

## 수변공사 충격음의 어류에 미치는 영향

### Exposure Criteria of Impulse Noise of Waterfront Construction Site on Fish

°배종우, 박지현\*, 윤종락

부경대학교 음향진동공학과, \*부경대학교 음향진동공학연구소

#### 서 론

선박소음, 해저탐사장치용 air gun, 소나, 수중폭발음, 항타 소음 등의 인위적인 수중 소음원에 의해 해양포유류나 어류 등의 수서생물의 청각이나 조직에 해로운 영향을 줄 수 있다는 사실이 부각되고 있다. 어류의 청감에 대한 연구는 금붕어, 역돔, 메기, 블루길 등을 대상으로 수중소음 노출후의 청감의 일시적 변화, 영구적 변화에 대한 연구가 있고, 해상 풍력발전기 건설공사중의 파일 항타 소음에 의한 연어의 행동반응, 섬모세포의 손상에 관한연구가 있으며, 수중폭발음에 의한 어류의 크기별 노출소음도에 따른 손상도에 관한 연구가 있다.

연속적인 수중 소음의 경우 소음준위가 어류의 청감 문턱치 보다 90dB 이상일때, 도피 등의 강한 행동반응이 일어난다는 연구보고가 있으며, 충격파인 경우 유효치 음원준위가 190 dB/uPa 이상에서 물개류는 일시적인 청각손상을 입게 되고, 고래는 180 dB/uPa 이상인 경우 일시적 청각손상이 발생된다는 연구보고가 있다.

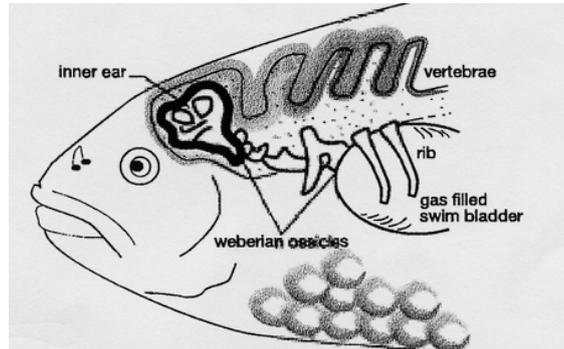


그림 1 경골어류의 귀의 구조

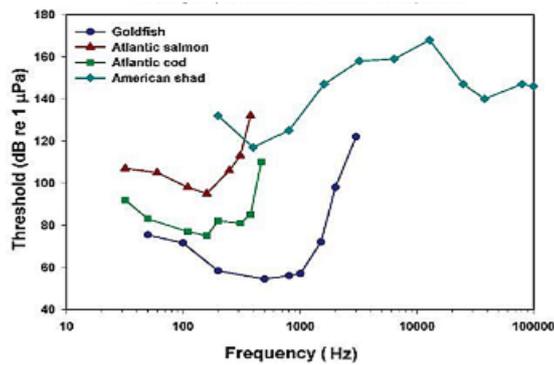


그림 2 어류의 청감 역치

그림 1은 부레가 발달한 경골어류의 청각기관이며 그림 2는 ABR(Auditory Brain Stem Response: 청각뇌간반응)로 측정된 다양한 어류의 청감 문턱치가 제시되어 있다. 100Hz~2000Hz 범위에서 대부분의 어류가 음 반응을 갖고 인간의 청감에 비해 약 40dB 둔한 감도를 보인다.

본 연구에서는 다양한 수변공사 중 특히 최근 부각되고 있는 4대강 정비 공사나 연안의 각종 공사 시에 수반되는 발파, 파일 향타, 쇄암봉 등에 의해 발생하는 수중 충격음을 측정하여 어류에 미치는 영향을 최근에 제안되고 있는 국외의 충격음의 규제 기준과 비교하여 평가하고자 한다.

### 수중 충격음의 평가량 및 규제

어류에 미치는 영향을 평가하기 위한 충격음의 특성은 최대치 음압, 총에너지 밀도  $E$  노출소음도  $SEL$ (Sound Exposure Level)로 평가된다.

충격음의 총에너지 밀도  $E$ 는 식(1)로 정의되며, 총에너지 밀도 준위  $EL$ 은 식(2), 에너지의

시간에 따른 노출소음 준위  $SEL$ 은 식(3)으로 정의된다.

$$E = \int_0^{\infty} \frac{p^2(t)}{\rho c} dt \quad (\text{J/m}^2) \quad (1)$$

$$EL = 10 \log_{10} \left( \frac{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}{P_{ref}^2 T_{ref}} \right) \quad (2)$$

$$SEL = 10 \log_{10} \left( \frac{\int_0^t p^2(t) dt}{P_{ref}^2 T_{ref}} \right) \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

여기서,  $P_{ref}^2 = (1 \mu Pa)^2$ ,  $T_{ref} = 1 s$ 이다.

식(1)과 (2)는 충격파의 총에너지를 평가하는데 적용되며 식(3)의  $SEL$ 은 1초간의 준위로 정규화되어 있으므로 충격음의 지속시간, 최대음압 및 파형이 서로 다른 다양한 충격음의 영향을 평가하는데 사용된다. 시간에 따라 변화하는 음에 대한 등가소음도  $L_q$ 가 인간에게 적용되는 것과 마찬가지로이다.

### 발파, 파일항타 및 쇄암봉에 의한 수중 충격음 측정 및 평가

그림 3은 2006년 4월 18일과 4월 25일에 측정한 부산항 수중발파에 의한 충격파 측정 파형이며, 표 1은 측정 환경 및 특성이다. 그림 4는 2007년 4월 11일과 4월 19일에 측정된 낙동강 교각 공사중의 철재 원형 파일 항타 충격의 시간 파형이며, 표2는 충격파의 특징이다. 그림 5는 2006년 8월 7일에 동해 인근 해역에서 측정된 쇄암봉 충격파이이며, 표3은 측정환경 및 특성이다.

측정 결과로부터 어류의 피해 영향 범위를 계산하면 표4와 같다.

표 1 수중발파 충격파 측정환경 및 특성

해저지반특징	안산암
폭약량(Kg)	150
천공수(개)	20 (천공깊이:약3m, 간격:약 3m)
측정거리(m)	250
지속시간(ms)	400
최대음압(dB/uPa)	197
SEL(dB/uPa <sup>2</sup> -s)	227

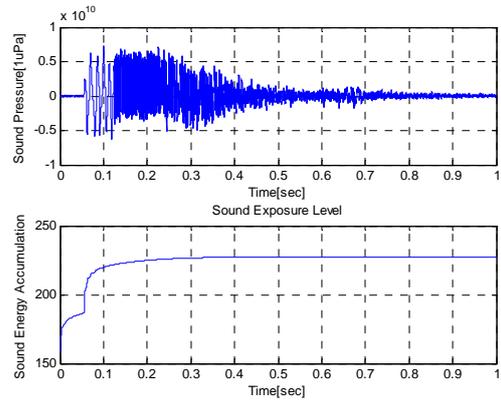


그림 3 부산항 수중 발파 충격파

표 2 파일항타 충격파 측정환경 및 특성

항타햄머무게 (ton)	15
항타파일재질	철재(직경 0.8m)
측정거리(m)	10
지속시간(ms)	100
최대치음압(dB/uPa)	200
SEL(dB/uPa <sup>2</sup> -s)	223

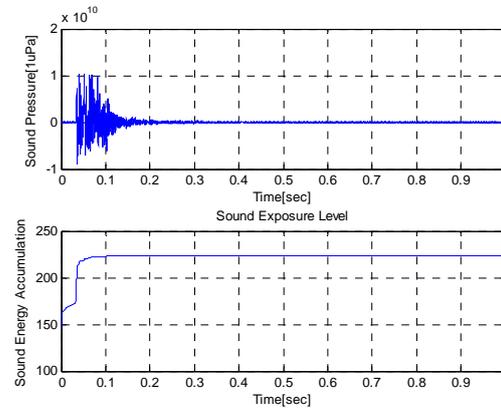


그림 4 낙동강 철재원형 파일 항타 충격파

표 3 쇄암봉에 충격파 측정환경 및 특성

쇄암봉 무게 (ton)	45
측정거리(m)	100
지속시간(ms)	200
최대치(dB/uPa)	164
SEL(dB/uPa <sup>2</sup> -s)	190

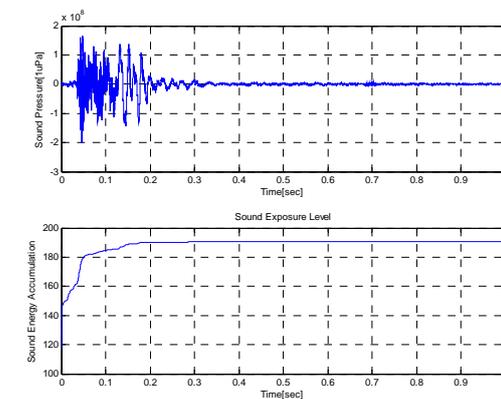


그림 5 동해안 쇄암봉 충격파

표 4 어류의 무게에 따른 피해영향범위m

어류의 무게(g)	1	10	100	1000
부산항 수중발파	31,000m	7,900m	1,800m	1,250m
낙동강 교각 공사파일항타	800m	200m	45m	30m
동해안 쇄암봉작업	320	-	-	-

## 결과

본 논문에서는 기존의 연구결과를 토대로 해양포유류나 어류 등의 수서생물의 피해 영향범위를 결정하기 위해 파일 향타, 쇄암봉 향타 및 수중발파 소음 등의 특성을 해석하고 어류의 소음 진동에 대한 행동반응특성을 조사하였다.

쇄암봉의 경우, 직접적인 피해범위는 1g의 수서생물일 경우 쇄암봉 중심 위치로부터 약 320m까지이고, 수중 발파의 경우, 직접적인 피해범위는 1g의 수서생물일 경우의 영향 범위는 약 31Km까지이다. 파일 향타의 경우 직접적인 피해범위는 1g의 수서생물일 경우의 영향 범위는 약 800m이다.

## 결론

본 논문에서는 수중소음이 어류에 미치는 피해 영향 범위를 추정하였다. 수중에서 충격음이 발생할 경우 해양포유류나 어류 등의 수서생물의 청각이나 조직에 해로운 영향을 준다는 것을 확인하였다. 피해 영향범위의 추정 시 충격음의 최대 음압과 SEL, 지속 시간에 따른 분석이 요구되며, 어류의 경우 각 개체의 무게에 따라 그 영향범위가 달라지는 것을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- M. C. Hastings et al, "Effects of Sound on Fish," California DOT Contract No. 43A0139, 2005.
- R. P. Hamernik and K. D. Hsueh, Impulse noise: Some definitions, physical acoustics and other considerations, J. Acoust. Soc. Am., 90(1), 1991. pp189~196.
- Urlick, R.J. 1983, Principle of underwater sound, Peninsula Publishing.
- A.N. Popper et al. "Effects of exposure to seismic airgun use on hearing of three fish species," J. Acoust. Soc. Am., 117(6), 2005. pp3958~3971.
- 부경대학교 해양과학공동연구소 서산비축기지 입출하 부두건설공사에 따른 어업피해 조사 용역최종보고서 , pp.63-74, pp. 533-555, 2006. 03.
- 경상대학교 해양과학대학 해양산업연구소 안정국가 산업단지 개발사업에 따른 어업피해 조사연구 용역, 2001. 04. pp.435-486, pp.502-514
- 부경대학교 해양과학공동연구소 부산 신항 비상항로 준설(암초제거)공사에 따른 어업 피해영향조사보고서, 2005.12., pp193-213