

크루즈선의 최적 구조 설계 및 진동·저소음 기술개발 전략

김노성, 최수현, 이수호, 배재류(대우조선해양㈜)

1. 서 론

일반 상선의 모든 분야의 설계 기술은 국내의 기술이 세계를 선도한다고 볼 수 있다. 그러나 크루즈 선의 경우, 국내 조선소는 지난 수 년 간 카페리 등의 건조 실적을 쌓음으로써 어느 정도 기술은 축적하였다고 볼 수 있으나, 크루즈 선의 보다 높은 구조 안전성 확보 및 다양한 공간 배치에 따른 구조적인 취약함과 크루즈 선의 특화된 구조적 특징인 Long Span을 갖는 박판 해석 기술에 있어서는 추가적 기술개발과 경험이 필요하다.

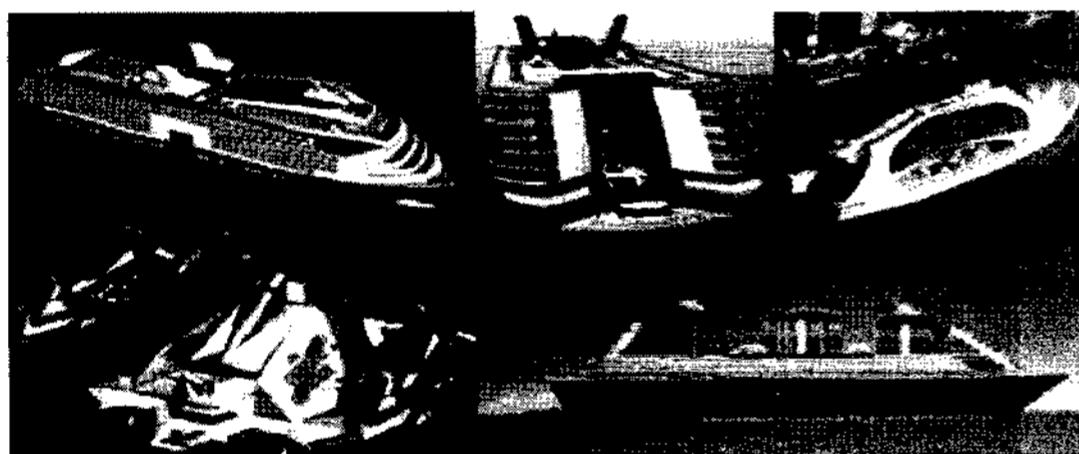


Fig. 1 크루즈 선

또한, 선박의 진동·소음 관련 기술은 주로 90년대 이후 강화된 선박 진동·소음 규정에 기인하여 국내 기술도 발전을 거듭하여 왔으며, 일반 상선의 건조에는 큰 문제점 없이 적용하여 오고 있다. 하지만, 해양 제품의 경우 NORSOK 및 UK-HSE 등과 같은 까다로운 진동·소음 규정을 적용 받는 경우에는 적지 않게 애를 먹고 있다. 따라서, 승객의 안락한 환경이 주요 성능 평가 항목이 될 수 있는 크루즈 선의 경우 현재의 수준 보다는 한 단계 발전된 기술 개발이 필요하다 할 수 있다.

특히, 현 상태에서 선박의 진동관련 기술은 외국의 기술과 대등한 수준으로 평가할 수 있으나, 소음관련 기술은 해석 및 선실 구성 요소의 특성 파

악 등 실험적으로 추출해야 하는 인자들의 데이터 베이스 구축 등 향후의 연구 항목이 많다고 할 수 있다.

국내에서 내·외장재 흡·차음 성능 계측은 많이 이루어지고 있지만 연구 발표된 예는 드물다. 이러한 이유는 단순한 구조의 내·외장재 이외에는 이론적 해석에 한계가 있기 때문으로 생각된다. 최근에는 해외의 주요 선급(DNV, ABS, LR 등)들도 선박의 품질을 나타내는 등급 규정(Class Notation)에 격실간 차음성능을 중요한 인자의 하나로 포함하는 등 환경문제의 관점에서 관심을 끌기 시작하고 있는 상태이다.

또한, 열린 공간(Open Space) 및 중·저주파수 대역의 소음 해석 기술은 예측의 신뢰성과 정확성에 다소 문제가 있다.

객실의 주요 구성요소로서 Unit Cabin이 탑재되는데, 현재 국내에서 건조되는 카페리의 경우에도 대부분 수입에 의존하고 있으나, 국내에서도 일반 상선용 제품을 생산하고 있고 자체 설계 및 시공 능력 확보에 관심과 노력을 기울이고 있는 전문 업체들도 나서고 있는 만큼 핵심기반 기술을 확보하여 국내 생산제품에 적용함으로써 크루즈선의 건조 시 경쟁력 확보에 기여하도록 하여야 할 것이다.

2. 크루즈 선의 특성

크루즈 선은 관광 및 레저가 목적이므로 해상에서 선내에 머물면서 의식주 및 여가활동을 하게 되므로 승객에게 각종 편의 시설의 제공 뿐 아니라 선내 공간에서의 안락함을 함께 제공해야 한다. 이러한 안락함에는 인테리어, 서비스 등 심리적인 요소와 함께 냉난방, 선박의 운동성능이나 진동·소음

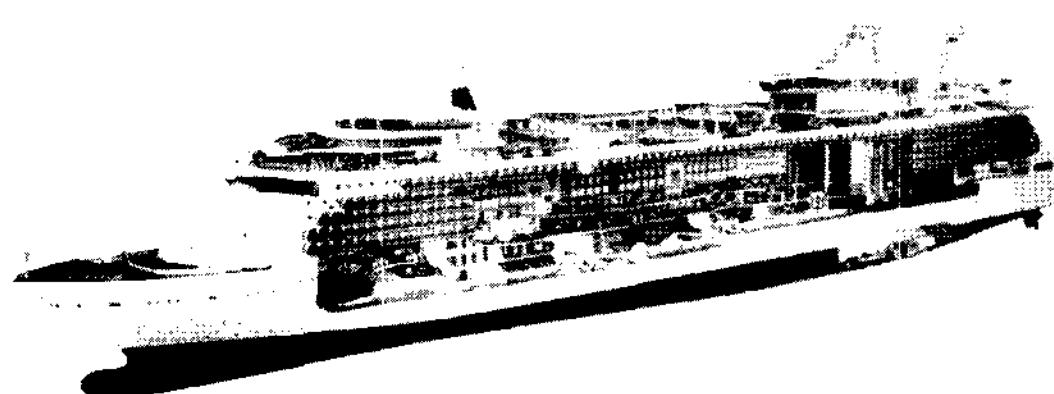


Fig. 2 크루즈 선의 각종 시설

성능 등의 물리적인 요소도 매우 중요한 인자로 작용한다.

이러한 크루즈 선의 특징으로는 대형 창(Window), 대형 홀, 그리고 대형 개구부(Opening) 배치 등으로 인한 구조적 불연속성을 들 수 있다. 또한, 복원성 확보를 위한 상부구조의 박판 적용을 들 수 있는데, 이러한 공간과 구조적인 제약을 극복하고 승객의 안락함과 편안함을 보장하기 위한 최적구조설계와 저진동 · 저소음 설계가 매우 중요하다.

아울러, 진동 · 소음의 원인이 되는 각종 장비의 선정과 설치에서부터, 흡 · 차음재와 Unit Cabin 등의 객실 구성 요소, 공조 시스템, 공용실, 그리고 열린 공간 등에 대한 각각의 저진동 · 저소음 설계 기술과 해석 시스템을 개발할 필요가 있다.

3. 구조 설계 기술 개발

크루즈 선의 구조는 선상의 제한된 공간이라는 물리적 · 심리적 불편을 피하고 승객에게 최상의 편의성 및 개방성을 제공하기 위하여 출입구 및 대형 창뿐 아니라 2~3 개 층의 천정을 트워 대형 공간을 배치하는 등 커다란 개구의 구조가 많다. 따라서 구조적인 불연속으로 인하여 약해진 선체구조의 강성을 향상시켜야 한다. 또한 흘수가 제한되고 상부 구조가 상대적으로 매우 크기 때문에 근본적인 복원성능의 문제를 해결하기 위해 상부구조의 경량화 기술이 필수적이며 이에 따른 박판 경량재 사용이 불가피하다. 이러한 제약을 극복하고 승객의 안락한 환경을 최우선으로 하는 구조 설계 기술 개발은 여객선 개발의 핵심 기술의 하나라고 할 수 있다.

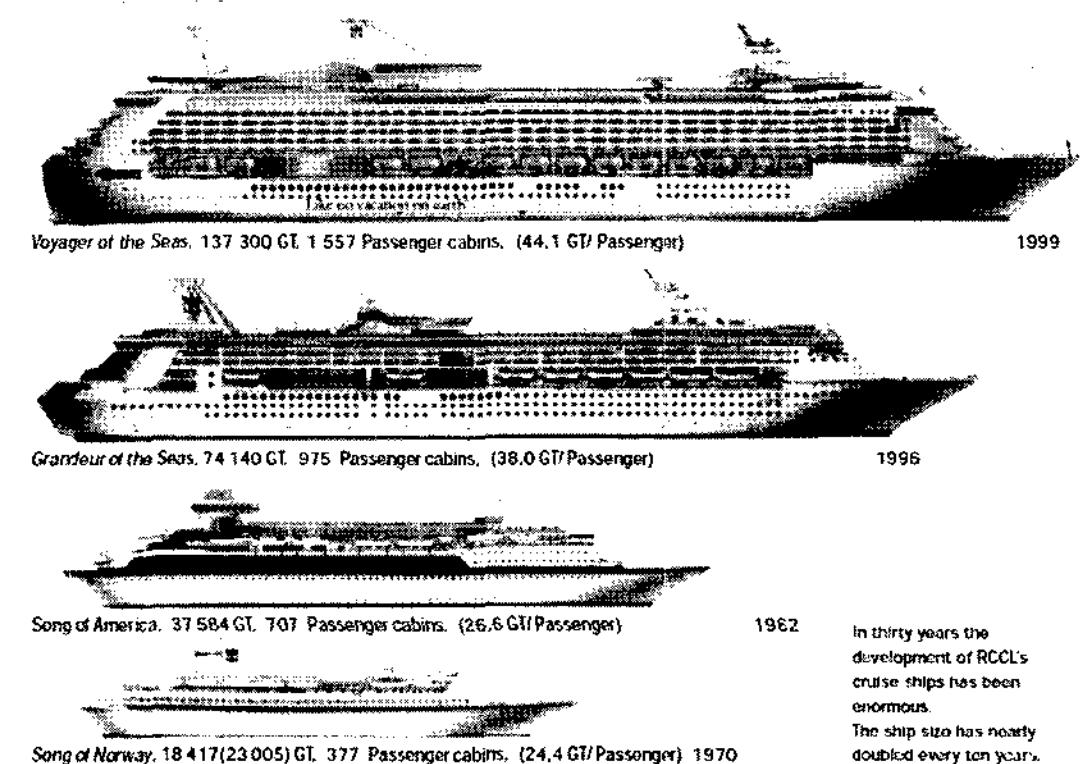


Fig. 3 다양한 크기의 크루즈 선

일반 상선의 경우 구조적인 연속성이 매우 잘 유지되도록 초기 설계부터 배치가 용이하나 크루즈 선의 경우에는 공간의 제약과 승객들의 편의를 고려한 배치와 또한 박판 구조의 사용 등 구조 설계 측면에서 매우 불리하게 작용하는 요소를 극복하기 위한 노력이 필수적이다.

이상의 내용을 종합하여 다음과 같이 상세 과제로 구분하여 과제를 수행하고자 한다.

- 크루즈 선의 구조 설계 관련 기술 분석
- 선급별 구조 설계 특성 조사 및 분석
- 크루즈 선 구조 안정성 평가 기술 조사
- 크루즈 선 구조 해석 시스템 기반 구축
- 크루즈 선 구조 설계용 데이터베이스 구축
- 최적 중앙단면도 작성

4. 저진동 · 저소음 설계 기술 개발

승객을 위한 안락함과 편안함 등을 보장하는 저진동 · 저소음 구현을 위한 기술 개발은 크루즈 선 개발의 또 다른 핵심 기술이다. 일반 상선과 달리 크루즈 선의 경우 공간의 제약과 승객들의 편의를 고려한 배치를 감안할 때 현실적으로 배치를 통한 진동 · 소음 성능을 향상시키는 것은 매우 어렵다고 할 수 있다. 또한 박판 구조의 사용 등도 진동 · 소음 측면에서 매우 불리하게 작용하는 요소이므로

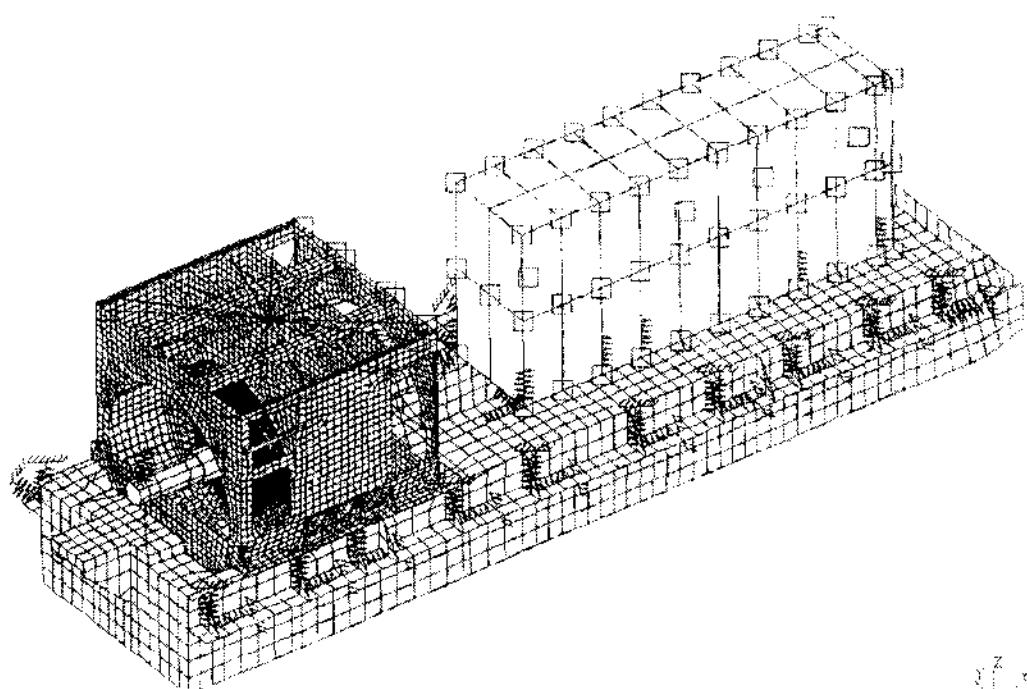
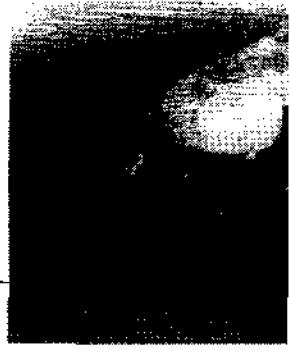


Fig. 4 발전기의 진동 해석 모델

이를 극복하기 위한 노력이 필수적이다.

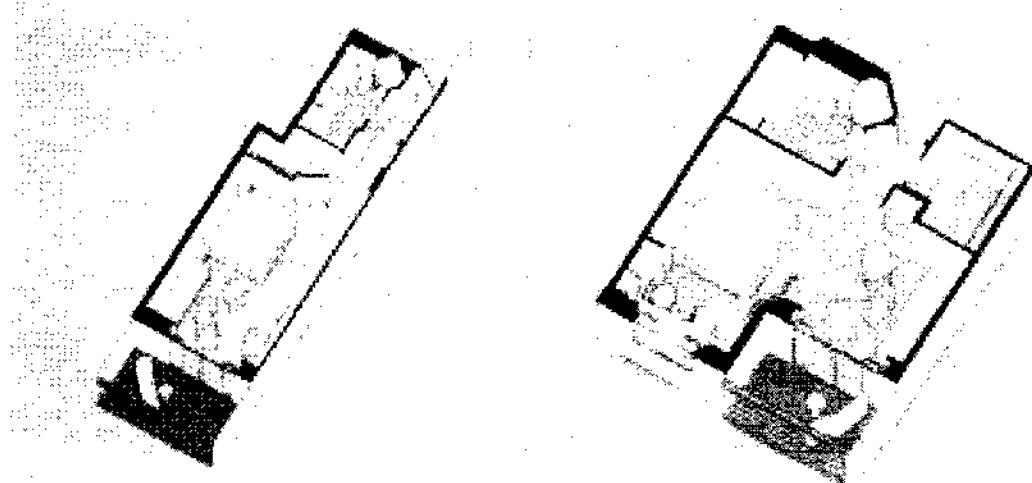
아울러 크루즈 선의 경우 진동·소음 관련 규정이 매우 엄격하므로 각종 진동·소음의 원인이 되는 각종 장비의 선정은 물론 예 장비로부터 전달이 되는 진동·소음원의 크기를 줄이려는 노력 또한 매우 중요한 항목이다.

크루즈 선은 객실의 수(보통 1000~3000실)가 많으므로 건조원가(5~10억불)의 30% 이상을 차지하므로 크루즈 선용 저소음 Unit Cabin은 크루즈선 건조에 있어서 제일 중요한 핵심 부품이다.

이러한 Unit Cabin은 생산뿐만 아니라 시공기술이 매우 중요한 데 특히 Unit Cabin은 바닥이 없는



Fig. 5 크루즈 선의 Unit Cabin 예



구조로서 강건한 구조체가 아니므로 운반 및 탑재 시 손상이나 변형되기 쉬운 약점이 있다. 그러므로 효율적인 생산 공정 기술이 요구되며, 운반 및 탑재를 위한 전용 치공구인 지그가 필요하다. 또한 선상 설치 방법에 따라서 차음, 소음 및 진동 절연의 정도는 큰 차이를 보일 수 있으므로 체계적이면서 정밀한 표준 시공방법을 개발해야 한다.

실내소음에 가장 큰 영향을 미치는 공조시스템의 소음저감은 매우 중요한 요소기술이지만 현재의 공조시스템 소음의 예측은 실험식 및 경험식에 의존하여 정확도가 떨어지며 다양하고 복잡한 공조시스템의 특성을 완전히 반영하고 있지 못하다. 그러므로 예측의 정확도 향상은 물론 해석의 입출력 작업을 능률적으로 수행할 수 있는 수단이 필요하다.

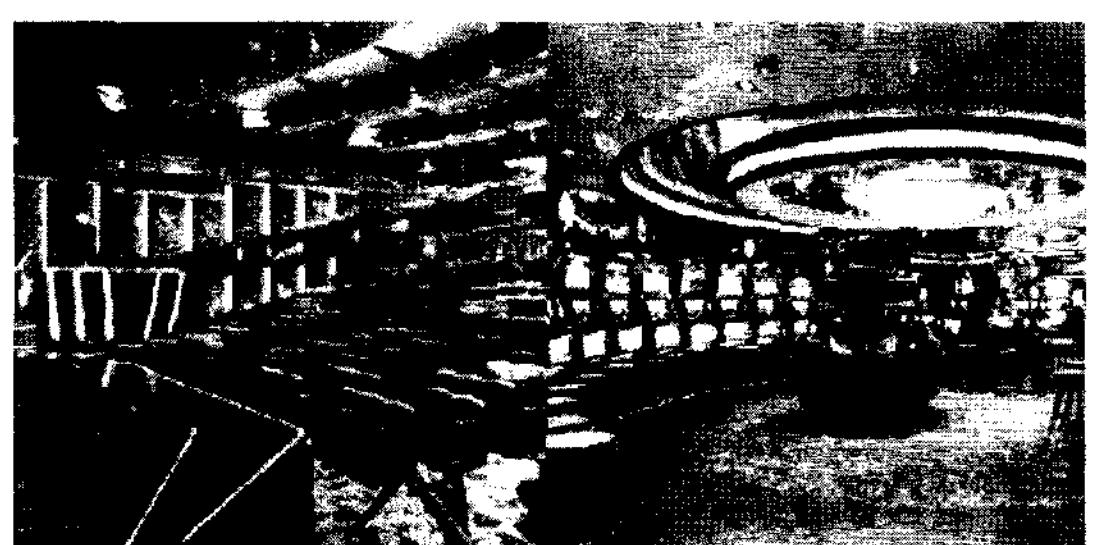


Fig. 6 크루즈 선의 실내 공간

해양자원 개발용 특수 구조물(FPSO 등)이나 크루즈선과 같이 승무원이 100명 이상 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 반사음 특성 등이 합리적으로 설계되지 않으면 반사음으로 인하여 음의 명료도 혹은 음의 현장감이 감소하거나, 음의 사각지대(Shadow Zone)가 발생하는 등 대형공간의 기능을 심각하게 저하시킬 수 있다. 따라서 크루즈 선의 대형공간의 음장특성에 대한 예측을 통하여 최적의 설계변수와 음향대책을 도출할 필요가 있다.

크루즈 선의 승객이나 승무원의 프라이버시와 안락한 선실 환경 기반 구축을 위해서는 선실 구획부

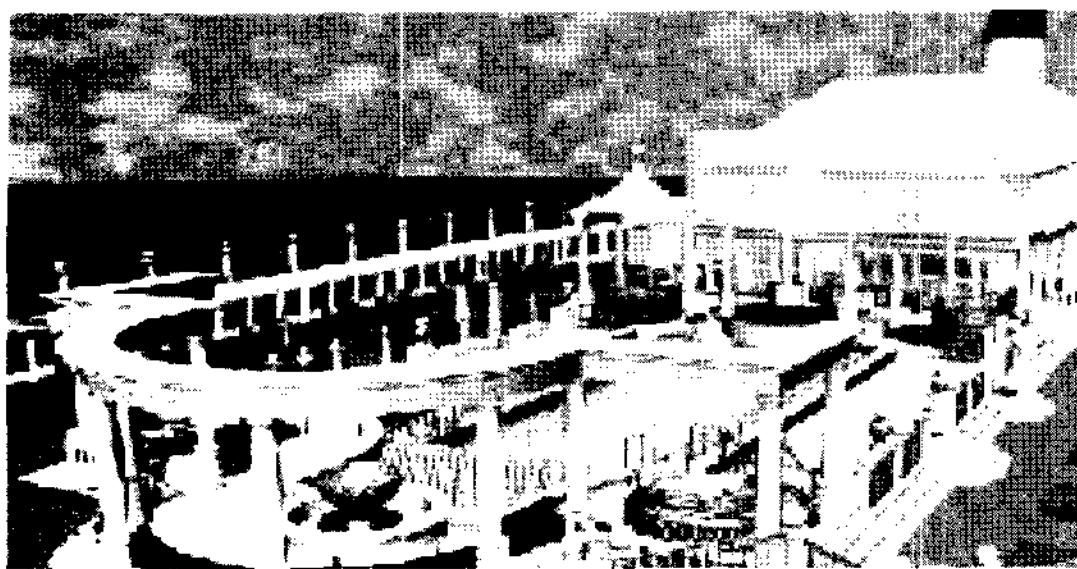


Fig. 7 크루즈 선의 옥외 레포츠 시설

재(벽체, 천장재, 뜬바닥 구조 등)의 차음성능이 중요하기 때문에 내·외장재 흡·차음 성능 평가 기술이 필요하다. 또한 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 환경의 소음 문제가 매우 중요하다. 따라서 이와 같은 열린 공간에서의 소음의 전달 특성 파악을 위한 해석 기술과 방음 설계 기술의 개발이 필요하다.

크루즈 선에서 문제가 되고 있는 소음은 주로 중

- 저주파수 대역에서 발생한다. 그러나, 현재의 소음해석 기술로는 이러한 중·저주파수 대역에서 소음 예측에 한계가 있으며 그 결과의 신뢰성을 확보하기 어렵다. 그러므로 중·저주파수 대역의 소음 해석을 할 수 있는 평가시스템 개발이 필요하다.

이상의 내용을 종합하여 본 과제의 경우 1단계에서 요소기술 개발 및 해석 Tool 개발을 수행하고, 2 단계에서 크루즈 선의 최종 설계를 위한 진동·소음 관련 각 항목의 표준을 구축하는데 목적이 있다. 1단계 사업의 내용을 다음과 같이 상세 과제로 구 분하여 과제를 수행하고자 한다.

- 박판구조 저진동 설계기술 개발
- 진동·소음원 장비 최적 방진 설계기술 개발
- 주요 의장재 기진력 저감 설계기술 개발
- 내·외장재 흡·차음 성능 평가기술 확보
- 대형 공실 공간 음향성능 평가모델 구축
- Unit Cabin 소음평가 모델 구축

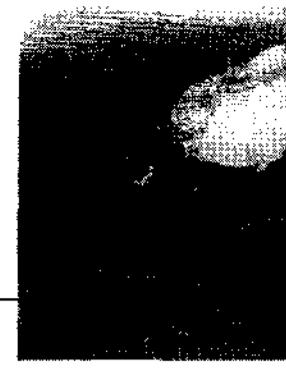


Fig. 8 진동 소음 해석 예

- 저소음 공조시스템 설계기술 확보
- 중·저주파수 소음해석 시스템 개발

이러한 기술개발을 통한 기술적 측면의 파급 효과로서 다음을 열거할 수 있다.

- 크루즈 선의 최적 구조설계를 위한 해석기술 기반 확립
- 크루즈선의 방진 설계 기술 확립
- 객실·휴식 공간의 저소음화 설계기술 확보
- Mock-up 및 실선 차음 성능 및 저소음화 기술 개발로 현장 상황에 맞는 기술 확보
- 크루즈 선의 내·외장재 흡·차음 성능 평가 기술 확보
- 저소음 공조 시스템 설계 기술 확보
- 열린 공간의 휴식 시설에 대한 소음 저감 기술 확보
- 크루즈 선의 소음 해석 시스템 구축
- 크루즈선 구조 및 방진·방음 설계 엔지니어링 해외 용역비용 절감
- 내·외장재 및 Unit Cabin 등의 핵심 부품 국내 기자재 적용으로 수입 대체
- 기자재 산업의 경쟁 촉발로 해외 독점공급사의 가격 담합 저지
- 장기적으로는 엔지니어링 기술과 핵심 부품 및 기자재의 해외시장 개척 및 국제 기술표준에 한국 조선소의 표준 적용
- 석유시추선, 잠수함 등 거주성능 향상이 특별히 요구되는 분야에 대한 응용
- 해상 및 해중 위락 및 거주시설 개발 붐에 대비한 기술 축척



5. 결 론

고부가가치 선박의 하나로 현재 유럽의 일부 조선소에서 독점하고 있는 크루즈 선의 경쟁력 확보 차원에서 정부의 적극적인 지원과 모든 관련사들의 협력 하에 기술개발을 시작하는 단계에 있다. 본 과제의 성공적인 수행을 통하여 크루즈 선의 건조를 위한 기술경쟁력을 확보하는 기반으로 삼고자 한다. 본 기술 개발 결과는 조선분야 뿐 아니라 일반 산업 분야에도 활용할 수 있을 것으로 본다.

방진 방음 설계 기술은 최근 그 시장이 확대되고 있는 해양 사업 분야에 직접적 이용이 가능하다. 해양 사업 분야는 NORSOOK 및 UK-HSE와 같은 까

다로운 진동 소음 규정을 적용 받는 이유로 본 과제의 개발 기술이 필수적이다. 또한 건축물의 공조 시스템 및 최근 중요시되고 있는 충간 소음 분야에도 직접적 이용이 가능한 기술이다.

결론적으로 본 과제를 통해 개발되는 기술은 크루즈 선 개발은 물론 복잡한 타 고부가가치선, 해양구조물 그리고 Unit Cabin 및 인테리어 등의 기자재 국산화에도 크게 기여할 것으로 기대한다.

후 기

본 연구는 산업자원부 중기거점기술개발사업의 개발과제인 차세대 고부가가치선박의 기반기술 및 핵심부품개발의 일부로 수행되고 있음을 밝혀둔다. ↪