

4,500 TEU 컨테이너 운반선의 소음 제어

Noise Control for 4,500 TEU Container Carrier

°김동해* · 임도형*

Donghae Kim and Dohyung Lim

Key Words : Noise Control(소음제어), Container Carrier(컨테이너선), Noise Analysis(소음해석)

Abstract

Generally, container carrier has larger engine than other commercial vessels and the engine casing is located in accommodation space. Therefore, the noise levels of cabins and engine room could be exceeded the specified noise limits and might be an annoyance to crews, and which can result in poor ship quality.

Main subject of this study is to predict noise levels of the 4,500 TEU container carrier by statistical energy analysis method in order to comply with contracted noise limits and to compare with the measured values. Additionally, through the contribution analysis of noise sources to each cabins, and appropriate countermeasures are proposed and the reduction effect of each noise control measure is studied by the analysis method. This study will contribute to reduce the noise levels of similar vessel.

1. 서론

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

선박 건조 후에 소음문제가 발생하게되면 촉박한 선박 인도시기에 맞추기 위하여 적절한 소음저감대책을 세우기가 어려워 과도한 제어대책으로 건조비를 상승시키거나 때에 따라서는 효과가 미비하여 추가 제어대책이 필요하게 된다. 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.

현재 선박소음에 대한 예측방법으로는 경험식을 이용한 방법[1]이나 통계적 에너지 해석법(Statistical Energy Analysis, SEA)[2] 등이 있다. 그러나, 경험식을 이용한 방법은 다양한 설계상의 변화를 반영할 수 없는 단점이 있어 주로 초기 설계시에 사용되고, 상세 해석을 위하여 통계적 에너지 해석법이 많이 사용되고 있는 실정이다.

본 논문은 큰 출력의 주기관이 탑재되고 거주구 내부에 engine casing이 설치되어 다른 선종보다 비교적 소음수준이 높은 4,500 TEU 컨테이너 운반선에 대한 소음특성을 검토하고 상세 소음해석을 수행하여 시운전시 예측한 소음수준과 비교하여 해석결과를 검증한다. 특히, 각 선실에 대한 소음원의 기여도를 분석하여 적절한 소음제어 방법을 제시하고 각각의 소음제어 방법에 대한 효과를 해석을 통하여 확인하기로 한다. 대상선의 주요제원은 다음 Table 1과 같다.

* 현대중공업(주) 선박해양연구소
E-mail : dhk@hhi.co.kr
Tel : (052)230-5588, Fax : (052) 230-5485

Table 1 Principal dimensions of container

Length overall	About 294.12 m
Length between perpendicular	283.2 m
Breadth	32.2 m
Depth	21.8 m
draft(design)	21.0 m
Main Engine	HYUNDAI-B&W 9K90MC 34900 kW × 98.5 RPM

2. 컨테이너선의 소음특성

컨테이너 운반선은 동급의 다른 선종에 비해서 비교적 큰 출력의 주기관이 설치되고 거주구 내부에 engine casing이 설치되는 것이 일반적이다. 따라서 주기관과 engine casing 내부의 소음에 의해 발생하는 소음·진동으로 인하여 거주구 및 기관실의 소음이 규제치 이상으로 발생할 우려가 있으며, 규제치를 초과하는 소음은 선원들에게 많은 불쾌감을 유발하는 등 선박의 품질을 저하시키는 요인이 된다.

컨테이너선 23척의 계측결과로부터 갑판높이에 따른 선실소음수준에 대한 경향을 분석하여 결과를 Fig. 1에 보인다. 상부 갑판(Upper deck)에서 B갑판까지는 높이에 따라 비교적 균일하게 소음수준이 낮아지고 있는 것으로 나타나고 있으며 B갑판과 C갑판의 소음수준이 거의 차이가 나지 않는 것은 C갑판 위에 설치되어 있는 fan의 영향으로 판단되며 D갑판과 E갑판에서 더 이상 낮아지지 않는 것은 공조(HVAC) 계통소음의 영향으로 생각된다.

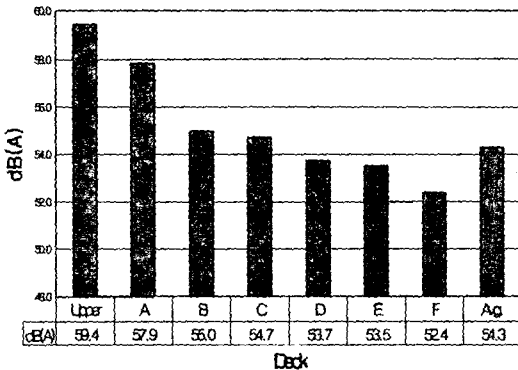


Fig. 1 SPL of container vs Deck level

3. 소음해석 및 계측

3.1 소음해석

소음 해석을 위하여 준비된 모델은 해석에 걸리는 시간과 노력을 절약하기 위하여 주 관심 대상인 기관실, 거주구, 선미부와 화물창의 일부만 포함하도록 하였으며 모델링은 당사에서 구조 해석을 수행할 때 전처리기로 사용하는 MSC/PATRAN를 이용하였다. 기본적으로 모델링은 판 요소와 음장 요소를 이용하여 실제 선박의 형상을 잘 표현할 수 있도록 하였으며 통계적 에너지 해석법에서 요구하는 충분한 모드수를 갖도록 하였다. Fig. 2는 작성된 소음 해석 모델을 보여준다. 모델은 요소수 1959개(판요소 1753개 + 음장요소 206개)와 4660개의 절점으로 이루어진다.

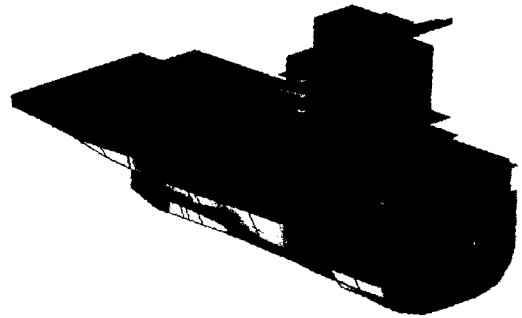


Fig. 2 SEA model for noise analysis

소음 해석에 사용된 소음원은 계측된 값이 있을 경우에는 계측값을 이용하였으며 계측값이 없을 경우에는 참고문헌으로부터 소음 수준을 추정하여 사용하였다.[3] 공기음에 대한 소음원은 음향출력 수준을 사용하는 것을 기본으로 하였고 만약 소음원의 음향출력수준을 알 수 없을 경우에는 소음원의 음압 수준을 사용하여 소음원 주위를 둘러싸는 면적을 고려하여 음향출력수준을 추정하였다. 고체음에 대한 소음원은 하부구조를 고려하였으며 실제 소음원의 바닥 면적과 작성된 판 요소의 면적비를 고려하여 사용하였다.

또한 소음 해석의 결과에 중요한 영향을 미치는 인자인 흡음율과 투과 손실 값은 제작 업체에서 제공한 값을 주로 사용하였으며 다층 구조로 이루어져서 값을 알 수 없을 경우에는 계측이 가능한 경우에는 계측한 값을 사용하였고 계측이 어려울

경우에는 참고서적을 토대로 값을 추정하여 사용하였다.

HVAC에 의한 소음은 HVAC시스템에 의한 선실 천장에 부착된 각 diffuser에서의 음향출력수준을 HVAC 시스템 공급 업체에서 제공하였기 때문에 그 값을 이용하였다. 제공된 음향출력수준을 이용하여 선실 내부의 흡음율을 고려하여 각 선실의 소음 수준을 계산하였으며 통계적 에너지 해석법에 의해 얻어진 선실소음수준과 합산하여 최종 소음수준을 계산하였다.

3.2 소음계측 및 평가

대상선의 시운전시 선실 소음수준을 계측하여 해석결과와 비교하였다. 선박의 정상항해시 필요한 장비는 모두 가동시켰으며 계측환경, 계측위치 및 절차는 IMO 규정 [4]에 따라 수행하였다. 대상선의 갑판별로 대표적인 위치에서의 해석결과, 계측값 및 허용치를 비교하여 Table 2에 표시하였다.

Table 2 Comparison results between analysis and measurement in dB(A)

Deck	Position	SEA	HVAC	Total	Meas.	Limit
A	Galley	63	54	63	62	70
B	Crew(D)	51	43	52	53	60
B	Crew(H)	54	43	54	56	60
C	Crew(J)	49	51	53	54	60
C	3rd engr.	48	51	53	56	60
D	Gym.	42	56	56	57	65
D	Pilot	40	51	51	53	60
E	Pass.(D)	45	45	51	52	60
F	Capt. room	38	51	51	51	60

해석 결과와 계측 결과를 검토해보면 다음과 같은 경향을 알 수 있다.

- 1) 해석결과와 계측결과가 서로 비교적 잘 일치하고 있으며 모두 허용치를 만족시키고 있다.
- 2) 갑판 높이에 따라 HVAC시스템에 의한 소음이 각 선실의 소음수준에 미치는 영향이 커지고 있음을 알 수 있다.
- 3) Engine casing 주위에 위치한 선실의 소음수준이 그 외 지역에 위치한 선실의 소음수준보다 약간 높은 경향이 있음을 알 수 있다.

4. 소음제어 대책

저소음 선박의 건조를 위해서는 선박의 계약과정에서부터 선박의 인도후까지 전 선박건조과정에 소음제어 노력을 기울여야 한다. 선박소음제어의 목표는 최소경비로 선박의 제반성능에 미치는 영향을 최소화하면서 소음허용치를 만족시키는 방음설계기법을 적용하는 데 있다. 경비와 시공, 효율 등 여러가지 면에서 최적의 소음제어를 이루기 위해서는 각 설계단계별로 다음사항을 고려하여야 한다.

계약단계에서는 각 선실의 특성을 고려하여 실현 가능한 소음허용치를 설정하여 건조계약서상에 명기하여야 하며 초기설계단계에서는 각 선실의 허용치를 고려하여 일반배치 설계를 하여야 하며 선박의 주요 소음원인 각종 탑재 장비 선정시 장비의 음향출력 제한치를 명기하여 저소음 장비를 구매하도록 하며 필요시 탄성지지나 방음상자 등의 소음원에 대한 제어방법을 적용하여야 한다. 또한 유사선이 있는 경우에는 실적선 자료를 검토하고 없는 경우에는 경험식으로 선실소음수준을 예측하여 상세해석의 필요여부를 판단하는 것이 필요하다. 상세설계단계에서는 앞서 검토한 결과에 따라 통계적 에너지 해석법에 의한 상세 소음해석을 수행하여 적절한 방음수단을 강구하게 되는데 구조의 재설계는 사실상 불가능한 경우가 많아 주로 수음실에 대한 방음대책을 적용하는 것이 일반적이다.

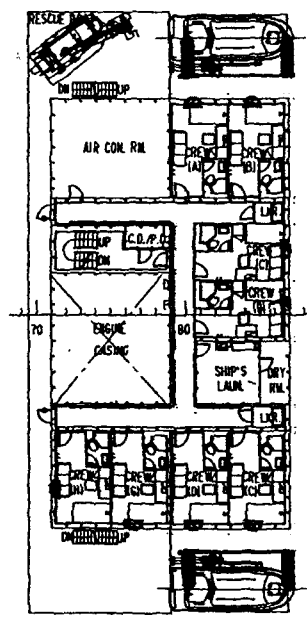


Fig. 3 Crew(H) of deck B

대상선의 경우에는 Table 2의 결과에서 보는 바와 같이 해석 및 예측치 모두 허용치를 잘 만족시키고 있지만 소음 제어 방법에 대한 효과를 검토하기 위하여 소음수준 55 dB(A)를 초과하는 crew(H)와 3rd engineer room에 대해서 해석을 통하여 여러 가지 소음제어대책의 적용효과를 분석하였다. Fig. 3의 crew(H)의 경우에는 주요 소음원이 기관실에서 고체소음의 전파음, engine casing에서의 공기음 전파가 원인으로 분석되어 감쇠재료 부착, 갑판 위에 cement 추가, carpet 설치 등을 적용한 결과 각각 1 dB 정도의 저감효과를 얻을 수 있었다. Fig. 4의 3rd engineer room의 경우에는 engine casing과 HVAC에 의한 소음이 주요 소음원인 것으로 분석되었다. crew(H)와 같은 소음저감 대책을 검토한 결과 1 dB 정도의 소음저감 효과를 확인할 수 있었으며 소음수준을 더 낮추기 위해서는 HVAC에 대한 방음대책이 필요하다.

이상의 결과는 참고문헌[1]의 결과들과 비교하면 적은 효과를 보이는 것을 알 수 있지만 본선의 경우에는 선실 소음수준이 비교적 낮아 효과가 적었던 것으로 판단되며, 주요 소음원의 주파수 성분이 변하면 위의 소음제어방법들은 다른 결과를 보여줄 것으로 생각된다.

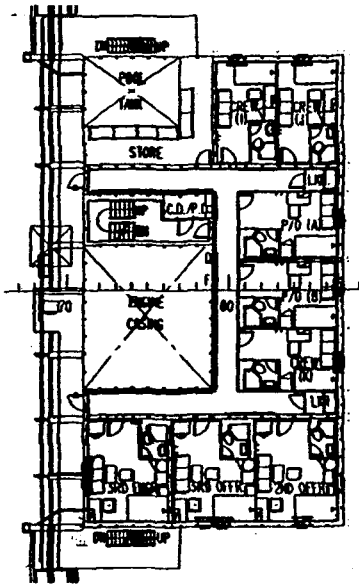


Fig. 4 3rd engineer room of deck C

5. 결론

이상으로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 컨테이너선에 대한 소음특성을 확인할 수 있었다.
- 2) 해석결과와 예측결과가 서로 비교적 잘 일치하고 있으며 IMO 규정에서 권고한 허용치를 모두 만족시키고 있다.
- 3) 각 선실에 대한 소음원의 기여도를 분석하여 적절한 소음대책을 제시하였고 효과를 확인하였다.
- 4) 유사선에 대한 선실의 저소음화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- (1) 한국선급, "선박진동소음 제어지침", 1997.
- (2) 주원호, 김영현, 배종국, "통계적 에너지 해석법에 의한 선박소음 해석 프로그램 개발", 선박해양연구소 보고서 번호 HMRI-97-01-S003
- (3) SNAME, "Design guide for shipboard airborne noise control", T&R Bulletin No. 3-37, SNAME, 1983.
- (4) IMO Resolution A.468(XII), "Code on noise levels on board ships", 1981.