

연구보고서

보위 91-081-03

소음발생과 방지대책에 관한 연구

— 프레스작업시 차음제를 이용한
청력보호에 관한 연구 —

1991. 12.



한국산업안전공단
산업안전보건연구원
INDUSTRIAL SAFETY AND HEALTH RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 직업성 난청예방에 관련하여 연구개발 및 보급사업의 일환으로 수행한 “소음발생과 방지대책에 관한 연구”의 보고서로 제출합니다.

1991. 12.

주관연구부서 : 산업안전보건연구원

산업보건위생연구실

연구수행자 : 연구원 김 기 용

목 차

I. 서론	3
1. 소음의 기본성질	6
2. 소음의 종류	7
3. 소음의 측정	10
4. 소음에 의한 건강장해	11
4-1. 청력장해	12
4-2. 청력검사	14
5. 소음방지 대책	15
II. 실험	34
1. 조사대상 및 방법	34
1-1. 조사대상	34
1-2. 조사방법	34
2. 조사성적	37
2-1. 금속제품제조업체의 발생소음	37
2-2. 차단에 의한 소음감소 효과	44
2-2-1 실험실내의 소음수준	44
2-2-2 사업장내에서의 소음수준	49
2-2-3 실험실과 사업장의 소음수준의 상호비교	56
III. 결과 및 토론	58
IV. 결론	62
참고문헌	65

여 백

I. 서 론

현대 산업구조는 과학공업의 발전으로 인하여 독립적이며, 전문적인 분야에 있어서 고도의 산업발달을 초래하여 복합적인 산업형태를 이룩하기 위하여 전 산업의 과학화에 따른 현대화로 단계적 전환을 하고 있다.

1991년도 전체 산업장수는 129,230개 업체로서 이중의 약 53%정도가 제조업으로서 이업종에 종사하는 총 근로자수는 3,786,700명 정도로 파악 되었으며 이러한 산업체에서는 작업 환경중에 근로자의 건강 장애를 유발시킬수 있는 대상 유해인자를 여러가지로 분류 시킬수 있으며 산업안전보건법 제42조, 43조, 동법 시행규칙 제93조등과 관련하여 작업환경및 근로자의 건강관리에 대해서 규정을 정하고 관리하도록 되어 있다.

최근 우리나라의 산업체에 있어서 업종별로 직업으로 기인된 질병자수는 해마다 증가 추세를 보이고 있으며 산업구조의 변화, 중화학 공업국의 입지, 신종 화학물질의 사용등으로 기존에 발생되고 있던 직업병의 종류및 형태도 다양화 되며 점진적으로 확산되어 새로운 직업병 유발양상을 나타내고 있다.

(표-1)

직업성 질병중에서 작업공정 시설의 기계화 및 자동화, 대형화등 현대화의 영향으로 소음 환경이 특이, 주목되고 있으며, 연구 자료에 의하면 제조업체에서 측정된 소음치 92,677건중 약 34.7%이상인 32,115건이 노동부고시 유해물질의 허용농도(1989)의 허용 기준치를 초과 하는것으로 보고 하였으며⁽¹⁾ 소음성 난청의 유소견자도 87년, 88년도의 사회, 경제적인 영향에 의하여 일시적인 감소의 추세를 나타내고 있었으나 1989년도의 작업성난청 유소견자는 3,140명으로⁽²⁾ 점차적인 증가의 경향을 보이고 있으며 (표-1, 그림-1)이와 같은 소음성 난청의 유소견자를 업종별로 분류 시켜보면 제조업에서 발생된 유소견자의 발생 비율이 전체의 82.2%정도를 차지하고 있으며 이중에 약 50%

정도가 금속제품제조업에서 발생하는 것으로 나타나 (그림-2) 사회적인 문제로 대두되고 있는 실정이다.

소음 환경에 노출됨으로서 소음성 난청, 정신신경장해, 소화기 장애, 내분비계통의 이상, 혈압의 상승등 인체에 많은 영향을⁽³⁾ 초래하므로 인하여 직업에 의한 질병의 발생과 작업 능률의 저하에 따른 생산성 감소로^(4,5) 경제적인 손실을 가져올수 있다.

따라서 본 연구는 일부 금속제품제조업을 대상으로 작업공정별 단위작업에 따른 소음발생원에 있어서의 소음의 크기와 환경 폭로 농도를 주파수별 조사, 분석하였으며 특정 지정장소의 고정작업과 이동성 작업의 형태를 고려하여 프레스 작업시 발생하는 소음을 차단에 의한 방법으로 소음 감소대책에 관하여 연구, 고찰 하였다.

표-1 연도별 직업병 유소견자 발생현황

구 분 \ 연 도		'86	'87	'88	'89
특 수 수 진 로 자		295,568	337,981	423,279	510,943
직 업 성 질 환 자	계	7,163	6,850	8,408	7,568
	(유 소 견 율)	(2.42)	(2.03)	(1.99)	(1.48)
	진 폐 (광 업)	4,470	4,636	5,502	3,399
	진 폐 (기타산업)	-	345	502	538
	진 동 신 경 염	18	1	25	2
	난 청	2,654	1,779	1,990	3,410
	유 해 광 선 장 해	-	41	-	-
	유 기 용 제 중 독	-	1	24	21
	크 림 중 독	-	-	269	135
	수 은 중 독	-	-	21	2
	기 타 특정 화학물질	19	5	7	23
	중 독				
	연 중 독	65	41	66	27
	피 부 염	-	-	-	-
	기 타	-	1	2	11

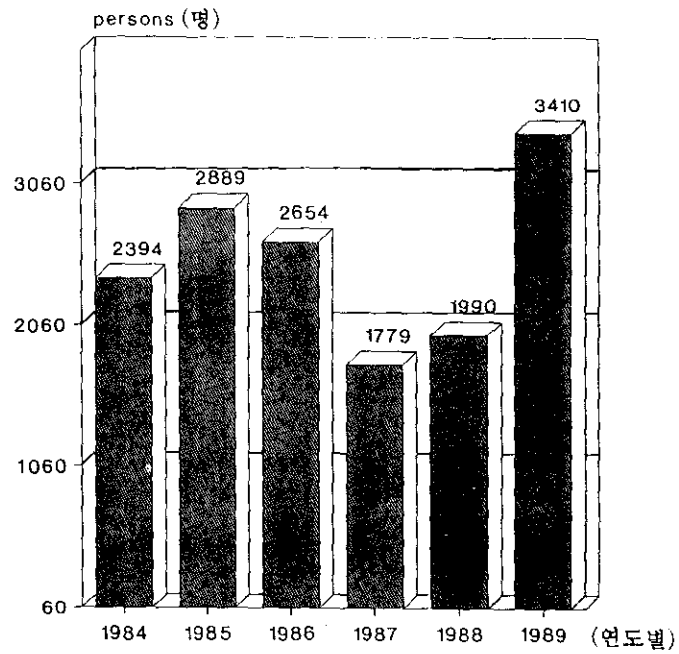


그림-1. 연도별 직업성 난청 유소견자 발생현황

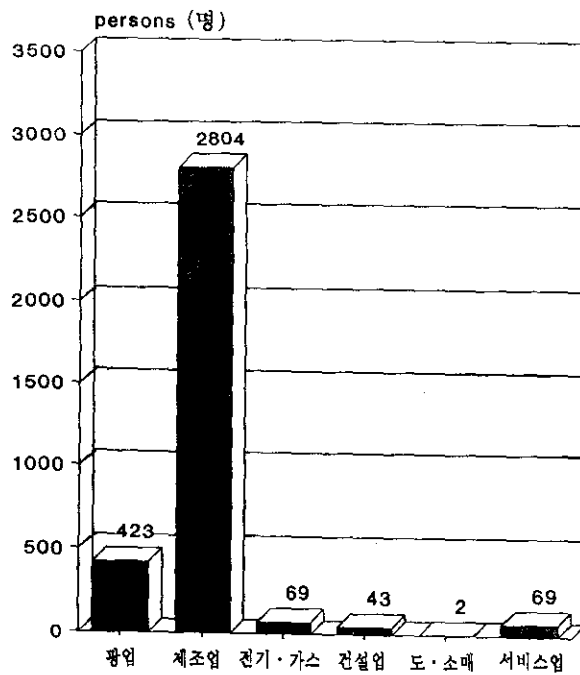


그림-2. 1989년도 업종별 직업성 난청 발생현황

1. 소음의 기본성질

우리가 일상 생활을 통하여 자의든 타의든간에 들을수 있는 소리는 여러가지 형태로 존재할 수 있다.

이러한 소리는 발생되는 원인이 서로 상이 하여 자동차소리, 음악소리, 기계소리, 철도소리, 항공기소리, 떠드는 소리등 여러가지 형태로서 우리에게 전해지게 되는데 모든 소리의 발생원은 각기다른 형태로 존재하지만 결과적으로는 공기의 진동에 의하여 소리가 발생된다고 볼 수 있다.

이와같이 소리의 발생 상태를 보면 어떤 물체가 진동할 경우 매질을 구성하고 있는 분자들에 대하여 압축과 이완이 반복적으로 되풀이 되는 결과로서 그 매질에 소밀파를 형성하여 에너지가 전달되는 현상을 음파라고 할수 있다.

즉, 그림-3의 가와 같이 사각관 안에 용수철로 연결된 공을 일정한 간격으로 나열해 놓으면 연결된 공은 처음의 상태로 일정한 간격을 유지하고 있다. (평형상태) 그러다가 그림-3의 나와 같이 공이 연결된 판에 특정한 힘을 가하면 판과 연결된 용수철은 압축이 되어 공 사이가 좁아 지게되며 압력은 증가하게 되는데 이러한 부분을 압력최고점(P_{max})이라고 하며, 힘을 받은 판은 그림-3의 다와 같이 끝까지 움직인 후 일단 정지하게 된다.

이때 용수철에 연결된 공은 계속 오른쪽으로 이동하고 (그림-3의 라) 그림-3의 다와 같은 상태의 판은 초기의 상태(평형상태)와 같으며, 그림-3의 라와 같이 되돌아 오게 되는데 용수철에 연결된 판의 바로 앞의 상태는 판이 왼쪽으로 이동 함에 따라서 압력이 최소점이(P_{min})된다. (그림-3의 마)

이와 같이 일련의 연속되는 동작으로 그림-3의 바와 같이 음파를 나타내게 되고, 이렇게 형성된 음파는 판의 이동과 관계없이 계속 진행하게 되는데 파의 진폭과 주기중에 의존하여 전달되는 거리가 차이를 보일수 있다.

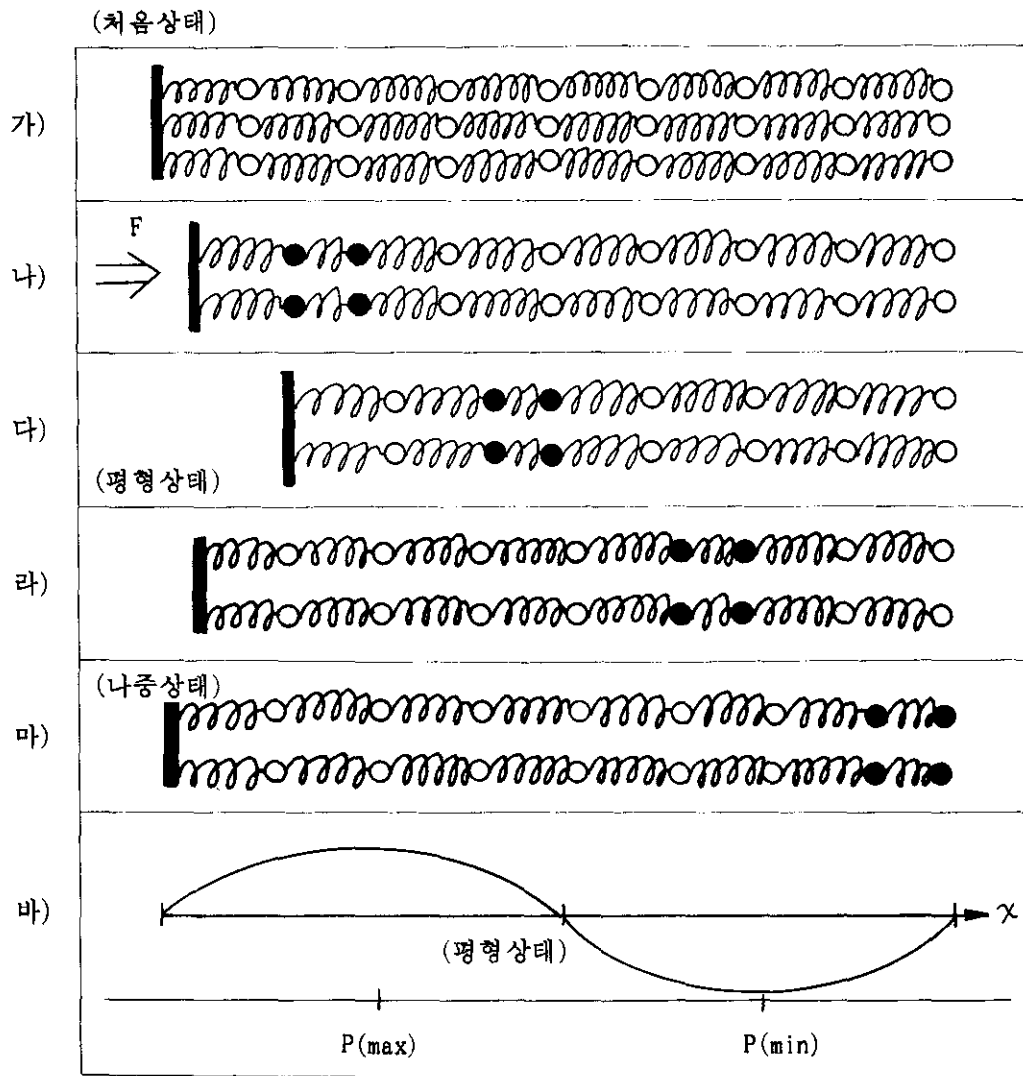


그림 -3. 음수철 운동에 의한 음파의 발생

2. 소음의 종류

보통 소음은 “원치 않는 소리(Unwanted Sound)”라고 정의 하며, 외부의 물리적인 압력 변동으로 인하여 신체의 청력 기관에 자극을 시켜 음파를 신경

흥분으로 전환 시켜 음감을 느끼게 하는 것이다.

이러한 소음은 일반적으로 여러가지 주파수로 구성되어 있으며, 음감을 느낄 수 있는 가청주파수 영역은 사람에 따라서 다소의 차이는 있으나 보통 20-20,000Hz의 범위로 볼 수 있으며 이중 1,000-4,000Hz의 소리에서 사람이 느낄 수 있는 음감이 가장 예민하다.⁽⁶⁾

이러한 가청영역의 여러 주파수에는 특정한 단일파장의 소리와 같은 순음(pure tone)과 이러한 순음이 혼합된 복합음(Complex Sound)으로 고주파음, 저주파음등으로 구분 할수 있다.

2-1 순음(pure tone)

단지 하나의 주파수를 갖는 진폭이 일정한 소리로서 한개의 선 스펙트럼으로 표시되며 그 음압의 파형은 정현파이다.

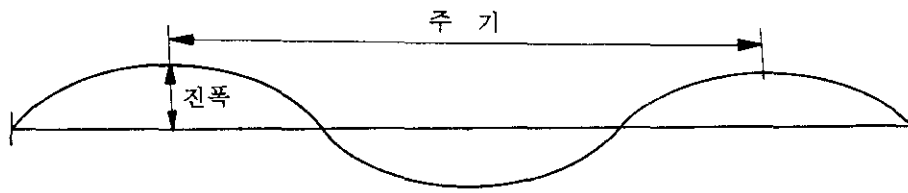
정현파의 성분은 진폭과 주파수에 의해서 정의되며 단일 주파수를 갖는 규칙적인 진동이다. 실제로 순음을 듣는 경우는 거의 없고 혼합된 소음은 여러가지 주파수의 순음으로 나누어서 별도로 음차(soundfork)나 전기적으로 발생시켜 측정 할수 있다.

2-2 복합음(Complex Sound)

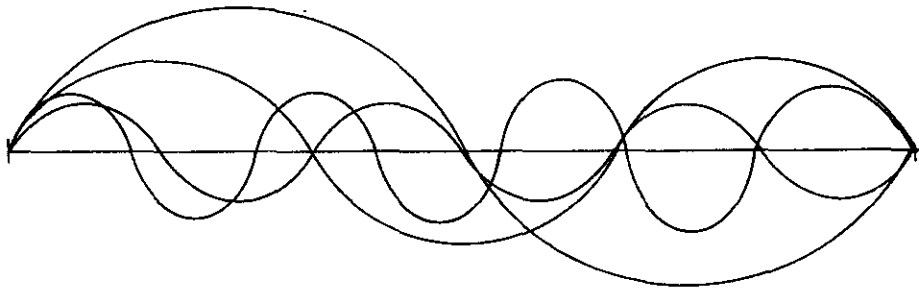
음악, 언어등과 같이 주파수가 다른 많은 순음이 합하여진 소리로서 이것을 복합음(Complex Sound)이라고 하며, 우리가 들을수 있는 소리는 대부분 복합음에 속한다.

혼합된 음중에 최저 주파수 성분의 기음의 주파수를 기본 주파수라 하며, 이것보다 높은 주파수 성분을 상음(Over Tone)이라고 한다.

때로는 기타의 잡음이 합쳐진 것을 복합음 이라고도 한다.



A) 1개의 정현파 순음



B) 여러개의 정현파로 구성된 복합음

그림-4. 순음과 복합음의 주기



순음



복합음(단음)



복합음(협화음)

그림-5. 여러가지 소리의 스펙트럼

3. 소음의 측정

3-1 소음의 측정

소음의 측정에 있어서 음원과의 거리, 장애물의 반사및 흡수, 기상 조건, 음원의 크기등에 따라서 측정치의 수준이 달라지므로 소음을 측정할 경우에는 작업상황이나 작업반경, 주위의 기타영향을 고려하여 측정을 해야 한다.

그리고 소음측정의 목적을 분명히 하여 소음의 발생상태, 소음의 양상(주파수)등에 따라서 소음의 측정 방법이 달라져야 할 것이다.

산업체의 작업장에 있어서의 소음발생원은 대부분 기계에 의한 소음으로서 소음의 특성(A, C)별로 발생원 자체 소음의 크기(발생음)과 발생원과 작업자 사이의 거리에 따른 전달음의 음압수준을 정확히 측정하여 주파수및 전달되는 경로등을 파악 해야 할것이다.

3-2 소음계 (Sound Level Meter)

앞에서 소음의 발생과 성질, 특성, 종류등을 나열하여 소음은 무엇이고, 어떠한 경로로 전파되는가를 미미하지만 살펴보았다.

그러면 발생된 소음을 어떻게 측정하는가에 대해서 다루어 보기로 한다.

소음계는 인체감각(그림-7)을 모델로 하여 설계된 장비로서 5가지의 기본구성⁽⁷⁾으로 이루어져 있다. (그림-6)

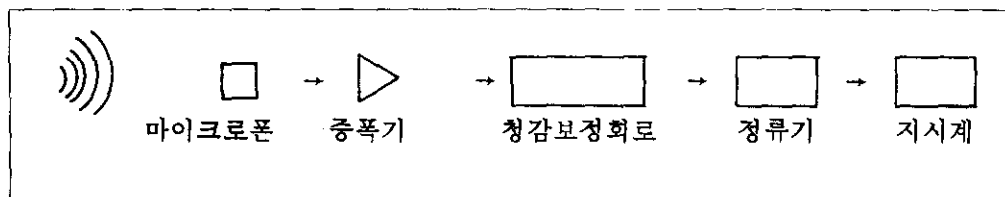


그림-6. 소음계의 기본구성

마이크로폰은 음파 에너지를 전기 신호로 바꾸어 주는 역할을 하며 증폭기는 마이크로폰으로 부터 전달된 소리를 증폭 시켜주는 역할을 하게 되는데 인체의 귀 구조에 있어서 외이 역할을 한다. (그림-8 참조)

이렇게 전달된 음파는 청감보정회로에 의해서 전기 신호로 전환되며 다시 정류기에 의해서 음압수준을 Decibel (dB)로 지시 하기 위하여 A.C를 D.C로 전환시키게 되는데, 종이의 이소괄 진동에 의해 전달되어 난원창으로 들어와서 감각을 일으키게 되는 중이 역할을 한다.

그리고 지시계는 열 감응 표시, 소리의 빠름(Fast) 및 느림(Slow)의 응답특성등 소음계를 통한 신호의 흐름을 이해 시키는데 인체의 내이 역할을 하게 된다.

4. 소음에 의한 건강장해

우리가 일상 생활을 영위하는 환경은 주위의 외부적인 요인으로 부터 자극을 받을수 있는 여러가지의 인자에 의해서 결정 지워지는데 이렇게 주위의 환경으로 부터 주거지역, 상가지역, 산림지역, 공장지역등 여러가지의 부분으로 결정되면 특정한 지역의 성격을 뚜우게 된다.

대부분의 사람들은 생활권의 차이가 있어 자극을 받는 외부적인 요인도 현저한 차이를 보이게 되는데 일반적인 주거환경과 산업체의 작업환경과는 사람에게 영향을 줄수 있는 유해인자가 달라서 유해인자와 관련된 각기 다른 양상의 질환이 나타나게 된다.

특정한 작업에 오랜기간동안 종사하게 되면 직업으로 기인된 직업성 질환이 발생 할수 있으며 이러한 질병은 인체의 특정 장기에 심각한 영향을 초래시키게 된다.

4-1 청력장애

소음에 대한 인체의 영향으로는 중추 신경에 대한 작용과 자율 신경계 특히, 교감신경계에 대한 작용으로 혈압의 상승, 불쾌감 팽배, 순환기 장애, 소화기 장애, 호흡기 및 내분비 계통의 장애, 정신 신경장애, 청력 손실등의 직, 간접적인 영향을 줄수 있으나 이중에 가장 대표적인 문제가 청력 손실로 인한 소음성 난청이다.

소음성 난청은 외부의 힘 즉, 물리적인 요인이 청각기관을 자극 시키면 신경흥분으로 전환시켜(감각, 지각) 음감(인식)을 느끼게 된다.
(그림-7)

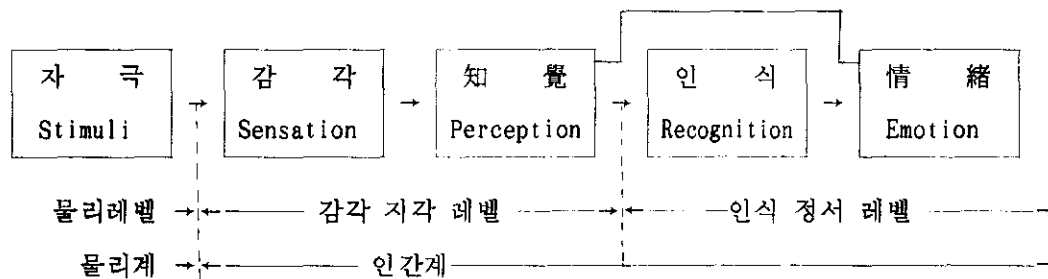


그림-7. 인체 감각 모델

음감을 느끼게 할수 있는 요인으로는 소음의 특성, 음압수준, 주파수, 폭로량(폭로시간), 개인의 감수성등⁽¹¹⁾에 의해 많은 차이를 보이게 되며, 이와같이 음파가 인체의 청력기관에 영향을 주면 전음계 장애와 감음계 장애 즉, 음파를 전달하는 기구와 신경흥분 전환기구에 장애를 초래하게 된다. (그림-8)

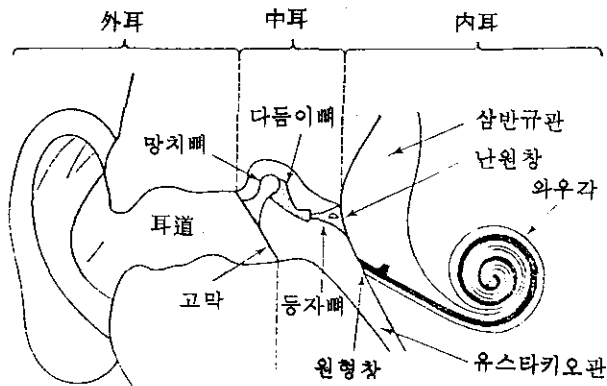
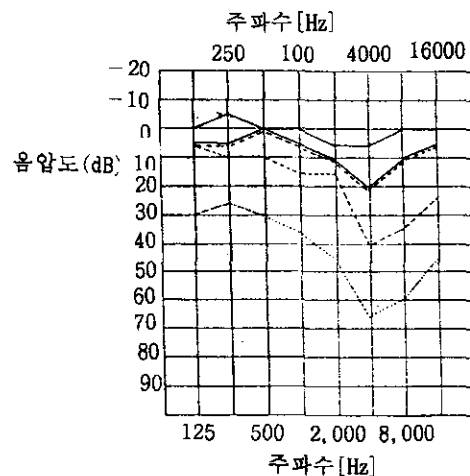


그림-8. 귀의 구조

전음계 장애는 폭발사고와 같은 예기치 않은 경우에 발생하는 것으로, 고막의 파열등에서 볼 수 있으며 이는 조기의 진단과는 관련이 없는 장애이다.

반면, 감음계 장애는 주로 신경조직의 변성으로 기인하게 되는데 특정 작업중 큰 소음에 오랫동안 폭로되는 것의 원인으로 폭로시간(량)에 따라 회복 가능한 일시적인 청력 손실과 회복될수 없는 영구적인 청력손실등을 기인 하게된다.

감음계 청력손실은 청력점사로서 찾아 낼수 있는데 조기증상은 오디오그램상에서 3,000과 4,000Hz사이에서 난청을 보이는데 일반적으로 4,000Hz 난청이 가장 많다.⁽¹²⁾ (그림-9)



폭로기간 { 0년 = 2년
...5년 ... 12년

그림-9. 직업성 난청의 경향

4-2 청력 검사

대부분의 건강 진단을 산업안전보건법 제43조, 동법 시행규칙 제98조에 관련하여 실시하게 되는데 소음 작업장에 배치하기 이전에 검사와 배치후 정기적인 청력 검사를 실시해야 한다.

청력검사는 오디오그램(Audiogram)으로 실시하는데 청력검사시 일시적 난청의 영향을 제거하기 위하여 작업자가 소음 작업장을 적어도 16시간 정도 격리후에 실시하여야 한다.⁽¹³⁾

청력을 검사하는 기본적인 간단한 방법은 음의 강도와 주파수를 조정할수 있는 순음을 가지고 피검자의 좌, 우귀로 각각 검사하는 방법이다.

흔히 쓰이는 청력검사기의 주파수는 250, 500, 1,000, 2,000, 4,000Hz의 고정된 주파수를 가지고 검사를 실시하여 3분법, 4분법, 6분법등으로 난청의 정도를 평가하게 된다.

표-2 ISO(1964) 및 Goodman 의한 분류(3분법에의한 평균청력손실)

난청의 정도	난 청 의 종 류
26dB 이하	정상(Normal)
27~40dB	경도난청(Mild hearing loss)
41~55dB	중등도난청(Moderate hearing loss)
56~70dB	중등고도난청(Moderate severe hearing loss)
71~90dB	고도난청(Severe hearing loss)
90dB 이상	농(Profound)

5. 소음 방지대책

어떤물체가 진동할 경우 매질을 구성하고 있는 분자들에 대하여 압축과 이완이 반복적으로 되풀이되는 결과로서 그 매질내에 소밀파를 형성해서 에너지가 전달되는 현상을 음파라고 한다.⁽¹⁴⁾

이러한 음파에는 발생원에 따라서 파동이 진행방향과 크기, 전달거리등의 차이에 의해서 평면파와 구면파로 나눌수가 있는데, 평면파의 경우(그림-10)는 용수철에 의해 발생하는 음파와 같이(그림-3 참조) 파동진행방향이 대기에 의한 흡수효과를 무시한다면 공간상의 모든점에서 동일할 것이다.

구면파의 경우(그림-11)는 점음원에서 발생하는 음파로서 점음원으로부터 멀리 떨어진 곳에서는 평면파로 간주하여 해석할 수 있다.

이와같이 파의 종류에 따라서 소리의 전달 형태는 굴절, 회절, 흡수, 반사(그림12-16)등에 의해 대기중으로 진행되는 동안에 발생초기의 특성 및 크기등의 많은 변화를 일으킬 수 있다. 또한, 기계 소음의 특성 규명을 위해, 발생하는 정현파 소음의 진폭과 주파수를 분석하여 발생원으로 부터 전해지는 소음형태를 고음, 저음으로 분리시켜 자유음장(그림-17)에 만족 되는 공간에서 음의 물리적인 성질과 특성을 이용하여 작업자에 대한 소음폭로를 감소 및 억제 시킬수 있는 방안을 강구 하였다.

기계소음 방지대책으로는 기계설계 및 제작 과정에서 대책을 강구하는 것이 가장 바람직하나 이 방법은 현실적으로 기대하기 어려움이 따르며 경우에 따라서는 완성된 기계에 대해서 적절한 소음 방지 대책을 강구하는것이 경제적인 면에서 보다 효율적 일수도 있다.

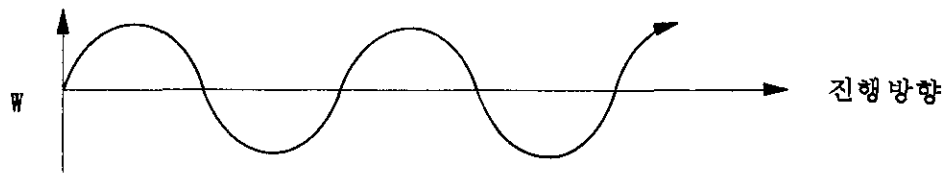


그림 - 10. 평면파의 진행방향

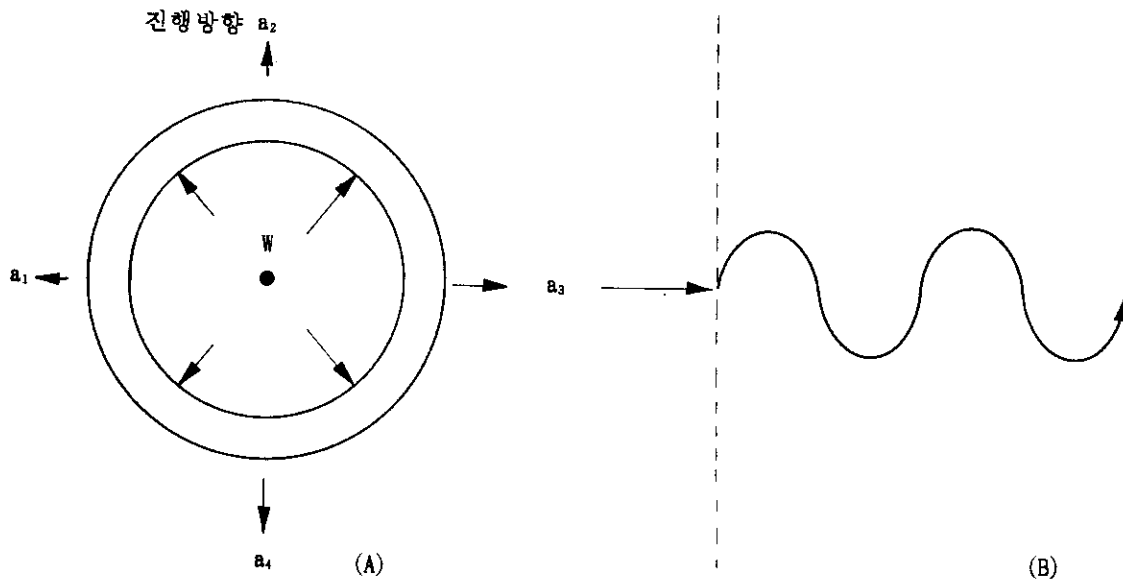


그림 - 11. 구면파의 진행방향

- (A) 발생 원으로 부터 여러방향으로 진행
- (B) 발생 원으로 부터 진행되는 구면파가 충분히 떨어진 어떤장소에서의 진행 방향(평면파로 간주)

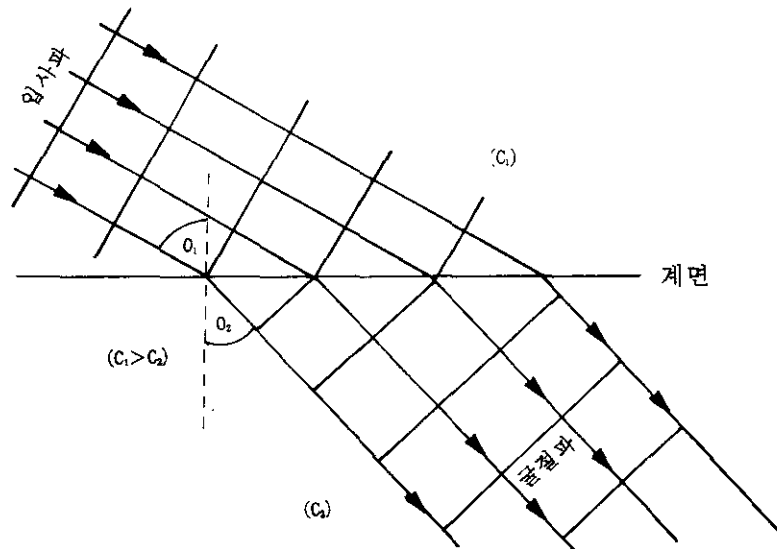


그림 - 12. 음파의 굴절

음파의 굴절은 그림에서 보듯이 음파를 전해줄 수 있는 매질의 특성이 변하는 경계면에서 일어난다. (원거리의 경우는 온도와 밀도의 영향을 받음)

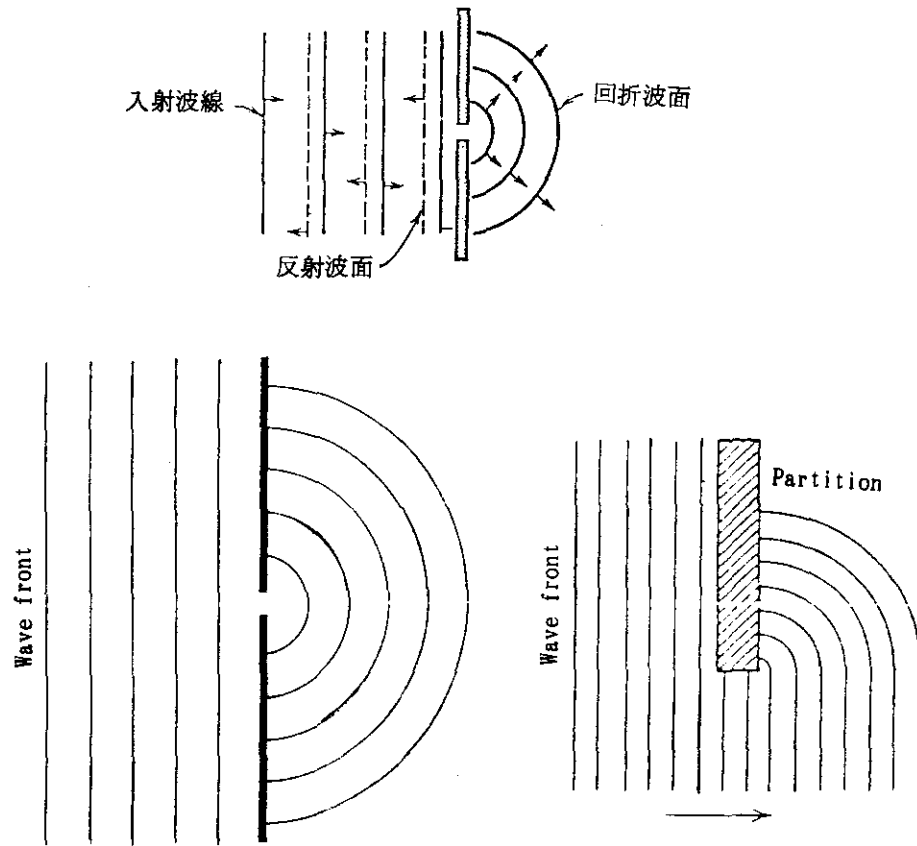


그림 - 13. 음파의 회절

일반적으로 음파의 회절은 음파가 진행하는 경로에 놓여진(막혀진) 물체보다 파장이 큰 경우에 잘 일어난다. 즉, 고주파보다 저주파에서 회절이 잘 일어난다. (소음 차단벽은 고주파소음에 대해서는 효과적이나 저주파 소음에 대해서는 큰 효과를 기대할 수 없다)

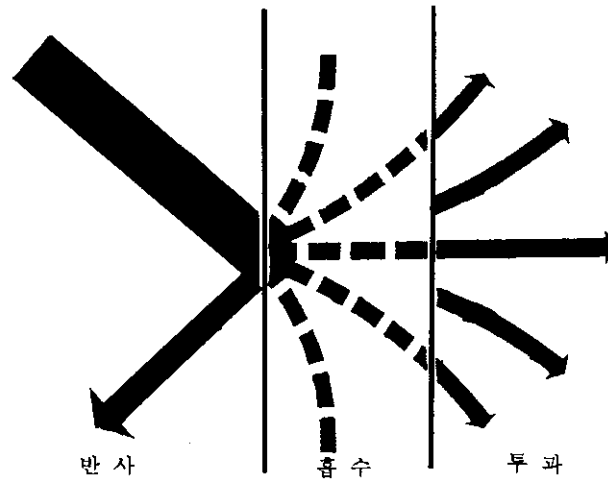


그림 -14. 음파의 흡수

음파는 대기 입자사이의 탄성 충돌에 의해서 전파된다. 음파가 특정한 방향으로 진행하는 동안 음원으로부터 멀어짐에 따라 여러형태의 에너지 손실로 발생초기의 양이 소멸되며 음파가 어떤 물체에 부딪치면 탄성충돌에 의해 반사되고 일부는 물체에 흡수되고, 나머지 양은 투과된다. (물체의 두께, 재질, 공극율에 따라서 흡수되는 양이 다름)

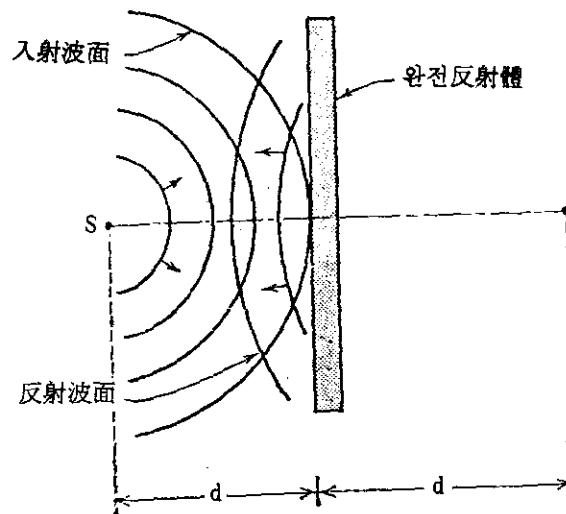
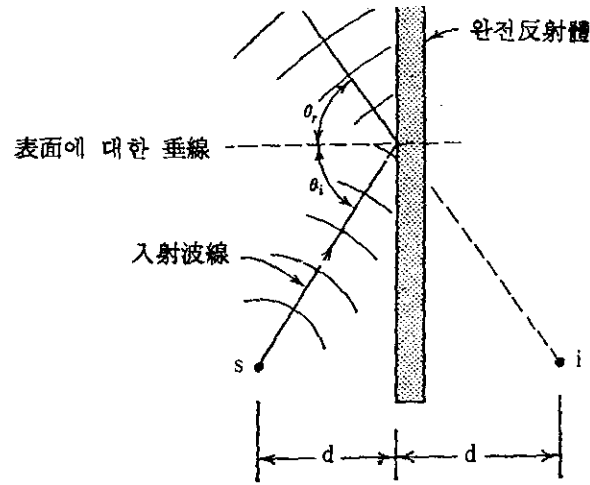
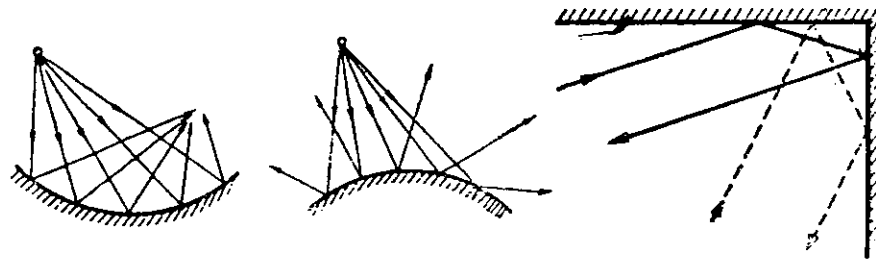


그림-15. 음파의 반사

음파의 반사는 파동의 법칙을 따른다. (거울면에서의 빛의 반사와 같다).
반사체는 파동의 파장에 비해 훨씬 큰 경우에 효과적이다. 그러므로 음파의 반사효과는 고주파성분일 경우에 더욱 중요하다.

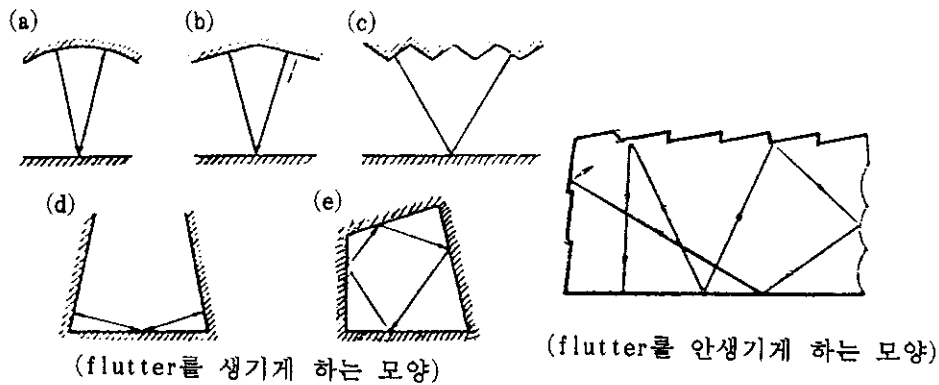


오목면

볼록면

(곡면에 의한 반사)

(모퉁이 반사)



(flutter를 생기게 하는 모양)

(flutter를 안생기게 하는 모양)

그림 - 16. 면에 의한 반사형태

음파의 반사에 대한 효과적인 기대를 얻기 위해서 음파의 주파수, 크기, 작업의 형태, 발생원의 종류등을 고려하여 반사면의 형태를 달리하면 많은 효과를 기대할수 있음.

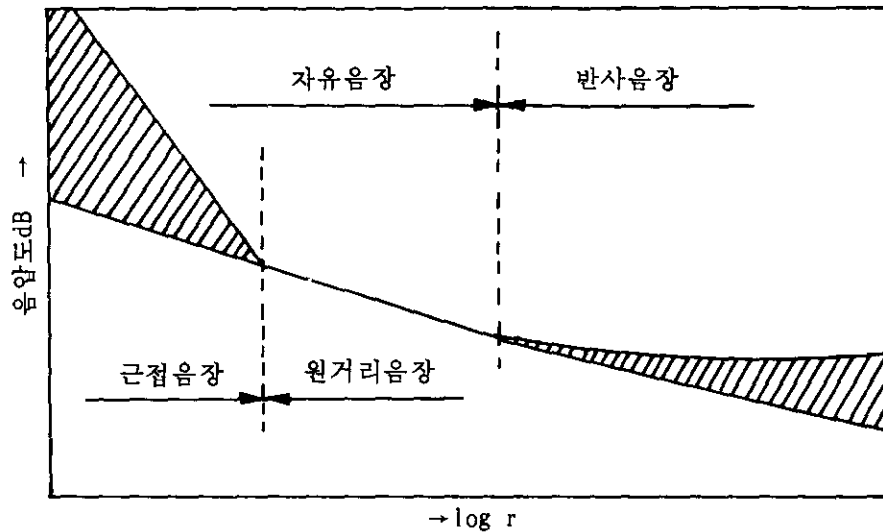


그림 - 17. 자유음장 및 확산음장

- A) 근접음장-발생원에 근접한 음장
- B) 원거리 음장-반사음이 직접 전달되는 음보다 클수 있는 음장

소음 방지 대책은^(15,16) 소음 발생원으로 부터 전달되는 소음의 주파수별 특성과 형태등을 고려하여 흡음, 차음, 진동차단, 진동댐핑, 소음기(muffling)등의 방법중 수행되는 작업공정별 단위작업시 작업의 형태, 작업반경, 인접부서의 영향등을 감안하여 작업상황에 적절한 방법을 선택하여야 할 것이다.

먼저 차음에 의한 방법(그림-18)⁽¹⁷⁾으로는 소음발생원 주위에 차음벽을 설치하여 발생된 소음의 전달을 차단하여 작업자가 전달음에 직접 폭로되는 것을 차단하는 방법으로서 간편하며 손쉽게 할 수 있는 방법인데 발생원과 작업자 사이의 차단(격리)의 정도, 차단벽의 재질, 두께, 인접부서의 소음 영향등에

의해서 차음의 효과가 어느 정도의 차이가 있을 것으로 보이며 전달되는 음파의 특성에 따라서도 많은 차이를 보일 것으로 생각된다.

이러한 차단에 의한 방법으로 소음감소를 시키기 위한 작업은 가능한 고정성 작업으로 작업반경이 일정한 작업일 경우에 감소 효과가 클 것이며 저주파보다는 고주파역에서 현저할 것으로 본다.

또한 차단에 의한 방법으로 소음감소 효과를 높이기 위해서는 차단체와 소음발생원의 전달음 방향을 고려한 차단체의 설치각도가 차단 효과에 많은 영향을 줄수 있다(그림-19)

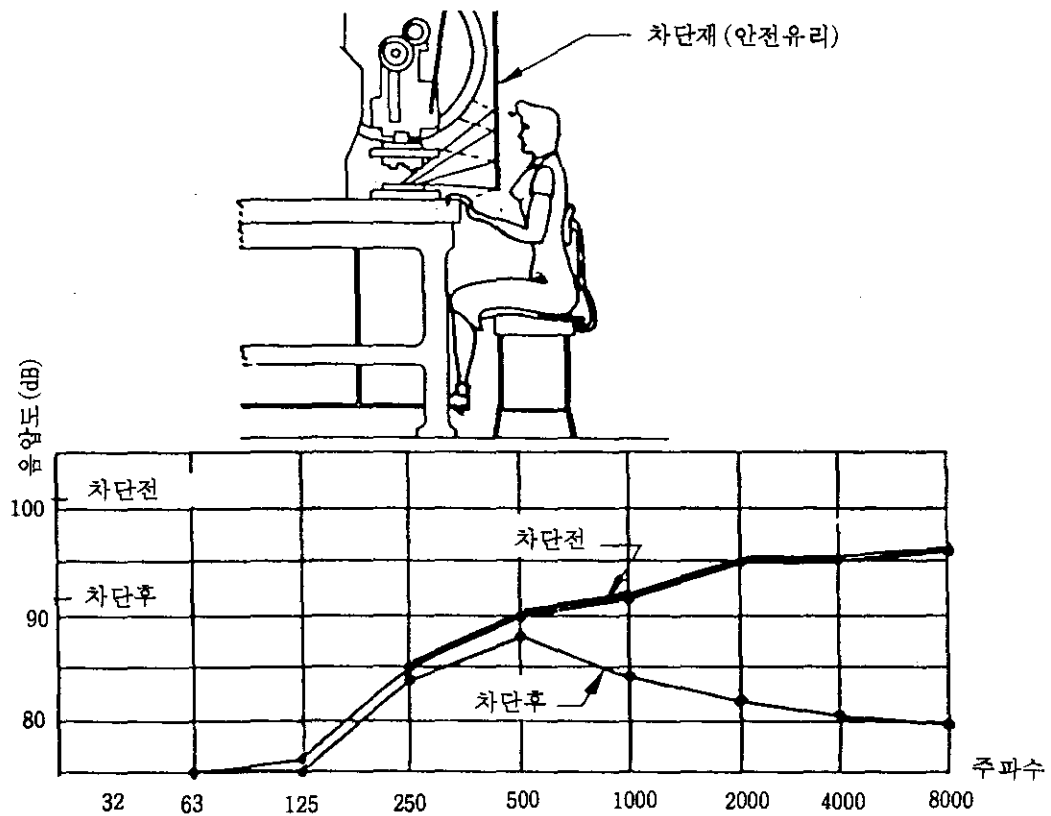


그림-18. 프레스 작업시 차단체 설치에 의한 소음감소 방안

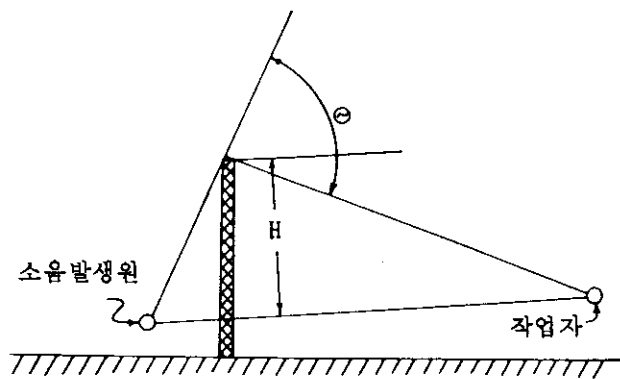
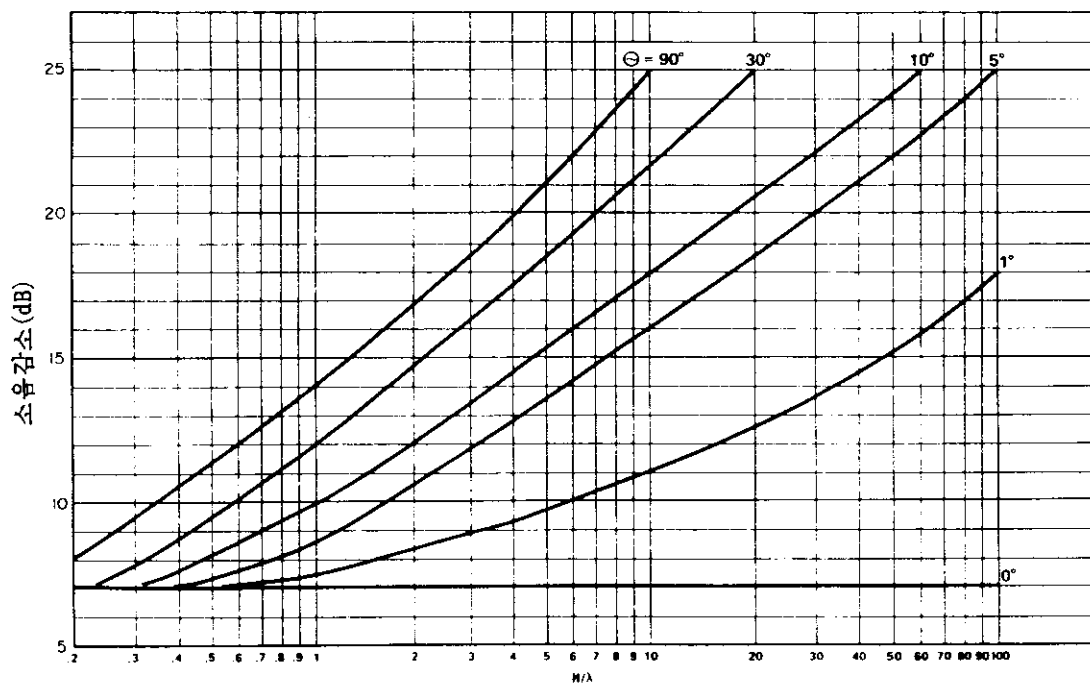


그림-19. 차단재 설치 방법에
의한 소음감소

(H : 차단벽의 높이
λ : 파 장
Θ : 각 도)



둘째 흡음에 의한 방법은 (그림-20)⁽¹⁸⁾ 차단에 의한 방법과 비슷한 방법으로 발생원으로부터 전달되는 음을 작업자가 직접적으로 폭로되지 않게 하는 방법중의 하나인데 이때 사용되는 재질이 단지 차단목적이 아니라 발생된음을 흡수시켜서 작업자의 소음피폭을 감소시키는 방법으로서 흡음재는 두께, 재질, 공극율등에 따라서 흡수되는 정도도 많은 차이를 나타냄으로 발생소음의 주파수별 특성을 고려하여 적절한 선택을 하는 것이 감소효과가 클 것으로 보인다.

또한 댐핑에 의한 방법으로서(그림-21, 22, 23) 고체물의 진동에 의해서 소음이 발생하는 경우를 댐핑재를 사용하여 진동음을 적게 하는 방법인데 사용되는 댐핑재로는 탄성이 있는 재질로 고무계, 플라스틱계가 주로 사용된다. 댐핑은 진동에너지를 억제하고, 이것을 열 에너지로 전환함에 따라서 진동물체의 제진과 그로인한 진동전달의 감소로 소음수준을 감소시키는 방법이다.

소음기(muffling)에 의한 방법은 음의 흡수, 반사, 간섭등 소음의 성질을 이용해서 감소시키는 방안으로서 소음 발생원에 근접한 위치에 부착하여 발생소음 수준을 감소시키는 방법으로 특정대상물에 대한 소음기의 형태가 여러가지가 있다(그림-24)

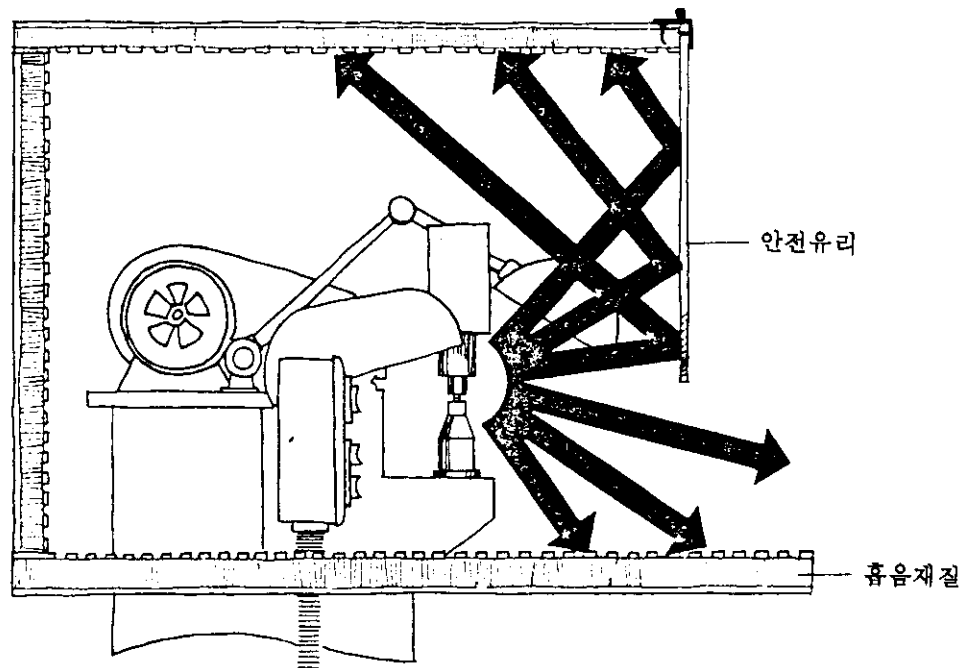
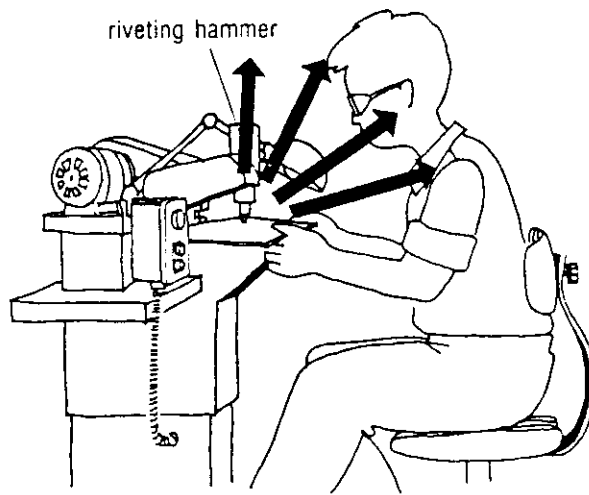
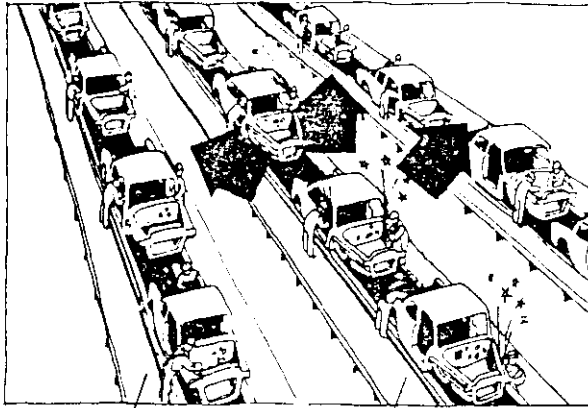


그림-20. Riveting Hammer 작업시 포위식 흡음벽 설치

- 흡음재의 재질과 음파의 진행방향과 성질을 이용하여 설치(그림29-17참조)

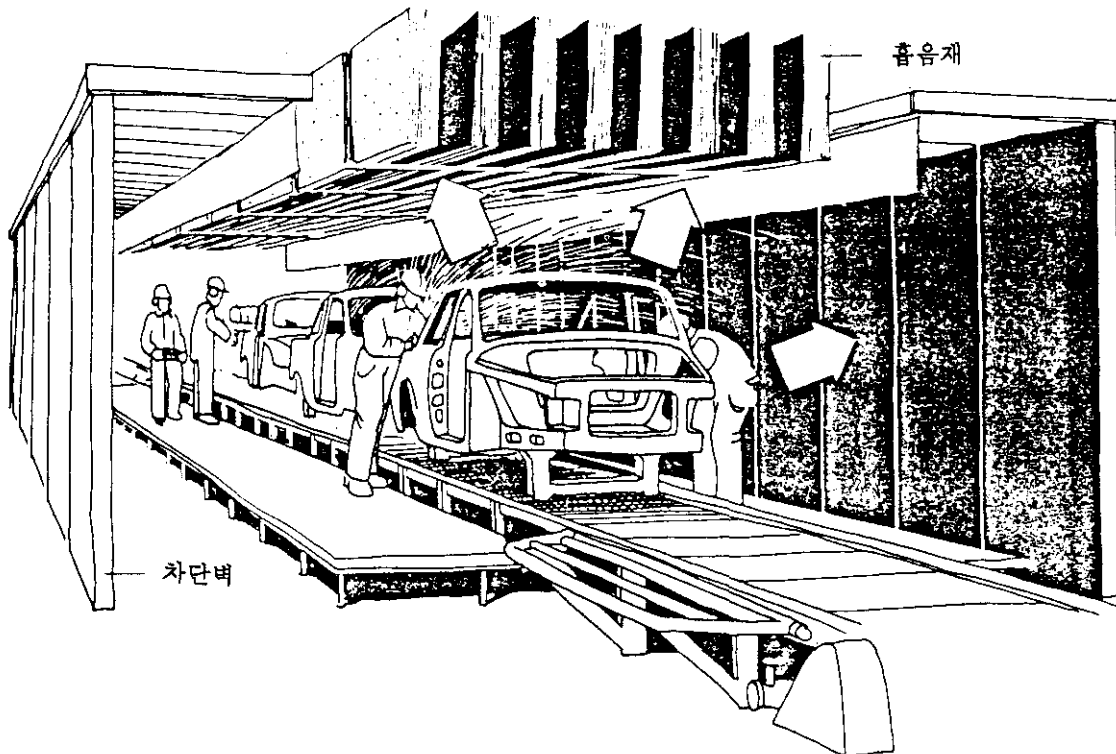


조용한 작업공정

강렬한 소음 작업공정

그림 -21. 공정별 작업시 격리
및 흡음벽 설치

(강렬한 소음 작업공정과 조립
작업과 같이 소음이 발생되지
않는 작업공정이 한 공간에서
이루어질때)



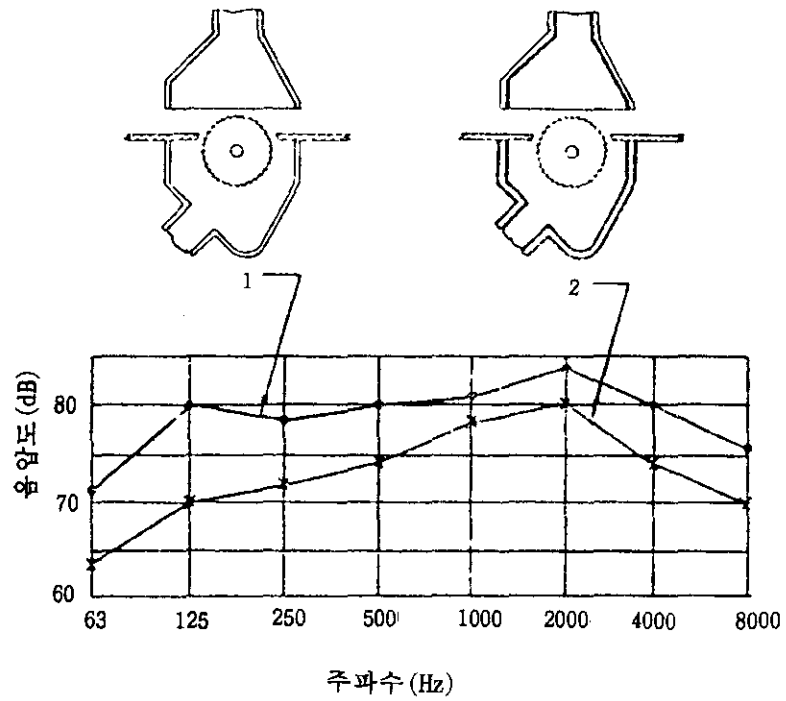


그림-22, 댐핑에 의한 진동 소음 감소

- 수직톱의 배기장치에 댐핑시켜 소음 감소

1. 댐핑 전

2. 댐핑 후

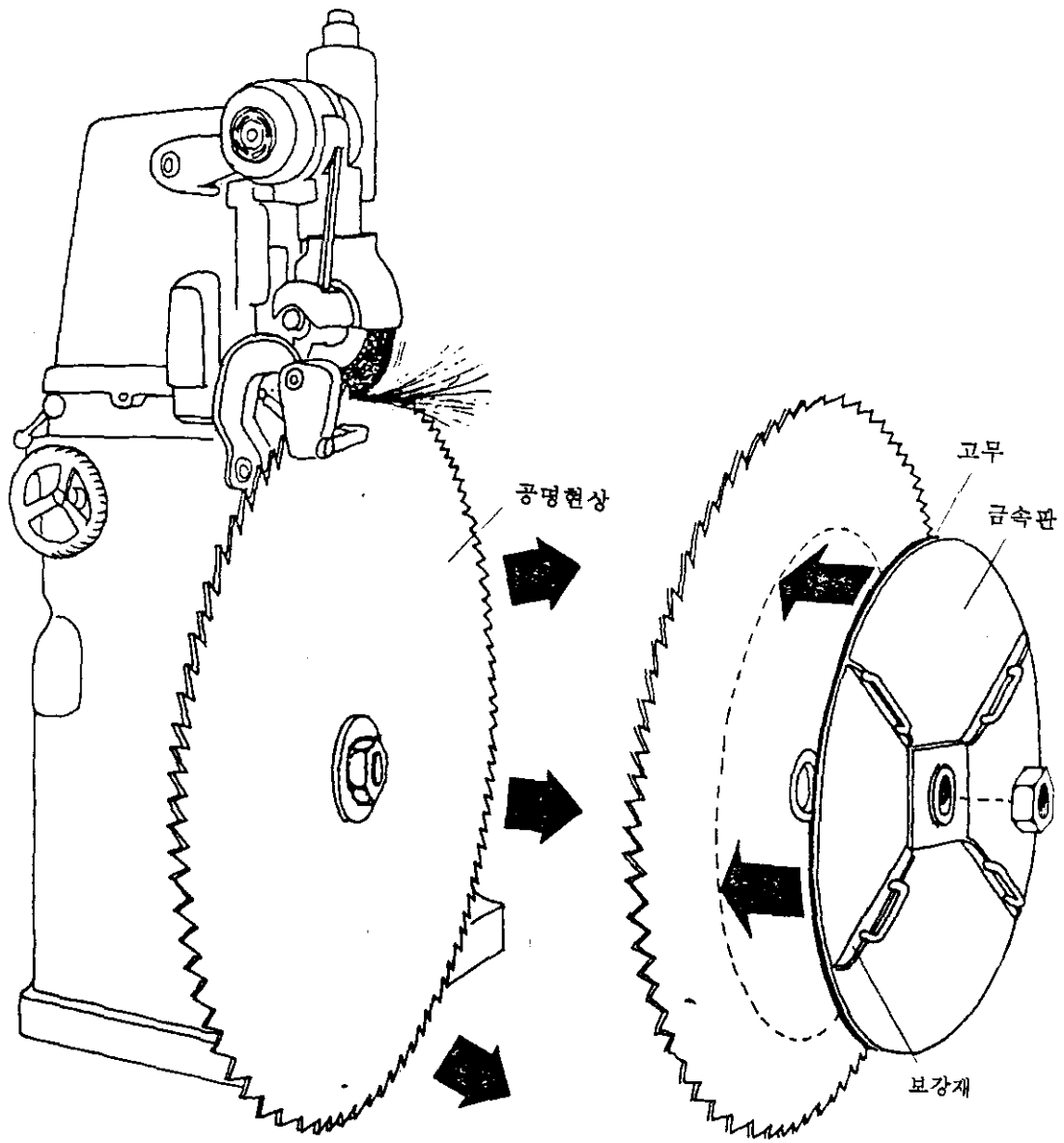


그림-23. 댐핑에 의한 공명소음 억제

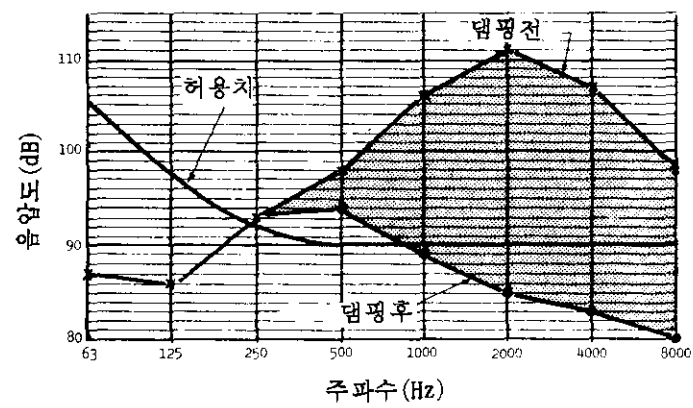
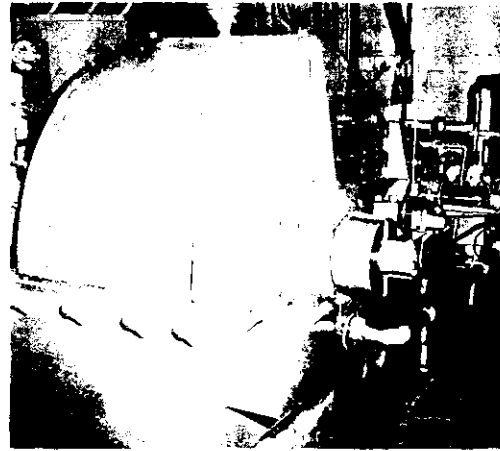
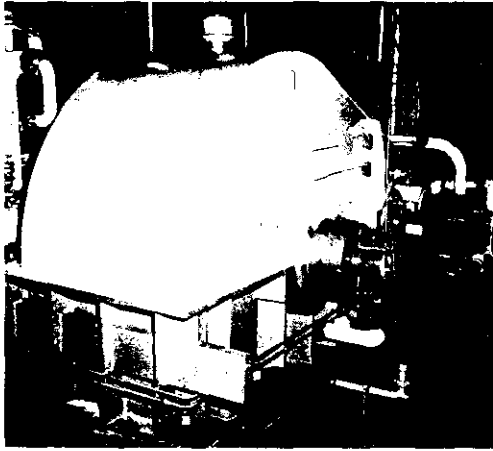


그림 - 24. 댐핑에 의한 2000H. P. Extruder drive gear의
발생소음의 감소 효과

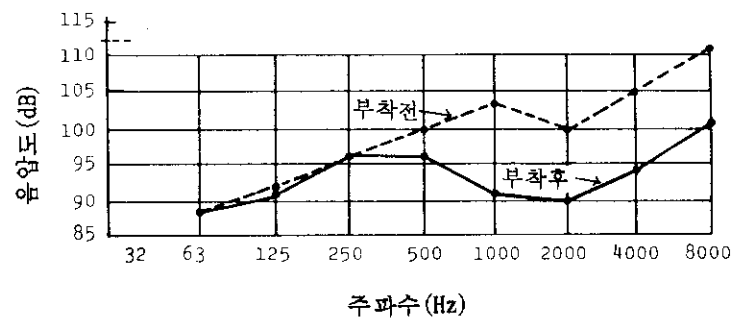
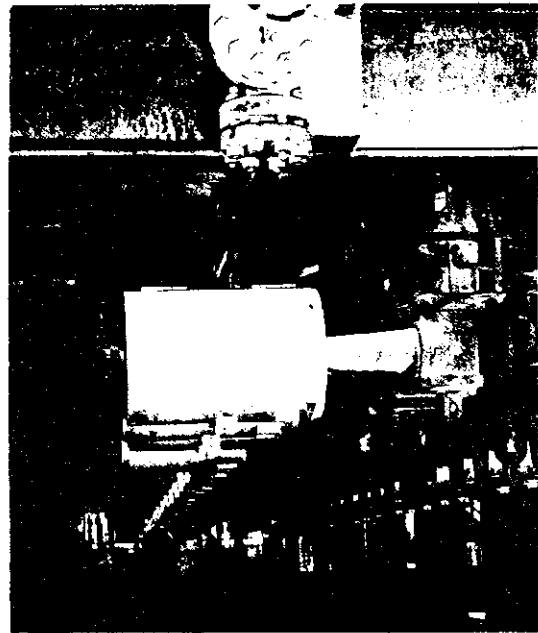
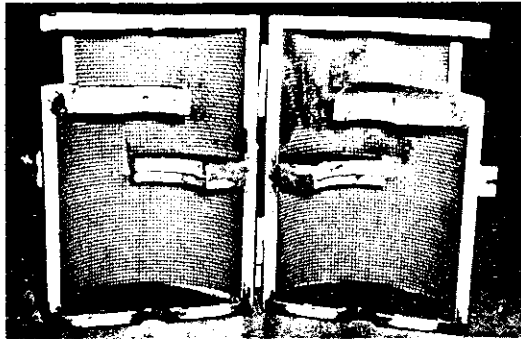


그림 - 25. 소음기 (mufflers) 부착으로 oil burners의
발생소음 감소

또한, 기타의 방법으로 유체역학적인 측면에서 접근할수 있는데 그림-25에
서와 같이 흡입후드의 개구면적에 비해 배풍량이 커서 후드내 각부분의
개구부 근처에서 과류가 발생하여, 후드의 재질이 공명현상으로 소음을 발생
시키고 있는 것이 원인으로 나타났다.

그래서 후드의 재질로서 다공질 재료를 사용하여 덕트 내부의 기류를
후드 외벽을 통하여 미량의 기류를 투과시키므로 과류의 발생을 방지시켜
발생소음 수준을 감소 시키는 방법이다.⁽¹⁸⁾

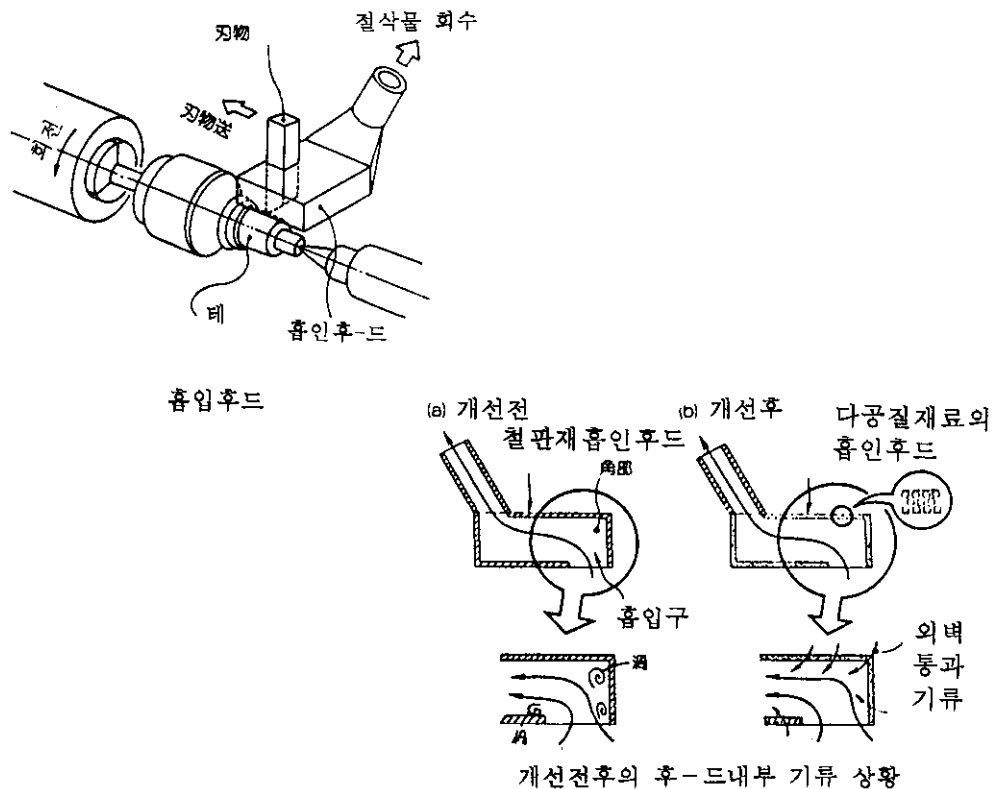


그림-26. 흡입후드 재질의 변화로 과류 발생을 억제하여
소음수준의 감소

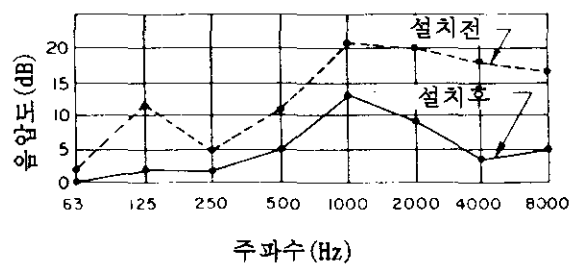


그림-27. 포위식 격벽 설치에 의한 소음감소

Ⅱ. 실험

1. 조사대상 및 방법

1-1 조사대상

산업안전보건법상의 소음측정및 소음 특수건강진단을 실시해야할 대상 사업체중 반월공단 지역내에 산재 되어있는 일부 금속제품 제조업체의 소음성 난청 다발 사업장 15개 업체를 선정하여 1991년 5월부터 8월 까지 3개월 동안 소음 환경이 문제시 되는 작업공정을 조사하였으며, 이들 작업중 작업의 형태및 방법을 고려하여 고정성 작업인 프레스 작업을 소음 감소 방안의 모델로 선정하여 차음에 의한 발생 소음의 감소효과를 조사, 분석 하였다.

1-2 조사방법

1) 폭로 위치별 음압수준

노동부고시의 작업환경 측정 방법에 따라서 작업공정별 단위작업시 발생하는 소음을 측정면의 형태를 달리하여 작업장내의 전반적인 소음 수준을 측정 하였으며, 프레스 작업시 차단에 의한 감소 효과를 보기 위하여 주물형C-Type 85TON 프레스를 선정했다.

선정된 프레스의 정면(작업자의 앞면)에 폭 85cm 높이 100cm의 차단재(안전유리·아크릴)를 부착한 후 작업자의 귀위치에서 음압수준(dB)을 측정 하였으며, 거리 격리에 의한 감소효과의 범위를 보기위하여 1m, 2m, 3m의 거리 격리후 발생하는 소음의 변동과 주기를 고려하여 5회 이상 측정하여(그림-28) 최고치를 산술평균하고 거리변화에 의한 전체 소음수준의 범위를 산출하였다.

2) 주파수별 음압수준

특로 위치별 음압수준을 보기 위해 측정한 장소와 동일한 위치에서 주파수 분석기(CF-210 Field FFT Analyzer)를 이용하여 발생한 소음의 특성을 고려하여, 6개 주파수 영역에 걸쳐서 3회 이상 반복측정하여 평균값을 산출 하였으며, 프레스 작업시 발생한 소음을 녹음하여 주위의 환경소음에 영향을 받지 않는 실험실에서 전체 음압수준 및 주파수 분석을 실시하여 산업체의 현장소음과 실험실에서의 측정치를 상호 비교 하였다.

3) 소음 평가

(1) 평균소음 수준의 평가

소음환경이 문제시 되는 공정별 작업시 발생한 소음에 대한 1일 작업중 노출시간별 허용기준은 노동부 고시제91-21호의 허용기준을 적용시켰다(표-3)

표-3 소음의 허용 기준(충격소음제외)

1일노출시간(hr)	소음강도db(A)
8	90
4	95
2	100
1	105
1/2	110
1/4	115

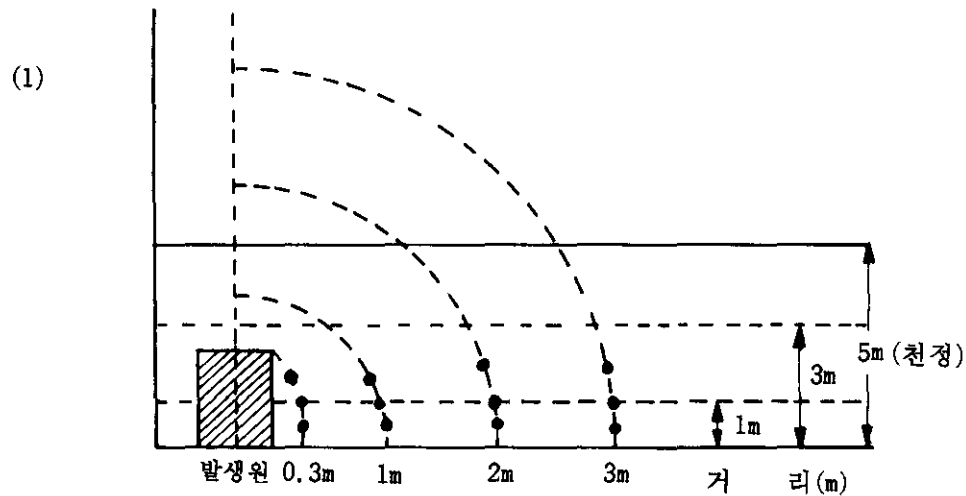
주 : 115dB(A)를 초과하는 소음 수준에 노출되어서는 안된다.

(2) 주파수별 소음수준의 평가

청력보호를 위한 주파수별 소음의 허용기준은 일본의 산업위생학회의 허용기준을 적용시켰다(표-4)

표-4 주파수별 소음의 허용기준

중심주파수 (Hz)	허용 옥타브 밴드레벨 (dB)					
	480 分	240 分	120 分	60 分	40 分	30 分
250	98	102	108	117	120	120
500	92	95	99	105	112	117
1,000	86	88	91	95	99	103
2,000	83	84	85	88	90	92
4,000	82	83	85	87	89	91
8,000	87	89	92	97	101	105



(2)

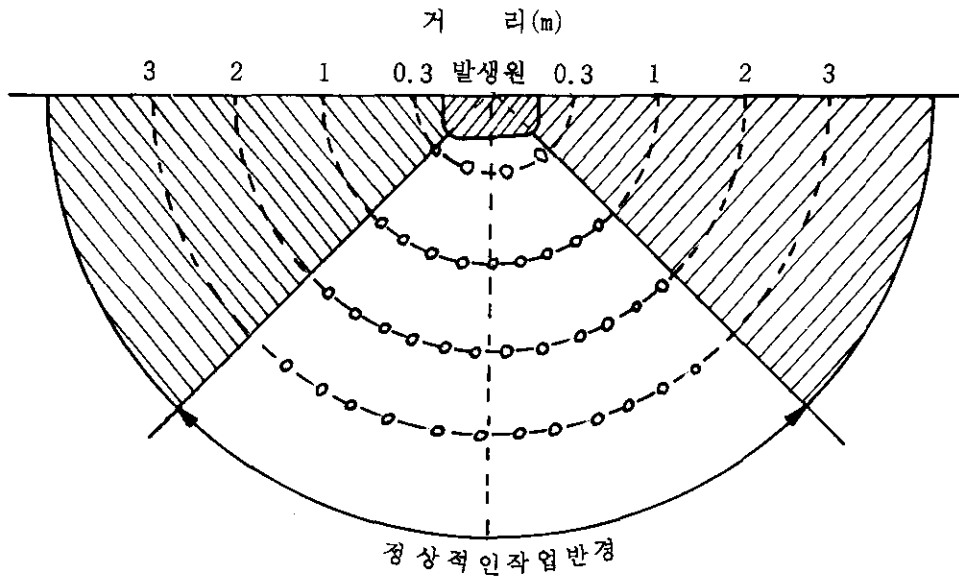


그림 - 28. 소음측정면의 위치

- (1) 발생원으로부터 거리변화에 의한 측정위치
- (2) 정상적인 작업반경을 고려한 측정위치

2. 조사성적

2-1. 금속제품 제조업체의 발생소음

금속제품 제조업체의 15개 사업장에 대하여 소음환경이 문제시 되는

공정별 작업을 단위작업별로 분류하여 대표적인 소음발생원을 구분하여 보면 그라인더, 선반, 프레스, 단조, 에어 스프레이, 에어 드라이버작업과 금속 절단시 마찰에 의한 금속성등으로 충격음, 연속음, 간헐음등이 복합적으로 발생되고 있는 상태였으며, 발생원의 소음수준도 사용하고 있는 기기의 용량과 크기, 가공제품의 종류, 작업의 형태, 작업공간의 넓이등에 의해서 현저한 차이를 보이고 있었다.

공정별 단위작업시 발생된 소음은 작업자의 귀 부근(발생원으로 부터 30cm거리)에서의 소음수준이 그라인더 작업시 98.2(dB), 선반작업 92.8(dB), 프레스 작업 98.2(dB), 단조작업 99.0(dB), 에어스프레이 작업시 99.1(dB)과 에어 드라이버 작업시 104.4(dB)로 각각 측정이 되었다. (표-5, 그림-29)

이들 단위작업시 측정된 소음은 작업대상물, 작업의 형태등에 따라 다소의 차이를 나타내고 있으나 발생 소음에 대한 주파수별 분석은 대부분의 발생음이 인체에 가장 민감하게 영향을 줄수 있는 1,000~4,000Hz의 주파수역에서 일본산업위생학회의 허용기준을 초과및 접근하는 수준을 나타내고 있었으며, 발생된 소음은 저주파역보다는 고주파역에 주로 분포하고 있는 것으로 측정이 되었다.

또한, 일정한 거리(30cm, 100cm)를 격리 시킨후의 측정치는 저 주파수역에서 보다 고주파역에서 감소폭이 크게 나타났다. (표-5, 그림-30-1, 30-2)

표-5 단위작업별 측정위치에 따른 평균소음 (dB)

단위작업	측정거리 (cm)	소음수준 (dB)	주파수별 음압수준 (dB)					
			250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
			98.0	92.0	86.0	83.0	82.0	87.0
에어스프레이작업	30	99.1 (± 3.0)	64.7	67.6	79.3	89.3	90.8	88.6
	100	86.4 (± 2.5)	63.2	64.6	76.4	76.6	57.7	63.3
에어 드라이버	30	104.4 (± 2.7)	63.8	80.3	86.1	99.8	93.6	78.0
	100	102.1 (± 3.0)	62.5	75.1	84.3	98.7	91.7	64.4
선반작업 (CNC)	30	92.8 (± 3.5)	70.1	72.6	79.7	80.2	84.6	81.7
	100	91.1 (± 3.0)	70.6	70.7	79.8	80.9	80.5	77.8
프레스작업	30	98.2 (± 2.5)	77.5	79.8	83.0	80.4	77.7	78.7
	100	92.4 (± 4.0)	74.7	77.7	77.3	80.4	77.7	78.7
단조작업 (1Ton)	30	99.0 (± 3.0)	90.2	83.9	84.4	80.6	77.7	78.1
	100	94.4 (± 3.0)	83.8	79.6	80.5	80.1	77.2	76.4
고속절단기	30	96.4 (± 2.0)	56.6	74.5	76.6	77.2	84.6	90.1
	100	91.9 (± 2.5)	53.2	70.4	76.2	75.3	80.1	83.6
그라인더 (hand)	30	100.5 (± 2.3)	53.2	67.1	71.2	84.2	92.8	94.4
	100	94.8 (± 2.0)	53.2	59.1	69.3	78.8	85.5	89.1

음압수준 (dB)

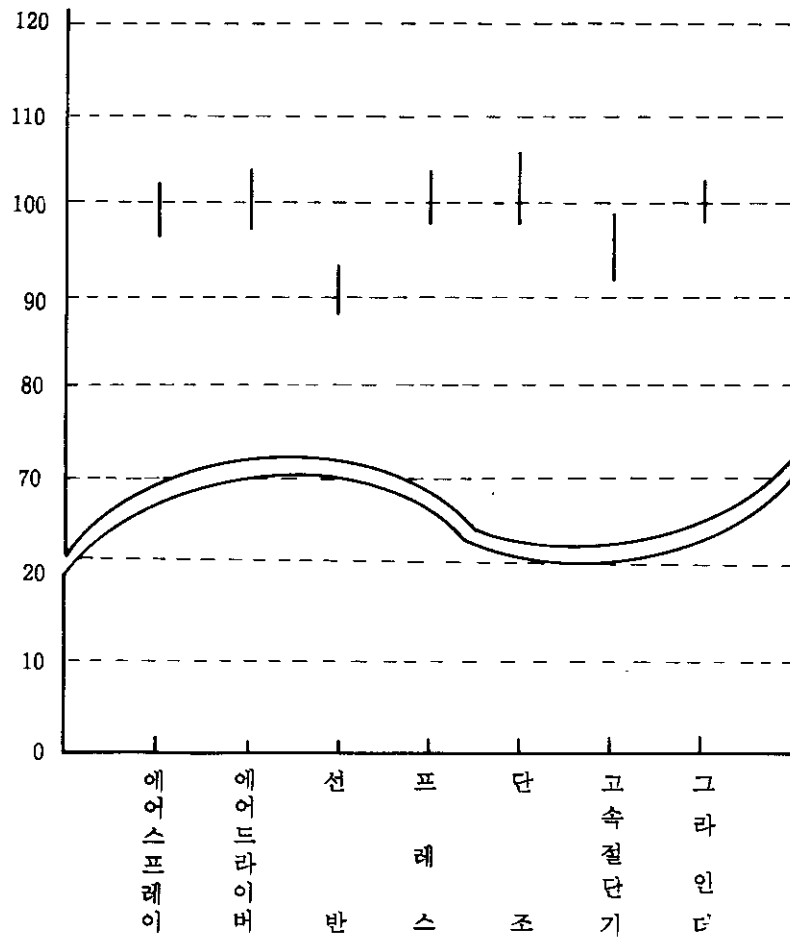


그림 -29. 단위작업별 평균소음 (dB)

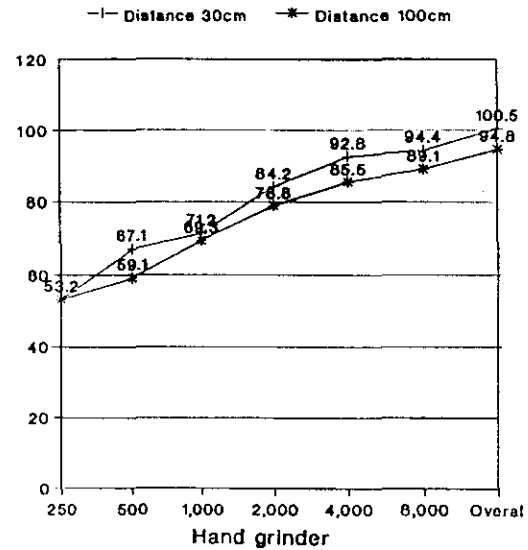
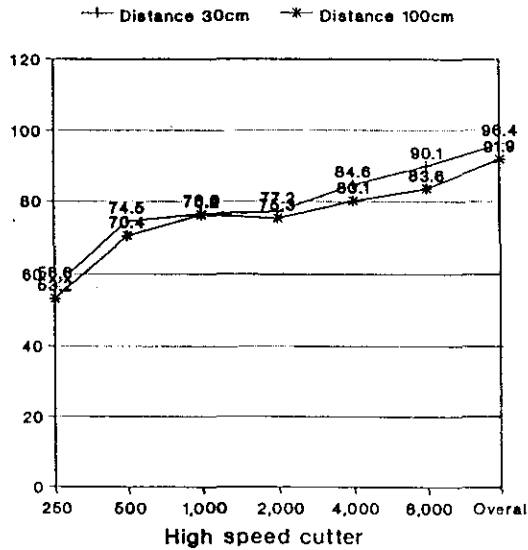
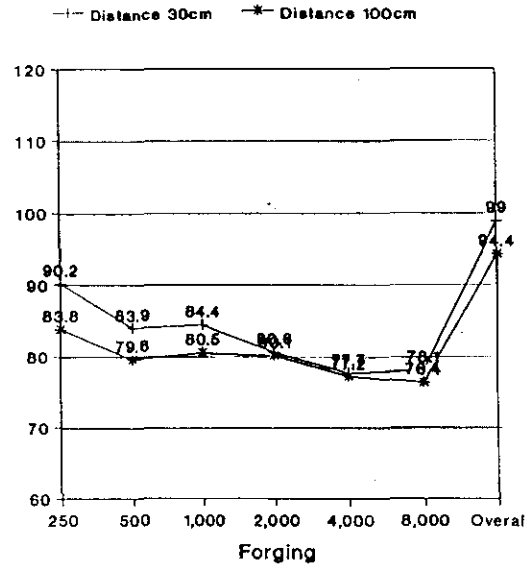
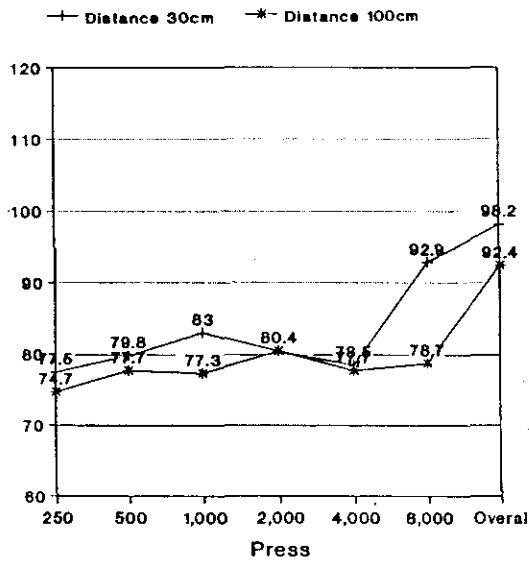


그림30-1. 단위작업별 거리거리에 따른 주파수별 음압수준 (dB)

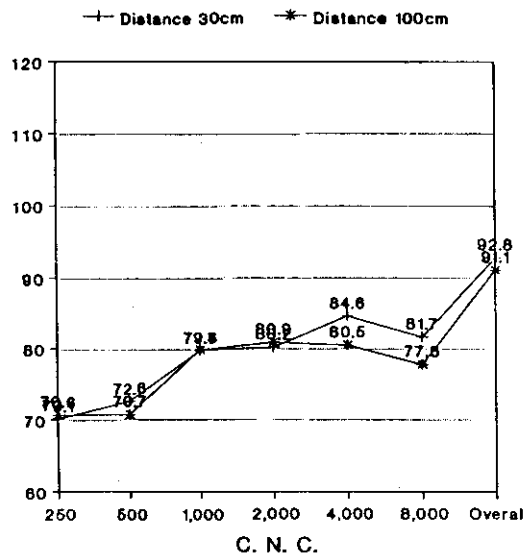
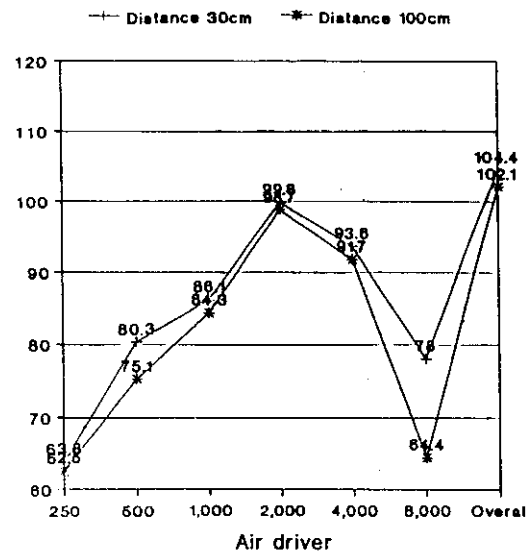
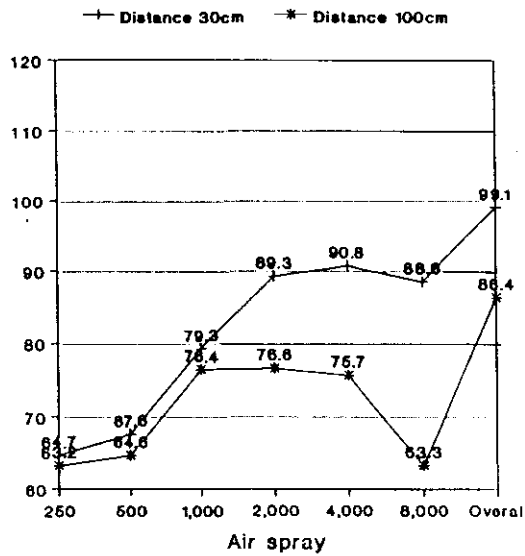


그림30-2. 단위작업별 거리거리에 따른 주파수별 음압수준 (dB)

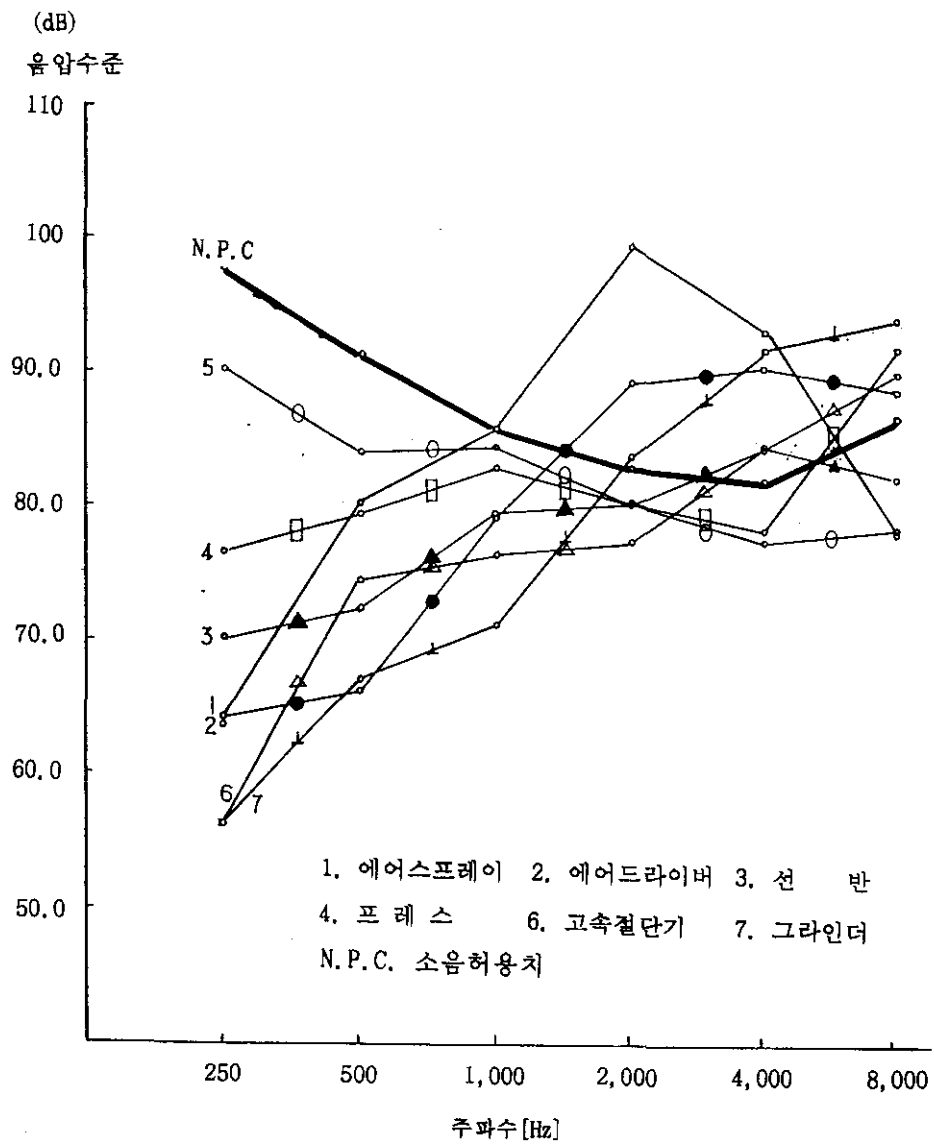


그림 - 31. 단위작업별 주파수 분석

2-2. 차단재 사용시의 소음 수준

2-2-1. 실험실내의 소음 수준

연구대상 사업장에서 프레스 작업시 발생하는 소음을 녹음하여 실험실내에서 주위환경소음의 영향을 배제 시킨후 녹음해온 소음을 발생시켜 일정한 거리를 격리시킨후 음압수준(dB)과 차단에 의한 전달음의 감소효과, 주파수별 음압수준(dB)등을 측정 하였다.

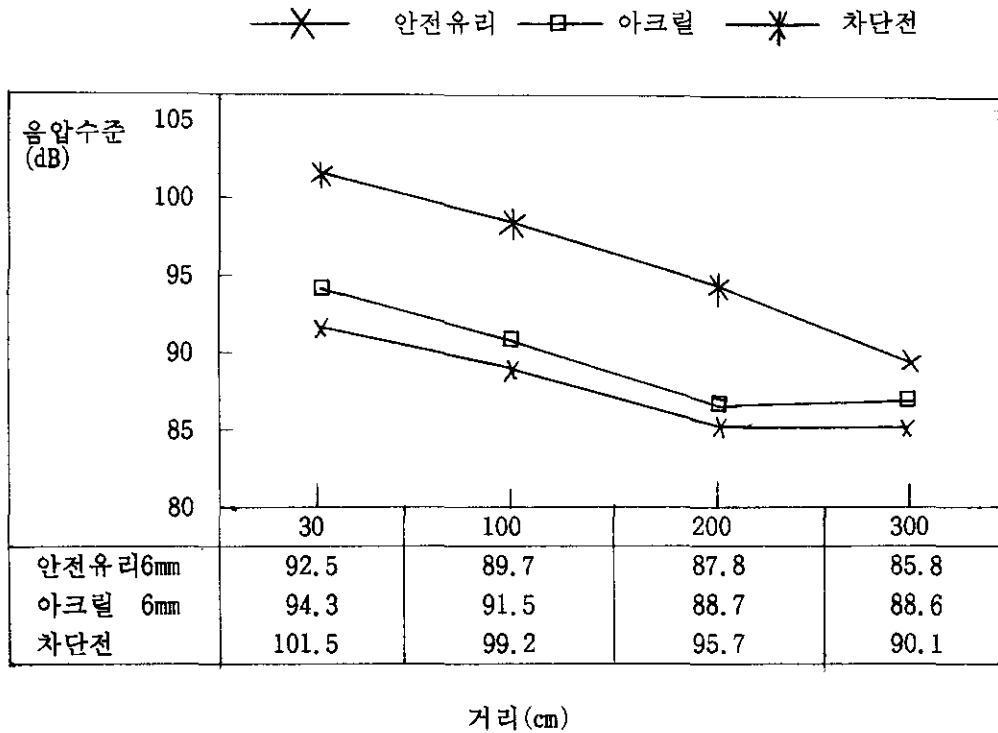
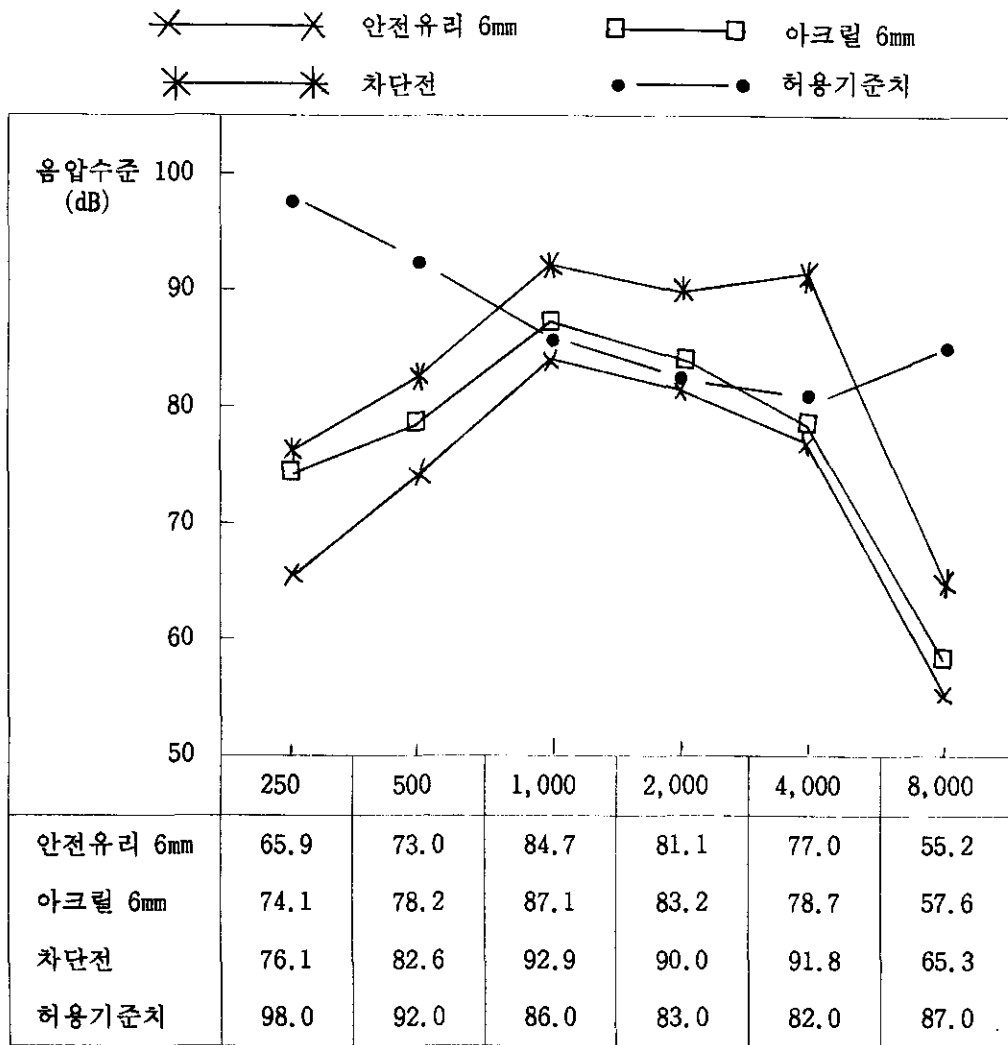


그림 - 32. 실험실내의 차음재 종류별 전체 음압수준 (dB)

그 결과, 격리거리에 따른 음압수준(dB)의 감소효과는 그림-32에서와 같이 소음발생원으로부터 1m, 2m, 3m의 간격을 격리시킴에 따라 약 3(dB)정도의 일정한 감소를 보이고 있었다.(차단전)

또한, 차단재 설치후에도 소음발생원으로부터 멀어짐에 따라 차단전 상태처럼 일정한 감소의 경향을 보이고 있으며, 차단재에 의한 감소효과도 작업자 위치에서 차단전보다 많은 감소를 보이고 있는데 아크릴 6mm의 경우에는 약 7(dB)정도의 감소를 나타내고 있으며 안전유리 6mm의 경우에도 9(dB)정도의 감소효과를 보이고 있었다. 그러나 이를 차단재에 의한 감소효과의 범위는 발생원으로부터 2m이하에서 현격한 감소를 보이고 있으며 그 이상의 거리에서는 차단에 의한 영향을 기대하기에는 다소 무리가 있는 것으로 측정이 되었다.

주파수별 음압수준(dB)의 측정에 있어서는 차단재 종류에 따라 다소의 차이를 보이고 있으나 그림-33에서와 같이 발생원으로부터 30cm위치에서 전반적인 음압수준(dB)의 감소를 보이고 있으며 1,000Hz 이상의 고주파역에서는 차단전에 주파수별 허용기준치(일본산업위생학회)를 초과하는 정도의 음압수준(dB)이 차단후 현격한 감소를 보여 허용기준치에 미달되는 측정성적을 나타내었다.

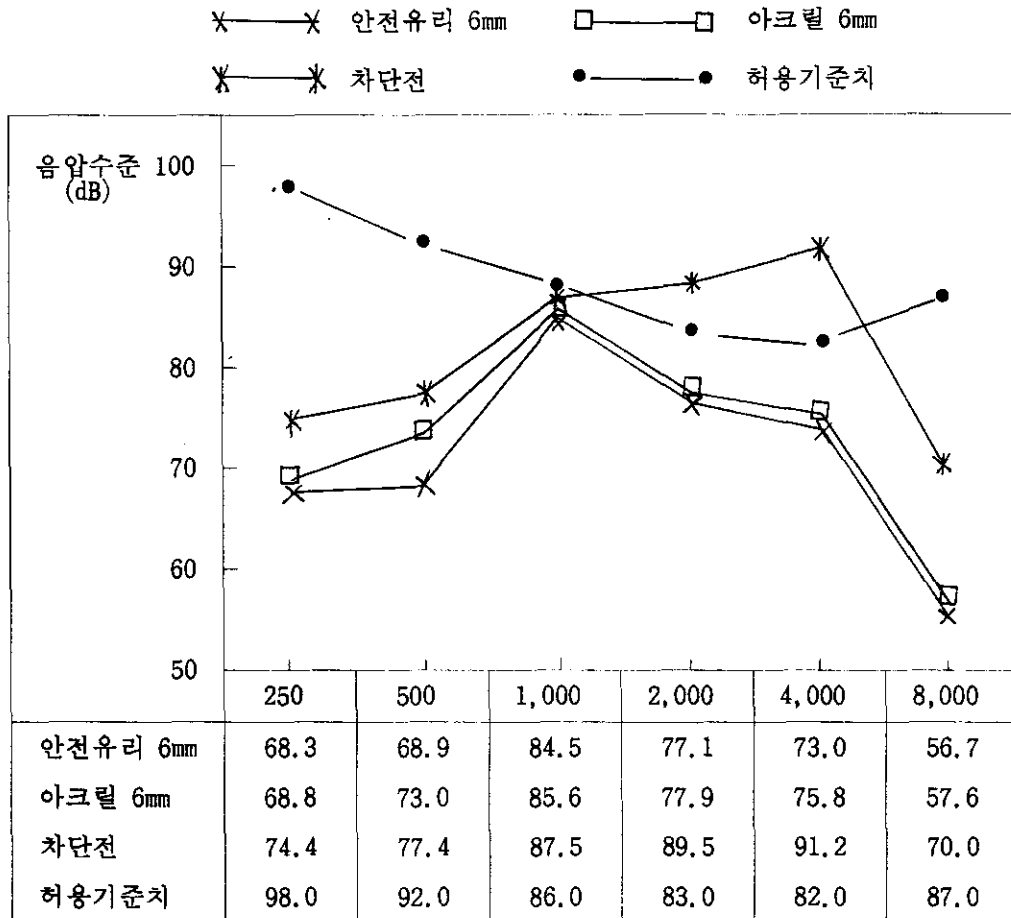


주파수 (Hz)

그림 - 33. 실험실내의 차단에 의한 주파수별 음압수준 (dB) 변화

(발생 원으로 부터 30cm 거리)

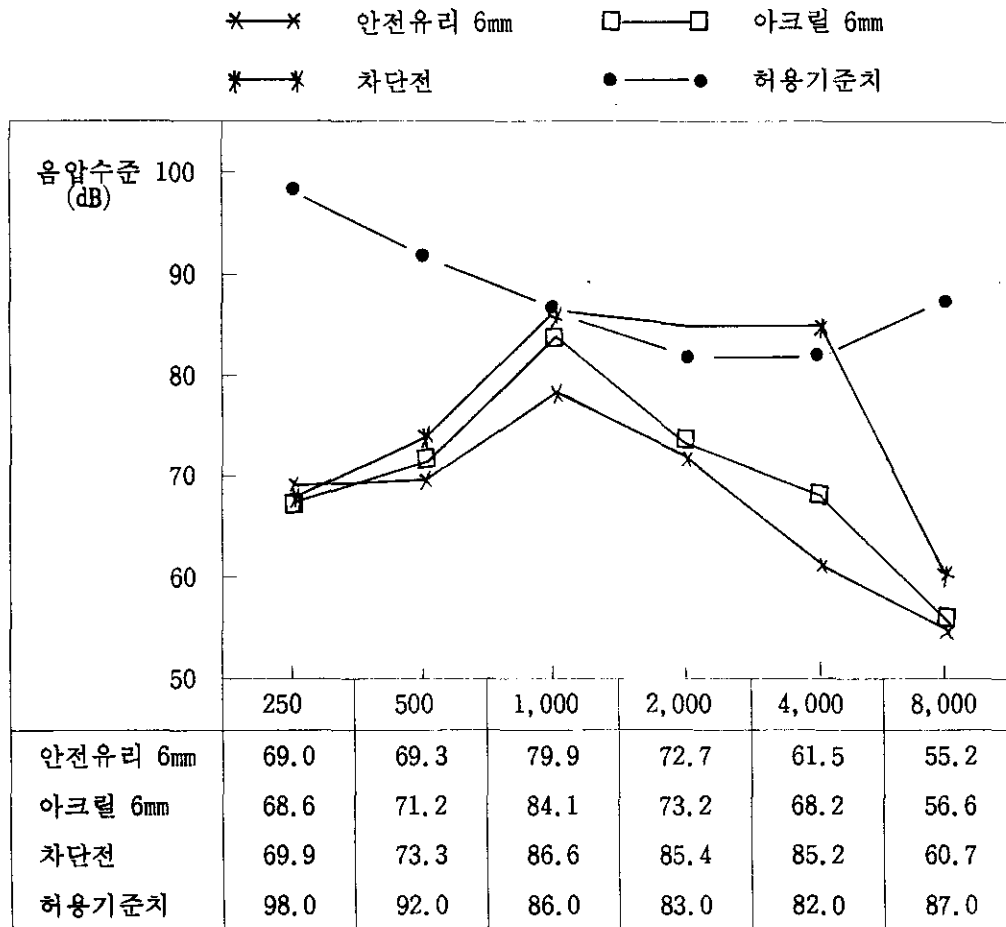
그림-34(발생원으로부터 1m위치)에서도 차단전의 측정치 보다 차단후에 많은 감소효과를 나타내었고 저주파역 보다는 고주파역에서 현격한 차이를 보여 2,000Hz에서는 약 12(dB) 4,000Hz에서는 약 16-18(dB)정도의 감소를 보이고 있었다.



주파수(Hz)

그림-34. 실험실내의 차단재에 의한 주파수별 음압수준(dB) 변화
(발생원 100cm거리)

또한 발생원으로부터 2m 위치에서(그림-35)는 거리 적리에 의한 영향과 차단재에 의한 영향의 상승작용에 의해서 2,000 Hz에서는 약 13(dB) 4,000Hz에서는 안전유리의 경우에 약 23(dB) 정도의 감소를 나타내고 있었다.



주파수(Hz)

그림-35. 실험실내의 차단재에 의한 주파수별 음압수준(dB) 변화

(발생원으로부터 200cm거리)

2-2-2. 사업장에서의 소음수준

금속제품 제조업체의 공정별 작업서 대표적인 작업이며 안전, 보건학적인 측면에서 많은 문제가 야기될수 있는 프레스 작업의 경우에 프레스의 용량, 기종의 종류등에 따라서 발생된 소음 수준도 현저한 차이를 보일것으로 예상 되지만 금번 소음감소 대책에서 선정 대상이 되는 프레스는 대부분 중소기업에서 사용되는 C-형 85톤의 용량을 가진 편 가공 프레스를 선정하여 실시하였다.

연구대상의 프레스에 6mm두께의 아크릴판과 안전유리를 차단재로하여 조사방법에서 기술된 제원과 같이 프레스에 설치후 거리에 따른 음압수준(dB)과 주파수별 분석을 실시하여 표-6과 같은 결과를 얻었다.

표-6 차음재 종류별 음압수준(dB) 변화

차 단 재	측정거리 (cm)	소음수준 (dB)	주 파 수 별 음 압 수 준 (dB)					
			250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
			98.0	92.0	86.0	83.0	82.0	87.0
차 음 전	30	101.0	67.7	82.5	94.2	90.4	89.5	75.8
	100	97.5	67.1	76.5	86.6	88.3	89.8	73.9
	200	95.4	67.0	76.0	85.5	84.9	85.2	73.3
	300	91.0	63.5	75.2	82.4	78.8	80.8	71.2
아 크 린	30	98.2	67.8	78.1	87.2	85.7	86.7	66.9
	100	93.2	66.2	75.7	84.2	83.0	84.4	66.3
	200	94.7	63.2	75.1	83.4	82.8	84.0	66.4
	300	90.7	62.4	72.9	81.4	75.4	80.7	62.9
안 전 유 리	30	98.0	67.1	79.5	86.4	87.4	86.2	67.0
	100	94.2	65.4	76.5	83.6	84.0	85.1	63.7
	200	94.6	63.0	73.1	83.0	80.9	84.3	65.3
	300	91.0	60.4	69.6	81.5	70.0	82.0	59.1

※ 차음재료 두께 : 6mm

소음발생원으로 부터 일정한 거리 격리후의 소음감소 변화를 측정 한 결과 그림-36에서와 같이 차단전에 작업자 위치(발생원 30cm위치)에서 101.0(dB)로 측정이 되었으며 1m위치에서는 97.5(dB) 2m, 3m위치에서는 각각 95.4(dB) 91.0(dB)로 측정이 되었다.

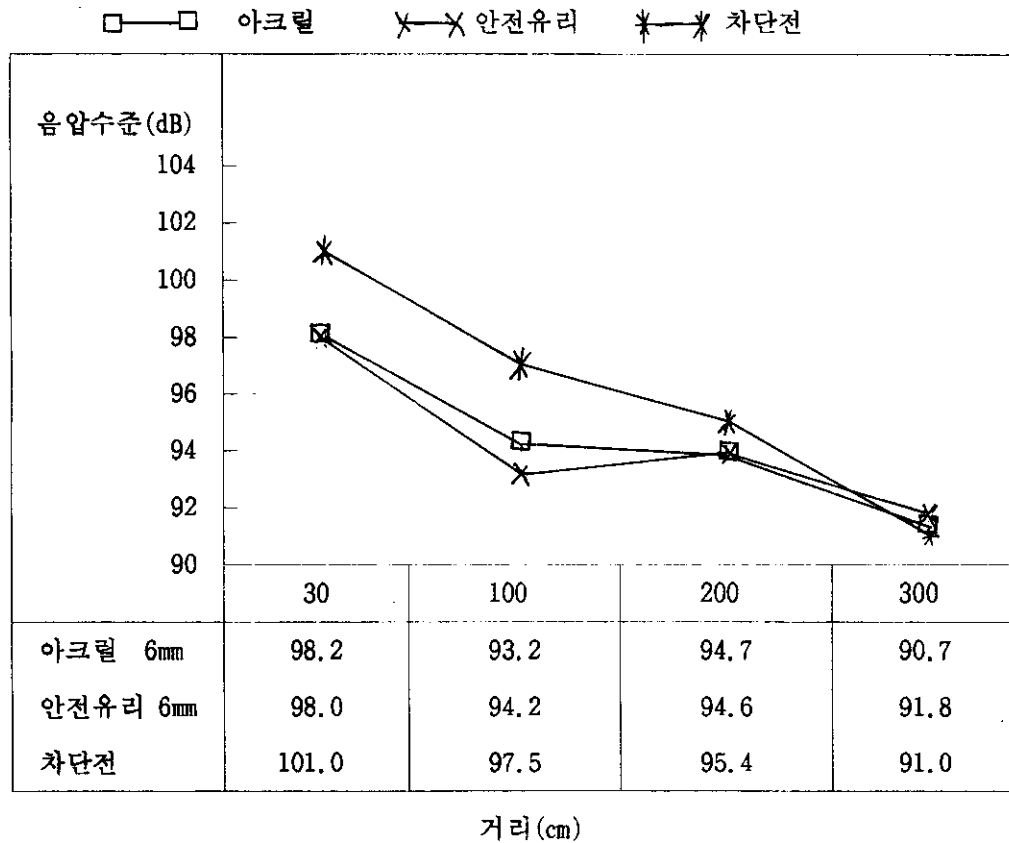


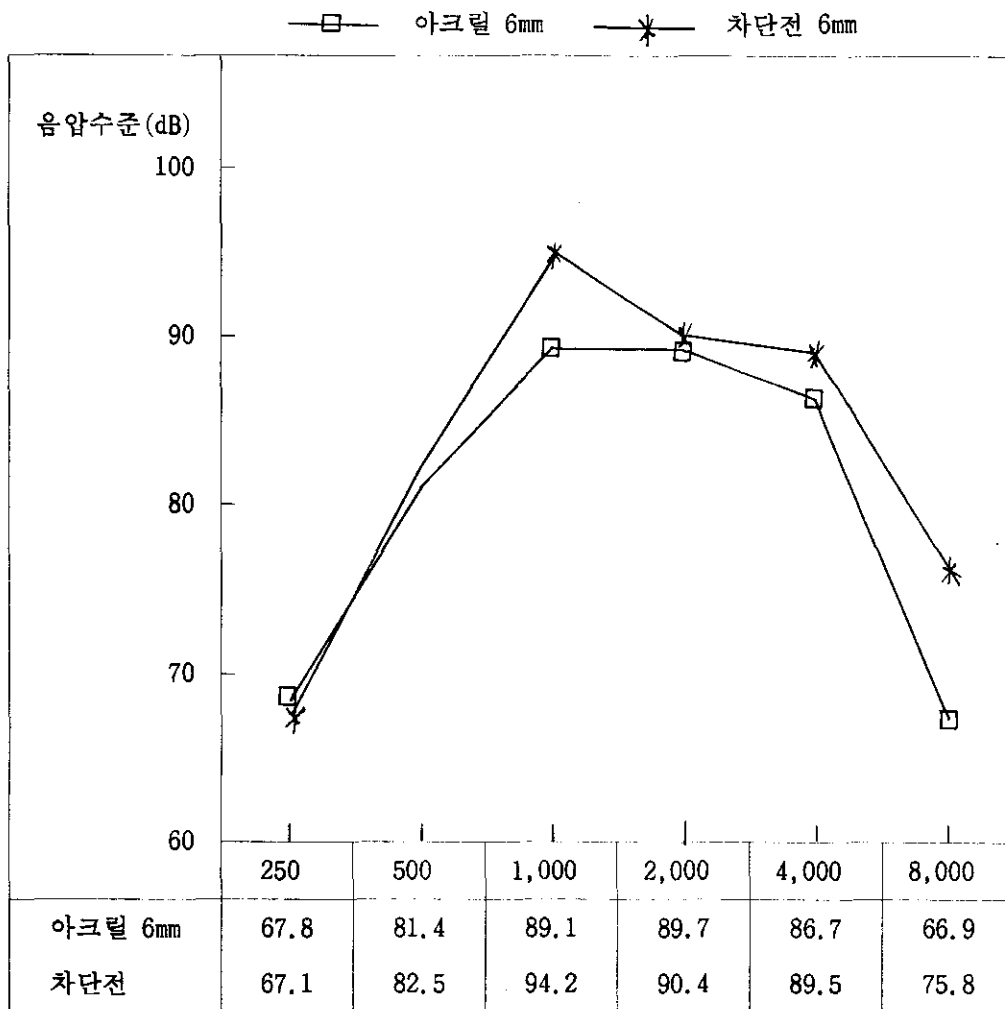
그림-36. 차음재 종류별 전체 음압수준 (dB)

또한, 차단재 종류에 의한 차단효과를 측정한 결과(그림-36), 아크릴판(6mm)의 경우는 작업자위치(소음발생원 30cm위치)에서 98.2(dB) 1m위치에서는 93.2(dB) 2m에서는 94.7(dB) 3m에서는 90.7(dB)로 측정이 되었다.

안전유리(6mm)의 경우에는 작업자위치에서(발생원 30cm위치) 98.0(dB) 1m, 2m위치에서는 94.2(dB) 94.6(dB)로 3m에서는 91.0(dB)로 각각 측정이 되었다. (그림-36)

이상의 성적에서 보여주었듯이 아크릴과 안전유리 6mm에 의한 차단재 종류에 따른 감소효과의 차이는 기대하기 어려운 정도의 측정치를 보여주었으나 전반적으로는 차단전보다 차단후가 약 4(dB)정도의 감소를 보였다.

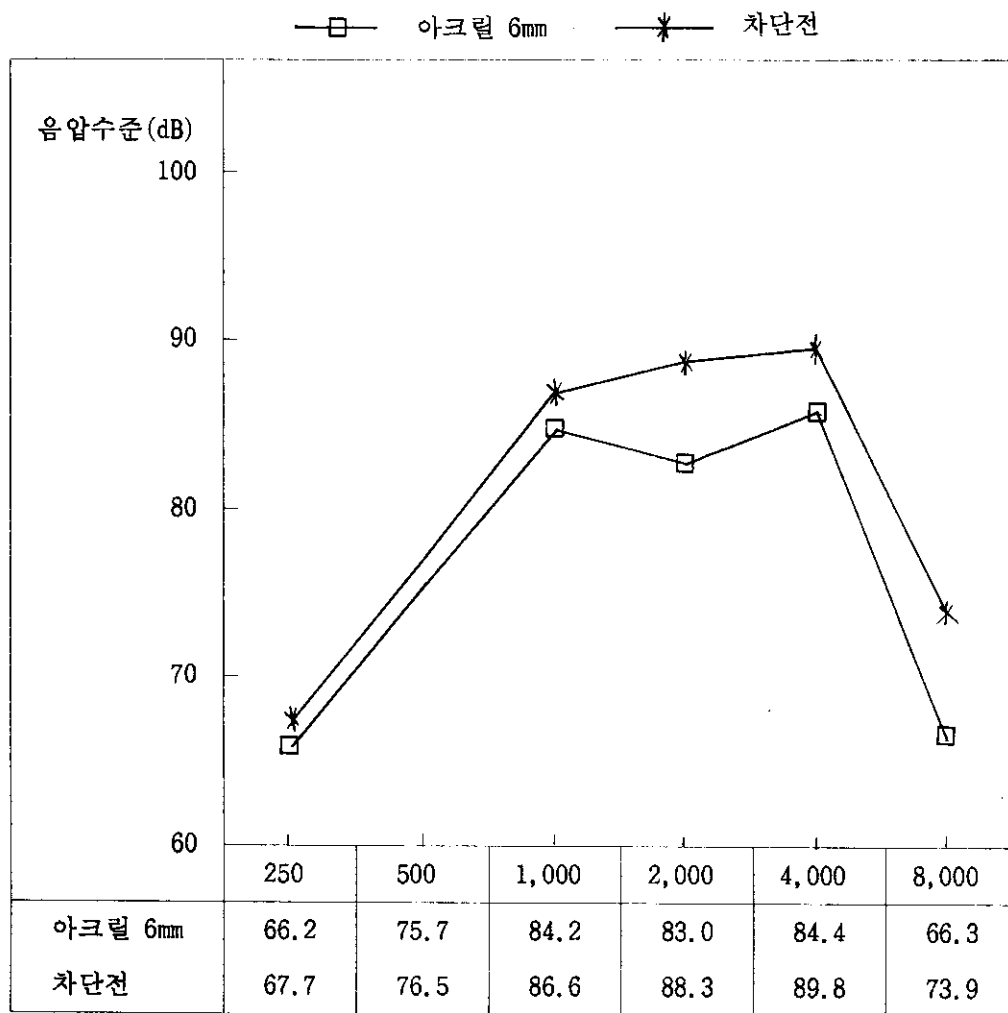
전체 음압수준(dB)을 측정한 위치와 동일한 장소에서 주파수별 음압도를 측정한 결과 아크릴 6mm의 경우에(발생원 30cm위치) 차단효과는 차단전보다 1,000Hz에서는 5(dB), 4,000Hz에서는 3(dB), 8,000Hz에서는 약 9(dB)정도의 감소효과를 보이고 있으며(그림-37), 발생원 1m 위치에서는(그림-38) 1,000Hz에서 약 2(dB), 2,000Hz에서는 5(dB), 4,000Hz에서는 5(dB), 8,000Hz에서는 7(dB)정도의 차이를 보이는데 발생원으로 부터 거리 변화에 의한 감소와 차단에 의한 감소가 함께 일어나는 것으로 생각된다.



주파수 (Hz)

그림 - 37. 아크릴 차단에 의한 주파수별 음압수준 (dB)

(발생원으로부터 30cm거리)

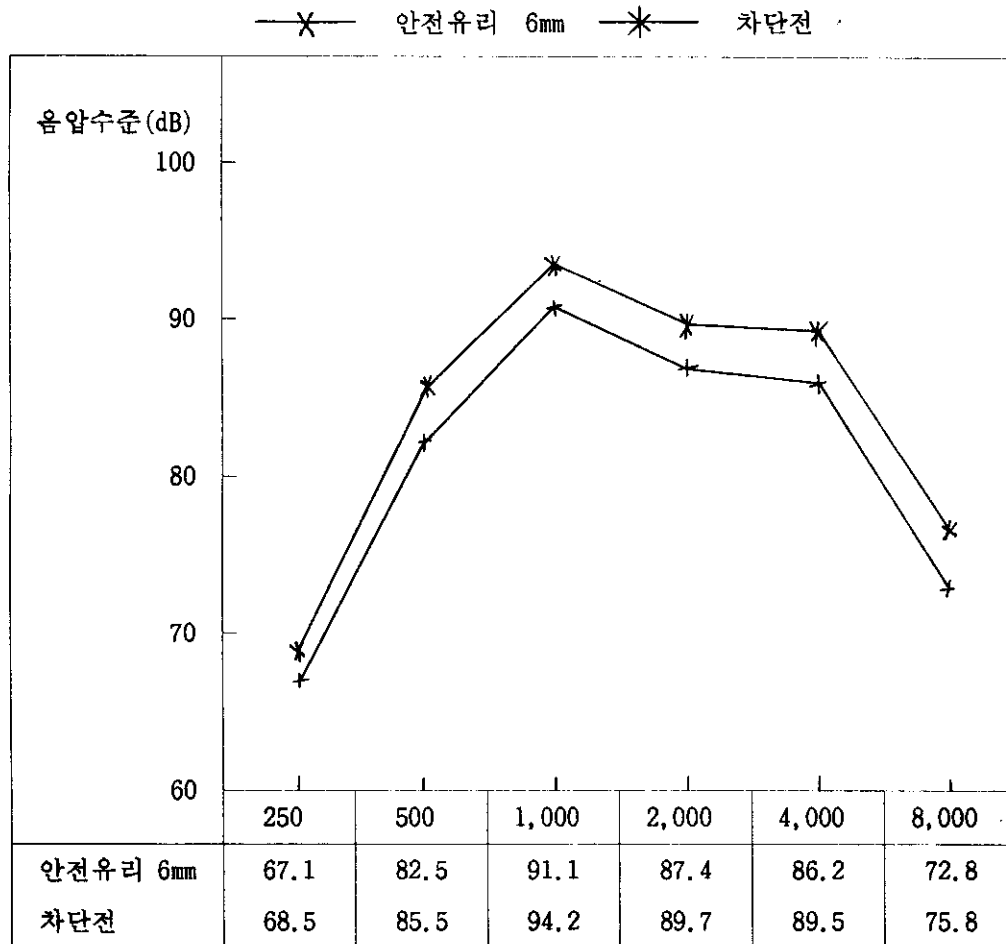


주파수 (Hz)

그림 - 38. 아크릴 차단에 의한 주파수별 음압수준 (dB)

(발생원으로부터 100cm거리)

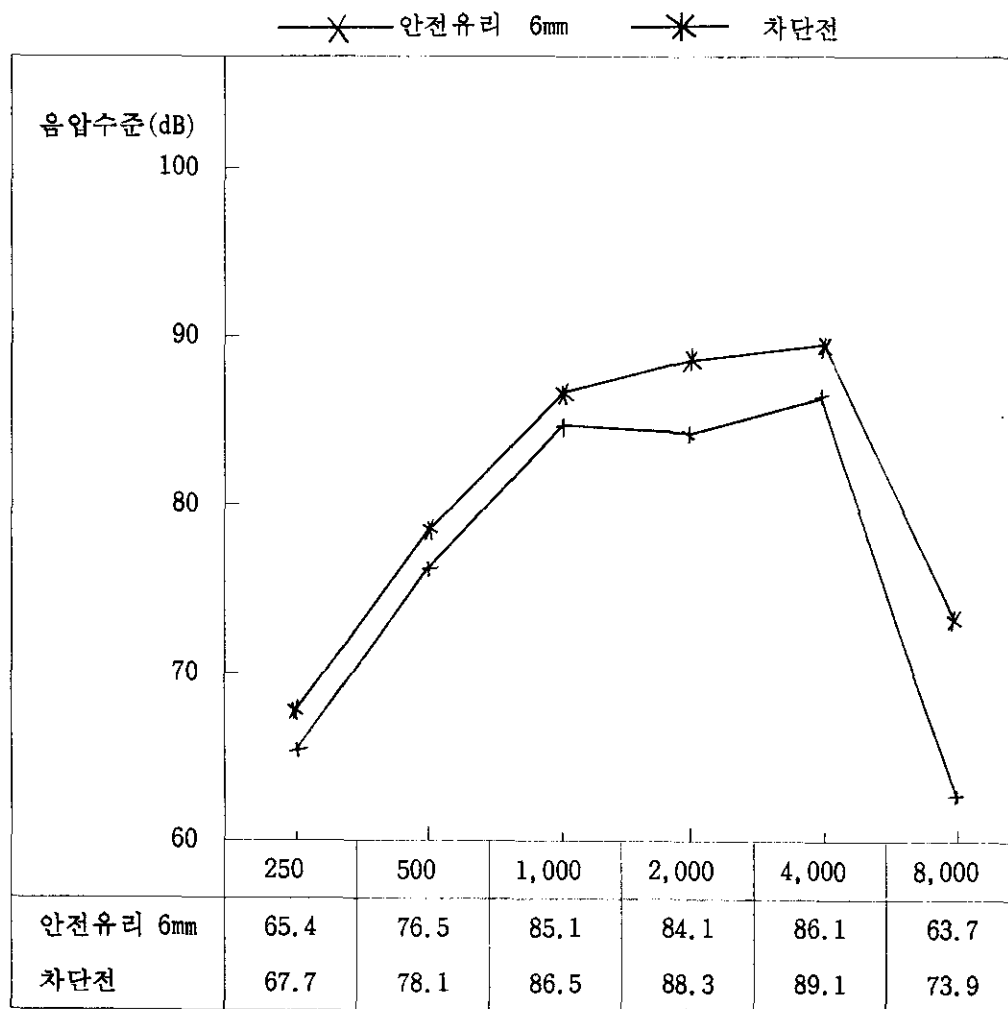
또한, 안전유리(6mm) 차단에 의한 경우도 발생원 30cm위치 (그림-39), 1m 위치(그림-40)에서의 측정치가 아크릴에 의한 차단효과처럼 1,000Hz 이상의 고주파역에서의 감소효과가 저주파역에서보다 크게 차이가 나는것으로 측정되었다.



주파수(Hz)

그림-39. 안전유리 차단에 의한 주파수별 음압수준 (dB)

(발생원으로부터 30cm거리)



주파수(Hz)

그림 - 40. 안전유리 차단에 의한 주파수별 음압수준 (dB)

(발생원으로부터 100cm거리)

2-2-3. 실험실과 작업장의 소음수준의 상호비교

작업장에서 연구대상 프레스 작업시 발생된 소음을 녹음하여, 실험실내에서 주위의 환경소음을 배제시킨후 기타 다른 상황은 작업장(현장)과 비슷하게 하여 거리변화에 따른 소음수준(dB)의 차이와 차단에 의한 실험실과 작업장(현장)에서의 소음 수준의 차이를 상호비교 하였다.

아크릴 6mm의 경우에 실험실에서는 소음 발생원 30cm위치에서 약 94.3(dB), 1m에서는 91.5(dB), 2m에서는 88.7(dB)의 측정치를 보인 반면, 작업장(현장)에서는 소음발생원 30cm위치에서 98.2(dB), 1m, 2m에서는 각각 93.2(dB) 94.7(dB)의 측정성적을 보였다.

실험실과 작업장(현장)에서의 소음수준의 차이는 실험실에서의 차음효과가 작업장(현장)에서 측정치보다 약 2-6(dB)정도가 큰 것으로 나타났으며, 거리에 따른 감소효과는 다소의 차이를 나타내었다. (그림-41)

안전유리 6mm의 경우에도 실험실에서 측정하였을때 소음발생원 30cm, 1m, 2m위치에서 각각 92.5(dB), 89.7(dB), 87.8(dB)의 측정치를 보인 반면 작업장(현장)에서의 측정치는 각각 98.0(dB), 94.2(dB), 94.6(dB)로 측정되어 실험실과 작업장(현장)에서의 소음 감소차이는 전반적으로 약 5-7(dB)정도의 차이를 보이는 것으로 평가되었다. (그림-42)

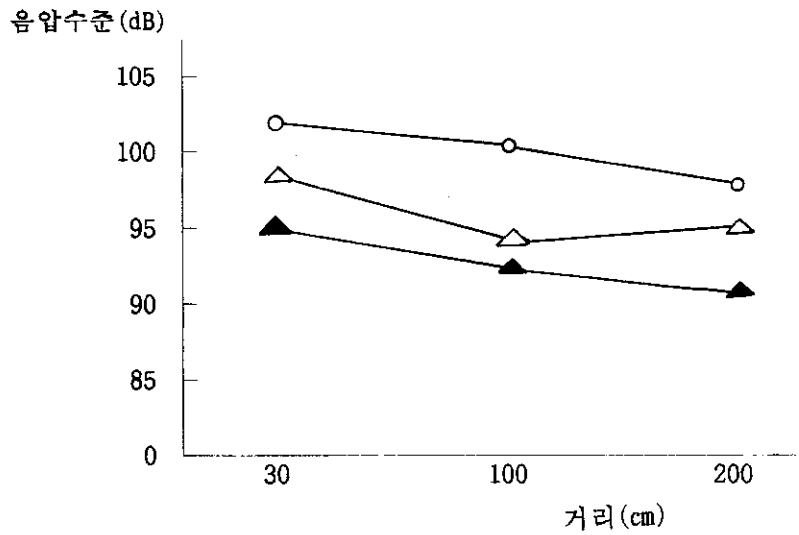


그림 - 41. 실험실과 작업현장에서의 차음효과 비교

▲ 아크릴 6mm(실험실) △ 아크릴 6mm(현장) ○ 차단전(실험실)

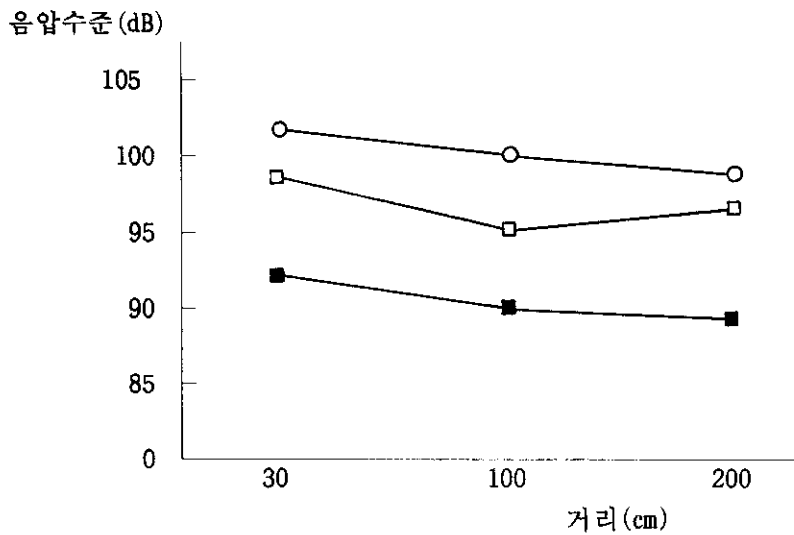


그림 - 42. 실험실과 작업현장에서의 차음효과 비교

■ 안전유리 6mm(실험실) □ 안전유리 6mm(현장) ○ 차단전(실험실)

III. 결과 및 토론

산업장에 있어서 작업을 수행하는 동안에는 물리, 화학, 생물학적인 유해인자에 대한 폭로 가능성이 작업장 전반에 걸쳐서 항상 잠재해 있으며, 이러한 유해인자중에 물리적 인자인 소음에 대한 폭로는 직·간접적으로 기타의 다른 유해인자와 비교시 작업자가 접할수 있는 기회가 많아서 그만큼 소음 폭로에 대한 작업자의 건강장해도 가중될 것으로 보인다.

1989년도에 발생한 직업성 난청 유소견자가 약 3,410명으로 직업으로 인한 질병자중 가장 많은 부분을 차지하고 있으며, 업종별로는 특히, 금속제품 제조업에서의 발생빈도가 기타의 업종과 비교시 현저하여 심각성이 한층 더 하고있다.

그러므로 금속제품제조업에 있어서 소음작업부서의 작업환경관리와 이들부서의 소음폭로 근로자에 대한 건강관리대책이 절실하다고 본다.

금속제품제조업에서 소음폭로로 인하여 작업자의 청력손실에 영향을 줄수 있는 요인으로서는 작업의 형태나 방법, 소음의 강도, 주파수의 특성, 폭로시간과 개인간의 감수성 등으로 볼수 있으며, 대부분의 청력손실은 단일한 요인에 의해서 발생되는 것이 아니라 복합적인 요인에 의해서 발생되므로 청력손실이 일어날수 있는 발생시기와 밀접한 관계를 가지고 있다.

따라서 소음환경부서에 대한 작업환경관리를 하기 위해서는 발생소음수준(dB)의 정확한 파악과 작업의 특성, 소음의 발생주기등의 작업장 전반적인 평가를 실시하여 공학적인 대책과 작업시간의 조절로 폭로허용한계를 초과하지 않는 소음폭로시간조절, 개인보호구지급 및 착용상태점검등의 관리적인 대책으로 환경관리를 실시하여야 하며, 이들부서의 근로자들에 대해서는 정기적인 청력검사로 청력손실의 악화방지 및 청력손실의 사전예방등을 하며, 보건교육을 실시하여 개인보호구의 필요성, 소음에 의한 인체의 영향등을

이해시킴으로서 근로자가 직접 참여하는 적극적인 건강관리 대책을 실시해야 할것이다. 금번 연구에서는 대상업종인 금속제품제조업에서 발생하는 대표적인 소음에 대한 평균음압수준(dB)과 주파수별 측정치를 표-5와 그림-29, 31에서와 같은 측정성적을 얻었다.

이들업체에서 작업공정별 단위작업시 발생하는 평균음압수준은 대부분 1일 8시간 작업허용기준치⁽²⁰⁾를 초과하는 것으로 나타났으며 에어드라이버, 그라인더 작업, 프레스 및 단조작업들의 경우에 100(dB)를 상회하거나 접근하는 강렬한 소음을 발생하였다.

이러한 측정성적은 이⁽²¹⁾, 김⁽²²⁾등의 연구결과 보다 다소 상회하는 성적을 보이고 있는데, 이와같은 결과는 사용하는 기기의 종류 및 용량, 작업대상 물체의 강도, 크기, 작업부위등의 차이에 의해서 나타난 것으로 생각된다.

또한, 공정별 작업시 발생된 소음에 대한 주파수별 분석은 대부분이 저주파역보다는 고주파역에 주로 분포하고 있으며 특히, 1,000Hz에서 4,000Hz 사이의 측정치가 주파수별 허용치(일본산업위생학회)를 초과하고 있는 것으로 나타나, 이들 소음환경부서의 작업자들이 주로 고주파역에서 많은시간 소음에 폭로되고 있는것으로 보아 금속제품제조업의 작업자들과 타업종의 작업자들과 비교하여 직업성 난청유소견자의 발생율이 높은것에 대한 뒷바침을 하고 있다.

소음이 발생하는 작업공정에서는 소음발생원에 대한 근본적인 제거 및 감소의 방안과 올바른 작업방법, 공정흐름의 정확한 이해등으로 발생된 소음에 대한 피폭을 최소화 시키는 방법을 생각해야 한다.

발생된 소음은 어떠한 경로를 통하든지 공기중으로 확산, 전달하게 되는데 이러한 전달되는 경로는 소음의 성질(진동, 반사, 회절, 굴절등)과 발생원의 형태, 작업장의 작업상황등에 따라 작업자들이 느낄수 있는 피폭소음의 수준도 다를 것으로 보인다.

그래서 소음발생원 자체에서의 감소방안이 발생된 음이 공기중으로 확산, 전파된후의 대책을 강구하는 것보다 근원적이며 훨씬 효과적이다. 그러나 공학적, 경제적인 측면으로 인하여 한계가 있을 것으로 보여진다.

그러므로 발생된 음에 대한 작업자의 소음피폭수준을 감소시키기 위해서는 적리, 흡음, 차음, 댐핑등에 의한 방법들이 있는데 이중에 차단에 의한 방법을 선택하여 금번연구에 적용시켰으며, 외부환경(인접부서등)의 영향을 배제시킨후의 순수한 차단효과만을 보기위해서 실험실내에서 측정한 결과는 그림-32와 같다.

소음 발생원으로부터 거리격리에 따른 소음수준의 변화는 일정한 감소(거리에 대한 음압수준(dB)의 함수관계)를 보이고 있으며, 차단재 설치에 의한 감소도 차단전보다 전반적으로 약 7-9(dB)정도의 감소효과를 나타내고 있다.

차단에 의한 감소효과는 차단재의 두께, 공극율, 구성물질의 밀도등⁽²³⁾에 따라 차단효과의 차이를 보이고 있으며, 차단재 설치시의 각도등에 따라서도 많은 차이를 보일수 있는데, 본실험에서 이용한 차단재는 아크릴 6mm와 안전유리 6mm로서 프레스기의 앞면에 90° 각도로 설치한후 실험을 실시하였으며, 그 결과, 차단재 종류에 따른 감소효과는 1~2(dB)정도의 차이가 있는 것으로 측정되었다. (그림-32)

또한, 주파수별 음압수준에 있어서도 차단전과 차단후의 비교시 소음 발생원 30cm위치에서 대부분 전 주파역에 걸쳐서 감소의 경향을 나타내고 있으며, 1,000Hz에서는 약 5-8(dB), 2,000Hz에서는 7-9(dB), 4,000Hz에서는 13-14(dB)정도의 측정치로서 저주파역에서보다 고주파역에서의 감소효과가 큰 것으로 나타났으며, 발생원 1m위치에서는 4,000Hz의 경우에 약 18(dB)정도의 감소를 나타내고 있었다. (그림-34) 반면, 산업체의 작업장(현장)에서는 표-6에서와 같은 결과를 보여 주었다.

거리변화에 의한 소음감소는 다소의 차이는 있으나, 어느정도의 일정한

감소를 나타낸다고 보여지나, 차단에 의한 감소는 한정된 반경내에서만(발생원으로부터 약 1m정도) 감소가 일어나고 그이상의 지역에서는 감소효과가 적은것으로 측정되었다. (그림-36)

이와같은 현상은 인접부서의 소음영향과 작업물에 대한 작업점이 불규칙하며, 소음의 성질(회절, 반사, 굴절, 흡수등)에 의한 영향으로 특정범위를 벗어난 지역에서는 차음효과를 기대하기 어려운 것으로 생각이 된다.

그러나 프레스작업시 작업자의 작업반경이 소음발생원으로 부터 한정된 지역(약 1.5m이내)내에 존재하기 때문에 연구결과를 보아서는 작업자에게 전달되는 소음에 있어서 차단에 의한 방법으로 감소효과를 기대할 수 있을 것으로 본다.

이상의 본 연구에서는 차단에 의한 작업자의 전달음 피폭을 막기위한 수단으로 작업자의 정면에만 차단을 국한하여 위와같은 결과를 얻은반면 차단재의 종류를 달리하여 일부 흡수할 수 있는 재질의 차단재 선택과 차단재 설치형태의 변화, 차단재의 설치를 한면만이 아니라 전달가능한 면을 차단하면 작업자의 소음피폭수준(dB)은 현재보다 현저히 감소될 것으로 예상되며, 인접부서의 동일한 기계의 간격을 가능한 이격시키는 작업상황의 조성과 이상과 같은 방법을 작업자의 개인청력보호구(귀마개, 귀덮개등)착용과 병행 실시하면 작업자의 피폭수준(dB)은 한층 더 감소될 것으로 보인다.

또한, 추후 차단재의 종류와 설치방법등의 지속적인 연구로 발생된 소음에 대한 작업자의 전달음 폭로를 가능한 억제시키는 것이 청력보호예방에 중요할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

반월공단지역내에 산재되어 있는 일부 금속제품제조업체 15개업체를 선정하여 1991년 5월부터 8월까지 3개월동안 소음환경이 문제시되는 작업공정을 조사하였으며, 이들작업중 작업환경개선과 소음에 폭로되는 작업자의 청력보호예방에 대한 근원적인 대책을 강구하기 위하여, 고정성작업인 프레스 작업을 선정하여 차단에 의한 소음감소효과를 분석한 결과 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 금속제품제조업체의 소음환경이 문제시되는 공정별 단위작업시 발생하는 소음의 평균음압수준(dB)은 대부분 1일 8시간작업 허용기준치인 90dB(A)를 초과하는 것으로 측정되었다.
2. 발생소음의 주파수별 분포는 대부분 고주파역에 분포하고 있다. (1,000Hz 이상)
3. 차단에 의한 감소효과는 다음과 같다.

1) 실험실에서의 감소효과(발생원 1m 위치)

차 음 재	음압수준(dB)	주 파 수(Hz)		
		1,000Hz	2,000Hz	4,000Hz
안전유리 6mm	89.7 (▽9.5)	84.5 (▽3.0)	77.1 (▽12.4)	73.0 (▽17.9)
아 크 린 6mm	91.5 (▽7.7)	85.6 (▽1.9)	77.9 (▽11.6)	75.8 (▽15.4)
차 단 전	99.2 (0.0)	87.5 (0.0)	89.5 (0.0)	91.2 (0.0)

() : 감소효과(차단전소음수준 - 차단후소음수준)

2) 작업현장에서의 감소효과(발생원 1m위치)

차 음 재	음압수준(dB)	주 파 수(Hz)		
		1,000Hz	2,000Hz	4,000Hz
안전유리 6mm	94.0 (▽3.5)	85.1 (▽1.5)	84.1 (▽4.2)	86.1 (▽3.7)
아 크 린 6mm	93.2 (▽4.3)	84.2 (▽2.4)	83.0 (▽5.3)	84.4 (▽5.4)
차 단 전	97.5 (0.0)	86.6 (0.0)	88.3 (0.0)	89.8 (0.0)

() : 감소효과(차단전 소음수준 - 차단후 소음수준)

4. 거리에 따른 소음의 감소효과

1) 실험실에서의 감소효과

거리 차음재	30cm	100cm	200cm	300cm
안전유리 6mm	92.5 (▽9.0)	89.7 (▽2.8)	87.8 (▽1.9)	85.8 (▽2.0)
아 크 린 6mm	94.3 (▽7.2)	91.5 (▽2.8)	88.7 (▽2.8)	88.6 (▽0.1)
차 단 전	101.5 (0.0)	99.2 (▽2.3)	95.7 (▽3.5)	90.1 (▽5.6)

() : 감소효과(거리 격리에의한 소음수준)

2) 작업현장에서의 감소효과

거리 차음재	30cm	100cm	200cm	300cm
안전유리 6mm	98.0 (▽3.0)	94.2 (▽3.8)	94.6 (-0.4)	91.0 (▽3.6)
아 크 린 6mm	98.2 (▽2.8)	93.2 (▽5.0)	94.7 (-1.5)	90.7 (▽4.0)
차 단 전	101.0 (0.0)	97.5 (▽3.5)	95.4 (▽2.1)	91.0 (▽4.4)

() : 감소효과(거리 격리에의한 소음수준)

참 고 문 헌

- (1) 대한산업보건협회 : 보건진단연차보고서 P10, 1989
- (2) 대한산업보건협회 : 특수건강진단연보, 1989
- (3) 정규철 : 소음으로 인한 건강피해도, 대한의학협회지, 14:931, 1971
- (4) Carpenter, A : Effects of noise on performance and productivity. National Physical Laboratories, Her Majesty's stationary Office, London, 1962
- (5) Cohen, A : Effects of noise on performance. Proceedings of International Congress on Occupational Health, Vienna, Austria, 1966
- (6) 이광목 : 소음으로인한 건강장애의 조기발견, 한국의 산업의학 15, 2, 1976
- (7) 정일록 : 소음, 전동학, 신광출판사 P64, 1984
- (8) Bell, A : Noise An occupational Hazard and public nuisance. public Health paper No. 30, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 1966
- (9) 정규철 : 직업성 청력손실. 대한의학협회, 16(12) : 1043-1046, 1973
- (10) U.S. Environmental protection Agency : Information on levels of environmental noise requisite to protect public Health and Welfare with adegate margin of safety. 1974.
- (11) Glogrig. A., Daviis.H. : Age, noise and Hearing loss in various populations. Ann. (O.R.L.,) 69 : 497, 1960
- (12) 함태영 : 음향성 외상. 한국의 산업의학, 6(1) : 4-8, 1967
- (13) 이승한 : 청력검사. 한국의 산업의학, Vol. 6, No.1, 1967
- (14) 産業保健 I, 物理的 環境因子による 健康障害, 日本産業衛生學會,

P540, 1985

- (15) 騒音・振動(下), 騒音防止技術の概要, 日本音響學會, P12~P23, 1982
- (16) 騒音・振動対策ハンドブック, 騒音防止対策, 日本音響材料協會, P131~P140, 1982
- (17) Industrial Noise Manual, 3rd., American Industrial Hygiene Association, P139, 1975
- (18) Noise control, sound Behavior, Low and High Frequencies, American Society of Safety Engineers, P21, 1984
- (19) 노동성 근로기준국: 労働衛生のしおり, P156~157, 1988
- (20) 노동부: 유해물질의 허용농도, 노동부 고시 제91-21호, 1991
- (21) 이채연등: 제조업 산업장의 소음환경과 직업성 난청에 관한 조사연구
산업보건, 8(5): 4~14, 1988
- (22) 김준연등: 제조업 산업장의 소음작업환경 실태에 관한 조사연구, 예방
의학회지, 19(1): 16-30, 1986
- (23) 공해방지대책총감, 소음방지기술, 한국화공개발상사, p561~p563, 1979

“인간존중”
“무재해 산업사회 창조”

소음발생과 방지대책에 관한 연구 (보위 91-081-3)

발 행 일 : 1991. 12.

발 행 인 : 원 장 김 원 갑

연 구 자 : 연구원 김 기 웅

발 행 처 : 한 국 산 업 안 전 공 단
산업안전보건연구원
산업보건위생연구실

주 소 : 인천직할시 북구 구산동 34-4

T E L : (032) 518-6484~6
(02) 742-0230

인쇄 : 금강문화인쇄 (02)279-6901

〈비매품〉