

여객선에서의 진동과 Atrium Stairway Vibration and an Atrium Stairway in a Passenger Ship

박주현† · 오정한* · 엄재광* · 한성용**
J. H. Park, J.H. Oh, J. K. Eom, S.Y. Han

Key Words : Atrium Stairway, Passenger Ship(여객선), Finite Element Method(유한요소법)

ABSTRACT

A passenger ship has some differences compared with a general commercial ship from the viewpoint of the structural arrangement. It is difficult to reinforce wide panels and local structures of a passenger ship because of its interior design when they have vibration problems. Moreover, the allowable vibratory limit for a passenger ship is much lower than that of a commercial ship. In this study, it is introduced that the procedure of the vibration analysis and the structural improvement for prevention of vibration with consideration of interior design for the Atrium stairway, one of the local structure installed in public space.

1. 서론

해상 운송수단의 발달과 경제적인 안정은 선박을 단순한 운송수단이 아닌 쾌적한 여행과 여가를 즐기는 수단으로 많은 사람들이 관심을 갖게 되었다. 특히 여객선은 단순히 승객 운송 목적뿐만 아니라 승선기간 동안 쾌적한 선실에서의 휴식, 쇼핑, 수영 등의 안락한 승선 생활을 원하는 승객수가 증가하게 되었다. 이에 따라, 여객 운항사들은 이러한 승객들의 기호를 만족시키는 한편 승객의 안락함을 최고로 함으로서 영업이익을 높이는 목적을 달성하기 위하여 새롭게 건조하는 여객선에 대하여 기존의 여객선보다 훨씬 낮은 진동상태를 보장하도록 엄격한 건조계약조건을 제시하여 만족시켜줄 것을 조선소에 요구하고 있다. 이러한 여객선은 주로 미국, 유럽과 지중해를 중심으로 해상무역이 활발한 지역의 화물운송과 접목되어 화물차량의 이동과 승객운송을 함께 할 수 있는 카페리 형태의 다목적 대형여객선이 요구되었다.

여객선의 방진설계 시 우선 고려해야 될 사항은 선실과 승객의 휴식공간 하부는 대형 트레일러가 이동 및 적재되는 장소이므로 차량이동시의 방

해 및 안전을 저해하는 보강구조를 배치할 수 없다는 사실이다. 트레일러 갑판 공간의 상부에 위치한 거주구는 충분한 지지구조를 갖기 어렵다. 또한, 대형 패널 형태를 갖는 여객의 대형 휴식공간은 진동에 취약한 구조로서 방진설계 및 조치의 어려움을 안고 있다. 이러한 여객선의 대형 패널 구조의 진동은 상선에서는 찾아보기 어려운 제약요소로서 카페리형태의 여객선에서 빈번하게 발생하는 문제이다.

그리고, 여객선에서 요구되는 진동허용기준은 상선에 비하여 1/2 이하의 낮은 허용기준이 적용되고 있다.

본 논문에서 소개하는 여객선은 프랑스에서 영국을 왕복운항하며, 780 명의 승객이 탈 수 있는 규모이며, 영화관, 레크레이션 공간 등이 구비되어 있으며, 아래층에는 300 대 이상의 트레일러 차량과 캠핑용의 차량갑판을 구비하고 있다.

대형 여객선의 진동과 방진설계에 대하여는 이미 참고문헌 1), 2)에서 소개하였던 적이 있다. 본 논문에서는 여객선의 실내 장식의 일부로 공실(bistro area)과 공실(reception area)을 연결하는 Atrium stairway의 진동문제를 실내 장식의 안락한 외관을 해치지 않고 질량 조절을 통한 방진 사례를 소개하고자 한다.

* 삼성중공업 조선해양연구소 진동소음연구
E-mail : jh02.park@samsung.com
Tel : (055) 630-6461, Fax : (055) 630-4985

** 삼성중공업 조선해양연구소

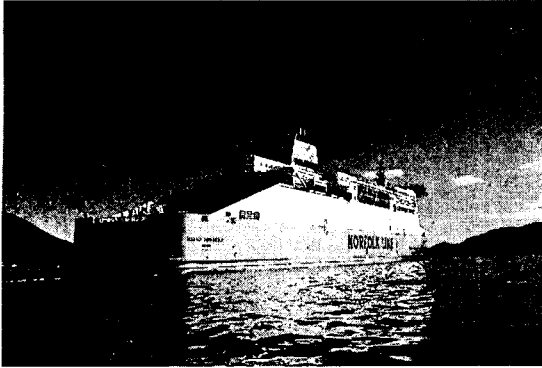


Fig. 1 여객선 취항 전경

2. 선박의 주요 제원

2.1 선박의 제원

본 논문의 대상 선박의 주요 제원 및 기진력의 특성은 각각 아래 Table 1 과 Table 2 와 같다.

Table 1 선박의 주요 제원

Kind and type	Ro-Ro Ferry
LOA(m)	185.7
LBP(m)	172
Breath moulded(m)	28.4
Depth moulded(m)	15.7
Draught(full load,m)	6.75

Table 2 주요 기진원의 특성

main engine	
Built year	2004
Kind and type	Man B&W 8L 48/60B
Power, kW	9,600
Speed, rpm	500
Propeller	
Number and type	2, CPP
No. of blades	4
Diameters(m)	5.4

3. 고유진동해석

3.1 모델링

Atrium stairway 는 bistro area 와 reception area 를 연결하는 원통형 구조물로서, 하부 갑판은 차량갑판 상부로 지지되는 격벽 구조가 없고, 상부 갑판은 공실 구역으로 주로 기둥지지 되어

있다. 이를 고려하여 진동해석을 위한 3 차원 유한요소 진동해석 모델은 Atrium stairway, Atrium stairway 상부 및 하부갑판을 포함하고 있으며, 경계조건(boundary condition)을 고려하여 모델링 범위를 확정하였다. 기타 부가물(glass 및 기타 pipe 류 등)은 집중질량요소(CONM2)로 모델링 하였고, 하부 보강재(stiffener 및 girder)는 보요소(beam element)로 모델링하였다. 각 구조부재에는 영률, 프아송비, 밀도등 재료의 물성치를 적절히 적용하였다.

여객선에 설치된 Atrium stairway 은 Fig.2 와 같다. 진동해석을 위한 3 차원 유한요소 모델은 Fig.3 과 같다.

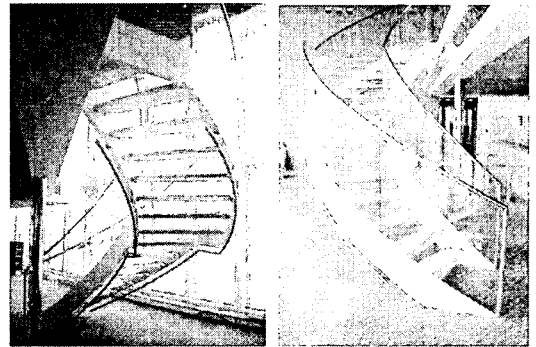


Fig. 2 bistro area 와 reception area 사이에 연결된 Atrium stairway

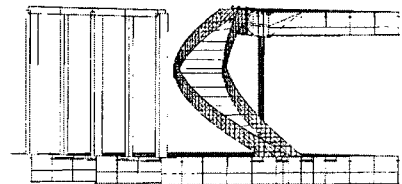


Fig. 3 Atrium stairway 유한요소 모델

3.2 기진력

선박의 기진력은 주기관(main engine)과 추진기(Propeller)에서 주로 발생한다. 본선의 주기관은 중속 디젤 4 행정기관으로 기진력이 2 행정기관보다 작다. 본 해석에서는 주기관이 Atrium stairway 에 미치는 영향이 적다고 가정하여 고려하지 않았다. 추진기에서 발생하는 성분은 프로펠

러 날개수 성분으로서 그 1 차 및 2 차 성분이 지배적이거나, stairway 설치 위치가 프로펠러 기진원과 거리가 멀어 2 차 성분에 대한 영향은 없을 것으로 가정하여 1 차 성분만 고려하였다.

따라서, 본선에서 고려된 기진력은 프로펠러에서 발생하는 것으로 주요 기진주파수는 Table 3 과 같다.

Table 3 주요 기진력 및 기진 주파수

주요 기진력	프로펠러 hull surface pressure
TYPE	CPP
No. of Blades	4EA
주요 기진주파수	Propeller 1 st : 9Hz

3.3 고유진동해석

고유치 해석을 통하여 고유진동수 및 모우드를 구하였다. 본 해석을 위하여 상용유한요소해석 프로그램인 Msc/Patran, Nastran 을 이용하여 수행하였고, 고유치 해석은 Nastran Lanczos method 를 이용하였다.

3.3.1 진동해석결과

Atrium Stairway 의 고유진동해석 결과는 Table 4 와 같다. 각 진동 모우드에 해당하는 모드 형상은 Fig. 4, 5 와 같다.

Table 4 고유진동해석 결과

mode	Frequency(Hz)	Remark
상하방향	8.8 Hz	Fig. 4
횡방향	12.37 Hz	Fig. 5

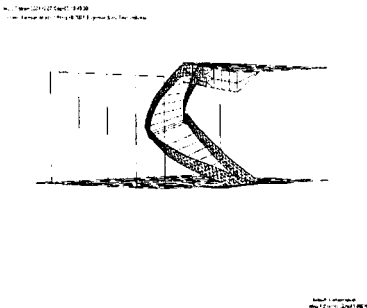


Fig. 4 상하방향 진동모우드

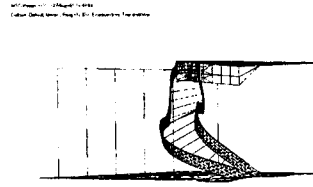


Fig. 5 횡방향 진동모우드

고유진동해석 결과 대형 패널에 대한 진동 모우드와 Atrium stairway 의 진동 모우드가 서로 연성되지 않음을 확인할 수 있었다.

Atrium stairway 상하방향 진동 모우드가 프로펠러 날개수 1 차 기진주파수와 공진이 예상되어 보강 방안을 수립하였다.

3.3.2 보강방안

Atrium stairway 의 진동 보강방안 중 최선의 방안은 가운데 지점에 기둥을 설치하는 것이지만, 승객들의 쾌적한 선내 이동을 제공하기 위한 인테리어 설계를 고려하여 질량 조정을 이용한 방진 방안을 고려하였다. 추가된 질량은 약 150kg 이며, 이를 유한요소모델에 반영하여 보강방안에 대한 진동해석을 수행하였다.

3.3.3 보강방안에 대한 진동해석 결과

보강방안에 대한 고유진동해석 결과는 Table 5. 와 같다.

Table 5 보강방안에 대한 고유진동해석결과

mode	Frequency(Hz)	Remark
상하방향	8.18 Hz	Fig. 6
횡방향	11.78 Hz	-

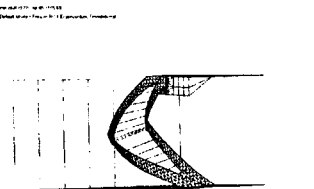


Fig. 6 상하방향 진동 모우드

보강방안에 대한 고유진동해석 결과 공진문제가 예상되었던 stairway 상하방향 진동 모우드가 프로펠러 날개수 1 차 기진주파수와 공진이 회피 되었음을 확인하였다.

4. 진동계측

4.1 Impact Test

Atrium stairway 개선 후 고유진동수 확인을 위하여 impact test 를 실시하였으며, 상하방향 모우드가 8.1Hz 에 존재하는 것으로 확인하였다.

4.2 해상 시운전 중 진동계측 결과

보강방안을 반영한 Atrium stairway 의 공진회피 설계에 따른 진동응답을 확인하기 위하여 시운전 중 진동계측을 수행하였다. 진동응답은 주 운항 회전수에서 1.5mm/s 이하로 선급에서 제시하는 국부구조물 진동허용치와 비교할 때, 매우 양호함을 확인하였다. Atrium stairway 진동응답 계측 결과는 Fig.8 에 나타내었다.

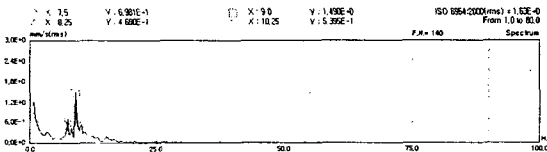


Fig. 8 시운전 중 Atrium stairway 진동계측 결과

5. 결론

거주구 내의 실내 장식은 여객선의 화려함과 쾌적도를 만족시키는 중요한 항목이므로 방진 조치시 우선적으로 고려하여야 할 사항이다.

실내 장식을 고려한 여객선의 Atrium stairway 진동해석 및 진동계측을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 여객선에서는 일반 상선의 진동 소음의 쾌적도 뿐만 아니라, 예술적인 인테리어 설계와 배치가 우선 고려되어야 한다.

2) 승객들의 쾌적한 선내이동을 제공하기 위한 부구조물에 대한 보강 방안으로 실내 장식의 양감과 질감 등의 안락한 외관을 해치지 않고, 질량 조정을 통한 고유진동수를 최적화함으로써 진동레벨을 낮추는 방법을 실용적으로 확인하였다.

3) 여객선과 같이 구조배치 기술보다 실내 인테리어 예술의 중요도가 높은 선박에 대하여 실내 장식을 유지하면서 공진회피 할 수 있는 하나의 방법으로 본 논문에서 예시한 질량 조정을 통한 질량 조정을 통한 방진 방안뿐 아니라 shape 변화, 비활용 공간 활용 등의 단순 구조개선의 방진 설계에서 예술성을 높이는 동시에 구조적인 문제를 해결하는 노력이 향후, 고부가 호화여객선 건조등에 요구되는 기술로 전망된다.

참고 문헌

- (1) 엄재광,한성용, 2002, “대형여객선의 진동과 방진대책”, 한국소음진동공학회지, 한국진동소음공학회, p35~43.
- (2) 엄재광,한성용,권혁,이주현,2001, “대형 Ro-Ro Ferry 의 진동 해석 및 방진 설계” , 추계학술대회논문집, 한국소음진동공학회, p1050-1054.
- (3) 한국선급, “선박 진동/소음 제어 지침” .1991.
- (4) DNV, “Vibration Control in Ships” ,1985.