

紹介

船內騒音의 評價

金 極 天*

1. 序 言

船內騒音, 特히 居住區域, 船橋, 機關 制禦室, 工作 室 등에 있어서의 騒音低減은 聽力保護, 快適環境 造成에 의한 作業能率 向上등의 見地에서 그 중요성이 나 날이 강조되어 가고 있다. 即, 近者에 이르러 船內騒音 許容 基準이 從來의 勸奨에서 規制化하고 있으며, 船舶 建造後同規制에 걸려 繫船措置되는 例 마저 발생하고 있다.

우리나라에서는 國內으로는 아직 船內騒音에 대한 勸奨도 規制도 없다. 그러나 이는 本質的으로 바람직 할 뿐만 아니라 世界各國의 規制 움직임을 고려할 때 이에 관한 組織化된 具體的인 연구가 시급히 시작되어야 하겠다

本稿에서는 船內 騒音評價에 관하여 造船 또는 海運 分野에 従事하는 이들이 常識的으로 알아들 필요가 있다고 생각되는 基礎的인 事項들과 世界各國에서의 船內 騒音 規制事例를 紹介하고자 한다.

2. 騒 音 源

音響의 傳播機構觀點에서 區分한다면 船內騒音은 構造體의 音響域振動과 有關한 固體傳播音과 空氣傳播音으로 分類될 수 있다. 어느경우나 그 主要發生源은 바람, 파도, 프로펠러, 船內裝備機械들이다.

바람이나 파도로 인한 騒音은 氣象狀況에 따른 영향이므로 非定常的이어서 定量的인 把握이 어렵다. 船內內藏 騒音源을 具體的으로 例示하면 主機關, 減速齒車, 디젤發電機, 보일러 送風機, 空氣壓縮機, 터빈驅動 機械, 排氣管系統, 減壓밸브, 配管 level, 通風機, 각종 甲板機械들이다. 일반적으로 디젤船 쪽이 터빈船보다 船內騒音이 더 시끄러운 周知하는 바다.

3. 騒音測定

騒音의 評價를 위해서는 어떤 尺度가 필요하며, 또 그 尺度에 의한 測定을 요하는데 이를 위하여서는 規格化된 騒音計가 사용된다.

$$IL = 10 \log \left(\frac{p^2}{p_{ref}^2} \times \frac{p_{ref}^2}{\rho_0 c I_{ref}} \right) = 20 \log \left(\frac{p}{p_{ref}} \right) + 10 \log \left(\frac{p_{ref}^2}{\rho_0 c I_{ref}} \right) = SPL + 10 \log \left(\frac{p_{ref}^2}{\rho_0 c I_{ref}} \right) \quad (4)$$

音響의 시끄러운 程度에 대한 評價指數로서 LL(loudness level), S(sones), SPL(sound pressure level), NR(noise rating number), NC(noise criteria), SIL(speech interference level), TNI(traffic noise index), PNL(perceived-noise level), WECPNL(weighted effective continuous PNL)등 실로 다양한 尺度가 자기 目的에 따라 선택적으로 사용된다. 船內騒音評價에 있어서는 NR SPL 또는 이와 有關한 소위 騒音 level로 불리는 dB(A) 尺度등이 有用하다.

dB(A)尺制 및 NR數

音響學에서의 諸計算의 基本物理量은 音의세기(sound intensity)인데, 이는 單位面積當 音響에너지 流密度의 時間的平均值로 定義되며, 單位는 $watt/m^2$ 이다. 그런데 이 세기의 幅이 $10^{-12}watt/m^2 \sim 10^{-2}watt/m^2$ 로 매우 커서 絕對값 그대로는 計算上 數值를 다루기가 매우 불편하다. 그래서 實用的으로는 基準值 $10^{-12}watt/m^2$ 에 대한 比의 常用對數值가 採用되며, 比가 10일 때 1 BEL, 100일 때 2 BEL, 1000일 때 3 BEL, ... 등으로 호칭한다. 그리고 1 BEL의 10분의 1은 1 DECIBEL이며 記號로는

$$dB \text{ 표기한다. 이를 식으로 표시하면 } IL = 10 \log \left(\frac{I}{I_{ref}} \right) dB \quad (1)$$

여기서 I 는 測定音의 세기이고 I_{ref} 는 基準值이다.

理論上 平面 또는 球面狀 進行音波에 대해서는 音의 세기가 音壓 p 의 自乘에 比例한다. 即

$$I = \frac{p^2}{\rho_0 c} \quad (2)$$

여기서 $\rho_0 c$ 는 傳播媒質의 質量程度와 同媒質內에서의 音速의 相乘積이므로 音響抵抗으로 불리운다.

한편, 실제로 測定이 용의한 것은 I 보다는 音壓이다. 그래서 (2)를 고려하여 音壓 level은 다음과 같이 定義한다.

$$\text{音壓 level(SPL)} = 10 \log \left(\frac{p^2}{p_{ref}^2} \right) = 20 \log \left(\frac{p}{p_{ref}} \right) dB \quad (3)$$

여기서 p 는 測定音壓이고 p_{ref} 는 基準音壓이다. (1)에 (2)를 代入하면

接受日字: 1977. 9. 12.

* 正會員; 서울대工大

空氣中과 水中音響에 대한 I_{ref} , p_{ref} , $\rho_0 c$ 등의 값은 표 1과 같다.

表 1. 音의세기 및 基準值

	空 氣 中	水 中
$I_{ref}(\text{watt/m}^2)$	10^{-12}	1
$p_{ref}(\text{pa})$	2×10^{-5}	0.1
$\rho_0 c(\text{kg/m}^2 \cdot \text{sec} : \text{溫})$	415	1.5×10^6

$1 \text{ pa} = 10 \text{ dyne/cm}^2 = 1 \text{ Newton/m}^2$

따라서 空氣中에서는 $IL = SPL$ 로 看做할 수 있다.

音響學의 많은 部分은 人間에게 미치는 影響을 살피는 일 즉, 音壓에 대한 聽覺的 應答을 살피는 일이다. 그런데 聽覺은 音壓과 同時에 音波의 周波數와도 密接한 關係가 있다. 例를 들면 聽覺은 매우 낮은 周波數 또는 높은 周波數의 音壓에는 덜 敏感하고, 또 高音壓에서의 聽覺變化는 低音壓에 比하면 덜 顕著하다.

騒音을 測定하여 그 測定值의 再現性(人間의 反應에 대한)을 얻을 수 있는 測定裝置를 考案한 많은 企圖가 있었으나 現今 國際적으로 慣用되는 騒音計는 IEC(International Electrotechnical Commission) Publication, 123 (1961年) [1]에 규정된 規格에 合當한 것이다. 이 騒音計에는 A, B, C로 區分되는 세가지 聽感補正回路가 內藏되어 있다. 이들 回路는 차례로 音壓 level 40 dB, 70 dB, 및 100 dB 때 人間の 聽感과 類似한 應答을 示顯하는 特性을 갖는다. 이들 回路를 사용하여 測定值 즉 騒音指示值는 각기 dB(A), dB(B) 및 dB(C)로 表記되는데 유의할 일은 이는 어디까지나 騒音 level (sound level 또는 noise level)이지 音壓 level과는 다르다.

可聽音域에서 音壓 level에 가장 가까운 것이 dB(C)이나, 交通騒音 또는 일반 産業衛生的觀點에서의 騒音과 聽覺器官의 損傷과의 相關關係가 가장 잘 파악되는 것이 dB(A)이기 때문에 騒音評價에 慣用되는 尺度는 dB(A)이다. 다만 최근 船內騒音評價에 IEC Publication 179 (1973年)에 의거한 精密騒音計에 의한 計劃이 요구되는 경우도 있다.

ISO(International Standard Organization)는 ISO/R 1996 Acoustics[2]에서 noise rating system을 제안한 바 있는데, 騒音許容基準의 規制에 많이 活用되고 있다. 이는 'NR數'로 表記되며 聽力障害, 會話障害, 시끄러운 程度를 評價하는데 適當한 것으로 인식되고 있다. Noise rating 方法은 다음과 같다. 騒音計에 附着된 周波數分析器를 이용하여 ISO標準 中心周波數 63, 125, 250, 500, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 Hz를 基準으로 한 octave band分析 音壓 level을 測定하여 이를 그림 1. 에 플롯트해서 最高 NR數를 읽은 것이 該當騒音의 NR

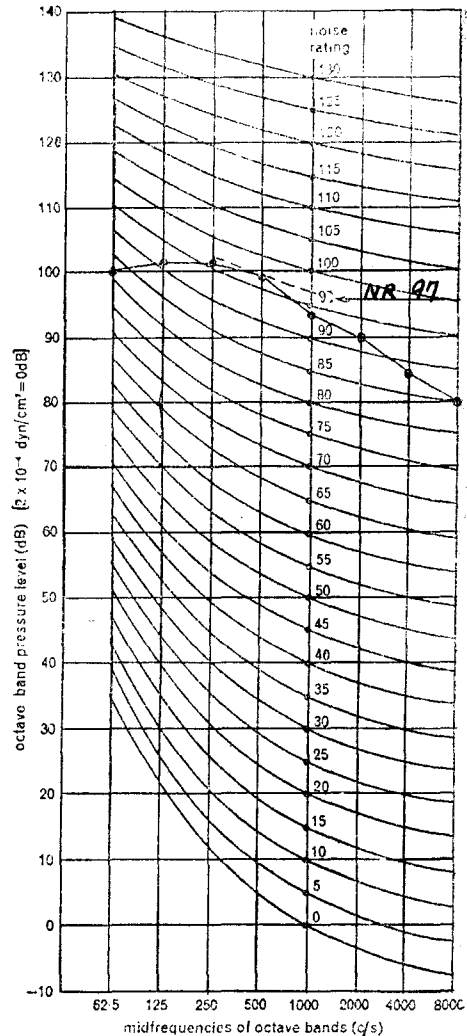


그림 2

數이다. 여기서 1 octave band란 中心周波數의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 배 $\sim \sqrt{2}$ 배 帶域을 뜻한다. 일반적으로

$$dB(A) = NR數 + (3 \sim 5) \tag{5}$$

로 간주하고 있다.

4. 騒音評價

dB(A)尺度의 騒音 level이 日常生活에서 우리가 경험하는 어느정도의 騒音에 對應 하는가는 표 2로부터 짐작 될 수 있다.

騒音評價는

聽力障害

會話障害

시끄러움으로 인한 不能 또는 精神神經的 障害

表 2. 騒音 level와 對應環境 또는 騒音源

騒音源/距離	騒音level	環 境
50ps사이렌/30.5m	140dB(A)	
jet機離陸/61m	130	
	120	
리프트機/操作者 切斷音/操作者	110	鑄物을 채질하는 區域
空力합마/操作者	100	電氣爐區域
紡織工場/操作者	90	보일러室
地下鐵/6.1m	80	印刷(輪轉機)工場
空力드릴/15m	70	屋內스포오즈自動車 (速度 80 km/hr)
貨物列車/30.5m	60	自動車走行路近處
眞空掃除機/3m	50	큰 商店
演說/0.3m	40	가벼운交通路/30.5m
大型變壓器/61m	30	보통의 居住區域
	20	스튜디오(演說)
부드러운휘파람/ 1.5m		스튜디오(錄音映畫撮影)

등의 觀點에서 行하여져야 하겠으나, 騒音評價 및 規制上 가장 심각하게 다루어져야 할 側面은 聽力保護觀點 일 것이다. 聽力障害란 500, 1,000, 2,000Hz 音響의 可聽 level 平均値가 25dB 以上 變化하는 狀態를 말한다. 難聽에 關連된 몇가지 騒音 level許容基準을 紹介하면 다음과 같다.

(1) 美國 캐나다 地域採用基準 [3]

暴露時間(時間)	8	6	4	3	2	1 1/2	1	1/2	1/4	以下
許容level(dB(A))	90	92	95	97	100	102	105	110	115	

表 3. 1回 露出로 難聽을 이끄는 音壓 level(Burns)

octave band 中心周波數	露出時間別 音壓 level許容基準						
	8時間	4	2	1	30分	15	7
63	97dB	100	103	106	110	116	122
125	91	94	97	100	104	110	116
250	87	90	93	96	100	106	112
500	84	87	90	93	97	103	109
1,000	82	85	88	91	95	101	107
2,000	80	83	86	89	93	99	105
4,000	79	82	85	88	92	98	104
8,000	78	81	84	87	91	97	103

註: 保護되지 않은 귀가 135dB 以上の 音壓에 노출된 단가, 人體가 150dB 以上の 音壓에 노출되던 時間의 長短에 關係 없이 위험하다.

(2) ISO基準 [4]

中心周波數 500, 1,000, 2,000Hz인 octave band에서 計測하여 NR 85 以下이면 難聽문제는 없는것으로 判斷하며, NR 85를 초과하는 경우에는 ISO補正圖에의 가하여 騒音에 露出되는 時間의 最大許容値를 定한다.

(3) Burns의 基準 [5]

Burns는 1回 露出로도 難聽을 일으키는 音壓 level을 表 3과 같이 提案하고 있다.

5. 各國의 船內騒音規制 事例

文獻[6],[7]에 紹介된 各國의 船內騒音 規制 事例를 轉載한다. (同 文獻에는 日本에서의 船內騒音에 關한 組織의 研究 活動특히 日本造船研究協會 SR 156研究部會 (船內騒音에 關한 調査研究가 1974~1977년에 걸쳐 4個年計劃(研究費 約 1億 5千萬엔)으로 推進하고 있는 研究活動의 內容과 成果가 紹介되어 있다.

(1) 美國

Maritime Administration Standard Specification for Merchant Ship Construction : 1968年 3月 1日 發効

對 象 : 一般商船

機關室 : NC 85(約 90dB(A)) 以下

居住區 : 居室 NC 50(約 56dB(A)) 以下

通路 NC 55(約 51dB(A)) 以下

(2) 英國

正式規制는 없으나, The British Ship Research Association의 提案(1968年)을 參考로 하고 있다.

對 象 : 一般商船

機關室 : NR 90 以下

居住區 : 居室 NR 55 以下(但 客室은 NR 45 以下)

通路 NR 65 以下(但 客船에서는 NR 55 以下)

(3) 日本

船主團體와 海員組合間의 協議確認書 : 1975年 7月 1日 發効

對 象 : 5,000 GT 以下 外航船

機關室 : 機關制御室 75 dB(A) 以下 工作室 85 dB(A) 以下 但, 20,000 GT未滿인 경우는 可及의 上記에 加감도록 함.

居住區 : 將次目標는 55 dB(A) 以下로 하되, 當分間은 65,000 GT以上 60 dB(A), 65,000~20,000 GT 65 dB(A) 以下로 함. 但, 20,000 GT未滿인 경우는 可及의 65 dB(A) 以下.

(4) 西獨

S.B.G. 一般船舶의 許容騒音 level에 關한 規程 : 1968年 6月 1日 發効

對 象 : 獨逸인이 乘船하는 船舶

機關室: 上限值 110 dB(A), 長時間머무는 장소 90 dB(A)以下

居住區: 寢室 60dB(A)以下, 食堂 및 談笑室 65dB(A)以下

操舵室등: 操舵室 60dB(A)以下, 無線室 60dB(A)以下

(5) 노르웨이

Directions Re Protection against Noise on Board Vessel: 1974年 7月 1日 發効

對 象: 100 GT以上の 原動機를 裝備한 船舶 但, 漁船은 除外

機關室: 制禦室有 110 dB(A)以下, 制禦室無 90 dB(A)以下, 制禦室 75 dB(A)以下, 工作室 85 dB(A)以下

操舵室: 65 dB(A)以下

居住區: 寢室 60 dB(A) 以下, 食堂 및 談笑室 65 dB(A)以下, 廚房 70 dB(A)以下.

* 本規程에 違反되는 경우 刑法에 의하여 處罰

(6) 스웨덴

Regulations and Recommendations of the national Swedish Administration of Shipping and navigation on noise on Shipboard: 1976年 1月 1日 發効

對 象: 漁船 및 艀트를 除外한 모든 船舶

機關室: 制禦室有 100 dB(A)以下, 制禦室無 85 dB(A) 制禦室 70 dB(A)以下.

操舵室: 65 dB(A)以下.

荷役中貨物艀 및 甲板上: 65 dB(A)以下

居住區: 寢室 65dB(A)(但, 간헐을 除外하고 55dB(A)以下), 食堂, 談笑室, 廚房 및 體育室 65 dB(A)以下.

(7) 蘇聯

海洋船舶에서의 騒音許容量 및 그의 有害作用豫防에 관한 規制: 1962年 9月 24日 發効.

對 象: 自航 및 非自航船舶 但, 스포츠用艇 除外.

機關室: 制禦室有보일러室 95 dB(A)以下, 制禦室無보일러室 85 dB(A)以下, 制禦室 70dB(A) 以下

居 室: 無制限航行船 50 dB(A)以下, 航走時間 6~24 時間인 船 55dB(A)以下, 航走時間 6時間以內인 船舶으로서 寢室이 있으면 60 dB(A)以下, 없으면 65 dB(A)以下, 作業船 60 dB(A)以下.

上記外에 유고슬라비아(1970年 7月) 및 폴란드(1973年 9月) 등도 規制法을 마련하고 있다.

6. 結 言

船內騒音문제 해결을 위한 具體的인 手法은

(1) 騒音과 難聽문제 및 人間의 反應과의 相關關係의 定立

(2) 設計段階에서의 船內 騒音分布狀態의 豫測

(3) 有効한 騒音低減策의 模索

(4) 計測技術의 向上

등의 여러 側面에서 講究되어야 한다. 이들은 모두 첫째 많은 實證的 資料의 蓄積을 要함은 當然하다.

現在 (1)項 및 (4)項에 대하여서는 ISO, IEC등이 국제적인 조직적 노력을 경주하고 있음을 앞에서도 言及했다. 造船工學分野에서는 특히 (2)項과 (3)項에 대한 研究가 重要課題인데, (2)項에 대하여서는 現在로서는 Janssen 및 Buiten[8]에 의하여 提案된 方法, 統計的 에너지 方法의 應用 [9]등이 어실론 艀잡이가 되고 있는 정도이다. 또 (3)項에 대하여서는 音響學의 理論은 定立되었다고 볼 수 있겠으나, 船舶에서와 같이 限定된 space에서 配置, 材料, 工作機能등의 面에서 經濟的인 手法을 模索하기 위해서는 許多한 難題들이 있다.

世界各國에서의 規制事例에서 알 수 있듯이 騒音規制는 날이 갈수록 嚴格化할 趨勢임이 分明하다. 또 規制가 있어서라기보다, 船主나 造船所는 船員을 騒音으로부터 保護하여야 할 道義的責任을 認識하여야 하겠다. 따라서 우리나라에서 適正基準의 마련은 물론 船內騒音문제의 해결을 위한 組織化된 研究를 速히 시작하여야 할 것으로 생각한다.

參 考 文 獻

1. IEC Publication 123: Recommendation for Sound Level Meters, 1961.
2. ISO/R1996 Acoustics: Assesment of Noise with Respect to Community Response, 1971.
3. Walsh Healy Act: Federal Register Safety and Health Standards, Vol. 34, No. 96, 1969
4. ISO/R1999 Acoustics: Assesment of Occenupational Noise Exposure for Hearing Conservation Purpose, 1971.
5. W. Burns, "Noise as an Environmental Factor in Industry," *Trans. Assoc. Industrial Medical Officers*, Vol. 15, 1965.
6. K. Shibata, "On the Shipboard Noise" (in Japanese), *Proceedings of Symposium on Vibration and Noise of Ships*, The Society of Naval Architects of Japan, Oct., 1975.
7. S. Okamoto, et al. On Noise in Engine Room of Ships" (in Japanese), *Jour. of the Society of*

- Nav. Architects of Japan*, No. 561, May, 1976.
8. J.H. Janssen and J. Buitten, "On Acoustical Designing in Naval Architecture," *INER-NOISE* 73.
 9. R.J. Sawly, "The Evaluation of Shipboard Noise and Vibration Problem using Statistical Energy Analysis", *ASME 1969 Winter Meeting*.