

Phase balancer 최적화를 통한 세탁기 진동 저감

The vibration reduction of washing machine by Phase balancer optimized

박병규* · 김진수* · 양인형* · 이정윤** · 오재응†

Byung-Kyu Park, Jin-Su Kim, In-Hyung Yang, Jung-Youn Lee and Jae-Eung Oh

1. 서 론

최근 생활수준이 향상됨에 따라 소비자의 가전제품에 대한 저소음, 저진동 요구는 크게 커지고 있다. 가전제품 중 세탁기는 대형화 및 고속화 되어지고 있는 현 추세와 기존 다용도실에 설치 하던 방식이 주방 및 거실로 옮겨짐에 따라 소비자에게 미치는 영향이 커지고 있다. 세탁기 자체의 진동뿐만 아니라 세탁기의 진동으로 인하여 발생하게 되는 바닥 진동 또한 문제가 되어 지고 있다. 문제를 해결하기 위하여 세탁기와 바닥 사이에 제진 패드 적용으로 바닥으로 전달되는 진동을 줄일 수 있지만 제진 패드에 의해 발생하는 위상차로 세탁기 진동이 증가하는 문제가 발생하였다. 이에 제진 패드의 적용으로 발생하는 위상차를 줄이기 위하여 봉을 비틀림 강성을 이용하여 진동이 발생하는 두 지지점에 대한 위상 차이를 저감시키고자 Phase balancer를 도입하고 최적화하였다.

2. Phase balancer 최적화

2.1 Phase balancer 설계 이론

제진 패드 사용으로 세탁기 작동 중 발생하는 진동은 좌우로 진동시 상하방향 변위 차이가 3.29mm로 가장 큰 실험을 통해 확인하였다.

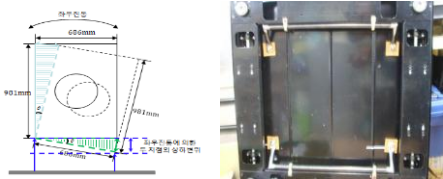


Fig1. Right and left vibration of washing machine and damping pads with phase balancer

제진 패드의 강성 및 실험을 통해 측정된 세탁기의 가진력을 식(1)에 대입하여 상하 진동의 차이를 계산할 경우 3.29mm로 실험적으로 구한 변위와 2% 이내의 오차로 일치함을 확인하였다.

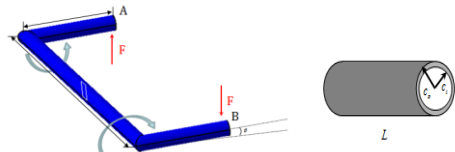


Fig2. Schematic design of phase balancer

$$x = \frac{F}{k} \tag{1}$$

최대 전단 변형율은 다음과 같이 표현된다.

$$\gamma = \frac{c_0 \theta}{L} \tag{2}$$

또한 전단응력은 다음과 같이 표현되고

$$\tau = G \cdot \gamma \tag{3}$$

수식을 이용하여 봉에 작용하는 최대 토크를 계산할 수 있다.

$$T = \frac{\tau \cdot J}{c} \left(J = \frac{1}{2} \pi (c_o^4 - c_i^4) \right) \tag{4}$$

$$h = l \sin \theta \tag{5}$$

2.2 시뮬레이션을 이용한 실험계획법

실험계획법의 정의는 해결하고자 하는 문제에 대하여 실험을 어떻게 행하고, 데이터를 어떻게 취하며, 어떠한 통계적 방법으로 데이터를 분석하면 최소의 실험횟수에서 최대의 정보를 얻을 수 있는가를 계획하는 것이다.

본 연구에서는 다구찌법을 이용하여 Table1과 같이 4인자 3수준으로 실험 인자 및 레벨을 선정하여 직교배열표를 이용하여 배치 후 실험을 실시하였다.

† 교신저자; 한양대학교 기계공학부
E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr
Tel : (02) 2294-8294, Fax : (02) 2299-3153
* 한양대학교 기계공학과

** 경기대학교 기계시스템공학과

Table 1 factor and level of phase balancer

	Inside diameter	Outside diameter	Length	Property of material
1	12	18	300	Aluminum
2	14	19	380	Copper
3	16	20	460	Steel

설계 및 해석 상용 프로그램을 이용하여 Phase balancer를 직교배열표와 같이 모델링 하였고 Table2과 같은 특성치를 확인하였다. 특성치로는 세탁기의 좌우진동으로 의해 생기게 되는 상하 방향의 변위를 사용하였으며, 값이 작을수록 진동이 줄어들게 되므로 망소특성을 적용하였다.

Table 2 orthogonal arrays

	Inside diameter	Outside diameter	Length	Property of material	Data
1	12	18	300	Aluminum	5.45
2	12	18	380	Copper	3.90
3	12	18	460	Steel	2.38
4	12	19	300	Copper	2.55
5	12	19	380	Steel	1.78
6	12	19	460	Aluminum	5.40
7	12	20	300	Steel	1.28
8	12	20	380	Aluminum	3.85
9	12	20	460	Copper	2.51
10	14	18	300	Aluminum	7.26
11	14	18	380	Copper	4.02
12	14	18	460	Steel	2.96
13	14	19	300	Copper	2.95
14	14	19	380	Steel	2.03
15	14	19	300	Aluminum	6.49
16	14	20	380	Steel	1.45
17	14	20	460	Aluminum	4.43
18	14	20	300	Copper	2.81
19	16	18	380	Aluminum	8.89
20	16	18	460	Copper	8.22
21	16	18	300	Steel	3.89
22	16	19	380	Copper	3.95
23	16	19	460	Steel	2.69
24	16	19	300	Aluminum	9.22
25	16	20	380	Steel	1.83
26	16	20	460	Aluminum	4.97
27	16	20	300	Copper	3.16

시뮬레이션 결과를 이용하여 망소특성 S/N비 Table3과 같이 도출하였다. 설계인자 특성치에 가장 영향을 미치는 설계 인자는 재료가 됨을 확인할

수 있었고 특성치에 망소특성을 가장 크게 반영하는 설계 레벨로는 내경 14mm, 외경 20mm, 길이 300mm, 재료 steel이 됨을 확인하였다.

Table 3 S/N ratio data

	Inside diameter	Outside diameter	Length	Property of material
1	-9.302	-13.543	-10.112	-15.520
2	-10.628	-11.044	-11.169	-10.958
3	-13.118	-8.461	-11.767	-6.570
Rank	3	2	4	1

2.3 시뮬레이션을 통한 최적화된 Phase balancer의 변위 저감 성능 평가

다구찌법으로 도출한 최적설계 인자 및 레벨을 이용하여 시뮬레이션으로 최적 변위를 확인한 결과 다음 Table4과 같다.

Table 4 optimization result

	Inside diameter	Outside diameter	Length	Property of material	최적 변위
기준	16mm	19mm	460mm	Steel	3.29mm
Simulation	12mm	20mm	300mm	Steel	1.28mm

다구찌법을 통해 얻은 최적 인자 조건을 시뮬레이션을 이용하여 특성치를 도출한 결과 1.28mm의 상하 변위를 얻을 수 있었다. 기존 3.29mm 대비 2.01mm감소 61%의 변위 저감을 보였다.

3. 결론

본 연구는 실내 환경 진동 및 저감을 위해 세탁기 제진 패드에 의해 발생하는 위상차를 줄이기 위한 Phase balancer 연구로 Phase balancer 최적화를 통하여 제진 패드로 인한 상하 변위를 감소시켰다. 상하 변위를 감소시키기 위하여 다구찌 방법을 적용하여 설계 방법을 제시하였다.

참고문헌

- (1) 오재웅, 차경준, 이규태, 진정언, 2003, “다구찌 방법과 실험계획법을 이용한 소음기의 설계방법”, 한국자동차공학회논문집, 제 7권, 제 5호, pp.121~129
- (2) 오재웅, 정창용, 양인형, 정재은, 이종원, 2011, “세탁기 드럼 내 불평형 질량 위치에 따른 세탁기 변위 비교”, 한국소음진동공학회, 추계학술대회논문집, pp.725~726