

구조함정 Wet Bell Diving System 운용성능 개선에 관한 연구

최우석*, 장호성
국방기술품질원

A Study on the Improvement of Operation Performance of Wet Bell Diving System in the Salvage Ship

Woo-Suk Choi*, Ho-Seong Chang
Defense Agency for Technology and Quality

요약 구조함은 수색 및 구조작업을 위하여 크게 세 가지 형태의 잠수체계(Diver Stage Diving, Wet Bell Diving 및 Scuba Diving)를 보유하고 있다. 어떠한 잠수체계를 활용하더라도 잠수요원이 잠수작업 완료 후 상승 시에는 잠수병 예방을 위하여 잠수작업수심 및 잠수 총 시간에 해당하는 감압표에 따라 감압절차를 준수하여야 한다. 감압절차는 크게 수중감압방법과 수중 및 함상감압을 병행하여 수행하는 방법으로 나뉘게 된다. 특히 수중 및 함상감압을 함께 수행하는 방법의 경우 U.S Navy Diving Manual에 따라 수중감압에서 함상감압으로 넘어가는 단계인 Surface Interval이 5분을 초과하지 않아야 한다. 하지만 실선 테스트결과 Wet Bell Diving에서 Surface Interval이 5분을 초과하는 문제점이 발생하였다. 이에 본 논문에서는 모든 가능한 원인을 식별하여 원인분석을 실시하고, 이를 바탕으로 개선된 Wet Bell Diving의 측정결과를 나타내었다. 그 결과 개선된 잠수체계의 실선 테스트에서 Surface Interval이 5분 이내 만족함을 확인하였다. 본 논문의 연구결과는 향후 잠수체계의 운용 및 개선에 유용한 자료로 활용될 것으로 판단된다.

Abstract A ship has three types of diving systems (Diver Stage Diving, Wet Bell Diving and Scuba Diving) to carry out a search-and-rescue operation. To reduce the possibility of decompression sickness, any diving systems shall comply with the decompression procedure according to the decompression table corresponding to the diving depth and diving time. The decompression procedure is largely divided into two methods: underwater decompression and underwater-onboard decompression. In particular, the surface interval shall not exceed 5 minutes, which is the phase from underwater decompression to underwater-onboard decompression, in accordance with the U.S Navy Diving Manual. However, the surface interval is greater than 5 minutes as a result of using Wet Bell Diving. This paper describes the result of cause analysis and measurement with improved Wet Bell Diving. Using improved Wet Bell Diving reduced the surface interval to less than 5 minutes. The result of the research can be used for operation and improving the performance of diving systems.

Keywords : Wet Bell Diving, Surface Interval, Decompression Table, Root Cause Analysis, Cursor

*Corresponding Author : Woo-Suk Choi(Defense Agency for Technology and Quality)
email: ropy1212@dtqa.re.kr

Received April 1, 2020
Accepted July 3, 2020

Revised May 8, 2020
Published July 31, 2020

1. 서론

구조함정에 적용되는 잠수체계는 Table 1과 같이 크게 세 가지 형태의 잠수체계로 구분된다[1]. Diver Stage Diving의 경우 완전개방형 구조로서 Guide Wire 및 Clump Weight가 없는 것이 특징이다. 단순한 구조로서 Diver Stage 전용 크레인으로 운용이 가능하며, 사용하지 않을 경우 구난 창고에 보관함으로써 공간 활용에 유리한 장점이 있는 반면 잠수작업 시 해류의 직접적인 영향을 받는 단점이 있다. Wet Bell Diving의 경우 상부밀폐형 하부개방형 구조로서 Guide Wire 및 Clump Weight가 있는 것이 특징이다. 따라서 Diver Stage Diving 대비 잠수요원 이송이 안전하며 잠수작업 시 해류의 직접적인 영향이 적은 장점이 있으나 시스템 구성품이 증가하고 중량 및 부피를 많이 차지하는 단점이 있다[2,3].




Scuba Diving의 경우 독립된 잠수체계를 구성하고 있으므로 상기의 두 잠수와 달리 작업인원의 제한이 없으며 추가 장비설치가 필요없다는 장점이 있으나 한계수

심이 130 ft로 제한되어 있다[4,5].

상기의 어떠한 잠수체계를 활용하더라도 잠수요원이 수중에서 작업 후 상승 시에는 잠수병 예방을 위하여 잠수작업수심 및 잠수 총 시간에 해당하는 감압표에 따라 감압질차를 수행하여야 한다. 감압질차는 크게 수중감압 방법과 수중 및 함상감압을 병행하여 수행하는 방법으로 나뉘게 된다. 특히 수중 및 함상감압을 함께 수행하는 방법의 경우 U.S Navy Diving Manual에 따라 수중감압에서 함상감압으로 넘어가는 단계인 Surface Interval이 5분을 초과하지 않아야 한다[6]. 하지만 Wet Bell Diving을 활용한 실선 테스트 결과 Surface Interval이 5분을 초과함으로써, 잠수병 발생으로 인한 잠수요원의 안전성이 저해되는 문제점이 발생하였다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 모든 가능한 원인을 식별하여 원인분석을 실시하고, 파악된 원인 제거를 위한 개선방안을 제시하였다. 또한 이러한 개선방안의 실선 테스트를 통하여 제안된 개선방안의 효과를 검증하였다.

Table 1. Three types of diving systems.

Type of Diving Systems	Strong Point & Weak Point
 Diver Stage Diving	Strong Point : Space-Saving
	Weak Point : Ship movement affects the system.
 Wet Bell Diving	Strong Point : Safety improvement
	Weak Point : An increase of system components.
 Scuba Diving	Strong Point : The simplicity of system components.
	Weak Point : Limitation of critical depth

2. 이론적 고찰

2.1 잠수병 발생원인 및 예방

잠수병은 대기압보다 높은 압력의 수중작업환경에서 작업 후 급격히 상승 시 발생할 수 있는 질환이다. 즉 주위 압력이 지나치게 급격히 감소됨으로서 조직 내의 용해된 불활성기체가 과포화 상태로 유발되어 혈액이나 조직에서 기포를 형성하여 다양한 증상을 야기한다.

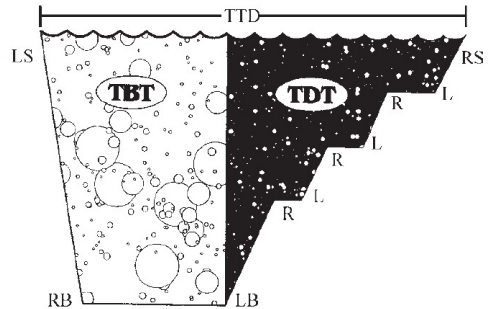


Fig. 1. Diagram of a dive profile with Abbreviations.

1. TTD : Total Time of Dive
2. TBT : Total Bottom Time
3. TDT : Total Decompression Time

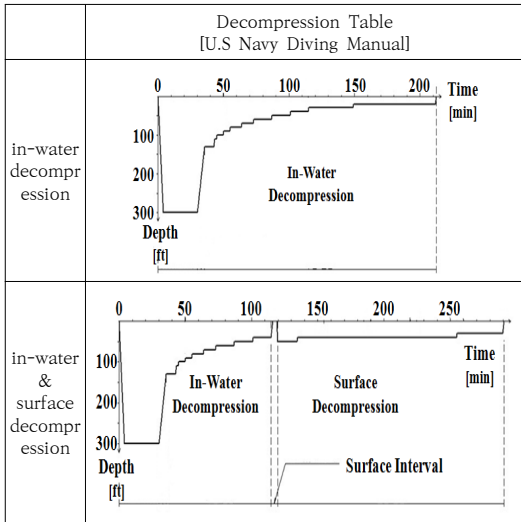
- 4. LS : Left Surface
- 5. RB : Reached Bottom
- 6. LB : Left Bottom
- 7. R : Reached a decompression stop
- 8. L : Left a decompression stop
- 9. RS : Reached Surface

이러한 잠수병 발생 가능성을 낮추기 위하여 잠수시 U.S Navy Diving Manual에 따른 감압절차를 준수하여야 한다. 이러한 감압절차는 다양한 수심 및 작업시간에서 따라 인체에 흡수되는 질소의 양을 고려하여 작성되었으며, Figure 1은 감압절차의 모식도 및 약어를 나타낸 것이다[6].

2.2 감압절차 비교

수중감압방법과 수중 및 함상감압을 병행하여 수행하는 방법을 비교해 보았다. Table 2는 작업수심 300 ft에서 30분 작업 시 각각의 감압절차를 나타낸 표이다.

Table 2. Decompression Tables of in-water decompression and in-water & surface decompression



표에 나타난 바와 같이 수중감압방법은 수중 및 함상감압을 함께 수행하는 방법 대비 총감압시간이 적게 소요된다는 장점이 있으나, 감압작업이 모두 수중에서 수행됨에 따라 수중에서의 감압시간 증가로 인하여 해상생물 위협 및 잠수요원의 체온저하 등으로 안전성이 저하되는 문제가 있다. 이에 반하여 수중 및 함상감압을 함께 수행하는 방법은 수심 40 ft까지 수중에서 감압 후 나머지 감압을 함내 설치된 RC [Recompression Chamber]에

서 수행하는 방법으로서 총 감압시간은 더 많이 소요되나 수중에서의 감압시간 감소되므로 수중감압방법 대비 잠수요원의 안전성이 향상된다. 또한 Figure 2에 나타난 바와 같이 수중감압이 최대 2개조를 운용할 수 있는 반면 수중 및 함상감압을 함께 수행하는 방법의 경우 최대 3개조를 운용함으로써 작업시간이 1.5배 증가하는 장점도 있다.

따라서 수중감압방법 대비 수중 및 함상감압을 함께 수행하는 방법이 잠수요원의 안전성 및 작업시간 측면에서 더 효과적이라 할 수 있다.

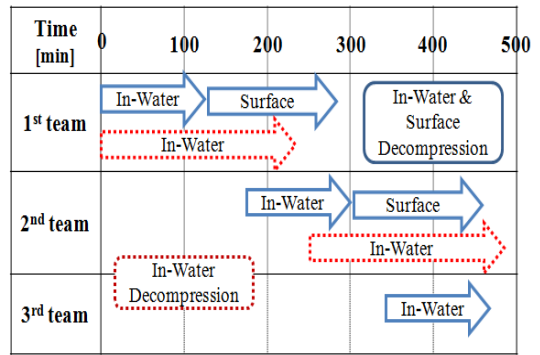


Fig. 2. Work schedule of in-water decompression and in-water & surface decompression.

2.3 유체항력

물체가 유체 내에서 운동하거나 흐르는 유체 내에 물체가 정지해 있을 때 유체에 의해서 운동에 방해되는 힘을 받는데 이를 항력이라고 하며, 유체에 대한 물체의 상대속도(유체의 흐름에 따라 움직이는 관찰자가 본 물체의 속도)의 반대방향으로 항력이 작용한다. 항력(F_d)은 유체에 대한 상대 속력을 $V(m/s)$, 유체의 밀도를 $\rho (Kg/m^3)$, 물체의 단면적을 $A(m^2)$ 라고 할 때, 식 (1)과 같다.

$$F_d = \frac{1}{2} C_d A \rho v^2 \quad (1)$$

여기서 기준 면적 A 는 물체를 물체의 운동 방향에 수직인 평면에 투영한 면적과 관계된다. 그리고 C_d 는 물체형태나 표면의 상태에 의해서 결정되는 상수로 보통 이것을 항력계수(Drag Coefficient)라 한다. 항력계수는 무차원 상수이다[7].

2.4 기존 연구사례 고찰

기존 연구사례를 살펴보면, 해군에서 활용되어지는 이

동식 포화잠수체계 관련하여 요구조건 및 표준구성을 제안하고, 이동식 잠수체계의 도입 및 적용 가능성에 관한 연구가 진행되었다[8]. 또한 잠수 시스템의 국내 표준 및 안전기준에 관한 연구가 있으며[9], 한국 해난구조의 역량 및 발전방안에 관한 논의[10] 등 잠수체계 개선 및 표준에 관련하여 다양한 연구가 이루어졌다.

3. Wet Bell Diving 실선 테스트 결과

3.1 Surface Interval

Decompression Step의 경우 Surface Interval이란 수중감압에서 함상감압으로 넘어가는 단계로 정의되는데 크게 네 단계로 구분된다. 각 단계에 따른 절차 및 분석 방향에 대하여 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Decompression step of in-water decompression and in-water & surface decompression.

	Process of Step	Check Point
Step I	A phase that rises at a speed of 40 ft/min after an underwater decompression at a depth of 40 ft.	- Main Wire winch Performance - Peripheral Environmental Factors due to Current
Step II	A phase that rises to the inside of the ship after tightening the cursor and wet bell	- Shape of the wet bell diving system - Peripheral Environmental Factors due to Current
Step III	A phase in which the diver enters the RC	- Diver's skill level - Diving Equipment placement
Step VI	Decompression in RC	- Pressurization performance of RC

첫 번째 단계(Step I)는 수심 40 ft에서 마지막 수중감압을 마친 순간부터 함상챔버 감압을 위해 40 ft/min의 속도로 상승하는 단계이다. 두 번째 단계(Step II)는 Cursor와 Wet Bell 체결 후 함내까지 상승하는 단계이다. 세 번째 단계(Step III)는 잠수요원이 잠수장비를 해제하고 RC 내부로 진입하는 단계이며 네 번째 단계(Step IV)는 RC 내부를 100 ft/min의 가압속력으로 50 ft까지 가압한 후 잠수요원이 100%로 BIBS [Breath in breath system] 호흡을 시작하는 순간까지의 단계이다. 잠수요원의 잠수병 예방을 위하여 U.S Navy Diving Manual에 따라 Surface Interval이 5분 이내에 수행되도록 요구되고 있다.

3.2 실선테스트 조건

Surface Interval이 5분 이내 수행되는지 확인하기 위하여 Surface Interval의 각 단계별(Step I ~ IV) 수행시간을 5회에 걸쳐 반복 측정하였다. 시간 측정요원, 잠수요원 및 Operator는 동일하였으며, 선미는 조류방향으로 고정하였다. 유속은 1.1 Knots 파고는 1~1.5 M 풍속은 10~15 Knots였다.

3.3 실선테스트 결과 및 분석

Figure 3은 Wet Bell Diving 실선 테스트결과 Surface Interval의 소요시간을 각 단계별로 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 Surface Interval 5회 측정결과 평균소요시간은 427초로서 U.S Navy Diving Manual의 요구조건인 300초 대비 127초 초과하였다. 이에 각 단계별로 Surface Interval 소요시간에 영향을 미치는 근본 원인을 분석하였다.

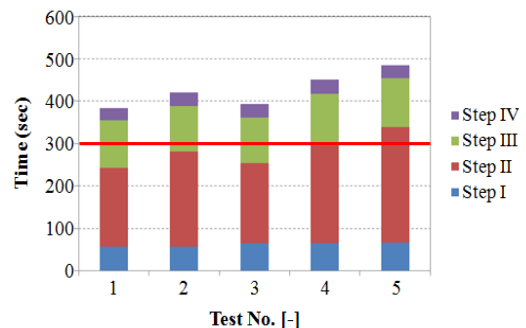


Fig. 3. Time of each test of Surface Interval for Step I~IV.

첫 번째 단계(Step I)에 미치는 요인은 Wet Bell을 구동시키는 Main Wire Winch 성능 및 해류에 의한 주변 환경 요인이다. Main Wire Winch의 제품사양서에 따르면 Working Load는 최대 2,800kg이며 Line Speed는 최대 115.2 ft/min이다. 잠수요원 2명과 각 잠수장비의 중량은 2,000kg 이내이며 Line Speed는 요구되는 40 ft/min보다 대략 3배정도 여유가 있다. 또한 5회에 걸친 테스트결과 1단계에서의 표준편차가 매우 작다는 것을 알 수 있다. 이는 해류가 횡방향으로 영향을 미치나 실제 구동방향인 종방향으로는 영향이 미미하기 때문인 것으로 판단된다.

두 번째 단계(Step II)에 미치는 요인은 Wet Bell Diving System의 형상 구조 및 해류에 의한 주변 환경

영향이다. Wet Bell Diving System의 구성요소 중 특히 Wet Bell, Cursor 및 Moon Pool의 형상이 두 번째 단계에 영향을 미치며 이에 도면, 구매요구사항서 및 제작규격에 따른 확인결과 허용 오차 이내에 만족함을 확인하였다. 그러나 Figure 4에 나타나 있듯이 각 테스트 이후 Cursor와 Wet Bell 표면에 긁힘 자국이 상당한 것이 발견되었다. Cursor 표면의 긁힘 자국은 해류의 영향으로 Guide Wire 및 Cursor가 과다 접촉하여 발생되었다고 판단된다. 또한 이로 인한 Wet Bell의 과도한 움직임은 Cursor와 Wet Bell의 접촉 불량을 야기시켰으며 이에 Wet Bell 표면 긁힘 자국이 발생된 것으로 판단된다. 실선 테스트결과에서도 1,3 및 4단계 대비하여 해류에 따른 환경적 요인에 대한 영향을 많이 받아 Figure 10에 나타나 있듯이 2단계에서의 표준 편차가 35.2 sec로 가장 큰 것을 알 수가 있다. 따라서 Cursor 혹은 Wet Bell의 구조변경이 필요한 것으로 판단된다.

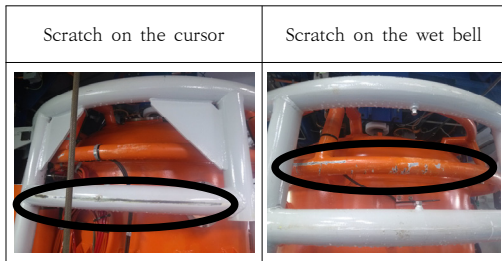


Fig. 4. Scratch on the cursor and wet bell after ascent.

세 번째 단계(Step III)에는 잠수요원의 숙련도 및 잠수장비의 배치가 가장 크게 영향을 미칠 수 있으므로 실선 테스트 시 경력 10년 이상의 전문 잠수요원으로 테스트를 실시하였다. Figure 5에 나타나 있듯이 Wet Bell이 함 내에서 직접 바다로 내려 갈수 있는 통로역할을 하는 Moon Pool과 RC를 최단시간 도착할 수 있도록 효율적으로 배치함으로써 Figure 10에 나타나 있듯이 실선 테스트 결과에서도 안정적으로 수행되고 있음을 알 수 있다.

네 번째 단계(Step IV)에 미치는 요인은 RC의 가압 성능이다. RC의 가압성능은 165 ft/min으로 요구 성능인 100 ft/min 대비 1.65배 여유가 있다. 또한 표준편차 값이 작으며 안정적으로 수행되고 있으므로 네 번째 단계는 Surface Interval 소요시간에 큰 영향이 없는 것으로 판단된다.

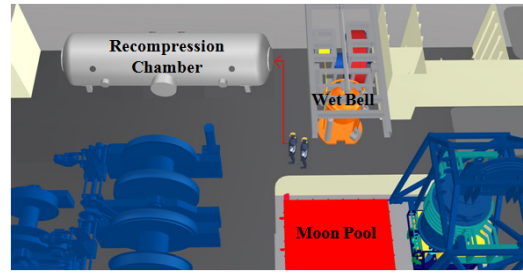


Fig. 5. Arrangement of the Wet Bell Diving System

4. Wet Bell Diving 개선방안 및 검증

4.1 Wet Bell Diving 개선방안

감압시간이 요구치를 초과하는 근본원인분석 결과 해류의 영향에 따른 Cursor와 Wet Bell의 체결불량인 Surface Interval 5분 초과 문제점의 원인임을 알 수 있었다. Cursor는 Wet Bell이 Moon Pool을 통해 이동시 이동방향을 잡아주고 벽면과의 충돌을 방지하기 위해 추가로 설치되는 부가물이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Wet Bell Diving System 공급업체, 조선소 및 품질보증기관의 전문가 검토 등을 통하여 Table 4와 같이 Cursor의 구조변경을 통한 네 가지 개선방안을 검토하였다.

첫 번째 방안(A Plan)은 Wet Bell이 Cursor로 체결되는 진입공간 추가를 위한 Cursor의 Front Guide 제거이다. 이는 구조적으로 하중을 받는 부분이 아니므로 적용가능 할 것으로 판단된다. 두 번째 방안(B Plan)은 Wet Bell과 Cursor의 체결시 마찰감소를 위해 Cursor Front Guide 하부를 등글게하는 방법으로 적용가능하나 첫 번째 방안대비 효과가 낮은 것으로 판단된다. 세 번째 방안(C Plan)으로는 Guide Wire Centering을 위한 Sleeve를 설치하는 것으로 하중 및 구조적 간섭의 영향이 없는 것으로 판단하여 적용가능 할 것으로 판단된다. Sleeve의 재질은 모체와 동일한 STS 316이며 Hole의 크기는 Guide Wire가 $\phi 14\text{mm}$ 임을 고려하여 16 mm x 16 mm를 적용하였다. Figure 6에 나타나 있듯이 모체 방향쪽으로는 용접결합을 하였으며, 결합강도 개선을 위하여 수평, 수직 Plate를 보강하였다. 모체 반대방향쪽으로는 작업성 및 정비성을 고려하여 Bolting 결합을 적용하였다. 네 번째 방안(D Plan)으로는 Wet Bell Main Wire Centering을 위한 Guide를 설치하는 것으로서 도면검토 결과 Wet Bell과의 구조적 간섭으로 인하여 설치가 불가하였다.

Table 4. Improvement plans of the Wet Bell Diving System.

Improvement Plans	
Conceptual diagram	
A plan	Remove the front guide
B plan	Soften down the edges
C plan	Installation of sleeve for guide wire
D plan	Installation of guide for main wire

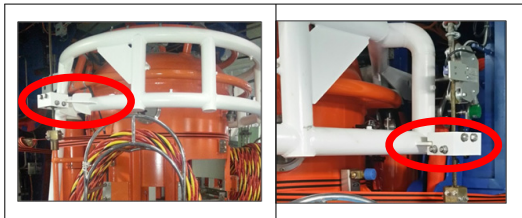


Fig. 6. Installation of the sleeve for guide wire centering.

4.2 개선방안 적용시험

Figure 7은 Cursor의 구조개선을 위한 도면 및 형상 변경 결과를 나타낸 것이다. 상기 언급되었던 바와 같이 개선 전 대비하여 Cursor의 Front Guide를 제거하고 Guide Wire Centering을 위한 Sleeve를 설치하였다. Cursor의 Front Guide 제거는 Figure 4의 Wet Bell 표면의 Scratch를 제거하는데 효과적인 것으로 판단되며 Sleeve 설치시 Cursor 표면의 Scratch를 제거하는 효과적인 것으로 판단된다.

Cursor의 구조개선에 따른 효과를 검증하기 위하여 개선 전 테스트와 동일하게 Surface Interval의 각 단계별(Step I ~ IV) 수행시간을 5회에 걸쳐 반복 측정하였다. 시간 측정요원, 잠수요원 및 Operator 역시 개선 전 테스트와 동일하게 수행하였으며, 선미도 조류방향으로

고정하였다. 유속은 1.3 Knots로 개선 전 대비하여 0.2 Knots 빨라졌으나 파고 및 풍속은 각각 1~1.5 M 및 10~15 Knots으로 동일하였다.

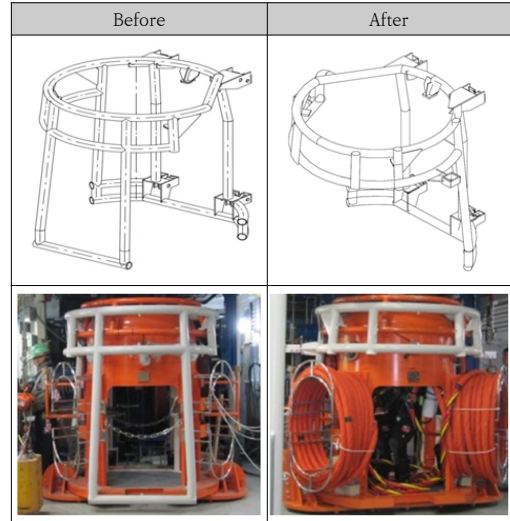


Fig. 7. The application of improvement plans.

4.3 개선방안 검증결과

Figure 8은 Cursor 구조개선 후 실선테스트 장면을 나타낸 그림이다. Figure 9는 Cursor의 구조개선 후 Surface Interval의 소요시간을 단계별로 나타낸 그림이며, Table 5는 개선전후 평균 소요시간 및 감소율을 나타낸 표이다. Table 5에 나타나 있는바와 같이 Step II에서의 소요시간이 Step I, Step III 및 Step IV 대비 크게 줄어든 것을 볼 수 있다. 이로 인하여 Surface Interval의 5회 측정결과 평균소요시간은 283.8초로서 U.S Navy Diving Manual 요구조건을 만족하였음을 알 수 있다.

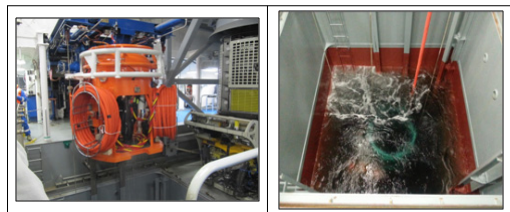


Fig. 8. The application of improvement plans.

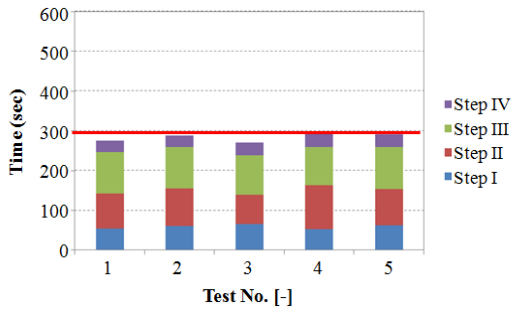


Fig. 9. Time of each test of Surface Interval after improvement.

Table 5. Average Surface Interval for step I ~ IV of before and after improvement and reduction ratio.

	Step I	Step II	Step III	Step IV	Total
Before	62.6	220.2	112.6	31.4	426.8
After	59.2	92.0	101.6	31.0	283.8
Reduction ratio	5.4	58.2	9.8	1.3	-

* Reduction ratio = (Before-After)/Before

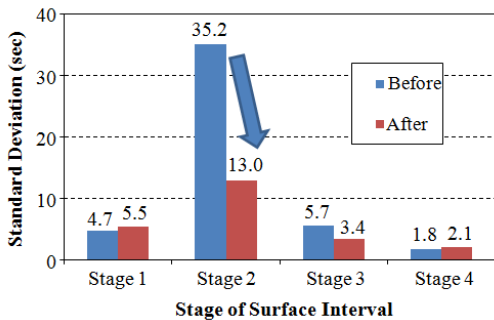


Fig. 10. Standard Deviation of each stage of Surface Interval.

Figure 10은 Cursor의 구조개선 전후 Surface Interval 단계별 표준 편차를 나타낸 그림이다. 그림에 나타나 있듯이 Cursor의 구조변경으로 인하여 Step I, III 및 IV 단계 대비하여 Step II에서의 소요시간 표준편차가 크게 줄어든 것을 확인할 수 있다.

수중에서 Wet Bell에 작용하는 유체항력은 식 (1)에서 보는 바와 같이 항력계수, Wet bell의 단면적 및 유체의 밀도에 비례하며 유체 속도의 제곱에 비례한다. Cursor의 구조개선이 Wet Bell의 항력 계수, 단면적 및

유체의 밀도에 미치는 영향은 없으며, 구조개선 후 테스트 시 유속이 1.3 Knots로 개선 전 대비 0.2 Knots 빨라졌다. 따라서 개선 후 Wet Bell에 작용하는 유체항력은 $0.845 \times CdA\rho$ 로서 개선 전 유체항력 $0.605 \times CdA\rho$ 대비 1.4배 커졌음에도 불구하고 Step II 소요시간 및 표준편차가 줄어들었다. 이는 Cursor의 구조개선으로 인하여 Wet Bell이 Cursor로 진입하는 공간을 추가하였으며 또한 Sleeve 설치를 통하여 Guide Wire를 고정시킴으로서 해류에 따른 환경적 요인의 영향을 줄였기 때문으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 Wet Bell Diving System에서 Surface Interval이 5분을 초과하여 잠수요원의 안전성을 저하시키는 문제점을 해결하기 위하여 각 단계별 소요시간에 영향을 미치는 근본 원인을 분석하여 개선방안을 도출하고자 하였다. 검토결과 Cursor와 Wet Bell이 도면대로 설치되었음에도 불구하고 해류 등의 환경적 요인의 영향을 크게 받음으로서 체결불량이 발생하여 Surface interval이 5분을 초과하는 것으로 판단되었다. 이에 네 가지 개선방안을 제시하였으며 적용가능성 및 효과성을 판단하여 Cursor의 Front Guide 제거 및 Guide Wire Centering을 위한 Sleeve 설치를 Wet Bell Diving System에 적용하였다. Cursor의 구조개선 후 실제 운용 시험 결과 해류에 따른 환경적 요인의 영향을 감소시킴으로서 Step II 소요시간의 편차 및 평균시간이 감소하는 것을 확인하였다. 이로 인하여 Surface Interval이 5분 이내로 만족하였으며 U.S Nay Diving Manual 절차를 준수함으로써 잠수요원의 안전성이 크게 향상될 것으로 기대된다.

본 연구결과는 실선에 적용되는 잠수체계의 구조개선 및 실선 테스트 결과를 바탕으로 결론을 도출함으로써 많은 시사점을 던져줄 것으로 판단된다. 하지만 개선 후에도 Step I, III 및 IV 대비하여 Step II 소요시간의 편차가 가장 큰 것으로 미루어 보아 환경적 요인의 영향에 대한 체계적인 분석이 필요할 것으로 판단된다. 이에 향후 구조개정의 위치에 대비 상대적인 해류의 방향 및 속도 등 환경적 요인을 추가적으로 검토하여 적용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] Naval & Special Ship Design Team, Diving Sys. Design Report, Design Review Report, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co.,LTD, Korea, 2009 (in Korea), pp.18.
- [2] J. R. Jauchem, "Effect of exercise on the incidence of decompression sickness: a review of pertinent literature and current concepts", *International archives of occupational and environmental health*, Vol.60, No.5, pp.313-319, 1988
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00405664>
- [3] S. Bhutani, R. Verma and D. K. Ghosh, "Performing CPR on a commercial diver inside the diving bell", *Indian Journal of occupational and environmental medicine*, Vol.19, No.3, pp.171-174, 2015
DOI: <http://dx.doi.org/10.4103/0019-5278.174000>
- [4] T. H. Kim, J. S. Park, H. H. Yu and S. Y. Kang, "A study on the improvement of ROK navy salvage and rescue activity using technical diving technique", *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, vol.37, no. 8, pp. 969-976, 2013
DOI: <http://dx.doi.org/10.5916/ikosme.2013.37.8.969>
- [5] S. C. Kim, *The study of physiological response changes to the depth of water during scuba-diving*, Master's thesis, INJE UNIVERSITY, Korea, pp.7-10, 2004
- [6] U.S Navy, U.S. Navy Diving Manual, p.992, NAVAL SEA SYSTEM COMMAND, 2008, p.551-678
- [7] C. M. Kim, "Motion Performance Prediction and Experiments of an Automomous Underwater Vehicle through Fluid Drag Force Calculations", *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, Vo1.39, No.6, pp.614-619, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5916/ikosme.2015.39.6.614>
- [8] H. H. Yu, S. Y. Kang and A. Lim, "A Study on the Introduction and Application Plan of the Mobiles Saturation Diving System for ROK Navy Salvage Operation", *Journal of the Korean Society of Marine environment & safety*, Vo1.21, No.69, pp.389-396, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7837/kosomes.2015.21.4.389>
- [9] H. H. Yu, S. Y. Kang and A. Lim, "A Study on the Necessity of Korean Standard and Code of Safety for Diving System", *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, Vo1.35, No.6, pp.856-860, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5916/ikosme.2011.35.6.856>
- [10] H. H. Yu, S. Y. Kang and A. Lim, "A Study on Korean salvage competency analysis and development plan", *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, Vo1.36, No.8, pp.1143-1150, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5916/ikosme.2012.36.8.1143>

최 우 석(Woo-Suk Choi)

[정회원]



- 2007년 2월 : 부산대학교 재료공학과 (공학사)
- 2009년 2월 : 부산대학교 재료공학과 (공학석사)
- 2009년 3월 ~ 2013년 2월 : 현대제철 연구원
- 2013년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 선임연구원

〈관심분야〉

기계/재료, 국방/과학

장 호 성(Ho-Seong Chang)

[정회원]



- 2011년 2월 : 부산대학교 전자전기통신공학과 (공학사)
- 2014년 12월 : 현대중공업 전기전자시스템사업부 전기구조 설계
- 2015년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 선임연구원

〈관심분야〉

전투체계, 소나체계, 수중음향, EMI/EMC