

승조원의 만족도를 고려한 함정의 함내소음 기준 분석

한형석^{†*}, 박미유*, 조흥기*

국방기술품질원*

Study of the Indoor Noise Limit for Naval Vessels Considering the Satisfaction of the Crew

Hyung-Suk Han^{†*}, Mi-Yoo Park* and Heung-Gi Cho*

Defense Agency for Technology and Quality*

Abstract

The indoor noise of the naval vessel is very important considering hearing protection, improvement of working environment and easily communication between crews. When the environment of the naval vessel suffering from the noise is considered, it is very important to be quiet in the living area where the crews have a rest sufficiently. In addition, the noise of the working area should be reduced in order to increase working efficiency. Therefore, in this research, the satisfactions about the indoor noise are survey for crews working in a naval vessel. Through this survey, the relationship between the indoor noise and crew's satisfaction about it can be found. As a result, the limit of sound pressure level which almost all crew can be satisfied with the indoor noise about their living and working area is suggested base on the survey in this research.

*Keywords: Indoor noise(실내소음), A-weighted sound pressure(A 보정 음압), Noise Rating Number(소음 등급 지수), Speech interference level(대화 방해 수준)

1. 서론

함정에 있어 함내소음은 승조원의 청력보호, 근무 환경 개선 및 승조원 간의 원활한 의사소통을 위해 관리되는 중요한 성능이다. 일반적으로 고소음 환경에 노출될 수밖에 없는 함정의 특성을 고

려해 볼 때 승조원들이 휴식을 취할 수 있는 공간에 대한 정숙함의 확보는 매우 중요하며 이는 곧 승조원들의 전투력과도 직결됨을 알 수 있다. 따라서 이러한 함내 소음을 줄이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며(Seo et al, 1990, Kwon et al, 2006) 각 국의 해군은 함정의 건조단계부터 이를 엄격히 관리하고 있다. 하지만 최근 생활환경 개선으로 인해 함정에 근무하는 승조원들의 저소음에 대한 요구가 계속 증가하고 있기 때문에

접수일: 2010년 4월 30일, 승인일: 2010년 6월 14일

† 교신저자: daerihan@hanmail.net, 051-758-3992

이러한 요구에 맞는 규정의 재정립이 필요한 상황이다. 실제로 대부분의 소음 기준은 1970년도부터 재정되기 시작하여 그 기준이 현재까지 적용되고 있는 실정이며 이러한 기준을 재정립하기 위한 많은 연구들이 진행되고 있다. 이러한 연구결과들의 대부분이 현재 함정을 포함한 선박의 소음 규제에 대해 그 기준이 높으며 기준 조정의 필요성을 언급하고 있다.(Kim et al, 2003, Tamura et al, 1997 and Biot et al, 2007)

본 연구에서는 함정에서 근무하는 승조원들의 함내소음에 대한 불만족도를 보다 객관적으로 평가하기 위하여 현재 운용중인 함정에 대해 총 360명의 승조원을 대상으로 함내소음에 설문조사를 수행하여 함내소음에 대한 승조원의 불만족도를 파악하였다. 이러한 설문 조사를 바탕으로 함내소음에 대한 승조원들의 불만족도를 최소화 하기 위한 새로운 기준 정립이 본 연구의 목표이며 여러 국가 선급 규정 및 함정 규정 분석을 통해 이에 대한 타당성 및 필요성을 다루고자 한다.

2. 함내소음 규격

함정의 대표적인 규격 중 하나인 미해군의 일반규격(General Specification for Ships of the United States Navy)(US Navy, 1995)에서는 함내소음 기준을 Table 1과 같이 관리하고 있다. Table 1에서 각 구역의 정의는 Table 2와 같다. Table 1에서 A, E, F 구역의 경우 작전 수행 시 의사소통이 중요한 격실로 대화방해수준(Preferred Speech Interference Level)으로 관리되고 있다. 또한 B, C, D 구역의 경우 A-보정(Weighting) 음압 레벨로 관리되고 있다. 하지만 승조원침실 등이 포함된 B 구역의 경우 소음 상한치가 78dBA로 관리되고 있는데 일반적으로 수면장애가 시작되는 소음 수준이 60dBA임을 고려해 볼 때 Table 1의 함내소음 기준은 매우 높은 것으로 사료된다.

Table 3은 미해군, 독일해군, 캐나다해군 및 국제해사기구(International Maritime Organization)에서 권고하고 있는 함내 침실 및 사무

Table 1 Indoor noise specification for General Specification for Ships of US Navy (US Navy, 1995)

Area	1/1 Octave center frequency(Hz)								SIL (dB)	dBA	
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k			8k
A	115	110	105	100	SIL Value			85	85	64	-
B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	-	78
C	85	78	72	68	65	62	60	58	57	-	68
D	115	110	105	100	90	85	85	85	85	-	96
E	115	110	105	100	SIL Value			85	85	72	-
F	115	110	105	100	SIL Value			85	85	65	-

Table 2 Classification of the zone for indoor noise (US Navy, 1995)

Area	Definition
A	Space in which direct speech communication must be understood with minimal error and without need for repetition
B	space in which comfort of personnel is the primary consideration and where communication considerations are secondary
C	Spaces in which it is essential to maintain especially quiet condition
D	High noise level areas in which voice communication is not normally import and prevention of hearing loss is the primary consideration
E	High noise level areas in which voice communication is at high vocal effort and short distance and where amplified speech mechanisms and telephones are normally available
F	Top side operation station in which exact voice communication is required

실에 대한 소음 기준이다.

Table 3에서 미해군 역시 여러 연구 결과들(NAVSHIP, 1970, OPNAVINST, 1995 and OPNAVINST, 2007)로 부터 함내 침실의 소음수준을 미해군 일반규격 대비 3~13dB 낮은 65~75dBA를 제시하고 있다. 또한 명료한 대화가 필요한 “A”구역을 세분화 하여 6 feet 이내에서 명료한 대화가 가능한 구역과 6 feet 이상에서 명료한 대화가 가능한 구역을 각각 “A3” 및 “A12”로 구분하여 관리하고 있으며

Table 3 Noise limit for cabins and offices

Spec. Name	Country	Noise Limit(dBA)	
		Cabins	Offices
General Specification for Ships of US Navy (1995)	USA	78	95dBA* (SIL64)
NAVSHIPS, 0907-004-4010 (1970)	USA	70-75	A3:70dBA (SIL64) A12:60dBA (SIL54)
OPNAVINST, 9640.1A (1995)	USA	70	A3:70dBA (SIL64) A12:60dBA(SIL54)
OPNAVINST, 5100.19E (2007)	USA	65	A3:70dBA A12:60dBA
BV045 (FOMTP, 1974)	Germany	60(NR55)	65(NR60)
NATO, STANAG 4293 (1990)	-	60(NR55)	65(NR60)
Canadian Navy (NAVSHIP, 1970)	Canada	65	60-65
IMO (1982)	-	60	65

※ *: Calculated level with 1/1octave level suggested in General Specification of US Navy
 ※ A3: Listener-talker distance < 6 feet
 ※ A12: Listener-talker distance > 6 feet

“A12”의 경우 침실보다 낮은 수준인 60dBA로 관리되고 있다.

독일함정의 경우 Table 3에서와 같이 소음 기준은 BV 045(Federal Office for Military Technology and Procurement, 1974)를 적용하고 있으며 A보정 음압레벨과 NRC(Noise Rating Criteria)로 규제하고 있다. BV 045의 경우 항해조건 및 정박조건에 대해 별도의 규제를 적용하고 있으며 정박 시 소음은 건물 소음 기준과 유사한 수준으로 매우 낮음을 알 수 있다. 운항 시 소음 또한 소음의 최대치가 침실의 경우 60dBA(NR55), 사무실의 경우 65dBA (NR60)로 미해군 일반 규격과 비교 보았을 때 레벨 자체도 매우 엄격할 뿐 더러 평가 방법 또한 NRC를 기준으로 평가함으로써 대화방해수준 평가방법보다 보다 정확할 것으로 판단된다.

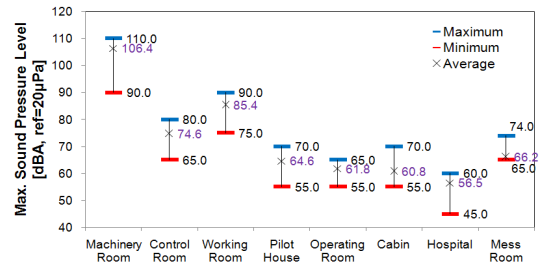


Fig. 1 Distribution of the indoor noise limit suggested by classification societies of various countries

NATO(North Atlantic Treaty Organization)의 함내소음 기준 역시 독일 해군 규정인 BV 045와 거의 동일하며 미해군 규격 대비 매우 보수적임을 알 수 있었으며 캐나다 해군의 경우도 미해군 규격에 비해 매우 낮은 소음 규정을 적용하고 있음을 알 수 있다. 그 외에 국제해사기구 기준치 역시 침실 60dBA, 사무실 65dBA로 미 해군 기준보다 낮은 기준을 제시하고 있다.

Fig.1은 영국, 미국, 프랑스 등 18개국 선급의 일반선박에 대한 주요 격실의 소음 규제치의 분포를 보여준다(KR, 1997). 각 국의 선박 소음 규제치 중 침실의 경우 55dBA에서 70dBA 사이로 관리하고 있으며 평균적으로 60.8dBA정도임을 알 수 있다.

앞서 언급한 바와 같이 수면장애가 시작되는 소음 수준이 60dBA임을 고려해 보면 국제해사기구 권고치를 포함한 각 국의 소음 규격은 대체적으로 합리적인 것으로 판단되나 미해군 일반 규격의 규제치는 승조원의 안락함을 고려해 볼 때 매우 높은 수치임을 알 수 있었다.

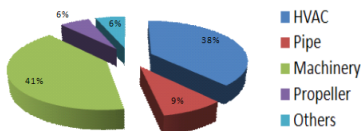
3. 실제 함정 소음에 대한 승조원 만족도 조사 및 분석

승조원들이 요구하는 실질적인 함내소음 수준 조사를 위해 실제 함정의 함내소음에

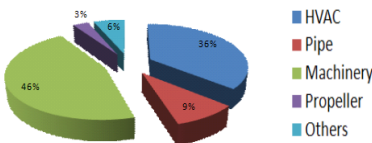
대한 승조원 만족도 조사를 실시하였다. 함정 소음의 만족도는 소음의 크기, 대화방해수준, 소음으로 인한 스트레스 및 소음의 종류 등에 대해 함정 내 거주구역 및 근무구역으로 구분하여 총 21개 문항의 설문으로 조사되었다. 조사 함정은 현재 운용중인 각각 다른 3 종류의 함정에 대해 총 360명의 승조원들을 대상으로 실시하였다.

3.1 소음원의 종류

본 연구에서는 서로 다른 종류 3척의 함정에 대해 함내소음에 대한 설문조사를 수행한 결과 함정의 종류에 따라 주요 소음원 및 승조원들이 듣기 싫어하는 소음이 크게 차이를 알 수 있었다. 본 연구에서 조사한 "A" 함정의 경우 주추진계가 디젤엔진과 가스터빈 엔진의 조합형으로 승조원들이 느끼는 주소음원 및 듣기 싫은 소음은 Fig. 2와 같이 주로 추진기등 기계류 소음으로 파악되었다. 하지만 다른 "B" 함정의 경우 Fig. 3과 같이 HVAC(Heating, Ventilation and Air-Conditioning) 및 배관소음이 승조원이 느끼는 주소음원 및 듣기 싫은 소음으로 파악되었다. 또 다른 "C" 함정의 경우 Fig. 4와 같이 HVAC의 통풍기 소음이 주요 소음원으로, 다른 소음원에 비해 전체적인 실내소음에 미치는 영향이 매우 큼을 알 수 있었다.



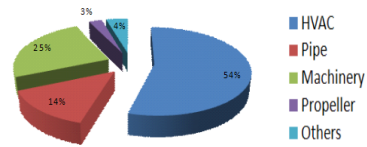
(a) Classification as the source of the loud noise



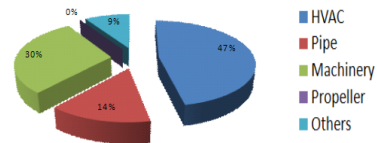
(b) Classification as source of the annoying noise

Fig. 2 Classification of the main noise in a naval vessel from survey (Ship "A")

승조원의 만족도를 고려한 함정의 함내소음 기준 분석

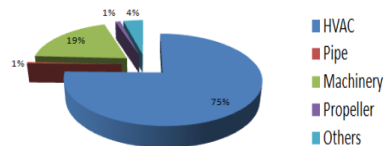


(a) Classification as the source of the loud noise

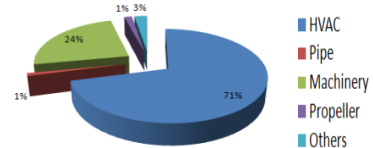


(b) Classification as source of the annoying noise

Fig. 3 Classification of the main noise in a naval vessel from survey (Ship "B")



(a) Classification as the source of the loud noise



(b) Classification as source of the annoying noise

Fig. 4 Classification of the main noise in a naval vessel from survey (Ship "C")

이와 같이 함정의 함내소음에 대한 승조원의 만족도는 함정의 특성, 탑재장비의 종류 등에 따라 크게 달라짐을 알 수 있었다.

3.2 함내소음에 대한 승조원 만족도

거주구역 및 근무구역에 대한 함내소음의 승조원 만족도 조사 결과 실내소음의 크기, 대화방해수준, 정박, 운항 시 소음차이, 운항 중 속도별 소음차이 및 스트레스 정도에 대한 지수값을 식(1)과 Table 4를 통해 산출하여 Table 5,6과 같이 구할 수 있었다.

$$L_i = \frac{5N_1 + 4N_2 + 3N_3 + 2N_4 + N_5}{\sum_{k=1}^5 N_k}, \text{ where } i = 1, \dots, 5 \quad (1)$$

여기서 L_i 는 설문조사의 각 항목이며 N_k 는 각 항목에 대한 총 설문 응답수이며 설문조사 항목과 지수값에 대한 설명은 Table 4와 같다.

식(1) 과 Table 4로부터 계산된 각 지수레벨은 1에서 5사이의 값을 가지며 이 값이 3보다 크면 불만족, 3보다 작으면 만족스러운 것으로 평가하였다.

Table 5~6과 같이 근무구역, 거주구역 모두 실내소음의 크기($i=1$)는 각각 3.11 및 3.07로 보통수준에서 조금 불만족스러운 것으로 평가되었다. 대화에 대한 방해정도($i=2$) 및 소음으로 부터의 스트레스정도($i=5$)는 근무구역 및 거주구역에 대해 각각 2.86, 2.58 및 2.96, 2.98로 보통수준에서 약간 만족스러운 것으로 평가되었다. 또한 운항, 정박 간 소음차이나 속력별 소음차는 근무구역 및 거주구역에 대해 각각 3.16, 3.16 및 2.99, 3.21로 보통 수준 또는 조금 불만족스러운 것으로 평가 되었다. 하지만 Fig. 5와 같이 실내소음크기와 스트레스강도 지수에 대한 분포를 그려보면 지수레벨의 중앙값($L_i=3$)을 초과

하는 격실이 전체 격실(55개) 중 각각 26개 및 20개로 소음에 대한 불만족 격실이 매우 많음을 알 수 있었다.

특히 Fig. 6과 같이 설문 결과에서 근무구역의 경우 함내소음이 시끄럽다고 생각하는 승조원들이 전체응답자의 28%, 이로 인해 스트레스를 받는 승조원이 전체응답자의 23%임을 알 수 있으며 거주구역의 경우 이들 두 항목 모두 28%임을 알 수 있었다.

실제로 함정 내에는 기관실 등 주 소음원과 인접해 있는 시끄러운 격실과 상대적으로 이들과 멀리 떨어져 있는 정숙한 격실이 골고루 분포되어 있으므로 각 격실별 승조원의 소음에 대한 만족도는 크게 달라질 수밖에 없으며 평균적 수준으로 이를 평가할 경우 불만족과 만족의 평균레벨 근방에 나올 수밖에 없다.

만약 이러한 소음에 대한 불만족 격실이 없어져 Fig. 6의 소음크기와 스트레스 지수에 대한 분포가 2.0~4.0사이의 분포에서 2.0~3.0사이의 분포가 된다면 함내소음에 대한 불만족은 최소화 될 수 있을 것이다. 따라서 이들 레벨의 최대치가 3.0이 되는 소음레벨을 산출하여 이를 함내소음 기준치로 적용한다면 함정의 실내소음의 승조원 불만족도를 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 4 Questionnaires of the survey and expression of the index level(L_i)

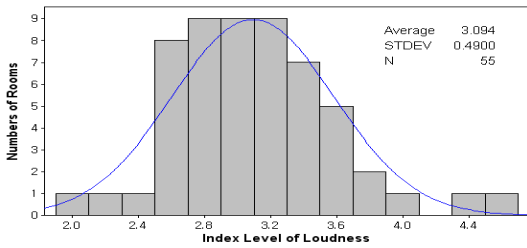
i	Questionnaire	Index level(L_i)				
		5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
1	Strength of the noise	Very loud	Loud	Normal	Quiet	Very quiet
2	Speech Interference	Very High	High	Normal	Low	Very low
3	Noise difference btw anchoring and sailing	Very high	High	Normal	Low	Very low
4	Noise variation as its velocity	Very high	High	Normal	Low	Very low
5	Stress from the noise	Very high	High	Normal	Low	Very low

Table 5 Index level for working area

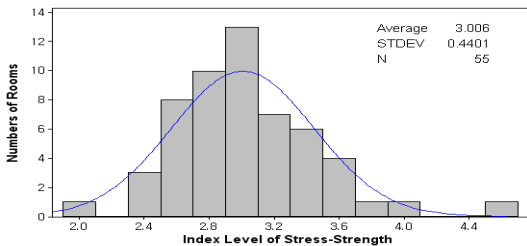
items	Index level(L _i)				
	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
Not Satisfied (Max)	5	5	5	5	5
Satisfied(Min)	1	1	1	1	1
Current level	3.11	2.86	3.16	2.99	2.96

Table 6 Index level for living area

items	Index level(L _i)				
	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
Not satisfied (Max)	5	5	5	5	5
Satisfied (Min)	1	1	1	1	1
Current level	3.07	2.58	3.16	3.21	2.98



(a) Index level of loudness

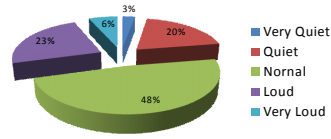


(b) Index level of stress-strength

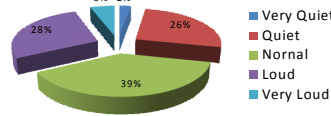
Fig. 5 Distribution of the index levels of loudness and stress-strength from the survey

3.3 함내소음레벨과 승조원의 함내소음 만족도간 회귀분석

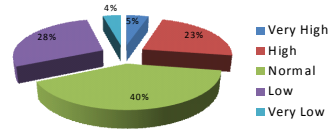
본 절에서는 설문조사에 응한 승조원들의 거주구역 및 근무구역에 대한 소음측정을 통해 승조원들의 만족도를 수치화한 지수값(실내소음 크기 및 스트레스 강도 지수)과 측정



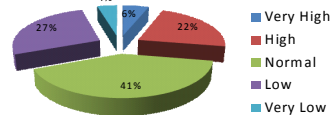
(a) Loudness for the working area



(b) Loudness for the living area



(c) Stress for the working area

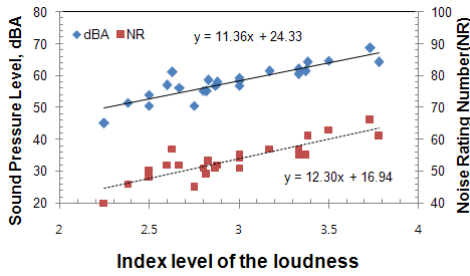


(d) Stress for the living area

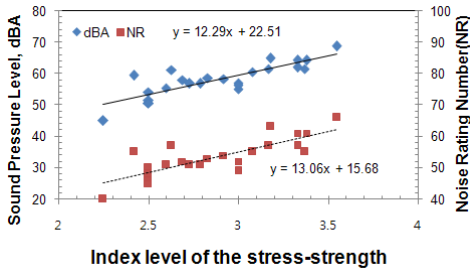
Fig. 6 Results of survey for the loudness and stress from the indoor noise

된 소음레벨간의 관계에 대해 회귀분석을 수행하였다. 여기서 각 격실의 소음레벨은 31.5Hz ~ 8kHz까지 1/1 옥타브레벨로 16초 동안 선형평균(Linear averaging)으로 측정하였으며 A-보정 음압(A-weighted overall sound pressure level)과 NR(Noise rating) 레벨을 각각 측정하였다.

거주구역과 근무구역에 대한 회귀분석은 각 격실에 대해 조사된 실내소음 크기 지수와 스트레스 강도 지수에 대해 A-보정 음압, NR 레벨을 가지고 선형으로 각각 수행하였다. Fig. 7~8은 거주구역 및 근무구역에 대한 회귀분석 결과이며 실내소음 크기 지수 및 스트레스 강도 지수에 대한 A-보정 음압레벨 및 NR 레벨 회귀식을 거주구역의 경우 식(2)~(3), 근무구역의 경우 식(4)~(5)와 같이 얻을

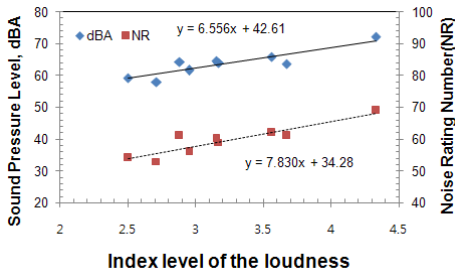


(a) SPL, NR vs. Index level of the loudness

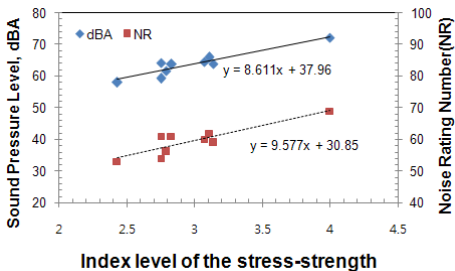


(b) SPL, NR vs. Index level of the stress-strength

Fig. 7 Relation between sound pressure, NR and each index from the survey(Living Area)



(a) SPL, NR vs. Index level of the loudness



(b) SPL, NR vs. Index level of the stress-strength

Fig. 8 Relation between sound pressure, NR and each index from the survey(Working Area)

수 있었다.

$$dBA = 21.2 + 7.99 \times (L_1) + 4.57 \times (L_5) \quad (2)$$

$$NR = 14.1 + 9.29 \times (L_1) + 4.09 \times (L_5) \quad (3)$$

$$dBA = 37.9 + 2.95 \times (L_1) + 5.44 \times (L_5) \quad (4)$$

$$NR = 30.8 + 5.14 \times (L_1) + 4.06 \times (L_5) \quad (5)$$

이와 같이 회귀분석 결과 설문조사를 통해 승조원들의 함내소음 만족도를 선형화 시킬 수 있었으며 이를 통해 승조원이 요구하는 수준에 맞추어 함내소음 기준을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

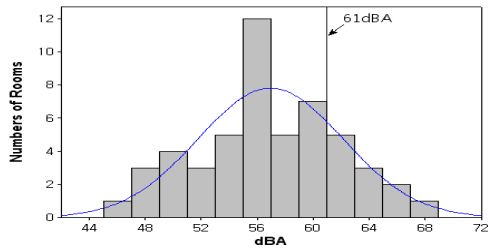
4. 승조원 만족도를 고려한 함내소음 기준 제시

함내소음에 대한 승조원 만족도 조사 분석 결과 얻어진 거주구역 및 근무구역의 실내소음 크기 지수 및 스트레스 강도 지수에 대한 dBA 레벨과 NR레벨의 회귀식인 식(2)~(5)를 가지고 실내소음 크기 및 스트레스 강도 지수값 레벨의 최대치를 3.0으로 줄였을 때 소음레벨을 산출하면 Table 7과 같음을 알 수 있다.

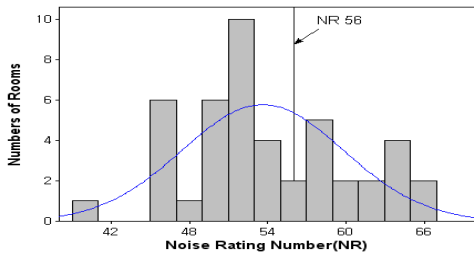
Table 7 Target of the indoor noise from the linear regression analysis

Items	Target of living area	Target of working area
Index of the loudness(max)	3.0	3.0
Index of the stress-strength (max)	3.0	3.0
dBA from Eq.(2),(4)	59	63
NR from Eq.(3),(5)	54	59

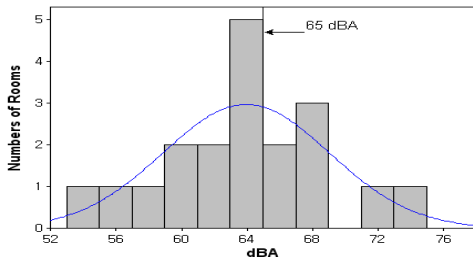
여기서 실내소음크기 및 스트레스 강도 지수값 레벨을 3.0으로 설정한다는 것은 전 격실 소음 만족도를 보통 이상으로 만드는 것을 의미한다. 즉, 승조원의 대부분이 함내소음에 대해 불만이 없는 수준을 의미한다.



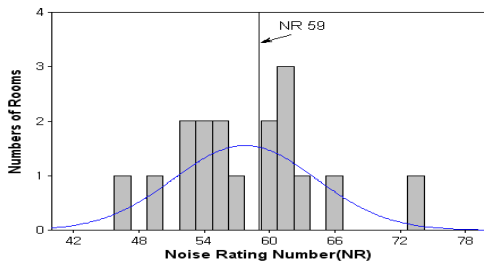
(a) Living area (A-Weighted SPL)



(b) Living area (NR)



(c) Working area (A-Weighted SPL)



(d) Working area (NR)

Fig. 9 Distribution of the indoor noise for the investigated navy vessels

여기서 측정 오차 등 통상 적용하는 2dB 공차를 감안하여 함내소음 기준을 거주구역에 대해서는 음압레벨 61dBA Max. 및 NR 56

Max., 근무구역에 대해서는 음압레벨 65dBA Max. 및 NR 59 Max.로 제안하고자 한다.

이러한 기준을 본 연구에서 조사한 실적함에 적용할 경우 Fig. 9와 같이 침실 등 거주구역의 경우 총 51개 조사 격실 중 11개 격실(약 22%)이, 근무구역의 경우 총 19개 조사 격실 중 7개 격실(약 37%)이 본 연구에서 제안하고자 하는 기준을 초과하고 있는 것으로 조사되었다.

이와 같이 현재 실적함의 경우 일부 격실이 본 연구에서 제시하는 함내소음 기준치를 만족하지 못함을 알 수 있었지만, 향후 건조되는 함정의 경우 승조원의 함내소음 만족도를 고려하여 제시된 본 연구의 함내소음 기준치를 만족할 수 있도록 함 설계단계에서부터 격실배치, HVAC 저소음 설계, 내장재 선정, 흡차음 대책 등이 적극적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

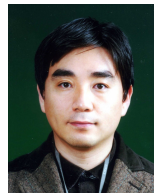
함정의 실내소음은 함정에 근무하는 승조원들의 쾌적한 환경조성을 위해 반드시 관리되어야 하는 항목이다. 본 연구에서는 실제 운용중인 함정에 근무하는 승조원들을 대상으로 한 설문조사 및 이를 근거로 수행된 소음평가를 통해 승조원이 만족하는 소음 수준은 침실 등 거주구역의 경우 A-보정소음 기준으로 61dB, NR 레벨 기준으로 NR-56, 근무구역의 경우 A-보정소음 기준으로 65dB, NR 레벨 기준으로 NR-59 이하임을 알 수 있었다. 이 수치는 총 360명의 설문조사와 총 33개 격실의 소음수준 평가로부터 얻은 결과이다. 보다 일반적인 소음수준 산정을 위해서 추가적인 조사가 필요하다고 판단되지만 본 연구에서 산출된 소음 수준이 여러 국가의 해군 및 선급에서 적용하고 있는 소음수준과 크게 다르지 않다는 결과로부터 본 연구의 결과만으로도 충분히 승조원의 함내소음 요구 수준이 파악되었다고 생각한다.

이러한 소음 저감 요구에 대해 일부에서는

해군 함정의 수준을 크루즈선의 수준으로 맞출 수 없다고 주장하지만 크루즈선의 경우 승객 선실의 실내소음 기준이 44~45dBA (Kim, 2009) 정도로 본 연구에서 조사된 승조원의 침실 소음 요구 수준인 61dBA보다 16dB 이상 낮은 수준이다. 따라서 본 연구에서 제시된 함정의 실내소음 기준은 충분히 합리적이며, 추후 국내 해군의 소음 기준 설정에 참조가 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- Seo, S.I. and Seo, S.O., 1990, "A Method for the Noise Prediction in Ships", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 27, No. 1, pp. 99-106.
- Kwon, J.H., Kim, M.S., Cho, D.S. and Kim, B.H., 2006, "Noise Analysis of Large Container Carrier Wessel on HVAC Noise", Special Issued of the Society of Naval Architects of Korea, pp. 65-70.
- Kim, J.C., Park, I.K. and Cho, D.S., 2003, "Statistical Investigation on Airborne Noise Levels of Navy Shipboard Compartments", KSNVE, Vol. 13, No. 8, pp. 637-644.
- Tamura, Y., Kawada, T. and Sasazawa, Y., 1997, "Effect of Ship Noise on Sleep", Journal of Sound and Vibration, Vol. 205, No. 4, pp. 417-425.
- Biot, M., Lorenzo, F.D., 2007, "Noise and Vibration on Board Cruise Ships: Are New Standards Effective?", 2nd International Conference on Marine Research and Transportation, ICMRT '07, Session B, pp. 93-100.
- US Navy, 1955, General Specification for Ships of US Navy Sec.073.
- NAVSHIPS 0907-004-4010, 1970, "Steady State Airborne Noise Criteria for Shipboard Spaces".
- OPNAVINST 9640.1A, 1995, Shipboard Habitability Design Criteria Manual.
- OPNAVINST 5100.19E, 2007, Navy Safety and Occupational Health(SOH) Program Manual for Force Afloat.
- Federal Office for Military Technology and Procurement, 1974, BV 045 - Noise Reduction.
- North Atlantic Treaty Organization, 1990, STANAG 4293 : Guideline for the Acoustical Environment in NATO Surface Ship.
- IMO, 1982, Noise Levels on Board Ships.
- Korean Register of Shipping, 1997, Control of Ship Vibration and Noise.
- Kim, N.S., 2009, "Noise and Vibration of the Cruise Ship", KSNVE, Vol. 19, No. 4, pp. 23-27.



<한형석>



<박미유>



<조흥기>