

전방 슬레드 시험 및 해석을 통한 마그네슘 시트의 최적설계연구 A Study of Optimal Design for Magnesium Seat Using Frontal Sled Test and Simulation

*최민영¹, #윤영한², 한완희¹, 채수민³

*M. Y. Choi¹, #Y. H. Youn(yhyoun@kut.ac.kr)², W. H. Han¹, S. M. Chae³

¹한국기술교육대학교 대학원, ²한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부, ³(주)오스텍

Key words : Magnesium seat, Frontal sled test, Taguchi method, Light weight

1. 서론

최근 국제 유가의 가파른 상승 및 환경 문제로 인하여 자동차 차체의 경량화는 완성차 업계에서 중요한 이슈로 대두되고 있다. 마그네슘의 밀도는 약 1.8g/cm³로 마그네슘을 이용하여 부품을 제작할 경우 기존의 철제 대비 약 30%의 경량화가 이루어진다고 나타나고 있다. 그러나 마그네슘의 낮은 강도로 인한 구조적 안정성이 가장 큰 문제점으로 지적되고 있다.

본 연구에서는 마그네슘 시트의 초기모델을 전방 슬레드 시험과 해석을 통하여 해석결과의 신뢰성을 입증한 후 다구찌 실험계획법을 이용하여 최적의 마그네슘 시트 모델을 찾고자 하였다.

2. 해석모델의 검증

Fig.1은 마그네슘 시트의 초기모델을 Hyperworks의 HyperMesh를 사용하여 유한요소 모델을 제작하였다. 프레임은 판 요소(Shell Element)로 모델링하였으며 용접부와 프레임의 볼트 체결부는 강체요소(Rigid-Element)를 적용하였다.

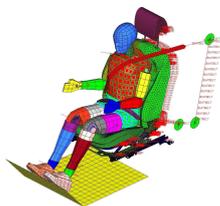


Fig. 1 FE model of the frontal sled test

전방 슬레드 시험 조건은 50%tile HYBRID III 더미를 착좌시킨 후 30G의 최대가속도를 85ms동안 반 사인파로 가하는 것이다. 요구기준으로는 유해한 변형 및 파괴가 없어야 하며 시트에 부착된 암레스트

및 트레이가 수납위치에서 이탈하지 않아야 한다.

Fig.2는 실제 슬레드 시험 후 시트의 변형형상과 해석을 통한 시트의 변형형상을 나타내고 있다. 실제 슬레드 시험과 LS-DYNA를 이용한 해석의 결과를 비교하여 시트 쿠션 판넬 부품의 변형형상과 더미의 거동이 유사한 모습을 확인 하였다. 이를 통하여 해석 모델의 신뢰성을 검증하였고, 해석 모델을 바탕으로 다구찌 실험계획법을 이용하여 마그네슘 시트의 최적 모델을 구해보기로 하였다.



Fig. 2 Comparison of the result of sled test and simulation

3. 다구찌 실험계획법

Table 1에 실험계획법 및 유한요소해석을 위한 설계변수를 나타내었다. 설계변수로는 시험을 통하여 얻어진 결과를 토대로 취약부인 시트 쿠션 판넬과 쿠션 사이드 브라켓, 프론트 파이프, 프론트 링크이며 각각 3수준으로서 두개의 변화를 주었다. 또한 실제 시험 시 30G의 가속도가 정확하게 나오지 않을 것이라 판단되어 잠음인자로 가속도를 선정하였다.

Table 1 Levels of design parameters

Design parameter	Level		
	1	2	3
T1 Seat cushion panel	1t	2t	3t
T2 Cushion side brkt	4t	4.5t	5t
T3 front link	5t	5.5t	6t
T4 front pipe	3t	4t	5t

Table 2 Orthogonal array used to design experiments

No. Experiment	Parameter design				Noise factors	
	T1	T2	T3	T4	Acceleration	
1	1	4	5	3	29.5G	30.5G
2	1	4.5	5.5	4	29.5G	30.5G
3	1	5	6	5	29.5G	30.5G
4	2	4	5.5	5	29.5G	30.5G
5	2	4.5	6	3	29.5G	30.5G
6	2	5	5	4	29.5G	30.5G
7	3	4	6	4	29.5G	30.5G
8	3	4.5	5	5	29.5G	30.5G
9	3	5	5.5	3	29.5G	30.5G

Table 2는 3수준 인자 4개를 이용하여 $L_9(3^4)$ 직교 배열표를 나타낸 것이다. Table 2에서 나열된 9가지 조건에 대하여 해석을 수행하였다. 각각의 해석결과 중 시트 쿠션 판넬 부위에 발생하는 최대 집중 응력으로부터 최적의 설계를 도출하기 위하여 해석결과로부터 망소특성에 의한 파라미터 설계로 SN비 (signal-to-noise ratio)를 계산하였다. Fig. 3은 각각 변수에 대한 SN비를 나타내고 있다.

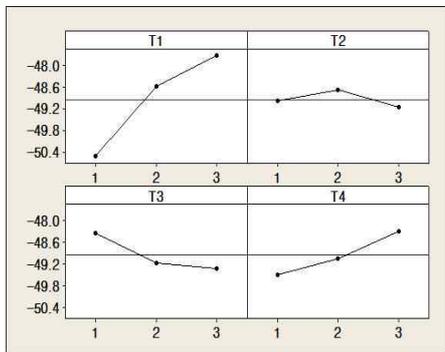


Fig. 3 SN ratio from Taguchi method

해석결과에 기여율이 높은 인자는 시트 쿠션 판넬, 프론트 파이프, 프론트 링크, 쿠션 사이드 브라켓의 순으로 나타났다. 이 결과를 토대로 최적의 설계 조건은 3t의 시트 쿠션 판넬과 5t의 프론트 파이프, 5t의 프론트 링크, 4t의 쿠션 사이드 브라켓으로 선정하였다.

최적화로 얻은 인자들을 마그네슘 시트 모델에 적용하여 해석을 수행하였다. 해석 결과, 집중 응력이 초기 모델에서 발생했던 응력에 비해 완화되었고 최대집중응력이 마그네슘 합금의 인장강도보다 낮아 유해한 파단은 없을 것으로 확인하였다. Fig. 4는 최적 모델을 해석한 결과이다.

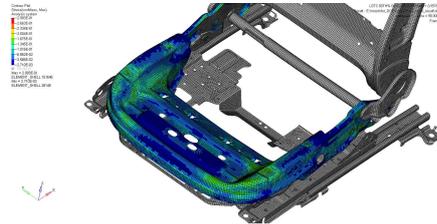


Fig. 4 The result of optimal design simulation

4. 결론

본 연구에서는 마그네슘 합금을 이용한 경량시트 개발단계에서 실제 슬레드 시험과 비선형 유한요소 해석 프로그램인 LS-DYNA로 전방 충돌 해석을 수행한 후 결과를 비교하여 해석의 신뢰성을 검증하였다. 초기모델에서 결과에 영향을 미칠 것이라 판단되는 4개의 인자를 설정한 후 다구찌 최적화 기법을 활용하여 최적의 시트 구조를 도출하였다. 최적화를 통해 재구성된 시트는 적은 집중 응력의 발생으로 기존 시트에 비해 안정적인 구조를 가질 수 있었다.

제품개발 초기단계에서 다구찌법을 적용한다면, 재설계 작업시간을 줄이고 시간과 비용의 손실을 줄일 수 있을 것이다. 또한 두께, 무게 등의 최적화를 통해 경량제품 개발에 효과적인 적용이 가능할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부 지역산업기술개발사업(과제번호 70004827)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김진규, "다구찌법을 이용한 시트벨트 앵커리지 시험의 준정적 해석방법 구현", 한국자동차 공학회지, 1605-1609, 2005
2. 김병길, "승용차용 알루미늄 시트의 경량화 및 내구성능 향상을 위한 최적설계", KASE, 58-63, 2005
3. 장인식, "상용승용차 시트프레임부품의 중량 최적화에 관한 연구", KASE, 155-163, 2006
4. Younghan Youn, "A study of Magnesium Seat Frame Design using Sensitivity Analysis", SAE-C/STC, 3-6, 2010