

공학석사 학위논문

*Skid Launching System*을 위한 *Floating Dock Control Application*

Floating Dock Control Application for Skid Launching System(SLS)

지도교수 박 석 주

2007년 2월

한국해양대학교 대학원

해양시스템공학과

김 지 훈

목 차

<i>List of tables</i>	III
<i>List of figures</i>	IV
<i>Abstract</i>	VI
제 1장. 서론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 목적 및 내용	2
제 2장. 시스템의 개요	3
2.1 Floating Dock의 기본개념	3
2.1.1 선체 블록 Load Out 및 진수	4
2.2 Floating Dock Control Application의 기본 개념	6
2.3 시스템 구성도	7
2.3.1 ModBus 프로토콜	8
2.4 Application의 구성도	8
2.5 Floating Dock 제원	9
제 3장. Simulation Process의 구현	11
3.1 기본 알고리즘	11
3.2 Basic Loading Calculation	12
3.2.1 Draft 및 Trim, List	12
3.2.2 Longitudinal Strength	13
3.2.3 Stability	14
3.4 Simulation Mode	15
3.4.1 Load Out Mode	15
3.4.2 Sinking Mode	18
제 4장. Monitoring Process의 구현	21
4.1 기본 구성도	21

4.2 Status Monitoring	21
4.2.1 Tank Contents	21
4.2.2 Draft와 Trim, List	22
4.2.3 Deflection	22
4.2.4 Valve와 Pump Status	24
4.3 Alarm과 Logging	25
제 5장. Control Process의 구현	26
5.1 기본 구성도	26
5.1.1 Individual Control	26
5.1.2 Group Control	27
5.1.3 Planed Automatic Control	29
5.1.3.1 Control을 위한 Plan Correction 기능	30
5.1.3.2 Control의 제약조건	30
제 6장. Application의 적용 및 고찰	32
6.1 Simulation의 계산과 검증	32
6.2 Monitoring의 검증과 고찰	33
6.3 Project Ship Dimension	34
6.4 Load Out Procedure의 결과 고찰	35
6.4.1 숙련자에 의한 Load Out	35
6.4.2 Simulation을 이용한 Load Out	38
6.5 진수를 위한 Sinking Procedure의 결과 고찰	41
제 7 . 결론 및 향후과제	46
참고 문헌	47

List of tables

Table 2.1 Principal Particulars	9
Table 4.1 Draft Sensor Position List	22
Table 4.2 Valve Status Telegram	25
Table 4.3 Pump Status Telegram	25
Table 6.1 Strength Data of NAPA and Simulation	33
Table 6.2 Monitoring and Actual Data	34
Table 6.3 General Particulars	35
Table 6.4 Plan Data for AFT Block Load Out	36
Table 6.5 Plan Data for FORE Block Load Out	39
Table 6.6 Launching Procedure	42
Table 6.7 Plan Data for Launching	43

List of figures

Fig. 2.1 SLS(Skid Launching System) Method	3
Fig. 2.2 Load Out using Rail	4
Fig. 2.3 Load Out using Transporter	4
Fig. 2.4 Fore Block	5
Fig. 2.5 Transporter Setting	5
Fig. 2.6 Basic Concept for Floating Dock Control Application	6
Fig. 2.7 System Configuration	7
Fig. 2.8 Control Workstation PC in BCR	8
Fig. 2.9 Application Configuration	9
Fig. 2.10 General Arrangement	10
Fig. 3.1 Basic Concept for Ballast Plan	11
Fig. 3.2 Strength Curve	14
Fig. 3.3 Stability at Large Angles of Inclination	14
Fig. 3.4 Stability Summary	15
Fig. 3.5 Load Out to Floating Dock	16
Fig. 3.6 Basic Concept for Load Out Mode	17
Fig. 3.7 Ballast Plan for Load Out	18
Fig. 3.8 Basic Flow Chart for Sinking Mode	19
Fig. 3.9 Ballast Plan for Sinking Mode	20
Fig. 3.10 Project Ship Condition in Sinking Mode	20
Fig. 4.1 Basic Configuration for Monitoring Process	21
Fig. 4.2 Draft at Perpendiculars and Trim, List	22

Fig 4.3 Basic Concept for Deflection Calculation	23
Fig 4.4 3D-Deflection Monitoring	24
Fig 4.5 Basic Concept for Local Unit Control	24
Fig 5.1 Basic Configuration for Control Process	26
Fig 5.2 Control Panel for Valve & Pump Operating	27
Fig 5.3 Group Control Panel	27
Fig 5.4 Planned Automatic Control Panel	29
Fig 5.5 Planned Automatic Control	29
Fig 5.6 Draft Adjust for Plan Correction	30
Fig 6.1 Loading Condition for Simulation Verification	32
Fig 6.2 Mean Draft changes during Load Out procedure	37
Fig 6.3 Trim changes during Load Out procedures	38
Fig 6.4 Mean Draft changes during Load Out procedure	40
Fig 6.5 Trim changes during Load Out procedures	41
Fig 6.6 Mean Draft changes during Sinking procedure	44
Fig 6.7 Trim changes during Sinking procedures	45
Fig 6.8 Launching to Floating Dock	45

*Floating Dock Control Application for Skid Launching
System(SLS)*

Jee-Hun, Kim

Division of Ocean Systems Engineering

Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

Since the shipbuilding industry is at its peak to assimilate the large volume of orders in recent years, the Floating Dock has been an alternative to the dry dock which takes a certain period of time to build. Hence the use of Floating Dock is steadily increasing. Since the Skid Launching System(SLS) is used in Floating Dock, the balancing of the ship while launching is important and achieved by adjusting the Ballast tank of the Floating Dock.

Therefore, in this thesis, a Floating Dock Control Algorithm for SLS is developed based on the real-time monitoring of the on-line interface of VRC(Valve Remote Control), Tank Level & Draft Measuring System and Valve Control algorithm on Simulation Tank Plan. In order to verify the developed system, the system was compared with the measured data, and also inspected by NAFA for its reliability.

The control by the developed Floating Dock Control Application is shown to make the SLS reliable and efficient to operate by optimizing the Ballast Plan Data.

제 1 장 서 론

1.1 연구 배경

우리나라가 조선공업 육성정책을 펴나간 결과, 1971년에는 신조선 건조능력이 19만 CGT로 473만 달러의 선박수출실적을 기록하여 수출산업으로서의 발판을 만들었다. 이후 대형 조선소들의 준공과 최고의 품질을 위한 끊임없는 기술개발로 연간 건조실적은 1천만 CGT로 증대 되었고, 신조선 수출도 200억 달러로 대폭 증가함으로써 일본을 제치고 세계 제1위로 뛰어오르게 되었다.

2000년대 이후 중국이 세계 공산품의 제조공장으로 자리 잡음으로써 해상물동량이 크게 증가하였고, 따라서 필요 선박량이 증가하여 조선산업은 호황기에 진입하였다. 그러나 이러한 호황 속에서도 조선소들은 계약된 수주량에 대한 건조도크의 여유가 없어 공급부족 상황으로 전환될 위기에 처해지게 되었다.

기존의 Dry Dock 건조법은 수면 아래에 도크를 만들어 여기에다가 선박을 건조한 후에 갑문을 열어 물을 유입시켜 선박을 진수하는 방법이다. 이 건조법은 지상레벨보다 낮은 곳에 선대(선박 받침)가 있어야만 하고, 대형 크레인이 있어야만 선박을 건조할 수 있다. 따라서 Dry Dock는 부지 확보의 어려움과 설비 금액의 부담 등 여러 가지 제약이 뒤따른다. 그러므로 많은 조선소들은 밀려드는 주문을 소화하기 위해 육상건조, 해상건조, 수중건조 등 새로운 기술을 잇달아 개발하고 있다. 그중 하나로 해상건조방법인 Floating Dock 건조 방법은 경제적이고 빠른 작업속도 등의 장점으로 각광받고 있는 건조 방법이다.

Floating Dock 건조 방법은 크게 Mega Block 탑재공법과 SLS(Skid Launching System)공법으로 나뉜다. 이러한 탑재방법은 매우 정밀한 작업과정을 거쳐야 하는데, 각각의 조선소들은 다양한 Floating Dock 건조 방법에 맞는 효율적이고 안정적인 운용시스템의 개발에 필요성을 느끼게 되었다.

1.2 연구 목적 및 내용

기존의 운용 System은 대부분이 Analog Gauge와 수동제어 방식으로 운용되어 많은 인력이 필요하였고, 작업의 안전성과 효율성이 떨어졌다. 또한 Simulation을 통한 안정성 검토는 Offline 환경에서 이루어졌기 때문에 실시간 적용시 Simulation과 동떨어진 결과를 나타낼 경우 보정작업이 불가능하였다.

따라서 본 논문의 연구목적은 Simulation에 기반을 둔 실시간 Monitoring System과 Remote 제어 방식을 결합하여 통합화된 Floating Dock의 운영 시스템을 구축하는데 있다.

이러한 시스템은 PLC(Programmable Logic Controller)와 같은 정보수집제어장치를 계측센서 및 밸브, 펌프 등을 연동시키는 것을 기본으로 하고 있다. 운용 Application은 정보수집제어장치를 통해 얻어진 데이터를 기초로 하고, 이를 가공하여 Simulation을 하며, 그 자료를 토대로 SLS를 위한 제어와 Monitoring을 하기도 한다. 그리고 제어를 위한 UI(User Interface)는 사용자 환경에 맞게 구현함으로써 간편하게 작동할 수 있게 한다. 그리고 본 연구에 대한 검증을 위하여 Online Monitoring 구현부는 정밀 실측을 하여 비교하고, Simulation의 신뢰성은 NAPA(기본설계 Application)를 이용하여 검증한다.

본 논문의 연구 구성은 다음과 같다. 제 1장 서론에 이어 제 2장에서는 시스템의 개요에 대해 기술하고, 제 3장에서는 Simulation Process의 구현에 대해 설명하며, 제 4장에서는 Monitoring Process의 구현에 대해 제 5장에서는 Control Process의 구현에 대해 설명한다. 또한 제 6장에서는 구현된 Application의 신뢰성 검증과 적용에 따른 결과의 고찰에 대해 서술하며, 마지막으로 제 7장은 결론과 앞으로의 향후 연구방향에 대해서 기술한다.

제 2 장 시스템의 개요

2.1 Floating Dock의 기본 개념

Floating Dock의 수요가 증가하면서 각 조선소의 지리적 또는 운영면적 특성에 따라 다양한 방식의 Floating Dock가 설계되었다. 기본적인 Type은 Pontoon Deck에 선체를 넣은 방향에 따라 종방향 Side Wall과 횡방향 Side Wall 형태를 이룬다. 그러나 가장 보편화된 Type은 종방향 Side Wall Type의 Floating Dock가 주류를 이룬다.

이러한 Floating Dock에 여러 가지 탑재 공법을 결합하여 선체를 조립하는데 대표적인 예로는 삼성중공업에서 시행되고 있는 Mega Block 탑재공법과 STX에서 시행되고 있는 Fig. 2.1과 같은 SLS(Skid Launching System)공법이 있다. Mega Block 탑재공법은 지상에서 조립한 5~6개의 Mega Block을 해상크레인으로 들어 올려 탑재하는 공법이다. 이는 10만 Ton급 유조선을 연간 8척이나 건조할 수 있는 능력을 가지고 있다. SLS(Skid Launching System)공법은 Dry Dock에서 건설할 필요 없이 육상에서 대형선박을 2개 부분으로 나누어 건조하고 Skid Barge(Floating Dock)에 Load Out한 후 이 둘을 조립하여 Floating Dock를 가라앉혀 진수하는 공법이다. 이는 공기단축과 생산성 향상에 크게 기여를 한다. 하지만 전자의 방식은 대용량 해상크레인(3600t급)이 필요하고 작업의 지리적 여건 등 제약을 많이 받지만 후자의 방법은 작업속도의 향상과 육상 공간의 효율적 사용으로 많은 조선소에서 지향하는 방법이다.

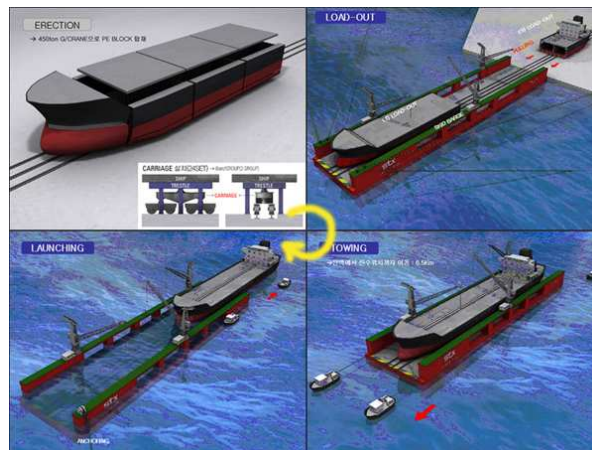


Fig. 2.1 SLS(Skid Launching System) Method

이러한 SLS(Skid Launching System)공법이 보편화된 상황에서 각 조선소들은

선체를 이동시키는 방법을 달리 적용시켜 Floating Dock에 탑재를 시킨다. STX의 경우는 Fig. 2.2와 같이 레일 위에 유압식 대차가 선체를 이동시키는 반면에 SPP 조선소 같은 경우 Fig. 2.3과 같이 Transporter가 선체를 이동시켜 탑재를 한다. 이 논문에서는 Transporter를 이용한 Load Out방식을 기본 Model로 채택하였다.



Fig. 2.2 Load Out using Rail



Fig. 2.3 Load Out using Transporter

2.1.1 선체 블록 Load Out 및 진수

위에서 기본적인 개념을 언급했듯이 Floating Dock를 이용하여 하나의 선박이 완성되기까지는 아래와 같은 기본 공정을 거친다.

1) 선수 및 선미 블록의 건조

육상에서 선수부분과 선미부분으로 나누어 건조한다. (Fig. 2.4)

2) 선미 블록 Load Out을 위한 Transporter Setting 및 반목 배치

육상에서 건조한 선미 블록을 Floating Dock로 이동시키기 위한 Transporter Setting작업(Fig. 2.5)을 하고 블록을 내려놓기 위하여 Floating Dock에 반목을 배치한다.

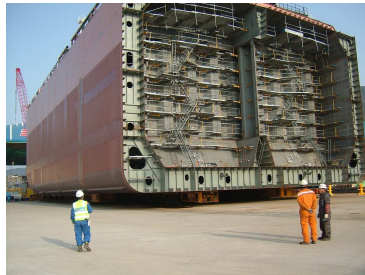


Fig. 2.4 Fore Block

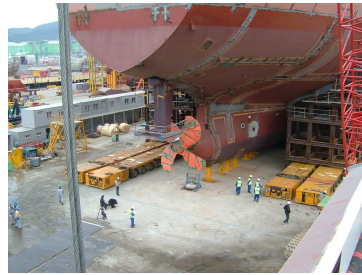


Fig. 2.5 Transporter Setting

3) 선미 및 선수블록 Load Out

Transporter Setting작업이 끝난 후 Floating Dock의 Ballast를 조절하여 블록이 안정적으로 진입할 수 있도록 한다.

4) 선수, 선미 블록의 접합 및 내부 System 공사

선수 블록도 선미와 같은 방법으로 작업을 하고 Floating Dock내에서 두 블록의 결합 작업을 한다. 그리고 시운전을 위한 내부 System 작업도 병행한다.

5) 진수를 위한 수심지역으로 이동

본선의 시운전을 위해 진수 작업을 준비한다. Floating Dock는 본선을 띄울 수 있는 수심지역으로 이동한다.

6) 본선에 Ballast를 주입한다.

본선이 부력을 받아 Floating Dock에서 안정적으로 분리될 수 있도록 본선 Condition에 맞도록 Ballast를 주입한다.

7) 진수 및 Floating

본선이 부력을 받아 선체 밑바닥 부분과 반목이 일정한 간격으로 벌

어지면 본선을 Floating Dock에서 분리시킨다. 분리 후 Floating Dock내 Ballast를 빼내어 Floating Dock를 Floating시킨다.

2.2 Floating Dock Control Application의 기본 개념

Floating Dock는 Dry Dock와 달리 일반선박의 형태를 가진다. 그 형태 또한 Barge Type으로 일반 선박에 비해 중강도가 약할 수밖에 없다. 이러한 약점을 가지고 거대한 선체 블록을 안전하게 탑재하고 건조해야만 한다. 그러므로 Floating Dock의 각 종 Condition을 파악하고 이들을 정밀하게 제어하는 것은 아주 중요한 작업이다. 또한 이러한 작업을 보다 정확하고 효율적으로 하기 위해서는 전문화된 관리 프로그램이 필요하다. 아래 Fig 2.6은 Floating Dock Control Application의 기본 개념을 나타낸 것이다.

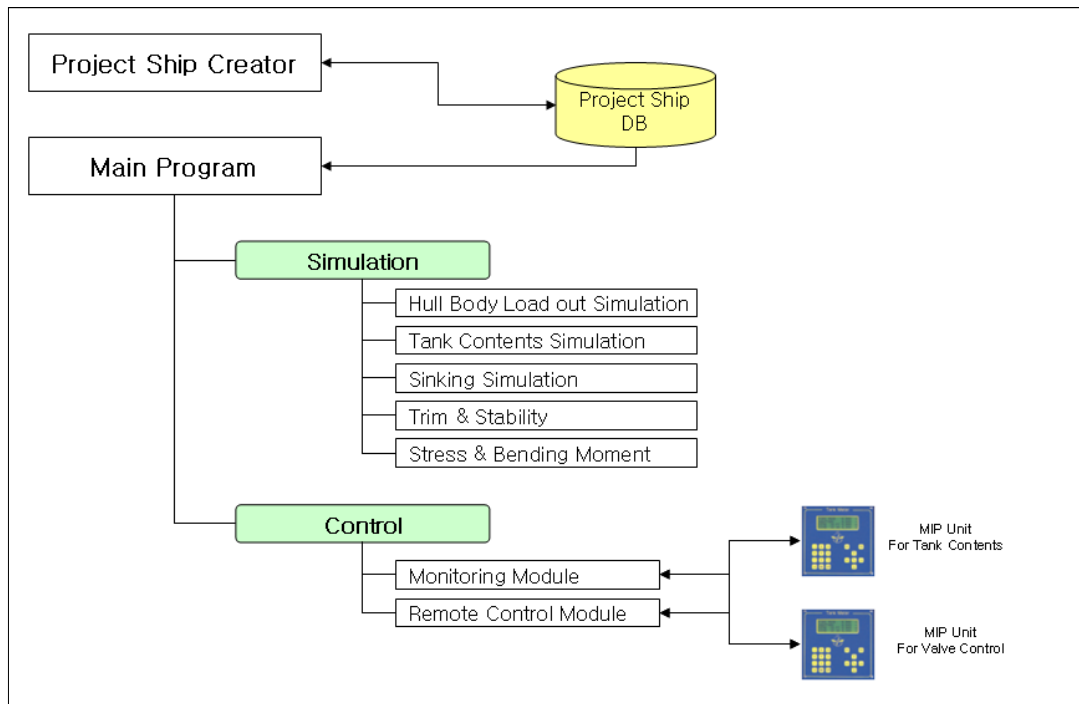


Fig. 2.6 Basic Concept for Floating Dock Control Application

Main Program을 실행하기 전에 Project Ship Creator를 통해 본선에 해당되는 DB를 정의한다. 그러면 Main Program에서는 이 Data를 바탕으로 Simulation을 위한 Data를 계산하고 Remote Control 및 Online Condition을 구현한다.

2.3 시스템의 구성도

Floating Dock Control System의 기본 구성(Fig. 2.7)은 Local부분의 Valve 와 Pump 그리고 Tank와 Draft Level Sensor로 구성된다. 그리고 이것들을 제어할 수 있도록 I/O Module과 결합하여 MIP(Multilateral Interoperability Program)라는 정보네트워크통신장치에 각 각의 Local정보를 Digital 신호로 변환하여 보낸다. 그리고 ModBus 프로토콜을 이용한 RS-485통신을 하여 BCR(Ballast Control Room)의 Control Workstation-I(Fig. 2.8)와 데이터 송수신을 한다. Control Workstation-I는 Master의 기능으로 각종 정보를 수집하고 Local Unit을 제어한다. 반면에 Workstation-II는 Workstation-I와 정보를 주고받음으로써 Simulation으로 기능을 하게 된다.

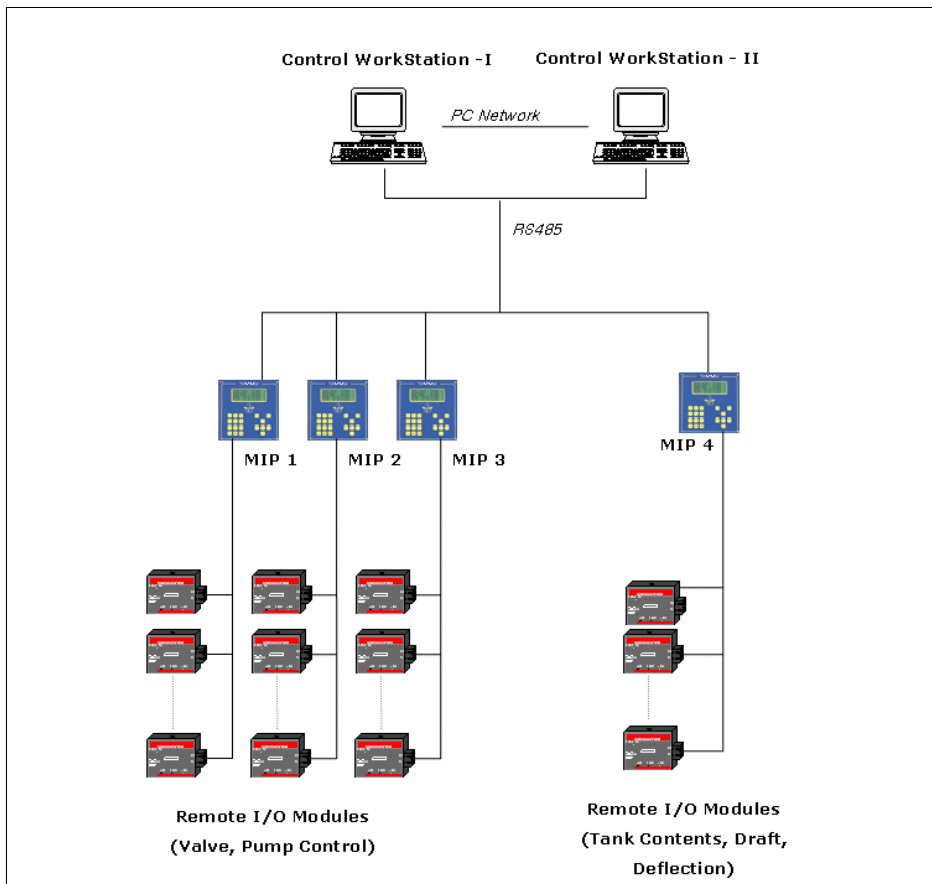


Fig. 2.7 System Configuration



Fig. 2.8 Control Workstation PC in BCR

2.3.1 ModBus 프로토콜

ModBus 프로토콜은 다른 형태의 네트워크 또는 버스들에 연결된 디바이스간의 Client/Server형 통신을 제공하는 OSI(Open System Interconnection)모델의 응용 계층에 해당하는 메시지 전송 프로토콜이다. 이것은 Master와 Slave의 기능을 갖는 2가지 형태의 모듈을 가진다. Master는 RS-232/485/422 또는 TCP/IP 기반에서 제어 디바이스와의 연동 기능을 수행하는 모듈이고, Slave는 제어 디바이스에서 제어 변수의 설정과 모니터링을 위한 메시지 전달 기능을 수행하는 모듈이다.

2.4 Application의 구성도

본 논문의 Floating Dock Control Application은 Simulation, Monitoring, Control의 3가지 요소가 통합된 구성을 가진다. 이 통합된 환경은 각각의 요소가 유기적으로 결합되어 안정적이고 효율적인 최적의 운영 환경을 제공한다. Fig. 2.9는 Application의 구성도이다.

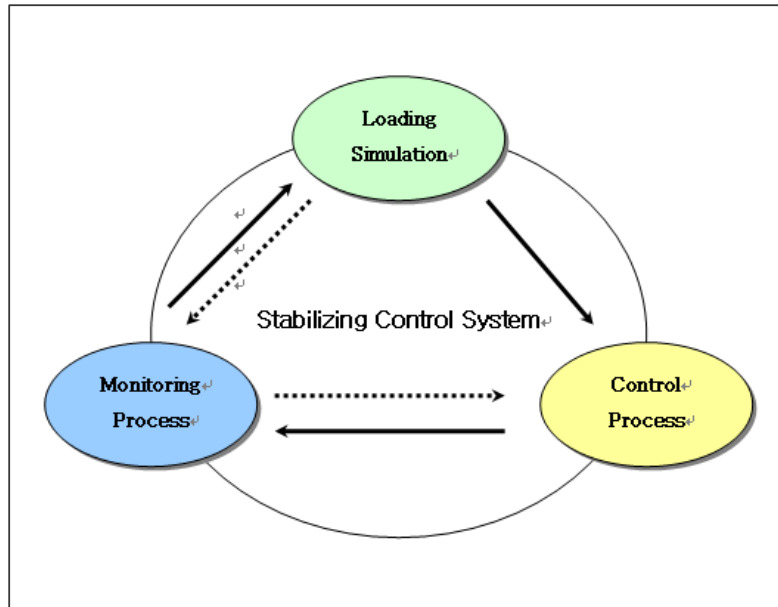


Fig. 2.9 Application Configuration

2.5 Floating Dock 제원

Table. 2,1은 본 논문의 Model인 Floating Dock의 제원을 나타낸 것이고 Fig. 2.10는 G/A를 나타낸 것이다.

KIND OF SHIP	15000TLC FLOATING DOCK
QWNER	SPP SHIPBUILDING CO., LTD.
LENGTH(O.A)	200.00m
LENGTH(B.P)	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 WATER CAPACITY	57100 m^3
LOAD OUT CAPACITY	12000 ton

Table. 2.1 Principal Particulars

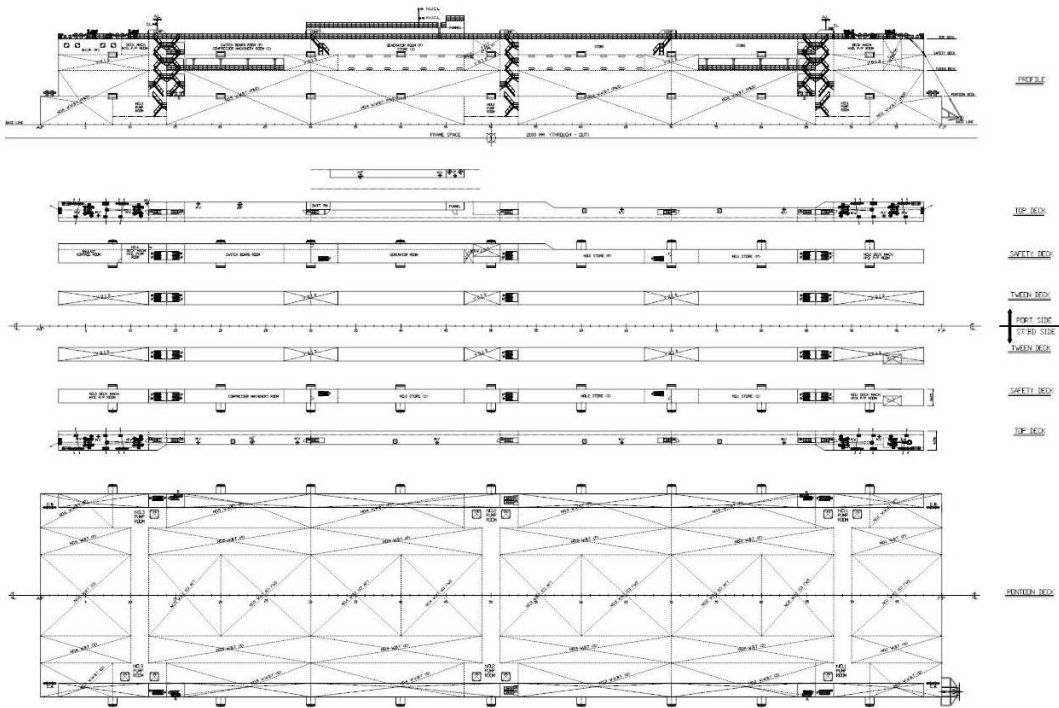


Fig. 2.10 General Arrangement

제 3 장 Simulation Process의 구현

3.1 기본 알고리즘

Simulation의 주 목적은 Floating Dock내 Ballast Plan을 얼마나 효율적이고 안정적으로 계획하느냐에 있다. 따라서 가상적인 Ballast Plan을 짜면서 Draft, Displacement, Shearing Force, Bending Moment, TPC, LCB, LCG 등을 유추할 수 있다. 그리고 진수 시 Floating Dock와 Project Ship 사이의 부력관계를 토대로 Project Ship의 Floating Draft등을 알 수 있다.

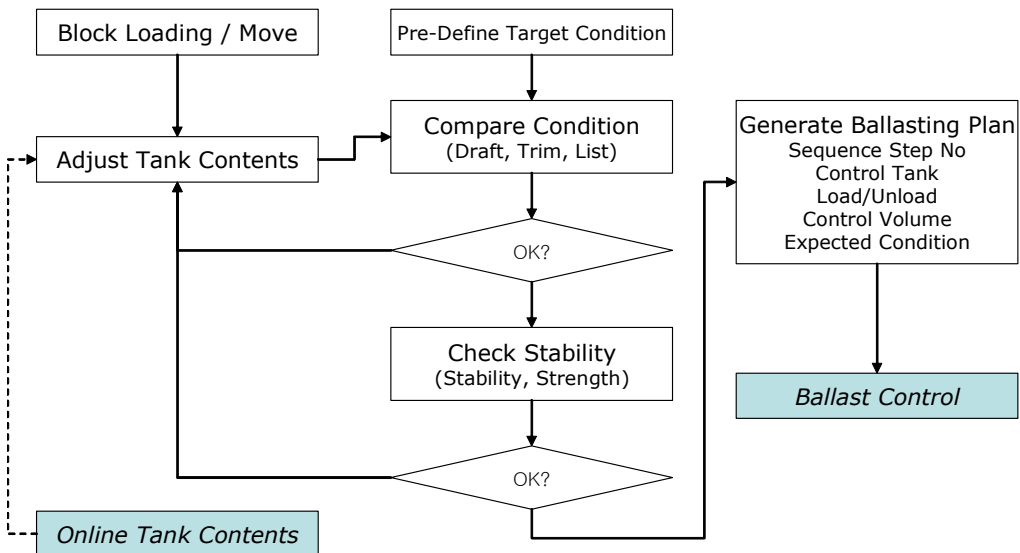


Fig. 3.1 Basic Concept for Ballast Plan

따라서 정확한 Simulation Data들을 유추하기 위해서는 Project Ship에 대한 정의가 정확히 이루어져야 한다. 일반적으로 Project Ship에 대한 Data는 기본 설계 Data를 바탕으로 정의를 한다.

3.2 Basic Loading Calculation

3.2.1 Draft 및 Trim, List

Draft를 계산하기 위해서는 Floating Dock의 Hydrostatic Table에서 계산된 총 배수량값(Δ)으로 Equivalent Draft(D_E)를 유추하여 선수(D_F), 선미(D_A)를 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 D_F &= D_E + \frac{LBP/2 - LCF}{LBP} \times T_M \\
 &= D_E + \frac{LBP/2 - LCF}{LBP} \times \frac{LCB - LCG}{MTC} \times \Delta \\
 D_A &= D_E - \frac{LBP/2 + LCF}{LBP} \times T_M \\
 &= D_E - \frac{LBP/2 + LCF}{LBP} \times \frac{LCB - LCG}{MTC} \times \Delta \\
 D_M &= \frac{D_F + D_A}{2}
 \end{aligned} \tag{1}$$

식 (1)을 살펴보면, D_F 는 총 배수량값(Δ)으로 계산된 Equivalent Draft(D_E)에 수선간거리(LBP)의 반값과 부면심(LCF)의 차를 다시 수선간거리(LBP)로 나누어 계산된 트림값(T_M)을 곱하여 구한다. D_A 또한 같은 방법으로 구한다.

$$\begin{aligned}
 GM_t &= KM_t - VCG - GG_o \\
 &= KM_t - VCG - \frac{\sum FSM}{\sum V}
 \end{aligned}$$

$$L_{Deg} = \text{ArcSin}((\sum(w \times TCG)/\Delta/GM_t)) \tag{2}$$

한편, 기울기(L_{Deg})를 구하기 위해서 식(2)를 이용하면 구할 수 있다. 먼저 용골과 횡방향 메타센타의 거리(KM_t)에 수직방향의 무게중심(VCG)의 차를 구한후, 자유단효과에 따른 무게중심의 이동거리(GG_o)를 빼어 무게중심과 횡방향 메타센타의 거리(GM_t)를 구한다. 그리고 각각의 무게(w)와 횡방향 무게중심(TCG)의 합

을 배수량으로 나누어 식 (2)를 통해 기울기를 구할 수 있다.

3.2.2 Longitudinal Strength

Floating Dock는 일반 선박과는 다르게 Rectangular Type으로 중강도가 취약한 단점을 가지고 있다. 그리고 Pontoon Deck위에 거대한 중량물이 가해지기 때문에 Hogging이나 Sagging상태가 발생한다. 따라서 Floating Dock를 운용하는데 있어서 강도 계산은 중요한 요소라 할 수 있다.

$$SF = \int_{FS}^{FE} (B - W_F) dx = l \sum_{FS}^{FE} (B - W_F)$$

$$BM = \int_{FS}^{FE} SF dx = l \sum_{FS}^{FE} Fm \quad (1)$$

전단력(SF)은 Floating Dock의 하중(부력과 중량의 차)을 각 Frame별 길이(l)에 대해 적분한 것이다. 그리고 굽힘모멘트(BM)는 각 Frame에 관한 전단력의 평균치(Fm)를 합하고 Frame에 대한 길이 값을 곱하면 얻어진다. Fig. 3.2는 Strength Curve를 나타낸 것으로 다음과 같은 특징을 가진다.

$$Y = \frac{1}{E} \int \int \frac{BM}{I} dx dy \quad (2)$$

한편, 처짐은 보(Beam)의 경우와 비슷하다. 즉, 양 끝이 자유롭게 지지 되어 있는 보이며 하중은 길이 방향으로 분포 하중이 작용하는 보의 경우로 모델화 할 수 있다. 식 (2)는 처짐을 구하는 기본 식으로 E는 단면적 계수이며, I는 관성모멘트를 나타낸다. Floating Dock의 중방향 처짐(Y)은 대개 굽힘모멘트(BM)의 변화로 생긴다.

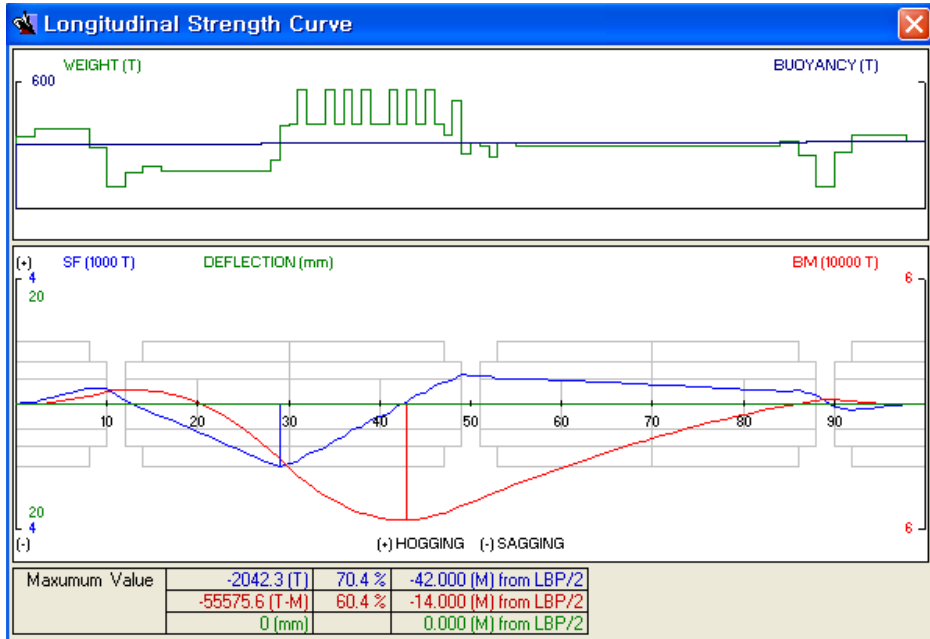


Fig. 3.2 Strength Curve

3.2.3 Stability

거대한 중량물인 선박을 싣고 진수를 하는 과정에서는 기상상태나 작업의 상태에 따라서 많은 경사각이 생길 수 있다. 이러한 상황에서 경사각에 따른 복원성을 안다는 것은 중요한 요소 중에 하나이다. 만약, 복원성을 고려하지 않은 상태에서 작업을 무리하게 하다가는 대형 사고로 이어질 수도 있다. 따라서 작업하고자 하는 상황에 따른 복원성 여부를 계산하는 것은 사전에 일어날 수 있는 사고를 예방하고 안정적인 작업을 하는데 필수조건이다.

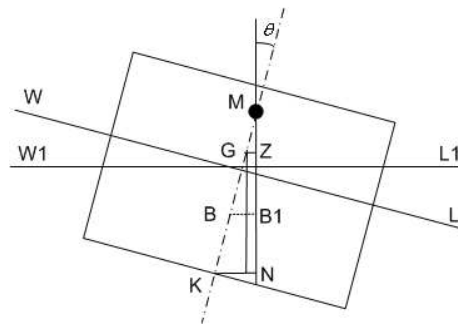


Fig. 3.3 Stability at Large Angles of Inclination

$$KG = KM_t - GM_t$$

$$GZ = KN - KG \times \sin(\theta) \quad (1)$$

Fig. 3.3 는 횡경사시 복원암 GZ를 보여준다. GZ는 식(1)을 통해 구하여 작업하고자 하는 상황에 따른 복원성정도를 예측해볼 수 있다. Fig. 3.4는 Simulation 결과에 따른 Stability Data를 보여준다.

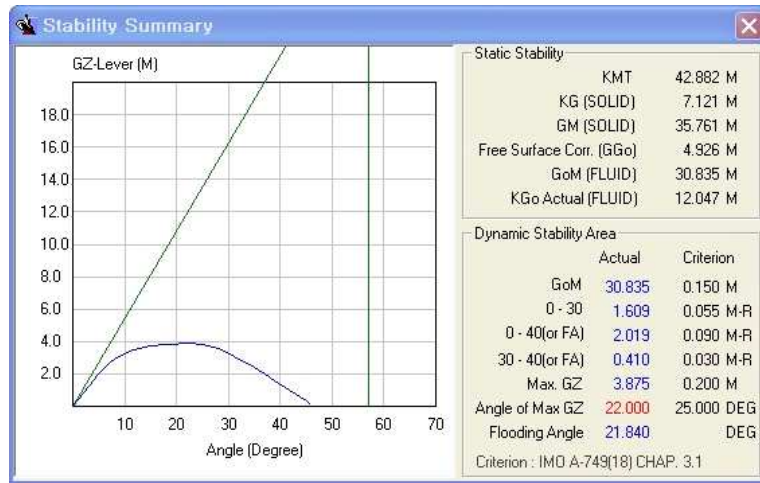


Fig. 3.4 Stability Summary

3.4 Simulation Mode

3.4.1 Load Out Mode

육상에서 건조한 선체 블록을 Floating Dock로 옮기는 과정은 정말 어려운 작업 중에 하나이다. 거대한 선체 블록이 Floating Dock(Fig. 3.5)에 진입하면서 큰 굽힘모멘트를 가하고, 거대 중량으로 안벽과 Floating Dock 선체 블록 진입부분에 큰 사이 간격이 생길 수 있기 때문에 작업을 하는데 있어서 좀더 신중함을 기울여야 한다. 따라서 이러한 작업을 보다 더 안정적이고 효율적으로 하기 위해서 실시간 Monitoring과 Simulation을 통한 예측은 아주 필연적인 부분이라 할 수 있다.



Fig. 3.5 Load Out to Floating Dock

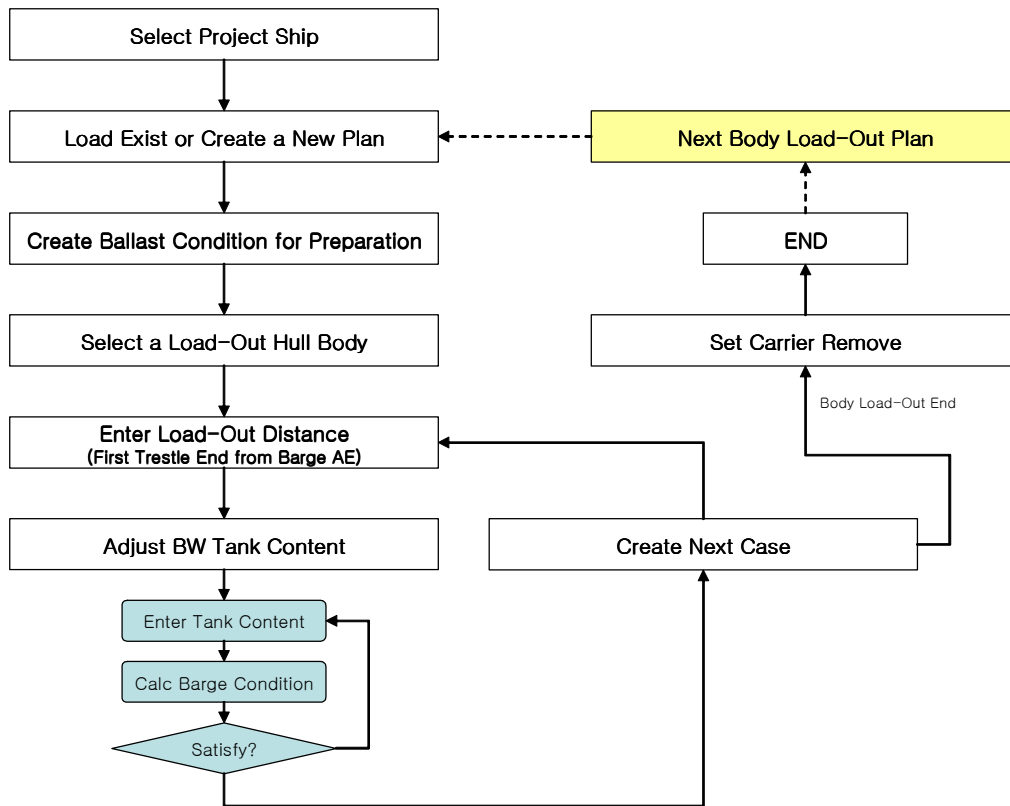


Fig. 3.6 Basic Concept for Load Out Mode

Fig. 3.6은 Floating Dock Control System중에 Load Out Mode를 처리하는 기본 과정에 대한 개념도이다. Fig. 3.7에서 보듯 미리 정의된 선체 블록과 적절한 Draft 그리고 중강도등을 고려하여 Ballast Plan을 여러 단계로 나누어 계획한다. 결과적으로 이런 Ballast Plan을 사전에 계획하고 Simulation을 해봄으로써 작업의 안정성을 검토할 수 있고 보다 효율적인 작업환경을 만들 수 있다.

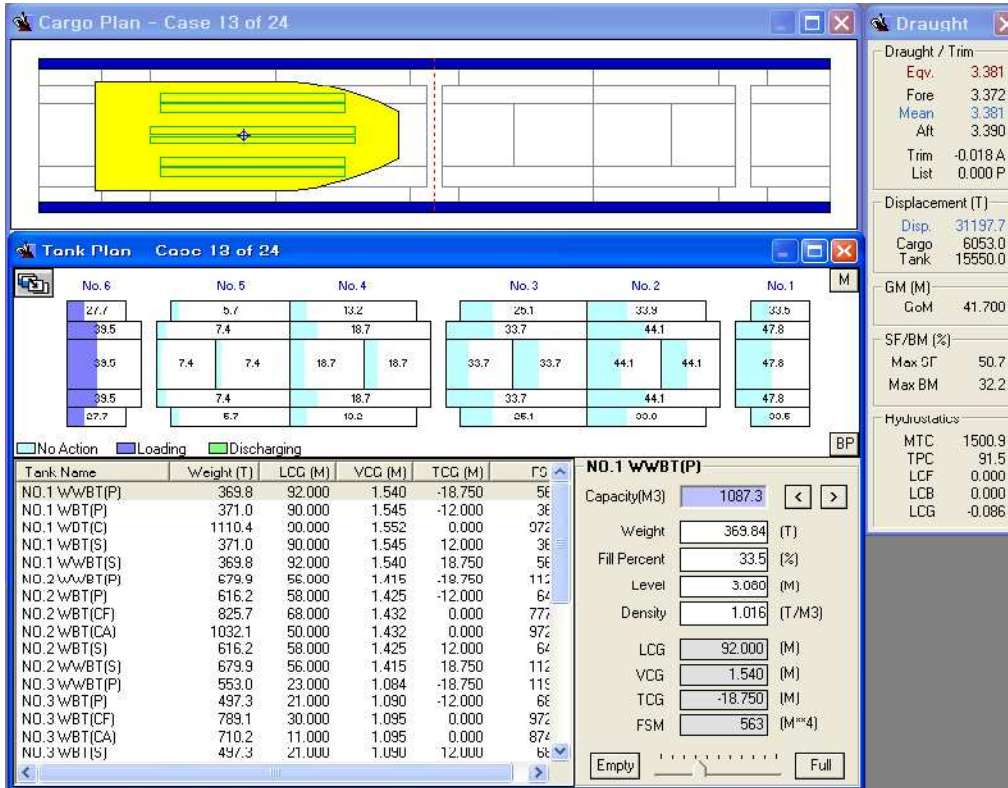


Fig. 3.7 Ballast Plan for Load Out

3.4.2 Sinking Mode

Floating Dock내에서 Load Out된 선체 블록들을 접합하여 하나의 선박으로 건조시키면 다음 공정을 위하여 완성된 선박을 진수 시켜야 한다. 진수를 위해서는 Floating Dock가 충분히 가라앉을 수 있는 수심 지역으로 이동해야 한다. 그리고 건조된 선박이 부력을 받아 뜨는 시점과 Floating Dock를 얼마나 가라앉혀야 선박이 안전하게 나올 수 있는지를 계산하는 것은 작업의 안정성을 유지시키는 중요한 관건이다. Fig. 3.8은 Sinking Mode에서 Simulation을 하기 위한 기본 흐름도이다. 이 흐름도를 바탕으로 Fig. 3.9와 같이 적절한 Ballast Plan을 단계별로 계획한다. 그리고 본선이 뜨는 시점과 Floating Dock의 안정성 등을 Fig. 3.10을 통하여 미리 예측하므로써 작업의 효율성, 안정성, 신뢰성 등에 크게 이바지할 수 있다.

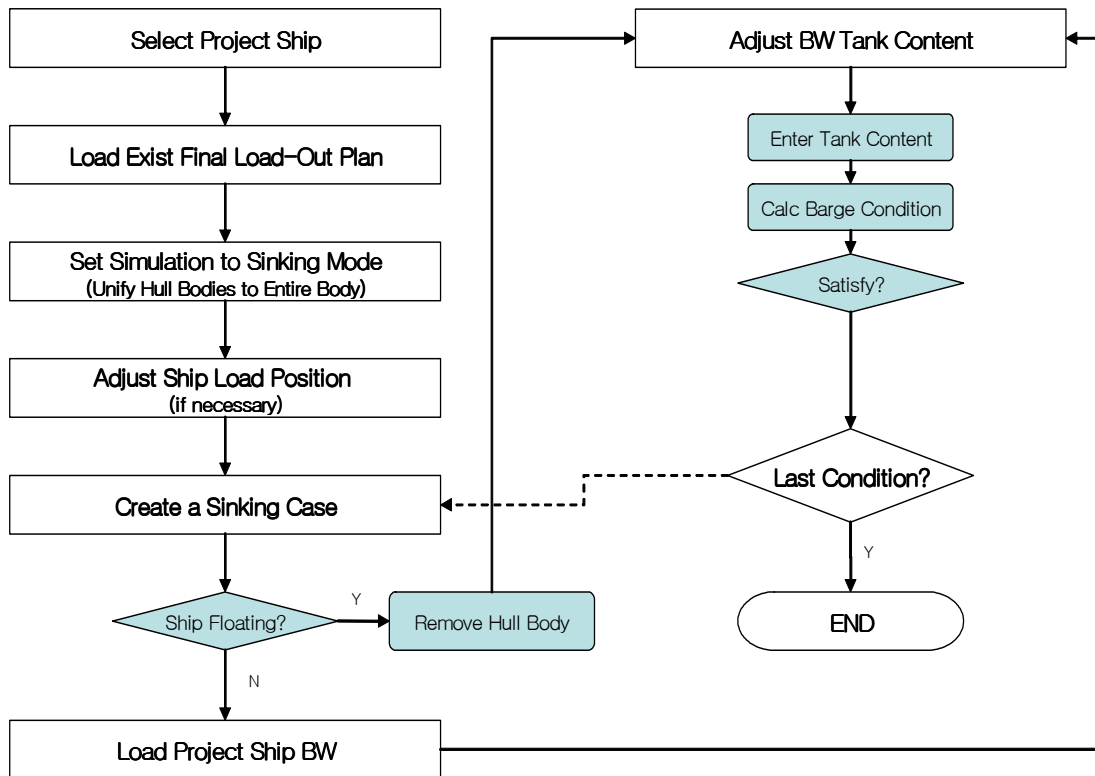


Fig. 3.8 Basic Flow Chart for Sinking Mode

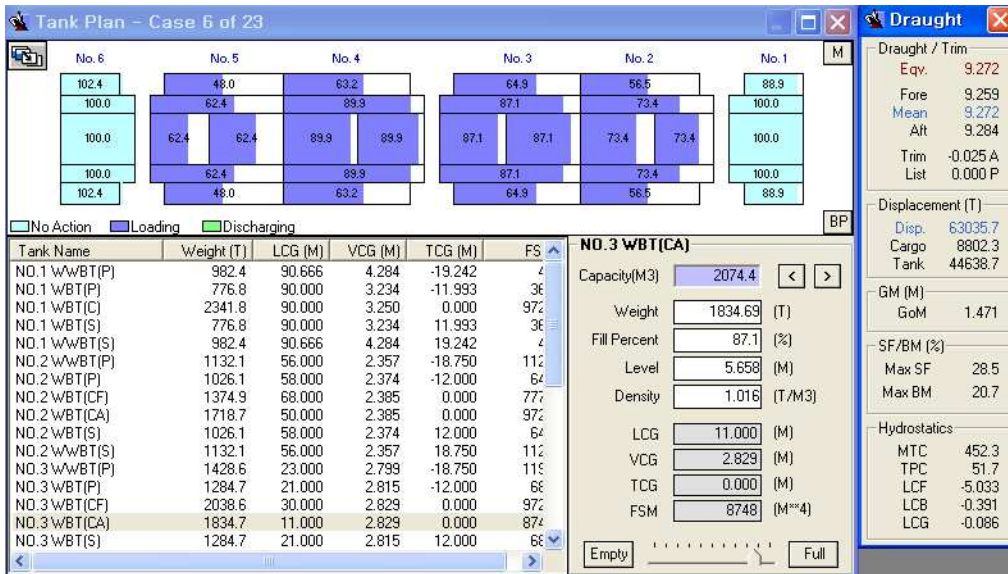


Fig. 3.9 Ballast Plan for Sinking Mode

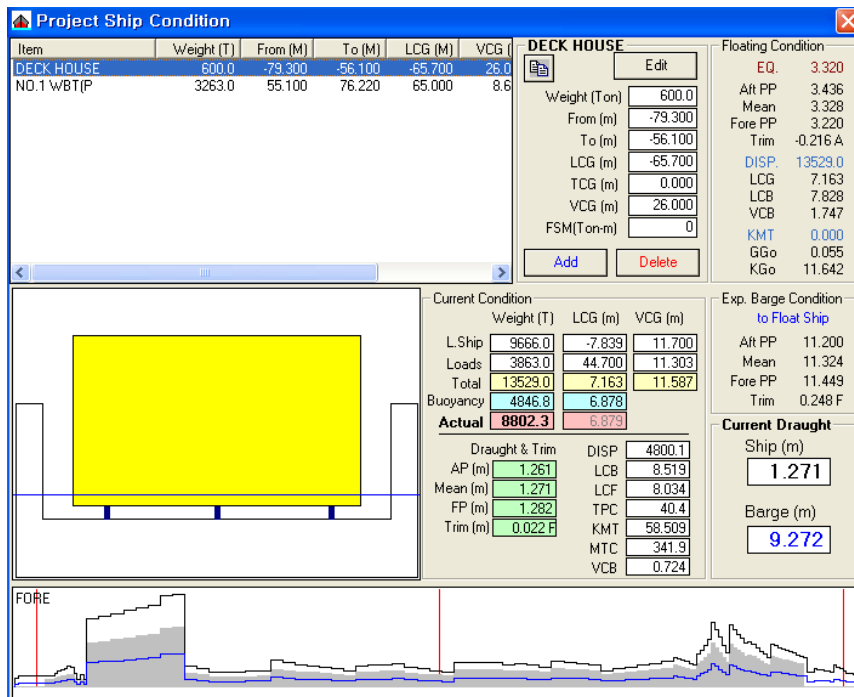


Fig. 3.10 Project Ship Condition in Sinking Mode

제 4 장 *Monitoring Process*의 구현

4.1 기본 구성도

본 논문에서 Floating Dock Control Application을 구현하는데 있어서 핵심이 되는 3가지 요소 중의 하나로 Monitoring Process는 Online Data들의 정확함이 바탕이 되어야만 높은 신뢰성을 가질 수 있다. 따라서 Online Data들을 정확히 처리하는 것은 Floating Dock를 관리 운영하는데 가장 중요한 작업이라 할 수 있다. Fig. 4.1은 Monitoring Process를 구현하기 위한 기본 구성도이다.

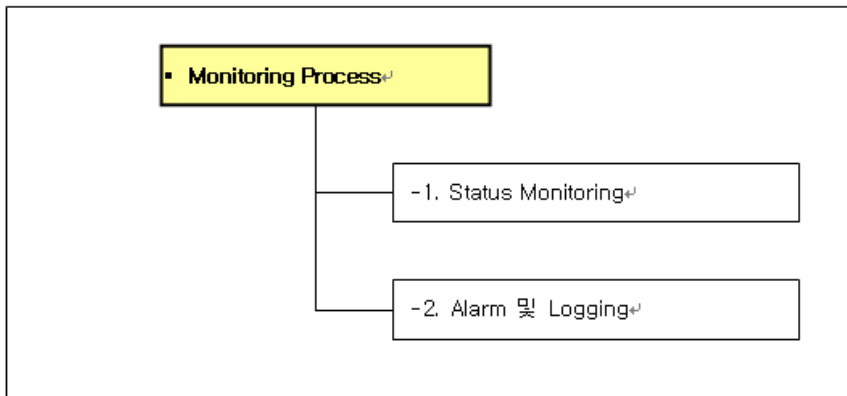


Fig. 4.1 Basic Configuration for Monitoring Process

4.2 *Status Monitoring*

4.2.1 *Tank Contents*

각각의 Tank에는 Sensor가 설치되어있어 Ballast량을 Monitoring할 수 있다. Tank Contents의 구성으로는 Level(m), Volume(m^3), Weight(ton), Fill Percent(%)로 나누어진다. Tank내에 설치된 Sensor로부터 Ballast의 Level값을 산출하여 이것을 각 Tank의 Volume Data(Level값과 Trim에 대한 Tank Volume 환산 Data)와 비교하여 Tank Volume를 구한다. 그리고 여기에 해수비중 $1.025 \text{ ton}/m^3$ 를 곱하여 Weight를 구할 수 있다. Percent 또한 각 Tank Capacity와 현재 Volume값을 이용하여 구할 수 있다.

4.2.2 Draft와 Trim, List

Floating Dock내에 Draft Sensor는 Table. 3.3에서 보여주듯이 PORT에 5개, STAB에 5개씩 설치가 되었다. 이 Sensor들로부터 받은 Data를 계산하여 Draft, Trim, List를 구현하게 된다.

<i>Position</i>	<i>PORT(m)</i>	<i>STAB(m)</i>
FWD	182.38	182.36
MID FWD	137.5	137.5
MID	104.5	104.5
MID AFT	62.5	62.5
AFT	25.6	25.61

Table. 4.1 Draft Sensor Position List

Fig. 4.2는 각 각의 Sensor로부터 실시간으로 계산된 Draft, Trim, List값들이다. 기본적으로 Draft는 Sensor 설치 위치에서 실측을 하여 오차 보정을 하여 구하였고, Trim은 AP Draft와 FP Draft의 차로, List는 PORT의 AP, MID, FP와 STAB의 AP, MID, FP의 각각의 차를 평균한 값으로 구한다.

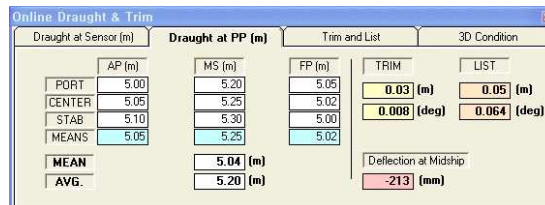
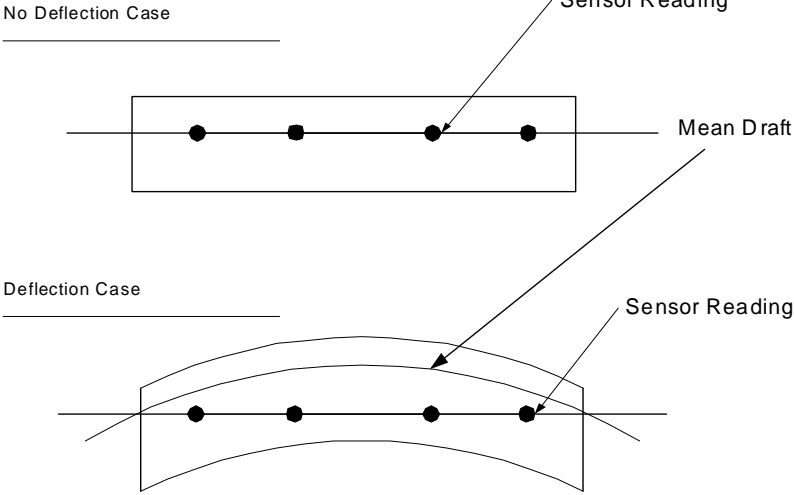


Fig. 4.2 Draft at Perpendicular and Trim, List

4.2.3 Deflection

Floating Dock는 선박과는 달리 Rectangular 형태로 Dock위의 Weight와 Ballast 상태에 따라서 중강도에 상당한 영향을 미친다. 따라서 실시간으로 Dock의 처짐을 체크하는 것은 Floating Dock를 운용하는데 중요한 요소이다. Fig. 4.3는 Deflection을 계산하기 위한 기본 개념도이다. 처짐 계산은 각 Sensor에서의 Mean Draft와 Sensor Level값의 차로 구한다. 그리고 자연스런 처짐을 도시화하기 위해 Spline보간법을 이용하여 처짐을 계산한다. Fig. 4.4는 실시간으로 Deflection을 계산하여 3D-Mesh Monitoring을 하는 것이다.

Deflection



$$\text{Def(Sensor)} = \text{No Def(Mean Draft)} - \text{Def(Sensor Reading)}$$

$$\Delta d = dM - dm = dM - \frac{(df + da)}{2} \quad | \quad dM = (ds + dp)/2$$

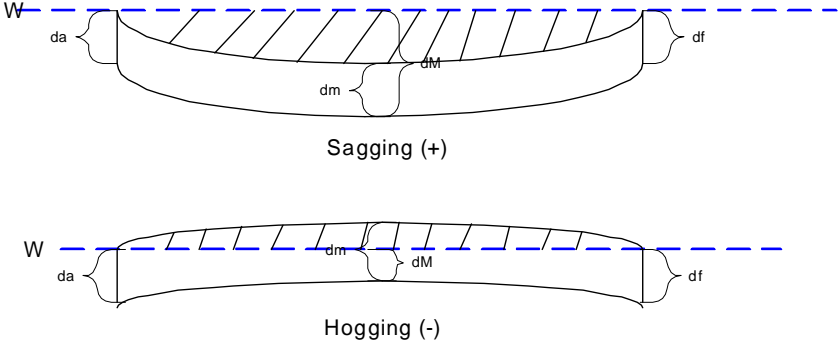


Fig. 4.3 Basic Concept for Deflection Calculation

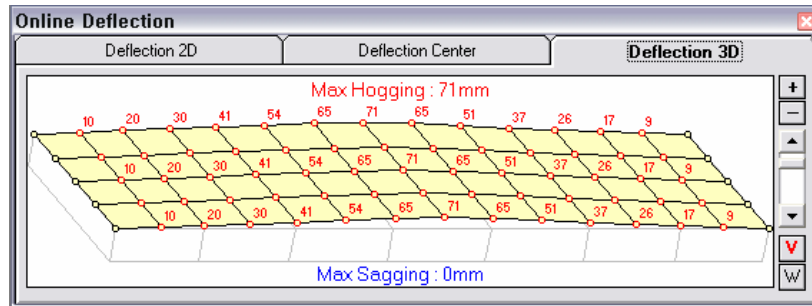


Fig. 4.4 3D-Deflection Monitoring

4.2.4 Valve와 Pump Status

Valve와 Pump를 Control하는 기본 원리는 Fig. 4.5와 같이 원하는 Local Unit에 명령을 내리면 그 정보가 MIP에 전달이 되어 I/O Module에 연결되어 있는 Local Unit이 동작하게 되는 것이다. 이를 바탕으로 여러 가지 Software적 처리를 할 수 있게 된다. Table 4.2와 4.3은 Valve와 Pump의 상태에 대한 정보 프로토콜이다.

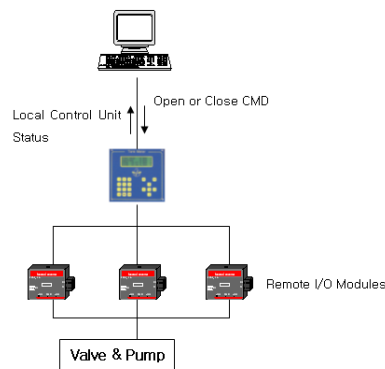


Fig. 4.5 Basic Concept for Local Unit Control

Item	Address	Status	Description
ex)Valve No.1	1000	Alarm	Is 1 if Alarm
	1001		
	1002		
	1003	Remote	if 1,Valve is ready for remote if 0,Valve can not be remotely control

	1004	Open	Valve Open
	1005	Close	Valve Close
	1006	Move to Open	Valve is running to open position
	1007	Move to Close	Valve is running to close position

Table. 4.2 Valve Status Telegram

<i>Item</i>	<i>Address</i>	<i>Status</i>	<i>Description</i>
ex)Pump No.1	1800	Alarm	Is 1 if Alarm
	1801		
	1802		
	1803	Remote	if 1,Valve is ready for remote if 0,Valve can not be remotely control
	1804	Run	Pump Running
	1805	Ready	Pump Stop
	1806	CMD Run	if 1,Last command is run if 0,Last command is stop
	1807		

Table. 4.3 Pump Status Telegram

4.3 Alarm과 Logging

Floating Dock Control System에는 많은 제어장치들과 Module이 연결되어 있다. 따라서 운용 중에 발생할 수 있는 System적 오류와 장비들의 작동 오류를 나타내는 것은 문제를 신속히 처리하는데 많은 도움을 준다. 그리고 Tank Contents, Trim, List, Deflection과 같은 Condition에 운용 범위를 설정하여 나타내는 것은 안정적인 작업을 위한 필수조건이다. 또한 작업의 Monitoring Data를 기록하는 것은 운영 미숙에 대한 분석과 사고의 원인을 분석하는데 중요한 자료로 쓰이게 된다.

제 5 장 Control Process의 구현

5.1 기본 구성도

Floating Docking Control Application의 Control Process는 Fig. 5.1과 같이 3가지 제어 부분으로 구성된다. 이 프로세스의 주 목적은 Floating Dock의 자세를 제어하기 위하여 밸브를 개폐하고 펌프의 운전 및 정지를 제어 하여 Tank의 Ballast를 조절하기 위한 것이다. 따라서 이번 장에서는 각 구성부의 의미와 특징에 대해 설명하겠다.

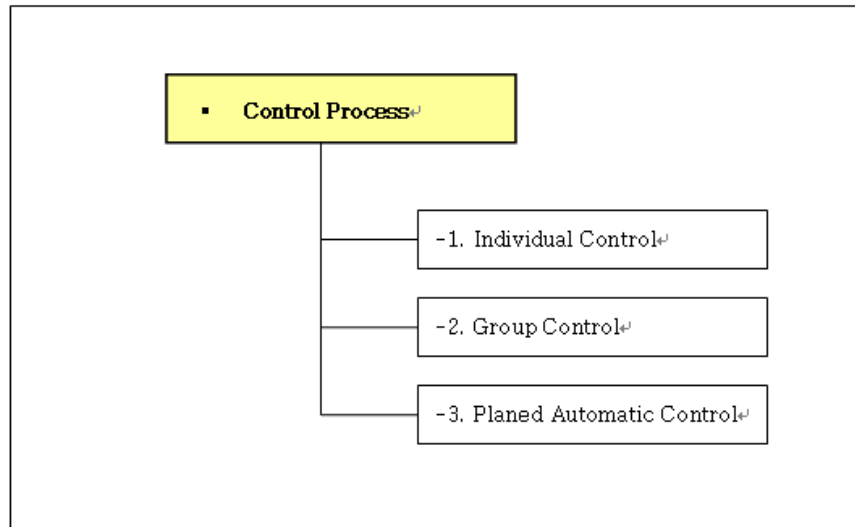


Fig. 5.1 Basic Configuration for Control Process

5.1.1 Individual Control

Individual Control은 사용자가 현재의 상황을 Monitoring하면서 각각의 Valve 및 Pump를 작동 시켜 Tank의 Ballast량을 조절 하는 것을 말한다. 이 제어 방식은 기존의 수동 제어 방식에 비해 사용자가 원하는 작업을 보다 신속히 처리할 수 있다는 점과 컴퓨터 마우스를 이용하여 제어하기 때문에 누구나 쉽게 사용할 수 있다는 특징을 가진다. Fig. 5.2는 작업을 위한 Control Panel이다.

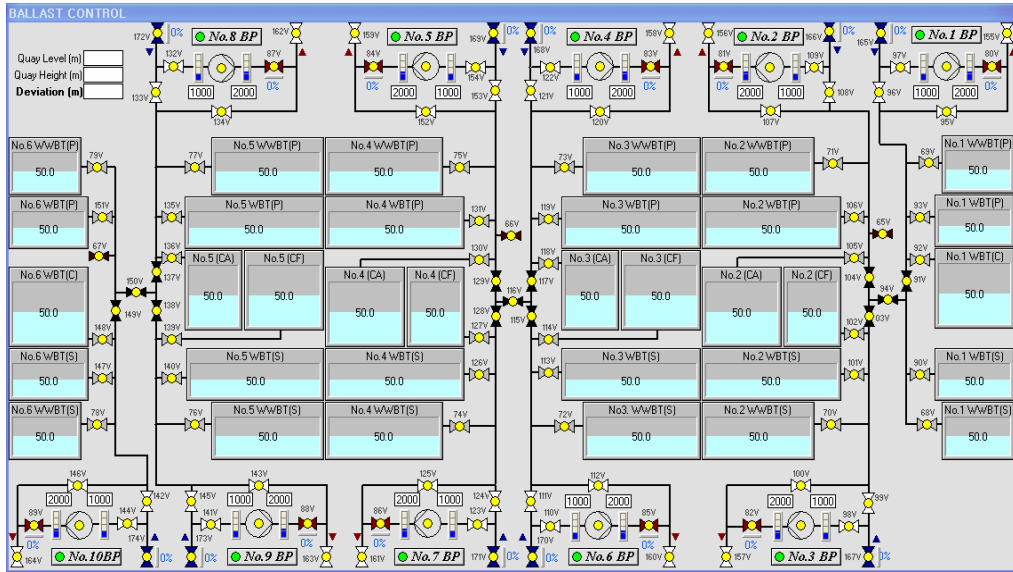


Fig. 5.2 Control Panel for Valve & Pump Operating

5.1.2 Group Control

Group Control은 사용자에게 보다 빠른 작업을 위하여 제공되는 서비스이다. 실제 각 Tank에 Ballast를 주입하거나 빼낼 때 이 기능을 사용하게 되면 Valve나 Pump 개개의 조작이 아닌 Tank와 Operation Type의 선택만으로 해당 Valve, Pump의 운전을 가능하게 한다. Fig. 5.3은 Group Control을 위한 Operation Type을 보여준다.

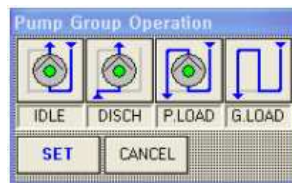
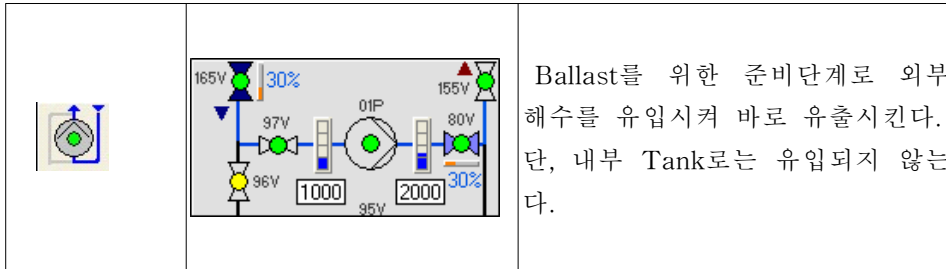
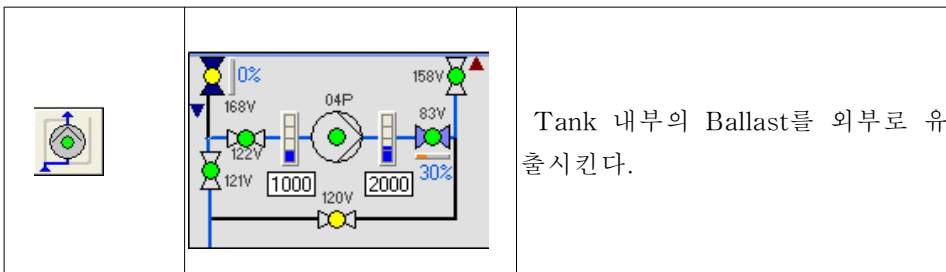


Fig. 5.3 Group Control Panel

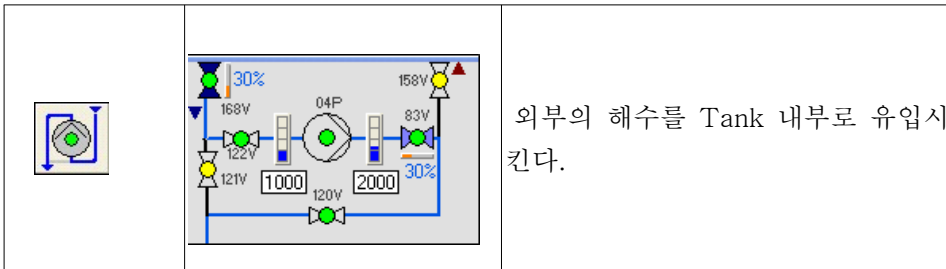
*** IDLE Group Control**



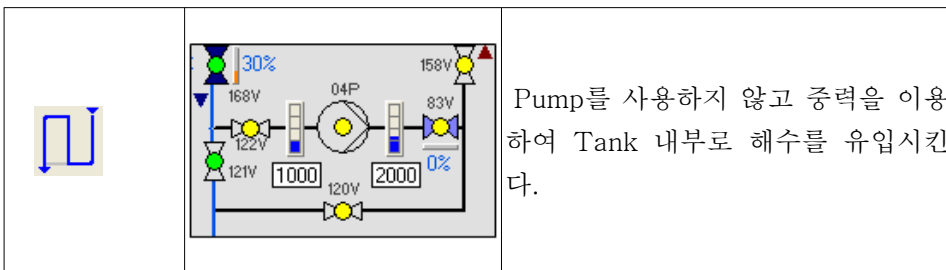
*** DISCH Group Control**



*** P.LOAD Group Control**



*** G.LOAD Group Control**



5.1.3 Planned Automatic Control

Planned Automatic Control은 Simulation Mode에서 Tank Plan을 작성 하고 이를 바탕으로 자동으로 제어하는 방식이다. 이 제어 방식은 Simulation과 Control을 접목하여 구성했다는데 의의를 둔다. 또한 Simulation에서 결정된 Sequence Plan 및 해당 Control Parameter에 준하여 제어를 하는 것으로 사용자는 시작, 일시 중지 등의 단순한 기능만 제어하고 모든 것은 자동으로 행하여진다. Fig. 5.4는 Planned Automatic Control의 제어부로서 현재 Plan Case에 모든 Remote Control의 준비 상태를 보여준다.

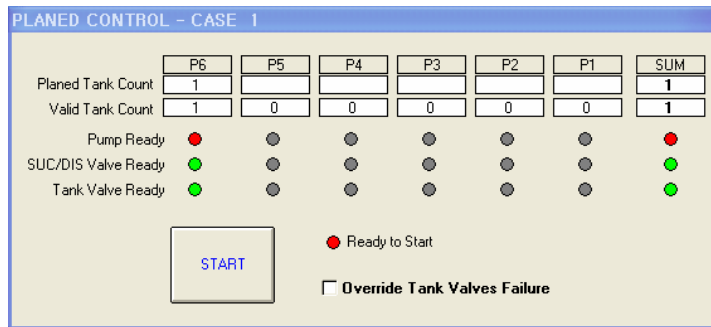


Fig. 5.4 Planned Automatic Control Panel

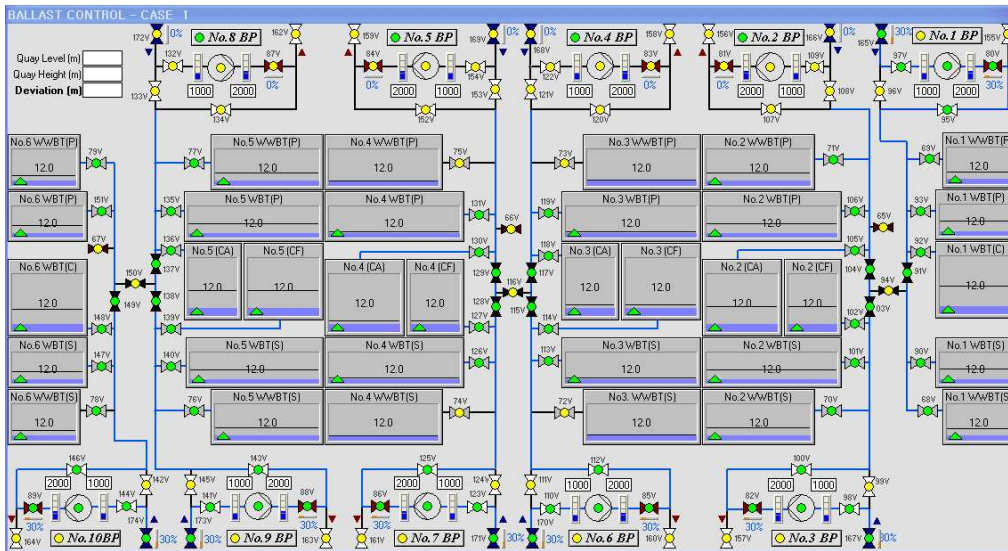


Fig. 5.5 Planned Automatic Control

한편, Simulation을 통해 작성된 Plan은 Fig. 5.5에서 보이듯 각 Tank에 Reference Line이 표기되어 현재의 작업상황을 한눈에 알 수 있다.

5.1.3.1 Control을 위한 Plan Correction

이 기능은 현재 Plan Data의 Mean Draft를 원하는 Mean Draft로 설정하여 Plan상의 Data를 Correction하는 기능이다. 실제로 작업을 하다보면 조수의 변화로 압벽과 Floating Dock의 높이 차가 생겨 Load Out이 불가능한 상태가 될 수 있다. 이런 경우에 Simulation을 다시 하여 Plan Data를 수정한다는 것은 많은 시간을 낭비하게 되는 것이다. 따라서 기존의 Data를 바탕으로 설정한 Draft의 차만큼 배수량을 고려하여 전체적으로 Plan Data를 보정하는 것이다. Fig. 5.6은 Plan Correction을 위한 설정 화면이다.

Target		Displacement	
Current Plan Draught	3.115 (m)	28748.0	(ton)
Enter Changes of Draught	-0.305 (m)	-2815.2	(ton)
or Enter Target Draught	2.810 (m)	25932.8	(ton)

Adjustable Draught for Current Plan Only	
Adjustable Displacement	-2815.2 (ton) Apply current plan only
Adjustable Draught	-0.305 (m)
Target Draught	2.810 (m)

Adjustable Draught for Current Plan Concerning Future Plans	
Adjustable Displacement	-1530.7 (ton) Apply all plans from current plan
Adjustable Draught	-0.166 (m)
Target Draught	2.950 (m)

Fig. 5.6 Draft Adjust for Plan Correction

5.1.3.2 Control의 제약조건

Planned Automatic Control은 Sequence한 제어 알고리즘을 따르기 때문에 여러 가지 제약조건이 따르는 것은 필연관계라 할 수 있다. 따라서 제어 조건을 만족하지 못한다면 Planned Automatic Control은 불가능하다. 아래는 기본적인 제약조

건을 나타낸 것이다.

*** 일반적 제약사항**

Draft, Trim, List중 어느 하나라도 허용 Alarm 범위를 벗어나서 Alarm이 발생한 경우에는 Control이 불가능하다. 이런 경우에는 I) Alarm 범위를 수정 하여 Alarm을 해제 하든지, II) "Individual Control Mode"로 전환하여 Alarm범위 이내로 Floating Dock의 상태를 조절 하여 Alarm을 해제 한 후에 Control이 가능하다.

*** *Ballast Loading*시 제약사항**

- (1) 대상 Tank가 이미 Full일 경우 해당 Tank에는 Loading을 할 수 없다.
- (2) 대상 Tank의 Ballast Weight가 목표 값보다 클 경우에도 Loading을 할 수 없다.
- (3) 해당 Pontoon의 Suction Valve가 고장 등의 이유로 사용 할 수 없을 경우 그 Pontoon에 대한 Control은 불가능 합니다. 이때에는 "Individual Control Mode"로 전환 하여 Control 해야 한다.

*** *Ballast Discharging*시 제약사항**

- (1) Tank가 Empty일 경우 Discharge 할 수 없다.
- (2) 대상 Tank의 Ballast Weight가 목표 값보다 작을 경우에는 Discharge할 수 없다.
- (3) 해당 Pontoon의 Suction Valve가 고장 등의 이유로 사용 할 수 없을 경우 그 Pontoon에 대한 Control은 불가능하다. 이때에는 "Individual Control Mode"로 전환 하여 Control 해야 한다.

제 6 장 Application의 적용 및 고찰

6.1 Simulation의 계산과 검증

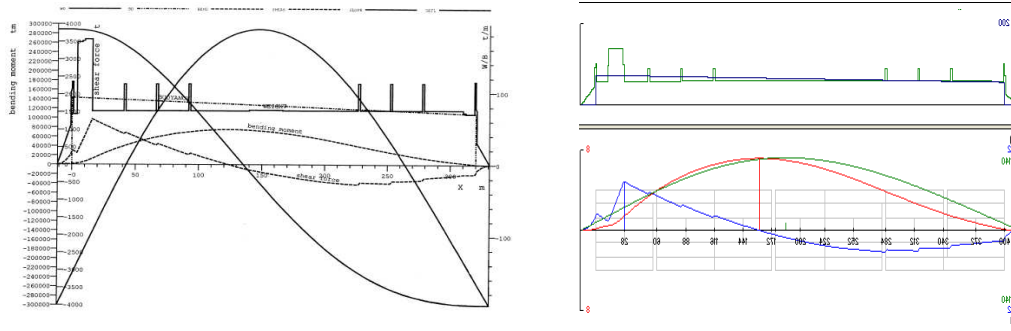
Floating Dock Control Application의 Simulation을 적용하기에 앞서 결과 Data에 대한 검증은 신뢰성차원에서 아주 중요한 문제이다. 따라서 본 논문에서는 검증을 위하여 삼성중공업 종합설계팀의 NAPA를 이용한 결과 Data와 비교하여 신뢰성 여부를 분석하였다. 검증 대상은 삼성중공업이 보유하고 있는 Green Dock II이며, Loading Condition(Fig. 6.1)은 Light Weight상태의 조건을 적용하였다.

LOADING CONDITION No.1) LIGHTWEIGHT CONDITION									
COMPARTMENT	XMIN	XMAX	S.G	WEIGHT	LCG	TCG	VCG	FRSM	
	#	#							
NO.1 W.W.B.T. (P)	340	400	0	1.025	0.0	294.404	-27.356	5.156	0
NO.1 W.B.T. (P)	344	400	0	1.025	0.0	297.600	-15.268	3.122	0
NO.1 W.B.T. (C, FWD)	372	400	0	1.025	0.0	308.800	0.000	3.142	0
NO.1 W.B.T. (C, AFT)	344	372	0	1.025	0.0	286.400	0.000	3.142	0
NO.1 W.B.T. (S)	344	400	0	1.025	0.0	297.600	15.268	3.122	0
NO.1 W.W.B.T. (S)	344	400	0	1.025	0.0	298.047	27.440	5.338	0
NO.2 W.W.B.T. (P)	284	340	0	1.025	0.0	251.547	-27.657	6.000	0
NO.2 W.B.T. (P)	284	340	0	1.025	0.0	249.600	-15.268	3.122	0
NO.2 W.B.T. (C, FWD)	312	340	0	1.025	0.0	260.800	0.000	3.142	0
NO.2 W.B.T. (C, AFT)	284	312	0	1.025	0.0	238.400	0.000	3.142	0
NO.2 W.B.T. (S)	284	340	0	1.025	0.0	249.600	15.268	3.122	0
NO.2 W.W.B.T. (S)	284	340	0	1.025	0.0	247.653	27.657	6.000	0
NO.3 W.W.B.T. (P)	224	280	0	1.025	0.0	199.653	-27.657	6.000	0
NO.3 W.B.T. (P)	224	280	0	1.025	0.0	201.600	-15.268	3.122	0
NO.3 W.B.T. (C, FWD)	252	280	0	1.025	0.0	212.800	0.000	3.142	0
NO.3 W.B.T. (C, AFT)	224	252	0	1.025	0.0	190.400	0.000	3.142	0
NO.3 W.B.T. (S)	224	280	0	1.025	0.0	201.600	15.268	3.122	0
NO.3 W.W.B.T. (S)	224	284	0	1.025	0.0	203.200	27.547	5.734	0
NO.4 W.W.B.T. (P)	176	224	0	1.025	0.0	160.000	-27.547	5.734	0
NO.4 W.B.T. (P)	176	224	0	1.025	0.0	160.000	-15.268	3.122	0
NO.4 W.B.T. (C, FWD)	200	224	0	1.025	0.0	169.600	0.000	3.142	0
NO.4 W.B.T. (C, AFT)	176	200	0	1.025	0.0	150.400	0.000	3.142	0
NO.4 W.B.T. (S)	176	224	0	1.025	0.0	160.000	15.268	3.122	0
NO.4 W.W.B.T. (S)	176	224	0	1.025	0.0	161.925	27.677	6.050	0
NO.5 W.W.B.T. (P)	116	172	0	1.025	0.0	115.200	-27.547	5.734	0
NO.5 W.B.T. (P)	116	172	0	1.025	0.0	115.200	-15.268	3.122	0
NO.5 W.B.T. (C, FWD)	144	172	0	1.025	0.0	126.400	0.000	3.142	0
NO.5 W.B.T. (C, AFT)	116	144	0	1.025	0.0	104.000	0.000	3.142	0
NO.5 W.B.T. (S)	116	172	0	1.025	0.0	115.200	15.268	3.122	0
NO.5 W.W.B.T. (S)	116	172	0	1.025	0.0	113.253	27.657	6.000	0
NO.6 W.W.B.T. (P)	60	116	0	1.025	0.0	72.347	-27.657	6.000	0
NO.6 W.B.T. (P)	60	116	0	1.025	0.0	70.400	-15.268	3.122	0
NO.6 W.B.T. (C, FWD)	88	116	0	1.025	0.0	81.600	0.000	3.142	0
NO.6 W.B.T. (C, AFT)	60	88	0	1.025	0.0	59.200	0.000	3.142	0
NO.6 W.B.T. (S)	60	116	0	1.025	0.0	70.400	15.268	3.122	0
NO.6 W.W.B.T. (S)	60	116	0	1.025	0.0	70.400	27.547	5.734	0
NO.7 W.W.B.T. (P)	0	56	0	1.025	0.0	21.953	-27.440	5.338	0
NO.7 W.B.T. (P)	0	56	0	1.025	0.0	22.400	-15.268	3.122	0
NO.7 W.B.T. (C, FWD)	28	56	0	1.025	0.0	33.600	0.000	3.142	0
NO.7 W.B.T. (C, AFT)	0	28	0	1.025	0.0	11.200	0.000	3.142	0
NO.7 W.B.T. (S)	0	56	0	1.025	0.0	22.400	15.268	3.122	0
NO.7 W.W.B.T. (S)	0	60	0	1.025	0.0	25.596	27.356	5.156	0
SUBTOTAL					0.0	0.000	0.000	0.000	0

Fig. 6.1 Loading Condition for Simulation Verification

한편, Strength에 대한 계산 결과를 비교해본 결과 Table. 6.1을 참고로 BM(ton

-m)의 경우 최대 오차율이 1.35%, SF(ton)는 0.26%의 오차율이 나왔고 처짐의 오차는 최대 11mm로 비교적 높은 신뢰도가 나왔다.



FR	NAPA	SIM	오차율(%)	NAPA	SIM	오차율(%)	NAPA	SIM	오차(mm)
	BM(ton-m)	BM(ton-m)		SF(ton)	SF(ton)		DEF(mm)	DEF(mm)	
0	1305	1290	0.00	378	378	0.00	15	13	2
28	20383	13616	1.35	1181	1204	0.16	44	40	4
60	45573	39539	1.21	824	853	0.21	76	69	7
88	60525	55243	1.06	559	592	0.24	99	90	9
116	69816	65336	0.90	303	338	0.25	117	108	9
144	74389	70793	0.72	84	120	0.26	130	120	10
172	73854	71125	0.55	-127	-91	0.26	136	125	11
176	73405	70801	0.52	-153	-118	0.25	136	126	10
200	69205	67139	0.41	-281	-266	0.11	136	126	10
224	62730	60906	0.36	-393	-386	0.05	131	121	10
252	52772	51220	0.31	-496	-476	0.14	120	112	8
284	39054	38229	0.17	-536	-515	0.15	102	95	7
312	27395	27049	0.07	-528	-513	0.11	83	78	5
340	16854	16809	0.01	-451	-445	0.04	62	58	4
372	7202	7253	0.01	-326	-331	0.04	35	33	2
400	733	677	0.01	-232	-232	0.00	12	11	1

Table. 6.1 Strength Data of NAPA and Simulation

6.2 Monitoring의 검증과 고찰

각종 Sensor는 Monitoring부를 구성하는 중요 장비 중에 하나이다. 그러나 같은 목적으로 쓰이는 장비라 할지라도 물리적인 값들은 수치적인 값들로 가공되면서 오차를 안게 된다. 이것은 장비가 가지고 있는 오차 특성과 전기적인 간섭, 설치도면과의 위치 오차 등 여러 가지 원인으로 생긴다. 따라서 실측을 통한 보정작업은 운용하기에 앞서 필수적인 사항이다.

Table. 6.2는 Monitoring과 실측을 비교하여 오차를 나타낸 Data로 실측은 작업자의 계측 오차를 생각하여 5번 계측하여 평균한 값이다. 오차는 Tank Contents의 경우 최대 9cm이고, Draft는 4cm로 비교적 정확하였다.

	Monitoring(m)	Actual(m)	오차(m)
NO.1 WWBT(P)	5.70	5.67	0.03
NO.1 WBT(P)	5.87	5.84	0.03
NO.1 WBT(C)	6.00	5.92	0.08
NO.1 WBT(S)	5.77	5.74	0.03
NO.1 WWBT(S)	5.85	5.78	0.07
NO.2 WWBT(P)	5.67	5.61	0.06
NO.2 WBT(P)	5.72	5.63	0.09
NO.2 WBT(CF)	5.69	5.63	0.06
NO.2 WBT(CA)	5.67	5.63	0.04
NO.2 WBT(S)	5.76	5.71	0.05
NO.2 WWBT(S)	5.32	5.27	0.05
NO.3 WWBT(P)	5.92	5.86	0.06
NO.3 WBT(P)	5.85	5.83	0.02
NO.3 WBT(CF)	5.91	5.86	0.05
NO.3 WBT(CA)	5.92	5.88	0.04
NO.3 WBT(S)	6.00	5.95	0.05
NO.3 WWBT(S)	5.73	5.71	0.02
NO.4 WWBT(P)	5.89	5.89	0.00
NO.4 WBT(P)	5.91	5.89	0.02
NO.4 WBT(CF)	5.90	5.87	0.03
NO.4 WBT(CA)	5.67	5.63	0.04
NO.4 WBT(S)	6.04	6.00	0.04
NO.4 WWBT(S)	6.43	6.41	0.02
NO.5 WWBT(P)	5.75	5.67	0.08
NO.5 WBT(P)	5.74	5.71	0.03
NO.5 WBT(CF)	5.82	5.81	0.01
NO.5 WBT(CA)	5.79	5.77	0.02
NO.5 WBT(S)	5.90	5.85	0.05
NO.5 WWBT(S)	5.97	5.91	0.06
NO.6 WWBT(P)	5.70	5.65	0.05
NO.6 WBT(P)	5.72	5.67	0.05
NO.6 WBT(C)	5.80	5.71	0.09
NO.6 WBT(S)	5.80	5.79	0.01
NO.6 WWBT(S)	5.88	5.88	0.00
AFT(P)	6.32	6.34	0.02
MID(P)	6.40	6.44	0.04
FORE(P)	6.16	6.13	0.03
AFT(S)	6.33	6.36	0.03
MID(S)	6.28	6.26	0.02
FORE(S)	6.29	6.27	0.02

Table. 6.2 Monitoring and Actual Data

6.3 Project Ship Dimension

Floating Dock에서 작업을 하기 위해서는 작업선박에 대한 여러 가지 Data(General Property, L/W Distribution, Hydrostatic)들이 필요하다. 그 이유는 신뢰성 있는 계산을 위해서는 필연적이다. 다음은 Floating Dock Control

Application을 적용시킬 첫 호선에 대한 기본 사양으로 Table. 6.3과 같다.

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

Table. 6.3 General Particulars

6.4 Load Out Procedure

6.4.1 숙련자에 의한 Load Out

4.3장에서 설명했듯이 실제로 Load Out을 위해 여러 가지 안정적인 조건들을 고려하여 Ballast Plan을 짠다. 먼저 조선소의 공정도에 따라 선미블록을 1차로 탑재시키고 선수블록을 2차로 Load Out시키도록 한다. Table. 6.4는 1차 선미블록 Load Out에 대한 Ballast Plan으로 총 24단계로 나누어진다.

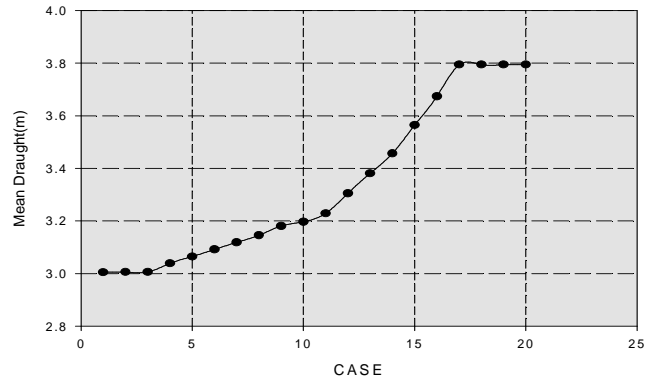
	<i>CASE1</i>	<i>CASE5</i>	<i>CASE10</i>	<i>CASE15</i>	<i>CASE20</i>	<i>CASE25</i>
NO.1 WWBT(P)	369.84	369.84	369.84	369.84	369.84	183.28
NO.1 WBT(P)	370.97	370.97	370.97	370.97	370.97	183.84
NO.1 WBT(C)	1118.39	1118.39	1118.39	1118.39	1118.39	554.24
NO.1 WBT(S)	370.97	370.97	370.97	370.97	370.97	183.84
NO.1 WWBT(S)	369.84	369.84	369.84	369.84	369.84	183.28
NO.2 WWBT(P)	679.85	679.85	679.85	679.85	356.18	340.77
NO.2 WBT(P)	616.22	616.22	616.22	616.22	322.84	308.87
NO.2 WBT(CF)	825.7	825.7	825.7	825.7	432.59	413.88
NO.2 WBT(CA)	1032.14	1032.14	1032.14	1032.14	540.75	517.35
NO.2 WBT(S)	616.22	616.22	616.22	616.22	322.84	308.87
NO.2 WWBT(S)	679.85	679.85	679.85	679.85	356.18	340.77
NO.3 WWBT(P)	307.23	399.4	553.02	553.02	305.06	305.06
NO.3 WBT(P)	276.29	359.18	497.32	497.32	274.33	274.33
NO.3 WBT(CF)	438.4	569.92	789.12	789.12	435.29	435.29
NO.3 WBT(CA)	394.56	512.92	710.2	710.2	391.76	391.76
NO.3 WBT(S)	276.29	359.18	497.32	497.32	274.33	274.33
NO.3 WWBT(S)	307.23	399.4	553.02	553.02	305.06	305.06

NO.4 WWBT(P)	307.79	307.79	307.79	307.79	307.79	307.79
NO.4 WBT(P)	276.07	276.07	276.07	276.07	276.07	276.07
NO.4 WBT(CF)	394.24	394.24	394.24	394.24	394.24	394.24
NO.4 WBT(CA)	438.05	438.05	438.05	438.05	438.05	438.05
NO.4 WBT(S)	276.07	276.07	276.07	276.07	276.07	276.07
NO.4 WWBT(S)	307.79	307.79	307.79	307.79	307.79	307.79
NO.5 WWBT(P)	679.85	496.52	114.58	297.91	683.24	683.24
NO.5 WBT(P)	616.22	450.05	103.86	270.03	619.29	619.29
NO.5 WBT(CF)	1032.14	753.81	173.96	452.29	1037.28	1037.28
NO.5 WBT(CA)	825.7	603.04	139.16	361.83	829.81	829.81
NO.5 WBT(S)	616.22	450.05	103.86	270.03	619.29	619.29
NO.5 WWBT(S)	679.85	496.52	114.58	297.91	683.24	683.24
NO.6 WWBT(P)	305.83	64.01	64.01	376.95	376.95	376.95
NO.6 WBT(P)	306.76	64.21	64.21	378.1	378.1	378.1
NO.6 WBT(C)	924.82	193.57	193.57	1139.9	1139.9	1139.9
NO.6 WBT(S)	306.76	64.21	64.21	378.1	378.1	378.1
NO.6 WWBT(S)	305.83	64.01	64.01	376.95	376.95	376.95
Displacement (t)	27729.75	28286.37	29497.72	32897.73	31687.1	28972.7
LCG (m)	-0.33	-0.595	-0.001	0.129	0.179	-0.117
VCG (m)	3.302	5.067	6.633	6.104	6.269	5.84
TCG (m)	0	0	0	0	0	0
EQ. Draft (m)	3.005	3.065	3.197	3.565	3.434	3.14
Fore Draft (m)	2.975	3.009	3.197	3.579	3.453	3.129
Aft Draft (m)	3.036	3.122	3.197	3.551	3.415	3.151
Trim (m)	-0.061	-0.112	0	0.028	0.038	-0.023
List (deg)	0	0	0	0	0	0
GoM (m)	50.431	47.676	44.103	39.723	41.183	45.734
Max SF (t)	1552	-1387.4	1928.2	-1498.9	-1671	-1389
Max SF (%)	53.5	47.8	66.5	51.7	57.6	47.9
Max BM (t-m)	78698.8	80600.9	67994.3	-32881.9	-27010.9	56358.4
Max BM (%)	85.5	87.6	73.9	35.7	29.4	61.3

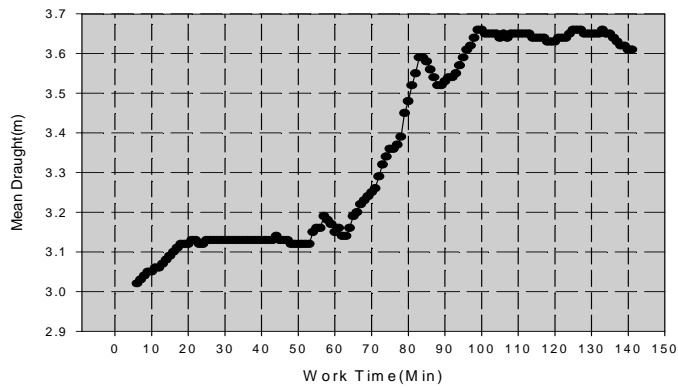
Table. 6.4 Plan Data for AFT Block Load Out

작업의 시작은 부두 암벽과 Floating Dock 선체 진입부분의 높이간격 그리고 Plan Data의 Ballast양등을 고려하여 물이 차오르는 시점을 기준으로 시작을 하였다. 그러나 처음 시도하는 작업으로 운영자의 다소 긴장된 부분 등이 작용하여 Plan Data Procedure를 따르지 못하였다. 그 결과 Fig. 6.2 a.처럼 Simulation으로 유추한 Mean Draft의 변화 곡선과 실제 작업 시간에 측정된 Mean Draft 변화곡선 Fig. 6.2 b.는 부분적 차이를 보이고 있다. 그리고 Fig. 6.3 a.의 Trim 변화곡선 (Simulation)에서는 최저 -0.12m에서 최고 0.06m의 안정적 변화를 보여주지만

Fig. 6.3 b.의 Trim 변화곡선(Real Time)은 선미 Trim이 최고 1.2m까지 증가하는 불안한 변화를 보이고 있다.

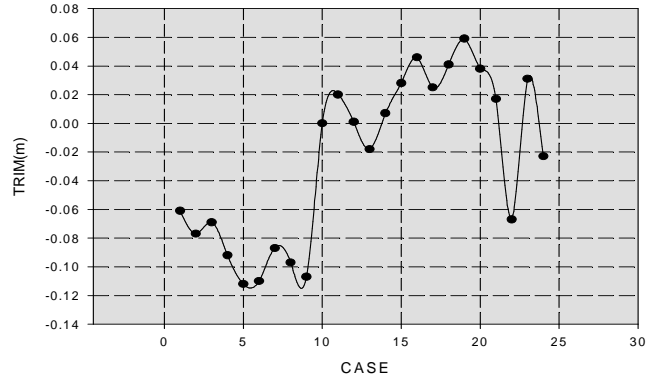


a. Mean Draft changes by Simulation

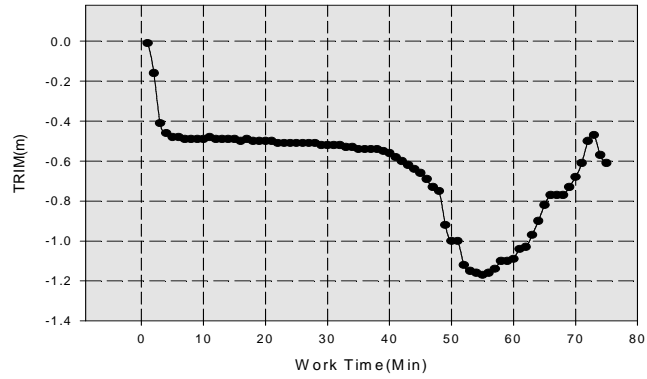


b. Mean Draft changes in Real Work

Fig. 6.2 Mean Draft changes during Load Out procedure



a. Trim changes by Simulation



b. Trim Curve with Real Work Time

Fig. 6.3 Trim changes during Load Out procedures

6.4.2 Simulation 결과를 이용한 Load Out

1차 Aft Block Load Out의 경험을 발판으로 2차 Fore Block Load Out은 Table. 6.5의 총 20단계의 Ballast Plan을 기준으로 작업을 하였다. 그러나 조수의 변화로 인한 압벽과 Floating Dock 높이 차이로 Plan Correction 기능을 사용하여 작업을 하였다.

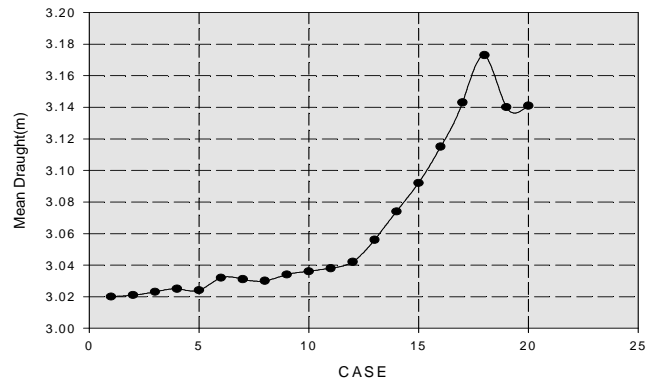
	CASE1	CASE5	CASE10	CASE15	CASE20
NO.1 WWBT(P)	140.61	140.61	140.61	140.61	140.61
NO.1 WBT(P)	141.04	141.04	141.04	141.04	141.04
NO.1 WBT(C)	425.2	425.2	425.2	425.2	425.2

NO.1 WBT(S)	141.04	141.04	141.04	141.04	141.04
NO.1 WWBT(S)	140.61	140.61	140.61	140.61	140.61
NO.2 WWBT(P)	305.63	305.63	305.63	305.63	183.41
NO.2 WBT(P)	277.02	277.02	277.02	277.02	166.24
NO.2 WBT(CF)	371.2	371.2	371.2	371.2	222.76
NO.2 WBT(CA)	464	464	464	464	278.45
NO.2 WBT(S)	277.02	277.02	277.02	277.02	166.24
NO.2 WWBT(S)	305.63	305.63	305.63	305.63	183.41
NO.3 WWBT(P)	305.06	305.06	305.06	305.06	305.06
NO.3 WBT(P)	274.33	274.33	274.33	274.33	274.33
NO.3 WBT(CF)	435.29	435.29	435.29	435.29	435.29
NO.3 WBT(CA)	391.76	391.76	391.76	391.76	391.76
NO.3 WBT(S)	274.33	274.33	274.33	274.33	274.33
NO.3 WWBT(S)	305.06	305.06	305.06	305.06	305.06
NO.4 WWBT(P)	307.79	307.79	307.79	307.79	307.79
NO.4 WBT(P)	276.07	276.07	276.07	276.07	276.07
NO.4 WBT(CF)	394.24	394.24	394.24	394.24	394.24
NO.4 WBT(CA)	438.05	438.05	438.05	438.05	438.05
NO.4 WBT(S)	276.07	276.07	276.07	276.07	276.07
NO.4 WWBT(S)	307.79	307.79	307.79	307.79	307.79
NO.5 WWBT(P)	637.41	637.41	434.21	263.1	362.41
NO.5 WBT(P)	577.75	577.75	393.57	238.48	328.49
NO.5 WBT(CF)	967.7	967.7	659.21	399.44	550.2
NO.5 WBT(CA)	774.15	774.15	527.36	319.55	440.16
NO.5 WBT(S)	577.75	577.75	393.57	238.48	328.49
NO.5 WWBT(S)	637.41	637.41	434.21	263.1	362.41
NO.6 WWBT(P)	284.49	103.84	65.43	65.43	150.78
NO.6 WBT(P)	285.36	104.16	65.63	65.63	151.24
NO.6 WBT(C)	860.3	314.01	197.87	197.87	455.96
NO.6 WBT(S)	285.36	104.16	65.63	65.63	151.24
NO.6 WWBT(S)	284.49	103.84	65.43	65.43	150.78
Displacement (t)	27864	27904.5	28010.96	28530.93	28987.67
LCG (m)	-0.13	0.022	-0.209	0.002	0.022
VCG (m)	6.215	7.061	8.126	9.058	8.923
TCG (m)	0	0	0	0	0
EQ. Draft (m)	3.02	3.024	3.036	3.092	3.141
Fore Draft (m)	3.008	3.026	3.016	3.092	3.144
Aft Draft (m)	3.032	3.022	3.055	3.092	3.139
Trim (m)	-0.024	0.004	-0.039	0	0.004
List (deg)	0	0	0	0	0
GoM (m)	47.27	46.353	45.101	43.255	42.627

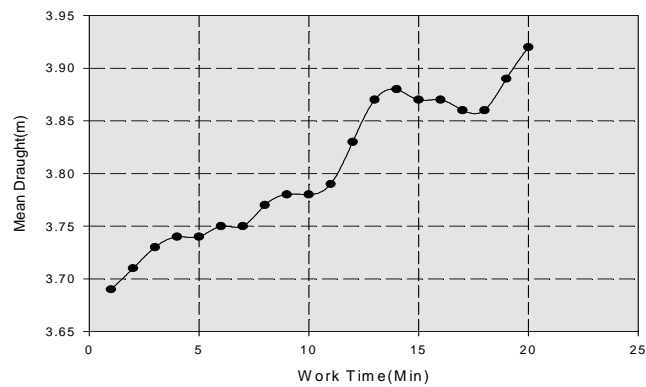
Max SF (t)	-1291.3	-1238.8	-1396.2	-1093.9	1091.1
Max SF (%)	44.5	42.7	48.1	37.7	37.6
Max BM (t-m)	41286.7	36877.6	51119.4	30179.2	-31660.7
Max BM (%)	44.9	40.1	55.6	32.8	34.4

Table. 6.5 Plan Data for FORE Block Load Out

Fig. 6.4는 Ballast Plan에 따른 Mean Draft변화 곡선도이다. 결과적으로 Fig. 6.4에서 나타나듯이 1차 Load Out보다는 Mean Draft의 변화 곡선이 Simulation과 비슷한 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 그리고 Fig. 6.5 a.와 b.의 Trim변화 곡선도도 최대 -0.3에서 0.05m로 안정적인 경향을 보인다.

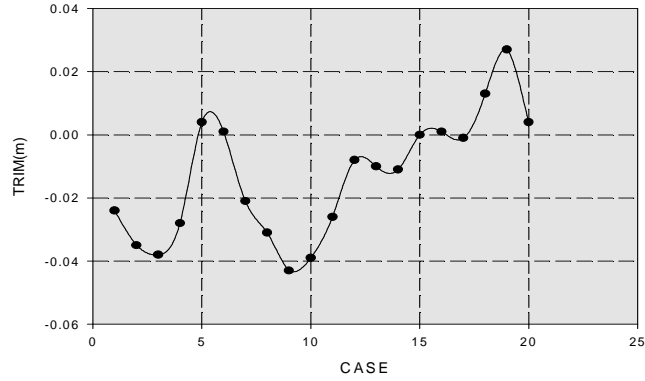


a. Mean Draft changes by Simulation

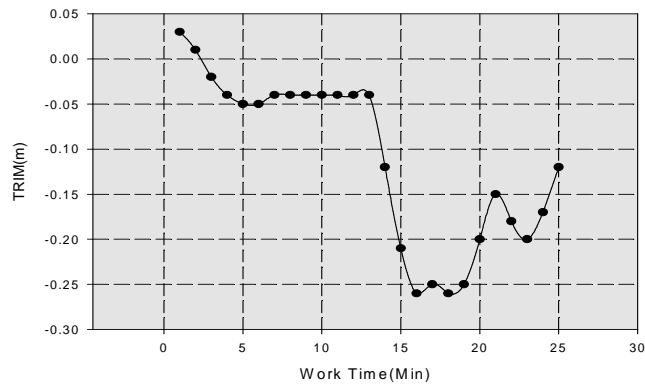


b. Mean Draft changes in Real Work

Fig. 6.4 Mean Draft changes during Load Out procedure



a. Trim changes by Simulation



b. Trim changes in Real Work

Fig. 6.5 Trim changes during Load Out procedures

6.5 진수를 위한 *Sinking Procedure*

Floating Dock안에서 하나의 선박이 건조되면 선주에게 인도되기 전까지 각종 시운전을 하게 된다. 기존의 Dry Dock에서는 진수를 위해 Dock안으로 물을 채워 진수를 했지만 Floating Dock는 진수를 위해 선박이 부력을 받아 뜨는 시점까지 일정 깊이로 가라 앉혀야 한다. 그러므로 Dry Dock에서의 진수와는 달리 많은 위험이 따르기 때문에 철저한 준비가 필요하다.

Table. 6.6은 진수를 위한 작업 계획서이다. 실제 본선이 부양되는 시점인 Floating Dock의 Draft 11.327m까지 TPC의 변화가 급격히 감소되는 구간은 아주 위험한 상황이 발생할 수 있으므로 Ballast의 주수를 아주 천천히 해야만 한다. 특

히 Draft가 반목을 넘어서 본선의 밑바닥에 닿으면서는 본선과 Floating Dock의 Hydrostatic Data가 합쳐져서 작용되기 때문에 Condition이 좋아질 수 있다. 그러나 본선이 부력을 받아 Floating Dock에서 분리가 되면 Hydrostatic Data 또한 분리되어 Floating Dock의 Condition은 낮아진다. Table 6.7은 총 22단계로 나누어진 진수 Plan Data이다.

No.	업무	내용	본선 부양 시점
1	주수 전 반목배치	No.1 WBT(P&S)에 약 3,263Ton의 해수를 주수하기 전에 이를 바칠 수 있는 반목 배치를 완료한다.	10시간 전
2	주수 전 F/D	F/D 상태 Draft 3.16m FP(3.199m), AP(3.121m), 선수 Trim(0.077m), BM(43.4%), SF(53%)	7시간 전
3	주수 시작	F/D Stripping Line(200A)을 이용하여 600Ton/h의 해수를 No.1 WBT(P&S)에 M/H를 통해 Ballast한다.	7시간 전
4	F/D부양 및 이동	주수 시작과 동시에 F/D의 상태를 Even keel 상태로 유지하기 위해서 No.5 Group Tanks 3,300Ton의 해수를 Discharging하여 Draft(3.16m)에서 Tugging.	7시간 전
5	Tugging Condition	F/D상태 Draft 3.16m FP(3.159m), AP(3.161m), 선미 Trim(0.009m), BM(40.7%), SF(57.3%)	7시간 전
6	F/D진수 상태유지	Draft 6.3m로 진수 Plan 초기 Condition을 유지	1시간 전
7	F/D Sinking	Draft 6.3m부터 본선이 부양되는 11.327m 구간은 TPC(11~15Ton)에 민감하므로 Operating을 Plan에 따라 여유 있게 수행합니다.	1~0시간 전
8	본선 Dock Out	F/D 상태 Draft 12.944m FP(13.068m), AP(12.819m), 선수Trim(0.25m)에서 본선 선미 방향으로 Dock Out	1시간 후

Table. 6.6 Launching Procedure

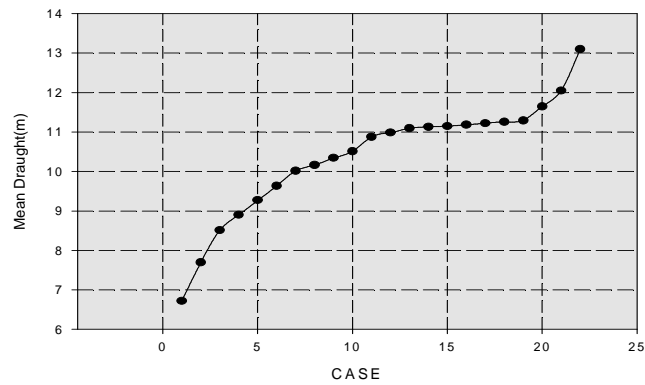
	CASE1	CASE5	CASE10	CASE15	CASE20	CASE22
NO.1 WWBT(P)	907.35	982.35	982.35	982.35	982.35	982.35
NO.1 WBT(P)	776.76	776.76	776.76	776.76	776.76	776.76
NO.1 WBT(C)	2341.78	2341.78	2341.78	2341.78	2341.78	2341.78
NO.1 WBT(S)	776.76	776.76	776.76	776.76	776.76	776.76
NO.1 WWBT(S)	907.35	982.35	982.35	982.35	982.35	982.35
NO.2 WWBT(P)	918.19	1132.07	1452.9	1849.29	2053.69	2053.69
NO.2 WBT(P)	832.25	1026.11	1316.92	1398.12	1398.12	1398.12
NO.2 WBT(CF)	1115.17	1374.94	1764.6	1873.4	1873.4	1873.4
NO.2 WBT(CA)	1393.97	1718.69	2205.77	2341.78	2341.78	2341.78
NO.2 WBT(S)	832.25	1026.11	1316.92	1398.12	1398.12	1398.12
NO.2 WWBT(S)	918.19	1132.07	1452.9	1849.29	2053.69	2053.69
NO.3 WWBT(P)	1075.32	1428.64	1582.26	1699.48	1849.48	2099.48
NO.3 WBT(P)	967.01	1284.74	1422.89	1475.84	1475.84	1475.84

NO.3 WBT(CF)	1534.39	2038.55	2257.75	2341.78	2341.78	2341.78
NO.3 WBT(CA)	1380.95	1834.69	2031.97	2107.59	2107.59	2107.59
NO.3 WBT(S)	967.01	1284.74	1422.89	1475.84	1475.84	1475.84
NO.3 WWBT(S)	1075.32	1428.64	1582.26	1699.48	1849.48	2099.48
NO.4 WWBT(P)	1124.96	1478.92	1632.81	1854.48	1904.48	2154.48
NO.4 WBT(P)	1009.03	1326.51	1464.54	1475.84	1475.84	1475.84
NO.4 WBT(CF)	1440.95	1894.33	2091.45	2107.59	2107.59	2107.59
NO.4 WBT(CA)	1601.07	2104.82	2323.85	2341.78	2341.78	2341.78
NO.4 WBT(S)	1009.03	1326.51	1464.54	1475.84	1475.84	1475.84
NO.4 WWBT(S)	1124.96	1478.92	1632.81	1854.48	1904.48	2154.48
NO.5 WWBT(P)	687.49	962.49	1344.43	1544.29	1794.29	1794.29
NO.5 WBT(P)	623.15	872.4	1218.6	1398.12	1398.12	1398.12
NO.5 WBT(CF)	1043.74	1461.23	2041.09	2341.78	2341.78	2341.78
NO.5 WBT(CA)	834.98	1168.98	1632.85	1873.4	1873.4	1873.4
NO.5 WBT(S)	623.15	872.4	1218.6	1398.12	1398.12	1398.12
NO.5 WWBT(S)	687.49	962.49	1344.43	1544.29	1794.29	1794.29
NO.6 WWBT(P)	1052.35	1131.71	1131.71	1131.71	1131.71	1131.71
NO.6 WBT(P)	776.76	776.76	776.76	776.76	776.76	776.76
NO.6 WBT(C)	2341.78	2341.78	2341.78	2341.78	2341.78	2341.78
NO.6 WBT(S)	776.76	776.76	776.76	776.76	776.76	776.76
NO.6 WWBT(S)	1052.35	1131.71	1131.71	1131.71	1131.71	1131.71
Displacement (t)	59773.7	63035.67	64397.24	65098.52	65642.2	66642.2
LCG (m)	-0.005	-0.086	-0.123	-0.056	-0.006	0.024
VCG (m)	7.009	5.749	4.587	4.058	3.965	4.05
TCG (m)	0	0	0	0	0	0
EQ. Draft (m)	6.72	9.272	10.511	11.149	11.645	13.097
Fore Draft (m)	6.682	9.259	10.513	11.203	11.632	13.166
Aft Draft (m)	6.758	9.284	10.508	11.098	11.658	13.028
Trim (m)	-0.076	-0.025	0.006	0.106	-0.026	0.138
List (deg)	0	0	0	0	0	0
GoM (m)	0.777	1.471	2.829	3.701	5.291	1.784
Max SF (t)	1495.1	827.4	-803.3	951.4	1087.3	1326.3
Max SF (%)	51.6	28.5	27.7	32.8	37.5	45.7
Max BM (t-m)	57063.4	19074	15161.8	12530.4	-13141	-24385.7
Max BM (%)	62	20.7	16.5	13.6	14.3	26.5

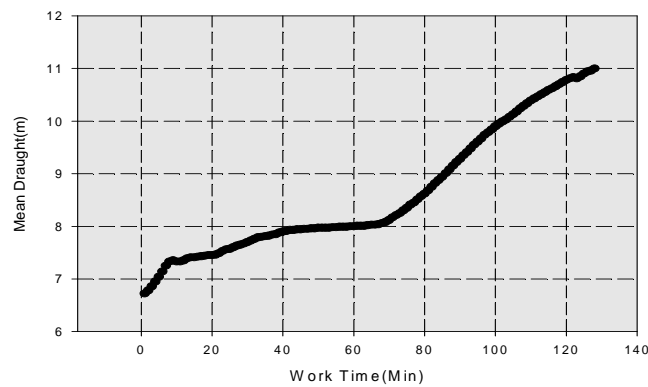
Table. 6.7 Plan Data for Launching

Table. 6.7을 바탕으로 작업을 한 결과 Fig. 6.6처럼 Simulation의 Mean Draft 변화와 실제 Mean Draft의 변화도(Fig. 6.6 b.)는 일정하게 증가됨을 알 수 있다. 그리고 Trim의 변화도 Simulation(Fig. 6.7 a.)의 변화량(-0.3~0.3m)과 실제(Fig. 6.7

b.) 변화량(0.5~0.1m)에서 보이는 것처럼 안정적인 Condition을 유지하였다. 이는 Simulation을 통한 검증과 예측으로 실제 운용하는데 있어서 효과적인 결과를 가져다주었음을 보여주는 것이다. Fig. 6.8은 Floating Dock에서 진수되는 본선의 모습을 보여주고 있다.

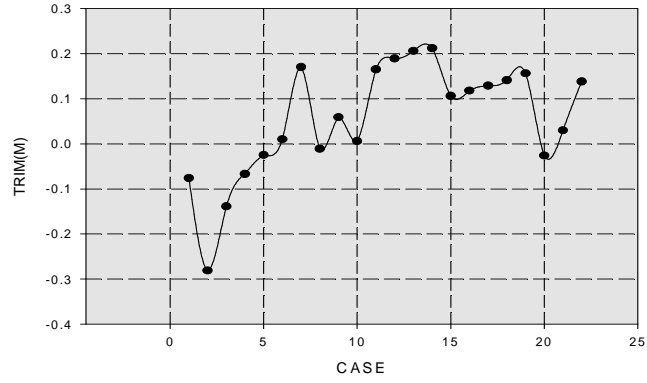


a. Mean Draft changes by Simulation

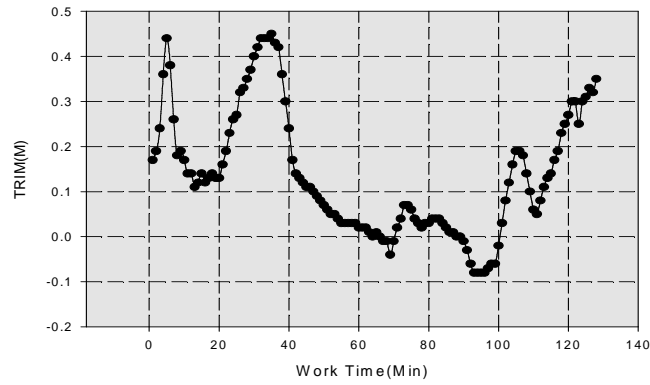


b. Mean Draft changes in Real Work

Fig. 6.6 Mean Draft changes during Sinking procedure



a. Trim changes by Simulation



b. Trim changes in Real Work

Fig. 6.7 Trim changes during Sinking procedures



Fig. 6.8 Launching to Floating Dock

제 7 장 결 론 및 향 후 과 제

본 연구에서 SLS를 위한 Floating Dock Control Application을 개발하여서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) Simulation과 Monitoring, Control Process가 통합된 Floating Dock Control Application을 개발하였다.
- 2) NAPA를 이용한 Simulation 계산의 검증을 통해 신뢰성을 증명하였다.
- 3) Floating Dock Condition Monitoring을 통하여 기존의 작업 인원 5~6명에서 2명(운용자와 기본 설계 감독자)으로 줄여 효율적인 운용을 할 수 있었다.
- 4) Local Unit(Valve, Pump, Sensor)의 상태를 파악하고 Remote Control을 함으로써 통상 2시간 이상 걸리던 작업 시간을 40분 이상 단축하는 등 작업 속도를 향상시켰다. 그리고 Launching시 최대 트림 0.5m이내의 안정성을 확보하고, TPC의 급격한 변화를 예측함으로써 안정적으로 작업을 수행할 수 있었다.
- 5) 숙련자의 감각에 맡겨졌던 Load Out과 Launching 작업과정을 Simulation을 통하여 사전 제시된 Ballast Plan에 따르도록 하는 최적화된 운용 지침을 제시할 수 있었다.
- 6) 수치화된 Data DB구축을 통하여 미래의 작업을 위한 개선된 작업과정을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

Floating Dock를 운용하는데 있어서 가장 중요한 것은 Simulation을 통한 작업 계획서를 얼마나 유동성 있게 현장에 적용하는데 있다. 그러나 사무실과 현장의 Offline 환경으로 전문가적인 견해와 판단을 기대하기는 다소 무리가 따른다. 실제로 전문가들이 작업 때마다 현장을 방문하는 것도 힘든 상황이므로 현장과 사무실의 네트워크 구성을 통한 Online System이 마련된다면 BMS(Ballast Management System)와 같은 기반으로 보다 효율적이고 유동적인 관리를 할 수 있을 것이다. 또한 흘수, 트림, 처짐, 종강도, 복원성 등을 고려한 실시간 자동제어 알고리즘이 개발이 된다면 보다 능동적인 Application이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R.Munro-Smith, "Ships and Naval Architecture"
- [2] 손경호, "Ship Hydrostatics Calculation"
- [3] Modicon, "Modbus Protocol Reference Guide"
- [4] SPP Ship Building Design Dept, "H-1001 Launching Plan",
- [5] 梁時權. 金順甲, "船舶積貨"
- [7] Hoppe Korea. "SPP Floating Dock Control System User's Guide"
- [8] John Niedermair, "Principles of Naval Architecture"
- [9] 김대극, 양은샘, "Telecommunication Programming"

감사의 글

대학교에 입학한지도 엇그제 같았는데 어느새 벌써 대학원 졸업을 눈앞에 두고 있습니다. 대학원 생활을 처음 시작하면서 두려움도 컸지만 많은 사람들의 도움이 있었기에 부족하지만 글로나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저 제가 이 자리에 오기까지 뒤에서 고생하시며 먼 타지생활에 항상 가슴아파하시는 부모님께 감사드립니다. 부모님의 사랑과 믿음이 있었기에 힘든 역경도 버틸 수 있는 힘이 되었고 앞으로 더 나아갈 제 꿈의 희망도 커지는 것 같습니다.

공부를 하면서 아직도 제 자신이 많이 부족하다는 걸 깨달았습니다. 부족한 저에게 물신양면으로 힘이 되어준 해광이 형님, 그리고 저의 사장님이시고 스승님이신 장용이 형님께도 깊은 감사를 드립니다. 또 인생의 중요함을 가르쳐주신 박 석주 교수님 그리고 제 논문을 심사 해주신 김 재수 교수님과 김 종화 교수님께도 감사드립니다.

그 동안 논문을 쓰기까지 많은 도움을 주신 (주)SPP 김 원식 과장님과 김 진종 과장님께도 감사를 드립니다. 또 함께 고생하며 든든한 힘이 되어준 (주)호폐코리아 이 대전 사장님과 직원 여러분들께도 감사의 말씀을 드립니다.

고등학교 때부터 나와 함께해준 성우, 경모 그리고 대학교 시절 만나 언제나 큰 힘이 되어준 민철아 고맙다. 또 동문수학을 하며 함께 우정과 추억을 쌓아온 길보, 묘정, 현진, 무환등 99학번 동기들과 96학번 선배님들께 심심한 감사를 드립니다.

그 외 거론은 하지 않았지만 저에게 많은 도움과 힘이 되어주신 여러분들께 진심어린 감사를 드립니다. 아직 끝이 아니기에 여러분의 감사를 생각하며 더욱더 성장해가는 제 자신이 되도록 노력하겠습니다.