

극지운항용 선박기자재(소재 및 부품)의 시험 표준화 연구

Study on standard test of shipbuilding equipment (materials and parts) for Vessels Operating in Ice-covered Waters

최준웅¹, 김권후^{2}
* J.W. Choi¹, K.W. Kim^{2*}

¹ 중소조선연구원, ² 부경대학교 금속공학과

* E-mail: jwchoi@rims.re.kr

Keywords: Winterization, , Standard Test, Ice-covered Waters, Shipbuilding Equipment.

1. 서론

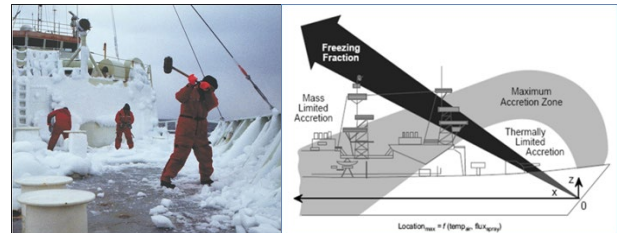
지구온난화 등의 기상이후 현상으로 인하여 극지해역의 해빙면적이 감소되었고, 항로단축과 자원개발 그리고 신사업 등의 경제적 이점으로 인하여 극지해역으로의 선박 유입량이 증가하고 있다. 2018년 8월 15일 기준 북극 해빙(sea ice) 면적은 5.7백만 제곱 킬로미터 정도로써 지난 2012년 보다는 크지만, 1981년부터 2010년까지의 평균 해빙 면적보다 1.58백만 제곱 킬로미터 줄어든 상황으로 해빙 면적이 전반적으로 줄어들고 있는 추세이다(URL: <http://nsidc.org>).



북극항로 개척에 따른 효과

이와 같이 북극 해빙 면적의 감소는 지구 환경시스템에 적지 않은 영향을 미치고 있지만 조선. 해양산업의 측면에서는 여름철 북극항로의 개방으로 신규 빙해선박 또는 극지 해양플랜트의 수요로 이어질 수 있어 새로운 기회를 제공하고 있다. 특히 국제해사기구(IMO)의 MSC와 MEPC를 중심으로 ‘극지해역 운항선박기준(POLAR CODE)’이 제정되었고, 2017년 1월부터 발효되면서 신규로 건조되는 모든 선박은 극지 운항 안전 규정의 적용을 받게 되어 극지방을 운항하는 선박의 안전에 대한 관심 또한 높아지고 있으며, 방한기술(winterization)도 선박

설계 및 운용 관점에서 매우 중요한 사항으로 여겨지고 있다.



선박의 운항 시 해수 분무에 따른 착빙 현상의 특징

극지해역을 운항하는 선박의 경우 상부 구조물 또는 각종 기기에 착빙(ice accretion or icing) 현상이 발생하게 된다. 이러한 착빙 현상은 공기 중에 있는 습기 또는 눈, 비, 안개 등과 선박 운항 시 바다로부터 불어오는 해수 분무(sea water spray) 현상에 의해 발생하게 되는데, 그 중에서도 해수 분무 현상이 착빙 현상을 발생시키는 가장 큰 요인으로 여겨지고 있다. 이처럼 해수 분무에 의해 착빙이 발생하는 조건은 풍속이 9 m/s 이상인 경우 대기 중 온도가 -1.7°C 이하이고, 수온이 7°C 이하일 때 형성된다. 그 외에도 운항시 선박의 속도, 바람과 너울, 파도에 대한 선박의 항해방향, 배의 길이, 건현의 높이, 선체 외부 강재표면의 온도 등에 의해서도 착빙이 발생하게 된다. 해수분무에 의한 물 입자들이 선수부와 선교 등으로 이동하면서 잠열(latent heat) 변화에 의해 강재 표면에 달라붙어 착빙을 발생시키게 되고 선미부로 갈수록 착빙 현상은 선수부 보다 완화되게 된다. 따라서 방한기술은 주로 선수부 구역과 상부 구조물 등에 집중되는 특징을 가지고 있다. 또한 착빙 문제는 선

박의 복원성을 저해 시키고 각종 기기의 작동을 방해하며, 승조원들의 작업과 안전성을 저하시키기 때문에 국제해상인명안전협약(SOLAS) 또는 각종 규정들을 만족 시키지 못하게 되어 궁극적으로는 선박의 안전 항해가 불가 능하도록 만들기 때문에 선박 설계 시 이러한 착빙 현상을 방지하거나 완화시키기 위한 기술들이 요구된다.

2. 극지운항 선박의 국제규정

2.1 국제규정 및 규격의 종류

국제 내빙 환경시험에 관련된 규정과 규격을 분석해보았다.

Table 1. 국제 규정 및 규격에 대한 명칭

규정 및 규격	명칭
MIL-STD-810F	USA Military equipment environment test
MIL STD 202F	USA army electronic component environment test
MIL STD 883E	USA army microcircuit environment test
JIS C 0010	Japanese electronic environment test
ISO 9022	Optical instrument environment test
EN/DIN EN/IEC 60068	Europe/Germany Europe/ international electronic component environment test
SAE	Environment test for lighting devices on vehicles and heavy-duty trucks
ASTM	American Society for Testing and Materials
KS	Korea industrial standard
DNV	Det Norske Veritas + GL
RMRS	Russian Maritime Register of Shipping
ABS	American Bureau of Shipping
LR	Lloyd's Register
IACS	International Association of Classification Societies
IMO	International Maritime Organization

Table 2. 국제 시험 및 규격 연관성 (내환경성 시험)

국제 규격	저온(low temperature) 환경시험	저온 재료시험	착빙/결빙 강우 (icing/freezing rain) 환경시험	진동-음향/온도 환경시험	진동/온도/착빙/풍향 복합 환경시험
MIL STD 810F	○		○	○	
MIL STD 883E					
MIL STD 202F					
IEC 600068	○		○		
JIS C 0010	○		○		
ISO 9022					
SAE					
KS		○	○	○	
ASTM		○			
ABS		○			○

DNV	○			○	○
RMRS	○				
LR					○
IACS					○
IMO					○

2.2 MIL STD 810F분석

Table 3. 결빙/ 동결 시험 절차

단계	상세내용
단계 1	시험 품목을 0 °C(-0/ +2 °C)에 고정
단계 2	시험 품목의 틈/통로로 물을 침투시키기 위해 1시간동안 에 냉된 물을 균일하게 분무(3 °C원 온도가 이상적이지만 5 °C 를 사용해도 된다 공급속도가 25mm/h)
단계 3	분무속도 유지, 바람이나 측면 분무는 시험 품목의 측면에 얼음이 축적되는 것을 도울 때 사용 시험 품목 온도, 분무속도, 노즐과의 시험 품목과의 거리등은 필요에 따라 변수를 변경할 수 있다.
단계 4	얼음경화를 위해 시험 챔버의 대기 온도를 최소 4시간 정도 유지
단계 5	얼음제거기술이 적용될 경우 얼음 제거 기술의 유효성을 기술
단계 6	규정된 저온 온도에서 제품의 시험품목의 작동을 시험
단계 7	필요시 단계 3~6을 반복하여 다른 두개의 얼음을 생성하여 반복 시험 한다
단계 8	표준 대기 상태에서 시험 품목을 고정하고 시험 사후의 작동 상태 점검
단계 9	예비시험 자료와 비교하기 위해 결과를 문서화 한다.(필요한 경우 사진 첨부)

Table 4. 시험의 구성 및 위치

항목	상세내용
시험온도	요구되는 환경 조건을 구성하는데 사용되는 시험온도는 시험절차에서 권고 시험 챔버와 물의 권장 온도는 시험 품목과 접촉하기 전에, 작은 물방울의 조급한 결빙을 방지하기 위해 서로 다른 크기의 설비에 맞게 조정되어야 한다. 결빙전에 (틈이나 균열등) 물의 침투를 허용하기 위해서는 초기 시험품목의 온도가 0도 미만이 아닌 것을 사용.
물 공급 속도	선명하고 균일한 유빙 얼음의 코팅을 생성하는 것이 목표 유빙 얼음의 균일 코팅을 생성할 수 있는 공급 속도는 모두 허용 할 수 있다. 기존의 시험 결과에 근거하여 시험 과정에 권장되는 물 공급 속도는 25mm/h이다.
물 공급 시험법	시험 품목의 상부, 측면, 전면, 전면, 후면 순으로 직접 분무시험 품목의 하부로 향하게 분무 하는 직접 분무 상부로 향하는 직접 분무 
물방울 크기	시험 품목의 사용 조건을 고려한 크기설정 . 일반 적으로 물방울의 크기가 직경 1.0mm에서 1.5mm 인 미세한 분무기 사용
얼음두께	6mm - 가벼운 로딩을 by시하는 일반 조건 13mm - 중간 로딩을 표시하는 일반조건 37mm - 무거운 지상 로딩이나 해상 마스트 로딩 표시 75mm - 대단히 무거운 지상 로딩이나 해상 갑판 로딩 표시
작동시 고찰	얼음으로 덮인 일부 시험품은 처음의 결정과정 없이 바로

사항	작동 시켜야 함. 예열된 표면과 같은 방빙 장치의 바른 작동유무 확인
----	---

3. 선급 규정

노르웨이-독일 선급(DNV-GL)은 선박의 방한기술 관련 기준 및 환경조건을 3가지 기준으로 표1에 나타내었다. Basic, Cold, Polar로 환경 기준을 분류한 것이 특징이다.

Table 5. DNV-GL winterization notation and typical design environmental conditions(DNV-GL, 2015)

Notation	Winterization temperature (tw)	Sea water temperature
Basic	-15 °C	+4 °C w/o ice class -2 °C w/ ice class
Cold	-30 °C	+2 °C w/o ice class -2 °C w/ ice class
Polar	-45 °C	-2 °C

러시아 선급(RS)은 방한기술 관련해 Table 4와 같이 두 개로 구분하고 있는데, Anti-Ice 부호는 Winterization 부호를 가지고 있지 않는 선박에도 적용되지만, Winterization 부호를 가지고 있는 선박에 대해서는 Anti-Ice 부호가 강제사항인 특징이 있다. 특히 Anti-Ice 부호는 anti-icing과 de-icing, icing protection으로 구분하고 있으며, Winterization 부호는 DAT 개념을 적용시키고 있고 DAT는 5년 동안 일일 대기온도 평균의 최소를 의미하는데, 주로 선체 및 장비의 강제 재료를 선정할 때 사용된다. 또한 러시아 선급의 경우 다수 선박의 극지해역 운항 경험과 실적을 바탕으로 규정 개발 시 기반 자료로 활용하고 있어 타 선급 규정보다 다소 엄격한 기준을 적용한다.

Table 6. RMRS 기준

Notation	Intended for
Anti-ice	Requirements for equipment of a ship by icing protection means
Winterization	Requirements for ship equipment to ensure long-term operation at low temperature

4. 결론 및 향후과제

Table 7. 표준개발절차

단계명칭	주요내용	표준유형
사전연구 단계	신규 표준과제 제안서 준비	신규표준과제 제안서
표준과제 제안 단계	신규표준과제 승인 추진	신규표준과제
표준초안 개발	작업초안 개발 추진	작업초안

단계		
위원회 의견 수렴 단계	위원회 초안 개발 및 승인 추진	위원회 표준 초안
회원국 의견 수렴단계	국제표준초안 개발 및 승인 추진	국제 표준 초안
표준승인 단계	최종 국제표준안 개발 및 승인 추진	잠정국제표준안
표준발간 단계	국제표준 확정 편집, 발간 추진	국제표준

결빙방지(ANTI- ICING)표준 절차에 대한 결과는 아래 표와 그림과 같이 도출 되었으며, 이는 빙해역 선박용 갑판장비에 대한 성능시험 절차(KS V 0940)로 표준 제정되었다.

Table 8. 시험온도

구분	성능시험적용 온도 °C
시험조건 1	-10 ± 3
시험조건 2	-20 ± 3
시험조건 3	-30 ± 3
시험조건 4	-40 ± 3
시험조건 5	-50 ± 3

시험시간

기준 환경(0 °C)에서 분당 온도 변화는 3 °C 이내로 유지하여야 하며, 온도 지속시간(duration time)은 최소 6시간을 유지하여야 한다. 단 -40°C 이하의 온도 조건에서는 시험을 수행할 경우 온도 지속 시간은 최소 2시간을 유지하여야 한다

Table 9. 해수분무

구분	내용
염용액 농도	KS C 0223에 따른다
해수공급	분무 장치에 공급하는 압축 공기에는 기름이나 먼지 등의 불순물이 없어야 한다 해수는 75 mm 이상 결빙이 가능하도록 충분히 공급되어야 한다.

Table 10. 시험절차

순서	내용
1	저온 시험실 내에 기준을 환경 (0 °C)에서 시험품을 설치한다
2	시험품의 작동 유무를 확인한다
3	각종 계측장비의 상태를 확인하고 설치한다
4	저온 시험실 시험 온도를 설정한다. 시험 요구 조건에 따라 열원 및 풍속 발생장치를 작동시킨다.
5	시험품의 온도를 시험온도 기준에 따라 안정화가 될 때까지 유지시킨다
6	해수 분무조건에 따라 해수를 분무한다
7	해수 분무 후 30분 이내에 시험품의 작동 상태를 확인한다.
8	저온 시험실 내의 온도를 풍속 기준에 따라 기준 환경 (0 °C)까지 상승시킨다.
9	기준 환경 (0 °C) 도달 후 20분 ~2시간 내 시험품의 작동 상태를 확인한다.

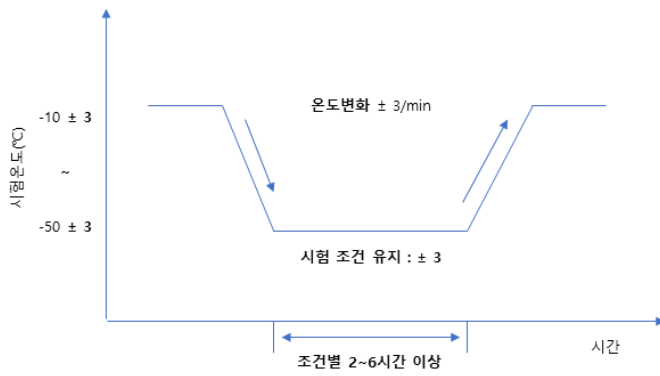


Fig. 3. 시험 절차 계략도

참고문헌

- [1] 극지운항용 선박에 적용되는 방한기술 동향 분석 ISBN 1225-1143,vol,56,No2,pp, 135-142, April 2019. (대한조선학회논문집)
- [2] 극지운항선박용 발열 핸드레일의 Winterization 성능에 관한 연구 ISBN 1225-1143,vol,56,No2,pp, 135-142, April 2019. (해양환경안전학회)
- [3] 극지용 저온 설계 및 Winterization 평가 기술, 산업부, 2014.