2006년도 해양환경안전학회 춘계학술발표회

論 文

서남 연근해 운항 정기화객선의 선내 소음에 관한 연구

유영훈

목포해양대학교 기관시스템공학부 교수

A Study on the Cabin's Noise Levels of Cargo-Passenger Ships plies South-West Coast line

Young Hun Yu

Division of Maritime Engineering System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 선박에서 선내 소음이 문제로 인식되기 시작한 시기는 1970년대 초반 유럽에서 선박소음규제를 명문화하기 시작한 때로서 이 후 1982년 국제해사기구(IMO)에서 "International Code on Noise Levels on Board Ships"가 채택되어 오늘날에는 거의 모든 신조선박에 대하여 해당하는 조항의 적용이 명문화되었다. 특히, 대형의 디젤기관과 다수의 보조기계가 동시에 운전되어지는 기관실 내부는 크고 복잡한 소음이 발생하는 환경으로 되어지고, 이러한 환경에서 작업하는 작업자는 소음성난청으로 되기 쉽다. 최근에는 각 나라별로 직업상의 난청으로부터 작업자를 보호할 목적으로 허용소음 폭로 시간을 법적으로 규제하고 있다. 우리나라에서는 근로기준법에서 정의하고 있지만 선박의 기관실과같이 특수한 조건에 대해서 국제해사기구의 규정에 따르고 있다. 본 논문에서는 국내 서남 연안을 정기적으로 운항하고 있는 저속의 화객선에 대한 소음의 정도를 조사하였다.

핵심용어 : IMO선내소음규제, 소음레벨, 소음폭로시간, 소음성난청, 기관실소음, 1옥타브밴드소음, 평균음압레벨

ABSTRACT : *The noise levels on board ship recognized at Europe in the early 1970s and the noise regulations on board ship began to put in a statutory form. After that, in 1982 "International Code on Noise Levels on Board Ships" adopted by IMO and it became standard to the newly built ship and remain so to this day. Especially, the ship engine room, which have huge main engine and various kinds of subsidiary machines, is under an extremely loud condition and so the worker who works in it is easy to lose his hearing. Recently, each nation regulates the allowable noise exposure time by law to protect the industrial employee from the occupational hardness of hearing. In our country, the allowable noise exposure time is regulated by the labor standard law but the international provisions regulated by IMO have been applied in case of the ship engine room. In this paper, the cabin's noise levels of cargo-passenger ships plies south-west coast line were investigated.*

KEY WORDS : Ship Noise Regulation by IMO, Noise Level, Noise Exposure Time, Auditory by Noise Exposure, 1 Octave Band Noise, Averaged Sound Pressure Level

1. 서 론

선박에서 화물선은 화물을 안전하고 신속하게 운송할 수 있어야하며 여객선은 승객의 안락과 안전을 위해 운항기술과 더불어 선체를 적절히 운용하기위한 동력을 자체적으로 생산할 수 있어야 한다. 따라서 선박에서 심장의 역할을 하는 기관실의 운용은 매우 중요하다. 일반적으로 선박에는 추진력을 비롯한 각종의 동력을 만들기 위해 선체 중앙 혹은 후미부에 기관실이 위치하며, 기관실에는 주기관이 중앙부에 설치되고 주변에는 발전기 및 각종 보조 기계가 설치되어 진다.

보통의 선박에 사용되는 주 기관은 통상 디젤엔진으로 소형의 경우는 2개 혹은 6개의 실린더를 중형의 경우는 보통 6개 혹은 8개의 실린더를 갖으며, 대형의 경우는 10개 이상의 실린더로 구성되어지고 효율을 높이기 위해서 폭발의 순서가 정해져있다. 이와 같이 기관실 내부는 디젤기관의 연속적인 폭발과 이것에 기인하는 진동으로 인하여 다양하고 강력한 소음이 발생하게 된다. 그리고 주 기관과 동시에 작동하는 각종 보조기계들로부터 발생하는 소음 또한 강력하여 기관실내부는 각종 주파수성분의 소음이 존재하는 직업적으로 근무환경이 매우 열악한 작업구역으로 되어진다. 또한 이들의 진동 및 소음은 고체진동으로 변환되어 고체음의 전달특성이 좋은 강판 및 강철 빔 구조를 통하여 선실 및 여객실 등 각종 거주구역으로 쉽게 이동하게 된다.

따라서 선박을 건조하는 경우에는 선박에 위치하는 각종 선실 및 기관실에서 발생하는 소음 및 진동을 예측하여 설계하고 이들의 전달경로를 충분히 고려하여 소음 및 진동의 전달이 쉽게 되지 않도록 설계하고 건조하는 것이 바람직하다. 그러나 연근해안을 정기적으로 운항하는 화객선(철부선)의 경우

종신회원, yuyh@mail.mmu.ac.kr, 061)240-7103

는 통상 저가의 제작비용으로 건조되기 때문에 계획된 설계에 의해 선박이 건조되지 못하고 단순히 강판과 강철 빔으로 연결된 구조물의 용접에 의해 제작되어 지므로 기관실 및 선실은 비교적 높은 소음환경에 놓이게 된다. 더구나 최근에는 유가의 상승으로 고출력, 고효율의 엔진이 요구되고 있고 동시에 에너지절약과 정비 및 보수 등의 유지비를 줄이기 위하여 소수 실린더, 대구경의 엔진이 선호되어 진동과 소음문제는 더욱 심각한 실정에 이르고 있다. 그 결과 선박의 기관실과 같이 극히 높은 소음이 발생하는 장소에서 오랫동안 작업을 한 경험이 있는 작업자에 있어서 심각한 청각장애가 유발되고 있어 각종 선박에서 발생하는 선박소음에 대한 조사가 요구된다.

선박소음의 평가기준은 환경소음 평가기준을 모체로 선박이라는 특수한 환경에 적용시킨 것으로서 일반적으로 육상의 평가기준과 비교하여 비교적 높은 레벨이 허용되고 있다. 그러나 선박소음 제어기술의 발달과 선박용 기자재의 품질 고급화로 인하여 점차 엄격한 기준의 적용 움직임을 보이고 있으므로 이에 대한 준비가 요구되고 있다. 실제로 IMO에서는 선내소음 규제코드를 제정하여 각 선실에 따른 소음레벨과 폭로시간의 관계를 규정하고 있으며(IMO, 1981), ISO 1999에서는 작업자의 청력보호를 위한 직업성 소음폭로에 대한 권장규격(ISO, 1875)이 발표되어져 있는 등 국제적인 규제가 가속화 되고 있다. 이와 같이 국제적인 규제에 의한 선박의 소음규제에 관련하여 해양 선진국에서는 다양한 조사결과가 있지만 국내에서는 특정선박에 대한 조사결과가 있지만 다양한 조사 및 연구가 부진한 실정이다(竹口, 1983)(유, 1999)(Kim, 2000).

본 연구를 위한 조사에서는 우리나라 대표적인 다도해상인 서남해안의 연근해를 정기적으로 운항하는 화객선의 작업환경을 조사하기위해 주 기관의 숫자가 다른 2종류의 화객선을 선정하여 조사하였다. 화객선의 기관실 및 여객실의 소음측정에 관한 기초적인 조사는 화객선의 정상 운전 시 기관실 및 각종의 선실내부 소음레벨을 실측하여 소음폭로의 정도를 조사 및 평가하여 제시한다.

2. 선박의 소음평가

선박소음의 평가기준은 환경소음 평가기준을 모체로 선박이라는 특수한 환경에 적용시킨 것으로서 일반적으로 육상의 평가기준과 비교하여 비교적 높은 레벨이 허용되고 있으나, 선박소음 제어기술의 발달과 선박용 기자재의 품질 고급화로 인하여 점차 엄격한 기준의 적용 움직임을 보이고 있으므로 이에 대한 준비가 요구되고 있다. 일반적으로 작업환경을 평가하기위한 소음의 정도를 결정하는 척도로서는 평균음압레벨[dB(A)]이 적용되어진다.

그러나 실제 선박에서는 주 추진기관 및 보조기계의 사양에 따라서 발생하는 소음의 주파수성분이 변화하기 때문에 실제로 느끼는 소음의 정도는 청각의 민감도에 따라 달라지므로 옥타브밴드별 소음레벨을 병행하여 실시한다.

2.1 평균음압레벨을 이용한 소음의 평가

기관을 비롯한 기계의 정상운전에서 변동이 비교적 적은 소음의 평가에는 A특성의 평균음압레벨 dB(A)가 이용된다. 여기에서 A특성이란 인간의 감각에 가까운 특성으로 음압레벨을 의미한다. 또한 선실 내부의 소음은 정상속도에서 측정하도록 규정하고 있으며, 실제로 정상속도(full speed)로 항해하는 선박에서 있어서 기관실 및 선실의 소음레벨은 거의 변동이 없이 일정한 소음레벨로 유지되어진다.

Table 1은 선박의 기관실 및 선실내부에서 발생하는 소음의 정도를 작업환경의 기준으로 제한하기위해 제정된 IMO의 소음 규제치를 보인다.

Table 1 Noise levels of IMO Resolution A

Spaces and conditions		Noise limit Levels[dB(A)]
Cabins		60.0
Offices		65.0
Bridge		65.0
Engine control room		75.0
Machine workshops		85.0
Non-specified work space		90.0
Engine - room	Stay always	90.0
	Stay sometimes	110.0

2.2 옥타브밴드를 이용한 소음의 평가

전술한 평균음압레벨은 전체 주파수의 소음레벨을 통합하여 표시되는 결과이므로 평균음압레벨 만에 의한 평가를 그대로 적용할 경우 사람이 실제로 느끼는 감각과는 많은 차이가 있게 된다. 따라서 청력보호를 위한 소음의 허용기준으로 옥타브밴드의 중심주파수별로 노출허용시간에 따른 허용 소음레벨의 관계를 Table 2에 보인다(振動·騷音研究 1978).

Table 2 청각보호를 위한 소음의 허용기준

중심주파수 (Hz)	허용 옥타브밴드 레벨 [dB(A)]					
	480분	240분	120분	60분	40분	30분
250	98	102	108	117	120	120
500	92	95	99	105	112	117
1000	86	88	91	95	99	103
2000	83	84	85	88	90	92
3000	82	83	84	86	88	90
4000	72	83	85	87	89	91
8000	87	89	92	97	101	105

3. 소음의 실측결과 및 고찰

승선종사자의 청력보호를 위한 선박소음에 관한 조사는 모든 종류의 선박을 대상으로 할 수 있다. 본 조사에서는 연근해안을 정기적으로 운항하는 화객선(철부선)을 대상으로 하였다. 일반적으로 화객선은 수심이 얕은 다도해상의 좁은 협수로를 통과하는 단거리 운행으로 사용되기 때문에 대형 선박처럼 고도의 계획된 설계에 의해 선박이 건조되지 못하고 단순히 강판과 강철 빔으로 용접 제작되어 지므로 기관실 및 선실은 비교적 높은 소음환경에 놓이게 된다.

화객선의 기관실은 화물의 탑재 공간을 원활히 확보하기위해 주로 선체 후미 부에 위치하며 기관실의 공간이 협소하여 소음에 의한 영향이 매우 커다. 기관실의 메인엔진은 선체의 추진 및 회전능력을 고려하여 1대부터 3대 까지 설치되고 있다. 본 연구에서는 주 엔진이 1대 및 2대인 화객선을 대상으로 조사하였다. Table 3는 본 연구에서 조사의 대상으로 서남해안을 중심으로 운항되고 있는 화객선의 재원을 보인다.

Table 3 Details of survey vessels

Number of the main engine	Single main engine	Twin main engine
Name of the ship	UpHae 303	NongHyup No.7
Gross (ton)	116 ton	97 ton
Main engine & Horse power	YANMAR 560Ps×1	KWANGYANG YANMAR 320Ps×2
Cycle & No. of cylinder	4 cycle Diesel 6 cylinder	4 cycle Diesel 6 cylinder
Dia. of cylinder & stroker	150mm 165mm	130mm 150mm
Length(m)	38.68m	32.32m
Speed(Knots)	13.8Knot	13.0Knot

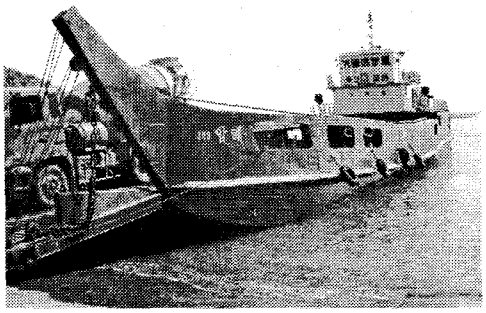

Fig. 1 Feature of the UPHAE303

화객선의 기관실 내부에서 발생하는 주요 소음은 주기관인 디젤엔진, 발전기, 추진축계의 동력 전달장치 등이 있다. 특히, 거의 모든 선박에서 추진기와 발전기의 동력으로 사용되고 있는 디젤기관의 소음레벨이 가장 높다. 이소음원은 선체의 통로 및 벽을 통과하여 다른 구역으로 전파되어진다. 따라서 화객선에서 발생하는 소음은 기관실 및 거주구역을 중심으로 실측하여 조사하였다. 소음의 측정은 평균음압레벨 및 옥타브밴드별 소음측정이 가능한 소음계(B&K, LA-5110)를 이용하였다. 소음레벨은 소음계의 A특성(인간의 청각을 대상으로 보정한 소음특성)을 이용하고 동특성을 Slow로 하여 측정하였다.

3.1 Single main engine을 갖는 화객선

Fig. 1은 1대의 main engine으로 운항하는 압해303의 외관을 보인다. 압해303은 대형 15톤 트럭 4대(승용차17대)와 승객 96명을 정원으로 운항하는 총톤수 116톤의 화객선이다. 압해303의 주요 소음원은 주 추진기관인 디젤기관, 발전기, 유압생성용 동력전달장치 및 추진축계의 동력 전달장치 등이 있다. 특히, 거의 모든 선박에서 추진기와 발전기의 동력으로 사용되고 있는 디젤기관의 소음레벨이 가장 높다. 이소음원은 선체의 통로 및 벽을 통과하여 다른 구역으로 전파되어간다.

3.1.1 기관실소음

압해303은 도서간의 차량화물의 운송을 목적으로 제작되어진 선박으로 기관실은 차량적재 면적을 최대화하기위해 선체의 후미부에 위치하고 있으며 면적이 매우 협소하다. 주요 소음원은 주 기관인 디젤엔진과 동력전달용 기어 및 커플링이 있다. Fig. 2는 압해303의 메인엔진의 형상을 사진으로 보인다. 기관실의 소음은 작업자의 청력에 영향을 미치는 구역을 고려하여 메인엔진을 중심으로 선정된 구역에서의 소음을 옥타브밴드별로 측정하여 분석하는 방법을 이용하였다. 소음의 측정점은 메인엔진의 작업환경을 고려하여 작업자가 통로로 주변에서 의 위치를 Fig. 3에 보인다.

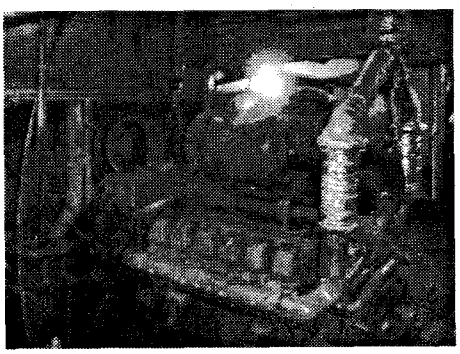

Fig. 2 Picture of the single main engine (UPHAE303)

Table 4 One octave band noise levels around the main engine of the UPHAE303

measuring points	Center frequencies of the one octave band									Averaged noise level [dB(A)]
	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	
①	66.8	80.4	82.6	88.9	98.1	101.7	101.0	92.2	85.1	106.3
②	76.3	80.6	81.2	89.7	97.9	103.2	99.1	90.6	83.6	105.8
③	50.9	75.0	81.1	91.1	101.9	103.5	102.0	94.2	87.4	107.6
④	51.1	75.7	79.9	90.2	101.0	105.3	102.8	94.7	75.3	108.5
⑤	49.0	67.7	78.2	89.2	99.0	103.0	101.3	93.9	73.0	106.6
⑥	51.4	71.4	82.6	87.7	97.7	102.3	100.7	91.7	70.3	105.7

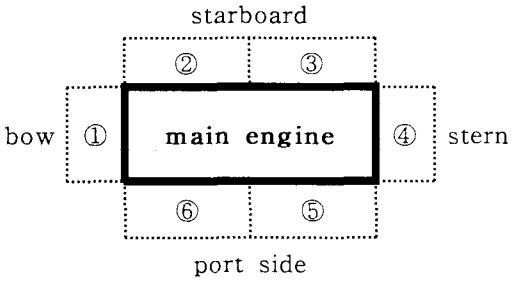

Fig. 3 Measuring points around the single main engine

1대의 main engine으로 운항하는 압해303의 기관실 소음을 측정한 결과를 Table 4에 보인다. Table 4에서 모든 측정점에서 얻어진 평균음압레벨은 100dB[A] 이상으로 Table 1에서 보인 IMO의 소음 규제치에서 알 수 있듯이 주기관의 주변에서는 연속작업이 불가능한 구역으로 판단할 수 있다.

Table 4의 1옥타브밴드로 측정된 각 측정점의 특징은 다음과 같다. 측정점 ① 및 ②의 중심주파수 31.5Hz 및 63Hz에서 다른 측정점에 비해 높은 소음레벨을 보인다. 이것은 메인 엔진의 선수부 우측면에 엔진으로부터 유압을 생성하기위해 풀리로 연결되어 동력전달하기위한 장치가 위치한 곳으로 메인 엔진의 정상회전속도인 2100rpm(35Hz)에서 높은 소음이 발생하고 있음을 보인다.

그리고 측정점 ③,④,⑤에서의 소음레벨이 다른 측정점보다 비교적 높은 소음레벨을 보인다. 이 측정점들이 위치한 곳에는 엔진의 상부에 과급기가 위치하고 있으며 더불어 배기관이 합체되어 연결되는 부분이 있는 곳으로 Fig. 3의 메인엔진에서 배기관이 합쳐지는 부분의 위치를 확인 할 수 있다. 특히 과급기와 배기관이 합쳐지는 부분인 측정점 ④에서는 평균음압레벨이 108.5 [dB(A)]로서 매우 높은 소음레벨을 보인다. 이는 Table 1에서 정의하고 있는 IMO의 규제의 한계에서 메인엔진의 운전 중에는 기관실에서 작업이 불가능하다.

3.2 Twin main engine을 갖는 화객선

Fig. 4은 2대의 main engine으로 운항하는 농협7호의 외관을 보인다. 농협7호는 대형 15톤 트럭 3대(승용차12대)와 승객 77명을 정원으로 운항하는 총톤수 97톤의 화객선이다. 농협7호의 주요 소음원은 2개의 메인엔진과 발전기 및 추진 장치인 프로펠러의 동력전달을 위한 축계연결장치에서 발생하는 소음을 손꼽을 수 있다. 특히, 거의 모든 선박에서 추진기와 발전기의 동력으로 사용되고 있는 디젤기관의 소음레벨이 가장 높다. 이소음원은 선체의 통로 및 벽을 통과하여 다른 구역으로 전파되어간다.

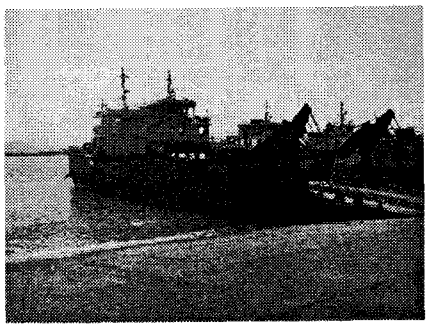

Fig. 4 Picture of the NongHyup No.7

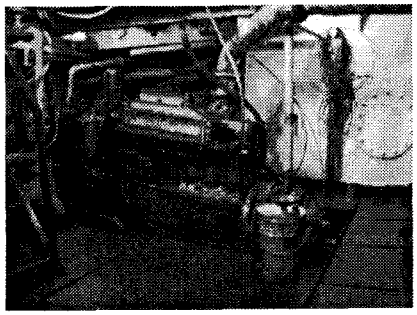

Fig.5 Picture of the twin main engine (NongHyup No.7)

Table 5 One octave band noise levels around the twin main engine of the NongHyup No.7

measuring points		Center frequencies of the one octave band									Averaged noise level [dB(A)]
		31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	
main engine I	1	49.0	68.3	71.6	80.2	88.0	90.3	85.4	78.3	67.8	93.6
	2	55.6	70.1	80.3	86.1	93.1	98.0	94.1	85.1	75.1	101.1
	3	63.1	65.9	74.5	82.2	90.1	93.4	87.4	80.1	70.7	96.1
	4	63.8	76.0	81.1	91.8	96.9	102.7	99.1	92.4	84.1	105.5
	5	52.1	65.6	74.8	85.3	94.9	99.7	91.7	84.7	76.3	101.6
	6	56.6	70.4	80.7	87.1	95.1	99.0	94.0	87.1	76.2	101.7
main engine II	7	51.5	64.8	71.3	79.3	86.7	90.1	85.8	79.2	69.5	93.2
	8	52.2	70.2	78.0	86.7	96.6	99.7	94.3	88.0	80.7	102.5
	9	50.3	68.2	78.4	84.9	94.9	98.2	93.2	87.8	78.9	101.2
	10	55.1	73.7	81.8	88.6	97.5	102.8	99.5	92.7	84.2	105.7
	11	52.2	68.2	73.1	83.1	89.8	92.2	86.4	79.8	68.7	95.4
	12	56.7	65.7	71.1	80.3	89.2	91.0	85.2	79.3	68.0	94.2

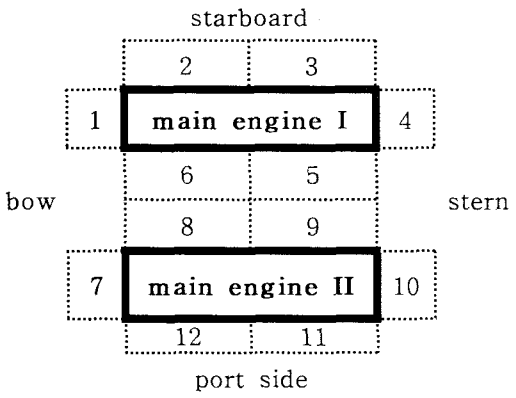

Fig. 6 Measuring points around the twin main engine

3.2.1 기관실소음

기관실은 선체의 후미부에 위치하고 있으며 쌍둥이 엔진을 탑재하고 있는 관계로 기관실의 높이는 낮지만 비교적 넓은 공간을 확보하고 있다. 주요 소음원은 주 기관인 디젤엔진 과 동력전달용 기어 및 커플링이 있다.

Fig. 5는 농협 7호의 메인엔진의 형상을 사진으로 보인다. 소음레벨의 측정은 두개의 주 기관을 중심으로 하였고 측정점의 위치를 Fig. 6에 보인다. 측정점은 2개의 메인엔진 측정방법을 겹쳐놓은 것과 같은 형상을 보인다.측정점은 바닥으로부터 1m, 기관으로부터는 0.5m 떨어진 지점에서 실시하였다.

2대의 twin main engine이 평행한 형태로 설치되어져 있기 때문에 동일조건에서 작동하는 두개의 메인엔진으로부터 동력이 발생 및 전달된다. 따라서 두 개의 소음원을 갖는 농협 7호의 기관실 소음을 측정한 결과를 Table 5에 보인다. Table 5에서 모든 측정점의 평균음압레벨은 93[dB(A)] 이상으로 전술한 1대의 main engine으로 운행하는 압해303과 비교하면 전반적으로 낮은 평균소음레벨의 분포를 보이지만 Table 1에서 보인 IMO의 소음 규제치 로부터 장시간 연속작업을 할 수 없는 환경으로 판정할 수 있다.

Table 5의 1옥타브밴드로 측정된 각 측정점의 특징은 다음과 같다. 측정점 4, 10은 엔진으로부터 추진축이 연결되는 부분임과 동시에 엔진의 배기관이 통과하는 지점으로 기관실에서 가장 높은 소음레벨을 보인다. 특히 1옥타브밴드분석에서 102[dB(A)]를 초과하는 소음레벨을 보인다. 디젤엔진에서 과급기에서 큰 소음이 발생하는 특징을 갖듯이 과급기가 존재하는 영역에 있는 측정점 2, 8에서 높은 소음레벨을 보인다. Fig 7은 농협7호 메인엔진의 과급기 부분을 보인다. 또한 주 메인엔진 사이에 존재하여 두 개의 소음원 으로부터 동시에 영향을 받는 측정점 5, 6, 8, 9에서 측정된 소음레벨은 벽에 위한 곳보다 높은 소음레벨을 보인다.

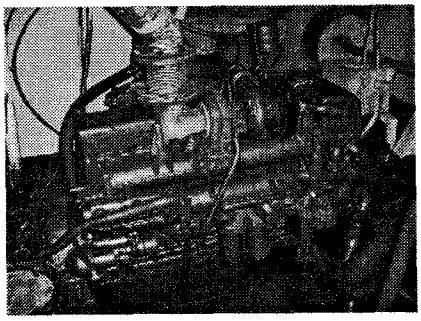

Fig.5 Supercharger of the main engine(NongHyup No.7)

4. 결 론

선박 운항시에 발생하는 소음 및 진동은 승조원에게 작업 능률의 저하를 가져오고 여객탑승자에게는 불쾌감을 부여하므로 가능한 진동 및 소음발생을 저감할 수 있도록 건조하는 것이 바람직하다. 그러나 연근해안의 비교적 짧은 거리를 운행하는 화객선은 대형 선박처럼 고도의 계획된 설계에 의해 선박이 건조되지 못하고 있는 실정이며, 단순히 강판과 강철빔으로 용접 제작되어 지므로 기관실에서 발생하는 강력한 소음으로 여객실을 비롯한 각종 선실은 비교적 높은 소음환경에 놓이게 된다.

본 조사에서는 선내소음으로 인해 청력장애의 영향이 가장 심각할 것으로 판단되는 서남연안 정기 화객선을 대상으로 하였다. 소음레벨의 실측은 기관실 내부 및 여객실 등 거주구역을 중심으로 실측하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1)선박의 주기관인 디젤엔진의 소음은 기관실내부의 소음에 가장 크게 영향을 미치며, 그 중에서도 과급기 와 축계 전달장치에서 발생하는 소음의 영향이 가장 컸다.

(2) 기관실에 설치되는 디젤엔진이 중형 1대 소형 2대의 두 종류의 비교에서 중형 1대 보다 소형 2대의 경우가 소음레벨이 낮은 효과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

[1] IMO (1981), "Code on Noise Levels on Board Ships", IMO Resolution A. 468 (XII)

[2] ISO 1999 (1975), "Acoustics Assessment of Occupational Noise Exposure for Hearing Conservation Purposes"

[3] 竹口順啓 (1983), "船內騷音について", 日本舶用機關學會誌, Vol. 18, No. 12, pp.46~49

[4] 유영훈 (1999), "청력보호를 위한 선박기관실 및 선실소음의 조사(I)" 한국동력기계공학회지, 제3권, 제3호, pp. 97~103.

[5] Yoon-Seok Kim and Sa-Soo Kim (2000), "The Sound Quality Evaluation of High-speed Coastal Passenger Ship" Journal of KSNVE. Vol.10, No.2, pp.345~352

[6] 振動・騷音研究會, "勞動環境における騷音の評價と對策(回轉機械の振動・騷音その原因と對策・解析・調査・診斷の第5章)",經營開發センター出版部, pp. 1172 ~ 1183