

320031-3

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( ) 발간등록번호( O )  
첨단농기계산업화기술개발사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004323-01

APC용  
과일(사과, 배)  
상자  
자동공급장치  
및 과일  
품질측정  
고도화를 위한  
자동조절장치  
개발

# APC용 과일(사과, 배)상자 자동공급장치 및 과일 품질측정 고도화를 위한 자동조절장치 개발

2022

2023.05.26.

주관연구기관 / 주식회사 한아  
공동연구기관 / 강원대학교 산학협력단  
공동연구기관 / 한국농업기술진흥원

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “APC용 과일(사과, 배)상자 자동공급장치 및 과일 품질측정 고도화를 위한 자동조절장치 개발”(개발기간 : 2020.04.29 ~ 2022.12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 05. 26.

주관연구기관명 : 주식회사 한아 (대표자) 송창금 (인)  
공동연구기관명 : 강원대학교 산학협력단 (대표자) 장철성 (인)  
공동연구기관명 : 한국농업기술진흥원 (대표자) 안호근 (인)

주관연구책임자 : 심재록  
공동연구책임자 : 모창연  
공동연구책임자 : 안치국

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서							보안등급						
							일반[○], 보안[ ]						
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명	사업명		첨단농기계산업화기술 개발사업					
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술				내역사업명 (해당 시 작성)							
공고번호		제 농축 2020-63호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)								
					연구개발과제번호		320031-3						
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0804	50%	EA0504	20%	EA0802	10%						
	농림식품과학기술분류	RC0102	30%	RC0104	50%	RC0404	20%						
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문											
		영문											
연구개발과제명		국문		APC용 과일(사과, 배)상자 자동공급장치 및 과일 품질측정 고도화를 위한 자동조절장치 개발									
		영문		Development of automatic feeding device and automatic controller of non-destructive sensing device for advanced quality measurement of APC									
주관연구개발기관		기관명		(주)한아		사업자등록번호		409-81-18026					
		주소		(62412) 평동산단2번로 233		법인등록번호		200111-00037171					
연구책임자		성명		심재록		직위		부회장					
		연락처		직장전화		휴대전화		-					
				전자우편		국가연구자번호		11578337					
연구개발기간		전체		2020. 04. 29 - 2022. 12. 31 (2년 9개월)									
		단계		1단계		2020. 04. 29 - 2022. 12. 31 (2년 9개월)							
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 외 지원금			
		현금		현금		현물		현금			현물		합계
총계		1,466,000		35,600		454,400		1,501,600		454,400		1,956,000	
1단계	1년차	400,000				134,000		400,000		134,000		534,000	
	2년차	533,000		17,800		160,200		550,800		160,200		711,000	
	3년차	533,000		17,800		160,200		550,800		160,200		711,000	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고	
		강원대학교 산학협력단		모창연		조교수		-		-		공동 대학	
		한국농업 기술진흥원		안치국		선임 연구원		-		-		공동 출연연	
연구개발기관 외 기관													
연구개발담당자 실무담당자		성명		곽남수		직위		연구소장					
		연락처		직장전화		062-945-2101		휴대전화		-			
				전자우편		-		국가연구자번호		10880971			

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2023년 02월 24일

연구책임자: 심재록 (인)

주관연구개발기관의 장: 송창금 (직인)

공동연구개발기관의 장: 안호근 (직인)

공동연구개발기관의 장: 장철성 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	첨단농기계산업화기술개발사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호		320031-3	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0804	50%	EA0504	20%	EA0802	10%
	농림식품 과학기술분류	RC0102	30%	RC0104	50%	RC0404	20%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명	APC용 과일(사과, 배)상자 자동공급장치 및 과일 품질측정 고도화를 위한 자동조절장치 개발						
전체 연구개발기간	2020. 04. 29 - 2022. 12. 31( 2년 9개월)						
총 연구개발비	총 1,956,000천원 (정부지원연구개발비:1,466,000천원, 기관부담연구개발비 :490,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[○] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( 5 ) 종료시점 목표( 8 )	
연구개발과제 유형							
연구개발과제 특성							

연구개발 목표 및 내용	최종 목표		중소형 APC 전용 과일 공급장치 (압상 방지 덤핑장치) 개발				
	전체 내용		중소형 과일 공급 장치 최적화 개발 및 자동 선별 기술 고도화				
	1단계 (해당 시 작성)	목표	1. 현장 실태 조사 2. 중소형 디팔렛타이저 설계 샘플 제작				
		내용	지역 실태 및 현장환경 파악, 디팔렛타이저 모델 시작품 제작				
			디팔렛타이저 개선, 자동덤프장치 개발, 과일측정부 자동 측정 기술 개발				
		1. 중소형 자동 공급 장치 개발 2. 자동 덤핑 장치 개발 3. 과일 크기 자동인식 특성 구명 및 알고리즘 개발 4. 당도 측정 정밀도 평가 방법 및 시스템 개발					

연구개발성과	● 사업화 매출액 : 9.8억 ● 특허등록 : 2건 ● SCIE 게재 : 1건						
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	1. 중소형 APC에 적합한 과일 자동투입 및 자동공급장치 개발로 요구 인력 및 투입 인건비 절감 2. 과일 내부품질 측정정확도 향상으로 고품질 과일 유통시킴으로서 소비자의 만족도 향상 및 국산 과일의 품질신뢰도 향상 3. 과일 내부품질 측정기술 고도화 및 검증 방안 마련으로 세계를 선도하는 비파괴 선별 기술 확보						
연구개발성과의 비공개여부 및 사유							

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문 (발표)	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신제품	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	10	4	1									
	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	자동공급장치		내부품질		자동조절장치		선별		과일			
영문핵심어 (5개 이내)	Automatic Feeding		Internal Quality		Automatic Controller		Sorting		Fruit			

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요.....	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용.....	23
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도.....	188
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성).....	196
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도.....	197
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획.....	197
별첨 자료 (참고 문헌 등).....	200

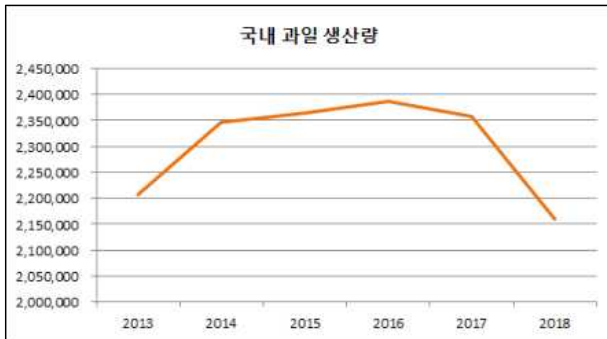
# 1. 연구개발과제의 개요

## 1) 연구개발의 필요성

### □ 국내 과일 생산 농가 현황

○ 생산량 ▲ / 농가수 ▼ / 경영주 연령 ▲

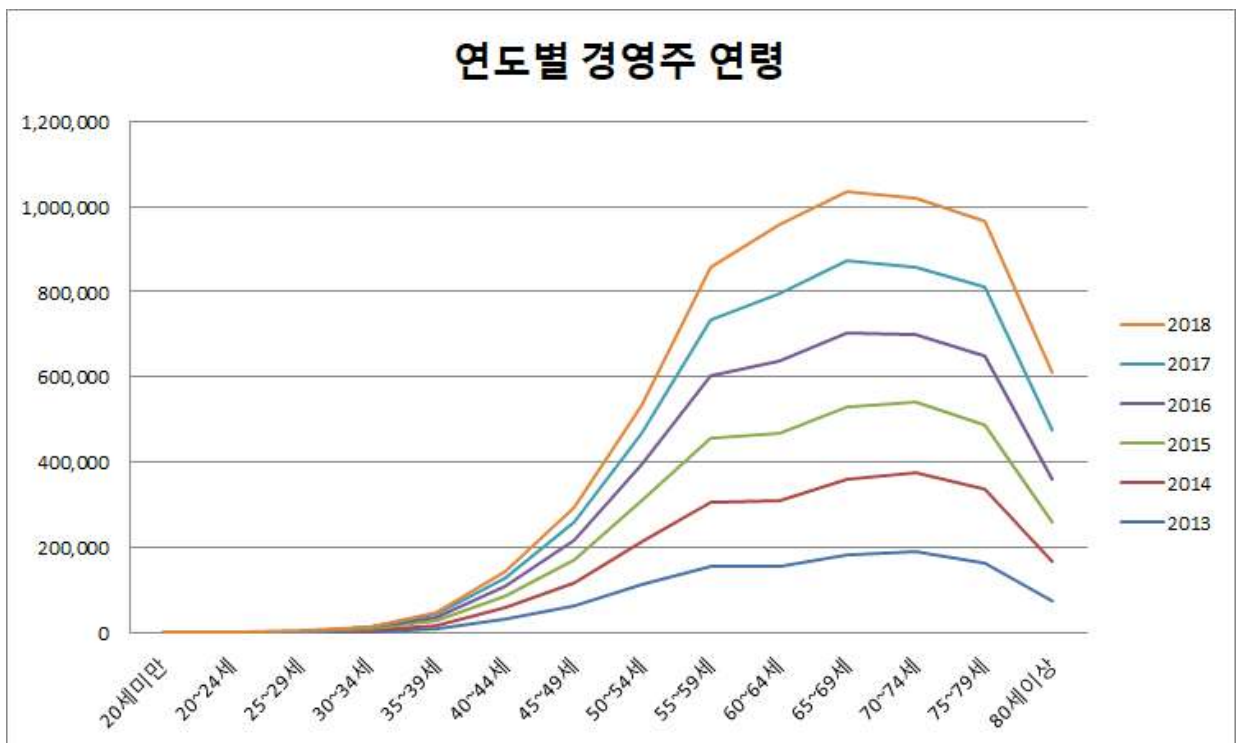
- 국내 과일의 생산량은 최근 5년간 일정 수준을 유지하고 있는 반면, 생산농가는 지속적으로 감소하고 있으며 대부분 고령으로 구성되어 있음
  - 2018년의 경우 폭염으로 인한 열과 피해로 생산량 감소
- 농가수는 적어지지만 생산 규모는 커지고 있는 반면 고령화가 뚜렷함



[그림 2] 국내 과일 생산량



[그림 3] 과수 재배 농가수



[그림 4] 경영주 연령

(출처 : 통계청 국가통계포털, 농작물생산조사 정보 재가공)

## □ 과일선별기 도입의 필요성

- 과일 가격 결정에 가장 큰 영향을 미치는 당도와 산도는 지금까지 소비자가 직접 먹어보기 전에는 알 수 없으므로 외관(크기, 색깔 등) 보고 맛을 예측하거나 몇 개에 대한 표본검사 결과에 의존하여 왔음
  - 그러나, 과일의 맛은 크기와 색깔 등과는 상관관계가 높지 않고, 개체 간 품질차이도 매우 커서 표본검사 결과를 신뢰할 수도 없는 상황임
- 소비자의 구매패턴이 고급화·다양화될수록, 대형유통업체는 판매전략 차원에서도 색깔, 크기 등 외관품위 뿐만 아니라 내부품질까지 규격화된 고품질의 농산물을 대량으로 요구하고 있음
  - **과일선별은 단순히 부가가치 향상을 위한 수단을 벗어나 농산물의 품질보증, 규격화 및 유통 효율제고를 위한 필수공정으로 매우 중요함**
- 그러나, 국내 농산물 선별기 기기의 보급은 오히려 감소하고 있으며 고령 농민이 수작업으로 여전히 진행하고 있음
  - 농가에서 선별기를 구입하는데 필요한 자금, 공간, 관리인력 등 다양한 측면에서 수요는 있으나 도입이 어려운 상황임
  - 또한, 선별기의 역할이 과실 투입에서 포장까지 전과정의 자동화가 되어 있지 않아 소규모로 작업이 이루어지는 곳에서는 비용 대비 효과가 상대적으로 낮은 상황임

## □ 현 시장의 사용 실태

- 지역 선별장의 공정은 공통적으로, 디팔렛타이저(depalletizer)<sup>1)</sup>를 이용하거나, 인력이 수작업으로 과일을 투입시키는 공정을 시작으로 세척기 → 센서(중량, 색상, 당도 등 선별)가 부착된 선별기 → 등급별 배출구 → 각 배출구로부터 인력이 투입되어 박스에 담은 포장 → 박스 테이핑 또는 저온저장고로 보관시키기 위한 적재의 공정으로 이루어짐
  - 수확된 원물(선별되기 전의 과수)이 적재되어진 박스를 투입구로 옮기는 기기
- 이 중, 상용화된 기술을 이용한 선별 공정을 제외한 로딩(원물 투입) 공정, 오픈박스의 포장 공정 및 적재 공정의 자동화율은 저조한 실정임
  - 이에 지역 APC(Agricultural Products Processing Center)등의 투입인력은 여전히 부족함
  - 디팔렛타이저의 경우, 몇몇 대규모 센터에 설치되어 있으나, 공간 부족 문제 등으로 활성화 되지 못하고 있음
  - 과수별 로딩(투입) 공정 또한 디팔렛타이저 공정과 호환율이 낮은 이유로 자동화율이 저조하며, 오픈박스의 포장 공정 역시 고가의 로봇 암을 사용하는 곳을 제외하고는 투입 인력이 수작업으로 처리하고 있는 실정임
  - 자동적재 공정은 저장고의 배치 등이 각기 달라 자동화 장비 구현이 쉽지 않음

◆ 전국 21개소의 거점 APC의 경우를 비롯하여, 소형(개인) 농가의 선별 공정의 자동화율은 선별기 공정 파트에서만 비교적 높게 측정될 뿐이며, **선별 공정을 제외하고서는 매우 저조함**

□ 과수 농가의 필요 수요

- 경제적으로 농산물의 개체당 가격이 매우 낮은 점을 감안한 저렴한 가격의 선별기
- 개별 농가에서 사용할 수 있는 소형이면서 과실의 투입에서 부터 포장까지 노동 투입을 최소화 할 수 있는 선별기
- 과일의 품질평가하기 위해 파괴하거나 상처를 내면 상품성을 잃게 되므로 비파괴·비접촉적인 방법으로 품질을 알아 낼 수 있는 기술
- 농산물의 개체간 품질변이가 매우 큰 점을 고려하여 전수검사가 가능하도록 실시간 처리가 가능한 기술
- 농산물산지유통센터(APC : Agricultural Products Processing Center)는 농산물의 선별·포장·저장·출하 등 상품가치의 제고를 위한 복합적인 기능을 수행하는 시설로 농산물의 부가가치 제고, 상품성 향상, 산지 유통조직의 경쟁력 강화 및 농가소득 향상을 위하여 1992년부터 건립되었고 정부에서 지원하여 건립된 APC는 전국에 총 358개소(정부지원 일반 337개소 + 거점 21개소 포함, '17.1 기준, 한국농수산물유통공사)의 APC가 분포하고 있음
- 사과(배)는 국내 APC에서 주요 취급 농산물로 부가가치가 높은 고품질 과일 선별을 위해 비파괴 선별 시스템이 주목 받고 있으며, 비파괴 선별 시스템은 피선별물에 전혀 상처를 남기지 않으면서 맛, 내부부패 및 결함 등 내부품질을 평가하여 이미 정해진 기준에 따라 품질별로 구분할 수 있음
- 또한, 최근 소비자의 식생활 소비 패턴이 고품질 및 안전한 먹거리를 선호하는 추세로 바뀐에 따라 색깔, 크기 등 외관뿐만 아니라 내부품질까지 규격화된 고품질의 농산물을 대량으로 요구하고 있으며 이러한 이유로 고품질 과일 선별을 위해 APC에서는 비파괴센서를 이용한 선별을 시행하고 있음
- 비파괴 측정 기술은 피선별물에 전혀 상처를 남기지 않으면서 무게, 선택 등의 외부품질뿐만 아니라 맛, 내부부패 및 결함 등 내부품을 평가할 수 있음. 투과방식에 의한 비파괴 측정 기술은 빛이 투과되는 과정에서 빛이 분산되거나 과실의 크기에 따라 투과되는 빛의 양이 다양하여 미리 입력된 측정치에 의해 자동적으로 선별되는 과정에서 오차가 발생하고, 빛이 분산되는 만큼 센서에 감응되는 그 빛의 세기가 약하므로 정확도가 떨어지는 문제가 발생함
- 비파괴선별기술의 핵심은 분광기술을 이용하는 방법으로 광검출부(센서)와 광원부(광원, 광량 등)구성과 수집된 스펙트럼 데이터를 이용한 검량선(선별모델)을 만드는데 있음.
  - 선별 과일의 크기, 피사체(과일)와 광원의 거리, 광검출부인 센서의 위치 등 검출부 구성에 따라 정확도가 차이가 있음



- 스펙트럼 데이터를 이용한 환경조건(과실, 품종 등)에 따른 최적의 검량선 개발이 중요함.

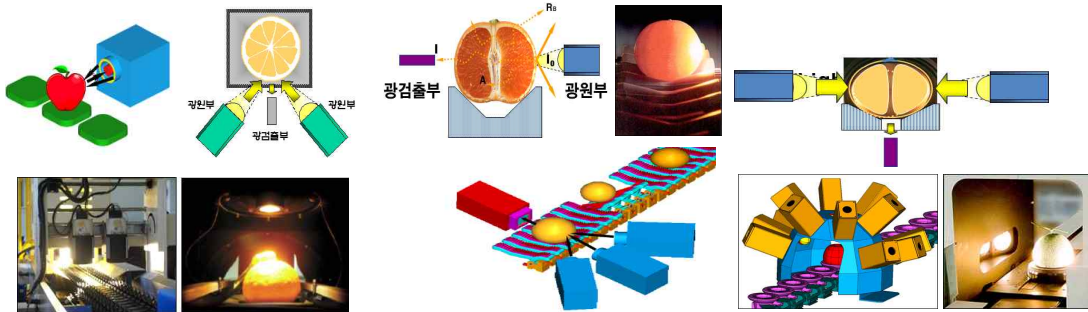
- 전처리(데이터가공)를 통한 외부 오차를 줄이는 방법 및 다양한 모델(PLS, MLR 등)을 통해 정확도를 높일 수 있음

○ 하지만 지금까지 연구개발은 모델개발의 성능을 높이는 연구가 주를 이루고 있으며, 장치 구성부 (광검출부, 광원부 등)의 조건에 대한 연구는 전무한 실정임(윤종민, et al. 2014) (김대용, et al. 2015)



[그림 5] 비파괴 측정 원리 및 기술

○ 근적외선 분광기술을 이용하여 과일의 품질 측정하는 것은 빛의 측정 방식에 따라 크게 반사방식과 투과방식 두 가지로 구분할 수 있으며, 투과방식은 광원과 광검출기의 위치에 따라 전투과방식과 반투과방식으로 구분됨



[그림 6] 비파괴 과일 선별기(반사식(좌), 투과식(중), 반투과식(우))

구분	전투과식	반사식	반투과식
투광위치	과일 측면 중앙부	과일 상부	과일 상부, 측면
측정인자	당도, 산도, 속도, 내부품질(밀도, 갈면)		
광원	텅스텐 할로겐 램프		
특징	- 캐리어, 컵 방식 - 선별능력 최대 12개/초	- 캐리어, 컵 방식 - 과일꼭지 심부측정불가	- 캐리어, 컵, 프리트레이 - 선별능력 최대 6개/초
장점	-안정적인 검량식 운용 -고속 측정 가능 -사용 편리	- 핵과류 측정 정확 (복숭아 등)	- 내부장해의 정확한 판단 - 과육부의 정보 품질측정
단점	-고가	- 내부 파장으로 인한 굴절 오차 발생 - 측정 오차가 큼	- 많은 광원 사용 - 특수 이송장치 필요 - 하부 광원에 이물질 오염

- 과일 비파괴선별기는 이송방식에 따라 구분이 되며 주로 사용되고 있는 방식은 컵방식, 프리트레이 방식, 캐리어 방식, 피아노 건반식 등이 있으며, 과일의 물리적 특성에 따라 적용되어 사용되고 있음.



[그림 7] 이송방식별 비파괴 과일 선별기(컵방식-프리트레이방식-캐리어방식-피아노건반방식)

- 국내의 비파괴 선별 시스템의 수요는 꾸준히 증가하는 추세이나 해외 업체들이 국내 시장에서 많은 비중을 차지하고 있어 국내 고성능 저가형 품질 측정 및 선별 시스템의 개발을 통한 국내 개발 업체들의 위상 제고가 필요함
- 또한 최근 농촌인구 감소 및 노령화에 따른 농산물산지유통센터의 인력 수급이 어려운 실정이며, 최저임금 인상에 따라 동일한 작업양에서도 투입되는 인건비 증가로 입하시설의 투입부와 출하시설의 팔렛타이저부의 자동화기술이 절실히 요구되고 있음



[그림 8] 비파괴선별 APC 처리 공정도

- 위와 같은 필요성에 따라 최소 인력 투입으로 인건비 절감 및 작업 환경 개선을 위한 과일 자동공급장치 라인과 비파괴 측정 기술을 이용하여 당도, 내부 결함, 갈변 등의 품질 인자로 과일 내부 품질 측정 정확도 기술 고도화를 위한 자동조절장치를 개발하고자 함
- 농산물의 내부 품질 요인인 당 함량, 산 함량, 내부갈변이나 부패 등 결함을 검사하는 기존 방법은 농산물을 파괴하여 측정하는 화학분석법으로서 분석 시간과 비용이 많이 소요되고 전수조사가 어려운 단점이 존재함



[그림 9] 사과의 결점과 유형('17 국립농업과학원)

- 이러한 단점을 개선하기 위해 비파괴 방식으로 내부 품질을 판정하는 기술들이 개발되고 있음. 과일의 내부 품질을 측정하기 위한 다양한 연구들이 활발히 수행되고 있으며 특히 광학적 특성을 이용하여 과일의 내부 품질을 판정하는 연구들이 가장 많이 수행되고 있음
- 일본과 네덜란드와 같은 비파괴분야의 선진국에서는 측정 기술에 대한 다양한 기술개발로 컴팩트하고 정확도를 높이기 위한 연구 결과를 가지고 있음
  - 현재, APC 등의 공동 선별장에서 사용되는 선별기에 대한 정확도 평가 시 일본 및 네덜란드와 같은 수입사들의 선별기가 더 높은 정확도를 보임(한국농업기술진흥원)
- 우리나라의 경우 농촌진흥청에서 국내기술로 개발되어 상용화하여 APC 등에 보급되었으나, 이후 더 이상의 기술개발이 이루어지고 있지 않는 실정으로 기술의 고도화 전략이 필요함

## □ 연구개발 대상의 국내·외 현황

### ○ 국내 기술 수준 및 시장 현황

- 과일 선별 전체 공정은 디팔렛타이저를 이용하거나, 인력이 수작업으로 원물(선별되기 전의 과일)이 적재되어진 박스를 투입구로 옮기는 공정을 시작으로 세척기, 센서가 부착된 선별기(중량, 색상, 당도 등 선별), 등급별 배출구, 배출구별 박스에 담은 포장, 박스 테이핑 또는 저온저장고 적재 순으로 이루어짐
- 이중, 센서를 통한 선별 기술을 제외하고는 원물 투입 공정, 오픈박스의 포장 공정 및 적재 공정의 자동화는 소수의 대형 APC에서만 사용하는 이유로 저조한 실정이며 관련 기술 개발이 이루어지지 않고 있음
- 선별 플랜트 공정의 디팔렛타이저 : 몇몇 대규모 센터에 설치되어 있으나, 공간 제약 및 높은 설치 비용 등의 문제로 활성화 되지 못하고 있음



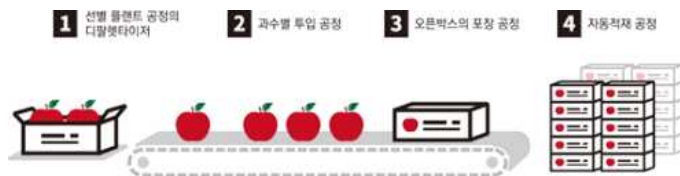
[그림 10] 대형 APC의 디팔렛타이저

- 원물 투입 공정 : 앞선 디팔렛타이저 공정과 호환율이 낮은 점과 비교적 간단한 장비인 점이 원인으로 자동화율이 저조함



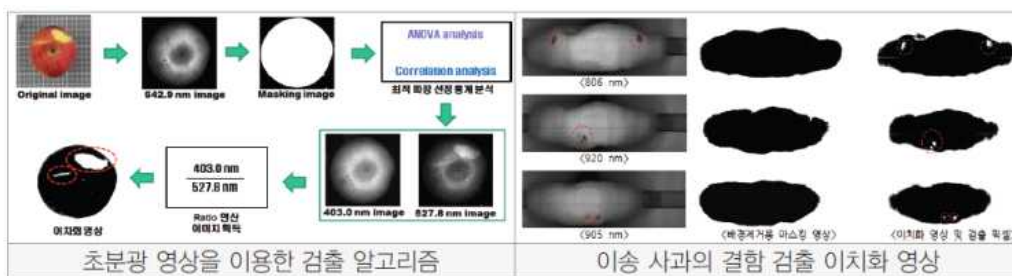
[그림 11] 원물 투입 공정(반자동식)

- 오픈박스의 포장 공정 : 고가의 로봇암을 사용하는 몇몇 곳을 제외하고 인력이 투입되어 수작업으로 처리하고 있음
- 자동적재 공정 : 선별 후 저장고로 이동·보관 및 저장고의 위치 등의 방법이 각기 달라 자동화 장비 구현이 어려운 실정임



[그림 12] 과일 선별 공정

- 대부분의 국내 과일을 취급하는 APC의 경우, 20kg 컨테이너에 입고된 과일을 담고 팔레트에 적재된 컨테이너를 디팔렛타이저를 통해 선별라인으로 공급하며 이때 공급된 박스에서부터 작업자가 수동으로 투입컨베이어에 과일을 옮겨 놓는 작업을 수행함.
- 국내에서는 농촌진흥청 농업기계화연구소에서 사과와 배의 당도를 시간당 10,800개까지 처리할 수 있는 ‘비파괴 과일 당도판정기’를 국내 최초로 개발하였으며 비파괴 스마트 측정 기술의 경우 근적외선 혹은 가시광선 하나의 파장만을 이용하여 제품의 품질을 분석하며 산도, 수분 등 하나의 품질 요소 혹은 하나의 과일만을 측정하는 것이 일반적인 기술임
- 비파괴 선별 시스템 중 가장 많이 보급된 기술은 근적외선을 이용한 과일의 당도 선별 시스템으로 근적외선 측정 기술은 안전성 평가에서는 좋은 결과를 보이지만 과일의 겉모양 및 색깔, 형태 등은 알 수 있지만 내부 품질을 예측하기는 어려운 단점이 있음
- 가시광 및 근적외선(Visible and near-infrared ; VNIR) 초분광 반사광 영상(Hyperspectral Imaging) 획득 시스템을 이용하여 후지 사과의 멍 검출 기술 개발에 관한 연구를 수행하였으며 육안으로 구분하기 어려운 멍이 효과적으로 검출될 수 있는 기술을 보유함
- 초분광 영상 기술은 카메라와 근적외선 분광기를 융합한 기술로 촬영된 이미지의 모든 영역의 하나하나의 픽셀에서 스펙트럼을 획득할 수 있어 내부 품질을 예측 가능하므로 최근 안전성 평가 기술로 각광받고 있으며 현재 과채류의 오염 및 결함 등 비파괴 품질검사기술, 사과, 딸기 등의 당도 분포 등 내부품질 측정기술 연구들이 수행되고 있음



[그림 13] 초분광 영상을 이용한 내부 결함 알고리즘 개발 (‘16 국립농업과학원)

○ 시장현황

- 최근 설립된 과일류를 취급하는 APC에서는 비파괴 자동 선별 시스템을 설치하는 것이 일반적이며 과거 선별·포장시설에서 외관, 중량 등을 일정기준에 따라 규격화하였으나, 최근에는 과일의 당도와 산도뿐만 아니라 외관 흠집이나 내부 갈변, 썩음 등 내·외부 품질까지 규격화하는 추세임
- 2017년 기준, 전국에는 총 358개소(정부지원 일반 337개소 + 거점 21개소 포함, ‘17.1 기준, 한국농수산물유통공사)의 APC가 분포하고 있고, 그 중 당도센서가 설치된 APC는 총 250여 개소임

- 국내에서는 과일 크기 인식 및 당도, 산도 등의 내부품질을 측정할 수 있는 비파괴 선별 시스템은 대부분 상용화되어있으며, 비파괴 센서의 정확도가 개선되었지만 균일한 광학특성을 확보할 수 있는 기술이 전무한 실정임
- 충남 예산 거점 APC(국내 업체, 프리트레이식, 사과)



[그림 14] 선별라인 전경



[그림 15] 당도 측정부

○ 경쟁기관현황

- 비파괴 선별 시스템은 국내 기업으로 (주)생명과기술, (주)한성엔지니어링, (주)한국선별기술 등의 소수 업체에서 주로 근적외선 분광 방식의 디지털형 품질측정 및 선별 시스템을 개발/판매하고 있으며 비파괴선별 시스템의 도입 초기에는 주로 수입에 의존하였으나, 최근 국내 기업의 비파괴선별 시스템이 보급되는 추세임
- 한아에스에스(주) 비파괴 스마트 측정 기술을 적용한 프리트레이 과일 선별 시스템을 개발하여 국내 최초 신기술인정을 받았으며 과일 배출 능력이 초당 6개 이상으로 고속작업 성능을 가지고 있음



[그림 16] 프리트레이 대형 선별기(한아에스에스(주))

- (주)생명과기술 다채널 카메라 선별기술과 대용량 처리를 위한 고속 알고리즘을 개발하여 사과, 배 등의 과일을 비롯한 고추 마늘 등 다양한 농산물에 대해 카메라 선별 솔루션을 개발



[그림 17] 카메라 선별 기술(㈜생명과 기술)

- (주)사이버테크 2018년 휴대용 비파괴 스펙트로미터를 개발하여 과일의 내부품질 (당도, 수분, 크기, 흠집 등)을 실시간으로 측정하고 비파괴 방식의 품질 선별 플랫폼을 제시하는 원천 연구를 수행하고 있음
- (주)한성엔지니어링 매출액은 115.2억원('17년)으로 지속적으로 성장하고 있으며 1.8억원('17년) 영업이익을 보이며, 과일선별기, 비파괴당도센서를 주요사업으로 하고 있음. 세부적으로 트레이, 디렉스 선별기, 슬라이드, 수박선별기 등이 있음
- (주)진영산업 매출액은 70.5억원('17년) 감귤/사과 비파괴 선별라인, 토마토 선별라인, 파프리카 선별라인, 수박/멜론 선별라인, 딸기 선별라인, 전자식 중량선별라인, 형상식 선별라인을 개발했으며, 소형 선별기로는 전자식 중량선별기(캐리어 방식), 기계식 중량선별기, 원형 중량선별기를 개발하고 있으며 디팔렛타이저는 로봇 암 타입과 푸시 타입을 개발하고 있음

#### ○ 지식재산권현황

- 분광분석 장치를 이용한 내부품질 측정 지식재산권은 꾸준히 출원되고 있으나 주로 단일 표면 반사광을 이용한 측정 방식과 고정형 분광센서와 측정과일의 일정 간격으로 내부 품질을 측정하는 방식으로 본 연구내용과는 차이가 있음
- '01년 출원된 광원자동보정장치는 근적외선을 과일의 양쪽 면에 조사하고 반사된 광 에너지의 세기를 측정하여 광 에너지의 세기가 감소할 때마다 그 상위기준과 하위기준을 보정하므로 광 에너지의 감소에 따른 당도판정오차를 줄여 과일 품질 판정을 위한 선별정밀도를 향상시킨다는 점에서 본 연구와 유사하나 내부 결함의 다중 분석이 불가하다는 점에서 본 연구내용과 차이가 있음
- (주) 생명과기술은 광학필터 및 광센서를 사용하여 농산물의 내부부패, 갈변 등을 판별하여 선별할 수 있는 비전 시스템을 개발하였음
- 주요 지식재산권의 경우, 측정 항목이 주로 당도로 한정되어 있으며 휴대용 장비에 적용하는 시스템이 주로 출원되고 있는 실정으로 비파괴 측정 기술을 적용한 내부품질 측정 관련 지식재산권은 [표 2]에 나타냄

[표 1] 주요 과일 자동공급장치 관련 지식재산권

특허명	보유자	출원일	보유 국가
과일선별기의 과일 공급장치	양재두	95.08.16	대한민국
이송장치가 구비된 과일 자동덤핑기	오용규	99.04.15	대한민국
과일 및 농산물 바구니 덤핑장치	(주)가다기연	02.03.04	대한민국
과일선별기의 과일공급장치	(주)평화이엔지	03.04.24	대한민국
다기능성 박스 덤핑 장치	임진수	08.06.20	대한민국
과일 선별기용 트레이 자동 공급 장치	(주)한국선별기술	18.03.13	대한민국
과일 선별용 과일 자동 적재 장치	(주)한국선별기술	18.10.26	대한민국

[표 2] 주요 비파괴 측정을 적용한 과일 내부품질 측정 관련 지식재산권

특허명	보유자	출원일	보유 국가
과일의 당도선별을 위한 광원자동보정장치	농촌진흥청장	01.07.24	대한민국
광량 측정을 이용한 식품 당도 측정장치	(주)지원하이텍	11.02.27	대한민국
농산물 비파괴 내부이상측정장치	(주)생명과기술 한국산업기술대학교 산학협력단	14.01.10	대한민국
컴팩트한 구조를 갖는 분광분석장치	(주)해아림	15.12.28	대한민국
과실 내부결함 비파괴측정장치	한국식품연구원	17.11.17	대한민국
근적외선 분광법을이용한 비파괴 품질측정장치	한국식품연구원	17.11.17	대한민국
빅데이터 분석 기술 기반의 과일 스마트 품질 분류 기법	(주)사이버테크	18.03.16	대한민국
검정 수행을 위한 농산물의 품질 측정방법	고영석 고원영	18.06.08	대한민국



○ 표준화현황

- 과수 APC에서 설치할 선별 시스템 개발 주요 요구 사항 (2019년 기준)
- 「농수산물품질관리법」 제5조 및 같은 법 시행규칙 제6조의 규정에 의하여 농산물 표준규격을 정하고 있음(국립농수산물품질관리원 고시 제2015 - 65호)
- 비파괴 당도 선별기를 이용한 품목의 경우 허용오차

종 류	품 목	허용오차
과실류	사과, 배, 감귤	±0.5°Bx
채소류	수박	±1.0°Bx
	멜론, 참외	±1.5°Bx

- 「농업기계 검정 및 안전관리 세부 실시요령」 별표4. 농업기계 검정방법 중 농산물비파괴 선별기 검정방법, 별표5. 농업기계 검정기준

• 검정기준

항목	종류	허용오차
당도	사과, 배, 복숭아, 참외, 감귤 등	±0.5°Bx 이내
	수박, 멜론	±1.0°Bx 이내
산도	감귤, 만감류	±0.2% 이내
중량	감귤	2% 이내
	한라봉, 사과, 토마토, 복숭아	1.5% 이내
	배, 참외, 멜론	1.0% 이내
	수박	0.5% 이내

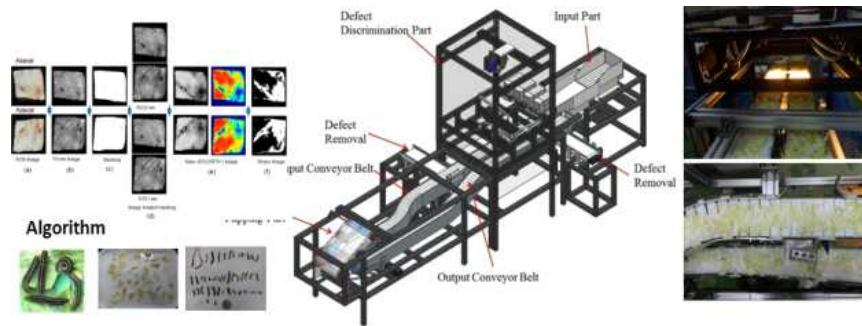
※ 해당품목에 한해 크기 감귤 2%, 색상측정오차 4%이내

- 당도 허용 오차(SEP) : 0.5°Brix 이내(농관원 고시 제2000-8호, 수치계산방법의 4사5입 적용) (검량선(Calibration)은 품종별 프로그램 등으로 신속히 전환 가능한 기종)
- 투입은 자동투입과 수동투입 선택 가능 제품
- 사과는 색깔별, 착색부위 비율별(착색패턴별) 선별이 가능한 기종(육안선별 수준)
- 선별기 Type : 트레이, 캐리어, 버킷 등 각 사별
- 병과, 흙과를 선별해내고, 당도, 과형, 착색, 무게에 따른 다양한 조합의 선별이 가능한 제품
- 영상선별 : 선택선별이 필요한 품목의 색깔별, 착색 비율별(착색패턴별) 선별이 가능한 기종 (육안선별 수준)

## 나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

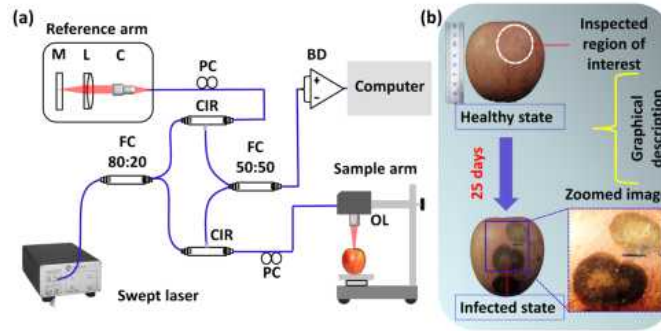
### ○ 기술현황

- 미국이나 EU, 일본 등 선진 외국의 경우 과일 품질 계량화 기술을 개발하여 상업화하고 있으나 국내외 모든 과일의 외부 결점, 외형, 중량, 크기 등 외부적 품질 지표를 기준으로 등급화하고 있으며 품질 차별화 전략으로 내부품질을 평가하고 있음
- 근적외선 분광기술(Near-Infrared Spectroscopy; NIRS) 뿐만 아니라, 초분광 영상기술(Hyperspectral Imaging), 다중분광 영상기술(Multi-Spectral Imaging)을 이용해 과일의 당도를 예측하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으며 측정 정확도를 높이기 위해 다양한 전처리 방법과 파장 선택법을 이용해 스펙트럼을 분석하는 연구가 수행되고 있음('17, 농진청)
- 초분광 영상기술을 이용한 품질 및 안전성 평가 사례가 크게 증가하는 추세, 스마트폰을 이용한 품질 및 안전성 평가 기술 사례도 보고됨(농촌진흥청)



[그림 18] 초분광 영상 기술 이용 채소의 결함 및 이물질 검출

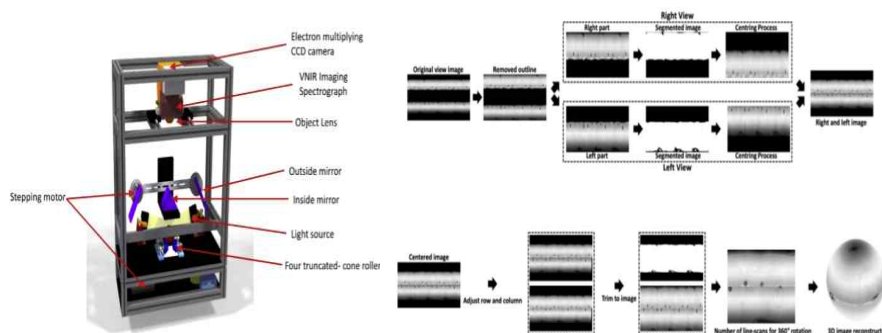
- 과일 선별 기준은 미국의 경우 크기와 색깔에 기준을 둔 엄격한 규격화를 시행하고 있으며, 일본의 경우 당도와 색깔에 기준을 둔 선과 장치가 개발되어 현재 실용화되고 있음
- 독일에서는 2017년 기존에 자주 사용된 부분최소제곱회귀법(Partial Least Squares Regression; PLSR)뿐만 아니라 메모리 기반 학습(Memory-Based Learning; MBL), 계층 예측 분류 (Classification Prediction Hierarchy; CPH) 방법을 초분광 영상에 적용해 사과와 배, 토마토에 대한 통합 검량선을 개발하였음 ('17 Michael Kopf)
- 선진국의 경우, Multi-Sensor Data Fusion(MDF) 등의 센서 시스템을 통한 과일의 내부 품질 측정 향상의 연구를 진행하고 있으며 최근에는 비파괴 센서의 정확도 향상을 위해 알고리즘 개발에 주력하는 추세임



[그림 19] Multi-Sensor Data Fusion 적용 기술

○ 시장현황

- 식품안전검사에 대한 전 세계 시장 규모는 2015년에 약 29억 8천만 달러로 성장하였고, 2020년에는 11.5%의 성장률을 보이며 51억 4천만 달러시장으로 성장할 것으로 예상됨
- 일본의 경우, 주요 과일의 수확 후 작업은 거의 대부분 기계화되어 있으며, 특히 선별, 포장의 경우 공동이용형 선별시설이 보급되어 노동력 감소뿐만 아니라 등급의 규격화에 의한 상품가치 향상 및 유통질서 확립, 공동출하를 통한 시스템 체계화가 이루어진 상황임
- 농업선진국인 미국의 경우, 근적외선 선별 시스템에서 더 나아가 초분광 영상 기술을 이용해 과일 표면에 묻어 있는 눈으로 볼 수 없는 오염 물질, 외부 충격에 의해 생긴 멍을 찾아내고 숙성의 정도를 판단할 수 있는 기술을 개발하고 실용화 단계 돌입하였으며, 사과와 모든 면을 스캔하여 내외부 결함을 검출하는 연구도 수행하고 있음(2019, USDA-ARS)
- EU는 국가 간 신선식품의 유통이 증가하여 센서노드와 LBS를 이용한 품질관리 및 RFID를 활용한 정보처리로 스마트 유통시스템을 현장에 적용하고 있음. 네덜란드, 영국, 프랑스 및 독일은 유럽 과일 선별시스템 시장의 주요 국가로 자리 잡고 있으며 유럽의 과일 선별시스템 시장규모는 2023년까지 7% 이상의 연평균 성장률을 기록할 것으로 예상됨 ('19 TechNavio)



[그림 20] 둥근 형상 농산물의 전체 표면결함 검사 연구

○ 경쟁기관현황

- 비파괴 선별 시스템 기술은 네덜란드, 노르웨이, 프랑스, 일본 등이 세계적으로 시장 독점하고 있으며 노르웨이의 TOMRA社, 뉴질랜드의 COMPAC社, 네덜란드의 AWETA社와 GR EEFA社, 일본의 ATAGO社, SHIBUYA社 등이 대표적 선별 시스템 개발 업체로, 근적외선 기술을 기반으로 색택, 외부결함 등 품질뿐만 아니라 이물질 포함 여부도 검사 기술 개발 및 고품질 안전식품 공급 정책 강화에 따라 지속적으로 성장하는 추세임

- 이외에 프랑스의 MAF RODA, 이탈리아의 UNITEC, 등이 비파괴 선별 시스템 개발 업체로 알려져 있음
- 노르웨이의 TOMRA社는 식품, 재활용 및 광업 산업을 위한 센서 기반 선별 솔루션을 제공하는 선두 업체로 근적외선 (NIR) 분광법을 사용하면 제품의 분자 구조를 분석할 수 있으며 X-ray, 형광 및 레이저는 물체의 원소 조성을 측정 가능한 선별 시스템을 개발하여 세계시장에 보급하는 추세임



[그림 21] TOMRA社의 주요 선별 시스템

- COMPAC社은 농업에 최초로 근적외선을 적용한 기업으로 높은 정확도를 가지고 비파괴 측정 기술의 일관된 하드웨어를 제공하여 전 세계 선별 시스템에 적용이 가능하고 라인별 초당 10~15개의 과일을 고속으로 정밀 계량이 가능함
- GREEFA社의 Smartsort 기계는 원형 과일을 고속으로 선별할 수 있는 기술을 가지고 초당 12개의 과일이 가능하고 내부 품질 검사를 통해 등급을 지정하고 있음



[그림 22] GREEFA사의 과일 스마트 선별시스템



[그림 23] AWETA사의 사과 비파괴 선별시스템

- 중국의 Lumen Optical Instrument, 대만의 ACO사가 비파괴 스마트 센싱 시스템 개발의 후발 주자로 시장에 참여하고 있음

○ 지식재산권현황

- 농업선진국인 미국, 일본 등의 경우 이미 2000년대초부터 비파괴 스마트 선별 시스템 기술에 대한 특허를 출원하였으며 최근에는 중국에서 적극적인 특허 출원이 이루어지고 있는 상황임 [표 3]

[표 3] 주요 비파괴 스마트 센싱을 적용한 과일 내부품질 측정 관련 지식재산권 (국외)

특허명	보유자	출원일	보유 국가
Online internal quality inspection method and apparatus	Hironu Maeda	05.04.28	미국
Non-destructive inspection device and sorting device	ヤンマー株式会社	07.02.27	일본
Non-destructive inspection method and device in agricultural product	国立大学法人 宮崎大学	10.09.10	일본
Fruits sorting apparatus and fruits sorting method	Nireco Corporation	16.04.28	미국
Measuring device for multispectral measuring of quality features or defects of products and method therefo	DE GREEF'S WAGEN, CARROSSERIE EN MACHINEBOUW B.V	17.07.21	미국
Hyperspectral automatic fruit nondestructive detection sorting device	Jiangxi Agricultural University	18.05.16	중국
Device and method for rapid nondestructive detecting fruit quality	Wenzhou University	18.10.26	중국
Non-destructive on-line detection and jet type automatic film sticking device for fruit internal quality	Zhejiang University	19.04.04	중국

## 2) 연구개발의 최종목표

### (1) 최종목표

- 중소형 APC전용 과일 컨테이너 자동공급장치(디팔렛타이저) 개선
  - 기존 대형 APC 전용 자동공급장치 대비 중소형 APC에 설치가 가능하도록 소형화
    - 처리능력(속도) 150box/h 이상 (대형 디팔렛타이저 : 최대 300box/h)
    - 정량적 목표

구분		기존	연구개발 목표	비고
자동공급장치 (디팔렛타이저)	처리속도 (box/hr)	300	150 이상	
	설치크기 (가로×세로 m <sup>2</sup> )	3 × 5	2.5 × 4	▼33%
	공급가(천원)	75,000	60,000	▼20%

- 압상 최소화를 위한 자동덤핑장치 개발
  - 대상품종:사과의 압상 주요 원인 규명
  - 압상 최소화 기술을 적용한 자동덤핑 시스템 개발
  - 정량적 목표

구분		기존	연구개발 목표	비고
자동덤핑장치	압상률 (%)	-	3% 이하	원물 1컨테이너 40ea 기준 1.2개
	처리능력 (box/hr)	-	150 이상	
	기존 장비 호환성	전용 (호환 불가)	호환	

- 과일 내부품질 측정 기술 고도화를 위한 과일측정부 자동조절기술 개발
  - 과일 내부품질 측정정확도 고도화 기술 개발
    - 과일 크기 자동인식에 따른 분광측정부 자동조절기술 개발
    - 측정 항목 및 속도 : 당도, 갈변, 5~10개/초
    - 측정 정확도 : 당도 허용 오차(SEP) 0.45 Brix 이내(25%이상 성능고도화),
    - 갈변 판별정확도 80% 이상
    - 국내 비파괴 선별기 제품의 당도측정오차 : A사/B사:0.6Brix, C사:0.7Brix

- 선별 방식별 내부 품질 판별을 위한 알고리즘 모델 개발
  - 과일 크기별 파장 분석 실험 및 검량식 개발
- 측정 기술 고도화를 위한 자동조절장치가 적용된 선별시스템 평가 방법 및 시스템 구축
  - 기존 선별기와 자동조절장치가 설치된 선별기와의 당도 측정 정밀도(SEP) 비교 평가
  - 목표 당도 측정정밀도 0.45 Brix 이내(기존 농산물비파괴선별기 검정 기준(사과, 배) 0.5 Brix 이내)
  - 자동조절장치 및 이송장치 별 최적 선별모델(검량선) 인자 도출 및 적용

**(2) 세부목표 및 내용**

○ 주관(㈜한아)

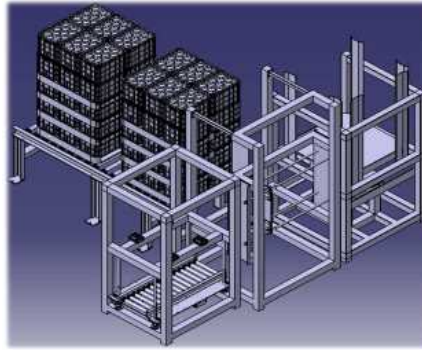
- 대형 APC 전용 과일 컨테이너 자동공급장치 중·소형화
  - 지역별 선별장의 현장 실태 조사 및 수요자 요구 분석
  - 처리속도 및 설치면적에 따른 중·소형 자동공급장치 2종 설계안 도출

구분	대형(기존)	중소형
설치 면적 m <sup>2</sup>	약 15.0m <sup>2</sup>	약 10.0m <sup>2</sup>
처리능력 box/hour	~300	150 이상

- 24 컨테이너(6컨테이너×4단/1pallet) 기준 1회 처리량을 2~6개로 설정

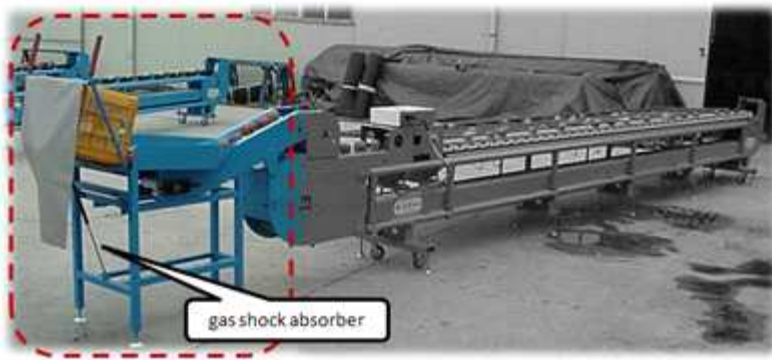


[그림 24] 대형 APC의 디팔렛타이저

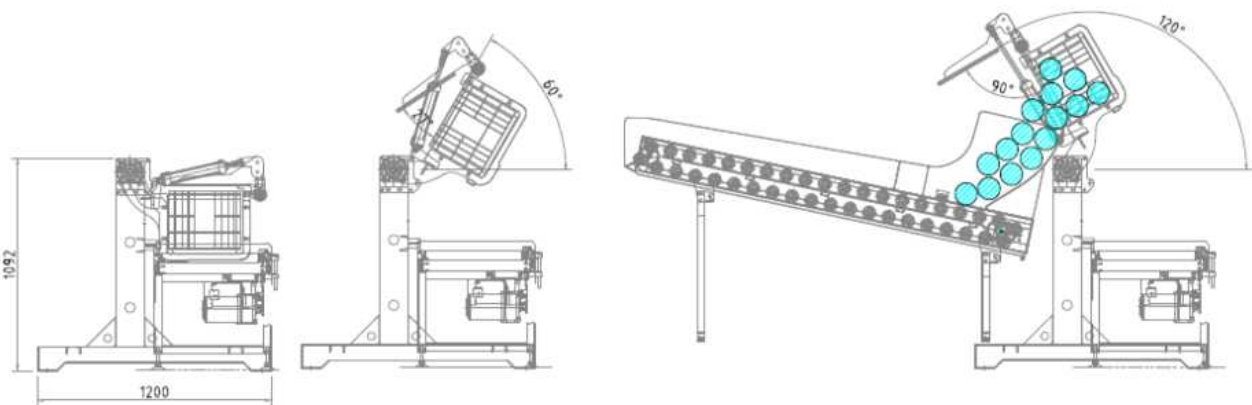


[그림 25] 구조의 단순화 및 소형화를 중심으로 한 중·소형 APC 전용 디팔렛타이저 설계초안

- 압상 최소화 기술을 갖춘 자동덤프장치



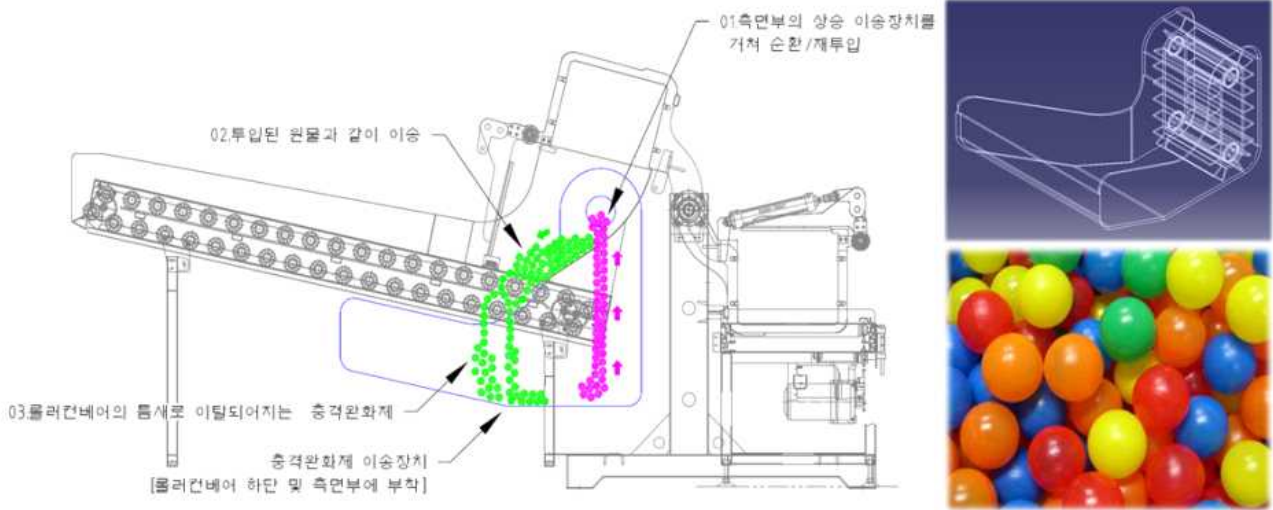
[그림 26] 기존의 gas cylinder를 이용한 반자동(수동) 덤프기



[그림 27] 자동덤프 장치의 구조

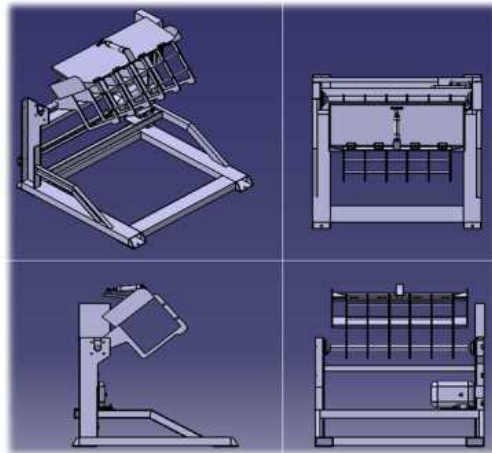
- 압상의 주요 원인 개선(원물 낙하 시, 장치의 내벽 또는 원물 간의 부딪힘 최소화)
- (1안) 충격완화제 이송 컨베어를 이송컨베어 하단 및 측면부에 설치하여, 원물 투입시, 충격완화제(ex. 볼풀 또는 탁구공 형태 등)를 합류시켜 원물간 손상을 방지. 충격 완화제는 원물의 지름보다 작게 하여, 컨베어 이송 시 하부로 걸러내어져 순환시킴





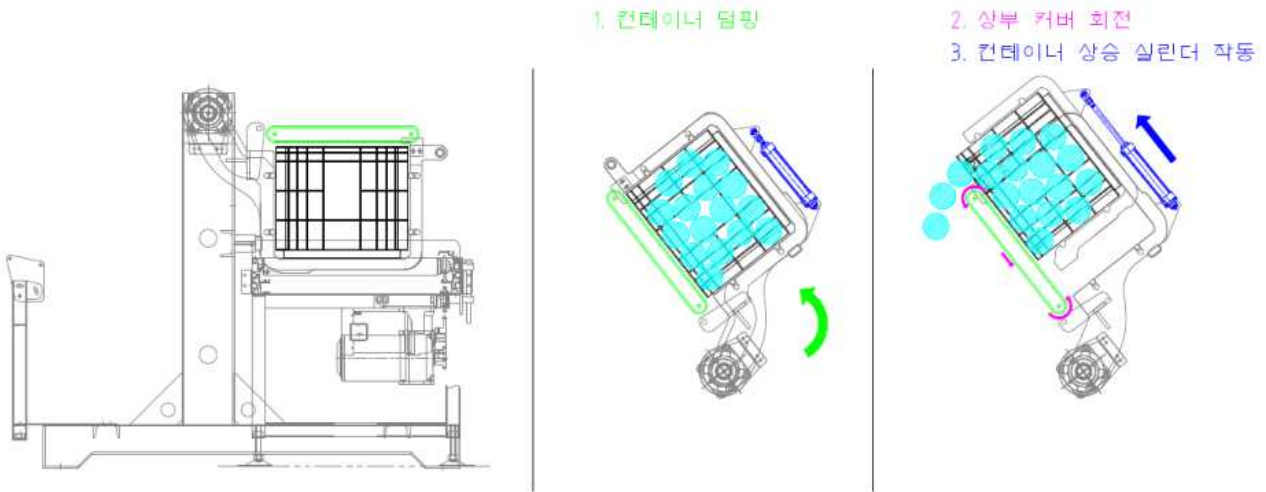
[그림 28] 충격완화제(ex. 볼풀 공)를 사용한 자동투입 시스템 개발안

- (2안) 원물 투입 시, 덤핑기 상부에 상단 커버를 부착하고, 상단 커버는 압력센서와 실린더가 구성되어 원물의 하중에 의해 커버가 조금씩 열리며 원물이 투입됨



[그림 29] 상단 커버 개폐형  
자동덤프기 설계초안

- (3안) 원물 투입 시, 덤핑기 상단 커버를 벨트 회전형으로 구성하고 원물 컨테이너의 경사를 주어 원물이 경사의 상단부에서부터 투입됨



[그림 30] 벨트 회전형 상단 커버와 컨테이너 상승 실린더를 이용한 원물 투입 시스템(안)

○ 공동1(강원대학교 산학협력단)

- 주요 기능

- 과일 크기 자동 인식 기능
- 크기에 따른 최적 분광 측정 거리 자동 조절 기능
- 광원과 과일 사이 거리에 따른 광조사 부위의 광 균일성 알고리즘 제공
- 내부품질에 따른 최적 스펙트럼을 구명하여 측정데이터 플랫폼 제공

- 핵심 기술

- 빅데이터 기반의 과일 크기 자동 인식 시스템

- 광원 센서 위치 자동 조절 장치 설계

- 이송 방식별 내부 품질 판별 알고리즘 개발

- 분광 영상분석 및 비파괴 센서를 이용한 과일 내부품질 측정 기술 개발

- 핵심기술 투입되는 과일크기를 자동인식하여 광조사부와 근적외선 센싱부의 위치를 자동조절함
- 기존 기술: 광원부와 센서부가 고정되어 있고 투입되는 과일크기가 달라짐에도 광조사 중심부 위치와 근적외선 센싱 중심부 위치가 달라져 정확도를 저하시킴

- 적용 범위

- 과일 내부품질 측정정확도 고도화를 위한 내부품질측정부 자동조절시스템 개발
- 내부품질측정부 자동조절시스템을 적용한 내부품질측정시스템 시제품 제작 및 실증

○ 공동2(한국농업기술진흥원)

- 과실별(사과, 배) 자동조절장치에 따른 당도 측정 정밀도 평가 방법 및 시스템 개발
  - 다양한 전문가 의견을 반영함으로써 체계적이고 객관적인 평가방법 개발 및 신규 개발 선별기의 신속한 대응체계 구축
  - 신규 개발 장치가 적용된 선별기의 과일 크기 인식 및 높이 자동조절장치에 대한 평가 시스템 구축
- 이송방식별(컵, 프리트레이, 롤러형캐리어) 당도 측정 정밀도 평가 방법 및 시스템 개발
  - 기존 선별기와 자동조절장치가 설치된 선별기와의 당도 측정 정밀도(SEP) 비교 평가

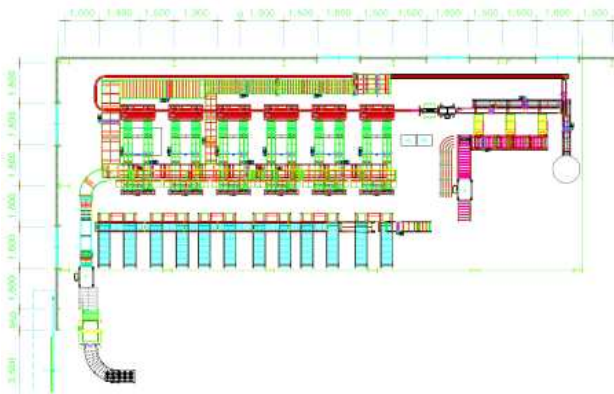
## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 1) 1차년도 수행 과정 및 내용

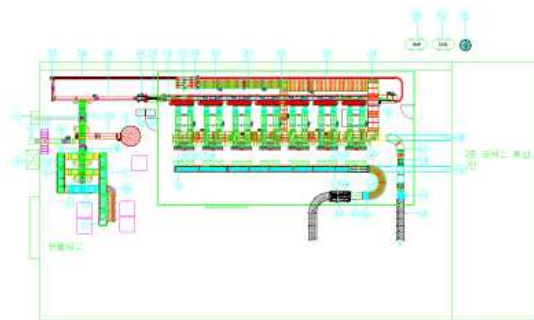
#### (1) 주관: ㈜한아

##### □ 지역 농산물유통센터 현장 방문 및 사용 실태 파악

- 디팔렛타이저의 중·소형화 개선을 위한 지역 농산물유통센터 현장 실태 조사(경북 상주, 충북 진천·연천, 전북 백양사, 전남 나주 등)



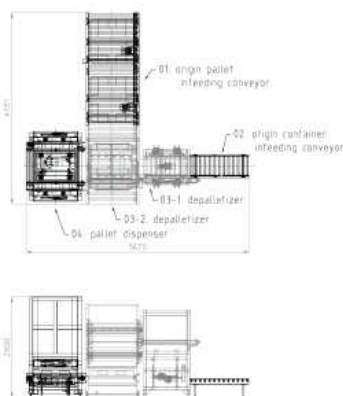
[그림 31] 서귀포농협 레이아웃



[그림 32] 전남 노안농협 레이아웃

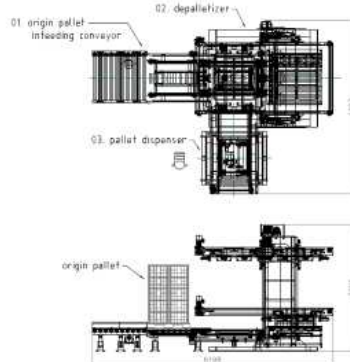
- 현장 실태 조사 결과, 부자재(과일박스, 완충제 등)의 적재장소 및 원물(선별 이전의 과일)의 파렛트 입고·선별품의 파렛트 출고를 위한 지게차 동선 확보, 선별장 사업 예산 등을 이유로 디팔렛타이저의 설치는 대형 APC에만 가능함.
- 근접센서, 포토센서 등을 이용한 자동제어 디팔렛타이저는 센서의 노후 및 작업현장에서의 이물질 등으로 인한 오동작 문제가 종종 발생함.

##### □ 중·소형 디팔렛타이저 설계·샘플 제작 및 개선안 도출



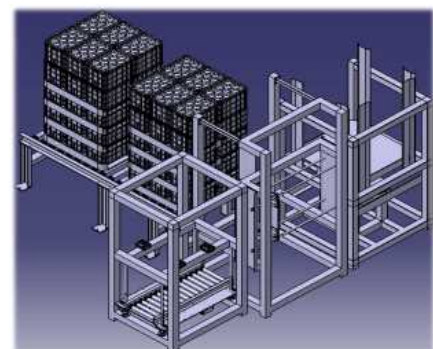
[그림 33] 대형

디팔렛타이저(Depalletizer)의 설계안(pusher type)



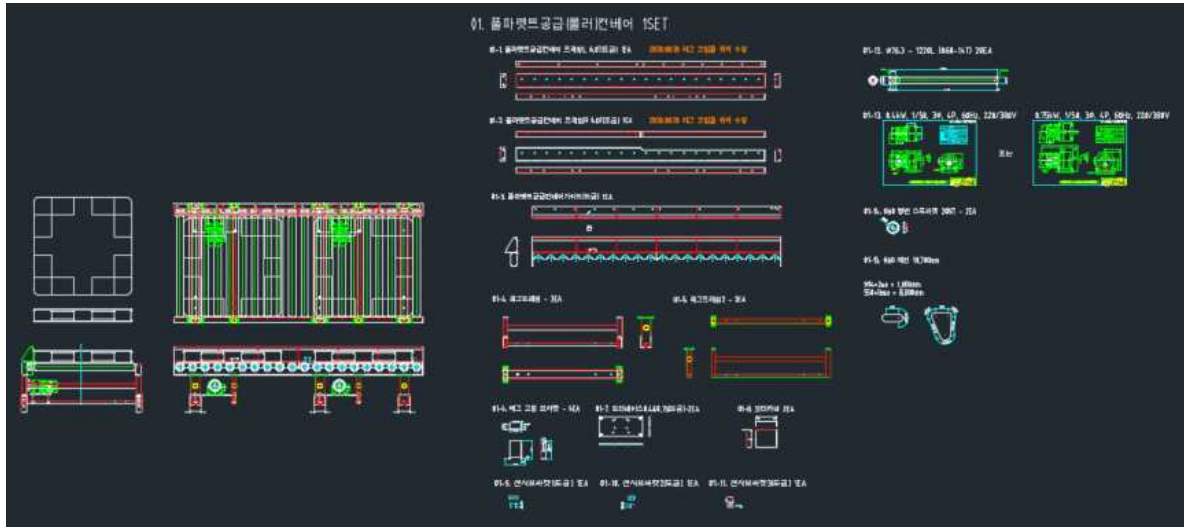
[그림 34] 대형

디팔렛타이저(Depalletizer)의 설계안(gripper type)



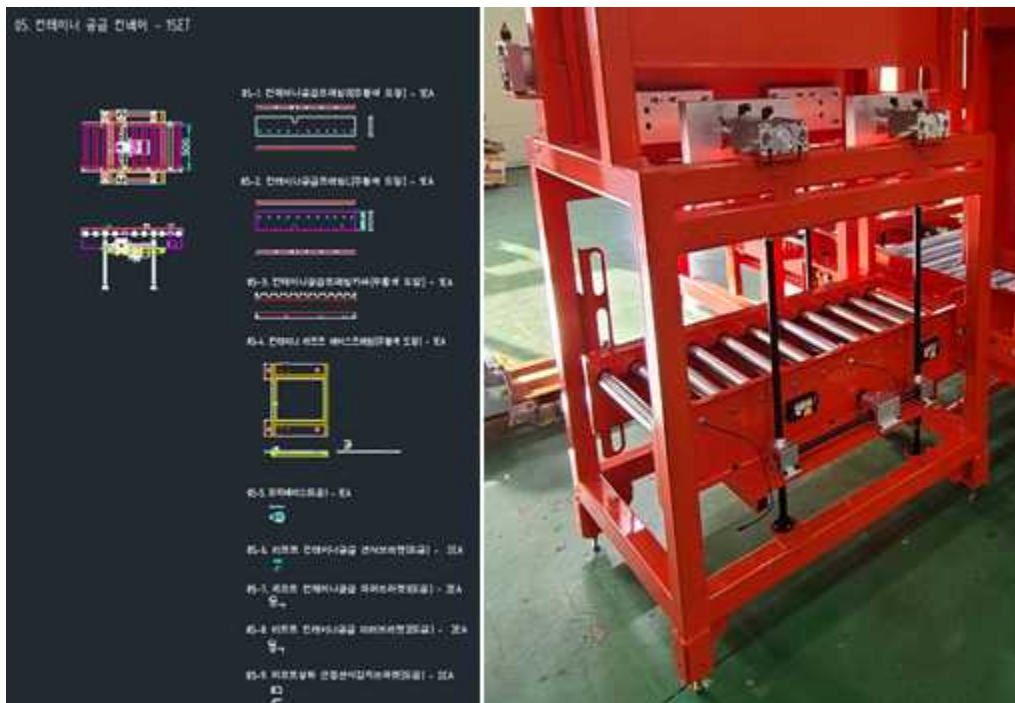
[그림 35] 구조의 단순화 및 소형화를 중심으로 한 중·소형 APC 전용 디팔렛타이저 설계초안

- 대형 디팔렛타이저 2종에 대해, 설계안을 토대로 제조원가를 분석한 결과, pusher type의 디팔렛타이저가 gripper type에 비해 약 30% 저렴한 것으로 파악됨.
- gripper type이 작동 소음 및 안정성 등에서 선호될 수 있으나, 설치 비용 부담을 해소하기 위한 방법으로는 pusher type 디팔렛타이저가 적합하다고 판단.
- pusher type의 디팔렛타이저 설계안을 토대로, 도면의 세부화하여 시작품을 제작.
- 약 1.2ton(20kg×30 컨테이너×2팔렛트)의 하중에도 롤러를 구동할 수 있는 내구성 고려



[그림 36] 디팔렛타이저의 구성품 중 하나인 팔레트 공급 컨베이어의 제작 도면

- 컨테이너 박스를 진입시키기 위한 컨베어로, 16kg(20kg 컨테이너×8ea) 이상의 하중을 고려하여 설계. 제작 시 DC 24V의 파워롤러&드라이브를 부착했으나, 부하에 따른 내구성 저하 방지와 제조원가 절감을 위해 AC모터&체인롤러 조합으로 수정 제작을 진행 예정



[그림 37] 컨테이너 공급 컨베이어 제작도면 및 시작품

○ 원물 컨테이너 투입 후 남은 팔렛트만 배출·적재하는 팔렛트 디스펜서 및 파워베이스는 조립의 단순화 및 경량화·소형화를 위해 일체형으로 재설계를 진행

- 단품의 개수 : 57가지 → 40가지

- 중량 : 450kg → 300kg

- 크기 : 1350×1730×2500mm<sup>3</sup> → 1350×1400×1100mm<sup>3</sup>



[그림 38] 팔렛트 디스펜서 및 파워베이스 제작 도면



[그림 39] 팔렛트 디스펜서 및 파워베이스

- 제어를 위한 PLC 프로그래밍 및 제어컨트롤러 구성 : PLC 프로그래밍 분야의 전문가를 활용한 제어컨트롤러 구성 및 셋팅. 이후 자체 기술력 확보를 위한 인력 개발

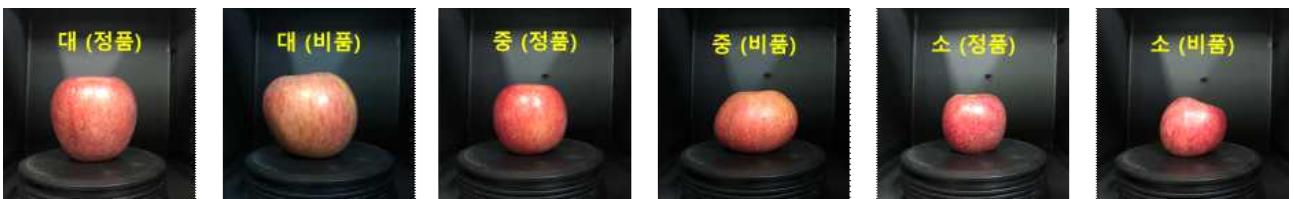


[그림 40] PLC 제어를 위한 제어컨트롤러

□ 공동1: 강원대학교 산학협력단

- 과일 크기 자동 인식 특성 구명

- 과일 내부 품질 측정 정확도 기술을 고도화하기 위하여 CCD (Charge Coupled Device) 카메라를 사용하여 투입된 과일 자세에 따른 영상 특성을 조사하고자 함
- 실험 재료 : 후지 품종 사과 정품 및 비품 (문경 APC 센터)
- 사과 크기 분류 : 대(3다이), 중(5다이), 소(7다이)
- 비품 사과의 경우, 정품 사과에 비해 형상이 일정하지 않으며 색상 차이가 나타남



[그림 41] 크기별 정품 및 비품 사과의 정면 모습

- 사과 영상 획득을 위한 실험 장비 구축
  - CCD 카메라(mvBlueFOX3-2032a, Germany),
  - 파워서플라이(ES-0424, Korean),
  - 조명(LV-DBS-97A, Korea) 600  $\mu$ s 사용

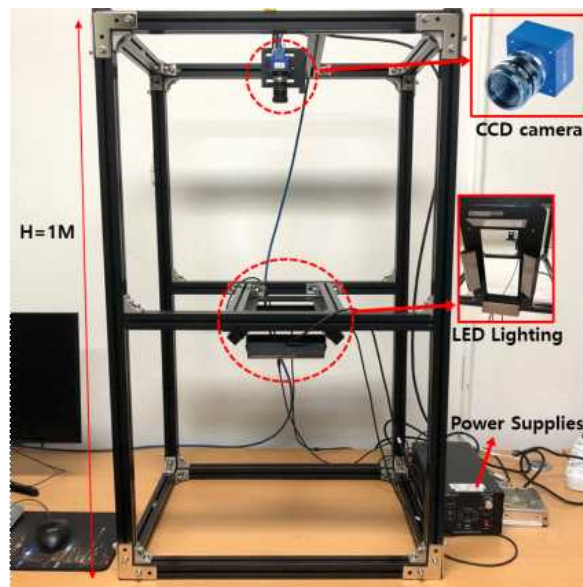
[표 1] CCD 카메라 사양



Model Name	mvBlueFOX3-2032a
Resolution	2064x1544
Frame Rate	55fps
Sensor Size	1/1.8"
Sensor	SONY IMX265
Shutter Type	Global
Pixel Size(μm)	3.45 x 3.45

- 영상 촬영 조건 : 노출 시간 (exposure time) 20,000 μs

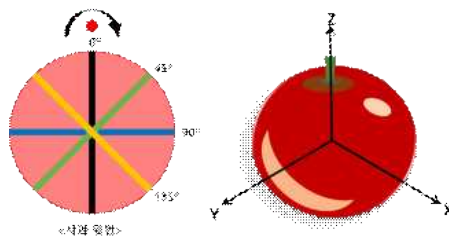
- 조리개 값 : f/2.4
- 2차원 RGB 영상 측정



[그림 43] 영상 촬영 환경 구축

- 영상 촬영 및 분석 : 각 사과 당 32가지 자세에 따른 영상을 획득함

- 사과 윗면을 기준으로, 그림[3]의 빨간 점에서부터 시계 방향으로 45°씩 135°까지 회전하여 4방향의 영상을 획득함
- 사과 정면을 기준으로, x축 방향으로 45°씩 360° 회전하여 8방향의 영상을 획득함

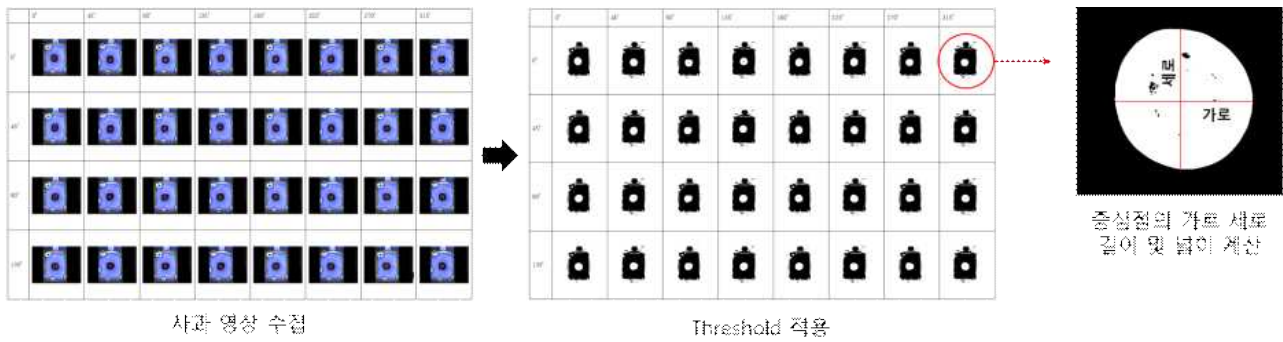


[그림 44] 사과 촬영 방향 설정

- 사과 당 윗면 (4 방향) × 정면 (8 방향)의 영상을 촬영하여 총 32장의 영상을 획득함
- 획득된 사과의 영상에서 스케일 결정 (4.5pixel/mm) 후 사과의 윤곽선을 획득하고 Imag



eJ 프로그램을 이용하여 중심에서의 가로, 세로 길이와 넓이를 측정함



[그림 45] 사과 영상으로부터 길이 및 넓이 측정 과정

- 정품 및 비품 사과(대)의 자세에 따른 영상 특성 구명 [표 2]

- 사과 (대) 자세에 따른 장축과 단축 거리를 비교한 경우, 자세에 따라 세로 길이의 차이가 기준점으로부터 더 크게 나타남
- 비품 사과 길이의 표준편차는 정품 사과 길이의 표준편차에 비해 크게 나타남

[표 2] 정품 및 비품의 사과(대) 영상 특성

	대_정품			대_비품		
	가로(mm)	세로(mm)	넓이(mm <sup>2</sup> )	가로(mm)	세로(mm)	넓이(mm <sup>2</sup> )
최댓값	99.33	107.33	8111.75	104.44	105.11	8122.67
최솟값	92.44	88.89	7038.62	94.22	85.11	7031.51
최대-최소	6.89	18.44	1073.13	10.22	20.00	1091.16
평균값	95.83	98.71	7672.50	99.88	96.48	7751.75
표준편차	2.04	5.22	346.89	2.92	6.06	287.03
기준(0-0)	96.22	95.33	7312.89	102.89	95.11	7867.90
최대-기준	3.11	12.00	798.86	1.56	10.00	254.77
기준-최소	3.78	6.44	274.27	8.67	10.00	836.40

- 정품 및 비품 사과(중)의 자세에 따른 영상 특성 구명 [표 3]

- 정품 사과에 비해 비품 사과에서 (최대)-(최소) 값이 크게 나타남

[표 3] 정품 및 비품의 사과(중) 영상 특성

	대_정품			대_비품		
	가로(mm)	세로(mm)	넓이(mm <sup>2</sup> )	가로(mm)	세로(mm)	넓이(mm <sup>2</sup> )
최댓값	84.70	88.89	5837.68	86.16	91.11	5884.15
최솟값	82.44	74.22	5345.24	80.67	71.78	5108.15
최대-최소	2.26	14.67	492.44	5.49	19.33	776.00
평균값	83.63	82.99	5594.57	82.90	82.20	5483.33
표준편차	0.63	4.84	151.97	1.61	4.75	220.53
기준(0-0)	84.70	83.47	5574.52	80.67	85.56	5524.99
최대-기준	0.00	5.42	263.16	5.49	5.56	359.16
기준-최소	2.26	9.25	229.28	0.00	13.78	416.84

- 정품 및 비품 사과(소)의 자세에 따른 영상 특성 구명 [표 4]

- 소 크기의 사과는 정품, 비품의 형상 차이가 크게 없었기 때문에 정상, 비정상 사과의 구분이 크게 되지 않으며 오히려 정상 사과에서 (최대)-(최소) 값이 더 크게 측정됨
- 최댓, 최솟값을 기준과 비교했을 때 비정상 사과에서 편차가 더 큼

[표 4] 정품 및 비품의 사과(소) 영상 특성

	대_정품			대_비품		
	가로(mm)	세로(mm)	넓이(mm <sup>2</sup> )	가로(mm)	세로(mm)	넓이(mm <sup>2</sup> )
최댓값	78.67	80.00	4744.89	78.56	80.22	4673.63
최솟값	73.33	63.56	4043.06	72.00	65.89	4049.83
최대-최소	5.33	16.44	701.827	6.56	14.33	623.803
평균값	75.74	72.82	4475.39	74.73	72.87	4380.88
표준편차	1.72	5.36	186.52	1.63	4.10	166.06
기준(0-0)	73.89	78.44	4577.19	74.44	73.56	4303.56
최대-기준	4.78	1.56	167.70	4.11	6.67	370.07
기준-최소	0.56	14.89	534.12	2.44	7.67	253.73

□ 파일 크기에 따른 분광측정 자동조절 장치 특성 구명

○ 분광 장치 구성 [그림 4] : ①분광 측정 챔버, ② 광원 스위치, ③ 광원 (100W 텅스텐 할로겐 램프), ④ 근적외선 분광 센서(USB4000, Ocean Optics), ⑤광원 임시 가리개, ⑥ 빛 가림천, ⑦ 시료, ⑧ 눈금자

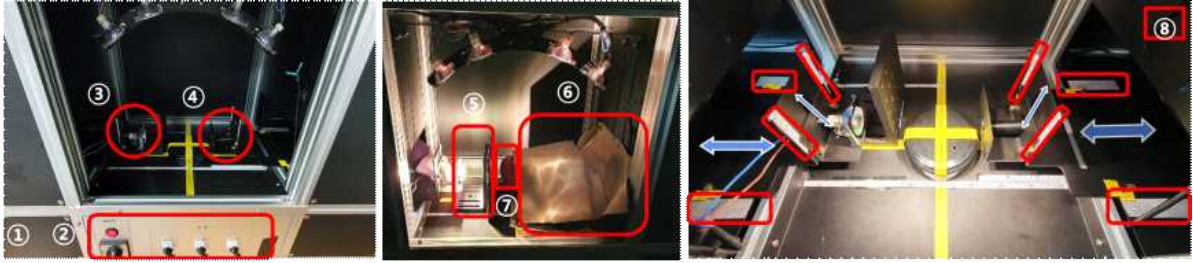
○ 거리 설정 [그림 5]: 광원, 센서와 시료(사과)와의 거리는 각각의 높이 중심으로부터 측정

- 시료(사과) ~ 광원 : 40 ~ 100 mm, 10mm 단위로 나뉘서 총 7단계

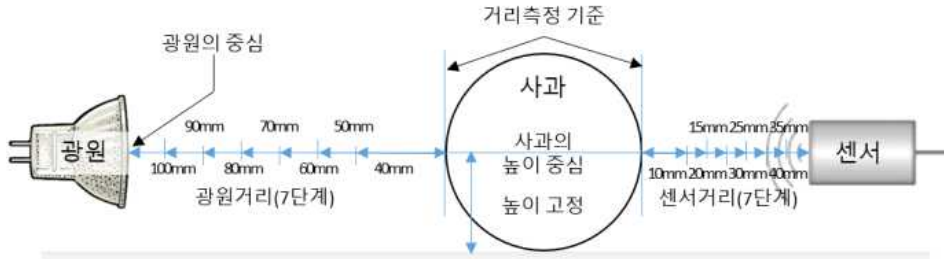
- 시료(사과) ~ 센서 : 10 ~ 40 mm, 5mm 단위로 나뉘서 총 7단계

- 실험 시 챔버는 광원 외 주변 암실 상태
- 스펙트럼측정 파장 대역 : VNIR (472 ~ 1150 nm)

- 측정 방법 : 투과식

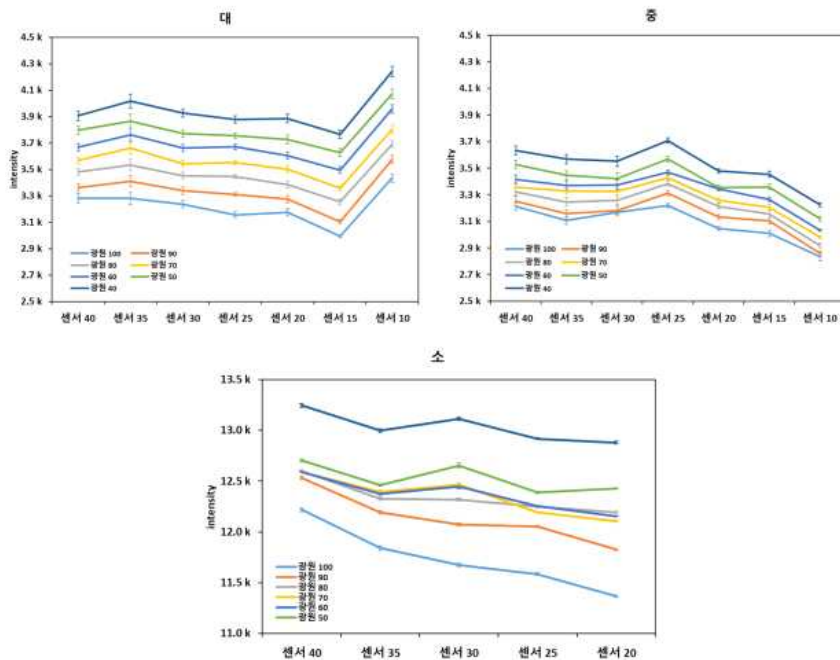


[그림 46] 광학 스펙트럼 측정 환경 구성



[그림 47] 광원-과일-센서와의 거리 설정

- 사과와 광원의 거리는 사과의 크기와 상관없이 40mm 일 때 신호가 강하게 나타남
- 사과-센서와의 거리는 소: 40 mm, 중: 25 mm, 대: 10 mm 일 때 빛의 세기가 가장 강하게 나타남
- 센서 거리 기준 소: 40 mm, 중: 10 mm, 대: 25 mm 일 때 광 균일성이 높게 나타남 (표준편차/평균값의 작을수록 광 균일성이 높다고 판단)
- 광원 거리 기준 소: 60 mm, 중: 100 mm, 대: 90, 70 mm 일 때 광 균일성이 높게 나타남



[그림 48] 센서-과일-센서 거리에 따른 과일 크기별 센싱 감도 특성

□ 공동1: 한국농업기술진흥원

○ 국내·외 농산물비파괴선별시스템 성능평가 방법 조사

- 농산물품질관리기준 및 선별기 성능평가 방법

	국내	일본	미국	UN
농산물품질관리기준	「농수산물품질관리법」 제5조	과일전국표준(果実の全国標準規格)	U.S. Grade Standards'	UNECE standard FFV
선별기 성능평가 방법	「농업기계 검정 및 안전관리 세부 실시요령」	-	-	-

- 국내 규정

- 「농수산물품질관리법」 제5조 및 같은 법 시행규칙 제6조의 규정에 의하여 농산물 표준 규격을 정하고 있음(국립농산물품질관리원 고시 제2015 - 65호)
- 비파괴 당도 선별기를 이용한 품목의 경우 허용오차

종 류	품 목	허용오차
과실류	사과, 배, 감귤	$\pm 0.5^{\circ}\text{Bx}$
채소류	수박	$\pm 1.0^{\circ}\text{Bx}$
	멜론, 참외	$\pm 1.5^{\circ}\text{Bx}$

- 농업기계 검정 및 안전관리 세부 실시요령」 별표4. 농업기계 검정방법 중 농산물비파괴 선별기 검정방법, 별표5. 농업기계 검정기준
- 검정기준

항목	종류	허용오차
당도	사과, 배, 복숭아, 참외, 감귤 등	$\pm 0.5^{\circ}\text{Bx}$ 이내
	수박, 멜론	$\pm 1.0^{\circ}\text{Bx}$ 이내
산도	감귤, 만감류	$\pm 0.2\%$ 이내
중량	감귤	2% 이내
	한라봉, 사과, 토마토, 복숭아	1.5% 이내
	배, 참외, 멜론	1.0% 이내
	수박	0.5% 이내

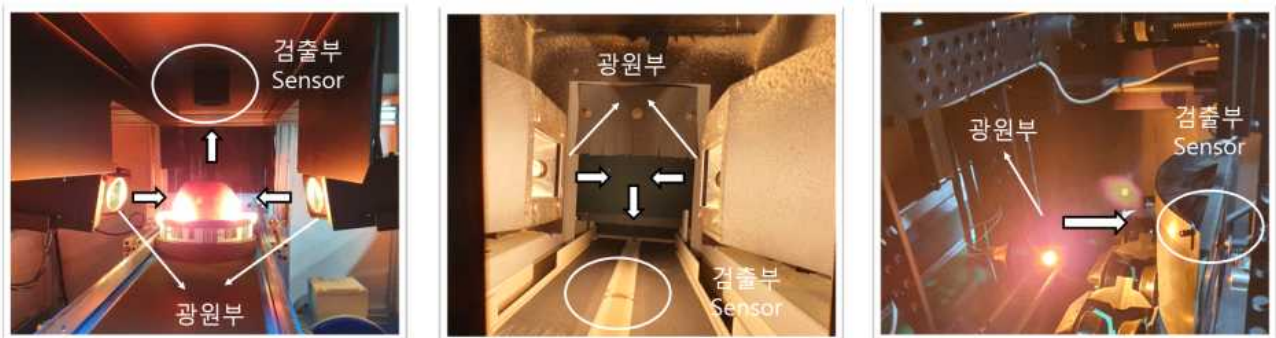
- 해당품목에 한해 크기 감귤 2%, 색상측정오차 4%이내

○ 기존 선별시스템의 자동조절장치에 관한 특성 인자 확인

- 전국 APC에 설치된 사과와 배 비파괴선별기를 대상으로 자동조절장치의 장치구성부의 특성 및 검정결과를 통해 선별기의 성능에 미치는 인자 확인
  - 농업기술실용화재단의 「농업기계 검정 및 안전관리 세부 실시요령」 별표4. 농업기계 검정방법으로 실시한 결과임
- 충남 예산, 청송, 문경APC 등 총 130대(사과선별기 96대 + 배선별기 34대)에 대해서 수행함
- 각 설치된 제조사별 자동조절장치의 구성부(광원부, 과일, 광검출부)의 차이점을 분석함
- 농산물선별기는 대표적으로 과일의 크기 및 특성에 맞는 이송장치(프리트레이, 과일컵, 캐리어) 별 구분되며, 이에 따른 검정결과를 기반으로 인자 도출

합계	프리트레이	과일컵	캐리어
130	75	45	10

- 위의 표와 같이 전국 APC 내 설치된 사과 및 배 비파괴선별기 130대를 이송장치별 구분하면 프리트레이 75대, 과일컵 45대, 캐리어 10대로 나타남
- 선별기의 이송장치는 모두 그 특성이 모두 다르며, 해당 APC의 특성에 맞게 설치 됨
  - 현재는 압상에 대한 문제점으로 처리속도는 느리나 가장 압상이 적은 프리트레이를 선호하고 있음



[그림 49] 농산물비파괴선별기의 대표적 장치구성부(광원부, 과일(피사체), 검출부) 구성

- [그림 48]은 조사한 농산물비파괴선별기 중 대표적인 장치구성부를 나타낸 것이며, 크게 프리트레이의 경우 피사체 사이드에서 광을 조사하여 위나 아래에 검출부를 설치하여 스펙트럼 데이터를 얻는 구조임
- 하지만, 처리속도가 빠른 캐리어와 과일컵 타입은 광원과 검출부의 거리가 가까웠으며 조사하는 광원의 광량도 다소 낮은 것으로 나타남

A사	B사	C사
5~10 cm	15~20 cm	16~18 cm

- 조사한 130대의 선별기는 총 7개 업체에서 제조하여 설치하였으며, 이중 3개 업체가 전체의 70이상을 차지하였음.
- 3개 업체를 대상으로 장치 구성부의 특징을 확인하였으며, 표 2와 같이 광원부와 과일(피사체) 간의 거리를 확인한 결과임. 업체별 기술에 대한 차이는 있으나 A사가 5~10 cm로 가장 근접하였고, 나머지 두 개사는 비슷한 거리를 보임.

검정결과(오차)	프리트레이	과일컵	캐리어
당도(°Brix)	0.49	0.49	0.49
중량(%)	0.55	0.73	0.69

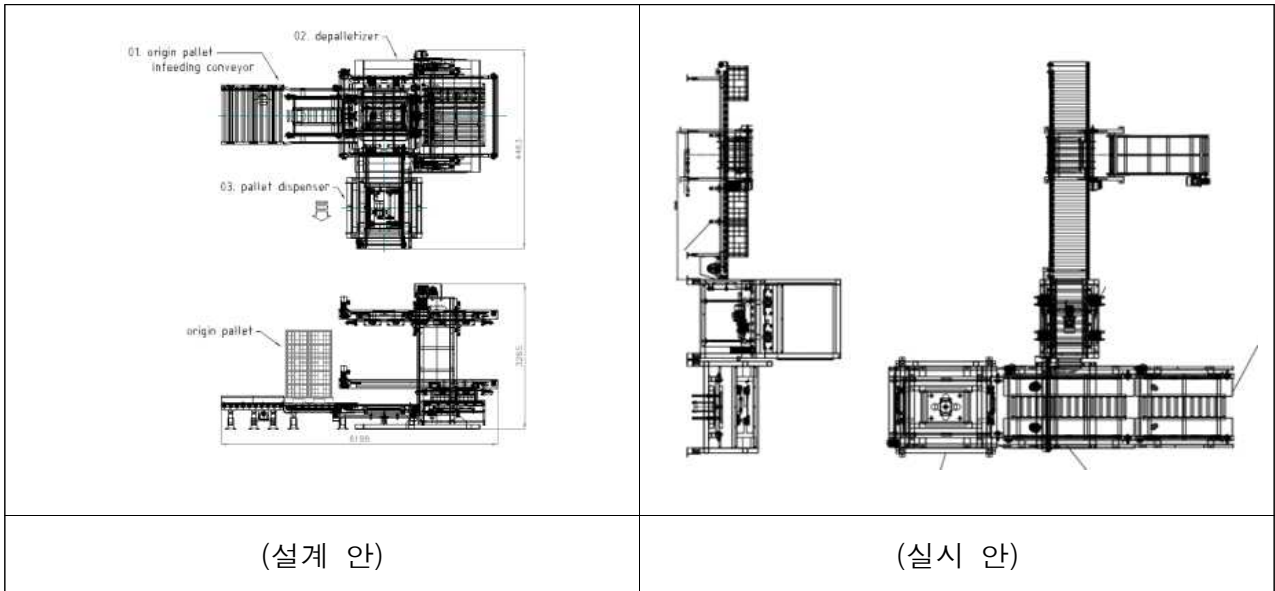
- 또한, 이송장치별 검정결과를 보면, 당도의 경우는 프리트레이, 과일컵, 캐리어 모두 0.49 (°Brix)로 차이를 보이지 않았음. 이는 이송장치와 처리속도에 따른 최적의 스펙트럼 데이터 계측을 통해 선별 모델을 개발되어 나온 결과로 사료됨.
- 하지만, 중량 선별 결과(오차)에 따르면 프리트레이의 오차가 0.55%로 가장 낮게 나타났으며, 이는 과일컵, 캐리어에 비해 처리속도가 낮아 이송속도가 느리므로 정확도가 높은 것으로 사료됨
- 따라서, 선별시스템의 장치구성부는 검출부의 위치 및 광원부와 과일(피사체) 간의 거리, 광원의 세기에 따라 선별 특성과 연관성이 있는 것으로 판단됨.
- 뿐만아니라, 선별방식(당도 및 중량)과 처리속도 등 장치구성부 외에도 선별특성에 영향을 미치는 것으로 사료됨
- 추가적인 광원부, 검출부, 과일(피사체) 간의 거리 및 처리속도 등에 따른 선별특성에 관한 연구가 필요함.
- 차후, 자동조절장치에 대한 개발 후 선별기에 대한 평가를 위해 본 연구로 확인된 인자를 통해 평가방법 및 시스템을 구축

## 2) 2차년도 수행 과정 및 내용

### (1) 주관: ㈜한아

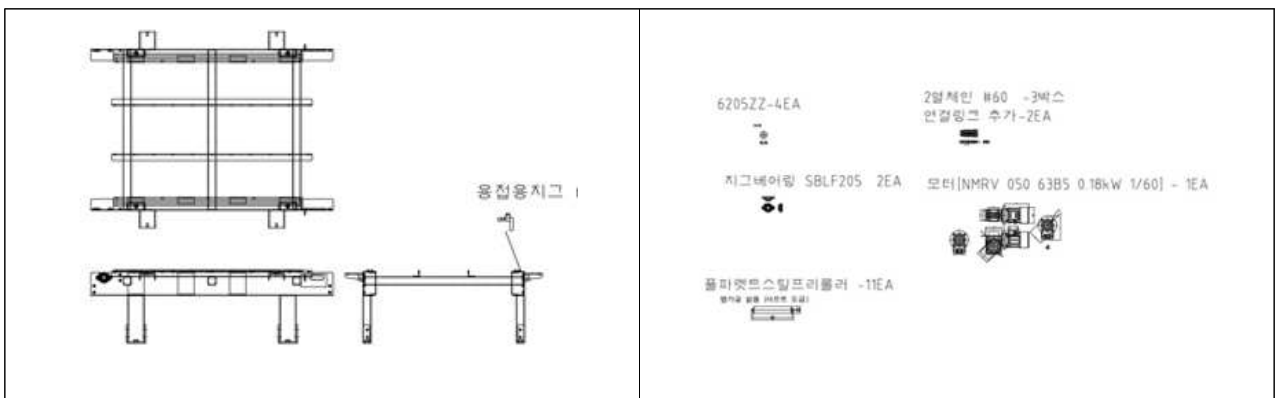
□ 디팔렛타이저 및 자동 덩핑기 설계









○ 디팔렛타이저 설계



- 업다운 컨베이어 설계 및 제작

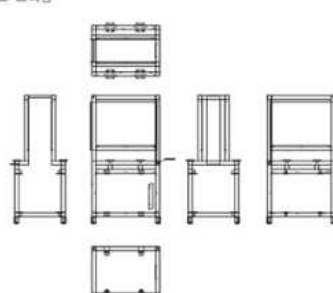

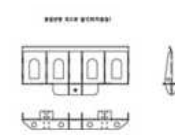
- 이송된 컨테이너 박스의 밑에서 2번째 행을 스톱퍼로 붙잡아 미는 구조
- 맨 밑 행의 컨테이너 박스가 파워롤러를 통해 롤러 컨베이어로 이송됨
- 스톱퍼 & 푸셔 구조로 반복 작동
- 힘을 제공하는 측면 에어실린더 정위치



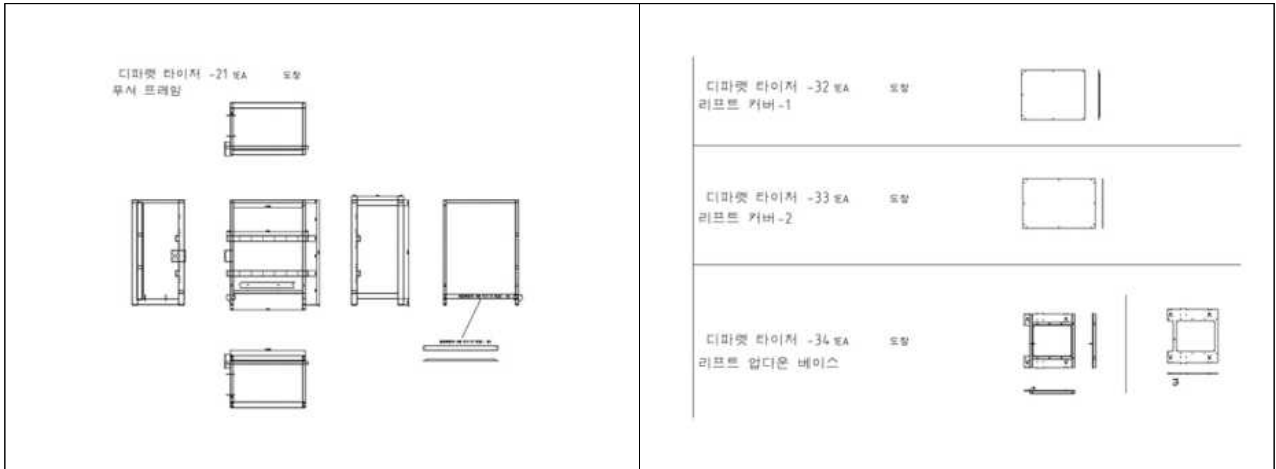
<p>디파렛 타이저 -2 좌우각 1EA 도장 공급컨베이어 프레임 커버</p> 	<p>디파렛 타이저 -5 4EA 도금 공급컨베이어 레그 브라켓</p> 
<p>디파렛 타이저 -3 1EA 도장 공급컨베이어 가이드 L</p> 	<p>디파렛 타이저 -6 1EA 도금 공급컨베이어 모터브라켓</p> 
<p>디파렛 타이저 -4 1EA 도장 공급컨베이어 가이드 R</p> 	<p>디파렛 타이저 -7 1EA 도금 반사 브라켓 -1</p> 
	<p>디파렛 타이저 -8 1EA 도금 센서 브라켓 -1</p> 
	<p>디파렛 타이저 -9 2EA 도금 공급컨베이어 연결 브라켓</p> 

○ 리프트 컨베이어 시스템 설계 및 제작

- 파렛트의 컨테이너 박스를 미리 반사 센서로 이송
- 파렛트가 1열 센서에 위치하면 위치 인식
- 차례대로 2열 3열 순서대로 이송하며 센서 위치에서 같은 동작
- 업다운 리프트 컨베이어가 컨테이너 박스 완전히 배출할 때까지 동작
- 파렛트 하단 양 끝에 2열 60# 체인을 적용하여 이송
- 하중으로 인한 처짐 방지를 위해 중간에 스틸 프리롤러 설치
- 측면 에어실린더 정위치

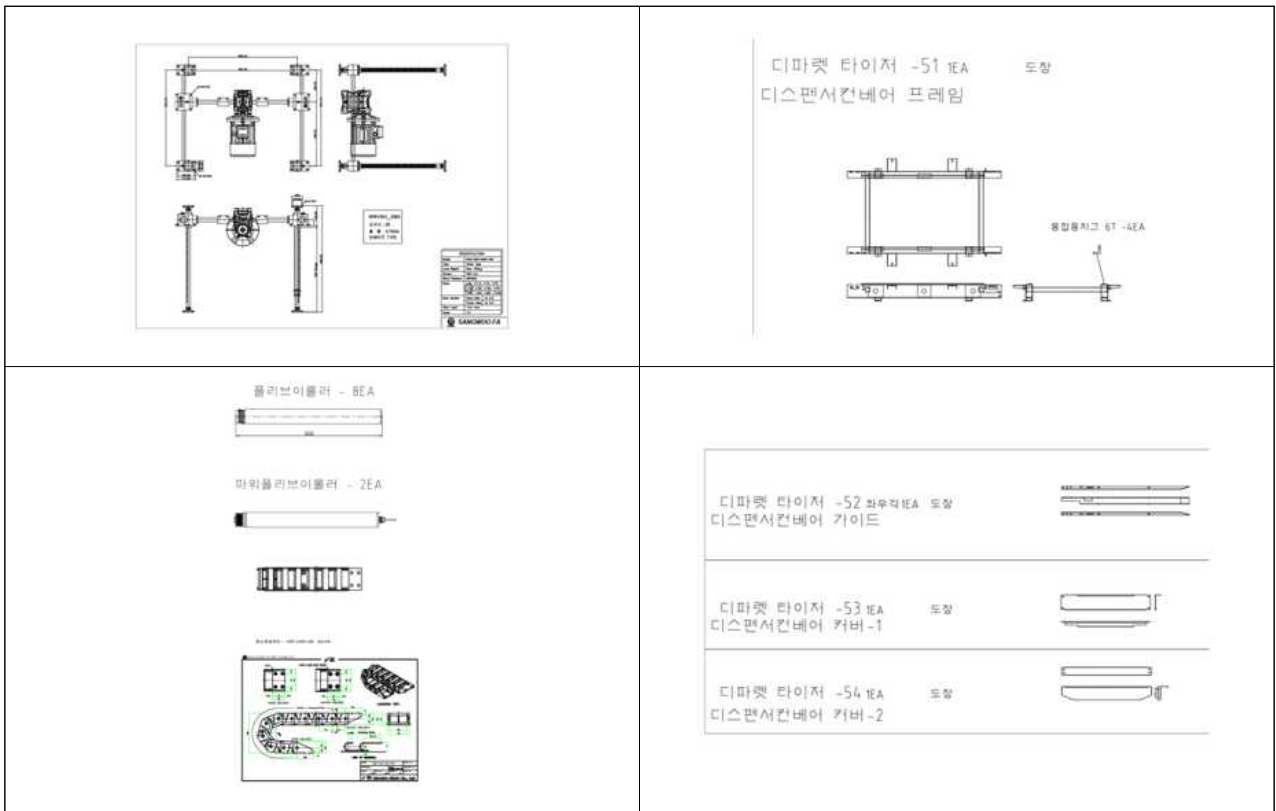
<p>디파렛 타이저 -31 1EA 도장 리프트 프레임</p> 	<p>디파렛 타이저 -22 5EA 도금 푸셔 가이드</p> 
	<p>디파렛 타이저 -23 1EA 도금 푸셔 브라켓</p> 



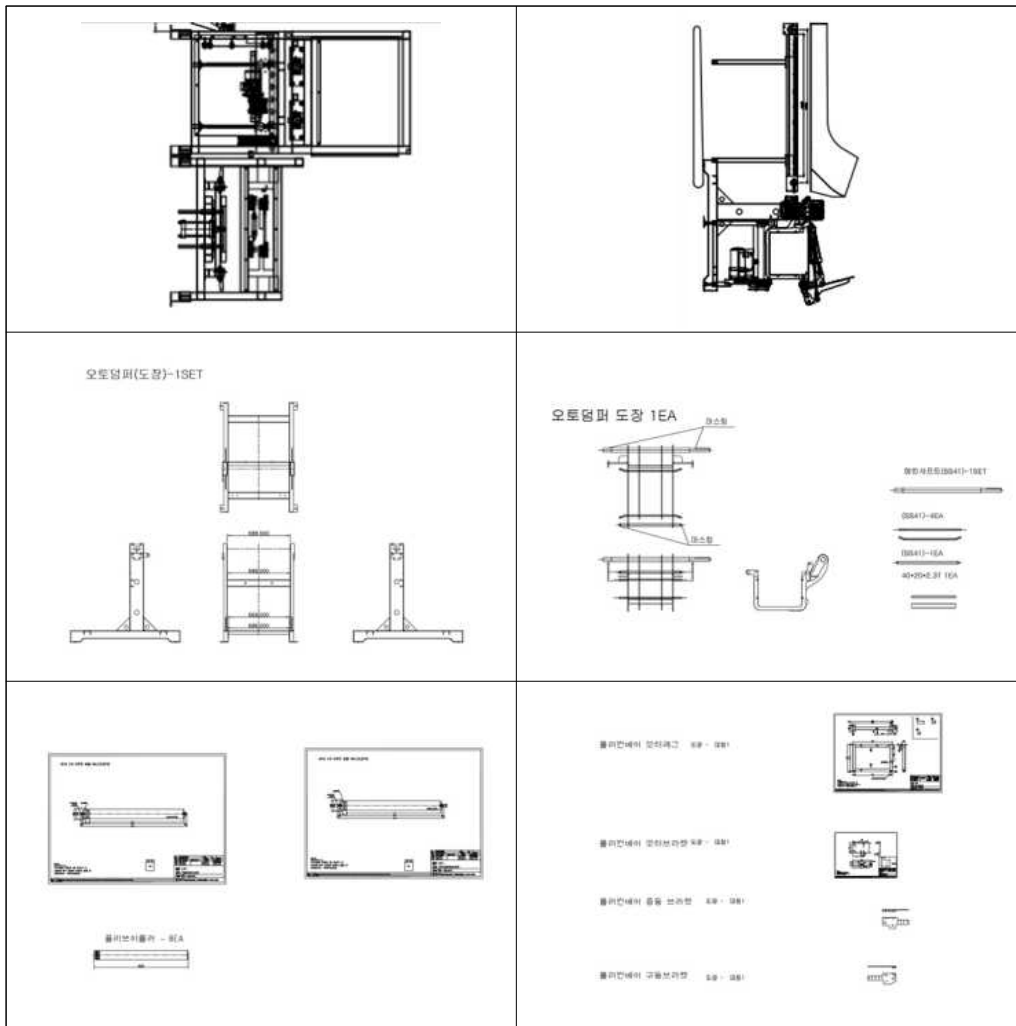


○ 빈 팔렛트 디스펜서의 설계 및 제작

- 팔렛트가 체인 이송 컨베어를 통해 디스펜서의 끝으로 이동
- 팔렛트를 밀면 푸셔 상승하면 측면 스톱퍼로 팔렛트 고정
- 팔렛트 하단 양 끝에 2열 60# 체인을 적용하여 이송
- 하중으로 인한 처짐 방지를 위해 중간에 스틸 프리롤러 설치
- 하단과 측면에 에어실린더 정위치



□ 자동 덤프기 설계

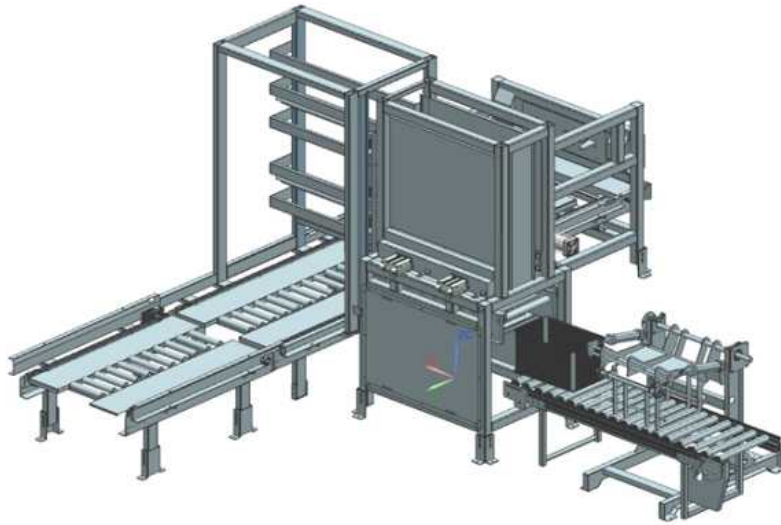


○ 원물 컨테이너 확보 및 배출 구조

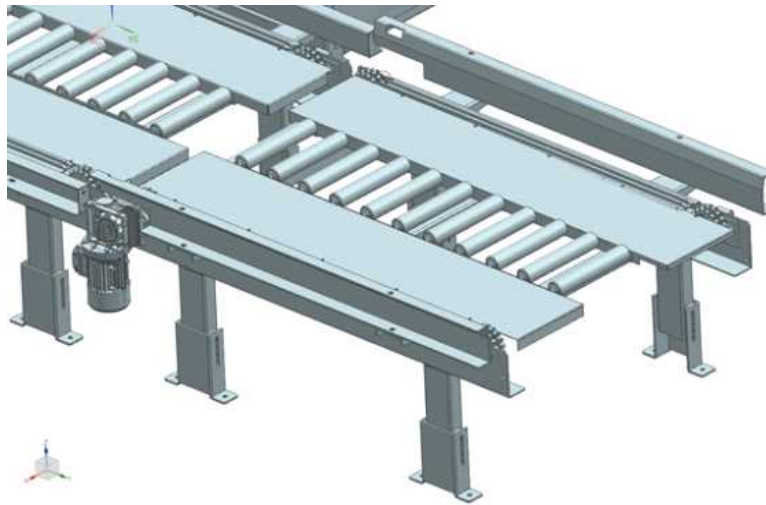
- 원물이 담긴 컨테이너가 위치 결정 스톱퍼까지 1개씩 정렬
- 원물 낙하를 방지하기 위해 실린더가 박스를 닫음
- 자동 덤프기의 모터에 의해 컨테이너 박스를 들어 올림
- 지정된 위치에서 과일이 배출될 수 있게 커버 열림
- 자동덤프기가 내려가며 빈 컨테이너 배출

□ 디팔렛타이저 및 자동 덤프기 3D 모델링

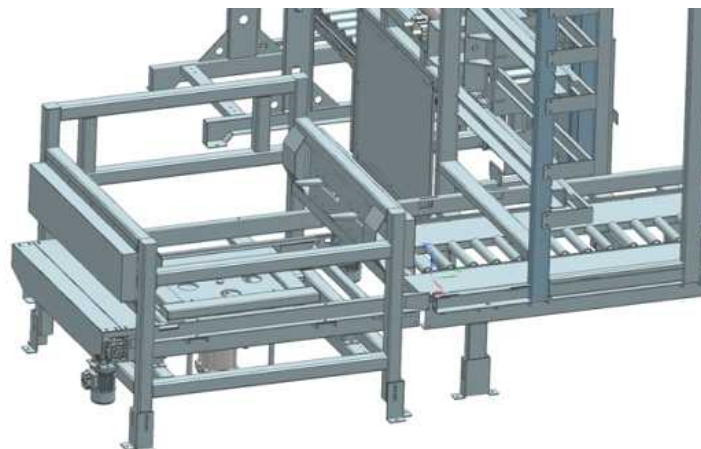
○ 디팔렛타이저와 결합된 덤프기의 모델링



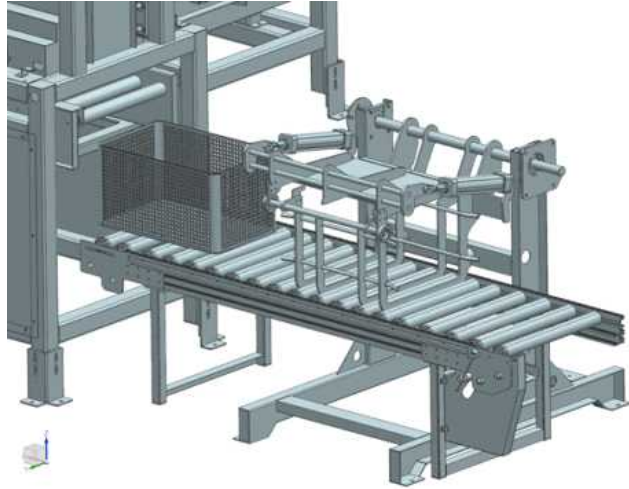
○ 팔렛트 이송 컨베이어 (체인 + 프리롤러)



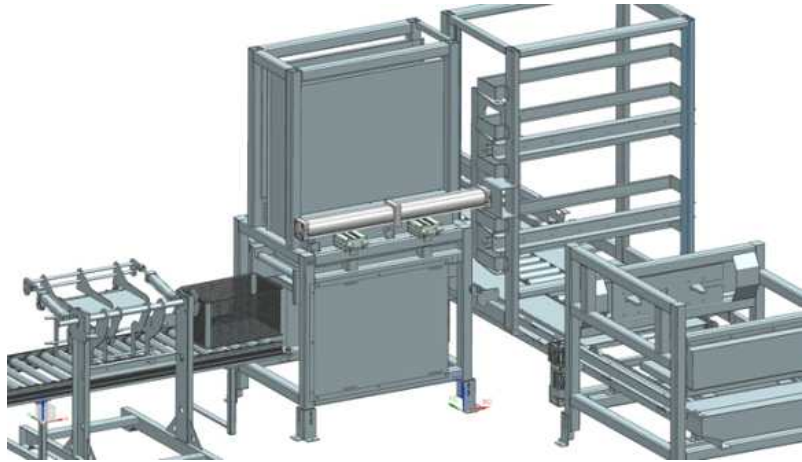
○ 디팔렛타이저의 디스펜서와 푸셔의 모델링



○ 디팔렛타이저 리프트와 롤러 컨베이어 및 덤핑기 모델링

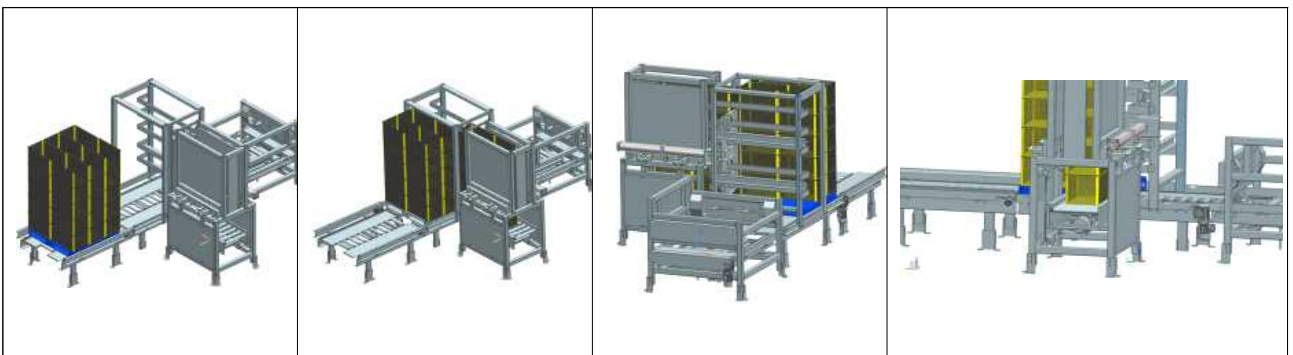


○ 디팔렛타이저와 덤핑기의 구동 모델링

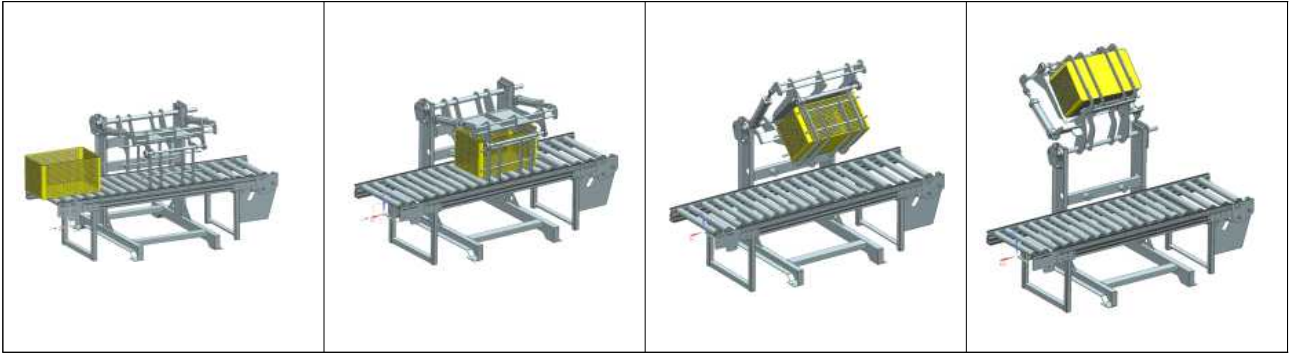


□ 구동 시뮬레이션을 통한 기구학적 검증

○ 디팔렛타이저의 구동 검증



○ 덤핑기의 구동 검증



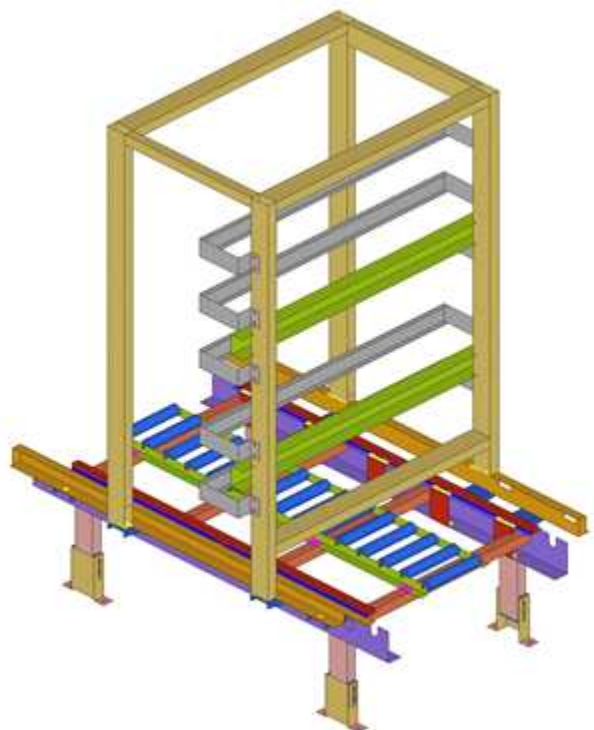
□ 유한요소 해석을 통한 구조 안정성 평가(외부 전문가 활용)

○ Depalletizer Loader 구조강도해석

- Depalletizer Loader의 주요 구성품은 Upper Frame, Side Frame, Roller, Push Plate, Stopper Bar, Lower Side Beam 등이며 아래와 같이 상하부 프레임, 각파이프, 철판 등의 주요 부품에 SS41, SPP 흑관, S45C 등의 소재가 주로 사용됨
- 설계한 Depalletizer 구조물의 성능 확인 및 설계검증을 위한 구조해석을 위해 아래 그림과 같이 유한요소모델을 구성하였음
- 전체 해석모델의 요소수는 약 34만개이며 Upper Frame Main 14,360개, Stopper Bar 12,050개, Lower Rail 18,480개, Lower Side Frame 11,501개, Roller Support Plate 29,256개, Lower Side beam 8,000개 등으로 구성됨



(a) CAD model



(b) FE model

[Depalletizer Loader 3D model]

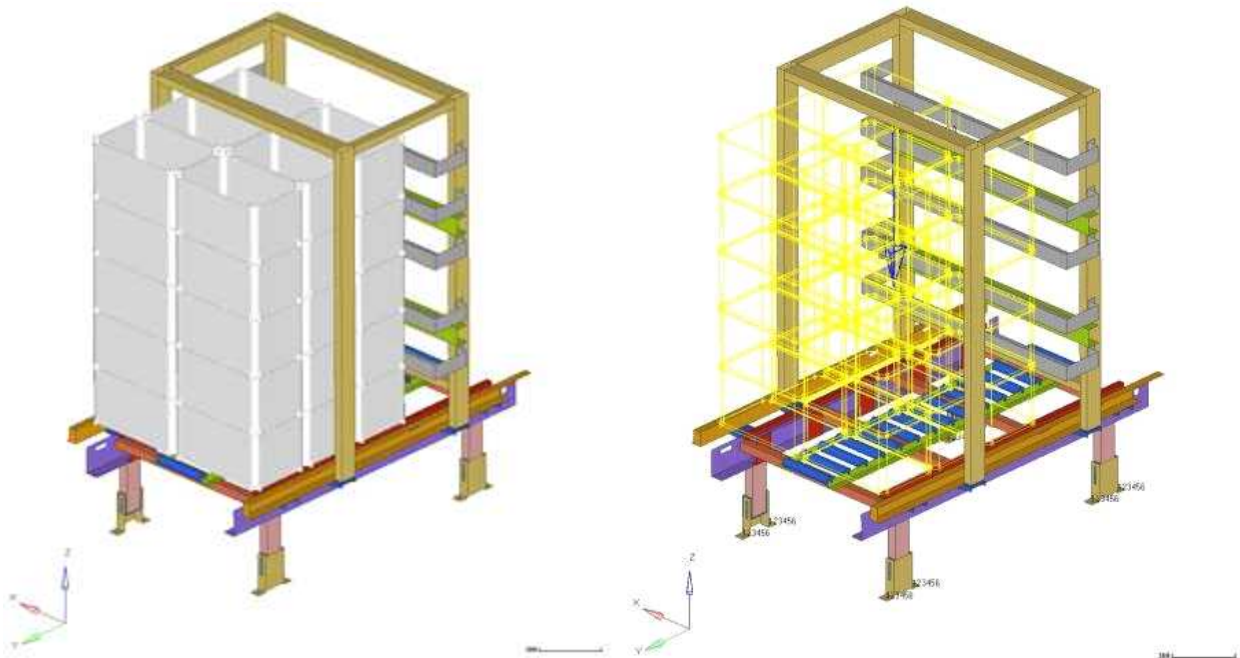
- Depalletizer 핵심부품에 적용된 소재의 기계적 성질은 아래 표와 같음

<Depalletizer Loader 핵심부품에 대한 기계적 성질>

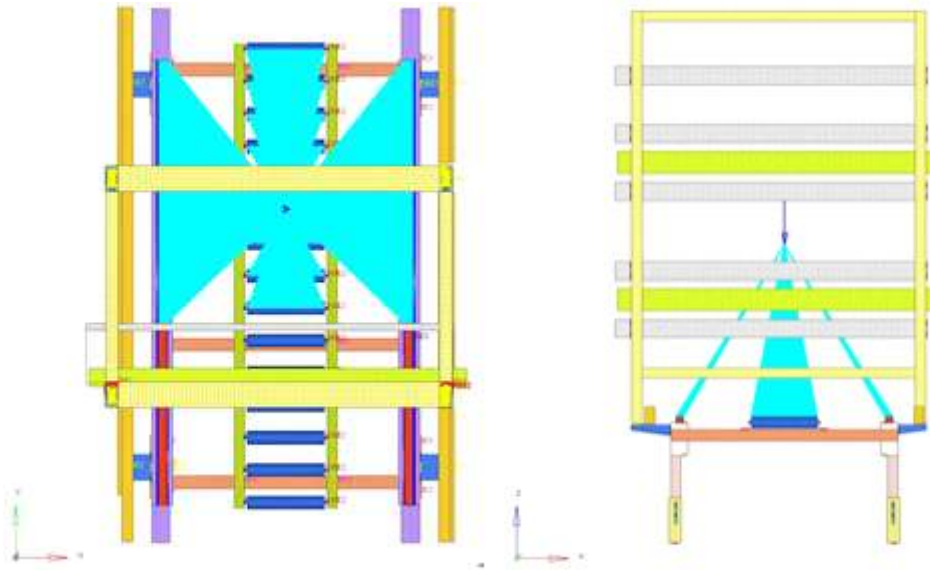
Mechanical Properties	SS41	SPP 흑관	S45C
Density (ton/mm <sup>3</sup> )	7.85 e-9	7.85 e-9	7.85 e-9
Elastic Modulus (GPa)	210	210	210
Tensile Strength, Ultimate (MPa)	400	340	686
Tensile Strength, Yield (MPa)	275	200	490
Poisson's Ratio	0.3	0.3	0.3

□ 최대적재 강도해석

○ Depalletizer Loader 최대적재 강도해석은 아래 그림과 같이 적재기 Roller부 상단 및 이송을 위한 Side Frame부 상단에 최대적재량에 해당하는 600kgf 하중을 가하였을 때 구조물의 영구변형 및 구성 부품의 손상, 크랙 및 파괴가 없음을 만족해야 함

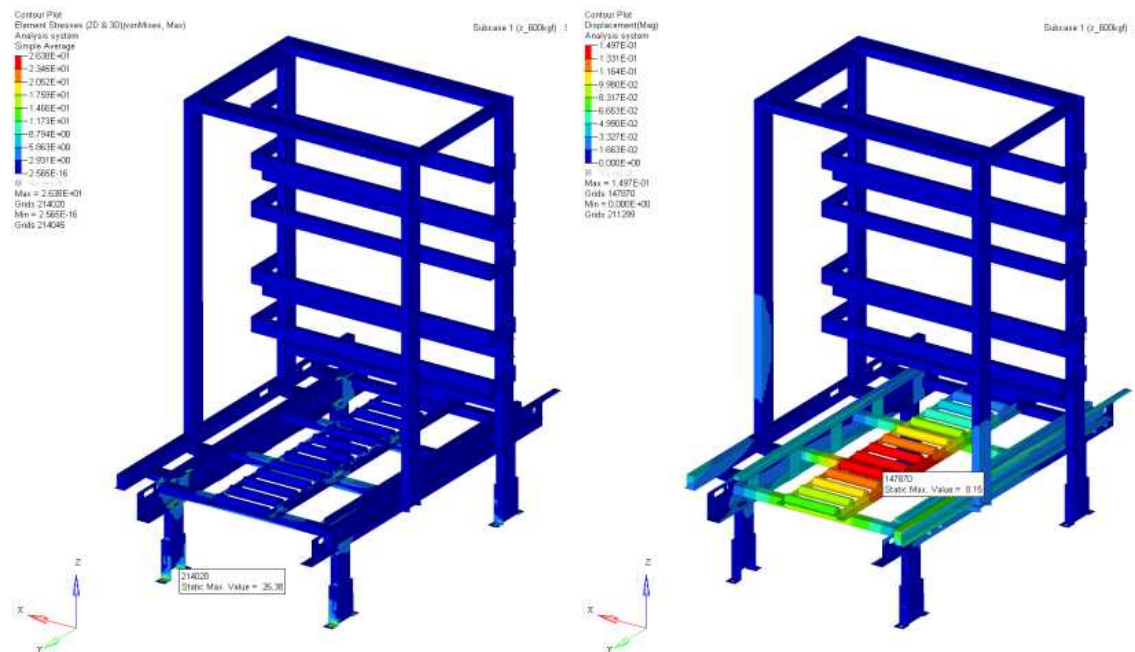


[최대적재 강도해석 하중조건(2x3\*5단, 20kg/개)]



[최대적재 강도해석 경계조건(@600kgf)]

- Depalletizer Loader의 최대적재 강도해석 결과를 아래 그림에 나타내었으며 최대적재 600kgf 하중 조건에서 0.148mm의 최대변위와 프레임의 바닥 고정 브라켓(Fixed BRKT)에서 26.38MPa의 최대 응력을 확인함
- 응력 집중은 하부 프레임과 최대적재 하중이 전달되며 바닥에 고정되는 부분에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SS41 소재의 항복강도(275MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함



(a) Stress Contour

(b) Displacement Contour

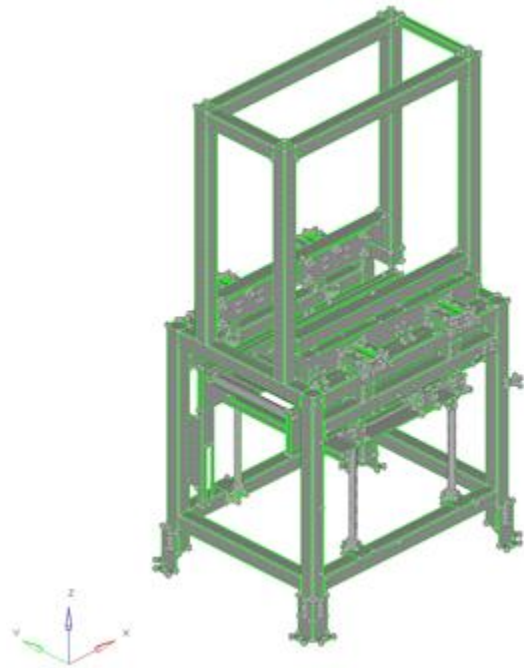
[최대적재 강도해석 결과(@600kgf)]

#### □ Depalletizer Pusher 구조강도해석

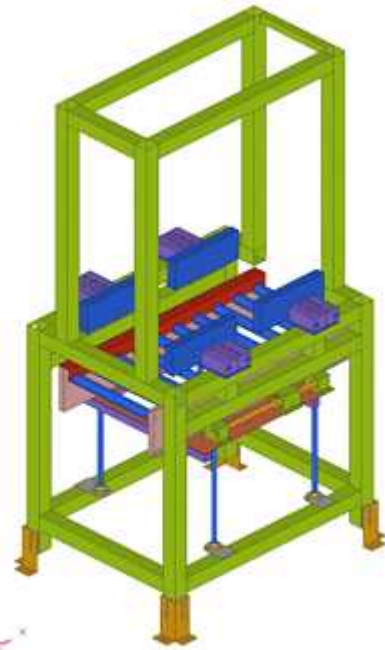
- Depalletizer Pusher의 주요 구성품은 Main Frame, Roller Mount Frame, Push Body, Spine Support, Shaft Holder 등이며 상하부 프레임, 각파이프, 철판 등의 주요 부품에 사용

된 소재는 SS41, SPP 흑관, S45C 등으로 Depalletizer Loader와 동일함

- 설계한 Depalletizer 구조물의 성능 확인 및 설계검증을 위한 구조해석을 위해 아래 그림과 같이 유한요소모델을 구성함
- 전체 해석모델의 요소수는 약 81만개이며 Main Frame 58,636개, Push Body 162,928개, Shaft Holder 282,096개, Roller Mount Frame 16,103개 등으로 구성함

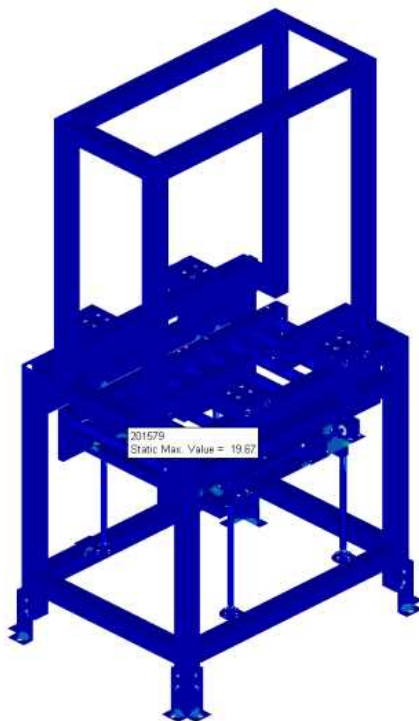
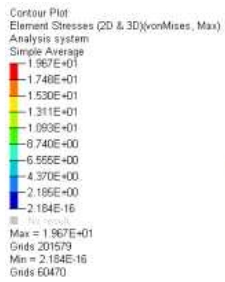


(a) CAD model

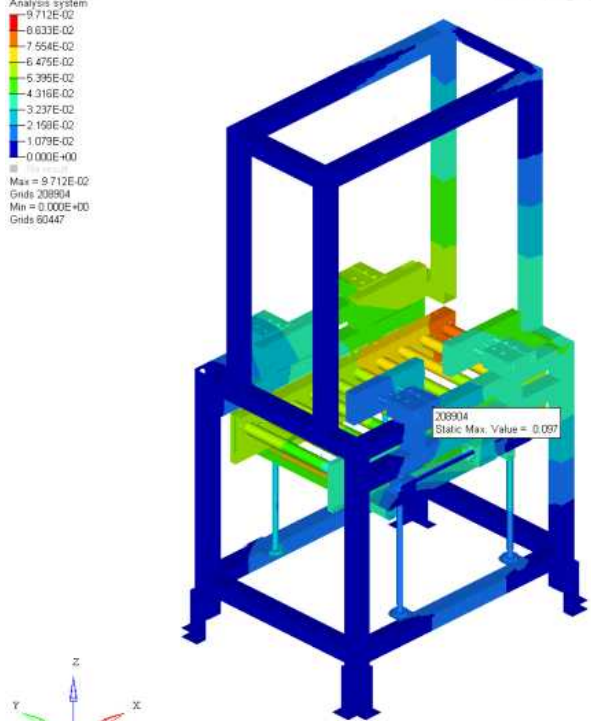
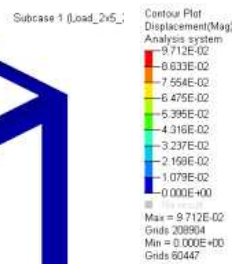


(b) FE model

[Depalletizer Pusher 3D model]



(a) Stress Contour



(b) Displacement Contour

[최대적재 강도해석 결과(@200kgf)]

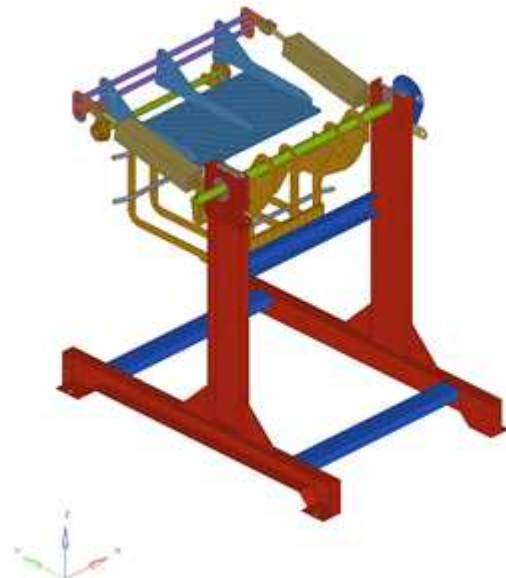


## □ 내측부하 강도해석

- Depalletizer Pusher 내측부하 강도해석은 아래 그림과 같이 내측면 하중 부하를 위한 Pusher 구조물의 Push Body부에 최대 부하에 상응하는 160kgf (2x1\*4단) 하중을 가하였을 때 구조물의 영구변형 및 구성 부품의 손상, 크랙 및 파괴가 없음을 만족해야 함
- B. Auto Dumping Machine 구조강도해석
  - Auto Dumping Machine의 주요 구성품은 Main Frame, Main Link, Side Beam, Dumping Cylinder 등이며 상하부 프레임, 각파이프, 철판 등의 주요 부품에 사용된 소재는 SS41, SPP 흑관, S45C 등으로 Depalletizer 구조물과 동일함
  - 설계한 Auto Dumping Machine 구조물의 성능 확인 및 설계검증을 위한 구조해석을 위해 아래 그림과 같이 유한요소모델을 구성하였다.
  - 전체 해석모델의 요소수는 약 17만개이며 Main Frame 4.5t 9,970개, Main Frame 5t 3,090개, Main Shaft 9,495개, Dumping Cylinder 82,194개 등으로 구성함



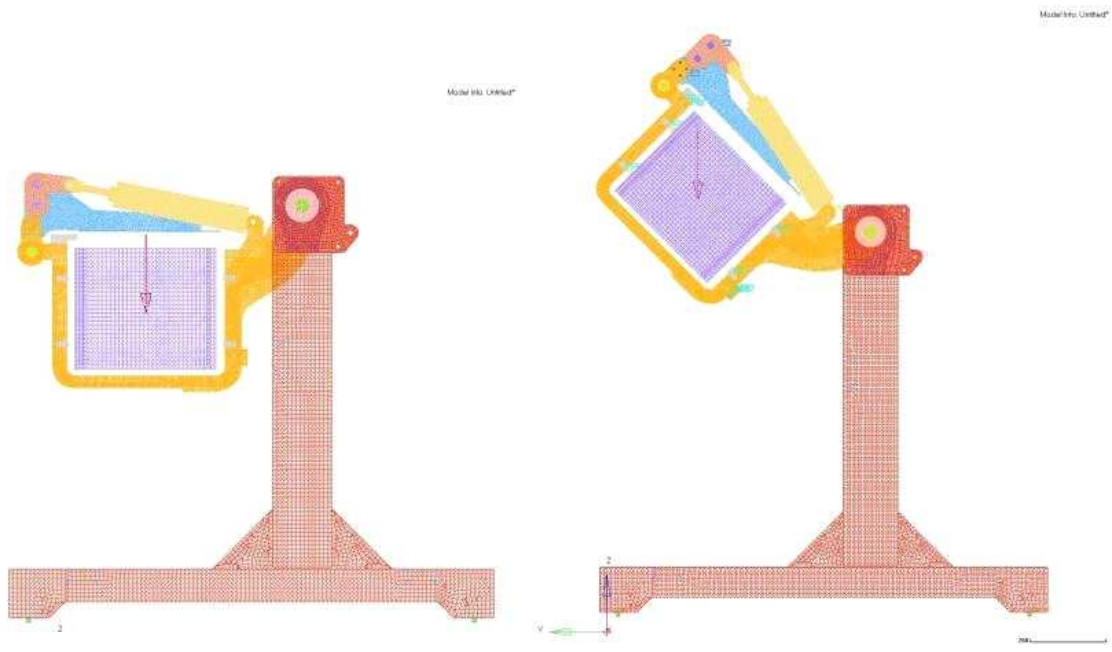
(a) CAD model



(b) FE model

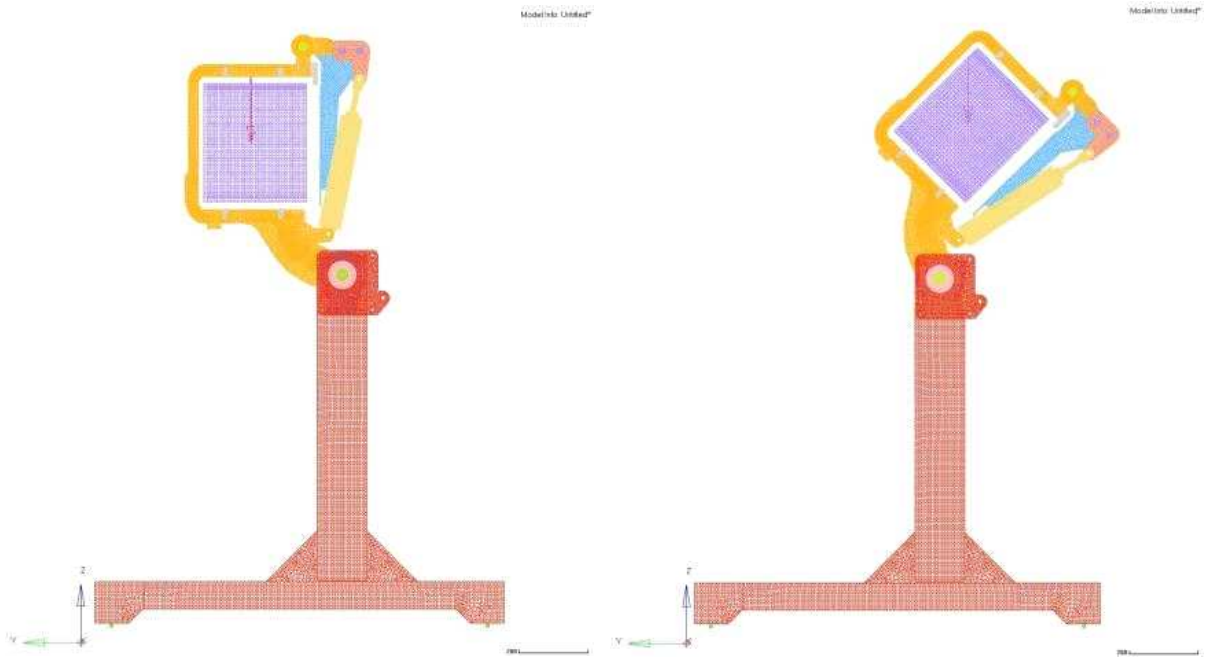
[Auto Dumping Machine 3D model]

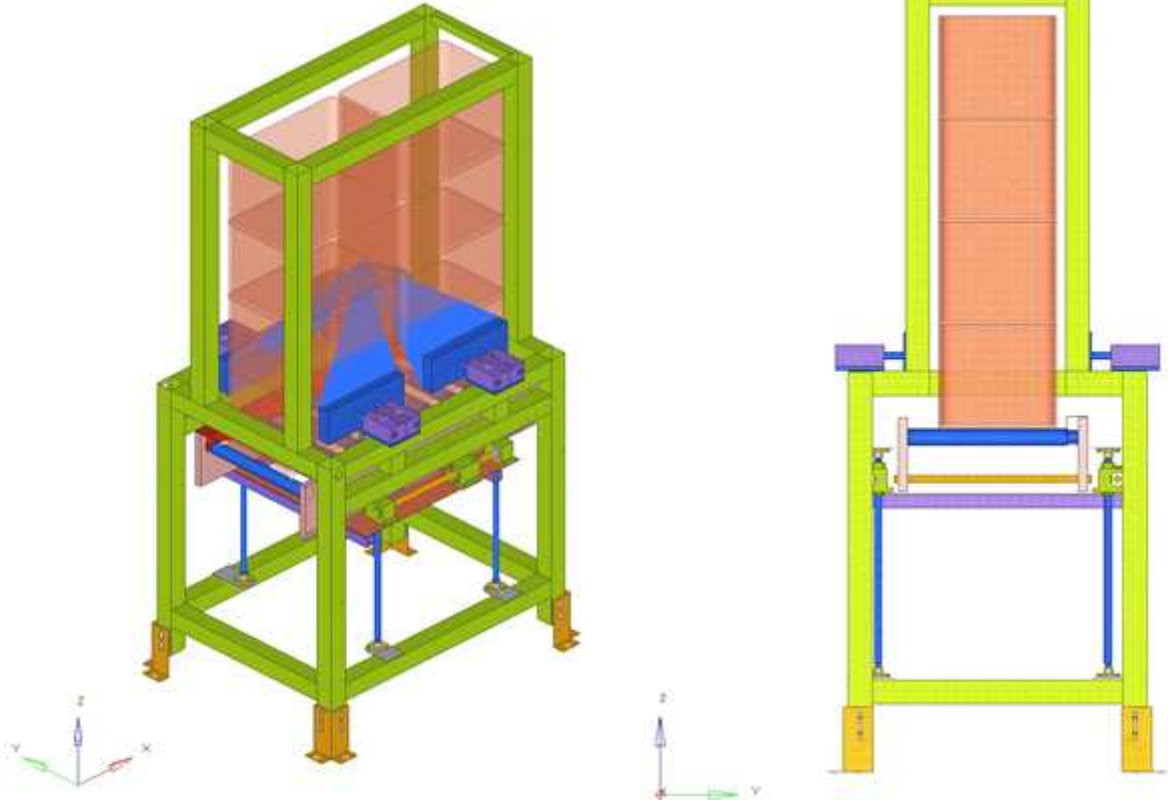
- Auto Dumping Machine 수직부하 강도해석은 아래 그림과 같이 Dumping 구조물의 중량 적재 초기상태(0deg)에서부터 Dumping까지 회전각도별(0deg, 45deg, 90deg, 135deg) 수직부하에 따른 구조물의 영구변형 및 구성 부품의 손상, 크랙 및 파괴가 없음을 확인하는 해석임



(a) 0deg

(b) 45deg

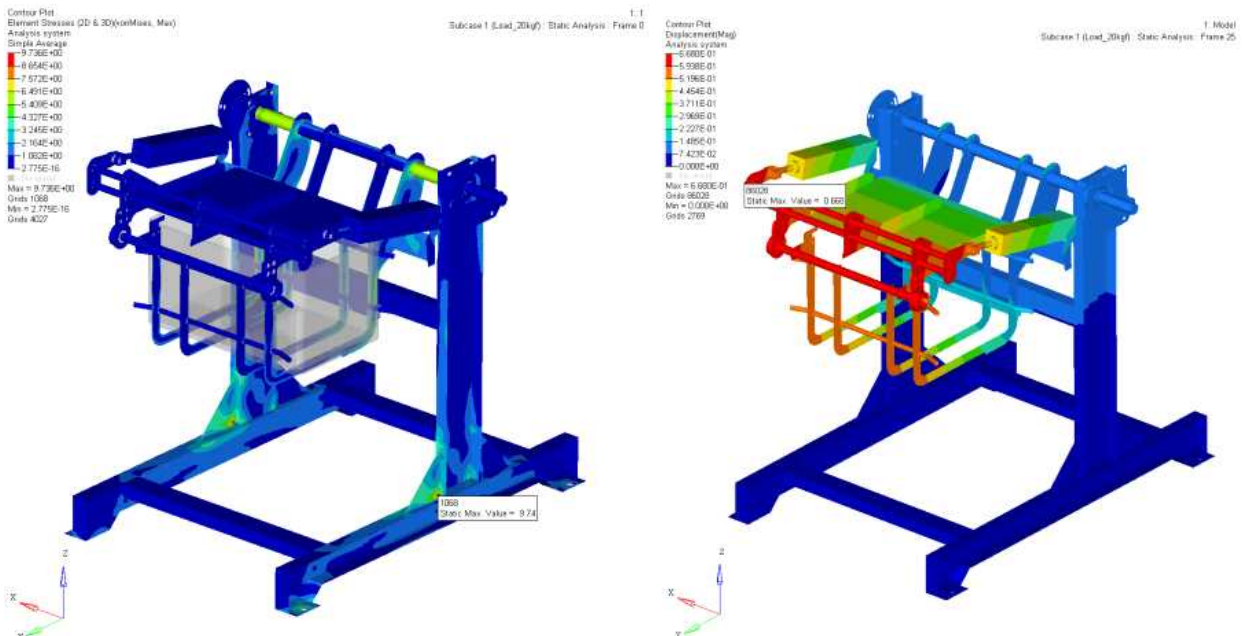




[내측부하 강도해석 하중조건(2x1\*4단, 20kg/개)]

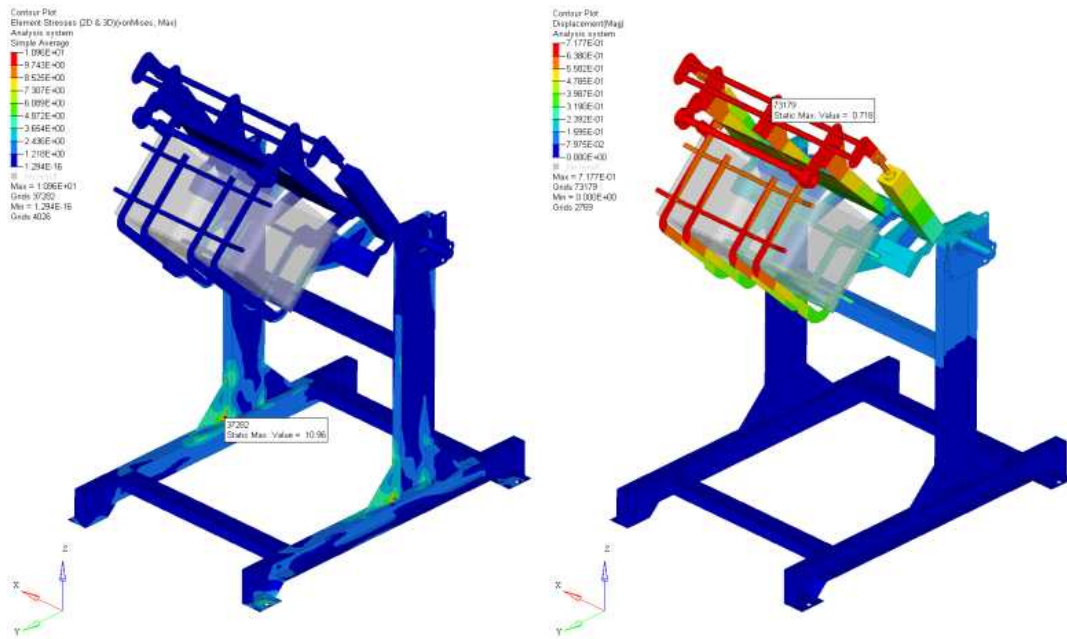
○ 수직부하 강도해석(0deg)

- Auto Dumping Machine의 수직부하 강도해석(0deg) 결과를 아래 그림에 나타내었으며 적재 초기조건에서 0.668mm의 최대변위와 Main Frame에서 9.74MPa의 최대 응력을 확인하였다. 응력 집중은 적재중량에 의한 수직부하가 전달되는 Main Frame부 하단에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함

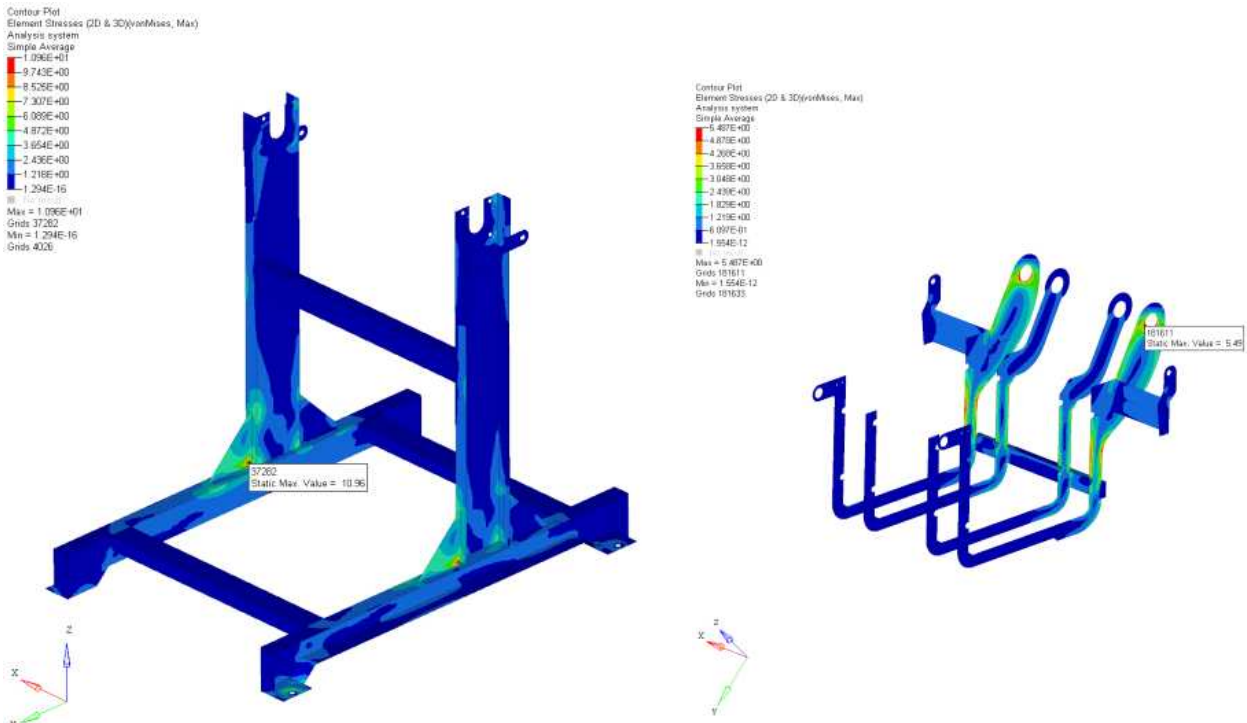


○ 수직부하 강도해석(45deg)

- Auto Dumping Machine의 수직부하 강도해석(45deg) 결과를 아래 그림에 나타내었으며 45deg 조건에서 0.718mm의 최대변위와 Main Frame에서 10.96MPa의 최대 응력을 확인함
- 응력 집중은 적재중량에 의한 수직부하가 전달되는 Main Frame부 하단에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함

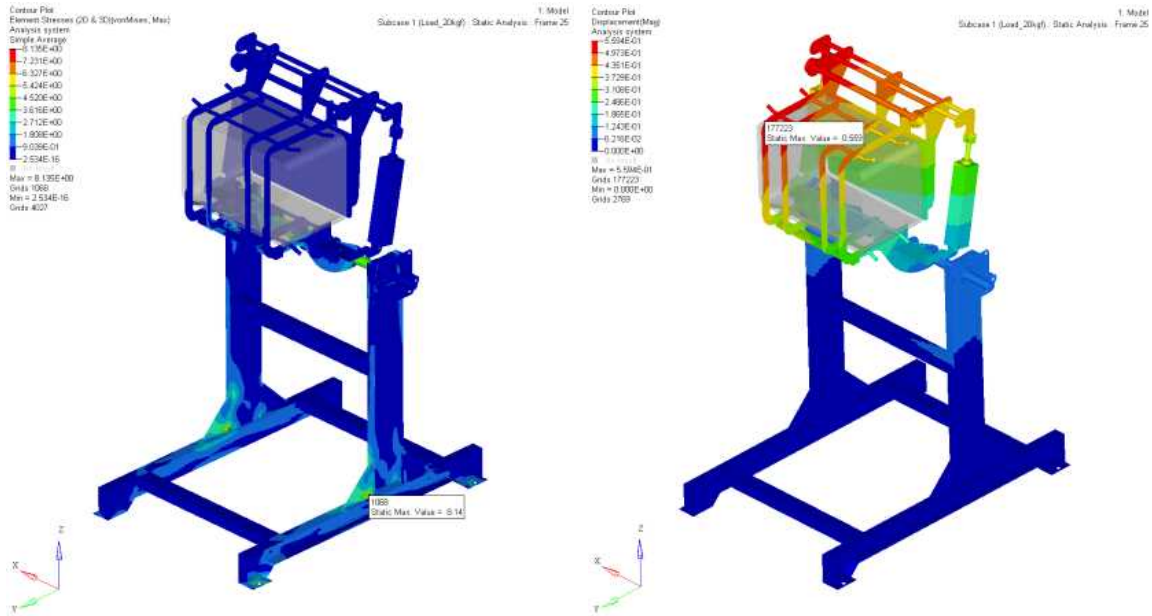


(a) Stress Contour                      (b) Displacement Contour  
[수직부하 강도해석 결과(@45deg)]



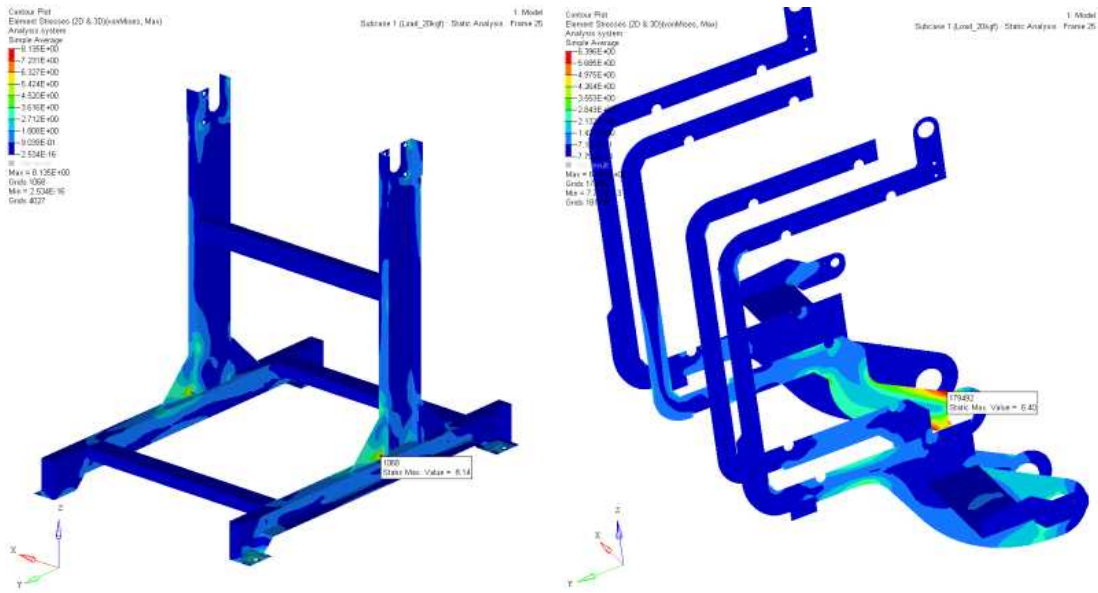
○ 수직부하 강도해석(90deg)

- Auto Dumping Machine의 수직부하 강도해석(90deg) 결과를 아래 그림에 나타내었으며 90deg 조건에서 0.559mm의 최대변위와 Main Frame에서 8.14MPa의 최대 응력을 확인
- 응력 집중은 적재중량에 의한 수직부하가 전달되는 Main Frame부 하단에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함



(a) Stress Contour (b) Displacement Contour

[수직부하 강도해석 결과(@90deg)]

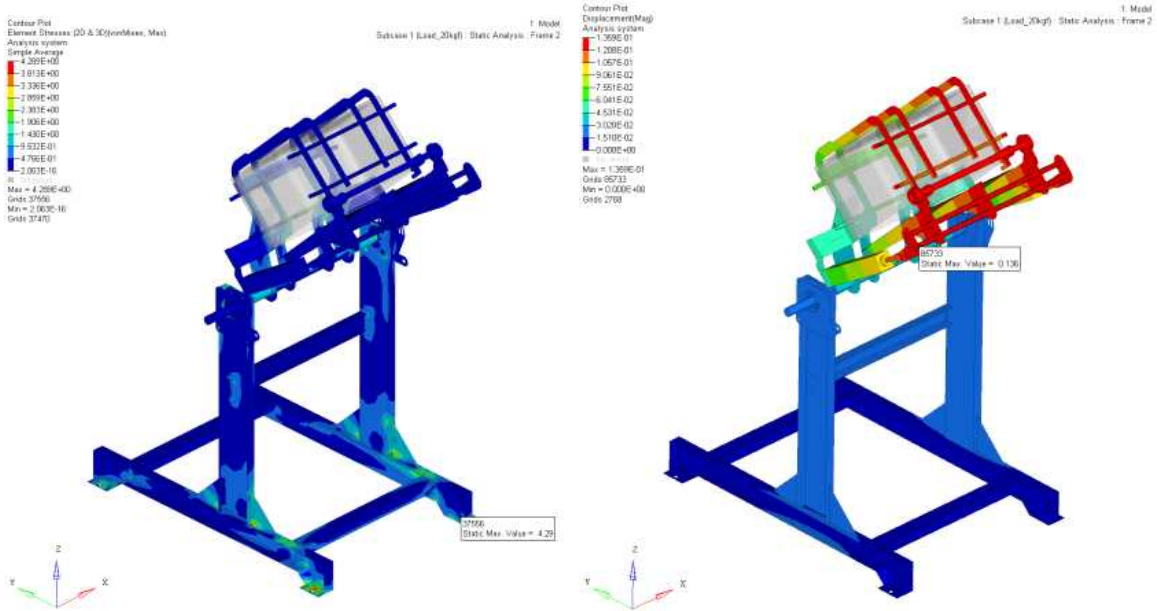


○ 수직부하 강도해석(135deg)

- Auto Dumping Machine의 수직부하 강도해석(135deg) 결과를 아래 그림에 나타내었으며 135deg 조건에서 0.136mm의 최대변위와 Main Frame에서 4.29MPa의 최대 응력을 확

## 인함

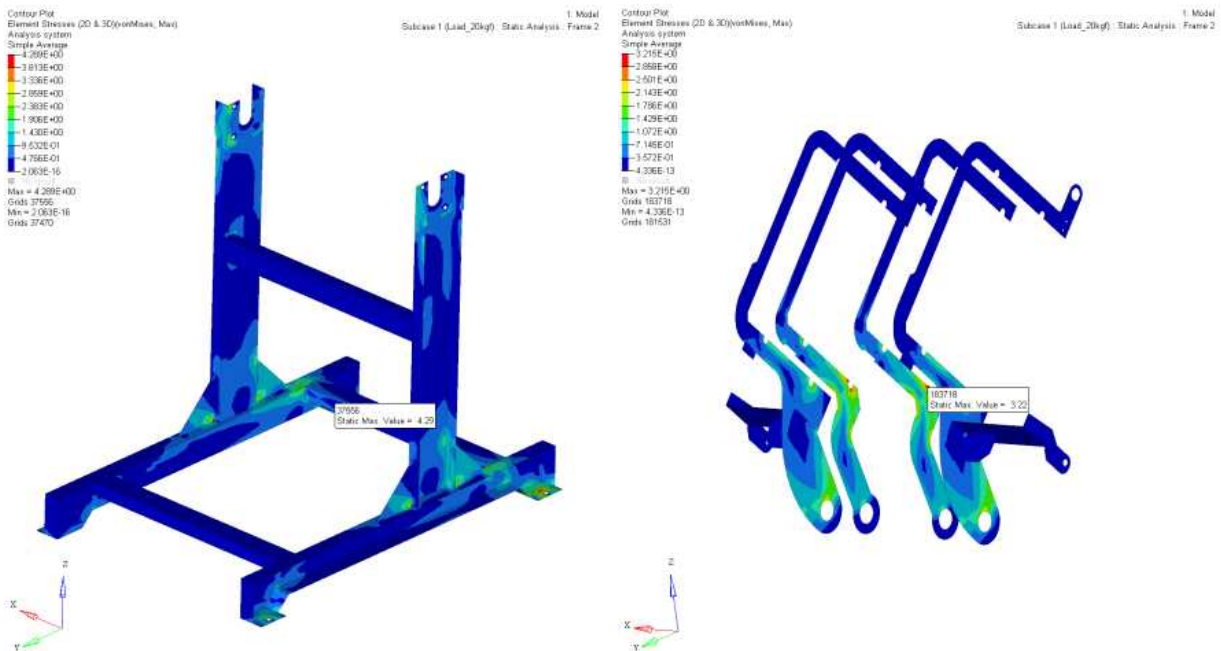
- 응력 집중은 적재중량에 의한 수직부하가 전달되는 Main Frame부 하단에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함



(a) Stress Contour

(b) Displacement Contour

[수직부하 강도해석 결과(@135deg)]



□ 중소형 APC 전용 디팔렛타이저 및 자동 덤프기 시험기 제작



(디팔렛타이저 시험기)

(자동 덤프기 시험기)

(2) 공동1: 강원대학교 산학협력단





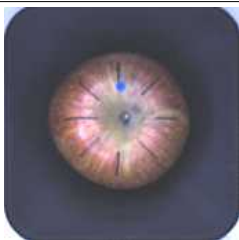
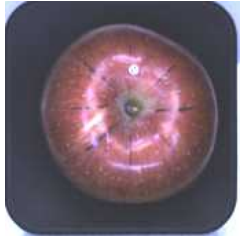
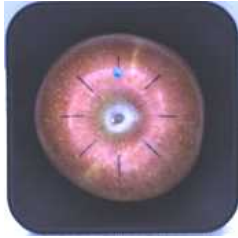


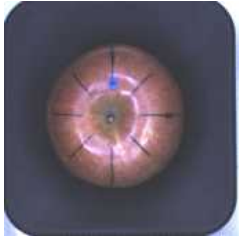
□ 과일 크기 자동인식 특성 구멍 및 자동인식 시스템 설계 및 제작

○ 투입된 과일의 자세에 따른 영상 특성 구멍

- 실험 재료

- 품종 : 후지 사과 (문경 APC 구매)
- 시료 구분 : 무게별 5수준 (3다이~7다이) 각 6개씩 총 30개

[표 1] 사과 무게별 이미지

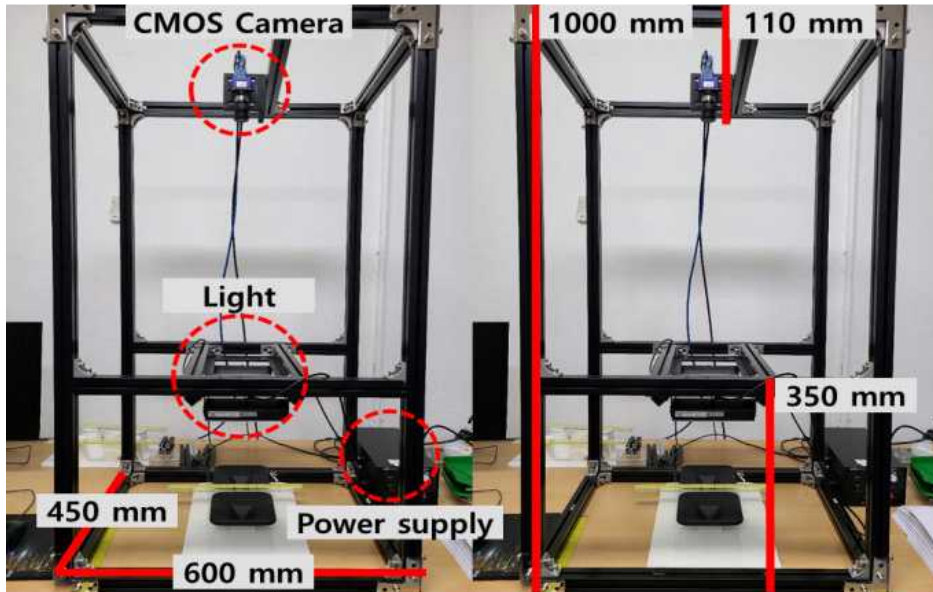
3다이	4다이	5다이	6다이	7다이
375g 이상	300g이상 375g미만	250g이상 300g미만	214g이상 250g미만	188g이상 214g미만
				
				

- 측정 자세 : Y축을 중심으로 45도씩 4방향, X축을 중심으로 45도씩 8방향 총 32방향

○ 사과 영상 획득을 위한 측정 시스템 구축 및 영상 측정

- CMOS 카메라(mvBlueFOX3-2032a, Germany)
- 조명(LV-DBS-97A, LVS, Korea) : 2.16 W, 4방향

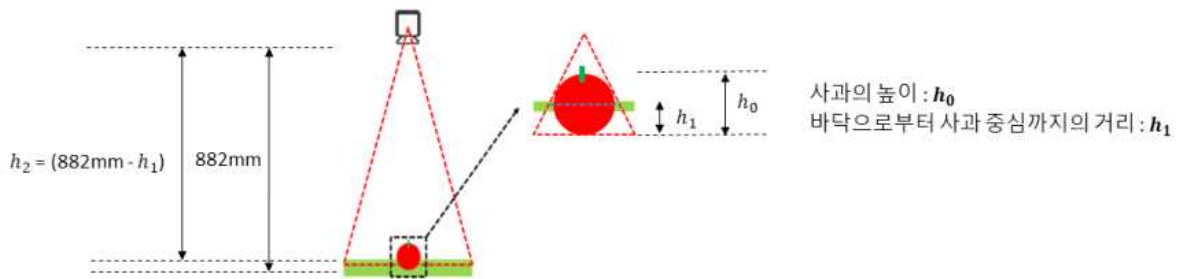




[그림 1] 이미지 획득 시스템 구성

- 사과 영상 측정 조건

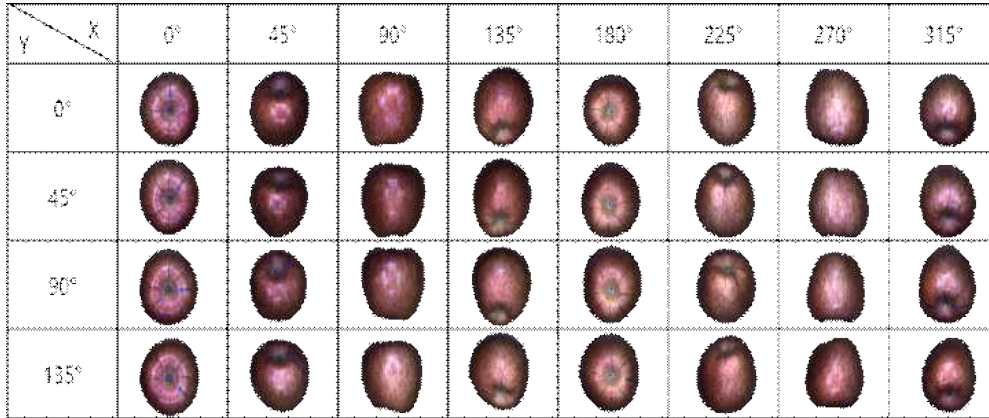
- 광조사 방식 : 상부조사
- 노출시간(Exposure time) : 20,000  $\mu$ s
- Aperture value : f/2.4
- 광도(Light intensity) : 350  $\mu$ s
- 카메라 렌즈 ~ 사과 영상 측정 바닥면 거리 : 882 mm



카메라 렌즈로부터 바닥까지의 거리 : 882 mm  
 카메라 렌즈로부터 사과 중심까지의 거리 :  $h_2 (= 882 \text{ mm} - h_1)$

[그림 2] 사과 높이와 사과와 렌즈로부터의 거리 설정

○ 사과 측정 영상

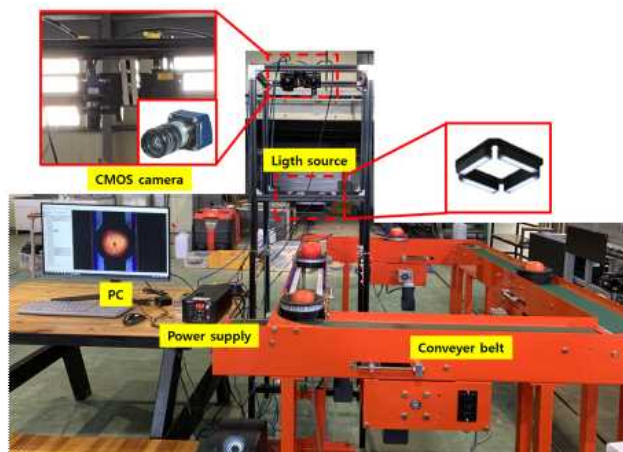


□ 과일 크기 자동인식 시스템 설계 및 제작

○ 과일 크기 자동 인식 시스템을 위해 CMOS 카메라로 촬영한 이미지에서 측정된 최대 직경과 실측한 최대 직경을 비교하며 여러 가지 보정알고리즘을 만들고자 함

○ 시스템 구성

- 이송 장치(컨베이어 벨트) + 영상 측정 장치 + 조명
- 영상측정장치 : CMOS 카메라(mvBlueFOX3-2032a, Germany)
- 프레임 : 55 Hz
- 광원 (LV-DBS-97A, LVS, Korea)
- 상부 조사방식, 4개 광원
- 광분포 균일화를 위해 4개의 광원 사용
- 조명 출력 2.16 W

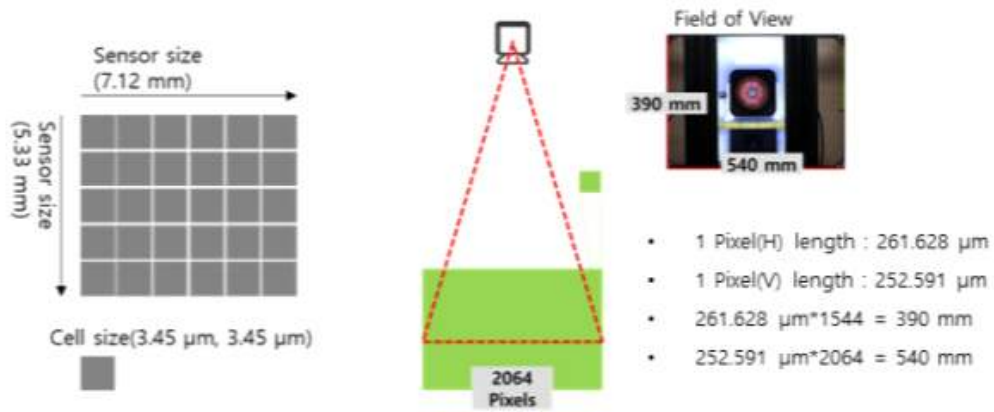


<과일 크기 자동인식 시스템>

□ 과일 크기 자동인식 알고리즘 보완

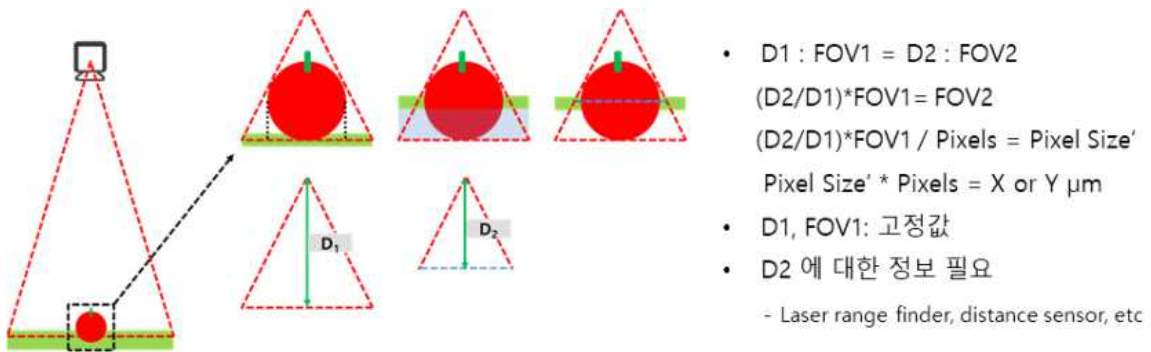
○ 영상 처리를 통한 최대 직경 측정 시 오차 최소화를 위한 보정알고리즘 개발

- 획득 영상의 Pixel 수를 이용하여 mm로 단위 변환
- 단위 변환 시 오차 인자 : 카메라 내부 파라미터, 외부 파라미터, Field of View(FOV)
- 오차 최소화를 위한 보정 방법 : FOV 비례식, 실측값 적용 보정알고리즘



[그림 5] Pixel을 mm로 단위 변환하는 프로세스

- FOV 비례식 : 수정되는 FOV에 따라서 Pixel을 mm로 변환하는 수치 필요
  - 거리를 이용한 비례식 적용



[그림 6] FOV 비례식을 이용한 최대 직경 결정

○ 실측값 적용 보정알고리즘

- 카메라로부터 바닥면까지의 거리에 따라 자의 10 mm를 측정하여 Pixel의 수를 얻음
- 해당 측정을 통해 거리에 따른 1 mm당 Pixels를 구함
- 높이별 Pixels/mm 데이터를 바탕으로 보정알고리즘 개발

<높이별 Pixels/mm 데이터를 통한 길이 보정알고리즘>

타입	식
Linear	$y^* = -0.0053x^* + 8.592$
Logarithmic	$y = -4.263\ln(x) + 32.8$
Power function	$y = 3120x^{-0.986}$

\*y = pixels / mm; x = distance from camera to floor (mm)

○ 실측값과 보정알고리즘이 적용된 길이의 비교

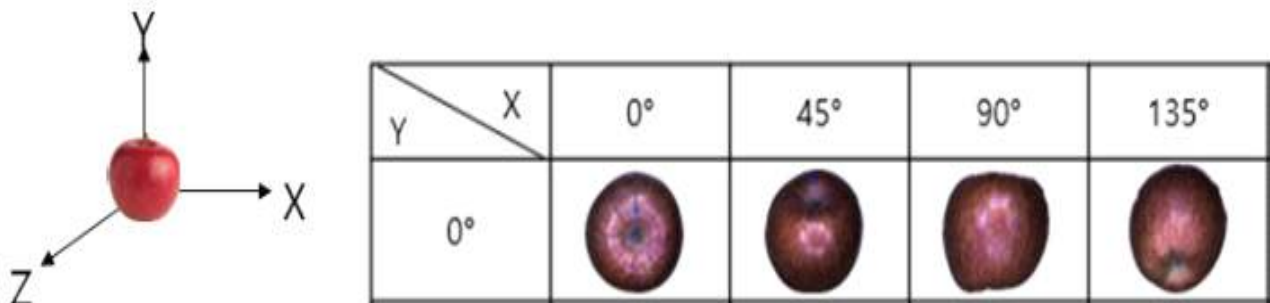
- 측정오차(RMSE)를 이용한 분석 결과 Power function( $y = 3120x^{-0.986}$ )이 가장 높은 정확도를 보임
- 결정계수(R2)는 모든 알고리즘에서 0.999 이상으로 높았음

<실측값과 보정알고리즘을 적용한 최대 직경 길이 비교>

타입	식	평균 오차 (절대값)	표준편차	RMSE	R <sup>2</sup>
Linear	$y = -0.0053x + 8.592$	0.040	0.023	0.257	0.9998
Logarithmic	$y = -4.263\ln(x) + 32.8$	0.016	0.011	0.105	0.9999
Power function	$y = 3120x^{-0.986}$	0.014	0.012	<b>0.089</b>	0.9999
Rate of FOV X	$D_1 : FOV_1 = D_2 : FOV_2$	0.077	0.019	0.497	0.9996
Rate of FOV Y	$D_1 : FOV_1 = D_2 : FOV_2$	0.076	0.016	0.496	0.9996

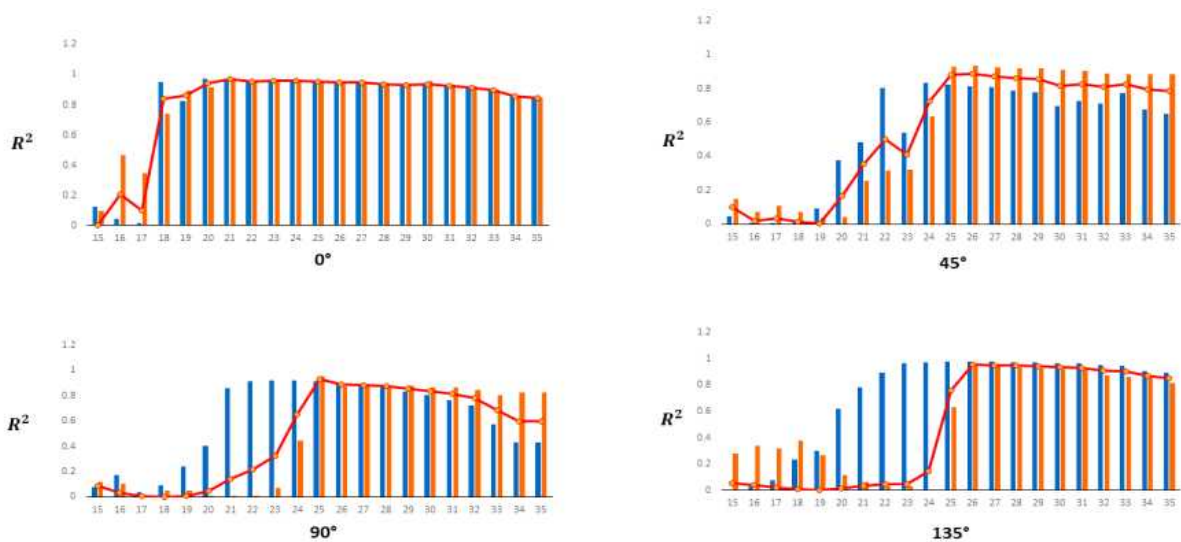
□ 과일 크기 자동인식 시스템 제작 및 성능시험

- 과일 크기 자동인식 시스템에서 Threshold마다 Pixel 수를 mm단위로 변환하여 최대직경을 도출한 결과값과 실측한 최대 직경을 비교하여 결정계수(R2)를 통한 성능을 시험하고자 함
- 실험 설정
  - 축을 기준으로 0°, X축을 기준으로 45°씩 돌려가며 총 4가지 자세로 촬영하였음



- 과일 크기 자동인식 시스템 프로토콜 및 성능시험 방법

- 이미지를 획득한 후 흑백 처리
- 이미지의 RGB값을 0 또는 255로 단순화하기 위해 각 Threshold 값 별 이진화
- 정확한 Pixel 계산을 위해 이미지 확장을 통하여 Noise를 제거
- 이미지의 가로와 세로의 최대 Pixel 수 계산
- Pixel에서 mm로 단위 변환
- 알고리즘을 통해 계산된 최대 직경 치수와 실제 치수 사이의 결정계수( $R^2$ ) 도출
- 도출된 결정계수( $R^2$ ) 비교를 통한 성능시험
- 과일 크기 자동인식 시스템에서 Threshold 별 최대 직경 계산값과 실측값의 결정계수( $R^2$ ) 비교
- $0^\circ$  의 경우 정상과 비정상과 모두 Threshold 18이상에서 0.8 이상의 결정계수( $R^2$ )가 도출됨
- $45^\circ$  의 경우 정상과는 Threshold 24~27, 비정상과는 25 이상에서 0.8 이상의 결정계수 ( $R^2$ )가 도출됨
- $90^\circ$ 의 경우 정상과 Threshold 22~30, 비정상과 25 이상에서 0.8 이상의 결정계수( $R^2$ )가 도출됨
- $135^\circ$ 의 경우 정상과 Threshold 22 이상, 비정상과 26 이상에서 0.8 이상의 결정계수( $R^2$ )가 도출됨
- 종합적으로 사과 자세  $0^\circ \sim 135^\circ$ 에서는 Threshold 값 26, 27에서 정상과 비정상과 상관 없이 높은 결정계수( $R^2$ )가 도출됨



<사과 자세( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ )에서 Threshold 별 계산값과 실측값의 결정계수( $R^2$ ) 그래프>

<사과 자세 (0°, 45°, 90°, 135°)에서 Threshold 별 계산값과 실측값의 결정계수(R<sup>2</sup>)>

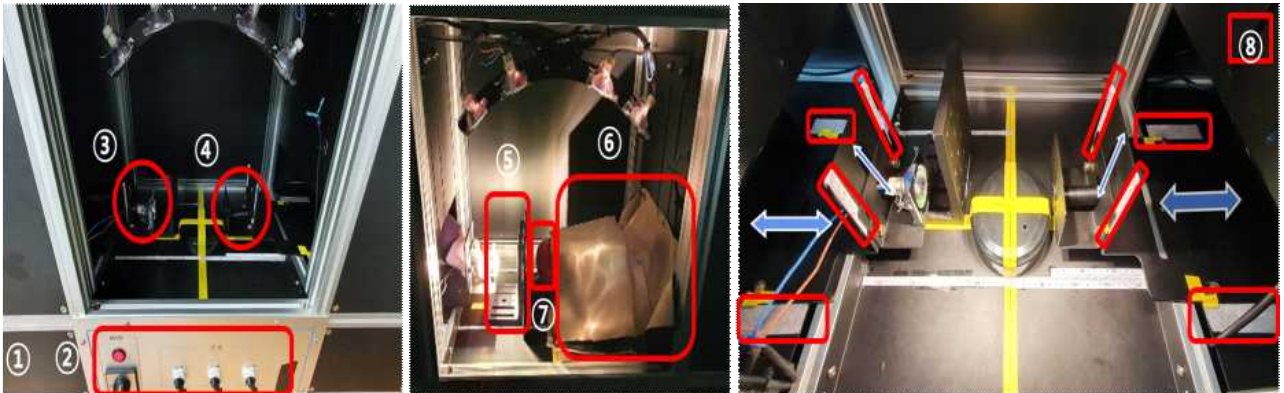
Threshold	0°			45°			90°			135°		
	정상	비정상	Total	정상	비정상	Total	정상	비정상	Total	정상	비정상	Total
15	0.121	0.097	0.000	0.048	0.150	0.102	0.076	0.116	0.089	0.002	0.279	0.053
16	0.046	0.467	0.207	0.000	0.071	0.018	0.170	0.104	0.034	0.030	0.338	0.040
17	0.017	0.348	0.099	0.001	0.110	0.032	0.036	0.003	0.002	0.078	0.316	0.018
18	0.954	0.740	0.837	0.009	0.070	0.014	0.087	0.051	0.000	0.233	0.378	0.006
19	0.827	0.895	0.861	0.092	0.037	0.001	0.239	0.047	0.002	0.296	0.268	0.000
20	0.972	0.919	0.943	0.377	0.041	0.165	0.404	0.003	0.046	0.617	0.119	0.016
21	0.973	0.966	0.969	0.482	0.254	0.355	0.856	0.000	0.142	0.779	0.065	0.033
22	0.965	0.958	0.954	0.804	0.317	0.502	0.914	0.007	0.213	0.891	0.034	0.047
23	0.967	0.955	0.960	0.541	0.323	0.411	0.923	0.070	0.328	0.963	0.029	0.050
24	0.968	0.956	0.960	0.832	0.636	0.724	0.918	0.441	0.649	0.972	0.002	0.144
25	0.964	0.949	0.956	0.823	0.932	0.881	0.911	0.957	0.929	0.980	0.632	0.761
<b>26</b>	<b>0.955</b>	<b>0.940</b>	<b>0.947</b>	<b>0.816</b>	<b>0.933</b>	<b>0.888</b>	<b>0.900</b>	<b>0.871</b>	<b>0.887</b>	<b>0.980</b>	<b>0.946</b>	<b>0.956</b>
<b>27</b>	<b>0.948</b>	<b>0.945</b>	<b>0.947</b>	<b>0.811</b>	<b>0.927</b>	<b>0.874</b>	<b>0.886</b>	<b>0.879</b>	<b>0.882</b>	<b>0.978</b>	<b>0.938</b>	<b>0.951</b>
28	0.943	0.935	0.938	0.790	0.921	0.863	0.869	0.880	0.873	0.975	0.932	0.946
29	0.931	0.930	0.929	0.780	0.919	0.857	0.834	0.879	0.855	0.970	0.927	0.941
30	0.932	0.957	0.938	0.695	0.909	0.817	0.805	0.868	0.835	0.969	0.918	0.938
31	0.929	0.935	0.926	0.729	0.904	0.827	0.767	0.869	0.816	0.964	0.910	0.931
32	0.916	0.925	0.914	0.713	0.888	0.812	0.720	0.849	0.782	0.955	0.876	0.908
33	0.896	0.900	0.895	0.772	0.887	0.828	0.577	0.808	0.689	0.947	0.861	0.902
34	0.864	0.861	0.859	0.676	0.885	0.796	0.429	0.823	0.594	0.904	0.854	0.871
35	0.855	0.847	0.847	0.652	0.883	0.784	0.428	0.829	0.597	0.896	0.817	0.851

□ 과일의 분광측정 자동조절장치 제작 및 성능시험

○ 과일 분광측정 자동조절장치 설계

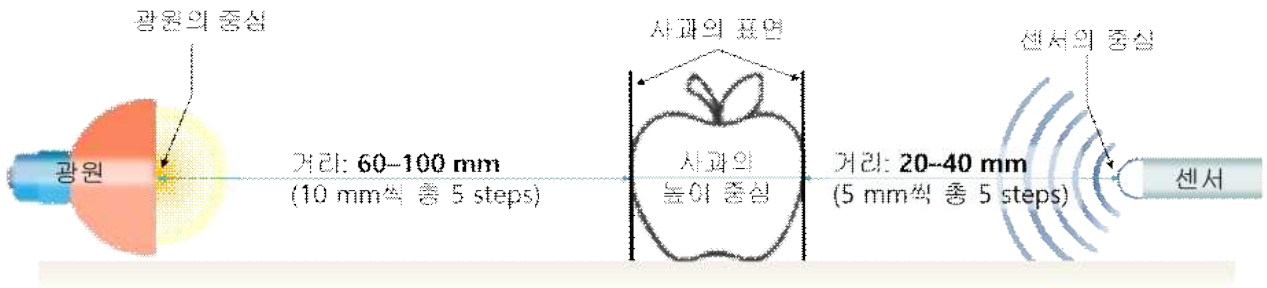
- 광원 및 센서의 최적 위치 선정
- 실험 재료

- 품종 : 후지 사과 (문경 APC 구매)
- 시료 구분 : 무게별 5수준 (3다이~7다이) 각 3개씩 총 15개
- 분광 장치 구성
- 분광 측정 챔버
- 광원 스위치
- 광원 (100W 텅스텐 할로겐 램프)
- 근적외선 분광 센서(USB4000, Ocean Optics, US)
- 광원 임시 가리개
- 빛 가림천
- 시료
- 눈금자



<광학 스펙트럼 측정 환경 구성>

- 실험 시 챔버는 광원 외 주변 암실 상태
- 스펙트럼 측정 파장 대역 : Vis-NIR (472 ~ 1150 nm)
- 측정 방법 : 투과식
  - 거리 설정 : 광원, 센서와 시료(사과)와의 거리는 각각의 높이 중심으로부터 측정
- 시료(사과)와 광원 사이의 거리 : 60, 70, 80, 90, 100 mm 총 5단계
- 시료(사과)와 센서 사이의 거리 : 20, 25, 30, 35, 40 mm 총 5단계



<광원-시료(사과)-센서와의 거리 설정>

○ 분석 방법

- 피크가 가장 많이 나오는 714.17 nm 파장 대역에서의 빛의 세기를 이용하여 경향성 파악
- 광원과 센서의 거리 구간 별 최대 빛의 세기에 대한 평균 변동 계수(Coefficient of Variation, CV)중 낮은 값 3가지 선정
  - 변동 계수가 낮을수록 구간 내 측정된 최대 빛의 세기 변화가 적음 (변동 계수 : 표준편차 / 평균)
- 사과와 광원의 거리 구간은 20 mm 간격, 사과와 센서의 거리 구간은 15 mm 간격으로 설정

<광원-시료(사과)-센서의 거리 구간>

구분	구간 I	구간 II	구간 III	전체 구간
광원~사과의 거리 (mm)	60~80	70~90	80~100	60~100
구분	구간 i	구간 ii	전체 구간	
사과~센서의 거리 (mm)	20~35	25~40	20~40	

○ 분석 결과

- 다이마다 거리 구간 별 변동 계수를 계산

3다이		사과와 센서 사이의 거리 (mm)							
		Intensity					CV(%)		
		20	25	30	35	40	구간 i (20~35)	구간 ii (25~40)	전체구간 (20~40)
광원과 사과 사이의 거리 (mm)	Intensity	60	3716	3738	3814	3617	3742		
		70	3885	3673	3553	3579	3598		
		80	3604	3774	3690	3586	3498		
		90	3599	3560	3469	3615	3371		
		100	3288	3852	3508	3618	3530		
	CV(%)	구간 I (60~80)					2.693	2.571	2.825
		구간 II (70~90)					2.914	2.836	3.281
		구간 III (80~100)					3.828	3.563	3.844
		전체구간 (60~100)					3.732	3.291	3.807

<3다이 사과의 광원과 센서의 거리 구간 별 변동 계수를 계산하는 모습>



- 3~7다이의 같은 거리 구간 별 평균 변동 계수 계산

<3~7다이의 같은 거리 구간 별 평균 변동 계수>

3다이 ~ 7다이 CV(%)평균		사과와 센서 사이의 거리 (mm)		
		구간 i (20~35)	구간 ii (25~40)	전체구간 (20~40)
광원과 사과 사이의 거리 (mm)	구간 I (60~80)	5.275	5.057	5.160
	구간 II (70~90)	<b>4.806</b>	5.025	5.150
	구간 III (80~100)	<b>4.457</b>	<b>4.760</b>	5.022
	전체구간 (60~100)	5.764	5.651	5.799

- 사과 표면으로부터 광원과 센서의 거리 범위를 사과 중심으로부터 광원과 센서의 고정된 거리로 변환 : 거리 범위의 최소값 + 측정된 가장 큰 사과의 반지름(55 mm)

<광원과 센서의 거리 구간은 고정된 거리로 변환한 결과>

선정된 거리 범위		→	선정된 고정 거리	
광원~사과 표면	사과 표면~센서		Type	광원~사과 중심 / 사과 중심~센서
구간 I (80~100 mm)	구간 i (20~35 mm)		1	135 mm / 75 mm
구간 II (70~90 mm)	구간 i (20~35 mm)		2	125 mm / 75 mm
구간 I (80~100 mm)	구간 ii (25~40 mm)		3	135 mm / 80 mm

- 광원 및 센서의 최적 위치 선정 결과 (3가지)

- Type 1 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 135 mm, 사과 중심과 센서 사이의 거리 : 75 mm
- Type 2 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 125 mm, 사과 중심과 센서 사이의 거리 : 75 mm
- Type 3 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 135 mm, 사과 중심과 센서 사이의 거리 : 80 mm

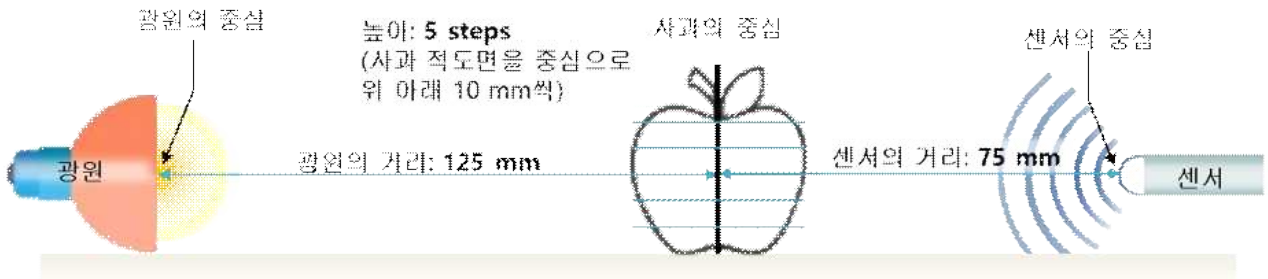
○ 광원 및 센서의 최적 높이 선정

- 실험 재료

- 품종 : 후지 사과 (문경 APC 구매)
- 시료 구분 : 무게별 5수준 (3다이~7다이) 각 3개씩 총 15개

- 실험 설정

- 실험 시 챔버는 광원 외 주변 암실 상태
- 스펙트럼 측정 파장 대역 : Vis-NIR (472 ~ 1150 nm)
- 측정 방법 : 투과식
- 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 125 mm
- 사과 중심과 센서 사이의 거리 : 75 mm
- 높이 : 사과 적도면을 중심으로 위아래 10 mm 씩 총 5단계



<광원-사과-센서와의 높이 설정>

- 분석 방법

- 최대 피크가 가장 많이 나오는 714.17 nm 파장 대역에서의 빛의 세기를 이용하여 경향성 파악
- 광원과 센서의 높이 별 최대 빛의 세기에 대한 평균 변동 계수(Coefficient of Variation, CV)중 가장 낮은 값 선정
- 변동 계수가 낮을수록 구간 내 측정된 최대 빛의 세기 변화가 적음
- (변동 계수 : 표준편차 / 평균)

<광원의 높이 별 빛의 세기에 대한 변동 계수>

광원 높이	사과 번호	7다이	6다이	5다이	4다이	3다이	전체평균
1단계	1	13.34%	12.36%	20.74%	26.52%	23.49%	22.90%
	2	26.86%	26.47%	33.46%	16.76%	14.63%	
	3	53.32%	21.19%	23.08%	26.17%	5.04%	
	평균	31.17%	20.01%	25.76%	23.15%	14.39%	
2단계	1	3.44%	9.35%	13.69%	13.77%	13.66%	15.57%
	2	13.29%	21.66%	24.98%	8.17%	10.75%	
	3	34.21%	15.18%	19.76%	24.67%	7.01%	
	평균	16.98%	15.40%	19.48%	15.54%	10.47%	
3단계	1	9.42%	21.00%	5.65%	15.23%	10.93%	<b>12.67%</b>

	2	9.43%	14.43%	15.66%	6.78%	11.52%	
	3	31.42%	13.13%	4.57%	6.80%	14.08%	
	평균	16.76%	16.19%	8.62%	9.60%	12.17%	
4단계	1	26.73%	45.52%	18.11%	22.49%	20.02%	28.24%
	2	23.05%	47.59%	20.98%	19.60%	31.75%	
	3	41.41%	37.53%	22.70%	21.65%	24.41%	
	평균	30.40%	43.55%	20.60%	21.25%	25.39%	
5단계	1	45.29%	56.43%	36.77%	37.17%	34.80%	46.56%
	2	39.93%	73.00%	38.19%	39.52%	59.33%	
	3	56.07%	55.95%	37.48%	42.35%	46.16%	
	평균	47.10%	61.79%	37.48%	39.68%	46.76%	

<센서의 높이 별 빛의 세기에 대한 변동 계수>

센서 높이	사과 번호	7다이	6다이	5다이	4다이	3다이	전체 평균
1단계	1	33.42%	46.02%	34.21%	39.26%	33.74%	43.30%
	2	37.18%	69.45%	43.51%	30.66%	54.32%	
	3	44.37%	53.54%	41.75%	39.95%	48.08%	
	평균	38.32%	56.34%	39.82%	36.63%	45.38%	
2단계	1	18.20%	27.54%	11.27%	24.28%	16.82%	24.73%
	2	25.34%	31.35%	25.70%	10.85%	38.90%	
	3	29.44%	43.57%	24.50%	18.54%	24.69%	
	평균	24.33%	34.15%	20.49%	17.89%	26.81%	
3단계	1	4.77%	9.05%	7.29%	14.90%	4.78%	8.85%
	2	5.47%	17.60%	8.31%	2.76%	15.08%	
	3	5.75%	6.93%	6.48%	7.18%	16.35%	
	평균	5.33%	11.20%	7.36%	8.28%	12.07%	
4단계	1	14.99%	3.87%	12.45%	7.14%	11.51%	11.68%
	2	10.41%	18.92%	9.21%	12.97%	3.74%	
	3	17.52%	15.79%	10.75%	18.23%	7.78%	
	평균	14.31%	12.86%	10.80%	12.78%	7.68%	
5단계	1	23.76%	19.53%	19.40%	13.32%	18.65%	21.31%
	2	19.56%	24.34%	18.93%	24.39%	16.26%	
	3	42.09%	24.33%	25.46%	23.27%	6.29%	
	평균	28.47%	22.73%	21.26%	20.33%	13.73%	

- 3, 4, 5다이의 평균 적도면의 높이 : 40 mm

- 6, 7다이의 평균 적도면의 높이 : 35 mm

- 선정된 광원 및 센서의 최적 높이

- 3, 4, 5 다이 크기의 사과 : 40 mm
- 6, 7 다이 크기의 사과 : 35 mm

○ 선정된 광원과 센서의 거리에서 사과의 자세 별 분광 특성 구명

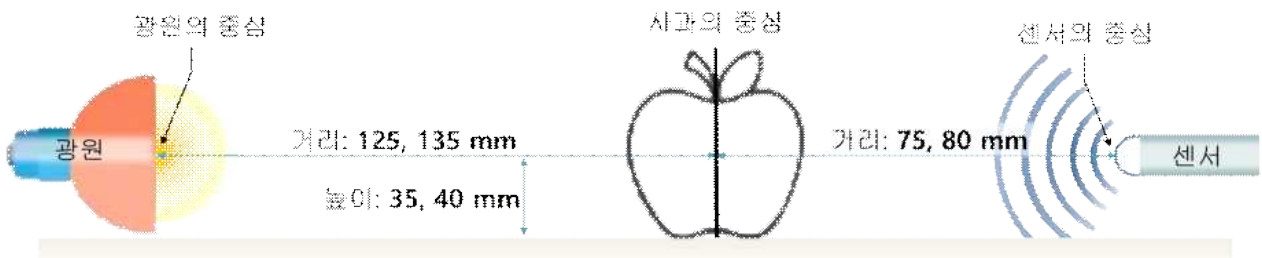
- 실험 재료

- 품종 : 후지 사과 (문경 APC 구매)

- 시료 구분 : 무게별 5수준 (3다이~7다이) 각 3개씩 총 15개

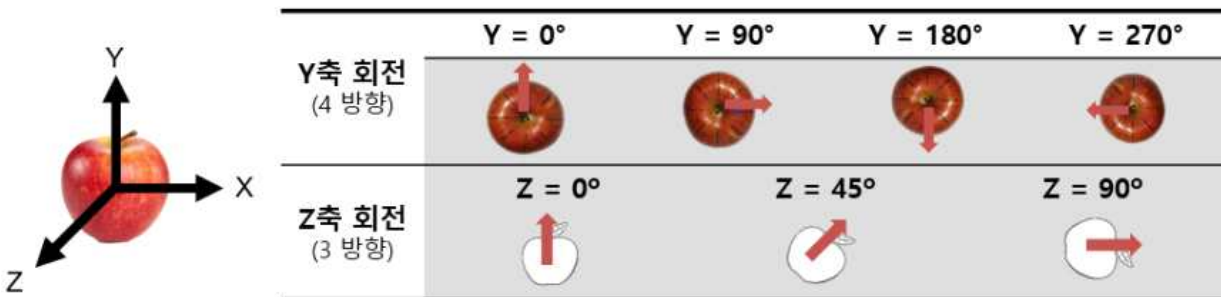
○ 실험 설정

- 거리 설정 : 선정된 최적의 광원 및 센서의 위치 3가지
  - 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 135 mm, 사과 중심과 센서 사이의 거리 : 75 mm
  - Type 2 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 125 mm, 사과 중심과 센서 사이의 거리 : 75 mm
  - Type 3 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 135 mm, 사과 중심과 센서 사이의 거리 : 80 mm



<광원-사과-센서와의 거리 및 높이 설정>

- 광원과 센서의 높이 설정
  - 3, 4, 5다이 : 40 mm
  - 6, 7다이 : 35 mm
- 실험 시 챔버는 광원 외 주변 암실 상태
- 스펙트럼 측정 파장 대역 : Vis-NIR (472 ~ 1150 nm)
- 측정 방법 : 투과식
- 측정 자세 : Y축을 중심으로 90도씩 4방향, Z축을 중심으로 45도씩 3방향

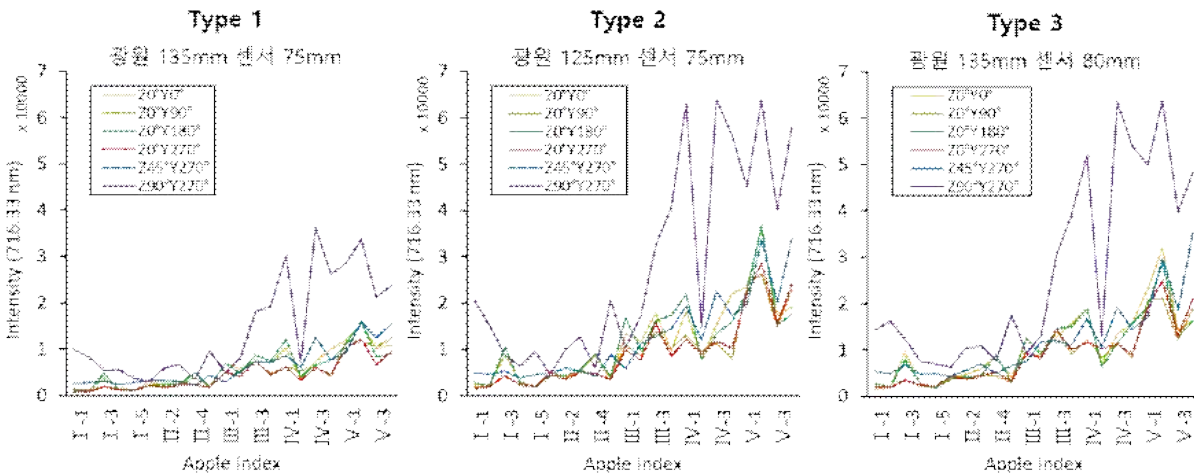


<사과의 측정 자세>

- 선정된 광원과 센서의 거리에서 사과의 자세 별 분광 특성

- 거리 Type 별 피크값 그래프(716.33 nm 파장)

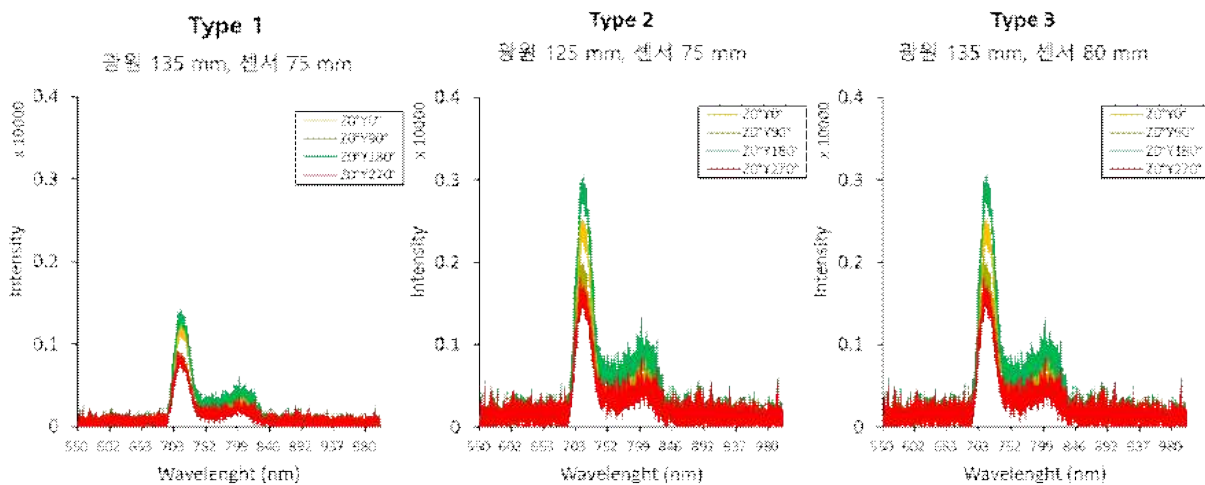
- Type 1은 intensity가 상대적으로 약하나, 사과 크기의 변화에도 적은 intensity 변화량을 나타냄
- Type 2, 3은 intensity가 상대적으로 강함



<선정된 광원과 센서의 거리 3가지에서의 분광 특성(거리 Type 별 피크값)>

- I-1 사과의 각도 별(Y축 회전) 스펙트럼 그래프(550~1000 nm 파장)

- Type 1이 가장 약한 세기, Type 2와 3은 세기가 비슷함
- Y=0°, Y=180°, Y=90°, Y=270° 순으로 intensity가 강해짐(● < ● < ● < ● < ●)



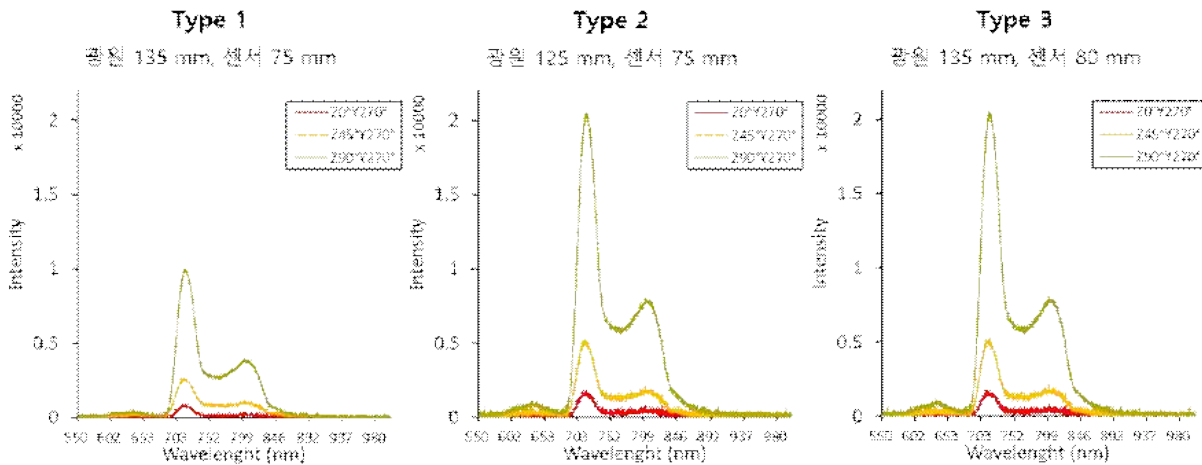
<선정된 광원과 센서의 거리 3가지에서의 분광 특성>

( I-1 사과의 각도 별(Y축 회전) 스펙트럼)

- I-1 사과의 각도 별(Z축 회전) 스펙트럼 그래프(550~1000 nm 파장)

- Type 1이 가장 약한 세기, Type 2와 3은 세기가 비슷함
- Z축 회전이 없을 때 보다 있을 때 intensity가 강해지며, Z=90°일 때 가장 큰 폭으로 강해

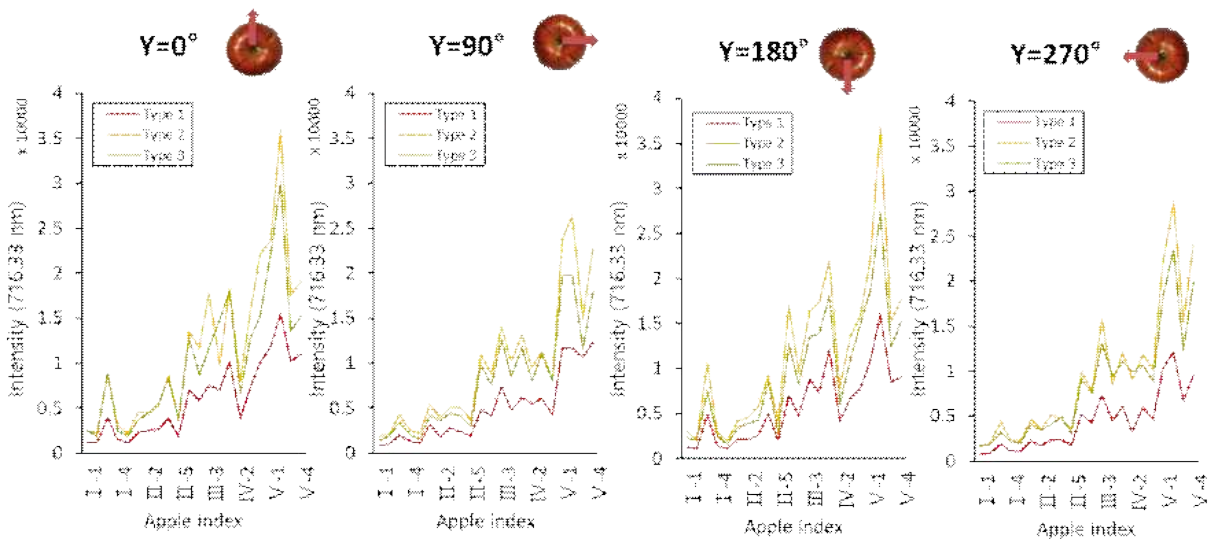
집



<선정된 광원과 센서의 거리 3가지에서의 분광 특성>  
( I-1 사과 의 각도 별(Z축 회전) 스펙트럼)

- 각도 별(Y축 회전) 피크값 그래프(716.33 nm 파장)

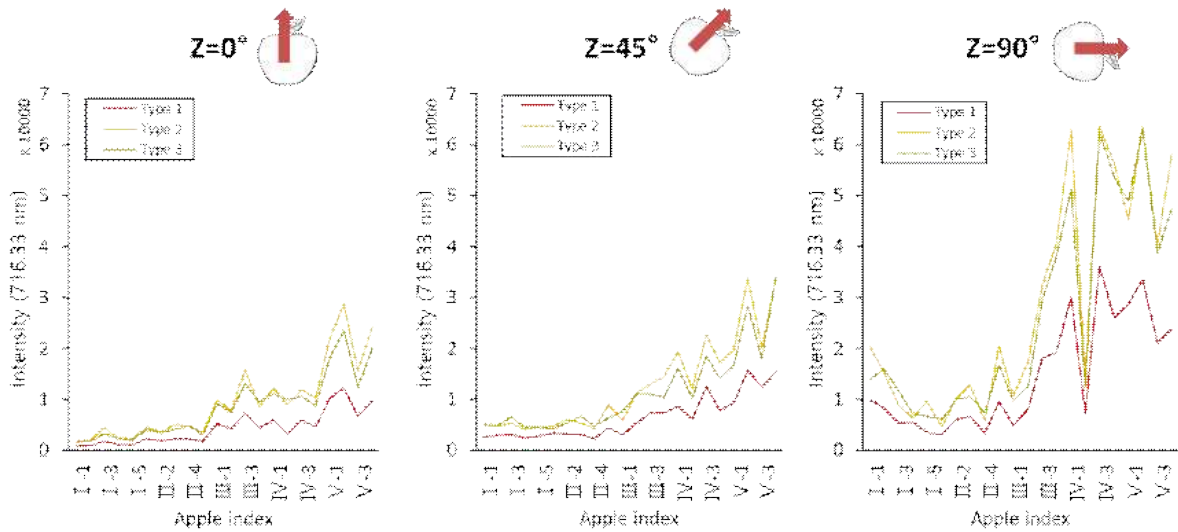
- Y=0°와 Y=180°, Y=90°와 Y=270°에서 비슷한 경향을 나타냄



<선정된 광원과 센서의 거리 3가지에서의 분광 특성(각도 별(Y축 회전) 피크값)>

- 각도 별(Z축 회전) 피크값 그래프(716.33 nm 파장)

- Z=0°에서 가장 약한 세기, Z=90°에서 가장 강한 세기를 나타냄



<선정된 광원과 센서의 거리 3가지에서의 분광 특성(각도 별(Z축 회전) 피크값)>

○ 과일의 분광측정 자동조절장치 제작 및 성능시험

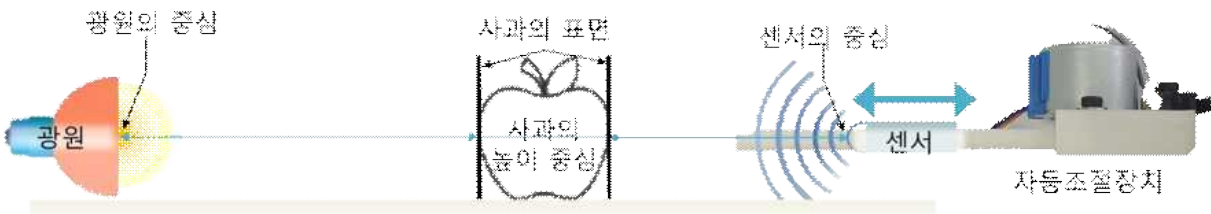
- 과일의 분광측정 자동조절장치 시작기 설계 및 제작

- 사과와 크기에 따라 사과와 센서 사이의 거리를 조절할 수 있는 자동조절장치에 대해 3가지 시작기 제작
- 광원 고정을 고정하고 근적외선 센서를 서보모터 및 스텝핑모터로 거리를 자동조절하는 장치 설계
- 자동조절장치 작동 조건

- 행정거리: 최소 45 mm (사과의 최대 직경을 약 60~120 mm로 가정, 센서의 거리는 20~35 mm로 선정 시)

- 속도: 225 mm/s 이상

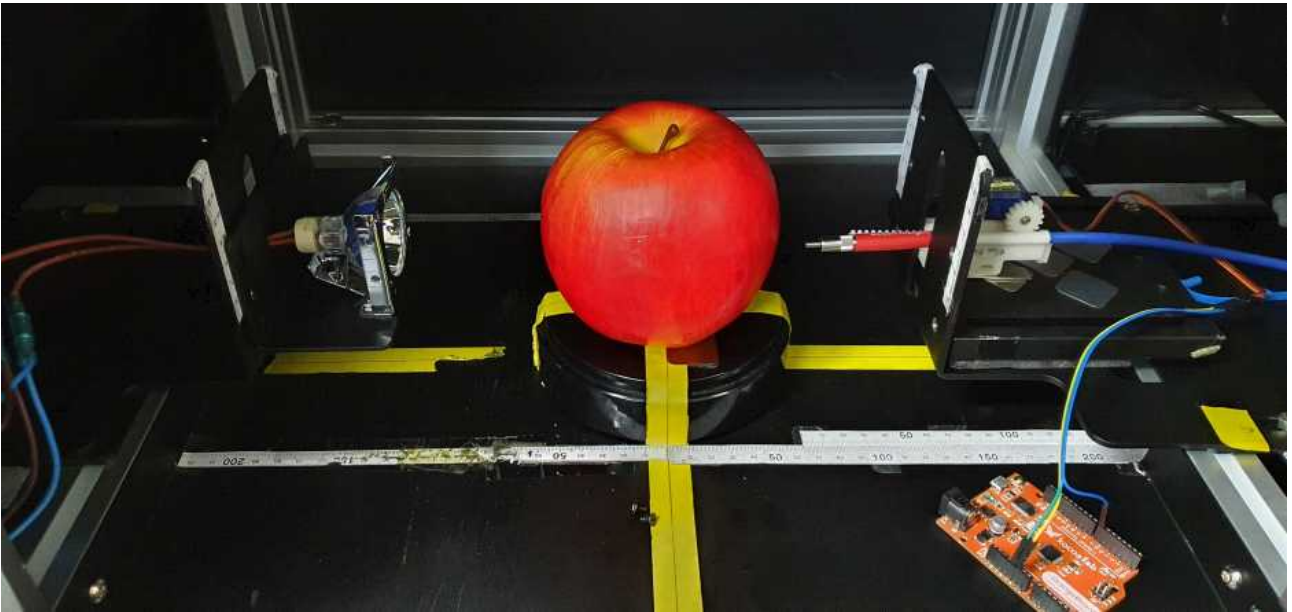
- (초당 5개 이상의 사과 센싱 시)



<자동조절장치 작동 예시>

○ 서보모터 이용 분광측정 자동조절장치 시작기 제작

- 시스템 구성 : 서보모터 1(SG90, TowerPro, Taiwan) + MCU

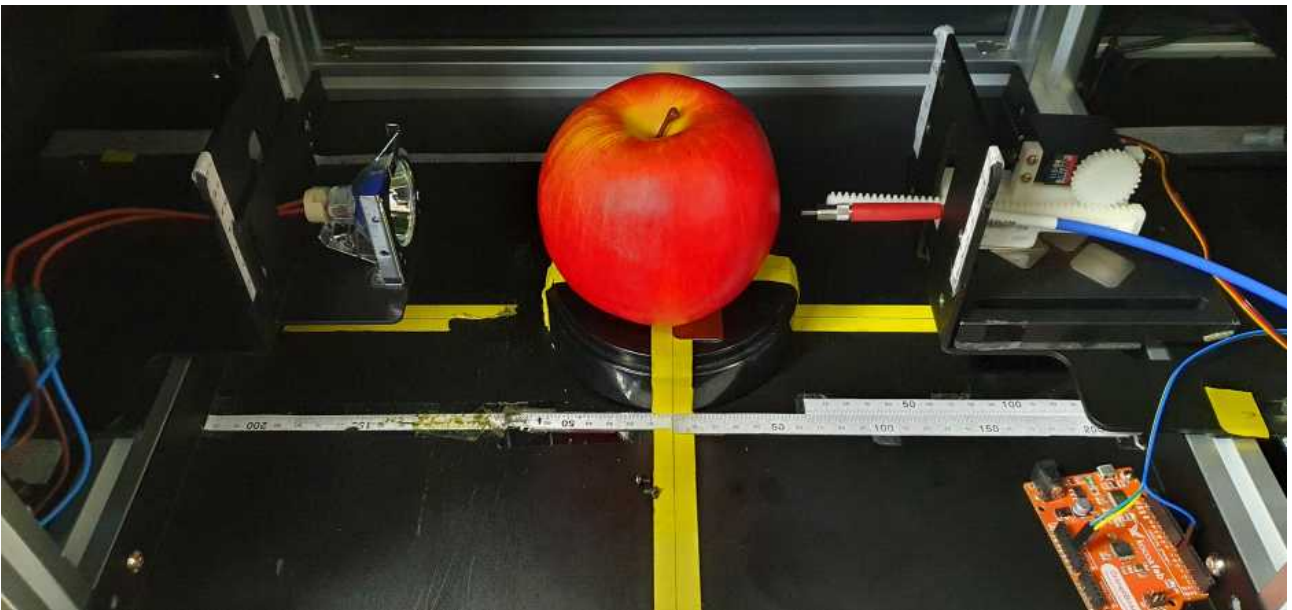


[그림 21] 자동조절장치(서보모터 1) 작동 모습

- 성능시험 결과

- 대 행정거리 : 25.4 mm
- 최대 왕복 소요시간 : 0.6 s
- 이동거리가 짧고 왕복 속도가 느려서 실제 적용이 불가능함

- 시스템 구성 : 서보모터 2(HS-311, Hitec, USA) + MCU



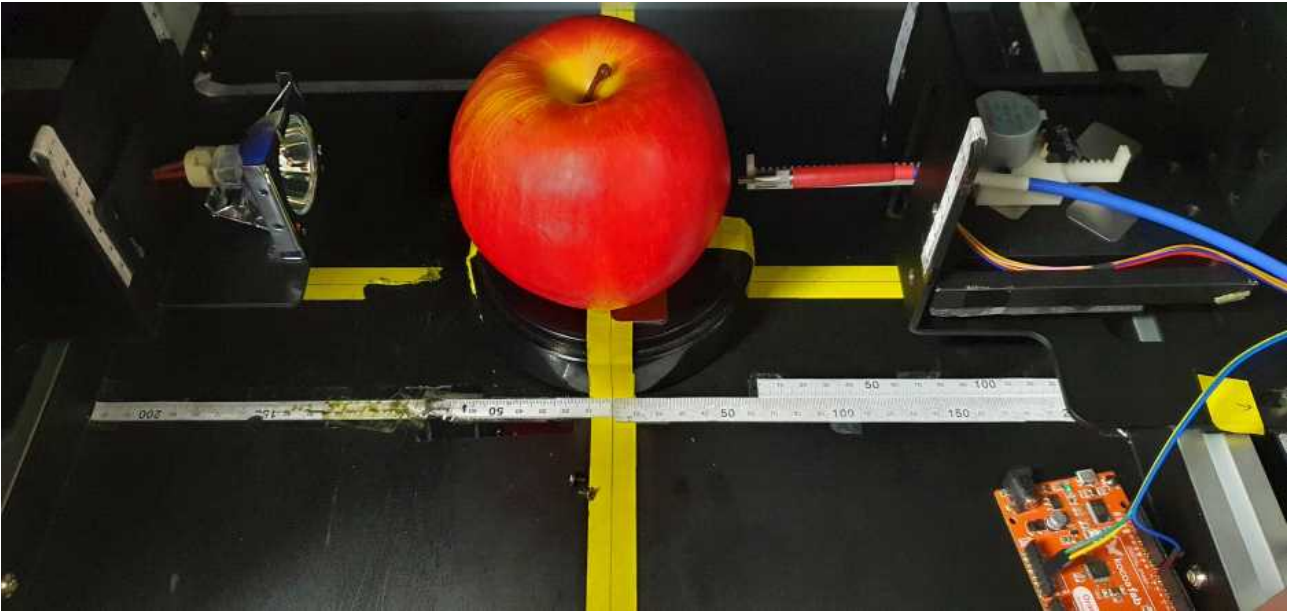
<자동조절장치(서보모터 2) 작동 모습>

- 성능시험 결과

- 최대 행정거리 : 42 mm
- 최대 왕복 소요시간 : 1 s



- 이동거리가 짧고 왕복 속도가 느려서 실제 적용이 불가능함
- 시스템 구성 : 스텝모터(28BYJ-48, MikroE, Serbia) + MCU



[그림 23] 자동조절장치(스텝모터) 작동 모습

- 성능시험 결과

- 최대 행정거리 : 60 mm
- 최대 왕복 소요시간 : 14 s
- 왕복 속도가 느려서 실제 적용이 불가능함

○ 결과 요약

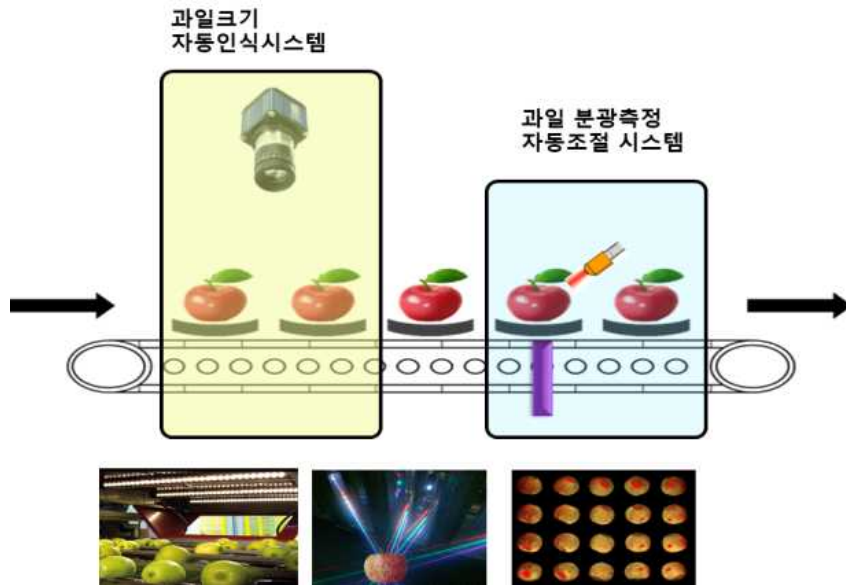
- 1개의 서보모터나 스텝모터를 이용하여 근적외선 센서의 거리 조절하는 장치는 이동거리 및 이동속도 등 목표 성능 도달이 어려웠음
- 여러 개의 서보모터나 스텝모터를 이용한 근적외선 센서 거리조절 장치를 추후 설계 및 제작하여 실험 수행

□ 과일크기 자동인식기술과 분광측정 자동조절장치 적용된 통합시스템 설계

○ 과일크기 자동인식기술과 분광측정 자동조절장치 적용된 통합시스템

- 시스템 구성

- 영상기반 과일 크기 자동인식 장치+분광 측정 자동조절장치 + 분광측



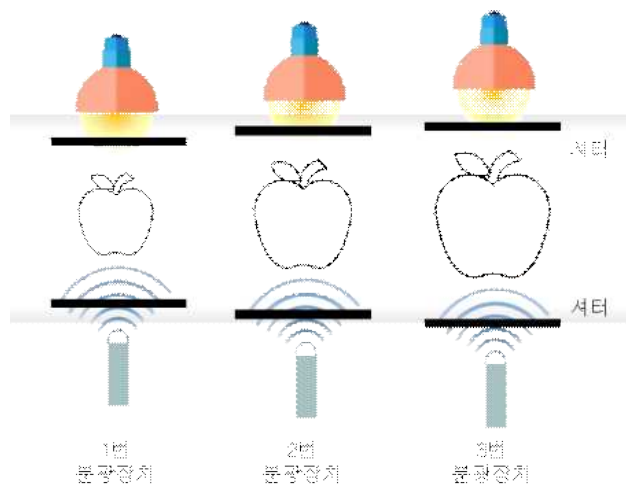
<과일 크기 자동인식기술과 분광측정 자동조절장치 적용된 통합시스템>

○ 과일 분광측정 자동조절장치의 과일 크기 별 3단계 센서거리 자동조절 시스템 설계

- 자동조절장치의 낮은 속도 해결방안

- ① 직경 80 mm 미만 : 1번 분광장치 센싱
- ② 직경 80 mm 이상, 100 mm 미만 : 2번 분광장치 센싱
- ③ 직경 100 mm 이상 : 3번 분광장치 센싱

- 크기 별 해당하는 센서에서만 과일 분광측정



<과일 분광측정 자동조절장치의 과일 크기 별 3단계 센서거리 조절 안>



□ 크기인식을 통한 자동조절장치에 대한 검정방법 및 기준(안) 마련

- 기존 「농업기계 검정 및 안전관리 세부 실시요령」 별표4. 농업기계 검정방법 중 농산물 비파괴선별기와 과일선별기를 통합한 농산물선별기로 검정방법 통합하여 방법 적립
  - 현재 농산물선별기 검정방법 및 기준(안) 작성 중 차후 1차 전문가 협의회, 2차 실무자 협의회를 거쳐 3차년도 제정 예정
  - 자동조절장치를 포함한 농산물선별기를 통해 개발된 선별모델에 대한 검증도 포함한 검정 방법임

33 농산물선별기

1. 적용범위
 

이 검정방법은 사과, 배, 감귤, 복숭아, 참외, 수박, 멜론 등의 과일 또는 과채류에 대한 당도와 산도 등의 내부 품질과 중량 또는 열상, 크기(저름), 색상 등의 외관 품질을 선별하는 농산물선별기(비파괴적 측정 등) 또는 비파괴측정기(이하 "공시기"라 한다)에 대하여 적용한다.
2. 용어의 뜻
  - 2-1. 진진비 : 시험을 하는데 필요한 모든 장비를 무리한 상태를 말한다.
  - 2-2. 조당 선별능력(개/1) : 공시기를 이용하여 시간당 처리할 수 있는 능력을 말한다.
  - 2-3. 표준중량계 : 과일, 과채류 등의 중량을 측정하기 위한 기기로서 경질 전자저울을 말한다.
  - 2-4. 굴절당도계 : 광학적 굴절률을 이용하여 과일의 당도를 측정하는 기기로서 측정하고자 하는 시료의 과즙을 만들어 당도를 측정하는 기기이다. 측정기기는 "과실류 당도 측정기의 시험방법(KS B 5642)"에 적합한 것으로 한다.
  - 2-5. 산도측정기 : 과일의 산 함량을 측정하기 위한 기기로서 전기전도도를 이용하거나 중화 적정법을 이용하여 과일의 산 함량을 측정하는 기기이다.
  - 2-6. 검량식 : 농산물의 성분을 예측하기 위하여 근적외선 분광기 등으로 측정된 과일, 과채류 등의 분광특성과 화학 분석한 성분(당도, 산도)간의 관계를 구명하여 만들어진 모델식을 말하는 것으로서 검량식에 사용되는 모델로는 다중회귀, 주성분 분석회귀, 부분최소제곱회귀모델 등이 있다.
  - 2-7. 실제 측정 당도 : 공시기를부터 예측된 시료의 실제 당도 값이 얼마인지를 알아보기 위하여 굴절당도계 등과 같은 화학성분 측정 장치를 이용하여 측정된 실제 당도를 말한다.
  - 2-8. 실제 측정 산도 : 공시기를부터 예측된 시료의 실제 산도 값이 얼마인지를 알아보기 위하여 산도 측정기 등과 같은 화학성분 측정 장치를 이용하여 측정된 실제 산도를 말한다.
  - 2-9. 측정정밀도
    - (1) 중량 측정정밀도 : 공시기를부터 측정된 시료의 중량과 표준중량계로 측정된 시료의 중량 차이

<농산물선별기 통합 검정방법>

00 농산물선별기

1. 구조조사
 

별표7 농업기계 구조기준에 따른다.
2. 성능시험
  - (1) 당도측정정밀도(전자식(데이터 저장)이 가능한) 경우 : 수동투입의 경우에는 예측 당도값과 실측 당도값에 대한 SEP의 값은 사과, 배, 복숭아, 참외, 감귤, **자두** 등은 0.5 Brix 이내이고 **딸기, 포도** 등은 0.7 Brix, 수박, 멜론은 1.0 Brix 이내이어야 하며, 자동투입의 경우에는 예측 당도값과 실측 당도값에 대한 SEP의 값은 사과, 배, 복숭아, 참외, 감귤 등은 0.7 Brix 이내이고, 수박, 멜론은 1.2 Brix 이내일 것
  - (2) 산도측정정밀도(전자식(데이터 저장)이 가능한) 경우 : 수동투입의 경우에는 예측 산도값과 실측 산도값에 대한 SEP의 값이 0.2% 이내이어야 하며, 자동투입의 경우에는 예측 산도값과 실측 산도값에 대한 SEP의 값이 0.3% 이내일 것
  - (3) 중량측정오차 (전자식(데이터 저장)이 가능한) 경우 : 감귤 중 온주밀감은 2% 이내, 한라봉은 1.5% 이내, 사과, 토마토, 복숭아, **포도** 등은 1.5% 이내, 배, 참외 등은 1.0% 이내, 수박은 0.5% 이내, 멜론은 1.0% 이내일 것
  - (4) 크기(저름) 측정오차 : 감귤은 2% 이내일 것(전자식(데이터 저장)이 가능한) 경우
  - (5) 색상측정오차 : 4% 이내(전자식(데이터 저장)이 가능한) 경우
  - (6) 선별정밀도 : 선별정도 90% 이상일 것(기계식(데이터 저장)이 불가능한) 경우
3. 조작의 난이도시험
  - (1) 각부의 조작 및 조정이 용이할 것
  - (2) 안정성이 있을 것
  - (3) 프로그램 운영이 용이할 것
  - (4) 선별장치의 작동이 확실할 것(기계식(데이터 저장)이 불가능한) 경우
4. 안전성시험
 

규칙 별표 13 안전장치의 구조 및 성능기준에 따른다.

<농산물선별기 통합 검정기준>

□ 자동덤프장치 및 자동조절장치 적용 선별기 성능평가 시스템 구축

- 농산물선별기술 중 비파괴 선별 기술은 농산물을 파괴하지 않고 품질을 평가 할 수 있는 기술로 대부분 선별시설에서 채택되어 사용됨
- 지금까지의 선별 기술에 대한 연구는 당도 및 중량 등 선별 정확도 향상을 위한 연구가 대부분이었음
- 최근 과일의 멍, 표면결함 등 외부요인에 대한 문제점이 대두되고 있음
  - 과일의 멍은 발생초기에는 육안으로 확인 불가하여 판별이 어렵고 유통과정동안 숙성되어 고객 불만 발생

- 최근의 농산물비파괴선별시스템은 디팔렛타이저 등 투입부터 세척, 선별, 배출, 포장까지 전체 자동화된 시스템임



<주요 거점APC 자동화 선별시스템 >

- 과일을 덤프 형태로 투입하여 배출단계까지 이송 시 과일간의 충격 및 선별 후 낙차에 의한 손상 등 압상 많이 발생됨
- 기존의 선별 시설은 압상을 줄이기 위해 트레이 타입의 이송방식이 주로 활용 되고 있으나, 선별속도의 한계점으로 캐리어나 컵 타입으로 변화하는 추세임



<트레이>



<캐리어>



<과일컵>

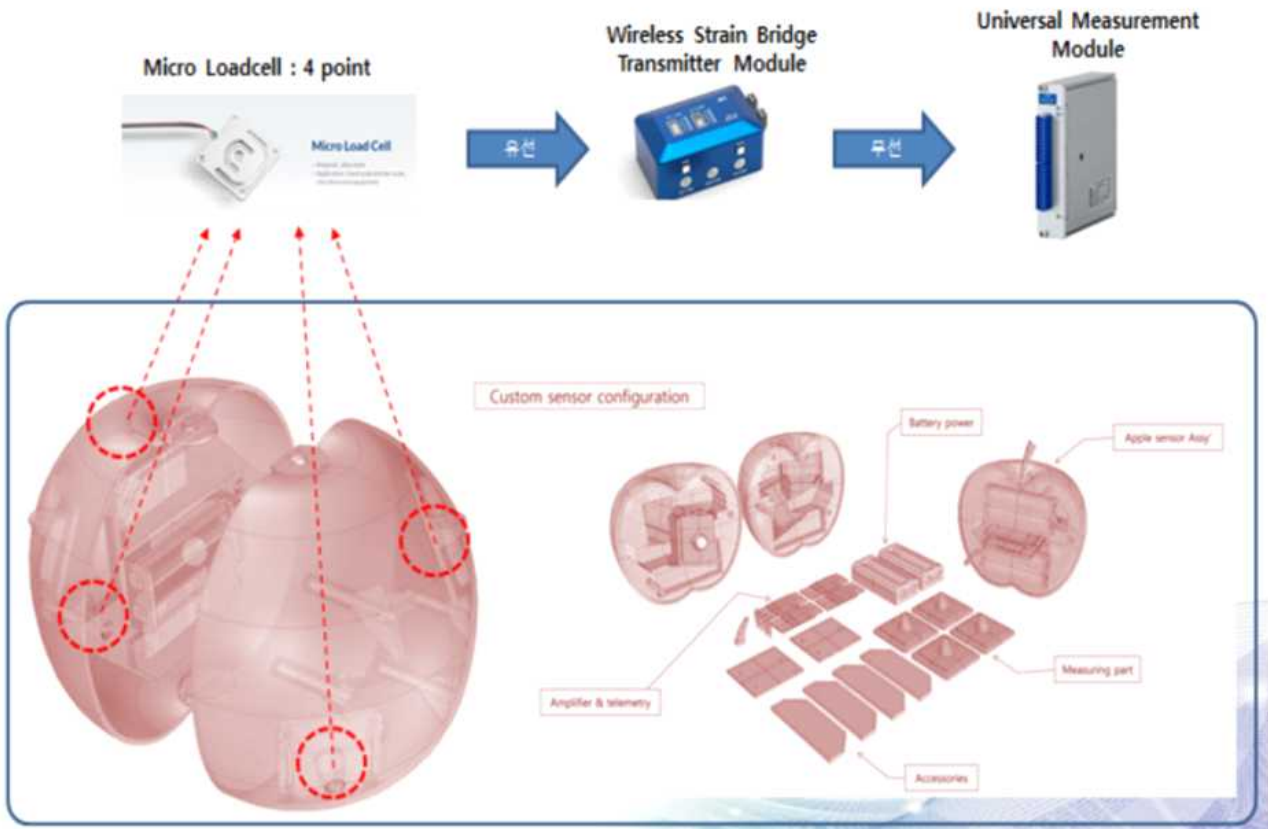
- 그러나, 두 타입은 처리속도는 빠르나 트레이 타입에 비해 압상 발생률이 높음
- 본 연구에서 개발하고자 하는 자동덤프장치 및 자동조정장치 적용 선별기의 성능을 평가하기 위해 시스템을 구축하였음
  - 과일의 크기에 따른 자동인식을 통해 자동조정장치로 광원과 과실의 거리 등 최적의 선별을 데이터(스펙트럼)를 이용한 선별모델의 정확도는 위의 검정방법을 통해 확인할 예정임.
  - 또한, 자동덤프장치 및 선별기 자체의 압상에 대한 평가를 위해 충격량 측정 시스템을 구축함
- 충격량(압상)계측시스템
  - 농산물품질관리원의 농산물 표준규격에 제시한 사과와 배의 중간인 사과의 크기 중 가장 큰 3L과 배의 S 규격 크기(약400g)의 사과모형에 가속도센서와 Wireless Module을 구성하여 대형 선별기에서도 적용 가능한 무선 계측시스템을 개발함

구분 \ 호칭	3L	2L	L	M	S	2S
g/개	375 이상	300 이상 ~ 375 미만	250 이상 ~ 300 미만	214 이상 ~ 250 미만	188 이상 ~ 214 미만	167 이상 ~ 188 미만

<품관원 농산물표준규격-사과 >

구분 \ 호칭	3L	2L	L	M	S	2S
g/개	750 이상	600 이상 ~ 750 미만	500 이상 ~ 600 미만	430 이상 ~ 500 미만	375 이상 ~ 430 미만	333 이상 ~ 375 미만

<품관원 농산물표준규격-배 >



<충격량측정시스템>



<사과 충격량 센서>

- 센서(Micro Load Cell) 등 세부사항

→ Rated capacity: 10kg (optional 30 kg)

→ Repeatability : 0.05%F.S

→ Strain sensitivity : 3.1mV/V

→ Excitation voltage : 10VDC

→ Data update time : 2KHz/s

→ Radio frequency : 2.4GHz

→ Available transmit distance: up to 500m

→ IP rating for transmitter : IP67



<무선계측시스템>

- 충격량 계측 시스템은 본 연구에서 개발하는 선별기 외에 실제 대형 선별시스템에도 적용하기 위해 무선통신이 가능하도록 개발함

- 가속도센서(Micro Load Cell) 10kg으로 벽이 없는 공간에서 500m까지 통신이 가능한 시스템으로 대형 선별시스템에도 적용 가능함

○ 개발한 계측 시스템의 안정화를 위해 농업기술실용화재단 내 간이 캐리어 타입 소형 선별기를 별도 제작하여 예비시험을 실시함

- 소형 캐리어 선별기는 일반 APC의 선별기를 축소하여 투입부부터 배출부까지 유사한 공정으로 배출구가 1개인 선별기임(투입부와 배출부를 컨베이어로 연결하여 반복시험 함)

- 공정은 1차 투입에서 이송라인으로 이송 후 자동 정렬부를 거쳐 캐리어에 자동투입되는 방식으로 각 공정별 낙차가 존재함(압상 발생)



<소형선별기전경>

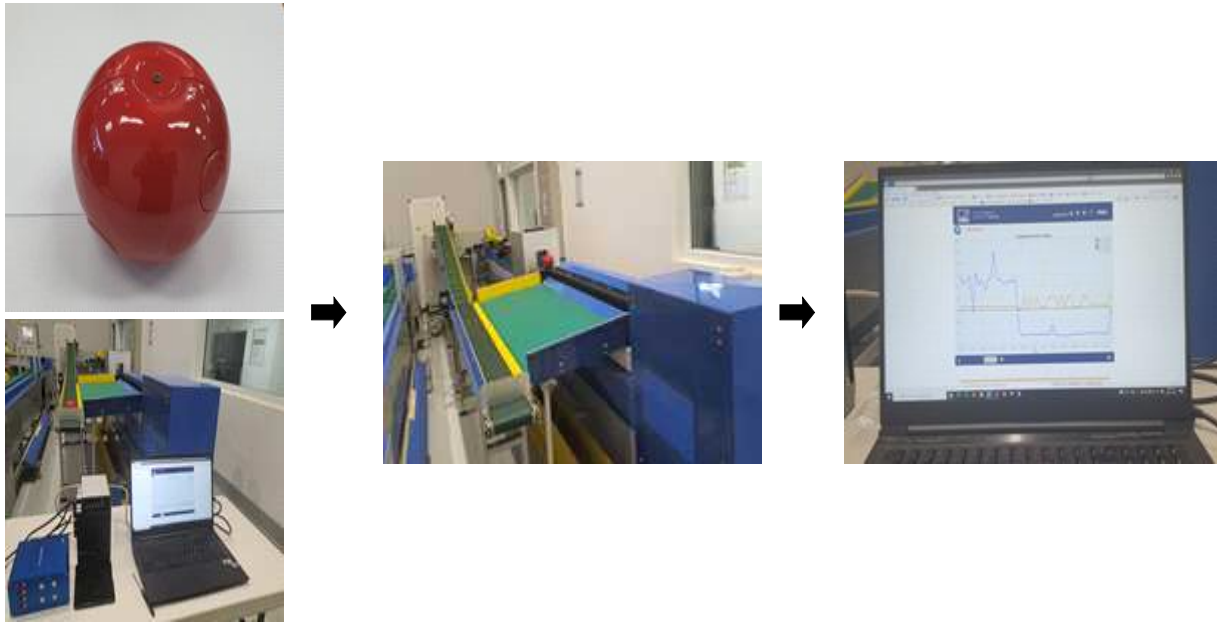


<투입부>



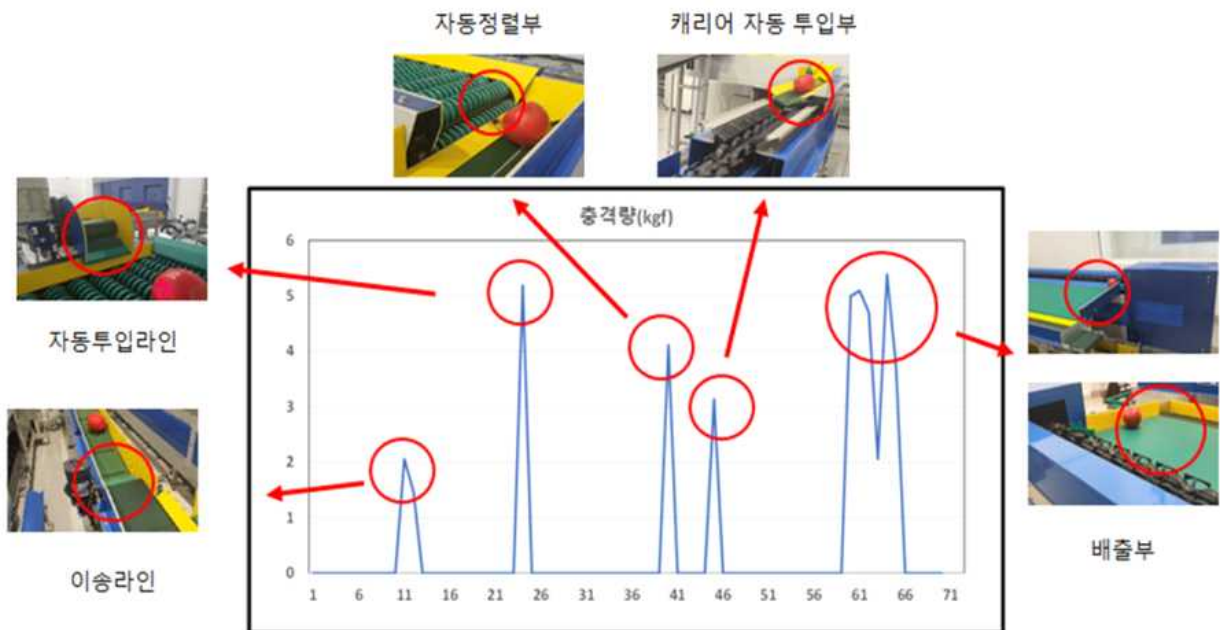
<배출부>

- 시험은 사과 모형 충격량 측정 시스템을 투입 후 배출까지 10반복 데이터를 이용하여 압상이 발생하는 공정 및 요소를 확인함



<예비시험과정>

○ 예비성능시험 결과



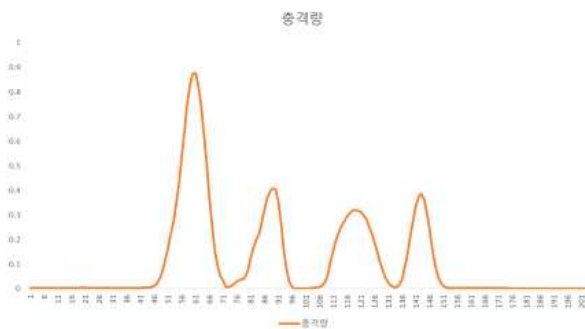
<충격량 결과 그래프>

- 결과그래프와 같이 이송라인의 낙차 2.058 kgf, 자동투입라인 5.194 kgf, 자동정렬부 4.16 kgf, 캐리어 투입부 3.136 kgf, 배출부 5.096 kgf로 나타남.

- 충격량이 가장 큰 공정은 낙차가 큰 자동 정렬부와 배출부로 400g 기준 5.19kgf로 나타났음



- 충격량은 각 공정의 연결부의 낙차 및 배출부에서 발생하는 것으로 나타남
- 무선 충격량 측정 시스템은 안정화 후 별도 전문가 협의회를 거친 시험방법을 통해 최종 개발된 선별기와 자동덤프장치에 적용할 예정임
- 뿐만 아니라, 일반 대형 선별시스템에도 적용하여 선별기 개발 기초자료로 활용 가능할 것으로 사료됨
- 향후 실제 농산물 충격량에 따른 멍 등 외부결함 정도에 대한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단됨



#### □ 기존 선별기와 자동조절장치 적용 선별기와의 성능비교 평가

- 전국 APC에 설치된 사과와 배 비파괴선별기를 대상으로 농업기술실용화재단에서 실시한 성능시험 결과를 토대로 기존 선별기에 대한 이송장치별 당도 및 중량 측정 오차를 확인함
  - 농업기술실용화재단의 「농업기계 검정 및 안전관리 세부 실시요령」 별표4. 농업기계 검정방법으로 실시한 결과임0.4
  - 충남 예산, 청송, 문경APC 등 총 130대(사과선별기 96대 + 배선별기 34대)에 대해서 수행함

검정결과(오차)	프리트레이	과일컵	캐리어
당도(°Brix)	0.49	0.49	0.49
중량(%)	0.55	0.73	0.69

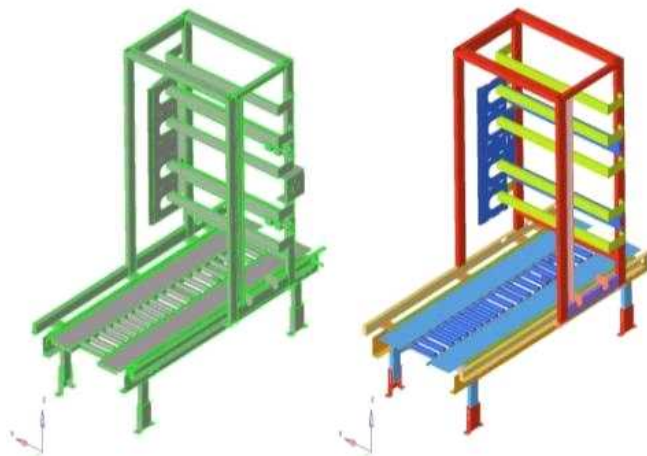
- 이송장치별 검정결과를 보면, 당도의 경우는 프리트레이, 과일컵, 캐리어 모두 0.49 (°Brix)로 차이를 보이지 않았음. 이는 이송장치와 처리속도에 따른 최적의 스펙트럼 데이터 계측을 통해 선별 모델을 개발되어 나온 결과로 사료됨
- 하지만, 중량 선별 결과(오차)에 따르면 프리트레이의 오차가 0.55%로 가장 낮게 나타났으며, 이는 과일컵, 캐리어에 비해 처리속도가 낮아 이송속도가 느리므로 정확도가 높은 것으로 사료됨

### 3) 3차년도 수행 과정 및 내용

#### (1) 주관: ㈜한아

##### □ 기존 대형 APC 전용 자동 공급 장치 대비 중소형 APCdp 설치 가능하도록 소형화

- 처리 능력(속도) 150box/h 이상 (대형 디팔렛타이저 : 최대 300box/h)
- 설치 면적 : 기존 (3×5m)에서 2.5×4m로 33% 저감
- 공급가 : 기존 대비 20% 절감 가격에 공급
- 대상 과일 : 배, 사과 위주 (지역 기반 농가의 주 재배 품종으로 선별기 수요가 높음)
- 개선품 설계, 모델링 및 유한 요소 해석을 통한 최적화
  - 소재, 롤러, 체인, 컨베이어 로드 분산 및 보강 설계 검증
  - 압상 저감을 위한 내부 체적 및 소재 검토
  - CATIA를 이용한 3D 모델링, 유한 요소 해석 (Finite Element Analysis), Kinematics simulation
- Depalletizer 구조강도해석
  - Depalletizer Loader 구조강도해석
    - Depalletizer Loader의 주요 구성품은 Upper Frame, Side Frame, Roller, Push Plate, Stopper Bar, Lower Side Beam 등이며 아래와 같이 상하부 프레임, 각파이프, 철판 등의 주요 부품에 SS41, SPP 흑관, S45C 등의 소재가 주로 사용된다.
  - 설계한 Depalletizer 구조물의 성능 확인 및 설계검증을 위한 구조해석을 위해 아래 그림과 같이 유한요소모델을 구성함
  - 전체 해석모델의 요소수는 약 48만개이며 Upper Frame Main 14,342개, Side Frame 9,305개, Lower Side Frame 15,739개, Lower Side Beam 8,000개, Roller Support Plate 42,028개, Lower Plate 16,438개 등으로 구성되어진다.



<Depalletizer Loader 3D model>

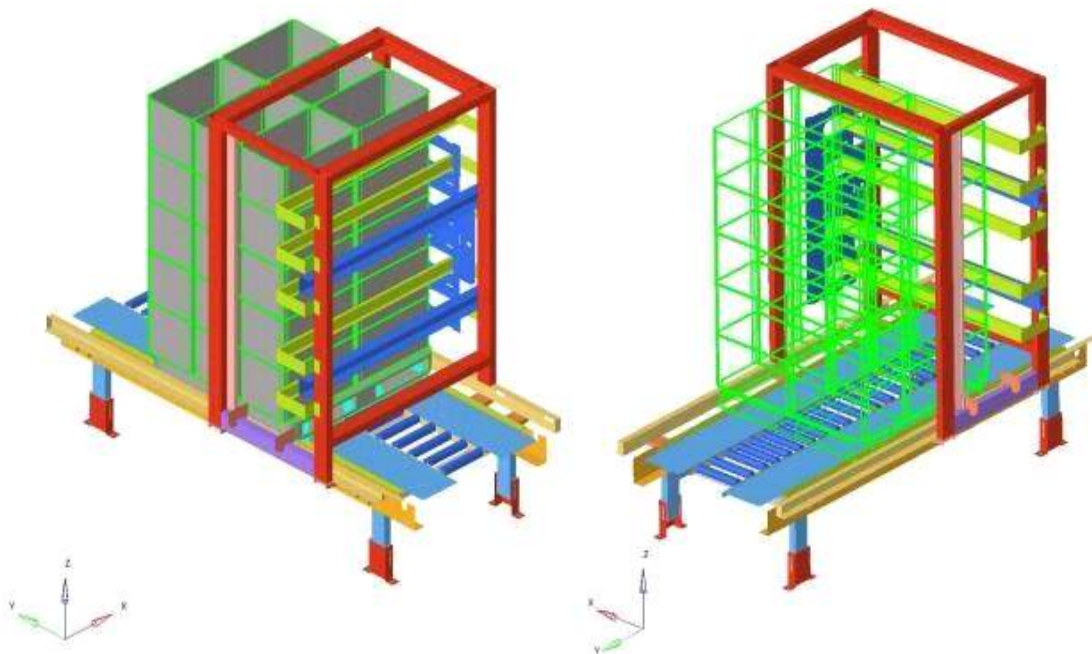
- Depalletizer 핵심부품에 적용된 소재의 기계적 성질은 아래 표와 같다.

<Depalletizer Loader 핵심부품에 대한 기계적 성질>

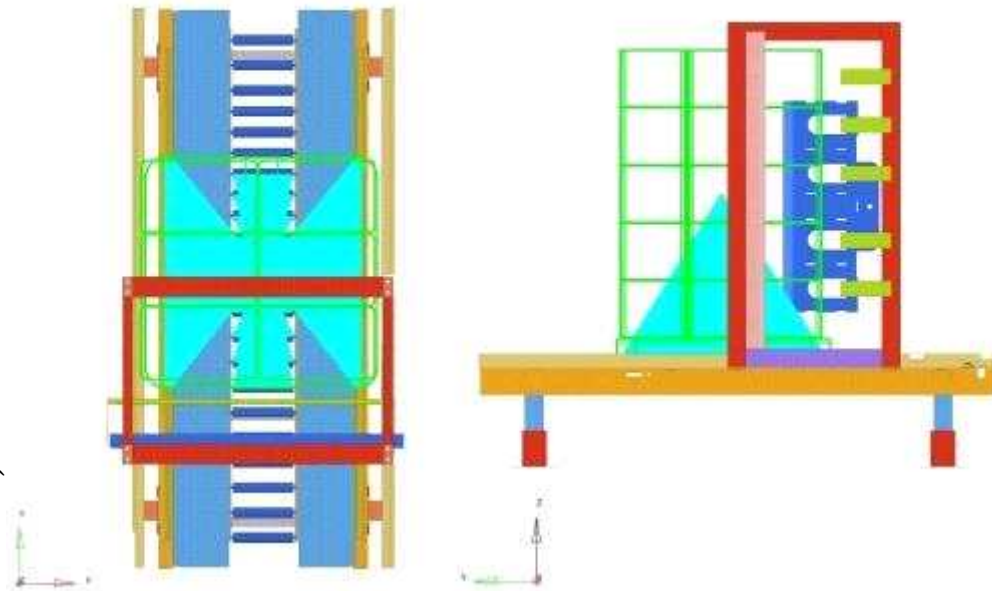
Mechanical Properties	SS41	SPP 흑관	S45C
Density (ton/mm <sup>3</sup> )	7.85 e-9	7.85 e-9	7.85 e-9
Elastic Modulus (GPa)	210	210	210
Tensile Strength, Ultimate (MPa)	400	340	686
Tensile Strength, Yield (MPa)	275	200	490
Poisson's Ratio	0.3	0.3	0.3

○ 최대적재 강도해석

- Depalletizer Loader 최대적재 강도해석은 아래 그림과 같이 적재기 Roller부 상단 및 이송을 위한 Side Frame부 상단에 최대적재량에 해당하는 600kgf 하중을 가하였을 때
- 구조물의 영구변형 및 구성 부품의 손상, 크랙 및 파괴가 없음을 만족해야 함

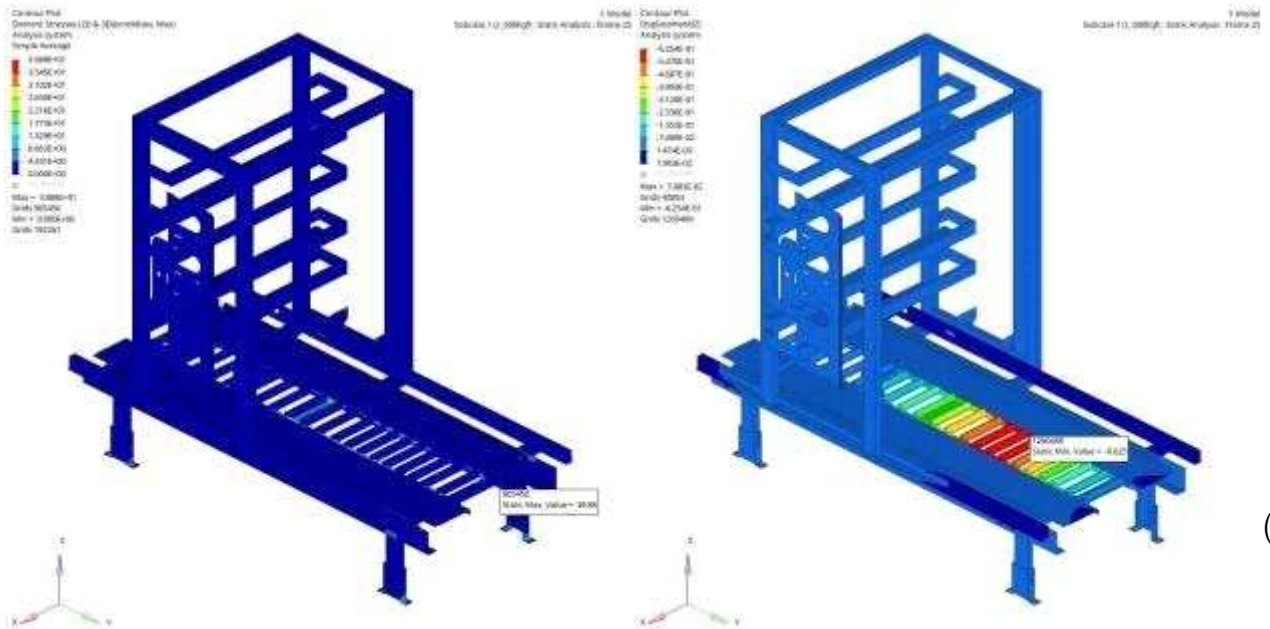


<최대적재 강도해석 하중조건(2×3×5단, 20kg/개)>



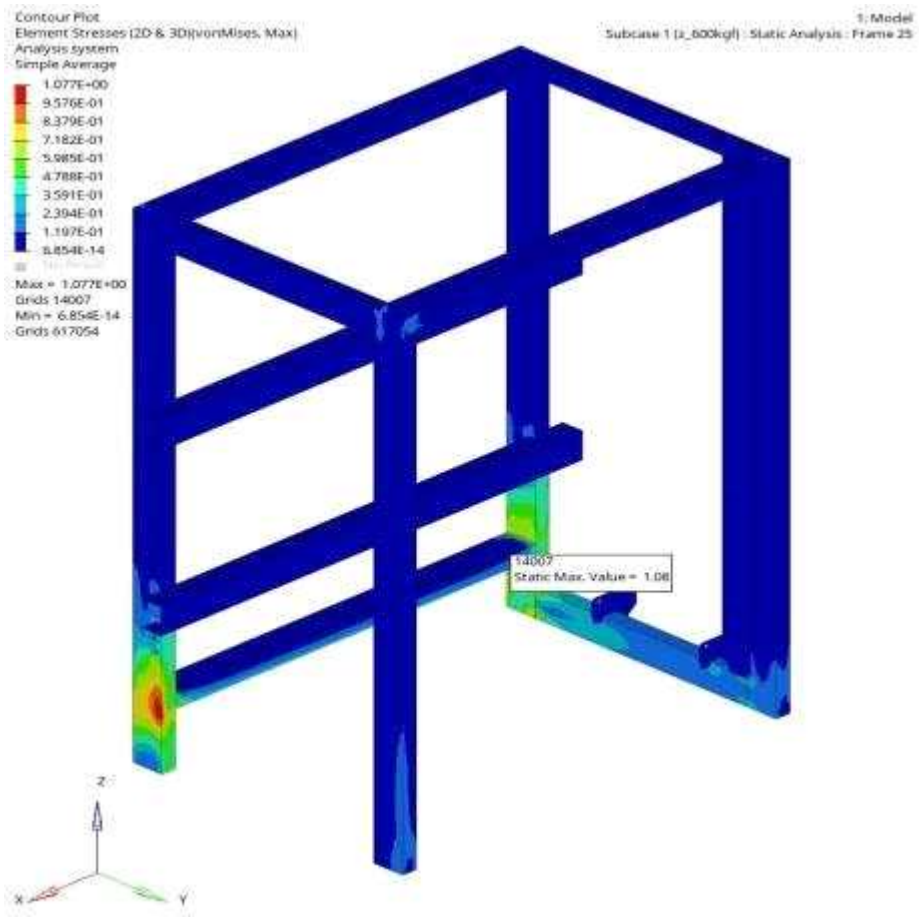
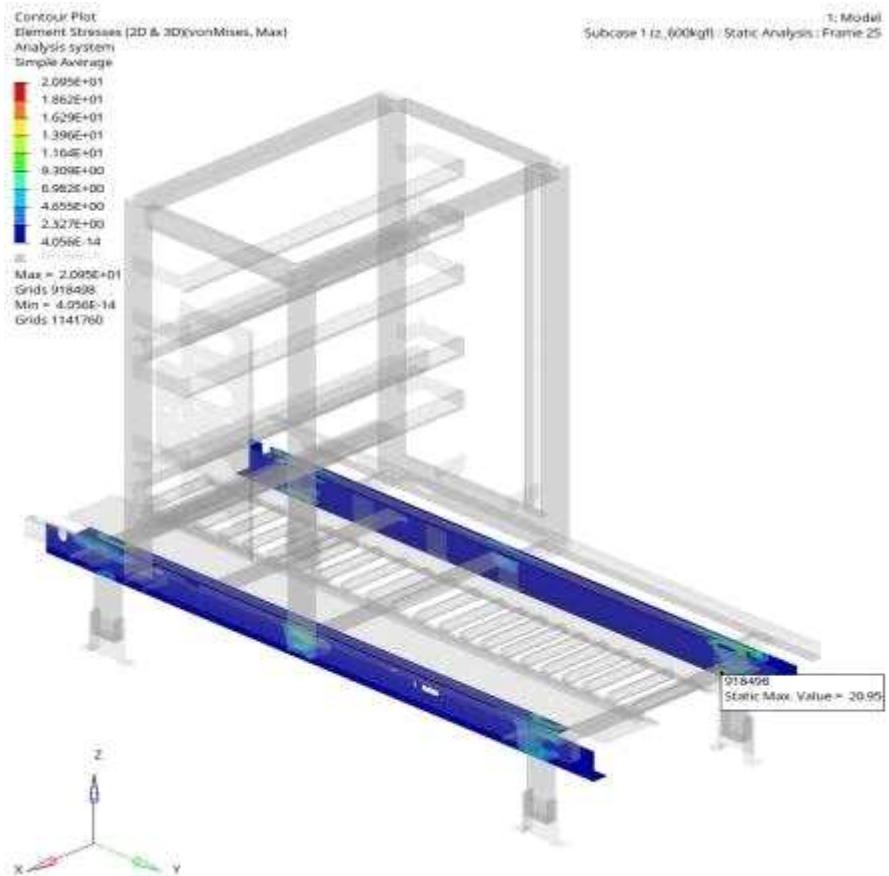
[최대적재 강도해석 경계조건(@600kgf)]

- Depalletizer Loader의 최대적재 강도해석 결과를 아래 그림에 나타내었으며 최대적재 600kgf 하중 조건에서 0.625mm의 최대변위와 롤러 고정용 브라켓(Roller Supporter)에서 39.88MPa의 최대 응력을 확인하였다. 응력 집중은 파레트에 의해서 하중이 전달되는 Roller와 Roller를 지지하고 있는 브라켓 구조물 부분에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SS41 소재의 항복강도(275MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함



(a)

[최대적재 강도해석 결과(@600kgf)]



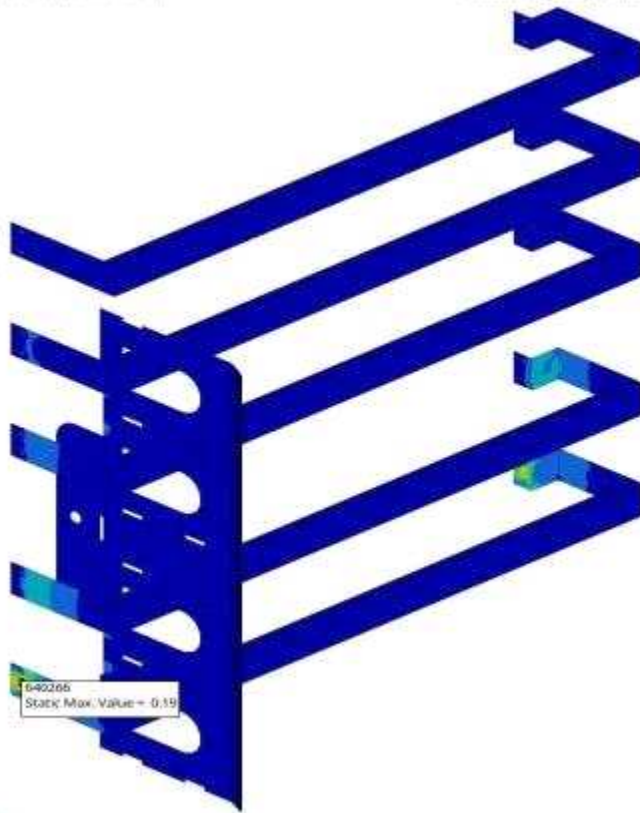
Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system  
 Simple Average  
 2.095E-01  
 1.862E-01  
 1.629E-01  
 1.396E-01  
 1.164E-01  
 9.309E-02  
 6.982E-02  
 4.655E-02  
 2.327E-02  
 4.058E-14  
 Max = 2.095E-01  
 Grids 118298  
 Min = 4.058E-14  
 Grids 1181702

1: Model  
 Subcase 1 (2\_000kg) : Static Analysis / Frame 25

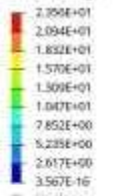


Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system  
 Simple Average  
 1.840E-01  
 1.724E-01  
 1.509E-01  
 1.293E-01  
 1.078E-01  
 8.621E-02  
 6.465E-02  
 4.310E-02  
 2.155E-02  
 7.680E-14  
 Max = 1.840E-01  
 Grids 640286  
 Min = 7.680E-14  
 Grids 643091

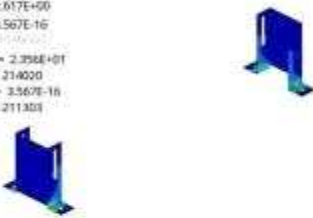
1: Model  
 Subcase 1 (2\_600kg) : Static Analysis / Frame 25



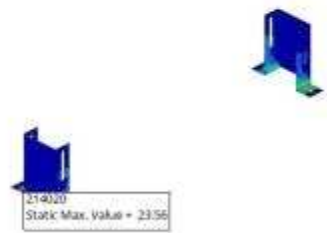
Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system  
 Simple Average



Max = 2.356E+01  
 Grids 214020  
 Min = 3.567E-16  
 Grids 211303



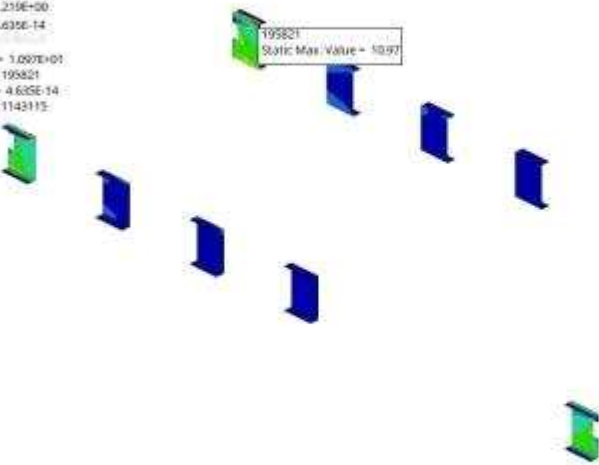
1: Model  
 Subcase 1 (z\_600kgf) : Static Analysis : Frame 25



Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system  
 Simple Average



Max = 1.007E+01  
 Grids 195821  
 Min = 4.635E-14  
 Grids 1143115



1: Model  
 Subcase 1 (z\_600kgf) : Static Analysis : Frame 25

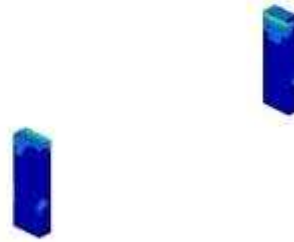


Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system  
 Simple Average

2.197E+01
1.953E+01
1.709E+01
1.464E+01
1.220E+01
9.763E+00
7.322E+00
4.882E+00
2.441E+00
0.000E+00

Max = 2.197E+01  
 Grids 161057  
 Min = 0.000E+00  
 Grids 162261

1-Model  
 Subcase 1 (x\_600kgf) : Static Analysis : Frame 25



Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system  
 Simple Average

9.866E-01
8.765E-01
7.665E-01
6.574E-01
5.479E-01
4.382E-01
3.287E-01
2.191E-01
1.096E-01
3.927E-14

Max = 9.866E-01  
 Grids 203747  
 Min = 3.927E-14  
 Grids 207057

1-Model  
 Subcase 1 (z\_600kgf) : Static Analysis : Frame 25



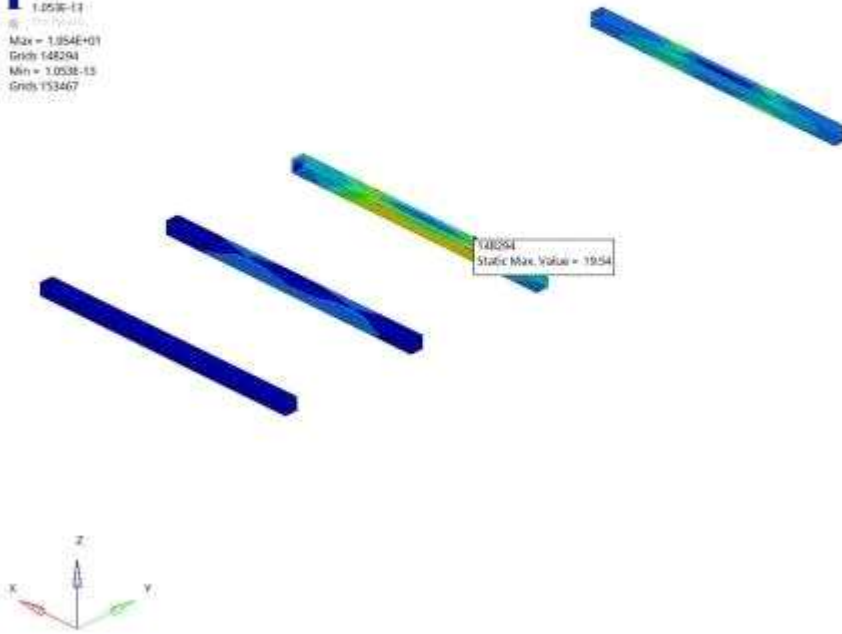


Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system  
 Simple Average

1.954E+01
1.737E+01
1.520E+01
1.302E+01
1.085E+01
8.682E+00
6.512E+00
4.342E+00
2.171E+00
1.053E-13

Max = 1.954E+01  
 Grids 148294  
 Min = 1.053E-13  
 Grids 153467

3: Model  
 Subcase 1 (2, 600kgf) : Static Analysis : Frame 25

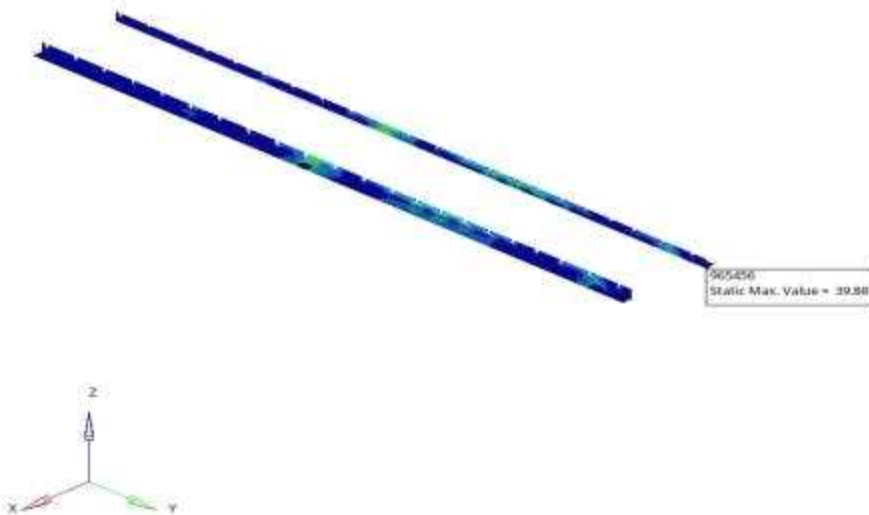


Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system  
 Simple Average

3.988E+01
3.545E+01
3.102E+01
2.659E+01
2.216E+01
1.773E+01
1.329E+01
8.853E+00
4.431E+00
1.904E-13

Max = 3.988E+01  
 Grids 965456  
 Min = 1.904E-13  
 Grids 242173

3: Model  
 Subcase 1 (2, 600kgf) : Static Analysis : Frame 25



<표> Depalletizer Loader 핵심부품에 대한 구조해석 결과

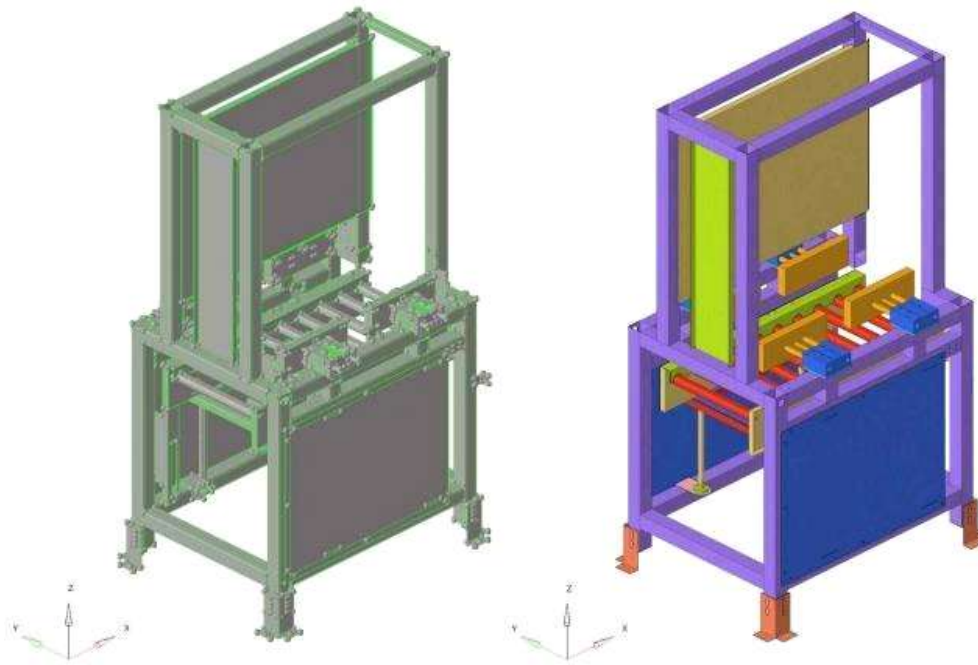
구 분	두께(t)	최대응력 (MPa)	안전계수 (SF)	SS41 소재	
				항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)
Lower Side	4.5	20.95	13.13	275	400
Lower BRKT	3.2	10.97	25.07		
Lower Leg	3.2	21.97	12.52		
Lower Side Beam	3	19.54	14.07		
Roller	3D	19.62	14.02		
Roller Supporter	4.5	39.88	6.90		
Max.	4.5	39.88	6.90		

- Depalletizer Loader에 대한 최대적재 강도 해석결과를 고찰하면 구조물의 영구 변형 및 파손은 없으며 응력 집중이 발생하는 부분은 최대적재 조건에서 SS41 소재의 항복강도를 고려하였을 때 약 6.9 정도의 Safety Factor(안전계수)를 확인함
- 재료의 특성이 잘 알려져 있거나 신뢰할 수 있는 재료가 제어 가능한 하중을 받는 상태에서 신뢰할 수 있는 수준의 응력을 계산하는 경우 안전계수를 1.25~2 수준으로, 일반적인 재료로 통상적인 환경 하에서 하중이 작용하는 상태에서 응력을 계산하는 경우
- 2~3 정도로 안전계수 사용한다는 것을 감안하면 경량화 적용이 상당부분 가능하다고 판단됨
- 다만, 운용중인 구조물의 진동특성을 고려하여 충격과 공진조건도 고려하여 개선을 통해 양산 단계에서 최적화 해석을 이용한 구조물의 경량화를 적용하는 것이 좋은 방안으로 도출 시킴

□ Depalletizer Pusher 구조강도해석

- Depalletizer Pusher의 주요 구성품은 Main Frame, Roller Mount Frame, Push Body, Spline Support, Shaft Holder 등이며 상하부 프레임, 각파이프, 철판 등의 주요 부품에 사용된 소재는 SS41, SPP 흑관, S45C 등으로 Depalletizer Loader와 동일함
- 설계한 Depalletizer 구조물의 성능 확인 및 설계검증을 위한 구조해석을 위해 아래 그림과 같이 유한요소모델을 구성함
- 전체 해석모델의 요소수는 약 84만개이며 Roller 127,510개, Main Frame 58,6

36개, Spline 64개 Push Body Top 162,928개, Push Body Bottom 10,068개 등으로 구성함



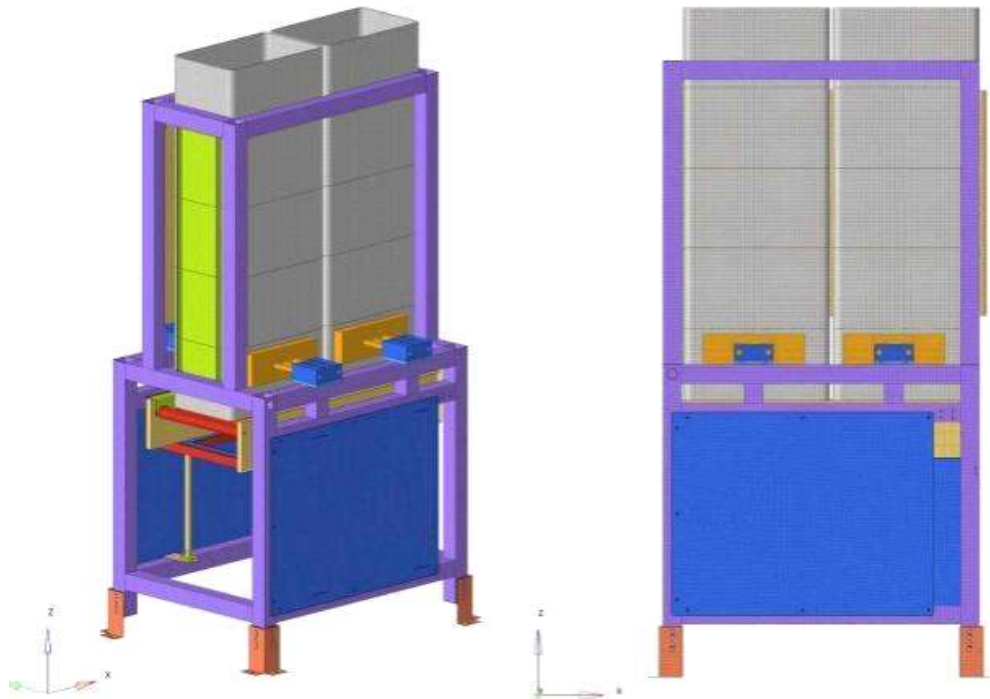
(a) CAD model

(b) FE model

<Depalletizer Pusher 3D model>

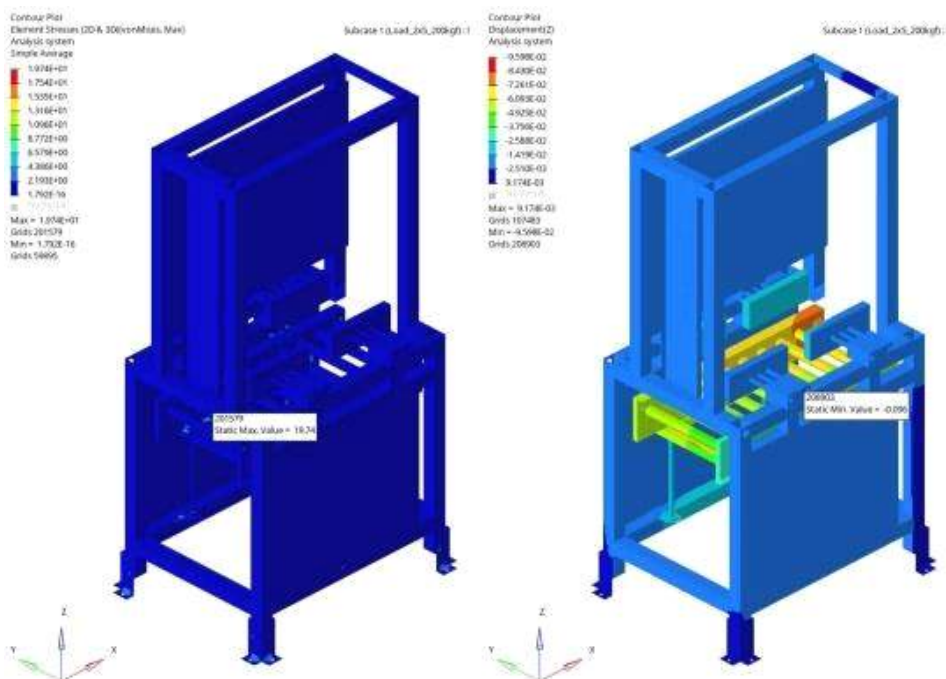
□ 최대적재 강도해석

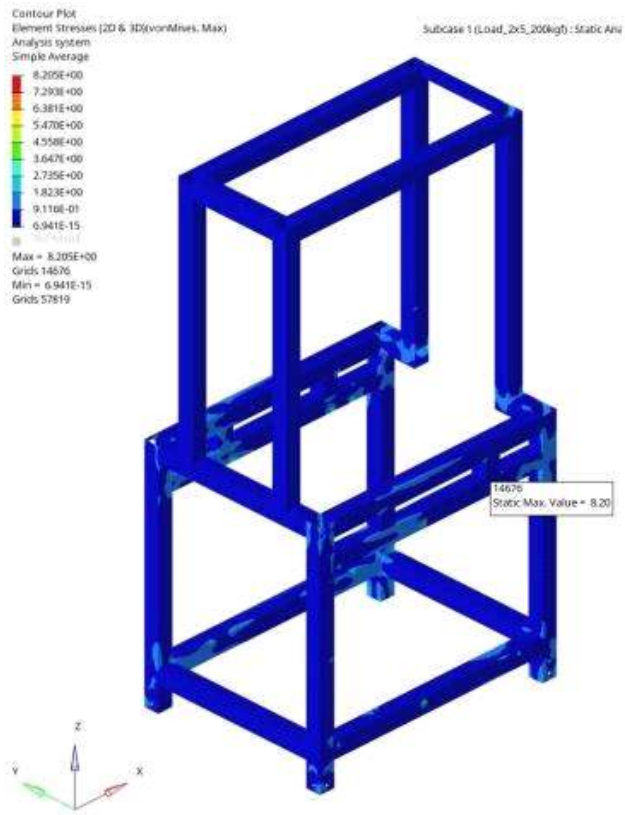
- Depalletizer Pusher 최대적재 강도해석은 아래 그림과 같이 Pusher 구조물의 Roller부상단 최대적재량에 해당하는 200kgf(2x1\*5단) 하중을 가하였을 때 구조물의 영구변형 및구성 부품의 손상, 크랙 및 파괴가 없음을 만족해야 한다.



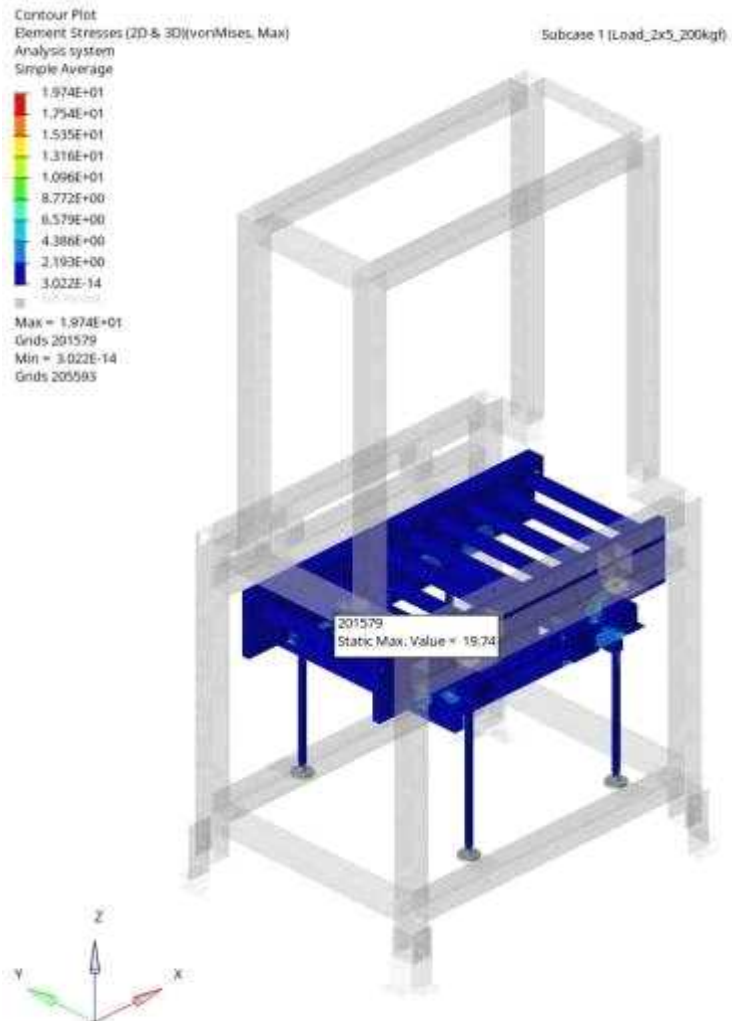
<최대적재 강도해석 하중조건(2x1\*5단, 20kg/개)>

- Depalletizer Pusher의 최대적재 강도해석 결과를 아래 그림에 나타내었으며 최대적재200kgf 하중 조건에서 0.096mm의 최대변위와 Roller Mount Frame에서 19.74MPa의 최대응력을 확인함
- 응력 집중은 최대적재 하중이 전달되어 Roller가 고정되는 프레임부 상단에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함





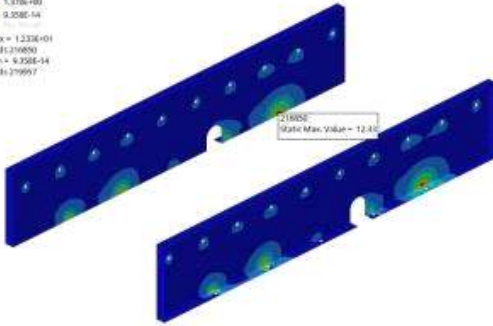
<최대적재 강도해석 결과(@200kgf)>



Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D) vonMises, Max  
Analysis system  
Simple Average

1.223E+01
1.099E+01
8.999E+00
8.233E+00
6.852E+00
5.863E+00
4.115E+00
2.047E+00
1.078E+00
9.988E-04

Max = 1.223E+01  
Grids 210680  
Min = 6.258E-14  
Grids 379957

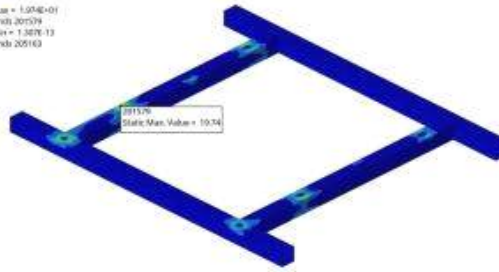


Subcase 1 (Load\_DoS\_200kg) | Static Analysis | Frame 4

Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D) vonMises, Max  
Analysis system  
Simple Average

1.854E+01
1.754E+01
1.535E+01
1.316E+01
1.096E+01
8.778E+00
6.578E+00
4.384E+00
2.193E+00
1.027E-03

Max = 1.854E+01  
Grids 207079  
Min = 1.327E-13  
Grids 205103

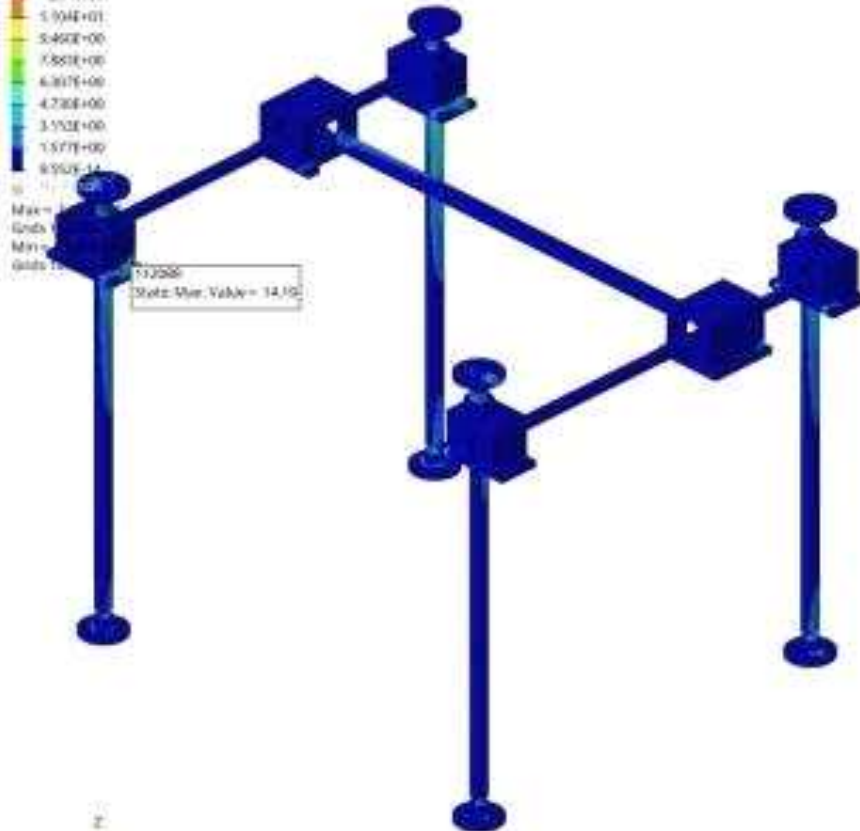


Subcase 1 (Load\_DoS\_200kg) | Static Analysis | Frame 4

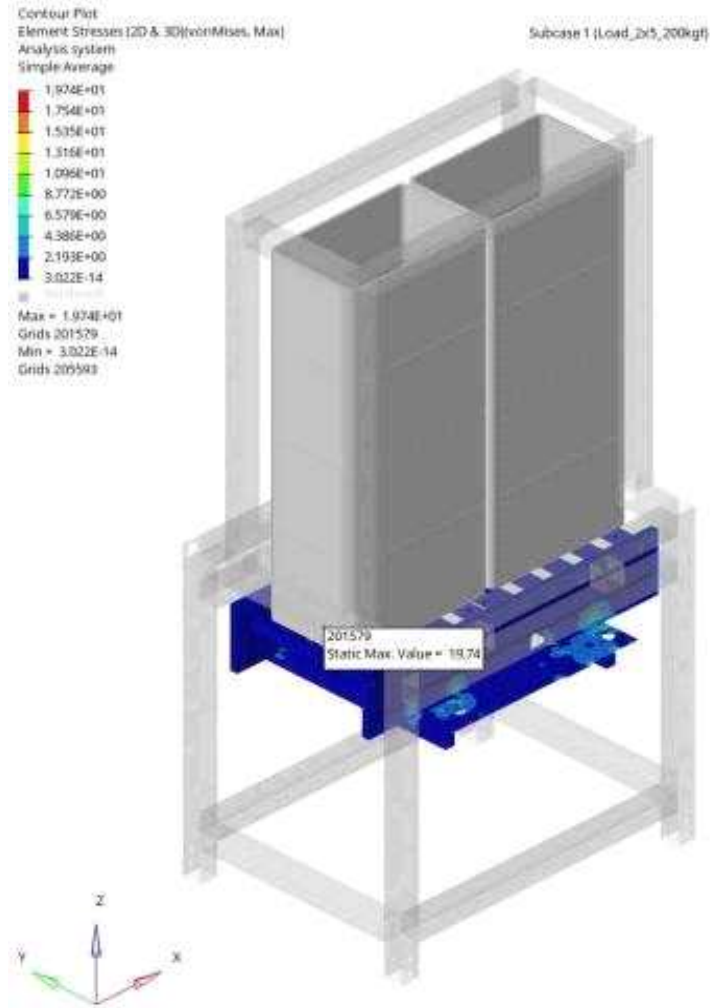
Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D) vonMises, Max  
Analysis system  
Simple Average

5.419E+01
5.381E+01
5.304E+01
5.460E+00
5.863E+00
6.807E+00
4.238E+00
3.552E+00
1.577E+00
8.952E-14

Max = 5.419E+01  
Grids 173286  
Min = 8.952E-14  
Grids 173286

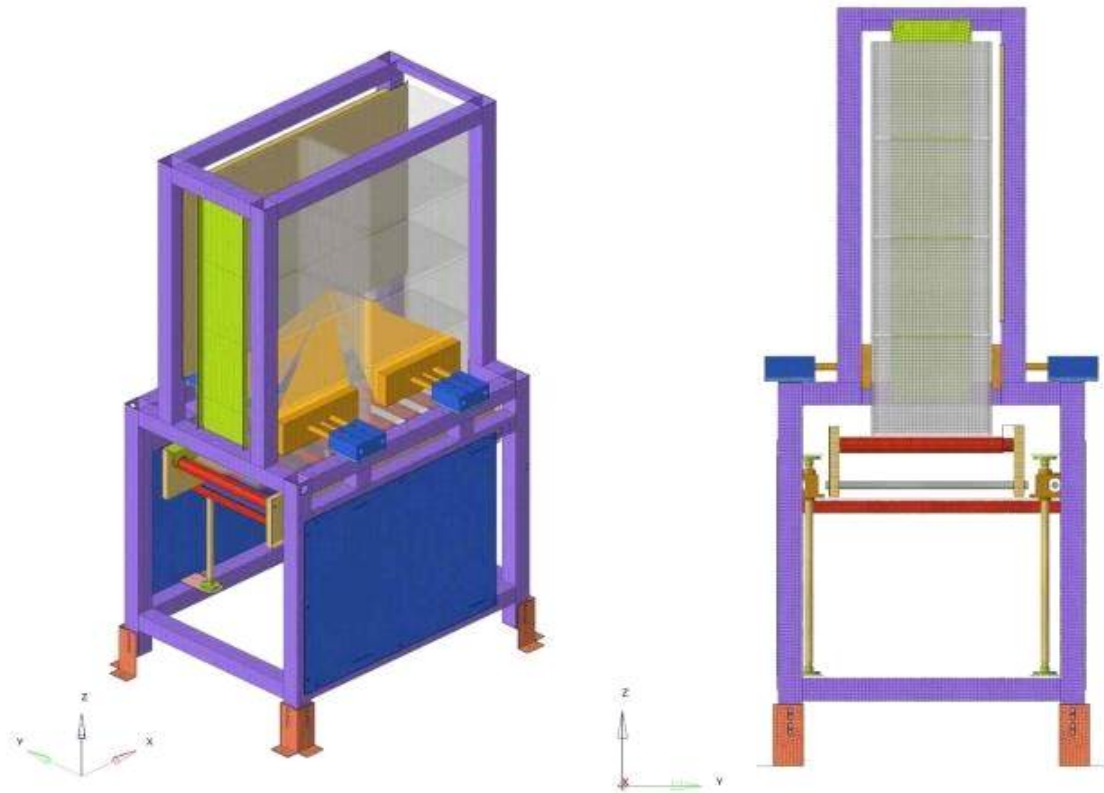


Subcase 1 (Load\_DoS\_200kg) | Static Analysis | Frame 4

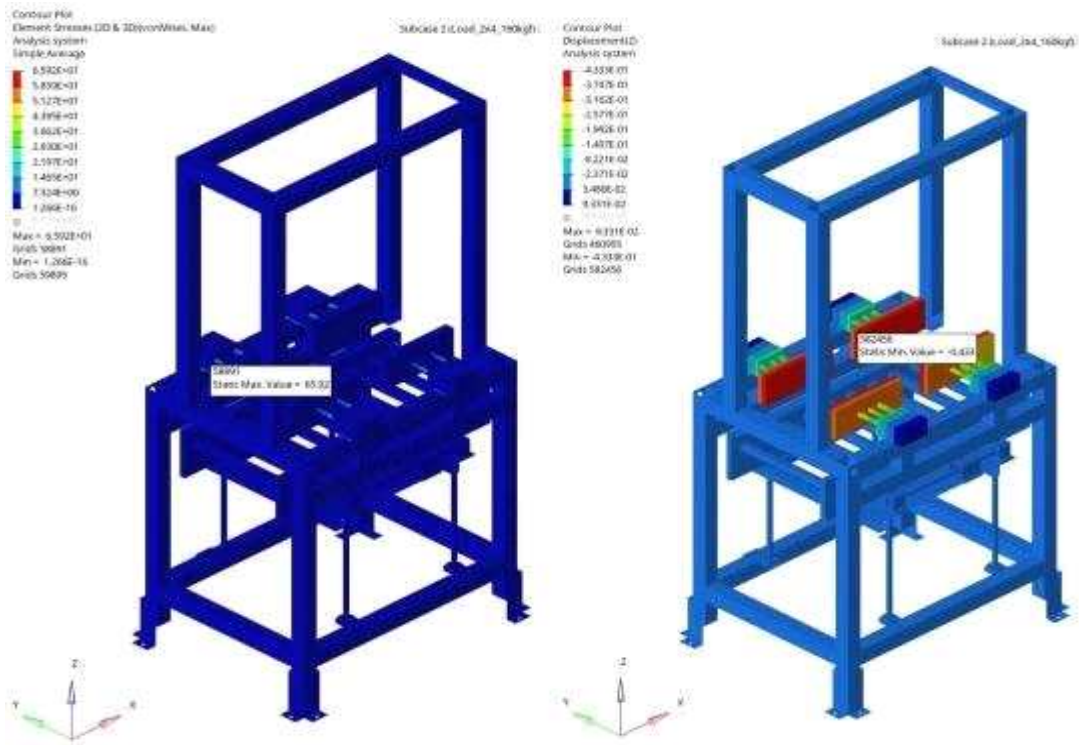


#### □ 내측부하 강도해석

- Depalletizer Pusher 내측부하 강도해석은 아래 그림과 같이 내측면 하중 부하를 위한 Pusher 구조물의 Push Body부에 최대 부하에 상응하는 160kgf (2x1\*4단) 하중을 가하였을 때 구조물의 영구변형 및 구성 부품의 손상, 크랙 및 파괴가 없음을 만족해야 함
- Depalletizer Pusher의 내측부하 강도해석 결과를 아래 그림에 나타내었으며 내측부하 160kgf 하중 조건에서 0.433mm의 최대변위와 Roller Mount Frame에서 65.92MPa의 최대 응력을 확인함
- 응력 집중은 최대적재 하중이 전달되어 Roller가 고정되는 프레임부 상단에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함



<내측부하 강도해석 하중조건(2x1\*4단, 20kg/개)>



(a) Stress Contour (b) Displacement Contour  
[내측부하 강도해석 결과(@160kgf)]



Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

6.592E+01  
5.850E+01  
5.127E+01  
4.395E+01  
3.662E+01  
2.930E+01  
2.197E+01  
1.465E+01  
7.324E+00  
7.185E-05

Max = 6.592E+01  
Grids:58891  
Min = 7.185E-05  
Grids:57802

Subcase 2 (Load\_2d4\_160kgf):

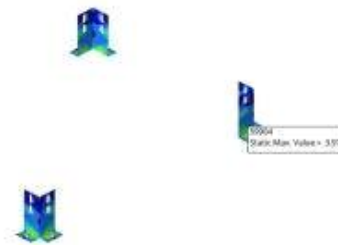


Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Min)  
Analysis system  
Simple Average

3.908E+00  
3.520E+00  
3.087E+00  
2.688E+00  
2.309E+00  
1.948E+00  
1.628E+00  
1.319E+00  
1.041E+00  
1.208E-04

Max = 3.908E+00  
Grids:19000  
Min = 1.208E-04  
Grids:19000

Subcase 2 (Load\_2d4\_160kgf): Static Analysis - Frame 4



Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

1.748E+00  
1.354E+00  
1.000E+00  
7.108E-01  
5.218E-01  
3.722E-01  
2.688E-01  
1.942E-01  
1.595E-13

Max = 1.748E+00  
Grids:486047  
Min = 1.595E-13  
Grids:45218

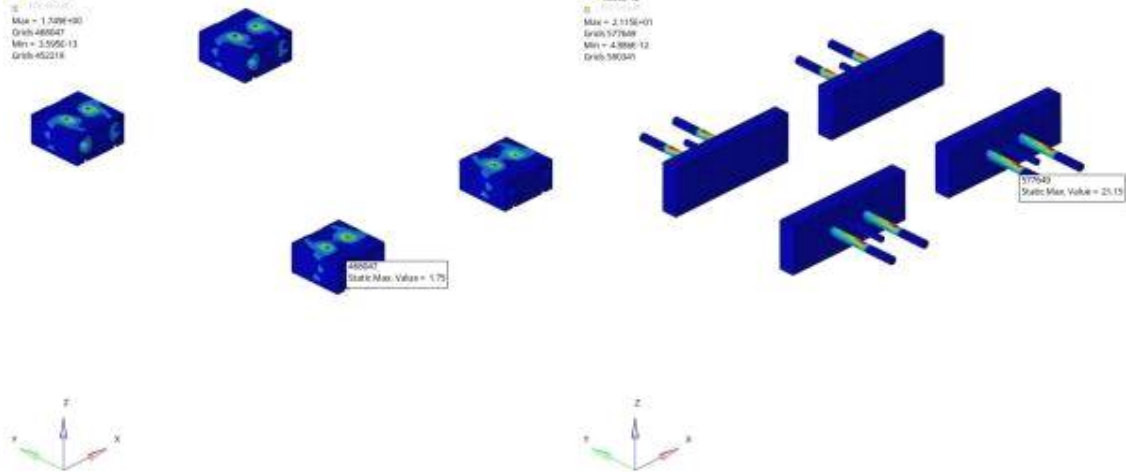
Subcase 2 (Load\_2d4\_160kgf): Static Analysis - Frame 4

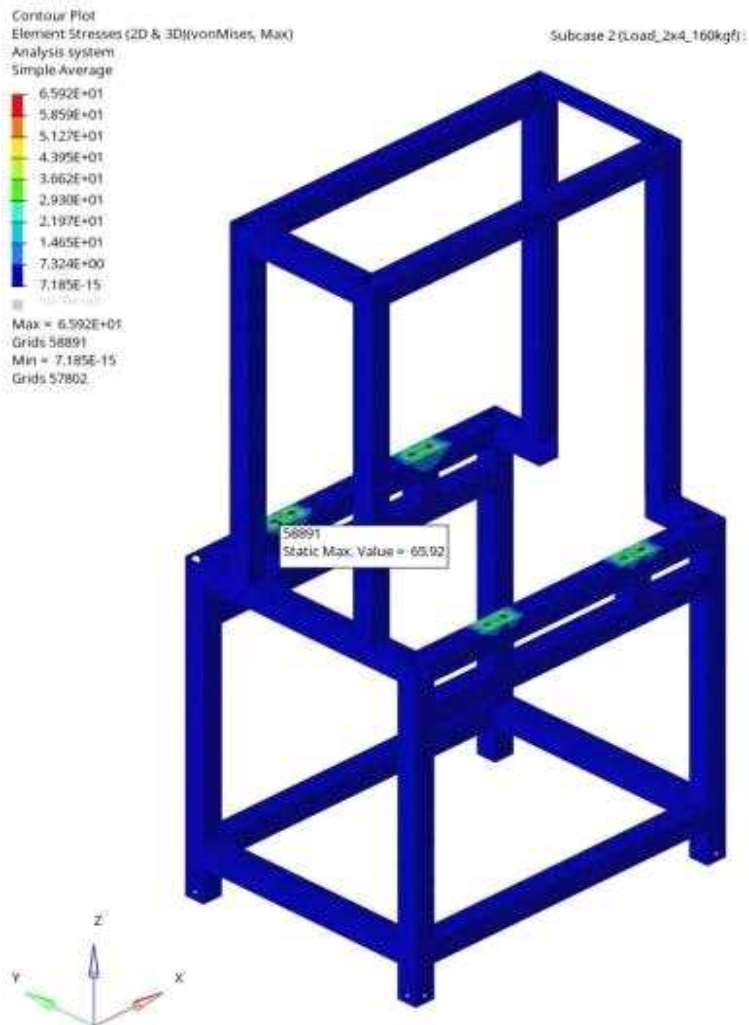
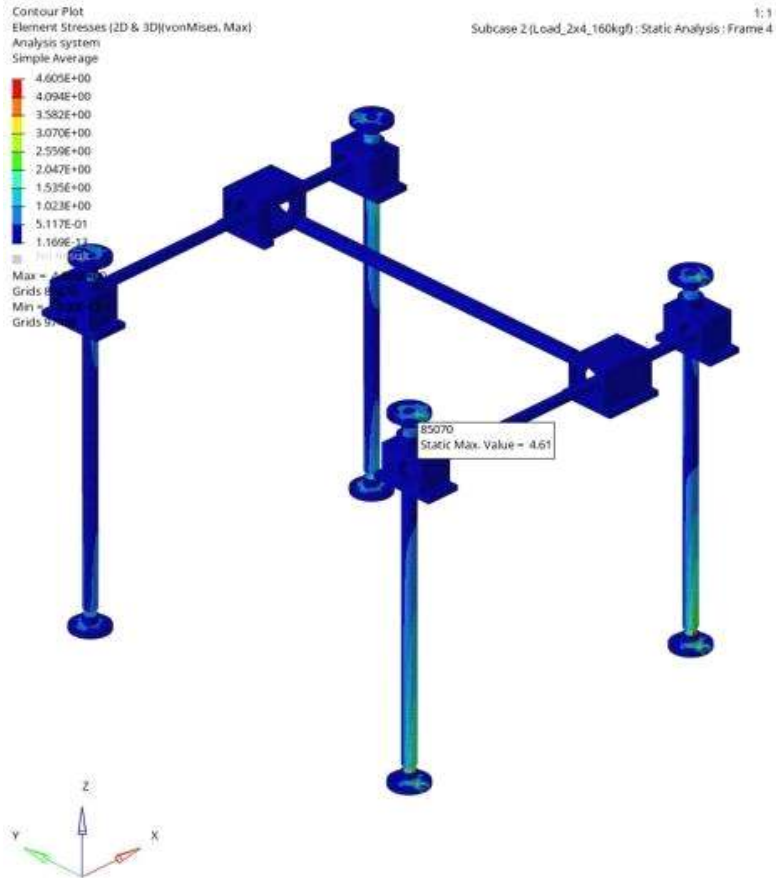
Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

2.117E+01  
1.880E+01  
1.645E+01  
1.415E+01  
1.200E+01  
1.046E+01  
9.000E+00  
7.686E+00  
6.700E+00  
5.850E+00  
4.886E-12

Max = 2.117E+01  
Grids:177849  
Min = 4.886E-12  
Grids:580345

Subcase 2 (Load\_2d4\_160kgf): Static Analysis - Frame 4



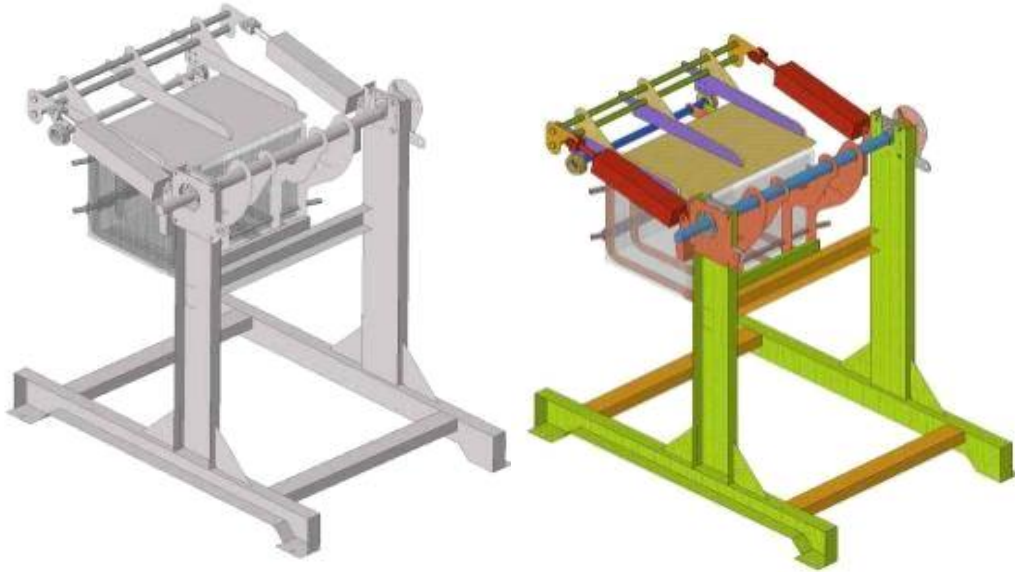


<내측부하 강도해석 결과(주요 부품별 응력분포)>

- Depalletizer Pusher의 내측부하 강도해석 결과를 아래 그림에 나타내었으며 내측부하160kgf 하중 조건에서 0.433mm의 최대변위와 Roller Mount Frame에서 65.92MPa의 최대 응력을 확인함
- 응력 집중은 최대적재 하중이 전달되어 Roller가 고정되는 프레임부 상단에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함
- Depalletizer Pusher에 대한 내측부하 강도 해석결과를 고찰하면 구조물의 영구 변형 및 파손은 없으며 응력 집중이 발생하는 부분은 최대적재 조건에서 SPP 흑관소재의 항복강도(200MPa)를 고려하였을 때 약 3.03 정도의 Safety Factor(안전계수)가 확인됨
- 일반적인 재료로 통상적인 환경 하에서 하중이 작용하는 상태에서 응력을 계산하는 경우 2~3 정도로 안전계수 사용한다는 것을 감안하면 부분적으로 경량화 적용이 상당부분 가능 하다고 판단함
- 다만, 운용중인 구조물의 진동특성을 고려하여 충격과 공진조건도 고려하여 개선을 통해 양산 단계에서 최적화 해석을 이용한 구조물의 경량화를 적용하는 것이 좋은 방안으로 판단함

#### □ Auto Dumping Machine 구조강도해석

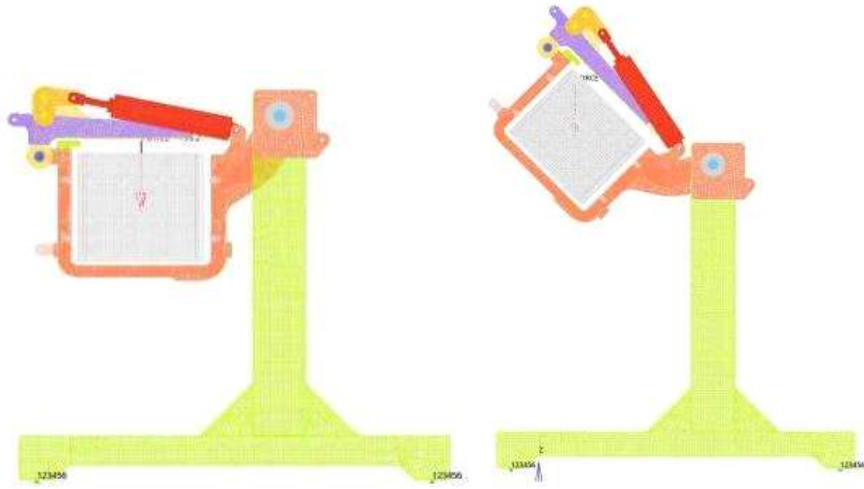
- Auto Dumping Machine의 주요 구성품은 Main Frame, Main Link, Side Beam, Dumping Cylinder 등이며 상하부 프레임, 각파이프, 철판 등의 주요 부품에 사용된 소재는 SS41, SPP 흑관, S45C 등으로 Depalletizer 구조물과 동일함
- 설계한 Auto Dumping Machine 구조물의 성능 확인 및 설계검증을 위한 구조해석을 위해 아래 그림과 같이 유한요소모델을 구성함
  - 전체 해석모델의 요소수는 175,435개이며 Main link 8,435개, Main Frame 4.5t 9,970개
  - Main Frame 5t 3,090개, Cover 6t 7,727개, Main Shaft 9,495개 등으로 구성하였음
  - Auto Dumping Machine 수직부하 강도해석은 아래 그림과 같이 Dumping 구조물의 중량 적재 초기상태(0deg)에서부터 Dumping까지 회전각도별(0deg, 45deg, 90deg, 135deg)
  - 수직부하에 따른 구조물의 영구변형 및 구성 부품의 손상, 크랙 및 파괴가 없음을 확인 하는 해석임



(a) CAD model

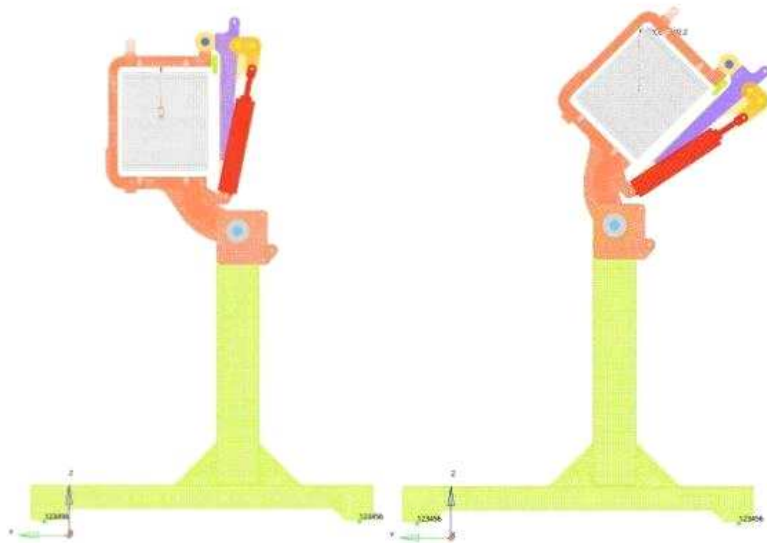
(b) FE model

<Auto Dumping Machine 3D model>



(a) 0deg

(b) 45deg



(c) 90deg

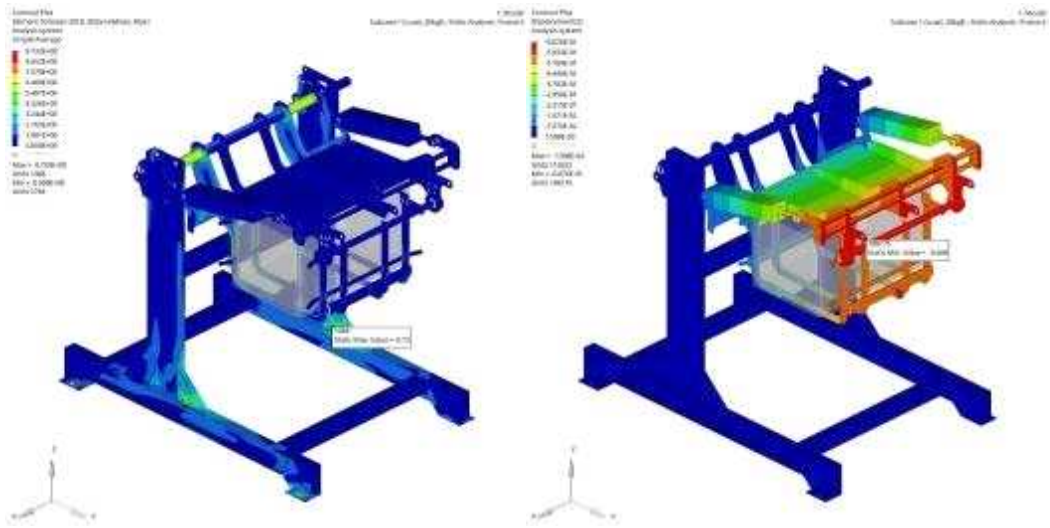
(d) 135deg

<수직부하 강도해석 하중조건>

□ 수직부하 강도해석(0deg)

○ Auto Dumping Machine의 수직부하 강도해석(0deg) 결과를 아래 그림에 나타내었으며 적재 초기조건에서 0.668mm의 최대변위와 Main Frame에서 9.73MPa의 최대 응력을 확인함

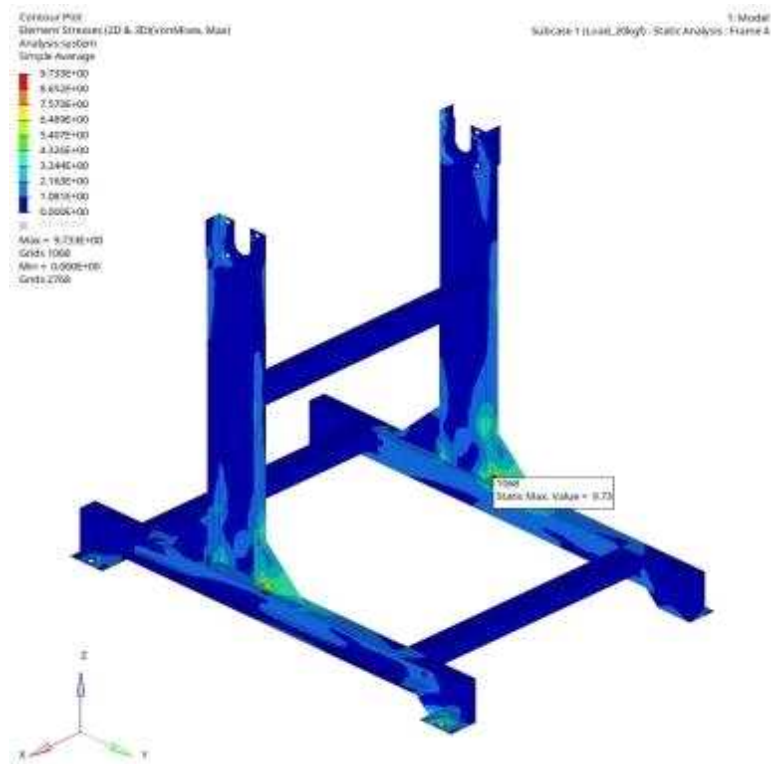
- 응력 집중은 적재중량에 의한 수직부하가 전달되는 Main Frame부 하단에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함



(a) Stress Contour

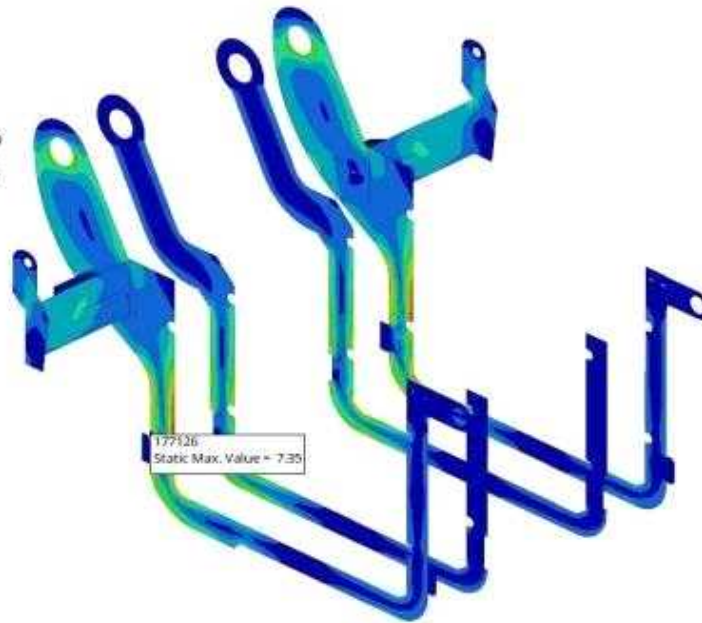
(b) Displacement Contour

<수직부하 강도해석 결과(@0deg)>



Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average  
7.350E+00  
6.533E+00  
5.717E+00  
4.900E+00  
4.083E+00  
3.267E+00  
2.450E+00  
1.633E+00  
8.166E-01  
2.693E-13  
Max = 7.350E+00  
Grids 177126  
Min = 2.693E-13  
Grids 186035

1: Model  
Subcase 1 (Load\_20kg) : Static Analysis : Frame 4



Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average  
8.496E+00  
7.680E+00  
6.863E+00  
6.047E+00  
5.230E+00  
4.414E+00  
3.597E+00  
2.781E+00  
1.964E+00  
1.148E+00  
3.321E-01  
2.505E-13  
Max = 8.496E+00  
Grids 100617  
Min = 2.505E-13  
Grids 114839

Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average  
8.138E+00  
7.322E+00  
6.506E+00  
5.690E+00  
4.874E+00  
4.058E+00  
3.242E+00  
2.426E+00  
1.610E+00  
7.944E-01  
6.128E-13  
Max = 8.138E+00  
Grids 1500  
Min = 6.128E-13  
Grids 1500

1: Model  
Subcase 1 (Load\_20kg) : Static Analysis : Frame 4

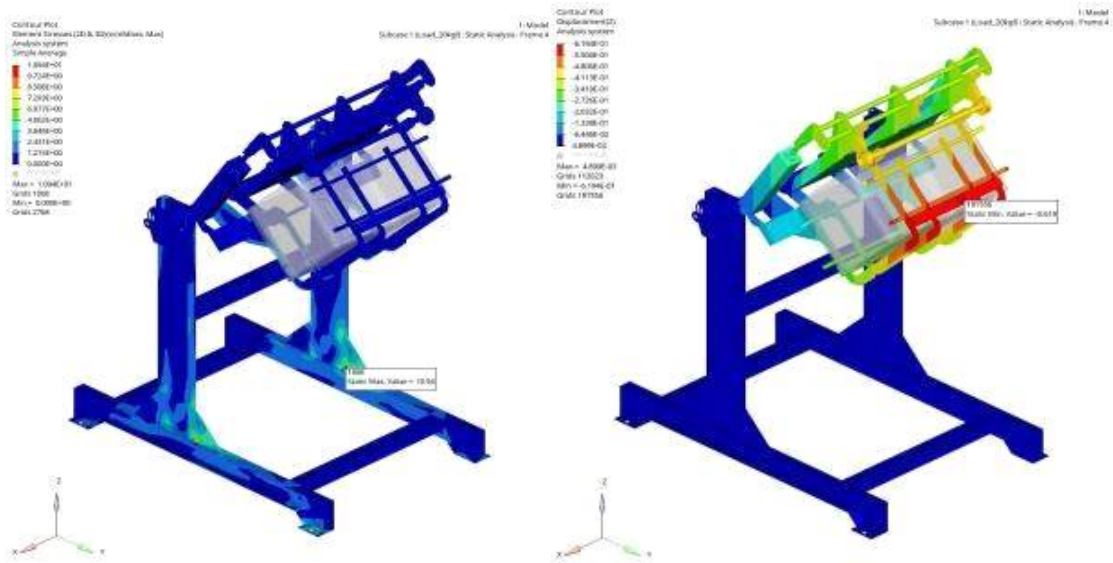


<수직부하 강도해석 결과(주요 부품별 응력분포)>

□ 나. 수직부하 강도해석(45deg)

○ Auto Dumping Machine의 수직부하 강도해석(45deg) 결과를 아래 그림에 나타내었음

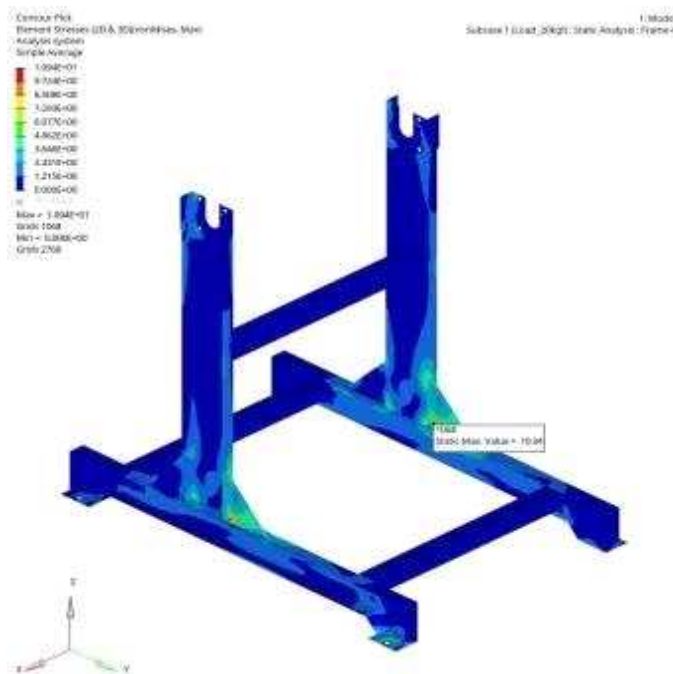
- 45deg 조건에서 0.619mm의 최대변위와 Main Frame에서 10.94MPa의 최대응력을 확인하였음
- 응력 집중은 적재중량에 의한 수직부하가 전달되는 Main Frame부 하단에서 발생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인함



(a) Stress Contour

(b) Displacement Contour

<수직부하 강도해석 결과(@45deg)>

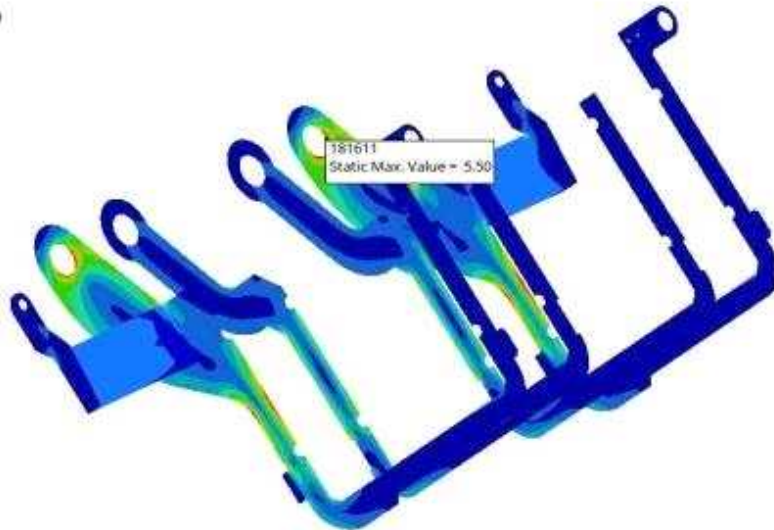


Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system:  
 Simple Average

5.498E+00
4.887E+00
4.276E+00
3.666E+00
3.055E+00
2.444E+00
1.833E+00
1.222E+00
6.109E-01
4.065E-13

Max = 5.498E+00  
 Grids 181611  
 Min = 4.065E-13  
 Grids 181527

1: Model  
 Subcase 1 (Load\_20kgf) : Static Analysis : Frame 4



Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system:  
 Simple Average

1.812E+01
8.562E+00
7.873E+00
6.747E+00
5.613E+00
4.488E+00
3.374E+00
2.249E+00
1.124E+00
4.108E-11

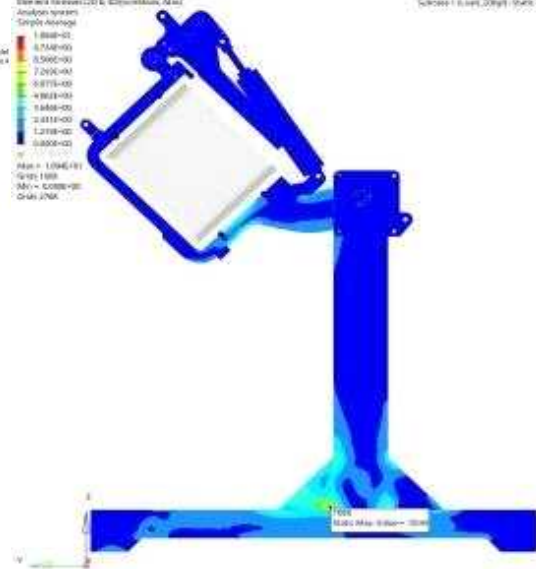
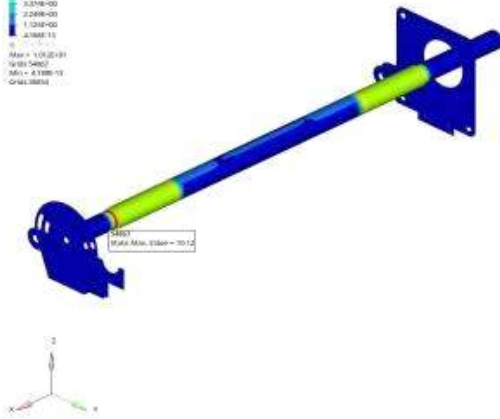
Max = 1.812E+01  
 Grids 38034

Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system:  
 Simple Average

8.754E+00
8.560E+00
7.297E+00
6.873E+00
4.963E+00
4.688E+00
3.811E+00
2.218E+00
0.850E+00

Max = 1.084E+01  
 Grids 1188  
 Min = 5.028E-10  
 Grids 1766

1: Model  
 Subcase 1 (Load\_20kgf) : Static Analysis : Frame 4



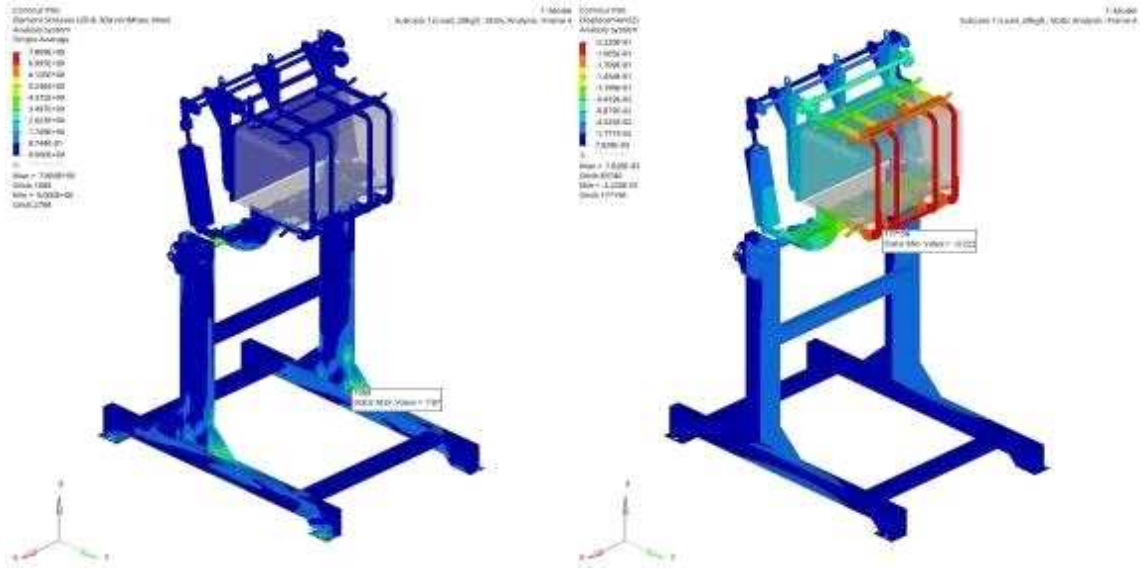
<수직부하 강도해석 결과(주요 부품별 응력분포)>

□ 수직부하 강도해석(90deg)

- Auto Dumping Machine의 수직부하 강도해석(90deg) 결과를 아래 그림에 나타내었으며 90deg 조건에서 0.222mm의 최대변위와 Main Frame에서 7.87MPa의 최대 응력을 확인함
- 응력 집중은 적재중량에 의한 수직부하가 전달되는 Main Frame부 하단에서 발생 하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이



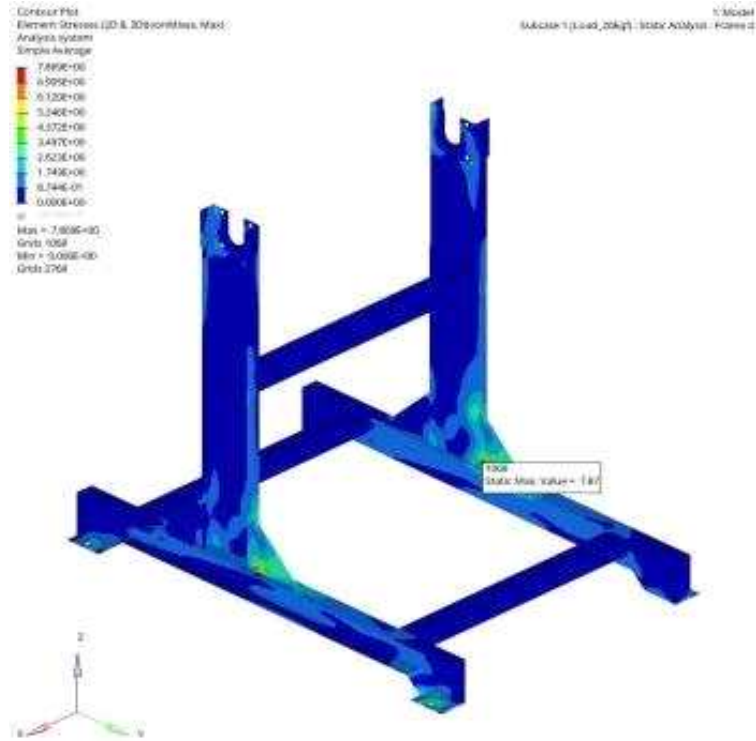
로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족하는 결과를 확인하였음



(a) Stress Contour

(b) Displacement Contour

[수직부하 강도해석 결과(@90deg)]

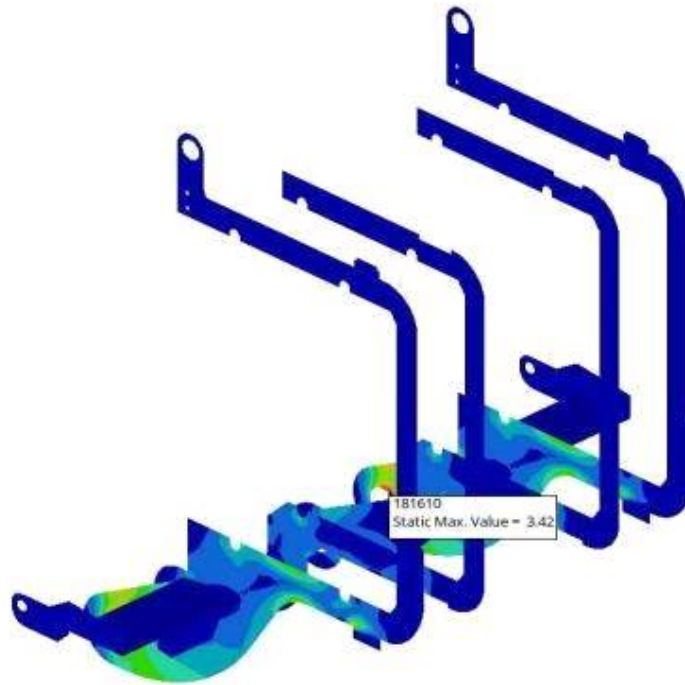


Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

3.418E+00
3.038E+00
2.658E+00
2.278E+00
1.899E+00
1.519E+00
1.139E+00
7.595E-01
3.797E-01
3.730E-13

Max = 3.418E+00  
Grids 181610  
Min = 3.730E-13  
Grids 181633

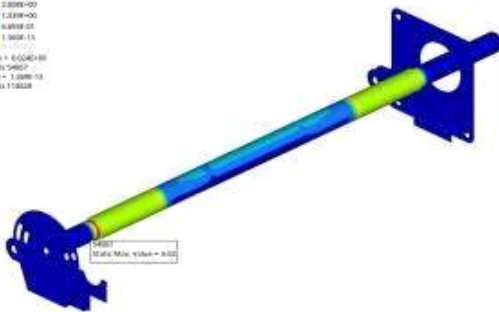
1: Model  
Subcase 1 (Load\_20kgf) : Static Analysis : Frame 4



Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

6.024E+00
5.300E+00
4.685E+00
4.070E+00
3.455E+00
2.840E+00
2.225E+00
1.610E+00
9.95E-01
3.80E-13

Max = 6.024E+00  
Grids 54807  
Min = 3.80E-13  
Grids 178628



Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

7.860E+00
6.840E+00
5.820E+00
4.800E+00
3.780E+00
2.760E+00
1.740E+00
7.20E-01
3.00E-01
1.00E-13

Max = 7.860E+00  
Grids 1366  
Min = 1.00E-13  
Grids 2786

1: Model  
Subcase 1 (Load\_20kgf) : Static Analysis : Frame 4



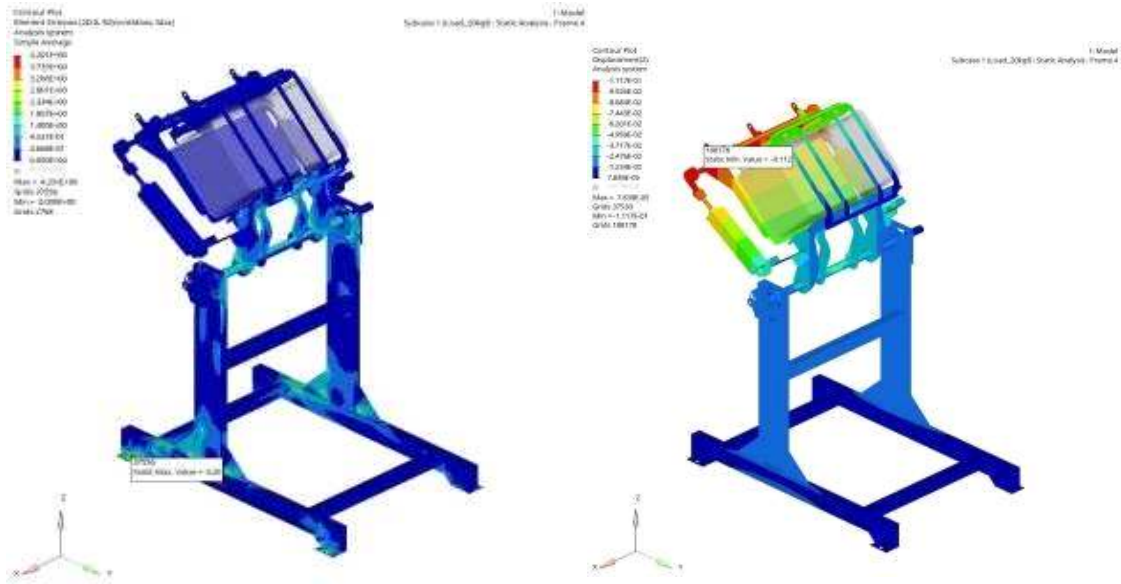
[수직부하 강도해석 결과(주요 부품별 응력분포)]

□ 수직부하 강도해석(135deg)

○ Auto Dumping Machine의 수직부하 강도해석(135deg) 결과를 아래 그림에 나타내었음

- 135deg 조건에서 0.112mm의 최대변위와 Main Frame에서 4.20MPa의 최대 응력을 확인하였음
- 응력 집중은 적재중량에 의한 수직부하가 전달되는 Main Frame부 하단에서 발

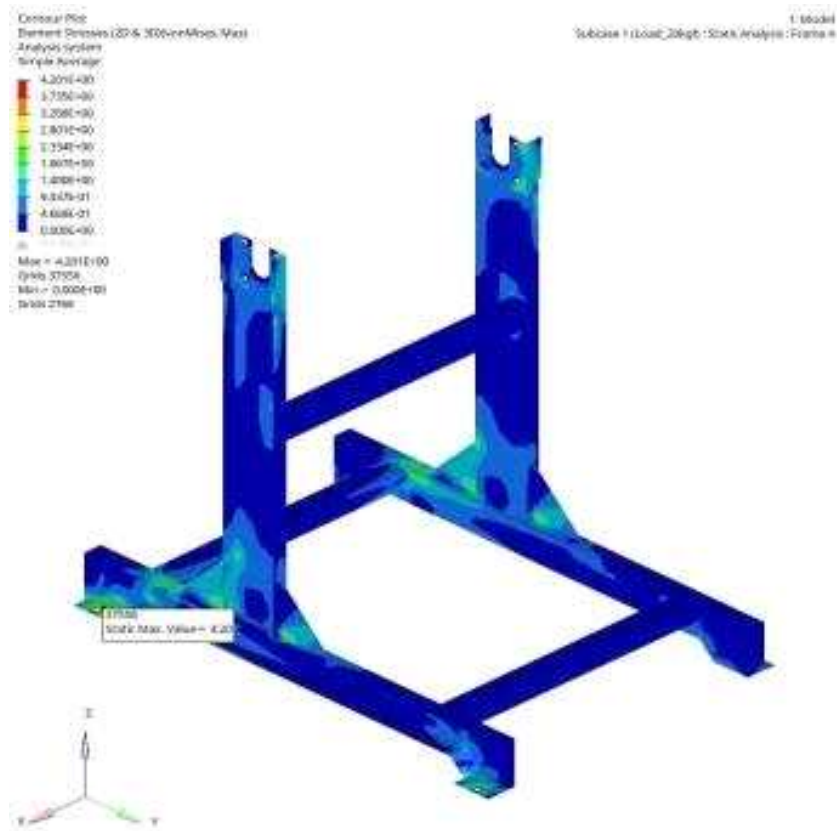
생하였으며 최대 응력의 크기는 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa) 이하이므로 판정 기준인 구성 부품의 영구변형, 손상, 크랙 및 파괴 없음을 만족함



(a) Stress Contour

(b) Displacement Contour

[수직부하 강도해석 결과(@135deg)]

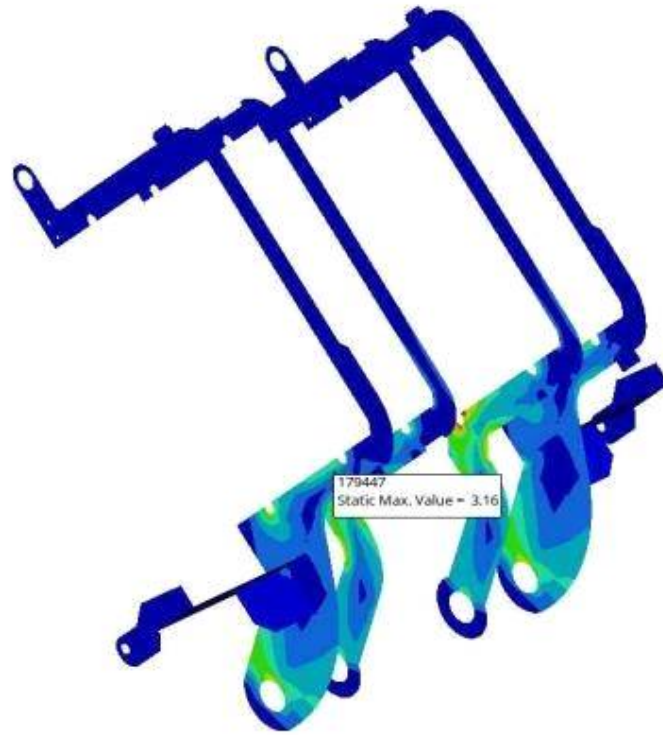


Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

3.160E+00  
2.808E+00  
2.457E+00  
2.106E+00  
1.755E+00  
1.404E+00  
1.053E+00  
7.021E-01  
3.511E-01  
1.688E-13

Max = 3.160E+00  
Grids 179447  
Min = 1.688E-13  
Grids 186035

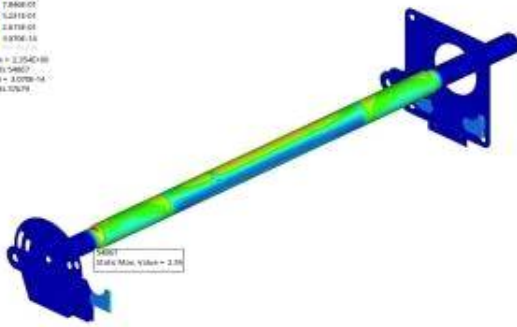
1: Model  
Subcase 1 (Load\_20kgf) : Static Analysis : Frame 4



Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

2.354E+00  
2.002E+00  
1.651E+00  
1.300E+00  
9.49E+00  
5.98E-01  
2.47E-01  
8.95E-14

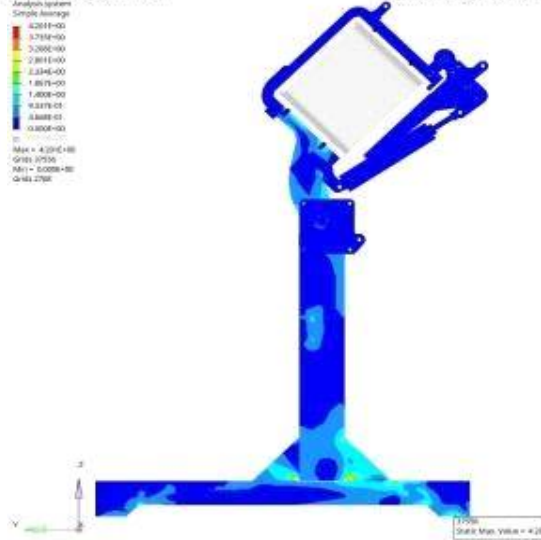
Max = 2.354E+00  
Grids 54807  
Min = 8.95E-14  
Grids 17679



Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

4.29E+00  
3.938E+00  
3.586E+00  
3.234E+00  
2.882E+00  
2.530E+00  
2.178E+00  
1.826E+00  
1.474E+00  
1.122E+00  
7.70E-01  
4.18E-01  
6.88E-01  
3.40E-01  
1.60E-01  
8.00E-02

Max = 4.29E+00  
Grids 17535  
Min = 8.00E-02  
Grids 2701



[수직부하 강도해석 결과(주요 부품별 응력분포)]

구 분	최대변위 (mm)	최대응력 (MPa)	안전계수 (SF)	SPP 흑관 소재	
				항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)
0deg	0.668	9.73	20.55	200	340
45deg	0.619	10.94	18.28		
90deg	0.222	7.87	25.41		
135deg	0.112	4.20	47.62		
Max.	0.668(@0deg)	10.94 (@45deg)	-		

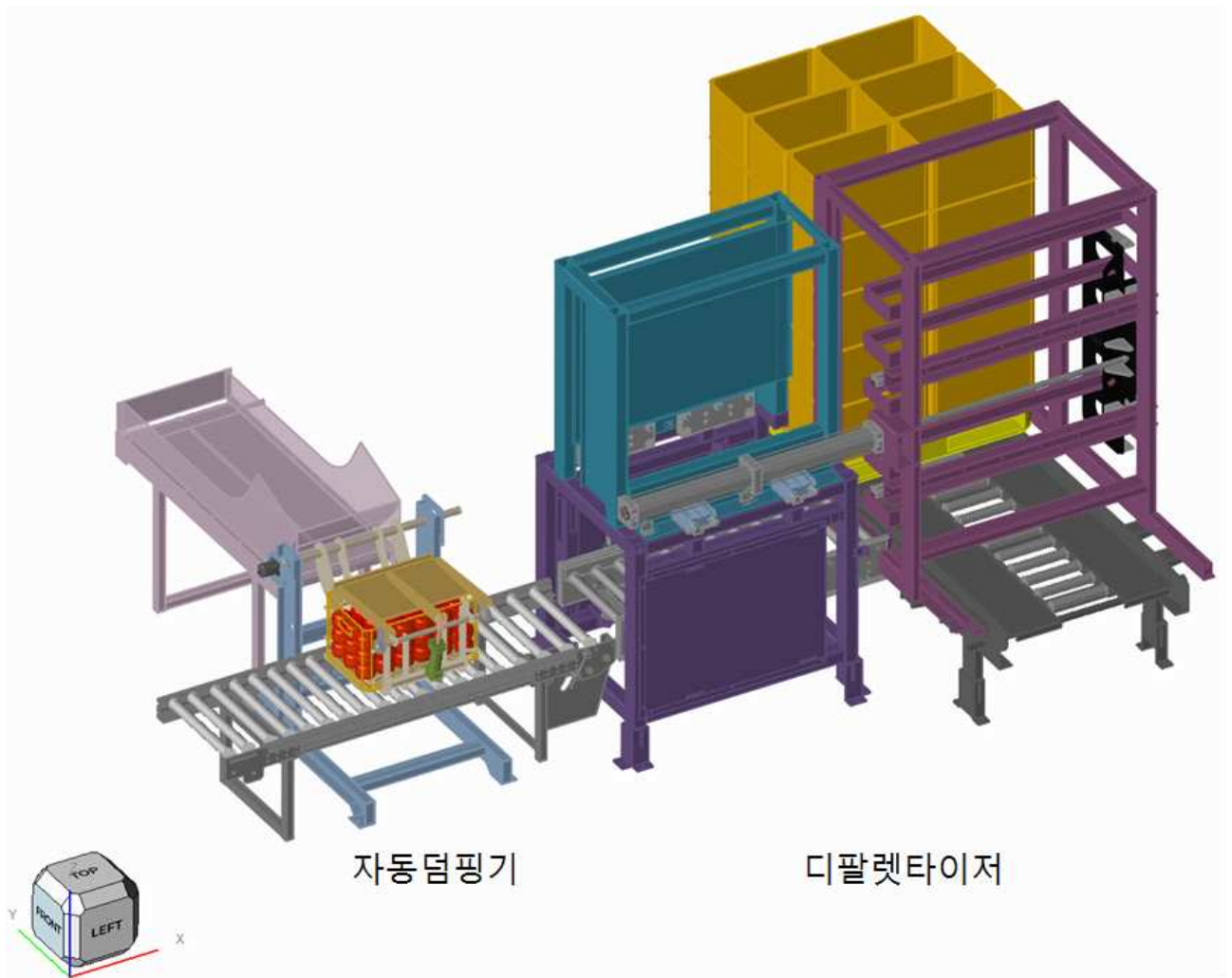
- Auto Dumping Machine에 대한 수직부하 강도해석 결과를 고찰하면 구조물의 영구변형 및 파손은 없음
  - 응력 집중이 발생하는 부분은 최대적재 조건에서 SPP 흑관 소재의 항복강도(200MPa)를 고려하였을 때 약 18 이상의 Safety Factor(안전계수)가 확인됨
  - 일반적인 재료로 통상적인 환경 하에서 하중이 작용하는 상태에서 응력을 계산하는 경우 2~3 정도로 안전계수 사용한다는 것을 감안하면 경량화 적용이 상당 부분 가능하다고 판단됨
  - 다만, 운용중인 구조물의 진동특성을 고려하여 충격과 공진조건도 고려하여 개선을 통해 양산 단계에서 최적화 해석을 이용한 구조물의 경량화를 적용하는 것이 좋은 방안으로 사료됨

#### □ 구동 시뮬레이션을 위한 동역학 해석

- 개발품의 원활한 구동을 확인하기 위한 동역학 시뮬레이션
- 디팔렛타이저 동역학 모델 구성 및 구동 시뮬레이션
  - Motor, Actuator 모델링을 통한 작동 상태에서의 상세 하중 분석
- 자동덤프기 동역학 모델 구성 및 구동 시뮬레이션
  - Motor, Actuator 모델링을 통한 작동 상태에서의 상세 하중 분석
- 외부 전문가 활용 : Dewetron, Hypermesh Optistruct, Altair Inspire 적용으로 디팔렛타이
  - 컨테이너 박스 이동 시 진동에 의한 구조 강도 분석 등 시험 및 해석

#### □ APC용 자동공급장치

- APC용 자동공급장치의 구조
  - APC(Agricultural Products Processing Complex: 농산물산지유통센터) 전용 과일 컨테이너 자동공급장치는 디팔렛타이저와 자동덤프기로 구성
  - 과일 컨테이너가 적재된 팔레트를 이송하고 스톱/무빙, 업/다운, 컨테이너 푸싱 로드 제어 등을 수행하는 장치가 디팔렛타이저이며 과일 컨테이너를 회전시켜 뒤집은 후 압상이 발생하지 않도록 이송용 컨베이어로 안전하게 투입시키는 장치가 자동덤프기임
  - 자동공급장치인 디팔렛타이저와 자동덤프기는 그림 1과 같이 배치 및 구성되어 짐

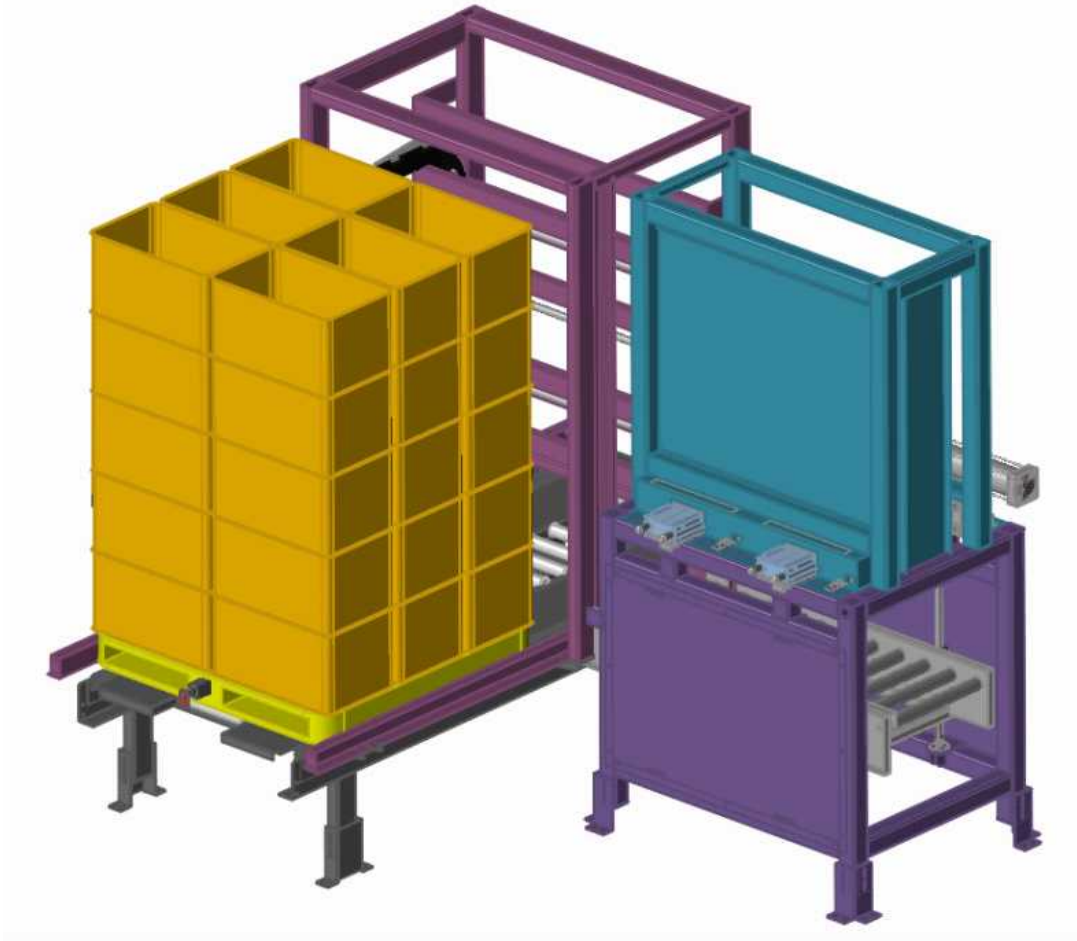


<APC용 자동공급장치의 구조>

□ 디팔렛타이저 동역학 해석

○ 디팔렛타이저 동역학 해석 모델링

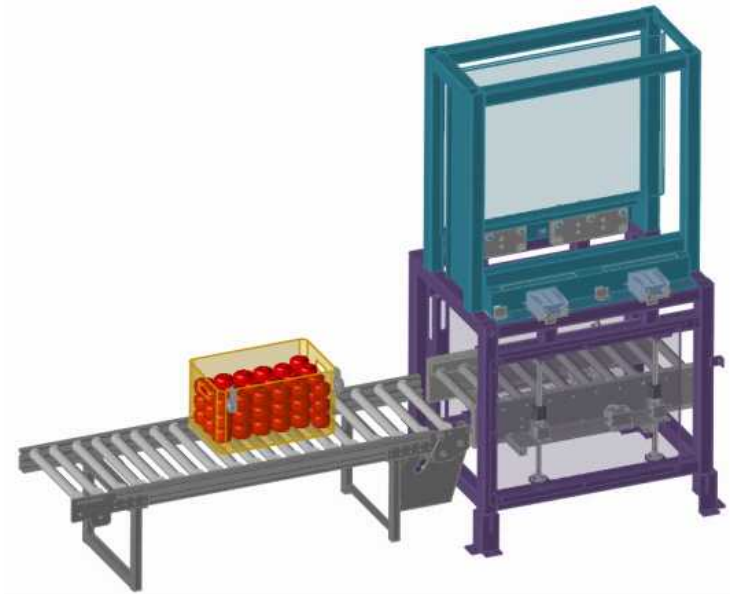
- 디팔렛타이저는 그림 2와 같이 팔레트 이송 컨베이어, 팔레트 푸셔, 리프트와 롤러 컨베이어 등으로 구성되며 동역학 해석을 위한 하중조건은 아래 그림과 같이 개당 20kg의 중량의 과일 컨테이너 박스를 2x3 배열로 5단 높이로 쌓아 총 30개의 박스로 구성하여 총중량 600kg이 되도록 모델을 구성함
- 팔레트 이송 컨베이어, 푸셔, 리프트 및 롤러 컨베이어 상세 모델은 다음 그림에 나타내었음
- 실제 과일 컨테이너 박스를 쌓아놓은 팔레트를 이송하는 컨베이어 시스템은 팔레트 하부에 롤러와 좌우 체인이 회전하면서 작동하는 구조이지만 체인이 수백 개의 사슬과 핀으로 이루어져 모델링의 어려움과 수많은 접촉을 고려해야하는 등 해석 시간 증가 및 수렴성의 담보가 보장되지 않아 이송 팔레트의 중량을 액추에이터를 이용하여 이동시키도록 해석 모델을 단순화 시킴



<디팔렛타이저 동역학 해석을 위한 전체 모델 구성>



<팔레트 이송 컨베이어와 푸셔 동역학 해석 모델>

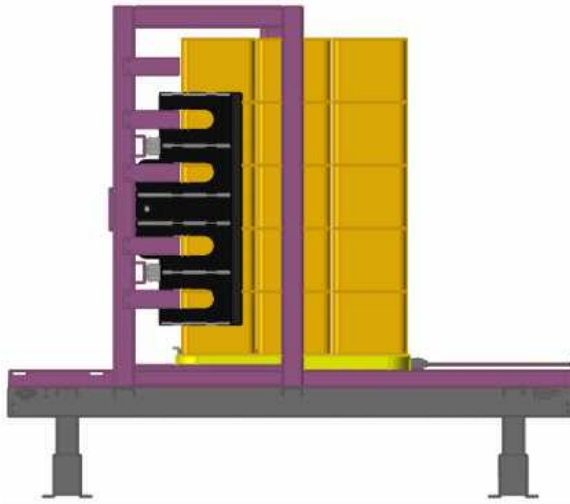
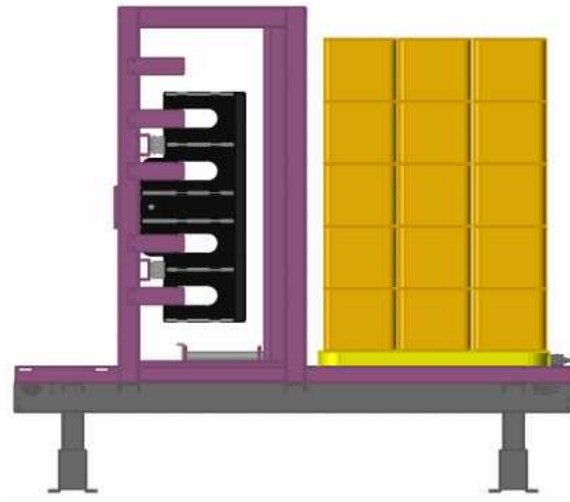


<디팔렛타이저 리프트와 롤러 컨베이어 동역학 해석 모델>

○ 디팔렛타이저 동역학 해석 조건 설정

- 디팔렛타이저의 동역학 해석을 수행하기 위해서 실제 작동 환경을 참고하여 작동에 따른 이동거리 및 시간, 부품 간 마찰 특성 등의 작동 메커니즘을 분석하여 해석 조건을 설정
- 이때 원활한 해석을 위해 컨테이너 박스, 팔레트, 이송 컨베이어 롤러 파트 사이에 접촉을 설정하였으며 해석 초기에 중력가속도가 전체 해석 모델에 반영될 수 있도록 충분한 안정화 시간을 부여한 후 작동이 시작되도록 구현
- 디팔렛타이저의 첫 번째 해석 조건은 다음 그림과 같이 팔레트 이송 컨베이어를 통해 2x3 배열로 5단 높이로 쌓은 총600kg 중량의 과일 컨테이너 박스를 푸셔가 위치하고 있는 스톱퍼까지 이동시키는 조건
- 두 번째 해석 조건은 앞서 팔레트 이송 컨베이어를 통해 이송된 30개의 컨테이너 박스 중에 1X2열 5단 높이인 10개의 컨테이너 박스를 푸셔로 디팔렛타이저 리프트까지 이동시키는 조건이며 다음 그림에 간략히 나타내었음
- 마지막으로 세 번째 해석 조건은 그림 7과 같이 디팔렛타이저 리프트로 이송된 10개의 컨테이너 박스를 리프트 상부로 일정한 높이만큼 이동시킨 후 상부 8개의 박스를 고정시킨 후 맨 아래쪽 2개의 박스만 리프트 하부로 이동시키는 조건임

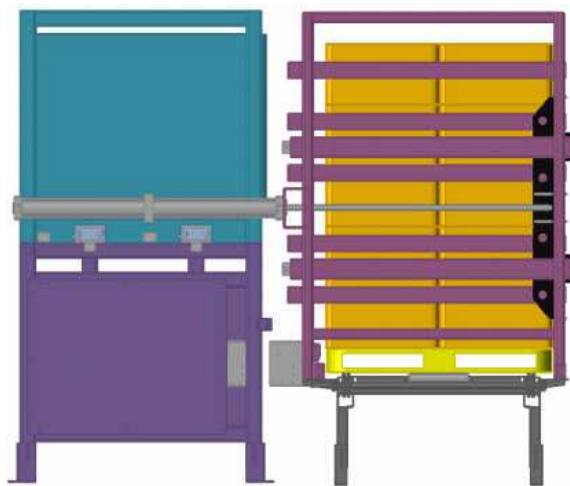


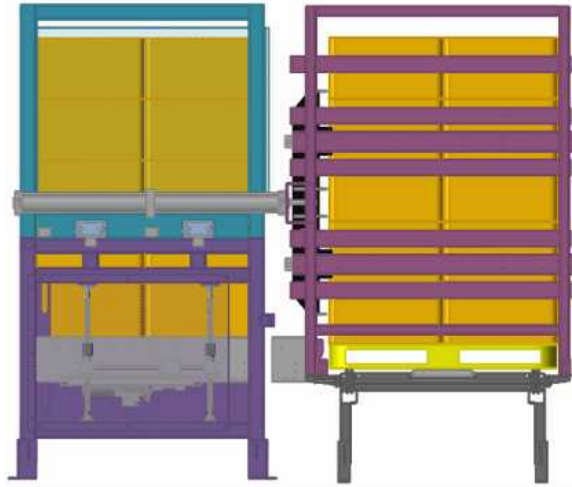


<팔레트 초기 위치>

<팔레트 이송 후 위치>

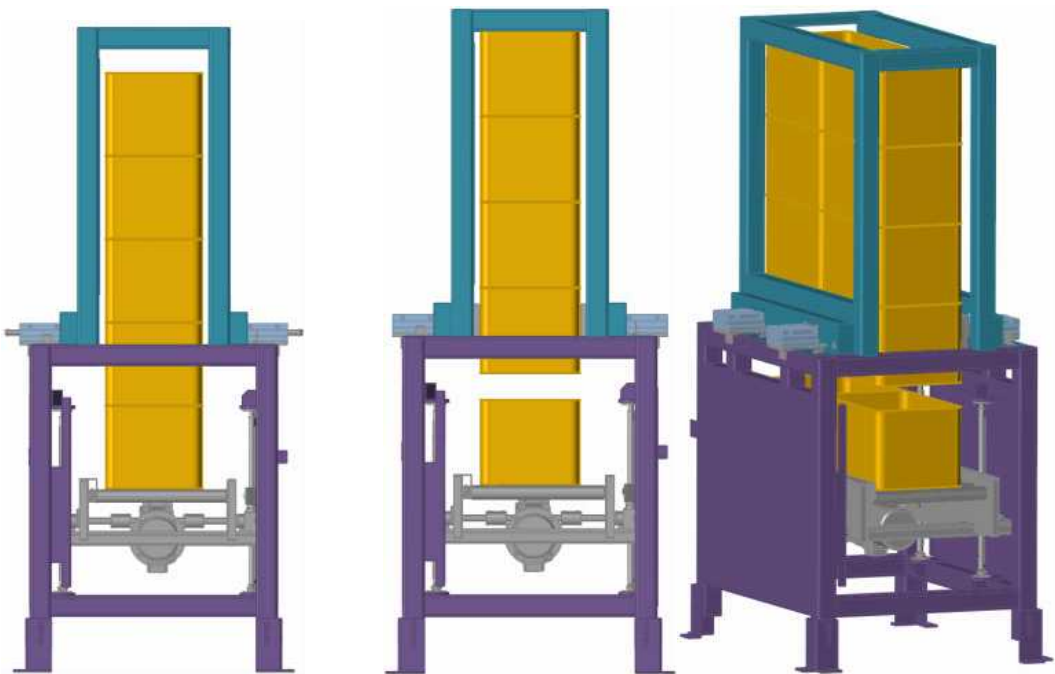
<디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 조건>





<푸셔 초기 위치>

<푸셔 이송 후 위치>



<리프터 초기 위치>

<리프터 이송 후 위치>

<디팔렛타이저 리프터 해석 조건>

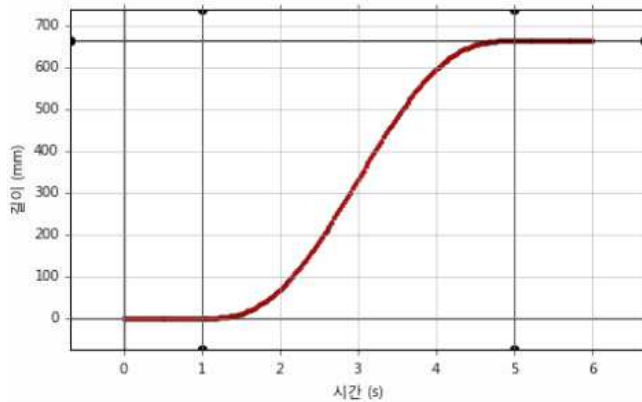
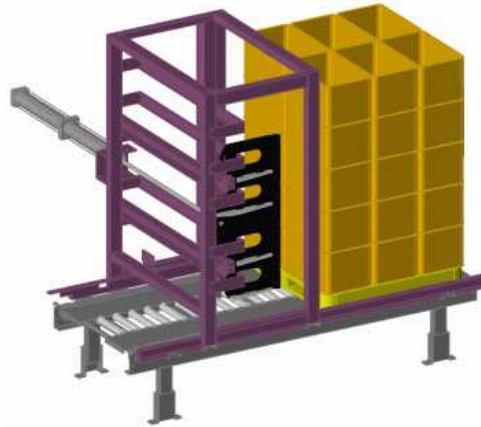
□ 디팔렛타이저 동역학 해석 결과

○ 디팔렛타이저 팔레트 이송 작동 해석

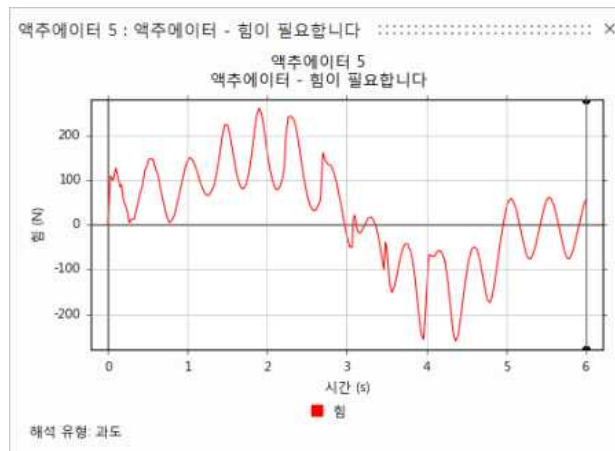
- 디팔렛타이저 팔레트 이송 작동 해석은 그림 8과 같이 2x3 배열로 5단 높이로 쌓은 총600kg 중량의 과일 컨테이너 박스를 푸셔가 위치하고 있는 스톱퍼까지 이동시키는 조건이며 팔레트와 이송 롤러 사이와 팔레트와 최하단 컨테이너 박스 사이에 접촉 조건이 설정되어 있다.
- 다음의 그림과 같이 해석을 위한 팔레트 이송용 액추에이터의 변위-시간 그래프를 나타내었음
- 디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과 팔레트 이송에 필요한 액추에이터의 하중은 다음 그림과 같이 최대 약 260.5N으로 나타났으며 이는 팔레트와 이송 롤러

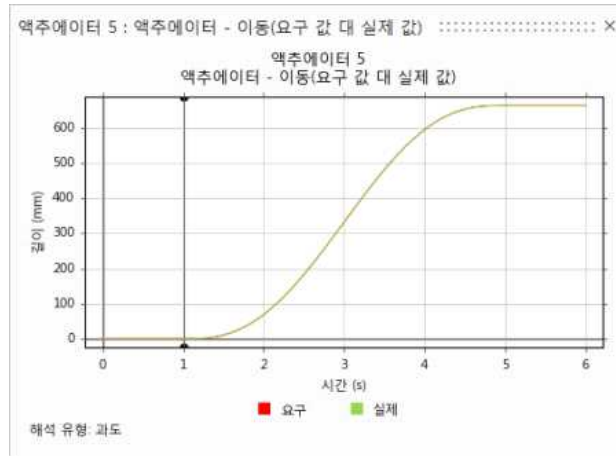
사이의 마찰 계수가 작아 적은 하중으로 600kg의 컨테이너 박스를 움직일 수 있는 것으로 판단됨

- 또한 이때 팔레트와 이송 롤러 사이의 접촉력은 팔레트와 이송 롤러 16개가 개별 접촉하게 되며 주요 부위의 접촉력 그래프를 그림 10~12에 나타내었고 컨테이너 박스와 팔레트 무게의 합과 접촉력은 6,193N으로 동일한 것을 알 수 있음
- 팔레트와 컨테이너 박스 사이의 접촉력은 팔레트와 컨테이너 박스 6개가 개별 접촉하게 되며 주요 부위의 접촉력 그래프를 그림 13~15에 나타내었고 컨테이너 박스의 무게와 접촉력은 5,884N으로 동일한 것을 알 수 있다. 다음 그림에서 팔레트 이송 작동 시간 별로 해석 결과 형상을 나타내었음

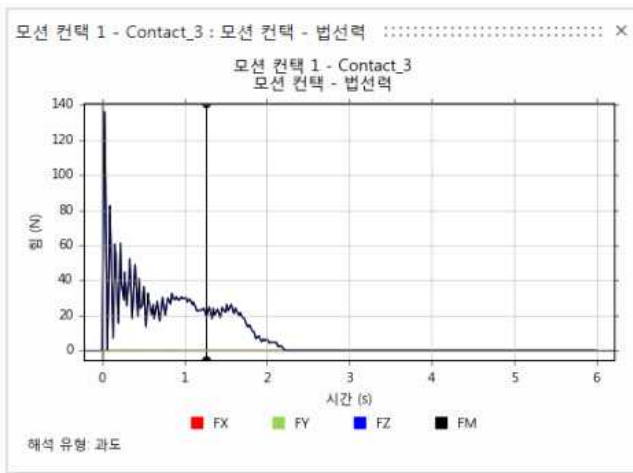


<팔레트 이송 작동 해석 모델>                      <액추에이터 변위-시간 그래프>  
<디팔렛타이저 팔레트 이송 작동 해석 모델>

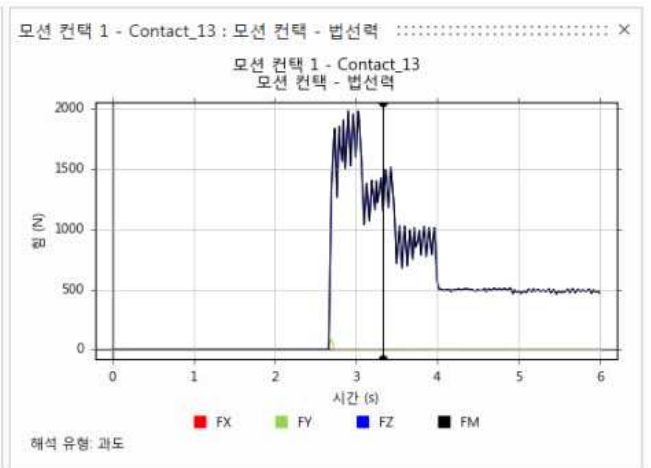
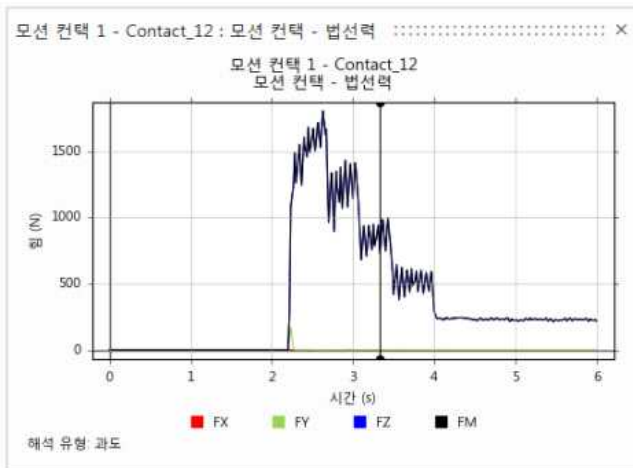




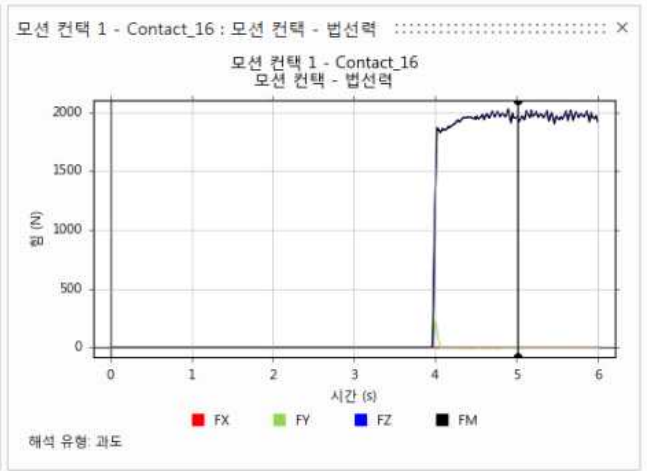
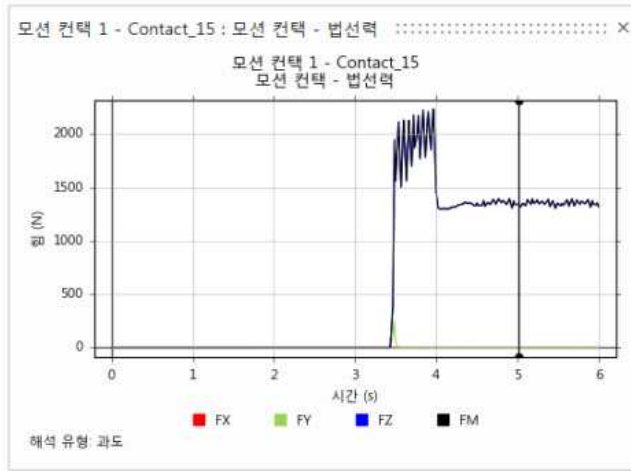
<액추에이터 작동해석 결과(하중-시간)> <액추에이터 작동 해석 결과(변위-시간)>  
 <디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과(액추에이터 하중 및 변위)>



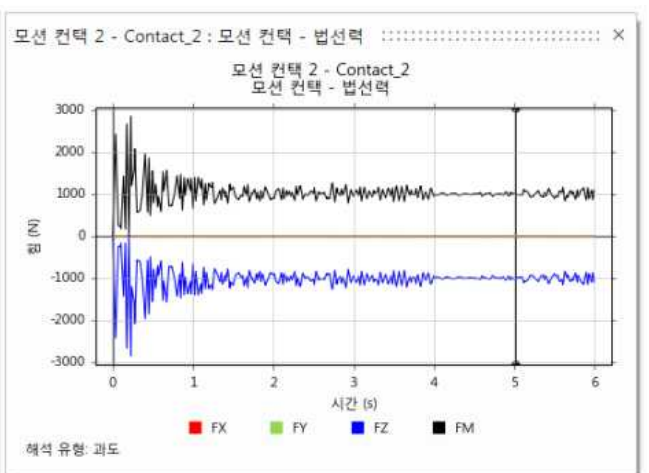
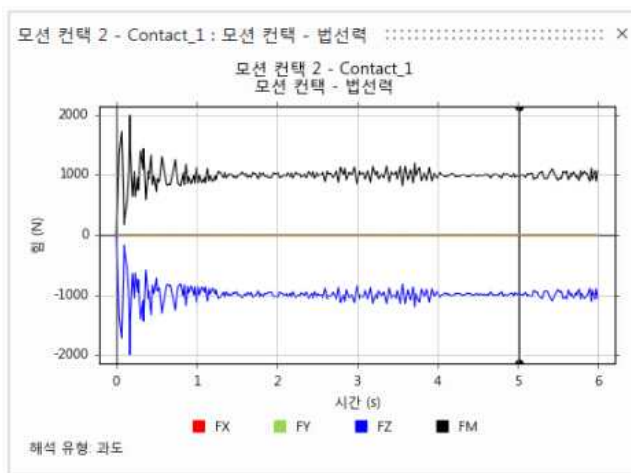
<디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과(팔레트-이송 롤러 3,4 접촉력)>



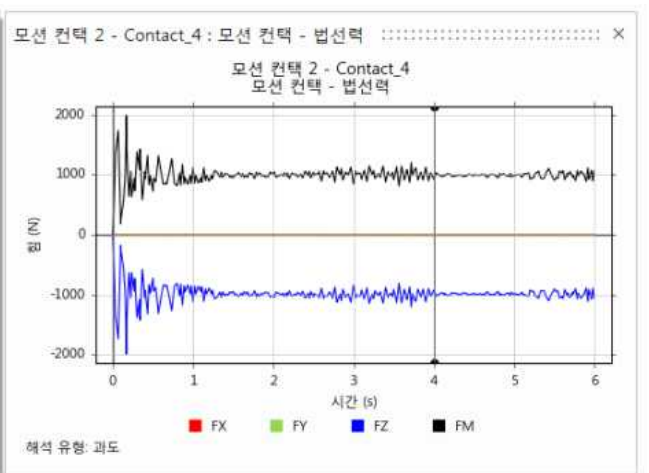
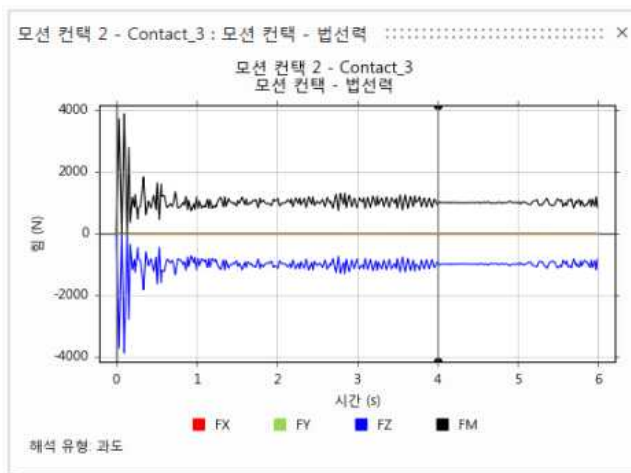
<디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과(팔레트-이송 롤러 12,13 접촉력)>



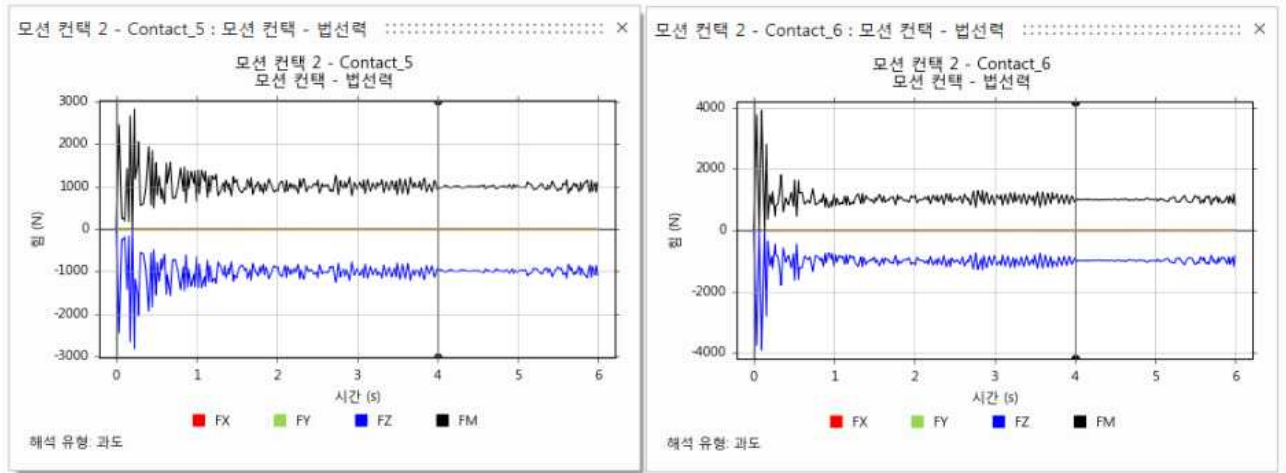
<디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과(팔레트-이송 롤러 15,16 접촉력)>



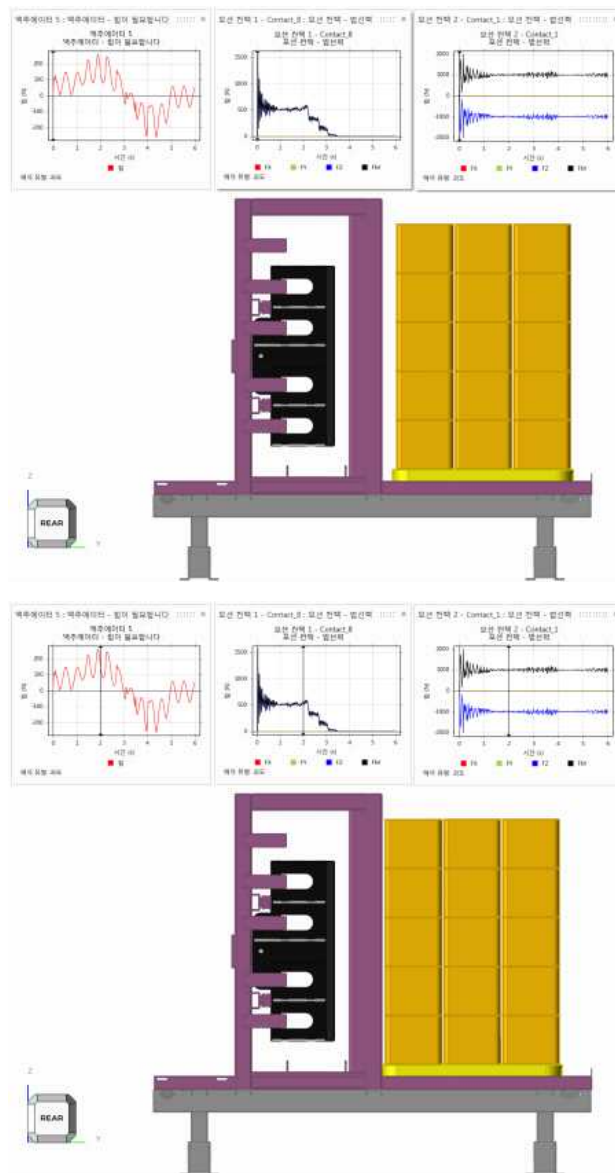
<디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과(팔레트-컨테이너 박스 1,2 접촉력)>



<디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과(팔레트-컨테이너 박스 3,4 접촉력)>

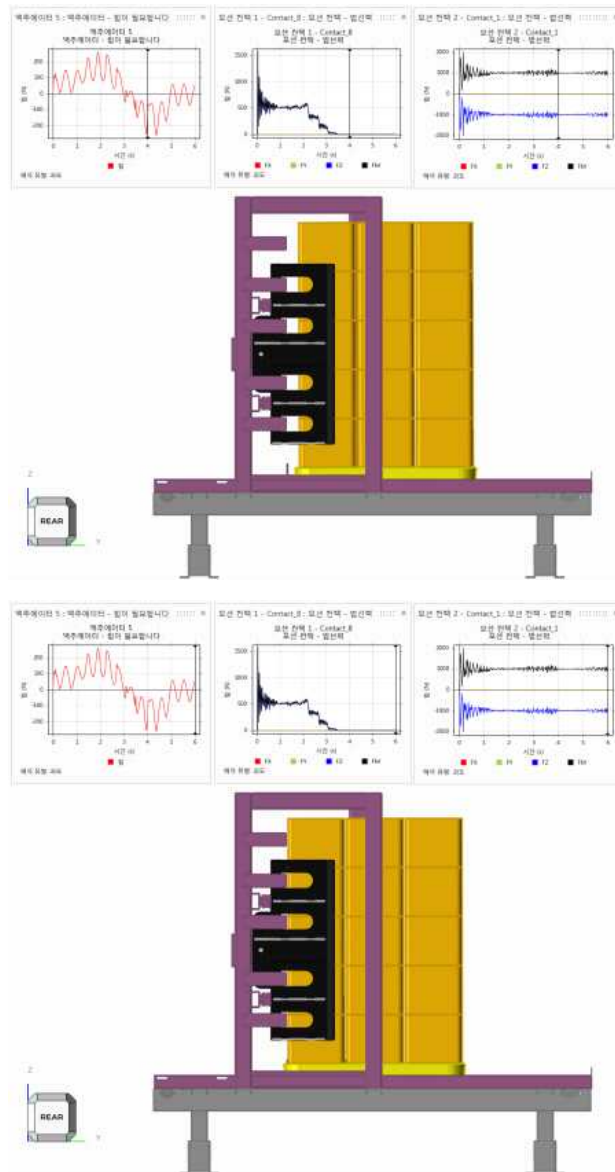


<디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과(팔레트-컨테이너 박스 5,6 접촉력)>



<팔레트 이송 단계(0sec)>

<팔레트 이송 단계(2sec)>



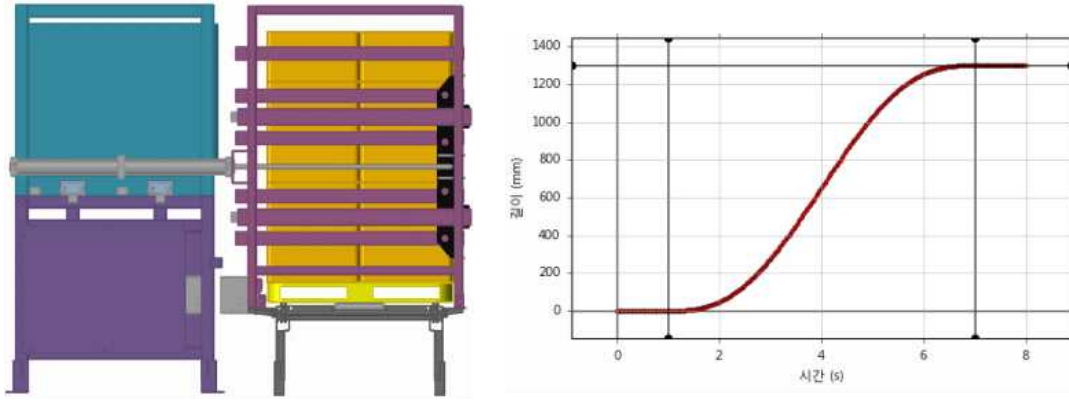
<팔레트 이송 단계(4sec)>

<팔레트 이송 단계(6sec)>

<디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과(변형 형상)>

○ 디팔렛타이저 푸셔 작동 해석

- 디팔렛타이저 푸셔 작동 해석은 그림 17과 같이 팔레트 이송 컨베이어를 통해 이송된 30개의 컨테이너 박스 중에 1X2열 5단 높이인 10개의 컨테이너 박스를 푸셔로 디팔렛타이저 리프트까지 이동시키는 조건
- 이때 팔레트와 이송 롤러 사이, 이송 롤러와 컨테이너 박스 사이, 컨테이너 박스와 스톱퍼 사이에 접촉 조건이 설정되어 있으며 다음 그림에 해석을 위한 푸셔 액추에이터의 변위-시간 그래프를 나타내었음
- 디팔렛타이저 푸셔 작동 해석 결과 10개의 컨테이너 박스 이송에 필요한 액추에이터의 하중은 다음 그림과 같이 최대 약 500N으로 나타났으며 이때 컨테이너 박스와 리프트 이송 롤러 사이의 접촉력은 박스 2개와 롤러 12개가 개별 접촉하여 총 24개의 접촉력이 계산되어지며 주요 부위 접촉력 그래프를 나타내었음
- 디탈렛타이저 푸셔 작동 시간 별로 해석 결과 도출함



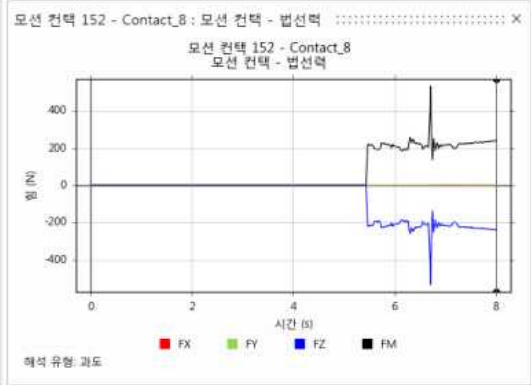
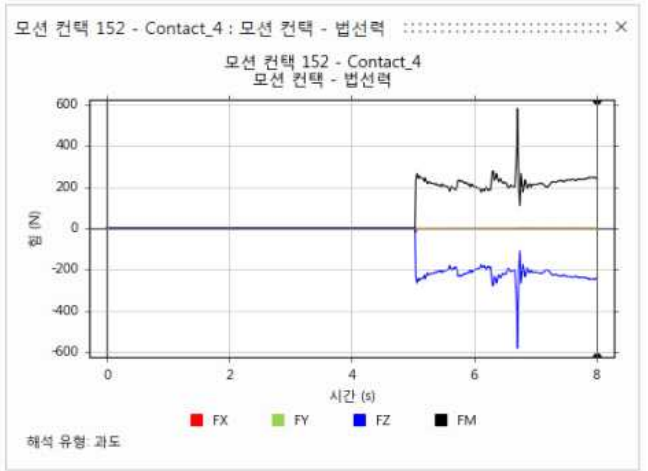
<디팔렛타이저 푸셔 작동 해석 모델> <푸셔 액추에이터 변위-시간 그래프>  
 <디팔렛타이저 푸셔 작동 해석 모델>



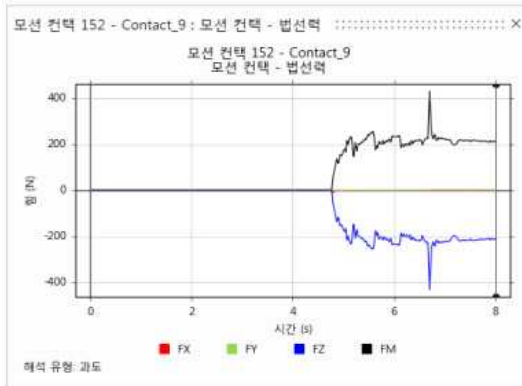
<푸셔 액추에이터 해석 결과(하중-시간)> <푸셔 액추에이터 해석 결과(변위-시간)>  
 그림 18. 디팔렛타이저 푸셔 작동 해석 결과

<디팔렛타이저 푸셔 작동 해석 결과(박스-롤러 접촉력#1,2)>





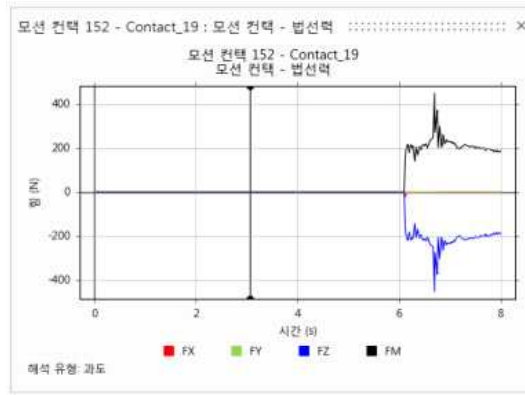
<박스-롤러 접촉력 #3,4>



<박스-롤러 접촉력 #5,6>

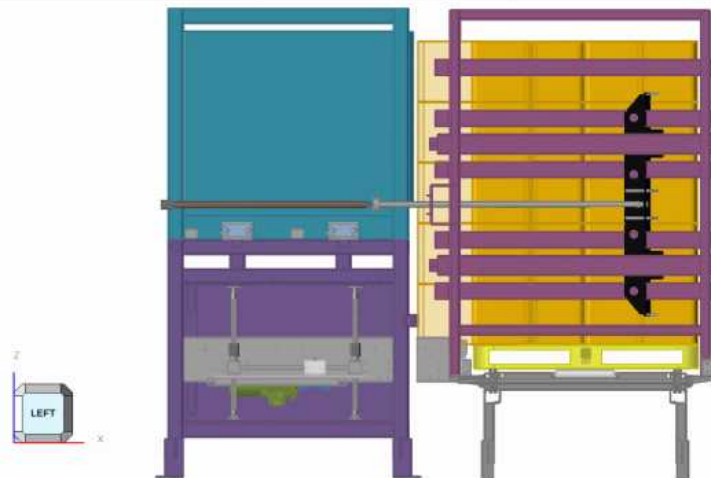
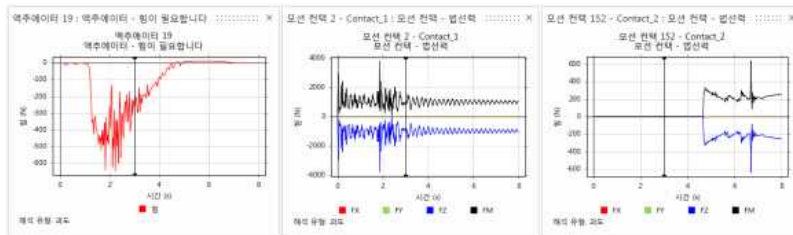
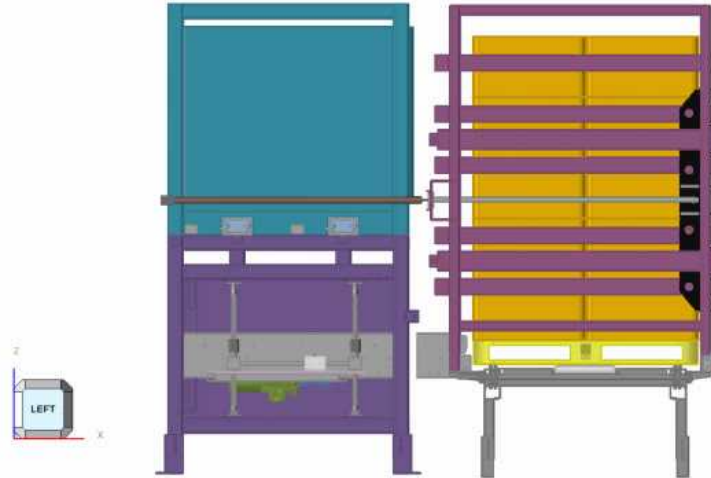
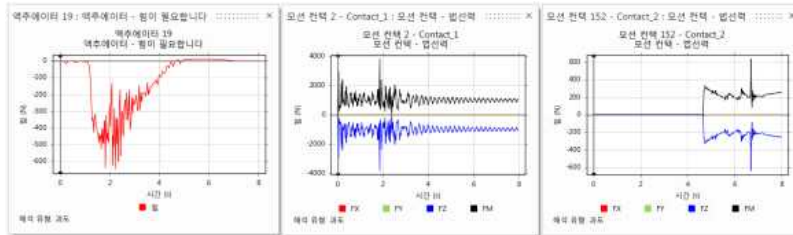


<박스-롤러 접촉력 #7,8>



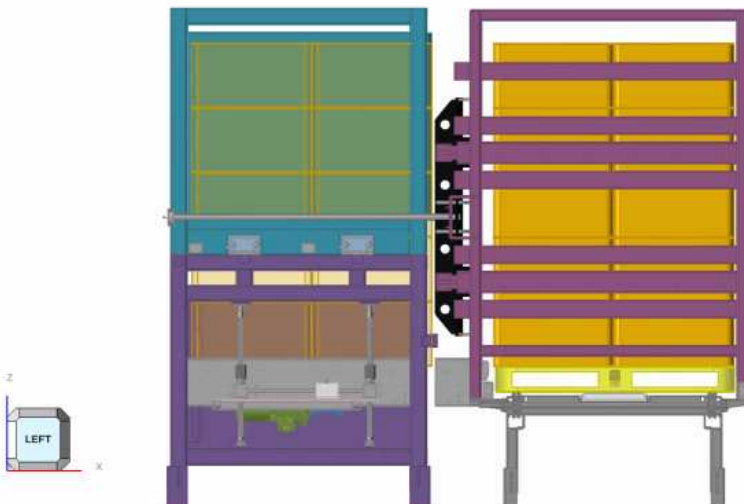
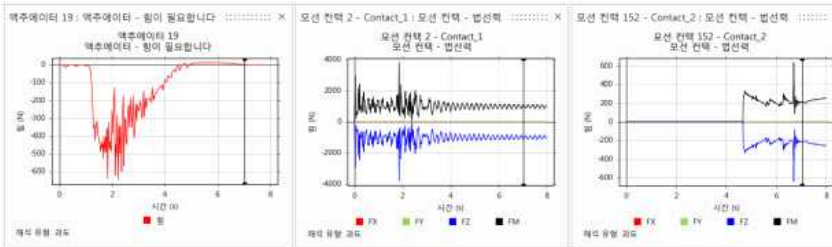
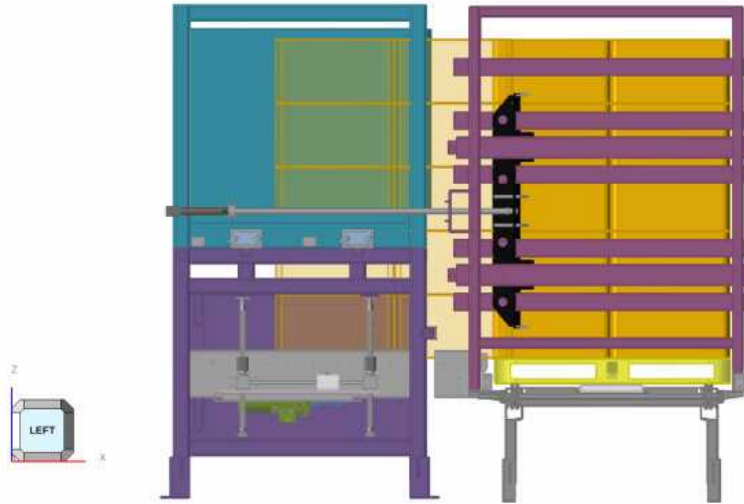
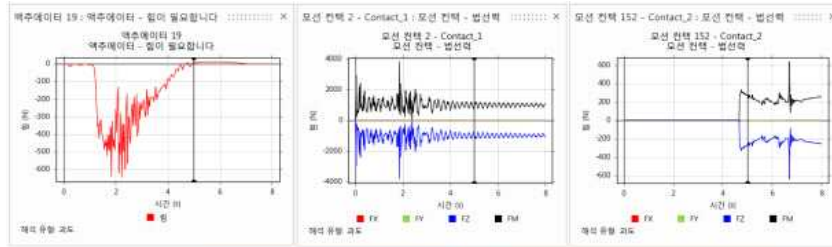
<박스-롤러 접촉력 #9>

<디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과(박스-롤러 접촉력)>



<푸셔 작동 단계(0sec)>

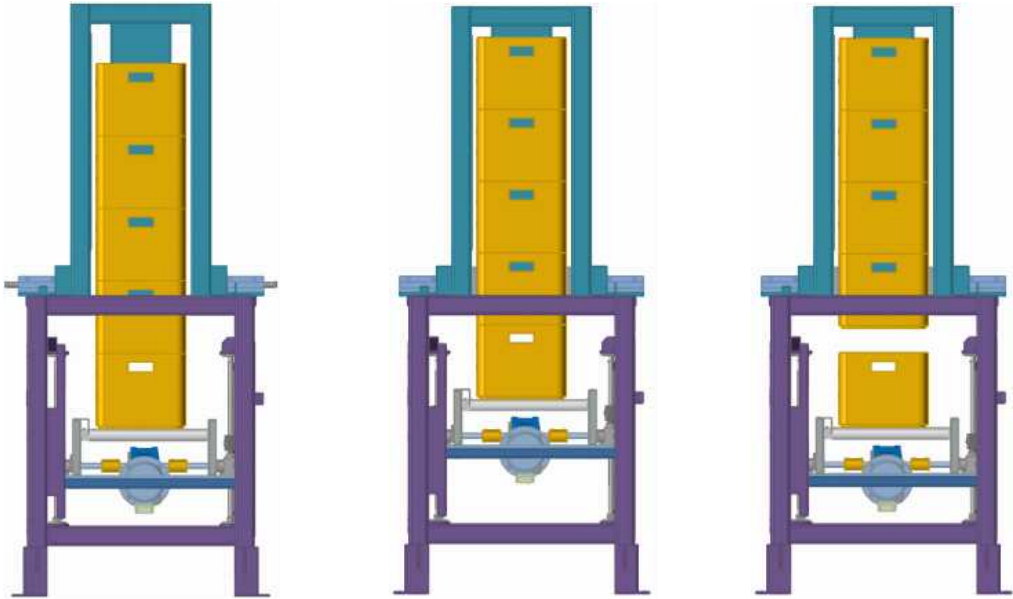
<푸셔 작동 단계(3sec)>



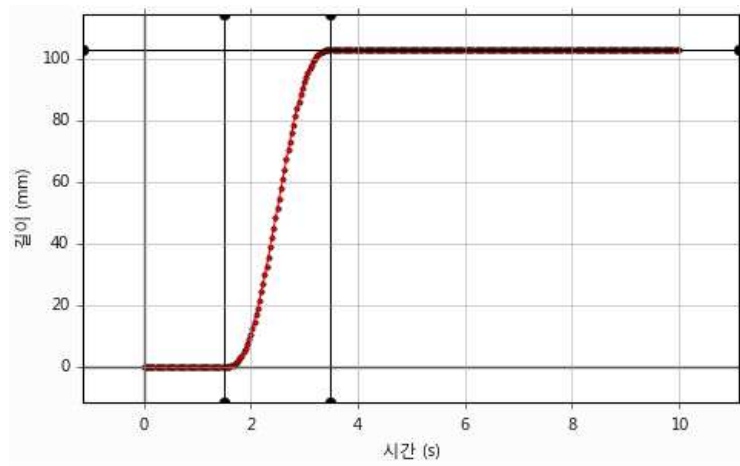
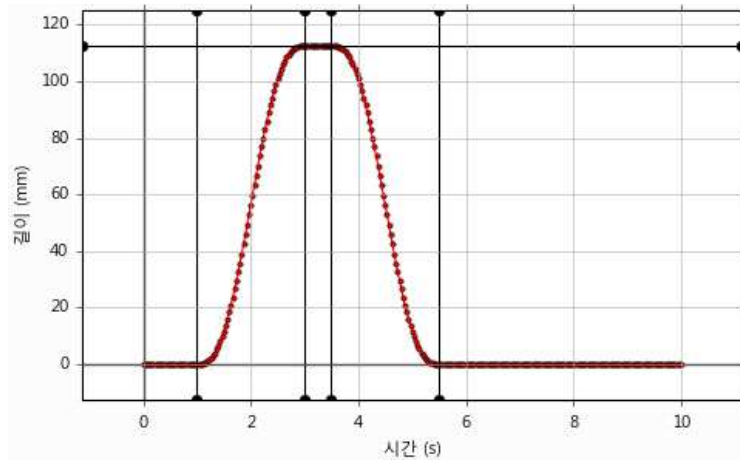
<푸셔 작동 단계(5sec)                      <푸셔 작동 단계(7sec)>  
 <디팔렛타이저 푸셔 작동 해석 결과(변형 형상)>

○ 디팔렛타이저 리프트 작동 해석

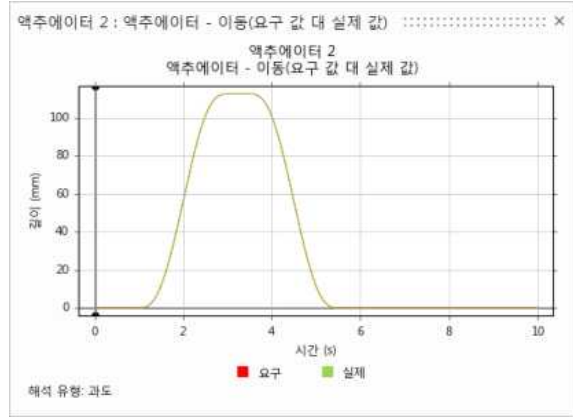
- 디팔렛타이저 리프트 작동 해석은 그림 22와 같이 디팔렛타이저 푸셔 액추에이터 작동을 통해 이송된 1X2열 5단 높이인 10개의 컨테이너 박스를 리프트를 이용해 112.5mm 만큼 상부로 이동시킨 후 4개의 측면 박스 고정용 액추에이터를 작동시켜 1X2열 4단 8개의 컨테이너 박스를 고정시킨 후 나머지 1X2열 1단 2개의 박스를 112.5mm 만큼 하부로 이동 시킴
- 이때 컨테이너 박스와 롤러 사이, 컨테이너 박스와 박스 사이에 접촉 조건이 설정되어 있으며 리프트 작동 해석을 위한 리프트와 박스 고정용 액추에이터의 변위-시간 그래프를 나타내었음
- 디팔렛타이저 리프트 작동 해석 결과 그림과 같이 리프트 액추에이터 1개의 하중은 최대 약1,040N이며 4개의 액추에이터 합력은 약 4,160N이다. 이때 리프트와 컨테이너 박스 10개의 무게가 약 424kg이므로 해석과 동일한 결과임을 알 수 있다.
- 그리고 리프트 상하 작동 후 8개의 박스를 박스 고정용 액추에이터가 붙잡고 최종적으로 2개의 박스만 리프트에 올려져 있으므로 리프트 액추에이터 1개의 하중은 640N으로 4개의 합력은 2,560N임을 알 수 있다. 앞서 설명한 리프트 액추에이터의 하중-시간 그래프와 박스 고정용 액추에이터 하중-시간 그래프의 상세한 결과를 다음의 그림에 나타냈었음
- 리프트 작동 해석 결과는 컨테이너 박스와 리프트 롤러 사이의 접촉력 그래프이며 그림 좌측 5개의 그래프는 가장 아래 박스 #1과 롤러의 접촉력이며 하나의 그래프 당 200N의 접촉력이며 합력을 계산하며 1,000N으로 박스 5개의 하중에 해당
- 역시 접촉력의 합력이 1,000N으로 동일한 결과를 보여주고 있음
- 박스 고정용 액추에이터와 컨테이너 박스 사이의 접촉력 결과이며 2개의 박스가 분리되어 8개의 박스만 남아있기 때문에 좌측 2개의 그래프는 400N 씩 총 800N이므로 박스 4개에 해당하는 하중과 동일한 결과를 나타내는 것을 알 수 있음
- 우측 2개의 그래프 역시 접촉력 합력이 800N으로 동일한 결과임을 알 수 있음
- 마지막 그래프는 은 디팔렛타이저 리프트의 작동 시간 별 변형 형상 해석 결과를 나타냈음



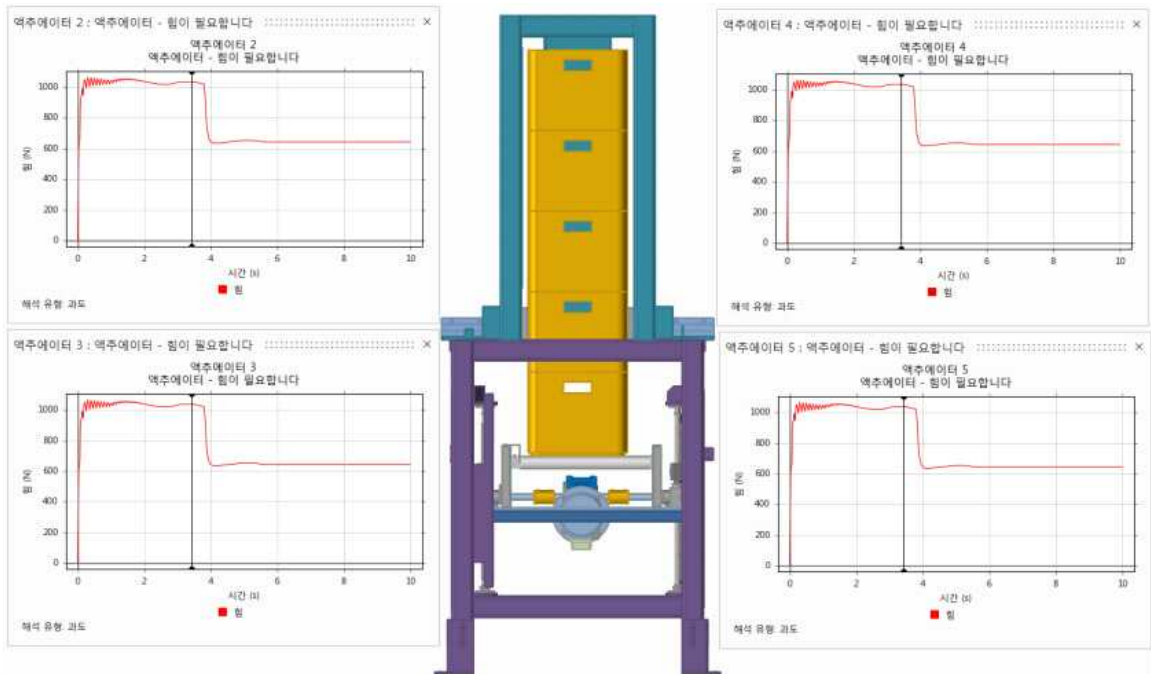
<초기 위치>                      <112.5mm 상부 이동>                      <원위치 이동>  
 <디팔렛타이저 리프트 작동 해석 모델>



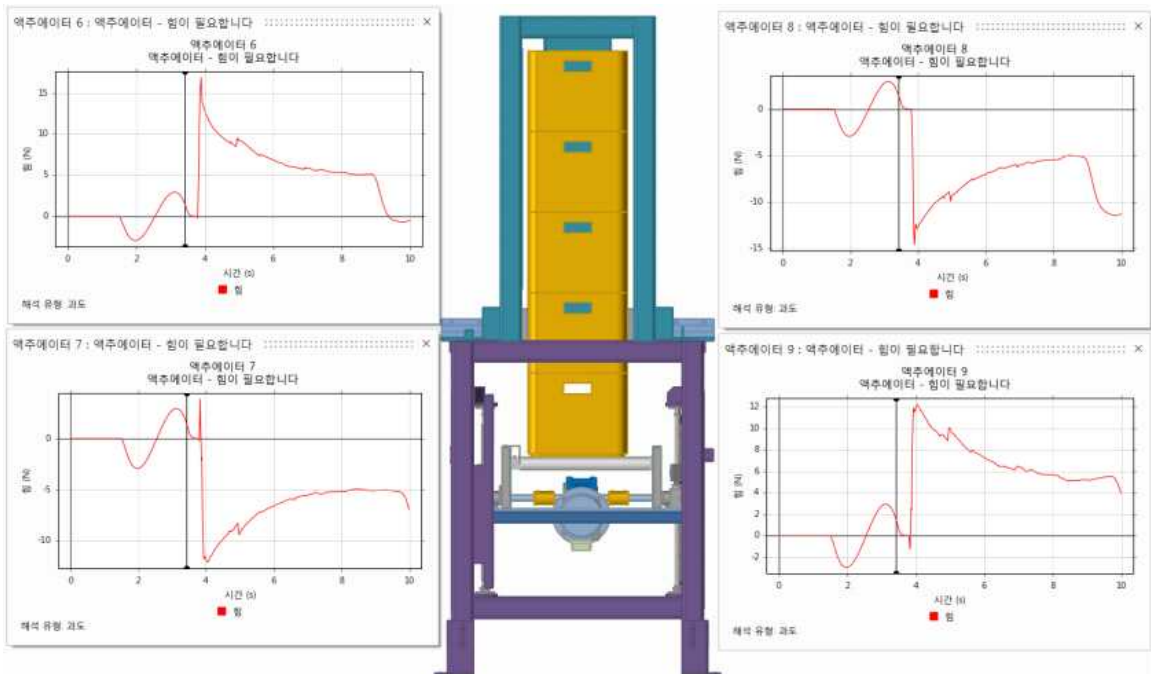
<상하 리프트 작동 액추에이터>                      <박스 고정 액추에이터>  
 <디팔렛타이저 리프트 작동 해석 조건(변위-시간 그래프)>



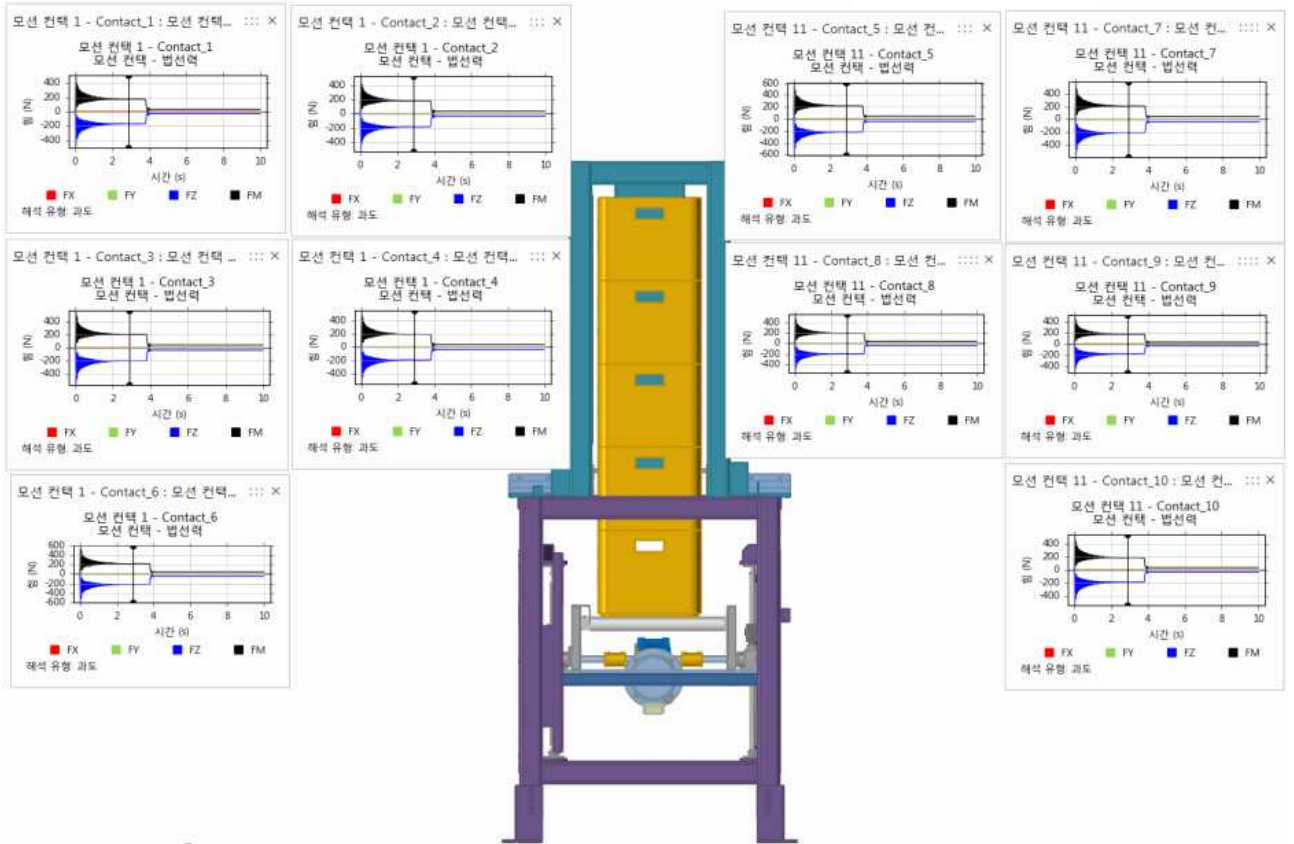
<액추에이터 해석결과(하중-시간) > <액추에이터 해석 결과(변위-시간)>  
<디팔렛타이저 상하 리프트 작동 해석 결과>



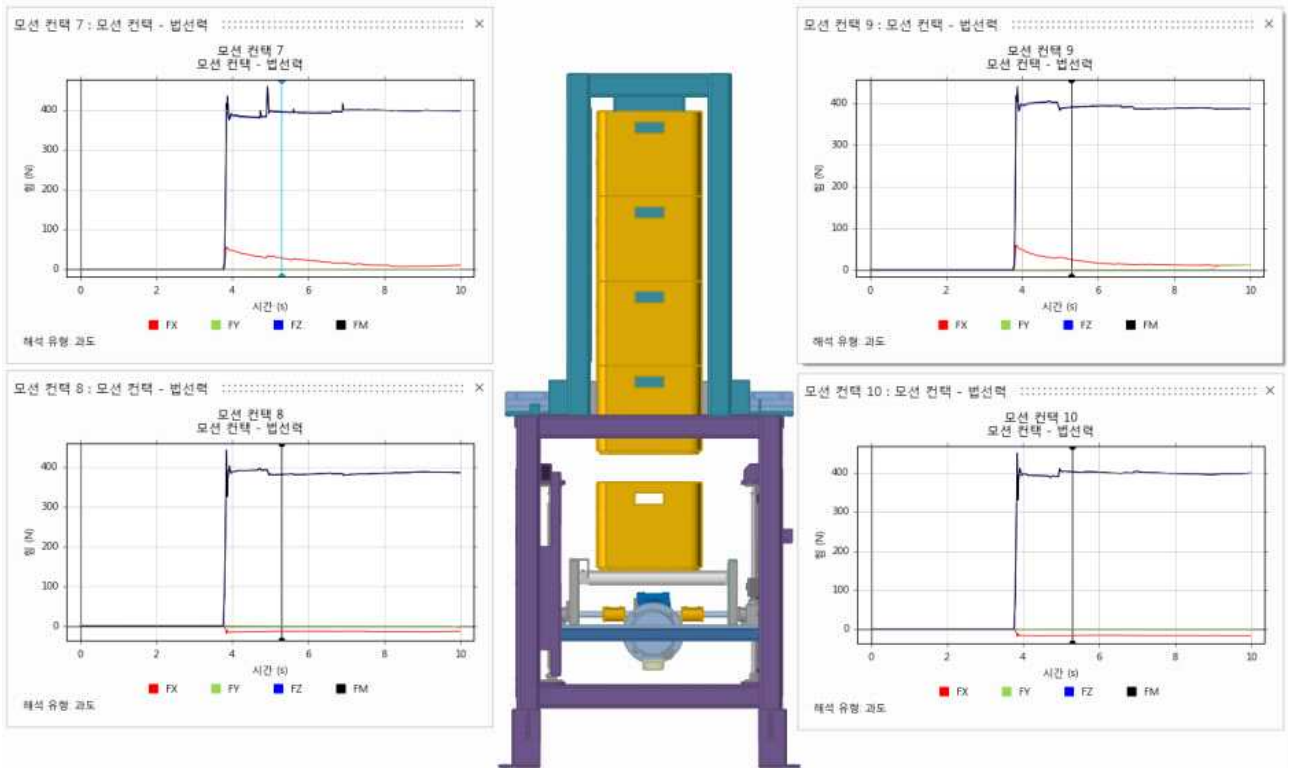
<리프트 액추에이터 하중-시간 그래프>



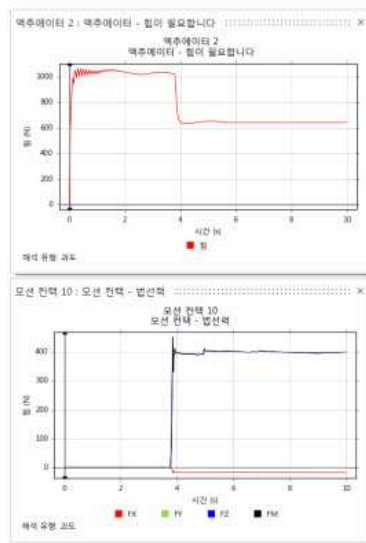
<박스 고정용 액추에이터 하중-시간 그래프>



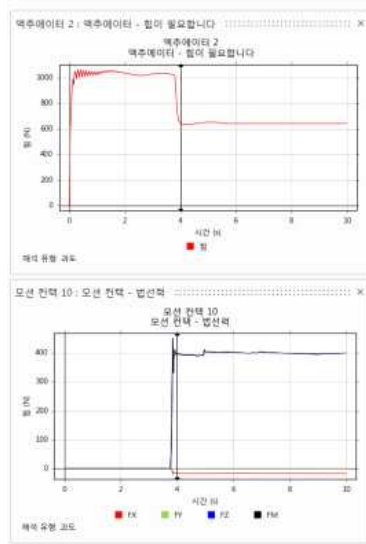
<디팔렛타이저 리프트 작동 해석 결과(박스-롤러 접촉력)>



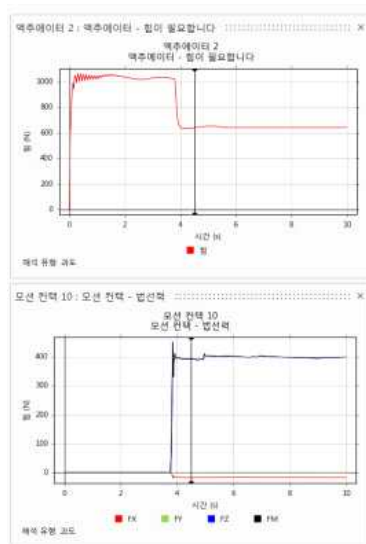
<디팔렛타이저 리프트 작동 해석 결과(박스 고정용 액추에이터-박스 접촉력)>



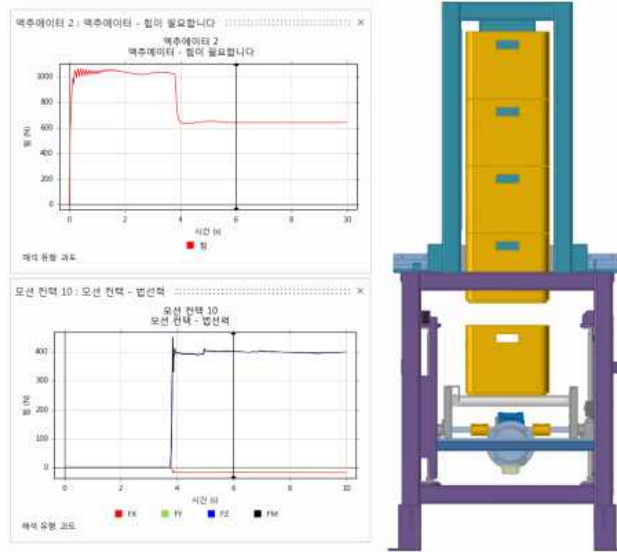
<리프트 작동 단계(0sec)>



<리프트 작동 단계(4sec)>







<리프트 작동 단계(4.5sec)>

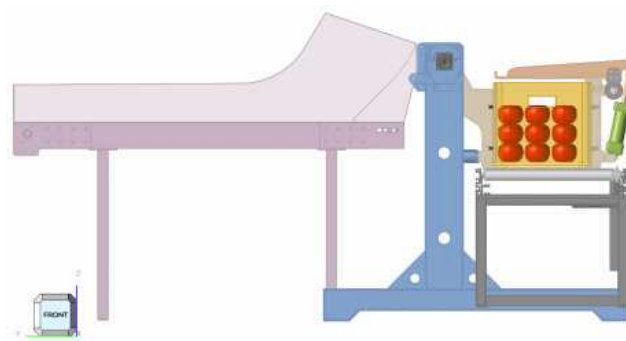
<리프트 작동 단계(6sec)>

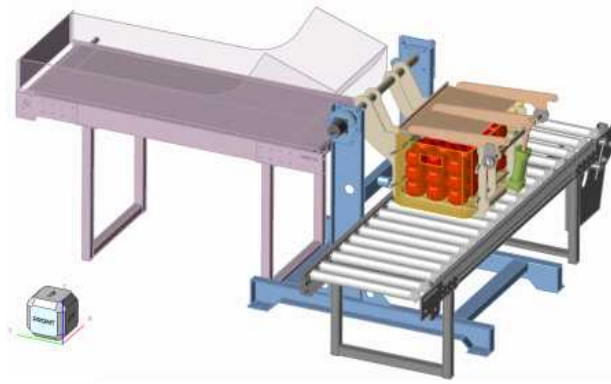
<디팔렛타이저 리프트 작동 해석 결과(변형 형상)>

## □ 자동덤프기 동역학 해석

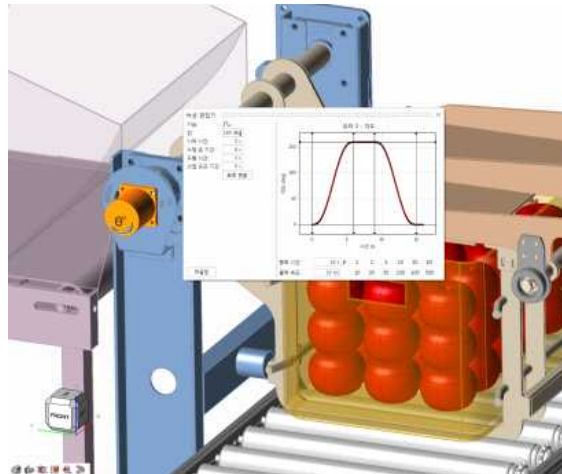
### ○ 자동덤프기 동역학 해석 모델링

- 자동덤프기는 그림 29와 같이 컨테이너 박스 이송 컨베이어, 덤프기 기구부(덤프 모터 및 액추에이터,) 과일 이송 컨베이어 등으로 구성
- 덤프기 동역학 해석을 위한 하중조건은 개당 445g의 과일 45개 총 20kg 중량의 과일을 컨테이너 박스에 아래 그림과 같이 모델링한 후 각각의 과일 사이에 접촉 조건을 부여함
- 덤프기의 구동부는 컨테이너 박스를 회전시키는 모터와 덤프기 덮개를 개폐할 수 있는 액추에이터로 구분되면 다음 그림에 자세히 나타내었음
- 상세한 접촉 조건은 과일-과일, 과일-컨테이너 박스, 과일-컨베이어, 과일-덤프기 덮개 등 접촉이 발생하는 모든 부위에 설정하여 실제 덤프기의 작동 상태를 실제와 같이 고려함





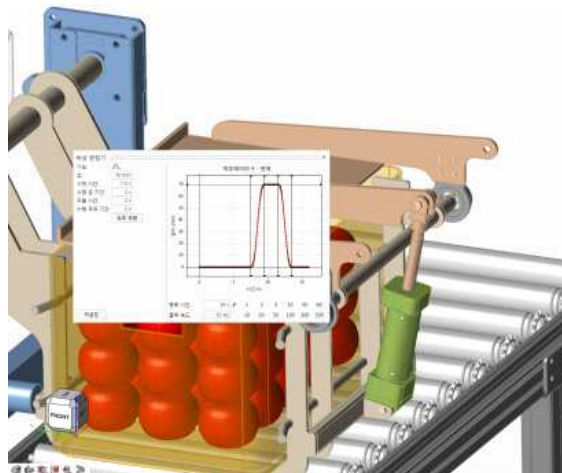
<자동덤핑기 전체 해석 모델>



<덤핑기 구동 모터 모델링>

<덤핑기 액추에이터 모델링>

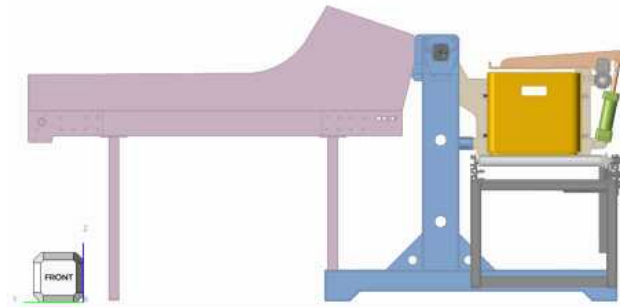
<자동덤핑기 구동부 모델>



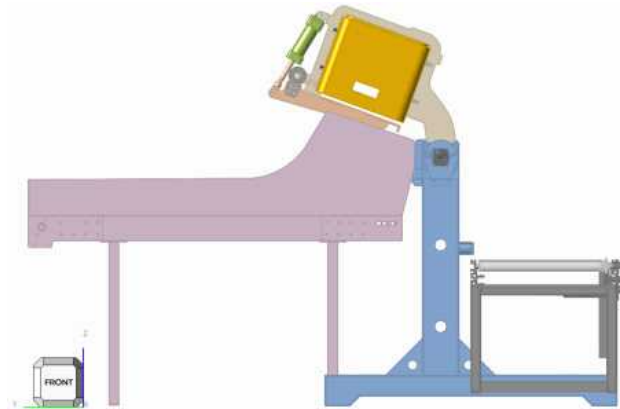
○ 자동덤핑기 동역학 해석 조건 설정

- 자동덤핑기의 동역학 해석을 수행하기 위해서 실제 작동 환경을 참고하여 작동에 따른 이동거리 및 시간, 부품 간 마찰 특성 등의 작동 메커니즘을 분석하여 해석 조건을 설정
- 이때 원활한 해석을 위해 접촉이 발생하는 모든 부위에 접촉 조건을 설정하였으며 해석 초기에 중력가속도가 전체 해석 모델에 반영될 수 있도록 충분한 안정화 시간을 부여한 후 작동이 시작되도록 구현함

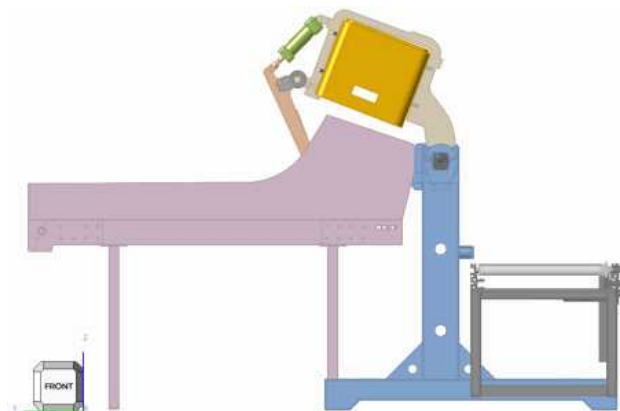
- 자동덤프기의 동역학 해석 조건은 그림 31과 같이 컨베이어 롤러에 놓여있는 컨테이너 박스를 덤프기 구동 모터가 회전한 후 덤프기 덮개를 개폐하는 액추에이터가 작동하여 과일을 안전하게 이송용 컨베이어에 투입하는 것.
- 이때 과일의 압상이 발생하지 않도록 안전하게 투입하는 것이 중요한 조건이며 이를 위한 구동 모터와 액추에이터의 작동 조건을 다음 그림에 나타냄

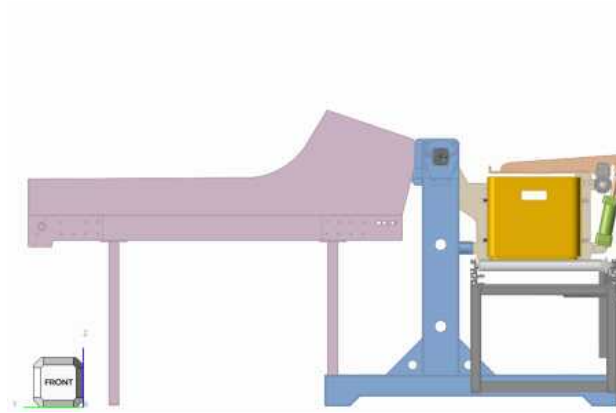


<덤프기 초기 위치>



<덤프기 모터 작동>

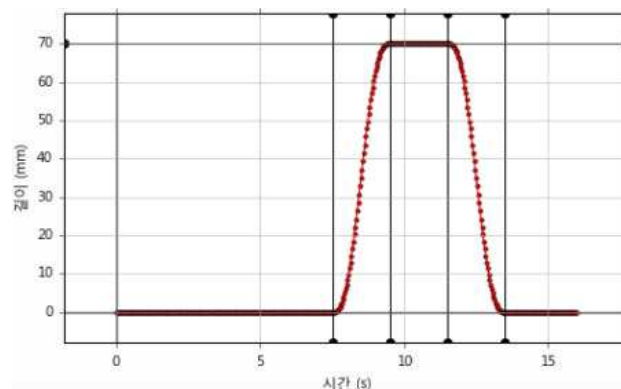
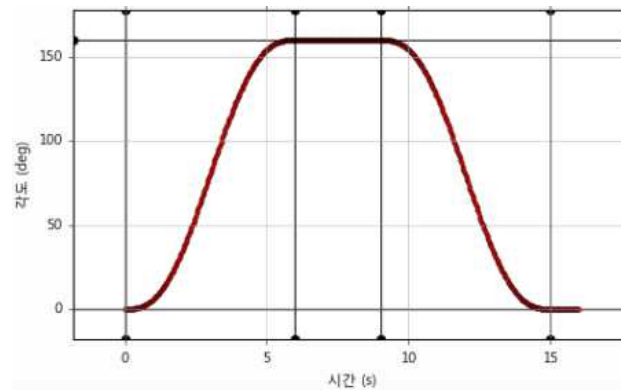




<덤핑기 덮개 작동>

<덤핑기 복귀>

<자동덤핑기 작동 해석 조건>



<모터 작동 그래프(각도-시간)>

<액추에이터 작동 그래프(변위-시간)>

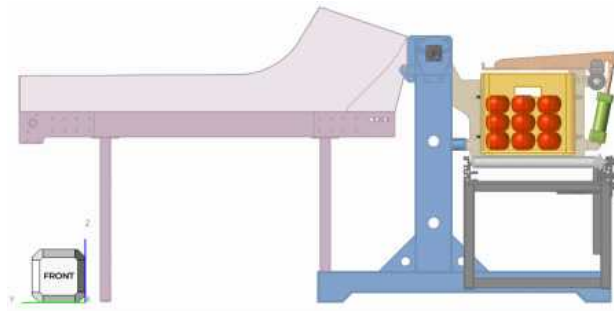
<자동덤핑기 작동 해석 조건(구동 모터 및 액추에이터)>

○ 자동덤핑기 동역학 해석 결과

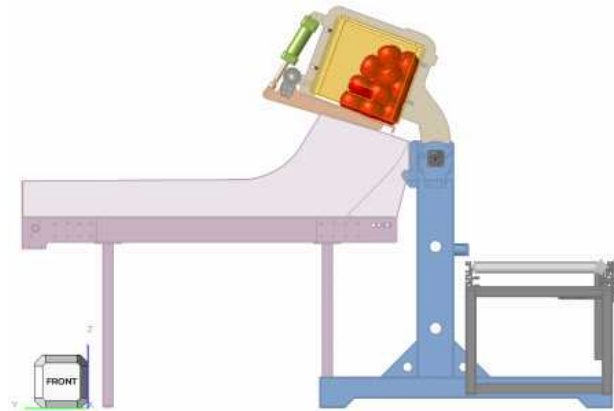
- 다음 그림과 같이 모델링된 자동덤핑기에 대해서 작동 해석 조건으로 동역학 해석을 수행하여 각 시간대별 자동덤핑기의 구동에 따른 작동 형상을 나타내었으며 구동 모터 토크와 액추에이터 하중을 작동 시간대별로 그래프에 표현함
- 가장 큰 모터 토크를 필요로 하는 위치는 과일 컨테이너 박스를 들어올리기 시작하는 1.73초일 때 291Nm이며 5.6초일 때는 모터가 회전하여 박스를 완전히 뒤집은 상태이며 179Nm의 반대방향 토크를 필요함
- 우측의 액추에이터 하중을 살펴보면 최대 하중은 모터가 최대로 회전한 6초일

때 1,953N이며 덮개를 개방하기 전까지 유지되는 것을 알 수 있으며 해석 초기와 말기에는 약 700N의 반대방향 하중을 필요로 하는 것을 알 수 있음

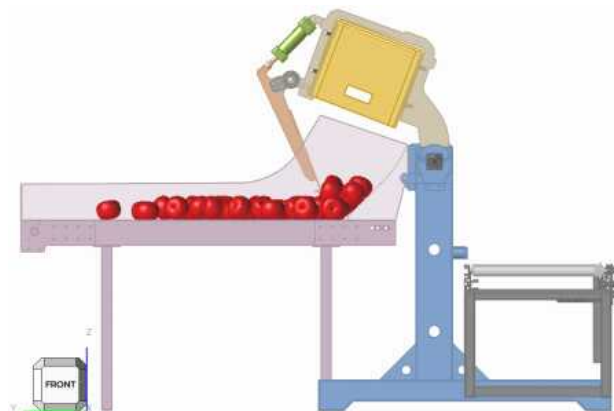
- 자동덤핑기 작동 해석이 진행되는 동안 덤핑기 지지부의 반력 변화를 확인하기 위해 지지부 하중 결과를 다음 그래프에 나타내었으며 그 결과를 살펴보면 20kg의 과일에 해당하는 약 196N의 반력 차이가 작동 시간 6초, 15초에서 나타나는 것으로 볼 때 자동덤핑기의 작동 해석이 잘 이루어진 것으로 판단됨



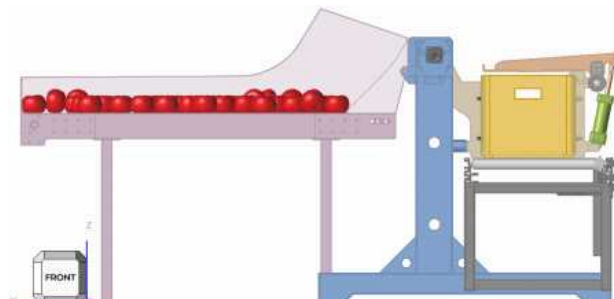
<덤핑기 초기 위치(0sec)>



<덤핑기 모터 작동(6sec)>

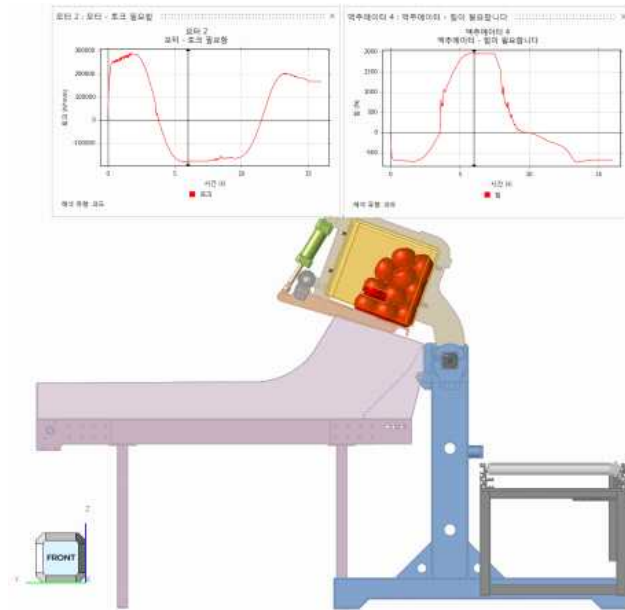
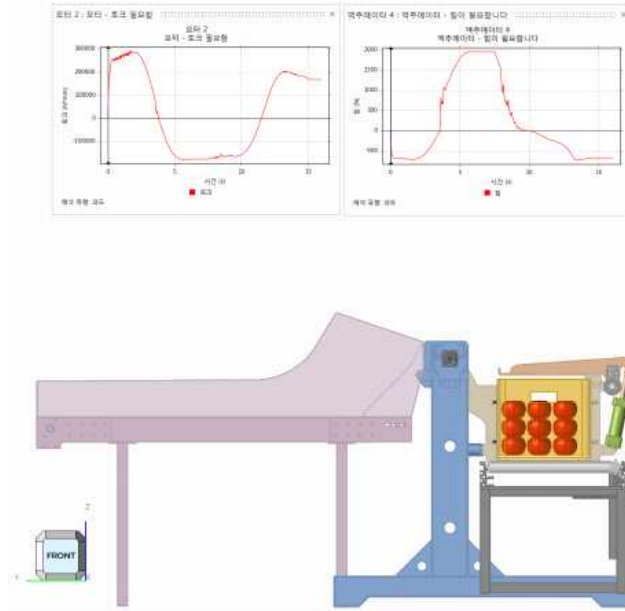


<덤핑기 덮개 작동(9sec)>



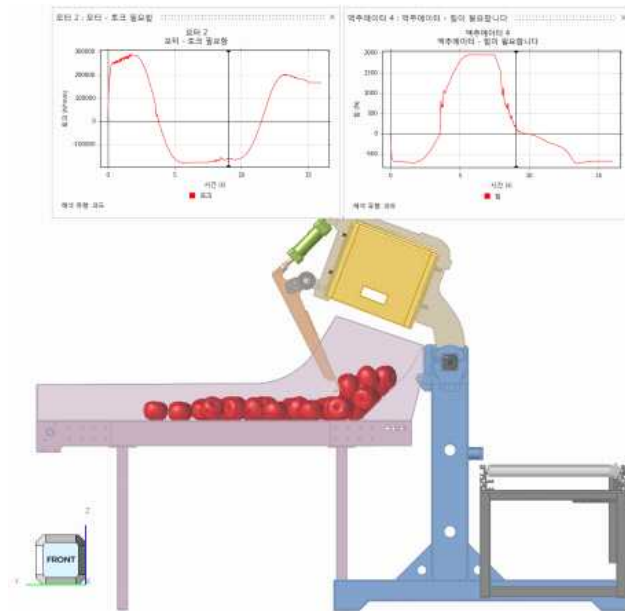
<덤핑기 복귀(16sec)>

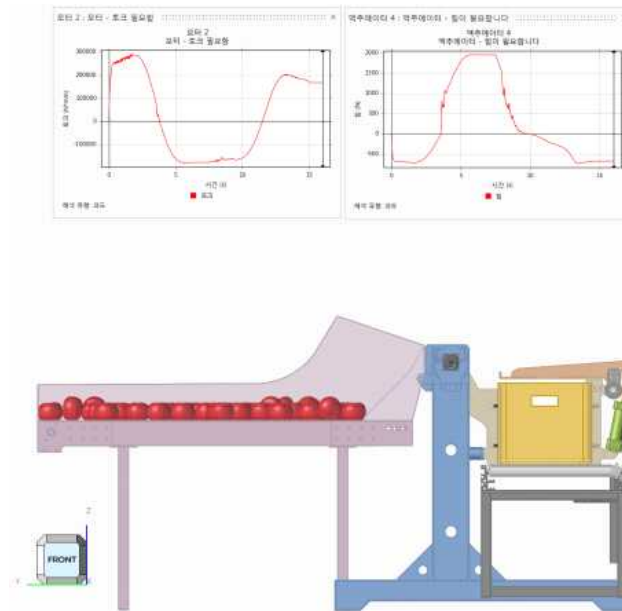
<자동덤핑기 작동 해석 결과(작동 형상)>



<덤핑기 초기 위치(0sec)>

<덤핑기 모터 작동(6sec)>

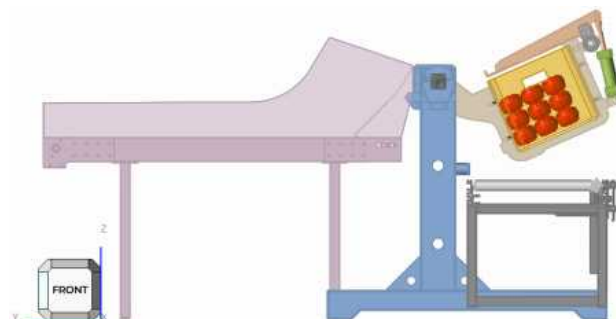
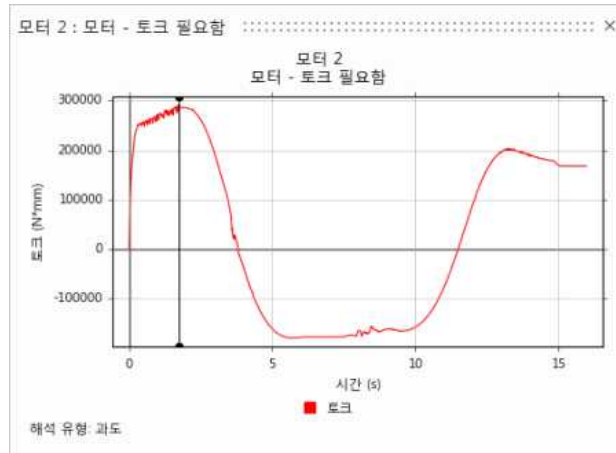


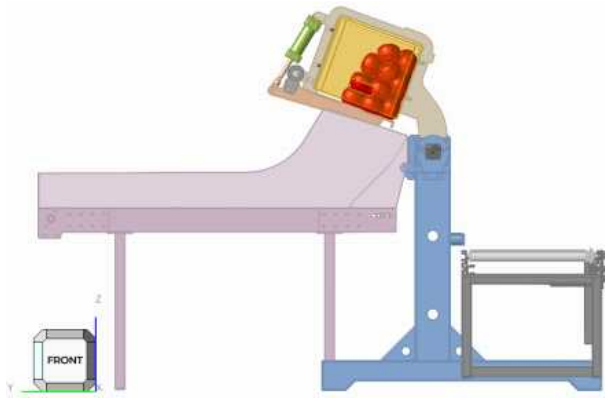


<덤핑기 뒷개 작동(9sec)>

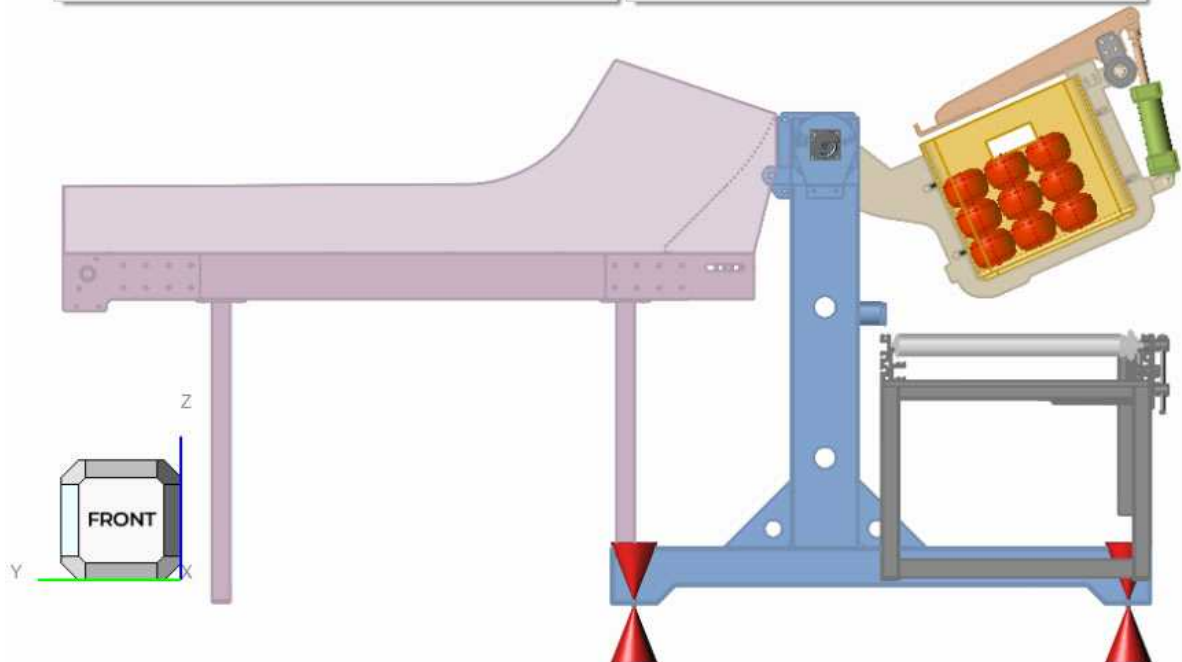
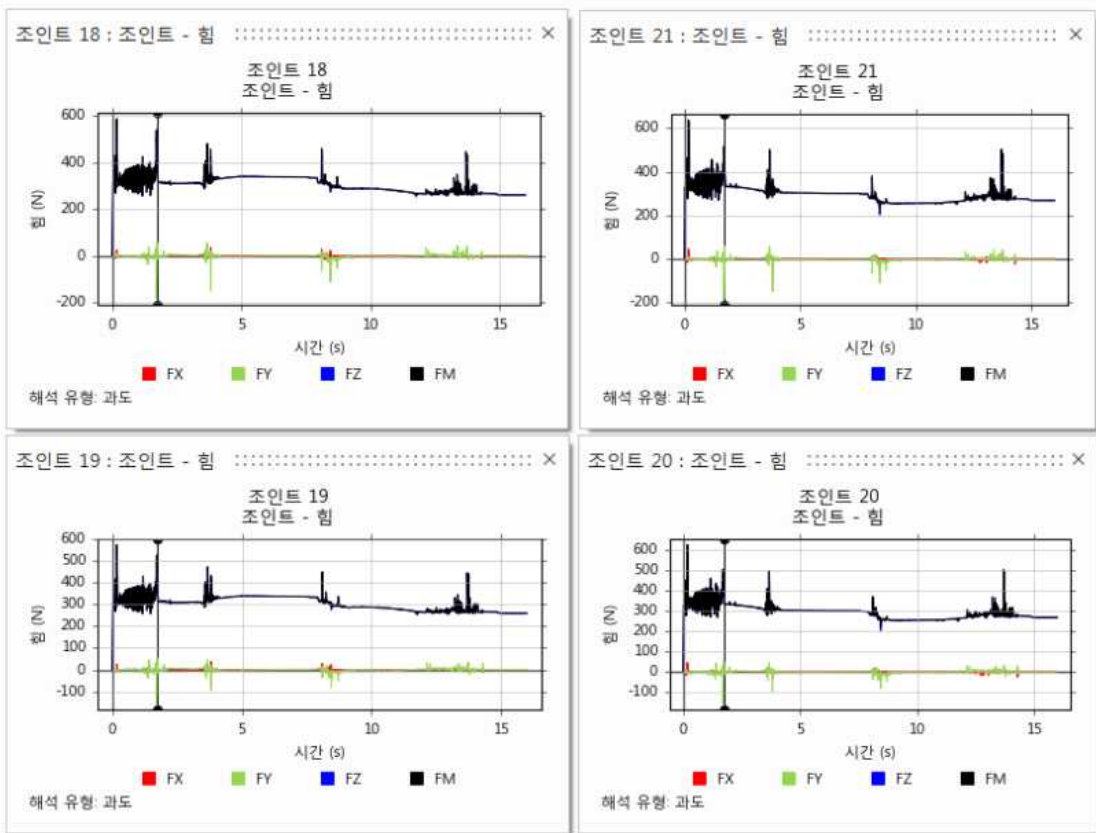
<덤핑기 복귀(16sec)>

<자동덤핑기 작동 해석 결과(모터 토크 및 액추에이터 하중)>





<모터 토크 최대하중\_291Nm (1.73sec)>      <액추에이터 최대하중\_179N (6sec)>  
 <자동덤핑기 작동 해석 결과(모터 토크 및 액추에이터 하중)>



<자동덤핑기 작동 해석 결과(지지부 반력)>



## ○ 동역학 해석 방법 제시

- 디팔렛타이저는 팔레트 이송 컨베이어, 팔레트 푸셔, 리프트와 롤러 컨베이어 등으로 구성되어지며 동역학 해석을 위한 하중조건은 개당 20kg의 중량의 과일 컨테이너 박스를 2x3 배열로 5단 높이로 쌓아 총 30개의 박스로 구성하여 총중량 600kg이 되도록 모델을 구성함
- 실제 과일 컨테이너 박스를 쌓아놓은 팔레트를 이송하는 컨베이어 시스템은 팔레트 하부에 롤러와 좌우 체인이 회전하면서 작동하는 구조이지만 체인이 수백개의 사슬과 핀으로 이루어져 모델링의 어려움과 수많은 접촉을 고려해야하는 등 해석 시간 증가 및 수렴성의 담보가 보장되지 않아 이송 팔레트의 중앙을 액추에이터를 이용하여 이동시키도록 해석 모델을 단순화 하였음
- 디팔렛타이저의 동역학 해석을 수행하기 위해서 실제 작동 환경을 참고하여 작동에 따른 이동거리 및 시간, 부품 간 마찰 특성 등의 작동 메커니즘을 분석하여 해석 조건을 설정함
  - 이때 원활한 해석을 위해 컨테이너 박스, 팔레트, 이송 컨베이어 롤러 파트 사이에 접촉을 설정하였으며 해석 초기에 중력가속도가 전체 해석 모델에 반영될 수 있도록 충분한 안정화 시간을 부여한 후 작동이 시작되도록 구현.
- 디팔렛타이저의 첫 번째 해석 조건은 팔레트 이송 컨베이어를 통해 2x3 배열로 5단 높이로 쌓은 총600kg 중량의 과일 컨테이너 박스를 푸셔가 위치하고 있는 스톱퍼까지 이동시키는 팔레트 이송 작동 조건임
- 두 번째 해석 조건은 앞서 팔레트 이송 컨베이어를 통해 이송된 30개의 컨테이너 박스 중에 1X2열 5단 높이인 10개의 컨테이너 박스를 푸셔로 디팔렛타이저 리프트까지 이동시키는 푸셔 작동 조건임
- 마지막 세 번째 해석 조건은 디팔렛타이저 리프트로 이송된 10개의 컨테이너 박스를 리프트 상부로 일정한 높이만큼 이동시킨 후 상부 8개의 박스를 고정시킨 후 맨 아래쪽 2개의 박스만 리프트 하부로 이동시키는 리프트 작동 조건임

## □ 디팔렛타이저 동역학 해석 결과

### ○ 디팔렛타이저 팔레트 이송 작동 해석 결과

- 디팔렛타이저 팔레트 이송 해석 결과 팔레트 이송에 필요한 액추에이터의 최대 하중은 약 260.5N으로 나타났으며 팔레트와 이송 롤러 사이의 접촉력은 6,193 N으로 컨테이너 박스와 팔레트 무게의 합과 동일한 것을 알 수 있음
- 팔레트와 컨테이너 박스 사이의 접촉력은 팔레트와 컨테이너 박스 6개가 개별 접촉하게 되며 접촉력은 5,884N으로 컨테이너 박스의 무게와 동일한 것을 알 수 있음
- 추후 팔레트와 롤러 사이의 마찰 계수의 정확한 값을 측정한다면 보다 정확한 액추에이터 작동 하중을 계산할 수 있을 것임

○ 디팔렛타이저 푸셔 작동 해석 결과

- 디팔렛타이저 푸셔 작동 해석 결과 10개의 컨테이너 박스 이송에 필요한 액추에이터의 최대 하중은 약 500N으로 나타났으며 이때 컨테이너 박스와 리프트 이송 롤러 사이의 접촉력은 박스 2개와 롤러 12개가 개별 접촉하여 총 24개의 접촉력이 계산되어짐
- 추후 팔레트와 롤러 사이의 마찰 계수의 정확한 값을 측정한다면 보다 정확한 푸셔 액추에이터 작동 하중을 계산할 수 있을 것임

○ 디팔렛타이저 리프트 작동 해석 결과

- 디팔렛타이저 리프트 작동 해석 결과 리프트 액추에이터 1개의 하중은 최대 약 1,040N이며 4개의 액추에이터 합력은 약 4,160N임
  - 이때 리프트와 컨테이너 박스 10개의 무게가 약 424kg이므로 해석과 동일한 결과임을 알 수 있음
  - 그리고 리프트 상하 작동 후 리프트 액추에이터 1개의 하중은 640N으로 4개의 합력은 2,560N임
  - 이는 8개의 박스를 박스 고정용 액추에이터가 붙잡고 최종적으로 2개의 박스만 리프트에 놓여 있기 때문임
- 리프트 작동 해석 결과 중 컨테이너 박스와 리프트 롤러 사이의 접촉력 하나의 그래프 당 200N의 접촉력을 나타내며 합력을 계산하며 1,000N으로 박스 5개의 하중에 해당하는 것을 알 수 있음
- 박스 고정용 액추에이터와 컨테이너 박스 사이의 접촉력 결과를 보면 2개의 박스가 분리되어 8개의 박스만 남아있기 때문에 400N 씩 총 800N이므로 박스 4개에 해당하는 하중과 동일한 결과를 나타내는 것을 알 수 있음
  - 이와 같은 방식으로 접촉력 합력이 800N으로 동일한 결과임을 알 수 있음
- 리프트 작동 해석 시 최하단부의 박스와 상부 8개 박스 사이의 분리가 원활히 이루어져야 하므로 박스 모델링, 박스 사이 접촉 및 박스 고정용 액추에이터와의 접촉이 매우 중요하며 추후 박스를 유연체 모델로 변경할 경우 보다 정확한 작동 해석 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단됨

□ 자동덤프핑기 동역학 해석 결과

- 자동덤프핑기의 작동 해석을 수행한 결과 모터의 최대 토크를 필요로 하는 위치는 모터가 과일 컨테이너 박스를 들어올리기 시작하는 1.73초일 때 291Nm이며 그 다음은 5.6초일 때는 모터가 회전하여 박스를 완전히 뒤집은 상태이며 179Nm

의 반대방향 토크를 필요로 함

- 덩핑기 덮개 개폐를 위한 액추에이터 하중을 살펴보면 최대 하중은 모터가 최대 로 회전한 6초일 때 1,953N이며 덮개를 개방하기 전까지 유지되는 것을 알 수 있으며 해석 초기와 말기에는 약 700N의 반대방향 하중을 필요로 하는 것을 알 수 있음
- 자동덩핑기 작동 해석이 진행되는 동안 덩핑기 지지부의 반력 변화를 확인한 결과 20kg의 과일에 해당하는 약 196N의 반력 차이가 작동 시간 6초, 15초에서 나타나는 것으로 볼 때 자동덩핑기의 작동 해석이 잘 이루어진 것으로 판단됨
- 자동덩핑기 작동 해석 결과 덩핑기의 구동 모터와 액추에이터에서 각각 291Nm, 1,953N의 최대 하중이 계산되었는데 이는 매우 큰 하중 값이므로 덩핑기 덮개 및 관절부의 강성을 충분히 확보하여야 할 것으로 판단

○ 덩핑 장치 연결 선별기 시제품 제작(제작사진 첨부)

- 원물 중량 측정 시스템 검토
- 당도 측정을 위한 컨베어 시스템 적용 검토

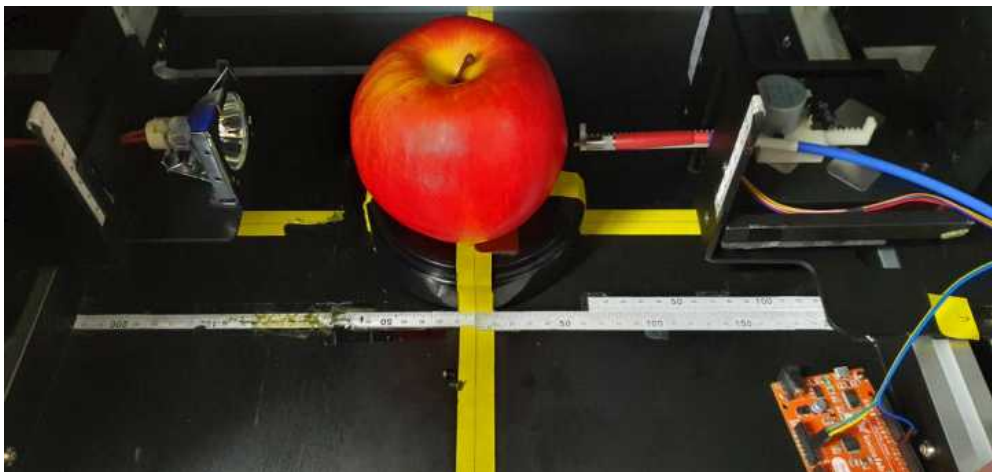
○ 설비 구성 요소 설계의 최적화

- 원칙 : 측정 원물(사과, 배)의 중량, 처리 속도, 설치 면적에 맞는 사양
- 자동 공급 장치 및 덩핑기가 처리해야 하는 부하를 계산한 정격 용량의 모터 적용 (최대 토크, 정격 토크, 최대 출력, 정격 출력 등)
- 감속기의 감속비 설정 등 상세 제원 제시

**(2) 공동1: 강원대학교 산학협력단**

○ 선별방식별 자동조절장치 적용 내부품질측정 알고리즘 개발

- 이송 선별 방식 : 컵방식, 프리트레이 방식, 롤러형 캐리어 방식
- 각 방식별 내부품질 측정 알고리즘 개발
  - 대상 과일 : 사과 또는 배
  - 내부품질항목 : 당도, 내부이상(갈변) 등



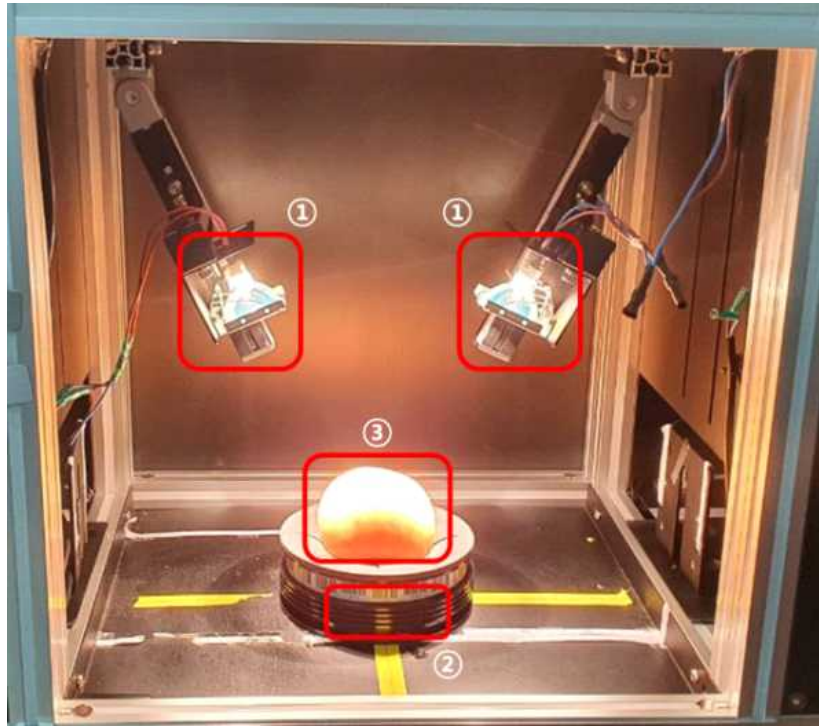
<자동조절장치 시작기 3안>

○ 과일의 분광측정 자동조절장치 시작기 설계 및 제작 결과

- 시작기에서는 필요한 행정거리와 이동 속도를 충족하는 조건이 없었음
- 현재 다른 종류의 모터들에서도 해당 조건을 충족하는 모터를 구할 수 없음
- 분광 센서가 모터에 체결이 잘 된다 해도 이동하며 진동이 발생하고, 이 진동이 분광 신호 측정에 오차를 발생할 수 있어 해당 방법은 다른 방법으로 보완되어야 함
- 광원과 분광 센서의 위치를 사과에 따라 조절해주는 것이 아닌 적정 거리로 선정된 광원과 분광 센서의 거리 3가지를 모두 설치한 후 앞단에서 사과의 크기 측정 후 그에 맞는 광원과 센서의 분광 센서의 거리에서 분광 신호를 측정하는 시스템으로 진행하는 것을 대안으로 수행 예정

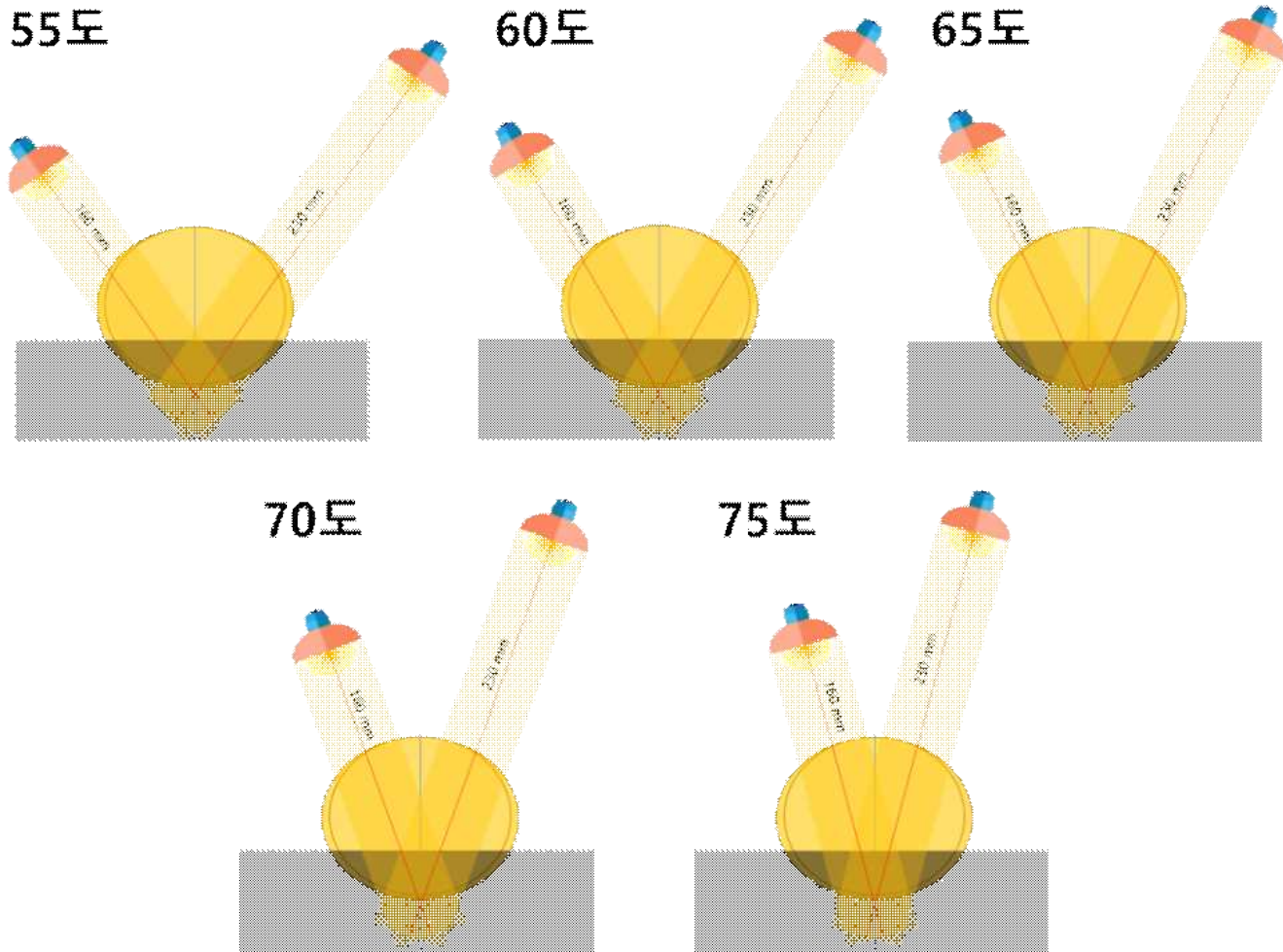
○ 과일 분광측정 자동조절장치 특성 구명 3 (반투과식)

- 반투과식 분광분석에서 광원과 과일의 배꼽 사이 거리에 따른 광조사 부위의 광 특성 조사
- 시료 : 배(이마트 춘천점, 홈플러스 춘천점 구매)를 크기별 2수준(대, 소)으로 각 5개씩 총 10개
- 분광 장치 구성[그림 21]
  - ① 광원 : 100W 텅스텐-할로겐 램프(64637, OSRAM, Germany), 2개  
1개는 과일을 투과하는 부분이 너무 적었으며, 3개 이상은 너무 강한 빛의 세기가 측정되었음
  - ② 근적외선 분광 센서(USB4000, Ocean Optics, US)  
과일 받침대 하단에 배치되어있음
  - ③ 시료



<반투과식 광학 스펙트럼 측정 환경 구축>

- 실험 시 챔버는 광원 외 주변 암실 상태
- 스펙트럼 측정 파장 대역 : Vis-NIR (472 - 1150 nm)
- 스펙트럼 측정 방식 : 반투과식
- 광원의 거리 설정[그림 27]
- 광원의 중심으로부터 배 배꼽까지의 거리를 측정
- 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230 mm 총 7단계
- 160 mm 미만에서는 배가 화상을 입었으며, 광원이 배를 투과하는 영역이 매우 적었음
- 230 mm 초과에서는 신호가 적었으며, 광원이 비추는 영역이 배를 넘어갔음
- 광원의 각도 설정[그림 27]
- 광원의 중심으로부터 배의 배꼽을 잇는 직선과 바닥 면의 각도를 측정
- 55, 60, 65, 70, 75도 총 5단계
- 55도 미만에서는 광원이 배보다 배를 받치고 있는 컵을 더 많이 비춤
- 75도 초과에서는 광원이 거의 겹치며, 배 전반적인 면이 아닌 중심축만을 중심으로 투과함



<반투과식 분광분석에서 광원의 거리 및 각도 설정>

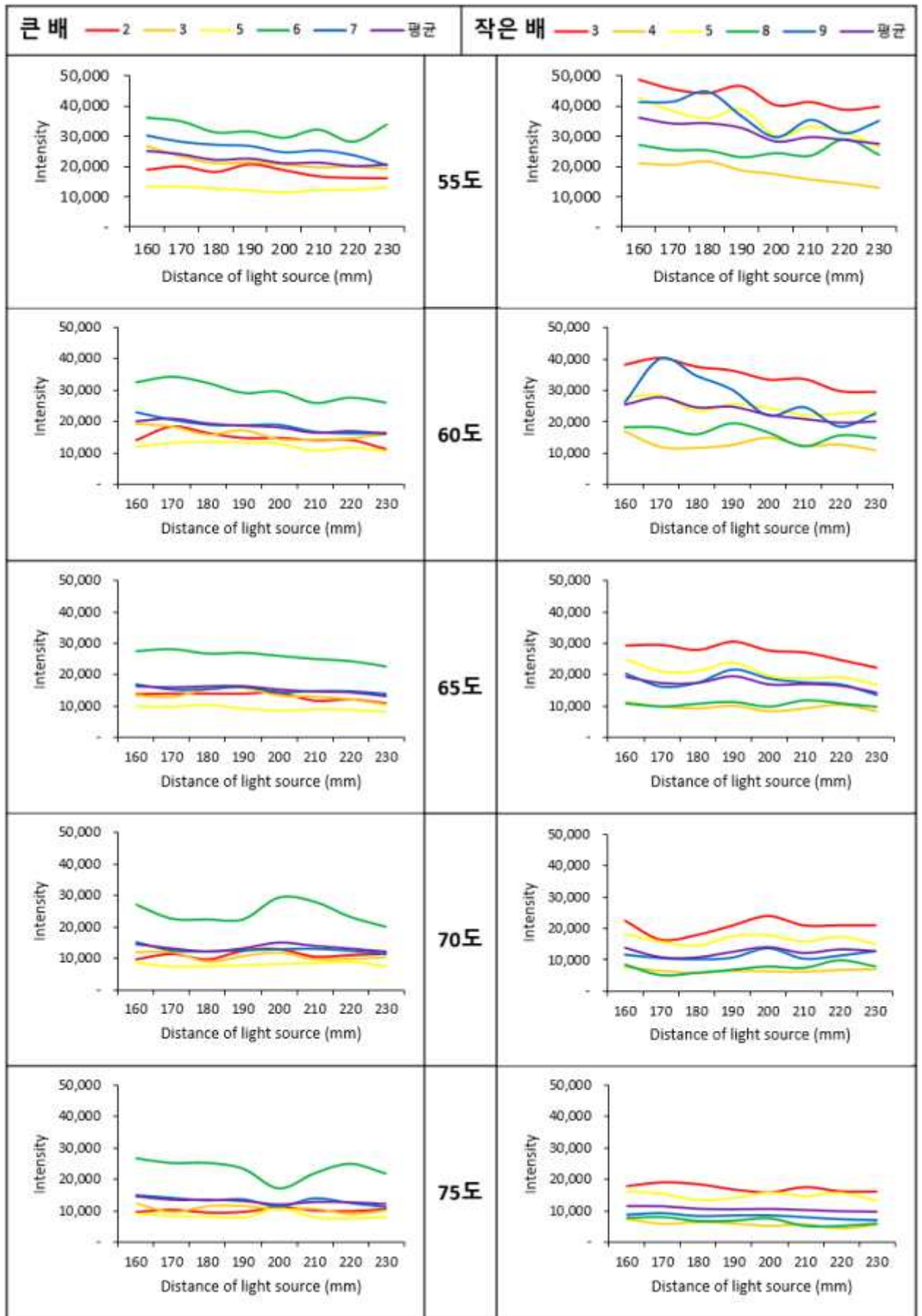
- 스펙트럼 측정 조건

- 배의 최대 직경이 2개의 광원과 나란하게 위치하도록 함
- 분광계의 노출시간은 200 ms였으며 3회 측정된 스펙트럼의 평균값을 사용함
- 동일 배의 스펙트럼 3반복 측정
- 스펙트럼 분석 방법
- 광원의 거리 변화와 각도 변화에 따른 스펙트럼의 경향성을 확인하기 위해 측정된 스펙트럼에서 잦은 빈도로 최댓값을 갖는 파장을 조사한 결과 705.31 nm로 확인됨
- 705.31 nm 파장 대역의 빛의 세기를 이용하여 경향성을 파악함
- 시료로 구매한 배들의 최대 직경 차이가 25.54 mm이므로 이에 절반인 12.77 mm를 포함할 수 있는 광원의 거리 구간을 보다 여유 있는 20 mm 씩으로 하여 해당 구간에서 측정된 빛의 세기들의 변동계수(CV)를 계산하여 배 크기와 광원 거리에 대한 광 균일성을 확인하고자 함

$$CV = \frac{S.D.}{Mean} * 100$$

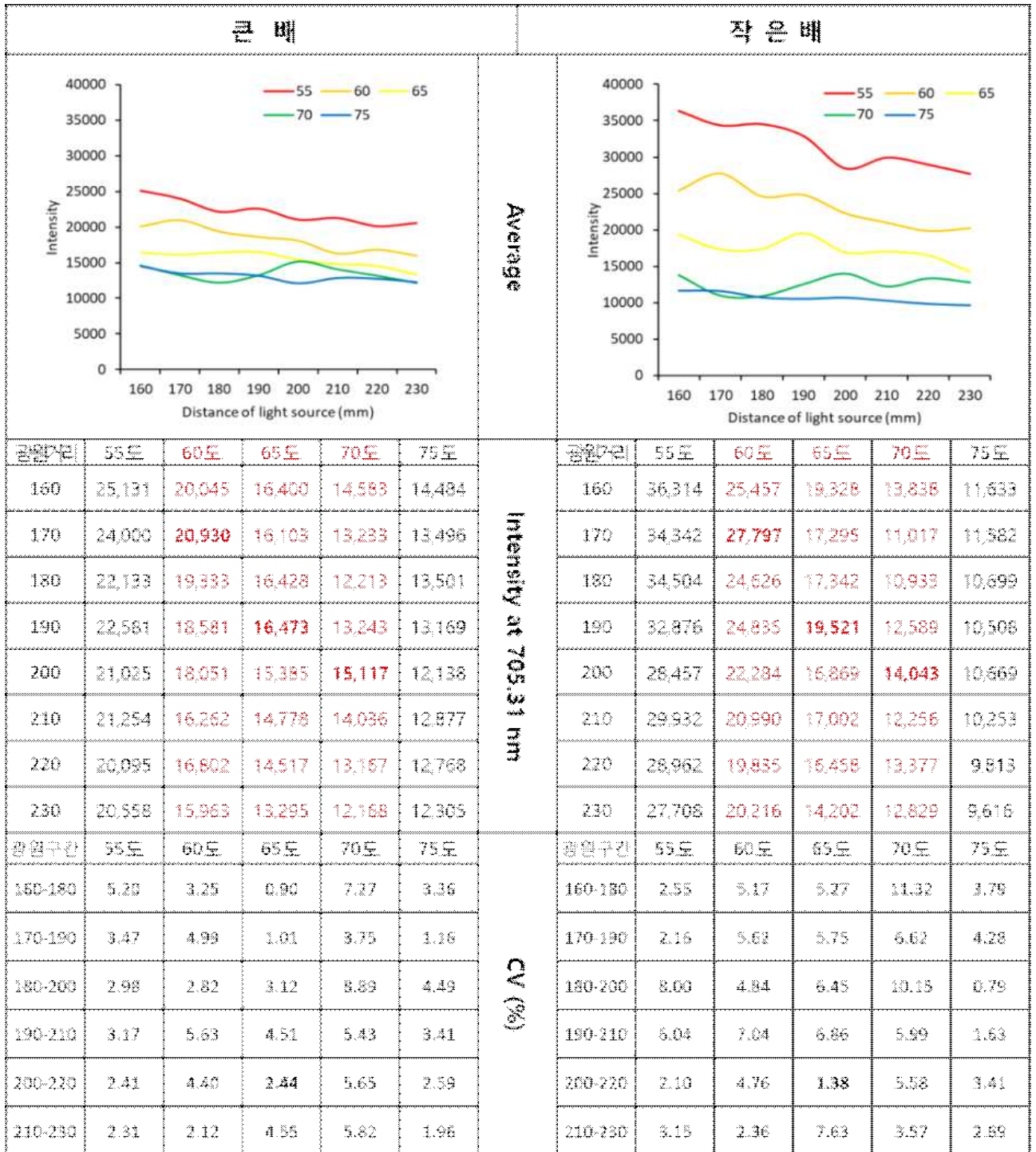
○ 과일 분광측정 자동조절장치 특성 구명 3 결과

- 광원의 각도가 55도인 경우 배의 씨방 부분은 많이 지나가지 않고 아래쪽 위주로 빛이 투과하게 되면서 상대적으로 큰 투과 광량이 측정되었음
- 광원의 각도가 75도인 경우 55도인 경우와 반대로 배의 씨방 부분으로 빛이 많이 지나가면서 투과되는 빛의 양이 많이 줄어들음
- 광원의 각도 55도와 75도는 과일의 전반적인 성분보다는 일부분(과육 부분 또는 과일 심지 부분)의 성분에 대한 정보가 파악되는 것으로 판단되어 비파괴 당도 선별기의 설계 시 제외함
- 광원의 각도 60, 65, 70도 중에 65도의 변동계수가 다른 각도에 비해 낮음
- 광원의 각도 65도에서 큰 배는 광원의 거리가 짧은 거리 구간에서 약 1 정도의 변동계수를 나타내었으나 작은 배는 5 이상의 상대적으로 큰 변동계수를 나타냄
- 광원의 각도 65도에서 큰 배와 작은 배 모두 광원의 거리 구간이 200 - 220 mm 일 때, 3 이하의 변동계수를 나타냄으로 이 거리 구간이 배의 크기 변화에도 균일한 투과광을 얻을 수 있음
- 프리트레이 이송방식에서 반투과식 분광분석을 할 경우, 광원의 각도는 65도, 광원의 거리는 배의 평균적인 배꼽 위치로부터 210 mm 떨어지게 하는 것이 적정 각도와 거리임이 나타났음



<각도 및 광원의 거리별 큰 배와 작은 배의 분광 특성>



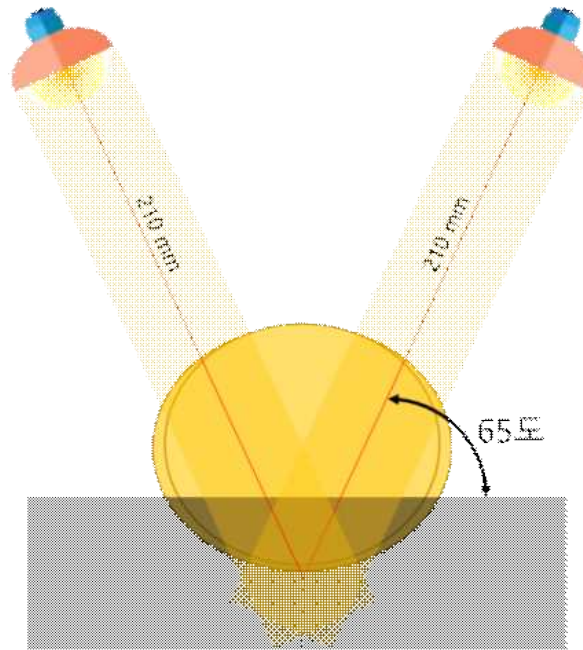


<큰배와 작은 배의 광원의 각도와 거리별 평균 분광 신호 특성 및 거리 구간별 변동 계수>

- 선별방식별 적정 광원과 분광 센서의 거리를 적용한 내부품질측정 알고리즘 개발 및 시제품 성능시험
  - 프리트레이 방식 선별 시스템 제작 및 내부 품질 알고리즘 개발
  - 프리트레이 방식 선별 시스템 제작
  - 시스템 구성 : 이송컨베이어, 내부품질측정부(광원, 근적외선 센서), 자유이송접시 [그림 30]
    - 광원 : 115W 텅스텐-할로겐 램프(JTR 25H/5-AG, KLS, Japan), 2개
    - 근적외선 분광 센서 : USB4000, Ocean Optics, US, 1개
  - 시료 이송방법 : 프리트레이 방식
  - 내부 품질 측정 방식 : 반투과식 근적외선 분광 측정, 선정된 광원의 적정 각도와 거리 적용
  - 근적외선 스펙트럼 측정 파장 대역 : Vis-NIR (472 - 1150 nm)
    - 근적외선 스펙트럼 측정 방식 : 반투과식
    - 광원의 거리 및 각도 설정[그림 31]
    - 광원의 중심으로부터 배 배꼽까지의 거리 : 210 mm
    - 광원의 각도 : 65도



<프리트레이 방식에서 적정 광원의 각도와 거리가 적용된 반투과식 선별 시스템 구성>



<광원의 적정 각도와 거리 설정 >

- 근적외선 스펙트럼 측정 조건

- ① 배의 최대 직경이 2개의 광원과 나란하게 위치하도록 함
- ② 분광계의 노출시간은 200 ms, 3회 측정한 스펙트럼의 평균값을 사용함
- ③ 배는 180도 회전하며 2방향에 대해 스펙트럼 3반복 측정

- 프리트레이식 선별 방식의 당도 예측모델 개발

- 시료 : 신고 배(나주 APC 구매) 120개

- 분석 방법

- 부분 최소제곱 회귀(Partial Least Square Regression, PLSR) 알고리즘 적용
- PLSR 모델 식은 다음과 같음

$$X = TP^T + E$$

$$Y = UQ^T + F$$

$$U = TB + H$$

$X$  : 독립변수(스펙트럼 행렬),

$U$  : 종속변수  $Y$ 를 설명하는 스코어 행렬,

$P$  : 독립변수의 고유값 행렬,

$Q$  : 종속변수의 고유값 행렬,

$E, F, H$  : 잔차 행렬,

$B$  : PLSR의 회귀계수

- PLSR 모델의 성능 개선을 위한 전처리로 평균값(mean), 범위값(range), 최댓

값(maximum) 정규화(Normalization), SNV(Standard Normal Variate), MSC (Multiplicative Scatter Correction)가 사용됨

- ① 평균값 정규화 :  $\lambda_{pre\_mean} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{mean}}$
- ② 범위값 정규화 :  $\lambda_{pre\_range} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{max} - \lambda_{min}}$
- ③ 최댓값 정규화 :  $\lambda_{pre\_max} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{max}}$

$\lambda_i$  :  $i$ 번째 파장의 빛의 세기

$\lambda_{mean}$  :  $j$ 번째 스펙트럼에서 파장들의 빛의 세기 평균

$\lambda_{max}$  :  $i$ 번째 스펙트럼의 빛의 세기 최댓값

$\lambda_{min}$  :  $i$ 번째 스펙트럼의 빛의 세기 최솟값

- ④ MSC
- 먼저, 이상 스펙트럼을 계산함

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{i,j}}{m}$$

$x_{i,j}$  :  $i$ 번째 파장에서  $j$ 번째 스펙트럼

$\bar{x}_j$  :  $j$ 번째 파장의 평균 스펙트럼

$m$  : 스펙트럼의 수

- 계산된 이상 스펙트럼을 식 아래 식을 사용하여 각 파장에 적용함

$$x_i = a_i \bar{x} + b_i$$

$x_i$  : 평균 스펙트럼( $1 \times n$ )에 대한 회귀 스펙트럼

$a_i$  : 기울기,  $b_i$  : 절편

- 이후 선형회귀를 통해 구한  $a_i$ 와  $b_i$ 값을 이용하여 아래 식과 같이 보정함

$$x_{iMSC} = \frac{(x_i - b_i)}{a_i}$$

$x_{iMSC}$  : MSC 보정된 스펙트럼

- ⑤ SNV

$$x_{iSNV} = \frac{(x_i - \bar{a}_i)}{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_{i,j} - \bar{a}_i)^2}{(n-1)}}}$$

$$\bar{a}_i : i\text{번째 스펙트럼의 모든 파장 평균}(n \times 1) (= \frac{\sum_{j=1}^n A_{i,j}}{n})$$

$A_{i,j}$  :  $i$ 번째 시료의  $j$ 번째 스펙트럼

$x_i$  :  $i$ 번째 파장의 스펙트럼

$n$  : 시료의 수

$x_{iSNV}$  : SNV 보정된 스펙트럼

- 당도 예측 모델의 성능평가
- 결정계수(R<sup>2</sup>), 평균제곱근오차(RMSEC), 검증 평균제곱근표준오차(RMSEP)

$$R^2 = \left( \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{pi} - y_{mean})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{mi} - y_{mean})^2}} \right)^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{pi} - y_{mi})^2}$$

$y_{pi}$  :  $i$ 번째 시료의 예측 당도

$y_{mi}$  :  $i$ 번째 시료의 실측 당도

$y_{mean}$  : 당도의 평균값

$n$  : 시료의 수

○ 당도 예측 PLSR 알고리즘 개발 결과[표 13]

- 최적 전처리 조건 : MSC 전처리

- 당도 예측 정확도

- R<sub>c</sub><sup>2</sup> : 0.92, RMSEC : 0.187 °Brix R<sub>v</sub><sup>2</sup> : 0.69, RMSEV : 0.370 °Brix

<전처리별 배의 당도 예측 PLSR 모델의 성능>

	Raw	Max._Norm.	Range_Norm.	Mean_Norm.	SNV	MSC
<b>R<sub>c</sub><sup>2</sup></b>	0.770	0.833	0.878	0.870	0.832	<b>0.920</b>
RMSEC	0.316	0.269	0.230	0.238	0.270	<b>0.187</b>
<b>R<sub>v</sub><sup>2</sup></b>	0.511	0.649	0.686	0.679	0.634	<b>0.690</b>
RMSEV	0.462	0.391	0.369	0.375	0.401	<b>0.370</b>

## □ 컵 방식 선별 시스템 제작 및 내부 품질 알고리즘 개발

### ○ 컵 방식 선별 시스템 제작

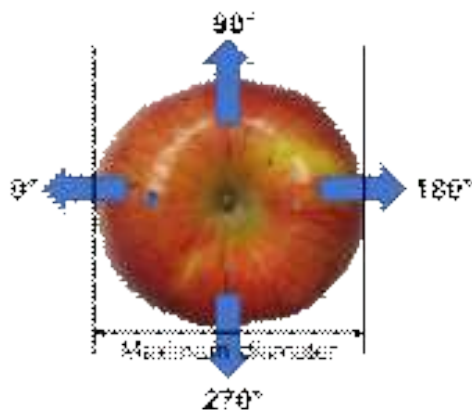
- 시스템 구성 : 컵 부착 이송컨베이어, 내부품질측정부(광원, 근적외선 센서), 과일크기인식부[그림 32]
  - 광원 : 100W 텅스텐-할로겐 램프(64637, OSRAM, Germany), 3개  
근적외선 분광 센서 : USB4000, Ocean Optics, US, 3개
- 시료 이송방법 : 컵 방식
- 내부 품질 측정 방식 : 투과식 근적외선 분광 측정, 선정된 광원과 센서 거리 적용
  - 근적외선 스펙트럼 측정 파장 대역 : Vis-NIR (472 - 1150 nm)
  - 근적외선 스펙트럼 측정 방식 : 투과식
  - 과일크기인식부 : 카메라(BlackflySGigE, FLIR, US), 광원(7.2W LED 2개)
  - 광원, 센서, 시료의 거리 설정
    - ① LS-Distance 1  
광원과 사과 중심 사이의 거리 : 135 mm  
사과 중심과 분광 센서 사이의 거리 : 75 mm
    - ② LS-Distance 2  
광원과 사과 중심 사이의 거리 : 135 mm  
사과 중심과 분광 센서 사이의 거리 : 80 mm
    - ③ LS-Distance 3  
광원과 사과 중심 사이의 거리 : 125 mm  
사과 중심과 분광 센서 사이의 거리 : 75 mm



<컵 방식에서 과일크기인식부와 적정 광원과 분광 센서의 거리가 적용된 투과식 선별 시스템 구성 >

- 근적외선 스펙트럼 측정 조건

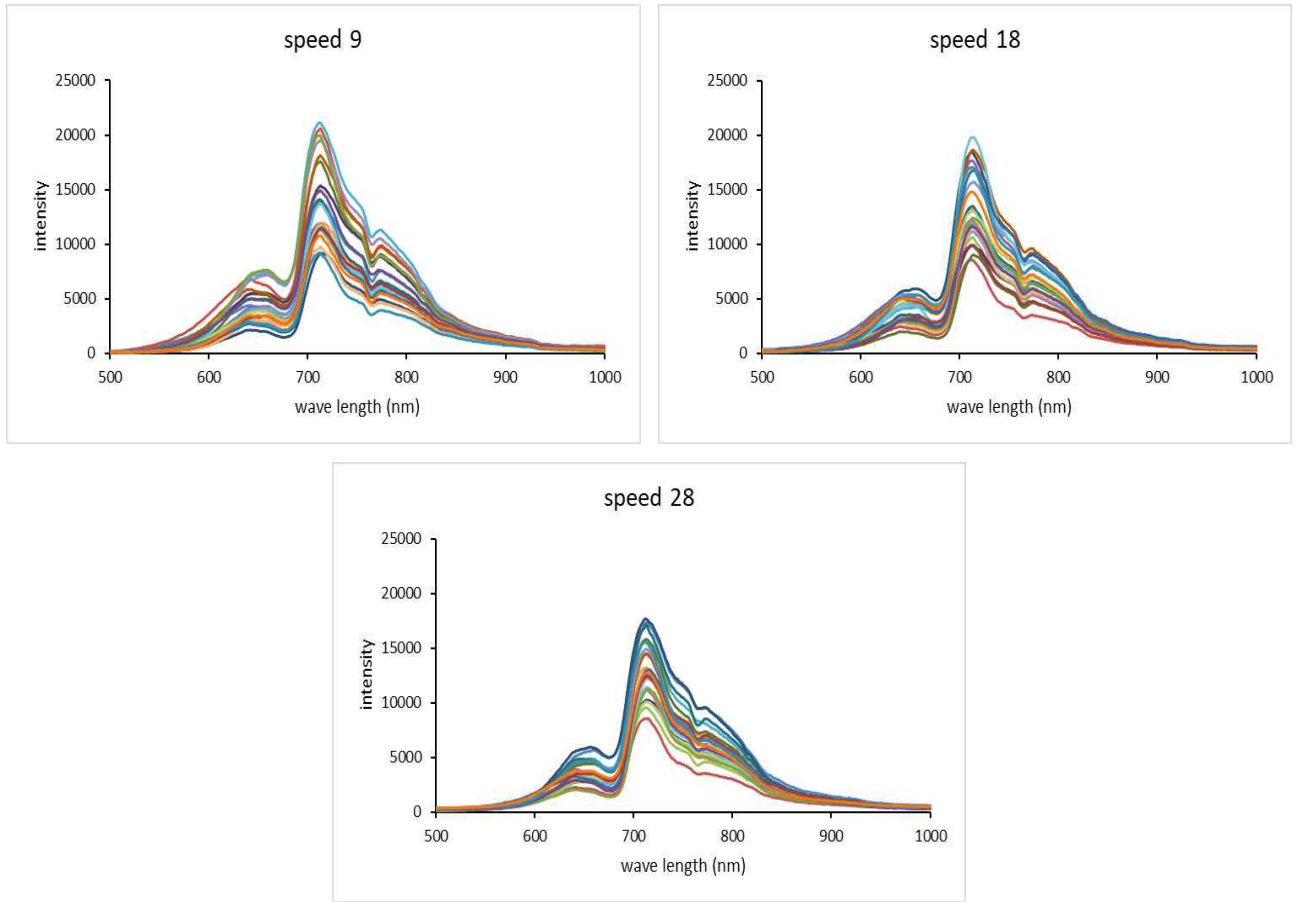
- 최대 직경이 광원과 분광 센서의 일직선에 위치하도록 한 방향을 0도로 설정하여, 꼭지를 기준으로 90도씩 회전시키면서 사과 1개당 4방향에서 총 4회의 분광 스펙트럼을 측정함[그림 33]
- 분광계의 노출시간은 50 ms



<사과의 분광 스펙트럼과 당도 측정 부위 >

○ 이송 속도에 따른 스펙트럼 측정 성능 시험 결과

- 이송 속도에 따른 스펙트럼 측정 성능 시험을 위해 총 3 수준 8.0 cm/s (speed 9), 15.9 cm/s (speed 18), 24.7 cm/s (speed 28)의 이송 속도에서의 스펙트럼을 비교 분석함
- 이송 속도를 3 수준으로 스펙트럼의 빛의 세기를 비교해본 결과 이송 속도에 따른 빛의 세기 차이는 보이지 않음[그림 34]
- 적정 이송속도는 24.7 cm/s 이상임



< 이송 속도에 따른 분광 스펙트럼 형상 >

○ 컵식 선별 방식의 당도 예측모델 개발

- 시료 : 후지 사과(충주 APC 구매)를 무게별 5수준(3L - S)으로 총 341개[표 14]

< 실험에 사용된 사과의 수, 평균 최대 직경, 평균 무게 >

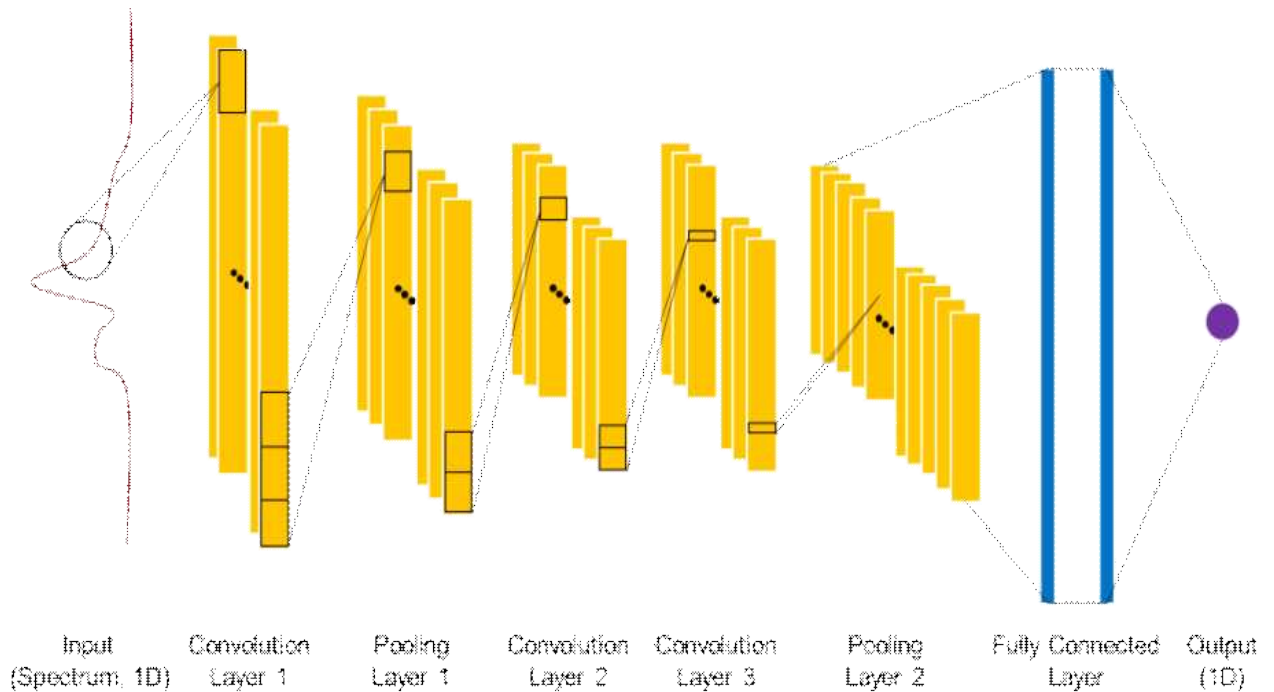
Size	3L	2L	L	M	S
<b>Number</b>	82	57	72	60	70
Average Maximum Diameter (mm)	99.16	90.17	88.23	80.8	78.92
(S.D.)	(2.78)	(3.10)	(2.53)	(2.45)	(3.19)
Average Weight (g)	398.02	318.41	285.16	223.19	194.55
(S.D.)	(9.43)	(7.95)	(4.02)	(3.77)	(3.12)

- 분석 방법

- 부분 최소제곱 회귀(Partial Least Square Regression, PLSR) 알고리즘과 1차원 합성곱 신경망(1 Dimension-Convolutional Neural Network, 1D-CNN) 알고리즘을 적용한 당도 예측 모델 개발
- 머신러닝 기반 사과 당도 예측 부분 최소제곱 회귀(PLSR) 모델 개발

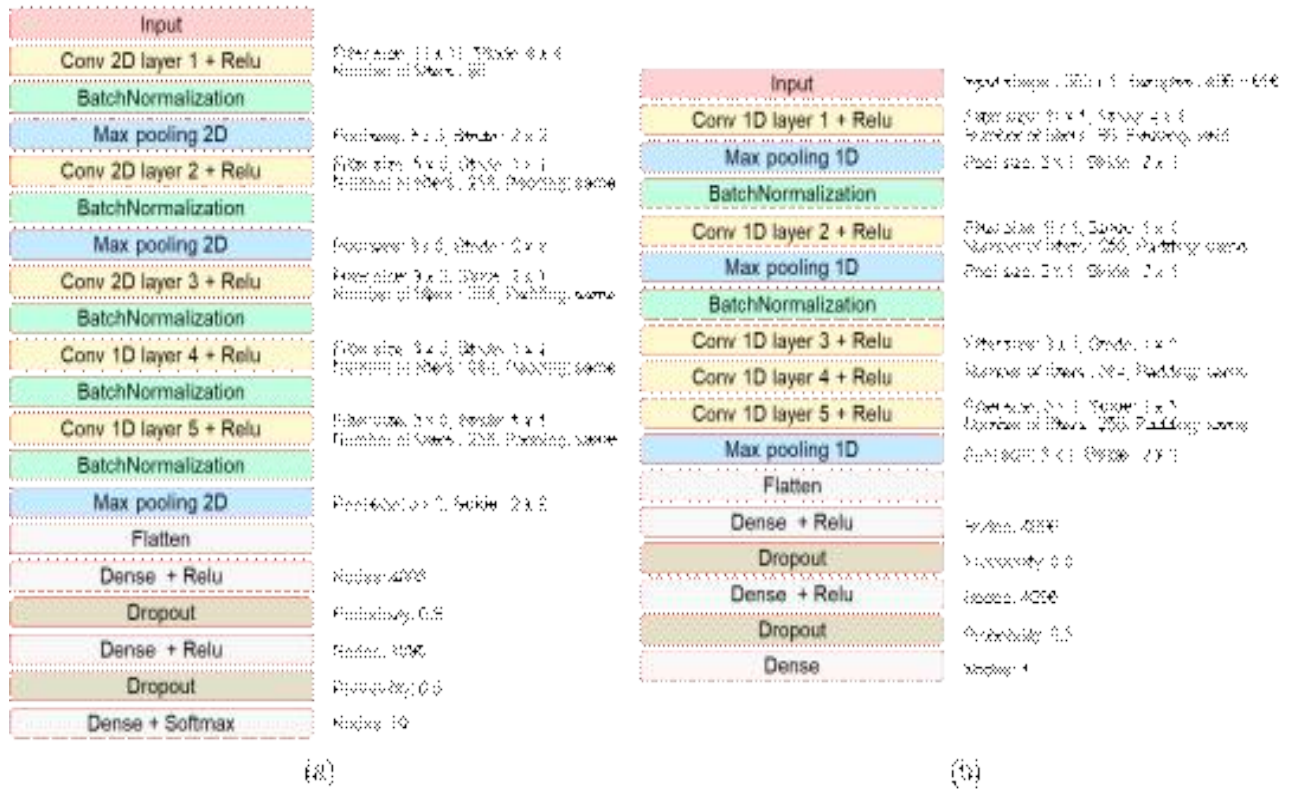


- ① Calibration용 데이터와 검증용 데이터를 7:3으로 나눔
- ② 70%의 calibration 데이터를 이용하여 calibration PLSR 모델 개발 시 20겹 (20 - Fold) 교차검증을 통해 validation모델을 개발하며, 30%의 미지의 시료를 이용하여 개발한 당도 예측 PLSR 모델을 검증함
- ③ 독립변수로 사과 1개당 획득된 4개의 스펙트럼의 평균 스펙트럼을 사용함
- ④ 종속변수로 사과 1개의 평균 당도를 사용함
- 딥러닝 기반 사과 당도 예측 1차원 합성곱 신경망(1D-CNN) 모델 개발
  - ① 1차원 합성곱 신경망(1D-CNN)은 일반적인 CNN에 스펙트럼 데이터와 같은 1차원의 데이터와 필터를 사용함으로 입력된 스펙트럼에서 많은 특징들을 잡아가며 회귀 분석을 진행함



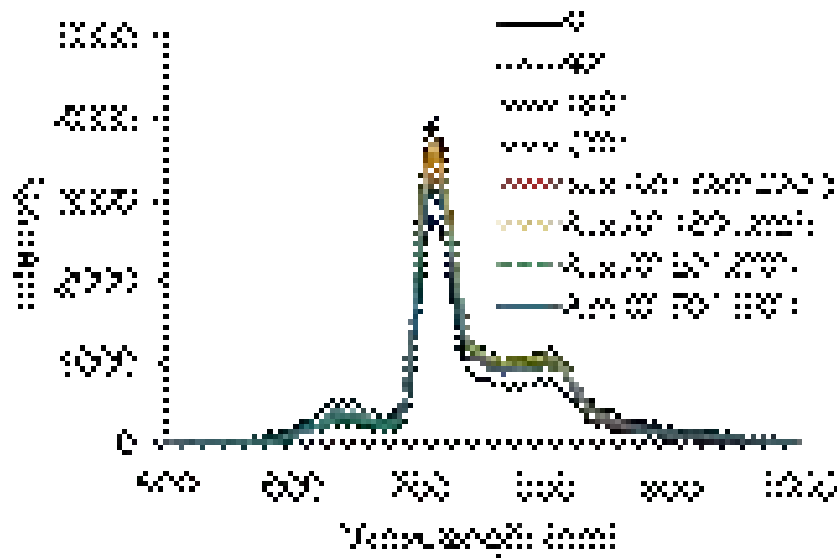
< 1D-CNN 구조 예시 >

- ② 개발에 참조한 아키텍처는 2D인 AlexNet이며, 이를 1D로 수정하여 개발함 [그림 36]
- ③ 학습그룹 70%, 테스트 그룹 30% 비율로 나누어 모델 학습 수행
- ④ Batch size 14, Epoch 300, Early stop 70 설정



(a) 기존 AlexNet architecture, (b) modified AlexNet architecture.

- ⑤ 딥러닝에서는 데이터가 많을수록 과적합 방지와 모델의 성능 향상이 이루어 지므로 스펙트럼의 수를 증가시키는 작업이 수행됨.
- 사과 1개당 측정된 4개의 스펙트럼 데이터 + 4개 중 3개씩 묶어서 평균을 낸 스펙트럼 데이터로 사과 1개당 총 8개의 스펙트럼 데이터를 확보함[그림 37]



<사과 1개에서 측정된 스펙트럼과 증강시킨 스펙트럼 데이터 예시>

- 성능 향상을 위해 다양한 스펙트럼 전처리 적용함

- ① PLSR 모델의 성능 개선을 위한 전처리로 평균값(mean), 범위값(range), 최대값(maximum) 정규화(Normalization), SNV(Standard Normal Variate), MSC(Multiplicative Scatter Correction)가 사용됨
- ② 1D-CNN 모델의 성능 개선을 위한 전처리로 SNV(Standard Normal Variate), MSC(Multiplicative Scatter Correction)가 사용됨
- 당도 예측 모델의 성능평가  
: 결정계수(R<sup>2</sup>), 평균제곱근오차(RMSEC), 검증 평균제곱근표준오차(RMSEP)
- 모델 제작 툴
- ① PLSR 모델 개발 및 전처리, 성능평가를 위해 Unscrambler X(v10.4, CAMO SOFTWARE AS, Oslo, Norway) 소프트웨어 사용
- ② 1D-CNN 모델 개발 및 데이터 증강, 전처리, 성능평가를 위해 Google Colab 환경에서 Python이 사용됨

#### □ 당도 예측 알고리즘 개발 결과

##### ○ 당도 예측 PLSR 모델 결과

- 당도 예측 최적 모델은 사과 크기 M에서 광원과 사과 거리 : 125 mm, 사과와 센서의 거리 75 mm에서 MSC 전처리를 적용한 PLSR 모델이었음
- (당도 예측 정확도) R<sub>c</sub><sup>2</sup> : 0.99, RMSEC : 0.195 °Brix, R<sub>p</sub><sup>2</sup> : 0.91, RMSEP : 0.508 °Brix

##### - 당도 예측 1D-CNN 모델 결과

- 당도 예측 최적 모델은 사과 크기 3L에서 광원과 사과 거리 : 135 mm, 사과와 센서의 거리 80 mm에서 MSC 전처리를 적용한 1D-CNN 모델이었음
- → (당도 예측 정확도) RMSEC : 0.500 °Brix, R<sub>p</sub><sup>2</sup> : 0.82, RMSEP : 0.500 °Brix

##### - PLSR 모델과 1D-CNN 모델의 성능 결과

- PLSR 모델은 크기가 큰 사과보다 작은 사과에서 더 높은 성능을 나타냈으며, 전처리는 주로 MSC가 높은 성능을 나타냄

< 사과 크기별 PLSR 모델의 최적 성능을 나타내는 광원과 분광 센서의 거리와 전처리 >

Size	Distance (Light - Sensor)	Preprocessing	Calibration set		Prediction set	
			$R_c^2$	RMSE C (°Brix)	$R_p^2$	RMSE P (°Brix)
3L	LS-Distance 1	Raw	0.89	0.426	0.65	0.809
	Light source-apple : 135 mm					
	Apple-Vis/NIR sensor : 75 mm	MSC	0.90	0.414	0.68	0.769
2L	LS-Distance 2	Raw	0.96	0.223	0.72	0.615
	Light source-apple : 135 mm					
	Apple-Vis/NIR sensor : 80 mm	Mean Normalization	0.96	0.211	0.58	0.798
L	LS-Distance 1	Raw	0.99	0.178	0.76	0.914
	Light source-apple : 135 mm					
	Apple-Vis/NIR sensor : 75 mm	SNV	0.99	0.142	0.74	0.822
M	LS-Distance 3	Raw	0.98	0.279	0.87	0.694
	Light source-apple : 125 mm					
	Apple-Vis/NIR sensor : 75 mm	MSC	0.99	0.195	0.91	0.508
S	LS-Distance 3	Raw	0.89	0.517	0.83	0.623
	Light source-apple : 125 mm					
	Apple-Vis/NIR sensor : 75 mm	MSC	0.90	0.487	0.86	0.577

- 1D-CNN 모델은 크기가 작은 사과보다 큰 사과에서 더 높은 성능을 나타냈으며, 전처리는 주로 MSC가 높은 성능을 나타냄

< 사과 크기별 1D-CNN 모델의 최적 성능을 나타내는 광원과 분광 센서의 거리와 전처리 >

Size	Distance (Light - Sensor)	Preprocessing	Loss	Val_loss	RMSE C (°Brix)	$R_p^2$	RMSE P (°Brix)
	LS-Distance 2						
3L	Light source-apple : 135 mm Apple-Vis/NIR sensor : 80 mm	MSC	0.333	0.325	0.500	0.82	0.500
	LS-Distance 1						
2L	Light source-apple : 135 mm Apple-Vis/NIR sensor : 75 mm	MSC	0.364	0.279	0.519	0.78	0.520
	LS-Distance 1						
L	Light source-apple : 135 mm Apple-Vis/NIR sensor : 75 mm	MSC	0.477	1.329	0.761	0.84	0.761
	LS-Distance 3						
M	Light source-apple : 125 mm Apple-Vis/NIR sensor : 75 mm	MSC	0.478	0.566	0.752	0.85	0.752
	LS-Distance 2						
S	Light source-apple : 135 mm Apple-Vis/NIR sensor : 80 mm	SNV	0.410	0.572	0.756	0.74	0.756

- 사과 크기별 광원과 분광 센서의 적정 거리에 따른 PLSR과 1D-CNN 모델을 통합한 최적 알고리즘을 적용하면 더 좋은 성능의 당도 선별기를 제작할 수 있을 것으로 판단됨

< PLSR과 1D-CNN 모델을 통합한 사과 크기별 당도 선별기의 설정값과 당도 예측성능 >

Size	Model	Distance (Light - Sensor)	Preprocessing	$R_p^2$	RMSEP (°Brix)
3L		LS-Distance 1		0.76	0.579
2L	1D-CNN	Light source-apple : 135 mm Apple-Vis/NIR sensor : 75 mm	MSC	0.78	0.520
L				0.84	0.761
M	PLSR	LS-Distance 3		0.91	0.508

S	Light source-apple : 125 mm Apple-Vis/NIR sensor : 75 mm	0.86	0.577
---	---	------	-------

○ 컵식 선별 방식의 사과 갈변 판별 모델 개발

- 시료 : 후지 사과 정상과 50개, 갈변과 100개

- 분석 방법

- PLS-DA 판별 모델 개발
- 다양한 스펙트럼 전처리 적용; PLS-DA 모델의 성능 개선을 위한 전처리로 평균값(mean), 범위값(range), 최대값(maximum) 정규화(Normalization), SNV (Standard Normal Variate), MSC(Multiplicative Scatter Correction)가 사용됨
- PLS-DA 판별 모델 개발 결과
- 판별 정확도 : 99.8%
- LS-Distance 1 - 3의 경우, 전처리를 적용하지 않았을 때 각각  $R_v^2$ 는 0.86, 0.83, 0.86으로 나타났으며 RMSEV는 각각 0.181, 0.191, 0.179로 나타남
- Threshold 값을 설정한 경우 LS-Distance 3에서 판별 정확도가 최대 99.8%로 나타남

<LS-Distance 1에서의 정상 사과와 갈변 사과 분류 알고리즘 성능>

	Raw	Max._Norm.	Range_Norm.	Mean_Norm.	SNV	MSC
$R_c^2$	0.86	0.80	0.81	0.78	0.80	0.82
RMSEC	0.176	0.212	0.208	0.169	0.210	0.201
$R_v^2$	0.86	0.78	0.78	0.85	0.79	0.78
RMSEV	0.181	0.225	0.222	0.182	0.217	0.217
Threshold	0.505	0.370	0.375	0.390	0.400	0.350
Accuracy	<b>0.9963</b>	0.9574	0.9829	0.9979	0.9701	0.9957

<LS-Distance 2에서의 정상 사과와 갈변 사과 분류 알고리즘 성능>

	Raw	Max._Norm.	Range_Norm.	Mean_Norm.	SNV	MSC
$R_c^2$	0.84	0.78	0.79	0.85	0.81	0.80
RMSEC	0.186	0.216	0.214	0.177	0.203	0.208
$R_v^2$	0.83	0.72	0.75	0.82	0.73	0.75
RMSEV	0.191	0.244	0.233	0.199	0.241	0.233
Threshold	0.547	0.452	0.430	0.424	0.420	0.400
Accuracy	0.9723	0.9872	0.9872	<b>0.9936</b>	0.9893	0.9915

[표 54] LS-Distance 3에서의 정상 사과와 갈변 사과 분류 알고리즘 성능

	Raw	Max._Norm.	Range_Norm.	Mean_Norm.	SNV	MSC
$R_c^2$	0.87	0.82	0.82	0.86	0.82	0.79
RMSEC	0.171	0.203	0.202	0.181	0.202	0.217
$R_v^2$	0.86	0.80	0.80	0.85	0.81	0.78
RMSEV	0.179	0.2167	0.217	0.188	0.208	0.223
Threshold	0.537	0.380	0.390	0.290	0.290	0.400
Accuracy	<b>0.9979</b>	0.9875	0.9854	<b>0.9979</b>	<b>0.9979</b>	0.9917

□ 캐리어 방식 선별 시스템 제작 및 내부 품질 알고리즘 개발

○ 캐리어 방식 선별 시스템 제작

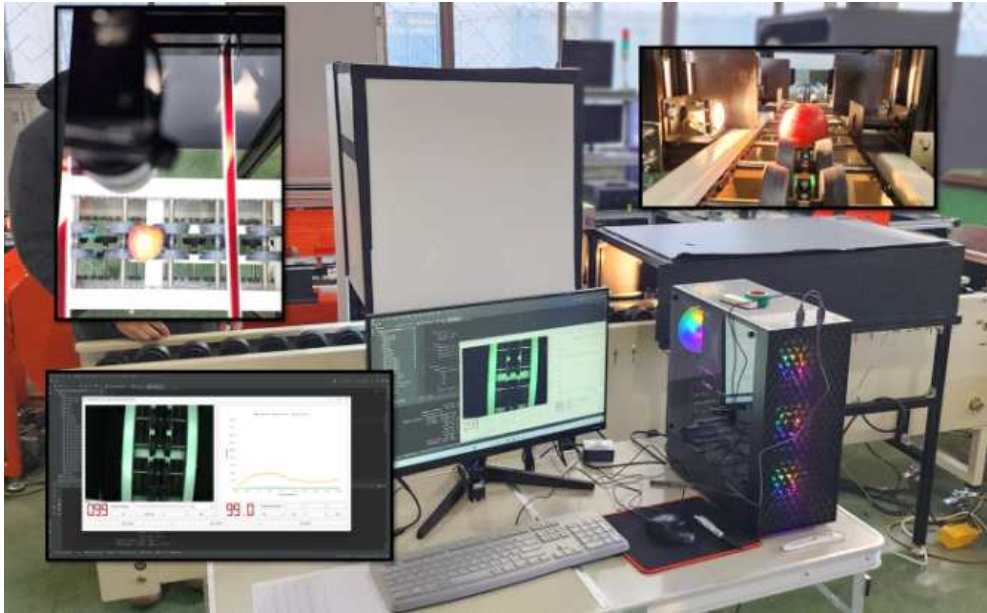
- 시스템 구성 : 캐리어 이송컨베이어, 내부품질측정부(광원, 근적외선 센서), 과일크기인식부[그림 38]

- 광원 : 100W 텅스텐-할로겐 램프(64637, OSRAM, Germany), 3개  
 근적외선 분광 센서 : USB4000, Ocean Optics, US, 3개

- 시료 이송방법 : 캐리어 방식

- 내부 품질 측정 방식 : 투과식 근적외선 분광 측정, 선정된 광원과 센서 거리 적용

- 근적외선 스펙트럼 측정 파장 대역 : Vis-NIR (472 - 1150 nm)
- 근적외선 스펙트럼 측정 방식 : 투과식
- 과일크기인식부 : 카메라(BlackflySGigE, FLIR, US), 광원(7.2W LED 2개)
- 광원, 센서, 시료의 거리 설정
- 가) LS-Distance 1  
 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 135 mm
- 사과 중심과 분광 센서 사이의 거리 : 75 mm
- 나) LS-Distance 2  
 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 135 mm
- 사과 중심과 분광 센서 사이의 거리 : 80 mm
- LS-Distance 3  
 광원과 사과 중심 사이의 거리 : 125 mm
- 사과 중심과 분광 센서 사이의 거리 : 75 mm



<캐리어 방식에서 과일크기인식부와 적정 광원과 분광 센서의 거리가 적용된 투과식 선별 시스템 구성>

- 근적외선 스펙트럼 측정 조건

- 최대 직경이 광원과 분광 센서의 일직선에 위치하도록 한 방향을 0도로 설정하여, 꼭지를 기준으로 90도씩 회전시키면서 사과 1개당 4방향에서 총 4회의 분광 스펙트럼을 측정함
- 분광계의 노출시간은 50 ms

- 캐리어식 선별 방식의 당도 예측모델 개발

- 시료 : 후지 사과(영주 APC 구매) 50개

- 분석 방법

- 부분 최소제곱 회귀(Partial Least Square Regression, PLSR) 알고리즘 적용
- PLSR 모델의 성능 개선을 위한 전처리로 평균값(mean), 범위값(range), 최댓값(maximum) 정규화(Normalization), SNV(Standard Normal Variate), MSC (Multiplicative Scatter Correction)가 사용됨

- 당도 예측 모델의 성능평가

- 결정계수(R<sup>2</sup>), 평균제곱근오차(RMSEC), 검증 평균제곱근표준오차(RMSEP)

- 당도 예측 PLSR 알고리즘 개발 결과

- 당도 예측 최적 모델은 광원과 사과 거리 : 135 mm, 사과와 센서의 거리 75 mm에서 최댓값 정규화 전처리를 적용한 PLSR 모델이었음
- (당도 예측 정확도) R<sub>c</sub><sup>2</sup> : 0.56, RMSEC : 0.564 °Brix, R<sub>p</sub><sup>2</sup> : 0.52, RMSEP : 0.595 °Brix



- 적정 광원과 분광 센서의 거리를 이용한 비파괴 당도 선별기는 캐리어 방식보다 컵 방식의 선별기에 적절할 것으로 판단됨

○ 각 선별방식별 자동조절장치 적용 내부품질측정시스템 시제품 성능시험

- 대상 과일 : 사과 또는 배

- 내부품질항목 : 당도, 내부이상(갈변) 등
- 이송속도는 선별방식에 따라 적합한 속도로 함

○ 각 선별방식별 자동조절장치 적용 내부품질측정시스템 보완

□ 선별방식별 내부품질측정 시제품 성능시험

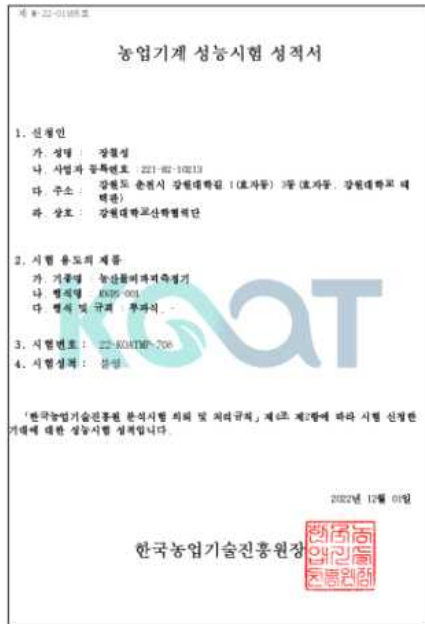
○ 프리트레이 방식 선별 시제품 성능 시험 결과

- 프리트레이 방식의 배 비파괴 당도 선별기 시제품 성능시험

- 한국농업기술진흥원과 공동으로 성능시험을 진행함
- 시험일자 및 장소 : 2022.10.21., 광주광역시 광산구 진곡산단4번로 31-30 (주)한아 연구소
- 당도 선별 측정 시스템
- 센서 모델명 및 제조사 : USB4000, Ocean Optics, 1개
- 광원 종류 및 최대출력 : 115W 텅스텐-할로겐 램프, 2개

- 정밀도 검증 방법

- 시료 : 신고 배(나주 APC 구매) 100개, 당도 분포 (9.69 - 13.70) °Brix
- 스펙트럼 측정 반복수 : 3회
- 당도 예측 모델 : MSC-PLSR 모델
- 당도 예측 모델의 성능평가 : 표준 예측 오차(SEP)
- 프리트레이 이송방식에서 내부품질측정 장치 시제품의 성능 검증 결과
- 당도 측정 오차 : 0.46 °Brix (1반복 : 0.46 °Brix, 2반복 : 0.49 °Brix, 3반복 : 0.44 °Brix)



**시험 성적**

1. 기 종 명 : 농산물비파괴측정기  
 2. 시험번호 : 22-AGATM-70H  
 3. 형 식 명 : KMS-001  
 4. 형 식 : 무과식  
 5. 규 격 : -  
 6. 시험성적

6.1 구조

6.1.1 기계의 크기

- 길이	800 mm
- 폭	800 mm
- 높이	1,400 mm

6.1.2 압도 측정장치

- 제어 모델명	USB4000
- 제어 제조사	Ocum Optics
- 램프 종류 및 개수	할로겐램프
- 램프 최대출력	110 W

6.2 장동시험

6.2.1 정밀성능시험

시험조건

- 시험일자 및 장소 : 2022.10.21., 광주광역시 영안구 전라안단4번로 31-30 (중)안아 연구소
- 시료 : 배
- 시험시료수 및 반복수 : 100 개, 3 반복
- 당도분포 : (9.69 - 13.70) °Brix

**시험 성적**

당도

당도 측정 오차 Brix (Brix)			
반복1	반복2	반복3	평균
0.40	0.40	0.44	0.40

7. 시험 제품 개요

가. 본 기에는 농산물비파괴측정기로 압도 측정(시차, 배)장치 자동압착장치 및 과일 중심측정 고도패를 위한 자동조절장치 개편, 과제에서 제작한 당도 측정 모듈로 시료 투입은 대부분을 측정부에 1개씩 수동 투입 방식임

나. 당도는 할로겐 램프를 지표에 표시하여 무과식은 VIS/NEE 스펙트럼에 의해 측정 하는 방식임

8. 시험 결과

가. 본 시험은 한국농업기술진흥원 「분석시험 치위 및 처리규격」 제 5호에 따라 실시한 성능시험성적으로 「농산물비파괴분석기검정방법」 중 성능시험방법에 따라 실시되었음

나. 시료(배)의 당도측 측정값 결과 당도측정오차는 0.40 °Brix 이었음

책임연구원 박진근, 시험연구원 안치국, 시험연구원 김은하, 시험연구원 김은하, 시험연구원 김은하

[그림 342] 프리트레이 방식의 배 비파괴 당도 선별기 시제품 성능시험 성적서

○ 컵 방식 선별 시제품 성능 시험 결과

- 컵 방식의 배 비파괴 당도 선별기 시제품 성능시험

- 한국농업기술진흥원과 공동으로 성능시험을 진행함
- 시험일자 및 장소 : 2022.12.27., 강원도 춘천시 강원대학길 1, 강원대학교 바이오시스템공학과 공작실
- 당도 선별 측정 시스템
- ① 센서 모델명 및 제조사 : USB4000, Ocean Optics, 3개
- ② 광원 종류 및 최대출력 : 100W 텅스텐-할로겐 램프, 3개
- 크기인식시스템
- ① 카메라 모델명 및 제조사 : BlackflySGigE, FLIR, 1개
- ② 조명 종류 및 최대출력 : LED 광원, 7.2 W, 2개

- 정밀도 검증 방법

- 시료 : 후지 사과(영주 농가 구매) 50개, 당도 분포 (12.63 - 15.50) °Brix, 크기 분포 (73.72 - 83.07) mm
- 영상을 통한 사과 크기 측정 반복수 : 3회
- 영상을 통한 사과의 크기 측정 모델 : 카메라 FOV를 활용한 모델
- 크기 측정 성능 평가 : 사과의 실제 크기 대비 영상을 통한 크기의 오차(%)
- 스펙트럼 측정 반복수 : 3회



(3) 공동1: 한국농업기술진흥원

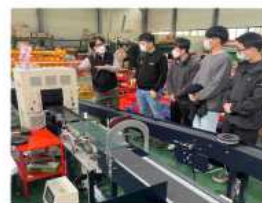
□ 자동조절장치를 적용한 선별시스템의 선별방식에 따른 평가 방법 및 시스템 개발

- 자동조절장치 선별기 통합 검정 방법 및 기준(안) 제정 및 검정 시스템 구축
- 기존선별기와 자동조절장치 적용 선별기와의 성능비교 평가시스템 구축
  - 선별 정확도 및 과일 압상(충격량)
- 신규 자동조절장치가 적용된 선별기에 대해 기존 APC에 설치된 선별기와 동일한 농산물선별기 검정방법을 통해 당도측정 정밀도를 평가함
- 1차 배, 2차 사과에 대한 총 2회 실험을 실시함.
  - 1차 실험(배)
    - 실험은 한국농업기술진흥원의 「농업기계 검정 및 안전관리 세부 실시요령」 별표4. 농업기계 검정방법 중 농산물선별기 검정방법으로 실시하였으며 시료는 배였음
    - 개발된 선별기는 센서부를 탈부착이 가능한 모듈형태로 개발된 것으로 본 실험에서는 프리트레이 이송라인에 설치하여 시험을 실시함
    - 실험은 시료 이송 없이 내부품질 측정부에 1개씩 수동 공급하여 당도를 측정함
    - 향후, 다른 종류의 이송장치에서도 이송하며 시험 실시 예정

**수탁과제 현장성능시험 및 업무협의 결과 보고**

일시 : 2022.10.24	보고자 : ICT신뢰성평가팀 안치국
<p><b>□ 개요</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과 제 명 : 측정 기술 고도화를 위한 자동조절장치가 적용된 선별 시스템 평가 방법 개발</li> <li>○ 일시 및 장소 : 2022.10.21., 광주광역시 ㈉한아연구소</li> <li>○ 참 석 자 : ㈉한아 연구소장, 강원대학교 모창연 교수 등 4명, 농진원 안치국 선임 등 2명</li> </ul> <p><b>□ 주요 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발 선별시스템의 당도측정센서 성능시험                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스펙트럼 데이터를 통한 당도선별 모델 평가</li> <li>- 당도 예측값 및 파괴 실측값 측정</li> </ul> </li> <li>○ 프리트레이 선별기 외 껍 및 캐리어 선별기에 적용 가능한 모듈 형태로 개발 필요                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 개발 상태에서 적용 가능 여부 검토</li> </ul> </li> </ul> <p><b>□ 향후 계획</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 프리트레이 외 껍 및 캐리어 방식 선별기 적용 여부 검토</li> <li>○ 당도측정정밀도 결과 분석 및 문제점 도출                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관련 성적서 작성</li> </ul> </li> <li>○ 당도측정밀도 결과를 통한 성능평가 방법 최종 반영                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 선별시스템과 비교 분석</li> </ul> </li> </ul>	
수신 : ICT신뢰성평가팀	

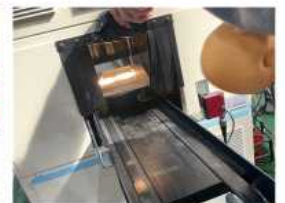
[붙임 1]관련 사진



<현장협의회>



<성능시험>



<성능시험>

<현장성능시험>

제 M-22-01165호

## 농업기계 성능시험 성적서

### 1. 신청인

- 가. 성명 : 장철성  
나. 사업자 등록번호 : 221-82-10213  
다. 주소 : 강원도 춘천시 강원대학길 1(효자동) 3동(효자동, 강원대학교 태백관)  
라. 상호 : 강원대학교산학협력단

### 2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 농산물비파괴측정기  
나. 형식명 : KNDS-001  
다. 형식 및 규격 : 투과식, -

3. 시험번호 : 22-KOATMP-708

4. 시험성적 : 불임

「한국농업기술진흥원 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2022년 12월 01일

한국농업기술진흥원장



## 시 험 성 적

- 1. 기 종 명 : 농산물비과괴측정기
- 2. 시험번호 : 22-KOATMP-708
- 3. 형 식 명 : KNDS-001
- 4. 형 식 : 투과식
- 5. 규 격 : -
- 6. 시험성적



### 6.1 구조

#### 6.1.1 기체의 크기

- 길이 : 800 mm
- 폭 : 800 mm
- 높이 : 1 400 mm

#### 6.1.2 당도 측정장치

- 센서 모델명 : USB4000
- 센서 제조사 : Ocean Optics
- 램프 종류 및 개수 : 할로겐램프
- 램프 최대출력 : 115 W

### 6.2 성능시험

#### 6.2.1 선별성능시험

시험조건

- 시험일자 및 장소 : `22.10.21., 광주광역시 광산구 진곡산단4번로 31-30 (주)한아 연구소
- 시료 : 배
- 시험시료수 및 반복수 : 100 개, 3 반복
- 당도분포 : (9.69 ~ 13.70) ° Brix

시험성적

· 당도

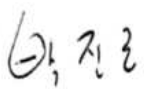
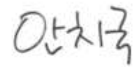

당도 측정 오차 SEP (Brix)			
반복1	반복2	반복3	평균
0.46	0.49	0.44	0.46

7. 시험 제품 개요

- 가. 본 기대는 농산물비파괴측정기로 「APC 용 과일(사과, 배)상자 자동공급장치 및 과일 품질측정 고도화를 위한 자동조절장치 개발」 과제에서 제작한 당도 측정 모듈로 시료투입은 내부품질 측정부에 1 개씩 수동 측정 방식임
- 나. 당도는 할로겐 램프를 시료에 조사하여 투과되는 VIS/NIR 스펙트럼에 의해 측정하는 방식임

8. 시험 결과

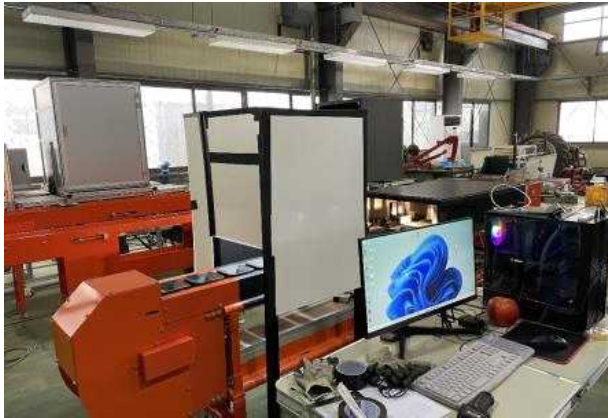
- 가. 본 시험은 한국농업기술진흥원 「분석검정 의뢰 및 처리규정」 제 5 조에 따라 실시한 성능시험성적으로 「농산물비파괴선별기검정방법」 중 성능시험방법에 따라 실시되었음
- 나. 시료(배)의 당도를 측정한 결과 당도측정오차는 0.46 °Brix 이었음

책임연구원 박진근		선임연구원 안치국		전임연구원 지건혁	
--------------	---	--------------	--	--------------	---

○ 2차 사과

- 실험은 1차 배와 같은 농산물선별기 검정방법을 이용하여 사과에 적용하였음
- 개발된 선별기는 컵방식 이송방식으로 3개/s 조건에서 실험을 실시함
- 1차 CCD 카메라를 이용한 크기 인식 후 크기별 설정된 당도 센서에서 데이터를 선택적으로 가져와 측정하는 방식임

[시험광경]





제 M-22-01775호

## 농업기계 성능시험 성적서

### 1. 신청인

- 가. 성명 : 장철성
- 나. 사업자 등록번호 : 221-82-10213
- 다. 주소 : 강원도 춘천시 강원대학길 1 3동 (효자동, 강원대학교 태백관)
- 라. 상호 : 강원대학교산학협력단

### 2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 농산물비파괴측정기
- 나. 형식명 : KNDS-002
- 다. 형식 및 규격 : 투과식(사과), -

3. 시험번호 : 22-KOATMP-890

4. 시험성적 : 붙임

「한국농업기술진흥원 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한  
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

※ 본 성적은 「APC용 과일(사과, 배)상자 자동공급장치 및 과일 품질측정 고도화를 위한 자동조절장치 개발」  
과제 제출에 한함.

2022년 12월 29일

한국농업기술진흥원장



## 시 험 성 적

- 1. 기 종 명 : 농산물비파괴측정기
- 2. 시험번호 : 22-KOATMP-890
- 3. 형 식 명 : KNDS-002
- 4. 형 식 : 투과식(사과)
- 5. 규 격 : -
- 6. 시험성적



### 6.1 구조

#### 6.1.1 기체의 크기

- 길이 : 3 200 mm
- 폭 : 600 mm
- 높이 : 1 400 mm

#### 6.1.2 당도 측정장치

- 센서 모델명 : USB4000
- 센서 제조사 : Ocean Optics
- 램프 종류 및 개수 : 할로겐램프
- 램프 최대출력 : 115 W
- 센서 개수 : 3 개(과일 크기별 측정)

#### 6.1.3 외관품질 측정장치

- 종류 : CCD카메라
- 해상도 : 2048 × 1536
- 모델명 : BlackflySGigE
- 제조사 : FLIR
- 프레임율 : 35 fps
- 조명장치 : LED광
- 조명개수 : 2 개
- 최대출력 : 7.2 W

## 6.1.4 이송장치

- 종류 및 크기 과일컵, (132 × 132) mm
- 피치간격 125 mm

## 6.2 성능시험

## 6.2.1 선별성능시험

## 시험조건

- 시험일자 및 장소 '22.12.27., 강원도 춘천시 강원대학길 1, 강원대학교 바이오시스템공학과
- 시료 사과
- 시험시료수 및 반복수 50 개, 3 반복
- 당도분포 (12.63 ~ 15.50) ° Brix
- 크기분포 (73.72 ~ 83.07) mm
- 선별능률 10800 개/h (3 개/s)
- 시험성적

## · 당도

당도 측정 오차 SEP ( ° Brix)			
반복1	반복2	반복3	평균
0.52	0.46	0.55	0.49

※ SEP : Standard Error of Prediction

## · 크기

크기 측정 오차 (%)			
반복1	반복2	반복3	평균
7.24	7.08	7.02	7.11

## 7. 시험 제품 개요

- 본 기대는 농산물비파괴측정기로 「APC 용 과일(사과, 배)상자 자동공급장치 및 과일 품질측정 고도화를 위한 자동조절장치 개발」 과제에서 제작한 당도 측정 모듈로 시료투입은 수동공급하여 이송하여 측정하는 방식임
- 당도는 할로젠 램프를 시료에 조사하여 투과되는 VIS/NIR 스펙트럼에 의해 측정하고 크기는 칼라 CCD 카메라에 의해 측정하는 방식임
- 당도는 크기 측정 후 크기별 설정된 3 개의 당도 센서에서 데이터를 선택적으로 가져와 측정하는 방식임

## 8. 시험 결과

- 가. 본 시험은 한국농업기술진흥원 「분석검정 의뢰 및 처리규정」 제 5 조에 따라 실시한 성능시험성적으로 「농산물비파괴선별기검정방법」 중 성능시험방법에 따라 실시되었음
- 나. 시료(사과)의 당도 및 크기를 측정된 결과 당도측정오차는 0.49 °Brix 이고, 크기측정오차는 7.11 %이었음

책임연구원 박진근	박진근	선임연구원 안치국	안치국	전임연구원 지건혁	지건혁
--------------	-----	--------------	-----	--------------	-----

### ○ 성능비교평가

- 기존 APC 농산물비파괴선별기를 대상으로 사과와 배를 기준으로 당도측정정밀도 데이터를 보면 모든 이송장치에서 평균 0.49 °Brix 오차를 보였으며, 신규 자동조절정치가 적용된 선별기의 경우 사과의 경우 0.49 °Brix , 배의 경우 0.46 °Brix 의 결과를 보였
- 배 실험의 경우 측정센서가 모듈 형태로 개발하여 이송이 없는 정지된 상태에서 측정된 값으로 비교가 어려움
- 향후, 선별부를 이동 설치가 가능한 모듈 형태로 개발하여 이송장치에 관계없이 설치가 가능한 형태로 추가 연구 필요
- 사과 실험의 경우 기존 APC 실험결과와 비슷한 양상을 보였으며, 실험결과로는 크게 상향되지 않았으나, 크기를 인식하여 선별할 수 있는 장점으로 다양한 종류의 과일을 선별이 가능하리라 사료됨

- 선별방식 별 특성을 고려한 자동조절장치 선별기 통합 검정 방법 및 기준(안) 제정 및 검정 시스템 구축
  - 전문가 협의회를 통해 과일선별기와 농산물비파괴선별기 등 기존 선별방식에 따른 구분 없이 시험 가능한 통합검정방법 개발 및 검정기준 확대(개정완료('23.1.5.,(정책활용)))
  - 총격력 측정 센서를 활용한 자동덤프장치 및 선별시스템에 대한 압상 검정방법 추가(개정중)

### 33 농산물선별기

#### 1. 적용범위

이 검정방법은 사과, 배, 감귤, 복숭아, 참외, 수박, 멜론 등의 과일 또는 과채류에 대한 당도와 산도 등의 내부 품질과 중량 또는 형상, 크기(지름), 색상 등의 외관 품질을 선별하는 농산물선별기(비파괴적 측정기 등) (이하 “공시기”라 한다)에 대하여 적용한다.

#### 2. 용어의 뜻

2-1. 전장비 : 시험을 하는데 필요한 모든 장비를 부착한 상태를 말한다.

2-2. 조당 선별능력(개/h)

공시기를 이용하여 시간당 처리할 수 있는 능력을 말한다.

2-3. 표준중량계

과일, 과채류 등의 중량을 측정하기 위한 기기로서 정밀 전자저울을 말한다.

2-4. 굴절당도계

광학식 굴절률을 이용하여 과일의 당도를 측정하는 기기로서 측정하고자 하는 시료의 과즙을 만들어 당도를 측정하는 기기이다. 측정기기는 “과실류 당도 측정기의 시험방법(KS B 5642)”에 적합한 것으로 한다.

2-5. 산도측정기

과일의 산 함량을 측정하기 위한 기기로서 전기전도도를 이용하거나 중화 적정법을 이용하여 과일의 산 함량을 측정하는 기기이다.

2-6. 검량식

농산물의 성분을 예측하기 위하여 근적외선 분광기 등으로 측정한 과일, 과채류 등의 분광특성과 화학 분석한 성분(당도, 산도)간의 관계를 구명하여 만들어진 모델식을 말하는 것으로서 검량식에 사용되는 모델로는 다중회귀, 주성분 분석회귀, 부분최소제곱회귀모델 등이 있다.

2-7. 실제 측정 당도

공시기로부터 예측된 시료의 실제 당도 값이 얼마인지를 알아보기 위하여 굴절당도계 등과 같은 화학성분 측정 장치를 이용하여 측정된 실제 당도를 말한다.

2-8. 실제 측정 산도

공시기로부터 예측된 시료의 실제 산도 값이 얼마인지를 알아보기 위하여 산도 측정기 등과 같은 화학성분 측정 장치를 이용하여 측정된 실제 산도를 말한다.

2-9. 측정정밀도

(1) 중량 측정정밀도

공시기로부터 측정된 시료의 중량과 표준중량계로 측정한 시료의 중량 차이를 말한다.

(2) 크기(지름) 측정정밀도

표준시료를 이용하여 기계 측정값과 실측값의 차이를 말한다.

(3) 당도 및 산도 측정정밀도

공시기의 당도 및 산도 측정 정밀도는 예측치의 표준오차(SEP, Standard Error of Prediction)로서 미지시료를 이용한 예측 값과 실제 값의 검증표준 오차를 말한다.

(4) 색상 측정정밀도

동일한 시험시료의 3 반복간 표준편차를 측정하여 평균한 값을 말한다.

2-10. 충격력(압상)

농산물이 투입부터 선별 배출까지 선별시스템을 통해 선별과정 중 발생하는 모든 충격을 말한다. \* 선별기의 압상정도를 수치화한 지표

2-11. 이송속도(m/h)

선별이송장치의 시료 이송속도를 말한다.

2-12. 선별 등급 및 단수(단)

공시기로 측정할 수 있는 선별등급 및 단수를 말하며, 선별범위에서 초과되거나 미만인 등의 품은 선별등급 및 단수에서 제외한다.

2-13. 선별범위 (g 또는  $\phi$ mm)

시험신청자가 규격 및 성능설명서에 제시한 선별단수별 선별범위를 말한다.

2-14. 측정범위

신청자가 각각의 측정항목에 대해서 규격 및 성능 설명서에 측정단위(당도: Brix 또는 mg/g, 산도: %, 중량: g 또는 kg, 크기(지름): mm, 색상: R,G,B값 또는 %)로 제시한 최대 및 최소 측정 가능한 범위를 말한다.

2-15. 선별정도(%)

공시기를 이용하여 투입한 시료를 정확하게 선별한 정도를 말한다.

2-16. 투입방식

선별하고자 하는 과채류(원물)를 공시기에 투입하는 방식을 말한다.

3. 시험항목

3-1. 구조조사

3-2. 성능시험

3-3. 조작의 난이도시험

3-4. 안전성시험

4. 시험조건

4-1. 공시기의 정비 및 준비운전

시험에 사용되는 공시기는 신제품으로 충분히 길들임 운전을 한 것으로 간주하며 시험 전에 정상상태로 조정 및 정비한 후 실시한다.

#### 4-2. 공시재료

- (1) 공시재료는 전자식(데이터 저장이 가능한) 경우 과일(사과, 배, 감귤, 복숭아, 참외, 수박, 멜론 등), 과채류 등에서 신청자가 선별품목으로 제시한 품목 모두에 대해서 흠집이 없거나 변질되지 않은 시료를 시험하는 것으로 한다. 단 기계식의 경우에 선별단수 및 선별범위를 측정할 수 있는 것으로 한다.
- (2) 감귤 크기 측정용 시료는 감귤 1번과에서 9번과의 평균지름(제주특별자치도 감귤생산 유통에 관한 조례)과 같은 크기로 제작된 표준구를 사용하고, 표준구는 테프론 재질로 사용하며, 색상은 KS A0011에 규정된 탱거린 오렌지색을 기준으로 표준시료를 제작하여 이용한다.

#### 4-3. 시험계기

시험장비 및 계측기는 시험 전에 교정하여 둔다.

### 5. 구조조사 및 성능시험

#### 5-1. 구조조사

##### 5-1-1. 조사목적

이 조사는 공시기의 구조, 주요치수, 안전장치 등 시험에 필요한 주요제원을 조사하는 것을 목적으로 한다.

##### 5-1-2. 측정 및 조사항목

- (1) 형식
- (2) 기체의 크기
- (3) 당·산도 측정장치(전자식에 한함)
- (4) 색상 측정장치
- (5) 충격력
- (5) 이송장치
- (6) 기타 필요한 부위

##### 5-1-3. 측정 및 조사방법

상기 조사항목에 대한 세부적인 측정 및 조사항목과 방법은 요령 별표6의 농업기계 구조조사 방법에 의한다.

##### 5-1-4. 사용계측기

저울, 끝은자, 버니어캘리퍼스(분해능 : 1/20mm 이상), 회전속도계 등

#### 5-2. 성능시험

##### 5-2-1. 선별성능시험(전자식에 한함)

##### 5-2-1-1. 시험목적

이 시험은 공시기의 선별능률, 측정정밀도 등 성능을 확인하는 것을 목적으로 한다.

#### 5-2-1-4. 측정 및 시험방법

##### (1) 조당 선별능률(개/h 또는 kg/h)

(가) 전자식(데이터저장이 가능한) 경우

$$TE = \frac{S}{P} \times 3600$$

여기서,  $TE$  : 조당 선별능률(개/h)

$S$  : 이송속도(m/s)

$P$  : 이송장치(버킷, 트레이, 캐리어 등)의 피치(m)

※ 신청자가 규격 및 성능설명서에 제시한 이론 선별능률을 말한다.

(나) 기계식(데이터저장이 불가능한) 경우

공시재료를 선별한 후 다음 식에 의하여 산출한 후 3반복의 평균으로 한다.

$$Q = \frac{M}{T} \times 100$$

여기서,  $Q$  : 선별능률(개/h 또는 kg/h)

$M$  : 공시재료(100개)의 개수 또는 중량(개 또는 kg)

$T$  : 선별시간(분)

##### (2) 측정 정밀도(데이터저장이 가능한 경우에 한함)

(가) 중량 측정정밀도

공시기로부터 측정된 시료의 중량과 표준중량계로 측정된 시료의 중량 차이를 말하는 것으로서, 다음 식으로 산출한다.

$$E_W = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{W_R - W_M}{W_R} \right)^2}{n}} \times 100 (\%)$$

여기서,  $E_W$  : 중량오차(%)

$W_R$  : 표준중량계로 측정된 중량

$W_M$  : 공시기로부터 측정된 중량

$n$  : 시료의 개수

(나) 크기(지름) 측정오차(감괄에 한함)

- ① 시험시료의 투입은 실제선별시의 투입방식과 동일하게 한다.
- ② 공시기로부터 측정된 시험시료의 크기(지름)와 실측 크기(지름)과의 차이를 말한다.
- ③ 시험시료는 감괄 1번과에서 9번과의 평균 지름과 같은 크기의 테프론



재질의 표준구로 하며, 색상은 KS A 0011에 규정된 탕거린 오렌지색을 기준으로 표준 시료를 제작하여 이용한다.

- ④ 표준 시험시료의 지름은 감귤 1번과에서 9번과의 평균 지름으로 제작하여 이용한다. 크기별 지름은 1번과 49 mm, 2번과 53 mm, 3번과 55 mm, 4번과 57 mm, 5번과 59 mm, 6번과 61 mm, 7번과 64 mm, 8번과 68 mm, 9번과 74 mm인 것으로 한다.
- ⑤ 크기(지름) 측정오차는 다음 식으로 계산한다.

$$E_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{D_R - D_M}{D_R} \right)^2}{n}} \times 100 (\%)$$

여기서,  $E_D$  : 크기(지름)오차(%)

$D_R$  : 실제 표준시료의 크기(지름)

$D_M$  : 공시기로부터 측정된 크기(지름)

$n$  : 시료의 개수

#### (다) 당도 및 산도측정 정밀도

- ① 공시기로 투입된 시험시료 각각에 대하여 예측된 값( $\hat{y}$ )을 기록한다.
- ② 공시기로부터 당·산도가 측정된 시험시료는 실측값( $y$ )을 얻기 위해 파괴하여 즙을 낸 후 굴절당도계 및 산도측정기에 의해 당·산도를 측정한다.
- ③ 반사식과 투과식 농산물비파괴선별기의 기준당도 측정은 동일한 방법을 적용하며, 과실 전체를 착즙하여 측정된 값 또는 과실을 세로로 4등분하여 착색이 잘된 부분과 불량한 부분의 가식부를 각각 착즙하여 측정된 평균값을 1과의 당도로 한다.(농산물표준규격의 당도측정방법에 따름).
- ④ 산도측정을 위한 착즙방법은 당도 시와 같은 방법으로 착즙하여 산도측정기 또는 중화적정법을 이용하여 실제 산도를 측정한다.
- ⑤ 공시기에서 측정된 당·산도 예측값( $\hat{y}$ )과 동일 시료를 파괴하여 측정된 실측값( $y$ )을 이용하여 다음의 식으로 정밀도를 산출한다.

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(y_i - \hat{y}_i) - Bias]^2}{n-1}}$$

여기서, SEP : 예측 표준오차 (당도: Brix, 산도: %)

$y$  : 공시기에서 예측한 값 (당도: Brix, 산도: %)

$\hat{u}_i$  : 기준당도 또는 기준산도 (당도: Brix, 산도: %)

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{u}_i)}{n}$$

$n$  : 시험시료의 수

(라) 색상측정 오차

- ① 시험시료의 투입은 실제 선별시의 투입방식과 동일하게 한다.
- ② 동일한 시험시료의 3 반복간 표준편차를 측정하여 평균한 값을 말하며, 다음 식으로 산출한다.

$$E_c = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}$$

여기서,  $E_c$  : 색상오차

$S_i$  : 반복간 표준편차

$n$  : 시험시료의 개수

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2}{m}} \quad : \text{반복 간 표준편차}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_j \quad : \text{반복 간 평균}$$

$x_j$  : 각 시험시료의 측정값

$m$  : 각 시험시료의 반복 수

(3) 충격력(N)

- ① 투입부터 배출까지의 선별과정에서 발생한 충격력을 말하며, 측정 센서에서 충격력(N)값을 측정한다.
- ② 같은 과정을 3반복하여 측정된 최대값을 확인한다.
- ③ 측정된 충격력 중 발생한 충격력의 횟수와 그때의 충격력 값을 확인한다.

(4) 선별정도(%)

- ① 시험시료의 투입은 실제 선별시의 투입방식과 동일하게 한다.
- ② 전자식(데이터저장이 가능한)의 경우는 동일한 시험시료의 선별기에 의해 측정된 인자(당도, 중량 등)를 3 반복 평균한 값을 기준으로 1회 선별하고 기계식(데이터 저장이 불가능한) 경우는 선별능률 시험 후 선별단수별로 선별함에 선별된 과일 또는 과채류의 중량 또는 크기 등을 측정하여 다음 식으로 산출한다.

$$E = (1 - \frac{MC}{N}) \times 100$$

여기서, E : 선별정도(%)

MC : 선별범위를 초과하거나 미달하여 선별된 시료의 개수(개)

N : 투입한 시료의 개수(100개)

(4) 이송속도

시험시료의 선별 이송속도를 3회 측정하여 평균값을 산출한다.

5-2-1-5. 시험장비 및 사용계측기

초시계, 표준중량계(감도 : 0.1g 이상), 굴절당도계(KS B 5642 기준에 적합한 기기 사용), 산도측정기(측정오차 : ±0.05 % 이내), 버니어캘리퍼스 등

5-3. 조작의 난이도시험

5-3-1. 시험목적

이 시험은 공시기의 조작·취급의 난이도를 확인하는데 목적이 있다.

5-3-2. 시험조건

- (1) 공시기는 전 장비 상태에서 시험한다.
- (2) 시험시료는 선별 성능시험에서 사용한 시험시료를 사용한다.

5-3-3. 시험항목

- (1) 제어 패널의 조작 난이
- (2) 선별 프로그램의 조작 난이
- (3) 선별모드(중량 및 당도선별) 변경의 용이성
- (4) 등급 배출 변경을 위한 조작의 용이성
- (5) 안전성, 정비점검의 용이성
- (6) 기타 시험이 필요하다고 인정되는 부위의 조작 난이
- (7) 선별 결과 데이터의 호환(엑셀) 기능
- (8) 선별검출장치의 조작난이(기계식의 경우)

5-3-4. 시험방법

사용설명서에 의거 시험자가 직접 조작의 난이도시험을 하면서 조사한다.

5-4. 안전성시험

5-4-1. 시험목적

이 시험은 위협의 우려가 있는 부위의 안전장치, 안전방호장치 및 안전표시를 확인하는 데 목적이 있다.

#### 5-4-2. 시험조건

공시기의 성능, 조작의 난이도 시험 등을 완료한 후 안전장치 등을 조사한다.

#### 5-4-3. 조사항목

규칙 별표 13 안전장치의 구조 및 성능기준에 따른다.

#### 5-4-4. 조사방법

- (1) 사용자에게 위협을 끼칠 우려가 있는 부위에 안전장치 또는 안전방호장치 부착여부를 확인한다. 다만, 구조상 부착이 어려운 경우에는 안전표시(위험, 경고, 주의)부착 여부 및 안전표시 내용의 적합성을 조사한다.
  - ① 위험 : 사망 또는 중상을 입게 될 절박한 위험상태
  - ② 경고 : 사망 또는 중상을 입게 될 잠재적인 위험상태
  - ③ 주의 : 경상을 입게 될 잠재적인 위험상태
- (2) 안전방호장치를 사용자가 임의로 제거했을 때 예상되는 피해내용의 부착 여부를 조사한다. 다만, 부착이 어려울 때는 사용설명서에 게재되었는지의 여부를 확인한다.
- (3) 사용상 주의를 요하는 안전표시 부착여부를 조사한다. 다만, 부착이 어려울 때는 사용설명서에 게재여부를 확인한다.
- (4) 기타 안전을 위하여 필요하다고 인정되는 부위에 대한 안전장치 등을 조사한다.

[개정 전문]

## 농업기계 검정기준

제정 2019.12.3. 농림축산식품부 고시 제2019-72호  
일부개정 2023.1.5. 농림축산식품부 고시 제2023-01호

**제1조(목적)** 이 고시는 「농업기계화 촉진법 시행규칙」 제4조제3항에 따라 위임된 농업기계의 검정기준을 규정함을 목적으로 한다.

**제2조(정의)** 이 고시에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "구조기준"이란 농업기계의 형식에 대한 제원, 부품 등의 구조적 구비 요건에 관한 기준을 말한다.
2. "안전기준"이란 농업기계 사용자 등의 안전성 확보를 위하여 물리적 또는 기술적으로 규정한 안전사항에 관한 기준을 말한다.
3. "성능기준"이란 농업기계의 작업능력, 효율, 출력 등에 대한 기술적 요건에 관한 기준을 말한다.
4. "조작의 난이도 기준"이란 농업기계의 취급 및 조작 용이성 확보를 위하여 규정한 물리적 또는 기술적 요건에 관한 기준을 말한다.

**제3조(적용범위)** 이 고시는 「농업기계화 촉진법」 제9조 및 같은 법 시행규칙 제3조의2제1항에 따라 검정을 받아야 하는 별표 4의 농업기계에 대하여 적용한다.

**제4조(검정기준 등)** 농업기계의 검정기준은 별표 1과 같으며, 안전기준은 별표 1의 농업기계별 안전기준과 별표 2의 공통안전기준을 적용한다.

**제5조(규제의 재검토)** 농림축산식품부장관은 별표 1의 자율주행 농업용트랙터, 자율주행 이앙기, 자율주행 콤바인의 자율주행 경로 오차(70mm) 기준에 대하여 2024년 7월 1일을 기준으로 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

[별표 1]

농업기계 검정기준(제4조 관련)

43. 농산물선별기(비파괴식)

가. 구조기준

- 1) 선별된 과일 또는 과채류를 선별대로 이송시키기 위한 안내대 등은 선별대상 농산물이 손상을 입지 않도록 되어 있는 구조일 것
- 2) 당·산도 측정센서, 광원, 전하결합소자(CCD) 카메라 및 수광부 등은 견고하게 부착되어 있어야 하며, 수광부는 청소가 가능한 위치에 설치되어있을 것
- 3) 이송장치는 선별하는 과일 또는 과채류에 의해 파손되지 않고 안정적으로 이송할 수 있는 재질이어야 하며, 변형, 마모 및 파손이 없을 것
- 4) 광원 및 이송장치는 교체가 가능한 구조일 것

나. 안전기준

- 1) 누전에 따른 감전의 우려가 없어야 하고 접지장치가 있을 것
- 2) 유사 시 작동을 정지시킬 수 있는 비상정지 스위치가 있을 것
- 3) 1)에서 2)이외의 안전사항은 별표 2 공통안전기준을 만족할 것

다. 성능기준

1) 당도측정정밀도

가) 예측 당도값과 실측 당도값에 대한 오차(SEP, standard error of prediction)는 사과, 배, 복숭아, 참외, 감귤, 자두, 만감류 등은 0.5cg/g(brix)이내이고 딸기, 포도는 0.7cg/g(brix), 수박은 1.0cg/g(brix), 멜론, 참외는 1.5cg/g(brix)이내일 것

나) <삭 제>

2) 산도측정정밀도

가) 예측 산도값과 실측 산도값에 대한 오차(SEP, standard error of prediction)가 0.2% 이내 일 것

나) <삭 제>

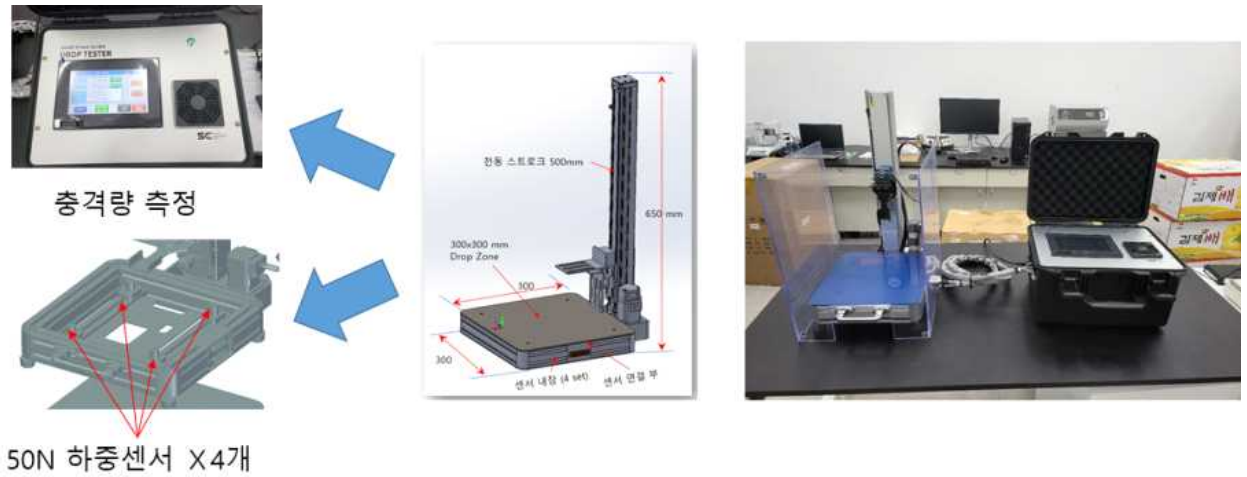
3) 중량측정오차 : 시료의 중량 평균(분포)에 따라 아래의 기준을 만족할 것

평균(g)	150 미만	150이상~250미만	250이상~350미만	350이상~700미만	700이상
기준(%)	2	1.5	1.0	0.7	0.5

○ 과일 압상에 대한 특징 분석을 위한 Drop Tester 및 기존 충격력 측정센서 보완을 통한 충격력(압상) 측정 시스템 구축

- 과일 압상에 대한 특징 분석을 위한 계측 시스템 구축(Drop Tester)

- 선별 시 발생할 수 있는 낙차에 의한 충격력(압상)과 이 충격력이 과일에 미치는 영향을 알아보기 위해 Drop tester를 구축함.
- 핸드폰의 낙하에 의한 충격력 실험을 모티브로 제작



<충격력측정시험기>

- 최대 측정 가능한 농산물 무게는 1kg이며, 최대 낙하높이는 50cm 임
- 충격 센서 위 충격판은 알루미늄 재질로 본 실험에서는 고려 대상이 아님
- APC 등 선별장에서 최대 낙폭은 평균 20cm 내외임
- 충격력과 관련된 중량, 경도 등 시료(사과와 배)의 물성 측정
- 측정물성 : 지름, 중량, 경도(독일, HPE III FFF)



<중량, 로드셀>



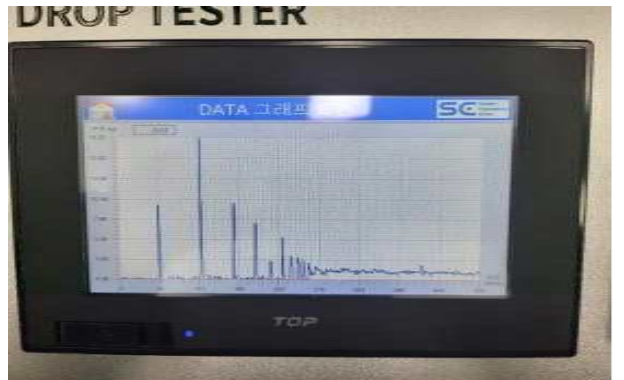
<지름, 버니어캘리퍼스>



<경도, 디지털경도계>

- 과일 충격력 시험 실시

- 시험은 과실에 중량과 크기, 경도와 낙하 높이에 따른 과일의 압상정도를 분석하기 위한 시험임
- 시료는 시중에 공판장에서 판매하는 사과(부사), 배(신고)를 이용하였으며, 낙하 높이 20cm, 30 cm 2그룹 내 다시 각각 크기별 3그룹으로 그룹핑하여 10개씩 10반복 실시함
- 총 10개씩 6개 그룹을 대상으로 물성을 확인 후 Drop tester를 통해 20cm, 30 cm 낙하순간 최대 충격력을 측정함
- 그 후 충격이 가해진 부위를 일자별 변화를 확인함(내부 품질변화(명) 확인)



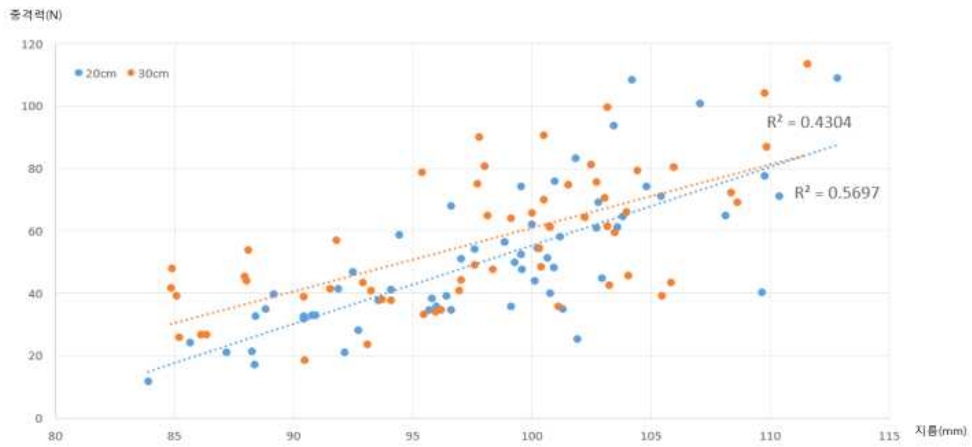




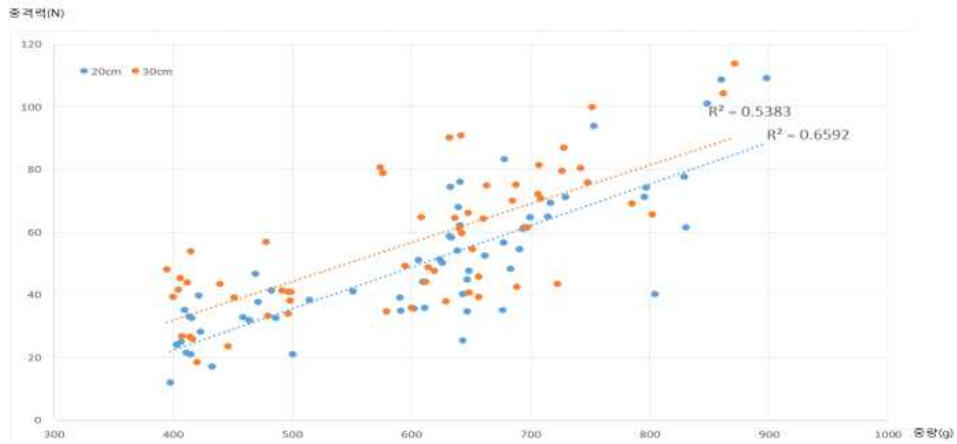
· 과일 충격력 시험 결과

종류	낙하 높이	크기(mm)			중량(g)			경도(스케일)			충격력(N)		
		1그룹	2그룹	3그룹	1그룹	2그룹	3그룹	1그룹	2그룹	3그룹	1그룹	2그룹	3그룹
배	20cm	86.8	97.4	107.1	411.5	625.0	814.3	75.6	77.6	76.2	27.3	49.7	69.0
	30cm	86.7	98.2	102.0	409.0	613.1	769.1	76.6	78.7	78.8	37.0	59.1	79.1
사과	20cm	77.1	85.6	92.3	198.7	280.8	414.4	96.6	96.2	95.4	11.8	20.3	29.9
	30cm	77.4	81.9	92.9	204.0	279.1	409.4	95.8	95.9	95.7	18.2	26.4	46.6

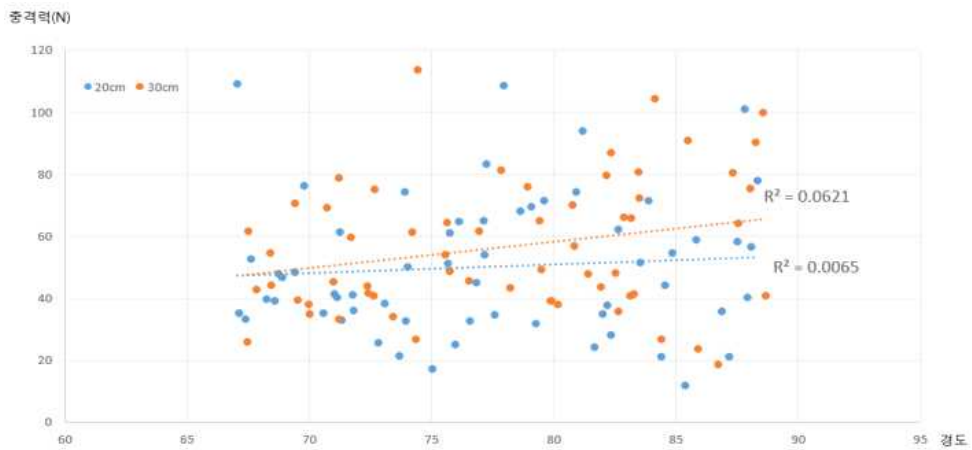
\* 배 충격력 결과



<크기-충격력>

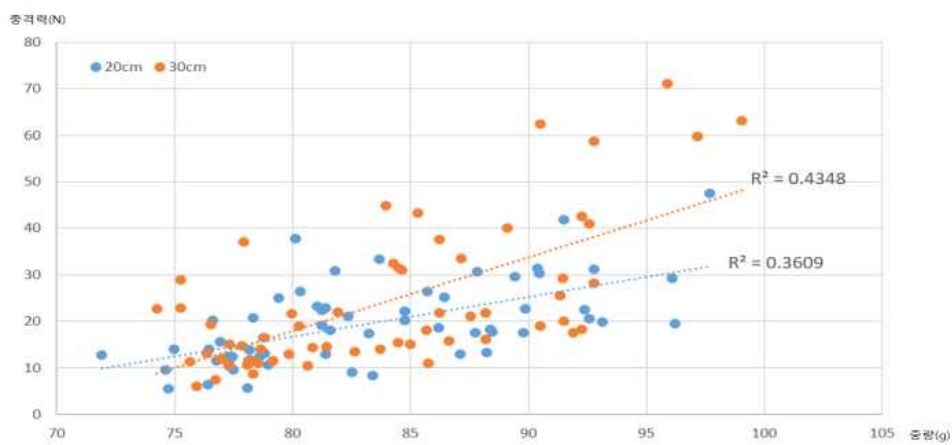


<중량-충격력>

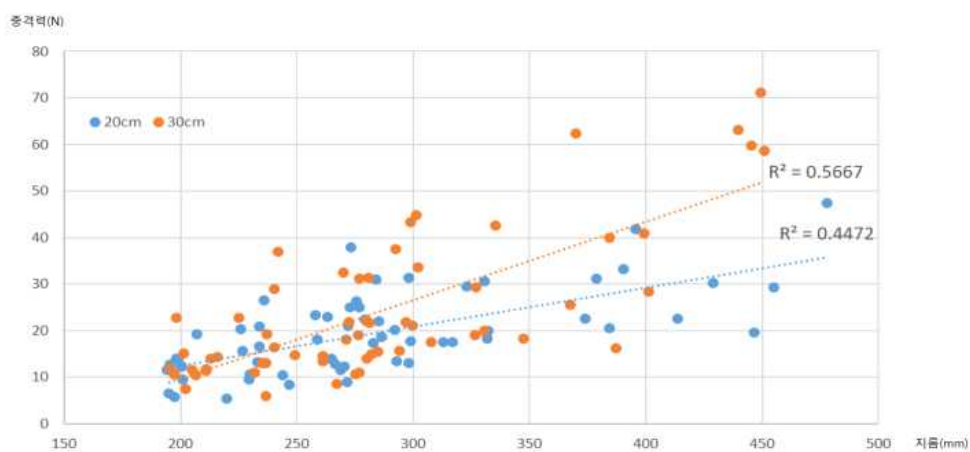


<경도-충격력>

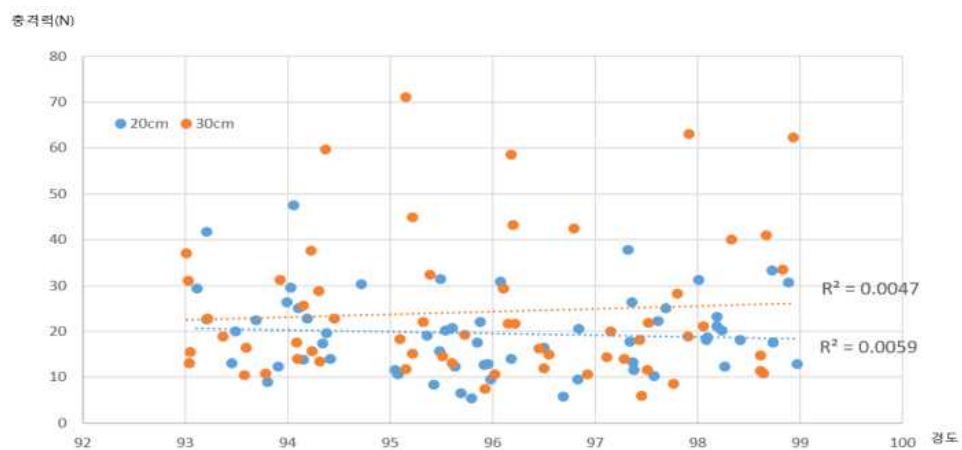
- 사과 충격력 결과



<크기-충격력>

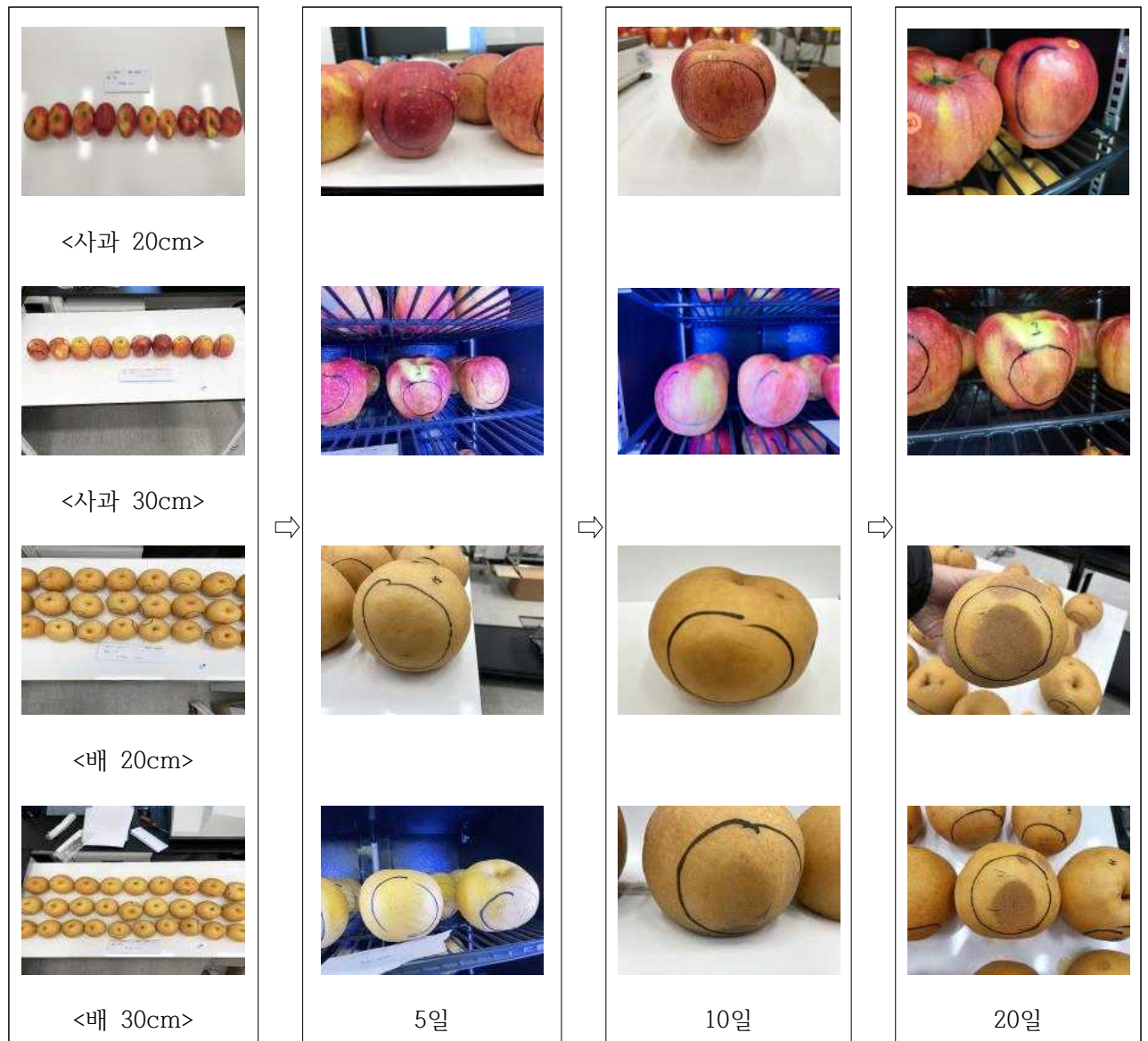


<중량-충격력>



<경도-충격력>

- 충격력은 과일의 중량과 크기, 낙하높이에 영향을 받는 것으로 확인됨
- 경도는 본 연구에서 순간 최대 충격력과는 관련성이 없으나, 충격 후 과일 자체의 손상정도와 관련 있을 것 이라 사료됨
- 충격량 : 물체에 힘을 작용하여 운동 상태를 바꿀 때 가한 충격의 정도로 비교적 짧은 시간동안 물체의 운동의 변화량임
- 본 시험에서는 충격량이 아닌 순간 최대 충격력(N) 측정을 통해 과일의 손상에 따른 품질변화를 확인함



- 배의 경우 일부 5일부터 충격 부위의 멍이 발견되었으며, 10일 후 확연히 품질이 저하됨
- 높이에 따라 1~2일 정도 차이는 보이나 거의 유사함
- 사과와 배의 경우는 10일 경과 후 일부 멍이 발견되었으나, 대부분의 시료는 외관상으로 확인불가 하나 표면 접촉 시 내부 품질이 저하됨을 확인 가능함
- 위 실험을 통해 선별 시 발생하는 압상이 유통과정을 거쳐 외부 품질이 저하됨을 확인 할 수 있음
- 실제 선별기에서 발생하는 충격력 측정을 통해 선별기의 압상에 대한 객관적 성능평가가가능하리라 사료됨
- 향후, 실제 전국 APC내 선별기에 대한 현장시험을 진행하여 데이터화 할 예정임

- 충격력(압상) 측정 시스템

- 본 연구에서 개발된 자동덤프장치에 대한 압상에 대한 성능 평가를 위해 기존 충격력 측정센서를 보완하여 실험을 실시함
- 기존 충격 범위를 접점이 아닌 3축 센서를 활용해서 광범위하게 넓힘



- 자동덤프장치 충격력 시험

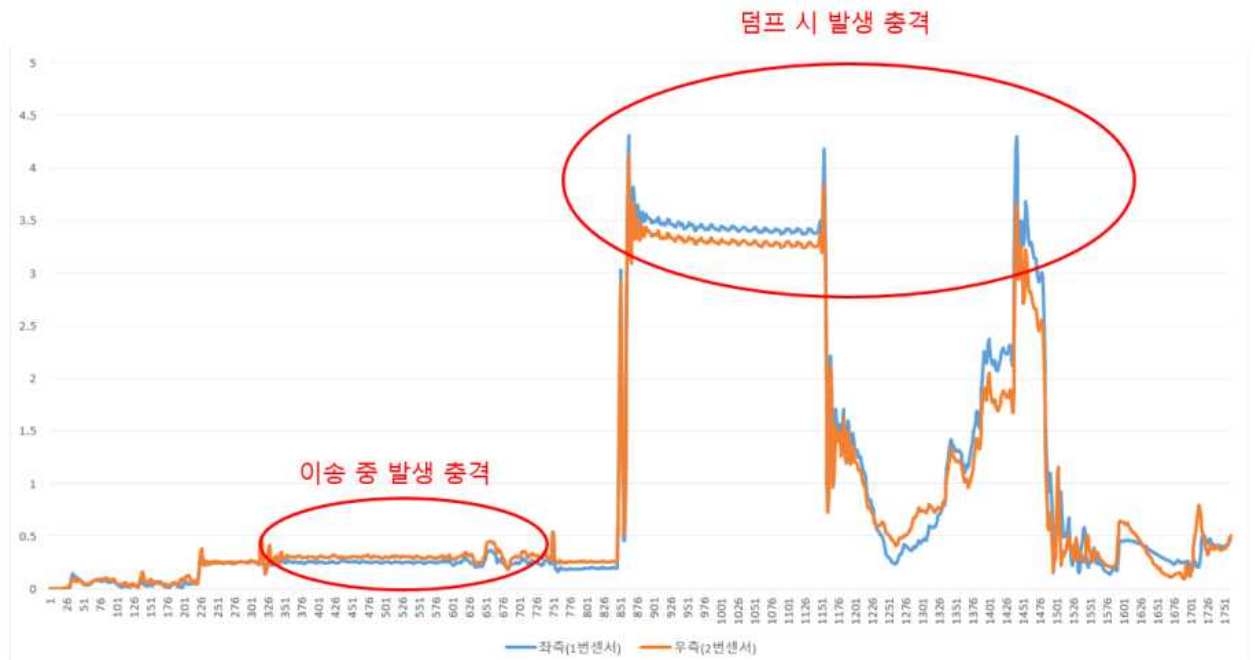
- 시험은 기존 선별장에서와 같은 조건으로 박스 내 실제 사과와 충격력 측정 센서를 같이 혼합하여 자동 이송 후 자동덤프하여 충격력을 측정함
- 이송부터 덤프까지 대략 25초 소요
- 총 20회 반복시험 후 평균값을 이용 자동 덤프공정의 충격력에 대한 분석을 실시함



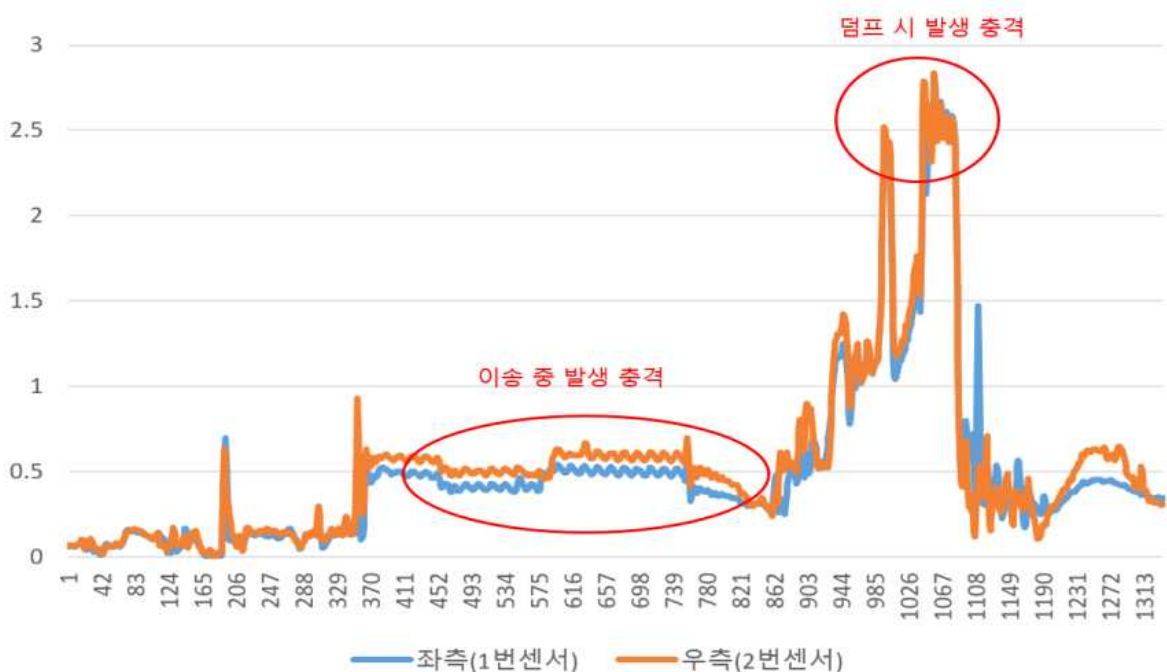
<시험광경>

- 자동덤프장치 충격력 시험결과

- 최대 충격력은 4.6N으로 나타남
- 덤프의 경우 사과와 사과와의 충돌로 인한 충격과 덤프 시 낙상에 의한 충격으로 구분 됨
- 뿐만아니라, 사과의 위치에 따라 충격력이 상이하게 나타남
- 사과(센서)가 맨 위에 위치할 경우



- 사과(센서)가 중간에 위치할 경우



- 본 시험결과 맨 위에 있는 사과가 중간에 있는 사과보다 더 큰 충격을 받는 것으로 나타남
  - 덤프 시 처음으로 낙상되는 위치에 있어 낙상에 의한 충격과 사과간의 충격도 크게 받는 것으로 나타남
  - 중간에 있는 사과의 경우 박스 이동시 사과간의 충격이 있으나 덤프 시에는 맨 위에 있는 사과에 비해 충격을 덜 받은 것으로 나타남.(최대충격력 2.83N)
  - 이를 통해, 덤프 시 덤프 지지대의 열림 속도 및 각도, 완충제 사용 등 설계에 활용 가치가 있음
- 향후, 충격력 측정 시스템을 이용한 전국에 설치된 과실별, 종류별 선별시스템의 데이터 수집 및 분석을 통해 과일 압상을 줄일 수 있는 선별기 개발에 활용 가능함



### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

(주관기관: ㈜한아)

---

- 중소형 APC 전용 과일 컨테이너 자동 공급장치 및 자동 덤프 장치 개선 완료
  - 기존 대형 APC 전용 자동 공급 장치 대비 중소형 APCdp 설치 가능하도록 소형화
    - 처리 능력(속도) 150box/h 이상 (대형 디팔렛타이저 : 최대 300box/h)
    - 설치 면적 : 기존 (3×5m)에서 2.5×4m로 33% 저감
  - 원물 이송간 압상을 저감할 수 있는 덤프 장치 고안
- 개선품 설계, 모델링 및 유한 요소 해석을 통한 최적화 완료
  - 소재, 롤러, 체인, 컨베이어 로드 분산 및 보강 설계 검증
    - 압상 저감을 위한 내부 체적 및 소재 검토
    - CATIA를 이용한 3D 모델링, 유한 요소 해석 (Finite Element Analysis) 및 Kinematics simulation
    - 구동 시뮬레이션을 위한 동역학 해석
  - 외부 전문가 활용 : Dewetron, Hypermesh Optistruct, Altair Inspire 적용으로 디팔렛타이저에서 컨테이너 박스 이동 시 진동에 의한 구조 강도 분석 등 시험 및 해석
  - 덤프 장치 연결 선별기 시제품 제작
    - 원물 중량 측정 시스템 검토
    - 당도 측정을 위한 컨베어 시스템 적용 검토
  - 설비 구성 요소 설계의 최적화
    - 원칙 : 측정 원물(사과, 백)의 중량, 처리 속도, 설치 면적에 맞는 사양
    - 자동 공급 장치 및 덤프기가 처리해야 하는 부하를 계산한 정격 용량의 모터

##### (공동1: 강원대학교 산학협력단)

- 자동조절장치 적용한 과일 내부품질측정시스템 시제품 개발 완료
    - 선별방식별 자동조절장치 적용 내부품질측정 알고리즘 개발
      - 이송 선별 방식 : 컵방식, 프리트레이 방식, 롤러형 캐리어 방식
      - 각 방식별 내부품질 측정 알고리즘 개발
-

- 대상 과일 : 사과 또는 배
- 내부품질항목 : 당도, 내부이상(갈변) 등
- 사과 대상으로 구명된 최적 조건을 사과와 배에 적용

각 선별방식별 자동조절장치 적용 내부품질측정시스템 시제품 성능시험

각 선별방식별 자동조절장치 적용 내부품질측정시스템 보완

(공동2: 한국농업기술진흥원)

자동조절장치를 적용한 선별시스템의 선별방식에 따른 평가 방법 및 시스템 개발

○ 자동조절장치 선별기 통합 검정 방법 및 기준(안) 제정 및 검정 시스템 구축

○ 기존선별기와 자동조절장치 적용 선별기와의 성능비교 평가시스템 구축

- 선별 정확도 및 과일 압상(충격량)

(2) 정량적 연구개발성과

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 백만원)

성과지표명	연도		1단계 (2020~2022)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	SCIE 게재	목표(단계별)	1	1	10
		실적(누적)	1	1	
	특허출원	목표(단계별)	3	3	15
		실적(누적)	4	4	
	특허등록	목표(단계별)	1	1	15
		실적(누적)	2	2	
	학술대회 발표	목표(단계별)	8	8	5
		실적(누적)	10	10	
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	기술실시(이전)	목표(단계별)			5
		실적(누적)			
	기술료	목표(단계별)	20.5	20.5	10
		실적(누적)	12,404	12,404	
	제품화	목표(단계별)	2	2	15
		실적(누적)	2	2	
	매출액	목표(단계별)	840	840	15
		실적(누적)	983	983	
	고용창출	목표(단계별)	2	2	10
		실적(누적)	2	2	
계					100

\* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서 원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신물질 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

\* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용 효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다  
(연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Performance Comparison of Tungsten-Halogen Light and Phosphor-Converted NIR LED in Soluble Solid Content Estimation of Apple	sensors	Hoyoung Lee	23, 1961	swiss	MDPI	SCIE	2023.02.09	1424-8220	100%

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	SPIE. Defense+Commercial sensing 2021	모창연	2021.04.12	Online	미국
2	한국산업식품공학회 추계 학술대회 2021	천승우	2021.10.14.~15	강릉 리카이샌드파인리조트	대한민국
3	한국농업기계학회 추계 공동학술대회 2022	송두진	2021.10.29	소노벨 제주	대한민국
4	한국농업기계학회 춘계 공동학술대회 2022	송두진	2022.04.29	국립농업과학원	대한민국
5	한국농업기계학회 추계 공동학술대회 2022	이호영	2022.11.02.~04	대구 EXCO	대한민국
6	The 8 <sup>th</sup> Asian NIR Symposium 2022	이호영	2022.11.28.~30	Online	대한민국
7	The 8 <sup>th</sup> Asian NIR Symposium 2022	송두진	2022.11.28.~30	Online	대한민국

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
2020	연차보고서(1단계)	20.12	
2021	연차보고서(1단계)	21.12	
2022	최종보고서(1단계)	22.02	

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	특허 (과일 품질 측정 장치 및 이를 이용하는 과일 품질 측정 방법)	한국	강원대학교 산학협력단	2022.12	10-2022-0188143	-	-	-	-	100%	활용
2	물류스터 장치	한국	(주)한아	2021.04	10-2021-0053407	-	(주)한아	2021.11	10-2323158	100%	활용
3	물품 분류 시스템 및 물품 분류 방법	한국	(주)한아	2021.04	10-2021-0053426	-	(주)한아	2021.11	10-2328162	100%	활용
4	과일트레이	한국	(주)한아	2022.07	10-2022-0082689	-	-	-	-	100%	활용

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√	√							√	

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증여부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자

\* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 <sup>1)</sup>	표준명	표준기구명 <sup>2)</sup>	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 <sup>3)</sup>	제안자	표준화 번호	제안일자

\* 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 국제표준(S), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	과일 선별기 자동 투입기	2021. 11.	(주)한아	(주)한아 제2공장	원물 컨테이너 이송 분류	-	-	-
2	디팔렛타이저	2022.10	(주)한아	(주)한아 제2공장	원물 컨테이너 이송 분류			
3	자동덤프기	2022.10	(주)한아	(주)한아 제2공장	원물 컨테이너 이송 분류			

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

\* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	신제품 개발	국외	Free Tray Sorter	당도·중량 자동 선별	* <sup>1)</sup> Super plum	-	68,351	2021	10년
2	자기 실시	시제품 개발	국내	농산물 비파괴선별	당도·중량 자동 선별	* <sup>3)</sup> 금천농 협	109,091	-	2021	10년

\*<sup>1)</sup> 인도 수출 신고액 : Superplum\_Freshcore Provisions\_US\$341,755 중 20% 자동 투입 장치부 US\$68,351

\*<sup>2)</sup> 금천농협(나주) 매출액 ₩1,003,636,363 중 20% 자동 투입 장치부 200,727,273

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
슈소터 자동화 시스템 구축	2021	539,000		539,000	제품판매가
디팔렛/파렛 타이저 및 오토 덤프	2022	444,400		444,400	제품판매가
합계		983,400		983,400	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		사업화 완료			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1			
	소요예산(천원)	1,000,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		385,164	4,500,000	7,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
국내			5	15	30
국외			-	2	3
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		APC용 과일 선별 시스템, 중·소형 농가 보급형 과일 선별 시스템, 과일 특성에 맞는 선별 시스템, 택배 물류 분류 시스템			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		-	-	-	
수출		75,345	1,000,000	2,000,000	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	디팔렛타이저	한아에스에스	3	0	3
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력		
		생산인력		
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	신정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	농업기계 검정기준	농림축산식품부 첨단기자재종자과	2023	- 전체 농산물선별기 검정방법 통합 및 과일 종류별 검정기준 강화(개정완료) - 과실 총격량 측정(압상) 방법을 포함한 검정방법(안)은 개정 건의 중

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황														
			학위별				성별		지역별								
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타				

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	중앙전문지	파이낸셜 뉴스	[로컬 포커스 강소기업 CEO를 만나다]	2020-08-12
2	중앙전문지	물류신문지	한아에스에스, 택배분류 대란 우려 '우리'가 해결할 터	2022-06-04
3	중앙전문지	물류신문지	[미니 인터뷰] 이재호 한아에스에스 물류사업부문 전무	2022-06-04
4	중앙전문지	농수축산신문	[Issue+] 대한민국국제농업기계자재 박람회'KIEMSTA 2022' 성료	2022-11-08

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/연구장비명	규격(모델명)	개발여부(○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자(YY.MM.DD)	구축비용(천원)	비고(설치 장소)

\* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과]

- 전시회 참가
  - 전시회명: 2022년 대한민국국제농기계자재박람회(KIEMSTA)
  - 참가일: 2022-11-02~05
  - 전시품목: 과수 선별기, SS기, 광역살포기, 멀티고소 방제기 등

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항



## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지식 재산권 3건                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 출원 2건, 등록 1건</li> </ul> </li> <li>○ 논문 발표 8건</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (주)한아: 특허 2건 출원 (2건 등록결정)</li> <li>○ 강원대학교 산학협력단: 특허출원 1건</li> <li>○ 논문 발표 7건</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 167</li> <li>○ 87.5</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과일 크기 자동인식 특성 구명 및 자동인식 시스템 설계 및 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 투입된 과일의 자세에 따른 영상 특성 구명</li> <li>○ 과일 크기 자동인식 시스템 설계</li> <li>○ 과일 크기 자동인식 알고리즘 보완</li> <li>○ 과일 크기 자동인식 시스템 제작 및 성능시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과일의 분광측정 자동조절장치 제작 및 성능시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과일 분광측정 자동조절장치 설계</li> <li>○ 과일 분광측정 자동조절 알고리즘 보완</li> <li>○ 과일 분광측정 자동조절장치 제작 및 성능시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과일크기 자동인식기술과 분광측정 자동조절장치 적용된 통합시스템 설계 및 성능확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과일 크기 자동인식 후 분광측정 센서 자동조절 시스템 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100</li> </ul>

#### 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

##### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

---

당초에 제시한 학술발표 8건 중 7건을 달성  
주관연구기관의 참여연구원 퇴직 및 기업합병 등으로 학술대회 1건을 미 달성  
따라서 23년 한국농업기술학회, 기계가공학회 등의 학술대회에 논문을 제출할 계획

---

##### 2) 자체 보완활동

---

연구노트 작성법에 의해 연구노트가 잘 기록되었지는 점검 할 예정이며 연구 추진과정의 객관성  
여부와 데이터 신뢰성 검증을 실시할 예정

---

##### 3) 연구개발 과정의 성실성

---

코로나 팬데믹 상황으로 연구활동에 많은 제약이 있었지만 연구개발계획서에 제시한 제품개발  
계획 및 연구추진 과정에 대해 객관성을 확보하여 최종 시제품 개발이 완료되었음

---

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
과수용 자동공급장치 및 선별기술	APC용 과일(사과, 배) 상자 자동공급장치 및 과일 품질 측정 고도화를 위한 자동 조절장치 개발	(주)한아	중소기업 (영리)	1,376	886	0.644	신규 기술개발	1]-①	64.4
	APC용 과일(사과, 배) 상자 자동공급장치 및 과일 품질 측정 고도화를 위한 자동 조절장치 개발	강원대학교 산학협력단	대학 (비영리)	360	360	1.000	신규 기술개발	해당없음	-
	APC용 과일(사과, 배) 상자 자동공급장치 및 과일 품질 측정 고도화를 위한 자동 조절장치 개발	한국농업기술진흥원	출연연 (비영리)	220	220	1.000	기존 공정개선 및 성능평가	해당없음	-
<b>계</b>				<b>1,956</b>	<b>1,466</b>	-	-	-	-

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

### 1) 보관

- 주관부서 : 선과장비사업부 개발팀
- 대상 : 보고서 및 제반 과정물
- 보관 : 대외비

### 2) 활용 계획

- 양산 부품 금형화로 생산성 향상
- 신제품 개발·수주 활동에 관련 데이터 활용 : 원물의 특성을 고려한 최적 설계 제공
- 선별 능력 향상 : 선별 처리 시간, 분류 등급 세분화로 프리미엄 제품 특화로 농가 소득 증대에 기여
- APC 선별 구조개선 및 과일 손실 최소화 등을 통한 유통 제품의 경쟁력 강화, 소비자 신뢰성 향상, 매출 증대 및 기업 경쟁력 제고
- 산업재산권 출원 및 기술이전 : 비파괴 과일 내부품질 예측 모델 향상 기술
- 논문발표 및 게재 : 과일 내부품질 측정을 위한 광 균일도 개선 연구 등
- 개발된 APC용 과일 선별기술을 활용하여 사과, 배 이외의 과일류 및 참외, 토마토 등과 같은 채소류 선별시장에 적용할 수 있도록 시스템 개선 추진
- 거점 스마트 농산물산지 유통센터(APC) 중심의 산지 규모화 본격 추진에 따른 취급 농산물 정보 데이터화 및 관리 등으로 농업 경영개서, 소포장·전처리·선별 등의 다양한 부가가치 창출에 활용예정
- 중소형 APC전용 과일 자동공급장치 및 선별시스템에 대해 영농교육 실시 및 장비 도입을 통한 농가 생산성, 매출액 증대 등을 위한 컨설팅 추진

### 3) 연구 인력 능력 향상

- 기계 설계 구조 해석 : 3D 모델링, 유한요소해석 프로그램 활용
- 전기 구동 관련 : 전기·전자 제어 관련 프로그램 및 하드웨어 설계 능력 향상 (해당 전문 인력 도입 및 직원 직무 능력 향상 교육 기회 제공)

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
국외논문	SCIE					1
	비SCIE					
국내논문	SCIE			1		
	비SCIE					
특허출원	국내	1				
	국외					
특허등록	국내			1		
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사					
사업화	시제품개발					
	상품출시			1		
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	468,070	482,000	531,900	620,000	650,000
	기술료(단위 : 천원)	14,350				
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보						
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용						

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1. 최종보고서	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단농기계 산업화 연구개발사업 「APC용 과일(사과, 배) 상자 자동공급장치 및 과일 품질 측정 고도화를 위한 자동 조절장치 개발」 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 첨단농기계 산업화 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.