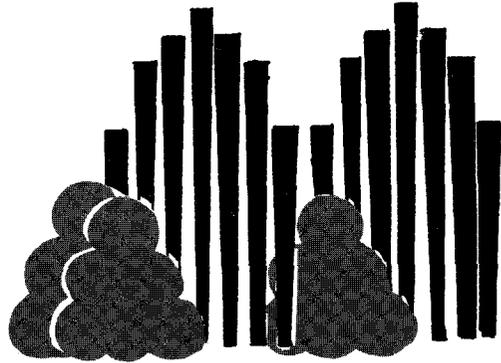


아파트 1층세대 소음대책

정진문 / 두산건설(주) 기술연구소

아파트에서 기계실에 인접한 세대나 1층 세대의 경우 소음으로 인한 민원이 자주 발생하고 있다. 이러한 기계실에서의 소음, 공동구에서의 소음, 지하층에서의 배관소음 등의 발생원인 및 그 대책에 대하여 알아보기로 한다.



1. 소음의 의미

우리는 가끔은 소음과 진동을 분리하여 취급하려는 경향이 있으나, 소음과 진동은 같은 맥락에서 이해하고 검토되어야 한다. 여기에서는 소음/진동을 소음으로 통칭하여 이야기하기로 하고, 소음의 의미에 대해 알아 보면 다음과 같다.

소음이란 국어사전의 의미는 시끄러운 소리이며, 우리의 생활환경을 해치는 소리 또는 우리 인간이 원하지 않는 소리의 총칭이다.

이를 학술적인 측면에서 말하면 소음은 심리적, 생리적 측면과 물리적인 「음」이라고 하는 측면이 있으며, 공학적으로 취급하기 위하여 「음」이라고 규정하고 이것으로 평균적인 감각을 보정한 소음도가 있다.

그래서 이러한 물리량에 인간의 감각량을 보정한 소음도(SOUND LEVEL)가 보편적으로 사용되고 있다.

다시 말해서 소음을 쉽게 말하자면 사랑하는 사람의 목소리도, 그동안 좋아하던 클래식 음악 소리도 피곤한 상태에서는 소음이라고 말할 수 있다.

즉, 소음은 시간적, 공간적, 주관적인 것이기 때문에 사람에 따라서 樂音이 될 수 있고 때로는 騷音이 될 수 있다.

2. 소음의 분류

기계장치가 발생하는 소음은 대체로 기계의 진동에 기인하며, 소음은 보통 고체전파음 또는 고체음(STRUCTURAL BORN SOUND), 공기전파음 또는 기류음(AIR BORN SOUND), 그리고 공명음(RESONANCE)로 분류된다.

이를 다시 자세히 알아보면 다음과 같다.

고체음은 물체의 진동에 의한 기계적인 원인으로 발생한다.

예를 들면 복동의 타악기, 스피커, 기계의 충격·마찰·타격 등에 의한 소리 등이다.

고체음은 다시 1차 고체음과 2차 고체음으로 나누어진다.

1차 고체음은 기계의 진동이 지반진동을 수반하여 발생하는 소리이고, 2차 고체음은 기계본체의 진동에 의한 소리이다.

대체로 고체음은 기계의 진동이 기계기초를 통하여 바닥과 벽으로 전달되고 이것이 이차적인 소음의 원인이되어 소음을 발생하고 있다.

기류음은 직접적인 공기의 압력변화에 의한 유체역학적 원인에 의하여 발생한다.

예를 들면 나팔등의 관악기, 폭발음, 음성 등이다.

기류음은 난류음과 맥동음으로 나누어진다.

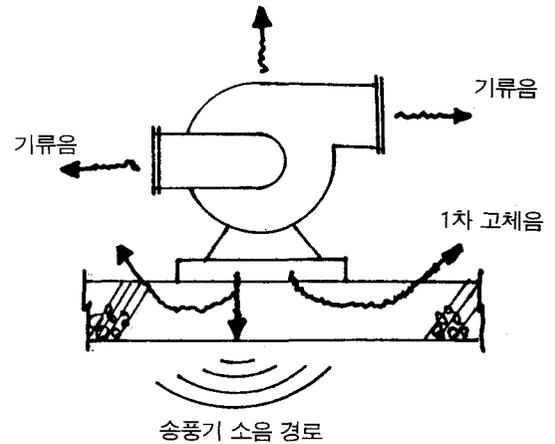
난류음은 선풍기, 송풍기 등의 소리이며, 맥동음은 압축기, 진동펌프, 엔진펌프의 배기음 등이다. 기류음은 통상 음이 대기중에 방사, 전파되어 소음이 발생한다.

그리고 공명음은 2개의 진동체(말굽쇠등)의 고유진동수가 같을 때 한쪽이 울리면 다른 쪽도 울리는 현상으로 말굽쇠의 한쪽을 두드리면 다른 한쪽이 같이 울리는 현상이다.

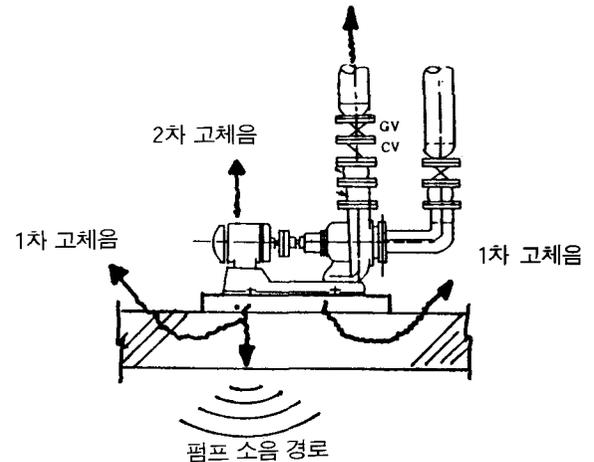
그리고 지하공간 또는 산정상에서의 메아리도 공명음의 한 종류로 볼 수 있다.

그러면 다음 그림을 보고 소음에 대하여 살펴보자

<그림 1> 2차 고체음



<그림 2> 2차 고체음, 유체음 (2nd Structural Borne Sound, Fluid Borne Sound)



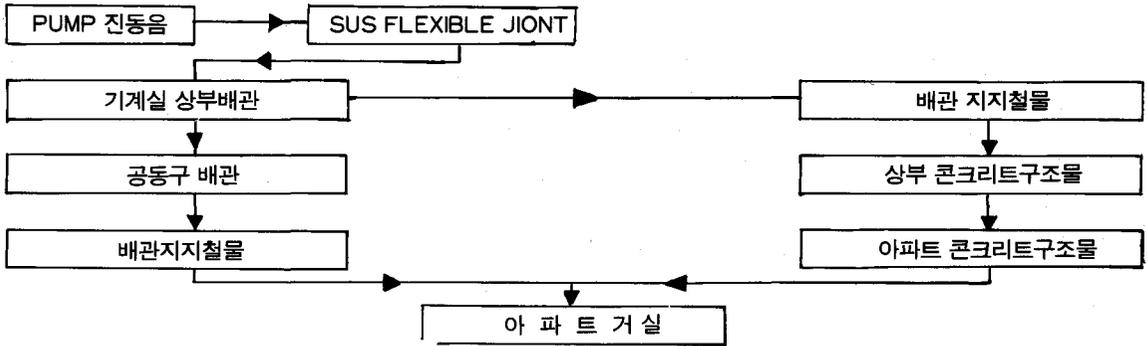
먼저 1층세대에 전해지는 소음의 원인으로 기계실에서의 소음, 공동구에서의 송음, 지하횡주관 등의 배관소음이 1층세대에 어떤 경로를 통하여 전파되는지 알아보자.

3. 기계실 소음 및 대책

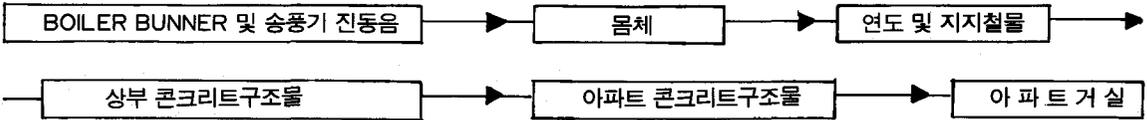
기계실에서 소음은 기계고유진동수에 의한 소음과 맥동현상으로 일어나는 맥동음, 그리고 배관내에서 유속등으로 인하여 발생하는 소음이 있으며, 그 경로는 다음과 같다.

1. PUMP 진동음

아파트 1층세대 소음대책



2. BOILER 작동음



3. 기류음 전달



4. 기계실소음 대책

1) PUMP 토출구, 흡입구측에 SUS FLXIBLE JOINT 설치를 지양하고 EPDM 또는 NEOPRENE 재질로 된 FLEXIBLE JOINT를 사용한다.

여기에서 EPDM 또는 NEOPRENE 재질의 FLEXIBLE JOINT를 사용하는 이유는 배관내의 고체음이 이질의 재질인 EPDM 또는 NEOPRENE을 통과하면서 감음이 된다.

우리는 여기에서 이질의 재질을 사용하므로써 감음의 효과를 얻을 수 있다는 사실을 주지하고 이에 대한 이론을 살펴보면 다음과 같다.

* 진동절연(재진)

기계의 일부 면에서 진동 및 소음이 크게 발생할 경우 진동절연할 필요가 있으며 관이나 축의 경우에는 도중에 고무나 합성수지를 접촉하고 넓은 면사이에는 패킹을 사용하면 진동반사에 효과적이다.

절연재를 부착할 때 파동에너지를 반사할

Tr은

$$Tr = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2 \times 100 (\%)$$

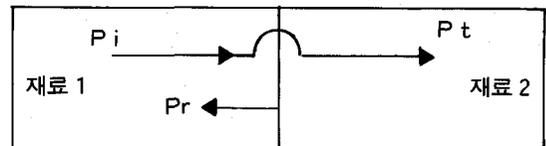
여기에서 Z는 재료별 특성 임피던트로 밀도 * 음의 전파속도이다.

(표 # 1) 재료별 특성 임피던트

재료	음속 (m/s)	밀도 ρ(kg/m³)	Z(kg/m²·S)
고무	35-230	1010-1250	3.5 * 10⁴ ~ 2.4 * 10⁵
콘크리트	3500-5000	2000-2600	(7~13) * 10⁶
철	5,000	7,800	39 * 10⁶

<표 1>을 보면 음의 전파속도는 밀도와 밀접한 관계가 있다. 그래서 진동절연의 이론을 적

<그림 3> 진동절연



용하여 밀도가 낮은 재료(고무등)를 사용하여 금속관의 소음을 줄일 수 있다.

진동하는 표면과 제진재사이의 Tr이 클수록 제진효과가 크며, 이에 의한 감쇠량 ΔL 은 다음 식으로 구한다.

$$\Delta L = 10 \log (1 - Tr) \text{ dB}$$

예를 들면 진동하는 금속면을 고무로 제진하면 반사율이 99.8%가 되므로 ΔL 은 27dB이 된다.

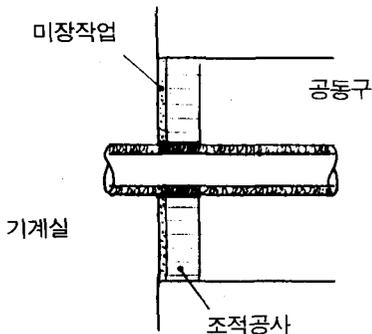
$$\Delta L = 10 \log (1 - 0.998) = 26.9897 \approx 27 \text{ dB}$$

2) PUMP방진은 방진 설치시방서에 대로 PUMP를 설치하여 PUMP의 진동이 구조체에 전달되지 않도록 조치한다.

가끔씩 PUMP방진을 잘못 설치하여 방진기대 SPRING 찌그러지거나 비틀어져 PUMP 진동이 구조물에 전달되는 경우가 있으므로 PUMP 방진설치에 유의하여야 한다.

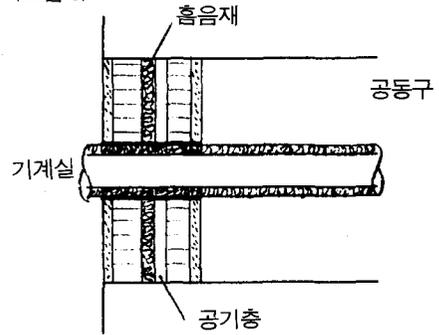
3) 기계실과 공동구가 연결되는 장소는 완전 구획을 하고 배관이 통과하는 곳은 배관 SLEEVE를 설치하고, PIPE와 SLEEVE사이는 기밀이 완전하게 유지되도록 틈새를 꼭 막아야 한다. 그리고 유의할 사항은 PIPE가 SLEEVE나 벽체에 닿지 않도록 하여야 하고 상세도는 다음과 같다.

<그림 4>



한쪽면만 구획시 (차음 효과)

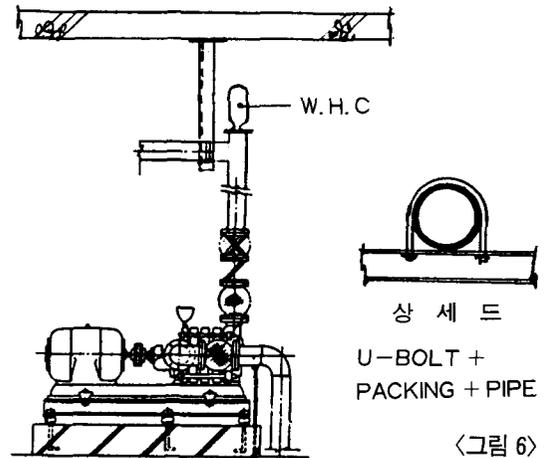
<그림 5>



양쪽면 구획시 (차음, 흡음 효과)

4) 펌프토출측에 W.H.C을 설치하여(급수, 소화등) 펌프 기동시 발생하는 배관내 충격을 흡수하도록하고, 펌프토출측상부배관은 SUPPORT(배관가대)를 설치한 후 PIPE를 UBOLT로 견고히 고정하는 방법이 바람직하다.

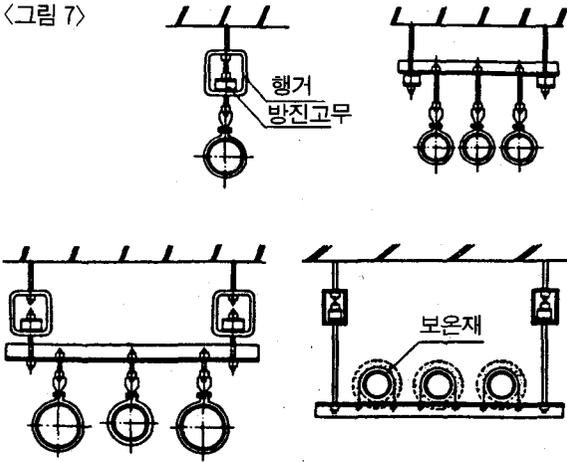
이때 PIPE와 U-BOLT사이에는 고무등의 PACKING재를 사용하는 것이 좋다.



<그림 6>

5. 기계실 상부배관에 SPRING HANGER (<그림 7> 참조)를 설치하는 방안도 있으나, 원가 측면과 SPRING HANGER를 설치하였을 때 펌프작동시 배관이 전후, 좌우로 움직여 발생하는 문제점 등을 고려 할 때 아파트에서는 제외시키는 것이 바람직하다.

<그림 7>



음압레벨 SPL_2 는 SPL_1 에 비해 벽의 투과손실 TL만큼 감소하지만 벽 전체면적의 $1/n$ 만큼 틈새가 있으면 SPL_2 는

$$SPL_2 = SPL_1 - 10 \log n \text{ (dB)}$$

한 예로 SPL_1 (벽 안쪽 음압레벨) = 100db, 투과손실 $TL = 40\text{dB}$ 일때 벽외측 음압레벨은 $100\text{dB} - 40\text{dB} = 60\text{dB}$ 의 음압레벨이다.

만일 벽체에 $1/10$ 만큼의 틈새가 생겼을 경우에는 상기 식에 대비하면

$$SPL_2 = 100\text{dB} - 10 \log 10 = 90\text{dB}$$
이다.

여기에, 틈새가 없을 때와 $1/10$ 의 틈새의 틈새가 있을 때 음압레벨은 30dB의 차이가 나지만, 음의 강도로 말하면 1,000배의 차이를 알아야 한다.

그러므로 건축물에서 모든 틈새가 없도록 세밀하게 시공되어야 한다.

2. 공동구 소음대책

1. 배관의 수축, 팽창을 고려하여 EXPANSION JOINT를 설치하고 ANCHOR와 GUIDE를 시방서에 준하여 설치한다.

2. 이때 수축, 팽창으로 PIPE가 SLIDING이 생길때 발생할 수 있는 소음을 제거하기 위하여 PIPE와 U-VOLT사이에 RUBBER나 석면 TAPE등을 삽입하여 소음을 줄여야 한다. (지하층배관 상세도 참조)

3. 지지철물과 구조물사이를 아래의 상세도와 같이 이격시켜 소음을 줄일 수 있으나 원가측면에서 고려할때 아파트에서는 바람직하지 않다.

4. 공동구 소음 및 대책

1. 공동구 소음

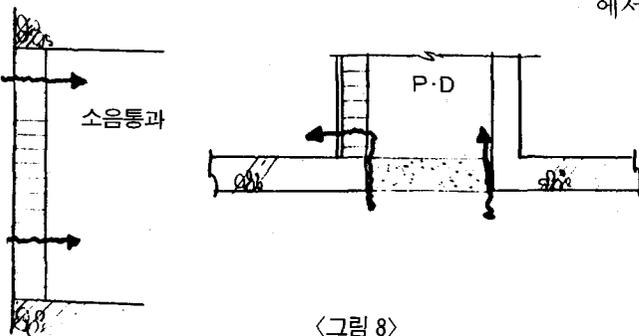
1. 배관의 수축, 팽창으로 인한 고체음
2. 배관내 유속으로 인한 유체음.
3. 기계실에서 발생한 소음이 공동구를 통하여 전파.

기계실소음이 공동구 틈새로 유입된 기류음은 공동구 벽체에 반사되어 공명현상 등으로 아파트 지하층을 통하여 1층세대에 전달된다.

4. 벽체 틈새로 인한 소음.

아래 <그림 8>과 같이 벽체에 틈새가 있으면 기류음은 이 틈새를 통하여 소음이 전파된다. 이러한 벽체 틈새소음의 이론은 다음과 같다.

벽 안쪽에 일정한 음압레벨 SPL_1 이 분포되어 있을때 벽체에 틈새가 없으면 벽 외측에서의



<그림 8>

5. 아파트 지하층 소음 및 대책

1. 아파트 지하층 소음

1. 지하 횡주배관의 수축, 팽창으로 인한 고체음.

2. 지하 횡주관배관관내 유속으로 인한 유체음.

(난방관, 오배수관, 펌프입상관 등)

3. 벽체틈새로 인한 공동구소음 전파. (공동구 소음 참조)

4. 배수펌프 작동음 등이 있다.

2. 지하층 소음대책

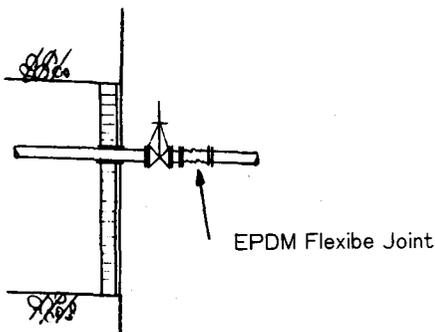
1. 배관의 수축, 팽창으로 발생하는 소음대책은 공동구와 동일하게 시공.

2. 배관내 유속으로 인한 소음은 배관 SIZE를 선정할 때 유속을 1.5m/s이하로 선정한다. 그리고 배관내 소음은 유속뿐만 아니라 공기기포가 발생할 경우에도 소음이 발생되므로 배관내 AIR처리에 유의하여야 한다.

3. 공동구 소음의 유입을 차단하기 위해서는 기계실 소음대책의 하나인 구획방안 (<그림 4>, <그림 5> 참조)처럼 시공하면 기류음은 차단할 수 있다.

4. PIPE를 통하여 유입되는 고체음은 기계실 소음대책에서 거론된 진동절연을 이용하여 EPDM 또는 NEOPRENE Flexible Joint를 설치하면 소음을 차단할 수 있고, 그 설치상세도는 아래 그림과 같다.

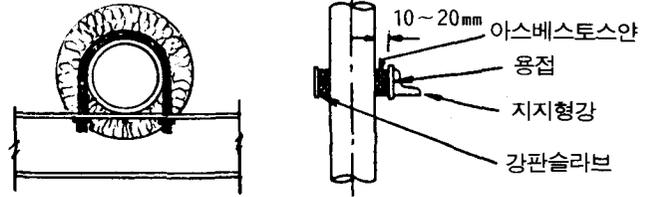
그리고 여기에서 Flexible Joint는 공동구를 통과하는 모든 PIPE에 설치하는 것이 바람직하고, 급탕/난방배관용 Flexible Joint는 20K를 설치하여 내구성을 향상시키는 것이 바람직하다.



5. PIPE와 지지철물과의 진동을 차단하기 위

하여 아래 상세도와 같이 시공하면 PIPE의 2차 고체음을 줄일 수 있다.

<그림 10>



6. 배관의 진동을 감소시키는 방안의 하나로 배관을 돌려서 방향전환시킴으로써 강성을 줄이고, 배관의 진동전달을 감쇠시킬 수 있다. (3-ELBOW 설치)

이처럼 아파트에서의 소음은 여러가지가 있지만 여기에서 거론한 것은 일부에 지나지 않는다. 하지만 여기에 대책으로 수립한 이론적인 근거를 다시 한번 강조하면 차음을 하기 위해서는 건축적으로 완전구획을 실시하여 틈새가 전혀 없도록 조치하면 많은 효과를 볼 수 있다는 것과 진동절연으로 배관내의 2차고체음은 줄일 수 있다는 사실이다.

마지막으로 차음재를 선정 및 사용상 유의할 사항에 대해 알아보자.

1. 차음에 가장 영향이 큰 것은 틈이므로 벽체에는 틈새가 없도록 하여야 한다.

2. 차음벽에서 위험한 것의 하나는 면의 진동이므로 기진력이 큰 기계가 있는 공장의 차음벽은 탄성지지, 방진합금 이용이나 DAMPING처리를 해야 한다.

3. 큰 차음효과를 바라는 경우에는 내부에 다공질재료를 삽입한 이중벽 구조로 하고 일치주파수와 공명주파수에 유의하여 설계하여야 한다.

4. 벽돌구조를 차음벽으로 사용할 경우에는 표면을 몰탈(미장작업)로 바른다. 한쪽 면만으로는 5dB, 양면 미장은 10dB정도의 투과손실을 증가시킨다.