

SB(Safety Barrier)2 노측용 가드레일 강성 향상을 위한 구조 개선

박세현*, 이준범*, 김정진**

*대구 미래형자동차산업 혁신아카데미

**계명대학교 기계자동차공학부

e-mail:kjj4537@gmail.com

Structural improvement to improve the stiffness of the SB2 road guardrail

Sae-Hyeon Park*, Jun-Beom Lee*, Jung Jin Kim**

*Daegu Future Automobile Industry Innovation Academy

**Dept. of Mechanical Engineering, Keimyung University

요약

본 논문에서는 도로에 사용되는 가드레일의 강성 향상을 위한 재설계와 유한요소해석을 수행하였다. 가드레일의 규격에 대한 범규를 고려하여 설계한 단면을 기존 설치되어 있던 시중 제품들과 비교했다. 해석방법으로는 MBB Beam 해석 방법을 채택하였다. 가드레일의 절반만 모델링 후 좌측(실제 중앙부)은 y축 방향으로만 거동하도록 구속하고 우측은 고정된 보로 간주하여 해석하였고, 기존 가드레일보다 낮은 등가 응력과 변형량을 도출했다. 본 연구결과를 종합해보면, 현재 사용되고 있는 가드레일에는 각종 안전에 대한 문제점이 있으므로 향후 사고 저감을 위한 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

1. 서론

도로에 설치된 방호울타리 가드레일은 교통사고 또는 차량이 차선에서 이탈되는 현상을 막아 인명피해를 최소화하는 역할을 한다. 높은 하중을 받아 큰 변위가 발생하더라도 끊어지지 않고 충돌 차량이 도로 아래로 떨어지는 것을 방지하는 역할을 하는 만큼 가드레일은 안정된 구조로 설계가 되어야 한다.

국도부 “도로안전시설 관리 및 설계지침”에 따르면 안전을 위해 “원칙적으로 100 cm(포장 가장자리의 노면으로부터 방호울타리 상단까지 높이를 말함) 이하로 한다. 설치 높이는 시선유도 기능을 고려하여 60 cm 이상으로 한다. 노면으로부터 방호울타리 보의 하단부까지의 높이는 46 cm 이하가 되도록 하여 소형차와 같이 높이가 낮은 차량이 보 밑으로 잠기는 일이 없도록 해서 설계한다.”라고 명시되어 있다[1].

지금까지 2way 가드레일의 형상에 관한 연구와 노측용 가드레일을 개선한 보강형 가드레일의 성능에 대한 연구들이 진행된 바 있지만 여전히 가드레일 부설로 인한 사망사고가 발생하고 있다. 이에 따라 기존 가드레일의 강성 향상을 위해 새로운 모양의 가드레일에 대한 연구가 필요시 되었다[2-4].

본 논문에서는 기존에 사용되는 3개의 가드레일과 새롭게 설계한 3가지 가드레일의 구조적 강성과 경제성을 서로 비교하여 최적 설계안 도출을 목적으로 하였다.

2. 가드레일의 모델링

본 논문에서는 기존에 사용되고 있는 두께 4 mm의 SB2 등급 2way 형 모델 A, B와 개방형 모델 C를 선정하였다.

2way 형상 가드레일은 ‘W’형상을 하고 있고, 그 이유는 가드레일에 사용되는 SS400 철재가 여러번 굽힐수록 강도가 증가한다는 점과 가드레일의 단면에서 바깥쪽으로 튀어나와있는 부분이 차량의 범퍼 높이와 일치하여 충격흡수를 도와줄 수 있다는 장점이 있기에 보편적으로 사용되고 있어 선정하였다.

개방형 가드레일은 ‘C’자형상을 가지고 있고, 곡선반경이 적은 구간에서 사용이 가능하며, 개방감이 있어 전망, 쾌적성이 좋고 적설지방에 유리한 장점이 있어 선정하였다.

해당 가드레일의 모델명과 타입, 재질은 [표 1]에 나타내었다. 본 연구에서 제안하는 모델 D, E, F는 기존 가드레일 A, B, C와 동일한 SS400 재질을 사용하였고, 재료의 물성치를 [표 2]에 나타내었다. 또한 적절한 비교를 위해 폭을 350mm로 설정하였다. 강성 향상을 위해 “2way 가드레일의 형상에 관한 연구”[2]에서 가장 변형에 강하다고 판명된 반원 모양의 2가지 가드레일과 개방형 가드레일 1가지를 새롭게 제안하였다. 모델 D, E의 두께는 기존 가드레일과 동일한 4 mm로 설정하였고, 모델 F는 경제성을 고려하여 두께를 3 mm로 설정하였다. 연구에 사용된 모든 가드레일의 단면은 [그림 1]에 나

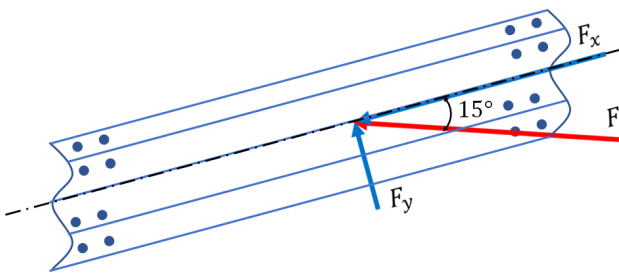
타내었다.

본 논문에서는 CATIA V5 버전을 활용한 유한요소해석을 위해 MBB Beam 해석 방법을 채택하였다. 가드레일의 절반만 모델링 후 좌측(실제 중앙부)은 y축 방향으로만 거동하고 우측은 고정된 보로 간주한다. 가드레일에 가해지는 힘은 무게 8 ton의 차량이 65 km/h의 속도로 1초간 충돌한다고 가정하였다.[1] [그림 2] 와 같이 차량 충돌 각도를 15°로 가정하여 보와 경사각 15°를 이루는 방향으로 보의 좌측면에 분포하중이 가해진다. 이에 대한 수식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 F &= ma \\
 &= mvt \\
 &= 8000 [kg] \times 18.06 [m/s] \times 1 [s] \\
 &= 144,480 [N]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_x &= F \times \cos 15^\circ \\
 &= 139,556.96 [N]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_y &= F \times \sin 15^\circ \\
 &= 37,394.17 [N]
 \end{aligned}$$



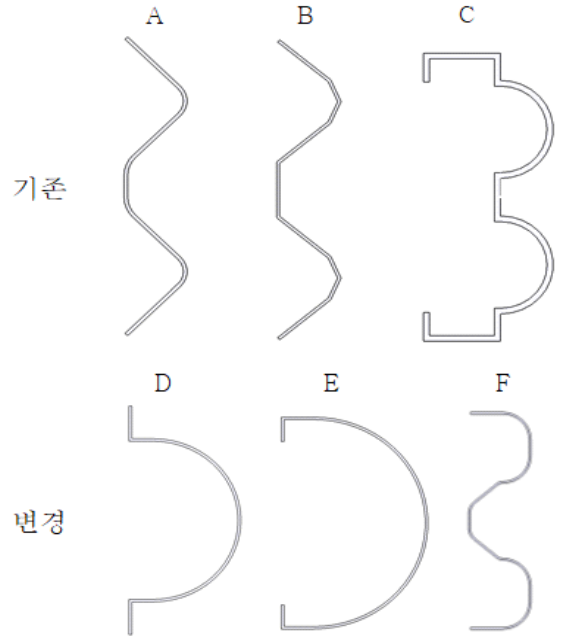
[그림 2] 하중 조건

[표 1] 기존 및 개선된 가드레일

모델명	Type	재질
기존	A	SS400
	B	
	C	
개선	D	
	E	
	F	

[표 2] SS400 물성치

Young Modulus [N/m ²]	2.04×10 ²
Poisson ratio	0.23
Density [kg/m ³]	7,850
Thermal Expansion [1/Kdeg]	1.17×10 ⁻⁵
Yield Strength [N/m ²]	2.5×10 ⁸



[그림 1] 가드레일 형상

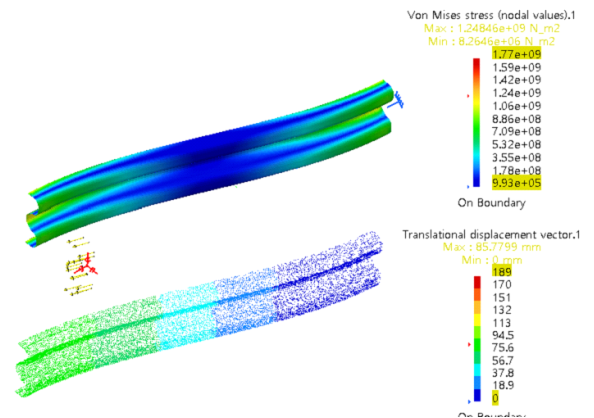
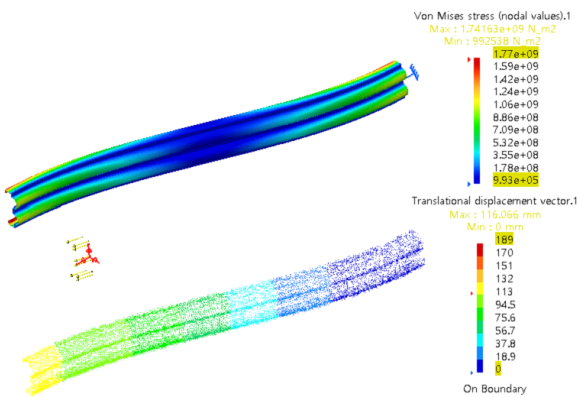
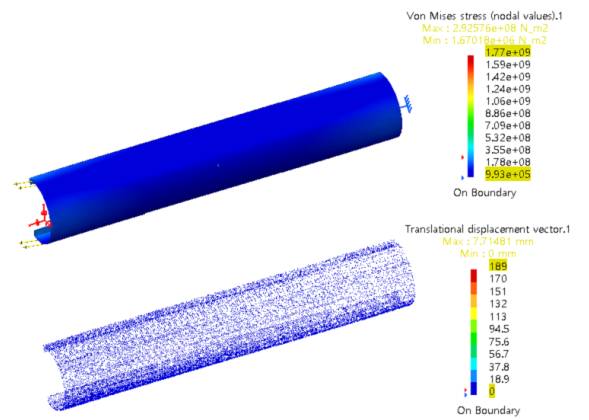
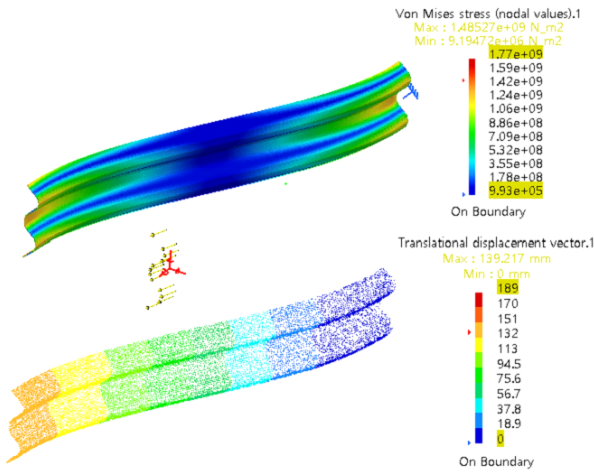
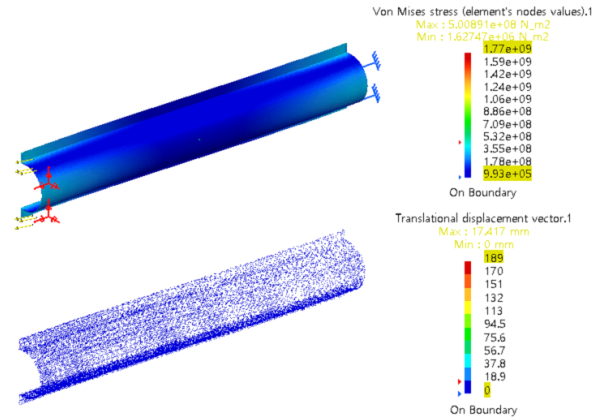
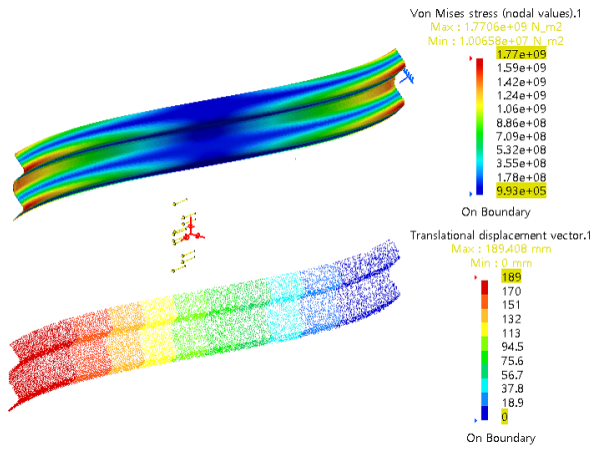
[표 3] 장비 제원 및 CATIA 버전

프로세서	Intel(R) Core(TM) i7-9700 CPU @ 3.00GHz (8 CPUs), ~3.0Ghz
메모리	16,384MB RAM
디스플레이	Intel(R) UHD Graphics 630
프로그램 버전	CAITA V5-6R2019

3. 해석 결과

등가 응력을 비교하여 더 낮은 값을 가지는 모델이 더욱 높은 강성을 가지는 것으로 판단했다.

[그림 3]은 기존 가드레일 A, B, C, [그림 4]는 새롭게 설계한 모델 D, E, F의 등가 응력과 변위 측정 결과를 나타낸 것이고, Scale Factor는 모두 5로 설정했다.



[그림 3] A, B, C 모델 등가 응력 및 변위

[그림 4] D, E, F 모델 등가 응력 및 변위

[표 4] 유한요소해석 결과

	모델	등가 응력[GPa]	변위[mm]
기존	A	1.77	189
	B	1.49	139
	C	1.74	116
개선	D	0.50	17.40
	E	0.29	7.71
	F	1.25	85.80

4. 결론

본 논문에서는 CATIA V5 버전의 Generative Structural Analysis 기능을 이용한 가드레일의 차량 충돌 유한요소해석을 통해 가드레일의 형상에 따른 등가 응력과 변위의 차이를 도출하였다.

기존 가드레일 중에서 B 모델이 1.49 GPa로 등가 응력 값이 가장 낮게 나타났고, 변위 또한 준수했다. 기존의 가드레일은 강성뿐만 아니라 경제성을 고려하여 무게는 가벼운 편이다.

새롭게 설계한 모델 중에서는 모델 D가 0.29 GPa로 등가 응력 값이 가장 낮게 나타나 구조적으로 안정적이라는 결론에 도달했다. 하지만 가드레일을 실제 도로에서 사용하기에는 무겁고 고정이 용이하지 않다는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 모델 D, E 보다는 큰 등가 응력과 변위를 가지지만 가드레일의 강성과 경제성을 모두 고려하였을 때 기존모델보다 낮아진 1.25 GPa의 등가 응력값을 가지고, 두께를 3 mm로 줄여 무게가 가장 가벼운 모델 F를 가장 연구 목표에 부합한 모델로 채택하였다.

참고문헌

- [1] “도로안전시설 설치 및 관리 지침”, 국토교통부, 차량 방호 안전시설, pp. 1-95, 2월, 2014년.
- [2] “2way 가드레일의 형상에 관한 연구”, 한국과학기술정보연구원 EDISON SW 활용 경진대회 논문집, pp. 346-350, 2017년.
- [3] “복합재 지주를 적용한 가드레일 구조체의 비선형 유한요소 충돌 해석”, 한국복합재료학회 Composites Research 29권 6호, pp. 363-368, 2016년.
- [4] “기존 노측용 가드레일을 개선한 보강형 가드레일의 성능 검증 고찰”, 대한토목학회 학술대회, pp. 21-22, 2015년.