

선박의 소음이 수중생물체에 미치는 영향성 연구

A Study on Effects of Underwater Noise from Vessels on Marine Organism

이상구† · 이철원‡ · 진병무* · 황상진**

Sang-Gu Lee, Cheol-Won Lee, Byung-Mu Jin and Sang-Jin Hwang

1. 서 론

산업기술이 발달함에 따라, 자원확보 및 운송을 위해 해양으로 진출하는 사례가 증가하고 있으며, 이러한 선박 등에서 발생하는 탑재장비나 시스템에 대한 소음은 수중에 직접적으로 방사되고 있다. 언론에 따르면 수중 포유류의 개체수 감소나 청어떼의 집단 폐사 등이 수중소음에 의한 영향으로 추정되고 있으며, 고래들의 좌초(Stranding)현상 또한 인위적 소음으로 인한 방향감각 상실 때문이라고 주장하는 학자들도 있다. 미국의 천연자원보호협회(Natural Resources Defense Council, NRDC)에 따르면 인위적인 수중소음이 해양 생물의 장기적인 행동변화에 영향을 미치며 서식지 및 이동경로(어로)를 변경함에 따른 환경변화는 생존의 위협요소가 될 수 있다고 한다. 이러한 변화를 방지하기 위해서는 선박 등에서 발생하는 수중소음의 수준 및 원인분석이 필요하며 나아가 수중생물체에 미치는 영향에 대한 기초 연구의 진행 또한 필요하게 된다.

2. 수중생물의 감음

국내연구는 2006년 KSNVE에서 수중소음이 어류에 미치는 영향에 대한 논문이 발표⁽¹⁾되었으며, 준설선, 슈트파일 작업 및 수중발파 등에 의한 어류의 피해범위 및 음원준위를 제시하였다. 수중포유류나 주요 어종의 소음감응과 관련된 자료는 유럽에서 많은 시험 및 연구를 통해 정리된 자료 조사를 토대로 본 연구에서 인용하였다. 소음감응이란 수중생물체가 소음을 인지하는 최소수준을 나타낸 음향수준이며, 2006년 USOWC에서 조사한 내용을 인용하였으며, 수중생물의 감음수준(Hearing Threshold Sound

Level, dB_{HL})을 기준으로 90 dB_{HL}일 경우 50%, 98 dB_{HL}에서는 약 80%가 인지반응을 보였음을 확인하였고, 70 dB_{HL}에서는 민감한 극소수만 반응을 보인 것으로 보고된다.

3. 수치해석 및 고찰

추진기 소음의 추정은 SNAME에서 추정하는 추진기 소음은 Tip Vortex Cavitation 등이 발생한 조건의 스펙트럼을 가정하므로 비공동속력 조건을 위한 보정을 하더라도 패턴에 Tonal 성분이 포함되게 된다. 이러한 특성을 없애기 위해 Brown의 경험식을 사용하였으나, 비공동 조건으로 주파수별 보정을 하였으므로 변형된 Brown식을 적용하였다고 볼 수 있으며, 추진기에 대한 캐비테이션 수준별 소음 추정값은 Fig 1과 같다. 탑재장비에 대한 소음은 탄성 마운트를 통해 장비 받침대 및 선체구조물로 전달되며, 그 과정에서 에너지 손실이 발생하게 된다. 본 연구에서는 SNAME에 제시된 수식을 적용하였으며, 추정된 갑판상부 소음수준은 통계적 에너지해석법(Statistical Energy Analysis)을 통해 외판에 전달된 자유가속도 값을 추정하였다. 수중방사소음 해석은 선체외판으로 전달된 자유가속도에 대해 진동레벨과 소음의 발생 정도를 의미하는 음향방사효율을 이용하여 수중에 방사되는 소음레벨을 구하게 되며, 판의 방사효율은 Hattori에 의한 실험식⁽²⁾을 사용하였다. 선박의 탑재장비별 수중방사소음에 대한 기여도를 추정하였으며, 일반적인 보기류 장비는 엔진과 같은 주추진 장비에 비해 상대적으로 기여도가 낮은 편이다. 그러나, 주추진 장비보다는 비공동 속력으로 추정한 추진기의 기여도가 가장 크다는 것을 알 수 있으며, 공동속력 이상에서는 기하급수적으로 소음이 증가할 것을 추정할 수 있다.

선박의 수중방사소음 해석결과를 토대로 수중 포유류별 음향감응 수준을 비교하였으며, 앞서 언급한

† 교신저자; 이상구, 대우조선해양(주) 중앙연구원
E-mail : god0239@dsme.co.kr
Tel : 055-735-5969, Fax : 055-735-1332
‡ 발표자; 이철원, 대우조선해양(주) 중앙연구원
* 부산대학교 / ** 엔에스텍(주)

수중 생물체의 영향이 최소화되는 70 dB_{ht}를 기준으로 거리보정을 하였다. 본 논문에서 사용된 거리보정은 단순히 Cylindrical spreading로 가정하여 전달손실⁽³⁾을 추정하였으며, Near field Lloyd-Mirror 패턴이나 Acoustic Propagation은 고려하지 않았다.

표 2 Prediction of permissive approach distance from marine animals

Item	Harbor Porpoise	Striped Dolphin	Bottlenose Dolphin
dB _{ht}	100	96	81
Distance [m]	914	364	12

주요 어종에 대한 음향감응 수준을 해석결과와 비교하였으며, 70 dB_{ht}를 기준으로 선박이 접근할 수 있는 거리에 대해 전달손실을 감안하여 추정하였다.

Table 3 Prediction of permissive approach distance from marine finfish

Item	Tautog	Bass	Cod	Salmon
dB _{ht}	72	62	76	59
Distance [m]	1.4	-	3.6	-

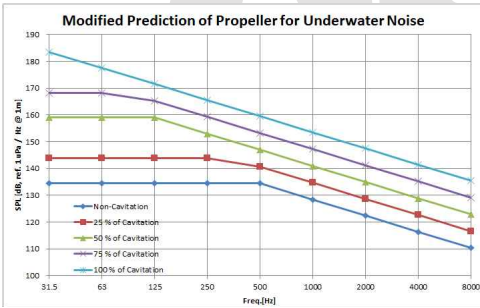


Fig 1 Modified prediction of Propeller for URN

4. 결 론

본 연구에서는 선박의 운항에 따라 발생하는 인위적인 소음이 수중 생물체에 미치는 영향을 검토하였다. 해석결과를 토대로 수중 생물에 미치는 영향을 최소화하기 위한 선박의 접근 가능거리를 추정하였다. 선박의 수중방사소음 기여도를 분석한 결과, 비공동 영역이더라도 추진기에 대한 영향이 가장 큰 것으로 판단되며 수중 생물체의 서식지에서 약 1 km이상의 거리를 두고 운항할 경우 수중소음에 대한 영향이 최소화 될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 감안할 때 다음과 같은 결론을 얻을

수 있다. 일반적인 선박의 경우, 탑재장비에 대한 소음감소의 노력보다는 추진기에 대한 소음통제가 더 중요하다. 수중 생물체의 서식지에서 최소 1 km 이상 떨어진 항로의 운항이 필요하며, 선박의 운항 속력은 추진기의 비공동소음 영역에서 운항되어야 한다. 본 연구는 현상에 대한 정성적인 검증으로 진행되었으며, 보다 정확한 판단의 기준 제시를 위해서는 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

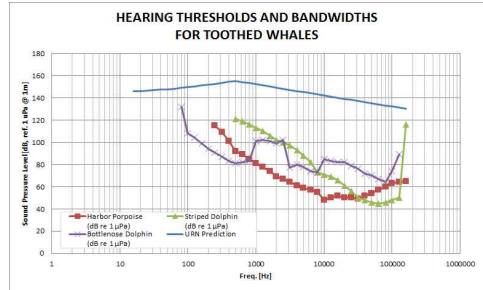


Fig 2 Comparison of the URN in prediction result and dB_{ht} of marine animals

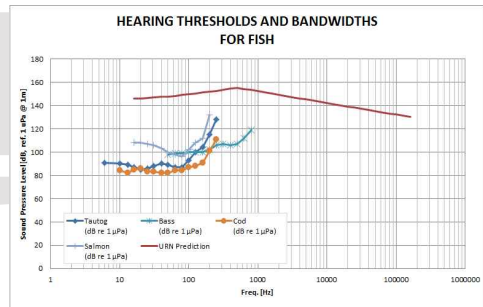


Fig 3 Comparison of the URN in prediction result and dB_{ht} of marine finfish

참 고 문 헌

- (1) J.ong Rak Yoon, Seongwook Lee, Soo Yong Ahn, Ji Hyun Park, Jong Woo Bea and Myung Seog Ahn, 2006, Effects of Underwater Noise on Fishes of the KSNVE, 06A-21-02
- (2) K. Hattori, K. Nakamachi, and M. Sanada, 1985. "Prediction of Underwater Sound Radiated from Ship's Hull by using Statistical Energy Analysis", Internoise '85, Munich
- (3) Robert J. Urick, 1996, Principles of Underwater Sound 3rd Edition, pp. 99~111.