

연구보고서
기전연 95-2-3

프레스의 소음저감용 Enclosure 개발

1995. 12. 31



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

提 出 文

韓國産業安全公團 理事長 貴下

本 報告書를 産業災害 豫防技術의 研究開發 및 普及 事業의 一環
으로 遂行한 “프레스의 騒音低減技術에 관한 研究” 事業의 最終
報告書로 提出합니다.

1995. 12. 31.

주관 연구부서 : 産業安全研究院
機械電氣研究室

연구 수행자 : 先任研究員 方 泰 圭

序 文

최근 騒音문제가 큰 사회문제로 대두되고 있는 가운데, 산업화, 자동화 추세와 더불어 각 분야에서 그 수요가 점차 확대되어 가고 있는 프레스機械가 工場을 비롯한 모든 사업장에서 주요 騒音源의 하나가 되고 있습니다. 프레스는 공정이 빠르고 파워가 강하며 단위 시간당 생산량이 많은 이점때문에 제조업에서 차지하는 비중이 높으며 그 수요가 필수 불가결하게 되어가고 있습니다. 그러나 프레스의 이러한 장점에도 불구하고 使用中 발생하는 騒音振動으로 인하여 工場을 비롯한 모든 사업장에서 주요 騒音源의 하나가 되고 있으며, 이러한 騒音문제가 職業病으로 표출되어 큰 사회문제로 대두되고 있습니다.

현재 騒音성 난청이 職業病으로 분류가 되고 있기 때문에 이에 대한 對策을 保健的인 側面에서 다루어 온 것이 사실입니다. 그 결과 騒音源對策이나 전달경로 對策과 같은 工學的이고 能動的인 對策보다는 受音者 側面에서 使用되는 귀마개나 귀덮개에 의한 保健學적이고 수동적인 對策이 주류를 이루고 있는 실정으로 큰 效果를 보지 못하고 있습니다.

따라서 본 研究에서는 제조업에서 그 수요가 필수적이나, 과도한 騒音을 발생하여 工場내 주요 騒音源의 하나가 되고 있는 프레스에 대하여 騒音測定의 신기술인 음향 인텐시티법을 使用하여 프레스 騒音에 대한 工學的이고 能動的인 對策으로써 프레스騒音 低減용 Enclosure를 開發 하였습니다.

산업현장에서 널리 활용되어 騒音으로 인한 재해를 예방하는 데 조금이나마 기여할 수 있게 되기를 바랍니다.

1995. 12. 31.

산업안전연구원장

目 次

1. 緒 論	1
2. 理論的 背景	6
2.1 測定 理論	6
2.2 Enclosure의 設計理論	10
3. 實 驗	18
3.1 試 驗 體	18
3.2 測定系 및 DATA處理	21
3.3 프레스機械의 騒音特性	22
3.4 프레스機械의 振動特性	28
4. 프레스用 Enclosure의 開發	33
4.1 Enclosure의 設計	33
4.2 Enclosure의 減音性能	43
4.3 Isolator의 防振性能	44
5. 結 論	52
參 考 文 獻	55
附 錄	57

1. 緒 論

프레스란 레버, 나사, 수압등을 이용하여 금형등에 재료를 강압하여 일정한 모양으로 성형하는 기기의 총칭으로 편칭가공, 드로잉가공, 성형,절단 작업등을 하며 핸드프레스, 편심프레스와 같은 수동식과 수압·유압·機械 프레스등과 같은 동력식으로 대별된다.¹⁾

프레스는 공정이 빠르고 파워가 강하며 단위 시간당 생산량이 많은 이점때문에 제조업에서 차지하는 비중이 높으며 그 수요가 필수 불가결하게 되어가고 있다. 그러나 프레스의 이러한 장점에도 불구하고 使用中 발생되는 騒音振動으로 인하여 工場을 비롯한 모든 사업장에서 주요 騒音源의 하나가 되고 있으며, 이러한 騒音문제가 職業病으로 표출되어 큰 사회문제로 대두되고 있다. 노동부의 산업재해 통계에 따르면 전체 제조업의 職業病중 騒音성난청이 수위를 차지하고 있다. 騒音성 난청이 우리나라의 職業病중에서 그동안 선두였던 진폐를 제치고 제일 많은 職業病 유소견자를 유발시키고 있다는 것을 알고 나면 산업현장에서 얼마나 많은 근로자들이 騒音에 장기간 방치되어 결국은 불치의 職業病으로 까지 발전되었는가를 쉽게 알 수 있다. 騒音이 끼치는 영향은 일시적청력손실, 영구청력손실등의 직접적인 것뿐만 아니라 작업도중 騒音이 원인이되어 일어나는 사고등 정신적, 신체적, 사회적인 영향 즉, 간접적인 영향은 그 예를 일일이 들기도 어려울 정도로 우리 생활에 밀접한 관계를 맺고 있다. 그럼에도 불구하고 과도한 騒音에 노출되어 있는 근로자와 使用者 및 일반인 모두 騒音에 대한 피해는 느끼면서도 騒音대처에 대한 기본인식의 결여로 騒音低減對策을 세우기 위한 노력이 동반되지 않고 있다.

프레스騒音이라고 해도 機械의 형식,능력, 가동스트로크 수, 가공재료등에 따라 달라지기도 하기 때문에 그 騒音특성에 적합한 對策을 실시할 필요

가 있는 데, 일반적인 騒音源으로서 생각할 경우 機械구조적으로 다음의 발생원을 생각할 수 있다.²⁾

(1) 가공물로 부터의 騒音

프레스가 실제 가공을 할 때의 騒音으로, 주로 재료와 금형의 충돌에 의한 것으로, 재료의 두께, 경도 및 가공의 복잡성등에 의해 영향을 받는다. 즉 큰 가공충격을 요하는 가공에서는 騒音도 크게 된다.

(2) 동력원으로 부터의 騒音

동력원의 모터騒音이나, 클러치, 브레이크음으로 대형의 유압프레스에서는 가공유압을 발생하는 유압유니트 자체의 騒音이다.

(3) 크랭크 부분에서의 騒音

크랭크부나 슬라이드부의 베어링등의 機械부품으로 부터 발생하는 騒音이다.

(4) 기타 구성부품에 의한 騒音

프레스 機械本체의 카바부분등 강성이 약한 곳이나, 가공振動과 각 부위의 고유振動수가 일치하는 경우등에 일어나는 공진현상등을 들 수 있다.

또한, 프레스 가공면에 재료를 공급하기 위한 재료공급裝置나, 제품을 반출하는 콘베이어, 스크랩을 처리하는 커터등도 포함된다. 프레스 機械의 구성소재는 금형을 포함하여, 금속이라고 하는 파동을 전달하기 쉬운 구조체로서, 각 부분에서의 振動을 騒音으로서 발생시키고 있다.

따라서 이러한 騒音을 발생시키는 프레스機械의 騒音低減對策으로서 다음과 같은 방법을 생각할 수 있다.

(1) 가공상태

프레스 가공은 그 기구에 따라 금형의 압입능력에 의해 재료를 전단, 굽힘, 압연가공을 하는 것이기 때문에 가공속도와 발생음은 비례관계에 있다. 일반적으로는 생산성적인 면에 있어서 스트로크 수를 低減시키는 것은 어려

운 데, 예를 들면 특히 騒音が 큰 가공에 한하는 등의 對策을 취하는 것도 하나의 방법이다.

또, 機械의 부하가 크면 騒音도 크게되는 경향이 있기 때문에, 능력에 있어 여유를 가지는 機械를 선정하여 금형의 일공정 가공수량을 증가하는 등의 방법으로 생산성을 떨어뜨리지 않고 騒音對策을 하는 것이 가능하다.

프레스 가공되는 재료를 공급할 때, 그 재료가 박판이고 폭이 넓은 경우에는, 가공시의 충격振動이 재료에 전달되어 자유振動함으로 騒音が 발생하는 경우가 있기 때문에, 그 때에는 접촉면등에 고무재등의 완충재를 부착하는가, 가공에 지장이 없는 정도로 재료를 눌러주는 방법이 있다.

(2) 機械本體對策

프레스 機械本體의 케이싱부분의 고정기 완만해져 있다든가, 보통보다 부하가 높은 가공을 한 경우에 판振動을 발생하여, 騒音を 발생시킬 수 있다. 이 경우 그 부위에 제진재나 제진도료를 부치거나, 또는 도포하여 振動을 억제하여, 騒音발생을 低減하는 것이 가능한 데, 본체등의 강성부분이 높은 부분에서는 效果가 크지는 않다.

(3) 振動對策

프레스 機械에서 직접 발생하는 騒音對策과는 별개로, 機械에서 발생하는 振動에 의해 주변기기, 중동체에서 騒音を 발생하는 경우가 있다. 이 경우는 특히 프레스 機械의 주변환경보다도 비교적 가까운, 예를들면 윗층이나 인접한 실등에서 騒音が 발생하는 듯한 경우가 많고, 일반적으로 고체전달음이라고 불리운다. 이 현상은 프레스 機械本體의 직접적인 騒音對策을 보다 효율 높게 실시해도 남게되는 문제이다. 그런 의미에서 2차적인 對策이라 할 수 있는 데, 振動對策은 騒音對策에 있어서 큰 의미를 가지고 있다.

일례를 들면, 소형이고 고속정밀 프레스를 2층에 설치하였을 때, 설치층은 騒音방지책을 실시하였기 때문에 작업환경은 개선되는 데, 그 바로 아래

충의 사무실에서는, 프레스 機械의 직접적 騒音은 문제가 되지 않을 듯한 중속적인 구조임에도 불구하고, 상당한 騒音이 발생했다. 조사결과, 프레스 機械의 가공에 따라 발생한 바닥振動이 중속체내에 전달되어, 고체전달음으로서 충밀도로 방출되고 있다. 이것에 대한 對策방법으로서 防振裝置의 설치를 하였다. 防振裝置는, 振動을 절연하기 위한 고무, 금속스프링, 공기스프링등의 탄성체와, 필요에 따라 높이를 조정하는 裝置, 프레스 機械자체의 防振에 의한 요동을 억제하는 裝置로 구성되어 있다.

탄성체의 종류는 많은 종류가 있는 데, 그 부착방법, 필요로 하는 감쇠 성능, 하중변동의 유무등으로 부터 선정되기 때문이다. 防振고무타이트와 같이 프레스 機械에 부착하여 레벨을 조정하면 곧 使用가능하고, 또, 유지보수도 필요없는 것이 대부분이다. 시스템으로서 복잡하다고 말하는 공기 스프링도, 현재로서는 機械의 다리부 각각에 부착되어, 레벨을 유지하고 요동을 제어하는 裝置도 표준적으로 내장되어 일체형 시스템의 防振裝置형태가 대부분이다. 공급하는 공기도 연속적으로 소비됨이 없고, 운전단가도 억제되어, 보수빈도도 감소하고 있다.

(4) Enclosure

현재 가장 효율적인 騒音低減방법으로 생각되는 것으로서 Enclosure는 프레스 機械 전체를 방음용 판넬로 포위하는 방법이다. Enclosure는 프레스 機械의 騒音을 감소 시키는 데에 있어, 주변 機械·기기와의 관계, 재료·제품의 출입등의 문제에서 부터, 본래의 성능 이외에 요구되는 기능이 많아지게 된다. 현재 설계시 요구되는 기능으로서, 機械의 발생 騒音에 적합한 차음 성능, 熱源에 대한 온도나 환기對策, 재료의 형상·종류에 대응하는 공급·출구, 유지보수에 필요한 유효 개구부의 확보, 작업의 安全 및 작업성을 고려한 창, 조정·형교환시에 필요한 조명, 생산라인 변경시의 용이, 機械의 가동상태를 외부에서 판단할 수 있는 부분조명등등, 使用者의 수만큼의 사

양이 있다고 말해도 과언이 아닌 상황이다. 그러나 Enclosure는 간단히 騒音을 低減시키는 부대설비가 아니고, 생산성을 떨어뜨리지 않는 安全對策의 일환인 것이 필요하다.

현재 騒音성 난청이 職業病으로 분류가 되고 있기 때문에 이에 대한 對策을 保健的인 側面에서 다루어 온 것이 사실이다. 그 결과 騒音源對策이나 전달경로 對策과 같은 工學的이고 能動的인 對策보다는 受音者 側面에서 使用되는 귀마개나 귀덮개에 의한 保健학적이고 受動的인 對策이 주류를 이루고 있는 실정으로 큰 效果를 보지 못하고 있다.

따라서 본 研究에서는 제조업에서 그 수요가 필수적이나, 과도한 騒音을 발생하여 工場내 주요 騒音源의 하나가 되고 있는 프레스에 대하여 騒音測定의 신기술인 음향 인텐시티법을 使用하여 프레스 騒音에 대한 工學的이고 能動的인 對策으로써 프레스용 Enclosure를 開發함을 目的으로 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 測定이론

공기입자가 본래 위치로부터 변위되면 일시적인 압력 상승이 일어난다. 이 압력 상승은 두가지로 작용한다. 즉 입자를 원래의 위치로 되돌리는 것과 옆의 입자로 교란을 전달시키는 것이다. 압력의 증가(압축)와 감소(희박)의 반복은 음파로서 매질을 통하여 전파된다. 이 과정에 두개의 중요한 변수가 있다. 즉 주위에 대하여 국부적인 압력의 증가와 감소를 일으키는 음압(Sound Pressure)과 일정한 위치에서 振動하는 공기 입자의 속도(Particle Velocity)이다. 그림 2.1 에서 음향 인텐시티(Sound Intensity)는 입자속도와 압력의 곱이며 다음식으로 정의된다.³⁾⁴⁾

$$I(t) = p(t) \cdot \vec{u}(t) \quad (1)$$

여기서, $p(t)$ 는 어떤 한 점에서의 순간 음압(Instantaneous Sound Pressure)이고, $\vec{u}(t)$ 는 같은 점에서의 순간 입자 속도(Instantaneous Particle Velocity)이며, t 는 시간(sec)이다. 능동 음장(Active Field)에서의 압력과 입자 속도는 동시에 변화한다. 음압신호의 최대는 입자속도 신호의 최대와 동시에 나타난다. 따라서 이들은 동 위상이며 두 신호의 곱이 실제 인텐시티가 된다. 반동 음장(Reactive Field)에서는 음압과 입자속도가 90°의 위상 차를 가져서, 한 신호는 다른 신호에 대하여 1/4 파장 만큼 이동되어 있다. 이 두 신호를 서로 곱한 것은 0을 중심으로 정현파적으로 변화하는 순간 인텐시티(Instantaneous Intensity) 신호가 된다. 그러므로 식(2)와 같이 시간 평균된 인텐시티(Time-averaged Intensity)는 0이다.

$$\bar{I} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T I(t) dt \quad (2)$$

여기서, T 는 적분시간이다.

확산음장(Diffuse Field)에서는 입력과 입자 속도의 위상은 랜덤하게 변화하므로 실제 인텐시티는 0이다.

음향인텐시티 레벨은 다음과 같다.

$$L_I = 10 \log [I / I_0] \quad (3)$$

여기서, I_0 는 기준 음향 인텐시티이다($=10^{-12}$ W/m²). 단위는 dB이다.

인텐시티는 자유음장(Free Field) 전파시에는 역자승의 법칙을 따른다. 이것은 그림에서 알 수 있듯이 음源으로부터 $2r$ 되는 거리에서 음源을 둘러싸는面積은 거리 r 에서의面積보다 4배 크다. 그러나 방사되는 총 음향 파워는 어느 거리에서나 동일해야 하므로,面積당 음향파워인 인텐시티는 감소한다.

그림 2.2에서 음源(Point Source)은 음향파워를 방사하고 있으며 이 모든 음향파워는 음源을 둘러싸고 있는測定面을 통과하여야 한다. 인텐시티는面積당의 음향파워이므로, 음源을 둘러싸고 있는測定面상에서 공간적으로 평균된 수직방향의 인텐시티를測定하고 여기에面積을 곱하면 음향파워를 구할 수 있다.⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾

단위測定面을 통과하는 음향파워(P_i)는 다음과 같다.

$$P_i = \vec{I}_i \cdot \vec{S}_i = I_{ni} \cdot S_i \quad (4)$$

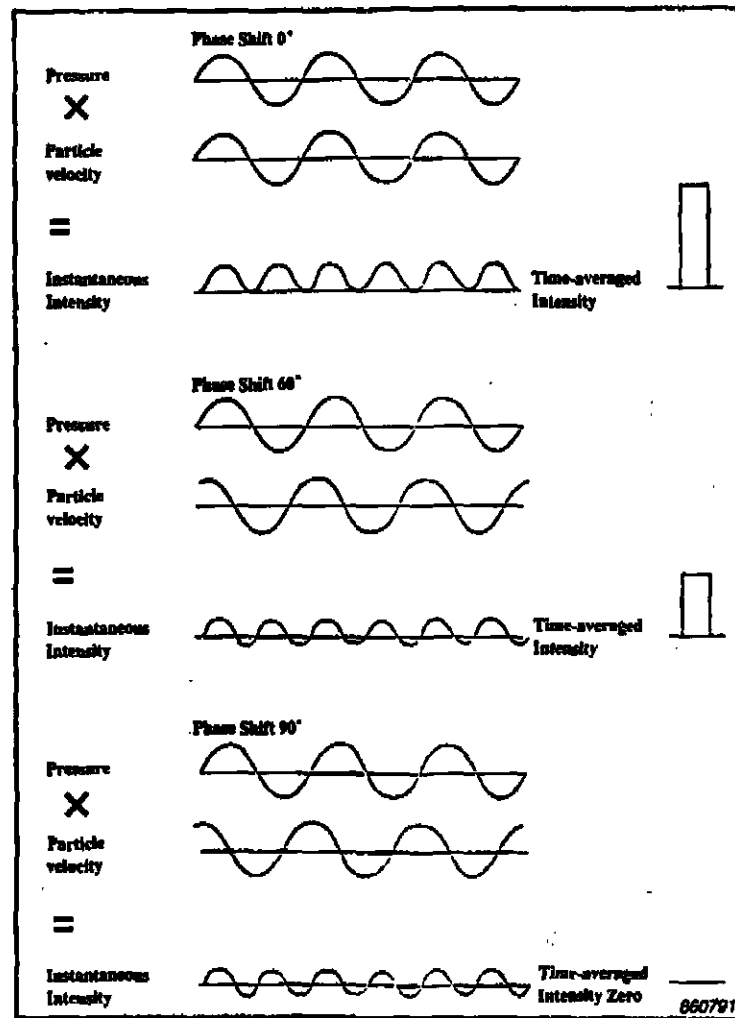


그림 2.1 음압과 입자속도

여기서, I_{n_i} 는 측정면의 i 번째 위치에 있어서의 정규화된 음향 인텐시티, S_i 는 i 번째 위치에 있어서의 측정면적이다.

따라서 음원에서 방사되는 총 음향파워(P)는 식(5)와 같다.

$$P = \sum_{i=1}^N P_i \quad (5)$$

여기서, N 는 측정면의 총 개수이다.

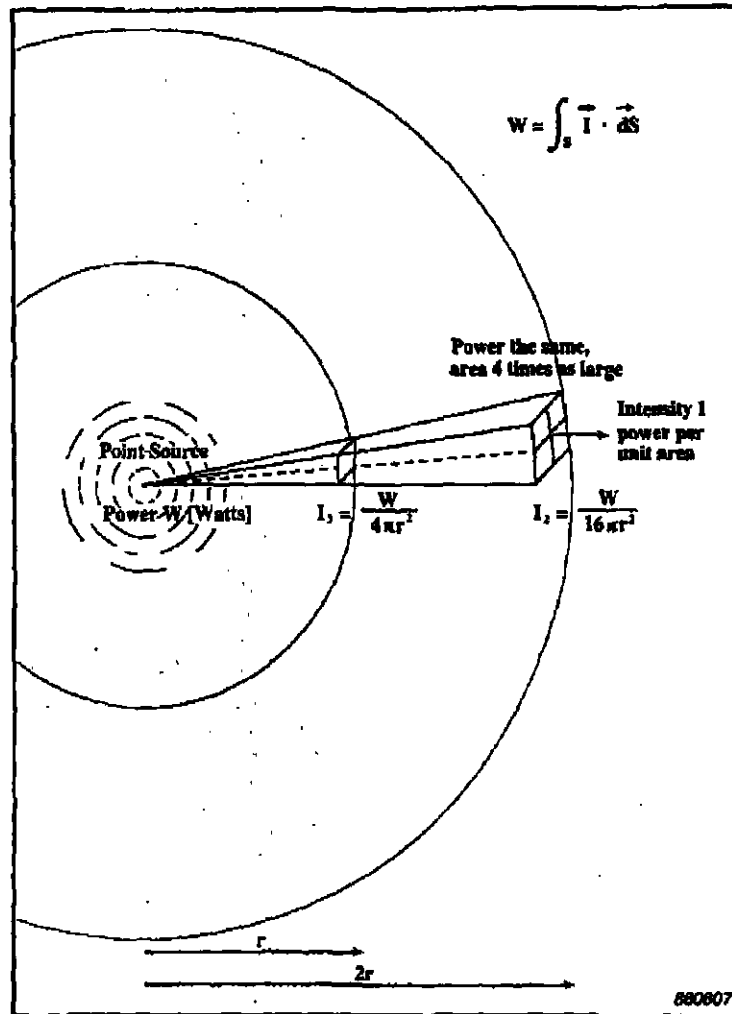


그림 2.2 음향인텐시티의 원리

음향파워 레벨(L_w)은 다음과 같이 표시한다.

$$L_w = 10 \log [P/P_0] \quad (6)$$

여기서, P_0 는 기준 음향파워이다($=10^{-12}$ W). 단위는 dB이다.

2.2 Enclosure의 설계이론

Enclosure란 騒音의 低減을 위해 騒音源에 씌우는 케이스를 말한다. 그 Enclosure는 역시 창고나 機械 조작대와 같이 방음을 필요로 하는 곳의 騒音도를 低減시키는 방음실 역할도 한다. 그림 1은 Enclosure를 도식적으로 보여준다.⁹⁾

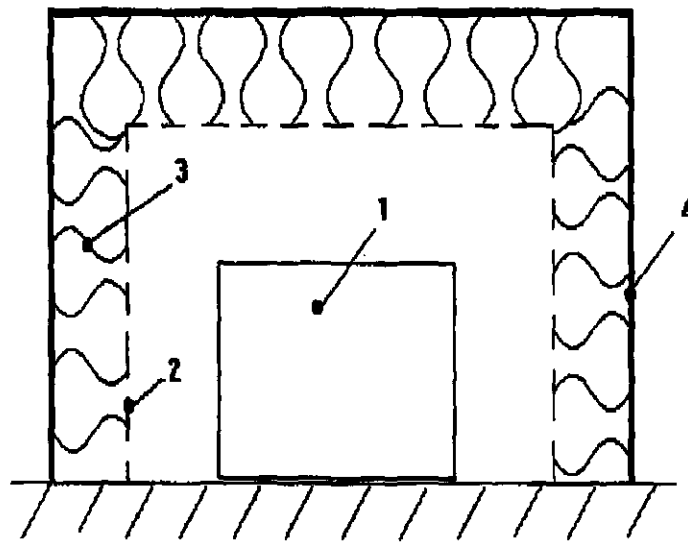


그림 2.3 Enclosure 도해

여기에서, 1은 騒音源 내지 작업장소를 표시하고, 2는 騒音이 통과할 수 있는 내벽이며, 3은 흡음 재료이고, 4는 Enclosure 외벽을 나타낸다.

감음량 NR 은 Enclosure를 장착한 상태와 제거시킨 상태의 騒音 정도 차이를 Enclosure 외부에서 동일한 조건을 유지하며 주파수(옥타브나 1/3 옥타브 영역)별로 測定한 값을 말한다. 이로써 Enclosure의 음향학적 특성을 알 수 있다.¹⁰⁾¹¹⁾

$$NR = L_{w1} - L_{w2} \quad (7)$$

여기에서, L_{w1} 과 L_{w2} 는 Enclosure가 없을 때와 Enclosure가 있는 경우의 음향파워 레벨을 대입했다. 또 식(7)에서 구한 감음량과 Enclosure의 투

과손실을 비교하기 위하여, Enclosure의 투과손실을 다음식으로 산출했다.

$$TL = 18 \log(m \cdot f) - 44 \quad (8)$$

여기에서, f 는 중심주파수, m 는 Enclosure판의 면밀도(kg/m^2)이다. Enclosure에 의한 A특성 감음량 $NR(A)$ 는 騒音源의 騒音 스펙트럼에 종속된다. 이는 Enclosure를 장착한 상태와 제거시킨 상태에서 測定한 A특성 騒音도의 차이로서 설치 감음량 개념과 유사하다.

$$NR(A) = L_{in}(A) - L_{out}(A) \quad (9)$$

Enclosure 종류는 기본적으로 완전 Enclosure와 부분 Enclosure로 구분할 수 있고 機械 제작 시에 이미 부착된 Enclosure가 있는데 이는 통합 Enclosure라 한다. 이러한 완전과 부분 Enclosure에는 단일 혹은 일련된 제품과 표준화된 부품들로 제작되어진 Enclosure가 사용될 수 있다. 완전 Enclosure라는 말은 환기, 운전 目的의 개구부가 있는 機械나 裝置를 완전히 밀폐하며 싸는 케이스를 뜻한다. 완전 Enclosure는 무엇보다도 원동기, 가스나 유체의 농축과 운송을 하려는 機械나 내연 기관의 경우에서 종종 있듯이 騒音源을 케이스로 밀폐시키는 것이다. 그러나 이것은 압착기와 같이 밀폐 케이스가 없는 작업 機械에도 부품으로 사용된다. 몇몇 機械나 裝置에서는 오직 한 부분들이 騒音도를 결정한다. 이러한 경우에 부분 Enclosure를 사용하면 정비와 냉각, 적은 소요面積, 신뢰도등과 같은 운영적 側面의 장점과 경제적으로도 유리한 해결책을 얻게 된다. 그러나 부분 Enclosure로 전체 騒音源에서 발생하는 騒音を 이렇다할 정도로 감소시키는 것은 힘들다. 이유는 騒音を 발생시키는 부분이 Enclosure로 차단되지 않은 다른 부분과 연결되어 있어 振動 에너지가 機械 몸체의 振動 경로를 통해 그 Enclosure로 차단되지 않은 부분으로 전달되고, 거기서 공기로 방사되기 때문이다. 부분 Enclosure만으로 충분한지 혹은 그 이상의 덮개이 필요한지

를 판단하기 위해, 騒音測定 외에도 振動 測定을 해야만 한다. 振動의 전달 내지 방사를 低減하기 위한 보완적 對策은, 예를들어 얇은 판으로 된 부분들의 振動억제, 부품의 신축적 부착 혹은 차단부의 설치등이 될 수 있다. 제작에 있어 더욱 저렴하고 무엇보다도 경영적 요구에 더욱 적합하게 되는 것은 機械제조시에 이미 부착되는 통합 Enclosure이다. 통합 Enclosure는 본질적으로 처음부터 의도되는 폐쇄 제작법이나 騒音을 흡수하는 機械 케이스를 부착함으로 제작된다. 실제 제작에 있어 騒音工學的 요구들이 고려되지만, Enclosure가 부수적으로 단열 效果를 낼 수 있다. 방음의 目的으로 Enclosure가 필요하지만, 그를 통해서 단열이 되고 그 결과로 경제적 잇점도 얻어진다. 기능도 좋고 값도 저렴한 Enclosure의 제작은 자동차 제작과 내연 기관으로 구동되는 운송 裝置를 위해서는 특별히 어렵다. 이러한 경우들에서는 기능적 이유에서 Enclosure의 패킹이나 흡입-배기를 위해 충분한 騒音기의 장착이 필요하지만, 많은 경우에 騒音源의 振動 차단은 騒音工學的 희망 사항의 기본이지만 스스로 이루어 지지 않는다.

音源에서 나가는 騒音은 Enclosure 내벽의 표면에 도달하게 되고 거기에서 騒音의 흡음도에 따라 다소간 반사된다. 반사는 Enclosure 안에서 증폭을 일으킨다. 반사는 강철판과 같이 딱딱한 면에서는 높게 일어나 Enclosure나 케이스의 효율이 감소된다. 그러므로 Enclosure 내벽을 騒音을 흡수할 수 있는 흡음재로 바르는 것은 큰 의미가 있다. 밀폐되고 騒音 흡수 재질로 덧입혀진 Enclosure의 騒音 低減 정도는 본질적으로 Enclosure 벽의 騒音 차단에 의해 결정된다. 이는 그림 2에 A로 표시되어 있는 경로로 나타난다. 騒音 低減 效果는 일반적으로 벽면 무게가 무거울 수록 커진다. 그림에도 불구하고 벽의 騒音 차단에 의한 騒音 低減은 실제로는 대부분 잘 되지 않는다. 이유는 개구부 내지 騒音 투과성과 振動동에 의해 한계가 지어지기 때문이다.

그림2에서 B라는 경로로 나온 騒音 투과와 필수적 개구부들은,

- 흡기나 배기 혹은 재료의 삼입이나 배출을 위한 개구부등(경로B1)
- 機械 부속이 Enclosure 벽면을 관통해 밖으로 나와 있기 때문에 있는 개

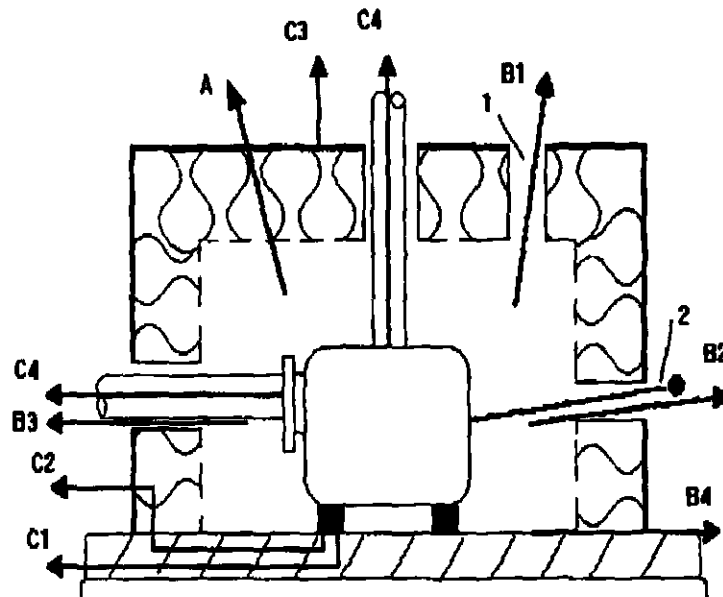


그림 2.4 Enclosure의 騒音 전달 경로

구부면, 예를 들어 조작 막대나 크랭크 축의 관통(경로B2 와 B3)

- Enclosure 벽면과 건물 사이의 騒音이 투과할 수 있는 틈새(경로B4)
- Enclosure 각 부분의 접합부, 문, 수리-관찰을 위한 개구부들로서 Enclosure에 의한 騒音低減에 한계를 주게된다.

음향학적으로 방음 裝置가 양된 개구부로 할 수 있는 騒音低減의 최대치는 개구부의 面積이

- Enclosure 面積의 1/10000일 경우 : 약 40 dB,
- Enclosure 面積의 1/1000일 경우 : 약 30 dB,
- Enclosure 面積의 1/100일 경우 : 약 20 dB,
- Enclosure 面積의 1/10일 경우 : 약 10 dB에 달한다.

개구부를 통한 騒音 투과에 미치는 주파수와 개구부 모양의 영향은 단순치를 얻기 위해 고려되지 않았을 때이다.

裝置의 振動이 騒音源의 騒音도를 전적으로 좌우 한다면(예를 들어 내연기관, 수냉식 모터, 발전기, 기어, 농축기, 변압기등), 振動 전달은 Enclosure의 방음에 더욱 한계를 주는데(그림2의 경로C), 이유는 騒音源 振

動 차단을 충분히 하지 않거나 아예 하지 않은 기초를 통해서(경로C1 과 C2), 騒音源이 Enclosure 벽면이나 다른 부위(Enclosure의 고정, 機械의 부분이나 부속의 관통)와 연결됨을 통해서(경로C3 와 C4) 전달된 振動이 騒音으로 방사되기 때문이다.

Enclosure에 使用되는 벽면과 흡수 물질은 예상되는 온도나 낙뢰와 같은 安全에 관계되는 요구 조건들에 적합해야 한다. 그래서 열에 대한 요구 조건에 맞게 점화도 압도되며 타지 않는 재료들을 使用해야 한다. 예를 들어 다공질 합성 수지 대신 무기질 솜(미네랄 솜)을 나무대신 금속을 使用해야 한다. 산소裝置의 騒音 흡수 재료로 무기질 솜을 쓰는 것은 가연소성 성분이 0.3% 미만으로 포함될 때에만 가능하다. Enclosure로 밀폐된 機械나 裝置에 유해한 작업 물질이 있으면 Enclosure에서 무조건 필요한 安全 조치가 강구되어야 한다. 종사자들의 위험이 예상되면, 흡-배기구는 작업실과 같은 곳에 있어서는 안되고, 환경을 해치지 않는 방법으로 외부로 설치되어야 한다

Enclosure가 폭발성 물질과 접촉할 가능성이 있으면, Enclosure에 조명, 환기 裝置와 같은 전기 裝置를 함에 있어 해당 규정 및 동업조합의 폭발 방지 규정도 유의하여야 한다.

다른 방식의 安全 裝置가 없고, 機械나 부품들이 단지 뚜껑을 통해서 운동 부분들에 접근할 수 있도록 프레스기에 재료를 넣는 것 같이 Enclosure 로 덮여 있으면 운동 부분으로부터 뚜껑의 최소거리를 지켜야 한다. 機械나 부품들에 접근할 수 있게 Enclosure를 켜워야 한다면, Enclosure 내벽까지의 거리, 즉 문까지의 거리는 비상구로 유용하다; 모든 운동부와 고정부와 Enclosure 내벽 사이의 최소 거리는 500 mm가 되어야 하지만 실제로는 보통 600-700 mm가 된다. Enclosure에 문이 있어야 한다면, 이 문들은 비상구로써 만들어야 한다. 즉 내부에서 열 수 있게 만들어야 한다.

프레스, 공구, 자동 천공기에서와 같이 운전중 긴 시간 동안 수동 조작을 해야 하는 機械와 裝置에 있어, Enclosure가 조작을 방해 해서는 안된다

다. 또한 원료 투입-배출을 위한 방음 目的의 뚜껑이 달린 조작용 개구부들은 다루기 쉽고, 조작자들이 여러번 使用해도 자동으로 닫혀 Enclosure의 방음 效果를 높이도록 설치되어야 한다. 機械나 裝置가 수동 조작은 필요하지 않으나 일정한 지점에서의 조정이나 때때로 정비 작업을 해야 하면, 방음이 되는 뚜껑이나 문이 있는 Enclosure를 제작 설치해야 한다. Enclosure를 들어 올릴 수 있는 기중기나 도르래등의 裝置가 있고 Enclosure가 딱딱한 바닥에 설치되어 있으면, 機械의 수리나 점검시 짧은 시간 내에 機械를 이동 시킬 수 있다. 또한 Enclosure를 쉽게 분해할 수 있는 여러 부분들로 만들거나 굴러가는 裝置를 하는 것도 가능하다. Enclosure를 열지 않고도 機械나 裝置를 조종할 수 있게 하려면, 감시기구나 계기를 가능한 한 Enclosure 외부에 裝置하거나 Enclosure 벽면과 같은 방음 效果를 가지고 계기판을 들여다 보기에다 충분히 큰 창을 달아야 한다. 이때 필요한 경우 Enclosure 내부에 조명 裝置를 해야 한다.

Enclosure로 밀폐된 부분의 열배출이 필요하다면 환기구를 만들어야만 한다. 실제로 유독 및 폭발 위험가스가 스며드는 것때문에 통풍을 해야만 하거나 연소 버너, 내연기관과 같은 연소용 송풍이 필요하다면 통풍 裝置의 설치를 위해 앞에 열거한 3 가지 필요 조건 중 가장 큰 공기 소요를 염두해 두어야 한다. 거기서 고려해야 할 것은 연소 송풍의 소비를 통하거나 누출로 인해서 흡, 배기를 위한 체적 흐름이 다양할 수 있다는 점이다.

환기는 자연 흡입이나 강제 송풍을 통해서 가능하다. 체적 흐름, 흡·배기 단면과 조절 가능한 압력차 사이의 계산 관계들이 고려되어야 한다. 경우에 따라서는 송풍을 위해서 공냉식 모터의 냉기가 使用되어질 수 있다. 그때 송풍모터의 특성 곡선에 유의 해야 한다. 흡입구는 가능한한 바닥에 있는 먼지나 이물질을 빨아들이지 않게 설치되어야 한다. 필요하다면 비를 막는 지붕 혹은 담배꽂초 흡입을 막는 보호망을 만들어야 한다.

열배출은 무엇 보다도 Enclosure의 흡음재료가 보통 부차적인 단열 效果를 내기 때문에 의미가 있다. Enclosure 내부에 熱源이 있는한 온도가 상승한다. Enclosure 내의 공기 裝置는 안에 있는 機械의 고장 없는 열배출을

보장해야 한다. 일반적으로 온도 상승 방지를 위해선 10도의 냉기가 흡입된다. 냉기의 흡-배기를 위한 통풍구는 Enclosure 내부의 온도 분포에 대한 고려를 해서 배치해야 한다. 자연 환기 방식에서는 자연 법칙에 따라 아래에서부터 위로 흐르는 대류만이 가능하다. 통풍 目的의 개구부 배치로만 충분치 않다면, 유도판 내지 분리판이 있어도 좋다.

보통 공기보다 가벼운 기체는 시간당 Enclosure 체적의 60배를, 공기보다 무거운 기체는 시간당 120 배를 통풍 시킬 수 있다. 가스 배출을 위해선 강제 통풍식이 항상 좋다. 機械의 정지 상태에서도 통풍을 해야 하기 때문이다. 技術적으로는 열배출의 내용이 같이 적용된다. 가스 배출 문제에 있어, 필요에 따라선 바닥으로부터 배출구까지의 최소 높이에 대한 규정에 유의 하여야 한다. 그리고 Enclosure가 설치되어 있는 여건에 따라 해당 높이 까지의 유도판이 있어도 좋다.

많은 경우에 있어 Enclosure에 대해 큰 機械적 요구 조건들이 발생한다. 그 조건들을 만족 시키기 위해서 Enclosure 전체가 우수한 機械적 견고성을 가져야 한다. 옥외 설치시는 바람-눈의 부담도 고려해야 한다. 재료 선택을 위해선 해양성 기후, 열대기후, 풍화 기후등과 같이 Enclosure 설치 지역의 특별한 환경적 조건들도 고려 해야 한다. Enclosure는 수명이 내부 機械의 수명보다 짧지 않게 제작해야 한다.

裝置를 새로이 계획함에 있어 다음이 고려되어야 한다. 설치와 정비를 위해 제거된 부품들을 늘어 놓을 장소를 준비함에 있어 예상되는 최대面積을 커버해야 한다. 최소한의 장소를 차지하는 것은 機械 제작시 장작되는 Enclosure(통합 Enclosure)이다. Enclosure의 형태는 어색한 것으로 보이지 않으며 취급에 있어서도 어색하지 않아야 한다.

騒音源과 Enclosure벽 사이의 적당한 거리는 저주파에서 요구되는 설치 방음, Enclosure 벽면으로의 振動 전달 방지, Enclosure로 씌운 부분의 정비의 필요성에 달려있다. 해당 주파수 영역에서 騒音源과 벽사이의 공명으로 인해 증폭되는 騒音 전달을 방지하기 위해선 다음 조건이 지켜져야 한다.

$$d \geq \frac{10^7}{g \cdot f^2} \quad (10)$$

여기에서, d: 騒音源과 Enclosure벽 사이의 거리(mm), g: Enclosure 벽면 무게(kg/m²), f: 방음해야 할 최저주파수 (Hz) 간격은 그 외에도 모든 지점에서 機械의 돌출부와 Enclosure 벽면이 직접적으로 접촉되지 않을 정도로 커야하며 이로써 騒音源의 振動이 Enclosure벽면으로 전달되는 것을 막을 수 있다.

3. 實 驗

3.1 시험체

본 實驗에 使用된 프레스의 제원 및 實驗裝置는 다음과 같다.

표3.1 實驗에 使用된 프레스機械의 제원

Specifications		
MODEL	UNIT	PCD-160
Capacity	ton	160
Tonnage rating point	mm	6
Stroke length	mm	200
Stroke per minute	S.P.M	45
Die height	mm	450
Bolster area	mm	2020x760
Slide area	mm	1500x680
Bolster thickness	mm	160
Slide adjustment	mm	100
Main motor	kWxP	15x4
Slide adjusting motor	kWxP	0.75x4
Air pressure	kg/cm ²	5

표3.1은 實驗에 使用된 프레스機械의 제원을 나타내고 있으며, 표3.2는 대상 프레스機械의 騒音과 振動의 測定 및 분석에 使用된 實驗장비를 표시하고 있다.

표3.2 騒音振動 實驗장비 내역

번호	측정장비	모델명	제조회사	비 고
1	Signal Analyzer Unit	2035A	B & K	
2	Sound Intensity Probe	3547	B & K	
3	Microphone	4181	B & K	
4	GP-IB Interface	WQ0625	B & K	
5	Vibration Pick-Up	PV-86	RION	
6	Vibration Meter	VM-51	RION	
7	Tape Recoder	PC204A	SONY	
8	Notebook	#2000	NK	
9	DJ Printer	560K	HP	



그림3.1 實驗에 使用된 Press

그림3.1은 實驗에 使用된 프레스機械의 형상을 나타내고 있다.

3.2 測定계 및 DATA 처리

그림3.2는 實驗에 使用된 測定계 및 분석계를 나타내고 있다. 음향 인텐시티 Probe에 의해 測定된 신호는 Amp.에서 증폭되고 Signal Analyzer를 통하여 신호처리 된다. 이들 각 DATA는 FFT(Fast Fourier Transform)의 과정을 거쳐 주파수영역으로 변환되며, 주파수 범위는 63-5000Hz로 하여

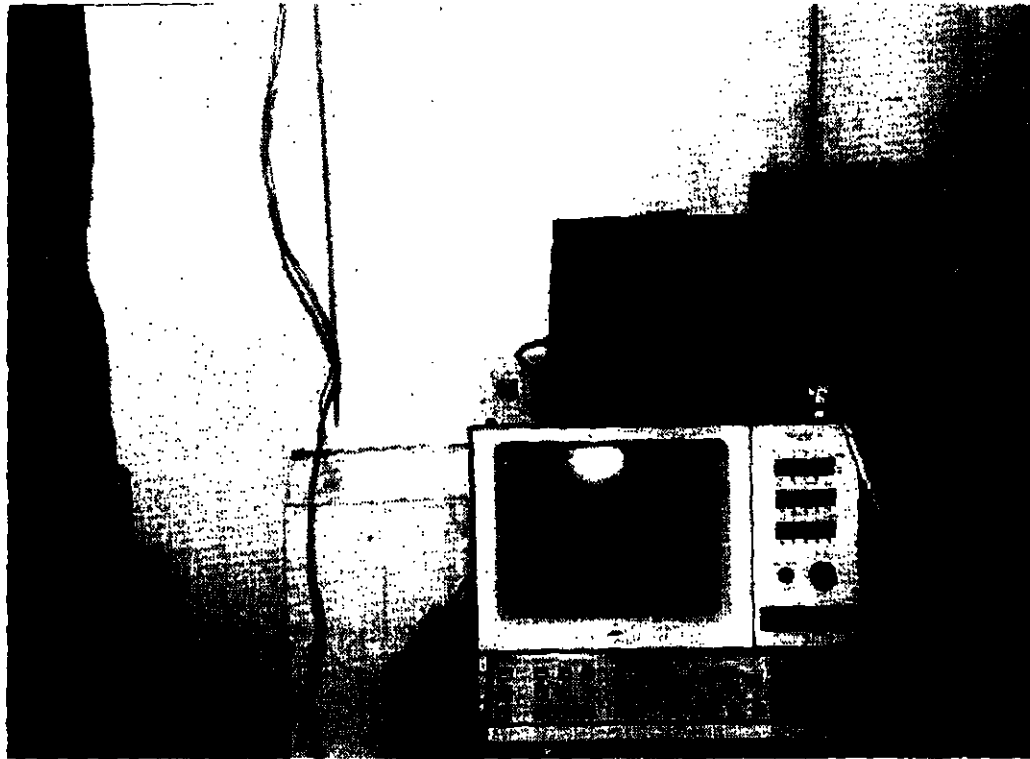


그림3.2 실험에 사용된 측정계 및 분석계

1/3옥타브 밴드 필터로 분석하였다. 이 때의 주파수 하중 필터(Frequency Weighting Filter)는 Linear 및 A특성을 使用했다. 주파수 분석된 DATA는 인터페이스(Interface)를 통하여 컴퓨터로 입력되어 프레스機械 및 Enclosure의 음향 파워 레벨을 구하였다. 또한 정의된 각 測定점에 하나의

음향 인텐시티 값을 갖는 Numerical Map을 그렸으며, 또한 각 測定값으로 음향인텐시티 레벨의 행렬을 만든 뒤 Interpolation에 의해 같은 음향 인텐시티를 갖는 점들을 연결하여 Contour Map을 그렸다. 그리고 Interpolation된 DATA는 音源에서 발생하는 음장을 쉽게 가시화하기 위하여, 3D Plot에 使用되었으며, 출력은 Desk Jet Printer로 하였다.

3.3 프레스 機械의 騒音특성

우리는 작업장에서 Sound Pressure測定을 하여 작업자들에게 청각손상의 위험이 있는지를 알아낼 수 있다. 그러나 騒音を 低減하고자 할 때에는 이것만 가지고는 충분치 않다. 騒音對策을 세우기 위하여는 얼마만큼의 騒音が 어느 機械로부터 방사되고 있는가를 알 필요가 있다. 그러므로 각 機械의 Sound Power를 알아내서 음향파위가 높은 순서를 나열할 필요가 있고, 가장 많은 騒音を 내는 機械를 찾아낸 후에는, 騒音を 방사하는 각 요소를 찾아내어 騒音を 低減시켜야 할 것이다.

Sound Intensity를 測定함으로써 이러한 모든 것을 수행할 수 있다. 종래에는 Sound Field에 영향을 받는 음압만을 測定할 수 있었다. 특별한 가정이 음장에서 성립하는 극히 통제된 조건하에서만 음압과 음향파위를 관계지을 수 있었으며, 무향실이나 잔향실과 같은 특수하게 조립된 방이 이러한 요구조건을 충족시킬 수 있었고, 종래에는 음향파위를 구하기 위해서 騒音源을 이러한 방안에 위치시켜야 했다.

그러나 음향 인텐시티는 어떠한 음장에서도 測定할 수 있으며 어떠한 가정도 필요치 않다. 이러한 특성에 의해 현장에서 직접 모든 測定을 완성할 수 있고, 인텐시티를 測定할 때 연속적인 암騒音은 음향 파워를 결정하는데 아무런 기여를 하지 못하므로 다른 機械들이 騒音を 방사하고 있어

도 개개의 機械나 한 요소에 대하여도 測定을 가능하게 한다. 음향 인텐시티는 또 어느 방향으로든 Energy의 유입이 있고 다른 방향으로든 유입이 없다고 하는, 방향을 測定할 수 있다. 그러므로 음향인텐시티는 크기와 방향 모두를 갖고 있는 Vector량이며, 한편 음압은 크기만을 갖고 있으므로 Scalar량이다. 보통 음향인텐시티는 음향Energy가 유동하는 특정 단위面積에 수직인(90°) 방향으로 測定한다. 음향 인텐시티는 크기뿐 아니라 방향을 測定하는 척도가 되므로 音源의 위치를 찾아내는 데에도 매우 유용하다. 그러므로 복잡하게 振動하는 機械류의 騒音 방사 형태도 현장에서 研究될 수 있다. 프레스機械로 부터 방사되는 騒音의 발생형태를 파악하기 위하여 먼저 測定面을 3000x3000mm로 정의하고, 測定面을 각 요소(Segment)로 나누어 각 요소에서 면에 수직인 방향으로 음향 인텐시티를 測定하였다. 測定점은 격자(Grid)를 만들어 정하였다. 測定주파수 범위는 63-5000Hz로 하였으며, 1/3옥타브 밴드 필터로 분석하였고, 주파수 하중 필터(Frequency Weighting Filter)는 Linear 및 A특성을 使用했다. 音源인 프레스機械는 사업장에서 使用되고 있는 것을 직접 測定하였다. 이렇게 하여 각 점에 하나의 값으로 된 Numerical Map을 그렸으며, 또한 각 값으로 음향인텐시티 레벨의 행렬을 만든 뒤 Interpolation에 의해 같은 음향 인텐시티를 갖는 점들을 연결하여 Contour Map을 그렸다.

같은 데이터로써 音源에서 발생되는 음장을 쉽게 가시화할 수 있는 3D Plot을 그렸다. 또한 데이터를 저장하고 계산을 하기 위해 컴퓨터를 使用하였으며, 프레스機械의 음향 파워 레벨을 구하였다.

騒音對策에 있어서 최우선적인 것은 音源의 파악과 위치결정이다. 이를 수행하는 데 있어서 음향 인텐시티법은 기존의 기법으로는 파악하기 어려운 音源의 파악과 위치를 결정할 수 있었다. 그림3.3은 프레스의 騒音측저의 흐름도를 나타내고 있다. 그림3.4는 프레스의 騒音방사 형태를 파악하기

위하여 測定面の 測定점을 500mm 간격으로 하였을 때의 각 測定점의 인텐시티를 표시하는 Numerical Map이다. 프레스騒音의 방사형태를 수치적으로 표시하고 있다.

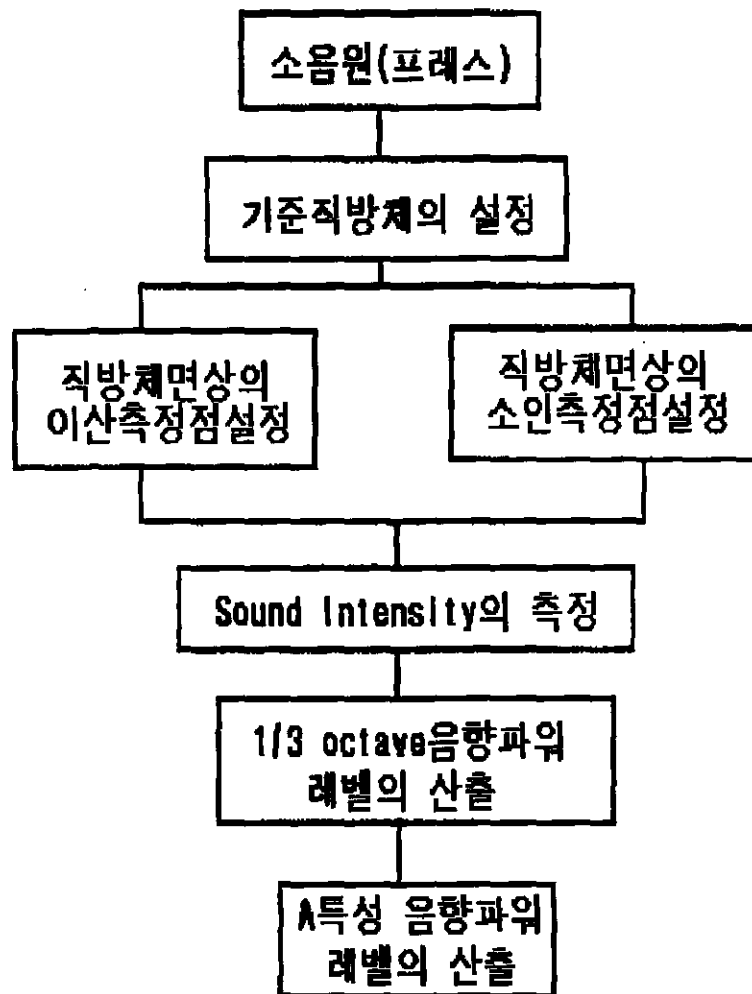


그림3.3 騒音測定의 Flow Chart

그림3.4를 보면 프레스의 가공부분에서 가장 높은 음향 인텐시티를 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 그림3.5와 그림3.6은 測定점을 500mm 간격으로

하였을 때의 각 測定점의 인텐시티의 Contour Map와 3D Plot을 표시하고 있다. Contour Map와 3D Plot는 보이지 않는 騒音を 시각적으로 가능하게 해주고 騒音에 의해 만들어진 음장의 자세한 발생형태를 알 수 있으며, 여러개의 音源이나 흡수되는 곳(Sink)도 정확하게 파악할 수 있다. 이 때 Interpolation은 5로 하였다.

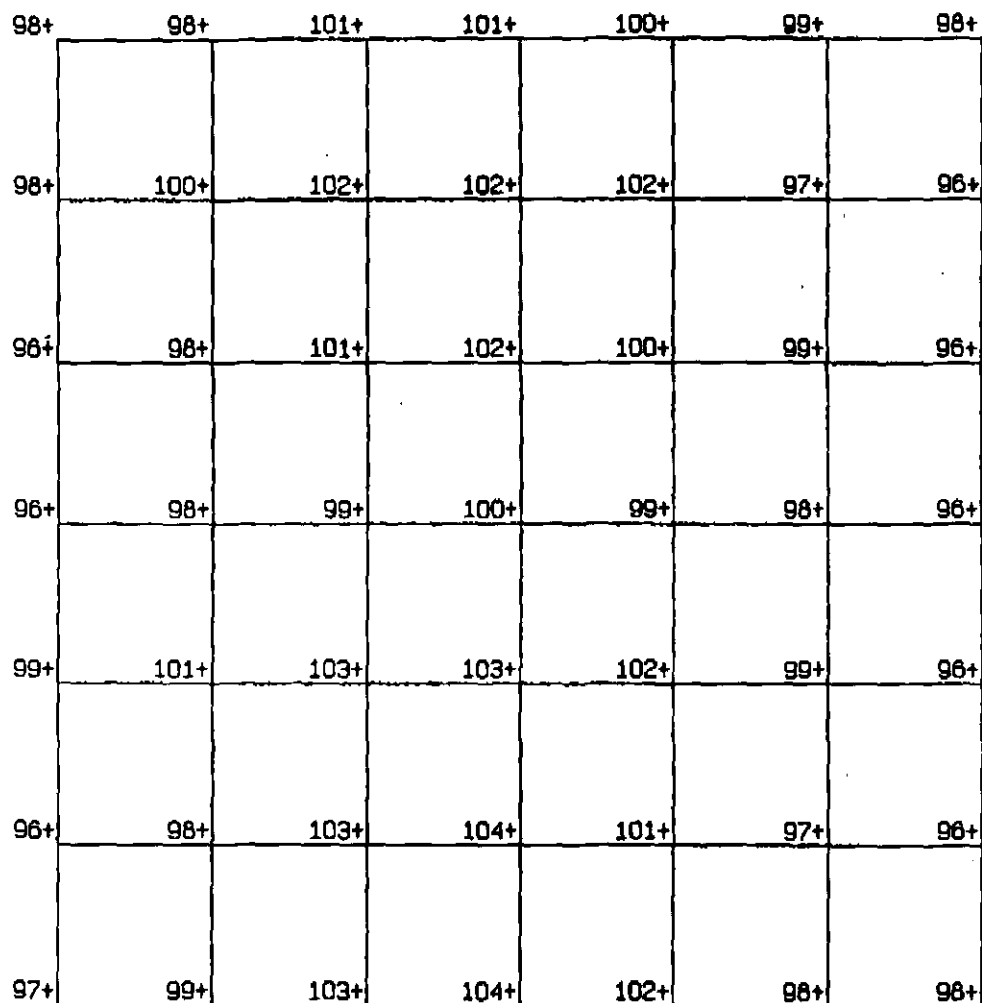


그림3.4 測定점간격 500mm일때의 Numerical Map

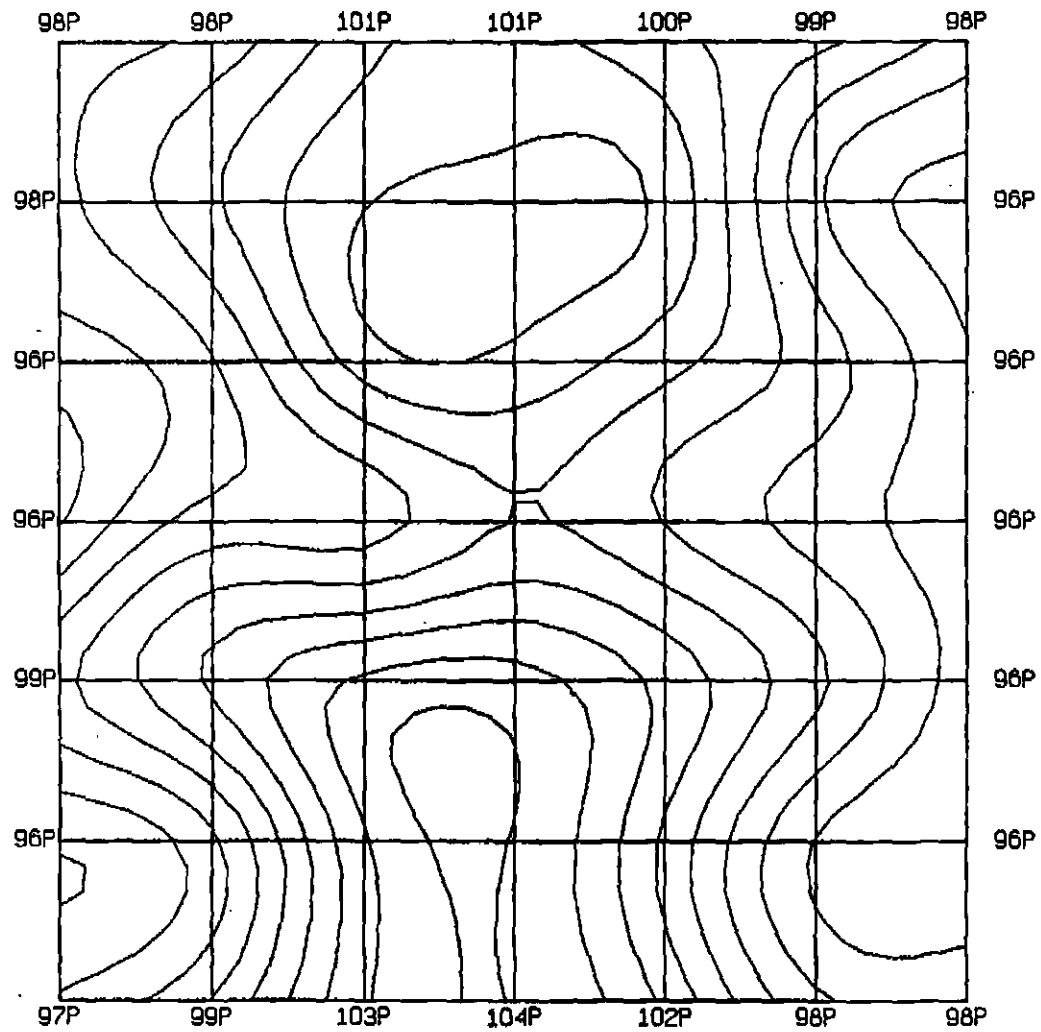


그림3.5 測定점간격 500mm일때의 Contour Map

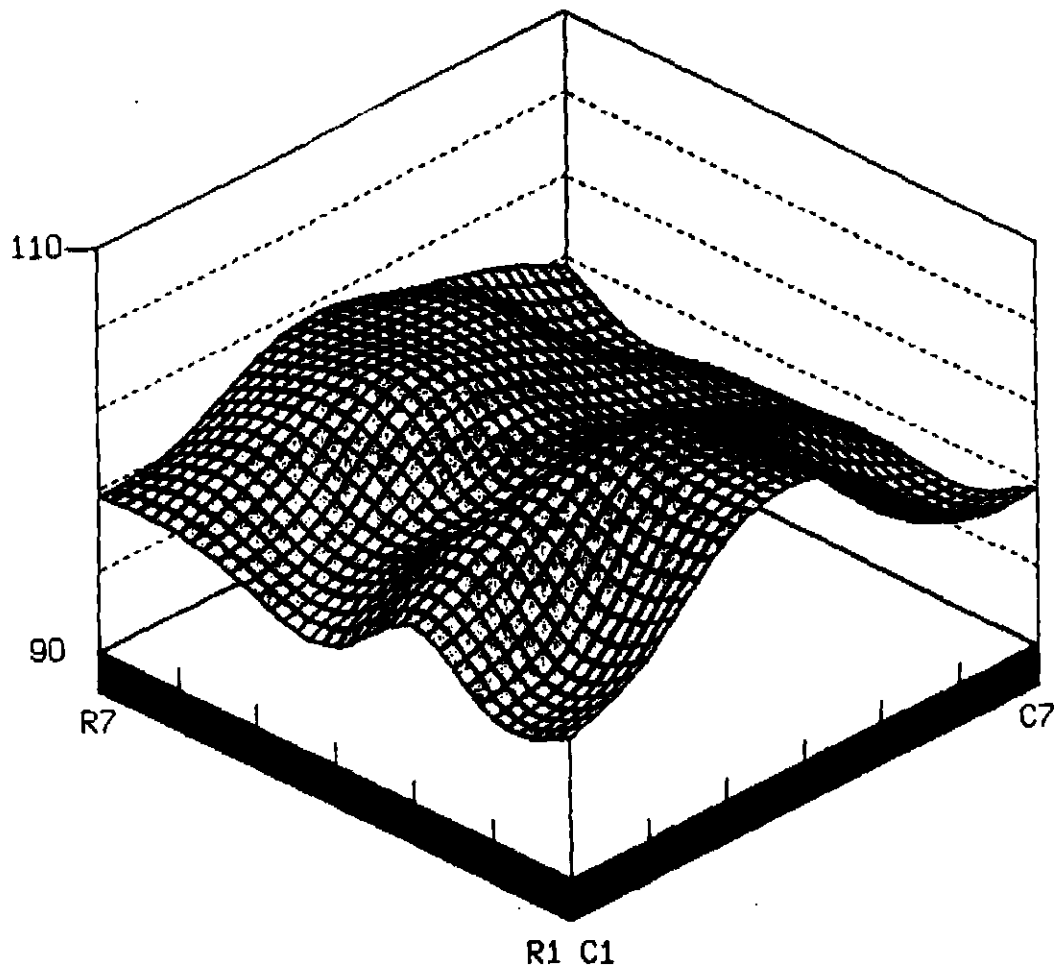


그림3.6 測定점간격 500mm일때의 3D Plot

그림3.7은 Enclosure를 씌우지 않은 상태에서 프레스의 음향파워를 測定한 것이다. 1/3옥타브분석을 행하였으며, 주파수가중은 Linear 및 A특성으로 하였다. 測定은 測定面을 따라 인텐시티 탐침자를 소인(Sweeping) 하는 표면소인 測定法을 使用하였다. 평균시간은 40초로 하였으며 공간평균(Spatial Averaging)된 음향 인텐시티 값으로 부터 面積을 곱하여 음향파워를 구한다. 測定面의 面積은 36m^2 이고, 프레스로 부터 방사되는 騒音의 A주파수 가중된 음향파워 레벨은 107dB이었으며, Overall 음향파워 레벨은

114dB였다. 각 주파수 성분별 음향 파워레벨은 표3.3과 같다.

표3.3 각 주파수 성분별 음향 파워레벨

Freq. (Hz)	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	A	L
dB	103	102	106	101	98	97	96	94	92	90	90	89	88	107	114

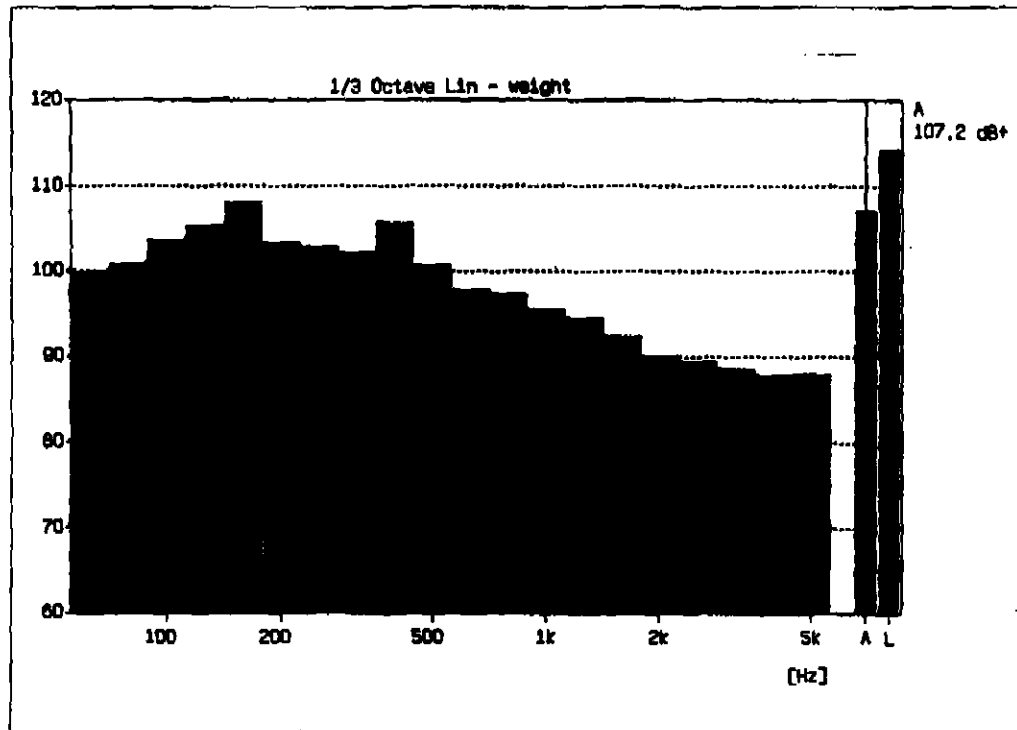


그림 3.7 프레스機械의 주파수 성분별 음향 파워레벨

3.4 프레스 機械의 振動특성

振動測定 위치는 振動원인 프레스機械로 부터 1m, 5m, 10, 15m, 20m 떨어진

지점에서 수행하였으며, 測定방향은 그림3.8과 같다. 여기에서 X, Y성분은 수평방향, Z성분은 연직방향을 나타내고 있다.

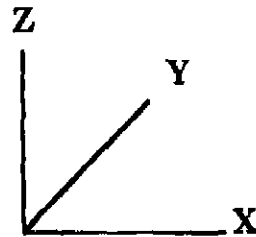
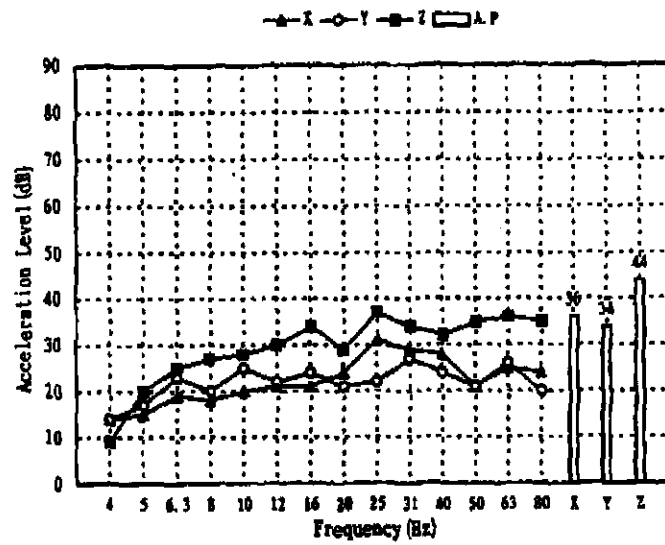


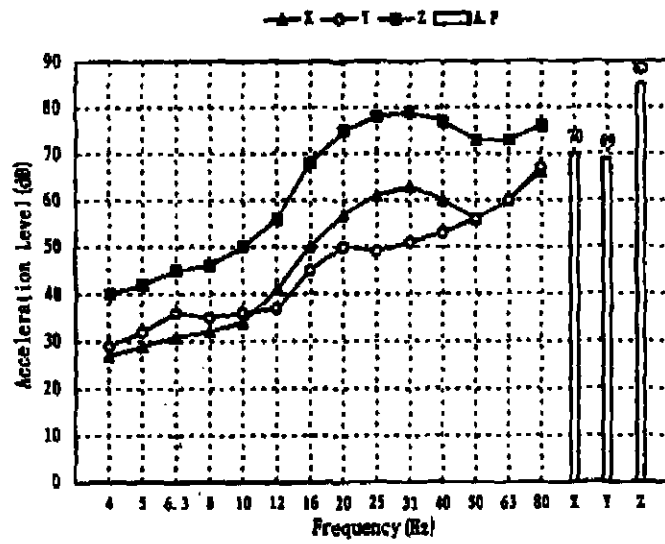
그림3.8 프레스振動의 測定방향

선정된 測定지점에 가속도계를 설치한 후 여기에서 발생한 振動신호를 振動계에 입력하였으며 振動계에 입력된 振動신호는 Tape Recorder에 저장되었다. 저장된 신호를 Signal Analyzer를 이용하여 주파수 분석을 행하였다.

그림3.9는 防振Isolator를 使用하지 않은 상태에서 프레스機械의 振動을 測定한 것으로서 대상 프레스機械의 작동을 멈춘 상태에서의 振動 및 각 선정된 測定지점에서의 振動특성을 나타내고 있다. 1/3옥타브분석을 행하였으며, 주파수가중은 Linear특성으로 하였다. 振動은 X, Y, Z성분이 각각 36dB, 34dB, 44dB이었다. 프레스振動으로 인한 1m지점에서의 振動레벨은 Z성분이 85dB이었으며 X, Y성분은 각각 70dB, 69dB이었고 5m지점에서의 振動레벨은 Z성분이 80dB이었으며 X, Y성분은 각각 65dB, 63dB이었다. 또한 10m지점에서의 振動레벨은 Z성분이 74dB이었으며 X, Y성분은 각각 60dB, 57dB이었다. 그리고 15m지점에서의 振動레벨은 Z성분이 72dB이었으며 X, Y성분은 각각 58dB, 57dB이었다. 20m지점에서의 振動레벨은 Z성분이 68dB이었으며 X, Y성분은 각각 56dB, 53dB이었다.

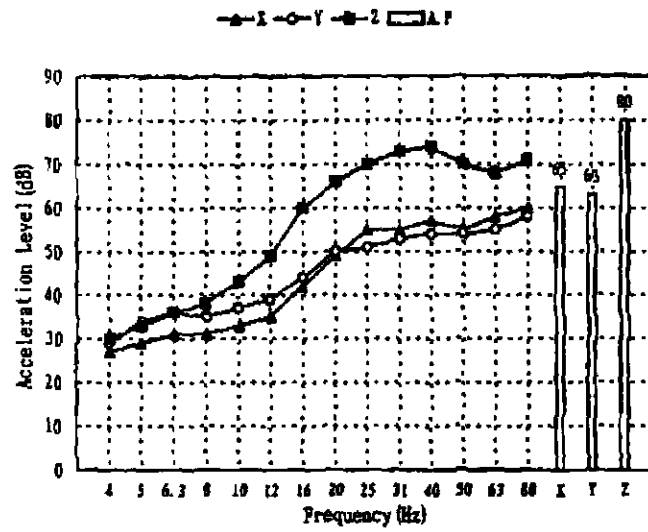


압전동

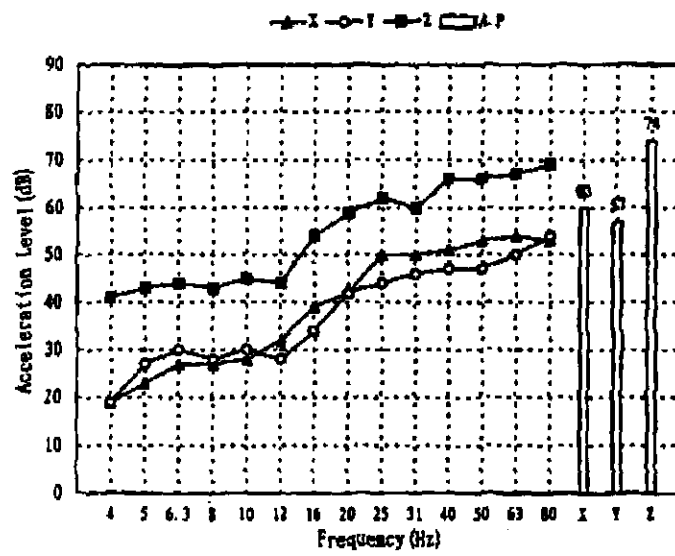


PRESS-1M전방

그림3.9-1 프레스機械의 振動특성

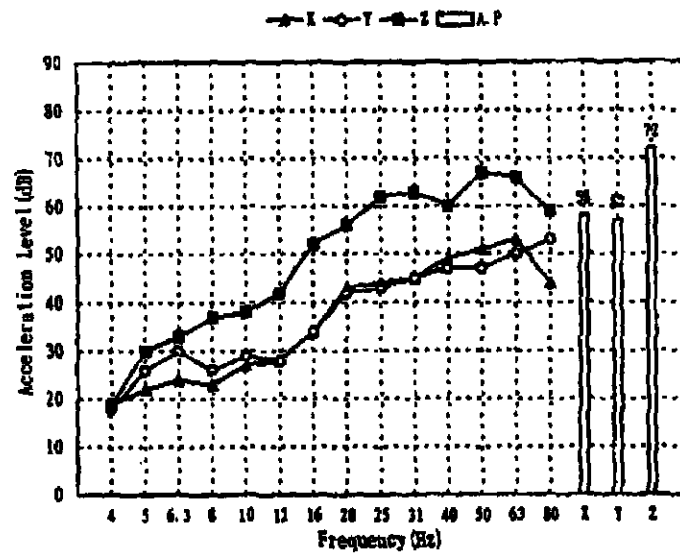


PRESS-5M 전방

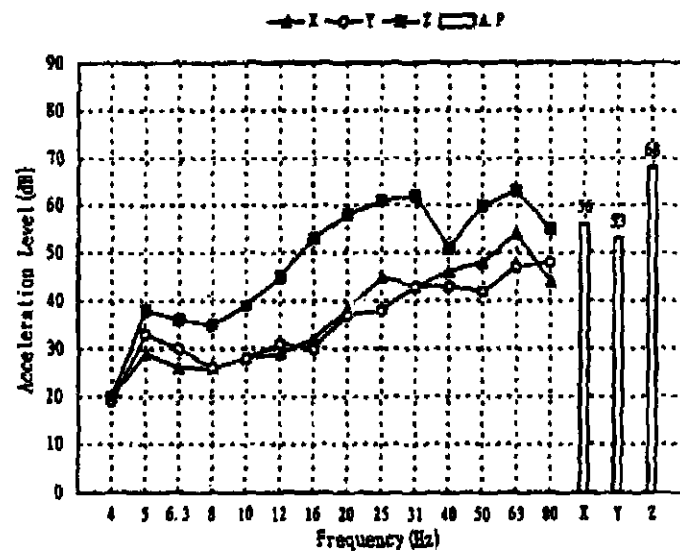


PRESS-10M 전방

그림 3.9-2 프레스機械의 振動특성



PRESS-15M전방



PRESS-20M전방

그림3.9-3 프레스機械의 振動특성

4. 프레스用 Enclosure의 開發

Enclosure는 騒音源 對策으로서 機械나 부품의 騒音を 低減시켜 주는 방법이다. Enclosure는 騒音源 바로 옆에서도 騒音 레벨을 떨어뜨려 그 옆에 있는 작업자를 保護하는데 특별한 意味가 있다. Enclosure는 騒音 전파의 억제 외에도 騒音 영향권 안에 있는 사람의 保護에도 防音室로서 應用될 수 있다.

4.1 Enclosure의 設計

4.1.1 外壁板의 材質 및 두께

外壁板은 가공성과 견고성을 위하여 두께 2.3mm의 압연강판재를 使用하였으며 面密度는 19.5kg/m^2 였다. 外壁板은 가공성과 견고성때문에 압연강판재를 이용하는 것이 一般的이고, 對象이 되는 音源의 周波數 特性과, 필요로 하는 減音量으로 부터, 板두께를 選定하고, 경우에 따라서는 2중구조의 外壁도 設計할 수 있다. 또, 외판은 作業中の 型交換리프트나 기타 공구등과의 충돌로 變形·破損이 안되는 構造로 하거나 補強이 필요하다.

실제 使用에 있어 音響學的 요구에 따라 Enclosure壁의 製作은 吸音材料, 이동을 위한 附着物, 덩개의 面密度를 제외하고 $5\text{--}25\text{kg/m}^2$ 의 面密度를 가져야 하는 데, 대부분 1-3mm 두께의 강철판이나 그 材料가 火災와 腐蝕에 잘 견디는 것이라면, 하드보드와 같은 비슷한 面密度를 가진 다른 재질로도 만들수 있다.

만약 Enclosure 外壁 두께가 얇아 견고성이 不足하고, 높은 防音수준이 요구될 때, 1 mm 두께의 板과 같이 柔軟하고 얇은 材料板위에 무겁지만 부드러운 防音層을 附着하여 使用함으로써 해결할 수 있다. 防音層의 附着은 분무나 주걱을 使用해서 바르거나 매트나 板처럼 붙일 수 있는 데, 이

러한 방법을 사용하면 특히 두껍고 뾰뚱한 板에 附着시킬 때 생기는 防音層의 틈새를 없앨 수 있다.

특히 얇은 금속판으로 된 Enclosure로 밀폐시킬 때는 振動에 의해 騒音が 심해지는 것을 防止해야 하는 데, 양철판의 振動은 다음과 같은 방법으로 완화할 수 있다. 첫째 양철 板두께의 두 겹인 振動 억제용 덧판을 附着하거나, 둘째 외피로 한 겹의 양철판 대신에 접착판을 사용하여 가벼운 壁면에도 양철판과 吸音材料를 견고하고 밀착되게 접착하고, 세째로 접착판, 防音層 혹은 振動防止 덧판의 使用이 온도 때문에 불가능할 경우, 振動 억제를 위한 외피 材料로 여러 겹의 양철판을 선택할 수 있다.

4.1.2 吸音처리

Enclosure의 내부 吸音처리를 위하여 Glass Wool 100mm와 50mm의 吸音材料를 使用하였으며 吸音材料가 오염되거나 밖으로 유출되는 것을 막기 위하여 Glass Cloth를 附着하였고 機械的인 손상으로부터 吸音材料를 보호하기 위해서 구멍난 0.8mm두께의 아연 도금된 강판으로 보강시켰다.

Enclosure 에 의해 프레스機械를 포위했을 때, 외부에 대해 차음性能을 발휘함과 동시에 내측에서 음의 반사가 일어나므로 Enclosure내부의 음압이 상승하는 데, 이것을 防止하고 내부騒音を 줄이기 위하여는, 吸音처리를 해야 한다. 吸音材料로는 글라스 울, 록 울, 세라믹·알루미늄소결재, 다공질 吸音재등의 많은 종류가 있는 데, 내부작업의 종류, 오일비산등의 조건을 고려하여 적절히 選定하도록 한다.

騒音 흡수층의 두께는 防音하려는 騒音의 주파수가 낮을 수록 두꺼워야 하며, 吸音層의 두께는 약 50-100mm 이지만 보통 30 mm 이하로는 별 效果가 없기 때문에 하지 않는다. 吸音材料를 機械的 손상으로부터 보호하기 위해서는 아연 도금된 강철이나 알루미늄으로 된 0.5 - 1.5mm 두께의 구멍난 철판이 쓰이는 데, 테두리를 틀로 쌓여 보강시킨다. 구멍의 面積은 최

소한 板面積의 20%가 되게하고, 機械的 견고함이 별로 중요하지 않을 때는 철망으로도 대응할 수 있다. 구멍이 있는 板의 두께, 구멍의 직경, 비율등이 어느 특정한 값을 가지면 板 뒤에 있는 吸音材料로 채워진 공간과 작용해 헬름홀츠공명을 일으킬 수 있기 때문에 그로 인한 騒音 흡수는 板이 붙여지지 않은 材料에 비해 중주파수와 저주파수 영역에서 영향을 받을 수 있고 고주파수 영역에선 오히려 증가 될 수 있다. 吸音材料가 오염되거나 밖으로 유출되는 것을 막기 위해 보통 유리망이나 섬유를 보조적으로 使用할 수 있고 기름과 같은 가연성 물질이나 습기가 스며드는 것을 防止하기 위해서는 특수한 경우에 10-20 μ m의 합성수지막을 吸音材料앞에 附着할 수 있다. 이 박막에 의해 고주파수에서의 흡수가 조금 저하될 수 있다.

4.1.3 開口部

작업자의 출입 및 금형교환用 리프트의 출입을 위한 문, 제품의 반송 및 리프트의 출입문, 스크랩의 처리 및 유지보수를 위한 문, 材料의 공급을 위한 開口部, Air 및 전선관을 위한 開口部, 換氣를 위한 開口部를 만들었다. Enclosure에는 기능에 따라 여러 종류의 문이 필요하게 되는 데, 防音문은 미닫이문, 여닫이문, 슬라이드문, 防音셔터등의 종류에 따라 다르다. 어느 것이라도 문을 닫았을 때 음누설의 원인이 되는 간극을 처리할 필요가 있다. 일반적으로 패킹에 의해 밀봉하게 되는 데, 미닫이문과 같은 경우에는 문부분에 핸들을 附着하는 등의 對策이 필요하고 사람이 드나드는 문과는 별개로 材料의 공급부, 제품 또는 스크랩의 출구 開口部の 끝맺음에 있어서는, 완전한 문으로 하는 것은 불가능한 데, 통과하는 材料의 크기, 형상에 맞춰 가능한 開口部를 작게 한다. 생산공정중의 변경이 생각될 때에는 슬라이드식의 開口部품으로 대응한다.

Enclosure의 減音量은 開口部를 통해서 전달되는 騒音과 밀접한 관계

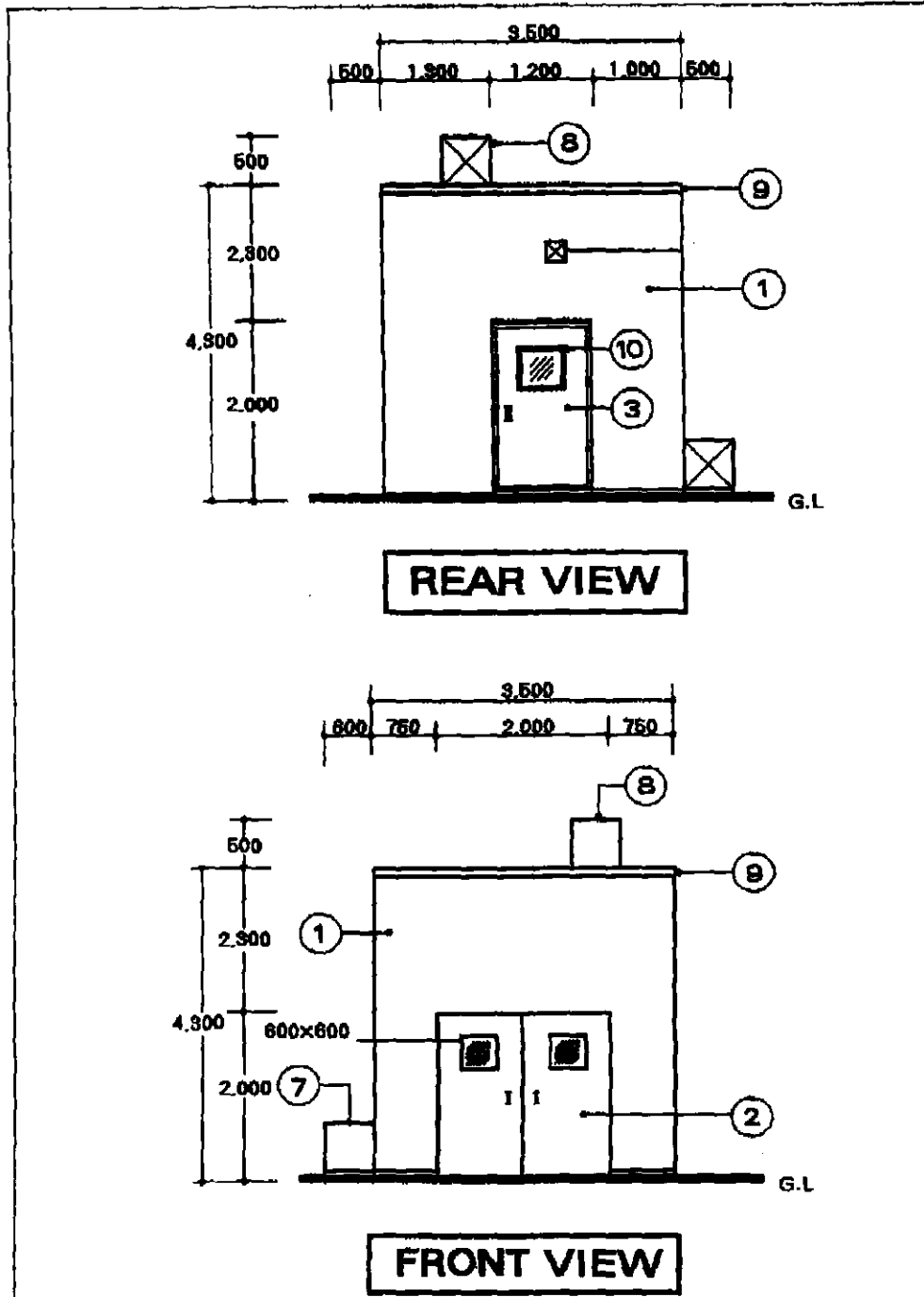


그림4.1-1 Enclosure의 치수 및 형상

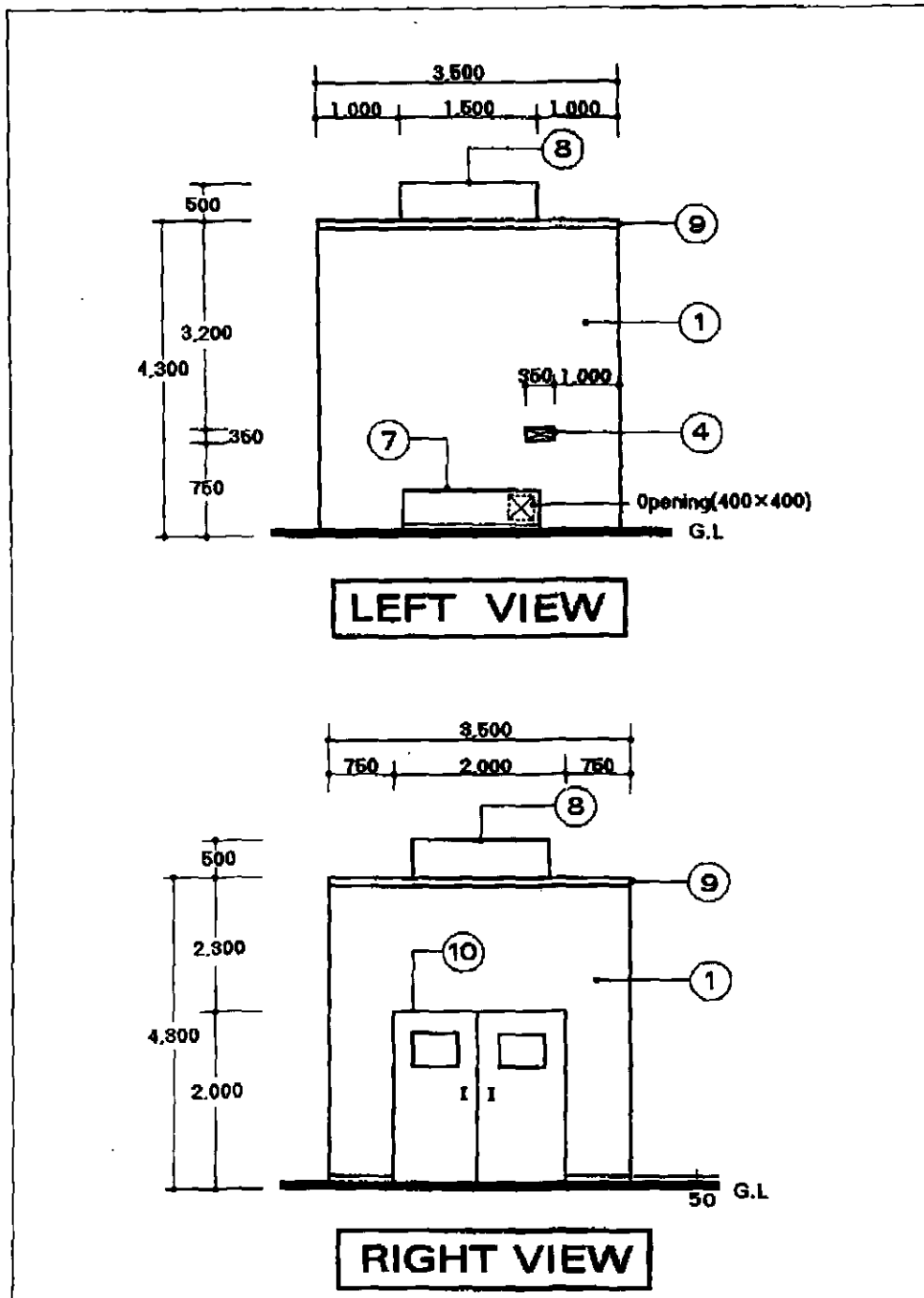


그림4.1-2 Enclosure의 치수 및 형상

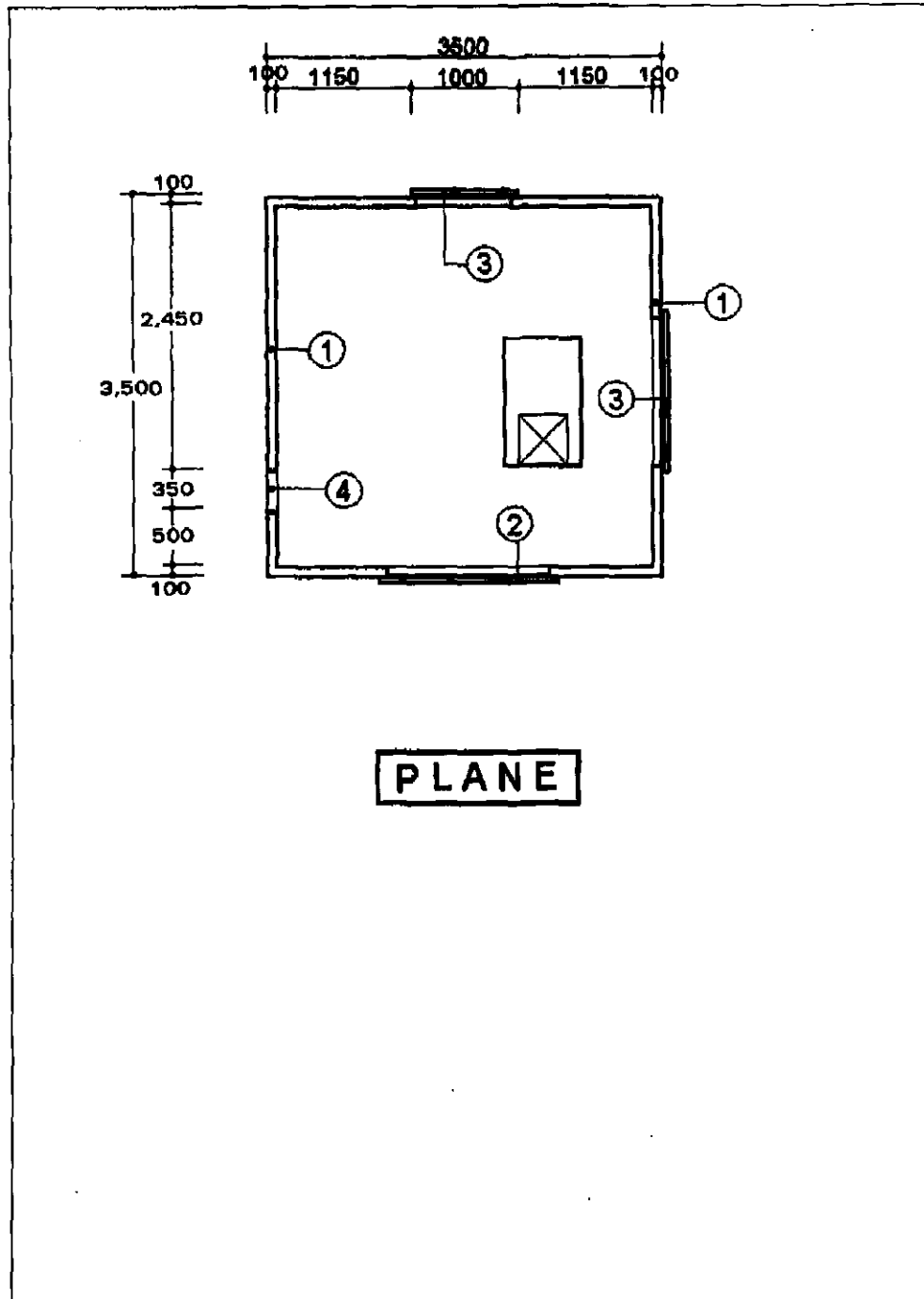
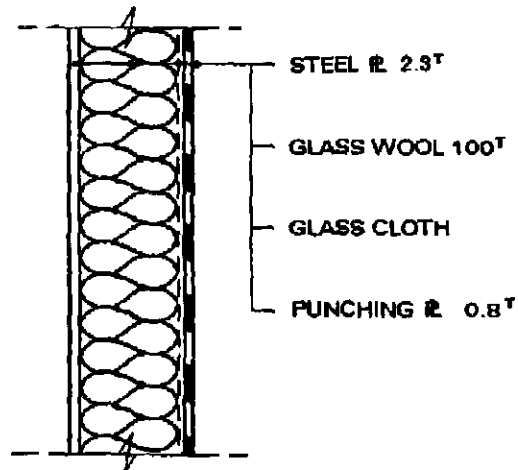
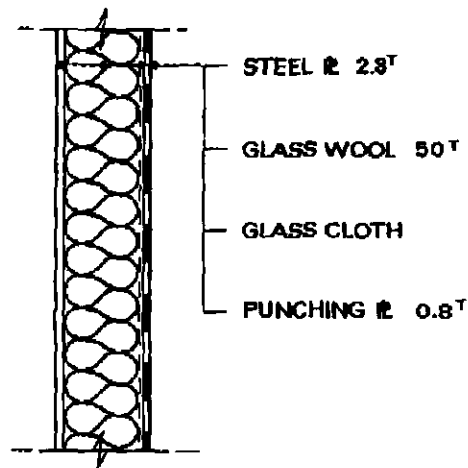


그림4.1-3 Enclosure의 치수 및 형상



E/C PANEL 상세



E/C DOOR 상세

그림4.1-4 Enclosure의 치수 및 형상

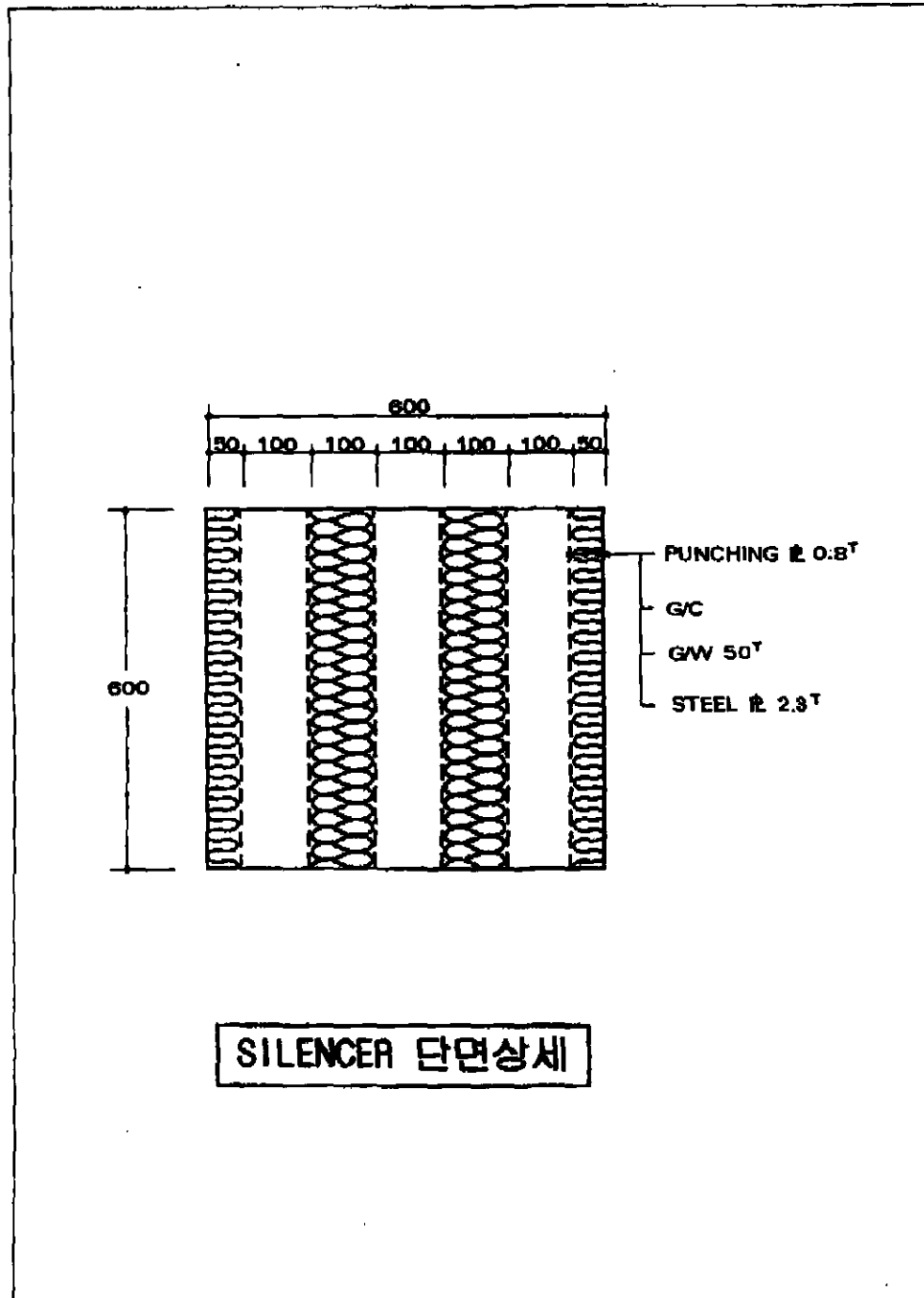


그림4.1-5 Enclosure의 치수 및 형상

가 있기 때문에 가능하면 開口部 수를 적게 해야 한다. 그래서 감시창이나 뚜껑 대신에 Enclosure 외부에 있는 조작대에서 사용할 수 있는 원격 조정, 원격 감시 裝置를 설치하여 내부 조작이 없어도 되게끔 하여야 한다. 開口部の 騒音으로 인해서 Enclosure의 防音 效果가 떨어지는 것을 防止하기 위하여 開口部 앞에 Silencer를 달아야 하는데 그 Silencer의 설치 減音量은 전체 Enclosure에 적용되는 기준에 적합하도록 한다. 이 Silencer는 吸音材料를 사용하여 만들 수 있다. 吸音材料를 사용한 우회관을 통해서 무엇보다도 고주파수의 騒音が 低減될 수 있다.

띠모양의 材料를 투입하기 위해서는 털로 밀폐된 일자 모양의 투입구를 사용하도록 한다. 띠 모양의 材料를 이동시키기 위해 굴대를 사용할 경우 이 굴대는 합성 수지와 같이 防音 效果가 높은 材料로 된 것이어야 하며 Enclosure와 접합되어 있지 않거나 振動으로부터 차단되어 있도록 한다. 이로써 材料 이동시 발생하는 騒音에 의해 Enclosure의 防音 效果가 떨어지지 않게 한다. 각 材料를 투입하기 위해선 필요한 설치 減音量을 가지는 吸音材料가 입혀진 도관을 사용해야 하며 사정에 따라 더 높은 效果를 위해서는 생고무로 만들어진 긴 커튼을 설치할 수도 있다. 도관의 차단 效果는 우회관을 사용함으로 상승시킬 수 있으며 뚜껑을 다는 것도 한 방법이 될 수 있다. 개방 상태에서 機械가 약간의 騒音을 방출하도록 機械의 조정과 개방, 폐쇄가 연동되어 있는 셔터, 혹은 側壁은 또 다른 방법이 될 수 있다.

Enclosure의 效果 증대를 위한 전제 조건은 모든 서로 잇닿는 부위 사이의 패킹이다. 이것은 각 부분 사이에 設計에 맞고 충분한 치수를 가진 설치대 및 기초로 혹은 고무나 탄력있는 인조물질로 만들 수 있는 패킹 材料를 사용함으로 가능하다. 여러 부분으로 조립된 Enclosure는 설치와 해제를 위해 이동이 가능해야 하며 필요한 20 dB 이하로 防音 수준이 크지 않을 경우 나사로 연결하지 않고 접합 부위에 패킹만 잘 하여 조립을 해도 충분하였다.

4.1.4 窓部

가공중인 프레스機械의 감시와, 작업자가 Enclosure내에 들어가 있는 경우의 압박감을 덜기 위하여, Enclosure내에 두께 5mm의 투명한 防音시창을 설치하였다.窓에 이용되는 재질은 유리, 아크릴등이 보통인 데, 外壁재의 강판과 비교하여 투과손실이 작기 때문에, 큰窓이나 수가 많게 되는 경우에는 두께를 증대하든가, 2중유리등의 音響的인 對策을 취할 필요가 있다. 또 유리부의 패킹도 성형고무에 의한 고정과 동시에 간극처리용 물질을 이용하고 外壁사이에 직접고정하는 경우에도 우레탄계 고무등으로 실링하도록 한다. 파손 위험이 있는 장소에는 창문 材料로서 安全 유리를 써야 한다. 요구되는 설치 減音量이 약 20 dB 정도라면 두께 5mm 정도의 유리로도 충분하였다.

4.1.5 換氣

급·배기구에 騒音덕트를 附着하였으며, 배기측에 換氣用 팬을 설치하여 강제배기 하도록 하였다. Enclosure는 音源을 완전히 포위하기 때문에 효율 높게 騒音を 低減할 수 있는 반면 전동기나 機械本體등의 熱源까지도 감싸 버리기 때문에, 내부 온도가 높게 되버리는 경우도 있다. 작업자가 고온에서 작업효율이 저하되는 것만이 아니고, 프레스機械 자체의 냉각효율도 나쁘게 되기 때문에, 열의 배기를 위한 換氣가 필요하다. 일반적으로는 급·배기구에 騒音덕트를 附着하여, 배기측에 換氣用 팬을 설치하여 열을 강제배기 하는 데, 熱源의 크기나 조정량에 따라서는 강제급기나 공조설비의 검토도 필요하였다.

4.1.6 조명

Enclosure 내에 작업면을 비치 수 있는 형광등을 설치하였다. Enclosure 로 프레스機械를 포위하면 工場内の 조명이 비치지 않기 때문에 작업면을 비치 수 있는 형광등을 설치한다. 조명과 換氣의 스위치는 정리하여 Enclosure의 전면, 또는 側面에 附着하여 자동으로 가공할 때나 조명이 필요하지 않을 때는 꺼 놓을 수 있도록 하였다.

4.2 Enclosure 의 減音性能

Enclosure의 設計조건에 따라 그림4.1과 같은 Enclosure를 製作했다. Enclosure의 減音效果를 測定하기 위하여 주파수범위는 63-5000Hz로 했다. 1/3옥타브 밴드 필터를 통하였으며, 주파수 하중 필터(Frequency Weighting Filter)는 Linear 및 A특성을 使用했다. 測定은 測定面을 따라 인텐시티 탐침자를 소인(Sweeping) 하는 표면소인 測定法을 使用하였다. 평균시간은 40초로 하였으며 공간평균(Spatial Averaging)된 音響 인텐시티 값으로 부터 面積을 곱하여 音響파워를 구한다. 그림4.2는 Enclosure를 투과하는 프레스의 音響파워를 測定한 것이다. 1/3옥타브분석을 행하였으며, 주파수가 중은 A특성으로 하였다. Enclosure를 투과하여 방사되는 騒音의 A주파수가중 音響파워 레벨은 91dB이었으며, Overall 音響파워 레벨은 101dB이었다. 각 주파수 成分별 音響 파워레벨은 표4.2와 같다.

표4.1 각 주파수 成分별 音響 인텐시티레벨

Freq. (Hz)	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	A	L
dB	77	77	80	81	83	81	78	79	80	77	78	79	75	91	101

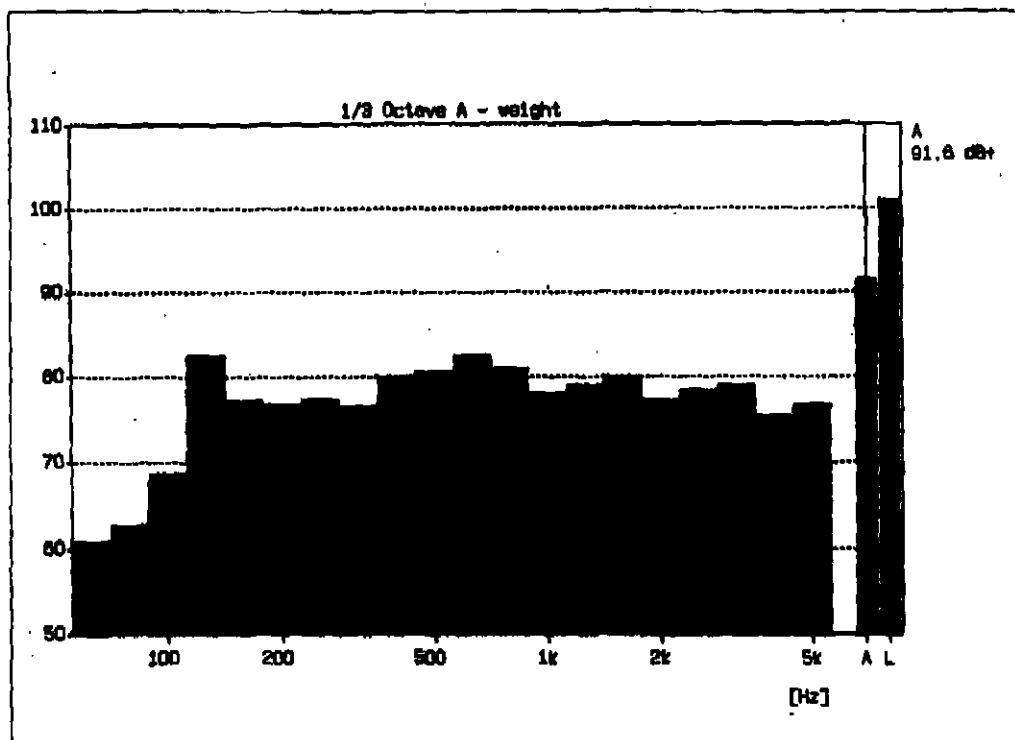


그림 4.2 Enclosure를 통과하는 음향파워

4.3 Isolator의 防振性能

프레스機械의 振動특성에 따라 Rubber, Spring, Wiro-Flex등 3가지 종류의 防振 마운트를 設計 製作하였다. 프레스를 정상가동시 85%의 防振 효율을 목표로 하였다. 強制振動數는 16Hz로 하였다. 그림 4.3은 프레스機械의 防振전과 각각의 防振Isolator를 使用한 상태에서의 成分別, 選定地點별의 防振性能을 나타내고 있다. Rubber Mount로 防振한 경우, 1m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 81dB이었으며 X, Y成分은 각각 61dB, 62dB이었고 5m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 72dB이었으며 X, Y成分은 각각 56dB, 55dB이었다. 또한 10m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 62dB이었으며 X, Y成分은 각각 49dB,

46dB이었다. 그리고 15m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 55dB이었으며 X, Y成分은 각각 46dB, 42dB이었다. 20m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 55dB이었으며 X, Y成分은 각각 45dB, 46dB이었다. Spring Mount로 防振한 경우, 1m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 74dB이었으며 X, Y成分은 각각 56dB, 65dB이었고 5m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 65dB이었으며 X, Y成分은 각각 58dB, 54dB이었다. 또한 10m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 56dB이었으며 X, Y成分은 각각 46dB, 43dB이었다. 그리고 15m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 49dB이었으며 X, Y成分은 각각 43dB, 41dB이었다. 20m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 49dB이었으며 X, Y成分은 각각 43dB, 44dB이었다. Wiro-Flex Mount로 防振한 경우, 1m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 72dB이었으며 X, Y成分은 각각 57dB, 59dB이었고 5m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 66dB이었으며 X, Y成分은 각각 55dB, 50dB이었다. 또한 10m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 57dB이었으며 X, Y成分은 각각 45dB, 44dB이었다. 그리고 15m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 51dB이었으며 X, Y成分은 각각 43dB, 41dB이었다. 20m地點에서의 振動레벨은 Z成分이 53dB이었으며 X, Y成分은 각각 43dB, 44dB이었다.

따라서 프레스의 防振을 위하여 Rubber Mount, Spring Mount, Wiro-Flex Mount등 3가지의 防振用 Isolator를 設計製作하여 시험한 결과, 振動低減의 效果는 Spring > Wiro-Flex > Rubber의 순이었으며, 좌우요동은 Wiro-Flex > Rubber > Spring과 같았다. 그림4.4는 개발된 Enclosure가 사업장에 실제 설치된 것을 보여주고 있다.

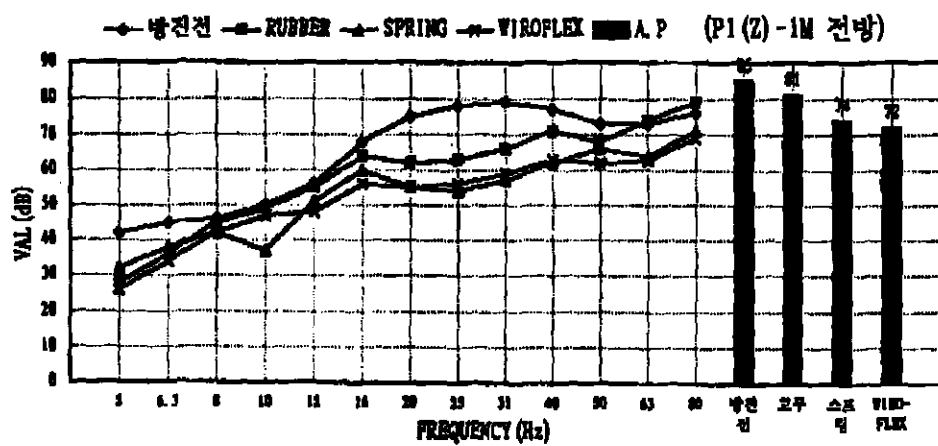
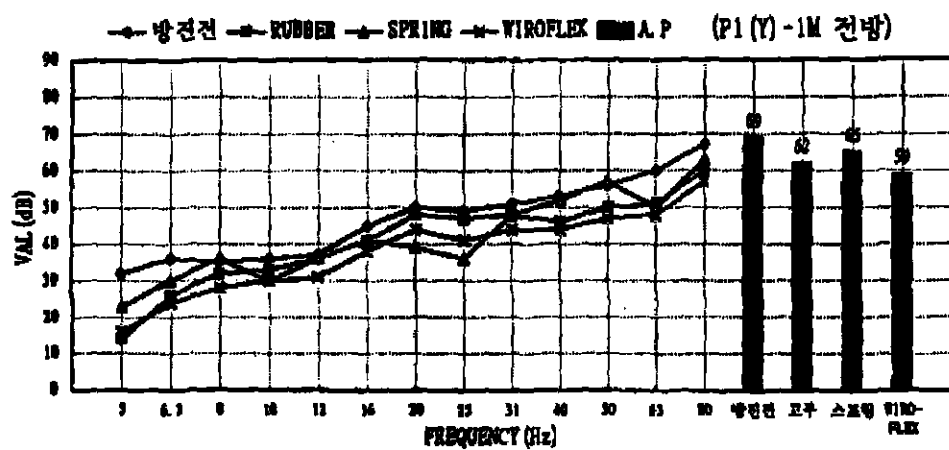
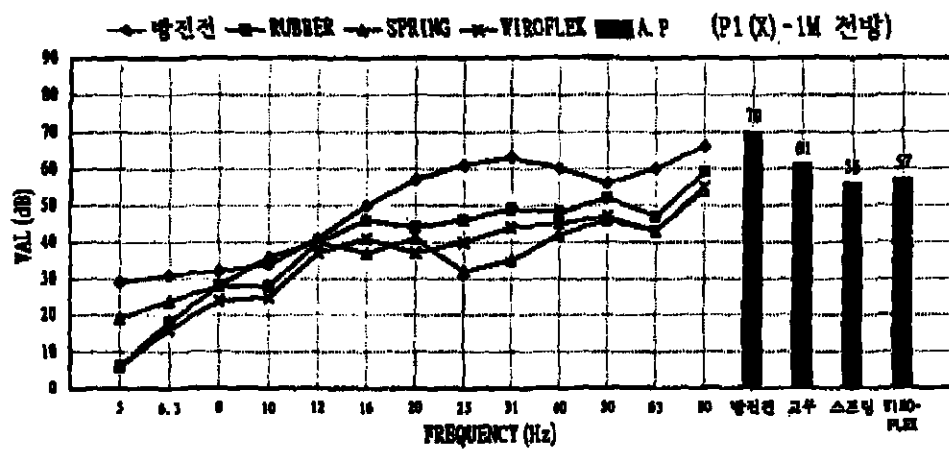


그림4.3-1 Isolator의 防振性能

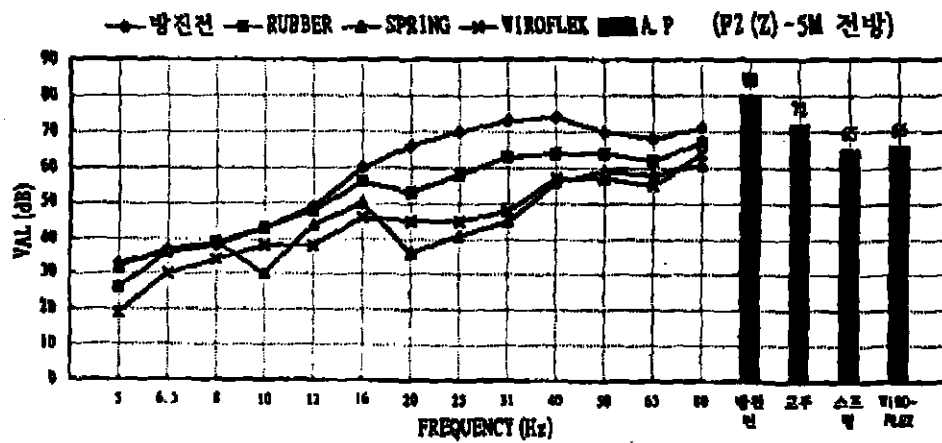
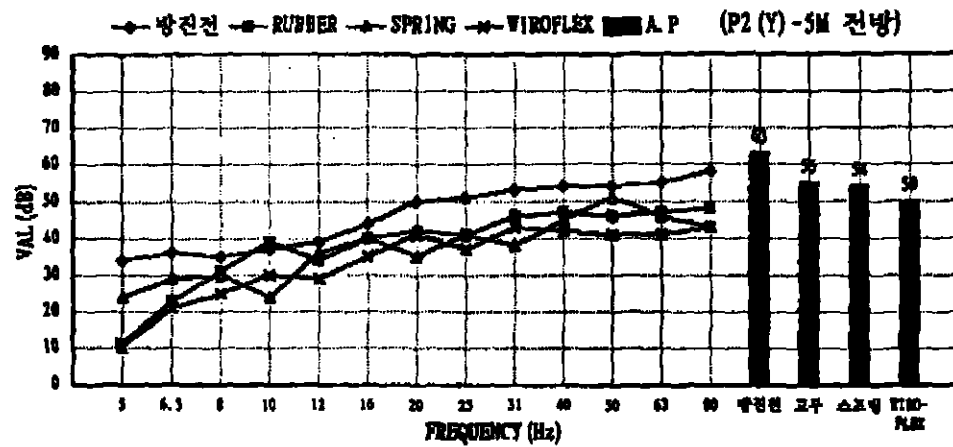
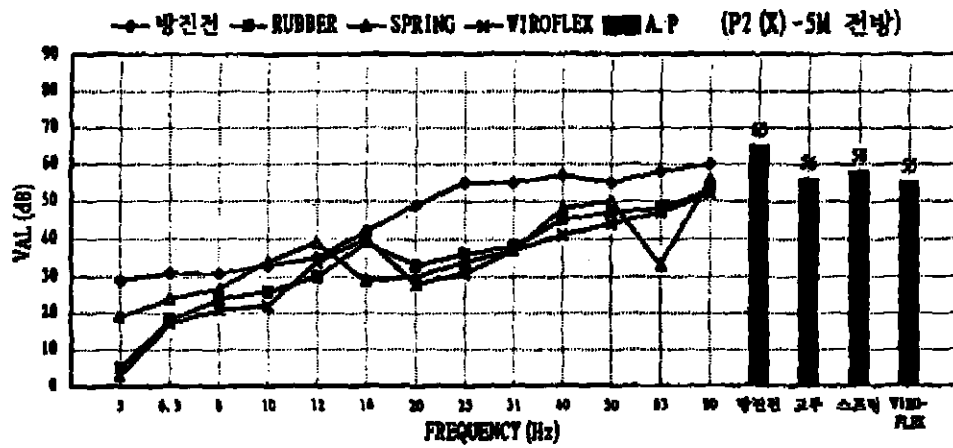


그림 4.3-2 Isolator의 防振性能

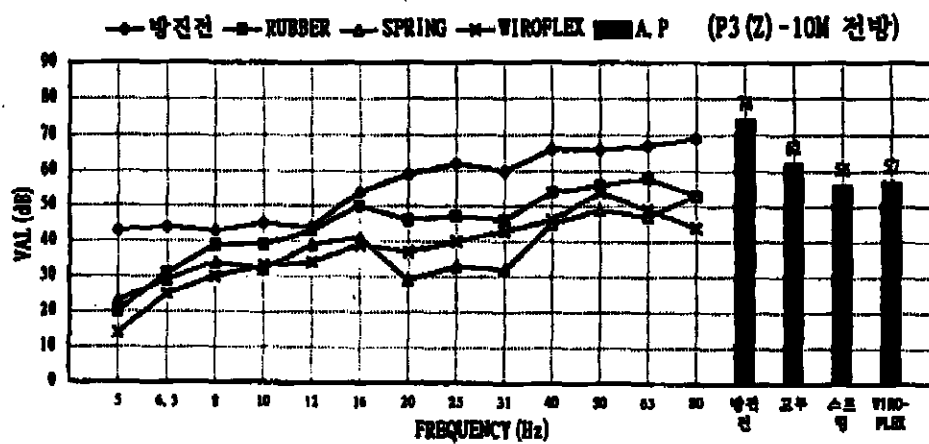
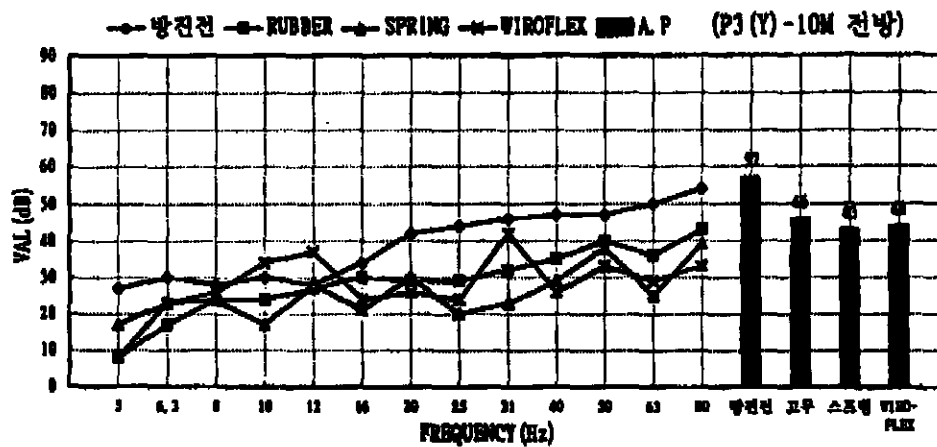
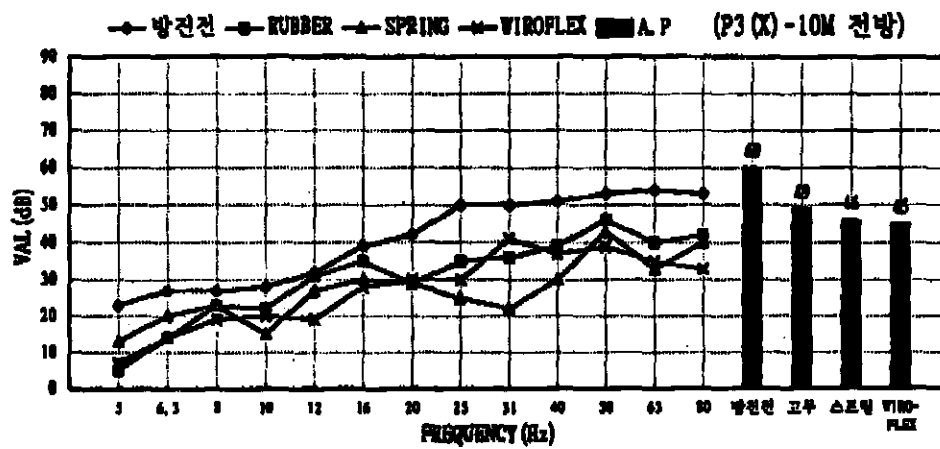


그림4.3-3 Isolator의 防振性能

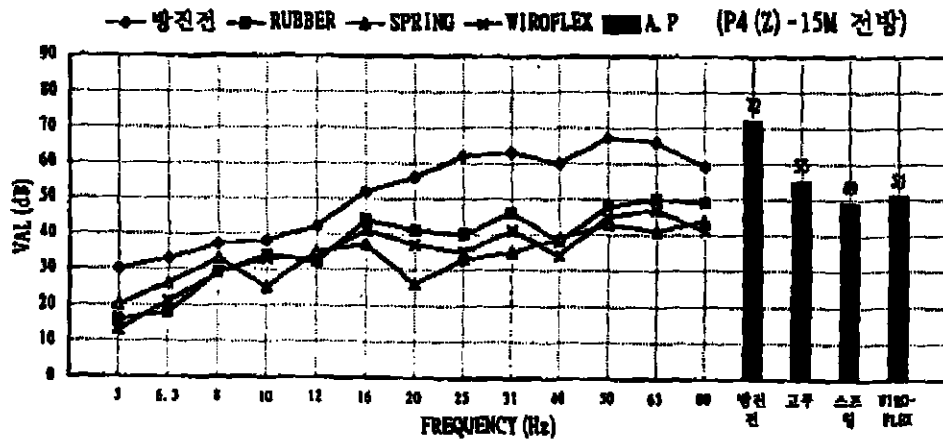
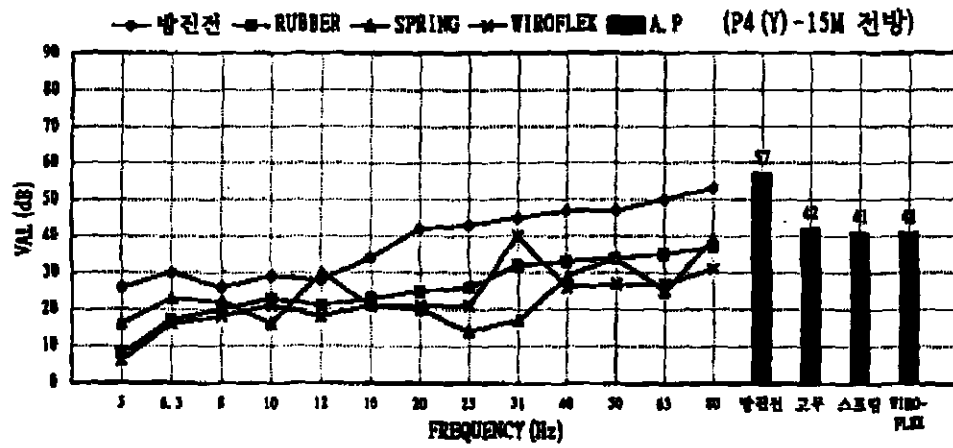
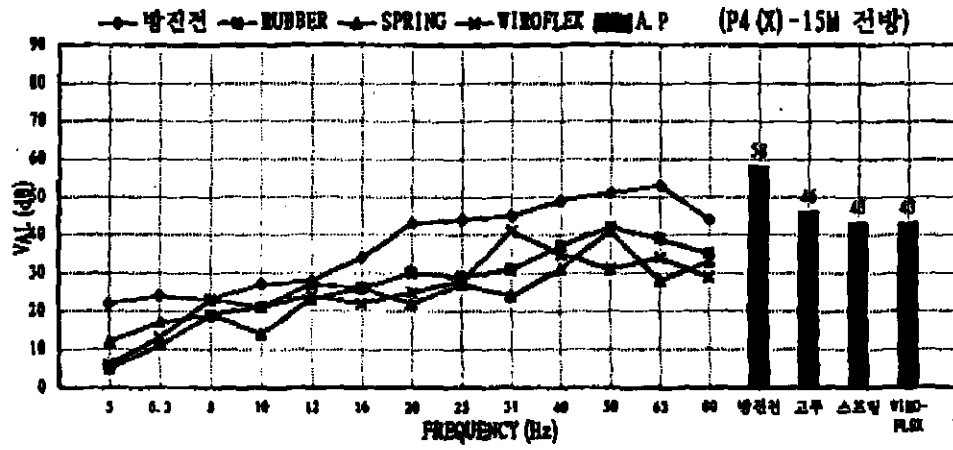


그림 4.3-4 Isolator의 防振性能

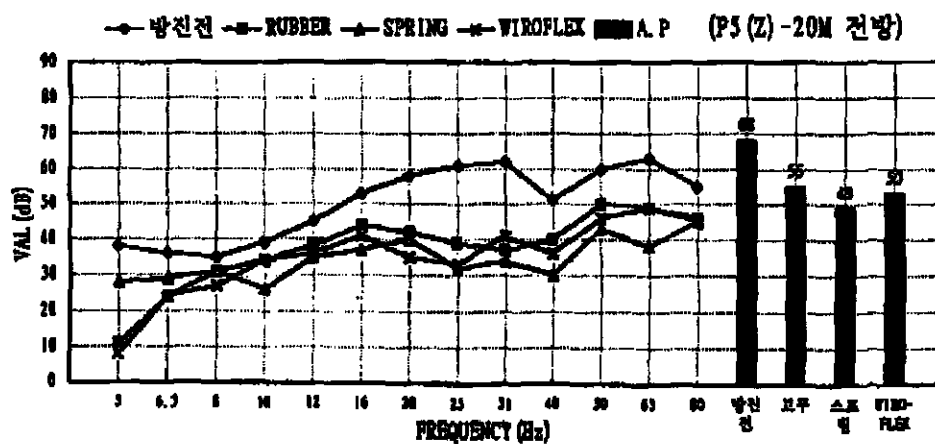
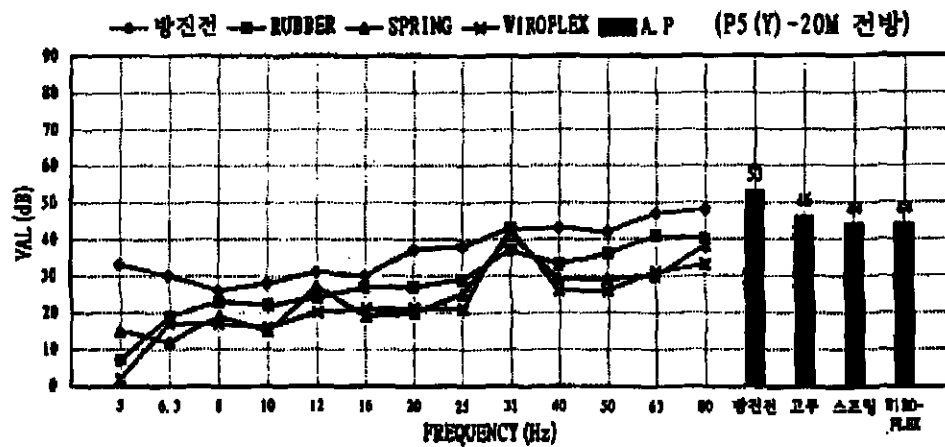
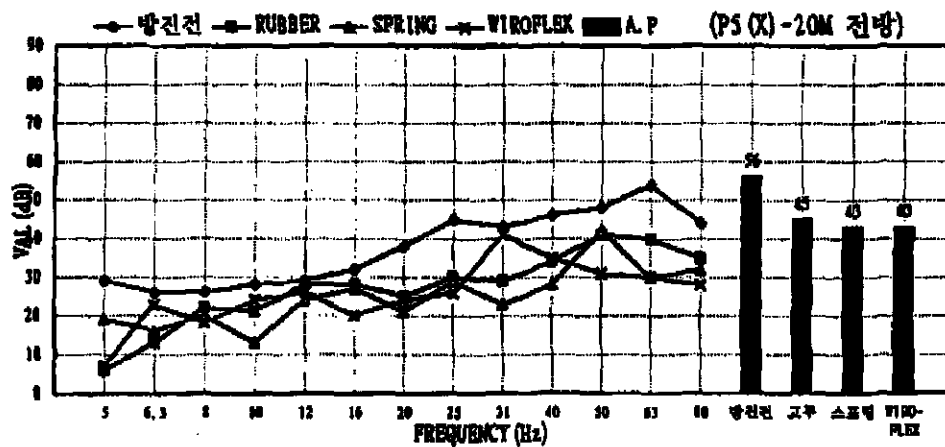


그림4.3-5 Isolator의 防振性能

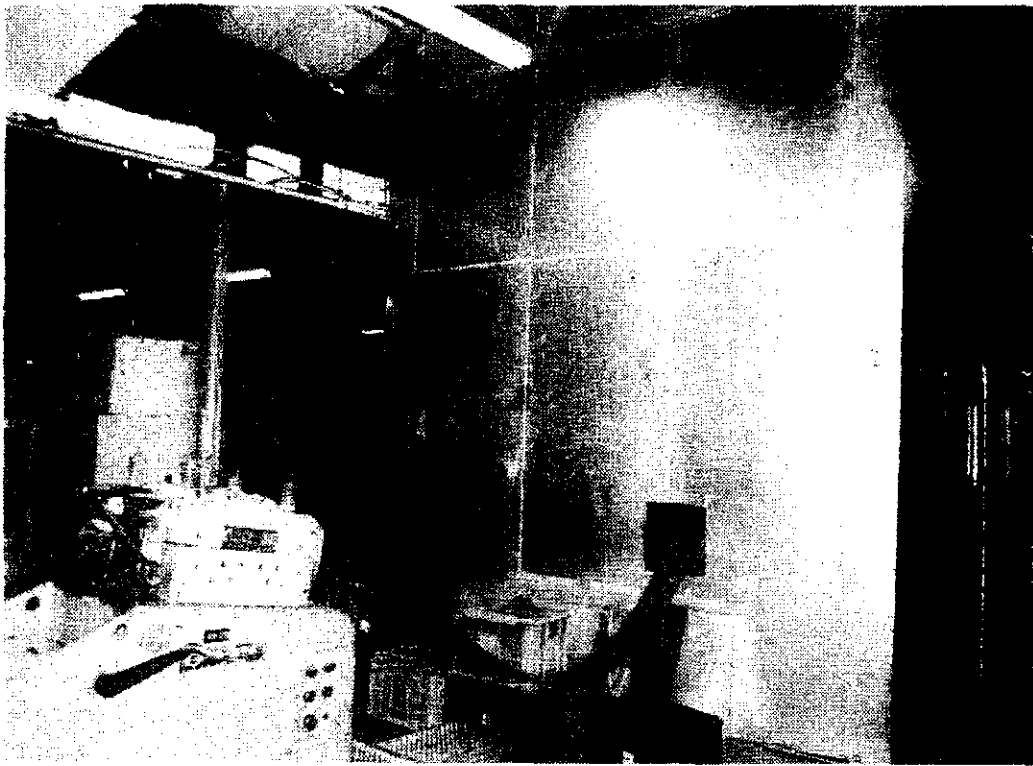


그림4.4 실제 사업장에 설치된 Enclosure

5. 結 論

최근 騒音문제가 큰 社會문제로 대두되고 있는 가운데, 산업화, 자동화 추세와 더불어 각 分野에서 그 수요가 점차 擴大되어 가고 있는 프레스機械가 工場을 비롯한 모든 사업장에서 주요 騒音源의 하나가 되고 있다. 프레스는 工程이 빠르고 파워가 강하며 단위 시간당 생산량이 많은 利點때문에 제조업에서 차지하는 比重이 높으며 그 수요가 필수 불가결하게 되어 가고 있다. 그러나 프레스의 이러한 長點에도 불구하고 使用中 발생하는 騒音振動으로 인하여 工場을 비롯한 모든 사업장에서 주요 騒音源의 하나가 되고 있으며, 이러한 騒音문제가 職業病으로 표출되어 큰 社會문제로 대두되고 있다. 노동부의 産業災害 統計에 따르면 전체 제조업의 職業病중 騒音성난청이 수위를 차지하고 있다. 騒音성 난청이 우리나라의 職業病중에서 그동안 先頭였던 塵肺를 제치고 제일 많은 職業病 유소견자를 유발시키고 있다는 것을 알고 나면 산업현장에서 얼마나 많은 勤勞者들이 騒音에 장기간 방치되어 결국은 不治의 職業病으로 까지 발전되었는가를 쉽게 알 수 있다. 騒音이 끼치는 영향은 일시적청력손실, 영구청력손실등의 직접적인 것뿐만 아니라 작업도중 騒音이 원인이되어 일어나는 사고등 정신적, 신체적, 社會적인 影響 즉, 간접적인 影響은 그 예를 일일이 돌기도 어려울 정도로 우리 생활에 密接한 관계를 맺고 있다. 그럼에도 불구하고 과도한 騒音에 노출되어 있는 근로자와 使用者 및 일반인 모두 騒音에 대한 피해는 느끼면서도 騒音대처에 대한 기본인식의 결여로 騒音低減對策을 세우기 위한 노력이 同伴되지 않고 있다.

따라서 本 研究에서는 勤勞者와 使用者 및 一般人 모두에게 프레스 騒音에 대한 인식을 심어 주고 騒音對策을 세우게 하여 騒音으로 인한 산업 재해예방과 快適한 작업분위기 조성에 寄與할 目的으로 프레스 騒音이 문제가 되는 사업장을 選定하여, 現場에서 직접 使用되고 있는 프레스에 대해

음향 인텐시티測定法을 이용하여 Enclosure를 開發하게 되었다. Enclosure는 현재 가장 효율적인 騒音低減방법으로 생각되고 있다. Enclosure는 프레스機械의 騒音を 감소 시키는 데에 있어, 주변機械·기기와의 관계, 材料·製品의 출입등의 문제에서 부터, 本來의 성능 이외에 요구되는 기능이 많아지게 된다. 현재 설계시 要求되는 기능으로서, 機械의 발생騒音에 적합한 차음성능, 熱源에 대한 溫度나 換氣對策, 재료의 형상·종류에 대응하는 공급·출구, 維持補修에 필요한 有效 開口部の 확보, 작업의 安全 및 작업성을 고려한 窓, 조정·형교환시에 필요한 照明, 생산라인 변경시의 容易, 機械의 가동상태를 외부에서 判斷할 수 있는 부분조명등등, 使用者의 수만큼의 사양이 있다고 말해도 過言이 아닌 상황이다. 그러나 Enclosure는 騒音を 低減시키는 부대설비가 아니고, 生産性を 떨어뜨리지 않는 安全對策의 一環인 것이 必要하다.

현재 騒音性 난청이 職業病으로 分類가 되고 있기 때문에 이에 대한 對策을 保健的인 側面에서 다루어 온 것이 사실이다. 그 결과 騒音源對策이나 傳達經路 對策과 같은 工學的이고 能動的인 對策보다는 受音者 側面에서 사용되는 귀마개나 귀덮개에 의한 保健學的이고 受動的인 對策이 주류를 이루고 있는 실정으로 큰 效果를 보지 못하고 있다.

따라서 본 研究에서는 工場内の 심각한 騒音源인 프레스騒音에 대하여 國際規格(ISO 9614)으로 새로 제정된 騒音測定의 新技術인 음향 인텐시티법을 사용하여 프레스 騒音에 대한 工學的이고 能動的인 對策으로써 선진국에서도 가장 效果가 높다고 하는 프레스騒音 低減用 Enclosure를 실제 현장에 適用하여 開發함으로써 騒音災害 豫防과 快適한 作業環境 조성에 기여하고자 하였으며 騒音低減 Enclosure의 開發결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 사업장에서의 騒音對策을 세우기 위하여는 騒音源인 프레스의 Sound Power를 알아야만 하나 既存의 測定方法으로는 이를 알아 내기가 容易하지 않았다. 그러나 새로 制定된 국제규격인 ISO 9614에 의거한 Sound Intensity 測定法을 적용함으로써 쉽게 解決할 수 있었으며, 실제 사업장에서 騒音源의 파악과 放射量등을 把握하고자할 때 가장 용이한 測定技術임을 알 수 있었다.

2. 프레스의 振動傳達을 防止하기 위하여 Rubber Mount, Spring Mount, Wiro-Flex Mount등 3가지의 防振용 Isolator를 設計製作하여 시험한 結果, 振動低減의 效果는 Spring > Wiro-Flex > Rubber의 順이었으며, 左右搖動은 Wiro-Flex > Rubber > Spring과 같았다.

3. 工學的이고 能動的인 對策으로써 선진국에서도 가장 效果가 높다고 하는 프레스騒音 低減用 Enclosure를 실제 現場에 適用하여 開發하였다.

參 考 文 獻

- [1] 機械用語大辭典, 省安堂, 1992
- [2] OGATA, K. Noise Control of Press Machines, Architectural Acoustics and Noise Control, No.91, 13-18, 1995
- [3] ISO 9614 : 1993, Acoustics - Determination of Sound Power Levels of Noise Sources Using Sound Intensity.
- [4] GADE, S. Sound Intensity (Part 1 Theory), Bruel & Kjaer Technical Review, 1982
- [5] ISO 3744, Acoustics - Determination of Sound Power Levels of Noise Sources-Engineering Methods for Free-Field Conditions over A Reflecting Plane, 1981
- [6] ISO 3746, Acoustics - Determination of Sound Power Levels of Noise Sources-Survey Method, 1979
- [7] JIS Z 8733, Engineering and Survey Methods for the Determination of Sound Power Level in General Sound Fields, 1975
- [8] 方泰圭, 精密騒音 測定技術에 관한 研究, 産業安全研究院, 1993.

- [9] VDI 2711, Schallschutz durch Kapselung(Noise Reduction by Enclosures), 1978
- [10] 方泰圭, 騒音低減装置의 安全設計, 産業安全研究院, 1993.
- [11] 方泰圭, 空氣壓縮機의 騒音低減 技術에 關한 研究, 産業安全研究院 1994.

附 錄

1. 資材別 音響特性

1.1 一般 建築 資材의 吸音率

資 料 名 區 分	옥타브밴드 중심주파수 (Hz)					
	125	250	500	1,000	2,000	4,000
벽돌(결이 거칠지 않음)	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
벽돌(결이 거칠지 않음, 페인트 칠)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
스폰지 고무위에 카펫	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73
콘크리트 위에 카펫	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65
콘크리트 블록 (결이 거칠)	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
콘크리트 블록 (페인트 칠)	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
바닥(콘크리트 또는 콘크리트인조석)	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02
바닥(콘크리트 바닥위에 탄력적인 마루)	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
바닥(딱딱한 나무)	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
유리(重板)	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
유리(표준유리창)	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
석고 보드(13mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
판넬(fiberglass, 두께 38mm)	0.86	0.91	0.80	0.89	0.62	0.47
판넬(다공질 재료 두께 100mm)	0.70	0.99	0.99	0.99	0.94	0.83
판넬(fiberglass로 절연한 다공질 재료, 두께 50mm)	0.21	0.87	1.52	1.37	1.34	1.22
판넬(광섬유로 절연한 다공질 재료, 100mm)	0.89	1.20	1.16	1.09	1.01	1.03
합판(두께 10mm)	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11
plaster, 석고 또는 석회(거친연마)	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03
plaster, 석고 또는 석회(잘 연마)	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03
포리우레탄 폼(두께 25.4mm)	0.16	0.25	0.45	0.84	0.97	0.87
타일(천정, 광섬유질)	0.18	0.45	0.81	0.97	0.93	0.82
타일(대리석 또는 인조대리석)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
나무(고형, 두께 50mm)	0.01	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
피 룽(輕)	0.04	-	0.11	-	0.30	-
피 룽(重)	0.10	-	0.50	-	0.82	-
모 전	0.13	-	0.56	-	0.65	-

1.2 一般 建築資材別 透過損失

資料名	區分	두께 (mm)	面密度 (kg/m ²)	옥타브밴드 중심주파수(Hz)						平均
				125	250	500	1k	2k	4k	
벽돌		100	-	30	36	37	37	37	43	-
灰로 만든(cinder)블럭(속이빔)		200	-	33	33	33	39	45	51	-
중간 二孔 경석블럭		100	75.7	8	5	9	14	19	17	11
콘크리트블럭		100	160	19	24	28	32	36	40	28
콘크리트블럭(輕量, 페인트칠)		150	-	38	36	40	45	50	56	-
경량블럭 片面에 plaster 바름		100	99.5	31	27	35	36	40	47	37
경량블럭 양면에 plaster 바름		100	123.5	32	34	36	39	42	52	37
콘크리트블럭양면 plaster바름		100	160	33	37	42	49	56	57	43
콘크리트블럭양면 mortar바름		100	180	31	35	45	52	56	56	44
석면슬레이트 小波板		6.5	-	15	19	24	26	31	44	23
폴LEX시블시트		4	7.1	18	22	23	28	33	36	25
석면슬레이트+石綿小波板接着		4+6.5	-	18	18	23	33	33	44	25
폴LEX시블시트		6	11	19	25	25	31	34	28	27
석면슬레이트판		20	-	24	26	32	28	37	50	29
무기물 혼입한 섬유질타일		16	-	30	32	39	43	53	60	-
다공이 있는 섬유차음판넬		100	-	28	34	40	48	56	62	-
슬레이트에 木毛板積層材		3+9+3	25.6	29	29	31	35	38	37	32
슬레이트에 木毛板接着		3+17	18.4	34	28	28	34	39	33	33
폴LEX시블보드+유리솜+폴LEX시블보드		4+22+3	17.6	26	32	32	39	38	37	34
유리블럭 140×140 (mm)		95	-	41	35	29	31	30	37	33
유리블럭 210×100 (mm)		33	-	33	28	27	33	42	50	33
유리블럭 145×145 (mm)		95	67	30	32	38	46	53	39	40
유리블럭 193×193 (mm)		95	97	28	27	36	42	31	37	33
판유리		3	7.2	10	18	23	29	32	26	22
판유리		5	13	12	22	26	31	26	32	23
판유리		6	15	11	23	27	31	24	37	23
판유리		8	-	18	25	29	31	51	40	27
鐵板		-	5.9	-	25	21	29	35	-	28
鋼鐵板		-	10	15	19	31	32	35	38	-
鋼鐵板		-	12.5	21	30	34	37	40	47	-
鉛판		-	19.0	-	32	33	32	32	-	32
알루미늄 판		-	1.71	-	18	13	18	23	-	18
鐵骨 plaster 2중벽		21	85.9	21	25	32	43	39	58	32
鐵骨 plaster 2중벽내 岩綿충전		26	-	26	24	37	47	50	69	37
鐵骨 plaster 2중벽		30	95.7	30	28	35	40	43	53	35
남비널 커터튼		-	7.5	22	23	25	31	35	42	-
딱딱한 나무로 만든 문		670	-	26	33	40	43	48	51	-
합판		6.35	3.5	17	15	20	24	28	27	-
합판		19	10	24	22	27	28	25	27	-

1.3 施工方法에 따른 吸音率(空氣層 效果)

施工方法	옥타브밴드 중심주파수 (Hz)					
	125	250	500	1,000	2,000	4,000
glass wool(밀도 25kg/m ³ , 두께 25mm) 벽에 밀착 시공	0.06	0.20	0.65	0.90	0.95	0.98
glass wool 보드(100kg/m ³ , 25mm) 벽에 밀착 시공	0.03	0.17	0.63	0.96	0.96	0.96
glass wool 보드(100kg/m ³ , 25mm) 25mm공기층	0.34	0.26	0.78	0.99	0.99	0.98
glass wool 보드(100kg/m ³ , 25mm) 50mm공기층	0.17	0.40	0.94	0.97	0.97	0.99
glass wool 판넬(0.6×1.2m, 두께16mm))을 공기층 40cm두고 7군데 마운팅	0.40	0.46	0.60	0.87	0.87	0.58

2. PRESS의 防振設計

- PRESS 정상가동시 85%의 防振효율 목표

2.1 장비 SPECIFICATION

하 중 : 16000Kg

강제振動수(f) : 16Hz(測定DATA참조)

2.2 振動 전달율(Tr)

$$E = 100(1 - Tr) = 85\%$$

$$\therefore Tr = 0.15$$

2.3 고유振動수(f_n) 결정

$$Tr = \left| \frac{1}{1 - r^2} \right|$$

$$\therefore f_n = 5.8\text{Hz}$$

2.4 스프링정수(k) 및 정적변위(δ) 결정

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta}}$$

$$\therefore k = 2162\text{Kg/mm} \quad \therefore \delta = 7.4\text{mm}(f_n = 5.8\text{Hz}, m = 16000\text{Kg})$$

2.5 防振材별 효율

2.5.1 WIRO-FLEX

- SPECIFICATION

MODEL : WF-1280 x 4EA (1set) - TOTAL 8 SETS

스프링상수(K) : 277.6Kg/mm(EA)

정적변위(δ) : 7.2mm

고유振動수(f_n) : 5.87Hz

댐핑계수(ξ) : 0.2

- 防振材의 振動 전달률 계산

振動전달율

$$Tr = \sqrt{\frac{1 + (2\xi r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\xi r)^2}}$$

$$= 0.227(22.7\%)$$

$$r = f / f_n$$

$$E = 100(1 - Tr)$$

$$= 77.3\%$$

振動低減량

$$\Delta L = 20 \log (TR^{-1})$$

$$= 13 \text{ dB}$$

2.5.2 RUBBER MOUNT

- SPECIFICATION

MODEL : YL-230 x 8 EA

스프링상수(K) : 770Kg/mm(EA)

정적변위(δ) : 2.92mm

고유진동수(f_n) : 9.2Hz

- 防振材의 振動 전달률 계산

振動전달율

$$Tr = \left| \frac{1}{1-r^2} \right|$$

$$= 0.494(49.4\%)$$

$$r = f / f_n$$

$$E = 100(1-Tr)$$

$$= 50.6\%$$

振動低減량

$$\Delta L = 20 \log (TR^{-1})$$

$$= 6 \text{ dB}$$

2.5.3 SPRING MOUNT

- SPECIFICATION

MODEL : MSB-8-8000 x 8 EA

스프링상수(K) : 320Kg/mm(EA)

정적변위(δ) : 7.1mm

고유진동수(f_n) : 5.9Hz

- 防振材의 振動 전달률 계산

振動 전달율

$$Tr = \left| \frac{1}{1-r^2} \right|$$

$$= 0.157(15.7\%)$$

$$r = f / f_n$$

$$E = 100(1-Tr)$$

$$= 84.3\%$$

振動低減량

$$\Delta L = 20 \log (TR^{-1})$$

$$= 16 \text{ dB}$$

프레스의 소음저감용 Enclosure 개발

(기전연 95-2-3)

발 행 일 : 1995. 12. 31

발 행 인 : 산업안전연구원장 이 한 훈

연구수행자 : 선임연구원 방 태 규

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업 안전 연구원

(기계전기연구실)

주 소 : 인천직할시 북구 구산동 34-4

전 화 : (032)5100-839

(032)518-0230

F A X : (032)518-6483

비매품