

연안 소형선박내의 소음 및 진동에 기초한 선상근무 환경의 평가

고 창 두* · 김 상 현**

*, ** 한국해양연구원 해양시스템안전연구소

Evaluation of Environmental Conditions on Board in term of Noise and Vibration in Coastal Small-sized Ships

Chang-Doo Koh* · Sang-Hyun Kim**

*, ** Korea Research Institute of Ships & Ocean Eng. /KORDI, Jangdong, Yusong, Taejeon, 305-343, Korea

요 약 : 연안 경비함정의 선상근무 환경은 육상근무 환경에 비하여 매우 열악하여 선상근무 기피와 선원 고령화의 원인이 되고 있다. 특히 선박내 소음은 난청과 같은 직업병을 유발시키는 원인이 된다. 따라서 안락한 선상근무 환경 및 거주 환경의 확보를 통하여 선상근무 피로도를 경감시키는 것이 필요하다. 본 연구에서는 먼저 선박내 소음 및 진동의 실선 계측을 통하여 선상근무 환경을 체계적으로 평가한다. 그리고 선상근무 환경의 평가 결과에 기초하여 선상근무 피로도 경감대책을 제안한다.

핵심어 : 연안경비함정, 선내 진동, 선내 소음, 선상근무 환경, 근무피로도 경감

Abstract : The shipboard working environment of coastal patrol ship is very inferior to the ground working environment and it causes the avoidance of shipboard working and the aging of crew. Especially the noise in ships causes an occupational disease such as hardness of hearing. Hence to reduce the shipboard working fatigue is necessary by the security of the comfortable shipboard working environment and residence environment. In this paper, firstly we evaluate the shipboard working environment by using the measurement results of the shipboard noise and vibration in the sea. And we propose the measures to reduce the shipboard working fatigue which is based on the evaluation results of the shipboard working environment.

Key words : coastal patrol ship, noise in ship, vibration in ship, shipboard working environment, shipboard working fatigue reduction

1. 서 론

해상활동을 수행하는데 있어서 선상근무 환경은 간과할 수 없는 매우 중요한 요소이다. 근무 환경으로써 기본적인 요건인 의식주뿐만 아니라 선박의 특수성에 기인하는 선내 소음 및 진동, 선내 공기오염 등도 선상 근무자의 업무 효율성 확보 및 거주 편리성(crew's habitability) 확보에 매우 중요한 요소이다.

선박내의 소음은 업무 능력 저하, 거주 편리성 저하는 물론, 난청 등 산업재해를 야기할 수 있으며 기준 이상의 소음수준에 장기간 노출될 경우 영구 난청의 원인이 된다.

또한 선박내의 진동은 선체 일부에 국부적인 피로현상을 유발시키며 심각한 손상을 입히기도 하고 때로는 탑승한 승무원에게 심한 불쾌감을 주거나 일상의 선내 업무를 방해할 정도의 불편함을 주기도 한다.

국민 생활수준 향상에 따라 선상 근무환경 및 거주 환경에 대한 기대치는 상승되고 있음에도 불구하고 지금까지 국내 연안 소형 선박의 경우에는 선박의 기능만을 강조하여 이들 환

경에 대한 검토가 미비하였으며 또한 선상근무 피로도에 체계적인 조사도 이루어지지 않고 있는 현실이다.

본 연구에서는 많은 승무원이 선상 근무를 하고 있으며 근무환경 및 거주환경보다는 선박의 고유 기능이 가장 중요시되고 있는 연안 경비함정을 대상으로 하여 선내 소음 및 진동의 실선 계측을 수행하고 허용기준과 비교한다. 또한 실선 계측 결과를 이용하여 선상 근무환경을 평가하고 그 결과에 기초한 선상근무 피로도 경감 대책을 제안한다.

2. 실선 계측의 개요

선내 소음 및 진동의 실선 계측은 25톤선박, 100톤선박, 250톤선박, 500톤선박, 1,000톤선박, 1,500톤선박까지의 6척의 경비 함정에 대하여 수행하였다. 500톤선박, 250톤선박, 25톤선박은 2002년 2월 20일 오전 인천 근해, 1500톤선박과 100톤선박은 2002년 3월 18일 오전 남해의 추자군도 주변 해역을, 1000톤선박은 2002년 5월 10일 오전 부산 근해를 항해하며 측정하였다.

* 정회원, cdkoh@kriso.re.kr 042)868-7212

** 정회원, kimsh@kriso.re.kr 042)868-7232

선내 소음은 Sound Level Meter (B&K 2231)을 이용하여 1 octave band의 중심주파수에서 계속하였으며, 소음 측정은 함교, 침실, 엔진제어실, 기관실, 식당, 통신실 등 선내 주요 구역에서 실시하였다. 선내 소음이 측정되는 동안 선박은 순항속도로 직진 운항하였다.

선내 진동은 침실 등의 승조원 거주구역과 조타실 등의 근무지역에서 계속되었다. 진동신호의 취득을 위해 노트북을 기본으로 National Instruments사의 A/D board와 Labview 소프트웨어로 구성된 계측시스템을 이용하였으며 취득된 시계열 진동신호의 분석을 위해 MatLab을 이용하였다. 또한 진동신호의 취득을 위한 샘플링 시간은 1/250 sec로 정하였고, 약 120 sec 동안 신호를 취득하였다.

3. 선내 소음 및 진동 허용기준

3.1 선내 소음 허용기준

선내 소음 허용기준으로는 Table 1과 같은 한국 해군의 선내 소음 허용기준을 이용하였다. 함정의 선실, 기관실, 엔진 제어실, 각종 작업공간, 침실 등은 요구되는 소음수준에 따라 Category A~F로 분류된다.

Table 1 Allowed criterion of noise (dB re. 20 µPa)

Frequency (Hz)	dB(A)										SIL
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Category A	90	84	79	76	SIL Value			69	68		64
B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	78(70)	
C	85	78	72	68	66	62	60	58	57	68(65)	
D	105	100	95	90	90	85	85	85	85	96(84)	
E	105	100	95	90	SIL Value			85	85		72
F	105	100	95	90	SIL Value			85	85		65

단,

- Category A: 높은 소음수준의 공간으로 통상적인 대화가 요구되는 격실 (함교, 통신실, 엔진제어실 등)
- Category B: 승조원의 안락함이 주로 요구되는 격실(침실, 사무실, 화장실, 식당 등)
- Category C: 특히 정숙하여야 할 격실 (의무실 등)
- Category D: 고소음 공간으로써 의사소통은 중요하지 않으나 청력 손상 방지가 주로 요구되는 격실 (보기실, 기관실 등)
- Category E: 높은 소음수준의 공간으로써 큰 소리로 구두 대화가 요구되는 격실
- Category F: 구두 대화가 필요한 노천 갑판상부에 위치한 지휘 장소

3.2 선내 진동 허용기준

선내 진동 허용기준으로 국제표준기구인 ISO (International Organization for Standardization)의 진동기준(인터넷 자료,

2002) ISO 6954:2000(E)과 ISO 2631:1997(E)을 이용하였다. Table 2에 ISO 6954:2000(E)의 진동기준, Fig. 1에 ISO 2631:1997(E)의 건강 관점 진동기준, Table 3에 ISO 2631:1997(E)의 안락성 관점 진동기준을 각각 나타낸다.

ISO 6954:2000(E) 진동기준(인터넷 자료, 2002)은 상선 및 여객선의 거주구역에 대한 종합적인 진동 평가 기준으로 활용되고 있으며, 거주구역을 크게 A, B, C 세 등급으로 나누고 각각 진동허용치의 상한기준 및 하한기준을 제시하고 있다.

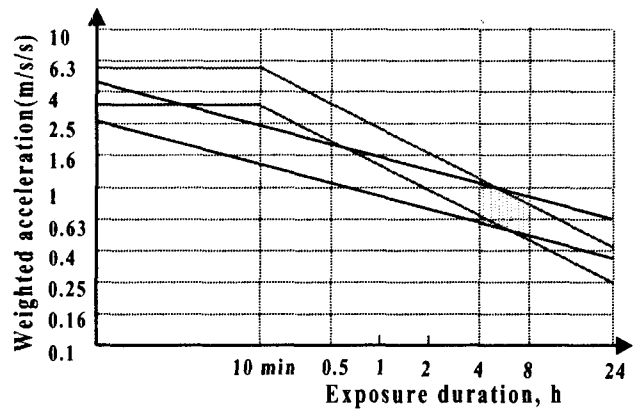


Fig. 1 Vibration criterion of ISO 2631:1997(E)-Health

Table 2 Vibration criterion of ISO 6954:2000(E)

	A Grade	B Grade	C Grade
Criterion 1 : Bad vibration condition (Uncomfortable)	Over 143 mm/s ²	Over 214 mm/s ²	Over 286 mm/s ²
Criterion 2 : Good vibration condition (Comfortable)	Below 71.5 mm/s ²	Below 107 mm/s ²	Below 143 mm/s ²

where, A Grade : Accommodation space of passenger
 B Grade : Accommodation space of crew
 C Grade : Working space

Table 3 Vibration criterion of ISO 2631:1997(E)-Comfort

a _w (Sum of vibration acceleration)	Criterion in term of comfortable
Below 315 mm/s ²	Not uncomfortable(불쾌감을 느끼지 않는 정도)
315 mm/s ² ~ 630 mm/s ²	A little uncomfortable(약한 정도의 불쾌감을 느끼는 정도)
630 mm/s ² ~ 1000 mm/s ²	Fairly uncomfortable(불쾌감을 조금 느끼는 정도)
1000 mm/s ² ~ 1600 mm/s ²	Uncomfortable(불쾌하다고 느끼는 정도)
1600 mm/s ² ~ 2500 mm/s ²	Very uncomfortable(아주 심한 불쾌감을 느끼는 정도)
Over 2500 mm/s ²	Extremely uncomfortable(극도의 불쾌감을 느끼는 정도)

ISO 2631:1997(E) 진동기준(인터넷 자료, 2002)은 기계진동에 의한 인체노출의 평가 기준으로 활용되고 있으며, 인체의 건강(Health)과 안락감(Comfort)의 두 관점으로 나누어 평가를 한다. Fig.1에서 빗금 영역은 건강위험도가 경고 수준인 범위를 나타내며, 빗금 영역의 윗 부분은 건강위험도가 높은 수준인 범위를 나타내며, 빗금 영역의 아래 부분은 건강위험도가 없는 범위를 나타낸다.

4. 선내 소음 및 진동의 실선 계측 결과

4.1 선내 소음의 실선 계측 결과

25톤선박, 250톤선박, 500톤선박, 1,000톤선박, 1500톤선박의 선내 소음 계측 결과를 Table 4~8에 각각 나타낸다. 각 Table의 초과치는 소음 허용기준치를 초과하는 측정구역에서의 소음 초과레벨을 나타낸다. 또한 100톤선박을 제외한 모든 함정이 1~2m의 낮은 파고에서 측정된 점을 고려하면, 2m 이상의 파고에서는 측정 소음보다 3~5dB 큰 소음이 예상된다.

Table 4 Measured results of noise in 25ton ship

Room Name	Frequency(Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Overall dB(A)	SIL
Bridge	SPL	87	93	90	80	72	69	66	62	58	78	66
	Cat. A	90	84	79	75	SIL				69	68	64
	Excess		9	11	5							2
Bedroom	SPL	85	88	87	79	72	74	66	58	51	78	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess		4	8	3		3					8
Engine Rm	SPL	103	107	115	114	115	111	110	102	96	117	
	Cat. D	105	100	95	90	90	85	85	85	85	84	
	Excess		7	20	24	25	26	25	17	11		33

Table 5 Measured results of noise in 250ton ship

Room Name	Frequency(Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Overall dB(A)	SIL
Engine control Rm	SPL	93	104	93	87	85	85	81	73	63	89	84
	Cat. A	90	84	79	75	SIL				69	68	64
	Excess	3	20	14	12				4			20
Bridge	SPL	93	88	79	70	64	66	75	66	47	77	68
	Cat. A	90	84	79	75	SIL				69	68	64
	Excess	3	4									4
Stern bedroom		90	89	83	77	76	71	65	62	51	77	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess		5	4	1	3						7
Fore bedroom		81	81	74	66	60	52	46	44	43	64	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess											
Lounge		78	79	76	69	64	59	55	50	42	63	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess											
Engine Rm		98	105	104	107	109	110	107	105	98	114	
	Cat. D	105	100	95	90	90	85	85	85	85	84	
	Excess		5	9	17	19	25	22	20	13		30

Table 6 Measured results of noise in 500ton ship

Room Name	Frequency(Hz)	31.5	63	125	500	1k	2k	4k	8k	Overall dB(A)	SIL
Engine control Rm		86	91	85	78	78	78	73	70	84	78
	Cat. A	90	84	79	SIL				69	68	64
	Excess		7	6				4	2		14
Steering house		96	85	77	54	55	53	47	44	67	54
	Cat. A	90	84	79	SIL				69	68	64
	Excess	6	1								
Communications room		88	88	73	63	65	56	56	54	69	61
	Cat. A	90	84	79	SIL				69	68	64
	Excess		4								
Bedroom(1)		88	78	73	58	57	53	64	60	68	
	Cat. B	90	84	79	73	71	70	69	68	70	
	Excess										
Bedroom(3)	SPL	87		79	75	64	61	60	47	40	68
	Cat. B	90	84	79	73	71	70	69	68	70	
	Excess										
Adjutant general Rm		85	90	84	70	68	64	54	44	75	
	Cat. B	90	84	79	73	71	70	69	68	70	
	Excess		6	5							5
Chief engineer		81	86	83	71	68	64	54	48	74	
	Cat. B	90	84	79	73	71	70	69	68	70	
	Excess		2	4							4
Stern bedroom		88	95	88	71	69	65	55	52	77	
	Cat. B	90	84	79	73	71	70	69	68	70	
	Excess		11	9							7
Officer Rm		82	84	77	60	59	53	46	40	66	
	Cat. B	90	84	79	73	71	70	69	68	70	
	Excess										
Engine Rm		119	104	99	108	111	110	104	104	115	
	Cat. D	105	100	95	90	85	85	85	85	84	
	Excess	14	4	4	18	26	25	19	19		31

Table 7 Measured results of noise in 1,000ton ship

Room Name	Frequency(Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Overall dB(A)	SIL
Bridge		86	82	70	63	57	60	55	55	55	65	57
	Cat. A	90	84	79	75	SIL				69	68	64
	Excess											
Operations Rm		79	75	68	59	55	52	52	44	40	60	53
	Cat. A	90	84	79	75	SIL				69	68	64
	Excess											
Engine control Rm		88	85	82	76	75	78	77	72	73	83	77
	Cat. A	90	84	79	75	SIL				69	68	64
	Excess	1	3	1					3	5		13
Communications room		94	82	71	62	53	52	51	45	39	64	52
	Cat. A	90	84	79	75	SIL				69	68	64
	Excess	4										
Restaurant of officer		81	87	76	59	57	48	47	42	34	64	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess		3									
General Rm		84	84	69	60	53	40	45	42	39	61	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess											
Chief engineer Rm		80	85	72	62	55	52	50	40	38	63	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess		1									
Adjutant general Rm		89	80	68	62	53	50	48	47	41	61	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess											
Officer Rm(1)		95	79	66	58	60	54	50	44	38	64	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess		5									
Officer Rm(4)		94	78	72	64	62	61	56	49	43	67	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess		4									
Restaurant		94	86	79	72	69	68	65	57	51	73	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess	4	2									3

연안 소형선박내의 소음 및 진동에 기초한 선상근무 환경의 평가

Room Name	Frequency(Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Overall dB(A)	SIL
Bedroom(1)		76	76	66	73	62	58	52	48	44	66	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess											
Bedroom(3)		82	83	77	72	70	67	62	56	46	72	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess										2	
Bedroom(4)		90	95	84	77	74	70	65	59	54	77	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess		11	5	1	1						7
Air-conditioning Rm		87	80	73	60	54	52	49	45	42	62	
	Cat. D	105	100	95	90	90	85	85	85	85	84	
	Excess											
Engine Rm		100	106	101	103	106	105	102	101	101	110	
	Cat. D	105	100	95	90	90	85	85	85	85	84	
	Excess		6	6	13	16	20	17	16	16		26

Table 8 Measured results of noise in 1,500ton ship

Room Name	Frequency(Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Overall dB(A)	SIL
Bridge		82	78	71	68	77	49	50	46	45	74	
	Cat. A	90	84	79	75						69	68
	Excess											
Engine control Rm		82	87	73	67	66	67	69	58	48	73	
	Cat. A	90	84	79	75						69	68
	Excess		3									
General Rm		80	72	59	60	45	46	45	42	37	55	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess											
Adjutant general Rm		83	72	58	54	47	59	44	38	28	60	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess											
Officer bedroom(3)		76	83	68	64	60	57	53	47	48	64	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess											
Crew bedroom		77	82	70	62	56	57	48	42	34	62	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	초과											
Athletics training Rm		85	86	77	75	67	66	59	47	38	71	
	Cat. B	90	84	79	76	73	71	70	69	68	70	
	Excess		2									1
Auxiliary machine Rm		89	95	101	98	96	97	100	94	84	104	
	Cat. D	105	100	95	90	90	85	85	85	85	84	
	Excess			6	8	6	12	15	9			20
Engine Rm		97	100	99	103	102	102	99	95	90	106	
	Cat. D	105	100	95	90	90	85	85	85	85	84	
	Excess			4	13	12	17	14	10	5		22

4.2 선내 소음에 의한 근무 환경 평가

(1) 25톤선박

25톤선박의 경우 측정 대상인 함교, 침실 및 기관실에서 모두 기준 소음을 초과하고 있으며, 함교의 경우 SIL값도 2dB 초과하고 있어 의사소통에도 문제가 있음을 쉽게 예상할 수 있다. 특히 거주구역인 침실은 귀에 민감한 주파수 영역인 1 kHz를 포함한 4개의 주파수 영역에서 3~8dB의 소음이 과도하게 초과하고 있으므로 장기적으로 소음에 노출될 경우 영구적인 청력 손상이 예상된다.

(2) 250톤선박

250톤선박의 경우도 엔진제어실 소음이 상당히 심각하여 승무원간의 대화가 쉽지 않고, 저주파 영역의 소음이 기준을 크게 초과하고 있어 청력손상이 예상된다. 전부침실의 경우 소음레벨이 기준을 만족하고 있으나 후부침실은 63~500Hz 밴드 레벨이 기준을 최대 5dB 초과하고 있다. 기관실의 경우 31.5Hz를 제외한 전주파수 영역에서 10~20dB 이상 소음을 크게 초과하고 있어 청력손상이 예상된다.

(3) 500톤선박

500톤선박의 경우도 엔진제어실 소음이 기준을 크게 초과하고, 기계실 상부에 위치한 부장실, 기관장실 등의 침실에서 63, 125 Hz 소음이 기준을 크게 초과하고 있어 청력손상이 예상된다.

(4) 1,000톤선박

1,000톤선박의 경우 엔진제어실 소음이 기준을 크게 초과하고 있다. 제 3직원 침실의 각 주파수 레벨은 기준을 만족하나 Overall레벨이 기준을 2 dB 초과하고, 기관실에 근접한 제 4직원 침실의 경우 저주파수 영역에서 기준소음을 10 dB 이상 초과하고 있다. 특히, 기관실 소음의 경우 기준을 크게 초과하고 있어 청력손상 예방을 위한 대책이 절실하다.

(5) 1,500톤선박

1,500톤선박의 경우 Category A에 해당하는 함교 및 엔진제어실의 소음이 기준을 초과하고 있으며 보기실 및 기관실의 소음은 전주파수 영역에서 기준을 10 dB 이상 초과하고 있어 대책 마련이 필요하다

(6) 해군 함정과 비교

Fig.2에 선내 소음 측정치를 해군 K00함의 소음 레벨과 비교한 결과를 나타낸다. 기관실의 경우 해군 함정과 가장 큰 차이를 보이고 있으며 침실과 함교도 해군함정에 비하여 상당히 높은 소음 수준을 보이고 있어 해양경비를 담당하는 연안 소형선박인 해양경찰청 함정의 선상 근무환경이 해군이나 일반 상선에 비하여 더욱 더 열악한 것을 알 수 있다.

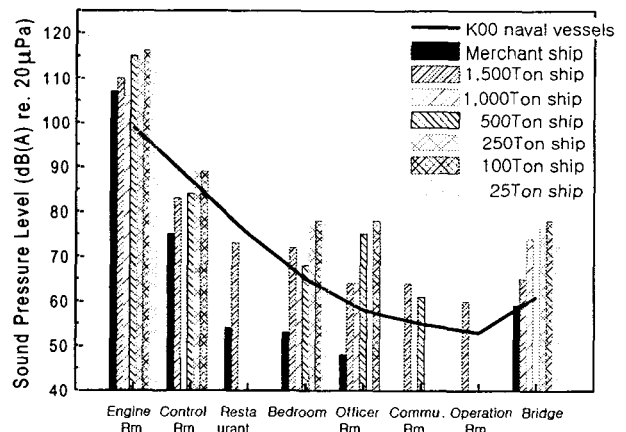


Fig. 2 Comparison of measured noise and noise of naval vessels

4.3 선내 진동의 실선 계측 결과


(1) 진동기준 ISO 6954:2000(E)에 의한 평가

선내 진동의 실선 계측 결과를 진동기준 ISO 6954:2000(E)에 의하여 평가한 결과를 Table 9에 나타낸다. 함정의 진동평가를 위해 직원 4침실, 사관실, Crew Rm을 B등급인 승무원 거주구역으로 정하고, 조타실, 주갑판, 기관사무실, 제어실, MCR Rm(1), MCR Rm(2), Office Rm(3), Works Rm을 C등급인 작업구역으로 정하였다.

Table 9 Evaluation of measured vibration based on ISO 6954:2000(E)

[Unit : mm/s²]

Grade	Measuring place	250Ton ship	25Ton ship	1000Ton ship	500Ton ship	1500Ton ship
B Grade	Bedroom	-	-	303.93 (Up and down)	-	-
	Officer Rm	-	-	-	205.35 (Up and down)	-
Maximum : 214	Crew Rm	-	-	-	-	57.77 (Up and down)
C Grade	Steering Rm	63.94 (Up and down)	-	99.41 (Back and forth)	195.05 (Up and down)	48.39 (Up and down)
	Main deck	-	1973.5 (Up and down)	-	-	-
	Engine Rm	-	-	62.18 (Back and forth)	-	-
	Control Rm	-	-	387.09 (Up and down)	359.56 (Up and down)	-
	MCR Rm(1)	-	-	-	-	46.13 (Up and down)
	MCR Rm(2)	-	-	-	-	75.90 (Up and down)
	Office Rm(3)	-	-	-	-	40.39 (Up and down)
	Works Rm	-	-	-	-	1090.7 (Up and down)
Maximum : 286						

where,  : It shows the place which is exceeded the criterion of ISO

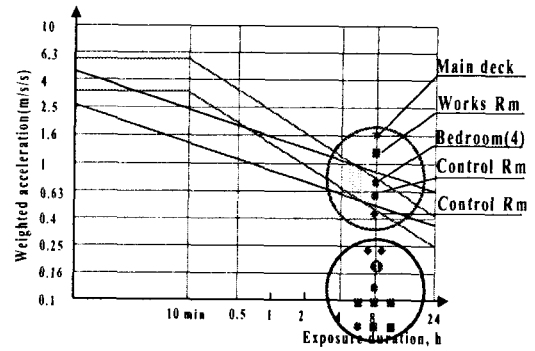
(2) 진동기준 ISO 2631:1997(E)에 의한 평가

① 건강관점의 선내진동 평가

건강 관점의 평가에서는 취득된 진동신호 데이터를 각 방향별로 각각 180 Hz의 주파수 범위에서 주파수별 가중치가 적용된 가속도인 a_w 로 나타내었다. 각 계측위치에서 가장 큰 가속도를 보이는 방향에 대한 a_w 값을 이용하여 노출시간 4~8시간을 기준으로 평가를 수행하였다. 평가결과는 Fig. 3와 같다.

② 안락성 관점의 선내진동 평가

안락감 관점의 평가에서는 취득된 진동신호 데이터를 각 방향의 진동가속도 총합인 a_r 로 나타내었다. 인체의 일상적 활동 즉, 독서, 식사, 글쓰기 등의 활동에서 불편감을 느끼지 않는 수준의 진동가속도 총합 a_r 값인 315 mm/s² 이하를 허용기준으로 결정하고 안락감 관점에서의 평가를 수행하였다. 평가결과는 Table 10 과 같다.




○(250ton ship) ★(25ton ship) ●(1000ton ship) ◆(500ton ship) ■(1500ton ship)

Fig. 3 Evaluation of measured vibration based on ISO 2631:1997(E)-Health

Table 10 Evaluation of measured vibration based on ISO 2631:1997(E)-Comfort

[Unit : mm/s²]

Measuring place	250Ton ship	25Ton ship	1000Ton ship	500Ton ship	1500Ton ship
Bedroom	-	-	588.4	-	-
Officer Rm	-	-	-	242	-
Crew Rm	-	-	-	-	80.5
Steering Rm	127	-	160.3	240.3	91.1
Main deck	-	1406.3	-	-	-
Engine Rm	-	-	75.5	-	-
Control Rm	-	-	501.4	451.8	-
MCR Rm(1)	-	-	-	-	68.8
MCR Rm(2)	-	-	-	-	94.1
Office Rm(3)	-	-	-	-	60.1
Works Rm	-	-	-	-	1186.8

where,  : It shows the place which is exceeded the criterion of ISO

4.4 선내 진동에 의한 근무 환경 평가

(1) 진동기준 ISO 6954:2000(E)에 의한 평가

대상함정을 거주성 관점에서 진동 수준을 평가한 결과, 사관실, Crew Rm, Office Rm(3)의 경우에는 상한기준 이하 또는 하한기준 이하의 양호한 수준을 보이고 있으나 직원침실의 경우 상한기준보다 약 1.8배 높은 수준으로 다소 심한 진동상태임을 알 수 있었다. 작업구역인 조타실, 기관사무실, MCR Rm의 경우에는 대체적으로 하한기준 이하의 양호한 진동상태이었으나 Works Rm과 주갑판의 경우는 상한기준보다 약 3.8배 정도 높아서 아주 심한 진동 상태임이 확인되었다. 따라서 진동 허용기준을 초과하는 구역들에서는 업무 효율의 저하, 거주시의 불편감 등이 예상되며 육상근무 환경에 비하여 거주환경이 매우 열악한 것으로 판단된다.

(2) 진동기준 ISO 2631:1997(E)에 의한 평가

① 건강관점의 선내진동 평가

대상함정의 건강 관점에서 진동수준을 평가한 결과, 25톤선박의 주갑판, 150톤선박의 Works Rm 등에서 상한기준을 월

선 초과하는 것이 확인되었다. 따라서 진동 허용기준을 초과하는 구역들은 건강위험도가 경도 또는 높은 수준으로 장기간 근무시에는 건강을 위협할 근무환경으로 판단된다.

② 안락성 관점의 선내진동 평가

대상함정의 안락성 관점에서 진동수준을 평가한 결과 25톤 선박의 주갑판, 500톤선박의 제어실, 1000톤선박의 제어실과 침실, 1500톤선박의 Works Rm이 진동 기준을 초과하는 것을 확인되었다. 따라서 진동 허용기준을 초과하는 구역들은 지속적인 진동에 의하여 거주 및 근무에 있어서 안락성을 확보하기 어려운 환경으로 판단된다.

5. 선상 근무피로도 경감 대책

5.1 소음에 의한 선상 근무피로도의 경감대책

- ① 소음 기준을 초과하는 선실의 경우 근무환경 개선, 승무원의 주기적 청력 검사 및 치료, 교대 근무의 확대가 필요하다.
- ② 90dB를 초과하는 선실의 경우 청력 보호 도구 착용의 의무화한다.
- ③ 신조시에 설계단계에서부터 선박내 소음기준을 적용하고 허용 기준 만족을 의무화한다.
- ④ 선박 탑재 장비 선정에 있어서 장비의 소음 기준이 허용 기준을 만족하는 것을 의무화한다.

5.2 진동에 의한 선상 근무피로도의 경감대책

- ① 진동이 심한 특정 엔진 회전수에서의 운항을 회피한다.
- ② 부유식 갑판(Floating deck)을 설치하여 전달되는 진동을 차단한다.
- ③ 선박을 건조할 경우 설계단계에서부터 진동해석을 수행하여 저진동 설계 및 공진회피 설계를 통하여 건조 후 발생할 수 있는 진동문제를 최소화한다.

6. 결 론

본 연구에서는 선박내 소음 및 진동의 실선 계측을 수행하고 그 계측 결과에 기초하여 선상근무 환경을 평가하고 더 나아가 선상근무 피로도 경감 대책도 제안하였다.

본 연구에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

- ① 선박내의 소음 및 진동에 대한 실선 계측을 수행하여 선상 근무의 물리적인 근무환경 실태를 체계적으로 분석하였다.
- ② 해양경찰청 함정의 경우, 선상근무 환경이 일반 상선 및 해군 함정의 근무환경, 육상근무 환경에 비하여 열악한 것을 실선의 선내 소음 및 진동 계측을 통하여 확인하였다.
- ③ 선내 소음 및 진동에 기인하는 선상 근무 피로도에 대한 경감 대책을 제안하였다.
또한 선상 근무 피로도를 경감시키기 위한 구체적인 방안으로 다음과 같은 것이 있다.

- ① 선박의 추진기관, 프로펠러 및 각종 기기(발전기, 공조기 등)에 의해서 발생하는 소음과 진동에 대한 방진(防振) 및 방음(防音) 설계를 선박의 초기설계 단계에서부터 실시한다.
- ② 저기진력형 프로펠러의 개발, 주기관 및 발전기의 탄성지지장치 설치 등을 통하여 선내 소음과 진동의 주요 원인인 프로펠러 기진력과 주기관 기진력을 경감시킨다.
- ③ 부유식 갑판(Floating deck)의 설치, 제진재(制振材) 및 방음재(防音材) 사용, 방음벽 설치 등을 통하여 발생한 선내 소음과 진동을 최소화시킨다.
- ④ ISO, IMO 및 해군 등의 각종 소음 및 진동 허용기준을 신조선시에 엄격히 적용하여 쾌적한 선상 근무환경을 확보하며 운항중에 정기적인 모니터링을 실시한다.
- ⑤ 승무원의 정기적인 건강 검사, 청력 보호기구 착용 의무화, 근무시간 조정, 교대 근무 확대 등을 통하여 선상 근무 피로도를 최소화시킨다.

참 고 문 헌

[1] 고창두, 김상현 외(2002), 함정근무 피로도 분석 연구, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 연구보고서
 [2] 인터넷 자료(2002),
<http://www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.frontpage>

원고접수일 : 2002년 9월 28일

원고채택일 : 2003년 2월 12일