

방음벽 끝단 형상 변화에 따른 회절 소음 저감에 대한 수치적 연구

A Numerical Study on Reduction of Diffracted Acoustic Noise by Noise barriers with various end shapes

박이선* · 김철진* · 손채훈† · 이상준**

I Sun Park, Chul Jin Kim, Chae Hoon Sohn, and Sang Jun Lee

1. 서 론

경제 성장으로 인하여 차량의 증가와 신설 도로의 확충으로 주거 지역에서의 교통소음의 문제가 심각한 환경 문제가 되고 있다. 이러한 소음의 효과적인 저감 방법으로는 소음원을 제거 하는 방법이 있으나, 기술적인 문제로 인하여 사실상 어렵다고 할 수 있다. 그러므로 방음벽을 사용하여 소음이 전달되는 경로를 차단하는 방법이 사용되고 있다. 방음벽은 높이가 높을수록 소음 감쇠(차단) 효과가 크며, 방음벽 상단부의 형태에 따라 방음벽 효과를 증대 시킬 수 있다. 본 연구에서는 500 Hz 미만의 저주파 소음이 많이 발생하는 공사장 소음의 저감을 위해서 방음벽 상단부의 다양한 형상에 따른 회절 소음 저감에 대해 연구하였다.

2. 방음벽 형상 설계 및 해석 방법

2.1 방음벽 형상 설계

방음벽의 길이가 길면 길수록 프레셀 수(Fresnel number)가 커져서 회절 소음의 감쇠 효과가 커지기 때문에 방음벽 A형과 같이 기준 방음벽의 높이를 2.65 m로 정하였다. 방음벽 상단의 형태를 변경시킬 때에도 높이는 항상 2.65 m가 되도록 하였다. 형상은 아래와 같은 5개 형태로 설계하여 Fig. 1에 나타내었다.

B형은 현재 우수한 회절소음 감쇠 효과가 있는 형태로 알려진 것으로서 원형에 가까우며, 현재 기술 수준에서 회절 소음 감쇠의 기준으로 삼았다. C형부터는 본 연구에서 회절 소음 저감방안을 적용한 형태로, C형은 소음의 역 위상을 이용하여 회절 소음을 감쇠하도록 설계하였고, 감쇠하고자 하는 소음의 주파수와 설계한 끝단 형상의 길이에 영향이 있다. D형에는 방음벽 상단을 통과하는 소음의 회절이 가급적 많이 되도록 슬릿을 설계하여 유도하였기 때문에, 소음이

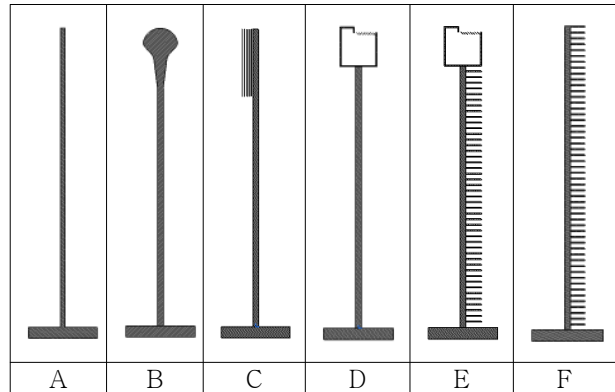


Fig. 1 Various end shapes of noise barriers

방음벽 상단 끝을 벗어났을때 회절을 최소화할수 있는 형태이다. 방음벽 상단 끝에 여러 개의 슬릿을 음파가 통과하여 회절 소음은 더욱 잘 회절이 되어 저감될 수 있도록 설계하였다. E, F 형태는 D형태에 방음벽 뒷 부분에서의 회절된 소음과 지면에서 반사된 소음이 서로 간섭을 일으켜 상쇄가 되도록 설계된 형태이다.

2.2 해석 방법

본 연구에서는 연속방정식과 운동량 방정식, 즉 Navier-Stokes 방정식의 풀이를 통해 음향파의 거동을 모사하였다. 수치해석적인 방법으로 Navier-Stokes 방정식의 해를 구하였다. 해석에 적용된 난류 모델은 LES(Large Eddy Simulation)모델을 채택하였다. 해석에 사용된 격자계 및 경계조건은 Fig. 2에 나타내었다. 격자수는 약 10만 개

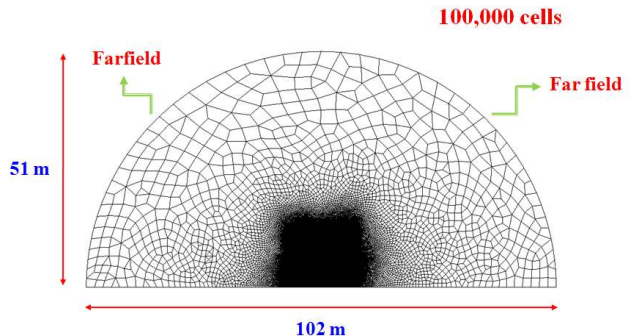


Fig. 2 Computational grids and boundary conditions

† 교신저자; 세종대학교 기계항공우주공학부
E-mail : chsohn@sejong.ac.kr
Tel : (02) 3408-3788 Fax : (02) 3408-4333

* 세종대학교 일반대학원 기계공학과

** GS건설 기술연구소 신도시건축연구팀

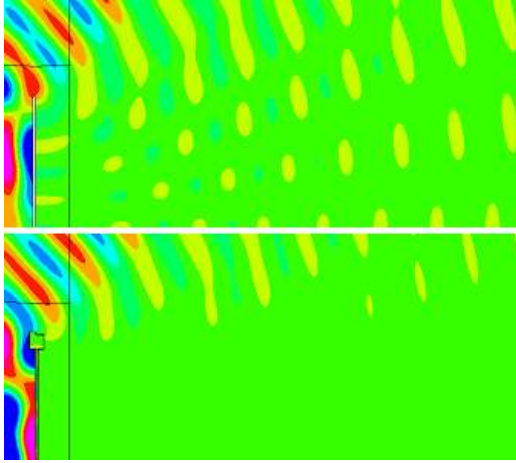


Fig. 3 Sound pressure fields (A, B type)

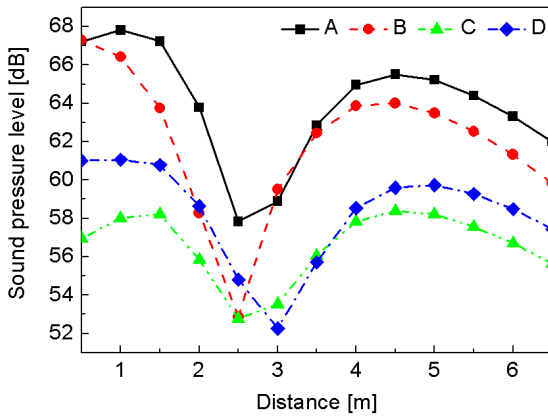


Fig. 4 Sound pressure levels for noise barriers with various shapes (sine wave of 300 Hz excited)

로 격자수가 더욱 증가하여도 해의 변화가 없음을 확인하였다. 소음원으로는 정현파(sine wave) 또는 필터된 백색잡음(white noise)을 사용하였다.

3. 결과 및 논의

3.1 특정 저주파 회절 소음 저감 효과

Fig. 3은 300 Hz의 정현파(sine wave)를 시간에 따라 지속적으로 가진하여 동일한 시간에 방음벽 끝단에서 음파의 회절 현상을 가시적으로 나타낸 그림으로 일반 방음벽 A형보다 회절 소음 저감방안이 적용된 방음벽 C형의 효과가 탁월함을 알 수 있다. Fig. 4는 Fig. 3에 나타낸 수치해석 결과를 토대로 거리에 따른 회절 소음의 저감 효과를 나타낸 그래프이다. 회절 소음 저감 효과가 있다고 알려진 B형의 방음벽도 300 Hz 이하의 저주파 회절 소음 저감에는 효과가 거의 없는 것을 알 수 있다. C형의 방음벽 끝단 부분은 300 Hz의 저주파 소음을 저감할 수 있도록 소음의 전달 경로를 1과장(1.12 m)의 차이를 갖도록 음향학적으로 설계

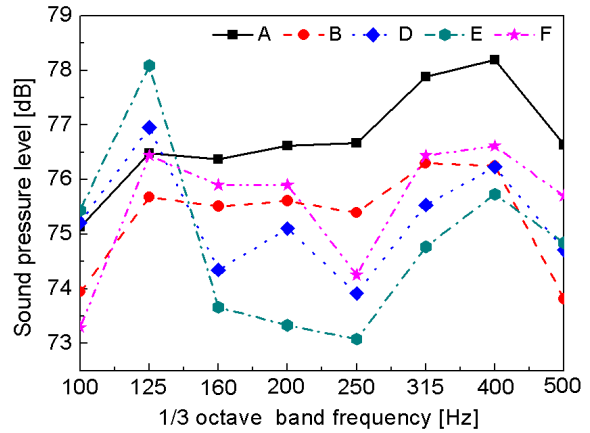


Fig. 5 Sound pressure levels for noise barriers with various shapes (white noises of 88 ~ 565 Hz excited)

한 결과, C형 방음벽의 효과가 특정 주파수대역의 회절 소음 저감 효과가 가장 크게 나타났다.

3.2 광대역 저주파 회절 소음 저감 효과

88 ~ 565 Hz 대역의 백색 잡음을 지속적으로 가진하고, 그 결과를 1/3 옥타브 밴드 분석을 하여서, Fig. 5에 나타내었다. 그 결과 특정 주파수 대역에서 가장 큰 효과를 보인 C형은 500 Hz 이하의 전체 소음 저감에는 크게 효과가 없고, 방음벽 끝단에서 회절되는 음파를 슬릿을 통해 최대한 음파를 회절시키고, 방음벽 끝단에서 소음이 벗어날 때는 회절되는 소음을 최소로 줄일 수 있도록 설계한 D형의 방음벽이 500Hz 이하의 회절 소음 저감의 주요 효과를 갖는 것을 알 수 있었다. 방음벽 뒷 부분의 회절된 소음과 지면에서 반사되는 소음의 보강 간섭 효과를 교란 시키는 방음벽 F형의 효과가 더해져서 방음벽 E형의 효과가 가장 크게 나타남을 알 수가 있었다.

4. 결론

방음벽 끝단에서 소음의 위상차가 서로 반대가 되도록 방음벽 상단부를 음향학적으로 설계함으로써, 특정 주파수 대역의 회절 소음을 효과적으로 저감시킬 수 있었다. 500 Hz 이하의 광대역 저주파 소음을 저감시키기 위해서는 회절된 소음의 음향 에너지를 감소 시켜 주거나, 방음벽 뒷 면에서 회절된 소음이 상쇄 간섭이 일어날 수 있게 음향학적으로 설계하여야 함을 알았다.

후 기

이 논문은 2008년도 GS건설의 지원을 받아 연구되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.