

선체에서 발생하는 진동과 소음의 진단 및 평가

구동식** · 이정환** · 최병근* · 김원철†

(원고접수일 : 2007년 11월 7일, 심사완료일 : 2008년 1월 2일)

The Diagnosis and Evaluation of Vibration and Noise in Vessel

Dong-Sik Gu** · Jeong-Hwan Lee** · Byeong-Keun Choi* · Won-Cheol Kim†

Abstract : Most of vessels are not evaluated for their vibration and noise effects to human body. The vibration and noise generated by engine and auxiliary machine in vessel is a negative element for seamen. Therefore, in this paper, the diagnosis and evaluation of vibration and noise from vessel is accomplished by a shipbuilding corporation. The vibration and noise transferred from engine room and auxiliary machine was measured during the steady-state operation, and the vibration and noise map of vessel was made. Also, in order to evaluate the ship environment for human, the diagnosis is carried out on the base of measurement results.

Key words : Vessel(선박), Vibration map(진동맵), Diagnosis(진단), Steady-State Operation(정상상태운전), Vessel Engine Room Noise(선박 기관실소음)

1. 서 론

산업사회의 발달로 생활수준이 향상됨에 따라 선박에 승선하는 선원과 탑승객들의 쾌적한 선내생활을 위한 환경 보전이 요구되고 있다. 선박의 진동 문제가 구체적인 관심사로 대두된 것은 19세기 말엽이며, 선체진동에 관한 세계 최초의 체계적인 연구는 Otto Schick에 의해 행해졌고, 우리나라에서는 1960년대 후반부터 구체적인 연구가 시작되었다^[1].

또한, 소음 역시 선박에서는 빼놓을 수 없는 중요한 문제이다. 선박에는 선박의 운용에 필요한 각

종의 동력을 만들기 위해 기관실이 있으며 선박의 기관실에는 보통 주 엔진(main engine)이 중앙부에 설치되고 주변에는 발전기를 비롯한 각종 보조 기계가 설치되어 있다. 선박에 사용되는 주 엔진은 디젤엔진으로 엔진의 운전효율을 높이기 위해서 폭발의 순서가 정해져있다. 따라서 선박의 기관실에는 이들의 연속적인 폭발행정에 기인하는 강력한 소음이 발생하기 때문에 이 소음을 줄이는 것 또한 선박에서 중요한 사항이다.

최근 선박의 대형화, 고속화 및 경량화로 인하여 진동 및 소음 문제의 중요성이 대두되고 있으며, 특히, 선원 근무환경의 고급화에 따른 선실의 쾌적

† 교신저자(경상대학교 기계항공공학부 해양산업연구소), E-mail:wckim@gaechuk.gsnu.ac.kr, Tel:055)640-3122

* 경상대학교 기계항공공학부 해양산업연구소

** 경상대학교 대학원 정밀기계공학과

성을 위해 선주가 엄격한 진동 허용치 적용을 요구함에 따라, 선원거주구역의 진동문제가 선박 수주의 중요한 조건이 되고 있다^[2].

현재 선박진동 및 소음에 대한 연구는 상선이나 대형 선박 위주로 수행 되고 있다. 그러나 1000Ton 미만의 선박에 대한 연구는 미비하고 체계적이지 못하다. 따라서 본 논문에서는 1000Ton 미만의 대상 선박의 정속 운행 시 엔진 및 보조 기기에 의해 발생하는 진동 및 소음에 대하여 그 대상 선박에 미치는 전반적인 진동과 소음을 측정 하였으며, 측정 결과를 토대로 선내의 진동맵을 작성하고 소음을 분석하여 선내 진동과 소음에 대한 분석을 하였다. 그리고 그 측정된 선내 진동과 소음이 인체에 영향을 미칠 수 있는지 살펴보았다.

2. 측 정

2.1 측정 대상 및 측정 장비

측정 대상이 되는 선박의 제원은 Table 1과 같다. 그리고 측정 대상 선박에 발생하는 진동을 측정하기 위한 장비로 VIBROTEST 60 (B&K) 을 사용하였고 소음을 측정하기 위한 장비로는 Pulse 3560과 Hand-held Analyzer Type 2250 (B&K)을 사용하였다.

Table 1 Specification of Ship

Length(OA)	70.57m
Breadth(MLD)	60.60m
Depth(MLD)	12.30m
Gross Tonnage	999Ton
Main Engine	NIGATA (3300PS 600RPM)
Speed	Max - 16.29KTS Service - 14.11KTS
Max. boarding	108명

2.2 측정 방법 및 측정 위치

진동 측정은 대상 선박이 정속으로 운행 시에 이루어져야 하므로 한국에서 출발하여 목적지인 중국

으로 가기 전인 서해상에서 하루에 걸쳐 측정을 하였고 측정값의 오차를 줄이기 위해 중국에서 한국으로 돌아올 때도 동일한 해상상태에서 측정을 하여 평균화 하였다.

Fig. 1은 대상 선박의 평면도이고, 대상 선박에 미치는 전반적인 진동을 측정 하기위해 대상 선박을 Fig. 1과 같이 Under2, Under1, Deck, Bridge, Top 으로 구분하여 사람들이 많이 활동하는 객실, 승객식당, 선원식당, 선미등과 진동이 많이 일어날 것으로 예상되는 engine room과 Steering gear room을 위주로 측정하고, 선미에서 선수를 볼 경우로 하여 중앙과 좌, 우측으로 측정 위치를 나누어 진동을 측정 하였다. 진동 측정은 같은 위치에서 변위, 속도, 가속도로 측정 하였다 (3), (4)

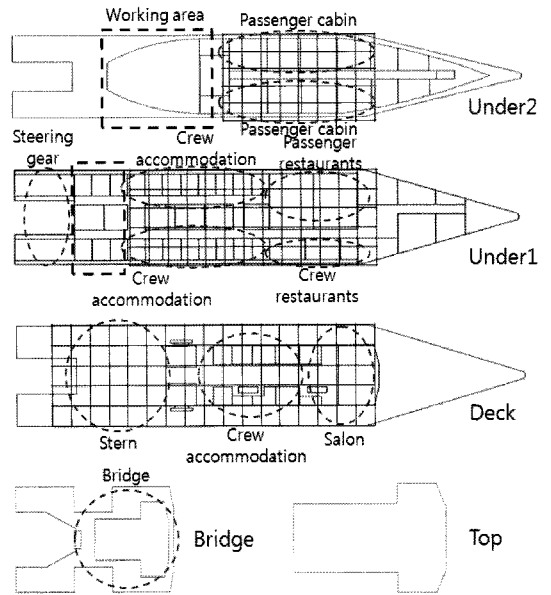


Fig. 1 Vibration measuring area in ichnography of vessel

소음측정은 진동측정과 비슷하게 주로 사람들이 거주하는 실내(객실, 식당)와 소음원이 있는 engine room과 control room 그리고 steering gear room 위주로 측정하였고 소음측정 역시 선미에서 선수를 볼 경우로 하여 중앙과 좌, 우측으로 측정 위치를 나누어 소음을 측정하였다.

소음측정은 Hand-held Analyzer Type 2250 을 사용하여 2분 동안 averaging 하여 레코딩 한 값으로 측정하였다.

Fig. 2는 소음측정 위치를 선박의 평면도로 나타낸 것이다. 전반적으로 진동측정 위치를 나타낸 Fig. 1과 비슷하지만, 주로 실내를 위주로 측정했기 때문에 선외는 측정에서 제외 하였다.

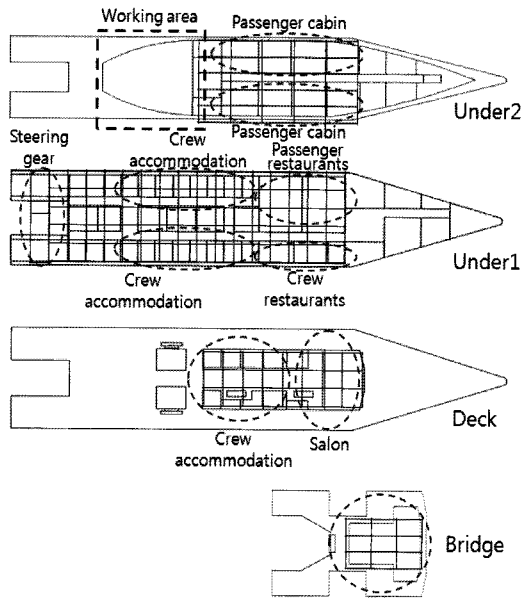


Fig. 2 Sound measuring area in ichnography of vessel

3. 측정 결과

진동의 경우 인체 감각기관이 전신에 분포하기 때문에 전신 어디에나 진동이 전달되더라도 진동 감각을 일으키고 또한 직접 인체 장기 조직에 물리적 영향을 줄 수 있다.

Table 2는 ISO 6954:2000(E)에 표시 되어 있는 진동허용치에 관련된 내용이다^{[5], [6]}. Table 2에서 승객 객실의 경우에는 진동속도 값의 최고 허용치는 4 mm/s 이고 최저 허용치는 2 mm/s 임을 알 수 있다. 최대 허용치는 주로 큰 선박을 만드는 조선소에서 원하는 진동허용치 이고 최저 허용치는 선주들이 원하는 진동허용치이다.

Table 2 Vibrating permissible value (Overall frequency-weighted r.m.s values from 1Hz to 80Hz)

	Area classification					
	A (passenger cabin)		B (crew accommodation)		C (working area)	
	mm/s ²	mm/s	mm/s ²	mm/s	mm/s ²	mm/s
upper permissible value	143	4	214	6	286	8
lower permissible value	71.5	2	107	3	143	4

Table 3 The vibration effect to human body

perception level	Bachmann & Ammann	
	Acc. [mm/s ²]	Velocity[mm/s]
im-perceptible	1~10Hz	10~100Hz
a little perceive	10(60dB)	0.16(82dB)
perceive	40(72dB)	0.64(96dB)
maker anger	125(81dB)	2.0(106dB)
discomport and painful	400(92dB)	6.4(116dB)
harmful	1000(100dB)	16.0(124dB)
	1000이상	16.0이상

Table 3 은 진동에 의한 인체의 지각정도를 나타낸다. Table 2에 의하면 속도 값이 2 mm/s 가 넘어가게 되면 진동을 확실히 지각을 하고 그 이상이 되면 짜증을 일으키고 심하게 되면 해를 끼칠 수 있게 됨을 알 수 있다. Table 2-3을 토대로 대상 선박에서 측정된 진동이 사람이 진동을 확실히 느끼기 시작하는 속도 값인 2 mm/s 가 넘어가게 되면 인체에 영향을 미칠 것으로 사료되어 대상 선박의 진동 측정 결과를 Fig. 3과 같이 나타내었다.

Fig. 3은 대상 선박의 Under2, Under1, Deck, Bridge, Top에서 측정된 진동 결과를 나타낸 그림이고, Fig. 4는 대상 선박의 평면도에서 진동속도 값이 2 mm/s 가 넘어가는 곳의 위치를 나타낸 그림이다.

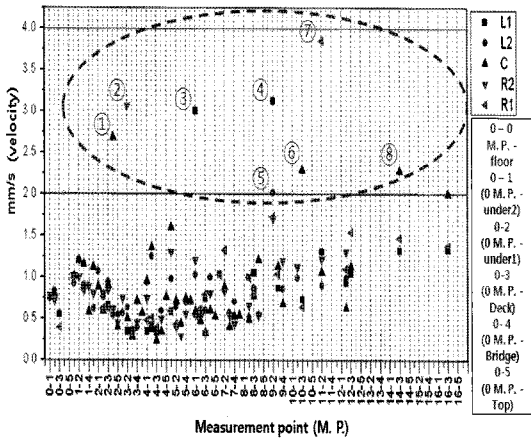


Fig. 3 The measured vibration value

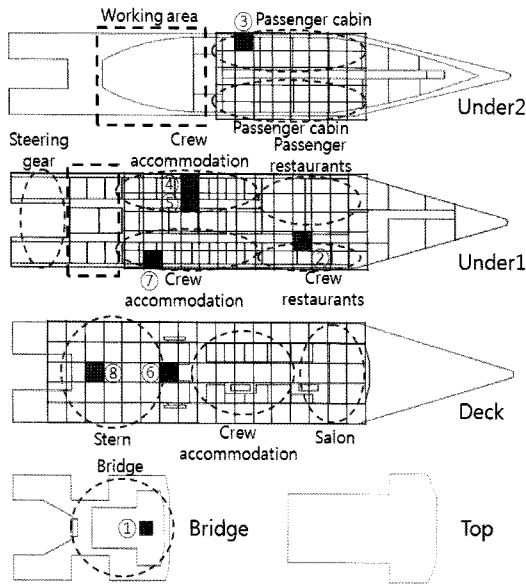


Fig. 4 Vibration area over 2 mm/s in ichnography of vessel

Fig. 3에서 나타나듯이 진동속도 값의 최저 허용치인 2 mm/s 이상과 최대 허용치인 4 mm/s 이하 인 측정위치가 8곳이나 있었으며 ③, ④, ⑤, ⑦번의 경우 객실에서 ②번의 경우 식당에서 ⑥, ⑧번의 경우 선미에서 측정되었으며 ①번의 경우 특이하게 조타실에서 측정이 되었다. 진동이 측정된 ③, ④, ⑤, ⑦번의 경우 승객들과 선원들이 생활하는 공간이므로 Table 2와 3에서 알 수 있듯이

인간이 진동을 많이 느끼는 진동속도 값이므로 장시간 거주 시 인체에 미치는 영향이 있을 것으로 사료된다.

Fig. 4에서 진동속도가 2 mm/s 가 넘는 측정 위치는 음영을 두어 표시를 하였고 사각형 점선 안의 구역은 engine room과 steering gear room 앞 선원객실로 진동이 심하여 따로 측정을 해 보았다.

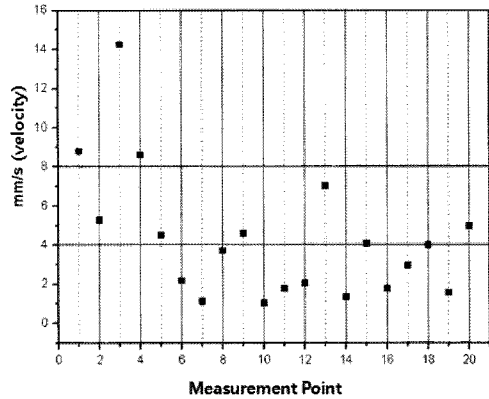


Fig. 5 The measured vibration value in the engine room

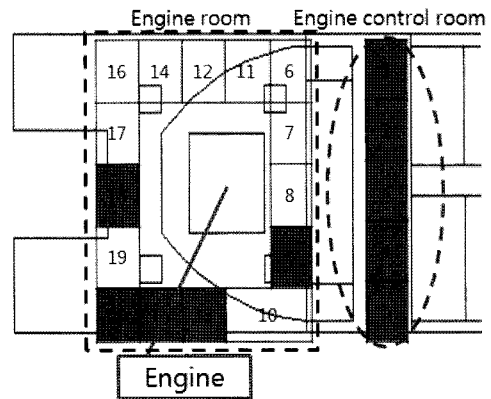


Fig. 6 The engine room ichnography of vessel

Fig. 5는 Fig. 1의 Under2에서 사각형 점선으로 된 구역인 engine room에서 진동을 측정 한 결과이고, Fig. 6은 engine room의 평면도이다. Fig. 6에서 엔진을 중심으로 하여 엔진을 제외한 engine room 주위와 engine room 옆 control

room도 같이 측정 위치로 정하여 측정 하였고, Fig. 5에서 나타나듯이 측정한 20개의 위치 중 절반인 10개의 위치가 작업 공간에서 진동을 많이 느끼기 시작하는 진동속도 값인 4 mm/s를 넘어서 engine room에서 작업하는 선원들의 인체에 영향을 미칠 것으로 사료되고, 특히 control room의 경우 control room에서 측정한 5개의 위치 모두 4 mm/s를 넘어가고, 그 중 3개의 위치는 작업 공간에서 최고 허용치인 8 mm/s를 넘어서 control room에서의 진동 문제가 심각한 것으로 사료된다.

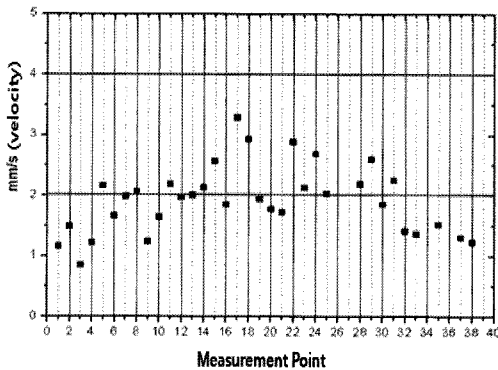


Fig. 7 The crew accommodation (A front of steering gear room)

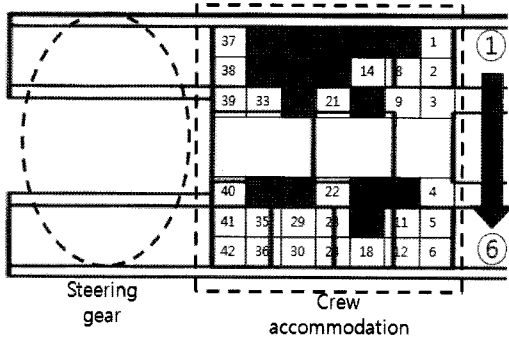


Fig. 8 The crew accommodation ichnography of vessel

Fig. 7은 Fig. 1의 Under1에서 사각형 점선으로 된 구역인 steering gear room 앞 선원의 객실에서 진동을 측정된 결과이고 Fig. 8은 선원의 객실의 평면도이다. Fig. 8에서 나타나 있듯이 선

원들이 생활하는 공간 입에도 불구하고 진동을 많이 느끼는 진동속도 값인 2 mm/s를 넘어가는 측정 위치들이 많았다.

소음의 경우 인간이 장시간 소음에 노출 되면 청각은 계속 나빠져서 난청 같이 듣는 능력에 장애가 올 수 있고, 갑자기 큰 소리에 정신적인 스트레스를 받을 경우가 있다.

Table 4는 IMO(International Maritime Organization)에서 규정한 선박소음 규제치⁽¹⁾에 관한 내용이다. 주로 선박에서 사람들이 활동을 많이 하는 공간으로 구분하였고 선박의 중량은 1600Ton 이하 일 때 규제치를 나타낸 것이다.

Table 4 The vessel noise control of IMO

IMO(International Maritime Organization)	dB(A)
Engine room	110
Control room	75
Workshop	85
Wheelhouse	65
Radio room	60
Cabins	60
Hospital	60
Mess/recreation	65

규제치를 넘어가게 되는 소음은 인체에 조금이나마 영향을 미칠 것으로 사료되어 대상 선박의 bridge, deck cabins, under2 cabins의 소음 측정 결과를 Fig. 9와 Fig. 10으로 나타내었다.

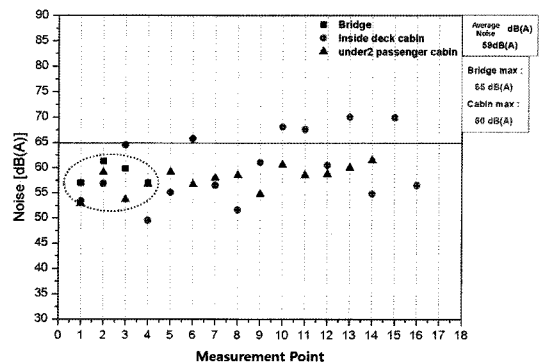


Fig. 9 The measured sound value in the bridge

Fig. 9에서 등글게 표시한 부분이 bridge를 측정 한 위치이다. 측정위치 모두 소음 규제치인 65dB(A)를 넘지 않으므로 사람이 활동하기에 불편하지 않을 것으로 사료된다. Fig. 10에서 등글게 표시된 부분은 Inside deck cabin과 under 2 cabin의 측정위치 중 소음 규제치인 60dB(A)를 넘는 측정위치를 나타내었다. 규제치를 넘는 위치가 대부분 복도나 화장실 이지만 Fig. 10에서 표시된 ①, ②, ③ 같은 경우는 선원이 생활하는 침실이므로 이 침실에서 장시간 거주 시 소음이 인체에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

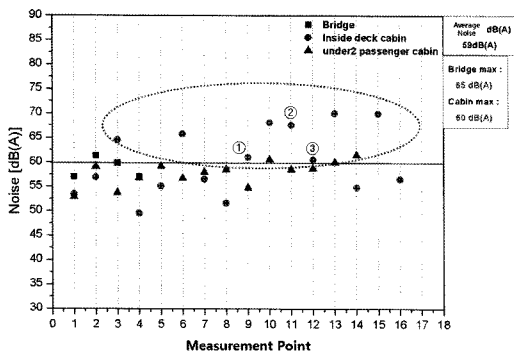


Fig. 10 The measured sound value in the under 2 cabin and inside deck cabin

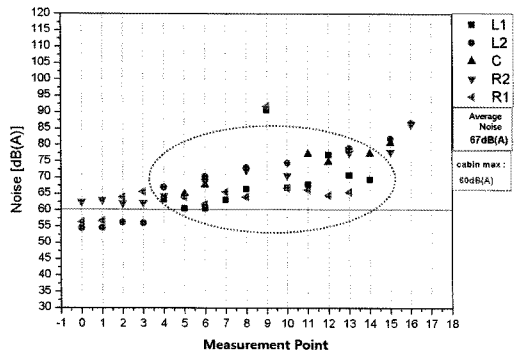


Fig. 11 The measured sound value in the under 1 cabin

Fig. 11은 under 1 cabin의 소음측정 결과를 나타낸 그림이다. Fig. 11에서 등글게 표시된 부분은 under 1 cabin의 측정위치 중 소음 규제치인 60dB(A)를 넘는 측정위치를 나타내었다. 대부분

분의 객실이 소음 규제치인 60dB(A)를 넘으므로 이 객실에서 장시간 거주 시 소음이 인체에 안 좋은 영향을 미칠 것으로 사료된다.

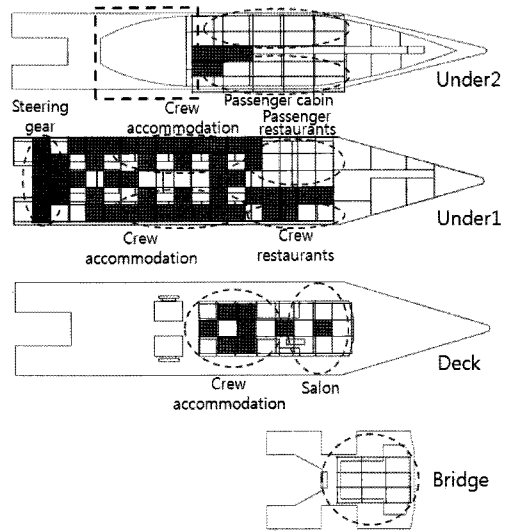


Fig. 12 Sound area over the sound limitation in ichnography of vessel

Fig. 12는 대상 선박의 평면도에서 소음 규제치가 넘어가는 곳의 위치를 나타낸 그림이다. 소음 규제치가 넘어가는 곳은 음영을 두어 표시를 하였고, 소음원인 Engine room은 따로 측정을 하였다.

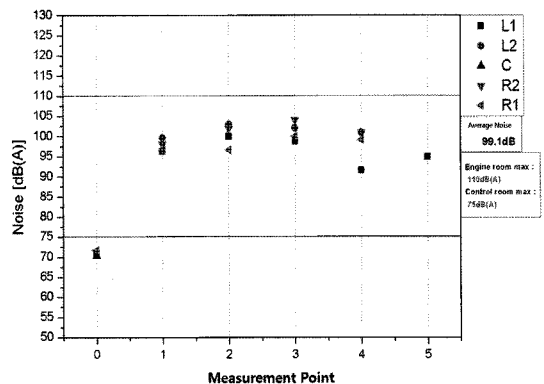


Fig. 13 The measured sound value in the engine room and control room

Fig. 13은 engine room과 control room에서 소음측정 결과를 나타낸 그림이다. Fig. 13에서

측정위치 0번은 control room의 측정을 나타내고 나머지는 모두 engine room에서의 측정을 나타내었다. engine room과 control room 모두 각각의 소음 규제치인 75dB(A)과 110dB(A)를 넘어서지 않아 선원이 활동하기에 큰 불편은 없을 것으로 사료된다.

4. 결 론

최근 선박의 고급화 추세로 인해 거주 공간과 작업 공간의 진동 및 소음 수준을 더 낮게 요구하고, 특히 선원들의 진동과 소음에 대한 민감도가 점점 증가해지고 있다. 그리고 선박의 진동과 소음측정에서는 대형선박이나 상선 등은 많이 측정 되지만 1000Ton 미만의 선박에 대한 연구는 미비하다. 따라서 1000Ton 미만의 대상 선박에 전반적인 진동과 소음을 측정해 본 결과 진동의 원인인 엔진이 있는 engine room과 steering gear room 쪽에서 진동이 많은걸 볼 수 있었고 그 진동이 옆과 위로 전달되어 승객들과 선원의 생활공간인 객실에 까지 미치는 것을 알 수 있었다.

특히 인체가 잘 느낄 수 있는 진동치인 2 mm/s 이상인 측정 위치가 steering gear room 앞의 선실 경우에는 선원들의 침실임에도 불구하고 진동이 많이 느껴지는 것으로 나타났고, 승객들의 객실에서도 측정이 되어 승객들과 선원들의 인체에 조금이나마 영향을 미칠 것으로 사료되고, 추후 이 부분에 대한 대책이 필요할 것으로 사료된다. 그리고 소음의 경우 engine room과 control room의 경우 소음 규제치 이하로 측정되었고, 객실의 경우에는 소음 규제치를 대부분 넘게 측정이 되어 소음이 인체에 미치는 영향이 있을 것으로 사료되었다. 소음도 객실의 경우에는 진동과 마찬가지로 소음 저감에 대한 대책이 필요할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지역혁신 인력양성 사업, NURI(첨단기계산업기술혁신인력양성사업단) 및 2 단계 BK21의 지원으로 진행 되었다.

참고 문헌

- [1] 한국선급 1997 “선박진동 · 소음제어지침”, pp. 49~57, 445~510
- [2] 양보석, 공영모, 최수현, 채상일, 송진대, 김용한, 2005, “선박 구조물의 진동 최적설계를 위한 NASTRAN 기반 최적화 프레임웍의 제안”, 한국소음진동공학회논문집, 제15권, 제11호, pp. 1223
- [3] 양보석, 2006, “기계설비의 진동 상태 감시 및 진단”, 인터뷰전, 서울, pp. 18~20
- [4] 양보석, 2001, “선박용 회전기계의 진동평가 규격”, 한국마린엔지니어링학회, 한국마린엔지니어링학회지 한국박용기관학회지, 제25권, 3호, pp. 83~109
- [5] ISO/FDIS 6954:2000(E), 2000 “Mechanical vibration-Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships”
- [6] 이수목, 김원현, 배종국, 2004, “개정 ISO 6954를 적용한 선박진동의 평가”, 대한조선학회학술대회지, Proceedings of the Annual Autumn Meeting The Society of Naval Architects of Korea, pp.635-639

저 자 소 개



구동식(具東植)

2005년 경상대학교 기계항공공학부 졸업. 경상대학교 대학원 정밀기계공학과 (석박사통합과정)



이정환(李廷煥)

2006년 경상대학교 기계항공공학부 졸업. 경상대학교 대학원 정밀기계공학과 (석사과정)



최병근(崔炳權)

1967년 12월생, 1990년 부경대학교 기계공학과 졸업. 1999년 부경대학교 대학원 기계공학과 졸업(박사). 2002년 - 현재 경상대학교 기계항공공학부 정밀 기계공학과 조교수



김원철(金源喆)

1950년 2월생, 1972년 부경대학교 기관공학과 졸업. 1993년 부경대학교 대학원 기관공학과 졸업(박사). 1982년 - 현재 경상대학교 기계항공공학부 기계시스템공학과 교수