

공장소음방지대책

〈3〉



李得雄

〈株〉DB 엔지니어링 대표이사·환경(소음·진동)기술사

(바) 차음을 이용한 설계

차음원리를 알고 있는 설계자는 소음이 많은 기계 또는 공정을 대상으로 공장내의 작업자나 이웃에 미치는 영향을 평가할 것입니다. 여기서 한지점의 소음이 다른점으로 이동되는 경우별 계산은 아래와 같다.

A. 실과 실

소음이 나는 실과 다른 실이 칸막이로 되어 있을 때 다른 실에 미치는 영향은

$$SPL_2 = SPL_1 - TL + 10 \log S + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{1}{R} \right)$$

여기서 SPL_2 : 수음실 음압

SPL_1 : 잔향음장이 형성된 음압

TL : 차음량

S : 두실간의 칸벽이 면적

$\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{1}{R}$: 지향성(Q), 거리감쇠(r), 실정수(R)

B. 실에서 외부로 전달되는 음

$$SPL_2 = SPL_1 - TL + 10 \log S + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right) - 6dB$$

여기서 SPL_2 : 외부음압

SPL_1 : 잔향음장이 형성된 음압

S : 벽 면적

$\frac{Q}{4\pi r^2}$: 지향성, 거리감쇠

3) 진동 차단

공장 진동의 원인은 지역 도로망, 철로, 주변 공장 건물을 통해 전달되며 최근에는 기계화의 가속으로 크게 문제화되고 있다. 이에 따라 공장 건물의 설계 기술도 진동을 차단할 수 있도록 하중을 크게함으로써 진동 문제를 해결하려 하고 있다.

진동공해는 근무하는 사람에게 불쾌감을 유발할뿐만 아니라 가동 중인 생산 장비와 실험 설비에 영향을 주게 된다. 일반적으로 건물에서 발생하는 진동 특성은 5Hz~50Hz의 범위에서 발생하며 주파수 20Hz 내지 30Hz이상의 진동은 에너지가 충분히 클때 소음으로 전파하게 된다. 다시 말하면 저주파 진동은 충분한 에너지를 갖게되며 덕트, 배관, 지붕과 같은 부착물들의 부분 진동 혹은 판진동으로 인하여 더 높은 주파수 대역의 소음을 발생시키게 된다. 이러한 이유때문에 진동원으로 부터 건물을 진동 절연시키고 있으며 건물 진동의 규제치가 요구되게 된다.

인간의 신체는 진동에 대하여 매우 민감하게 감지하게 된다. 서있는 자세에서 $1\mu\text{m}$ 까지 느낄 수 있으며 손가락으로 $0.05\mu\text{m}$ 크기까지 느낄 수 있다. 그림 11은 인간의 신체로 느끼는 진동치와 그림 12는 건물 진동의 영향치를 Reierh-Meister scale을 보여준다.

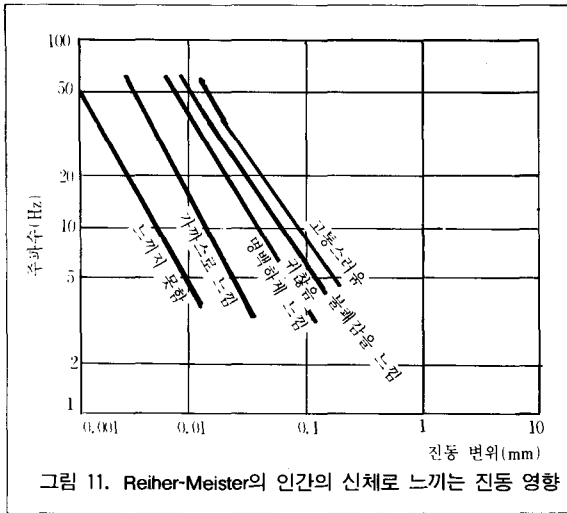


그림 11. Reierh-Meister의 인간의 신체로 느끼는 진동 영향

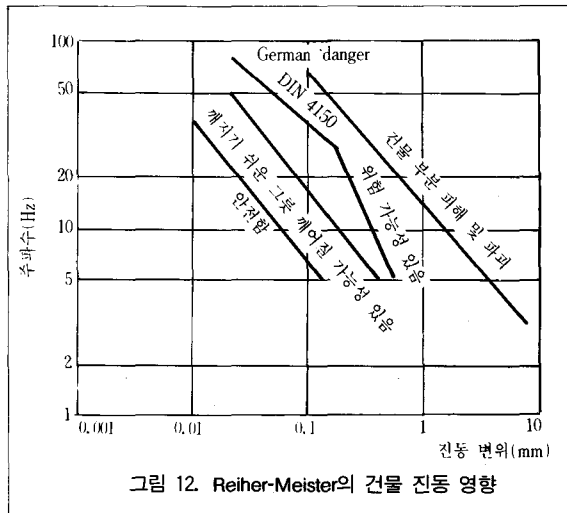


그림 12. Reierh-Meister의 건물 진동 영향

진동체로부터 음이 방사될 때 소음 대책을 고려하는 것은 방음 대책 수립시 기본 원리이기 때문에 충분한 에너지를 가지고 가진하는 기계는 하나의 소음원으로 간주해야 한다. 수많은 부품으로 구성된 기계는 개개의 기계 요소에서 발생하는 소음환경관리인. 1991. 7

음의 발생 소재를 정확하게 파악하기 곤란하다. 예를 들어 압축 기계의 경우 압축실에서 소음이 발생하는가 혹은 플라이 휠의 가드로부터 진동이 전달되는가를 판단하는 것은 소음을 적절하게 감음시키기 위하여 중요한 요소이다. 진동 부위들을 손으로 만지며 판단할 경우 실수하기 쉽다. 즉, 소음은 고주파수의 진동수와 높은 가속도에서 소음이 크게 발생하는 반면 저주파수의 큰 진폭 범위에서 인간의 신체는 민감하게 반응하기 때문이다. 따라서 진동계를 사용하여 정확한 진동 측정, 분석을 통하여 진동 문제를 해결하기 위해서는 대상 기계의 부위에 진동 센서를 부착시켜 증상을 진단한 다음 그 구조적인 메카니즘을 연구해야 한다. 진동계와 연결된 변환기를 이용하여 소음도를 측정하거나 다른 기종의 분석기를 이용하여 소음도를 판독해야 한다. 방사되는 구조체의 주변에서의 소음도는 측정된 진동치로부터 소음도를 계산할 수 있는데, 임계 일치 진동수 이상의 범위에서의 진동치를 이론적인 소음도로 계산하면

$$L_p = L_v - 20 \log f + 150$$

여기서, L_p : 소음도 dB re 0.0002 microbar

L_v : 진동 가속도 레벨 dB re 1.0 g

f : 진동수 (Hz)

물질 내부 음속이 대기중의 음속과 같은 일치 주파수 이하의 주파수에서는 방사음이 위 식의 계산치보다 3~4 dB/octave 감소하게 된다. 재질이 알루미늄과 강체된 진동체의 일치 주파수는

$$f = \frac{500}{t}$$

여기서, t : 두께 (인치)

위 식은 파장이 진동판의 두께보다 작을 때 성립되며, 파장은 아래 근사식과 같이 성립한다.

$$\lambda = \frac{1000}{f}$$

상기 식을 이용하여 진동체로부터 소음도를 계산하는 예를 들면, 두께 1/4", 4'x8'인 강철판이 진동할 때 1/1 옥타브 대역 500 Hz에서 측정된 진동 가속도 레벨이 10 dB re 1.0g 이다면 500 Hz 예상 방

사 소음도는

$$\begin{aligned}
 L_p &= L_v - 20 \log f + 150 \\
 &= 10 - 54 + 150 \\
 &= 106 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

일치 주파수 f 는

$$f = \frac{500}{1/4''} = 2,000 \text{ Hz}$$

일치 주파수 보다 2 옥타브 낮기 때문에 106 dBA 보다 7 dB 정도 낮게되어 발생 소음도는 99 dBA 가 된다.

(가) 충격 진동의 차진

보행자의 발자국 등과 같은 충격에 의해 발생하는 바닥의 충격음은 충격 진동을 절연하기 위해 양탄자, 러버 패드, 코르크 등과 같이 방진재를 위층 바닥에 설치함으로써 충격에너지를 간단한 방법으로 감소시킬 수 있다. 그러나 진동 공해의 정도가 심각할 경우 더 효과적인 방법으로 탄력층(유리섬유 혹은 기타 방진재) 위에 목재나 콘크리트로 씌운 부상마루(Floating Floor) 방식으로 바닥의 구조를 진동 절연함으로써 공기 전달 소음을 감음시키고 있다.

(나) 공장 설비 진동의 차진

공장설비에 있어서 진동 공해는 설비 장비로부터 건물로 전달되는 경우에 정밀 생산 장비의 진동 허용 요구치, 혹은 지역 도로망, 철도와 같은 외부 진동원에 대한 절연 문제들로 대변된다.

설비 장비의 진동 특성은 50Hz 이하의 저진동수 영역에서 발생하는데 저주파수에서의 건물 진동은 미소하더라도 부대 구조물의 일부를 진동시키므로서 더 높은 주파수의 가청 소음을 유발시킨다. 건물 구조의 진동을 감소시키는 방법으로 통상적으로 진동 절연(Vibration Isolation) 처리를 하게 되는데, 부적당하게 실행할 경우 오히려 진동 문제를 크게 유발시킬 수 있다. 따라서 진동 절연에 관한 기본적인 원리를 충분히 이해한 다음 설계하여야 한다.

독립 기초위에 고정된 회전 기계를 생각할 때 기계의 회전 주파수와 동일한 주파수의 불평형력이 발생하게 된다. 이 진동 에너지는 건물 구조를

통하여 상당한 거리를 이동하면서 진동이나 소음으로 전파하게 된다. 그림 13. 과 같이 스프링으로 설치된 기계의 스프링의 정적 변위 d 는 기계의 무게, 스프링 정수 k 와 함수 관계이며 기계의 자연 진동수 f_0 는 기계의 무게, 스프링 정수와 함수 관계가 된다. 이때 스프링의 차진 효과를 유도하기 위해 전달율 T 는

$$T = \frac{\text{기초에 전달된 힘}}{\text{기계에 의한 가진력}} \times 100\%$$

기계의 속력이 증가되면 전달력은 강제 진동수와 고유 진동수의 비에 따라 변한다. 강제 진동수 f 가 설치된 기계의 고유 진동수 f_0 와 같을 때 공진 현상에 의해 기초에 최대 힘이 전달되게 된다. 진동수 비가 2 이상 될때까지 기초에 전달되는 힘은 기계에 의해 가한 힘보다 크게 된다. 이 진동수 비 이상에서 전달율이 1보다 작으며 차진 효과를 얻게 된다(그림 14. 참조)

다) 외부 진동

공장 진동을 다루는데 있어서 건물 자체내에서 발생하는 진동 뿐만 아니라 지반 진동의 대책을 고려 해야 한다. 진동원들은 대개 중공업 공장 지역, 지역 도로, 철도와 지하철 등에 의한 지반 진동의 특성은 건물의 구조와 주변 조건에 따라 달라지기 때문에 매우 복잡하게 된다. 이러한 진동 공해를 해결하기 위해서 근본적인 진동 대책이 요구되나 본 지면에서는 진동 공해에 대한 일반적인 진동 방지 계획에 대하여 소개하기로 한다.

진동 공해의 원인을 대별하면 진동 파동 전파에 의한 것과 공중 파동 전파에 의한 것으로 분류된다. 지반 진동 발생원에는 앞에서 언급한 바와 같이 주변 공장, 건설 작업, 도로 교통, 철도, 지하철 등의 진동원에 의하여 복합적으로 형성된다. 이러한 진동 공해에 대한 방지 계획은 아래와 같은 순서로 설정한다.

- 진동이 문제되는 지점(수진점)의 위치 확인
- 수진점 일대의 진동 실태 조사
- 지면을 전파할 때 진동파에 의한 진동인가 초저주파 음에 의한 진동인가를 판정한다.

- 수진점에서의 진동 목표 레벨 확인
- 진동 발생원 조사
- 발생원의 소재와 발생 기계의 확인

- 발생 원인의 개선 대책 (진동에 대해서는 가진력의 제거 또는 저감, 기계 기초를 이용한 전달력 감소, 진동 차단 등, 공기 진동에 대해서는 소음기 부착 등)

-전달 경로 대책 및 수진 대책

한편, 상기의 공장의 방진 대책은 다음과 같이 크게 세가지로 나누어 검토 되어야 한다.

- 진동원에 대한 제진 대책
- 지반의 전파 경로에 대한 방진 대책
- 기계 기초에 대한 방진 대책

4) 진동 방지책

진동 공해의 방음, 방진 대책시 많이 사용되는 각종 스프링에 대하여 소개하고자 한다. 스프링이란 물체의 탄성 변형을 이용하는 외에 에너지의 흡수 또는 축적을 목적으로 그 탄성을 이용한 것으로 방진 장치에 많이 사용되는 사용 재료에 의해서 분류하면 아래표와 같다.

스프링의 종류는 탄성 재질에 따라 코일 스프링, 엽판 스프링, 공기 스프링, 방진 고무로 대별되며 이들의 특징은 아래표와 같다. 각 방진재의 특성은 설계상의 변수에 따라 달라지기 때문에 적용 범위를 정확하게 표현하기는 어려우나 방진 대책의 기본 설계로서 참고가 된다 하겠다.

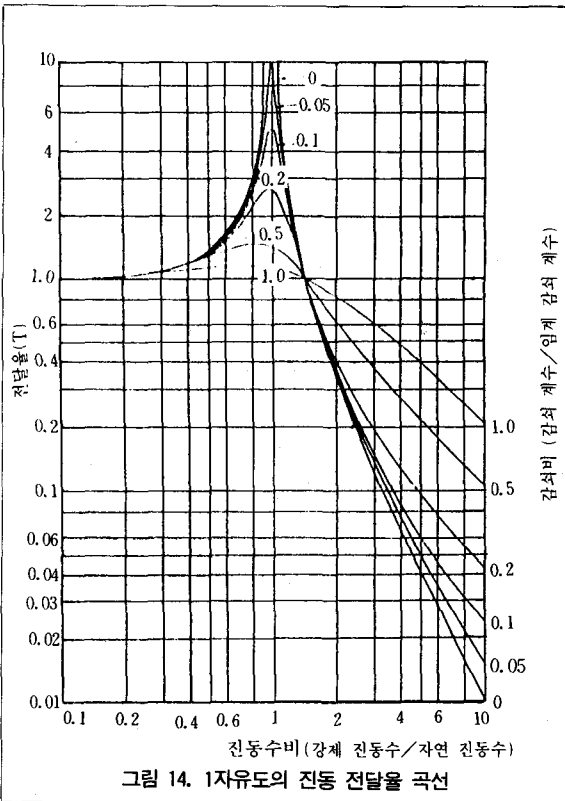
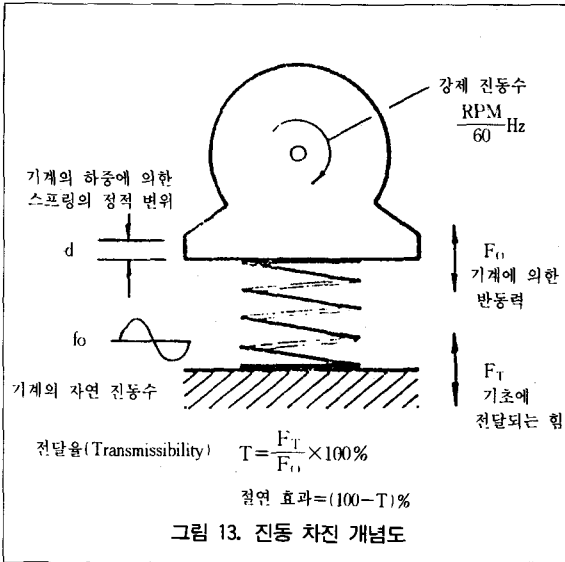
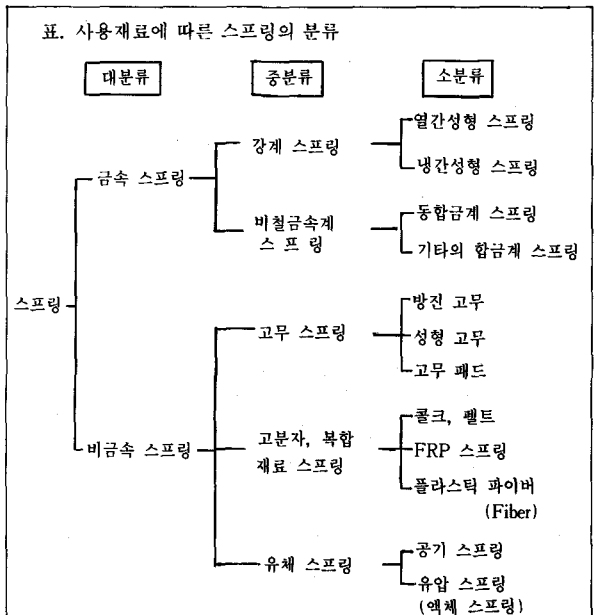


표. 방진재의 선정 기준

항 목	코일스프링	엽판스프링	공기스프링	방진고무
① 진동계로서 보통 실용할 수 있는 고유진동수(Hz)	1-10	1-10	0.7-3.5	4-15
② 감쇠성능	없음	있음	사용법에의함	있음
③ 고주파차진성	D	D	A	B
④ 하중특성의 직선성	A	A	B	B
⑤ 상용온도범위(°C)	-40-150	-40-150	-20-80	-30-120
⑥ 내유성, 내노화성	A	A	B	B
⑦ 제품균일성	A	B	B	B
⑧ 구조의 간결성	A	B	C	A
⑨ 필요공간	B	B	B	A
⑩ 기타의 특징	하중특성의 직선성이 좋다	차축의 경우 스프링 장치와 차축의 안내 장치의 양작용을 겸한다.	스프링 높이의 조정은 용이, 하중과 스프링 정수와의 비례적으로 조정이 가능하다.	스프링의 중량을 타에 비해 가볍게 할 수 있다.

(주) A:우, B:양, C:가, D:열

비용을 염두해야 하며 외부에서 전달되는 소음을 감소시키는 것은 필요 불가결한 것이다.

1) 소음원의 변수

그림 15.는 외부로 부터 전파되는 소음의 대책 시 고려해야 되는 전형적인 변수로서 광범위한 외부 소음원을 생각할 수 있는데, 먼저 소음원의 갯수, 음향 출력, 지향성, 주파수 특성과 관계되는 변수에 대한 정보를 얻어야 한다. 주변 상태를 파악하는 것은 매우 중요하며 또한 외부 소음의 주파수 특성에 따라 다르게 건물의 방음 대책을 시행 함으로써 감음시켜야 한다. 한편 실내 소음은 실내 공간의 체적과 내부 표면의 흡음력에 따라 소음도의 크기가 결정되므로 어느 정도의 소음 에너지가 내부로 전달될 것인가를 계산하므로써 소음의 정도를 판단할 수 있게 된다. (다음호에 계속)

4. 발생 소음원의 종류에 따른 소음 대책

본 장에서는 공장 소음원을 외부 발생 소음, 건물내의 소음, 실간의 소음, 공조 장치, 승강기 등 기타 발생 소음원으로 구분하여 빈번하게 발생하는 소음 문제의 해결점을 상세한 몇가지 예와 함께 적용 원리를 언급하기로 한다.

가. 외부 소음

공장 건물의 음향적인 설계에 있어서 가장 중요한 점은 공장 건물을 밀폐시켜 차단하는 방법일 것이다. 외부 소음에 대한 대책으로 많은 변수들을 생각할 수 있지만 외부 소음을 방지하는데는 기본적인 변수들을 먼저 고려해야 한다. 물론 소음 방지를 하는데 있어서 이에 수반되는 경제적인

상담 및 문의전화 586-1161

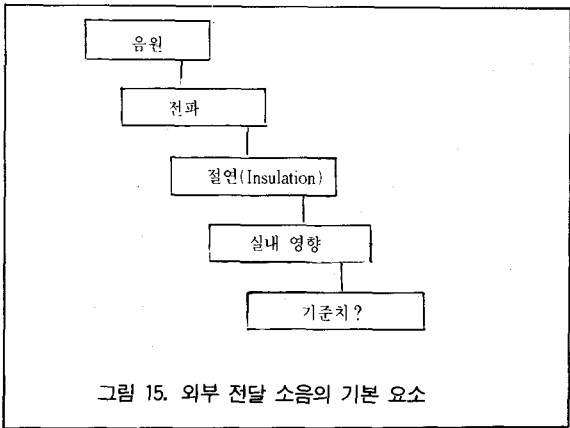


그림 15. 외부 전달 소음의 기본 요소

환경관리인의 적극적인 참여를 바랍니다!

환경인회관건립은 일선에 근무하는 모든 관리인과 관·산·학에 종사하는 진정, 우리의 환경을 아끼고 사랑하는 환경인을 위한 대역사입니다.

환경관계 모든 자료와 실상을 한눈에 살펴볼 수 있는 환경인회관건립에 현장에서 환경보전을 몸소 실천하는 환경관리인들의 작은 정성이 하나, 둘 모여질 때, 우리 모두의 지대한 소원은 반드시 이루어질 것입니다.

환경인회관 기금모금에 환경관리인의 많은 동참이 있으시길 바랍니다.