

船舶騒音에 關한 研究

—防音室에 의한 騒音制御效果實驗—

朴 仲 熙*

THE STUDY ON THE NOISE IN THE VESSEL

—Effect of the Noise Control by the Noise Arresting Rooms—

Jung-Hee PARK

In this study, noise arresting effect of the noise control room from the transmission of surrounding noise was tested when the packing noise control rooms were set up in the test room in which the prerecorded noise from an engine room was reradiated at the same level as the original pressure.

The inner space of control room A is $3.389m^3(1.19 \times 1.19 \times 2.14m)$ having walls furnished with plywood board $9mm$ in thickness and noise control room door($60 \times 45cm$) and illumination lamp are placed. In case of the control room B, noise absorption board($10mm$ fiber board which holds the corntype concavity with diameter of $5mm$, depth $5mm$, space $15mm$) is adhered to the internal ceiling and styrol foam boards($20mm$) to the walls.

The other struction is same as the control room A.

Type C is the same as B except wool board(Glass Fiber, $33mm$) on the walls.

Type D is same as type A except that the thickness of wall is $12mm$ and wood pyramid type cone($5 \times 5 \times 13cm$) is adhered to the ceiling and walls(Fig.1).

When the recorded noise and vibrated noise were controlled in various levels. The noise pressure which passed through the control rooms was measured by sound level meter(Bruel & Kjar 2205, measuring range 37—140dB).

In order to calculate the absorption rate in the control rooms the noise pressure was measured at different distances when the recorded noise pressure was radiated.

The followings are the results obtained from the experiment.

1. When the noise pressure of the test room was 63dB, transmission rate of type A was 69.7% and increased 3.3% per 10dB. At the same condition, the rate was 53.9% and increased 4.5% per 10dB in type D. Type D was the most effective in noise arresting of the four and the effect was D,C,B and A in order(Fig.2).

2. When the oscillator sound and vessels noise were radiated in 1,000Hz, at one meter distance to the type A and D, the oscillator sound pressure were 77dB and 73dB, while the vessels noise pressure were 73.3dB and 66.2dB respectivley(Fig.3).

3. Referring to the influence of the frequency to the lower oscillator sound(1,000Hz) pressure, both type C and D were almost same at 140cm but type C was 0.3dB lower than type D at 20cm distance(Fig.4).

*釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

緒 論

環境騒音が 문명이기의 발달에 따라 날이 갈수록 심해져서 人間生活에 커다란 관심사로 대두되었으며, 各國의 科學者들은 이 研究에 着점을 모으게 되었다.

초기에는 各國 科學者 나뉘대로 研究해 오다가 1969년 11월에 國際聯合의 산하기관인 ICAO(International Civil Association Organization)에서 騒音특별회의가 개최되어 騒音의 測定方法이나 評價方法을 國際的으로 統一하자는 合議가 이루어져서 마침내 國際的으로 統一된 騒音의 測定 및 評價方法이 決定되고 그 후부터는 더욱 騒音에 대한 研究가 활발해졌다.

오늘날의 環境騒音 研究方向은 直接的인 方法과 間接的인 方法이 있는데 直接的인 方法으로서의 音源을 減衰시키려는 研究로 기계 및 기관의 振動과 摩擦騒音을 억제하려는 工學的인 研究가 이루어지고 있고 또 間接的인 方法으로서의 발생된 騒音을 防音裝置로서 對話에 지장이 없을 75dB 이하의 정도로 減衰시켜 경제적인 利點을 試圖하는 方法이 있다.

이 방법으로서 研究發表된 문헌을 간추려 보면 音響學의 基礎的인 音波性質(入射, 反射, 透過)의 理論的 研究^{1), 2), 3)}와 騒音源을 障壁으로 遮斷減衰시키려는 研究^{4), 5), 6)} 및 防音壁의 材質과 形像 및 構造에 따른 吸音⁸⁾이 있는데 이것들은 다 육상 거주자에 대한 騒音研究이고 恒常 船舶騒音中에서 生活하는 海員들을 위한 騒音研究은 찾아 보기 어려웠다. 저자는 이미 船舶騒音⁹⁾ 및 船舶騒音이 人間知能力에 미치는 影響研究¹⁰⁾에 對해서 發表한 바 있고 이어서 船舶騒音을 減

衰시키는 대책의 하나로 본 研究는 間接的인 方法으로 防音을 處理코져 試圖하였고 그 方法으로서 船舶騒音場의 一部를 區劃해서 防音裝置하여 騒音을 減衰시켜 海員들의 作業能率을 正常化시키는 동시에 旅客들에게도 상쾌한 기분을 주게 하는데 그 目的을 두었다.

研究方法으로서의 관악산호의 機關室과 그 容積이 비슷한 實験室內에서 관악산호의 機關室이 最高 騒音일 때 녹음한 테이프를 再生放音하여 室內音壓을 機關室과 같은 騒音場으로 만들고, 크기는 같으나 資材와 構造物이 다른 直六面體 防音室 A, B, C, D형을 試作해서 船舶騒音이 防音室에 透過하는 것을 조사했고 또 防音室內에서 같은 音源으로 같은 조건하에 放音하면서 각각의 防音室에 따라 吸音減衰를 音壓差로서 비교 고찰한 결과를 여기에 보고한다.

材料 및 測定機器

A. 實驗材料

1. 船舶騒音의 녹음

1975년 6월 7일에서 동년 8월 11일까지 약 2개월 동안에 船舶 6척을 대상으로 육상의 공장 등의 騒音影響이 미치지 않는 沿岸거리 5~10마일 떨어진 海上에서 正常航海狀態 때 機關室 最高 騒音壓을 지시소음계(Sound Level Meter; Bruel & Kjaer 2205, measuring range 37~140dB)로 측정하고 그때 Sony Cassette-corder(C. F. 1600)로 녹음한 테이프를 사용했다. 사용船舶은 Table 1과 같다.

Table 1. The highest noise pressure obtained from the experimental vessels

Name of the vessels	Gross tonnage (G. T)	Horse power (H. P)	Number of cylinder	Max. r. p. m	Max. speed k'ts	Space of the engine room (m ³)	Highest noise pressure (dB)	
Pung-Yang	3527.04	4500×1	6	220	15	2100(20×14×7.5)	93.5	
Chuk-Yang	2800	3800×1	6	230	14	1775(21.26×13.7×6.1)	102	
Dong-Bang	1459.46	3000×1	8	280	13	800(15×12×5)	105	
Oh-Dae-San	1126.59	2600 (1300×2)	12	pith 15°	750	13	819(26×10.5×3)	102
				pith 30°	340	12	280(10×7×4)	97
Back-Kyung	380.27	850×1	6	700	12	220.5(10.5×6×3.5)	104	
Kwan-Ak-San	243.96	1000×1	6	700	12	220.5(10.5×6×3.5)	104	
				pith 30°				

2. 防音室의 構造

機關室騒音場의 一區劃에 施設할 防音制御室을 設計하기 위한 실험용 直六面體의 防音室을 構成하였고 그 內部的 構成材料에 따라 坪의상 A, B, C, D의 4형으로

Table 2와 같이 試作했다. A, B, C는 일반건축이나 선박건조 재료중 국산화 되어 시판되는 資材이고 D는 騒音研究의 基礎的인 實驗에 쓰일 木材角錘型을 내부에 붙혀 無響室로 Fig. 1과 같이 製作했다.

Table 2. Construction materials of the sound control rooms

Type	A	B	C	D
Materials				
Square	Plywood board 9mm	Plywood board 9mm+Noise absorption board 10mm (fiber board)	Plywood board 9mm+Noise absorption board 10mm(fiber board)	Plywood board 12mm+Wood pyramid type cone(5×5×13cm)
Walls	Plywood board 9mm	Plywood board 9mm+Styrol form board 20mm	Plywood board 9mm+Styrol foam board20mm+Except wool board 33mm (Sunny FINE,)	Plywood board 12mm+Wood pyramid type cone(5×5×13cm)
Bottom	Plywood board 9mm	Plywood board 9mm	Plywood board 9mm	Plywood board 12mm
Light	1 set	1 set	1 set	1 set

防音室의 實容積은 A, B, C, D가 모두 같은 크기인 $3,389m^3(1.19 \times 1.19 \times 2.41m)$ 이며 출입문 ($60 \times 45cm$) 1개도 外部의 騒音을 차단할 수 있게 防音裝置를 하였다. 防音室 A, B, C, D의 構造내용을 설명하면

A형은 9mm 합판 直六面體의 防音室이고

B형은 A형 내부 천장에 吸音板(10mm Fiber Board 에 거리 간격 15mm로 圓錐形으로 된 1인치 5mm, 길이 5mm의 規格製品), 周圍壁에 防音板(20mm Styrol foam Board)를 붙인 것이다.

C형은 B형의 周圍壁에 다시 Glass Fiber(두께 33mm)를 붙인 것이다.

D형은 A형 내부에 바닥판을 제외하고 木製角錐(角柱部 $5 \times 5 \times 5cm$, 角錐部 $5 \times 5 \times 13cm$)를 간격없이 나란히 붙인 것이다.

구조는 Fig. 1과 같다.

B. 測定機器

1. 지시소음계 (Sound Level Meter Bruel & Kjaer 2205; measuring range 37-140dB)
2. 녹음기 (Sony Cassette-Corder: C. F. 1600)
3. 가청주파수 발생기 (Audio Generator KAG 20; 20~20000Hz)
4. 정류기 (D. C Power Supply K. E. C 404)
5. 증폭기 (A) (Amplifier SAM Jin SA 600T; Power source AC 100V 50/60Hz, 100W)
6. 증폭기 (B) (Amplifier SAM O. P. A)
7. 스피커 (A) (Speaker Su-25E; Drive Unit 120~600Hz 25W 16Ω) 2개
8. 스피커 (B) (Speaker SAM MIP-252: 0.3W 8Ω)
9. TIE스피커 (C) (0.8mm)

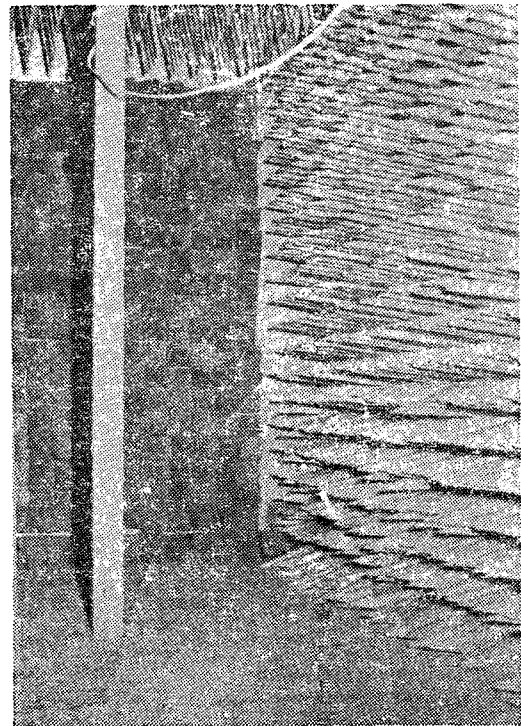


Fig. 1. The Control room (Type D.).

實驗方法 및 結果

1976년 6월 10일부터 동년 8월 30일까지 본학 해양 과학 연구소 하층 實驗室에서 본 實驗이 이루어졌다.

이 實驗室은 壁이 세멘트 브록으로 쌓였고 출입문 ($65 \times 180cm$) 1개와 환기창 3개 ($40 \times 50cm$ 가 2개, $120 \times 40cm$ 가 1개)로서 보통 船舶機關室의 周圍壁構造와 有

似했고 그 室內容積(257.37m³)도 觀音山호의 機關室容積과 비슷했기 때문에 이곳을 실험실로 택했다. 이 실험실을 觀音山호의 기관실과 같은 騒音場으로 만들기 위해 觀音山호로서 연안거리 5~10마일 떨어진 해상에서 全速航海中の 機關室騒音分布 상태의 音源인 主機를 중심으로 높이 1m에서 거리 1m마다 추진기 軸線상과 機關室 四方 모서리선상의 音壓을 측정하고 그때의 소음을 카세트 테이프에 녹음한 것을 實驗室內에서 再生放音시켰다. 이때 스피커(A) 2대를 같은 方向으로 地面에서 높이 1m에 배치하였고 녹음기와 증폭기(A)를 연결하고 증폭기(A)의 출력 단자에서 스피커(A) 2대를 직렬로 연결하였으며 音壓의 조절은 증폭기의 음량조절기와 스피커의 위치를 이동시켜 觀音

山호의 機關室소음 分布 상태의 音壓과 같게 하였다.

1. 騒音透過實驗

試作한 直六面體 防音室을 實驗室 壁에서 80cm 거리에 A형과 D형을 각각 별개로 설치하였으나 直六面體 外部에서 測定한 音壓은 同一條件이었다.

機關室騒音의 音壓分布 상태가 主機에서 距離에 따라 다르므로 이때 實驗室音壓을 60, 70, 80, 90, 100 dB로 각각 조절해 맞추고 그 때마다 直六面體의 A, D형내의 音壓을 측정하여 A, D형 外部音壓과 내부 音壓차를 求하여 100분률로 환산한 결과는 Table 3과 같다. (B, C형도 같은 방법으로 했다)

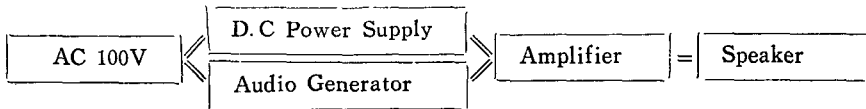
Table 3. Percentage of the average noise pressure which passed through the sound control rooms A, B, C and D, when the recorded noise was reradiated by amplifier(A) with speaker(A) in the test room

The sound control rooms	Vessels noises(dB) in the test room				
	60	70	80	90	100
A	69.7(%)	73.0(%)	76.6(%)	79.1(%)	81.6(%)
B	64.3	69.5	73.4	75.6	78.9
C	58.8	64.1	69.3	72.9	75.3
D	53.9	59.8	64.5	68.1	71.5

2. 吸音 및 減衰實驗

防音室 A, B, C, D형에서 機關室騒音과 발전기에 스피커를 연결해서 얻은 400, 700, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000, 10,000Hz의 소리를 냈을 때 A, B, C, D형에서의 내부 資材와 構造에 따른 吸音 및 減衰를 비교하기 위해 各 防音室의 入口쪽 壁에서 50cm 거리에 스피커를 놓고 스피커의 方向을 안쪽으로 향해두고 소음

측정기를 스피커로부터 20cm~140cm까지 20cm마다의 音壓을 측정하였다. 이때 사용한 기기는 방진기(Audio Generator K. A. G. 22; 20~20,000Hz), 증류기(D. C Power Supply K. E(404), 증폭기(B)(Amplifier SAM O. P. A)의 음량조절기를 일정한 위치에 고정된 것으로 이용하고 스피커는 스피커 B형과(SAM MI P-252: 0.3W 8Ω) TIE 스피커(0.8mm)를 이용하였으며 그 연결기기의 상호관계는 다음과 같다.



1) 스피커 C의 경우

音源은 船舶機關室 最高騒音時의 녹음 테이프를 再生放音하였으며 발전기에 스피커를 연결할 때 나오는 소리(400, 700, 1000, 1500, 2000Hz)를 放音하였다. 이때 防音室의 출입문을 닫았으며 측정된 音壓의 결과는 Table 4와 같다.

2) TIE 스피커의 경우

防音室의 容積이 작기 때문에 反射音의 영향이 클 것으로 예상되어 매우 적은 TIE 스피커를 위의 장치에서 스피커(B)만 바꿔서 같은 방법으로 音壓을 測定한 결과는 Table 5와 같다.

船舶騒音에 관한 研究

Table 4. Average noise pressure in the sound control room A and D, when the vessel noise and oscillator sound was radiated by speaker C. condition of the vibration was fixed to volum 5 with amplifire B

Noise	dB		Hz								
	(cm)		400	700	1,000	1,500	2,000	3,000	5,000	10,000	
Oscillator sound	Control room	D	20	76	79	82	85	85	85.5	80.1	75.0
		D	40	70	76	77.3	79.5	82	82.8	76.1	71.5
		D	60	68.8	74	76.5	77.1	76.2	81.8	72.0	68.5
		D	80	65	73	72.5	76.2	75.5	80.0	67.2	65.1
		D	100	62	71	73	76	77	73.5	66.2	63.8
		D	120	63.8	72.2	68	74.1	73.8	75.5	68.0	63.5
		D	140	63	65	67	71	70.5	75.3	65.5	63.1
	A	A	20	76	76	82	85	87	87	79	72
		A	40	74.5	80	80	82	85.5	76.7	75	67.5
		A	60	72	82	81	84	80	80	74	65
		A	80	72	75	76	86	82	82	70	60
		A	100	68	76	77	79	76	81	69	63
		A	120	73	84	77.5	79	78	76	64	59.5
		A	140	70	74	78	76	76	77	62	60
Vessels noise	D	D	20	77.3	77.1	77.2	78.1	78.3	77.6	78.0	74.8
		D	40	71.8	78.6	72.3	73.3	73.0	72.6	72.6	70.6
		D	60	69.4	70.0	70.3	70.3	71.3	70.6	70.8	68.6
		D	80	67.6	67.9	68.2	69.2	68.6	68.1	68.0	65.3
		D	100	65.3	66.0	66.2	68.2	66.2	66.2	67.2	63.8
		D	120	64.3	64.0	63.5	66.2	65.8	65.5	66.3	62.4
		D	140	64.0	63.6	63.2	64.3	64.1	63.8	63.5	62.4
	A	A	20	78.3	77.0	77.5	77.7	77.7	76.7	76.7	76.7
		A	40	75.7	75.7	75.3	75.7	75.3	74.3	74	74.3
		A	60	74.3	74.0	74.3	73.7	74.7	73.2	73.0	73.3
		A	80	74.2	73.3	73.5	73.5	73.8	73	73	72.8
		A	100	73.3	73.8	73.3	73.3	72.7	72.5	72.7	72.7
		A	120	73.2	74.0	73.3	73.0	72.2	72.3	72.3	72.2
		A	140	73.2	73.7	73.3	72.8	72.2	72.3	71.8	72.5

考 察

1. Table 3에서 A, B, C, D인 直六面体 防音室에 透過된 音壓을 비교하기 위해 Fig. 2와 같이 X축을 機關室騒音壓(dB)으로 하고 Y축을 防音室에 透過한 音壓의 100분률(%)로 나타내었으며 그 중에 A, D형을 비교하면 A형은 60dB일 때 69.7%, D형은 53.9%로 15.8%의 차이를 나타내고, 100dB일 때는 A가 81.6%, D가 71.5%, 10.1%의 차로 A형이 높았다. 또 음압이 10dB 증가함에 따라 A형은 3.3%, D형은 4.5%

씩 透過率은 증가했고 透過音壓은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 A, B, C, D형의 순서로 차이가 생겼다. 이것은 防音장치의 資材 및 構成인 面에서 보면 D, C, B, A 순으로 優劣를 나타내어 D형이 가장 낮은 騒音透過率을 나타내 防音室 効果는 가장 좋았다.

2. Table 4에서 A 및 D형의 防音室내의 吸音效果를 조사하기 위해 Fig. 3과 같이 發振音(1000Hz)과 船舶騒音(관악산호, 백경호, 풍양호의 平均音壓의 音壓을 Y축에 스피커에서 소음압계의 측정거리를 X축에(Fig. 3) 잡았다. 이때 A와 D를 비교하면 A형은

Table 5. The oscillator sound pressure(dB) of the sound control room C and D was radiated by TIE speaker with the amplifier(B) when volum was fixed to 5

Distance		Hz							
		400	700	1,000	2,000	3,000	5,000	10,000(Hz)	
Oscillator sound pressure(dB) of the control room D	20(cm)	45.0	45.5	45.4	45.5	45.5	45.0	45.3(dB)	
	40	45.0	45.5	45.3	45.5	45.4	45.2	45.2	
	60	44.7	45.4	45.2	45.7	45.0	45.1	45.1	
	80	44.6	45.0	45.0	45.3	44.9	45.3	45.0	
	100	45.5	44.5	44.7	45.3	44.9	45.4	44.9	
	120	44.4	45.5	44.4	45.2	44.6	45.6	44.8	
	140	44.6	44.5	44.3	44.2	45.5	46.0	44.8	
C	20	45.3	45.3	44.7	44.8	44.5	45.0	44.2	
	40	45.2	44.9	44.6	44.8	44.3	44.6	44.1	
	60	44.9	45.0	44.5	44.5	44.0	44.4	44.0	
	80	45.1	45.0	44.3	44.5	43.9	44.4	44.0	
	100	44.6	45.0	44.2	44.3	43.9	44.4	44.0	
	120	43.8	44.9	44.1	44.2	43.8	44.1	44.0	
	140	44.0	44.8	44.3	44.2	43.0	44.0	43.9	

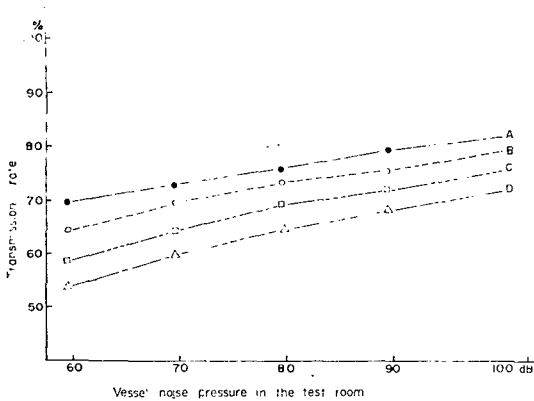


Fig. 2. Percent noise relationship between the vessels noise level in the test room and the noise pressure passed through the sound control rooms A, B, C and D.

發振音일 때 거리 20cm에서 82dB로 가장 높고 80cm에서 67dB로 가장 낮았으며 100cm에서 77dB였고 140cm에서 78dB정도 다시 높아졌다. 이것은 맞은편 벽의 반사음 관계라 생각되고 D형은 發振音일 때 거리 20cm에서 A와 같이 82dB였는데 거리 100cm에서는 73dB였고 거리가 멀어짐에 따라 감소되어 140cm에서는 67dB로 A보다 12dB가 낮았다.

船舶騒音도 거리 20cm에서 A형은 77.5dB, D형은 77.2dB였는데 140cm에서는 A형이 73.3dB, D형이 63.2dB로 약 10dB의 차이로 D형이 낮아 역시 吸音효과가 A형보다 D형이 매우 좋았다. D형에서는 發振音

과 船舶騒音의 어느쪽 音源에서도 A형에서 140cm의 경우와 같이 反射音의 현상은 없고 완벽한 無響室이 되었음을 立證해 주고 있다.

3. Fig. 4는 Table 5의 값에서 X축을 스피커로부터의 거리(cm)로 잡고 Y축을 음압(dB)으로 잡아 나타낸 것이다. 이 때 1000Hz를 기준으로 하여 살펴보면 거리 20cm에서는 D형이 45.4dB로 C형일 때 44.7dB보다 0.3dB차로 약간 높았으나 같은 비로 감소되어 140cm에서는 C 및 D형 모두가 44.3dB로서 같았다. 값싼 資材로서도 C형이 가장 吸音效果가 좋았다.

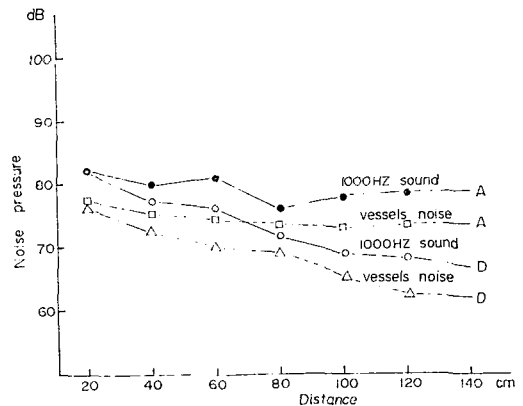


Fig. 3. Relation of the oscillator sound and the vessels noise pressure in the sound control rooms A, D.

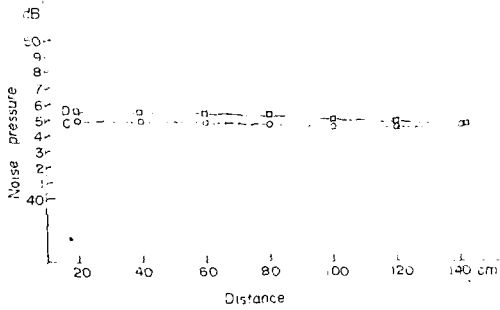


Fig. 4. Relation of the oscillator sound pressure in the sound control rooms C and D when the noise was vibrated by TIE speaker and the amplifier(B) was fixed to volume 5.

要 約

1976년 6월 10일부터 동년 8월 30일까지 본학 해양 과학 연구소 하층 實驗室에서 實驗하였고 1975년 6월 7일에서 동년 8월 11일까지 약 2개월 동안에 풍양호, 척양호, 판악산호 등의 船舶騒音을 녹음한 테프로서 再生放音한 것을 음원으로 이용하였다. 이때 騒音制御의 效果를 찾기 위해 A, B, C, D형의 實驗用 直六面体인 防音室을 製作하여 實驗室內에 배치하고 機關室 騒音과 發振機에 스피커를 연결해서 放音된 音壓이 各防音制御室에 透過되는 音壓의 100분율과 또 各防音制御室內에서 같은 조건으로 放音되는 경우에 資材와 形像이 다른 防音室內部 構造物에 따른 吸音效果를 조사 비교한 결과를 要約하면 다음과 같다.

1. 騒音透過率は 實驗室內 防音室 外部音壓이 60dB 일때 A형은 69.7%였고 계속 10dB 증가함에 따라 3.3%씩 증가하였고 D형에서는 53.9%인 것이 10dB 증가함에 따라 4.5%씩 증가했다.

2. 實驗室內 外部音壓이 100dB일 때 A, B, C, D형의 音壓透過率は 81.6, 78.9, 75.3, 71.0%의 순으로 D형의 透過率이 낮아서 防音室으로서는 D형이 가장 좋았다.

3. 대외에 지장이 없는 騒音壓은 75dB 이하이므로 A, B형을 제외하고 C, D형은 船舶騒音 制御室으로서 유효했다.

4. 防音制御室內部 構造에 따른 吸音效果를 A, D형에서 비교하면 A형은 發振音일 때 거리 20cm에서 82dB로 가장 높고 80cm에서 76dB로 가장 낮았으며 100cm에서 77dB였고 140cm에서 78dB 정도 다시 증가해 반사음 현상이 일어났다.

D형은 發振音일 때 거리 20cm에서 A와 같이 82dB

였는데 80cm에서 72.5dB, 100cm에서 73dB, 140cm에서는 67dB로 A보다 12dB가 낮았다.

船舶騒音도 거리 20cm에서 A형은 77.5dB, D형은 77dB였는데 140cm에서는 A형이 74dB, D형이 63dB로 11dB의 차이로 D형이 낮아 역시 吸音效果가 A형 보다 D형이 좋았고 완벽한 無響室로서 反射音의 影響은 찾아 볼 수 없었다.

5. 매우 낮은 發振音일 때 吸音판체를 1000Hz를 기준삼아 보면 거리 20cm에서 C형은 44.7dB, D형은 45.4dB로 C형이 0.3dB로 약간 낮았으나 140cm에서는 C, D형 모두가 44.3dB로서 같았다. 값싼 資材로서도 C형이 가장 吸音效果가 좋았다.

謝 辭

본 研究에 많은 高見을 아끼지 않았던 부산 수산 대학 金尙漢. 이학박사 高冠端, 李康鎭 교수님 그리고 실험에 협조해 주신 본학 해양과학 연구소 직원 및 학생들에게 깊은 사의를 표한다.

文 獻

- 1) 遠藤晃賢(1976): 騒音의 周波數 特性가 異なる ときの 遮音並びに 遮蔽による 減音量의 比較圖法. 日本音響學會誌, 32(1), 30-33.
- 2) 田中 洪(1975): 矩形中空腔의 垂直入射波에 對する 透過損失의 解析. 日本音響學會誌, 31(7), 441-448.
- 3) 佐藤英男(1973): 壁体および 窓の 戸外騒音透過機構について. 一透過波의 放散性狀을 考慮した 無限壁理論의 修理一. 日本音響學會誌, 29(9), 509-516.
- 4) 藤原恭可·安藤四一·前川純一(1975): 厚さのめる 障壁による 騒音減衰, 一障壁による 騒音制御에 關する 研究 その1-日本音響學會誌, 31(12), 725-729.
- 5) 本岡誠一·奥島基良(1975): インパルス音波による 川砂中の 音波減衰 定數의 測定. 日本音響學會誌, 31(4), 277-282.
- 6) 湯澤睦茂·曾根敏夫·二村忠元(1975): 多重障壁의 減音效果. 日本音響學會誌, 31(9), 538-546.
- 7) 湯澤睦茂(1976): ナイフ 又は 直角エッジ의 もの 種種의 形의 有限建造物による 騒音減衰, 日本音響學會誌, 32(3), 139-146.
- 8) 中村敏明·中村 昭·竹内龍一(1976): パルス音波에 對する 多孔質料의 吸音機構. 日本音響學會誌, 32(2), 76-82.
- 9) 朴仲熙·金尙漢(1975): 船舶騒音에 關한 研究. 韓水誌, 8(4), 202-207.
- 10) 朴仲熙(1975): 船舶騒音이 人間知能力에 미치는 影響에 關한 연구. 韓水誌, 8(2), 127-132.