소형어선의 기관의 수중소음 스펙트럼 분석에 관한 연구

최한규 · 신형일* · 황두진**
한국선박안전기술원 · *부경대학교 · **여수대학교
(1999년 6월 25일 접수)

A Study on Spectrum Analysis of the Underwater Noise by Engine Generating in Small Fishing Boat

Han-Gyu CHOI, Hyeong-Il SHIN* and Doo-Jin HWANG**
Korean Institute of ship safety and technology,
*Pukyong National Univ. and **Yosu National Univ.
(Received June 25, 1999)

Abstract

Most of the underwater noise emitted by small fishing boat are owing to vibration of main engine and generator etc.. This paper describe on the spectrum analysis of underwater noise by engine generating in small fishing boat in order to build up comfortable environment for fisheries man and to reduce ambient noise. The obtained results are summerized as follows :

1. When the underwater noise of 10*ton* class fishing boat measure and the frequency spectrum in varied revolution of engine 750, 900, 1000*rpm* analyze, the frequency pattern is similar to each other, the faster revolution of engine increase, the higher frequency spectrum level becomes.

2. In comparison of spectrum level of underwater noise between 10*ton* class and 14*ton* class fishing boat, the former level is higher than the latter.

3. Frequency spectrum pattern of two 14*ton* class fishing boat is similar to each other but spectrum level is a little difference, it is suggested to different by fitting condition of engine.

서 론

해중으로 전달되는 소음으로서는 선박의 기관에 의한 소음, 해상에서의 교량 및 터널공사에 의한 발파음, 항공기의 통과에 의한 소음 등 매우 다양하고[1)~5)], 그중에서도 선박기관에 의한 소음은 선체의 재질, 기관의 성능, 기관의 위치 등에 따라 그 소음의 크기와 특성이 매우 다양하게 나타난다[6)~8)]. 특히 이 소음은 선박에서 직접 종사하는 어민과 선박이 통과하는 주변에 서식하고 있는 생물(어류, 갑각류, 패류 등)에 직접적인 영향을 미치게 되므로 이들 영향을 제거하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 이에 관한 연구로서 鈴木[9)~11)]에 의한 연구가 이루어진 바 있으나, 국내에 있어서는 그 연구의 성과가 미흡한 것이 현실이다.

본 연구는 소형어선의 기관 거치시의 안정상태를 어선 주변의 기관수중소음을 측정하여 점검할 수 있는 방안을 제시하기 위해 여수 연안에서 건

조, 수리되고 있는 10~14톤급 근해 유자망어선의 수중소음을 측정하고 분석하여 소형어선의 기관 상태 점검 방법의 가능성을 얻었기에 그 결과를 보고한다.

장치 및 방법

1. 실험장치

소형어선의 주기관에 의한 수중소음 측정시스템은 Fig. 1과 같이 무지향성 하이드로폰(OKI, ST1001), 전치증폭기(OKI, SW1007), 데이터 레코드(SONY PCHB244)로 구성하였으며, 스펙트럼 분석시스템은 디지털 오실로스코프(Lecray LC534AM)와 FFT로 구성하였다.

2. 실험해역 및 실험방법

선박기관의 수중소음 측정은 1998년 8월~12월 사이에 실시하였으며, 실험해역은 Fig. 2와 같고, 수중소음 측정대상선은 10~14톤급 근해 유자망어선으로 선박의 제원은 Table 1과 같다.

측정 당시 해상은 평온하였고, 기상은 쾌청한 상태였으며, 측정 소음은 Fig. 3과 같이 공시선이 정선한 상태에서 선체 중앙부에서 무지향성 하이드로폰을 수면으로부터 각각 1*m*, 3*m*, 5*m*에 설치하고 각 수심별 기관회전수를 저속, 중속, 고속 3단계로 나누어 측정, 녹음하였으며, 분석은 실험실에서 데이터 레코드를 재생시킨 후 디지털 오실로스코프로 신호파형을 관찰하면서 FFT로서 주파수 스펙트럼 분석을 행하였다.

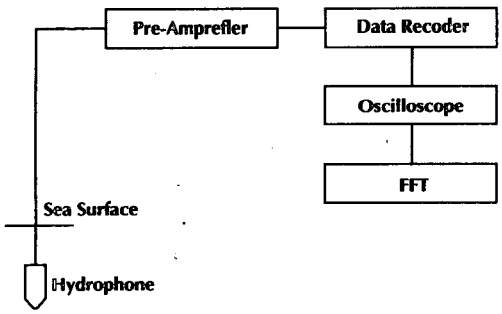

Fig. 1. Block diagram for measurement and analysis system of the underwater noise.

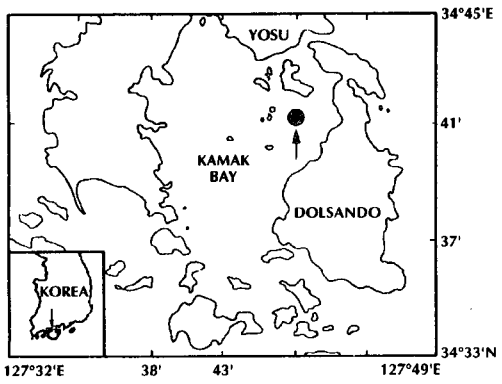

Fig. 2. Location of the experimented sea area.

Table 1. Principal specification of the observed fishing boats

Fishing Boats	M/S Sungkwang (A)	M/S Kwangmyung (B)	M/S Sunghae (C)
Hull	FRP	FRP	FRP
G · T(*ton*)	9.77	14	14
Length(*m*)	14.32	16.03	16.03
Breadth(*m*)	4.10	4.12	4.12
Depth(*m*)	1.12	1.43	1.43
Building(*year*)	1998	1998	1998
Main Engine(*ps*)	315	415	415
Main Engine Revolution(*rpm*)	1800	2000	2000

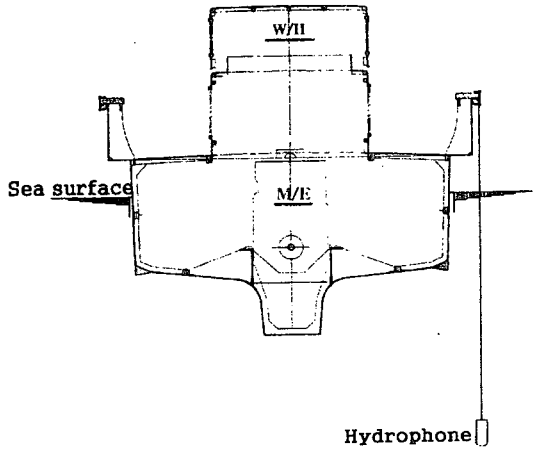

Fig. 3. Set-up to measure the underwater noise small fishing boat in drifting.

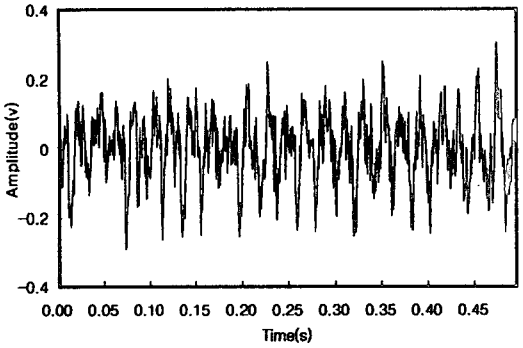

Fig. 4. The waveform of spectrum analysis in 500*ms* sampling time for the underwater noise.

FFT의 sampling time을 먼저 500*ms*로 조정하여 Fig. 4와 같은 주파수 스펙트럼 필터를 사용하여 잡음을 제거하고 최대한의 신호음만을 분리시켜 분석하였다.

결과 및 고찰

1998년 8월~12월 사이에 여수항 삼창 FRP 조선소 연안에서 1998년 건조한 공시선인 10~14톤급 유자망 어선 3척의 기관 수중소음을 측정하여 기관회전수별 · 수심별 주파수 스펙트럼, 톤급별 주파수 스펙트럼, 동급별 어선의 스펙트럼을 비교, 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 주기관 회전수별 · 수심별 수중소음 스펙트럼 비교분석

공시선 A선의 주기관 회전수를 750*rpm*, 900*rpm*, 1800*rpm*으로 변화시켜 가면서 수심 1*m*, 5*m*, 10*m* 층에 각각 하이드로폰을 고정하고, 수층별로 측정하여 주파수 스펙트럼 분석을 행한 결과는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5(a)는 주기관 회전수가 750*rpm*일 때의 스펙트럼 분석 결과로, 주파수 20*Hz*~100*Hz* 범위에서는 1*m*, 5*m*, 10*m* 수층 모두 線스펙트럼 성분을 나타내고 있으며, 200*Hz*~300*Hz* 범위에서는 線스펙트럼 성분의 도플러 현상을 나타내었고, 300*Hz* 이상의 주파수에서는 연속 스펙트럼 현상을 나타내었다. 이러한 원인은 정선시에는 프로펠러의 잡음이 없으므로 방사소음은 주기관의 진동

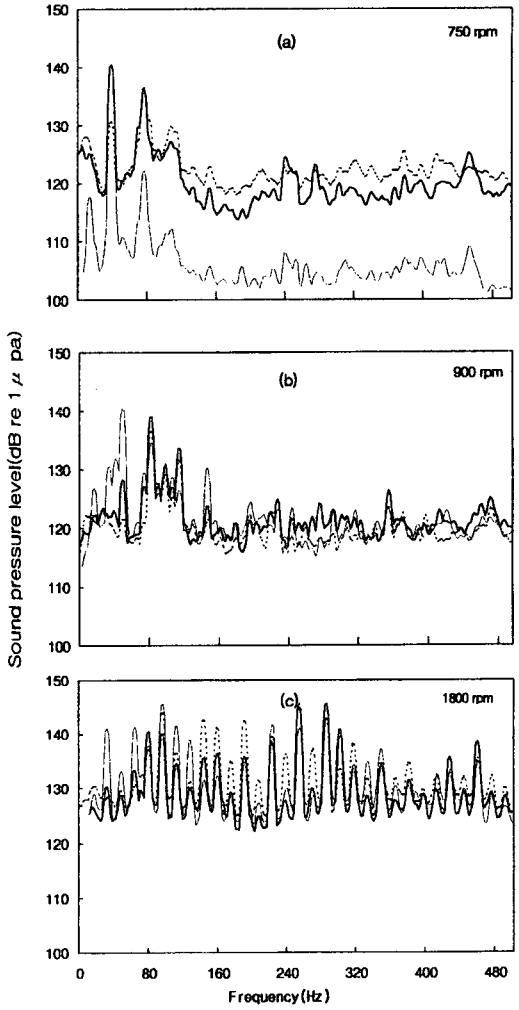

Fig. 5. Spectrum analysis of underwater noise emitted by fishing boat(A).
--- : 1*m*, --- : 5*m*, ··· : 10*m*

이 船殼으로 전달되고 그 회전수를 기본주파수로 하는 高調波가 해중으로 방사되어 線스펙트럼으로 나타나기 때문이다.

또한, 스펙트럼 레벨은 5*m*와 10*m*층에서는 평균 120*dB*, 최대 141*dB*을 나타내었으며, 1*m*층은 직접파만이고, 5*m*와 10*m* 층에서는 해면과 해저에 반사한 간접파의 영향 때문이라 생각된다.

Fig. 5(b)는 회전수 900*rpm*일 때의 스펙트럼 분석 결과로서 전수층 모두 스펙트럼 레벨이 평균 119*dB*, 최대 140*dB*을 나타내었으며, 전주파수대에서 60*Hz* 간격으로 線스펙트럼 현상을 나타내었

다. 이러한 현상은 750*rpm* 때보다 회전수가 약간 빨라 파장이 다소 짧기 때문에 직접파와 반사파의 간섭현상의 영향이 750*rpm* 일 때와 다른 때문이라 생각된다.

Fig. 5(c)는 회전수 1800*rpm*으로 최대로 회전시켰을 때의 스펙트럼 분석 결과로써 전수층 모두 30*Hz* 및 그 1/2을 기본주파수로 하는 高調波의 線스펙트럼 현상을 나타내었고, 60*Hz*～120*Hz*와 200*Hz*～320*Hz* 범위에서 다소 높은 스펙트럼 레벨을 나타내었다. 이러한 현상은 회전수가 빠르면 주기관 진동주파수가 높아 파장이 750*rpm*, 900*rpm* 때 보다 짧아 해면과 해저의 직접파와 반사파의 간섭 영향을 더욱 많이 받았기 때문이라 생각된다.

따라서, 동일한 선박이라고 할지라도 주기관의 회전수에 따라 기관의 수중소음은 그 회전수를 기본주파수로 하는 高調波로 나타나고, 그 수층에 따라 線스펙트럼 현상도 다르게 나타나며, 스펙트럼 레벨도 해면과 해저의 반사패턴에 따라 달라지는 현상을 나타내고 있음을 알 수 있다.

2. 톤급별 주파수 스펙트럼 비교 분석

Fig. 6은 선박의 크기가 다를 경우 중속 회전시의 주파수 스펙트럼을 비교하기 위하여 수심 5*m* 층에서의 10톤급 A선의 기관회전수 900*rpm*일 때와 14톤급 B선의 기관회전수 1000*rpm*일 때의 주파수 스펙트럼 분석 결과를 나타낸 것이다.

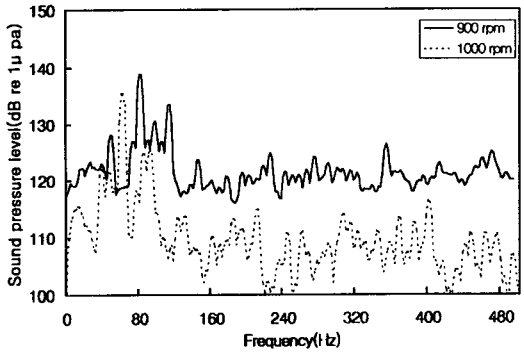

Fig. 6. Comparison of spectrum for the underwater noise emitted by two fishing boats respectively.
--- : Fishing boat(A), ··· : Fishing boat(B)

Fig. 6에서 A선은 10*Hz*～120*Hz* 범위에서 80*Hz*를 중심으로 高調波의 線스펙트럼 성분을 나타내었으며, 240*Hz*까지를 1주기로 하는 연속스펙트럼 성분을 나타내었고, 그 때의 스펙트럼 레벨을 평균 120*dB*, 최대 138*dB*을 나타내었다.

B선은 10*Hz*～160*Hz* 범위에서 70*Hz*를 중심으로 高調波의 線스펙트럼 성분을 나타내었으며, 역시 240*Hz*까지를 1주기로 하는 연속스펙트럼 성분을 나타내었고, 그 때의 스펙트럼 레벨은 평균 115*dB*, 최대 135*dB*로 A선보다 다소 낮은 경향을 나타내었다.

따라서, A선과 B선의 주파수 스펙트럼은 거의 같은 경향을 보이고 있음을 알 수 있었고, B선이 A선보다 약 40*Hz*정도 위상이 빠른 것을 알 수 있었다.

3. 동일규모 어선의 주파수 스펙트럼 비교 분석

Fig. 7은 동일한 크기의 어선인 경우 중속회전시의 주파수 스펙트럼을 비교하기 위하여 수심 5*m*층에서의 B선(14톤급)과 C선(14톤급)의 기관회전수를 모두 1000*rpm*으로 동일하게 회전시킨 경우의 주파수 스펙트럼 분석 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 7에서 B선과 C선은 모두 전 주파수대에 걸쳐 거의 비슷한 스펙트럼을 나타내었다. B선은 10*Hz*～160*Hz* 범위에서 70*Hz*를 중심으로 高調波의 線스펙트럼 성분을 나타내었으며, 고주파가 됨에 따라 스펙트럼 레벨은 다소 낮았으나 240*Hz*까

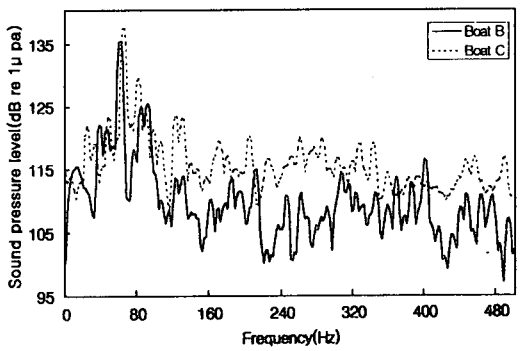

Fig. 7. Comparison of spectrum for the underwater noise emitted by two fishing boats of same size respectively.

지를 1주기로 하는 연속스펙트럼을 나타내었다. 또한, 스펙트럼 레벨은 B선에서는 평균 105dB, 최대 135dB을 나타내었고, C선은 평균 115dB, 최대 137dB로 B선보다 다소 높게 나타났다.

따라서, 선박의 크기가 같은 경우 주파수 스펙트럼은 거의 같은 패턴을 나타내나 스펙트럼 레벨은 다소 차이가 있음을 나타내었다. 이와 같은 원인은 기관의 상태나 기관의 거치 위치가 다소 다르기 때문이라 생각되고, 앞으로 이에 대한 면밀한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

요 약

소형어선의 기관 거치시의 안정상태를 어선 주변의 기관의 수중소음을 측정하여 점검할 수 있는 방안을 제시하기 위하여 1998년도에 건조된 10~14톤급 유자망어선을 대상으로 주기관의 회전수의 변화와 수층에 따른 수중소음을 측정하여 주파수 스펙트럼 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 10톤급 어선의 기관회전수를 750rpm, 900rpm, 1000rpm으로 변화시키면서 수중소음을 측정하여 스펙트럼 분석한 결과, 주파수 패턴은 거의 동일하였으나 스펙트럼 레벨은 주기관의 회전수가 증가함에 따라 높아짐을 알 수 있었다.

2. 10톤급 어선과 14톤급 어선의 기관회전수를 각각 900rpm과 1000rpm의 중속으로 회전시키면서 5m층에서 수중소음을 측정 분석한 결과, 스펙트럼 레벨은 10톤급 어선이 평균 120dB, 최대 138dB을, 14톤급 어선이 평균 115dB, 최대 135dB을 나타내어 14톤급 어선이 다소 낮은 경향을 나타내었다.

3. 2척의 14톤급 어선의 수중소음을 동일한 조건하에서 측정 분석한 결과, 주파수 스펙트럼은 거의 같은 패턴을 나타내었으나 스펙트럼 레벨은 다소 차이가 있음을 파악하였다. 이는 기관의 거치 상태가 그 요인중의 하나라는 것을 확인할 수 있었다.

사 사

본 연구를 수행함에 있어 물심양면으로 도와주신 삼창 FRP조선소 김희병사장님과 유상준전무님께 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

1. Perrone, A.J.(1970) : Ambient Noise Levels as a Function of Water Depth, J. Acoust. Soc. Am., 48, 350~370.
2. 五十嵐壽一, 西宮元(1972) : 航空機騷音の計測と評價, 日本音響學會誌, 28(4), 194~206.
3. 高城元(1978) : 超音波技術便覽, 新日本印刷株式會社, 東京, 629~647.
4. 山良己, 石井寬(1980) : 水中衝擊音の分析について, 水工研 2, 11~29.
5. Urick, Robert J.(1983) : Principle of underwater sound, McGraw-Hill, 328~343.
6. 久俣敏, 山田敏夫(1983) : 沿岸漁船の騷音計測結果について, 水工研 4, 57~60.
7. 久俣敏(1983) : FRP漁船の制振材の選定について, 水工研 4, 107~113.
8. 久俣敏(1986) : 沿岸漁船の騷音について, 水工研 7, 79~85.
9. 鈴木裕, 濱田悅之, 齊藤清隆, 間庭愛信, 白井靖幸(1988) : 船の發生する水中音と海中生物への影響, 日水誌 63 , 25~31.
10. Chung, Y.J., Matuno, Y., Fujieda, S. and Y. Yamanaka(1995) : The underwater noise emitted by fishing boats, Nippon suisan gakkaishi 61(4), 553~560.
11. Fujieda, Y., Inamodo, T., Yamanaka, Y. and Y. Matuno(1998) : Interference of underwater noise emitted by cruising vessel, Nippon suisan gakkaishi, 61(1), 48~55.