Journal of the KNST

2021; Vol.4, No.1; pp. 022-026

ISSN: 2635-4926 https://doi.org/10.31818/JKNST.2021.03.4.1.22

Check for updates

Received: 2020/10/23
Revised: 2021/01/08
Accepted: 2021/02/24
Published: 2021/03/25

*Corresponding Author:
Sung-Hyun Kim
Naval Technology Team, Korean Register,
36, Myeongji Ocean City 9-ro, Gangseo-gu,
Busan 46762, Republic of Korea
Tel: +82-70-8799-8854
Fax: +82-70-8799-8879
E-mail: kshine@krs.co.kr

소형함정 공기 방사소음 규정 도입의 필요성과 패스바이 측정시험 사례 고찰

Necessity of Code Adoption Regarding Air-born Noise Emitted by Naval Small Craft and Case Study of Pass-by Measurement Test

김성현[1*], 전충호[2], 여준섭[3]

[1]한국선급 함정기술팀 책임검사원
[2]한국선급 함정기술팀 선임수석검사원
[3]한국선급 제품인증팀 책임검사원

Sung-Hyun Kim[1*], Choong-Ho Jeon[2], Jun-Sub Yeo[3]

[1]Senior Surveyor, Naval Vessel Technology Team, Korean Register
[2]Senior Principal Surveyor, Naval Vessel Technology Team, Korean Register
[3]Senior Surveyor, Product Certification Team, Korean Register

Abstract

24 m 이하 유·무인 고속단정급 함정은 다른 함종에 비해 개방갑판형, 엔진 일부 또는 전부가 노출형 등의 구조로 주 소음원인 엔진소음이 여과 없이 공기 중으로 직접 전파되는 특징이 있기 때문에, 환경정책 기본법상 보장된 국민들의 쾌적한 생활환경 권리와 상충되지 않도록 하는 규정이 필요하다. 하지만, 민군분야를 통틀어 국내법 관련 고시에는 선박에 관한 공기 방사소음 규정이 불비하다. 반면 유럽은 24 m 이하의 레크레이션 선박의 모든 탑재엔진에 대해 recreation craft directive의 noise emission 및 ISO 14509-1의 패스바이 공기 방사소음 측정 방법을 의무화하고 있다. 이에 본 논문은 선외기 패스바이 측정 시험을 고찰하여 이를 해군 소형함정 공기 방사소음 규정으로서 도입을 제안한다.

Compared to other ships, manned and unmanned high speed naval craft less than 24 m have open deck type, part or all of engine exposed type, and the main noise source, engine noise, is transmitted directly into the air without filtering. This requires provisions to avoid conflict with the right of citizens to enjoy a comfortable living environment guaranteed under the basic environment law. However, air-born noise code for the small crafts are inadequate in public notices related to domestic law throughout the civil and military field. On the other hand, EU is obligated to measure the noise emission of the Recreational Craft Directive and the pass-by measurement test of ISO 14509-1 for all mounted engines of recreational crafts of less than 24 m. Therefore, this parer considers the outboard pass-by measurement test and proposes the introduction of it as a regulation on air-born noise for naval small crafts.

Keywords

소형함정(Naval Small Craft),
공기 방사소음(Air-born Noise Emission),
패스바이 측정시험(Pass-by Measurement Test)

Acknowledgement

이 논문은 2020년도 한국해군과학기술학회 추계학술대회 발표 논문임.

1. 서론

함정을 포함한 선박의 국내·외 소음 규정의 관리대상과 통제목적은 크게 다음 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째 함내 승조원의 거주성 및 근무환경 보장을 목적으로 하는 구역별 함내 소음 규정. 둘째 피탐 방지의 특수목적 또는 해양 생물의 생태계 보존목적의 수중 방사소음 규정. 그리고 셋째 운항 구역 내 인접 거주자의 주거환경 보장을 목적으로 하는 공기 방사소음에 관한 규정이 있다. 이중 해군·해경의 고속단정이나 민간의 레저선박 등과 같이 별도 격실이 없고 엔진의 일부 또는 전부가 노출되거나 해당 소음이 여과 없이 직접 공기 중으로 전파되는 구조적 특징이 있기 때문에 인접 주민들의 주거환경 보장을 위한 공기 방사소음 규정으로 적절히 통제되어야 할 것이다. 특히 해군·해경 기지항과 민간 마리나 시설 등이 대도시와 같이 밀집주거지와 인접한 입지 상황이라면 관련된 규정 마련에 관한 고려는 더욱 절실해진다.

이에 본 논문은 민군이 현재 구비하고 있는 관련 규정 실태는 어떠한지 살펴보고, 만약 규정 불비시 국내·외의 대체 도입이 가능한 최적 규정의 상황을 파악해 보는 것과 함께, 더 나아가 상응한 측정시험을 실제 수행해보고 식별된 교훈을 공유하고 고찰해 보고자 한다.

© 2021 Korea Society for Naval Science & Technology

2. 국내·외 규정현황 및 소개

2.1 국내 관련 규정현황

한국은 환경정책기본법상 모든 국민이 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 권리를 법적으로 보장하고 있다. 여기에 보장된 생활환경에는 소음으로부터의 쾌적함이 포함되어 있으며, 특히 국민들의 생활소음에 대한 피해를 막기 위하여 소음·진동 관리법에는 층간소음에서 철도 및 차량 등의 선박 외 교통기관, 항공기, 공장 등의 광범위한 소음원에 대해 다각적인 방법으로 통제하고 있었다. 하지만 선박은 생활소음 피해의 소음원으로 직접 통제하고 있지 않고 있었다. 특히 본 논문에서 공기 방사소음에 의한 국민 기본권을 위협할 가능성이 높고, 보다 직접적이라고 판단하는 24 m 미만의 플레저보트급 선박(해군·해경의 고속단정급에 해당)에 관한 선박안전법 예하 고시기준상에서도 관련 소음규정은 확인되지 않았다. 다만, 소형 등록 수상레저선박(카약 등)에 대해서는 관련 고시기준 상에 "저속 운항구역을 지정고시"하는 극히 소극적 통제 수준에서만 관리하고 있는 실정이었다.

이와 유사한 상황으로, 한국 해군·해경은 고속정, 유·무인 경비정, 구조정, 침투정 등 고속단정급 도입사업이 최근 지속적인 늘어나고 있는 상황임에도 불구하고, 관련 규정 마련과 준비는 적극적이지 않은 상태이다. 현재까지는 함정의 부여 임무상 주민들의 소음피해에 대한 포괄적 양해를 받고 있거나, 기지항 주변 운항을 부분 저속으로 운항하고 있는 것으로 추정된다. 하지만 이와 같은 소극적 소음 통제방법은 일시적 방편일 뿐, 일반 국민들의 삶의 질의 향상과 정보의 보편화로 인한 시대요구에 대응하지 못할 것으로 판단한다. 특히 군공항, 군사격장 인근 주민들의 소음피해에 대한 갈등 등의 사례 등을 반면교사로 삼아 해군·해경 기지 인근 주민들의 주거환경 보장을 위해 해당 규정 마련의 필요성을 인지하고 이에 대한 기술적 준비와 획득과정에서 절차적 보완을 고민할 때라고 생각한다.

2.2 유럽 RCD NE 의무 규정과 비교

EU는 유럽 내에 유통되는 24 m 이하의 레크레이션용 선박에 탑재되는 엔진은 의무적으로 RCD(recreation craft directive)의 NE(noise emission)을 기준치 이하임을 입증하도록 하고 있다. 해당 규제 대상 엔진은 선내기(inboard), 선외기(outboard), 선미구동엔진(stern drive engine), 제트스키(PWC, personal water craft)가 해당된다. 해당 규정은 서론에 언급한 인접 주민들의 주거환경 보장을 목적으로 하며 일회성의 입증이 아니라 최초 형식시험 후에도 지속적으로 운용 중 모니터링 검사까지 의무화하고 있다는 특징이 있으며, 이는 국내에서도 유럽시장에 진출을 희망하는 엔진업체들은 RCD NE 인증을 이미 획득했거나, 준비 중이며 해당 규정에 대한 친숙화가 이미 업계에서는 이루어진 상태라고 판단할 수 있다.

3. 패스바이 측정시험

유럽에서 채택한 RCD의 NE의 의무조항을 좀 더 살펴보면 기본적으로 ISO 14509-1의 패스바이 측정시험을 공식적 공기 소음 측정방법으로 채택하고 있다. 해당 측정방법으로 최대 AS-가중 음압레벨을 측정하여 정격 출력별 소음한계치를 넘지 않도록 통제하는 방식으로 자세한 사항은 다음의 시험사례를 통해 고찰해보도록 하겠다.

3.1 패스바이 소음측정시험의 준비

패스바이 소음측정시험은 엔진에 대한 시험이 목적이며, 대상 엔진의 형식과 출력에 맞게 시험 준비를 하여야 한다. 본 논문에서 패스바이 소음측정시험을 수행할 대상 엔진은 국내에서 개발된 디젤식 선외기(정격 199 kW@3,800 rpm)로서 RCD Pt. II ANNEX I에 제시된 NE 지정 소음 제한치(Table 1) 이하임을 입증하기 위해, RCD에서 인정하고 있는 패스바이 소음 측정 방법을 적용하였다.

Table 1. Noise emission levels

Rated engine power (kW)	L_{pASmax} (dB)
$P_N > 40$	75

또한 패스바이 소음측정시험을 위하여 V-선형의 표준선박 및 시험장소의 준비가 필요한데, 먼저 시험할 대상 선외기의 환산 축동력(150 kW) 기준으로 Table 2의 기준 범주에 맞게 준비된 Fig. 1의 표준선박(8.9 m, 1634.7 kg)으로 선정하였다.

Table 2. Standard craft selection criteria

SHP [kW]	LOA (m)			Weight (kg)		
	Min.	Std.	Max.	Min.	Std.	Max.
≥150	6.0	7.5	9.0	1,238	1,650	2,063

Fig. 1. Standard craft for test

패스바이 소음측정 시험장은 규정 반경이내 반사면, 음향 흡수체, 장애물 등이 없어야 한다. 특히, 시험장에 의한 측정 표준편차가 Table 3에 언급된 대로 두 번째로 큰 영향인자임을 감안할 필요가 있으나, 통상 전용의 시험장이 구비가 어렵기 때문에 사전답사 등을 통해 신중하게 결정할 필요가 있다. 본 사례에서도 최종 Fig. 2에 표시된 내항의 공유수면 상 일부 공간을 간이 시험장으로 선정하였는데, 통행량이 적은 왕복 2차선 도로가 배후에 인접하여 측정간 이동차량의 노면소음이 함께 측정되지 않도록 주의가 필요한 곳이었다. 이는 규정에는 명시되지 않았지만, 실제 측정결과의 왜곡이 발생하였고, 이로 인해 재차 시험 측정이 필요하였다.

Table 3. Individual sources of uncertainty

Sources of uncertainty	Standard devi. (dB)
Operator effects	0.2
Distance effects	0.3
Test site variations	1.0
Measuring equipment	1.0
Environmental conditions	1.5

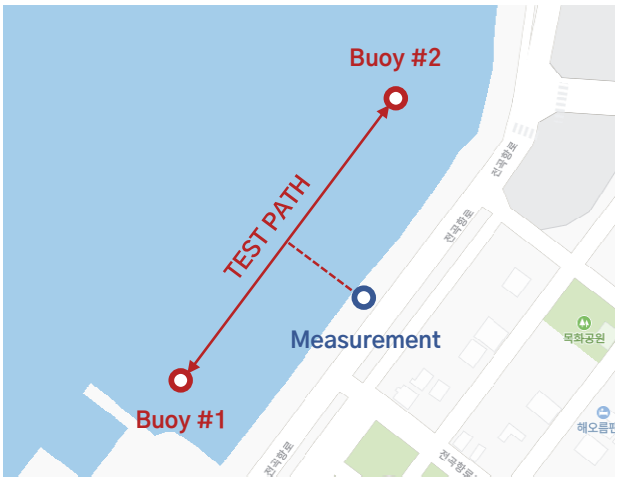

Fig. 2. Test site configuration

3.2 패스바이 소음측정시험

패스바이 소음측정 표준은 앞서 시험 준비에서 선정한 과정에서 언급된 바와 같이 표준선박 기반 시험방법을 제안 및 규정하고 있으며, 표준상 측정방법에 따를 경우 결과의 정확도를 엔지니어링 등급(2등급)의 실용적 측정결과 정도의 수준을 기대할 수 있다. 만약 별도의 재현성에 대한 충분한 실적 자료가 없을 경우에는 참고할 수 있도록 측정결과의 불확도에 영향을 줄 수 있는 요인들을 제시하고 있으며, 각 영향요인별로 GUM(guide to the expression of uncertainty in measurement)의 절차에 의해 평가된 최대 AS-가중 음압레벨 기준의 표준편차를 Table 3과 같이 친절히 제공하고 있다.

이는 시험횟수가 불충분한 통상의 측정에서 발생될 수 있는 특이경향의 원인을 추적하고 보완하기 위한 통계적 지표가 될 수 있는 편리성을 도모할 수 있었다. 다만 영향인자 중 "환경변수"는 측정 불확도에 가장 큰 영향인자이지만 능동적 통제가 불가능하기 때문에 측정불가 환경조건(풍속, 강우, 파고)을 표준에서 미리 한정하고 있다. 이에 시험일정 당일 일기예보 등을 고려하여야 하며, 본 사례에서도 패스바이 측정시험 당일 환경조건상 양호함을 예상하여 현장에서 측정시험 전후 환경조건 확인 결과상 양호(풍속 1.6 m/s, 풍향 서풍, 파고 22 m, 수심 3 m)한 상태임을 전제로 해당 측정불확도의 영향을 최대한 배제하였다.

불확도 영향인자 중, 소음 측정장비는 규격의 요구 정밀등급과 검교정 이력에 이상이 없음을 확인하여 해당 영향을 최대한 배제할 수 있다. 본 사례에도 Table 4와 같이 규격의 요구 정밀등급에 맞는 측정장비를 사용하였으며, 엔진 속도계(tachometer)도 선박에 기본 탑재된 적합한 계기를 이용하였다.

Table 4. Measuring instruments

Instrument	Model
Sound level meter (Class. 1)	B&K 2250
Microphone	B&K 4189
Calibrator	B&K 4231
Anemometer	TSI 9535

그리고 불확도 영향인자 중, 측정거리 요건 만족을 위해 소음계 설치위치를 기준으로 표준 측정거리(Figs. 3-4)에서 시험될 수 있도록 거리를 측정하여(Fig. 5) 선박의 패스바이

경로상 기점을 미리 부표를 설치해 두었다. 본 시험에서는 지역적 특성을 고려해 물때표를 참조하여 썰물 시기를 활용할 수 있었다.

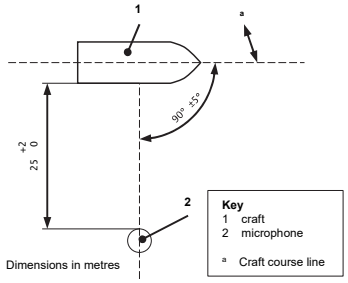

Fig. 3. Distance criteria

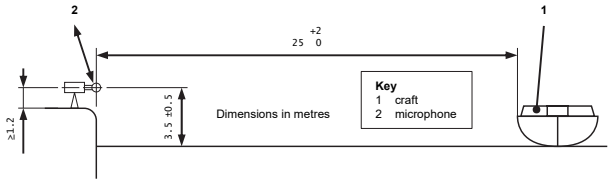

Fig. 4. Height criteria

Fig. 5. Distance pre-measurement

소음계는 최대한 규격상 시험조건에 맞추어 Fig. 6과 같이 견고한 삼각대에 설치하여 사용하였고, 교정 등 표준사용 절차를 준수하였다. 측정순서는 배경소음 측정/기록 이후, 측정 대상선박에 신호하여 패스바이 경로를 최대속도(27 kts @ 3,800 rpm)에서 통과할 때의 측정소음을 기록하는 방식으로 좌현 및 우현 각 3회씩 실시한 결과는 Table 5와 같다.

Fig. 6. Sound meter & calibration

Table 5. Measured data

Measured side	Background (dB)	Pass-by (dB)
PORT#1	67.3 (cancel)	71.3 (cancel)
	58.3	**73.8**
PORT#2	57.2 (drop)	70.9 (drop)
PORT#3	**50.5**	**73.2**
STBD#1	52.0 (drop)	75.0 (drop)
STBD#2	**52.0**	**73.8**
STBD#3	**56.4**	**73.6**

3.3 패스바이 소음측정시험 결과 고찰

좌현 측정결과인 PORT#1의 배경소음 67.3 dB은 패스바이 측정소음 71.3 dB보다 10 dB 이상 차이가 나지 않는 점을 확인할 수 있는데, 이는 사전 측정된 배경소음에 간섭소음이 포함된 결과로서 모니터링 측정단계와 달리 최초 측정시험 시에는 해당 소음차이를 보정하는 방식이 인정되지 않는다. 이는 앞서 언급한 대로 선정된 시험장소의 배후 인접도로의 통행 차량 노면소음이 간섭소음으로 함께 측정된 상황으로 해당 측정값은 취소하고 재측정하였다. 이는 시험장소 선정시 관련 주의가 필요함을 재확인할 수 있는 결과였다.

이어서 소음측정시험 결과를 최종 평가하기 위해서는 각 측면의 측정소음이 1 dB 이내인 값 2개를 선정하여야 하는데 본 측정에서는 좌현 PORT#1 의 73.8 dB과 PORT#3의 73.2 dB을 채택하였다. 이때 다른 측정값보다 낮은 측정소음 PORT#2의 70.9 dB을 배제하였는데, 해당 측정시 해류에 밀려 운전자가 기점부표를 지난 상태에서 출발하면서 패스바이 측정시험 경로상에서 선박이 최대속도 도달에 필요한 거리가 부족하여 발생한 결과로 확인되었다. 이는 Table 3의 운전자 영향(operator effect)의 원인으로 분류되지 않는 단순 측정 시험조건 미달된 상황의 측정결과로서 최종 결관판정에서 배제하였다. 우현도 같은 방식으로 STBD#2의 73.8 dB과 STBD#3의 73.6 dB을 채택하였다.

이렇게 각 측면마다 채택된 측정값의 평균값은 아래 Table 6과 같았고, 그 중에서 큰 값인 우현측 평균값 73.7 dB을 최종 측정 평가값으로 채택하였다. 이 값을 기준으로 본 사례에서 목적한 RCD NE 상한 기준 75 dB을 넘

지 않는 것을 확인하였으며, 해당 엔진이 최종 소음규정에 적합함을 판정할 수 있었다.

Table 6. Result

Measured side	Mean (dB)	Max. (dB)
PORT	73.2	73.7 (≤ 75)
STBD	73.7	

4. 결론

본 논문은 한국의 환경정책 기본법상 국민들의 안락한 주거환경 기본권을 보장하기 위한 해군·해경 24 m 이하의 유·무인의 고속단정급에 탑재되는 엔진에 대해서 국제적으로 공인된 EU RCD NE의 법정 소음규제를 보편적으로 적용할 것을 제안하며, 특히 이미 국내 업계에서도 친숙화가 이루어진 ISO 14509-1의 패스바이 측정시험 방법에 대해서는 실제 소형함정 선외기 엔진의 소음측정에 적용할 수 있음을 사례로서 확인하였다. 다만 본 논문의 사례고찰을 통해 확인한바와 같이 추가 고려가 필요한 시험 통제인자와 측정결과 분석시 표준에서 제공하고 있는 기존 통계적 영향인자별 표준편차가 실측 사례에 일반화를 위해서는 다소 보완이 필요하다는 점을 확인하였다. 이는 앞서 제안한 소형함정 공기 방사소음 규정 도입 자체에 대한 제한사항으로서가 아닌, 측정결과에 대한 통계적 분석의 일환으로서 역할을 보완하기 위한 목적으로 하고 있음을 구분하고자 하며, 이를 위해 향후 본 논문과 같은 측정시험의 사례를 보다 축적하여 현재의 표준에 대한 보완 연구가 후속적으로 수행되기를 기대한다.

참고문헌

[1] Recreational Craft Directive 2013/53/EU.
[2] BS EN ISO 14509-1:2008 “Small craft-Airborne sound emitted by powered recreational craft, Part 1: Pass-by measuring procedures.”