論文 11-4-6

공장 기계 소음 경감을 위한 효율적 차폐 방안 연구

A Study on Effective Enclosing Method for Noise Reduction of Press Machine

기 도 형*·신 승 헌*
Dohyung Kee · Sung Hun Shin
(1996년 8월 24일 접수, 1996년 12월 14일 채택)

ABSTRACT

The purpose of this study is to obtain an effective enclosing method for noise reduction of press machine operating in a manufacturing company located in Taegu region. Noise level of the machine is about 95~120 dB which is higher than legal standards by industrial safety and health law. In this study, two experiments were conducted to achieve the above purpose. In the first experiment in which the effects of three independent variables-type and depth of sound-absorbing materials, and depth of air space-on noise level was investigated, it was found that depth of sound-absorbing materials and air space was significant at $\alpha = -0.01$. In the second experiment studying relationship between depth of sound-absorbing materials and air space and noise level, it was shown that noise level lowered as depth of sound-absorbing materials and air space became thick. Based on these results, two alternatives of enclosing method adequate for the selected company's noise characteristics were suggested.

1. 서 론

산업이 발달함에 따라 과거 인력을 요구하던 작업들의 많은 부분들이 기계화, 혹은 공장 자동화로 자동화되어 가고 있는 추세이다. 이러한 추세는 최근 들어서의 극심한 인력난과 3D 업종 기피로 인해 가속화될 것으로 생각된다. 그러나 아직까지 자동화 내지 기계화가 어려운 업종, 그리고 작업환경이 대기업에 비해 상대적으로 열악한 상태에 있는 중소기업체에서는 많은 부분이 수작업으로 이루어지고 있어, 상대적으로 많은 재해를 초래하고 있다. 그러나 중소기업체에서는 안전 전문인력의 부족, 최고 경영진의 인식 부족 등으로 산업재해 예방을 위한 대책이 부족한 실정이다.

* 계명대학교 산업공학과

실제 노동부의 산업재해 통계자료를 보더라도, 사업장의 규모가 작을수록 재해율이 높게 나타나 있다. 종업원 수 300인 미만의 중소영세업체의 산업재해가 전체 산업재해에서 차지하는 비율이 91년과 92년에 각각 68.3%를 차지하고 있다[1]. 그러나 산업전반으로 보면, 최근 들어 사무직의 요통재해와 VDT(Visual Display Terminal)증후군이 산업재해로 인정되고, 산업체의 경영진의 산업재해에 대한 인식도 점차 호전되어 가고 있다.

현재 Press 공정이 있는 대부분의 사업장에서는 수지 절단, 사망 등의 중대 재해와 더불어 높은 소음문제가 큰 애로사항으로 대두되고 있다. 국내 환경 피해 진정의 40%가 소음, 진동과 관련되어 있고, 1985년의 전체 직업병 근로자 중 41.9%가 소음성 난청 환자였으며, 이 숫자는 1989년에 45%, 1992년에는 56.3%로 증가 추세를 보이고 있다[2,3]. 높은 소음 하에서 작업을 하게 되면 청력의 손실, 만성병의 유발, 정신적 고통 등이 따르게 된다[4]. 소음으로 인한 청력손실은 회복이 어려운 신경성 난청(nerve deafness)를 초래하기 때문에, 그 예방이 무엇보다 중요하다 하겠다. 또한, 이로 인한 생산의욕의 저하로 생산성 감소를 수반하여 경제적 및 인적 손실을 초래하므로, 소음에 대한 효과적 대책이 절실히 요구되고 있다.

소음은 보통의 산업재해와 달리 한번의 소음 노출로 급방 재해가 발생하는 것이 아니라, 장시간에 걸쳐 누적된 결과가 청력장해등의 재해로 나타나는 특성을 보인다. 그러므로 소음으로 인한 재해를 줄이기 위해서는 심도 있는 현장분석을 기반으로한 체계적인 연구가 수행되어야 한다. press 공정의 소음 경감을 위한 방안으로는 일반적으로 press를 차폐하고 작업자는 밖에서 작업을 하는 방법이 사용되고 있다[5]. 국내에서 소음 경감을 위하여 press를 차폐한 보고는 없으나, 실제 현장에서는 많이 이루어지고 있는 실정이다[6]. 외국의 경우는 음료수용 can 제조용 press를 차폐하여, 차폐전에 95~104dB을 나타내던 소음 수준이 차폐 후에는 83~85dB을 보여 12~21dB의 경감 효과를 나타낸 사례의 보고가 나와 있다[7]. 현재까지는 대부분의 경우 소음의 특성을 분석하고, 이에 따라 차폐 시공을 하는 것이 아니라 소음 강도(decibel) 자료에만 의존하여 경험적으로 시공하고 있는 실정이어서, 차폐로 인한 소음 경감 효과를 완전히 나타내고 있지 못하고 있다. 그러나, 이와 같이 소음의 강도만을 설계 자료로 활용하는 것은 잘못이며, 주파수 분석을 하여 그 특성에 따라 소음 기자재 혹은 방음 설비의 설계를 하는 것이 당연하고, 흡음재나 차음재 등의 방음재 선정에 있어서 필수적이라 하겠다[5].

본 연구에서는 대구 지역에 위치하고 있는 P사의 press 소음 경감을 위하여, 차폐에 영향을 미치는 흡음재료 선택 및 두께, 공기층의 두께를 독립변수로 하여, press 소음의 재현을 통한 모의실험을 수행하여 P사의 소음 특성에 적합한 차폐 방법을 제시하고자 한다. P사는 자동차 부품 생산업체로 종업원 250여명 규모의 중소 기업체이다. 현재 작업방법적인 측면에서는 큰 문제점을 보이고 있지 않으나, 작업공정의 특성상 press 공정에서 산업안전보건법에서 정하고 있는 기준 소음수준 90dB을 훨씬 초과한 95~120dB정도를 보이고 있다. 최근 몇 년간에 걸쳐 난청 환자 및 유소견자가 발생하여 노동부 대구지방 사무소로부터 시설 개선 권고를 받고있는 상태이다.

2. 실험방법

2.1 소음 측정

P사에는 많은 기계가 가동되고 있고, 이들이 모두 다소간의 소음을 내고 있으나, 이 중 가장 소음 수준이 높은 300톤 press의 소음 경감에 노력을 집중하기로 한다. 본 연구에서는 정밀소음 측정기(precision sound level meter, Bruel & Kjar Ltd., Table 2 참조)를 이용하여 300톤 press의 소음을 다른 모든 기계가 정지하고 있는 점심 시간에 press 주위의 5지점에 대하여 측정하였다. 측정 지점은 작업자를 중심으로 작업자 좌, 우 각 1지점, 측면 2지점과 전면 1지점 등으로 하였다(Fig. 1). 측정 결과 소음 수준은 작업자 좌, 우(①, ②지점)가 Leq 99, 100 dB, Lpk 123, 123 dB, 작업자 우측 측면(③지점)에서 Leq 99 dB, Lpk 122 dB, 작업자 좌측 측면(④지점)에서 Leq 97 dB, Lpk 12 dB, 작업자 전면(⑤지점)에서 Leq 103 dB, Lpk 128 dB로 나타났다(Table 1). 주파수별 소음 특성은 다음 Fig. 2에 나와 있으며, Fig. 2에서 보는 바와 같이 저주파쪽이 높을 것이라는 당초 기대와 달

리 250 Hz~2000 Hz를 중심으로 31.5 Hz에서 8 kHz까지 고르게 분포하고 있는 것으로 나타났다. 이것은 차폐를 할 경우에 적절한 흡음재나 차음재의 선택을 어렵게 하는 요인이 된다. 왜냐하면, 흡음재나 차음재의 흡음율 혹은 투과손실은 각 주파수에 대한 자료가 나와 있어, 전 주파수에 걸친 효과의 합성이 쉽지 않기 때문이다. 따라서 흡음 재료의 선택 시에는 고주파뿐만 아니라 저주파까지 흡음할 수 있는 재료를 선택하거나, 이를 흡수할 수 있는 시공방법을 선택하여야 할 것으로 생각된다. 작업자 전면에서 가장 크게 나타난 것은 전면에 벽이 있어 음파가 이에 반사되어 크게 나타난 것으로 보인다. 위와 같은 소음 수준은 산업안전보건법상의 기준인 90 dB을 상회하고 있어, 이의 개선이 요구된다 하겠다.

위와 같이 직접 소음 측정을 하였고, 좀 더 정밀한 소음 측정을 위하여 소음기기 전문업체인 B & K에 의뢰하여 소음 수준과 더불어 진동 수준 측정을 실시하였다. 측정 지점은 본 연구에서 측정한 지점과 작업자 전면에 한 지점을 추가하였으며, 본 연구에서 측정한 결과와 같은 특성을 보였다. 현재 업체에서는 진동 방지를 위한 설비가 잘 되어 있어, 정밀 측정 결과로는 진동 측면에서는 문제점이 없는 것으로 나타났다. 암소음의 영향도 측정하였는 데, 이는 점심 시간을 이용하여 본 연구의 대상인 300t press만 가동할 때와 공장 내의 모든 기계를 가동할 때의 소음 수준을 측정하였다. 그러나 두 시점의 소음 수준은 0.2 dB 정도의 차이밖에 보이지 않아, 암소음의 영향은 미미한 것으로 나타났다. 이는 300t press의 소음이 다른 기계의 소음 수준에 비하여 10 dB 이상의 차이를 보이기 때문이며, 차후에 300t press 소음을 측정할 때는 다른 기계를 멈출 필요없이 작업 시간에 측정하여도 무방함을 보이고 있다.

Table 1 Noise level of 300tons press (dB)

measurement point / noise level	①	②	③	④	⑤
Leq	99	100	99	97	103
Lpk	123	123	122	120	128

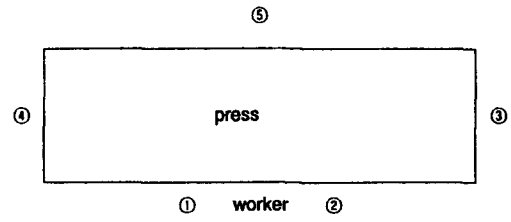


Fig. 1 Noise measurement position

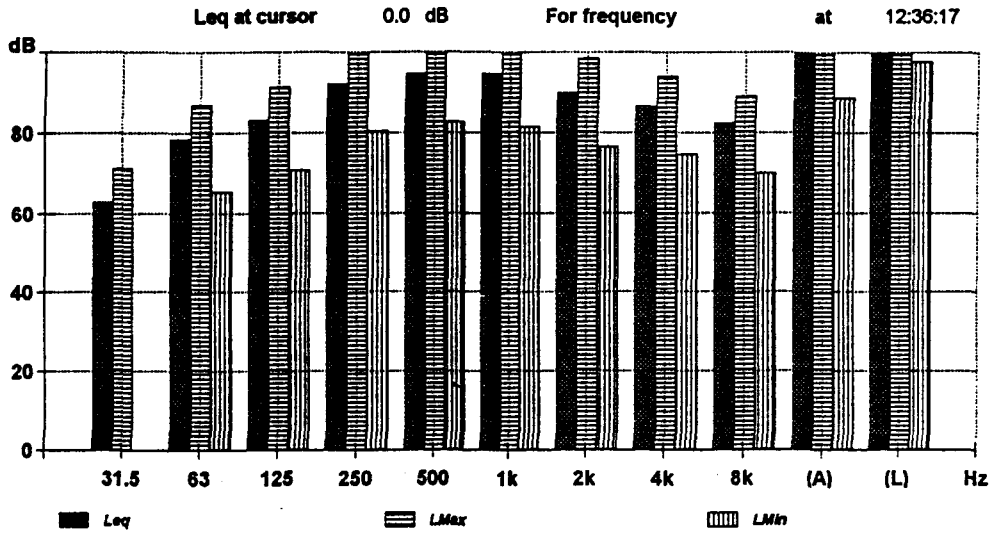


Fig. 2 Noise frequency of 300tons press

2.2 모의실험

모의실험은 일반적인 차폐 방식과 같이 실험실에 한 변이 2m인 가상 작업공간을 만들고, P사의 press 소음을 녹취하여 이를 가상 작업공간 안의 speaker를 통하여 재생하여 정밀소음 측정기로 소음 수준을 측정하는 과정으로 수행되었다. 흡음재의 종류 및 두께, 공기층의 두께가 소음 경감에 미치는 영향을 보기 위한 1차 모의실험과, 여기에서 유의하게 나타난 독립변수의 영향의 경향을 알아보기 위한 2차 모의실험 등 2차례의 실험을 실시하였다.

2.2.1 실험환경

Press 소음의 원음을 녹취하기 위하여 음향전문업체인 엔젤스튜디오에 의뢰하여, 일본 Sony사의 DAT(Digital Audio Tape) 장비를 이용하여 press 소음을 녹취하였다. 녹취는 먼저 점심시간을 이용하여 현장에서 Master 녹음을 한 다음, 스튜디오에서 CD로 녹음을 하였다. 이를 재생하기 위하여 다음 Fig. 3에서와 같이, audio mixer와 amplifier, 대형 speaker 2대, CD player를 이용하여 현장 소음의 수준인 100 dB을 내는 수준으로 조절하였다. 현장 환경을 재현하고 실험실 내·외부의 소음을 차단하기 위하여, 다음 Fig. 4와 같은 3.2mm철판을 사용하여 가로, 세로 및 높이가 각 2m 크기의 철재 가상 작업공간을 제작하였다. 실험은 가상 작업공간 안에 speaker를 위치하고, 소음을 재생한 다음 정밀소음 측정기로 소음 수준을 측정하였다. 본 실험에서 사용한 장비를 정리하면, 다음 Table 2와 같다.

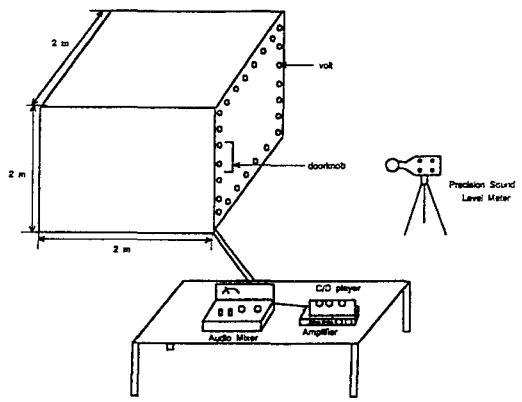


Fig. 3 Outline of the laboratory set-up

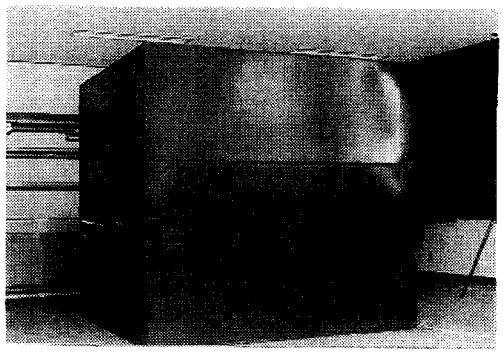


Fig. 4 Virtual work space made of steel plate with 3.2mm depth

Table 2 Apparatus used in the expeiment

name	manufacturer	model	output	year	usage
Audio mixer	Inkel	MX991	100W	1984	control of intensity and frequency
Amplifier	Lotte	LPP-300	150W	1985	amplification of sound
CD player	Samsung	RCD1800	16W	1996	reproduction of sound
Speaker	Lotte	LPS-153W20	100dB	1992	output of sound
Precision sound level meter	B & K	2260 investigator	10-140dB	1995	measurement of noise level

2.2.2 1차 모의실험

차폐에는 흡음재의 종류 및 두께, 차음재의 종류 및 두께, 공기층의 두께 등이 차음 효과에 영향을 미치게 된다. 일반적으로 흡음재는 다공질 재료, 유연재료, 유공판 재료와 판상 재료로 나누어지며, 이들은 각기 다른 흡음 특성을 보인다[5,6,8]. 차폐 시공을 할 때는 바깥쪽에는 철판 등의 차음재를 시공하고, 그 안쪽에는 흡음재를 부착하고 있으며, 본 연구에서도 이러한 방식을 따르기로 한다. 이와 같은 시공 시에 중요한 것은 흡음재의 종류와 두께가 되며, 시중의 흡음재는 중, 고음역의 흡음력은 뛰어나나 저음역의 흡음력이 떨어지므로 이를 보완하기 위하여 차음재와 흡음재 사이에 공기층을 두게 된다[5,6,8]. 본 연구에서는 일반적으로 흡음 시공에 사용되며, 쉽게 구할 수 있는 glass wool, sponge 등의 50mm, 75mm 두께의 흡음재, 0mm, 60mm의 공기층을 실험 변수로 하여 실험을 수행하였으며, 실험 변수를 정리하면 다음 Table

3과 같다. 위의 흡음재료와 공기층의 두께의 수준은 소음 관련 참고문헌들에 나오는 내용과 실제 소음 차폐 시공에서 사용되고 있는 수준을 고려한 것이다. 철재 가상 작업공간의 내부 5개 면은 유공(有孔) tex가 붙어 있는 25mm sponge로 흡음시공을 하였으며, 개폐할 수 있는 문 쪽면에 대해서 Table 3의 변수대로 시공을 달리하였을 때의 소음수준을 측정하였다. 철재 가상 작업공간의 문 쪽에는 진동을 방지하기 위하여 3mm의 고무판을 부착하였으며, 틈새로 소리가 새어 나오는 것을 막기 위하여 틈새에는 건축 방음재로 사용되는 실리콘을 주입하였다. 그리고 문 쪽에는 서로 다른 조합의 흡·차음재 및 공기층의 시공이 용이하도록 철재 고리를 상·하 2지점에 설치하였다(Fig. 5).

Table 3 Experimental variables

factor	level
sound-absorbing material	glass wool, sponge
depth of sound-absorbing material	25mm, 75mm
depth of air space	0mm, 60mm

Fig. 5 Door part of virtual work space

2.2.3 2차 모의실험

위의 1차 모의 실험에서 통계적 유의성을 보인 변수, 즉 흡음재료의 두께와 공기층의 두께에 대하여, 이들 변수의 수준 수를 3수준으로 높여 이들과 소음 수준과의 정량적 관계를 파악하고자 한다. 흡음 재료의 두께는 25mm, 50mm, 75mm의 3수준을, 그리고 공기층의 두께는 0mm, 50mm, 100mm의 3수준에 대하여 실험을 다시 하여, 수준간의 소음 수준을 회귀분석을 통하여 정량화하고자 한다. 실험은 각 수준에 대하여 2회 반복하여, 총 12회의 재실험을 하였다. 실험 변수의 조합은 흡음재의 두께의 영향을 알아보기 위한 실험에서는 공기층은 두지 않았으며(두께 0mm), 공기층의 두께의 영향을 분석하기 위한 실험에서는 흡음재의 두께는 50mm로 고정하였다. 1차 모의실험에서 흡음재가 유의한 영향을 나타내지 않았으므로, 흡음재료로 sponge만을 사용하여도 무방할 것으로 생각된다. 흡음재와 공기층의 두께에 대한 실험 조건은 다음 Table 4에 나와 있다.

Table 4 Experimental design and results of the second experiment

sound-absorbing material	depth of sound-absorbing material	depth of air space	Noise level (dB)
sponge	25mm	0mm	70.6
	50mm		70.1
	75mm		69.7
	50mm	0mm	70.1
		50mm	69.8
		100mm	69.1

3. 실험결과

3.1 1차 모의실험

위의 Table 3에 나와 있는 바와 같은 16개의 실험 조합에 대하여 full factorial design으로 실험을 수행하였으며, 실험변수의 통계적 유의성을 보기 위하여 분산분석을 실시하였다. 분산분석의 결과는 다음 Table 5에 나와 있으며, 표에서 보는 바와 같이 흡음재료의 두께, 공기층의 두께 등은 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 흡음재료의 종류는 통계적으로 차이가 없음을 나타내고 있다. 즉, glass wool과 sponge의 흡음재료는 본 연구의 대상인 P사의 press 소음에는 차이가 없고, 재료의 두께는 두꺼울수록, 공기층의 두께 역시 두꺼울수록 소음 수준을 작게 함을 나타내고 있다. 실험 변수의 각 요인에 대한 소음 수준은 다음 Fig. 6~8에 나와 있다. 흡음재료는 glass wool이 sponge에 비하여 소음수준이 낮게 나타났으나, 위에서 언급한 바와 같이 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 그러나 경제성 측면에서 보면, glass wool이 sponge에 비하여 가격이 30%정도 저렴하므로, 차폐 시공 시에는 이의 사

용이 권장된다. glass wool은 흡음재의 역할뿐만 아니라, 방화, 방열재의 구실도 하므로 차폐 공간의 열 발생 측면에서도 유리하다 하겠다. 그러나 glass wool이 인체에 유해한 영향을 미치므로 시공시에 철저한 시공과 보전(maintenance)에 대한 고려가 요망된다.

Table 5 Results of ANOVA

factor	DOF	Sum of square	Mean square	F	P
sound-absorbing materials	1	0.9025	0.9025	2.97	0.113
depth of sound-absorbing material	1	3.6100	3.6100	11.90	0.005
air space depth	1	3.2400	3.2400	10.68	0.007

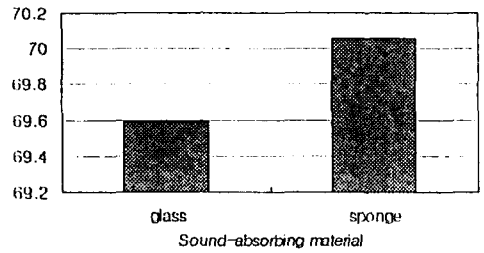


Fig. 6 Noise level by sound-absorbing materials

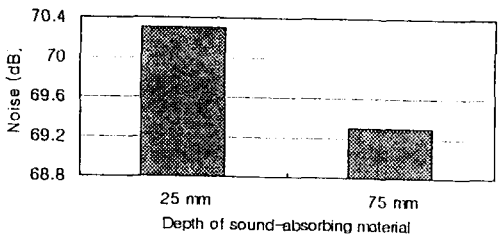


Fig. 7 Noise level by depth of sound-absorbing materials

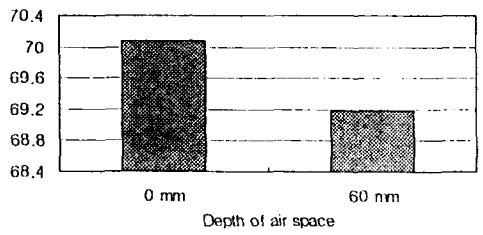


Fig. 8 Noise level by depth of air space

3.2 2차 모의실험

2차 모의실험의 결과는 다음 Table 4와 Fig. 9~10에 나와 있다. 결과에서 보는 바와 같이 소음 수준은 흡음재와 공기층의 두께가 커짐에 따라 거의 선형(linear)적으로 감소함을 보이고 있다. Fig. 9~10에 나와 있는 선형 회귀 모형을 보면, R^2가 거의 1.0에 가까워 모델의 유의성을 보여주고 있다. 흡음재와 공기층의 10mm에 대한 소음 수준의 경감 효과를 회귀식을 이용하여 살펴보면, 흡음재의 경우는 0.18 dB, 공기층의 경우는 0.09 dB 정도의 감소 효과를 보이고 있다. 따라서 시공 시에 이러한 효과를 감안하여, 경제성있는 차폐 방안을 고려해 볼 수 있을 것으로 기대된다. 즉, 흡음재를 두껍게 할 경우는 재료비가 추가되며, 공기층을 두껍게 할 경우는 재료비는 없지만 시공비용이 많이 들게 되므로, 이를 고려하여 흡음재의 두께와 공기층의 두께를 조합한 차폐방안을 설정하여야 한다. 예를 들어, 흡음재료 glass wool을 두껍게 하면 공기층의 두께를 얇게 하여도 되기 때문에 재료비는 작게 드나, 공기층의 시공에 많은 비용이 소요된다.

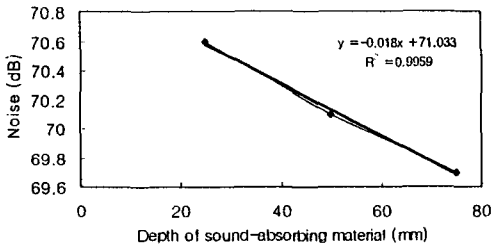


Fig. 9 Trend of noise level by depth of sound-absorbing material

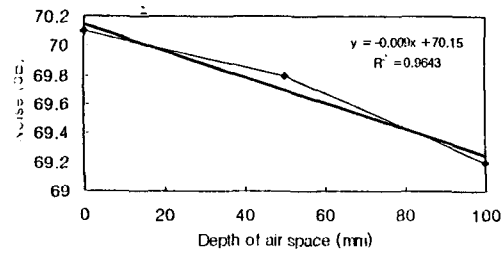


Fig. 10 Trend of noise level by depth of air space

4. 고 찰

4.1 방음효과

위의 실험 결과에서 본 바와 같이, 실험 변수의 조합 중 최악의 경우와 최선의 경우를 비교할 경우 약 2 dB 정도의 차이를 보이고 있다. 그러나 이는 본 연구의 측정 상황이 벽면에 닿는 모든 음이 반사되어 나오는 잔향실에서 측정한 것이 아니고, 6개의 면 중 5개의 면을 같은 조건의 흡음재(sponge)로 방음 처리한 상태에서 측정하였고, 또한 한 면의 크기가 2m×2m로 작았기 때문으로 추정된다. 한 면의 크기를 크게 하고 잔향실에서 측정하면 실험 변수의 조합간의 차이는 좀 더 커질 것으로 생각된다. 잔향실 측정은 비용 문제로 현재 어려우므로, 면적 효과에 대해 살펴 보고자 한다. 차폐를 하였을 경우에 다음의 식으로 소음 수준을 계산할 수 있다[5].

$$\Delta PWL = TL - 10\log\left(\frac{S_p}{S}\cdot\frac{1-a}{a}\right)$$

여기에서 ΔPWL=방음실 내,외부의 소음 수준차,

TL=방음실 벽의 투과손실,

a=벽면의 흡음율,

S_p=방음실의 표면적,

S=소음원의 표면적

위의 식에서 소음원의 표면적은 어떠한 방법으로 시공하더라도 동일하게 되고, 투과손실과 흡음율은 잔향실이 갖추어져 있지 않아 측정이 불가능하므로, 본 연구에서는 이들을 상수로 가정한다. 그러면 방음실 표면적을 현재의 한 변의 길이가 2m인 것을 3m로 늘리면, 소음 수준의 경감 효과는 3.5 dB 정도 더 커지게 된다. 이를 4m로 늘리면 6.

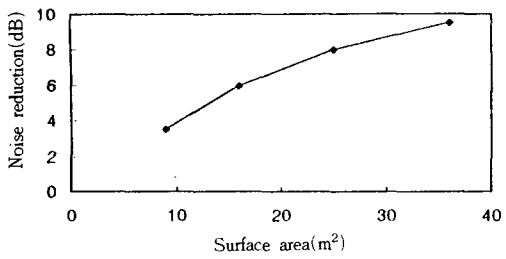


Fig. 11 Noise reduction by surface area

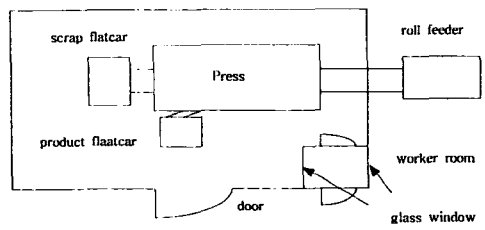
0 dB이 커지게 된다. 이러한 경향은 Fig. 11에 나와 있으며, Fig. 11은 한 변이 2m인 것에 비교하였을 때의 소음 경감효과를 보이고 있다. 본 연구에서 보인 실험 조합간의 차이 2 dB은, 실제 모든 면을 실험 조합과 동일하게 시공하면 최소 3~5 dB 정도의 차이를 보일 것으로 추정된다.

4.2 차폐 방안

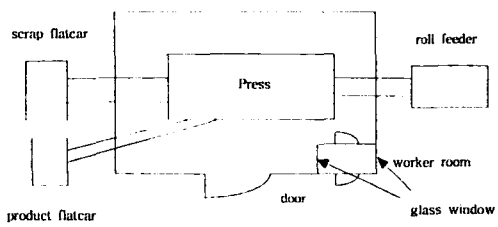
위의 실험 결과를 보면 P사의 press의 소음 경감 효과는 흡음재료는 75mm glass wool을 사용하고, 공기층은 50mm이상으로 하여 차폐를 하면 가장 높게 나타날 것으로 생각된다. 1차 모의실험 결과에서 sponge와 glass wool의 흡음재료간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 반면, glass wool이 sponge에 비하여 재료비가 30% 정도 저렴하므로 glass wool을 선택하였다. 그리고 공기층은 소음 관련 문헌들에서 공기층의 두께를 10cm 이상을 권장하고 있으나[5], 이렇게 하면 공기층 시공비용이 매우 높고, 본 연구의 실험에서 공기층의 두께가 50mm를 넘을 때가 50mm 이하일 때보다 소음경감 효과가 크게 나타났기 때문에 시공비와 소음경감 효과를 절충하여 공기층 두께를 50mm로 하였다(Table 5와 Fig. 10 참조). 이 중 흡음재료의 두께를 크게 하여도 저음역의 주파수를 흡수할 수 있으므로, 흡음재료의 두께를 크게 하고 공기층의 두께를 작게 할 것인가 혹은 그 반대로 할 것인가는 위의 2차 모의실험 결과에서 제시한 회귀식으로 계산 가능한 소음 경감효과와 흡음재의 재료비와 공기층의 시공비용을 고려하여 결정하여야 할 것이다. 이와 더불어 차폐 설비는 장기간 사용하여야할 것이므로 차폐 설비의 내구성 및 보전의 용이성 등도 고려하여야 할 것으로 생각된다.

위의 결과를 바탕으로 본 연구에서는 다음과 같은 2가지 방식의 차폐방안을 다음 Fig. 12와 같이 제시하고자 한다. 흡음재 및 시공 방법은 위에서 제시한 방법을 따른다. 제시한 방안 중 Fig. 12(a)의 방안은 roll feeder를 제외한 모든 부분을 차폐하고, 작업자는 작업자 room에서 monitoring을 한다. 공정의 이상 현상이 발생하면 작업자 room 내부 문을 통하여 기계에 접근하여, 조치 작업을 수행한다. 작업자 room은 air conditioner, heater 등의 공조 설비와 창문을 설치하여 내부와 roll feeder를 monitoring할 수 있게 한다. 이와 같이 차폐를

하게 되면, 차폐되는 내부 공간이 커지고, 틈새가 작아져 소음 경감 효과가 커지게 된다. 그러나 차폐 공간이 커져 시공비용이 많으며 공장 내부 공간을 많이 차지하게 되며, 작업의 scrap과 완성품을 꺼내기 위해 차폐 room을 들락거려야 하기 때문에 작업성이 떨어진다. 이와 반대로 Fig. 12(b)와 같이 press만 차폐하고, roll feeder, scrap 대차와 완성품 대차를 밖에 두는 경우의 효과는 (a)의 안과 정반대의 효과를 보인다. 즉, 시공비가 줄어들고, 공간을 작게 차지하며 작업성이 좋아지는 반면, 차폐 내부 공간이 작고 틈새가 많아져 소음경감 효과는 떨어지게 된다. 두 차폐안 모두 소음 경감과 환기를 위하여 천정 부분에는 흡음 닥트형 소음기를 설치한다. 소음기의 형태는 중,저음역의 소음의 감음에 효과가 있는 팽창형이나 간섭형, 공명형 소음기가 적합할 것으로 생각된다.



(a) alternative 1



(b) alternative 2

Fig. 12 Alternatives of enclosing press

5. 결 론

본 연구에서는 가상 작업공간과 실제 press 소음의 녹취, 재생을 통한 모의실험을 수행하여, P사의 press 소음 특성에 적합한 흡음재료 및 두께, 공기층의 두께를 제시하였다. 이를 바탕으로 작업자의 작업성을 저하시키지 않고, 소음 경감 효과를 높일 수 있는 두 가지의 차폐 시안을 제시하였다. 위와 같이 사전 연구를 통하여 소음 특성을 충분히 분석한 후에 차폐 시공을 하면, 기존의 경험에 의한 방법보다 경제적이며 소음 경감 효과를 제고할 수 있는 방안을 찾을 수 있게 된다. 본 연구의 실험 set-up은 흡음률 등의 측정을 위한 잔향실이 없어 외부 소음을 완전히 차단할 수 없을 뿐만 아니라, 흡음률 등의 측정이 불가능하여 정확한 소음 경감 효과의 산출은 불가능하였다. 그러나 잔향실의 설치 뿐만 아니라, 이것이 설치되어 있는 기관의 잔향실을 사용하는 데에도 큰 비용과 시간이 소요되어 개개의 press 차폐 시안을 마련하기 위한 실험은 어려운 상태이다. 따라서 추후에는 본 연구와 같은 모의실험을 컴퓨터를 통하여 쉽게 할 수 있는 방안에 대한 연구가 요망된다.

참 고 문 헌

1) 산업안전신문사, 산업재해분석총람, 1995.
2) 노동부, '92 근로자 건강진단 실시 결과 분석, 1993.
3) 박민용, "노래방 소음 및 난청가능성의 인간공학적 평가와 청각보호방안", 대한인간공학회지, Vol. 15, No. 1, pp. 79~90, 1996.
4) 박경수, "인간공학", 영지문화사, 1994.
5) 정일록, "소음·진동 이론과 실무", 록원출판사, 1988.
6) 한국소음진동공학회, 소음·진동편람, 1995.
7) 이출재, "작업환경소음진동학", 도서출판 동화기술, 1993.
8) 전성탁, "소음진동편람-소음편", 도서출판 동화기술, 1990.