

소음방지기술의 현황과 효과한계

은 희 준

(한국표준과학연구원)

1. 서 론

소음방지 대책은 그 효과의 순서에 따라 소음원 대책과 진행소음 대책으로 나눌 수 있다. 소음원 대책이 소음방지 효과를 극대화 할수 있는 바람직한 방법인 것은 사실이다. 현대 사회의 환경소음의 주범인 자동차만 하더라도 그 소음을 줄이기 위하여 선진 각국은 지난 20여년간 부단히 노력해 왔으며, 이 노력은 앞으로도 계속될 전망이다. 그러나 이러한 소음원 대책에는 그에 의한 사회경제적 이득과 그를 달성하기 위한 비용사이에 분기점이 존재하게 마련이다. 뿐만아니라 많은 경우에 소음발생은 비용문제를 떠나서 필연적이기도 하다. 이러한 이유로 환경소음 방지 정책에서는 소음원 대책과 진행소음대책이 조화를 이루어야 하며, 두 접근방법이 갖는 한계를 기술적인 측면에서 충분히 고려하여야 한다.

본 글에서는 소음방지 기술의 현황과, 그로부터 기대할 수 있는 효과의 한계를 살펴보고자 한다. 자동차와 각종 산업기계류 등 주요 환경 소음원에 대한 소음방지 기술은 관련 전문 문헌에 많이 나와 있다. 마찬가지로 흡음처리와 차음

등 진행소음대책에 대해서도 적용방법과 절차가 각종 문헌에 많이 알려져 있다. 이 논문에서는 이러한 기술의 효과와 한계를 살펴 볼 것이다. 이 같은 자료는 소음방지 노력에 참여하는 사람들에게 직접적인 참고가 될 수 있겠지만, 환경소음 정책수립에 반영되어야 할 기술적 고려사항으로서도 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

2. 인체에 대한 소음의 영향

소음에 의한 직접적 영향의 극단적인 예는 청각장애이다. 이러한 현상은 높은 소음에 장기간 노출되는 산업근로자와 폭음을 다루는 작업자에게서 발생된다. 일반적으로 환경소음이 인체에 주는 영향은 크게 생리적, 심리적 및 작업능률의 측면으로 나누어 생각할 수 있다. 이들 세가지 분류는 완전히 독립적인 것은 아니고 많은 경우에 상관관계가 있음이 알려져 있다. 예를 들어서 소음으로 인한 짜증과 정서불안 등 심리적 요인은 혈액순환과 호흡등 생리적 변화를 초래하여 궁극적으로 신체의 병으로 발전할 수 있다는 보고가 있다. 소음 그 자체는 엄격한 물리법칙을 따르고 있고, 이를 바탕으로 해서 과학적 측

정과 분석이 가능하다. 그러나 결국 소음은 사람이 느끼는 것이기 때문에 소음의 평가와 방지대책 강구는 필연적으로 인체의 반응에 대한 고려를 필요로 한다. 앞서 예들 든 소음에 대한 인체의 반응은 일차적으로 주관적 느낌에 의해서 결정되기 때문에 사물의 객관성에 바탕을 두는 과학적 평가기준 설정에 장애요인이 되는 것은 사실이다. 따라서 소음과 인체의 반응사이의 상관관계는 통계적 가능성을 바탕으로 하고 있으며, 모든 국내외 소음환경 기준의 적용과 운용에서는 소음의 이러한 특성을 염두에 두어야 한다.

2.1 소음의 생리적 영향

소음에 대한 생리적 반응은 단기적 효과와 장기적 효과로 나누어 생각할 수 있다. 단기적 효과는 소음을 느끼는 순간 혹은 그 후의 수분 정도 지속되는 반응을 의미하고, 장기적 효과는 수 시간, 수 일 혹은 수 년의 시간을 두고 지속되거나 측정될 수 있는 반응을 의미한다. 그러나 경우에 따라서는 단기적 효과가 상당기간 중첩되어 장기적 효과로 나타날 수 있기 때문에 이 구별은 항상 엄격하게 적용되지는 않는다.

단기적 효과로서 우리가 쉽게 경험하는 것으로는 갑작스러운 높은 소음에 대한 반응이다. 이는 일종의 방어 본능으로부터 비롯되는 것으로서, 소음이 반복됨에 따라서 점차 감소하는 경향을 나타낸다.

즉 소음에 대한 인체반응의 특징 중의 하나는 습관성이다. 소음의 습관성은 일상생활에서 흔히 느낄 수 있는 것으로서, 환경기준이 지역별 소음기준은 지역특성에 따른 소음에 대한 그 지역주민의 습관성을 근거로 하고 있다.

소음의 장기적인 생리적 효과는 주로 내분비선의 호르몬 방출에 의해서 일어난다. 혈관에 이들 과다한 호르몬이 존재하는 경우에 신체의 다른 부위로 전달되어서 여러가지 장애를 일으킬 수 있다. 이로 인한 직접적인 영향으로서 동맥장애와 스트레스를 들 수 있다. 동맥장애는 궁극적으로 심장과 뇌 등에 영향을 준다고 알려져 있다. 소음과 관련된 이러한 신체적인 영향들은 직접 확인된 것도 있고 추측에 의한 것도 있지만 이같은 주장들은 한결같이 소음문제가 단순한 생활의 불편이나 능률저하를 넘어서 장기적으로는 많은 신체적 질환의 원인이 될 수 있음을 암시하고 있다.

2.2 소음의 심리적 영향

앞에서 설명한 소음의 생리적 영향이 신체적 기능장애와 연관되어 고려되는 것에 반하여 소음의 심리적 영향은 주로 회화장애와 수면장애 및 단순한 짜증과 불쾌감 등 정신적 측면에서 고려된다. 이로 인한 정서불안과 스트레스 증가 등은 궁극적으로 생리적 장애로 발전될 수 있기 때문에 소음의 심리적 영향은 생리적 영향과 밀접한 관계를 갖는 경우가 많다.

소음의 여러요소들 중에서 소음도의 크기가 심리적 영향에 일차적

인 역할을 한다. 소음의 지속시간은 소음에 대한 심리적 부담감을 결정하는 또 하나의 중요한 요소로서, 동일한 크기의 소음일지라도 연속적인 소음보다는 단속적인 충격음이 더욱 큰 피해를 준다. 스펙트럼 특성에서도 많은 주파수 성분이 섞인 일반 소음보다는 단일 주파수의 순음이 더욱 큰 불쾌감을 준다. 따라서 소음환경기준에서는 이러한 요소들을 고려하여 그에 대응하는 보정치를 결정하도록 정하고 있다.

2.3 소음과 작업능률

소음과 작업능률 사이의 일차적인 관계는 일에 대한 집중력의 관점에서 고려될 수 있다. 비교적 낮은 소음환경에서 소음은 오히려 능률을 증가시킬 수 있다. 그 이유는 많은 사람들이 적당한 소음 분위기에서는 가장 집중이 요구되는 사항에 대해서만 주의를 기울이려는 경향이 있기 때문이다. 따라서 적당한 수준의 낮은 소음은 작업능률면에서는 조용한 분위기보다 오히려 바람직한 경우가 많다. 그러나 일의 성격에 따라서는 한가지 사항에만 집중한 나머지 다른 사항들을 지나치게 무시함으로써 전반적인 일의 수행효율을 저해할 수 있다. 이같은 문제는 많은 사항들에 대한 고른 집중력의 분포가 요구되는 경우에 특히 심각하다. 더우기 한가지 집중만이 요구되는 경우에도 시간이 흐름에 따라서 주의력이 산만해짐으로서 일의 사이사이에 능률저하가 발생할 수 있다. 이 결과로서 나타나는 일차적인 현상은 예기치 않은 사항에 대한 대비를 못함으로써 전체적인 일의 흐름에 혼란을 초래할 수 있다는 것이다.

어떤 소음이 작업능률에 영향을 주는가를 고려함에 있어서 일차적으로 생각해야 할 것은 그 소음이

작업자에게 익숙한가 하는 점이다. 일반적으로 예기치 않은 소음은 작업능률을 저하시킨다고 알려져 있다. 따라서 갑작스러운 소음을 주었을 때 능률이 저하되는 만큼 이 소음을 예기치 않게 중단했을 때도 능률이 저하된다. 반면에 익숙한 소음은 일상적인 단순한 일의 수행에 지장을 주지 않는다. 비록 소음이 연속적이지 않고 단속적으로 발생하더라도 그 발생을 예상할 수 있는 상황에서는 능률에 별다른 영향을 주지 않는다. 정기적인 열차의 통과를 미리 알고 그에 대비하면서 살고 있는 철도 주변 주민들이 철도 소음에 견디는 것은 주로 이같은 효과 때문이다. 그러나 어떠한 경우에는 95dB 이상의 높은 소음환경에서는 능률이 저하된다고 알려져 있다. 또한 동일한 크기의 소음일지라도 저주파 소음보다는 고주파 소음에 의한 능률저하가 더 심하다고 알려져 있다. 이같은 작업능률과 관련된 소음의 영향은 한결음 더 나아가서 개인의 공격적인 성향을 유발할 수 있으며 남을 도우려는 의욕을 저해할 수 있다.

3. 진행 소음 저감 기술

소음 저감의 최선의 방법은 발생 자체를 줄이는 것이다. 그러나 이 방법은 기술적 제한과 비용 효과에 대한 고려 때문에 현실적인 소음 저감 기술은 소음원을 떠나서 진행하는 진행 소음을 대상으로 하는 차선택이 주류를 이루고 있다. 이러한 이유로 여기서는 진행 소음 저감 기술중 대표적인 흡음, 차음 및 최근에 관심을 끌고 있는 능동 소음제어 기술에 대해서 논술하기로 하고, 최선책이라고 할 수 있는 소음원 대책에 대해서는 다음절에서 그 현황을 살펴보기로 한다.

3.1 흡음

모든 재료는 정도의 차이는 있지만 입사 소음에너지의 일부를 흡수한다. 따라서 여기서 말하는 흡음 재료 또는 음향재료(acoustic material)라 하는 것은 비교적 흡음율을 좋게하기 위한 목적으로 만든 재료를 말한다. 흡음재료의 주요 사용목적은 실내의 반사 음압레벨과 잔향시간을 줄이기 위한 것이다. 흡음재료는 일반적으로 주파수, 재질의 구성, 두께, 표면처리, 설치방법 등에 따라 흡음특성을 갖는다. 여기서는 대표적인 흡음재인 암면과 유리섬유 등 다공질 형 흡음재의 흡음특성과 효과에 대해서 살펴보기로 한다.

(1) 다공질 흡음재료

다공질 재료는 무수히 많은 세공(細孔)이 있어 입사음파는 이들 세

공을 통해 재료 내부로 흡수되어 소멸된다. 일반적으로 다공질 재료는 세공의 수가 많고 이들간의 연결통로가 많을수록 흡음효과가 좋아진다.

흡음계수는 두께와 설치방법에 따라 크게 변하기 때문에 사용목적에 적합한 재료와 방법을 선정하여야 한다. 그림 1은 다공질 재료에 대한 두가지 설치방법, 즉 견고한 벽면에 밀착시킨 경우(A)와 벽면과 흡음재 사이에 10cm의 공기층을 두었을 경우(B)에 대한 흡음특성을 보여주고 있다. 두가지 경우 모두 고주파영역에서는 흡음특성이 좋은 것을 알 수 있으나 동일한 재료를 사용하더라도 뒤에 공기층을 두었을 때는 저주파영역의 흡음특성이 향상되는 것을 볼 수 있다.

(2) 흡음처리 방법과 효과예측

실내의 소음은 크게 두 성분으로 구성된다. 하나는 소음원으로부터 직접 오는 소음이고 또 하나는 벽에 부딪쳐 반사 되어 오는 소음이다. 직접오는 소음은 소음원으로부터의 거리가 2배 증가함에 따라서 6dB 감소한다. 일반적으로 소음원에 가까운 거리에서는 반사되는 소음에 비해서 직접오는 소음이 지배한다.

반면에 소음원에서 충분히 먼 거리에서는 반사되는 소음이 지배적이 된다. 흡음재에 의한 벽면처리는 반사음 감소를 목적으로 한 것이며, 따라서 작업장이나 건물 내부의 흡음처리는 일반적으로 소음원으로부터 먼곳에서 주로 효과가 있다. 벽면의 흡음처리에 의한 반사음 감소효과는 다음식에 의해서 예측할 수 있다.

$$NR = 10 \log\left(\frac{A_2}{A_1}\right) \text{ dB} \quad (1)$$

여기서 A_1 과 A_2 는 각각 흡음처리 전과 후의 실내 전체흡음력이 다. 이 식은 실내 평균음계수가 0.3 이하인 경우에 근사적으로 적용될 수 있으며, 실제의 많은 경우가 이에 해당한다.

유리섬유와 암면같은 섬유성 재료들은 넓은 주파수범위에서 좋은 흡음특성을 갖는 장점이 있으나, 부식과 훼손 등 내구성 면에서는 약한 단점이 있다. 이를 피하기 위해서 이들 재료를 합성수지 film으로 싸는 방법을 흔히 쓴다. 이 경우에 고주파 소음의 흡음이 영향을 받는 경향이 있으나 저주파 흡음특성을 오히려 개선될 수 있다.

훼손의 가능성이 큰 경우에는 유공판(perforated panel)으로서 흡음재의 앞면을 보호할 수 있다. 유공판의 재료로서는 철판, 알루미늄판, 합판 등 여러가지를 쓸 수 있다. 유공판의 일차적인 목적은 소음을 내부의 흡음재료로 통과시키

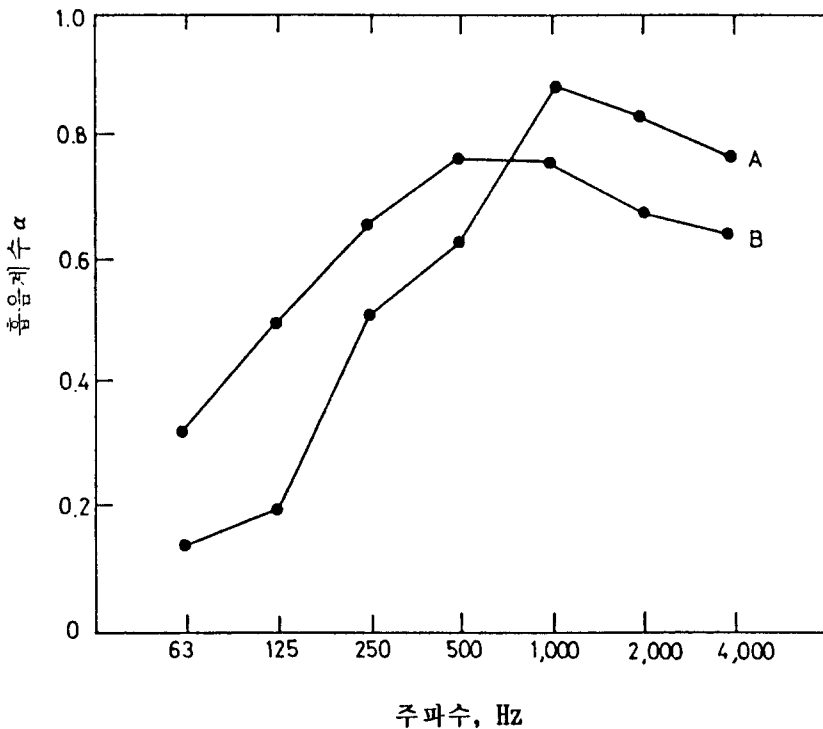


그림 1 벽과 다공질 흡음재료 사이의 공기층에 의한 흡음특성
(A) 벽면과 밀착시킨 경우
(B) 10cm의 공기층을 두었을 경우

는 것이기 때문에 재료의 종류에 따른 차이는 일반적으로 무시할 수 있다. 유공판의 소음투과 특성을 결정하는 요소는 개공율과 구멍의 크기 및 배치방법이다.

30% 정도의 개공율은 소음을 거의 완전히 통과시킨다. 동일한 개공율에 대해서는 몇개의 큰 구멍을 주는 것 보다 많은 작은 구멍을 균일하게 분포시키는 것이 일반적으로 더욱 효과적이다.

3.2 차음

대기중의 소리가 한 공간에서 다른 공간으로 전파되는 것을 방지하기 위해서 공간의 분리벽으로 차음재를 사용한다. 차음재는 소리의 전달을 가급적 차단시키기 위해 사용되는 건축재료이다.

차음재의 차음특성은 소음의 투과 정도를 나타내는 투과계수로 나타낸다. 투과계수 τ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\tau = \frac{\text{투과소리에너지}}{\text{입사소리에너지}} \quad (2)$$

차음재의 투과계수는 매우 작기 때문에(0.001~0.01) 다음과 같이 정의되는 투과손실(transmission loss) TL 을 사용한다.

$$TL = 10 \log \frac{1}{\tau} \text{ dB} \quad (3)$$

(1) 균일한 벽의 차음특성

그림 2와 같이 균일한 벽에 음압 P_i 인 소음이 입사하면 일부는 반사

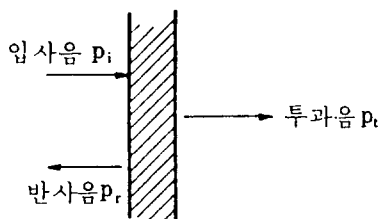


그림 2 벽면의 소음반사와 투과

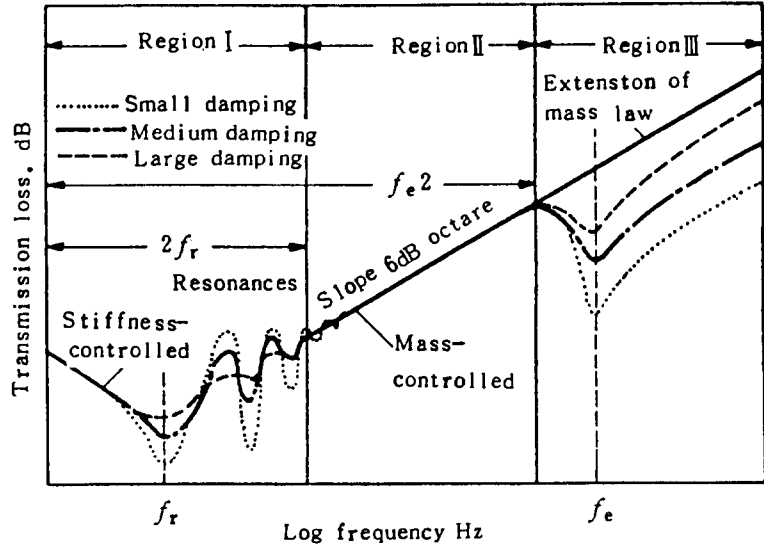


그림 3 균일한 벽의 차음특성

되고 일부는 투과음(P_t)이 된다.

평면파의 경우 투과손실 TL 은 일차적으로 질량법칙에 의해서 결정된다.

질량법칙에 의하면 단위면적당 질량이 두배로 증가하면 투과손실은 6dB가 증가한다. 또한 이 법칙에 의하면 주파수가 증가할수록 투과손실이 증가한다.

그러나 실제 차음벽에 있어서 이와같은 질량법칙을 적용할 수 있는 주파수 범위는 제한되어 있다. 저주파수영역에서는 차음벽의 강성을 고려하여야 한다. 벽면이 저주파로 진동할 경우, 벽면 중심부에서의 진동변위가 가장 크게되며 가장자리로 갈수록 진동변위가 작아진다. 따라서 벽면의 강성과 고유진동에 의해 더이상 질량법칙을 만족시키지 못한다. 반면에 고주파영역에서는 입사음에 의해서 벽면에 발생된 굴곡파(bending wave)에 의하여 차음능력이 현저하게 감소되는 일치효과(oincidence effect)가 일어난다.

그림 3은 일반적인 차음벽의 주파수에 따른 차음특성을 보여주고

있다. 이 그림에서 영역 I은 차음벽의 강성과 공진, 영역 II는 질량법칙, 영역 III은 일치효과에 의해 차음특성이 결정되는 구간이다.

● 이중벽의 차음특성

벽면의 질량을 두배로 증가시키면 질량법칙에 의해 투과손실은 6dB가 증가하게 된다. 마찬가지로 단일벽의 두께를 두배로 증가시키면 질량법칙에 의해 차음효과는 증가하지만 일치주파수가 낮아져 일치효과에 의한 영향이 커질 수도 있다. 그러나 두개의 동일한 벽면을 공기층을 사이에 두고 설치할 경우 단순히 질량법칙에 의한 효과뿐만아니라 그 이상의 효과를 기대할 수 있다. 공기층을 갖는 이중벽은 주택 뿐만아니라 비행기와 자동차에서도 높은 차음효과로 인해 널리 사용되고 있다.

(2) 차음방법과 효과예측

이제까지 논술한 차음벽의 차음효과를 결정하는 제반 요소들은 차음대상이 되는 소음 특성에 따라서 면밀하게 고려되어야 한다. 두 가지 이상의 재료를 사용한다면 투과손실 계산은 좀더 복잡해지지만 기

본원리는 동일하다. 잘 설계된 밀폐식 차음벽은 60dB까지의 투과손실을 기대할 수 있어서 특별히 문제가 되는 소음발생기계에 제별적으로 설치할 수 있다. 많은 차음밀폐실의 경우에 최저 공진주파수는 대상기계의 문제가 되는 주파수보다 낮다. 이 경우에 차음효과는 주로 재료의 무게에 의해서 결정되어 질량법칙을 따른다. 그러나 작은 차음밀폐실의 경우에는 문제가 되는 주파수 벽의 공진주파수보다 낮을 수 있다. 따라서 차음밀폐실의 설계에는 적절한 주파수 범위가 고려되어야 한다.

실제로는 차음 밀폐실에 의한 차음효과는 재료의 투과손실 특성 이외에도 여러가지 요소들에 의해서 영향을 받는다. 진동, 댐핑, 구조물의 연결방법들이 그 예이다. 따라서 차음실 설계시에 재료의 투과손실 데이터의 이용은 위에서 기술한 제반 기타 요소들을 고려해서 적절히 선택되어야 한다.

차음재료 이용의 또 다른 대표적인 예가 방음벽이다. 방음벽은 특히 넓은 옥외지역을 특정소음원으로부터 보호하고자 할 때 효과적으로 이용된다. 잘 설계된 방음벽은 10dB 이상까지도 방음효과를 기대할 수 있다. 차음재료의 투과손실 특성에 의해서 차음효과가 결정되는 차음 밀폐실과는 달리, 부분 방음벽의 효과는 회절효과만을 고려해서 Fresnel 수에 의거한 잘 알려진 이론적 공식에 의해서 계산할 수 있다.

이 식은 주의에 반사체가 없고, 또한 방음벽의 길이가 충분히 길어서 방음벽 위에서만 회절이 일어나는 이상적인 경우에만 적용가능하다. 이러한 이상적인 경우에도 방음벽의 효과는 대체로 20dB이내에서 제한된다.

3.3 능동소음제어

소음원으로부터 발생하는 소음을 감소시키기 위한 방법중 지금까지 주로 사용되던 방법은 수동적방법(passive method)으로서, 소음원의 주위를 적절한 방법으로 감싸서 주위로 소음이 전달되는 것을 차단하거나 흡음재를 이용하여 발생된 소음을 흡음시키는 방법이다. 이와 같은 수동적방법은 이를 설치하기 위한 비용이 많이 들뿐더러 그 크기가 커지기 때문에 이용에 제한이 따른다. 더우기 이러한 방법은 가청 주파수 중에서도 고주파 영역에서는 그 효과가 크지만 주파수가 낮아질수록 소음감소 효과가 저하된다.

이러한 단점을 보완할 수 있는 방법이 능동적방법(active method)이다. 일반적으로 소음감소 대책에서 능동적방법이라 함은 소음원의 소음발생 특성을 규명하여 소음 발생 원인 자체를 억제 또는 제거함으로써 소음문제를 해결하는 것이다. 이 방법은 소음원마다 적용방법과 대책이 상이할 뿐만 아니라 경우에 따라서는 소음원의 구조상 이러한 방법의 해결이 불가능할

경우도 있다.

그러나 소음원에 대한 구조물의 복잡한 해석과 소음발생 원인규명이라는 번거로운 과정을 거치지 않고도 파동의 물리적 현상을 이용하면 보다 쉽게 소음문제를 해결할 수 있는 방법이 있다. 파동의 물리적 성질중 간섭현상이란 두 파동이 합쳐지면 두 파동의 위상에 따라 보강간섭(constructive interference)과 상쇄간섭(destructive interference)을 일으킨다. 즉 두 파동의 위상이 동일한 경우에는 보강간섭이 일어나 음압이 커지게 되며 180°의 위상차가 있는 경우에는 상쇄간섭이 일어나 음압이 작아지게 된다. 만약 두 음파의 음압이 같고 위상이 180°차이가 나는 경우 두 음파는 상쇄간섭을 일으켜 음압이 0이 된다. 이와 같이 파동의 간섭현상을 이용하여 소음을 저감시키는 방법을 능동소음제어 기술(ANC : Active Noise Control)이라고 한다.

그림 4는 닥트내에 설치된 monopole 능동소음제어시스템의 개념을 보여준다. 일반적인 monopole 시스템에서 마이크로폰은 능동음원

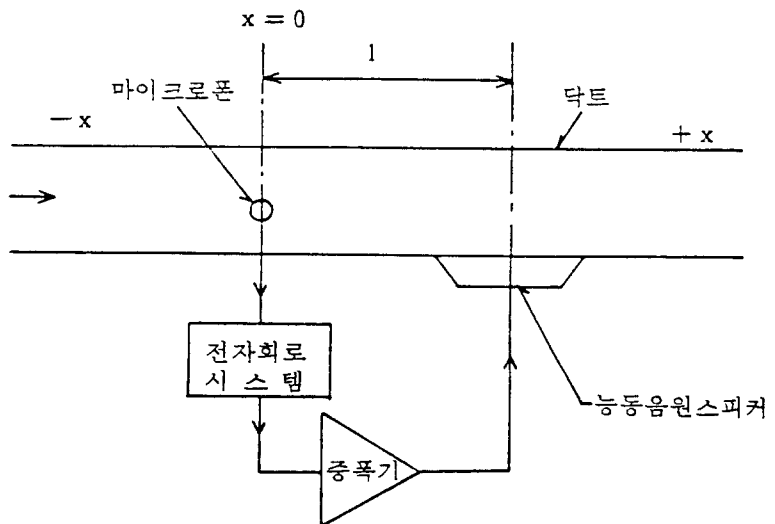


그림 4 일반적 monopole 시스템

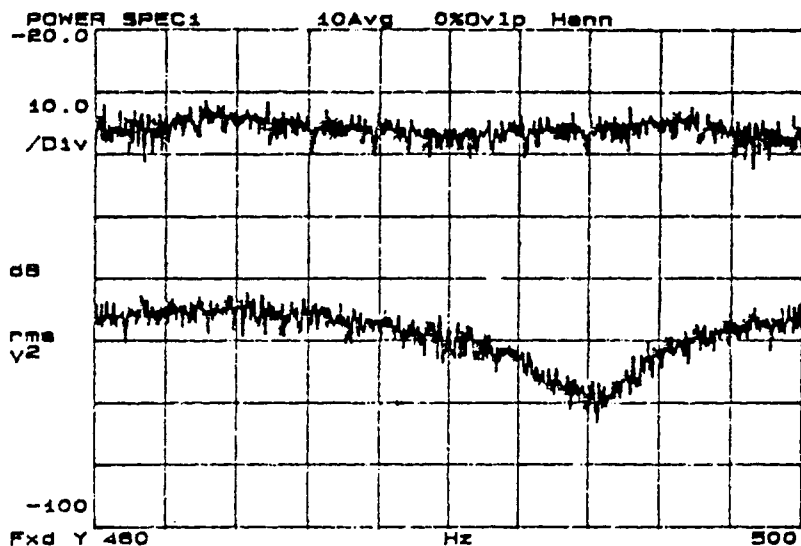


그림 5 협대역 소음(460~500Hz)에 대한 능동소음제어 효과

가함으로써 발생하는 것이다. 엔진 소음과 타이어소음의 전체 차량소음에 대한 기여도는 차량 종류에 따라서 다르며, 동일한 차종에 대해서도 속도에 따라 다르다. 일반적으로 저속에서는 엔진소음이 지배적인 반면에 고속에서는 타이어소음이 지배한다고 보고되어 있다. 차량을 소형차와 대형차로 구분할 때 타이어소음의 압도현상은 대형차에서 더욱 현저하여 고속주행하는 대형차 소음에서는 타이어소음이 절대적인 비중을 차지한다. 그림 6은 디젤엔진 차량의 주요 소음 발생원별 소음도를 보여주는 한 예로서, 고속에서의 타이어소음의 지배현상을 보여준다.

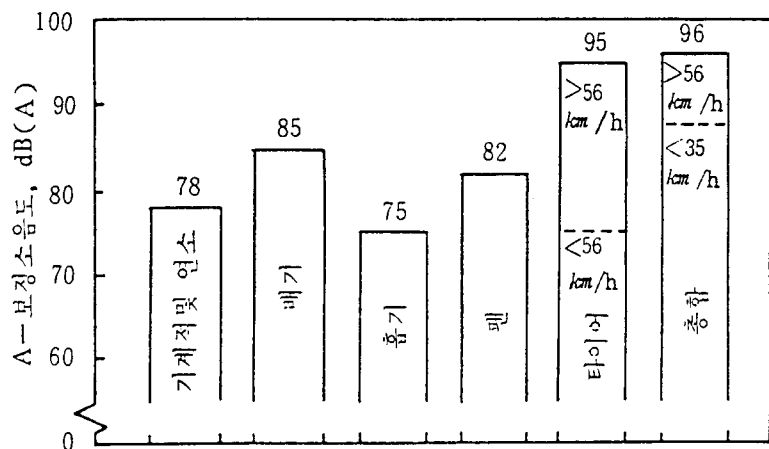


그림 6 디젤엔진 차량의 주요소음 발생원별 소음 기여도

소음 방지대책 강구의 관점에서 소음의 특성은 흔히 주파수 특성을 중심으로하여 고려된다. 차량소음의 주파수 특성은 엔진소음과 타이어소음 등 앞서 언급한 여러소음 발생원들의 특성이 합쳐진 복합적인 결과로서 나타난다. 이들 소음 발생원의 소음발생 원리는 차종마다 다르며, 따라서 차량소음의 주파수 특성은 위의 전체 소음도와 마찬가지로 소형차와 대형차로 나누어 고려되어 진다.

앞서 말한바와 같이 자동차소음을 엔진등 기계적 소음과 타이어소음으로 구분할 때, 소형차와 대형차 모두 저속에서는 기계적소음이 지배적이고 속도가 증가하면서 타이어소음의 기여도가 증가한다. 타이어소음이 지배적 역할을 하는 속도 구간은 국내에서는 조사 연구된 바 없으나 차종에 따라 다르다는 것이 알려져 있다. 미국의 자료에 의하면 승용차의 경우에는 90km 이상에서, 트럭이나 버스등 대형차의 경우에는 50~60km 이상 속도에서 타이어소음이 엔진소음보다 크다고 보고되어 있다. 이같은 특성의 타이어소음은 자동차 maker

(secondary source)의 상부(upstream)에 위치한다. 소음원으로부터 전파되는 소음은 마이크론에 의해 감지된 후 마이크론과 능동음원 사이의 거리만큼 시간지연을 거친다. 시간지연 후 소음신호는 위상반전이된 후 능동음원을 통해 소리로 방사되어 본래의 소리와 간섭되어 소음을 상쇄한다.

그림 5는 능동소음제어 효과를 보여주는 한 예로서, 협대역 소음에 적용한 실험결과이다. 전반적으로 20~30dB의 높은 소음 감소효

과가 있음을 볼 수 있다.

4. 소음 발생원 대책

4.1 자동차 소음

도로소음의 발생원인 차량소음은 크게 엔진소음과 타이어소음으로 나눌 수 있다. 엔진소음은 연소소음과 배기소음, 흡기소음, 팬(fan) 소음 및 기타 기계적 마찰과 진동에 의한 소음으로 구성된다. 여기서 기계적 소음이란 주로 엔진의 피스톤이 실린더 라이너에 충격

표 1 미국의 중대형차 소음기준

[단위: dB(A)]

주 혹은 도시명	년												
	'72 이전	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'85
캘리포니아	88	86		83			83				80		
콜로라도	88	86											
플로리다		86				83				80		75	
메릴랜드			86	83			89		75				
오레곤				86			83				80		
보스턴	88	86		84					75				
그랜드 래피드	88	86		84					75				75
EPA 기준							83				80		

표 2 기계소음 음향특성

주파수특성	기 계 종 류
1 kHz 이하 저주파 성분이 강함	발전기, 분쇄기, 압연기, 인쇄시설, 도정기, 사출성형기, 변속기, 압축기, 제분기, 송풍기, 연마기, 제탄기, 프레스
1kHz 이상 고주파 성분이 강함	제재기, 직기, 방적기
전반적으로 균일함	절단기, 벽돌제조기, 단조기, 제병기, 동력재봉기
특정 주파수에서 피크	선반

의 일차적인 책임이라고 보기 힘들며, 따라서 새로 제작되는 차량의 정격 소음규제를 위한 미국등 선진국의 test 절차에는 대상차량의 test 주행속도를 50~60km 이내에서 택하도록 정하고 있다. 이 기준을 저속소음기준(low speed noise emission limit)이라고 한다.

저속소음기준은 엔진 등 기계소음 규제를 일차적 목적으로 한다. 미국과 일본등 선진국에서는 이러한 기준의 적용에 의해서 실지로 괄목할 만한 소음저감 효과를 거두고 있다. 엔진 소음저감의 한계를 예측하기는 대단히 힘들지만, 1970년대에 미국에서 정한 표 1의 년도별 소음규제 기준은 엔진소음저감의 가능성과 한계를 간접적으로 시사하는 자료로 참고될 수 있을 것이다.

4.2 기계소음

교통소음의 소음원은 이동하는 상태에서 소음을 발생시키기 때문에 선음원으로 가정되며, 반면에 기계소음은 점음원으로 취급된다. 소음원을 이와같이 분류하는 것은, 주어진 지형을 대상으로 컴퓨터를 이용한 모의 소음특성 분석을 할 경우 필요한 조건이 된다.

교통소음이 대체로 1 kHz 이하의 중간 및 저주파영역에 분포되어 있다고 일반화되어 있는 반면에, 기계소음은 기계의 종류와 가동상태에 따라서 주파수분포에 현저한 차이를 나타낸다. 표 2는 국내 사용기계류의 주파수 특성을 통계적으로 나타낸 것이다.

이 표는 많은 종류의 산업기계의 소음이 1 kHz 이하의 저주파영역에서 발생하고 있어서 공장소음의

방지가 쉽지 않음을 시사하고 있다. 모든 주파수의 소음에 효과적인 방지기술은 실제로 존재하지 않기 때문에 소음방지에서는 흔히 소음원의 주요 주파수대역을 대상으로 한다. 따라서 이와 같은 표는 대상기계의 소음방지 대책 강구에 유용하다.

5. 결 론

본 글에서는 소음방지 기술의 현황과 그 효과에 대해서 기술하였다. 소음원을 떠나서 진행중인 소음을 대상으로 하는 수동적 접근 방법에는 상당히 보편적인 공통기술이 잘 확립되어 있어서, 이 분야에서는 기술 그 자체의 개발보다도 이를 채택하려는 정책적 의지와 이의 활용을 뒷받침할 경험이 중요한

인자로 작용한다. 잘 계획된 수동적 접근 방법에 의해서 소음을 10dB 정도 감소시키는 것은 힘들지 않으며, 특별한 경우에는 20~30dB 정도까지도 가능하다. 이 방법에서는 경험이 기술만큼이나 중요하기 때문에 경험있는 인력의 양성이 중요하며, 정부의 방지시설이나 용역업체 육성도 이같은 효과를 고려해야 할 것이다.

소음원 자체를 대상으로 하는 능동적 접근 방법은 많은 경우에 고도의 공학적 기술을 필요로 하며, 실제로 구체적인 기술내용이 관련업체의 know-how로 비밀 유지되고 있음을 흔히 볼 수 있다. 우리가 많은 분야에서 경험하고 있는 선진국의 기술 보호장벽은 이 분야에도 나타나고 있으며 앞으로 더욱 강화되리라는 것을 쉽게 예상할 수

있다. 국내 산업계도 이러한 점을 감안하여 단순히 정부의 규제에 부응하기 위해서가 아닌 고부가가치 제품 창출을 목적으로 노력을 기울여야 할 것이다. 이를 위하여 자동차나 전자제품 등 생활주변 제품은 말할 것도 없고 각종 산업기계류에 대한 저소음화 기술개발 노력이 적극 장려되어야 할 것이다.