

Wire Mounting을 이용한 진동저감에 대한 실험 연구

Vibration Reduction Using Wire Mounting - Test Results

°최상현* · 박윤식*

°Sang-Hyeon Choi* · Youn-Sik Park*

ABSTRACT

Structure-borne noise and vibration is one of the main complaints of home appliances such as refrigerators, washing machines, air conditioners, etc. There have been many efforts to reduce the emitting noise and vibration. Mostly the efforts have been concentrated to optimize the mounts shape and its material properties realizing that the vibration power is mainly transmitted to the structure via mounts. It is known that softer mounts have the better vibration isolation effect. But mounts have another important function in addition to the vibration isolation. That is to support the motor and compressor safely. Thus mounts should be stiff enough to resist the supporting items. But the two properties, stiff and soft, are contradict each other. So the designer should compromise the two complicity properties properly in between.

Noticing that, motors and compressors themselves are very quite until they are connected to the base structure via mounts, wire connecting idea was proposed in this work. Instead of using conventional mounts, as shown in Fig 4, compressor was mounted using six wires as shown in Fig 5. Since wire is very flexible in bending but stiff in tension, we can realize the ideal mount design requirements, stiff enough to support and soft enough to isolate vibration power. The suggesting idea was tested with an air conditioner outdoor unit.

1. 서 론

기계 구조물의 시장이 넓어지면서 경쟁력을 얻기 위해서는 정숙함과 안락함을 추구하는 저진동 저소음 기술이 중시되고 있다. 가전제품 중에서 에어컨은 그 수요가 국내외적으로 증가하고 있고 업체간의 경쟁이 치열한 제품이다. 에어컨의 진동이 심할 경우 파이프가 파손돼서 냉매가 누출될 수 있고, 구조기인 소음이 심해질 것이다. 에어컨은 쾌적한 환경을 제공하는 역할을 하므로 소음에 대한 관심도가 큰 편이며, 소음 문제는 소비자가 직접적으로 느낄 수 있는 성능이 되므로 중요하다.

에어컨의 소음 진동은 주로 팬, 모터, 컴프레서에 기인한다. 이들 중 컴프레서에 의한 소음 진동이 가장 크다고 볼 수 있다.⁽¹⁾ 소음 진동을 줄이는 방법으로는 가진력 성분을 변경하는 방법, 질량 또는 강성을 변화시켜서 공진 주파수를 회피하는 방법, 댐핑을 크게 해서 공진주파수에

서의 전달률을 저감하는 방법, 그리고 동흡진기를 이용하는 방법 등을 생각할 수 있을 것이다.

에어컨 실외기의 경우 컴프레서로부터 가진력이 연결부에 가해짐으로써 진동과 그로 인한 구조기인 소음을 야기하게 된다. 컴프레서가 구조물을 가진하는 정도를 비교하기 위해서 힘, 모멘트, 속도, 가속도를 이용하는 것 보다 진동 파워를 이용하면 몇 가지 이점이 존재한다. 우선, 진동파워는 에너지 개념이기 때문에 구조기인 소음과 직접적 연관성을 찾기 쉽고, 각 연결점에서 전달되는 진동파워는 하나의 실수로 표현되며, 연결점 전체에서의 전달 파워에 대한 각 연결점에서 전달되는 파워의 비율도 쉽게 살펴볼 수 있다. 또한 병진 자유도와 회전 자유도를 동시에 고려하는 경우 힘(N), 모멘트(N·m), 속도(m/s), 각속도 (rad/s) 등을 비교할 때에 생기는 단위의 불일치 문제를 하나의 단위(W)로 해결할 수 있다는 장점도 있다. 따라서 구조물의 진동과 소음을 줄이기 위해서는 궁극적으로 구조물에 유입되는 진동파워를 줄여야 한다.

에어컨 실외기의 소음 진동을 저감하기 위해서는 컴프

* 한국과학기술원 기계공학과

래서에서 실외기 케이스로 전달되는 진동파워를 줄여야 한다. 현장에서는 주로 고무 마운트나 흡입·토출 파이프의 강성을 최소화해서 전달되는 진동파워를 최소화하는 방법을 사용하고 있다.⁽²⁾ 그런데, 주요 가진력은 압축기(Rotary type)의 수직축에 대한 회전방향의 모멘트인데 고무 마운트 안이 볼트로 체결되어 있으므로 회전방향의 강성을 줄이는 데에는 한계가 있다.

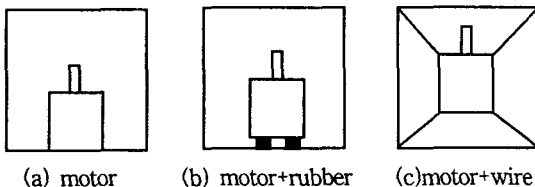
본 연구에서는 이 문제점을 해결하기 위하여 기존의 고무 마운트 대신에 wire를 이용해서 압축기를 고정하는 방법을 제시하고자 한다. wire는 인장력 방향으로는 충분히 강성이 크므로 압축기를 지지할 수 있고, 또한 다른 방향으로는 강성이 작으므로 실외기 케이스로 전달되는 진동파워를 저감할 수 있는 장점이 있으므로 wire로 압축기를 지지하는 연구를 하게 되었다.

2. 모의 실험

우선 모터를 이용하여 wire로 지지하면 소음이 줄어드는지의 여부를 확인해보았다. Fig. 1에서와 같이 (a) 모터가 구조물에 직접 고정되어 있는 경우, (b) 모터가 고무로 연결되어 있는 경우, (c) 모터를 wire로 매단 경우에 대하여 각각의 소음을 비교하였다. 구조물은 열두 개의 모든 모서리는 프레임이고 바닥은 평판으로 이루어졌다.

Fig. 2의 첫 번째 그림은 (a)와 (c)의 음압 레벨을 비교한 결과이고 두 번째 그림은 소음이 제일 심한 부분을 확대한 것이다. 마찬가지로 Fig. 3의 첫 번째 그림은 (b)와 (c)의 음압 레벨을 비교한 결과이고 두 번째 그림은 소음이 제일 심한 부분을 확대한 것이다. 그리고, Table 1은 각각의 경우에 대하여 음압 레벨의 최대값과, 전체 주파수 영역(0~2000Hz)에서의 음압 레벨을 비교한 결과이다.

wire를 이용해서 모터를 매단 결과 모터가 직접 고정되어있는 경우보다 전체 소음이 6dBA 정도 감소하였고, 고무로 연결된 경우보다 4dBA 정도 감소한 결과를 얻을 수가 있었다. 진동원을 구조물에 고정시킬 때에 wire를 이용하면 구조기인소음을 저감할 수 있음을 간단한 실험을 이용하여 확인할 수 있었다.



- (a) motor is fixed directly to the structure
- (b) motor is connected to the structure by rubber
- (c) motor is suspended with wires

Fig. 1 Sketch of three cases

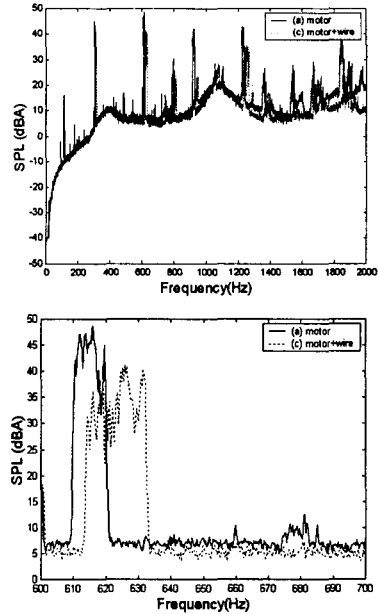


Fig. 2 Comparison of SPL (a and c)

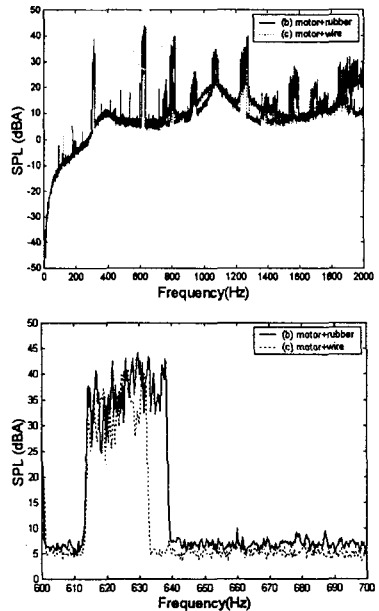


Fig. 3 Comparison of SPL (b and c)

Table 1 Comparison of SPL

	SPL _{peak} (dBA)	SPL _{total} (dBA)
(a) motor	48.65	64.22
(b) motor + rubber	44.13	62.21
(c) motor + wire	41.21	58.20

3. 결과 및 고찰

3.1 Wire를 이용한 컴프레서 마운팅 구조 변경

Fig. 4는 기존의 고무 마운트를 이용하여 컴프레서를 베이스 구조물에 고정하는 그림이다. 컴프레서는 3점 지지되며, 각각의 고무 마운트 안에는 볼트로 컴프레서와 베이스 구조물이 체결되어 있다.

앞에서 말한 바와 같이 컴프레서에 의한 소음 및 진동을 저감하기 위해서는 컴프레서에서 실외기 케이스로 전달되는 진동파워를 줄여야 하고, 진동파워의 저감을 위해서 방진 고무나 파이프의 강성을 최소화하는 연구가 진행되고 있다. 그러나 방진 고무 내의 볼트로 인하여 추가진력 방향인 회전방향의 강성을 낮추는 데에 한계가 있으므로, Fig. 5와 같이 기존의 고무 마운트 대신에 6개의 wire를 이용하는 방법을 고안하였다.

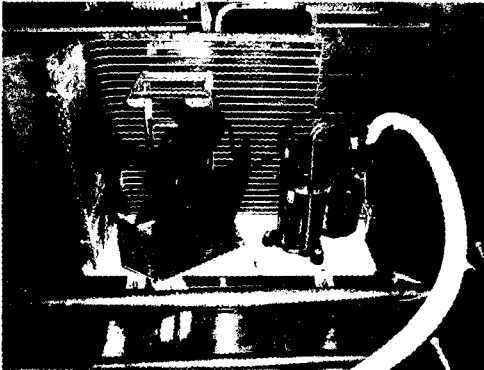


Fig. 4 Conventional mount support

3.2 소음 저감 확인

기존의 고무 마운트를 이용한 경우와 본 연구에서 제시한 wire를 이용하는 경우에 대하여 각각 운전 중의 음압을 측정하고 비교해 보았다. 정상 상태(steady state)의 신호를 측정하기 위하여 1시간 이상 예열한 후에 실험하였고, 기존의 연구에서와 마찬가지로 실외기 전방 1m에서 측정하였다.

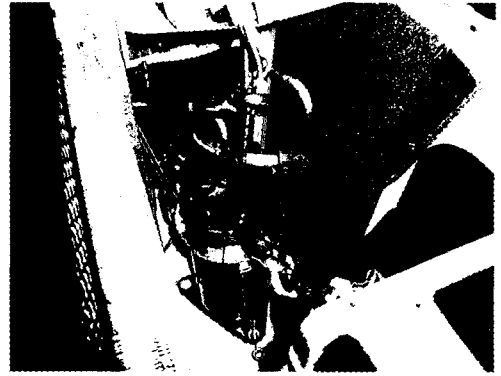


Fig. 5 Wire support

그 결과를 비교하면 Fig. 6과 같다. Fig. 6에서 실선은 기존의 고무 마운트를 이용한 구조물에 대한 결과이고, 점선은 wire를 이용한 구조물에 대한 결과이다. Fig. 7의 (a), (b)는 측정 결과를 1/3 octave 분석한 결과이고, Fig. 8은 각 주파수 별로 소음의 증감을 살펴보기 위하여 Fig. 7의 (a)에서 (b)를 뺀 그림이다.(즉 Fig. 7에서 세로축이 +인 부분은 소음이 증가한 것을 나타내고, -인 부분은 소음이 감소한 부분을 나타낸다.) 그리고 Fig. 9는 Fig. 8에서 표시한 소음이 감소한 부분에 대해서 Fig. 6을 확대한 그림이다.

Fig. 8을 보면 주파수 영역에 따라서 소음이 증가한 부분도 있고 감소한 부분도 있음을 알 수 있다. 전체적으로 살펴본 결과는 다음과 같다.

$$SPL_{total} : 67.0dBA \Rightarrow 65.6dBA \text{ (1.4dBA 감소)}$$

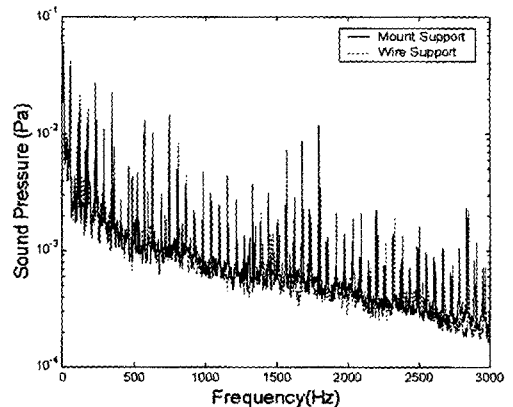
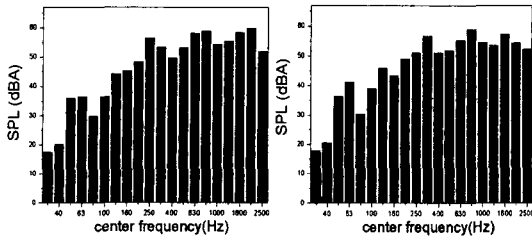


Fig. 6 Sound Pressure of air conditioner



(a) Mount support (b) Wire support
Fig. 7 1/3 octave analysis

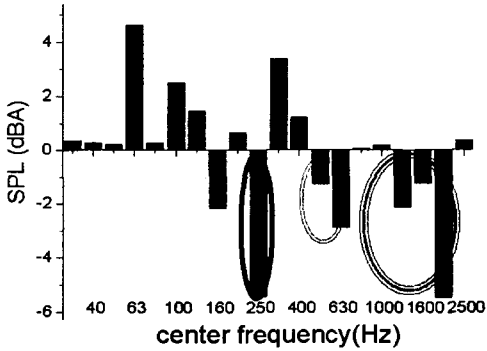


Fig. 8 Comparison of SPL
(+: increase - : decrease)

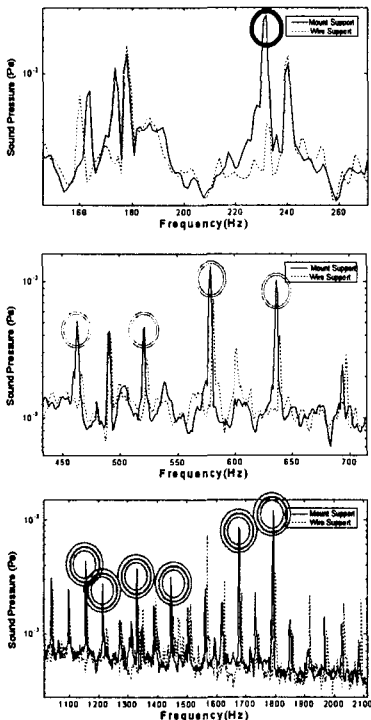


Fig. 9 Comparison of sound pressure

3.3 진동 저감 확인

3.2절과 마찬가지로 기존의 고무 마운트를 이용한 경우와 wire를 이용한 경우에 대하여 가속도 신호를 비교해 보았다. 컴프레서가 실외기 케이스의 바닥을 가진하는 효과가 줄어들었는지의 여부를 확인하기 위하여 우선 실외기 밀면에서의 가속도 신호를 비교해 보았다. Fig. 10은 기존의 고무 마운트를 이용한 경우의 실외기 밀면의 가속도 신호이고, Fig. 11은 고무 마운트 대신에 wire를 이용한 경우의 실외기 밀면의 가속도 신호이다. 이 둘을 비교한 결과를 Table 2에 정리하였다. 최대값은 1.2753m/s^2 에서 0.4816m/s^2 로 62.2% 감소하였고, 평균값은 0.0162m/s^2 에서 0.0128m/s^2 로 21.0% 감소하였다.

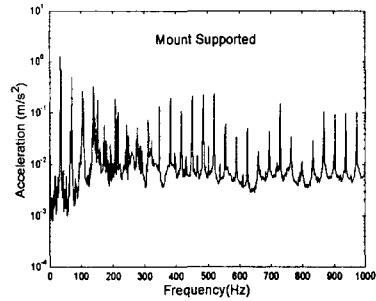


Fig. 10 Measured base plate acceleration for mount supported case

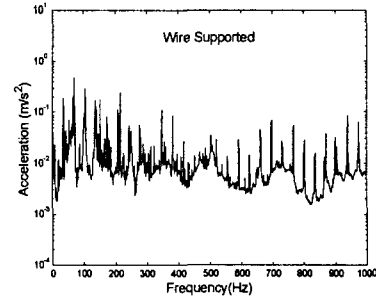


Fig. 11 Measured base plate acceleration for wire supported case

Table 2 Comparison of base plate acceleration

	Mount Support	Wire Support	
Peak value	1.2753 m/s^2	0.4816 m/s^2	62.2 % decrease
Mean value	0.0162 m/s^2	0.0128 m/s^2	21.0 % decrease

에어컨에서 진동이 중요한 이유는 진동이 구조기인 소음을 유발하고 진동 자체가 인간에게 거부감을 주는 이

유뿐만 아니라, 진동이 크게 되면 배관이 파손되어 에어컨의 수명이 끝나기 때문이다. 따라서 실외기 케이스의 진동보다 파이프의 진동이 더 중요하다.

Fig. 12는 파이프가 주로 진동하는 방향을 나타낸 것이다. 흡입 파이프는 접선방향의 성분이 주된 방향이고 토출 파이프는 비틀림 성분이 주된 방향임을 알 수 있다. 흡입 파이프와 토출 파이프의 주된 방향의 가속도를 각각 측정하고 이를 비교해 보았다.

우선 흡입 파이프의 가속도 측정 결과는 Fig. 13과 같다. Fig. 13에서 실선은 기존의 고무 마운트를 이용한 구조물에 대한 결과이고, 점선은 wire를 이용한 구조물에 대한 결과이다. 이 둘을 비교한 결과를 Table 3에 정리하였다. 최대값은 6.2293m/s^2 에서 5.9209m/s^2 로 4.95% 감소하였고, 평균값은 0.0656m/s^2 에서 0.0490m/s^2 로 25.3% 감소하였다.

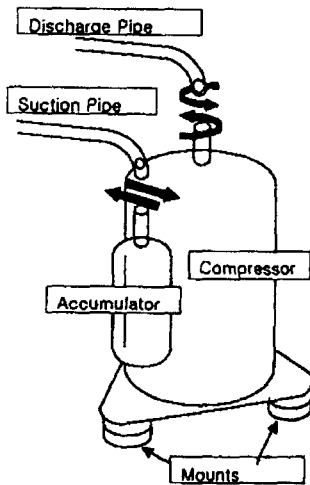


Fig. 12 Dominant direction of pipe vibrations

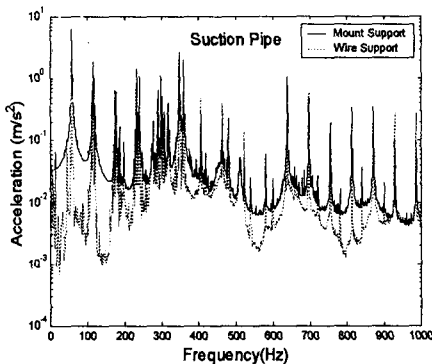


Fig. 13 Measured accelerations of suction pipe

Table 3 Comparison of suction pipe accelerations

	Mount Support	Wire Support	
Peak value	6.2293 m/s^2	5.9209 m/s^2	4.95 % decrease
Mean value	0.0656 m/s^2	0.0490 m/s^2	25.3 % decrease

그리고 토출 파이프의 가속도 측정 결과는 Fig. 14와 같다. 마찬가지로 Fig. 14에서 실선은 기존의 고무 마운트를 이용한 구조물에 대한 결과이고, 점선은 wire를 이용한 구조물에 대한 결과이다. 이 둘을 비교한 결과를 Table 4에 정리하였다. 최대값은 54.950rad/s^2 에서 9.4346rad/s^2 로 82.8% 감소하였고, 평균값은 0.5056rad/s^2 에서 0.0996rad/s^2 로 80.3% 감소하였다.

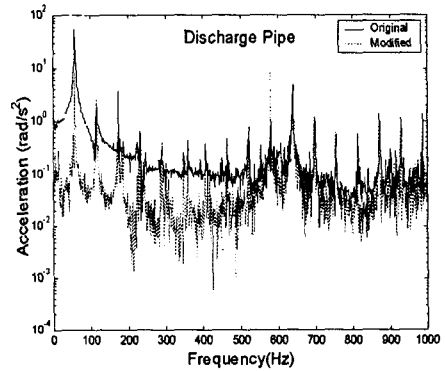


Fig. 14 Measured accelerations of discharge pipe

Table 4 Comparison of discharge pipe accelerations

	Mount Support	Wire Support	
Peak value	54.950 rad/s^2	9.4346 rad/s^2	82.8 % decrease
Mean value	0.5056 rad/s^2	0.0996 rad/s^2	80.3 % decrease

4. 결론

본 연구는 기존의 마운트 구조 대신에 wire를 이용해서 컴프레서를 고정하여 에어컨의 소음과 진동을 저감하는 데에 목적이 있다.

주요 가진력 방향인 압축기 수직축에 대한 회전방향의 강성을 줄이기 위하여 wire로 압축기를 고정하는 방법을 제시하였다. wire는 인장력 방향으로 충분히 강성이 크므로 압축기를 지지할 수 있고, 또한 다른 방향으로의 강성이 작으므로 실외기 케이스로 전달되는 진동파워를 저감할 수 있는 장점이 있다.

제안된 방법으로 컴프레서를 고정한 결과 소음은 1.4dBA 정도 감소하였고 실외기의 진동량은 최대값이 밀

면에서는 62.2%, 흡입 파이프에서는 4.95%, 토출 파이프에서는 82.8% 감소하였고, 평균값은 밀면에서 21.0%, 흡입 파이프에서 25.3%, 토출 파이프에서 80.3% 감소하는 효과를 얻을 수 있었다.

후기: 본 연구는 국가지정연구사업 "진동저감을 위한 동특성 변경기술(M1-0001-00-0139)"의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 이영빈, 1998, 탄성 기초부 위에 있는 다점지지 마운트계의 진동절연기법연구 및 콤프레셔계에의 응용, 한국과학기술원 석사학위논문
2. 장한기, 2001, 에어컨 컴프레서 진동 절연기술 개발, 소음진동기술센터 인체진동연구실