

수상함 격실기밀시험 결과의 신뢰성 확보를 위한 압력 보정 시스템 개발

민일홍, 김준우, 손기중*
국방기술품질원

Development of Pressure Correction System for Surface Vessel to Ensure Reliability of Compartment Test Result

Il-Hong Min, Jun-Woo Kim, Gi-Joong Son*
Naval Sea Systems Center, Defense Agency for Technology and Quality

요약 수상함이 전투 환경에서 우수한 임무수행능력과 생존성을 구현하기 위해서는 구획을 차단하는 수밀/기밀 성능이 중요하다. 위와 같은 요구사항을 충족을 위해 함정 건조 후 시운전에서 구조요소(격실 및 탱크)에 대한 밀폐성과 특정 부위에 대한 강도의 적합성을 검사하며, 특히 수선에 인접한 격실들의 격실기밀시험(Air test)을 수행한다. 격실기밀시험은 대상 격실에 공기를 주입하여 시운전 평가서 상의 요구압력까지 압을 적용하고, 일정 시간동안 압력강하 값을 확인하여 해당 구역의 요구조건 충족여부를 판단한다. 검사 기준은 10분 동안 감소된 압력이 시운전 평가서의 압력강하 허용치 이내이어야 한다. 하지만 외기온도의 영향이 큰 여름철에 격실기밀시험 진행 간 유입되는 열이 내부 공기의 온도를 상승시키고, 이로 인해 공기가 팽창하여 격실 내 압력이 증가하는 현상이 식별되었다. 이러한 현상은 격실기밀시험에서 최종 압력강하 값을 정확히 판단할 수 없게 하고 평가결과에 대한 신뢰성을 결여시킬 수 있다. 본 연구를 통해 격실 내 온도변화 영향을 보정하기 위한 시스템을 고안하였다. 개발된 시스템은 격실 내 온도변화에 의한 압력 변화량을 계산하여 보정값을 출력한다. 이상기체 방정식을 통해 압력변화량을 계산하며, 격실기밀시험 간 온도유지 및 증가/감소를 반영할 수 있도록 개발되었다. 계산된 압력 보정값을 NIST REFPROP의 데이터 베이스와 비교하였을 때, 최소 0.126 %에서 최대 0.253 %의 차이를 보였다.

Abstract Tightness performance that blocks compartments is important for surface ships to achieve superior mission performance and survivability in combat environments. To meet the above requirements, airtightness of the structural elements and the appropriate strength to specific areas are checked during a test run after ship construction. In particular, air tests of compartments adjacent to the water surface are performed. In an air test, air is injected into the compartment up to the test pressure of the test memo. The pressure drop value is checked after 10 minutes to determine if the requirements of the corresponding area are satisfied. In summer, however, when the influence of the outside temperature is large, a phenomenon in which the internal pressure increases during the air test was identified. This phenomenon reduces the reliability of the test result. Therefore, a system was designed to compensate for temperature changes in the compartments through this study. The developed system calculates the amount of pressure change caused by a temperature change in the compartment and outputs a correction value. The pressure change was calculated using the ideal gas equation, reflecting the maintenance, increase, and decrease in temperature during the test process. A comparison of the calculated pressure correction value with the database of NIST REFPROP revealed a difference of 0.126% to a maximum of 0.253%.

Keywords : Surface Vessel, Compartment, Air Test, Pressure Correction, Reliability

*Corresponding Author : Gi-joong Son(Defense Agency for Technology and Quality)
email: 10910@dtaq.re.kr

Received September 4, 2020

Revised October 12, 2020

Accepted January 8, 2021

Published January 31, 2021

1. 서론

수상함이 우수한 전투능력을 발휘하기 위해서는 고성능의 공격능력뿐만 아니라, 상대 무기 체계의 위협으로부터 체계를 방어할 수 있는 능력이 필수적이다.

적의 위협으로부터 손상을 회피하거나 통제하고, 지속적인 임무를 수행할 수 있는 함정의 방어 능력은 생존성으로 표현된다[1]. 이러한 수상함의 생존성과 관련하여, 수상함이 피격되었을 때 2차 피해를 막고 임무 수행 능력을 복구하기 위한 손상통제 능력이 확보되어야 하며, 이를 위해서는 침수구획을 최소화하기 위한 수밀 및 기밀성능이 중요하게 작용한다[2].

만약 수상함의 수밀/기밀 성능이 충족되지 못한다면 침수구획으로부터 다른 구획으로 해수가 확산되어 수상함의 복원성능, 조종성능이 저하되고 작전능력을 상실할 수 있으며, 그 정도가 심한 경우 전복되어 승조원의 생존을 보장하지 못한다. 따라서, 수상함의 충분한 침수구획 차단 능력 확보를 위해, 건조과정 중 구조요소(격실 및 탱크)에 대한 밀폐성과 특정 부위에 대한 강도의 적합성을 검사하며, 특히 수선에 인접한 구획들의 격실기밀시험을 수행한다. 격실기밀시험은 검사 대상 구획에 공기를 주입하여 시운전 평가서상의 요구 압력까지 가압한 뒤, 해당 구역의 기밀 성능 및 공기 누출 결함 여부를 판단하는 시험이다. 시험 진행 간, 격실 외부에 설치된 압력계를 확인하여 공기의 누출 여부를 판단하며, 평가 기준은 10분 동안 시운전 평가서의 압력강하 허용치 이내이어야 한다. 하지만 격실 외부 온도의 영향성이 큰 여름철 같은 경우, 격실기밀시험 진행 간 외기에서 유입되는 열이 내부 공기의 온도를 상승시키고, 이로 인해 공기가 팽창하여 격실 내 압력이 증가하는 현상이 식별되었다. 이러한 현상은 격실기밀시험 시 압력강하 결과에 대해 정확한 판단을 할 수 없게 하며, 시험결과에 대한 신뢰성을 결여시킬 수 있다.

격실기밀시험의 신뢰성을 확보하기 위한 선행연구로, Choi, Park & Beak은 수상함정 내 부피가 큰 격실의 기밀시험 정확성을 확보하기 위해 다수개의 압력 센서를 설치하여 국부압력을 측정하는 방법을 제시하였다[3]. 미국 해상청은 해군함정, 상선 등 선박의 건조과정에서 효율적인 기밀시험 방안을 도출하기 위해 유체 종류에 따른 시험결과를 분석 및 정립하고 음파를 이용한 결합식별 방안을 제시하였다[4]. 또한 국제선급연합회(IACS), 국제해상인명안전협약(SOLAS)등에서 기밀시험에 대한 지침과 규정을 제시하고 있으나 높은 외기온도의 영향에

대한 특별한 언급이나 방안은 제시하지 않는다.

본 논문에서는 여름철 외부 높은 온도와 복사에너지의 영향을 최소화하여 격실 기밀시험 시 발생하는 압력증가 현상을 최소화하기 위해 격실 내부에 설치하여 온도변화를 통해 압력을 보정하는 방법의 개념과 적용 방안에 관해 서술한다.

2. 본론

2.1 격실기밀시험 개요와 장치개발을 위한 연구 절차

격실기밀시험은 해군의 함정설계 및 건조기준 및 승인된 시운전 평가서를 기준으로 수행되며, 그 외 세부사항은 국방기술품질원 내부 절차서를 참고한다. 또한, 본 연구에서는 격실기밀시험 간 변화하는 압력을 보정하기 위해 압력보정 장치를 적용하고자 한다. 이를 위한 연구 절차는 Fig. 1과 같다.

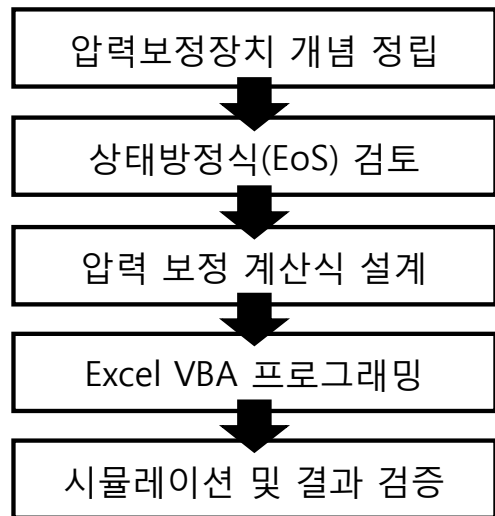


Fig. 1. Conceptual diagram of research procedures

2.1.1 격실기밀시험 지침

수상함 격실의 기밀성을 확인하기 위해 해군 함정설계 및 건조기준(격실 및 탱크 수밀/기밀 검사 지침)에서 제시하는 기준의 주요 내용은 다음과 같다.

수밀(기밀)로 지정된 모든 격실에 대해서 공기압력을 이용하여 실시한다. 해당 시험 격실로부터 공기의 누출을 방지하기 위해 다른 격실과 통하는 통풍, 배관계통, 출입구는 폐쇄하여야 한다. 밀폐성은 공기압력의 저하를 통해

확인하며, 시험시간 10분 경과 후 압력강하 허용치를 넘지 않아야 한다. 일반 격실의 경우 140 g/cm², 지정된 통로, Air Lock, Pressure Lock은 17.6 g/cm²의 압력을 적용한다[5]. 구역별 적용 압력과 압력강하 허용치는 Table 1과 같다.

Table 1. Permissible pressure drop of compartments

| Compartments | Permissible Pressure Drop (kg/cm ²) |
|-----------------|---|
| Tank/Cofferdam | 0 |
| Trunk | 0.02195 |
| Ammunition Lift | 0.02195 |
| Other Places | 0.00878 |

Source: Choi, Park & Beak, 2020

2.1.2 격실기밀시험 절차

국방기술품질원 합정센터에서 수행하는 수상함정의 격실기밀시험의 세부 절차는 Table 2와 같다.

Table 2. Test procedure of air test

| Step | Test Procedure |
|------|--|
| 1 | Check whether the work on the cabled piping penetration in the compartment is completed. |
| 2 | Check the firearm work(welding or pyrotechnic cutting) is completed on the inside/outside boundary of the compartment. |
| 3 | Check the cables or pipes installed inside and outside the compartment for damage. |
| 4 | Check that the equipment installed inside the compartment is turned off. |
| 5 | Check that the heat/cooling source generated inside and outside the compartment is shut off. |
| 6 | Make sure all ventilation, piping and entrances to the outside are blocked. |
| 7 | Connect the air hose to the nipple(air inlet) installed outside the compartment, and install a pressure gauge. |
| 8 | Fill the compartment with air to make it under test pressure. |
| 9 | Stabilize the internal pressure. Stabilization is checked through the pressure gauge value. |
| 10 | After adjusting the pressure in the compartment accurately with the test pressure, start the test. |
| 11 | After 10 minutes, check the value of the pressure gauge and obtain the pressure drop value inside the compartment. |
| 12 | Release the pressure inside the compartment. |

2.2 여름철 환경조건에 의한 문제점

여름철의 외기온도 조건에 있는 수상함의 격실은 외부의 높은 기온, 태양의 복사열 등에 의해 영향을 받는다. 이와 같은 요소들은 격실 내외의 온도 구배를 형성하여 격실 내부로 열에너지를 유입시키며, 열에너지 이동은 전

도, 대류, 복사 세 가지 열전달 메커니즘이 복합적으로 작용하여 일어난다[5]. 특히, 수상함의 외판 온도는 햇빛 일사에 의한 복사열의 흡수로 외기온도보다 다소 높은 상당 외기온도이다[6]. 따라서 외판의 상당한 외기온도는 인접한 격실 내부와 상당 외기온도 차(EDT)를 형성하고, 이를 통해 열에너지가 유입되어 격실 내부의 온도를 증가시킨다[7].

Table 2의 11번째 순서와 같이, 평가 격실 내 압력을 안정화한 상태에서 10분간 압력계를 통해 격실의 압력강하 값을 측정한다. 하지만 이 방법으로 인해 증가하는 격실의 압력을 고려할 수 없다. 이러한 현상은 실제로 격실 기밀시험의 압력강하 결과값이 Table 1의 압력강하 허용치에 근접한 결과를 보였을 때, 외기온도로 인한 격실 내부 압력증가의 영향이 요구조건 충족 여부에 대한 신뢰성을 결여시키며, 시험결과에 대해 관련 기관들의 의견 충돌을 초래할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 외기온도의 영향으로 변화하는 격실 내부압력을 바로잡기 위한 압력보정 장치를 개발하였고, 개발된 장치에 대해 다음 장에서 설명한다.

2.3 압력보정 장치의 개념

격실기밀시험 중, 외부의 높은 온도로 인해 용적이 제한된 격실 내 압력이 증가하는 현상이 식별되었다. 이러한 압력상승은 격실기밀시험 평가서에서 요구하는 압력강하 허용치를 판별할 때 장애 요인이 되며, 격실기밀시험의 요구조건 충족 여부 판별 시 논란을 야기할 수 있다. 위와 같은 문제를 해결하기 위하여 격실 내부의 온도를 측정하여 증가한 압력을 계산하고, 이를 배제하는 압력보정 장치를 고안하였다.

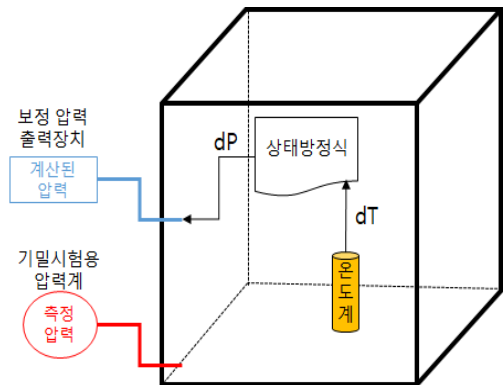


Fig. 2. Configuration of pressure calibration device

새로 고안된 장치의 개념도를 Fig. 2에 나타내었다. 격실 내부에 온도계와 연산장치가 설치되고, 외부에 연산 결과를 출력하는 보정압력 출력장치가 설치된다. 기존과 같이 격실기밀시험을 진행한다. 시험 진행 간 온도계를 통해 증가하는 내부 온도를 측정하여, 이에 따른 압력 변화량을 연산장치가 계산한다. 시험 종료 시, 출력장치를 확인하여 온도변화에 의한 압력변화의 총량을 확인할 수 있다. 요구조건 충족 여부 판별 시, 시험용 압력계의 결과에서 계산을 통해 출력된 압력 변화량을 제외하여 최종 결과를 판별한다.

2.4 압력보정 장치의 계산 방법

보정 장치의 압력 계산은 기체의 압력, 부피, 온도 사이의 관계를 나타내는 이상기체 상태방정식을 통해 계산된다. 적용된 계산식은 Eq. (1)과 같다.

$$P = \frac{nR}{V} \cdot T \quad (1)$$

Where, P, V and T are the pressure, volume, and temperature; n is the amount of substance; and R is the ideal gas constant.

이상기체는 엄밀하게 실제 기체와 특성 차이가 존재하지만, 대부분의 실제 기체는 대기압 근처에서 이상기체와 유사하게 거동한다. 따라서 고안된 장치의 계산식은 이상기체 방정식을 적용하였다. Eq. (1)에서 온도는 측정되는 값이며, 격실의 부피와 몰(mol)수, 이상기체 상수를 설정한다. 보정압력 계산에 사용되는 초기 설정값은 격실기밀 시험 조건에 의해 주어지며, Table 3과 같다.

Table 3. Initial conditions for calculating the corrected pressure

| Conditions | Symbol | Reference |
|--------------------|--------|--|
| Temperature | T_i | Temperature at start of test |
| Volume | V | Volume of compartment under test (constant) |
| Mole | n | Amount of substance in the compartment under test (constant) |
| Ideal gas constant | R | Constant |

격실 부피는 함정의 설계단계에서 기본 계산을 통해 도출된 용적을 적용한다. 초기 온도는 시험 시작 시 온도계를 통해 측정된 값이 사용된다. 초기 온도(T_i)를 기점으로

로 시험이 진행되는 동안 격실 내부의 온도를 측정하여 계산 단계를 기점으로 온도 차를 계산하고, 그 값을 통해 압력 변화량을 계산한다. 시험 진행 간 온도가 유지되거나 감소하는 상황을 반영할 수 있도록 계산 과정을 단계적으로 수립하였으며, 이 과정을 Fig. 3에 나타내었다.

| Step | Calculation | Result |
|--------|---|--|
| 0 | Set the initial conditions. Volume of compartment : V Initial pressure of compartment : P_i Initial temperature of compartment : T_i | - |
| 1 | 격실 온도 변화량 계산 : $T_1 - T_i = \Delta T_1$ 회량 계산 : ΔP_1 | $\Delta P_{total} = \Delta P_1$ |
| 2 | 격실 온도 변화량 계산 : $T_2 - T_1 = \Delta T_2$ 회량 계산 : ΔP_2 | $\Delta P_{total} = \Delta P_1 + \Delta P_2$ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| n | 격실 온도 변화량 계산 : $T_n - T_{n-1} = \Delta T_n$ 회량 계산 : ΔP_n | $\Delta P_{total} = \sum_{k=1}^n \Delta P_k$ |
| Result | 압력계를 이용해 측정된 최종 격실 압력 $P_{measure}$ 에서 ΔP_{total} 제외 ($P_{measured} - \Delta P_{total} = P_{final}$) | 온도에 의한 압력 변화를 제외한 최종 격실 압력 P_{final} |

Fig. 3. Calculation process of pressure correction device

시험 해당 격실의 부피, 온도에 의해 계산된 압력(P_i)을 시험압력과 비교하여, 정확한 조건이 입력되었는지 확인하는 과정을 거친 뒤, 진행 단계마다 온도변화에 따른 압력 변화량을 Fig. 3와 같이 계산한다. 최종적으로 시험 종료 시점에 측정된 격실 압력에서 계산된 값을 제외하면 온도에 의한 압력변화를 보정한 최종 격실 압력을 확인할 수 있다. 보정을 거친 압력강하 결과값을 통해 격실 기밀시험 요구조건 충족 여부를 판단한다.

2.5 압력보정 장치 시뮬레이션

6개의 조건을 가정하여 압력보정 장치의 계산 과정을 시뮬레이션하였다. 이를 위한 도구로 Excel VBA를 활용하였다. 설계된 수식을 프로그래밍하여 시험 진행 간 온도변화에 따른 압력 변화량을 도출하였다. 압력조건과 격

실의 부피는 각각 140 g/cm², 40.8 m³을 적용하였고, 격실 내부의 초기 온도는 25 °C를 가정하였다. 각 조건별로 시험 진행 간 외부로부터의 열 유입을 통한 온도 증가를 가정하여 압력보정 장치의 보정 값을 계산하였다. 계산된 결과를 같은 조건에서 NIST REFPROP Database와 비교하였다. NIST REFPROP은 NIST 표준 참조 데이터를 통해 배포되는 컴퓨터 프로그램으로, 액체, 기체, 초 임계상태를 포함한 다양한 조건에서 산업용 유체, 순수한 유체 및 혼합물에 대한 열, 물리적 특성을 제공한다 [8]. 비교분석 한 결과, 계산된 압력 값은 최소 0.126 %에서 최대 0.253 % 차이가 있음을 확인하였으며, 이를 Table 4에 정리하였다.

Table 4. Simulation result (Test pressure: 140 g/cm²)

| Case | Compartment Volume [m ³] | Temp. Increase [degC] | Pressure Variation Calculation Results [g/cm ²] | | Difference [%] |
|------|--------------------------------------|-----------------------|---|--------------|----------------|
| | | | Simulation | NIST REFPROP | |
| 1 | 40.8 | 0.5 | 1.967 | 1.970 | 0.127 |
| 2 | 40.8 | 1 | 3.935 | 1.970 | 0.127 |
| 3 | 40.8 | 1.5 | 5.902 | 3.940 | 0.126 |
| 4 | 40.8 | 2 | 7.870 | 7.890 | 0.253 |
| 5 | 40.8 | 2.5 | 9.838 | 9.860 | 0.228 |
| 6 | 40.8 | 3 | 11.805 | 11.83 | 0.211 |

시험 진행 간 온도가 유지되거나 감소하는 상황이 발생할 때, 개발된 압력보정 장치가 이를 반영할 수 있는지 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과는 Fig. 4와 같으며, 격실 내부의 온도가 유지되는 상황과 감소하는 상황을 고려하여 최종 보정 값을 도출하는 것이 가능하였다.

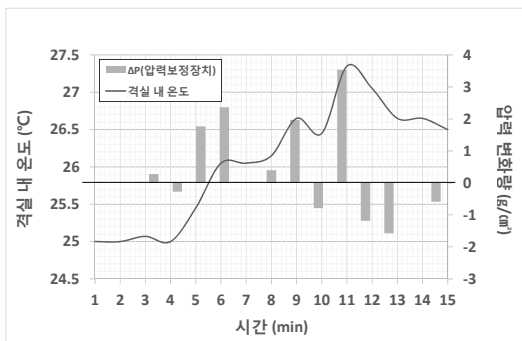


Fig. 4. Simulation result under irregular temperature change

또한, 격실기밀시험에서 규정하는 압력강하 허용치 기준이 8.8 g/cm² 인 구역을 고려하였을 때, 외부 온도의 영향으로 인한 압력 증가량이 시험 판정 결과에 영향을 줄 수 있음을 시뮬레이션으로 확인하였다. 10 g/cm² 압력강하 값을 가진 결합 격실에서 기밀시험 진행(10분) 간 내부 온도가 25 °C에서 28 °C로 증가한다고 가정했을 때, 압력보정을 적용한 결과와 그렇지 않은 결과는 Fig. 5과 같이 다른 판정 결과를 나타내었다. 따라서 압력보정 장치를 적용한다면 외부 온도의 영향을 배제하여 격실기밀시험 결과의 신뢰성을 확보할 수 있을 것이다.

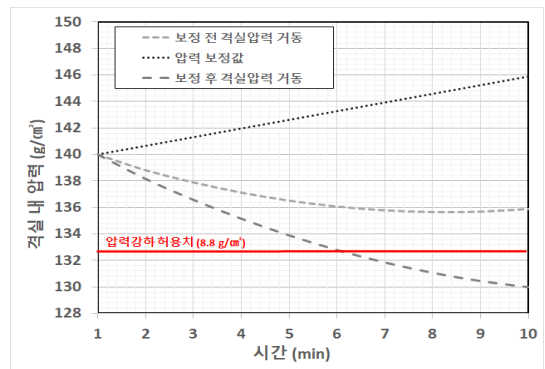


Fig. 5. Simulation result under the assumption of compartment defects

3. 결론

외기온도의 영향이 큰 여름철에 격실기밀시험 진행 간 유입되는 열이 내부 공기의 온도를 상승시키고, 이로 인해 격실 내부 공기가 팽창하여 격실 내 압력이 증가하는 현상이 식별되었다. 이러한 현상은 격실기밀시험 결과에 대한 신뢰성을 결여시킬 수 있다. 본 논문에서는 위와 같은 문제를 개선하기 위하여 수상함의 격실기밀시험 시 높은 외기온도에 의한 내부압력 증가 현상을 배제시킬 수 있는 압력보정 시스템을 고안하였다. 압력보정 시스템은 내부 온도변화를 감지하여 증가한 압력을 계산하고, 압력보정 값을 도출한다. 개발된 압력보정 계산 방법은 격실 내부 온도의 증가뿐만 아니라 유지 및 감소도 반영할 수 있으며, 가정된 격실기밀 시험 조건에서 시뮬레이션 결과를 NIST REFPROP 데이터베이스와 비교하였을 때, 압력보정 값 결과는 최소 0.126 %에서 최대 0.253 % 차이를 보였다.

개발된 압력보정 시스템의 실제 적용을 위해 온도계

설치 위치에 따른 영향성 등, 구체적인 방안에 관한 지속적인 연구가 필요하며, 압력보정 시스템 통해 계절과 관계없이 수상함 격실기밀시험의 신뢰성을 높이는데 이바지할 수 있을 것이다.

References

- [1] J. H. Kim, *A Study on Structural Vulnerability Countermeasure Design and Analysis Techniques for Survivability Enhancement of Naval Ship*, Ph.D dissertation, Korea Maritime & Ocean University Graduate School, Pusan, Korea, pp.1-2
- [2] S. K. Park, J.H. Choi, J.H. Kim, and G.Y. Gong, "Structural Integrity Evaluation of Sliding Type Watertight Door for Ship", *The Korea Society for Naval Science & Technology*, pp.008-010, March, 2019, DOI: <http://doi.org/10.31818/JKNST.2019.03.2.1.8>
- [3] S. M. Choi, D. K. Park, Y. K. Beak, "A Study on the Reliability Improvement of Compartment Leak Test in Surface Vessels", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.21, No.4, pp.546-551, 2020 DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.4.546>
- [4] U.S Maritime Transportation Research Institute, Improved Tank Testing Methods, Department of Commerce Maritime Administration, U.S, pp.1-140
- [5] R.O.K. Navy, Guideline for Watertight/Airtight Testing of Compartments and Tanks Survey, Criteria for Naval Ship Design & Construction, R.O.K. Navy, Korea, 1-9p.
- [6] D. E. Jung, C. Lee, S. L. Do, "Analysis of the Window Glazing Heat Transfer of Installation of an External Shading", *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol.32, No.6, pp.278-287, 2020 DOI: <http://dx.doi.org/10.6110/KFACR.2020.32.6.278>
- [7] J. H. Song, J.M. Oh, J.H. Lim, and S.Y. Song, "Energy Performance Evaluation of Metal-Exterior Curtain Wall Panel Systems", *Spring Conference of Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Seoul, Korea, Vol.35, No.1, pp.247-248, April, 2015.
- [8] G. Lee, "Recent Trends in Air-Conditioning Load Calculation Method", *The Society of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering of Korea*, Vol.3, No.2, pp.103-104, 1974
- [9] National Institute of Standards and Technology, Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties Database(REFPROP) [Internet], National Institute of Standards and Technology, c2009 [cited 2009 April 22], Available From:

<https://www.nist.gov/programs-projects/reference-fluid-thermodynamic-and-transport-properties-database-refprop> (accessed August 31, 2020)

민 일 흥(II-Hong Min)

[정회원]



- 2016년 2월 : 한국해양대학교 조선해양공학과 (공학사)
- 2018년 2월 : 한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 (공학석사)
- 2018년 1월 ~ 2019년 8월 : 현대중공업 중앙기술원 연구원
- 2019년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 함정센터 함정1팀 연구원

<관심분야>

조선해양공학, 다상유동

김 준 우(Joon-Woo Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 부산대학교 조선해양공학과 (공학사)
- 2010년 2월 ~ 2014년 8월 : 삼성중공업 설계팀
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 함정센터 함정1팀 선임연구원

<관심분야>

함정건조, 선체구조 및 정렬

손 기 중(Gi-Joong Son)

[정회원]



- 1998년 2월 : 창원기능대학 생산기계학과 (전문학사)
- 2008년 8월 : 한성대학교 경영대학원 국방경영학과 (석사)
- 1999년 4월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원 근무중
- 2019년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 함정1팀장

<관심분야>

국방경영, 기계