

감성 품질 향상을 위한 탄성 구조체 설계

Design of an Elastic Structure for Tactile Ergonomic Quality

*권효찬¹, #김권희², 김영관¹, 김정훈¹, 조창희², 한재웅¹

*H. C. kwon¹, #K. H. Kim(kwonhkim@korea.ac.kr)², Y. K. Kim¹, J. H. Kim¹, C. H. Cho¹, J. W. Han¹

¹고려대학교 대학원 기계공학과, ²고려대학교 기계공학부

Key words : Ergonomic Quality, Elastic Structure, Design Improvement

1. 서론

최근 인간의 감성적 판단에 영향을 미치는 인체공학적 요소가 제품의 품질을 판단하는 중요한 척도로 채택되고 있다. 인체와 접촉하여 사용되는 제품의 접촉부 촉감 및 소음 특성은 감성 품질을 좌우하므로 이를 개선하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다^{1,2}.

본 연구에서는 오디오 등 전자기기의 푸시 버튼을 지지하는 Fig. 1 에 보인 탄성 구조체를 대상으로, 버튼 조작 시의 촉감 특성을 유지하면서 소음을 감소시키는 방안을 제시하였다.



Fig. 1 Elastic structure

2. 평가 방법 설정

2.1 촉감 평가 방법

물질의 촉감은 표면 거칠기, 변형특성 등 여러 가지 측면에서 평가할 수 있다. 버튼의 경우 Fig. 1 에 보인 탄성구조체에 의하여 지지되므로 버튼 하단부에 위치한 이 구조체의 변형 특성이 촉감을 좌우하게 된다. 상부의 버튼 구조체는 하부의 탄성구조체 비하면 강체에 가깝다고 볼 수 있다. 이러한 점을 감안하여 촉감 평가 실험은 10mm/s 의 속도로 하강하는 강제 판으로 탄성 구조체를

압축시키는 방법으로 진행한다. 강제 판이 하강할 때 받는 반발력과 변위를 측정하여 변위-반발력 그래프에 기반하여 촉감도를 평가한다.

2.2 소음 평가 방법

버튼을 누르면 발생하는 소음은 탄성 구조체가 바닥에 충돌할 때의 충격량에 비례한다. 시간에 따라 0N 에서 3N 까지 선형적으로 증가하는 힘을 버튼 윗면에 가하여 버튼 하단부와 충돌면 간의 접촉하중과 측정하여 충격량을 계산한다.

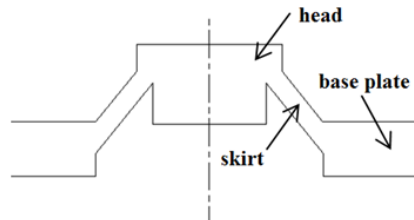


Fig. 2 Sectional view of elastic structure

3. 탄성 구조체의 유한요소 모델

버튼을 지지하는 탄성 구조체를 모델링하고 상용 프로그램인 Abaqus 를 이용하여 유한요소 해석을 진행하였다. 유한요소 모델은 Fig. 2 와 같이 제품 단면 형상을 기반으로 축대칭 조건의 8 절점 사각형 요소들을 사용하여 만들었다. 탄성 구조체의 재질은 실리콘 고무로 물성 평가를 위하여 biaxial, planar, uniaxial test 를 진행하였다. Test 결과는 Mooney-Rivlin 모델로 환산하여 해석에 사용하였다.

4. 실험계획법을 이용한 탄성 구조체의 설계개선

4.1 인자선정

탄성 구조체 설계 개선의 기본 조건은 개선 모델이 기존 모델의 촉감과 유사해야 한다는 점이다. 여러 변수들에 대하여 각 변수를 10% 변경한 모델로 촉감 평가 해석을 진행하여, 기존의 모델과 유사한 변위-반발력 그래프를 가지는 4 개의 변수를 선정하였다. 4 개의 변수는 head 의 아랫면의 직경(h_a), base plate 의 두께(t_b), base plate 의 내경(d_b), head 의 높이(h_h)로 각 부분의 명칭은 Fig. 2 의 버튼 그림을 참조한다.

Table 1 Level 1 and level 2 of design parameters

| Design parameter | Level 1 (mm) | Level 2 (mm) |
|------------------|--------------|--------------|
| h_a | 1.25 | 1.13 |
| t_b | 1.2 | 1.08 |
| d_b | 2.5 | 2.75 |
| h_h | 1.95 | 1.755 |

Table 2 L8(2⁷) Orthogonal array for design parameters and result

| Run | h_a | t_b | d_b | h_h | Impulse (N·s) |
|-----|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6.406×10^{-6} |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4.663×10^{-6} |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 6.405×10^{-6} |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 8.659×10^{-6} |
| 5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6.123×10^{-6} |
| 6 | 2 | 1 | 2 | 1 | 6.110×10^{-6} |
| 7 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7.325×10^{-6} |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 7.873×10^{-6} |

4.2 실험계획법을 이용한 민감도 분석 및 최적조합 도출

선정된 4 개의 변수를 Table 1 과 같이 10% 변경한 수치로 Level 1 과 Level 2 로 나누었고, Table 2 의 L8(2⁷) 직교배열표를 이용하여 소음 평가 해석을 진행하였다. 이 결과로 각 변수에 대한 민감도를 분석하였으며 그 결과를 Fig.

3 에 나타내었다. Fig. 3 에서 볼 수 있듯이 base plate 두께(t_b) 와 head 높이(h_h) 가 소음에 큰 영향을 미친다는 점을 파악할 수 있었고, 4 개의 변수에 대한 최적 조합을 찾았다.

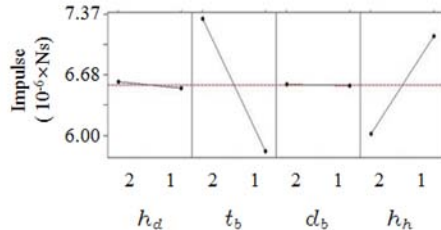


Fig. 3 Effectiveness of design parameters

5. 결론

본 연구에서는 촉감과 소음에 대한 평가 방법을 설정하고 유한요소해석과 직교배열표를 이용하여 탄성 구조체의 주요 설계 변수를 도출하고 바람직한 조합을 제안하였다. 향후 최적화와 확인실험을 통하여 본 연구를 검증하는 과정이 필요하다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2012-0000785)

참고문헌

1. 손술산, 서재용, “다구찌 기법을 이용한 냉장고의 구조진동음 저감 방법에 관한 연구”, 한국소음진동공학회논문집, 20, 470-476, 2010.
2. Alten, K, “Finite element simulation prior to reconstruction of a steel railway bridge to reduce structure-bone noise” Engineering structure, 35, 83-88, 2012
3. Lee J.S., Kim H.J., Park J.H., Kim H.S., Cho W.S., "A study on shape design for temporary structure using Taguchi method", Transactions of the KSME, 162-167, 2007
4. James E. Mark, “Science and Technology of rubber”, Academic Pr, 2005
5. Taguchi, “Taguchi Methods”, ASI Press, 1992