

<기술논문>

Cockpit Module용 Hybrid Structure 개발에 관한 연구

A Study on a Development of Hybrid(Magnesium & Steel) Structure for Application of Cockpit Module

박 병 구*, 이 정 환*, 김 영 삼*, 한 성 수*
Byeongkoo Park, Jeonghwan Lee, Youngsam Kim, Sungsu Han

ABSTRACT

A hybrid structure composed of magnesium and steel is Instrument Panel structure used for the basement of cockpit module components. For that reason, A hybrid structure has to be designed for satisfying components assembly design facility and styling. There are various models of IP like steel structure assembly, however having been applied normally, but magnesium structure assembly selected for saving weight down.

This paper introduces a hybrid structure having advantages between steel and magnesium structure and presents a CAE technical solution based on a development project. Furthermore, it provides desired direction of the future development is suggested.

주요기술용어 : Cockpit module(콕핏 모듈), Instrument panel(인스트루먼트 패널), Hybrid structure (마그네슘과 강구조의 혼합 구조), CAE(공학구조해석), Cowl cross beam(카울크로스 빔)

1. 서 론

자동차 부품에서의 카울크로스 빔(Cowl Cross Beam) 어셈블리(Assembly)는 차체 데쉬패널(Dash Panel) 뒷면에 장착되어 자동차의 비틀림 강성을 확보하고 지지하며, 스티어링 컬럼(Steering Column) 및 인스트루먼트 패널(IP) 어셈블리가 장착되어 승객이 편안한 상태에서 운전을 할 수 있도록 한다.¹⁾ 이 부품의 주된 성능 목표는 스티어링 컬럼을 특정 고유진동수 이상의 한계 진동수를 만족하도록 함으로서 엔진 공회

전시 스티어링 컬럼의 진동을 적게 하여 승객의 편의성을 도모하고, 차체 운전석 앞부분의 비틀림 강성을 필요 수준으로 확보하는데 있다. 또한, 인스트루먼트 패널 및 각종 의장 부품을 지지하는 역할과 차량의 안전성 확보가 중요시 됨에 따라 전방 충돌 시 승객의 안전을 확보하기 위한 그 역학적 기능에 대한 요구가 다양해지고 있다.²⁾ 일반적인 구조물로 사용되어 온 강구조 카울크로스 빔에는 각종 부품 장착용 브라켓(Bracket)가 다수 부착되어 있어 제조 공정이 복잡하고 연비개선 및 인체 공학적인 인스트루먼트 패널 스타일링(Styling)등을 변경하기가 어렵고, 또

* 회원, 덕양산업(주) 기술연구소

한 가격, 중량, 디자인요소가 가장 이상적인 카울크로스 빔 Packaging에 제한적인 요소로 작용하고 있다.³⁾ 따라서, 카울크로스 빔의 개발 관건은 그 고유 기능을 최대화시키고 가격 및 중량을 최소화시키는 것이다.⁴⁾ 이러한 필요성을 만족시키기 위하여, 본 자료에서는 최근 자동차 업계에서 진행되고 있는 운전석 모듈화에 대한 설계유연성 및 효율성을 제공하고, 모듈부품이 주로 배치되는 운전자측 및 중심부 측의 카울크로스 빔에 철의 비중보다 1/4경량이고, 비강성이 우수한 마그네슘합금을 적용하고, 승객석측에 기존의 1/3 강구조를 혼합하는 구조를 설계하였다. 이러한 구조중 마그네슘소재는 오디오등의 전장부품에서 발생하는 다량의 열을 분산시키고, 부품수의 감소로 차량의 인스트루먼트 패널 Packaging 유연성을 증대시키고 효율적인 통합 콕핏모듈(Cockpit Module)을 위한 하이브리드 구조(Hybrid Structure)개발에 대해서 논하고자 한다.

2. 본 론

마그네슘합금의 그 특징은 1)플라스틱과 비교해서 재활용이 쉽고, 2)실용금속중에서 가장 밀도가 작고 내부구조의 보호성(충격 및 진동흡수성)이 좋으며, 구조체로서의 강도를 가지고 3)방열, 열분산성이 좋고 4)철, 알루미늄, 다음으로 매장량이 풍부하고 5)반용융 사출성형으로 극박판 부품이 제조가능하고 6)합금재료이므로 방열성, 전자파 차단성이 우수하다. 그리고 현재 메리디안(Meridian)과 깁스(Gibbs)회사등의 마그네슘 다이캐스팅 선진업체에서 생산하여 Ford Explorer차종, GM Cadillac차종등의 인스트루먼트 패널에 적용하고 있으며. 그 추세는 점차적으로 증가할 것으로 판단된다.⁵⁾ 본 하이브리드 구조기술은 강구조 카울크로스 빔 어셈블리와 2/3 마그네슘구조를 혼합 적용한 공법으로, 콕핏모듈Packaging 유연성이 우수하고 국내 개발이 가능하도록 설계한 구조이다. 설계 완료된 하이브리드 구조의 형상은 그림 1과 같다. 형상은 마그

네슘구조 어셈블리, 강구조 어셈블리, 측면마운팅 브라켓 어셈블리(Side Mounting Bracket Assembly), 니볼스터 브라켓 어셈블리(Knee Bolster Bracket Assembly), 중심지지 브라켓 어셈블리(Center Support Bracket Assembly)등으로 구성되어 있으며, 그 재질은 표 1과 같다.

Table 1 Hybrid structure 구성부품

No	부품명	재질	GRADE	비고
1	2/3 Magnesium structure assembly	Mg	AZ91E	
2	1/3 Steel structure assembly	Steel	STK & SPCC	
3	Center supporter barcket L/RH	Steel	SPCC	
4	Driver knee bolster assembly	Steel	SPCC	

본 설계에서는 스티어링 쉘림을 조립하기 위한 표준부품(Hardware)은 마그네슘에 적용 가능한 볼트(Bolt)를 사용하였다. 또한, 스티어링 쉘림 조립부 뒷면에는 마그네슘의 아이들링 진동에 대한 강성 및 구조의 단면계수를 높여주기 위해서 리브(Rib) 보강을 하였으며, 하이브리드 구조의 1차모드(수직방향) 진동수 목표치는 32Hz로 설정하였다.

일반적으로 1차모드에서는 스티어링 시스템의 상하 진동모드가 나타나고, 2차모드에서는 스티어링 시스템의 좌우 진동 모드가 나타난다. 목표 주파수는 자동차 회사에서 배기량, 차량의 강성 및 중량 등 여러가지를 고려해서 결정되며, 1차모드의 성능치는 30Hz이상으로 하고 있다. 이것은 자동차 공회전 회전수를 주파수로 환산하면 20~30Hz대역으로 이 영역에는 차체의 구조

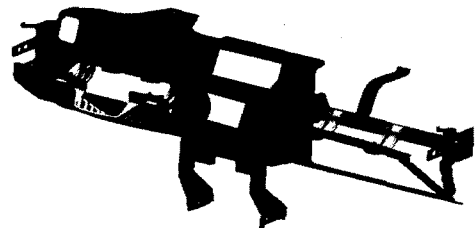


Fig. 1 Hybrid structure

진동 모드가 위치하는 경우가 많기 때문이다.

마그네슘과 강구조 조립부위는 볼트를 사용하여 조립하였다. 또한, 강구조 브라켓 어셈블리의 상단에 몸체 조립 브라켓(Body Mounting Bracket)인 카울 상단 브라켓(Cowl Top Bracket)을 추가하여 충돌 강성을 보강하였다. 마그네슘구조의 상단, 하단을 조립점으로 설정하였으며 공조품(HVAC)하중의 대부분을 지지하는 상단 조립의 강성에 최대한 초점을 맞추어 설계하였다. 또한, 본 구조에서는 오디오 주위를 마그네슘구조로 구성하였으며, 마그네슘은 열전도율이 우수하여 오디오 주위에서 발생하는 열을 외부로 빠르게 전도할 수 있어 전자기기의 수명을 연장시킬 수 있다.

특히, EMI (Electromagnetic Interference), RFI (Radio Frequency Interference) 방지 및 충격흡수에 대한 Damping 성능이 매우 우수한 특징을 가지고 있으며, 또한 Package-Layout 효율성을 증가시킨다.

3. 결과 및 고찰

3.1 모델 해석

통합 콤팩트모듈의 가상 시제품(Virtual Prototype)에 대하여 기본적인 NVH(Noise, Vibration, and Harshness) 성능 평가를 공학구조해석으로 평가하였다. 자동차 부품의 경우, 설계가 완료되면, 자동차의 다양한 공학구조 해석 환경에 대한 성능 평가를 반드시 수행하여야 하며, 이는 설계된 제품의 기본적인 고유 진동 모드(Eigen Modes or Eigenvalues)를 분석하는 모달해석, 그리고 주어진 가진 조건에 대한 진동특성을 분석하는 주파수 응답 해석(Frequency Response Analysis)을 포함한다.

본 연구에서는 그 중에서 설계된 가상 시제품을 유한요소모델로 구성하고 유한요소 해석에 의한 고유모드해석을 수행하였다. 고유모드해석은 처음으로 발생하는 조향 장치부 고유진동 모드를 시작으로 하여, 주요 모드를 Block Lanczos 방법

으로 추출하였으며, 이는 대체로 100Hz 미만의 주파수 범위에 해당한다.

설계가 완료된 가상 시제품에 대한 유한요소 해석으로 그 모델의 구성은 ALTAIR(USA)사의 하이퍼메시(HYPERMESH)를 사용하였다.

그리고 유한요소해석은 MSC(USA)사의 MSC MARC 2000, 충돌해석은 Dyna 3D로 수행하였다.

그림 2는 설계된 가상 시제품의 기하학적 형상 모델을 나타내고 있으며, 그림 3에는 이를 해석하기 위하여 구성된 유한요소모델을 제시하였다. 해석의 모델은 해석에 사용된 유한요소 모델만을 제시하였다.

표 2에는 해석을 위해 구성된 유한요소모델에 대한 정보를 나타내었는데, 약 20,000개의 요소와 절점을 사용하여 모델을 구성하였다. 대부분의 요소를 사각형 셀요소로 구성하였으며, 해석 결과의 정확도를 위하여 삼각형 요소의 사용은

Table 2 Information of finite element model

Number of elements	19,880
Number of nodes	21,400
Number of material properties	3(Magnesium AZ91, Steel, Rigid body)
Material type	Isotropic
Element type	CQUAD4 (Linear quadrilateral shell) TETRA4 (Tetrahedron 4 nodes solid) CBAR(Beam for steering column & bolts) RBE2 (Rigid body connection)

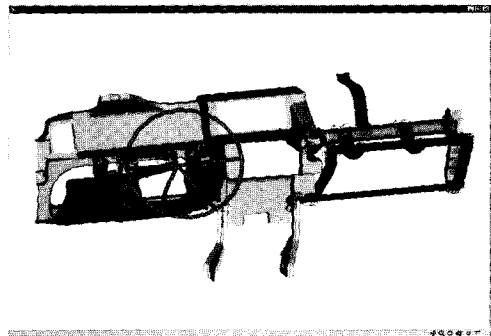


Fig. 2 Geometry model

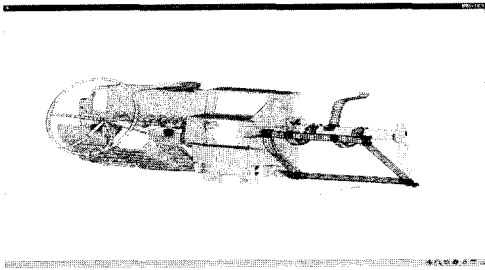


Fig. 3 Finite element model

5% 미만으로 제한하였다. 특히 삼각형 요소의 사용은 불필요한 강성의 증대를 초래하므로, 형상이 사각형 요소로 구성하기 곤란하여 삼각형 요소의 사용이 불가피한 경우에만 제한적으로 사용하였으며, 주요 모드에 영향을 미치는 부위에

Table 3 Material properties

	Unit	Steel(SPCC)	Magnesium AZ91
Modulus of elasticity	MN/mm ²	2.00E+08	4.48E+07
Shear modulus	MN/mm ²	7.69E+07	1.700E+07
Density	Kg/mm ³	7.82E-06	1.81E-06
Poisson's ratio	-	0.29	0.35

Table 4 Results of 8 modes

Mode No.	Frequency (Hz)	Mode shape description	Remarks
	Modified model		
1	34.46	Steering wheel column vertical bending	Target : 32.0Hz
2	45.78	Steering wheel column horizontal bending	Target : 35.0Hz
3	61.84	Knee bolster bending(Pitching)	Generally near around 40.0Hz
4	63.00	Knee bolster & steering wheel column bending	
5	84.10	Knee bolster, Glove box torsion	
6	85.90	Glove box local torsion	Generally greater than 30.0Hz
7	90.20	Glove box local 2nd toriso	
8	97.60	Knee bolster	

는 사용하지 않았다. 해석 대상은 여러 개 부품의 조합으로 이루어진 모듈로써, 그 조립의 형태에 따라 강체 연결 요소(RBE2)와 보(Beam)요소를 적절히 사용하여 유한요소모델을 구성하였다.

소재는 마그네슘과 강구조의 두종류로 구성되었으며, 사용된 소재의 물성치는 표 3에 제시하였다. 표 4에는 해석결과로 계산된 가상 시제품의 고유모드에 대한 설명을 제시하였는데, 수평방향에 고유모드는 해석결과 각각 34.46Hz와 45.78Hz로 본 과제의 설계 목표로 제안된 수직방향 고유주파수 32Hz 이상, 수평방향 고유주파수 35Hz 이상을 만족하고 있는 것으로 나타났다.

3.2 Knee Bolster를 위한 충돌해석

하이브리드 구조설계에 따른 니볼스터(Knee Bolster)에 강구체(Steel Ball)를 이용한 충돌해석을 다음과 같은 4가지 경우로 가정하여 공학구조 해석을 실시하였으며, 그 결과치는 그림 4에서부터 그림 7과 같다. 그 가정의 내용은 다음과 같다.

가정 1) 플라스틱 니볼스터(Plastic Knee Bolster)를 적용함, 각각의 브라케트에 Crimps나 Beads를 적용하지 않음.

가정 2) 각각의 브라케트에 Crimps나 Beads를 추가함, 승객석 카울크로스 빔 측면 부위의 조립 개수를 축소함, 운전석측의 니볼스터(Knee Bolster)를 강구조로 변경.

가정 3) 승객석측의 각각의 브라케트의 두께를 1.0t로 감소함.

가정 4) 승객석측의 각각의 브라케트의 두께를 1.25t로 증가함, 마그네슘의 뒷면부에 리브를 추가함.

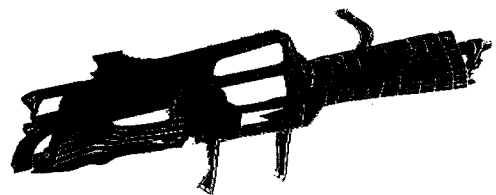


Fig. 4 Crash result according to Iternery 1

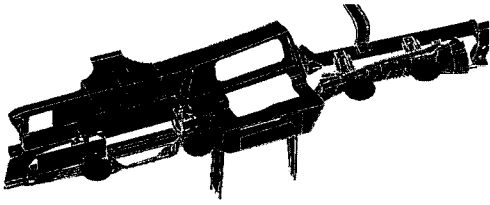


Fig. 5 Crash result according to Iternerly 2

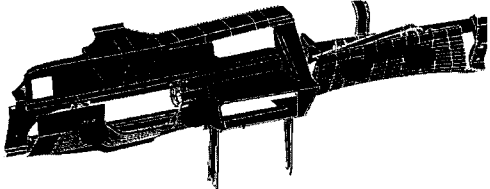


Fig. 6 Crash result according to Iternerly 3

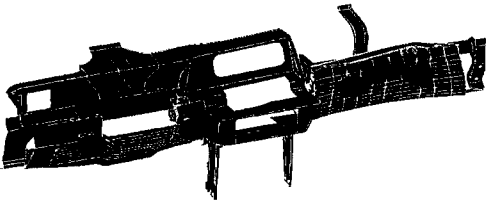


Fig. 7 Crash result according to Iternerly 4

이러한 가정에 따른 충돌해석으로 가정 4의 결과가 마그네슘구조의 비틀림이 확인되지 않았으며, 따라서 본 하이브리드 구조의 공학구조 해석 결과가 잘 반영된 설계로 판단된다.

4. 결론

자동차용 통합 콕핏 모듈 개발중 기존의 강구조물 카울크로스 빔 대신에 하이브리드 구조를 설계하여 그 시제품 제작 및 해석평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 유한요소해석으로 설계된 가상 시제품에

대한 고유진동수를 분석하였으며, 설계목표로 선정된 주파수 특성 조향계 수직방향 34.46Hz, 수평방향 45.78Hz로 본 과제의 설계목표를 잘 만족하였다.

2) 니볼스터(Knee Bolster)에 대한 충돌해석을 강구체(Steel ball)를 이용하여 4가지 가정에 따른 범위에서 실시하였으며, 그 결과 마그네슘 뒷면부의 리브추가 및 승객석측의 각각의 브라켓트의 두께를 1.25t로 증가하는 것이 비틀림 현상이 나타나지 않았다. 따라서 본 구조의 설계는 수용할 만한 설계로 판단된다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 중기거점과제 "자동차용 통합 콕핏모듈(Cockpit Module) 기술 개발" 연구비 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- 1) 한상명, 미국의 모듈화 동향, 세종출판사, pp.15-32, 2000.
- 2) 서정범, Hydroforming 적용시 Cowl X-Bar 형상 최적화 연구, 현대자동차보고서.
- 3) M. M. Jones, "Magnesium : its Place in the Automotive Industry," Paper presented at IMA Automotive Seminar, Dearborn, MI, 1999.
- 4) A. Luo, T. Shinoda, "A New Magnesium Alloy for Automotive Powertrain Applications," SAE 980086, 1998.
- 5) T. Ito, H. Shirai, "Magnesium Diecast Alloys and Application for Automobile Parts," Light Metal, Vol.42, No.12, pp.707-719, 1992.