

차량의 결합부 강성 모델링 기법 및 저진동 영역에 영향을 미치는 인자 연구

A Study on Joint stiffness Modeling Method and Joint Design Factors for Low Frequency Vibration

성 영 석† · 강 민 석* · 임 홍 재*

Young Suk Sung, Min Seok Kang and Hong Jae Yim

Key Words : Side Panel (사이드 패널), Sensitivity (민감도), Section Property (단면 특성 값), Weld Point Space (용접점 Flange Width (플랜지 폭))

ABSTRACT

Vehicle body frame stiffness affects the dynamic and static characteristics. Vehicle frame structural performance is greatly affected by crossmember and joint design. While the structural characteristics of these joints vary widely, there is no known tool currently in use that quickly predicts joint stiffness early in design cycle.

This paper presents the joint design factors affecting on low frequency vibration. The joint factors are joint panel thickness, section property, flange width and weld point space. To study the effect on vehicle low frequency vibration, case studies for these factors are performed. And Sensitivity analysis for section property is performed. The result can present design guide for high-stiffness vehicle.

1. 서 론

자동차 개발 기술의 도약적인 발전에 따라, 설계 주기는 소비자들의 다양하고 충동적인 구매욕구와 맞물려 점점 더 짧아지는 추세에 있다. 이러한 추세에 따라, 기업에서는 개발차를 실제로 제작하지 않고 CAE를 이용하여 수치적으로 해석하는 기법이 점차 그 중요성을 더해가고 있어, 실차의 유한 요소 모델링에 더 큰 관심을 가지고 있다.

이러한 CAE의 장점은 초기설계단계에서부터 개발될 차체의 진동특성을 실차에 가까운 값을 예측할 수 있는 차체 진동 해석기술 및 발생 가능한 진동문제를 필라(pillar), 루프레일(roof rail), 로커(rocker) 그리고 결합부(joint)와 같은 차체 구조의 설계변경을 통하여 미리 해결할 수 있다는 데 있다.

CAE를 이용한 차체설계시 20~50Hz 범위내의 저진동 영

역과, 500Hz범위 이상의 고진동 영역으로 나누어 해석된다. 고진동 영역은 roof panel 또는 lower panel의 떨림현상에 의해 발생하는 실내부의 음압 압축, 팽창 현상인 booming noise와 연관되며 이는 운전자 및 승객들에게 청각적인 불편함을 초래하게 된다. 저진동 영역은 본 논문에서 논의되어질 side frame의 강성과 연관된 차체 진동 모드 특성에 관련되어 진다. 이러한 저진동 영역은 엔진의 가진력과 노면에서 굴곡에서 발생하여 타이어와 서스펜션을 통한 기진력등이 그 요인이 되고, 이러한 반복하중의 주파수 영역과 차체가 가지고 있는 고유진동수(idle shake)가 일치하면 공진이 발생하게 되어, 운전자와 승객들이 느끼는 승차감을 민감하게 되고, 상대적으로 굽힘과 비틀림에 의한 이동량이 많은 부재에 용접이나 체결 부위의 경우 반복하중에 의한 응력축적으로 결국은 파손에 이르게 된다.

이러한 저진동 영역은 차량의 형상을 유지하고 작용하중을 지지 전달하는 pillar, roof rail, rocker 등을 비롯한 차체의 골격부재라 불리는 차체 결합부에 의해 큰 영향을 받게 된다. 차체 결합부는 여러 가지 두께를 가진 강판들이 복잡하고 불규칙한 형태의 폐 단면으로 이루어져 있으며, 다양한 결합으로 그 형상을 이룬다.

따라서, 차체 설계 시 이러한 차량의 고유진동수(natural frequency) 및 진동모드형상(vibration mode shape)에 많

† 국민대학교 자동차공학 대학원
E-mail : sungson2@lycos.co.kr
Tel: 02 - 914 - 8812

* 국민대학교 자동차공학 대학원

은 영향을 끼치는 차체 결합부 설계에 주안점을 두어야 한다. 차체 결합부는 부재의 강성에 의해서 그 특성이 좌우된다. 차체 바디의 강성에 영향을 미치는 결합부의 여러 인자들은 저 진동 영역에서 민감한 요인으로 꼽히고 있다. 본 논문에서는 결합부 인자들에 대한 연구로 이를 구성하는 판재 두께 변화가 저 진동 주파수에 미치는 영향, 진동 주파수에 대한 결합부 단면 특성 값의 민감도 연구, 결합부의 용접점 간격이 결합부 강성에 미치는 영향에 대한 연구가 이루어 질 것이다.

2. 결합부 치환 모델링

차량의 해석에 필요한 모델은 해석하고자 하는 목적에 따라 그 쓰임새가 각각 다르다. 해석 시간과 정확도에 따라 다른 결과 값을 얻을 수 있지만 결합부의 세부 인자들이 차량의 전체 강성에 미치는 영향을 판단하기 위해서 기존의 빔-셸 모델에서 결합부에 해당하는 부분을 셸 모델로 치환해야 한다.

Fig.1 은 일반 상용 차량의 상세 셸 모델을 빔-셸 모델로 변형한 것이다.

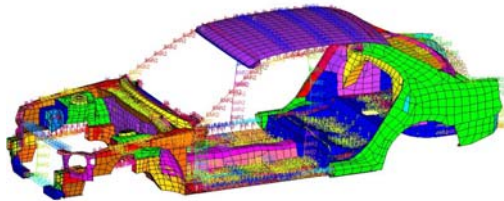


Fig.1 Beam-Shell Model of a typical passenger car

빔-셸 차량 모델의 경우 사이드 프레임에 해당하는 부분이 전체적으로 빔 요소를 사용하여 모델링 되어 있다. 셸 요소로 모델링 되어 있는 루프와 사이드 프레임 사이의 연결은 rigid 요소를 사용하여 용접을 표현하고 있다. 결합부에 해당하는 부분인 A-pillar to roof rail, B-pillar to roof rail, A-pillar center, A-pillar to rocker, B-pillar to rocker에 해당하는 부분이 빔 요소를 사용하여 모델링 되어 있고, 셸 요소로 모델링 되어 있는 부분과 rigid 요소로 결합되어 있다.

결합부에 해당하는 빔 요소를 셸 요소로 치환하기 위해서는 이러한 결합 요소들을 고려해야 하며 결합부-빔 요소를 사용한 차량 모델과 결합부-셸 요소를 사용한 차량 모델의 진동 주파수를 비교해야 한다.

2.1 빔-셸 모델의 결합부 모델

빔으로 모델링된 모델의 경우 각 멤버에 해당하는 빔 요소들 사이에 3개의 비틀림 강성을 가지는 토션 스프링 요소로 연결된다.

주 응력 방향의 좌표계에 대해 각각의 토션 스프링 요소들은 3축에 대한 강성 값을 가지게 되고 이는 빔 요소로 모델링 된 결합부의 조인트 강성을 나타내게 된다. 이처럼 빔 요소로 모델링 된 결합부를 이루는 멤버들과 스프링 요소로 모델링 된 결합부 강성은 빔 요소의 빔 특성값인 I_x , I_y , J , A 값으로 강성을 표현할 수 있다. 하지만 빔 요소로 모델링된 결합부와 그 멤버들은 결합부의 형상이나 결합부를 이루는 판재들 (inner panel, outer panel, reinforcement)의 두께 등에 대한 영향력을 표현 할 수 없다. 위와 같은 결합부 인자들의 차량 강성에 대한 영향력을 판단하기 위해서 결합부에 대한 셸 요소 모델이 필요하게 된다.

2.2 결합부 셸 요소 모델 치환

결합부 인자들의 차량 강성에 대한 영향력을 판단하기 위해서 결합부에 대한 셸 요소 모델이 필요하게 된다. Fig.2는 각 결합부들에 대한 셸 요소 모델들이다.

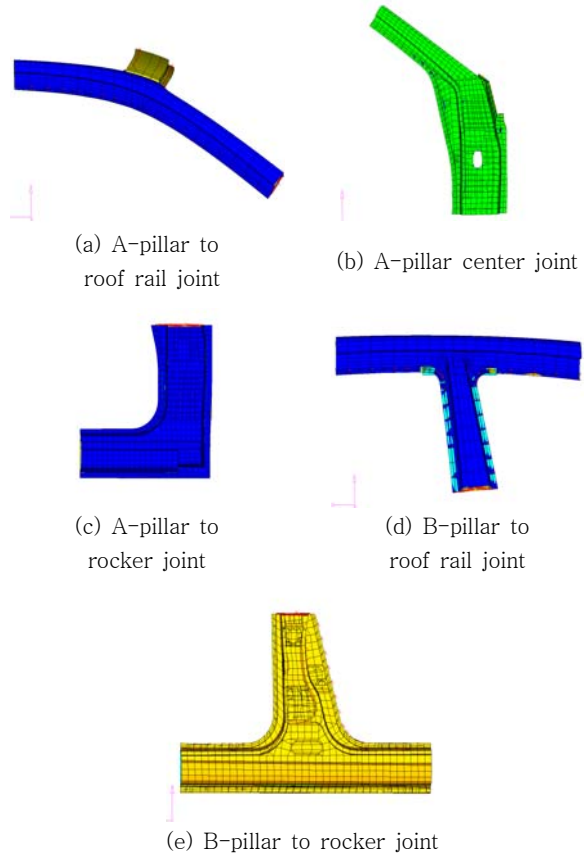


Fig.2 Joint shell model

위의 셸-조인트 모델은 Fig.3과 같이 빔-셸 요소로 모델링 된 BIW 모델의 결합부 부분에 치환된다.

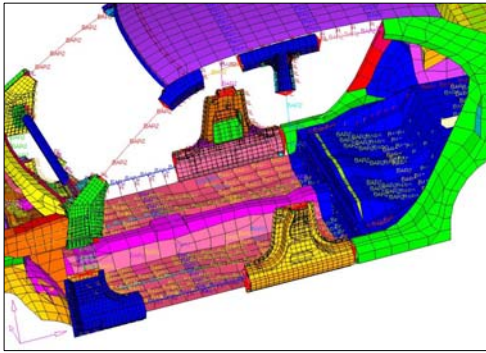


Fig.3 Substitution model for shell joint part

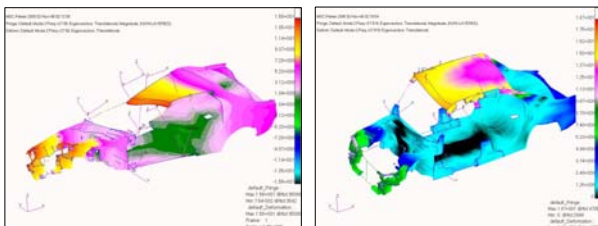
빔 요소 결합부 모델을 셸 요소 결합부 모델로 치환할 때 치환되는 셸 모델의 위치는 중요하다. 빔 요소로 모델링된 결합부의 중심과 셸 요소로 모델링된 결합부 모델의 중심이 일치해야 한다.

다음은 기존의 결합부에 해당하는 빔 요소를 제거 하고 셸 요소 모델로 치환하는 과정이다. 빔-셸 요소 모델의 경우 빔 요소로 모델링된 사이트 패널은 연속적이 아닌 불연속적인 빔 요소의 연결로 모델링 된다. 이 각각의 빔 요소들은 불연속적인 빔 특성치를 가지고 있는 것이 사실이다.

하지만 셸 요소로 치환할 경우 각각의 빔 요소들이 만나는 노드점과 셸 요소 결합부 모델의 끝단이 만나야 할 것이다. 또한 그 위치를 일치시키므로써 셸 요소와 빔 요소를 연결할 수 있게 된다. 이를 위해서 빔 요소와 셸 요소의 결합이 이루어질 가장 가까운 노드를 선택하고 인접 빔 요소의 벡터를 고려하여 기존의 빔 요소의 길이를 결합 노드까지 확장 하였다. 길이에 따라 빔 특성 값이 달라질 수 있지만 불연속적인 빔 요소의 특성치에 모델링에 큰 영향을 미치지 않으므로 이와 같은 방법을 사용하였다.

2.3 빔-결합부 모델과 셸-결합부 모델 강성 비교

차량의 결합부에 해당하는 부분을 셸 요소로 치환하여 모델링 한 것을 기존 빔요소로 모델링된 결합부를 사용한 차량 모델과 진동 주파수를 비교하여 모델의 신뢰성을 확인한다. 차량의 고유 주파수는 대표적으로 비틀림 모드(FR torsion) 대해서 비교 하였다.



FR torsion : 30.0Hz

FR torsion : 30.2Hz

Fig.4 Modal analysis for beam joint model

Table.1 Comparison modal analysis results

mode	beam joint model	Shell joint model	difference(%)
FR torsion	30.0Hz	30.2Hz	0.7%
3절 bending	40.0Hz	40.2Hz	0.5%
2절 bending	45.0Hz	45.2Hz	0.4%

빔 요소 결합부 모델과 셸 요소 결합부를 이용한 차량의 강성 비교 데이터를 볼 때 주파수 차이는 1% 미만으로 셸 결합부 모델 치환이 타당성을 가지고 있음을 알 수 있다.

3. 결합부 두께 인자 연구

빔 요소 결합부를 셸 요소로 치환한 모델을 이용하여 셸 결합부를 구성하고 있는 outer panel, inner panel, reinforcement panel 의 두께를 변화시키면서 결합부의 설계 인자가 전체 차량의 강성에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 기술한다.

각 결합부의 outer panel, inner panel, reinforcement 로 나누어서 초기 모델의 두께를 100%로 가정한 후 각각 -30%, +30% 이었을 때 강성을 비교하며, 결합부 전 panel의 두께를 -30% , +30%로 축소 및 확대하였을 때의 차량 강성을 비교한다. 또한 셸로 모델링된 결합부의 두께변화와 차량 전체의 강성과의 관계를 도출한다.

결합부를 구성하는 outer panel, inner panel, reinforcement panel과 같은 여러 판재 구성요소들의 두께를 변화시킴으로 인해서 결합부의 강성은 달라진다. 또한 변화된 결합부의 강성으로 인해 차량의 저진동 영역의 비틀림 및 굽힘 강성이 변화하게 된다. 하지만 모든 판재의 두께 변화가 차량의 강성 변화에 똑같은 영향을 미치지 못하는 것이다. 차량의 저진동 영역의 진동 주파수에 좀 더 큰 영향을 미치는 판재 두께가 있는가 하면, 그렇지 못한 판재 요소도 있다. 이 장에서는 결합부를 구성하는 판재들의 두께를 변화시켜 각 진동 모드별로 변화된 결과 값을 산출하여 차량의 진동주파수에 더 큰 영향을 미치는 결합부를 고찰한다. 또한 저진동 영역의 진동주파수 변화에 더 민감한 영향을 미치는 결합부 판재 요소에 관해서도 연구한다. 본 논문에서는 5개 결합부 모델 중에서 가장 민감하게 반응한 A-pillar to roof rail joint 와 A-pillar center joint에 대해서 기술하였다.

3.1 A-Pillar to roof rail joint panel thickness modify

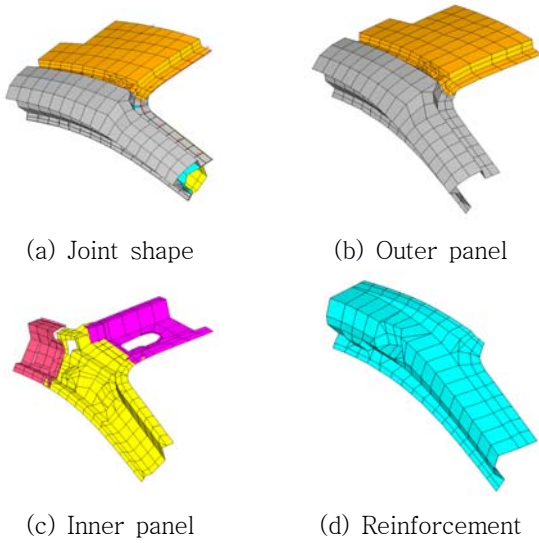


Fig.5 A-pillar to roof rail joint component

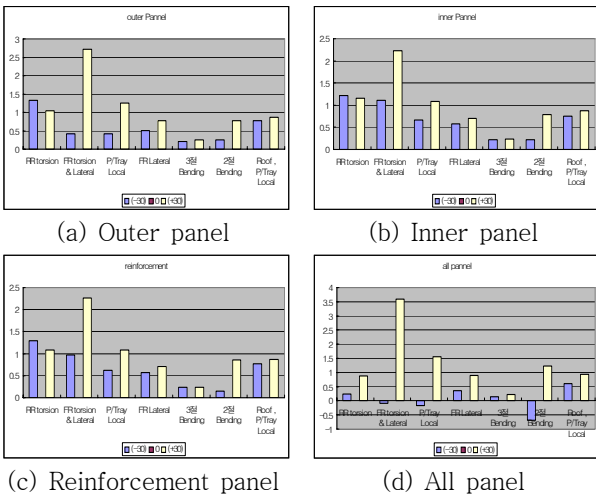


Fig.6 Frequency change ratio for APU panel thickness change

A-pillar to roof rail 결합부의 경우 각각의 판재 두께를 감소했을 때와 증가시켰을 때 진동 주파수가 전체적으로 높아지는 경향을 나타내고 있지만 outer panel, inner panel, reinforcement 의 두께 변화에 FR-torsion 모드 주파수가 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 판재 요소들 중 outer panel 의 두께 변화가 FR-torsion mode 주파수에 가장 큰 영향을 미치고 있다. outer panel 의 두께가 가장 얇다는 것을 고려한다면 작은 두께 변화로도 차량의 FR-torsion mode 주파수에 큰 영향을 미치고 있으며 A-pillar 결합부에서 민감도가 가장 큰 인자로 판단된다. Table.2는 A-pillar to roof rail의 두께 변화에 따른 주파

수 변화를 나타내고 있다.

Table.2 Frequency comparison for A-pillar to roof rail joint thickness change

Mode	Outer panel		Inner panel	
	-30%	+30%	-30%	+30%
FR-torsion	+0.4%	+2.7%	+1.1%	+2.2%
FR-lateral	+0.5%	+0.8%	+0.6%	+0.7%
3절 bending	+0.2%	+0.3%	+0.2%	+0.2%
2절 bending	+0.3%	+0.8%	+0.2%	+0.8%

Mode	Reinforcement		All panel	
	-30%	+30%	-30%	+30%
FR-torsion	+0.9%	+2.3%	-0.1%	+3.4%
FR-lateral	+0.6%	+0.7%	+0.3%	+0.2%
3절 bending	+0.2%	+0.2%	+0.1%	+0.2%
2절 bending	+0.2%	+0.9%	-0.7%	+1.2%

3.2 A-Pillar center joint panel thickness modify

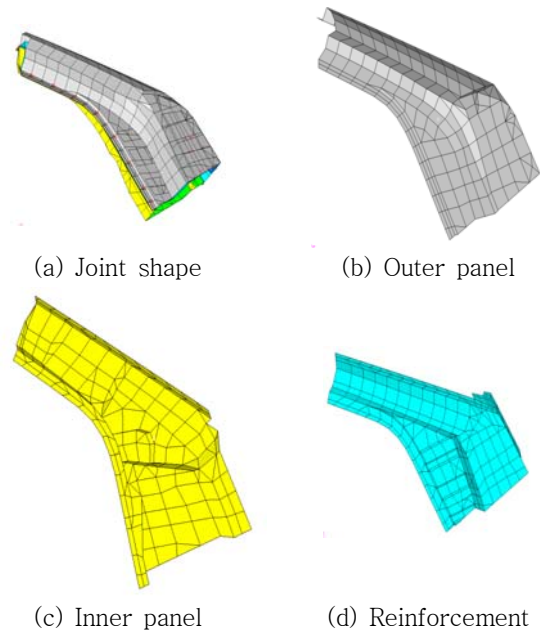


Fig.7 A-pillar center joint component

A-pillar center 결합부를 구성하는 판재 두께의 변화는 A-pillar to roof rail와 마찬가지로 FR-torsion mode 주파수에 가장 민감한 영향을 미치고 있으며 비틀림 강성 값을 효과적으로 높일 수 있는 outer panel 두께변화가 차체 비틀림 강성에 큰 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다.

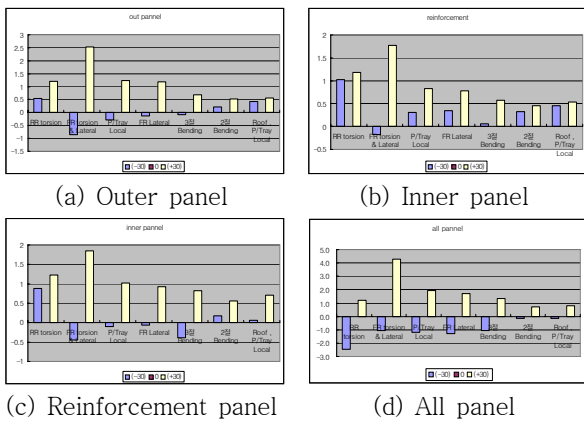


Fig.8 Frequency change ratio for APC panel thickness change

Table.3 Frequency comparison for A-pillar center joint thickness change

Mode	Outer panel		Inner panel	
	-30%	+30%	-30%	+30%
FR-torsion	-0.8%	+2.5%	-0.4%	+1.9%
FR-lateral	-0.1%	+1.2%	-0.1%	+0.9%
3절 bending	-0.1%	+0.7%	-0.3%	+0.8%
2절 bending	+0.2%	+0.5%	+0.1%	+0.6%

Mode	Reinforcement		All panel	
	-30%	+30%	-30%	+30%
FR-torsion	-0.2%	+1.8%	-1.1%	+4.2%
FR-lateral	+0.3%	+0.8%	-1.2%	+1.7%
3절 bending	+0.1%	+0.6%	-1.1%	+1.4%
2절 bending	+0.3%	+0.4%	-0.2%	+0.8%

4. 결합부 단면 특성 인자 연구

차량의 저진동 영역 주파수에 영향을 미치는 인자로 결합부 등가빔의 특성치를 고려해야 한다. 결합부 단면의 I_x , I_y , J , Area 는 결합부의 강성을 결정짓는 중요한 요소일 뿐 아니라 차량의 강성에도 큰 영향을 미치는 인자이기 때문이다. 이 장에서는 차량의 저진동 영역에 영향을 미치는 결합부의 인자들 중에서 단면 특성치에 대한 고찰이 이루어진다. 빔-셀 모델에 대한 스트레인 에너지 분석이 수행되고 특정 모드에 대해서 큰 스트레인 에너지 분포를 보이는 결합부에 대해 알아보고, 단면 특성치에 대한 민감도 해석이 이루어진다. 결합부는 등가 빔 모델을 사용한다.

4.1 스트레인 에너지 분석

상용 프로그램인 Nastran을 이용하여 각 진동 모드에 관련하여 스트레인 에너지를 추출할 수 있는데, 이러한 스

트레인 에너지는 각 구역으로 설정한 부분에서의 빔에 걸리는 스트레인 에너지의 총합으로 나타난다.

본 연구에서는 대표적으로 FR-torsion, 3절 bending에 관한 스트레인 에너지 해석이 수행되었다.

스트레인 에너지 분석이 이루어지고 나면, 각 진동 모드에서 스트레인 에너지가 가장 많이 걸리는 결합부가 결정되며, 그 결합부의 강성을 나타낸 등가빔 결합부 모델의 단면 특성치에 대한 민감도 해석이 이루어진다.

결합부의 단면 정보에 대한 민감도 해석을 위해서 3축 방향에 대해 스프링으로 모델링 되어 있던 결합부 강성을 등가빔으로 대체하여 결합부를 표현하였으며, 민감도 해석을 위해서 MSC.Nastran의 SOL200이 사용되었다.

(1) FR - torsion

차량의 고유 진동모드 중 FR-torsion mode에서 대한 스트레인 에너지를 분석해 보았을 때 A-pillar to roof rail 과 A-pillar center 결합부에서 에너지가 크게 측정되는 것을 볼 수 있다. A-pillar를 구성하는 각 결합부에서 약 14%의 스트레인 에너지가 나타났다. 이는 비틀림 강성 증대를 통해서 스트레인 에너지를 줄일 수 있다.

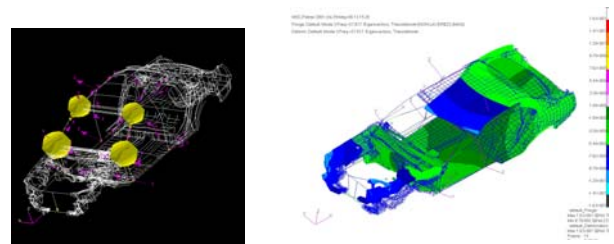


Fig.9 Strain energy analysis for FR-torsion mode

Table.4 Strain energy result FR-torsion mode

	Strain energy	total (%)
A-pillar upper	2.0e+3	12.7
A-pillar center	2.5e+3	15.3
A-pillar lower	2.0e+2	1.3
B-pillar upper	5.0e+1	0.3
B-pillar lower	1.5e+2	0.9

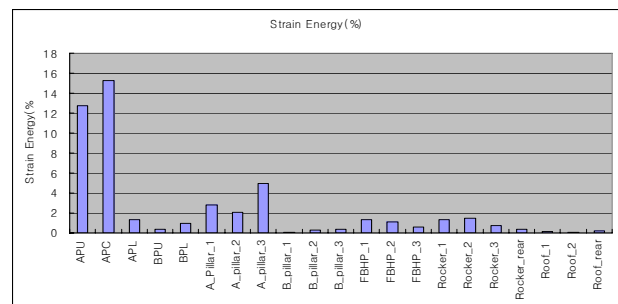


Fig.10 Strain energy result FR-torsion mode

(2) 3절 bending

차량의 3절 bending mode에서 스트레인 에너지는 rocker 부분에서 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 차량의 구조상 3절 bending 에 의한 변형이 차량의 바닥면에서 가장 크게 나타나게 되는데 이때 rocker 와 B-pillar lower 결합부가 강성에 중요한 역할을 하고 있다는 것을 알 수 있다. 특히 B-pillar lower 결합부는 차량의 floor 와 roof 를 연결하는 부재로 차량의 3절 굽힘 강성에 중요한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

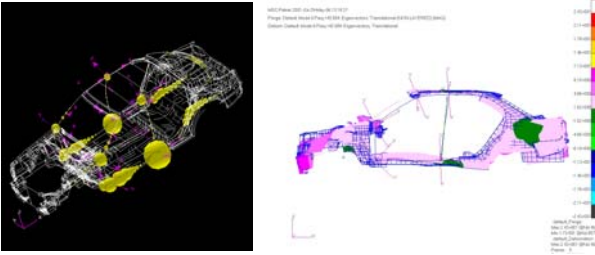


Fig.11 Strain energy analysis for 3절 bending mode

Table.5 Strain energy result for 3절 bending mode

	Strain energy	Total (%)
A-pillar upper	3.5e+1	0.1
A-pillar center	8.0e+2	2.3
A-pillar lower	9.5e+2	2.7
B-pillar upper	5.5e+2	1.6
B-pillar lower	2.0e+3	6.3

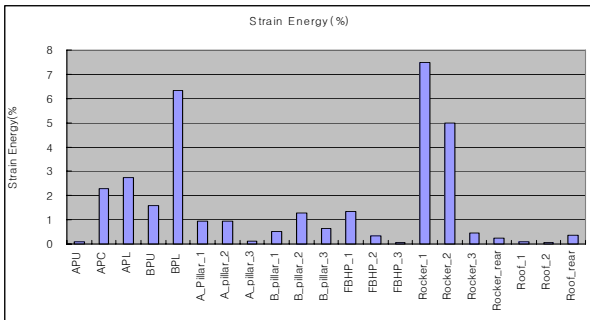


Fig.12 Strain energy result for 3절 bending mode

4.2 결합부 단면 특성 민감도 분석

FR-torsion, 3절 bending mode 와 같은 진동 모드에 대해 각 진동주파수 별로 스트레인 에너지 분석이 이루어졌다. 이러한 진동 주파수에 가장 큰 영향을 미치는 인자에 대한 분석이 이 장에서 서술된다.

설계 민감도는 목적하는 결과 값에 좀 더 민감한 인자를 찾고 그 변수들의 변경을 통해 설계 개선 목표를 찾을 수 있는 방법이다.

각 결합부에 대해 민감한 설계 인자를 찾기 위해서 각

결합부의 등가빔 모델을 생성한다. 등가빔의 I_x , I_y , J , Area를 설계인자로 선정하고 차량의 진동주파수에 대해 민감한 설계인자를 분석한다. 각 결합부 이외의 필라들에 대한 민감도는 매우 적은 값으로 산출이 되어 그 합산으로 나타내었다, 예를 들어 rocker의 경우 rocker를 구성하는 빔 요소들의 민감도 값의 합이다. 설계인자들에 대한 민감도 해석 또한 최적화 코드인 MSC. Nastran SOL200 을 사용하였다.

(1) FR-torsion

FR-torsion mode의 진동 주파수는 A-pillar to roof rail 과 center 결합부의 비틀림 강성에 민감하게 반응하고 있다. 차량의 상부와 하부를 나누어 볼 때 하부는 상대적으로 강성이 큰 A-pillar center와 floor 부분이 차량 강성을 담당하지만 차량의 상부에서 roof와 전반부를 연결하는 것은 A-pillar이기 때문이다. A-pillar는 운전자의 시야를 넓히기 위해 B-pillar 나 C-pillar에 비해 얇은 방향으로 설계된다. 이러한 A-pillar 를 통해 roof와 차량의 전반부가 연결이 되는데, 이 때 차량의 비틀림 강성에 중요한 역할을 하는 결합부가 A-pillar to roof rail 과 A-pillar center 이다. 따라서 FR-torsion 강성은 A-pillar 결합부의 비틀림 강성에 큰 영향을 받게 된다.

FR-torsion mode 의 스트레인 에너지 분석 결과 A-pillar to roof rail 과 A-pillar center에서 스트레인 에너지가 크게 나타났었다. 민감도 해석결과 FR-torsion mode에 민감한 A-pillar upper와 A-pillar center 의 비틀림 강성 확보가 고강성을 위한 설계 개선에 유리하다는 것을 알 수 있다.

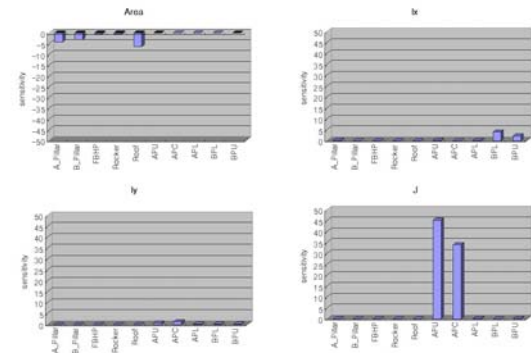


Fig.13 FR-torsion sensitivity

(2) 3절 bending

차량의 A-pillar center의 비틀림 관성 모멘트와 B-pillar lower의 전후방향 굽힘 관성은 3절 굽힘 모드에 가장 민감하게 영향을 미친다. 차량 쉘 모델이 정확히 좌우 대칭이 아니므로 2절 굽힘 모드에서 적은 비틀림이 나타난다. 3절 bending에 관한 스트레인 에너지 분석 결과 B-pillar lower 에 큰 에너지 분포가 나타났지만 민감도

해석 결과에서는 B-pillar to roof rail 의 I_y 값과 A-pillar center 의 J 값이 강성에 영향을 미치는 가장 민감한 인자로 나타났다.

즉 차량의 강성 확보를 위해서는 스트레인 에너지의 고른 분포를 고려해야 하며, 각 결합부마다 갖는 강성비에 관한 연구의 필요성도 제시한다.

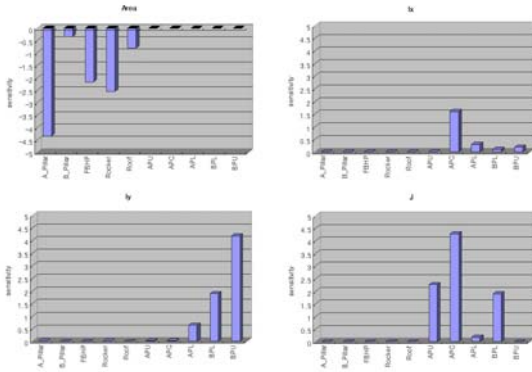


Fig.14 3절 bending sensitivity

5. 용접점 간격 인자

차체 모델은 여러 가지 두께를 가진 판재를 용접해서 만들어진다. 각 판재를 결합하는 용접점의 간격은 결합부의 강성을 영향을 미치게 되는데 현재까지 많은 연구가 이루어졌다. 용접점 패턴의 최적화를 비롯하여 점 용접 특성에 영향을 미치는 물리적 요소, FE 모델 구성에 필요한 설계 가이드 등이 제시되어 왔다. 본 장에서는 결합부의 용접점 간격에 따라서 결합부의 강성이 어떤 영향을 받는지 포괄적이고 일반적인 내용을 제시하려고 한다. 연구를 위해서 결합부 판재를 결합하는 rigid element 요소의 간격을 기본 50mm 간격에서 25mm 간격, 100mm 간격으로 모델링하였으며, 결합부 곡률이 큰 부분만 25mm 간격 나머지 용접 부위는 100mm 간격으로 설정한 모델에 관해서도 강성 해석을 수행하였다. 5개 조인트 모델 중에서 민감도 영향에 큰 A-pillar center 결합부를 대표적으로 기술하였다.

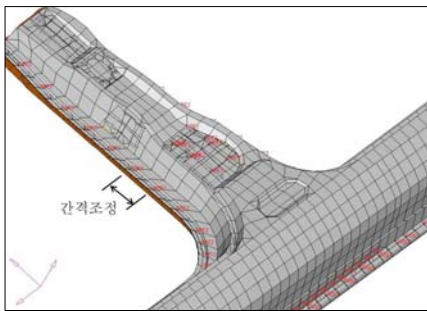


Fig.15 Joint weld point space modification(예)

A-pillar center 결합부는 차체바디의 FR-torsion 강성에 중요한 영향을 미치고 있으며 민감도 분석 결과를 보듯

이 결합부의 비틀림 관성 모멘트는 FR-torsion mode에 민감한 인자라는 것을 알 수 있다.

Table.6 APC weld point space case study

100mm space			50mm space(original)		
Kx	Ky	Kz	Kx	Ky	Kz
-5.5%	-6.1%	-18.7%	-	-	-
25mm space			25mm + 100mm		
Kx	Ky	Kz	Kx	Ky	Kz
2.5%	4.7%	22.6%	-1.6%	-2.8%	-13.4%

A-pillar center 결합부는 용접점 밀도 변화에 따라 강성 변화량이 가장 크게 나타났다. 특히 차체바디의 비틀림 강성 증대에 있어 가장 민감한 인자인 A-pillar center 의 비틀림 관성 모멘트는 용접점 밀도를 2배로 했을 때 22.6%라는 큰 강성 증가율을 나타내었다. A-pillar upper 결합부와 마찬가지로 A-pillar center 결합부에서 곡률이 큰 부분에 대해 용접밀도를 2배로 한 모델은 100mm 간격으로 용접점을 설정한 것과 강성에 있어 큰 차이가 없었다.

6. 결론

본 연구에서는 해석시간이 비교적 짧고, 50Hz 이하의 저진동 모드들의 실값과 근사한 값을 예측할 수 있는 빔-셸 (beam-shell)모델에서 결합부(A-pillar to roof rail, A-pillar center, A-pillar to rocker, B-pillar to roof rail, B-pillar to rocker)를 셸 요소 모델로 치환하는 과정을 기술하였다. 또한 셸 모델로 구성된 빔-셸 차량 모델의 조인트 빔에 대한 두께를 변경하여 전체 차량 모델에 대한 강성 해석을 수행함으로써 각 결합부의 인자가 전체 차량의 특성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구를 수행하였다.

차량의 3절 굽힘 모드, 비틀림 모드에 영향을 미치는 결합부 인자들과, 오히려 두께를 증가시키면서 질량이 증가하여 차체의 저진동 영역의 주파수를 감소시키는 결합부들에 대한 고찰 결과를 얻을 수 있었으며, 그러한 결합부들의 복잡한 연관 관계에 따른 차량의 강성 확보와 스트레인 에너지의 고른 분포를 위한 민감한 설계 인자를 찾을 수 있었다. 또한 결합부 플랜지 용접점 사이 간격에 따른 강성영향을 평가 할 수 있었다.

차체의 강성에 영향을 미치는 여러 결합부 인자들에 대한 연구를 통해서 강성 개선을 위한 설계 방향에 대해 제시할 수 있었으며, 각각의 인자들이 가진 강성 변화에 대한 방향성에 대해서도 알 수 있었다

참 고 문 헌

- (1) Yim H. J., " Technology for Initial Design and Analysis of Vehicle Pillar Structures for Vibration", G7 Workshop Proceeding, 1994.
- (2) Kim Y. Y., Yim H. J., Kang J. H., and Kim J. H., "Reconsideration of the Joint Modeling Technique : In a Box-Beam T-Joint", SAE conference Proceeding, pp. 275-279, 1995.
- (3) 이상범, 임홍재, 권성은, 박재건, "강성도 설계인자 기여도 분석을 통한 차체 결합부의 최적설계", 한국자동차공학회 추계학술대회 논문집(I), pp.135 ~ 141, 1995.
- (4) 자동차 기술 핸드북(해석)
- (5) Kamal M. and Wolf J.A., Modern Automotive Structural Analysis, Van Nostrand Reinhold Co, 1998.
- (6) Firoz A., Simon W., Gary Z., Clive H., "Effect of Vehicle A-pillar Shape on Local Mean and Time-varying Flow Properties" SAE paper 2001-01-1086, 2001.
- (7) Glen P., Ali M., Everett Y. Kuo, Vickie T. Furman, "Finite Element Concept Model for Vehicle Architecture Assessment and Optimization", SAE paper 2005-01-1400, 2005.
- (8) Kue Y.E., Metha P.R. "Reliability and Quality Concept CAE Modes for Design Direction Studies" SAE paper 2006-01-1617, 2006
- (9) Akifumi O., Noburu T., "Estimating Each Element of Joint Stiffness Matrix using Neural Network-Estimation from the Rotation Vector at End Jointed Part", SAE paper 2001-01-3219, 2001
- (10) Christian S., Katy V., Michael W., E. Edward., "Light Truck Frame Joint Stiffness Study" SAE paper 2003-01-0241, 2003