

특집

선박 및 해양플랜트
소음진동 기준ISO의 선박 및 해양플랜트
소음 관련 표준 제정동향

김재승*

(한국기계연구원)

1. 머리말

선박 또는 해양플랜트의 소음에 특화하여 지금까지 제정된 ISO 표준은 의외로 적어 첫 번째로 선박의 선실, 기관실 등 선박의 내부소음 계측표준과 두 번째로 항만 또는 내륙수로를 운항하는 선박의 외부소음 계측표준, 그리고 마지막으로 선박용 탑재장비의 구조소음 계측표준 등 모두 세 개에 지나지 않는다. 최근에는 새로이 선박의 수중 방사소음 계측에 관한 표준 제정을 서두르고 있는데, 이는 국제적 관심사로 급부상하고 있는 해양생태계 보호와 관련하여 상선의 크기 및 운항 증가로 인해 점점 높아지고 있는 해양의 수중소음을 억제하려는 데에 그 목적이 있다.

선박 및 해양플랜트 소음과 관련성이 높은 ISO 표준은 앞에서 언급한 선박을 대상으로 제정된 규정 외에도 일부 기계, 건축분야 소음 관련 표준이 포함되는데 해당 표준을 다루고 있는 ISO의 기술위원회를 살펴보면 다음과 같다. 우선 소음 분야가 주요 관심대상인 ISO/TC 43의 Acoustics 기술위원회를 들 수 있는데 여기에서 다루는 표준의 대부분이 직간접적으로 선박 및 해양플랜트 소음과 관련이 있는 것으로 볼 수 있다. 그리고 기계진동이 주요 관심사인 ISO/TC 108의 Mechanical vibration, shock and condition monitoring 기술위원회에서 취급하는 표준의 일

부가 포함된다. 이 밖에도 최근 이슈가 되고 있는 수중 방사소음 계측과 관련하여 표준 계측법 제정을 진행하고 있는 ISO/TC 8의 Ships and marine technology 기술위원회를 꼽을 수 있다. 표 1에 선박 및 해양플랜트 소음 관련 표준을 다루는 ISO 기술위원회를 해당 분과 위원회(SC, subcommittee)와 함께 정리하였다.

선박 및 해양플랜트 소음 관련 ISO 표준은 대부분 계측방법에 관련된 것으로 정작 소음의 허용레벨 등 생산품의 요구사항 설정과 관련된 내용은 다루고 있지 않다. 이와 같은 이유는 표준의 제안 단계에서는 설령 평가를 위한 허용레벨이 명시되어 있을지라도 이 후 작업 과정에서 각국

표 1 선박소음 관련 ISO 기술위원회

ISO/TC 8	Ships and marine technology
SC 2	Marine environment protection
ISO/TC 43	Acoustics
SC 1	Noise
SC 2	Building acoustics
SC 3	Underwater acoustics
ISO/TC 108	Mechanical vibration, shock and condition monitoring
SC 2	Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to machines, vehicles and structures

* E-mail : jskim@kimm.re.kr / Tel : (042)868-7460

의 이해관계가 서로 얽혀 있어 허용기준에 대한 합의를 도출하기 어렵기 때문이다. 따라서 허용기준과 관련하여서는 국제해사기구(IMO), 선급 및 정부 등 상대적으로 강제력을 지닌 기관에서 규정하고 있는 실정이다. 이 때, 계측 및 평가방법도 각 규정마다 자체적으로 설정하고 있는 경우가 있으나 규정 자체가 대부분 해당 ISO 표준을 따르고 있다. 이 글에서는 선박 및 해양플랜트 산업현장에서 수행되어야 하는 각종 소음계측 활동을 계측 분야별로 분류하여 관련된 ISO 표준에 대하여 소개하고자 한다.

2. 격실 및 갑판소음 계측

격실 및 갑판소음 계측에 관한 표준은 유일하게 ISO 2923:1996 Acoustics - Measurement of noise on board vessels가 있다. 이 표준은 ISO/TC 43/SC 1에서 1975년에 제정되고, 1996년에 1차 개정된 후 지금까지 사용되고 있다. 이 규정은 해양을 항해하는 선박과 운하 등 내륙 수로를 운항하는 선박의 항해중 또는 항구에 정박할 때 선박 내부 공간에 발생하는 소음의 계측절차에 관한 국제적 표준으로 계측 결과는 기본적으로 dB(A) 레벨을 요구한다.

ISO 2923에서는 소음 계측에 이용 가능한 마이크로폰, 케이블 및 기록장치, 적분소음계, 필터, 윈드스크린 및 음압교정기 등 소음계측 시스템이 만족하여야 할 사양, 계측 해역의 깊이 및 기상환경 등 계측환경에 관한 요구조건을 정의하고 있다. 계측 결과는 dB(A)레벨 외에도 130 dB를 초과할 수 있는 고소음 발생 위험성이 있을 경우에는 dB(C)레벨 등 필요에 따라 31.5 Hz 부터 8,000 Hz까지의 옥타브밴드 레벨, 충격소음 및 토널성분에 관한 정보를 제공할 수 있어야 한다. 한편, 구체적인 소음 계측 위치는 거주구, 기계실, 근무위치 및 레크리에이션 구역 등 공간의 크기나 용도에 따라 차이가 있기 마련인데 이와 관련한 사항을 자세히 기술하고 있다.

참고로 실제 선박 및 해양플랜트의 격실 및 갑

판소음 계측은 허용기준을 포함하고 있는 IMO 규정 등 ISO 2923 이외의 규정에 근거하여 이루어지고 있는데 계측에 관한 사항 자체는 대부분의 관련 규정이 ISO 2923을 근거로 하고 있는 관계로 서로 차이가 없는 것으로 간주하여도 무방하다.

3. 차음성능 계측

선박 및 해양플랜트 소음에서 격실소음 못지않게 중요한 문제의 하나는 근무자의 사생활을 보호해 주는 것으로 이는 선실간의 차음성능과 밀접한 관계에 있다. 따라서 관련 규정에서 소음 허용레벨을 언급할 때에 거의 대부분 격실 소음과 함께 차음성능을 규정하고 있다.

앞에서도 밝혔듯이 선박 및 해양플랜트에 특화된 차음성능 계측 관련 ISO 표준은 별도로 마련된 것이 없으므로 차음성능 계측은 건축음향에서 사용하는 ISO 140 시리즈 또는 ASTM의 관련 규정을 적용하고 있다. 참고로 패널의 차음성능 계측은 옥타브 혹은 1/3 옥타브밴드 구간에 대하여 수행하고 있는데, 최종 계측결과를 나타낼 때에 ISO에서는 소음감소지수(R_w : weighted sound reduction index)를, ASTM에서는 차음등급(STC : Sound Transmission Class)을 각각 사용하고 있다. 두 규정의 차이점은 성능 평가에 이용하는 주파수 구간으로 ISO의 경우 100 Hz에서 3,150 Hz까



그림 1 실험실 차음성능 계측

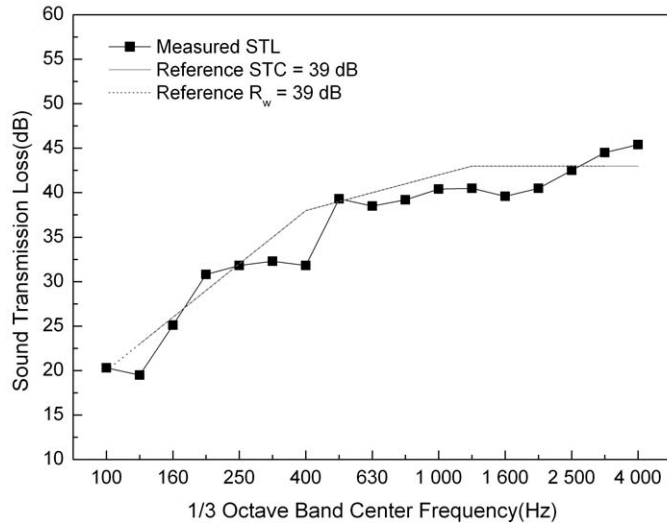


그림 1 차음성능 계측결과

지이나 ASTM은 125 Hz에서 4,000 Hz까지로 정해져 있어 약간의 차이를 보이고 있다.

차음성능 계측과 직접 관련이 있는 ISO 표준은 (1) ISO 10140-2:2010 Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 2: Measurement of airborne sound insulation, (2) ISO 140-4:1998 Acoustics - Measurement of sound insulation in building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms 및 (3) ISO 717-1:2013 Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation 등의 세 가지로 모두 ISO/TC 43/SC 2의 Building acoustics 분과위원회에서 다루는 분야에 속한다. ISO 10140 시리즈는 2010년부터 출현하기 시작한 것으로 원래 ISO 140 시리즈에 포함되어 있던 분야이나 실험실 계측관련 규정을 새로운 시리즈로 구분한 것이다. 여기에서는 세 가지 표준만을 언급하였지만 사실상 차음성능 계측에는 상기한 두 시리즈의 모든 표준이 직접 또는 계측환경에 관한 사항 등 간접적으로 적용되고 있다. ISO 717-1은 차음성능 계측 원시자료로부터 최종 차음성능 등급을 구하는 평가기준을 다루고 있는 표준으

로 이 밖에도 층간 충격소음 평가 방법을 다룬 ISO 717-2이 있다. 그림 1과 그림 2는 각각 ISO 규정에 의한 실험실 차음성능 계측 사진과 평가 결과 예를 보여준다.

4. 소음원 레벨 계측

소음발생의 원인이 되는 탑재장비의 소음원레벨은 공기소음과 구조소음의 두 가지가 있는데 이 두 가지 소음성분 모두 선박 및 해양플랜트 소음에서는 중요하게 다루어야 한다.

4.1 공기소음

선박 및 해양플랜트 소음에 적용하기 위해 특별히 마련된 공기소음 레벨 계측 표준은 없으며, 일반적인 경우에 사용하는 ISO의 음향파워 레벨 계측 방법에 의한다. 음향파워는 기본적으로 무향실 또는 잔향실에서 수행되어야 하는데 탑재장비의 대부분은 크기나 중량 등을 고려할 때에 이러한 음향환경을 구현시키기가 불가능하다. 따라서 일반 환경에서 음압 계측을 수행하고 음향환경에 의한 영향은 보정계수 K_{2A} 를 도입하여 음향파워 레벨을 구하는 것이 일반적인 방법이다. 이 방법에 근거한 ISO 표준 ISO 3744:2010

Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering method for an essentially free field over a reflecting plane이 선박 및 해양플랜트 탑재장비의 음향파워 계측에 이용되고 있다.

ISO 3744:2010은 계측 대상 주파수 밴드에서 배경소음이 6 dB 이하, 그리고 음향환경 보정계수 K_{2A} 가 4 dB 이하인 환경에서 유효하다. 반면에 이전 버전인 ISO 3744:1994는 K_{2A} 가 7 dB 이하일 때 유효한 것으로 기술되어 있어 ISO 표준은 기술의 발전 또는 경험이 축적됨에 따라 지속적으로 변화하고 있음을 보여주고 있다.

한편, 탑재장비의 공기소음 소음원레벨 계측이 보편화된 함정의 경우에는 MIL-STD-740-1이 적용되는데 여기에서는 장비로부터 1 m 떨어진 지점의 음압을 계측하도록 규정되어 있어 ISO 표준과는 차이를 보이고 있다.

4.2 구조소음

공기소음은 소음원실과 인접한 구역에 소음을 발생시키지만, 선박 및 해양플랜트에서는 육상 건축물과는 달리 대부분의 구조재가 스틸인 이유로 구조소음이 상대적으로 먼 곳까지 전달되어 전체 구조물에 소음을 발생시킬 수 있다. 따라서 선박 및 해양플랜트에서는 상대적으로 공기소음보다 구조소음 제어가 중요하다.

비교적 최근인 2006년 선박 및 해양플랜트에 탑재되는 장비의 구조소음 계측에 특화된 ISO 20283-3 Mechanical vibration - Measurement of vibration on ships - Part 3: Pre-installation vibration measurement of shipboard equipment가 마련되었다. ISO 20283-3은 사실상 적용 분야가 구조소음임에도 불구하고 진동을 전문으로 다루는 ISO/TC 108/SC 2 분과위원회의 선박진동 분야에서 제정되었다는 점에서 특이하다. 이 규정은 당초에는 ISO/TC 43/SC 1에 상정되었으나 해당 분과위원회에서 ISO 표준으로 채택되지 못하고 ISO/TC 108/SC 2에 재상정되어 채택된 경우에

해당한다. 이 표준의 원안은 미 해군의 구조소음 계측 및 허용기준인 MIL-STD-740-2으로부터 출발한 것으로 최종 내용은 허용기준이 빠졌을 뿐 대부분의 내용이 MIL-STD-740-2와 유사하다.

ISO 20283-1에 의하면 탑재장비의 구조소음원레벨은 10 Hz부터 10 kHz 까지의 주파수 범위에 대하여 전 주파수대에서 장비가 사실상 자유지진 상태(practically free condition)로 간주될 수 있도록 지지하고 장비를 운전할 때 지지점에 나타나는 1/3 옥타브밴드 자유가속도 레벨 또는 자유속도 레벨로 나타내고 있다. 실용적 견지에서 자유지진 상태는 장비를 아주 유연한 탄성지지 마운트를 사용하여 지지시킴으로서 실현시킬 수 있다. 여기서 기준 가속도 및 기준 속도로는 ISO 1683에 의거하여 각각 10^{-6} m/s^2 , 10^{-9} m/s 를 사용한다.

5. 외부 방사소음 계측

선박 및 해양플랜트의 상부는 공기, 하부는 수중에 노출되어 구조물 외부로 소음을 발생시켜 환경공해를 일으킬 수 있다. 따라서 선박 및 해양플랜트의 외부 방사소음을 억제하고 제어하기 위한 필요성에서 관련 ISO 계측 표준이 마련되고 있다.

5.1 공기중 방사소음

ISO 2922: 2000 Acoustics - Measurement of airborne sound emitted by vessels on inland waterways and harbours는 운하 등 내륙수로를 항해 중인 선박에서 발생하는 공기중 방사소음 즉, 자동차의 주행소음과 유사한 개념으로 선박 운항시 수로 주위에 발생하는 소음과 항만에 정박 중인 선박에서 발생하는 소음의 계측 표준으로 격실 및 갑판소음 계측 표준인 ISO 2923과 함께 1975년에 처음 제정되었다.

ISO 2922에 의하면 계측결과는 선박의 외부로부터 거리 25 m 떨어진 지점에서 선박의 통과시 나타나는 소음은 최대 AS-보정 소음레벨 L_{pASmax}

와 A-보정 소음폭로 레벨 L_{AE} 의 두 가지 소음레벨을, 정박중인 경우에는 적어도 30초 이상 계속한 A-보정 등가 음압레벨 L_{pAeq} 를 사용하여 나타내도록 규정하고 있다.

5.2 수중 방사소음

최근 해양환경 보전에 관한 관심의 급증과 더불어 수중소음 관련 국제적 표준이 시급히 요청되고 있다. 이러한 요청의 일환으로 선박의 수중 방사소음 측정과 관련하여 ISO/PAS 17208-1:2012 Acoustics - Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships - Part 1: General requirements for measurements in deep water가 출현하였다. PAS(Publicly Available Specification)문서는 전문가 집단에서 상대적으로 짧은 시일에 걸쳐 마련한 임시 문건으로 관련 ISO 표준이 마련되기 전까지 상호 동의하에 사용할 수 있도록 마련한 것이다. 이 문서 작성을 담당한 ISO/TC 43/SC 3 Underwater acoustics 분과위원회는 2011년에 새로이 출발한 분과위원회로 현재 (1) Measurement of underwater sound from ships, (2) Underwater acoustical terminology 및 (3) Measurement of radiated noise from marine pile driving 등 3개의 작업그룹(WG, working group)을 두고 활발히 활동을 전개하고 있다. 이 분과위원회에서 다루는 ISO 표준작업의 대부분이 선박 및 해양플랜트의 수중 방사소음과 관련이 있을 것으로 추정된다. 현재 이 분과위원회에서 검토하고 있는 작업으로는 ISO/CD 18406 Underwater acoustics - Measurement of radiated noise from marine impact pile-driving과 ISO/PWI 17208-2 Underwater

acoustics - Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships - Part 2: determination of source levels in deep and shallow water 등을 들 수 있다.

선박의 수중 방사소음 측정 표준과 관련하여 ISO/TC 8/SC 2 분과위원회에서도 작업이 이루어지고 있는데 ISO/DIS 16554 Ships and marine technology - Marine environment protection - Measurement and reporting of underwater sound radiated from merchant ships가 그것이다. 그러나 이 문서의 검토 과정에서 음향분야의 전문성을 지닌 ISO/TC 43 기술위원회의 도움을 받도록 지적되어 결과적으로 두 분과위원회가 참여하는 JWG(joint working group)이 구성되어 ISO/DIS 16554의 새로운 버전을 준비 중에 있다. JWG의 당면과제는 IMO의 MEPC(marine environment protection committee)의 요청에 따라 빠른 시일 내에 선박의 수중 방사소음 측정 표준을 마련하여야 하는데 아직까지 심해와 천해의 구분, 측정구간의 정의 등 해결하여야 할 기술적 문제가 산재해 있다.

6. 맺음말

선박 및 해양플랜트 소음에 특화된 문서를 중심으로 선실 및 갑판소음, 차음성능을 비롯한 각종 소음 측정 분야의 ISO 표준을 간단히 살펴보았다. 최근 선박의 수중 방사소음 분야에 대한 측정 표준이 시급히 요청되고 있어, 기술적 문제에 대한 공감의 어려움에도 불구하고 관련 ISO 표준이 곧 출현할 것으로 예상된다. **KSNVE**