

Decoupler를 이용한 구조전달소음 차단 연구

홍진숙, 신구균, 전재진
(국방과학연구소)

1. 서론

일반적으로 진동에 의한 구조전달소음을 감소하기 위하여 이용하는 감쇠재는 flexural wave에 의한 구조전달소음 제어에 효과적이지만 longitudinal wave에 의한 것은 그렇지 못하다. 또한 감쇠재를 이용할 경우는 소음원에서 수신점간의 거리가 상당히 떨어져 있을 때 매우 효과적이지만, 작은 구조물에서는 큰 감소 효과를 얻을 수 없다. 그러므로 어뢰와 같은 수중유도무기체계의 쉘 구조에서 전파거리에 따른 감소가 매우 작으므로 추진 기계류에서 발생하는 구조전달소음원이 음향센서의 자체소음화되는 것을 감소하기 위해서는 이에 대한 차단이 필요하다. 구조물을 따라 진동이 전파될 때 임피던스가 다른 부분을 만나면 경계면에서 파동의 반사가 일어나 투과 손실이 발생하여 전달되는 구조전달소음은 감소한다. 구조전달소음을 감소시키기 위하여 임피던스

변화를 주는 방법으로는 재질이 다른 부재를 연결하는 방법, 단면적 또는 두께가 다른 부재를 연결하거나 "L", "I", "T"형태로 부재를 연결하여 소음의 전파방향을 바꾸거나 분기시키는 방법이 있다.[1] 그러나 이런 방법들은 현실적으로 수중유도무기체계에 적용하기가 어렵고, 큰 효과 또한 기대하기 어렵다.

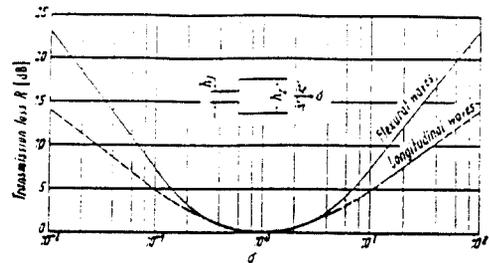


Fig.1 단면적 변화에 의한 구조전달소음 감소[1]

본 논문에서는 임피던스 차이를 이용하여 소음전달경로를 차단하기 위한 decoupler의

원리를 단순 모델을 이용하여 구하고 실제 모델에 적용하여 재질에 따른 구조전달소음 차단 효과를 규명하였다.

2. 단순모델해석

Decoupler의 소음 차단 원리를 알아보기 위하여 수중유도무기체계의 두부를 Fig.2와 같이 두 개의 층(layer)으로 이루어진 구조로 단순화하여 수중에 존재하는 소음원과 몸체에서 전달되는 진동에 의한 소음원으로 나누어 decoupler의 효과를 검토하였다. Fig.2의 재질은 Table 1에 주어져 있다.

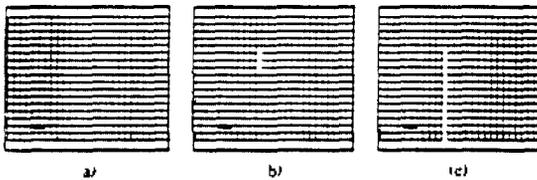
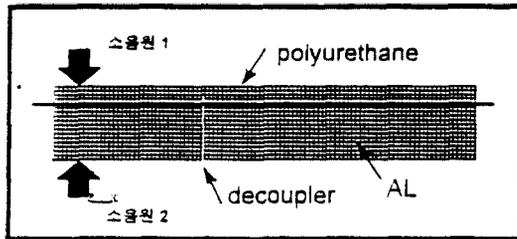


Fig.2 단순 유한 요소 모델

- (a) decoupler가 없는 경우
- (b) 일부에 decoupler가 있는 경우
- (c) 전단면에 decoupler가 있는 경우

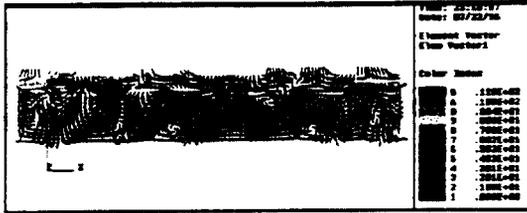
Decoupler의 성능을 해석하기 위해 접수 영향을 고려하기 위한 FEM/BEM의 결합 해석을 개발하여[2,3] 각 소음원들에 의한 모델 내부의 에너지 흐름을 계산하였다[4]. 본 논문에서는 FEM package로 MSC/ NASTRAN, BEM으로 SYSNOISE를 이용하였다.

Table 1. 단순모델의 물성치

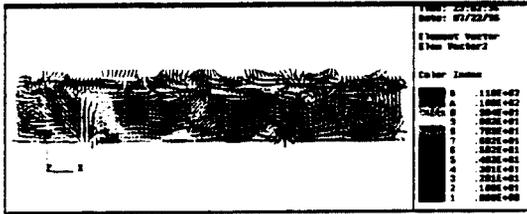
재료명	영계수 (GPa)	밀도 (kg/m ³)	프와송비
알루미늄	70.3	2700	0.345
폴리우레탄	2.38	1008	0.4
Decoupler (코르크)	0.03	250	0.38

Fig.3은 decoupler가 없을 때 각 소음원에 의한 에너지 흐름을 보여주고 있다. 이 그림으로부터 폴리우레탄을 가진 경우 에너지의 전파는 매우 미약하며 알루미늄으로는 임피던스 차이로 인하여 거의 투과하지 못함을 볼 수 있어 decoupler는 몸체를 타고 전달되어온 소음을 차단하는데 이용하는 것이 유용함을 알 수 있다. Fig.4에서는 알루미늄면, 즉 몸체를 타고 오는 진동을 차단하기 위하여 decoupler를 적용하여 삽입된 크기에 따른 구조전달소음 차단 특성 변화를 계산한 결과이다. Fig.4에서 전단면에 걸친 삽입이 이루어져야 효과적임을 알

수 있다.

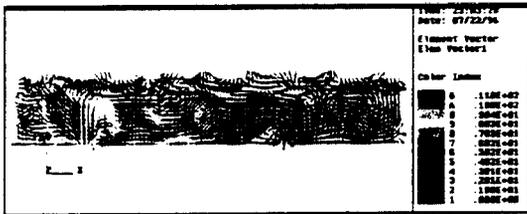


(a) 소음원 1

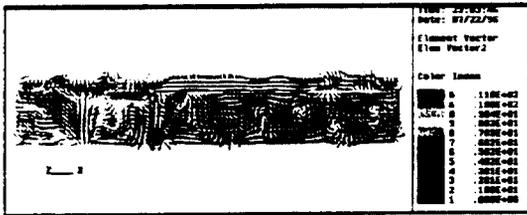


(b) 소음원 2

Fig.3 단순모델 내부의 에너지 흐름



(a) Decoupler가 일부 적용되었을 때



(b) Decoupler가 전단면에 적용되었을 때

Fig.4 Decoupler 적용에 따른 에너지 흐름 변화

단순 해석 모델을 이용하여 구조전달소음을 차단하기 위해서는 전단면에 걸친 decoupler의 적용이 이루어져야한다는 것을

알 수 있어 실제 모델의 알루미늄부 전단면에 decoupler를 적용하였다.

3. 확대칭 실제 모델

Fig.5와 같은 실제 모델에 대하여 decoupler의 재료를 Table 2와 같이 변화시키면서 구조전달소음에 의한 진동 수준 변화를 살펴보았다. 실제 모델에 대하여 MSC/NASTRAN의 확대칭 요소인 CTRIX6를 이용하여 절점 간격이 2 mm를 초과 하지 않게 모델링하였다.

본 확대칭 모델은 수중유도무기체계의 음향 탐지부를 간략화한 것으로 음향센서가 가장 민감한 축방향 진동에 대하여 주로 검토 하였다. Fig.6-9에서 그 결과를 보여 주고 있다.

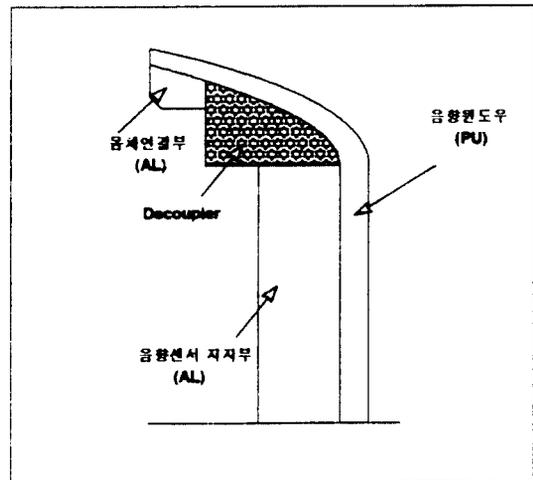


Fig.5 Decoupler 적용 실제 확대칭 모델

Table 2. Decoupler의 물성치

재료명	영계수 (Gpa)	밀도 (kg/m ³)	프와송 비	임피던스 (Mrayl)
니켈	210	2700	0.345	51.5
폴리우레탄	2.38	1008	0.4	1.6
Carbon-Fiber	15.5	1700	0.255	5.13

Fig.6은 저주파 영역의 진동이 전달되어올 때에 대한 해석으로 decoupler의 재질이 연약할수록 진동은 잘 전달됨을 볼 수 있다. 이는 파장에 비해 차단을 위해 삽입한 decoupler가 적용된 영역이 작아 오히려 전체적으로 강성이 저하되어 진동 수준이 크게 되기 때문이다. Fig.7,8,9로 주파수가 증가하면서 decoupler의 재질이 연약할수록 즉, 임피던스가 음향학적으로 soft할수록 차단효과가 증가함을 볼 수 있다. 이들 그림으로부터 decoupler를 이용한 구조전달소음의 감소는 고주파수에 유용한 방법임을 알 수 있다.

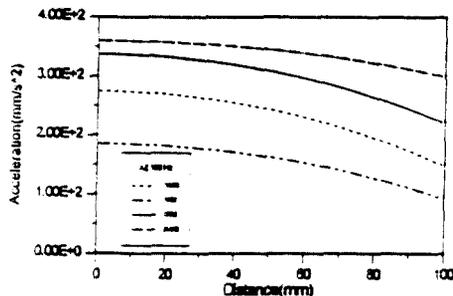


Fig.6 중심축에서 떨어진 거리에 따른 축방향 진동수준(0.001 N, 100 Hz)

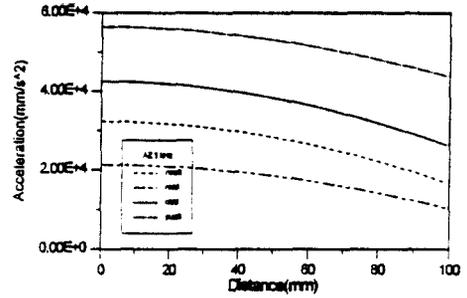


Fig.7 중심축에서 떨어진 거리에 따른 축방향 진동수준(0.001 N, 1 kHz)

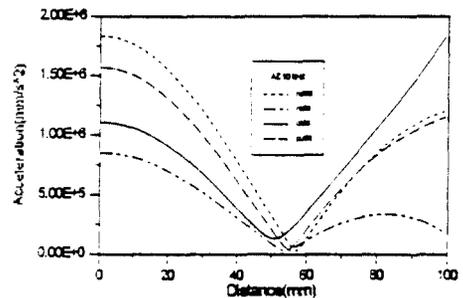


Fig.8 중심축에서 떨어진 거리에 따른 축방향 진동수준(0.001 N, 10 kHz)

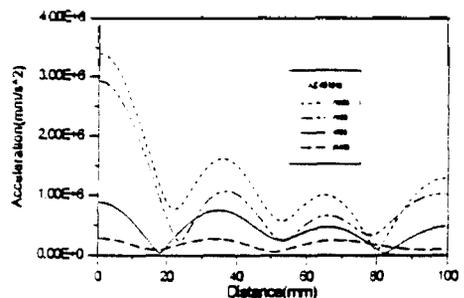


Fig.9 중심축에서 떨어진 거리에 따른 축방향 진동수준(0.001 N, 40 kHz)

4. 결 론

구조전달소음 감소를 위하여 부재사이에 삽입하는 decoupler에 대하여 수치해석적인 모델을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Decoupler에 의한 차단 효과는 고주파 영역에서 나타나며, 저주파 영역에서는 오히려 나쁜 영향을 끼친다.
- 2) Decoupler의 음향 임피던스가 원 부재의 임피던스보다 작을수록 고주파 영역에서 차단 효과가 뛰어나나, 강도면을 반드시 고려하여 선택하여야 한다.
- 3) 니켈의 경우나 carbon-fiber 경우나 반사계수의 절대값은 비슷하지만 경계면에서 반사될 때 위상의 변화가 반대로 일어나기 때문에 임피던스가 작을 경우 더 좋은 결과를 얻을 수 있다.
- 4) 저주파 영역에서의 구조전달소음 차단을 위해서는 임피던스가 큰 재질을 decoupler로 이용하면 효과적이다.

참고문헌

1. L. Cremer and M. Heckl, *Structure-Borne Sound*, Spring-Verlag, 1972.
2. 홍진숙, 범용 package를 이용한 구조-유체 상호 작용 해석, 국방과학연구소, NWSD-513-960647, 1996.
3. 홍진숙, 신구균, **SYSNOISE Influence Matrix**의 활용 및 유용성 고찰”, 제1회

SYSNOISE 사용자 학술대회, p111-126, 1995.

4. S. A. Hambric, "Power flow and mechanical intensity calculations in structural finite element analysis", *Transaction of ASME, J. of Vib. And Acoustics*, Vol.112,p542-549, 1990.