

4륜 조향 휠로더 구조해석 연구

한명희*, 김만중**, 송명석*, 유범상**

전북대학교 기계시스템공학과

**전북대학교 기계시스템공학부, 자동차 신기술 연구 센터

e-mail:ryuhbs@jbnu.ac.kr

Structural Analysis of Four Wheel Steering Wheelloader

Myeong-hee Han*, Man-Joung Kim**, Myung-suk Song*, Beom-Sahng Ryuh**

*Department of Mechanical System Engineering, Chonbuk National University

**Mechanical System Engineering & Automobile Hi-Technology Research Center Chonbuk National University

요약

본 논문은 기존 몸체 조향 방식의 조향 방법을 4륜 조향 방식으로 변경함에 따라 얻어지는 하중에 대한 분포를 분석하여 해당 4륜 조향 로더가 주행중에 받는 노면으로부터의 충격과 하중에 의해서 발생하는 휨, 비틀림, 인장, 진동등에 충분히 견딜수 있는 강도와 강성을 갖추었는지를 확인하기 위하여 3D 모델링을 통하여 제품을 모델링한 후 유한요소 해석 프로그램을 활용하여 이에 대한 값을 도출하였으며 이로 인해서 얻어지는 값을 통하여 얻게 되어지는 프레임의 구조적 안전성을 확인하고 경험적 안전율을 사용하여 여러 가지 요인에 의해 얻어지는 변수를 해결하기 위해 주로 경험적 안전율을 사용하여 분석 및 결과를 도출하였다.

1. 서론

현재 휠로더라는 장비는 공사 현장 및 농가에서 가장 많이 쓰이고 있는 장비중에 하나이며 사용되는 환경이 지면이 고르지 못한 곳에서 쓰일때가 많다. 그렇다 보니 차체에 전해지는 충격이 많을 수밖에 없게 되며 또한 차량의 특성상 작업을 하게 될 때 전해지는 충격이 많고 강하여 전체적으로 차량의 골격인 프레임에 직접적으로 충격이 전해지게 된다. 이렇게 전해지는 충격은 차체에 피로도로 쌓이게 되고 그로 인한 피로도가 증가하여 제품의 노후가 빠르게 진행되어 잦은 고장이 발생하게 된다. 또한 이로 인하여 안전문제에도 노출되게 된다 차량의 골격인 프레임에 충격이 가해지게 되면 비틀림, 휨 등의 문제가 발생하게 되고 그로인하여 차량의 전복 또는 크랙이 발생하게 된다 이것은 작업의 문제성 뿐만아니라 작업자의 안전과도 직결되는 중요한 문제점이다. 그러므로 제품 제작 전 충분한 실험을 통하여 문제점을 도출하여 휨, 비틀림등에 대한 문제를 최대한 배제하여 추후에 일어날 수 있는 문제를 사전에 예방하기 위하여 차량의 골격이 되는 프레임에 대한 사전 구조해석은 해당 문제들을 사전에 예방하는데 큰 도움이 된다고 할수 있다.

본 논문에서는 이러한 문제에 대한 분석을 위하여 정하중시와 반복하중시, 충격하중 시의 안전성을 확인 하였으며 이를

실험하기 위한 휠로더는 4륜 조향으로 인하여 전륜부의 프레임과 후륜부의 프레임을 용접하여 하나의 프레임으로 제작 하였으므로 실험을 위하여 전륜부와 후륜부를 분리하여 해석 진행한 후 접합 위치에서의 강도 해석을 수행하였다.

2. 구조해석 모델링

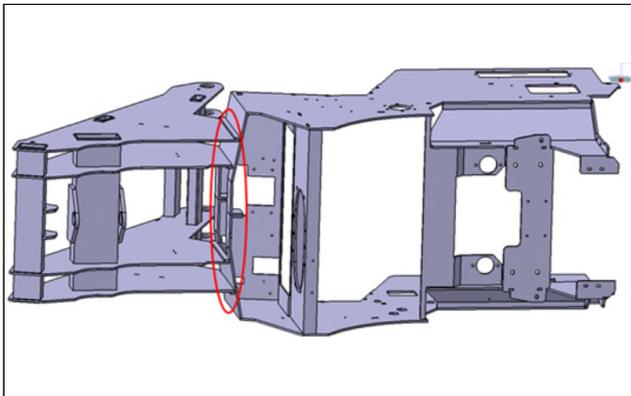
프레임의 구조 강성을 확인하기 위해 유한요소해석 프로그램을 활용하여 구조 해석을 진행 하였으며 제품의 경우 [표1]의 제품규격을 사용하였다. 또한 [그림1]과 같은 전체 차체에서 [그림2]와 같이 전륜부와 후륜부 프레임을 분리하여 해석 진행을 진행한 뒤 접합위치에서의 강도 해석을 수행 하였다. 제품 재질의 경우 SS440[표2]를 이용 하였다. 또한 대상 작업기의 작업능력은 2ton이나 반복하중과 충격하중을 고려하여 시뮬레이션에서는 4ton, 10ton 3가지 상태로 진행하였다.

[표 1] 구조해석 제품 규격

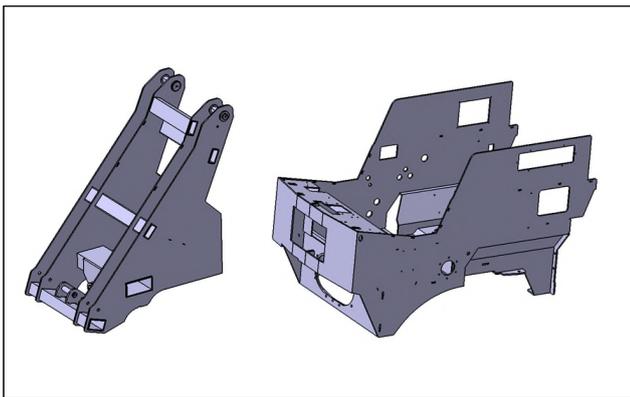
작업기명	크기(mm) 타이어타겟	윤거,축거 (mm)
2ton 4륜조향 휠로더	1463X2850X1543	1450 1950

[표 2] SS400재질 물성치

항복점 또는 내력 N/mm ²			인장 강도 N/m ²	강재의 두께 mm	인장시 편	연신율	굽힘성
강재의 두께(mm)							
245 이상	235 이상	215이 상	400~ 510	강판,강대,평 강,형강의 두께 5이하	5호	21이상	굽힘 각도 180 안쪽반 지름 두께의 1.5배 시험편 1호
				강판,강대,평 강,형강의 두께 5초과 16이하	1A호	17이상	
				강판,강대,평 강,형강의 두께 16초과 50이하	1A호	21이상	
				강판,강대,평 강,형강의 두께 40초과 하는것	4호	23이상	



[그림 1] 휠로더 해석형상(전륜부와 후륜부 접합 위치)



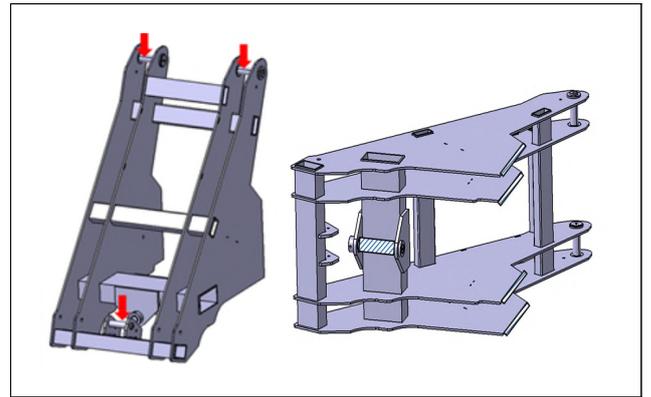
[그림 2] 휠로더 해석형상(전륜부, 후륜부)

3. 하중 조건

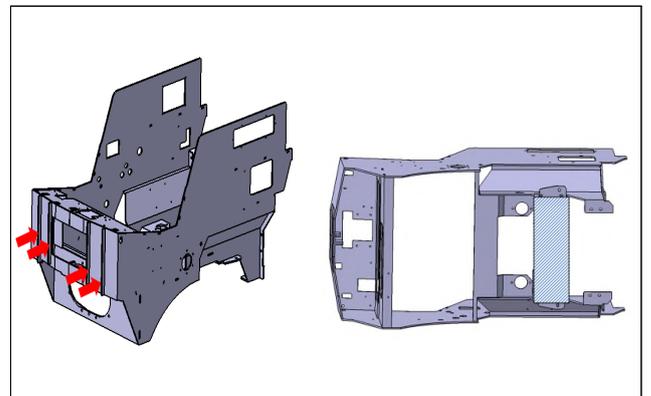
모든 해석은 바퀴를 탈거한채 해석이 진행되었으며 정확한 해석을 하기위하여 전륜부와 후륜부를 분해한뒤 그림 3과 같이 하중이 전해지는 위치와 용접위치 해석을 진행하였다. 또한 가해지는 하중의 경우 반복하중과 충격하중을 고려하여

2ton, 4ton, 10ton 세가지 상태로 진행 하였으며 가해진 작업하중은 표3과 같다.

또한 가해지는 하중의 위치는 작업기의 특성상 전륜부는 로더 바스켓이 결합되는 부분[그림3]에 힘을 가하게 되며 후륜부의 경우 전륜부와 결합되는 곳과 로드셀이 결합되는 부분[그림4]에 하중을 부여하여 해석을 진행하였다. 또한 가해지는 작업하중의 경우 표3과 같이 각 작업기의 크기에 맞게 하중을 부여하였으며 이는 반복하중과 충격하중을 고려하였을 때 각각의 제품의 기준으로 하여금 정확한 결과 값을 도출하기 위함으로 진행하였다.



[그림 3] 전륜부 하중위치 및 고정위치



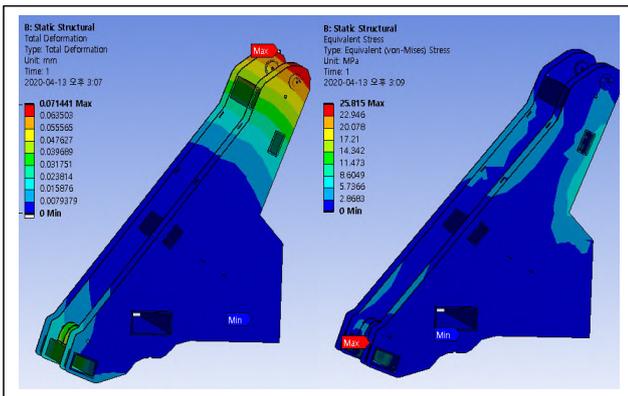
[그림 4] 후륜부 하중위치 및 고정위치

[표 3] 전,후륜부 작업하중

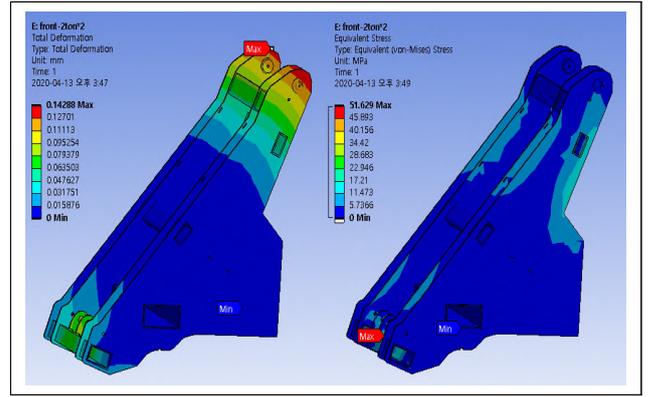
재질	해석부분	작업하중 (Ton, N)
SS400	전륜부	2, 19,600
		4, 39,200
		10, 98,000
	후륜부	2, 19,600
		4, 39,200
		10, 98,000

3. 해석 결과

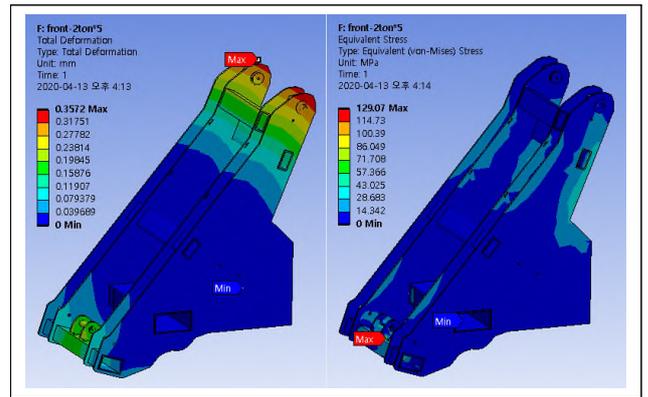
본연구의 해석 결과는 3가지 부분으로 나눌수 있다. 전륜부, 후륜부, 용접부로 나눌수 있으며 등가응력과 최대 변형량의 데이터를 취할수 있었다. 각 부분은 2ton, 4ton, 10ton으로 결과를 도출하였으며 2ton의 전륜부의 경우 최대 변형량은 0.071mm이며 최대 응력은 25.81Mpa [그림 5]였다. 4ton의 경우 최대 변형량은 0.142mm 이며 최대 응력은 51.63Mpa [그림 6]이다. 10ton의 경우 최대 변형량은 0.357mm 이며 최대 응력은 129.07Mpa [그림7]이다. 후륜부의 경우 2ton은 최대 변형량이 0.163mm이며 최대응력은 20.98Mpa[그림 8]이다. 4ton은 최대 변형량이 0.326mm이며 최대 응력은 41.96Mpa [그림9]이며 10ton은 최대변형량 0.817mm이며 최대응력은 104.9Mpa[그림 10]로 나타났다. 이러한 결과로 전륜부와 후륜부 모두 최대 변형량은 1mm이하로 아주 적은 변형량을 보여주었으며 최대 응력은 충격하중일 때 전륜부 129Mpa, 후륜부 104Mpa 로 항복강도인 215Mpa의 절반 수준으로 충분한 내구성이 있다고 볼 수 있다. 용접부 구조 해석의 경우 가장 큰 내구성을 필요로 하는 10ton을 기준으로 구조 해석을 진행하였다. 용접 전륜부 최대 변형량은 0.382mm 였으며 최대 응력은 72.03Mpa [그림 11]로 양호한 수준을 보였다. 용접 후륜부의 경우 변형량은 2.611mm이며 최대 응력은 174.67Mpa [그림 12] 였다. SS400(일반구조용강)의 물성치 인장강도 400~510Mpa, 항복강도 215Mpa이상 연신율 23%이상인 제품의 재질과 이를 이용한 제품 실험에 대한 결과치로 보았을 때 제품이 가해지는 하중이 실험 기준보다 10배이상 늘어 나더라도 이에 대한 파손 가능성은 없을것이라고 사료된다.



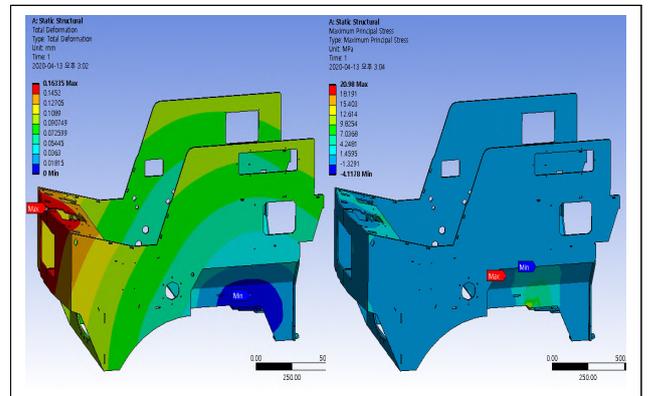
[그림 5] 2ton 전륜부 최대 변형량 및 최대 응력



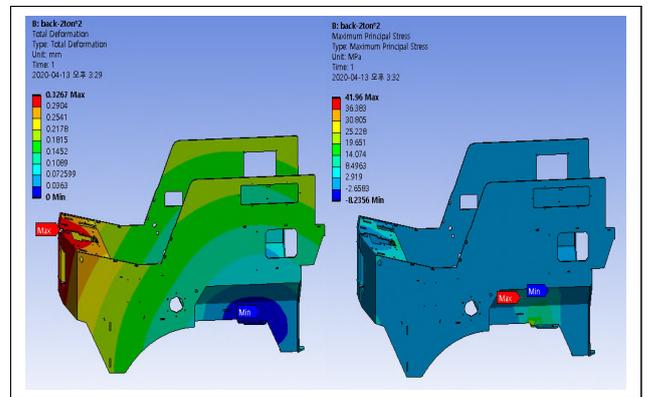
[그림 6] 4ton 전륜부 최대 변형량 및 최대 응력



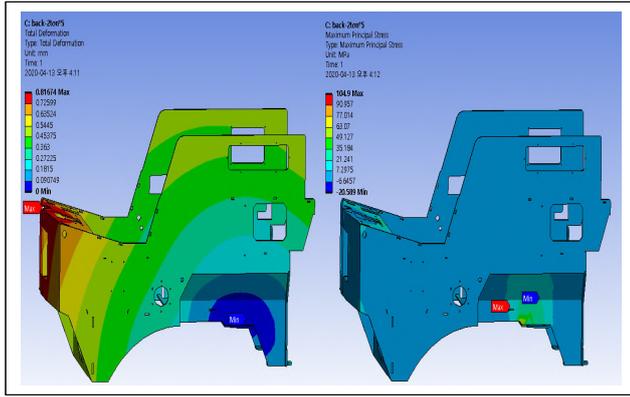
[그림 7] 10ton 전륜부 최대 변형량 및 최대 응력



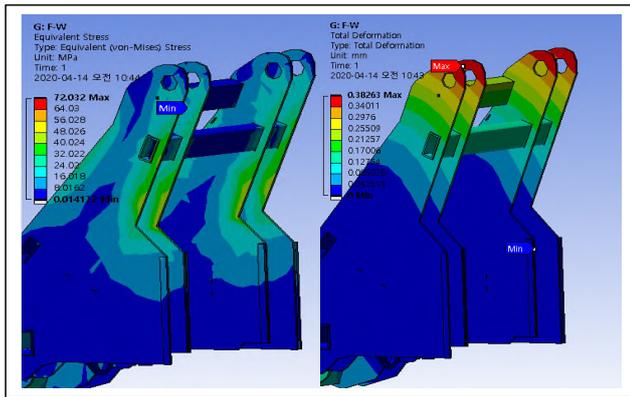
[그림 8] 2ton 후륜부 최대 변형량 및 최대 응력



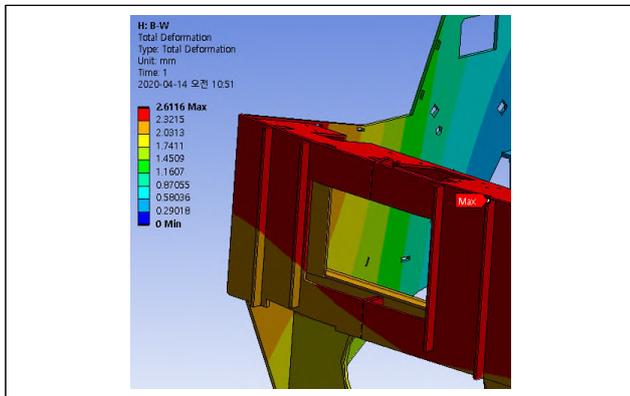
[그림 9] 4ton 후륜부 최대 변형량 및 최대 응력



[그림 10] 10ton 후륜부 최대 변형량 및 최대 응력



[그림 11] 10ton 용접 전륜부 최대 변형량 및 최대 응력



[그림 12] 10ton 용접 후륜부 최대 변형량

[표 4] 실험 결과치

구분	전륜부		작업하중	
	최대변형량 (mm)	최대응력 (Mpa)	최대변형량 (mm)	최대응력 (Mpa)
2ton	0.071	25.81	0.163	20.98
4ton	0.142	51.63	0.326	41.96
10ton	0.357	129.07	0.817	104.9
10ton용접	0.382	72.03	2.611	174.67

4. 결론

본 연구에서는 2ton 4륜조향 휠로더의 프레임 구조 해석을 진행 하였다. 연구 내용의 해석 결과와 같이 작업기의 가장 중요한 부분인 하중이 가해질 때 쌓이는 프레임의 변형률을 분석해 보았을 때 작업기의 작업 환경을 고려하여 제작한 만큼 SS400이라는 재질의 프레임이 충격과 하중을 받았을 때 발생하는 변형율이 적은 것을 알수 있었다. 또한 4ton, 10ton의 작업기는 더 무거운 하중을 견딜수 있게 설계 되어야만하나 본연구의 데이터를 바탕으로 비교하여 보았을 때 충분히 해당 작업기에서 얻어지는 피로도도 인한 변형률이 적은 것을 확인할수 있었다. 그러나 해석되어진 전륜부와 후륜부의 접합부분은 용접으로 결합하는 만큼 인장강도 400Mpa급 연강의 용접재 인장강도는 420Mpa로 해석결과 용접강도인 420Mpa이하로 강도면에서는 충분하나 후륜부의 변형량이 2.611mm로 발생이되어 해당 부분에 대한 보강이 필요한 것으로 보인다.

5. 후기

이 논문은 2019년도 정부의 재원으로 자동차융합기술원(jiat)의 지원을 받아 수행된 연구임 (JIAT-19-2760)

참고문헌

- [1] 심경석, “자동차 프레임의 내구성 예측을 위한 구조 해석 연구”, 한국자동차공학회 추계 학술대회 및 전시회, pp1374-1376, 11월, 2017년.
- [2] 강성수, “복합골절차의 하부 프레임에 대한 구조해석”, 한국시물레이션학회논문지, pp69-75, 9월, 2015년.