

특집

선박 및 해양플랜트
소음진동 기준선박 및 해양플랜트
소음진동 선급 기준

박 재 흥*

(한국선급)

1. 머리말

선박의 과도한 소음 및 진동 발생을 방지하기 위하여 설계와 건조 및 시운전 과정에서 대상 선박의 소음진동 수준을 평가하고 각 단계별로 그에 적절한 대책을 강구해 나가야 한다. 최종적으로는 선박의 시운전 시 계측에 의한 평가가 이루어지며, 평가의 기준은 일반적으로 대표적으로 ISO(International Organization of Standardization)의 국제표준, 각 선급의 규칙, IMO(International Maritime Organization, 국제해사기구) 협약, 각 국가의 법령, 해당 기관의 표준 그리고 건조시방서 등에서 정하고 있다. 이 중에서 선급 규칙을 중심으로 선박 및 해양플랜트 소음진동 규칙에 대해 알아본다.

선박의 진동을 평가하는 관점으로는 선원(또는 승조원) 또는 승객의 거주성(habitability) 및 작업성, 구조 부재의 피로파괴 발생 가능성, 기기·기계·기구 등의 성능 보전성, 예민한 화물의 안정성 등을 고려할 수 있다. 이 중에서 선원 또는 승객의 거주성 및 작업성에 진동이 미치는 영향을 평가하는 환경 진동에 대해 각 선급은 평가 기준을 제시하고 있으며 점차 엄격해 지는 추세에 있다.

선박에 있어 실내소음은 승조원의 청력보호, 근무 환경의 개선 및 승조원 간의 원활한 의사소

통을 위해 관리되는 중요한 성능이다. 선박의 각 격실에서 격실의 성격에 따라 소음레벨의 상한선을 두고 있으며, 권장되는 소음 수준은 승조원이 오랜 시간 동안 근무해야 하는 경우 그 기준이 까다로워, 선박 보다는 해양플랜트가 해양플랜트 보다는 함정의 소음 기준이 더 강화된 값으로 주어진다. 선내소음 규제는 1962년과 1970년 ILO의 해사위원회 결의에 따라 법제화되었다. 1981년 IMO에서 소음 기준에 대한 국제 표준을 정하였으며, 2013년 IMO에서는 결의서(Res.485)를 내용으로 하는 국제 법규를 강제화하게 된다.

해양플랜트의 진동은 단 방향 또는 3축 방향 가속도계를 이용하여 계측을 수행하여 왔다. 과거의 수평 혹은 수직 단일방향의 단일 주파수 값으로 평가하던 것이 최근에는 3축 방향 진동의 총응답량(overall value)를 평가 지표로 하는 것이 일반적이다. 해양구조물의 주요 발주처는 자체 기준을 가지고 있으며, 또한 각 선급에서 제시하는 적용 기준을 따르기도 한다.

이 글에서는 선박의 소음 및 진동 평가 기준에 대해 소개하였다.

2. 선박의 진동 평가 기준

선박의 진동은 크게 진동에 노출된 인체의 영향, 즉 선원이나 승객의 건강, 안락성을 평가하는

환경 진동과 피로파괴 가능성 관점에서 구조부재의 진동 영향을 평가하는 선체구조 진동으로 나누어 생각할 수 있다. 각 선급에서 제시하고 있는 평가 기준을 알아본다.

2.1 환경 진동(environment vibrations)

각 선급들은 환경 진동 기준을 제시하고, 계측된 진동값이 규정에서 정의하는 값을 만족하면 선급부기부호를 부여한다. 이는 강제화된 규정은 아니나, 최근 선주의 선택사양으로 선박의 고급화 및 선원들의 근무조건 향상 요구와 맞물려 적용 예가 늘어나고 있다. 대표적인 선급인 DNV, GL, ABS 및 NK 등 선급이 제시하는 기준은 다음과 같다.

(1) DNV

노르웨이 DNV 선급은 Comfort Class; 2001⁽⁴⁾을 통하여 선박 내 각 구역별로 선원 및 여객에 대한 환경 진동 기준을 제시하고 있으며, 기준을 만족하면 안락성(comfortability)을 고려한 COMF-V 부기부호를 부여한다. 특히, DNV는 선박을 여객선, 화물선, 고속선과 요트로 분류하고 위치별 세부 공간을 다시 분류한다. 그리고 3단계(1,2,3)의 등급지수(cm; comfort rating number)에 따른 진동 기준을 제시하고 있다. 진동값은 5~100 Hz 범위의 단일 주파수 피크값(mm/s, peak)으로 나타내며 이에 따른 부기부호 형식은 "COMF-V cm #”와 같다.

(2) GL

독일 GL 선급은 Harmony Class; 2004⁽²⁾을 통하여 수선간장(L_{BP})이 120 m 이상인 선박을 승객구역과 선원 구역으로 나누고, 위치별 세부 공간을 분류하여 환경소음과 환경 진동 기준을 제시하여, 그 기준을 만족하면 안락성(comfortability)을 고려한 GL-hc 부기부호를 부여한다. 진동값은 ISO 6954:2000⁽³⁾에서 정의하는 1~80 Hz 범위의 주파수 가중 rms 값을 사용한다. 특히, GL 선급은 선박의 운항 모드에 따라 3가지(sea mode, harbour

mode, thruster operation mode) 분류하고, 등급지수(rating rate)를 5가지(E excellent comfort, 1 very high comfort, 2 high comfort, 3 moderate comfort, 4 acceptable comfort)로 구분하여 진동 평가 기준을 제시하고 있고 이에 따른 부기부호 형식은 "GL-hc_{pass}-E” 혹은 "GL-hc_{crew}-1”와 같다. 그리고 GL 선급은 선속이 25 knot가 넘는 선박에 대하여 좀 더 완화된 진동기준 값을 별도로 적용한다⁽⁴⁾.

(3) ABS

미국 ABS 선급은 여객의 안락성(comfortability)을 고려한 COMF Class; 2001⁽⁶⁾, 선원의 거주성(habitability)을 고려한 HAB Class; 2001⁽⁶⁾로 구분하고, 거주구의 설계, 진동, 소음 및 실내기후 조건 및 조명 등에 대한 부기 부호를 부여하고 있다. 진동 평가 기준은 1~80 Hz 범위의 주파수 가중 rms 값을 사용하는데, 주파수 가중곡선은 BS:6841:1987⁽⁷⁾을 적용한다. 다축 진동을 계측하는 경우에는 각 축의 주파수 가중 rms 가속값의 제곱의 합의 제곱근의 값(square root of sum of square) 값을 사용한다. 승객에 대한 안락성 등급 기준으로 "COMF”와 보다 강화된 기준을 만족하는 경우 "COMF+” 부기부호를 부여하며, 한편 선원에 대한 안락성 등급 기준은 "HAB”와 "HAB+”의 등급 기준에 해당하는 진동기준값(가속도)을 제시하고 있다. 특히, "COMF+”에서는 저주파수 성분(0.1~0.5 Hz)으로 배멀미 기준값으로 MSDVz(vertical motion sickness does value)을 제시하고 있다.

(4) NK

일본 NK 선급은 ISO6954:2000⁽³⁾의 기준에 따른 진동 평가 기준(즉, 1~80 Hz 범위의 주파수 가중 rms 값)에 따라서, 등급지수(rating number)를 3가지(A,B,C)로 구분한 진동수준을 제시하고 있다⁽⁸⁾.

2.2 선체구조 진동

선체구조 진동은 주로 구조부재의 피로파괴 관

점에서 평가 기준을 제시한다. 그러나, 구조물의 재질, 형상 및 구조물의 기능 등에 따라 진동수준이 크게 달라 일반적인 적용은 어렵다. 여러 선급에서는 선체구조진동에 대한 지침(guidance)을 개발하여 제공하고 필요시 참고할 수 있도록 하고 있으며, DNV 선급은 선체구조진동 기준이 제시된 진동 평가 기준을 만족하면 부기부호를 부여하기도 한다.

대표적인 선급 기준으로 DNV 선급의 "Vibration Class:2011"⁽⁹⁾, ABS 선급의 "Guideline Notes on Ship Vibration;2006"⁽¹⁰⁾ 그리고 영국 LR 선급의 "Ship Vibration & Noise Guidance Notes:2006"⁽¹¹⁾에서 선체구부구조의 진동 평가 기

준을 다루고 있다. 진동 평가 기준은 변위, 속도 및 가속도값으로 간략히 제시하고 있는데, 이를 비교해 보면 표 1과 같다.

2.3 각 선급의 환경 진동 평가 기준의 비교

2.1절에서 설명한 각 선급의 환경 진동 기준을 ISO 6954:2000⁽³⁾과 ISO 6954:2009⁽¹²⁾과 비교하여 도시하면 그림 1과 같다. 가장 엄격한 기준인 ISO Class A, DNV COMF-V crn 1 그리고 GL_HC_{pass}-E(25knot 이하)를 비교한 것이다. 그림에 따르면 GL-E, DNV cm1 순으로 기준이 가장 엄격하고, GL_hcpass-4의 기준은 ISO Class A의 하한선과 상한선 사이에 위치함을 볼 수 있다.

표 1 선체구조 진동 평가 기준

단위	DNV	ABS	LR
변위(mm)	-	1.0~2.0 (1~5 Hz)	0.25 peak (5~300 Hz)
속도(mm/sec)	45 for steel (4~200 Hz)	30~60 (5~100 Hz)	30 peak (5~300 Hz)
	15 for aluminum (4~200 Hz)		
가속도(mm/sec ²)	-	-	20 peak (5~300 Hz)

- 1.Class A : Passenger cabin
- 2.Class B : Crew accommodation
- 3.Class C : Working area

- DnV - Peak value
- Passenger accommodation
- Crew accommodation

- GL- Cruise v<=25knot,
- Overall frequency-weighted r.m.s value
- for Passenger standard cabins
- for Crew Day & Sleeping RM / Officers

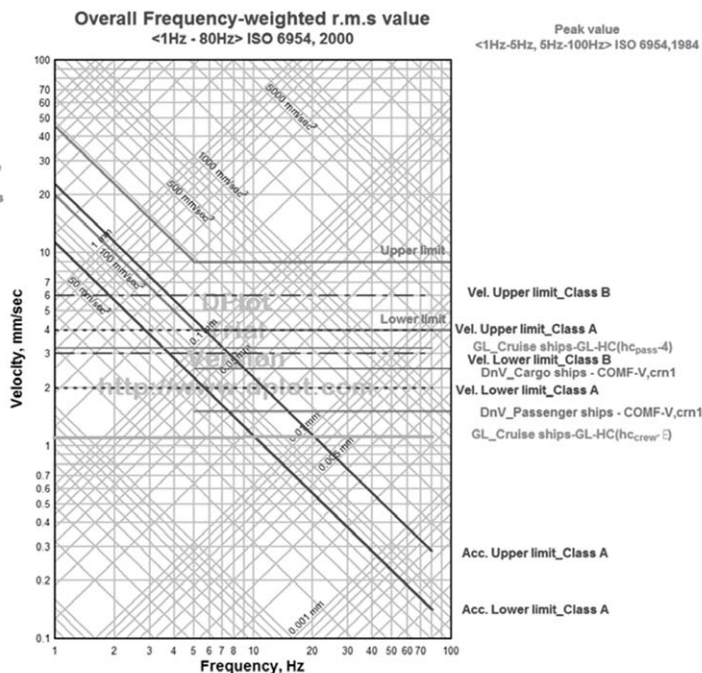


그림 1 환경 진동 평가 기준의 비교

3. 선박의 소음 평가 기준

각 선급에서 소음 평가 기준을 제시하고 그 기준을 만족하는 경우 부기부호를 부여한다. 부기

부호 부여 방법은 환경 진동에 대한 부기부호 부여 방법과 동일하다. 또한 각 선급에서 소음 계측을 위한 조건을 제시하고 있는데, 일반적으로 항시운항조건(normal seagoing condition)에서 MCR

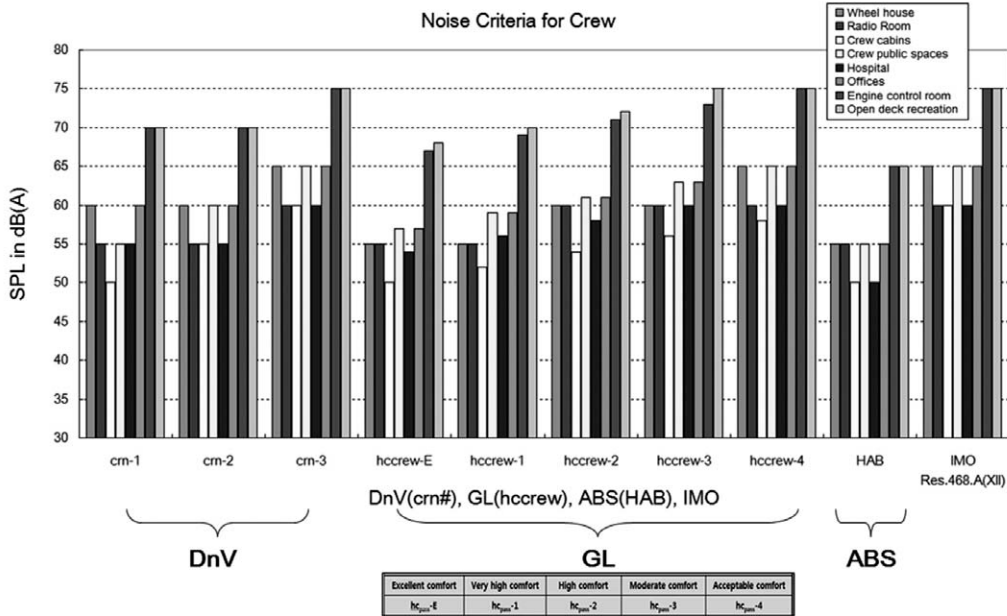


그림 2 각 선급의 선원에 대한 소음 평가 기준의 비교

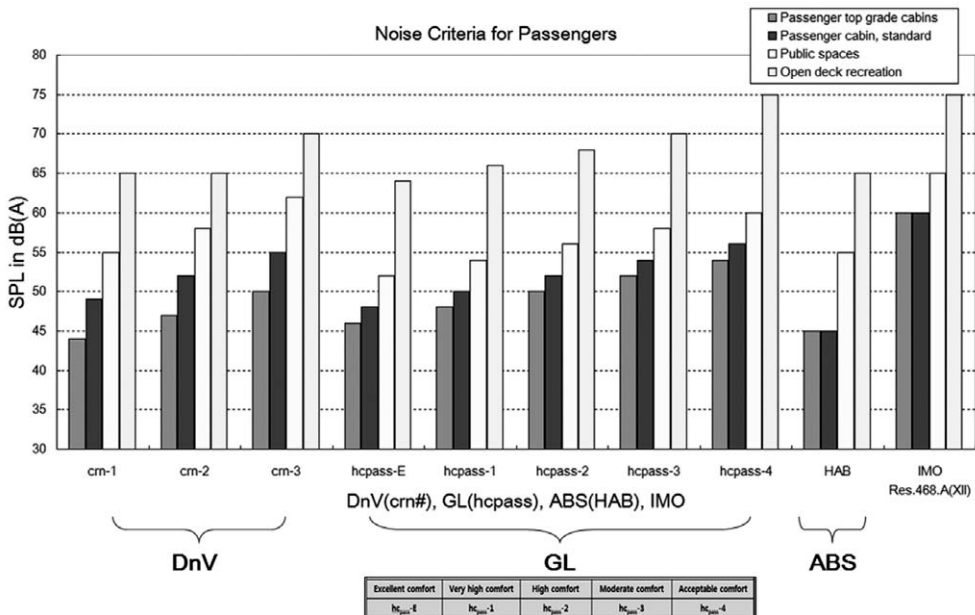


그림 3 각 선급의 승객에 대한 소음 평가 기준의 비교

의 85 % 이상의 속도로 운항하면서 온도조절장치와 순환장치를 최대로 작동하며 15초 이상의 계측 시간을 요구하고 있다. 소음 평가 기준은 보정 음압 레벨 dB(A)를 적용한다.

DNV 선급, GL 선급, ABS 선급의 부기부호에 따른 소음 평가 기준과 IMO 결의서 IMO Res.468.A(XII):1981⁽¹³⁾의 소음허용치를 선원과 승객에 대해 비교 도시한 것이 그림 2와 그림 3이다. 선원들에 적용한 거주성 확보를 위한 소음 평가 수준은 각 선급이 제시하는 최저 등급(DNV cm-3, GL hc_{crew}-4)과 IMO 소음허용치가 비슷한 수준임을 볼 수 있다. 거주성 등급이 높아지면 평가 기준도 높아져 DNV cm-1과 GL hc-E 등급은 5 dB(A) 정도의 높은 기준을 제시하고 있다. IMO는 승객에 대한 별도의 소음허용치를 제시하지 않고 같은 수준을 적용한다. 그림 3에 따르면, 선급의 최고 등급 기준으로 선실에서의 소음 평가 기준은 45 dB(A) 수준이다. 이는 IMO 등에서 제시하는 일반 상선 선실의 소음허용치 60 dB(A)와 비교하여 15 dB(A) 엄격한 값이다. 이는 여객선은 설계 단계부터 방음 방진 설계에 많은 노력을 기울여야 하는 이유가 되겠다. [KSNVE](#)

참고문헌

- (1) Det Norske Veritas, 2011, Rules for Classification of Ships, Part 5 Chapter 12 Special Service and Type Additional Class Comfort Class.
- (2) Germanischer Lloyd, 2004, Rules for Classification and Construction, 18. Harmony Class - Rules on Rating Noise and Vibration for Comfort, Cruise ships ($v \leq 25$ kn).
- (3) ISO6954:2000, Guidelines for the Measurements, Reporting and Evaluation of Vibration with Regard to Habitability on Passenger and Merchant Ships, ISO-International Organization of Standardization.
- (4) Germanischer Lloyd, 2004, Rules for Classification and Construction, 18. Harmony Class - Rules on Rating Noise and Vibration for Comfort, Cruise Ships ($v > 25$ kn).
- (5) American Bureau of Shipping, 2001, Guide for Passenger Comfort on Ships.
- (6) American Bureau of Shipping, 2001, Guide for Crew Comfort on Ships.
- (7) BS 6841:1987, Guide to Measurement and Evaluation of Human Exposure to Whole-body Mechanical Vibration and Repeated Shock, British Standard.
- (8) Nippon Kaiji Kyokai (Class NK), 2011, Noise and Vibration Guideline.
- (9) Det Norske Veritas, 2011, Vibration Class.
- (10) American Bureau of Shipping, 2006, Guidance Notes on Ship Vibration.
- (11) Llyod Register, 2006., Ship Vibration & Noise Guidance Notes.
- (12) ISO6954:1984, Guidelines for the Measurements, Reporting and Evaluation of Vibration with Regard to Habitability on Passenger and Merchant Ships, ISO-International Organization of Standardization.
- (13) IMO Resolution A. 468(XII), 1981, Code on Noise Levels on Board Ships, International Maritime Organization.