

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개() 발간등록번호(○)
첨단 농기계 산업화 기술개발사업 2022년도 최종보고서

발 간 등 록 번 호

11-1543000-004325-01

경운 · 복토 · 파종 작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발

2023.05.17.

주관연구개발기관 / 대호(주)
협동연구개발기관 / 충남대학교 산학협력단

농 립 축 산 식 품 부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제 출 문

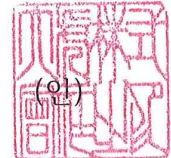
농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “경운·복토·파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발”(개발기간 : 2021. 04. 01. ~ 2022. 12. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

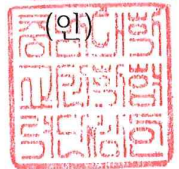
2023. 05. 17.

주관연구기관명 : 대호(주)

(대표자) 김 중 호



협동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단 (대표자) 김 용 주



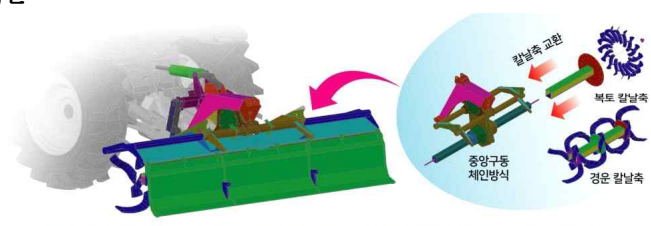


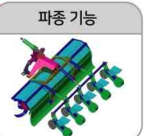

주관연구책임자 : 김 중 호

협동연구책임자 : 강 영 선

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

< 요약 문 >

사업명	첨단농기계 산업화 기술개발사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	
내역사업명 (해당 시 작성)	농기계 성능고도화	연구개발과제번호	321058-2
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB	50%
	농림식품 과학기술분류	RC	40%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)			
연구개발과제명	경운·복토·파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발		
전체 연구개발기간	2021. 04. 01 ~ 2022. 12. 31(21개월)		
총 연구개발비	총 1,117,000천원 (정부지원연구개발비: 896,000천원, 기관부담연구개발비 : 221,000천원)		
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]	기술성숙도 (해당 시 작성)	착수시점 기준(2) 종료시점 목표(5)
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)			
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)			

<p>연구개발 목표 및 내용</p>	<p style="text-align: center;">최종 목표</p>	<p>○ 경운·복토·파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발</p> <div style="text-align: center;">  <p>트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;"> <p>로터베이터 기능</p>  </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;"> <p>복토 기능</p>  </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;"> <p>파종 기능</p>  </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;"> <p>씨레 기능</p>  </div> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> 국내 발작물은 다품종 소량생산으로 다양한 농기계가 필요하여 농가에서는 작업기의 구입 부담이 가중되고 있어, 하나의 플랫폼으로 다양한 작업기를 장착하여 농작업 환경에 접목할 수 있는 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 플랫폼을 개발하는 것임. 본 연구는 농업인에게는 일손 부족 해결, 인건비와 장비 구입비 절감, 다양한 농작업, 농기계 사용 및 교체 편리성을 제공하고, 작업기 제조사에는 하나의 플랫폼으로 다양한 작업기의 탈부착이 가능하여 생산성 및 경쟁력을 향상 시킬 수 있는 새로운 형태의 다기능 복합작업기 개발 및 표준화를 목적으로 함.
<p style="text-align: center;">전체 내용</p>	<p>[1차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> 경운, 복토, 파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작 농작업에 따라 복토 간격, 복토폴 수 조정 기술 설계 	

		<ul style="list-style-type: none"> ○ 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 설계 및 제작 ○ 정밀 점파가 가능한 파종장치 설계 ○ 트랙터 부착형 복합작업기 시스템 강도 시뮬레이션 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 트랙터 부착형 복합작업기 구동부 부하계측시스템 레이아웃 설계 • 트랙터 부착형 복합작업기의 시스템 강도 해석 시뮬레이션 모델 개발 ○ 트랙터 부착형 복합작업기의 전도/전복 해석모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 농작업기계 측방전도 및 후방전복 사고 관련 문헌조사 및 통계자료 분석 • 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립 • 트랙터 부착형 복합작업기의 측방전도 및 후방전복 해석모델 개발 <p>[2차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 복합작업기 시제품 제작 <ul style="list-style-type: none"> • 복합작업기 플랫폼, 양방향 칼날축, 부착형 씨레 시제품 제작 • 정밀 점파가 가능한 파종장치 제작 ○ 트랙터와 연동한 킥 어태치먼트 시스템 설계 및 제작 ○ 복합작업기와 킥 어태치먼트의 현장 실증 및 상용화 기술개발 ○ 실무하에 따른 트랙터 부착형 복합작업기의 시스템 강도 성능평가 <ul style="list-style-type: none"> • 센서시스템을 이용한 트랙터 부착형 복합작업기 구동부 부하계측시스템 개발 • 필드 실증시험을 통한 트랙터 부착형 복합작업기의 구동부 소요 동력 계측 • 트랙터 부착형 복합작업기의 시뮬레이션을 통한 시스템 강도 분석 및 성능 평가 ○ 트랙터 부착형 복합작업기의 전도/전복 시뮬레이션 분석 ○ 복합작업기의 상용화를 고려한 경제성 분석 				
	<p style="text-align: center;">1단계</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center; vertical-align: middle;">목표</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 경운, 복토, 파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작 ○ 트랙터와 연동한 킥 어태치먼트 시스템 설계 및 제작 ○ 복합작업기와 킥 어태치먼트의 현장 실증 및 상용화 기술개발 ○ 트랙터 부착형 복합작업기 시스템 강도 시뮬레이션 모델 개발 ○ 측방전도 및 후방전복 요인 분석과 해석모델 개발 ○ 트랙터 부착형 복합작업기의 전방전도 및 후방전복 시뮬레이션 분석 ○ 복합작업기의 상용화를 고려한 경제성 분석 </td> </tr> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center; vertical-align: middle;">내용</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작 • 다양한 경운 폭 변경이 가능한 다기능 복합작업기 플랫폼 구조 설계 • 중앙구동부, 메인축, 기어, 체인, 연결부 등 복합작업기 플랫폼 제작 • 농작업에 따라 복토 간격, 복토골 수 조정 기술 설계 • 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 설계 및 제작 • 정밀 점파가 가능한 파종장치 설계 및 제작 • 트랙터와 연동한 킥 어태치먼트 시스템 설계 및 제작 • 다기능 복합작업기 시제품 제작 • 다기능 복합작업기와 킥 어태치먼트의 현장 실증 • 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 신뢰성 확보를 위한 검·인증 </td> </tr> </table>	목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경운, 복토, 파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작 ○ 트랙터와 연동한 킥 어태치먼트 시스템 설계 및 제작 ○ 복합작업기와 킥 어태치먼트의 현장 실증 및 상용화 기술개발 ○ 트랙터 부착형 복합작업기 시스템 강도 시뮬레이션 모델 개발 ○ 측방전도 및 후방전복 요인 분석과 해석모델 개발 ○ 트랙터 부착형 복합작업기의 전방전도 및 후방전복 시뮬레이션 분석 ○ 복합작업기의 상용화를 고려한 경제성 분석 	내용	<ul style="list-style-type: none"> • 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작 • 다양한 경운 폭 변경이 가능한 다기능 복합작업기 플랫폼 구조 설계 • 중앙구동부, 메인축, 기어, 체인, 연결부 등 복합작업기 플랫폼 제작 • 농작업에 따라 복토 간격, 복토골 수 조정 기술 설계 • 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 설계 및 제작 • 정밀 점파가 가능한 파종장치 설계 및 제작 • 트랙터와 연동한 킥 어태치먼트 시스템 설계 및 제작 • 다기능 복합작업기 시제품 제작 • 다기능 복합작업기와 킥 어태치먼트의 현장 실증 • 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 신뢰성 확보를 위한 검·인증
목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경운, 복토, 파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작 ○ 트랙터와 연동한 킥 어태치먼트 시스템 설계 및 제작 ○ 복합작업기와 킥 어태치먼트의 현장 실증 및 상용화 기술개발 ○ 트랙터 부착형 복합작업기 시스템 강도 시뮬레이션 모델 개발 ○ 측방전도 및 후방전복 요인 분석과 해석모델 개발 ○ 트랙터 부착형 복합작업기의 전방전도 및 후방전복 시뮬레이션 분석 ○ 복합작업기의 상용화를 고려한 경제성 분석 					
내용	<ul style="list-style-type: none"> • 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작 • 다양한 경운 폭 변경이 가능한 다기능 복합작업기 플랫폼 구조 설계 • 중앙구동부, 메인축, 기어, 체인, 연결부 등 복합작업기 플랫폼 제작 • 농작업에 따라 복토 간격, 복토골 수 조정 기술 설계 • 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 설계 및 제작 • 정밀 점파가 가능한 파종장치 설계 및 제작 • 트랙터와 연동한 킥 어태치먼트 시스템 설계 및 제작 • 다기능 복합작업기 시제품 제작 • 다기능 복합작업기와 킥 어태치먼트의 현장 실증 • 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 신뢰성 확보를 위한 검·인증 					

		<ul style="list-style-type: none"> • 트랙터 부착형 복합작업기 동력전달구조 분석 • 트랙터 부착형 복합작업기의 동력계측시스템 레이아웃 설계 • 트랙터 부착형 복합작업기의 핵심요소부품 선정 • 복합작업기 핵심요소부품 구조 및 강도 해석을 위한 시뮬레이션 모델 개발 • 부하계측을 위한 측정 프로그램 개발 및 계측 센서와의 캘리브레이션을 통한 부하계측시스템 개발 • 실 작업환경을 반영한 필드 실증시험 작업조건 선정 • 작업조건별 복합작업기의 구동부 소요 동력 데이터 분석 • 복합작업기 구동부의 실부하를 이용하여 구조 및 기어 강도 분석을 통한 성능평가 수행 • 트랙터 측방전도 및 후방전복 사고 관련 문헌조사 및 통계자료 분석 • 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립 • 주요 설계 파라미터에 대한 물성치 조사 및 트랙터 3D모델 생성 • 전방전도 및 후방전복 시뮬레이션 분석과 시뮬레이션 모델 최적화 • 시간당 고정비 및 시간당 유동비 도출을 통한 복합작업기의 상용화 경제성 분석
--	--	---

<p>연구개발성과</p>	<p>[논문발표] A Novel Approach to Determine Static Falling down Sidelong Angle of Tractor Using a 3D Printed Miniature Model 등 총 9건(SCI 5건, 비SCI 4건)</p> <p>[학술발표] 경사도와 장애물의 형상에 따른 다목적 농작업기계 측방전도 및 후방전복 안전성 분석 등 총 9건</p> <p>[특허출원] 중앙 구동방식의 농업용 작업기 등 총 12건(등록 4건, 출원 8건)</p> <p>[교육지도] 1건</p> <p>[인력양성] 2명</p> <p>[기술실시] 1건</p> <p>[제품화] 1건</p> <p>[고용창출] 16명</p> <p>[홍보전시] 홍보실적(중앙TV방송, 인터넷) 16건, 전시회 참가 3건</p>
---------------	--

<p>연구개발성과 활용계획 및 기대 효과</p>	<p>[활용계획]</p> <p>○ 복합작업기 플랫폼의 사용으로 다양한 농작업에 활용 가능</p> <p>○ 경운, 복토, 파종, 시비, 배토 등 농업인에게 맞는 최적의 작업환경 제공</p> <p>○ 농작업 능률 및 생산향상, 정비 사용성 편리</p> <p>○ 작업기 제조업체에게 공용 플랫폼 표준화 제공으로 생산원가 절감</p>
----------------------------	--

[기대효과]

○ **기술적 측면**

- 국내 독자 기술 개발로 국가 차원의 글로벌 수출전략형 상품확보 가능
- 작업의 효율성을 갖춘 신개념 다목적 복합 플랫폼 제조기술 확보
- 해외 농작업 기계 선진기술에 대응 가능한 국내 기술력 확보로 기업 기술경쟁력 강화
- 농축산작업의 효율성을 갖춘 새로운 개념의 다기능 복합작업기 부품설계 및 제조기술 확보

○ **경제·산업적 측면**

- 개발 완료 후 국내 독자 기술 확보로 내수시장 확보 및 중국, 동남아, 유럽 등 해외시장 선점
- 신기종 개발로 설계 및 제작, 생산 전문인력 육성 기여
- 개발기술의 상품(제품)화로 기업의 매출 향상과 경쟁력 확보
- 제품의 내구성 및 실용성, 편의성 극대화를 통한 제품 경쟁력 강화
- 다양한 작업기의 기능을 하나의 공용 플랫폼화 : 농작업기 분야의 틈새시장 공략
- 국내 독자기술 및 제품의 개선, 개발로 중국, 동남아 시장의 수출전략형 상품확보
- 인건비, 장비 구입비 절감을 통한 농가 부담완화와 제조원가 절감효과

○ **사회적 측면**

- 개발 제품의 보급률 확대를 통한 실수요자의 작업의 편의성, 생산성 향상에 기여
- 농업 생산성 및 농작업 효율성 향상으로 고효율화
- 농기계 생산, 판매 증가로 인한 고용창출 및 지역 활성화 기대

연구개발성과의 비공개여부 및 사유

해당사항 없음

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
9		12 출원8, 등록4										
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	복합작업기		교체형 칼날축	퀵 어태치먼트		경운폭 조절		칼날축 회전방향 변환				
영문핵심어 (5개 이내)	combined working implement		replaceable rotor shaft	quick attachment		tillage width adjustment		rotor shaft rotational direction conversion				

〈 목 차 〉

1장. 연구개발과제의 개요	09
2장. 연구개발과제의 수행과정 및 수행내용	26
3장. 연구개발과제의 수행결과 및 목표달성 정도	145
4장. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	154
5장. 연구개발성과의 관리 및 활용계획	155

별첨 자료

별첨1. 참고문헌	162
별첨2. 증빙자료	163
별첨3. 시험성적서	181

1장. 연구개발과제의 개요

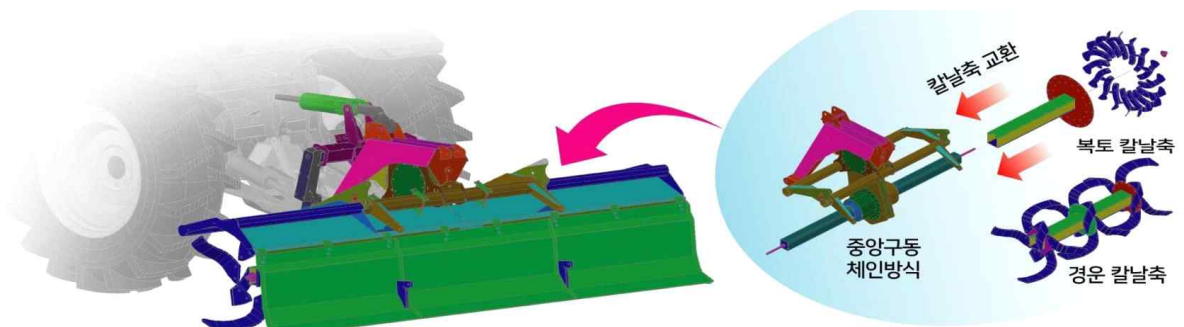
1절. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 개요

1. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 개요

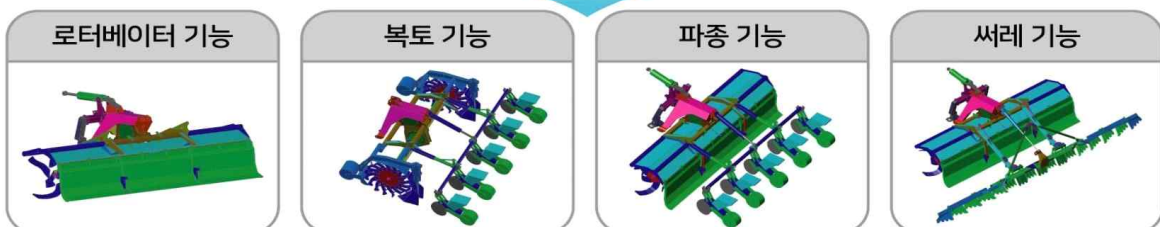
농업은 다양한 작물의 생산, 수확 후 가공 등 그 범위가 넓어 농업기계도 그 종류가 다양하나 사용기간은 짧고, 계절적 특성이 강해 다 기종 소량생산의 특징이 존재하며, 농기계는 계절성 품목이 많고 대상 작물 농법 규모에 따라 모델이 더욱 세분화되어 국내 특성상 규모의 경제 실현에 어려움이 발생하고 있다. 특히 농업인들은 농작업 시 탈부착이 어려운 관계로 로터베이터를 탈착하지 않고, 다른 부속작업기(파종기, 복토기, 배토기, 씨레, 피복기 등)를 항상 부착하여 사용하는 실정이다.

농업인들이 주로 많이 사용하는 기존의 로터베이터는 표준화가 되어 있지 않아 제조사에 맞는 별도의 부속작업기(파종기, 복토기, 배토기, 씨레, 피복기 등)를 추가 구입하고, 부속작업기를 연결하기 위하여 연결 브라켓을 추가적으로 구입하거나 개조해야만 사용 가능하였으며, 장착할 수 있는 부속작업기가 한정되어 있어 작업기 사용 시 탈부착 연결에 대한 불편한 사항이 매우 많은 실정이다.

따라서, 본 연구개발에서는 농업인들이 자주 사용하는 로터베이터를 기반으로 하는 다기능 플랫폼을 제공하여 하나의 표준화된 플랫폼으로 경운, 복토, 파종 등 다양한 작업에 사용하는 기술을 개발하는 것으로 농업인에게는 일손 부족 해결, 인건비와 장비구입 비용 절감, 다양한 농작업 활용, 농기계 사용 및 교체의 편리성을 제공하고, 작업기 제조사에는 표준화된 플랫폼 제공으로 다양한 작업기의 탈부착이 가능하여 생산성 및 경쟁력을 향상시킬 수 있는 새로운 형태의 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼의 기술 개발을 하고자 한다.



트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼



[트랙터 부착형 다기능 복합기 플랫폼 개요도]

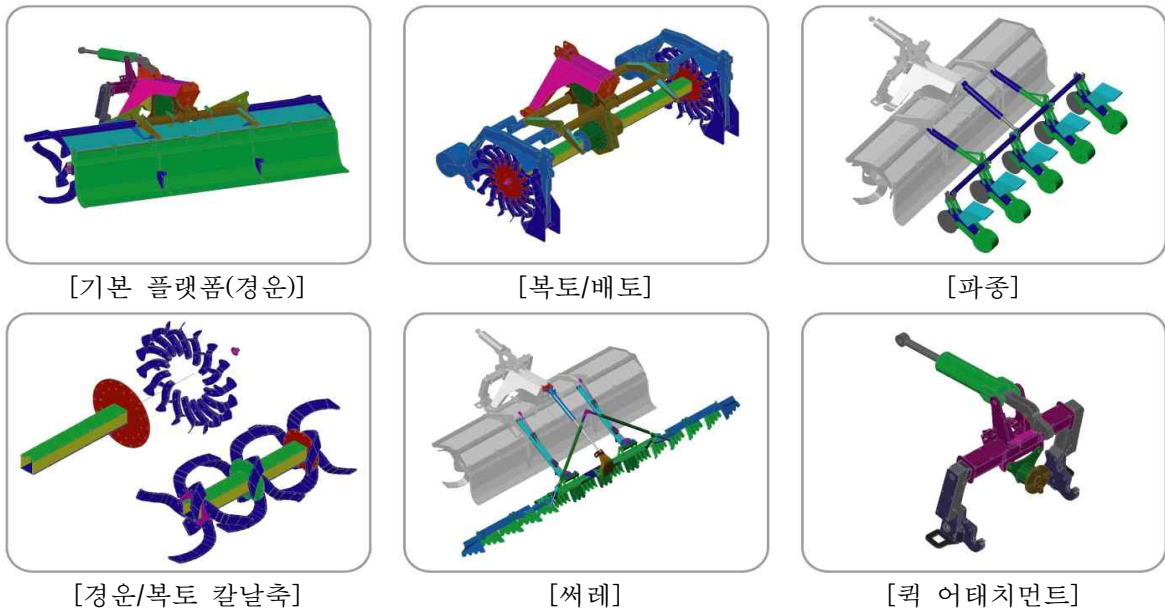
2. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 기본구성

트랙터 부착형 다기능 복합작업기는 표준화된 플랫폼을 기반으로 필요한 작업에 따라 칼날축을 교환하거나 유닛형 작업기의 추가 장착이 가능하도록 구성하였다.

복합작업기 플랫폼(경운, 복토)에서 다양한 작업기(파종기, 씨레, 배토기 등)가 농작업 용도에 맞춰 간편하게 부착될 수 있는 구조이다.

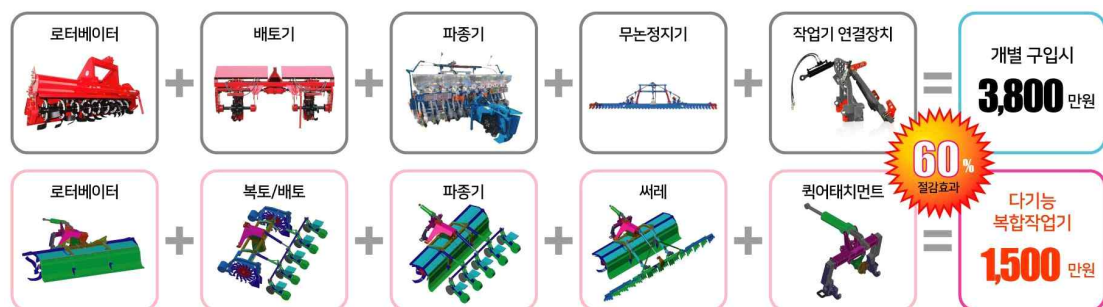
트랙터 부착형 다기능 복합작업기는 중앙구동 방식을 채택하여 경운/복토 칼날축이 간편하게 교체 및 확장 연결이 가능한 구조이며, 농작업 용도에 따라 간편하게 부착하여 파종, 배토, 씨레 작업을 할 수 있는 구조로 구성되어 있다.

[트랙터 부착형 다기능 복합기의 구성도]



농작업 종류에 따라 개별 부속작업기를 구입하기에는 비용이 많이 소요되며, 다양한 작업기마다 연결부가 모두 다르게 생겨 탈부착이 매우 어렵고, 농작업기 연결 시 불편한 부분이 많았으나, 다기능 복합작업기는 표준화된 플랫폼의 사용으로 작업 용도에 따라 작업기의 탈부착이 간편하여 사용이 쉽고, 개별단위 부속작업기 구매 비용보다 60% 이상의 비용 절감 효과가 있다.

트랙터 부착형 다기능 복합작업기는 농업인들은 작업환경에 맞는 작업기를 선택적으로 장착하여 사용함으로써 추가적인 작업기를 새로 구매할 필요가 없으며, 농기계 제조회사에서는 제공되는 플랫폼의 농기계 제조로 생산성 향상 및 원가절감을 할 수 있는 장점이 있다.



[개별 작업기와 다기능 복합작업기의 구입가격 비교]

3. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 주요 시스템 구성

가. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 플랫폼 구조

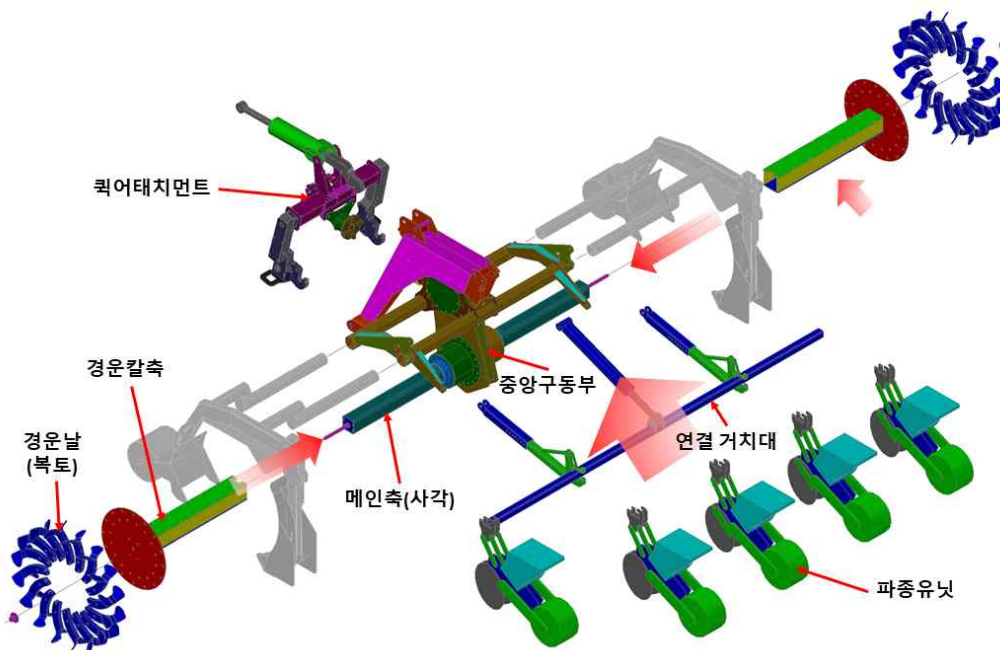
트랙터 부착형 다기능 복합작업기는 트랙터의 후방에 부착되는 로터베이터, 복토기, 배토기, 파종기, 무논 정지기 등 다양한 작업이 가능한 작업기 플랫폼 구조로서 기본 플랫폼에 다양한 작업기를 장착하여 사용 가능하다.

트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼



[트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼]

트랙터 부착형 다기능 복합작업기는 중앙구동부를 기준으로 양방향으로 칼날축을 교체하는 방식의 플랫폼을 사용하고, 연결 거치대를 통한 파종기, 배토기, 썬레의 장착이 가능한 구조로 되어 있으며, 트랙터 후방과 작업기의 연결이 간편하도록 퀵 어태치먼트 기술 적용하였다.

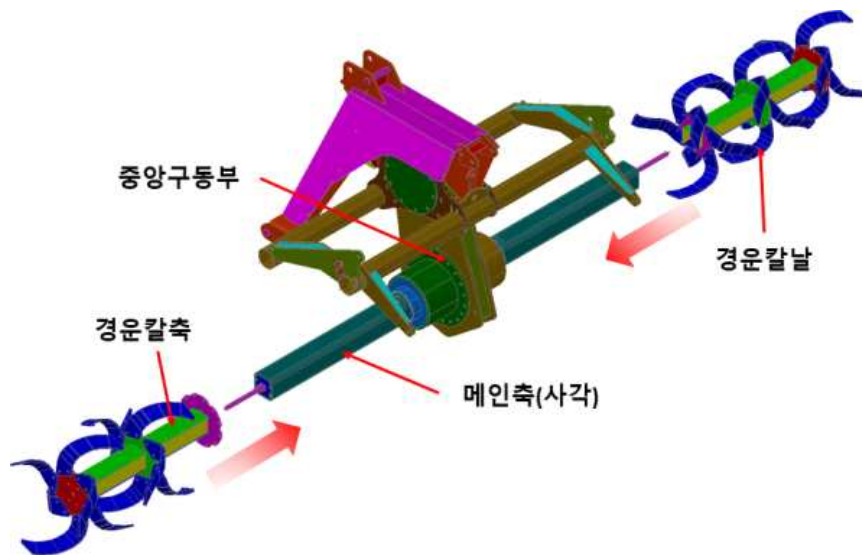


[트랙터 부착형 다기능 복합작업기 연결방식]

나. 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 기술 적용

트랙터 부착형 다기능 복합작업기는 칼날 구동부가 중앙에 있어 경운날 및 복토날을 쉽게 교체 장착할 수 있는 구조로 양방향 조립식 칼날 구동부는 중앙체인 구동 방식을 채택하여 작업환경에 맞춰 칼축의 회전 방향이 정회전과 역회전이 변환되는 구조로 기어박스에서 작업 상황에 맞춰 선택할 수 있도록 구성하였다.

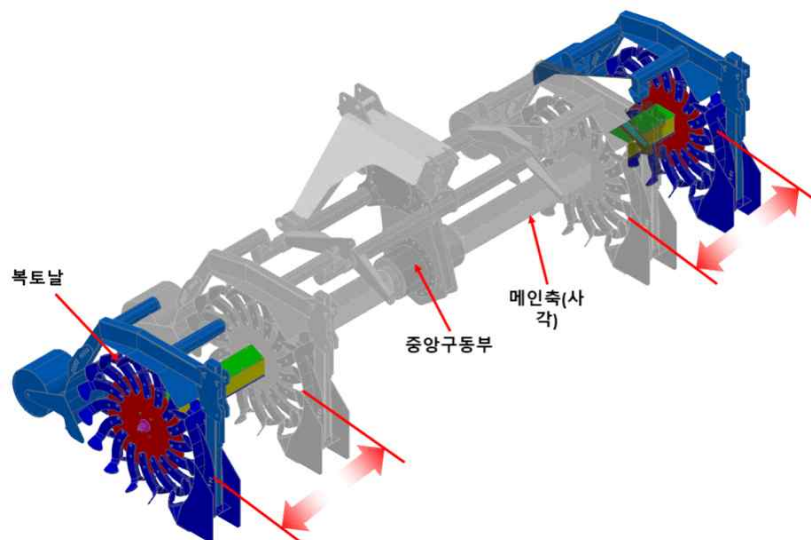
양방향 칼날축을 지지하는 메인축은 기존 원통형보다는 사각형으로 구성하여 교체 및 정비가 편리하도록 구성하였으며, 칼날의 형상은 풀, 지푸라기, 비닐, 흙 등 장애물의 걸림 현상을 최소화할 수 있는 흠이 배출되는 구조를 적용하였다.



[중앙구동 방식의 칼날축 분리형 구조]

다. 농작업에 따라 복토 간격, 복토골 수 조정 기술 적용

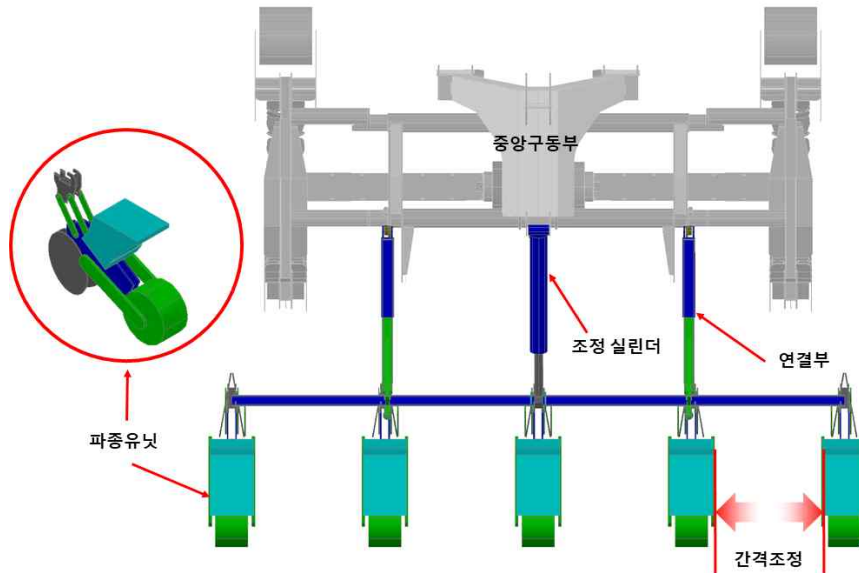
복토작업의 경우 복토날의 간격을 조정하여 1골, 2골, 4골 모두 가능한 기술 적용으로 복토기의 골간격, 로터베이터의 경운폭 조절이 가능한 구조로 되어 있으며, 작업폭 최소 2.5m 으로 작업폭 확장 시 최대 3.2m 이상 가능하도록 구성하였다.



[복토 간격, 복토골 수 적용 구조]

라. 정밀 점파가 가능한 파종장치 기술 적용

파종장치는 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 중앙구동부의 복토 칼날축과 같이 사용되며, 파종유닛을 장착할 수 있는 구조로 되어 있다. 조정 실린더 및 연결부의 거리 조정기능으로 파종유닛의 간격이 정밀하게 조정이 가능한 구조이다. 또한, 여러 종류의 파종유닛이 교환장착 가능하여 다양한 작물의 파종작업이 가능하도록 구성하였다.

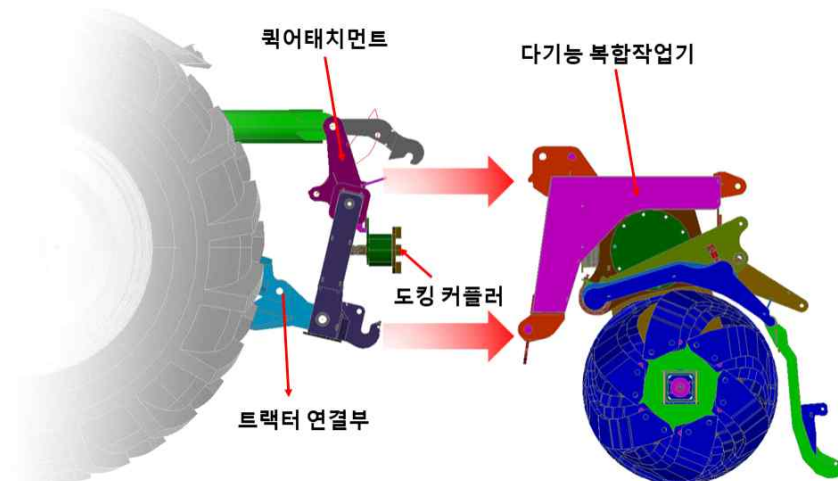


[파종유닛의 간격 조정 및 작업기 연결구조]

마. 트랙터와 연동한 퀵 어태치먼트 시스템 기술 적용

트랙터 부착형 다기능 복합작업기는 트랙터의 후방에 로터베이터 등 다양한 작업기를 간편하게 연결하여 장착할 수 있는 퀵 어태치먼트 시스템을 적용하였다.

트랙터의 후방 3점 링크에 트랙터 부착형 다기능 복합작업기를 장착한 후 추가 작업기(시중에 유통되는 파종기, 배토기, 썬레, 피복기 등)를 용접 등의 개조 없이 장착될 수 있는 구조로 되어 있으며, 트랙터의 후방과 작업기를 결합하여 연결하고, 동력을 도킹 커플러로 전달하여 로터리에 맞춰서 동심을 평행이동하는 기술을 적용하였다.



[퀵 어태치먼트 연결구조]

2절. 연구개발 필요성 및 시장현황

1. 연구개발의 필요성

가. 국내 실정에 맞는 다양한 밭작물 농업을 위한 복합적인 기능의 작업기 플랫폼 개발 필요

국내 논작물은 주로 벼농사 위주로 재배를 하고 있으나 밭작물은 논작물에 비하여 다품종(콩, 감자, 배추, 고추, 마늘, 무, 시설오이, 사과, 포도 등) 소량 생산이며, 경운 정지·파종·이식·비닐 피복·방제·수확·건조의 다양한 작업이 이루어지고 있다.

다양한 밭작물의 재배로 인하여 경운, 정지, 배토 등 농작업을 위해서는 작업 목적 및 과정별로 기계를 임대하거나 구입하여 사용하고 있어 농가의 비용부담이 가중되고 있다.

또한, 같은 농작업 기계라도 사용 목적에 따라 소형, 중형, 대형으로 구분이 되며, 경운 폭, 간격, 골수에 따라 다양한 종류의 농작업기가 필요하여 추가적인 구입비용이 발생하여 농가의 경제적인 부담이 매우 큰 실정이다. 한 예로 전라도 지역(함평, 무안)에서는 경운폭이 넓은 기종을 사용하고, 경상도 지역(창녕)에서는 좁은 폭의 기종을 선호하고 있으며, 지역에 따라 주로 사용하는 작업기와 작업기(칼날) 강도의 편차가 발생하고 있다.

특히, 농작물의 재배 시 경운, 복토, 파종, 수확 등 다양한 농작업이 진행되어야 하며, 한 단계 농작업을 마치고 다음 단계의 농작업을 하기 위해서는 필요한 농작업기로 교체 장착함으로써 교체 장착에 매우 어려움이 있을 뿐만 아니라 번거롭고, 교체 시간이 많이 소요되어 인력이 부족한 농촌에서는 농업생산성과 효율성이 부족한 문제점이 많은 실정이다.



[경운작업]



[복토작업]



[파종작업]

트랙터 부속작업기 생산업체는 기존 단일기능을 가진 작업기에서 복합기능이 가능한 작업기를 생산하는 업체가 증가하고 있으며, 일부 로터베이터를 기준으로 씨레, 쟁기 등 추가 장착이 가능한 복합기능의 농작업기 기술개발이 추진 중에 있으나 일체형이거나 플더형 및 다른 작업기를 추가하여 부착하는 방식으로 진행되고 있다.

이런 일체형(경운, 두둑성형, 비닐피복, 파종작업) 농작업기의 경우 두류(콩, 팥 등) 등 단일 종류의 작업에만 사용 가능하여 농민들의 다양한 작업환경(경운, 복토, 배토, 파종 등)에는 사용하지 못하고, 작업폭에 따라 여러 종류의 작업기가 출시되어 소비자가 하나의 작업 폭을 선택하여 구매하기에는 어려움이 있다.

또한, 로터베이터를 공용으로 사용하는 기종은 표준화가 되지 않아서 제조사에 맞는 별도의 부속작업기(파종기, 복토기, 배토기, 씨레, 피복기 등)를 추가 구입하고, 부속작업기를 연결하기 위하여 연결 브라켓도 구입하거나 개조해야만 사용 가능하며, 장착할 수 있는 부속작업기가 한정되어 있어 작업기의 사용 시 탈부착 연결이 매우 불편한 실정이다.

하나의 작업기 장착을 통하여 여러 작업이 가능한 멀티 플랫폼 개발로 농작업의 효율성 향상, 편의성 향상을 위한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기에 대한 기술개발이 요구되고 있으며, 경운, 정지, 배토 작업의 기능은 현 농업에 있어서 필수요소로서 로터베이터 기반의 다용도 작업이 가능한 복합기능의 농작업기 개발이 필요한 실정이다.

본 연구의 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼은 농업인들에게는 여러 종류의 개별 제품을 별도로 구입하지 않아 비용절감 효과 및 작업능률 향상, 정비성 편리 등 장점이 있으며, 농기계 제조업체에는 규격화된 복합작업기의 공용 플랫폼 사용으로 별도의 연결장치 없이 다양한 작업기(복토기, 배토기, 파종기, 썬레, 피복기 등)의 확장 연결이 가능하여 생산비 절감과 농기계 제조업체들간 유기적인 관계를 통하여 농기계 활성화에 이바지할 수 있다.



나. 트랙터 본체와 연결이 간편한 탈부착 작업기 기술개발 필요

농업용 작업기는 자체적으로 사용을 할 수 없는 구조로서 트랙터와 연결하여 사용 가능하며, 기존 트랙터의 3점 링크를 이용하여 트랙터 본체와 작업기를 연결하여 사용하고 있다. 작업기를 부착할 때는 작업자가 트랙터를 후진시켜 트랙터 후방의 3점 링크에 작업기를 정확히 위치시켜야 하며, 이후 작업자가 손으로 연결핀을 고정하고 PTO축을 들어서 연결해야 하는데 이것은 농업인들에게는 매우 어려운 작업으로 실제로 작업자 혼자서는 연결이 어려워 후방을 다른 작업자가 확인해줘야 하는 불편함이 존재한다.

또한, 로터베이터, 복토기 등 농작업기는 무겁고, 장착할 것이 많아 근력 및 숙련도가 부족하면 탈부착하는데 어려우며, 농작업 종류 및 단계별로 교체작업이 빈번하게 이루어져서 작업기의 탈부착과 사용성이 편리한 기술개발이 필요한 실정이다. 특히 농촌에서는 고령화, 여성화로 인한 농촌 일손 부족 문제 해결이 시급한 실정으로 근력 및 숙련도가 낮은 고령 및 여성 농업인이 쉽고 편리하게 트랙터 작업기 탈부착이 가능한 기술이 필요하다.

자동 탈부착 기능의 기술이 개발된 적은 있으나 다양한 작업기가 존재하고, 표준화된 사항이 없어 작업기별로 맞춰서 부착하기가 어려움이 많은 실정으로 트랙터 부착작업기의 공용 사용은 불가능(농작업 종류에 맞춰 후방에 별도의 여러 작업기를 교체 부착)한 단점이 있었다. 트랙터의 보조장치 연결부가 작업기에 정확하게 진입하지 못해도 부착 가능하고, 쉽게 탈부착이 가능한 구조로 개발되어야 하며, 작업기는 트랙터와 연결하여 사용함으로써 트랙터 연결부와 같이 개발 진행되어야 한다.



[작업기 탈부착의 어려움]

다. 사용성 및 정비성이 용이한 농작업기 플랫폼 기술개발 필요

우리나라 전 국토의 농지는 로터리를 사용하여 쉐토작업을 하고 있으며, 세계적으로도 작업기의 사용 및 수요가 많은 상황이나 기존 트랙터 부착 농업기계인 로터베이터, 복토기, 배토기 등은 칼축의 분리가 굉장히 어려워 대리점 또는 A/S 센터에 30~40만원 정도의 고비용을 부담하고 칼날 교체작업을 하고 있다.

작업기의 칼날은 오래되면 부러지는 경우가 빈번하고, 농작업 시 들에 부딪혀서 볼트가 훼손되거나 간척지 염분으로 인하여 칼날 연결 부위가 부식, 마모로 볼트가 풀리지 않는 열악한 농작업 현장 여건으로 인하여 산소절단 작업을 하는 상황이 많듯이 교환 작업이 매우 어려운 실정이다. 특히, 로터베이터의 경운날 교환 시 경운날축 볼트의 마모 및 부식으로 작업 공구(임팩)로도 교체가 어렵고, 작업 중에 부러지거나 마모가 된 여러 개의 칼날을 교체하기에는 시간적, 경제적으로 많은 비용이 발생하는 실정이다.

기존 로터베이터의 측면구동 방식은 일체형으로 되어있어 교체가 어려울 뿐만 아니라 작업 시 측면작업이 불가능한 미경지가 발생하는 단점이 있으나, 중앙구동 방식은 측면구동 방식의 구동 부위가 사라지기 때문에 그만큼 실제 작업 폭이 넓고, 양쪽으로 경운날축의 교체가 편리한 장점이 있다. 칼축이 분리될 경우 별도운송이 가능하여 일반 농업인이 제품을 택배로 받아 스스로 장착이 가능하고, 농작업 종류에 따라 칼축만 교체하여 재활용할 수 있는 장점이 있다. 또한, 중앙구동 방식은 칼축을 통째로 바꿀 수 있어 장착 및 수리가 편리하여 농촌의 농기계 정비사 부족에 대한 문제를 해결할 수 있고, 추가 비용의 절감과 작업 효율성의 효과가 있다.

이런 농작업 현장의 실정을 고려할 때 농작업 상황에 맞게 칼축만 따로 교체하고, 인건비와 장비 구입비 절감을 해결할 수 있는 공용화 사용이 가능한 중앙구동의 양방향 조립식 칼날축 기술개발이 필요하다.



[부식 및 마모된 경운날]



[경운날축 교환]



[경운날 교체]

라. 농작업기의 효율성 극대화

로터리 작업 중 풀, 지푸라기, 비닐 등 장애물로 인하여 로터리에 흙이 감기기는 현상이 빈번히 발생하는데 비닐은 돌돌 말아져 버려서 작업 중 논, 밭에서 일일이 제거하는 일도 번거롭고 어려운 상황이며, 또한, 흙이 감기면 농지가 깊게 안쳐지고 작업기에 부하가 걸리는 현상이 발생하여 트랙터 및 작업기 고장의 원인이 된다. 흙이나 풀이 감기면 로터베이터의 떨림 현상과 소리가 심하며, 로터리 축의 동심이 정확하게 맞춰서 회전하지 않아 출력 저하, 작업효율 하락의 원인이 된다.

이런 장애물 걸림 최소화는 농업인들의 시간적, 경제적으로 굉장히 중요한 문제로서 추후 농작업기의 자율주행기술을 적용하려면 반드시 해결해야 하는 기술로서 풀, 지푸라기, 비닐, 흙 등 장애물의 걸림 현상을 최소화할 수 있는 흙이 배출되는 구조로 되는 로터리 칼날 기술의 개발이 필요하다.



[경운날에 이물질 걸림현상 사례]

또한, 로터베이터 작업 중 무논이나 습지에 빠졌을 경우 탈출하기 위해서는 동력이 위치한 트랙터의 후면으로 나와야 하는데 로터베이터의 등판(문짝)이 흙을 밀어버리는 역할을 하여 땅에 박히는 현상이 발생함으로 탈출이 어려운 실정이다. 대부분 트랙터는 무논이나 습지에서 뺄 때 뒤에 장착된 로터베이터를 탈착 후 나오는 경우가 대부분으로 로터베이터를 빼기 위해서 진행 중인 농작업을 하지 못하고 추가적인 장비를 사용함으로 장비 임대 및 수리 비용이 발생하여 농가 부담이 큰 실정이다.

트랙터와 작업기의 연결장치 제어를 통하여 로터베이터를 높게 들어 올리면 로터베이터가 완전히 빠진 상태에서도 후진으로 쉽게 무논이나 습지에서 빠져나올 수 있다. 그리고 농로에는 작업을 위해 경운기, 관리 등 농작업기가 세워져 있고, 논두렁의 경사로 및 장애물이 방치되어 작업 이동 시 트랙터에 부착된 로터베이터가 진입하기가 어려운 실정이다.

따라서, 로터베이터를 최대한 높이 들어 올려서 습지나 무논에 빠졌을 때 로터리가 완전히 박힌 상태에서도 쉽게 빠져나올 수 있고, 농로길의 농기계 및 장애물의 간섭을 최소화할 수 있는 관련 기술의 개발이 필요하다.



[농로의 피하기 어려운 장애물]

[무논 및 습지의 빠짐]

2. 국내·외 시장 및 기술현황

가. 국내·외 시장현황

1) 국내 시장규모 및 수출입 동향

국내 트랙터 작업기 생산은 142개 업체이며, 부속작업기의 공급은 주요 농기계 공급 대비 34.5%를 차지하고 있으나 제조사별, 기종별 다양한 크기와 종류가 존재하고 다기능 작업을 할 수 있는 작업기가 없는 실정이다.

[국내 트랙터 작업기 생산업체 현황(농업기계화사업 참여업체)]

[단위 : 개사, %]

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년
참여업체	127	149	153	154	152	149	142
비 율	18.5	19.4	17.6	17.5	17.7	18.7	17.8

※ 2018년 기준 국내 트랙터 작업기 생산업체는 농업기계화사업 참여업체의 17.8% 차지
(출처 : 농업기계연감 2020, 한국농기계공업공동조합 / 한국농업기계학회)

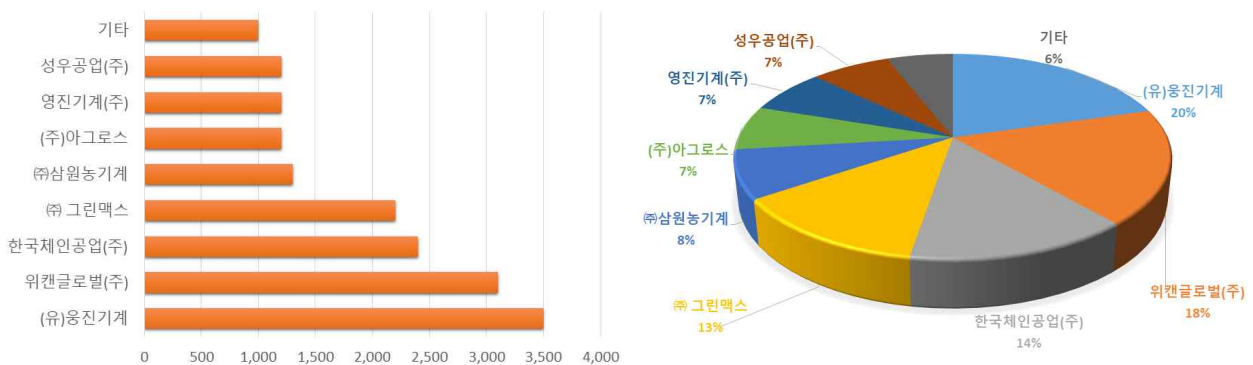
[국내 트랙터용 부속작업기 공급현황]

[단위 : 대]

구 분	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
공급대수	22,166	21,815	18,408	17,662	14,360	14,875	14,402	12,692	14,240	14,581

(출처 : 농업기계연감 2020, 한국농기계공업공동조합 / 한국농업기계학회)

[로터베이터 생산업체 현황]



트랙터 부착형 다기능 작업기의 플랫폼이 되는 로터베이터 시장의 경우 2019년 각사별 출고기준 로터베이터 공급실적은 약 1만 6300대에 매출액은 약 515억원 내외로 추정된다. 20여개의 로터베이터 생산업체 중에서 내수시장을 주도하고 있는 업체는 8개사 내외이며, (유)웅진기계, 위켄글로벌(주), 한국체인공업(주), (주)그린맥스, (주)삼원농기계, (주)아그로스, 영진기계(주), 성우공업(주) 등이 전체물량의 93% 가까이 차지하고 있다.

파종기의 시장은 로터베이터 시장보다 협소하며, 트랙터 부착용과 관리기용으로 구분되고 있음. 주요 제조사로는 한국 아그리테크노 야자키(주), 안마, 황금파종기, (주)장자동화, 신화정공(주), 제광파종기 등으로 매출액은 약 300억원으로 추측된다. 배토기 시장은 로터

베이터에 추가 장착되는 동력배토기 형태로 로터베이터 회사에서 주로 제작 판매되고 있으며, 기타 제조사로는 대호(주), 삼생공업, 부영기계 등이 있다.

[로터베이터 공급현황(내수)]

[단위 : 대수, 억원]

업체명	공급모델 수	주력모델	공급실적	점유율	매출액(2019)	공급계획(2020)
(유)웅진기계	48	WJR210 / WJ560F	3,300	20.25%	100	3,500
위켄글로벌(주)	76	WR1850SGW / WR1950SGW	3,000	18.40%	80	3,100
한국체인공업(주)	61	HC195GM / HC215GK	2,300	14.11%	80	2,400
(주)그린맥스	78	NT200 / NT240	2,100	12.88%	70	2,200
(주)삼원농기계	36	S265GW / S235GK	1,200	7.36%	40	1,300
(주)아그로스	55	AR5240SC / AR8310HC	1,100	6.75%	40	1,200
영진기계(주)	71	TE/TD/TL시리즈 / EXK시리즈	1,000	6.13%	35	1,200
성우공업(주)	36	SW185BSG / SW245BPX	1,100	6.75%	30	1,200
기타	176	한국첼리, 대원장공 / 한국페라리트랙터 등	1,200	7.36%	40	1,000
합계	637		16,300	100%	515	17,100

※출처: 농축산기계신문 2020.03.05.

대형 마력급 로터베이터와 복합기에서 부가가치를 높이기 위한 프리미엄급 로터베이터를 속속 출시하고 있는 실정이며, 내수시장보다 수출형 로터베이터에 집중하는 생산업체도 늘어나고 있는 추세이다.

일반화되고 있는 고상형 로터리, 논·밭 겸용 로터리, 초광폭 로터리, 씨레 겸용로터리, 배토 겸용 로터리는 물론 배토와 약제살포까지 한 번에 이뤄지는 복합기의 출시도 늘고 있는 추세이며, 국내 주요 기종별 수출입 현황 중 작업기의 수출은 2019년 75,629 천달러로 전년 대비 84.9%, 작업기의 수입은 20,167 천달러 107.4%로 나타났다.

[국내 부속작업기 수출/수입 실적]

[단위 : 대, 천\$]

구분	2019년			2018년	전년대비 (a/b, %)
	수량	금액(a)	비중(%)	금액(b)	
부속작업기 수출	183,070	75,629	6.7	89,084	84.9
부속작업기 수입	25,374	20,167	3.5	18,452	109.3

※출처: 농업기계 연감 2020

2) 해외 시장규모 및 수출입 동향

농업기계 관련 통계를 매년 집계 분석하는 Freedonia에 따르면 세계 농업기계시장 규모는 2017년도 기준으로 약 1,285억 달러로 집계되고 있으며, 약 5년 후인 2022년도의 경우 1,658억 달러가 될 것으로 전망된다. 중국, 인도, 태국 등의 순으로 신규 수요가 크게 늘어날 것으로 보여지며 일본, 한국의 시장 또한 기존 수요이상을 유지할 것으로 전망된다.

[지역별 세계 농업기계 시장 규모]

[단위 : 백만\$]

구분	2012	2017	2022
북미	32,950	24,700	30,900
(미국)	28,500	20,950	26,400
(캐나다&멕시코)	4,450	3,750	4,500
중앙&남아메리카	14,100	9,150	12,950
서유럽	25,950	24,850	30,000
동유럽	11,100	9,490	11,800
아시아/태평양	50,250	54,500	72,050
(중국)	22,800	27,750	36,850
(인도)	9,240	9,600	13,500
(기타)	18,210	17,150	21,700
아프리카/중동	5,850	5,810	8,100
합계	140,200	128,500	165,800

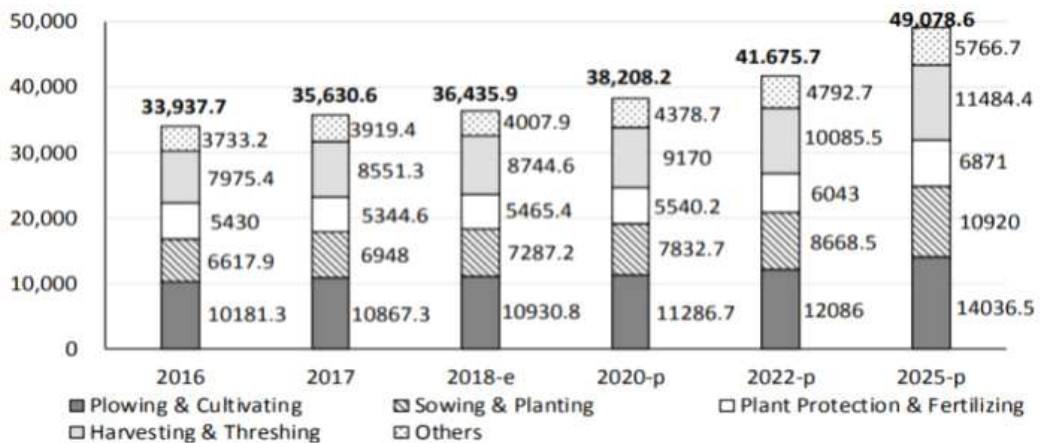
※출처: World Agricultural Equipment, 2019 Year, Freedonia

기종별 생산업체 현황을 보면 농업용 난방기 제조사가 131개사에 이어 트랙터 부속 작업기 제조사가 127개사로 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 트랙터 부속작업기 생산업체는 트랙터의 수요 및 공급을 유지하는 것과 유사하게 작업기를 생산하는 업체 수도 큰 변동이 없으나, 부속작업기의 성능이 복합화, 정밀화, 다양화되어 가는 추세가 이어질 것으로 전망된다. 트랙터에 붙여 사용하는 작업기는 2018년 364억 달러, 2025년에 491억 달러로 성장할 것으로 전망된다.

경운(plowing & cultivating) 작업기 시장이 109억 달러로 가장 크고, 다음으로 수확 /탈곡(harvesting & threshing) 작업기 시장이 87억 달러 규모이며, 아시아 오세아니아 지역 시장이 절반가량 차지하며 유럽과 북미는 비슷한 시장 규모를 기록하고 있다.

[작업기 종류별 해외시장 규모]

[단위 : 백만\$]



※출처: 글로벌 농기계산업 동향 분석 No. 98 2020 한국기계연구원

해외 농기계 수출 및 수입에 있어 기종별 실적은 대표적인 농기계인 트랙터의 수출물량이 가장 많은 6억4,033만 달러를 수출하여 전체 수출물량의 56.6%를 차지하고, 트랙터에

부착되는 로터, 로터베이터 등 부속 작업기가 약 7,563만 달러로 전체 수출물량의 6.7%를 차지하고 있다.

나. 국내 · 외 기술현황

1) 국내 기술현황

다기능 복합작업기와 유사한 기술로는 로터베이터를 기반으로 파종 및 무논정지기 장착이 가능한 기술이 주를 이루고 있으며, 일부 제조사에서는 경운폭 확장으로 폴더형태의 기술이 적용되어 있으나 중앙 구동방식의 칼날축 교체형의 다기능 작업기는 없는 실정이다.

트랙터 부속작업기 생산업체는 기존 단일기능을 가진 작업기에서 발작물 기계화를 위해서 복합기능 형태가 증가하는 추세이나, 로터베이터를 기준으로 썰레, 쟁기 등 추가 장치가 기능의 농작업기 기술개발이 대부분이며 측면구동 방식의 일체형으로 다양한 농작업 사용에는 한계가 있다.



[㈜블스社 BG-2400BC]



[㈜그린맥스社 NT260]



[(유)웅진기계社 WJ470F]

(주)블스社 BG-2400BC 제품은 다기능 복합작업기로 명칭하여 제조하고 있으나 일체형으로서 두류 등 단일 작업에만 사용 가능하여 농민들의 다양한 작업환경(경운, 복토, 배토, 파종 등)에는 사용하지 못함. 또한 작업폭에 따라 여러 종류의 작업기를 생산함으로 소비자가 하나의 작업폭을 선택하여 구매하기에는 어려움이 있다.

(주)그린맥스社 NT260 고상형 로터베이터는 경운 기능만을 제공하고 있으며, 다른 농작업(복토, 배토, 파종 등)을 사용하기 위해서는 추가 구입을 해야함. 특히, 표준화가 되지 않아서 제조사에 맞는 부속작업기(파종기, 복토기, 배토기, 썰레, 피복기 등)를 별도 구입하고, 부속작업기를 연결하기 위하여 연결 브라켓도 또한 구입하거나 개조해야만 사용 가능하며, 장착할 수 있는 부속작업기가 한정되어 있어 작업기 탈부착 연결에 대한 불편함이 많은 실정이다.

(유)웅진기계社 WJ470F 초광폭 로터베이터의 경우 접을 수 있는 폴더형으로 되어있어 4~5m 폭을 작업하여 경운 복토 등 단기적인 작업 효율성은 좋으나, 개별 품목으로 다양한 작업은 불가능하며, 로터베이터 자체적인 수평 조절기능은 없음. 이런 폴더형의 경우 넓고 평탄화된 농지에서 작업 효율성은 좋으나 우리나라 지형상 좁고 경사진 밭농업 현장에서 사용하기에는 부적합한 점이 있다.

기타 위캔글로벌(주), 한국체인공업(주), 영진기계(주), (주)삼원농기계, 성우공업(주), 대원정공(주)에서 로터베이터를 생산하고 있으나 앞에서 언급한 제조사와 같은 경운 기능의 단일 작업에 한정되어 있으며, 복토, 파종, 배토, 썰레 작업 등에는 부적합한 점이 있다.



[위캔글로벌(주) SGW 시리즈]



[한국체인공업(주) H시리즈]



[영진기계(주) T시리즈]



[㈜삼원농기계 GK모델]



[성우공업(주) BSD모델]



[대원정공(주) DW230GLJ]

2) 해외 기술현황

해외 선진국의 경우 경운, 복토, 파종, 이식, 정식이 완전 기계화, 대형화되어 있고, 소형의 농작업기는 시장이 미흡한 실정이며 보다 경제성, 생산성이 높은 대형 농작업 기계 위주로 개발, 보급이 활발히 진행되고 있다.

John Deere(미국)가 26.5%로 1위이며, CNH(영국), Kubota(일본), AGCO(미국), Yanmar(일본)가 2~5위를 기록, 그 외 Mahindra&Mahindra Ltd.(인도), Class KGAA가 글로벌 시장의 선도기업으로 이러한 주요 기업들은 부속작업기 제조기업과의 활발한 M&A와 확장 전략, 협력 등으로 시장에서의 경쟁력을 강화하고 있다. 해외에서는 부속작업기의 기술은 생산량과 비례하여 작업방식, 작업능률, 이동성 등의 기술은 매우 발달 되었으며, 넓은 농지에서 대량재배 및 대량생산으로 인하여 대형화, 고성능, 고효율의 제품에 대한 개발이 많은 실정이다.

특히, 대량생산으로 인하여 부속작업기가 대형화함으로 작업기를 교체하는 시간 및 비용 보다는 작업 종류별로 여러 대의 작업기를 사용하는 것이 효율적으로 복합적인 기능의 부속작업기 기술은 없는 실정이다.

경운, 복토, 파종, 배토, 수확 등 다양한 부속작업기가 있으나, 특정 기능에만 국한된 단일기능의 대형화 제품이 주를 이루고 있으며, 부속작업기 회사는 트랙터의 대형화와 맞물려 트랙터 제조회사와의 협업 및 연계하여 기술개발되고 있다.



[John Deere社 2230 FH]



[FENDT社 MOMENTUM 24]



[SUNFLOWER社 1544-45]



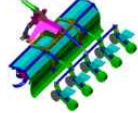
John Deere社 2230 FH, FENDT社 MOMENTUM 24, SUNFLOWER社 1544-45 제품은 넓은 면적 및 트랙터의 마력 요구 사항에 맞출 수 있는 광범위한 작업에 사용되어 단일기

능만 있으며, 복합적인 기능은 없어 다양한 농작업 환경에는 부적합한 점이 있다.

특히 국내 지형 특성상 좁고 경사진 농지가 많아 실제 밭농업 현장에서 해외기술인 대형화된 부속작업기의 사용은 불가능한 실정이다.

다. 유사 기술비교

본 연구개발의 트랙터 부착형 다기능 복합작업기는 대상 기술이 없는 신기술임을 감안하여 유사한 특징이 있는 국내 제품을 참조하여 비교분석하였으며, 해외 선진사 제품은 대형 기종으로 복합기능은 없는 실정이다.

구 분	(주)블스 (BG-2400BC)	(주)그린맥스 (NT260)	연구개발 (다기능 복합작업기)
제품 이미지			
기계 크기 (mm)	2,900 × 2,500 × 1,010	2,800 × 1,000 × 1,250	3,200 × 1,190 × 1,150
무 게 (kg)	850	758	800
적용 마력 (HP)	70HP 이상	110 ~ 120HP	100~150HP
최대 작업폭 (mm)	2,700	2,600	2,700 ~ 3,200
성형 가능 복토골 수	2	3	4
수평 조절 기능 (도)	×	×	8
작업기 최대 높이범위(mm)	300	300~400	600
작업기 부착방법	일체형(추가 장착 불가)	분리형(개별 장착)	공용 플랫폼(다중 부착)
구동방식	측면 기어구동	측면 기어구동	중양 체인구동
경운/복토날수	×	60(10×6)	36(6×6)
경운/복토 칼날축	×	원통 일체형	사각 분리형
경운 기능	○	○	○
복토 기능	×	○	○
파종 기능	○	×	○
씨레 기능	×	×	○
판매금액	15,000천원	10,000천원	15,000천원(예정)
주요 특징 (장/단점)	<ul style="list-style-type: none"> - 일체형으로 작업폭별 작업기 별도 판매 - 잡곡류 파종 및 땅속작물 두둑 성형용으로 사용 - 수평 조절 기능 없음 - 단순 일괄작업에만 사용 - 복토, 씨레 기능 사용 불가 - 작업기의 추가 장착 불가 	<ul style="list-style-type: none"> - 로터베이터 기능만 있음 - 수평 조절 기능 없음 - 작업기 추가 장착 구입비용 발생 - 칼날축, 칼날 교체 어려움 - 파종 기능 없음 - 씨레 기능 없음 	<ul style="list-style-type: none"> - 복합작업기 공용 플랫폼 사용 - 다양한 작업기 추가 장착 가능 - 경운, 복토, 배토, 파종, 씨레 작업 가능 - 경운/복토 칼날 및 칼날축 교환 용이 - 수평 조절이 가능하여 경사지에서 고르게 평탄화 작업 - 작업기 유닛별 구입 가능

2장. 연구개발과제의 수행과정 및 수행내용

1절. 연구개발과제의 최종 목표

1. 최종 목표

[최종 개발 목표]	[주요 연구개발 내용]
<p>경운·복토·파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발 (Development of a tractor-mounted multi-working machine capable of tillage, soil and sowing)</p>  <p>트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p>로터베이터 기능</p>  </div> <div style="width: 50%;"> <p>복토 기능</p>  </div> <div style="width: 50%;"> <p>파종 기능</p>  </div> <div style="width: 50%;"> <p>씨레 기능</p>  </div> <div style="width: 50%;"> <p>칼날축 교체</p>  </div> <div style="width: 50%;"> <p>퀵어태치먼트</p>  </div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> □ 선행 요소기술 통합 <ul style="list-style-type: none"> - 로터베이터 및 작업기 장착용 마운팅 구조(10-2021-0014496) - 하강높이 조절수단을 구비한 파종기(10-2117853) - 수평 및 위치조정이 용이한 파종기(10-2118196) - 흙막이 장치를 구비한 복토기(10-2094955) - 작업기용 마운팅장치 및 그 장착방법(10-2020-0119601) - 트랙터 작업기의 자동경심장치(10-2118702) - 장착부가 개선된 시더 유닛(10-2117842) □ 신규 요소기술 개발·적용 <ul style="list-style-type: none"> - 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 플랫폼 구조 기술 - 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 기술 - 농작업에 따라 복토 간격, 복토골 수 조정 기술 - 정밀 점파가 가능한 파종장치 기술 - 트랙터와 연동한 퀵 어태치먼트 시스템 기술 □ 연구개발 주요내용(안) <ul style="list-style-type: none"> • 폭 간격 조정 범위 : 150 mm 이하 • 최대 작업폭 : 3,200 mm 이상 • 중앙 미경지 폭 : 85 mm 이하 • 작업기 수평 조절각 : 8도 이상 • 작업기 상하 최대 높이 : 600 mm 이상 • 성형 가능 골 수/1회 : 4골 • 적용 가능 발작물 수 : 3종 • 횡 전도각 : 30도 이상 • 파종률 : 90 % 이상 • 기능구분 <ul style="list-style-type: none"> - 다기능 복합작업기 플랫폼 : 경운 칼날축, 복토 칼날축 - 경운 : 로터베이터 기능 - 복토 : 복토기 부착 기능 - 파종 : 파종유닛 부착 기능 - 탈부착 : 퀵 어태치먼트 - 기타기능 : 무논 정지기 장착 가능 • 기본기능 <ul style="list-style-type: none"> - 중앙 체인구동 방식, 양방향 경운날 탈부착 방식, 플랫폼의 수평 조절 기능, 복토 간격/복토골 수 조정기능, 파종 유닛 탑재, 퀵 어태치먼트 사용으로 트랙터와 간편한 탈부착

2. 세부 목표

가. 주관연구기관(대호(주))

- 경운, 복토, 파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작
 - 다양한 경운 폭 변경이 가능한 다기능 복합작업기 플랫폼 구조 설계
 - 중앙구동부, 메인축, 기어, 체인, 연결부 등 복합작업기 플랫폼 제작
- 농작업에 따라 복토 간격, 복토골 수 조정 기술 설계
- 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 설계 및 제작
- 정밀 점파가 가능한 파종장치 설계 및 제작
- 트랙터와 연동한 퀵 어태치먼트 시스템 설계 및 제작
- 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 시제품 제작
 - 다기능 복합작업기 플랫폼, 양방향 칼날축, 부착형 씨레, 파종장치 제작
- 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 현장실증 및 검·인증
 - 다기능 복합작업기와 퀵 어태치먼트의 현장 실증
 - 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 신뢰성 확보를 위한 검·인증

나. 공동연구기관(충남대학교 산학협력단)

- 트랙터 부착형 복합작업기 시스템 강도 시뮬레이션 모델 개발
 - 트랙터 부착형 복합작업기의 동력계측시스템 레이아웃 설계
 - 복합작업기 핵심요소 부품 구조 및 강도 해석을 위한 시뮬레이션 모델 개발
- 트랙터 부착형 복합작업기의 부하계측 측정 프로그램 및 시스템 개발
 - 부하계측을 위한 측정 프로그램 개발 및 계측 센서와의 캘리브레이션을 통한 부하계측 시스템 개발
- 작업 조건별 복합작업기의 구동부 소요 동력 데이터 분석
 - 실 작업환경을 반영한 필드 실증시험 작업 조건별 복합작업기의 구동부 소요 동력 데이터 분석
- 실부하에 따른 트랙터 부착형 복합작업기의 시스템 강도 성능평가
 - 복합작업기 구동부의 실부하를 이용하여 구조 및 기어 강도 분석을 통한 성능평가 수행

다. 위탁연구기관(강원대학교 산학협력단)

- 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립
 - 트랙터 측방전도 및 후방전복 사고 관련 문헌조사 및 통계자료 분석
 - 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립
- 트랙터 부착형 복합작업기의 측방전도 및 후방전복 해석모델 개발
 - 주요 설계 파라미터에 대한 물성치 조사 및 트랙터 3D모델 생성
- 트랙터 부착형 복합작업기의 전도/전복 시뮬레이션 분석
 - 전방전도 및 후방전복 시뮬레이션 분석과 시뮬레이션 모델 최적화
- 복합작업기의 상용화를 고려한 경제성 분석
 - 시간당 고정비 및 시간당 유동비 도출을 통한 복합작업기의 상용화 경제성 분석

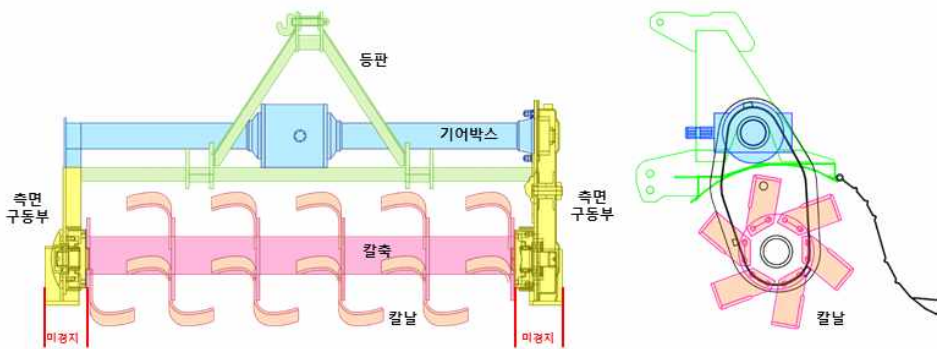
2절. 연구개발과제의 내용

1. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 기술개발 및 설계

가. 다양한 경운 폭 변경이 가능한 다기능 복합작업기 플랫폼 구조 설계

1) 기존 농작업기의 문제점 분석

트랙터와 연결되는 작업기인 로터베이터는 측면 동력구조에 일체형 칼축이 조립된 구조로 되어있으며, 복토기, 무논정지기 등 2차 작업기를 추가 장착하여 사용하고 있다. 이런 측면구동의 일체형 칼축 구조는 트랙터 및 추가 작업기 연결과 칼날교체가 매우 어려우며, 로터베이터에 무논정지기 등 추가 작업기를 부착한 상태로 농작업에 이용하거나 칼날 교체로 인한 시간적, 경제적 등 농업인들의 불편한 사항이 많은 실정이다.



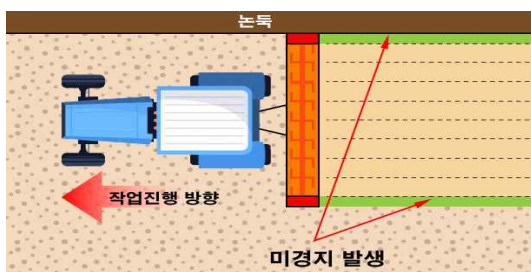
[기존 농작업기 플랫폼(로터베이터)의 구조]

기존 로터베이터는 측면구동 방식으로 설계되어 작업폭의 제한이 있으며, 작업폭에 따른 별도의 작업기가 필요한 실정임. 구동부의 수리에는 유리한 점이 있으나 실제 농작업에는 작업폭의 제한과 측면 구동부의 폭만큼 작업을 할 수 없는 미경지 발생 등의 문제 요인을 갖고 있다.

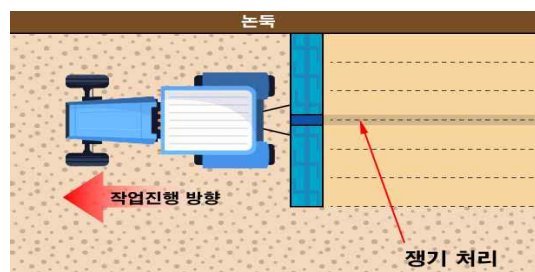


[기존 농작업기 플랫폼(로터베이터)의 구조]

특히, 로터베이터 측면 구동방식은 작업폭이 제한적이고, 폭조절 및 다양한 농작업 적용이 불가능하며, 측면 구동부는 기어박스 두께로 인하여 농작업을 할 수 없는 미경지가 발생한다.



[기존 농작업기 작업]



[다목적 복합작업기 플랫폼 작업]

차로의 최소 폭(m)은 고속도로 100 km/h 이상 3.5m이며, 70~80 km/h의 일반도로 3.25m, 60km 미만 기준 도로폭(3.0m)의 제한되어 있어 작업장소로 이동, 주행을 위해서는 작업기의 폭이 도로 폭 보다 넓으면 반대편의 차량 이동이나 차로변의 보행자, 설치물 등의 안전사고 위험 및 파손의 문제점이 있다. 이에 트랙터에 작업기를 부착하고 도로 주행 시에는 도로의 폭만큼 측면 구동부의 작업폭을 넓히지 못하는 단점이 있다(작업폭 제한).

도로의 구분		차로의 최소 폭(m)		
		지방지역	도시지역	소형차도로
고속도로 (100 이상)		3.50	3.50	3.25
일반도로	설계속도 (km/hr)	80 이상	3.50	3.25
		70 이상	3.25	3.25
		60 이상	3.25	3.00
		60 미만	3.00	3.00

[도로 설계 적용 치수]

※ 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 제10조(차로) (약칭: 도로구조규칙) [시행 2021. 8. 27.] [국토교통부령 제882호, 2021. 8. 27., 타법개정]

특히, 농도의 경우에도 도로폭을 3.0m 이상 적용하고 있으며, 리도 및 농도를 1차선의 경우 차선폭은 다음 표의 폭(3.0m) 이상이며, 지형상황 등을 참작하여 부득이하다고 인정하는 경우에는 리도의 차선폭을 4.0m 이상으로 정하고 있다.

구분	차선수	차선폭(m)
면도	2	5.0 이상*
리도	1	5.0
농도	1	3.0

[농도 설계 적용 치수]

※ 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제5조 (차선 및 차도) (약칭: 농어촌도로기준규칙) [시행 2021. 9. 7.] [행정안전부령 제274호, 2021. 9. 7., 타법개정]

*2차선 이상인 도로의 차선폭은 노면표시의 중심선에서 중심선까지로 하며, 그 폭은 3미터 이상으로 한다.

트랙터와 농작업기를 연결하는 3점 링크의 규격이 생산업체별로 제각각이고, 일부 농작업기에만 편중되어 있으며, 작업기 또한 제조사마다 3점 링크 결합부 모양이 좁거나 위치가 다양하여 트랙터와의 연결이 어려운 실정으로 이에 농민들은 로터베이터를 자체적으로 개조하거나 용접하여 사용하는 실정이다.



[기존 농작업기 플랫폼의 다양한 위치의 3점 링크 연결위치]

작업기를 트랙터에 연결하기 위해서는 수동으로 연결해야되며, 작업자 혼자 힘으로는 작

업기 탈부착에 어려움이 많은 실정이다. 특히 여성 및 고령의 농업인들은 근력이 부족하여 작업기 연결이 더욱 어려워 작업기 연결 후 그대로 사용하는 경우가 빈번하고, 작업용도별로 다양한 작업기를 사용하지 못하는 경우가 많다. 현재 상용되는 트랙터 부착작업기의 공용 사용은 불가능한 형태로 농업인들이 간편하게 부착하고 쉽게 사용하기 위해서는 부착작업기와 트랙터 연결부가 같이 개발 진행되어야 한다.



[기존 농작업기 플랫폼과 트랙터의 수동연결 방식]

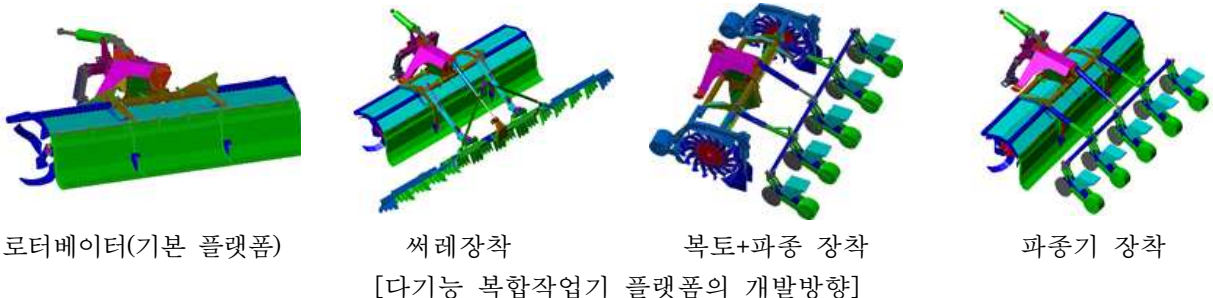
기존 로터베이터는 양쪽 골격이 있는 일체형 칼날축(원형 일체형)으로서 농작업 시 자주 칼날이 마모되거나 소모로 인하여 정기적으로 교환작업을 해야 되나, 칼날 교체가 어려우며, 교체 시 원통형 칼축 전체를 탈부착해야 하는 불편한 점이 있다. 부식, 마모되거나 부러진 칼날 교체의 경우 칼날을 수리하는 작업 공간이 협소하고, 등판 문짝을 파이프 등으로 고인후 작업함으로 안전사고에 대해 노출되어 있다. 칼날마다 2개~4개의 볼트로 이루어져 부식된 볼트를 풀기에는 전용 장비(에어 임팩트+토크렌치 등)가 있어야 하며, 심한 경우 산소로 절단하여 교체를 진행해야 한다. 또한, 칼날 소모로 정기적 교환을 해야되고, 일체형으로 교환 작업이 매우 어렵다.(교체비 30~40만원) 이런 연유로 시간적, 공간적, 경제적 불편한 요소들을 사용성과 정비가 편리한 중앙구동 양방향 조립식 칼날축 기술개발로 해결하고자 한다.



[일반 로터베이터 칼날교체 방법의 어려움]

2) 연구개발 방향 설정

농업인들의 작업 효율성, 작업기 사용 및 수리의 편리성, 작업기 연결의 편리성 등을 고려하여 방향을 설정하였다.



로터베이터(기본 플랫폼)

써레장착

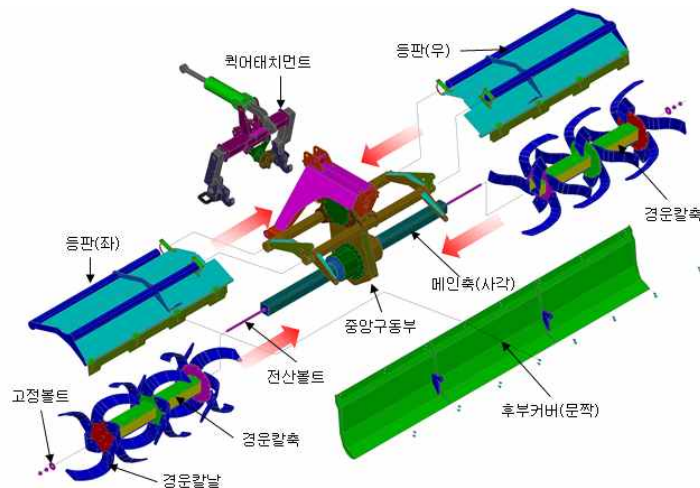
복토+파종 장착

파종기 장착

[다기능 복합작업기 플랫폼의 개발방향]

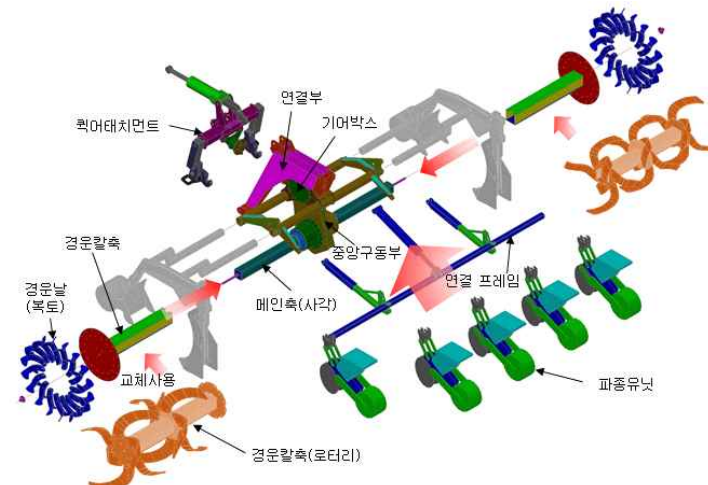
하나의 작업기 플랫폼을 사용하여 다양한 작업기(경운, 복토, 파종, 씨레) 등을 장착하여 사용할 수 있는 구조로 칼축 교환 및 탈부착이 간편한 구조로 설계하고 개발 진행하였다. 기존의 측면 구동방식의 미경지가 생기는 문제점을 해결하기 위하여 중앙구동 방식으로 고려하였으며, 등근 칼축의 구조가 아닌 사각의 칼축으로 진행하였다. 원형 칼축의 경우 부식되거나 마모, 칼축의 휨 현상이 발생되면 쉽게 빠지지 않는 구조이며, 칼축이 휘는 현상은 수리가 불가하여 칼축 전체를 교체해야 하지만 중앙 구동방식에서의 사각축은 양방향으로 분리가 되어 한쪽의 칼축만 교체를 할 수 있을 뿐만 아니라 강도에서 원형보다는 사각 형태의 축이 튼튼하고 쉽게 휨새가 없는 구조로 되어있다.

이때, 사각축은 전산 볼트를 이용하여 다양한 형태의 칼날축을 연결할 수 있도록 구성하여 경운, 복토 칼날을 쉽게 교체하고, 작업폭 조절이 가능한 구조로 설계하였다. 다기능 복합작업기의 등판도 양방향에서 탈부착이 가능하도록 구성하여 작업별로 모듈화로 사용할 수 있으며, 파종장치 및 씨레를 탈부착할 수 있는 구조로 설계를 진행하였다. 또한, 트랙터의 연결부와 작업기를 쉽게 연결할 수 있도록 도킹 커플러를 채택하여 여성 및 고령 농업인도 쉽게 작업기를 탈부착 가능하도록 트랙터의 3점 링크 연결부의 부착장치와 같이 개발을 진행하였다.



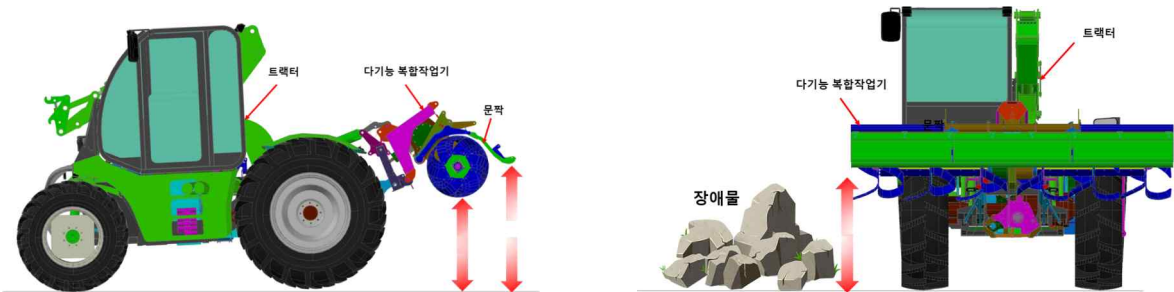
[다기능 복합작업기 플랫폼의 기본구조]

트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼은 칼축 교환을 통하여 로터리 및 복토작업을 진행할 수 있으며, 연결 프레임을 통하여 파종기 및 씨레의 추가 장착이 가능한 구조이다.



[다기능 복합작업기 플랫폼의 추가 장착 연결구조]

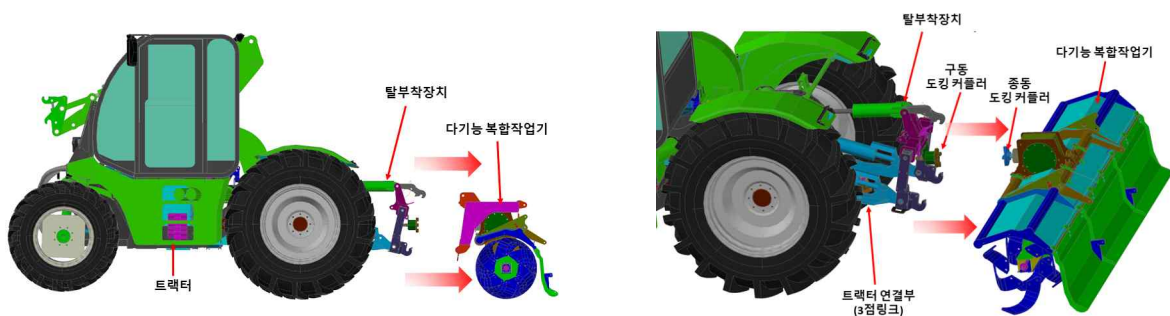
트랙터에 다기능 복합작업기를 부착하여 기존의 작업기보다 높게 들어 올릴 수 있어 무논에 빠졌을 경우 쉽게 후진으로 나올 수 있으며, 작업 중 논둑이나 이동 중 장애물을 쉽게 피해서 갈 수 있다. 논로의 경우 전봇대, 농작업기(경운기, 관리기), 수확물(벚집, 베일 등) 등 많이 산재해 있는 경우가 많아 트랙터의 폭보다 작업기의 폭이 넓으므로 장애물을 통과하려면 일반적인 높이보다 높게 들어서 이동해야 안전사고 예방을 할 수 있다.



[다기능 복합작업기 플랫폼의 상승 구조]

기존 트랙터에 작업기를 장착하기 위해서는 작업기의 3점 링크의 연결홈이 제조사마다 다르고 연결폭이 좁아 운전자가 여러 번을 전진, 후진을 반복하고, 하차하여 정확하게 연결부에 연결을 하거나 후방에서 연결을 도와주는 인원이 별도로 필요하다. 트랙터의 PTO 축과 작업기의 구동축을 수동으로 연결하는 구조로 되어있다.

본 연구개발에서는 다기능 복합작업기 플랫폼의 연결방식은 트랙터를 후진하여 복합작업기의 전방에 배치하고, 운전 조작만으로 탈부착 장치(퀵 어태치먼트)의 하단부 폭 조절을 통하여 복합작업기를 연결한 후 상부 링크를 하강하여 자동으로 부착하는 방식이다. 다기능 복합작업기가 트랙터에 연결되면 자동으로 트랙터에 부착된 구동 도킹 커플러와 복합작업기의 중동 도킹 커플러가 결합하면서 PTO 구동축이 자동으로 연결되는 방식으로 여성 및 고령 농업인들도 트랙터에서 하차하지 않고, 쉽게 트랙터에 복합작업기를 연결할 수 있는 장점이 있다.



[트랙터와 다기능 복합작업기 플랫폼과의 탈부착 방법]

3) 다기능 복합작업기 플랫폼 구조 설계

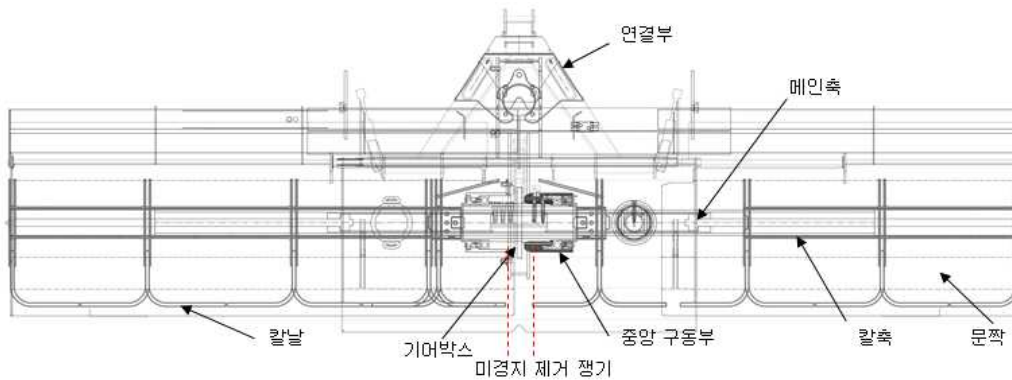
다기능 복합작업기는 로터베이터 기반의 공용 플랫폼에 칼축(경운, 복토)을 교환하여 사용하고, 다양한 농작업을 위하여 파종기, 씨레를 플랫폼에 추가로 장착하여 사용하도록 구성하였다. 도로폭 제한을 감안하여 복합작업기의 기본베이스가 되는 작업폭은 2,700mm이며, 연장 칼날을 장착 했을때 최대 작업폭 3,300mm이 되도록 설계 하였다.(H770mm)

기존 로터베이터의 경우 기어박스가 측면에 배치되는 측면구동 방식으로 기어박스 폭

100mm~200mm 정도의 작업이 이루어지지 못한 미경지가 발생함으로 이를 해결하기 위하여 중앙구동 방식을 채택하였다. 중앙 구동부에 미경지 쟁기날(복합작업기 전용 복토날 및 쟁기날 사용)을 장착하여 작업능률을 높일 수 있도록 진행하였다.

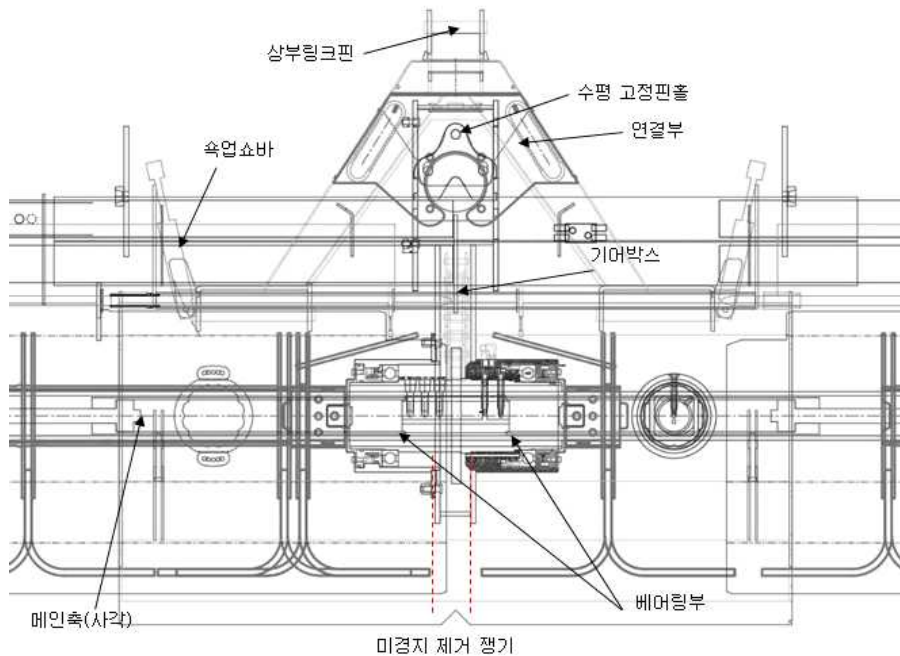
트랙터의 동력취출부(PTO)와 연결되어 중앙구동부에서 기어와 체인을 통하여 메인축으로 전달하여 회전시켜 작업을 진행하고, 유압을 통하여 복합작업기의 상승, 하강, 경심이 조절이 가능하도록 하였다. 도킹 커플러를 통하여 트랙터와 간편하게 연결이 되며, 수평경사 조절이 가능하도록 설계하였다.

다기능 복합작업기 플랫폼에서 호환 가능한 칼축 교체 사용(A/S 편리)으로 메인축은 기존의 원형보다는 사각축을 사용하여 칼축 자체를 교체 사용하도록 구성하였는데, 이는 원형 파이프 형태의 부식, 마모, 변형에 따른 칼축 교체작업이 어려운 부분을 해결하는 요소이다. 메인 사각축에는 다양한 간격의 작업폭 조절을 위해 전산볼트를 적용하여 조이거나 풀어서 쉽게 확장 및 교체가 가능하도록 하였다.



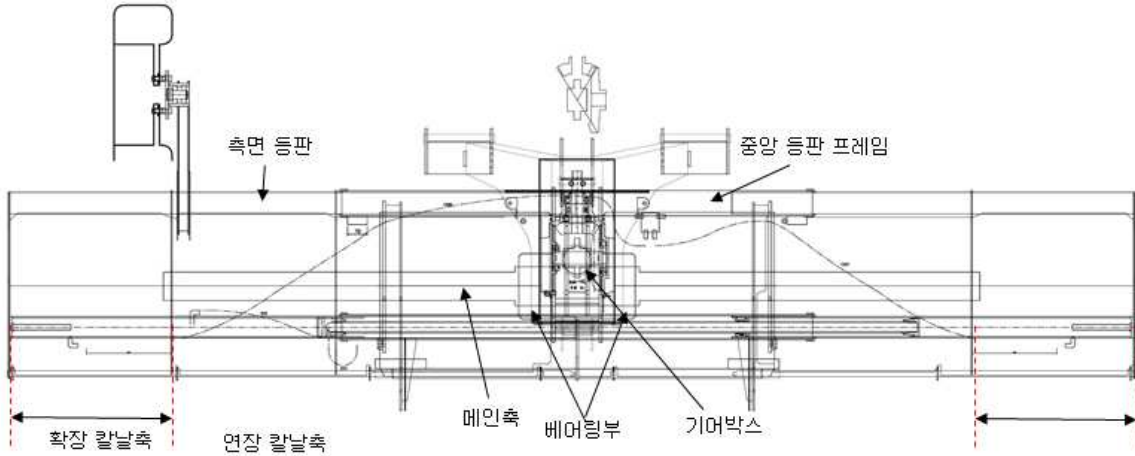
[다기능 복합작업기 설계 정면도]

다기능 복합작업기의 중앙부분은 기어박스로 구성되며, 축을 회전시킬 수 있는 원형의 베어링부에서 메인 사각축으로 동력을 전달하는 구조로 설계하였다. 메인 축을 기준으로 칼축을 슬라이드 형태로 삽입하여 작업 폭에 따라 쉽게 교체가 되도록 구성하였다.



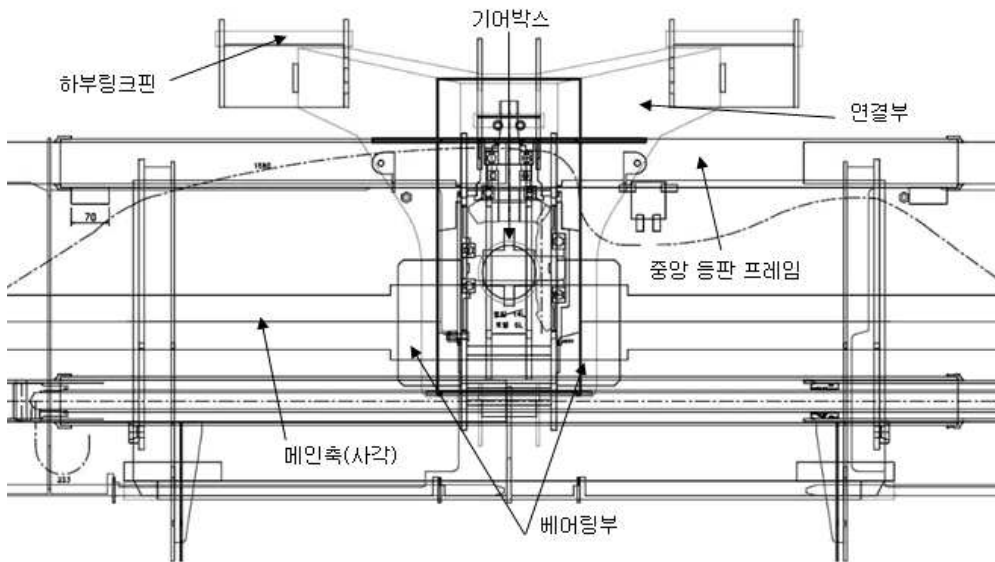
[다기능 복합작업기 구동부 정면도(구동부)]

구동방식이 중앙에 위치하여 중앙등판 프레임을 기준으로 좌, 우측면 등판을 슬라이드 형태로 사용 가능하며, 후부커버(문짝)도 동일하게 중앙부와 측면부로 구분되어 확장성이 용이하도록 구성하였다. 기본 칼날 축의 플랜지에서 확장 칼날축을 연결할 수 있도록 구성하여 작업 폭을 변경하여 사용할 수 있도록 구성하였다.



[다기능 복합작업기 설계 평면도]

트랙터의 동력취출장치(PTO) 동력원을 중앙구동부 기어박스의 베벨기어에서 변환하여 체인을 통하여 구동축으로 연결되며, 원형의 베어링부에서 사각의 메인축으로 동력을 전달한다. 연결부에는 트랙터와 연결되는 퀵 어태치먼트(작업기 탈부착장치)의 상하부 링크와 연결되는 상하부 링크핀이 구비되어있으며, 연결부는 다기능 복합작업기와 연결되어 사용하도록 구성하였다.



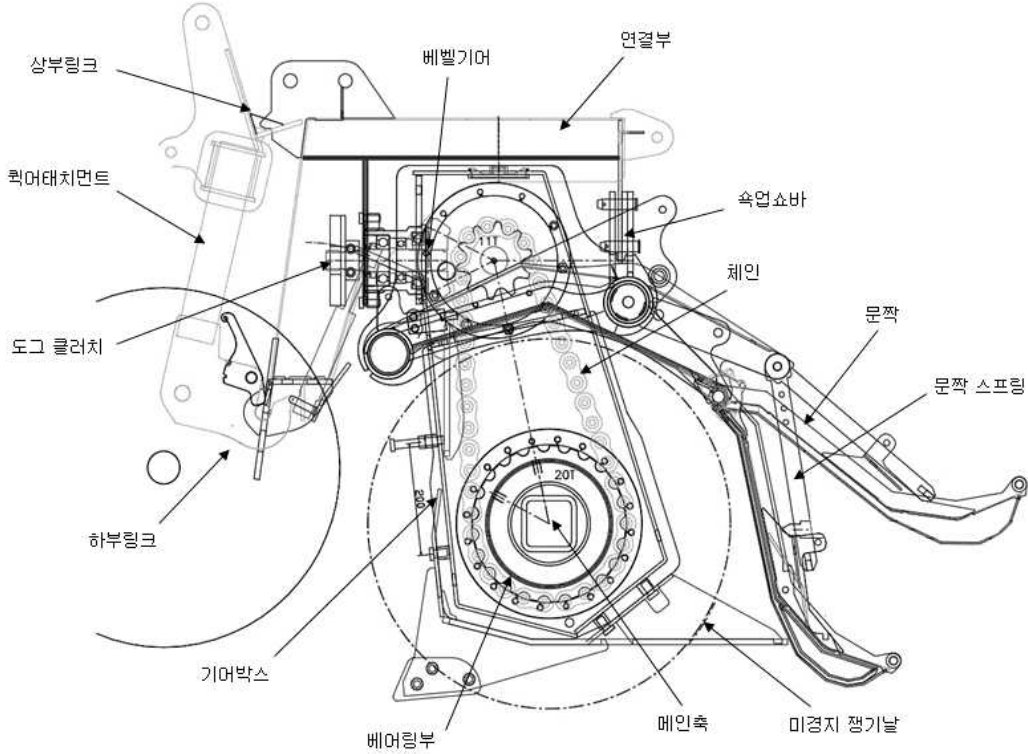
[다기능 복합작업기 구동부 평면도(구동부)]

트랙터와 연결을 위하여 복합작업기 상단에는 연결부를 설치하고, 상부 링크핀 1개, 하부 링크핀 2개를 통하여 퀵 어태치먼트의 상하부 링크와 연결된다. 퀵 어태치먼트와 복합작업기의 상부가 연결되면서 각 각의 도그 클러치가 자동으로 결합되어 구동되는 방식으로 트랙터의 도그 클러치에는 탈부착용 조인트가 연결되어 있다.

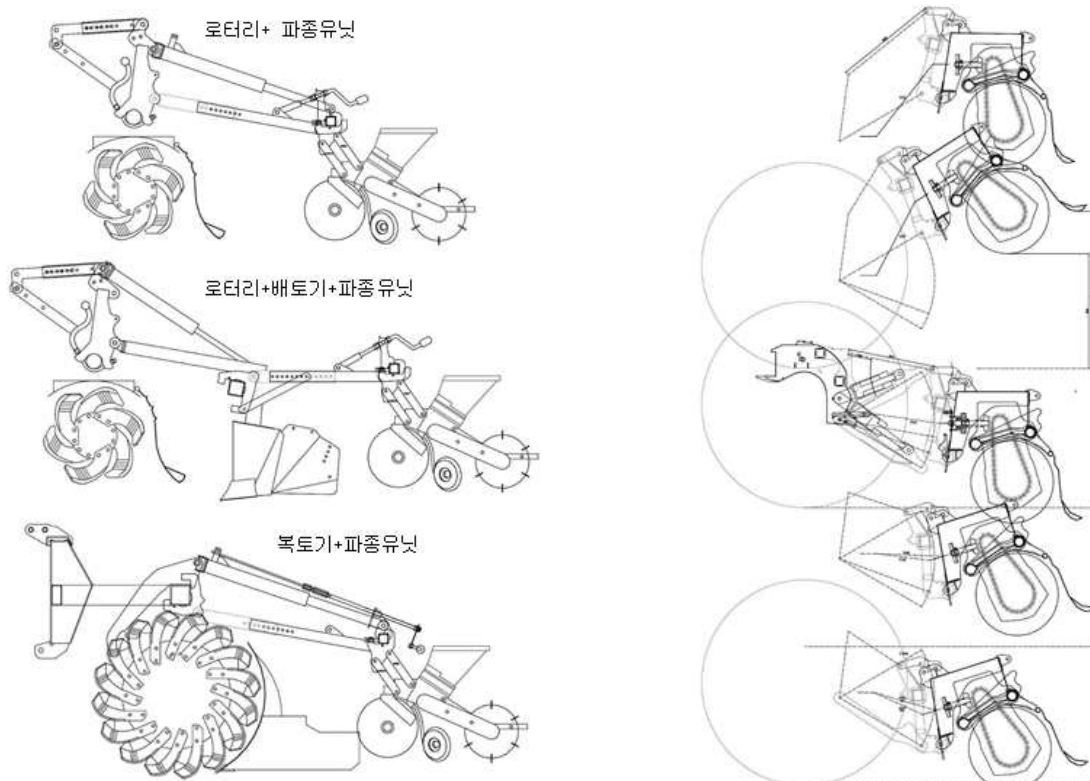
이때 복합작업기를 트랙터에 연결하여 작업 시 흔들림 방지 및 수평으로 고르게 작업이 가능하도록 수평조절 완충 실린더(속업쇼버)를 좌우에 배치하였으며, 작업에 따라 수평을

고정할 수 있도록 연결부의 중앙에 수평 고정핀을 배치하였다.

후부커버(문짝)의 경우 문짝스프링을 통하여 흔들림 방지와 완충 역할을 하며, 칼날이 회전할 때 제한이 없도록 설계를 진행하였다. 중앙의 기어박스 하단부에는 중앙구동으로 발생하는 미경지를 최소화하기 위하여 미경지 제거 쟁기날을 설치하였다.



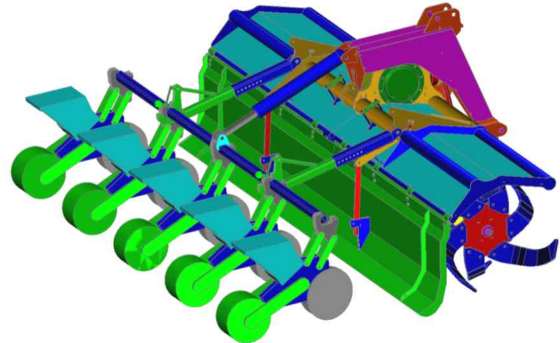
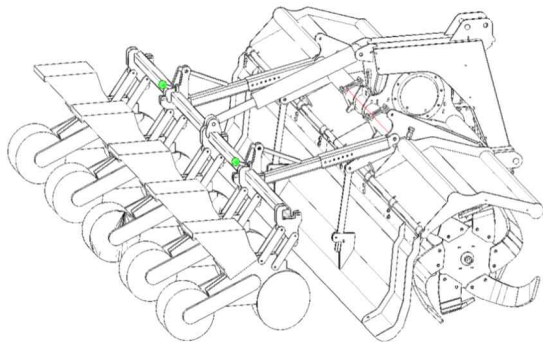
[다기능 복합작업기 설계 측면도]



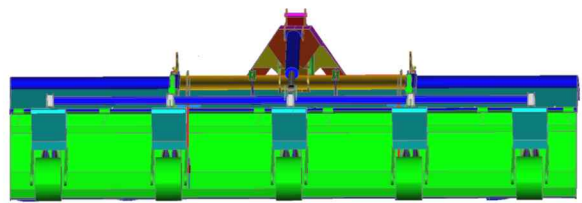
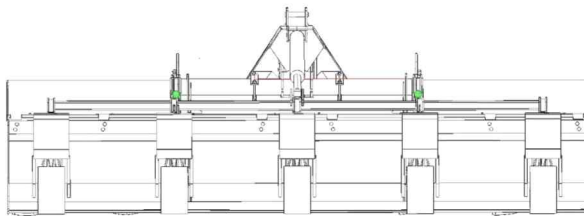
[작업기 연결 종류에 따른 측면 설계]

[복합작업기 상승, 하강 높이 비교 설계]

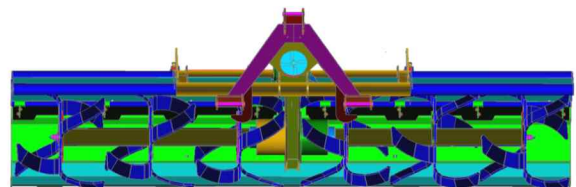
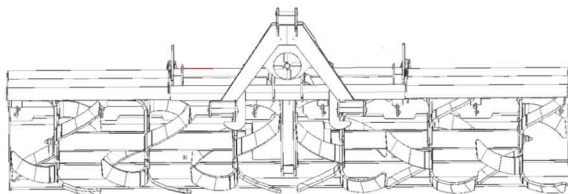
다목적 복합작업기 플랫폼은 중앙구동 방식으로 칼축을 교체할 수 있는 구조로서 파종기를 추가로 장착하여 사용할 수 있는 다양한 작업을 할 수 있는 농작업 종합 플랫폼이다. 기본적인 경운작업과 더불어 칼축을 교체하여 복토작업을 할 수 있으며, 복합작업기 플랫폼에 연결부를 장착하여 파종기를 추가 장착할 수 있도록 구성하였다.



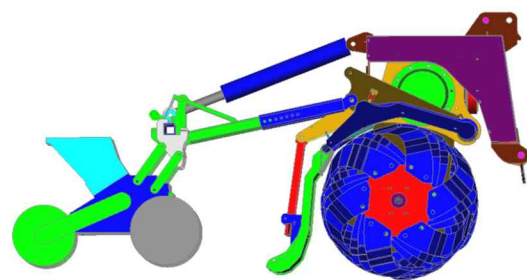
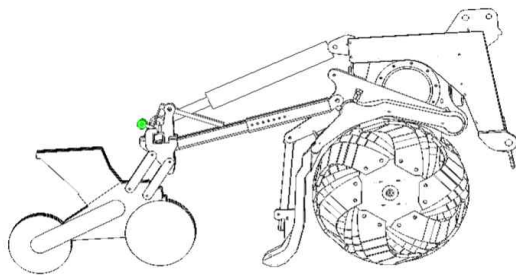
[다기능 복합작업기 플랫폼 파종기 장착 반측면 2D, 3D 설계]



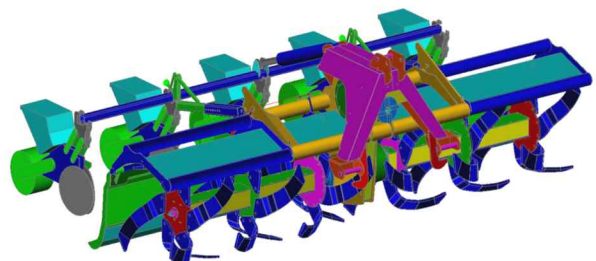
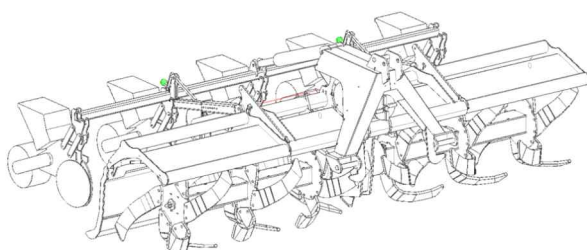
[다기능 복합작업기 플랫폼 파종기 장착 정면 2D, 3D 설계]



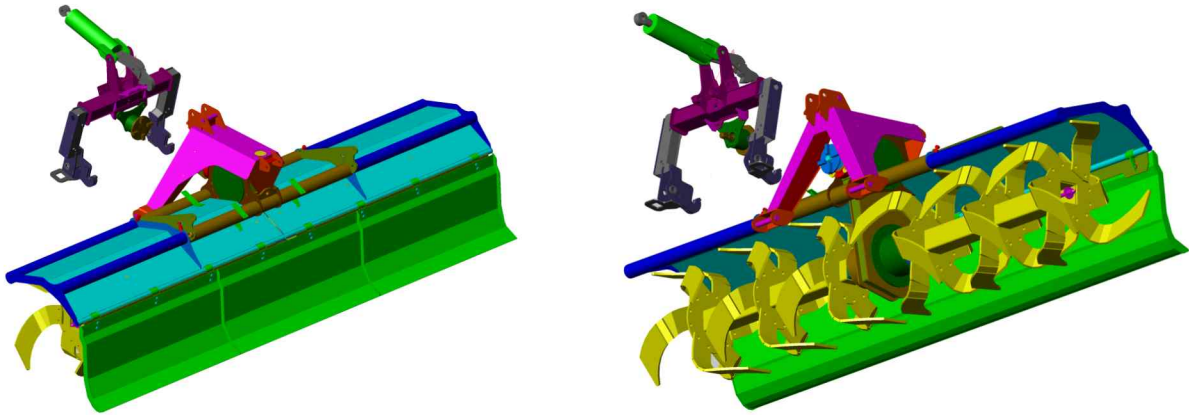
[다기능 복합작업기 플랫폼 파종기 장착 플랫폼 후면 2D, 3D 설계]



[다기능 복합작업기 플랫폼 파종기 장착 측면 2D, 3D 설계]



[다기능 복합작업기 플랫폼 파종기 장착 후반측면 2D, 3D 설계]

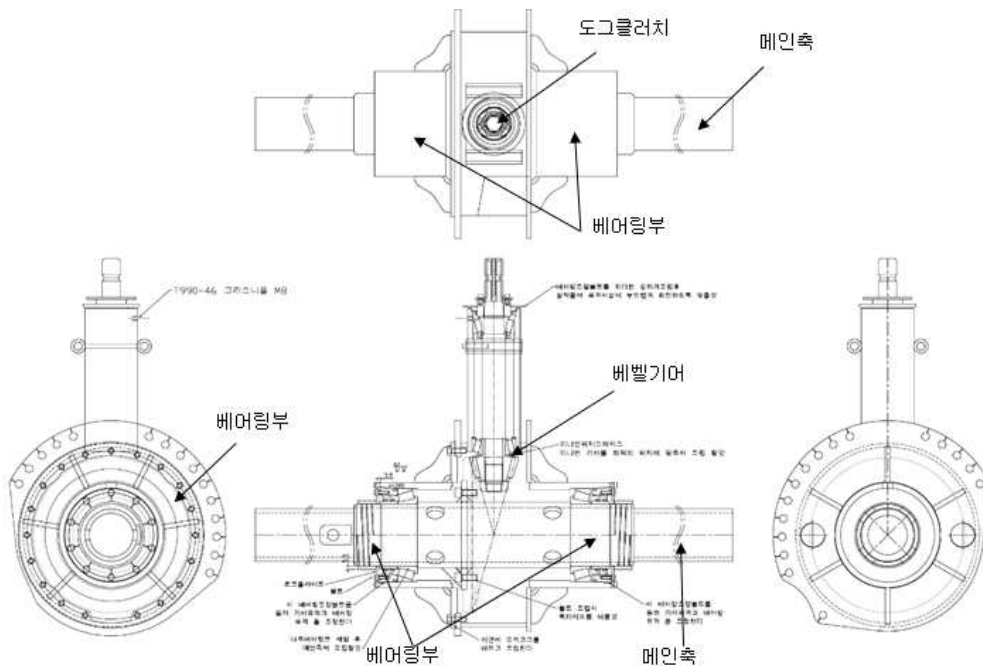


[다기능 복합작업기 플랫폼과 킥 어태치먼트 장착 3D 설계]

4) 중앙 구동부 설계

구동부는 중앙기어 체인방식으로 트랙터의 동력을 메인 구동축으로 전달하여 회전시켜 주도록 하며, 양방향 조립식 칼날 구동부에 맞춰 회전 방향 변환기술을 적용하여 칼축 회전 방향이 정회전과 역회전 변환이 되는 구조로 설계를 진행하였다.

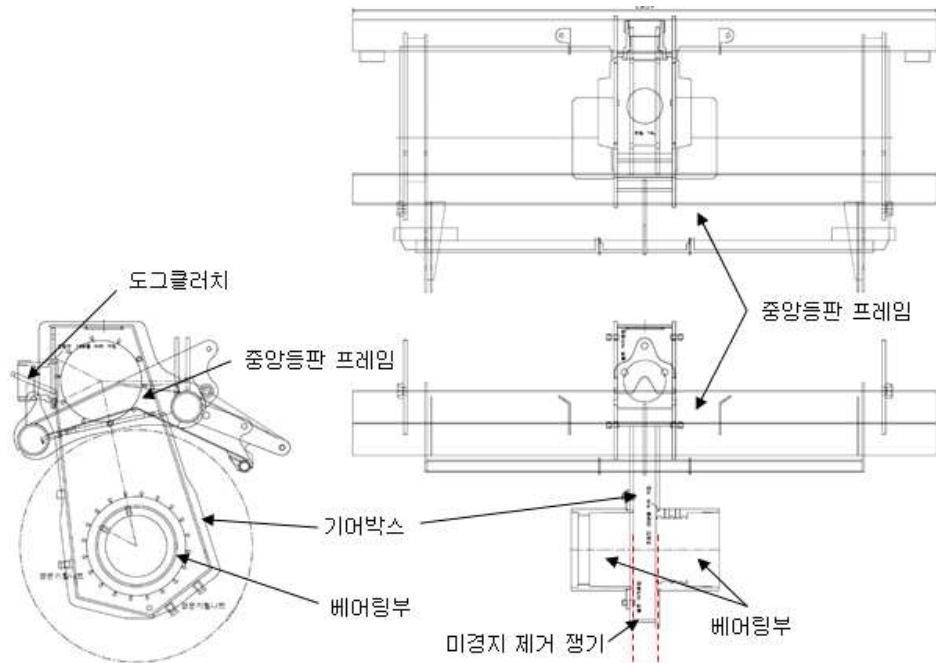
도그 클러치를 통하여 기어(베벨기어)를 체인으로 구동하며, 베어링부의 크기는 400mm, 200 ϕ 로 양축을 중심으로 사각의 메인축을 구동할 수 있도록 구성하였다.



[중앙구동부 설계 도면]

중앙등판 프레임은 중앙구동부(기어박스)를 포함하여 크기는 1,300mm × 800mm 좌, 우 등판을 삽입할 수 있게 90 ϕ 로 설계하였다. 또한 연결부 장착이 가능하며 트랙터 연결을 위한 도그 클러치를 구성하였다.

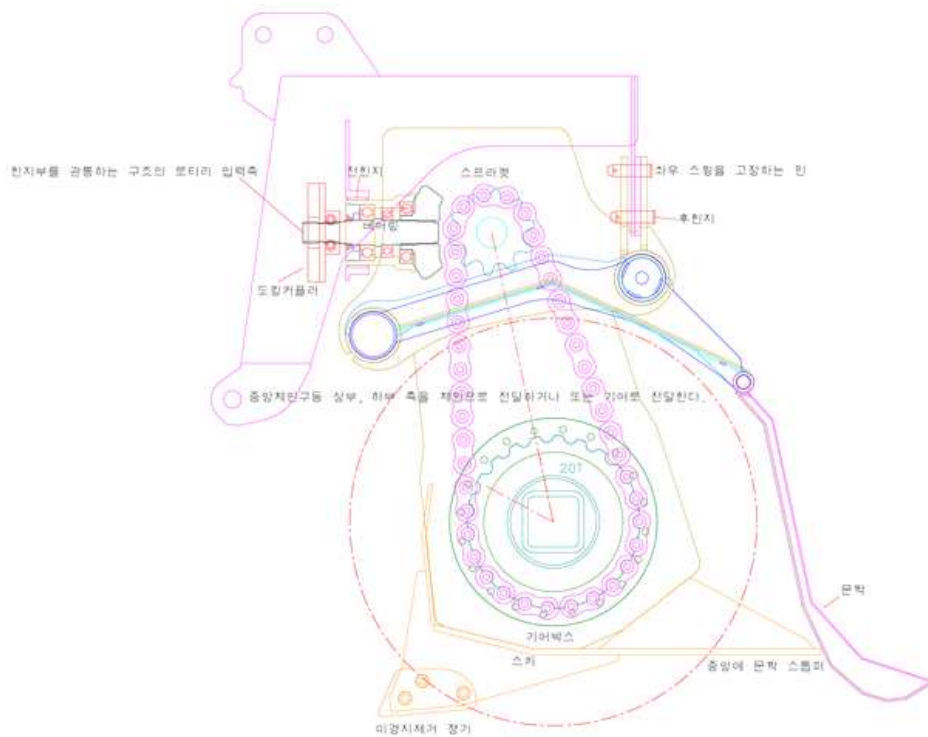
기어박스의 측면에는 원형의 커버를 제거하고, 기어를 탈거하여 반대 방향으로 교체하면 역방향 회전이 될 수 있는 구조로 설계하였다. 이는 기어가 정회전과 역회전함으로 로터리 작업과 복토 작업을 하나의 플랫폼 사용이 가능하다.



[중양 프레임 및 구동축 도면]

중양 구동부와 기어박스에서 연결부의 힌지부를 관통하는 구조의 동력 입력축이 있으며, 도킹 커플러(도그 클러치)를 통하여 트랙터의 동력취출부(PTO)와 동력이 연결된다.

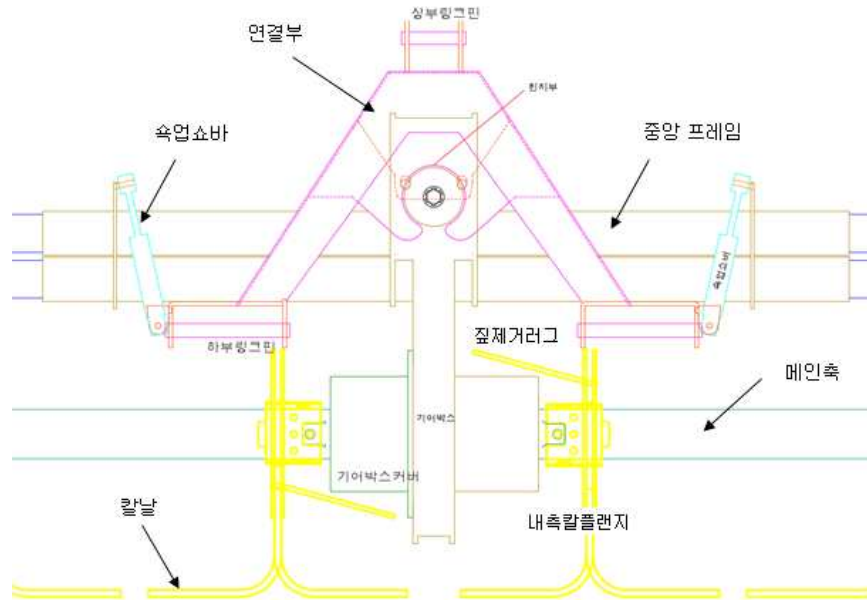
중양체인 구동으로 상부, 하부 축을 체인으로 전달하거나 기어로 전달하는 구조이다. 기어박스의 하단에는 미경지를 제거하는 쟁기와 중양의 문짝이 덜렁거리는 것을 방지하는 스톱퍼가 설치되어 있는 구조이다.



[중양 프레임 및 구동축 측면도면]

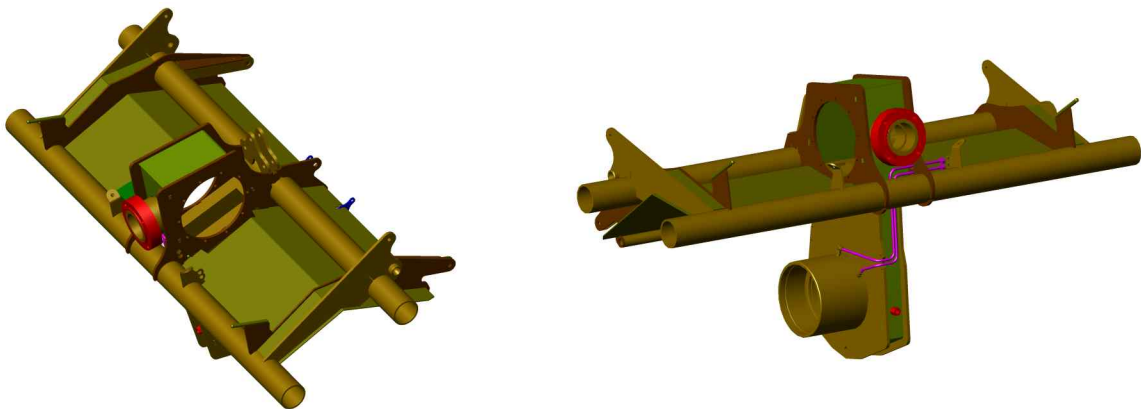
중양구동 방식으로 인하여 작업 시 중양부위에 짚, 풀 등 감기는 현상을 방지하기 위하여 칼날을 중양구동부에 최대한 배치를 하였으며, 내측 칼 플랜지에 짚제거 러그를 추가하여 감김 현상을 최소화하도록 설계하였다.

복합작업기와 연결부의 좌, 우측에는 속업쇼바(완충장치)를 설치하여 흔들림 방지 및 수평을 유지하도록 고려하였다. 연결부는 기어박스과 전힌지, 후힌지의 링크핀을 통하여 트랙터의 작업기 연결장치와 연결되며, 후힌지에는 복합작업기의 좌우 스윙을 고정하는 핀을 적용하였다. 고정핀의 아래 2개 장홀을 배치하여 좌우 스윙을 하되 최대각을 제한하도록 하였는데, 이는 복합작업기를 하단으로 내렸을 경우 좌우 스윙이 잘되고, 복합작업기를 상승시키면 자중이 실려 좌우 스윙이 안정되는 구조이다.



[중앙 프레임 및 구동부 도면]

기어박스에 유압 공급을 하고 잔여 부분을 리턴하여 사용할 수 있도록 설계하였다. 도킹 커플러 부위는 동력을 회전하는 부분으로 오일 누유 및 이탈방지를 위하여 커버 결합부의 조임 등 추가 보강 설계를 진행하였다.

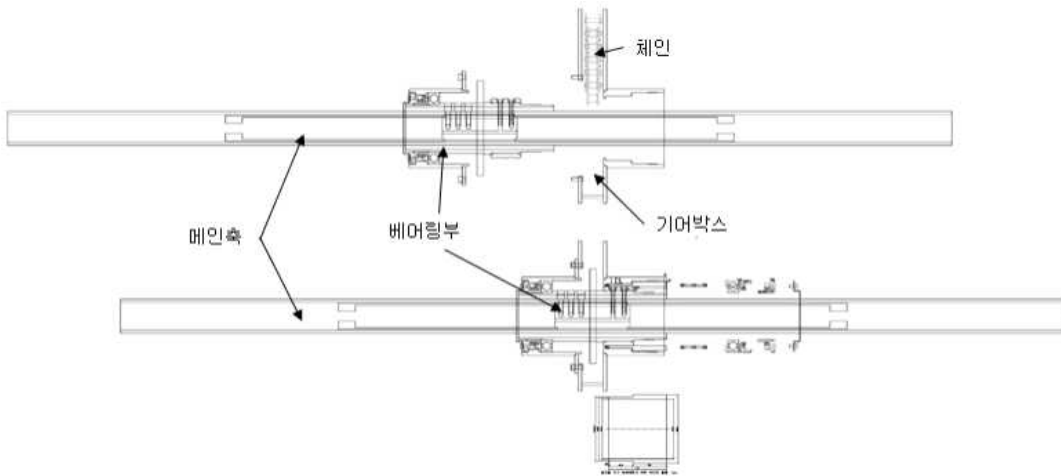


[중앙 등판 프레임 및 기어박스 3D 설계도면]

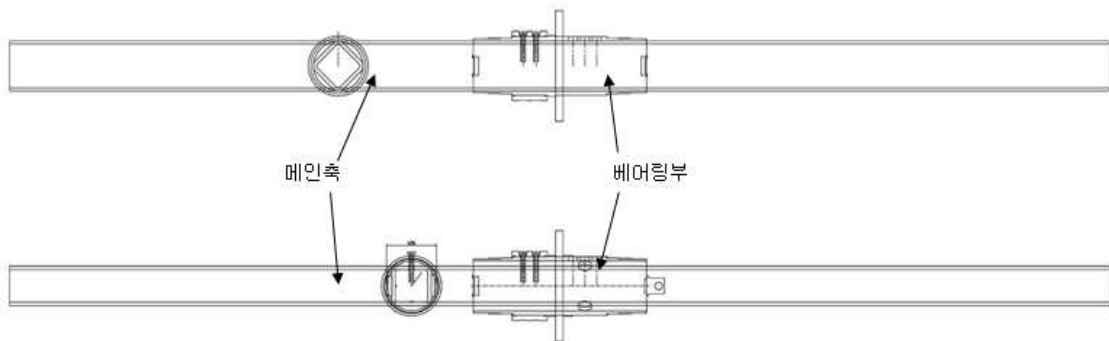
5) 메인축 설계

기어박스의 베어링부에서 양측 메인축으로 동력을 전달하여 구동하며, 칼축을 연결하여 사용할 수 있도록 구성하였다. 원형의 베어링부와 다르게 메인축은 사각으로 설계를 진행하였는데, 이는 일반적인 원형의 구동축에 칼날을 장착하는 방식이 아니라 칼축방식으로 메인축에 삽입을 하는 슬라이드 형태로 원형의 구동축은 부식, 찌그러짐, 파손 등으

로 삽입이 어려운 문제점이 발생한다. 사각의 메인축으로 설계하였을 경우 원형보다는 찌그러짐, 파손에 대해 강성이 있고, 슬라이드 삽입이 편리한 장점이 있다.

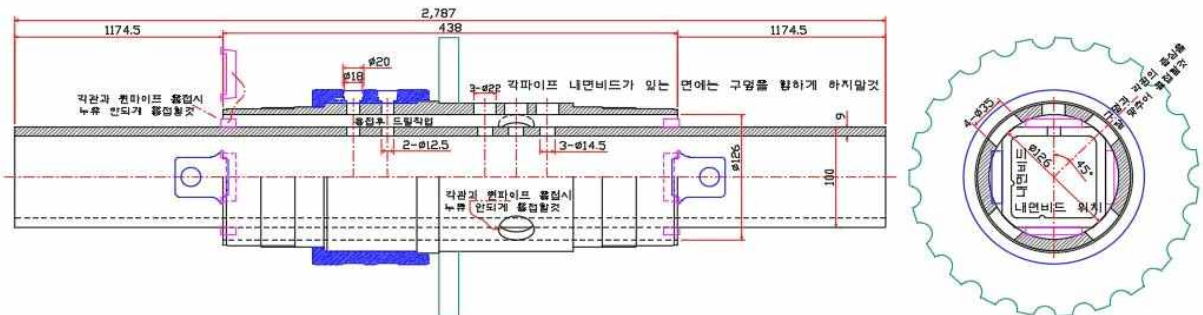


[메인축 설계 도면 1]



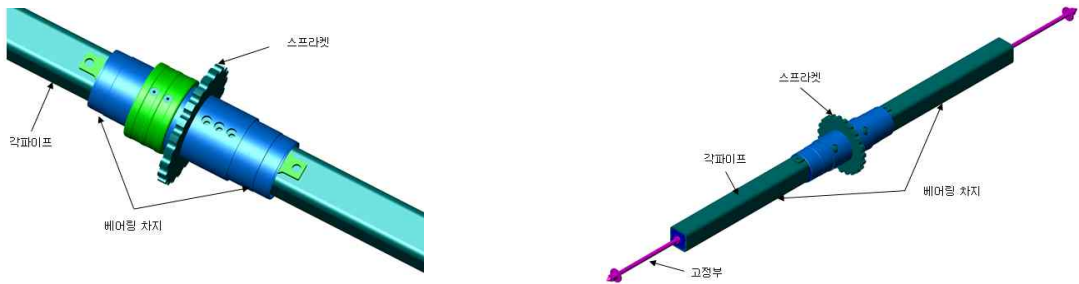
[메인축 설계 도면 2]

특히, 구동축과 메인축을 연결하는 볼트의 조임 등으로 인한 원형 축의 찌그러짐 현상 등이 많이 발생하는 원형축의 단점을 보완하여 한쪽 축의 길이 1,060mm 사각의 메인축과 연장되는 칼날축 250mm로 설계하였다. 원형의 베어링부와 사각의 중심축의 연결을 위해서 구동에 따른 축회전으로 인하여 발생하는 용접부위 이탈현상 및 오일 누유 등을 고려하여 설계하였다.



[메인축 베어링부 설계 도면]

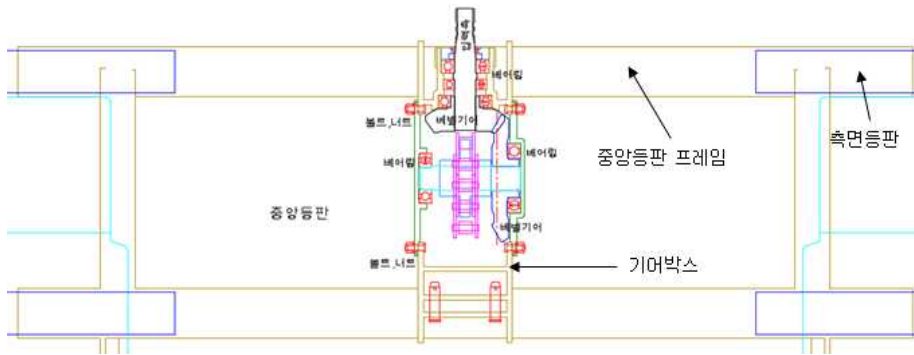
스프라켓의 기어는 체인을 통하여 메인 구동축으로 동력을 전달하며, 양측의 베어링 차지를 통하여 메인 사각축으로 동력을 전달한다. 고정부는 전산볼트를 적용하여 칼축의 작업폭 크기에 맞게 줄이거나 늘려서 교환이 편리하도록 설계하였다.



[메인축 3D 설계]

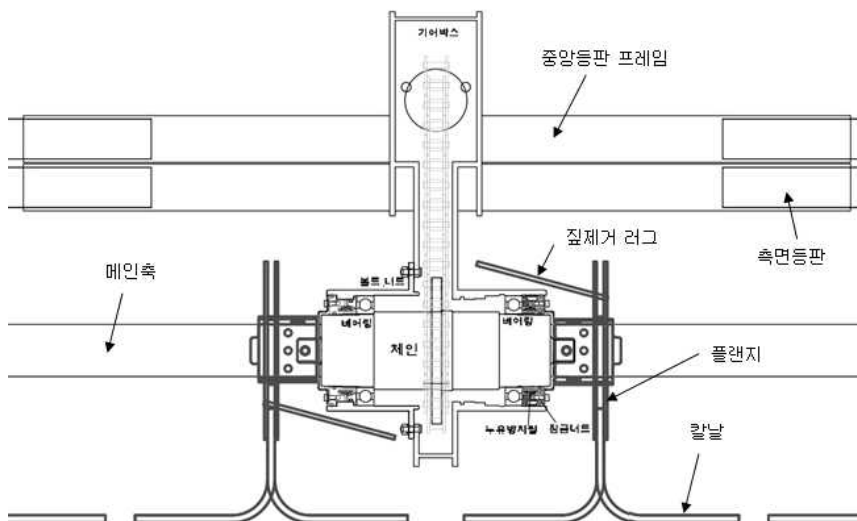
6) 기어 및 체인설계

트랙터의 동력취출장치(PTO)의 동력을 전달받아 퀵 어태치먼트 탈부착 조인트를 통하여 복합작업기의 도킹 커플러(도그 클러치)와 연결되고, 입력축에 전달된 동력을 베벨 기어를 통하여 체인을 구동하는 방식이다. 구동축에서 전달된 동력을 양방향 조립식 칼날 구동부에서는 회전 방향 변환기능을 적용하여 칼축의 회전 방향이 정회전과 역회전 변환이 되는 구조로 설계를 진행하였다. 기어는 평기어와 베벨기어를 사용하여 로터리, 복토 작업에 따라 정회전과 역회전이 가능하도록 변경하여 사용할 수 있도록 설계를 진행하였다.



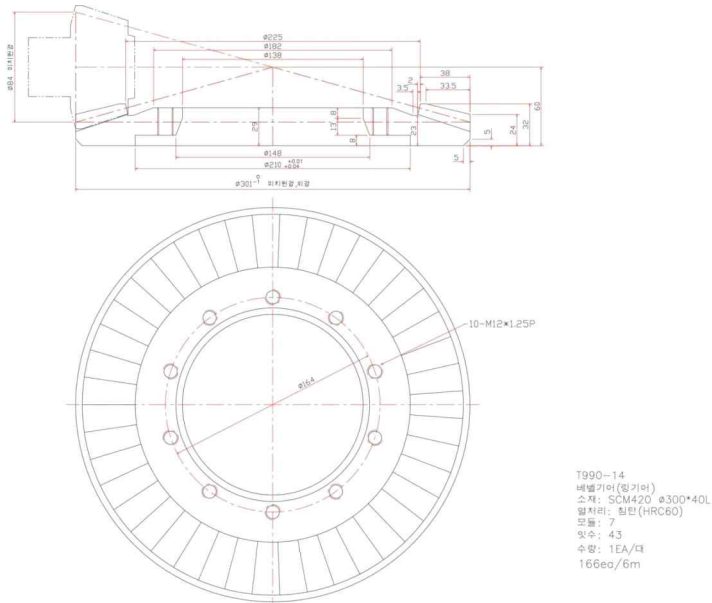
[중앙구동부와 기어 및 체인 배치도]

기어는 중앙동판 프레임의 중앙에 있는 기어박스 내부에 체인방식으로 배치하고, 구동축으로 전달시켜 체인의 양측 베어링부를 통하여 메인축을 회전하도록 설계하였다.



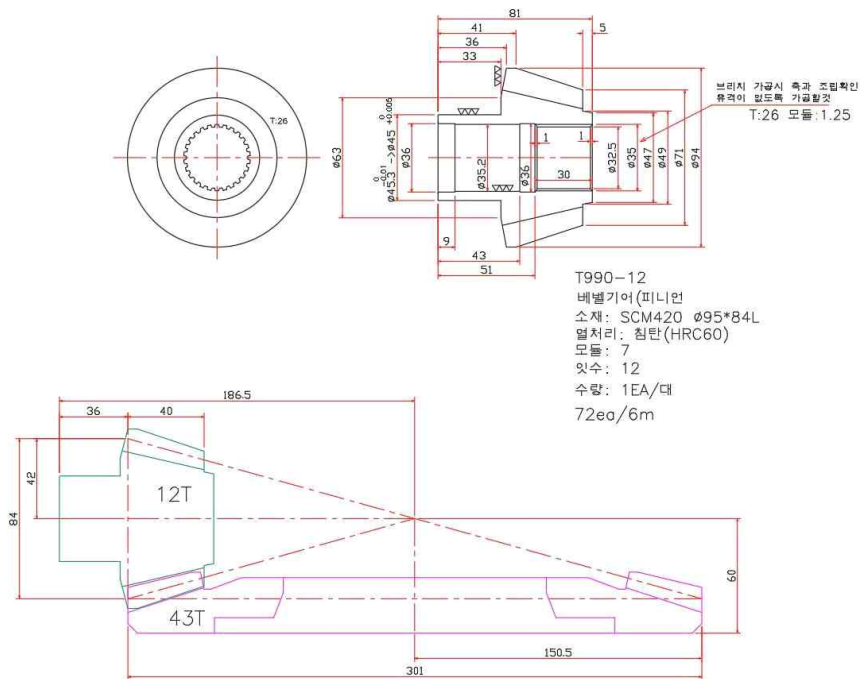
[중앙구동부와 기어, 체인 구조도]

베벨기어(링기어)는 SCM420 $\varnothing 300 \times 40L$ 소재로 침탄(HRC60) 열처리를 하여 7개 모듈 43잇수로 내경은 $\varnothing 164$ 입력축은 $\varnothing 84$ 피치 원경으로 설계하였다.



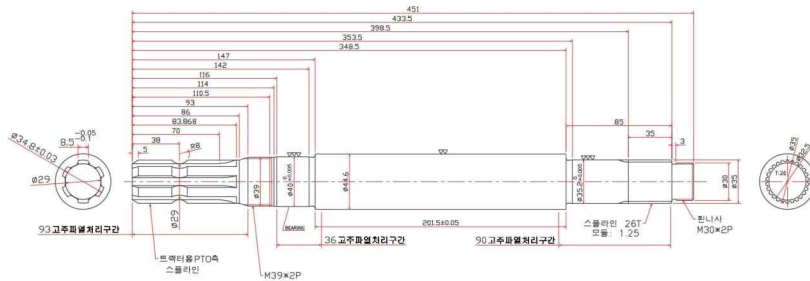
[베벨기어(링기어) 설계 도면]

베벨기어(피니언)는 SCM420 $\varnothing 95 \times 84L$ 소재로 침탄(HRC60) 열처리를 하여 7개 모듈 12 잇수로 설계하였다.



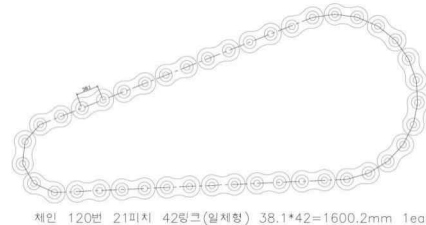
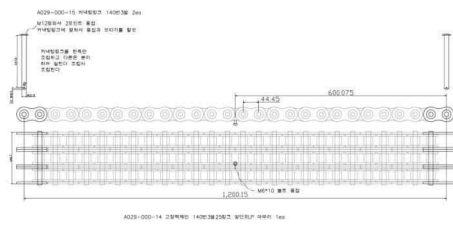
[베벨기어(피니언) 설계 도면]

피니언축은 트랙터와 베벨기어를 연결하는 부위로서 트랙터용 PTO축 스플라인은 $\varnothing 39$ 이며, 내경은 $\varnothing 29$, 6T, 8.5mm이다. 스플라인 모듈은 $\varnothing 35$ (내경 $\varnothing 32.5$), 26T이고, 전체 길이 451mm(551mm 추가 설계)로 고주파 열처리를 하여 사용하도록 하였다.

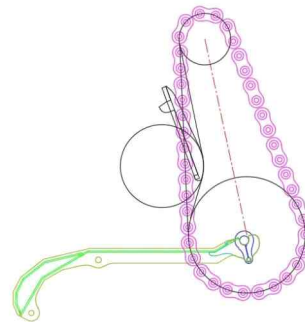
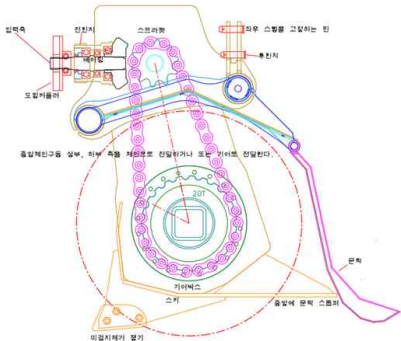


[피니언축 설계 도면]

체인은 21피치 42링크(38.1mm) 일체형으로 길이는 1,600.2mm로 고장력 체인으로 구성하였다. 힌지부를 관통하는 구조의 복합작업기의 입력축(피니언축)에서 베벨기어, 스프라켓을 거쳐 체인을 구동하며, 하단부의 스프라켓으로 전달하여 구동축을 회전시킴. 중앙체인 구동 상부, 하부측을 체인으로 전달하거나 기어로 전달하도록 하였다.



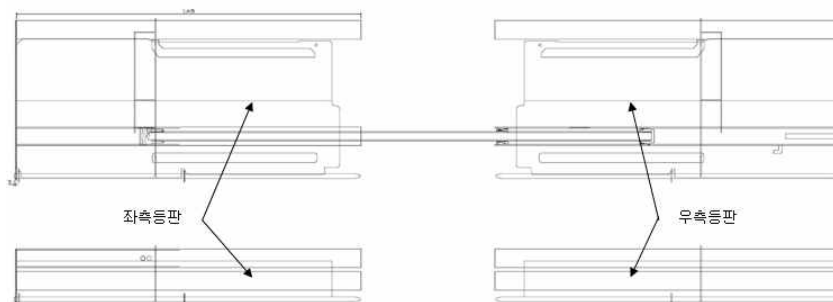
[체인 설계]



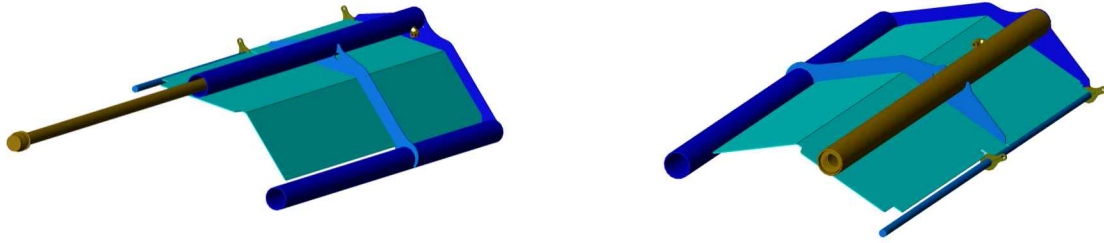
[기어 및 체인 구조 설계]

7) 등판 설계

중앙 프레임에 슬라이딩 형태로 삽입되는 양측면 등판은 950mm × 660mm 5T로 설계함. 슬라이딩 방식은 작업 시에는 폭을 3,300mm로 사용하지만, 이동 시 도로 폭을 고려하여 기본 2,700mm로 줄여서 사용하였다.



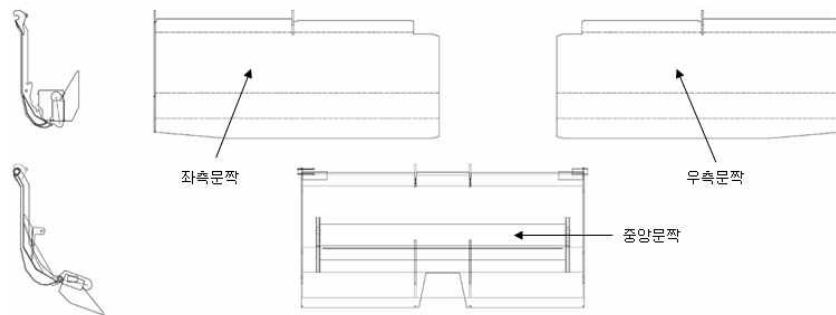
[좌우 측면등판 설계 도면]



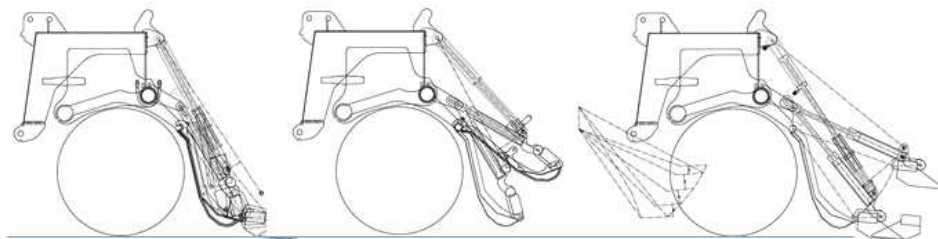
[측면 등판 3D 설계]

8) 후부커버 설계

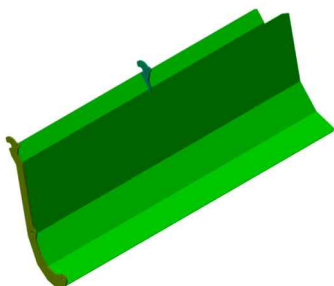
중앙프레임 및 측면 등판에 부착하여 사용할 수 있는 후부커버로 전체 2,780mm(확장시 3,300mm) 4T, 측면커버는 950mm, 4T로 설계하였다. 중앙의 문짝이 덜렁거리는 것을 방지하는 스톱퍼가 설치되어 있는 구조이다.



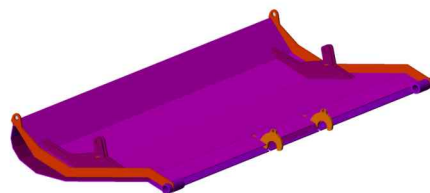
[후부커버 설계]



[후부커버 상하강 각도 설계]



[중앙 후부커버 3D 설계]



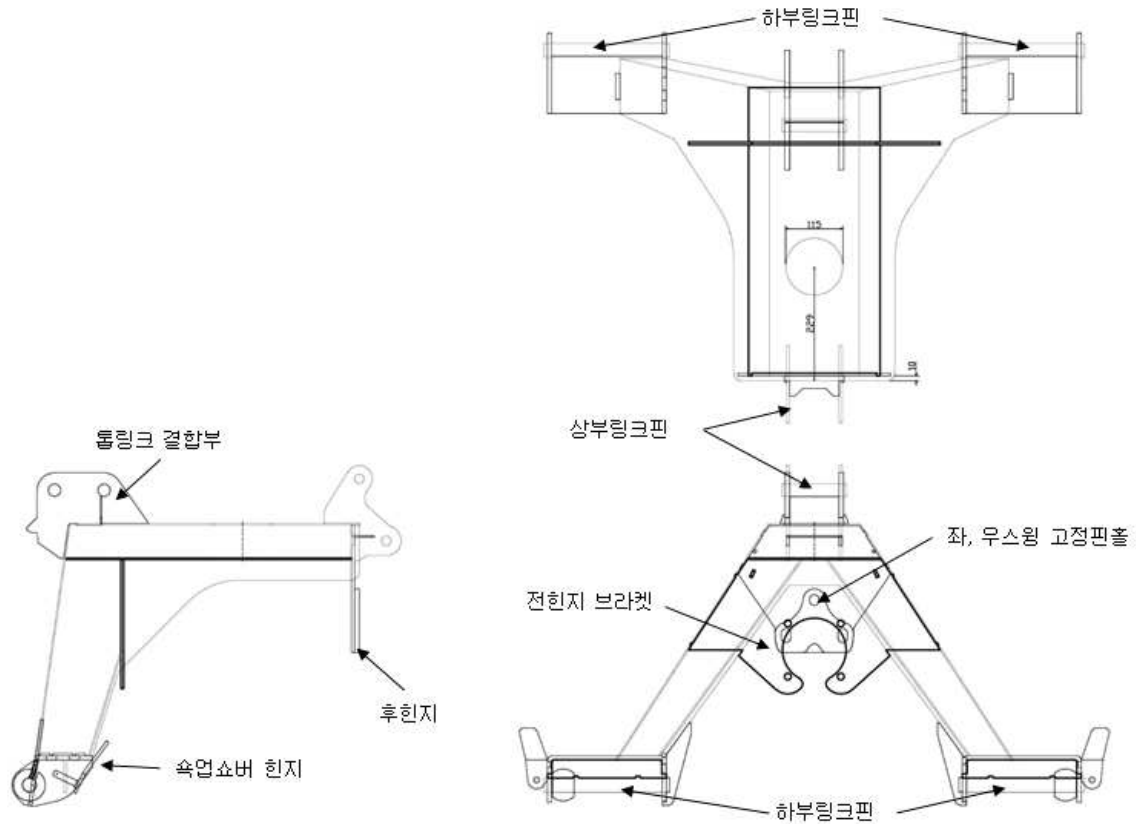
[양측면 후부커버 3D 설계]

9) 연결부 및 도킹 커플러 설계

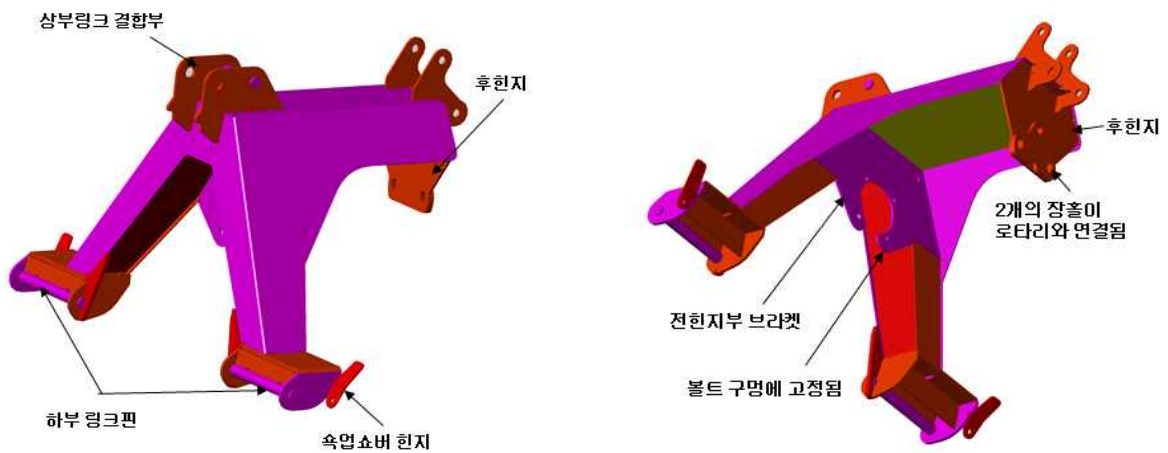
연결부는 다기능 복합작업기 상단부에 연결되고, 킥 어태치먼트의 상, 하부 링크와 연결부의 상, 하부 링크핀이 연결되는 방식이다. 전면부 상단에는 전힌지 브라켓이 설치(도그 클러치)되어 있으며, 좌, 우 스윙 고정핀홀이 위치하여 하단의 2개의 장홀은 좌우 스윙을

하되 최대각을 제한하는 역할을 한다.

즉, 복합작업기를 하단으로 내렸을 경우 좌우 스윙이 잘되고, 복합작업기를 들면 자중이 실려 좌우 스윙이 안정되는 구조이다.

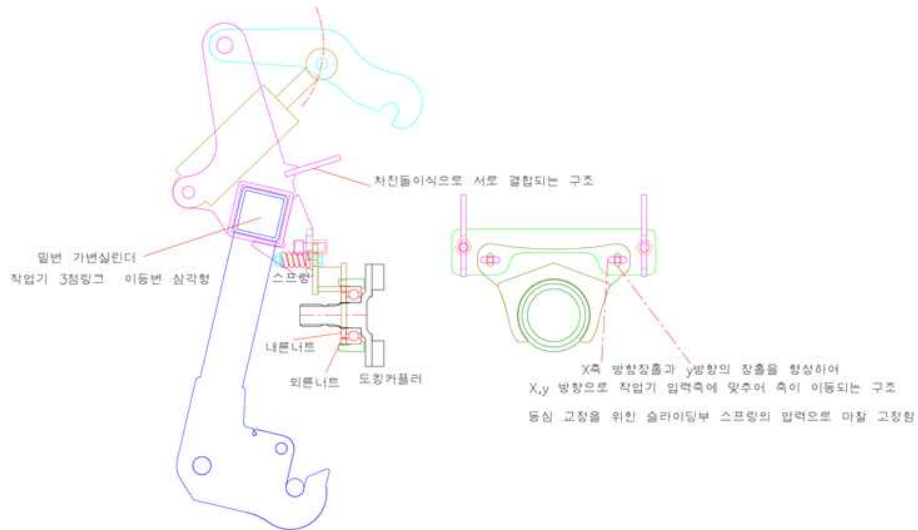


[복합작업기 플랫폼 연결브라켓 설계]



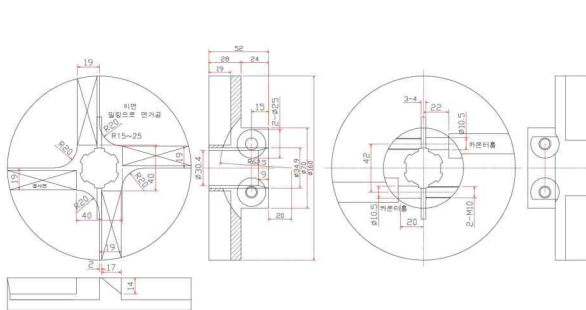
[복합작업기 플랫폼 연결브라켓 설계]

다목적 작업기의 연결부와 연결되는 퀵 어태치먼트의 상부링크와 밀변 가변실린더의 중앙에 사각형의 도킹 커플러(도그 클러치)가 있으며, 쉽게 연결하기 위하여 도그 클러치 하단부에 스프링 장치와 차전돌이식 구조로 서로 결합되도록 설계하였다. X축 방향의 장홀과 Y축 방향의 장홀을 형성하여 X, Y축 방향으로 복합작업기 입력축에 맞추어 축이 이동되는 구조이며, 이는 동심 교정을 위한 슬라이딩부 스프링의 압력으로 마찰 고정하는 역할을 한다.

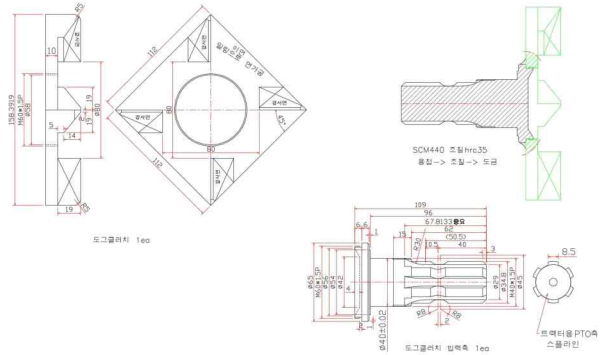


[복합작업기 플랫폼 연결브라켓 설계]

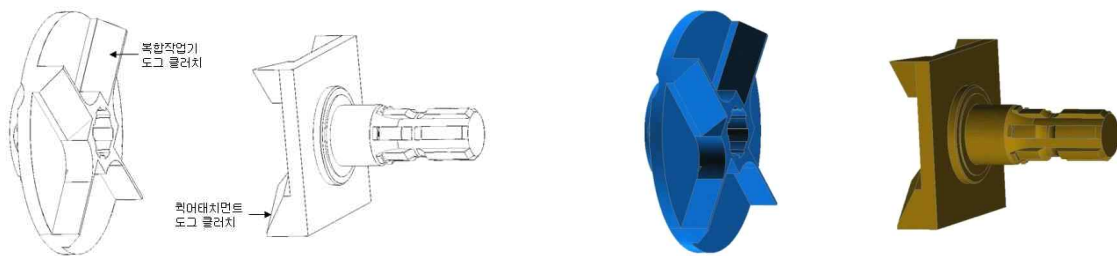
도킹 커플러(도그 클러치)는 복합작업기와 퀵 어태치먼트에 각각 하나씩 구성되어 있으며, 두 개의 도그 클러치가 만나 결합되는 구조이다. 복합작업기 연결부의 도그 클러치는 원형으로 되어 있으며, 퀵 어태치먼트 연결부의 도그 클러치는 사각 구조이다. 원형이 아닌 사각 구조는 복합작업기의 전현지부의 간섭을 최소화할 고려하여 설계하였다.



[도그 클러치(복합작업기 연결부) 설계]

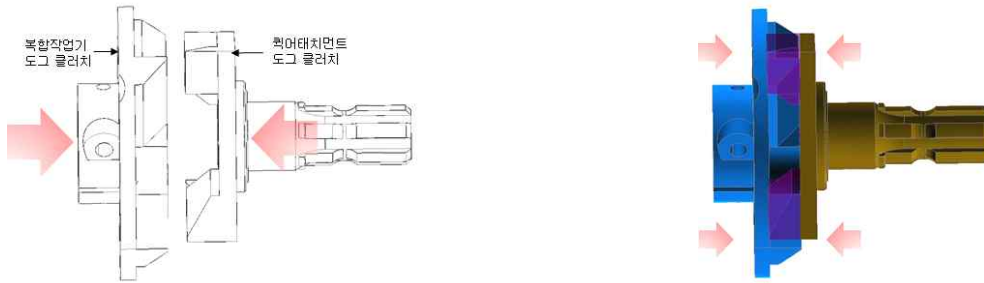


[도그 클러치(퀵 어태치먼트 연결부) 설계]



[도그 클러치 3D 설계]

다기능 복합작업기와 퀵 어태치먼트를 연결하는 도그 클러치는 한 면이 직각인 회전형 날개 구조를 갖추고 있으며, 양쪽의 도그 클러치가 직각으로 만나 체결되는 형태이다, 퀵 어태치먼트에 위치한 도그 클러치의 스프링과 2개의 장홀의 동심 교정을 위한 슬라이딩부 스프링의 압력으로 마찰 고정하는 방식이며, 직각의 면이 동시에 맞물리는 현상에서는 동력이 회전하면서 자동으로 결합하게 된다.

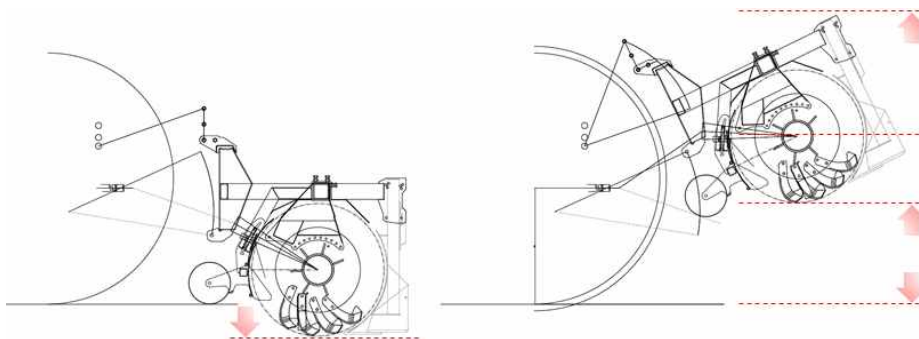


[도그클러치]

퀵 어태치먼트에 위치한 하부링크가 좌, 우로 이동하여 복합작업기의 하부 링크핀에 고정하고 상부 링크가 하강하여 복합작업기의 상부 링크핀에 연결되어 도그 클러치가 자동으로 연결되는 구조이다.

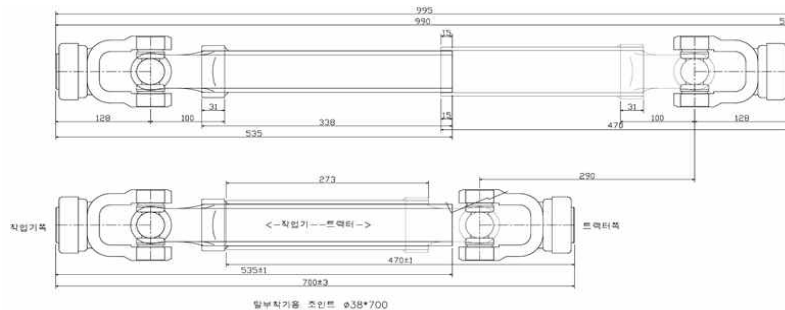


[복합작업기 플랫폼 연결브라켓 설계(퀵 어태치먼트와 연결방법)]



[복합작업기 플랫폼 상승, 하강 높이 및 각도 설계]

트랙터의 동력취출장치(PTO)와 복합작업기를 연결해주는 동력전달용 조인트(최대 길이 995mm) 설계 진행하였다. 동력전달용 조인트는 트랙터의 동력취출장치(PTO)와 퀵 어태치먼트(작업기 탈부착장치)의 도그 클러치와 연결되며, 복합작업기의 도그 클러치와 결합되어 동력을 전달한다.

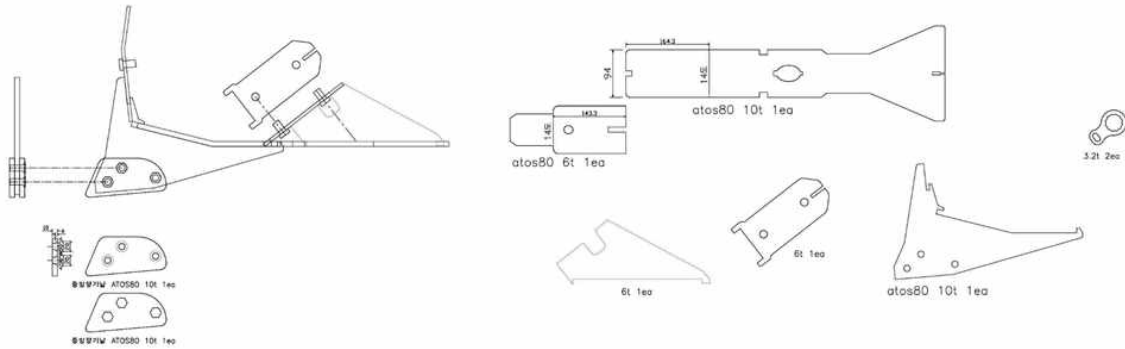


[동력전달용 조인트 설계]

10) 미경지 제거 쟁기 설계

다기능 복합작업기는 중앙에 구동부 및 기어박스가 존재하여 기어박스의 폭만큼 작업을 할 수 없는 미경지가 발생한다. 이런 이유로 미경지를 제거할 수 있는 쟁기 형태로 설계하여 작업이 안된 곳을 해결할 수 있도록 설계하였다.

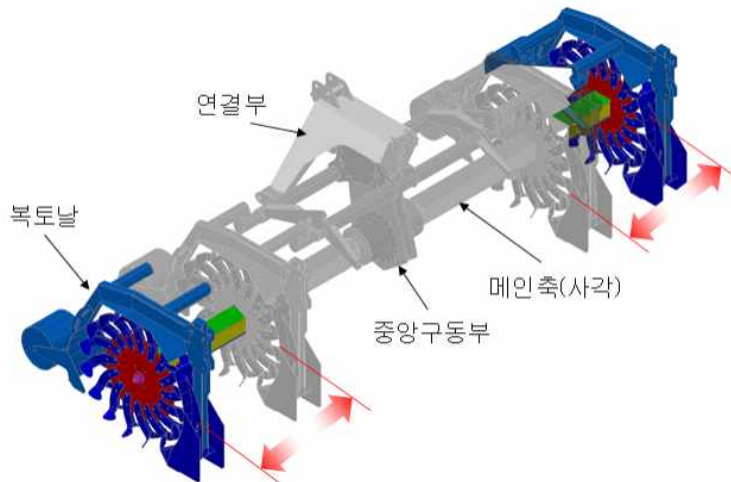
미경지 제거 쟁기는 다기능 복합작업기의 중앙 구동부의 하단에 설치하여 구동축의 좌, 우 칼날이 지나가지 않는 구간을 보완하는 작용을 하며, 또한 작업 시 중앙에 지푸라기나, 풀등이 걸리는 현상을 최소화하는 역할을 한다.



[미경지 제거 쟁기날 설계]

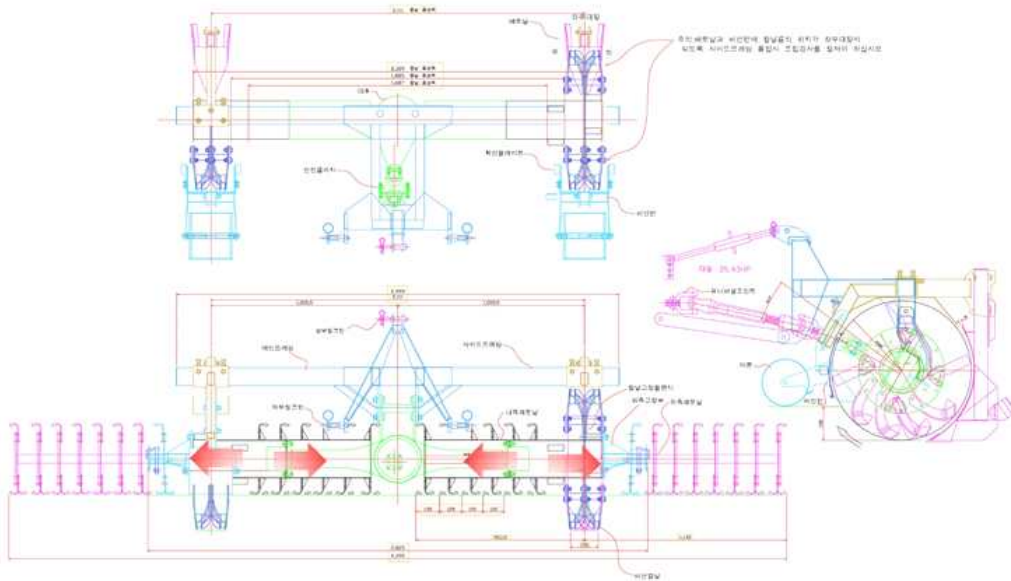
나. 농작업에 따라 복토 간격, 복토골 수 조정 기술 개발

농작업은 경운작업뿐만 아니라 두둑성형, 파종작업 등 일괄 작업이 가능한 구조로 작물 및 토양의 성질에 따라 폭 조절 및 높이 조절이 가능한 구조로 설계되어야 한다.



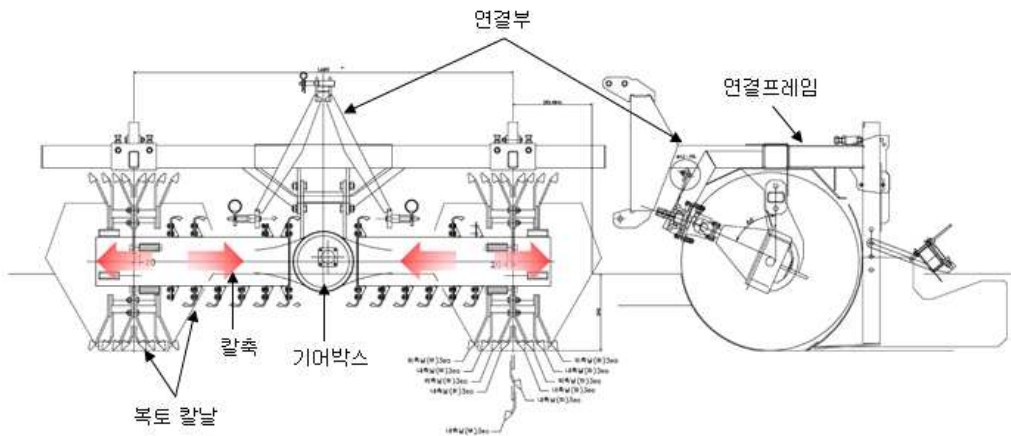
[복토골 간격 및 골수 조정기술 개요도]

복토기의 경우 1골, 2골, 4골 모두 가능하도록 설계를 진행하고, 복토기의 골간격, 로터베이터의 경운폭 조절이 가능한 구조로 설계를 진행하였다. 작업폭은 최소 2.5m 이상, 작업폭 확장 시 3.2m 이상으로 10cm 이하로 미세조정이 가능하도록 설계를 진행하였다.



[복토골 간격 및 골수 조정기술 설계1]

칼축에 결합된 칼날 플랜지를 좌, 우로 이동하거나 칼날 배열을 변경하여 미세 간격 조정이 가능하도록 설계하였다. 폭 넓이에 따른 칼날축의 교체뿐만 아니라 칼날의 크기에 따른 플랜지 이동 등 종합적으로 작업 상황을 고려한 구조로 설계를 진행하였다.



[복토골 간격 및 골수 조정기술 설계2]

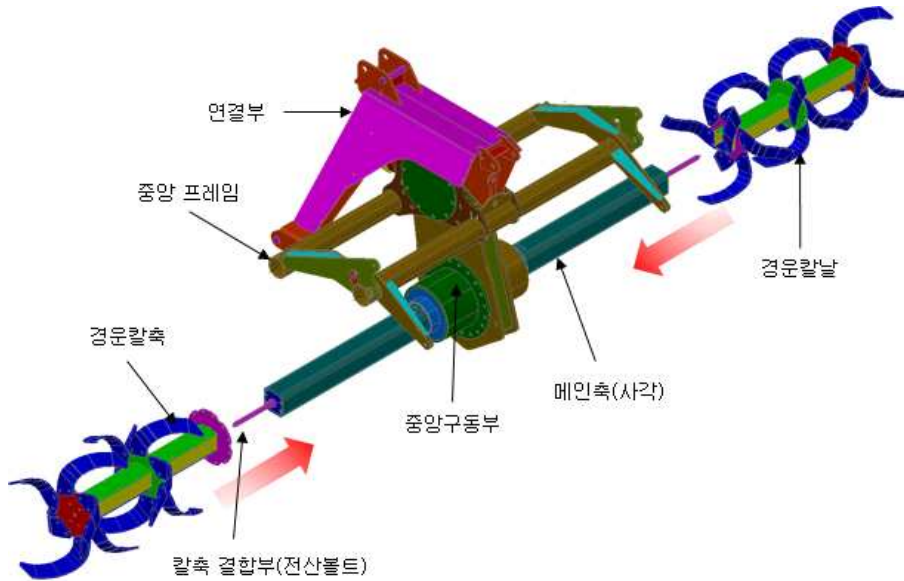
다. 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 설계

1) 양방향 조립식 칼날축 설계

구동부가 중앙에 있어 양측면으로 쉽게 경운날 및 복토날 교체가 가능하고, 양방향 조립식 칼날 구동부에 맞춰 회전 방향 변환기술을 적용하여 설계를 진행하였다.

로터리 작업 및 복토작업에 따라 기어박스의 기어를 반대편으로 이동하여 칼축의 회전 방향이 정회전과 역회전 변환이 되는 구조로 설계를 진행하였다. 이는 기존의 로터리, 복토작업을 위해서는 작업별 별도의 작업기가 필요하나 다기능 복합작업기는 하나의 플랫폼에 칼축 교환만으로 다양한 작업이 가능하도록 고려한 사항이다.

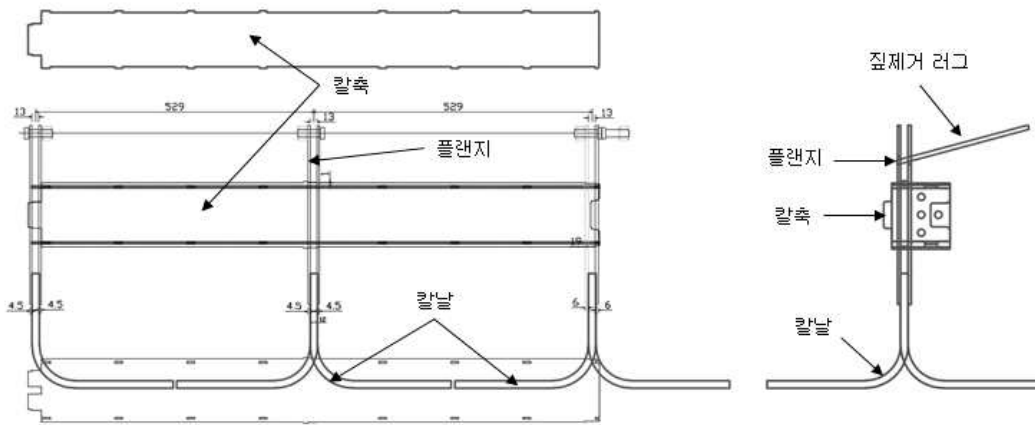
칼축은 중앙의 메인축에 슬라이드 형태로 삽입되는 형태이며, 메인축에 결합되어 있는 전산볼트를 이용하여 결합 또는 확장을 할 수 있도록 설계하였다.



[양방향 칼날축 결합 구조]

양방향 조립식 칼축의 길이는 한 방향으로 1,060mm × 110 mm이며, 가볍고 튼튼한 구조를 위하여 사각 파이프를 적용하여 구성하였다. 복합작업기 플랫폼에서 호환되는 칼축을 교체 사용하여 칼날 교체 및 수리 등 A/S가 편리하도록 설계 진행하였다.

칼축에는 작업쪽에 맞춰 칼날을 조립할 수 있는 플랜지를 구비하여 작업 방향에 맞는 칼날을 결합하여 사용할 수 있도록 설계하였다.

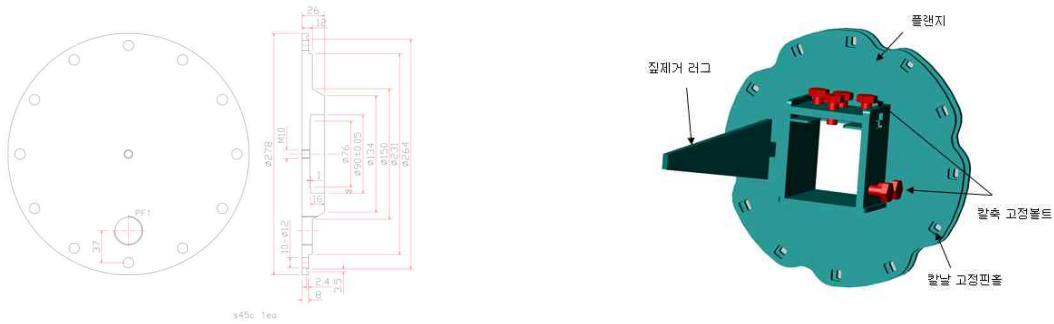


[칼날축 설계 및 칼날 조립 구조]

2) 플랜지 설계

플랜지는 칼축에 결합되는 형태로서 칼날과 결합되어 사용됨. 플랜지의 크기는 $\varnothing 278$, 26T로 12개의 칼날 고정핀홀이 있어 6개의 칼날이 장착되는 구조이며, 1번 플랜지에는 고정볼트로 칼축과 고정하도록 설계하였다.

1번 플랜지는 중앙 구동부(기어박스)에 인접하게 배치하고, 중앙부위에 지푸라기, 풀 등 감김방지를 위하여 짐제거 러그를 부착하여 감김을 최소화하였다. 짐제거 러그는 양측면의 1번 플랜지에 동일한 위치에 부착되는 것이 아닌 180도 교차 배치시켜 동력의 회전 시 감김 현상을 제거하거나 최소화할 수 있다.

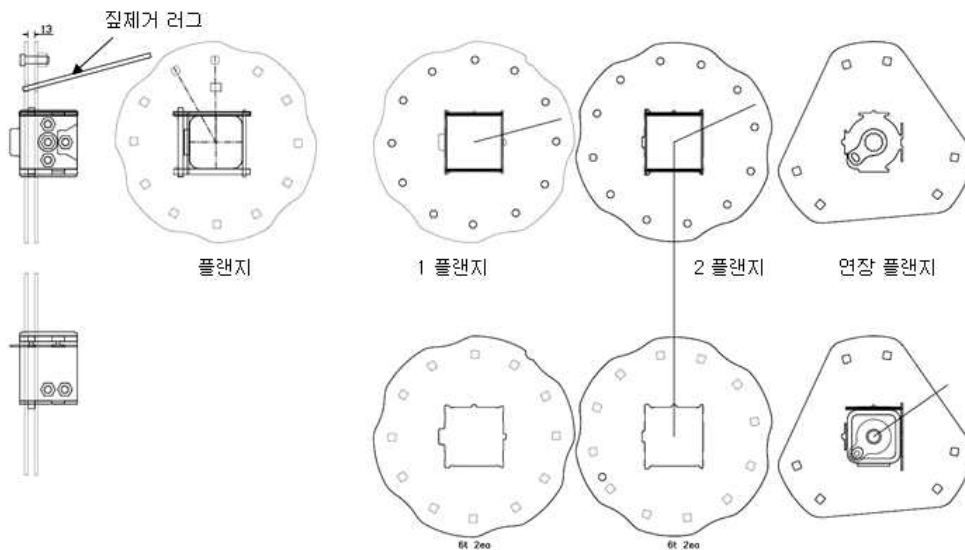


[플랜지의 구조]

칼축에 삽입되는 플랜지의 규격, 용도, 결합방식에 따라 1, 2, 연장 플랜지로 구분하고, 중앙부로부터 1, 2, 연장 플랜지로 배열하였다.

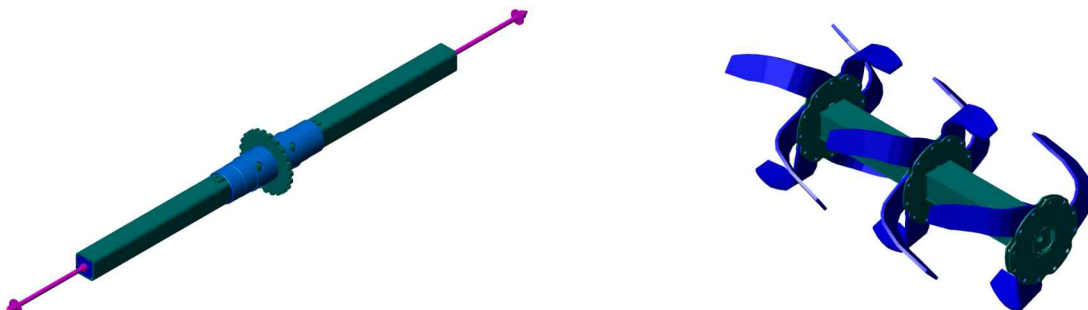
1번 플랜지는 중앙부에서 2곳에 위치하며, 칼날이 각 3개씩 양방향으로 교차하여 배열되게 구성하고, 2번과 연장 플랜지는 칼날이 중앙부를 향하게 배치하였다.

연장 플랜지는 삼각형 모양의 구조로 3개의 칼날이 결합되어 폭을 연장하여 사용하며, 작업 시 흙이 밖으로 뿌러지는 것을 방지하기 위하여 칼날이 중앙부를 향하게 배치하였다.

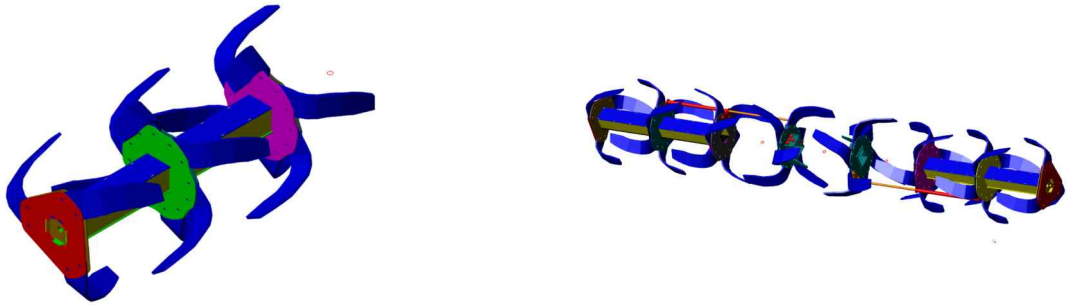


[칼날 결합용 플랜지 설계]

메인축에 칼날축을 결합하여 전산볼트를 조이거나 풀어서 확장에 사용할 수 있으며, 칼축 결합 부위에는 일반볼트 체결이 아닌 8자 모양으로 구성하여 두 번 볼트로 체결하여 정회전이나 역회전 시 풀림을 방지하도록 설계하였다.



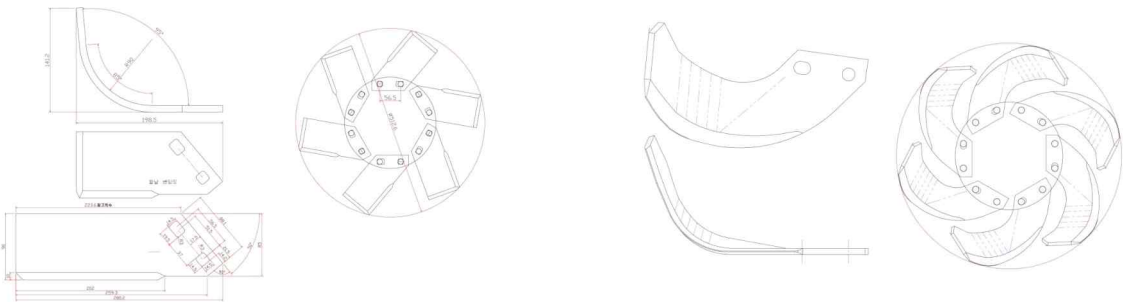
[칼축과 칼날 결합 3D 설계]



[칼축과 칼날 결합 3D 설계]

3) 경운 칼날 설계

작업 중 경운칼날에 풀, 지푸라기, 비닐 등 장애물로 감기는 현상이 빈번하고, 이런 장애물 감김 현상은 차체의 떨림 현상과 출력 저하, 작업 효율 하락의 원인으로 흙이 배출되는 구조의 칼날 설계가 중요하다. 또한, 칼날 구동부가 중앙에 있어 경운날 및 복토날을 쉽게 교체 가능하고, 칼축을 중심으로 칼날이 나선형 방향으로 조립을 할 수 있도록 좌측과 우측 절단면이 구분되도록 설계를 진행하였다.

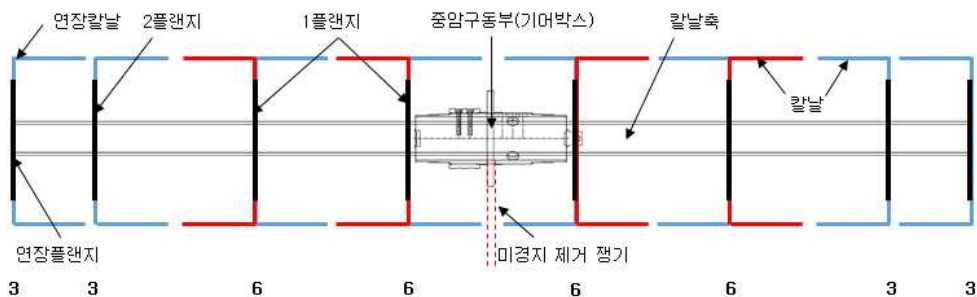


[복합작업기의 경운칼날 설계]

L자(유니버설) 형태의 칼날은 보통 토양의 조건으로 밀이 고르게 경운되는 장점이 있고, C자(스피드날) 형태의 칼날은 단단한 토양, 잡초 지역 등에 사용되나 다소 밀이 고르지 않는 단점이 있다. 다기능 복합작업기의 경운칼날은 C자 형태의 회오리 모양으로 구성하여 일반 토양뿐만 아니라 단단한 토양, 잡초지역에서 경운이 유리하며, 흙이 배출되는 구조로 설계를 진행하였다.

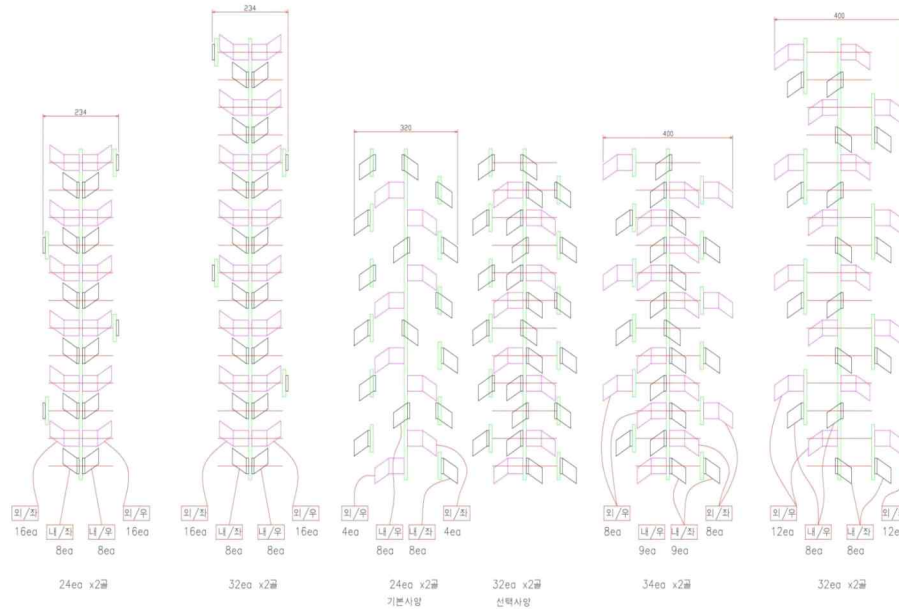
기존의 경운칼날 두께보다 두껍게(10T) 설계하여 반영구적 사용이 가능하도록 설계하고, 조임 너트의 경우 토크 12kg-m(87LB-ft)로 구성하였다.

복합작업기의 칼날배열은 로터리 작업 시 경운칼날 전체 36개(1플랜지 12(양방향 6 × 2) + 2플랜지 3 + 연장 플랜지 3) × 2}로 구성된다.



[칼날 배열도]

복토작업의 경우 24ea × 2골, 32ea × 2골, 32ea × 2골, 34ea × 2골 등 작업 상황에 따라 변경 가능하도록 칼날을 배열하고 설계를 진행하였다.



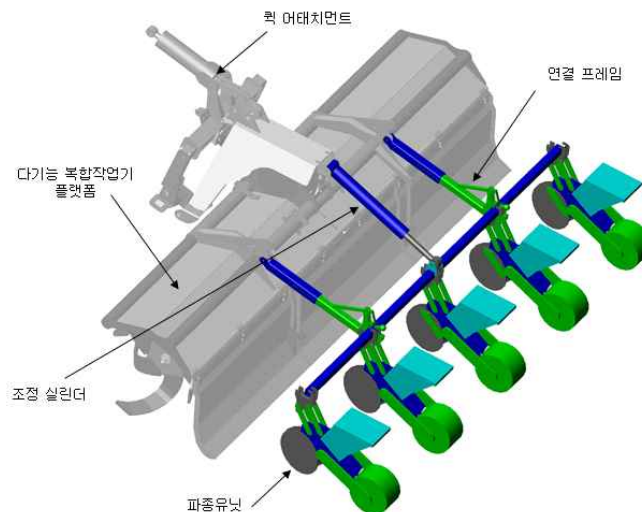
[칼날 배열도]

라. 정밀 점파가 가능한 파종장치 설계

1) 파종장치 매칭 프레임 세트 설계

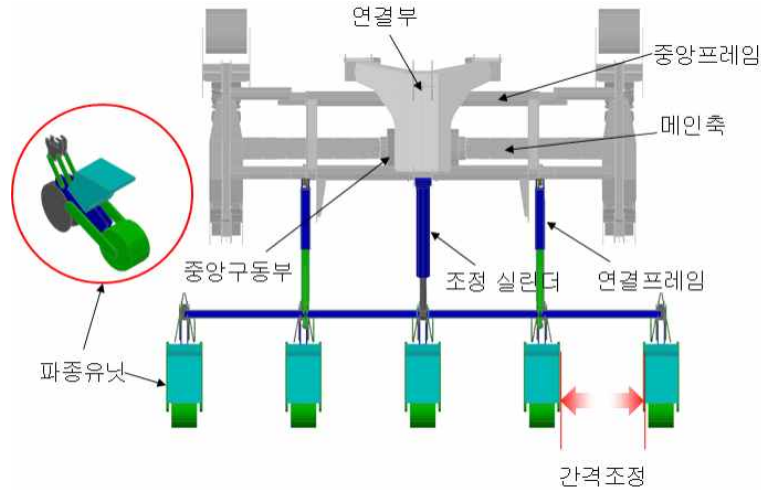
파종장치는 복합작업기에 매칭 프레임을 통하여 쉽게 장착되어 파종유닛을 장착을 할 수 있고, 간격을 정밀하게 조정이 가능한 구조로 설계를 진행하였다.

슬라이드 조정방식으로 간편하게 파종유닛의 조간 거리 조정이나, 볼트 조임을 할 수 있도록 설계하였다. 설계된 파종 폭 조절방식은 작물에 따라 다양하게 간격 조정이 되어 다양한 발작물에 맞는 교체 사용될 수 있는 구조로 설계하였다. 특히, 파종 시 상하 요동으로 인한 미파종 및 뒤집히는 현상을 방지하고, 1~4조*(최대6조)까지 부착사용 가능하도록 활용도를 향상시켰으며, 매칭 프레임을 쉽게 탈부착할 수 있는 형태로 설계를 진행하였다.



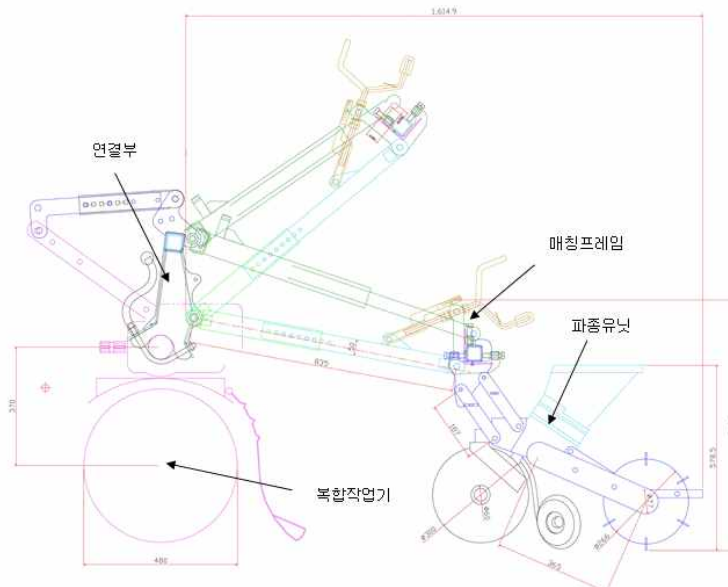
[파종유닛 및 매칭프레임 설계 구조도 1]

다기능 복합작업기의 중앙구동부의 등판에 파종기의 매칭 프레임이 부착되는 방식으로 중앙의 조정 실린더를 통하여 파종거리 및 두둑의 높이를 조정할 수 있도록 설계하였다.



[파종유닛 및 매칭 프레임 설계 구조도 2]

작물의 종류 및 작업환경에 따라 폭조정, 높이조정, 각도조정, 수평조정이 가능하도록 설계하였다.



[파종기 매칭 프레임 세트]

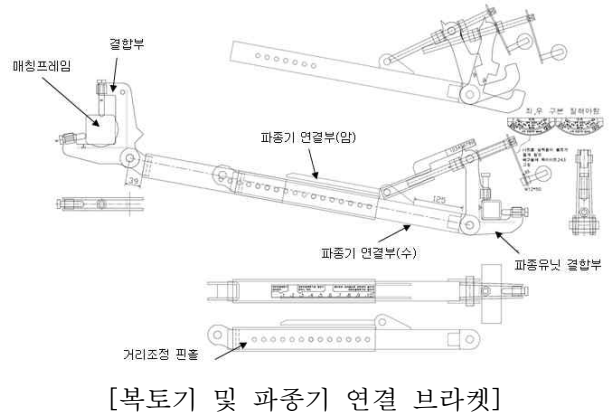
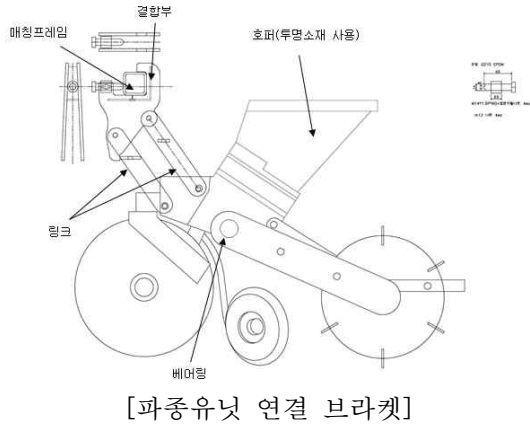
2) 파종유닛 및 연결 브라켓 설계

2개의 링크와 결합부는 두께를 두꺼운 특수강 소재를 사용하여 강도를 높였으며, 파종유닛 결합부의 한쪽이 열려있는 구조로 매칭 프레임에 쉽게 부착하도록 설계하였다.

기존의 파종유닛은 베어링이 없어 홀의 유격이 커져 파손 등 문제가 발생하나, 복합작업기 플랫폼의 파종유닛은 양쪽에 베어링을 설치하여 부드럽게 회전하고, 기어파손을 최소화하도록 설계하였다.

파종 작물을 보관하는 호퍼는 파종된 작물의 양을 확인할 수 있도록 강도가 높고 내구성이 강한 투명 소재로 설계함. 여러 종류의 파종유닛을 작물별로 다양하게 교체사용이 가

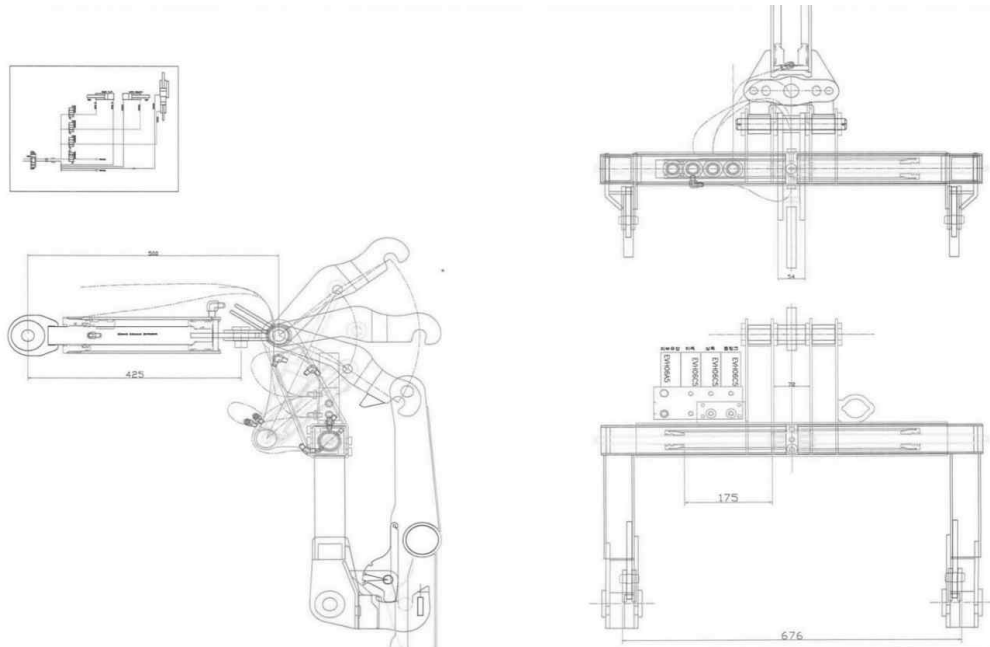
능하고, 파종유닛의 개수를 조정하여 사용할 수 있도록 설계하였다.



다. 킥 어태치먼트 설계

킥 어태치먼트는 다기능 복합작업기와 트랙터를 연결하는 장치로서 트랙터 후방의 3점 링크에 부착하여 유압으로 동작된다.

트랙터에 부착된 킥 어태치먼트는 다기능 복합작업기의 연결부와 연결하여 동작이 되는데 이때 킥 어태치먼트의 PTO축과 연결되는 결합장치(도킹 커플러)와 다기능 복합작업기의 연결부에 장착된 결합장치(도킹 커플러)와 자동결합되어 유압으로 구동된다. 킥 어태치먼트는 톱링크 실린더, 폭조절 실린더, 결합장치(도킹 커플러), 상부 및 하부 후크로 구성되어 있다.

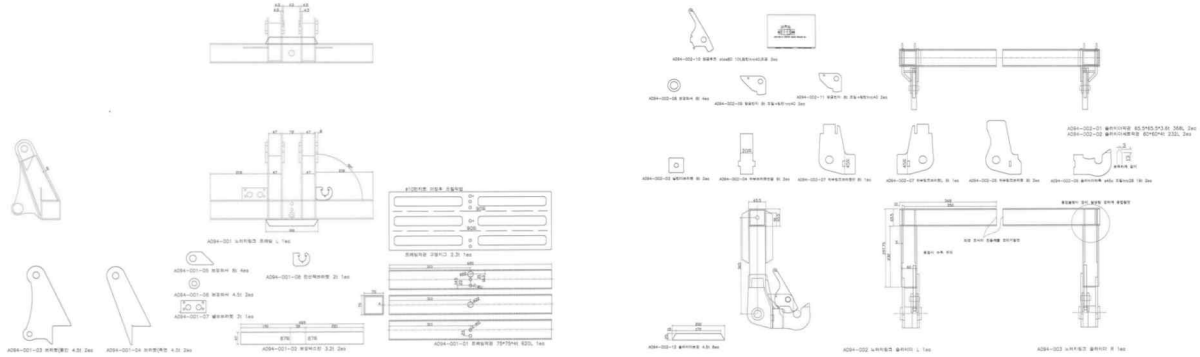


[킥 어태치먼트 개념설계]

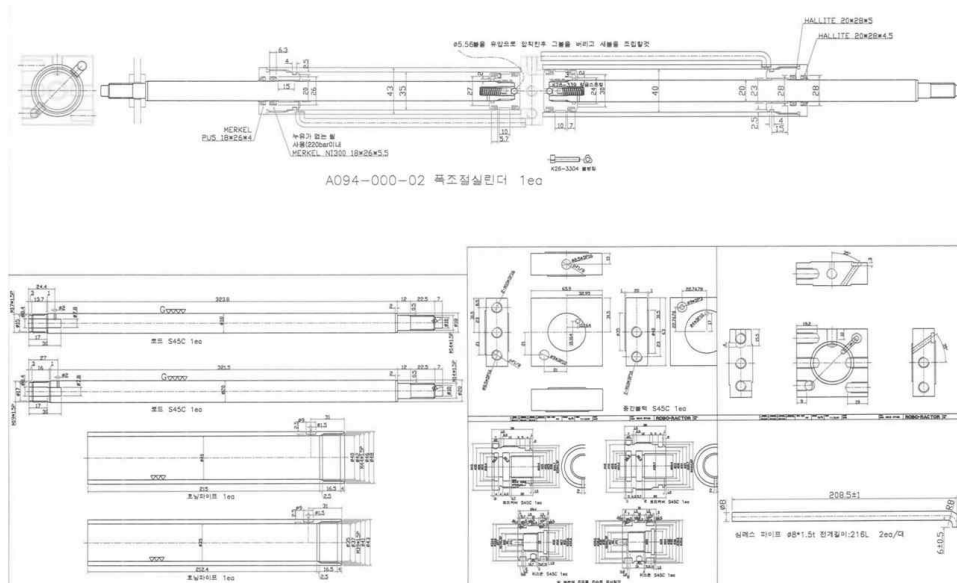
킥 어태치먼트는 다기능 복합작업기뿐만 아니라 다양한 작업기와 쉽게 연결이 가능하도록 설계되었으며, 폭조절 실린더는 복합작업기의 연결폭에 맞게 좌·우 폭조절을 하여 하부 후크로 체결하고, 톱링크 실린더가 하강하여 상부 후크로 복합작업기의 연결부 상부와 체결함. 톱링크 실린더가 상승하여 복합작업기를 들어 올려서 사용할 수 있다.

톱링크 실린더는 상, 하로 작동되며, 전, 후 위치 경사 조절 겸 작업기의 틸팅이 가능하

며, 폭조절 실린더는 실린더를 한쪽만 움직일 때 경사지게 되고 실린더 양쪽을 같이 움직일 때 수직 상·하강한다. 상부 후크는 상부점 위치에 맞춰 상·하 조절 겸 클램핑 기능이 있다.



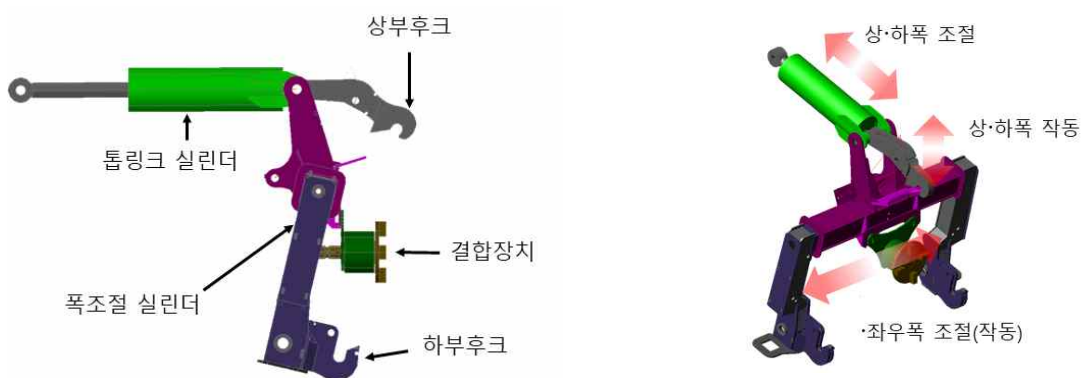
[퀵 어태치먼트 브라켓 및 링크 설계]



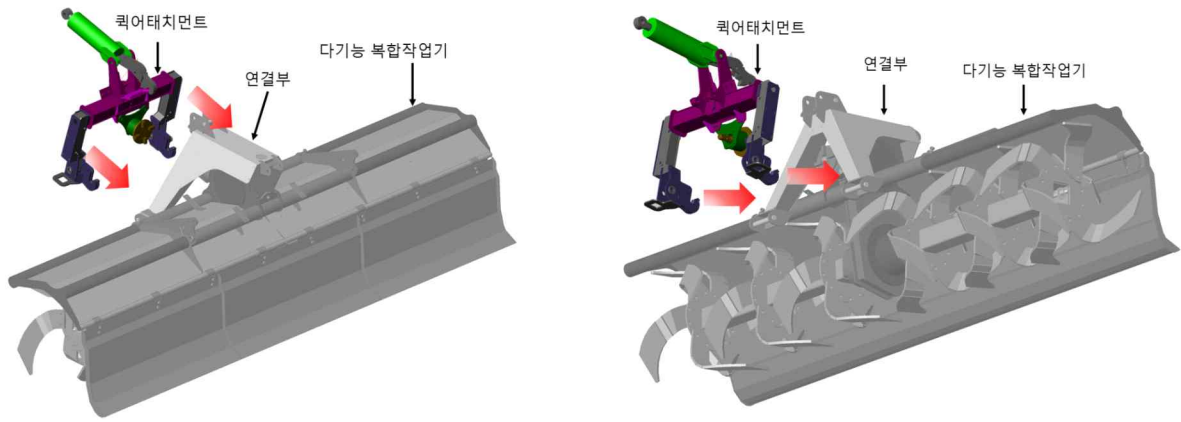
[폭조절 실린더 설계]

하부 링크의 하단에는 퀵 어태치먼트 하단 길이 조절장치를 채택하여 경사지 등에서 안정적인 작업이 가능하도록 아웃트리거 기능을 추가하여 설계를 진행하였다.

다기능 복합작업기의 구동은 PTO축과 연결조인트를 통하여 도킹 커플러로 연결되며, 퀵 어태치먼트와 다기능 복합작업기가 연결되면 자동으로 결합되어 구동되는 방식으로 유압 라인을 연결 후 동작 시 자동으로 구동된다.



[퀵어태치먼트의 구조]



[퀵 어태치먼트의 장착 방법]

2. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 제작

가. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 각 부분 제작

1) 중앙구동부 제작

다기능 복합작업기 플랫폼의 중심이 되는 중앙구동부를 제작 진행함. 중앙 구동부에는 기어박스과 중앙등판 베어링 부가 있으며, 기어박스에는 체인과 기어가 쉽게 삽입되고, 수리가 가능하도록 커버를 부착하여 제작하였다.



[중양구동부 제작 1]

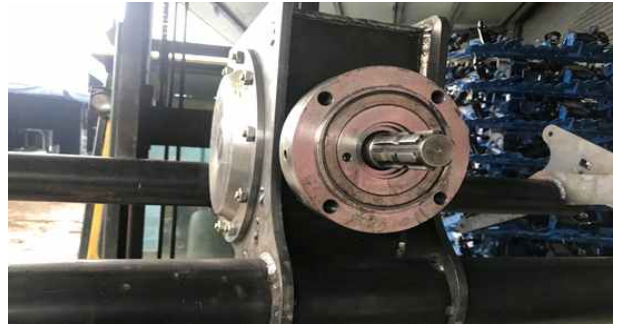


[중양구동부 제작 2]

중양구동부의 상단에는 트랙터 작업기 부착장치와 연결하여 사용할 수 있도록 연결부를 설치하였으며, 하단부는 기어박스과 베어링부에서 메인축이 중앙의 스프라켓을 통하여 연결될 수 있도록 제작하였다. 베어링부의 크기는 400mm, 200 \varnothing 로 양축을 중심으로 사각의 메인축을 구동할 수 있도록 하고, 기어박스의 하단에는 미경지를 제거하는 쟁기와 중앙의 문짝이 덜렁거리는 것을 방지하는 스톱퍼를 적용하여 제작하였다.



[기어박스 및 동력 전달부 1]



[기어박스 및 동력 전달부 2]

2) 메인축 제작

메인축의 중앙은 중앙구동부의 기어축과 체인으로 연결되는 스프라켓이 있고, 베어링과 결합하여 회전이 가능하도록 원형으로 구성하였다. 또한, 칼축과 슬라이드 형태로 결합될 수 있는 사각축으로 길이 1,060mm, 전산볼트 13mm, 너트 22mm로 제작하였다. 메인축의 양끝은 사각 칼축을 고정할 수 있도록 초기에는 전산볼트를 사용하였으나 휨 등 변형을 고려하여 원형축으로 가공하여 끝부분만 체결 방식으로 수정하여 제작하였다. 원형의 베어링부와 사각 중심축의 연결에 따른 축회전으로 용접부위 이탈현상 및 오일 누유 등을 고려하여 제작하였다.



[메인축 제작]



[메인축 베어링부, 스프라켓(좌), 전산볼트(우) 제작]



[중양구동부와 메인축 연결 조립 1]



[중양구동부와 메인축 연결 조립 2]

3) 기어 및 체인 제작

중양 체인구동 방식으로서 기어는 평기어와 베벨기어를 사용하여 로터리, 복토 작업에 따라 정회전과 역회전이 가능하도록 변경하여 사용할 수 있고, 기어박스 측면에는 커버를 통하여 수리 및 회전방향 변경을 할 수 있도록 제작하였다. 체인은 21피치 42링크 (38.1mm) 일체형으로 길이는 1,600.2mm로 고장력 체인, 베벨기어(링기어)는 SCM420 \varnothing 300 × 40L, 베벨기어(피니언)는 SCM420 \varnothing 95 × 84L 소재로 침탄(HRC60) 열처리를 하여 제작하였다.



[베어링(좌), 체인(우) 제작]



[베벨기어 및 피니언기어(좌), 기어박스내 조립(우)]



[기어 및 체인 조립]

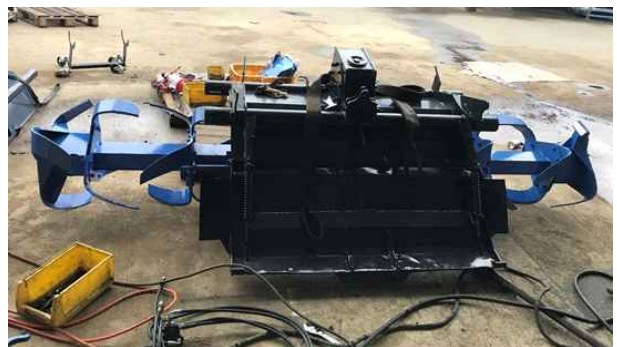
4) 등판 및 후부커버 제작 및 조립

중앙프레임 및 측면 등판에 부착하여 사용할 수 있는 후부커버는 전체 작업폭 2,780mm~3,300mm 4T, 후부커버 측면 950mm, 4T로 제작하였다.

중앙등판은 중앙구동부에 부착이 되고, 중앙을 기준으로 좌우로 등판과 후부커버가 부착되는 방식으로 제작하였다. 측면의 등판은 중앙등판에 슬라이드 형태로 삽입되는 구조이며, 연장 커버는 250mm 정도로 추가 제작하였다.



[중앙 등판 및 중앙 후부커버 제작, 조립 1]



[중앙 등판 및 중앙 후부커버 제작, 조립 2]



[측면 등판 제작 1]



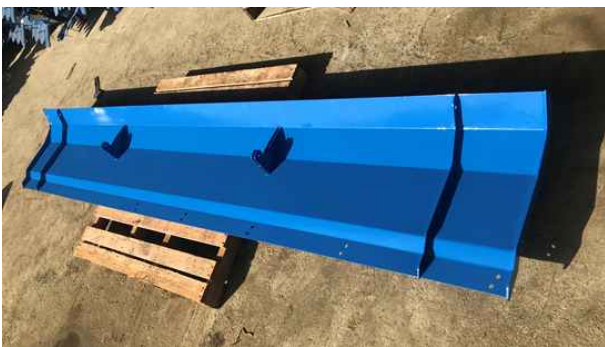
[측면 등판 제작 2]



[후부커버 및 보조커버 제작 1]



[후부커버 및 보조커버 제작 2]



[후부커버 및 보조커버 제작 3]



[등판 및 후부커버 조립]

5) 작업기 연결부 제작

작업기 연결부는 복합작업기 상단부에 연결하여 퀵 어태치먼트의 상·하부 링크와 연결부의 상·하부 링크핀이 연결되는 방식임. 동력전달축 연결부의 중심에 결합이 되며, 상단부와 하단부는 퀵 어태치먼트와 연결이 가능하도록 링크핀을 설치하여 제작하였다.

연결부 상단에는 기어박스의 내부를 확인할 수 있는 원형의 커버가 있으며, 전면에는 동력을 전달할 수 있는 피니언축을 배치할 수 있도록 제작하였다.



[작업기 연결부 제작 1]



[작업기 연결부 제작 2]



[작업기 구동축 조립]



[복합작업기와 트랙터 연결부 부착]

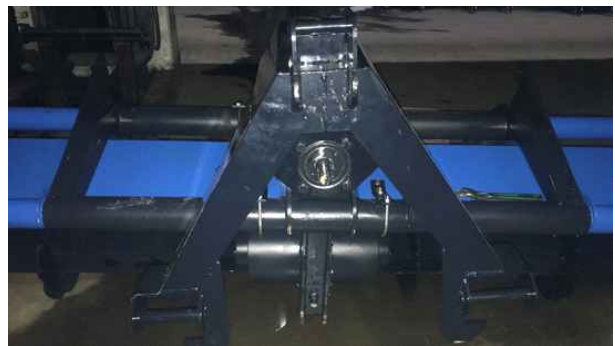
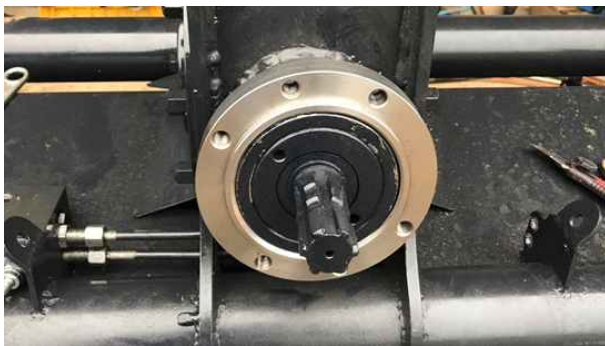
6) 도킹 커플러 제작

도킹 커플러(도그 클러치)는 복합작업기와 퀵 어태치먼트에 두 개의 도그 클러치가 만나 결합되는 구조로 제작하였다.

복합작업기 연결부의 도그 클러치는 112mm 원형으로 되어있으며, 퀵 어태치먼트 연결부의 도그 클러치는 사각 구조로 제작하였는데 원형이 아닌 사각 구조는 복합작업기의 전 현지부의 간섭을 최소화할 고려하여 제작하였다.



[도킹 커플러(도그클러치) 제작]



[작업기 구동부 조립]



[복합작업기 연결방향 도그 클러치 제작 및 조립]



[트랙터 연결방향 도그 클러치 제작 및 조립]



[동력전달용 조인트 제작]



[동력전달용 조인트 연결]

7) 칼축, 플랜지, 칼날 제작

플랜지는 칼축에 결합되는 형태로서 칼날과 결합되어 사용된다. 플랜지의 크기는 $\varnothing 278$, 6T로 12개의 칼날 고정핀홀이 있어 6개의 칼날이 장착되는 구조이며, 1번 플랜지에는 고정볼트로 칼축과 고정하도록 제작하였다. 칼날은 반영구적 사용이 가능하도록 10T(연장칼날 8T)로 제작하고, 조임 너트의 경우 토크 12kg-m (87LB-ft)로 사용하였다. 칼축은 양방향 조립식 칼날축은 길이는 한방향으로 1,060mm \times 110mm이며, 가볍고 강도가 강한 사각 파이프를 적용하여 제작하였다.



[칼날축, 플랜지 제작 1]



[칼날축, 플랜지/칼날 제작]



[칼날 제작]



[칼날 제작 및 칼날 플랜지 조립]



[플랜지 제작 및 조립 1]



[플랜지 제작 및 조립 2]



[칼날 및 칼축, 플랜지 조립]



[칼날, 연장칼날 및 칼축, 플랜지 조립]



[중앙구동부와 칼날축 조립]



[연장칼날(좌) 및 칼축 보관 지그 제작]

8) 미경지 쟁기날 제작

미경지 쟁기날은 복합작업기의 중앙 구동부의 하단에 설치하여 구동축의 좌, 우 칼날이 지나가지 않는 구간을 보완하는 역할을 하며, 좌우의 칼날과 겹치지 않게 12mm 두께로 제작함. 중앙부 미경지 폭은 100mm 이내, 최대 85mm 이하로 제작을 진행하였다. 삼각 모양의 침봉 형태로 1차 제작을 하였으나 걸림 현상이 발생하여 주걱 형태로 개선하고 중앙구동부에 추가 장착이 가능하도록 제작하였다. 테스트 후 주걱 형태는 부하로 인하여 침봉 형태로 변경하였다.



[미경지 제거 쟁기 제작 1]

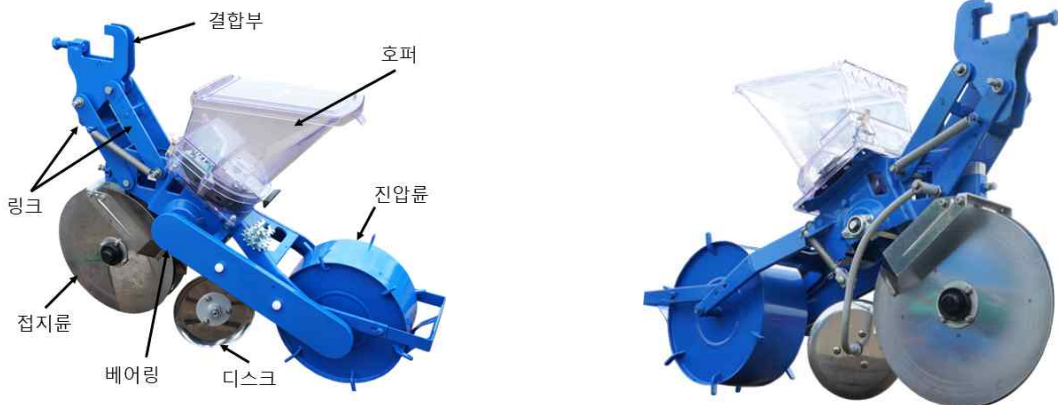


[미경지 제거 쟁기 제작 2]

9) 파종기 유닛, 씨레, 복토 칼날 제작

파종기는 트랙터 또는 로터베이터 후면에 부착하여 파종하는 방식으로 다기능 복합작업기에 파종유닛을 연결 브라켓에 장착 후 사용이 가능하도록 제작하였다.

파종유닛은 호퍼, 링크, 접지륜, 진압륜, 디스크, 결합부로 구성이 되며, 링크의 조절과 결합부는 연결 브라켓과 결합과 파종유닛의 간격 조절이 가능하도록 제작하였다. 파종유닛은 연결 브라켓에 최대 6조 까지 장착이 가능하도록 제작하였다.



[파종유닛 제작]

파종기 브라켓은 탈부착 구조가 간편하여 농작업기(로터베이터, 복토기 등)와 탈부착 과정이 쉽고, 안정적인 결합 유지가 가능하도록 제작되었다.

다른 농작업기와 결합된 상태에서 정교하게 수평을 맞출 수 있는 기능이 제공되어 탈부착 시에 부착 상태를 수정해 가면서 번거롭게 수평을 맞춰야 하는 문제점을 해결하고, 수평 조절부를 통하여 파종유닛 간의 수평 조절이 가능하도록 제작하였다.



[파종유닛 브라켓 연결부 1]

연결 브라켓에는 농작업기 간의 간격 조절이 가능하며, 다수의 파종유닛 장착 시 폭조절이 가능하도록 사용성에 중점을 두고 제작을 진행하였다.

또한 연결 브라켓에는 승강실린더가 장착되어 실린더 하강 제한부에 힘입어 실린더의 최대 스트로크를 간편하게 조절이 가능하게 되어 파종기를 최적의 위치까지 빠르고 정확하게 하강시킬 수 있도록 제작하였다.



[파종유닛 브라켓 연결부 2]



[파종유닛 브라켓 장착 1]



[파종유닛 브라켓 장착 2]

써레의 경우 복합작업기에 장착되어 확장되는 구조로 로터리 작업 시에는 접혀져 있다가 써레 작업 시 양쪽으로 중첩된 써레 폭이 확장되면서 최대 6.4m 폭까지 확장되어 사용할 수 있다. 좌우로 중첩된 써레는 유압실린더를 통하여 접힘과 펼침 등 작동이 되며, 복합작업기와 연결된 3점 링크를 상·하강시켜 정지작업을 진행할 수 있다.

이때 중첩된 써레의 측면에는 스프링을 설치하여 스프링의 인장력에 따라 리턴되어 확장에 유리하도록 구성하였다. 로터리 작업 또는 작업 이동 중에는 접혀 있다가 써레작업을 진행할 때 펼쳐서 사용하도록 제작하였다.



[부착형 씨레 중첩부 1]



[부착형 씨레 중첩부 2]



[부착형 씨레 중첩부 3]



[복합작업기 부착형 씨레]



복합작업기 부착형 씨레는 평상시에는 복합작업기의 폭과 동일한 3.2m 이나 작업 시에는 최대 작업폭 최대 6.4m로 펼쳐서 작업하여 넓은 경지 작업효율과 능률에서 우수할 것으로 판단된다.

복합작업기 부착형 씨레는 로터베이터를 사용하는 기존 소비자의 작업기 탈부착 어려움에 대한 해결책으로 고안되었으며, 유닛 형태로 제작되었으며 수요자에 대한 추가적인 사용 테스트, 문제점 보완 등을 통하여 개선 후 향후 상용화를 추진할 계획이다.



[복합작업기 부착형 썰레 작동 순서]

복합작업기에 프레임을 연결하여 일반 사용 중인 썰레의 장착도 가능하도록 고려하여 제작하였음. 이때 썰레는 중앙 실린더의 작동으로 양측면의 썰레가 확장되며 작동되는 방식이다.



[복합작업기 + 썰레 장착]

기존의 다기능 복합작업기로 로터리 및 복토 작업이 가능하나 중앙구동 방식의 복토 작업기(작업폭 2.8 ~ 3.2m)를 추가로 제작하였다. 복토 작업기의 양측 플랜지에는 플랜지당 양쪽으로 16개 × 2조 총 32개의 칼날을 배열하고, 중앙을 기준으로 좌우 각 15개 총 30개의 L자형 칼날을 배치하였다.



[복토 칼날]



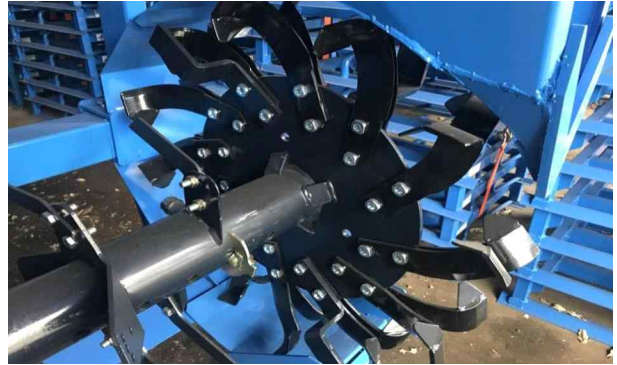
[복토 칼축]



[복토 구동축 제작]



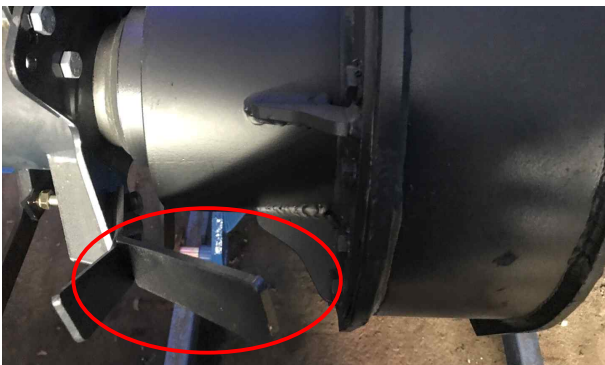
[복토 플랜지 및 칼축 제작 1]



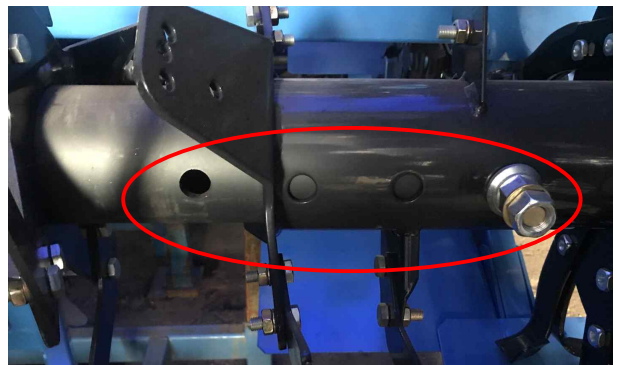
[복토 플랜지 및 칼축 제작 2]

구동부의 중앙 부분에는 수풀이나 짚 등 이물질 제거를 위한 짚제거 러그를 추가 장착하여 사용할 수 있도록 하였다.

복토 칼축을 교체하여 사용할 수 있으며, 0~150 mm 이하 작업폭 간격 조절이 가능하여 농작업의 효율성을 높이도록 고려하여 제작하였다.



[짚 제거 러그]



[복토 간격 조절부]



[복토 연결 프레임 제작]



[복토 커버부 제작]



[복토 구동축과 칼축 조립]

[복토 구동축과 커버 프레임 조립]

복합작업기에 배토기 브라켓을 장착할 수 있으며, 경폭 3 200 mm 기준 1회 복토 4골 성형이 가능하도록 배토날 최대 4조 장착이 되도록 제작하였다.

또한, 배토기 브라켓과 파종기 유닛의 장착이 가능하고 복합작업기에 추가 장착이 가능하도록 제작 진행하였다.



[배토날 제작]



[배토기 브라켓 장착]



[배토기 브라켓 + 파종기 유닛 장착]

10) 퀵 어태치먼트 제작

퀵 어태치먼트는 복합작업기와 트랙터를 간편하게 연결할 수 있는 역할을 하며, 트랙터 3점 링크와 결합하여 유압으로 동작된다.

이때 트랙터와 퀵 어태치먼트의 PTO축과 연결되는 결합장치(토킵커플러)와 다기능 복합 작업기의 연결부에 장착된 결합장치(도킹커플러)와 자동결합되어 유압으로 구동된다.



[퀵 어태치먼트 제작]



[퀵 어태치먼트 톱링크 상부후크 및 도킹 커플러]



[퀵 어태치먼트 하부 링크]

퀵 어태치먼트는 톱링크 실린더, 폭조절 실린더, 결합장치(도킹 커플러), 상부 및 하부 후크로 구성되며, 퀵 어태치먼트는 복합작업기뿐만 아니라 다양한 작업기와 쉽게 연결 가능하도록 제작되었다.

폭조절 실린더는 복합작업기의 연결폭에 맞게 좌·우 폭조절을 하여 하부 후크로 체결하며, 톱링크 실린더가 하강하여 상부 후크로 복합작업기의 연결부 상부와 체결하고 톱링크 실린더가 상승하여 복합작업기를 들어 올려서 사용한다. 이때 결합부의 차전놀이부는 작업기에서 쉽게 연결이 가능하도록 가이드 역할을 한다.



[퀵 어태치먼트 도킹부]



[퀵 어태치먼트 유압부]



[3점링크 커넥팅 로드 장착]



[퀵 어태치먼트 장착]



[퀵 어태치먼트 장착 1]



[퀵 어태치먼트 장착 2]



퀵 어태치먼트 장치는 트랙터와 다기능 복합작업기를 연결할 수 있다. 트랙터의 운전 조작만으로 탈부착 장치(퀵 어태치먼트)의 하단부 폭 조절을 통하여 복합작업기를 연결한 후 상부 링크를 하강하여 자동으로 부착할 수 있다. 다기능 복합작업기가 트랙터에 연결되면 자동으로 트랙터에 부착된 구동 도킹 커플러와 복합작업기의 종동 도킹 커플러가 결합하면서 PTO 구동축이 자동으로 연결되는 방식이다. 이때, 탈부착을 용이하게 위한 차전놀이부의 가이드를 통하여 쉽게 탈부착할 수 있고 유압 연결을 통해 복합작업기의 상승, 하강할 수 있다.



[트랙터와 복합작업기의 장착 방법]

나. 1차 시제품 제작/조립

각 제작된 부품을 조립하여 다기능 복합작업기 1차 시제품 제작을 완료하였다. 트랙터와 복합작업기 간의 탈부착 호환성, 동력전달 상태를 확인하고, 복합작업기의 작동상태를 점검하였다.

특히, 구동축의 회전에 따른 칼축과 칼날의 회전 반경, 플랜지 및 칼날 배열에 따른 간섭 유무, 작동시 오일 누수 현상, 베어링 상태 등 전반적인 점검을 진행하였다.



[다목적 복합작업기 1차 시제품 제작 1]



[다목적 복합작업기 시제품 제작 1]



[다목적 복합작업기 시제품 제작 2]



[다목적 복합작업기와 트랙터 연결 1]



[다목적 복합작업기와 트랙터 연결 2]



[다목적 복합작업기와 트랙터 연결(호환성) 1]



[다목적 복합작업기와 트랙터 연결(호환성) 2]

다. 최종 시제품 제작

1차 시제품의 현장테스트 진행으로 발견된 문제점 등을 개선 보완하고 최종 시제품 제작을 완료하였다.

또한 무논정지(씨레), 파종, 배토, 복토가 가능할 수 있도록 추가적인 농작업기의 제작과 작업기 간의 연결상태를 점검하여 시제품을 완료하였다.



[다기능 복합작업기 최종 시제품 1]



[다기능 복합작업기 최종 시제품 2]



[복합작업기 + 써레]



[복합작업기 + 배토기 + 파종유닛]



[복합작업기 + 배토기]



[복합작업기 + 파종유닛]



[복토기 + 파종유닛]



[배토기 + 파종유닛]

3. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 현장실증 및 검·인증

가. 다기능 복합작업기와 퀵 어태치먼트의 현장 실증

복합작업기 시제품의 성능 확인을 위하여 현장 테스트를 진행하였다. 경사지 밭, 무논, 10년 강제로 묵힌 토지, 수풀이 많은 하천변 등 다양한 농작업 환경을 고려하여 지역 농업인과 장소를 선정하였다. 극한 테스트 완료 후 트랙터 및 복합작업기의 상태 확인, 작업능률, 사용 편리성 등 사용과 성능에 대한 의견을 수렴하였다.



[1차 현장테스트]



[2차 현장테스트]



[3차 현장테스트]



[4차 현장테스트]

농작업은 농지 및 현지 실정에 맞춰 다양한 작업기를 장착하고 사용됨으로 다양한 작업 환경(논, 밭, 경사지, 무논, 묵힌 논 등)에서 테스트를 진행함. 특히 논농사를 위한 무논정지기(써레)를 장착한 후 테스트도 진행하여 복합작업기의 영킴, 배출상태와 작업 시 트랙터의 빠짐 현상 등 다양한 테스트를 진행하였다.

현장 테스트는 농사 일정 및 기간이 지나면 테스트를 할 수 없는 경우가 많아 현지 농작업 일정에 최대한 맞춰 진행하였다.



[5차 현장테스트]



[6차 현장테스트]



[7차 현장테스트]



[8차 현장테스트]



[9차 현장테스트]



[10차 현장테스트]



[11차 현장테스트]

극한 상황에서의 작업과 성능, 문제점 확인을 위하여 130마력, 150마력의 트랙터에 각각 장착하고 수풀이 가득한 강변에서 복합작업기 비교 테스트를 진행하였다. 테스트 결과 수풀의 복합작업기의 칼날이 타 작업기보다 큰 관계로 엉킴 등의 현상은 많지 않으며, 마력대가 다른 트랙터의 사용에서 복합작업기의 작동상태, 작업효율 및 동력계통에는 문제가 없음을 확인하였다.



[12차 현장테스트]

무논에서의 썩레작업 대응으로 테스트를 진행하였으며, 썩레작업 전의 로터리 및 평탄작업에 등 기초 작업에 우수한 성능을 보여 향후 밭작업과 논작업에서 효율적인 사용이 가능할 것으로 기대된다.



[13차 현장테스트]



[14차 현장테스트]



[15차 현장테스트]



[16차 현장테스트]

타사(D社)의 트랙터에 복합작업기를 장착하여 호환성 작업 및 밭 경사지 작업, 우중작업, 야간작업 등 작업환경에 대응에 따른 현장 테스트를 진행하였다.



[17차 현장테스트]



[18차 현장테스트]



[19차 현장테스트]



[20차 현장테스트]



[21차 현장테스트]



[22차 현장테스트]





[23차 현장테스트]



[24차 현장테스트]



[25차 현장테스트]



토크미터를 장착 후 주행 및 복합작업기의 농작업 시 복합작업기에서 받는 부하량을 측정 테스트하였다.



[26차 현장테스트]



[27차 현장테스트]



수십 차례의 다양한 작업지 테스트 결과 기존 작업기보다 작업 폭이 넓고, 큰 칼날로 인하여 작업속도가 빠르고, 복토 기능이 효율적으로 판단된다. 특히, 수풀이 많은 곳, 메마르거나 수분을 많이 보유한 척박한 토양 환경에서도 효율적인 성능을 보였다. 경사지와 무논에서 작업 시 수평 조절기능이 있어 효율적이며, 기존의 칼날축보다 풀이나 지푸라기 걸림 현상이 적은 편이나 추가적인 개선을 통한 걸림방지 보완이 필요할 것으로 보인다.

로터리 칼날이 기존 칼날보다 대형으로 다소 깊게 흙이 파이는 현상이 있으나 경심 조절로 대체 가능하며, 무논의 평탄화 작업 시 빠짐 현상 등은 추가 개선을 진행할 계획이다. 작업환경에 따른 작업기의 오염으로 인한 부식, 동작 기능 제한 등의 우려가 있으나 사용 후 세척, 오염방지를 위한 추가적인 기능설계가 필요할 것으로 판단된다.

기존 트랙터와의 호환이 가능하고, 간편한 칼날축 교체, 작업기 탈부착이 쉬워서 작업기 연결 시간 단축과 써레, 파종기 등 추가 작업기 장착의 장점이 있어 제품으로 출시하면 시장진출이 유리할 것으로 기대된다. 추가적인 성능 테스트와 지역 농업인과의 다양하고 많은 테스트를 통한 의견수렴으로 문제점을 파악하고 상용화를 위하여 추가 연구개발 진행으로 개선해야 할 것으로 판단된다.

나. 현장 테스트를 통한 의견수렴 및 문제점 수정 보완

현장 테스트 후 축 회전으로 인하여 메인축의 전산 볼트 조임에 대한 풀림을 보강하기 위하여 8자 모양의 와셔를 제작하여 고정 잠금 외에 이중 잠금으로 개선하였다.



[칼축 고정부위 와셔 개선(이중 잠금 개선)]

중앙 등판 및 문짝을 연결하는 기구물을 추가 설계 및 장착하였는데 이는 자동경심 역할을 하는 기능을 갖고 있다. 또한 후부커버 양측에는 스프링을 적용하여 후부커버의 흔들림을 방지하고 칼축과 후부커버 간의 유격 텐션을 유지하는 역할을 하게 된다.



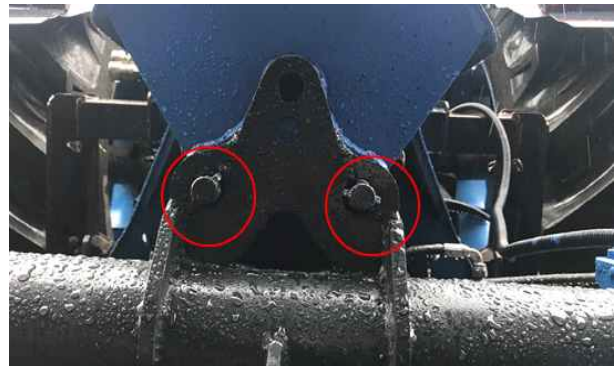
[후부 커버간의 유격텐션 조정(완충장치)]

복합작업기의 등판 양쪽 하단부에 타이어(155R12C, 195/70R 14)를 장착하여 작업 시 수평 조절과 작업 효율성을 테스트를 하였다. 실제 작업에서는 평탄한 작업지에서는 복합작업기 속도에 맞춰 바퀴가 회전하여 유리한 점은 있으나 굴곡진 작업지에서는 타이어가 튀는 현상으로 복합작업기의 충격이 가해지고, 작업이 일률적이지 못하는 단점이 있었다. 바퀴보다는 복합작업기의 자체 수평조절 기능이 유리할 것으로 판단된다.



[수평조절기능을 위한 테스트 진행(바퀴장착)]

작업기 연결부의 힌지부 핀고정홀은 수평경사 및 이동 중 복합작업기가 흔들림을 방지하기 위하여 핀고정홀(좌, 우 경사 고정 역할)을 적용하였다. 고정핀홀 아래의 2개의 장홀(롤링 규제홀)을 구비하여 복합작업기를 들고 선회 시 좌우 로딩이 안되도록 개선하였다.



[고정핀홀(좌), 2개의 장홀(우)]

트랙터의 연결부에는 복합작업기와의 탈부착을 쉽게하기 위해서 추가적인 연결방법을 설계하였다. 특히 차전놀이부는 작업기와 트랙터에 W자 모양으로 상하 결합되는 구조로 복합작업기에서 좌우, 상하 결합 후 안정적으로 작업기와 트랙터가 연결되도록 유도해주는 역할을 한다. 도킹 커플러의 안쪽에는 스프링이 장착되도록 제작하였는데, 적정수치 범위에서 텐션을 잡아주는 역할을 하고 도킹 시 도그 클러치가 직각으로 맞물리게 되면 도킹 커플러가 뒤로 꺾여지면서 자동 도킹 역할을 한다.



[차전놀이부(좌), 도킹커플러(우)]

복합작업기의 흔들림 방지 및 완충을 위하여 복합작업기와 연결부의 양쪽에 완충실린더와 고무패킹을 적용하였다. 또한 연장 칼날로 길어진 칼축의 상부 보완을 위하여 등판과 후부커버 양측에 연장 보조 커버를 장착하였다.(탈부착 가능한 구조로 설계)



[완충실린더(좌측), 연장 후부커버(우측)]

PTO로 연결되는 복합작업기 동력전달부의 회전에 따른 유격 발생, 마모, 누유현상 등으로 인하여 기존 피니언 기어의 연결 고정부위 4곳에서 6곳으로 조임볼트를 추가 적용하였다.



[동력전달부 커버 설계 변경]

과도한 작업 테스트, 회전에 따른 복합작업기의 과열, 유온 상승, 오일 부족, 누유 현상, 중앙구동부의 기어, 축 베어링, 오일링(셀) 마모 및 파손 발생하였다. 이는 오일링(셀) 불량으로 인하여 오일누유가 발생하고, 그에 따른 내부 오일 부족으로 과열되어 기어 및 베어링까지 파손되는 문제이며, 구조에 맞는 오일링(셀), 베어링 종류 교체, 기어 강도 보강으로 개선하였다.



[구동축 베어링 파손]



[오일링(셀) 불량으로 인한 오일부족, 과열 발생 구동축 기어 및 베어링 파손]

노지나 관리가 제대로 되지 않은 척박한 토지의 작업 시 돌, 수풀의 저항을 받아 칼날이 부러지지 않고 휘는 상황 발생. 중심구동축의 1플랜지와 2플랜지의 칼날을 각 3개씩 총 12개 특수 열처리를 하여 보강하였다.

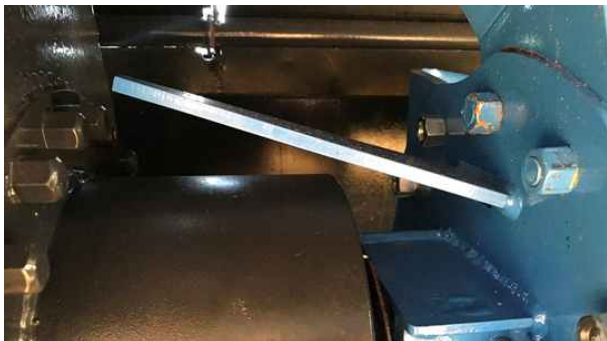
강도가 높은 칼날로 인하여 칼축에 무리가 가는 현상으로 영향을 최소화하기 위하여 1플랜지와 2플랜지 사이에 원형봉을 보완하여 적용하였다. 이는 칼축의 파손현상 보호뿐만 아니라 풀이나 지푸라기의 걸림 현상을 최소화할 수 있다.



[풀걸림현상(좌), 칼축보완, 걸림 방지 파이프(우)]

중양 구동부의 이물질(지푸라기, 풀 등) 걸림 방지를 최소화하기 위하여 쥘 제거용 러그를 구동축의 1플랜지에 각 1개씩 설계하여 러그가 180도로 사선 교차로 적용하였다.

메인축과 연결된 사각 칼축의 이탈 방지를 위하여 기존 직각으로 각 2개의 볼트로 고정하였으나 2개를 더 추가하여 보완하였다. 원형의 경우 관통하여 양쪽으로 연결이 되어야 하지만 사각축에서는 각으로 이루어진 장점으로 고정만 하면 되어 2곳에만 설치하면 된다.(사각 형태로 헛돌지 않음)



[쥘제거 러그(좌), 축이탈 방지용 볼트(우)]

기어박스 유압의 오일이 누유되는 현상으로 인하여 메인호스로 유압을 재공급하고 잔여

오일을 리턴 할 수 있도록 재설계하여 개선하였다.



[오일 공급(좌), 오일 리턴(우)]

구동축 정회전(로터리 작업)과 역회전(복토작업)으로 인하여 구동축의 기어박스 기어를 반대쪽에 삽입하여 작업 상황에 맞게 수동으로 조절하고 구동축의 회전방향을 교환할 수 있도록 개선하였다.

구동축이 기어와 맞물려 진행될 때 체인의 느슨해지는 현상을 방지하기 위하여 기어박스에 체인 주변부에 보완 강판을 삽입하고 볼트로 텐션(장력) 조절이 가능하도록 개선하였다.



[기어박스 커버(좌), 체인 텐션조절 밸브(우)]

작업 시 메인 구동축과 연결된 칼축 및 플랜지의 이탈을 방지하기 위하여 축이탈 방지용 볼트를 기어박스 메인축과 연결되는 칼축부에 2개, 1차 플랜지에 4개를 설치하였다.

메인축 및 칼축이 사각모양으로 구성이 되어서 원형의 경우 관통하여 양쪽으로 연결이 되어야 하지만 사각축은 고정하는 역할만 하면 됨으로 2곳에만 설치를 진행하였다.(사각축의 경우 각이 있는 형태로 한방향에만 고정하여도 헛돌지 않음)



[기어박스 메인 칼축(좌) 및 플랜지(우)의 축이탈 방지용 볼트 고정

복합작업기 장착부 연결 작업 시 먼저 한쪽이 기울어진 상태에서 진입되면 흠을 많이 파서 부하가 걸리는 현상 방지를 위하여 전현지부의 2개의 장홀을 추가하고, 수평고정을

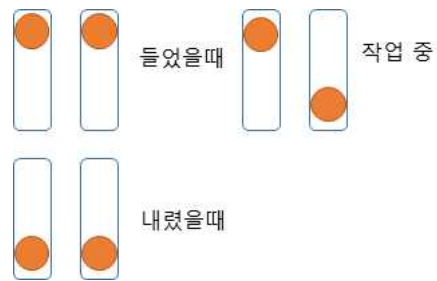
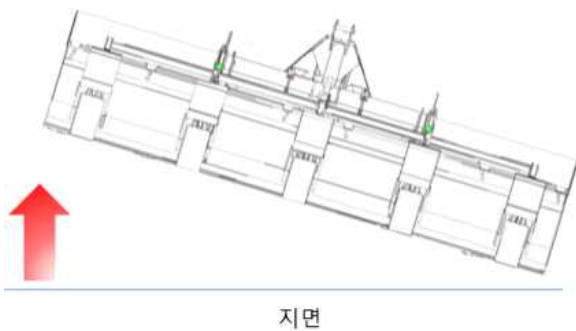
위하여 편고정홀(좌,우 경사 안됨)을 추가하였다. 스톱퍼홀 아래의 2개의 장홀(롤링 규제홀)을 구비하여 복합작업기를 들고 선회 시 좌우 로딩이 되지 않도록 구성하였다.

작업기 장착의 편의성을 위하여 차전놀이부를 추가하였는데, 차전놀이부는 복합작업기와 트랙터에 W자 모양으로 상·하 결합되는 구조이다.

농용 트랙터의 후방에 연결되어 장착되는 복합작업기가 그 중심을 기준으로 롤링(회전)됨으로써 복합작업기는 농지에 대해 수평 상태를 유지할 수 있고, 이 상태에서 농지를 경운하게 되므로 농지의 경운 깊이를 일정하게 유지할 수 있는 효과가 있다.



[스톱퍼 홀 및 장홀(좌), 차전놀이부(우)]



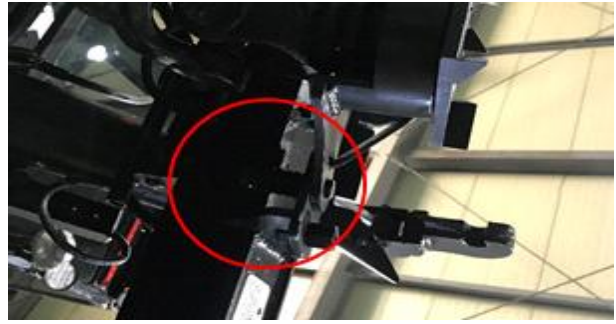
[스톱퍼 및 장홀의 역할]

복합작업기와 연결부에 설치된 양쪽 실린더는 텐션 조절 역할을 하고, 고무 패킹을 적용하여 완충될 수 있는 구조로 변경하였다.



[실린더의 텐션조정역할의 고무패킹]

도킹 커플러의 스프링의 경우 적정수치 범위에서 텐션을 잡아주는 역할, 그리고 도킹시 직각으로 만날 시에 커플러가 뒤로 꺾여지면서 자동 도킹되는 역할을 하도록 개선하였다.



[아웃트리거(좌), 도킹커플러 스프링(우)]

테스트 작업 중 과부하로 인한 중앙구동부의 베어링 파손이 발생하였다. 베어링부의 강도가 높은 것으로 대체하고, 조립 과정에서 체인과 스프라켓 연결을 위하여 체인 고정용 커버를 추가 제작하여 개선하였다.



[중앙구동부 베어링 파손 1]



[중앙구동부 체인커버 수정]

작업 중 PTO 연결축 파손이 발생하였는데 복합작업기와 PTO 사이의 연결하는 조인트축 강도 및 길이 오차로 인한 것으로 판단되며, 재질 강도를 위하여 열처리 진행하고, 길이 오차 간격을 최소화 개선 진행하였다.



[트랙터방향 PTO축 연결축(좌), 복합작업기 방향 PTO연결축(우)]

등판과 칼축 간의 유격을 최소화할 위하여 등판과 칼축의 고정축을 설치하고 테스트를 진행하였다. 또한, 작업 시 중앙구동부 방향으로 흙이 튀기는 현상을 방지하기 위한 흙

뒤집 방지용 커버를 부착하여 개선하였다.



[등판 고정축(좌), 흠 방지 커버(우)]

복합작업기 연결부 작업 시 유격으로 인한 크랙이 발생되었는데 고정볼트 조립 후 핀으로 고정할 수 있도록 개선하였다.



[복합작업기 연결부 고정볼트 핀고정]

칼날의 프레스 절곡 시 부러짐 현상이 발생 되었는데 칼날 소재 강도를 높이고 열처리를 진행하고, 프레스 절곡 몰드를 수정 개선 진행하여 보완하였다.



[복합작업기 칼날]



[복합작업기 칼날 프레스 절곡 작업]

다. 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 신뢰성 확보를 위한 검·인증

1) 성능검증 진행

구조조사와 더불어 평가항목별 성능시험을 진행하였다. 대호(주) 및 옥천군 동이면 일원, 한국농업기술진흥원 종합분석검정동에서 기술지도 및 성능시험을 진행하였다.

순번	평가항목 (성능지표)	평가방법
1	폭 간격 조정 범위	농업기계 검정방법의 47. 로터리 시험 5-1 구조조사 기준에 따름.(작업폭 조정범위 측정)
2	최대 작업폭	농업기계 검정방법의 47. 로터리 시험 5-1 구조조사 기준에 따름.(최대 작업폭 측정)
3	중앙 미경지 폭	농업기계 검정방법의 47. 로터리 시험 5-1 구조조사 기준에 따름.(중앙의 미경지 폭 측정)
4	작업기 수평 조절각	농업기계 검정방법의 47. 로터리 시험 5-1 구조조사 기준에 따름.(트랙터에 작업기를 연결 후 좌우 수평 기울기 측정)
5	작업기 상하 최대 높이	농업기계 검정방법의 47. 로터리 시험 5-1 구조조사 기준에 따름.(트랙터에 작업기를 연결 후 상하 최대 높이 측정)
6	성형 가능 골 수/1회	농업기계 검정방법의 44. 동력배토기 시험 5-2 구조조사 기준에 따름.(1회 성형 가능한 복토 골수 측정)
7	적용 가능 발작물 수	농업기계 검정방법의 44. 동력배토기 시험 5-2 구조조사 기준에 따름.(적용 가능한 발작물수 확인)
8	정적 회전도각	농업기계 검정방법의 1. 농용트랙터 시험 6-6 중심위치 시험 중 정적 회전도각 측정기준에 따름(트랙터에 작업기를 부착 후 측정)
9	파종률	농업기계 검정방법의 31. 동력파종기 시험 나. 동력파종기 5-2-1-1 파종능력 시험기준에 따름.

2) 구조조사

① 기종 및 규격

- 기종명 : 복합작업기
- 형식명 : T800
- 형식 : 트랙터 부착형 중앙구동식
- 규격 : 경폭 320 cm

② 기체의 크기

- 길이 : 940 mm
- 폭 : 3 267 mm
- 높이 : 1 154 mm
- 중량 : 825 kg

③ 동력전달장치

- 동력전달방식 : 농업용 트랙터 PTO

④ 경운장치

- 로터리 회전수 : 117 r/min (PTO 540 r/min에서)

- 로터리축 길이 : 3 200 mm
- 로터리축 외경 : \varnothing 660 mm
- 경운날 형상 : S날자형
- 경운날 개수 : 36개

⑤ 경심조절장치

- 조절방식 : 스키드식
- 조절범위 : 900 mm

3) 폭 간격 조정범위

- 복토기의 작업폭 간격 조정범위를 측정, (0~150) mm 이하



[작업폭 조정범위 측정]

4) 최대 작업폭 측정

- 복합작업기의 최대 작업폭 측정, 3,200mm
- 양 측면에 확장 칼날 부착 시 최소 2,700mm에서 최대 확장폭 4,500mm 가능.



[최대 작업폭 측정]

5) 중앙 미경지 폭 측정

- 복합작업기의 중앙 미경지 쟁기날의 폭을 측정, 85mm.



[중앙 미경지 폭 측정]

6) 작업기 수평 조절각 측정

- 트랙터에 복합작업기를 연결 후 좌·우 수평 기울기를 측정,
- 수평 조절각 좌·우 8.5°



[작업기 수평 조절각 측정]

7) 작업기 상하 최대 높이 측정

- 트랙터에 복합작업기를 연결 후 최대 상하 높이 측정, 최대 상·하 높이 800 mm,
- 트랙터의 지상고 조절을 통하여 최대 900 mm 까지 높이 조절 가능.



[트랙터에 작업기를 연결 후 상하 최대 높이 측정]

8) 성형 가능 골 수 측정

- 복합작업기에 배토기 장착 후 1회 성형 가능한 복토 골수 측정,
- 경폭 3 200 mm 기준 구굴 개수는 4개임.



[성형 가능 골 수 측정]

9) 적용 가능 발작물 수 측정

- 복합작업기에 장착 가능한 작업기를 기준으로 적용 가능한 발작물 수 확인, 3종 이상.
- 복합작업기 + 씨레 + 파종기 3종이며, 조합에 따라 배토기 및 복토기에 추가 장착하여 사용 가능함.



(복합작업기)



(복합작업기 + 씨레)



(복합작업기 + 파종기)



(복합작업기 + 배토기)



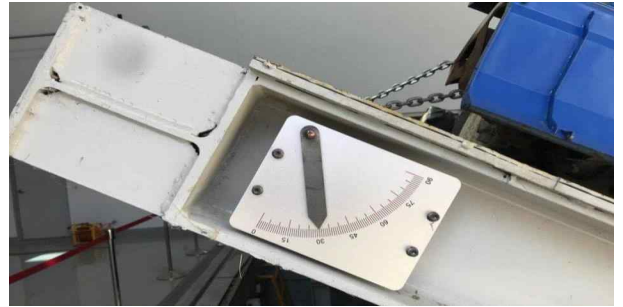
(복합작업기 + 배토기 + 파종기)
[적용 가능 발작물 작업 수 측정]



(복토기 + 파종기)

10) 횡전도각 측정

- 트랙터에 복합작업기를 부착한 후 횡전도각 측정.
- L社 PS100 95마력 트랙터 장착 후 측정. 횡전도각 좌측 30.5°, 우측 31° 임.



[횡전도각 측정]

11) 파종률 측정

- 복합작업기에 파종장치를 부착 후 파종률 측정.
- 종자명: 콩(대두), 포장 면적은 20 m (1구간), 시험 구간은 1 m (3구간), 종자 배출량 조절 단수 표준, 작업속도 0.47 m/s로 측정하여 결과율 0%, 파종률 100% 임.

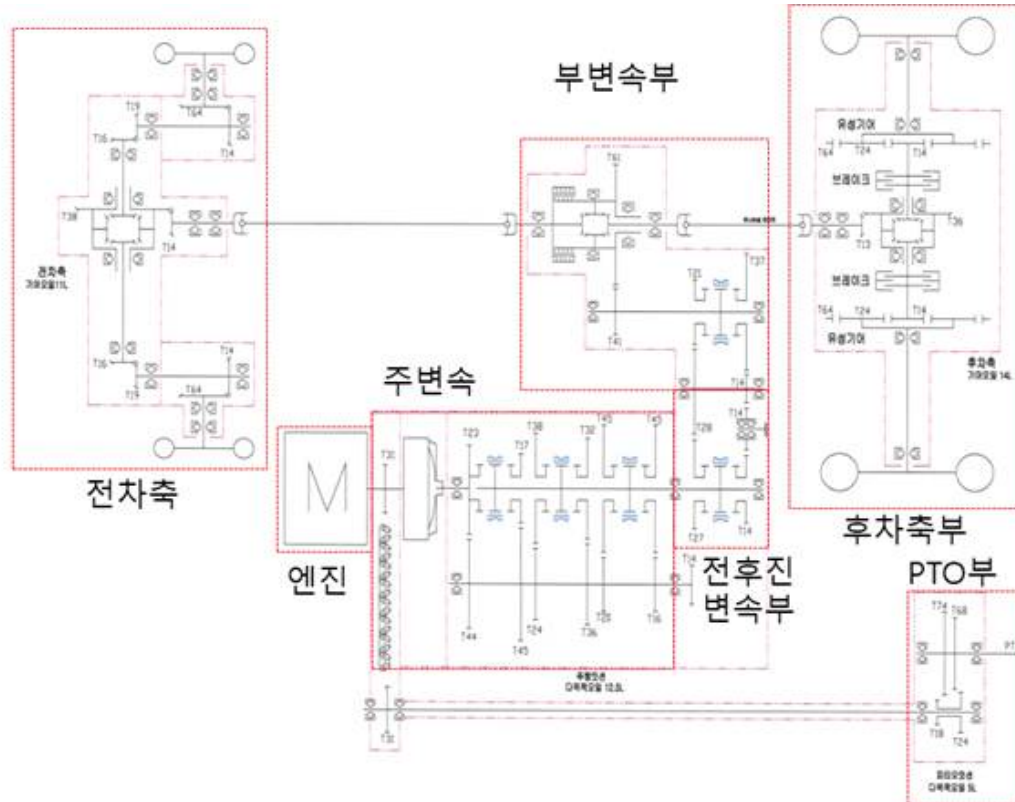


[파종률 측정]

4. 트랙터 부착형 복합작업기 구동부 부하계측시스템 레이아웃 설계

가. 트랙터 부착형 복합작업기 동력전달구조 분석

트랙터 부착형 복합작업기의 동력전달 구조도는 아래 그림과 같으며, 동력계측시스템 레이아웃을 설계하기 위해 트랙터 부착형 복합작업기의 동력전달 구조도를 분석하였다.



[트랙터 부착형 복합작업기 구동부 동력전달 구조도]

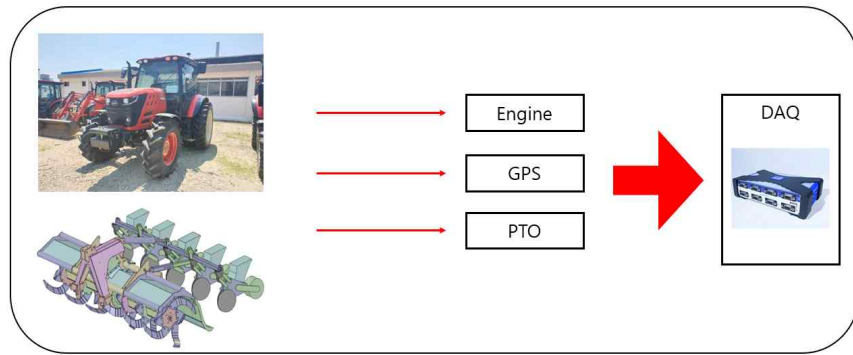
복합작업기는 트랙터 후방 3점히치 및 PTO부의 연결되며, PTO부 동력은 트랙터 엔진으로부터 PTO부로 전달되어 농작업 시 사용된다. 복합작업기의 동력계측시스템을 개발하기 위해 동력전달구조도 분석 및 학술자료 조사를 통해 주요 측정 요소(동력 소모원)을 선정하였다.

주요 동력 소모원은 엔진, 차축, PTO 총 3개이며, 복합작업기의 로타리 작업 시 PTO (Power take-off, 동력인출장치) 부하를 사용하기 때문에 PTO 토크미터를 사용하여 동력을 측정할 계획이다. 측정한 4개의 부하는 데이터 수집장치(DAQ)로 받아 모니터를 통해 실시간으로 부하가 어떻게 발생하는지 볼 수 있도록 구성할 계획이다.

나. 트랙터 부착형 복합작업기의 동력계측시스템 레이아웃 설계

1) 동력 계측 시스템

본 연구에서 복합작업기를 이용한 농작업시 발생하는 동력을 측정하기 위해 동력 계측 시스템에 대한 레이아웃을 아래 그림과 같이 구성하였다.



[복합작업기를 이용한 동력 계측 시스템 레이아웃]

동력계측시스템은 주요 구성 요소인 엔진, 속도, PTO 등을 측정할 수 있도록 레이아웃을 설계하였다. 복합작업기를 이용한 농작업 시 엔진 부하는 CAN 통신을 이용하여 측정할 예정이며, CAN 통신 프로토콜인 SAE J1939를 사용할 계획이다. 트랙터의 속도는 GPS, 복합작업기의 구동부 동력은 PTO 토크미터를 이용하여 측정할 예정이다.



[엔진 CAN 프로토콜(J1939)]

2) PTO 토크미터

경운작업 중 로타리 작업은 트랙터의 후방에 위치한 PTO를 동력으로 사용하므로 PTO 부하를 측정해야 한다.

본 연구에서는 PTO 부하를 측정하기 위해 독일 MANNER 社의 텔레메트리(Telemetry) 방식의 모델 (MW B 5 kNm, Manner, Germany)을 사용할 예정이며, PTO 토크 미터는 PTO 토크 및 rpm을 동시에 측정할 수 있다. PTO 토크미터는 0 ~ 3,000 Nm 범위의 토크를 측정할수 있으며, 회전속도는 0 ~2,000 rpm까지 측정이 가능하다. PTO 토크에서 측정된 데이터는 Amplifier에 연결되고, Amplifier의 출력측에서 데이터 수집 장치로 연결하도록 구성할 계획이다. PTO 토크미터는 작업기와의 동력취출측 연결 또는 농작업 시 외부 요인에 의한 파손을 방지할 수 있도록 외부 케이스를 설치하였다.



[PTO 토크미터]

[PTO 토크미터의 제원]

항목	값
Nominal load	3 kNm
Maximum load	400%
Maximum breaking load	800%
Pulse rate RPM detection	100 pulses
Sensor	Strain gauge (strain gauge resistor $\geq 350 \Omega$)
Sample rate	6.62 kHz
Resolution	16 Bit with 16 Bit CRC
Maximum speed	2,000 rpm
Temperature	-10 to +85°C

3) GPS

농작업 시 트랙터의 속도를 측정하기 위해 INS (Inertial Navigation System) 센서를 사용할 예정이며, 트랙터 캐빈 내에 설치하여 사용할 계획이다. 해당 센서의 측정 오차는 Roll 및 Pitch에 대하여 각각 $\pm 0.1^\circ$ 이며, 세부 제원은 아래와 같다.



[INS 센서]

해당 센서는 위치 데이터인 GPS 데이터와 IMU 데이터를 수신받으며, 데이터 수집 장치를 통해 데이터를 수집할 계획이다.

[INS 센서 제원]

항목	값
Roll, Pitch:	0.1° /0.05° (PPK)
Heading:	<0.2° Dual GPS(> 1m baseline)
Velocity:	0.03m/s
Position:	Single point L1/L2: 1.2m SBAS : 0.6m DGPS : 0.4m RTK : 2cm + 2ppm (option) PPK : 1cm (option)

4) 계측용 트랙터 플랫폼

농작업 시 발생하는 부하 및 베일 압력을 계측하기 위해 다음 그림과 같이 부하 계측용 트랙터(LUXEN 800, Kukje Co. Ltd., Korea)를 사용할 계획이다.

엔진은 Tier-4의 커먼레일 엔진이며, 무선 CAN 통신을 이용하여 토크, 회전속도 그리고 연료 소모량을 측정할 수 있도록 구성하였다.

트랙터 크기는 4,020(L) × 2,270(W) × 2,790(H) mm, 공차 중량은 4,000 kg 임. 트랙터 변속기는 기계식 변속기가 탑재되어있으며, 전·후진은 파워셔틀(power shuttle)로 구성되어 있다. 주변속은 4단의 동기물림 기어식으로 구성되어 있으며, 부변속은 상시물림식의 4단으로 총 전진 16단, 후진 16단의 변속 단수를 갖는다. 트랙터의 자세한 제원은 다음 표와 같다.



[계측용 트랙터]

[국제 Luxen 800 트랙터 제원]

항목		값
Length × Width × Height (mm)		4,020 × 2,270 × 2,790
Weight (kg)		4,000
Engine power (kW)		67 (@2,200 rpm)
Transmission	Main shift	Mechanical (Synchro-mesh type)
		4 stages (1, 2, 3, 4)
	Range shift	Mechanical (Constant-mesh type)
		4 stages (Creep, A, B, C)

5) DAQ (Data acquisition)

본 연구에서 엔진 및 PTO의 부하 데이터를 계측하기 위해 데이터 수집장치(QuantumX 840B, HBM, Germany)를 이용하여 데이터를 수집할 계획이다.

DAQ의 정밀도 오차범위는 5%, 채널 수는 8개, 채널당 샘플 속도는 40kS/s이며, 세부 제원은 다음 표와 같다.

[QuantumX 840B 제원]

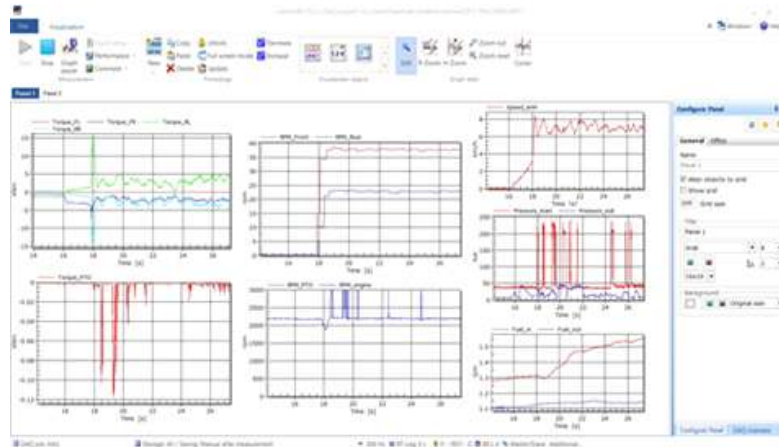
Item	Specification
Model (Company)	QuantumX 840B (HBM)
Dimension (mm)	52.5 × 200 × 121
Weight (g)	980
Accuracy class (%)	0.05
Operating temperature (°C)	-20 to 65
Number of channel	8
Sample rate per channel (kS/s)	40
Signal bandwidth (kHz)	7
Transducer technologies	SG half or full bridge(DC or CF with 4.8 kHz)
	Current-fed piezoelectric transducers
	Piezoresistive full bridge
	Resistance thermometers (PT100, PT1000)
	Thermocouples(Type K, N, R, S, T, B, E, J, C)
	Ohmic resistor
	Potentiometric transducer
	Inductive half or full bridge, LVDT
Voltage (±100 mV, ±10 and ±60 V)	



[QuantumX 840B, 데이터 수집장치]

6) 데이터 모니터링

복합작업기의 농작업 시 측정되는 부하를 실시간으로 모니터링을 하기 위해 HBM社에서 제공하는 데이터 수집 및 처리 전문 소프트웨어인 Catman을 사용할 예정이다. Catman 소프트웨어는 모든 채널의 전체 매개 변수화, 테스트 및 측정 작업의 시각화 및 제어, 기본 데이터 분석이 가능하다.



[Catman 소프트웨어를 이용한 인터페이스 환경]

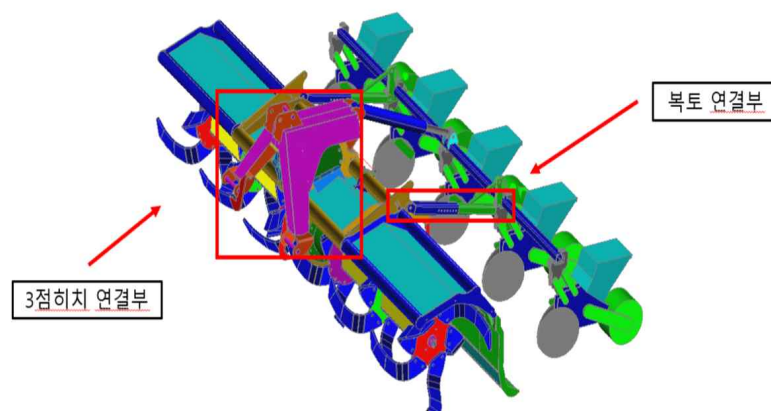
복합작업기를 이용한 농작업시 진동에 의해 파손되지 않도록 별도의 지그(Jig)를 제작하여 데이터 수집 장치(Data acquisition, DAQ), 토크미터, Amplifier, PC 등을 구성하여 시험을 진행할 예정이다.

5. 트랙터 부착형 복합작업기의 시스템 강도 해석 시뮬레이션 모델 개발

가. 트랙터 부착형 복합작업기의 핵심요소부품 선정

복합작업기는 로터베이터, 복토기, 파종기, 무논 정지기 등 작물별 다양한 작업이 가능한 작업기이며, 퀵 어태치먼트, 동력 구동을 위한 기어박스, 경운 칼축(로타리), 경운날(복토), 파종 유닛 등 여러 가지 농작업을 수행하기 위한 부속 부품으로 구성되어 있다.

복합작업기는 로터베이터, 복토기, 파종기, 무논 정지기 등 작물별 다양한 작업이 가능한 작업기이며, 퀵 어태치먼트, 동력 구동을 위한 기어박스, 경운 칼축(로타리), 경운날(복토), 파종 유닛 등 여러 가지 농작업을 수행하기 위한 부속 부품으로 구성되어 있다.

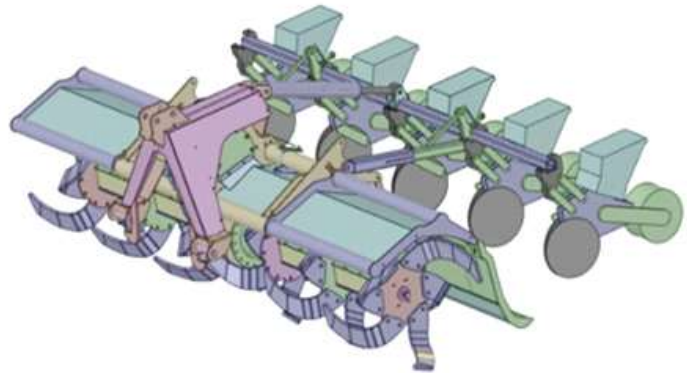


[복합작업기 핵심 요소 부품]

나. 복합작업기 핵심요소부품 구조 및 강도 해석을 위한 시뮬레이션 모델 개발

본 연구에서는 시뮬레이션 모델의 강도 해석 시뮬레이션을 진행하기 위해 Ansys(2019 R3, ANSYS Inc., USA) 소프트웨어를 사용하여 실시하였다.

시뮬레이션 모델의 해석 범위는 트랙터의 3점 히치, 작업기 부분이 연결되는 연결부와 로타리 작업기 후방에 연결되는 복토기의 연결부를 주요 해석 범위로 설정하였다. 그 외 파손 가능성이 비교적 적을 것으로 판단되는 부분은 하나의 강체로 해석을 실시하였다.



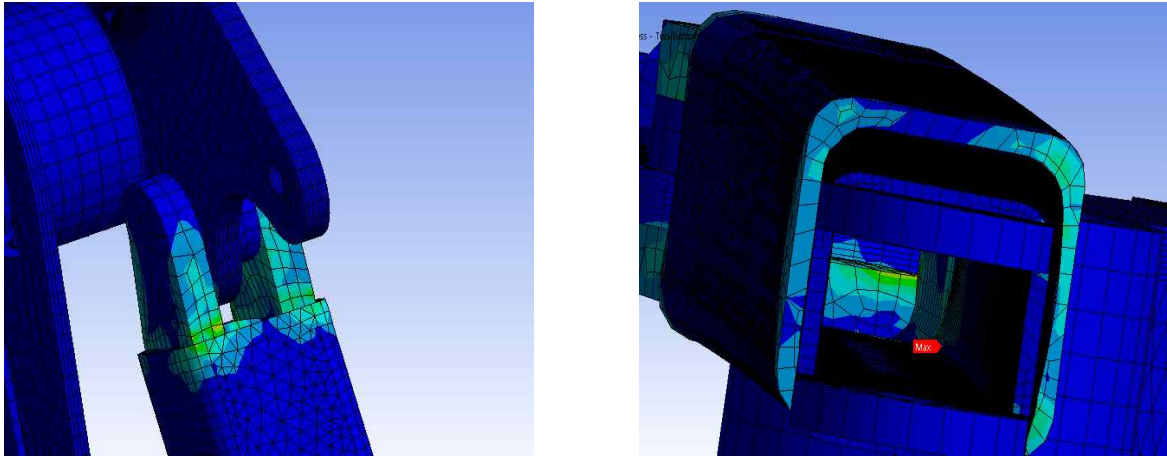
[ANSYS 소프트웨어를 활용한 복합작업기 3D 모델 개발]

복합작업기 모델의 주요 해석 범위는 작업기의 연결부로 선정하였으며, 복합작업기에서 최대 응력이 발생하는 부분만을 간소화하여 구조해석을 진행하였다. Mesh Size는 연결부의 정확한 해석을 위해 Element Mesh는 5mm, Defeature Size는 0.3mm로 설정하였다. 연결부를 제외한 나머지 부분은 Max Size는 82mm, Min Size는 5mm, Defeaturing Size는 0.4로 설정하였다.



[ANSYS 시뮬레이션 모델 Mesh 진행 모델]

복합작업기 3D 모델의 취약부 선정을 위해 시뮬레이션 모델의 3점 히치 부분에 견인력을 부여하였다. 시뮬레이션의 적용된 견인력은 주요 농작업 중 발생하는 견인력인 10 kN이며, 견인에 영향을 주지 않는 연결 Hole 부분은 고정 조건을 설정하였다.



[시뮬레이션을 통한 취약부 하중분포 파악]

주요 취약부는 위 그림과 같이 좌우 프레임 내부와 연결부 시작 부분에 발생하였다. 프레임의 내부에 가장 큰 응력이 발생하였으며, 향후 시뮬레이션 모델을 이용하여 정적 하중 및 동적 하중으로 비교 및 검증할 예정이다.

6. 트랙터 부착형 복합작업기의 부하계측 측정 프로그램 및 시스템 개발

가. 엔진 가동 정보 측정 시스템

엔진 토크, 회전속도 및 연료 유량은 CAN 통신 및 데이터 수집장치인 DAQ(Data Acquisition)을 이용하여 데이터를 수집하였으며, 세부 제원은 다음 표와 같다.

플랫폼 외부에는 다음 그림과 같이 농작업에 따른 엔진, 차축, PTO, 견인력 등 각 요소별로 측정되는 데이터를 확인할 수 있는 소프트웨어가 설치된 컴퓨터가 설치되어 있으며, 이를 통해 실시간으로 측정되는 데이터의 확인 및 저장이 가능하다.



[데이터 계측 시스템 구성]

나. 차축 토크 및 회전속도 측정 시스템

본 연구에서는 차축의 토크를 측정하기 위해 전방 차축은 바퀴에 회전 반경을 고려하여 토크 미터 대신 스트레인 게이지를 이용하여 계측하였다. 전방 차축의 스트레인 게이지는 full-bridge 형태로 구성하였으며, 측정된 데이터는 데이터 수집장치에 송·수신되도록 구성하였다.



[전방 차축 Strain-gage 부착 사진]

트랙터 차축의 토크는 후륜, 좌·우 총 4개의 토크미터를 설치하여 측정하였다. 후륜 토크미터(MW 30 kNm, Manner, Germany)는 텔레메트리(Telemetry) 방식의 모델을 사용하였다. 토크미터는 차륜 바깥쪽에 설치하지 않고 내부에 축을 가공 후 설치하여 작업 시 외부 요인에 의한 잡음 발생 및 파손을 방지할 수 있도록 하였다.

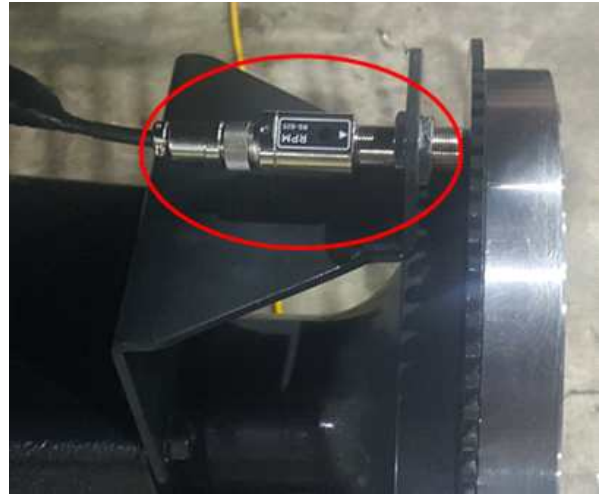
트랙터 작업에 따라서 토크미터에서 측정된 차축 토크 데이터는 안테나에 전송되며, Amplifier를 통해 증폭되어 데이터 수집 장치로 전송된다. 토크미터, 안테나, Amplifier는 하나의 세트로 구성되므로, 본 연구에서는 트랙터 후륜, 좌·우 총 2 set의 토크미터를 사용하였다.



[후방 차축 토크미터 부착 사진]

트랙터 차축의 회전속도는 물체의 유·무를 감지하는 근접센서를 사용하였으며, 엔진 회전 속도의 측정은 단위 시간당 기어의 톱니 수를 측정하여 회전체의 이동속도를 계산하였다. 기어의 톱니가 통과할 때마다 센서의 신호가 측정되어 단위시간 동안 측정된 기어의 톱니 개수와 기어의 총 톱니수를 이용하여 회전속도를 측정하였다.

본 연구에서는 잇수가 100개인 기어를 설치하여 근접센서를 이용해 잇수를 측정하면서 회전속도를 계산하였다.



[전·후륜 근접 센서 부착 사진(좌/우)]

다. PTO 부하 측정

본 연구에서는 로타리 작업 시 PTO 부하를 측정하기 위해 PTO 토크 미터(Series 420 3/4 “, datum electronics, Britain)을 사용하였으며, PTO 토크 및 회전속도를 측정하였다.



[PTO 토크미터]

PTO 토크미터 크기는 45 × 150 × 134 (W × D × H) mm 이며, 작동 회전속도는 540, 1,000 rpm이나 사용자 제원에 따라 3,000 rpm까지 작동이 가능하다. 540 및 1,000 rpm에서 출력은 각각 135 및 253 hp으로 측정되며, 자세한 제원은 아래 표와 같다.

[Series 420 PTO 토크미터 제원]

Item	Specifications
Model (Company)	Seris 420 (datum electronics)
Dimension (mm)	45 × 150 × 134
Operating speed	540 / 1,000 rpm (up to 3,000 rpm)
Power rating	135 hp at 540 rpm / 253 hp at 1000 rpm
Power measurement	0.5% Accuracy
	USB Interface PC or laptop
Clockwise / Anti-clockwise measurement	Digital (RS485/USB)
	Analogue outputs (0-10V, +/-10V, 4-20mA & 12+/-8mA)

7. 작업조건별 복합작업기의 구동부 소요 동력 데이터 분석

가. 실 작업환경을 반영한 필드 실증시험 작업조건 선정

1) 시험 플랫폼 선정

본 연구에서는 복합작업기 성능평가를 위해 필드시험을 통해 엔진, 차축 및 PTO 부하를 측정하였으며, 필드시험은 로보드림社의 시험기대 RT150 기종을 선정하여 시험을 진행하였다.



[시험기대 RT 150]

시험기대 RT 150 기종은 150마력이며, 주요 제원은 출력 111 kW(@2,250 rpm), 크기 4,080(L) × 2,345(W) × 2,810(H) mm, 공차 중량 4,790 kg의 제원임. 주변속은 6단의 동기물림기어식으로 구성되어 있으며, 부변속은 상시물림식의 2단으로 총 전진 12단, 후진 12단의 변속 단수를 갖고 있다. 시험기대 RT 150의 자세한 제원은 아래 표와 같다.

[시험기대 RT 150 제원]

Item		Specifications
Model		RT 150
Rated power (kW)		111 kW @ 2,250 rpm
Dimension (mm)		4,080 × 2,345 × 2,810
Weight (kg)		4,790
Transmission	주변속	기계식(동기물림식)
		4단(1,2,3,4)
	부변속	기계식(상시물림식)
		2단(저속, 고속)

2) 필드 시험

필드 테스트는 다음 그림과 같이 충청북도 옥천군 동이면 적하리 1119-1에 위치한 논에서 수행하였다. 필드 시험지 규격은 약 900평 (114m × 26m)이며, 도로 주행 시험 후 로

타리 시험을 수행하였다.



[필드 테스트 시험 필지 (충북 옥천)]

3) 필드 시험 조건

필드 테스트는 주요 농작업 로타리 작업 및 도로 주행을 수행하였으며, 작업기는 아래 그림과 같이 본 연구에 개발대상인 복합작업기를 선정하였다. 자세한 제원은 다음과 같다.

[복합작업기 제원]

Item	Specifications
기계 크기 (mm)	940(길이) × 3,267(폭) × 1,154(높이)
무 게 (kg)	825
적용 마력 (HP)	70 hp 이상
최대 작업폭 (mm)	3,200
경우날 수(개)	36
구굴개수(개)	4
작업기 부착방법	자동 탈부착 방식
구동방식	중앙구동/기어체인식
주요 기능	경운, 복토

나. 작업조건별 복합작업기의 구동부 소요 동력 데이터 분석

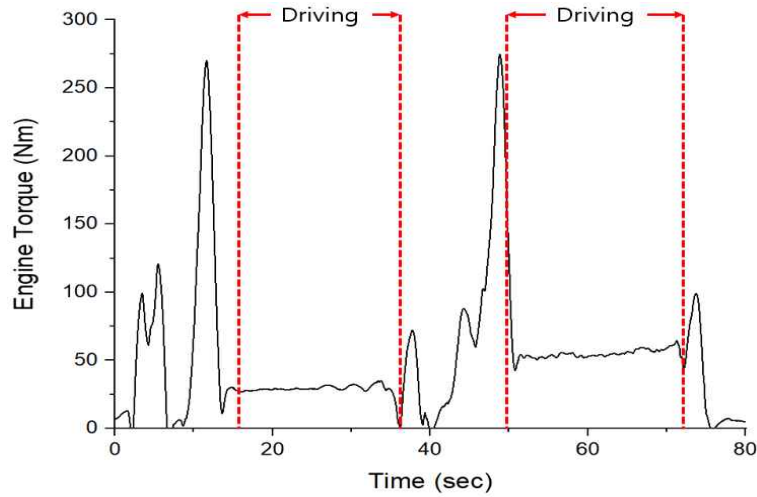
1) 주행 고속 2단에서의 엔진 데이터 분석 결과

가) 엔진 소요 동력 데이터 분석

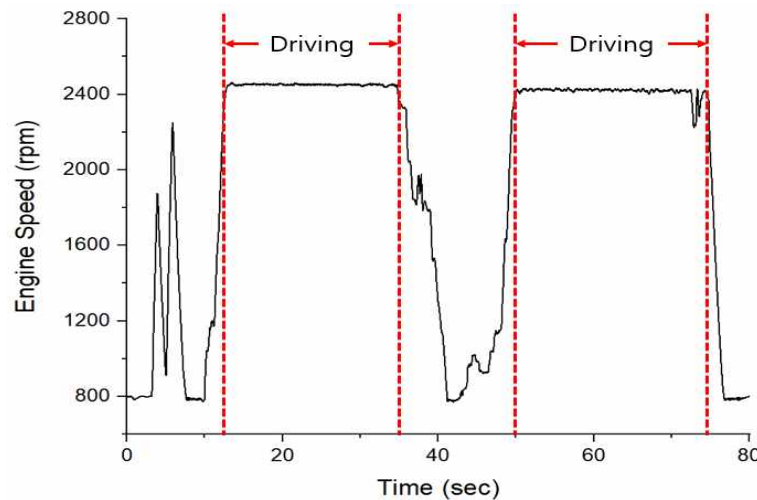
1 작업의 경우, 도로 주행 구간에서 토크의 최대, 평균, 표준편차는 60.14, 41.85, 4.43 Nm 로 나타났으며, 엔진 회전속도는 2,448.72, 2,437.75, 3.99 rpm으로 나타났다. 엔진 토크 및 회전속도를 이용하여 엔진의 소요 동력을 산출하였으며, 최대, 평균, 표준편차는 15.21, 10.66, 1.11 kW로 나타났다.

2 작업의 경우, 도로 주행 구간에서 토크의 최대, 평균, 표준편차는 55.35, 40.87, 4.21 Nm 로 나타났으며, 엔진 회전속도는 2,452.51, 2,439.97, 4.41 rpm으로 나타났다. 엔진 토크 및 회전속도를 이용하여 엔진의 소요 동력을 산출하였으며, 최대, 평균, 표준편차는 14.02, 10.42, 1.05 kW로 나타났다.

3 작업의 경우, 도로 주행 구간에서 토크의 최대, 평균, 표준편차는 55.12, 39.76, 4.73 Nm 로 나타났으며, 엔진 회전속도는 2,449.76, 2,438.88, 3.75 rpm으로 나타났다. 엔진 토크 및 회전속도를 이용하여 엔진의 소요 동력을 산출하였으며, 최대, 평균, 표준편차는 13.98, 10.14, 1.19 kW로 나타났다.



[주행 고속 2단에서의 엔진 토크 측정 결과]



[주행 고속 2단에서의 엔진 회전속도 측정 결과]

고속 2단 도로 주행에서의 엔진 토크, 회전속도 및 소요 동력을 아래 표와 같이 나타냈다.

[주행 고속 2단에서의 엔진 데이터 분석 결과]

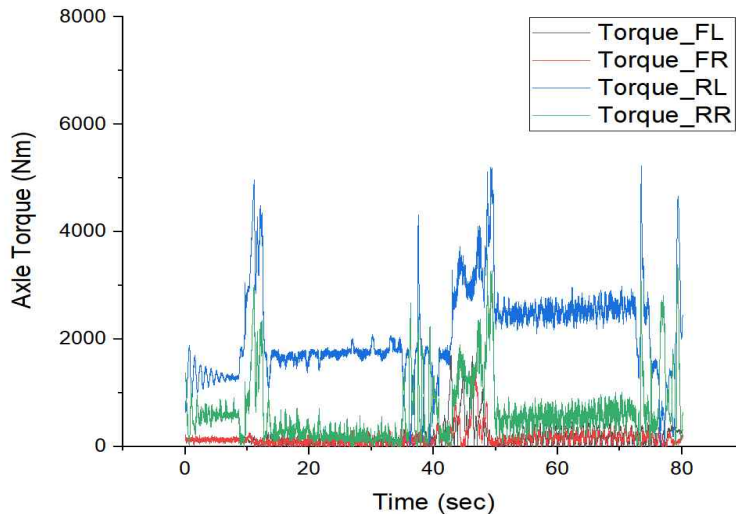
작업	작업 횟수		엔진		
			엔진 토크 (Nm)	엔진 회전속도 (rpm)	소요 동력 (kW)
주행 고속 2단	1	최대	60.14	2,448.72	15.21
		평균	41.85	2,437.75	10.66
		표준편차	4.43	3.99	1.11
	2	최대	55.35	2,452.51	14.02
		평균	40.87	2,439.97	10.42
		표준편차	4.21	4.41	1.05
	3	최대	55.12	2,449.76	13.98
		평균	39.76	2,438.88	10.14
		표준편차	4.73	3.75	1.19

나) 차축 소요 동력 데이터 분석

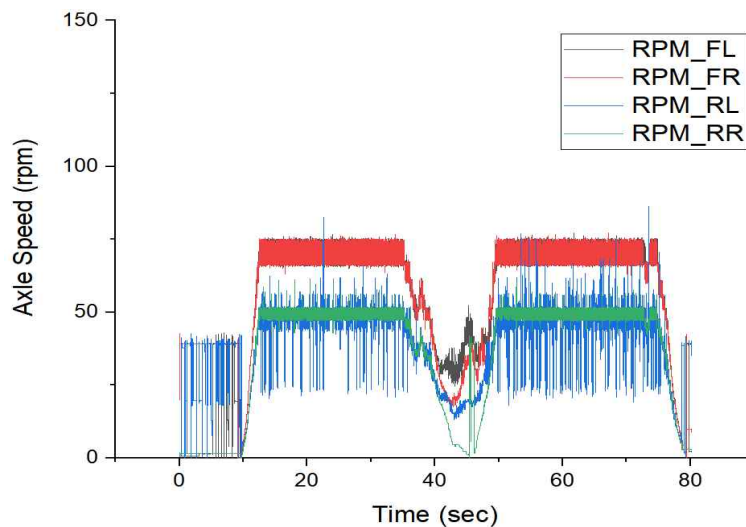
1 작업의 경우, 첫 번째 도로 주행 구간에서 전방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 393.57, 150.93, 90.55, 우측 359.42, 127.87, 72.08 Nm로 나타났으며, 후방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 2,530.48, 2,111.89, 120.38, 우측 1,063.28, 388.13, 122.53 Nm로 나타났다.

2 작업의 경우, 첫 번째 도로 주행 구간에서 전방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 435.97, 150.56, 98.41, 우측 374.97, 131.81, 74.41 Nm로 나타났으며, 후방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 2,565.28, 2,142.37, 130.98, 우측 865.41, 385.59, 118.97 Nm로 나타났다.

3 작업의 경우, 첫 번째 도로 주행 구간에서 전방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 442.45, 149.67, 102.42, 우측 389.21, 142.53, 77.34 Nm로 나타났으며, 후방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 2,617.11, 2,135.24, 123.29, 우측 854.84, 371.71, 118.21 Nm로 나타났다.



[주행 고속 2단에서의 엔진 회전속도 측정 결과]



[주행 고속 2단에서의 엔진 회전속도 측정 결과]

차축 토크 및 엔진속도를 이용하여 차축 소요 동력을 산출하였으며, 아래 표와 같이 나타났다.

[주행 고속 2단에서의 차축 소요 동력 분석 결과]

작업	작업 횟수		엔진							
			차축 토크 (Nm)				차축 소요 동력 (kW)			
			전방 좌측	전방 우측	후방 좌측	후방 우측	전방 좌측	전방 우측	후방 좌측	후방 우측
주행 고속 2단	1	최대	393.57	359.42	2,530.48	1,063.28	3.04	2.66	18.74	5.64
		평균	150.93	127.87	2,111.89	388.13	1.10	0.93	10.46	2.01
		표준편차	90.55	72.08	120.38	122.53	0.66	0.52	1.57	0.64
	2	최대	435.97	374.97	2,565.28	865.41	8.05	2.94	16.60	4.45
		평균	150.56	131.81	2,142.37	385.59	1.31	0.96	10.74	2.00
		표준편차	98.41	74.41	130.98	118.97	1.13	0.54	1.48	0.62
	3	최대	442.45	389.21	2,617.11	854.84	8.09	2.98	17.55	4.53
		평균	149.67	142.53	2,135.24	371.71	1.32	1.03	10.78	1.93
		표준편차	102.42	77.34	123.29	118.21	1.26	0.56	1.32	0.62

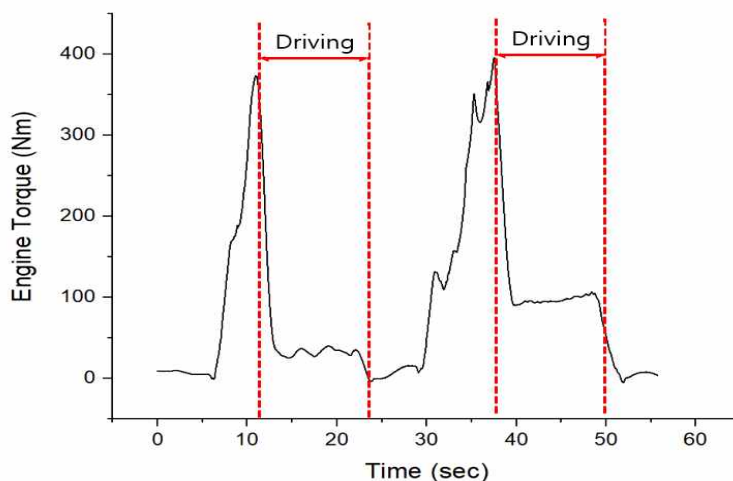
2) 주행 고속 3단에서의 엔진 데이터 분석 결과

가) 엔진 소요 동력 데이터 분석

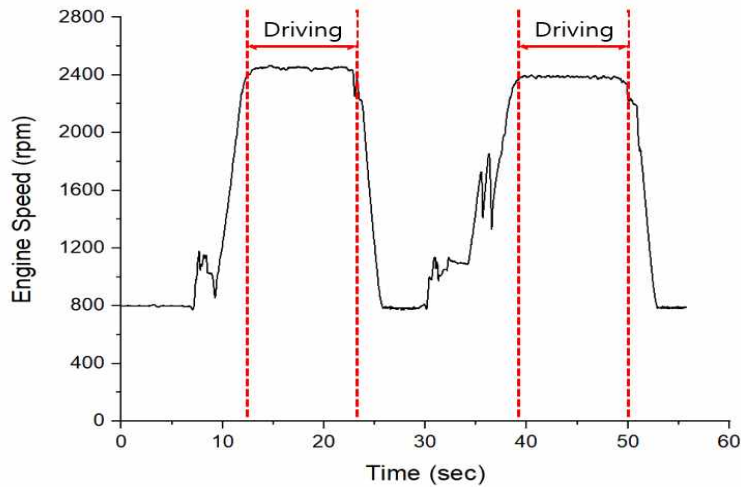
1 작업의 경우, 도로 주행 구간에서 토크의 최대, 평균, 표준편차는 83.19, 65.24, 6.24 Nm 로 나타났으며, 엔진 회전속도는 2,429.53, 2,417.12, 5.90 rpm으로 나타났다. 엔진 토크 및 회전속도를 이용하여 엔진의 소요 동력을 산출하였으며, 최대, 평균, 표준편차는 20.81, 16.41, 1.54 kW로 나타났다.

2 작업의 경우, 도로 주행 구간에서 토크의 최대, 평균, 표준편차는 81.87, 62.23, 6.38 Nm 로 나타났으며, 엔진 회전속도는 2,433.18, 2,420.18, 5.41 rpm으로 나타났다. 엔진 토크 및 회전속도를 이용하여 엔진의 소요 동력을 산출하였으며, 최대, 평균, 표준편차는 20.46, 15.66, 1.57 kW로 나타났다.

3 작업의 경우, 도로 주행 구간에서 토크의 최대, 평균, 표준편차는 79.35, 60.25, 6.16 Nm 로 나타났으며, 엔진 회전속도는 2,436.64, 2,422.43, 5.53 rpm으로 나타났다. 엔진 토크 및 회전속도를 이용하여 엔진의 소요 동력을 산출하였으며, 최대, 평균, 표준편차는 19.87, 15.18, 1.52 kW로 나타났다.



[주행 고속 3단에서의 엔진 토크 측정 결과]



[주행 고속 3단에서의 엔진 회전속도 측정 결과]

고속 3단 도로 주행에서의 엔진 토크, 회전속도 및 소요 동력을 아래 표와 같이 나타냈다.

[주행 고속 3단에서의 엔진 데이터 분석 결과]

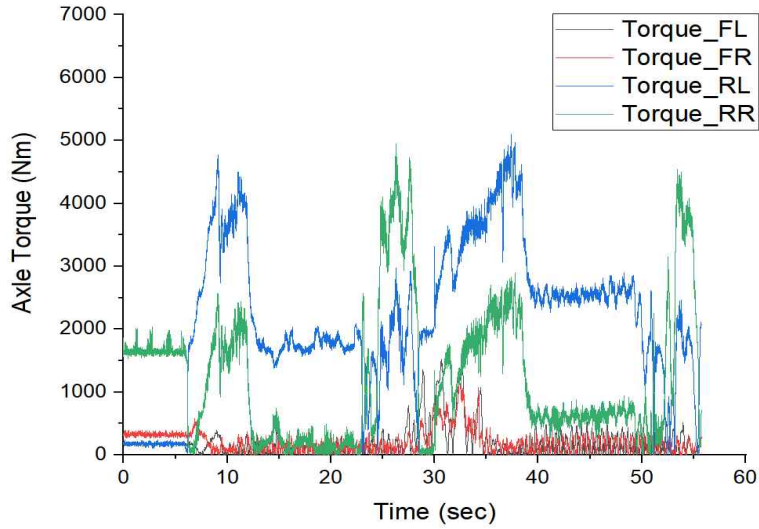
작업	작업 횟수		엔진		
			엔진 토크 (Nm)	엔진 회전속도 (rpm)	소요 동력 (kW)
주행 고속 3단	1	최대	83.19	2429.53	20.81
		평균	65.24	2417.12	16.41
		표준편차	6.24	5.90	1.54
	2	최대	81.87	2433.18	20.46
		평균	62.23	2420.18	15.66
		표준편차	6.38	5.41	1.57
	3	최대	79.35	2436.64	19.87
		평균	60.25	2422.43	15.18
		표준편차	6.16	5.53	1.52

나) 차축 소요 동력 데이터 분석

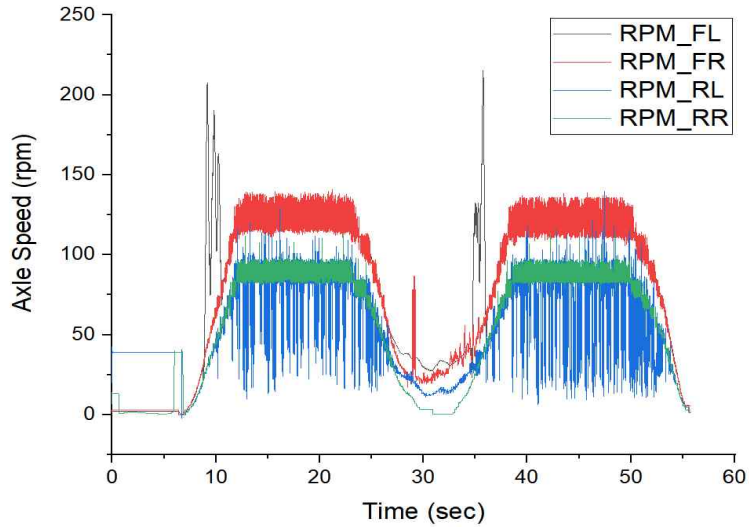
1 작업의 경우, 첫 번째 도로 주행 구간에서 전방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 441.85, 150.61, 102.30, 우측 363.66, 139.08, 80.65 Nm로 나타났으며, 후방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 2,451.41, 2,158.21, 101.21, 우측 708.81, 380.06, 89.16 Nm로 나타났다.

2 작업의 경우, 첫 번째 도로 주행 구간에서 전방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 432.55, 154.10, 103.10, 우측 380.98, 151.41, 81.36 Nm로 나타났으며, 후방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 2,514.51, 2,188.39, 96.04, 우측 731.42, 381.23, 92.20 Nm로 나타났다.

3 작업의 경우, 첫 번째 도로 주행 구간에서 전방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 421.00, 153.63, 108.05, 우측 372.81, 142.67, 81.02 Nm로 나타났으며, 후방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 2,498.89, 2,177.13, 98.77, 우측 884.84, 388.32, 106.35 Nm로 나타났다.



[주행 고속 3단에서의 차축 토크 측정 결과]



[주행 고속 3단에서의 차축 회전속도 측정 결과]

차축 토크 및 엔진속도를 이용하여 차축 소요 동력을 산출하였으며, 아래 표와 같이 나타냈다.

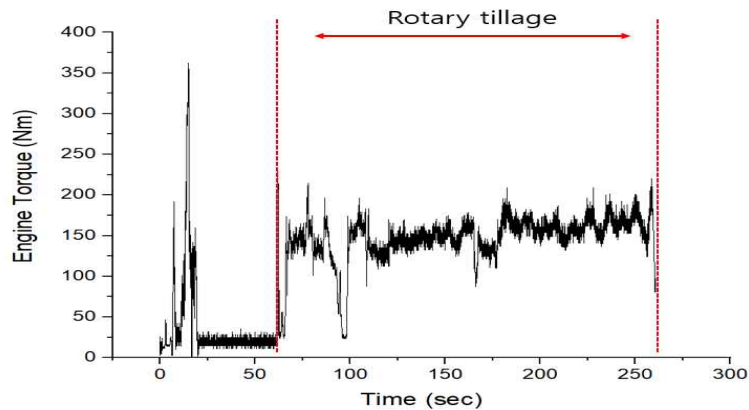
[주행 고속 3단에서의 차축 소요 동력 분석 결과]

작업	작업 횟수		엔진							
			차축 토크 (Nm)				차축 소요 동력 (kW)			
			전방 좌측	전방 우측	후방 좌측	후방 우측	전방 좌측	전방 우측	후방 좌측	후방 우측
주행 고속 3단	1	최대	441.85	363.66	2,451.41	708.81	5.96	4.81	30.95	6.75
		평균	150.61	139.08	2,158.21	380.06	1.96	1.80	17.42	3.47
		표준편차	102.30	80.65	101.21	89.16	1.34	1.05	4.62	0.85
	2	최대	432.55	380.98	2,514.51	731.42	6.02	5.09	30.14	6.90
		평균	154.10	151.41	2,188.39	381.23	2.00	1.96	17.63	3.48
		표준편차	103.10	81.36	96.04	92.20	1.35	1.06	4.79	0.86
	3	최대	421.00	372.81	2,498.89	884.84	5.85	4.85	29.45	8.19
		평균	153.63	142.67	2,177.13	388.32	2.00	1.85	17.75	3.55
		표준편차	108.05	81.02	98.77	106.35	1.41	1.06	4.67	1.00

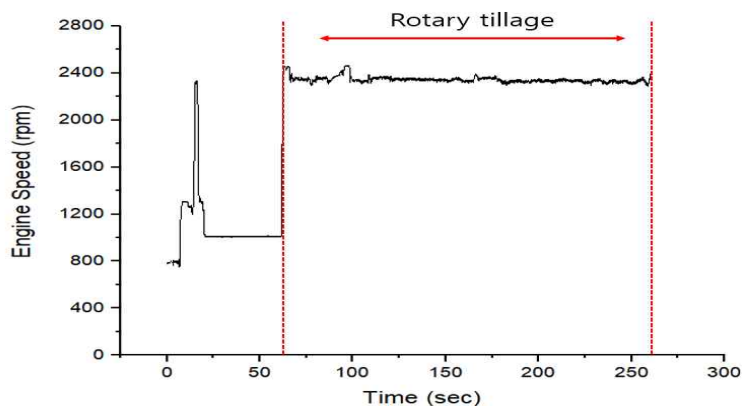
3) 로타리 작업에서의 소요 동력 데이터 분석 결과

가) 엔진 소요 동력 데이터 분석

로타리 저속 1단 작업 구간에서 토크의 최대, 평균, 표준편차는 209.53, 153.74, 14.59 Nm로 나타났으며, 엔진 회전속도는 2,394.81, 2,338.28, 13.20 rpm으로 나타났다. 진 토크 및 회전속도를 이용하여 엔진의 소요 동력을 산출하였으며, 최대, 평균, 표준편차는 50.36, 37.62, 3.37 kW로 나타났다.

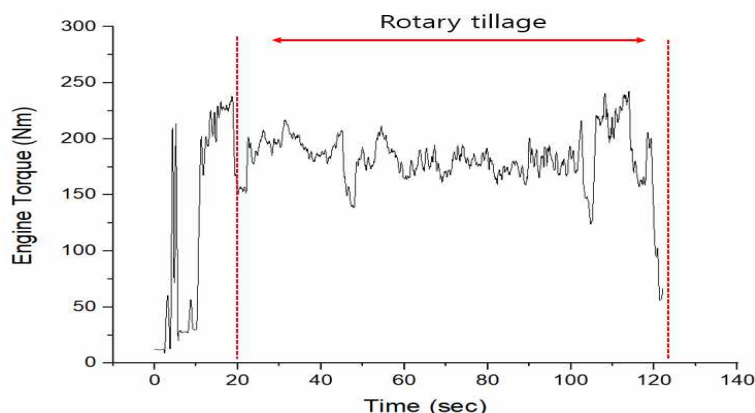


[로타리 저속 1단에서의 엔진 토크 측정 결과]

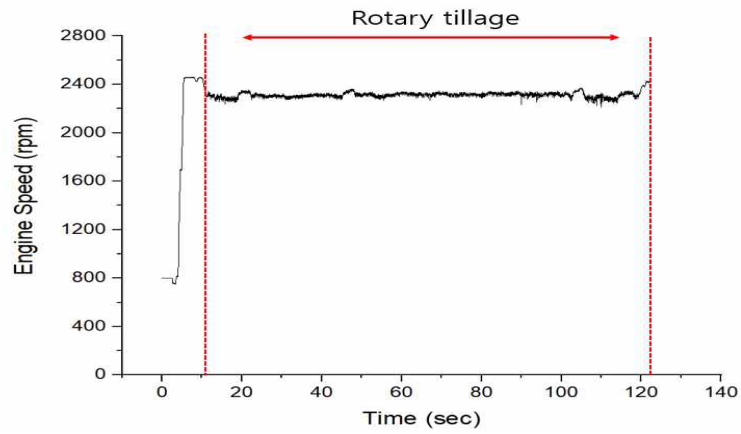


[로타리 저속 1단에서의 엔진 회전속도 측정 결과]

로타리 저속 2단 작업 구간에서 토크의 최대, 평균, 표준편차는 246.19, 186.68, 19.77 Nm로 나타났으며, 엔진 회전속도는 2,362.10, 2,310.64, 15.78 rpm으로 나타났다. 진 토크 및 회전속도를 이용하여 엔진의 소요 동력을 산출하였으며, 최대, 평균, 표준편차는 58.38, 45.13, 4.48 kW로 나타났다.



[로타리 저속 2단에서의 엔진 토크 측정 결과]



[로타리 저속 2단에서의 엔진 회전속도 측정 결과]

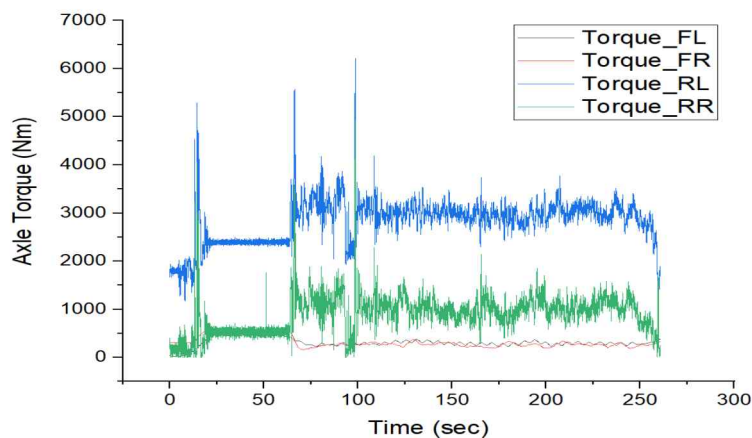
로타리 저속 작업에서의 엔진 토크, 회전속도 및 소요 동력을 아래 표와 같이 나타냈다.

[로타리 저속 작업에서의 엔진 데이터 분석 결과]

작업		엔진		
		엔진 토크 (Nm)	엔진 회전속도 (rpm)	소요 동력 (kW)
로타리 저속 1단	최대	209.53	2,394.81	50.36
	평균	153.74	2,338.28	37.62
	표준편차	14.59	13.20	3.37
로타리 저속 2단	최대	246.19	2,362.10	58.38
	평균	186.68	2,310.64	45.13
	표준편차	19.77	15.78	4.48

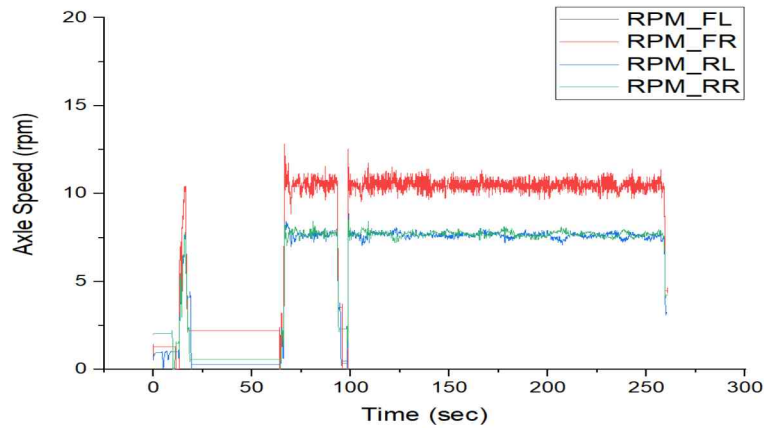
나) 차축 소요 동력 데이터 분석

로타리 저속 1단 작업 구간에서 전방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 773.19, 298.61, 199.86, 우측 637.77, 260.96, 96.34 Nm로 나타났으며, 후방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 3,779.66, 2,995.00, 175.07, 우측 2,142.88, 1,029.99, 204.44 Nm로 나타났다.

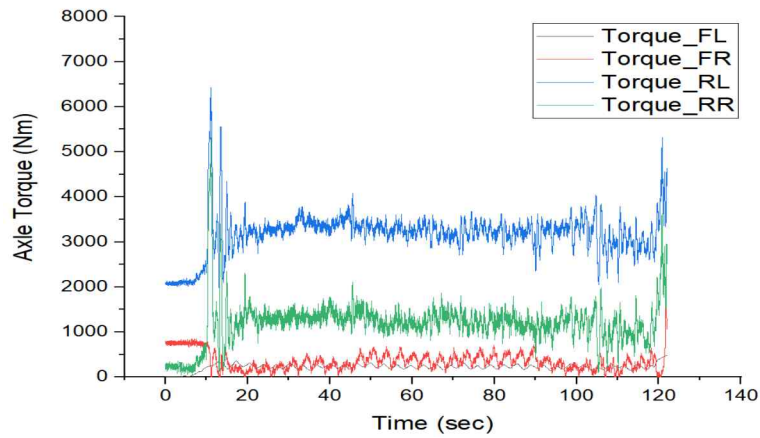


[로타리 저속 1단에서의 차축 토크 측정 결과]

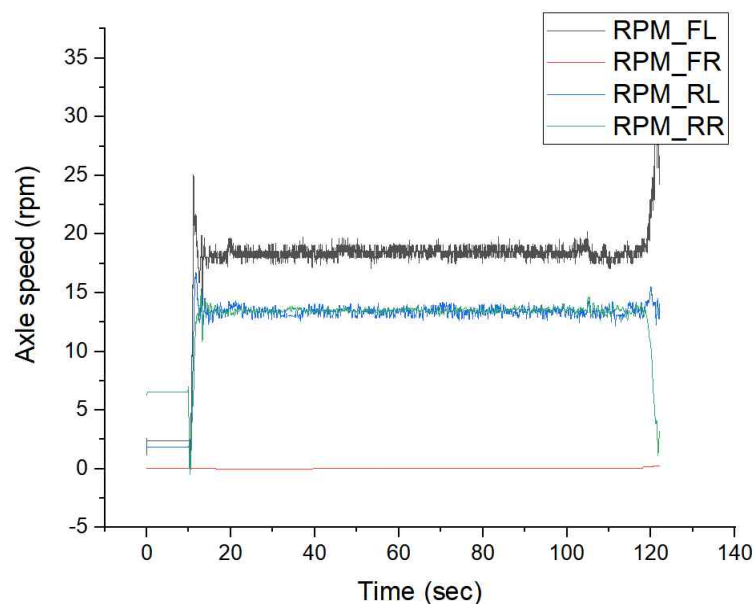
로타리 저속 2단 작업 구간에서 전방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 584.82, 241.85, 163.56, 우측 686.25, 301.07, 134.45 Nm로 나타났으며, 후방 차축 토크의 최대, 평균, 표준편차는 좌측 4,077.71, 3,334.51, 154.00, 우측 2,112.12, 1,320.20, 160.76 Nm로 나타났다.



[로타리 저속 1단에서의 차축 회전속도 측정 결과]



[로타리 저속 2단에서의 차축 토크 측정 결과]



[로타리 저속 2단에서의 차축 회전속도 측정 결과]

차축 토크 및 엔진속도를 이용하여 차축 소요 동력을 산출하였으며, 아래 표와 같이 나타났다.

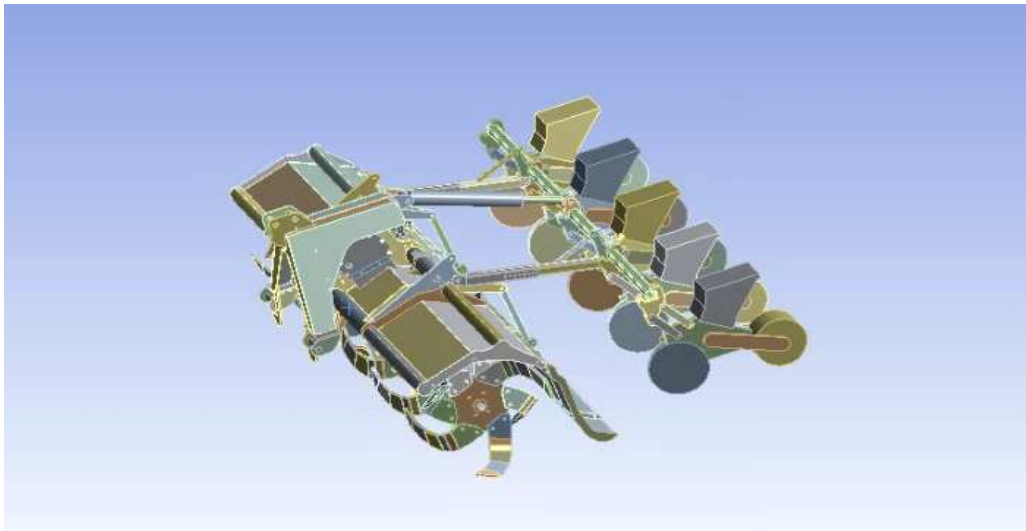
[로타리 저속 작업에서의 차축 소요 동력 분석 결과]

작업		엔진							
		차축 토크 (Nm)				차축 소요 동력 (kW)			
		전방 좌측	전방 우측	후방 좌측	후방 우측	전방 좌측	전방 우측	후방 좌측	후방 우측
로타리 저속 1단	최대	773.19	637.77	3,779.66	2142.88	0.86	0.70	3.04	1.64
	평균	298.61	260.96	2,995.00	1029.99	0.33	0.29	2.39	0.83
	표준편차	199.86	96.34	175.07	204.44	0.22	0.11	0.16	0.16
로타리 저속 2단	최대	584.82	686.25	4,077.71	2112.12	1.21	1.42	6.88	3.82
	평균	241.85	301.07	3,334.51	1320.20	0.46	0.58	4.68	1.86
	표준편차	163.56	134.45	154.00	160.76	0.01	0.01	0.01	0.01

8. 실부하에 따른 트랙터 부착형 복합작업기의 시스템 강도 성능평가 가. 성능평가를 위한 시뮬레이션 모델 개발

본 연구에서는 구조 및 기어 강도 분석을 통한 성능평가를 수행하기 위해 1차년도에 개발한 작업기 취약부 시뮬레이션 모델을 활용하였다.

시뮬레이션 모델은 구조 강도 해석 소프트웨어 (Ansys, Ansys Inc, USA)를 이용하여 개발하였으며, 1차년도와 동일한 지점을 해석 지점으로 지정하였다.



[복합작업기 강도해석 시뮬레이션 모델]

나. 시뮬레이션 해석 지점 선정

본 연구에서는 성능평가를 위해 주행 및 로타리 작업을 수행하였으며, 주行的 경우 작업기를 상승한 상태로 이동하였기 때문에 3점하치 부분을 해석 부분으로 선정하였다.

로타리 작업의 경우, 회전날이 직접 토양에 접촉하므로 날 부분에 부하를 측정해야하나 센서 설치가 불가하므로 주행과 동일하게 1차년도에 진행하였던 작업기 연결 취약부를

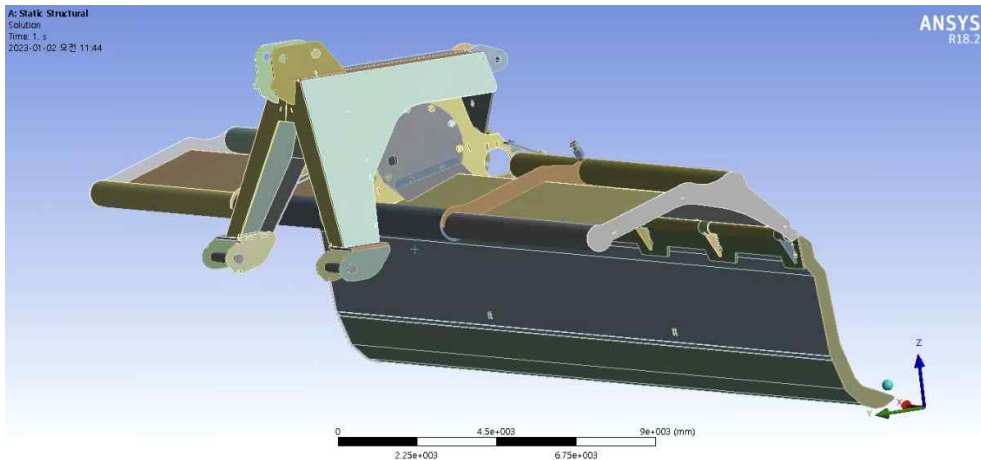
해석 부분을 선정하였다.

시뮬레이션에서 작업기에 작용하는 부하는 주행 및 로타리작업에서의 측정된 부하 데이터를 기반으로 설정하였으며, 로타리 작업 외에 쟁기 및 견인 작업시 가혹한 환경을 고려하여 10 kNm 조건으로 시뮬레이션을 진행하였다.

다. 작업기 취약부 강도 해석 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 성능평가를 위해 주행 및 로타리 작업을 수행하였으며, 주행의 경우 작업기를 상승한 상태로 이동하였기 때문에 3점히치 부분을 해석 부분으로 선정하였다.

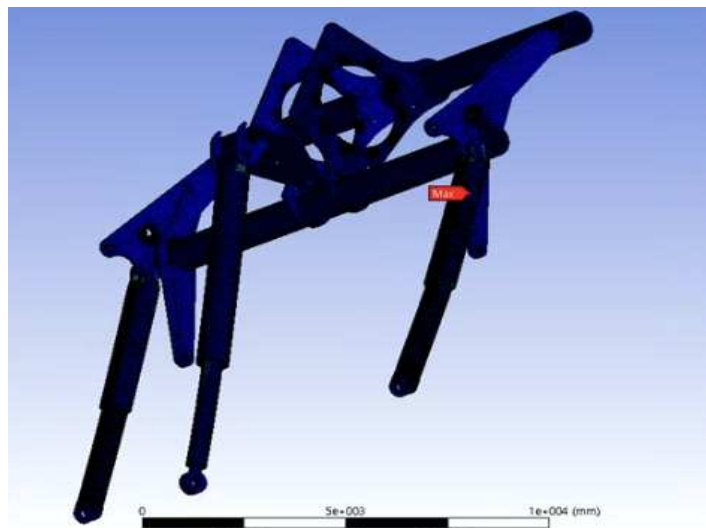
시뮬레이션 모델 해석 조건은 1차년도와 동일하게 Mesh 사이즈는 5mm로 설정하였으며, Default size는 0.3, 취약부 외 부분은 5 ~ 82 mm로 설정하였다.



[복합작업기 강도해석 시뮬레이션 모델 설정]

적용 하중 2,000 Nm에 대한 시뮬레이션 결과, 3점 히치 좌측 하단부분에서 최대 응력이 발생했으며, 해당 부분에 최대 39.312 Mpa로 나타났다.

3점 히치 중 하단의 경우, 작업기와 연결시 동일선상에 위치하여 최대 견인력이 발생하는 것으로 분석되며, 적용된 하중을 고려하였을 때 경운작업 및 파종 작업시에는 해당 결과보다 낮게 응력이 발생할 것으로 판단된다.



[복합작업기 강도해석 시뮬레이션 모델 설정]

강도 해석 시뮬레이션의 경우 전체 모델에 대한 해석을 진행하여야 하나, 구조적으로 복잡하여 Mesh 생성, 시뮬레이션 해석 시간이 오래 소요되므로 취약부에 대한 해석만 진행하였다. 안전율 분석 결과, 필드 시험 시 측정된 데이터를 고려한 시뮬레이션 결과이기 때문에 기존 경운, 파종, 견인 작업에 대하여 안전성을 확보한 것으로 판단되어 진다.

향후, 모델 보완 및 경운 외 파종 및 견인 작업 데이터 확보를 통한 시뮬레이션 모델 고도화 및 다양한 조건에서의 시뮬레이션이 필요할 것으로 판단되어 진다.

9. 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립

가. 트랙터 측방전도 및 후방전복 사고 관련 문헌조사 및 통계자료 분석

1) 문헌조사를 통한 측방전도 및 후방전복 사고 관련 문헌조사

농촌진흥청 국립농업과학원에서 수행한 ‘농업기계 관련 교통사고 현황’에 따르면, 2019년 동안 전도 및 추락에 의한 사고자 수는 각각 19,964명과 6,239명으로 전체 대비 53.5%로 나타났다.

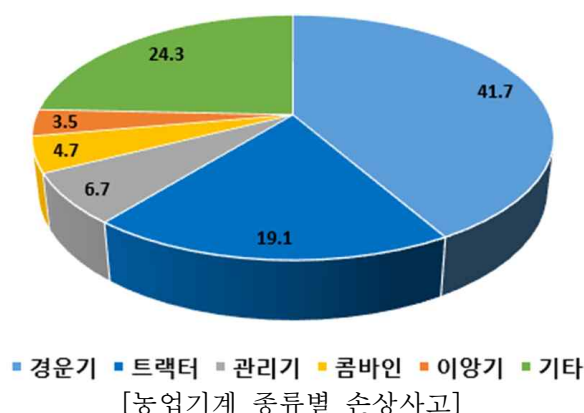


구분	전도/추락	농작업 관련 농기계 운전사고	신체반응, 과도한 힘/동작	기타	합계
건 (N)	25,648	6,239	6,692	10,375	48,954
비율(%)	52.4	12.7	13.7	21.2	100

* 전도/추락 : 농업기계나 작업자의 전도 혹은 추락으로 인한 농업인 손상 사고

[농업기계 손상사고 유형별 분포]

농가에서 주로 사용되는 농업기계 중, 손상이 발생한 농업기계는 경운기 41.7%, 트랙터 19.1%, 관리기 6.7%, 콤바인 4.7%, 이앙기 3.5% 순으로 나타났다.



[농업기계 종류별 손상사고]

장소에 따른 농업기계 관련 손상사고는 밭 39%, 논 15.7%, 농로 12.1%, 집 4%, 공공도로 3.4% 순으로 나타남. 사고 발생 장소는 주로 논과 밭이었다.

2) 측방전도/후방전복 사고사례 조사

농촌진흥청에서 조사된 사고사례에 따르면, 농업기계 관련 손상사고는 전도/추락에 의한 손상사고 비율이 가장 높았으며, 측방전도/후방전복 사고사례의 유형은 아래 그림과 같다.



[경사로 주행 시 발생한 측방 전도사고 유형]



[커브길에서 고속 선회 시 발생한 측방전도 유형]



[복합작업기 장착에 의한 무게중심 변화에 따른 후방전복사고 유형]



[바퀴 슬립발생 및 가속에 의한 후방전복사고 유형]

[표 농기계 사고 유형별 사고원인]

구분	운전자관련				농기계관련		돌발요인			계
	취급 부주의	운전 조작 미숙	정비 불량	열악포장 작업조건	농기계 결함	안전 장치 결함	돌발 사고	가해자 잘못	기타	
전복	17 명 (37.0%)	17 명 (37.0%)	-	10 명 (21.6%)	1 명 (2.2%)	-	1 명 (2.2%)	-	-	46 명 (22.8%)
추락	17 명 (33.3%)	22 명 (43.1%)	2 명 (3.9%)	-	-	1 명 (2.0%)	9 명 (17.7%)	-	-	51 명 (25.2%)
충돌	3 명 (9.4%)	4 명 (12.5%)	-	1 명 (3.1%)	-	-	11 명 (34.4%)	12 명 (37.5%)	1 명 (3.1%)	32 명 (15.8%)
접촉	25 명 (56.8%)	5 명 (11.4%)	1 명 (2.3%)	3 명 (6.8%)	1 명 (2.3%)	1 명 (2.3%)	8 명 (18.2%)	-	-	44 명 (21.8%)
기타	15 명 (51.9%)	4 명 (13.8%)	2 명 (6.9%)	-	2 명 (6.9%)	2 명 (6.9%)	2 명 (6.9%)	1 명 (3.4%)	1 명 (3.4%)	29 명 (14.1%)
계	77 명 (38.1%)	52 명 (25.7%)	5 명 (2.5%)	14 명 (6.9%)	4 명 (2.0%)	4 명 (2.0%)	31 명 (15.4%)	13 명 (6.4%)	2 명 (1.0%)	202 명 (100.0%)

전도사고 유형은 크게 측방전도와 후방전복으로 구분된다. 트랙터에 복합작업기를 부착하였을 때, 부착된 복합작업기에 의해 변경된 무게중심이 대표적인 원인으로 나타났다. 또한, 트랙터를 이용한 경사로 주행 시 발생한 사고는 적정 주행속도 초과 및 고르지 못한 지형에 의해 발생하는 것으로 나타났다.

한국농촌경제연구원에서 수행된 ‘농기계 사고 실태와 비용 추정’에 의하면 따르면, 전체 농업기계 사고의 61.9%는 고르지 못한 지면 및 농로의 진출입로에서 발생하며 일반적으로 상에서의 사고는 44.2%를 차지하고 있다. 사고 시 트랙터의 주행 형태는 직진 79%, 선회 9%로 순으로 발생하였다.

또한, 운전자의 취급 부주의 및 운전 조작 미숙 등에 의한 사고가 74%로 가장 높은 비중을 차지하며, 돌발요인에 의한 사고는 21.8%를 차지하였다. 전도사고의 경우 다른 사고유형과 달리 고르지 못한 지면으로 인한 사고 비율이 21.6%로 돌발요인(2.2%)에 의한 사고보다 비중이 크다.

3) 문헌조사를 통한 측방전도/후방전복 설계요인 조사 및 분석

불안정한 무게중심은 트랙터의 측방전도 및 후방전복사고를 유발하는 주요 원인으로 트랙터의 설계 시 반드시 고려되어야 한다.



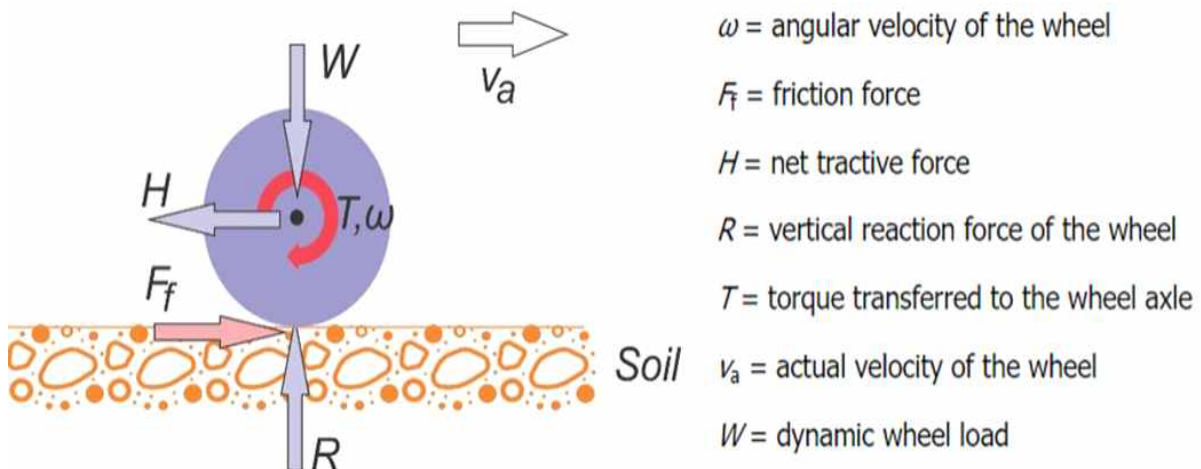
[측방 전도사고의 모습]



[후방 전복사고의 모습]

대부분의 트랙터는 서스펜션 시스템이 구성되어 있지 않으며, 이는 후방전복 원인의 주요 원인 중 하나이다. 후방전복은 트랙터의 경사로 등반 및 슬립에 의한 전륜 들림 현상에 의해 무게중심이 뒤쪽으로 치우쳐 발생한다. 또한, 고중량의 복합작업기를 장착한 상태에서 상승시킬 때 전륜이 들리며 후방전복이 발생한다.

따라서, 후방전복에 대한 안전성을 높이기 위해 트랙터 제작 시 트랙터 자체의 중량을 증가시키고, 무게중심의 위치를 고려해야 하며 견인효율을 높여야 한다.



[견인력을 발생시키는 바퀴의 변수에 대한 다이어그램 개략도]

후방전복을 방지하기 위해서 견인력 작용점의 위치를 낮게 설정해야 하며, 견인성능을 향상해야 한다. 또한, 트랙터의 출력에 가장 적합한 복합작업기를 부착하여야 하며 복합작업기의 위치변경이 용이해야 한다. 트랙터의 무게중심은 기체의 중량과 전후/좌우의 무게 배분, 복합작업기 및 웨이트의 장착 여부, 복합작업기의 중량 및 장착 높이(견인력의 작용점) 등에 의해 조절 가능하다. 이때 부가적인 중량은 바퀴의 슬립과 지면반력에 영향을 미쳐 동력손실이 원인이 될 수 있으므로 적절한 중량 조절이 필요하다.

트랙터에 부착되는 복합작업기에는 쟁기, 로터베이터 등의 견인부하가 큰 복합작업기와 파종기와 같이 견인부하가 작은 복합작업기로 나누어진다. 견인부하가 큰 복합작업기의 경우에는 복합작업기의 폭이 좁은 것을 선택하고, 견인부하가 작은 복합작업기의 경우 복합작업기의 폭을 넓은 것을 선택하여 적절한 작업속도 범위에서 트랙터에 작용하는 견인부하가 항상 일치하도록 하여야 한다. 적합한 복합작업기의 선택이 어려운 경우에는 부가중량 및 타이어 공기압을 조정하여 견인성능을 최대화 해야 한다.

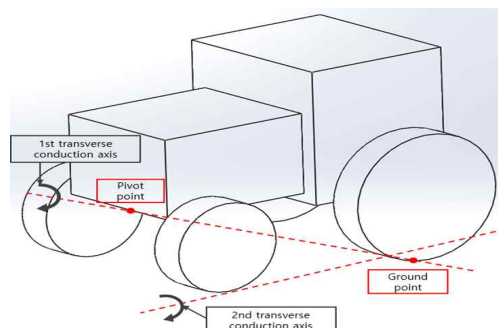
측방전도의 대부분은 트랙터가 평지에서 고속으로 선회하거나, 경사지에서 등고선 방향으로 주행할 때, 나무 그루터기 등의 장애물을 밟았을 때 발생한다. 측방전도 사고는 주행속도가 빠르고 무게중심이 앞으로 치우쳐 있을수록 안전성이 감소하는 경향을 나타낸다. 따라서, 측방전도에 대한 안전성을 높이기 위해서는 트랙터 설계 시 무게중심을 뒤쪽으로 위치하도록 설계해야 한다. 특히, 중량이 큰 복합작업기를 장착하거나 선회주행 시에는 저속으로 유지해야 한다. 차량을 조향할 때 차륜 평면에 직각으로 작용하는 측방력은 토양반력, 캠버각, 타이어의 종류와 공기압 및 슬립각, 지면 상태 등의 영향을 받는다. 트랙터의 경우 조향에 필요한 충분한 측방력을 얻기 위한 지면반력은 일반적으로 트랙터 중량의 20~30% 정도로 설계 시에 고려해야 할 필요가 있다.

나. 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립

1) 측방전도 이론 분석

측방전도는 트랙터가 평지에서 고속으로 급격하게 선회하거나, 경사지에서 등고선 방향으로 주행할 때 양쪽 뒷바퀴 중 경사 위쪽의 뒷바퀴가 장애물을 통과하면서 경우 발생한다. 또한, 주행 중 지면의 장애물에 의해 측방전도가 발생하기도 한다.

트랙터의 측방전도는 전도의 진행순서에 따라, 1차 회전운동과 2차 회전운동으로 구분된다. 1차 회전운동은 뒷바퀴의 접지점과 앞차축의 피벗점을 연결한 1차 전도축에 대한 회전운동이며, 2차 회전운동은 앞바퀴와 뒷바퀴의 접지점을 연결한 2차 전도축에 대한 회전운동으로 정의된다.

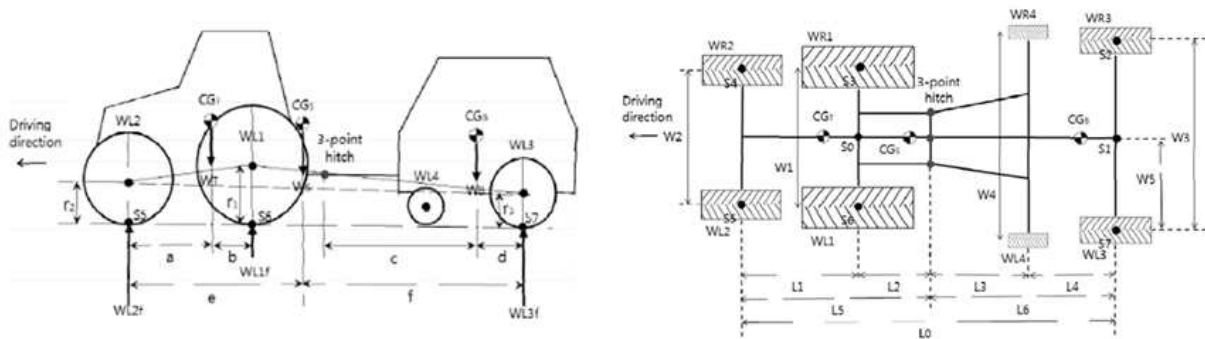


[측방전도에 대한 트랙터의 1차, 2차 전도축]

1차 회전운동은 뒷바퀴 중 하나가 지면의 장애물을 통과할 때, 장애물과 충돌한 뒷바퀴가 공중에 뜨면서 1차 전도축에 대한 회전운동이 발생하며, 2차 회전운동은 1차 전도축에 대한 회전운동각이 앞차축의 최대회전각을 초과할 때부터 발생한다. 또한, 1차 회전운동이 2차 회전운동으로 이어지는지의 여부는 트랙터의 속도, 장애물이나 요철부의 크기, 지면의 경사도 등에 따라 결정된다.

2차 전도 운동이 시작할 초기의 각변위와 각속도에 따라서 2차 전도축에 대한 회전각이 결정되며, 2차 회전각이 정적 측방전도각을 초과하면 트랙터는 측방전도 현상이 일어난다. 또한, 초기의 각변위와 각속도는 지면의 경사도, 장애물의 크기, 트랙터의 속도 등에 따라서 달라진다.

정적인 상황(등속 주행)에서 1차 전도 운동이 2차 전도 운동으로 이어져 측방전도가 발생하는 것으로 나타났다. 따라서, 1차 전도 운동이 측방전도를 발생시키는 주요 요인이다.



[트랙터에 복합작업기를 부착한 시스템 모델의 개략도]

트랙터와 복합작업기의 무게중심을 도출하기 위해 개략도로 나타내었다. 여기서, 복합작업기가 부착된 트랙터는 무게중심(CG_T), 휠 하중(W_{L1} , W_{R1} , W_{L2} , W_{R2}), 전륜 및 후륜 반경(r_2 , r_1), 무게중심이 지면과 만나는 수직 선분의 접촉점에서 전륜축(a), 후륜까지의 수평거리 차축(b), 차축 길이(w_1 , w_2), 무게중심에 대한 좌표 기준점(S_0 :트랙터 후륜축의 중심점)으로 구성되어 있다.

트랙터의 후방에 장착된 복합작업기는 차량 중량의 중심(CG_B), 복합작업기의 하중(W_B), 타이어와 지면의 접점에 가해지는 하중(W_{L3} , W_{R3}), 후륜반경(r_3), 무게중심이 지면과 만나는 수직 선분의 접촉점에서 3점 히치점까지의 수평거리(c) 및 후륜 차축까지의 수평거리(d), 차축의 길이(W_3), 무게중심에 대한 좌표 기준점(CG_B)으로 구성되어 있다(S_1 :복합작업기 후륜축의 중심점).

또한, 3점 히치와 지면과의 접촉점에서 각 타이어의 지면 접촉점까지의 거리($L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$), 전체 중량(W_5)의 무게중심(CG_5), 트랙터의 무게중심(CG_T)이 지면과 만나는 수직선분의 접점에서 트랙터 전륜축(e)까지의 수평거리, 복합작업기 후륜축(f)과 무게중심에 대한 좌표 기준점이 포함되었다(S_2 : 복합작업기 후방 우측 바퀴의 접지 점).

차량 하중을 지면에 가하지 않는 복합작업기의 보조바퀴(WL_4 , WR_4)는 고려하지 않았으며 개별 바퀴의 지면 접촉점은 트랙터의 우측 전륜(S_4), 좌측 전륜(S_5), 우측 후륜(S_3), 좌측 후륜(S_6), 복합작업기의 좌측 후륜(S_7)으로 가정하였다.

복합작업기의 무게중심(X_B, Y_B, Z_B)은 3점 히치의 장착높이에 의해 형성되는 기울김각도(α) 및 복합작업기를 하강하기 전과 하강한 후의 높이(W_{Bf}, W_{Bf1})를 사용하여 계산된다. 트랙터와 복합작업기 시스템의 무게중심($CG_S: X_S, Y_S, Z_S$)은 트랙터와 복합작업기의 개별 무게중심 좌표에 대해 좌표기준점 및 방정식을 적용하여 도출하였다.

트랙터와 복합작업기 및 전체 시스템에 대한 무게중심은 다음 공식을 통해 도출할 수 있다.

$$X_T = ((W_{R2} + W_{L2}) \times L_1) / W_T \quad (1)$$

$$Y_T = X_T \times \cot\delta - (W_{L2f1} \times (L_1 \times \cos\delta + (r_1 - r_2) \times \sin\delta)) / W_T \times \sin\delta \quad (2)$$

$$Z_T = (W_{R1} \times W_{L1} + W_{L2} \times (W_1 + W_2) / 2 + W_{R2} \times (W_1 + W_2) / 2) / W_T \quad (3)$$

$$X_B = (W_{Bf} \times L_6) / W_B \quad (4)$$

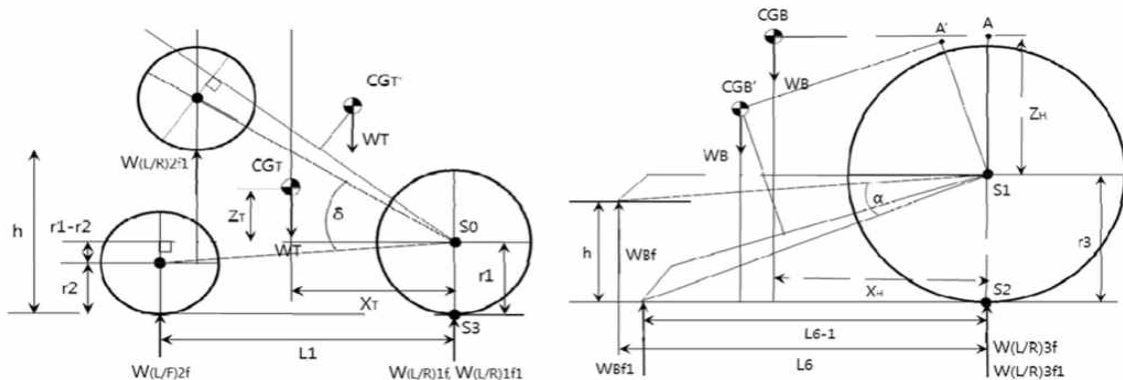
$$Y_B = ((W_{R3} - W_{L3}) \times (W_3 / 2)) / W_B \quad (5)$$

$$Z_B = ((W_{R3} - W_{L3}) \times (W_3 / 2)) / W_B \quad (6)$$

$$X_S = (W_T \times X_T + W_B \times X_B) / (W_T + W_B) \quad (7)$$

$$Y_S = (W_T \times Y_T + W_B \times Y_B) / (W_T + W_B) \quad (8)$$

$$Z_S = (W_T \times Z_T + W_B \times Z_B) / (W_T + W_B) \quad (9)$$



[무게 중심 측정에 대한 트랙터 및 복합작업기의 개략도]

여기서,

$W_{L1}, W_{L2}, W_{L3}, W_{R1}, W_{R2}, W_{R3}$: 각 바퀴에 가해지는 하중 (kg)

W_1, W_2, W_3 : 각 축의 길이 (mm)

W_T, W_B, W_S : 트랙터, 복합작업기, 전체 시스템에 대한 하중 (kg)

$W_{(L/F)1f}, W_{(L/F)2f}, W_{(L/F)3f}, W_{Bf}$: 각 타이어와 지면의 접점에 가해지는 하중 (kg)

$W_{(L/F)1f1}, W_{(L/F)2f1}$: 트랙터가 들어 올려질 때 각 타이어와 지면의 접점에 가해지는 하중 (kg)

$W_{(L/F)3f1}, W_{Bf1}$: 트랙터를 내렸을 때 3점 히치와 바퀴에 가해지는 하중 (kg)

L_1 : 트랙터 전륜과 후륜 중심 사이의 수평 거리 (mm)

L_6, L_{6-1} : 복합작업기의 후륜 접지점에서 히치 수직점 부분의 접지점까지의 수평 거리 및 기울어진 수평 거리 (mm)

δ : 트랙터를 일정 높이까지 들어올렸을 때의 증가한 각도 (degree)

α : 복합작업기를 일정 높이까지 내렸을 때의 감소한 각도 (degree)

트랙터와 복합작업기의 횡전도각(ξ)은 전체 무게중심을 트랙터의 앞차축 피벗점과 지면 접촉점을 연결하는 선분을 연결하는 선에 의해 형성되는 각도로 정의함.

$$\xi = \tan^{-1}(((L_0 - X_S) \times W_2 + 2Y_S \times L_0) / ((Z_S + r_3) \times (2L_0 \times \cos\gamma - 2 \times \sin\gamma) + TH \times (W_2 \times \sin\gamma - 3X_S \times \cos\gamma + 2Y_S \times \sin\gamma))) \quad (10)$$

여기서,

W_2 : 트랙터 전륜축의 길이 (mm)

L_0 : 트랙터 전륜과 지면의 접점과 복합작업기와 지면의 접점 사이의 수평 길이 (mm)

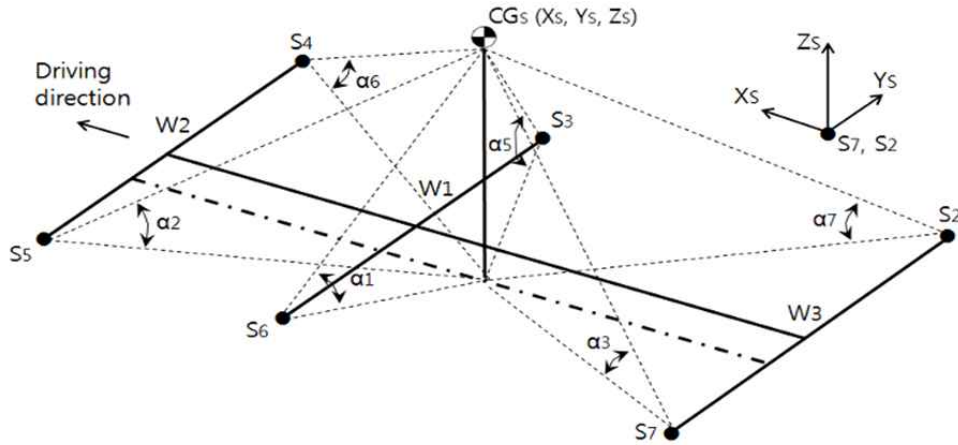
TH : 트랙터 전륜 차축의 피벗점 높이 (mm)

r_3 : 복합작업기 후륜의 반지름 (mm)

γ : 편향각 (degree)

좌우 측방전도에 대해 특정 편향각에서 측방전도가 발생할 것으로 고려하였다.

이전 방정식에서 구한 무게중심 좌표값과 무게중심과 각 타이어와 지면의 접점에 의해 형성되는 기울기 각도를 이용하여 횡전도각을 계산할 수 있다. 공식은 다음과 같다.



[무게 중심 및 각 타이어와 지면의 접점을 사용하여 얻은 기울기 각도 개략도]

$$\alpha_1 = \tan^{-1}(Z_S / \text{sqrt}((L_2 + L_6 - X_S)^2 + (W_1/2 + W_3/2 + Y_S)^2)) \quad (11)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}(Z_S / \text{sqrt}((L_0 - X_S)^2 + (W_2/2 + Y_S + W_3/2)^2)) \quad (12)$$

$$\alpha_3 = \tan^{-1}(Z_S / \text{sqrt}((W_3 + Y_S)^2 + X_S^2)) \quad (13)$$

$$\alpha_4 = (\alpha_1 + \alpha_3) / 2 \quad (14)$$

$$\alpha_5 = \tan^{-1}(Z_S / \text{sqrt}((L_0 - L_1 - X_S)^2 + (W_1/2 + W_3/2 - Y_S)^2)) \quad (15)$$

$$\alpha_6 = \tan^{-1}(Z_S / \text{sqrt}((L_0 - X_S)^2 + (W_2/2 - Y_S + W_3/2)^2)) \quad (16)$$

$$\alpha_7 = \tan^{-1}(Z_S / \text{sqrt}((W_3 - Y_S)^2 + X_S^2)) \quad (17)$$

$$\alpha_8 = (\alpha_5 + \alpha_7) / 2 \quad (18)$$

여기서,

$S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$: 각 바퀴와 지면과의 접점

X_S, Y_S, Z_S : 전체 시스템의 무게중심 좌표 값

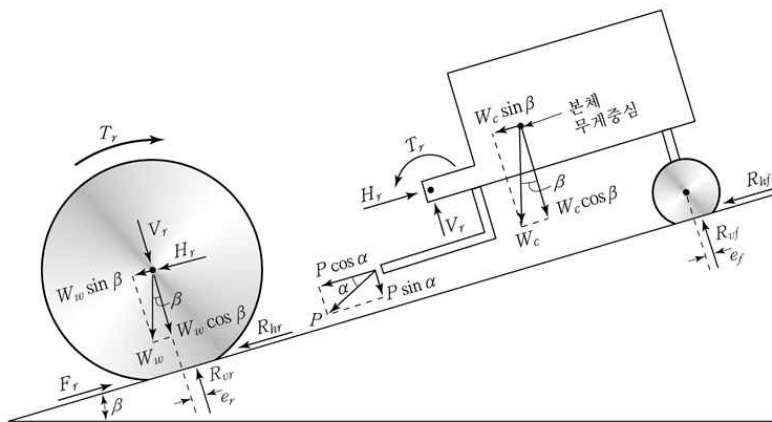
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7$: 무게중심과 각 타이어 접지점에 의해 형성된 기울임 각도 (degree)

α_4 : α_1 과 α_3 의 평균값 (degree)

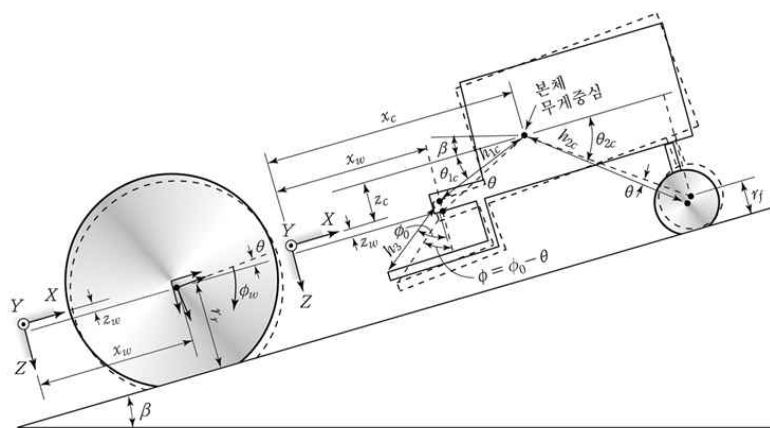
α_8 : α_5 와 α_7 의 평균값 (degree)

따라서, 트랙터와 복합작업기 및 전체 시스템의 무게중심 좌표를 도출한다면 측방전도에 대한 불안정 각도를 도출할 수 있다.

2) 후방전복 이론 분석



[후륜구동 트랙터의 본체와 뒷바퀴의 자유체선도]



[후륜구동 트랙터의 본체와 뒷바퀴의 운동학선도]

트랙터의 전륜이 지면에서 들리는 상황을 가정하면, 전륜의 지면반력 및 운동 저항은 0으로 감소한다. 전륜이 지면에서 떨어지는 순간을 보기 위해 $R_{v,f} = R_{h,f} = 0$ 을 가정하고 정리하면, 모멘트 평형식은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
(I_{yy_c} + m_c h_{1c}^2) \ddot{\theta} &= T_r - W_c h_{1c} \cos(\theta_{1c} + \beta + \theta) \\
&\quad - P \cos \alpha h_3 \cos(\phi_0 - \theta) + P \sin \alpha h_3 \sin(\phi_0 - \theta) \\
&\quad + m_c \ddot{z}_w h_{1c} \cos(\theta_{1c} + \theta) + m_c \ddot{x}_w h_{1c} \sin(\theta_{1c} + \theta)
\end{aligned} \tag{19}$$

여기서,

- I_{yy_c} : 본체의 무게중심을 통과하는 Y축(횡축)에 대한 본체의 질량 관성모멘트 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
- m_c : 본체의 질량 (kg)
- h_{1c} : 뒷바퀴 축과 본체 무게중심 사이의 직선거리 (m)
- $\ddot{\theta}$: 각가속도 (m/s^2)
- T_r : 뒷바퀴 축의 구동토크 ($\text{N} \cdot \text{m}$)
- W_c : 본체의 중량(N) ($= m_c g$)
- θ_{1c} : 정적 상태에서 h_{1c} 에 해당하는 직선이 X축과 이루는 각도 (degree)
- α : 견인봉에 작용하는 힘이 X축과 이루는 각도 (degree)
- β : 지면의 경사각 (degree)
- θ : 본체의 회전각 (degree)
- P : 견인봉에 작용하는 힘 (N)
- ϕ_0 : 정적 상태에서 h_3 에 해당하는 직선이 Z축과 이루는 각도 (degree)
- \ddot{x}_w : 뒷바퀴의 수평방향으로 작용하는 가속도 (m/s^2)
- \ddot{z}_w : 뒷바퀴의 수직방향으로 작용하는 가속도 (m/s^2)

본체의 회전각 θ 에 대해 반시계방향 회전을 양으로 설정하였을 때, 전륜이 지면에서 들리는 순간의 각가속도($\ddot{\theta}$)가 양의 값을 가지면, 본체는 반시계 방향의 회전운동을 한다. 이는 후방전도에 대한 위험성을 높이며, 0 또는 음의 값을 가지면 후방전도에 대한 위험성이 낮다.

식 (19)에서 견인력(P)의 수평방향 성분인 $P \cos \alpha$ 는 본체의 회전운동을 억제한다. 견인력의 수직방향 성분 $P \sin \alpha$ 는 회전운동을 야기하므로 후방전도를 방지하기 위해서는 견인력 작용점의 위치를 낮게 설계해야 한다.

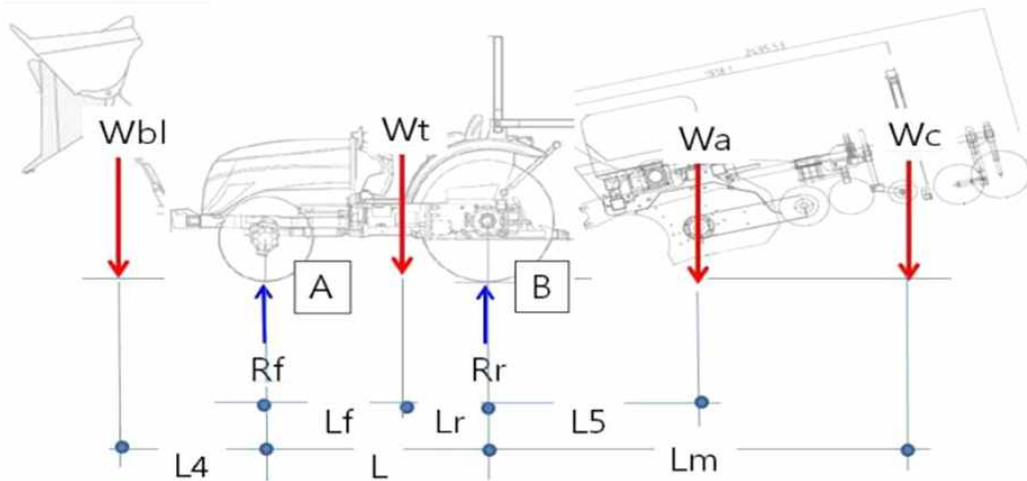
본체 무게에 의한 모멘트는 후방전도를 억제하는 방향으로 작용한다. 본체의 회전각 θ 가 증가함에 따라 모멘트 암의 길이 $h_{1c} \cos(\theta_{1c} + \beta + \theta)$ 는 감소하여 전도의 위험성이 증가한다. 또한, 지표면의 경사각(β)이 증가하거나 본체의 무게중심 위치가 높아지면 모멘트 암의 길이가 감소하며 전도의 위험성이 커짐. 본체의 무게중심이 앞쪽으로 이동하면(h_{1c} 증가) 모멘트 암의 길이가 증가하여 전도의 위험성이 감소함. 따라서 본체의 무게를 증가시키고, 무게중심의 위치를 앞쪽이나 아래쪽으로 옮김으로써 후방전도에 대한 안정성을 높일 수 있다.

견인력이 없다고 가정했을 때, 트랙터의 각 $\theta_{1c} + \beta + \theta$ 이 90° 에 도달하면 각가속도가 항상 양의 값을 가지게 된다. 따라서 트랙터는 정적으로 불안정한 상태에 도달한다. 그러나 트랙터가 주행하는 특성을 고려했을 때 정적인 상태에서의 불안정각보다 훨씬 작은 각에서 불안정한 상태에 도달한다. 본체의 각속도가 특정 값보다 클 경우 뒷바퀴축 토크나

견인력이 없는 상황에도 트랙터의 후방전복을 야기할 수 있다.

복합작업기를 부착한 상태의 트랙터는 중량이 크며 무게중심이 트랙터 중심보다 뒤쪽으로 위치해있는 상태이다. 따라서 차량의 이동 및 회전을 위해 3점 히치에 부착된 복합작업기를 상승시킬 경우 트랙터 전륜이 지면으로부터 들어올려지며 후방전복이 발생할 수 있다. 이론적으로 후방전복에 도달하는 상태는 $R_f \leq 0$ 의 상황이지만, 토양추진력을 발생시킬 수 있는 안정 상태는 복합작업기와 부가 중량을 장착하지 않은 트랙터 하중의 1/3 이상을 충족해야 하며, 이는 후방전복에 대한 전륜반력의 임계치이다.

복합작업기가 장착됐을 때의 후방전복 조건을 분석하기 위해서는 힘의 개략도를 바탕으로 전륜의 반력(R_f)을 계산하여야 한다.



[트랙터에 부착된 복합작업기를 상승했을 때의 정적 안정성 해석을 위한 개략도]

여기서,

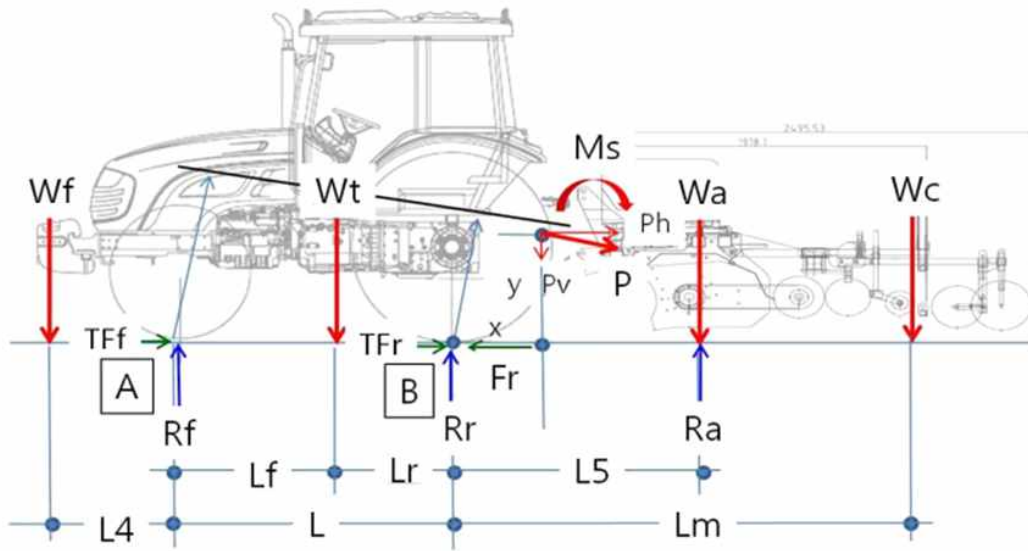
- W_t : 프레임의 하중 (kgf)
- W_{bl} : 전방 로더의 하중 (kgf)
- W_a : 복합작업기의 하중 (kgf)
- W_c : 추가 부착물의 하중 (kgf)
- R_f : 전륜의 지면반력 (kgf)
- R_r : 후륜의 지면반력 (kgf)
- L : 축간거리 (m)
- L_r : 무게중심과 후륜 중심의 거리 (m)
- L_f : 무게중심과 전륜 중심의 거리 (m)
- L_4 : 전륜의 중심에서 전방 로더까지의 거리 (m)
- L_5 : 후륜 중심에서 복합작업기까지의 거리 (m)
- L_m : 후륜 중심에서 추가 부착물까지의 거리 (m)

식(20)은 정적인 경우의 관계식으로 B점을 기준으로 나타낸 모멘트 평형식임. 이를 토대로 전륜반력을 계산할 수 있다.

$$\sum M_B = R_f(L_r + L_f) - W_{bl}(L + L_4) - W_t L_r + W_a L_5 + W_c L_m = 0 \quad (20)$$

$$R_f = W_{bl}(L+L_4) + W_t L_r - W_a L_5 - W_c L_m / (L_r + L_f) \quad (21)$$

식동적 안정성을 분석하기 위해 새로운 힘의 평형 모델을 이용하여 견인 작업 중 전륜반력(R_f)을 계산하여 후방전복을 분석하였다.



[복합작업기를 부착했을 때 동적 안정성 해석을 위한 힘 구성 개략도]

여기서,

- W_f : 전방 로더의 하중 (kgf)
- R_a : 부착기의 반력 (kgf)
- P : 동적 견인력 (kgf)
- P_h : 동적 수평 견인력 (kgf)
- P_v : 동적 수직 견인력 (kgf)
- x : 수직 견인력 암의 길이 (mm)
- y : 수평 견인력 암의 길이 (mm)
- M_s : 동적 피치 모멘트 (kgf · m)
- TF_r : 후륜의 저항력 (kgf)
- TF_f : 전륜의 저항력 (kgf)
- F_r : 후륜의 견인력 (kgf)

동적인 경우도 정적인 경우와 마찬가지로 전륜반력 R_f 가 트랙터 자체만의 정적 전륜반력 임계치(R_{f0})의 1/3 이상이어야 한다. 견인 작업 중 후방에 장착된 복합작업기가 지면에 접촉하고 있으므로 반력 R_a 에 의하여 전륜반력이 증가할 수도 있고, 견인력 P 에 의해 모멘트가 발생하며 전륜반력이 감소할 수도 있다.

동적인 상태에서의 후방전복 안전성을 계산하기 위한 모멘트 평형식, 전륜반력, 복합작업기 반력에 대한 공식은 다음과 같다.

$$\sum M_B = R_f(L_r + L_f) - W_f(L_f + L_r) + L_4 - W_t L_r + (W_a - R_a)L_5 + W_c L_m + (P_h y + P_v x) + M_s = 0 \quad (22)$$

$$R_f = W_f(L_f + L_r) + L_4 + W_t L_r - (W_a - R_a)L_5 - W_c L_m - (P_h y + P_v x) - M_s / (L_f + L_r) \quad (23)$$

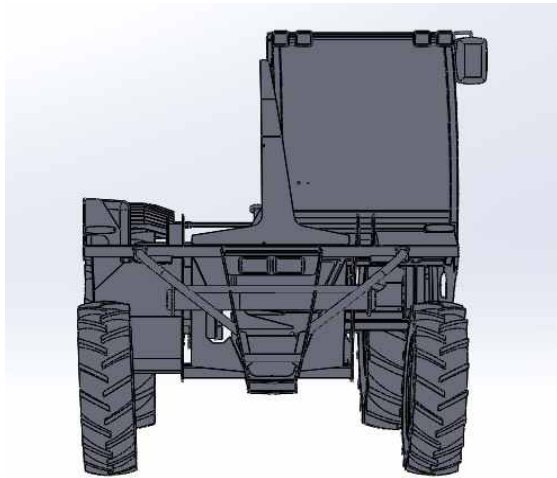
$$R_a = (W_f + W_t + W_a + W_c) - (R_r + R_f) + P_v \quad (24)$$

10. 트랙터 부착형 복합작업기의 측방전도 및 후방전복 해석모델 개발

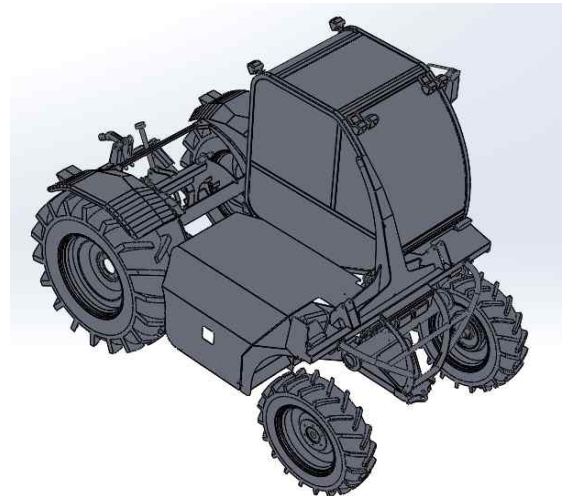
가. 3D 모델링

다물체 동역학 프로그램은 차량 동역학 모델 개발 및 주행 시뮬레이션 분석에 널리 사용되고 있다. 3D 모델링 프로그램(Solidworks, Dassault Systemes, France)을 사용하여 제작 도면 및 실측 치수를 반영하여 측방전도 및 후방전복에 대한 트랙터 및 복합작업기 모델을 생성하였다.

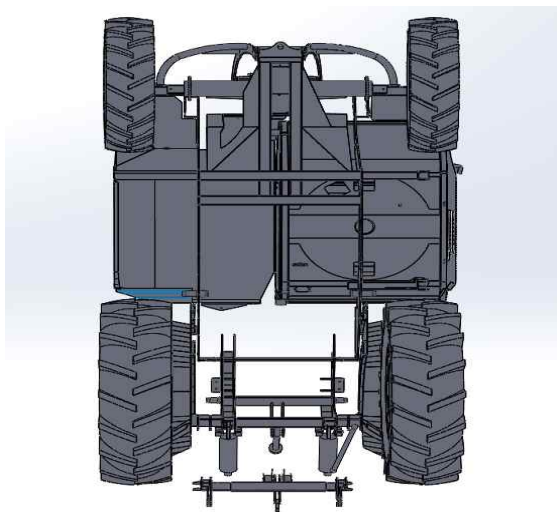
트랙터의 제작 도면 및 실측치수를 반영하여 본체, 전륜, 후륜 등으로 구성된 3D 모델을 생성하였다.



(a) 정면도



(b) 등각도



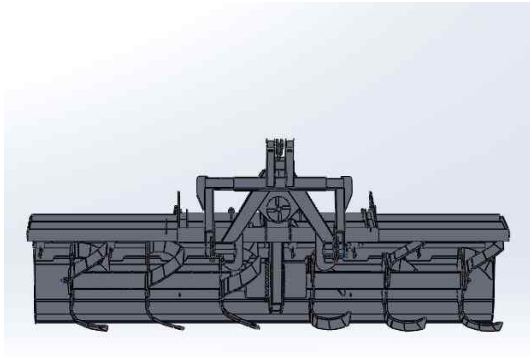
(c) 저면도



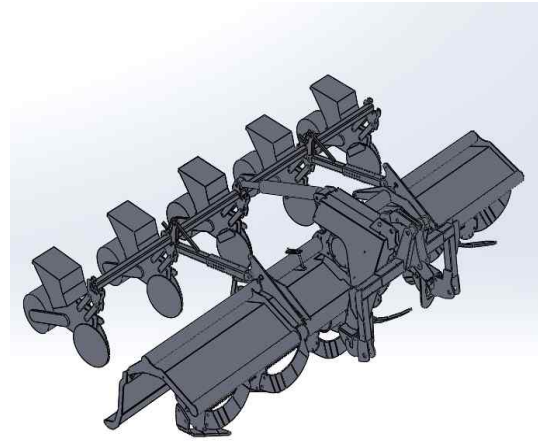
(d) 측면도

[트랙터의 3D 모델링 형상도]

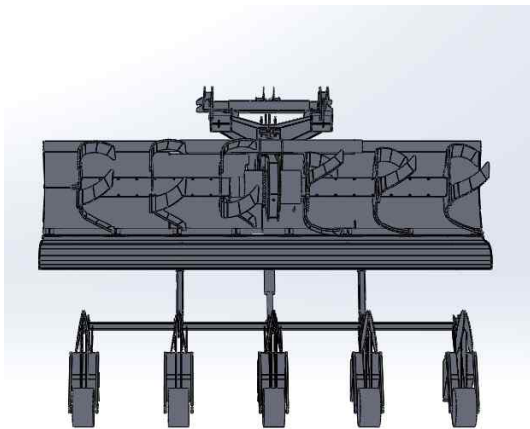
트랙터의 후방에 장착될 복합작업기의 3D 모델을 제작 도면 및 실측 치수를 반영하여 생성하였다.



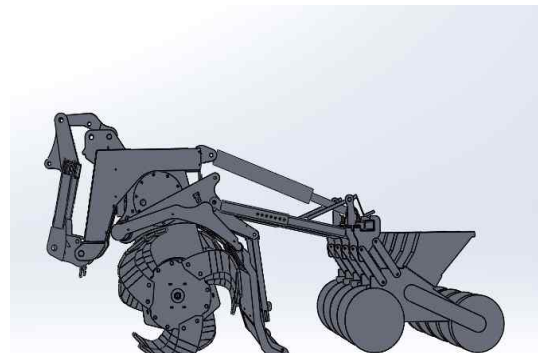
(a) 정면도



(b) 등각도



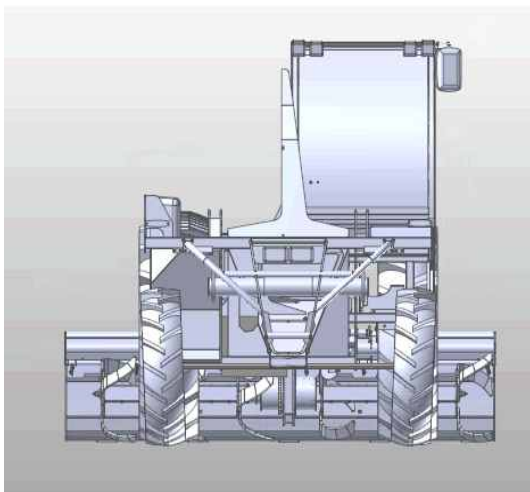
(c) 저면도



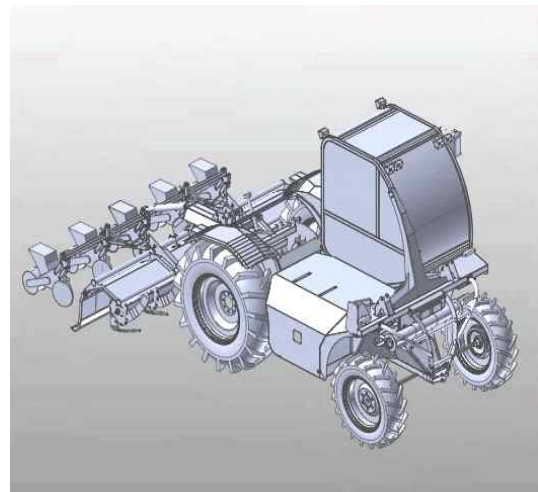
(d) 측면도

[복합작업기의 3D 모델링 형상도]

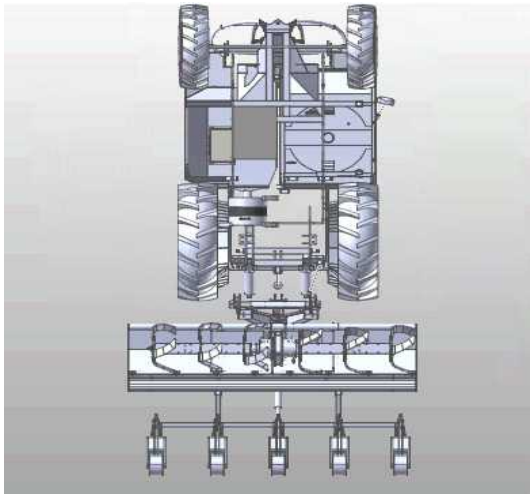
3D 모델링된 트랙터의 후방에 복합작업기를 부착하였다. 시뮬레이션 수행을 위해 다물체 동역학 시뮬레이션 프로그램(Recurdyn V9R4, Functionbay, Korea)을 통해 전체 시스템을 구현하였다.



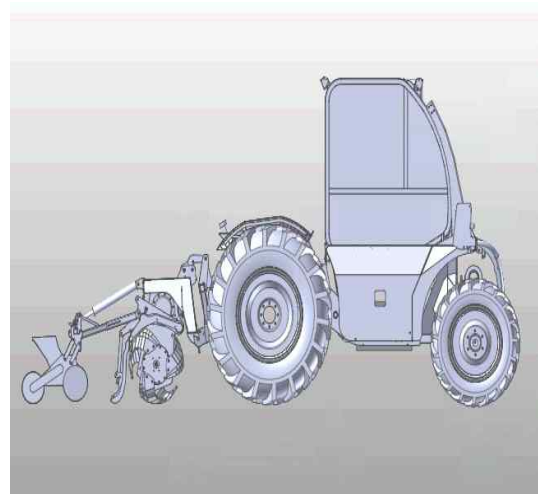
(a) 정면도



(b) 등각도



(c) 저면도



(d) 측면도

[전체 시스템의 형상도]

나. 물성치 입력

동역학 시뮬레이션에서 정확한 결과값을 도출하기 위해서는 트랙터를 구성하는 각 부에 대한 물성치 및 시뮬레이션 파라미터의 정확한 입력이 필요하다. 따라서, 트랙터와 복합작업기에 대한 물성치를 문헌조사를 통해 적용하였다.

트랙터를 구성하는 본체, 동력전달장치 및 바퀴축은 합금강(STL1250)으로 구성되어 있으며 외장, 바퀴휠은 스테인레스강(STS304)으로 구성되어 있다. 또한, 바퀴는 합성고무로 구성되어 있다. 복합작업기는 합금강(STL1250)으로 구성되어 있으며, 외장은 스테인레스강으로 구성되어 있다(STS304). Poisson's ratio, Shear modulus, Density 등 시뮬레이션에 필요한 트랙터 각 부의 물성치는 문헌조사를 통해 적용하였음. 지면은 강체로 가정하였으며, 중력가속도는 지면 방향으로 9.81m/s²의 크기로 작용하는 것으로 설정하였다.

도출된 각각의 물성치는 다음 표와 같다.

[표 시뮬레이션에 사용된 물성치]

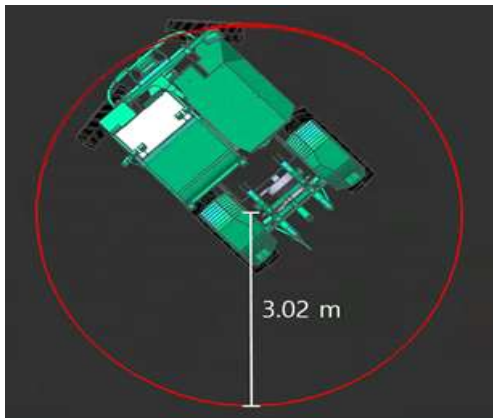
항목	수치	
합금강 (차체, 동력전달장치, 휠축, 복합작업기)	푸아송비	0.3
	전단 탄성계수 (Gpa)	0.3
	밀도 (kg/m ³)	1,900
스테인리스강 (바퀴 림, 외장 프레임, 복합기 프레임)	푸아송비	0.3
	전단 탄성계수 (Gpa)	79.3
	밀도 (kg/m ³)	7,930
합성고무 (바퀴)	푸아송비	0.46
	전단 탄성계수 (Gpa)	0.4
	밀도 (kg/m ³)	950
바퀴와 지면 사이의 물성치	강성계수 (N/mm)	408
	감쇠계수	2.8
	정지마찰계수	1.55
	동마찰계수	0.8

다. 해석모델 검증

제작된 트랙터의 시뮬레이션 모델을 활용하여 최소선회반경 및 정적횡전도각을 도출하였으며, 기존 공인인증시험을 통해 도출된 결과값과 비교하여 해석모델의 타당성을 평가하였다. 최소선회반경은 트랙터의 내측 조향각을 최대로 한 상태에서 최저속으로 선회주행했을 때, 외측 전륜의 중심점이 그리는 원의 반경을 의미하며 정적횡전도각은 트랙터를 평탄한 지면에 올려놓고 지면의 경사각을 변화시킬 때, 측면으로 굴러떨어지기 시작하는 경사각을 의미한다.

트랙터의 전륜 내측을 최대 조향각인 100° 로 설정하여 최저속도인 1.88 km/h 로 선회주행하였을 때 최소선회반경은 3.02 m 로 도출되었으며, 공인성능시험을 통해 도출된 최소선회반경은 3.06 m 로 오차는 1.31% 로 나타났다. 트랙터가 놓인 지면의 경사도를 상승시키며 전도현상이 시작되는 각도를 타이어가 지면과 떨어진 거리를 통해 도출하였다. 시뮬레이션 결과 정적횡전도각은 47.2° 로 도출되었으며, 공인성능시험을 통해 도출된 정적횡전도각은 45.3° 로 오차는 4.19% 로 나타났다.

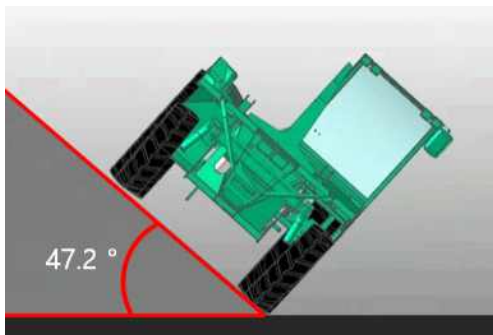
최소선회반경과 정적횡전도각의 오차율은 모두 5% 이내이므로 구성된 트랙터의 시뮬레이션 모델은 타당한 것으로 판단할 수 있다.



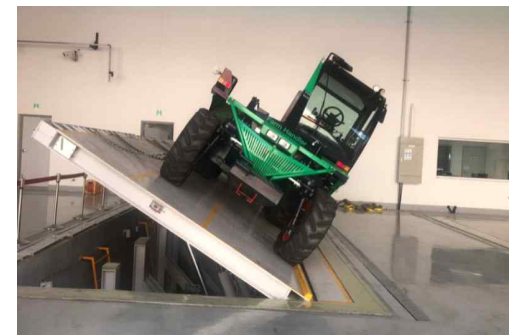
(a) 최소선회반경 시뮬레이션



(b) 최소선회반경 현장시험



(c) 정적횡전도각 시뮬레이션



(d) 정적횡전도각 현장시험

[시뮬레이션 시험 및 현장시험을 통한 비교 사진]

[표 시뮬레이션에 사용된 물성치]

분류	최소선회반경 (m)	정적횡전도각 ($^\circ$)
시뮬레이션	3.02	47.2
공인성능시험	3.06	45.3
오차(%)	1.31	4.19

11. 트랙터 부착형 복합작업기의 전도/전복 시뮬레이션 분석

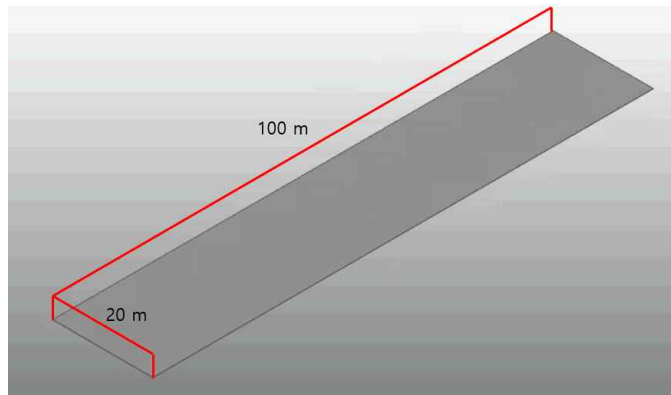
가. 시뮬레이션 조건 설정

1) 지면의 경사도 조건

트랙터가 주행할 지면을 설정하기 위해 길이 100 m, 너비 20 m의 평평한 경사면을 구성하였다. 지면의 재질은 콘크리트로 설정하였다.

경사면에 수평하게 놓여있는 트랙터에서 경사면 위쪽의 후륜이 지면에서 떨어질 때 트랙터가 불안정한 점을 고려하여 동역학 시뮬레이션 상에서 경사면 위쪽에 위치한 후륜이 장애물과 접촉할 때의 후방전복 및 측방전도에 대한 경향을 분석하였다. 한국의 지형은 경사도에 따라 1° 이하(평탄지), 1-5° (파랑성 평야), 5-10° (완경사지), 10-15° (준완경사지), 15-20° (준급경사지), 20° 이상(급경사지)의 6수준으로 분류된다.

트랙터의 측방전도 및 후방전복 경향을 분석하기 위해 경사도 조건은 평탄지부터 급경사지까지 모두 포함하여 1° 및 5에서 35° 까지 5° 간격으로 7개 수준을 추가하여 총 8수준으로 선정하였다.

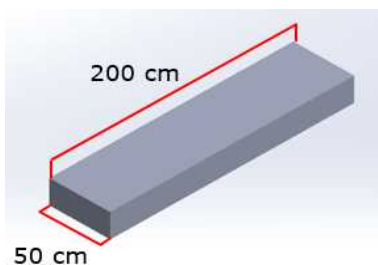


[시뮬레이션 상 지면의 치수]

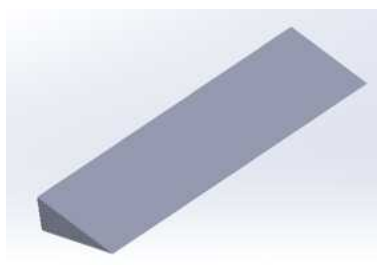
2) 장애물의 높이 조건

지면에 놓인 장애물은 트랙터가 주행할 때 충돌에 의한 충격을 발생시키며, 측방전도와 후방전복을 유발하는 주요 요인이다. 시뮬레이션 상에서 트랙터에 충격을 주기 위해 삼각형, 직사각형, 사인파형 등의 장애물 형상이 연구에 적용된다.

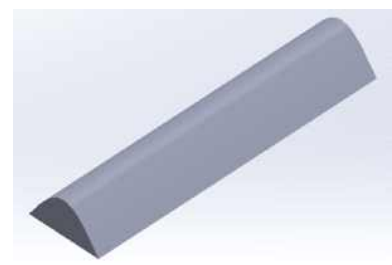
본 연구에서는 사인파형, 직각삼각형, 직각사각형의 3가지 형상의 장애물을 적용하였다. 장애물의 길이는 기존 문헌을 참고하여 50 cm로 설정하였으며, 너비는 경사면 위쪽에 있는 타이어의 폭을 고려하여 200 cm로 설정하였다.



(a) 직사각형



(b) 직각삼각형
[장애물의 형상]



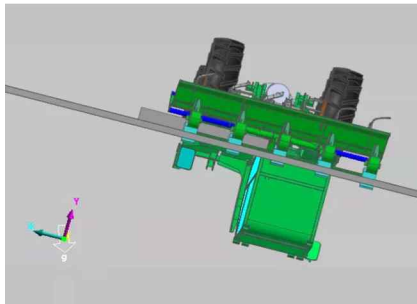
(c) 사인파형

나. 시뮬레이션 결과

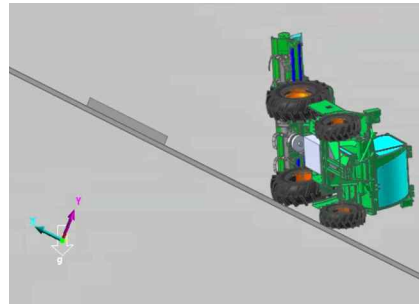
1) 지면의 경사도에 따른 불안정성 유형

동역학 시뮬레이션을 통해 지면의 경사도에 따른 트랙터의 측방전도 및 후방전복 경향성을 분석하였다.

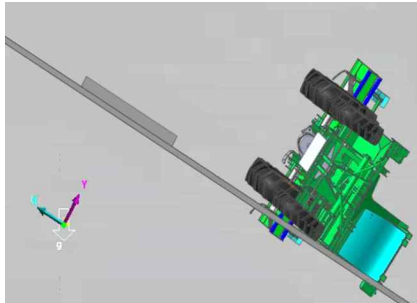
장애물의 형상 및 높이와 관계없이 지면 경사도가 25° 미만일 때 후방전복이 발생했고, 25° 이상일 때 측방전도가 발생한다.



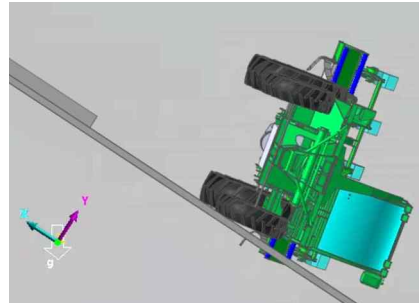
(a) 20° 지면에서의 후방전복



(a) 25° 지면에서의 측방전도



(a) 30° 지면에서의 측방전도

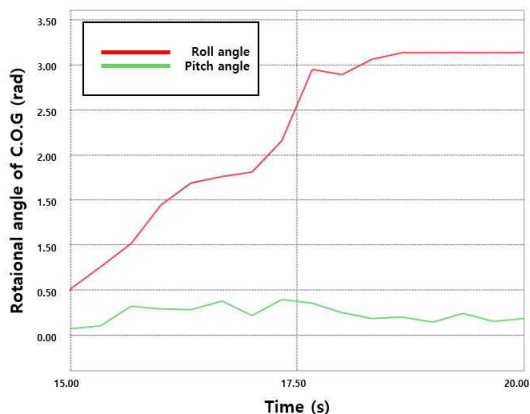


(a) 35° 지면에서의 측방전도

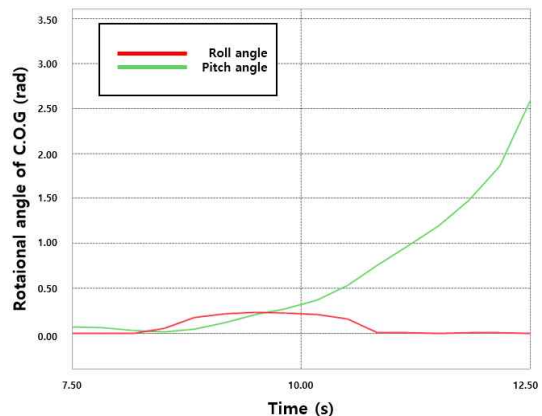
[지면의 경사도에 따른 트랙터의 전도/전복 경향]

지면의 경사도가 증가하면 경사에 의한 측방향 회전의 경향이 강해지기 때문으로 판단된다.

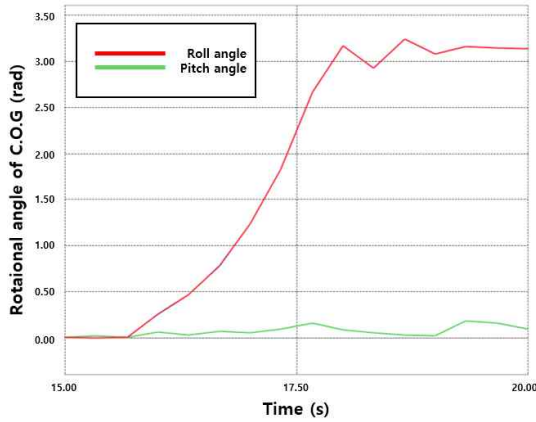
장애물의 형상별로 측방전도와 후방전복이 발생하는 상황을 분석해 보면 측방향 회전인 롤 방향 회전각이 후방향 회전인 피치 방향 회전각보다 더 큰 경우 측방전도가 발생하고, 피치 방향 회전각이 롤 방향 회전각보다 더 큰 경우 후방전복이 발생하는 것을 확인하였다.



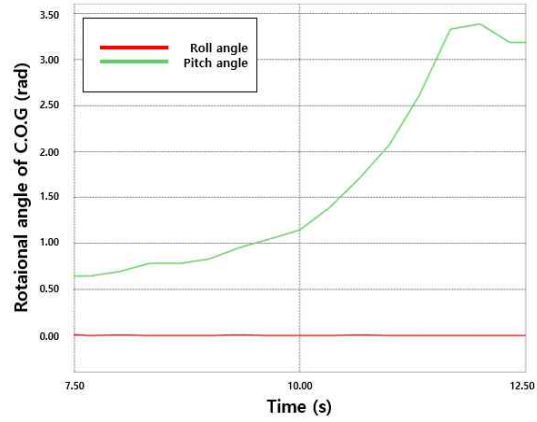
(a) 직사각형 장애물에서의 측방전도
(5 km/h)



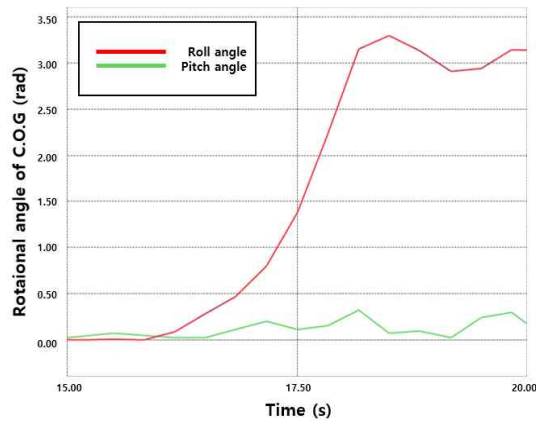
(b) 직사각형 장애물에서의 후방전복
(15 km/h)



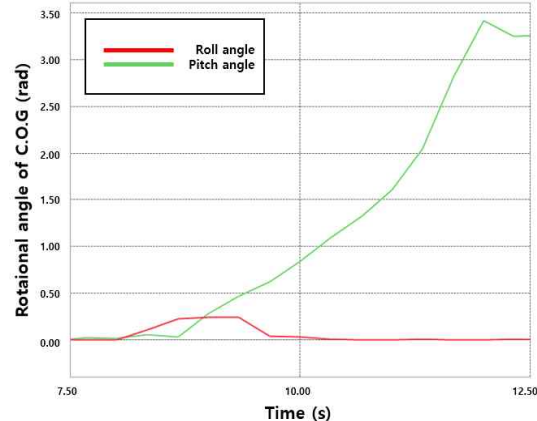
(c) 직각삼각형 장애물에서의 측방전도 (5 km/h)



(d) 직각삼각형 장애물에서의 후방전복 (15 km/h)



(e) 사인파형 장애물에서의 측방전도 (5 km/h)



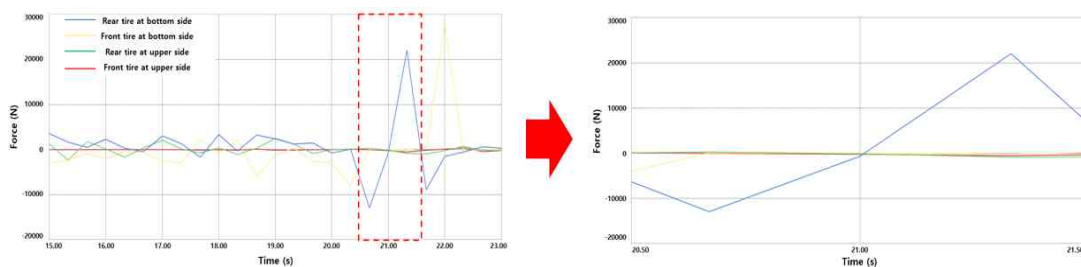
(f) 사인파형 장애물에서의 후방전복 (15 km/h)

[측방전도 및 후방전복 발생 시 무게중심의 회전 각도]

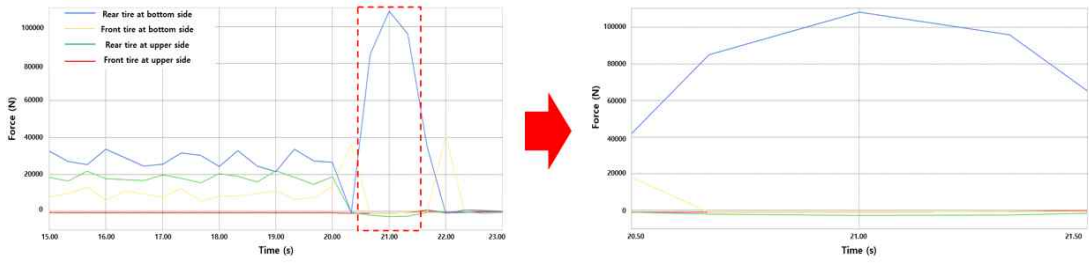
2) 타이어의 반력 분석

장애물과 접촉한 작업기를 부착한 트랙터의 측방전도/후방전복이 발생했을 때 각 타이어의 횡방향, 수직방향 및 종방향의 반력을 도출하였다.

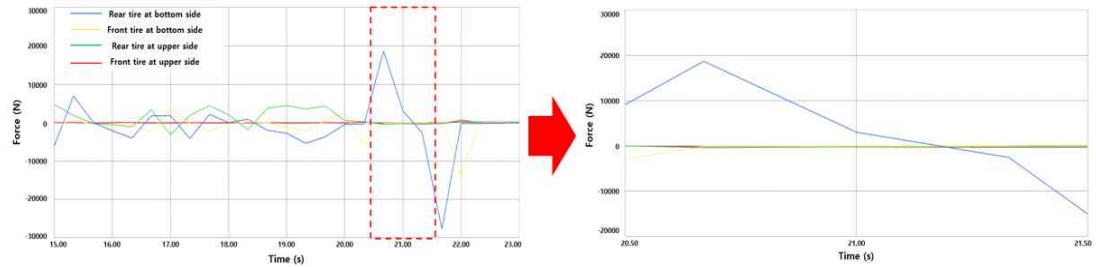
모든 경사 및 장애물 조건에 대해 유사한 경향이 나타났으며 횡방향 및 종방향의 반력은 수직방향 반력 대비 작은 반력이 도출되어 수직방향 반력을 중심으로 분석되었다. 작업기를 부착한 트랙터가 경사지를 주행할 때 경사지 아래쪽에 위치한 타이어가 경사지 위쪽에 위치한 타이어보다 반력이 크게 나타났으며, 후륜이 전륜보다 반력이 크게 나타났다. 경사지 위쪽에 위치한 후륜이 장애물에 접촉하여 측방전도가 발생하면 경사지 아래쪽에 있는 후륜의 반력이 급격하게 증가하였으며, 경사지 아래쪽에 있는 타이어를 제외한 나머지 타이어의 반력이 0으로 수렴하였다.



(a) 횡방향 반력



(b) 수직방향 반력

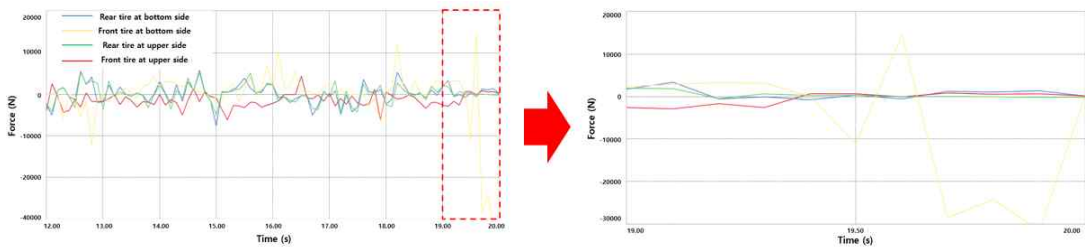


(c) 종방향 반력

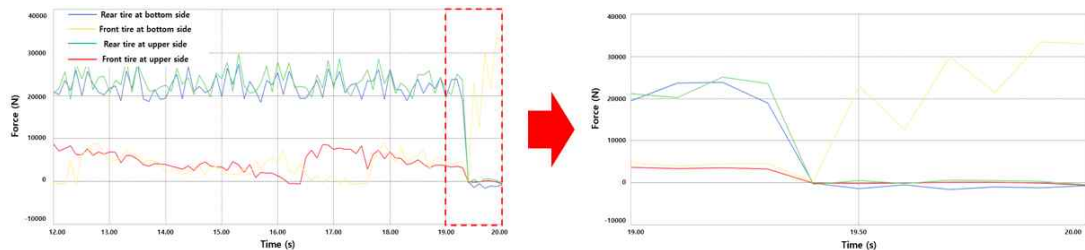
[측방전도 발생 시 타이어의 반력]

후방전복 분석은 측방전도 분석과 마찬가지로 수직방향 반력을 중심으로 분석되었으며, 모든 경사 및 장애물 조건에 대해 유사한 경향이 나타났다.

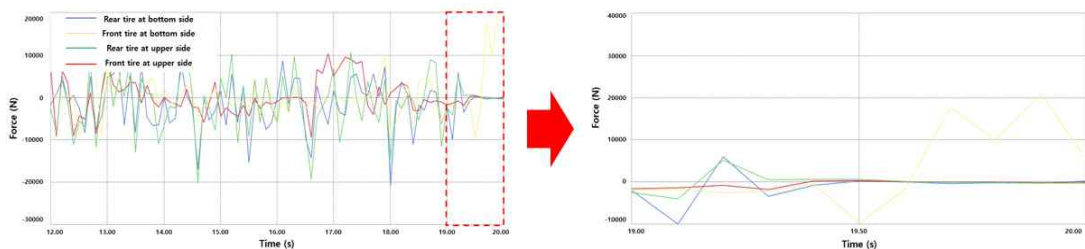
경사지 위쪽에 위치한 후륜이 장애물과 접촉할 때 경사지 아래쪽에 위치한 전륜의 반력이 상대적으로 크게 도출되었다. 작업기를 부착한 트랙터의 전체적인 반력은 단독 트랙터 주행 시 대비 크게 도출되었으며, 이는 전체적인 무게가 증가했기 때문으로 판단된다.



(a) 횡방향 반력



(b) 수직방향 반력

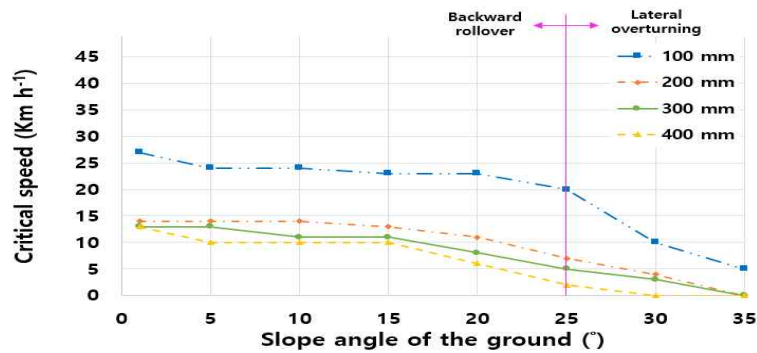


(c) 종방향 반력

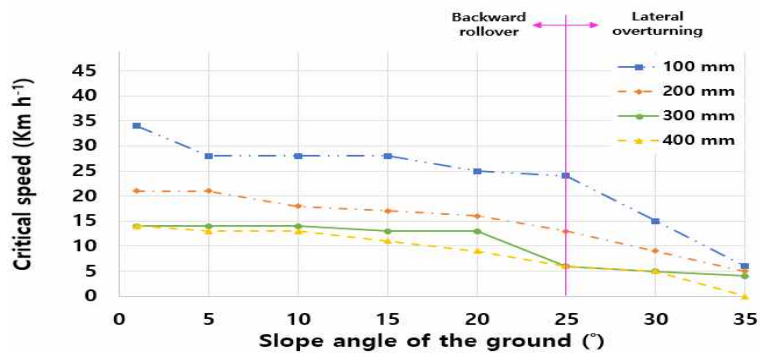
[후방전복 발생 시 타이어의 반력]

3) 지면의 경사도와 장애물의 높이에 따른 트랙터의 측방전도 및 후방전복 경향

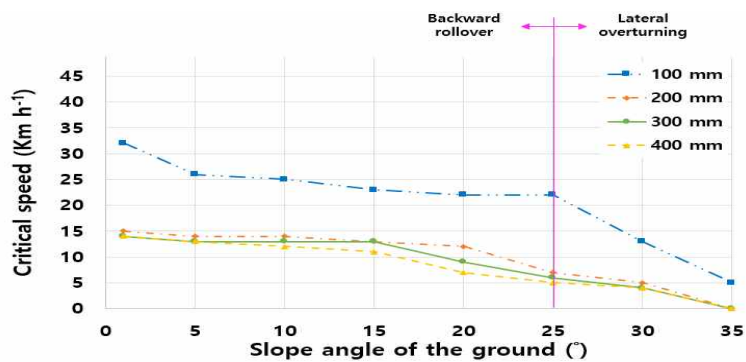
지면의 경사도와 장애물 높이에 따른 트랙터의 측방전도 및 후방전복 주행임계속도를 도출하였다.



(a) 직사각형 장애물



(b) 직각삼각형 장애물



(c) 사인파형 장애물

[지면의 경사도 및 장애물 높이에 따른 트랙터의 임계속도]

가) 지면의 경사도

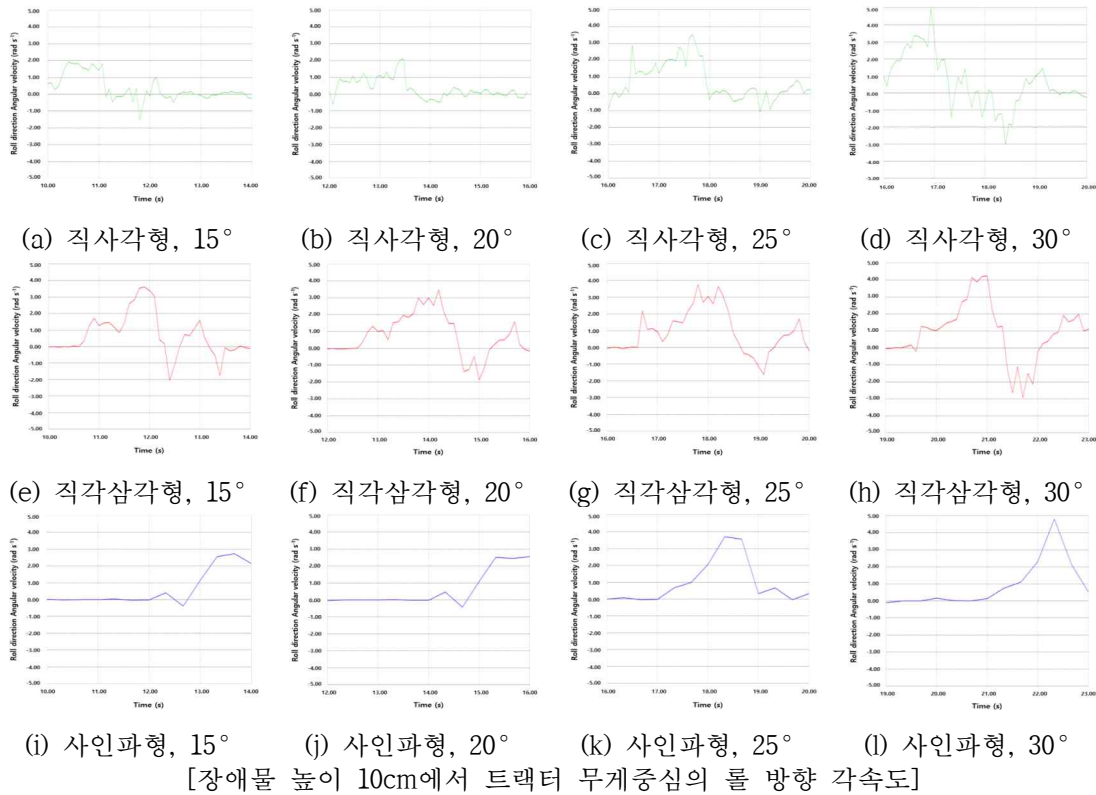
장애물의 형상 및 높이와 관계없이 지면의 경사각이 증가하면 주행임계속도가 감소하여 측방전도 및 후방전복에 대한 안전성이 낮아졌다.

지면 경사각이 작을 때에는 경사각 증가에 따른 주행임계속도 감소율이 상대적으로 작았지만 지면 경사각이 특정값 이상으로 커지면 주행임계속도가 급격하게 감소하는 경향이 나타났다.

경사각이 낮을 때는 주로 후방전복이 발생하는데 후방전복의 경우 상대적으로 경사각의 영향을 적게 받기 때문으로 판단된다.

측방전도의 경우 경사각에 직접적으로 영향을 받으므로 측방전도가 발생하기 시작하는 경사각 이후에는 경사각 증가에 따른 주행임계속도 감소폭이 크게 나타났다.

장애물 높이 10 cm 조건에서 지면의 경사각에 따른 트랙터 무게중심의 롤방향 각속도를 나타냈다. 측방전도가 발생하기 시작하는 경사각인 25° 를 기준으로 롤방향 각속도가 급격하게 증가하는 경향을 확인할 수 있다.

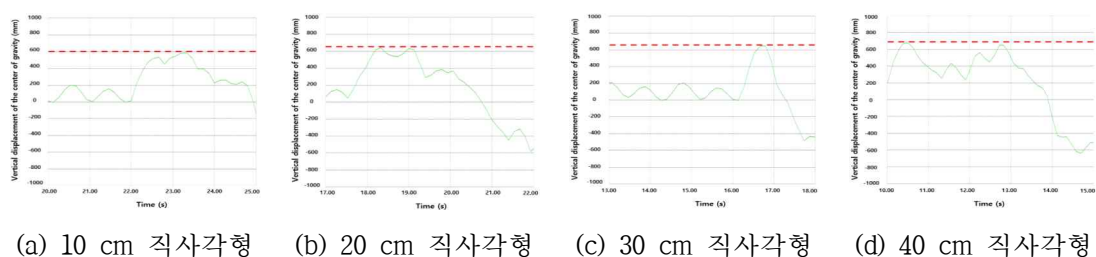


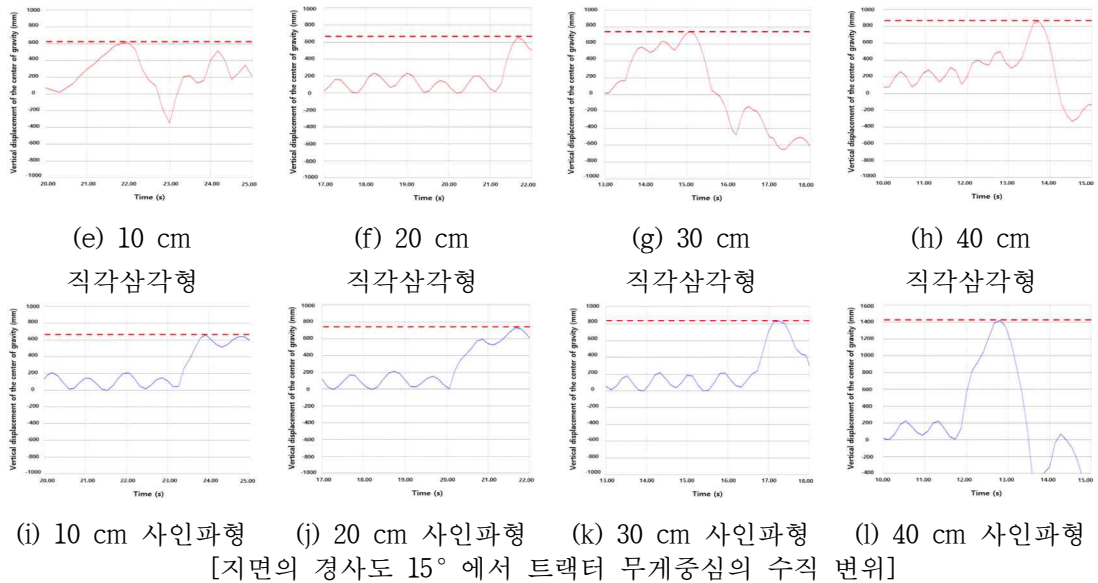
나) 장애물의 높이

지면의 경사도 및 장애물의 형상과 관계없이 장애물의 높이가 높아지면 주행임계속도가 감소하여 측방전도 및 후방전복에 대한 안전성이 낮아졌다.

장애물의 높이가 높아지면 장애물을 밟고 넘어가는 트랙터의 무게중심도 높아져 안정성이 낮아지기 때문으로 판단된다. 15° 의 지면 경사도에서 장애물 조건에 따른 트랙터 무게중심의 연직 방향 변위를 도출하였으며, 장애물이 높아질수록 트랙터 무게중심의 높이 변화가 크게 나타나는 것을 확인하였다.

장애물의 높이가 10 cm에서 장애물에 대한 안전성이 가장 높았으며 20~40 cm로 증가할 때 주행임계속도의 차이는 감소하였다. 이는 장애물의 높이가 높아지면 불안정성이 증가하여 주행임계속도의 여유가 작아지기 때문으로 판단된다.



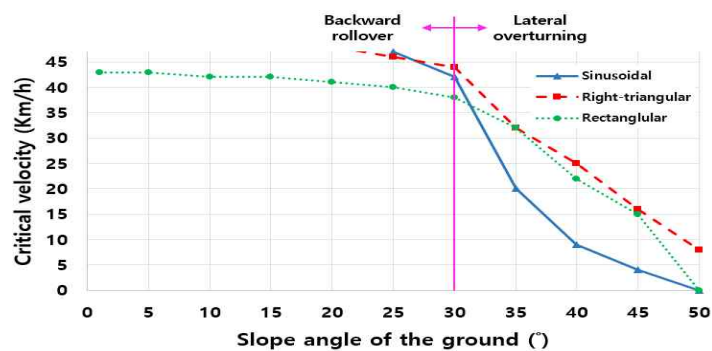


다) 장애물의 형상에 따른 트랙터의 측방전도 및 후방전복 경향

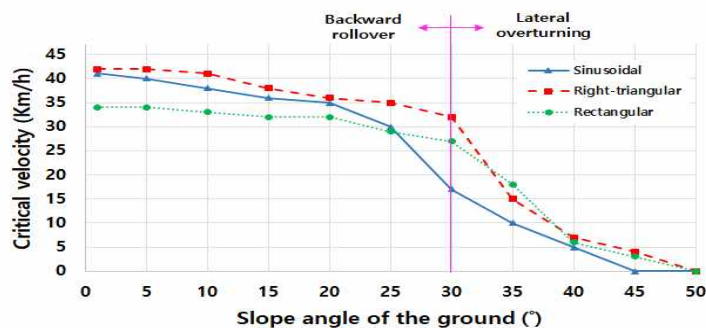
지면의 경사도와 장애물의 형상에 따른 트랙터의 측방전도 및 후방전복 주행임계속도를 도출하였다.

측방전도가 발생하기 시작하는 경사도 25° 를 기준으로 경사도에 따른 주행임계속도의 변화율이 급격히 증가하였다. 장애물 형상에 따른 안전성의 경우 직각삼각형, 사인파형, 직사각형 순으로 높은 것으로 도출된다. 20 cm 장애물 높이에서 사인파형 장애물과 직사각형 장애물의 주행임계속도가 상대적으로 비슷해졌으며 30 cm 이상의 장애물 높이에서 모든 장애물의 주행임계속도가 상대적으로 비슷해졌다.

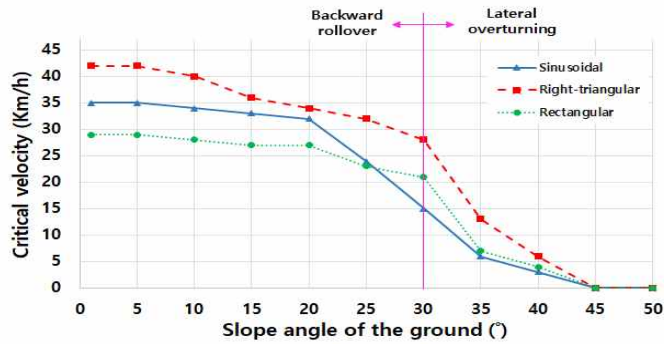
작업기를 부착한 트랙터의 무게가 증가하며 각 장애물에 따라 일정 높이 이상의 장애물에서부터 안전성이 비슷해지기 때문으로 판단된다.



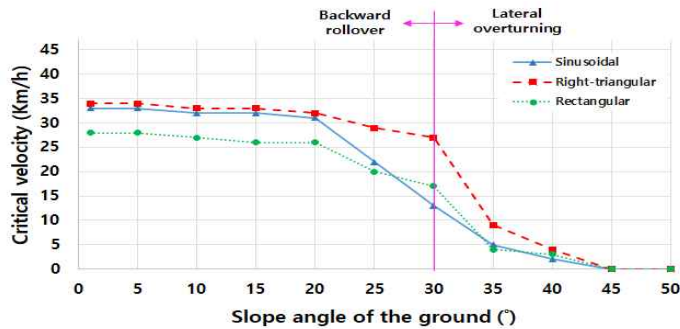
(a) 10 cm 장애물



(b) 20 cm 장애물



(c) 30 cm 장애물



(d) 40 cm 장애물

[장애물 형상에 따른 트랙터의 임계속도]

라) 트랙터의 측방전도 및 후방전복에 영향을 주는 요인 평가

장애물 형상 및 높이, 지면 경사도가 트랙터의 전도와 전복의 안전성에 미치는 영향을 평가하기 위해 통계 소프트웨어 프로그램인 SPSS(SPSS, IBM SPSS Statistics, USA)를 활용하여 다변량 분산분석을 수행하였다.

분석 결과, 1% 유의수준에서 세 인자는 모두 전도와 전복의 안전성에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

요인별 기여도는 지면의 경사도 46.00%, 장애물의 높이 44.56%, 장애물의 형상 3.44%로, 지면의 경사도가 가장 큰 영향을 미치는 요인인 것으로 나타났다.

[표 측방전도/후방전복에 영향을 미치는 요인에 대한 다변량 분산분석 결과]

	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-value	p-value
Ground slope	7	2790.3	46.00%	2790.3	398.61	90.87	0.00
Obstacle height	3	2703	44.56%	2709	900.98	205.39	0.00
Obstacle shape	2	208.7	3.44%	208.7	104.35	23.79	0.00
Error	83	364.1	6.00%	364.1	4.39		
Sum	95	6066	100.00%				

장애물의 형상 및 높이, 지면의 경사도 간 상관관계를 확인하기 위해 피어슨 상관관계 분석(Pearson's correlation analysis)을 수행하였다.

장애물의 형상 및 높이, 지면의 경사도 간의 피어슨 상관계수는 모두 0으로 상관관계가 없는 것으로 도출되었다.

따라서, 트랙터의 측방전도 및 후방전복을 유발하는 요인들은 모두 독립적인 요인으로 판단할 수 있다.

[표 측방전도/후방전복에 영향을 미치는 요인에 대한 Pearson 상관관계 분석]

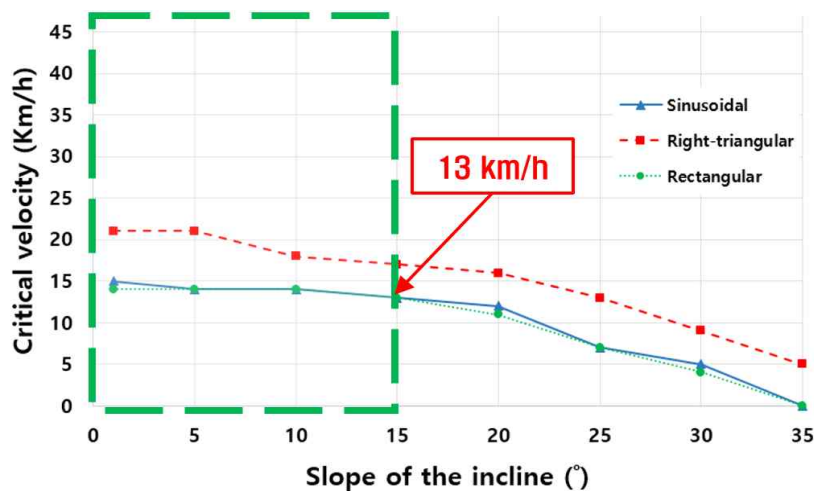
Specimen 1	Specimen 2	Correlation coefficient	95% CI for ρ	p -value
Obstacle height	Obstacle shape	0	(-0.200, 0.200)	1
Ground slope	Obstacle shape	0	(-0.200, 0.200)	1
Ground slope	Obstacle height	0	(-0.200, 0.200)	1

4) 복합작업기 부착 시 트랙터의 전도/전복 안전성 평가

국내에서의 트랙터 안전성을 평가하기 위해 국내 지형 조건을 고려한 분석을 수행하였다. 장애물 높이는 국내 농경지 평균 두둑 높이를 반영하여 200 mm 조건에서, 장애물 형상은 직사각형, 직각삼각형, 사인파형 장애물 형상을 모두 고려하여 시뮬레이션을 수행하고 주행임계속도를 도출하였다.

국내 지형 경사도의 60% 이상은 1-15° 이므로 지면 경사도 15° 까지의 주행임계속도를 분석한 결과 직각삼각형 장애물의 경우 17 km/h 이상, 직사각형 및 사인파형 장애물의 경우 13 km/h 이상으로 도출되어 작업기를 부착한 트랙터의 일반 주행속도 범위인 5-11 km/h보다 높은 것으로 나타났다.

따라서, 대상 트랙터가 작업기를 부착하고 주행할 때 측방전도 및 후방전복에 대해 안전할 것으로 판단된다.



[장애물 높이 200 mm 조건에서의 주행임계속도]

12. 복합작업기의 상용화를 고려한 경제성 분석

기존 개별 작업기 대비 개발된 복합작업기의 경제성을 기계비용분석법을 활용하여 분석하였다. 기계비용분석법은 시간당고정비, 시간당유동비 등을 도출하여 경제성을 분석하는 방법으로 개별 작업기 대비 개발된 복합작업기의 경제성을 시간당 발생하는 비용으로 비교할 수 있다는 장점이 있다.

복합작업기의 경우 로터베이터 및 씨레를 장착하여 경운·정지 작업을 동시에 수행하는 경우와 복토기 및 파종기를 장착하여 복토·파종 작업을 동시에 수행하는 경우의 총 2회 작업을 가정하였다.

개별 작업기의 경우 경운·정지·복토·파종 작업을 각각 1회씩 수행하는 경우의 총 4회 작업을 가정하였다.

가. 시간당 고정비 및 시간당 유동비 도출

고정비는 트랙터 및 작업기를 구매하였을 경우 고정적으로 소요되는 비용으로 구입가격, 내구연한, 연간사용시간, 감가상각비, 수리비, 이자 등을 포함하였다.

내구연한의 경우 농림축산식품부의 ‘농업기계화 촉진법 시행규칙’에 의거하여 농업기계의 내용연수는 트랙터의 경우 8년, 작업기의 경우 5년으로 산정하였다.

연간사용시간의 경우 농촌진흥청 농업기계이용실태조사(RDA, 2020)의 트랙터 작업별 이용실적과 참고문헌을 통해 트랙터 144 h/yr, 로터베이터 63 h/yr, 파종기 50 h/yr, 씨레 14 h/yr, 복토기 100 h/yr로 산정하였다.

복합작업기는 경운·정지 및 파종·복토 작업을 동시에 수행할 수 있는 농작업기계임을 고려하여 복합작업기의 연간 사용시간은 경운·정지와 파종·복토의 핵심 작업기인 로터베이터와 파종기의 연간사용시간을 합하여 산출하였다.

연간 감가상각비의 경우 직선법을 적용하여 식 (1)에서와 같이 계산하였으며 폐기가치는 참고문헌을 통해 구입가격의 5%로 적용하였다.

연간 수리비와 연간 이자는 참고문헌(구영모&김병목, 트랙터 장착형 일관작업 평두둑 복합기의 포장능력 및 비용 분석, 농업생명과학연구, 2018)을 통해 각각 구입비용의 6%, 2.5%로 적용하였다.

분석한 지표를 통한 시간당 고정비는 식 (2)와 같이 계산하였다.

$$\text{연간 감가상각비} = \frac{\text{구입가격} - \text{폐기가치}}{\text{내구연한}} \quad (1)$$

$$\text{시간당 고정비} = \frac{\text{연간 감가상각비} + \text{연간 수리비} + \text{연간 이자}}{\text{연간사용시간}} \quad (2)$$

[표 시간당 고정비 분석을 위한 변수]

Items	Tractor	Multi-working machine	Individual working machine			
			Rotavator	Seeder	Harrow	Ridge former
Purchase price (KRW)	116,000,000	15,000,000	12,000,000	17,200,000	4,960,000	8,800,000
Service life (yr)	8	5	5	5	5	5
Annual working time (h/yr)	144	113	63	50	14	100
Annual depreciation cost (KRW/yr)	13,775,000	2,850,000	2,280,000	3,268,000	942,400	1,672,000
Annual repair cost (KRW/yr)	6,960,000	900,000	720,000	1,032,000	297,600	528,000
Annual interest (KRW/yr)	2,900,000	375,000	300,000	430,000	124,000	220,000

유동비는 트랙터 및 작업기를 사용함에 따라 변동되는 비용으로 유류비와 인건비 등을 포함하였다.

유류비의 경우, 시간당 연료소비량 및 면세경유가격을 활용하여 식 (3)으로 산정하였으며, 시간당 연료소비량은 참고문헌을 조사하여 식 (4)로 도출하였다.

$$\text{유류비} = \text{시간당연료소비량} \times \text{면세경유가격} \quad (3)$$

$$Q = 0.2477P + 9.1883 \quad (4)$$

여기서, Q = 시간당 연료소비량 (L/hr)

P = 작업기 평균 소요 동력 (kW)

면세 경유가격은 한국석유공사의 2022년 6월 19일 조사 결과를 참고하여 1,611 원/L로 산정하였다.

인건비의 경우 남성 노동임금을 기준으로 하였으며, 가장 최신자료인 농촌진흥청 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집의 2020년 남성 농업임금인 119,550원을 적용하였다. 하루 평균 작업시간은 9시간으로 산정하였다.

$$\text{인건비} = \frac{\text{남성노동임금}}{\text{하루평균 작업시간}} \quad (5)$$

시간당 유동비의 경우 시간당 인건비와 시간당 유류비를 합하여 도출하였으며 시간당 총비용은 시간당 고정비와 시간당 유동비를 합하여 계산하였다.

[표 시간당 유동비 분석을 위한 변수]

Items	Tractor	Multi-working machine	Individual working machine			
			Rotavator	Seeder	Harrow	Ridge former
Hourly fuel consumption (L/h)	32.9	26.0	25.4	24.9	28.1	24.4
Diesel fuel cost (KRW/L)			1,611			
Average rated power (kW)	95.6	68.0	65.5	63.5	76.5	61.5
Hourly labor cost (KRW/h)			13,283			
Daily labor cost (KRW/day)			119,550			
Daily working time (h)			9			

계산 및 분석한 지표들을 통하여 시간당 고정비, 시간당 유동비 및 시간당 총 비용을 계산하였다.

$$\text{시간당고정비} = \frac{\text{연간고정비(감가상각비 + 수리비 + 이자)}}{\text{연간사용시간}} \quad (6)$$

$$\text{시간당유동비} = \text{인건비} + \text{유류비} \quad (7)$$

$$\text{시간당 총비용} = \text{시간당고정비} + \text{시간당유동비} \quad (8)$$

$$\text{포장능률} = \frac{1}{10 a \text{작업시 소요시간}} \quad (9)$$

$$10a \text{ 당 소요경비} = \frac{\text{시간당 총비용}}{\text{포장능률}} \quad (10)$$

경제성 분석을 통해 복합작업기 및 개별 작업기의 시간당 고정비 및 시간당 유동비를 도출하였다.

[표 복합작업기의 시간당 고정비 및 시간당 유동비]

Items		Tractor	Multi-working machine
Purchase price (₩)		116,000,000	15,000,000
Service life (yr)		8	5
Seasonal use-hours (hr/yr)		144	113
Annual fixed cost (₩/yr)	Depreciation	13,775,000	3,000,000
	Repair	6,960,000	900,000
	Interest	2,900,000	375,000
	Subtotal	23,635,000	4,275,000
Hourly fixed cost (₩/hr)		164,131	37,831
			201,962
Hourly variable cost (₩/hr)	Labor cost		13,283
	Fuel cost		94,887
	Subtotal		108,170

[표 개별 작업기의 시간당 고정비 및 시간당 유동비]

Items		Tractor	Rotavator	Seeder	Harrow	Ridge former
Purchase price (₩)		116,000,000	12,000,000	17,200,000	4,960,000	8,800,000
Service life (yr)		8	5	5	5	5
Seasonal use-hours (hr/yr)		144	63	50	14	100
Annual fixed cost (₩/yr)	Depreciation	13,775,000	2,280,000	3,268,000	942,400	1,672,000
	Repair	6,960,000	720,000	1,032,000	297,600	528,000
	Interest	2,900,000	300,000	430,000	124,000	220,000
	Subtotal	23,635,000	3,300,000	4,730,000	1,364,000	2,420,000
Hourly fixed cost (₩/hr)		164,131	52,380	94,600	97,428	24,200
		432,739				
Hourly variable cost (₩/hr)	Labor cost	13,283				
	Fuel cost	218,708				
	Subtotal	231,991				

복합작업기 및 개별 작업기의 시간당 고정비는 201,962 원/hr 및 432,739 원/hr으로 나타났다. 이는 각각의 개별 작업기를 구입하는 비용보다 하나의 복합작업기를 구입하는 비용이 더 낮고, 개별 작업기의 총 연간사용시간 합보다 복합작업기의 연간사용시간이 더 낮기 때문으로 판단된다.

시간당 유동비의 경우 108,170 원/hr 및 231,991 원/hr으로 나타났다. 10 a 면적 작업 시 복합작업기 및 개별 작업기는 각각 약 50분 및 80분의 시간이 소요되었으며, 복합작업기 및 개별 작업기의 포장능률은 각각 12.05 a/hr 및 7.52 a/hr로 나타났다.

하루 평균 9시간의 작업을 했다고 가정하였을 때, 복합작업기는 약 108 a의 면적을 작업할 수 있으며 개별 작업기는 약 67 a의 면적을 작업할 수 있다. 따라서, 복합작업기의 포장능률은 개별 작업기를 사용했을 때보다 약 60% 높은 것으로 나타났다.

복합작업기 사용 시 경운·정지·복토·파종 총 4회의 작업을 경운·정지, 복토·파종 총 2회의 작업으로 단축되었기 때문으로 판단된다.

[표 복합작업기의 포장능률]

Items	Multi-working machine	Rotavator	Seeder	Harrow	Ridge former
Work Performance (hr/10a)	0.83	0.25	0.5	0.33	0.25
Work efficiency (a/hr)	12.05	7.52			

복합작업기 및 개별 작업기의 단위면적 당 소요경비 분석 결과 복합작업기는 25,737 원/a, 개별 작업기는 88,395 원/a로 나타나 복합작업기를 사용하여 작업 시 소요경비를 62,658 원/a 절감할 수 있는 것으로 판단된다.

[표 복합작업기의 소요경비]

Items	Cost per unit area (Va)
Individual working machine	88,395
Multi-working machine	25,737
Cost saving (Va)	62,658

복합작업기의 경제성은 기존 개별 작업기를 사용하는 것에 비해 비용, 작업효율 모두 우수한 것으로 나타났다. 복합작업기의 개발 및 보급은 국내 밭 농가에 긍정적인 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

3장. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1절. 연구수행 결과

1. 정성적 연구개발성과

- 경운, 복토, 파종작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작
 - 다양한 경운 폭 변경이 가능한 다기능 복합작업기 플랫폼 구조 설계
 - 중앙구동부, 메인축, 기어, 체인, 연결부 등 복합작업기 플랫폼 제작
- 농작업에 따라 복토 간격, 복토골 수 조정 기술 설계
- 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 설계 및 제작
- 정밀 점파가 가능한 파종장치 설계 및 제작
- 트랙터와 연동한 킥 어태치먼트 시스템 설계 및 제작
- 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 시제품 제작
 - 다기능 복합작업기 플랫폼, 양방향 칼날축, 부착형 씨레, 파종장치 제작
- 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 현장실증 및 검·인증
 - 다기능 복합작업기와 킥 어태치먼트의 현장 실증
 - 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 신뢰성 확보를 위한 검·인증
- 트랙터 부착형 복합작업기 시스템 강도 시뮬레이션 모델 개발
 - 트랙터 부착형 복합작업기의 동력계측시스템 레이아웃 설계
 - 복합작업기 핵심요소부품 구조 및 강도 해석을 위한 시뮬레이션 모델 개발
- 트랙터 부착형 복합작업기의 부하계측 측정 프로그램 및 시스템 개발
 - 부하계측을 위한 측정 프로그램 개발 및 계측 센서와의 캘리브레이션을 통한 부하계측시스템 개발
- 작업 조건별 복합작업기의 구동부 소요 동력 데이터 분석
 - 실 작업환경을 반영한 필드 실증시험 작업 조건별 복합작업기의 구동부 소요 동력 데이터 분석
- 실부하에 따른 트랙터 부착형 복합작업기의 시스템 강도 성능평가
 - 복합작업기 구동부의 실부하를 이용하여 구조 및 기어 강도 분석을 통한 성능평가 수행
- 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립
 - 트랙터 측방전도 및 후방전복 사고 관련 문헌조사 및 통계자료 분석
 - 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립
- 트랙터 부착형 복합작업기의 측방전도 및 후방전복 해석모델 개발
 - 주요 설계 파라미터에 대한 물성치 조사 및 트랙터 3D모델 생성
- 트랙터 부착형 복합작업기의 전도/전복 시뮬레이션 분석
 - 전방전도 및 후방전복 시뮬레이션 분석과 시뮬레이션 모델 최적화
- 복합작업기의 상용화를 고려한 경제성 분석
 - 시간당 고정비 및 시간당 유동비 도출을 통한 복합작업기의 상용화 경제성 분석

2. 정량적 연구개발성과

가. 정량적 연구개발성과표

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1차년도 (2021년)	2차년도 (2022년)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	목표(단계별)		· 논문 비SCI (1) · 학술발표 (1) · 특허 출원 (1)	· 논문 SCI (1) · 논문 비SCI (2) · 학술발표 (1) · 특허 출원 (2) · 특허 등록(3)	· 논문 SCI (1) · 논문 비SCI (3) · 학술발표 (2) · 특허 출원 (3) · 특허 등록(3)	40
	실적(누적)		· 논문 SCI (1) · 학술발표 (3) · 특허 출원 (4)	· 논문 SCI (4) · 논문 비SCI (4) · 학술발표 (6) · 특허 출원 (4) · 특허 등록(4)	· 논문 SCI (5) · 논문 비SCI (4) · 학술발표 (9) · 특허 출원 (8) · 특허 등록(4)	40
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	목표(단계별)		· 고용창출 (2) · 인력양성 (1)	· 기술이전 (1) · 제품화 (1) · 고용창출 (4) · 교육지도 (1)	· 기술이전 (1) · 제품화 (1) · 고용창출 (6) · 교육지도 (1) · 인력양성 (1)	60
	실적(누적)		· 고용창출 (12) · 홍보실적 (7)	· 기술이전 (1) · 제품화 (1) · 고용창출 (4) · 교육지도 (1) · 인력양성 (2) · 홍보실적 (12)	· 기술이전 (1) · 제품화 (1) · 고용창출 (16) · 교육지도 (1) · 인력양성 (2) · 홍보실적 (19)	60
계	목표(단계별)		· 논문 비SCI (1) · 학술발표 (1) · 특허 출원 (1) · 고용창출 (2) · 인력양성 (1)	· 논문 SCI (1) · 논문 비SCI (2) · 학술발표 (1) · 특허 출원 (2) · 특허 등록(3) · 기술이전 (1) · 제품화 (1) · 고용창출 (4) · 교육지도 (1)	· 기술이전 (1) · 제품화 (1) · 고용창출 (4) · 교육지도 (1) · 기술이전 (1) · 제품화 (1) · 고용창출 (6) · 교육지도 (1) · 인력양성 (1)	100
	실적(누적)		· 논문 SCI (1) · 학술발표 (3) · 특허 출원 (4) · 고용창출 (12) · 홍보실적 (7)	· 논문 SCI (4) · 논문 비SCI (4) · 학술발표 (6) · 특허 출원 (4) · 특허 등록(4) · 기술이전 (1) · 제품화 (1) · 고용창출 (4) · 교육지도 (1) · 인력양성 (2) · 홍보실적 (12)	· 논문 SCI (5) · 논문 비SCI (4) · 학술발표 (9) · 특허 출원 (8) · 특허 등록(4) · 기술이전 (1) · 제품화 (1) · 고용창출 (16) · 교육지도 (1) · 인력양성 (2) · 홍보실적 (19)	100

나. 연구개발성과 성능지표

평가 항목 (주요성능)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계 최고수준 보유국/보유기관	연구개발 전 국내 수준	연구개발 목표치			평가방법
			성능수준	성능수준	2021년	2022년	연구결과	
폭 간격 조정 범위	mm	10	152	200	200 이하	150 이하	0~150	공인 시험성적서 (한국농업기 술진흥원)
			미국/존디어					
최대 작업폭	mm	15	3,200	2,700	2,700 이상	3,200 이상	3,200	
			미국/존디어					
중양 미경지 폭	mm	10	-	-	100 이하	85 이하	85 이하	
			-					
작업기 수평 조절각	도	15	-	-	5 이상	8 이상	8.5	
			-					
작업기 상하 최대 높이	mm	10	400	400	500 이상	600 이상	800	
			대한민국/웅진기계					
성형 가능 골 수/1회	개	10	4	2	2	4	4	
			미국/존디어					
적용 가능 발작물 수	종	10	2	3	2	3	3	
			대한민국/볼스					
횡 전도각	도	10	-	-	25 이상	30 이상	30.5~31	
			-					
파종률	%	10	90	80	80 이상	90 이상	100	
			일본/야자키					

※ 1차년도에 설계, 해석 진행, 2차년에 시제품 제작과 성능을 목표로 하여 공인시험성적서는 2차년도 목표치로 대체함.

다. 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	A Novel Approach to Determine Static Falling down Sidelong Angle of Tractor Using a 3D Printed Miniature Model	Applied Sciences-Basel	장문경, 황석준, 남주석	12(1)	스위스	MDPI (applied sciences)	SCI	2021.12.21	2076-3417	100
2	Overturning and rollover characteristics of a tractor through dynamic simulations: Effect of slope angle and obstacles on a hard surface	BIOSYSTEMS ENGINEERING	장문경, 황석준, 남주석	219	네덜란드	Elsevier BV ScienceDirect	SCI	2022.07.01	1537-5110	50
3	트랙터 부착형 다기능 작업기의 비용 및 포장능률 비교를 통한 경제성 분석	Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences	김승준, 장문경, 남주석	34(2)	대한민국	강원대학교 농업생명과학연구원	비SCI	2022.07.31	2233-8322	50
4	Safety Evaluation on a Fastening Device of an Agricultural By-Product Collector for Hard Flat Ground Driving	Agriculture-Basel	김정훈, 마르콥닝시 스리, 남주석	12(7)	스위스	MDPI (agriculture)	SCIE	2022.07.21	2077-0472	100
5	Prediction Model of Loan Support Limit of Plows and Rotavators Used in South Korea by Regression Analysis	Journal of Biosystems Engineering	황석준, 김정훈, 장문경, 남주석	47(3)	대한민국	한국농업기계학회	비SCI	2022.09.30	2234-1862	100
6	Correlation Between Tractor Variables and Loan Support Limit in South Korea Through Regression Analysis	Journal of Biosystems Engineering	황석준, 김정훈, 장문경, 남주석	47(3)	대한민국	한국농업기계학회	비SCI	2022.09.30	2234-1862	100
7	Simulation Study for Overturning and Rollover Characteristics of a Tractor with an Implement on a Hard Surface	Agronomy-Basel	장문경, 황석준, 남주석	12(12)	스위스	MDPI	SCIE	2022.12.6	2073-4395	100
8	Development of the Reliability Assessment Process of the hydraulic Pump for a 78 kW Tractor during Major Agricultural Operations	Agriculture	Md. Abu siddique, 김용주, 백승민, 백승윤, 한태호, 김완수, 김연수, 임류갑,	12	스위스	MDPI	SCIE	2022.10.04	2077-0472	100
9	Agricultural tractor roll over protective structure (ROPS) test using simplified ROPS model	Korean journal of agricultural science	강영선, 이대현, 김완수, 이준호, 김용주	49(4)	한국	충남대학교 농업과학연구소	비SCI	2022.12.01	2466-2410	100

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표제목	발표자	발표 일시	장소	국명
1	Proceedings of the KSAM & ARCs 2021 Autumn Conference	반자동 채소 이식기의 식부장치 소요 동력 분석	마르콥닝시 스티리	2021.10.29	소노벨 제주	대한민국
2	Proceedings of the KSAM & ARCs 2021 Autumn Conference	경사도와 장애물의 형상에 따른 다목적 농작업기계 측방전도 및 후방전복 안전성 분석	장문경	2021.10.29	소노벨 제주	대한민국
3	Proceedings of the KSAM & ARCs 2021 Autumn Conference	67 kW급 농업용 트랙터의 엔진 평균출력 비율 분석	백승윤	2021.10.29	소노벨 제주	대한민국
4	한국농업기계학회 2022년 춘계학술대회	4절 링크식 반자동 채소 정식기의 안전성 분석	마르콥닝시 스티리	2022.04.29	국립농업과학원 농업공학부	대한민국
5	한국농업기계학회 2022년 춘계학술대회	3D 프린트 축소모형을 활용한 트랙터 정적 횡전도각 결정	장문경	2022.04.29	국립농업과학원 농업공학부	대한민국
6	Proceedings of the KSAM & ARCs 2022 Autumn Conference	쟁기 경운 작업 부하 분석을 통한 3점하치 동역학 시뮬레이션 모델 개발	손모아	2022.11.03	대구 EXCO 컨벤션센터	대한민국
7	Proceedings of the KSAM & ARCs 2022 Autumn Conference	농업부산물 수집기 평지주행 시 체결장치의 안전성 평가	김정훈	2022.11.03	대구 EXCO 컨벤션센터	대한민국
8	Proceedings of the KSAM & ARCs 2022 Autumn Conference	작업기를 부착한 트랙터에서 지면 경사도와 장애물 조건에 따른 측방전도 및 후방전복 안전성 분석	장문경	2022.11.03	대구 EXCO 컨벤션센터	대한민국
9	ISMAB 2022	Lateral Overtuning and Backward Rollover Analysis of Implemented Tractor according to External Factors	장문경	2022.11.15	가오송 전시센터	대만

기술 요약 정보

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

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

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	등록번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	트랙터용 웨이트의 장착구조	대한민국	대호(주)	2021.07.19	10-2021-0094235		대호(주)	2022.12.30	10-2484709	50	○
2	롤링 가능한 농업용 작업기	대한민국	대호(주)	2021.12.28	10-2021-0189683		대호(주)	2022.08.18	10-2435094	50	○
3	중앙 구동방식의 농업용 작업기	대한민국	대호(주)	2021.12.29	10-2021-0190721		대호(주)	2022.07.07	10-2419737	50	○
4	확장형 농업용 작업기	대한민국	대호(주)	2021.12.29	10-2021-0190695		대호(주)	2022.07.07	10-2419734	50	○
5	차량용 착탈식 크레인	대한민국	대호(주)	2022.03.22	10-2022-0035198					50	○
6	보강구조를 갖는 중앙 구동방식의 농업용 작업기	대한민국	대호(주)	2022.04.19	10-2022-0047873					50	○
7	접이식 씨레장치	대한민국	대호(주)	2022.12.30	10-2022-0190189					50	○
8	틸팅 가능한 씨레 장치	대한민국	대호(주)	2022.12.30	10-2022-0191136					50	○

○ 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	√	√	√							
2	√	√	√							
3	√	√	√							
4	√	√	√							
5	√	√	√							
6	√	√	√							
7		√	√							
8		√	√							

□ 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 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	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 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	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(IS), 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	복합작업기	2022.12.07	대호(주)	대호(주)	농업용	2년		

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	자체실시	트랙터 부착형 다기능 복합작업기	대호(주)	2022.12.01	-	-

* 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 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내(천원)	국외(달러)		
1	기술이전	신제품 개발	국내	다기능 복합작업기	상용화	대호(주)	-		2023	10

- * 1) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		트랙터 부착형 다기능 복합작업기 제품화			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2			
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		-	100,000	500,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	1%	5%
국외		-	0.01%	0.03%	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		확장형 복합작업기, GPS 기반 자율제어 기능의 복합작업기 등			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		-	50,000	100,000	
	수출	-	-	200,000	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년	2022년	
1	트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발	대호(주)	12	4	16
합계			12	4	16

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	6
		생산인력	10
	개발 후	연구인력	8
		생산인력	15

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 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
1					

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

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
1		2022		2			2			2			

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	Internet/PC통신	유튜브	마른논 로터리 작업 1탄	2021.04.14
2	Internet/PC통신	유튜브	마른논 로터리 작업 2탄	2021.04.22
3	지방일간지	한국공보뉴스	농기계업체(주)대호, 옥천소방서에 주택용 소방시설 기탁	2021.08.19
4	Internet/PC통신		2021 국제농업박람회 농기자재관	2021.10.28
5	지방전문지	충청비즈	세계 속 '농기계 강소기업' 우뚝	2021.11.01
6	Internet/PC통신	더농부의 팜스토리	폐차장에서 놀던 발명가 소년, 매출 100억원 '농기계 전사' 됐다, 로보틱터 만든 김중호 대표 이야기	2021.09.09
7	Internet/PC통신	유튜브	5년 묵은 돌밭 로터리작업	2022.03.14
8	Internet/PC통신	유튜브	나주전시회(상편)	2022.03.22
9	Internet/PC통신	유튜브	나주전시회(하편)	2022.03.28
10	Internet/PC통신	유튜브	빠져서 벼 못벤 논 로터리 작업	2022.05.11
11	Internet/PC통신	유튜브	돌많은 강변 퇴적층 로터리작업	2022.05.27
12	Internet/PC통신	유튜브	논 로터리 작업	2022.06.09
13	Internet/PC통신	유튜브	강변밭 로터리작업	2022.06.15
14	Internet/PC통신	유튜브	괴산전시회	2022.10.24
15	중앙TV방송	채널A	특별기획 K-사이언스, 백억짜리 발명일지	2022.10.29
16	중앙일간지	매일신문	농기계도 무인화 추세...업계, 기기 첨단화 집중	2022.11.02
17	박람회	2021 나주 국제농업박람회	트랙터의 전시 및 제품 시연	2021.10.21.~31
18	박람회	2022 괴산 세계 유기농 산업엑스포	복합작업기 전시 및 제품 시연	2022.09.30.~10.16
19	박람회	2022 대한민국 국제농기계자재박람회	복합작업기 전시 및 제품 시연	2022.11.02.~05

□ 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)

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

[그 밖의 성과]

- 해당사항 없음.

라. 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

- 해당사항 없음.

3. 목표달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 경운 폭 변경이 가능한 다기능 복합작업기 플랫폼 구조 설계 - 중앙구동부, 메인축, 기어, 체인, 연결부 등 복합작업기 플랫폼 제작 - 농작업에 따라 복토 간격, 복토골 수 조정 기술 설계 - 중앙구동 방식의 양방향 조립식 칼날축 설계 및 제작 - 정밀 점과가 가능한 파종장치 설계 및 제작 - 트랙터와 연동한 퀵 어태치먼트 시스템 설계 및 제작 	100%
○ 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 시제품 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 다기능 복합작업기 플랫폼, 양방향 칼날축, 부착형 씨레, 파종장치 제작 - 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 최종시제품 제작 	100%
○ 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼의 현장실증 및 성능고도화	<ul style="list-style-type: none"> - 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 플랫폼의 현장실증을 통한 성능고도화 진행 - 현장실증 및 성능시험을 통한 문제점 개선 및 보완 	100%
○ 시스템 강도 시뮬레이션 모델 개발 및 부하계측 측정 프로그램 및 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 트랙터 부착형 복합작업기의 동력계측시스템 레이아웃 설계 - 복합작업기 핵심요소부품 구조 및 강도 해석을 위한 시뮬레이션 모델 개발 - 부하계측을 위한 측정 프로그램 개발 및 계측 센서와의 캘리브레이션을 통한 부하계측시스템 개발 	100%
○ 작업 조건별 복합작업기의 구동부 소요 동력 데이터 분석 및 실부하에 따른 시스템 강도 성능평가	<ul style="list-style-type: none"> - 실 작업환경을 반영한 필드 실증시험 작업 조건별 복합작업기의 구동부 소요 동력 데이터 분석 - 복합작업기 구동부의 실부하를 이용하여 구조 및 기어 강도 분석을 통한 성능평가 수행 	100%
○ 트랙터 부착형 복합작업기의 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립 및 해석모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 트랙터 측방전도 및 후방전복 사고 관련 문헌조사 및 통계자료 분석 - 측방전도 및 후방전복 요인 분석 및 수식적 이론 정립 - 주요 설계 파라미터에 대한 물성치 조사 및 트랙터 3D모델 생성 	100%
○ 트랙터 부착형 복합작업기의 전도/전복 시뮬레이션 분석 및 상용화를 고려한 경제성 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 전방전도 및 후방전복 시뮬레이션 분석과 시뮬레이션 모델 최적화 - 시간당 고정비 및 시간당 유동비 도출을 통한 복합작업기의 상용화 경제성 분석 	100%

4장. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 기술적 측면

- 국내 독자 기술개발로 국가 차원의 글로벌 수출전략형 상품확보 가능
- 작업의 효율성을 갖춘 신개념 다목적 복합 플랫폼 제조기술 확보
- 해외 농작업 기계 선진기술에 대응 가능한 국내 기술력 확보로 기업 기술경쟁력 강화
- 농축산작업의 효율성을 갖춘 새로운 개념의 다기능 복합작업기 부품설계 및 제조기술 확보

○ 경제적 측면

- 국내 독자기술 확보로 내수시장 확보 및 중국, 동남아, 유럽 등 해외시장 선점
- 신기종 개발로 설계 및 제작, 생산 전문인력 육성 기여
- 개발기술의 상품(제품)화로 기업의 매출향상과 경쟁력 확보
- 제품의 내구성 및 실용성, 편의성 극대화를 통한 제품 경쟁력 강화
- 다양한 작업기의 기능을 하나의 공용 플랫폼화 : 농작업기 분야의 틈새시장 공략
- 국내 독자기술 및 제품의 개선, 개발로 중국, 동남아시아시장의 수출전략형 상품 확보
- 인건비, 장비 구입비 절감을 통한 농가 부담완화와 제조원가 절감효과

○ 사회적 측면

- 개발 제품의 보급률 확대를 통한 실수요자의 작업의 편의성, 생산성 향상에 기여
- 농업 생산성 및 농작업 효율성 향상으로 고효율화
- 농기계 생산, 판매 증가로 인한 고용창출 및 지역 활성화 기대

○ 기술기여도

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
경운·복토·과중작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발	경운·복토·과중작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발	대호(주)	중소기업 (영리)	997	776	77.834	신규 기술개발	①-①	77.83
	트랙터 부착형 복합작업기의 구조강도 해석을 위한 시뮬레이션 모델 개발 및 성능평가	충남대학교 산학협력단	대학 (비영리)	120	120	1.000	신규 기술개발	해당없음	-
계				1,117	896	-	-	-	-

5장. 연구개발성과의 관리 및 활용계획

1절. 사업화 전략

1. 판로확보

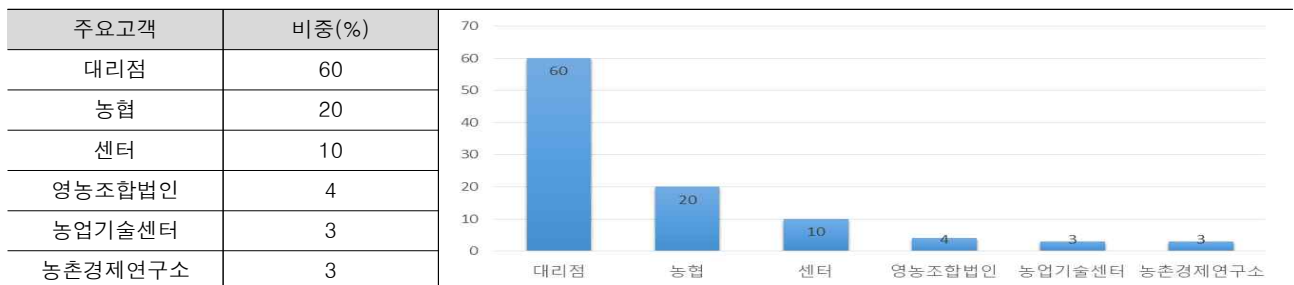
사업이 완료되는 2023년 양산화 구축, 제품 안정화를 통하여 2025년 이전에 신규모델 제품 출시를 진행할 계획이다.

성능 및 내구성 테스트를 추가적으로 진행하여 제품 안정화를 토대로 신기술 인증 취득과 기술인증을 통한 조달등록, 우수제품 선정 등 공공기관 진출을 통하여 임대사업소 우선구매 판매를 진행할 계획이다.



1) 국내 주요 수요처

국내시장의 주요 수요처는 전국 6개 직영 영업소 및 2,400개 대리점(거래처)을 통하여 농업인에게 공급할 계획이며 농협, 영농조합법인, 농업기술센터, 농촌경제연구소 등 임대사업 및 공공 구매로 공급할 계획이다.



2) 해외 주요 수요처

해외 주요 수요처는 지리적환경 및 농업 작업환경이 비슷한 일본을 필두로 동남아시아

(인도네시아, 베트남, 태국, 캄보디아), 중국, 일본 등에 선 진출하여 공급할 계획임.

농기계 시장은 인구와 식량수요 증가, 경작지와 농업인력 부족에 따라 꾸준히 성장하는 대규모 시장이다. 식량 수요, 농업 생산성 향상 지원정책, 신기술 적용, 정밀농업 등 기술 발달로 농기계 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 인구증가와 넓은 경작지, 식량 수요가 큰 아시아, 오세아니아가 가장 큰 시장이다.

1차 수출목표인 일본은 벼농사와 같은 토지 이용형 농업을 중심으로 발달하였으나 최근 농업종사자의 고령화와 노동력의 부족 문제가 대두되어 농업의 생산기반을 유지하면서 재배방식의 효율성을 높이고, 고령자나 신규 취농자도 안전하게 일할 수 있는 환경의 정비가 필요하게 되었다. 토지 이용형 농업 중심인 홋카이도는 일본 내 농업생산량이 전국 1위로 농업경영체당 평균 경지면적이 27ha에 이를 정도 농업이 발달해 있다. 특히 홋카이도 지방은 산간 지역이 많아 다양한 작업기를 교체하여 효율적으로 사용할 수 있는 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 수요가 많을 것으로 판단된다.

중국은 트랙터 기준으로 23.2%를 점유하는 세계 1위 시장으로 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 잠재 시장으로 보고 있다. 인도네시아, 베트남, 태국, 캄보디아 등 동남아시아는 아열대성 기후로 3모작이 가능하며, 낙후된 산업구조로 농업기계 개발이 쉽지 않은 형편이다. 또한 농업기계 관련 제조업이 영세하고, 현재 수입·유통 중심의 시장으로 큰 실정으로 농업기계 및 부속작업기의 진출이 유리할 것으로 판단된다.

또한, 농업산업이 발달되고 저변화되어 있는 미국 중서부, 중국 등 대농장지역 위주로 현지기업 판매 및 마케팅 제휴를 통한 저비용·신속한 시장진입을 추진하고, 해외전시회(세계농업박람회 (미국), 켄자스 농업박람회 (미국), Henty Machinery Field Days (호주), AGRITCHNICA (독일)) 참가를 통한 수출의 발판을 마련할 계획이다.

2. 마케팅 방안

가. 언론 홍보(농기계 지면, 농기계 잡지)

농민신문, 한국농기계 신문, 농기자재 신문, 한국농업 신문, 농수축산 신문, 축산 신문 등 농기계 관련 언론의 지면 광고 및 홍보성 기사를 통하여 신규 기술에 대한 홍보 추진할 계획이다.

낮은 브랜드 인지도 극복을 위해 2010년 설립 후 지속적 운영 중인 농기계 전문지 트랙터 매니아(계열사/연간 약 40만부 발행을 통한 약 20만 농가 및 농업관련 공공기관 정보 공유), 기타 월간지 및 전문지 잡지 수록 및 기사를 통한 홍보를 추진할 계획이다.

나. 홍보 동영상 배포

주관기관 DB(자회사 트랙터 매니아 구독자)인 약 20만 농가(잠재적 수요자) 대상 신규 기술 홍보 동영상 배포를 통한 기술 및 제품 홍보 추진.

신규 기술 홍보 동영상을 제작하여 유튜브 및 SNS 등 배포와 미디어 홍보 추진.

다. 전시회 참가

농기계 관련 박람회, 전시회(대한민국 국제농기계자재 박람회, 상주 농업기계 박람회, 나주 국제농업 박람회, 김제 농업기계 박람회 등)에 지속적 참가하여 신규 기술에 대한 체험형 제품 시연 및 제품 우수성 홍보 진행과 체험객, 관람객 대상 설문조사 진행으로 제품 개선 방향 추진과 잠재적 고객 확보를 추진할 계획이다.

3. 투자계획

다기능 작업기 플랫폼 및 주변 작업기의 상용화를 위하여 매년 매출액 대비 약 10% 정도를 R&D 및 시설 및 장비에 투자할 계획임.

< 투자계획 >

[단위 : 원]

구 분		사업화년도				
		2023년	2024년	2025년	2026년	2027년
투자 계획 (억원)	R&D	5.0	5.0	6.0	6.0	7.0
	시설 및 장비	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
합 계		11	12	14	15	17

4. 생산 및 판매계획

다기능 복합작업기 플랫폼(구동축+칼날축), 칼날축(경운/복토), 파종기, 파종유닛, 킥 어태치먼트의 제품화 판매와 추가 장착이 가능한 무논정지기, 배토기로 인하여 생산 및 판매가 향상될 것으로 전망.

다기능 복합작업기를 세트 형태로 판매하고, 구매자의 작업 용도에 따라 추가 구입하여 장착할 수 있도록 복합작업기 플랫폼, 칼날축(경운/복토), 파종기 유닛, 킥 어태치먼트로 개별 판매할 계획임.

< 제품별 예상 판매금액 >

[단위 : 원]

제품 구성	다기능 복합작업기				
	복합작업기 플랫폼	칼날축(경운/조)	칼날축(복토/조)	파종기(조)	킥 어태치먼트
	lset	(경운용 2조)	(복토용 2조)	(파종유닛 4조)	lea
판매 가격	15,000,000원				

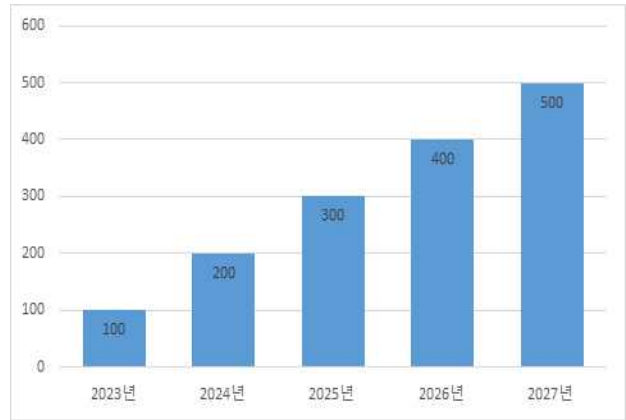
< 제품별 생산 및 국내 판매계획 >

[단위 : 대/백만원]

구 분	사업화년도					합 계
	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	
생산계획(대)	5	10	20	30	40	105
판매계획(대)	5	10	15	20	25	75
판매금액(백만원)	100	200	300	400	500	1,500



< 제품 생산 및 판매계획 >



< 제품 국내 판매 금액 >

5. 해외시장 진출계획

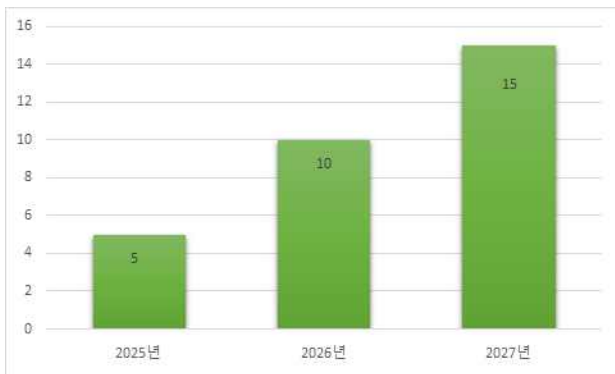
지리적, 작업환경이 비슷한 아시아에서 유럽, 미국의 소작농 위주의 수출.

지리적환경 및 농업 작업환경이 비슷한 동남아시아(인도네시아, 베트남, 태국, 캄보디아), 중국, 일본 등에 선 진출하여 판매 후 유럽, 미국 등 소작농 위주의 판로확보 추진.

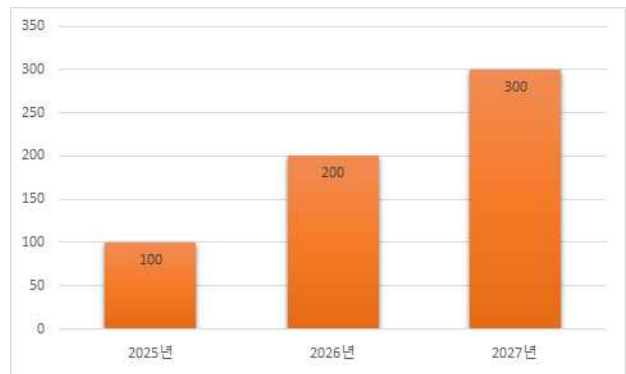
< 제품별 해외 판매계획 >

[단위 : 대/백만원]

구 분	사업화년도					합 계
	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	
수출계획(대)	-	-	5	10	15	30
수출금액(백만원)	-	-	100	200	300	600



< 해외 수출 계획 >



< 제품 해외 수출 금액 >

6. 사업화에 따른 기대효과

- 다양한 작업기의 기능을 하나의 공용 플랫폼화 : 농작업기 분야의 틈새시장 공략
- 제품의 내구성 및 실용성, 편의성 극대화를 통한 제품 경쟁력 강화
- 작업의 효율성을 갖춘 신개념 다목적 공용플랫폼 제조기술 확보

- 국내 독자기술 및 제품의 개선, 개발로 중국, 동남아시아의 수출전략형 상품 확보
- 개발 제품의 보급률 확대를 통한 실수요자의 작업의 편의성, 생산성 향상에 기여
- 인건비, 장비 구입비 절감을 통한 농가부담 완화, 농업 생산성 및 농작업 효율성 향상

2절. 연구개발 성과의 활용방안 및 기대효과

1. 연구개발 성과의 활용방안



- 다기능 복합작업기 플랫폼의 사용으로 다양한 농작업에 활용 가능
- 경운, 복토, 파종, 시비, 배토 등 농업인에게 맞는 최적의 작업환경 제공
- 농작업 효율성 및 생산성 향상, 작업기 정비, 교체 사용성 편리
- 플랫폼 표준화 제공으로 작업기 제조업체의 생산원가 절감 및 농기계 활성화

2. 연구개발의 기대효과

가. 기술적 측면

- 국내 독자 기술개발로 국가 차원의 글로벌 수출전략형 상품확보 가능
- 작업의 효율성을 갖춘 신개념 다목적 복합 플랫폼 제조기술 확보
- 해외 농작업 기계 선진기술에 대응 가능한 국내 기술력 확보로 기업 기술경쟁력 강화
- 농축산작업의 효율성을 갖춘 새로운 개념의 다기능 복합작업기 부품설계 및 제조기술 확보

나. 경제·산업적 측면

- 국내 독자기술 확보로 내수시장 확보 및 중국, 동남아, 유럽 등 해외시장 선점

- 신기종 개발로 설계 및 제작, 생산 전문인력 육성 기여
- 개발기술의 상품(제품)화로 기업의 매출향상과 경쟁력 확보
- 제품의 내구성 및 실용성, 편의성 극대화를 통한 제품 경쟁력 강화
- 다양한 작업기의 기능을 하나의 공용 플랫폼화 : 농작업기 분야의 틈새시장 공략
- 국내 독자기술 및 제품의 개선, 개발로 중국, 동남아시아의 수출전략형 상품 확보
- 인건비, 장비 구입비 절감을 통한 농가 부담완화와 제조원가 절감효과

다. 사회적 측면

- 개발 제품의 보급률 확대를 통한 실수요자의 작업의 편의성, 생산성 향상에 기여
- 농업 생산성 및 농작업 효율성 향상으로 고효율화
- 농기계 생산, 판매 증가로 인한 고용창출 및 지역 활성화 기대

〈 연구개발성과 활용계획표 〉

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
국외논문	SCIE					
	비SCIE					
국내논문	SCIE					
	비SCIE					
특허출원	국내	1	1	1		
	국외					
특허등록	국내				1	1
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사	2				2
사업화	시제품개발					
	상품출시					
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	100,000	200,000	300,000	500,000	1,000,000
	기술료(단위 : 천원)	3,892	7,783	11,675	19,458	35,024
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보						
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용						

별첨1. 참고문헌

1. 2020년 한국농기계연감, 2020
2. KATS 기술보고서, 농업기계 산업현황 및 표준화 동향, VOL.110 2018
3. 스마트 농기계 전장부품산업 육성 보고서, 2017, 경북테크노파크
4. 세계 농기계 산업의 동향, 세계농업 제140호
5. 농기계 임대사업 성별 영향평가, 2009
6. 농축산기계신문 2020.03.05.
7. World Agricultural Equipment, 2019 Year, Freedonia
8. 글로벌 농기계산업 동향 분석 No. 98 2020 한국기계연구원
9. KATS 기술보고서 2018.05 VOL.110, 국가기술표준원
10. 특허정보넷 kipris.or.kr
11. 12. KOSIS. 2018. 2015 트랙터, 경운기 작업별 이용실적
12. KIPRIS. 20181103. 트랙터 농업용 telescopic handler
13. 한국농업기계학회. 2017. 산학협동정책연구용역보고서_농기계 산업경쟁력 제고 방안
14. 농사로. 20191017. 농기계 끼임사고 사례 및 예방법
15. 농촌진흥청 국립농업과학원. 2019. 농업기계 관련 교통사고 현황

agriculture 

Article

Safety Evaluation on a Fastening Device of an Agricultural By-Product Collector for Hard Flat Ground Driving

Jeong-Hun Kim ^{1,2,†}, Markkungsuh Sri ^{3,4,*} and Ju-Seok Nam ^{1,2,4,5}

¹ Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea; jhkim552@knu.ac.kr (J.-H.K.); sr_markkungsuh@knu.ac.kr (M.S.)

² Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

³ Department of Agricultural and Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Technology, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281, Indonesia

⁴ Correspondence: nsg121@kangwon.ac.kr; Tel.: +82-33-250-6497

⁵ These authors contributed equally to this work.

Abstract: In this study, the static safety factor and fatigue life of fastening devices of an agricultural by-product collector were evaluated under hard flat ground driving conditions. The strain gage-based measurement system was constructed, and the strain gage was attached on the highest stress part of the fastening devices derived from structural analysis. The static safety factor and fatigue life of the fastening devices were calculated using the measured strain values and by converting it into stress data. The two operating conditions are considered to be the loading part of the by-product collector, lifted and non-lifted. The results for all fastening devices showed that the static safety factor was larger than 1.0 and the fatigue life was much greater than the expected lifetime under both operating conditions. Therefore, it can be concluded that the fastening devices of the by-product collector can be operated reliably under hard flat ground driving conditions. In future work, we plan to evaluate the safety of the fastening devices in various actual orchard farm environments.

Keywords: agricultural by-product collector; fastening device; fatigue life; hard flat ground; static safety factor

1. Introduction

When a material is subjected to repeated stress for a long time, fatigue proceeds and fractures occur; this phenomenon is called fatigue failure [1–3]. In addition, the time or number of loading cycles until the material subjected to repeated load fails is called fatigue life. In fact, most of the causes of mechanical and structural damage are reported to be due to fatigue, resulting in loss of life and property [4]. In order to minimize these losses, it is important to accurately determine the fatigue life of the material and reflect it in the design [5]. This is also important in the design of agricultural machinery. In order to accurately evaluate the fatigue life of agricultural machinery, the magnitude and frequency of load that occur during actual agricultural work should be measured [6,7]. However, this is not easy because it is time-consuming and costly.

Hwang et al. performed a conceptual design of an agricultural by-product collector to directly collect or process agricultural by-products [8]. Considering the characteristics of the cultivation environment of fruit trees, which are the main target crops, the agricultural by-product collectors are mainly operated off-site. When the agricultural by-product collector moves in an off-road working environment with a lot of gravel, stones, and obstacles, there is a high possibility that the fragile part will be damaged by repeated loads and stresses. Therefore, it is necessary to evaluate the fatigue life of the vulnerable part of the agricultural by-product collector in order to increase the safety of the worker and prevent damage and breakdown.

Check for updates

Citation: Kim, J.-H.; Sri, M.; Nam, J.-S. Safety Evaluation on a Fastening Device of an Agricultural By-Product Collector for Hard Flat Ground Driving. *Agriculture* **2022**, *12*, 1071. <https://doi.org/10.3390/agriculture12071071>

Academic Editor: Massimo Cecchini

Received: 27 July 2022
Accepted: 20 July 2022
Published: 21 July 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Agriculture **2022**, *12*, 1071. <https://doi.org/10.3390/agriculture12071071> <https://www.mdpi.com/journal/agriculture>

[SCI : Safety Evaluation on a Fastening Device of an Agricultural By-Product Collector for Hard Flat Ground Driving, 2021.07.21]

Agriculture **2022**, *12*, 1071 14 of 15

Table 7. Fatigue life of each fastening device.

Driving Condition	Fastening Device	Fatigue Life (Hours)	Fatigue Life Considering 38.5 h of Annual Working Time (Years)
When loading part is lifted	1	3.180×10^5	8258
	2	2.351×10^6	6105
When loading part is not lifted	1	6.982×10^6	17,999
	2	1.503×10^7	38,993

4. Conclusions

In this study, the stress generated in the fastening device of the agricultural by-product collector was measured during flat ground driving to evaluate the static safety factor and fatigue life. The strain gage-based measurement system was constructed, and the experiment was conducted under the driving conditions of the lifted and non-lifted loading part of the by-product collector.

The main results of this study are as follows:

- The average maximum stresses of the fastening devices 1 and 2 when the agricultural by-product collector was driven with the lifted loading part condition were 183.6 MPa and 172.8 MPa, respectively. Additionally, for the non-lifted loading part condition, the average maximum stresses of fastening devices 1 and 2 were 145.8 MPa and 139.4 MPa, respectively.
- The static safety factors of the fastening devices ranged from 1.3 to 1.7 depending on operating conditions. It is considered that the fastening devices of agricultural by-product collector are statically safe designed for its hard flat ground driving conditions.
- The maximum damage of the fastening devices ranged from 6.41×10^{-9} to 2.31×10^{-8} depending on driving conditions. A low load condition caused most of the damage, and the other load conditions have a negligible effect on the damage.
- Considering the average annual fruit tree pruning time of orchard farmers in the Republic of Korea, the fatigue life of the fastening devices ranged from 6105 to 38,993 years. It exceeds the expected lifetime of agricultural machinery in Korea, and it can be concluded that the fastening devices can be driven reliably on hard ground.

In future research, we plan to evaluate the static safety factor and fatigue life of the fastening devices when the agricultural by-product collector operates in various orchard farm environments.

Author Contributions: Theoretical and simulation analysis, J.-H.K. and M.S.; writing—original draft preparation, J.-H.K.; writing—review and editing, J.-S.N. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry (IPET) through Advanced Agricultural Machinery Industrialization Technology Development Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (221058-02), Republic of Korea.


Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Vincent, M.K.; Virgheuse, V.; Sukumaran, S. Fabrication and Analysis of Fatigue Testing Machine. *Int. J. Eng. Sci.* **2016**, *5*, 15–19.
- Jeong, S.U. Bending Fatigue Characteristics and Stress Analysis of ST304 Steel. *J. Inst. Mar. Ind.* **2007**, *20*, 79–84.
- Kang, M.S.; Koo, J.M.; Seok, C.S.; Park, J.S. Fatigue Characteristic of High Impact Polystyrene (HI-1360) Materials. *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A* **2010**, *34*, 765–768. [\[CrossRef\]](#)

agronomy 

Article

Simulation Study for Overturning and Rollover Characteristics of a Tractor with an Implement on a Hard Surface

Moon-Kyeong Jang ^{1,†}, Seok-Joon Hwang ^{1,2,*} and Ju-Seok Nam ^{1,2,4}

¹ Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, 1 Kangwondaehak-gil, Chuncheon 24341, Republic of Korea

² Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, 1 Kangwondaehak-gil, Chuncheon 24341, Republic of Korea

⁴ Correspondence: nsg121@kangwon.ac.kr; Tel.: +82-33-250-6497

Abstract: The effects of the slope of the ground and the obstacle conditions on the lateral overturning/backward rollover of a tractor with an implement were analyzed through dynamic simulation. The tractor and implement's 3D simulation model was constructed. As for simulation conditions, four heights and three shapes were set for obstacles, and eight slopes were set for the ground to be traveled by the implemented tractor. Under each condition, the critical speed at which the tractor begins to overturn and roll over was derived, and factors that caused the overturning and rollover were analyzed. As a result of instability types, backward rollover happens when the ground slope is low and lateral overturning happens at a specific slope or higher regardless of the obstacle conditions. In the case of the tractor and implement under study, the tendency changed at a slope of 25°. As the obstacle height increased, overturning and rollover safety decreased. In the case of the obstacle shape, safety was lowest for the rectangular obstacle and highest for the right-side triangular obstacle. The driving safety of the tractor with the implement was as lower than that of the tractor with no implement. This appears to be mainly due to the change in the position of the center of gravity caused by the attached implement. The critical speed of the tractor with the implement was 7.26 times lower than that of the tractor with no implement on average. It is judged that the safety of the implemented tractor can be identified by using this study.

Keywords: backward rollover; dynamic simulation; ground slope; implemented tractor; lateral overturning; obstacle

1. Introduction

For rural areas in South Korea, aging and feminization are intensifying as the proportion of people aged 65 years and over is 42.3% as of 2020 [1]. Accordingly, the mechanization rate of agriculture is increasing, and more agricultural machines are being disseminated [2,3]. Among them, the use of agricultural tractors was as high as 29.2% in 2020 [4]. However, the mechanization of agricultural work is also increasing safety accidents [5]. In 2021, 44,302 agricultural machinery accidents occurred in Korea, and 26.37% of those (11,683 accidents) were lateral overturning and backward rollover accidents [6]. In addition, the accidents caused by the overturning and rollover of agricultural machines represent more than half of all tractor-related deaths worldwide [7]. In Italy, approximately 160 fatal accidents occur each year, and the most common cause is the overturning and rollover of tractors [8].

In the case of agricultural tractors, various implements, such as plows and rotavators, can be attached to perform desired work. However, when agricultural work is performed by attaching implements, the risk of overturning and rollover may increase. Uneven fields and a high ground slope are the major causes of accidents related to agricultural work that utilizes tractors [9]. Accordingly, various studies have been conducted to analyze

Check for updates

Citation: Jang, M.-K.; Hwang, S.-J.; Nam, J.-S. Simulation Study for Overturning and Rollover Characteristics of a Tractor with an Implement on a Hard Surface. *Agronomy* **2022**, *12*, 3093. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123093>

Academic Editor: Toshiro Hwang

Received: 7 November 2022
Accepted: 3 December 2022
Published: 4 December 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Agronomy **2022**, *12*, 3093. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123093> <https://www.mdpi.com/journal/agronomy>

[SCI : Simulation Study for Overturning and Rollover Characteristics of a Tractor with an Implement on a Hard Surface, 2022.12.06]

Agronomy **2022**, *12*, 3093 16 of 18

4. Conclusions

In this study, the effects of ground slope and obstacle conditions on the lateral overturning and backward rollover of a tractor with an implement and the relative safety according to the attachment of the implement were analyzed using dynamic simulation. A 3D model was created using the actual dimensions and material properties of the tractor and the implement, and a dynamic simulation model was developed. Eight ground slopes, three obstacle shapes, and four obstacle heights were selected as conditions for analyzing the safety of the tractor with the implement. Under each condition, the critical speed at which the tractor with the implement begins to overturn and roll over was derived.

When the safety of the tractor with the implement was evaluated at different ground slopes, backward rollover occurred below a certain slope, and lateral overturning occurred at the slope or higher. This is because the magnitudes of the angular velocities in the roll and pitch directions are reversed with respect to a certain ground slope. In addition, driving safety decreased as the ground slope and obstacle height increased. This appears to be because the angular velocity of the COG of the tractor with the implement in the roll direction increased as the ground slope increased, and the height of the COG of the tractor at the moment of contact with the obstacle increased as the obstacle height increased, thereby causing instability. In the case of the obstacle shape, the rectangular obstacle showed the highest critical speed, followed by the sinusoidal obstacle and the rectangular obstacle. When compared with the tractor without the implement, the tractor with the implement was more vulnerable to lateral overturning because the slope angle at which overturning begins to occur decreased. Its safety against overturning and rollover was lower under the same ground slope and obstacle conditions because the critical speed decreased. Through the results of this study, it is judged that it can be used as a guideline when operating a tractor, thereby significantly reducing agricultural accidents. In future studies, overturning and rollover tendencies need to be analyzed for various implement types. In addition, we plan to conduct a study on the collision of the installed implement.

Author Contributions: Theoretical and simulation analysis, M.-K.J. and S.-J.H.; writing—original draft preparation, M.-K.J.; writing—review and editing, J.-S.N. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry (IPET) through the Advanced Agricultural Machinery Industrialization Technology Development Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (221058-02).

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Abbreviations

θ: Lateral overturning angle when the rear wheel located above the slope is lifted from the ground

References

- Kim, J.T.; Han, H.W.; Oh, J.S.; Chung, W.J.; Cho, S.J.; Park, Y.J. Structural Design of Garlic Plants Footplate Considering Physical Characteristics of Elderly Women. *J. Biosyst. Eng.* **2020**, *45*, 16–23. [\[CrossRef\]](#)
- Kim, B.G.; Lee, J.; Kim, S. Improvement of the Distribution System for Used Agricultural Machinery. *J. Biosyst. Eng.* **2020**, *45*, 318–324. [\[CrossRef\]](#)
- Koo, Y.M. PTO Torque and Draft Analyses of an Integrated Tractor-Mounted Implement for Round Ridge Preparation. *J. Biosyst. Eng.* **2022**, *47*, 330–343. [\[CrossRef\]](#)
- KAMICO. *Agricultural Machinery Yearbook in Republic of Korea*; Korean Society for Agricultural Machinery: Seoul, Republic of Korea, 2020.

agriculture MDPI

Article

Development of the Reliability Assessment Process of the Hydraulic Pump for a 78 kW Tractor during Major Agricultural Operations

Md. Abu Ayub Siddique ¹, Yong-Joo Kim ^{1,2,*}, Seung-Min Baek ³, Seung-Yun Baek ³, Tae-Ho Han ³, Wan-Soo Kim ⁴, Yeon-Soo Kim ^{5,6}, Ryu-Gap Lim ⁷ and Yong-Choi ⁸

¹ Department of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University, Daegu 34134, Korea; ² Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Daegu 34134, Korea; ³ Agricultural Machinery Certification Team, Korea Agricultural Technology Promotion Agency, Team 5167, Korea; ⁴ Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 41060, Korea; ⁵ Smart Agricultural Machinery R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), Gampyeong 54225, Korea; ⁶ Innovality/Statematization Team, Korea Agricultural Technology Promotion Agency, Sangju 37127, Korea; ⁷ Upland Mechanization Team, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration (RDA), Jeonju 54875, Korea; ⁸ Correspondence: hsbj@cnu.ac.kr (Y.J.K.); kimchoi12@kitech.ac.kr (Y.S.K.); Tel.: +82-42-821-8716 (Y.J.K.)

Abstract: This study focuses on the development of the reliability test method for the hydraulic pump of a tractor during major agricultural operations (plow, rotary, baler, and wrapping) at various driving and PTO (power take-off) gear stages. The hydraulic-pressure-measurement system was installed on the tractor. The measured hydraulic pressure and engine rotational speed were converted to the equivalent pressure and engine speed for each agricultural operation using a mathematical formula. Additionally, the overall equivalent pressure and overall engine speed were calculated to determine the acceleration lifetime. The average equivalent pressure and engine speed for plow tillage were calculated at around 5.44 MPa and 1588.37 rpm, respectively, whereas the average equivalent pressure and engine speed for rotary tillage were almost 5.70 MPa and 2074.73 rpm, accordingly. In the case of baler and wrapping operations, the average equivalent pressure and engine speed were approximately 11.22 MPa and 2203.05 rpm, and 11.86 MPa and 913.76 rpm, respectively. The overall hydraulic pressure of the pump and the engine rotational speed were found to be around 10.07 MPa and 1512.93 rpm, respectively. The acceleration factor was calculated using the overall pressure and engine speed accounting for 336. In summary, the developed reliability test method was evaluated by BS-4-0043, which is the existing reliability evaluation standard for agricultural hydraulic gear pumps. The evaluation results proved that the developed reliability test method for the hydraulic pump of a tractor satisfied the standard criteria. Therefore, it could be said that the developed reliability test method could be applicable to the hydraulic pump of the tractor during agricultural field operations.

Keywords: tractor; reliability assessment; hydraulic pump; tillage; acceleration lifetime; agricultural operation

1. Introduction

Agricultural tractors deal with various agricultural operations, such as plows, rotary, and balers, by towing implements attached at PTO [1,2]. The demand for agricultural tractors is dramatically increasing due to the application of advanced technology [3]. According to Mordor Intelligence statistics [4], the global market of the agricultural tractor, which is an emerging market, has an expected annual growth rate of 4.02% in 2025 than that in 2020. The EconomyChosun [5] reported that the annual growth rate of the tractor market is comparatively higher than that of automobiles (6.8%) and heavy equipment

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Agriculture 2022, 12, 1609. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101609> <https://www.mdpi.com/journal/agriculture>

[SCI : Development of the Reliability Assessment Process of the hy-draulic Pump for a 78 kW Tractor during Major Agricultural Operations, 2022.10.04.]

Agriculture 2022, 12, 1609 14 of 15

Funding: This research was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, and Forestry (IPET) through the Advanced Agricultural Machinery Industrialization Technology Development Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs (MAFRA) (222009-2) and it was also supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Technology Commercialization Support Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (122033-2).

INSTITUTIONAL REVIEW BOARD STATEMENT: Not applicable.

INFORMED CONSENT STATEMENT: Not applicable.

DATA AVAILABILITY STATEMENT: The data presented in this study are available within the article.

CONFLICTS OF INTEREST: The authors declare no conflict of interest.

References

- Kim, W.S.; Kim, Y.S.; Kim, Y.J. Development of a Prediction Model for Tractor Axle Torque during Tillage Operation. *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 4195. [\[CrossRef\]](#)
- Siddique, M.A.A.; Baek, S.M.; Baek, S.Y.; Kim, W.S.; Kim, Y.S.; Kim, Y.J.; Lee, D.H.; Lee, K.H.; Hwang, J.Y. Simulation of Fuel Consumption Based on Engine Load Level of a 95 kW Partial Power-Shift Transmission Tractor. *Agriculture* **2021**, *11*, 276. [\[CrossRef\]](#)
- Kim, T.I.; Kim, W.S.; Kim, Y.S.; Chung, S.O.; Park, S.U.; Hong, S.J.; Choi, C.H.; Kim, Y.J. Strength Analysis of Mechanical Transmission Using Equivalent Torque of Flow Tillage of an 82 kW Class Tractor. *Korean J. Agric. Sci.* **2019**, *46*, 723-735. [\[CrossRef\]](#)
- Mordor Intelligence. Available online: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/78kw-tractor-market> (accessed on 8 September 2022).
- Global Agricultural Machinery Industry. Available online: <http://economy.boson.com/client/news/view.php?boardName=C0&item=116057079> (accessed on 8 September 2022).
- Siddique, M.A.A.; Kim, W.S.; Kim, Y.S.; Baek, S.Y.; Baek, S.M.; Kim, Y.J.; Park, S.U.; Choi, C.H. Simulation of Design Factors of a Clutch Pack for Power-Shift Transmission for an Agricultural Tractor. *Sensors* **2020**, *20*, 2793. [\[CrossRef\]](#)
- Siddique, M.A.A.; Kim, W.S.; Kim, Y.S.; Kim, T.I.; Choi, C.H.; Lee, H.J.; Chung, S.O.; Kim, Y.J. Effects of Temperature and Viscosity of the Hydraulic Oils on the Proportional Valve for a Rice Transplanter Based on PID Control Algorithm. *Agriculture* **2020**, *10*, 73. [\[CrossRef\]](#)
- Shin, S.Y.; Kang, C.H.; Yu, S.C.; Kim, B.C.; Kim, Y.Y.; Kim, J.O. A Study on the Distribution and Post Management for Agricultural Mechanization; Rural Development Administration (RDA): Jeonju, Korea, 2015.
- Ma, Z.; Wang, S.; Ruiz, C.; Zhang, C.; Liao, H.; Park, E. Reliability Estimation from Two Types of Accelerated Testing Data Considering Measurement Error. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* **2020**, *193*, 106610. [\[CrossRef\]](#)
- Liu, X.; Cui, D.; Wang, L.; Zhang, L. Reliability Evaluation of Hydraulic Pump Based on Performance Degradation. In Proceedings of the 11th International Fluid Power Conference, Aachen, Germany, 18-21 March 2016.
- Lang, S.; Zhu, Y.; Yuan, S. Intelligent Fault Identification of Hydraulic Pump Using Deep Adaptive Normalized CNN and Synchrosqueezed Wavelet Transform. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* **2022**, *224*, 108560. [\[CrossRef\]](#)
- Choi, W.H.; Gao, L.; Pan, J.; Qian, P.; He, Q.C. Design of Accelerated Life Test Plans—Overview and Prospect. *Chin. J. Mech. Eng.* **2018**, *31*, 13. [\[CrossRef\]](#)
- Nelson, W. *Accelerated Testing: Statistical Models, Test Plans, and Data Analysis*; Wiley: New York, NY, USA, 1990.
- William, Q.; Meeker, L.A.E. *Statistical Methods for Reliability Data*; Wiley: New York, NY, USA, 1998.
- Nelson, W.B. A Bibliography of Accelerated Test Plans. *IEEE Trans. Reliab.* **2005**, *54*, 194-197. [\[CrossRef\]](#)
- Thae, Z.; Dhabani, S.; Majdan, R.; Cvitkova, P. Testing Plans for Laboratory Tests of Hydrostatic Pumps. *Res. Agric. Eng.* **2008**, *54*, 183-191. [\[CrossRef\]](#)
- Thae, Z.; Majdan, R.; Dhabani, S.; Jablonický, I.; Abraham, R.; Cvitkova, P. The Accelerated Laboratory Test of Biodegradable Fluid Type "Ertro". *Res. Agric. Eng.* **2010**, *58*, 18-25. [\[CrossRef\]](#)
- Kim, Y.S.; Kim, W.S.; Siddique, M.A.A.; Baek, S.Y.; Baek, S.M.; Chon, S.H.; Lee, S.D.; Lee, K.H.; Hong, D.H.; Park, S.U.; et al. Power Transmission Efficiency Analysis of 82 kW Power Agricultural Tractor According to Tillage Depth during Moldboard Plowing. *Agronomy* **2020**, *10*, 1283. [\[CrossRef\]](#)
- Kim, Y.S.; Siddique, M.A.A.; Kim, W.S.; Kim, Y.J.; Lee, S.D.; Lee, D.K.; Hwang, S.J.; Nam, J.S.; Park, S.U.; Lim, R.G. DEM Simulation for Draft Force Prediction of Moldboard Plow According to the Tillage Depth in Cohesive Soil. *Comput. Electron. Agric.* **2021**, *189*, 106368. [\[CrossRef\]](#)
- Kim, W.S.; Kim, Y.J.; Park, S.U.; Kim, Y.S. Influence of Soil Moisture Content on the Traction Performance of a 78-KW Agricultural Tractor during Plow Tillage. *Soil Tillage Res.* **2021**, *207*, 104851. [\[CrossRef\]](#)

Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences

RESEARCH ARTICLE

트랙터 부착형 다기능 작업기의 비용 및 포장능률 비교를 통한 경제성 분석

김승훈^{1,2}, 장원경¹, 남주석^{1*}

¹강원대학교 스마트농업융합학과 대학원생, ²강원대학교 바이오시스템기계공학전공 대학원생, ³강원대학교 바이오시스템기계학 전공 교수

Economic Analysis Comparing the Working Cost and Field Capacity of a Tractor-mounted Multi-working Machine and Individual Machines

Seungjun Kim^{1,2}, Moonyeong Jang¹, Jusok Nam³

¹Graduate Student, Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea; ²Graduate Student, Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea; ³Professor, Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

*Corresponding author: Jusok.Nam (E-mail: njg1219@kangwon.ac.kr)

ABSTRACT

In this study, an economic analysis of the cost and field capacity was conducted to prove the validity of developing and distributing a tractor-mounted multi-working machine. The cases of using a multi-working machine and individual working machines were compared. The results showed that the total hourly cost of the multi-working machine was 368,805 KRW. Compared with individual working machines, the tractor-mounted multi-working machine can save 53.5% of the total hourly cost. The field capacity for the multi-working machine was 12 area/hour. This is 60.0% higher than that of individual working machines. The cost per 10 ares working area was calculated using the hourly total cost and field capacity. The cost per 10 ares working area for the multi-working machine is 257,337 KRW, meaning that the multi-working machine can save 71.0% of the cost compared with individual working machines. Therefore, it is concluded that the economic validity of the multi-working machine is high.

Keywords: Economic analysis, Field capacity, Multi-working machine, Tractor-mounted

서론

국내 밭 농업은 다양한 용출을 재배함에 따라 경운, 정리, 파종, 피복 등 다양한 작업으로 분류하여 수행된다 (Hwang et al., 2017; Swe et al., 2021). 밭 농업은 각 작업의 목적 및 방법에 따라 다양한 작업기가 필요하며, 하나의 농작업을 마치고 다른 농작업을 수행할 때 작업기의 교체가 필요하다. 국내 밭 농작업에서는 대리원, 수리원 등에서 자

© Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[비SCI : 트랙터 부착형 다기능 작업기의 비용 및 포장능률 비교를 통한 경제성 분석, 2022.07.31]

158 • Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences Vol. 34, No. 2, 2022

다기능 작업기의 경제성은 기존 개별 작업기를 사용하는 것에 비해 비용, 포장능률 모두 우수한 것으로 나타났다. 따라서 다기능 작업기의 개발 및 보급은 국내 밭농업의 생애와 및 비용절감에 큰 효과가 있을 것으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 비용 및 포장능률 분석을 통한 기술개발 다기능 작업기의 경제성을 평가하여 개발 및 보급에 대한 타당성을 검토하고자 하였다. 경제성 분석을 위해 다기능 작업기를 활용한 경우-정지작업, 복토-파종작업을 각각 1 회 수행하는 경우의 유사한 재원을 가지는 개별 작업기를 사용하는 경우, 정리, 파종, 피복의 작업을 각각 수행하는 경우의 시간당 총 비용, 포장능률, 10 a로 소요비용 등을 비교하였다. 시간당 총 비용의 경우 다기능 작업기 및 개별 작업기의 시간당 고정비 및 시간당 유동비를 이용하여 산출하였다. 다기능 작업기의 시간당 총비용은 368,805원으로 개별 작업기 대비 53.5%의 비용을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 포장능률은 10 a의 면적을 작업하는데 소요되는 시간을 이용하여 도출하였으며 다기능 작업기의 포장능률은 12 a/h로 개별 작업기 대비 60.0% 높은 것으로 나타났다. 하루 평균 9시간의 작업을 한다고 가정하였을 때 다기능 작업기는 개별 작업기 대비 약 41 a의 면적을 더 작업할 수 있다. 시간당 총 비용 및 포장능률을 활용하여 10 a로 소요경비를 도출하였다. 다기능 작업기의 10 a로 소요비용은 257,337원으로 개별 작업기 대비 71.0%의 경비를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

따라서, 다기능 작업기는 기존 개별 작업기 대비 소요비용 및 포장능률 모두 우수한 것으로 판단되며, 다기능 작업기의 개발 및 보급은 국내 밭 농업의 발전에 긍정적인 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

사사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림과학기술개발지원의 첨단기술개발사업 지원에 받아 연구되었음(321058-02). 또한, 본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림과학기술개발지원의 농식품기술융합 창의인재양성사업의 지원을 받아 연구되었음(716001-7).

인용문헌(References)

Baidhe, E., Kigori, J., Kambugu, R. K. (2020) Design, Construction and Performance Evaluation for a Maize Weeder Attachable to an Ox-Plough Frame. *J Biosyst Eng* 45:65-70.

Hwang, S. J., Kim, K. D., Kim, J. H., Nam, J. S., Shin, B. S. (2017) Survey of Potato Farmers' Tractor-Implement Usage in Korea. *Proc Conf Korea Soc Agric* 67-67.

KAMCO (Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative) (2022) Agricultural Machinery Supported by Government Loans. KAMCO, Chungnam, Korea.

Kim, B. G., Lee, J. M., Kim, S. O. (2020a) Improvement of the Distribution System for Used Agricultural Machinery. *J Biosyst Eng* 45:318-324.

Kim, B. S., Kim, C. H., Kim, K. W., Heo, J. G. (2018) A Study on the Structural Analysis of Crops Harvester. *J Korean Soc Precis Eng* 47:3-474.

Kim, D. C., Kim, K. U., Kim, S. C. (2010a) Modeling of Fuel Consumption Rate for Agricultural Tractors. *J Biosyst*

Korean Journal Of Agricultural Science

ISSN : 2464-2402
eISSN : 2464-2401

ENGINEERING

Agricultural tractor roll over protective structure (ROPS) test using simplified ROPS model

Ryu-Gap Lim¹, Young-Sun Kang², Dae-Hyun Lee³, Wan-Soo Kim⁴, Jun-Ho Lee⁵, Yong-Joo Kim^{6,7}

¹Department of Digital Agriculture, Korea Agriculture Technology Promotion Agency, Iksan 54667, Korea
²Eco-Friendly Hydrogen Electric Tractor & Agricultural Machinery Institute, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
³Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
⁴Department of Bio Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea
⁵Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: babaria@cnu.ac.kr

Abstract

In this study, the feasibility of alternative tractor Roll Over Protective Structure (ROPS) designed to evaluate conditions required for testing was confirmed. In accordance with Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) code 4, the required load energy of the tractor ROPS was determined. First, the tractor ROPS test was performed and a repeated test was performed using a simplified ROPS as an alternative tractor ROPS. The test procedure is first rearward, second lateral, and last forward based on ROPS. The load test device consists of a load cell that measures force and a LVDT that measures deformation. Precision was confirmed by calculating the relative standard deviation of the simplified ROPS repeated test. Accuracy was analyzed by calculating the mean relative error between the mean measured values in the simplified ROPS test and the tractor ROPS test. As a result, the relative standard deviation was less than 2.5% for force and 3.3% for maximum deformation overall, showed the highest precision in lateral load. The mean relative error for force measured at the lateral load of simplified ROPS was 0.5%, showing the highest accuracy. In the front load test, the mean relative error of maximum deformation was 20.5%, showing the lowest accuracy. The mean relative error (MRE) was high in the forward load test because of structural factors of the ROPS. The simplified ROPS model is expected to save money and time spent preparing tractors.

Key words: accuracy, agricultural tractor, OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) code 4, ROPS (roll over protective structure)

OPEN ACCESS

Citation: Lim RG, Kang YS, Lee DH, Kim WS, Lee JH, Kim YJ. Agricultural tractor roll over protective structure (ROPS) test using simplified ROPS model. Korean Journal of Agricultural Science 69(12): 131-137. <https://doi.org/10.7747/kjpas.2022.0011>

Received: September 02, 2022
Revised: November 06, 2022
Accepted: November 17, 2022

Copyright © 2022 Korean Journal of Agricultural Science

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean Journal of Agricultural Science 69(12) December 2022 131

Agricultural tractor roll over protective structure (ROPS) test using simplified ROPS model

Conclusion

트랙터를 이용한 ROPS 시험은 부하의 위치, 부하량 등 시험 조건에 맞게 설계 수행한 경우 ROPS를 신규로 제작하여 트랙터에 장착하고 모든 절차를 다시 반복하는 과정으로 트랙터의 파손, 준비 등에 많은 비용과 시간이 소요된다. 이에 본 연구에서는 트랙터를 대체하여 ROPS를 장착할 수 있도록 고안된 트랙터 간소화 ROPS 모델에 대한 사용가능성을 확인하였으며, 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 트랙터 ROPS 시험 및 간소화 ROPS 모델 반복시험 간 힘-변형률 값에 따른 그래프 형태를 비교하였을 때 후방, 측방 부하에서는 유사한 형태로 나타났다. 그러나 전방 부하에서는 임정구간 동안 힘이 증가하지 않으며 그래프 개형의 차이가 나타났다.
2. 트랙터 간소화 ROPS 모델을 이용한 반복 시험에서 전방부하의 힘 0.159 kN, 최대변형률 5.2 mm, 후방부하 0.276 kN, 9.4 mm, 측방부하 0.033 kN, 6.1 mm로 표준편차가 나타났으며, 상대표준편차는 전체적으로 힘 2.5%, 최대변형률 3.3% 이하로 나타났다. 측방부하에서 가장 높은 정밀도를 보였다.
3. 트랙터 ROPS 시험 결과 값을 기준으로 간소화 ROPS 모델 3번씩 시험에서 측정된 힘, 최대변형률 값의 정확도를 분석하기 위해 평균상대오차를 계산하였다. 그 결과, 전방부하시험에서 최대변형률의 평균상대오차는 20.5%로 정확도가 낮게 나타났다. 측방 부하에서 측정된 힘 값의 평균상대오차가 0.5%로 가장 높은 정확도를 나타냈다.

상세 트랙터에 장착하여 인공을 목적으로 한 시험과 트랙터를 대체하여 ROPS를 장착할 수 있는 트랙터 간소화 ROPS 모델의 반복시험을 통해 후방, 측방 부하에서 측정된 힘과 최대변형률은 유사하였으나 전방 부하에서 차이가 나타났다. 이는 ROPS가 풀리되는 부분의 연결부 간격으로 인해 시험 초기에 힘이 발생하지 않았으며, 성능시험 전 연결부의 볼트 조임 방법과 조임 토크 등 명확한 기준을 설정 후 구조물을 활용해야 할 것으로 판단된다. 또한, 명확한 기준이 없는 ROPS 연결부의 볼트 체결 강도 등을 변경하여 실험을 수행한다면 후방, 측방 부하에서도 결과는 상이하게 나타날 수 있어 간소화 ROPS 모델을 이용한 볼트 체결 강도를 번수를 늘 추가 실험이 필요할 것으로 사료된다. 그러나 반복시험에서는 높은 수준의 정밀도를 나타냈으며 트랙터를 대체한 간소화 ROPS 모델을 시험에 적용 가능함을 제시하였다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

본 연구는 농림축산식품과학기술기획지원의 첨단생산기술포럼사업(과제번호-321058-2 및 32161-02)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Authors Information

Ryu-Gap Lim, <https://orcid.org/0000-0001-7825-7293>
Young-Sun Kang, <https://orcid.org/0000-0002-0187-4640>
Dae-Hyun Lee, <https://orcid.org/0000-0001-9544-5974>
Wan-Soo Kim, <https://orcid.org/0000-0001-9669-4761>
Jun-Ho Lee, <https://orcid.org/0000-0002-4131-9718>
Yong-Joo Kim, <https://orcid.org/0000-0002-1212-9018>

Korean Journal of Agricultural Science 69(12) December 2022 132

[비]SCI : Agricultural tractor roll over protective structure (ROPS) test using simplified ROPS model 2022.12.01]

□ 국내 및 국제 학술회의 발표 9건

반자동 채소 이식기의 식부장치 소요동력 분석

Analysis of Power Requirement for Transplanting Device of Semi-automatic Vegetable Transplanter

마크눔싱시 스티브¹ 황석준^{1,2} 남주석^{1,2*}
Marknamsingh Ste¹ Seok-Joon Hwang^{1,2} Ju-Seok Nam^{1,2*}

¹강원대학교 바이오시스템기계공학과
²Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Korea
³강원대학교 스마트농업융합학과
⁴Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

초록(Abstract)

The aim of this research was to analyze the power requirement of the transplanting device of vegetable transplanter according to the plant spacing and engine speed. The measurement and data acquisition system were constructed to obtain input torque of transplanting devices and rotational speed of transmission input shaft. There are 2 types of semi-automatic vegetable transplanter, cam-type and 4-bar link-type. For cam type, field tests were conducted at 4 levels of engine speed and 12 levels of indicated plant spacing (0.35-0.9 m). For 4-bar link type, field tests were conducted at 4 levels of engine speed and 10 levels of shifting stage of transplanting (0.25-0.48 m). Torque and rotational speed data were used to calculate the power requirement of the transplanting device. The results show the average of the power requirement of the transplanting device decrease as the plant spacing increased. While the power requirement of the transplanting device in cam type with engine speed of 1100, 1250, 1400, and 1550 rpm were 3.49, 3.76, 4.33, 4.71 kW, respectively; for 4-bar link type with engine speed 750, 1000, 1250, and 1500 rpm were 0.82, 1.05, 1.27, 1.53 kW, respectively.

키워드(Keywords)

Plant Spacing, Power Requirement, Torque, Transplanter

사사(Acknowledgement)

본 결과는 농림축산식품부의 재원으로 농림과학기술기획지원의 첨단생산기술포럼사업 지원에 받아 연구되었음(321058-02). 또한, 본 결과는 농림축산식품부의 재원으로 농림과학기술기획지원의 농식품융합창의인재양성사업의 지원을 받아 연구되었음(716001-7).

*교신처: 남주석(njsj1218@kangwon.ac.kr)

- 131 -

[반자동 채소 이식기의 식부장치 소요 동력 분석, 2021.10.29]

경사도와 장애물의 형상에 따른 다목적 농작업기계 측방전도 및 후방전복 안전성 분석

Safety Analysis for Lateral Overturning and Backward Rollover of Multi-purpose Agricultural Machine according to the Ground Slope and Obstacle Shape

장문경^{1,2} 황석준^{1,2} 김정훈^{1,2} 남주석^{1,2*}
Moon-Kyong Jang^{1,2} Seok-Joon Hwang^{1,2} Jeong-hoon Kim^{1,2} Ju-Seok Nam^{1,2*}

¹강원대학교 바이오시스템기계공학과
²Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Korea
³강원대학교 스마트농업융합학과
⁴Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

초록(Abstract)

국내 지형의 발목을 경사도의 23.6%는 경사도가 8.5° 이상이며 표면이 고르지 못하다. 이는 농작업기계의 측방전도/후방전복의 원인이 되므로 경사도 및 장애물 조건에 따른 주행 안전성 분석이 필요하다. 본 연구에서는 농림에 활용되는 다목적 농작업기계를 대상으로 다양한 경사도 조건에서 장애물 형상에 따른 측방전도/후방전복에 대한 안전성을 분석하였다. 사인파형, 직각삼각형, 직각사다리꼴의 장애물을 배치하고, 장애물의 높이 4수준 및 지면의 경사도 11수준에 따른 다목적 농작업기계의 측방전도/후방전복이 발생하는 임계주행속도를 도출하였다. 시뮬레이션 결과, 지면의 경사도가 30° 미만에서는 후방전복이 발생하였으나 30° 이상에서는 측방전도가 발생하였다. 또한, 지면의 경사도 및 장애물의 높이가 높을수록 임계주행속도가 감소하여 측방전도 및 후방전복에 대한 안전성은 낮아지는 경향을 보였다. 장애물 형상에 따른 주행 안전성 분석에서는 지면의 경사도가 25° 보다 작은 경우에는 직각삼각형 사인파형, 직각사다리꼴 순으로 안전성이 높았다. 경사도가 30° 보다 큰 경우에는 직각삼각형, 직각사다리꼴, 사인파형 순으로 안전성이 높았다. 따라서 장애물 형상과 지면의 경사도는 측방전도/후방전복에 영향을 미치는 주요 변수에도 상호 연관성이 있는 변수임을 알 수 있다.

키워드(Keywords)

경사도, 다목적 농작업기계, 안전성 분석, 장애물

사사(Acknowledgement)

본 결과는 농림축산식품부의 재원으로 농림과학기술기획지원의 첨단생산기술포럼사업 지원에 받아 연구되었음(321058-02). 또한, 본 결과는 농림축산식품부의 재원으로 농림과학기술기획지원의 첨단생산기술포럼사업의 지원을 받아 연구되었음(319041-03).

*교신처: 남주석(njsj1218@kangwon.ac.kr)

- 133 -

[경사도와 장애물의 형상에 따른 다목적 농작업기계 측방전도 및 후방전복 안전성 분석, 2021.10.29]

(사)한국농업기계학회/2021년 추계공동학술회

67 kW급 농업용 트랙터의 엔진 평균출력 비율 분석
Analysis of Engine Average Power Ratio of the 67 kW-class Agricultural Tractor

백승윤¹ 김용준^{1,2*} 강영선¹
 Seung-Yun Baik¹ Yong-Joon Kim^{1,2*} Young-Sun Kang¹

¹충남대학교 스마트농업시스템학과
²Department of Smart Agricultural Systems, Chungnam National University, Daejeon, Korea
³충남대학교 바이오시스템기계공학과
⁴Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea
⁵충남대학교 농업과학연구소
⁶Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Daejeon, Korea

초록(Abstract)
 With the continuous rise in fuel consumption for operating agricultural machinery, emission regulations are being strengthened. One of the most important factors for establishing emission standards is the average power ratio (APR). Currently, in the field of non-road vehicle, the APR was applied as 0.48 based on standards of ISO 8178-4. However, current APR was inaccurate because it was calculated based on diesel engine test mode. Therefore, it is required to analyze the tractor APR based on actual load data during operations. The purpose of this study is to propose reliable APR for tractors according to various conditions. In this study, a 67 kW class agricultural tractor was used. Data of torque and rotational speed of engine were collected using control area network (CAN) communication and data acquisition. The APR was analyzed by comparing the actual output power to the rated power of engine, and usage weight was selected through farmer surveys. The APR and usage weight were 0.79 and 35.1%, 0.87 and 39.8%, 0.32 and 25.1% in plow tillage, rotary tillage and driving operation, respectively. Considering the usage weight for each operation, the total APR was 0.70, and it is 1.45 times higher than the current APR (0.48). In the future study, research on optimization of the tractor APR should be conducted.

키워드(Keywords)
 Agricultural Tractor, Agricultural Operation, Average Power Ratio, Power Measurement System

사사(Acknowledgement)
 This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry(IPEF) through Advanced Production Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(S21058-02)

*교신저자: 김용준(yubin@ceu.ac.kr)

- 136 -

[67 kW급 농업용 트랙터의 엔진 평균출력 비율 분석, 2021.10.29]

(사)한국농업기계학회/2022년 춘계학술회

4절 링크식 반자동 채소 정식기의 안전성 분석
Safety Analysis for Transplanting Device of the 4-bar Link Type of Semi-automatic Vegetable Transplanter

마르쿰닝시 스티¹ 황익준^{1,2} 남주석^{1,2*}
 Markumnginsih Si¹ Soek-Joon Hwang^{1,2} Ju-Sook Nam^{1,2*}

¹경원대학교 바이오시스템기계공학과
²Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Korea
³경원대학교 스마트농업융합학과
⁴Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

초록(Abstract)
 The goal of this research was to analyze static safety factor and fatigue life of transplanting device of the 4-bar link type semi-automatic vegetable transplanter. A strain-based load measurement and data acquisition system was constructed using 15 strain gauges attached on transplanting devices. Field tests were conducted at 4 levels of engine speed (750, 1050, 1250, and 1500 rpm) and 10 levels of planting distance (0.29, 0.47 m). The stress data was converted from the time domain to the frequency domain using the rain-flow counting method and Goodman's Equation. The results show that the static safety factor value was more than 1.0 for all locations and all working conditions which means the design was statically safe. The minimum fatigue life was 49,153 hours at link AIS_14, under the engine speed 750 rpm and planting distance of 0.35 m. By considering 25.5 hours of annual usage time in Korea, it can be concluded that the transplanting device is designed to be safe in its working environments.

키워드(Keywords)
 Fatigue Life, Rain-Flow Counting, Static Safety Factor, Transplanting Device, Vegetable Transplanter

사사(Acknowledgement)
 This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry(IPEF) through Advanced Agricultural Machinery Industrialization Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(S21058-02)

*교신저자: 남주석(mjsg1218@kangwon.ac.kr)

113

[4절 링크식 반자동 채소 정식기의 안전성 분석, 2022.04.29]

(사)한국농업기계학회/2022년 춘계학술회

3D 프린트 축소모형을 활용한 트랙터 정적 횡전도각 결정
Determination of Static Falling Down Sidelong Angle of Tractor Using a 3D Printed Miniature Model

장문경^{1,2} 황석준^{1,2} 김정훈^{1,2} 남주석^{1,2*}
 Moon-Kyeong Jang^{1,2} Soek-Joon Hwang^{1,2} Jeong-hoon Kim^{1,2} Ju-Sook Nam^{1,2*}

¹경원대학교 바이오시스템기계공학과
²Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Korea
³경원대학교 스마트농업융합학과
⁴Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

초록(Abstract)
 국내에서 생산되는 트랙터의 측정도 안전성 평가는 주로 공인시험을 통해 이루어지고 있으며 실제 사이즈의 트랙터를 사용하여 시간과 비용이 많이 소요되는 단점이 있다. 본 연구에서는 3D 프린터를 통해 출력된 트랙터 축소모형을 이용하여 실험실 스케일의 시험을 통해 정적 횡전도각을 도출하였다. 문헌조사를 통해 트랙터의 측정도 안전성 관련, 원본 트랙터와 정적 횡전도각이 동일하게 되는 축소모형 제작방안을 도출하였다. 상용 트랙터의 사이즈 및 재질 정보를 활용하여 3D 프린터를 통해 1/20 크기의 축소모형을 제작하였으며 잔류 차축 무게배분비를 통해 제작된 축소모형의 타당성을 검증하였다. 또한 축소모형의 정적 횡전도각을 도출하기 위한 실험실 스케일의 소형 시험 플랫폼을 구성하였다. 축소모형을 시험 플랫폼에 올려놓고 지면의 경사각을 시차 측정기로서 정사면 위쪽 전류 및 후류가 모두 지면에서 떨어지는 순간의 경사각을 측정하여 정적 횡전도각을 도출하였다. 시험결과, 축소모형의 전류 및 후류가 모두 지면에서 떨어져 정적 횡전도각이 발생하는 경사각은 원본 트랙터의 공인인증시험 정적 횡전도각과 비교하여 2.18%의 오차수준을 보였다. 따라서, 본 연구에서 적용된 방법을 활용하면 축소모형을 통해 빠르고 간편하게 트랙터의 정적 횡전도각 도출이 가능할 것으로 판단된다. 향후 다양한 농작업기계에 적용함으로써 본 연구의 타당성을 깊게 검증하는 연구가 필요하다.

키워드(Keywords)
 3D 프린터, 정적 횡전도각, 측정도, 축소모형, 트랙터

사사(Acknowledgement)
 본 결과는 농업혁신지원사업의 지원으로, 농림식품기술기획평가원의 첨단농기계산업화기술개발사업 지원에 의한 연구의역(2021058-02) 또한, 본 결과는 농업혁신지원사업의 지원으로 농림식품기술기획평가원의 농식품기술융합차세대인재양성 사업의 지원을 받아 연구되었음(S20001-4).

*교신저자: 남주석(mjsg1218@kangwon.ac.kr)

147

[3D 프린트 축소모형을 활용한 트랙터 정적 횡전도각 결정, 2022.04.29]

(사)한국농업기계학회/2022년 추계공동학술회

쟁기 경운 작업 부하 분석을 통한 3점 hitch 동역학 시뮬레이션 모델 개발
Development of 3-point hitch Dynamics Simulation Model using Plow tillage Workload Analysis

손모아¹, 백승윤¹, 백승민¹, 권현호¹, 이윤표¹, 강영선¹, 김용준^{1,2*}
 Mo-A Son¹, Seung-Yun Baik¹, Seung-Min Baek¹, Hyun-Ho Kwon¹, Ahn-Ho Lee¹, Young-Joon Kim^{1,2*}

¹충남대학교 바이오시스템기계공학과
²Department of Biosystems Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea
³충남대학교 스마트농업시스템학과
⁴Department of Smart Agricultural Systems, Chungnam National University, Daejeon, Korea
⁵충남대학교 친환경 수소-전기 농기계 연구소
⁶Eco-friendly Hydrogen Electric Tractor & Agricultural Machinery Institute, Chungnam National University, Daejeon, Korea

초록(Abstract)
 The tractor performs agricultural operations in an uneven environment by attaching the implement to a 3-point hitch. Therefore, continuous load is generated on the 3-point hitches connected to the attachments and the tractor, result in fatigue and plastic failure. In this study, a dynamic simulation model was developed to predict the load occurring on the eyebolt of the 3-point hitch, which is the main damaged component. The development of the dynamics model was performed using the specifications of the 78 kW class tractor. Traction load of the 3-point hitch was measured by plow tillage operation, the average traction loads on the left and right sides of the lower link, and top link were approximately 8,099.97, 4,943.05, and 636.11 N, respectively. The simulation and measured average load of the left eyebolt were about 610.30 and 597.15 N, respectively. In the case of the right eyebolt, the simulation and measured average load of about 1,179.78, and 1,145.06 N, respectively. The simulation and measured load the error was similar accounting for about 2% on the left eyebolt and 3% on the right eyebolt. We plan to conduct damage analysis and reliability study in various agricultural operations.

키워드(Keywords)
 Agricultural tractor, 3-point hitch, Plow tillage, Simulation, Load

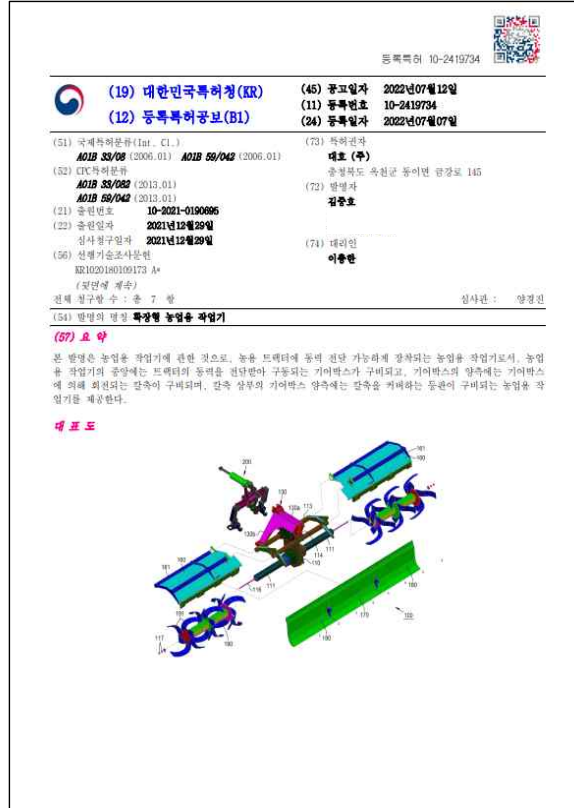
사사(Acknowledgement)
 This research was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, and Forestry (IPEF) through the Advanced Agricultural Machinery Industrialization Technology Development Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs (MAFRA) (S21058-2).

*교신저자: 김용준(yubin@ceu.ac.kr)

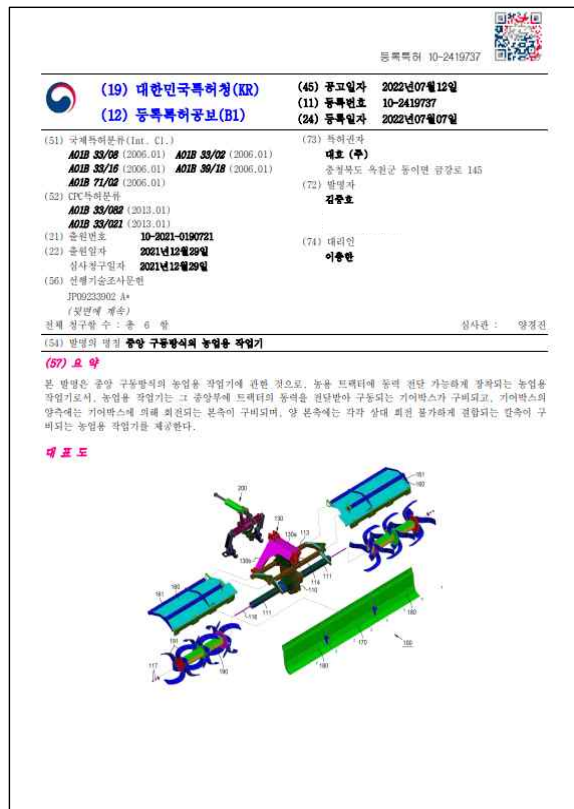
150

[쟁기 경운 작업 부하 분석을 통한 3점 hitch 동역학 시뮬레이션 모델 개발, 2022.11.03]

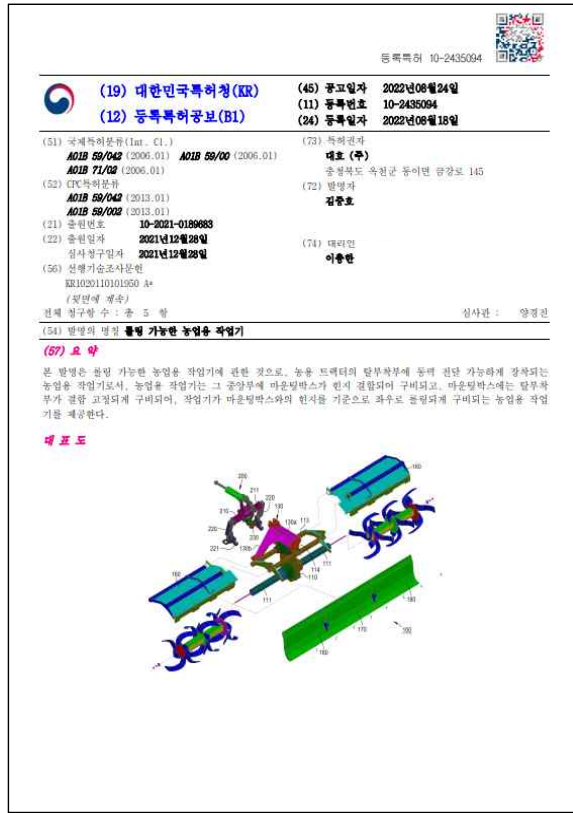
□ 지식재산권 특허 등록 4건, 출원 8건



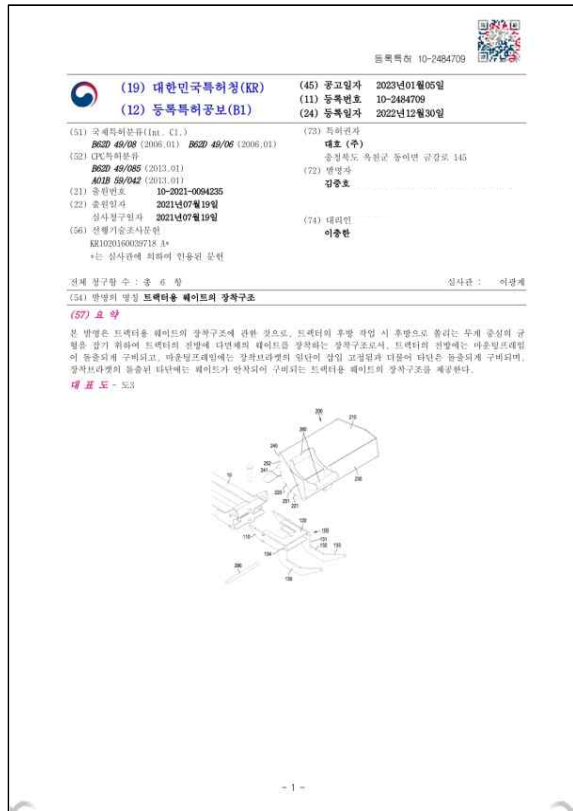
[특허등록 - 확장형 농업용 작업기(10-2419734), 2022.07.07]



[특허등록 - 중앙 구동방식의 농업용 작업기(10-2419737), 2022.07.07]



[특허등록 - 롤링 가능한 농업용 작업기(10-2435094), 2022.08.18]



[특허등록 - 트랙터용 웨이트 장착구조(10-2484709), 2022.12.30]

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2021.07.19
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2021-0094235 (접수번호 1-1-2021-0830614-21)
(DAS접근코드EDC)
출원인명칭 대호(주)
대리인성명 이종한
발명자성명 김중호
발명의명칭 트랙터용 웨이트의 장착구조

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허포털페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
* 납부자번호: 0131(과코드)+ 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(검정), 청정신고서)를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차(제도에 관한 사항)는 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.
☎ 심사제도 안내: <http://www.kipo.go.kr> 지식재산제도

2021-07-19

【과제고유번호】 1545023115
【과제번호】 321058021S8010
【부처명】 농림축산식품부
【연구사업명】 첨단농기계산업화기술개발사업
【연구과제명】 경운·복토·피중 작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발
【기여율】 1/1
【과제수행기관명】 대호(주)
【연구기간】 2021.04.01 ~ 2022.12.31
【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 이종한 (서명 또는 인)

【수수료】
【출원료】 0 면 46,000 원
【가산출원료】 24 면 0 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 6 항 407,000 원
【합계】 453,000 원
【관련사유】 중기업(70%관련)[1]
【관련후 수수료】 135,900 원

26-2

[특허출원 - 트랙터용 웨이트의 장착구조(10-2021-0094235), 2021.07.19]

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2021.12.28
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2021-0189683 (접수번호 1-1-2021-1515104-26)
(DAS접근코드6A7F)
출원인명칭 대호(주)
대리인성명 이종한
발명자성명 김중호
발명의명칭 롤링 가능한 농업용 작업기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허포털페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
* 납부자번호: 0131(과코드)+ 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(검정), 청정신고서)를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차(제도에 관한 사항)는 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.
☎ 심사제도 안내: <http://www.kipo.go.kr> 지식재산제도

2021-12-28

【과제고유번호】 1545023115
【과제번호】 321058021S8010
【부처명】 농림축산식품부
【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
【연구사업명】 첨단농기계산업화기술개발(R&D)
【연구과제명】 경운·복토·피중 작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발
【기여율】 1/1
【과제수행기관명】 대호(주)
【연구기간】 2021.04.01 ~ 2021.12.31
【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 이종한 (서명 또는 인)

【수수료】
【출원료】 0 면 46,000 원
【가산출원료】 27 면 0 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 5 항 363,000 원
【합계】 409,000 원
【관련사유】 중기업(70%관련)[1]
【관련후 수수료】 122,700 원

30-2

[특허출원 - 롤링 가능한 농업용 작업기(10-2021-0189683), 2021.12.28]

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2021.12.29
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2021-0190721 (접수번호 1-1-2021-1520502-13)
(DAS접근코드FC6)
출원인명칭 대호(주)
대리인성명 이종한9
발명자성명 김중호
발명의명칭 중앙 구동방식의 농업용 작업기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허포털사이트(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통행된 납입명수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하며 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
3. 납부자번호: 0131(기안코드) - 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서)를 제출하여야 하며 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나, 특허고객상담센터☎ 1544-8080에 문의하여 주시기 바랍니다.
☎ 신청제도 안내: <http://www.kipgo.go.kr> 지식재산제도

2021-12-28

【과제 고유번호】 1545023115
【과제번호】 321058021S8010
【부처명】 농림축산식품부
【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
【연구사업명】 첨단농기계산업회기술개발(R&D)
【연구과제명】 경운·복도·파종 작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발
【기여율】 1/1
【과제수행기관명】 대호(주)
【연구기간】 2021.04.01 - 2021.12.31
【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.
대리인 이종한 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0 면	46,000 원
【가산출원료】	33 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	7 횡	451,000 원
【합계】		497,000 원
【감면사유】	중기업(70%감면)[1]	
【감면후 수수료】	149,100 원	

37-2

[특허출원 - 중앙 구동방식의 농업용 작업기(10-2021-0190721), 2021.12.29]

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2021.12.29
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2021-0190695 (접수번호 1-1-2021-1520409-64)
(DAS접근코드7077)
출원인명칭 대호(주)
대리인성명 이종한9
발명자성명 김중호
발명의명칭 확장형 농업용 작업기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허포털사이트(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통행된 납입명수증에 성명, 납부자번호, 등을 기재하며 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
3. 납부자번호: 0131(기안코드) - 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서)를 제출하여야 하며 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나, 특허고객상담센터☎ 1544-8080에 문의하여 주시기 바랍니다.
☎ 신청제도 안내: <http://www.kipgo.go.kr> 지식재산제도

2021-12-28

【과제 고유번호】 1545023115
【과제번호】 321058021S8010
【부처명】 농림축산식품부
【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
【연구사업명】 첨단농기계산업회기술개발(R&D)
【연구과제명】 경운·복도·파종 작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발
【기여율】 1/1
【과제수행기관명】 대호(주)
【연구기간】 2021.04.01 - 2021.12.31
【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.
대리인 이종한 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0 면	46,000 원
【가산출원료】	30 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	8 횡	495,000 원
【합계】		541,000 원
【감면사유】	중기업(70%감면)[1]	
【감면후 수수료】	162,300 원	

34-2

[특허출원 - 확장형 농업용 작업기(10-2021-0190695), 2021.12.29]

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2022.03.22
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2022-0035198 (접수번호 1-1-2022-0306292-55)
 (DAS접근코드AD16)
 출원인명칭 대오(주)
 대리인성명 이종한⁹
 발명자성명 김중호
 발명의명칭 차량용 착탈식 크레인

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로
 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가
 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호: 0131(기공도) + 접수번호
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(경청), 정정신고서)를 제출하
 여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 4. 기타 심사 절차(제도에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나, 특허고객상담센터☎ 1544-8080)에
 문의하여 주시기 바랍니다.
 ※ 심사제도 안내: <https://www.kipco.go.kr/지식재산제도>

2022-03-22

【과제고유번호】 1545025134
 【과제번호】 32105802258010
 【부처명】 농림축산식품부
 【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
 【연구사업명】 첨단 농기계 산업화 기술개발
 【연구과제명】 경운·복토·피중 작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복
 합작업기 개발
 【기여율】 1/1
 【과제수행기관명】 대오(주)
 【연구기간】 2022.01.01 ~ 2022.12.31
 【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.
 대리인 이종한 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0 면	46,000 원
【가산출원료】	34 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	6 항	407,000 원
【합계】		453,000 원
【감면사유】	중기업(70%감면)[1]	
【감면후 수수료】	135,900 원	

37-2

[특허출원 - 차량용 착탈식 크레인(10-2022-0035198), 2022.03.22]

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2022.04.19
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2022-0047873 (접수번호 1-1-2022-0415605-87)
 (DAS접근코드G0D)
 출원인명칭 대오(주)
 대리인성명 이종한⁹
 발명자성명 김중호
 발명의명칭 보강구조를 갖는 중앙 구동방식의 농업용 작업기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로
 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가
 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호: 0131(기공도) + 접수번호
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(경청), 정정신고서)를 제출하
 여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 4. 기타 심사 절차(제도에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나, 특허고객상담센터☎ 1544-8080)에
 문의하여 주시기 바랍니다.
 ※ 심사제도 안내: <https://www.kipco.go.kr/지식재산제도>

2022-04-19

【과제고유번호】 1545025134
 【과제번호】 32105802258010
 【부처명】 농림축산식품부
 【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
 【연구사업명】 첨단 농기계 산업화 기술개발
 【연구과제명】 경운·복토·피중 작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복
 합작업기 개발
 【기여율】 1/1
 【과제수행기관명】 대오(주)
 【연구기간】 2022.01.01 ~ 2022.12.31
 【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.
 대리인 이종한 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0 면	46,000 원
【가산출원료】	33 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	7 항	451,000 원
【합계】		497,000 원
【감면사유】	중기업(70%감면)[1]	
【감면후 수수료】	149,100 원	

38-2

[특허출원 - 보강구조를 갖는 중앙 구동방식의 농업용 작업기(10-2022-0047873), 2022.04.19]

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2022.12.30
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2022-0190189 (접수번호 1-1-2022-1422853-81)
 (DAS입근코드E987)
 출원인명칭 대호(주)
 대리인성명 이종현E
 발명자성명 김중호
 발명의명칭 접이식 썬레 장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로
 오픈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가
 까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호: 0131(기안코드) - 접수번호
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고지번호 정보변경(경정), 정정신고서)를 제출하
 여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터☎ 1544-8080)에
 문의하여 주시기 바랍니다.
 ※ 심사제도 안내: <https://www.kipo.go.kr/지식재산제도>

2022-12-30

【과제고유번호】 1545025134
 【과제번호】 32105802258010
 【부처명】 농림축산식품부
 【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
 【연구사업명】 첨단농기계산업융합기술개발
 【연구과제명】 경운·복토·피중 작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복
 합작업기 개발
 【기여율】 1/1
 【과제수행기관명】 대호(주)
 【연구기간】 2022.01.01 ~ 2022.12.31
 【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.
 대리인 이종현 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0 면	46,000 원
【가산출원료】	35 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	5 항	363,000 원
【합계】		409,000 원
【감면사유】	중기업(70%감면) [1]	
【감면후 수수료】	122,700 원	

98-2

[특허출원 - 접이식 썬레장치(10-2022-0190189), 2022.12.30]

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2022.12.30
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2022-0191136 (접수번호 1-1-2022-1425750-02)
 (DAS입근코드2062)
 출원인명칭 대호(주)
 대리인성명 이종현E
 발명자성명 김중호
 발명의명칭 틸팅 가능한 썬레 장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로
 오픈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가
 까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호: 0131(기안코드) - 접수번호
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고지번호 정보변경(경정), 정정신고서)를 제출하
 여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터☎ 1544-8080)에
 문의하여 주시기 바랍니다.
 ※ 심사제도 안내: <https://www.kipo.go.kr/지식재산제도>

2022-12-30

【과제번호】 32105802258010
 【부처명】 농림축산식품부
 【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
 【연구사업명】 첨단농기계산업융합기술개발
 【연구과제명】 경운·복토·피중 작업이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복
 합작업기 개발
 【기여율】 1/1
 【과제수행기관명】 대호(주)
 【연구기간】 2022.01.01 ~ 2022.12.31
 【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.
 대리인 이종현 (서명 또는 인)

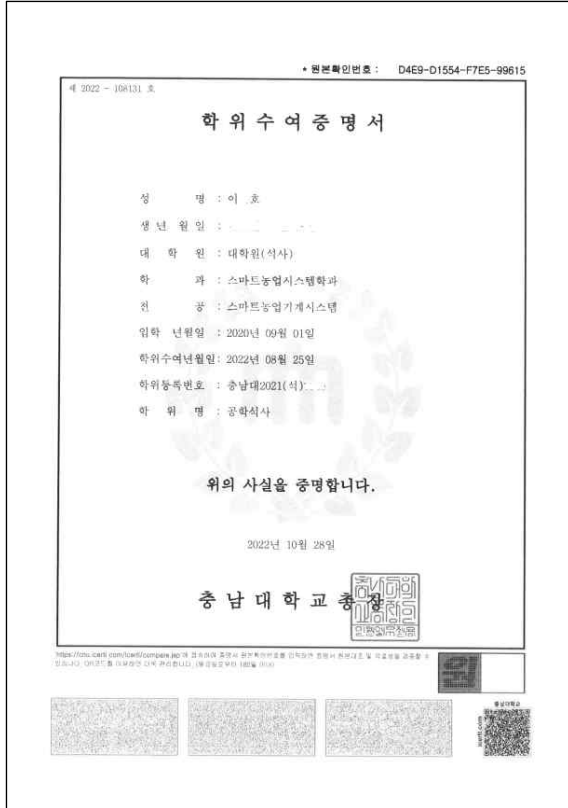
【수수료】

【출원료】	0 면	46,000 원
【가산출원료】	19 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	0 항	0 원
【합계】		46,000 원
【감면사유】	중기업(70%감면) [1]	
【감면후 수수료】	13,800 원	

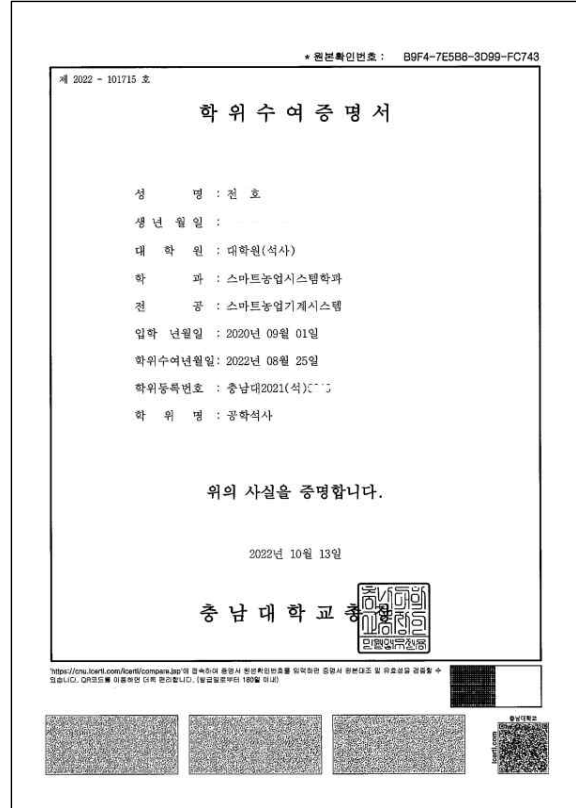
20-2

[특허출원 - 틸팅 가능한 썬레 장치(10-2022-0191136), 2022.12.30]

□ 인력양성 2건



[인력양성 1]



[인력양성 2]

□ 교육실시 1건, 제품화 1건



[복합작업기 실증을 위한 계측 시스템 구성 및 필드 테스트 교육, 2022.10.28]



[제품실시 확인서, 복합작업기(T-800)]

□ 기술실시 1건

실시기업 의견서			
실시기업	대표(주)	대표자	김중호
사업자등록번호	410-81-49626	국가연구자번호	
기업유형	<input type="checkbox"/> 대기업 <input checked="" type="checkbox"/> 중소기업 <input type="checkbox"/> 기타()	업태	제조업
		종목	농업농기계
창립일시	1999.03.17	조직 및 인원	43명
사업장주소	충북 옥천군 동이면 금강로 145	담당자	이천
		연락처/팩스	
자본금	1,150백만원	연간매출액	9,761백만원
주생산제품	써레, 복토기, 베토기, 피종기 등 농업농기계		
이전희망기술	트랙터 부착형 다기능 복합작업기		
기술료 감면사유			
이전기술 활용계획	이전 기술인 트랙터 부착형 다기능 복합작업기의 설계 및 제작, 관련 특허를 활용하여 제품을 생산하고, 판매를 진행함으로써 농업농기계 시장에서의 경쟁력 강화와 매출향상 추진.		
<p>귀 기관에서 수행한 과제의 기술에 대해 기술이전을 받고자 상기와 같이 의견서를 제출합니다.</p> <p>첨부 1. 사업자등록증 사본 1부 2. 중소기업임을 증명할 수 있는 서류 1부. 문.</p> <p style="text-align: right;">2022년 12월 01일</p> <p style="text-align: center;">실시기업의 대표자 : 대표(주) 김중호 (직인)</p> <p>주관연구개발기관장 귀하</p>			

[기술실시보고서]

기술실시보고서			
(단위 : 원)			
사업명	첨단농기계산업융합기술개발사업	연구과제번호	321058-2
연구과제명	경북-북도-파주지역이 가능한 트랙터 부착형 다기능 복합작업기 개발	연구기관명	대표(주)
연구협약일	2021.04.01	연구기간	2021.04.01-2022.12.31(21개월)
연구개발비	정부 출연금	기업 부담금	기타 ()
	896,000,000원	221,000,000원	계
계원(활동)명	트랙터 부착형 다기능 복합작업기	개발(개발)일	2023.01.01 - 2042.12.31
개발(개발)일	2023.01.01	실시(활용)기간	2023.01.01 - 2042.12.31
소재관 종류	특허	실시관 유형	직접실시
기술실시계약 및 성취활동 현황	명칭	확장형 농업용 작업기	
	번호	10-2419734	일시
	기관명	대표(주)	중소기업
실시(활용)기관	주소	충북 옥천군 동이면 금강로 145	대표자
	사업자번호	410-81-49626	전화번호
	부사(담당자)		e-mail
기술요산상내역	정책기술료	경상기술료	기타 조건
	장수(납부)예정일	장수(납부)금액	
기술료	매출에 따른 기술료	장수(납부)처치일	결산일
	계	장수(납부)종료일	장수율
			매출액의 (%)
기타특기사항	<p>국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제22조 제2항에 따라 위와 같이 기술실시계약이 체결되었음을 보고합니다.</p> <p>붙임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시). 2. 지적재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증빙자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부 (타기관으로 기술이전시). 3. 연구개발과제협약서 사본 1부(직접실시시).</p> <p style="text-align: right;">2022년 12월 01일</p> <p style="text-align: center;">주관연구기관 대표(주)의 대표 김중호 (직인)</p> <p style="text-align: center;">농림식품기술기획평가원장 귀하</p>		

[실시기업 의견서]

□ 고용창출 16건

순번	고용인력	고용기관명	고용창출일	고용형태	비고
1	황*섭	대표(주)	2021.01.04	정규직	
2	지*환	대표(주)	2021.01.04	정규직	
3	정*현	대표(주)	2021.01.06	정규직	
4	박*권	대표(주)	2021.01.07	정규직	
5	민*기	대표(주)	2021.03.05	정규직	
6	박*영	대표(주)	2021.05.11	정규직	
7	샤*	대표(주)	2021.05.13	정규직	
8	김*형	대표(주)	2021.09.08	정규직	
9	방*규	대표(주)	2021.10.27	정규직	
10	김*한	대표(주)	2021.10.27	정규직	
11	서*덕	대표(주)	2021.12.02	정규직	
12	정*선	대표(주)	2021.12.08	정규직	
13	윤*주	대표(주)	2022.02.03	정규직	
14	정*영	대표(주)	2022.02.16	정규직	
15	박*용	대표(주)	2022.03.07	정규직	
16	차*두	대표(주)	2022.08.18	정규직	

□ 홍보전시 19건



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2021.04.14)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2021.04.22)]



[지방일간지 - 한국공보뉴스 (2021.08.19)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2021.10.28)]



[지방전문지 - 충청비즈 (2021.11.01)]



[Internet/PC통신 - 더농부의 팜스토리 (2021.09.09)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2021.03.14)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2022.03.22)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2022.03.28)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2022.05.11)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2022.05.27)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2022.06.09)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2022.06.15)]



[Internet/PC통신 - 유튜브 (2022.10.24)]

CHANNEL 채널A 특별기획방명 "K-사이언스 백역짜리 발명 일지" 방송 일시: 2022.10.29 00:11:27

[중양TV방송 - 채널A (2022.10.29)]

충남신문
농기계도 무인화 추세...업계, 기기 첨단화 집중

2일 "2022 대한민국 국제 농기계자재 박람회" 개최

2일 오후 "2022 대한민국 국제 농기계자재 박람회"가 열린 대구 엑스코(EXCO) 야외 전시장. 엑스코 서관 서면에 자리한 야외 전시장 출입구 앞에서 트랙터 2대가 방문객을 맞이했다. (주)대동기 선봉단 TR135A 모델, 이른바 "로보트"이다. 용량은 5.5톤(상승)으로 130마력(PS)을 자랑한다.

이 트랙터는 이윤자가 직접 합성하지 않고 레모컨으로 포괄적인 작업이 가능하다. 별칭처럼 농업의 무인화를 목적으로 개발한 모델이다. 지난 2015년 처음 개발해 업그레이드를 거듭했다.

야외 전시장에서 만난 김중호 대표(왼쪽)는 로보트머신 무선제어 부착된 장치를 보여 트랙터가 제자리에서 스스로 회전하는 모습을 가짜에게 보여줬다.

김 대표는 "로보트 산업은 국내에서 국가적으로 후회하는 산업이고 농업과 공업, 건설업 등 다양한 분야에 활용할 수 있다"라며 "사람이 통제체제로 일종에 일기 위해 로보트가 대신 작업을 할 수 있도록 만든 것"이라고 설명했다.

국내 농기계 업계는 농기계의 첨단화에 집중하고 있다. (주)대동과 LS엔트론(주), (주)TYM 등 주요 기업은 이번 박람회에서 각각 개발한 자율주행 트랙터를 선보였다.

대동의 경우 ▷스마트 농기계 ▷스마트 합 ▷스마트 로팔러티 3개 분야 15개 품종 전시장에 내놨다. 대동의 HX1400은 직간 자율주행이 가능한 트랙터로, 무인화 1~4단계에서 1단계에 해당한다. 용량은 4.9톤, 출력은 142마력(HP)이다.

[중앙일간지 - 매일신문 (2022.11.02)]

국제농업박람회 2021년 국제농업박람회 참가
일시: 2021.10.21~10.31(11일간) / 장소: 천리남도 나주시 전남농업기술원 앞광장

[2021 국제농업박람회 (2021.10.21~10.31, 10일간, 전남 나주시)]

▶ 국제농업박람회 농기계 시연

2022 과산 세계 유기능 산업엑스포
일시: 2022.9.30~10.16(17일간)
장소: 충청북도 괴산군 유기능엑스포 광장광장

[2022 과산 세계 유기능 산업엑스포 (2022.09.30~10.16, 17일간), 충북 괴산시]



2022 대한민국국제농기계자재박람회

일시 : 2022.11.02~11.04(일간)
장소 : 대구광역시 EXCO
주최 / 주관 : 농림축산식품부 / 한국농기계공업협동조합, 대구광역시, 농민신문사

대한민국국제농기계자재박람회



[2022 대한민국국제농기계자재박람회 (2022.11.02.~05, 4일간), 대구광역시 EXCO]

별첨3. 시험성적서

□ 시험성적서(시험번호 22-KOATMP-442 1/3)

제 M-22-01203호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : (주)대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-442

4. 시험성적 : 붙임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



시험성적

1. 기종명: 복합작업기
2. 시험번호: 22-KOATMP-442
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 중앙구동식
5. 규격: 경폭 320 cm
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

· 길이	940 mm
· 폭	3 267 mm
· 높이	1 154 mm
· 중량	825 kg

6.1.2 동력전달장치

· 동력전달방식	농업용트랙터 PTO
----------	------------

6.1.3 경운장치

· 로터리 회전수	117 r/min (PTO 540 r/min에서)
· 로터리축 길이	3 200 mm
· 로터리축 외경	Ø660 mm
· 경운날 형상	S자날형
· 경운날 개수	36 개

6.1.4 경심조절장치

· 조절방식	스키드식
· 조절범위	900 mm

6.1.5 부착동력계

· 기종명	농업용트랙터
· 형식명	RT135A
· 제조사	로보드림(주)

22-KOATMP-442

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 중앙구동식 복합작업기로서 경폭은 320 cm 임

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

선임연구원
유재철

유재철

KOAT

제 M-22-01204호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : (주)대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-443

4. 시험성적 : 불임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



22-KOATMP-443

시험성적

1. 기종명: 복합작업기
2. 시험번호: 22-KOATMP-443
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 중앙구동식
5. 규격: 경폭 320 cm
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

· 길이	940 mm
· 폭	3 267 mm
· 높이	1 154 mm
· 중량	825 kg

6.1.2 동력전달장치

· 동력전달방식	농업용트랙터 PTO
----------	------------

6.1.3 경운장치

· 로터리 회전수	117 r/min (PTO 540 r/min에서)
· 로터리축 길이	3 200 mm
· 로터리축 외경	Ø660 mm
· 경운날 형상	S자날형
· 경운날 개수	36 개

6.1.4 경심조절장치

· 조절방식	스키드식
· 조절범위	900 mm

6.1.5 부착동력계

· 기종명	농업용트랙터
· 형식명	RT135A
· 제조사	로보드림(주)

6.2. 성능시험

시험조건

· 포장면적	20 m(1구간)
· 작업속도	0.6 m/s
· PTO 축 회전속도	540 r/min

시험성적

· 작업폭 간격 조절범위	(0 ~ 150) m
---------------	-------------

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 중앙구동식 복합작업기로서 경폭은 320 cm 이고 작업폭 간격 조절범위는 (0 ~ 150) m 임

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제 5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

선임연구원
유재철

유재철

제 M-22-01205호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : ㈜대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-444

4. 시험성적 : 불임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



시험성적

1. 기종명: 복합작업기
2. 시험번호: 22-KOATMP-444
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 중앙구동식
5. 규격: 경폭 320 cm
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

· 길이	940 mm
· 폭	3 267 mm
· 높이	1 154 mm
· 중량	825 kg

6.1.2 동력전달장치

· 동력전달방식	농업용트랙터 PTO
----------	------------

6.1.3 경운장치

· 로터리 회전수	117 r/min (PTO 540 r/min에서)
· 로터리축 길이	3 200 mm
· 로터리축 외경	Ø660 mm
· 경운날 형상	S자날형
· 경운날 개수	36 개

6.1.4 경심조절장치

· 조절방식	스키드식
· 조절범위	900 mm

6.1.5 부착동력계

· 기종명	농업용트랙터
· 형식명	RT135A
· 제조사	로보드림(주)

22-KOATMP-444

6.2. 성능시험

시험조건

· 포장면적	20 m(1구간)
· 작업속도	0.6 m/s
· PTO 축 회전속도	540 r/min

시험성적

· 최대 작업폭	3 200 mm
----------	----------

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 중앙구동식 복합작업기로서 경폭은 320 cm 최대 작업폭은 3 200 mm 임

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

선임연구원
유재철

유재철

제 M-22-01206호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : (주)대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-445

4. 시험성적 : 불임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



시험성적

1. 기종명: 복합작업기
2. 시험번호: 22-KOATMP-445
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 중앙구동식
5. 규격: 경폭 320 cm
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

· 길이	940 mm
· 폭	3 267 mm
· 높이	1 154 mm
· 중량	825 kg

6.1.2 동력전달장치

· 동력전달방식	농업용트랙터 PTO
----------	------------

6.1.3 경운장치

· 로터리 회전수	117 r/min (PTO 540 r/min에서)
· 로터리축 길이	3 200 mm
· 로터리축 외경	Ø660 mm
· 경운날 형상	S자날형
· 경운날 개수	36 개

6.1.4 경심조절장치

· 조절방식	스키드식
· 조절범위	900 mm

6.1.5 부착동력계

· 기종명	농업용트랙터
· 형식명	RT135A
· 제조사	로보드림(주)

22-KOATMP-445

6.2. 성능시험

시험조건

· 포장면적	20 m(1구간)
· 작업속도	0.6 m/s
· PTO 축 회전속도	540 r/min

시험성적

· 중앙 미경지 폭	85 mm
------------	-------

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 중앙구동식 복합작업기로서 경폭은 320 cm 이고 중앙 미경지 폭 85 mm 임

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

선임연구원
유재철

유재철

제 M-22-01207호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : (주)대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-446

4. 시험성적 : 불임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



시험성적

1. 기종명: 복합작업기
2. 시험번호: 22-KOATMP-446
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 중앙구동식
5. 규격: 경폭 320 cm
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

- 길이 940 mm
- 폭 3 267 mm
- 높이 1 154 mm
- 중량 825 kg

6.1.2 동력전달장치

- 동력전달방식 농업용트랙터 PTO

6.1.3 경운장치

- 로터리 회전수 117 r/min (PTO 540 r/min에서)
- 로터리축 길이 3 200 mm
- 로터리축 외경 Ø660 mm
- 경운날 형상 S자날형
- 경운날 개수 36 개

6.1.4 정심조절장치

- 조절방식 스키드식
- 조절범위 900 mm

6.1.5 부착동력계

- 기종명 농업용트랙터
- 형식명 RT135A
- 제조사 로보드림㈜

22-KOATMP-446

6.2. 성능시험

시험조건

- 복합작업기 지면에서 최대높이 60 cm상에서 측정

시험성적

- 복합작업기의 수평조절각 좌측 8.5°, 우측 8.5°

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 중앙구동식 복합작업기로서 경폭은 320 cm 이고, 수평 조절각은 좌측 8.5°, 우측 8.5° 임

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

신임연구원
유재철

유재철

KOAT

제 M-22-01208호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : (주)대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-447

4. 시험성적 : 불임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



22-KOATMP-447

시험성적

1. 기종명: 복합작업기
2. 시험번호: 22-KOATMP-447
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 중앙구동식
5. 규격: 경폭 320 cm
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

· 길이	940 mm
· 폭	3 267 mm
· 높이	1 154 mm
· 중량	825 kg

6.1.2 동력전달장치

· 동력전달방식	농업용트랙터 PTO
----------	------------

6.1.3 경운장치

· 로터리 회전수	117 r/min (PTO 540 r/min에서)
· 로터리축 길이	3 200 mm
· 로터리축 외경	Ø660 mm
· 경운날 형상	S자날형
· 경운날 개수	36 개

6.1.4 경심조절장치

· 조절방식	스키드식
· 조절범위	900 mm

6.1.5 부착동력계

· 기종명	농업용트랙터
· 형식명	RT135A
· 제조사	로보드림(주)

22-KOATMP-447

6.2. 성능시험

시험조건

- 트랙터에 부착된 상태에서 복합작업기를 최대상승높이로 올림

시험성적

- 복합작업기의 최대상승높이 80 cm

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 중앙구동식 복합작업기로서 경폭은 320 cm 이고, 복합작업기 최대상승높이 80 cm 임

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

선임연구원
유재철

유재철

KOAT

제 M-22-01209호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : (주)대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-448

4. 시험성적 : 불임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



시험성적

1. 기종명: 복합작업기
2. 시험번호: 22-KOATMP-448
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 중앙구동식
5. 규격: 경폭 320 cm
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

· 길이	940 mm
· 폭	3 267 mm
· 높이	1 154 mm
· 중량	825 kg

6.1.2 동력전달장치

· 동력전달방식	농업용트랙터 PTO
----------	------------

6.1.3 경운장치

· 로터리 회전수	117 r/min (PTO 540 r/min에서)
· 로터리축 길이	3 200 mm
· 로터리축 외경	Ø660 mm
· 경운날 형상	S자날형
· 경운날 개수	36 개

6.1.4 경심조절장치

· 조절방식	스키드식
· 조절범위	900 mm

6.1.5 부착동력계

· 기종명	농업용트랙터
· 형식명	RT135A
· 제조사	로보드림(주)

22-KOATMP-448

6.2. 성능시험

시험조건

- 포장면적 20 m(1구간)
- 작업속도 0.6 m/s
- PTO 축 회전속도 540 r/min

시험성적

- 구굴 개수 4 개

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 중앙구동식 복합작업기로서 경폭은 320 cm 구굴 개수는 4 개 임

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

선임연구원
유재철

유재철

제 M-22-01210호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : ㈜대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-449

4. 시험성적 : 불임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



시험성적

1. 기종명: 복합작업기
2. 시험번호: 22-KOATMP-449
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 중앙구동식
5. 규격: 경폭 320 cm
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

- 길이 940 mm
- 폭 3 267 mm
- 높이 1 154 mm
- 중량 825 kg

6.1.2 동력전달장치

- 동력전달방식 농업용트랙터 PTO

6.1.3 경운장치

- 로터리 회전수 117 r/min (PTO 540 r/min에서)
- 로터리축 길이 3 200 mm
- 로터리축 외경 Ø660 mm
- 경운날 형상 S자날형
- 경운날 개수 36 개

6.1.4 경심조절장치

- 조절방식 스키드식
- 조절범위 900 mm

6.1.5 부착동력계

- 기종명 농업용트랙터
- 형식명 RT135A
- 제조사 로보드림㈜

6.2. 성능시험

시험조건

- 트랙터에 부착 가능한 작업기 개수 측정

시험성적

- 부착 가능한 작업기 3종(복합기, 씨레, 파종기)

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 중앙구동식 복합작업기로서 경폭은 320 cm 이고, 트랙터에 부착가능한 작업기는 복합기, 씨레, 파종기 임

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

선임연구원
유재철

유재철

KOAT

제 M-22-01211호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : (주)대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-450

4. 시험성적 : 붙임

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

«GroupStart:Issuance»«Issued»«GroupEnd:Issuance»

한국농업기술진흥원장

«GroupStart:Approval»«SealFilePath»«GroupEnd:Approval»

22-KOATMP-450

시험 성적

1. 기종명: 복합작업기
2. 시험번호: 22-KOATMP-450
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 중앙구동식
5. 규격: 경폭 320 cm
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

- 길이 940 mm
- 폭 3 267 mm
- 높이 1 154 mm
- 중량 825 kg

6.1.2 동력전달장치

- 동력전달방식 농업용트랙터 PTO

6.1.3 경운장치

- 로터리 회전수 117 r/min (PTO 540 r/min에서)
- 로터리축 길이 3 200 mm
- 로터리축 외경 Ø660 mm
- 경운날 형상 S자날형
- 경운날 개수 36 개

6.1.4 경심조절장치

- 조절방식 스키드식
- 조절범위 900 mm

6.1.5 부착동력계

- 기종명 농업용트랙터
- 형식명 RT135A
- 제조사 로보드림㈜

6.2. 성능시험

시험조건

· 지상고	915 mm
시험성적	
· 정적 횡전도각	좌측 30.5 ° 우측 31.0 °

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 중앙구동식 복합작업기로서 경폭은 320 cm이고, 정적 횡전도각 좌측 30.5°, 우측 31.0°임

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

신임연구원
유재철

유재철

제 M-22-01212호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : (주)대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기(파종기)
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-451

4. 시험성적 : 불임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



시험성적

1. 기종명: 복합작업기(파종기)
2. 시험번호: 22-KOATMP-451
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 점파식
5. 규격: 4조(2두둑)
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

- 길이 2 500 mm
- 폭 3 267 mm
- 높이 1 270 mm
- 중량 825 kg

6.1.2 구절장치

- 구절기형식 복원판형
- 구절깊이 조절방식 구절기 높이조절식

6.1.3 종자배출장치

- 동력전달방식 지륜구동식
- 배출방식 경사원판식

6.1.4 파종장치

- 파종방식 점파식
- 파종량 조절방식 종자판교체식(3 개)
- 파종깊이 조절방식 구절기 높이조절식
- 조간거리 조절방식 볼트고정식
- 주간거리 조절방식 스프로킷교체식
- 조간거리 조절범위 (30 ~ 70) cm
- 주간거리 조절범위 (6 ~ 74) cm

22-KOATMP-451

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한
성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

선임연구원
유재철

유재철

KOAT

제 M-22-01213호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : ㈜대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기(파종기)
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-452

4. 시험성적 : 붙임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



제 M-22-01213호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : ㈜대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기(파종기)
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-452

4. 시험성적 : 붙임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



22-KOATMP-452

6.1.5 복토장치

- 형식 단원판식
- 복토두께 조절방식 단원판 높이조절식(2단)

6.1.6 두둑성형장치

- 두둑 개수 2 개

6.1.7 종자함

- 크기(길이×폭×높이) (170×165×255) mm
- 용량 5 L(규격 및 성능설명서에 의함)
- 개수 4 개

6.1.8 부착동력계

- 기종명 농업용트랙터
- 형식명 RT135A
- 제조사 로보드림㈜

6.2. 성능시험(파종률 2)

시험조건

- 포장면적 20 m (1구간)
- 시험구간 1 m (3구간)
- 종자명 콩(대두)
- 두둑의 크기(폭 × 높이) (135×25) cm
- 종자 배출량 조절단수 표준
- 작업속도 0.47 m/s
- 조간 × 주간거리 (70 × 27) cm

시험성적

- 결과율 0 %
- 파종률 100 %

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 점파식 복합작업기(파종기)로서 규격은 4조(2두둑)이고 파종률은 100 % 임

22-KOATMP-452

6.1.5 복토장치

- 형식 단원판식
- 복토두께 조절방식 단원판 높이조절식(2단)

6.1.6 두둑성형장치

- 두둑 개수 2 개

6.1.7 종자함

- 크기(길이×폭×높이) (170×165×255) mm
- 용량 5 L(규격 및 성능설명서에 의함)
- 개수 4 개

6.1.8 부착동력계

- 기종명 농업용트랙터
- 형식명 RT135A
- 제조사 로보드림㈜

6.2. 성능시험(파종률 2)

시험조건

- 포장면적 20 m (1구간)
- 시험구간 1 m (3구간)
- 종자명 콩(대두)
- 두둑의 크기(폭 × 높이) (135×25) cm
- 종자 배출량 조절단수 표준
- 작업속도 0.47 m/s
- 조간 × 주간거리 (70 × 27) cm

시험성적

- 결과율 0 %
- 파종률 100 %

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 점파식 복합작업기(파종기)로서 규격은 4조(2두둑)이고 파종률은 100 % 임

제 M-22-01214호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김중호
- 나. 사업자등록번호 :
- 다. 주소 : 충북 옥천군 동이면 금강로 145
- 라. 상호 : ㈜대호

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 복합작업기(파종기)
- 나. 형식명 : T800
- 다. 형식 및 규격 : 트랙터부착형 중앙구동식, 경폭 320 cm

3. 시험번호 : 22-KOATMP-453

4. 시험성적 : 붙임

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

2022년 11월 15일

한국농업기술진흥원장



시험 성적

1. 기종명: 복합작업기(파종기)
2. 시험번호: 22-KOATMP-453
3. 형식명: T800
4. 형식: 트랙터부착형 점파식
5. 규격: 4조(2두둑)
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

- 길이 2 500 mm
- 폭 3 267 mm
- 높이 1 270 mm
- 중량 825 kg

6.1.2 구절장치

- 구절기형식 복원판형
- 구절깊이 조절방식 구절기 높이조절식

6.1.3 종자배출장치

- 동력전달방식 지륜구동식
- 배출방식 경사원판식

6.1.4 파종장치

- 파종방식 점파식
- 파종량 조절방식 종자판교체식(3 개)
- 파종깊이 조절방식 구절기 높이조절식
- 조간거리 조절방식 불트고정식
- 주간거리 조절방식 스프로킷교체식
- 조간거리 조절범위 (30 ~ 70) cm
- 주간거리 조절범위 (6 ~ 74) cm

22-KOATMP-453

6.1.5 복토장치

- | | |
|-------------|---------------|
| · 형식 | 단원판식 |
| · 복토두께 조절방식 | 단원판 높이조절식(2단) |

6.1.6 두둑성형장치

- | | |
|---------|-----|
| · 두둑 개수 | 2 개 |
|---------|-----|

6.1.7 종자함

- | | |
|---------------|---------------------|
| · 크기(길이×폭×높이) | (170×165×255) mm |
| · 용량 | 5 L(규격 및 성능설명서에 의함) |
| · 개수 | 4 개 |

6.1.8 부착동력계

- | | |
|-------|--------|
| · 기종명 | 농업용트랙터 |
| · 형식명 | RT135A |
| · 제조사 | 로보드림㈜ |

6.2. 성능시험(과중률 3)

시험조건

- | | |
|------------------|--------------|
| · 포장면적 | 20 m (1구간) |
| · 시험구간 | 1 m (3구간) |
| · 종자명 | 콩(대두) |
| · 두둑의 크기(폭 × 높이) | (135×25) cm |
| · 종자 배출량 조절단수 | 표준 |
| · 작업속도 | 0.47 m/s |
| · 조건 × 구간거리 | (70 × 27) cm |

시험성적

- | | |
|-------|-------|
| · 결과율 | 0 % |
| · 과중률 | 100 % |

7. 시험제품 개요

본 기대는 트랙터부착형 점파식 복합작업기(과중기)로서 규격은 4조(2두둑)이고 과중률은 100 % 임

22-KOATMP-453

8. 시험결과

본 시험성적은 「분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5 조제 2 항의 규정에 따라 실시한
성능시험 성적으로 업체가 제시한 시험방법에 따라 실시되었음

책임연구원
김관우

김관우

선임연구원
유재철

유재철

KOAT

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단 농기계 산업화 기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단 농기계 산업화 기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.