



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

ROV 진·회수 장치의 설계 및 동역학 해석

Design and Dynamics Analysis of ROV Launching
and Recovery System



2017년 6월

한국해양대학교 대학원

기계공학과
이상기

공학석사 학위논문

ROV 진·회수 장치의 설계 및 동역학 해석

Design and Dynamics Analysis of ROV Launching
and Recovery System



2017년 6월

한국해양대학교 대학원

기 계 공 학 과
이 상 기

本 論文을 李相基의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

위원장 : 김 준 영 (인)



위 원 : 최 형 식 (인)



위 원 : 조 종 래 (인)



2017년 6월 23일

한국해양대학교 대학원

목 차

Abstract	iv
List of Figures	v
List of Tables	vii
제 1 장 서론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적 및 범위	4
제 2 장 ROV LARS 설계	6
2.1 ROV LARS 설계 조건	6
2.2 ROV LARS의 설계	8
2.2.1 Combined Umbilical Winch 설계	9
2.2.2 Overhead Telescopic Boom 설계	20
제 3 장 ROV LARS 구조 해석	24
3.1 구조해석 개요 및 조건	24
3.2 해석결과 및 고찰	25
3.2.1 엠빌리칼 권양기 구조 해석	25

3.2.2	엄빌리칼 권양기 유압 해석	30
3.2.3	Overhead Telescopic Boom 구조 해석	36
3.2.4	ROV LARS 유압 해석	39
제 4 장	결론	49
	참고문헌	51
	감사의 글	52



Design and Dynamics Analysis of ROV Launching and Recovery System

SangKi Lee

Department of Mechanical Engineering
Graduate School, Korea Maritime and Ocean University

Abstract

This paper is for development of ROV LARS(ROV Launching and Recovery System), based on the same as the actual product. A Lebus groove drum and an angle level winding type winch were designed for stable winding of umbilical cable up to 3000m below sea level. One of the most important features of ROV LARS is to control ROV to work with Umbilical cable stably even in rough sea conditions. It is characterized by controlling the amount of ROV heaving by wave using real-time wave data transmitted from MRU. The dynamic analysis was to verify the structural stability of the ROV LARS acting in the sea state 5 and the stability of the hydraulic system. Through the production and dynamic analysis of the ROV, it is recognized that the ROV can operate stably at 3000M underwater.

List of Figures

Fig. 1.1 Yearly Offshore Development Water Depth (Subsea Well)	1
Fig. 1.2 A-Frame Type ROV LARS	5
Fig. 1.3 Telescopic Type ROV LARS	5
Fig. 2.1 ROV LARS Internal Arrangement	8
Fig. 2.2 Combined Umbilical Winch	9
Fig. 2.3 Level wind	10
Fig. 2.4 Umbilical winch	12
Fig. 2.5 Permitted displacement in relational speed	14
Fig. 2.6 Hydraulic Power Unit	16
Fig. 2.7 Overhead Telescopic Boom	20
Fig. 2.8 Boom Telescopic	20
Fig. 2.9 Slewing Bearing & Slewing Gear Unit	23
Fig. 2.10 Bumper & Latch	23
Fig. 3.1 Three-Dimensional Finite-Element Model of Winch drum	25
Fig. 3.2 Mesh of Winch drum	26
Fig. 3.3 Setting of Load Condition	26
Fig. 3.4 Structural analysis result of winch drum (Total Equivalent Stress)	27
Fig. 3.5 Structural analysis result of winch drum (Total Deformation)	27
Fig. 3.6 Mesh of Umbilical Winch with Level wind	28

Fig. 3.7 Load Condition of Umbilical Winch(with Level wind)	28
Fig. 3.8 Structural analysis result of Umbilical Winch with Level wind	29
Fig. 3.9 Hydraulic System Modeling_1 of Umbilical Winch	30
Fig. 3.10 Hydraulic System Modeling_2 of Umbilical Winch	31
Fig. 3.11 Verification of Hydraulic Motor	35
FIG. 3.12 Modeling of Overhead Telescopic Boom	36
Fig. 3.13 Mesh of Overhead Telescopic Boom	37
Fig. 3.14 Structural analysis result of Overhead Telescopic Boom	38
Fig. 3.15 Modeling and Verification of Hydraulic Joystick	39
Fig. 3.16 Modeling and Verification of Brake Release	40
Fig. 3.17 Modeling and Verification of Load Control Valve	41
Fig. 3.18 Modeling of Proportional Control Valve	42
Fig. 3.19 Simulation results of Proportional Control Valve	43
Fig. 3.20 Modeling of Proportional Valve	44
Fig. 3.21 Simulation results of Proportional Valve	45
Fig. 3.22 Modeling of Power control Pump	46
Fig. 3.23 Verification of discharge volume of Power control Pump	46
Fig. 3.24 Verification of Level Wind Motor	47
Fig. 3.25 Verification of Snubber Motor	48

표 차례

Table 1.1 Resource Production Forecast by Depth	2
Table 1.2 ROV LARS Development Condition	4
Table 2.1 Weight per Equipment	6
Table 2.2 Air/Undersea Weight	7
Table 2.3 Operation Condition	7
Table 2.4 Data of Combined Umbilical Winch	9
Table 2.5 Sensor for Level Wind	11
Table 2.6 Parameter of Hydraulic motor	15
Table 2.7 Data of Umbilical Winch	15
Table 2.8 Data of Hydraulic Power Unit	19
Table 3.1 Structural analysis input data	24
Table 3.2 Spec of Hydraulic System each Part	31

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

지구 표면의 3분의 2 이상에 해당하는 바다는 인간에게 매우 친숙한 환경이라고 생각되지만 깊은 바다, 특히 3,000m 이상의 심해는 거의 탐사가 되지 않은 미지의 지역이다. 최근 육상 및 천해 자원의 고갈과 에너지 수요 증가에 따라 Fig. 1.1과 같이 심해 자원 개발에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 해저 생산 시스템의 Well의 투입 수심의 경우 2000년 이후 수심 2,000m을 넘어 3,000m의 심해저 탐사 및 자원개발이 활발히 진행되고 있다.

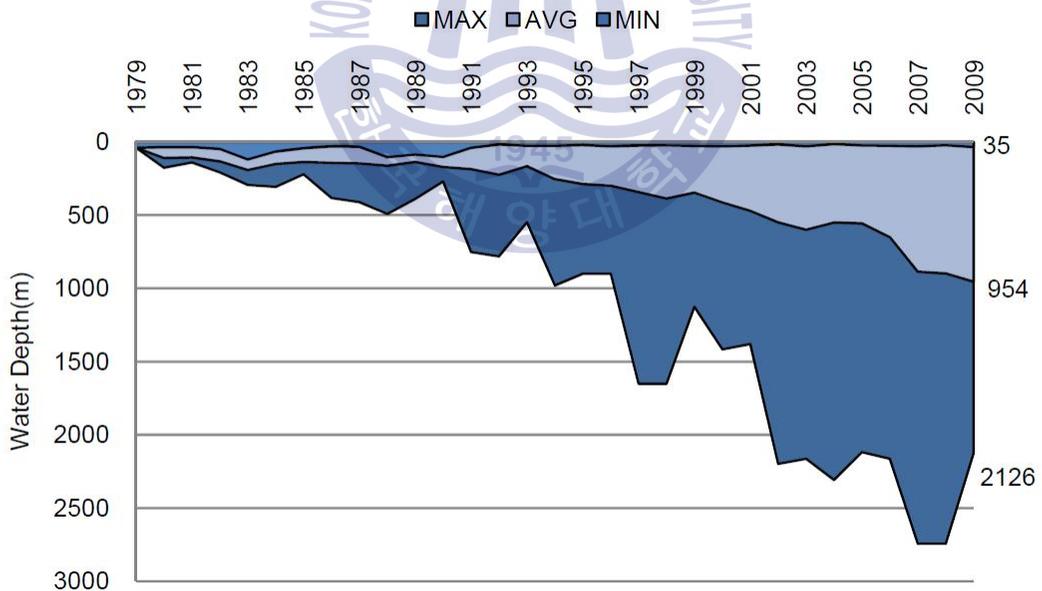


Fig. 1.1 Yearly Offshore Development Water Depth (Subsea Well)

Table 1.1의 수심별 세계 해양 석유·가스 생산 및 시추 시장 전망을 살펴 보면, 2015년 기준으로 전체 시장 비중은 천해가 심해보다 크지만 점차 심해 생산량이 증가할 것으로 전망된다. 천해의 생산 비중인 2015년 82%에서 2021에는 78.4%로 감소되고, 천해의 생산량의 증가율이 16.6%임에 비해 심해 생산량 증가율은 52.2%에 달할 것으로 전망하고 있다.

Table 1.1 Resource Production Forecast by Depth

천해	생산량(1,000boe/d)		비중(%)		증가율(%)
	2015년	2021년	2015년	2021년	
아프리카	3,644	4,307	8.2	7.9	18.2
아태	8,189	9,017	18.3	16.4	10.1
동유럽	2,106	2,807	4.7	5.1	33.3
중남미	4,056	4,697	9.1	8.6	15.8
중동	12,489	15,663	28.0	28.6	25.4
북미	1,205	1,536	2.7	2.8	27.5
서유럽	5,162	4,938	11.6	9.0	- 4.3
소계/평균	36,851	42,965	82.6	78.4	16.6
심해	생산량(1,000boe/d)		비중(%)		증가율(%)
	2015년	2021년	2015년	2021년	
아프리카	3,093	3,997	6.9	7.3	29.2
아태	522	1,442	1.2	2.6	176.2
동유럽	-	421	-	0.8	-
중남미	2,114	3,022	4.7	5.5	43.0
중동	10	247	-	0.5	2,370.0
북미	1,603	1,994	3.6	3.6	24.4
서유럽	450	733	1.0	1.3	62.9
소계/평균	7,792	11,856	17.4	21.6	52.2

심해 자원의 탐사 및 개발 장비 설치 등을 위해서 ROV(Remotely Operated Vehicle, 수중무인탐사정)가 사용되는데, 수심이 깊어짐에 따라 ROV LARS(Launch And Recovery System, 진·회수장치)의 적용 수심 및 성능에 대한 기술개발이 뒷받침되어야 한다. 수심의 증가에 따라 단순히 Cable의 길이 변화뿐만 아니라, 3,000m의 Cable을 권상·권하 하기 위해 필요한 Winch의 성능과 구조적 안정성이 확보되어야 하고 파도와 바람 등 열악한 해양 환경에서 원활히 작동할 수 있도록 위치 제어 기능이 수반되어야 한다.

또한, 수심이 깊어질수록 파도 및 조류에 의한 영향을 많이 받게 되는데 이러한 열악한 환경 때문에 Cable의 길이가 길어져서 ROV의 심해 작업이 어려워진다. 이에 따라 파도 및 조류의 영향에서도 ROV가 심해 작업을 원활히 수행할 수 있도록 해양 환경에 의한 ROV의 움직임 최소화하는 AHC System(Active Heave Compensator, 상호능동보상)이 장착된 ROV LARS의 개발이 필요하다.



1.2 연구목적 및 범위

본 논문에서는 기존 선진 외국 업체들에서 기술을 보유하고 있는 ROV LARS를 국산화하기 위한 것을 최종 연구 목표로 하여, Table 1.2에서 요구되어 지는 바와 같이 실선에서 적용되는 요구사항에 따른 구조 설계, 전산 해석 및 FMECA 분석 연구를 하였다.

Table 1.2 ROV LARS Development Condition

항 목	성 능	비 고
Sea State	Sea State 5	
Wave Height	Max. 4m	
Type	Overhead Telescopic Type	
Capacity	S.W.L 10Ton	
Operation Depth	Max. 1600m	
Hoisting Speed	Max. 29m/min	
System Pressure	Max. 230kg/cm ²	
Classification	KR	

ROV LARS는 선박의 구조에 따라 A-Frame Type, Telescopic Type 등으로 구분된다. A-Frame Type은 Telescopic Type에 비해 구조적으로 단순하지만 선체의외부에 설치되어 ROV를 외부에 격납하는 단점이 있다. 반면, Telescopic Type의 경우 Boom을 신장·단축하기 위한 복잡한 구조가 필요하지만 고가의 ROV를 내부에 설치하여 ROV를 안전하게 보관할 수 있는 장점이 있어 본 연구에서는 Telescopic Type의 ROV LARS를 대상으로 연구를 수행한다.



Fig. 1.2 A-Frame Type ROV LARS



Fig. 1.3 Telescopic Type ROV LARS

Telescopic Type ROV LARS는 엄빌리칼 권양기, Level wind, Overhead Telescopic Boom, Docking head, 작동장치, 유압동력장치 등으로 구성되며, 본 논문의 중점 연구 범위는 수심 1,600m까지 작동할 수 있는 엄빌리칼 권양기와 Level wind에 대한 것이다. 실선 적용 요구조건에 따라 엄빌리칼 권양기와 Level wind를 설계하고, 설계 결과물에 대한 전산 해석을 실시하여 설계 보완과 시뮬레이션을 통한 성능 Test를 진행한다. 더불어 엄빌리칼 권양기와 Level wind에 대한 FMECA 분석을 통하여 해당 장비에 대한 안정적인 작동 및 신뢰성을 검증한다.

제 2 장 ROV LARS 설계

2.1 ROV LARS 설계 조건

본 논문에서 설계/제작하는 ROV LARS의 설계 조건은 다음과 같다.

- 1) 실 사용될 ROV와 TMS 및 엄빌리칼 케이블의 무게를 고려한다. 각 장비별 무게는 Table 2.1 및 Table 2.2와 같다.
- 2) ROV가 운용되는 해역에서의 해상상태를 고려한다. ROV가 운용되는 해역의 해상상태는 Table 2.3과 같다.
- 3) ROV가 설치되는 구역의 형상에 맞게 LARS의 형상을 설계한다.
- 4) 탑재되는 CPU와 각종 센서들은 ROV LARS가 정확하고 안전적으로 운전될 수 있도록 알맞은 시스템 구성을 한다.
- 5) 탑재되는 부품과 시스템의 고장 및 오작동을 최소화하기 위해서는 검증된 부품을 선정하여 ROV LARS의 운용에 있어 보다 안전적이고 효율적인 효과를 가져 올 수 있도록 설계한다. 이를 토대로 ROV LARS의 용량은 SWL 10.0ton으로 한다.

Table 2.1 Weight per Equipment

장비	무게	비고
ROV	3.7Ton	Air
TMS	3.1Ton	Air
	1.8Ton	Water
Umbilical Cable	5.1Ton/km	Air
	4.0Ton/km	Water

Table 2.2 Air/Undersea Weight

해상/해저	장비	무게	총 무게
해상	ROV	3.7Ton	7.0Ton (Margin 0.2Ton 포함)
	TMS	3.1Ton	
해저	TMS	1.8Ton	10.0Ton (Margin 1.8Ton 포함)
	Umbilical Cable	6.4Ton(4.0Ton/km * 1.6km)	

Table 2.3 Operation Condition

	항 목	성 능	비 고
ROV LARS 운용조건	해상상태	해상상태 5	
	유의 파고	최대 4.0m	
	조류속도(해수면 상에서)	최대 2노트	
	연속풍속	최대 24.5 knots	
	파주기	11.1 sec	
	기준함속	3.5노트	
ROV LARS 내항성능 기준	횡동요	5.00 deg	
	중동요	4.00 deg	
	상하동요가속도	0.4 g	
	전후동요가속도	0.2 g	

2.2 ROV LARS의 설계

문헌조사, 선급 규정, 실선적용 요구사항을 반영하여 ROV LARS의 배치를 Fig 2.1과 같이 하였고, 크게 Overhead Boom 부분과 엄빌리컬 권양기 부분, Level Wind 부분, 동력 공급 장치 부분으로 나뉜다. 특히 설치 위치가 협소하기 때문에 엄빌리컬 권양기와 Level Wind 그리고 동력 공급 장치는 일체형으로 하여 통합 엄빌리컬 권양기를 만들어 공간 활용을 최대한 할 수 있도록 설계 하였다.

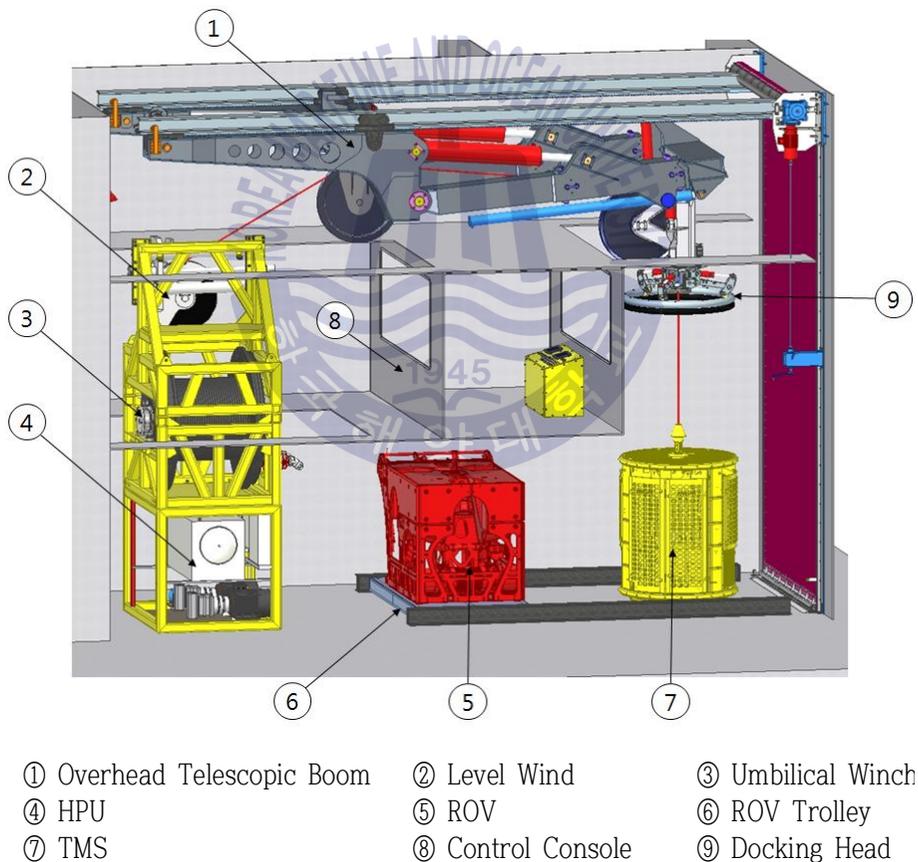


Fig. 2.1 ROV LARS Internal Arrangement

2.2.1 Combined Umbilical Winch 설계

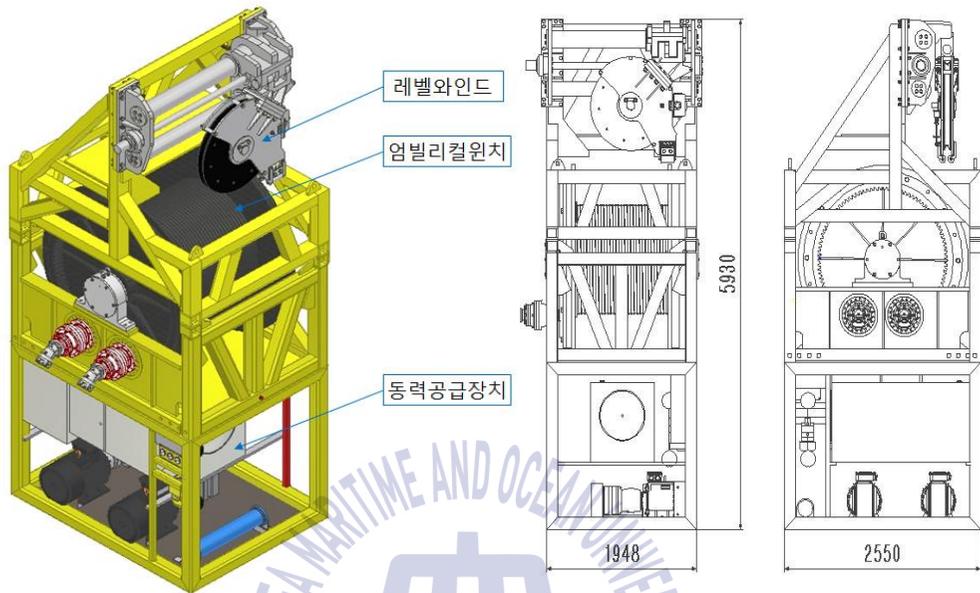


Fig. 2.2 Combined Umbilical Winch

통합 엄빌리컬 권양기는 크게 Level Wind, 엄빌리컬 권양기, 동력 공급 장치로 구분하며 Fig. 2.2와 같다.

통합 엄빌리컬 권양기의 체원은 Table 2.4와 같다.

Table 2.4 Data of Combined Umbilical Winch

Length	2550 mm
Width	1948 mm
Height	5930 mm
Weight	28000 kg
Material	KR A36

2.2.1.1 Level Wind 설계

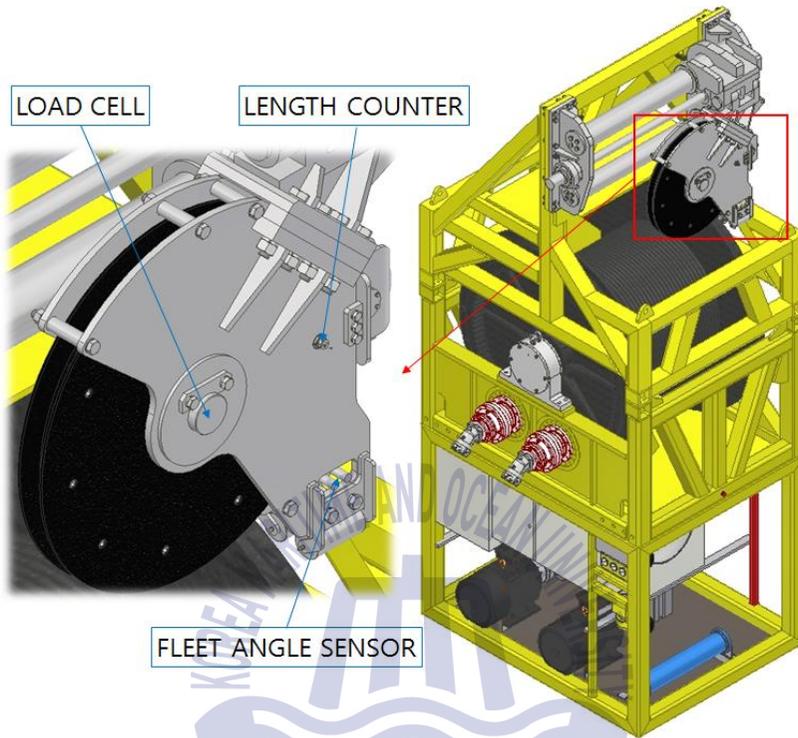


Fig. 2.3 Level wind

Level Wind는 엄빌리컬 케이블이 드럼에 잘 감길 수 있도록 하는 역할로서 드럼이 동작될 때 엄빌리컬 케이블의 움직임을 감지하기 위해 Fig. 2.3과 같이 Fleet Angle Sensor를 부착하여 엄빌리컬 케이블의 움직이는 방향에 따라 Sheave가 따라 움직이도록 설계하였고, 하중 감지 센서와 길이 감지 센서를 부착 하여 실시간 권양기에 걸리는 힘과 엄빌리컬 케이블의 풀림 길이를 알 수 있도록 하였다. Level Wind를 구성하고 있는 센서는 아래 Table 2.5와 같다.

Table 2.5 Sensor for Level Wind

 <p>Load Cell</p>		 <p>Length Counter</p>		 <p>Fleet Angle Sensor</p>	
Rated Capacity (R.C)	20 Ton	Resolution	3,000	Rated Current	6A 250V a.c
Rated Output(R.O)	3.0mV /V±0.5%	Load Current	Max. 10mA	Dielectric strength	2,000V a.c 50/60Hz for 1 min
Creep Error	≤0.05% in 20min	Power Supply	12-24VDC	Contact voltage	250V a.c, 30V d.c
Zero Balance	≤1%R.O	Current consumption	Max. 80mA	Life expectancy	Min. 1million time
Excitation Voltage	10V	Moment of Inertia	Max. 20g•cm ²	Allowable Operation speed	0.1~1m/s
Protection Class	IP67	Protection Class	IP56	Protection Class	IP67

2.2.1.2 업빌리컬 권양기 설계

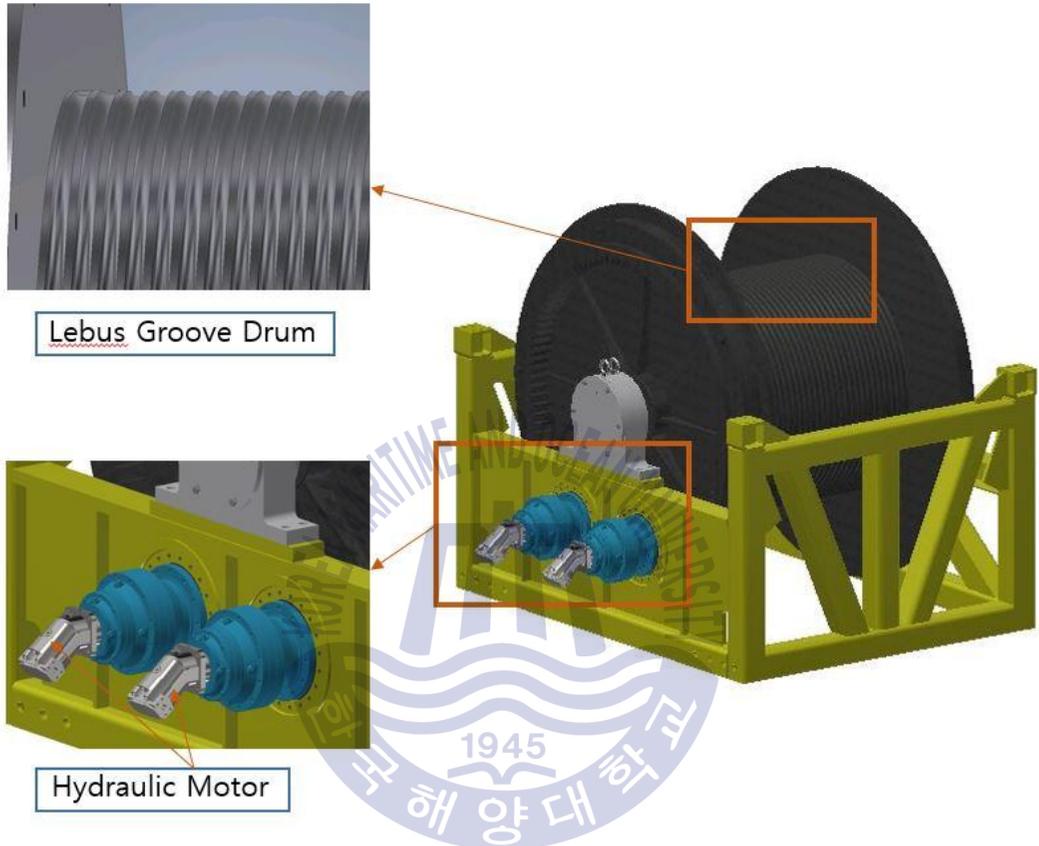


Fig. 2.4 Umbilical winch

Level wind는 ROV가 해저 1600m까지 내려가더라도 충분히 잘 운용될 수 있도록 드럼이 업빌리컬 케이블을 충분히 감을 수 있는 사이즈가 되어야 한다.

원활한 업빌리컬 케이블의 감김을 위하여 일반 Groove type이 아닌 Lebus type의 Groove를 채택하여 업빌리컬 케이블의 Layer가 많이 올라가더라도 동작 중 업빌리컬 케이블이 안쪽으로 파고 들어가는 것을 방지 하였으며 그 형상은 Fig. 2.4와 같다.

엄빌리컬 케이블이 최종적으로 감기는 마지막 열을 결정하는 식은 식 (2.1)과 같다.

$$D_1 = \sum_{i=0}^n \pi d_i N \quad (2.1)$$

$$= \pi d_1 N + \pi d_2 N + \pi d_3 N + \dots \geq L$$

여기서,

d_i : 각 층별 드럼 외경

N : 드럼에 감기는 엄빌리컬 케이블의 권취수

L : 엄빌리컬 케이블 길이

드럼에 감기는 엄빌리컬 케이블의 권취수는 총 31회 감기며, 첫 번째 층인 d_1 부터(직경 1300mm), d_2 (직경 1363.5mm), d_3 , d_4 , 엄빌리컬 케이블 1600m보다 길게 감기도록 계산하면 d_{11} 까지 총 11층 감기게 되며 엄빌리컬 케이블이 감기는 마지막 층의 외경은 1732.8mm 이다.

또한, 드럼의 사이즈를 결정하는 드럼 플랜지 외경 D 를 결정하는 식은 아래 식(2.2)과 같다.

$$D \geq D_1 + 5d \quad (2.2)$$

여기서,

D_1 : 엄빌리컬 케이블 최고 층의 외경

d : 엄빌리컬 케이블의 외경

엄빌리컬 케이블의 직경은 37mm이므로 상기 식(2.1)에서 도출된 D_1 에서 나온 값을 연산하고 엄빌리컬 케이블의 이탈을 방지하도록 여유를 주어 최종 드럼 플랜지를 2200mm로 결정하였다.

유압 모터는 ROV 운용 시 일정한 장력을 주고, 해상 상태에 따라 속도 변화가 가능하도록 Fig. 2.5에서 보여주는 바와 같이 고정 토출 형이 아닌 가변 토출형의 유압 모터를 채택하였다.

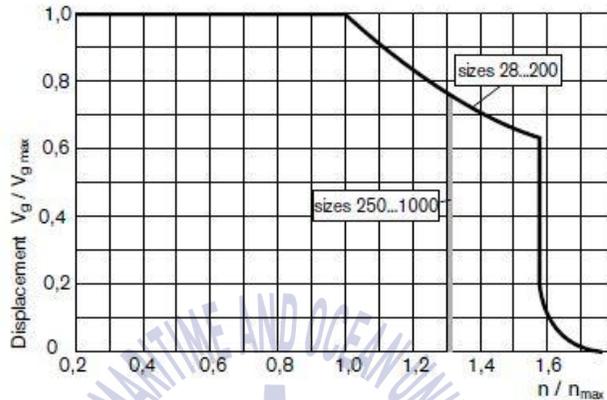


Fig. 2.5 Permitted displacement in relational speed

또한, 유압 모터를 복수형으로 적용하여 모터 한 개가 고장 나더라도 나머지 한 개로 동작이 가능하도록 설계하였다. 유압 모터를 결정하는 식은 식(2.3)과 같다.

$$Q_m = \frac{\pi \times W \times D_f}{\eta_m \times \eta_w h^2 \times \Delta P \times i_1 \times i_2 \times N} \quad (2.3)$$

여기서,

W : ROV & TMS & 엠빌리컬 케이블 무게

D_f : 드럼에 감겨있는 엠빌리컬 케이블 바깥 외경까지의 직경

η_m : 유압모터의 기계효율

η_w : 감속기의 기계효율

ΔP : 유압모터의 사용 압력

Table 2.6과 같이 각종 데이터들을 적용하면 유압 모터는 108cc/rev 2개가 필요하게 된다. 이와 같이 식(2.2), 식(2.3)등을 이용하여 엄빌리컬 권양기의 사양을 Table 2.7과 같이 나타낼 수 있다.

Table 2.6 Parameter of Hydraulic motor

Weight of ROV & TMS (W)	10 Ton
Outside Diameter of Umbilical Cable (D_f)	1732.8 mm
Mechanical Efficiency of Hydraulic Motor (η_m)	0.9
Mechanical Efficiency of reducer (η_w)	0.9
Max. Working Pressure (ΔP)	230 kg/cm ²

Table 2.7 Data of Umbilical Winch

Drum Flange Diameter	2200 mm
Umbilical Layer	11 Layer
Weight	19000 kg
Hydraulic Motor	108 cc/rev \times 2ea
Max. Working Pressure	230 kg/cm ²

2.2.1.3 Hydraulic Power Unit 설계

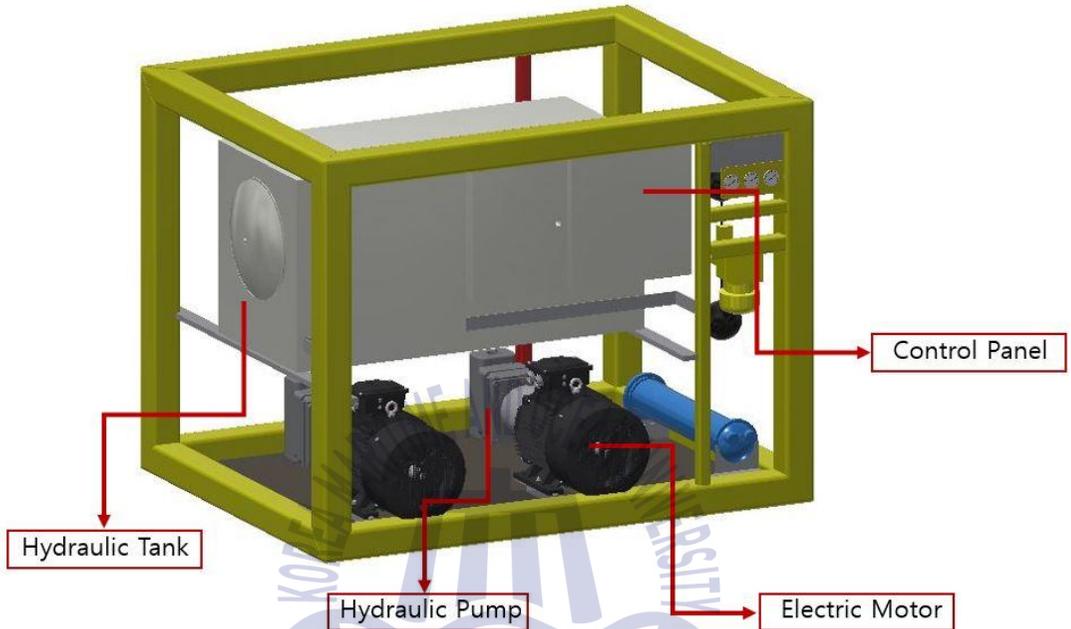


Fig. 2.6 Hydraulic Power Unit

HPU(Hydraulic Power Unit)는 ROV LARS의 설치 구역이 협소하기에 설치에 용이하도록 Fig. 2.6과 같이 콤팩트하게 설계하였다. 또한 Control Panel을 HPU 프레임에 부착함으로써 운영적인 면과 유지 보수 측면을 모두 고려하였으며, Redundancy 개념을 도입하여 한 개의 전기모터나 유압 펌프가 고장 나더라도 다른 한 개로도 운용을 할 수 있도록 설계하였다. 또한 심해로 장시간 ROV를 올리고 내려야 하기 때문에 이로 인한 열 발생량을 줄이기 위하여 해수 냉각기를 장착 하였다.

Hydraulic Pump Unit의 사이즈를 결정하는 식은 식(2.4)과 같다.

$$Q_P = \frac{Q_m \times N_m \times N}{\eta_v \times \eta_p \times N_{em}} \quad (2.4)$$

여기서,

Q_m : 유압모터의 필요 유량 (cm^3/rev)

N_m : 드럼 분당 회전수(rpm)

N_{em} : 전기 모터의 분당 회전수 (rpm)

η_v : 유압모터의 체적 효율

η_p : 유압펌프의 총 효율

식(2.3)에서 결정된바와 같이 유압모터를 108 cc/rev 2개 적용하였고, 드럼 회전수는 설계 조건에서 요구되어진 권상 속도를 맞추기 위해 엄빌리컬 케이블의 최고층과 최저 층을 감안하여 중간에 위치해 있을 때에 드럼 속도 7.1rpm을 적용 하였으며, 전기 모터는 4극 일 때 적용하는 실제 speed 1760rpm을 적용하였다. 유압 모터 및 유압 펌프의 효율은 각각 0.9, 0.92를 적용하여 최종적으로 유압 펌프는 135cc/rev 2개 쓰는 걸로 결정하였다.

HPU의 전기 모터 용량을 결정하는 식은 식(2.5)과 같다.

$$L_H = \frac{\Delta P \times Q_P \times N_{em}}{\eta_{lh} \times 600} \quad (2.5)$$

여기서,

ΔP : Differential pressure in bar (kg/cm^2)

Q_P : Hydraulic pump Flow (cc/rev)

N_{em} : Electric Motor revolution per minute (rpm)

η_{lh} : Efficiency of Electric motor

Electric motor의 사이즈를 결정하기 위해서 Table 2.8에서 나타냈지만 사용압력을 $230 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 이상 넘지 않도록 하였으며, 식(2.4)에서 결정된 바와 같이 Pump를 135cc/rev 2개 사용하여 상기 식 (2.5)과 같이 계산하면 104kw Electric Motor 2개가 필요 하게 된다. 이와 같이 상기 식(2.3)과 식 (2.4), 식(2.5)을 이용하여 Hydraulic Power Unit의 사양을 Table 2.8과 같이 설계하였다.

Table 2.8 Data of Hydraulic Power Unit

Max. System Pressure	280 kg/cm ²
Hydraulic Pump	135cc/rev × 2ea
Max. Oil Flow	480 L/min
Weight	6500 kg
Electric Motor	104kw × 2ea



2.2.2 Overhead Telescopic Boom 설계

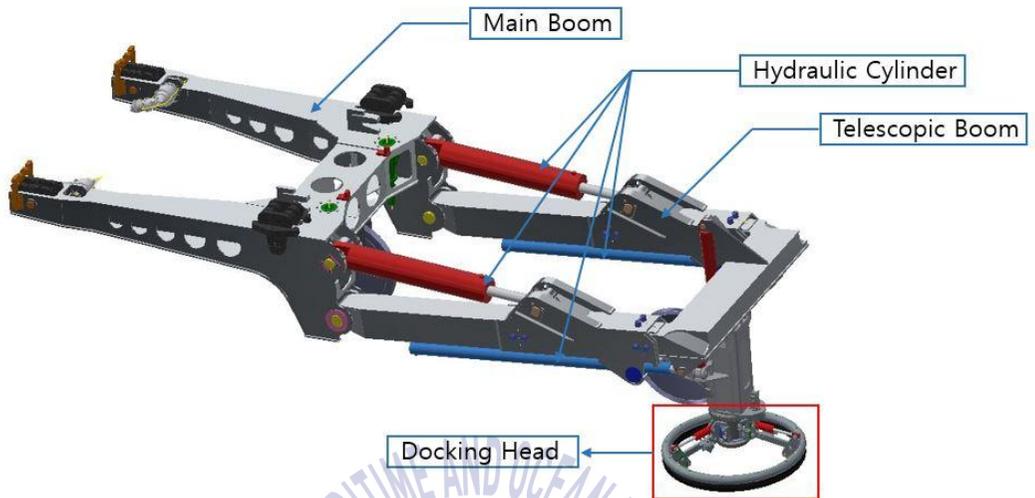


Fig. 2.7 Overhead Telescopic Boom

Overhead Telescopic Boom은 Fig. 2.7과 같이 Main Boom, Telescopic Boom, Hydraulic Cylinder, Docking Head로 크게 4 Part로 나뉜다. 먼저 Main Boom은 Trolley와 함께 구성이 되어 선박에 설치되어 있는 Guide Rail을 따라 움직일 수 있게끔 설계 되어 있다. Telescopic Boom은 Boom 하부에 설치되어 있는 Hydraulic Cylinder에 의해 Fig. 2.8과 같이 선박 외부로 ROV를 이동 후 ROV가 안전하게 진수 될 수 있도록 선박과의 거리를 충분히 벌리도록 Boom을 신장·단축 할 수 있도록 설계 되어 있다.

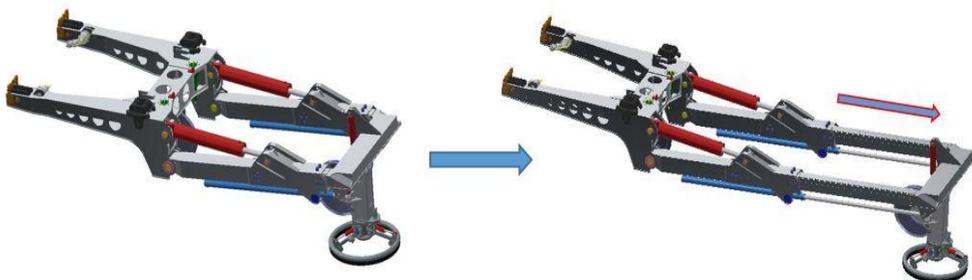


Fig. 2.8 Boom Telescopic

Telescopic boom이 ROV를 매달고 동작하는데 선급 규정에 맞춰 충분한 강도가 되도록 boom을 설계하였으며 식(2.6)과 같이 boom size를 결정 하였다.

$$\sigma_y \geq S_f \times \Psi \times \sigma_b \quad (2.6)$$

S_f : 안전계수 ($S_f=2$)

Ψ : ROV LARS 동하중 계수

σ_b : Telescopic 끝단부의 걸리는 굽힘 모멘트

여기서 동하중 계수 Ψ 는 다음 식 (2.7)과 같다.

$$\Psi = 1 + V_R + \sqrt{\frac{C}{W \times g}} \quad (2.7)$$

C : 후크 위치에서의 기하학적 강성 계수 (kN/m)

g : 중력 가속도(9.81 m/s²)

W : 안전 사용 하중

V_R : 사용시 하중과 후크 사이에 상대속도(m/s)

상대 속도 V_R 값은 식(2.8)을 따른다.

$$V_R = 0.5 \cdot V_L + \sqrt{V_i^2 + V_t^2}$$

$$0.5 \cdot V_L < V_H \text{ 일때} \rightarrow V_H + \sqrt{V_i^2 + V_t^2}$$

$$V_H = 0.1 \cdot (H_{sign} + 1)$$

$$V_i = 1.8 + 0.3 \cdot (H_{sign} - 3)$$

$$V_t = \frac{1}{6} \cdot k \cdot H_{sign}$$

$$V_R = V_H + \sqrt{V_i^2 + V_t^2} \quad (2.8)$$

여기서,

V_L : 정적 용량을 들어 올리기 위한 최대 안정적 속도

V_i : ROV를 들어올리는 순간 선박의 하양 속도

V_t : ROV 진회수 장치의 끝단 부위의 속도와 해저면 상대 속도의 차이

V_H : 유효 파도시 최소로 요구되어지는 후크 속도

실 해상에서 적용되는 data 값을 상기 식(2.7), 식(2.8)에 적용하면 ROV LARS에 적용되는 Dynamic Factor 값은 다음과 같이 된다.

$$V_H = 0.1 \cdot (H_{sign} + 1) = 0.1 \cdot (4 + 1) = 0.5$$

$$V_i = 1.8 + 0.3 \cdot (H_{sign} - 3) = 1.8 + 0.3 \cdot (4 - 3) = 2.1$$

$$V_t = \frac{1}{6} \cdot k \cdot H_{sign} = \frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 4 = 3.3$$

$$(k = 5.5 - \frac{DWT}{20000} = 5.5 - \frac{10000}{20000} = 5)$$

$$V_R = 0.5 + \sqrt{2.1^2 + 3.3^2} = 4.4 \text{ (m/s)}$$

$$\Psi = 1 + V_R + \sqrt{\frac{C}{W \times g}} = 1 + 5.5 + \sqrt{\frac{76}{88.3 \times 9.81}} = 2.3$$

(C: 76KN/m , W=9000kg=88.3KN/m)

Docking Head는 회전 기능을 보유하여 ROV가 어느 방향에서 회수되더라도 격납고에 보관 될 수 있는 형태로 회전이 가능하도록 Slewing Bearing과 Slewing Gear Unit를 Fig. 2.9와 같이 적용하였다.

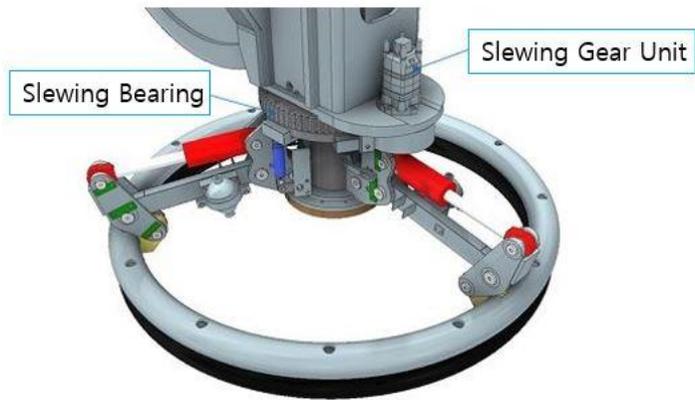


Fig. 2.9 Slewing Bearing & Slewing Gear Unit

또한, ROV가 Docking Head에 도달 했을 때 ROV의 충격을 완화하기 위해 Bumper를 설치하였고, ROV가 흔들리는 것을 방지하기 위해 3 point에 Latch System을 적용하여 Latch에 부착된 Cylinder를 이용하여 ROV를 압착시키는 역할을 하도록 Fig. 2.10과 같이 설계하였다.

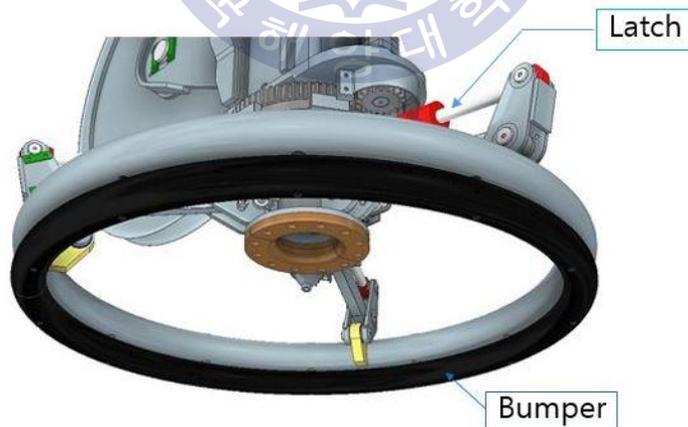


Fig. 2.10 Bumper & Latch

제 3 장 ROV LARS 구조 해석

3.1 구조해석 개요 및 조건

구조해석이란 구조물의 예상범위 내의 외력이 극한으로 가해질 경우, 구조물이 안전하기를 검증하는 것으로 구조물의 강성, 응력 분포, 변형량 등에 관해 수치계산을 하여 근사값을 알아내는 것이다.

표 3.1은 엄빌리칼 권양기 구조해석에 사용된 여러 입력 데이터와 그 근거들을 나타낸 것으로 각각의 입력 데이터들은 KR등의 선급규정에서 요구하는 소재의 물성치 및 속도 규정 등 선박에서 요구되는 실제의 환경값과 동일한 입력값을 근거로 데이터를 입력하였다.

ROV LARS는 해상에서 거동하는 시스템으로 육상보다 더 많은 환경하중을 받으며, 해상환경 5 조건을 선정하여 구조물에 적용하였으며, 기타 선박 및 해양관련 법규와 해외 선진사의 사양을 충족하도록 설계하였고, 선급규정은 한국선급의 규정을 준수하기 때문에 안전율은 KR Rule 기준안전율 2를 준수하여 해석을 진행하였다.

Table 3.1. Structural analysis input data

환경 조건		입력값
풍속		24.5 Knt(12.6 m/s)
가속도	수직	0.4 g
	수평	0.2 g
자중		5.5 Ton
정격 하중		9.5 Ton
드럼 속도		32 m/min (0.85 rad/s)
소재 물성	DH-36	인장 490 MPa (항복 350 MPa)

3.2 해석결과 및 고찰

3.2.1 엄빌리칼 권양기 구조 해석

Fig 3.1과 같이 구조물에 큰 영향을 미치지 않는 부속품은 생략하고 단순화 한 모델로 구조해석을 진행하였다. Fig 3.2에서 보이는 바와 같이 메쉬는 Geometry 모델을 Element와 노드로 구성된 유한요소 모델로 만드는 과정으로서, 밀도가 높은 메쉬는 해석 결과의 정확성을 향상, 해석시간과 메모리 사용량을 증가시킬 수 있다.

엄빌리칼 권양기의 구조 안정성평가에 앞서, 주요 부품인 드럼의 구조해석을 진행하였으며, 메쉬는 Element의 크기를 약 10mm로 제한하였다.

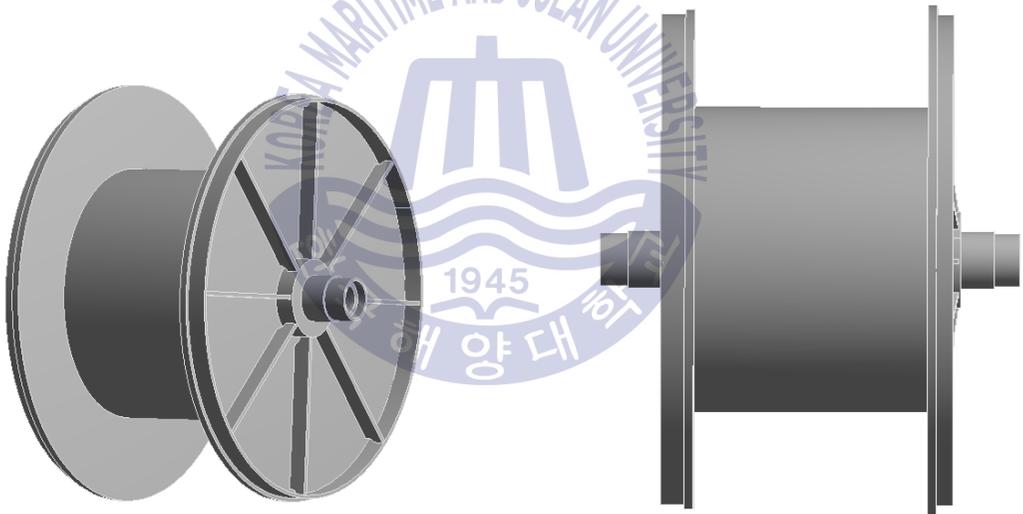


Fig. 3.1 Three-Dimensional Finite-Element Model of Winch drum

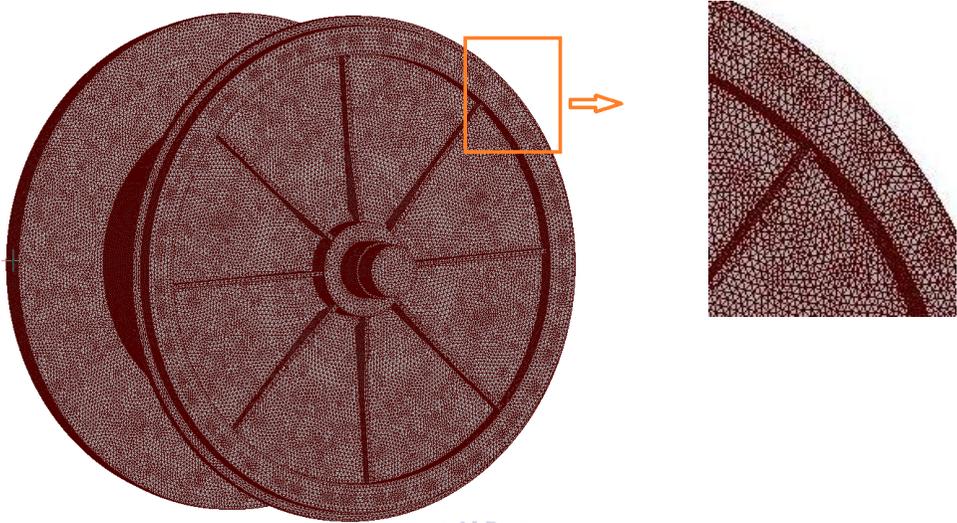


Fig. 3.2 Mesh of Winch drum

하중조건은 Fig. 3.3에서 보이는 바와 같이 A:중력, B:가속도, C:바람, D: 드럼 속도, E:정격하중, F,G:고정으로 설정하였다.

B: Static Structural

Static Structural

Time: 1. s

- A Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s²
- B Acceleration: 4382.7 mm/s²
- C Variable Load: Hydrostatic Pressure
- D Rotational Velocity: 0.85 rad/s
- E Force: 93100 N
- F Frictionless Support
- G Fixed Support

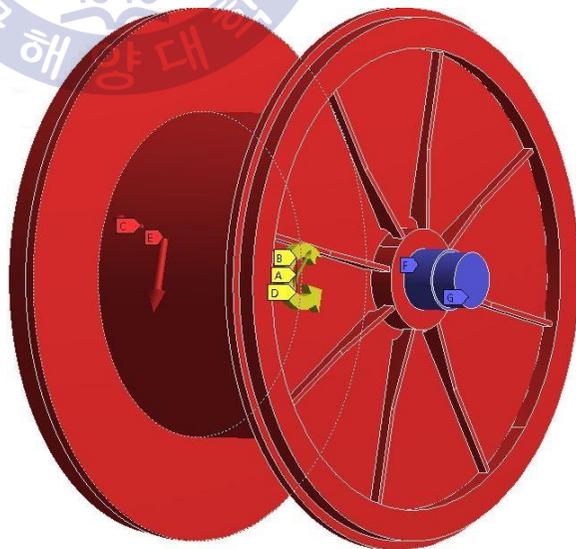


Fig. 3.3 Setting of Load Condition

권양기 드럼의 구조해석 결과는 Fig. 3.4.에서 보이는 바와 같이 최대 응력 약 6.1 MPa이 드럼 지지대 모서리에 나타나며, 평균응력은 약 0.5~1 MPa정도이다. 최대 변형량은 Fig. 3.5.와 같이 중력과 엄빌리칼 케이블 무게 등에 의해 약 0.02 mm로 무게중심 하단에 발생하였다.

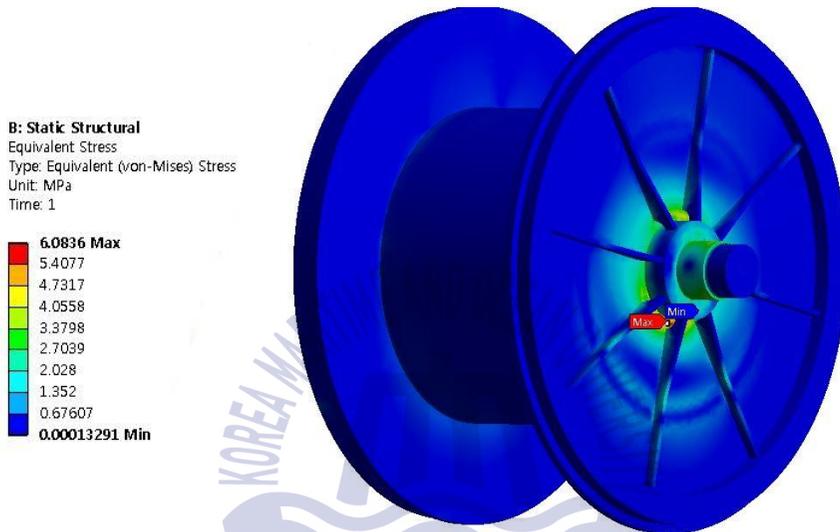


Fig. 3.4 Structural analysis result of winch drum (Total Equivalent Stress)

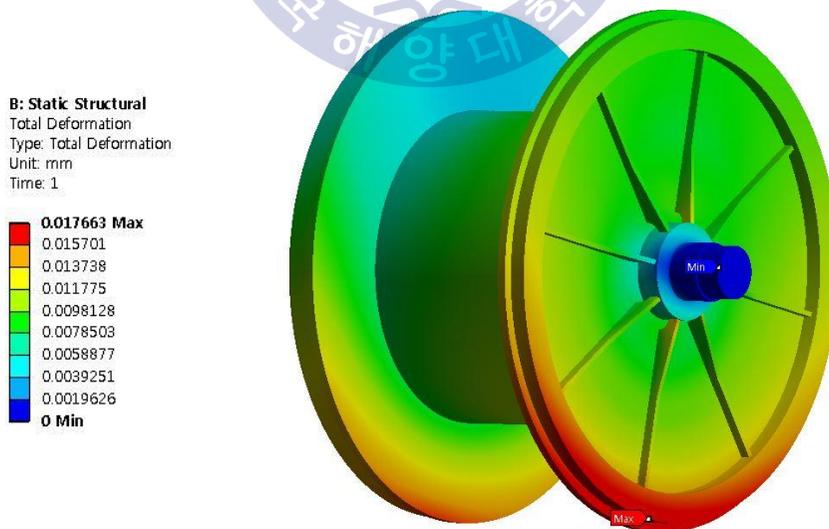


Fig. 3.5 Structural analysis result of winch drum (Total Deformation)

앞서 진행한 드럼 구조해석 결과를 바탕으로 전체 구조물에 대한 안정성을 파악하기 위해, 메쉬는 Fig. 3.6.와 같이 Hex Dominant, Mapped Mesh 등 각 파트별로 형태에 가장 적합한 메쉬를 설정하였다. 또한, 하중조건은 Fig. 3.7.와 같이 해상상태 5 에 해당하는 조건으로 위와 동일하게 해석을 수행하였다.

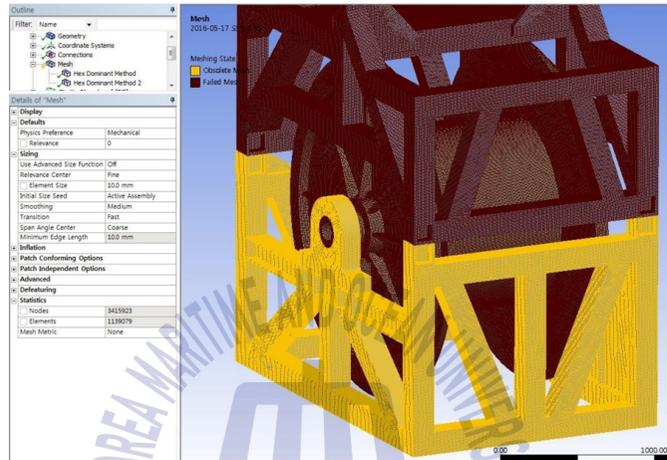


Fig. 3. 6 Mesh of Umbilical Winch with Level wind

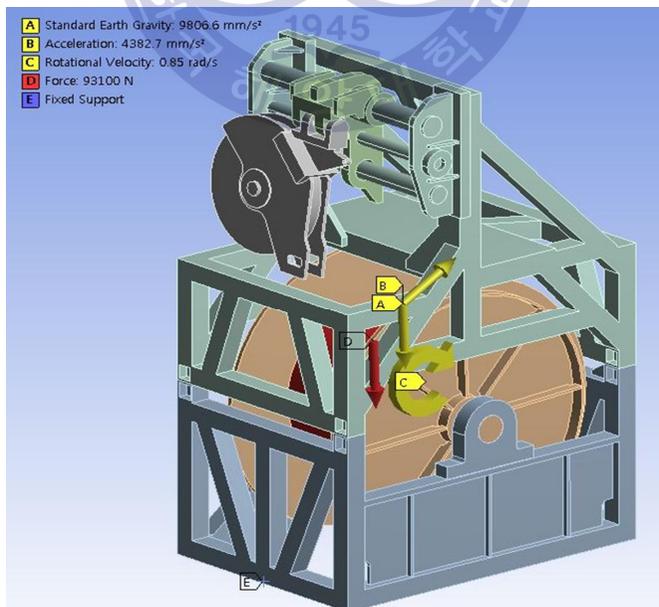
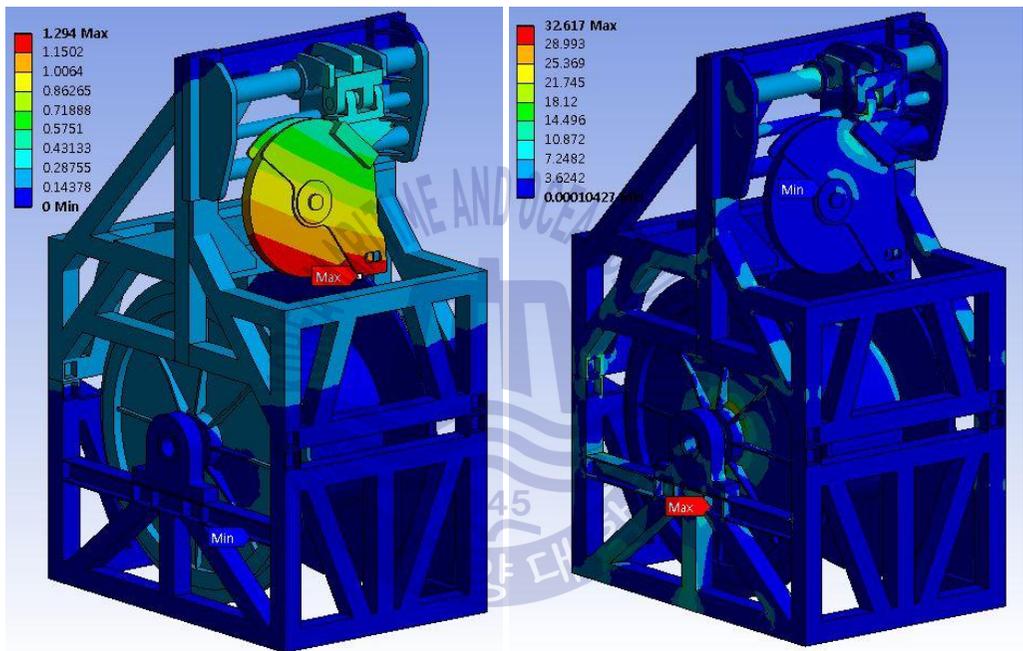


Fig. 3.7 Load Condition of Umbilical Winch(with Level wind)

구조해석 결과 Fig 3.8. (a)와 같이 최대 응력 약 32.6 MPa이 하부 프레임 모서리에 나타나며, 평균 응력은 약 3.6 MPa 정도로 해석 되었다.

최대 변형량은 Fig 3.8. (b)에서 보이는 바와 같이 중력과 엄빌리칼 케이블 무게에 의해 약 1.3mm 정도로 나타나며 Level Wind 끝단에 발생한다.



(a) Total Deformation

(b) Total Equivalent Stress

Fig. 3.8 Structural analysis result of Umbilical Winch with Level wind

3.2.2 엄빌리컬 권양기 유압 해석

엄빌리컬 권양기 유압시스템의 경우 ROV winch, Snubber motor, Level wind 등으로 구성되어있으며, 유압시스템의 모델링과 해석을 위해서 유압 시스템을 구성하는 각 부품별 사양을 Table 3.2와 같이 조사하였다.

엄빌리컬 권양기의 유압 시스템 모델링과 해석은 Fig 3.9 와 Fig 3.10과 같이 유압시스템 전용 해석 소프트웨어인 Simulation X를 이용하여 진행하였고, 본 연구에서는 모델링 기법중 하나인 Spec. Base Modeling으로 유압 해석을 진행하였다.

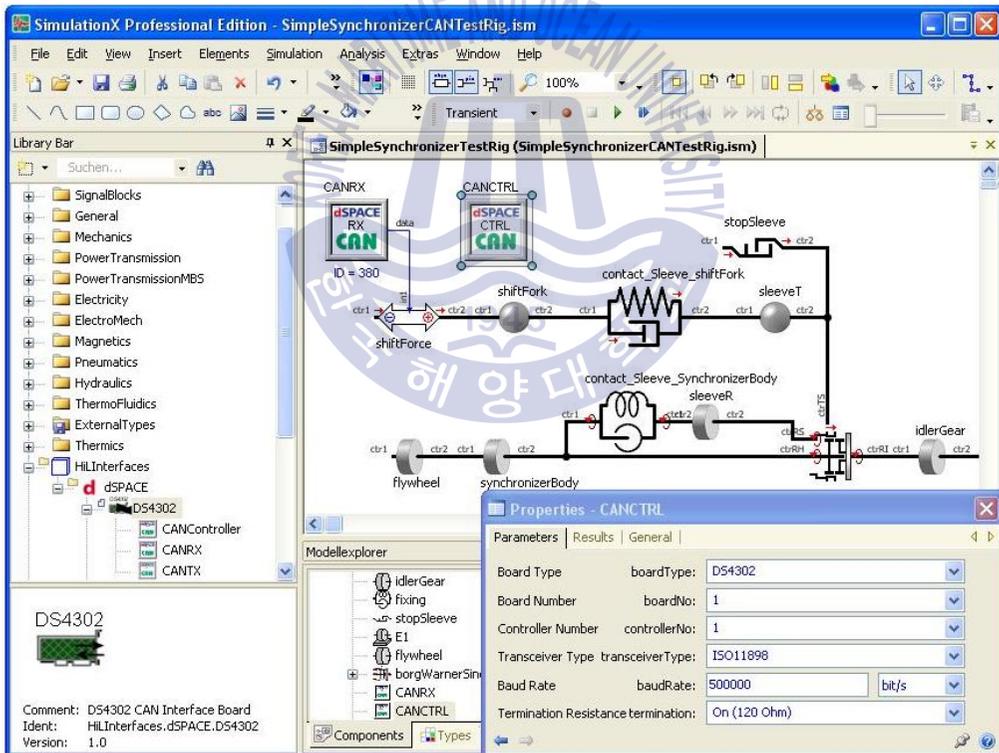


Fig. 3.9 Hydraulic System Modeling_1 of Umbilical Winch

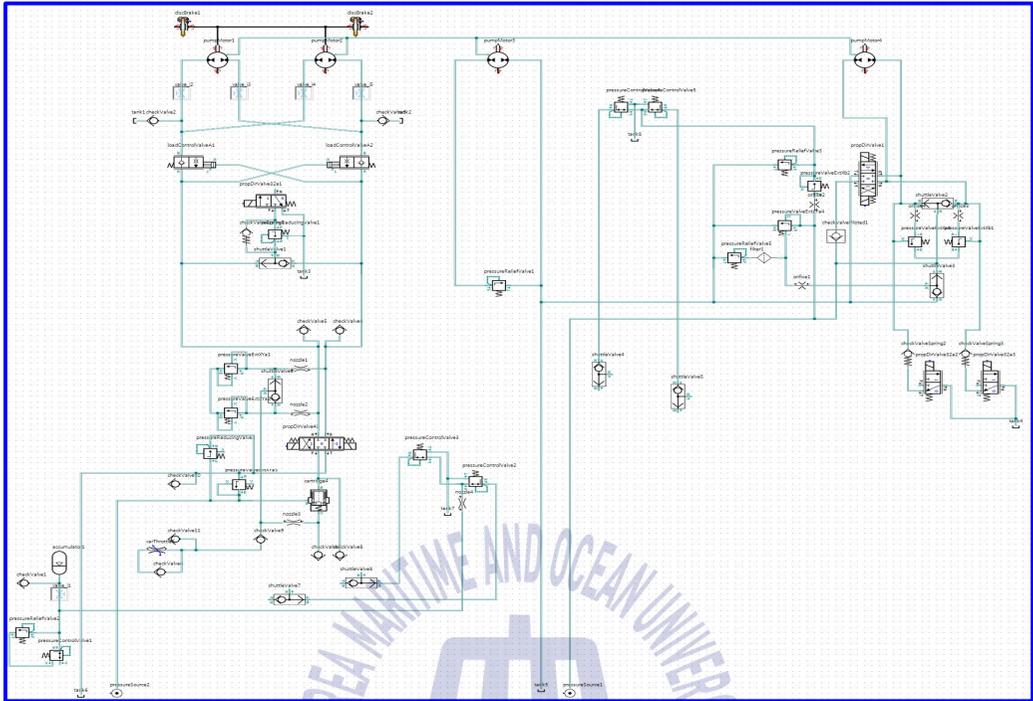
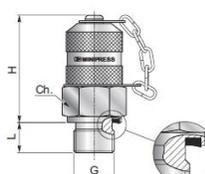
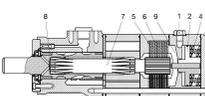
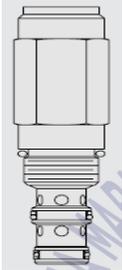
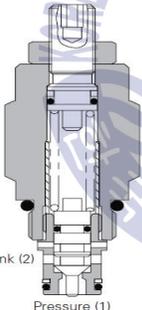
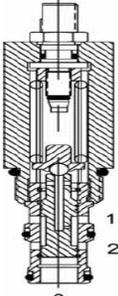


Fig. 3.10 Hydraulic System Modeling_2 of Umbilical Winch

Table. 3.2 Spec of Hydraulic System each Part

<p>Accumulator operating valve</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Schraubenabmessung (mm) Dimension of screws (mm)</th> <th>d₁</th> <th>d₂</th> <th>t</th> <th>Anzugsdrehmoment in Nm Torque of screws in Nm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PKH-DN6</td> <td>4 x M6x40 - 8.8</td> <td>6.5</td> <td>10.5</td> <td>6.8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>PKH-DN10</td> <td>4 x M8x50 - 8.8</td> <td>8.4</td> <td>13.5</td> <td>8.5</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>PKH-DN13</td> <td>6 x M8x60 - 10.9</td> <td>8.4</td> <td>13.5</td> <td>7</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>PKH-DN20</td> <td>6 x M10x80 - 10.9</td> <td>10.5</td> <td>16.5</td> <td>10.5</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>PKH-DN25</td> <td>6 x M10x90 - 12.9</td> <td>10.5</td> <td>16.5</td> <td>10.5</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>PKH-DN32</td> <td>6 x M12x110 - 10.9</td> <td>13</td> <td>19</td> <td>12</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>PKH-DN40</td> <td>6 x M16x120 - 12.9</td> <td>16.5</td> <td>25</td> <td>19</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>PKH-DN50</td> <td>6 x M20x140 - 10.9</td> <td>21</td> <td>31</td> <td>21.5</td> <td>500</td> </tr> </tbody> </table>	Type	Schraubenabmessung (mm) Dimension of screws (mm)	d ₁	d ₂	t	Anzugsdrehmoment in Nm Torque of screws in Nm	PKH-DN6	4 x M6x40 - 8.8	6.5	10.5	6.8	9	PKH-DN10	4 x M8x50 - 8.8	8.4	13.5	8.5	21	PKH-DN13	6 x M8x60 - 10.9	8.4	13.5	7	30	PKH-DN20	6 x M10x80 - 10.9	10.5	16.5	10.5	60	PKH-DN25	6 x M10x90 - 12.9	10.5	16.5	10.5	70	PKH-DN32	6 x M12x110 - 10.9	13	19	12	100	PKH-DN40	6 x M16x120 - 12.9	16.5	25	19	300	PKH-DN50	6 x M20x140 - 10.9	21	31	21.5	500																																													
Type	Schraubenabmessung (mm) Dimension of screws (mm)	d ₁	d ₂	t	Anzugsdrehmoment in Nm Torque of screws in Nm																																																																																																
PKH-DN6	4 x M6x40 - 8.8	6.5	10.5	6.8	9																																																																																																
PKH-DN10	4 x M8x50 - 8.8	8.4	13.5	8.5	21																																																																																																
PKH-DN13	6 x M8x60 - 10.9	8.4	13.5	7	30																																																																																																
PKH-DN20	6 x M10x80 - 10.9	10.5	16.5	10.5	60																																																																																																
PKH-DN25	6 x M10x90 - 12.9	10.5	16.5	10.5	70																																																																																																
PKH-DN32	6 x M12x110 - 10.9	13	19	12	100																																																																																																
PKH-DN40	6 x M16x120 - 12.9	16.5	25	19	300																																																																																																
PKH-DN50	6 x M20x140 - 10.9	21	31	21.5	500																																																																																																
<p>Accumulator</p>		<p>Standard Bladder Accumulator - 최대사용압력 210/350 Kg/cm² (3,000/5,000 PSI)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>표준품 (Model No.)</th> <th>Nominal size</th> <th>Gas Volum</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>Weight</th> <th>최대 방출유량</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Gal. Liter</td> <td>IN³ Liter</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>Kg</td> <td>l /sec</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BN 350-1 0Cl</td> <td>0.04 0.16</td> <td>10 0.16</td> <td>265</td> <td>40</td> <td>39</td> <td>56</td> <td>26</td> <td>3/8"</td> <td>2</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td>BN 350-1 Pt</td> <td>0.13 0.60</td> <td>30 0.60</td> <td>248</td> <td>40</td> <td>54</td> <td>92</td> <td>35</td> <td>3/8"</td> <td>2.7</td> <td>1.82</td> </tr> <tr> <td>➔ BN 210/350-0.25A</td> <td>0.25 1</td> <td>73 1.20</td> <td>287.5</td> <td>43</td> <td>51</td> <td>112/114</td> <td>35</td> <td>PT3/8"</td> <td>4.6</td> <td>1.82</td> </tr> <tr> <td>BN 210/350-0.7A</td> <td>0.7 2.5</td> <td>125 2.5</td> <td>506</td> <td>49</td> <td>56</td> <td>112/114</td> <td>44</td> <td>PT3/8"</td> <td>10</td> <td>3.60</td> </tr> <tr> <td>BN 210/350-1A</td> <td>1 4</td> <td>235 3.85</td> <td>440.75</td> <td>67</td> <td>88</td> <td>162/170</td> <td>60.5</td> <td>1 1/4"</td> <td>17</td> <td>7.95</td> </tr> <tr> <td>BN 210/350-2.5A</td> <td>2.5 10</td> <td>600 9.83</td> <td>588</td> <td>66</td> <td>102</td> <td>217/230</td> <td>76</td> <td>2"</td> <td>20.4/36</td> <td>13/18</td> </tr> <tr> <td>BN 210/350-5A</td> <td>5 20</td> <td>1203 19.72</td> <td>899</td> <td>66</td> <td>102</td> <td>217/230</td> <td>76</td> <td>2"</td> <td>32/58</td> <td>13/18</td> </tr> </tbody> </table>	표준품 (Model No.)	Nominal size	Gas Volum	A	B	C	D	E	F	Weight	최대 방출유량		Gal. Liter	IN ³ Liter	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Kg	l /sec	BN 350-1 0Cl	0.04 0.16	10 0.16	265	40	39	56	26	3/8"	2	0.45	BN 350-1 Pt	0.13 0.60	30 0.60	248	40	54	92	35	3/8"	2.7	1.82	➔ BN 210/350-0.25A	0.25 1	73 1.20	287.5	43	51	112/114	35	PT3/8"	4.6	1.82	BN 210/350-0.7A	0.7 2.5	125 2.5	506	49	56	112/114	44	PT3/8"	10	3.60	BN 210/350-1A	1 4	235 3.85	440.75	67	88	162/170	60.5	1 1/4"	17	7.95	BN 210/350-2.5A	2.5 10	600 9.83	588	66	102	217/230	76	2"	20.4/36	13/18	BN 210/350-5A	5 20	1203 19.72	899	66	102	217/230	76	2"	32/58	13/18
표준품 (Model No.)	Nominal size	Gas Volum	A	B	C	D	E	F	Weight	최대 방출유량																																																																																											
	Gal. Liter	IN ³ Liter	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Kg	l /sec																																																																																											
BN 350-1 0Cl	0.04 0.16	10 0.16	265	40	39	56	26	3/8"	2	0.45																																																																																											
BN 350-1 Pt	0.13 0.60	30 0.60	248	40	54	92	35	3/8"	2.7	1.82																																																																																											
➔ BN 210/350-0.25A	0.25 1	73 1.20	287.5	43	51	112/114	35	PT3/8"	4.6	1.82																																																																																											
BN 210/350-0.7A	0.7 2.5	125 2.5	506	49	56	112/114	44	PT3/8"	10	3.60																																																																																											
BN 210/350-1A	1 4	235 3.85	440.75	67	88	162/170	60.5	1 1/4"	17	7.95																																																																																											
BN 210/350-2.5A	2.5 10	600 9.83	588	66	102	217/230	76	2"	20.4/36	13/18																																																																																											
BN 210/350-5A	5 20	1203 19.72	899	66	102	217/230	76	2"	32/58	13/18																																																																																											

<p>Check point</p> 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>G</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>Ch</th> <th>PN [bar]</th> <th>Tenuta/Seal</th> <th>Codice/Ref.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="7" style="text-align:center">Metrica cilindrica / Metric parallel</td> </tr> <tr> <td>M 10x1</td> <td>37</td> <td>8</td> <td>17</td> <td>630</td> <td rowspan="6" style="text-align:center">Type C</td> <td>S10410X10C</td> </tr> <tr> <td>M 10x1.25</td> <td>37</td> <td>8</td> <td>17</td> <td>630</td> <td>S10410X12C</td> </tr> <tr> <td>M 12x1.5</td> <td>37</td> <td>10</td> <td>17</td> <td>630</td> <td>S10612X15C</td> </tr> <tr> <td>M 14x1.5</td> <td>37</td> <td>12</td> <td>19</td> <td>630</td> <td>S10614X15C</td> </tr> <tr> <td>M 14x1.5 *</td> <td>37</td> <td>12</td> <td>22</td> <td>630</td> <td>S10614X15A1C</td> </tr> <tr> <td>M16x1.5</td> <td>37</td> <td>12</td> <td>22</td> <td>630</td> <td>S10616X15C</td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align:center">Gas cilindrica / B.S.P. parallel</td> </tr> <tr> <td>ISO 228 G 1/8"</td> <td>37</td> <td>8</td> <td>17</td> <td>630</td> <td rowspan="6" style="text-align:center">Type C</td> <td>S10718G00C</td> </tr> <tr> <td>ISO 228 G 1/8" *</td> <td>37</td> <td>8</td> <td>17</td> <td>630</td> <td>S10718G01C</td> </tr> <tr style="border: 2px solid red;"> <td>ISO 228 G 1/4"</td> <td>37</td> <td>12</td> <td>19</td> <td>630</td> <td>S10714G00C</td> </tr> <tr> <td>ISO 228 G 1/4"</td> <td>37</td> <td>12</td> <td>19</td> <td>630</td> <td>S10714G01C</td> </tr> <tr> <td>ISO 228 G 3/8"</td> <td>37</td> <td>14</td> <td>22</td> <td>630</td> <td>S10738G00C</td> </tr> <tr> <td>ISO 228 G 1/2"</td> <td>37</td> <td>15</td> <td>27</td> <td>630</td> <td>S10712G00C</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align:center">*INOX / Stainless steel</td> <td style="text-align:right">Opzioni/Options</td> </tr> <tr> <td colspan="6"></td> <td style="text-align:right">0 P</td> </tr> </tbody> </table>	G	H	L	Ch	PN [bar]	Tenuta/Seal	Codice/Ref.	Metrica cilindrica / Metric parallel							M 10x1	37	8	17	630	Type C	S10410X10C	M 10x1.25	37	8	17	630	S10410X12C	M 12x1.5	37	10	17	630	S10612X15C	M 14x1.5	37	12	19	630	S10614X15C	M 14x1.5 *	37	12	22	630	S10614X15A1C	M16x1.5	37	12	22	630	S10616X15C	Gas cilindrica / B.S.P. parallel							ISO 228 G 1/8"	37	8	17	630	Type C	S10718G00C	ISO 228 G 1/8" *	37	8	17	630	S10718G01C	ISO 228 G 1/4"	37	12	19	630	S10714G00C	ISO 228 G 1/4"	37	12	19	630	S10714G01C	ISO 228 G 3/8"	37	14	22	630	S10738G00C	ISO 228 G 1/2"	37	15	27	630	S10712G00C	*INOX / Stainless steel						Opzioni/Options							0 P																																																						
G	H	L	Ch	PN [bar]	Tenuta/Seal	Codice/Ref.																																																																																																																																																															
Metrica cilindrica / Metric parallel																																																																																																																																																																					
M 10x1	37	8	17	630	Type C	S10410X10C																																																																																																																																																															
M 10x1.25	37	8	17	630		S10410X12C																																																																																																																																																															
M 12x1.5	37	10	17	630		S10612X15C																																																																																																																																																															
M 14x1.5	37	12	19	630		S10614X15C																																																																																																																																																															
M 14x1.5 *	37	12	22	630		S10614X15A1C																																																																																																																																																															
M16x1.5	37	12	22	630		S10616X15C																																																																																																																																																															
Gas cilindrica / B.S.P. parallel																																																																																																																																																																					
ISO 228 G 1/8"	37	8	17	630	Type C	S10718G00C																																																																																																																																																															
ISO 228 G 1/8" *	37	8	17	630		S10718G01C																																																																																																																																																															
ISO 228 G 1/4"	37	12	19	630		S10714G00C																																																																																																																																																															
ISO 228 G 1/4"	37	12	19	630		S10714G01C																																																																																																																																																															
ISO 228 G 3/8"	37	14	22	630		S10738G00C																																																																																																																																																															
ISO 228 G 1/2"	37	15	27	630		S10712G00C																																																																																																																																																															
*INOX / Stainless steel						Opzioni/Options																																																																																																																																																															
						0 P																																																																																																																																																															
<p>Check valve1</p> 		<p style="text-align:center">Ordering Information</p> <p style="text-align:center">D02B2 — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/></p> <p style="text-align:center">Ball Type Cracking Seals Body Port Check Valve Pressure Material Size</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>Cracking Pressure</th> <th>Code</th> <th>Seals / Kit No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0</td> <td>0.0 Bar (0 PSI)</td> <td>N</td> <td>Nitrile, Buna-N / (SK30515N-1)</td> </tr> <tr> <td>0.2</td> <td>0.2 Bar (3 PSI) Std.</td> <td>V</td> <td>Fluorocarbon / (SK30515V-1)</td> </tr> <tr style="border: 2px solid red;"> <td>1.0</td> <td>1.0 Bar (15 PSI)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>1.5 Bar (22 PSI)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>2.1 Bar (30 PSI)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>2.5 Bar (36 PSI)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.4</td> <td>3.4 Bar (50 PSI)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td>4.0 Bar (58 PSI)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>Body Material</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Omit</td> <td>Steel</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>Aluminum</td> </tr> </tbody> </table>	Code	Cracking Pressure	Code	Seals / Kit No.	0.0	0.0 Bar (0 PSI)	N	Nitrile, Buna-N / (SK30515N-1)	0.2	0.2 Bar (3 PSI) Std.	V	Fluorocarbon / (SK30515V-1)	1.0	1.0 Bar (15 PSI)			1.5	1.5 Bar (22 PSI)			2.1	2.1 Bar (30 PSI)			2.5	2.5 Bar (36 PSI)			3.4	3.4 Bar (50 PSI)			4.0	4.0 Bar (58 PSI)			Code	Body Material	Omit	Steel	A	Aluminum																																																																																																																									
Code	Cracking Pressure	Code	Seals / Kit No.																																																																																																																																																																		
0.0	0.0 Bar (0 PSI)	N	Nitrile, Buna-N / (SK30515N-1)																																																																																																																																																																		
0.2	0.2 Bar (3 PSI) Std.	V	Fluorocarbon / (SK30515V-1)																																																																																																																																																																		
1.0	1.0 Bar (15 PSI)																																																																																																																																																																				
1.5	1.5 Bar (22 PSI)																																																																																																																																																																				
2.1	2.1 Bar (30 PSI)																																																																																																																																																																				
2.5	2.5 Bar (36 PSI)																																																																																																																																																																				
3.4	3.4 Bar (50 PSI)																																																																																																																																																																				
4.0	4.0 Bar (58 PSI)																																																																																																																																																																				
Code	Body Material																																																																																																																																																																				
Omit	Steel																																																																																																																																																																				
A	Aluminum																																																																																																																																																																				
<p>Check valve2</p> 		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">MODEL</th> <th rowspan="2">SIZE (PT)</th> <th rowspan="2">FREE FLOW (L/min)</th> <th colspan="2">DIMENSION(mm)</th> <th rowspan="2">PRESSURE</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HC 400</td> <td>1/4"</td> <td>23</td> <td>60</td> <td>22</td> <td>0.5, 5</td> </tr> <tr> <td>HC 600</td> <td>3/8"</td> <td>30</td> <td>65</td> <td>25</td> <td>0.5, 5</td> </tr> <tr> <td>HC 800</td> <td>1/2"</td> <td>45</td> <td>83</td> <td>30</td> <td>0.5, 5</td> </tr> <tr> <td>HC 1200</td> <td>3/4"</td> <td>100</td> <td>93</td> <td>38</td> <td>0.5, 5</td> </tr> <tr> <td>HC 1600</td> <td>1"</td> <td>150</td> <td>117</td> <td>45</td> <td>0.5, 5</td> </tr> <tr> <td>HC 2000</td> <td>1 1/4"</td> <td>280</td> <td>130</td> <td>55</td> <td>0.5, 5</td> </tr> <tr> <td>HC 2400</td> <td>1 1/2"</td> <td>380</td> <td>130</td> <td>60</td> <td>0.5, 5</td> </tr> <tr> <td>HC 3200</td> <td>2"</td> <td>600</td> <td>160</td> <td>72</td> <td>0.5, 5</td> </tr> </tbody> </table>	MODEL	SIZE (PT)	FREE FLOW (L/min)	DIMENSION(mm)		PRESSURE	A	B	HC 400	1/4"	23	60	22	0.5, 5	HC 600	3/8"	30	65	25	0.5, 5	HC 800	1/2"	45	83	30	0.5, 5	HC 1200	3/4"	100	93	38	0.5, 5	HC 1600	1"	150	117	45	0.5, 5	HC 2000	1 1/4"	280	130	55	0.5, 5	HC 2400	1 1/2"	380	130	60	0.5, 5	HC 3200	2"	600	160	72	0.5, 5																																																																																																											
MODEL	SIZE (PT)	FREE FLOW (L/min)				DIMENSION(mm)			PRESSURE																																																																																																																																																												
			A	B																																																																																																																																																																	
HC 400	1/4"	23	60	22	0.5, 5																																																																																																																																																																
HC 600	3/8"	30	65	25	0.5, 5																																																																																																																																																																
HC 800	1/2"	45	83	30	0.5, 5																																																																																																																																																																
HC 1200	3/4"	100	93	38	0.5, 5																																																																																																																																																																
HC 1600	1"	150	117	45	0.5, 5																																																																																																																																																																
HC 2000	1 1/4"	280	130	55	0.5, 5																																																																																																																																																																
HC 2400	1 1/2"	380	130	60	0.5, 5																																																																																																																																																																
HC 3200	2"	600	160	72	0.5, 5																																																																																																																																																																
<p>Level wind motor</p> 		<p style="text-align:center">Technical data for OMR with 1 in splined and 28.5 mm tapered shaft</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>OMR 50</th> <th>OMR 80</th> <th>OMR 100</th> <th>OMR 125</th> <th>OMR 160</th> <th>OMR 200</th> <th>OMR 250</th> <th>OMR 315</th> <th>OMR 375</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Motor size</td> <td>50</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>125</td> <td>160</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>315</td> <td>375</td> </tr> <tr> <td>Geometric displacement</td> <td>cm³</td> <td>51.6 [3.16]</td> <td>80.3 [4.91]</td> <td>99.8 [6.11]</td> <td>125.7 [7.69]</td> <td>159.6 [9.77]</td> <td>199.8 [12.23]</td> <td>249.3 [15.26]</td> <td>315.7 [19.32]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Max. speed</td> <td>min⁻¹</td> <td>cont.</td> <td>775</td> <td>750</td> <td>600</td> <td>475</td> <td>375</td> <td>300</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>[rpm]</td> <td>cont.</td> <td>970</td> <td>940</td> <td>750</td> <td>600</td> <td>470</td> <td>375</td> <td>240</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Max. torque</td> <td>Nm [ft-lb]</td> <td>cont.</td> <td>100 [896]</td> <td>195 [1730]</td> <td>240 [2120]</td> <td>300 [2660]</td> <td>360 [3190]</td> <td>360 [3190]</td> <td>360 [3190]</td> </tr> <tr> <td>peak^h</td> <td>cont.</td> <td>130 [114]</td> <td>230 [201]</td> <td>280 [240]</td> <td>340 [294]</td> <td>400 [346]</td> <td>440 [380]</td> <td>400 [346]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Max. output</td> <td>kW [hp]</td> <td>cont.</td> <td>7.8 [9.4]</td> <td>12.5 [16.8]</td> <td>13.0 [17.4]</td> <td>12.5 [16.8]</td> <td>12.5 [16.8]</td> <td>10.0 [13.4]</td> <td>7.0 [9.4]</td> </tr> <tr> <td>peak^h</td> <td>cont.</td> <td>8.5 [11.4]</td> <td>15.0 [20.1]</td> <td>15.0 [20.1]</td> <td>14.5 [19.4]</td> <td>14.0 [18.8]</td> <td>13.0 [17.4]</td> <td>9.5 [12.7]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Max. pressure drop</td> <td>bar [psi]</td> <td>cont.</td> <td>140 [2030]</td> <td>175 [2540]</td> <td>175 [2540]</td> <td>175 [2540]</td> <td>160 [2300]</td> <td>130 [1890]</td> <td>50 [710]</td> </tr> <tr> <td>peak^h</td> <td>cont.</td> <td>175 [2540]</td> <td>200 [2900]</td> <td>200 [2900]</td> <td>200 [2900]</td> <td>175 [2540]</td> <td>140 [2030]</td> <td>115 [1650]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Max. oil flow</td> <td>l/min [US gal/min]</td> <td>cont.</td> <td>40 [13.2]</td> <td>60 [19.8]</td> <td>60 [19.8]</td> <td>60 [19.8]</td> <td>60 [19.8]</td> <td>60 [19.8]</td> <td>60 [19.8]</td> </tr> <tr> <td>peak^h</td> <td>cont.</td> <td>50 [15.9]</td> <td>75 [23.6]</td> <td>75 [23.6]</td> <td>75 [23.6]</td> <td>75 [23.6]</td> <td>75 [23.6]</td> <td>75 [23.6]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Max. starting pressure with unloaded shaft</td> <td>bar [psi]</td> <td>cont.</td> <td>10 [145]</td> <td>10 [145]</td> <td>10 [145]</td> <td>5 [70]</td> <td>5 [70]</td> <td>5 [70]</td> <td>5 [70]</td> </tr> <tr> <td>at max. press drop cont. (Nm [ft-lb])</td> <td>cont.</td> <td>80 [710]</td> <td>150 [1330]</td> <td>200 [1770]</td> <td>250 [2210]</td> <td>300 [2660]</td> <td>300 [2660]</td> <td>315 [2790]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Min starting torque</td> <td>at max. press drop cont. (Nm [ft-lb])</td> <td>cont.</td> <td>100 [896]</td> <td>170 [1510]</td> <td>230 [2040]</td> <td>280 [2480]</td> <td>350 [3100]</td> <td>400 [3540]</td> <td>400 [3540]</td> </tr> <tr> <td>at max. press drop int. (Nm [ft-lb])</td> <td>cont.</td> <td>100 [896]</td> <td>170 [1510]</td> <td>230 [2040]</td> <td>280 [2480]</td> <td>350 [3100]</td> <td>400 [3540]</td> <td>400 [3540]</td> </tr> </tbody> </table>	Type	OMR 50	OMR 80	OMR 100	OMR 125	OMR 160	OMR 200	OMR 250	OMR 315	OMR 375	Motor size	50	80	100	125	160	200	250	315	375	Geometric displacement	cm ³	51.6 [3.16]	80.3 [4.91]	99.8 [6.11]	125.7 [7.69]	159.6 [9.77]	199.8 [12.23]	249.3 [15.26]	315.7 [19.32]	Max. speed	min ⁻¹	cont.	775	750	600	475	375	300	190	[rpm]	cont.	970	940	750	600	470	375	240	Max. torque	Nm [ft-lb]	cont.	100 [896]	195 [1730]	240 [2120]	300 [2660]	360 [3190]	360 [3190]	360 [3190]	peak ^h	cont.	130 [114]	230 [201]	280 [240]	340 [294]	400 [346]	440 [380]	400 [346]	Max. output	kW [hp]	cont.	7.8 [9.4]	12.5 [16.8]	13.0 [17.4]	12.5 [16.8]	12.5 [16.8]	10.0 [13.4]	7.0 [9.4]	peak ^h	cont.	8.5 [11.4]	15.0 [20.1]	15.0 [20.1]	14.5 [19.4]	14.0 [18.8]	13.0 [17.4]	9.5 [12.7]	Max. pressure drop	bar [psi]	cont.	140 [2030]	175 [2540]	175 [2540]	175 [2540]	160 [2300]	130 [1890]	50 [710]	peak ^h	cont.	175 [2540]	200 [2900]	200 [2900]	200 [2900]	175 [2540]	140 [2030]	115 [1650]	Max. oil flow	l/min [US gal/min]	cont.	40 [13.2]	60 [19.8]	60 [19.8]	60 [19.8]	60 [19.8]	60 [19.8]	60 [19.8]	peak ^h	cont.	50 [15.9]	75 [23.6]	75 [23.6]	75 [23.6]	75 [23.6]	75 [23.6]	75 [23.6]	Max. starting pressure with unloaded shaft	bar [psi]	cont.	10 [145]	10 [145]	10 [145]	5 [70]	5 [70]	5 [70]	5 [70]	at max. press drop cont. (Nm [ft-lb])	cont.	80 [710]	150 [1330]	200 [1770]	250 [2210]	300 [2660]	300 [2660]	315 [2790]	Min starting torque	at max. press drop cont. (Nm [ft-lb])	cont.	100 [896]	170 [1510]	230 [2040]	280 [2480]	350 [3100]	400 [3540]	400 [3540]	at max. press drop int. (Nm [ft-lb])	cont.	100 [896]	170 [1510]	230 [2040]	280 [2480]	350 [3100]	400 [3540]	400 [3540]
Type	OMR 50	OMR 80	OMR 100	OMR 125	OMR 160	OMR 200	OMR 250	OMR 315	OMR 375																																																																																																																																																												
Motor size	50	80	100	125	160	200	250	315	375																																																																																																																																																												
Geometric displacement	cm ³	51.6 [3.16]	80.3 [4.91]	99.8 [6.11]	125.7 [7.69]	159.6 [9.77]	199.8 [12.23]	249.3 [15.26]	315.7 [19.32]																																																																																																																																																												
Max. speed	min ⁻¹	cont.	775	750	600	475	375	300	190																																																																																																																																																												
	[rpm]	cont.	970	940	750	600	470	375	240																																																																																																																																																												
Max. torque	Nm [ft-lb]	cont.	100 [896]	195 [1730]	240 [2120]	300 [2660]	360 [3190]	360 [3190]	360 [3190]																																																																																																																																																												
	peak ^h	cont.	130 [114]	230 [201]	280 [240]	340 [294]	400 [346]	440 [380]	400 [346]																																																																																																																																																												
Max. output	kW [hp]	cont.	7.8 [9.4]	12.5 [16.8]	13.0 [17.4]	12.5 [16.8]	12.5 [16.8]	10.0 [13.4]	7.0 [9.4]																																																																																																																																																												
	peak ^h	cont.	8.5 [11.4]	15.0 [20.1]	15.0 [20.1]	14.5 [19.4]	14.0 [18.8]	13.0 [17.4]	9.5 [12.7]																																																																																																																																																												
Max. pressure drop	bar [psi]	cont.	140 [2030]	175 [2540]	175 [2540]	175 [2540]	160 [2300]	130 [1890]	50 [710]																																																																																																																																																												
	peak ^h	cont.	175 [2540]	200 [2900]	200 [2900]	200 [2900]	175 [2540]	140 [2030]	115 [1650]																																																																																																																																																												
Max. oil flow	l/min [US gal/min]	cont.	40 [13.2]	60 [19.8]	60 [19.8]	60 [19.8]	60 [19.8]	60 [19.8]	60 [19.8]																																																																																																																																																												
	peak ^h	cont.	50 [15.9]	75 [23.6]	75 [23.6]	75 [23.6]	75 [23.6]	75 [23.6]	75 [23.6]																																																																																																																																																												
Max. starting pressure with unloaded shaft	bar [psi]	cont.	10 [145]	10 [145]	10 [145]	5 [70]	5 [70]	5 [70]	5 [70]																																																																																																																																																												
	at max. press drop cont. (Nm [ft-lb])	cont.	80 [710]	150 [1330]	200 [1770]	250 [2210]	300 [2660]	300 [2660]	315 [2790]																																																																																																																																																												
Min starting torque	at max. press drop cont. (Nm [ft-lb])	cont.	100 [896]	170 [1510]	230 [2040]	280 [2480]	350 [3100]	400 [3540]	400 [3540]																																																																																																																																																												
	at max. press drop int. (Nm [ft-lb])	cont.	100 [896]	170 [1510]	230 [2040]	280 [2480]	350 [3100]	400 [3540]	400 [3540]																																																																																																																																																												

<p>Proportional control valve</p>		<p>CVG —</p> <table border="1"> <tr><th>Code</th><th>Description</th></tr> <tr><td>CVG</td><td>Control valve group</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><th>Code</th><th>Description</th></tr> <tr><td>3</td><td>CVG30</td></tr> <tr><td>5</td><td>CVG50</td></tr> <tr><td>6</td><td>CVG60</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><th>Code</th><th>Description</th></tr> <tr><td>3</td><td>Number of control sections</td></tr> </table>	Code	Description	CVG	Control valve group	Code	Description	3	CVG30	5	CVG50	6	CVG60	Code	Description	3	Number of control sections											
Code	Description																												
CVG	Control valve group																												
Code	Description																												
3	CVG30																												
5	CVG50																												
6	CVG60																												
Code	Description																												
3	Number of control sections																												
<p>Reducing valve</p>		<p>PR10-36</p> <p>Adjustment Option</p> <ul style="list-style-type: none"> A 1/4 in. Hex Allen Head B 1-1/2 in. Dia. Alum. Knob C Option A w/Cover Cap F Factory Preset Non-Adj. H Factory Preset Hidden Adjust. See page 6.003.1 L Option C w/Lockwire Holes <p>Porting</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 Cartridge Only 6T SAE 6 8T SAE 8 2B 1/4 in. BSP 3B 3/8 in. BSP N Buna N (Std.) V Fluorocarbon <p>Seals</p> <ul style="list-style-type: none"> N Buna N (Std.) V Fluorocarbon <p>Setting in bar* for Adjustable, or Specify, for example: M25 25 bar M100 100 bar</p> <p>Setting in psi† for Adjustable, or Specify, for example: 9.0 900 psi 23.5 2350 psi</p> <p>Spring Range 4 6.9 to 27.6 bar (100 to 400 psi) 15 10.3 to 103 bar (150 to 1500 psi) 30 27.6 to 207 bar (400 to 3000 psi)</p> <p>*Adjustable valves will be preset to approx. 50% of spring max. potential.</p>																											
<p>Relief valve</p>		<p>Model Code: 1DR** - P - 3W - 40 - S</p> <table border="1"> <tr><th>Code</th><th>Port Size</th><th>Housing Number</th></tr> <tr><td>0</td><td>Cartridge only</td><td>Aluminium Steel</td></tr> <tr><td>2W</td><td>1/4" BSP</td><td>A1485</td></tr> <tr><td>3W</td><td>3/8" BSP</td><td>A1043 A14175</td></tr> <tr><td>6T</td><td>3/8" SAE</td><td>A15676 A14843</td></tr> </table> <p>See section J for housing details.</p> <table border="1"> <tr><th>Code</th><th>Pressure Range at 4.8 l/min</th></tr> <tr><td>10</td><td>7-100 bar (100-1450 psi) - std setting at 70 bar</td></tr> <tr><td>20</td><td>35-210 bar (500-3000 psi) - std setting at 100 bar</td></tr> <tr><td>40</td><td>50-400 bar (725-5800 psi) - std setting at 280 bar</td></tr> </table> <p>Note: Code based on pressure in bar.</p> <p>1 Function 1DR30 - Cartridge only 1DR35 - Cartridge and body</p> <p>2 Adjustment P - Lockproof/screw adjustment R - Handknob adjustment G - Tamperproof cap (see page E-7 for dimensions)</p> <p>3 Port Size - Bodied Valves Only</p> <p>4 Pressure Range at 4.8 l/min</p> <p>5 Seal Material S - Nitrile (for use with most industrial hydraulic oils) SV - Viton® (for high temperature and most special fluid applications)</p>	Code	Port Size	Housing Number	0	Cartridge only	Aluminium Steel	2W	1/4" BSP	A1485	3W	3/8" BSP	A1043 A14175	6T	3/8" SAE	A15676 A14843	Code	Pressure Range at 4.8 l/min	10	7-100 bar (100-1450 psi) - std setting at 70 bar	20	35-210 bar (500-3000 psi) - std setting at 100 bar	40	50-400 bar (725-5800 psi) - std setting at 280 bar				
Code	Port Size	Housing Number																											
0	Cartridge only	Aluminium Steel																											
2W	1/4" BSP	A1485																											
3W	3/8" BSP	A1043 A14175																											
6T	3/8" SAE	A15676 A14843																											
Code	Pressure Range at 4.8 l/min																												
10	7-100 bar (100-1450 psi) - std setting at 70 bar																												
20	35-210 bar (500-3000 psi) - std setting at 100 bar																												
40	50-400 bar (725-5800 psi) - std setting at 280 bar																												
<p>Sequence valve</p>		<p>DF-PWI</p> <table border="1"> <tr><th>Options</th><th>Code</th><th>Bodies</th></tr> <tr><td>Buna Standard</td><td>00</td><td>Blank Without Body</td></tr> <tr><td>Viton Standard</td><td>V0</td><td>N 1/4 NPTF Ports</td></tr> <tr><td>Buna, Knob</td><td>0K</td><td>S #6 SAE Ports</td></tr> <tr><td>Viton Knob</td><td>VK</td><td></td></tr> <tr><td>Internal Adj. Buna</td><td>0I</td><td></td></tr> <tr><td>Internal Adj. Viton</td><td>VI</td><td></td></tr> <tr><td>Tamper Proof Buna</td><td>0T</td><td></td></tr> <tr><td>Tamper Proof Viton</td><td>VT</td><td></td></tr> </table> <p>0425 1500</p> <p>PRESSURE RANGE 50-425 PSI 425-1500 PSI</p> <p>TAMPER PROOF Fill in 4 Digit Pressure Setting Example: 0500-500PSI</p>	Options	Code	Bodies	Buna Standard	00	Blank Without Body	Viton Standard	V0	N 1/4 NPTF Ports	Buna, Knob	0K	S #6 SAE Ports	Viton Knob	VK		Internal Adj. Buna	0I		Internal Adj. Viton	VI		Tamper Proof Buna	0T		Tamper Proof Viton	VT	
Options	Code	Bodies																											
Buna Standard	00	Blank Without Body																											
Viton Standard	V0	N 1/4 NPTF Ports																											
Buna, Knob	0K	S #6 SAE Ports																											
Viton Knob	VK																												
Internal Adj. Buna	0I																												
Internal Adj. Viton	VI																												
Tamper Proof Buna	0T																												
Tamper Proof Viton	VT																												

Shuttle valve



Seal

SSR

B

O80

E

Valve size

Code	Seal
omit	NBR
V	FPM

Code	Size
06	NG06
10	NG10

Bold letters = Short-term availability

Snubber motor



Technical Data for OMM with 16 mm and 5/8 in Cylindrical Shaft

Type	OMM	OMM	OMM	OMM	OMM	OMM
Motor Size	8	12.5	20	32	40	50
Geometric displacement	8.2 [0.50]	12.5 [0.77]	19.9 [1.22]	31.6 [1.93]	39.8 [2.43]	50 [3.08]
Max. speed	1950 [120]	1550 [96]	1000 [62]	630 [39]	500 [31]	400 [25]
Max. torque	11 [0.7]	16 [1.0]	25 [1.6]	40 [2.5]	45 [2.8]	46 [2.9]
Max. output	1.8 [1.3]	2.4 [1.7]	2.4 [1.7]	2.4 [1.7]	2.2 [1.6]	1.8 [1.3]
Max. pressure drop	100 [1450]	100 [1450]	100 [1450]	100 [1450]	90 [1310]	70 [1000]
Max. oil flow	16 [4.2]	20 [5.3]	20 [5.3]	20 [5.3]	20 [5.3]	20 [5.3]
Min. starting torque	7 [50]	12 [90]	21 [150]	34 [255]	38 [285]	41 [305]
Min. speed ⁶⁾	50	40	30	30	30	30

Throttle valve



Thread type

PC

Design

M

Thread size

S

Clamping screw

Seal

Design series

Code	Thread
omit	NPTF
9	BSPP

Code	Design
omit	Without check valve
C	With check valve

Code	Clamping screw
omit	Hexagon socket
F	With knurled knob
T ¹⁾	Tamper-proof

Code	Thread
omit	NPTF
9	BSPP

Code	Seal
omit	NBR
V	FPM

Code	Size
400	1/4
600	3/8
800	1/2
1200	3/4
1600	1

Fig 3.11에서는 Winch 모터부의 압력과 시간에 따른 토크 그래프로서 유압 증가에 따라 토크가 비례적으로 증가함을 확인하고, 전달된 유압에 의해 토크가 시간에 따라 일정하게 유지됨을 확인하였다.

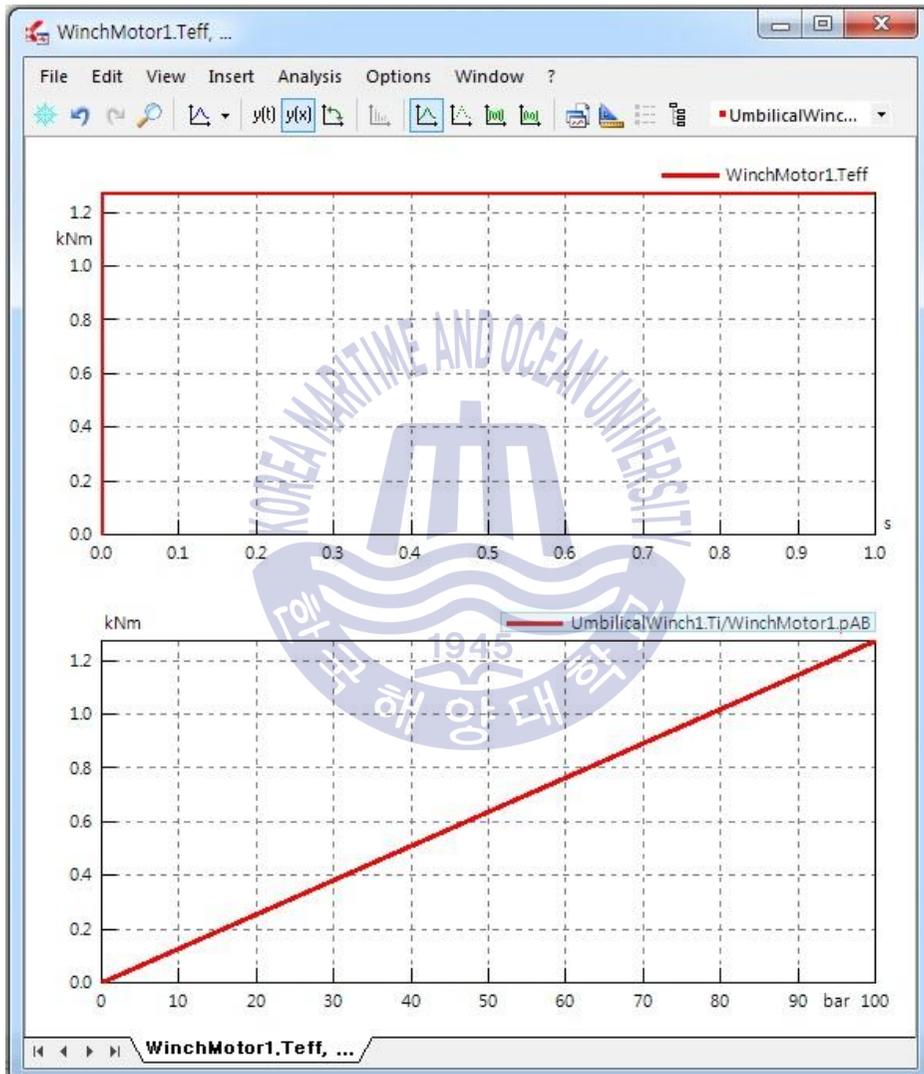


Fig. 3.11 Verification of Hydraulic Motor

3.2.3 Overhead Telescopic Boom 구조 해석

구조물에 큰 영향을 미치지 않는 볼트 등은 모델링 생략하고 구속조건으로 대신한다. Fig.3.12와 같이 최대한 단순화 한 모델로 구조해석을 진행하여 구조물 위주로 안정성 검토하였으며, Mesh는 Fig.3.13에서 보이는 바와 같이 크기를 2~30mm로 제한, 약 61만개 Node와 20만개의 Element로 구성하였다.

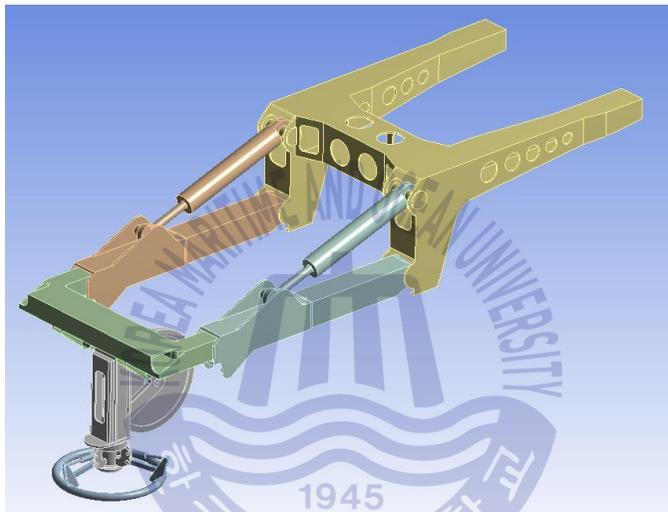


Fig. 3.12 Modeling of Overhead Telescopic Boom

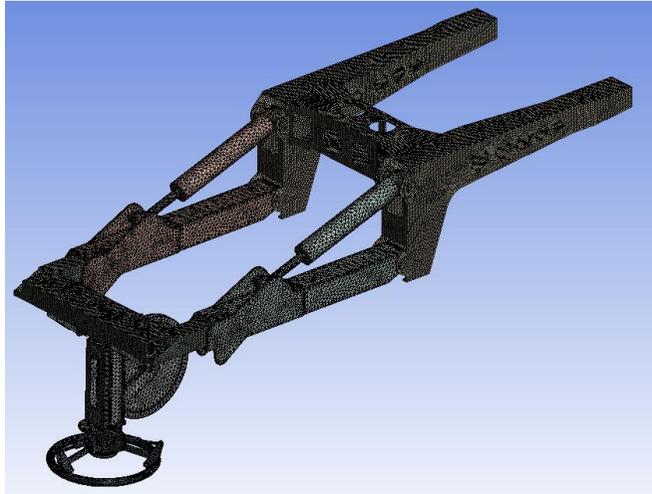
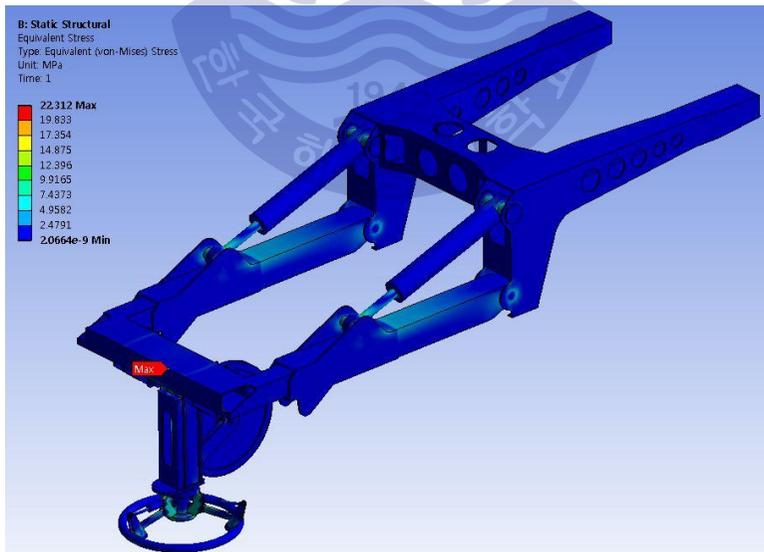
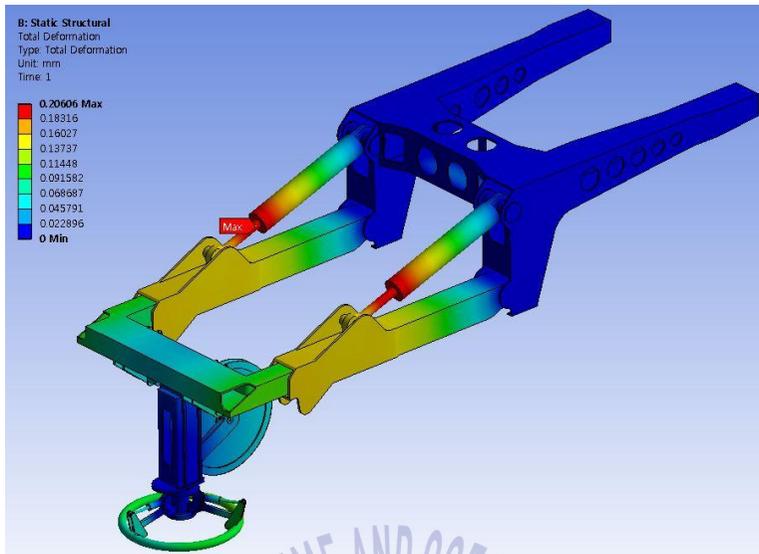


Fig. 3.13 Mesh of Overhead Telescopic Boom

Fig. 3.14에서 보이는 바와 같이 최대응력 약 22 MPa이 Snubber 지지대 모서리에 나타나며, 평균응력은 약 2 MPa이며, 최대 변형량은 자중과 ROV 무게 등에 의해 약 0.2 mm로 실린더 부위에 발생하였다. 결과적으로, 변형량과 응력값은 전체 구조물 크기에 비해 작아 전체적으로 안전하다.

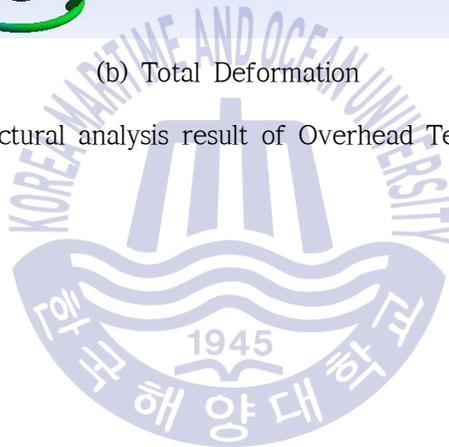


(a) Total Equivalent Stress



(b) Total Deformation

Fig. 3.14 Structural analysis result of Overhead Telescopic Boom



3.2.4 ROV LARS 유압 해석

ROV LARS의 유압 시스템의 주요 구성품 모델링 및 검증을 실시하였다.

Fig. 3.15와 같이 Hydraulic Joystick은 권양기 호이스팅 및 Level wind 작동 조절, 파일럿 압력제어를 통한 리모트 컨트롤 방식을 검증하였고, 레버 스트로크 와 압력 특성 등을 모사 하였다.

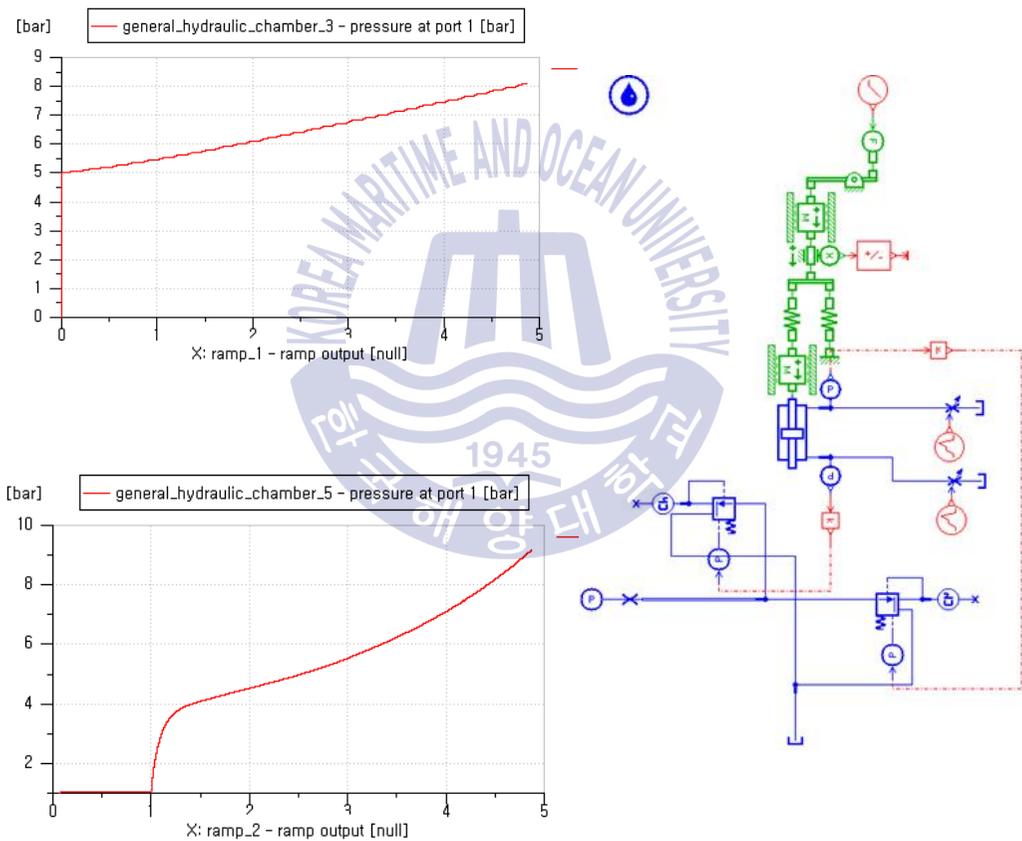


Fig. 3.15 Modeling and Verification of Hydraulic Joystick

Brake Release 회로는 권양기 작동시 권양기의 파킹 브레이크를 해제하는 기능으로서 Fig. 3.16과 같이 모터 구동 회로 압력에 감응하여 작동하고 압력이 15bar 이상일 때 브레이크 해제됨을 확인 하였다.

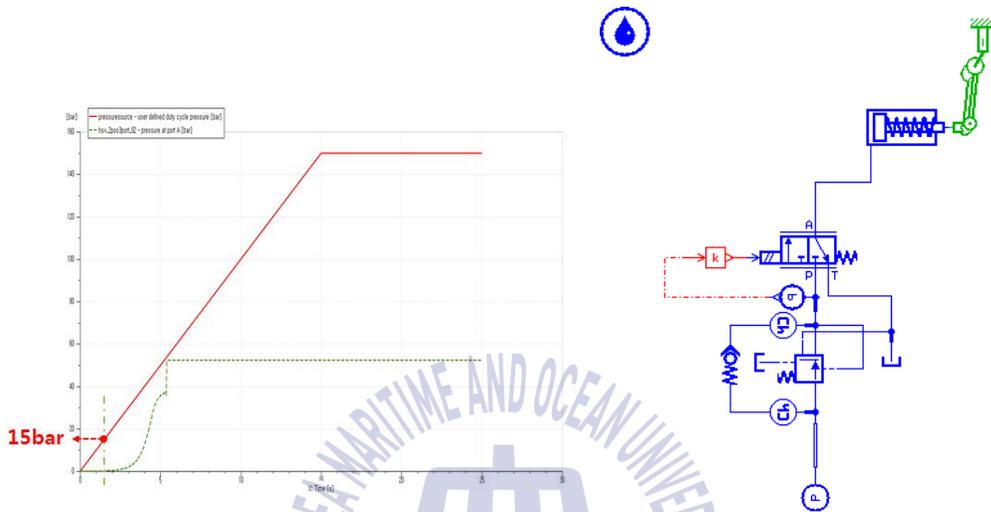


Fig. 3.16 Modeling and Verification of Brake Release

Load Control Valve는 모터의 과회전을 방지하기 위한 부하조절용 밸브로서 Fig. 3.17과 같이 권양기의 모터 스펙에 비해 구동압력 낮게 설정하고 Free flow의 유량 및 압력 특성에 따라 배압조절 가능하게 함을 확인 하였다.

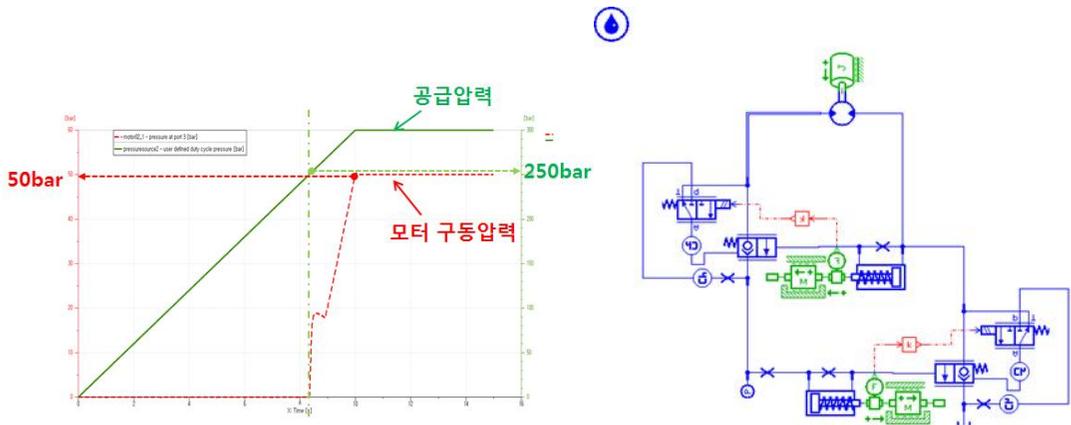


Fig. 3.17 Modeling and Verification of Load Control Valve

Proportional Control Valve 사용자의 입력신호에 비례한 유량을 시스템에 공급할 수 있도록 구성된 밸브이다. 차이점은 콤펜세이터 스톱을 구비하고 있어 나사를 이용하여 스프링력을 조절하면, 밸브의 유량이 가변할 수 있도록 구성된 것이다. 밸브 카탈로그에 나타나 있는 스톱의 압력유량 특성을 입력하고 밸브를 구성하는 감압밸브, 릴리프 밸브 등을 사양에 맞게 모델링 하였다.



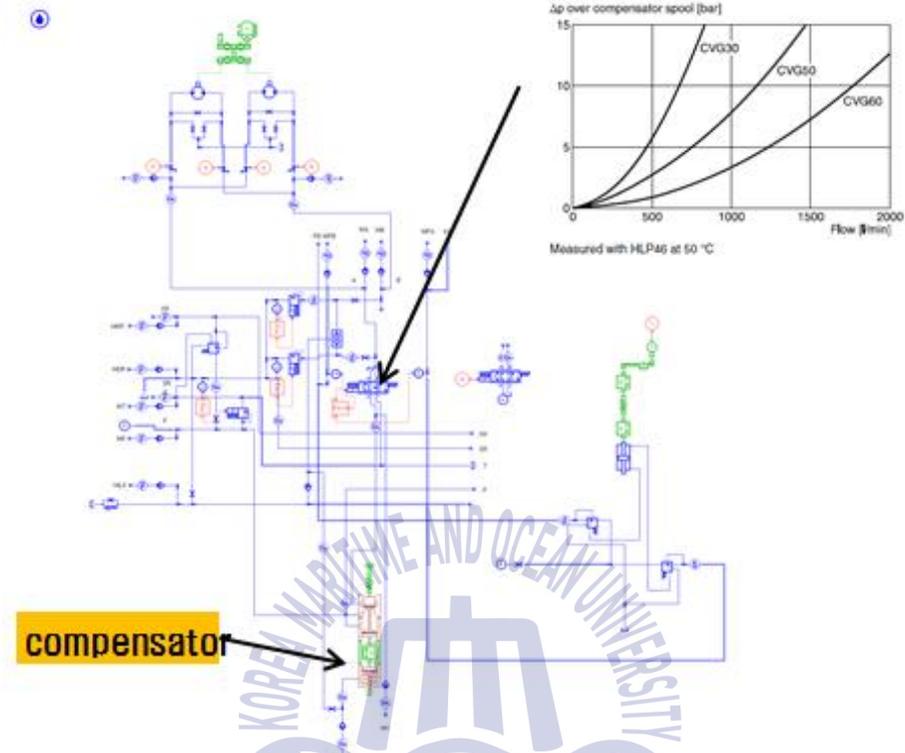
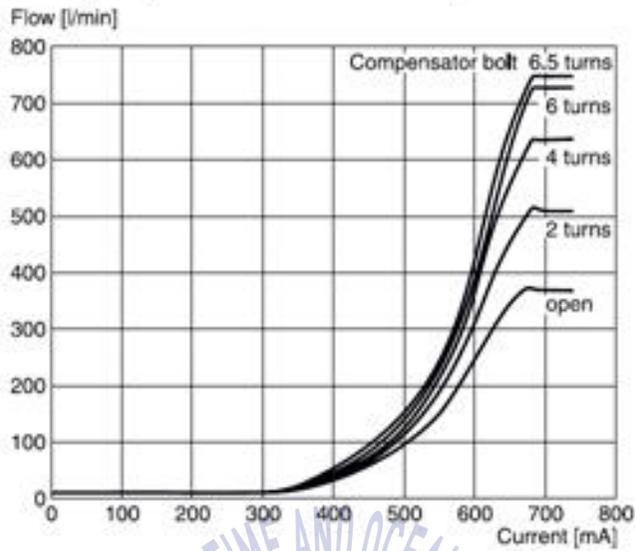
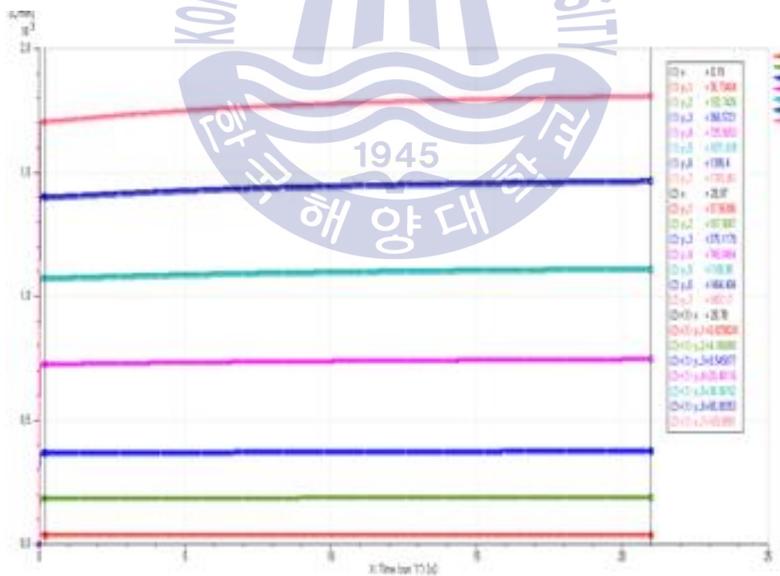


Fig. 3.18 Modeling of Proportional Control Valve

Fig. 3.19에 나타난 바와 같이 시뮬레이션을 통해 Proportional Control Valve는 Hydraulic Joystick으로부터 입력되는 파일럿 압력신호에 따라 비례하는 유량을 토출하는 것을 확인할 수 있다. 또한 콤펙세이터의 스프링력을 조절함에 따라 토출 유량이 가변하는 것을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다.



(a) Variation of flow rate due to spring force variation of Compacter



(b) Simulation results of flow characteristics in proportion to flow rate change and joystick operation according to spring force

Fig. 3.19 Simulation results of Proportional Control Valve

Fig. 3.20은 Proportional valve 단품에 대한 해석모델을 나타낸다. Proportional valve는 사용자의 입력신호에 비례한 유량을 시스템에 공급할 수 있도록 구성된 밸브이다. 밸브 카탈로그에 나타나 있는 스펴의 압력유량 특성을 입력하고 밸브를 구성하는 감압밸브, 릴리프 밸브 등을 사양에 맞게 모델링 하였다.

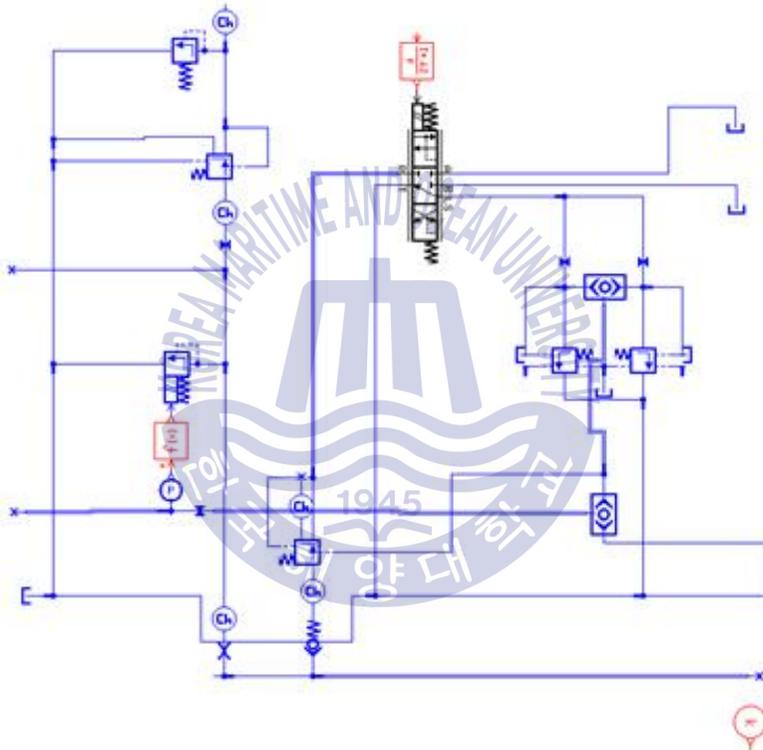
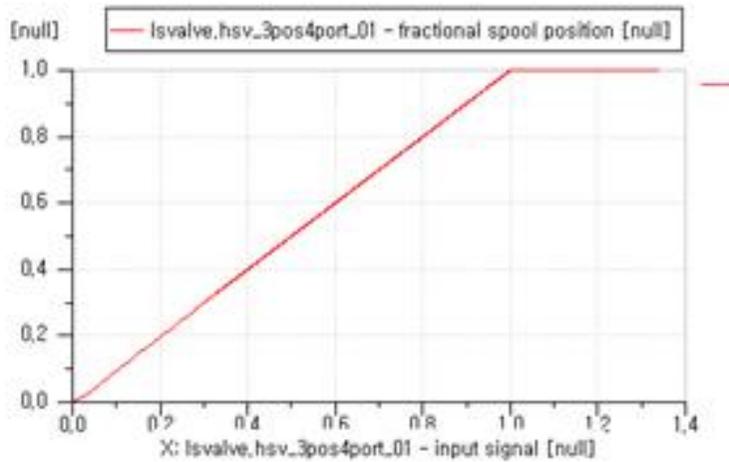
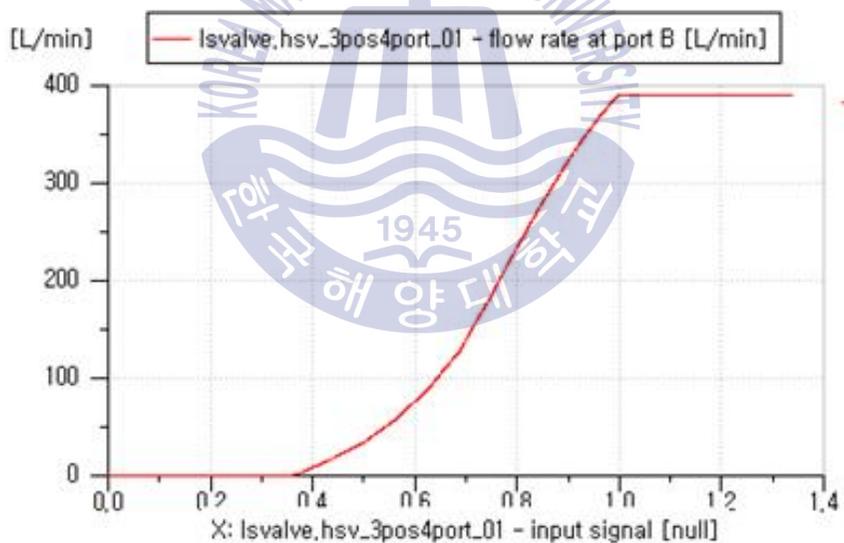


Fig. 3.20 Modeling of Proportional Valve

시뮬레이션 모델을 이용하여, proportional valve에 대한 작동 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 3.21에 나타난 바와 같이, 시뮬레이션을 통해 proportional valve에 hydraulic joystick으로부터 입력되는 파일럿 압력신호에 따라 비례하는 유량을 토출하는 것을 확인할 수 있었다.



(a) Movement of the spool according to the amount of Joystick operation (Proportional)



(b) Simulated Flow Characteristics Proportional to Joystick operation

Fig. 3.21 Simulation results of Proportional Valve

HPU 핵심부품인 마력제어 펌프 특성을 Fig. 3.22과 같이 모사하였다. 마력제어 레귤레이터 모델링 및 특성 검토하고, 원동기 동력사양에 따른 레귤레이터 세팅을 통하여 Fig. 3.22와 같이 마력제어 펌프가 카탈로그와 같이 일정 동력일 경우 압력이 올라갈수록 유량이 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다.

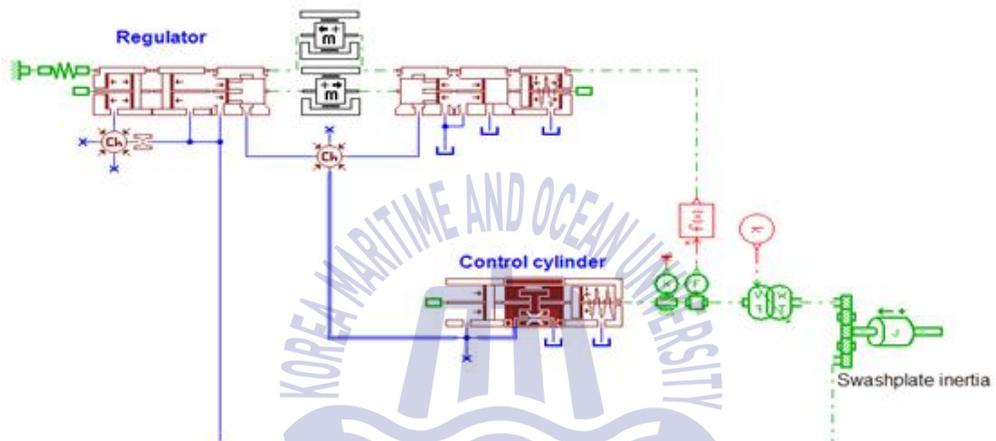


Fig. 3.22 Modeling of Power control Pump

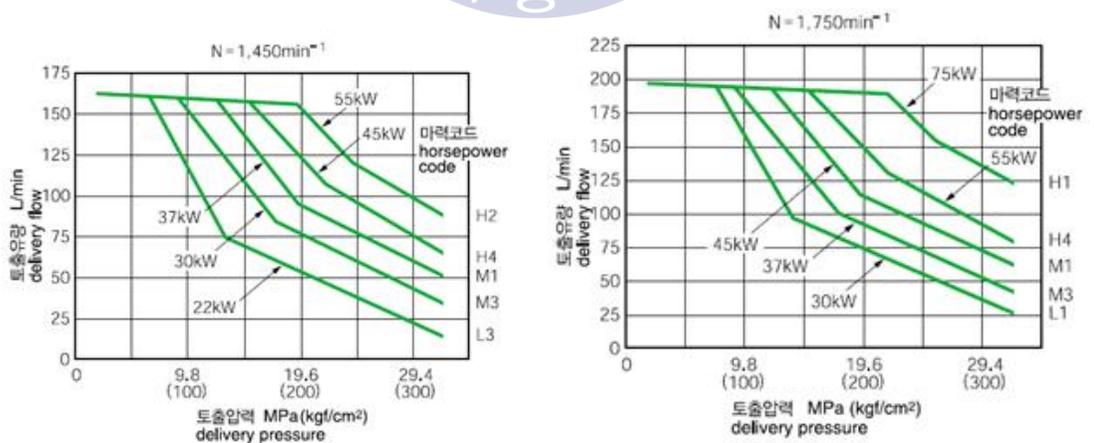


Fig. 3.23 Verification of discharge volume of Power control Pump

Fig. 3.24와 Fig. 3.25는 각각 Snubber Motor와 Lever Wind Motor 각각에 대한 카탈로그 사양을 나타낸다. 유압 모터의 출력 토크는 모터의 배제용적, 모터에 걸리는 압력 차에 비례하여 발생된다. 본 회로에 적용되어있는 Winch Motor, Snubber Motor 및 Level Wind Motor는 Hydraulic library의 유압모터 아이콘을 사용하여 모델링 하였고, 각각의 용량을 파라미터로 입력하였다. 또한 각 모터의 효율은 카탈로그의 사양을 참조하여 정격압력 및 유량에 해당하는 효율 값을 파라미터로 입력하였다.

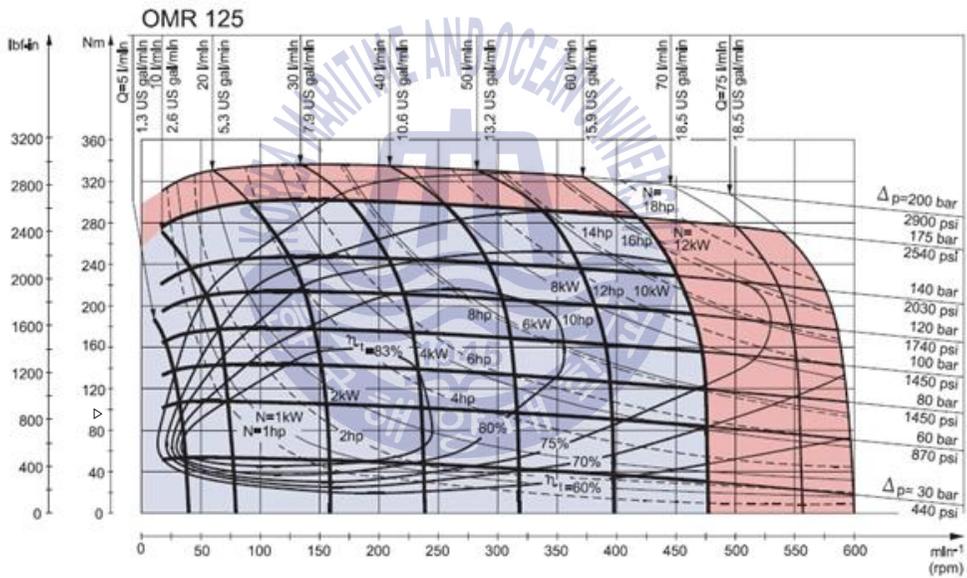


Fig. 3.24 Verification of Level Wind Motor

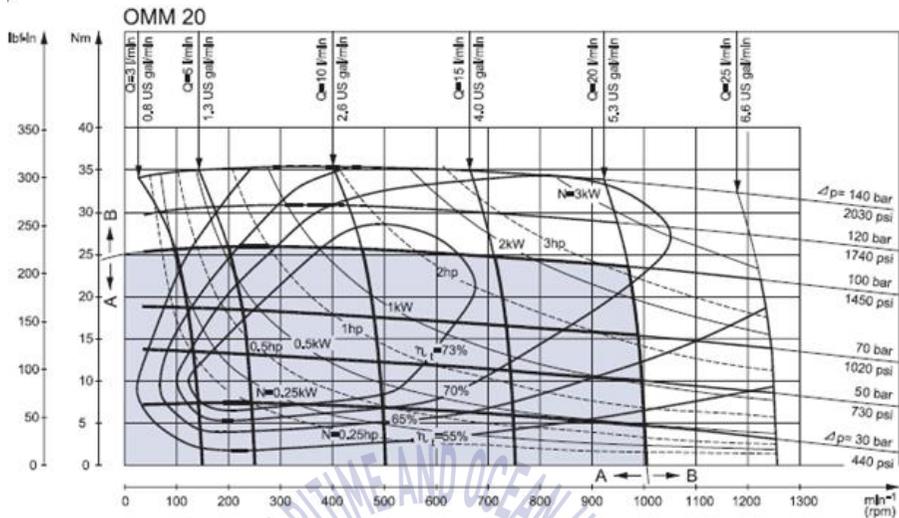


Fig. 3.25 Verification of Snubber Motor

본 시뮬레이션에서는 모터를 동시에 구동하였을 때 유압 시스템의 구성상 유량부족, 압력강하에 따른 작동불량 등의 문제점은 없는지 여부를 시뮬레이션을 이용하여 검토해 보았다. Fig. 3.24 와 Fig. 3.25는 복합작동 시뮬레이션의 주요 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 시뮬레이션 결과는 winch, snubber, lever wind 모터 구동용 유압모듈 각각에 대한 시뮬레이션 결과와 동일하였으며, 이러한 결과는 구성된 HPU 시스템의 사양은 3가지 유압모듈의 동시작동에도 문제가 없는 것으로 확인 되었다.

제 4 장 결론

본 논문에서는 국내 기술개발 및 사업화가 전무한 ROV LARS에 대한 설계 및 제작을 진행하였다. 실선에 적용되는 요구사항을 기준으로 수심, SWL, 함 운영조건을 설정하였고 그에 따른 업빌리컬 권양기, Level wind, Overhead Telescopic Boom, Docking head, Hydraulic Power Unit의 개념설계를 하였다.

개념설계 내용을 대상으로 KR등의 선급규정과 환경조건들을 근거로 데이터를 입력하여 전산 해석을 진행하였다.

- 1) Lebus 드럼에 업빌리컬 케이블이 ROV가 운영되는 수심 1600M 이상 감기고 드럼 플랜지의 최대 외경이 KR 선급규정에서 요구하는 업빌리컬 케이블을 1600M 다 감고 그 여유분이 최대 외경에서 2바퀴 반 이상 남음을 확인 하였다.
- 2) ROV 및 TMS , 업빌리컬 케이블 무게의 총 합인 10ton을 ANSYS를 이용하여 구조해석을 진행 하였으며 업빌리컬 권양기와 Overhead Telescopic Boom에서 발생하는 최대 응력 각각 32.6Mpa, 22Mpa로 나타나 소재에서 허용되는 항복 강도 350 Mpa 이하로 나타나 구조상 안전함을 확인 하였다.
- 3) Significant wave height 4m(Sea state 5)에서 ROV LARS에 가해지는 동적 계수가 DNV Lifting Appliance에서 요구하는 계산식을 토대로 계산한 결과, 동적 계수가 2.3임을 확인 하였고, 이를 바탕으로 구조 안전 계산을 한 결과 KR (한국 선급)에서 요구하는 안전계수 2 이상이 나오는 것을 확인 하였다.
- 4) 유압시스템 전용 해석 소프트웨어인 Simulation X를 이용하여 ROV LARS의 전반적인 유압 시스템을 검증하였고, 검증된 유압부품 단품 시뮬레이션 결과를 이용하여 ROV winch 시스템 구동용 유압시스템을 구성하는 3개의 구동 유압모듈에 각각의 시뮬레이션을 수행함으로써

각 유압모듈의 성능특성을 확인하였다.

- (1) Winch 모터 구동용 유압모듈 시뮬레이션 결과, Umbilical Cable을 감거나 풀 때 각 단품간의 상호 작용이 이루어지며 과부하현상 없이 잘 작동됨을 확인하였다.
- (2) 또한 구동압력이 15bar 이상이 되면 브레이크가 정상작동하며, 무부하 상태에서도 컨트롤 밸브가 구동하여 자중에 의한 거동 등을 방지할 수 있다.
- (3) Snubber 모터 구동용 유압모듈을 시뮬레이션 한 결과, Umbilical Cable을 감거나 풀어줄 때 Cable 처짐이 없게 각 모듈들이 상호 구동되며, 포트 압력에 의해 전체 모듈이 잘 작동함을 확인하였다.
- (4) Level Wind 모터 구동용 유압모듈을 시뮬레이션 한 결과, Umbilical Cable의 각이 일정이상 벌어지면 센서가 작동하여 Level Wind 속의 HYD 모터의 속도를 조절, Cable 각이 Winch와 항상 수직이 유지되도록 잘 조절됨을 확인하였다.
- (5) 마지막으로 복합작동에서의 ROV winch 시스템의 각각의 유압모듈의 성능특성 변화를 전체 시뮬레이션을 통해 분석하였다. ROV 윈치시스템 작동 시뮬레이션 결과, 구성상의 유량부족 및 압력강하에 따른 작동불량 등이 발생하는지를 점검하였으며, 동시작동에도 문제가 없을 것으로 확인되었다.

본 연구를 통해 ROV LARS의 개념설계, 전산해석, FMECA 등 체계적인 접근과 검증을 실시하여 진회수 장치에 대한 설계 노하우와 연구 성과를 획득 할 수 있었다.

본 연구결과 활용 및 지속적인 연구를 통해 Overhead Telescopic Boom type외에 A-Frame type 등 다양한 방식의 진회수 장치에 대한 기술개발을 진행할 예정이다. 또한, AHC System에 대한 기구학 및 동역학을 활용한 이론적 접근으로 순수 국내 기술을 활용한 AHC 제어 시스템에 대한 연구를 ROV LARS에 적용하여 다양한 시나리오에 대한 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] Offshore Business, 한국해양수산개발원, 2015.05.01. Vol.22 (원출처 : Douglas-Westwood, World Drilling & Production Market Forecast 2015~2021, 2015.02)
- [2] ANSYS Mechanical Enterprise R 16.0
- [3] 우남섭 외 6명, “ROV LARS용 Winch Drum의 구조해석에 관한 연구”, 대한기계학회 생산 및 설계공학 부문 춘계학술대회, 2016.05
- [4] 2016 한국선급 강선 규칙 제9편 추가설비 제2장 하역설비, 한국선급, 2016.04
- [5] DNV Standard for Certification 2.22 Lifting Appliances, 2013.06
- [6] 우남섭 외 5명, “ A Study of the Structural Analysis of Umbilical Winch for ROV LARS” , ICCPE 2016, 2016.09
- [7] Ku, H. K., Kim, J. W., Won, C., Song, J. I., 2012, “Optimization and Structure Analysis of Brake Disc for Free-fall Winch,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 3, pp. 55~61.
- [8] 우남섭 외 5명, “Optimal Design of Telescopic Boom Crane for ROV LARS” , ICMDT 2017, 2017.04
- [9] 최형식, “AHC 제어시스템 개발”, 2015 경제협력권산업육성사업 수심 3000m급 ROV LARS 개발 1차년도 연구결과 보고서 중, 2016.04
- [10] 성형석 외 4명, “해상 크레인의 상하동요 보상 시스템 연구”, 한국수중·수상로봇기술연구회 2016 춘계학술대회, 2016.04
- [11] 성형석 외 3명, “해상 크레인의 상하동요 보상 시스템의 능동제어”, 한국항행학회논문지, Vol.20 No. 3, 2016.06
- [12] 최형식, “Active Heave Compensation Control System 개발”, 2015 경제협력권산업육성사업 수심 3000m급 ROV LARS 개발 2차년도 연구결과 보고서 중, 2017.03

감사의 글

회사 생활을 하던 도중 지인의 추천으로 대학원 진학을 결심하게 되었습니다. 학부시절 많은 도움을 받았던 최형식 교수님께 가르침을 받고자 기계공학과에 진학하였고, 회사 생활과 대학원 공부를 병행한다는 것이 쉽지 않았지만 교수님의 배려와 가르침 덕분에 무사히 마칠 수 있었습니다. 20여년의 회사 생활에서 습득한 경험과 노하우에 연구를 통한 학문적 지식을 더할 수 있었던 것은 때로는 따듯하게 때로는 객관적으로 이끌어 주셨던 최형식 교수님의 가르침 덕분이었습니다. 진심으로 감사인사 드립니다. 또한, 대학원 수업을 원활히 소화할 수 있도록 도움을 주신 조종래 교수님, 김준영 교수님과 조용성 교수님께도 감사인사 드립니다.

2년이 넘는 시간 동안 대학원 학사일정과 실험실 생활에 도움을 주고 AHC System의 연구로 큰 도움을 준 오지윤 연구원에게 감사 인사를 전합니다. 또한, Umbilical Winch의 전산 해석 및 FMECA 분석에 도움을 준 한국지질자원연구원의 우남섭 박사님께 감사인사 드립니다.

아울러, 대학원 수업과 논문 지도를 원활히 받을 수 있도록 지원해주신 전유태 대표이사님과 정사장님, 테크플라워 기술연구소 연구원들에게 감사 인사드립니다. 그리고 ROV LARS의 연구를 위해 실선의 운용조건과 사양에 대하여 의견을 주시고 지지해주신 정동구 부장님 이하 대우조선해양 설계팀에게 이 자리를 빌어서 감사하다는 말을 꼭 전해드리고 싶습니다.

마지막으로 항상 나를 믿고 의지해주시는 가족들에게 학위수여의 영광과 함께 고맙다는 말을 전합니다.