

자동차 범퍼 레일의 경량화 설계에 관한 연구

김이규*, 조규종**

Study on the design of the passenger cars bumper rail to reduce the weight

Yi Kyu Kim*, Kyu Zong Cho**

ABSTRACT

Recently vehicle development trend puts emphasis on cost reduction and performance improvement through weight reduction, and safety security to protect passenger and chassis against external impact.

Primary factors effected on vehicle safety are chassis structure, chassis system, and safety equipment like bumper. Research in part of weight reduction is proceeding actively about prohibition of over-design and material through optimal design method. Bumper in these factors is demanded two of all factors, safety security and weight reduction. It is the part that prohibits or reduces a physical impact in low speed crash. Bumper is composed of a few parts but this study exhibits the shape of bumper rail has a role on energy absorption of safety security and weight reduction from structure analysis of bumper rail's variable shape surface

Key Words : Bumper Rail, Bumper stay, Pendulum test, Barrier test

1. 서론

최근의 자동차 개발 방향은 경량화를 통한 원가절감과 성능향상, 그리고 외부의 충격으로부터 승객과 차체를 보호할 수 있는 안전성 확보를 중시하고 있다.

차체의 안전성에 영향을 미치는 주된 요인들은 차체 구조, 샤프트, 범퍼를 비롯한 안전 장치 등이 있으며 경량화 분야는 최적화 설계 기법을 통한 오버 디자인의 방지, 재질 부분에 관한 연구가 활발하게 진행 중이다.

이중에서 범퍼는 안전성과 경량화 두 가지 모두가 요구되는 부분이며 저속 충돌 시 충격으로부터 신체적인 충격을 방지하거나 감소시키는 부품이다. 저속 충돌은 도로 주행이나 주차 시 매우

빈번하게 발생한다. 최근에는 차량 충돌 후 발생한 차량 손상을 수리하는 비용에 대해 관심이 높아지고 있고 수리비 감소를 위한 요구가 미국의 IIHS(Insurance Institute for Highway Safety)를 중심으로 계속되고 있어 범퍼의 성능 향상이 요구되고 있다. 따라서 최소의 무게로 최적의 성능을 갖는 범퍼를 개발하는 것은 차량 개발에 큰 영향을 미치게 된다.

범퍼의 충돌 시험에는 Pendulum Test, Barrier Test, Pole Test 가 있으나 본 연구에서는 시험의 가장 중요한 부분인 앞쪽 범퍼 레일의 Pendulum Test, Barrier Test 를 수행하였다.

2. 범퍼의 구조 및 시험 항목

* 전남대학교 대학원 기계공학과
** 전남대학교 기계공학과

2.1 범퍼 구조

범퍼는 외부에 돌출되는 범퍼 커버, 에너지 흡수 역할을 하는 범퍼 레일, 레일을 장착하기 위한 범퍼 스테이가 범퍼 assembly 가 되고, 이를 차체의 Side member 에 장착하게 된다.

본 연구에서는 에너지 흡수 역할을 하는 범퍼 레일과 스테이에 대한 충돌 해석을 수행 하였다.

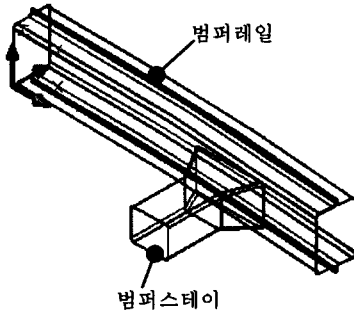


Fig 1. Structure of the bumper assembly

2.2 시험 항목

먼저 연구하고자 하는 과제의 범위는 미국 자동차 범규(2.5mph)에 만족하는 정면 충돌 에너지 흡수 범퍼 레일의 구조를 해석한다. 이 범규는 차량의 무게와 동일한 Rigid pendulum 에 대한 시험과 고정 벽에 대한 충돌 시험의 만족을 요구한다.

3. 범퍼 레일의 모델링 및 해석

3.1 범퍼 레일의 타입

범퍼 레일의 형상에는 재질에 따라 Steel 계의 Roll Forming, Press 타입과 Plastic 계의 사출 타입의 Xenoy(PC+PBT), PP 와 Blow molding 타입의 PP, PE, Xenoy 타입, 열 Press 타입의 GMT 등 다양한 형태가 있다. Steel 계는 70 년대에 주로 사용되었으며, 80 년대 후반부터 복합성 Plastic 계가 사용되고 있다. 그러나 최근에는 디자인 경향이 범퍼의 돌출량을 줄이는 경향이므로 이 조건을 만족시킬 수 있는 고장력 강판의 Steel 계가 많이 사용되고 있으므로 본 연구에서는 고장력 강판 형식의 범위를 연구 대상으로 삼았다..

3.2 모델링

실 제품과의 동일한 조건 하에서의 실험을 하

기 위해 실차의 앞쪽 스킨을 이용하여 실차와 동일한 범퍼 레일을 CATIA 를 이용하여 모델링 하였다. Mesh 작업은 CATIA 파일을 IGES 파일로 변환하여 IDEAS 에서 MESH 생성하였다. 레일의 단면 형상은 uniform 하며 길이와 높이의 비는 실차 조건과 같게 설정하였다. 레일은 스테이에 bolting 되는 구조이며, 실험 시에는 고정벽에 고정시켜 충돌실험을 하게 되므로 이 볼팅 점을 fixed 시켜 stay 를 rigid body 로 규정하였다.

3.3 해석

Pendulum 시험은 Pendulum 을 모델링 하여 차량 무게와 동일한 하중을 Pendulum 에 부가하고 Pendulum 에 2.5 마일의 속도를 부가하여 Dynamic 해석을 하였다.

Center Barrier Test 는 범퍼 레일에 2.5mph 의 속도를 부여하여 전방의 고정 벽(Wall)에 충돌하는 Dynamic crash 해석을 하였고, 충격 해석은 bumper 가 좌우 대칭이므로 Axis symmetric 방법으로 충격 해석 전용 프로그램인 LS DYNA 3D 를 이용하여 해석하였다.

경계 조건은 양쪽 범퍼 스테이를 Fixed 시켜 'xyz' 방향으로 거동을 구속시키고, 범퍼 레일은 xyz 방향으로 Free 하게 설정하였다. Pendulum 은 'x'방향만 Free 하게 두고 Barrier 는 Fixed rigid body 로 설정했다.

Contact 조건은 Pendulum 과 Barrier 의 접촉면을 Rail 의 접촉면과 Contact 조건으로 설정하였다.

표면은 Shell Type 으로 Modeling 하여 실제품과 동일한 1.4mm 의 고장력 강판으로 하였다.

실제시험(Fig1, Fig2 참조)과 동일한 조건을 부여하여 Front Bumper Rail 과 Stay 에 대해서 20in Center pendulum, 16in Center pendulum 및 Center barrier test 에 대한 해석을 실시했다.

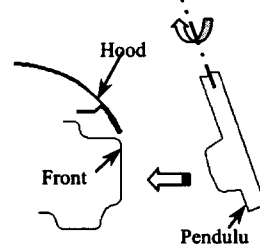


Fig 2. Diagram of the pendulum impact test

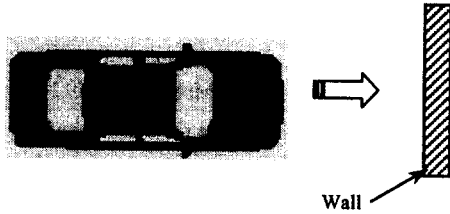


Fig 3. Diagram of the barrier impact test

3.4 해석 결과

① Rail 의 20in Center pendulum test

Rail 의 응력 분포는 보강 bracket 가 있는 중앙 전면보다는 상단면이 높게 나타나고 보강 bracket 설치된 전면은 대체로 양호하다.

최대 응력은 중앙 상단부 플랜지 부위에서 727Mpa 로 나타나고 보강 bracket 가 끝나는 지점에서 약간 높게 분포된다.

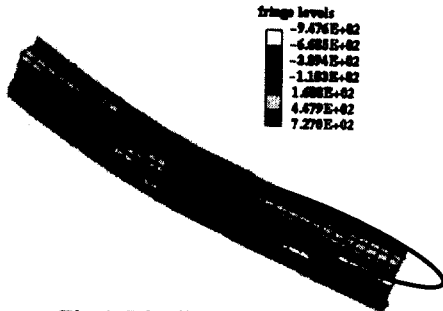


Fig 4. Distribution of stress of rail

Rail 의 변형률 분포는 보강 Bracket 가 끝나는 상단부 플랜지 면에 국부적으로 분포하고 최대 변형률은 0.0124mm 를 얻었다.

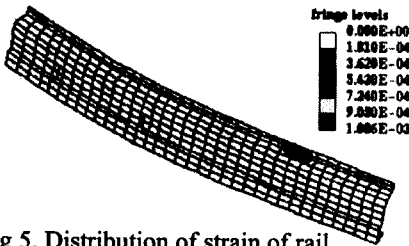


Fig 5. Distribution of strain of rail

② Stay 의 20in Center pendulum test

Stay 의 응력 분포는 Rail 과 접촉되는 끝단 플랜지 부위에 높게 나타나고 나머지는 대부분 양호한 상태다. 최대 응력은 좌측 상단 플랜지 부위로 485Mpa 이다

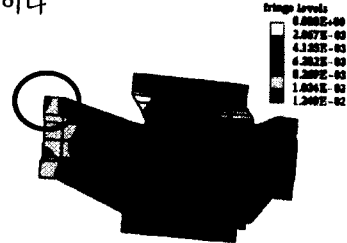


Fig 6. Distribution of stress of stay

Stay 의 변형률 분포는 끝단 플랜지 부위에 국부적으로 분포하고 최대 변형률은 0.1086mm 이다

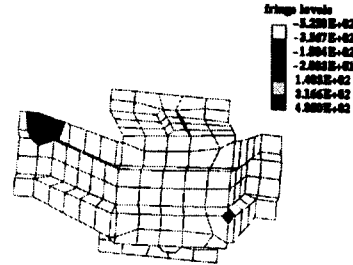


Fig 7. Distribution of strain of stay

③ Rail 의 16in Center pendulum test

16in 시험의 경우 Rail 의 응력 분포는 보강 bracket 가 있는 중앙은 20in 경우와 마찬가지로 대체로 양호하나, 최대 응력은 20in 중앙 상단부 플랜지인 반면에 16in 경우에는 차 외곽 쪽으로 분포하며 최대 응력은 1029Mpa 로 20in 경우보다 조금 높다.

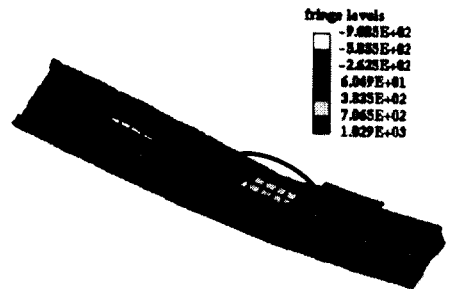


Fig 8. Distribution of stress of rail

변형량은 20in의 경우와 비슷한 곳에 분포하며 최대 변형은 0.035mm로 16in 경우가 조금 높다. 위 실험 결과에 의하면 Pendulum Test의 경우 20in는 16in 경우가 20in보다 응력 및 변형이 높게 분포함을 알 수 있다.

④ Stay의 16in Center pendulum test

16" Center pendulum test 결과는 20" 경우와 비슷하게 나타나며, 최대 응력과 최대 변형은 474.3Mpa 과 0.00045mm로 20in 경우 보다는 작은 편이다.

⑤ Rail의 Center barrier test

Rail의 응력 분포는 보강 bracket가 있는 중앙 전면은 대체로 양호하며, 곡물이 지는 부위에 비교적 높은 응력이 집중된다. 최대 응력 값은 919.7 Mpa이다.

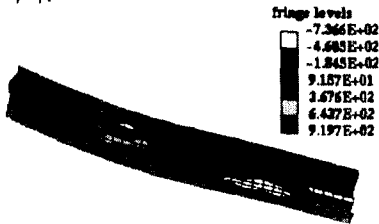


Fig 9. Distribution of strain of rail

변형은 20in, 16in와 비교에 중앙부 상단 플랜지 부에 위치하고 다른 시험과 마찬가지로 전반적인 변형보다는 국부적인 변형 발생.

최대 변형량은 0.038mm로 가장 높게 나타난다.

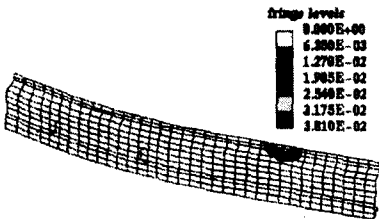


Fig 10. Distribution of strain of rail

⑥ Stay의 Center barrier test

Center barrier test 시 Pendulum test에 비해 1/3 이상 높은 하중이 stay에 걸리고 특히, 좌측 상단 플랜지 부위에 응력이 집중되는 형상이 나타난다.

최대 응력은 611.7Mpa이다.

⑦ Bumper rail 해석 결과치

항목	최대응력 (max stress)	최대 변형 (max Strain)
20in Pendulum	727Mpa	0.0124mm
16in Pendulum	1029 Mpa	0.035mm
Center barrier	919.7 Mpa	0.0381mm

⑧ Bumper stay 해석 결과치

항목	최대응력 (max stress)	최대 변형 (max Strain)
20in Pendulum	485 Mpa	0.1086mm
16in Pendulum	474.3 Mpa	0.00045mm
Center barrier	611.7 Mpa	0.0297mm

4. 결론

Bumper rail 및 stay 해석 결과 응력 집중 부위는 대체로 동일한 부위에 응력이 집중되는 현상을 볼 수가 있다. Rail은 중앙 상단 Flange 부위이고 Stay는 좌측 끝단 Flange 부위에 응력이 집중되고 있는 현상을 알 수가 있다.

해석 시 하중이 집중되는 Center 부위에는 보강 Bracket를 설치하였다. 그 stress 및 strain이 현저히 감소하는 현상을 볼 수가 있었다.

그리고 해석 결과치는 범규 만족 대비 30% 이상 over design 되어있다. 안전률을 고려하더라도 최적화에 반하는 설계이다.

경량화 설계를 위해서는 해석 simulation을 통해 최소한의 두께로 모델링하고 응력이 집중되는 부위에는 보강 Bracket를 설치하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 박인송, "복합재료 타원형 스프링을 이용한 저속 충돌용 자동차 범퍼에 관한 연구," 자동차공학회지, vol16, No5, pp. 1~11, 1994
2. 심재우, "플라스틱 범퍼 설계를 위한 해석기법" 자동차공학회지," vol13, No3, pp. 1~6, 1991