

함정 격실기밀 평가 방안에 대한 신뢰성 향상 연구

최상민*, 박동규, 백용관
국방기술품질원 함정센터 2팀

A Study on the Reliability Improvement of Compartment Leak Test in Surface Vessels

Sang-Min Choi*, Dong-Kyu Park, Yong-Kawn Beak
Defence Agency for Technology and Quality 2nd Naval Sea Systems Team

요약 함정에는 격벽으로 구분되어 나누어지는 공간인 격실이 종류와 목적에 따라 수개 혹은 수십 개가 존재한다. 이러한 격실들은 화재 및 화재로 인한 연기의 전이방지, 침수 시 침수의 확산 방지 등 특정 격실에서 발생하는 특이 상황들이 타 격실로의 전이를 방지하여 생존성 향상에 목적을 두고 설계된다. 생존성 향상 목적 달성을 위하여 각 격실들은 기밀 또는 수밀을 유지하도록 건조하며, 각 격실의 기밀 또는 수밀 정도를 확인하기 위하여 함정 건조 단계에서 평가를 수행한다. 건조하고 있는 군함에 관한 평가는 해군 지침에 의거하여 함 건조업체 주관으로 해군 및 국방기술품질원이 입회하여 평가를 실시한다. 생존성과 직결되는 만큼 격실 기밀 평가의 중요성은 매우 높아 명확한 기준에 따라 수행되고 있으나, 1개 이상의 복수개 격실 기밀 평가 시 1개 압력센서로 압력을 측정하여 격실 압력을 실시간으로 확인하는 것과 각 격실 별 미세한 압력 변동 사항 확인이 제한되는 것을 식별하였다. 따라서 본 연구에서는 현재 수상함정 중 군함에서 실시하고 있는 그룹 격실 기밀평가 방안에 대한 개선 방안 및 신뢰성 검증 방안에 대해 서술하였다.

Abstract Generally, surface vessels have many compartments for operation and living quarters, and each compartment is an important space for the ship's survivability. During ship construction, a compartment leak test is necessary and is carried out on each vessel. However, the current test method is in doubt when looking at the actual test results. The reason is that only one pressure gauge is used for the measurement to check the air, so an uncomprehended phenomenon is detected during group compartment leak tests. From this point of view, an improved test device and method are needed. In this study, a multi-channel data acquisition device with multiple pressure sensors is proposed to detect each compartment's pressure variation or pressure drop. This test is a more confidential<note: awkward/ambiguous> compartment leak test than the current method, and the test device can show real-time pressure detection values of each of the pressure sensors, which are installed in each compartment, including unmanned space.

Keywords : Compartment, Group Compartment, Leak Test, Trial, Multi Channel Cable, Surface Vessels

1. 서론

대한민국에서 운용중인 수상함정의 격실에 대한 정의는 유사한 차이가 있지만, 해군에서 사용되는 격실은 수

본 논문은 국방기술품질원 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Sang-Min Choi(Defence Agency for Technology and Quality)

email: cscsm90@dtqa.re.kr

Received January 3, 2020

Accepted April 3, 2020

Revised January 30, 2020

Published April 30, 2020

평수직 경계로 한정되어진 공간을 말하며, 커다란 공간 내에 구조에 의하여 형성된 작은 공간, 인장 철망 판격자(Expanded Metal) 또는 망격벽(Mesh Bulk Head)에 의하여 형성된 작은 구획이나 주 공간을 뜻한다[1]. 함정

의 종류와 목적에 따라서 함정마다 격실은 수 개에서 수십 개가 존재한다. 각 격실들은 화재 및 화재로 인한 연기의 전이방지, 침수 시 침수의 확산방지 등 특정 격실에서 발생할 수 있는 특이상황 및 비상상황의 현상이 타 격실로 전이되지 못하도록 기밀 또는 수밀을 유지하도록 설계되며, 본 사항을 반영하여 함 건조가 이루어진다. 격실은 함 승조원들이 거주하는 공간이며, 함 운용에 있어서 반드시 필요한 공간들로 구성되어 있어, 함 격실의 기밀이나 수밀이 불량하게 될 경우 해당 격실 및 인접한 격실을 사용하는 승조원들의 생존성과 직결되는 요소이다 [2]. 또한, 군함의 경우 함이 피격될 경우 폭발, 화생방, 화재 등에 의한 2차 피해 방지 및 생존성 확보를 위하여 격실의 기밀과 수밀은 매우 중요한 요소이다 [3].

각 격실의 수밀과 기밀의 정도를 확인하기 위해 함정 건조 단계에서 평가를 수행한다. 해군 수상함정의 경우에는 해군의 지침을 바탕으로 함 건조업체가 주관하여 국방기술품질원(이하 기품원) 및 해군 인수평가대가 입회하여 격실 기밀 평가를 실시한다. 시험 평가 방법은 하나의 격실에 대하여 평가를 수행하는 방법과 1개 이상 복수개의 격실을 하나의 평가 구역으로 그룹화(Grouping)하여 평가를 수행하는 방법이 있다. 전자와 후자의 평가 방법은 각 함정의 격실 위치와 목적에 따라 분류되며, 함 상세설계 단계에서 수밀·기밀 격실 분류 등과 함께 검토되어 확정되며, 추후 유관기관 검토 과정에서 변경될 수 있다 [4]. 두 평가 방법 모두 평가 결과를 확인하는 압력 센서는 1개를 사용하게 되므로, 후자 평가 방법의 경우 그룹화 된 격실 수가 늘어날수록 각 격실 안의 실시간 압력 변화나 압력 강하 현상 및 전체 그룹 격실의 압력 결과에 대한 정확한 측정이 어려운 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 해군 수상함정 대상으로 실시하고 있는 격실 기밀 시험평가 중 그룹화 평가 대상 격실에 대하여, 복수개의 압력센서를 이용하여 기존보다 높은 수준의 신뢰성을 확보할 수 있는 방법에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구를 통하여 쏘 격실에 대한 실시간 압력 변화량 및 격실 기밀 평가에 대한 신뢰성 확보를 통하여 보다 높은 안전성을 갖춘 함정을 확보할 수 있을 것이다.

2. 본론

2.1 격실의 종류

함정의 격실 및 구역은 함정의 목적과 종류에 따라 내부 공간별 기능 및 상호관계를 고려하여 조선소에서 소

요격실 검토를 실시하여 선정된다 [5]. 함정마다 격실 및 구역의 종류는 다양하지만 대다수의 해군 함정에 공통으로 적용되는 대표적인 격실의 종류는 아래와 같다.

2.1.1 기관실(Engine Room)

함정의 추진, 보조기관, 발전기 등 중요한 기계류 및 원동기들이 설치되어있는 공간으로 주로 수밀 격벽으로 시공된다.

2.1.2 조타실(Wheel House)

함정을 조종하는 조타 장치가 있는 격실로 조타에 필요한 자동조타장치 및 각종 항해기기가 설치되어 있는 공간으로 주로 기밀 격벽으로 시공된다.

2.1.3 전투지휘실(Combat Information Center)

작전 지휘 및 무장 통제 관련 특수 목적으로 군함에 설치되는 공간으로 각종 무장통제 및 전투지휘에 필요한 장비들이 설치되며, 주로 기밀 격벽으로 시공된다.

2.1.4 통신실(Radio Room)

함 내·외부와 통신을 목적으로 설치되는 공간으로 각종 통신체계 및 통신운용자 콘솔 등이 설치되며, 주로 기밀 격벽으로 시공된다.

2.1.5 중앙조종실(Central Control Station)

기관구역 및 손상 통제의 중심이 되는 공간으로 각종 컨트롤 콘솔 및 패널 등이 설치되며, 주로 기밀 격벽으로 시공된다.

2.1.6 함 승조원 거주격실(Crew Living Room)

함장실, 사관실, 식당 등 함 승조원들이 식사 및 휴식 등 실제 거주하고 생활하는 공간으로 생활 장비들이 설치되며, 주로 기밀 격벽으로 시공된다.

2.2 수상함정 격실 기밀평가 방법

대한민국 해군의 수상함정 시험평가는 선도함과 양산함으로 구분되어 실시되며, 본 연구에서는 양산함 평가 기준으로 연구를 수행하였다. 시운전 단계는 설치 검사인 1단계를 제외하고 2단계부터 총 5단계로 구성되어 있으며 상세 내용은 아래 Table 1과 같으며 단계 개념도는 Fig 1.과 같다 [6].

Table 1. Classification of Naval Surface Vessels's Trial

Classification	Step	Contents
Builder's Trial	2	Builder's Harbor Trial
	3	Builder's Sea Trial
Acceptance Trial	4	Harbor Acceptance Trial
	5	Sea Acceptance Trial

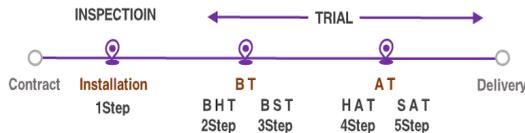


Fig. 1. Step of Naval Surface Vessels's Trial

위 단계 중에서 격실기밀 평가를 수행하는 단계는 2단계인 건조자 정박시운전과 4단계인 인수 정박시운전에서 수행한다. 격실 기밀평가의 목적은 함의 각 격실에 대한 밀폐성과 특정 부위에 대한 강도의 적합성을 검사하기 위함이며, 평가 기준은 수밀(Water-tight) 및 유밀(Oil-tight)은 0.1406kg/cm², 기밀(Air-tight)은 0.0176 kg/cm²의 압력으로 안정된 상태를 유지한 후 실시한다. 격실 기밀 평가 시 위 기준의 압력을 유지한 후 압력 강하가 10분 동안 Table 2에 명시된 값을 초과하지 않는 경우 밀폐가 완전한 것으로 판단한다[7].

Table 2. 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

Table 1과 Table 2의 기준에 의거하여 계약업체에서는 격실 기밀 평가를 수행하게 된다. 평가 방법은 크게 2가지로 분류할 수 있는데, 하나의 격실을 대상으로 격실 기밀 평가를 수행하는 방법과 복수개의 격실을 하나의 그룹 격실로 평가를 수행하는 방법이 있다. 그룹 격실은 함정 종류마다 상이한 부분이 있지만, 평균 10개 정도의 격실이 하나의 그룹 격실로 평가를 수행하게 된다. 하나의 격실을 대상으로 시험 평가를 실시할 경우, 각 격실에 대한 신뢰성 확인을 할 수 있는 장점이 있으나 시간이나 계약업체 공수 등 비용이 많이 발생하는 단점이 있다. 복

수개의 격실을 대상으로 시험 평가를 실시할 경우, 시간이나 비용은 절감할 수 있으나 각 격실에 대한 신뢰성을 확인 불가능한 단점이 존재한다. 두 시험 평가 방법에 대한 비교표는 아래와 같다.

Table 3. Comparison Result of Compartments Leak Test

Classification	Strengths	Weaknesses
Single(1)	High Reliability	High Labor&Cost
Group(10)	Low Labor&Cost	Low Reliability

격실의 개수가 많은 대표적인 OO함에서 그룹 격실 평가를 하는 항목 중 1개의 격실은 Fig.2과 같으며, 총 14개의 격실을 하나의 그룹 격실로 선정하였다. 보안상 이유로 각 격실의 이름은 음영처리 하였다.

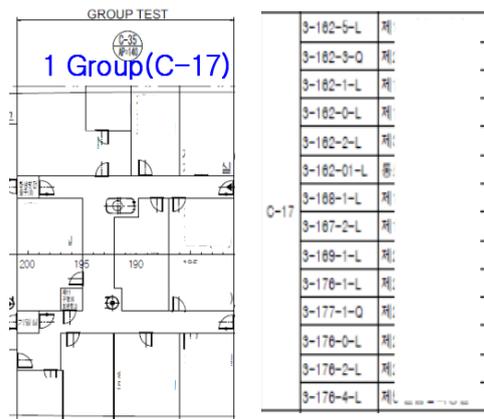


Fig. 2. Group Compartments Case of OO ship

2.3 현 실태 및 문제점

2.2 항에서 설명한 그룹 격실에 대한 기밀 평가 방법은 아래 Fig. 3와 같으며, 복수개의 격실에 대한 압력 계측 값을 하나의 압력 센서(Fig. 3 내 P)에 의지하여 평가를 수행하고 있음을 알 수 있다.

하나의 압력 센서를 이용해 단수의 격실에 대한 기밀 평가를 실시할 경우, 해당 격실의 실시간 압력 변화량을 확인할 수 있지만, Fig. 2와 같이 14개의 격실을 하나의 그룹 격실로 선정하여 기밀 압력을 측정할 경우 각 격실에 대한 실시간 압력변동 값을 실질적으로 계측할 수 없다. 또한, 주변 날씨, 기온 등과 같은 외부조건에 의한 특정 격실의 압력 변화를 실질적으로 계측하기가 어려울

것으로 판단되었다. 따라서 그룹 격실을 검사하는 평가 수행 시, 멀티채널로 신호를 계측·획득 가능한 데이터 수집 장치를 구비하고 복수개의 압력센서를 적용하여 그룹 격실의 기밀 평가에 대한 방법을 현재보다 높은 수준의 신뢰성을 확보하고자 연구를 수행하였다.

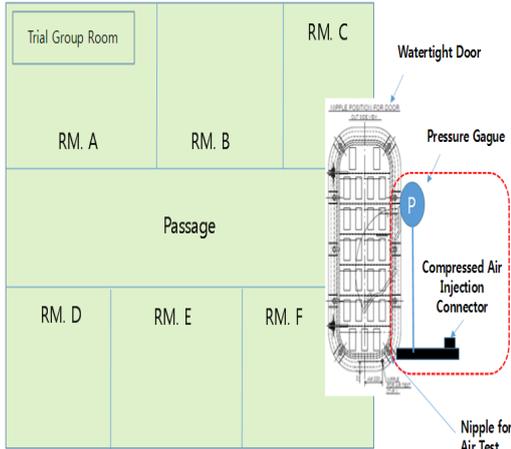


Fig. 3. Established Compartments Leak Test Method

2.4 개선방안 및 기대효과

그룹 격실 평가에 대해 식별된 문제점들을 보완하고 보다 높은 신뢰성을 확보할 수 있는 격실 기밀 평가 장치 및 방법은 아래와 같으며, 계측 장치의 구성은 아래와 같다.

2.4.1 복수개의 압력센서

복수개의 그룹으로 엮여진 격실 및 누설이 의심되는 특정 공간에 설치하여 각각의 압력 변화를 실시간 계측하기 위한 압력센서

2.4.2 높이 조절이 가능한 센서 거치대

각 격실에 설치되는 압력센서를 바닥에 놓을 수 없을 뿐 아니라, 누설 의심 구역 위치가 상부 구역인 경우 적절한 높이에 계측 압력센서를 설치하기 위한 거치대

2.4.3 멀티 코어 케이블

복수개의 격실에 설치된 복수개의 압력센서로부터 각각의 데이터를 획득하기 위한 케이블

2.4.4 멀티채널 데이터 수집장치

복수개의 압력센서로부터 한 번에 신호를 계측하여 결과를 실시간으로 저장하고 화면에 디스플레이 해주어 확인 가능하게 하고, 그래프 형태로 가시화하는 기능을 구비한 멀티 데이터 수집 장치 및 디스플레이 장치

2.4.5 개선 연결구

Fig 4.과 같이 압축공기 주입 커넥터가 구비되어 압축공기를 주입할 수 있고, 내부에 멀티 코어 케이블이 관통하되 케이블 관통부는 외부와 기밀 처리되어 있는 연결구

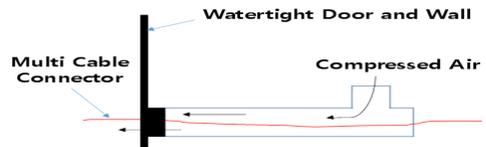


Fig. 4. Improved Connector

2.4.6 계측 방법

개선된 격실기밀 평가 계측 방안은 Fig. 5와 같이 먼저 격실기밀 평가를 수행할 그룹 격실을 선정 후 각 격실에는 복수개의 압력센서를 각 격실별로 설치한다. 그 후 선수, 선미 방향의 문을 모두 닫고 개선된 연결구를 연결한 다음, 압축공기를 주입하기 시작하여 각 격실별로 설치된 센서 에서 평가 기준이 되는 초기 설정 압력 값이 계측되기 시작하면 압축공기 주입을 중단한다. 그리고 각 격실에서 계측되는 압력 센서들로부터 압력의 변화를 실시간으로 모니터링하며 특정 격실에서의 압력감소가 나머지 센서 들의 평균 및 허용 압력감소량 보다 큰 경우는 평가를 중단하고 압력 누수 부위를 확인한다. 누수 부위가 식별되지 않고 허용 압력 감소량 보다 적은 경우에는 해당 격실의 평가를 완료한다.

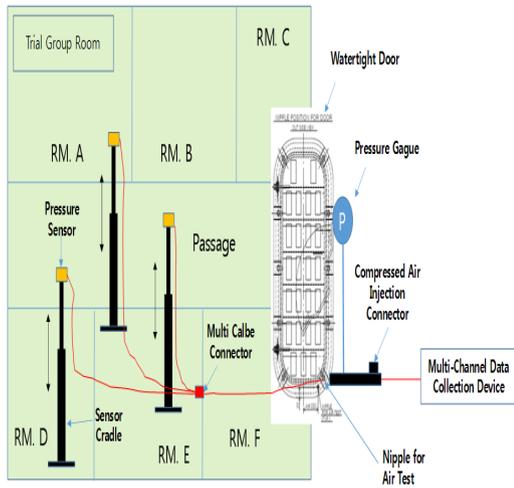


Fig. 5. Improved Compartments Leak Test Method

본 연구에서 도출된 개선 방안을 적용할 경우, 복수개의 압력 센서 각각의 계측 결과가 멀티채널 데이터 수집 장치 및 디스플레이 장치에서 실시간 확인되며, 압력의 변화 추이 또한 실시간 확인이 가능하여 기존에 수행중인 그룹 격실 평가 방법보다 신뢰성을 향상할 수 있다. 또한, 평가 후 계측 결과가 그래프로 출력되어 객관적인 시험 결과 산출물로도 활용할 수 있다. 만약 해당 격실 기밀 평가 결과에 대해 추후 문제가 발생할 경우에도 결과를 데이터로 기록보관할 수 있어 기존 방법보다 높은 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

2.5 기대효과

위에서 서술한 개선된 격실기밀 평가를 적용할 경우, 아래의 세 가지 효과가 기대된다. 첫째, 그룹 격실의 평가 진행 과정 중에 각 격실에 설치해둔 압력 센서들로부터 압력변화 값이 실시간으로 전송확인되므로, 기존의 시험 방법보다 한층 높은 수준의 신뢰성을 확보할 수 있다. 둘째, 각 격실별 압력 센서로부터 압력강하 수치가 산출되므로 기밀이 불량한 격실 및 개소를 특정하기 용이한데, 이는 기밀 누설 보완 작업에 도움이 되고 기밀 누설에 대한 데이터 축적 및 분석도 가능할 것으로 판단된다. 마지막으로 평가 결과가 그래프 형식으로 가시화되어 산출되므로 평가 결과의 합부 판정이 용이하며 나아가, 계약업체의 평가 수행자 및 입회자인 기품원-해군 담당자간에도 업무 편차가 줄어들어 평가 과정에서 발생할 수 있는 이견을 좁힐 수도 있을 것이다. 추가적으로, 본 연구에서는

대한민국 해군 수상함정에서 실시하고 있는 격실 기밀 평가에 국한되어 연구를 수행하였지만, 해군의 수중함, 일반 상선 및 해경 등 다양한 분야의 격실 기밀 평가 방법에 적용한다면 현재보다 높은 수준의 격실 기밀 평가 방안에 대한 신뢰성을 확보할 수 있을 것이다.

3. 결론

본 연구에서는 해군 수상함정의 그룹 격실 기밀 평가를 포함한 격실 기밀 평가의 신뢰성 향상 방안에 관한 연구를 수행하였다. 함정의 격실은 함 승조원들이 거주하는 공간이며, 함 운용에 있어서 반드시 필요한 공간들로 구성되어 있다. 하나의 격실에서 비정상 상황이 발생할 경우, 타 격실로 전이되지 못하도록 완벽한 기밀 또는 수밀이 필수요소이며 각 격실의 기밀 상태를 확인하기 위하여 함 건조 과정에서 시험 평가를 수행하게 된다. 현재 실시 중인 격실 기밀 평가 중 그룹 격실 기밀 평가는 함정마다 차이는 있지만 평균 10개 정도의 복수개의 격실을 하나의 그룹 격실로 선정하며, 1개의 압력센서로 산출되는 값으로 압력을 측정하게 된다. 이에 따라 각 격실의 압력 변화를 실시간으로 확인할 수 없어, 실질적인 압력 변동량을 측정하는데 제한이 있다고 판단되었다.

본 연구에서는 식별된 문제점을 개선하기 위해 그룹 격실을 검사하는 평가 수행 시, 멀티채널로 신호를 계측 획득 가능한 데이터 수집 장치를 구비하고 복수개의 압력센서를 적용하는 그룹 격실 기밀 평가에 대한 방법을 연구하였다. 본 연구를 통하여 계약업체에서 기존에 수행 중인 그룹 격실 기밀 평가 방법 보다 높은 수준의 신뢰성을 확보할 수 있는 평가 방법을 도출하였다. 그 결과 신뢰성 확보뿐만 아니라, 명확한 데이터와 그래프 등으로 평가 결과를 산출할 수 있어 자료 수집 및 결과 분석에 용이할 것으로 판단된다. 또한, 평가에 대한 객관적인 데이터 값을 얻을 수 있어 평가 수행자와 기품원-해군 평가 입회자 간 이견을 좁힐 수 있을 것으로 판단된다. 하지만, 본 연구에서 도출된 개선 장치에 대한 제작 및 실선 검증이 기품원 내 부득이한 사정으로 실시되지 못하였다. 따라서 추후 건조 함정에 대하여 본 연구에서 도출된 멀티채널을 이용한 그룹 격실 기밀평가 방법을 적용한 실선 검증에 관한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

References

[1] R.O.K. Navy, "Criteria for Compartment Name &

Numbering Designation Criteria for Naval Ship Design & Construction", R.O.K. Navy, Korea, pp 1, 2017.

- [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] R.O.K. Navy, "Guideline for Total Ship Survivability Management Criteria for Naval Ship Design & Construction", R.O.K. Navy, Korea, pp2-35, 2018.
- [4] R.O.K. Navy, "Criteria for Stability Criteria for Naval Ship Design & Construction", R.O.K. Navy, Korea, pp 1-15, 2018.
- [5] I. H. Hwang, J. H. Shin, Y. M. Kim, and J. G. Shin, "Spatial Arrangement of Naval Ships Considering Functions and Relationships between Compartments", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, pp.388-395, Oct. 2014,
DOI: <http://dx.doi.org/10.3744/SNAK>.
- [6] R.O.K. Joint Chiefs Staff, "Manual of Weapons System Test and Evaluation Manual", R.O.K. Joint Chiefs Staff, Korea, pp 1-175, 2015.
- [7] R.O.K. Navy, "Guideline for Watertight/Airtight Testing of Compartments and Tanks Survey", R.O.K. Navy, Korea, pp 1-9, 2018.

최 상 민(Sang-Min Choi)

[정회원]



- 2015년 8월 : 경북대학교 금속신소재공학과 (공학사)
- 2015년 9월 - 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 연구원

<관심분야>

함내 소음, 캐비테이션, 축계 진동

박 동 규(Dong Kyu Park)

[정회원]



- 2004년 8월 : 부산대학교 지능기계공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 ~ 2014년 12월 : 삼성중공업 기장설계 과장
- 2016년 2월 ~ 2018년 11월 : 특허청 차세대수송심사과 심사관
- 2018년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 선임연구원

<관심분야>

선박 적용 장비, IMO 환경 이슈,

백 용 관(Yong Kawn Beak)

[정회원]



- 2008년 3월 : 오사카대학 시스템과학과 (공학사)
- 2010년 3월 : 오사카대학 선박해양공학과 (공학석사)
- 2012년 7월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 선임 연구원

<관심분야>

선체구조, 위험식별, 표준화