

1. 서론

선박 소음코드로 사용된 IMO Resolution A.468(XII)이 2012년 12월에 Res. MSC.337(91)로 개정되었다. 개정 소음코드 Res. MSC.337(91)는 소음기준 및 계측에 관련된 사항 등을 정의하고 있으며, Res. MSC.338(91)은 SOLAS 협약 제2-1장 제3-12규칙으로 편입됨과 강제화 및 적용 시기를 명시하고 있다.

SOLAS(Safety Of Life at Sea)의 강제화 주요내용은 아래와 같다.

- i) 국제항해에 종사하는 총톤수 1,600톤 이상의 선박은 선내 소음을 계측하고, 소음검사 보고서를 선내에 비치한다.
- ii) 선내 소음을 계측하는 자의 자격 요건을 마련하고, 선원이 거주하는 구역의 격벽 등에 차음 성능시험을 실시한다.
- iii) 선원의 청력 보호를 위해 고소음이 발생 하는 구역에 경고표지판을 설치한다.

개정 및 강제화 된 소음코드를 적용받는 선박은 2016년 상반기부터 인도될 예정이며, 이에 당사에서 기적용한 설계 및 소음계측 대책 등을 소개한다.

2. 개정 소음코드 검토

개정 소음코드 MSC.337(91)은 기관실 등 선박에서 발생하는 소음으로부터 선원의 청력 손상을 예방하기 위해 SOLAS 협약 제2-1장 제3-12규칙으로 채택되었다. 개정 소음코드는 소음기준, 소음계측 자격조건, 적용시기 뿐만 아니라 개괄적인 소음저감대책 등도 포함하고 있으나, 본 기술보고에서는 소음기준, 적용시기, 소음계측 자격조건에서 대해서만 간략하게 정리하였다.

2.1 소음기준

개정된 소음코드 MSC.337(91)에 의해 거주구역 최대허용 소음기준이 강화되었다. 그리고 격실 간 음향감쇠지수(sound reduction index) 요구치도 강화되었으며, 일부 구역 기준은 신설되었다. 표1과 표2에 개정 전 후의 소음 기준의 차이를 나타내었다.

개정 전후의 소음기준 차이를 요약하면, 총톤수 10,000 GT

의 전후로 소음기준이 분리되었으며, 거주구역의 소음기준이 5dB(A) 강화되었다. 격실 간 차음성능 요구치가 5dB 강화 되었으며, 통로와 선실사이의 요구치 등이 신설되었다.

표 1 거주구역 최대허용 소음기준의 강화 내용

거주 구역	개정 기준		기존 기준
	1,600GT이상 10,000GT미만	10,000GT 이상	
선실 병원	60	55	60
식당	65	60	65
휴게실	65	60	65
사무실	65	60	65

표 2 거주구역 격벽의 차음성능 강화 내용

구역구분	개정 기준	기존 기준
	가중음향감쇠지수, Rw	
선실과 선실사이	35	30
공용구역과 선실사이	45	45
통로와 선실사이	30	-
왕래가능한 문이 달린 선실과 선실사이	30	-

위의 차음성능 기준은 강제사항이나, 선박에 패널, 문 등이 설치된 후의 실선 차음 시험은 권고사항이다.

2.2 적용시기

개정 소음코드의 적용 시기는 아래와 같다.

- 1) 2014년 7월 1일 이후 건조계약이 이루어진 선박; 또는
- 2) 건조계약이 없는 경우, 2015년 1월 1일 이후 용골이 거치되거나, 또는 이와 동등한 건조 단계에 있는 선박; 또는
- 3) 인도일이 2018년 7월 1일 이후인 선박

위의 적용시기에 의해 당사는 2016년 상반기에 인도되는 선박 일부에 개정 소음코드를 적용하였다.

2.3 소음계측 자격조건

개정 소음코드는 소음계측자의 자격조건을 기술표준 ISO 17020/25에 따른 품질시스템을 인증 받은 기관에서 선박의 소음계측 업무를 수행한 경력이 있는 자로 명시하고 있다.

개정 소음코드가 SOLAS에 편입되어 선박의 강제화 사항으로 되었다. 그래서 선급에서는 소음계측 자격 심사를 확인한 후, 자격 등록된 업체에게 소음계측 자격조건을 부여하고 있다. 물론, 시운전 소음계측시에는 선급 현장 Surveyor가 입회하도록 하고 있다.

당사는 선급으로부터 소음계측 자격인증을 획득하여 시운전 소음계측을 자체 수행할 예정이다.

3. 소음코드 적용대책

개정 소음코드 SOLAS의 강제화 주요 내용에 의거하여 적용대책을 분류하였다. 각 조선소의 거주구 배치나 구조가 다르기 때문에 조선소별로 다른 대책이 필요하며, 본 기술보고에서는 당사에 적용한 대책을 아래와 같이 서술하였다.

3.1 최대 허용 소음기준 대책

거주구역의 소음기준 만족여부를 평가하기 위해 실적선의 계측결과를 참고하여, 소음기준을 상회하는 고위험 구역을 선정하였다. 선정된 고위험 구역에 대해 주요 기여 소음원을 파악하고 저감 대책을 마련하였다. 아래에 실제로 고위험 구역 선정과 소음저감대책을 제시하였다.

실적선 자료 중 거주구역 Tally office가 기존 소음기준은 만족하나, 5dB 엄격해진 개정 소음기준은 만족하지 못하였다. 주요 기여 소음원은 인접한 팬소음으로 판명되었으며, 250Hz 이상의 중주파수 대역이 주성분으로 분석되었다. 소음저감 대책으로는 Office와 팬 사이에 완충구역을 설치하여 팬에서 전달되는 공기음을 차단하였다. 추가적으로 중주파수 대역에 저감효과가 있는 흡음재를 벽과 천장에 추가 시공하였다. 그림 1에 Tally office의 호선별 소음수준과 옥타브 밴드 소음수준을 나타내었다.

위의 경우와 같이 거주구역에 대해 고위험 구역을 산정하여, 기여 소음원, 공기음과 고체음으로 인자를 분류하여 소음저감 대책을 마련하였다. 최선의 대책은 초기설계 단계에서 소음원과 거주구역을 분리하는 배치도를 작성하는 것이며, 차선택으로는 흡차음재를 추가로 설치하는 소음저감 대책이다.

시운전시 기본적으로 LAeq로 계측하고 85dB(A) 초과하는 구역은 LCeq와 LCpeak로 계측하여, 청력손상방지 대책의 참고자료로 활용하여야 한다.

Tally office

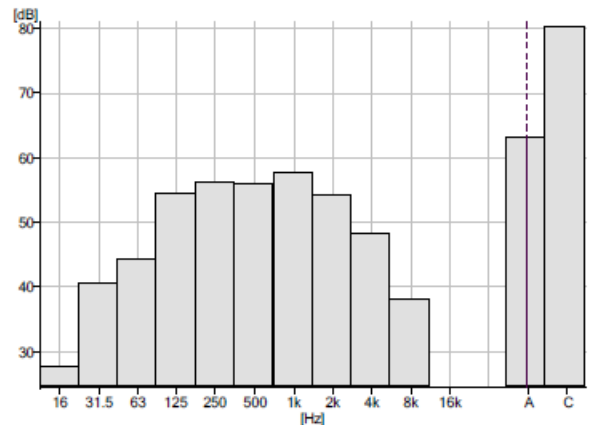


그림 1 Tally office 호선별 소음수준과 옥타브 밴드 스펙트럼

3.2 격실사이 차음기준 대책

일반 상선에서는 거주구역 선실사이의 실선 차음시험을 수행하지 않았다. 개정 소음코드에서도 실선 차음시험이 강제적이지는 않고, 차음성능은 기술표준 ISO 14140-2:2010 (Acoustics—Laboratory measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 1: Airborne sound insulation)에 따라 시험기관에서 행하는 시험에 적합하여야 한다고 명시되어 있다. 다만, 시운전 중에 소음계측 시 재료의 설치 위치가 의문스러운 경우에는 대표적인 칸막이, 마루, 문 등을 선택하여 계측할 수 있다고 명시되어 있다.

실제 현장에서 판넬이나 문 등의 설치 상의 정확도가 떨어

지기 때문에 차음기준을 만족하는 못하는 경우가 있다. 최근의 선주 주도 상황에서는 선주의 실선 차음시험 요구를 무시할 수 만은 없을 것으로 판단된다.

이에 당사에서 건조하는 호선에 대해 실선 차음시험을 수행하고, 거주구역 격벽의 실제 가중음향지수를 구하였다.

실선 계측방법은 ISO 16283-1:2014(Acoustics-Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements-Part 1: Airborne sound insulation)에 준하여 수행하였으며 아래의 식으로 최종 가중음향감쇠지수(R_w)를 구할 수 있다. 여기서 계측인자는 수음실 배경소음(B2), 잔향시간(T2)와 수음실과 음원실의 음압수준(L1 & L2)이다.

$$R_w = L1 - L2 + 10 \log(S/A)$$

- L1 : 음원실의 평균 음압레벨
- L2 : 수음실의 평균 음압레벨
- S : 공동 격벽의 면적 (m²)
- A : 수음실의 흡음면적 (m²)

$$A = 0.16V/T$$

- V : 수음실의 체적 (m³)
- T : 수음실의 잔향시간



수음실 배경소음 & 잔향시간 계측



음원실 & 수음실의 음압수준 계측

그림 2 실선 차음시험 절차

계측절차는 아래의 3단계로 요약할 수 있다.

- 수음실의 배경소음 계측 (B2)

- 수음실의 잔향시간 계측 (T2)
- 음원실과 수음실 음압수준 계측 (L1 & L2)

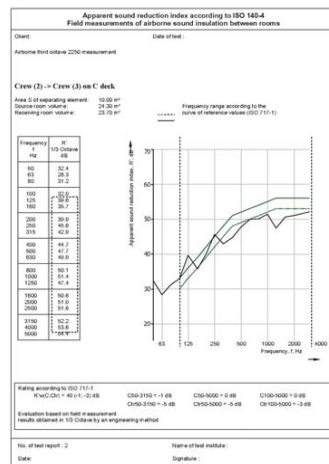
그림 2에 실제 계측사진을 나타내었다. 그림 3은 실선 차음 계측 결과를 분석하여 최종 가중음향지수를 추출한 결과이다.



배경소음과 수음실 & 음원실 소음수준



수음실 잔향시간



최종 가중음향감쇠지수

그림 3 실선 차음시험 결과

실선 차음시험 결과를 요약하면

- 1) 강 격벽이 있는 경우는 차음수준이 약 45dB 이상으로

계측되었다. 공용 공간과 선실사이에 강 격벽을 설치하면 기준을 만족시킬 수 있다.

2) 기존의 50mm 판넬은 차음수준이 30dB 전후이므로, 선실과 선실사이에 사용하기 위해서는 High noise reduction 판넬로 교체해야 한다.

3) 통로와 선실사이는 강 격벽의 유무와 관계없이 차음기준 30dB를 만족하지 못하였다. 그 이유는 문 틈새로 고주파수 성분이 전달되기 때문이다. 2차 실선 시험에서는 일반 문 대신에 High noise reduction 문을 사용하여 기준을 만족함을 확인할 수 있었다.

위의 차음시험 결과를 반영하여, 선실과 선실사이의 판넬과 선실 문을 High noise reduction 판넬과 문으로 교체하였다.

3.3 경고표지판 대책

소음수준이 85dB(A)보다 높은 구역의 경우는 다음의 표 3과 그림 4를 참조하여 출입구에 경고판을 부착하여야 한다. 해양수산부 공고에서는 영구적인 표식을 위해 아크릴 재질로 경고판을 제작하도록 하고 있다.

표 3 소음이 있는 장소의 입구 표시

소음이 있는 장소의 입구의 표시 Signs at the Entrance to Noisy Rooms	
80-85 dB(A)	소음이 많으므로 청력보호기를 사용하세요 High Noise Level : Use Hearing Protectors
85-110 dB(A)	소음이 위험한 수준이니 반드시 청력보호기를 사용하세요 Dangerous Noise Level : Use of Hearing Protectors Mandatory
110-115 dB(A)	주의 : 소음이 위험하므로 청력보호기를 사용하고 오래 머무르지 마세요 Caution : Dangerous Noise Level - Use of Hearing Protectors Mandatory (Short Stay Only)
> 115 dB(A)	주의 : 높은 소음이 발생하므로 반드시 청력보호기를 착용하고 10분 이상 머무르지 마세요 Caution : Excessively High Noise Level - Use of Hearing Protectors Mandatory - No Stay Longer Than 10 Minutes)



**Warning
Noise
hazard zone**



**Ear
protection
must
be worn**

그림 4 그림으로 된 경고 표지판

85dB(A)이상이 되는 구역은 아래와 같을 것으로 판단되며, 시운전시 계측결과를 통해 확인해야 한다.

- 작업구역

Engine room & Fan room

Steering gear room & CO2 room & Cargo compressor room 등

- 거주구역

Emergency generator room & Air handing unit room

4. 결론

본 기술보고에서는 개정 및 강제화 된 소음코드에 대해 검토하였으며, 이를 토대로 설계반영 사항 및 계측시 요구되는 사항 등을 서술하였다. 그리고 설계에 적용된 소음대책을 간략히 소개하였다.

- 1) 개정 소음기준은 거구구역의 최대 허용 소음기준이 5dB(A) 강화되었으며, 차음기준도 5dB 강화 및 신설되었다.
- 2) 최대 허용 소음기준 만족여부를 평가하기 위해, 실적선의 계측결과를 토대로 거주구역 내 고위험 구역을 산정하여 소음저감 대책을 마련하여 설계에 반영하였다.
- 3) 실선 차음시험을 통하여 현 설계 상태와 현장작업의 차음 성능을 검증하였으며, 불만족하는 구역에는 High noise reduction 판넬과 문을 적용하였다.
- 4) 개정 소음코드가 적용된 선박은 2016년 상반기에나 기준 만족여부를 최종적으로 평가할 수 있으며, 아직 적용 초기단계이므로 후속선에 반영할 사항이 많을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 강선의 구조기준개정안 행정예고, 해양수산부 공고 제 2014-246
- [2] 소음 코드 기술 세미나, 한국선급, 2015
- [3] RESOLUTION MSC.337(1), ADOPTION OF THE CODE ON NOISE LEVELS ON BOARD SHIPS
- [4] IMO 소음기준 개정 및 강제화에 따른 연구개발, 한진중티엠에스 연구보고서, 2015

권 중 현



- 1969년생
- 부산대학교 조선해양공학과 석사
- 현 재 : 한진중 티엠에스 부장
- 관심분야 : 선박 진동 & 소음
- 연 락 처 : 051-998-7611
- E - mail : kjh5103@hhic-tms.com



김 문 수

- 1960년생
- 부산대학교 조선해양공학과 석사
- 현 재 : 한진중 티엠에스 부장
- 관심분야 : 선박 진동 & 소음
- 연 락 처 : 051-998-7610
- E - mail : mskim@hnic-tms.com



양 성 봉

- 1976년생
- 충남대학교 선박해양공학과 석사
- 현 재 : 한진중 티엠에스 차장
- 관심분야 : 선박 진동 & 소음
- 연 락 처 : 051-998-7612
- E - mail : sbyang@hnic-tms.com

대한조선학회지 e-Book 발간

대한조선학회지 52권 1호(3월 30일 발행)부터
전 회원분들께 e-book을 이메일로 송부 하였습니다.
인쇄본을 신청하신 분들께는 우편으로 인쇄본을
보내드리도록 하겠습니다.

대한조선학회지(e-book)는 학회홈페이지에서 보실 수
있습니다.