

휠체어 사용자를 위한 차량의 프레임 구조변경에 따른 안전성에 관한 연구

Study on deformed frame structure of vehicles about safety for wheelchair users

*박인준¹, #이성수², 김광업³

*I. C. Park¹, #S. S. Lee(sslee@konkuk.ac.kr)², C. W. Kim(goodant@konkuk.ac.kr)³

¹건국대학교 대학원 기계설계학과, ^{2,3}건국대학교 기계설계학과,

Key words : Von-mises stress, Safety factor

1. 서론

최근 이동이 불편한 장애인이나 노약자들이 근거리 이동을 위해 휠체어나 전동 휠체어를 사용하는 경우가 늘어나고 있다. 이는 근거리 이동에는 용이하지만 원거리 이동에는 적합하지 않다. 이들을 위해 최근 자동차회사들은 이들이 휠체어를 타고 근거리를 이동하여 차량에 승차 후 원거리 이동에 편리함을 주기 위해 휠체어와 함께 차량에 탑승할 수 있도록 차량에 부가적인 기구를 부착하거나 차량의 구조를 변경시켜 이들이 휠체어를 타고도 차량에 승차할 수 있도록 제작한 차량이 출고되고 있다.

그러나 이런 차량들에 대한 안전 규정이나 규격 등이 없는 실정이다. 따라서 이러한 차량들의 안전성 측면에서 많은 연구가 진행되어야 한다.

본 논문에서는 승합차량의 프레임을 절단 후 그 부분에 휠체어가 위치할 수 있도록 공간을 확보하고 뒷부분에 슬로프 형태의 경사로를 부착하여 휠체어가 사용자가 휠체어를 타고도 차량으로 쉽게 승차할 수 있도록 프레임을 구조 변경한 차량을 모델로 선택 후 차량의 안전성을 평가하는 방향으로 접근하였다.

프레임 절단에 따라 기존 상용차와는 다른 프레임 구조를 갖게 되므로 구조변경 이후에도 차량의 안전성을 확보할 수 있는 설계가 이루어져야 한다.

그러므로 본 논문에서는 차량의 구조 변경 전 프레임과 구조 변경 후 프레임을 모델로 제시한 후 두 차량의 프레임의 유한요소 해석을 수행하였다.

해석을 통하여 두 차량의 프레임의 구조적 특성을 평가하고 특성을 비교하여 구조변경 차량의 안전성 측면에서 검토하였다.

본 연구에 사용된 모델은 현재 국내에서 판매되고 있는 승합차 G-S모델이며 이 차량의 프레임에 대한 프레임 변경 전 후의 3D모델을 Fig. 1에 나타내었다

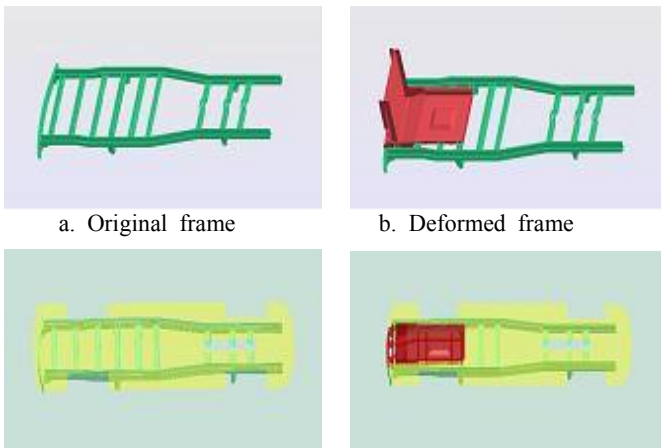


Fig. 1. 3D model of Sub-frame

2. 휠체어 사용자를 위한 구조변경 차량

본 연구에서 다루는 프레임 구조변경 차량은 국내에서 판매되는 승합차의 프레임의 뒤쪽 크로스 멤버 4개소를 절단 후 그 위치에 휠체어 사용자가 휠체어를 탄 상태에서 차량에 승차할 수 있도록 설계를 변경한 차량이다.

이에 따라서 프레임이 기존 설계 시 갖는 강도와 안전성 등이

변하게 된다.

따라서 구조 변경된 프레임에 대한 안전성이 확보 되어야 한다.

3. 차량 프레임의 해석

차량의 프레임에 있어서 가장 우선시 되어야 하는 것이 강도이다. 강도란 재료에 힘이나 부하가 주어진 경우 그 재료가 파괴되기까지의 저항을 말하여 인장, 압축, 굽힘, 비틀림 강도 등이 있다.

본 연구에서는 차량의 프레임 변경 전(프레임만 있는 경우, 프레임에 판재 구조물이 합쳐진 경우), 변경 후(구조 변경된 프레임만 있는 경우, 구조변경 프레임에 판재 구조물이 합쳐진 경우) (Fig. 1.) 4가지 모델에 대해 유한 요소 모델을 생성하고 차량의 뒤쪽에서 힘을 가하는 방법으로 연구하였다.

이에 따라 발생하는 응력 및 변위 분포를 FEM해석 프로그램인 Ansys11.0-WB를 사용하여 계산하였다.

Fig. 2.에 4가지 프레임 모델의 유한요소 모델을 나타내었다.

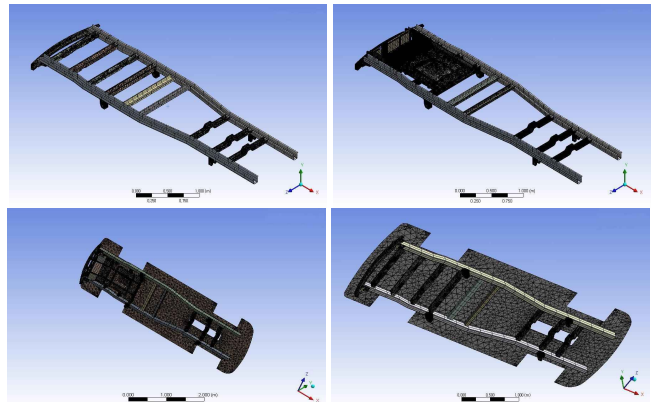


Fig. 2 A finite element model of frame

Table. 1. Material properties of frame

Property	Value
Material	steel
Young's modulus	210 GPa
Poisson's ratio	0.3
Thickness	2mm

각 부재의 연결 부위는 용접 집합이며 이에 따라 물성치가 변할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 용접 부위에 강도가 충분하여 취약하지 않은 것으로 가정고 연구를 진행하였다.

Table. 1에 프레임에 대한 물성치를 나타내었다.

2.1 강도 해석

강도해석을 위한 하중조건은 두 모델에 대하여 프레임 뒷부분에 범퍼가 부착되는 부분에 동일한 크기의 하중을 주었고 하중을 1000N부터 1000N씩 증가시켜 가면서 이에 따라 발생하는 응력과 변위를 서로 비교하였다.

그림 3과 같이 전후륜 차축이 연결되는 스프링 브라켓 부분의 모든 자유도를 구속하였다.

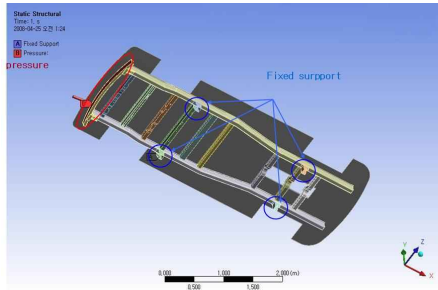


Fig. 3. Distribution of support and lode condition

3.1.1 관제가 부착되지 않은 프레임

해석 결과 관제구조물이 부착되어 있지 않은 프레임에서는 구조변경 전의 Safety factor가 구조 변경 후 프레임보다 작게 나와 안전성을 평가하는데 기준이 되지 못한다고 판단하고 배제하였다.

따라서 관제가 부착된 프레임 모델을 해석하여 안전성을 판단하였다.

3.1.2 관제가 부착된 프레임

앞에서 논한 바와 같이 두 프레임의 뒷부분에 동일한 크기의 하중을 증가시켜 가면서 Stress, Safety factor, Displacement를 구한 값을 Table. 2에 나타내었다.

Table 2 Results of analysis for each force

Force	Original frame			Deformed frame		
	Von-mises [MPa]	Safety factor	Displacement [mm]	Von-mises [MPa]	Safety factor	Displacement [mm]
10000N	140.75	1.7039	1.2916	172.90	1.4510	0.3522
11000N	164.42	1.5487	1.4208	189.52	1.3191	0.3875
12000N	176.10	1.4197	1.5499	206.75	1.2092	0.3757
13000N	190.77	1.3105	1.6791	223.98	1.1162	0.4549
14000N	205.45	1.2169	1.8083	241.21	1.0365	0.4939
15000N	220.12	1.1357	1.9374	258.44	0.9637	0.5284
16000N	234.80	1.0648	2.0666	275.66	0.9069	0.5636
17000N	249.47	1.0021	2.1957	292.89	0.8535	0.5988
18000N	264.15	0.9464	2.3249	310.12	0.8013	0.6341
19000N	278.82	0.8966	0.8966	327.35	0.7639	0.6933

해석 결과 구조변경 전 프레임은 18000N의 하중을 가했을 때부터 안전계수가 1이하로 나타난다. 그러나 구조 변경 후의 프레임은 15000N의 하중을 가했을 때부터 안전계수가 1이하로 나타나고 있다.

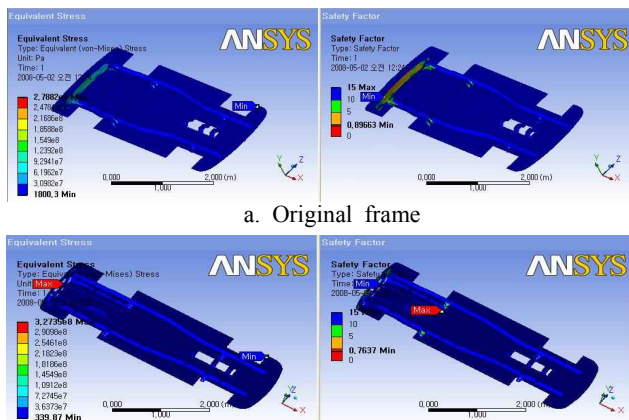


Fig. 4 Von-mises stress and safety factor of frames at 19000N

Fig. 4 는 19000N의 하중을 가했을 때 Von-mises stress 와 safety factor를 나타낸 것이다. 19000N의 하중을 가했을 때 변경 전

프레임 구조에 작용하는 Maximum Von-mises stress가 278.82MPa로 Safety factor가 0.8996이고 변경 프레임 구조의 의 Maximum Von-mises stress가 327.35MPa, Safety factor가 0.7639로 나타났다.

이는 변경된 프레임 구조에서 stress가 더 발생하며, 이에 따라서 Safety factor는 낮아지는 것을 확인 할 수 있다.

또한 전체적으로 가해진 모든 하중에 관하여 구조변경후의 프레임의 Safety factor가 변경 전에 비해 약 15%정도 낮게 나타났다.

이것은 변경 후의 프레임 구조가 변경 전의 프레임구조 보다 강도 면에서 취약하다고 판단된다.

4. 결론

휠체어 사용자들의 이동을 돕기 위해 프레임 구조를 변경한 차량의 프레임에 대해서 강도 해석을 실시하였다. 해석의 결과에 따라 변경된 프레임 구조의 차량이 Von-mises stress가 더 많이 작용하고 safety factor가 낮다는 것을 확인했다..

이는 변경된 프레임 구조의 차량이 변경전 차량보다 프레임 강도 면에서 취약점이 있다고 판단된다. 따라서 프레임의 강도를 증가 시키기 위해서 설계를 변경할 필요가 있다고 판단된다.

- 1) 취약부위 강도 증가를 위해 보강재를 사용한다.
- 2) 취약부위 부재의 강도를 증가 시키기 위하여 위상 최적설계를 실시하고 이를 통하여 부재의 초기 단면을 선정 형상 최적설계와 치수의 최적설계를 이용하여 최적설계를 수행한다면 강도면에서 안전성을 확보할 수 있다.
- 3) 본연구의 모델과 같은 차량의 특성에 맞는 강성, 강도, 하중 조건을 개발해야 한다.

후기

이 연구는 산업자원부 중소기업청 지원 "장애인용 차량의 안전성을 고려한 설계기술 개발" 과제와 "BK21 ST-IT" 융합공학인력 양성사업단의 지원을 받아 수행한 연구입니다.

참고문헌

1. 이수철, 이덕영, 윤재웅, 임구, "장애인 및 노약자용 특수 차량 설계", 한국자동차공학회 2003 춘계학술대회논문집, 1165-1170.
2. 황상진, 신정규, 박경진, 황인진, 이권희, "저속 차량 차체의 구조해석 및 구조최적설계", 한국자동차공학회 2002 기계관련 산학연 연합심포지엄, 3697-3702..
3. 정명식, 이상현, "CAD/CAM/CAE/PDM 시스템을 이용한 F-125 차량의 개발-안전 및 경량화를 위한 프레임 설계 및 해석 -," 한국자동차공학회 2003 춘계학술대회논문집, 1177-1182.
4. 백인범, 김범진, 허승진, 오제철, 김현영, 강혁, 김종명, "알루미늄 스페이스 프레임 차체의 안전도 설계 및 해석", 한국자동차공학회 2001 추계학술대회논문집, 1255-1260.