



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

항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 안전작업에 관한 연구

2016年 8月

부경대학교 산업대학원

안전공학과

박 헌

공학석사 학위논문

항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 안전작업에 관한 연구

지도교수 : 장 성 록

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2016年 8月

부경대학교 산업대학원

안전공학과

박 현

이 논문을 박 헌의 공학 석사
학위논문으로 인준함

2016년 8월 26일

주 심 공학박사 이 의 주



위 원 공학박사 신 성 우



위 원 공학박사 장 성 록



목 차

제 1 장 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	4
제 2 장 연구 배경	5
2.1 국내 항만건설공사	5
2.2 항만건설공사의 구분	6
2.3 항만건설공사 산업잠수사의 주요 공종	7
2.3.1 케이슨 공사	7
2.3.2 고르기 공사	8
2.3.3 블록 공사	9
2.3.4 소파블록 공사	10
2.4 산업잠수 관련 문헌조사	11
2.4.1 산업잠수 장비 현황	13
2.4.2 산업잠수 방법 현황	15
2.4.3 산업잠수사의 일일 잠수작업시간 및 작업횟수 기준	17
2.4.4 감압용 챔버의 설치 현황	20

제 3 장 연구 방법	24
3.1 연구대상	24
3.2 연구 절차	25
3.2 설문지 작성	26
제 4 장 설문조사 결과	27
4.1 설문대상자 일반적 현황	27
4.2 산업잠수사의 잠수작업 방법 및 잠수장비	30
4.3 수심별 잠수작업시간 및 작업횟수	33
4.3.1 1회 평균 잠수작업시간, 1회 최대 잠수작업시간 분석	33
4.3.2 일일 평균 잠수작업시간, 일일 최대 잠수작업시간 분석	35
4.3.3 주간 평균 잠수작업시간 분석	37
4.3.4 일일 평균 잠수작업횟수 분석	38
4.4 수심별 산업잠수사 권장 잠수작업시간 및 작업횟수	39
4.4.1 산업잠수사 권장 일일 평균 잠수작업시간 분석	39
4.4.2 산업잠수사 권장 주간 평균 잠수작업시간 분석	40
4.4.3 산업잠수사 권장 일일 잠수작업횟수 분석	41
4.4.4 수심별 잠수시간 설문결과 및 HSE(영국)기준 비교	42
4.4.5 수심별 권장 잠수작업횟수 및 US. Navy Diving Manual 기준 비교	43

4.5 잠수질환 현황 및 감압용 챔버 설치 기준	44
4.5.1 잠수시간 치료가능장소 최단시간 및 잠수질환 치료유·무 분석	44
4.5.2 잠수질환 치료기간 및 감압치료 연간 횟수 분석	45
4.5.3 감압챔버 설치유·무 및 감압챔버의 필요성 분석	46
4.5.4 수심에 따른 감압챔버 설치기준 분석	47
 제 5장 결론 및 고찰	48
참고문헌	53



표 목차

Table 1 Current condition of estimated divers by the detailed work type of industrial engineer divers (Nov. 2005)	2
Table 2 Classification of port construction	6
Table 3 The types of artificial concrete block	10
Table 4 The definition of the industry diving	12
Table 5 Average work water depth and daily work time of industrial engineer divers	17
Table 6 Comparison of air depression between Korea Navy, U.S. Navy, and Canada Navy	19
Table 7 Pressure regulation chamber installation areas	21
Table 8 Laws pertinent pressure regulation chamber installation in advanced countries	22
Table 9 Rules of pressure regulation chamber installation in countries	23
Table 10 The number of questionnaire copies distributed and collected in a filed and the number of effective questionnaire copies	27
Table 11 Career of industrial engineer divers	28

Table 12 Analysis on types of certification by age	29
Table 13 Analysis on average work time per diving	33
Table 14 Analysis on maximum work time per diving	34
Table 15 Analysis on daily average diving work time	35
Table 16 analysis on daily maximum diving work time	36
Table 17 Analysis on weekly average diving work time	37
Table 18 Analysis on daily average diving work frequency	38
Table 19 Analysis on the daily average diving work time recommended industrial engineer divers	39
Table 20 Analysis on the weekly average diving work time recommended industrial engineer divers	40
Table 21 Analysis on daily average diving work frequency recommended industrial engineer divers	41
Table 22 Results of the questionnaire about diving time by water depth and comparison with HSE(the UK) criteria	42
Table 23 The recommended work frequency by water depth and comparison with US. Navy Diving Manual	43
Table 24 Analysis on the shortest time to a treatable place for diving related disease and the possibility of the treatment of diving related disease	44

Table 25	Analysis on a treatment period of diving related disease and annual frequency of decompression treatment	45
Table 26	Analysis on whether to install decompression chamber and the necessity of decompression chamber	46
Table 27	Analysis on decompression chamber installation criteria by water depth(Proper of water depth)	47



그림 목차

Fig. 1 Caisson fabrication and installation	7
Fig. 2 Leveling of riprap rubble stone foundation	8
Fig. 3 Leveling of foundation and armor stone	8
Fig. 4 Block installation of above water	9
Fig. 5 Block installation in water	9
Fig. 6 Artificial concrete block installation in water	10
Fig. 7 Hoohah diving	14
Fig. 8 Diving helmet and full face mask	14
Fig. 9 Scuba diving	16
Fig. 10 Surface supplied diving system	16
Fig. 11 Decompression chamber	23
Fig. 12 Overview of procedure	25
Fig. 13 Diving method and diving equipment	32
Fig. 14 The selection of diving equipment	32

A study on the safe work for industrial diver engaged in port construction work

HEON PARK

Department of Safety Engineering, The Graduate School of Industry
Pukyong National University

Abstract

Korean territory is surrounded by the sea on three sides. So, port facilities have been built since a long time ago. According to Statistical Year Book of Maritime Affairs 2015 published by Ministry of Oceans and Fisheries, 136,785m of quay, 73,116.6m of breakwater, 63,568.5m of lighters wharf and 137 landing piers were built. It is inevitable to put industrial divers in port construction work that builds the above-mentioned port facilities. In other words, industrial divers are proved to be the most important human resources in port construction work. According to Occupational Safety and Health Research Institute, it is estimated that approximately 1,100~1,400 persons in total including regular workers and freelance divers work in the diving workplaces. And among them, the number of industrial divers engaged in marine civil engineering work

(underwater construction) is estimated at a minimum of 600 to a maximum of 800. However, there is no diving-related association for public good, which manages industrial divers' career and training in Korea. And most of industrial divers are self-employed persons or employees of small enterprises. So, their working environment is very poor. Besides, 19 persons killed and 37 persons injured in accidents have been shown in the status of industrial accidents relating to diving work for recent 10 years. Marine civil engineering work (underwater construction) accounts for approximately 50% of persons killed in accidents. And it is shown that the causes of fatal accidents include an unknown cause, oxygen toxicity, being trapped underwater, underwater whirlpool, and so on. In other words, the petty enterprise and poor working environment of industrial divers engaged in port construction work leads to industrial accident. Therefore, this study is intended to grasp the working environment and status of industrial divers in Korea and present standards for preventing safety accident. To this end, Korean standards, laws and regulations and measures for the management of diving work in overseas advanced countries (U.S. and U.K.) were collected through literature review. Besides, through survey and interview with commercial divers engaged in port construction work, the status of work was grasped, and problem with working environment was

deduced. The most urgent problem currently faced by industrial divers, which was examined through interview, was difficulty in applying legal standards regarding diving work hours, number of dives, and diving equipment (diving apparatus). Besides, from the viewpoint of port construction characteristics, chambers enabling the treatment of caisson disease were not properly installed in comparison with the size of construction work. This is because there is no law or regulation regarding standards for the installation of decompression chamber in Occupational Safety and Health Act. So, a survey was made about proper depth of water for the installation of decompression chamber according to diving depth. This study is expected to be helpful in protecting the interests of industrial divers and creating safe working environment by improving the actual condition of working environment of industrial divers in Korea

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성

우리나라는 국토의 3면이 바다로 이루어져 오래전부터 항만시설이 조성되어 있다. 최근 우리나라의 항만시설 규모는 안벽 136,785m, 방파제, 73,116.6m, 물양장 63,578.5m, 잔교 137기가 조성되어 있다¹⁾. 항만건설공사는 해상 및 수중에서 주로 작업을 한다는 특수성으로 인하여 사소한 부주의에도 대형사고로 이어질 수 있고 작업선작업, 잠수작업, 케이슨작업, 수중발파작업 등 항만건설공사 주요 공종에 대한 사고가 계속 발생하고 있다²⁾. 또한 항만시설물을 조성하는 항만건설공사에 산업잠수사의 작업투입은 필수적이라 할 수 있으며, 이러한 산업잠수사는 항만건설공사에 있어 가장 중요한 인적자원임이라 할 수 있다. 국내에 종사하는 산업잠수사의 인원은 산업잠수 공익단체가 없어 정확한 인원을 산출할 수 없지만 대략 상시근로자와 프리랜스 잠수사를 포함해서 1,100~1,400명 정도가 현장에서 일하는 것으로 추정된다. Table 1에서 나타낸 바와 같이 추정된 수치는 2005년 잠수작업자 현황파악 및 건강장해에 관한 연구내용의 잠수인원 추정치와 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타났다³⁾.

Table 1 Current condition of estimated divers by the detailed work type of industrial engineer divers (Nov. 2005)⁴⁾

division	Estimated number of dive operators		Remarks
	Min	Max	
total	1,040 persons	1,380 persons	
Underwater construction work	600 persons	800 persons	About 400 places
Fisheries purification maintenance	250 persons	300 persons	135 places
Rescue vessels	170 persons	200 persons	31 places
Other manufacturing, etc.	20 persons	80 persons	About 10 places

위 표에서 항만건설공사에 포함되는 수중공사업의 산업잠수사 인원이 가장 많은 것으로 나타나고 있다. 하지만 대부분의 산업잠수사는 영세업체의 근로자이며 제대로 갖추어진 잠수장비를 보유하지 않고 있으며 구직활동 프로그램도 구축되지 않아 지인을 통하여 취업을 하고 있는 실정이다. 또한 일일잠수 작업시간 및 작업횟수도 선진국에 비해 월등히 많은 편이다. 이런 이유로 잠수질환및 사고의 발생위험이 매우 높다. 특히 잠수병 발병 시 현장에서 감압용 챔버를 이용하여 치료를 받을 수 있는 시설이 거의 없다. 산업잠수사들에게 감압병이 발생하는 주된 이유는 과도한 해저체류시간, 빠른 상승속도, 감압수심에서 생략된 감압, 무리한 반복 잠수 등이다. 일반적으로 감압병의 경우

잠수작업 시행 이후 24시간 이내 98%증상이 유발되는데, 이 질환은 고압챔버를 이용한 산소치료가 가장 우선시 되며, 증상 발생 후 즉각적인 산소치료를 시행함으로써 높은 치료효과를 기대할 수 있다⁵⁾.

또한 산업잠수사의 대부분은 산업안전보건법 보호구 자율안전확인 고시 개정 2012.6.8 고용노동부 고시 제 2012-48호의 제5장 잠수기에 포함된 잠수헬멧 착용을 거의 하지 않고 있다. 주로 폴페이스 마스크, 후카잠수를 하고 있는 실정이다. 잠수헬멧은 산업잠수사의 머리를 보호하기 위한 보호장구 이지만 고가로 인하여 영세업체의 근로자는 사용하기 어렵다.

항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 일일잠수작업시간이 수심에 따라 다르지만 평균적으로 5~6시간 일하고 있으며, 반복 잠수는 2~4회 실시하고 있다. 특히 충분한 휴식 및 수중감압 없이 작업에 투입하는 산업잠수사의 대부분이 잠수질환에 노출되어 있고, 이에 대한 위험성을 제대로 인지하지 못하고 있다. 따라서 산업잠수사의 열악한 작업환경의 개선 및 안전사고 예방을 위해 잠수장비 사용실태, 잠수작업시간 및 작업횟수, 감압용 챔버 설치 기준에 대한 실태파악 및 잠수사의 안전한 작업환경을 위한 대책이 필요하다.

1.2. 연구의 목적

국내 항만건설공사에 있어 산업잠수사는 주요 공종의 중요한 인적 자원이다. 하지만 대부분의 산업잠수사는 자영업자 또는 영세업체 근로자가 대부분 이므로 작업환경이 매우 열악한 실정이다. 제대로 갖추어진 잠수장비를 보유하지 않고 있으며, 잠수작업시간 및 작업횟수도 선진국에 비해 높은 편이다. 또한 감압용 챔버도 현장에서 잠수병 환자 발생 시 운영하고 있는 곳이 거의 없어 감압치료가 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 권익을 보호하고 작업환경개선을 위한 설문조사를 바탕으로 사고 예방 및 안전한 작업환경을 조성하는 데 기초자료를 제시하고자 함에 그 목적이 있다.

제 2 장 연구 배경

2.1 국내 항만건설공사

유라시아 대륙 동쪽에 위치한 우리나라는 태평양을 사이에 두고 미국과 호주, 일본을 비롯한 수많은 연안국들과 연결되어 있는 해양국가이다. 또한, 국토의 3면이 바다로 둘러싸인 반도국으로서 대륙의 길이 다시 바다의 길로 이어지는 천혜의 지정학적 환경을 갖추고 있다. 우리나라의 항만 건설 역사는 비록 50여 년의 짧은 기간이지만 눈부신 변화 과정을 겪었다. 1960년대부터 시작된 경제개발에 맞추어 제철, 석유·석탄·가스류 화물 등을 처리하기 위한 공업항 건설을 시작으로, 현재는 대형화하는 신형 컨테이너선 수용을 위한 신항만이 건설되고 있다. 나아가 노후화하거나 유희상태에 있는 항만의 재개발, 항만 배후단지 및 친수공간 조성, 그린포트 건설등 다양한 페러다임 변화를 항만정책에 반영하여 사업을 추진하고 있다⁶⁾. 이러한 항만건설 공사에 있어 산업잠수사는 대부분의 공종에 종사하고 있으며, 특히 방파제, 호안, 안벽, 부두 등 수중에서 시공은 산업잠수사가 필수 인적 자원이다. 하지만 산업잠수사가 느끼는 작업환경은 매우 열악하고, 항상 사고의 위험에 노출되어 있다.

2.2 항만건설 공사의 구분

항만공사를 법령으로 분류하면 항만법에서는 기본시설, 기능시설, 지원시설과, 항만 친수시설로 분류되어 있다. 아래의 Table 2는 항만건설공사 설계실무요령 내용 중에서 산업잠수사가 투입되는 공종을 나타내었다⁷⁾.

Table 2 Classification of port construction

Main Category	Division
Facilities outside	Breakwater construction
	bank protection works
	fish lift works
	Sunk protection facilities construction
	Erosion protection facilities construction
the upper And mooring facilities	Quay construction
	Top facilities construction
Other Port Facilities	Production and port of shipmentg construction
Water facilities	Dredging and reclamation works
Specialized facilities	Subsea pipeline construction
	Offshore oil storage facility construction
	sea·mark facility construction
	Mirina facility construction
	Giant Facility construction oil tankers

2.3 항만건설공사 산업잠수사의 주요 공종

2.3.1 케이슨 공사

케이슨은 철근 콘크리트제의 상자모양의 것으로서 부양식(dock)이나 육상에서 제작되고 해상을 예항선 또는 기중기선에 의해 매달려 현장으로 운반되어 방파제 또는 중력식 구조의 안벽본체로 설치되며 일반적으로 모래나 사석, 슬래그로 내부를 채운다. 케이슨은 그 자체가 큰 단면을 가지며 말뚝 기초에 비해 지지력이나 수평 저항력이 크고 또 수중시공이 확실히 이루어질수 있다⁷⁾. Fig.1에서 나타낸 바와 같이 여기서 산업잠수사의 주요 역할은 케이슨 거치 작업구간내 수중 기초 바닥고르기, 케이슨 거치작업시 선형 및 구조물 레벨관리 에 투입된다.



Fig.1 Caisson fabrication and installation

2.3.2 고르기 공사

고르기 공사는 사석의 시공에서 사석 투하 후 표면을 고르는 속고르기와 피복석을 잘 짜여지게 고르는 피복석 고르기, 사석 상부에 구조물 시공을 위해 정밀하게 표면을 고르는 기초 고르기 등으로 대별된다. 고르기는 작업여건에 따라 평균해면(M.S.L)을 기준으로 수상 고르기와 수중 고르기로 구분된다⁷⁾. Fig.2, Fig.3에서 나타낸 바와 같이 여기서 산업잠수사는 수중고르기 작업에 투입되어 정밀하게 표면을 고른다.

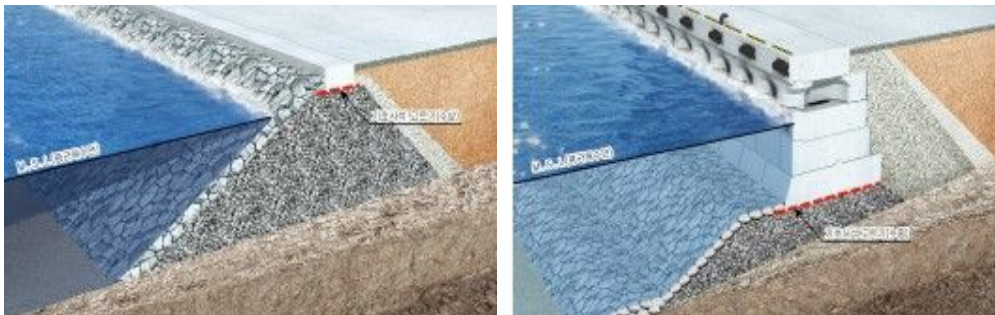


Fig.2 Leveling of riprap rubble stone foundation



Fig.3 Leveling of foundation and armor stone

2.3.3 블록공사

항만공사의 블록은 무근 콘크리트로 제작되어 소규모 외곽시설(방파제, 방사제, 파제제 등), 호안 및 접안시설이나 어항의 물양장 등에 주로 사용된다⁷⁾. Fig.4, Fig.5에서 나타낸 바와 같이 여기서 산업잠수사는 수중 블록 거치 작업에 투입된다.



Fig.4 Block installation of above water








Fig.5 Block installation in water

2.3.4 소파블록 공사

소파블록은 외곽시설인 방파제, 제방 및 호안의 안전성의 향상, 전면 수역의 정온도 확보 및 파압의 경감, 월파량 및 침오름 방지 목적으로 사용된다⁷⁾. Fig.6에서 나타낸 바와 같이 여기서 산업잠수사는 소파블록 수중 거치 작업에 투입된다. Table 3은 소파블록의 종류를 나타내었다.

Table 3 The types of artificial concrete block

Division	T T P	Sealock	Accropode	Core-Loc	O T P
Types					
Number of build-up	2	2	1	1	1, 1.5, 2
Porosity (%)	50	50	52	60	64, 54, 46
Stability factor	7(breaking wave)	10	12(breaking wave)	13(HEAD)	7(breaking wave)
	8(non breaking wave)	-	15(breaking wave)	16(TRUNK)	8(breaking wave)

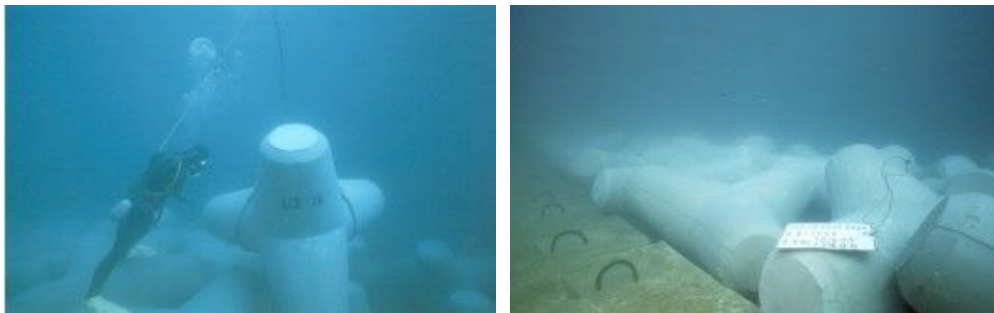


Fig.6 Artificial concrete block installation in water

2.4. 산업잠수관련 문헌 조사

국내에서 산업잠수의 용어가 도입 되었는지 정확한 시기는 알수가 없다. 최근에 들어서 산업잠수의 분야가 폭넓어 졌다. 국내에는 산업잠수에 대한 명확한 정의가 없어 본 연구에서는 영국의 안전보건청(The Health and Safety Executive:HSE)에서 명문화 하고 있는 내용으로 정의하였으며 정의는 다음과 같다. 산업잠수란 “원유 및 가스 생산과 관련된 다이빙 작업과 인근 해역 및 내해에서 수행되는 여러 가지 수중 공사와 관련되어 유지, 관리 등에 필요한 수중업무로 행해지는 형태의 업무를 총체적으로 일컫는다^{8,9)}.” 라고 정의하고 있다. 영국의 안전보건청 에서는 별도의 산업 잠수 분과(diving group)가 구성되어 있고, 각종 법규 제정 및 지속적인 개선을 통하여 총체적인 안전시스템을 구축하고 있다.

Table 4는 미국 산업 잠수 업계에서 통용되는 일반적인 정의를 나타낸 것이다.

Table 4 The definition of the industry diving¹⁰⁾

OSHA	ADC
More than 30m diving is not allowed.	More than 30m diving is not allowed.
"J" valve or emergency breathing gas supply	Diver obliged to wear a separate emergency breathing gas
When diving in the deep mixed-gas, the decompression chamber is mandatory on the spot	Heli Ox (HeO ₂) allowed during water supply. However, open or closed diving bell available
—	Diver should wear instruments to measure depth of water, wrist-type watch, and emergency knife
Mandatory equipment inspection every six months	Mandatory equipment inspection every six months

2.4.1 산업잠수 장비 현황

일반적으로 국내에서 가장 많이 사용되는 산업잠수 장비는 Fig.7에서 나타낸 바와 같이 스쿠버 장비(Scuba)와 후카(hookah)장비로 구분 할 수 있다. 스쿠버 장비(Scuba)는 공기통에서 나오는 공기를 잠수작업자가 체류하는 환경의 압력보다 높게 조절하여 주어 잠수사가 수중에서 편안히 호흡할수 있게 하는 장비이다. 그리고 후카(Hookah)잠수에 주로 사용되는 잠수장비는 공기압축기, 잠수조(volume tank)공기호스, 그리고 스쿠버 2단계로 호흡기로 구성 되어 있다. 산업안전보건법 보호구 자율안전확인 고시 개정 2012.6.8. 고용노동부 고시 제 2012-48호의 제 5장 잠수기의 내용을 보면 “잠수기”란(이하 잠수장비라 칭함) 잠수헬멧 또는 잠수마스크 등 물속에서 잠수작업을 하는데 필요한 기구를 말한다. Fig.8에서 나타낸 바와 같이 “잠수헬멧”이란 오염된 물, 낙석 또는 외부의 충격으로부터 잠수사의 머리를 보호하기 위해 착용하는 것으로서 역지밸브(non return valve), 환기밸브(steady flow valve) 및 요구형 호흡조절장치(demand regulator)가 달린 헬멧을 말한다. “잠수마스크(mask)”란 잠수사의 머리를 보호하기 위해 착용하는 것으로서 역지밸브, 환기밸브, 및 요구형 호흡조절장치가 달려있고, (hood)가 합성고무 등 탄성이 있는 재료로 만들어진 마스크를 말한다. 이외에도 생명줄(umbilical), 안전멜빵(safety harness), 잠수조절장치(dive control panel)등 장비도 명시되어 있다³⁾. 위 규정에도 불구하고 대부분의 산업잠수사는 안전헬멧을 착용하지 않고 있다. 이런 이유로는 고가의 장비이며 수중작업에 편리하지 않기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 산업

잠수사의 잠수장비 중에서 잠수기의 사용현황 및 실태를 분석하여, 지원 방안을 모색하고자 하였다. 이에 반해 선진국의 국제 산업잠수 현장에서는 위 나열한 장치가 설치되어 있는 잠수헬멧 시스템을 기본 장비로 사용하고 감압에 필요한 기압조절실을 두어 잠수사의 체계적인 감압 및 잠수관련 질환의 예방을 최우선으로 두고 있다.



Fig.7 Hoohah diving and Scuba diving



Fig.8 Diving helmet and full face mask

2.4.2 산업잠수 방법 현황

국내 항만건설공사에서 주로 사용되는 잠수방식은 Fig.9에서 나타낸 바와 같이 Scuba(SelfContained Underwater Breathing Apparatus)방식과 Fig.10에서 나타낸 바와 같이 표면 공급식 잠수(Surface Supplied Diving System)방식이다. 특히 항만건설공사는 수중작업이 70~80분씩 장시간 해저에 체류하게 되므로 표면 공급식 잠수 방식을 주로 사용한다. SCUBA 방식은 공기호스가 수중에서 꼬이거나 꺾일 우려가 있을 때 사용한다.

표면 공급식 잠수란 선상이나 육체의 기체 공급원(공기 또는 혼합기체)으로부터 유연하고 견고한 생명호스를 통해 물속의 잠수사의 헬멧에 호흡기체를 지속적으로 공급해주는 방식으로 행동범위에는 제약을 받는다. 하지만 장시간 체류할 수 있는 수상의 무제한 기체공급, 수상과 수중의 잠수사 간에 통화가 능, 수상에서 잠수사의 수심을 정확히 측정 기능 등 3가지 장치(Umbilical system) 외에도 잠수사의 모든 행동을 표면에서 지휘 통제를 할 수 있다는 장점 때문에 오늘날까지 산업잠수는 이 방식을 기본으로 작업을 수행한다^{11,12)}. 잠수분야 고급기술인 혼합기체(포화)잠수 방식은 국내 민간분야에서 활용되지 않으며 해군에서 실험적 또는 훈련적 목적으로 1970년대부터 간혹 이루어졌으며 1994년 초에 취역한 해양경찰청의 『태평양』 호(3천톤급 경비구난함)에 국내 최초의 포화잠수용 장비를 탑재하였다¹³⁾.



SCUBA diving



Technical diving equipment

Fig.9 Scuba diving



Superlite diving helmet



LP compressor

Fig.10 Surface supplied diving system

2.4.3 산업잠수사의 일일 잠수작업시간 및 작업횟수 기준

산업잠수사의 일일잠수작업시간 및 작업횟수에 대한 구체적인 국내 연구자료는 많이 부족한 편이다. “잠수작업”은 잠수기를 이용하거나 스쿠버에 의해 공기를 이용하여 수심 10m 이상에서 행하는 작업을 의미한다¹⁴⁾. “잠수시간은 1일 6시간, 1주 34시간 초과하지 아니할 것 이라고 규정되어있다¹⁵⁾.

하지만 산업잠수사는 수심10m 이내에서도 잠수작업이 많이 이뤄지고 있으며, 평균적으로 일일 2~4회의 반복잠수를 실시하고 있다. 수심 10m이내는 잠수작업의 규정이 적용되지 않아 실제로 많은 산업잠수사들의 오랜 작업시간에 투입되고 있다. 수심 10m 이상에서도 일반적인 규정만 있을뿐 수심에 따른 구체적인 작업시간 명기되어 있지 않다. Table 5에서 나타낸 바와 같이 국내 해양토목분야에서 평균작업수심은 20~22m에 해당한다.

Table 5 Average work water depth and daily work time of industrial engineer divers³⁾

Field	Average working depth	Daily working time
Maritime civil engineering field	20~22m	2~3times, about 70~80min
Ship-related field	less than 20m	Working within the no-decompression limits
Salvage field	40~100m	Based on dive chart
Oil-related field	30~40m	1~2times, about 40~50min
Scientific diving field	less than 20m	Air container about 2-3 p.c.

국내 대부분의 현장에서 공기일정 준수를 위해 일일잠수작업이 5~6시간 이상 작업을 하고 있으며, 반복잠수도 2~4회에 걸쳐 잠수작업을 실시하고 있다. 국내 해양공사 잠수작업을 가장 많이 하는 수심인 21m에서 75분간 잠수할 때 고기압 작업 기준의 【별표 2】 고압실내작업 및 잠수작업과 해외에서 사용되는 미국 해군, 캐나다 해군의 잠수감압표의 감압시간을 비교하면 Table 6에서 나타낸 바와 같이 수심21m에서 75분간 작업후 고기압작업에 관한 기준에 의하면 21분, 미국 해군은 44분, 캐나다 해군은 33분을 수중감압을 실시한다. 특히 미국 해군과 캐나다 해군은 산소사용 및 기압실의 사용기준이 있었지만 국내는 고기압작업에 관한 기준 【별표 2는】 산소사용 기준이 없어서 감압의 효율성이 매우 낮은 것으로 평가 된다. 또한 작업간의 휴식이 미국 해군은 14시간 58분, 캐나다 해군은 18시간 이므로 단일잠수만 가능하다. 하지만 국내는 60분에 불과하며, 2~4회의 반복잠수도 실시하고 있다^{3,16~17)}.

Table 6 Comparison of air depression between Korea Navy, U.S. Navy,
and Canada Navy³⁾

Deco mpres sion Table	Standards for high pressure work 【Asterisk 2】			US navy Air Decompression Table			Canada navy Air Decompression Table		
Gas	Air	O ₂		Air	O ₂		Air	O ₂	
Deco mpres sion Place	Water	Water	Deco mpres sion Cham ber	Water	Water	Deco mpres sion Cham ber	Water	Water	Deco mpres sion Cham ber
Deco mpres sion Time	:21	x	x	:44	:17	:30	:31	:19	:26
Break betwe en Jobs	00:60			14:58			18:00		

2.4.4 감압용 챔버의 설치현황

국내에서 일어나는 대부분의 감압병은 깊은 수심에 무리한 해저체류시간과 작업 종료 후 감압의 부적절, 짧은 표면 경과시간을 가지고 반복잠수를 행하게 함으로서 발생된다는 전문가들 공통된 의견이다. 국내에는 감압용 챔버의 잠수현장 설치 규정의 근거가 전무하여 대다수 잠수사들은 감압증상의 잠재적인 위험에 노출되어 있다¹⁸⁾. 하지만 외국의 경우 정부 부처 산업안전기관으로는 미국의 OSHA, 영국에는 HSE가 대표적이며, 산업잠수협회로는 미주지역을 대표하는 ADCI, 유럽을 대표하는 IMCA가 있다. 그리고 군사 잠수 분야로는 미국의 USN, 유럽은 NATO가 있다¹⁹⁾. Table 7은 국내에서 감압치료를 할 수있는 장소를 나타내며, Table 8은 해외의 감압챔버 설치 관련법규를 나타내고, Table 9는 해외의 감압챔버 시설규격을 나타낸다. Fig,11은 국내에서 운영 중인 감압챔버 시설을 나타낸다.

Table 7 Pressure regulation chamber installation areas¹⁸⁾

NO.	Pressure control chamber's location	Facility Standards	Remarks
1	Navy Marine Hospital (Jinhae)	Many people	Navy
2	Jeju Medical Center (Jeju)	Many people	Hospital
3	Seogwipo Medical Center (Jeju)	2 compartment 2 persons	Hospital
4	Segyero Hospital (Tongyeong)	2 compartmenten 4 persons	Hospital
5	Kosin Medical Center(Busan)	1 compartmenten 1 persons	Hospital
6	Diving Apparatus Union (Geoje)	2 compartmenten 2 persons	Preventive health of union members
7	Diving Apparatus Union(Yeosu)	2 compartmenten 2 persons	Preventive health of union members
8	KEPCO Submarine cable construction	2 compartmenten 2 persons	The chamber always has.(in site)

Table 8 Laws pertinent pressure regulation chamber installation in
advanced countries^{16,18),20-25)}

Division	Regulations	Remark
OHSA	-If the water depth exceeds 100 feet or use a mixed gas, install the decompression chamber in diving zone or near river - Arrived within 5 minutes from the dive area	
HSE	-Installation is carried out on-site dive below 50 meters -Hold two compartments for 2 persons on site	
NATO	-Hold more than 15 meters on-site from the international diving guidelines -Countries agreed : Belgium, Denmark, Italy, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Canada	
ADCI	-Placed the double lock decompression chamber in workshops required decompression, during the dive in excess 80 feet -Available at least 6 atmospheres (about 165 feet)	
IMCA	-The chamber securing a space to lie for two diver and two compartments, installed very close to the workplace	
ARAMCO	- Install on all work sites more than 18 meters depth. If unable to use decompression chamber, allowed only non-decompression diving	
USN	-Decompression chamber is required in every field, such as more than 130 feet deep surface-fed, decompression dive -The chamber is installed where it can be accessed within 30 minutes	
Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare	-Installation of decompression chamber in depth of 10 meters or more diving site	

Table 9 Rules of pressure regulation chamber installation in countries¹⁸⁾

NO.	Pressure control chamber's location	Facility Standards	Remarks
1	JAPAN	More than 10m / site	2 compartmen
2	NATO	More than 15m / site	2 compartmen
3	ARAMCO	More than 15m / site	2 compartmen
4	ADCI	More than 18.5m / site	2 compartmen
5	OSHA	More than 30m / site Within 5 minutes	2 compartmen
6	HSE	All the dive Field is less than 50m	2 compartmen
7	IMCA	the workplace or near	2 compartmen
8	U.S NAVY	More than 40m / site	2 compartmen

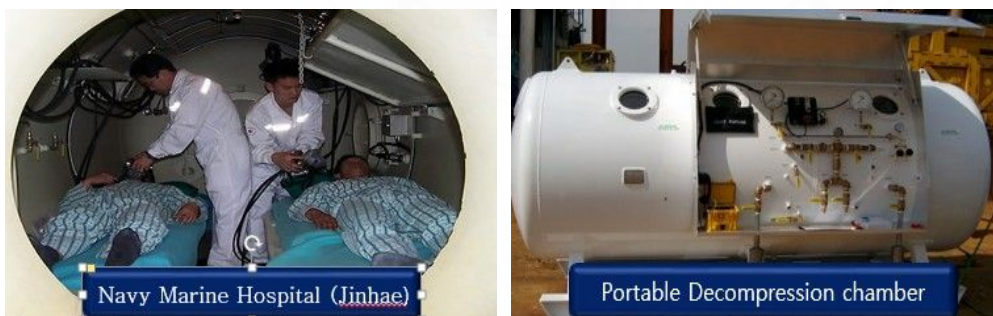


Fig.11 Decompression chamber

제 3 장 연구 방법

3.1 연구대상

본 연구는 울산지역 항만건설공사에 종사하는 산업잠수사를 대상으로 설문조사하였으며, 지역은 울산 남방파제 조성현장, 울산 중앙방파제 조성현장, 온산 국가 산업단지 강양·우봉 1지구 조성공사 2공구 현장이 해당된다. 조사기간은 2015년 10월~2016년 3월 까지 실시하였으며 설문조사 참여인원은 항만건설에 종사하는 산업잠수사 33명 이고, 연구자료로서 유효한 설문조사는 30명에 해당된다. 산업잠수사중에서는 군 출신(해난구조대), 민간 잠수사 등이 포함되어 있다.

3.2 연구절차

항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 안전작업에 관한 연구절차는 Fig.12와 같다.

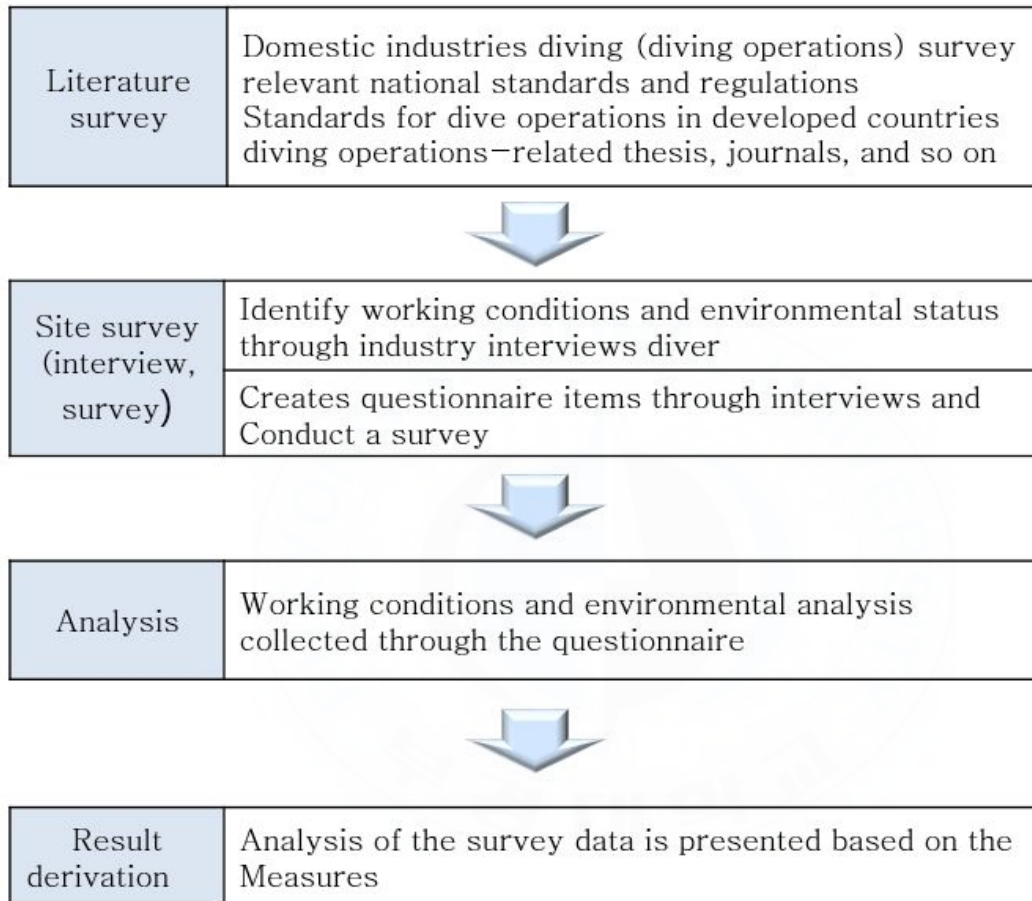


Fig.12 Overview of procedure

3.2 설문지 작성

본 연구에서는 산업잠수사의 면담을 통해 열악한 작업환경을 개선하고 안전 작업을 실시할수 있는 내용을 토대로 설문항목을 선정하였다. 면담대상은 산업잠수사(前 해난구조대-SSU) 2명이며, 면담장소는 온산국가산업단지 강양·우봉 1지구 조성공사 2공구 현장 회의실이며 4차례의 면담을 실시하였다. 설문지 작성 내용은 다음 4가지로 분류된다.

- 산업잠수사의 잠수장비(잠수기) 사용현황 및 실태
- 수심(10m미만, 10~20m, 20m이상)에 따른 잠수작업시간 및 작업횟수 실태
- 잠수질환치료 및 감압용 챔버 수심에 따른 설치 기준 파악
- 일반적인 사항(연령, 잠수경력, 자격증 취득유·무, 자격증 종류)

제 4 장 설문조사 결과

4.1 설문대상자 일반적 현황

본 연구에서는 울산지역 항만건설에 종사하는 산업잠수사를 대상으로 설문조사를 하였다. 울산 남방파제 조성현장, 울산 중앙방파제 조성현장, 온산국가산업단지 강양·우봉 1지구(2공구)조성공사 현장에 일반적인 사항, 잠수장비(잠수기), 잠수작업시간 및 작업횟수, 잠수질환 및 감압용 챔버 설치에 관한 내용을 바탕으로 설문지를 배포하였다. 회수된 설문지는 33부이며 이를 분석한 결과 30부만 유효한 결과를 얻을수 있었다. 각 현장에 산업잠수사가 많지 않아 설문지 분석 결과가 전체 산업잠수사의 작업여건 및 현실을 대변할 수 없지만 항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 동향을 파악하고, 이해하는 데 기초자료의 역할을 할수 있을 것이라고 기대한다.

Table 10 The number of questionnaire copies distributed and collected in a filed and the number of effective questionnaire copies

Site	The number of questionnaires been collected	The number of valid questionnaires
Ulsan South Breakwater	15	13
Ulsan Central Breakwater	8	8
Onsan Complex	10	9

.울산지역 항만건설에 종사하는 산업잠수사의 연령대, 작업경력, 자격증 취득 종류 현황을 분석하였다. 먼저 설문에 응답한 산업잠수사의 연령대는 30대 56.7%, 40대 33.3%, 20대 3.3%, 50대 6.7%로 나타났다. 산업잠수사의 작업 경력은 10~15년 46.7%, 5~10년 20%, 15~20년 13.3%, 20~25년 10%, 25~30년 6.7%, 5년미만, 3.3%로 나타났다. 항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 연령대 및 Table 11에서 나타낸 바와 같이 작업경력은 30대(56.7%), 10~15년(46.7%)이 가장 높은 비율로 나타났다.

Table 11 Career of industrial engineer divers

Division	work experience					
Industrial diver	Less than 5years	5~10 years	10~15 years	15~20 years	20~25 years	25~30 years
	3.3%	20%	46.7%	13.3%	10%	6.7%

또한 산업잠수사의 잠수관련 자격증 취득종류는 잠수기능사(60%), 잠수산업기사(23%), 잠수기능사보(7%), 자격증 없음(10%) 순으로 나타났다. 대부분의 산업잠수사는 잠수관련 자격증을 잠수산업기사 및 기능사(83%) 보유하고 있었다. 그리고 연령별 자격증 취득종류 현황은 Table 12 에 나타낸 바와 같다.

Table 12 Analysis on types of certification by age

Division	Industrial Engineer Diver	Craftsman Diver	Assistan Craftsman Diver	None
Tthe twenties	-	-		3.3% (1person)
The thirties	10% (3 persons)	40% (12 persons)	3.3% (1 person)	3.3% (1 person)
The forties	6.7% (2 persons)	20% (6 persons)	3.3% (1 person)	3.3% (1 person)
The over-fifties	6.7% (2 persons)	-	-	-
Total	23.4% (7 persons)	60% (18 persons)	6.6% (2 persons)	10% (3 person)

4.2 산업잠수사의 잠수작업 방법 및 잠수장비 착용 현황

울산지역 항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 작업방법 및 잠수장비(잠수기)착용현황을 분석하였다. 주로 사용하는 잠수작업 방법을 분석한 결과 표면공급공기 잠수장비 30명(100%), 그리고 중복응답을 포함하여 2명(6.7%)로 나타났다. 표면공급식잠수(Surface Supplied Diving System)는 선상이나 육상의 기체공급원(공기 또는 혼합기체)으로부터 유연하고 견고한 호스를 통해 수중의 산업잠수사가 호흡 할 수 있는 기체를 지속적으로 공급해주는 방식으로 행동의 제약을 받지만 장시간 해저에 체류할 수 있기 때문에 대부분의 산업잠수사가 기본 잠수작업 방법으로 사용하고 있다³⁾. Fig.13에서 나타낸 바와 같이 잠수장비(잠수기)착용현황 분석결과(중복응답 포함) 풀페이스 마스크 29명(96.7%), 후카 6명(20%), 잠수헬멧 2명(6.7%)으로 나타났다. 국내에서 사용하는 산업잠수 장비로는 후카를 많이 사용하고 있다. 하지만 항만건설공사에 종사하는 산업잠수사는 풀페이스 마스크를 가장 많이 사용하고 있었으며, 주요 사용이유는 Fig.14에서 나타낸 바와 같이 효율성 및 편리성에 중점을 두는 것으로 분석되었다. 풀페이스 마스크는 잠수작업시 통신도 가능하고, 잠수헬멧에 비해 가격이 경제적인 장점이 있어 항만건설공사에 종사하는 산업잠수사는 풀페이스 마스크를 주요 잠수장비(잠수기)로 사용하고 있었다. 하지만 산업잠수사의 머리 보호등 가장 안전성이 높고, 역지밸브, 환기밸브, 요구형 조절장치 기능이 있는 잠수헬멧을 선호하지 않는 주된 이유는 고가의 잠수장비(잠수기)이기 때문이다. 또한 후카 잠수장비는 항만건설공사에서는 거의 사용하

지 않는 것으로 나타났다. 이는 수중 및 외부와의 통신이 불가하고, 항만건설 공사 특성상 콘크리트 구조물, 피복석등 중량물 작업이 많아 원활한 호흡이 어렵다는 이유때문인 것으로 나타났다. 그리고 수중밖에는 양중작업용 이동식 크레인으로 작업하기 때문에 장비기사 및 신호수가 산업잠수사의 통신내용을 정확히 듣고 장비작동 및 규격에 맞는 콘크리트 구조물 및 피복석을 양중작업용 와이어로프, 체인 및 샤클에 체결해 주어야 한다. 위 세가지 잠수장비중에서 잠수헬멧에 비해 가격도 경제적이면서, 외부와 통신도 가능하고, 해저에 장시간 체류할수 있는 풀페이스 마스크를 가장 많이 사용하고 있다. 하지만 산업잠수사의 대부분이 영세업체의 근로자 및 자영업자이기 때문에 고가의 안전헬멧을 보유하기 어렵다. 그래서 산업잠수사의 안전을 가장 최우선으로 고려하여 안전헬멧을 착용하고 잠수작업을 할수 있는 제도적 변화의 노력이 필요하다.

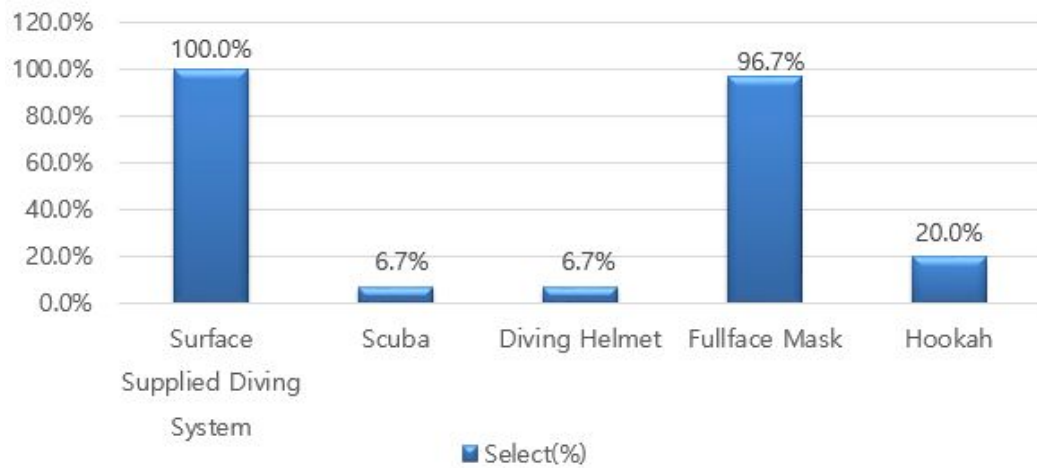


Fig.13 Diving Method and diving equipment

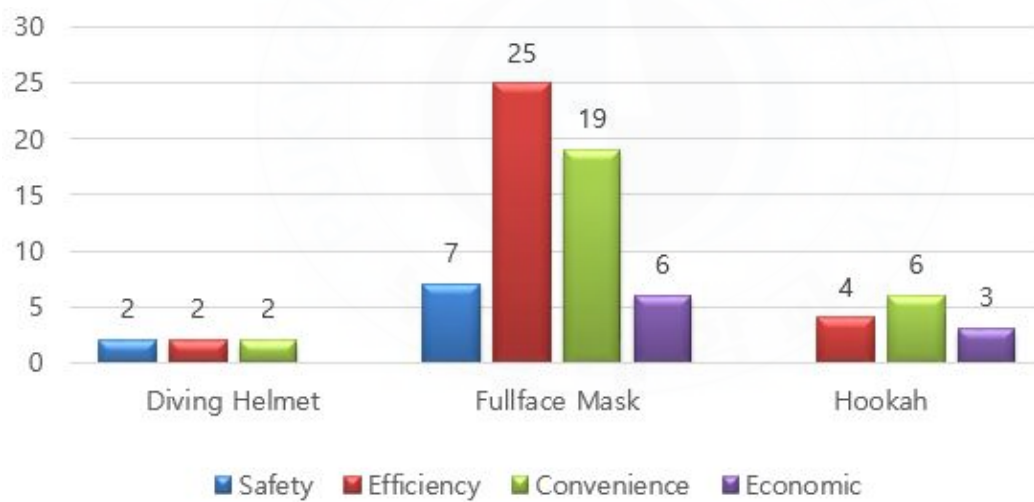


Fig.14 The selection of diving equipment

4.3 수심별 잠수작업시간 및 작업횟수

4.3.1 1회 평균 잠수작업시간, 1회 최대 잠수작업시간 분석

본 연구에 앞서 산업잠수사(前 해난구조대, 세월호 구조활동)2명과 면담을 실시하였다. 산업잠수사의 열악한 작업환경은 과도한 잠수작업시간 및 작업횟수가 주된 원인으로 나타났다. 수심별 잠수작업시간 및 작업횟수를 설문조사 하였는데 크게 3가지로 분류 하였다. 산업잠수사가 주로 잠수작업하는 수심10m 미만, 수심10~20m미만, 수심20m 이상으로 나누었으며 항만건설공사는 평균 작업 수심은 20~22m로 나타난다. 수심별 잠수작업시간 설문조사 분석 결과 Table 13에서 나타낸 바와 같이 1회 평균 잠수작업시간은 수심 10m미만 일 경우 1~2시간 63.3%, 수심 10~20m미만 일 경우 1~2시간 56.7%, 수심 20m 이상 일 경우 0~1시간 70%비율로 나타났다.

Table 13 Analysis on average work time per diving

Division	The average work time per diving				
	0~1hr	1~2hr	2~3hr	3~4hr	More than 4hr
Depth of less 10m	6.7%	63.3%	26.7%	3.3%	-
Depth of less 10~20m	30%	56.7%	10%	3.3%	-
Depth of more than 20 m	70%	30%	-	-	-

또한 1회 최대 잠수작업시간 설문조사 분석 결과 Table 14에서 나타낸 바와 같이 수심 10m미만 일 경우 1~2시간 43.3%, 수심 10~20m미만 일 경우 1~2시간 56.7%, 수심 20m이상 1~2시간 83.3%비율로 나타났다.

Table 14 Analysis on maximum work time per diving

Division	The maximum work time per diving				
	0~1hr	1~2hr	2~3hr	3~4hr	More than 4hr
Depth of less 10m	-	43.3%	33.3%	23.33%	-
Depth of less 10~20m	6.7%	56.7%	33.3%	3.3%	-
Depth of more than 20 m	10%	83.3%	6.7%	-	-

4.3.2 일일 평균 잠수작업시간, 일일 최대 잠수작업시간 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사의 수심별 일일 평균 잠수작업시간, 일일 최대 잠수작업시간 설문조사 분석결과, Table 15에 나타낸 바와 같이 수심 10m 미만일 경우 5~6시간 46.7%, 수심 10~20m미만일 경우 4~5시간 40%, 수심 20m이상일 경우 2~3시간 40%비율로 나타났다.

Table 15 Analysis on daily average diving work time

Division	The daily average diving work time							
	0~1 hr	1~2 hr	2~3 hr	3~4 hr	4~5 hr	5~6 hr	6~7 hr	More than 7hr
Depth of less 10m	-	-	-	6.7%	10%	46.7%	33.3%	3%
Depth of less 10~20m	-	-	-	26.7%	40%	23.3%	10%	-
Depth of more than 20 m	-	26.7%	40%	33.3%	-	-	-	-

또한 일일 최대 잠수작업시간 설문조사 분석결과 Table 16에서 나타낸 바와 같이 수심 10m미만일 경우 6~7시간 50%, 수심 10~20m미만일 경우 5~6시간 36.7%, 수심 20m이상일 경우 2~3시간 40% 3~4시간 40% 비율로 나타났다.

Table 16 Analysis on daily maximum diving work time

Division	Tthe daily maximum diving work time							
	0~1 hr	1~2 hr	2~3 hr	3~4 hr	4~5 hr	5~6 hr	6~7 hr	More than 7hr
Depth of less 10m	-	-	-	-	6.7%	16.7%	50%	26.7%
Depth of less 10~20m	-	-	-	20%	13.3%	36.7%	26.7%	3.3%
Depth of more than 20 m	-	6.7%	40%	40%	13.3%	-	-	-

4.3.3 주간 평균 잠수작업시간 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사의 수심별 주간 평균 잠수작업시간 설문조사 분석결과 Table 17에서 나타낸 바와 같이 수심 10m미만일 경우 35~40시간 43.3%, 수심 10~20m미만일 경우 35~40시간 33.3%, 수심 20m이상일 경우 25시간이하 80%비율로 나타났다.

Table 17 Analysis on weekly average diving work time

Division	The weekly average diving work time				
	Less than 25hr	25~30hr	30~5hr	35~40hr	More than 40hr
Depth of less 10m	3.3%	10%	3.3%	43.3%	40%
Depth of less 10~20m	10%	16.7%	23.3%	33.3%	16.7%
Depth of more than 20 m	80%	13.3%	6.7%	-	-

4.3.4 일일 평균 잠수작업횟수 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사의 일일 평균 잠수작업횟수 설문조사 분석결과 Table 18에서 나타낸 바와 같이 수심 10m미만일 경우 4회 53.3% 수심 10~20m미만일 경우 3회 50%, 수심 20m이상일 경우 2회 90%비율로 나타났다.

Table 18 Analysis on daily average diving work frequency

Division	The daily average diving work frequency				
	Once	Twice	Three times	Four times	More than five times
Depth of less 10m	-	13.3%	30%	53.3%	3.35
Depth of less 10~20m	-	16.7%	50%	33.3%	-
Depth of more than 20 m	-	90%	3.3%	6.7%	-

4.4 수심별 산업잠수사 권장 잠수작업시간 및 작업횟수

4.4.1 산업잠수사 권장 일일 평균 잠수작업시간 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사의 권장 일일 평균 잠수작업시간 설문조사 분석결과 Table 19에서 나타낸 바와 같이 수심 10m미만일 경우 4~5시간 43.3%, 수심 10~20m미만일 경우 2~3시간 43.3%, 수심 20m이상일 경우 1~2시간 70%비율로 나타났다.

Table 19 Analysis on the daily average diving work time
recommended industrial engineer divers

Division	The daily average diving work time recommended industrial engineer divers							
	0~1 hr	1~2 hr	2~3 hr	3~4 hr	4~5 hr	5~6 hr	6~7 hr	More than 7hr
Depth of less 10m	-	3.3%	6.7%	40%	43.3%	6.7%	-	-
Depth of less 10~20m	-	6.7%	43.3%	30%	20%	-	-	-
Depth of more than 20 m	6.7%	70%	20%	3.3%	-	-	-	-

4.4.2 산업잠수사 권장 주간 평균 잠수작업시간 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사의 수심별 주간 평균 잠수작업시간 설문조사 분석결과 Table 20에서 나타낸 바와 같이 수심 10m미만일 경우 35~40시간 33.3%, 수심 10~20m미만일 경우 25~30시간 60%, 수심 20m이상일 경우 25시간이하 80%비율로 나타났다.

Table 20 Analysis on the weekly average diving work time
recommended industrial engineer divers

Division	The weekly average diving work time recommended industrial engineer divers				
	Less than 25hr	25~30hr	30~35hr	35~40hr	More than 40hr
Depth of less 10m	6.7%	30%	30%	33.3%	-
Depth of less 10~20m	23.3%	60%	16.7%	-	-
Depth of more than 20 m	80%	16.7%	3.3%	-	-

4.4.3 산업잠수사 권장 일일 잠수작업횟수 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사의 권장 일일 잠수작업횟수 설문조사 분석결과 Table 21에서 나타낸 바와 같이 수심 10m미만일 경우 3회 46.7% 수심 10~20m미만일 경우 2회 56.7%, 수심 20m이상일 경우 2회 83.3%비율로 나타났다.

Table 21 Analysis on daily average diving work frequency
recommended industrial engineer divers

Division	The daily average diving work frequency recommended industrial engineer divers				
	Once	Twice	Three times	Four times	More than five times
Depth of less 10m	3.3%	40%	46.7%	10%	-
Depth of less 10~20m	3.3%	56.7%	36.7%	3.3%	-
Depth of more than 20 m	13.3%	83.3%	3.3%	-	-

4.4.4 수심별 잠수시간 설문결과 및 HSE(영국)기준 비교

항만건설에 종사하는 산업잠수사의 수심별 잠수시간 설문결과 및 HSE(영국) 기준 비교 결과 Table 22에서 나타낸 바와 같이 산업잠수사 권장 일일평균 잠수작업시간 및 수심별 해저 체류 한계시간(HSE)이 거의 비슷하게 나타났다³⁾.

Table 22 Results of the questionnaire about diving time by water depth and comparison with HSE(the UK) criteria

Division	The daily average diving work time recommended industrial engineer divers	comparison with HSE (the UK) criteria
Depth of less 10m	3~5hr(83.3%)	There is no standard
Depth of less 10~20m	2~4hr(73.3%)	2~4hr(12~18m)
Depth of more than 20 m	Less than1~2hr(70%)	Within 1.5hr(More than 21m)

4.4.5 수심별 권장 작업횟수 및 US. Navy Diving Manual기준 비교

항만건설에 종사하는 산업잠수사의 수심별 권장 작업횟수 및 US. Navy Diving Manual기준 비교 결과 Table 23에서 나타낸 바와 같이 수심10m미만, 수심10~20m미만, 수심20m이상에서 국내 산업잠수사 권장 일일 평균 잠수작업횟수는 2회로 나타났지만, 수심21m에서 70~80분작업시 US. Navy Diving Manual에서는 수중공기감압 44분, 수중산소감압, 17분, 작업간 휴식 14시간58분휴식이 필요하였다. 즉 단일잠수(1일 1회)를 실시하였다³⁾.

Table 23 The recommended work frequency by water depth and comparison with US. Navy Diving Manual

Division	The daily average diving work frequency recommended industrial engineer divers	US. Navy Diving Manual
Depth of less 10m	Twice	-70~80minutes work at the water depth of 21m
Depth of less 10~20m	Twice	-Underwater rair decompression :44 minutes
Depth of more than 20 m	Twice	-Underwater oxygen decompression:17 minutes -Break between works:14 hours and 58 minutes break -Single diving (once a day)

4.5 잠수질환 현황 및 감압용 챔버 설치 기준

4.5.1 잠수질환 치료가능장소 최단시간 및 잠수질환 치료유·무 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사를 대상으로 잠수질환 치료가능장소 최단시간 및 잠수질환 치료유·무 설문조사 분석결과 Table 24에서 나타낸 바와 같이 1시간 이내에 잠수질환을 치료할수 있는 장소가 46.7%로 나타났다. 또한 잠수질환(감압) 치료이력이 있는 산업잠수사는 30명중 15명(50%)에 해당되었다.

Table 24 Analysis on the shortest time to a treatable place for diving related disease and the possibility of the treatment of diving related disease

Division	Facility in the shortest possible time that can cure the disease Diving			
Industrial diver	Within 1hr	1~2hr	2~3hr	3~4hr
	46.7%	30%	25%	3.3%
	Dive disease treatment history			
	experienced		experienceless	
	50%		50%	

4.5.2 잠수질환 치료기간 및 감압치료 연간 횟수 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사를 대상으로 잠수질환 치료기간 및 감압치료 연간횟수를 분석한 결과 Table 25에서 나타낸 바와 같이 잠수치료기간은 대부분 6개월 미만이 93.3%로 나타났다. 그리고 감압치료 연간횟수는 3회 53.3% 미만이 대부분이었으며, 감압치료 연간횟수가 12회이상 산업잠수사가 50대 1명이었다. 이는 25~30년의 오랜 잠수작업으로 인한 잠수질환의 노출 빈도가 높은 것으로 보인다.

Table 25 Analysis on a treatment period of diving related disease and annual frequency of decompression treatment

Division	Treatment period of diving related disease and annual frequency of decompression treatment				
Industrial diver	Less than 6 months	6~12 months	12~18 months	18~24 months	More than 24 months
	93.3%	6.7%	-	-	-
	Number of treatment				
	Less than 3 times	3~6 times	6~9 times	9~12times	More than 12 times
	53.3%	20%	20%	-	6.7%

4.5.3 감압챔버 설치유·무 및 감압챔버의 필요성 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사를 대상으로 감압챔버 설치유·무 및 감압챔버의 필요성 설문분석 결과 Table 26에서 나타낸 바와 같이 감압챔버가 설치되었던 현장의 근무이력이 50%로 나타났으며, 심해에서 작업하는 송유관, 해저케이블 설치 공사에서 감압용 챔버의 설치 비율이 높았다. 수심이 깊을수록 산업잠수사의 안전사고 위험이 높으므로 잠수질환 발생시 즉시 감압치료가 가능한 이동식 감압용 챔버를 현장에서 운영하고 있었다. 그리고 대부분의 산업잠수사는 항만공사 건설현장에 감압용 챔버의 필요하다고 나타났다.

Table 26 Analysis on whether to install decompression chamber and the necessity of decompression chamber

Division	Whether to install decompression chambe	
Industrial diver	experienced	experienceless
	50%	50%
	Necessity of decompression chamber	
	Very necessary	necessary
	70%	30%

4.5.4 수심에 따른 감압챔버 설치기준 분석

항만건설에 종사하는 산업잠수사를 대상으로 수심에 따른 감압챔버 설치기준 분석결과 Table 27에서 나타낸 바와 같이 적정수심은 15m 이상구간에서 산업잠수사의 의견이 96.7%로 나타났다. 국내 해양토목공사의 평균 작업수심은 20~22m 구간으로 위 설문조사 분석결과와 비슷하게 나타났다.

Table 27 Analysis on decompression chamber installation criteria by water depth (Proper of water depth)

Division	Decompression chamber installation criteria by water depth (Proper of water depth)			
Industrial diver	10~15m	15~20m	20~25m	25~30m
	3.3%	33.3%	53.3%	10%

제 5 장 결론 및 고찰

우리나라는 3면이 바다로 이루어져 오래전부터 항만시설이 발달되어 있었다. 하지만 항만건설에 종사하는 산업잠수사의 작업여건은 매우 열악하며 이로 인해 제대로 갖추어진 잠수장비 없이 최소한의 잠수장비로 작업하는 게 우리나라의 현실이다. 최근 10년간 잠수작업 관련 사망자 발생 현황은 해양건설공사 7명(36.8%)로 가장 많고 수중경작업 4명(21.1%), 도로/교각 공사2명, 수자원공 급시설 2명, 원전 방수로 공사 2명, 기타 2명으로 나타났다³⁾. 위 사망자 발생 현황에 의하면 해양건설공사에서 잠수작업 사망자 비율이 가장 높다. 본 연구에서 잠수장비의 설문분석 결과 머리보호 등 안전성이 가장 우수한 잠수헬멧의 착용은 거의 없었고, 대부분의 산업잠수사는 머리보호의 기능이 떨어지는 반면에 효율성과 편리성이 우수한 폴페이스 마스크를 착용하였다. 주된 이유는 잠수헬멧 비용면에서 고가이기 때문이다. 그래서 상대적으로 비용이 적은 폴페이스 마스크를 선호하였다. 그리고 잠수작업시간 및 작업횟수의 설문분석 결과 수심에 따른 잠수작업시간이 상이하였으며, 산업잠수사가 권장하는 잠수작업시간은 현재 잠수작업시간에 비해 일일 1~2시간, 주간 5~10시간 적게하기를 권장하였다. 산업잠수사가 권장하는 잠수작업횟수는 현재 잠수작업횟수에 비해 오전, 오후 1회씩 2회의 잠수작업횟수를 권장하였다. 또한 감압용 챔버의 설치기준 설문분석 결과 대부분의 산업잠수사는 수심15m이상에서 감압용 챔버가 필요하다고 나타내었다. 위 결과를 바탕으로 사고를 예방할 수 있는 개선방안을 제시하였다.

1. 잠수장비(잠수헬멧) 지원을 위한 건설업 제도개선

항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 대부분은 잠수마스크(폴페이스 마스크)를 사용하고 있다. 산업안전보건법 보호구 자율안전확인 고시에 의하면 잠수헬멧, 잠수마스크에 관한 내용이 명문화 되어있다. 그러나 대부분의 산업잠수사는 잠수헬멧을 사용하지 않고, 상대적으로 비용이 적은 잠수마스크(폴페이스마스크)를 사용한다. 잠수마스크는 머리를 보호하고, 역지밸브, 환기밸브 및 요구형 조절장치등 기능을 가지고 있다. 하지만 잠수장비의 안전성을 최우선으로 여긴다면 위의 기능들을 모두 포함한 잠수헬멧을 착용 하여야 한다. 그러나 잠수헬멧의 가격이 400~1,000만원에 이르는 고가의 잠수장비이기 때문에 현장에서 이를 착용하는 산업잠수사는 거의 없는 실정이다. 또한 대부분의 산업잠수사는 영세업체 근로자 또는 소규모의 자영업자이므로 효율성과 편리성을 선호하는 잠수마스크를 대부분 선호하고 있는 실정이다. 항만건설공사 특성상 콘크리트 구조물 등 중량물을 거치하는 작업이 많아서 수중과 육상의 통신이 필수적이다. 그래서 대부분의 산업잠수사는 통신이 가능한 잠수마스크를 현장에서 사용하고 있다. 위의 내용을 종합하면 잠수헬멧이 산업잠수사의 사고를 예방할 수 있는 가장 기본적인 잠수장비이다. 그러므로 현장에서 산업잠수사가 잠수헬멧을 착용하고 잠수작업을 할 수 있도록 건설업의 제도적 개선이 필요하다 할 수 있으며, 그에 대한 제안은 다음과 같다. 첫째 잠수작업 공중 공사시방서에서 잠수헬멧 착용을 의무화하고, 둘째 건설공사 도급내역서에 잠수헬멧의 내역을 포함시켜 건설회사에서 구매를 해서 지급한다면 산업잠

수사의 사고를 예방하는 큰 도움을 줄것이라 사료된다.

2. 잠수작업시간 및 작업횟수 기준 제시

우리나라 “잠수작업”이라 함은 잠수기를 이용하거나 스쿠버에 의한 공기를 이용하여 수심 10m 이상에서 행하는 작업이라고 잠수작업 안전기술지침(KOSHA)에 정의되고 있다. 그러나 항만건설공사에서는 피복석 쌓기 작업등 10m 이하에서도 많은 잠수작업 실시하고 있다. 노동부 고기압 작업에 관한 기준에 의하면 잠수시간은 1일 6시간, 1주 34시간을 초과하지 아니할 것으로 일반적인 내용만 나타난다. 그래서 산업잠수사가 적용할수 있는 명확한 기준이 없으며 또한 잠수작업횟수도 법적기준에 의해 적용할 수 있는 기준이 모호하다. U.S. Navy Diving Manual Revision 6 참조하면 70ft(약21m)에서 잠수작업을 한다면 수중공기감압44분, 표면챔버감압17분을 하고 18시간이상 표면휴식시간을 실시 후 반복잠수가 가능하다. 즉, 반복잠수를 실시하지 않는다. 하지만 우리나라 산업잠수사는 수심에 따라 2~4회에 걸쳐 반복잠수를 실시하고 있다. 그래서 산업잠수사의 일일 권장 잠수작업시간 및 잠수작업횟수, 수심별 해저 체류 한계시간(HSE)기준, U.S. Navy Diving Manual Revision 6 비교 결과를 바탕으로 산업잠수사가 권장하는 잠수작업시간 및 작업횟수의 기준을 아래와 같이 제시하고자 한다. (주 5일 기준)

- ①수심10m미만 : 일일 평균작업시간(3~5시간), 주간 평균작업시간(15~25시간), 잠수작업횟수 2회

②수심10~20m미만 : 일일 평균작업시간(2~4시간), 주간 평균작업시간(10~20시간), 잠수작업횟수 2회

③수심20m이상 : 일일 평균작업시간(1~2시간이내), 주간 평균작업시간(5~10시간이내), 잠수작업횟수 2회

위 산업잠수사의 권장 잠수작업시간 및 작업횟수로 인해 사고의 발생빈도를 줄이고, 수중작업의 여건을 개선할 수 있을것으로 사료된다.

3. 현장내 수심에 따른 감압용 챔버의 설치기준 제시

울산지역 항만건설공사에 종사하는 산업잠수사를 대상으로 한 설문조사에서 잠수질환을 치료할수 있는 장소가 46.7%로 나타났다. 반면에 1시간 이후는 53.3%로 조사되었다. 즉 잠수질환 발병시 신속하게 치료받을 수 있는 장소가 현장에서 가깝지가 않다. 설문조사대상의 30명중 15명(50%)의 잠수질환 치료이력이 있고, 현장에서 감압치료를 할 수 있는 현장에 종사하였던 산업잠수사는 30명중 15명(50%)으로 나타났다. 대부분이 심해의 송유관, 해저케이블 설치 및 인명구조 현장에서 종사하였다. 그래서 잠수작업후 잠수질환을 치료할 수 있는 이동식 감압용 챔버가 필요하며, 설문조사결과 수심에 따른 설치기준은 15m이상 잠수작업 구간에서 필요한 것으로 나타났다. 이는 해양토목공사 평균수심 20~22m에 해당하는 구간에 포함된다. 영국, 미국 등 수심에 따른 감압용 챔버의 설치 기준이 있고, 감압용 챔버를 운영할수 있도록 인증받은 운영사를 배치하고 있다. 우리나라도 수심 15m 이상구간에서 감압용 챔버 설

치를 의무화하고, 또한 감압용 챔버 운영 인증시스템을 통해 전문 운영사를 양성하여 현장에서 잠수질환 발생시 신속하게 초기치료를 할수 있게 법안마련 및 잠수관련단체의 요구가 필요하다. 이는 산업잠수사의 생명을 보호하고, 안전을 지키며 산업잠수사의 권익을 보호하고 앞장서는 데 중요한 역할이라고 사료된다.



참고문헌

- 1) Ministry of Oceans and fisheries, “statistical information(Port Facility Status”, 2014.
- 2) Ministry of Oceans and fisheries, “Port construction accident prevention manual”, 2015.
- 3) B. K. Min, “Survey on actual conditions of diving work and analysis on cost-benefit”, OSHRI, pp9-10, 16, 23, 28, 31-32, 44, 81, 2015.
- 4) B, G, Kim, B, S, Choi, E, A, Kim, and J, O, Lee, “A study on the current conditions of divers and their health disabilities”, OSHRI, pp13, 2005.
- 5) K, B, Sim, “A study on the diving performance of chamber use perceived by the workers in the underwater industry”, pp2, 14-19, 2013.
- 6) Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, “Becomes The Hub of The World PORTS OF KOREA”, pp2, 2012.
- 7) Ministry of Oceans and fisheries, “2014 Port construction design Practical tips”, pp3, 195-198, 211, 217-218, 237-239, 253, 262, 269, 2013.
- 8) HSE Induction program, CDS Korea, INC, 2004.
- 9) HSE Manual, Global Industries Asia Pacific, 2002.
- 10) T, G, Oh, “A study on safety measures for deep sea diving work”, pp4-5, 2009.

- 11) J, H, Cha, "Introduction to Technical Diving II (Surface Supplied Diving Systemrfed dive technical side surface)", 2006.
- 12) W, S, Kim, "A study on the occupational characteristics of industrial engineer divers according to the characteristics of sea areas at the time of tidal stream power generation system construction", pp6, 2012.
- 13) D, H, Kim, "Present conditions of the Korea industrial diving and the development plan <revised edition>", 1999.
- 14) J, G, Jeong, "Diving work safety guidelines",KOSHA GUIDE, pp1, 2011.
- 15) Occupation Safety and Health acts, "Standards for high pressure work", Ministry of Employment and Labor Article No. 2014-28, 2014.
- 16) U.S, Navy Diving Manual, US Navy, USA, 2008.
- 17) Defence and Cvil Institute of Environment Medicine(DCIEM) and Universal Dive Techtronics, INC, Canada, 1992.
- 18) J, H, Cha, "A study on an improvement in the prevention system of health disabilities caused by abnormal atmospheric pressure", OSHRI, pp20-26, 2011.
- 19) J. Y. Park, "A study on the domestic standards of diving system and the necessity of safety criteria ", Journal of Korean of Marine Engineering, pp858, 2011.

- 20) OHSA(Regulation), Safety and Health Standards for Construction 1926
Subpart S, Commercial Diving Operations 1910 Subpart T.
- 21) HSE(Regulation), Commercial Diving Project offshore, 1997.
- 22) NATO, Multinational guide to diving operations, 2000.
- 23) ADCI, Consensus standards for commercial diving and underwater
operations. 2004.
- 24) IMCA, The diving supervisor's manual, 2002.
- 25) ARAMCO, Saudi aramco construction safety manual, 1993.

설 문 지

본 설문지의 내용은 통계법 제 13조(비밀의 보호) 제 14조(통계작성사무 종사자 등의 의무)에 의거하여 비밀이 보장되며, 통계적 목적 이외에는 사용되지 않습니다.

안녕하십니까?

먼저 바쁘신 와중에도 귀중한 시간을 내시어 본 설문에 참여해 주신 것에 진심으로 감사드립니다. 본 설문지는 부경대학교 산업대학원 안전공학과 석사 논문『**항만건설공사에 종사하는 산업잠수사의 안전작업에 관한 연구**』에 관련한 연구를 위한 기초자료입니다. 귀하께서 응답하시는 질문에는 정답이 없으며, 여러분의 의견을 듣고자 하는데 목적이 있으므로 솔직하게 응답하여 주시기 바랍니다.

귀하의 자료내용은 일체 공개되지 않고 비밀로 처리됨을 약속드리며, 자료는 본 연구원이 직접 관리함으로써 어떠한 불이익도 없을 것임을 약속드립니다.

귀하의 정성 어린 응답이 본인의 연구 논문에 중요한 자료로 활용되오니 다소 시간이 걸리시더라도 귀하께서 느끼고 있는 생각이나 경험을 성실 성의껏 한문항도 빠짐없이 성의 있게 응답해 주시면 대단히 감사하겠습니다. 본 자료는 연구 자료로 소중한게 이용 될 것입니다.

2016년 05월

부경대학교 산업대학원 안전공학과
연구원 : 박 현(석사과정)
지도교수 : 장 성 욱

1. 다음은 귀하가 현재 사용하고 있는 잠수장비 사용현황 및 실태파악에 대한 질문입니다.

- 1-1 귀하의 주로 사용하는 잠수작업은 무엇입니까? (중복응답 가능)
☐ 표면공급 공기잠수장비 ☐ 스쿠바(공기통).
- 1-2 귀하가 주로 사용하는 장비는? (중복응답 가능)
☐ 잠수헬멧 ☐ 풀페이스마스크 ☐ 후카
- 1-3 위1-2의 질문에서 귀하가 선택한 장비를 사용하는 이유? (중복응답 가능)
☐ 안전성 ☐ 효율성 ☐ 편리성 ☐ 경제성 ☐ 내구성 ☐ 기타
- 1-4 다음의 잠수장비중 가장 안전성이 높다고 생각하는 장비는? (중복응답 가능)
☐ 잠수헬멧 ☐ 풀페이스마스크 ☐ 후카
- 1-5 다음의 잠수장비중, 현장에서 가장 효율성이 높다고 생각하는 장비는?
☐ 잠수헬멧 ☐ 풀페이스마스크 ☐ 후카
- 1-6 수심60퍼드(약18m)미만에서 수중작업중 안전하고 효율적성이 높다고 생각하는 장비는?
☐ 잠수헬멧 ☐ 풀페이스마스크 ☐ 후카
- 1-7 수심60퍼드(약18m)이상에서 수중작업중 안전하고 효율적성이 높다고 생각하는 장비는?
☐ 잠수헬멧 ☐ 풀페이스마스크 ☐ 후카

※ 아래의 질문(2~4번)에서 잠수작업시간은 해면 출발 시간부터 잠수시간, 해면도착, 작업 사이 감압시간을 모두 합산한 시간을 의미합니다.

2. 다음은 귀하의 잠수작업시간(수심 10m미만 일경우)에 대한 질문입니다.

- 2-1 귀하의 1회 평균 잠수작업시간은 어떻게 됩니까?
☐ 0~1시간 ☐ 1~2시간 ☐ 2~3시간 ☐ 3~4시간 ☐ 4시간 이상
- 2-2 귀하의 1회 최대 잠수작업시간은 어떻게 됩니까?
☐ 0~1시간 ☐ 1~2시간 ☐ 2~3시간 ☐ 3~4시간 ☐ 4시간 이상
- 2-3 귀하의 평균 일일 잠수작업시간은 어떻게 됩니까?
☐ 0~1시간 ☐ 1~2시간 ☐ 2~3시간 ☐ 3~4시간 ☐ 4~5시간 ☐ 5~6시간 ☐ 6~7시간 ☐ 7시간 이상
- 2-4 귀하의 일일 최대잠수작업시간은 어떻게 됩니까?
☐ 0~1시간 ☐ 1~2시간 ☐ 2~3시간 ☐ 3~4시간 ☐ 4~5시간 ☐ 5~6시간 ☐ 6~7시간 ☐ 7시간 이상
- 2-5 귀하의 평균 일일 잠수작업횟수는 어떻게 됩니까?
☐ 1회 ☐ 2회 ☐ 3회 ☐ 4회 ☐ 5회 이상
- 2-6 귀하의 최대 일일 잠수작업횟수는 어떻게 됩니까?
☐ 1회 ☐ 2회 ☐ 3회 ☐ 4회 ☐ 5회 이상
- 2-7 귀하의 평균 주간 잠수작업시간은 어떻게 됩니까?
☐ 25시간이하 ☐ 25~30시간 ☐ 30~35시간 ☐ 35~40시간 ☐ 40시간 이상
- 2-8 귀하의 최대 주간 잠수작업시간은 어떻게 됩니까?
☐ 25시간이하 ☐ 25~30시간 ☐ 30~35시간 ☐ 35~40시간 ☐ 40시간 이상
- 2-9 귀하가 생각하는 적정 일일잠수작업시간은 어떻게 됩니까?
☐ 0~1시간 ☐ 1~2시간 ☐ 2~3시간 ☐ 3~4시간 ☐ 4~5시간 ☐ 5~6시간 ☐ 6~7시간 ☐ 7시간 이상
- 2-10 귀하가 생각하는 적정 일일잠수작업횟수는 어떻게 됩니까?
☐ 1회 ☐ 2회 ☐ 3회 ☐ 4회 ☐ 5회 ☐ 6회 ☐ 7회이상
- 2-11 귀하가 생각하는 적정 주간잠수작업시간은 어떻게 됩니까?
☐ 25시간이하 ☐ 25~30시간 ☐ 30~35시간 ☐ 35~40시간 ☐ 40시간 이상

3. 다음은 귀하의 잠수작업시간(수심 10~20m미만일 경우)에 대한 질문입니다.

- 3-1 귀하의 **1회 평균 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4시간 이상
- 3-2 귀하의 **1회 최대 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4시간 이상
- 3-3 귀하의 **평균 일일 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4~5시간 ☐5~6시간 ☐6~7시간 ☐7시간 이상
- 3-4 귀하의 **일일 최대잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4~5시간 ☐5~6시간 ☐6~7시간 ☐7시간 이상
- 3-5 귀하의 **평균 일일 잠수작업횟수**는 어떻게 됩니까?
☐1회 ☐2회 ☐3회 ☐4회 ☐5회 이상
- 3-6 귀하의 **최대 일일 잠수작업횟수**는 어떻게 됩니까?
☐1회 ☐2회 ☐3회 ☐4회 ☐5회 이상
- 3-7 귀하의 **평균 주간 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐25시간이하 ☐25~30시간 ☐30~35시간 ☐35~40시간 ☐40시간 이상
- 3-8 귀하의 **최대 주간 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐25시간이하 ☐25~30시간 ☐30~35시간 ☐35~40시간 ☐40시간 이상
- 3-9 귀하가 생각하는 **적정 일일잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4~5시간 ☐5~6시간 ☐6~7시간 ☐7시간 이상
- 3-10 귀하가 생각하는 **적정 일일잠수작업횟수**는 어떻게 됩니까?
☐1회 ☐2회 ☐3회 ☐4회 ☐5회 ☐6회 ☐7회 이상
- 3-11 귀하가 생각하는 **적정 주간잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐25시간이하 ☐25~30시간 ☐30~35시간 ☐35~40시간 ☐40시간 이상

4. 다음은 귀하의 잠수작업시간(수심 20m이상일 경우)에 대한 질문입니다.

- 4-1 귀하의 **1회 평균 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4시간 이상
- 4-2 귀하의 **1회 최대 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4시간 이상
- 4-3 귀하의 **평균 일일 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4~5시간 ☐5~6시간 ☐6~7시간 ☐7시간 이상
- 4-4 귀하의 **일일 최대잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4~5시간 ☐5~6시간 ☐6~7시간 ☐7시간 이상
- 4-5 귀하의 **평균 일일 잠수작업횟수**는 어떻게 됩니까?
☐1회 ☐2회 ☐3회 ☐4회 ☐5회 이상
- 4-6 귀하의 **최대 일일 잠수작업횟수**는 어떻게 됩니까?
☐1회 ☐2회 ☐3회 ☐4회 ☐5회 이상
- 4-7 귀하의 **평균 주간 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐25시간이하 ☐25~30시간 ☐30~35시간 ☐35~40시간 ☐40시간 이상
- 4-8 귀하의 **최대 주간 잠수작업시간**은 어떻게 됩니까?
☐25시간이하 ☐25~30시간 ☐30~35시간 ☐35~40시간 ☐40시간 이상

4-9 귀하가 생각하는 적정 일일잠수작업시간은 어떻게 됩니까?

☐0~1시간 ☐1~2시간 ☐2~3시간 ☐3~4시간 ☐4~5시간 ☐5~6시간 ☐6~7시간 ☐7시간 이상

4-10 귀하가 생각하는 적정 일일잠수작업횟수는 어떻게 됩니까?

☐1회 ☐2회 ☐3회 ☐4회 ☐5회 ☐6회 ☐7회이상

4-11 귀하가 생각하는 적정 주간잠수작업시간은 어떻게 됩니까?

☐25시간이하 ☐25~30시간 ☐30~35시간 ☐35~40시간 ☐40시간 이상

5. 다음은 귀하의 잠수질환 및 감압용 챔버 내용에 대한 질문입니다.

5-1 귀하의 현장에서 감압병 또는 잠수질환으로 감압챔버에서 치료를 받을수 있는 최단시간은?

☐ 1시간이하 ☐ 1~2시간 ☐ 2~3시간 ☐ 3~4시간 ☐4시간 이상

5-2 귀하는 감압병 또는 잠수질환으로 입원 또는 병원치료를 받은적 적이 있습니까?

☐없다면 5-5번문항으로 이동하세요

☐있다 ☐없다

5-3 귀하가 잠수질환으로 치료를 받으셨다면 치료기간은 어떻게 됩니까?

☐ 6개월미만 ☐ 6~12개월 ☐12~18개월 ☐18~24개월 ☐24개월이상

5-4 감압챔버 치료 경험이 있는 경우 감압치료 연간횟수는?

☐6회미만 ☐6~8회 ☐8~9회 ☐9~12회 ☐12회 이상

5-5 귀하가 종사했던 잠수작업현장에는 감압챔버(Decompression Chamber) 설치되어 있었는가?

☐있다 ☐없다

5-6 귀하는 항만전설현장에 작업수심에 따른 감압챔버가 필요하다고 생각합니까?

☐매우그렇다 ☐그렇다 ☐보통이다 ☐아니다 ☐전혀 아니다

5-7 항만전설현장에서 감압챔버가 필요하다면 설치기준 적정작업수심(m)은?

☐10~15m ☐15~20m ☐20~25m ☐25~30m ☐30m이상

6. 다음은 귀하의 일반적인 사항에 관한 질문입니다. 해당되는 항목에 표시(○또는v)하여 주시기 바랍니다.

6-1 귀하의 연령은?

☐10대 ☐20대 ☐30대 ☐40대 ☐50대 이상

6-2 귀하의 잠수작업 경력은?

☐5년미만 ☐5~10년 ☐10~15년 ☐15~20년 ☐20~25년 ☐25~30년

6-3 귀하가 잠수관련 취득하신 자격증이 있습니까?

☐있다 ☐없다

6-4 잠수관련 취득하신 자격증이 있다면 무엇입니까?

☐ 잠수산업기사 ☐잠수기능사 ☐잠수 기능사보 ☐잠수 인정기능사 ☐기타()

감사의 글

학업의 뜻을 두고 시작한지 어느덧 2년 6개월의 시간이 흘러 마지막 페이지를 장식할 감사의 글을 적으면서 만감이 교차하였습니다. 2014년 3월 첫 수업시간에 내가 과연 할수 있을까? 제 자신을 의심하는 시간도 있었습니다. 하지만 주변에 많은 분들의 조언과 도움으로 할수 있다는 확실한 자신감이 생겼고, 그 결과를 한권의 논문으로 나오게 되었습니다. 일과 학업을 병행하면서 정말 많은 일이 있었지만, 포기하지 않은 제 자신에게 먼저 감사하다는 말을 하고 싶습니다.

단언컨대 이 모든 걸 가능하게 만든 건 부경대학교 안전공학과 인간공학연구실 식구들의 무한한 도움이 있었습니다. 끝없는 열정과 패기로 언제나 성심성의껏 지도해주시고 방향을 이끌어주신 장성록 교수님께 존경과 감사의 말을 드리고 싶습니다. 졸업 논문을 심사하면서 열과 성의를 다해 지도하여 주신 이의주 교수님, 신성우 교수님께도 감사를 드립니다. 그리고 안전학회, 논문발표 준비를위해 오랫동안 세심하게 지도해주신 이유정 박사님, 항상 긍정의 힘을 불어주신 이종빈 박사님, 오현수 박사님, 정승래 박사님께 진심으로 감사의 말을 전합니다. 또한 논문준비 과정에서 많은 도움을 주신 신은혜님, 항상 힘이 되어준 우리동기 박세영님, 김선아님께 감사의 말을 드리고 싶습니다.

바쁜일정 에서도 저의 논문을 위해 설문지 작성에 많은 시간과 아낌없는 도움과 관심을 기울여주신 전광근 잠수사, 권준혁 잠수사(前SSU) 두분께 깊은 감사를 드리고, 많은 산업잠수사의 권익을 찾을수 있도록 조금한 도움이라도 되었으면 합니다.

마지막으로 항상 저에게 강한 긍정의 힘을 불어 넣어준 저의 아내 김기형에게 고맙고 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다. 그리고 힘들고 지칠때 저를 위로해주는 아들 박민수, 딸 박서연의 포옹과 입맞춤이 그 무엇보다 큰 힘이 되었습니다. 한집안 가장과 남편으로서 부끄럽지 않고, 당당하게 살수 있도록 제 인생에서 최선을 다하겠다고 약속을 드립니다.

다시한번 저를 도와주신 모든분께 진심으로 감사의 말씀드립니다.