

장력 조절형 스윙야더의 유한요소해석 Finite Element Analysis of Self-Tensioning Swing Yarder

오재현^{1*}, 김대현², 김재원¹
(¹국립산림과학원, ²강원대학교)

1. 연구목적

최근 산림내에 방치된 미이용 간벌재를 효율적으로 수집, 운송할 수 있는 가선 집재 장비의 개발 및 보급이 증가함과 동시에 개발된 장비의 안정성과 관련된 문제들이 제기되고 있으며 이로 인해 설계단계에서의 안정성 분석이 요구되어지고 있다. 그러나 임업기계의 경우 제작업체가 대부분 영세하거나 공학적인 설계없이 기계를 제작하는 경우가 대부분이다. 이에 본 연구에서는 임업기계 개발 및 제작시 필요한 공학설계를 검증하며 보다 안정적이고 현장에서의 안정성을 확보하기 위해 개발한 자동장력 조절형 스윙야더를 대상으로 윈치부와 포스트암 부분에 대한 안정성을 설계단계에서 해석 검토하여 보다 높은 현장적용성을 가지도록 하는데 목적을 두고 수행하였다. 본 연구는 2009년도 농림기술개발과제(과제번호:20090330)의 지원으로 이루어진 것입니다.

2. 재료 및 방법

가. 해석대상 기계

본 연구에서 고려한 스윙야더(Swing-yarder)는 굴삭기에 타워야더 (Tower-yarder) 기능의 가선 집재윈치를 장착하고 굴삭기의 붐을 타워야더의 인공 철기둥(타워)으로 이용하여 일반적인 이동식 차량형 집재기체인 타워야더와 똑같이 가선 집재기능 및 역할을 할 수 있는 가선계 집재기계이다. 급변에 개발된 스윙야더는 그림 1에서와 같이 굴삭기를 기반으로 윈치부를 차체에 고정시키지 않고 도저날에 장착하여 탈부착이 용이하도록 고려하였으며 굴삭붐에는 별도의 포스트암을 설치하여 집재작업시의 안정성을 높였다. 자세한 제원은 표 1과 같다.



그림 1. 자동장력 조절형 스윙야더

나. 해석방법

개발된 장력조절형 스윙야더의 구조적 안정성을 확인하기 위해 굴삭기에 부착되는 윈치본체

및 포스트암에 대해서 유한요소해석(FEA : Finite Element Analysis)를 수행하였다. 해석에 요구되는 경계조건 및 접촉조건은 굴삭기에 부착되어 고정된 경계조건에서 슬라이딩이나 움직임이 없는 조건에서 해석하였다. 해석은 폰세스 응력, 하중조건에 따른 대상구조물의 실제변위, 이를 기반으로 한 안전계수를 분석하였다. 또한, 하중조건은 포스트암의 경우 메인드럼과 홀백드럼이 포스트암의 롤러를 통과하여 경사면의 상부(45°) 및 하부(-45°), 평지(0°) 3가지 조건에서 롤러를 접촉할 때 발생하는 하중에 대한 변화를 분석하였다. 윈치본체의 경우는 각각의 드럼에서 윈치본체를 기준으로 안쪽, 중간, 바깥쪽 위치에서 장력을 받는 조건으로 구분하여 분석하였고 분석에 사용된 소프트웨어는 Inventor(Ver.2011 Professional, AutoDesk)로 대상장비의 3D 설계 및 유한요소해석을 함께 수행할 수 있는 장점이 있다.

표 1. 개발된 자동장력 조절형 스윙야더 제원

장 폭 고	1400*700*1060 mm (프레임포함)		
중 량	610 kg		
세부제원	홀라인	홀백라인	
드럼직경	Ø270mm	Ø220mm	
플랜지직경	Ø435mm	Ø435mm	
드 럼 폭	180mm	180mm	
인장력	베어드럼	1,800kg	1,100kg
	평균경	1,500kg	850kg
	전체드럼	1,350kg	650kg
속 도	베어드럼	76 - 180 m/min	
	평균경		
	전체드럼		
권입용량	Ø8mm	240m	290m
	Ø9mm	190m	230m
	Ø10mm	154m	180m
조작방법	마이컴제어방식 조이스틱		
유압동조	자동제어		
집재거리	150 m		
브레이크	모터내장형 브레이크		
압력	210 bar		
유량	79liter/min	48liter/min	
굴삭기	0.2~0.3 m ³		
옵선사양	포스트암, 엔드리스드럼		

3. 결과 및 고찰

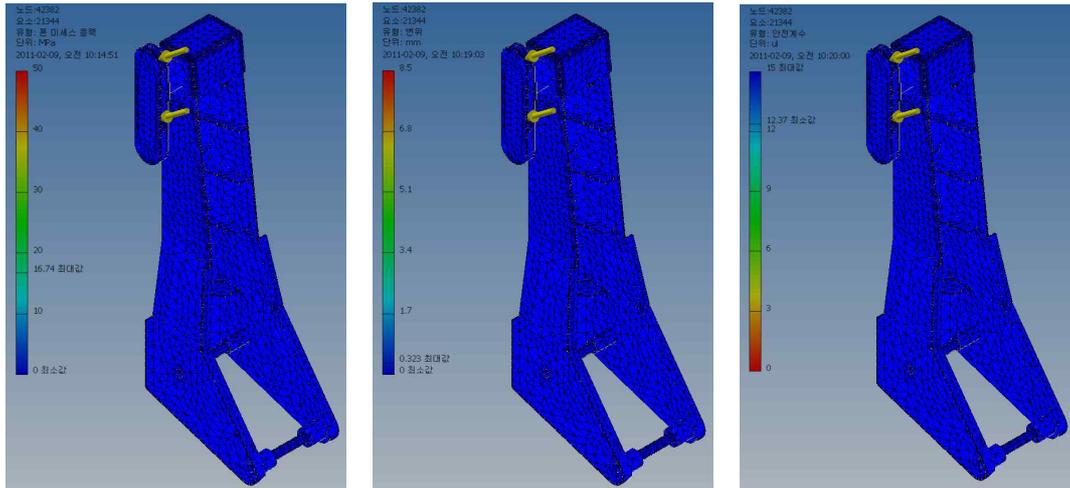
가. 포스트암의 유한요소해석

그림 2에서와 같이 포스트암이 수직으로 고정된 상태에서 상향, 하향, 평지 집재의 경우로 구분하여 롤러를 기준으로 양방향으로 받는 장력의 합력을 기준으로 경계조건을 설정하여 분석한 결과 하향집재의 경우 포스트암 구조물에 걸리는 응력변화는 작은 것으로 분석되었으며, 안전계수도 최소 12.37로 안전한 것으로 판단되었다. 상향집재의 경우는 하중조건에 의해 최대 4.395mm 변위가 발생하며 안전계수도 0.40 으로 안정성에 문제가 있는 것으로 판단되어 응력을 많이 받는 부분에 별도의 보강대책이 필요한 것으로 판단되었다. 평지집재의 경우는 가장 포스트암에 많은 응력변화가 발생하는 조건으로 분석되었으나 안정성에 문제가 되는 국소 응력변화는 상향집재의 경우보다는 작은 것

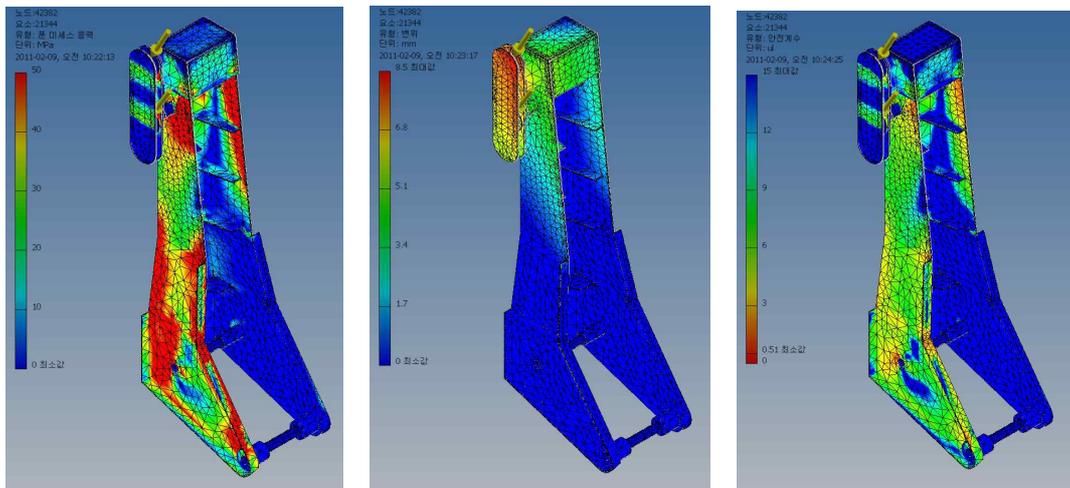
으로 분석되었으며 안전계수 또한 0.51로 나타나 응력집중부분에는 별도의 보강조치가 필요한 것으로 판단되었다.

나. 원치본체의 유한요소해석

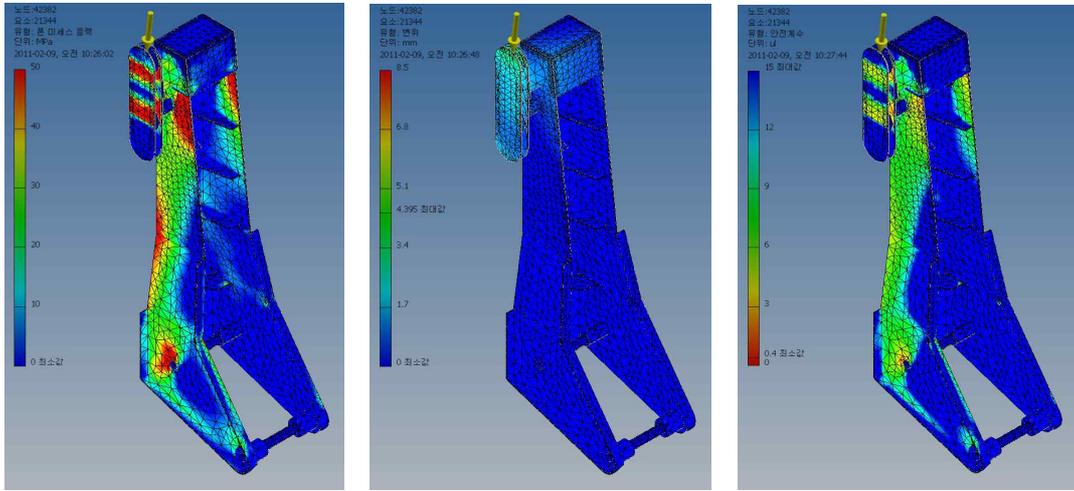
그림 3에서와 같이 원치는 바닥면에 고정되어 와이어로프에 의해 2개의 드럼이 장력을 받고 있는 조건을 가정하여 유한요소해석을 실시하였으며, 원치에 감겨 장력을 주고 있는 와이어 로프의 위치가 원치본체의 안쪽, 중간, 끝부분 3가지로 구분하여 분석을 실시하였다.



(a) 하향집재의 경우

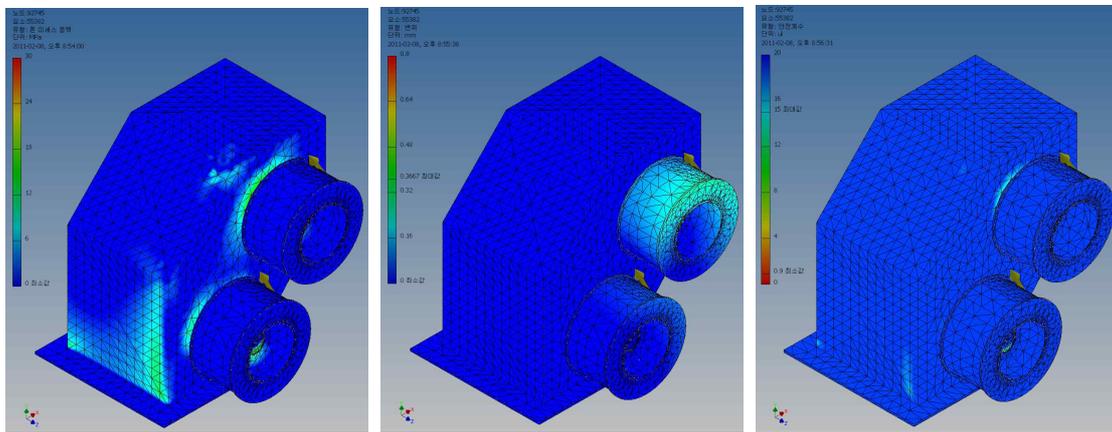


(b) 평지집재의 경우

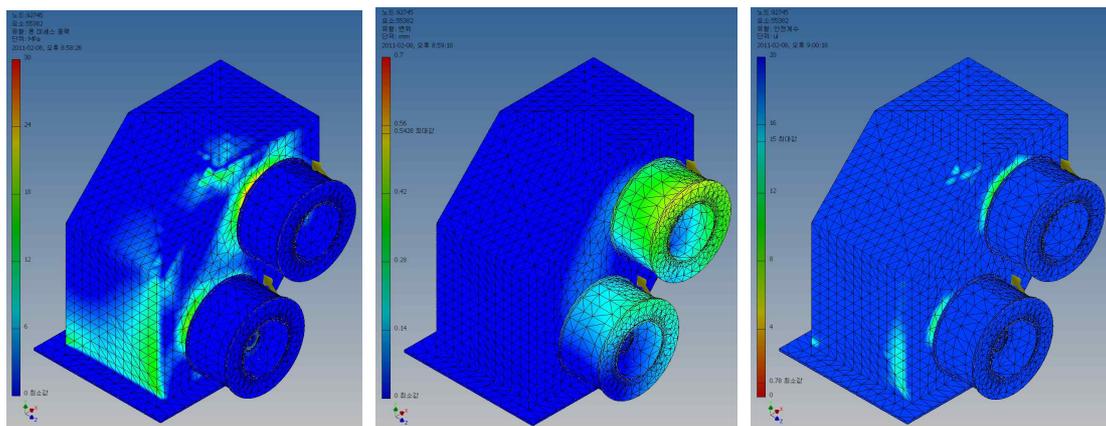


(c) 상향집재의 경우

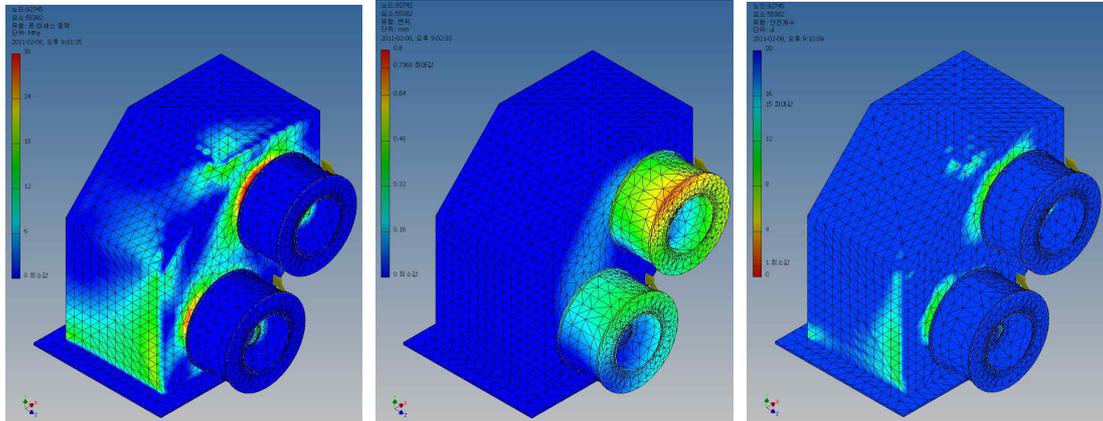
그림 2. 스윙아더 포스암의 유한요소해석



(a)와이어 로프가 원치부 안쪽에 감겨 하중을 받을 때



(b)와이어로프가 원치부 중간에 감겨 하중을 받을 때



(c)와이어로프가 윈치부 바깥쪽에 감겨 하중을 받을 때
 그림 3. 장력조절형 스윙야더 본체의 유한요소해석

와이어로프가 윈치의 안쪽에 감겨 장력을 주고 있는 상태에서의 윈치드럼의 응력분포 및 본체의 응력분포는 비교적 안정적인 상태이며 최대변위도 0.37mm로 비교적 작으나, 안전계수의 경우는 0.9에서 15까지로 안전에 문제가 있을 것으로 판단되었으나 해석상의 경계조건설정에서 장력을 주는 기본가정이 윈드럼 표면의 한점에서 힘을 부가하는 것으로 하였기 때문에 그 부분의 응력이 집중되어 생긴 해석결과로 판정되었다. 따라서 안전계수에는 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다. 또한 윈치드럼의 중간에서 바깥쪽으로 와이어로프가 이동됨에 따라 벤딩모멘트가 윈치드럼고정부를 중심으로 커지는 현상이 있었으나 안정에는 큰 문제가 없는 것으로 분석되었다.