

대형 펌프장의 소음·공해 대책

〈2〉



이재종

〈소음진동·유체기계·산업기계기술사〉

목 차

1. 서론
2. 펌프장의 소음
 - 2.1 펌프의 소음
 - 2.2 펌프외의 기타 부분의 소음
 - 2.3 펌프장의부로의 소음전파
3. 소음대책
 - 3.1 음원대책
 - 3.2 펌프의 외부적 소음대책
 - 3.3 건축상의 방음 및 고체진파음 대책
4. 결론
5. 참고문헌

3.2 펌프의 외부적 소음대책

(1) 사이렌서(Silencer)의 취부
배관중을 흐르는 액체에서 발생되는 압력맥동을 파장의 상호간섭 작용을 이용, 약화시키는 방법의 하나로서 일종의 액체용 사이렌서를 취부, 이용한다. 그림 3-7은 원심펌프의 토출배관에 Side Flange 형 사이렌서를 취부한 예로, 압력 맥동을 감소시켜서 배관의 진동은 물론 소음발생을 저감할 수 있다.

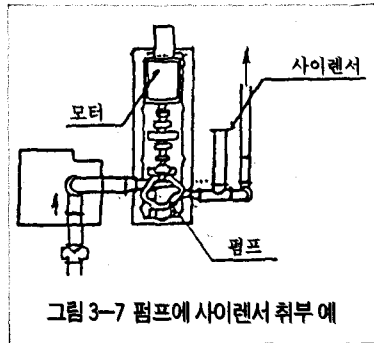


그림 3-7 펌프에 사이렌서 취부에

이 경우 저주파대역, 즉 펌프의 기본주파수($Z \cdot N$)이하에서 소음을 약 10dB정도까지 감쇠효과를 얻을 수 있으며 고주파대역에서는 효과가 적다.

(2) 방음커버

펌프자신에 대한 방음대책이 필요할 때는 요구되는 감음량에 해당되는 차음성능을 갖는 재료로 펌프에 직접 방음커버를 씌워 사용할 수 있다. 방음커버를 이중벽 또는 내부를 흡음구조로 적절히 하면 차음성과 흡음성을 함께 이용할 수 있어 방음효과가 좋게 된다.

방음커버는 기밀성이 잘 유지되게 제작, 설치해야 큰 감음효과를 얻을 수 있다. 그러나 실제로는 기기의 기초부분 등에서의 진동전파를 완전히 절연시키기가 곤란하고, 또 대형펌프의 경우 환기구 또는 사이렌서, 점검구, 전선케이블 등을 위한 개구부가 있어 이들을 통해 소음이 누설될 수 있으므로 설계시에는 음의 지향성과 흡음성의 이용도 고려하고 이론치에 여유를 갖게함이 필요하다. 그림 3-8과 그림 3-9는 방음커버 및 방음커버의 단면의 일례이며, 또 그림 3-10은 엔진에 방음커버를 하였을 때의 감음효과와 예를 나타낸다.

(3) 방진지시

고체음을 방지하는대는 펌프 및 구동기에서 발생되는 진동이 기초부분이나 배관계로 직접 전파되는 것을 방지해야 된다.

펌프에서 방진은 기기장치의 중량, 강제진동수, 가진력, 유압하중, 부가하중, 방진가대 형식, 무

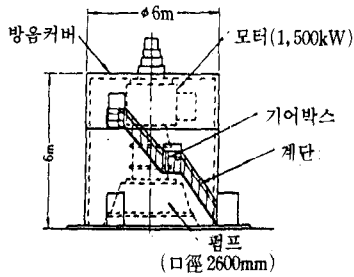


그림 3-8 대형 방음커버 예

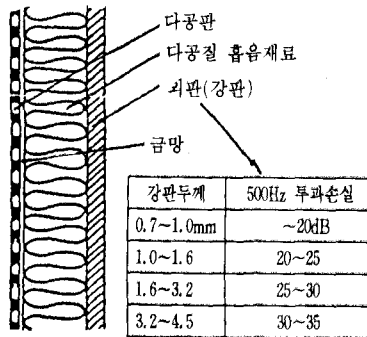


그림 3-9 방음커버 단면에

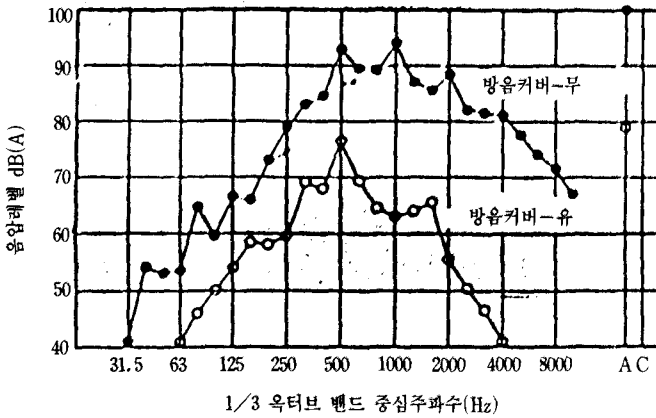


그림 3-10 엔진용 방음커버의 저감효과 예

펌프실의 방음을 위해서는 건물의 벽, 지붕 등의 차음, 내부에서의 흡음과 방진 및 환기구 등 개구부에서의 소음에 유의해야 한다. 펌프장의 크기가 적을 경우 방음용 판넬 등을 이용하는 것이 편리하다. 그러나 클 경우는 보통 단일벽체로 한다. 또 소음의 발생이 심하면 벽의 내면에 흡음체를 부착시키거나 벽을 이중벽에 구조를 하여 감음능력을 크게할 수 있다. 펌프실 벽의 내면이 음의 반사가 큰 구조로 되어 있을 경우, 즉 잔향성이 클 때는 음압의 상승으로 소음이 수 dB정도 커질 수가 있다. 그러나 벽의 내면을 흡음체로 잘 처리하면 5~10dB정도 감음효과를 얻을 수 있다. 소음의 주파수특성을 고려할 때 고주파음역에 다공질 흡음체를 사용하는 것이 효과적이다. 이중벽을 사용할 때는 방음목적 주파수가 공명투과주파수와 일치효과주파수 사이에 오도록 함이 요구된다.

펌프에서 소음은 펌프가 모터구동인 경우 기본주파수가 250~800Hz이고 엔진구동인 경우는 250~2,000Hz 정도가 되므로 이를 감안, 펌프장의 차음 및 흡음처리 정도를 산정해야 한다.

(1) 펌프실의 차음

펌프장의 벽을 단일벽체의 구조로 할 때 벽의 차음도 TL_c 은 질량법칙(Mass Law)에서

$$TL_c = 18 \log(M \cdot f) - 44 \text{ (dB)} \quad (3.1)$$

여기서 M : 벽체의 면적밀도,

$$\text{kg/m}^2$$

f : 주파수, Hz

또 벽체를 두께나 재료가 상이한 것으로 조합할 경우의 차음은 종합적인 차음도 \overline{TL} 로 고려해야

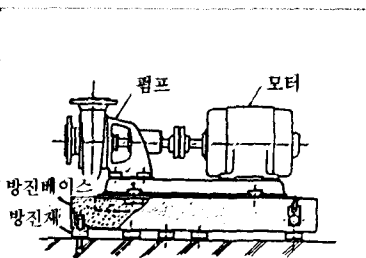


그림 3-11 펌프의 방진장치

의 설계시에는 강제진동수와 고유진동수의 비가 3이상이 되도록 해야 한다. 그림 3-11은 옥내설치중, 소형 펌프에서 많이 채용되고 있는 방진예를 나타낸다. 그러나 대형입행배수펌프와 같은 경우는 보통 기초를 튼튼히 하고 펌프를 부가하중이나 방진기대 없이 그대로 기초위에 견고히 설치하기도 한다.

3.3 건축상의 방음 및 고체전파음 대책

3.3.1 건물의 차음 및 흡음처리

계중심과 진동전달을 등을 고려하여 방진장치의 필요유무와 필요규격을 선정해야 한다. 방진지시계

한다.

$$\overline{TL} = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

$$= 10 \log \left(\frac{\sum S_i}{\sum S_i \cdot \tau_i} \right) \quad (3.2)$$

여기서 S_i : 벽 각부분의 면적, m^2
 τ_i : 벽 각부분 재료의

$$\text{투과율} (= 10^{-\frac{TL_i}{10}})$$

(2) 펌프실내의 흡음

펌프실의 내면에 흡음재를 부착시켜서 처리할 때 흡음율은 평균 흡음율 $\bar{\alpha}$ 을 기준으로 한다.

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum S_i \cdot \alpha_i}{\sum S_i}$$

$$= \frac{S_1 \cdot \alpha_1 + S_2 \cdot \alpha_2 + \dots + S_n \cdot \alpha_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad (3.3)$$

여기서 S_i : 실내 각부분의 면적, m^2
 α_i : 실내 각부분의 흡음율

(3) 펌프실의 방출소음도

펌프실에서 방진상태가 양호하고, 음향적 조건을 반향산음장으로 볼때 벽의 외부로 방출되는 소음의 부지경계선에서의 예측 소음도 SL은 다음식으로 계산, 예측할 수 있다.

$$SL = \overline{PWL}_s + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} + \frac{4}{R} \right) - (\overline{TL} + 6) - L_d + L_R \quad (3.4)$$

여기서 \overline{PWL}_s : 실내 음원의 파워레벨, dB
 Q : 지향계수

$$R: \text{실정수} (= \frac{S \cdot \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}) \quad m^2$$

r : (음원과 벽체간의 거리) - 1, m

L_R : 주파수 대역별 청감보정회로 보정치, dB

L_d : 실외의 거리감쇠치, dB

위에서 L_d 는 Rath의 경험식을 이용하면

(a) $1 < \frac{a}{\pi}$ 인 경우

$$L_d = 0 \quad (3.5)$$

(b) $\frac{a}{\pi} < 1 < \frac{b}{\pi}$ 인 경우

$$L_d = -10 \log \left(\frac{\pi \cdot \ell}{a} \right) \quad (3.6)$$

(c) $1 > \frac{b}{\pi}$ 인 경우

$$L_d = -20 \log \left(\frac{\pi \cdot \ell}{b} \right) - 10 \log$$

$$\left(\frac{b}{a} \right) \quad (3.7)$$

여기서 a : 벽의 짧은 변, m

b : 벽의 긴 변, m

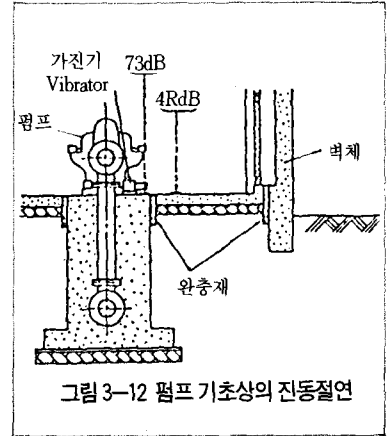
ℓ : 벽과 부지경계선간의 거리, m

펌프실이 적어 밀폐상자 처럼 되고 내부에서 산란파가 형성될 때 SL은

$$SL = \overline{PWL}_s - \overline{TL} - 10 \log R - L_d + L_R \quad (3.8)$$

3.3.2 건물의 진동절연

펌프의 기초 및 배관부분의 진동이 건물의 벽체로 전파되어 고체음을 외부로 전파, 방사하게 되므로 진동의 절연이 필요하다.



진동의 절연방법은 펌프의 기초상과 건물벽체의 기초상, 그리고 벽의 배관 관통부 사이에 코르크, 발포스티로폴 등과 같은 완충재를 삽입, 사용하여 진동의 절연효과를 얻을 수 있다. 그림 3-12는 기초상에 완충재를 삽입, 진동절연을 한 예를 보여준다.

3.3.3 방진형 방음판넬

대형펌프장에서 펌프가 엔진으로 구동되는 경우 기계주변에 방진대책을 하지 않으면 설치후 펌프장 벽면에서의 고체전파음으로 공해문제가 야기될 수 있다. 또 방음벽의 대책을 수립하는데는 대형 펌프장의 경우 건물이 높고 크게 되므로 시공에 불편한점이 있으며 경우에 따라서 일조권과 외관상의 위압감이 문제로될 수도 있다. 이런 경우 방음판넬을 이용해서 펌프에 방음벽을 독립적으로, 또는 건물의 벽에 직접 취부해서 설치할 수 있다. 방음판넬은 벽면을 투과하는 투과음과 미진동에서의 고체음을 방지할 수 있는 방진형 방음판넬을 사용함이 좋으며, 또 방음판넬은 방진장치가 내장되고 이중벽의 구조로 되어 중공층에서 공기의 흡음효과도 함께 얻을 수

있는 것이 보다 감음효과가 크다. 일례로 펌프장에서 벽면에 일정한 간격을 두고 방음판넬을 취부, 벽체에서 방사되는 소음을 차음효과와 흡음효과를 이용, 감음시키고, 또 벽면의 진동을 방진, 절연시켜서 방음판넬로의 전파를 억제하면 소음의 2차 방사음까지도 방지가 가능하다. 방음판넬로 방음대책을 신뢰성있게 할 때의 감음효과는 저주파쪽에서는 효과가 적으나 고주파음역에 대하여는 20~25dB 정도 얻을 수 있다.

4. 결론

최근 펌프장시설이 대형화되고 택지난 등으로 주거시설이 펌프장에 인접한 곳에 까지 들어서는 경우가 발생되고 있다. 또 종전에는 소음이 그다지 심하지 않아 공해로서 경시되었으나 최근에는 소음의 발생정도가 커지고, 사람들도 각종 공해로부터 탈피, 보다 쾌적한 주거환경의 조성에 대한 욕구가 증대되고 있으며, 이에 따른 관련 법규도 강화되는 추세에 있다. 따라서 펌프장의 건설시에는 펌프장시설의 발생소음이 펌프장 내외에서 공해문제로 야기될 것에 대비, 쾌적한 주거환경의 조성과 작업자의 근무환경의 개선의 견지에서 설계시 부터 사전에 소음에 대한 대책을 세움이 필요하다.

소음대책으로서 펌프가 소형일 경우는 방음커버가 이용될 수 있

펌프장의 설계시에 펌프 및 구동기의 선정, 배관의 레이아웃, 환기설비 등의 설치위치, 건물구조 및 벽체의 구성과 진동전파의 억제, 주변사정, 펌프장 실내외에서의 소음규제치 및 목표치 등을 포함한 전체시스템에 대해 충분히 검토, 반영토록함이 필요하다.

겠으나 펌프가 다수 설치되고 대형일 경우에는 방음형의 펌프실이 이용된다. 또 펌프실내에 엔진구동형펌프와 같이 소음 발생이 심한 시설이 설치될 때는 소음이 심한곳을 구분, 국부적인 방음책을 병행하여 세움이 경제적이고 효과적이 될 수 있다.

펌프장의 소음대책을 설계하는 데는 음책과 함께 제진과 차진문제, 압력맥동 등에 의한 고체음의 발생억제 및 공진의 발생억제책 등을 강구해야 한다. 이를 위해서는 펌프장의 설계시에 펌프 및 구동기의 선정, 배관의 레이아웃, 환기설비 등의 설치위치, 건물구조 및 벽체의 구성과 진동전파의 억제, 주변사정, 펌프장 실내외에서의 소음규제치 및 목표치 등을

포함한 전체시스템에 대해 충분히 검토, 반영토록함이 필요하다. 또 소음, 진동의 발생근원인 펌프 및 기타 기계시설의 보다 저소음화에도 유의하며 소음대책이 보다 효과적이고 경제적으로 될 수 있도록 해야한다.

끝으로 본고가 금후 펌프장의 소음대책에 참여하는 분들께 참고가 되었으면 한다.

5. 참고문헌

- 1) 소음방지공학, 기연사
- 2) 정일록, 소음·진동학, 신광출판사
- 3) 소음, 진동대책 HANDBOOK, 집문사
- 4) 손병진외, 유체기계, 보문당
- 5) 김희재, 송풍기·압축기, 경도출판사
- 6) PUMP HANDBOOK, McGraw-Hill Book Co.
- 7) 공기 조화설비의 방음과 방진, 건축설비 시리즈 8, 대광서림
- 8) 조진호, 내연기관공학, 학연사
- 9) 산업기계, 일본 산업기계공업회, 1979, 4
- 10) 배관기술, 일본, 1983, 11
- 11) 소음·진동 편람, 일본 신기술센터
- 12) 회전기계의 진동·소음, 그 원인과 대책, 해석, 조사, 진단, 도서출판 세화
- 13) 환경관리인 연합회, 환경관리인 1994, 3 및 1994, 4

환경오염 내일 없고 오염방지 계절없다