



함정 탑재장비 소음 측정 및 평가 현황

김 봉 기*

(한국기계연구원)

1. 머리말

탑재장비의 과도한 소음은 저소음을 유지해야 하는 격실의 근무환경을 열악하게 하여 함정의 전투력을 떨어뜨리는 원인을 제공한다. 또한 장비에서 발생하는 과도한 공기소음 및 구조소음으로 인한 함정의 수중방사소음은 상대방에게 함의 존재를 노출시킬 가능성을 높이고, 수중통신, 소나탐색 및 기타 수중음향 관련 장비 및 무기체계의 성능을 감소시켜 함정의 생존성과 관련되는 중요한 요소로 인식되고 있다. 따라서 세계 각국에서는 주요 격실의 소음레벨을 일정수준 이하로 제한하고 있으며, 함정의 목적에 따라 수중방사소음 기준을 설정하고 이를 위한 저소음 함정 건조에 많은 투자를 하고 있다. 최근에는 음향 STEALTH 개념이 함정 설계단계 초기부터 고려되어 주요 장비에 의해 발생하는 수중방사소음 감소를 위한 노력이 더욱 중요시 되고 있다.

이 글에서는 함내소음 및 수중방사소음 저감을 목적으로 수행되는 함정 탑재장비의 소음 측정방법과 국내 현황에 대해 간략히 소개하고자 한다.

2. 함정 탑재장비 소음 측정 방법

함정 탑재장비의 소음은 그림 1에 나타낸 바와

같이 공기중으로 전달되는 공기소음과 장비 하단의 지지부를 통해 전달되는 구조소음으로 나누어 측정한다. 공기소음은 장비 작동에 의해 공기중으로 직접 전달되는 소음으로 마이크로폰을 이용한 음압레벨 측정을 통해 장비의 공기소음레벨을 평가한다. 구조소음은 장비지지부 하단을 통해 장비받침대 및 선체 진동으로 전달되어 격실 및 수중으로 전파되는 소음을 의미하여 장비 하단부에서 진동가속도 레벨로 평가한다.

일반적으로 공기소음 및 구조소음의 측정/평가는 각각 미 해군규격인 MIL-STD-740-1 (SH):1986 및 MIL-STD-740-2(SH):1986에 따라 수행되는데, 공기소음의 경우 기술적 내용의 변경 없이 MIL-STD-1474D:1997-shipboard equipment noise로 대체되었다. 탑재장비에 대한 소음측정은 기본적으로 공장수락검사(FAT : factory acceptance test)를 통해 수행되며, 평가기준도 이를 고려하여 제시되었다.

공기소음 측정은 그림 2와 같이 장비의 전/후/좌/우 및 상부의 5개 지점에서 장비 각 면의 중심으로부터 1 m 떨어진 거리에서 수행되며 장비가 커지면 일정한 규칙에 따라 측정점의 수를 증가시킨다. 공기소음 레벨은 31.5 Hz~8 kHz 범위의 1/1-옥타브 주파수 대역으로 모든 측정점에서 측정되어야 하고, 각 밴드별 소음 레벨이 기준값을 만족해야 한다. 이때 주변의 배경소음 및 반사에

* E-mail : bkkim@kimm.re.kr / Tel : (042) 868-7467

의한 소음 증가량을 측정 시 최소화할 수 있도록 조치하는 것이 매우 중요하다. 공기소음 측정을 위한 장비 작동 기준은 부하가 고려된 정상작동 조건인데, FAT 단계에서 정상적인 부하를 고려할 수 없는 경우 필요에 따라 실선 탑재시험이 수행되기도 한다. 이 경우 실선의 좁은 공간 내 반사파에 의한 소음이 현저히 증가하며, 동일 격실 내 작동하는 주변 장비에 의한 배경소음도 무시할 수 없어 기술적 검토에 의해 반사음 및 배경소음을 보정하는 것이 필요하다.

일반적으로 구조소음이 중요한 함정용 탑재 장비는 선체와 연결되는 장비지지부에 탄성마운트를 설치하게 되는데, FAT 단계에서는 실제 함정에서의 탄성마운트 사용 여부와는 관계없이 탄성마운트를 설치한 후 그림 2와 같이 마운트 상단에서의 가속도 레벨을 3축으로 측정/평가한다. 이것은 장비가 유연한 탄성마운트 위에서 자유진동 하도록 하여 구속되지 않은 상태에서 장비 자체 기진력에 의해 발생한 진동을 측정하기 위한 것으로, 탄성마운트 설치에 의한 장비의 공진주파수가 장비 작동주파수의 1/4 및

11 Hz 중 낮은 주파수 이하가 되도록 해야 한다. 구조소음 측정을 위해서는 정반과 같이 단단한 지지부에 장비를 설치하여 지지부 진동과 장비 진동의 연성을 최소화하는 것이 중요한데, 탄성마운트 강성에 비해 지지부의 강성이 최소한 20 dB 이상 큰 것이 바람직하다. 구조소음 레벨은 10 Hz~10 kHz 범위의 1/3-옥타브 주파수 대역으로 모든 측정점에서 계속되어야 하고, 각 밴드별 가속도 레벨이 기준값을 만족해야 한다. 공기소음과 마찬가지로 FAT 단계에서 정상적인 부하를 고려할 수 없는 경우 필요에 따라 실선 탑재시험이 수행되는데, 이 경우 장비 받침대의 강성 또는 임피던스가 FAT 단계에서 일반적으로 사용되는 지지부보다 작기 때문에 일부 주파수 영역에서 구조소음이 크게 측정될 수 있으므로 주의해야 한다.

일반적으로 공기소음 및 구조소음의 기준은 각각 MIL-STD-740-1/2에 제시된 장비별 등급에 따라 제시된 소음 레벨을 사용하며, 특별히 소음이 중요한 함정에 탑재되는 장비의 경우 국내 관련 전문기관에 의해 제시된 기준레벨을 사용하기도 한다.

3. 함정 탑재장비 분류 및 특징

주요 소음원으로 고려되는 함정 탑재장비는 그림 3에 나타낸 바와 같이 대부분 비무기 체계인데, 크게 나누어 추진장치, 엔진 및 동력전달장치, 보조 기계장치, 공조장치, 유압장치, 전기 및 전자장치, 계선 및 하역장치 등으로 나눌 수 있다.

추진장치는 일반적으로 소음 측정 및 평가를 위한 독립 기동이 불가능하고, 설치 위치가 수중 환경이므로 일반적인 소음 측정 방법으로 평가하기가 적절하지 않아 제작사 추정레벨 또는 경험식을 통해 소음레벨을 추정한다. 일반적으로 추진기에 의해 발생한 선체 하부의 과도한 구조소음은 상부 격실의 소음에 큰 영향을 주게 되는데, 이를 줄이기 위해 뜬바닥구조를 적용할 수

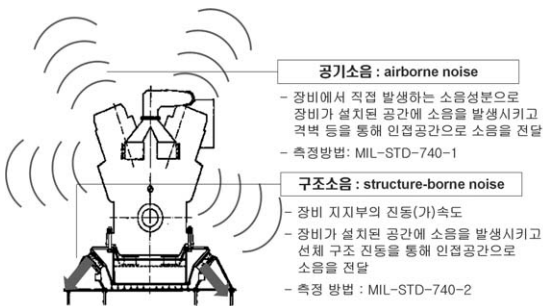


그림 1 탑재장비 공기소음 및 구조소음 발생 개요



그림 2 탑재장비 공기소음 및 구조소음 측정 예

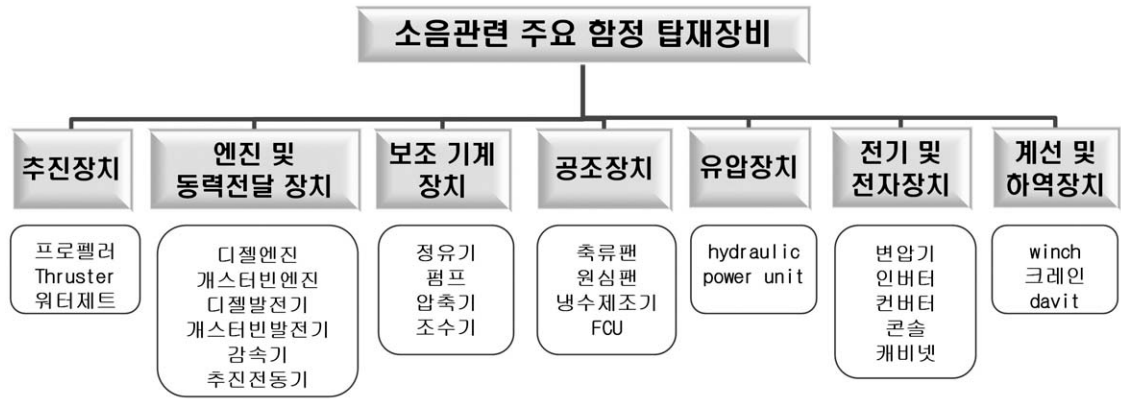


그림 3 소음관련 주요 함정 탑재 장비 분류

특집 : 함정 탑재장비 소음진동

있다.

함정용 엔진 및 동력전달 장치는 민수용에 비해 고속주행이 요구되며, 이를 위해 사용되는 고풍력의 엔진 등은 고소음/고진동을 발생시키므로 MIL-STD-740-1/2에서 요구하는 기준을 만족하는 것이 매우 어렵다. 따라서 함정 설계단계에서 함내소음 및 수중방사소음 기준을 만족할 수 있는 소음기준을 별도로 설정하는 것이 일반적이다. 디젤엔진 및 발전기가 저소음 구현이 매우 중요한 함정에 탑재되는 경우 공기소음 저감을 위해 차음상자(enclosure)를 적용하며, 구조소음 저감을 목적으로 이중 탄성 마운트를 채택한다. 그 외의 경우에는 경량화를 위해 차음상자를 적용하지 않으며 단일 탄성마운트를 사용하는 것이 일반적이다.

가스터빈 엔진 및 발전기의 경우 가스터빈에서 발생하는 높은 공기소음 저감을 위해 대부분 차음상자를 적용하고 있으며, 구조소음은 디젤엔진에 비해 크지 않아 단일 탄성마운트를 채택하고 있다.

감속기는 수중방사소음이 중요한 함정의 경우 탄성마운트를 채택하며 그 외의 경우에는 강제 지지로 받침대에 연결된다. 기어에 의해 발생하는 주요 주파수 성분의 소음이 수중방사소음에 미치는 중요성을 고려하여 감속기의 소음 측정 및 평가는 실선에서 이루어지는데, 공기소음의 경우에는 동일 격실 내 작동하는 엔진 및 기타

장비 작동에 의한 배경소음 보정과 협소한 공간 내 반사와 영향을 보정하는 것이 필요하다. 구조소음의 경우 일반 장비와 달리 마운트 하단에서 요구되는 기준에 따라 측정이 수행되므로 타장비에 비해 마운트의 적절한 성능이 보장되어야 하고, 지지부 하단의 임피던스가 일정한 수준 이상이 되도록 받침대를 설계/제작하는 것이 중요하다.

고압의 펌프 및 압축기가 사용되는 보조 기계 장치는 대부분 구조소음 저감을 위해 이중 탄성 마운트를 채택하고 있는데, 최근 수 kW급 이하의 전동기를 사용하는 소형펌프의 경우에는 구조소음이 크지 않아 단일 탄성마운트를 사용하고 있다. 대용량 펌프의 경우에는 과도한 공기소음 저감을 위해 차음상자를 추가로 적용하고 있다.

공조장치에 사용되는 팬의 경우 실제 구조소음에 의한 기여도가 높지 않아 단일 탄성마운트를 채택하고 있다. 대용량 팬의 경우에는 과도한 공기소음 발생으로 인접한 격실 소음에 영향을 주게 되는데, 이 경우 독립된 공간 내에 설치한 후 내부에 흡차음재를 적용하여 공기소음 전달을 차단하는 것이 필요하다.

가변익추진기 등에 사용되는 고압의 유압장치는 선체하부로 전달되는 과도한 구조소음 저감을 위해 이중 탄성마운트를 적용하고 있다. 최근 소음 측정 및 평가가 급증하고 있는 전기 및 전자

표 1 함정용 탑재장비 소음측정에 대한 시험성적서 발행 건수(한국기계연구원)

연도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
성적서 발행 건수	10	38	91	54	24	12	29	104	31	226

장치의 경우 저주파수 대역의 전기계통 주파수, 냉각용 팬의 작동 주파수 등에서 엄격한 기준이 적용되고 있어 설계단계에서부터 효과적인 방음/방진에 대한 고려가 필요하다.

계선 및 하역장치의 경우 초기에는 대부분 공기소음 및 구조소음에 대한 측정/평가가 요구되었으나, 저속으로 작동하는 장비 특성상 소음이 크지 않고 구조소음 측정을 위한 마운트 설치가 쉽지 않아 평가대상에서 제외하는 것이 바람직하다.

4. 함정 탑재장비 소음 평가 현황

함정 탑재장비에 대한 소음 측정 및 평가는 한국기계연구원에서 약 15년 이상 수행하고 있으며, 2006년 3월부터 관련 기준에 대해 국제공인 시험기관(KOLAS 276호)으로 인정을 받아 공인 시험성적서를 발행하고 있다. 현재 대부분의 주요 함정용 탑재장비 소음 측정은 KOLAS 시험기관에 의해 수행될 것을 요구받고 있는데, 한국기계연구원 이외에 한국조선해양기자재연구원이 관련 규격에 대해 KOLAS 시험기관으로 인정을 받아 공인 시험성적서를 발행하고 있다.

한국기계연구원에서 지난 10년간 발행한 소음 관련 시험성적서 발행 건수를 표 1에 나타내었는데, 함정 건조시기에 따라 시험 건수가 변동하고 있으나 연 평균 60여건 이상으로 최근에 관련 시험이 급증하고 있는 것을 볼 수 있다.

일반적으로 동일 장비가 다수 탑재되는 경우에도 소음 측정 및 평가는 해당 장비 모두에 대해 수행되는 것이 원칙인데, 이것은 동일한 설계를

바탕으로 제작된 장비인 경우에도 사용된 부품의 정밀도, 조립방법, 연결부위의 체결정도, 배관 등에 대한 진동절연체 적용, 틸세의 sealing 방법 등에 따라 장비의 품질이 동일하지 않은 경우 장비에서 발생하는 소음이 크게 달라질 수 있기 때문이다.

과거에는 엔진 및 발전기와 같은 대형장비의 경우 국외 원제작사에서 제공하는 소음 측정결과를 최종 FAT 결과로 사용하였으나, 최근에는 가능한 모든 장비에 대해 국내 전문기관의 측정을 원칙으로 하고 있으며, 국외 제작사에서 측정이 수행되는 경우 국내 전문기관에서 측정을 참관하도록 유도하고 있다.

5. 맺음말

최근 강화되고 있는 함내소음 및 수중방사소음 기준에 따라 주요 함정 탑재장비에 대해 요구되는 소음수준이 엄격해지고 있으며, 이에 따라 관련된 방음/방진기술 개발 및 적용이 요구되고 있다. 함정 탑재 장비 소음에 대한 시험평가는 기본적으로 함정에 요구되는 탑재장비의 소음기준 만족여부를 판단하는데 있지만, 설계단계에서 함내소음 및 수중방사소음을 합리적으로 예측하고 이를 근거로 함정의 방음/방진을 효과적으로 고려할 수 있는 중요한 자료로 활용된다. 또한, 장기적으로는 탑재장비에 대한 체계적인 방음/방진기술 개발에 필수적인 자료를 제공하므로, 이 분야에 대한 국내 연구진의 더 많은 노력과 해군의 적극적인 지원을 기대한다. **KSNVE**