

디지털 일안 반사식 카메라의 미러 진동 해석

Vibration Analysis of Mirror System in Digital Single Lens Reflex Camera

임승호* · 최찬호* · 박영필* · 박노철* · 박경수† · 정종삼** · 이진원** · 정혜인**

Seungho Lim, Chanho Choi, Young-Pil Park, No-Cheol Park, Kyoung-Su Park, Chongsam Chung, Jin Won Lee, and Haein Chung

1. 서론

디지털 일안 반사식 카메라(Digital Single Lens Reflex Camera, DSLR Camera)는 렌즈와 촬상소자 사이에 반투과 미러를 사용하여 뷰파인더 및 자동초점 장치에 화상을 투사한다. 이러한 디지털 일안 반사식 카메라는 하나의 렌즈를 통해 피사체를 보면서 촬영을 하기 때문에 실제 보는 것과 촬상 소자에 맺히는 화상에 차이가 없으며, 렌즈 자체에 초점을 맞추기 때문에 다양한 렌즈를 교환 및 장착할 수 있는 장점을 갖는다. 또한 촬상 소자의 크기 때문에 뛰어난 화질과 적은 잡음, 짧은 셔터 지연, 다양한 심도 표현을 가능케 한다. 따라서 콤팩트 디지털 카메라 위주로 형성된 디지털 카메라 시장은 점차 디지털 일안 반사식 카메라를 중심으로 재편되어가고 있으며 제조업체의 경쟁 및 주요 부품인 촬상 소자의 원가 하락에 따라 대중화가 빠르게 진행되고 있다.

그러나 디지털 일안 반사식 카메라는 고속 연사 및 동영상 촬영 등의 부가적인 기능을 수행할 수 없으며, 복잡한 구조 및 정밀 부품으로 인해 콤팩트 디지털 카메라보다 상대적으로 고가인 단점이 있다. 특히 반투과 미러를 고속으로 움직이는 기계적인 특성 상, 고속 연사 시 자동 초점 장치에 맺히는 화상이 열화되어 성능에 상당한 제한을 갖는다. 또한 부미러를 통해 맺히는 화상은 전체 화상의 일부이므로 자동초점 장치가 사용하는 유효 면적이 줄어들게 된다. 따라서 본 연구에서는 기존 상용화되고 있는 디지털 일안 반사식 카메라의 주요 기계적인 특성인 고속 연사 시의 미러의 동적 거동을 해석하고 새로 제안되는 메커니즘을 설계하는데 활용될 수 있는 외연 유한요소 해석 모델을 구축한다. 이와 더불어 실험 모델을 제작하여 해석 모델의 유효성을 평가하고 부미러의 진동 저감 메커니즘을 개발한다.

† 박경수; 연세대학교 기계공학과
E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460
* 연세대학교 기계공학과
** 삼성전자, DMC

2. 유한 요소 해석 모델의 구축

2.1 미러 박스의 구조

디지털 일안 반사식 카메라의 미러 박스 구조는 Fig. 1 과 같이 주미러, 부미러, 스토퍼, 슬롯 및 스프링으로 구성되어 있다. 평상 시 피사체의 화상 신호는 Fig. 2(a)와 같이 렌즈부를 통해 입사되어 주미러를 통과하며, 주미러에 도달한 신호는 반은 투과하여 부미러로 향하고 나머지 반은 뷰파인더에 맺히게 된다. Fig. 2(b)는 작동 시 미러의 위치를 나타내며 광신호를 촬상 신호에 노출하기 위해 부미러 및 주미러가 회전하고, 각각의 미러는 스토퍼에 충돌하게 되어 바운드 진동이 발생하고 고속 연사 간 대기 시간을 발생시켜 성능을 제한한다.

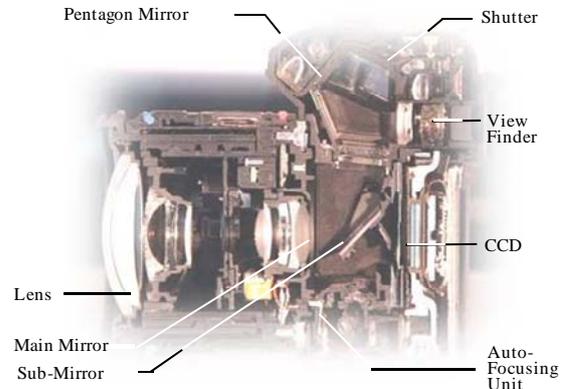


Fig. 1 Schematic diagram of DSLR camera

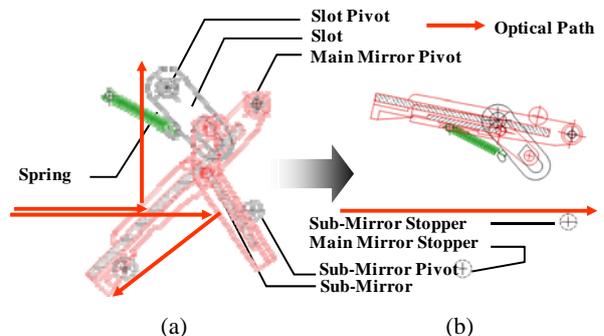


Fig. 2 Operation procedure of mirror box

2.2 유한 요소 모델링

다물체(강체) 동역학 해석은 계의 탄성 효과를 반영하지 못하므로 유연 모드에 의한 응답을 고려하기 힘들고, 접촉 모델과 접촉 강성 등을 가정할 필요성이 있다. 더불어 미러를 지지하고 있는 보강재가 줄어들어 따라 구조물의 유연 모드가 가진될 가능성이 있어 본 연구에서는 외연 유한요소 해석 프로그램을 이용하여 부미러와 주미러의 충돌에 의한 동적 거동을 예측하였다.

미러 박스의 기하학적 모델링과 요소망의 생성에 앞서 물성에 대한 정보와 스프링의 강성 및 전하중에 대한 정보가 확보되어야 한다. 모달 테스트를 통해 해당 물성을 측정하였으며, 스프링 강성 공진법에 의해 추출하였고 전하중은 로드셀을 통해 측정하였다. 해석의 단순화를 위해 주미러, 부미러, 스톱퍼, 슬롯 등과 같이 동적 거동에 영향을 미치는 구조만 해석에 반영하였고 가급적 셀요소를 이용하여 모델링하였다. 해석의 정확도를 확보하기 위해 사각 요소 및 육면체 요소만 사용하였으며, Hourglass 에너지가 전이되지 않도록 적분점의 개수 및 감쇄 조정 상수들을 튜닝하고 집중 파라미터 요소는 여러 개의 요소로 나누어 적용하였다. Fig. 3 과 Fig. 4 는 구축된 유한요소 모델 및 충격응답을 나타낸다.

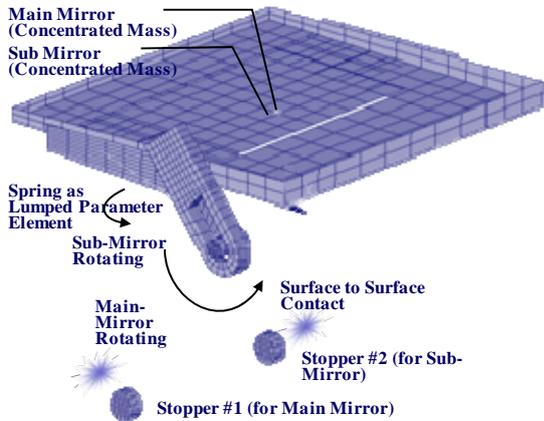


Fig.3 Finite element model of DSLR camera

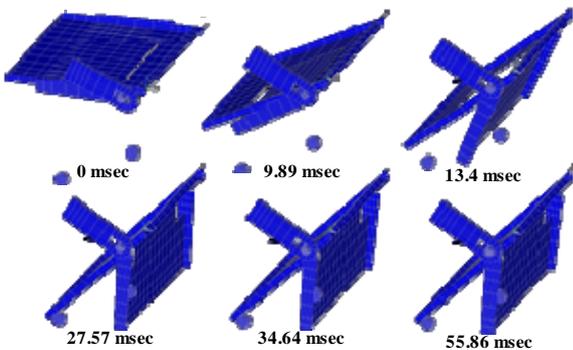


Fig.4 Dynamic behavior of main mirror and sub-mirror

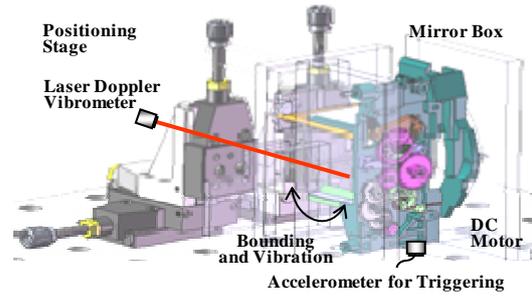


Fig. 5 Experimental setup

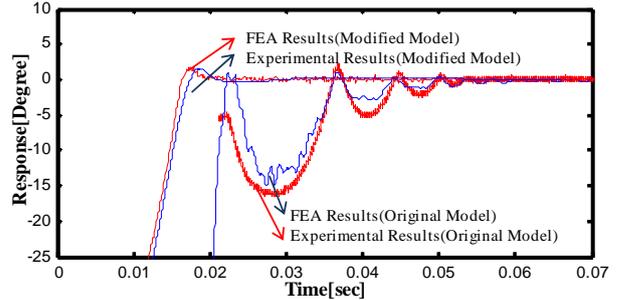


Fig. 6 Transient response of sub-mirror

3. 실험 장치 구축 및 해석 결과 비교

카메라의 연사 시, 미러박스의 동적 거동을 측정하고 해석 결과의 유효성을 입증하기 위해 Fig. 5 와 같이 실험 장비를 구축하였다. 미러박스는 강지지하였으며 부미러의 변위 응답을 비접촉 센서인 레이저 도플러 진동계를 이용하여 측정하였다. 또한 미러의 유효 단면적 증가 및 바운드 진동 저감을 위한 래치를 설계하고 이를 비교하였다.

Fig. 6 과 같이 기존의 모델에서는 부미러의 진동이 상당히 크고 오래 지속되는 것을 확인할 수 있으나 래치를 설치한 모델에서는 응답이 상당히 감소한 것을 확인할 수 있다. 또한 미러의 유연 모드에 의한 응답은 강체 모드 응답보다 상대적으로 작은 것을 알 수 있으며, 추후 미러 박스의 해석 모델로서 외연 유한 요소 해석 모델보다 강체 해석 모델이 접촉 강성 등의 조건을 적절히 적용한다면 해석 시간 및 해석의 용이성 면에서 유리할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- (1) Tamer M. Wasfy and Ahmed K. Noor, 2000, "Multibody dynamic simulation of the next generation space telescope using finite elements and fuzzy sets", *Comput. Methods Appl. Mech.*, Vol.190, pp.803~824
- (2) K. Szeto, S. Roberts, A. Anthony, J. Fitzsimmons, R. Gaunt, J. Sebesta, Jerry and J.P. Veran, 2000, "Design of a convex and camera mirror support system for Altair, the Gemini-North adaptive optics system", *Proc. SPIE*, Vol. 4008, pp. 942~949
- (3) Akira Hiramatsu, Kanagawa, 1984, "Anti-mirror bounce device for single-lens reflex camera", US patent 4,480,904