

# 유한요소해석을 이용한 중하중용 완충캐스터의 경량설계에 관한 연구

## A Study on the Weight Reduction Design of a Heavy Duty Shock Absorbing Caster using Finite Element Method

\*김우성<sup>1</sup>, 이성윤<sup>1</sup>, #성지현<sup>1</sup>, 이상곤<sup>1</sup>, 정명식<sup>1</sup>, 김양곤<sup>1</sup>, 김다혜<sup>1</sup>, 조용재<sup>1</sup>, 박훈재<sup>1</sup>, 박종현<sup>2</sup>

\*W.S.Kim<sup>1</sup>, S.Y.Lee<sup>1</sup>, #J.H.Sung(jsung@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, S.G.Lee<sup>1</sup>, M.S.Jeong<sup>1</sup>, Y.K.Kim<sup>1</sup>, D.H.Kim<sup>1</sup>, Y.J.Cho<sup>1</sup>, H.J.Park<sup>1</sup>, J.H.Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 녹색전환기술센터, <sup>2</sup>(주)태일정밀

Key words : Weight Reduction Design, Shock-Absorbing Caster, Finite Element Method

### 1. 서론

캐스터(Caster)는 가정용 가구, 병원용 침대, 산업용 팔렛(Pallet) 등 이동기구 바퀴류의 일종으로 바퀴(Wheel)와 바퀴를 고정할 수 있는 고정틀(Main Frame)을 조립하여 제작된다. 이중 중하중용 완충 캐스터는 완충을 요구하는 중량물을 운반하기 위해 사용되는 캐스터(Fig.1)로 탑플레이트, 메인프레임, 스틸 볼, 볼 시트, 고무 등으로 구성되며 볼 베어링에 의한 회전이동이 가능한 것이 특징이다.

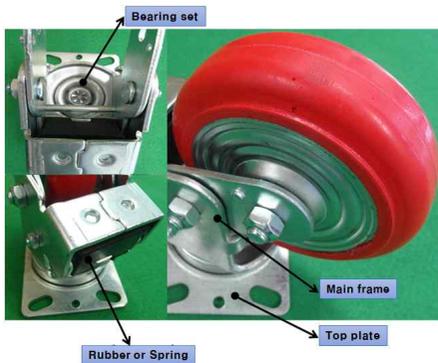


Fig. 1 Components and assembly of the heavy duty shock absorbing caster

국내 캐스터 산업의 역사는 오래되었으나 대부분 영세기업이기 때문에 체계적인 기술개발을 수행하지 못하고 있다. 본 연구의 대상제품 또한 최적설계에 대한 선행연구 없이 작업자들의 노하우로 단발식 프레스 성형 후 수작업 조립으로 생산하기 때문에 제품의 무게가 5.7kg나 되어 생산성 저하, 원가상승 등으로 기업의 이윤이 극히 낮은 상황이다. 따라서 캐스터 메인프레임의 최적화 설계, 자동

연속생산, 자동화 조립 등의 기술개발이 요구된다.

본 연구에서는 캐스터의 최적화설계와 자동연속생산을 위한 프로그레시브 금형의 도입을 위해 1차적으로 5.7kg의 캐스터의 경량화 설계를 위한 연구를 수행하였다. 기존 5t의 강판으로 제작되는 메인프레임의 두께를 줄이고 그에 따른 강성저하를 고강도강 적용, 비드 설계를 통하여 해결하고자 하였으며 구조해석을 적용하여 설계변경에 대한 안전성을 평가하였다.

### 2. 구조해석

경량화 설계에 앞서 기존 5t 강판으로 제작되는 대상제품의 구조 안전성을 해석을 통하여 평가하였다. 하나의 중하중용 완충캐스터는 최대하중 500kg을 견뎌야 한다. 형상의 대칭성을 고려하여 절반의 형상으로 해석을 수행하였고 적용하중은 2500N의 정하중을 바퀴 결합부에 적용하였으며 동적인 하중은 고려하지 않았다. 강제운동현상을 제거하기 위하여 탑플레이트가 부착되는 바닥부는 완전고정(Fixed)의 경계조건을 적용하였다. 해석은 상용 해석S/W인 ANSYS WORKBENCH v14에서 수행하였으며 메인프레임의 물성은 DB의 구조용강을 적용하였다. 5t의 두께를 고려하여 슬리드요소를 적용하여 해석을 수행하였다.

구조해석결과는 Fig.2에 나타내었다. 184MPa의 최대유효응력이 바퀴고정부에서 발생하며, 구조용강의 항복응력 250MPa를 적용하면 안전계수는 1.34가 된다. 최대응력이 나타나는 영역은 굽힘응력이 지배적인 영역으로 형상보강을 통해 보완할 수 있으며 그 이외의 영역은 유효응력 100MPa이하로 적용 하중에 대하여 충분히 안전한 것으로 판단

된다.

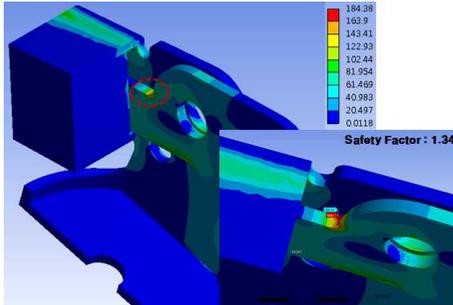


Fig. 2 Map of effective stress for a heavy duty shock absorbing caster

### 3. 완충캐스터의 경량설계

구조해석결과를 바탕으로 완충캐스터의 경량화 설계를 수행하였다. 메인프레임의 두께를 5t에서 2t로 감소시키고 바퀴고정부의 응력집중 영역을 보완함과 동시에 전체적으로 비드를 적용하여 두께감소에 따른 강성약화를 보강하였다. Fig.3에서 설계변경에 대한 유한요소모델을 나타내었다. 해석은 LS-DYNA 3D에서 수행하였으며 2t의 두께를 고려하여 솔리드요소가 아닌 쉘요소를 적용하였다. 메인프레임의 물성은 항복강도 440MPa급 고강도강을 적용하였으며 고무의 물성은 고려하지 않았다.

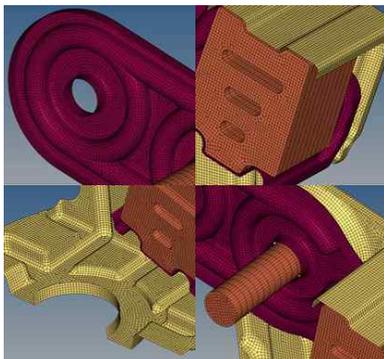


Fig. 3 FE model of the redesigned caster for weight reduction

설계변경안에 대한 해석결과는 Fig.4와 Fig.5에서 나타내었다. 하중에 대한 최대유효응력은 485MPa로 기존제품의 해석결과와는 달리 아래쪽 급힘부 영역에서 발생하는 것을 확인할 수 있다.

항복응력 440MPa를 적용하면 안전계수는 약 0.9가 됨을 알 수 있다. 비드부 성형에 의한 소성가공경화를 고려하여 10%의 평균변형률을 적용하면 항복응력은 최대 650MPa까지 증가하며, 이 때 안전계수는 1.34가 된다. 이는 초기 제품의 안전계수와 동일한 수준이다. 하지만 실제 운용 시 돌발적으로 발생하는 과대하중과 다양한 동적하중에 대비하기 위하여 캐스터의 최소 안전계수는 1.5이상 확보되어야 한다. 따라서 2t의 두께를 2.5t로 증가시킵니다. 동시에 응력집중부의 형상을 변경하여 안전계수를 1.5이상으로 개선할 필요가 있다.

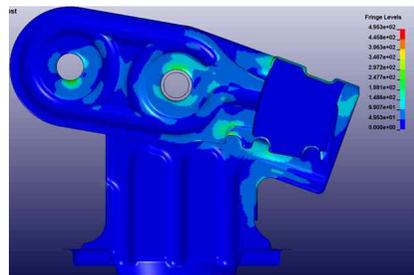


Fig. 4 Map of effective stress after the weight reduction design

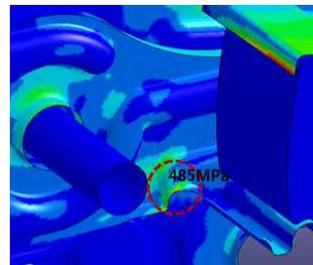


Fig. 5 Maximum effective stress after the weight reduction design

### 4. 결론

본 연구에서는 완충캐스터의 경량화 설계에 관한 연구를 수행하였으며 고강도강과 비드형상 적용 및 일부 형상변경을 통하여 캐스터의 강성을 유지함과 동시에 메인프레임의 두께를 5t에서 2t로 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

### 참고문헌

1. 김영수, “회전형 2중 완충캐스터의 개발”, 한국생산제조시스템학회 춘계학술대회 논문집, 223, 2012.