특집

고부가가치 선박 소음

크루즈선의 소음진동

김 노 성*
(대우조선해양 선박해양연구소)

1. 머리말

1990년대 이후 강화되어 가고 있는 선박 소음진동 규정에 기인하여 국내에서도 선박의 소음진동 관련 기술이 발전을 거듭하여 왔으며, 일반 상선의 경우 큰 문제 없이 설계 및 건조되고 있다. 하지만, 드릴 선박이나 석유 생산 저장시설(FPSO) 등과 같이 까다로운 소음진동 규정을 적용 받는 해양 제품의 경우 아직도 많은 문제점이 발생하고 있다. 이와 마찬가지로 승객의 안락한 환경이 주요 성능 평가 항목이 될 수 있는 크루즈선의 경우 현재의 수준 보다는 한 단계 발전된 소음/진동 해석 및 방음/방진 기술 개발이 필요하다.

일반 상선의 경우 구조적인 연속성이 매우 잘 유지되도록 초기 설계부터 배치가 용이하나 크루즈선의 경우 공간의 제약과 승객들의 편이를 고려한 배치를 감안할 때 배치를 통한 소음진동 성능을 향상시키는 것은 매우 어렵다고 할 수 있다. 또한 박판 구조의 사용 등도 소음진동 측면에서 매우 불리하게 작용하는 요소이므로 이를 극복하기 위한 노력이 필수적이다. 아울러 크루즈선의 경우 소음진동 관련 규정이 매우 엄격하므로 소음진동의 원인이 되는 각종 장비의 선정은 물론 애초에 장비로부터 전달이 되는 소음진동 원의 크기를 줄이려는 노력 또한 매우 중요한 항목이다.

이와같이 공간적 구조적인 제약을 극복하고 승객의 편이를 최우선으로 고려하는 저소음 저진동 구현을 위한 기술 개발은 크루즈선 개발의 핵심 기술이라 할 수 있다.

특히, 현 상태에서 선박의 진동관련 기술은 외국의 기술과 대등한 수준으로 평가할 수 있으나, 소음관련 기술은 해석 및 선실 구성요소의 특성 파악 등 실험적으로 추출해야 하는 요소들의 데이터화 구축 등 향후의 연구 항목이 많다고 할 수 있다.

이 글서는 일반 상선과 구별되는 소음진동 관점에서 크루즈선의 설계 고려 사항 및 이에 대한 대처 방안을 소개 한다.

2. 크루즈선의 소음진동 기준치

크루즈선의 소음진동 규정은 일반적으로 각 선급의 안락성 기준을 따르며 선실의 경우 45 dBA 수준이다. 이는 일반 상선 선실의 60 dBA에 비하여 15 dBA 엄격한 값으로서 이를 만족시키기 위해서는 일반 상선에 비해 더 정확한 해석과 세밀한 방음 설계가 요구된다.

* E-mail : nhokim@ dsme.co.kr / (055) 680-5544

표 1 크루즈선의 소음 규정 예

	DNV	LR	BV	IMO A468
Passenger cabin	44	45	45	
Passenger public	55	55	55	
Crew public	55	57	57	65
Crew cabin	50	52	52	60
Open recreation	65	67	65	75

또한 크루즈선의 소음 규정 중 일반 상선과 비교하여 특이한 점은 차음 규정으로서 일반 상선 차음 규정이 시공된 부재의 실험실 계측 값을 기준으로 하는데 비해 크루즈선은 실선 계측 값 기준 45 dB를 요구한다. 따라서 크루즈선의 차음 규정 만족을 위해서는 부재 선정 뿐만 아니라 설계/시공 관리 역시 중요하다.

크루즈선의 진동 규정은 일반 상선에 이용되는 ISO 6954:2000 기준이며 일반적으로 상선 보다 낮은 수준으로 정의 되어있다.

3. 선실 소음

크루즈선에서는 객실의 수(보통 1000 ~ 3000실)가 많고 건조원가(5 ~ 10억불)의 30 % 이상을 객실이 차지하므로 크루즈선용 저소음 유닛 캐빈은 크루즈선 건조에 있어서 가장 중요한 핵심 요소 중의 하나이다. 이러한 유닛 캐빈은 생산뿐만 아니라 시공기술이 매우 중요한 데 특히 유닛 캐빈은 바닥이 없는 구조로서 강건한 구조체가 아니므로 선상 설치 방법에 따라서 차음, 소음 및 진동절연의 정도는 큰 차이를 보일 수 있으므로 체계적이면서 정밀한 표준 시공방법을 개발해야 한다.

선실 소음의 제어 및 설계 관점에서 일반 상선과 특히 구별되는 요소는 선실간 또는 선실 복도간 차음에 대한 규정이다.

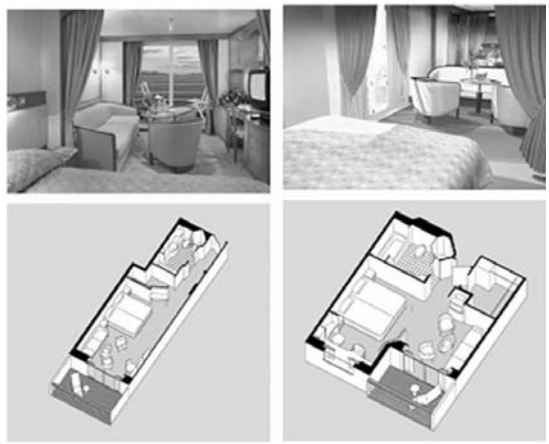

그림 1 크루즈선에 적용되는 유닛 캐빈의 예

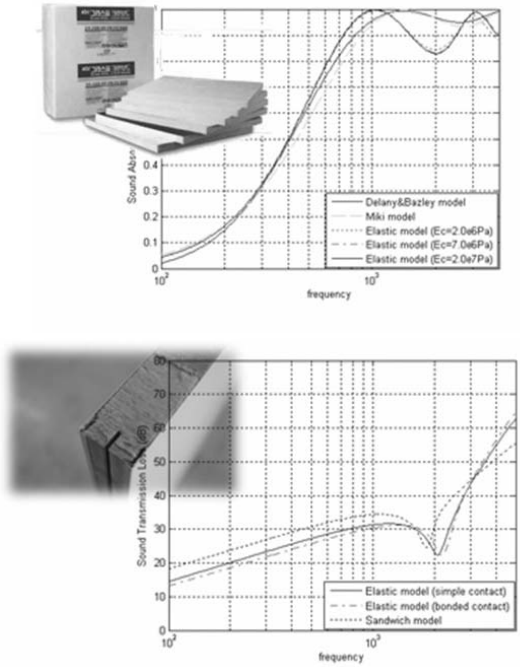

그림 2 선실 내장재 흡차음 성능 실험

일반적으로 크루즈선에 적용 되는 선실간 차음 요구치는 45 dB로서 실제 선실 건조 전 실물 크기 모형(mockup)을 제작하여 이에 대한 실험을 수행하여 유닛 캐빈 탑재 후 예상되는 문제점을 사전 조치 한다.

유닛 캐빈분야에서 소음진동 분야의 핵심이 되

는 기반기술로서 선실간 소음 감음량에 있어 중요한 요소는 시공 방법뿐만 아니라 내장재를 고려한 소음진동 전달 특성 평가 및 최적의 설치 표준 등의 정립이 될 것이다.

국내에서 내외장재 흡차음 성능 계측은 많이 이루어지고 있지만 연구 발표된 예는 드물다. 이러한 이유는 단순한 구조의 내외장재 외에는 이론적 해석에 한계가 있기 때문으로 생각된다. 최근에는 해외의 주요 선급들도 선박의 품질을 나타내는 등급 규정에 소음진동 수준뿐 아니라 격실간 차음성능을 중요한 인자의 하나로 포함하고 있다.

위와 같이 객실의 주요 구성요소로서 유닛 캐빈은 국내에서도 자체 설계 및 시공 능력 확보에 관심과 노력을 기울이고 있는 전문업체들도 나서고 있는 만큼 핵심기반 기술을 확보하여 국내 생산제품에 적용함으로써 크루즈선의 건조시 경쟁력 확보에 기여하도록 하여야 할 것이다.

4. 공조시스템 소음

크루즈선 실내소음에 가장 큰 영향을 미치는 공조시스템(HVAC)의 소음저감은 매우 중요한 요소기술이지만 현재 상태로 공조시스템 계통의 소음 예측은 부정확한 수준이다. 그러므로 예측의 정확도 향상은 물론 해석의 입출력 작업을 능률적으로 수행할 수 있는 수단이 필요하다.

이러한 노력의 일환으로서 실험을 통한 공조시스템 구성요소의 음향적 특성 파악과 이를 반영한 해석의 정도 향상이 이루어지고 있다.

크루즈선에서 소음 요구치는 일반적으로 45 dBA수준으로서 일반상선 60 dBA와 비교하여 매우 엄격하다. 이로 인하여 공조시스템 소음 해석 시 기존 일반 상선에서 해석의 범위인 훤 소음뿐만 아니라 시스템의 유동을 고려한 2차 소음 및 덕트 투과 소음 등을 고려한 좀더 면밀한 소음 해석이 요구된다. 또한 이들과 훤 고유의 기능인 공

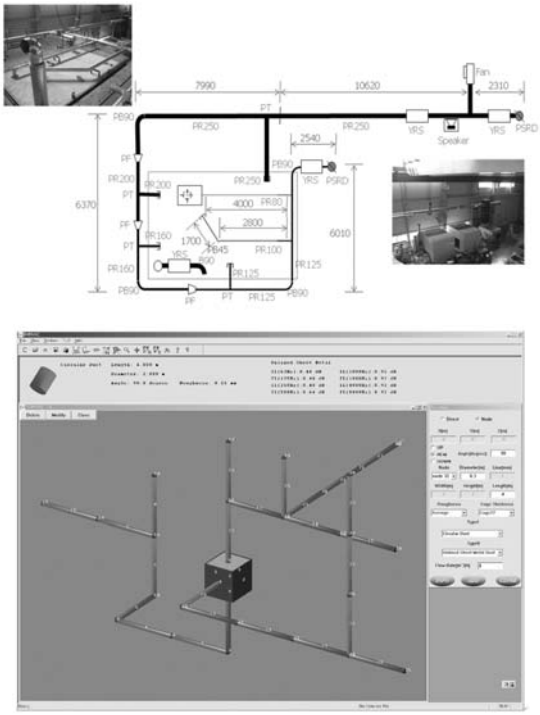

그림 3 공조시스템의 소음 실험 및 해석

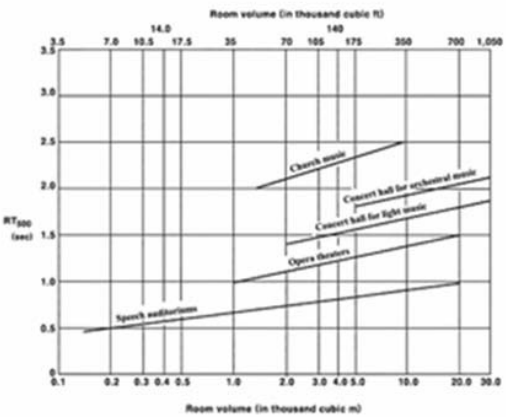

그림 4 크루즈선의 대형 공실과 이의 음향 기준 예

기 공급과 관련된 압력 강하를 유기적으로 고려한 통합적 소음 해석을 필요로 한다.

5. 공실 음향 성능

크루즈선과 같이 수 많은 승객과 승무원이 거주하는 선박은 특성상 대부분 장기 거주하게 되므로 휴식이나 유흥 또는 업무를 위한 대형 공간(대회의실, 공연장, 극장 등)이 필요하게 된다. 이러한 대형공간에서는 음의 분포 및 반사 특성 등이 합리적으로 설계되지 않으면 음의 명료도 혹은 음의 현장감이 감소하거나, 음의 사각지대가 발생하는 등 대형공간의 기능을 심각하게 저하시킬 수 있다. 따라서 선박의 대형공간의 음장 특성에 대한 예측을 통하여 최적의 설계변수와 음향대책을 도출할 필요가 있다.

대형 공실의 음장 특성에 대한 평가 척도는 크게 잔향시간, 음의 명료도 및 음의 사각지대 발생 방지를 위한 실내 음장 분포도가 있으며 이의 해석을 위한 다양한 방법들이 개발되고 있으며 한 예로서 음장 분포 해석을 위하여는 음선 추적법이 이용되고 있다.

6. 옥외 소음

크루즈선은 긴 항해 중에 발생하는 승객들의 운동 부족 및 취미 생활을 위하여 다양한 옥외 레포츠 시설(수영장, 스파, 바 등)을 요구하게 된다. 이러한 옥외 레포츠 시설은 특성상 주위 환

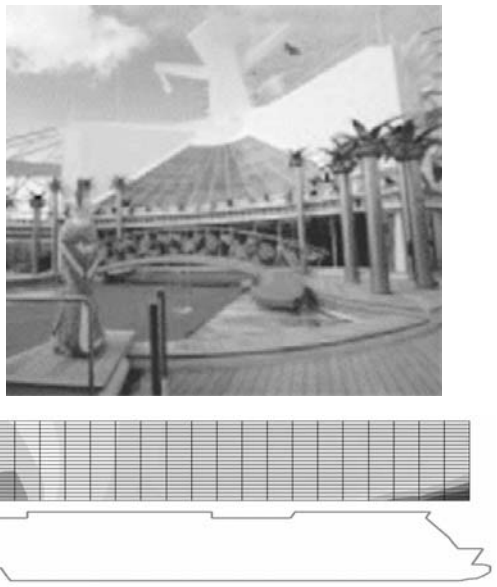

그림 6 옥외 레포츠 시설 및 이의 소음 해석 예

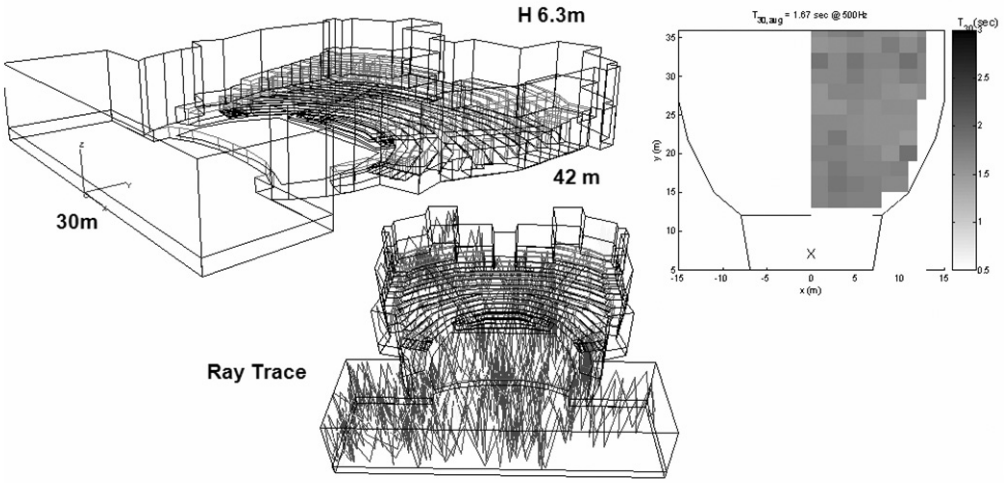

그림 5 공실의 음향 성능 해석 예

경의 소음 문제가 매우 중요하다. 따라서 이와 같은 옥외 공간의 소음해석 및 저감 기술이 필요하다.

옥외 소음 해석에 있어서 고려 사항으로는 공조 시스템의 옥외 흡/배기구 및 엔진의 배기 소음이 있으며 이들 소음은 저주파 특성을 가지므로 이의 전달 해석 시 강한 회절 특성이 고려되어야 한다.

7. 박판 진동

크루즈선의 구조는 승객들에게 선상의 제한된 공간이라는 물리적 · 심리적 불편을 피하고 좀 더 넓은 느낌을 제공할 수 있도록 대형 창 뿐 아니라 2~3개 층의 천정을 틔워 아트리움을 배치하는 등 커다란 개구(opening)의 구조가 많다. 또한 흘수가 제한되고 상부 구조가 상대적으로 매우 크기 때문에 복원성능의 문제를 해결하기 위해 상부구조의 경량화 기술이 필수적이며 이에 따른 박판 경량재 사용이 불가피하다.

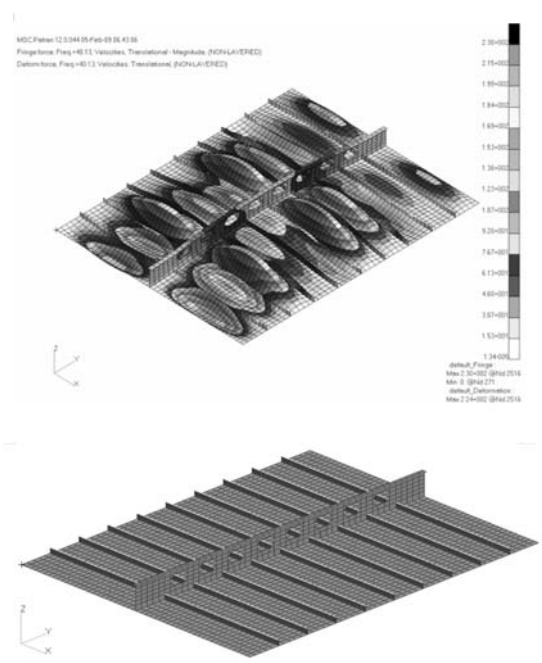

그림 7 박판 진동 해석의 예

아울러 일반 상선과는 달리 연속적인 구조를 유지하기 어려워 구조적인 강성의 약화를 초래할 수 있다. 크루즈선 설계에 있어 우선 고려의 대상은 중량의 제약에 따른 박판 구조와 지지 구조 배치의 제약 등에 따른 구조적인 안전성 확보가 필수적이다.

일반 상선의 모든 분야의 설계 기술은 국내의 기술이 세계를 선도한다고 볼 수 있다. 국내 조선소는 지난 수 년 간 카페리 등의 건조 실적을 쌓음으로써 어느 정도 기술은 축적하였다고 볼 수 있으나, 크루즈선의 경우는 보다 높은 구조 안전성 확보 및 다양한 공간 배치에 따른 구조적인 취약함과 크루즈선의 특화된 구조적 특징인 박판의 대형 갑판 해석 기술에 있어서는 추가적 기술 개발과 경험이 필요하다.

8. 맺음말

이상에서 설명한 바와 같이 크루즈선의 경우 다양한 형태와 크기의 객실과 공실, 그리고 옥외 공간 등이 있으며, 이러한 곳들의 배치를 위하여 불가피하게 구조적인 불연속을 초래하며, 배의 전체적인 복원성능 확보를 위한 경량화 구조를 요구한다. 이러한 조건은 구조적인 안전성에 불리하게 작용하므로 이를 감안한 최적 구조설계가 매우 중요하다. 승객과 승무원들의 쾌적한 환경 유지조건 중 소음진동 문제는 가장 중요한 항목으로써, 다양하고 복잡한 공간과 공조 시스템, 장비, 유틸리티 등이 요구된다. 따라서, 근본적인 각종 소음진동의 원인이 되는 각종 설치 장비의 선정과 설치에서부터, 흡차음재, 유닛캐빈 등의 객실 구성 요소, 공조시스템, 공실, 그리고 옥외 공간 등으로 구분하여 필요한 방음 방진 설계기술을 개발하고 필요한 해석 시스템을 개발할 필요가 있다.