

광픽업용 서스펜션의 개발연구

⁰김윤영*, 윤민수**, 김진홍**, 박의호***, 한준용***

The Design of an Optical Pick-Up Actuator Suspension

Yoon Young Kim*, Min Soo Yoon**, Jin Hong Kim**, Eui Ho Park***, June Yong Han***

ABSTRACT

A new suspension model of an optical pick-up actuator is developed. This model is very stable and easily manufactured owing to its specially designed geometry. In designing the suspension, the first two natural frequencies are kept lying in a certain range and sub-resonance frequencies are made as high as possible. The vibration and sensitivity analysis needed for optimal design is based on a simplified beam model of the bobbin-suspension structure. The investigation of the strain energy distribution in each vibration mode appears to be very useful.

1. 서 론

최근 멀티미디어에 대한 연구 및 개발에 대한 관심과 더불어 광픽업 장치는 고속으로 다량의 영상 정보와 음성 정보를 기록 재생하는 그 특성으로 많은 주목을 받고 있다. 광픽업 장치는 오디오, 컴퓨터, 자동차 오디오 등 그 관련 산업에서 널리 이용되고 있는 실정이다. 컴퓨터의 경우 CD-ROM을 통해 고속으로 정보를 재생하기 위한 연구가 늘어나고 있으며, 자동차용 CD플레이어 경우 잦은 외란에도 안정성을 유지할 수 있는 제품에 대한 등 그 응용 사례는 많이 접할 수 있다. 이에 따라 국내에서도 광픽업 관련 부품에 대해 과거 외국에

서 수입하는 단계에서 벗어나 국산화를 위한 노력이 상당 수준 진행되고 있는데 이와 관련하여 임경화 등⁽¹⁾이 광픽업 액츄에이터의 동특성에 대해 연구한 바 있다. 액츄에이터에 대해 유한 요소 해석과 실험을 통해 동특성을 검증하였다. 그러나 이 경우 상세 유한요소를 이용한 해석으로서 새로운 모델을 개발하기 위해 초기 설계단계에서 요구되는 방법이라기보다는 검증하는 단계에 머무르고 있는 수준이다. 초기 개발 단계에서는 정확하면서도 간단한 모델을 이용한 최적 모델을 선정하는 것이 타당하다. 즉, 간단한 모델을 이용하여 시스템의 특성을 이해하고 민감도 해석을 통한 최적화 과정을 위한 자료를 마련하는 것이 바람직하다. 김윤영 등⁽²⁾은 광픽업 액츄에이터의 해석을 위해 보, 스프링, 질량요소 등으로 액츄에이터의 지지부를 모델링하고 해석적으로 그 진동 특성을 연구하였고 아울러 설계단계에서의 지침방향을 제시한 바 있다.

* 서울 대학교 기계설계학과

** 서울대학교 기계설계학과 기계구조연구실

*** 태일 정밀

본 연구에서는 제작 비용이 저렴할 뿐 아니라 또한 동적으로도 안정된 구조를 갖는 액츄에이터의 요철형 굴곡이 있는 서스펜션 구조를 개발하고자 한다. 아울러 새로운 액츄에이터 제작을 위한 초기 설계 지침을 제시하고자 한다. 이를 위해 서스펜션은 보 요소, 바빈은 질량 요소로 단순 모델링하였고, 민감도 해석 등을 이용하여 최적 설계를 수행하였다. 특히 구동과 관련된 고유진동수의 범위를 목표 영역에 들도록 하면서 전체 구조 시스템의 동특성 개선을 도모하였다.

2. 초기 요철형 모델에 대한 해석

일반적으로 서스펜션 구조는 그 목적에 따라 다양한 형태를 갖는데 그 회전 속도에 따라 일정한 한도에서의 고유진동수를 가져야한다. 본 연구에서 개발하고자 하는 액츄에이터의 경우 초점 방향(Focusing)과 트랙 방향(Tracking)의 고유진동수 모두 약 20-30Hz 사이에 존재하도록 하였다. 또한 주파수 응답 곡선 상에서 부공진이 일어나지 않도록 하거나 부공진 주파수가 가능한 한 큰 값을 가지도록 설계했다. 이번 연구에서 개발한 서스펜션 구조를 갖는 실제 형상은 Fig. 1(a)와 같다. 그 중에서 바빈을 지탱하는 서스펜션 구조는 바빈 쪽과 고정단 모두 굴곡이 형성되어 있는 것을 볼 수 있다. 이 모델의 특성은 다음의 설명으로 요약할 수 있다.

- 1) 4개의 지지 구조로 구성되어 초점 방향과 트랙 방향의 운동시 바빈의 회전이 최소화된다.
- 2) 양쪽에 굴곡을 두어 직선으로 만들어진 지지 구조에 비해 저 주파수를 가질 수 있고 또한 상대적으로 비틀림 진동수를 높게 할 수 있다.
- 3) ㄷ자 모양의 굴곡을 형성함으로써 Fig. 1 (b)

에서처럼 h , v 를 조절하여 초점 방향 및 트랙 방향의 원하는 고유진동수 값을 얻을 수 있다. 김 윤영 등⁽³⁾은 서스펜션-바빈 구조를 집중 질량과 보 요소 및 스프링으로 모델링하여도 타당한 진동 해석 결과를 얻을 수 있음을 보였다.

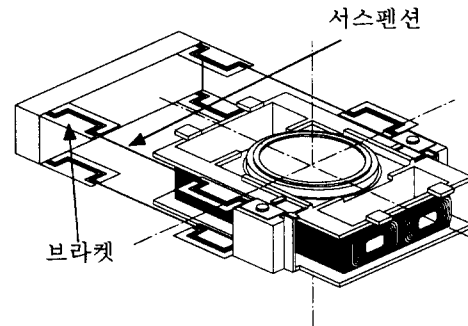
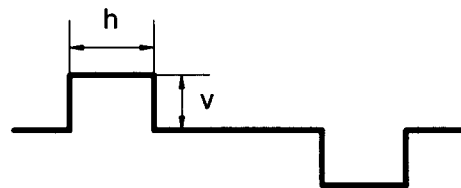


Fig. 1 (a) The general shape of an optical pick-up actuator



(b) A suspension of the optical pick-up actuator

- 4) Fig. 1 (a)에서처럼 서스펜션 양옆으로 가이드 브라켓을 설치하여 댐핑 본드 도포 위치 선정을 용이하게 했다. 댐핑 본드는 본 모델과 같은 구조의 서스펜션을 갖는 액츄에이터의 주파수 응답 특성을 좋게하기 위해 바르는 것으로서 모델 제작시 댐핑 본드를 바를 위치를 변화시켜가면서 주파수 특성이 좋은 곳을 선정할 수 있을 것이다.
- 5) 제작할 모델의 재료로는 베릴륨-카퍼를 사용

하였고 예칭 작업을 통해 제작하게 되는데 이 경우 상당히 저렴하게 제작할 수 있는 장점이 있다.

Fig. 1에 나타난 요철형 모델에 대한 해석은 IDEAS MATER 2.1⁽⁴⁾을 이용하여 수행하였다. 이 경우 서스펜션 구조는 얇은 판으로 이루어져 있으므로 평판 요소로 모델링할 수 있으나 필요 이상의 많은 시간과 노력을 요구할 뿐 아니라 민감도 해석을 통해 최적의 모델을 선정하는 과정에서도 적절하지 않다.

따라서 본 연구에서는 서스펜션은 단면 특성치를 구하여 보요소로 모델링하였고, 바빈은 질량 및 질량 관성 모멘트를 계산하여 집중질량으로 모델링하였다. 질량 요소와 보요소의 연결은 강체요소 (rigid element)를 이용하였다. 경계조건으로는 서스펜션의 한쪽이 액추에이터에 고정된 지역으로 보고 그 모든 자유도를 완전 고정시켰다.

서스펜션 구조의 주요 치수는 Fig. 2에 실어놓았고 이 치수를 사용하여 진동해석을 수행하였다. Table. 1은 처음 4개 모드에 대한 고유진동수를 나타내고 있고 Fig. 3은 각 주파수에 대한 고유모드 및 스트레인 에너지 분포를 나타내고 있다.

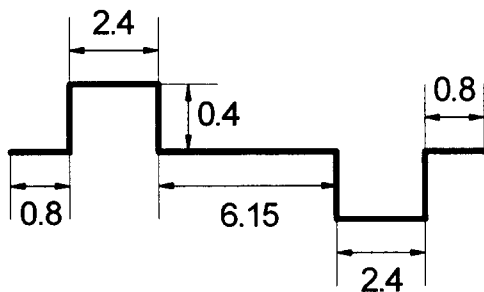


Fig. 2 Dimensions of the suspension (unit: mm)

Table 1 Natural frequencies of the initial model (unit: Hz)

Focusing	Tracking	Twisting	Stretching
16.50	18.33	33.76	194.38

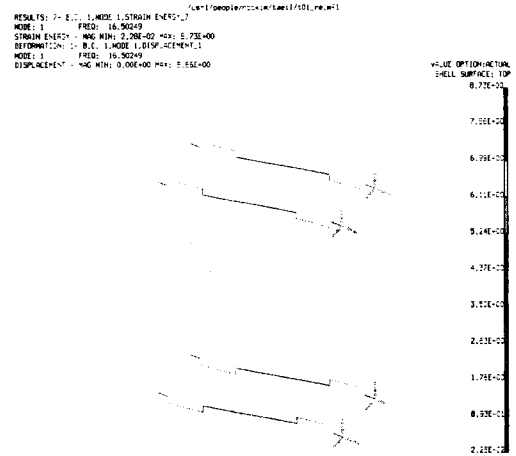
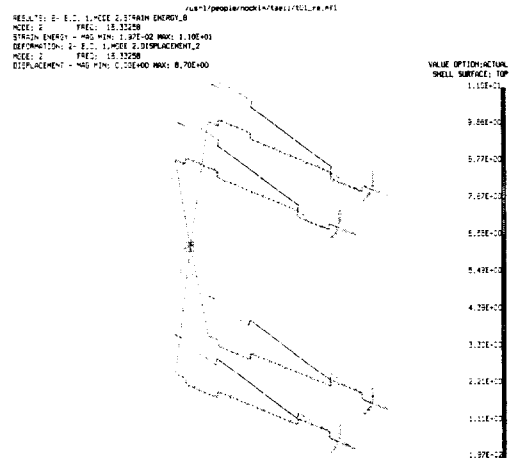
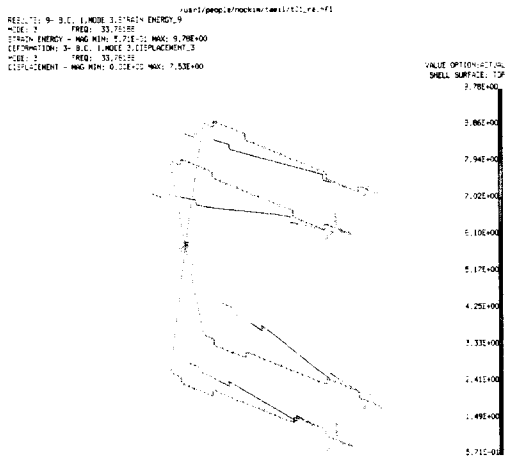


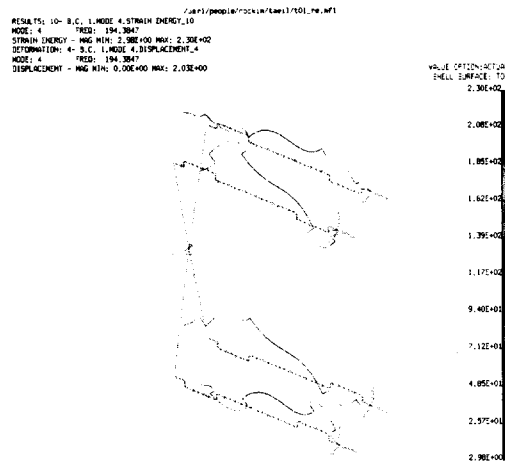
Fig. 3 (a) The first natural mode and strain energy distribution of the initial model



(b) The second natural mode and strain energy distribution of the initial model



(c) The third natural mode and strain energy distribution of the initial model



(d) The fourth natural mode and strain energy distribution of the initial model

3. 최적화 과정

앞절에서 언급한 초기 요철형 모델을 중심으로

최적화 과정을 수행하였다. 이 때 첫 번째 두 번째 고유진동수는 그 변화 폭을 줄이고 세 번째 네 번째 고유진동수를 증가시키는 것을 목표로 한다. 이는 초점 방향과 트랙 방향의 주파수는 기본 모델의 고유진동수 값을 유지하고 그 이상의 고유진동수는 부공진 주파수와 관련된 것으로 매우 큰 값을 갖는 것이 바람직하기 때문이다.

우선 최적화 설계에 앞서 서스펜션 구조의 고유진동수에 대한 민감도를 구하였다. 민감도 해석을 하기 위한 설계 변수는 Fig. 4와 같이 정하였다.

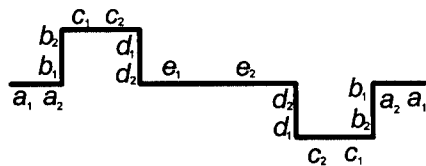


Fig. 4 Design variables for the sensitivity analysis

이 때 이 구조물의 두께는 고정시키고 폭을 변수로 활용하였는데 이는 두께를 변수로 정할 경우 실제 두께가 얇은 판을 에칭작업으로 생산하는 과정에서 서로 다른 두께를 갖는 서스펜션 구조의 제작은 거의 불가능하기 때문이다. 여기서 민감도 계수는 설계 변수 즉, 각 부위별 폭에 대한 고유진동수의 변화율을 구한 값으로서 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$c = \frac{\partial f}{\partial b} \approx \frac{\Delta f}{\Delta b}$$

c: 민감도계수
f: 고유진동수
b: 폭

이 민감도 계수의 크고 작음에 따라 어느 부위를 수정할 것인가를 결정할 수 있다.

Table 2는 각 변수(각 부위의 폭)의 치수를 일정

량 증가시키고 그에 따른 고유진동수의 변화량을 구한 결과이다. Table 2에서 구한 결과를 바탕으로 설계 변수를 선정하였다. 또한 각 진동수의 고유모드에서 스트레인이 크거나 스트레인 에너지가 집중하는 부분을 관찰하여 설계하기 쉬운 변수들을 확인할 수 있었다. 스트레인 에너지가 집중하는 곳의 변수를 변화시키면 원하는 진동수를 쉽게 구할 수 있는데 고유 모드에서 심하게 변형하는 부분이 스트레인이 크거나 스트레인 에너지가 집중하는 곳이기 때문이다.

Table 2 Natural frequencies of the suspension-bobbin structure as the design values increase. (The numbers in parenthesis are sensitivity coefficients.) (unit: Hz)

	Focusing	Tracking	Torsion	Stretching
a_1	16.78 (1.70%)	19.06 (3.98%)	34.83 (3.17%)	205.25 (5.59%)
a_2	16.75 (1.50%)	18.96 (3.44%)	34.69 (2.75%)	203.66 (4.77%)
b_1	16.76 (1.58%)	18.63 (1.64%)	34.28 (1.50%)	196.19 (0.93%)
b_2	16.76 (1.58%)	18.65 (1.75%)	34.17 (1.21%)	194.73 (0.18%)
c_1	17.06 (3.39%)	20.1 (9.66%)	34.71 (2.81%)	205.22 (5.58%)
c_2	16.83 (2.00%)	19.33 (5.46%)	34.4 (1.90%)	213.9 (10.04%)
d_1	16.58 (0.48%)	18.44 (0.60%)	33.89 (0.39%)	195.83 (0.75%)
d_2	16.58 (0.48%)	18.43 (0.60%)	33.92 (0.47%)	94.77 (0.20%)
e_1	6.59 (0.55%)	18.56 (1.25%)	34.3 (1.60%)	98.06 (1.89%)
e_2	16.6 (0.61%)	18.61 (1.53%)	34.31 (1.63%)	198 (1.86%)

먼저 중간 부분(e_1, e_2)의 폭을 0.2mm로 늘렸다. 첫 번째 두 번째 고유진동수에는 민감하지 않

다는 것을 스트레인 에너지 분포로도 확인할 수 있었고 Table 2에서 민감도 계수를 비교한 결과 다른 변수에 비해 상대적으로 세 번째 네 번째 고유진동수의 민감도가 큰 것으로 나타났기 때문이다.

다음 a_1 과 d_2 를 순차적으로 증가시켰는데 마찬가지로 다른 부위보다 스트레인 에너지가 집중하는 곳이어서 고유진동수를 조절하는데 큰 효과를 얻을 수 있기 때문이다. 이 부분 또한 다른 변수들에 비해 첫 번째 두 번째 고유모드에서 민감도가 상대적으로 세 번째 즉 비틀림 모드의 민감도보다 크지 않은 것을 알 수 있다. 이 과정을 수행한 모델의 최종 치수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 a_1 &= d_2 = e_1 = e_2 = 0.2, \\
 a_2 &= 0.15, \\
 b_1 &= b_2 = c_1 = c_2 = d_1 = 0.1 \\
 &\text{(unit: mm)}
 \end{aligned}$$

Table 3에는 최종 모델에 대한 고유진동수 결과를 실어 놓았다. 초기 모델에 비해 비틀림 및 스트레칭의 고유진동수 크게 증가하였고 반면 초점 방향 및 트랙 방향의 고유진동수는 적게 증가하여 매우 바람직한 결과를 얻을 수 있었다. 단 현 결과가 실제 원하는 고유진동수 요구 조건인 20-30Hz 사이에는 존재하지 않는다. 이는 댐핑 본드를 바를 경우 고유진동수가 증가하는 것을 감안한 결과이다.

Table 3 Natural frequencies of the optimal suspension-bobbin structure (unit: Hz)

Focusing	Tracking	Torsion	Stretching
17.75	20.69	39.33	239.44

4. 결 론

본 연구에서는 광픽업장치의 액츄에이터에 쓰이

는 서스펜션의 독자적인 개발을 수행하였다. 이 서스펜션 구조는 실제 설계 및 제작이 간편하고 댐핑 본드를 바르기 쉽기 때문에 생산 과정에서 많은 이점을 갖고 있다. 아울러 이러한 구조의 초기 설계단계에서 수행하는 설계 방향을 제시하였다. 바빈과 서스펜션 구조를 보요소와 질량요소로 모델링하고 진동 해석과 민감도 해석을 수행하였다. 민감도 해석 결과와 각 고유 모드에서의 스트레인 에너지 분포를 관찰함으로써 최적의 모델을 얻을 수 있음을 보였다. 그러나 최종 모델에 대한 실제 제작 및 실험 평가 내용은 지면상 생략하였다.

참고문헌

- (1) 임경화, 이용훈, 김석중, 이재원, 1995, “고밀도 기록용 광픽업의 ACTUATOR 동특성,” 한국소음진동공학회 1995년도 춘계학술대회논문집, pp. 258-263
- (2) 김윤영, 이호철, 1995, “액츄에이터를 위한 단순보 모델 진동해석,” 한국소음진동공학회 1995년도 추계학술대회논문집, pp. 167-171
- (3) 김윤영, 이호철, 1996, “광픽업 액츄에이터 최적 설계를 위한 이중 외팔보 모델 진동해석,” in preparation
- (4) I-DEAS FEM Users' Guide, 1995, SDRC