

대형 Ro-Ro Ferry의 방음 설계

A Noise Control of a Ro-Ro Passenger Ferry

김동해* · 박종현**

Dong-Hae Kim and Jong-Hyun Park

Key Words : Noise control, Ro-Ro ferry, noise prediction, measurement.

ABSTRACT

In general, the essential requirement for cruisers or car ferries is the reduction in noise to ensure high quality and comfort. Recently, the Ro-Ro Passengers Ferry (ROPAX) was built in Hyundai Heavy Industries. In order to minimize the noise levels, careful attention have to be paid by the special committee of experts from the initial design stage to the sea trial. Proper countermeasures, considering the characteristics of sources and receiver spaces, were applied from the noise prediction and various experiment results. Finally, this ship was successfully delivered with excellent noise properties.

This paper describes the procedure of noise analysis, the countermeasures of noise control, and the measurement results of the sea trial. Onboard noise analysis had been carried out by statistical energy analysis program and outdoor noise prediction program based on ISO9614. The prediction results are in good agreements with the measurement results. The technology to minimize the noise levels for cruisers or car ferries has been established throughout the construction of this ship.

1. 서론

오늘날 함정은 물론 일반상선의 설계 및 건조에 있어 소음제어를 위한 노력이 활발히 이루어지고 있다. 저소음 선박 건조를 위한 노력은 초기 설계단계부터 이루어지기 시작하여 상세 설계, 건조 단계 및 시운전 단계에 이르는 모든 설계 건조과정에서 이루어져야 한다. 즉, 초기 소음예측은 물론 탑재 장비의 선택으로부터 시작하여 건조단계에서는 정밀 시공이 이루어지도록 노력할 필요가 있다. 이는 사소한 시공 오류가 선박의 전체적인 소음 수준을 결정지을 수 있기 때문이다.

일반적으로 여객선에서는 승객의 편안함과 쾌적함을 제공하기 위하여 소음에 대한 규제가 엄격하게 적용되고 있다. 최근 당사에서는 900인승 Ro-Ro Passenger Ferry (ROPAX)에 대하여, 초기 계약에서 건조 완료될 때까지 각 단계별로 적절한 방음 대책을 적용하여 성공적으로 인도할

수 있었다.

본 논문에서는 각 단계별로 적용된 방음 설계 기법에 대하여 고찰하였다. 초기 소음 해석을 통하여 장비 발주 시부터 장비 자체에 대한 소음 저감 대책을 고려하였으며, 상세 소음 해석 결과로부터 각 수음실과 소음 전달 경로에 대한 방음 대책을 적용하였다. 또한 예측 및 계측결과가 비교적 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있었다.

2. 대상 ROPAX 선의 특징

대상선은 북구의 국가간을 왕복 운항하며 900명의 승객이 탈 수 있는 선실과 휴식 및 레크리에이션 공간, 아래 층에는 차량 갑판이 구비되어 있으며 figure 1에 측면도를 보인다.

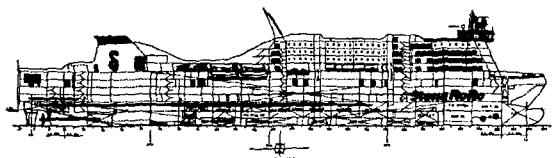


Figure 1. Profile of "Stena Britannica"

* 현대중공업 선박해양연구소 동역학연구실
E-mail : dhk@hhi.co.kr
Tel : (052) 230-5553, Fax : (052) 230-5455

** 현대중공업 선박해양연구소 동역학연구실

좌우 기관실에 각각 2기의 엔진이 설치되어 있으며 가변피치 프로펠러가 선미 좌우현에 장착되어 있다. 12층의 갑판구조이며 상부 6층은 승객의 선실, 식당 및 조타실 등으로 사용되고 있고 하부 갑판에는 승용차 및 트럭의 주차 시설이 설치되어 있으며 환기를 위한 대용량의 fan이 설치되어 있다.

선실은 선박의 앞쪽에 위치하고 있어 주기관과 프로펠러에 의한 소음의 영향이 적은 구조로 되어 있다. 대상선의 주요 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Main Particulars

주제원	전 장	약 210.8 m
	수선간장	196.0 m
	형 폭	29.3 m
	형 깊이	15.6 m
	만재홀수	6.3 m
주기관	수 량	4 기
	모 델	MAN-B&W 9L40/54
	출 력	6,480 kW × 550 rpm
프로펠러	수 량	2 기
	형 식	가변피치 프로펠러
	직 경	3.6 m
	날개수	4개
	회전수	150 rpm

3. 단계별 방음 설계 대책

Table 2에서 보는 바와 같이 기본 설계 단계에서부터 인도 후까지 각 단계별로 발생하는 소음 문제를 사전에 예측하고 이를 검토하여 적절한 대책을 세운다. 이러한 활동 계획에 따라 수행된 결과를 다음에 보인다.

Table 2 Noise control at each stage

단계	단계별 활동내용
기본설계	- 저소음 장비선정에 관한 검토 - 소음을 고려한 선실 배치/구조도면 검토 - 소음해석 관련 자료 준비 및 검토
상세설계	- 소음해석 결과에 따른 방음대책 검토 - 각 장비의 shop test 결과 검토 - 시운전시 소음 계측 방안 검토
진조	- 각 장비의 안벽 시운전 결과 검토 - 안벽에서의 소음시험(HVAC 포함) 및 방음 대책 검토
시운전	- 방진 시운전시 소음계측 결과평가 및 방음 대책 수립 - 시운전시 소음계측 결과평가 및 검토

3.1 초기 소음 검토

초기 소음 검토를 위하여 실적 및 경험을 바탕으로 유사선 조사, 건조사양서 및 도면 검토를 수행하였다. 다른 ROPAX선과 비교하여 주기관의 출력이 낮고 소음 허용치가 약간 높을 뿐만 아니라 기관실과 거주구가 상대적으로 멀리 떨어져 있어 소음 측면에서 유리한 것으로 판단되었다. 그러나 기관제어실 (engine control room, ECR)과 공조기기실 주위 선실, 연돌 주위의 옥외 소음 수준은 허용치에 근접 또는 초과가 예상되므로 추가 검토가 필요한 것으로 판단되었다. 장비별 방음 대책 점검을 위하여 주요 검토 대상 장비를 선정 (주기관, 디젤발전기, 감속기어, fan 등)하였고 탄성지지 여부를 결정하였다.

3.2 초기 소음 해석

선박내의 각 위치에서의 소음수준은 간이 해석 프로그램인 ANOS[1]를 사용하였고, 옥외 소음수준은 ENPRO[2]를 사용하여 소음해석을 수행하였다.

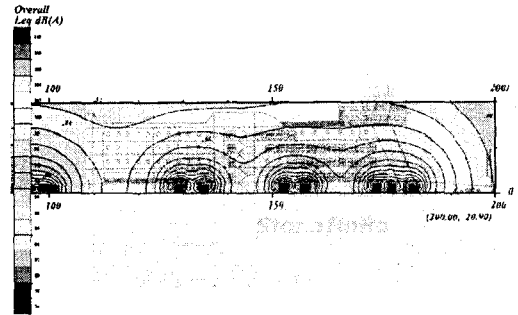


Figure 2 Outdoor noise prediction

장비별 방음 대책으로는 디젤발전기, air handling unit 등에는 탄성지지를 설치하고 주, 보기의 배기관, cargo fan 등에는 silencer를 설치하기로 하였다. 선내 소음 해석결과에 의하면, ECR 소음 수준이 허용치를 초과하므로 floating floor 설치가 필요하며 작업실의 소음 수준과 공조기기실에 인접한 선실의 소음 수준이 허용치에 근접 가능성이 있으므로 상세 해석이 필요한 것으로 예측되었다. Figure 2에서 보는 바와 같이 옥외 소음 해석 결과에 의하면, cargo fan 소음에 의하여 일부 구역에서 옥외 소음 수준이 허용치에 근접할 가능성이 높아 배기관에 silencer의 설치를 고려해야 할 것으로 판단된다.

3.3 상세 소음 해석

초기 설계 단계에서 일부 구역의 소음 수준이 허용치에 근접하거나 초과할 가능성이 있으므로 통계적 에너지 해석법(Statistical Energy Analysis, SEA)에 근거한 NPSEA[3] 프로그램을 사용하여 상세 소음 해석을 수행하였다. MSC/PATRAN[4]의 판요소와

음장요소를 이용하여 실제 선박의 형상을 잘 표현할 수 있도록 하였다. Figure 3에서 보는 바와 같이 작성된 소음 해석 모델은 요소수 3083개와 4811개의 절점으로 구성되어 있다.



Figure 3 SEA model

소음 해석에 사용된 소음원은 계측된 값이 있을 경우에는 계측된 값을 이용하였으며 없을 경우에는 참고 문헌[1]으로부터 소음 수준을 추정하여 사용하였다. HVAC에 의한 소음은 각 선실 천장에 부착된 diffuser에서의 음향출력수준을 HVAC 공급업체에서 제공받아 선실내부의 흡음률을 고려하여 각 선실의 소음수준을 계산하고, 통계적 에너지 해석법에 의해 얻어진 선실 소음 수준과 합산하여 최종 소음 수준을 계산하였다. Figure 4에 예측된 최종 소음 수준 분포를 보인다.

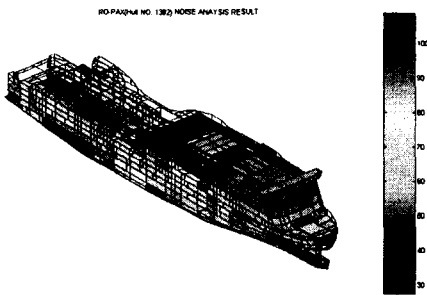


Figure 4 Predicted noise levels

3.4 소음 계측 결과

소음문제 발생여부를 사전에 점검하기 위하여 선실 내부 공사가 완료되기 전에 시운전을 실시하고 적절한 대책을 세우고자 방음 점검을 위한 소음계측을 실시하였다. 계측한 결과로부터 내부 공사 완료후의 추정된 소음수준이 모든 구역에서 허용치를 잘 만족시킬 수 있을 것으로 판단되어 별도의 추가 방음 대책 없이 공시운전을 실시하였다.

Table 3에 소음 예측치와 계측치 및 허용치를 함께 나

타내 보이고 있다. 두 결과가 비교적 잘 일치하고 있으며 모든 구역에서 허용치를 만족시키고 있다.

Table 3 Comparison results in d3(A)

Deck	Position	예측치	계측치	허용치
2	Engine Room	109	107	110
2	E.C.R.	67	63	70
7	Truckers Lounge	47	48	58
7	Drink Station	55	53	58
8	2P cabin	46	44	55
8	Food City	50	46	58
9	Conference	50	51	58
9	2P Cabin	44	43	55
10	Ship's Office	50	55	60
10	Hospital	48	49	55

또한 선주 요구사항으로 선실과 선실간의 투과 손실을 figure 5와 같이 계측하였으며 계측 결과는 figure 6과 같다.

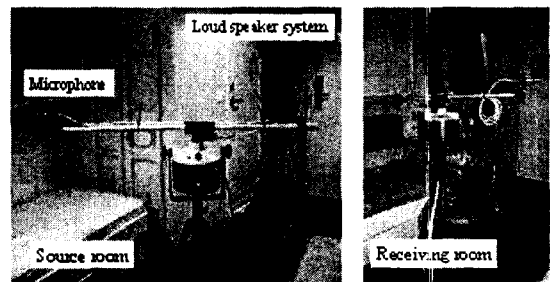


Figure 5 Instruments for measuring the sound insulation

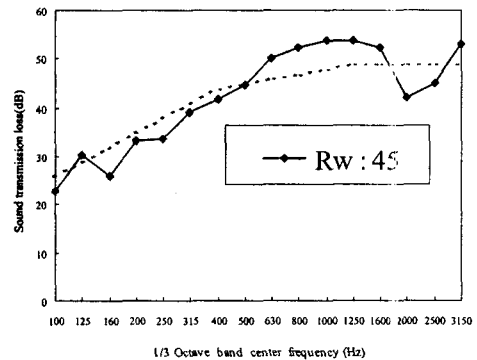


Figure 6 Sound insulation index between typical cabins

4. 결 론

이상으로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 초기소음 예측 및 상세 소음해석 수행을 통하여 기본설계 단계에서부터 인도후까지 각 단계별로 발생하는 소음문제를 사전에 예측하고 적절한 방음 대책을 적용할 수 있었다.
- (2) 해석결과와 계측결과가 서로 비교적 잘 일치하고 있으며 계약 시방서에 규정된 허용치를 모두 만족시키고 있다.
- (3) 향후 유사선에 대한 방음 대책 수립에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- (1) SNAME, "Design guide for shipboard airborne noise control", T&R Bulletin No. 3-37, SNAME, 1983
- (2) B&K, ENPRO (Environment Noise Prediction and Design Software) User's Manual Version 3.0, 2000
- (3) Young-Hyun Kim, Jong-Gug Bae, et al., "Development of Computer Program for the Shipboard Noise Analysis Using Statistical Energy Analysis", Proceedings of the Twelfth Asian Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures, Knazawa, 6-9, Jul. 1998, pp. 373-380.
- (4) MSC/PATRAN Manual