controller의 개발

김지훈\* · 이장용\*\* · 박석주†

\*삼성중공업, \*\*나비스콘트롤, 한국해양대학교†

## A Development of Floating Dock Controller for Skid Launching System

Jee-Hun Kim\* · Jang-Yong Lee\*\* · Sok-Chu Park†

\*Samsung Heavy Industry, \*\*Naviscontrol, †Korea Maritime university

**요 약** : 1년 전까지만 해도 조선시황은 한없는 호황을 누릴 것으로 보였다. 그러나 2008년 후반에 찾아온 글로벌 경제의 불황은 바로 해운 시장을 뒤흔들었고 그 여파는 바로 조선 시장에도 한없는 추락을 가져오고 있다. 저자들은 이러한 사태를 예견하여 이미 드라이 도크의 건조에 신중을 기할 것을 주장한 바 있다. 여기에 비하여 Floating Dock는 건조 비용도 덜 들고, 건조 기간도 짧고, 이동성마저 갖추고 있기 때문에 훨씬 더 유연한 도크 건설 방법이 될 수 있다. 그러나 Floating Dock는 대형의 블록을 탑재할 때 갑작스런 중량의 이동으로 인한 중심의 큰 변화로 안정성이 크게 위협 받게 된다. 따라서 안전하게 블록을 탑재하기 위하여서는 아주 고도의 정밀한 발라스트 작업이 수행되어야 한다. 본 연구에서는 육상에서 만들어진 거대 블록을 플로팅도크에 밀어 넣는 Skid Launching System을 위한 플로팅도크 제어 시스템을 완성하여 안정적인 SLS를 구현하고자 한다. 이를 위하여 저자들은 우선 가상의 진수 절차를 만들어 모의 조정하는 시뮬레이터를 개발(Kim et al. 2008)한 바 있다. 본 논문에서는 이 시뮬레이션을 바탕으로 실시간 모니터링하면서 실시간 제어하는 시스템을 만들고 실제 진수에 적용하고자 한다.

**핵심어** : 플로팅도크, 드라이도크, 진수, 스킵드 진수법, 플로팅도크 제어기

**Abstract** : The authors had consisted the construction of shipyard must be investigated under the consideration of long term ship's demand and so the Floating Dock might be an alternative to the dry dock. This paper shows a development of Floating Dock Controller for Skid Launching System(SLS). While loading out a block to the Floating Dock and launching ship from the Floating Dock, the balancing of the ship and the dock is very important and achieved by adjusting the Ballast tank of the Floating Dock. In this paper a Floating Dock Controller for SLS was developed through the on-line interface of VRC(Valve Remote Control), Tank Level & Draft Measuring System and Valve Control algorithm on Tank Plan. The control system developed was applied to a shipbuilding and verified good and stable.

**Key words** : Floating dock, Ship Yard, Loading out, Launching, Skid Launching System(SLS)

## 1. 서 론

1년 전까지만 하여도 중국 경제의 활성화에 힘입어 물동량이 급증하였고, 선박의 요구도 폭발적이었다. 그러나 2008년 후반에 찾아온 글로벌 경제의 추락은 물동량의 급락을 유발하였고, 해운 시장을 얼어붙게 하였으며 곧이어 조선소에도 한파가 몰려오게 되었다. 저자들은 이미 장기적인 수요의 관점에서 드라이 도크의 건조를 검토를 해야한다고 주장한 바 있다.

이러한 때에는 보다 유연한 건조 방법이 훨씬 더 효과적이다. 그래서 여러 조선소에서는 다양한 방법의 조선 기술이 검토되었다. 초기에는 블록을 대형화하여 가능한 한 드라이도크에서의 공정을 짧게 하는 방법으로 해결하기도 하고, 대우중공업에서는 2척의 배를 동시에 진수하여 드라이도크의 효율을 높여서 해결하기도 하였다.

이를 위한 다양한 연구들도 수행되었다. 유전알고리즘을 이용한 탑재와 일정 계획(Lee et al., 1995)을 최적화하는 연구, 초

기 선체 구조 모델을 기반으로 하는 선체 블록의 물량 정보 생성 및 블록 탑재 시뮬레이션(Roh et al., 2006)에 대한 연구, 선박 건조 공정의 미세 통합 일정 관리 체계 구축에 관한 연구(Kim et al., 2007)를 통한 부하 평균화의 유도, 제약 이론을 적용한 선각 건조 공정 모니터링 시스템 개발(Yun et al., 2008)과 시뮬레이션 기반 조선소 레이아웃 설계 프레임 워크 개발(Song et al., 2008)을 통한 설비 확장 문제에 유연하게 대처하는 방안 등 최적의 블록 생산 공정과 탑재를 위한 다양한 노력들이 시도되어 왔다.

그러나 이 방법으로도 수요를 충족시킬 수 없어 대우조선해양과 삼성중공업에서는 블록을 플로팅도크에서 조립하기도 하고, 급기야 현대중공업에서는 육상에서 배를 완전하게 건조하여 바다에 밀어 넣는 방법까지 고안되었다(대우조선해양보도자료, 2006; 한국조선공업협회, 2005; 문화일보, 2006; 문화일보, 2004; 문화일보, 2007). 이러한 방법들은 대형 블록을 플로팅 도크에 밀어 넣거나 진수할 때 중심과 부심이 순간적으로 이동하

\* lbskim@hanmail.net 019-9167-2004

\*\* jeff@naviscontrol.com 011-854-2584

† 교신저자 : 박석주(중심회원), poseidon@hhu.a(c)kr 051) 410-4305

기 때문에 전복의 위험 등 대단히 어려운 문제들을 많이 안고 있다. 조그마한 실수가 커다란 사고로 이어질 수 있고, 이러한 결과는 상상할 수 없는 경제적 손실과 조선소의 신뢰에 막대한 손상을 가져 오게 마련이다. 따라서 매우 정밀한 계산을 통한 시뮬레이션이 선행되어야 하고, 또한 실제 작업이 시뮬레이션 대로 수행되어야 한다.

본 연구에서는 육상에서 만들어진 거대 블록을 플로팅도크에 밀어 넣는 Skid Launching System(SLS)을 위한 플로팅도크 제어 시스템을 완성하여 안정적인 SLS를 구현하고자 한다. 이를 위하여 저자들은 우선 가상의 진수 절차를 만들어 모의 조정하는 시뮬레이터를 개발(Kim et al., 2008)한 바 있다. 본 논문에서는 이를 바탕으로 실시간 모니터링하면서 실시간 제어하는 시스템을 만들고 실제 진수에 적용하고자 한다.

## 2. SLS의 개념과 시뮬레이터

플로팅도크의 수요가 증가하면서 각 조선소의 지리적 또는 운영면적 특성에 따라 다양한 방식의 플로팅도크가 설계되었다. 선체를 넣는 방향에 따라 종방향 Side Wall 형과 횡방향 Side Wall 형으로 나뉘는데 종방향 Side Wall 형의 플로팅도크가 주류이다.

이러한 플로팅도크에 여러 가지 탑재 공법을 결합하여 선체를 조립하는데 대표적인 예로는 삼성중공업에서 시행되고 있는 거대블록(Mega Block) 탑재공법과 STX에서 시행되고 있는 SLS공법이 있다. 거대 블록 탑재공법은 지상에서 조립한 5~6개의 거대 블록을 해상 크레인으로 들어 올려 탑재하는 공법이다. SLS 공법은 드라이도크에서 건설할 필요 없이 육상에서 대형선박을 2개 부분으로 나누어 건조하고 Skid Barge(플로팅 도크)에 Load Out한 후 이 둘을 조립하여 플로팅도크를 가라앉혀 진수하는 방법이다. 전자의 방식은 대용량 해상크레인이 필요하고 작업의 지리적 여건 등 제약을 많이 받지만 후자의 방법은 대형 크레인이 필요하지 않을 뿐만 아니라 작업속도가 향상되고 육상 공간을 효율적 사용할 수 있어 많은 조선소에서 선호하는 방법이다.

플로팅 도크에 블록을 탑재하고 플로팅 도크에 물을 넣어 선박을 진수하는 작업은 기존의 드라이 도크에서 선박을 건조하여 진수하는 방식에 비하면 많은 위험을 동반하게 된다. 따라서 작업을 수행하기 전에 모의 작업을 통하여 안정성에 확신을 가질 수 있어야 하고, 이를 토대로 시나리오를 작성하여 시나리오 대로 작업을 진행시켜야 한다.

저자들은 이를 위한 시뮬레이터를 개발하여 신뢰성에 대한 검증은 한 바 있다(Kim et al., 2008). 개발한 시뮬레이터는 홀수 오차 최대 4cm, 탱크 깊이 오차 최대 9cm를 보였고, 급힘 모멘트 오차율 최대 1.35%, 전단력 오차율 최대 0.26%, 처짐 최대 오차 11mm를 보였기 때문에 실제 시스템에 적용하여도 안정성에 문제가 없다는 결론을 내린 바 있다.

## 3. SLS 제어 시스템

플로팅 도크는 드라이 도크와 달리 상자 모형의 선박의 형태를 가진다. 따라서 종강도가 매우 약하고, 거대 블록의 적재 시 커다란 처짐이 생길 수 있다. 그러므로 플로팅 도크의 각종 조건을 파악하고 이들을 정밀하게 제어하는 것은 아주 중요한 작업이다.

플로팅 도크에 선박의 블록을 안전하게 적재하고(Block load out procedure), 플로팅 도크를 가라 앉혀서(Floating dock sinking procedure) 완성된 선박을 안전하게 진수하기 위하여서는 시뮬레이션을 통한 적절한 시나리오를 작성하고, 그것을 토대로 그 과정을 제대로 수행하는 제어 시스템을 만들어야 한다. 실시간 제어 시스템이 제대로 구현되기 위하여서는 현황을 정확히 나타내주는 실시간 모니터링이 우선 구현되어야 하고, 이들을 기록하는 장치를 갖추어야 하며, 또한 위험을 미리 방지하기 위하여 적절한 경고 장치를 설치하여야 한다.

플로팅도크 컨트롤 시스템의 기본 구성은 밸리스트 탱크, 밸브, 펌프, 이들의 구동 장치와 제어 장치 그리고 흡수 감지기로 구성된다. 이것들을 효과적으로 묶어서 제어할 수 있도록 I/O Module과 결합하여 MIP(Multilateral Interoperability Program)라는 지역 정보네트워크통신장치에 모든 정보를 보내고, 이 정보들은 다시 ModBus 프로토콜(컴퓨터간에 정보를 주고받을 때의 통신방법에 대한 규칙과 약속)을 이용한 RS-485 통신을 하여 제어실의 주 컴퓨터인 Control Workstation-I에 보내진다. 이 주 컴퓨터는 각종 정보를 수집하고 Local Unit들을 제어하는 한편 시뮬레이터의 기능을 하는 Workstation-II와도 정보를 주고받는다.

플로팅도크 컨트롤 장치는 Simulation, Monitoring, Control의 3가지 요소가 통합된 환경을 가지면서 각각의 요소가 유기적으로 결합되어 안정적이고 효율적인 최적의 운영 환경을 제공하여야 한다.

Table 1에 제어하고자 하는 플로팅도크의 제원을 보인다.

Table 1 Principal particulars of floating Dock

KIND OF SHIP	15,000TLC Floating Dock
LENGTH(O.A)	200.00m
LENGTH(LBP)	200.00m
BREADTH(OUTSIDE)	49.00m
BREADTH(INSIDE)	39.00m
DEPTH(TOP DECK)	4.00m
DEPTH(SAFETY DECK)	6.30m
DEPTH(TWEEN DECK)	6.30m
DEPTH(PONTOON DECK)	6.30m
DRAFT(MAX)	15.30m
BALLAST CAPACITY	57,100m <sup>3</sup>
LOAD OUT CAPACITY	12,000 ton

### 3.1 실시간 모니터링 장치

플로팅 도크에 블록을 밀어 넣는 Load out 과정과 선박의 진수를 위하여 플로팅 도크를 가라앉히는 Sinking 과정은 중량물이 순간적으로 부가되거나 떨어내어 지기 때문에 플로팅 도크의 중심이 순간적으로 크게 이동할 뿐만 아니고, 흡수와 트림 또한 급격히 변하게 되어 플로팅 도크의 안정성이 크게 위협 받게 된다. 따라서 매 순간의 흡수, 트림, 중심, 부심, 횡경사, 처짐, 전단력, 굽힘 모멘트 등 정보는 물론이고, 각 탱크 높이, 밸리스트 높이, 밸브 상태, 펌프의 상태와 이들의 제어 장치의 정보가 한 눈에 보여 져야 한다. 또한 위험을 알려주는 경보 장치도 구비하여야 한다.

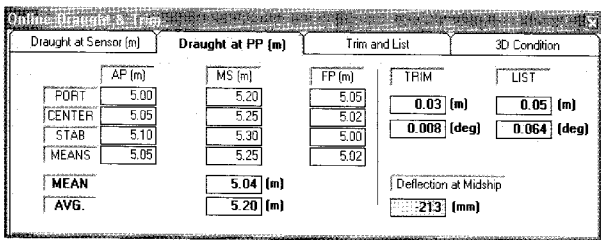


Fig. 1 Display panel for draft, trim and list

Fig. 1은 각종의 감지기로부터 실시간 계측한 흡수, 트림, 횡경사 등의 값들을 보인다.

### 3.2 플로팅 도크의 제어

플로팅 도크의 제어 장치는 개별 제어부(Individual Control Part), 그룹 제어부(Individual Control Part)와 계획된 자동 제어부(Planned Automatic Control Part)의 3 부분으로 구성된다. 이 프로세스의 주목적은 플로팅 도크의 자세를 바르게 유지하기 위하여 밸브를 개폐하고 펌프의 운전, 정지를 제어하여 탱크의 밸리스트를 조절하기 위한 것이다.

개별 제어부는 사용자가 그 때의 상황을 감시하면서 각각의 밸브 및 펌프를 작동 시켜 탱크의 밸리스트의 양을 조절한다. Fig. 2는 개별 작업을 위한 Control Panel의 일부를 보인다.

그룹 제어부는 사용자에게 보다 빠른 작업을 위하여 제공되는 서비스로 밸브나 펌프 개개의 조작이 아닌 탱크와 운전 형태의 선택만으로 해당 밸브, 펌프의 운전을 가능하게 하는 제어 기능이다.

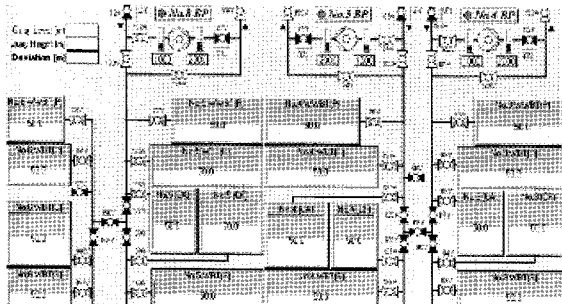


Fig. 2 Individual control panel for valve & pump operation

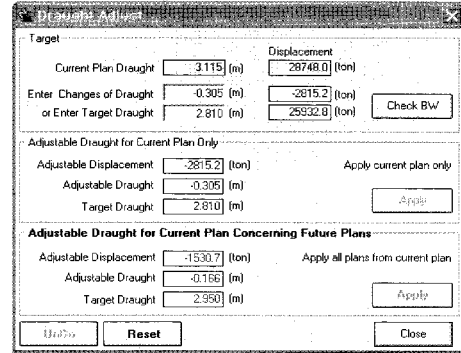


Fig. 3 Draft adjustment for plan correction

계획된 자동제어부는 시뮬레이터에서 밸리스트 계획을 작성하고 이를 바탕으로 자동으로 제어하는 방식이다. 시뮬레이션으로 작성된 시나리오에 따른 일련의 계획(Sequence plan) 및 해당 제어 변수(Control Parameter)에 준하여 제어를 하는 것으로 사용자는 시작, 일시 중지 등의 단순한 명령만 내리고, 대부분의 작업은 자동으로 이루어진다.

실제로 작업을 하다보면 예상과 다른 조수의 변화 등으로 안벽과 플로팅 도크의 높이 차가 생겨 Load Out이 불가능한 상태가 될 수 있다. 이러한 경우에 시뮬레이션을 다시 하여 계획 데이터를 수정한다는 것은 많은 시간을 낭비하게 된다. 이 경우에는 기존의 데이터를 바탕으로 설정한 흡수의 차만큼 배수량을 고려하여 전체적으로 작업 계획을 수정할 필요가 있다. Fig. 3은 계획 수정을 위한 설정 화면이다.

## 4. 실선의 Load out과 진수 작업

구축한 SLS의 제어시스템을 실제 선박의 Load out과 진수 작업에 적용한다. 적용한 실선의 기본 사양은 Table 2와 같다.

Table 2 General particulars of an applied ship

Ship Name	H-1001
LOA(m)	183
LBP(m)	174
Width(m)	32
L/W(Ton)	9666
LCG(m)	-7.839 from Midship
VCG(m)	11.7 from Keel
TCG(m)	0

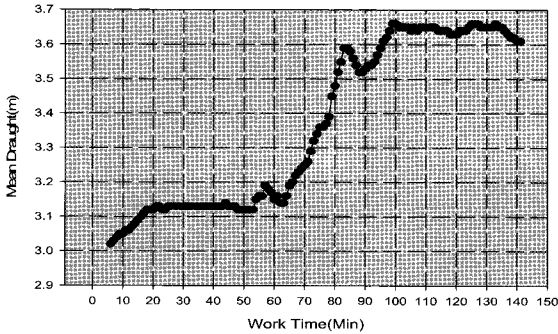
### 4.1 블록의 Load out 작업

Load out은 선미부와 선수부를 밀어 넣는 두 단계로 나누어 진행되는데 선미부를 먼저 밀어 넣고 선수부를 나중에 밀어 넣는다. 여기에서는 선미부를 밀어 넣는 작업에 대하여서만 설명한다. 먼저 시뮬레이터에서 Load out을 20단계(Fig. 4와 5의 (b)에서 case)로 나누어 각 단계별로 밸리스트 계획을 짜고, 각 단계마다의 플로팅 도크의 흡수, 트림, 굽힘 모멘트, 처짐 등에 대

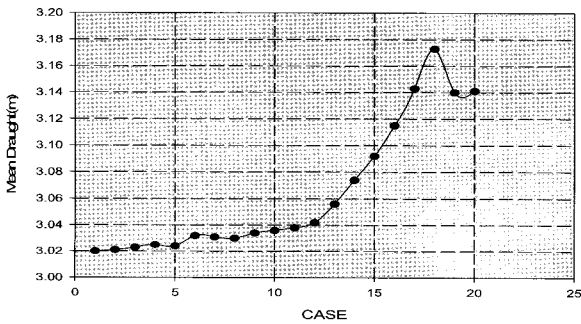
한 모의 계산하여 안정성을 검토하고, 그 결과를 토대로 시나리오를 작성하고 이에 따라 실제 작업에 들어간다.

Fig. 4는 Load out 작업 시의 시간경과에 대한 평균 흘수의 변화를 보이고 있고, Fig. 5는 그 때의 트림 변화를 보이고 있다. 그래프의 (a)는 경험이 많은 숙련자의 감에 의하여 작업한 결과이고, (b)는 작업에 들어가기 전 시뮬레이터의 시뮬레이션 결과를 보이고, (c)는 시뮬레이션 결과를 가지고 실제 작업한 결과를 보인다. 작업은 시뮬레이션 시나리오를 따라 수행하면서 실시간 제어를 하기 때문에 별 무리 없이 진행되었다.

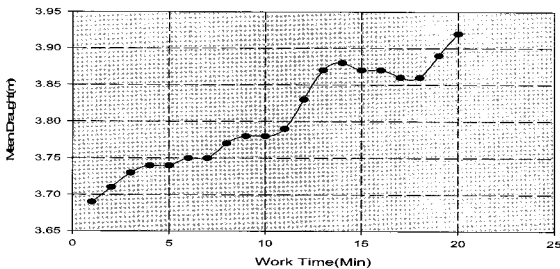
제어의 목표는 작업할 동안 내내 트림의 변화를 주지 않고 배의 안정성을 유지하는 것이다. 숙련자의 경험에 의한 작업 시에는 1.2m의 선수 트림이 생겼음을 알 수 있다. 시뮬레이션에서는 약 ±4cm 정도의 트림을 유지할 수 있었고, 실제 작업에서는 최대 약 선수 트림 26cm 정도가 되었다. 숙련자의 작업보다 트림을 1/4 이상으로 줄일 수 있음을 보여 준다. Picture 1은 load out 시의 모습이다.



(a) Mean draft changes by expert's work

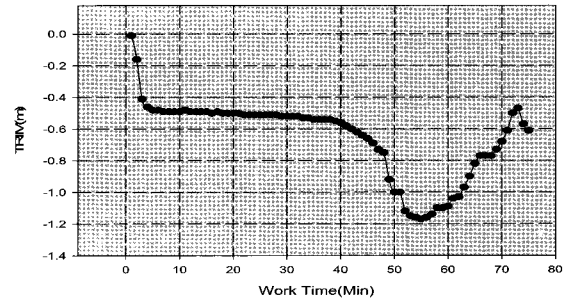


(b) Mean draft changes by simulation

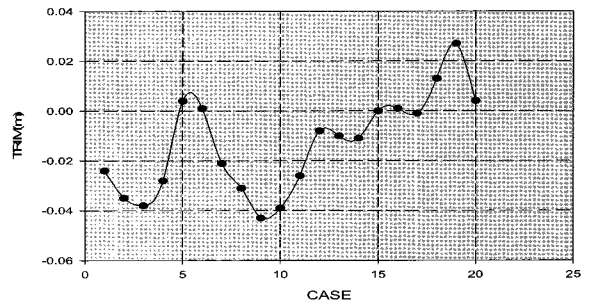


(c) Mean draft changes at real work followed by simulation

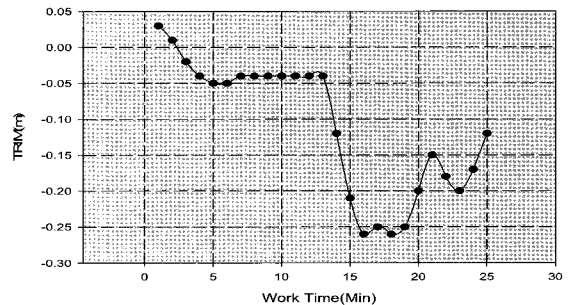
Fig. 4 Mean draft changes during load out procedure



(a) Trim changes by expert's work

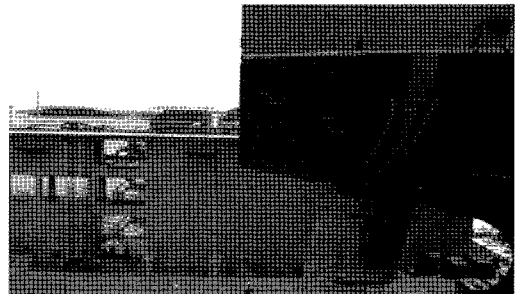


(b) Trim changes by simulation



(c) Trim changes in real work followed by simulation

Fig. 5 Trim changes during load out procedures



Picture 1 Block load out to floating dock

#### 4.2 실선의 진수 작업

블럭의 조립 공정이 마무리 되면 선박의 진수에 들어간다. 진수 작업도 먼저 시뮬레이터를 통한 시뮬레이션이 선행되고 이를 바탕으로 진수 작업에 착수하게 된다. Table 3은 진수를 위한 작업 계획서이다.

폰톤 데크에 물이 넘쳐 올라오기 시작하는 순간 플로팅 도크

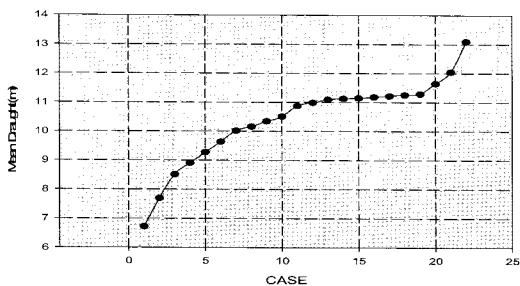
의 TPC(Tons per 1cm immersion: 선박을 1cm 침하시키는 무게)가 급격히 감소되기 때문에 플로팅 도크의 침하 속도가 갑자기 빨라지게 되고 플로팅 도크가 매우 불안정하게 되어 위험한 상황이 발생할 수 있으므로 세심한 진수 계획을 수립하고, 이 절차에 따라 밸리스트의 주입을 아주 천천히 해야 한다.

여기에서는 총 22단계로 나누어 진수 계획을 세워서 그 절차에 따라 진수 작업을 수행하였고, Fig. 6과 Fig. 7에 진수시의 플로팅 도크의 흘수 변화와 트림의 변화를 보인다. (a)는 숙련자의 경험을 토대로 한 작업의 결과를 보이고, (b)는 시뮬레이터의 시뮬레이션을 보이고, (c)는 시뮬레이션 결과를 개발한 제어 시스템이 작업한 결과이다.

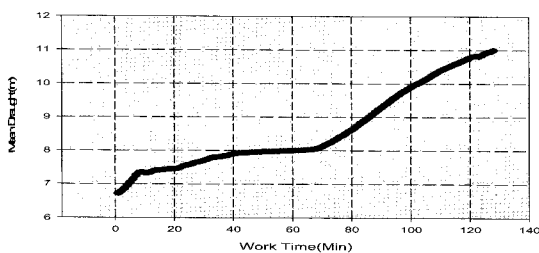
Table 3 Check list for launching procedure

순서	업무	내용	부양 시점
1	주수 전 반목배치	No.1 WBT(P&S)에 해수 주수하기 전 반목 배치 완료	10시간 전
2	주수 전 F/D	주수전 흘수, 트림, BM, SF 등 진수 상태 준비	7시간 전
3	주수 시작	Stripping Line 이용	7시간 전
4	F/D부양 및 이동	F/D Even keel 유지	7시간 전
5	Tugging	진수 위치로 이동	7시간 전
6	F/D진수 상태유지	진수 계획 초기 Condition 유지	1시간 전
7	F/D Sinking	선박이 부양되는 순간 불안정	1~0시간 전
8	Dock Out	선미 방향으로 Dock Out	1시간 후

Load out 때와 마찬가지로 Sinking 시에도 가능하면 플로팅 도크가 트림이 없는 상태를 유지하는 것이 바람직하다. Fig. 7에서 선체가 플로팅 도크에서 선체가 떠오르는 순간 시뮬레이션(a)과 실제 상황(b)이 차이를 보이고 있으나 트림의 크기가 약 -8cm에서 +45cm 정도로 그렇게 크지 않아 별 무리 없이 진행되었다.

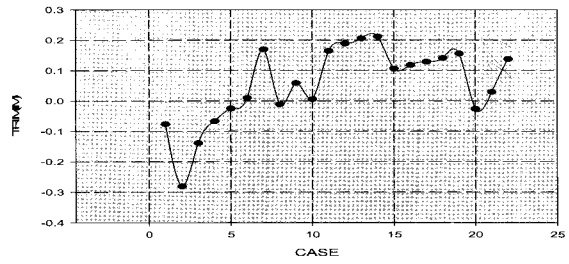


(a) Mean draft changes by simulation

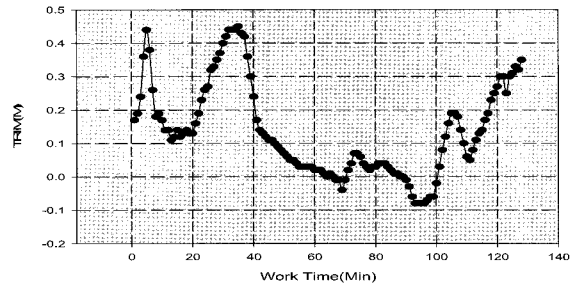


(b) Mean draft changes at real work

Fig. 6 Mean draft changes during sinking procedure



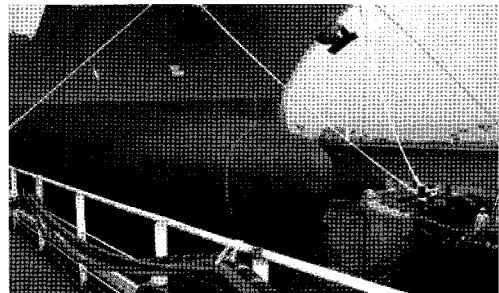
(a) Trim changes by simulation



(b) Trim changes in real work

Fig. 7 Trim changes during sinking procedures

Picture 2는 실제로 플로팅 도크에서 성공적으로 진수되는 모습을 보여준다.



Picture 2 Launching from floating dock.

## 5. 결 론

본 연구에서는 육상에서 만들어진 거대 블록을 플로팅도크에 밀어 넣는 Skid Launching System을 위한 플로팅도크 제어 시스템을 개발하여 안정적인 SLS를 구현하였다. 이를 위하여 저자들은 우선 가상의 진수 절차를 만들어 모의 조정하는 시뮬레이터를 소개한(Kim et al., 2008)한 바 있다.

본 논문의 결론은 다음과 같다.

1. 플로팅 도크 제어 시뮬레이터를 개발하였고, 이를 바탕으로 실시간 모니터링하면서 실시간 제어하는 시스템을 만들어 실제 플로팅 도크에 블록을 내보내고, 또 선박을 실제 진수하는데 적용하였다.
2. 숙련자의 감각에 맡겨졌던 Load out과 Launching 작업과정을 Simulation을 통하여 사전 제시된 밸리스트 계획에 따르면 하는 최적화된 운용 지침을 제시할 수 있었다.
3. 이를 통하여 숙련자보다 4 배 이상의 정확도로 Load out

작업과 Launching 작업을 할 수 있었다.

4. Floating Dock Condition Monitor를 이용함으로써 기존의 작업 인원 5~6명에서 운전자와 기본 설계 감독자 2명으로 줄여 효율적인 운용을 할 수 있었다.

5. Local Unit(Valve, Pump, Sensor)의 상태를 파악하고 Remote Control을 함으로써 통상 2시간 이상 걸리던 작업 시간을 40분 이상 단축하는 등 작업 속도를 향상시켰다.

## 참 고 문 헌

- [1] Kim, J. H, Lee, J. Y., and Park, S. C.(2008), "a Development of Floating Dock Control Simulator for Skid Launching System," Journal of Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 32, No. 1, pp1-7.
- [2] Kim, Y. S. and Lee, D. H.(2007), "a Study on the Construction of Detail Integrated Scheduling System of Ship Building Process," Journal of the Society of Naval architecture, v.44, no.1, pp.48-54.
- [3] Lee, J. W. and Kim, H. J.(1995), "Erection Process Planning & Scheduling using Genetic algorithm," Journal of the Society of Naval architecture, Vol. 32, No. 1, pp. 9-16.
- [4] Roh, M. I. and Lee, K. Y.(2006), "Generation of the Production Material Information of a Building Block and the Simulation of the Block Erection Based on the Initial Hull Structural Model," Journal of the Society of Naval architecture, v.43, no.1, pp.103-118.
- [5] Song, Y. J, Lee, K. K, Lee, D. K, Hwang, I. H, Woo, J. H., and Shin, G. S.(2008), "Development of a Design Framework for Simulation Based Shipyard Layout," Journal of the Society of Naval architecture, v.45, no.2, pp.202-212.
- [6] Yun, H. H, and Sheen, D. H.(2008), "Development of Monitoring System for Hull Construction Processes Using TOC analysis," Journal of the Society of Naval architecture, v.45, no.3, pp.315-321.

---

원고접수일 : 2009년 7월 20일  
심사완료일 : 2009년 8월 27일  
원고채택일 : 2009년 8월 31일