

船舶騒音의 水中分布에 關한 研究

朴 仲 熙*

UNDERWATER DISTRIBUTION OF VESSEL NOISE

Jung Hee PARK*

The noise pressure scattered underwater on account of the engine revolution of a pole and liner, *Kwan-Ak-San*(G. T. 234. 96), was measured at the locations of Lat. 34°47'N, Long. 128°53'E on the 16th of August 1976 and Lat. 34°27'N, Long. 128°23'E on the 28th of July, 1977.

The noise pressure passed through each observation point (Nos. 1 to 5), which was established at every 10 m distance at circumference of outside hull was recorded when the vessel was cruising and drifted. In case of drifting, the revolution of engine was fixed at 600 r. p. m. and the noise was recorded at every 10 m distance apart from observation point No. 3 in both horizontal and vertical directions with 90° toward the stern-bow line. In case of cruising, the engine was kept in a full speed at 700 r. p. m. and the sounds passed through underwater in 1 m depth were also recorded while the vessel moved back and forth.

The noise pressure was analyzed with sound level meter (Bruel & Kjar 2205, measuring range 37-140 dB) at the anechoic chamber in the Institute of Marine Science, National Fisheries University of Busan. The frequency and sound waves of the noise were analyzed in the Laboratory of Navigation Instrument.

From the results, the noise pressure was closely related to the engine revolution showing that the noise pressure marked 100 dB when 400 r. p. m. and increase of 100 r. p. m. resulted in 1 dB increase in noise pressure and the maximum appeared at 600 r. p. m. (Fig. 5).

When the engine revolution was fixed at 700 r. p. m., the noise pressures passed through each observation point (Nos. 1 to 5) placed at circumference of outside hull were 75, 78, 76, 74 and 68 dB, the highest at No. 2, in case of keeping under way while 75, 76, 77, 70 and 67 dB, the highest at No. 3 in case of drifting respectively (Fig. 5).

When the vessel plied 1,400 m distance at 700 r. p. m., the noise pressure were 67 dB at the point 0 m, 64 dB at 600 m and 56 dB at 1,400 m on forward while 72 at 0 m, 66 at 600 m and 57 dB at 1,400 m on backward respectively indicating the Doppler effects 5 dB at 0 m and 3 dB at 200 m (Fig. 6).

The noise pressures passed through the points apart 1, 10, 20, 30, 40 and 50 m depth underwater from the observation point No. 7 (horizontal distance 20 m from the point No. 3) were 68, 75, 62, 59, 55 and 51 dB respectively as the vessel was being drifted maintaining the engine revolution at 600 r. p. m. (Fig. 8-B) whereas the noise pressures at the observation points Nos. 6, 7, 8, 9 and 10 of 10 m depth underwater were 64, 75, 55, 58, 58 and 52 dB respectively (Fig. 8-A).

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

緒 論

環境騒音은 地球上에서 物理的 現象으로 옛부터 反復되고 있는 自然的인 소음과 文明發達에 따른 비행기 기차 자동차 등의 고속화와 그 수의 급증으로 일어나는 交通소음과 공장 시가 극장 등의 人口 조밀에 따른 人工的인 소음으로 구별되고 오늘날 科學者들은 人工的인 소음원을 기계적으로 감쇠시키려는 방법과 防音對策으로서 그 實效를 거두려는 研究에 着점을 모으고 있다.

1969년 11월 ICAO(International Civil Association Organization)에서 國際的으로 統一된 소음의 측정방법과 평가방법¹⁾²⁾³⁾이 示達되고 해양소음연구와⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾ 육상거주 환경소음연구⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾는 활발해져 많은 발표문헌을 볼수있으나 해상거주인 선박소음연구는 찾아 보기 어려워 저자는 船舶騒音¹¹⁾에 관한 연구, 船舶騒音이 人間知能에 미치는 영향¹²⁾, 및 船舶騒音制御室¹³⁾ 研究에 이어서 본 연구를 시도하게 되었다.

본 연구는 선박기관소음과 기타선박소음이 해중에 미치는 특성인 음압, 주파수, 파형을 규명하고, 나아가 해양소음분석으로서 선박소음을 가려내어 선박의 위치, 거리, 동태, 기관의 종류 등을 원격적으로 식별하려는데 목적을 두었다,

그 기초적인 연구로서 1976년 8월과 1977년 7월 2회에 걸쳐 본학 어업학과 3년생의 연안실습 실시기간에 거제도 동쪽 15마일 (북위 34°47', 동경 128°53') 해상과 국도 남서방 10마일(북위 34°27', 동경 128°23')해상에서 본학 실습선 관악산호를 시료로 삼아 기관소음이 선박의 外舷周邊 어느곳에서 가장 음압이 높게 해중에 투과되는지 또 음원인 선박이 멀어질때와 가까워질때 음원거리에 따라 음압과 주파수의 관계 및 파형변화를 그리고 기관만을 공회전시킬때 소음의 수직, 수평 방향으로 확산되는 관계를 조사하기 위해 각각의 관측점에서 수중 녹음을 했다.

이 녹음된 tape로 再放音하여 음압, 주파수 및 파형을 분석 고찰한 결과를 여기에 보고한다.

材料 및 方法

材 料

1. 선박 : *Kwan-Ak-San No. 1 Ho, Steel Vessel, G. T. 243. 96, 1,000 H. P. Cylinder 6, Max. r. p. m, 700, pitch 30°, Max. Speed 6. 122 m/sec,*

Engine room inner space 220. 5 m³였다.

2. 음원 : *Kwan-Ak-San Main Engine r. p. m. 370, 400, 500, 600, 700*일때의 Engine noise pressure 100, 102, 103, 104, 104 dB를 사용 하였다.

3. 수중청음기 : Hydrophone U. S. A. navy의 수중 전화용 수파기(φ5 cm, H. 4 cm)를 플라스틱 pipe (φ5. 5 cm d. 3 mm L. 8 cm)에 넣고 cable과 수파기의 sensor는 호마이카로 수밀 하였다.

4. 수중케이블 : Shield wire(Shin Kwang 1977)길이 100 m를 사용하고 연결부는 수중용 접속제를 발라서 수밀 하였다.

5. 측심줄 : 수직으로 쏘이거나 들어나는 것을 방지하기 위해 사용하던 P. log line에 1, 10, 20, 30, 40, 50 m마다 흑색 테이프를 표시하고 shield wire를 여유있게 합하고 hydrophone끝에는 남 600 g 을 달았다.

6. 거리측정줄 : 수평으로 직경 8 mm, 길이 70 m 인 쿠라론 rop 에 10 m 마다 50 m 까지 tape를 감아 거리를 표시했다.

方 法

1976년 8월 16일(북위 34°27'30" 동경 128°23'15")과 1977년 7월 28일 (북위 34°47' 동경 128°23')에 각각 무풍청명한 날씨(표면수온 24°C 기온 27°~29°C)를 택하여 음파의 특성(入射·反射·吸音, 도플러효과)을 고려해 연안으로부터 수십마일 떨어진 평탄하고 수심이 깊은(약90 m 이상)곳을 택하여(Fig. 1) 관악산 1호로서 다음과 같은 설원이 이루어 졌다.

1. 主機關의 r. p. m. 에 대한 音壓測定

주기관 의 r. p. m. 과 음압관계를 조사하기 위해 r. p. m. 370, 400, 500, 600, 700으로 각각 조정하여 그때마다 기관의 앞에서 거리 1 m 높이 1 m에서 지시소음계(Sound level meter; Bruel & Kjaer 2205, measuring range 37—140dB)로 음압을 측정하고 그때마다의 소음을 녹음기(Sony cassette-corder; model TC-1045)로 녹음 했다. 또 이와같이 r. p. m. 를 각각 조정 했을때 기관소음이 갑파상에 미치는 음압을 조사하기 위해 선미를 기점으로 좌현쪽 선수로 향해 거리 10 m 마다의 점을 표시하고 향해하면서 조정된 음압 상태에서 이 각점의 갑판상 높이 1 m의 음압을 지시소음계로 측정하였다.

2. 선박소음이 배의 外舷쪽 海中에 透過하는 音壓測定

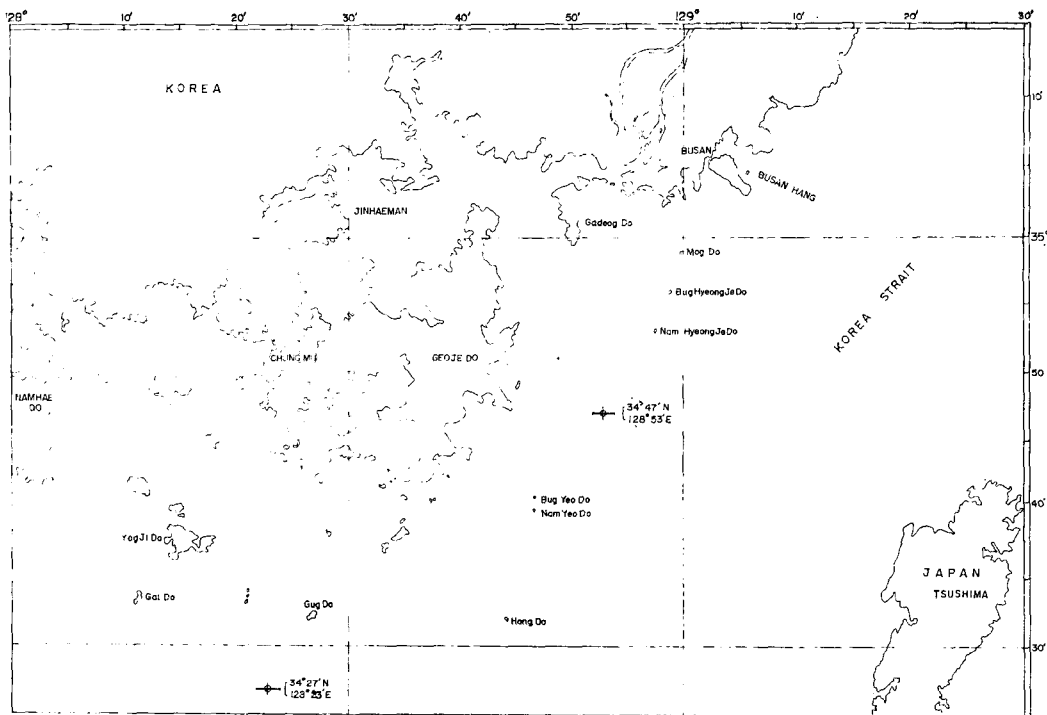


Fig. 1. Locations of observation points.

기관의 r. p. m. 에 따른 음압이 100, 102, 103, 104, 104 dB 있을 때 각각의 음압이 배의 外舷쪽 周邊 어느 곳에서 가장 음압이 높게 透過되는가를 조사하기 위해 선미를 기점으로 선수로 향해 거리 10 m마다 外舷거리 1 m, 수심 1 m 층을 관측점으로 잡고 그 관측점을 No. 1~No. 5.로 삼았다. 이 점에 hydrophone을 내려 정선시(기관의 소음)와 항해시 (기관소음+추진기소음+조파소음)의 소음을 녹음 하였다.

3. 船舶(音源)의 이동 거리에 따른 수중소음 녹음

선박소음 관측점을 수심 1 m되는 곳에 정하고 이 점에서 선박이 멀어질 때와 가까워질 때 0~1,400 m 까지에서 200 m 마다의 거리점에서 음압과 주파수 및 파형을 조사하기 위해 선속실험을 미리하여 선속이 초속 6, 122 m됨을 안 후에 선박을 90°(또는 270°) 방향으로 선속력(r. p. m. 700)으로 왕복 등속 항주시키며 수심 1 m인 관측점에서 hydrophone으로 선박소음을 녹음하였다. 그때 매 30초마다 항주시간으로서 거리를 환산하였다.

4. 기관소음(정선 공회전시)의 수평 및 수직 거리에 따른 음압측정

기관 r. p. m. 600일 때의 음압 104 dB가 수평 및 수

직방향으로 전파되는 음압 관계를 조사하기 위해 停船時(기관공회전) 外舷에서 음압이 가장 높았던 좌현 선미로부터 20 m점(No. 3)에서 선수미선과 90° 방향으로 수평거리 10 m마다 50 m까지 수심 1 m의 깊이로 hydrophone을 유지했으며 그때 수평관측점을 No. 6~No. 10으로 정하고 또 이 각 점에서 수심 10 m마다의 관측점을 Fig. 2와 같이 정해 각 점의 수중음을 녹음하였다.

5. 音壓分析

음압분석은 본학 해양과학 연구소에 저자가 제작 설치한 無響室[内容積: 3,389 m³(1.19×1.19×2.14 m), 構造: 12 mm 합판 直六面体 内部에 木製楔(5×5×13 cm L×B×H)를 간격없이 붙인것] 内에서 녹음 tape를 再放音하여 지시소음계로 음원거리 1 m에서 음압을 측정 하였다. 이때 녹음기 성능시험을 미리하여 녹음시의 음압과 같은 音壓으로 放音하고 音源거리 1 m에서 음압을 3회씩 측정하여 평균값을 취했다.

6. 周波數分析

주파수분석은 일정한 100V의 출력을 유지시키기 위해 자동정전전류기(Audomatic voltage regulator; Minutenss Co. 4-80 SVR. input 80-100 V, out

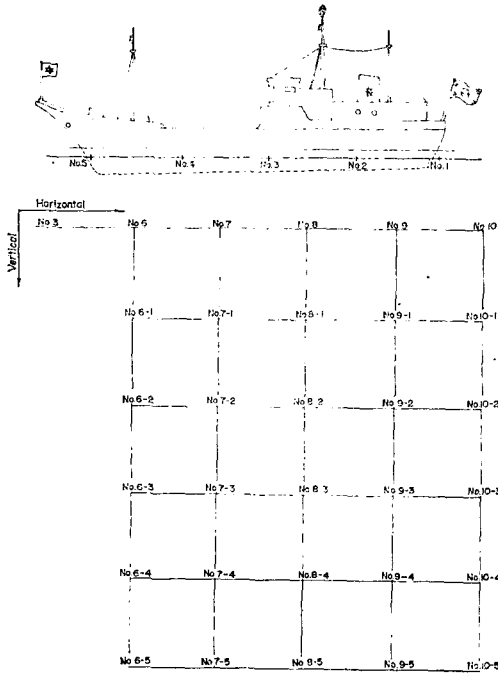


Fig. 2. Legends of the observation points.

A) Points No.1 to 5: Every 10 m distance around the *Kwan-Ak-San* under 1 m dept. B) Points Nos.6 to 10: Every 10 m distance apart from the point No.3 in the horizontal direction with 90° toward the stern to bow line having 1 m depth. C) Points Nos.6-1 to 6-5: Observation points at every 10 m depth underwater from the No.6. Points Nos. 10-1 to 10-5: Observation points at every 10 m depth from the point No.10 D) Points Nos.5-1 to 5-5: Observation points at every 10 m depth from the point No.5.

put $110V \pm 2\%$ 1KA, Frequency 60Hz)를 100V로 조정하고 주파수분석기(Frequency counter; Tecktronics 4 beat option)에 연결한후 이것과 녹음기를 연결하여 녹음된 tape로 再放音되는 소리를 청취하면서 주파수를 분석했다. 이때 200 m 구간 마다의 주파수를 20회씩 측정한 평균값을 주파수 값으로 했다.

7. 波型分析

관측점 No.1~No.5에서와 진속항해시 0~1,400 m로 멀어질때와 1,400~0 m로 가까워 질때 녹음하였던 자료를 파형분석기(KEC Oscilloscope; model OS-301)에서 그 파형을 관찰하고 촬영하여 잡음을 제거하고 다시 그렸다. 이때도 자동정전전류기는 100 V로 조정하고 파형분석기에 연결했다.

結果 및 考察

주기관의 r. p. m.에 따른 음압측정과 주기관 음압을 각각 조정했을때 갑판상에 전파되는 음압을 측정 한 결과는 Table 1, 주기관의 소음압을 일정하게 조정하고 정박시와 항해시 관측점 No.1~No.5에서 의 음압을 측정 한 값은 Table 2, 船舶이 진속력으로 등속항해 하여 0~1,400 m 거리를 왕복 할때 때 200 m 거리 마다의 음압과 주파수 값은 Table 3, 정 전상태에서 r. p. m. 600으로 조정했을 때 기관소음 압104dB가 관측점 No.6~No.10과 각점에서의 수 심 10m 마다 50 m 까지 전파되는 음압 분포값은 Table 4와 같다.

Table 1. Relation of noise pressure to the engine revolution

r. p. m.	Engine noise pressure(dB)	Distribution of E. N. P. dB at upperdeck (stern to bow)				
		Dist. (m) 0	10	20	30	40
370	100	72.5	76.2	74.2	73.0	71.0
400	102	72.4	76.0	74.0	72.6	71.0
500	103	74.0	76.5	74.5	72.8	71.0
600	104	76.5	78.0	75.0	73.0	72.0
700	104	82.0	81.5	79.5	75.0	72.0

Table 2. Measured average noise pressures at the observation points (No. 1 to 5 from stern to bow line on the starboard) in various engine revolutions during cruising and drifting

r. p. m.	Engine N. P. (dB)	Under water N. P. (dB)	St. No.				
			1	2	3	4	5
370	100	cruising	67	69	68	65	62
		drifting	69	70	71	61	56
400	102	cruising	69	72	71	69	65
		drifting	70	72	73	64	60
500	103	cruising	70	75	74	71	66
		drifting	72	74	75	66	64
600	104	cruising	74	77	75	72	67
		drifting	74	75	76	69	66
700	104	cruising	75	78	76	74	68
		drifting	75	76	77	70	67

Table 3. Measured average noise pressures and their frequency at the underwater observation points in every 200 m distance intervals back(B) and forth (A) with full speed (700 r. p. m. with noise pressure 104 db)

(A) Navigation forward

Dist(m)	0	200	400	600	800	1000	1200	1400
dB	67	66	65	64	62	60	58	56
Hz	664	658	615	384	320	302	190	80

(B) Navigation backward

Dist(m)	0	200	400	600	800	1000	1200	1400
dB	72	69	68	66	63	61	59	57
Hz	750	745	678	614	378	367	199	90

Table 4. Measured average noise pressures at the observation points No. 6 to 10 at various depths during drifting, keeping 600 r. p. m. with noise pressure of 104 dB

St. No.	H. Dist. (m)	Noise p. (dB)	Depth(m)					
			1	10	20	30	40	50
6	10	↗	60	64	57	55	53	50
7	20	↗	68	75	62	59	55	51
8	30	↗	54	53	52	51	50	50
9	40	↗	58	58	53	52	51	50
10	50	↗	50	52	50	50	49	47

1. 주기판의 r. p. m. 과 음압관계를 살펴 보기위해 Table 1에서 X축에 r. p. m. Y축에 소음압(dB)을 잡아 Fig. 3과 같이 그려 보면 r. p. m. 400에서 600까지는 100이 증가함에 따라 음압은 1 dB씩 등차로 증가하여 600에서 104 dB로서 최고값을 나타내고 있다. 이것은 기관실용적이 일정하고 有限壁으로 構造되어 反射音의 연속적인 것에 기인된다고 사료된다. 또 기관소음이 감관 어느곳에서 가장높게 전파되는가

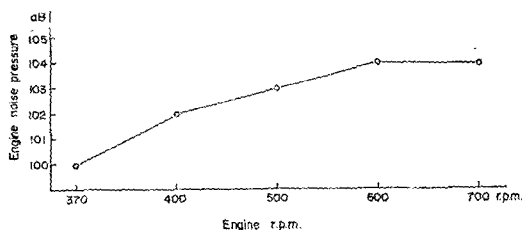
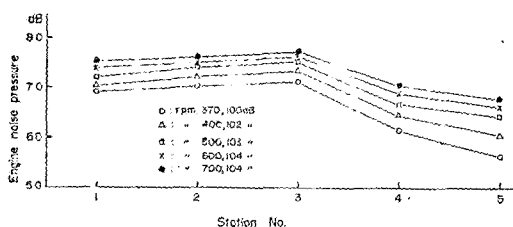


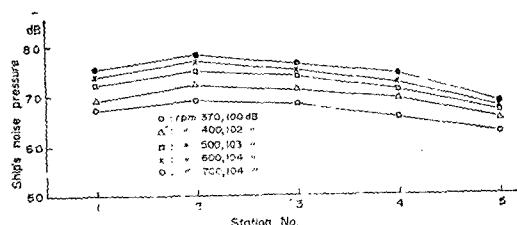
Fig. 3. The noise pressures obtained from the experimental vessel.

를 살펴보면 전속항해 때를 제외하고는 선미에서 거리 20 m인 기관실 옆 부근인 No. 3에서 가장 높았다.

2. 기관소음을 일정하게 조정 했을때 船舶周邊 어느곳에서 가장 높게 海水에 透過되는 가를 조사하기 위해 Table 2에서 X축에 관측점 No. 1~No. 5 Y축



A. Drifting



B. Cruise

Fig. 4. Comparison of sound pressures measured at the points Nos. 1 to 5 during cruise (B) and drifting (A) when various engine revolutions were controlled.

에 透過음압(dB)으로 잡고 Fig. 4와 같이 작도하고 정선시와 항해시로 비교하면 어느 경우나 기관소음압의 증가에 비례하여 각 관측점에서 증가되고 정선시는 No. 3의 관측점, 항해시는 No. 2의 관측점에서 각각 peak를 나타냈다. 이것은 항해시에는 선속 관계로 인해 peak점이 선미로 치우치는 것으로 믿어진다. 정선시 기관음압 100, 102, 103, 104, 104 dB일 때 peak점인 No. 3에서는 71, 73, 75, 76, 77 dB였는데 No. 5에서는 56, 60, 64, 66, 67 dB도 10~15 dB씩 급히 감소되는 현상을 보였다. 항해시는 No. 2에서 peak를 이루고 69, 72, 75, 77, 78 dB였던것이 No. 5에서는 62, 65, 66, 67, 68 dB로서 7~10 dB씩 감소되었다. 관측점 No. 1~No. 5에서 정선시 r. p. m. 700일 때 기관소음압 104 dB는 각 관측점에서 78, 79, 80, 73, 70%의 투과율을 나타냈다. 항해시 No. 5에서 정선시에 비해 3~5 dB씩 높아진 현상은 조파저항으로 소음압이 높아진 것으로 사료된다. 또 정선시와 항해시 미속과 전속일 때 각 관측점의 투과 음압차를 비교하기 위해 X축에 관측점 Y축에 음압을 잡고 Fig. 5와 같이 그리고 No. 3과 No. 4의 음압을 비교하면 항해시는 약 3 dB씩 감소되는데 반하여 정선시는 약 10 dB씩 감소되었다. 이것은 항해 때는 조파소음이 증가되는데 기인된다고 풀이된다.

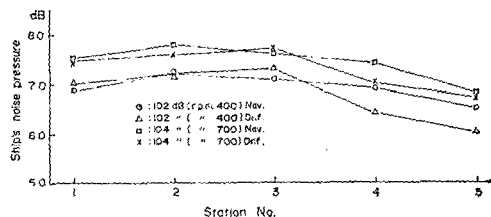


Fig. 5 Comparison of noise pressures measured at observation points No. 1 to 5 when the vessel was being drifted and on cruise.

3. Tab 3에서 X축에 수평거리, Y축에 음압을 잡아 Fig. 6과 같이 그려 거리에 따른 음압의 변화를 살펴보면

A. 선박(음원)이 멀어질때

수평거리 0~1, 400 m까지는 200 m씩 증가함에 따라 음압이 67, 66, 65, 64, 62, 60, 58, 56 dB였고 0~600 m까지는 200 m 증가함에 따라 1dB, 600~1, 400 m까지는 2 dB의 등차로 감소됨을 보였다.

B. 선박(음원)이 가까워질때

1, 400 m에서 57 dB였고 1, 400~800 m까지는 200 m씩 가까워짐에 따라 2dB씩 증가했고 800~600 m까지

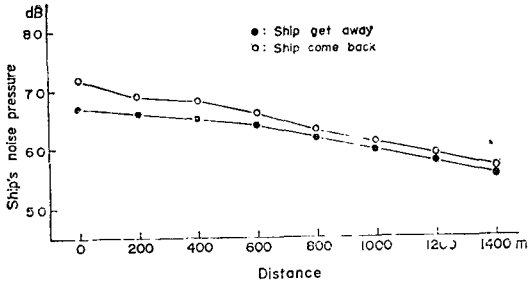


Fig. 6. Measurement of the noise pressure at 1 m depth when the vessel was under way with a full speed of 700 r. p. m. (scattering 104 dB sound pressure) back and forth on 0 to 1,400 m distance.

는 3 dB, 600~400 m까지는 2 dB, 400~200 m까지는 1 dB, 200~0 m까지는 3 dB의 증가를 보였으며 0 m에서는 72 dB였다.

C. A와 B의 비교

0~200 m사이는 5, 200~600 m사이는 3, 600~800 m사이는 2, 800~1,400 m사이는 1 dB씩 가까워질 때가 늘었다. 이 현상은 음파의 도플러 효과와 관련이 있을 것이라고 사료된다.

4. 파형분석 (Fig. 7-A, B)

정선시 No. 1에서 r. p. m. 별로 녹음한 기관소음의 파형은 r. p. m. 500까지는 비교적 정현파(正弦波)에 가까웠으나 600에서 부터는 진폭이 큰 정현파로 나타났다. No. 3는 No. 1에 비해 1/7내외의 진폭으로 감소되고 정현파이었다. 선박이 멀어질때와 가까워질때 거리에 따라 분석 비교하면 멀어질때는 0~1,400 m사이에서 20~400 m, 1,000~1,400 m 구간에서는 진폭이 점차 작은 정현파로 나타나고 600~800 m 구간에서는 진폭이 앞의 것에 비해 2배 이상 크게 나타났다. 가까워질 때는 600 m까지는 진폭이 작은 정현파이고, 200 m에서부터 진폭이 커져 20 m부근에서는 더욱 진폭이 크게 확대 된 것이 나타났다.

5. 수직거리와 수평거리에 따른 음압

A. 수직거리에 따른 음압

Table 4에서 X축에 수심, Y축은 음압으로 잡고 Fig. 8-A와 같이 작도하고 관측점(No. 6, 7, 8, 9, 10)의 수심 1 m에서 60, 68, 54, 58, 50 dB, 10 m에서 64, 75, 55, 58, 52 dB, 20 m에서는 57, 62, 52, 53, 50 dB였는데 수심 10 m층에서 peak를 이루었다.

B. 수평거리에 따른 음압.

Table 4에서 X축에 수평거리, Y축은 각 수심에 대한 음압으로 잡고 Fig. 8-B와 같이 작도하면 수평

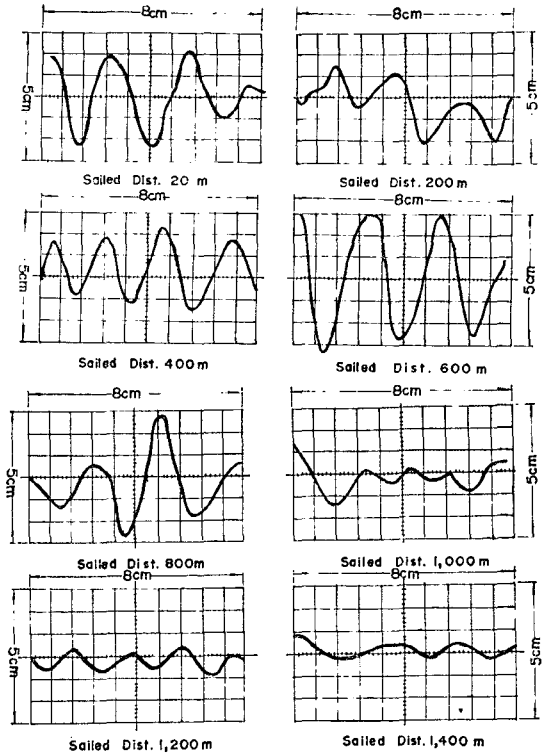


Fig. 7-A. The variation of wave shape when the vessel was under way with a full speed forward.

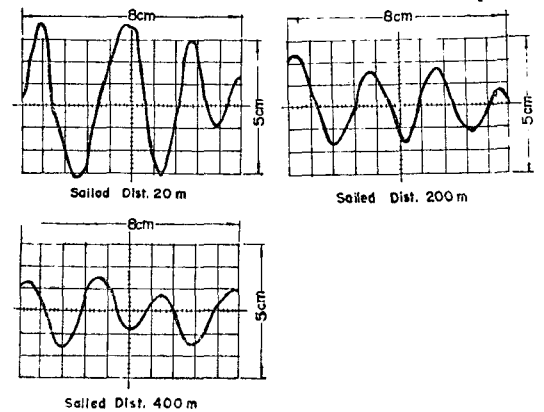


Fig. 7-B. The variation of wave shape when the vessel was cruising with a full speed backward.

거리 1 m에서 77 dB, 10 m(No. 6)에서 60 dB, 20 m(No. 7)에서 68 dB로 peak를 이루었고 30 m에서 54, 40 m에서 58, 50 m에서 50 dB였다.

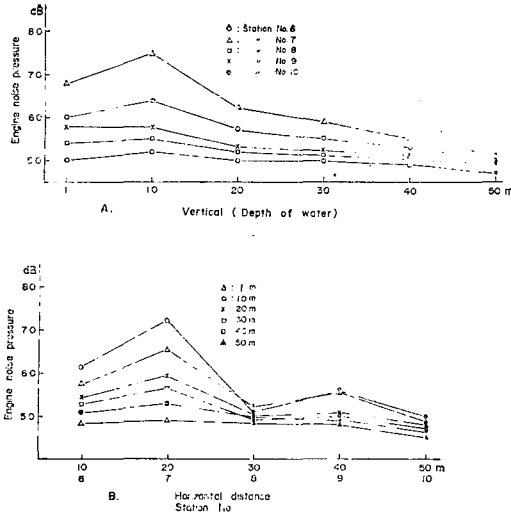


Fig. 8. Underwater noise pressure distribution in both horizontal(B) and vertical(A) directions when 104 dB sound pressure was made.

要 約

1976년 8월 16일(북위 34°27'30" 동경 128°23'15") 과 1977년 7월 28일(북위 34°47' 동경 128°53')에 관악산호의 선박소음이 r. p. m.에 따라 항해시와 정선시 (기관의 공회전)의 소음압이 海中에 분포하는 것을 조사. 연구한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기관의 r. p. m. 과 음압관계

r. p. m. 과 음압의 증가비는 100 : 1이었으며 r. p. m. 600에서 104dB로 peak를 이루었다.

2. 外舷周邊의 海中音壓分佈

A. 정선시의 기관소음압

100, 102, 103, 104, 104 dB일때 관측점 No. 1에서 69, 70, 72, 74, 75 dB No. 3은 No. 1에 비해 2~3 dB 증가해 peak를 이루었고 No. 5는 No. 3에 비해 10~15 dB씩 감쇠되었다. 기관 소음압이 최대 일때 관측점 No. 1~No. 5에서의 음압이 투과된 백분율은 약 78, 79, 80, 73, 70% 였다.

B. 항해시의 선박수중소음압

정선시와 같은 기관회전 조건하에서 No. 2에서 69, 72, 75, 77, 78 dB로 peak를 이루었고 No. 1보다 2~3 dB씩 증가했으며 No. 5에서는 7~10 dB씩 감쇠 되었다. 기관 최고소음압에 대한 No. 1~No. 5에서의 음압투과 백분율은 약 78, 81, 79, 77, 71% 였다.

3. 항해시와 정선시의 外舷海中 음압

peak점에서의 음압을 비교하면 항해시가 1 dB 높

았다.

4. 선박이 멀어질때

0 m(관측점 통과시)에서 67 dB, 1,400 m에서 56 dB였다.

5. 선박이 가까워질때

거리 0 m에서 72 dB, 1,400 m에서 57 dB로서 멀어질때와 비교하면 0 m에서 5 dB, 600 m에서 2 pB 씩 증가한 도플러 효과가 일어남을 알 수 있다.

6. r. p. m. 을 600으로 하여놓고 스크류를 돌리지 않고 기관만 공회전 시킬때

수평거리 20 m인 곳의 No. 7에서 수심 10 m마다 50 m까지의 음압은 68, 75, 62, 59, 55, 51 dB였다.

文 獻

- 1) Koyasu, M. (1976) : Present status on the ISO standardization for the determination of sound power level of noise sources. J. Acous. Soc. Japan 32(3), 172—177.
- 2) Yuzawa, M. (1975) : Measurement of oblique Incident absorption coefficient by cancellation method. J. Acous. Soc. Japan 31(2), 94—95.
- 3) Nimura, T. (1975) : Noise pollution problems in Japan. J. Acous. Soc. Japan 31(2), 98—105.
- 4) Kim, S. H. (1976) : Acoustical effect of monitor-speaker in air and in water. Bull. Nat. Fish. Univ. Busan 16(2), 23—32.
- 5) Kashiwagi, E. (1973) : Correlation measurement using FM signal in the underwater acoustic system. J. Acous. Soc. Japan 29(2), 75—84.
- 6) Kashiwagi, E. (1973) : The group velocity measurement of dispersion waves by FM correlation techniques (Correlation measurement using FM signal in the underwater acoustic system [II]) J. Acous. Soc. Japan 29(11), 672—678.
- 7) Shibata, K., H. Nishinokubi and K. Amagai(1970):Vibration of echo amplitude from sea-bed due to ship's motion- I. J. Navi. Soc. 45(12), 23—28.
- 8) Watanabe, Y. J., I. Noda, Y. Himeno,

- Y. Miyayama and Y. Urabe(1976) : Power level of vehicles noise. J. Acous. Soc. Japan 32(3), 156—160.
- 9) Sasaki, Y., Y. Honda and H. Otaki(1975) : Aircraft noise. J. Acous. Soc. Japan 31 (9), 548—558.
- 10) Endo, T. (1976) : Diagrams for comparison between noise reduction by transmission loss by diffraction varied frequency characteristics. J. Acous. Soc. Japan 32(1) 30—33.
- 11) Park, J. H. and S. H. Kim(1975) : The study on the noise in the vessel. Bull. Korean Fish. Soc. 8(4), 202—207.
- 12) Park, J. H. (1975) : Effect of the ship noise on the intelligence ability of man. Bull. Korean Fish. Soc. 8(3), 127—132.
- 13) Park, J. H. (1976) : The study on the noise in the vessel-effect of the noise control by the noise arresting rooms. Bull. Korean Fish. Soc. 9(3), 215—221.