

119004-02

선별 및 백수집 기능전환이 가능하고 시설감자  
및 노지감자 수확검용 보급형 감자수확기 개발

2021

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

보안 과제( ), 일반 과제( ) / 공개( ), 비공개( )발간등록번호( )  
첨단생산기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003530-01

## 선별 및 백수집 기능전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확검용 보급형 감자수확기 개발

2021. 06. 05.

주관연구기관 / 용진기계

농림축산식품부  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “선별 및 백수집 기능전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확겸용 보급형 감자수확기 개발” (개발기간 : 2019. 04. 16 ~ 2020. 12. 31 )과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 06. 05.

주관연구기관명 : 용진기계 (대표자) 정 문 구



주관연구책임자 : 정 문 구

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	119004-02	해 당 단 계 연 구 기 간	2차년도 (최종)	단 계 구 분	(2차년도)/ (2차년도)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	선별 및 백수집 기능전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확겸용 보급형 감자수확기 개발			
연구책임자	정 문 구	해당단계 참여연구원 수	총: 7명 내부: 6명 외부: 1명	해당단계 연구개발비	정부: 137,000천원 민간: 46,000천원 계:183,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 7명 내부: 6명 외부: 1명	총 연구개발비	정부: 235,000천원 민간: 79,000천원 계: 314,000천원
연구기관명 및 소속부서명	용진기계			참여기업명 용진기계	
국제공동연구	상대국명: (해당 없음)			상대국 연구기관명: (해당 없음)	
위탁연구	연구기관명: 강원대학교 삼척산학협력단			연구책임자: 조 석 수	
연구개발성과의 보안등급 및 사유	(해당 없음)				

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품중	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호		10-20 94232									

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호
해당없음								

요약

본 과제에서 개발한 제품은 선별과 백수집 기능이 가능한 제품으로 각각 개발하여 트랙터에 부착되는 굴취기와 연결하여 사용용도에 따라서 선별과 백수집을 함으로써 용도전환이 용이하고, 시설감자와 노지 감자수확에 사용이 가능할 뿐 아니라 비교적 간단한 장치로 가격이 저렴한 보급형으로 개발하였음. 특허 출원 및 등록 1건, 학술대회 논문 발표 1건, 사업화 1건, 홍보전시 1건, 기술실시 1건의 실적을 달성하였음.

보고서 면수

112

<국문 요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>[연구의 목적]          ◦ 선별 및 백수집 기능 전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확 겸용 보급형 감자수확기 개발          - 시설감자(하우스감자)의 경우 굴취와 동시에 중·상·대·특대 크기의 감자를 선별하여 별도의 선별작업시간을 줄여주는 선별기능이 있는 감자수확기 개발          - 노지감자 수확의 경우 감자의 굴취 이송 및 수집용 차량의 수집백으로 이송이 가능한 감자수확기 개발          - 시설감자 수확용 장치와 노지감자 수확용 장치의 기능전환이 가능          - 트랙트에 장착이 가능한 보급형 감자수확기 개발</p> <p>[연구의 내용]          ◦ 노지감자 수확을 위한 감자수확기          - 굴취부, 이송부, 상차부로 구성되어 굴취부에서 감자를 굴취하여 이송부로 이동하고 상차부에서는 1톤 트럭에 상차를 할 수 있도록 구성됨          ◦ 시설감자 수확을 위한 감자수확기는 굴취부, 이송부, 선별부로 구성          - 트랙터의 동력으로 굴취부를 구동하며, 이송부와 선별부는 각각의 모터구동          - 굴취부에서 감자를 굴취하여 이송부로 이동하여 선별부에서는 중·상·대·특대의 크기별로 선별이 되어 작업자는 선별작업 없이 박스에 담는 방식으로 수확함</p>				
<p>연구개발성과</p>	<p>◦ 사업화 지표: - 특허출원 1건, - 특허출원 1건,          - 제품화 1건, - 매출액 20백만원          ◦ 연구기반 지표: - 학술발표 1건, - 홍보전시 1건          ◦ 세부목표로 주요성능지표: - 작업성능 60min/10a이하          - 손상을 5%미만, - 백수집 500kg이상, - 대중소 분류성능 90% 이상          ◦ 기타 : - 기술실시 1건, - 기술료 3,290천원, - 수상실적: 1건</p>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>1) 기술적 효과 :          - 굴취, 이송, 선별기술에 대한 심도 있는 연구를 통해 다작물 수확기, 감자와 흙과 돌의 분리가 가능한 감자수확기 제작으로 활용가능함          2) 경제적 효과 :          - 생산량·작업효율성 증대로 FTA로 수입된 저렴한 농산물에 대한 가격경쟁력 확보 가능함          - 고령 농업인도 수월하게 발농업에 참여할 수 있게 될 것임          3) 사회문화적 파급효과:          - 농업기계화는 농촌사회에 상당한 소득 향상과 산업구조조정기능을 갖고 있어, 지역사회 개발과 사회 복지의 중요한 효과가 예상됨</p>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>감자수확기</p>	<p>선별</p>	<p>백수집</p>	<p>시설감자</p>	<p>노지감자</p>

<영문 요약문>

<Summary>

<p>Purpose&amp; Contents</p>	<p>[Purpose of Research]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Development of an entry-level potato collector that can be selected and converted to the function of unemployed harvesting and harvesting facilities potatoes and old-age potatoes             <ul style="list-style-type: none"> <li>- In the case of facility potatoes (house potatoes), development of a potato collector with a screening function that reduces the time of screening by selecting medium, upper, large, and extra-large potatoes at the same time as excavation.</li> <li>- Development of a potato collector that can be transported to the collection bag of vehicles for excavation and collection of potatoes in the case of harvesting old potatoes.</li> <li>- Functional conversion of facility potato harvesting device and old-age potato harvesting device is possible</li> <li>- Development of a low-end potato collector that can be mounted on a tract</li> </ul> </li> </ul> <p>[Contents of the study]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Potato harvesting machine for harvesting old potatoes             <ul style="list-style-type: none"> <li>- It is composed of excavation, transportation, and upper body parts, so that potatoes can be excavated from the excavation team and moved to the transportation team, and the upper body can be mounted on a one-ton truck.</li> </ul> </li> <li>◦ Potato collectors for harvesting facility potatoes are composed of excavation, transportation, and screening parts.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- The excavation part is operated by the power of the tractor, and the transport part and the screening part are operated by the motor.</li> <li>- Potatoes are excavated from the excavation department and moved to the transportation department. In the screening department, they are selected by size of medium, upper, large, and extra-large, and workers harvest them by putting them in boxes.</li> </ul> </li> </ul>
<p>Results</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Commercialization indicators: - 1 patent application, - 1 patent application,             <ul style="list-style-type: none"> <li>- One production case. - Sales of KRW 20 million.</li> </ul> </li> <li>◦ Research-based indicators: - 1 academic presentation, - 1 public relations exhibition</li> <li>◦ Main performance indicators as detailed goals: - Operation performance 60min/10a or less             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Damage rate less than 5%, - 500kg or more. - 90% or more of the mass classification performance.</li> </ul> </li> <li>◦ Other: - 1 technical implementation, - 3,290,000 won in technical fees, - Award performance: 1 technical performance</li> </ul>

Expected Contribution	<p>1) Technical effects:  - In-depth research on excavation, transportation, and screening techniques can be used as a production of potato harvesters and potato harvesters that can be separated from potatoes and soil and stone.</p> <p>2) Economic effects:  - Price competitiveness of cheap agricultural products imported under FTA can be secured due to increased production volume and work efficiency  - Older farmers will be able to participate in field farming easily.</p> <p>3) Sociocultural ripple effect:  - Agricultural mechanization has significant income improvement and industrial restructuring functions in rural communities, which is expected to have important effects on community development and social welfare.</p>				
Keywords	potato harvesting machine	Screening	Bag Collection	Facility potato	outdoor potato

## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 .....	8
1-1. 연구개발 목적 .....	8
1-2. 연구개발의 필요성 .....	8
1-3. 연구개발 범위 .....	10
2. 연구수행 내용 및 결과 .....	11
2-1. 설계 물성 조사 .....	11
2-2. 굴취기 구조해석 .....	15
2-3. 분류기 설계 .....	24
2-4. 분류기 구조해석 .....	35
2-5. 분류기 초도품 제작 .....	47
2-6. 분류기 초도품 성능평가 .....	57
2-7. 상차기 설계 .....	61
2-8. 설계도면 .....	75
2-9. 시제품 제작 및 기능시험 .....	84
2-10. 성능평가 .....	89
2-11. 연구개발 성과 .....	95
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	99
3-1. 목표 .....	99
3-2. 목표 달성도 .....	101
4. 연구결과의 활용 계획 등 .....	103
붙임. 참고 문헌 .....	104

### <별첨>

연구개발보고서 초록

자체평가의견서

연구결과활용계획서



# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발 목적

### 가. 감자의 중요성

- 감자는 전 세계 150여 개국에서 재배되며 연간 2억4,000만~3억 8,000만 톤 정도 생산되고 있어서 생산량으로는 옥수수, 벼, 밀 다음으로 4위, 재배면적으로는 8위를 차지하는 주요작물임.
- 잘 자람 : 90일의 단기성작물로 벼나 밀에 비해 재배기간이 짧고 비료와 농약을 적게 사용해도 많은 생산물을 거둬. 관개용수 필요 없이 서늘한 장소에서 잘 자라는 고랭지작물임
- 많은 수확량 : 북미의 경우 단위면적당 감자의 생산량 밀의 3.14배, 보리의 2.68배, 옥수수의 1.12배 우리나라에서는 봄, 여름, 가을, 겨울 4계절 모두 감자가 생산됨
- 풍부한 영양 :비타민 등 각종 영양과 칼로리를 풍부하게 함유함. 단백질은 밀의 2.02배, 쌀의 1.22배, 옥수수의 1.20배

### 나. 개발대상 : 감자수확기

- 감자, 고구마, 양파, 마늘 등 땅속작물을 수확하는 기계로서 트랙트용, 경운기용이 있음.
- 본 사업에서 개발하고자 하는 땅속작물중 감자의 특성을 파악한 감자수확기임



그림 1 감자 수확 및 감자수확기

## 1-2. 연구개발의 필요성

### 가. 농가인구의 감소.

- 1960년 1424만명이던 농가 인구는 2015년 256만명으로 떨어 졌고 계속 감소하는 추세임.
- 기계화를 통해서 고효율화 농업을 하여야함.

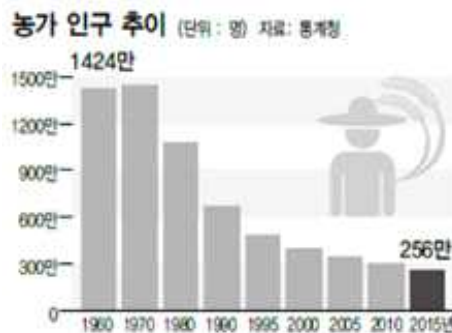


그림 2 농가 인구의 추이

나. 밭농사의 기계화가 저조함.

- 2017년도 벼농사 98.4%, 밭농사 : 60.2% 상대적으로 떨어짐. 따라서 밭농사의 기계화가 절실함

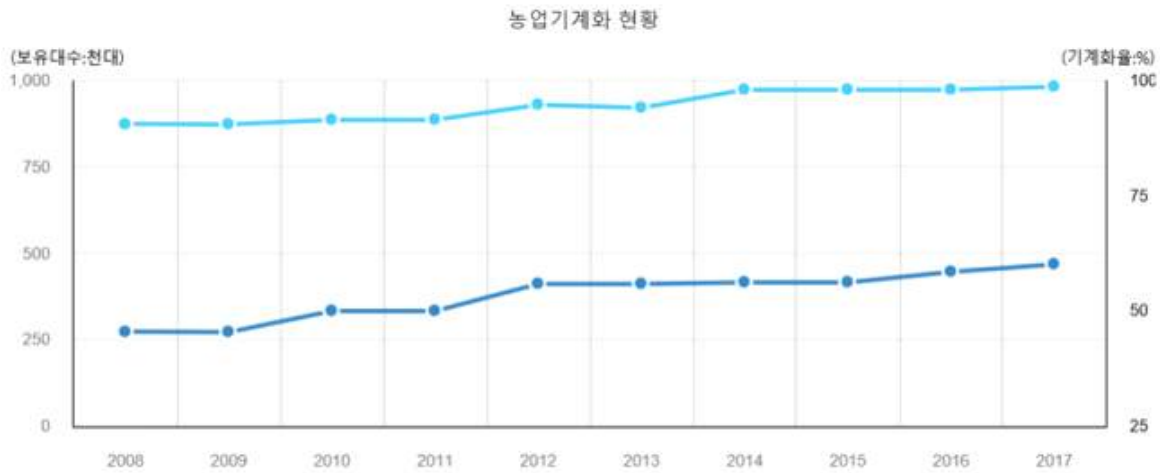


그림 3 농업기계화 현황 (출처 : 농림축산식품부 「농업기계 보유현황」)

다. 농가 인구의 고령화

- 농업 종사자를 한 줄로 세웠을 경우 정중앙에 서 있는 농업 종사자의 나이가 60살에 이르게 됨
- 농촌의 고령화가 속도에 비춰볼 때 앞으로 10년 후면 기계 없이는 밭농사를 못짓게됨
- 따라서 기계화가 절실함
- . 상인과 부농의 감자수확기 개발요청
- 용진기계에서 거래중인 감자농민과 계약을 맺고 재배 및 수확하는 상인과 직접 감자를 수확하는 부농들의 요청이 지속적으로 요청되고 있음.
- 본 연구의 개발 아이디어는 감자수확기의 잠재적 고객의 소리에 귀기울인 결과로 나온 것임

마. 해외 기업의 농기계 점유율 향상

- 국내 농기계 시장에서는 일본의 최대 농기계 생산업체인 구보다, 안마 등의현지법인이 공급하는 트랙터, 콤파인, 이앙기와 세계적인 생산업체인 John Deere, CNH, AGCO의 중대형 트랙터의 점유율이 점점 높아가고 있는 실정임.
- 따라서 국내 농기계를 개발하여 국내 농기계의 국제적 경쟁력을 높이고 수입대체효과 및 수출에 기여해야함.

바. 선별작업의 필요성

- 선별작업의 현황: 앞 작업자가 큰 것을 먼저 선별하여 박스에 담고 뒤 작업자가 그 다음 크기의 감자를 박스에 담게 되어 감자의 크기 차이가 많이 발생함
- 문제점: 경매 시 박스에서 감자를 부어 크기가 다른 것이 있어 선별에 신뢰를 상실하게 되며, 선별에 따라서 20kg 1박스당 1만원의 가격차이가 발생함

- 대책: 육안과 감각에 의한 선별이 아닌 분류기에 의한 기계적 분류를 하는 것임



그림 4 하우스 감자의 선별

### 1-3. 연구개발 범위

#### 가. 설계 및 구조해석

감자선별을 위한 감자 물리량 조사

굴취부 소요동력 산출

이송부 소요동력산출

상차부 소요동력산출

작업목표 속도 결정

굴취부 하중구조해석

선별장치 설계

제작도면 작성

#### 나. 시제품 제작

굴취부 제작, 상차부 제작, 선별기 제작

#### 다. 성능평가

작업성능시험, 손상율, 백수집량 확인

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 2-1. 설계 물성 조사

#### 가. 감자 규격에 따른 크기 분류 방법

분류기를 설계하기에 앞서 우리나라 감자의 크기 별 규격을 조사해 정리하였다. 농촌진흥청에서 제공한 자료에 의하면 우리나라 감자는 무게에 의해 특대, 대, 중, 소, 특소 크기로 분류되어 있었고, 미국의 경우 감자 규격이 최대 직경, 최소 직경, 무게에 의해 크기가 분류되어 있었다. 따라서 우리나라 감자의 직경 규격을 이론적으로 구하기 위해 미국 감자의 무게와 직경을 이용하여 추세선 식을 그렸다.

표 1 우리나라 감자 규격<sup>1)</sup>

구분	특대	대	중	소	특소
1개의 무게(g)	280 이상	220 이상	160 이상	100 이상	40 이상

표 2 미국 감자 규격<sup>2)</sup>

size designation	Minimum diameter( ) or weight( $m_p$ )				Maximum diameter( $d_p$ ) or weight( $m_p$ )			
	<i>inch</i>	<i>mm</i>	<i>ounce</i>	<i>g</i>	<i>inch</i>	<i>mm</i>	<i>ounce</i>	<i>g</i>
Creamer	3/4	19.05	-	-	1-5/8	41.275	-	-
Chef	2-3/4	69.58	8	226.8	4-1/2	114.3	28	793.79
Size A	1-7/8	47.625	-	-	-	-	-	-
Size B	1-1/2	38.1	-	-	2-1/4	57.15	-	-
Small	1-3/4	44.45	-	-	2-1/2	63.5	6	170
Medium	2-1/4	57.15	5	141.75	3-1/4	82.55	10	283
Large	3	76.2	10	283	4-1/2	114.3	28	793.79

1) : 농촌진흥청

2) 출처: [https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Potato\\_Standard%5B1%5D.pdf](https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Potato_Standard%5B1%5D.pdf)

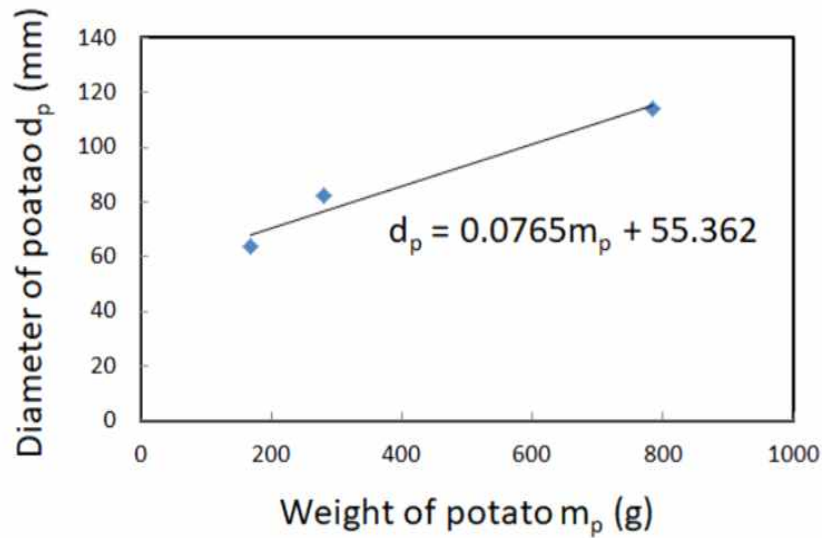


그림 5 미국 감자 규격의 무게와 직경에 따른 그래프

위에 그래프를 통해 얻은 감자 직경( )과 감자 무게( $m_p$ )에 따른 추세선 식이 다음과 같음을 알 수 있다.

$$d_p = 0.0765m_p + 55.362$$

앞에서 구한 추세선 식에 우리나라 감자 무게를 대입하여 감자 크기별 이론적인 직경값을 구하였다. 특대는 76.3mm, 대 71.7mm, 중 67.6mm, 소 62.6mm, 특소 58mm임을 구할 수 있었고 이를 표로 정리한 것이 아래와 같다.

표 3 감자의 이론적 직경값

크기	특대	대	중	소	특소
중량 평균값(g)	280 이상	220이상	160이상	100이상	40이상
직경(mm)	76.3	71.7	67.6	62.6	58

#### 나. 국내 시장 감자 크기조사별 분류조사

앞서 구한 추세선 식을 이용한 우리나라 감자 직경은 이론상의 값이기 때문에 정확성이 떨어질 수 있는 것을 고려해 우리나라 시중에 판매하고 있는 감자를 크기별로 구매하여 그 분류에 따른 무게, 높이, 너비를 측정해보았다. 측정한 감자의 평균값은 다음과 같다.

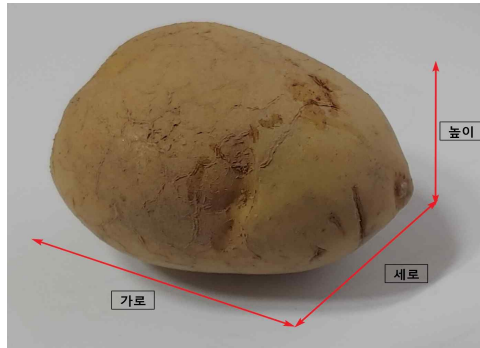






그림 6 감자 치수 명칭

표 4 감자 크기 평균값

크기	특대	대	중	소
가로 (mm)	92.66	76.87	70.30	56.46
세로 (mm)	72.27	66.63	60.63	49.63
높이 (mm)	60.88	51.93	51.27	42.19
무게 (g)	231.71	155	126.46	69.95

이론상으로 구한 감자의 직경과 시중에 판매되고 있는 감자의 직경을 비교하여 큰 차이를 갖는지 확인해 보았다. 시중에 판매되고 있는 감자의 가로, 세로 직경을 더하여 평균값을 구해보니 크기별 특대 82.47mm, 대 71.75mm, 중 65.47mm, 소 53.05mm로 알 수 있었다. 시중에 판매되고 있는 감자의 직경을 추세선 식을 이용해 구한 이론상 감자 직경과 비교해 보면 특대와 소는 직경값의 차이를 보였고 대와 중은 비슷한 값을 가지는 것을 알 수 있었다.

표 5 농촌진흥청 규정에 따른 감자 시장분류율

크기	감자 사진	무게(kg)	무게 규정	분류율(%)
특대		10	280g 이상	$\frac{2}{1} \times 100 = 4.88$
대		10	220g 이상	$\frac{3}{49} \times 100 = 6.52$
중		20	160g 이상	$\frac{16}{147} \times 100 = 10.88$
소		20	100g 이상	$\frac{16}{216} \times 100 = 7.41$
전체	-	-	-	$\frac{37}{453} \times 100 = 8.17$

## 2-2. 굴취기 구조해석

### 가. 굴취기 프레임 구조

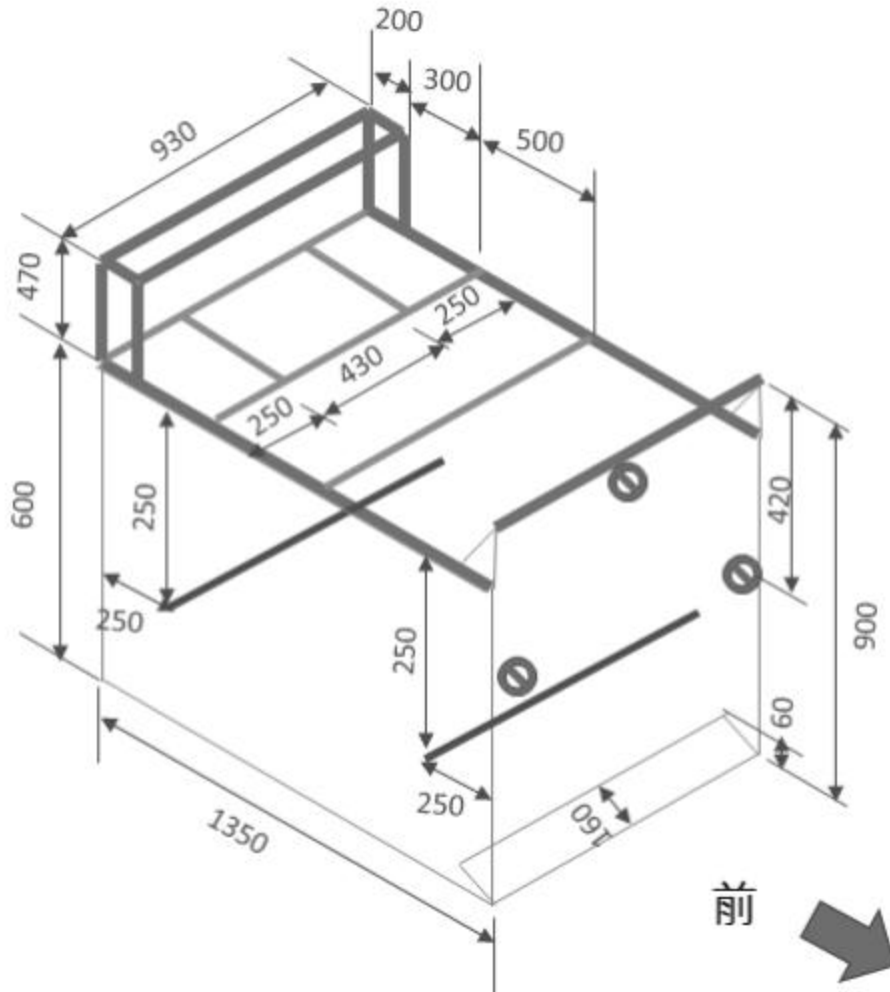


그림 7 굴취기의 프레임 구조

표 1 굴취기 프레임의 중량

Type	Square tube 1	Square tube 2	Round bar	Steel plate	Chain	Total
Dimension of section area	50×50×2 (mm×mm×mm)	30×30×1.5 (mm×mm×mm)	φ30	5t	27.2×1.65 (mm×mm)	-
Dimension of length or area	7,370 (mm)	3,790 (mm)	1,860 (mm)	1,768,800 (mm <sup>2</sup> )	50,220 (mm)	-
Volume(mm <sup>3</sup> )	2,830,080	648,090	1,314,090	8,844,000	6,647,850	20,284,110
Density (N/mm <sup>3</sup> )	0.000076	0.000076	0.000076	0.000076	0.000076	0.000076
Weight (N)	215	49	100	672	505	1,542



표 2 토양의 중량

Type	Soil
Dimension of section area	1,350 × 930 (mm × mm)
Dimension of depth	150 (mm)
Volume(mm <sup>3</sup> )	188,325,000
Density (N/mm <sup>3</sup> )	0.000016
Weight (N)	3,013

표 3 굴취기의 하중

Frame (N)	Soil (N)	Total (N)	Acceleration(g)	Coefficient of friction between root- harvester and soil
1,542	3,013	4,555	1.55	0.4

굴취기의 설계 하중은 수평하중과 수직하중으로 나누면 하중은 다음 식과 같이 된다.

- (1) 설계 수평 하중 : 굴취기 프레임 하부 마찰면에서의 마찰력  $l$   
 + 굴취기 프레임 전방에서의 토양 전단 파괴에 의한 수평력  $F_{hf}$
- (2) 설계 수직 하중 : 굴취기 프레임 자중과 가속도 효과에 의한 수직력  $F_{vw}$   
 + 굴취기 프레임 전방에서의 토양 전단 파괴에 의한 수직력  $F_{vf}$

나. 설계 수평 하중

- (1) 굴취기 프레임 하부 마찰면에서의 마찰력  $F_{hl}$

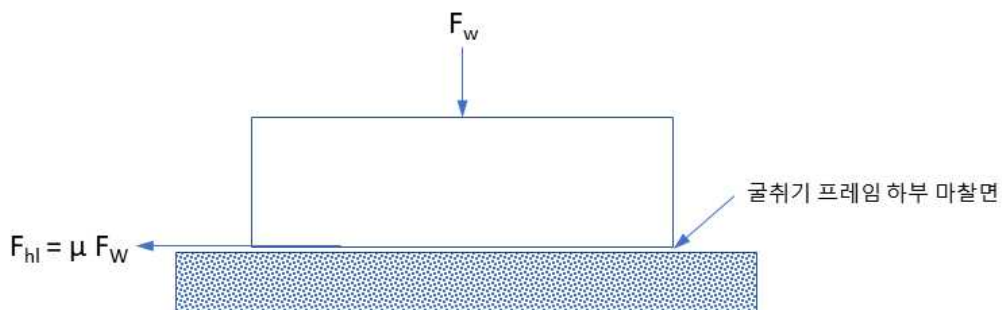


그림 8 굴취기 프레임 하부 마찰 모델

단,  $W$  : 굴취기 하중(=7,060kg)

$$F_l = \text{굴취기 프레임 하부 마찰면에서의 마찰력}$$

$$= \mu F_W = 0.4 \times 7,060 = 2,824\text{kg}$$

(2) 굴취기 프레임 전방에서의 토양 전단 파괴에 의한 수평력  $F_{hf}$

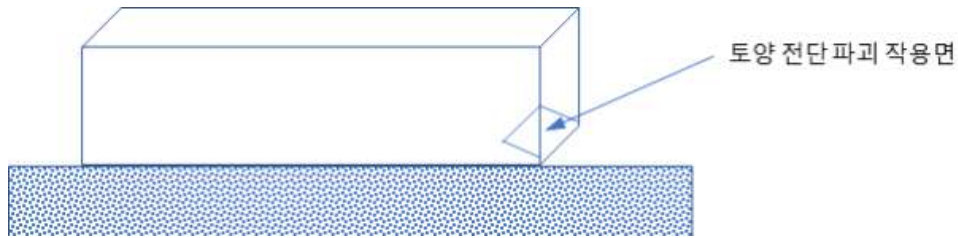


그림 9 굴취기 프레임에서 토양 전단파괴 모델



그림 10 토양 전단 파괴 기구

단,  $\tau_s$  : 토양 전단강도

$A_s$  : 굴취기 프레임 전방 하부에서의 토양 전단파괴면적

$F_{hf}$  : 굴취기 프레임 전방에서의 토양 전단 파괴에 의한 수평력

$F_{vf}$  : 토 굴취기 프레임

전방에서의 토양 전단 파괴에 의한 수직력

$$\tau_s A_s = 3 \times (160 \times 60) = 28,800(\text{N})$$

$$F_{hf} = \tau_s A_s \times \cos 25^\circ = 26,102(\text{N})$$

다. 설계 수직 하중

(1) 굴취기 프레임 자중과 가속도 효과에 의한 수직력  $F_{vw}$

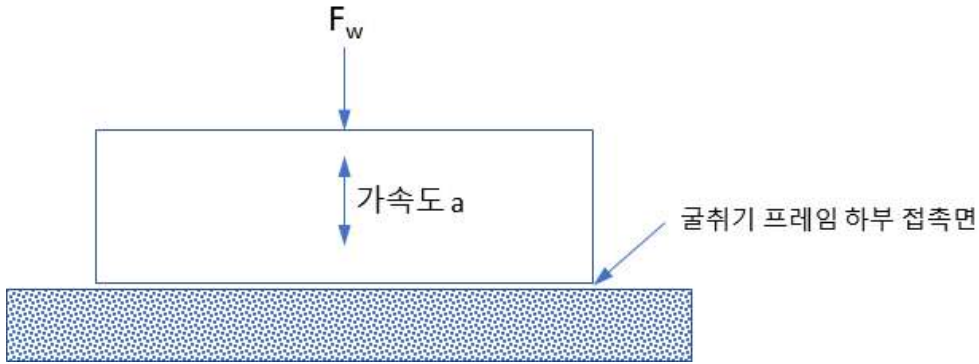


그림 11 굴취기 프레임 자중과 가속도 모델

$$F_{vw} = F \times a = 4,555 \times 1.55 = 7,060(\text{N})$$

(2) 굴취기 프레임 전방에서의 토양 전단 파괴에 의한 수직력  $F_{vf}$

$$F_{vf} = \tau_s A_s \times \sin 25^\circ = 12,171(\text{N})$$

라. 설계 하중

(1) 설계 수평 하중  $F_{hi} = F_{hl} @$  전체 프레임 +  $F_{hf} @$  프레임 전방

(2) 설계 수직 하중  $F_{vi} = F_{vw} @$  전체 프레임 +  $F_{vf} @$  프레임 전방

표 4 굴취기의 설계하중조건

Load type	$F_{hi}$		$F_{vi}$	
	$F_{hl}$	$F_{hf}$	$F_{vw}$	$F_{vf}$
Load (N)	2,824	26,102	7,060	12,171
Acceleration (m/s)	1.83	-	4.6	-

(3) 전체 하중 형태 : 불규칙 반복 굽힘 하중을 받는 수송 기계 부착물임

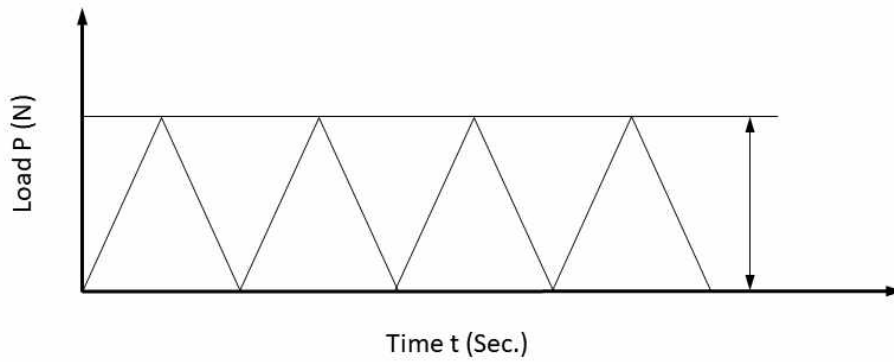


그림 12 굴취기가 받는 구조 하중

마. 재료 물성치 : SS 400

(1) 인장강도 : 대기환경조건에서 503MPa

(2) 피로강도 : 인장반복하중, 응력비 R=0.1, 대기 환경 조건에서 153MPa

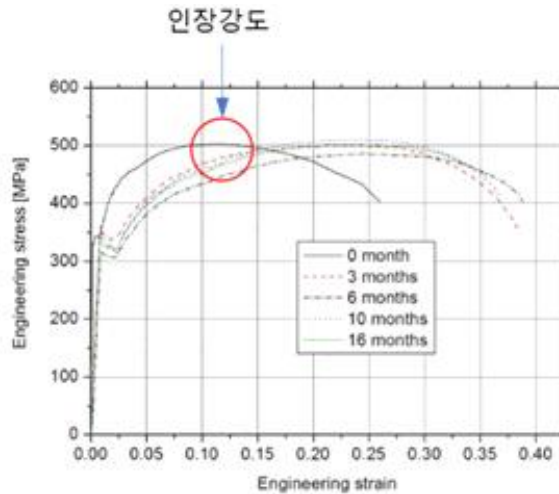


그림 13 SS400의 응력 변형률 선도

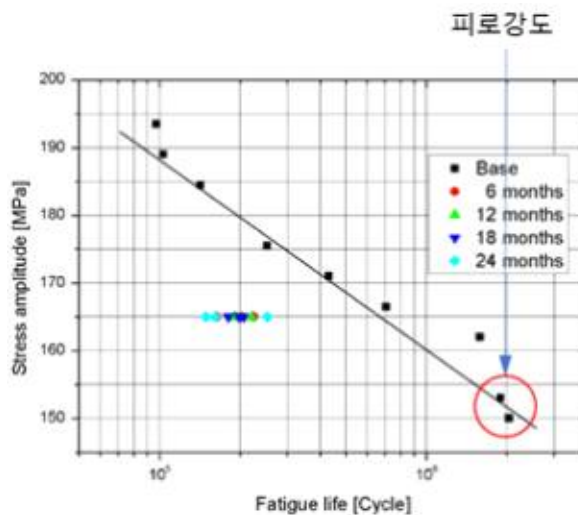


그림 14 SS400의 S-N 커브

바. 구조해석 결과

(1) 구조해석모델

ANSYS Workbench에서 굴취기 프레임을 모델링함

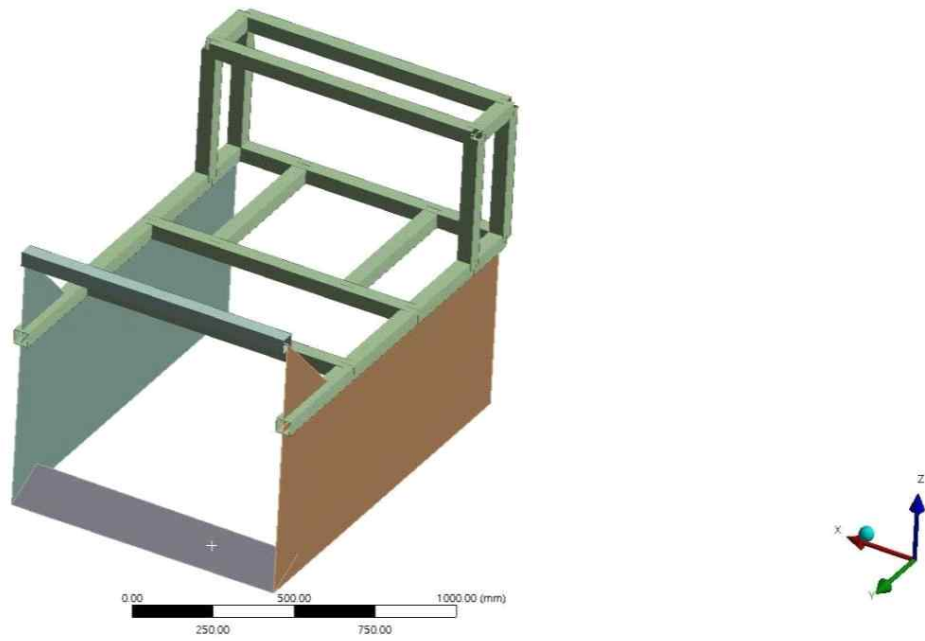


그림 15 굴취기의 ANSYS 구조해석 모델

(2) 구조해석모델의 Meshing

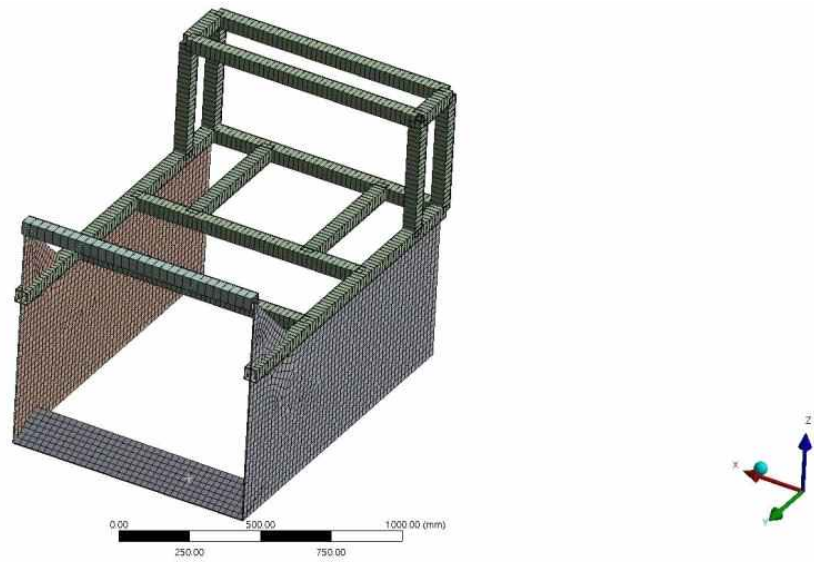


그림 16 굴취기의 ANSYS 구조해석 모델 메싱

(3) 구조해석의 경계 및 하중조건

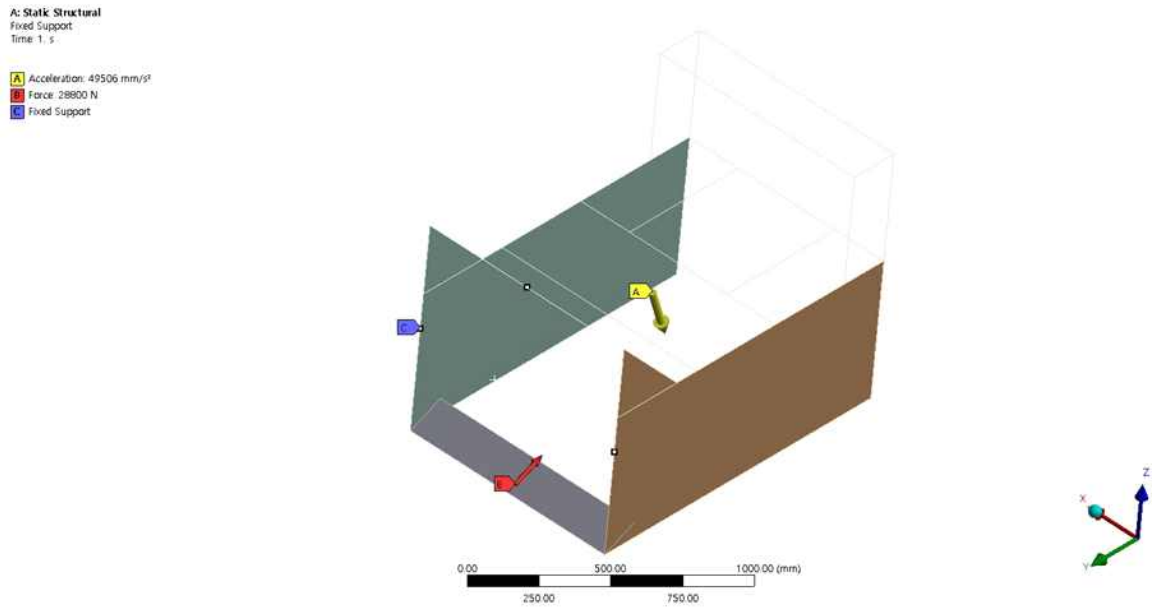


그림 17 굴취기의 ANSYS 구조해석 모델 하중경계조건

(4) 구조해석 파라미터 해석을 위한 파라미터의 결정

ANSYS Workbench를 이용하여 굴취기 프레임을 예비 구조해석 본 결과 최대 주응력이 특정 부분서 나와 이 부분의 프레임 두께를 파라미터 해석 대상으로 함

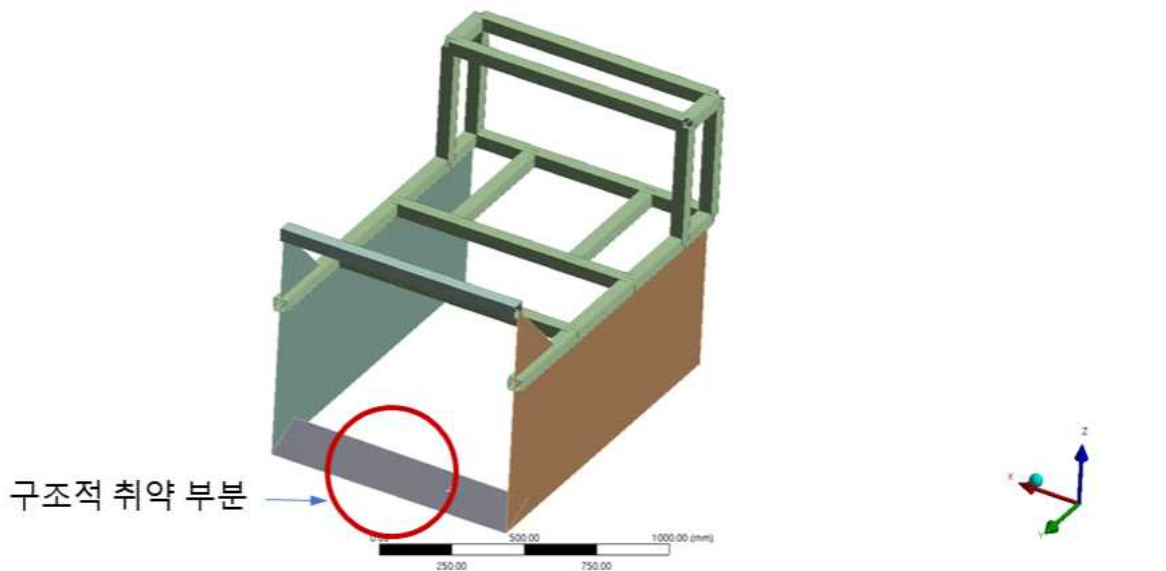


그림 18 굴취기 구조의 취약부분

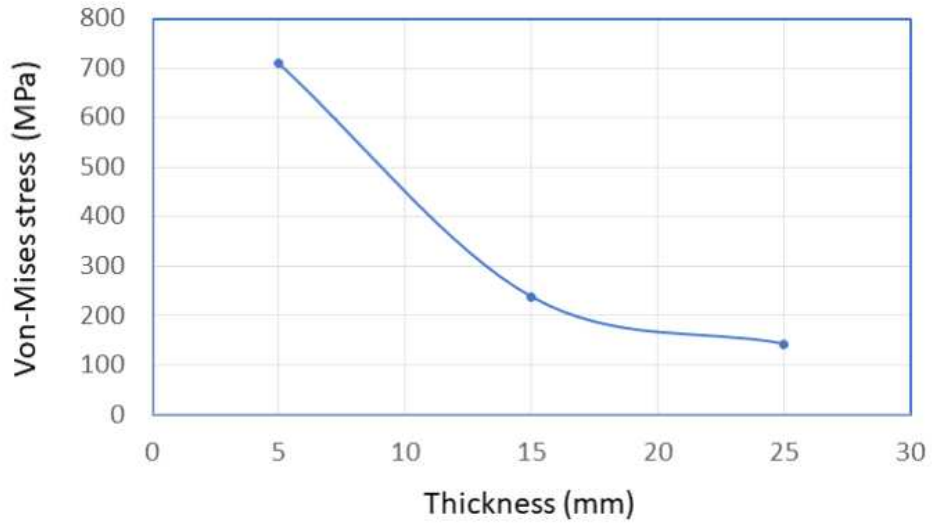


그림 19 프레임 두께에 따른 응력 변화

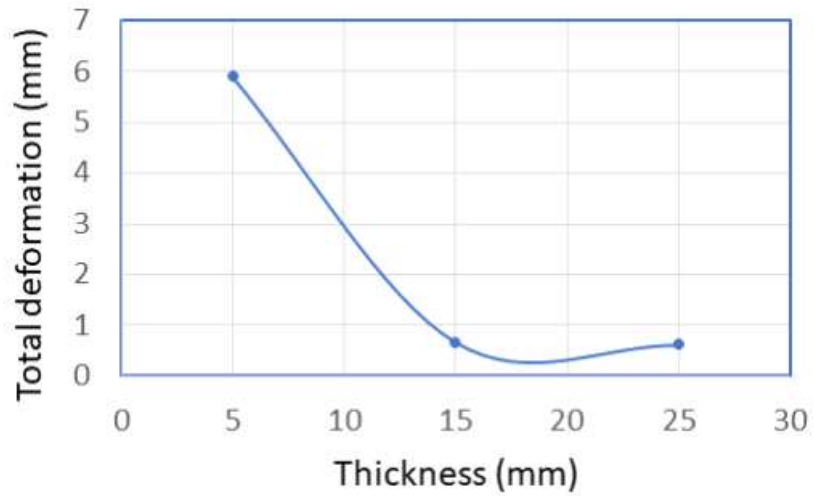


그림 20 프레임 두께에 따른 총변형량 변화

(5) 해석결과

프레임 두께에 따른 응력 변화와 프레임 두께에 따른 총변형량 변화를 통해 두께가 25mm에서 응력과 변형의 변화가 낮아지는 25mm로 결정함.

사. 설계두께하의 구조해석 결과

(1) 주응력

토양을 전단 파괴시키는 요소 프레임 부재의 두께가 25mm일 때의 결과

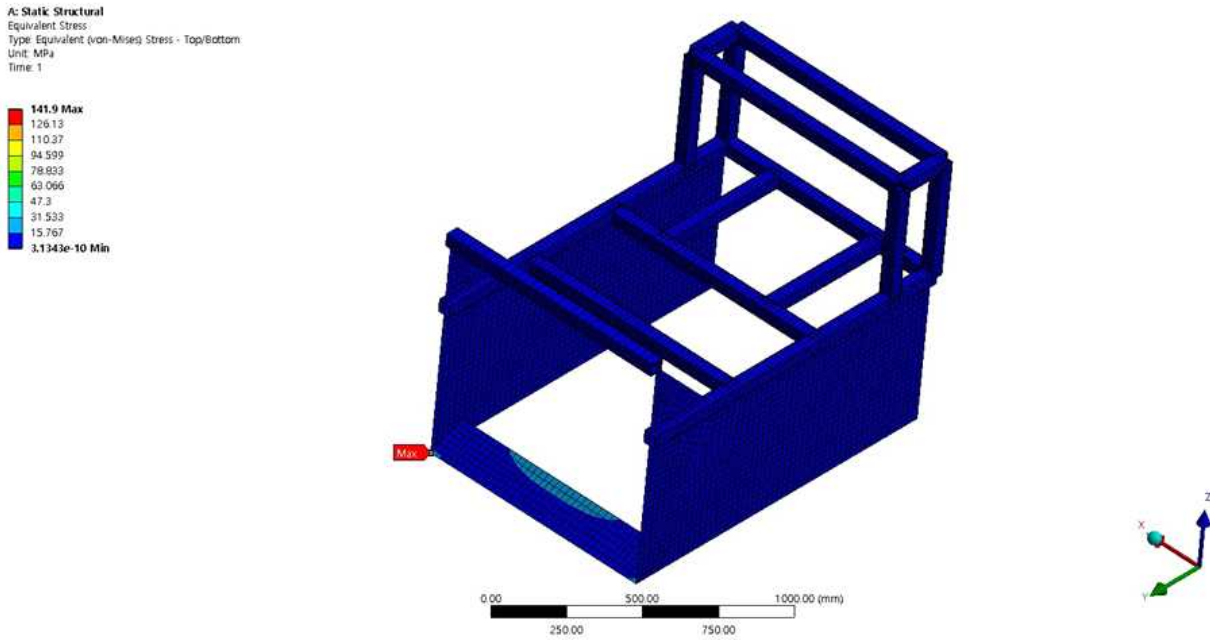


그림 21 굴취기 구조해석 결과(두께 25mm일 때 주응력)

(2) 총변형량

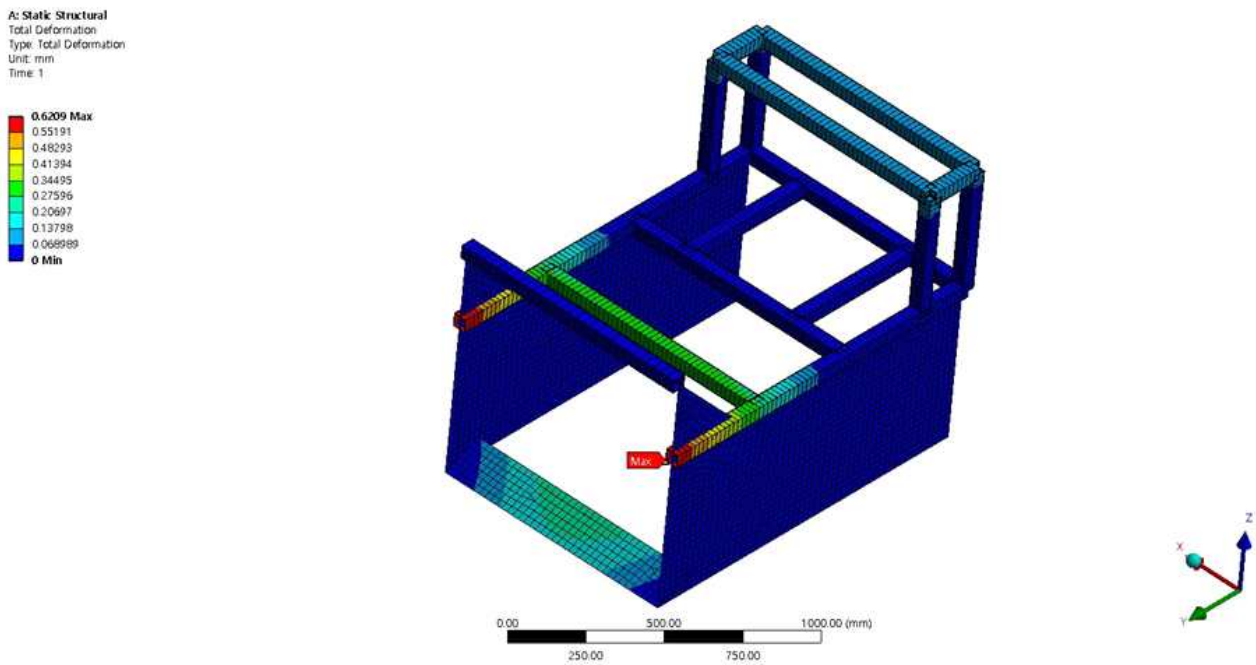


그림 22 굴취기 구조해석 결과(총변형량)



(3) 해석결과

- (가) 파라미터 대상부분의 프레임두께가25mm일 때 굴취가 안전하다는 것을 확인하여 부분만 두께를 증가시키는 것으로 하고 나머지는 최초 결정된 두께를 사용하여 제작하기로 결정한다.
- (나) 구조하중에서 주행이나 운반 하중에 비하여 토양 전단 파괴 하중이 월등하게 크므로 해당 지역의 토양의 전단 강도 특성에 따라 파라미터 대상 부분의 프레임 두께를 조정할 수 있을 것으로 보인다.

2-3. 분류기 설계

가. 분류기의 설계 개념

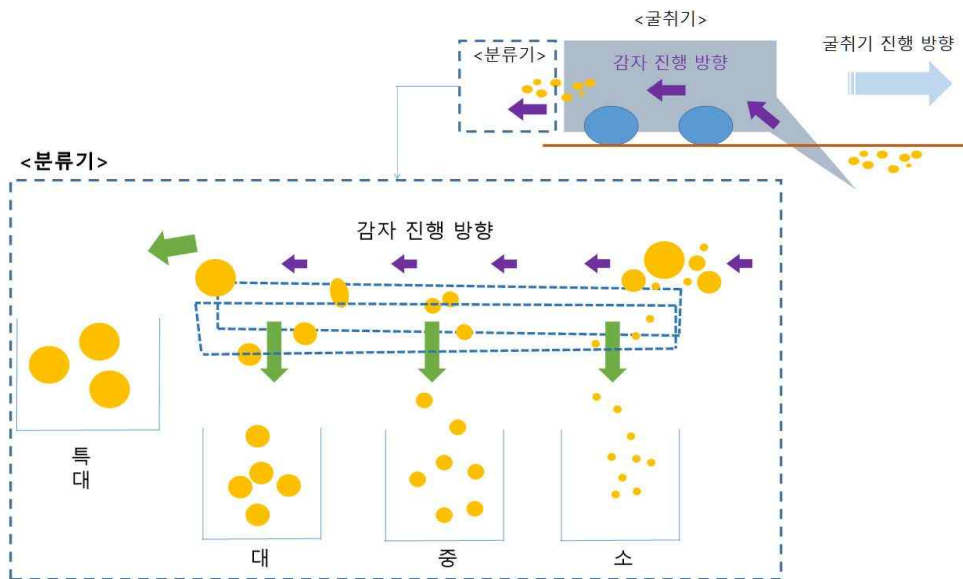


그림 23 분류기 개념도

- (1) 굴취기가 진행방향으로 진행하면 굴취기가 땅 속을 파게 된다. 감자와 흙을 함께 굴취를 하게 된다. 감자와 흙을 분리한다. 그 뒤 흙과 분리된 감자는 분류기에 투입된다.
- (2) 분류기에 투입된 감자는 크기가 작은 감자부터 큰 감자 순으로 분류 된다.

나. 컨베이어 벨트 트랙 길이 설계

- (1) 굴취기를 거쳐 분류기로 들어온 감자를 대중술 크기별로 분류하기 위해 감자를 이송하는 수단으로 컨베이어 벨트를 사용하였다. 측정된 국내의 감자의 직경값을 기준으로 컨베이어 벨트의 길이에 따른 특대, 대, 중, 소의 토출구 사이의 길이를 구할 수 있었다. 컨베이어 벨트의 길이를 1000mm, 가장 작은 감자의 직경을 58.04mm, 가장 큰 감자의 직경을 71.72mm를 기준으로 토출구 사이의 간격을 계산하였다.

$$= \frac{1000(d-d_m)}{d-d}$$

$d =$  하고자 하는 감자의 직경

$$d_M = 71.72mm \quad d_m = 58.04mm$$

① 특수  $d=58.04mm$

$$x = \frac{1000(d-d_m)}{d_M-d_m} = \frac{1000(58.04-58.04)}{71.72-58.04} = \frac{1000(0)}{13.68} = 0mm$$

② 소  $d=62.6mm$

$$x = \frac{1000(d-d_m)}{d_M-d_m} = \frac{1000(62.6-58.04)}{71.72-58.04} = \frac{1000(4.56)}{13.68} = 333.33mm$$

③ 중  $d=67.2mm$

$$x = \frac{1000(d-d_m)}{d_M-d_m} = \frac{1000(67.16-58.04)}{71.72-58.04} = \frac{1000(9.12)}{13.68} = 666.67mm$$

④ 대  $d=71.7mm$

$$x = \frac{1000(d-d_m)}{d_M-d_m} = \frac{1000(71.72-58.04)}{71.72-58.04} = \frac{1000(9.12)}{13.68} = 1000mm$$

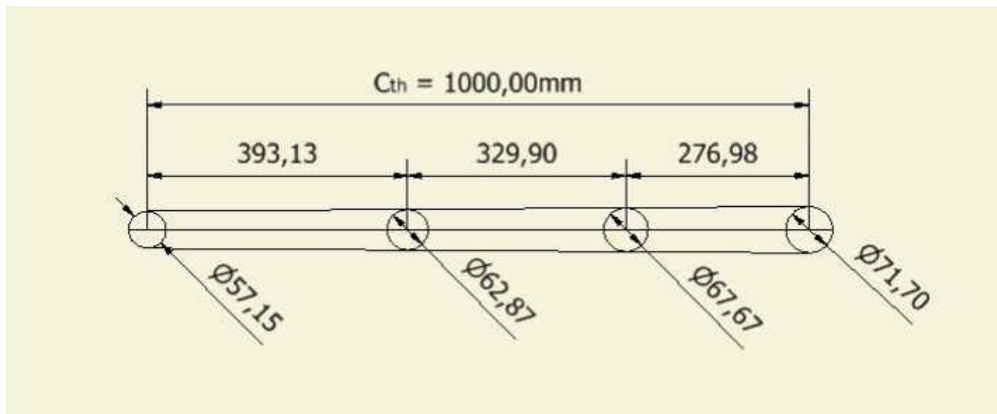


그림 24 감자 크기별 거리

(2) 컨베이어 벨트의 시작 부분을 감자의 투입구라고 하고 소 크기의 감자가 분류될 수 있는 토출구가 계산되었고 중 크기의 감자는 투입구에서 333.33mm 떨어진 위치, 대 크기의 감자는 666.67mm 위치, 특대 크기의 감자는 분류기 앞으로 나올 수 있도록 길이 1,000mm에 맞게 설계하였다.

다. 두 개의 컨베이어 사이의 폭 설정

(1) 컨베이어 벨트를 이용하여 감자를 이송하기 위해서 감자를 지지할 수 있게 사다리꼴

방향으로 두 개의 벨트를 사용하였으며, 이 벨트 사이의 폭과 기울기는 중요한 설계 변수가 된다. 두의 컨베이어 벨트 사이의 폭과 기울기를 결정하기 위해 벨트의 시작 지점의 단면도(역 사다리꼴)의 밑면과 윗면의 길이를 구하고 대중소의 감자가 벨트 윗면을 통해 원활하게 이송될 수 있게 고안하였다.

① 컨베이어 폭의 이론 값 계산

감자가 이송 중에 컨베이어 벨트 사이에 걸리지 않게 하기 위해 우리나라에서 판매하고 있는 감자 중 가장 큰 감자의 무게인 왕왕 사이즈는 450g인 것을 시장 감자를 통해 파악하였고, 그 무게를 추세선 식에 대입하여 직경값을 도출한 결과 90mm이었다. 이 직경에 대해서 원의 접선을 이용하여 상부 벨트 폭을 선정하였고 하부 벨트 폭은 측정한 최소 감자 직경 58mm와 미국 감자 규격  $2.5in = 57.15mm$ 를 고려하여 선정하였다. 설계를 통해 선정된 값은 아래와 같다.

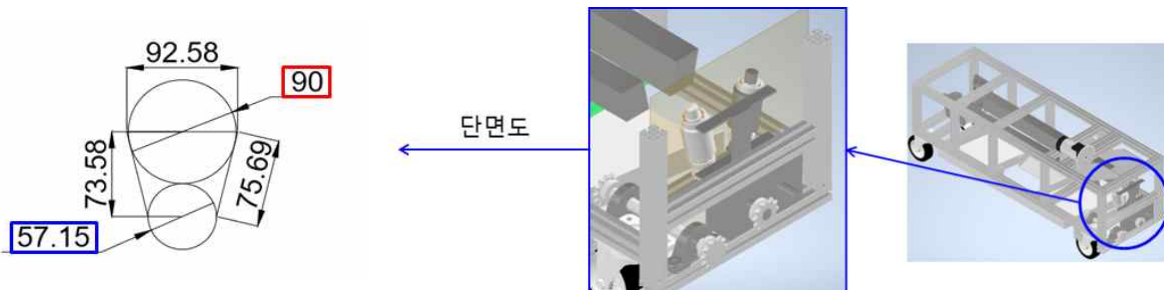


그림 25 이론적 컨베이어 폭

② 국내 감자 크기를 고려한 컨베이어 폭 설계

이론적인 값 계산에서는 국내에 판매중인 감자 중 가장 큰 크기의 감자를 고려하였지만 실제로 시중에 판매하고 있는 특대사이즈의 감자를 구매하였을 때 280g을 넘는 감자는 거의 없었다. 이에 따라 컨베이어 벨트의 출구 부분의 상부 벨트 폭을 국내 감자 크기를 고려하여 대 사이즈 직경에 맞추어 71.70mm로 설계하였다.

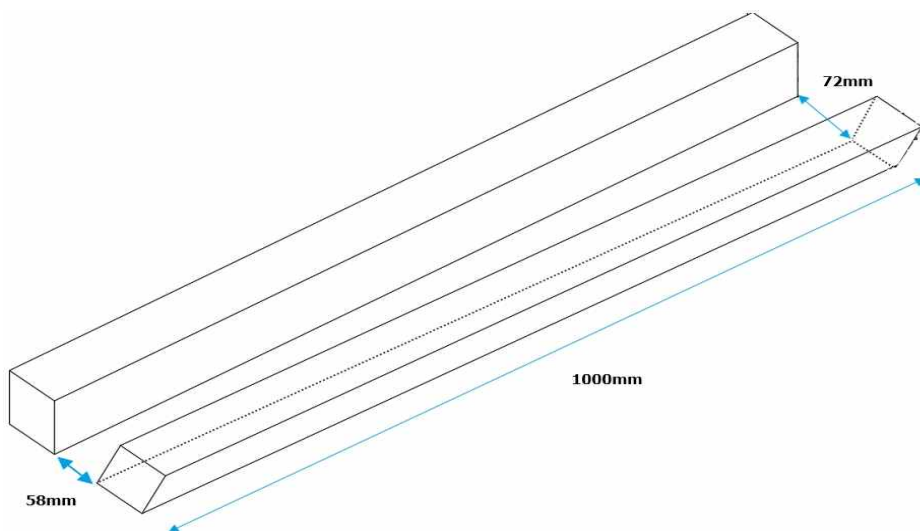


그림 26 실제 컨베이어 폭

라. 시스템의 이론적 계산

(1) 이론 동력식

컨베이어 시스템의 동력은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{T \times V}{33000} [hp]$$

(2) 감자 분류 컨베이어 설계 속도 V

설계 속도를 구하기 위해 감자 굴취 속도( $10a/hr = 1000m^2/hr$ )와 통계청에 의한 2013년 감자 수확량( $2.7ton/hr$ )을 이용하였으며 설계 속도 V를 구하기위한 과정은 다음과 같다.

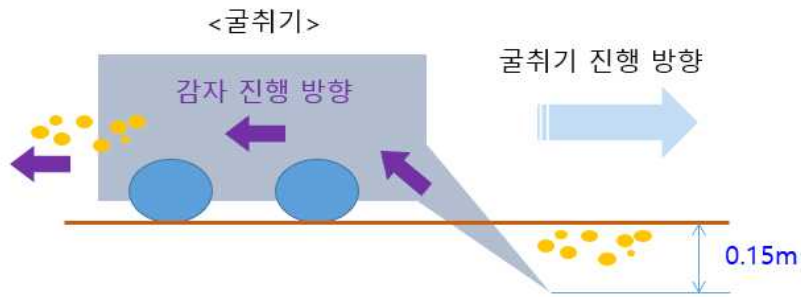


그림 27 굴취 속도 및 깊이 개념도

① 흙의 설계 굴취 체적 속도( $\dot{Q}_{ve}$ )

$\dot{Q}_{ve}$ 는 굴취기가  $10a(1000m^2)$ 의 땅을  $0.15m$ 의 깊이로 1시간 동안 굴취하는 속도이며 다음과 같다.

$$\dot{Q}_{ve} = \frac{Q}{t} = (1000m^2 \times 0.15m) / hr = 150m^3/hr = 0.042m^3/s$$

② 컨베이어 실제 감자 분류 체적 속도 ( $\dot{Q}_{vp}$ )

$\dot{Q}_{vp}$ 는 굴취기에 의해 수확된 감자의 체적 속도를 말하며  $\dot{Q}_{ve}$ 에서 감자분율을 곱한 값이다. 여기서 감자 분율은 감자가 섞인 토양에서 감자가 차지하는 체적비율을 의미한다.

$$\dot{Q}_{vp} = (\text{의 설계 굴취 체적 속도}) \times (\text{감자분율}) = 0.042 \times 0.018 = 0.000756(m^3/s)$$

여기서  $\dot{Q}_{vp}$ 는 컨베이어 시스템의 이송 단면적(A)과 설계 속도(V)를 곱한 값이다. A는 3D 모델링한 프로그램(Inventor)의 측정기능을 이용하여 구한 컨베이어 시스템의 단면적이다. 따라서 V를 구한 과정은 다음과 같다.

$$A = 6928 \times 10^{-6} m^2$$

$$\dot{Q}_{vp} = AV = 0.000756(m^3/s)$$

$$\frac{\dot{Q}_p}{A} = 0.12(m/s) = 23.62(ft/min)$$

(3) 동력전달 개념도

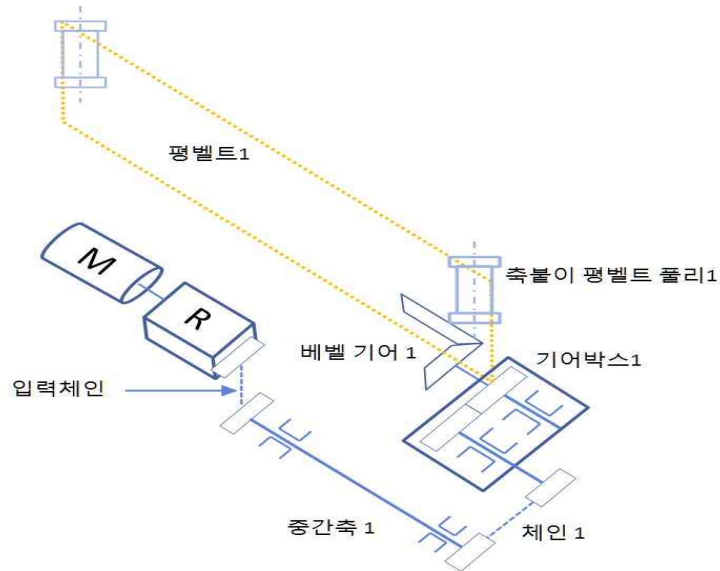


그림 28 동력전달 개념도

(4) 유효 장력  $T_e$

컨베이어 시스템의 동력을 구하기 위해서는 유효 장력을 알아야 하는데 다음과 같은 식을 이용해서 유효 장력을 구하였다.

$$T_e = LK_t(K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m(LK_y + H) + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

① 평 벨트 길이 L

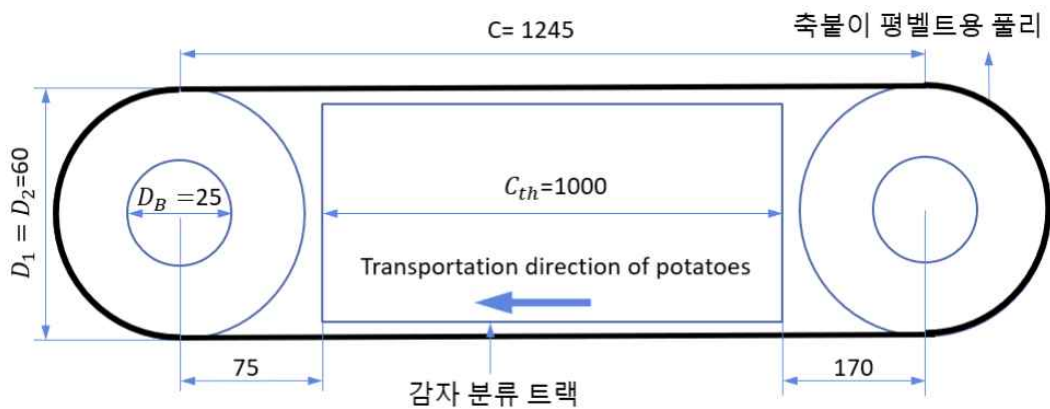


그림 29 평 벨트 길이

실제 축간 거리  $C = C_{th} + 0.245C_{th} = 1245mm$   
 ( $0.245C_{th}$  = 축볼이 평벨트 풀리용 베어링 하우징 설치 길이)

$$\begin{aligned}
 \text{실제 평벨트 전체 길이} &= 2C + \frac{\pi}{2}(D + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \\
 &= (2 \times 1245) + \frac{\pi}{2}(60 + 60) + \frac{(60 - 60)^2}{4 \times 1245} \\
 &= 2679 \text{mm}
 \end{aligned}$$

② 평균 온도  $K_t$

감자는 하우스 재배가 가능하여 4계절 내내 수확이 가능하지만 주로 노지 감자는 여름철에 수확하기 때문에 기상청에서 여름 평균 기온을 구하여 정리하였다.

표 5 전국 여름 평균 기온<sup>3)</sup>

년도	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
평균 최저 기온	20.6	21	21.7	20.1	19.8	20.9	20.6	21.3	20.2
평균 기온	24	24.7	25.4	23.6	23.7	24.8	24.5	25.4	24.1
평균 최고 기온	28.4	29.2	30.1	28.1	28.7	29.7	29.4	30.5	28.9

기상청 자료에 의하면 우리나라 전국 여름 평균 기온(2011년-2019년)은 24.5 = 76.1 임을 알 수 있다. 아래의 표에 온도를 대입해보면  $K_t = 1$ 을 구할 수 있다.

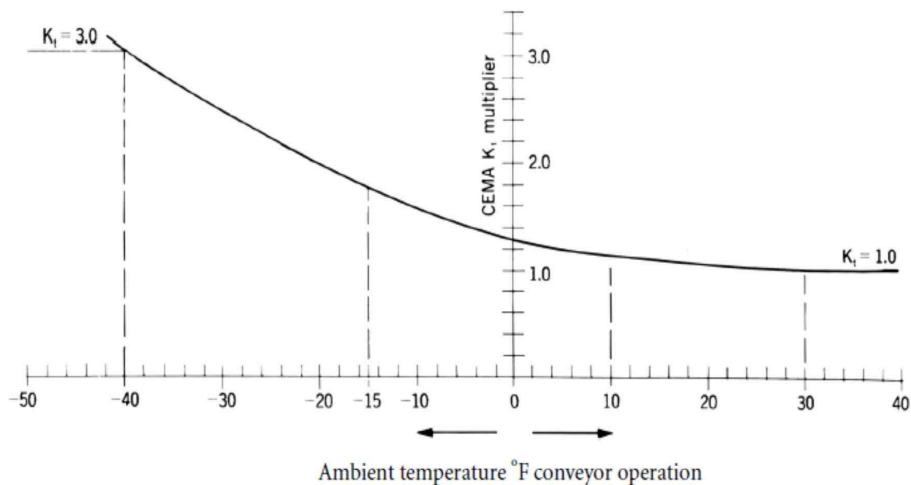


그림 30 온도에 따른  $K_t$  값<sup>4)</sup>

3) : 기상청

4) 출처: Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA 5th Edition

③ 아이들러에 관한  $K_x$  와  $K_y$

$K_x$ 는 아이들러와 평벨트 사이의 마찰 저항 계수인데 아이들러가 사용되지 않으므로 0으로 간주한다.  $K_x$ 와 같이  $K_y$ 의 값도 0으로 간주한다면 감자의 무게를 고려한 계산값이 0이 된다. 이런 문제를 방지하기 위해  $K_y$ 를 1로 설정하였고 감자의 무게를 고려한 설계가 가능하도록 하였다.

④ 평벨트 단위 길이당 중량  $W_b$ 와 감자 무게  $W_m$

$W_b$ 는 평벨트 단위 길이 당 중량이고  $W_m$ 은 감자 무게를 나타낸다.



$$\begin{aligned} \text{전체 벨트 중량} &= (\text{단위 면적 당 질량}) \times \text{표면적} \\ &= 1.5 \text{kg/m}^2 \times (0.075 \times 2.679) \\ &= 0.301 \text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{평 벨트 단위 길이 당 중량} &= \text{체 벨트 중량} \div \text{전체 벨트 길이} \\ &= 0.301 \div 2.679 \\ &= 0.1152 \text{[kg/m]} \\ &= 0.0756 \text{[lb/ft]} \end{aligned}$$

$$W_m = \frac{\rho_p V}{L} = \frac{1000 \text{[kg/m}^3\text{]} \times 0.007 \text{[m}^3\text{]}}{2.679 \text{[m]}} = 2.6 \text{[kg/m]} = 1.75 \text{[lb/ft]}$$

따라서  $W_b + W_m = 0.0756 + 1.75 = 1.83 \text{[lb/ft]}$  으로 계산하였다.

⑤ 폴리 회전에 필요한 벨트의 총 장력  $T_p$

$$\begin{aligned} T_p &= \text{마찰계수}(\mu) \times \text{폴리 질량}(W_p) \times \text{폴리 개수}(n_p) \\ &= 0.41 \times 2.064 \times 4 \\ &= 3.39 \text{[kg]} \\ &= 7.46 \text{[lb]} \end{aligned}$$

표 6 니켈 마찰계수<sup>5)</sup>

	욕온(°C)	니켈 도금 두께		표면 경도(HV)	운동마찰계수
		(g/m <sup>2</sup> )	(μm)		
실시예 3	70°C	5.05	0.6	259	0.36
실시예 4		10.07	1.1	283	0.31
실시예 5		15.00	1.7	317	0.31
실시예 6		19.82	2.2	351	0.35
실시예 7		24.42	2.7	371	0.37
실시예 8		28.80	3.2	384	0.30
비교예 7	60°C	15.09	1.7	288	0.41
비교예 8		19.71	2.2	312	0.38
비교예 9		23.79	2.7	338	0.38
비교예 10		28.54	3.2	342	0.32

⑥ 벨트 위 감자를 가속시키는 힘  $T_{am}$



그림 32 폴리 질량<sup>6)</sup>

$$T_{am} = \frac{Q \times 2000}{3600 \times 32.2} \times \frac{V - V_0}{60} = \frac{2.7 \times 2000}{3600 \times 32.2} \times \frac{23.62}{60} = 0.018 lb$$

$$Q = 1.11 kg/s = 4 tph, \quad V = 0.2 m/s = 39.45 fpm, \quad V_0 = 0$$

표 7 를 구하기 위한 계수 값 정리

Length [ t ]	Factor			Weight [ lb/ft ]		Tension [ lb ]	
	$K_t$	$K_x$	$K_y$	$W_b$	$W_m$	$T_p$	$T_{am}$
8.79	1	0	1	0.076	1.75	6.55	0.018

5) : <https://patentimages.storage.googleapis.com/bf/b4/95/4fca0ef73f0814/KR20170128343A.pdf>

6) 출처: Inventor 모델링으로 재질 추가 및 무게측정 기능 사용



구한 값을 주어진 식에 대입해보면 값을 구할 수 있다.

$$T_e = 8.79 \times 1(0 + 1 \times 0.076 + 0.015 \times 0.076) + 1.75(8.79 \times 1 + 0) + 6.55 + 0.045 + 0 = 22.62lb$$

앞에서 구한 유효장력( $T_e$ )와 컨베이어 속도(V)를 대입하여 컨베이어 시스템 동력 식에 대입하면 아래와 같은 값이 나온다.

$$P = \frac{T_e \times V}{33000} = \frac{22.62 \times 23.62}{33000} = 0.016[hp]$$

(5) 모터 출력계산

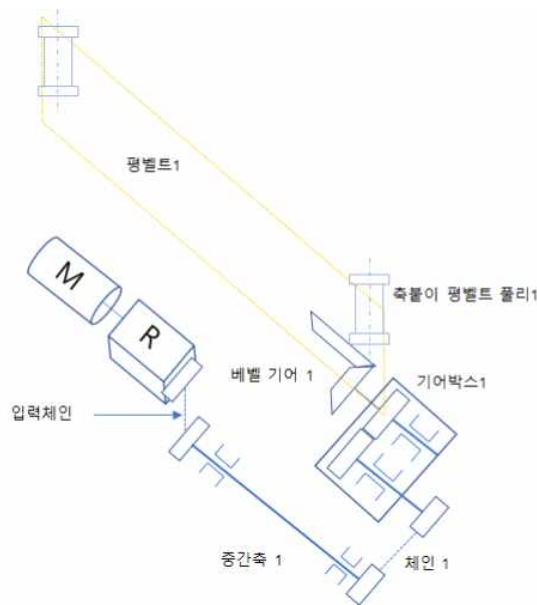


그림 33 동력전달 부품 배치도 및 순서

설계해야할 분류기의 부품 배치도를 직접 그려 모터부터 컨베이어 시스템까지 동력전달이 어떻게 되는지 파악하였다. 모터를 선정하기 위해서는 각 부품의 동력전달 효율을 이용하여 와트 (W)를 구해야하기 때문이다. 각 부품의 효율을 이용해 동력을 구하는 식은 다음과 같다.

$$P = \frac{0.016}{\eta_{motor} \times \eta_{reducer} \times \eta_{chain1} \times \eta_{bearing1} \times \eta_{chain2} \times \eta_{bearing2} \times \eta_{bevel\ gear1} \times \eta_{spur\ gear}}$$

① 베어링 효율  $\eta_{bearing}$

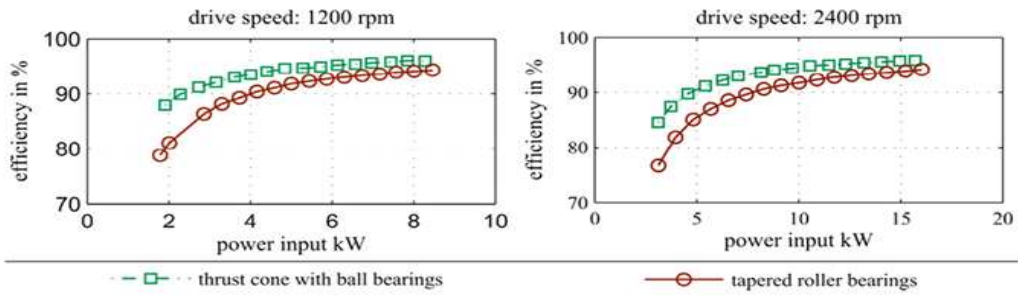


그림 34 베어링 효율<sup>7)</sup>

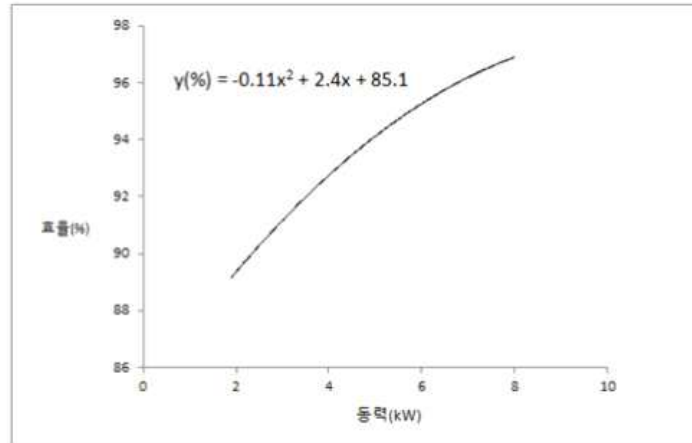


그림 35 베어링 효율 추세선

첫 번째 사진은 자료 조사할 때 찾았던 베어링의 효율인데 이 값을 이용해서 그래프로 그려보면 두 번째 사진과 같은 식이 나온다. 위에서 구한 80W의 동력을 대입해보면 베어링은 약 86%의 효율을 갖는다는 것을 알 수 있다.

② 모터 효율 *otor*

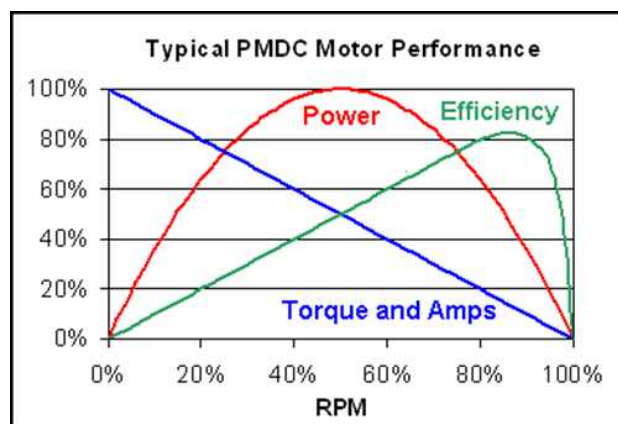


그림 36 모터 효율<sup>8)</sup>

위의 표를 기준으로 80% 이상의 RPM값을 고려하여 효율을 구하면 약 82%이다.

7) : [https://www.powertransmission.com/articles/0618/Thrust\\_Cone\\_Bearings\\_Provide\\_Increased\\_Efficiency\\_for\\_Helical\\_Gear\\_Units\\_at\\_Moderate\\_Speed\\_Levels/](https://www.powertransmission.com/articles/0618/Thrust_Cone_Bearings_Provide_Increased_Efficiency_for_Helical_Gear_Units_at_Moderate_Speed_Levels/)

8) 출처: <https://electronics.stackexchange.com/questions/222373/dc-motor-and-power>

③ 체인 효율  $\eta_{chain}$

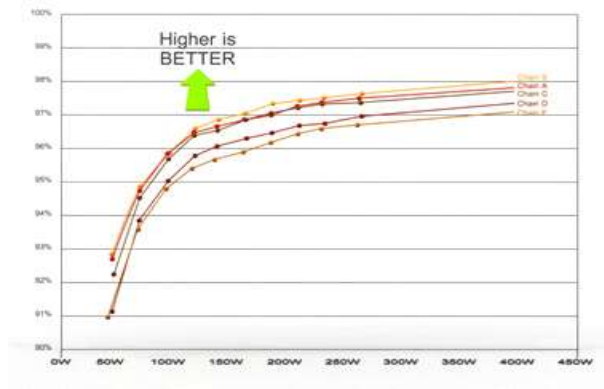


그림 37 체인 효율<sup>9)</sup>

위의 그래프는 자료 조사를 통해 얻은 체인의 효율이고 이를 수식으로 나타내면 아래와 같은 식과 그래프가 도출된다. 사용할 전력은 300W정도이므로 체인의 효율은 약 98%가 된다.

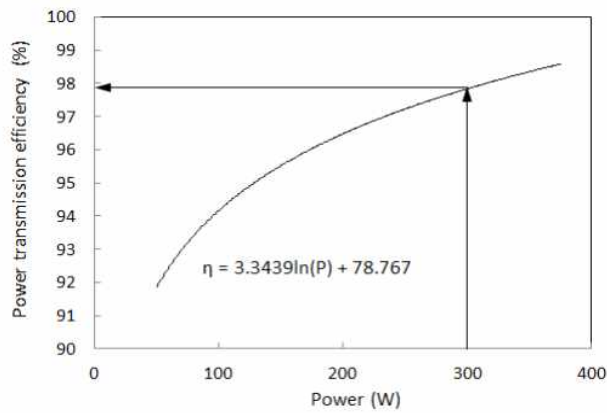


그림 38 체인효율 추세선

④ 기어 효율  $\eta_{gear}$

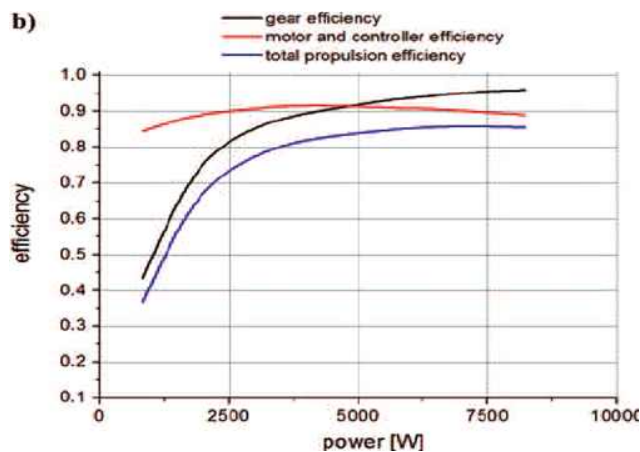


그림 39 기어 효율<sup>10)</sup>

9) : <https://www.ceramicspeed.com/en/cycling/inside/test-data-reports/chain-efficiency-vs-rider-output/>

위의 그래프를 보면 검은색 선이 기어의 효율을 나타내고 있다. 이는 동력이 매우 큰 값을 나타내므로 이 수치를 이용하여 그래프와 식을 구하였다. 아래와 같은 식에 80W를 대입해보면 기어의 효율은 60%-65%를 나타낸다.

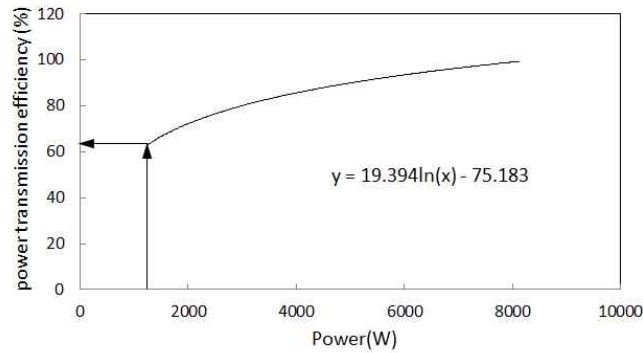


그림 40 기어 효율 추세선

앞에서 구한 부품의 효율을 정리해보면 다음과 같다.

표 8 동력전달 부품 효율 정리

Part	$\eta_{otor}$	$\eta_{spur gear}$	$\eta_{bevel gear}$	$\eta_{chain}$	$\eta_{bearing}$	$\eta_{reducer}$
$\eta_i$	0.82	0.65	0.6	0.98	0.86	0.66

결론적으로 앞에서 구한 효율을 동력식에 대입해보면 아래와 같은 값이 나온다.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.016}{0.15} \\
 &= 0.82 \times 0.66 \times 0.98 \times 0.86 \times 0.98 \times 0.86 \times 0.6 \times 0.65 \\
 &= 0.016 \\
 &= 0.15 \\
 &= 0.1 [hp] \\
 &= 80 [W]
 \end{aligned}$$

따라서 모터 선정을 위해 필요로 하는 동력을 계산한 결과는 80W가 나온다.

## 2-4. 분류기 구조해석

### 가. 가속도 측정 시험결과

감자수확중에 감자 수확기에 가해지는 하중을 계산하기 위해서 중력가속도를 측정하였다. 가속도 측정장비는 스마트폰의 앱인 Sensor Kinetics Pro를 사용하였다. 측정장소는 경남 밀양시의 용진기계 부근 농지이다. X는 전후 방향, Y는 좌우 방향, Z는 상하방향이다. 가속도 측정결과 X, Y방향의 가속도는 미미하며, Z방향은  $15.22 \text{ m/s}^2$  정도였다.

10) : [https://www.researchgate.net/figure/Diagrams-of-efficiency-as-a-function-of-output-power-for-the-main-shaft-speed-n-156\\_fig10\\_260550440](https://www.researchgate.net/figure/Diagrams-of-efficiency-as-a-function-of-output-power-for-the-main-shaft-speed-n-156_fig10_260550440)

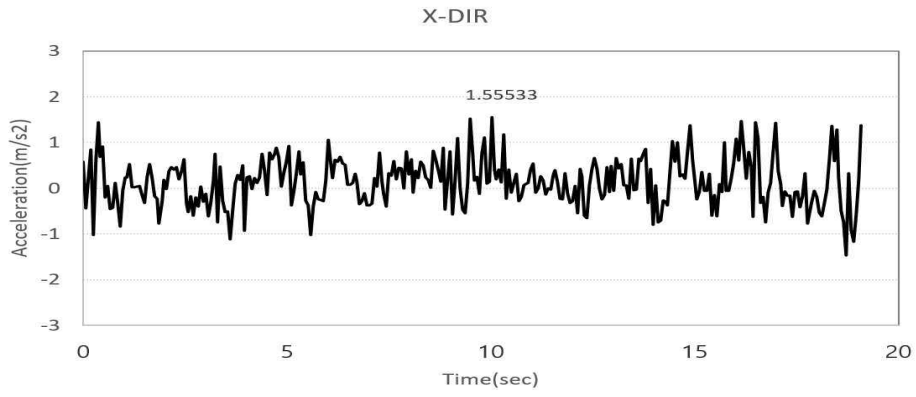


그림 41 X축 가속도

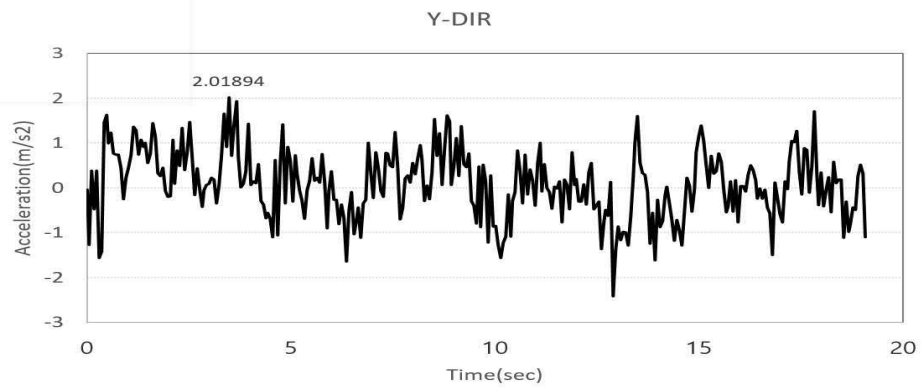


그림 42 Y축 가속도

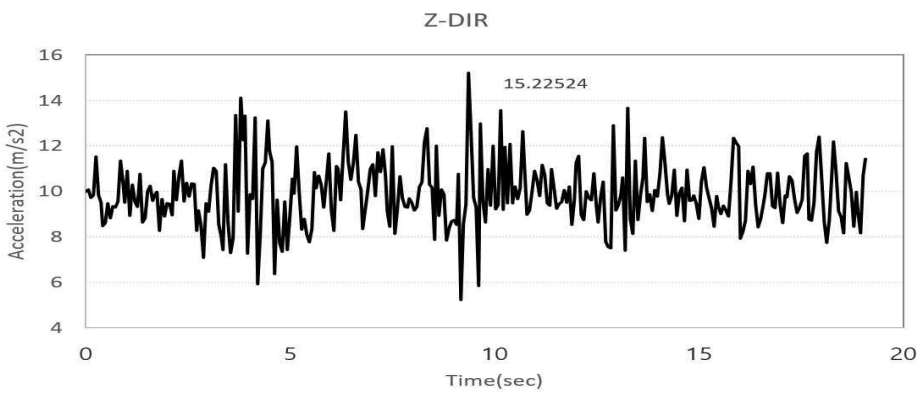


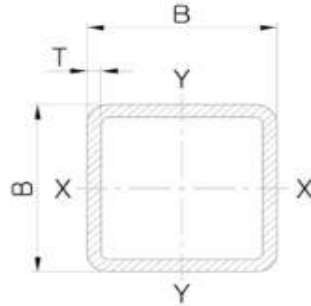
그림 43 Z축 가속도

나. 구조해석 하중조건 및 경계조건

① 감자 분류기 프레임 규격

변의 길이(L)가 50 X 50 (mm )이고 두께(t)가 t mm인 각형 강관(KS D 3568)

•정사각형 증공 형강의 공칭 치수 및 단면 특성



크기	두께	단위 길이당 무게	단면적	단면의 2차 모멘트	최전 반지름	탄성 단면적수	소성 단면적수	비틀림 관성	비틀림 계수	단위 길이당 표면적	통당 공칭 길이
B mm	T mm	M kg/m	A cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	i cm	$I_{xx}$ cm <sup>3</sup>	$I_{yy}$ cm <sup>3</sup>	$I_t$ cm <sup>4</sup>	$C_t$ cm <sup>3</sup>	$A_s$ m <sup>2</sup> /m	m
20	2.0	1.10	1.40	0.739	0.727	0.739	0.930	1.22	1.07	0.0748	912
20	2.5	1.32	1.68	0.835	0.705	0.835	1.08	1.41	1.20	0.0736	757
25	2.0	1.41	1.80	1.56	0.932	1.25	1.53	2.52	1.81	0.0948	709
25	2.5	1.71	2.18	1.81	0.909	1.44	1.82	2.97	2.08	0.0936	584
25	3.0	2.00	2.54	2.00	0.886	1.60	2.06	3.35	2.30	0.0923	501
30	2.0	1.72	2.20	2.84	1.14	1.89	2.29	4.53	2.75	0.115	580
30	2.5	2.11	2.68	3.33	1.11	2.22	2.74	5.40	3.22	0.114	475
30	3.0	2.47	3.14	3.74	1.09	2.50	3.14	6.16	3.60	0.112	405
40	2.5	2.89	3.68	8.54	1.52	4.27	5.14	13.6	6.22	0.154	346
40	3.0	3.41	4.34	9.78	1.50	4.89	5.97	15.7	7.10	0.152	293
40	4.0	4.39	5.59	11.8	1.45	5.91	7.44	19.5	8.54	0.150	228
40	5.0	5.28	6.73	13.4	1.41	6.68	8.66	22.5	9.60	0.147	189
50	2.5	3.68	4.68	17.5	1.93	6.99	8.29	27.5	10.2	0.194	272
50	3.0	4.35	5.54	20.2	1.91	8.08	9.70	32.1	11.8	0.192	230
50	4.0	5.64	7.19	25.0	1.86	9.99	12.3	40.4	14.5	0.190	177
50	5.0	6.85	8.73	28.9	1.82	11.6	14.5	47.6	16.7	0.187	146
50	6.0	7.99	10.2	32.0	1.77	12.8	16.5	53.8	18.4	0.185	125
50	6.3	8.31	10.6	32.8	1.76	13.1	17.0	55.2	18.8	0.184	120

그림 44 KS D 3568

② 감자 분류기 프레임 재료 물성치

표 9 프레임 재료 물성치

재료	항복강도(MPa)	인장강도(MPa)
SRT550	550	690

③ 감자 분류기 프레임의 물리적 모델

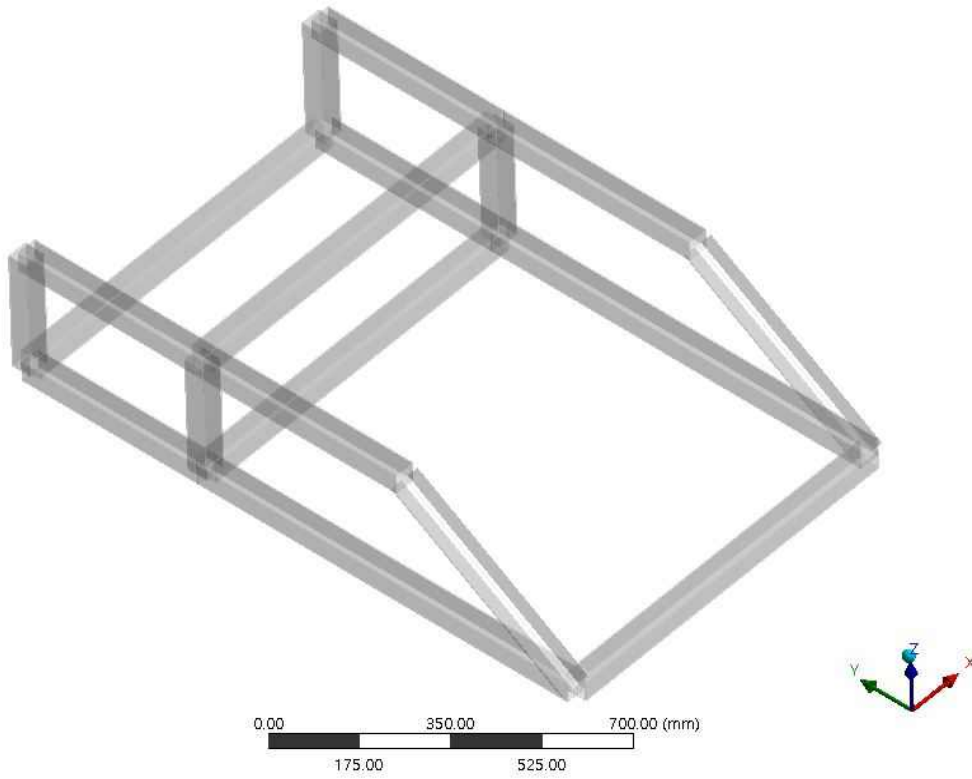


그림 45 감자 분류기 프레임 물리적 모델

④ 감자 분류기 프레임의 메쉬

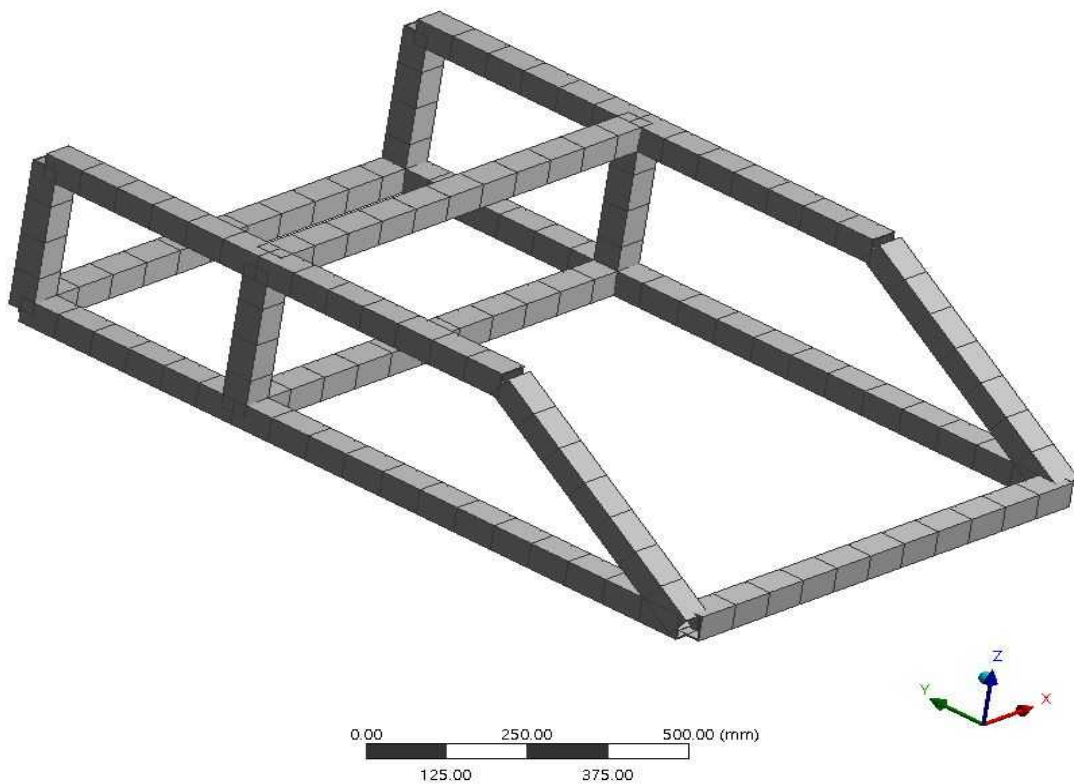


그림 46 감자 분류기 프레임의 메쉬

⑤ 감자 분류기 프레임의 하중조건

$$F = 200\text{kg} \times 0(\text{m/s}^2) = 0\text{N}$$

$$F_y = 200\text{kg} \times 0(\text{m/s}^2) = 0\text{N}$$

$$F_z = 200\text{kg} \times 15.3(\text{m/s}^2) = 3,060\text{N}$$

⑥ 감자 분류기 프레임의 경계조건

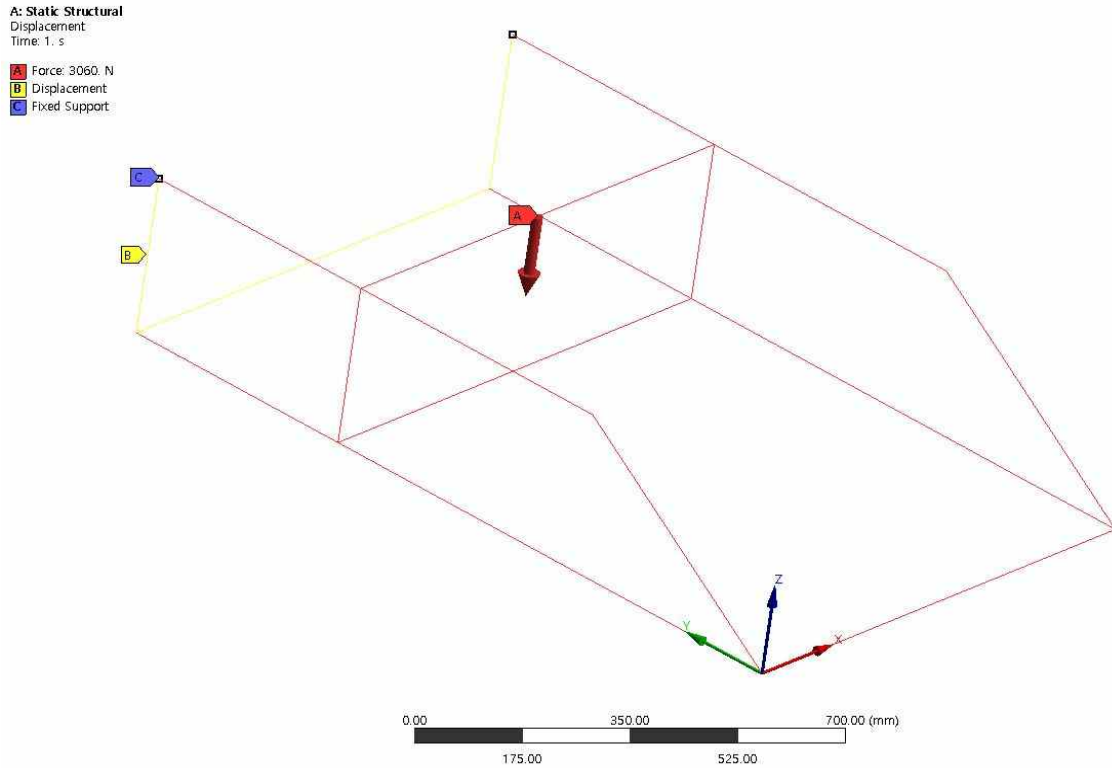


그림 47 하중 및 경계조건



다. 감자 분류기 프레임에 대한 유한해석결과

① 프레임 두께(t) 2.5mm일 때

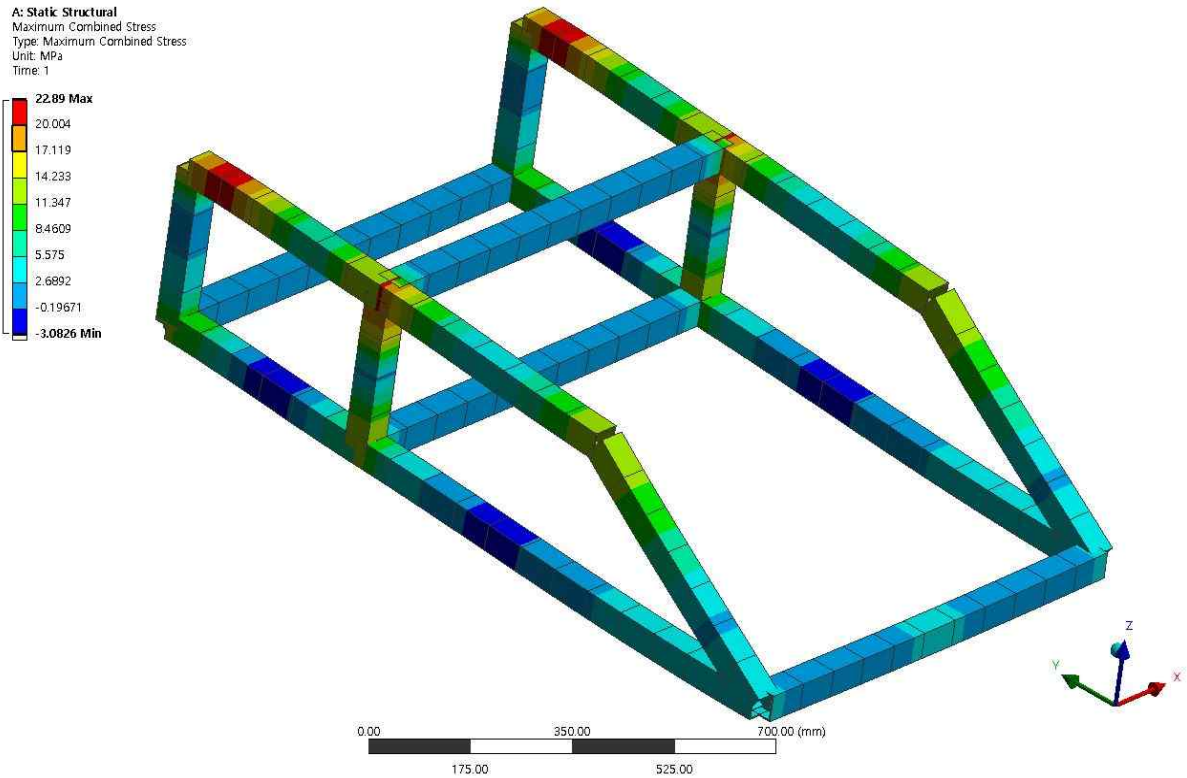


그림 48 최대 조합응력(2.5mm)

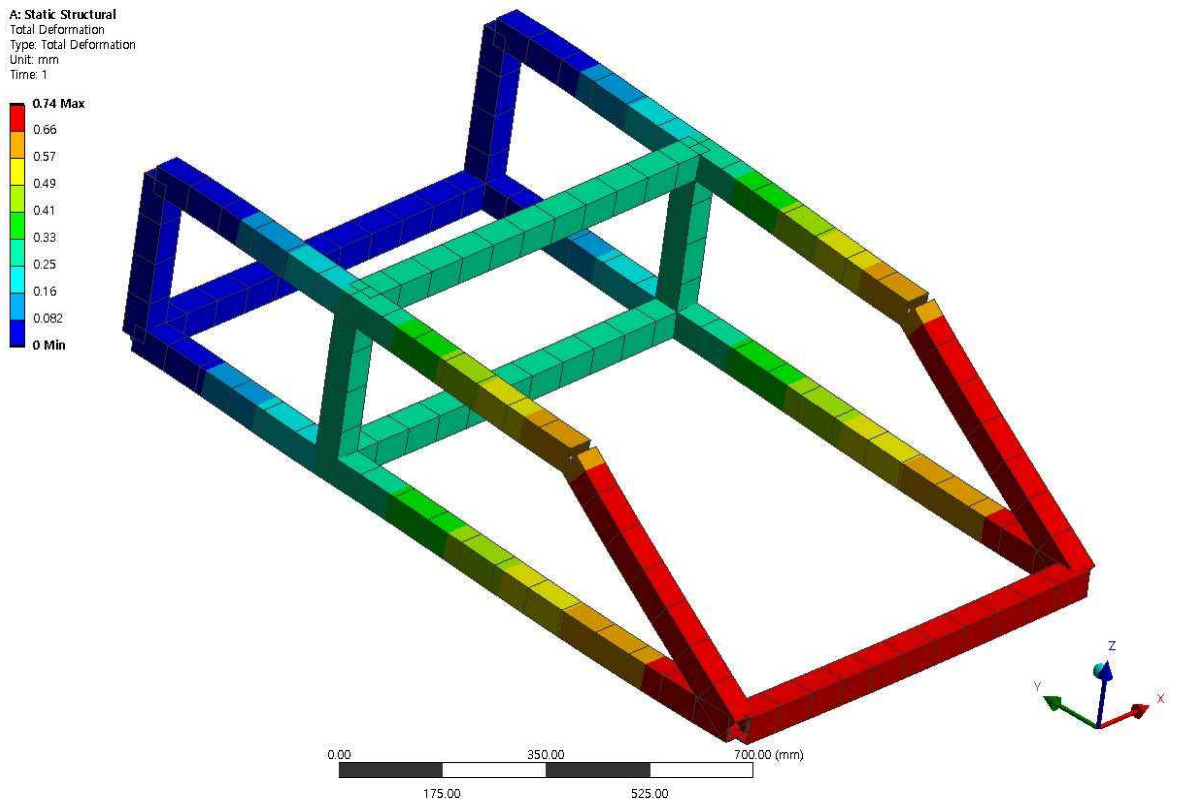


그림 49 총변형률(2.5mm)

② 프레임 두께(t) 3mm일 때

A: Static Structural  
 Maximum Combined Stress  
 Type: Maximum Combined Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 1

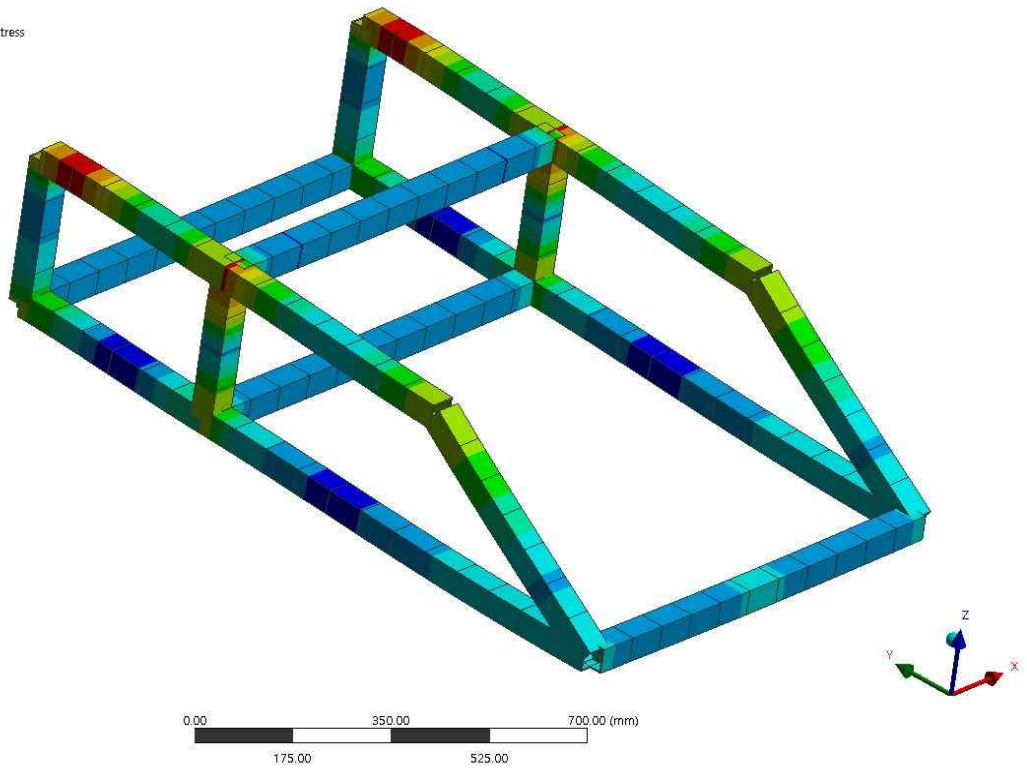


그림 50 최대 조합응력(3mm)

A: Static Structural  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1

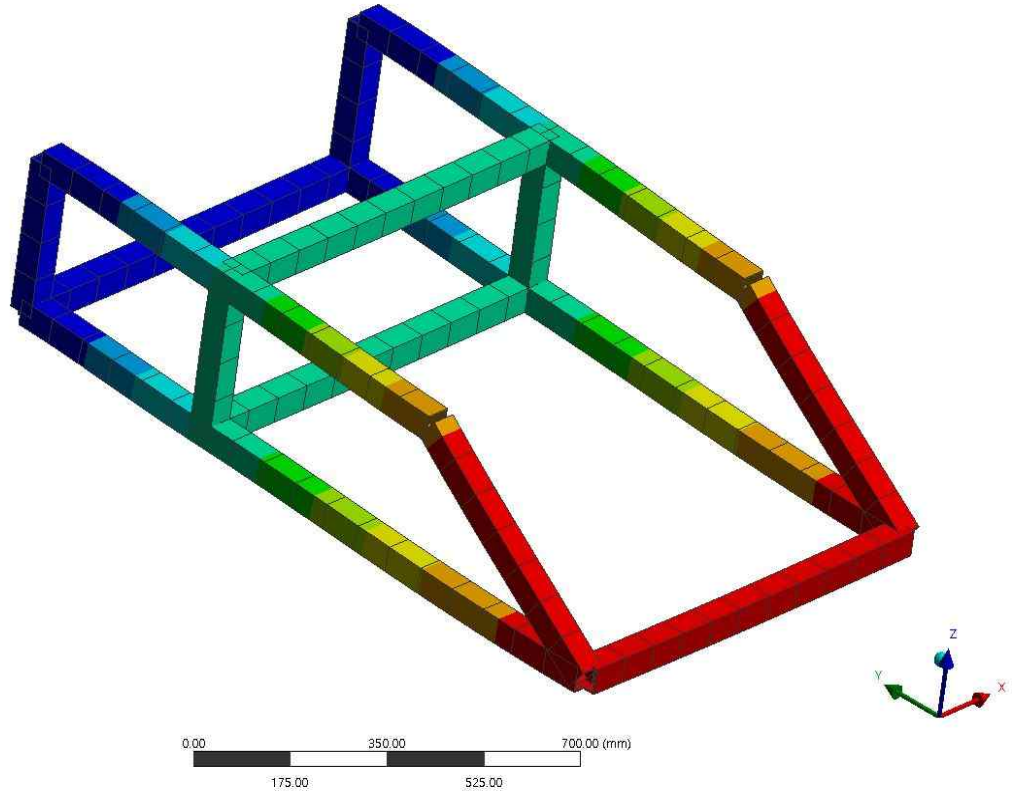
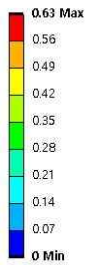


그림 51 총변형률(3mm)

③ 프레임 두께(t) 4mm일 때

A: Static Structural  
 Maximum Combined Stress  
 Type: Maximum Combined Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 1

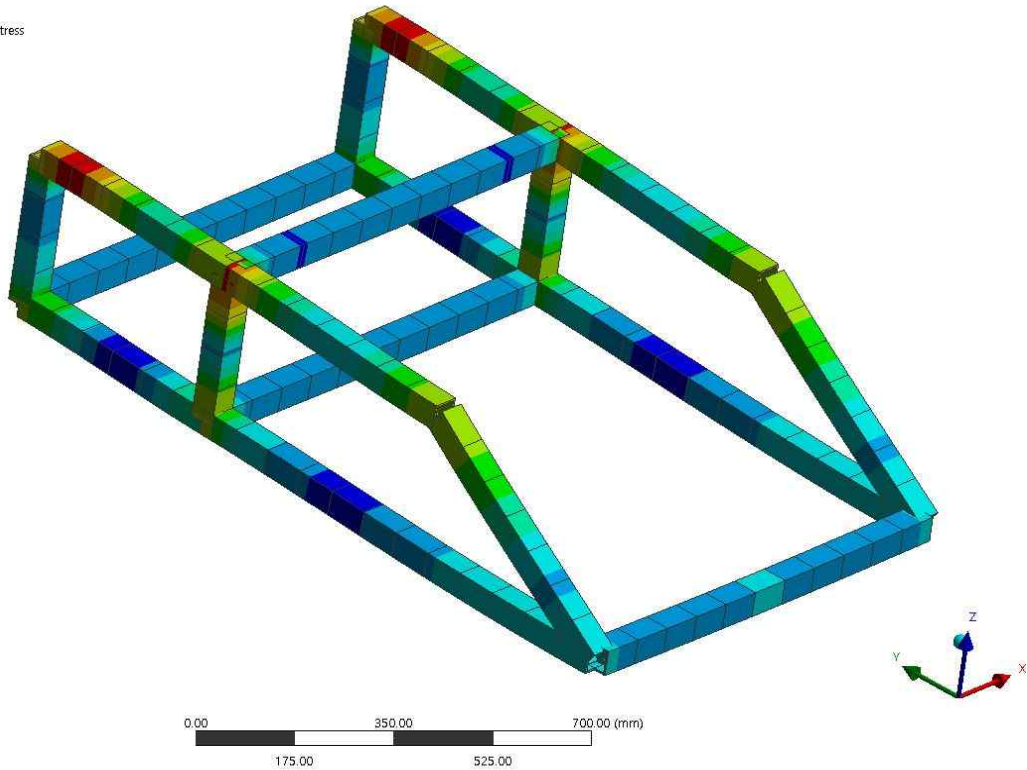
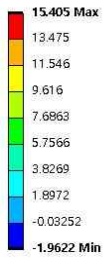


그림 52 최대 조합응력(4mm)

A: Static Structural  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1

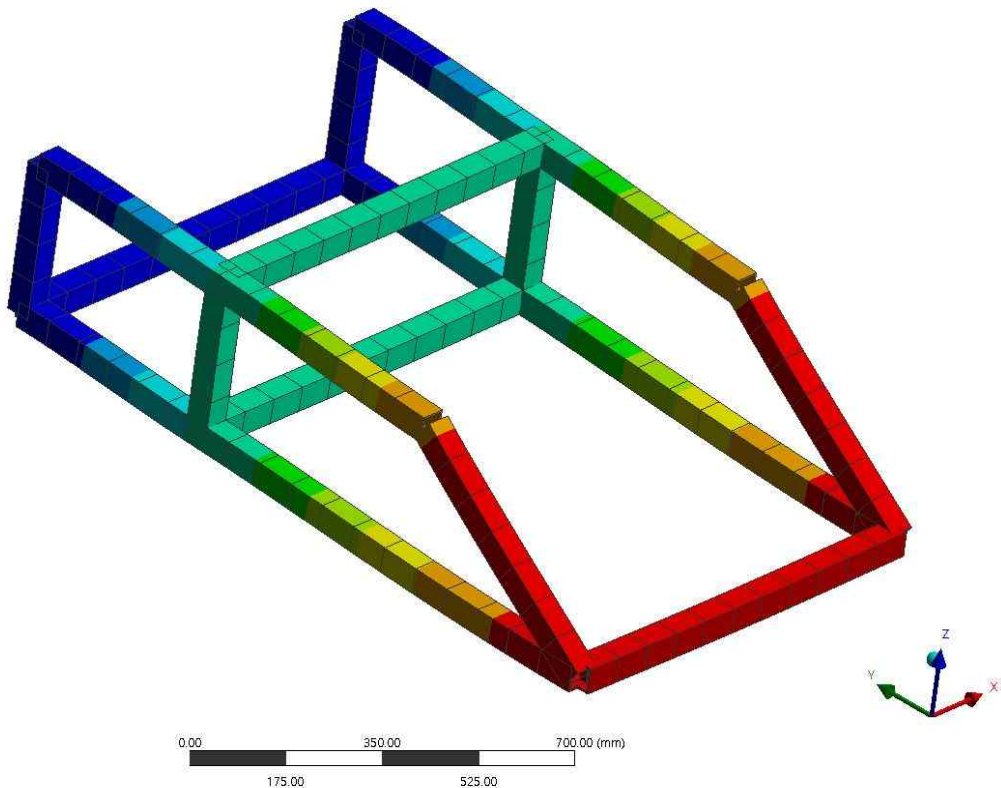
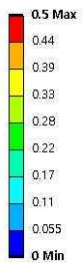


그림 53 총변형률(4mm)

④ 프레임 두께(t) 5mm일 때

A: Static Structural  
 Maximum Combined Stress  
 Type: Maximum Combined Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 1

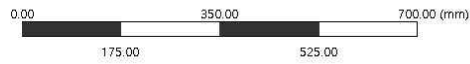
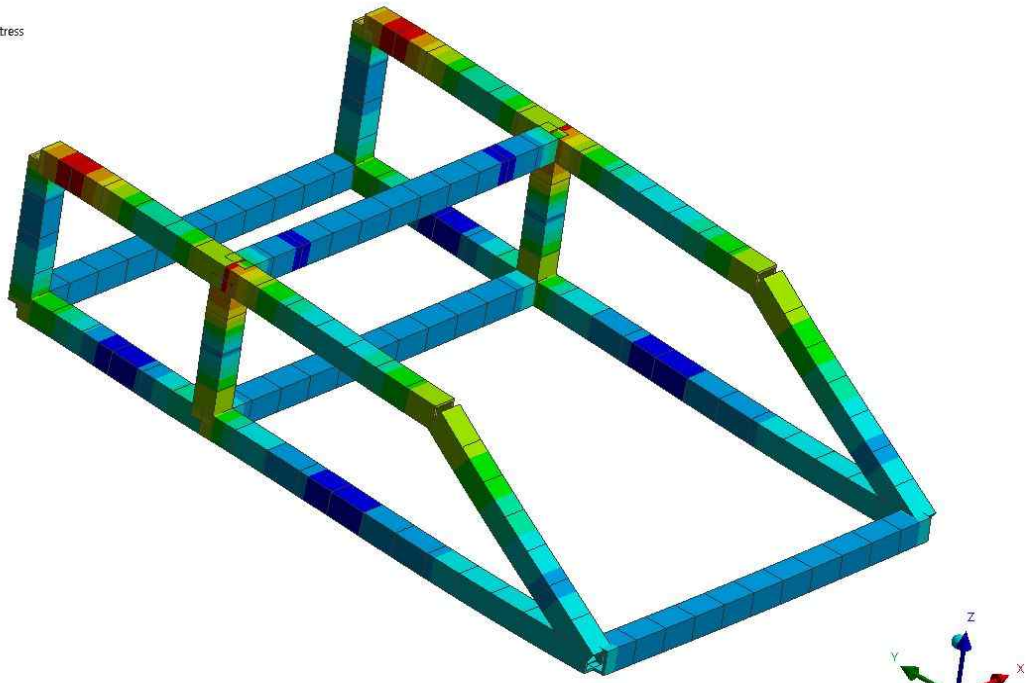
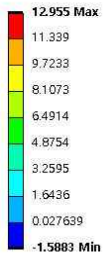


그림 54 최대 조합응력(5mm)

A: Static Structural  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1

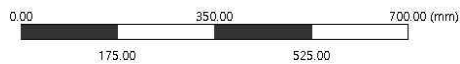
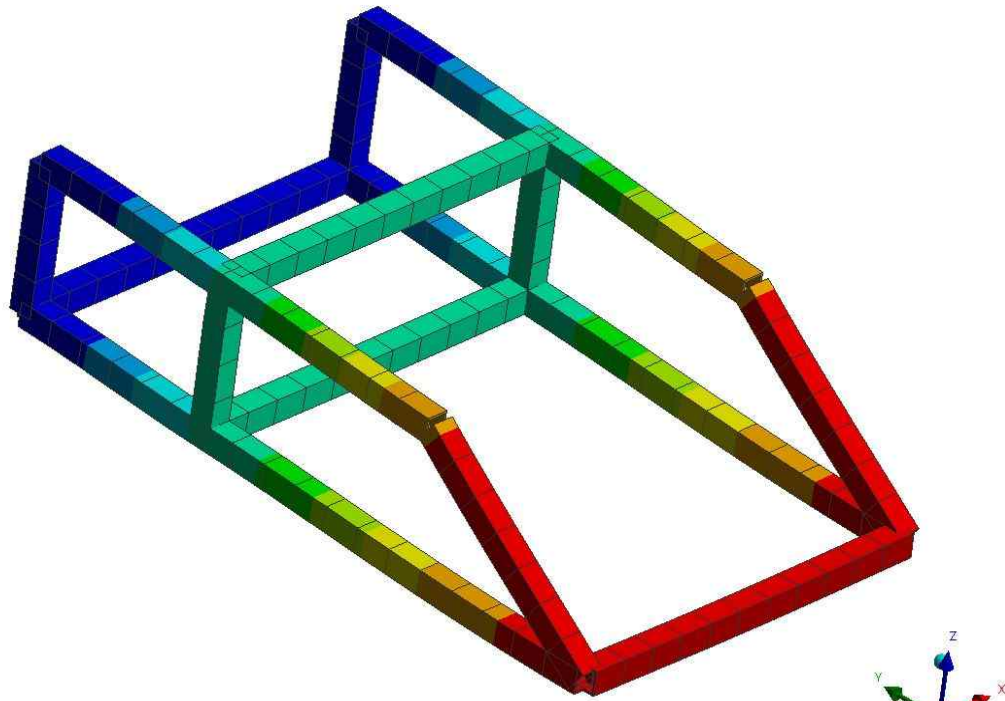
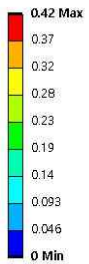


그림 55 총변형률(5mm)

⑤ 프레임 두께(t) 6mm일 때

A: Static Structural  
 Maximum Combined Stress  
 Type: Maximum Combined Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 1

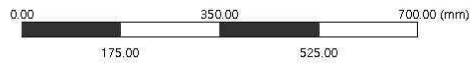
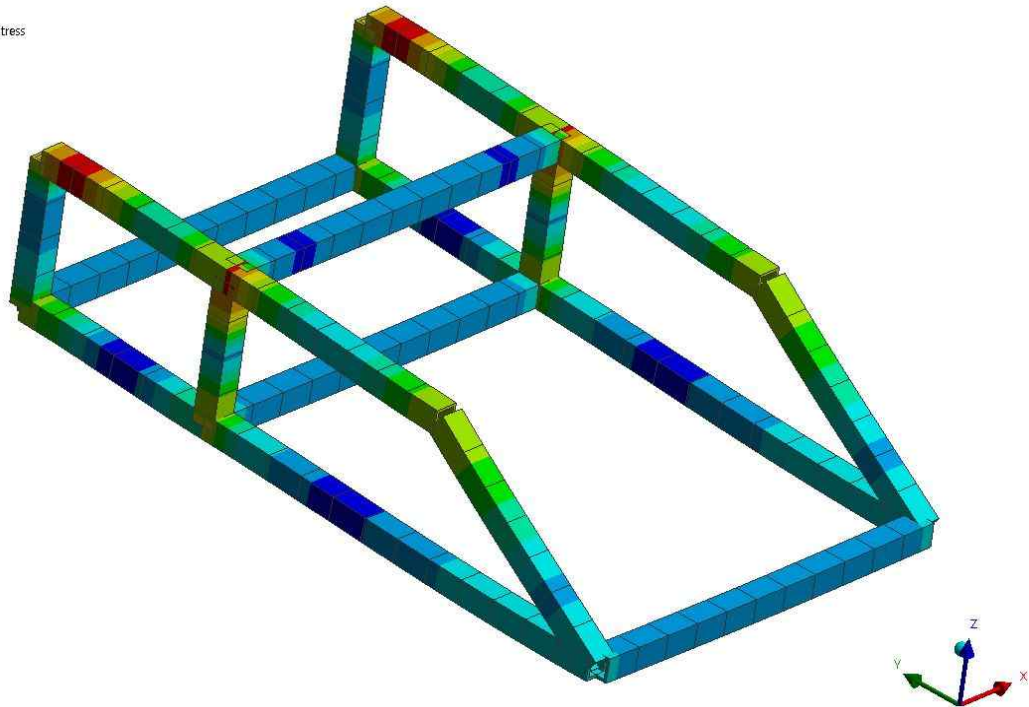
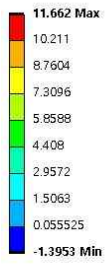


그림 56 최대 조합응력(6mm)

A: Static Structural  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1

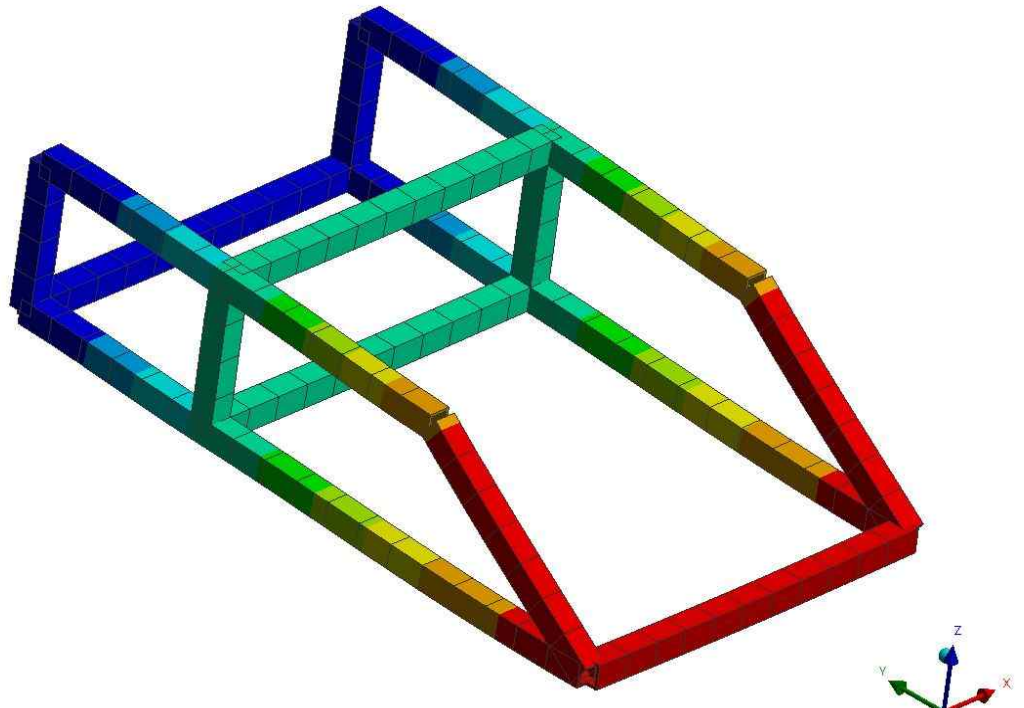
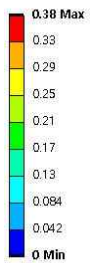


그림 57 총변형률(6mm)

⑥ 프레임 두께(t) 6.3mm일 때

A: Static Structural  
 Maximum Combined Stress  
 Type: Maximum Combined Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 1

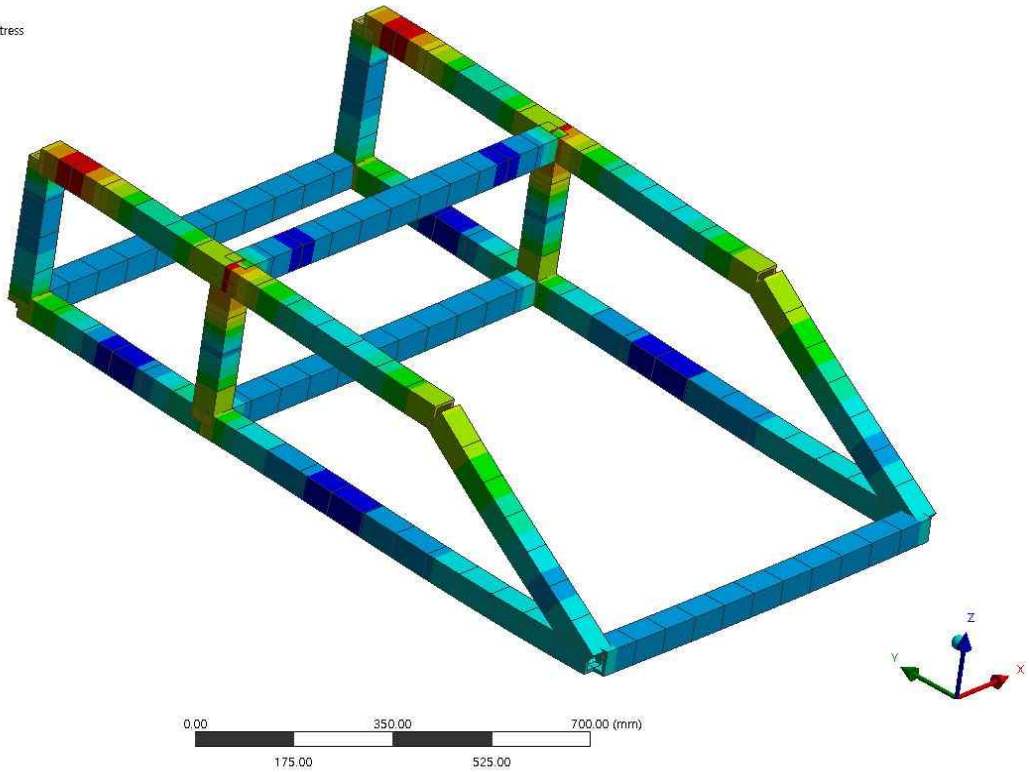
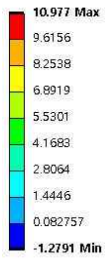


그림 58 최대 조합응력(6.3mm)

A: Static Structural  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1

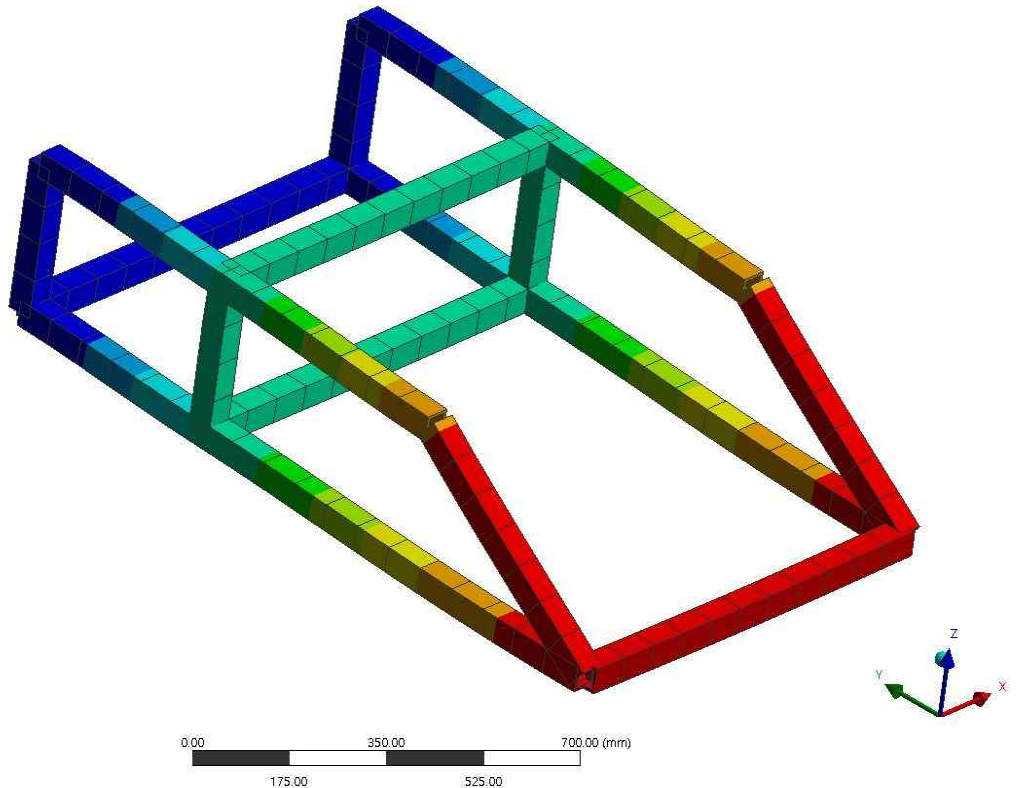
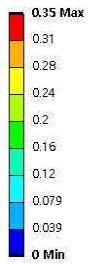


그림 59 총변형률(6.3mm)

⑦ 유한요소해석 결과 및 검토

표 10 분류기의 응력과 총 변형량

두께(mm)	최대 조합응력 (MPa)	총변형량(mm)
2.5	22.9	0.74
3	19.6	0.63
4	15.5	0.5
5	13.0	0.42
6	11.7	0.38
6.3	11.0	0.35

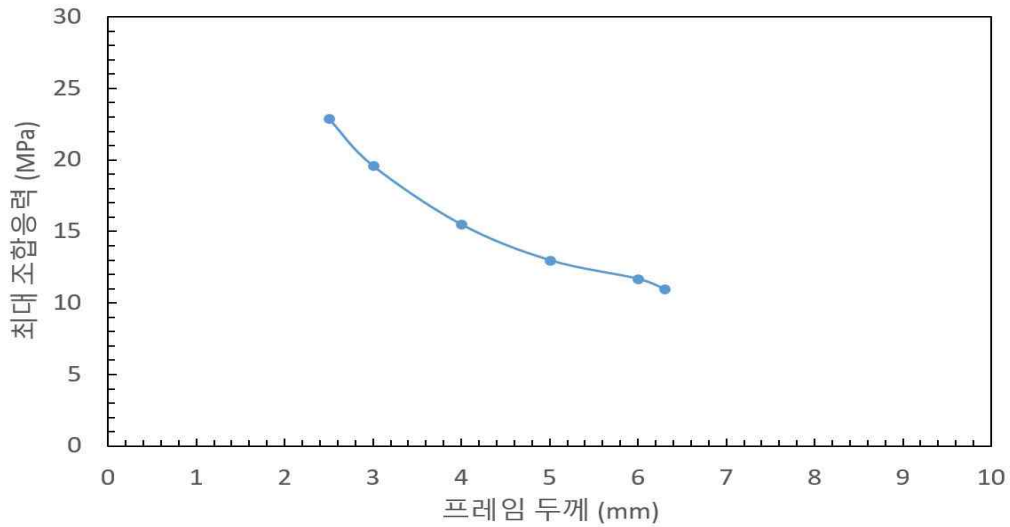


그림 60 프레임 두께에 따른 최대 조합응력의 변화

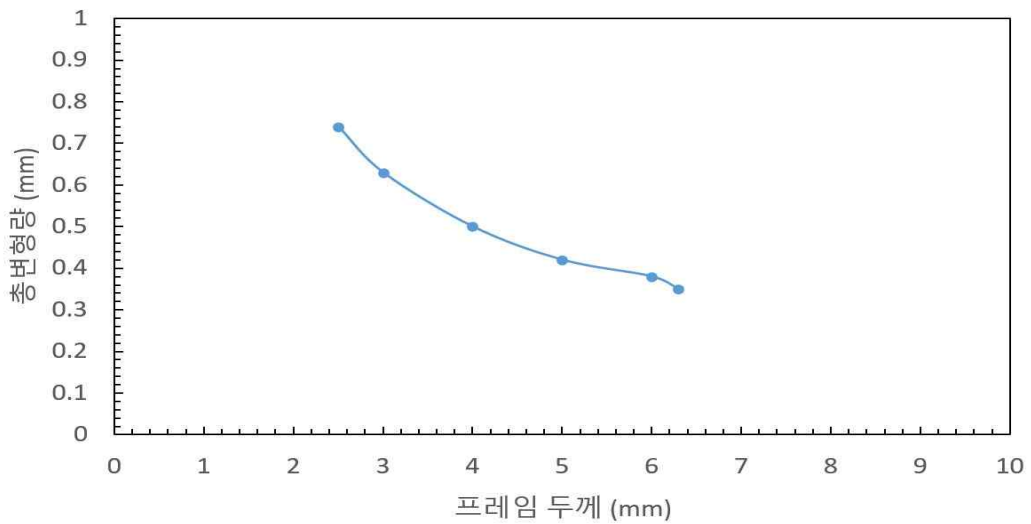


그림 61 프레임 두께에 따른 최대 총변형량의 변화

## 2-5. 분류기 초도품 제작

### 가. 부품도

#### (1) 프로파일

분류기의 프레임을 프로파일로 선정하고 모델링을 하였다.

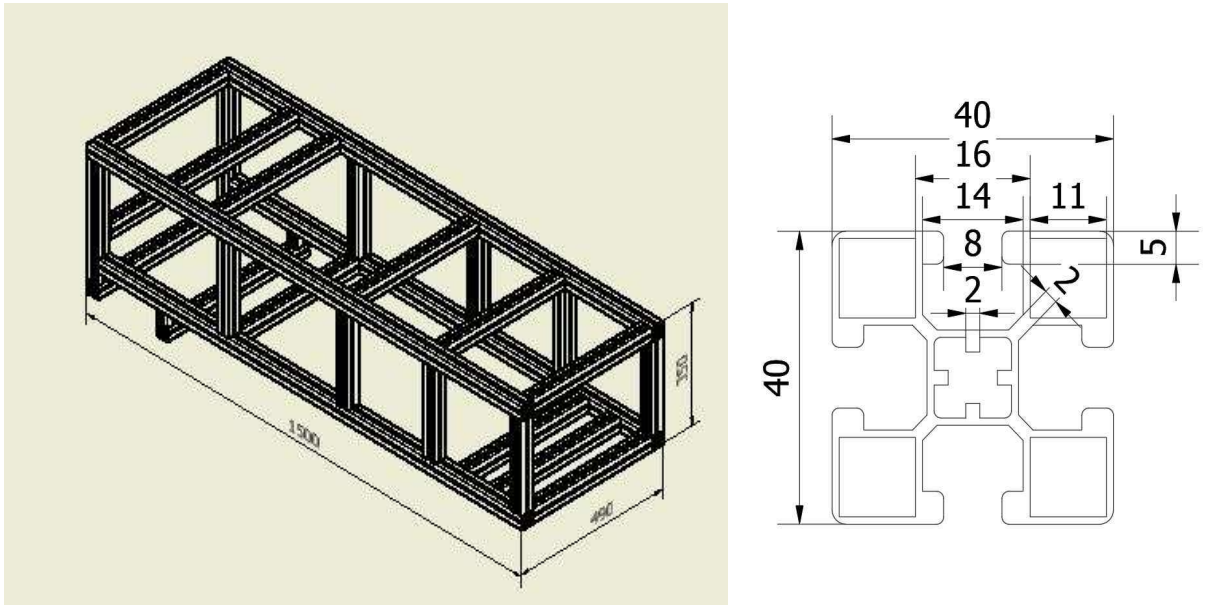


그림 62 분류기 프레임 및 단면도

표 11 알루미늄 프로파일 상세 치수 및 개수

길이(mm)	개수
1500	2
1460	2
490	2
370	11
345	2
270	8



(2) 기어박스

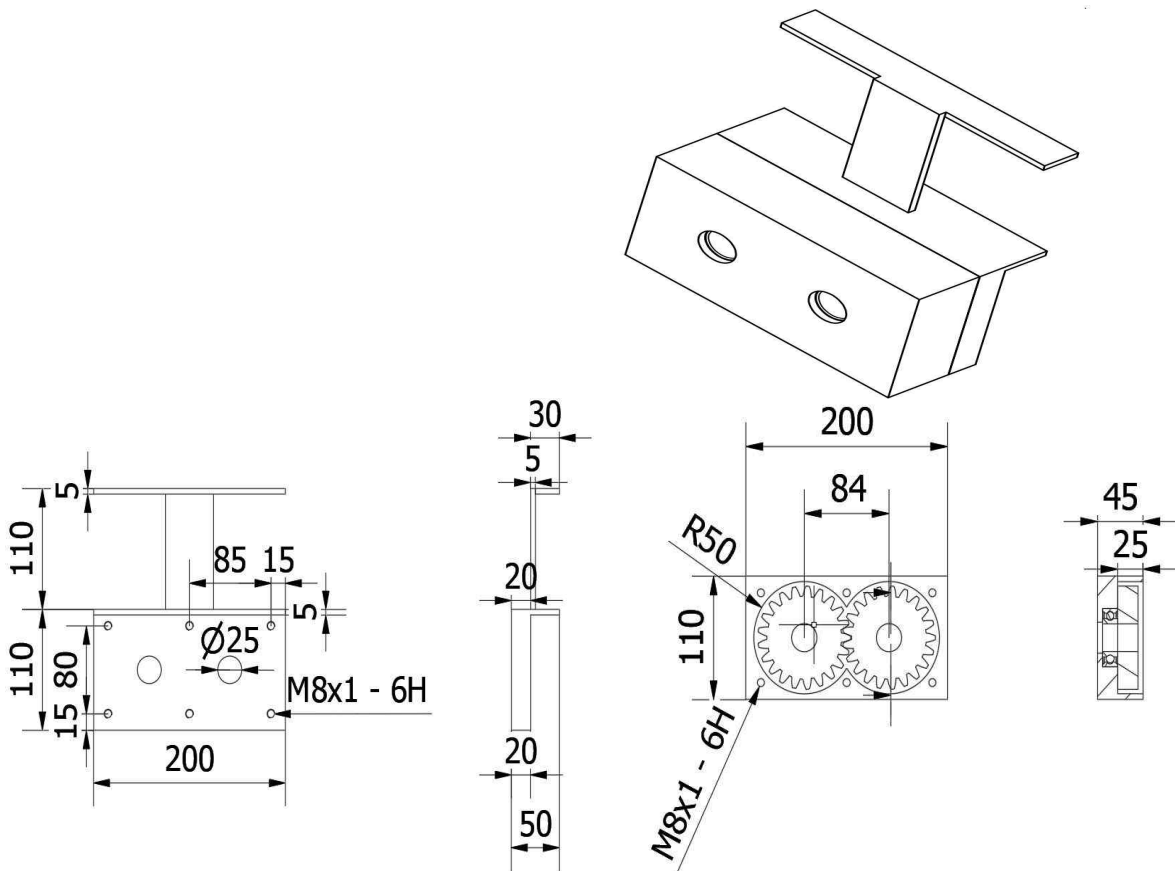


그림 63 기어박스 부품도

(3) 모터

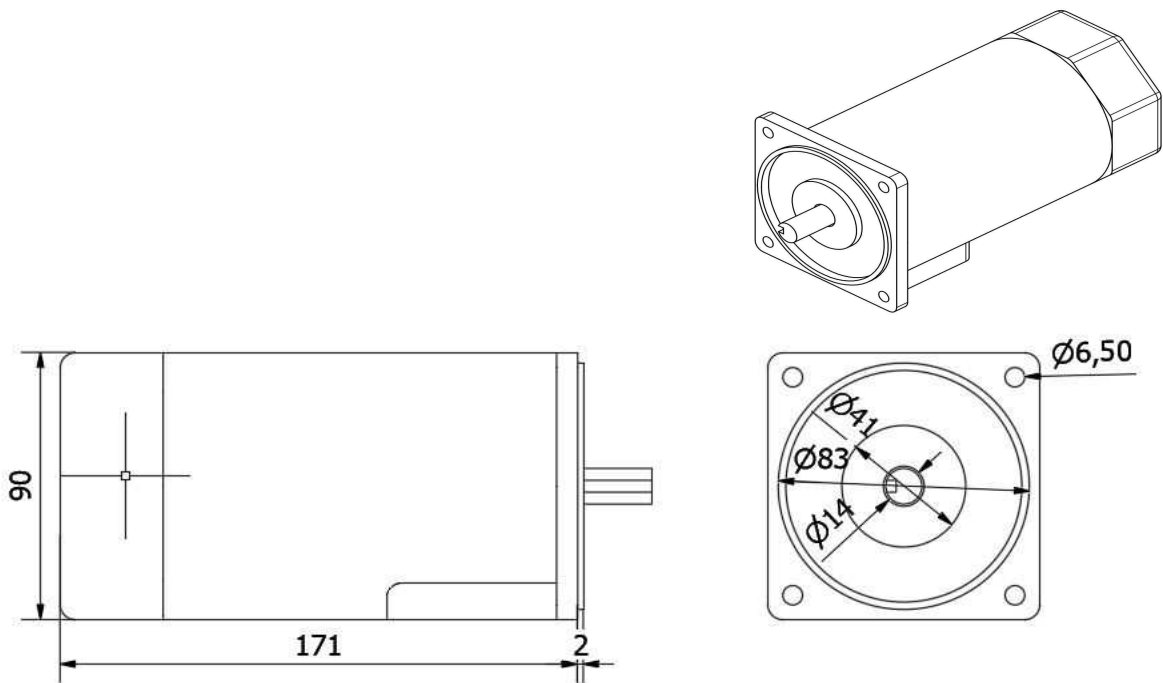


그림 64 모터

(4) 베벨기어

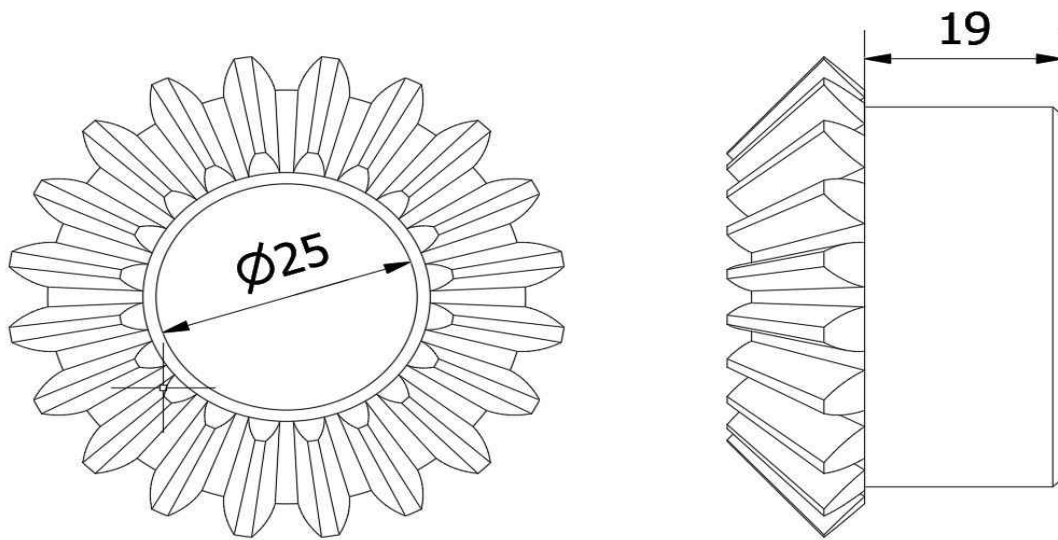


그림 65 베벨기어

(5) 스퍼기어

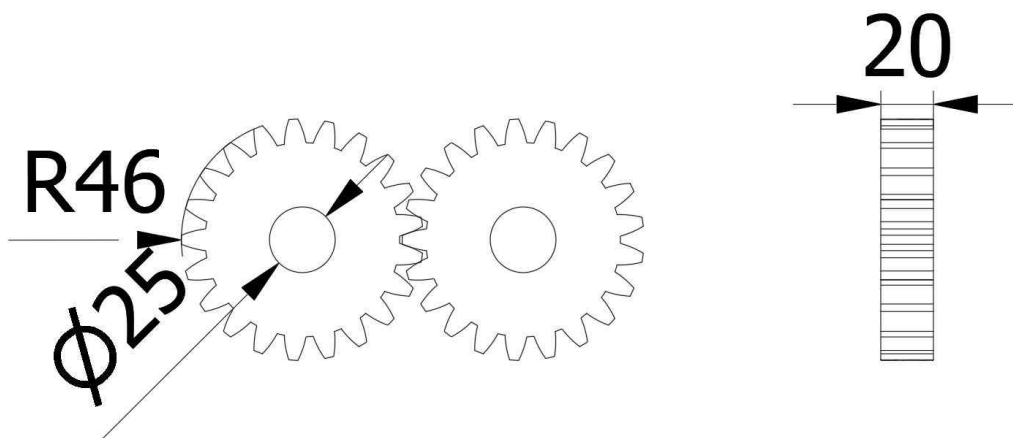


그림 66 스퍼기어

(6) 스프로킷 휠

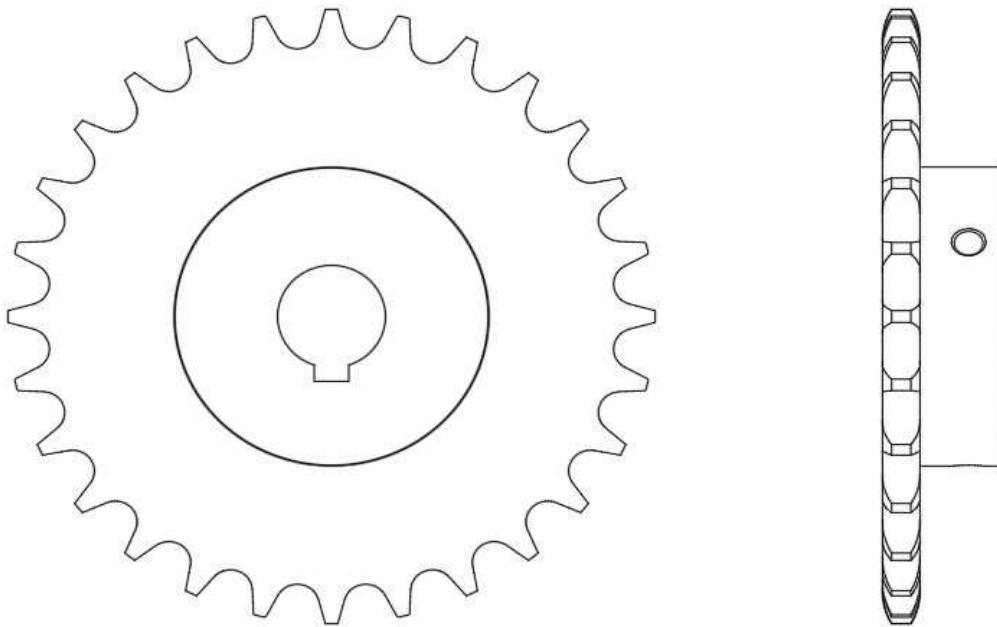


그림 67 스프로킷 휠 (모터장착)

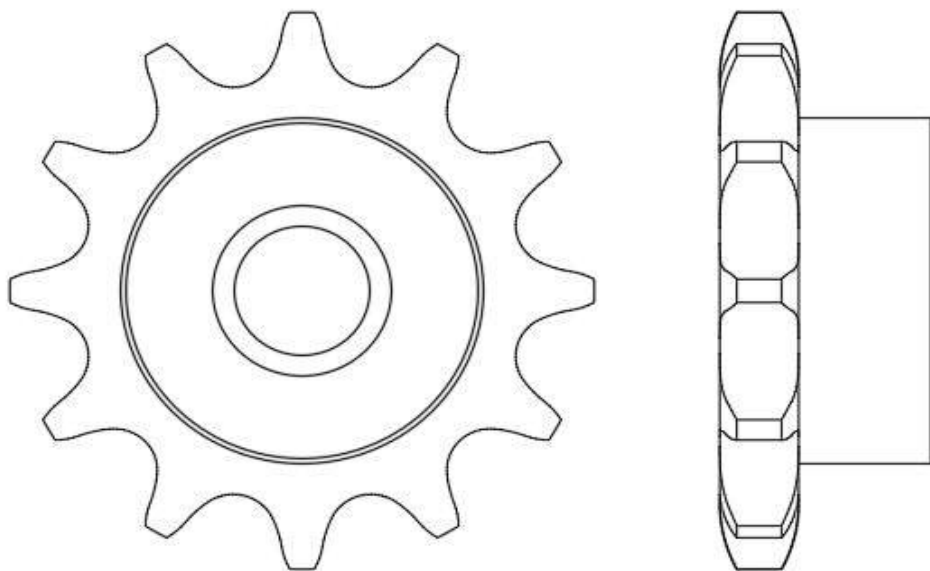


그림 68 스프로킷 휠 (축 장착)

(7) 입구

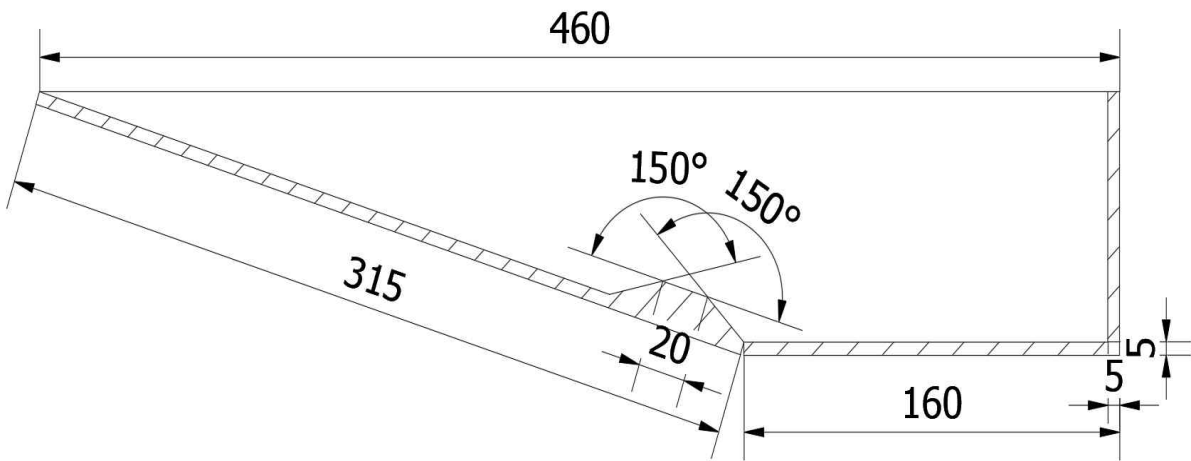
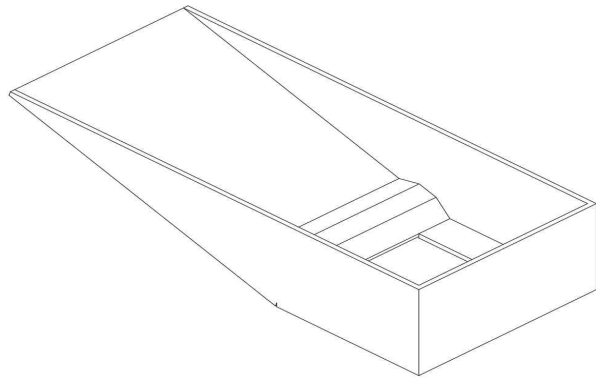


그림 69 감자 입구

(8) 출구

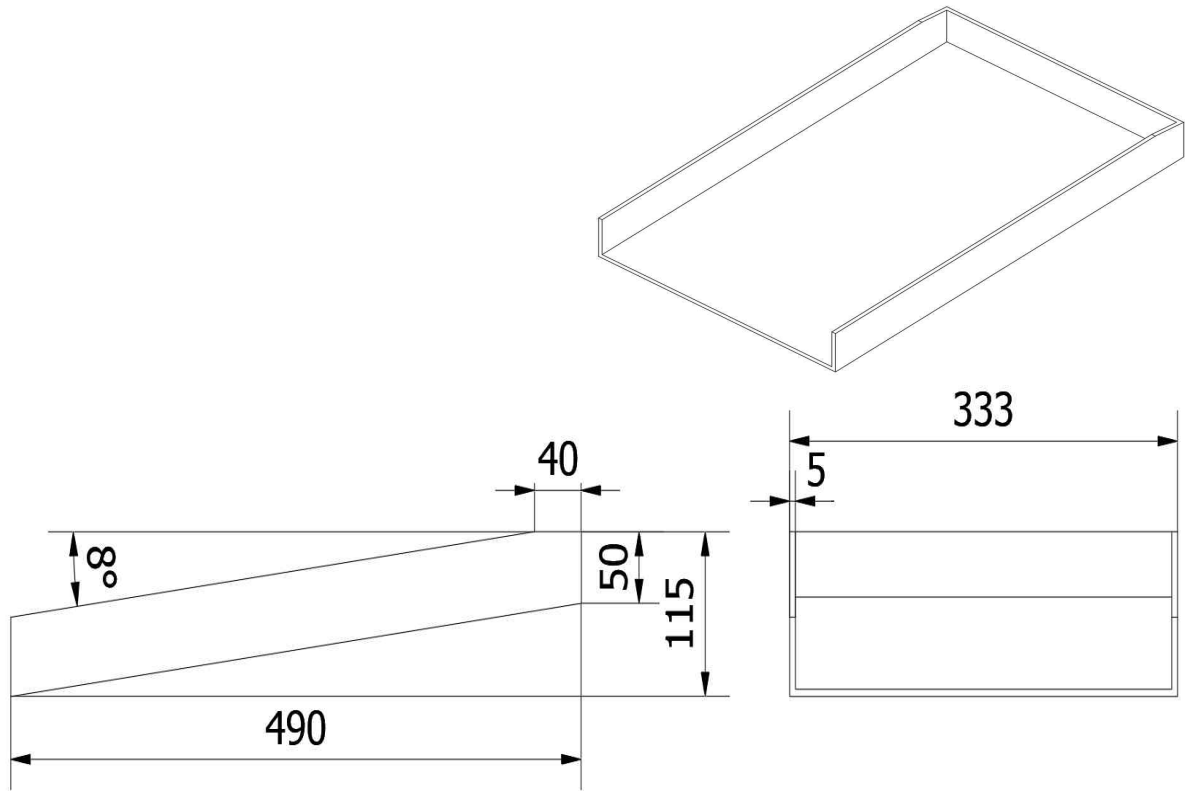


그림 70 감자 출구(소, 대 사이즈)

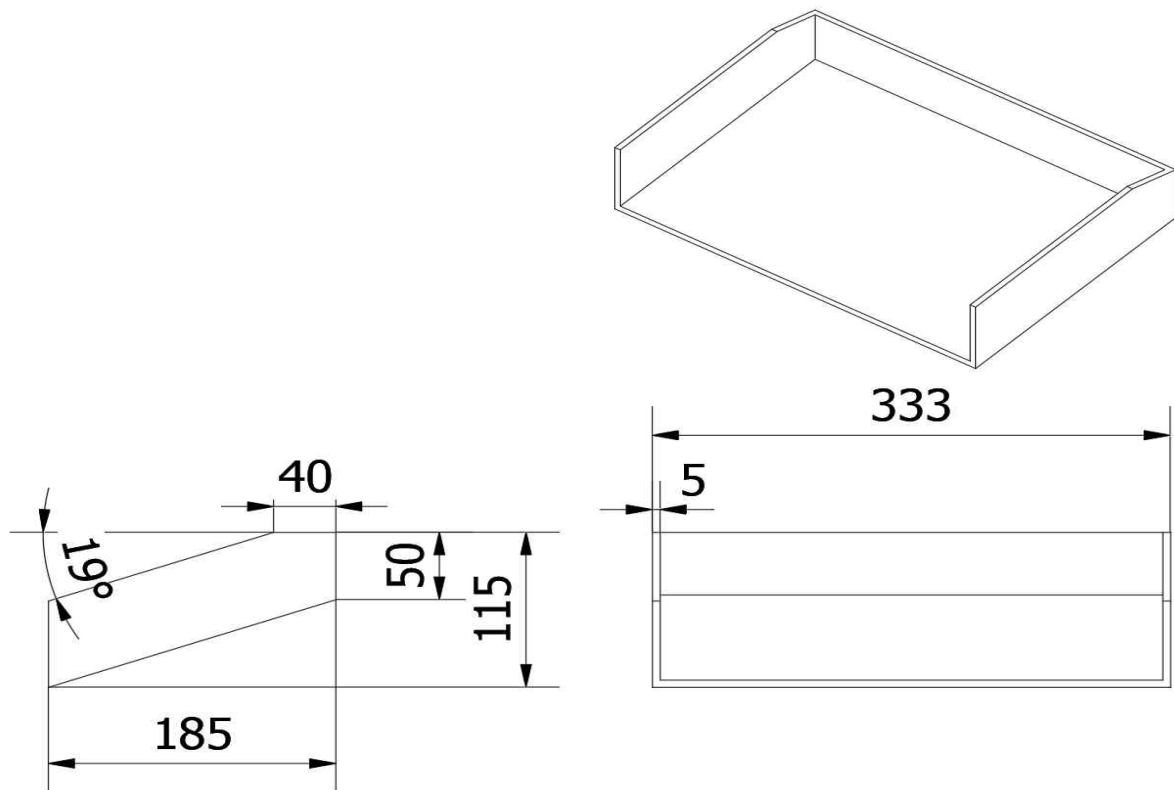


그림 71 감자 출구(중 사이즈)

(9) 폴리 및 유닛 베어링

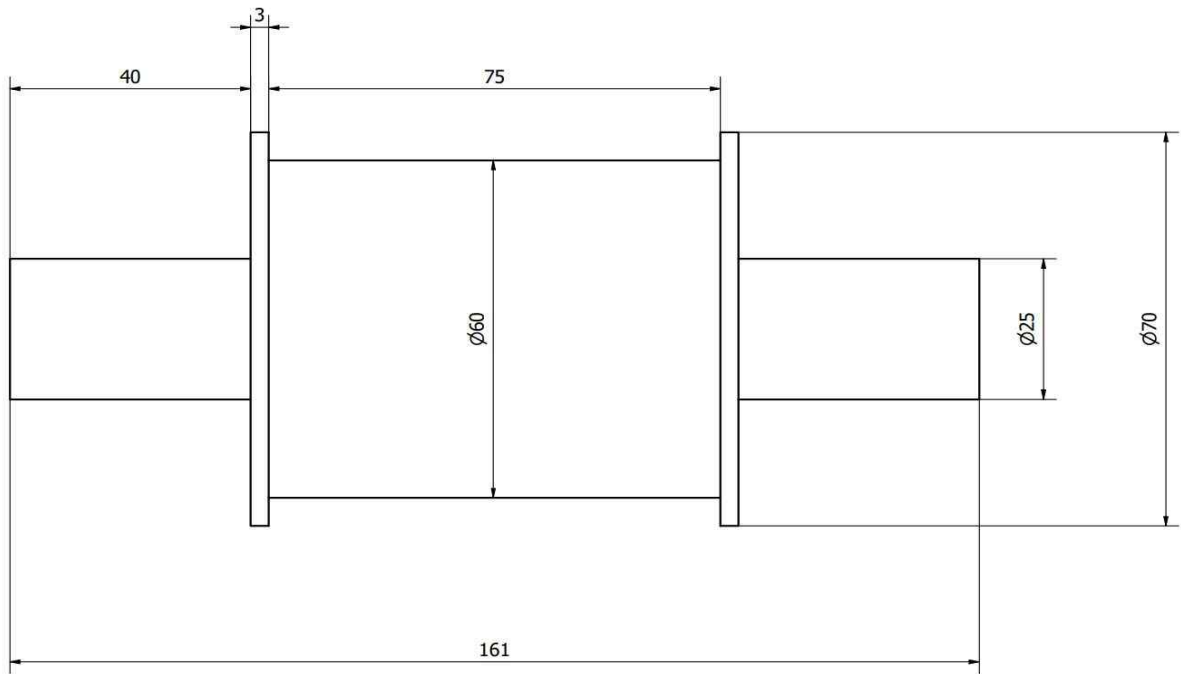
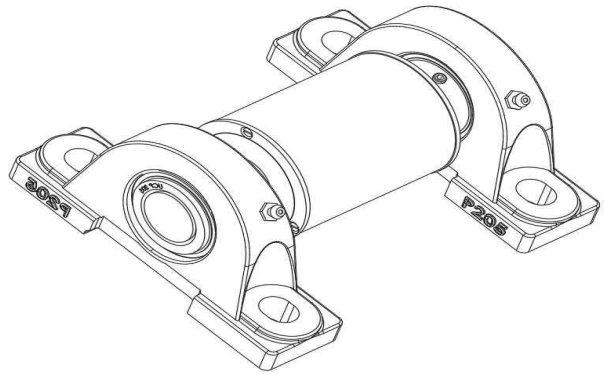


그림 72 폴리 및 유닛베어링

(10) 트랙

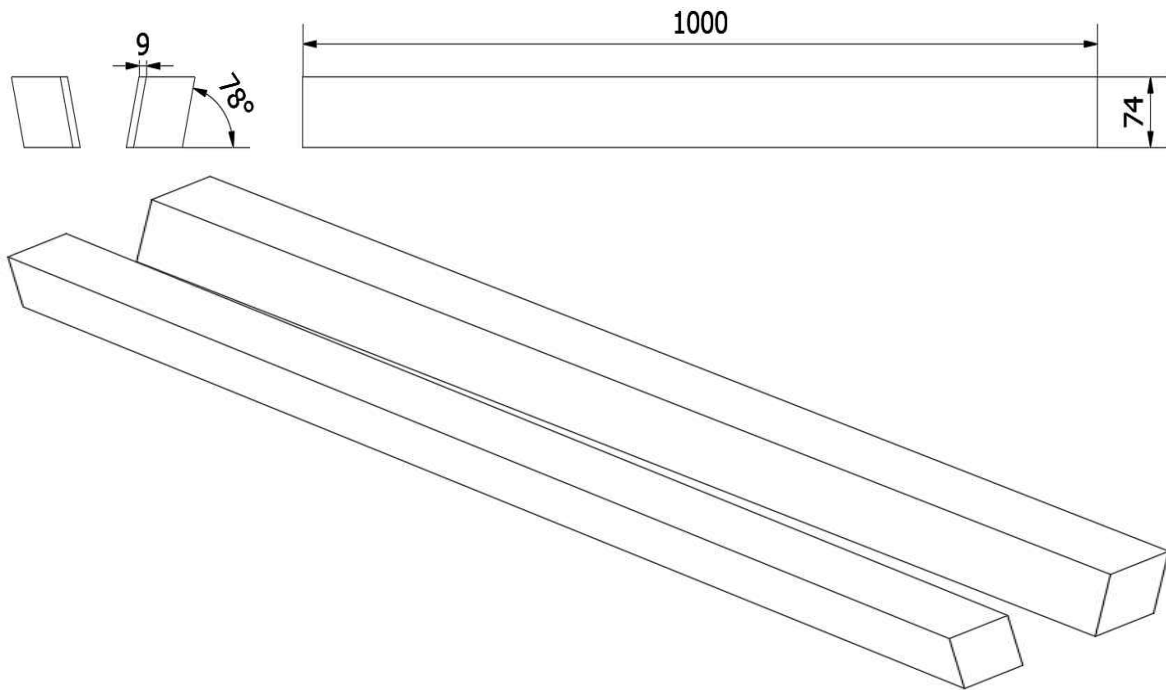


그림 73 분류 트랙

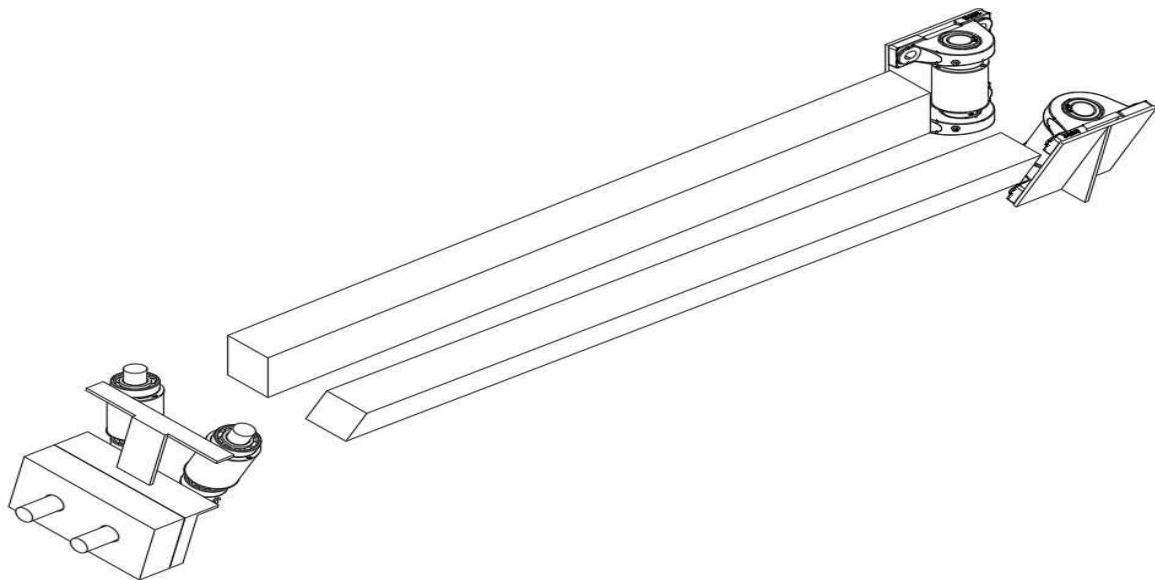


그림 74 컨베이어 시스템 ISO뷰

나. 조립도

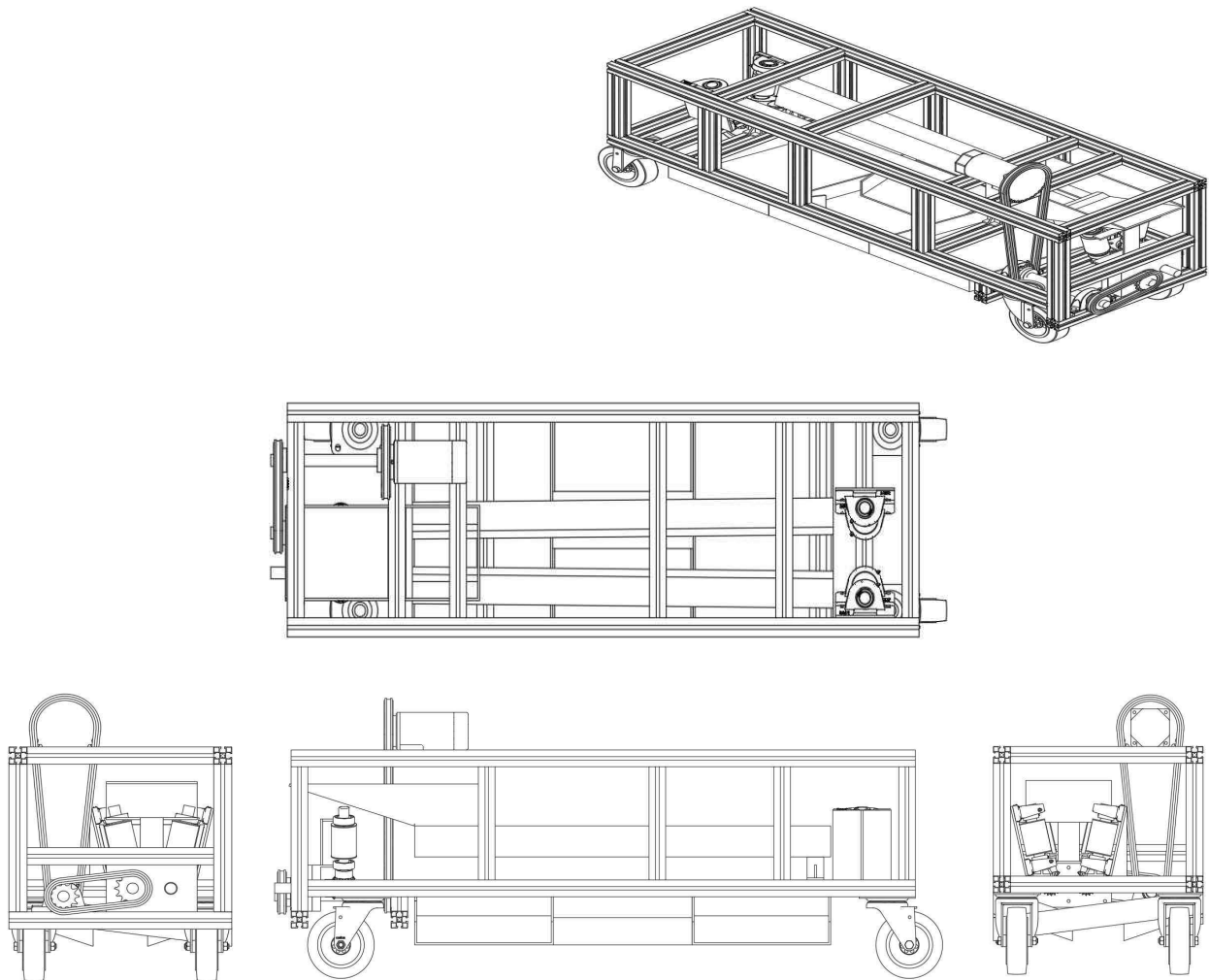


그림 75 분류기 초도품 조립도

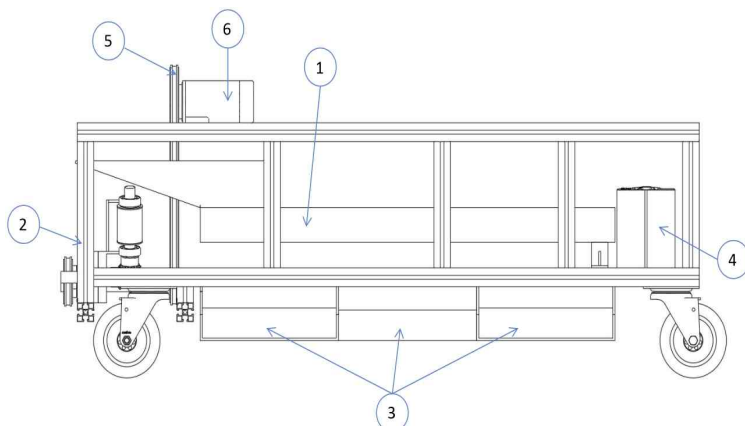


그림 76 주요 부품

표 12 주요부품

부품번호	부품명칭
①	분류 트랙
②	알루미늄 프로파일
③	출구
④	베어링 받침판
⑤	체인
⑥	모터



다. 초도품 제작

(1) 부품 가공



그림 77 스프로킷 홀 가공 및 멈춤나사 탭 가공



그림 78 축 폴리 가공



그림 79 판재 가공

## (2) 부품 조립



그림 80 프레임 조립

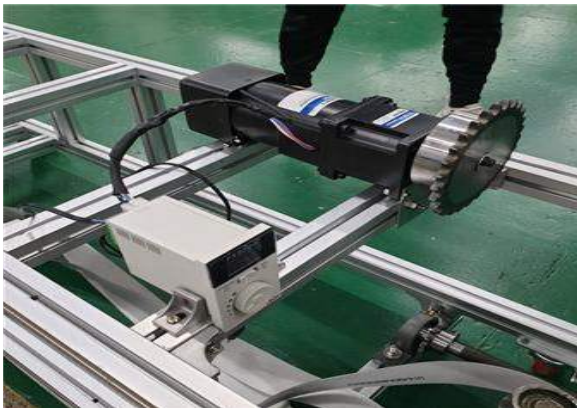


그림 81 모터, 스피드 컨트롤러 연결



그림 82 스프로킷 설치



그림 83 축 연결



그림 84 벨트 설치

## 2-6. 분류기 초도품 성능평가

### 가. 분류기의 동력성능 평가

제작한 분류기 초도품의 성능을 알아보기 위해 모터의 회전속도에 따라 벨트의 이송 속도를 측정했다. 벨트의 직선 길이는 1m이며 감자가 1m를 5초에 통과(0.2m/s)할 때 모터의 회전속도는 780RPM이다. 이를 기준으로 500RPM부터 측정을 시작해서 100RPM씩 올려 모터 회전속도

(RPM)에 따른 이송속도를 측정해서 추세선으로 나타내었다. 아래 그래프는 모터의 회전속도 증가에 따른 이송 속도 증가는 선형관계가 있음을 보여준다.

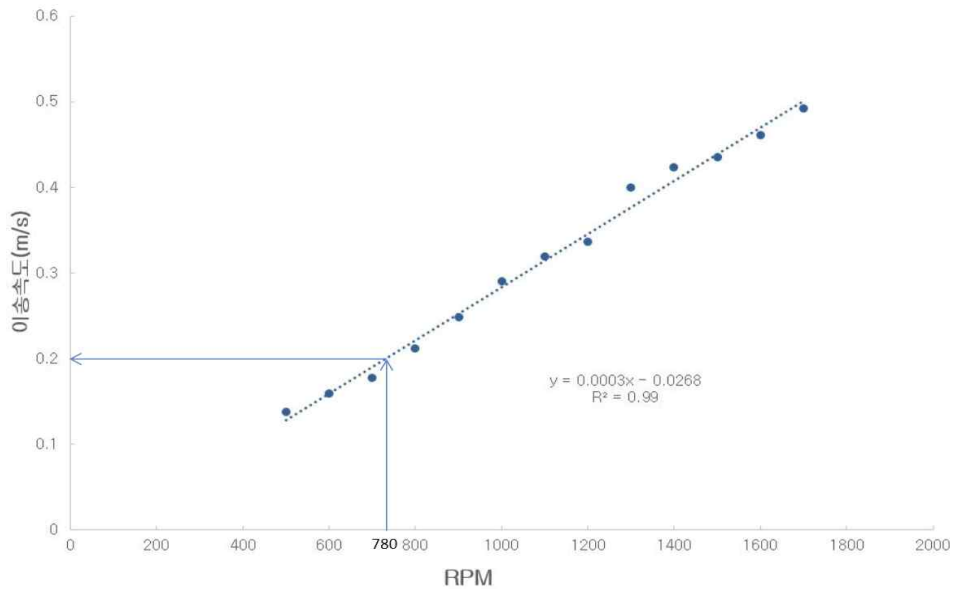


그림 85 모터 회전속도에 따른 분류기의 이송 속도

나. 분류기의 감자 분류성능평가

제작한 분류기 초도품은 감자의 손상 없이 얼마나 정확하게 분류하는지 알아보기 위한 분류 성능 실험을 하였다. 먼저 회전속도가 증가함에 따라 감자의 손상이 발생하거나, 부정확한 분류의 정도(손상률)를 알아보기 위해 크기별로 5개씩 총 15개의 감자를 무작위로 선정해서 실험 해본 결과, 다음과 같이 나타났다.

표 13 RPM에 따른 손상률

RPM	손상 및 분류오류 발생 개수	손상률(표본 15개, %)
500	0	0
700	0	0
900	0	0
1100	1	6
1300	1	6
1500	2	13
1700	3	20

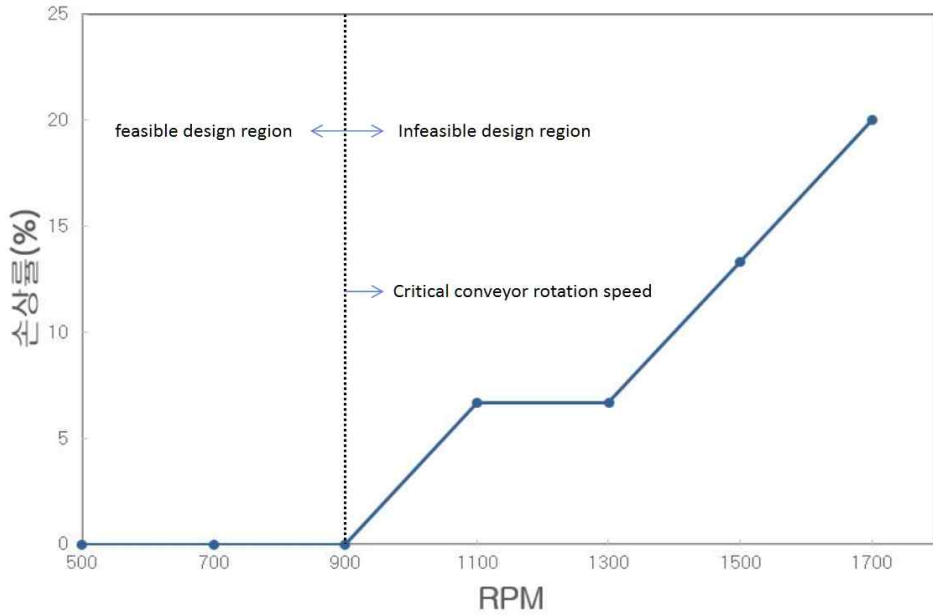


그림 86 모터 회전속도에 따른 손상률



그림 87 낙하 충격을 받는 감자



그림 88 손상된 감자

위의 실험으로 알 수 있는 분류 임계속도는 900RPM이며 이는 초기에 설계했던 이송 속도 (0.12m/s)보다 높은 속도이므로 설계 속도는 안전하다고 결론지을 수 있다.

다. 감자 크기별 샘플 분류 실험



그림89 소 감자 샘플 및 분류 사진



그림 90 중 감자 샘플 및 분류 사진



그림 91 대 감자 샘플 및 분류 사진

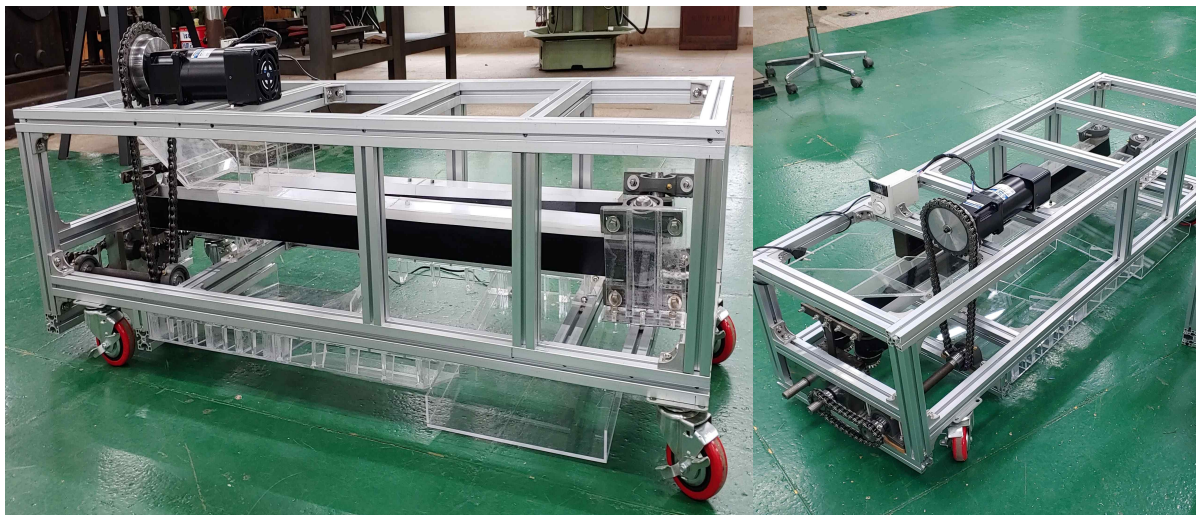


그림 92 분류기 초도품 제작

## 2-7. 상차기 설계

### 가. 상차기를 이용한 노지 감자의 수확 개념

굴취부에서 굴취된 감자는 굴취부의 호퍼에 의해 한곳으로 모이게 한 후 나사 컨베이어의 입구 호퍼로 운송시킨다. 나사 플라이트와 축과이프공간에 감자가 들어가고 축과이프에 부착된 나사 플라이트가 회전함에 따라 감자는 출구 호퍼로 운송되어 1톤 트럭의 500kg 수집 백으로 들어가게 된다. 이상의 상차기를 이용한 노지 감자 수확 개념도 아래 그림과 같다.

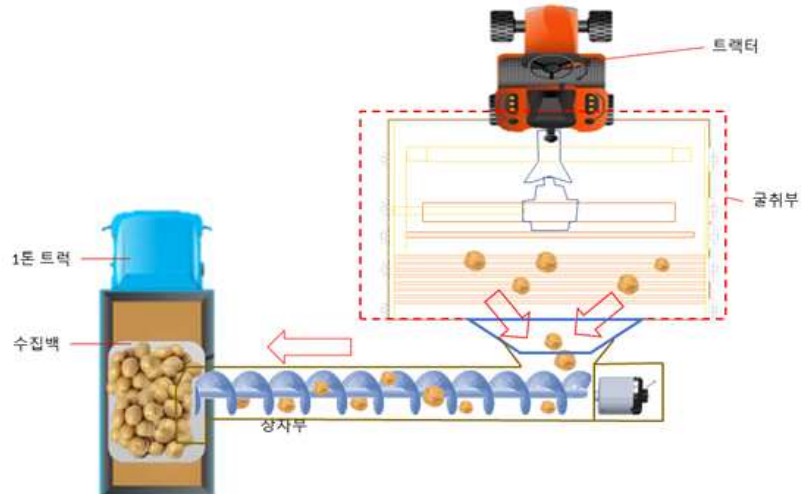


그림 93 상차기를 사용한 노지감자의 수확 개념도

나사 컨베이어는 U자형, O자형의 밀폐된 Casing 내에 나사 모양의 날개(Screw)를 회전시켜 운반물을 날개 1회전에 대해 나사의 피치(Pitch)에 상당 하는 길이만큼 이송하고 연속 회전에 의해 운반물은 배출구까지 운반하는 기계 장치이다. 나사 컨베이어의 운반 재료로는 다양한 분말, 과일 및 작은 블록 재료 등이 있고 운송별크 재료로는 곡물, 콩, 밀가루 및 기타 식품, 시멘트, 점토, 모래 및 기타 건축 자재, 소금 등이 있다. 표준 단일 나사 컨베이어의 3D 모델과 U자형 단일 나사 컨베이어의 기계 구조 및 구성품을 아래에 나타내었다.



그림 94 3D model of standard single screw conveyor

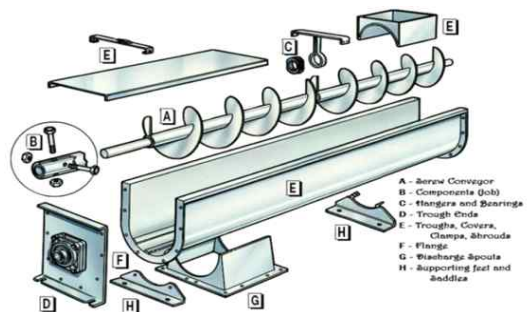


그림 95 Machine structure of screw conveyor

나. 감자 상차기 주요 치수 결정

아래 표는 A NSI/CEMA standard No. 350의 Screw Conveyors for Bulk Materials(이하 ANSI/CEMA standard No. 350 라고 함)에서 제안하고 있는 재료 분류 코드를 이용하여 감자 상차기에서 사용하는 운반재료인 감자에 대한 재료 분류 코드를 나타낸 것이다. 이하에서 감자 상차기로 사용하는 나사컨베이어의 각종 치수를 결정할 때 사용하는 재료 분류 코드이다.

표 14 Material classification code chart for potato

Major class	Material characteristics included		Designation
Density	Bulk density, Loose		1,100(kg/m3)
Size	Granular	7" and under	D7
Flowability	Free flowing-Flow function >4 but <10		2
Abrasiveness	Moderately abrasive-index 1.17		6
Miscellaneous properties or hazards	Degradable, size breakdown		Q

또한, 나사 컨베이어의 운반 특성은 운반 재료 크기의 확률적 분포 특성에 영향을 받는다. 운반 재료 크기 등급은 ANSI/CEMA standard No. 350에서 제시한 아래 표에 따라 세가지 등급으로 나눈다. Class 1과 Class 2 감자는 감자 크기가 최대 크기에서 최대 크기의 반까지의 감자가 각각 10%와 25%이하이고 감자 크기가 최대 크기의 절반 이하가 90%와 75%이다. Class 3 감자는 감자 크기가 최대 크기에서 최대 크기의 절반까지의 감자가 90% 이하이고 감자 크기가 최대 크기의 1/10이하가 10%이다. 본 연구에서 고려하는 감자 크기는 감자 크기가 최대 크기에서 최대 크기의 절반까지의 감자가 81%로서 Class 2 감자에 해당한다.

표 15 Three classes of lump size

	Class 1	Class 2	Class 3
From maximum size to one half of the maximum	10	25	95
Smaller than one half of the maximum size(Class 1 and 2) or less than one tenth of the maximum size (Class 3)	90	75	5

아래 그림은 나사 컨베이어의 주요 구성품들 사이의 치수 관계를 도식적으로, 그리고 수식으로 나타낸 것이다. 본 연구에서 고려하는 감자는 그 형상 특성상 종방향과 횡방향 지름이 서로 다르므로 감자 크기는 종방향과 횡방향 지름 중 더 큰 값을 감자 크기로 결정한다. 실제 특대 감자의 경우 최대 직경이 92.66mm이므로 나사 컨베이어 Trough 직경을 결정하는 데 필요한 감자 크기는 92.66mm이다. 운반 재료 크기는 Trough 하부와 파이프 외경 사이의 간격보다는 충분히 적어야 운반재료가 Trough 하부와 파이프 사이의 공간을 통과하게 되어 운반 재료가 운반 도중에 재료 표면이 손상되지 않는다. 따라서 ANSI/CEMA standard No. 350에서는 운반 재료를 Trough 하부와 파이프 사이의 공간에서 원활하게 운반하기 위하여 다음 식의 운반 재료

크기에 대한 Trough 하부와 파이프 외경 사이의 간격의 비 R에 따라 분류하고 있다.

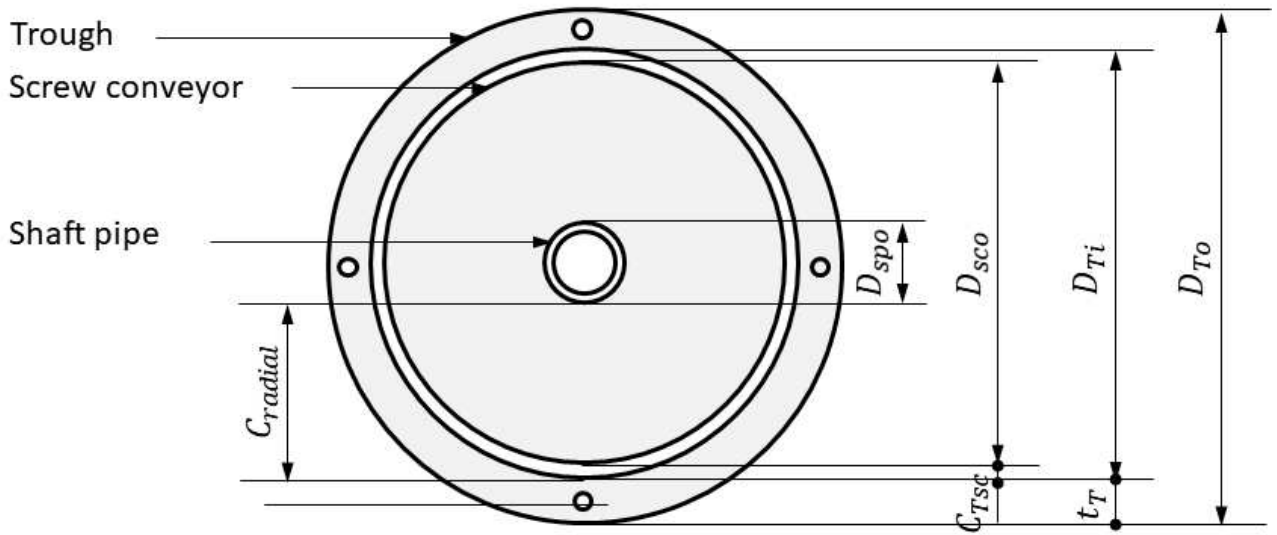


그림 96 Relationship between all dimensions of screw conveyor

$$\begin{aligned}
 & D_{Ti} + 2t_T \\
 &= (D_{spo} + 2C_{radial}) + 2t_T \\
 &= (D_{sco} + 2C_{Tsc}) + 2t_T \\
 & D_{spo} + C_{radial} = D_{sco} + 2C_{Tsc} \\
 & D_{sco} = D_{spo} + 2C_{radial} - 2C_{Tsc}
 \end{aligned}$$

$$R = \frac{\text{Radial clearance}(m)}{\text{Lump size}(m)} = \frac{C_{radial}}{d_{pmax}}$$

그러나 ANSI/CEMA standard No. 350에서 제안하고 있는 운반 재료 크기에 대한 나사 컨베이어의 반경 방향 공차는 Class 1 재료에 대한 값만 제안하고 있다. Class 1 재료에서는 운반 재료 크기에 대한 나사 컨베이어의 반경 방향 공차의 비 R이 재료 최대 크기와 최대크기의 절반까지의 크기가 많은 비율을 차지할수록 그 값은 선형적으로 증가하고 있으며 그 값은 대략 1.4에서 2.5의 범위에 존재하고 있다. 감자의 운반 재료 크기에 대한 나사 컨베이어의 반경 방향 공차의 비 R을 재료 등급 특성에 따라 Class 1 재료의 평균값을 적용하기로 하여 1.95로 선정한다. 따라서 나사 컨베이어의 반경 방향 공차  $C_{radial}$ 은  $92.26 \times 1.95 = 180(\text{mm})$ 이다.

Fig.5는 Class 1 재료에서 나사 컨베이어 반경 방향 공차에 따른 축 배관의 외경의 관계를 나타낸 것이다. 축 배관의 외경은 나사 컨베이어 반경 방향 공차의 0.3배에 1.8inch(45.72mm)



를 더한 값이다. 따라서 나사 컨베이어에 사용할 축 배관 외경은  $(180 \times 0.3) + 45.72 = 100(\text{mm})$  정도가 된다. 즉, 축 배관 외경  $D_{po}$ 은 KS D 3562 압력배관용 탄소강관의 치수를 고려하여 호칭 치름 90A인 101.6mm로 선정한다.

나사 컨베이어 치수 사이의 관계에서 나사 컨베이어의 trough 직경은 축 배관 외경  $D_{spo}$  과 나사 컨베이어 반경 방향 공차  $C_{radial}$ 의 2배 및 trough와 축 배관사이의 공차  $CT_{sc}$  12.7mm의 2배인 25.4mm를 더한 값이다. 즉, 나사 컨베이어의 trough 내경  $DT_i$ 는  $101.6 + (180 \times 2) + 25.4 = 487\text{mm}$ 이다. 또한, ANSI/CEMA standard No. 350에 의하여 아래 표에서 감자 선별기 부품을 분류하면 3D가 된다. 나사 컨베이어의 플라이트와 trough 두께  $t$   $T$ 는 나사 컨베이어 플라이트 직경이증가함에 따라 증가하고 있으며 감자분류기 부품인 플라이트와 trough의 분류 선택 가이드 기호 3D와 나사 컨베이어 플라이트 외경0.4854m를 이용하여 Table 3에서 구하면 그 값은 0.00635m이다. 따라서 나사 컨베이어의 trough 외경  $DT_0$ 는 trough 내경  $DT_i$  0.487m와 trough와 축 배관사이의 공차  $CT_{sc}$ 의 2배인 0.0254mm 및 trough 두께  $t$   $T$ 의 2배인 0.0127m를 더하면 그 값이 0.525m이다.

표 16 Component group 3A, 3B and 3D, regular flights and regular trough

Screw diameter (m)	Screw number	Thickness (m)
	Sectional flights	
0.4572	18S624	0.00635
0.508	20S624	0.00635

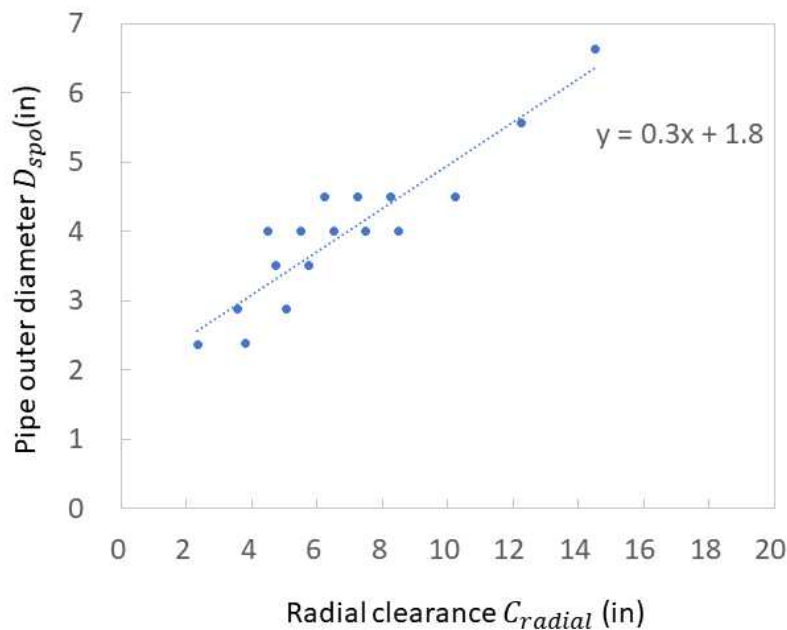


그림 97 Relationship between radial clearance and pipe outer diameter in Class 1 material

실제적인 나사 컨베이어의 trough 외경  $T$  는 이론적인 나사 컨베이어의 trough 외경  $DT_0$  와 trough 두께 및 KS D 3562 압력배관용 탄소강관의 치수를 고려하여 Table 4에서 선정하면 호칭 지름 550A인 558.8mm로 선정한다. 나사 컨베이어 플라이트 외경  $D_{sco}$  는 나사컨베이어의 trough 외경 558mm에서 trough 두께 2배 12.7mm와 trough 와 축 배관 사이의 공차 2배 25.4mm를 뺀 값인 519.9mm가 된다. Table 5는 나사 컨베이어의 주요부품인 나사플라이트, 축 파이프, trough 재료인 KS D 3562 압력배관용 탄소강관의 기계적 물성치를 나타낸 것이다.

표 17 KS D 3562 압력 배관용 탄소강관의 치수

호칭 지름 A	바깥 지름 mm	호칭 두께												
		스케줄 10		스케줄 20		스케줄 30		스케줄 40		스케줄 60		스케줄 80		
		두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무게 kg/m	
6	10.5	-	-	-	-	-	-	1.7	0.369	2.2	0.450	2.4	0.479	
8	13.8	-	-	-	-	-	-	2.2	0.629	2.4	0.675	3.0	0.799	
10	17.3	-	-	-	-	-	-	2.3	0.851	2.8	1.00	3.2	1.11	
15	21.7	-	-	-	-	-	-	2.8	1.31	3.2	1.46	3.7	1.64	
20	27.2	-	-	-	-	-	-	2.9	1.74	3.4	2.00	3.9	2.24	
25	34.0	-	-	-	-	-	-	3.4	2.57	3.9	2.89	4.5	3.27	
32	42.7	-	-	-	-	-	-	3.6	3.47	4.5	4.24	4.9	4.57	
40	48.6	-	-	-	-	-	-	3.7	4.10	4.5	4.89	5.1	5.47	
50	60.5	-	-	3.2	4.52	-	-	3.9	5.44	4.9	6.72	5.5	7.46	
65	76.3	-	-	4.5	7.97	-	-	5.2	9.12	6.0	10.4	7.0	12.0	
80	89.1	-	-	4.5	9.39	-	-	5.5	11.3	6.6	13.4	7.6	15.3	
축 배관	90	101.6	-	-	4.5	10.8	-	-	5.7	13.5	7.0	16.3	8.1	18.7
	100	114.3	-	-	4.9	13.2	-	-	6.0	16.0	7.1	18.8	8.6	22.4
	125	139.8	-	-	5.1	16.9	-	-	6.6	21.7	8.1	26.3	9.5	30.5
	150	165.2	-	-	5.5	21.7	-	-	7.1	27.7	9.3	35.8	11.0	41.8
	200	216.3	-	-	6.4	33.1	7.0	36.1	8.2	42.1	10.3	52.3	12.7	63.8
	250	267.4	-	-	6.4	41.2	7.8	49.9	9.3	59.2	12.7	79.8	15.1	93.9
	300	318.5	-	-	6.4	49.3	8.4	64.2	10.3	78.3	14.3	107	17.4	129
	350	355.6	6.4	55.1	7.9	67.7	9.5	81.1	11.1	94.3	15.1	127	19.0	158
	400	406.4	6.4	63.1	7.9	77.6	9.5	93.0	12.7	123	16.7	160	21.4	203
	450	457.2	6.4	71.1	7.9	87.5	11.1	122	14.3	156	19.0	205	23.8	254
	500	508.0	6.4	79.2	9.5	117	12.7	155	15.1	184	20.6	248	26.2	311
Trough	550	558.8	6.4	87.2	9.5	129	12.7	171	15.9	213	-	-	-	-
	600	609.6	6.4	95.2	9.5	141	14.3	228	-	-	-	-	-	-
	650	660.4	7.9	103	12.7	203	-	-	-	-	-	-	-	-

표 18 Mechanical properties of pipe shaft and trough

Material specification	Tensile strength (MPa)	Fatigue limit(MPa)
SPSS420	420	210

다. 감자 상차기 길이결정

감자상차기 용량은 감자 이송속도의 관점에서 나타낼 수 있으며 그 값을 감자선별기속도와 동일하게 사용하여야 한다. 아래 식은 감자 상차기의 용량을 나타낸 것으로 시간당 운반되는 감자체적으로 나타내었으며 그 값은 2.72 m<sup>3</sup>/h 이다.

$$= 0.000756 \times 60 \times 60 = 2.72(m/h)$$

또한, 감자 상차기 용량을 나사컨베이어의 이송부품 관점에서 결정할 수 있다. 즉, ANSI/CEMA standard No. 350에서 제안한 식은 아래와 같으며 플라이트 두께나 직경 공차, 피치 공차, 나사와 Trough사이의 공차에 의하여 운반 재료의 이동성 여부 등에 관계없이 제안한 식이다. 운반 재료가 trough에 접촉되어 케이크가 형성되는 경우 나사 컨베이어 용량은 아래 식에 근접한 값을 나타낸다. 면화씨와 같은 운반 재료의 경우 공차 부분에서 운반 재료가 쌓이지 않고 trough내부의 모든 재료가 전방으로 이송되는 경우 아래 식을 초과하기도 한다.

$$\begin{aligned} Q_{required} &= 0.028 \frac{\pi}{4} (D_{sco}^2 - D_{spo}^2) PKN60 \\ &= 0.028 \frac{\pi}{4} (0.5199^2_{sco} - 0.1016^2_{spo}) (0.5199) (15) N(60) \end{aligned}$$

따라서 아래 식에 나사 피치 계수  $CF_1$ 와 플라이트 적재율과 형상 계수  $CF_2$  및 플라이트 피치 사이의 혼합용 패들 사용 계수  $CF_3$ 를 곱한 값이 실제 상차기 용량을 나타내며 다음 식으로 나타낼 수 있다. 나사피치계수는 나사 직경에 대한 나사 피치의 비가 1, 2/3, 1/2, 3/2인 경우 각각, 1, 1.5, 2, 0.67를 사용하고 있다.

$$\begin{aligned} Q_{alent} &= Q_{required} (CF_1)(CF_2)(CF_3) \\ &= 0.028 \frac{\pi}{4} (0.5199^2 - 0.1016^2) (0.5199) (15) (N) (60) (1) (1.95) (1) \\ &= 5.2N \end{aligned}$$

본 연구에서는 나사 직경에 대한 나사 피치의 비가 0.52(011/0.21=0.52)이므로 나사피치계수  $CF_1$ 은 나사 직경에 대한 나사 피치의 비 1/2인 경우에 상당하는 나사피치계수  $CF_1$ 인 2를 사용하기로 한다. 플라이트 적재율과 형상계수  $CF_2$ 는 컨베이어 적재율과 플라이트 형상에 따라 달라지며 본 연구에서는 컨베이어 적재율을 15%로 가정하고 플라이트 형상은 표준 플라이트로 하는 경우 1.95의 값을 적용할 수 있다. 본 연구에서는 플라이트 피치사이의 혼합용 패들을 사용하지 않으므로 플라이트 피치사이의 혼합용 패들사용계수  $CF_3$ 은 1을 적용하기로 한다.

단,  $D_s$  : 나사 컨베이어 플라이트 직경(=0.4826m),  $D_p$  : 축 배관 외경 (=0.1016m), P: 나사 피치(=0.04826m), K : Trough 적재률 (15%)

CF1 : 나사 피치 계수(=1), CF2 : 플라이트 적재율과 형상계수(=1.95), CF3: 플라이트 피치사이의 혼합용 패들사용계수(=1)

감자 상차기의 회전속도N은 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$2.72 = 5.2N$$

$$N = 0.52 \approx 1(rpm)$$

표 19 Screw conveyor capacities

Special conveyor pitch capacity factor CF1		
Pitch	Description	CF1
Standard	Pitch=Diameter of screw	1.00
Short	Pitch=2/3 Diameter of screw	1.50
Half	Pitch=1/2 Diameter of screw	2.00
Long	Pitch=3/2 Diameter of screw	0.67

표 20 Special conveyor flight capacity factor CF2

Type of flight	Conveyor loading		
	15%	30%	45%
Cut flight	1.95	1.57	1.43
Cut & folded flight	Not recommended	3.75	2.54
Ribbon flight	1.04	1.37	1.62

표 21 Special conveyor mixing paddle capacity factor CF3

CF3	Standard paddles per pitch set at 45				
	Reverse pitch				
	None	1	2	3	4
	1	1.08	1.16	1.24	1.32

특정시간 동안 재료를 운송하는 데 소요되는 나사 컨베이어 길이 L은 다음 식과 같이 계산된다.

$$\frac{NPT}{0.3} = \frac{(1)(0.5199)(1.85)}{0.3} = 3.2(m)$$

단, T : 운반 재료 운송 시간(Min.)

나사 컨베이어 길이 L은 운반 재료의 투입과 토출을 하기위하여 식의 크기 보다 더 크게 할 필요가 있으나 감자 선별기의 특성상 운반 재료 운송 시간 T가 토출되는 재료 특성에 영향을 미치지 않기 때문에 식의 크기를 그대로 사용하기로 한다.

아래 그림은 이상의 나사 컨베이어의 나선각도를 구하였으며 그 값은 17° 를 가지고 있다.

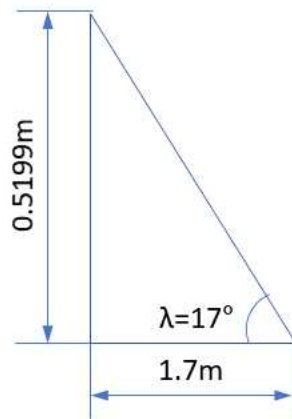


그림 98 Helix angle of screw conveyor

베어링은 ANSI/CEMA standard No. 350에 의하면 아래 표에 의해 재료 특성 코드에 따라 결정할 수 있다. 운반 재료가 감자인 경우 경화된 강계 베어링으로 선정됨을 알 수 있다. 또한, 경화된 강계 베어링은 260°C 이하에서 사용가능하며 이 베어링 속도가 나사 컨베이어의 최대운전속도를 결정하게 된다. ANSI/CEMA standard No. 350에서 제안하는 나사 컨베이어의 최대 회전속도  $N_{max}$ 은 다음 식 (8)과 같다. 선정된 축 배관의 외경이 0.1016m이므로 나사 컨베이어의 최대 회전속도 N은 289.4rpm이다.

$$N_{max} = \frac{29.4}{D_{po}}(m)$$

단, N : 나사 컨베이어의 최대 회전수 (rpm)

표 22 component group selection guide

Material classification code				Component group designation				
Material size classification	Abrasive ness number	Corrosiveness letter	Group number designation	Type of bearing				
				Babbited or bronzed	Self lubricating	Ball bearing	Hard iron	Plastic nylon PTFE
D7	6	T	3	-	-	-	D	-

라. 감자 상차기 동력계산

감자 상차기인 수평나사 컨베이어의 이론적 동력  $HP_h$ 는 설치 방법, 운반 재료 이송 속도 등에 따라 달라지나 나사 컨베이어 마찰 동력  $HP_f$ 와 운반재료이송동력  $HP_m$ 으로 구성된다. 수평 나사 컨베이어의 실제 동력  $HP_{ac}$ 는 이론적 동력  $HP_{th}$ 에 과하중 계수  $F_o$ 를 곱한 값으로 계산된다. 컨베이어 마찰 동력  $HP_f$ 는 나사 컨베이어 길이와 회전수 및 나사 직경계수와 베어링 계수의 곱으로 계산된다. 나사 직경계수  $F_d$ 는 플라이트 직경에 의존하는 값으로, 플라이트 직경 0.5326m는 ANSI/CEMA standard No. 350에서 직접 표시되지 않는다.

표 23 Screw diameter factor  $F_d$

Screw diameter (m)	Fd
0.508	165
0.6096	235

표 24 Hanger bearing factor  $F_b$

Component group	Bearing type	Fb
Group D	Chilled hard iron Hardened alloy sleeve	4.4

표 25 Flight factor  $F_f$

Type of flight	Conveyor loading			
	15%	30%	45%	95%
Standard	1.00	1.00	1.00	1.00

표 26 Paddle factor  $F_P$

	Standard paddles per pitch set at 45 reverse pitch				
	None	1	2	3	4
	1	1.29	1.58	1.87	2.16

따라서 본 연구에서는 플라이트 직경 0.5326m는 플라이트 직경0.508m와 0.6096m의 사이 값으로 플라이트직경0.5326m에 대한 상당하는 나사 직경계수 는 플라이트 직경0.508m와 0.6096m의 나사 직경계수  $F_d$ 의 사이 값을 내삽하여 사용하기로 하며 그 값은 표에서 182이다. 베어링 계수  $F_b$ 는 베어링 부분에서 발생하는 마찰에 비례하는 계수로서 베어링 타입에 따라 달라지는 계수로서 본 연구에서 사용하는 베어링은 경화형 강계 베어링으로서 베어링 계수 4.4.를 사용하기로 한다. 따라서 나사 컨베이어의 이론적 마찰동력  $HP_f$ 는 길이 L, 회전수 N, 나사 직경 계수  $F_d$ , 베어링계수  $F_b$ 의 곱으로 다음 식 (9)와 같으며 해당 나사 컨베이어의 이론적 마찰동력  $HP_f$  는 0.007(HP)이다.

$$HP_f = \frac{LNF_dF_b}{3,048,000} = \frac{(3.2)(1)(182)(4.4)}{3,048,000} = 0.0008(HP)$$

이론적 운반 재료 이송 동력  $HP_m$ 는 운반 용량  $Q_{equivalent}$ , 길이 L, 운반 재료의 겉보기 밀도, 플라이트 계수, 재료 계수 패들 계수의 곱으로 다음 식과 같으며 그 값은 0.002HP이다.

$$HP_m = \frac{Q_{equivalent}L\rho F_f F_m F_p}{4,876,800} = \frac{(2.72)(3.2)(1100)(1)(1)(1)}{4,876,800} = 0.002(HP)$$

플라이트 계수와 재료 계수 패들 계수는 표의 값을 사용하였다.

총 이송 동력  $HP_{total}$ 은 이론적 마찰 동력  $HP_f$  와 이론적 재료 이송 동력  $HP_m$ 을 더한 이론적 이송동력  $H_{th}$ 에 과대하중계수  $F_o$ 를 곱한 값으로 다음 식과 같으며 그 값은 0.03 HP이다.

$$HP_{total} = \frac{H_{th}F_o}{e} = \frac{(HP_f + HP_m)F_o}{e} = \frac{(0.0008 + 0.002)(5.7)}{0.5} = 0.03(HP)$$

$$T = 7,019 \frac{HP}{N} = 7,019 \frac{0.3}{1} = 211(Nm)$$

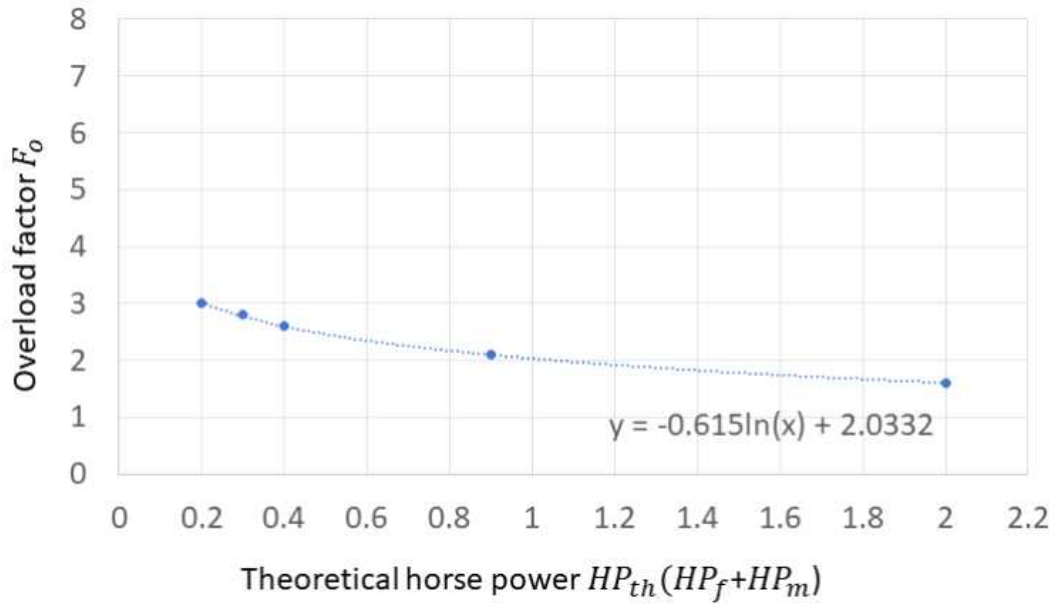


그림 99 Relationship between Theoretical horse power and overload factor

마. 나사 컨베이어의 구조 안전성 평가

나사 컨베이어의 축 파이프 두께를 결정하기 위하여 우선, 나사 컨베이어에 부하되는 단위 길이당 분포하중을 구해야한다. 나사 컨베이어에 부하되는 하중은 나사 컨베이어 자체의 자중과 운반 재료인 감자 하중으로 구성된다. 나사 컨베이어의 단위 길이당 자중은 사용 가능한 파이프 배관 두께에 따라 달라지며 그 값은 아래 표와 같다. 축 배관 외경은 최대 감자 크기를 고려하여 결정된 KS D 3562 압력배관용 탄소강관의 치수의 호칭 지름 90A인 101.6mm이고 파이프 스케들에 의하여 각 파이프 두께가 달라져 파이프 분포하중  $p$ 가 달라지게 된다.

표 27 Distribution force per unit length  $\omega$  by self-weight of pipe and potato mass

Density of shaft pipe $R_{hosp}$ (kg/m <sup>3</sup> )	Outer diameter of shaft pipe $D_{spo}$ (m)	Thickness of shaft pipe (m)	Inner diameter of shaft pipe $D_{spi}$ (m)	Length of shaft pipe $L$ (m)	Sectional area of shaft pipe $A_{sp}$ (m <sup>2</sup> )	Volume of shaft pipe $V_{sp}$ (m <sup>3</sup> )	Mass of shaft pipe $M_{sp}$ (kg)	Force by self-weight $F_{sp}$ (N)	Distribution force by self-weight $w_p$ (N/m)	Distribution force by self-weight and potato mass $w$ (N/m)
7800	0.1016	0.0045	0.0926	3.2	0.001372023	0.004390474	34.2	335.6	104.9	386.9
7800	0.1016	0.0108	0.08	3.2	0.00307921	0.009853471	76.9	753.2	235.4	517.4
7800	0.1016	0.0057	0.0902	3.2	0.001716418	0.005492538	42.8	419.8	131.2	413.2
7800	0.1016	0.0135	0.0746	3.2	0.003734559	0.011950589	93.2	913.5	285.5	567.5
7800	0.1016	0.007	0.0876	3.2	0.002079308	0.006653786	51.9	508.6	158.9	440.9
7800	0.1016	0.0163	0.069	3.2	0.004365825	0.013970639	109.0	1067.9	333.7	615.7
7800	0.1016	0.0081	0.0854	3.2	0.002378079	0.007609853	59.4	581.7	181.8	463.8
7800	0.1016	0.0187	0.0642	3.2	0.004867722	0.015576711	121.5	1190.7	372.1	654.1



또한, 나사 컨베이어 운반 용량은 다음 식과 같다.

$$= 0.000756 \times 60 \times 60 = 2.72(m/h) = 0.45(m^3/min)$$

운반 재료가 나사 컨베이어를 통과하는 시간이 1.85분이므로 전체 나사 컨베이어에 적재되는 재료 체적은 0.081(m<sup>3</sup>)이고 감자 밀도 1100(kg/m<sup>3</sup>)을 고려하면 전체 나사 컨베이어에 적재되는 재료 중량은 89.1kg이 된다.

따라서 운반되는 감자 하중은 874N의 하중이 나사 컨베이어 길이 3.2m에 분포되므로 운반 재료에 의해 발생하는 나사 컨베이어에 부하되는 분포하중  $\omega_m$  은 282(N/m)이 된다. 표에 나사 컨베이어에 부하되는 자중과 감자에 의한 전체 분포하중  $\omega$  를 나타내었으며 386.9N·m에서 654.1N·m의 범위에 존재하고 있다.

아래 그림은 나사 컨베이어에 부하되는 상술의 비틀림과 굽힘 하중 조건을 이용하여 나사 컨베이어의 재료역학적 보 모델을 모델링한 것이다.

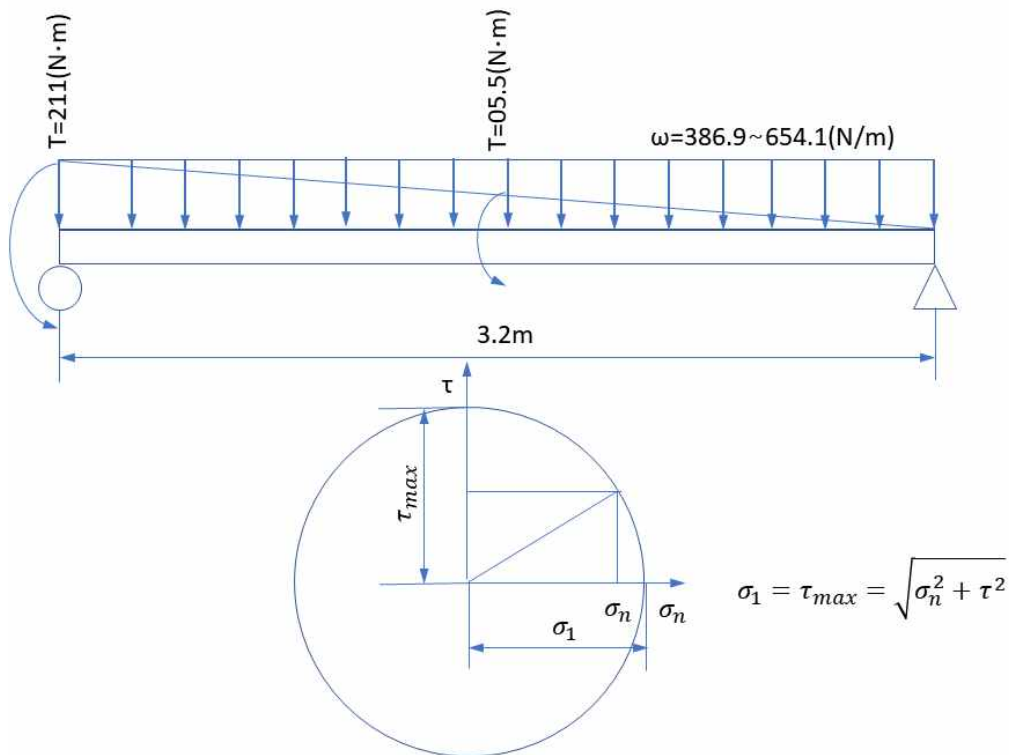


그림 100 Beam model and Mohr's stress circle of shaft pipe in screw conveyor

아래 표는 KS D 3562 압력배관용 탄소강관의 외경101.6mm 파이프 규격에 대한 모든 두께에서 나사 컨베이어 파이프 외경에서 발생하는 비틀림 전단응력과 굽힘응력에 의한 최대주응력을 나타낸 것으로 외경 101.6mm 파이프 규격 치수는 KS D 3562 압력배관용 탄소강관 재료 SPSS420강의 피로한도 아래에 있어 외경 101.6mm 파이프 규격을 모두 사용할 수 있다.

본 연구에서는 구조물의 경량화 관점에서 나사 컨베이어 파이프로서 외경 101.6mm, 파이프 두께 4.5mm를 사용하기로 하며 이때의 강도에 의한 구조 안전율 S는 다음과 같이 구할 수 있으며 그 값은 12이상이다.

$$S_{strength} = \frac{\text{Fatigue limit of material}}{\text{Principal stress of screw conveyor}} = \frac{210}{16.5} = 12.7$$

ANSI/CEMA standard No. 350에서는 나사 컨베이어의 구조 안전성을 보 처짐 관점에서 평가하고 있다. 즉, 해당 규격에서는 나사 컨베이어 축 길이가 길어짐에 따라 발생하는 처짐을 제어하기 위하여 굽힘 분포 하중에 의한 처짐을 0.00635m이하로 규정하고 있다.

아래 식은 단순보에서 발생하는 굽힘 변위를 계산하는 식이다.

$$\delta = \frac{5\omega l^4}{384EI} = \frac{(5)(386.9)(3.2^4)}{(384)(210 \times 10^9)(2.59 \times 10^{-6})} = 0.00155(m)$$

$$S_{stiffness} = \frac{\text{Allowable bending displacement}}{\text{Bending displacement of screw conveyor}} = \frac{0.00635}{0.00155} = 4.1$$

단. E : 강의 종방향 탄성계수(=210GPa), I : 단면 2차 모멘트,  $\omega$  : 단위 길이당 분포하중(N/m), l : 보 스패(m)

아래 표는 나사 컨베이어를 길이 3.2m 단순보로 가정하여 KS D 3562 압력배관용 탄소강관의 외경 101.6mm 파이프 규격에 대한 모든 두께에서 굽힘 변위를 계산한 결과를 나타낸 것이다.

표 28 Principal stress of shaft pipe in screw conveyor

Density of shaft pipe Rhosp (kg/m3)	Outer diameter of shaft pipe Dspo(m)	Thickness of shaft pipe (m)	Inner diameter of shaft pipe Dspi (m)	Length of shaft pipe L (m)	Sectional area of shaft pipe Ap (m2)	Volume of shaft pipe Vsp(m3)	Mass of shaft pipe Msp (kg)	Force by self-weight Fsp (N)	Distribution force by self-weight wp (N/m)	Distribution force by self-weight and potato mass w (N/m)	Maximum bending moment (Nm)	Sectional modulus Z(m3)	Polar Sectional modulus Zp(m3)	Maximum bending stress (MPa)	Shearing stress (MPa)	Principal Stress (MPa)
7800	0.1016	0.0045	0.0926	3.2	0.001372	0.00439	34.2	335.6	104.9	386.9	495.2	0.00003	0.00006	15.5	5.5	16.5
7800	0.1016	0.0108	0.08	3.2	0.003079	0.009853	76.9	753.2	235.4	517.4	662.2	0.00006	0.00013	10.5	2.8	10.8
7800	0.1016	0.0057	0.0902	3.2	0.001716	0.005493	42.8	419.8	131.2	413.2	528.9	0.00004	0.00008	13.6	4.5	14.3
7800	0.1016	0.0135	0.0746	3.2	0.003735	0.011951	93.2	913.5	285.5	567.5	726.4	0.00007	0.00015	10.0	2.4	10.2
7800	0.1016	0.007	0.0876	3.2	0.002079	0.006654	51.9	508.6	158.9	440.9	564.4	0.00005	0.00009	12.3	3.8	12.8
7800	0.1016	0.0163	0.069	3.2	0.004366	0.013971	109.0	1067.9	333.7	615.7	788.1	0.00008	0.00016	9.7	2.2	10.0
7800	0.1016	0.0081	0.0854	3.2	0.002378	0.00761	59.4	581.7	181.8	463.8	593.6	0.00005	0.00010	11.5	3.4	12.0
7800	0.1016	0.0187	0.0642	3.2	0.004868	0.015577	121.5	1190.7	372.1	654.1	837.2	0.00009	0.00017	9.7	2.0	9.9

고려하는 모든 배관을 강성 관점에서 구조 안전성을 평가하기 위하여 허용 처짐 0.00635m 를

계산 굽힘 변위로 나눈 값을 강성 관점에서의 구조 안전율 *tiffness*로 정의한다.

표에서 강성 구조 안전율이 가장 낮은 파이프는 외경 101.6mm와 두께 0.0045m인 파이프로서 그 값이 4.1이고 운반 재료와 자중으로 인한 굽힘 분포하중에 의한 굽힘 처짐은 0.00155m이다. 외경 101.6mm와 두께 0.0045m를 가진 축 파이프는 ANSI/CEMA standard No. 350에서 제안하고 있는 한계 처짐 0.00635m이하에 있으므로 ANSI/CEMA standard No. 350의 Screw Conveyors for Bulk Materials 규격에 의하여 설계된 나사 컨베이어는 구조 강성 관점에서 매우 안전함을 알 수 있다.

## 2-8. 설계 도면

### 가. 굴취기 설계

#### (1) 굴취기 프레임

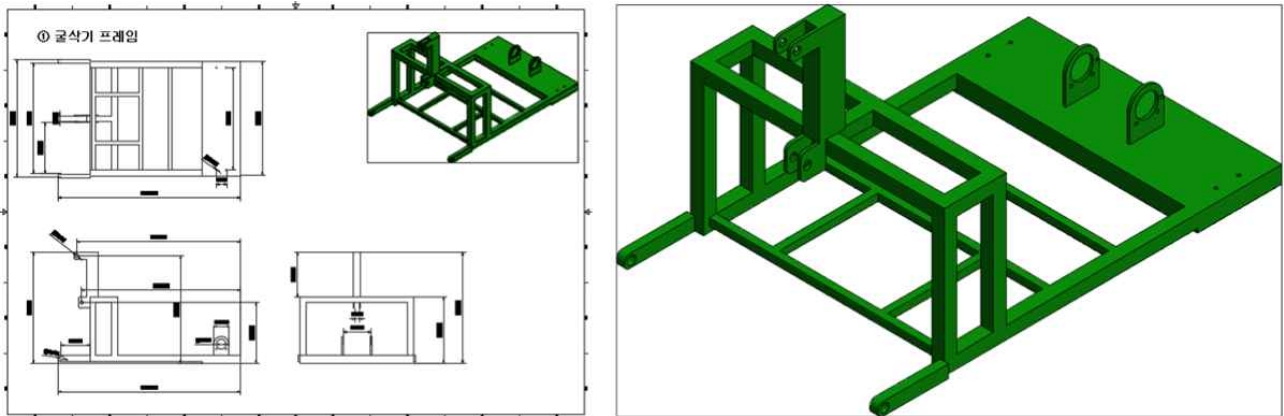


그림 101 굴취기 프레임

#### (2) 굴취기 옆 면 프레임, 가이드 판

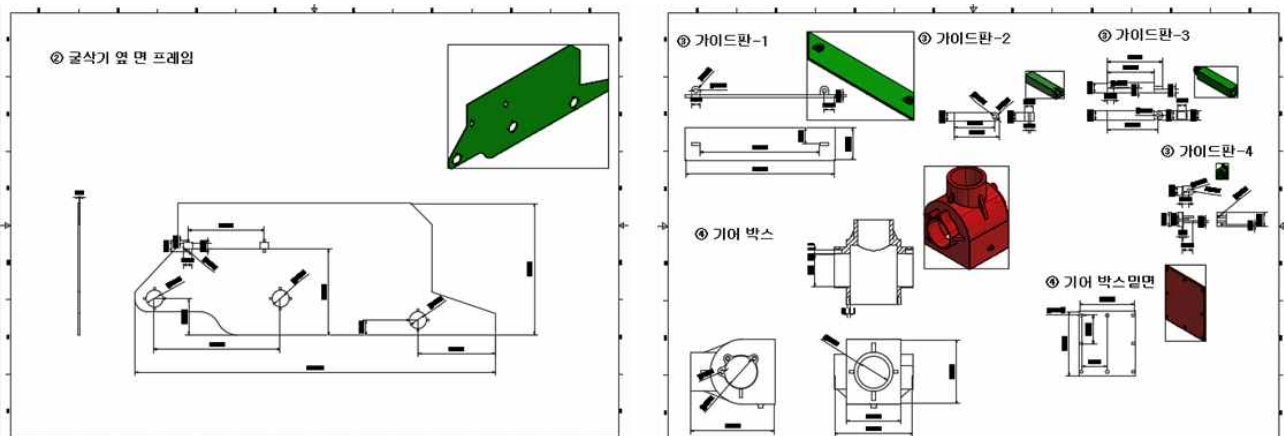


그림 102 굴취기 옆 면 프레임, 가이드 판

#### (3) 굴취기 날, 스프라켓

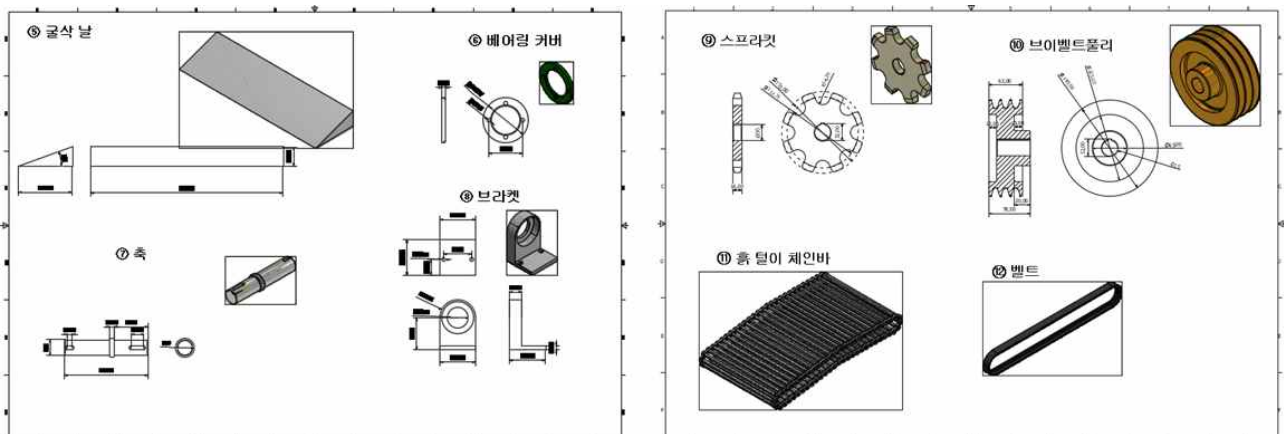


그림 103 굴취기 날, 스프라켓

(4) 굴취기 조립도

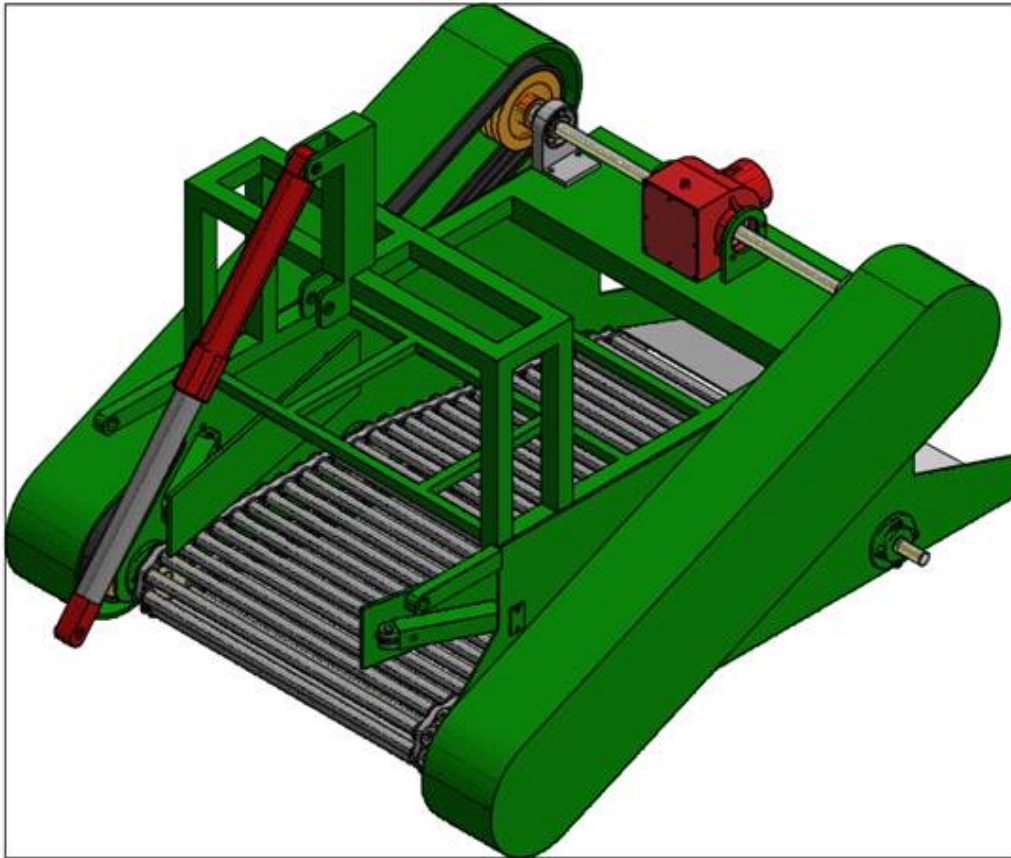


그림 104 굴취기 조립도 도면

(5) 굴취기 부품번호 및 조립도

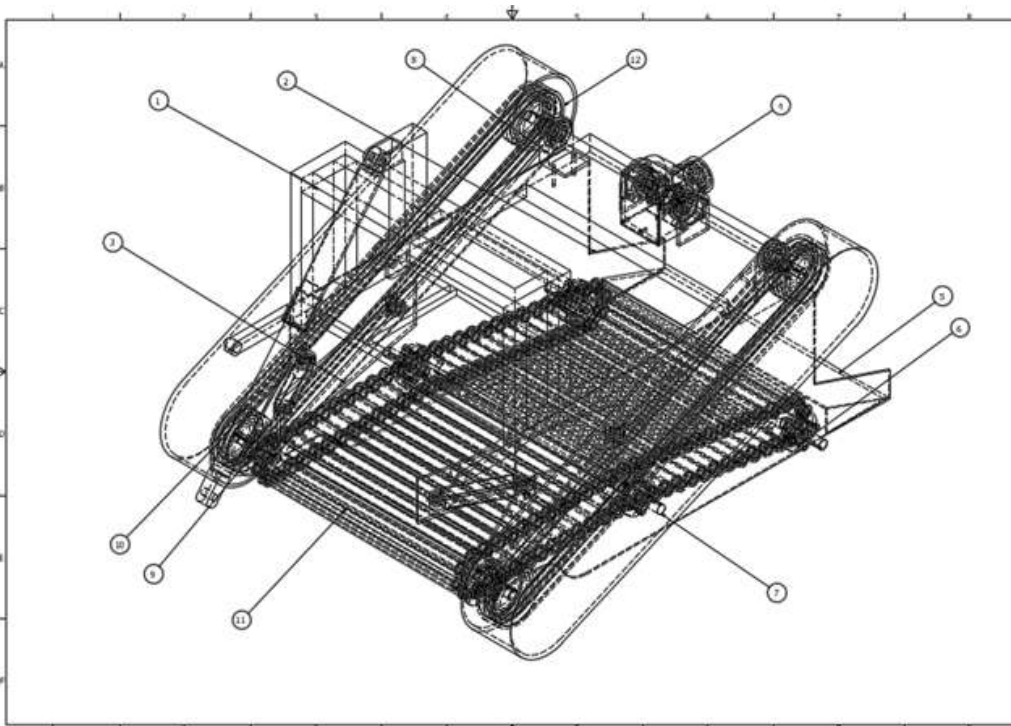


그림 105 굴취기 부품번호 및 조립도

나. 상차기

(1) 상차기 하우징

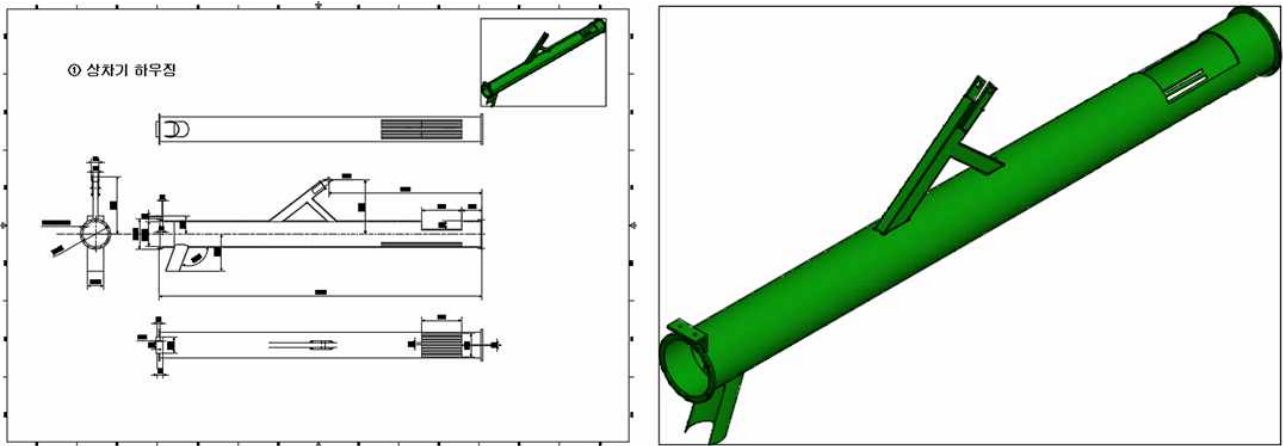


그림 106 상차기 하우징 도면

(2) 상차기 스크류

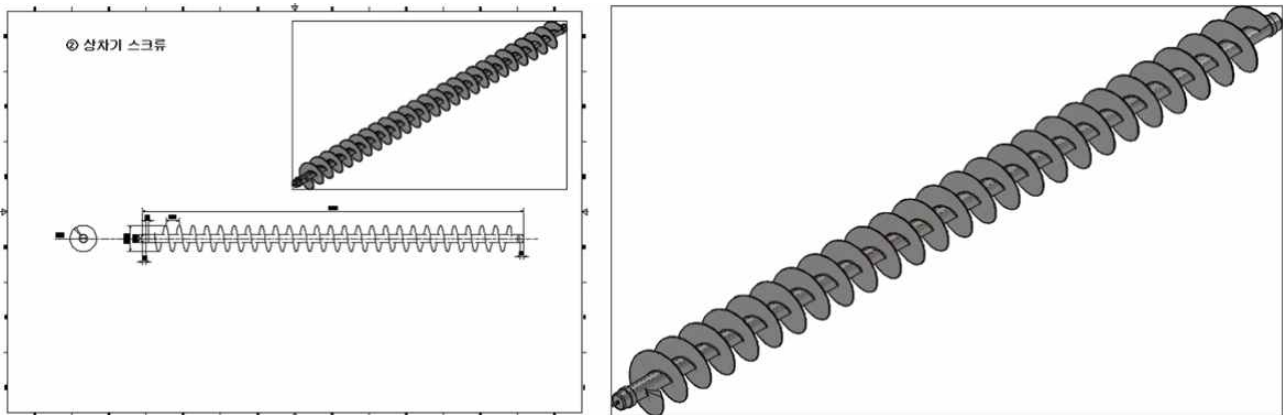


그림 107 상차기 스크류

(3) 스크류 결합 베어링, 브라켓류

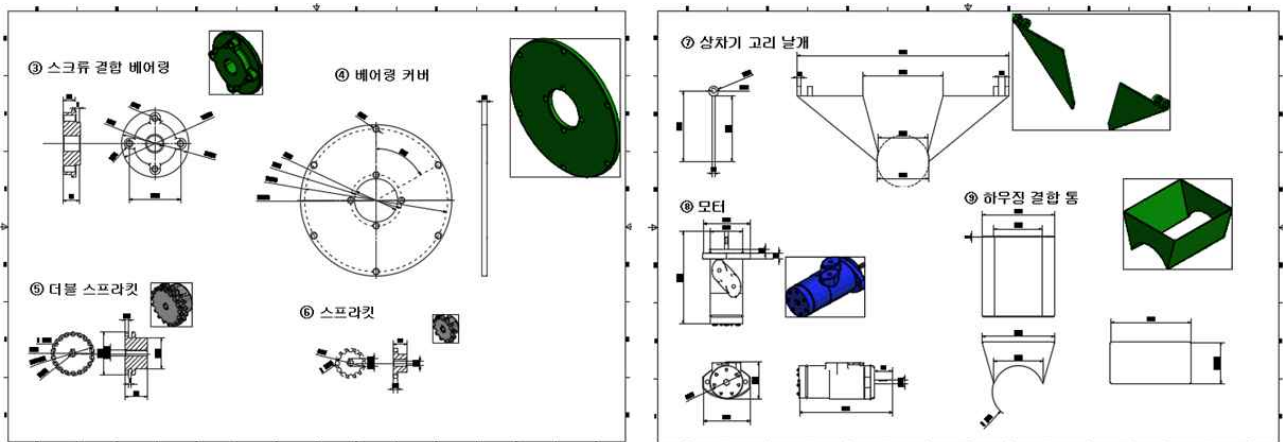


그림 108 스크류 결합 베어링, 브라켓류

(4) 스프라킷 커버, 모터 브라켓

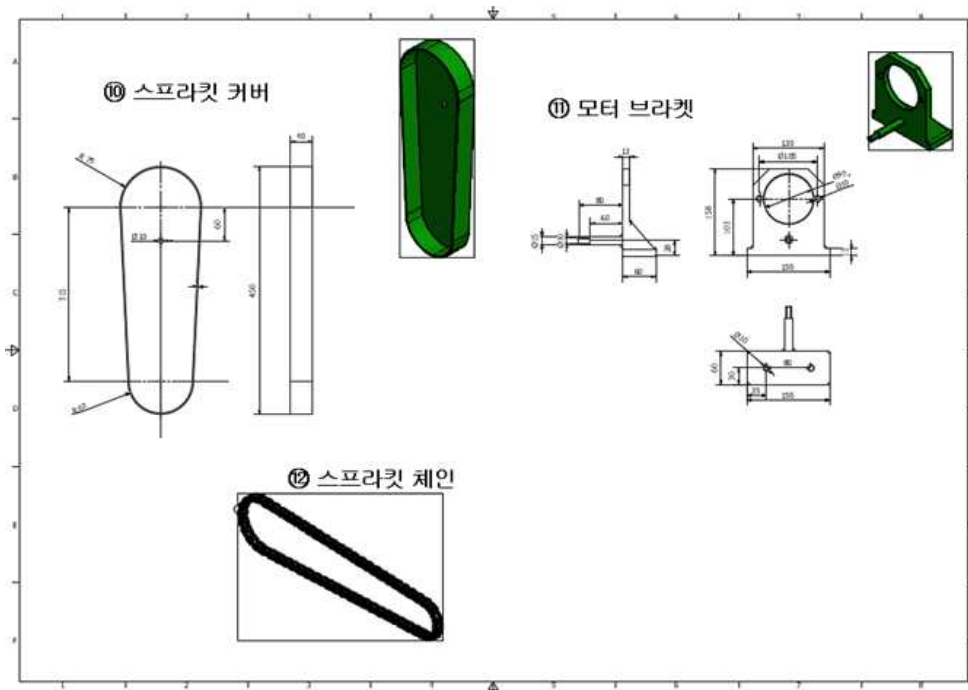


그림 109 스프라킷 커버, 모터 브라켓

(5) 상차기 조립도

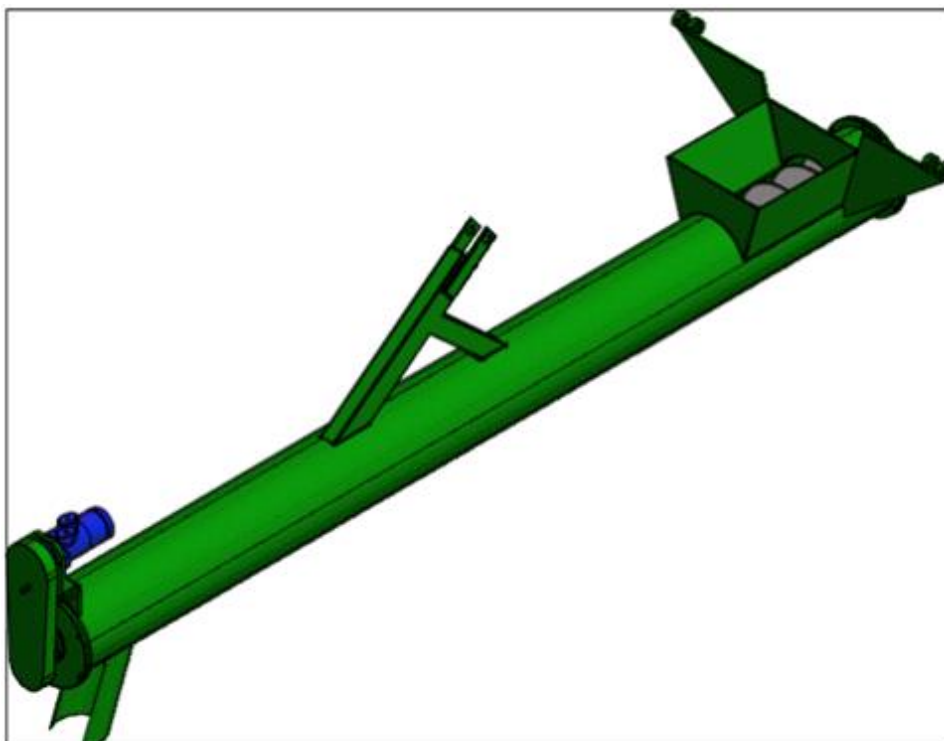


그림 110 상차기 조립도

(6) 상차기 부품번호 및 조립도

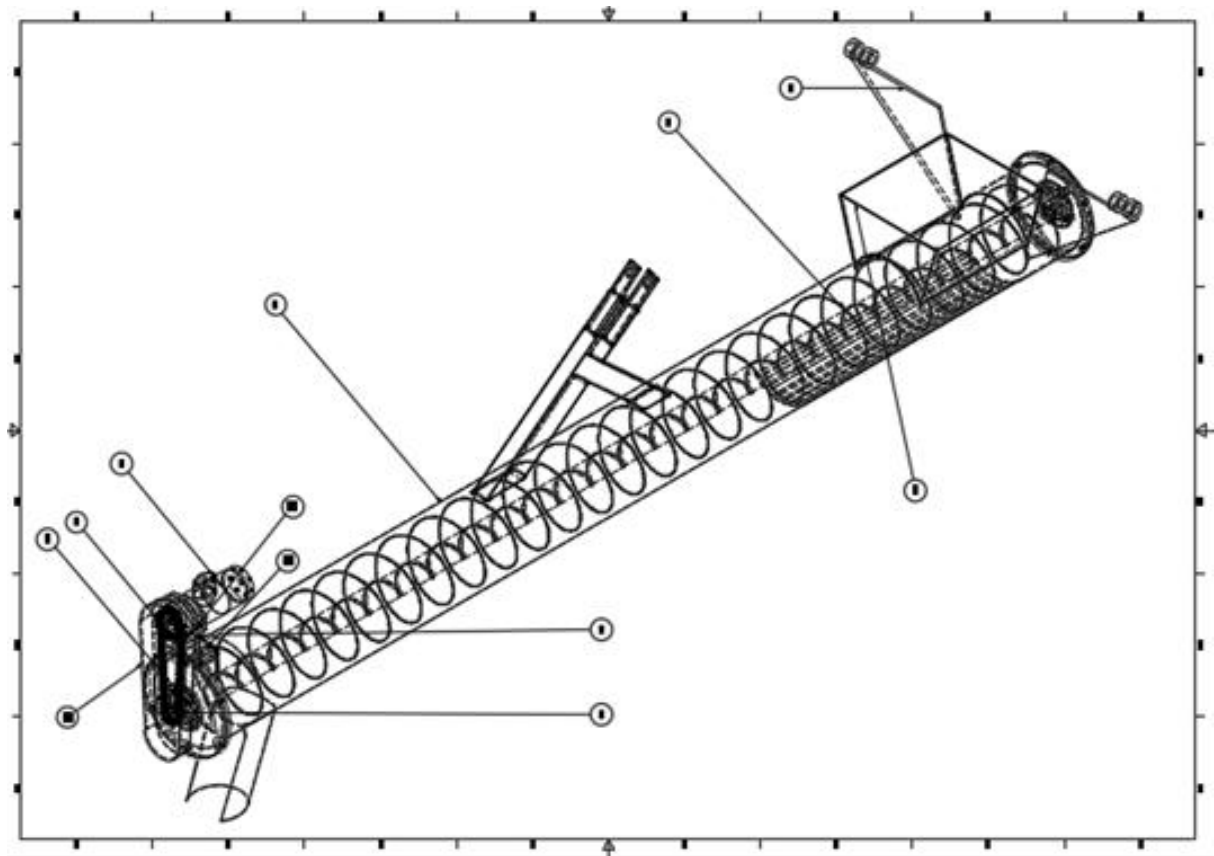


그림 111 상차기 부품번호 및 조립도

다. 분류기 도면

(1) 분류기 외관 프레임

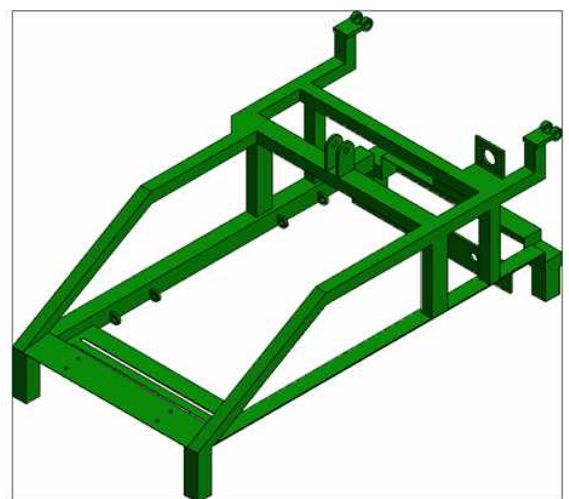
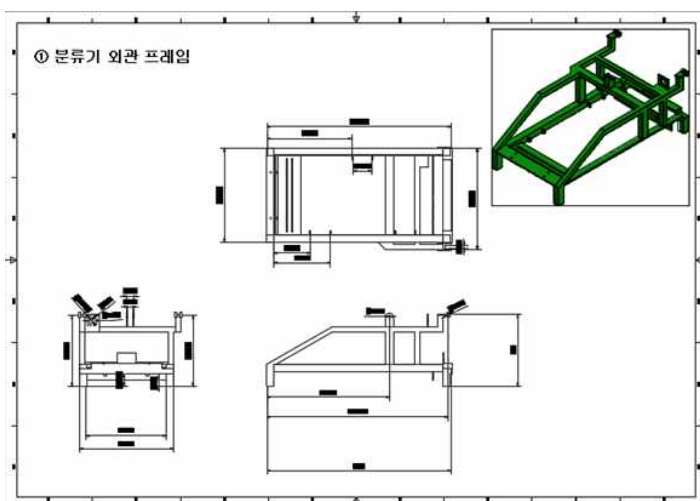


그림 112 분류기 외관 프레임



(2) 베어링 고정판, 베어링, 롤러, 롤러고정 프레임, 모터

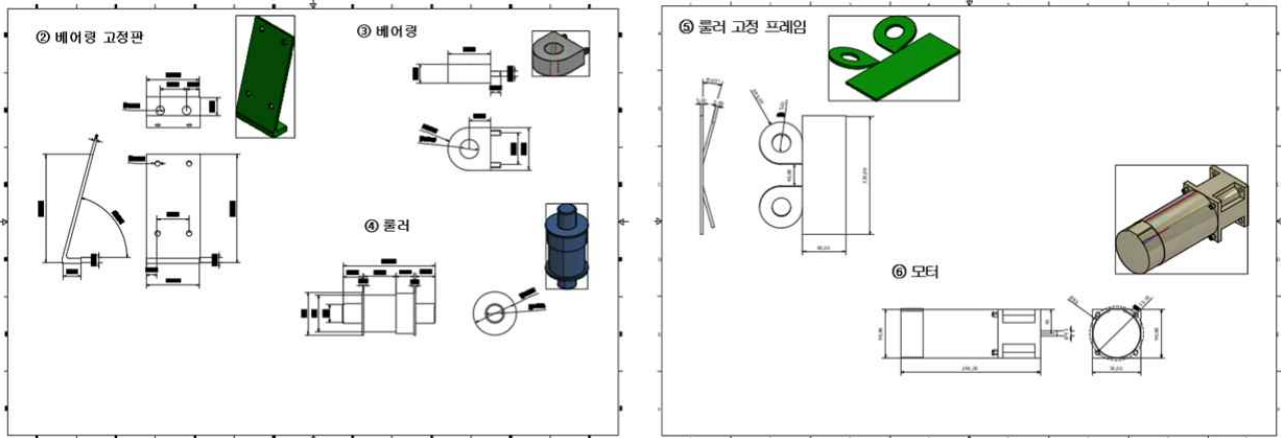


그림 113 베어링 고정판, 베어링, 롤러, 롤러고정 프레임, 모터

(3) 분류 하차장, 컨베이어 벨트 유격대, 2중 스프라켓

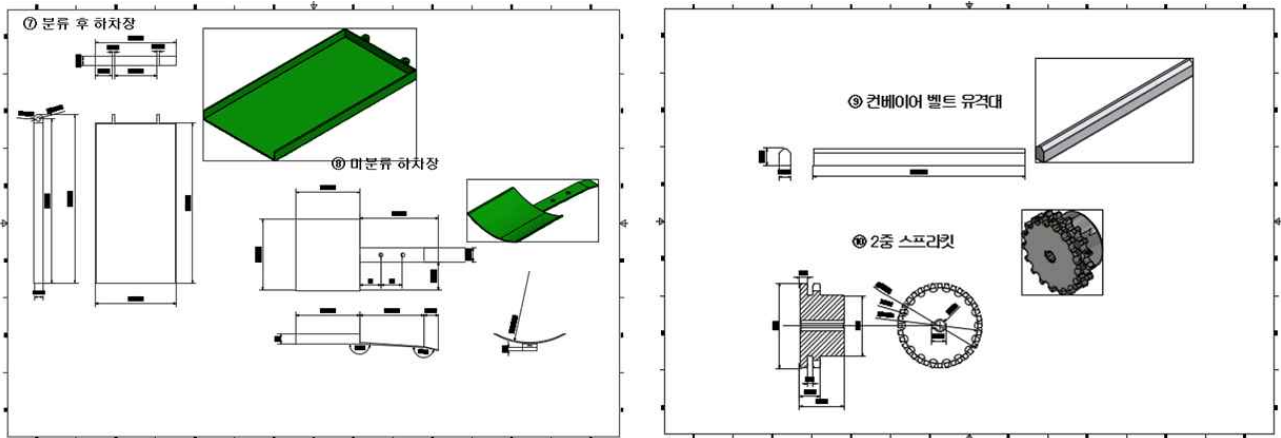


그림 114 분류 하차장, 컨베이어 벨트 유격대, 2중 스프라켓

(4) 컨베이어 벨트, 체인

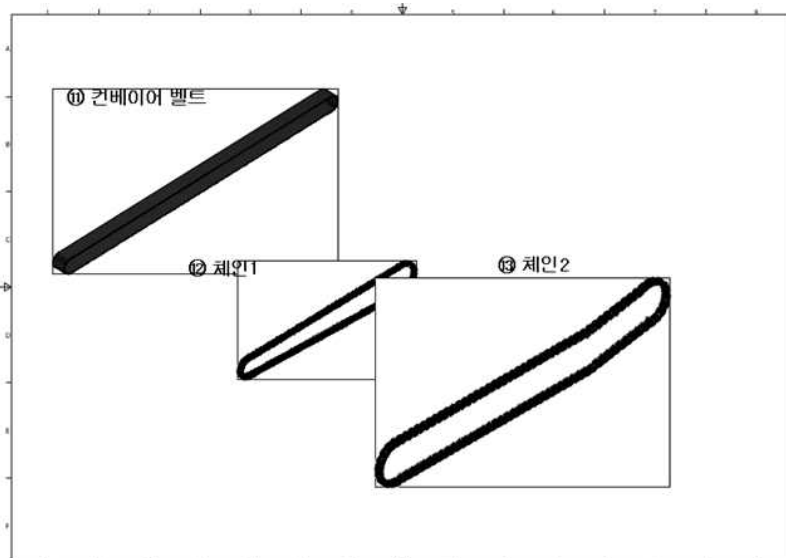


그림 115 컨베이어 벨트, 체인

(5) 분류기 조립도

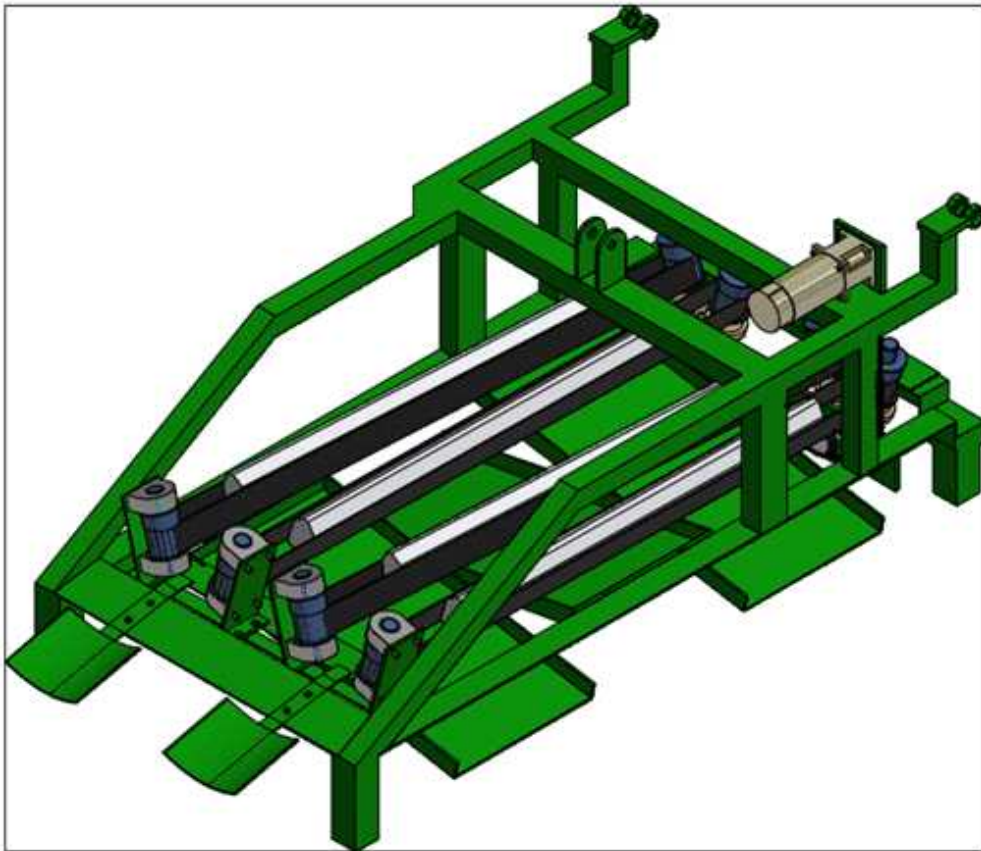


그림 116 분류기 조립도

(6) 분류기 부품번호 및 조립도

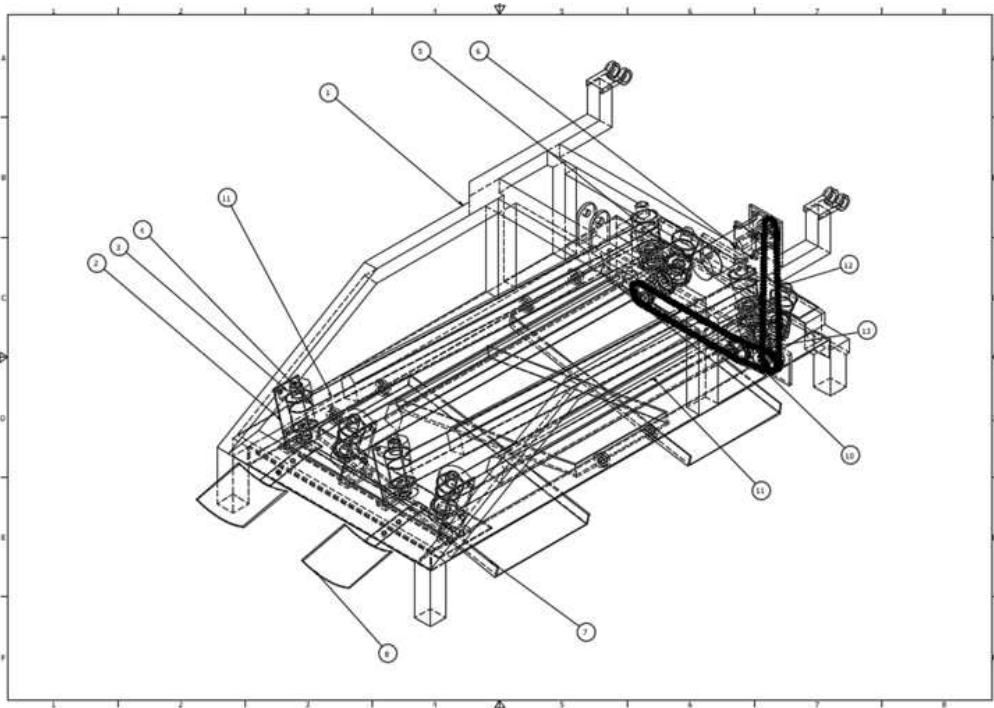


그림 117 분류기 부품번호 및 조립도

라. 굴취기 분류기 조립도

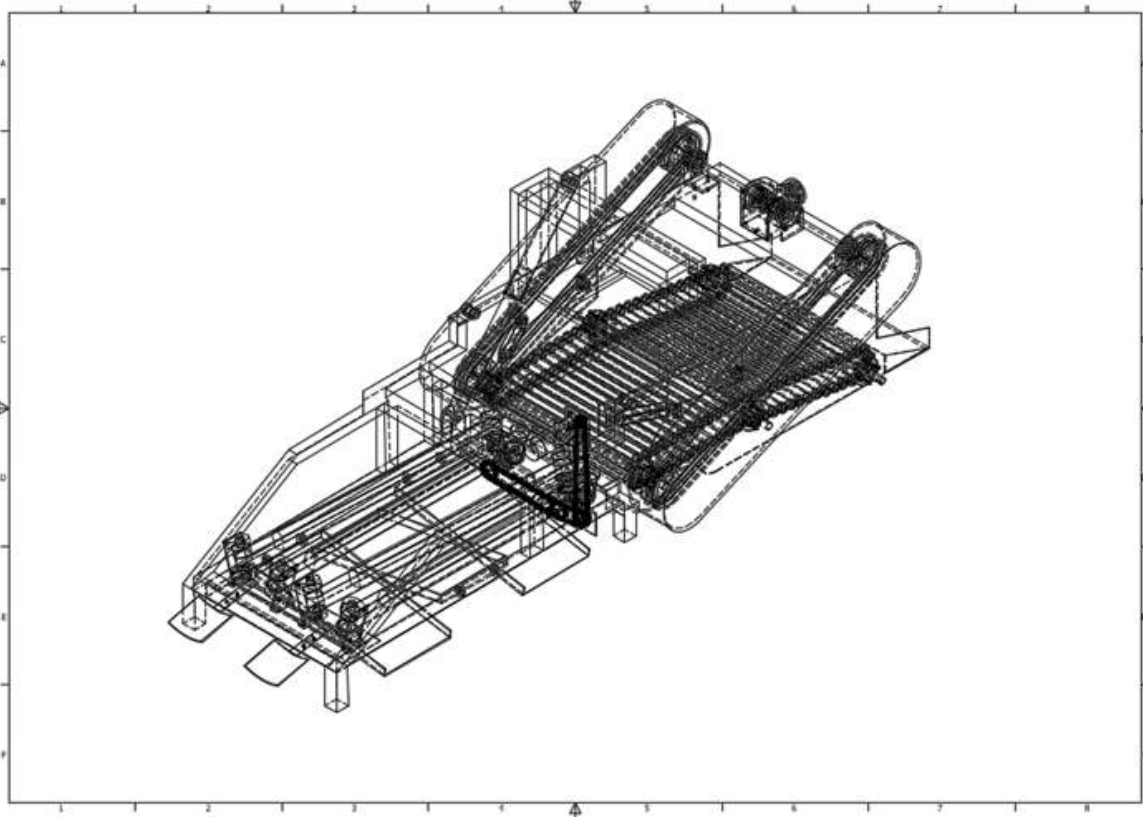
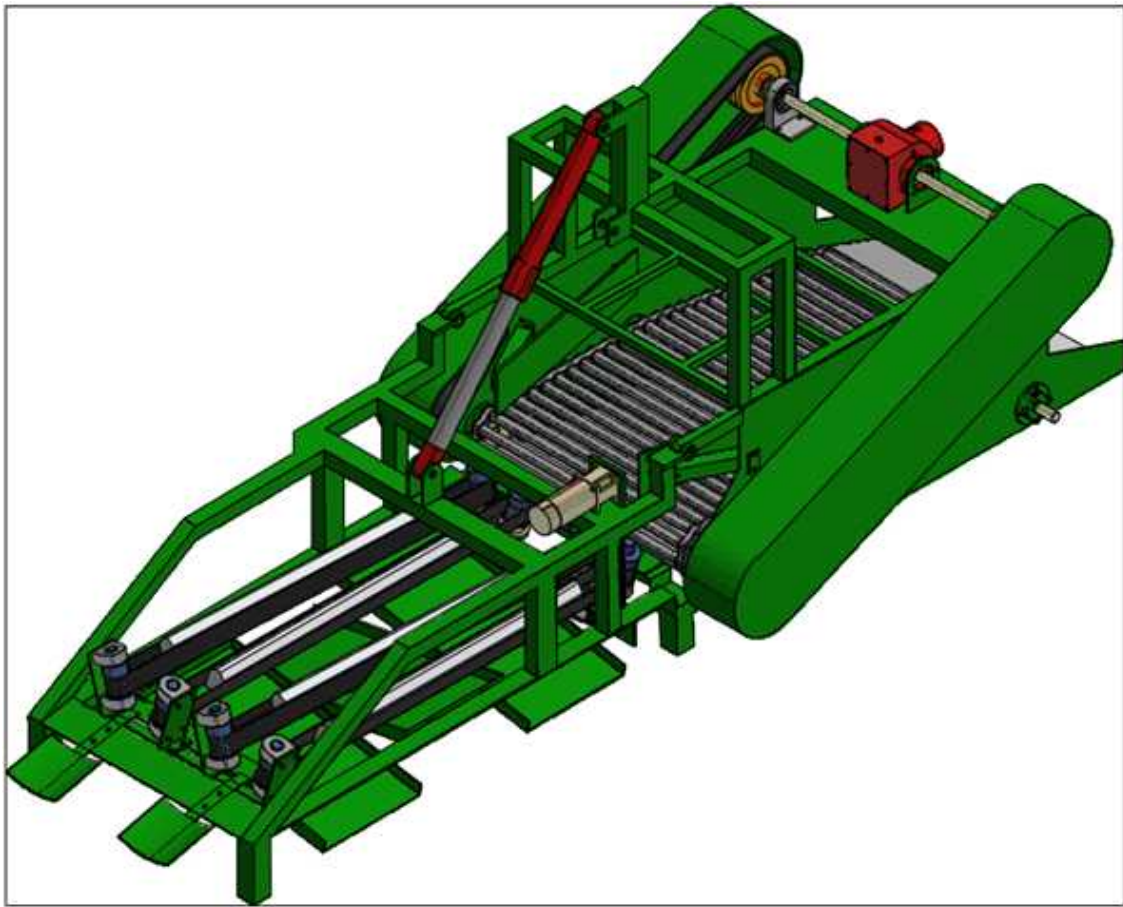


그림 118 굴취기 분류기 조립도

마. 굴취기 상차기 조립도

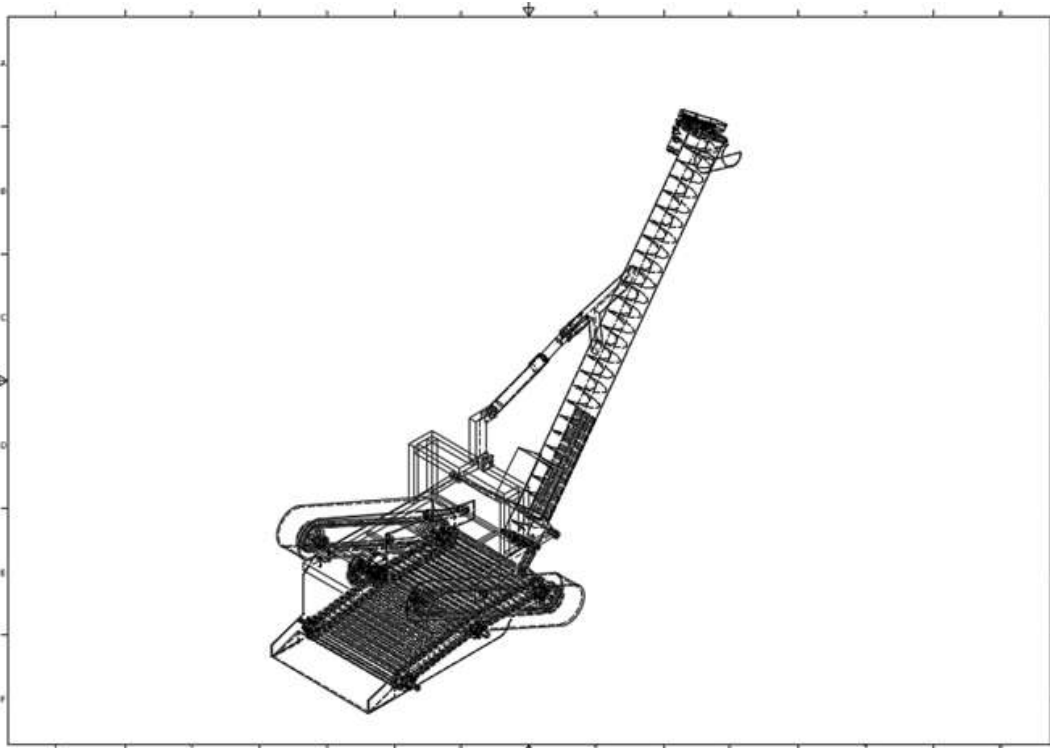
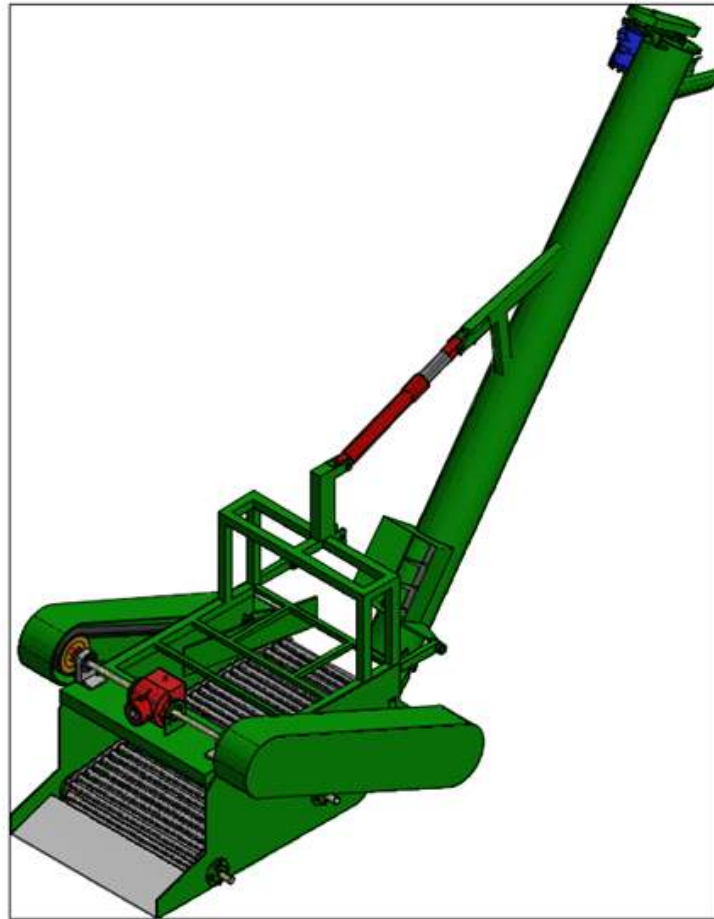


그림 119 굴취기 상차기 조립도

## 2-9 시제품 제작 및 기능시험

### 가. 분류기 제작

#### (1) 1차 시제품



그림 120 분류기 1차 시제품

#### (2) 분류기 기능테스트



그림 121 분류기 기능테스트

(3) 분류기 2차 시제품



그림 122 분류기 2차 시제품

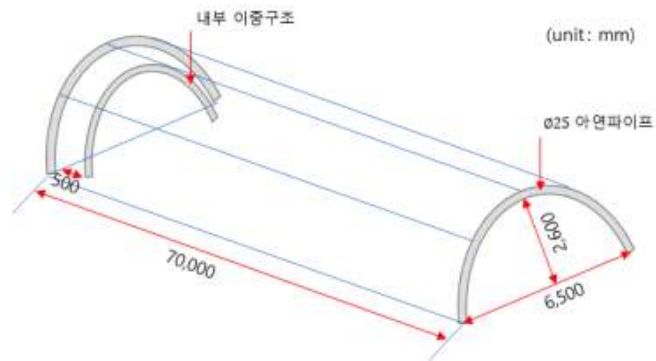
(4) 분류기 필드테스트



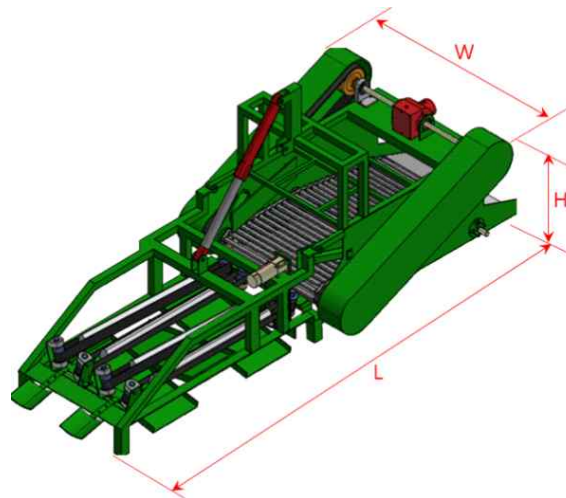
그림 123 분류기 필드테스트

(5) 분류기의 하우스 등 시설재배에 대한 적용 검토

개발한 감자분류기의 제원은  $w \times L \times H = 900 \times 3000 \times 800$  이고, 시설감자의 제원은 지름 $\times$ 높이=  $6,500 \times 2,600$  이므로 시설에서 감자수확에 적용할 경우 수확이 가능함을 아래와 같이 보였다.



(a) 시설의 제원



(b) 분류기의 제원



(c) 시설에서의 감자수확기 작업

그림 124 감자 분류기의 시설감자 적용

나. 상차기 제작

(1) 1차 시제품



그림 125 상차기 1차 시제품

(2) 2차 시제품



그림 126 상차기 2차 시제품

(3) 기능테스트



그림 127 상차기 기능테스트



(3) 상차기 필드테스트



그림 128 상차기 필드테스트

## 2-10. 성능평가

### 가. 분류기 성능평가



그림 129 분류기 성능평가장면

### 나. 상차기 성능평가



그림 130 상차기 성능평가장면

다. 백수집 중량 측정



그림 131 백수집량 측정

라. 성능평가 성적서

제 FACT21-0032 호

## 농업기계 성능시험 성적서

### 1. 신청인

- 가. 성명 :
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 :
- 라. 상호 :

### 2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 땅속작물수확기
- 나. 형식명 : YJ-900
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 굴취식, 굴취폭 90 cm

### 3. 시험번호 : 20-FACTMP-312

### 4. 시험성적 : 불임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험신청한 기  
대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 01월 14일

농업기술실용화재단 이사장



## 시 험 성 적

1. 기종명 : 땅속작물수확기
2. 시험번호 : 20-FACTMP-312
3. 형식명 : YJ-900
4. 형식 : 트랙터부착형 굴취식
5. 규격 : 굴취폭 90 cm
6. 시험 성적



### 6.1 구조

#### 6.1.1 기체의 크기

- 길이 4 410 mm
- 폭 1 170 mm
- 높이 2 450 mm
- 중량 610 kg

#### 6.1.2 동력전달장치

- 동력전달방식 기어, 벨트 및 유압식

#### 6.1.3 굴취장치

- 굴취방식 굴취날
- 굴취폭 90 cm
- 굴취깊이 조절방식 유압식(트랙터 3점지지부 조절)

#### 6.1.4 이송장치

- 형식 체인컨베이어
- 크기 폭 840 mm, 행정 1 240 mm
- 체인봉 외경 Ø 15 mm
- 체인봉 취부간격 50 mm

#### 6.1.5 배출구

- 배출방식 오거식
- 배출구 폭 Ø 240 mm



## 6.1.6 유압실린더

구분	유압실린더 규격 ( Ø 내경 × 행정 )	형 식	수량(개)
배출구(오거) 상·하 이동용	Ø40 mm × 300 mm	복동	1

## 6.2 성능시험

## 6.2.1 작업정도시험

## 시험조건

## · 포장조건

종류

밭

재배방식

등근두둑(1두둑 2조)

두둑높이

25 cm

두둑폭

85 cm (골폭 40 cm)

조간×주간

20 cm × 35 cm

## · 공시작물

수미감자

## · 굴취폭

95 cm(1두둑)

## · 굴취깊이

30 cm

## 시험성적

## · 굴취율

95.3 %

## · 손상률

4.7 %

## 6.2.2 작업능률시험

## 시험조건

## · 포장조건

작업정도 시험과 동일

## · 포장작업면적

20a (50 m × 20 m)

## 시험성적

## · 평균작업속도

0.4 m/s

## · 포장작업능률

59.5 min/10a(선회시간 11.7 min 포함)

## · 총수집량

504 kg (1행정: 50m)

## 6.2.3 분류성능시험

## 시험조건

## · 분류구분

대(220 g ~ 280 g)

중(160 g ~ 220 g)

소(100 g ~ 160 g)



- 평균투입개수                          대: 40개, 중: 50개, 소: 53개
- 시험성적
- 분류성능                                  대: 90.0 %, 중: 92.0 %, 소: 98.2 %

**7. 시험제품 개요**

- 가. 본 기대는 굴취폭이 90 cm인 트랙터부착형 굴취식 땅속작물수확기(감자)로  
굴취날에 의해 굴취된 감자는 컨베이어로 이송되어 후방 오거로 배출되는 구조임
- 나. 각 부는 트랙터 PTO축을 동력원으로 구동되며 유압실린더로 배출구(오거) 상·하  
이동이 가능한 구조임

**8. 시험결과**

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에  
따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원	김관우	연구원	조태경	진행연구원	박성민
-------	-----	-----	-----	-------	-----



2-11. 연구개발 성과

가. 특허 출원 및 등록

- (1) 발명의 명칭 구근류 분류장치
- (2) 출원번호 10-2019-0160653
- (3) 출원일자 2019년12월05일
- (4) 등록특허 10-2094232
- (5) 등록일자 2020년03월23일



등록특허 10-2094232

<b>(19) 대한민국특허청(KR)</b>	(46) 공고일자 2020년03월27일	(11) 등록번호 10-2094232
<b>(12) 등록특허공보(B1)</b>	(24) 등록일자 2020년03월23일	(73) 특허인자 박원주

(61) 국제특허분류(Int. Cl.) A01D 17/20 (2006.01) A01D 33/08 (2006.01)	(72) 발명자 박원주	(74) 대리인 이승희
(82) CPC특허분류 A01D 17/20 (2013.01) A01D 33/08 (2013.01)	(21) 출원번호 10-2019-0160653	
(22) 출원일자 2019년12월05일 실사청구일자 2019년12월06일		
(56) 선행기술조사분헌 JP2006007818 A* JP200600011 A* KR200160025861 A JP2020429 A *는 실사청구에 의하여 접수된 문헌		

전체 청구항 수 : 총 4 항 발사권 :  출명속

**(64) 발명의 명칭 구근류 분류장치**

**(57) 요약**

본 발명은 제1레이스 프레임; 상기 제1레이스 프레임에 고정되는 구근류 이송부; 상기 구근류 이송부 하부의 제1행체에 회전하고, 상기 구근류 이송부에서 나뉘는 제1구근류의 제1구근류를 제1구 방향으로 배출하기 위한 제1가이드바; 및 상기 구근류 이송부 하부의 제2행체에 회전하고, 상기 구근류 이송부에서 나뉘는 제2구근류의 제2구근류를 제2구 방향으로 배출하기 위한 제2가이드바를 포함하는 구근류 분류장치에 관한 것으로, 구근류의 재질과 분식에 이를 표기별로 분류할 수 있는 구근류 분류장치를 제공할 수 있다.

**배표도 - 도1a**



등록특허 10-2094232

(52) CPC특허분류 A01D 2017/103 (2013.01)	
이 발명을 지원한 국가연구개발사업	
과제고유번호	119004-02
부처명	농림축산식품부
연구관리지원기관	농림축산기술기획연구원
연구사업명	경남생산기술개발사업
연구과제명	선별 및 세수된 기동전원이 가능하고 시선잡자 및 노지잡자 수확권을 보급할 갈자수확기 개발
기여율	1/1
주관기관	충진기계
연구기간	2019.04.16 - 2020.12.31

그림 132 특허증



나. 전시회

- (1) 코로나19 이후 예정된 전시회가 취소됨으로 용진기계 자체적으로 전시회를 개최함
- (2) 장소 : 경상남도 밀양시 (주) 그린시드 앞
- (3) 장소 선정 : 전국에 씨감자를 공급하는 업체 그린시드 입구
- (4) 전시기간 : 2020년 12월 28일 ~ 2021년 1월 8일
- (5) 전시내용 :
  - 첨단생산기술개발사업의 연구결과 시제품 2건(상차기, 분류기)
  - 등록특허 설명
  - 제품카다로그 설명
  - 기술개발 성능평가 설명



그림 133 보급형 감자수확기 전시회

다. 학술회의 논문발표

Gyungju Kang, Moonkoo Jeong, Seokswoo Cho, "Design of Potato Classifier for the Mechanization of Potato Harvesting", pp 46-51, Proceedings of ISER International Conference, 19-20 Dec. 2020, Jeju Island Korea.



**DESIGN OF POTATO CLASSIFIER FOR THE MECHANIZATION OF POTATO HARVESTING**

GYUNGU KANG, MOONKOO JEONG, SEOKSWOO CHO

<sup>1</sup>Department of Mechanical Design Engineering, Kangwon Nat. University, Samcheok-si, Gangwon-do, Republic of Korea  
 Yeongsu Machinery Co., Ltd, Myeong-dong, Gyeongsangnam-do, Republic of Korea  
 Email: gkang@knu.ac.kr, yjeong173@naver.com, sccho394@kangwon.ac.kr

**Abstract** - The purpose of this paper is to design and manufacture a machine that classifies potatoes at the same time as digging potatoes to mechanize potato harvest. In order to design the potato classifier, the size of the potato was measured based on the national classification standard and the size of the potatoes being distributed in the market. Based on this, a conveyor belt truck that potatoes can be mechanically classified as small, medium, and large was designed. The power to drive the truck was calculated, the speed of operation and the damage rate of the potatoes were measured, and the speed range of which no damage occurred was determined. As a result of the design and manufacture of the classifier, the classification rates were 77%, 88% and 85% for small, medium, and large, respectively. If potatoes are well shaped, they can show a higher classification rate. The findings are expected to contribute to the automation of potato harvest.

**Keywords** - Potato Digger, Classifier, Potato Harvest, Design, Experiment

**1. INTRODUCTION**

Currently, the number of agricultural workers is decreasing in Korea country. From 2010 to 2019, the nation's farming population has been steadily decreasing. Not only is the number of farmers in Korea decreasing, but also the aging population continues. People in their 60s and older make up most of the farming population. And the mechanization rate of field farming is very low compared to rice farming. In 2019, the mechanization rate of field farming first exceeded 50%, but the mechanization rate of rice farming at that time was over 80%. The reason why the mechanization rate of field farming is so low is because of the lack of development of machines and the fact that the already developed machines are too expensive to purchase at small farms. Therefore, it is expected that if field farming machinery is supplied as a low-end type, the mechanization rate of field farming will be increased.

In potato farming, the need for potato harvest is emerging due to the shortage of manpower due to the aging population. The successful development of potato harvesters, which are the basis of this automated system for potato harvest, is considered a very important study in that it can solve manpower shortage as well as reduce the time required for existing potato harvesters.

Potato harvesters are largely divided into three categories: digging to separate potatoes from soil, classifying potatoes by size, and putting potatoes in trucks.

The study of digging [1-5] has been made in part. Some studies were carried on classifying potatoes by color and machine vision system [6-8]. In this study, classifiers were mainly examined. The classification method is on the system of the diffuse angle of the conveyor belt, which transfers potatoes by obtaining a correlation between the size classification criteria and the weight of potatoes. As a result, the potato size was classified into small, medium, large, and extra-large. The existing classification methods are mainly mesh type and tilt type. The mesh type allows potatoes to be classified by size as they pass through a mesh-type conveyor system with different dimensions. The horizontal tilt type is a method in which a conveyor system consisting of circular rods is classified while transferring potatoes. When potatoes are transferred, potatoes are classified according to the gap between the circular rods of the conveyor system.

As a result of examining present and commercial products for mechanization of potato farming, most of the machines are large. There will be no space constraint in the case of potatoes harvested in the open land, but in the case of vinyl housepotatoes, it is difficult for large machines to be installed in the house because of space constraints. Thus, by developing a small classifier, it is to produce a classifier available in the house. In addition, the purpose of this paper is to develop devices to maximize the efficiency of farming by enabling screening function, thereby reducing manpower shortage and preventing profit for farmers due to reduced labor cost.

**2. DESIGN PARAMETERS**

**2.1. Method of Size Classification According to Potato Specifications**

The size of potatoes in Korea country has been investigated and sorted out. According to the data provided by the Rural Development Administration, Korean potatoes were classified into extra-large(EL), large(L), medium(M), small(S), and special sizes(SS) by weight(Table 1), while in the United States, potato sizes were classified by maximum diameter.

Proceedings of ISER International Conference, Jeju Island, South Korea, 19<sup>th</sup> - 20<sup>th</sup> December, 2020

그림 134 학술대회 발표논문물

라. 기술 실시계약 체결

- 기술료 감면 승인 및 기술료 납부 후 실시계약 체결 (전담기관 공문 : 용진기계-201202호(2020.12.24.))

마. 사업화 매출 실적

- 본 사업 결과물을 토대로 제품화한 감자수확기에 대해 2020년 11월부터 2020년 12월까지 매출 20,000천원을 달성하였다.

바. 사업화성과 및 매출실적

- 사업화 성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.2 억원
			향후 3년간 매출	1 억원
		관련제품	개발후 현재까지	0억원
			향후 3년간 매출	0억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 100% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 50% 국외 : 0%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 0% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 0% 국외 : 0%
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		위

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1			
	소요예산(백만원)	10			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0.2	1	2	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	100	50	40
국외		0	5	10	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	맥문동 수확기 딸기 분류기			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	0	0.5	1	
	수 출	0	1	2	

### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표

##### 가. 최종목표

(1) 선별 및 백수집 기능 전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확 겸용 보급형 감자수확기 개발

- 시설감자(하우스감자)의 경우 굴취와 동시에 중·상·대·특대 크기의 감자를 선별하여 별도의 선별작업시간을 줄여주는 선별기능이 있는 감자수확기 개발
- 노지감자 수확의 경우 감자의 굴취 이송 및 수집용 차량의 수집백으로 이송이 가능한 감자수확기 개발
- 시설감자 수확용 장치와 노지감자 수확용 장치의 기능전환이 가능한 감자수확기 개발
- 트랙트에 장착이 가능한 보급형 감자수확기 개발

(2) 노지감자의 수확 개념도

- 굴취부에서 굴취된 감자는 굴취부의 호퍼에 의해 한 곳으로 모여들고
- 스크류 방식의 상차부의 입구부에 들어 온 후에 스크류의 회전에 의해 감자는 이동하며 트랙의 수집백으로 수집이 됨
- 1톤 트랙에는 수집백을 두고 500Kg 백에 수집함

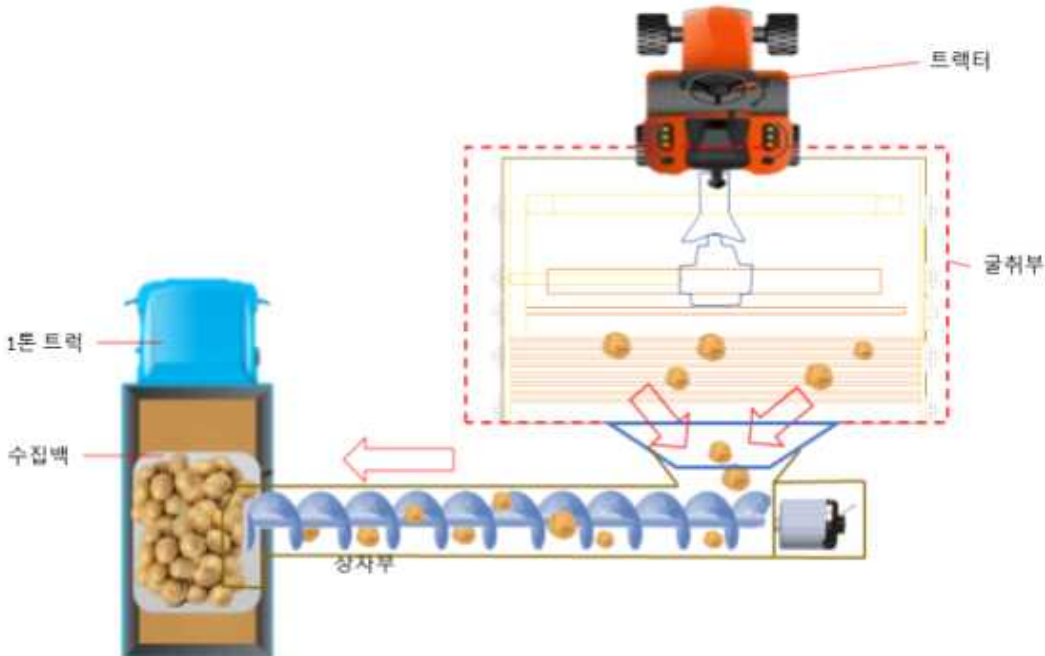


그림 135 개발품을 사용한 노지감자의 수확개념도

(3) 시설감자의 수확 개념도

- 굴취부에서 굴취된 감자는 굴취부의 호퍼에 의해 한 곳으로 모여들고
- 스크류 방식의 선별기 입구부에 감자가 들어 온 후에
- 한쌍의 스크류는 각이 떨어져 있고 마주보며 회전함.

- 그 회전에 의해 감자는 사다리꼴로 벌어진 스크류에 의해 작은 것부터 아래로 떨어지며, 대중소의 호퍼로 이동하여 두둑에 생성된 두둑홈으로 떨어져 선별됨

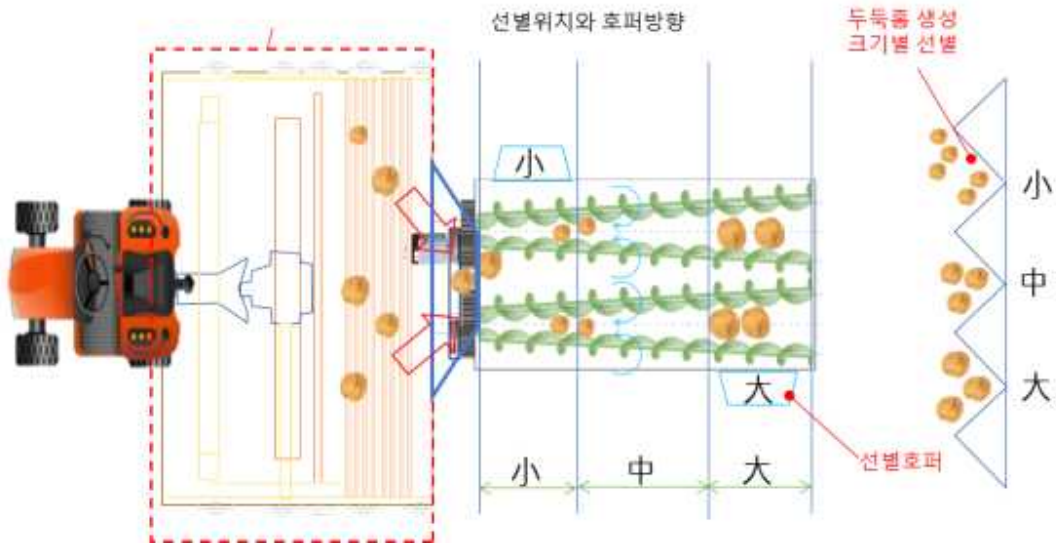


그림 136 개발품을 사용한 시설감자의 수확개념도

나. 세부목표

- (1) 주요 성능지표 및 측정방법은 아래 표와 같다.

표 14 주요 성능지표 및 측정방법

< 주요 성능지표 개요 >				
주요 성능지표	단위	최종 개발목표	가중치 (%)	측정기관
1. 작업성능	min/10a	60 이하	20	공인기관입회
2. 손상율	%	5 미만	20	공인기관입회
3. 백수집	kg	500 이상	30	공인기관입회
4. 감자분류성능	%	90이상	30	공인기관입회

### 3-2. 목표 달성도

#### 가. 시제품 제작

목표	결과	달성도
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 선별 및 백수집 기능 전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확 겸용 보급형 감자수확기 개발</li> <li>- 시설감자(하우스감자)의 경우 굴취와 동시에 중·상·대·특대 크기의 감자를 선별하여 별도의 선별작업시간을 줄여주는 선별기능이 있는 감자수확기 개발</li> <li>- 노지감자 수확의 경우 감자의 굴취 이송 및 수집용 차량의 수집백으로 이송이 가능한 감자수확기 개발</li> <li>- 시설감자 수확용 장치와 노지감자 수확용 장치의 기능전환이 가능한 감자수확기 개발</li> <li>- 트랙트에 장착이 가능한 보급형 감자수확기 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대중소 감자 선별기 제작</li> <li>- 백수집 기능의 상차기 제작</li> <li>- 선별기 및 상차기의 기능전환이 가능하도록 제품 개발</li> <li>- 시설감자 및 노지감자에 모두 사용 가능</li> <li>- 트랙트에 장착됨</li> </ul>	100%

#### 나. 성능시험 결과

주요 성능지표	단위	최종 개발목표	시험결과	달성도
1. 작업성능	min/10a	60 이하	59.5 min/10 a (선회시간 11.7 min포함)	100%
2. 손상율	%	5 미만	4.7 %	
3. 백수집	kg	500 이상	504 kg	
4. 감자분류성능	%	90이상	대: 90.0%, 중 : 92.0%, 소 : 98.2%	

다. 사업화 목표

- 개발한 감자수확기의 판로를 확보하기 위해 지속적 마케팅 활동을 추진할 예정임
- 지자체에서 지원하는 농촌 지원사업에 적극적으로 참여
- 국내 농기계 박람회에 참가하여 지자체 관계자에게 홍보
- 농민협동조합과 기존 레저사업자 적극홍보
- 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률( 약칭: 국가계약법 )을 근거로 국가를 상대로 하는 입찰에 참여하기 위해 조달청의 나라장터에 물품을 등록하고 입찰 참여
- 선별 및 백수집 기능전환이가능하고시설감자및노지감자수확겸용보급형감자수확기의 특허 등록을 추진하여 등록 후 수의계약에 의해 국가기관에 보급함
- 해외 판촉활동 활성화를 위한 전략
- 해외 거래처 확보를 위해서 일본, 태국, 필리핀 등의 동남아시아와 영국, 프랑스, 독일 등의 유럽국가의 KOTRA해외 무역관에 현지시장조사 및 고객발굴사업을 신청하고 발굴된 고객(현지 딜러)을 통해서 각 국가로 판매망을 확보함

#### 4. 연구결과의 활용 계획 등

- 본 제품의 경우 선별 및 백수집 기능전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확겸용 보급형 감자수확기로 우선 개발 보급되지만, 개발의 핵심기술이 될 수 있는 굴취, 이송, 선별기술에 대한 심도 있는 연구를 통해 다작물 수확기, 감자와 흙과 돌의 분리가 가능한 감자수확기 제작 분야로 활용가능함.
- 노지감자와 시설감자의 특성에 맞는 수확 겸용 기술을 개발함으로써 노지와 하우스에서 재배되는 채소류의 수확기 개발에 응용 가능함
- 국내 토양의 특성에 맞는 굴취와 분리기술을 개발함으로써, 국내 동종의 밭에 생육하는 채소류의 수확기 개발에 활용 가능함.



## 붙임. 참고문헌

1. 농림축산식품부 「농업기계 보유현황」
2. 농촌진흥청 우리나라 감자 규격
3. 기상청 전국 여름 평균기온
4. Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA 5th Edition
5. Autodesk Inventor
6. [https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Potato\\_Standard%5B1%5D.pdf](https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Potato_Standard%5B1%5D.pdf)
7. <https://patentimages.storage.googleapis.com/bf/b4/95/4fca0ef73f0814/KR20170128343A.pdf>
8. [https://www.powertransmission.com/articles/0618/Thrust\\_Cone\\_Bearings\\_Provide\\_Increased\\_Efficiency\\_for\\_Helical\\_Gear\\_Units\\_at\\_Moderate\\_Speed\\_Levels/](https://www.powertransmission.com/articles/0618/Thrust_Cone_Bearings_Provide_Increased_Efficiency_for_Helical_Gear_Units_at_Moderate_Speed_Levels/)
9. <https://electronics.stackexchange.com/questions/222373/dc-motor-and-power>
10. <https://www.ceramicspeed.com/en/cycling/inside/test-data-reports/chain-efficiency-vs-ride-r-output/>
11. [https://www.researchgate.net/figure/Diagrams-of-efficiency-as-a-function-of-output-power-for-the-main-shaft-speed-n-156\\_fig10\\_260550440](https://www.researchgate.net/figure/Diagrams-of-efficiency-as-a-function-of-output-power-for-the-main-shaft-speed-n-156_fig10_260550440)

[별첨 1]

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 선별 및 백수집 기능전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확겸용 보급형 감자수확기 개발				
	(영문)Development of low-grade potato harvester with switching functions of screening and bag collection and for harvesting of facility potatoes and outdoor potatoes				
주관연구기관	용진기계		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 용진기계	
참 여 기 업	용진기계			(성명) 정 문 구	
총연구개발비  (천원)	계	314,000	총 연 구 기 간	2019.04.16. - 2020.12.31( 1년 9월)	
	정부출연 연구개발비	235,000	총 참 여 원 수	총 인 원	7
	기업부담금	79,000		내부인원	6
	연구기관부담금	0		외부인원	1
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목표 : 선별 및 백수집 기능 전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확 겸용 보급형 감자수확기 개발</li> <li>- 성과 : 선별 및 백수집 기능 전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확 겸용 보급형 감자수확기 제품개발</li> </ul> <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노지감자 수확을 위한 감자수확기 : 굴취부, 이송부, 상차부로 구성되어 굴취부에서 감자를 굴취하여 이송부로이동하고 상차부에서는1톤 트럭에 상차를 할 수 있도록 구성된 수확기 개발</li> <li>- 시설감자 수확을 위한 감자수확기는 굴취부, 이송부, 선별부로 구성한 감자수확기 개발</li> <li>- 감자수확기의 세부목표 주요성능지표 달성 : 작업성능 60min/10a이하, 손상을 5%미만, 백수집 500kg이상, 대중소 분류성능 90% 이상</li> </ul> <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업화 지표 달성 : 특허출원 1건, 특허출원 1건, 제품화 1건, 매출액 20백만원</li> <li>- 연구기반 지표달성: 학술발표 1건, 홍보전시 1건</li> <li>- 계획 : 지자체에서 지원하는 농촌 지원사업에 적극적으로 참여 국내 농기계 박람회에 참가하여 지자체 관계자에게 홍보 농민협동조합과 기존 레저사업자 적극홍보</li> </ul>					

[별첨 2]

## 자체평가의견서

1.

		과제번호	119004-02		
사업구분	첨단생산기술개발사업				
연구분야	농업기계		과제구분	단위	
사업명	첨단생산기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	선별 및 백수집 기능전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확겸용 보급형 감자수확기 개발		과제유형	(기초,응용,개발)	
연구기관	용진기계		연구책임자	정 문 구	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2019. 04. 16. - 2019. 12. 31.	98,000	33,000	131,000
	2차연도	2020. 01. 01. - 2020. 12. 31.	137,000	46,000	183,000
	3차연도	-	-	-	-
	4차연도	-	-	-	-
	5차연도	-	-	-	-
	계	2019. 04. 16. - 2020. 12. 31.	235,000	79,000	314,000
참여기업	용진기계				
상대국	(해당없음)	상대국연구기관	(해당없음)		

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021. 02. 10

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
용진기계	대표	정 문 구

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	
-----	---

## I. 연구개발실적

다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 과제에서 개발한 제품은 선별과 백수집 기능이 가능한 제품으로 각각 개발하여 트랙터에 부착되는 굴취기와 연결하여 사용용도에 따라서 선별과 백수집을 함으로써 용도전환이 용이하고, 시설감자와 노지 감자수확에 사용이 가능할 뿐 아니라 비교적 간단한 장치로 가격이 저렴한 보급형으로 제작함으로써 우수한 제품으로 평가됨.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 제품의 경우 선별 및 백수집 기능전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확겸용 보급형 감자수확기로 우선 개발 보급되지만, 개발의 핵심기술이 될 수 있는 굴취, 이송, 선별기술에 대한 심도 있는 연구를 통해 다작물 수확기, 감자와 흙과 돌의 분리가 가능한 감자수확기 제작 분야로 활용 가능함.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

감자 수확과정에 가장 필요한 것은 감자를 현장에서 대중소로 분류하는 것과, 출하시기를 조절하기 위해서 백수집한 다음 창고에 보관하는 기계 장치인데, 이 것은 둘 다 국내에 개발되어 있지 않음. 또한 기존에 연구과제를 통해서 개발된 제품들은 장비가 고가이어서 영세한 농민의 경제 수준으로는 구매하기가 어려운 제품들이었음. 본 과제의 개발품은 보급형으로 제품 활용가능성이 아주 높음.

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 개발품은 굴취기, 선별기, 상차기로 구성되며 서로 호환이 되도록 하였으며, 설계를 위해 감자의 국내의 규격과 시장에 유통되는 감자의 크기를 조사하였고, 이론계산과 구조해석을 통해 설계, 초도품을 통한 선별검토, 1차 시제품을 통한 문제점 도출 및 개선을 거쳐 2차시제품, 현장 테스트, 성능시험을 거쳐 완성하였음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

<p>- 특허 출원 및 등록                  (1) 발명의 명칭 구근류 분류장치, (2) 출원번호 10-2019-0160653, (3) 출원일자 2019년12월05일                  (4) 등록특허 10-2094232, (5) 등록일자 2020년03월23일</p> <p>- 학술대회 논문 발표                  Gyungju Kang, Moonkoo Jeong, Seokwoo Cho, "Design of Potato Classifier for the Mechanization of Potato Harvesting", pp 46-51, Proceedings of ISER International Conference, 19-20 Dec. 2020, Jeju Island Korea.</p>
--

II . 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
선별 및 백수집 기능 전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확 겸용 보급형 감자수확기 개발	30	100	선별 및 백수집 기능 전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확 겸용 보급형 감자수확기 개발함
시설감자(하우스감자)의 경우 굴취와 동시에 중·상·대·특대 크기의 감자를 선별하여 별도의 선별작업시간을 줄여주는 선별기능이 있는 감자수확기 개발	30	100	감자의 크기별로 감자 굴취와 함께 선별되어 별도의 선별작업시간을 줄여주는 선별기능이 있는 감자수확기 개발함
노지감자 수확의 경우 감자의 굴취 이송 및 수집용 차량의 수집백으로 이송이 가능한 감자수확기 개발	15	100	감자의 굴취와 백수집이 가능한 감자수확기를 개발함
시설감자 수확용 장치와 노지감자 수확용 장치의 기능전환이 가능한 감자수확기 개발	15	100	굴취기는 감자의 굴취기능을 하며, 굴취 후 선별을 하려면 선별기장착, 상차를 하려면 상차기장착, 이러한 기능의 전환이 가능하도록 개발함
트랙트에 장착이 가능한 보급형 감자수확기 개발	10	100	어느 농가에나 있는 트랙터에 부착하여 사용가능 하도록 하여 보급형으로 제작함
합계	100점	100	

### III. 종합의견

#### 1. 대한 종합의견

연구계획서 상에서 제안된 감자의 굴취기능, 상차기능, 분류기능 및 노지감자와 시설감자에 적응성이 있고, 상차기능과 분류기능의 기능전환이 가능한 보급형 감자수확기를 개발하였음.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

40여년간 농기계를 전문적으로 개발해온 과제책임자는 농업현장의 상황과 필요를 잘 알고 있음. 특히, 국내의 감자 농업의 규모와 지형의 특징에 부합한 감자수확기와 분류기 및 상차기의 개발은 국내여건에 맞춘 작품임. 성능평가 당시 감자수확관련 인력들이 입회를 하였으며, 제품의 필요성과 우수성 및 사업성을 높이 평가하였음.

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

감자 수확기, 감자 분류기, 감자 상차기, 다작물 수확기, 감자와 흙과 들의 분리가 가능한 감자수확기 등으로 사업화

### IV. 보안성 검토

※ 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

#### 1. 의견

#### 2. 연구기관 자체의 검토결과

[별첨 3]

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	발농업 기계화	
연구과제명	선별 및 백수집 기능전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확겸용 보급형 감자수확기 개발			
주관연구기관	용진기계		주관연구책임자	정문구
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	235,000천원	79,000천원	0천원	314,000천원
연구개발기간	2019. 04. 16. - 2020. 12. 31. ( 21개월)			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(                      ) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:                      )			

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
①선별 및 백수집 기능 전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확 겸용 보급형 감자수확기 개발	선별 및 백수집 기능 전환이 가능하고 시설감자 및 노지감자 수확 겸용 보급형 감자수확기 개발함
②시설감자(하우스감자)의 경우 굴취와 동시에 중·상·대·특대 크기의 감자를 선별하여 별도의 선별작업시간을 줄여주는 선별기능이 있는 감자수확기 개발	감자의 크기별로 감자 굴취와 함께 선별되어 별도의 선별작업시간을 줄여주는 선별기능이 있는 감자수확기 개발함
③노지감자 수확의 경우 감자의 굴취 이송 및 수집용 차량의 수집백으로 이송이 가능한 감자수확기 개발	감자의 굴취와 백수집이 가능한 감자수확기를 개발함
④시설감자 수확용 장치와 노지감자 수확용 장치의 기능전환이 가능한 감자수확기 개발	굴취기는 감자의 굴취기능을 하며, 굴취 후 선별을 하려면 선별기장착, 상차를 하려면 상차기장착, 이러한 기능의 전환이 가능하도록 개발함
⑤트랙터에 장착이 가능한 보급형 감자수확기 개발	어느 농가에나 있는 트랙터에 부착하여 사용가능하도록 하여 보급형으로 제작함

\* 결과에 대한 의견 첨부 가능

### 3. 연구목표 대비 성과

성과목표	사업화지표(가중치 85%)										연구기반지표(가중치 15%)									
	지식 재산권			기술 실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책 활용		기타(타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		논문평균IF	학술발표			정책 활용	홍보진시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	20			10		25	30						5				10			
최종목표	1	1		1		1	350	70	3			2	1				1			
연간내 목표	1			1		1	20					1	1				1			
연간내 달성실적	1	1		1	320	1	20		4			0	1				1			
연간내 달성율(%)	100	100		100		100	100		100			0	100				100			

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	감자의 크기별로 감자 굴취와 함께 선별되어 별도의 선별작업시간을 줄여주는 선별기능이 있는 감자수확기 설계
②	감자의 굴취와 백수집이 가능한 스크류식 상차기 설계
③	감자와 흙을 분리하기 위한 진동설계기술 트랙터의 동력, 유압을 사용한 기계 설계 기술
④	회전축간 거리가 있는 운동체의 동력전달 장치 설계 및 제작기술 DC모터를 회전장치에 배치 설계 및 제작기술 및 유압기구와 트랙터 유압장치 연결 및 작동기술

### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허출원	산업체이전(상품화)	현장에로결해	정책자료	기타
①의 기술	V	V				V				
②의 기술		V								
③의 기술		V								
④의 기술					V					



6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	감자 굴취 및 선별기 사업화
②의 기술	감자 굴취 및 상차기 사업화
③의 기술	발작물과 흙을 분리하여 수확하는 땅속 작물 수확기 개발에 응용
④의 기술	채소 수확기, 다기능 수확기 개발에 응용

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치	20			10		25	30							5				10	
최종목표	1	1		1		1	350	70	3			2		1				1	
연구기간내 달성실적	1	1		1	3.29	1	20		4			0		1				1	
연구종료후 성과창출 계획							330	70				2							

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	감자 수확기 노하우		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	3,290 천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타( 직접실시 )		
이전소요기간	2020.06.01.~2028.05.31	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2020.10
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	직접실시		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리  
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

#### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.