대한조선학회 특별논문집
2006 년 9 월

Special Issue of the Society of Naval Architects of Korea
pp. 7-14, September 2006

선박 소음 예측 및 제어 대책

김동해† *, 주원호*

현대중공업 선박해양연구소*

Noise Prediction and Control for Onboard Ships

Dong-Hae Kim† * and Won-Ho Joo*

Hyundai Maritime Research Institute, Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.*

Abstract

In recent years, shipboard noise control is attracting increasing attention to human environmental conditions and crew's opportunity for rest and recreation with work on board. In order to minimize the noise levels, careful attention have to be paid by the experts from initial design stage to the delivery.

This paper describes the outlines of shipboard noise control including general characteristics of shipboard noise, measurement, evaluation, prediction, and control measures considering the noise transmission mechanism from source to receiver space.

※Keywords: Shipboard noise(선박 소음), Prediction(예측), Measurement(계측), Evaluation(평가), Control measures(제어 대책)

1. 서 언

선박에는 항해를 위해 필요한 여러 기계장치에서 발생되는 소음/진동으로 인하여 거주구 및 기관실에 전달된 소음은 선원들에게 많은 불쾌감을 유발하여 선박의 품질을 저하시키는 요인이 된다. 최근에는 선박소음 규제치가 날로 강화되고 있는 추세이므로 경쟁력 있는 선박을 건조하기 위해서 선박의 저소음화를 위한 연구가 계속되고 있다.

†교신저자: dhk@hhi.co.kr, 052-230-5558

따라서 선박의 저소음화를 위해서는 중량, 공간 및 경제성 등을 고려하여 소음원, 전달경로, 수음실 각각에 대한 적절한 제어대책을 적용하여야 하며 설계단계에서부터 상세한 소음해석을 통하여 효과적인 방음 대책을 결정하는 것이 필요하다.

여기에서는 우선 선박소음의 일반적인 특징과 주요 소음원 및 계측과 평가 방법을 검토하고 선박소음 예측기법과 선박소음예측 시스템에 대하여 설명하고, 마지막으로 선박에서의 일반적인 소음제어 기법 및 방음설계지침에 대하여 설명을 하기로 한다.

2. 선박 소음 일반

선박에 있어서 소음문제는 선원의 청력보호, 생활공간의 안락성 보장 및 작업능률의 향상에 있어 중요한 것으로 건조 계약시 이에 관한 사항을 명문화하고 있다. 1970 년대 후반을 기점으로 유럽을 중심으로 한 조선기술 선진국과 국제해사기구(IMO) 등에서는 선박의 거주구 및 기관실에서의 소음 규제치를 설정하여 적용하고 있다. 이러한 선박 소음 규제에 대처하고 거주성 및 작업성이 좋은 선박을 설계하기 위해서는 선박 소음 특성을 잘 알 필요가 있다. 선박 소음을 고려하기 위해서는 소음원의 성질, 소음의 전파특성을 인지하고 예측, 실측 또는 과거 실적 등으로부터 현재 선박의 소음수준을 파악하여 소음 저감 방법 및 대책을 세울 수 있다.

2.1 선박 소음의 일반적 경향

- 소형선이 대형선보다 거주구의 소음수준이 높다. 상층 갑판에서도 통풍기나 배기관에 의해 하층 갑판보다 소음수준이 더 높은 경우가 있다.
- 거주구획 내에서도 선실과 비교하여 공실에서는 2 dB 정도 복도는 5-10 dB 정도 소음수준이 높다. 선실은 공실과 비교해서 침대나 카펫 등의 흡음효과가 있는 가구가 있고, 복도는 일반적으로 E/C(Engine Casing)을 둘러싸고 있는 위치에 설계되어 공기전파음의 경로가 된다.
- 기관실과 거주구의 구조와 상대적 위치가 큰 차이가 없는 선박은 선박의 종류에 따른 소음수준 차이는 적다. 유조선, 살물선 등과 컨테이너선, 소형선과 ROPAX, 군함 등에서는 소음특성이 완전히 다르게 나타나고 있다.
- 기관실과 거주구를 분리형으로 하는 선박은 인접하고 있는 선박에 비해 소음수준이 낮다.
- 기관실 분리형과 조합형에서도 거주구에서는 선수측의 선실의 경우가 선미측의 경우보다도 소음수준이 낮다. 일반적으로 선측의 경우가 소음원인 기기로부터 거리가 멀기 때문이다.
- 동형선의 경우에도 소음수준의 차이는 평균 2-3 dB, 최대 5 dB 이내에 있으며, 만재상태와 ballast 상태에서의 소음수준 차이는 거의 없다.
- 주기의 정격 출력시와 상용 출력시에 거주구에서의 소음수준은 거의 차이가 나지 않는다.
- 디젤선은 터빈선에 비해 소음수준이 높고 기관실 8-20 dB, 상갑판 4-5 dB 정도의 차이가 나지만 높은 갑판에서는 거의 차이가 없다.
- 프로펠러가 거주구의 소음에 미치는 영향은 거주구가 선미에 설치된 경우가 가장 높다. 갑판 하나 높아질 때의 소음 감소량이 격벽 하나 통과할 때의 감음량보다 적다.
- 디젤 발전기와 공기 압축기는 기관제어실과 상부 직상부의 선실의 소음수준에 영향을 미치고 있지만 두 층 이상의 갑판에는 영향이 적다.

2.2 주요 소음원 및 특성

선박소음의 소음원은 선박의 운항에 필수적인 프로펠러와 주기/보기를 비롯한 선내 기계장치, 바람 및 파도 등을 들 수 있다. 바람이나 파도로 인한 소음은 기상과 해상상태에 따른 것으로 옥외 갑판에서는 문제가 될 수 있으나, 선박의 전반적인 소음수준에는 큰 영향을 주지 못한다. 따라서 선박의 주요 소음원은 주기관, 발전기, 프로펠러, 배기관, 펌프, 공기 압축기, 보일러, 송풍기, 공기조화 장치, 기관실 통풍장치, 갑판 기기류 등이 있다. 일반적으로 디젤 기관과 같은 왕복동 기관은 연소음과 작동기구 및 과급기에서 발생하는 소음이 있고 하부지지구조를 통하여 전달되는 진동도 매우 커 터빈 등의 회전기계에 비해 큰 소음원이 된다. 소음의 수준과 소음원의 크기와는 다르지만 주기관은 일반적으로 소음수준이 높고 소음을 방사하는 면적도 넓어 음향 출력수준이 높다.

Fig.1 에 주요 소음원과 전파경로를 보인다.

2.3 선박소음의 전파특성

소음원으로부터 발생된 소음은 공기와 고체의 전파경로를 따라 선내 각부에 전달된다. 공기중으로 전달되는 것을 공기(전파)음, 선체구조를 전파하여 갑판, 벽, 천정의 패널(panel)을 진동시켜 공기중으로 방사되는 음을 고체(전파)음으로 부른다. 공기음이 구조물과 패널을 진동시켜 고체음으로

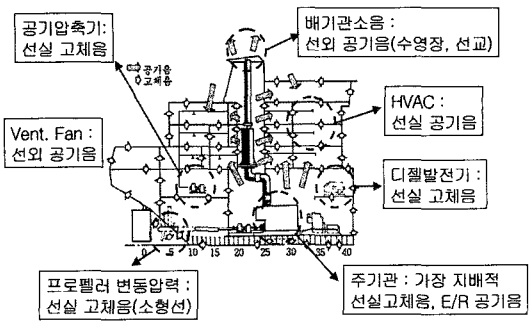

Fig. 1 Noise sources and transmission path

전파하는 2차고체음도 있다.

선박에 있어서 일반적인 전파경로는, 기관실내의 음장의 경우 공기음은 기관실로부터 상갑판, E/C을 투과 또는 덕트를 통하여 거주구에 전달되고 계단, 복도를 통하여 각 선실로 전달된다. 한편 고체음은 이중저 등의 기기의 지지구조를 통하여 선체 외판, 격벽, 각 갑판, 벽과 천정의 철판 및 보강재로 전달되어 각 선실의 내장재로 전달된다. 또 기기의 진동이 덕트와 파이프 등을 통하여 전달되고 지지되어 있는 벽을 진동시켜 고체음을 전파하는 경로도 있다.

거주구와 외부소음의 경우에는 기관실의 경우와 소음원으로부터 전파되는 경로는 다르지만 유사하게 고려할 수 있다. 소음은 전파되는 과정에서 다음과 같은 공기음, 고체음 각각의 전달특성에 따라 저감되고 있다.

공기음은, 음원으로부터 멀어질수록 음에너지가 확산되고, 음에너지의 일부는 공기분자의 마찰에너지로 소비되며 각 갑판과 벽에서 일부는 투과하고 반사된다. 실내에 전달된 음은 내부 벽에서 반사되지만 카펫과 침대 등에 의해 내부에서 열에너지로 소비되고 있다.

고체음은, 구조를 통하여 전파되는 경우 에너지의 일부가 구조내의 경계면과 분자간의 마찰에 의해 열에너지로 소비되며 구조가 불연속인 곳에서는 일부만 전달되고 일부는 반사된다.

이러한 공기음과 고체음은 저감되면서 선내로 전파하지만 선체의 경우 내부감쇠가 적은 강판 구조로 이루어져 있어 공기음에 비해 고체음은 저감시키기 어려워 생각보다 멀리 잘 전파된다. 그래서 선박소음에서는 고체음이 차지하는 비중이 크다는 것을 주의할 필요가 있다.

3. 선박 소음 계측 및 평가

3.1 소음 계측

선박으로부터 주변 지역으로 방사되는 소음의 계측에 대한 규정으로는 ISO 2922 가 있으며, 선박자체의 공기음의 계측에 관한 규정에는 ISO 2923 과 IMO A. 488(XII)이 있다. 또한 선교 현측을 포함하는 청취구역에 대해서는 IMO A.343(IX)도 만족하여야 하며 IMO 규정이 다른 규정의 기본이 되고 있다. 한국 산업 규격은 선박의 거주구와 기관부 소음수준 측정 방법으로 나누어 규정되어 있다.

3.2 평가 방법

소음 평가는 소음에 대한 인간의 직접적, 간접적 영향에 대한 자극과 반응의 관계에 기본을 두고 있으며, 소음에 대한 인간의 주관적인 판단을 하는 것을 의미한다. 소음을 수량적으로 나타내기 위한 평가척도는 소음수준, 지속시간과 지역특성 등에 따라 다르게 된다. 선박소음이 평가척도로는 dB(A)가 가장 많이 사용되고 있으며 IMO 에 따르면 허용치를 초과하는 경우에 ISO 의 소음평가지수(Noise rating) NR 을 이용하도록 되어 있으며 NR 값이 dB(A) 수준보다 5 가 적을 경우 규제치를 만족하는 것으로 간주하고 있다. 소음에 노출되는 시간에 대한 영향을 고려하기 위하여 등가소음수준 Leq 도 사용되고 있으며 IMO 과는 달리 ISO 2923 에서는 10 초간의 Leq 사용을 권고하고 있다. 회화 방해 관점에서의 평가척도로는 AI (Articulation Index) 와 SIL (Speech interference level)이 사용되고 있으며 군함에서 많이 사용되고 있다. DNV 에서는 Comfort class, ABS 에서는 선원들에는 Habitability 를 승객들에는 Comfort, BV 에서는 Comfort rating number, GL 에서는 여객선을 위한 Harmony criteria number 등 dB(A)를 이용한 평가척도를 개발하여 발표하고 있다.

또한 장비자체의 공기음 소음평가 척도로는 아직까지는 dB(A)의 사용이 많지만 장비자체의 특성을 정확히 나타낼 수 있는 음향출력 수준으로 바뀌어 가고 있는 추세이다. 군함 등의 군사목적의 선박에 대한 장비자체의 고체음 소음평가 척도로는 가속도와 속도 수준이 사용되고 있다. 일반상선에 대해서도 code를 제정하려는 움직임이 있으며 일반상선에 군함에 적용하는 code 를 바로 적용하기에는 어려움이 많으므로 이에 대한 대비가 필요하다. 일반적으로 대형상선의 경우 장비의 정상 작동여부에 대한 규정만 하여도 충분하므로 고체전파음이나 수중방사소음관점에서 제안된 규정을 적용하는 것은 무리가 있는 것으로 판단된다.

소음차폐지수란 선실과 선실 혹은 복도사이에 설치된 패널의 공기음 전달손실 성능과 관련된 평가지표를 말하며 계측된 투과손실 TL 을 사용하여 ISO 717-1 과 KS F 2862 에 제시된 방법을 적용하여 단일지수를 산정한다. ASTM 규정은 125 Hz 에서 4000 Hz 까지 계측한 투과손실을 사용하여 소음 전달 등급 STC 을 산정하는데 양 규정은 거의 비슷한 결과를 얻는다. 패널의 소음차폐 성능 평가방법에는 이밖에도 충격소음차폐지수가 있으며 표준 경량 충격원에 의한 방법과 표준 중량 충격원에 의한 방법이 있다.

3.3 소음 규제 관련 규정

선박에 적용되는 규제조항은 청력손상, 경고음의 미감지로 인한 위험, 의사소통의 어려움, 휴식 및 수면의 방해의 영향으로부터 승무원을 보호하고자 하는 의도에서 제정되고 있으며 성격에 따라 해당 격실의 소음 상한선을 정하였다.

각국의 선박소음 규제는 1961 년과 1970 년 국제노동기구(ILO)의 해사위원회 결의에 따라 시행되기 시작하였다. 1981 년 IMO 규정의 목적은 선박의 소음허용치에 대한 국제적인 표준을 마련하고자 하는 데에 있었다. 이 후에 리베리아 등이 IMO 의 규정을 국가 기준화하였으며 다른 나라에서도 계속 IMO 의 제안을 채택하고 있는 실정이다.

나라별로 대부분의 격실에서 거의 비슷한 소음허용치를 규정하고 있으나 곳에 따라서는 매우 심한 격차를 보이고 있다. 한편, IMO, 핀란드, 스칸디나비아 3 국과 독일은 선실구획 패널의 소음차폐지수도 제한하고 있으며 기관에 따라 실험실 또는 실선 계측결과를 요구하고 있어 주의를 요한다.

4. 선박 소음 예측

각 선실내의 소음을 저감시키기 위하여 여러 가지 대책을 적용할 때 대책 전후의 소음수준을 평가할 필요가 있다. 일반적으로 실적선 자료로부터 소음분포를 가정하고 선실내의 소음수준을 추정하는 경우가 많지만 정확한 소음분포를 가정하기 어려운 경우에는 대책의 결과가 부족하거나 넘치는 경우가 있다. 실적이 거의 없는 선박, 새로운 선박에 적용할 때, 또 선실 주위 각 면에서의 소음 기여분 판정 및 대책을 적용했을 경우에 통계적 에너지 해석 방법 (Statistical Energy Analysis, SEA) 과 같은 정도 높은 예측 방법이 많이 사용되고 있다. 소음원의 크기, 재료의 내부손실률, 흡음률 등의 음향특성을 실선계측 등에 의해 신뢰성 있는 자료를 축적시켜야 정확한 소음예측이 가능하다.

4.1 개요

선박의 격실 소음예측은 소음원 수준 추정, 전달손실 해석과 격실의 확산음장 음압수준 계산의 순서로 이루어지며 중심주파수 31.5 Hz 부터 8000 Hz 까지 옥타브 밴드별로 수행하고 있다.

소음원 수준은 제작자의 자료와 유사 장비류에 대한 계측값으로부터 추출한 경험식을 이용하여 밴드별 음향출력수준과 장비가 선체 혹은 지지구조와 연결되는 지점에서의 가속도/속도 수준을 사용한다. 고체소음원은 장비하부의 연결부 처리방법 즉 탄성지지대 효과와 지지구조의 강성에 대해서는 경험식 또는 실측자료가 사용된다.

공기음의 전달손실 해석은 단순히 구역부재의 차음손실량을 계산 혹은 추정하여 사용할 수 있다. 그러나 선박소음의 경우에는 고체음의 전달에 의해 지배되므로 고체전달 손실해석은 매우 중요한 위치를 점하고 있다. 현재 사용되고 있는 예측방법으로는, 과거의 실적에 근거한 경험식과 해석적

방법에 기초한 도파관 이론 (wave guide theory)과 통계적 에너지 해석법 (SEA) 등이 있다. 특히, SEA 는 유한요소법의 적용이 곤란한 일반구조물의 랜덤 고차진동과 소음해석에 각광을 받고 있는 해석기법으로서 최근에는 선박소음분야에서 고체전달소음해석에 활발히 적용되고 있다.

소음해석의 마지막 단계에서는 선박의 각종 소음원으로부터 선체구조를 매체로 선실로 전달된 고체전달소음과 공기전달소음을 합성하고 실음향학 이론에 의거 음압수준을 구한다.

4.2 선박 소음 예측 방법

(1) 경험식

실측자료에 근거하여 예측하는 방법으로 초기 설계단계에서 사용되며 새로운 선박의 경우에는 적용이 불가능하다. 고체음 전달손실이 소음원과 수음실사이의 거리에 비례한다는 사실에 근거하여 종방향손실은 프레임의 차이에, 횡방향손실은 갑판수에 비례하는 경험식이 많이 사용되고 있으며 선실소음 실측자료를 회귀분석하여 영향 인자들로 구성된 경험식을 이용하는 방법도 사용되고 있다.

(2) FEM/BEM

저주파수 소음해석에 적합하며 정확하게 예측할 수 있다. 고주파수 대역의 소음해석을 하기 위해서는 음의 전파속도를 고려하여 요소가 분할되어야 하므로 요소수 및 고려해야 할 모드수가 급격히 증가하게 되어 해석이 거의 불가능하다.

(3) 도파관 이론 (wave guide theory)

도파관 이론은 갑판과 종격벽 등이 연결되는 곳에서의 횡변위는 무시되고, 도파관계 내의 에너지 전달은 수평 및 수직 판요소에 존재하는 굽힘파에 의해 지배되며 각 판요소의 연성은 연결점의 회전변위에 의해 발생한다는 가정에서 출발하여 모든 연결점에 대한 모멘트의 평형조건에서 회전변위를 구하고 굽힘 운동방정식으로부터 각 판요소의 속도와 변위를 구하고 있다. 종방향, 즉 배의 길이방향에 대한 전달손실의 추정은 경험식을 따르므로 준 이론적 방법으로 분류된다.

(4) *Statistical Energy Analysis (SEA)*

전체 진동계를 진동에너지의 형태가 유사한 다수의 SEA 요소로 분할한 후 이들 각 요소의 시간 및 공간에 대한 평균 모달에너지의 평형조건으로부터 해당주파수 밴드의 평균속도 및 음압을 구한다. 세부 시스템의 각 모우드의 진동에너지는 균등하고, Power 의 흐름은 모달에너지가 높은 시스템으로 부터 모달에너지가 낮은 쪽으로 향하며 인접한 두 세부 시스템사이에서 이동하는 Power 는 두 세부 시스템의 모달에너지 차이에 비례한다는 가정하에 정식화를 시도하였다.

저주파수대에서는 신뢰도가 떨어지나 고주파수대에서는 신빙성 있는 결과를 주고 있다. SEA 의 주요 요소(내부손실계수, 모드밀도, 결합손실계수)에 대한 정확한 산정이 중요하며 실험에 의해 구하는 것이 추천된다.

5. 선박 소음 제어

저소음 선박 건조를 위해서는 초기 개념설계에서부터 선박의 인도에 이르는 건조과정 전체단계에 걸쳐 소음제어를 위한 노력이 요구된다. 선박에서는 일단 건조가 완료된 후 문제가 발생하여 이를 해결하려면 막대한 추가 경비가 소요될 뿐 아니라 기술적으로도 어려움이 뒤따르게 된다. 선박소음제어를 위해 거쳐야 할 단계는, 초기설계가 완료된 후 선박의 전반적인 소음예측과 필요시 격실 재배치 등 적절한 방음처리의 선택, 국부적인 방음처리의 선택과 효과 검토, 방음 이외의 설계인자에 대한 효과 검토, 선박의 건조단계에서의 방음처리의 시공, 효과 확인 및 문제 발생시 추가 방음처리, 시운전 계측 및 설계자료 축적을 위한 기록 등으로 요약될 수 있다. 본 장의 주요 부분은 한국 선급(KR)의 선박진동소음제어지침, 일본 해사협회(NKK)의 선박소음방지지침 및 Noise control in ships 의 자료를 참고하여 작성하였다.

5.1 개요

소음을 저감시키는 방법에는 소음이 전파될 때 자연적으로 감소하는 현상을 잘 활용하는 것을 고려할 수 있다. 거주구와 선체의 갑판을 불연속으로 하는 등 구조를 변경하는 구조상의 대책이 있

고, 기관실과 거주구를 분리형으로 하는 것이 좋다. 거주구 하부와 E/C 주위에 창고, 복도 등을 설치하여 음원과 거실과의 배치관계를 변경하는 배치상의 대책이 있다.

또 소음원, 전파경로 및 수음실 각각에 대해서는 공기음은 차음 및 흡음, 고체음은 구조내의 감쇠 및 진동차단 등의 방법을 적용한다. 이들 대책 중에서 가장 효과적인 것은 소음원에 대한 대책이지만 소음원에 대한 대책은 주기관과 같이 대형의 경우 현재 기술로는 탄성지지가 실현 불가능한 경우도 있어 대책을 적용하기에는 한계가 있다.

소음대책을 검토하기 위해서는 대상으로 하는 장소의 목표 소음수준을 선정하고 다음으로 그 장소에 어떤 소음수준의 소음원이 어떤 전파경로를 통하여 어떤 면이 가장 그 장소의 소음수준에 기여하는가를 추정하여 기여도가 가장 큰 것에 대하여 대책을 제일 먼저 적용하는 것이 중요하다. 현재 선박에서 일반적으로 사용되고 있는 방음 설계 방법은 설계시에 배치상, 구조상의 대책 및 거주구 각 선실에서의 수음실 대책이 주가 되고 소음원과 전파경로에 대책을 병행하는 경우가 많다. 또한 고체음을 차단하기 위하여 사용하는 방진고무는 방화구조로서 특성이 큰 제약을 받으므로 재료의 선정에 주의를 요한다.

5.2 배치상의 대책

선박에서 소음대책을 고려하는 경우, 사전에 설계단계에서 선실의 배치, 소음원 이외의 기기의 배치, E/C 의 형상, 연돌의 배치 및 형상, 기관실 출입구의 배치 등을 충분히 검토하는 것이 필요하다. 예를 들면, 기관실에 인접한 선실 벽을 방음구조로 하는 것보다 기관실을 배치하지 않는 것이 효과적이어서 대책에 드는 비용, 공수절감이 된다.

- 거주구는 E/C 과 분리한, 분리형이 좋다.
- 분리형을 할 수 없는 경우에는 상갑판 1 층 이하에는 공실과 사무실을 배치하고, 선실은 상갑판에 배치한다. 하층갑판에 어쩔 수 없이 배치할 경우에는 선미측을 피한다. 또 E/C 주위에 창고, 라커룸, 화장실, 통로 등을 배치하고 직접 선실과 E/C 주위벽과 인접하지 않게 해야 한다.
- 공조실, 팬 room, 냉동기실, 유압기기실 등의 거주구내 소음원실은 가능한 한 하층 갑판의 후부에 배치하고, 그 바로 위와 아래에는 선실배치를 피한다. 또 소음원실과 같은 층에서 근접하여 선실을 배치할 때는 사이에 창고, 라커룸, 화장실과 통로 등을 배치해야 한다.
- 기관실 출입구에는 입구 공간을 설치하고 양측에 방음문을 설치하여 이중문으로 한다.
- 기관실 통풍기는 거주구로부터 할 수 있는 한 멀리 설치하고 팬 room 을 설치하는 것이 좋으며 환기창 면적를 크게 하지 말고 루버(louver) 설치 위치는 거주구와 반대쪽으로 향하게 한다.
- 갑판간의 계단은 계단실로 하여 각층에 방음문을 설치하고, 기관실 통풍 덕트, 승강기에 인접하여 선실을 설치하지 않는다.
- 화장실, 샤워실에 인접한 선실에서는 침대를 반대쪽에 배치하고, 주방(Galley, pantry)은 거실과의 사이에 통로 배치 및 접촉면적을 최소화한다.
- 디젤 발전기와 공기 압축기는 거주구 바로 아래 및 기관제어실 근방에 설치하는 것을 피해야 한다. 되도록 낮은 갑판에 설치해야 하며 최소한 상갑판의 두 갑판 아래에 설치한다.
- 기관실 통풍기는 E/C 내에 설치하고, 버섯모양(mushroom type) 보다는 흡음 처리된 팬 room 을 설치하는 것이 좋다. 팬 room 이 불가능할 경우에는 흡배기구 cowl head 형으로 하고 개구부를 거주구와 반대쪽으로 향하게 한다.
- 강압송풍기, 불활성 가스 송풍기는 거주구와 소음규제 대상 구획보다 떨어진 장소에 설치한다.
- 기관 제어실의 위, 아래 및 주변에는 디젤 발전기, 공기압축기 등의 소음원기기를 배치하지 말아야 하며, 냉방장치는 실외에 설치해야 한다.
- 공작실은 기관제어실의 바로 위를 피하고 제어실에 근접하여 설치하는 것이 좋다. E/C 표면적 및 거주구와 인접하는 면은 되도록 적게 하고 가능한 한 선실은 인접시키지 않는다.

5.3 소음원 대책

소음원 대책은 광범위한 선실에 방음대책을 적용하는 것에 비해 효율적이지만 일반적으로 장비

자체의 설계와 제작과정에 반영되어야 하기 때문에 적용하기 어렵다. 여기에서는 소음원 장비의 설치와 관련된 제반 방음 처리 대책을 소음원 대책으로 간주하여 기술하였으며 저소음형으로 하는 방법, 기기의 취부방법 변경, 기기를 격리시키거나 기기의 배치를 변경하는 방법 등을 적용한다.

- 차음상자는 장비로부터 발생하는 공기음의 음향출력 차단에 효과적이며 소음원실내 소음수준을 감소시켜 주는 작용을 한다. 주로 소형장비에 응용되어 왔으나 최근에는 선박의 주발전기 또는 주추진기관과 같은 대형장비에도 사용되고 있다.
- 기계표면에 직접 낮은 임피던스와 높은 임피던스의 합성체 (예:유리섬유+납판)를 부착시키는 클래딩(cladding) 처리를 하여 장비 표면의 진동으로부터 방사되는 공기 음향출력을 줄인다.
- 저주파수 탄성지지 방법은 고체음의 차단효과를 얻기 위하여 널리 사용되는 방법으로서 해당계의 고유진동수는 대부분 15 Hz 미만이 되도록 설치된다. 장비의 설치 높이가 약 10 cm 이상 증가하므로 주위장비 혹은 선체구조와의 공간적 여유를 주어야 하며 장비와 연결되는 동력선, 파이프 등의 부속물도 유연성을 지니고 있어야 한다.
- 고주파수 탄성지지 방법은 고무판과 같이 두께 25 mm 이하의 얇은 패드를 설치하는 것을 말한다. 패드는 비교적 중량이 가볍고 고주파수 진동이 심한 장비에 사용하고 있으며 패드의 개수는 장비의 중량과 패드의 하중능력을 고려하여 변형 후에도 충분히 유연성을 유지하여야 한다.
- 이중 탄성지지 방법은 장비와 지지구조 사이에 별도의 장비설치대(raft)를 두어 장비와 설치대, 설치대와 지지구조의 연결에 각각 독립적인 저주파수 탄성지지대를 사용하는 방법으로 매우 높음 차단효과가 요구될 때 사용한다.
- 배기소음을 줄이기 위하여 많이 사용하고 있는 소음기는 팽창형, 흡음형, 공명형, 및 간섭형으로 분류되며 실제의 경우에는 감음성능을 높이기 위하여 복합된 형태로 사용되고 있다. 머플러 설계시 고려할 중요인자는 요구되는 감음성능은 물론 낮은 압력손실과 내부 유체의 원활한 흐름, 설치공간의 제약성, 내구성 및 경제성 등이 있다.

5.4 전파경로 대책

전파경로 대책은 소음이 음원으로부터 수음실까지 전파하는 과정에 대하여 적용하는 것으로서, 되도록 음원 가까운 위치에서 적용하는 것이 효과적이지만, 선박에서의 소음의 전파 과정은 일반적으로 복잡하기 때문에 배치상의 대책에 앞서 주요 전파 경로를 최소화하고 이들을 파악하여야 한다.

공기음 대책에는 흡음재료를 이용한 음에너지를 감쇠시키는 방법과 차음재료를 이용하여 음에너지를 반사시켜 투과되는 음을 적게 하는 방법이 있다. 고체음 대책에는 제진재나 관성질량을 부착하여 진동 감쇠 방법, 방진지지, 탄성계수, 선체의 불연속 구조부에 의한 진동에너지 차단 방법, 구조보강에 의한 진동진폭 억제방법 등이 있다.

5.5 수음실 대책

수음실에 대한 대책은 시공이 쉽고 선실에서도 많이 사용되고 있다. 수음실에서는 주로 소음의 차단과 흡수에 의한 대책이 행해지고, 구체적으로는 내장재의 투과손실의 증가, 뜬바닥구조에 의한 진동전달의 저감, 흡음재와 카펫 등 실내 장식물에 의한 흡음률의 증가시키는 방법이 있다.

(1) 내장재는 천정 및 벽의 강판에서 방사되는 음을 차단하는데 유효하고, 강판에 암면, 유리섬유 등의 흡음재를 내장재와의 사이에 적당한 간격을 설치하면 효과적이다. 고체음의 영향이 큰 벽, 천정에는 floating 구조를 채용하고, 보통 내장재는 단판으로 이루어져 있지만 고체음이 큰 벽에는 이중 내장재로 하고 사이에 흡음재를 삽입한다.

(2) 칸막이의 경우는 강판이 없기 때문에 차음이 높은 재료로 할 필요가 있다. 칸막이를 이중으로 하면 고주파수에서는 투과 손실은 커지지만 저주파수에서는 공명을 일으켜 효과가 낮아지므로 사이에 흡음재료를 삽입하는 것이 좋다. 고체음을 방지하려면 내장재의 경우와 같이 방진지지에 의해 floating 구조로 할 필요가 있다. 패널의 연결부위와 바닥, 천정과의 접속부의 틈, 도어나 배관의 틈에는 암면이나 탄성 충진재를 채워 넣는다.

(3) 소음원실이 낮은 층에 집중해 있기 때문에 바닥으로부터의 소음을 방지하는 것이 중요하다.

바닥에서의 투과음을 차음하려면, 시멘트, 납판 등에 의해 바닥의 두께를 높이는 방법이 유효하지만, 음원실 바로 위의 방 등의 고체음이 큰 곳에서는 유리섬유, 암면 위에 마루를 설치하여 뜬바닥구조로 하는 것이 효과적이다. 기관실 바로 위 선실의 바닥을 뜬 바닥구조로 한 경우에 5 dB 정도 효과가 있으나, 저주파수 영역에서 바닥의 공진에 의해 소음이 저감되지 않는 경우도 있다.

(4) 벽에 문을 설치하면 전주파수 밴드에 걸쳐 문이 없을 때의 반정도로 낮아지는 경우가 많다. 방음성을 높이기 위해서는 문의 재질을 면밀도가 큰 것으로 하면 좋지만 보통은 문을 이중구조로 하여 사이에는 암면이나 벌집구조 등의 다공질재를 삽입하여 사용한다. 문과 프레임(frame) 사이의 틈에는 유연성이 있는 밀봉재를 부착한다. 또 기관실과 거주구의 사이에 설치되는 높은 방음성이 요구되는 문에는, 암면을 삽입한 강철제의 이중구조의 문을 출입구 양측에 설치해 문의 개폐시에도 방음 효과가 얻어지도록 한다.

(5) 선실내의 소음이 고체음에 의한 경우, 바닥, 벽 및 천정을 floating 구조로 하는 것이 효과적이다. 일반적으로, floating 구조를 선실의 바닥, 벽 및 천정에 적용한 경우 약 10 dB, 일부에만 적용한 경우에는 약 5 dB 의 효과가 얻어진다.

6. 결 언

이상과 같이 선박소음에 대한 특징, 예측, 계측, 평가 및 제어방법을 살펴보았다. 저소음 선박건조를 위해서는 초기설계로부터 인도후까지 전 단계에 걸쳐 소음제어를 위한 노력이 필요하다.

소음원, 전파경로 및 수음실 각각에 대해서는 공기음은 차음과 흡음, 고체음은 구조내의 감쇠와 진동차단 등의 방법을 적용해야 하며 동일한 유형의 선박이라도 선주의 요구에 따라 탑재장비, 선실의 위치 등 소음에 영향을 주는 설계 인자가 달라질 수 있기 때문에 선실 배치가 가장 중요하며 설계단계에서부터 정확한 소음예측이 필요하다.

소음에 대한 규제치가 점점 더 강화되고 있는 추세이므로 각 기관에서의 활동을 예의 주시할 필요가 있으며 저소음 선박의 설계 및 건조 기술 개발을 위하여 꾸준히 노력해야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 강현주, 김재승, 1992, " SEA 이론을 이용한 고체음 전달해석에 관한 연구," 대한조선학회 논문집, 제 29 권, 제 1 호 , pp. 113-122.
- 김동해, 정균양, 1994, " 회귀분석법에 의한 선박 소음 예측에 관한 연구," 대한조선학회 논문집, 제 31 권, 제 3 호, pp. 112-118.
- 김석원, 김재승, 김극천, 1990. " 도파판 이론을 이용한 고체소음 전달해석," 대한조선학회지, 제 27 권, 제 2 호, pp. 78-86.
- 한국선급, 1997, 선박 진동 소음 제어지침.
- NKK, 1982, 선박소음방지지침.
- NTNF, 1975, Noise control in ships.

<김 동 해 >

< 주 원 호 >