

Structure and Strength Analysis of Scissors Boom of Heavy Load Transporter through Finite Element Analysis

Hyeon-Ho Lim · Chang-Min Yang · Kwon-Woong Choi · Dae-Woo Choi[†]

Management of Convergence Technology, Jeonbuk National University

유한요소해석을 통한 중량물 이동대차 시저스붐의 구조 및 강도 해석

임현호 · 양창민 · 최권웅 · 최대우[†]

전북대학교 융합기술경영학과

Special equipment used for snow removal is only used in the winter and must be moved into storage during non-winter seasons. However, when moving heavy equipment using a forklift within a limited space, safety accidents may occur due to deformation and damage due to the worker's limited visibility and excessive loading of heavy objects. In this study, the scissors boom of the developed heavy load transporter was conducted in two cases: link structural analysis and position-based structural analysis. In detail, the link structural analysis covers four cases of stress and safety factor according to material and thickness to optimize the specifications of the material selected during development, and the structural analysis according to position covers two cases before and after the lift, when maximum stress concentration is achieved. Safety was evaluated through finite element analysis. As a result of the study, when manufacturing a scissors boom type heavy load transporter that can withstand a load of 10 tons, the link showed safety at SS400 4.5mm or higher, and reinforcement is needed in the upper and lower structures, so it is judged to be useful in applying materials according to the load.

Keywords : Scissors Boom, Heavy Load, Transporter, Finite Element Analysis, Special Equipment

1. 서론

도로관리 장비 중에는 특정 시기에만 사용하는 대형 중량물들이 있으며, 이런 중량물들을 분리 보관하기 위해 기존 지게차를 이용하여 이동할 때 크기와 무게 등으로 인해 작업자의 시각적 제한, 운송 시간과 회전 필요 공간 등의 제약이 발생하며 안전사고에 노출될 수 있다[1, 6].

예를 들면, 겨울철 도로에 쌓이는 눈은 차량의 주행속도를 감소시키고 조향 안정성과 제동성에 영향을 주는 요인

으로 적설이 이루어지기 전에 제설이 필요하다. 주된 제설 장비로는 습염식살포기와 블레이드형 제설기가 사용되며 [9], 이 중 습염식살포기는 덤프트럭에 상차하여 운용되는데, 염화칼슘 저장호퍼와 염수 저장탱크, 컨베이어, 스프레더, 보조엔진으로 구성된다. 현재 한국도로공사에서 운용 중인 습염식살포기는 공차중량이 3톤, 염화물의 적재량만 약 11.5톤에 이르며, 사계절이 뚜렷한 우리나라는 겨울에만 운용하기 때문에 평소에는 덤프트럭과 분리하여 보관한다. 보관을 위해 습염식살포기를 분리 이동 시, 덤프트럭에서 야외 보관 장소에 바로 하차하거나 공장 내 또는 정비고는 지게차를 이용한다. 지게차로 제설 장비를 이동시킬 때 지게차의 구조 및 습염식살포기의 크기와 무

Received 31 July 2023; Finally Revised 3 September 2023;

Accepted 8 September 2023

[†] Corresponding Author : qorwkr@jbnu.ac.kr

게 등으로 인해 다양한 문제가 발생한다.

이러한 지게차를 사용하던 기존 제설 장비 이동 방법의 단점을 개선할 수 있도록 시저스 붐 형태의 중량물 이동 대차를 개발하였으며, 개발된 이동 대차는 제한된 공간 내에서 임의의 장소로 편리하고 안전하게 이동시켜 작업 공간 활용과 작업자의 안전을 확보하기 위해서 적재(상승/하강), 이동, 회전 기능을 적용하였으며, 이동 간 안전을 확보하기 위하여 사용자가 외부에서 무선 통신을 통해 조작할 수 있다. 기존 유사 이동대차 중 농업용의 경우 적재량이 약 500kg, 임업용은 3톤인 장비들이 있으나[10], 습염 식살포기를 운반하기 위해서는 약 5톤의 중량을 적재할 수 있어야 한다. 그러나, 이러한 장비는 소량 주문 생산하기 때문에 시제품을 제작하여 테스트할 수 있는 여건이 되지 않아 중량물 이동작업 중 적재물을 지지하는 시저스붐의 굴절·파손 등의 문제에 대한 검증이 어려운 형편이다.

본 연구에서는 개발된 중량물 이동 대차 시저스붐을 2가지 Case 즉, Link 구조해석과 포지션에 따른 구조해석으로 진행하였다. 세부적으로 Link 구조해석에서는 개발 시 선정된 소재의 규격 최적화를 위해 재질과 두께에 따른 응력 및 안전율을 4가지 Case, 포지션에 따른 구조해석은 최대 응력 집중이 이루어진 상태인 리프트 전과 후 2가지 Case에 대해 유한요소해석을 수행하였다.

2. 기존 이동대차 유한요소해석 연구

유한요소해석은 구조나 구성요소를 더 작고 유한한 크기의 요소로 나누어 복잡한 엔지니어링 문제를 해결하는데 사용되는 수치적 방법으로 수학 방정식과 계산 알고리즘을 적용하여 개별 요소가 상호 작용하고 적용된 하중 또는 경계 조건에 응답하는 방식을 시뮬레이션하여 분석하는 기술로, Pre-processing, Analysis, Post-processing 3단계로 구성된다. Pre-processing 단계에서는 분석될 구조의 모델링을 수행하며, 대상의 선, 형상, 표면을 일정한 크기의 Mesh와 Node로 나누고 재질의 특성을 입력한다. Analysis 단계에서는 모델링 데이터를 기반으로 물체 이동, 하중 분석, 파손 등의 분석을 수행하고, Post-processing 단계에서는 분석된 결과를 그래프나 변경된 모델 등으로 시각화한다. 유한요소해석은 다양한 분야에서 안전이나 비용 등의 이유로 실제 환경에서 실험하기 힘든 연구에서 시뮬레이션을 위해 활용되고 있다[2, 4, 5, 7].

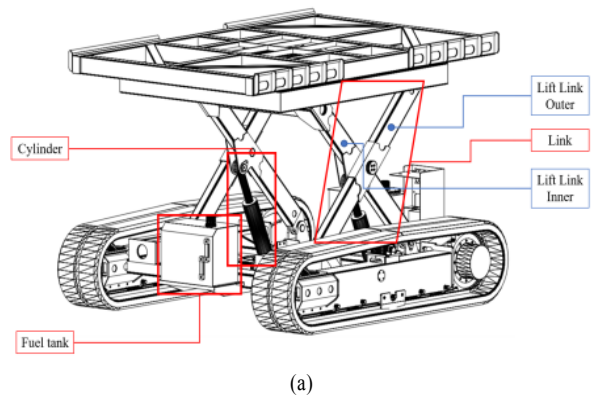
고 중량 이동대차를 유한요소해석을 활용하여 분석하려는 기존 연구가 있었지만, 덤프 형태의 이동대차를 분석하거나[8], 시저스 형태의 하중 지지 능력만을 분석하였다[6]. 현재까지는 고 중량을 수직으로 이동시킬 수 있는 시저스 형태의 중량물 이동대차의 재질 및 설계에 관한 연구

가 부족한 실정이다[10, 11, 12].

3. 모델링 및 유한요소해석 조건

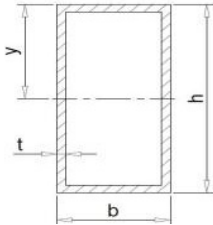
시저스붐은 운용과정에서 직면하는 다양한 형태의 외란을 견디기 위하여 높은 구조적 강성을 갖도록 설계되어야 하며, 축 방향 하중이나 비틀림 하중에 비해서 굽힘에 취약한 경우가 많기 때문에 굽힘 강성에 대한 면밀한 분석이 수행되어야 한다[3]. 먼저, 시저스붐에 걸리는 하중을 분석하기 위해 해석의 소재로는, 개발에 적용된 동일 규격에서 두께를 변경하여 기성 각관인 일반 구조용 압연강 SS400 4.5T, 6.0T, 8.0T 모델과, 재질을 달리하여 가공 후 제작이 필요하나 항복강도가 높은 자동차 구조체용 고강력강인 ATOS80 4.0T 모델의 굽힘응력(Bending Stress)을 검토하였다. 상승/하강 시 각도 변화에 따라 모멘트(Moment) 값 변화는 최대 각도인 90°를 적용하였다.

<Figure 1>과 같이 개발된 중량물 이동 대차의 구조 해석에 사용될 시저스붐과 구조물의 모델은 3D CAD 프로그램으로 작성하여 STEP 파일로 변환, ABAQUS 2019 (Dassault Systemes, France)를 이용하여 해석하였다.



<Figure 1> (a) Design of Heavy Load Transporter
(b) Heavy Load Transporter

대칭 단면을 갖는 외팔보(Cantilever)가 임의의 지점에서 하중을 받을 때 보에 발생하는 굽힘응력은 다음과 같다.



<Figure 2> Bending Stress Calculation Method

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad (kg/mm^2) \quad (1)$$

$$y = \frac{h}{2} \quad (mm) \quad (2)$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (mm^4) \quad (3)$$

$$Z = \frac{I}{y} = \frac{bh^2}{6} \quad (mm^3) \quad (4)$$

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{M \cdot y}{I} \quad (kg/mm^2) \quad (5)$$

σ_b : Bending Stress, M : Moment
 y : Distance from the center line of the Section
 I : Second Moment of Section, Z : Section Modulus

식 (5)에서 단면계수(Z)와 단면2차모멘트(I)가 클수록 굽힘응력(σ_b)은 감소된다는 것을 알 수 있다. 검토 재질의 물성치는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Properties of Materials

| Properties | Material | |
|-----------------------|----------|--------|
| | SS400 | ATOS80 |
| Young's Modulus(GPa) | 200 | 207 |
| Density(kg/m^3) | 7,850 | 7,860 |
| Yield Strength(MPa) | 275 | 700 |
| Tensile Strength(MPa) | 415 | 780 |
| Poisson's Ratio | 0.26 | 0.29 |

검토 모델의 규격과 형상은 <Table 2>와 같으며, 단면 2차 모멘트와 단면계수, 굽힘응력의 계산은 <Table 3>에 표시하였다.

시저스봄은 2개의 링크가 교차된 형태로 고정되어 수직적인 상승/하강 움직임을 갖는다. 본 연구에서 사용된 시저스봄의 Link 중 상승/하강에 직접적인 영향을 주는 실린더가 장착된 Link를 Inner, 실린더가 장착되지 않은 Link를

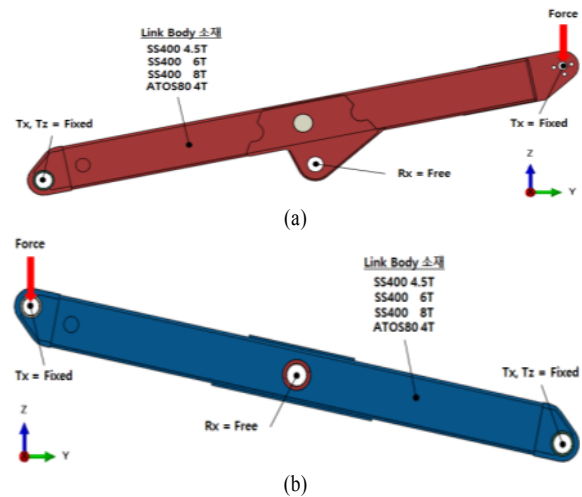
Outer로 분류하였으며, Mesh의 품질 개선과 이를 통한 해석 신뢰성 확보를 위해 Solid 모델을 Shell 모델로 수정하여 구성하고, 용접부에 의한 결합은 Tie와 Node Matching을 통하여 적용하였으며, 볼트 체결은 Tie, 하단 Pin 연결부는 X, Z방향 구속, 중심부는 X축 회전 자유도를 적용하여 <Figure 3>과 같이 설정하였다.

<Table 2> Dimensions of Modeling

| No. | Material | Dimension | Shape |
|---------|----------|-------------|-----------|
| Model 1 | SS400 | 150×75×4.5T | Rectangle |
| Model 2 | SS400 | 150×75×6.0T | Rectangle |
| Model 3 | SS400 | 150×75×8.0T | Rectangle |
| Model 4 | ATOS80 | 150×75×4.0T | Rectangle |

<Table 3> Comparison of Model at M=(1,250 & 2,500) kg · 830mm

| No. | $I(mm^4)$ | $Z(mm^3)$ | $\sigma_b(kg/mm^2)$ | |
|---------|-----------|-----------|---------------------|---------|
| | | | 1,250kg | 2,500kg |
| Model 1 | 5,676,034 | 62,559 | 16.58 | 33.16 |
| Model 2 | 7,296,372 | 81,288 | 12.76 | 25.52 |
| Model 3 | 9,263,738 | 104,682 | 9.91 | 19.82 |
| Model 4 | 5,107,058 | 56,085 | 18.50 | 36.99 |



<Figure 3> (a) Lift Link Inner (b) Lift Link Outer

본 연구에서 링크의 상단부 또한 5톤 보다 두배 높은 안전율을 고려한 10톤 이상의 부하를 견딜 수 있는지 확인할 수 있도록 <Table 4>와 같이 각 링크 당 1,000 ~ 8,000kgf의 부하를 설정하였으며, 4개 링크의 총 부하는 4,000 ~ 32,000kgf가 되도록 설정하였다. 유한요소 모델은 <Table 5>와 같이 설정하였다.

Inner, Outer Link의 안전성을 위해 유한요소해석을 수

행한 후, 전체적인 장비의 사용성 및 안전성을 평가하기 위해 Lift 전, 후의 유한요소해석을 수행하였다.

<Table 4> Analysis Conditions

| Analysis Model | Load Conditions |
|----------------|-----------------------------------------------------|
| Shell | 1,000 - 8,000kgf (1 - 8 ton, increment by 1 ton) |

<Table 5> Finite Element Model(Link)

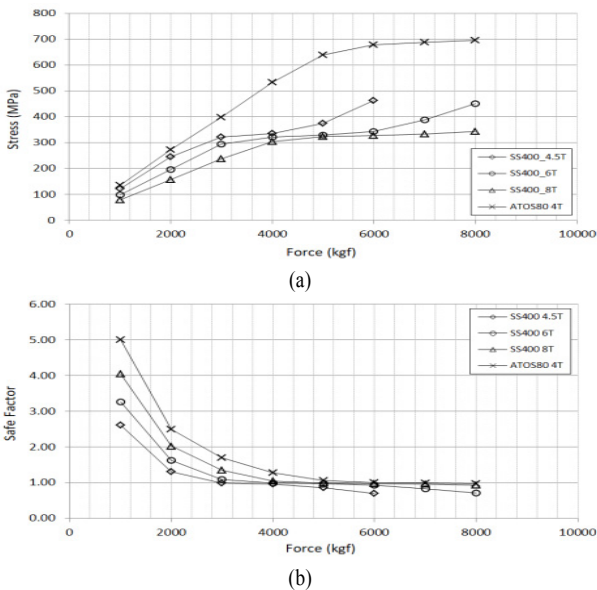
Unit: number

| | Lift Link Inner | Lift Link Outer |
|----------|-----------------|-----------------|
| Model | Shell | Shell |
| Nodes | 15,195 | 13,443 |
| Elements | 14,579 | 12,414 |

4. Link 구조해석 결과

4.1 Lift Link Inner

해석 결과에 대한 안전율은 적용 소재의 항복강도를 기준으로 평가하였으며, Lift Link Inner의 최대응력 및 안전율은 <Figure 4>, <Figure 5>, <Table 6>과 같이 나타났으며, 응력의 집중은 실린더 연결부의 보강재 용접부분 하부와 상단 플러 부착부에서 최대 압축응력을 보였다. 각 링크에서 3,000kgf, 총합 12,000kgf의 하중을 가하였을 때, 최대응력



<Figure 4> (a) Maximum Stress by Material and Thickness of Lift Link Inner (b) Safety Ratio by Material and Thickness of Lift Link Inner

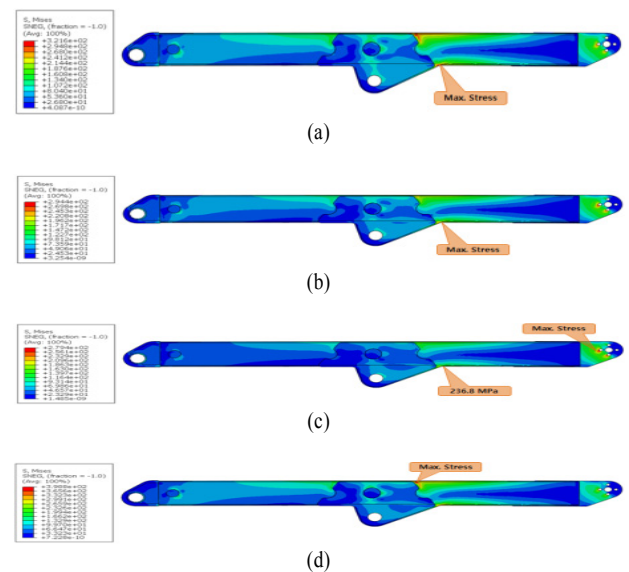
의 가장 항복강도가 낮은 SS400 4.5T에서도 안전율이 1에 가까운(0.99) 결과를 보였으며, 6.0T에서는 1.08, 8.0T에서는 1.35, ATOS80 4.0T 모델에서는 1.70의 안전율로 나타났다. 특히, ATOS80 4.0T 모델의 경우 SS400 4.5T의 두 배인 6,000kgf에서 안전율 1에 가까운 결과를 보였다.

<Table 6> Maximum Stress and Safety Ratio by Material and Thickness of Lift Link Inner at 3,000kgf

| Material and thickness | Maximum Stress (Mpa) | Safety Ratio (allowable stress/ maximum stress) |
|------------------------|----------------------|-------------------------------------------------|
| SS400 4.5T | 309.5 | 0.99 |
| SS400 6.0T | 266.3 | 1.08 |
| SS400 8.0T | 196.8 | 1.35 |
| ATOS80 4.0T | 411.6 | 1.70 |

4.2 Lift Link Outer

해석 결과에 대한 안전율은 Lift Link Inner와 같이 적용 소재의 항복강도를 기준으로 평가하였으며, Lift Link Outer의 최대응력 및 안전율은 <Figure 6>, <Figure 7>, <Table 7>과 같이 나타났으며, 축연결부의 보강재 용접부분 하부에서 최대 압축응력을 보였다. 각 링크에서 3,000kgf, 총합 12,000kgf의 하중을 가하였을 때, Lift Link Inner와 같이 최대응력의 가장 항복강도가 낮은 SS400 4.5T에서도 안전율이 1에 가까운(1.03) 결과를 보였으며,



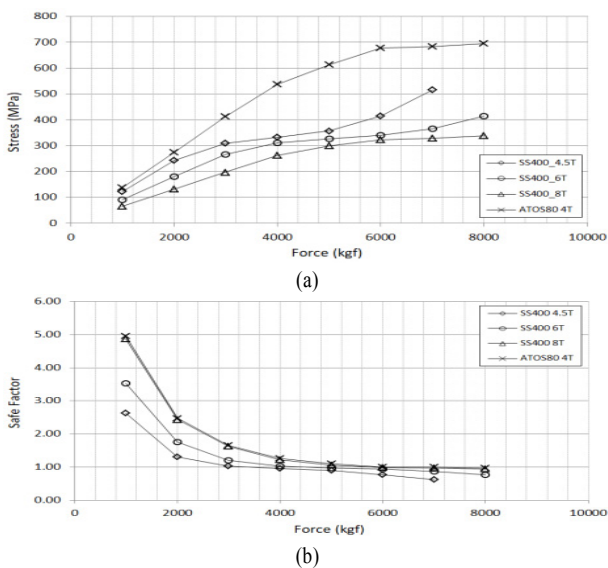
<Figure 5> Max Stress Point of Lift Link Inner at 3,000kgf (a) SS400 4.5T (b) SS400 6.0T (c) SS400 8.0T (d) ATOS80 4.0T

6.0T에서는 1.20, 8.0T에서는 1.62, ATOS80 4.0T 모델에서는 1.65의 안전율로 나타났다. 특히, Lift Link Inner와 같이 ATOS80 4.0T 모델의 경우 SS400 4.5T의 두 배인 6,000kgf에서 안전율 1에 가까운 결과를 보였다. Lift Link Inner에 비교하여, SS400 모델의 안전율이 더 높고, ATOS80 모델의 안전율이 더 낮은 결과를 보였다. 또한, Lift Link Inner는 두께와 재질에 따라 Max Stress Point가 이동하는 경향을 보였지만 Lift Link Outer의 경우는 두께와 재질에 따른 Max Stress Point의 이동이 없는 것을 확인하였다.

5. 포지션에 따른 구조해석

5.1 포지션에 따른 구조해석 조건

3.1과 3.2에서 각각 Lift Link Inner, Outer에 대한 최대 응력과 안전율을 확인한 후, 리프트 전/후 구조물의 전체적인 안전율과 응력분포를 검토하기 위한 유한요소 모델 해석을 수행하였다. 해석 모델은 <Table 8>과 같이 Lift 전과 803mm Lift 후로 구성하였고, Link와 마찬가지로 Solid 모델을 Shell 모델로 변경하여 수행하였다. 롤러, 롤러 가이드, Pin, 롤러, 롤러 가이드, Pin, 베어링 등은 변경하지 않고 Solid로 구성하였다. 용접부에 의한 결함은 Tie와 Node Matching을 통하여 적용하였으며, 볼트를 사용한 부품 체결은 Tie를 적용하였다. 각 롤러와 롤러 가이드, Pin, 베어링 등 회전 및 슬라이딩 접촉부에서는 Surface Contact 조건을 부여하였다. 마지막으로, 하중조건은 목표 하중 10

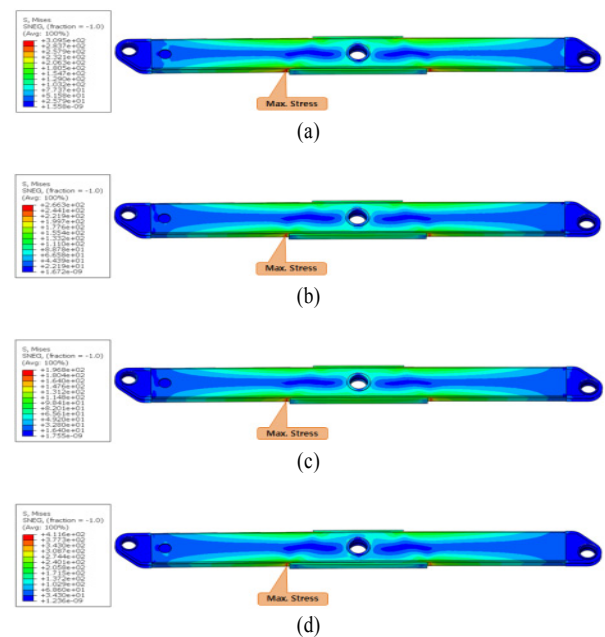


<Figure 6> (a) Maximum Stress by Material and Thickness of Lift Link Outer (b) Safety Ratio by Material and Thickness of Lift Link Outer

톤의 부하를 견딜 수 있는지 확인하기 위해 <Figure 8>과 같이 Top Frame 상부에 5,000kgf(양쪽 합 10,000kgf)의 하중을 적용하였다. 포지션에 따른 구조해석에서 Link Body는 해석모델 중 최대 응력과 안전율에서 가장 낮은 결과값을 보인 SS400 4.5T와 가장 높은 결과값을 나타낸 ATOS80 4.0T 모델만을 검증하였다.

<Table 7> Maximum Stress and Safety Ratio by Material and Thickness of Lift Link Outer at 3,000kgf

| Material and thickness | Maximum Stress (Mpa) | Safety Ratio (allowable stress/maximum stress) |
|------------------------|----------------------|------------------------------------------------|
| SS400 4.5T | 309.5 | 1.03 |
| SS400 6.0T | 266.3 | 1.20 |
| SS400 8.0T | 196.8 | 1.62 |
| ATOS80 4.0T | 411.6 | 1.65 |

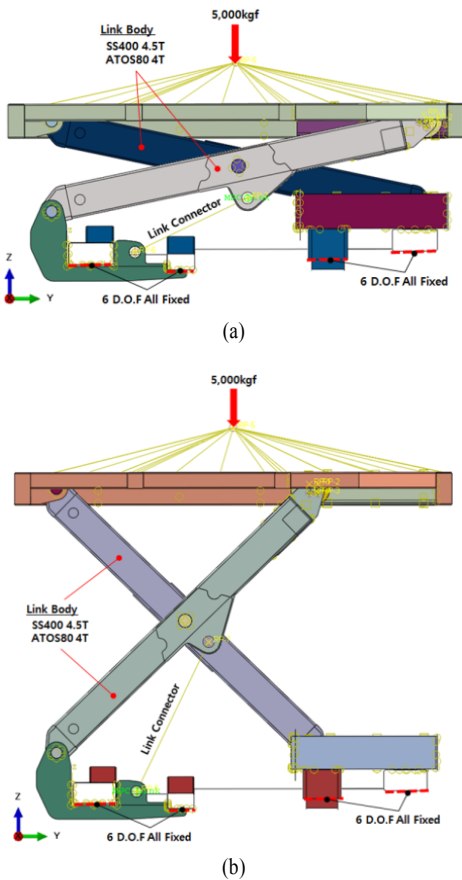


<Figure 7> Max Stress Point of Lift Link Outer at 3,000kgf (a) SS400 4.5T (b) SS400 6.0T (c) SS400 8.0T (d) ATOS80 4.0T

<Table 8> Finite Element Model(Position)

Unit: number
Lift height: 803 mm

| Model | Before Lift | After Lift |
|----------|-------------|------------|
| | Shell | Shell |
| Nodes | 134,817 | 134,799 |
| Elements | 128,328 | 128,296 |



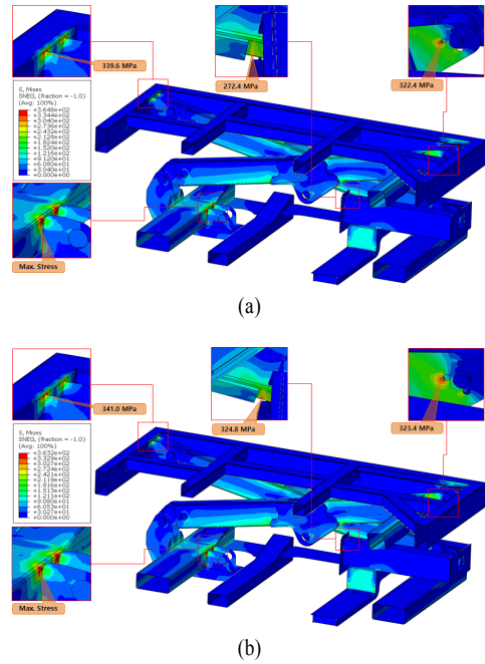
<Figure 8> Finite Element Analysis Conditions (a) Before Lift (b) After Lift (803mm)

5.2 포지션에 따른 구조해석 결과

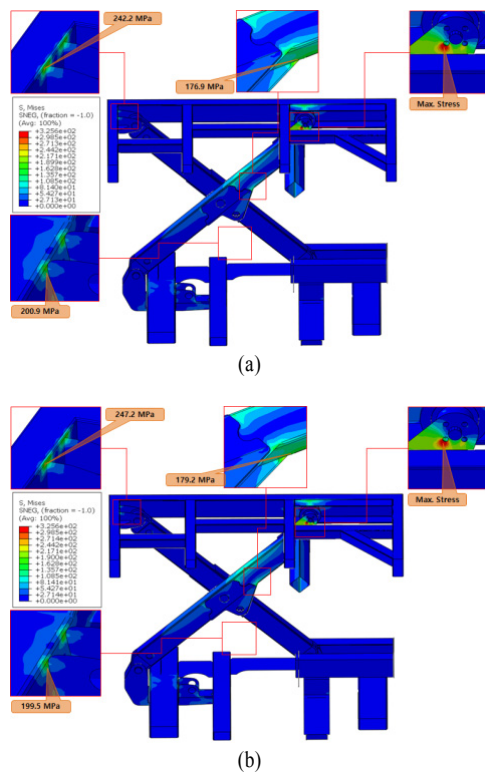
포지션에 따른 구조해석 결과 <Table 9>, <Figure 9>, <Figure 10>과 같이 Top Frame의 경우 Link Body의 재질 및 두께, 리프트 유무와 상관없이 최대응력과 안전율에 큰 변화가 없었다. 최대 응력점의 위치에도 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었으나, 상부와 하부 Frame의 Link 연결 브라케트에서 최대 응력이 나타났다. Link Body의 경우 Lift 전에 SS400 4.5T와 ATOS80 4.0T의 안전율이 1.17과 2.09로 약 2배의 차이를 보였다.

<Table 9> Maximum Stress and Safety Ratio by Material and Thickness of Link Body at 5,000kgf

| | Material and Thickness | Maximum Stress (Mpa) | Safety Ratio (allowable stress/maximum stress) |
|-------------|------------------------|----------------------|------------------------------------------------|
| Before Lift | SS400 4.5T | 364.8 | 0.87 |
| | ATOS80 4.0T | 363.2 | 0.88 |
| After Lift | SS400 4.5T | 325.6 | 0.98 |
| | ATOS80 4.0T | 325.6 | 0.98 |



<Figure 9> Max Stress Point of Link Body at 5,000kgf When Before Lift (a) SS400 4.5T (b) ATOS80 4.0T



<Figure 10> Max Stress Point of Link Body at 5,000kgf When After Lift (a) SS400 4.5T (b) ATOS80 4.0T

Lift 후에는 SS400 4.5T와 ATOS80 4.0T의 안전율이 1.80과 3.78로 약 2배의 차이를 나타내었다.

6. 결 론

본 연구에서는 습염식살포기의 유지관리 과정 중 발생할 수 있는 이동 간 안전사고 발생 가능성, 적재 공간 및 회전 반경 최소화 필요, 적재 하중 부족 등의 문제를 해결하기 위해 개발된 중량물 이동대차의 시저스 붐과 상하부 구조물에 대한 재질 및 두께에 따른 안전성을 평가하였다. 중량물 이동대차의 안전성 평가를 위해 일반적으로 장비에 많이 사용되는 철강 제품인 SS400, ATOS80 재질을 가정하여, 습염식살포기 운반을 위한 요구 적재하중 대비 안전율을 두 배로 설정한 10톤 적재하중의 시뮬레이션을 수행하였다.

유한요소해석 결과, SS400은 두께가 높을수록, 또 같은 두께에서는 ATOS80이 SS400에 비해 높은 최대응력을 견딜 수 있고, 높은 안전율을 보였다. 그러나, ATOS80의 높은 강도로 인해 용접 및 기존 슬리팅 설비를 사용한 후물 소재 가공이 어려우므로 주 소재로써 활용하기에는 충분한 검토가 필요할 것으로 사료된다[12]. SS400 4.5T는 ATOS80에 비해 낮은 안정성을 나타내는 경향이 있지만, Lift Link Inner와 Outer에서 SS400 4.5T가 3,000kgf의 응력 발생 시에도 안전율이 1에 가까운 결과를 보였다. 특히 포지션에 따른 구조해석 결과, Top Frame과 Bottom Frame에서 Link Body에 SS400 4.5T 재질을 사용하여도 ATOS80과 비교하여 최대 응력, 안전율, 최대 응력점 위치가 큰 차이가 없는 것으로 나타났기 때문에, Frame 각 취약부에 대한 구조적 보강만 한다면 실제 환경에서도 충분히 10톤의 적재하중을 견딜 수 있다고 사료된다.

본 연구의 결과는 중량물 이동대차의 개발 중 구조 및 재질 설정에 있어 안전성을 고려하기 위한 기초 연구 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgement

This study has been supported by MOTIE funding program “Advanced Graduate Education for Management of Convergence Technology.”

References

- [1] Daniel, K.D., Villa, A., Brandao, S. and Mario, S.F., A Survey on Load Transportation Using Multirotor UAVs, *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 2020, Vol. 98, pp. 267-296.
- [2] Ham, S.W., Yang, D.G., Son, S.N., Eo, H.K., Kim, G.S., and Cheon, S.S., Strength Characterisation of Composite Securement Device in the Vehicle by FE Analysis, *Composites Research*, 2019, Vol. 32, No. 4, pp. 171-176.
- [3] Hongyu, T. and Ziyi, Z., Design and Simulation Based on Pro/E for a Hydraulic Lift Platform in Scissors Type, *Procedia Engineering*, 2011, Vol. 16, pp. 772-781.
- [4] Kim, C.J., Son, S.M., Heo, J.Y., and Lee, C.S., Spinal Stability Evaluation According to the Change in the Spinal Fixation Segment Based on Finite Element Analysis, *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 2020, Vol. 33, No. 3, pp. 145-152.
- [5] Kim, K.B., Lee, M.H., Kim, D.C., and Cho, Y.J., Finite Element Analysis Approach for the Stress of Digging Part of Garlic Harvesters, *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 2020, Vol. 19, No. 11, pp. 78-86.
- [6] Kim, T.H., Suh, J.E., and Han, J.H., Dynamic Modeling of Scissors and Stiffness Analysis Based on Deployed Configuration, *J. Korean Soc. Aeronaut. Space Sci.*, 2019, Vol. 47, No. 6, pp. 405-413.
- [7] Lee, J.I., The Suggestion of Finite Element Modeling Method for Structural Design of Automotive Body, *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, 2019, Vol. 21, No. 2, pp. 311-320.
- [8] Li, H.G., Si, J.P., Han, L., and Zhang, B.W., Finite Element Analysis of Heavy-Duty Dump Truck Subframe Based on ANSYS, *Advanced Materials Research*, 2011, Vol. 201, pp. 518-523
- [9] Nantung, T. E., Evaluation of Zero Velocity Deicer Spreader and Salt Spreader, *Joint Transportation Research Program*, 2001, Vol. 95.
- [10] Seong, S.H., Kim, S.C., Park, H.W., Ji, C.H., and Kim, H.C., A Study on The Development of Heavy Duty Moving Cart, *Proceedings of the KSMPE Autumn Conference*, 2021, Jeju, Korea, p. 161.
- [11] Yimer, W. and Wang, Y., Design, Analysis and Manufacturing of Double Scissors Lift Elevated by One Hydraulic Cylinder, *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2019, Vol. 8, No. 11, pp. 709-713.
- [12] Youm, S.H., A Study on the Mechanical Properties of ATOS80 Welding Material [master's thesis], [Gwangju, Korea]: Chosun University, 2013.

ORCID

- | | | |
|-----------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hyeon-Ho Lim | | https://orcid.org/0009-0002-2957-3489 |
| Chang-Min Yang | | https://orcid.org/0000-0003-0373-8820 |
| Kwon-Woong Choi | | https://orcid.org/0009-0006-3828-6245 |
| Dae-Woo Choi | | https://orcid.org/0009-0008-4355-953X |