

승용차 센터필러 조인트 부분의 구조강성재 적용에 따른 동특성 해석

Analysis of Dynamic Characteristics for Center Pillar Joint of an Automobile using Structural Foam

임동민* · 김찬목†

Dongmin Lim, Chanmook Kim

1. 서 론

고강성 및 경량화 차량 개발을 위한 단면 확보와 차체 보강의 한계 극복의 새로운 대안이 필요하다. 차량의 상품성(충돌 안전성, 진동, 소음, 내구성)을 위해 차체보강 시 발생하는 중량을 최소화하고 강성을 확보하는 설계가 요구된다.

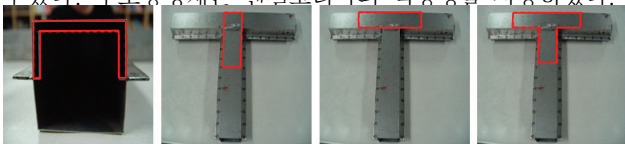
본 논문에서는 차체 사이드 결합부에 적용되는 구조강성재를 센터필러 조인트 부분을 단순화한 시편을 구성하여 4가지 경우로 나누어 적용하였다. 시험과 해석을 통해 모드형상과 강성을 확인하였고 FE모델의 모델링과 해석기법에 대해 검증하였다.

2. 모자단면형상을 갖는 T형 시편의 강성 비교

2.1 시편의 선정

(1) 적용 위치

시편의 두께는 1mm이고 일반스틸 재질의 철판 3겹을 스팟 용접하였다. 액상형 구조강성재를 미적용, 루프레일 적용, 칼럼 적용, 루프레일과 칼럼 적용으로 4가지로 나누었다. 구조강성재는 헥셀코리아의 액상형을 사용하였다.



(a)section (b)case 2 (c)case 3 (d)case 4
Fig.1 Application of Position of Structural Foam

(2) 적용 단면

모자단면 형상을 갖는 시편에 구조강성재를 적용하여 동특성을 비교한 결과 외측(외판과 보강판 사이)에 적용

한 시편이 전체 적용한 시편과 비슷한 경향을 나타냈다. Fig.1의 (a)와 같이 외측과 보강판 사이에 구조강성재를 적용하였다.

2.2 Modal test

78개의 노드점에서 응답을 측정하였고, 경계조건은 Free-Free로 하였다. Impact hammer를 이용하여 가진하고 단축가속도계 6개를 이용하여 응답을 받았다. 총 자유도는 78이다. 시험결과 굽힘과 비틀림이 글로벌 모드에서 나타났다.

구조강성재가 적용되면서 주파수가 크게 상승하였고, 모드형상도 변하였다. case 4는 적용양이 증가함에 따라서 주파수의 상승폭이 컸다. 무게의 증가에 비해 주파수가 상대적으로 크게 증가한 것은 강성을 확보하는데 유리하다. 이는 경량화 측면에서 구조강성재의 효과가 우수하다고 판단된다. Table 1은 각 케이스별 주파수 비교를 나타내었다.

Table 1 Comparison of natural frequency of each joint sample

mode	case 1	case 2	case 3	case 4
1st[Hz]	120.3	206.0	209.0	229.4
2nd[Hz]	134.4	253.4	280.1	274.9
3rd[Hz]	181.3	312.2	298.9	333.8
4th[Hz]	219.6	341.8	333.6	356.6

구조강성재의 적용량의 차이는 적으나 주파수 변화율이 큰 것을 확인하고 각 시편의 주파수 결과를 시편의 질량으로 나누어 질량대비 주파수 상승률을 알아보았다.

case 2와 case 3의 경우 구조강성재의 위치는 다르지만 적용양이 비슷하여 주파수가 유사한 경향을 보였고, 질량대비 주파수 상승률도 유사하였다. case 4의 경우 Table 2 Frequency compared with each joint sample mass

mode	case 1	case 2	case 3	case 4
mass[kg]	4.3	4.4	4.45	4.48
1st[Hz/kg]	27.9	46.8	47.5	51.2
2nd[Hz/kg]	31.2	57.5	63.6	61.3
3rd[Hz/kg]	42.1	70.9	67.9	74.5
4th[Hz/kg]	51.1	77.6	75.8	79.5

† 교신저자 : 정희원, 국민대학교 자동차공학부
E-mail : cmkim@kookmin.ac.kr
Tel : (02) 910-4683, Fax : (02) 919-0514

* 정희원, 국민대학교 자동차공학전문대학원

우가 가장 큰 주파수 상승률을 나타내었다. 시편의 질량 대비 주파수 상승률을 Table 2에 나타내었다.

2.3 FE 해석

(1) 모델링 기법

시편의 해석모델은 상용프로그램인 HyperMesh 8.0을 이용하여 유한요소모델을 생성하고 Solver는 Nastran 2005를 이용하여 Sol. 103(Normal mode analysis)으로 해석을 수행하였다.

Standard sample은 3겹의 Shell로 구성되어 있으며, Mesh 타입은 사각형으로 하였다. 구조강성재의 모델링은 3D요소인 Solid로 하였는데 적용 위치에 따라서 각각 모델링하였다.

Solid요소를 Shell요소에 등가화하고 시편의 용접은 RBE2로 하고 3층의 Shell을 구속하였다. Table 3은 철과 구조강성재의 물성치를 나타낸다.

Table 3 Structural foam and steel material properties

	Steel	Structural foam
Young's Modulus (kg/mm^2)	1.9×10^4	350
Poisson's Ratio	0.29	0.23
Density ($kg \cdot s^2/mm^4$)	8.2×10^{-10}	5.3×10^{-11}

(2) 해석결과

해석결과를 주파수와 모드형상이 실험결과와 유사한 경향을 보였다. 유한요소모델의 디자인 스터디를 통해 시험결과와의 오차를 줄임으로써 모델링기법에 대한 신뢰성을 검증하였고 FE해석만으로도 구조강성재를 적용한 시편에 대한 진동특성을 확인할 수 있다.

3. 센터필러 조인트 부분모델의 구조강성재 적용

3.1 부분 모델

센터필러 조인트 부분으로써 단면 형상이 복잡하고 여러 가지 요소들이 만나는 결합부이다. 굽힘이나 비틀림 모드의 영향이 적지만 결합부가 골격강성에 중요한 부분이기 때문에 신경하게 되었다. 동일 차종의 센터필러 조인트를 같은 크기로 절단하여 T형태로 제작하였다.

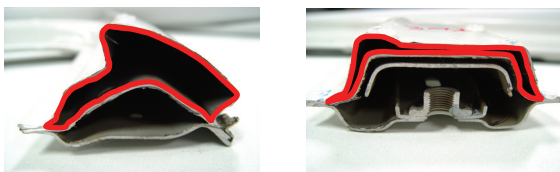


Fig. 2 Application section of structural foam

적용단면은 Fig.2에 나타내었고, 적용위치는 모자단면 형상을 갖는 T형 시편과 동일하다.

3.2 Modal Test

76개의 노드점에서 응답을 측정하였고, 경계조건 및

시험방법은 모자단면 형상을 갖는 T형 시편과 동일하게 실시하였다.

Modal test 결과 구조강성재를 미적용한 시편에서는 모드형상이 뚜렷하게 나타난 반면 적용한 시편은 뚜렷하지 않았다. 이는 필라 내부에 구조강성재가 적용되면서 강성이 증가하고 감쇠효과가 작용하기 때문이다.

Table 4 Comparison of natural frequency of each center pillar joint

mode	case 1	case 2	case 3	case 4
1st[Hz]	260.8	375.4	352.6	392.1
2nd[Hz]	309.2	469.0	433.5	482.4
3rd[Hz]	401.7	541.7	520.0	564.9
4th[Hz]	475.2	588.3	554.1	617.0

루프레일과 칼럼에 T형태로 적용한 CASE 4의 경우가 강성이 가장 높게 나타났다. 고주파 영역으로 가면서 주파수 차이는 더 컸다.

Table 5 Frequency compared with each center pillar joint mass

mode	case 1	case 2	case 3	case 4
mass[kg]	3.42kg	3.575kg	3.585kg	3.615kg
1st[Hz/kg]	76.2	105.0	98.3	108.4
2nd[Hz/kg]	90.4	131.1	120.9	133.4
3rd[Hz/kg]	117.4	151.5	145.0	156.2
4th[Hz/kg]	138.9	164.5	154.5	170.6

센터필러 조인트 부분과 같은 복잡한 형태의 결합부에 구조강성재의 적용위치가 바뀌면서 주파수의 변화가 있었다. 적용량의 차이는 적지만 구조적인 측면에서 case 4와 같이 루프-레일과 칼럼에 T형태로 적용하는 것이 조인트 부분의 강성과 안정성을 확보하는데 유리하다.

4. 결 론

(1) 모자단면형상을 갖는 T형 시편의 모달 시험과 해석을 통해 얻은 결과를 Correlation하여 유한요소모델을 검증하였다.

(2) 시편 질량대비 주파수 상승률을 구한 결과 T형태로 적용한 case 4의 경우가 가장 높았다.

(3) 센터필러 조인트 부분모델의 시험결과 칼럼과 루프레일에 T형태로 적용한 case 4의 경우 시편 질량대비 강성이 가장 높았다. 센터필러 조인트 부분과 로워 부분과의 강성 차이가 커지므로 관심주파수 영역에서의 주파수 상승을 유도하는 것이 관건이다.

후 기

재료와 시편제작에 도움을 주신 헨켈코리아 오토모티브 연구소 관계자분들께 깊이 감사드립니다.