

CAE 해석을 통한 자동차용 6061 Aluminum 리어 서브-프레임의 경량화 설계

Light-Weight Design of Automotive AA6061 Rear Sub-frame Based on CAE Simulation

*#김기주¹, 박준협², 원시태³, 최병익⁴, 이학주⁴, 김경식⁴, 김윤제⁵, 민성환⁵

*#K. J. Kim¹(kjkim@seojeong.ac.kr), J. H. Park², S. T. Won³, B-I. Choi⁴, H. J. Lee⁴, K. S. Kim⁴, Y. J. Kim⁵, S. W. Min⁵

¹서경대학 자동차과, ²동명대학교 메카트로닉스공학과, ³서울과학기술대학교 제품설계금형공학과,

⁴한국기계연구원 나노역학팀, ⁵고려대학교 기계공학과

Key words : AA6061, Rear Sub-frame, Light-Weight, Design, CAE

1. 서론

국내에서는 2010년 8월부터 자동차 배기량에 관계없이 5개 등급으로 단일화하여 에너지 소비효율이 15km/ℓ 이상이면 1등급으로 분류하여 각종 세제혜택이 주어질 예정이다. 또한, 유럽 연합은 교토의정서에 의거하여 2012년까지 온실가스 배출을 1990년 대비 8% 감축 시킬 것을 목표로 2012년 유럽에서 판매되는 자동차 신차의 이산화탄소 배출량이 130g/km을 초과 시, 2012년 20€/g, 2013년 30€/g, 2014년 60€/g, 2015년 95€/g로 각각 단계적으로 Penalty를 부과할 예정이다.

이에, 각국의 자동차사는 자동차 배출가스로 인한 이산화탄소의 발생량이 전체 이산화탄소 배출량의 약 80%를 차지하고 있으므로, 연비 향상을 통한 이산화탄소 배출량을 감소시키기 위하여 자동차 경량화 및 엔진 마찰손실 저감 등의 연료 고효율화 기술개발에 총력을 기울이고 있다.

본 연구에서는 인장강도 310MPa급 AA6061 알루미늄 합금 소재를 이용한 리어 서브프레임의 경량화 설계 과정을 CAE를 이용해 다루고자 한다.

2. 해석 방법 및 해석 결과

새시부품의 대물 파트인 리어 서브프레임(Rear Sub-frame)은 자동차 새시 부품으로서 승용차의 뒷쪽 하단부에 위치하여 액슬(Axle)을 서브할 뿐만 아니라 차체와 휠(Wheel)을 연결하는 역할을 한다. 뒷쪽 휠은 이 부품에 여러 개의 링크 부품으로

연결되는 서스펜션으로 구성되어 편안한 승차감을 제공한다. 이 리어 서브프레임은 2개의 사이드 멤버(Side Member)와 크로스 멤버(Cross Member) 및 1~6번 브라켓으로 구성된다. 본 연구에서는 SAPH440 소재로 개발된 리어 서브-프레임의 구성 파트를 알루미늄 6061 합금으로 경량화 설계를 진행하였으며 Fig. 1에 그 형상을 나타내었다.

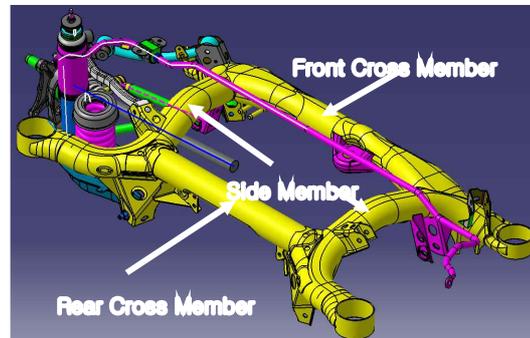


Fig. 1. Geometry of rear sub-frame.

CAE 해석은 상용프로그램으로 검증된 Nastran 프로그램을 이용하였으며 Fig. 2에 해석에 사용한 경계조건을 나타내었는데, 리어 서브-프레임이 차체와 연결되는 가장자리 4 곳을 고정(fixed point) 후 6개의 브라켓 각각에 x, y, z-방향으로 단위 하중을 부여 시 최대 응력값을 구하여 AA6061 재질 및 SAPH440 소재로 제작된 서브-프레임을 비교하였다(소재물성은 표1 참조).

식(1)은 무게인자(weight function; WF) 개념을 나타낸 것이고 이를 도입하면 소재의 피로한도에

¹⁾* Corresponding author. E-mail: kjkim@seojeong.ac.kr

대한 부품에 작용하는 응력비를 구할 수 있다.

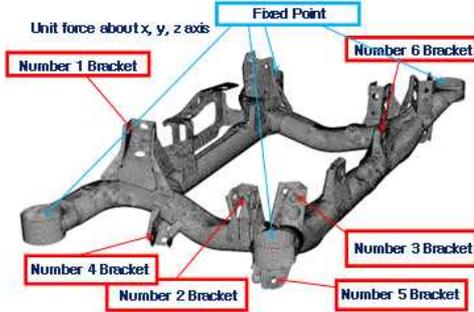


Fig. 2. Element shape and boundary conditions.

Table 1. Mechanical properties of AA6061 and SAPH440.

	SAPH440(2.3mm)	AA6061(5.0mm)
Young's Modulus	206.8 GPa	73.0 GPa
Poisson's Ratio	0.29	0.33
Density	7.85 g/cm ³	2.75 g/cm ³
Yield Strength	305.0 MPa	276.0 MPa
Ultimate Strength	440.0 MPa	310.0 MPa
Fatigue Limit	208.8 MPa	96.5 MPa
	(at 1x10 ⁶ Cycles)	(at 5x10 ⁸ Cycles)

$$WF = \frac{\sigma}{\sigma_f} \quad (1)$$

식(1)을 이용하여 최적화 설계기준을 정할 수 있는데 AA6061에 대한 무게인자는 SAPH440에 대한 무게 인자에 최대한 근접하게 설계하며 이를 넘지 않게 설계하는 것이 필요하다. 예를 들어 단위 하중에 대한 해석결과 SAPH440 및 AA6061의 최대 von-Mises 응력은 각각 100 MPa, 50 MPa의 결과를 예측한 경우 SAPH440 = 100/208.8 = 0.479로 계산되며 AA6061 = 50/96.5 = 0.518로 계산된다. 이 때 AA6061의 무게인자 값이 SAPH440 보다 작으므로 AA6061을 보강하여 0.479에 근접하며 이 값을 넘지 않도록 설계해야 한다.

Fig. 3에 리어 서브-프레임의 응력집중부를 나타내었는데 최대응력은 3번 브라켓에서 나타났으며 이 부위의 각 노드(node)를 따라 von-Mises 응력을 나타낸 것이 Fig. 4이다. Fig. 4에 나타나듯이 AA6061의 초기 두께 5.0 mm로 해석된 결과가 무게인자로 SAPH440과 비교할 때 여유가 있으므로 그 두께를 4.2 mm까지 줄인 결과 SAPH440과 유사한 형태의 무게인자를 나타내는 것을 알 수 있었으며 이로부터 AA6061은 4.2 mm가 설계기준을 만족하는 최적화 두께임을 알 수 있다.

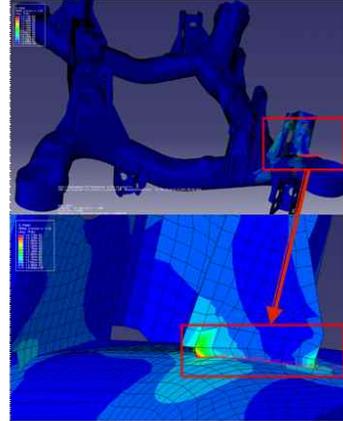


Fig. 3. Contour showing maximum von-Mises stress.

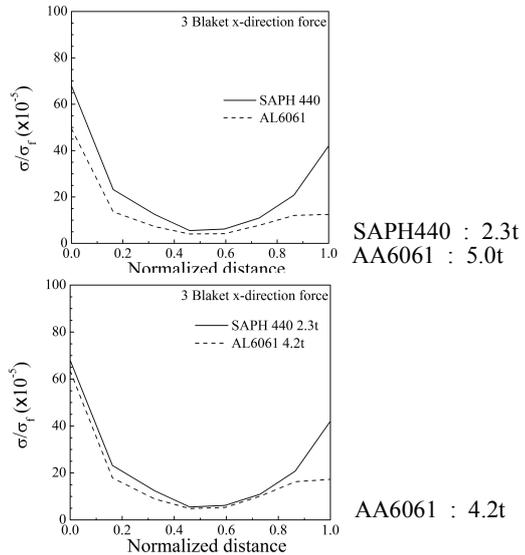


Fig. 4. Simulated and optimized results comparison.

3. 결론

SAPH440의 무게인자와 AA6061의 무게인자가 가장 근접한 모드에서 다양한 두께해석을 통해 최적화 두께를 찾아내었으며 이를 통해 36.8%의 경량화를 달성하였다.

후기

본 연구는 지식경제부의 21 세기 프론티어기술개발사업의 일환인 '차세대소재성형기술개발사업단'의 연구비 지원으로 수행되었습니다.