

# 유한요소해석을 이용한 고강도 알루미늄 자전거 프레임의 EN 규격에 따른 내구특성 평가

## Evaluation of High Strength Frame for Bicycle Using FEM Based on EN standards

\*최호준<sup>1</sup>, 임성주<sup>1</sup>, 윤영욱<sup>1</sup>, 오개희<sup>2</sup>

\* #H. J. Choi(hjoon@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, S. J. Lim<sup>1</sup>, Y. Y. Ok<sup>1</sup>, K. H. Oh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>(주)동양강철

Key words : Aluminium, Frame, High Strength, Finite Element Method, Bicycle

### 1. 서론

자전거는 1818년 프랑스의 드라이지네(Draisine, 또는 Laufmaschine로 불림)의 특허 이후로 본격적인 교통수단으로서 역할을 수행하기 시작하였으며, 20세기에 들어오면서 더욱더 다양한 형태로 발전해 오고 있다. 또한 자전거는 제조과정에서 관련 부품산업, 용품산업, 기계금속산업, 광공업 및 관광업 등 여러 산업에 미치는 파급효과가 매우 큰 특징을 가지고 있으며, 제품 수명주기가 짧아지고 첨단화 되어감에 따라 노동집약적, 기술 집약적 산업으로 전환되고 있는 상황이다. 따라서 독일, 이태리, 스위스, 일본 및 미국과 같은 선진국에서도 끊임없는 연구개발이 활발히 이루어지고 있으며, 세계 자전거 산업을 선도하고 있다. 국내 자전거산업의 경우는 최근 환경에 대한 관심이 증가하고 지속가능한 교통체계의 발전을 지향하면서 이것이 환경친화적인 자전거 이미지와 맞아 떨어지면서 수요가 급증하고 있다. 또한 현대인의 웰빙에 대한 관심증대와 건강위주의 라이프스타일에 대한 추구가 자전거의 수요 급증을 부추기고 있다. 한편 최근 정부차원에서 자전거 관련 정책 수립 및 지원이 활발해지면서 관련 산업의 기술개발에 따른 자전거 핵심부품 제조업체의 증가뿐만 아니라 교통수단으로써 자전거이용률도 계속 상승하고 있는 실정이다. 특히나 고유가, 기후변화 등의 세계적 위기로 인해 저탄소 및 고효율의 교통체계 구축 필요성이 커지면서 효과적인 교통수단으로 떠올랐으며, 위기극복을 위해서는 자전거 이용을 활성화할 필요가 있다고 하겠다.[1,2]

자전거의 구조는 크게 프레임(frame), 바퀴(wheel), 조향장치, 동력전달 장치, 변속장치, 브레이크

장치(brake parts), 안장부분(saddle) 등으로 분류할 수 있으며, 자전거 부품들의 품질향상, 비용절감 및 개발기간 단축 등의 추세에 따라 표준화 및 모듈화가 활발히 추진되고 있다. 특히나 자전거 프레임은 사용자의 무게, 다양한 지면 조건에 따른 반복하중을 견뎌야 하는 중요 부품이다.[3]

따라서 해외 선진국들에서는 힘 전달성, 직진성, 코너링 및 가속성 등의 자전거 성능을 결정하는 핵심 부품인 프레임을 경쟁적으로 생산하여 완성 자전거에 적용해오고 있다. 하지만 국내에서는 자전거 제조 산업의 붕괴 이후 프레임 생산업체들이 거의 전무한 실정이다. 또한 위에서 언급하였듯이 자전거 프레임이 주로 주행상태에서 받는 반복하중은 프레임을 구성하는 튜브형태의 부재에 미세한 물리적 손상을 가하게 되며, 미소한 균열이나 손상이 더욱 커져서 궁극적으로 기계적 파손에 이르게 된다. 이러한 기계적 파손을 피로(fatigue)라고 하며 프레임 설계에 있어서 피로파손은 매우 중요한 고려요소이다. 프레임의 피로파손은 사용자의 안전을 심각하게 위협할 수 있으며, 제조사의 브랜드와 제품의 신뢰성에 심각한 악영향을 줄 수 있어 이를 미리 방지하기 위한 내구성 향상이 매우 중요한 프레임 설계 및 제조에 있어 궁극적 목표라고 하겠다.[1-3]

일반적으로 프레임은 이용자의 안정성 확보와 우수한 품질의 제품 개발을 위하여 내구성을 정량적으로 평가받게 되는데, 제조업체의 자체 안전기준과 일정한 자유도와 구동방식을 갖는 시험 장비를 이용하여 KS, JIS, EN 및 ISO 등에 정해진 시험방법에 따라 평가받을 수 있다. 물론 프레임 제조업체는 시제품 개발에 따라 내구성을 정량적으로 평가

받아야 하며 KS와 ISO를 비롯한 대부분의 자전거 안전규격에는 프레임 내구성에 대한 기준이 없으며, DIN과 JIS 규격에서는 프레임의 충격시험과 함께 내구성 시험도 요구하고 있으나 모든 하중조건이 아닌 페달링(peddalling)에 의한 하중조건만을 시험하도록 규정하고 있다.

따라서 본 논문에서는 페달링 하중과 함께 수직 하중 및 수평하중을 모두 적용하고 있는 EN 14766 시험규격에 따라 정해진 방법대로 MTB 프레임의 내구특성을 평가함으로써 프레임의 피로파손을 예측할 수 있는 정보를 응력과 변형률을 분석함으로써 제공코자 하였다.

## 2. 평가규격과 시험준비

Fig. 1에서는 본 논문의 연구대상인 고강도 에코알루미늄(eco-aluminum)으로 만들어진 MTB용 프레임을 3차원 모델링하여 나타내었다. 모델링된 에코알루미늄 프레임은 산악자전거용 EN 14766에 규정되어 있는 시험방법에 따라 양쪽의 페달(pedal)에 가해지는 페달링 하중(peddalling forces)과 앞 바퀴에 가해지는 수평 하중(horizontal force) 및 안장에 가해지는 수직 하중(vertical force)으로 분류하여 시험을 수행하였다. 유한요소해석 프로그램으로는 LS-DYNA를 이용하였으며, 경계조건으로 각각의 하중을 부여함으로써 내구특성을 평가하고자 하였다.

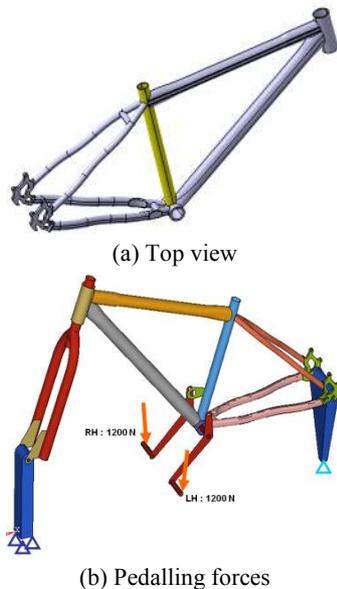


Fig. 1 3D Modeling of MTB frame

## 3. 해석 결과

Fig. 2에서는 페달링 하중 부하에 따른 MTB 프레임의 해석결과로 유효응력 분포를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 응력은 다운튜브(down tube)와 헤드튜브(head tube)의 연결부위 하단에 집중적으로 분포하고 있으며 BB(bottom bracket)과 다운튜브의 연결부위에서 최대값이 발생하는 내구특성을 지님을 알 수 있다. 또한, 이 부위에서 피로파괴가 첫 번째로 발생할 확률이 높음을 예측할 수 있다.

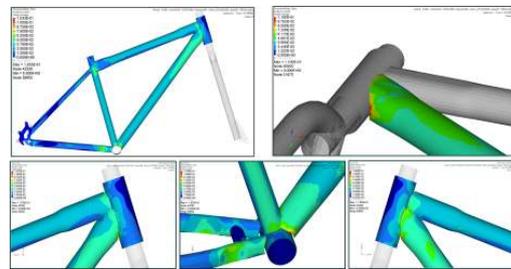


Fig. 2 Stress distribution after pedalling forces

## 4. 결론

본 논문에서는 산악자전거용인 EN 14766 규격에 정해진 데로 세 가지 하중조건을 부여하고 그에 따른 결과들을 시행착오에 따른 시험비용을 줄이고 프레임 설계 및 제작기간을 단축하기 위하여 유한요소해석을 이용하여 에코알루미늄 프레임의 내구특성을 평가하였다.

## 후기

본 연구는 고부가가치 자전거 기술개발사업인 "500MPa급 초저가 경량 고강도 자전거용 알루미늄 부품 기술개발"의 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 권경배, 김현규, "자전거 프레임 구조최적화를 위한 해석 연구," 체육과학연구원, 1-3, 2008.
2. 하만복, 박훈식, "자전거 산업의 발전과 이용률 증가방안 연구(미래 국가경쟁력 차원)," 한국도로학회지, **11**, 57-58, 2009.
3. 박홍석, 정상영, 오치봉, 이규봉, "모듈화 기반 고부가가치 경량 자전거 설계 시스템," 한국정밀공학회 춘계학술대회, 1491-1492, 2010.