

카메라 보스 및 기어의 CAE를 이용한 재설계

오상환 · 김왕도 · 정종교
 삼성항공 창원 제1사업장 카메라개발팀

Redesigning Camera's Boss and Gear using by CAE

S. H. Oh, W. D. Kim and C. K. Chung

ABSTRACT

Recent trend of popularity of CAE(Computer Aided Engineering) tools and its availability, partly contributed by significant price reduction of H/W and S/W, makes us believe CAE has already established terra firma as *de jure* tools, enablint the design improvement in the manufacturing firm. However, if your jobs are required to be working closely with engineers located in the front line of manufacturing site, CAE is observed far from popularity, still being regarded as exclusive tools for engineers holding advanced degrees. Conventional methodologies depednding on knowledge that was accumulated thorough trial and errors, depending primarily on engineering tables and formulas or proprietary know-how, are preferred as the *de factor* standard under the roof of contemporary development shops. Samsung camera, having stared its business since early '80, has accumulated enough technological strength to compete in the world market. As today's consumers demand more sophisticated featured-lighter weight, built-in multi zoom and miniature size fitting in the palm-from camera manufacturer, so should Samsung camera respond to ever-delicate consumer's needs with great flexibility. Consequently conventional designers, without sophisticated analytical tools, with encounter solving the critical design factors that have never been treated as seriousness-marginal safety factors induced by reduced size of parts. In the study, CAE results of boss and gears were demonstrated as examples, which confirms the facts that the simple analysis done by front line designers, can bring distinguishable effects on the potential improvements of design and on the consequential influences on the future design process-simulation before actual tooling and productions.

1. 서 론

CAE는 자동차 충돌 해석, 인공 위성모의 발사 실험, 반도체 등 최첨단 기술을 요하는 부문에 주로 적용하여 왔으나, 카메라와 같은 일반 소비자 제품에도 점차 적용이 확대되고 있다.

카메라 시장에 있어서, 소비자의 요구는 소형화, 고기능, 고품질, 저소음 등을 요구하고 있으며 카메라 업체는 이러한 요구를 만족시키기 위해 소형화할 수 있는 기술 개발에 박차를 가하고 있다.

카메라 개발자들은 부품의 치수를 줄이지 않을 수 없게 되고, 따라서 부품의 강도가 저하되어 소형화된 부품의 품질 문제가 발생할 수 있다.

삼성 항공 광학기기 사업부에서는 소형화된 부품의 설계 분야에 CAE를 전략적으로 적용하기 시작했다.

카메라 설계에 있어서, CAE 적용의 어려운 점은 실제의 작동 상황과 똑같이 수학적인 모델을 구축한다는 것이 매우 어렵고, 실제 상황과 보다 가깝게 모델링 할 수 있느냐가 CAE의 핵심 사항이다. 본 연구 결과에서 얻은 경험은 CAE를 적용한다고 해서 설계자는 CAE 해석 결과에만 의존해서는 안된다. 오히려, 카메라 설계자의 경험과 간단한 모델구축 능력 등이 훨씬 더 중요하다는 것이 본 연구의 성과이다.

본 논문에서는 삼성 카메라 품질을 좌우하는 중요 부품인 보스 및 기어의 품질을 CAE를 적용하여 개선한 점을 주요 내용으로 다루었다.

2. 해석 결과

2.1 보스부의 응력 해석

3차원 CAD인 Pro-Engineer를 모델링 환경으로 사용하였고, 해석 툴로서는 Mechanica가 사용 되었으며, 설계자는 설계 data를 그대로 해석 data로 활용하여 형상 정보를 재활용 할 수 있었다.

또한, Auto Meshing이 지원되므로 해석자가 Meshing에 대한 부담을 줄일 수 있었다.

BOSS부 그림 1에서의 파손은 단면의 급격한 변화에 따른 응력 집중의 영향으로 일어난다. 응력 집중을 피하기 위한 방법으로는 보스의 주요 형상 치수를 변화시키는 방법과 보스 밑단의 모서리에 필렛을 추가하는 방법 등이 있는데, 여기서는 기존의 보스 형상에 필렛을 추가하는 방법으로 해석을 실행하였다. 필렛의 반경 R을 증가시킬수록 다음 그림 1과 같은 최대 응력의 변화를 예측할 수 있다.

기존에 설계된 보스는 필렛의 R 값에 따른 응력 변화를 관찰하면서 설계 변경이 가능하고, 새로운 모델의 설계시에는 여러 가지 형상 치수들을 변화시켜가면서, 설계자는 응력의 변화에 따른 형상 최적화를 수행하였다.

다음은 시장에 출시된 삼성 카메라 기종 중에 하

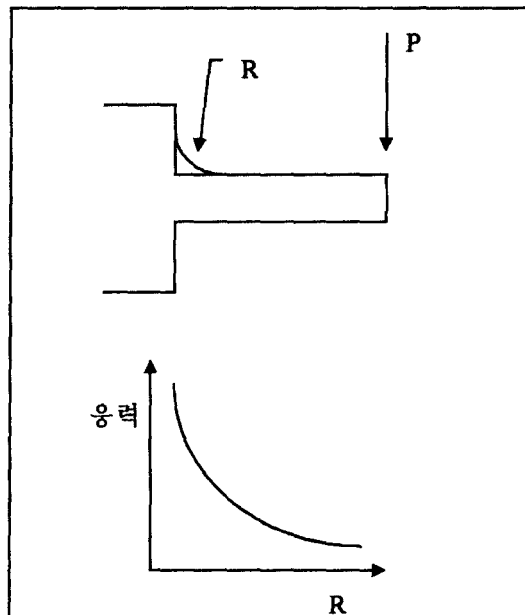


그림 1. 보스의 필렛(R)과 응력의 관계

나인 3X FALT의 POP-UP 스프링걸이 보스에 대한 해석을 수행한 DATA 이다.

제원으로서 :

- ▶ 재질 : PC(GF 10%) BLACK
- ▶ 비중 : 1.28
- ▶ 굽힘 강도 : 131.3 MPa
- ▶ 굽힘 탄성률 : 3700 MPa
- ▶ 스프링 장력 : 5.9 N
- ▶ 안전율

안전율을 최우하는 여러가지 인자를 수량적으로 표시하는 방법이 Cardullo"에 의하여 다음과 같이 제시되었다.

$$Sf = A \times B \times C$$

여기서,

A: 탄성율로서 허용 응력이 재료의 파손 한도 이하로 제한하기 위한 율이며, 정하중의 경우에는 인장 강도와 항복점과의 비를 말하고, 반복 하중의 경우는 인장 강도와 피로 강도와의 비를 말한다.

B: 충격율로서 하중이 충격적으로 작용하는 경우에 생기는 응력과 같은 하중이 정적으로 작용하는 경우에 생기는 응력과의 비를 말한다. 정하중의 경우 B=1, 경충격하중(예를 들면, 레일의 이음매)의 경우 B=1.25~1.5, 강충격하중(예를 들면, 단조 기계의 받침대)의 경우 B=2~3 이다.

C: 여유율로서 재료적 결함, 응력의 전적 및 계산의 부정확도, 잔류 응력, 열 응력 등의 전적정도를 보아 여유를 두는 값이다. 연성 재료의 경우 C=1.5~2, 취성 재료의 경우 C=2~3, 목재의 경우 C=3~4 이다.

Cardullo 식을 이용하여,

- A = 항복점 강도 / 인장 강도
= 134 MPa / 84 MPa = 1.6
- B = 1.25
- C = 1.5

∴ Sf = A × B × C = 3 이다.

따라서, 허용 응력은 안전율을 3.0 이므로 131.3 MPa / 3 = 43.8 MPa 이 된다.

- 1) 모델링 형상
- 2) 응력 해석

컴퓨터로 응력 해석을 수행하면 다음 그림 3과 같다. 최대 응력은 134 MPa로서 이는 허용치 43.8을 훨씬 초과하므로 부러질 우려가 상당히 크다는 것을

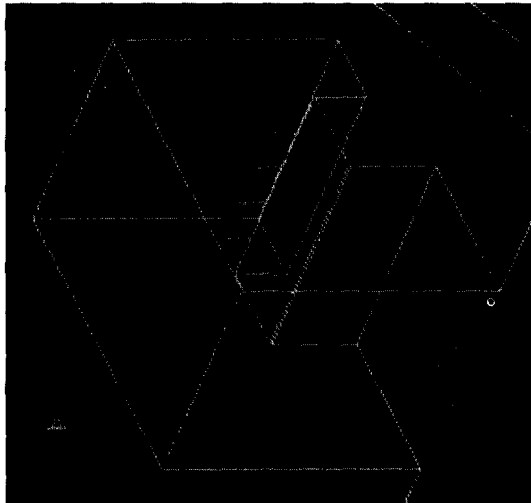


그림 2. 보스 모델링 형상

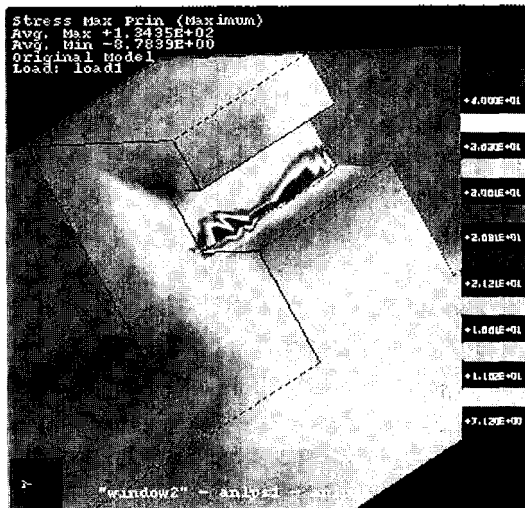


그림 3. 보스 응력 해석 결과

알 수 있다.

위의 해석 결과를 보면, 응력이 집중되는 부위를 알 수 있고, 또 그 응력의 최대값을 알 수 있으므로, 우리는 쉽게 강도 개선 위치를 찾을 수 있다. 즉, 응력이 집중되는 노치부에 필렛을 추가하여 응력을 완화시킬 수 있다.

그림 4는 노치부에 필렛을 추가하고 그 R 값을 점차 늘려가면서 응력값의 변화를 그래프로 나타낸 것이다.

여기서, X 축을 필렛의 R 값을 나타내고, Y 축은

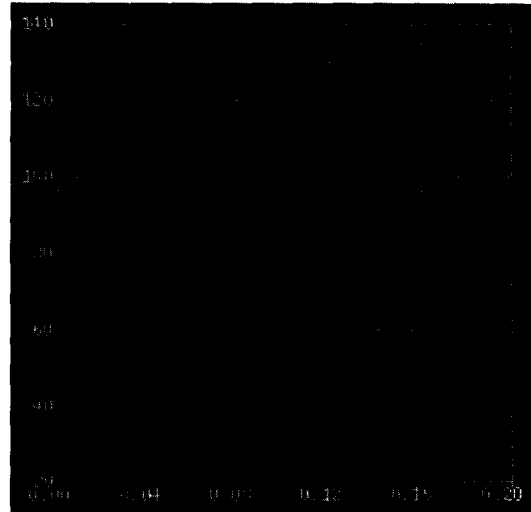


그림 4. 필렛 & 응력 그래프

응력값을 나타낸다. 위의 그래프에서 볼 수 있듯이 필렛의 R 값이 커짐에 따라 응력값이 점점 줄어드는 것을 알 수 있다.

위의 결과 화일에서 알 수 있듯이 노치부에 필렛이 0.13 mm 일 때 응력값이 허용치인 43.8 MPa 이하로 내려온다. 즉, 노치부에 필렛 0.13 mm 이상을 보강해 주어야 한다는 결론을 내릴 수 있다.

2.2 기어의 응력 해석

한 쌍의 이의 물림에 의하여 회전력을 전달하는 경우, 항상 치면에 수직인 방향, 즉 작용선의 방향으로 하중이 작용한다. 이 하중에 의하여 이뿌리에는 굽힘 응력, 치면에는 접촉 응력이 생기며 이의 파손 및 치면의 마찰과 피로에 의한 피팅의 원인이 된다.

작용선 방향의 하중은 그림 5와 같이 이의 중심선에 직각으로 작용하는 굽힘 하중, 전단 하중 및 중심선의 방향(반지름 방향)으로 작용하는 압축 하중으로 분해 할 수 있다. 이들 하중이 이뿌리부에서 작용하는 조합 응력에 대해서는 재질에 따라 최대전단력설, 최대주응력설 등, 강도의 기준을 계산하는 방법이 있다. 그러나, 이뿌리에 생기는 파단면의 위치, 이뿌리의 필렛 부분의 노치 계수 등을 고려할 때, 최대전단력설, 최대주응력설²⁾을 적용하기는 복잡하게 되므로, 본 연구에서는 파손에의 영향이 큰 굽힘 하중만을 고려하기로 하였다.

다음은 실제 삼성 카메라 기종 중에 하나인 3X

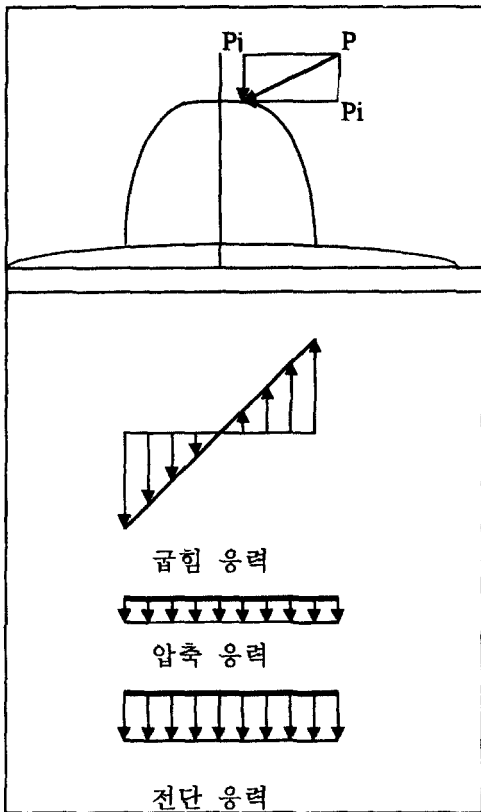


그림 5. 이뿌리의 응력

APS 카메라의 줌 기어에 대한 해석을 수행한 DATA 이다.

제원으로서 :

- ▶ 재질 : POM BLACK
- ▶ 비중 : 1.41
- ▶ 굽힘 강도 : 96 MPa
- ▶ 굽힘 탄성률 : 2540 MPa
- ▶ 안전율=3, 허용 강도=32 MPa
- ▶ 모듈=0.3
- ▶ 잇수=13
- ▶ 피치원=3.9 mm
- ▶ 전위량=0
- ▶ 이끝원=4.5 mm
- ▶ 이뿌리원=3.15 mm
- ▶ 압력각=20도
- ▶ 이너비(치폭)=1.8 mm
- ▶ 작용 토크=103 Nmm

1) 모델링 형상

기어의 잇수를 전부 다 모델링을 하면, 해석에 필요한 시간이 너무 많이 소요되므로, 하나의 치형만 모델링 하기로 한다.

2) 응력 해석

컴퓨터로 응력 해석을 수행하면 다음 그림 7과 같다. 최대 응력은 171 MPa로서 이는 허용치 32 MPa

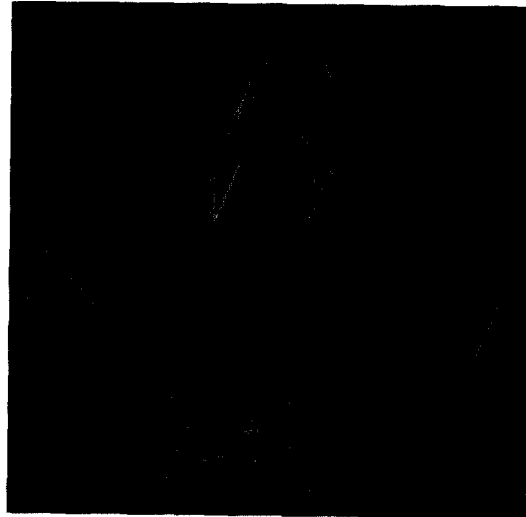


그림 6. 기어 모델링 형상

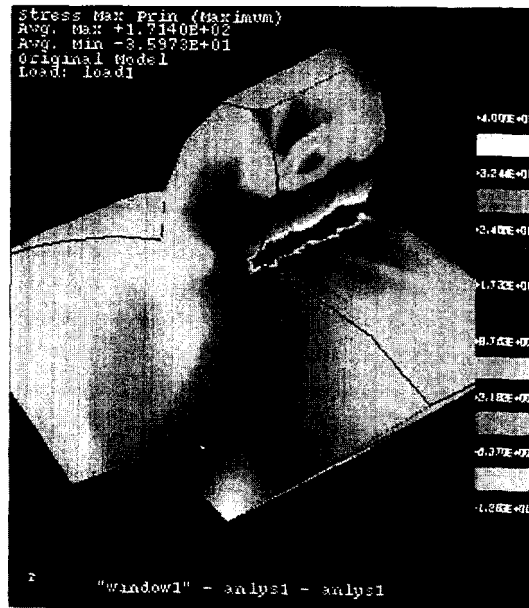


그림 7. 기어 응력 해석 결과



그림 8. 필렛 & 응력 그래프

(안전율 3 적용)을 훨씬 초과하므로 부러질 우려가 상당히 크다는 것을 알 수 있다.

위의 해석 결과를 보면, 응력이 이뿌리 부분에 집중된다는 것을 알 수 있고, 또 그 응력의 최대값을 알 수 있으므로, 우리는 쉽게 강도 개선 위치를 찾을 수 있다. 즉, 응력이 집중되는 이뿌리에 필렛을 추가하여 응력을 완화시킬 수 있다.

그림 8은 이뿌리에 필렛을 추가하고 그 R 값을 점차 늘려가면서 응력값의 변화를 그래프로 나타낸 것이다.

여기서, X 축은 필렛의 R 값을 나타내고, Y 축은 응력값을 나타낸다. 위의 그래프에서는 필렛의 값이 커짐에 따라 응력값은 점점 줄어든다는 것을 알 수 있다.

또 한가지는 이뿌리에 필렛이 0.08 mm 일 때 응력값이 65 MPa로서 허용치인 32 MPa 보다 아직 높기 때문에 여전히 파손될 우려가 남아 있다. 즉, 이뿌리에 필렛만을 보강해서는 안되고, 이너비(치폭)을 더 늘려야만 한다는 결론을 내릴 수 있다.

그림 9는 이뿌리의 필렛이 0.08 mm 일 때, 이너비(치폭)의 값을 점점 늘려가면서 응력값의 변화를 그래프로 나타낸 것이다.

위의 결과 확인에서 알 수 있듯이 이뿌리에 필렛 0.08을 추가하고, 이너비(치폭)을 1.8 mm에서 4 mm

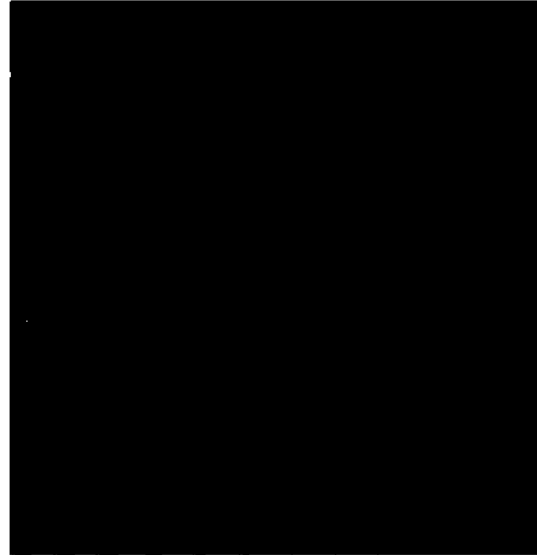


그림 9. 치폭 & 응력 그래프

로 늘리면 응력값이 허용치인 32 MPa 이하로 내려온다는 것을 쉽게 알 수 있다. 물론 치폭을 늘리는 것을 상대 부품간의 간섭 때문에 실질적으로 불가능할 수도 있다. 이런 뎀, 재질을 POM에서 유리섬유가 강화된 POM(GF25%)로 바꾸면 허용 응력이 193 MPa/3=64.3 MPa로서 치폭을 늘리지 않아도 된다. 실제로 위의 문제 해결은 치폭 변경은 상대 부품의 간섭 때문에 변경하지 못했고, 대신에 재질을 변경하는 방법을 택해서 해결 했다.

3. 결 론

위의 두 가지 사례는 실제로 제품이 개발 완료된 후에 시험 평가시 나타난 문제점들을 CAE를 통해, 원인 분석 및 여러가지 경우의 대안점을 제시할 수 있는 것이다. 이렇게 CAE는 문제가 발생했을 때 그것을 해결하는 중요한 수단이 되기도 하나, 더욱 중요한 것은, 제품 개발 초기 단계에서 문제를 해결하는데 있다. 제품 개발 단계에서 간과하거나 또는 모르고 지나친 문제들이 양산 시점에서 문제화 되면 금형의 수리부터 여러 가지로 큰 손실을 가져오기 때문이다. 즉, 사후 문제 해결 보다는 사전 검증이 훨씬 중요하다는 것이다. 물론, 서론에서도 언급했듯이 CAE가 모든 문제를 자동으로 해결해 주지는 못

한다. 오히려, 해석을 하는 설계자의 경험, 간단한 모델 구축 능력 등이 훨씬 더 중요하다는 점을 다시 한번 더 강조하고 싶다.

가장 바람직한 방법은 위의 두 가지를 어떻게 잘 활용하느냐가 관건이다.

참고문헌

1. 카메라 설계표준화 기술개발 보고서, 서울대학교 반도체 공동연구소, 1998
2. 기계설계, 박영조, 보성문화사 p. 342-346.