

118108-03

무인 공간
구동 확장형
이 배터리
가능한 모노레일
농업용
적재 개발
공 2021

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

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

발간등록번호

11-1543000-003792-01

무인 구동이 가능한 농업용 적재 공간 확장형 배터리 모노레일 개발

2021.12.28

주관연구기관 / 한국모노레일(주)

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “무인 구동이 가능한 농업용 적재 공간 확장형 배터리 모노레일 개발”
(개발기간 : 2018.12.21. ~ 2021.09.20.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021.12.28

주관연구기관명 : 한국모노레일(주) (대표자 황 무 영)



주관연구책임자 : 여 운 범 연구소장

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서

										보안등급		
										일반[O], 보안[]		
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		사업명			첨단생산기술개발		
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)		내역사업명			첨단생산기술개발 (ICT융복합시스템)		
공고번호					총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)							
					연구개발과제번호					118108-3		
기술분류	국가과학기술 표준분류	EA	50%	ED	30%	EH	15%					
	농림식품과학기술분류	RC0199	70%	RC0299	20%	RC0499	10%					
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문	무인 구동이 가능한 농업용 적재 공간 확장형 배터리 모노레일 개발									
		영문	Unmanned & Loading Space Extended Type Battery-Monorail Development for Agriculture									
연구개발과제명		국문	-									
		영문	-									
주관연구개발기관		기관명	한국모노레일(주)			사업자등록번호		224-81-09019				
		주소	(우)26362 강원도 원주시 문막읍 문막공단길 192			법인등록번호		134211-0009830				
연구책임자		성명	여 ○ 범			직위		연구소장				
		연락처	직장전화	02-000-0000			휴대전화		010-0000-0000			
			전자우편	OO@monorail.co.kr			국가연구자번호		OOOOOOOO			
연구개발기간		전체	2018. 12. 21 - 2021. 09. 20(33 개월)									
		단계 (해당 시 작성)	1단계	2018. 12. 21 - 2021. 09. 20(33 개월)								
			n단계	-								
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계		연구개발비 외 지원금	
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		766,500	25650	230850	-	-	-	-	792150	230850	1,023,000	-
1단계	1년차	510500	17050	153450	-	-	-	-	527550	153450	681,000	-
	2년차	128000	4300	38700	-	-	-	-	132300	38700	171,000	-
2단계	3년차	128000	4300	38700	-	-	-	-	132300	38700	171,000	-
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고	
											역할	
											기관유형	
공동연구개발기관												
위탁연구개발기관		자동차 융합기술원	염 ○ 민		선임 연구원		-		OO@jiat.re.kr		책임자 국공립 연구기관	
연구개발기관 외 기관												
연구개발담당자 실무담당자		성명	정 ○ 광			직위		주임				
		연락처	직장전화	02-000-0000			휴대전화		-			
			전자우편	OO@monorail.co.kr			국가연구자번호		OOOOOOOO			

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

2021 년 11 월 19 일

연구책임자: 여 ○ 범

주관연구개발기관의 장: 황 ○ 영 (직인)
위탁연구개발기관의 장: 이 ○ 수 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

사업명		첨단생산기술개발 (2018년도)			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)		첨단생산기술개발			연구개발과제번호		118108-3	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	EA	50 %	ED	30 %	EH	15%	
	농림식품 과학기술분류	RC0199	70 %	RC0299	20 %	RC0499	10%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)								
연구개발과제명		무인 구동이 가능한 농업용 적재 공간 확장형 배터리 모노레일 개발						
전체 연구개발기간		2018. 12. 21 - 2021. 09. 20(33 개월)						
총 연구개발비		총 1,023,000 천원 (정부지원연구개발비:766,500 천원, 기관부담연구개발비 : 256,500 천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)						
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)								
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)								

연구개발 목표 및 내용	최종 목표		무인 구동이 가능한 농업용 적재 공간 확장형 배터리 모노레일 개발				
	전체 내용		<ol style="list-style-type: none"> 1. 경량화 기술개발 2. 적재량 향상 기술 개발 3. 연료 절감 효과 기술 개발 4. 고 경사도 주행 기술 개발 5. ICT 기술 적용 무인 운행 기술 개발 6. 유동적인 적재 공간 활용 기술 개발 				
	1단계 (해당 시 작성)	목표	<ol style="list-style-type: none"> 1. 벤치마킹 모노레일 경사도 구동 능력 평가 2. 벤치마킹 모노레일 중량 평가 3. 벤치마킹 모노레일 주행 시 연료 소모량 평가 4. 개발 배터리 모노레일 컨셉 설계 5. 개발 배터리 모노레일 성능 해석을 위한 해석 기반 구축 6. 벤치마킹 연구를 토대로 한 배터리 모노레일 사양 선정 지원 7. 벤치마킹 연구 결과 및 해석 결과를 토대로 한 개발 배터리 모노레일 부품 사양선정 8. 선정된 경량화 전략을 토대로 한 경량화 배터리 모노레일 설계 9. 배터리 모노레일 시제품 제작 10. 배터리 모노레일 시제품 성능 평가 11. 적재물 부피에 따른 모노레일 적재 공간 최적화 설계 12. 무인 구동이 가능한 농업용 배터리 모노레일 설계 13. 개발된 동역학 해석 최적화 14. 모노레일 구조물 구조 해석 15. 시제품 성능 평가를 기반으로 한 시제품 개선 및 최종 시제품 개발 16. ICT 기술 및 적재 공간 최적화 기술이 접합된 최종 시제품 개선 17. 최종 시제품 성능 평가 18. 배터리 모노레일 설계 지원 프로그램 개발 				

연구개발성과	구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 · 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
	예상성과 (N/Y)	3	3						생명 정보	생물 자원	정보	실물

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 고냉지 농업에 적용할 경우 관련 Rail 설치 및 Monorail 생산 시장 증대 ○ 이동 간편화로 인한 농업 생산량 증대 ○ 농업 공구 이송 및 생산품 이동성 향상으로 인한 농업의 생산성 향상 ○ 무인 이동으로 인한 사고 방지 가능 ○ 적재 공간 확장으로 인한 부피가 큰 농작물(배추, 무 등) 적재량 향상 ○ 엔진 구동 시 발생하는 환경 오염물질 미배출 ○ 축산업, 과수원 내수면어업 등으로의 사업 확장 용이 											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유												
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	3	3										
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	모노레일		배터리		무인		적재 공간 확장형		농업			
영문핵심어 (5개 이내)	Monorail		Battery		Unmanned		Loading Space Extended Type		Agriculture			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요.....	7
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용.....	18
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도.....	108
4. 목표 미달 시 원인분석.....	123
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도.....	124
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획.....	124

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발의 개요

가. 과제 개요

○ 모노레일(Monorail)

- 주행 시 궤도가 하나인 철도로서, 세계 각지에서 관광이나 시내 교통수단으로 사용
- 장단점이 명확하여, 대부분 특수한 목적에 맞게 모노레일을 사용
- 주요 교통수단인 자동차 및 기차에 비해 평균 주행 속도는 낮으나, 공간의 제약 및 경사도의 제약이 적어 농업, 산악, 관광 등에 사용이 용이함

[표] 모노레일의 장단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> • 다른 고가물과 달리 점유면적이 작아 하천과 도로 등의 공간에 설치가 가능. • 중전철보다 공사가 용이하며, 단시간 내에 건설할 수 있고, 토지비가 적게 들어감. • 중전철보다 공사비가 40%이상 저감 가능. • 철도보다 반경이 작은 급곡선 운행도 가능. • 다른교통수단과 입체교차하기 때문에 충돌의 우려가 없고 탈선의 위험이 적음. • 고가로 건설되기 때문에 조망이 좋아 지하철보다 압박감이 적음. • 사고위험이 적고 주행안전성 양호. 	<ul style="list-style-type: none"> • 주행장치가 복잡하므로 차량의 기능이 복잡. • 지표면에 건설한다고 하더라도 건설물에 약간의 고도가 요구. • 최고속도가 80km/h 이므로 일반철도보다 고속성이 떨어짐.(농업용 모노레일의 평균 속도 5km/h)이내) • 일반철도와 궤도방식이 다르므로 일반철도와 상호진입이 불가능 • 일반철도에 비해 수송력이 적음



[그림] 대구시 모노레일

○ 농업용 모노레일

- 고랭지 농업, 축산업, 과수원 등에 주로 높은 지형의 생산품 운송에 주로 사용
- 모노레일 설치 시, 토목공사 없이 지형 그대로 설치가 가능(철거 시 환경피해 없음)
- 경사도가 높은 밭을 오르내리면서 수확한 생산물 운반 및 비료나 퇴비 등 각종 영농 자재 운반등 사용
- 농작업 인건비를 절반이상 줄일 수 있고, 작업 능률은 2배 이상 높일 수 있음
- 중노동 해방과 영농비 절감 등의 효과를 올리고 있어, 지속적으로 농가에 확대 보급중
- 경사도의 제약이 높아, 고 출력이 요구되므로 일반적으로 엔진타입을 적용



[그림] 농업용 모노레일

○ 농업용 배터리 모노레일 개발

- 출력원을 엔진에서 모터로 변경한 모노레일
- 에너지원으로 전기를 사용하며, 배터리를 장착한 타입의 모노레일 개발
- 구동소음 및 매연의 발생하지 않아 친환경적인 모노레일
- 엔진 모노레일 대비 저렴한 연비가 장점

[표] 엔진 모노레일 및 배터리타입 모노레일 비교

	엔진 타입	배터리 타입
장점	· 경사도 및 과적에 무관하게 장거리 이동 가능 · 고출력 운행 가능	· 전기사용으로 인한 연비 절감 가능 · 환경 물질 배출 없음(친환경적 이미지) · 번속이 없이 출력, 속도 조정 가능 · 구동에 필요한 부품이 적어 경량화 가능 · 부가장치 장착 용이,소음감소
단점	· 석유연료 사용으로 인한 연료비 과다 · 이동 시 미세먼지를 포함한 환경 물질 배출 · 출력 및 속도 조정을 위한 번속 필요 · 구동에 필요한 부품이 많아 무게 증가 · 부가적인 전기 장치 장착이 어려움	· 경사도가 높거나 과적일 경우 장기간 주행 불가 · 고출력으로 장기간 운행이 어려움

○ 개발 농업용 배터리타입 모노레일 적용될 핵심 기술

- 출력원을 엔진에서 배터리로 변경한 모노레일
 - 경량화 : 엔진 모노레일 대비 10% 이상 무게 절감 가능한 **경량화 기술** 개발
 - 고 적재량 모노레일 : **적재량 500kg**의 높은 적재량을 지닌 모노레일 기술 개발
 - 연료비 절감 : 엔진 모노레일 대비 **연료 절감 효과**가 높은 모노레일 기술 개발
 - 경사도 : **경사도 제약이 적은** 배터리 타입 모노레일 기술 개발
 - 무인 운행 : **무인 운행 기술**이 적용된 모노레일 기술 개발
 - 유동적인 적재 공간 : 적재물 중량 및 부피에 따른 적재 공간 변경 기술

1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 현재까지 농업형 소형 모노레일은 대부분 엔진의 힘으로 추진동력을 이용하는 가솔린 엔진식 추진 모노레일을 사용하고 있음.
- 국내에 보급된 농업용 모노레일의 대부분은 본 연구개발과제의 주관기관인 한국모노레일에서 공급 및 설치를 수행한 경험이 있음. 한국모노레일은 모노레일에 대한 기술개발 및 설치 운영의 노하우를 가지고 있어, 사업화에 매우 유리한 조건을 갖추고 있음.

○ 시장현황

- 궤도 수단 운영 업체는 2015년 기준 27개소(휴지업체 포함)이며, 관광지가 집중되어 있는 강원, 경기지역이 대부분 임
- 궤도 수단 기기 수는 2015년 기준 35기이며 이중 모노레일이 26기로 대다수를 차지하고 있음
- 지역 특성으로 인하여 강원도 지역이 다른 광역 단체보다 높은 비율로 분포하고 있으며,

그 비중은 35기 중 10기(28.6%)로 매우 높음

- 주로 관광지로의 이동이나 관람 목적, 골프장 내로의 이동이 주 목적임
 - 이동용 51.4%(18기) 관람용 22.9%(8기), 기타용 25.7%(9기)로 구성

Ref 궤도 안전관리체계 및 기준 개선 연구 최종보고서 (2015.12.)

[표] 지역 내 설치된 모노레일 현황_Ref 궤도 안전관리체계 및 기준 개선 연구 최종보고서 (2015.12.)

지역	위치	용도	노선연장(m)	운행속도(m/s)	차량정원(명)	
강원도	삼척시	대금굴	이동	610	1.0	14
		환선굴	이동	403	4.0	40
	철원군	평화전망대	이동	253	4.8	33
	평창군	알펜시아리조트	이동	314	1.5	7
	화천군	화천댐	어도수송	547	0.8	-
	정선군	고한아파트	편의시설	206	1.0	12
경기도	연천군	노스폴CC	이동	166	1.0	6
		전곡 선사유적지	관람	600	1.0	12
	포천	포천아트밸리	관람	411	1.3	47
	광주시	곤지암리조트_화담숲	관람	415	1.3	20

- 분석 결과 모노레일의 대다수는 이동 및 관람이 목적이므로 농업용 모노레일 시장은 잠재력이 높은 것으로 판단
- 또한 농촌의 노령화 현상과 점차 자동화되어가는 농촌의 근로조건을 감안할 때 농업용 모노레일의 시장은 점차 확대 되어 가고 있는 것으로 판단

○ 경쟁기관현황

- 현재까지 농가용 소형 모노레일은 배터리 추진식 모노레일의 뚜렷한 경쟁사는 없음

○ 지식재산권현황

- 농가형 소형 모노레일의 배터리관련 배터리,추진방식 특허는 없음

○ 표준화현황

- 없음

○ 기타현황

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 현재 모노레일의 강국은 스위스와, 일본으로 알려져 있으나 배터리 추진방식 모노레일은 개발 상용화 되지 않은 상황 임.

○ 시장현황

- 중국 BYD 사의 경우 2017년 전기차 생산실적이 2016년 대비 20%이상 감소하여 모노레일 시장으로 사업 영역을 확장

Ref 한국경제신문 모바일 한경, “전기차 1위 뺏긴 중국 비야디, 모노레일로 ‘돌파구’” (2017.12.07.)

- 또한 BYD의 경우 브라질 4위 도시인 인구 380만명의 사우바도르와 6억 8천 900만 달러의 모노레일 설치 계약을 체결했다고 공표하였으며, BYD 전체 매출의 20%에 달할 수 있을 것으로 예상함

Ref 연합인포맥스, “中 BYD, 사업 다각화로 모노레일 해외 판매 본격화” (2018.08.28.)

- 대다수 관광 및 이동에 한정된 모노레일 사업으로 농가형 모노레일의 시장은 아직 블루오션으로 구분됨
- 일본의 경우 농가형 모노레일은 시장규모는 년 1000대 이상 생산되고 있으며 빠른 속도로 성장하고 있음
- 일본의 경우도 엔진식 모노레일만 생산되고 있어 배터리 타입 모노레일의 시장성은 매우 높을 것으로 사료됨

○ 경쟁기관현황

- 관광 승객운송용 전기식 모노레일 및 도시 간선 교통수단의 대형 모노레일은 경쟁사가 존재하나 농,축산용/ 배터리식 모노레일은 경쟁사가 없음. 엔진 모노레일을 수입하고 레일만 직접 설치하여 매출액이 발생하는 구조.

○ 지식재산권현황

- 배터리식 전기자동차의 특허 및 지식재산권은 다수 존재하나 배터리 추진방식의 특허는 조사되지 않고 있음

○ 표준화현황

- 없음

○ 기타현황

- 없음

1-3. 연차별 연구개발 목표 및 결과 (1차년도)

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차년도 (2018)	벤치마킹 모노레일 경사도 구동 능력 평가	적재량에 따른 경사도 구동 능력 평가	적재량에 따른 경사도 구동 능력 평가	- 예봉산 트랙에서 벤치마 킹 모노레일(MU 350)의 공차, 적재 상태로 적재 량을 변화시켜 트랙 주 행 여부 평가 - 공차 227 kg 주행 완료 - 적재 상태 377 kg 주행 완료
		개발 배터리 모노레일의 예상 경사도에 따른 최적 적재량 선정	개발 배터리 모노레일의 예상 경사도에 따른 최적 적재량 선정	- 벤치마킹 모노레일 사양 분석 공차 및 중량적재 운행 테스트 - 필요에너지 운동에너지 등 이론적 계산 - 시제품제작 및 예봉산트 랙에서 중량적재운행테 스트 - 최적의 적재량 선정 (500 kg)
	벤치마킹 모노레일 중량 평가	벤치마킹 모노레일 공차 시 중량 평가	벤치마킹 모노레일 공차 시 중량 평가	- 벤치마킹 모노레일 각부 별 중량 실측 - 구동부 : 192kg - 대차 : 84kg - 주요부품 프레임,감속 기,엔진 등 중량실측 - 프레임 : 22kg - 감속기 : 주물케이싱 34.4kg
		개발 배터리 모노레일 경량화 전략 수립	개발 배터리 모노레일 경량화 전략 수립	- 프레임 경량화 설계 및 제작22kg-18.32kg - 감속기 알루미늄케이싱 적용 경량화 (기존 34,5kg-신제품개발 27.3kg) - 구동부 보기 롤러등 경 량화 설계
	벤치마킹 모노레일 주행 시 연료 소모량 평가	벤치마킹 모노레일의 적재량에 따른 특정 거리 주행 시 연료 소모량 평가	벤치마킹 모노레일의 적재량에 따른 특정 거리 주행 시 연료 소모량 평가	- 예봉산 트랙에서 벤치마 킹 모노레일(MU 350)의 공차, 적차 상태에 따른 연료 소모량 평가 완료 - 공차 시 : 586.1 g - 적차 시 : 671.4 g
	개발 배터리 모노레일 컨셉 설계	고랭지 농업 등에 적합한 농업용 배터리 모노레일 컨셉 디자인 설계	고랭지 농업 등에 적합한 농업용 배터리 모노레일 컨셉 디자인 설계	- 고랭지 농업에 맞게 화 물대차 이중화 설계 - 고경사도 운행을 위한 감속배울적용 설계 - 고경사 중량에 맞게 제 어장치설계
		선정된 적재 중량, 경사도	선정된 적재 중량, 경사도	- 벤치마킹 모노레일을 참

		등을 고려한 배터리 및 모터 선정	등을 고려한 배터리 및 모터 선정	<p>고하여 모타 용량 배터리 용량 이론적 계산</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시제품제작하여 예봉산 트랙에서 테스트 - 시제품제작하여 중량 적재운행 테스트100kg단위 400kg까지
		차량의 시제품 제작. (효율적인 개발 진행을 위해 기간 단축진행)	차량의 시제품 제작. (효율적인 개발 진행을 위해 기간 단축진행)	<ul style="list-style-type: none"> - 벤치마킹모노레일 엔진부 제거하고 모타를 적용하여 테스트 - 프레임제작, 감속기개발 - 구동장치 가이드장치 롤러등 설계 및 제작
개발 배터리 모노레일 성능 해석을 위한 해석 기반 구축	배터리 모노레일 구동 성능 해석을 위한 해석 기반 구축	배터리 모노레일 구동 성능 해석을 위한 해석 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 벤치마킹 모노레일과 배터리 모노레일 동력 성능 해석을 위한 CRUISE(AVL社) 임차 	
벤치마킹 연구를 토대로 한 배터리 모노레일 사양 선정 지원	벤치마킹 사양과 동일한 동력 성능을 지니는 배터리타입 모노레일 설계 Parameter 연구	벤치마킹 사양과 동일한 동력 성능을 지니는 배터리타입 모노레일 설계 Parameter 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 벤치마킹 모노레일 연료 소모량을 기반으로 한 성능 해석 완료(최대 오차 5.2%) - 배터리 모노레일 모터 출력, 배터리 용량 등 다양한 사양에 대한 성능 변수 Study - 변수 Study 결과를 기반으로 한 최적 배터리 모노레일 성능 확인 	
o 주관기관의 시제품 제작에 반영			<ul style="list-style-type: none"> - 트랙 조건에 부합하는 최적 배터리 모노레일 제작 사양 제시 	

1-4. 연차별 연구개발 목표 및 결과 (2차년도)

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과	
2차 년도 (2019)	○ 벤치마킹 연구 결과 및 해석 결과를 토대로 한 개발 배터리 모노레일 부품 사양 선정		좌우 요동을 줄이고 적재함 폭을 증가하기 위해 단일레일을 이중레일로 변경 및 설계	- 시제품 제작 완료 - 일부 제품 다양화 완료 - 시운전으로 확인	
	선정된 경량화 전략을 토대로 한 경량화 배터리 모노레일 설계	경량화 배터리 모노레일 시제품 1차제작 평가에 따른 2차 경량화 부품 설계 현 엔진차량의 추진체 무게(120 kg)를 약 10% 줄이고, 적재공간의 철구조와 바닥재를 PE, PP등 경량 바닥으로 재질 변경하여 차량 추진체와 적재 공간 경량화 추진	바닥재를 철구조에서 알루미늄 체크플레이트로 변경하여 경량화 배터리를 72V 80A 단일 품목에서 72V 40A 2ea 로 변경하여 경량화 적용	- 적재량, 등반능력 등 주요 제품 사양에 대한 영향 없음 - 시운전 및 성능시험 평가 완료	
	배터리 모노레일 시제품 2차 제작	2차 시제품 제작 경량화 설계 및 제작 추진	경량화 : 배터리 및 대차 경량화 적용 무인구동 : VCU를 탑재하여 차량의 출발-정지-후진 패턴으로 구동	- 경량화 제작에 의해 화물 대차 무게 감소 - VCU의 차량제어로 정지, 후진 조작성을 무인으로 가능해졌으며, 전 후진 왕복 운동 또한 실현 - 무인구동은 자체 자료 첨부 - 경량화는 한국생산기술연구원 공인 시험 완료	
	배터리 모노레일 시제품 2차 성능 평가	벤치마킹 모노레일 대비 경량화 정도 평가		1차 : 자체적 무게 측정 2차 : 한국생산기술연구원 공인 무게 측정 시험, 2회	- 한국생산기술연구원에서 경량화 평가 완료. - 엔진식 모노레일 대비 59 kg 경량화 성공 15% 수준
		적재량 평가		적재량 평가	- 엔진 및 배터리타입 모노레일 510.44 kg 적재 - 시험용 트랙 주행 완료 - 한국자동차연구원 입회
		벤치마킹 모노레일 대비 연료 절감 효과 평가		벤치마킹 모노레일 대비 연료 절감 효과 평가	- 엔진타입 대비 배터리타입이 연료 절감 효과 79.86% 달성(엔진 : 1.39E-03 tCO ₂ , 배터리 : 2.80E-04 tCO ₂ eq. - 한국자동차연구원 입회
		농업 생산물 적재 후 경사도 주행 평가		농업 생산물 적재 후 경사도 주행 평가	- 적재물 500 kg 적재 후 시험용 트랙(경사도 74.97%) 주행 완료 - 한국자동차연구원 입회
		성능 평가를 기반으로 한 시제품 개선		바닥재 소재의 변경 검토	- 바닥재 PP, PE 등 플라스틱 소재 변경 검토

적재물 부피에 따른 모노레일 적재 공간 최적화 설계	다양한 부피의 농업 생산물의 적재를 위한 공간 최적화 설계 기술 개발	1선 레일에서 이중 레일 주행으로 변경 적용, 대차 폭 증가하여 적재 면적과 무게 증량 확보	- 기존의 1레일로 주행하던 차량을 2레일로 확장하여, 수평 안정감을 최대화. 또한 화물 적재 폭도 기존 560 mm에서 800mm로 확장하였음
무인 구동이 가능한 농업용 배터리 모노레일 설계	ICT 기술이 적용되어 무인으로 구동이 가능한 모노레일 설계 기술 개발	일반차량에서 활용되는 차량 제어 유닛을 배터리 모노레일에 장착	- 모터, 브레이크, 후진 기어 변속 등 주요 주행 기능을 차량 제어 유닛으로 통합 제어 - 시운전으로 무인 구동 확인
	유인 운전시 탑승자를 위한 안전기술 개발 경사도에 따른 구간별 속도제어 및 EM Brake, Desk Brake 감속기 및 모터축에 반영	VCU로 모노레일을 제어하더라도 유사 시 리모콘으로 브레이크 정지 가능 설정 속도 이상 속력 시 작동할 수 있는 캐치브레이크 개발	- 리모콘으로 동작하는 브레이크는 전기적 브레이크 역할 - 설정 속도 이상 발생 시 작동하는 별도 제어가 없는 기계적 브레이크로 안전장치 이중화
개발된 동역학 해석 최적화	시제품 시험 결과를 기반으로 한 해석 결과 최적화	시제품 시험 결과를 기반으로 한 해석 결과 최적화	- 시험용 트랙 시험 결과를 토대로 한 엔진 및 배터리 모노레일 동력 성능 모델 수정 - 신뢰도 5 % 내외의 동력 성능 모델 구축
	Parameter Study를 통한 배터리 및 모터 최적 사양 제시	Parameter Study를 통한 배터리 및 모터 최적 사양 제시	- 주관 기관(한국모노레일)에서 설계한 배터리 모노레일 사양 적정성 확인
	2차 최적화 시제품 제작에 설계반영 경량화 재질 및 소재 반영 2차 시제품 제작에 설계반영	2차 최적화 시제품 제작에 설계반영 경량화 재질 및 소재 반영 2차 시제품 제작에 설계반영	- 선정된 사양은 충분히 Margin을 가지고 설계되었음을 확인
모노레일 구조물 구조 해석	단일 rail을 주행하는 모노레일의 특성을 고려한 설계된 모노레일의 무게 중심 분포 해석	단일 rail을 주행하는 모노레일의 특성을 고려한 설계된 모노레일의 무게 중심 분포 해석	구동부 - 최대 변형 : 2.54 mm - 최대 응력 : 184 Mpa 대차부 - 현재 해석 중
	경량화 전략이 적용된 모노레일 구조 해석에 따른 경량화 전략 적합성 여부 분석	경량화 전략이 적용된 모노레일 구조 해석에 따른 경량화 전략 적합성 여부 분석	구동부 - 해석 결과를 기반으로 모노레일 구동부에 적용되는 경량화 전략은 적절함을 확인
	해석 결과를 기반으로 한 설계 개선	해석 결과를 기반으로 한 설계 개선	대차부 - 현재 해석 중

1-5. 연차별 연구개발 목표 및 결과 (3차년도)

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
3차 년도 (2020)	시제품 성능 평가를 기반으로 한 시제품 개선 및 최종 시제품 개발 평가	적재량, 경사도 주행 등 성능 평가를 기반으로 최적화된 2차 시제품 평가	최종 시제품에 적용 완료하여 45도 경사도 조건에서의 주행 성능 평가	- 최종 시제품 제작 완료 - 경사도 45도 주행 완료 - 45도 조건에서, 연료소모량 최대 적재량 무인주행 4km평가 완료 (한국자동차 연구원)
		개선 사양 보완 온도, 습도, 풍향센서 탑재 농업자동화에 Data 수집 제공	개선 사양 보완 온도, 습도, 풍향센서 탑재 농업자동화에 Data 수집 제공	- 개발비 등으로 적용 어려움
	ICT 기술 및 적재 공간 최적화 기술이 접합된 최종 시제품 개선	무인 구동이 가능한 배터리 모노레일 개발	무인 구동이 가능한 배터리 모노레일 개발	- 리모콘으로 상승과 하강을 조종할 수 있어 운전자가 필요없는 무인 구동 기술 적용 완료 - 무인주행 4km 평가 완료 (한국자동차연구원)
		적재 공간 최적화 기술이 접합된 배터리 모노레일 개발	화물대차 폭 800m 확장	- 최종 시제품 적용 완료
		탑승자 안전 장치 적용	긴급 캐치 브레이크 적용하여 3중 안전장치 적용	- 긴급 캐치 브레이크 개발 완료 - 특허 출원 및 등록 완료
		온도, 습도, 풍향 등 Data수집을 위한 센서 부착 Data 연산	온도, 습도, 풍향 데이터 획득을 위한 센서 장착	온도, 습도, 풍향 데이터 획득을 위한 센서 장착
	온도, 습도, 풍향 등 Data수집을 위한 센서 부착 Data 연산		각 데이터 취합을 위한 처리 장치와 처리 방안	- 개발비 등의 어려움으로 적용 어려움
			외부 표시 장치, 저장장치를 통한 표시 및 저장 방법 방안 검토	- 현재 배터리 잔량만 조작 패널에 표시 기능 적용
	최종 시제품 성능 평가	배터리 최적 관리기술 개발 배터리 관리상 최저 잔량레벨을 관리하여 충전시기를 운전자에게 알림을 제공하는 기술개발	배터리 잔량 50%에서 알람 후 미충전 시 브레이크 작동 기능 검토	- 72V 배터리의 전압이 67V 이하로 하락 시 알람이 울리게 설계됨

최종 시제품 구조해석	무게 중심, 중량, 형상, 휨 등 구조적 취약점 도출	무게 중심, 중량, 형상, 휨 등 구조적 취약점 도출	- 화물대차의 구조해석 진행
		최종 시제품 개발을 위한 원가 절감 등의 요구 사항 반영 시 구조적 취약점 분석	- 화물대차의 구조해석을 통해 취약점 분석 예측
		분석 결과를 토대로 최종 시제품 개발 설계 보완	- 구조해석 결과를 반영 개선된 화물대차 설계 및 제작
다양한 상황에 따른 최종 시제품 동력성능 분석	운행 조건 별 최종 시제품 동력성능 분석	엔진타입 모노레일의 연료소모량 및 배터리타입 모노레일의 배터리 사용량 해석 동력성능 해석 결과 검증	- 엔진타입 모노레일 연료 소모량 시험:495.8g 해석:486.8g - 배터리타입 모노레일 전력 소모량 시험:601.87Wh 해석:600.7Wh
		경사도 변화에 따른 연료 소모량 및 배터리 사용량 분석	- 35도 경사도에 비해 45도 경사도에서 연료 및 배터리 소모량이 증가 - 배터리 타입 소모량 해석의 경우 정확도가 매우 높게 나옴
		배터리타입 모노레일 최적 사용 시간 도출	- 원주트랙 45도 경사도 트랙 기준 36번 왕복가능
		배터리모노레일 동력성능 최적화 전략(ex. 회생제동) 적용 시 배터리타입 모노레일 동력성능 최적화 정도 분석	- 예봉산 트랙같이 내리막 길이 긴 트랙일 경우 회생제동 시스템을 적용하는 것이 연비에 도움이 될 것으로 판단
배터리 모노레일 설계 지원 프로그램 개발	차량 동역학 해석 결과를 기반으로 User Friendly 한 설계 지원 프로그램 개발	차량 동역학 해석 결과를 기반으로 User Friendly 한 설계 지원 프로그램 개발	- 모터선정에 도움을 주기 위한 모터사양이상유무 판단 프로그램 개발
개발된 설계 지원 프로그램 해석 결과 검증	구축된 동역학 해석 프로그램 및 시험 결과와의 비교를 통한 개발된 설계 지원 프로그램 해석 결과 검증	구축된 동역학 해석 프로그램 및 시험 결과와의 비교를 통한 개발된 설계 지원 프로그램 해석 결과 검증	- 동역학 해석프로그램의 해석 결과와 비교한 결과 1D 설계 지원프로그램은 초기 모터선정에 도움이 되는 프로그램으로 판단됨

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

1. 연구개발 목표 및 결과

1-1. 최종목표

- 무인 구동이 가능한 농업용 적재 공간 확장형 배터리 모노레일 개발



[그림] 농업용 모노레일

1-2. 세부목표

- 경량화 기술 개발
 - 기존 엔진 모노레일 대비 10% 이상 무게 절감이 가능한 경량화 기술 개발
- 적재량 향상 기술 개발
 - 적재량 500kg 달성을 위한 적재 기술 및 동력 성능 향상 기술 개발
- 연료 절감 효과 기술 개발
 - 엔진 모노레일 대비 연료 절감 효과가 25% 높은 배터리 모노레일 기술 개발
- 고 경사도 주행 기술 개발
 - 경사도 최대 45° 이상 주행 기술 개발
- 무인 운행 기술 개발
 - 무인 운행이 가능한 배터리 모노레일 개발
- 유동적인 적재 공간 활용 기술 개발
 - 적재 대상 물품 부피에 따른 적재 공간 최적화 기술 개발

1-3. 연구개발 정량적 목표

[표] 정량적 목표 항목

평가 항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목 에서 차지 하는 비중 (%)	세계최고 수준 보유국/ 보유기업	연구개발 전 국내수준	개발 목표치			평가 방법
			성능수준	성능수준	1차 년도	2차 년도	3차 년도	
1. 연료 절감 효과	%	25	사례 없음	사례 없음	-	7	10	공인시험성적서
2. 적재량	kg	20	500	500	-	400	500	공인시험성적서
3. 경량화	%	15	사례없음	사례없음	-	6	10	공인시험성적서
4. 경사도	deg	15	40	40	-	35	45	공인시험성적서
5. 무인 주행	km	15	4	3	-	-	4	공인시험성적서
6. 적재 공간	%	5	사례 없음	사례 없음	-	-	10	자체 성적서
7. 배터리최적화	%	5	사례 없음	사례 없음	-	-	10	자체 성적서

- 공인시험인증기관의 입회하에 연비평가를 수행하여 엔진 모노레일 대비 연료절감 효과 확인.
-연료 절감 효과 지표는 동일한 레일 주행 시 엔진의 가솔린 연료 소모량과 배터리 모노레일의 전력 소모량을 직접 비교할 수 없어, 이산화탄소 배출량으로 환산하여 간접 비교하는 방법을 채택. 이를 통해 배터리 모노레일의 친환경성을 입증하고 연료비용의 절감 효과를 입증하는 것을 목표로 함.
- 공인시험인증기관의 입회하에 개발 모노레일의 적재량 평가를 수행
-적재량은 일본 수입의 엔진 모노레일 대비 동일 혹은 우수한 적재 성능을 입증하기 위한 지표로서, 동일한 레일과 경사도에서 엔진 모노레일과 동일한 적재량을 실었을 때 주행 성능을 살펴보는 것으로 시험성적서에는 단순 적재량의 성공 판정만 있었으나 주행 실증 상황에서, 주行的 매끄러움이나 소음 기계 구조의 안전성을 살펴보는 등의 전체적인 주행 성능을 검증하기 위한 지표로 설정.
- 공인시험인증기관에 의뢰하여 개발 모노레일의 경량화 평가를 수행
-경량화 지표는 적재 무게를 제외한 공차중량의 경량화 목표를 설정한 것으로, 주행 중 운동에너지와 주행 시 필요 에너지 등을 개선하기 위해 정량화 지표 채택.
- 공인시험인증기관의 입회하에 모노레일 트랙의 경사도에 대한 평가를 수행
-경사도는 최대 45도 경사 조건에서 적재무게를 포함하여 주행 시 안정적인 주행이 가능한 지에 대한 평가로 상용화 시 경사도 45도 설계는 안전성에 입각하여 지양하지만 모노레일 성능과 엔진 모노레일 대비 주행 능력을 평가하기 위해 정량적 지표로 채택
- 공인시험인증기관의 입회하에 개발 모노레일의 무인 주행 평가를 수행
-무인주행 정량화 지표에 대해서는 우선 엔진 모노레일과의 차별성을 정량화하기 위한 지표로 설정. 무인주행은 엔진모노레일에 없는 기능임과 동시에 조작 편의성 면에서 진일보한 것으로 탑승자 없이 구간 설정 혹은 리모콘 조작으로 4km 주행을 목표로 설정.
- 적재 공간 활용도에 대해서 자체 성적서 발행
-적재 공간 활용은 정성적 지표로, 엔진 모노레일은 화물대차 1량만 제공하여 상용화 면에서 다소 부족한데 반해 배터리 모노레일은 화물대차, 승용대차 등 다양화하여 사용 현장 요건에 적합하도록 다양화 목표 설정.
- 배터리 최적화: 운행시간을 반영하여 배터리 최적의 용량을 1,2단계로 설계하고 경량화를 위한 차량경량화 설계와 배터리 단 분리설계 전압과,전류 최적화 설계 자체 성적서 발행(배터리의 성능개선은 배터리회사가 아니므로 어려우나 배터리의 잔량을 상시 감시하는 기술 개발/충전시간

과 충전 주기를 알람으로 통보)
배터리 최적화 정량적 목표
1차 년도 2시간 125A 72V
2차 년도 3시간 100A 72V

2. 연차별 수행 내용

2-1. 1차년도 수행 내용 및 결과

○ 1차년도 연구개발 목표

[표]. 1차년도 연구개발 목표

한국모노레일	(재)자동차융합기술원
<ul style="list-style-type: none"> · 엔진 적용 모노레일 벤치마킹 연구, 개발 시제품 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 벤치마킹을 연구를 통한 개발 시제품 사양 설정 - 선정된 사양에 맞는 1차개발 시제품 제작 	<ul style="list-style-type: none"> · 배터리 모노레일 설계 지원을 위한 해석 기반 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 동력사양, 토크사양 해석 및 필요에너지 시제품 제작에 반영 - 적정 배터리 용량 선정작업 (고 경사도 토크 반영)

○ 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(한국모노레일)

○ 벤치마킹 모노레일 경사도 구동 능력 평가(한국모노레일)

- 적재량에 따른 경사도 구동 능력 평가
 - 모노레일 적재량에 따른 구동 능력 평가를 위하여 벤치마킹을 위한 엔진타입 모노레일 사양에 MU-350(Mitsubishi社) 모델 선정



[그림] 벤치마킹 모노레일(MU350모델)

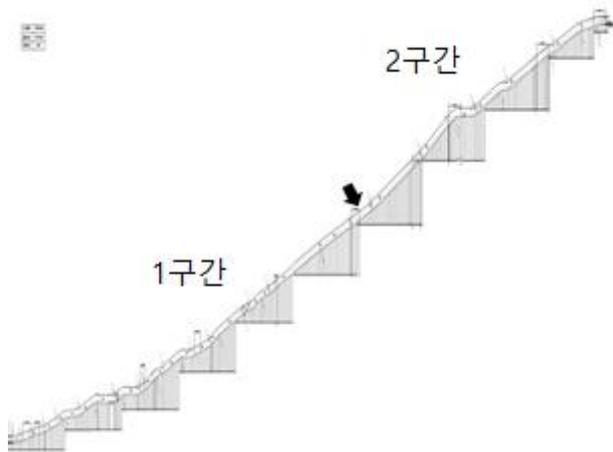
[표] 선정된 벤치마킹 모노레일 사양

항목	사양	
	MU-350	MU-500
기계종류	단궤도 운반기	
형식	350 kg 용	500 kg 용
운전조작	발전레버에 의한 출발/목적지 스톱프 자동정지	
중량	97.0 kg	145 kg
주행속도	45 m/min(2.7 km/h)	
변속단수	전진 1단, 후진 1단	
운반능력	350 kg/45 deg	500 kg/45 deg
제동장치	(주차) 내부 확장식 브레이크	
	(강판) 전진, 후진 내부 확장식 원심브레이크	
	(긴급) 내부 확장식 브레이크	
동력전달방식	엔진 직결 방식	
구동방식	피니언랙크식	
엔진종류	공냉 4사이클 가솔린	
최대출력	6.0 Ps / 3,600 RPM	10.0 Ps / 3,600 RPM
배기량	181 cc	291 cc
레일형식	랙크식	
레일규격	50 mm x 50 mm x 2.3 mm	50 mm x 50 mm x 3.2 mm
대차형식	RT-20	RT-30
대차규격	1,930 mm x 540 mm x 760 mm	2,020 mm x 560 mm x 760 mm
적재량	350 kg	500 kg
중량	63 kg	68 kg

- 구동 시험을 위해서 노선 길이 3.3km(왕복 시), 최대 경사도 34.4 deg 의 예봉산 트랙을 선정하였으며, 안전상의 이유로 1 구간만 주행

[표] 구동 시험을 위해 선정된 트랙

항목	사양	
위치	경기도 남양주시 조안면 조안리 예봉산	
트랙 구성	1구간	하부 승강장에서 중간지점, 0 m ~ 817.7 m
	2구간	1구간 끝에서 상부 승강장, 817.7 m ~ 1635.5 m



[그림] 예봉산 종단면도



[그림] 예봉산 트랙

- 적재량에 따른 구동 능력 평가
 - ◆ 적재량은 100 kg에서부터 350 kg까지 100 kg 단위로 상승하여 벤치마킹 모노레일의 구동 시 이상 여부를 판단
 - ◆ 350 kg 적재 시 운행 도중 엔진 과열이 확인 되었으며, 엔진이 정지하는 현상이 발생되어, 시험을 중단
 - ◆ 적재중량 350 kg이 MU-350모델 모노레일의 최대 적재량으로 판단

[표] 적재량에 따른 벤치마킹 모노레일 성능 평가 결과

시험 일시	적차화물	최대 경사도	결과
2019. 03. 27	100 kg	34 deg	구동 완료
2019. 03. 27	200 kg	34 deg	구동 완료
2019. 03. 27	300 kg	34 deg	구동 완료
2019. 03. 27	350 kg	34 deg	엔진 과열 엔진 정지

○ 벤치마킹 모노레일 중량 평가(한국모노레일)

- 벤치마킹 모노레일 공차 시 중량 평가

- 벤치마킹 모노레일(MU-500)의 추진 동력체의 무게를 측정
 - ◆ 공차 상태 무게 평가를 위하여 엔진, 감속기, 제어 장치로 구성 벤치마킹 모노레일을 구성
- 추진 동력체 뿐만 아니라 그 외 부품들에 대해서 무게를 측정함

[표] 벤치마킹 모노레일 공차 무게 측정

사양	무게
추진동력체	192 kg
대차	84 kg
승용대차	46 kg
기타 장치	20 kg



[그림] 벤치마킹모노레일 무게 측정



[그림] 벤치마킹모노레일 무게 측정

○ 벤치마킹 모노레일 주행 시 연료 소모량 평가

- 벤치마킹 모노레일의 적재량에 따른 특정 거리 주행 시 연료 소모량 평가를 위한 엔진 모노레일 선정
- 벤치마킹 모노레일 적재량에 따른 연료 소모량 평가를 위하여 최대 적재량이 350kg 인 MU 350 모델 모노레일을 선정하여 평가를 진행

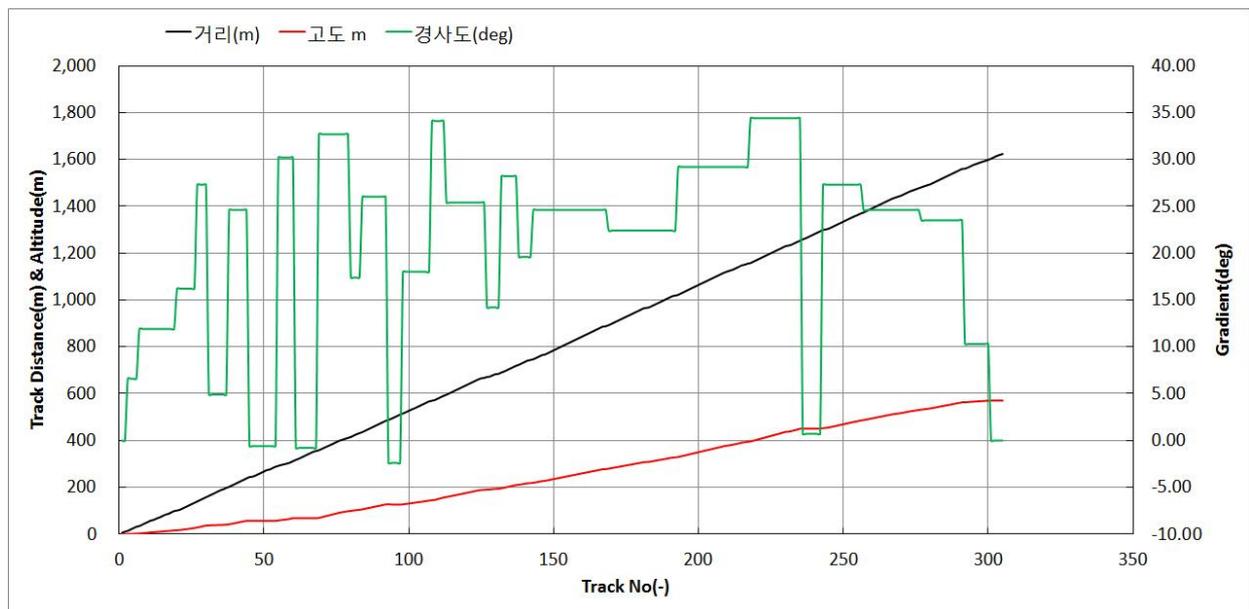
[표] 벤치마킹 모노레일(MU350) 사양

벤치마킹 모노레일		
명칭	MU 350	
종류	MONORAIL(단궤도운반기)	
엔진 중량	97.0 kg	
대차 중량	63 kg	
주행 속도	40 m/min(2.4 km/h)	
최대 적재량	350 kg	
최대 경사도	45°	
구동 방식	피니언랙크식	

- 벤치마킹 모노레일의 적재량에 따른 특정거리 주행 시 연료 소모량 평가를 위한 시험 트랙 선정
 - 벤치마킹 모노레일 적재량에 따른 연료 소모량 평가를 위하여 본 과제의 주관기관인 한국모노레일(주)에서 설치한 예봉산 트랙을 적용하여 평가를 수행
 - 왕복 주행 시 총 길이 3.2 km이며, 최대 경사도 34.4°로 구성된 트랙
 - 예봉산 트랙의 경사도 및 주행 거리 분석 결과 전체 주행 길이는 짧으나 산악에 설치된 트랙으로서 경사도가 매우 급격하게 변하고, 변화의 폭이 큼

[표] 예봉산 트랙 정보

명칭	예봉산 트랙	
트랙 길이	왕복 시 3.2 km	
최대 경사도	34.4°	



[그림] 예봉산 트랙 분석 결과(오르막)

- 엔진 모노레일 적재량 선정
 - 벤치마킹 모노레일 적재량에 따른 연료 소모량 평가를 위하여 실 주행 패턴을 분석함
 - ◆ 주행 패턴의 경우 적재를 위한 목적지까지 운행자가 포함된 상태에서 공차 상태로 주행을 하며, 목적지 도착 후 짐을 적재하고 운행자를 포함하여 적재 상태로 복귀
 - ◆ 혹은 주행 목적에 따라 짐을 적재 후 목적지에 도착하고, 공차 상태로 출발지로 복귀
 - 분석 결과를 토대로 하여 공차 상태, 적재 상태 2가지 경우를 시험하기로 결정
 - ◆ 단 목적지 도착 후 적재물을 수하 상태의 변경이 불가하여 공차상태로 왕복 및 적재 후 왕복으로 연료 소모량을 측정하기로 결정



[그림] 엔진 모노레일 공차 상태



[그림] 엔진 모노레일 적재 상태

- 연료 소모량 평가를 위한 시험 방안 결정

- 연료 소모량 평가를 위해서 연료 소모량 평가가 가능한 두 가지 방법(중량법, 유량계)을 고려하였으며 각각의 장단점을 분석
- 유량계 장착 시 속도, 경사도 변화 등 주위 환경 변화에 따른 연료 소비량의 변화를 직접적으로 측정 가능
- 모노레일 주행 특성 상 진동 및 Noise가 크고 유량계 장착 시 측정 결과에 Noise가 유입될 가능성이 매우 높아 유량계의 측정 결과를 신뢰 할 수 없음
- 중량법 적용 시 속도, 경사도 변화 등 주위 환경 변화에 따른 연료 소비량의 변화를 알 수 없음
- 모노레일 주행 특성 상 진동 및 Noise등에 의한 연료 소비량 변화는 극히 미미함
- 분석 결과를 토대로 중량법을 적용하여 연료 소모량을 평가하기로 결정

[표] 연료 소모량 평가 방안 비교

비교 항목	중량법	유량계
주행 속도	속도에 의한 영향 없음	속도 변화 시 연료 사용량 평가 가능
경사도	경사도의 영향 없음	경사도 변화 시 연료 사용량 평가 가능
소음	영향 없음	영향 없음
진동	영향 없음	진동에 의한 영향이 매우 취약
Noise	영향 없음	Noise에 의한 영향이 매우 취약
장착성	영향 없음	장착성 취약

- 연료 소모량 평가를 위한 시험 절차 수립

- 적재 무게에 따른 정량적인 중량법 적용을 위하여 아래와 같은 시험 절차를 수립

[표] 연료 소모량 평가 시험 절차

NO	시험 절차	사유
1	정밀 저울 주위 바람 차폐	정밀 저울의 경우 바람의 영향을 받아 측정 오차가 발생 가능
2	연료 탱크 연료 주유	-
3	주유된 연료 탱크의 무게 측정	시험 전 무게 측정
4	예봉산 트랙 왕복 주행	-
5	연료 탱크 탈거 및 무게 측정	시험 후 무게 측정
6	시험 전후 연료 탱크 무게 비교를 통해 연료 소모량 측정	
7	모노레일 적재 무게 변경 후 2 ~ 6 행위 반복	적재 무게 변경



[그림] 연료 소모량 평가 시험 절차_*Ref)KSME-DC19-P054

- 벤치마킹 모노레일 연료 소모량 평가
 - 선정된 벤치마킹 모노레일을 적용하여 예봉산 트랙에서 적재 여부에 따라서 연료 소모량을 평가
 - 공차 상태와 적재 상태의 무게는 실제 측정이 불가하여, 도면상의 무게를 이용하여 계산하였으며, 적재물의 무게는 표기된 무게를 이용하여 계산

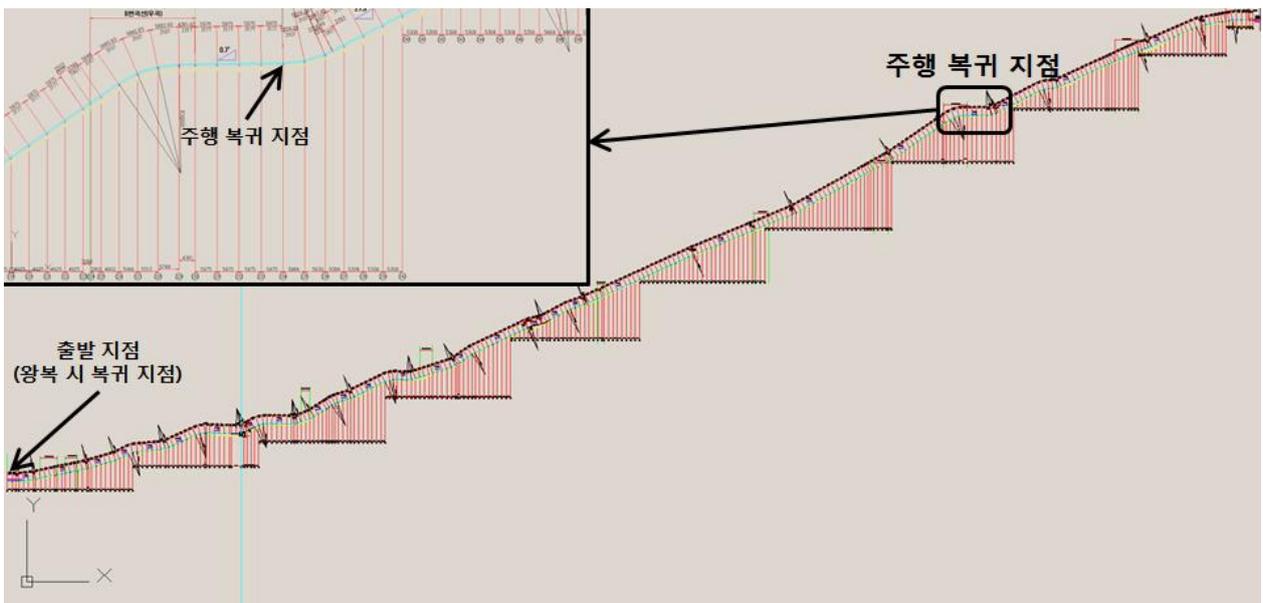
[표] 모노레일 무게

항목	공차 상태	적재 상태
엔진 무게	97 kg	97 kg
대차 무게	60 kg	60 kg
운전자	70 kg	70 kg
적재량	0 kg	150 kg(25 kg * 6 EA)
총 무게	227 kg	377 kg



[그림] 모노레일 연료 소비량 평가를 위한 적재물

- 연료 소모량 측정 시 주위 환경 영향으로 인하여 모든 트랙을 주행하지 않았으며 317 번째 트랙에서 복귀하였음



[그림] 연료 소모량 측정 시 주행 코스

- 연료 소모량 계산을 위하여 연료 탱크는 총 5회의 무게를 측정하였으며, 연료탱크 무게 측정 결과 중 가장 무거운 값과 가벼운 값을 제외한 3회의 측정값의 평균을 적용하였음
- 평가 결과 공차 상태에서는 트랙 1회 왕복 주행 시 586.05g의 연료를 소모하였고, 적재 상태에서는 671.4g의 연료를 소모하였음
- 해당 평가는 자동차부품연구원의 입회를 통해서 검증하였음

[표] 연료 소모량 결과

NO	공차 상태(227 kg)		적재 상태(377 kg)	
	주행 전	주행 후	주행 전	주행 후
1	2327.42 g	1741.36 g	2970.18 g	2298.80 g
2	2327.41 g	1741.35 g	2970.19 g	2298.77 g
3	2327.45 g	1741.38 g	2970.16 g	2298.76 g
4	2327.37 g	1741.34 g	2970.16 g	2298.77 g
5	2327.38 g	1741.35 g	2970.12 g	2298.75 g
Avg.	2327.40 g	1741.35 g	2970.17 g	2298.77 g
연료 소모량	586.05 g		671.4 g	

시험 성적서

KATECH

31214 송남 천안시 동남구 풍서면 풍서로 303
Tel.041-559-3342 Fax.041-559-3165
http://www.katech.re.kr

시험서번호 : KTS191772-1 총 5페이지 중 1페이지

의뢰자
기관명 : 한국도노레일(주) 접수일 : 2019년 06월 27일
대표자 : 황○영 시험시작일 : 2019년 04월 17일
주소 : 강원도 원주시 문학로192 시험종료일 : 2019년 07월 19일
시료명 : 가솔린 성적서발급일 : 2019년 07월 04일
시험규격 : 성적서명도 : 확인됨
시험실환경 : 온도 (20 ± 15) °C, 습도 (65 ± 20) % R.H.

시험 결과		
시험항목	시험결과	비고
CVW 조건에서의 연료 소모량 (g)	586.05	첨부 참조
GVW 조건에서의 연료 소모량 (g)	671.40	첨부 참조

1. 이 성적서는 직접 자기 제작한 시료 및 시험방법으로 시험한 결과로서 견해 제공에 대한 책임을 보증하지는 않습니다.
 2. 이 성적서는 우리 연구원의 사전 동의없이 홍보, 사진, 광고 및 소송행위로 사용될 수 없으며, 무단의 사용을 금합니다.
 3. 성적서의 잔여확인은 홈페이지(http://kts.katech.re.kr) 및 아래 QR코드로 확인 가능합니다.

실무자 성명 : 이○민 Tel : 041-○○-○○○ e-mail : ○○@katech.re.kr	기술책임자 성명 : 권○복 Tel : 041-○○-○○○ e-mail : ○○○@katech.re.kr
--	---

2019년 07월 04일

자동차부품연구원장

시험결과

KATECH

시험서번호 : KTS191772-1 총 5페이지 중 4페이지

□ 시험결과

1) 측정 데이터
- 주행 전 후 연료 탱크의 무게

측정 횟수	CVW		GVW	
	주행 전	주행 후	주행 전	주행 후
1st	2,327.42	1,741.36	2,970.18	2,298.80
2nd	2,327.41	1,741.35	2,970.19	2,298.77
3rd	2,327.45	1,741.38	2,970.16	2,298.76
4th	2,327.37	1,741.34	2,970.16	2,298.77
5th	2,327.38	1,741.35	2,970.12	2,298.75
Average (Min, Max 제외)	2,327.40	1,741.35	2,970.17	2,298.77
연료 소모량	586.05		671.40	

2) 결론
- 열린 타입 모노레일의 CVW 조건에서의 연료 소모량은 586.05g, GVW 조건에서는 671.40g

[그림] 연료 소모량 입회 평가 결과

○ 개발 배터리 모노레일 컨셉 설계(한국모노레일)

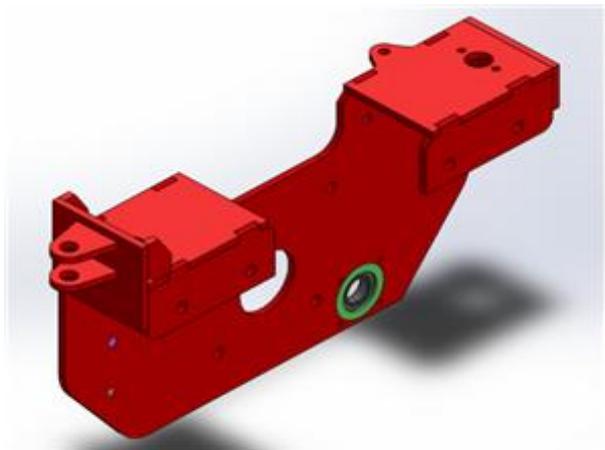
- 고랭지 농업 등에 적합한 농업용 배터리 모노레일 컨셉 디자인 설계

○ 경량화 전략 설계

- 감속기의 경량화를 위해서 케이싱을 현 주물에서 알루미늄으로 재질을 변경
- 감속기 총 중량 주물 케이싱일 때 34.5kg, 알루미늄 케이싱일 때 27.3kg으로 중량 절감 7.2kg 실현 가능
- 차체 FRAME의 구조 변경을 통한 경량화
- 현 프레임은 22kg, 새로 제작된 프레임은 18.32kg으로 절감 중량은 3.6kg



[그림] 기존 프레임



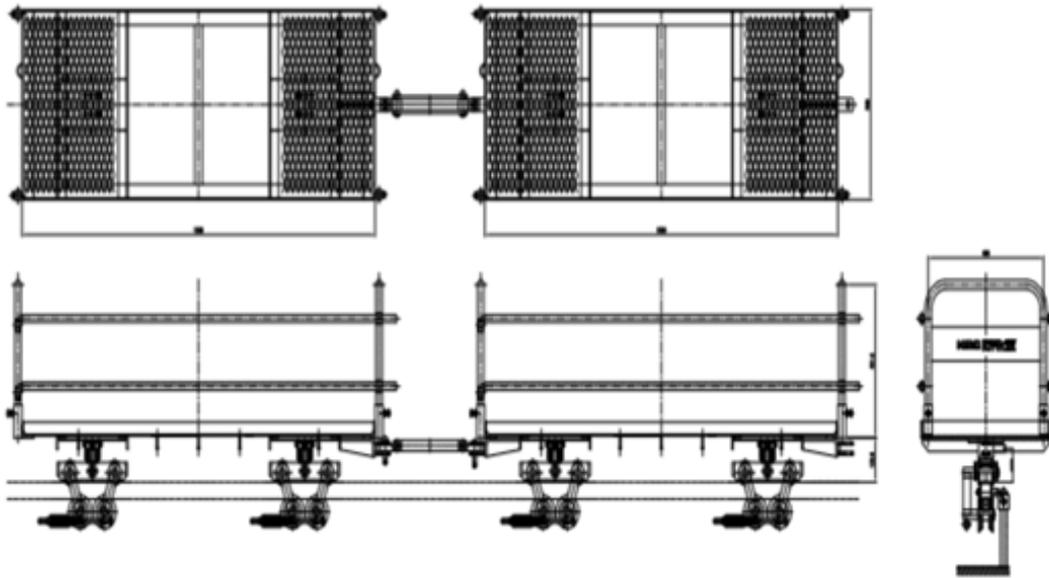
[그림] 프레임 경량화 설계

○ 최적 적재량 선정

- 농업용 모노레일의 특성 상 적재물량이 많아 500 kg으로 선정
 - ◆ 쌀, 채소, 과일 등의 대부분의 농작물 포장 단위 20kg 내외이고 사람이 탑승할 경우 몸무게를 70kg으로 상정했을 때 $20\text{kg} * 8 \text{ box} = 160\text{kg}$, 총 230kg
 - ◆ 모노레일 무게(동력체 192kg + 대차 84kg, 총 276kg)를 포함하면 총 500kg에 근접

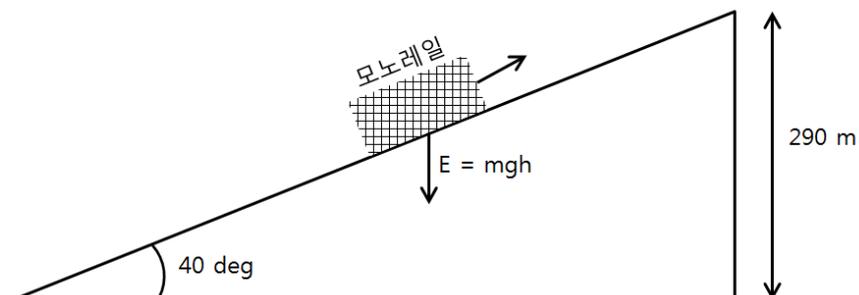
○ 적재물 중량 및 부피에 따른 적재 공간 변경이 가능한 적재 공간 최적 설계

- 농업용 모노레일의 특성 상 적재물의 중량은 낮지만 부피가 큼
- 기존 대차의 길이는 2,020mm 이었으나 개선된 대차는 1,500mm으로 설계. 2,020mm 화물대차를 2대 연결하여 운행할 시 곡선 구간에서 레일 끼임 현상이 발생. 그러므로 개선된 대차는 1,500mm으로 줄여 보기 간격을 최적화하여 곡선 구간에서도 끼임 현상 없이 운행이 가능하도록 설계
- 보기의 롤러 폭을 5mm 연장하여 곡선구간에서 끼임 현상을 줄일 수 있도록 설계

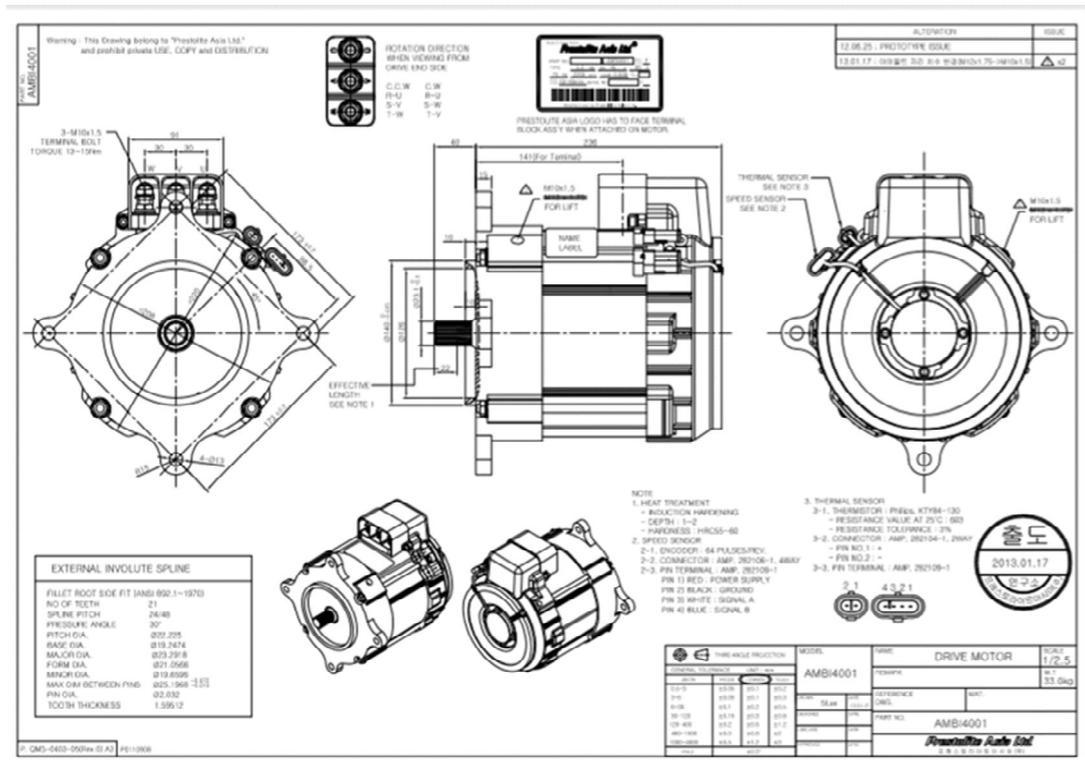


[그림] 화물대차 확장 방안

- 선정된 적재 중량, 경사도 등을 고려한 배터리 및 모터 선정
- 벤치마킹 모노레일인 MU-350의 감속기를 이용하였으며, 5 kW 급 모터를 적용, 인버터는 5.5 kW 의 인버터를 적용
- 무 부하 상태에서 구동을 통해 작동 여부를 확인
- 순수 운행시간 (450m/45m(평균속도)) = 10분 x 10회(하루평균 운행)= 100분(사용시간) 왕복기준 최대 200분 운행 (3시간까지 사용)
- $M = 500 \text{ kg}$ f 450 m
- $E(\text{필요에너지}) = mgh(\text{위치에너지}) = 500(\text{중량}) \times 9.8(\text{중력가속도}) \times 290(\text{높이}) = 1,421,000\text{j} / 0,65(\text{안전율 상수}) = 2,186,153.8$
- 한쪽은 오르막이고 절반은 내리막으로 계산
- $E(\text{필요에너지}) = mgh / \text{효율} = 500(\text{중량}) \times 9.8(\text{중력가속도}) \times 145(\text{높이}) / 0.65$ (기어, 감속기, 렉피니언 기타 효율)
- 이동속도는 45m, 이동시간 = 225m (거리) / 45m(평균속도) = 300초
- 필요동력 = $j / \text{sec} (W) = 1,093,076 / 300(\text{초}) = 3,64 \text{ kW}$ (모터의 효율이 94%이면, 실제 필요한 동력은 3.87kW)
- 모터용량 선정은 필요동력이 모터용량의 80%수준으로 설정하여 계산하면, $3.87/0,8 = 4.84 \text{ kW}$



- 선정된 적재 중량, 경사도 등을 고려한 배터리 및 모터 선정
- 배터리 에너지 용량은 = (3.64 kW/0.8(모터에너지를 전기에너지로 변환한 효율) x 5분 x 10회 = 227 kw/min) = 3.7 kWh
- 배터리용량은 3.7 kwh / 0.7= 5.2 kWh 이므로 5.5 kwh로 선정.



[그림] 배터리 모노레일 사전 평가를 위해 선정된 모터

- 차량의 시제품 제작(효율적인 개발 진행을 위해 기간 단축진행)



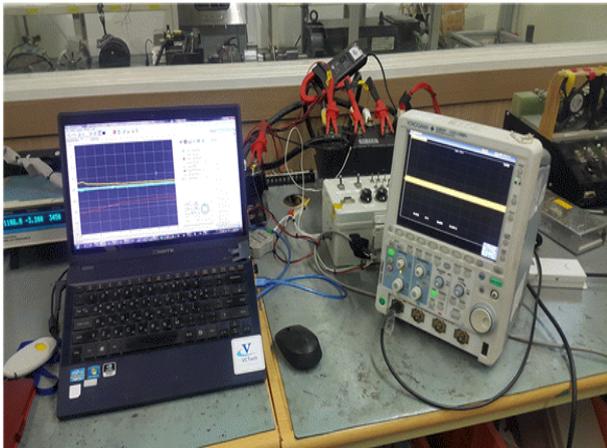
[그림] 배터리 모노레일 사전 평가용 제작



[그림] 배터리 모노레일 사전 평가용 제작

- 사전 평가

- 예봉산 트랙을 이용하여 제작될 시제품의 구동 성능 평가를 진행
 - ◆ 모터의 출력이나 회전 속도, 토크 등을 측정할 수 없어 모터에 유입되는 전압, 전류, 전력, 배터리에서 소모되는 전압, 전류, 전력을 측정하여 성능을 파악하고자 함
- 제작된 모노레일 성능 평가
 - ◆ 선정 모터 500Kg 적재 가능성 확인



[그림] 모터성능 사전 평가



[그림] 배터리 용량 사전 평가

▪ 사전 평가 조립

- ◆ 사전 평가 제작품의 경우 선정된 사양의 Assembly만 진행하여, 예봉산 트랙 현장에서 조립을 실시



[그림] 사전 평가 제작품



[그림] 사전 평가 제작품 조립_1



[그림] 사전 평가 제작품 조립_2



[그림] 사전 평가 제작품 조립_3



[그림] 조립이 완성된 사전 평가 제작품

- 사전 평가 제작품의 성능 평가 진행을 위한 측정 장비 장착
 - ◆ 사전 평가 제작품 성능 평가를 위하여 속도, 모터 및 배터리의 전압, 전류 등을 측정하기로 협의
 - ◆ 위탁기관인 (재)자동차융합기술원의 측정 장비를 도입하여 측정

[표] 사전 평가 제작품 성능 평가 항목 및 측정 장비

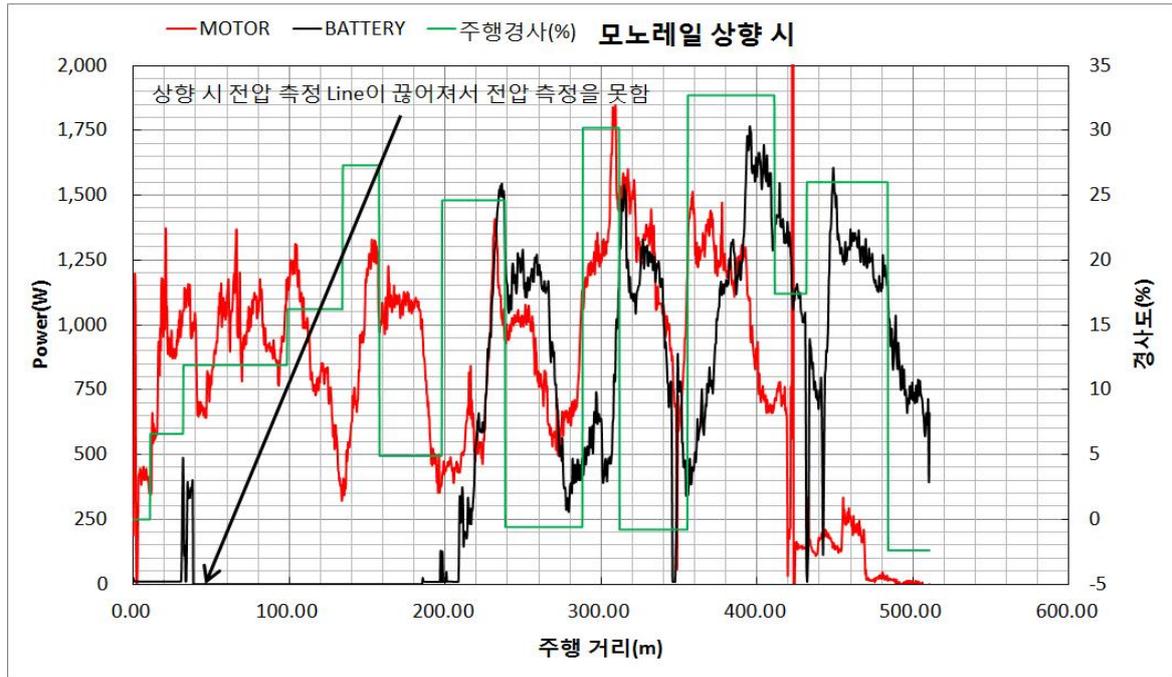
장비명(모델명)	사양	측정항목	장비 사진
GPS 측정기 (RT-3000)	<ul style="list-style-type: none"> • 속도 정확도 : 0.1 km/h • 거리 정확도 : 0.6 m 	<ul style="list-style-type: none"> • 주행 속도 	
전력 분석계 (PW-3390)	<ul style="list-style-type: none"> • 전압 정확도 : 0.05% rdg. ±0.07% f.s. • 전류 정확도 : 0.3% rdg. ±0.1% f.s. • 전압 측정 범위 : 1,000V • 전류 측정 범위 : 1,000A 	<ul style="list-style-type: none"> • 모터/배터리 소비 • 전압, 전류 	



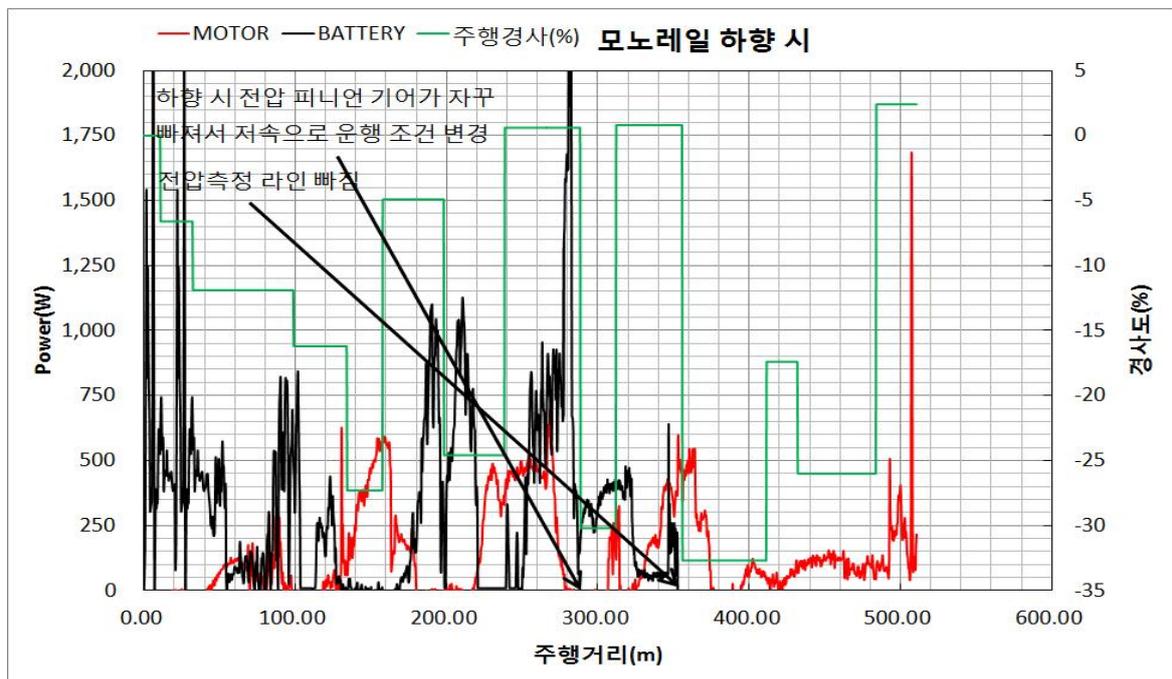
[그림] 측정 센서가 장착된 사전 평가 제작품

- 사전 평가 제작품의 성능 평가
 - ◆ 사전 평가 제작품 성능 평가를 위하여 벤치마킹 모노레일 성능평가를 진행하였던 예봉산 트랙을 이용
 - ◆ 사전 평가 제작품의 완성도 및 안전을 고려하여 총 주행 거리 3.2km 중 1km(500m 왕복)를 주행함
 - ◆ 상향 시 모터 및 배터리의 출력 변화를 분석할 경우 경사도가 일정함에도 출력이 일정하지 않고 fluctuation이 발생함을 확인
 - ◆ 상향 시 경사도에 의한 출력 영향을 파악할 수 있으나, 측정 장비 파손 및 오류로 인하여 측정이 원활하게 이루어지지 않음
 - ◆ 하향 시 모터 및 배터리의 출력 변화의 경우 측정 장비 오류 및 사전 평가 제작품의 피니언 기어 소손으로 인하여 측정이 원활하지 않아 경향 파악이 어려움

- ◆ 하향 시 피니언 기어 소손 후 안전 문제로 인하여 차속을 임의로 변경하여 정확한 출력 분석은 어려움
- ◆ 모노레일 주행 속도의 경우 적용된 속도 측정 장비가 초기화를 위하여 최소 10km/h로 주행해야하는 특성을 지니고 있어 모노레일에 적합하지 않음
- ◆ 모노레일 주행 특성에 적합한 저속차량 용 속도계가 요구
- ◆ 모노레일 주행 시
- ◆ 의 진동 및 Noise 저감을 위한 설계 대책이 필요



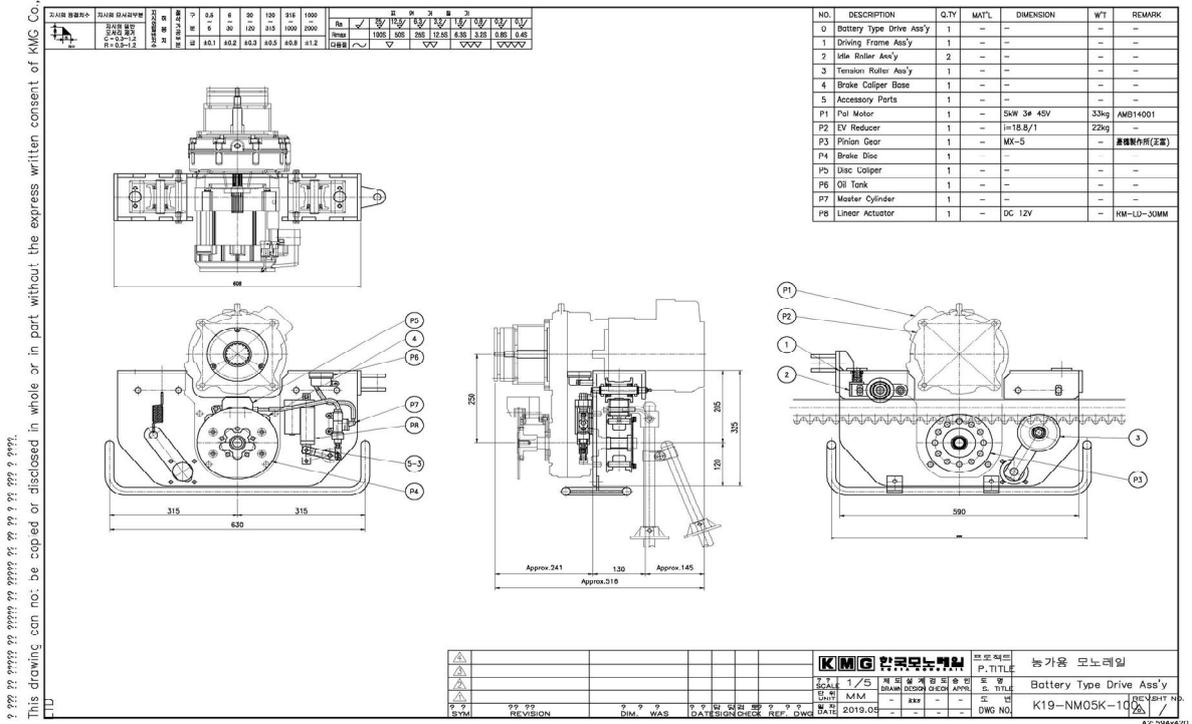
[그림] 사전 평가 제작품 오르막 주행 시 모터 및 배터리 전력 측정 결과



[그림] 사전 평가 제작품 내리막 주행 시 모터 및 배터리 전력 측정 결과

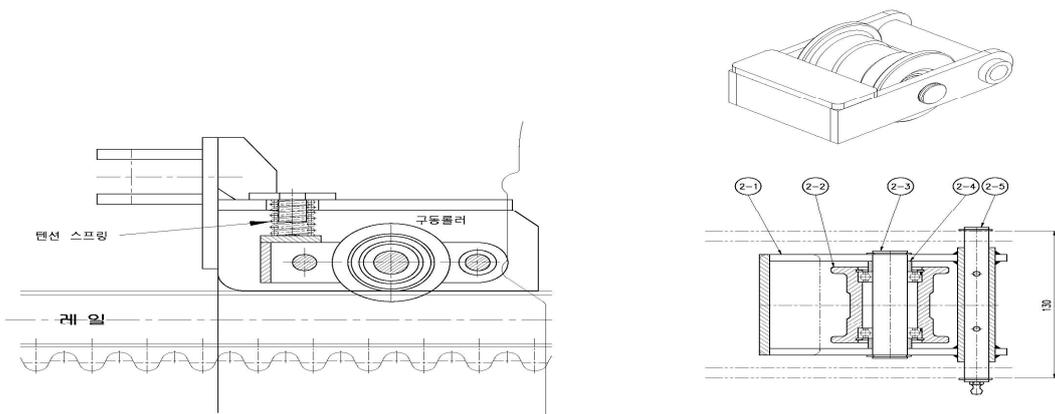
■ 전체 설계 도면

◆ 구동부 어셈블리 도면



[그림] 구동부 어셈블리 도면

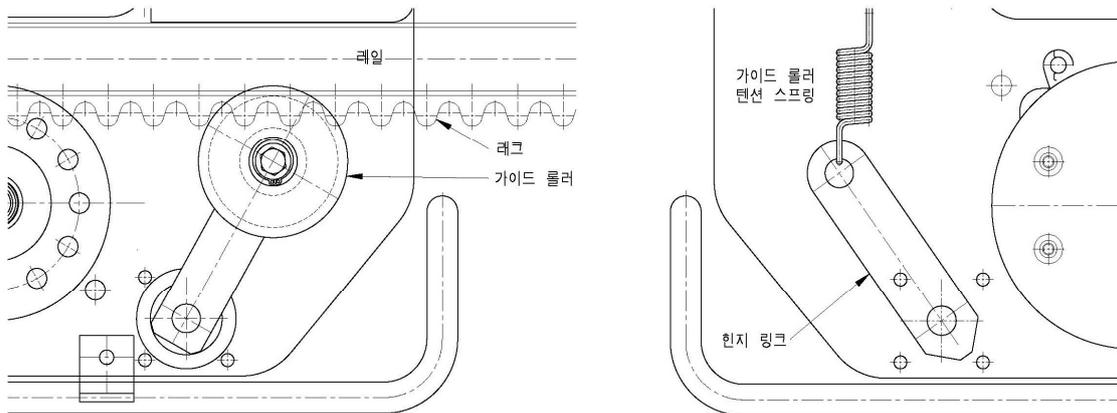
■ 구동부 설계



[그림] 모노레일 상부 롤러

- ◆ 기존 엔진식 모노레일 상부 롤러는 편심을 주어 약 5mm 정도 조정할 수 있도록 하였음. 그러나 문제는 주행하면서 수시로 변화 되는 레일의 곡률에 대하여 한번 세팅하면 변화에 따른 대응을 할 수 없었다는 단점이 존재함.

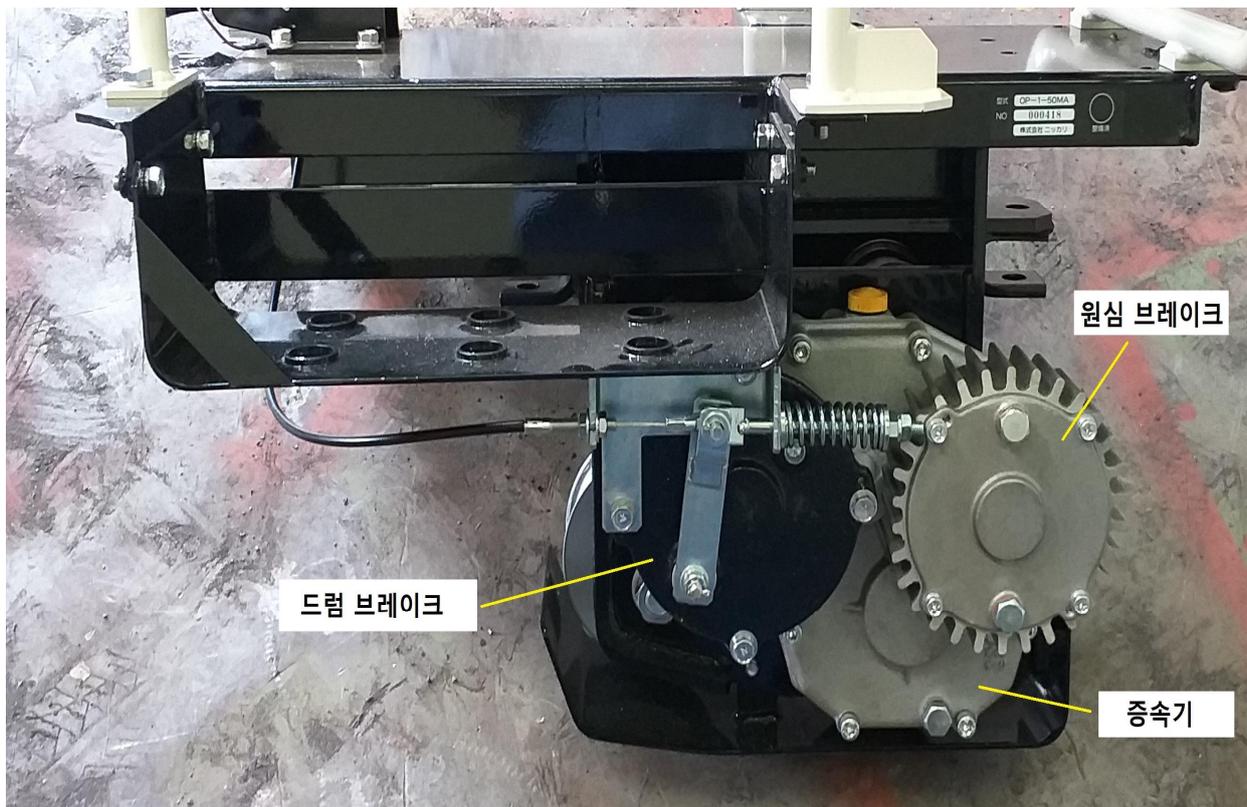
- ◆ 편심양을 조정하는 것도 적당히 임의로 조정할 수밖에 없어 레일의 곡률 변화에 맞추어 대응할 수 없는 구조임을 확인함.
- ◆ 배터리 타입의 구동부 설계에서는 이러한 미비점을 보완하여 구동 롤러를 일체형으로 만들고 텐션 스프링을 사용하여 구동롤러 브라켓(품번 2-1)을 항상 누르는 구조로 설계함.
- ◆ 텐션 스프링의 장점은 누름량에 따라 장력이 변화함으로서 레일과 롤러 사이의 틈새가 발생하지 않도록 하여 항상 접촉하여 구동할 수 있도록 함
- ◆ 품번 2-3의 샤프트 핀은 충분한 공차를 주어 구동롤러 어셈블리가 좌우로 움직일 수 있도록 하여 좌우 곡율의 변화에 따라 대응할 수 있도록 하였으며 또한 핀의 끝단에 그리스 니플을 부착하여 수시로 그리스를 주입함으로서 핀이 고착되는 것을 방지함.
- ◆ 현장의 로드 테스트 결과 엔진식 보다 소음과 진동이 현저히 줄어든 결과를 확인함.
- ◆ 참고로 스프링 대신 가스 속업쇼바를 사용하는 것도 검토하였으나 제조 메이커마다 규격과 사양이 달라 추후 정비와 유지 보수가 어려울 것으로 판단되어 배제함.



[그림] 모노레일 가이드 롤러

- ◆ 기존 엔진식 모노레일의 구동부도 가이드 롤러는 있으며 고정되어 있는 방법으로 구성. 위에서 일부 설명되어 있는 것처럼 곡률 변화에 전혀 대응 할 수 없는 구조임.
- ◆ 따라서 구간 변화에 맞추어 대응이 되지 않으므로 틈새가 많이 벌어지던가 아니면 레일에 끼이는 현상이 자주 발생되어 동력의 손실과 함께 소음이 발생하는 빈도가 많이 나타게 됨.

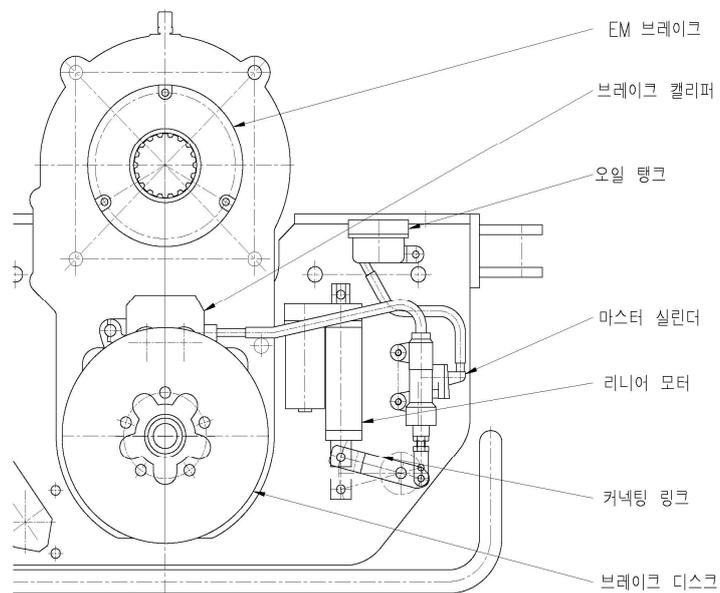
- ◆ 배터리 타입에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 위의 그림에 나타낸 것과 같이 프레임에 가이드 롤러를 고정하는 방식이 아닌 링크를 이용한 방식을 적용함.
- ◆ 링크를 이용하여 링크 끝단에 롤러를 조립하고 반대쪽에도 힌지링크를 조립하고 가이드 롤러용 텐션 스프링으로 당길 수 있도록 하였으며 장력 조절은 스프링 끝단에 볼트를 연결하여 풀고 감음에 따라 장력이 조정될 수 있는 구조로 구성.
- ◆ 현장의 로드 테스트 결과 곡률 반경의 변화에 따른 대응이 우수하여 엔진식 보다 소음과 진동이 현저히 줄어든 결과를 도출.
- ◆ 부수적인 효과로서 조립의 용이성 또한 얻을 수 있었음. 엔진식은 레일의 끝단에서 장치를 밀어 넣어야 조립이 되는 구조이나 본 배터리식은 텐션 스프링을 이완하면 가이드 롤러가 자연스럽게 내려가 레일과 접촉하지 않게 되므로 조립이 용이.



[그림] 구동부 시제품

▪ 브레이크 시스템 설계

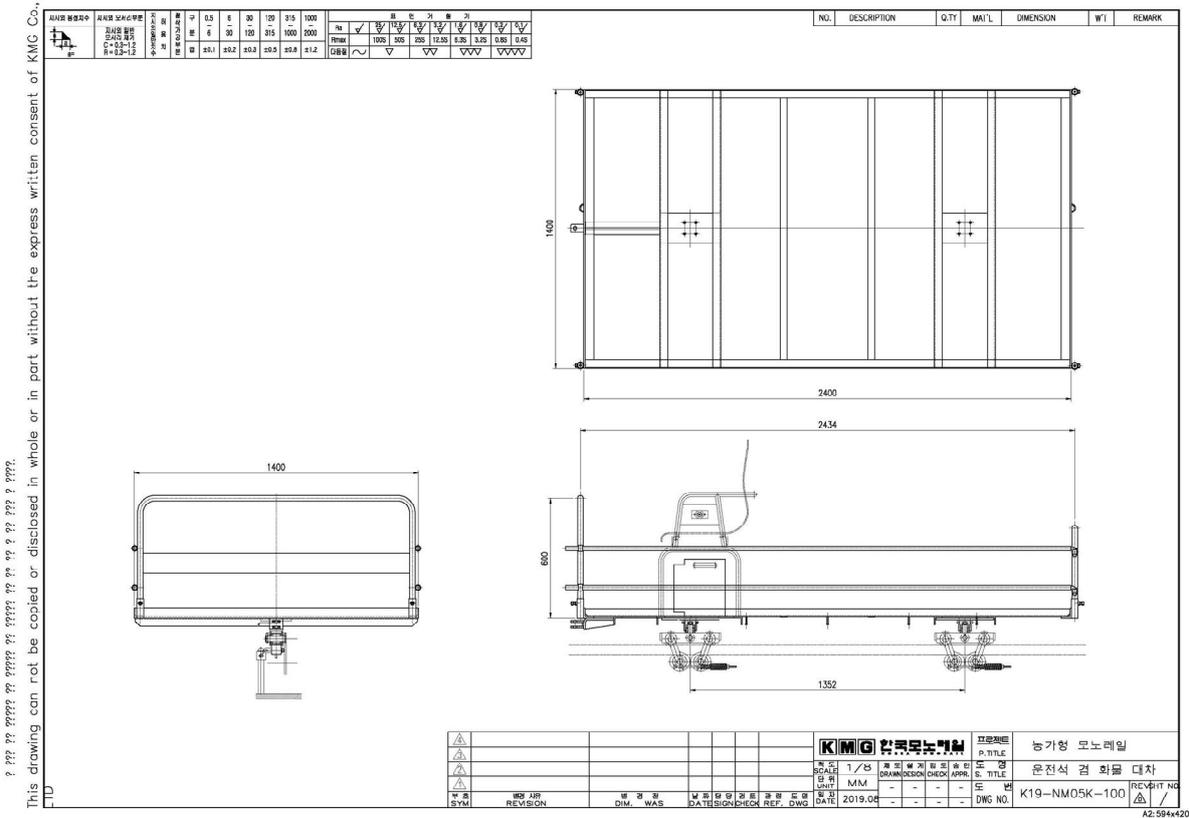
- ◆ 기존 엔진식 구동부의 브레이크 시스템은 기계식으로 이루어졌으며 드럼 브레이크 방식과 원심 브레이크 방식의 두 가지로 이루어져 있음
- ◆ 드럼 브레이크 방식은 일반적인 방법을 사용했으며 가장 특징적인 부분은 증속기를 사용.
- ◆ 증속기를 사용한 가장 큰 이유로는 주행 회전수가 180~200 RPM 이며 이때 작용하는 축에 작용하는 토크가 커서 지름 $\varnothing 100$ mm 정도의 드럼 브레이크로는 제동이 어려움.
- ◆ 따라서 이를 해결하는 방법은 회전수를 높여(증속)하여 작용하는 토크 값을 낮추어 제동에 작용하는 힘을 낮출 수밖에 없어, 이러한 이유로 구조가 복잡하고 부착한 장치의 무게가 더해져 자중이 많이 올라갈 수밖에 없는 상태로 구성되어 있음.
- ◆ 다른 한 가지의 브레이크 장치는 원심 브레이크로 일정 회전수가 되면 원심력에 의해서 디스크 패드가 드럼에 접촉하여 제동이 이루어지는 원리임.
- ◆ 따라서 엔진의 회전수가 낮아지면 제동이 풀리고 높아지면 제동이 되므로 안정적인 브레이크 장치로서의 역할에는 미흡한 수준임.
- ◆ 배터리식 모노레일의 브레이크 시스템은 3가지로 구성하여 보다 안전하게 설계.



[그림] 브레이크 시스템

- ◆ 첫째 인버터의 작동을 회로 로직에 따라 일정 회전수 값을 세팅하여 이상 속도가 발생하지 않도록 근본적으로 차단하였음.
- ◆ 따라서 경사지를 내려갈 때에도 세팅한 회전수 값을 벗어나지 않으므로 안정적인 운행이 가능하도록함.
- ◆ 둘째 EM 브레이크를 채택하여 전원이 입력되면 브레이크의 제동 상태가 해제되고 전원이 OFF 되면 제동되는 구조로 구성.
- ◆ 따라서 주행 상태에서 어떠한 상황이 발생해도 전원 공급을 OFF 하면 브레이크가 작동하도록 안전성을 높임.
- ◆ 셋째 기계식 유압 브레이크 장치를 적용, 이장치는 오토바이나 자동차의 제동 시스템과 같은 원리이며 리니어 모터를 이용하거나 제동 레버를 이용할 수 있도록 두 가지 사항을 적용.
- ◆ 따라서 어떠한 상황에서도 유연하게 대처할 수 있도록 하여 한층 더 안정성을 배가.
- ◆ 구동부 프레임 하부에 안전 가드를 부착하여 동작하는 부분에 나뭇가지나 돌덩이 등이 튀어도 문제가 없도록 하였고 조립 후 안정정인 자세가 유지되도록 하여 설치 및 운반 과정이 쉽도록 하였음.

■ 운전석 및 운반 대차의 설계

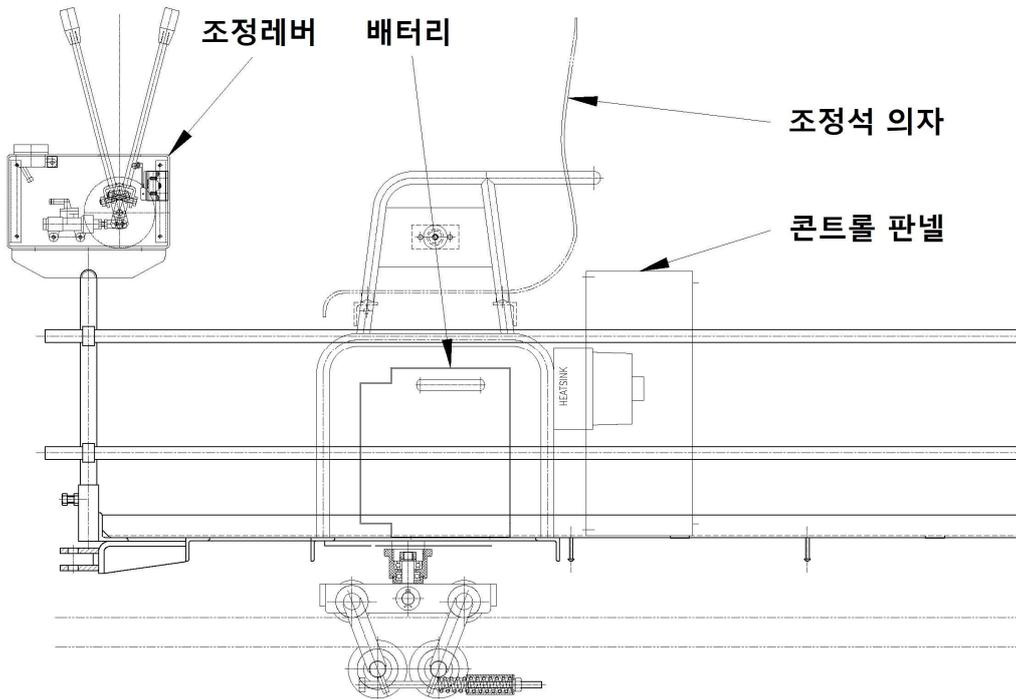


[그림] 운전석 및 운반 대차의 설계도면

■ 엔진식 모노레일 대차의 장단점

- ◆ 위에서 보듯이 기존의 엔진식 모노레일은 구동부 + 운전석 + 화물 대차로 구성됨.
- ◆ 이는 장점이자 단점이 될 수 있는 구조이며 장점으로서는 각각이 분리 할 수 있도록 되어 있어 운반 및 설치 조립이 용이하다는 장점이 있으며 또한 때에 따라서는 구동부 + 화물 대차로 구성하기도 함.
- ◆ 단점으로는 구동부 + 화물 대차로 구성 했을 때 운전자는 화물 대차에 쪼그려 앉거나 엉거주춤하게 선 상태로 운전을 하게 되는 불편함이 발생.
- ◆ 불편함을 해소하기 위해서는 운전석을 필히 연결해야 하며 이로서 구동부는 견인하게 되는 중량이 증기하게 되는 부담 또한 발생.

▪ 배터리 타입 모노레일 대차의 장단점



[그림] 배터리 타입 모노레일의 운반대차 설계

- ◆ 배터리 모노레일 대차의 구성은 위의 그림과 같음.
- ◆ 장점은 대차의 앞 부분에 조정석 의자와 조정 레버를 배치하여 운전 조작성을 높이고 조정석 의자의 하부 공간에 배터리를 장착하여 공간의 활용도를 높임.
- ◆ 따라서 적재 공간이 적어진 만큼 대차의 길이를 늘려 적정 공간을 확보하였다.
- ◆ 단점으로는 모든 부품을 한 곳에 집적하여 중량이 증가함.

- 1차 배터리 모노레일 시제품 평가

- 예봉산 트랙을 이용하여 제작될 시제품의 구동 성능 평가를 진행
 - ◆ 모터의 출력이나 회전 속도, 토크 등을 측정할 수 없어 모터에 유입되는 전압, 전류, 전력, 배터리에서 소모되는 전압, 전류, 전력을 측정하여 성능을 파악하고자 함

- 1차 배터리 모노레일 시제품 조립
 - ◆ 사전 평가 제작품의 경우 선정된 사양의 Assembly만 진행하여, 예봉산 트랙 현장에서 조립을 실시함



[그림] 1차 시제품 조립



[그림] 1차 시제품 조립_2



[그림] 1차 시제품 조립_3



[그림] 1차 시제품 조립_4



[그림] 1차 배터리 모노레일 시제품

- 1차 시제품의 성능 평가를 위한 측정 장비 장착
 - ◆ 1차 시제품 성능 평가를 위하여 모터 및 배터리의 전압, 전류 등을 측정하기로 협의
 - ◆ 위탁기관인 (재)자동차융합기술원의 측정 장비를 도입하여 측정

[표] 1차 시제품 성능 평가 항목 및 측정 장비

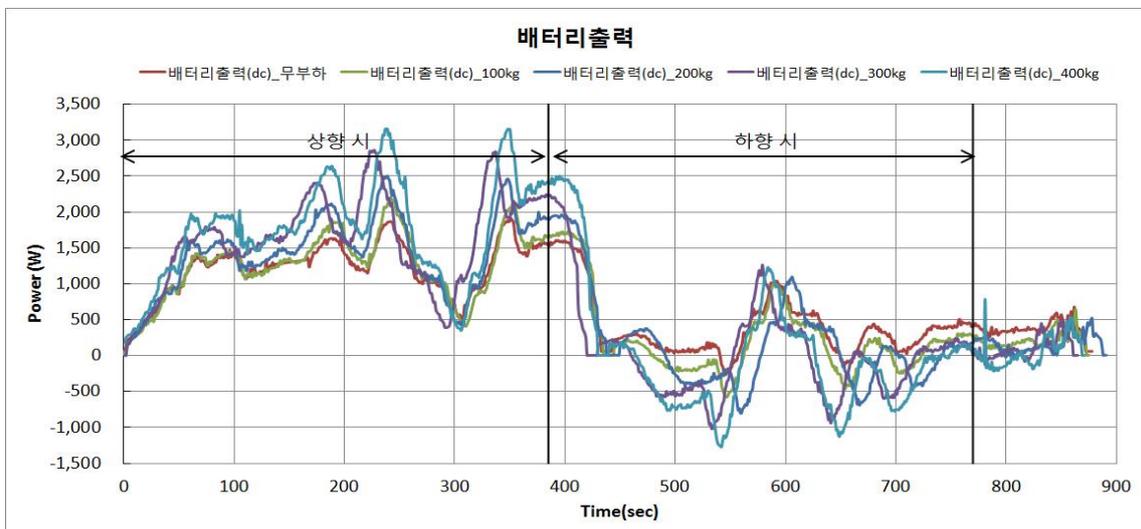
장비명(모델명)	사양	측정 항목	장비 사진
전력 분석계 (PW-3390)	<ul style="list-style-type: none"> • 전압 정확도 : 0.05% rdg. ±0.07% f.s. • 전류 정확도 : 0.3% rdg. ±0.1% f.s. • 전압 측정 범위 : 1,000V • 전류 측정 범위 : 1,000A 	<ul style="list-style-type: none"> • 모터/배터리 소비 • 전압, 전류 	



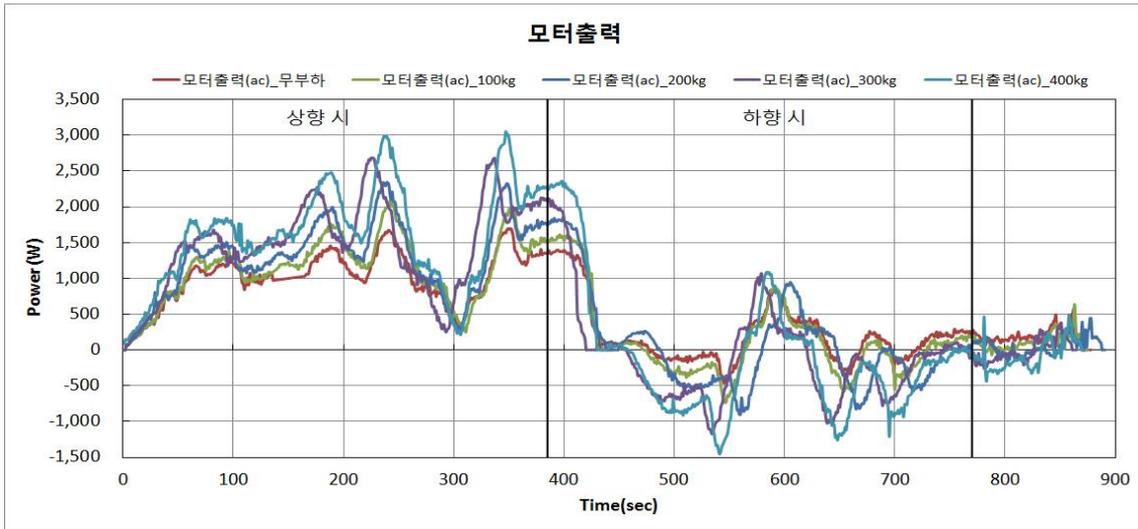
[그림] 1차 시제품 성능 평가(예봉산 트랙)

■ 1차 시제품 의 성능 평가

- ◆ 1차 시제품 성능 평가를 위하여 벤치마킹 모노레일 성능평가를 진행하였던 예봉산 트랙을 이용
- ◆ 1차 시제품의 완성도 및 안전을 고려하여 총 왕복 800초를 주행함
- ◆ 적재 무게는 0 - 400kg까지, 100kg단위로 적재하여 실험함
- ◆ 모터 및 배터리의 출력 변화를 분석할 경우 무게에 따라 출력이 증가함을 확인함
- ◆ 모노레일 주행 시의 진동 및 Noise 저감 확인함



[그림] 배터리 출력 그래프



[그림] 모터 출력 그래프

- 참여기관 ((재)자동차융합기술원)

○ 개발 내용 및 범위

o 개발 배터리 모노레일 성능 해석을 위한 해석 기반 구축

- 배터리 모노레일 구동 성능 해석을 위한 해석 기반 구축

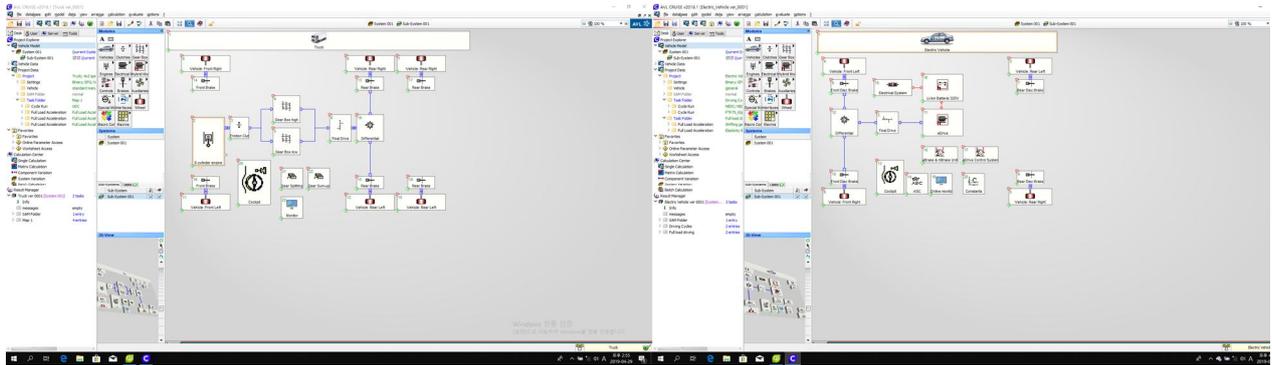
- 벤치마킹 모노레일 동력성능 해석을 위하여 차량의 일반적인 특성과 모노레일의 특성을 비교
 - ◆ 구동력은 모노레일과 일반 차량이 모두 엔진으로 동일
 - ◆ 차속의 경우 모노레일은 저속 차량으로 모사가 가능함
 - ◆ 주행은 일반 차량이 타이어로 주행하는데 반해 모노레일은 랙피니언 기어로 주행
 - ◆ 랙피니언 기어는 저항이 높은 도로를 주행하는 타이어로 모사할 수 있음
 - ◆ 비교 결과에 근거하여 모노레일을 차량으로 모사할 수 있음 확인

[표] 모노레일 동력성능 해석을 위한 차량과의 비교

항목	모노레일	차량
구동력	엔진	엔진
주행	랙피니언 기어	타이어
차속	저속(< 5km/h)	다양

- 비교 결과에 근거하여 차량의 동력 성능 해석이 가능한 AVL社의 CRUISE™ 구축
 - ◆ 벤치마킹 모노레일은 위의 비교 근거를 토대로 모델 구축을 통해 동력성능 해석이 가능할 것으로 판단

- ◆ 배터리 모노레일의 경우 구축된 프로그램의 Electric Vehicle Library를 적용하여 동력성을 해석하고자 함

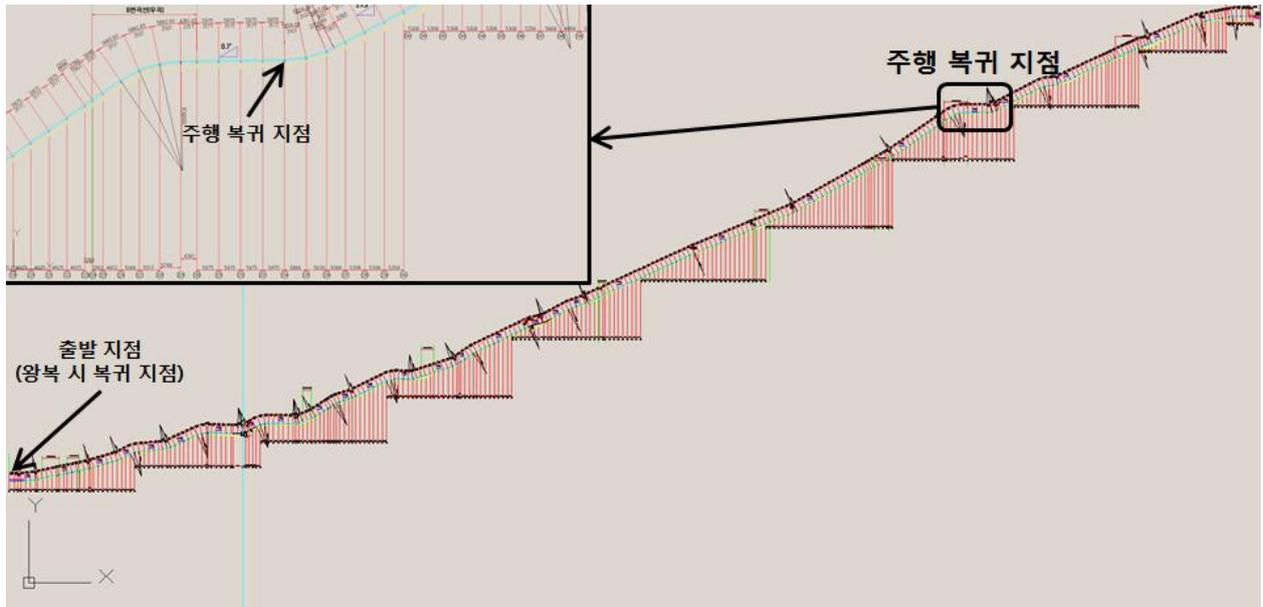


[그림] 모노레일 동력성능 해석을 위해 구축된 동력성능해석 프로그램

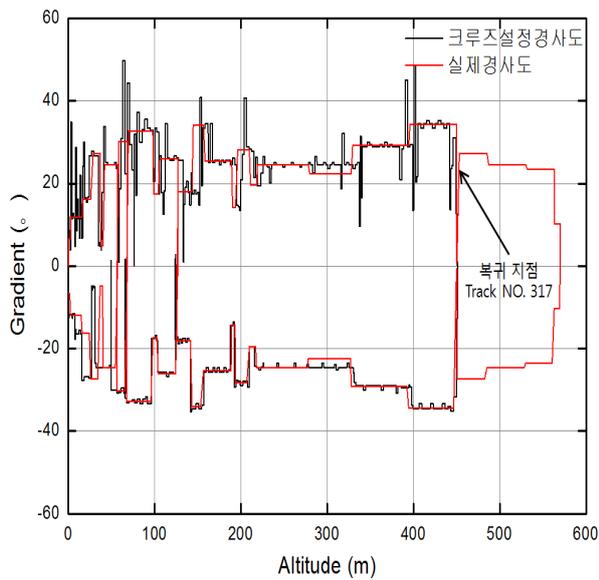
○ 벤치마킹 연구를 토대로 한 배터리 모노레일 사양 선정 지원

– 벤치마킹 사양과 동일한 동력 성능을 지니는 배터리 타입 모노레일 설계 Parameter 연구

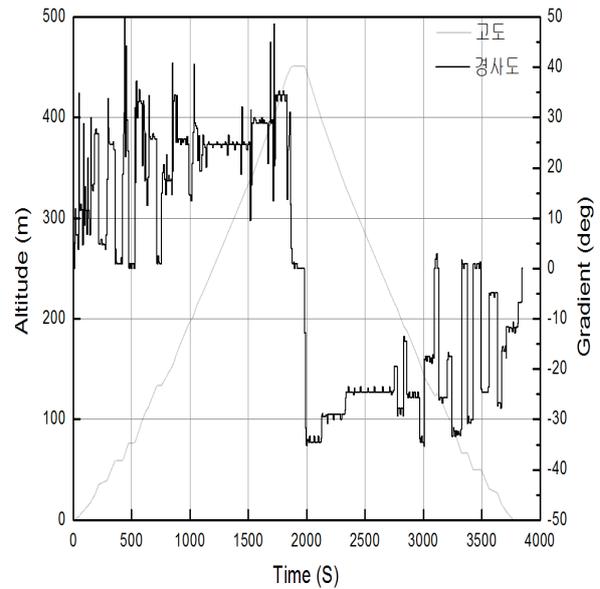
- 벤치마킹 모노레일 동력 성능 검증
 - 벤치마킹 모노레일 동력 성능 검증 방안 연구
 - ◆ 엔진 타입 벤치마킹의 경우 주행 시 진동 및 노이즈가 과도하게 발생하여 토크미터, 엔코더 등 엔진 출력에 직접적인 영향을 미치는 변수를 측정할 수 없음
 - ◆ 주관 기관과의 협의 하여 연료 소모량을 측정하기로 협의
 - ◆ 동력성능 해석 모델 구축을 통해 연료 소모량 비교를 하여 구축 모델 검증을 진행하여, 검증된 해석 모델을 이용하여 엔진의 성능을 분석할 예정
 - 벤치마킹 모노레일의 동력 성능 검증을 위한 예봉산 트랙 모델링
 - ◆ 예봉산 트랙 도면 정보를 기반으로 각각의 트랙의 경사도와 거리를 모사
 - ◆ 연료 소모량 측정 시 주위 환경으로 인하여 모든 트랙을 다 주행하지 않았으며, 317번째 트랙에서 복귀
 - ◆ 연료 소모량의 경우 317번째 트랙까지의 경사도와 거리에 대한 결과이므로, 이 부분까지 해석 모델을 구축
 - ◆ 모사된 경사도는 실 트랙의 경사도와 큰 차이 없이 잘 모사하고 있음을 확인
 - ◆ 해석 모델의 경우 실도로와는 다르게 경사도가 갑자기 튀는 구간들이 발견되며, 이는 크루즈 자체에서 경사도를 구하는 방식에 따른 특징때문인 것으로 판단됨



[그림] 연료 소모량 측정 시 주행 코스

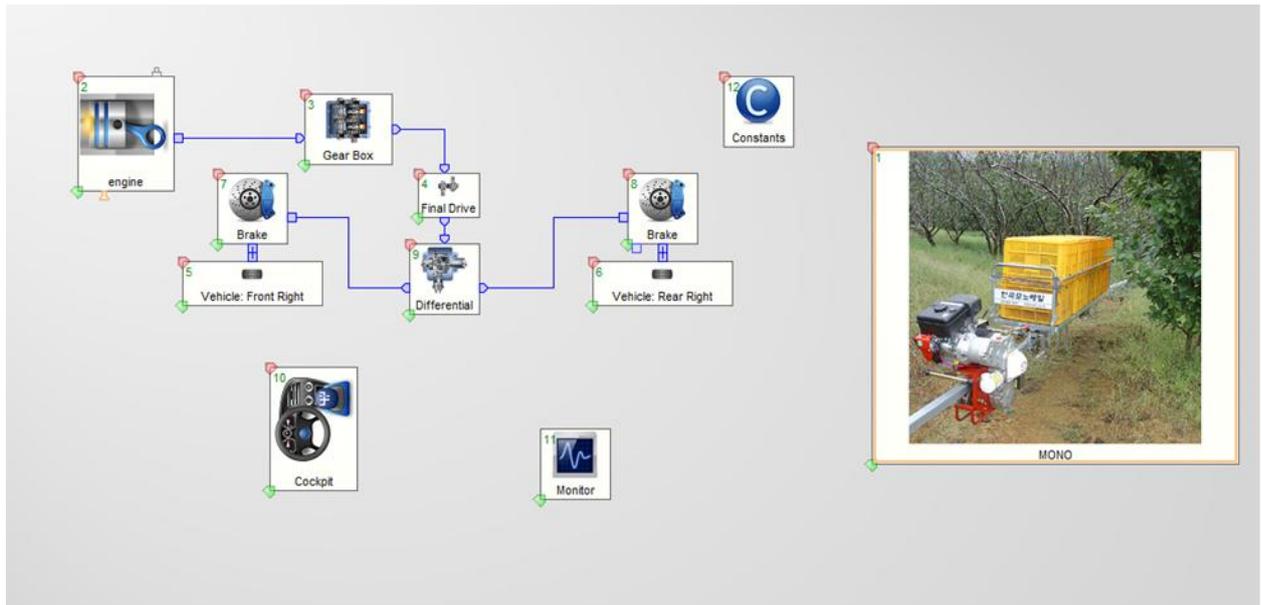


[그림] 경사도 모사 비교(CRUISE vs REAL)



[그림] CRUISE 고도 및 경사도

- 벤치마킹 모노레일의 동력 성능 해석을 위한 해석 모델 구축
 - ◆ 벤치마킹 모노레일 동력 성능 해석을 위하여 AVL社의 CRUISE™를 이용하여 동력 성능 해석 모델 구축
 - ◆ 동력성능 해석 모델은 크게 구동력을 제공하는 엔진, 감속기 역할을 하는 기어 박스, 랙 피니언 기어 역할을 하는 Wheel 로 구성
 - ◆ 내리막 경사 구동 시 벤치마킹 모노레일은 엔진 브레이킹 기능을 이용하여 복귀하나, 구축된 해석 모델은 엔진 브레이크 기능이 없어 브레이크를 따로 추가함

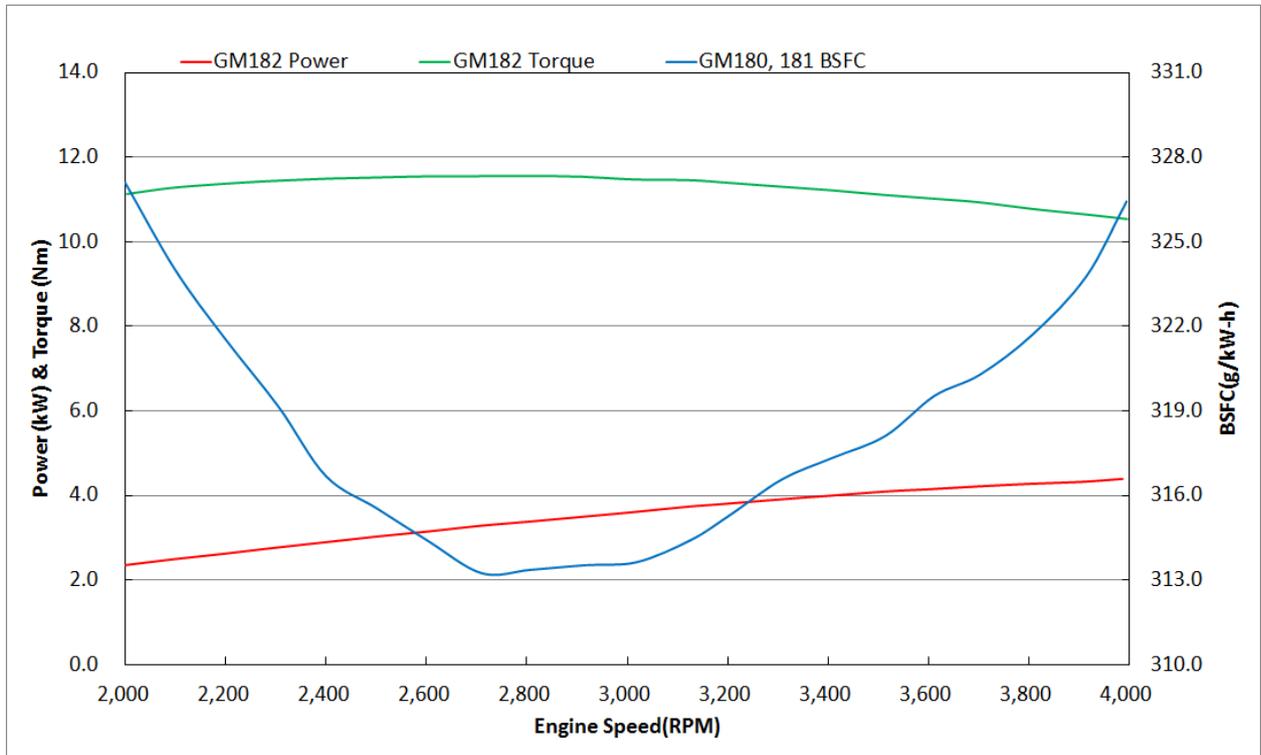


[그림] 벤치마킹 모노레일 동력성능 해석을 위하여 구축된 모델

- 구축된 해석 모델의 동력성능 해석을 위한 변수 설정
 - ◆ 실제 예봉산 트랙 주행 시 적용되었던 벤치마킹 모노레일의 값들을 입력하여 동력 성능을 해석
 - ◆ 연비를 계산할 수 있는 BSFC의 경우 GM-182의 사양의 값이 존재하지 않아, 동일 사양인 GM-180, 181의 값을 적용

[표] 벤치마킹 모노레일 동력성능 해석을 위한 상수

항목	실제	해석
엔진 명칭	GM-182	-
엔진 Displacement	181 cc	180 cc
엔진 최대 출력	4.4 kW / 4,000 RPM	4.41 kW / 4,000 RPM
엔진 최대 토크	11.57 Nm / 2,800 RPM	11.8 Nm / 2,800 RPM
엔진 BSFC	GM-182	GM-180, 181
감속비	30.1 : 1	30.1 : 1
피니언기어 직경	133.7 mm	140.0 mm
주행 속도	40 m/min(2.4 km/h)	2.4 km/h
적용 중량	공차	227 kg
	적차	377 kg



[그림] GM-182 출력, 토크, GM-180, 181 BSFC 곡선

- 동력성능해석 모델 검증
 - ◆ 구축된 해석 모델 검증을 위하여 예봉산 트랙에서 평가한 연료 소모량 결과를 계산된 연료 소모량과 비교
 - ◆ 비교 결과 공차의 경우 5.2%의 오차를 적재의 경우 -2.9%의 오차를 보이고 있어 동력성능 분석에 적합한 모델을 구축하였다고 판단

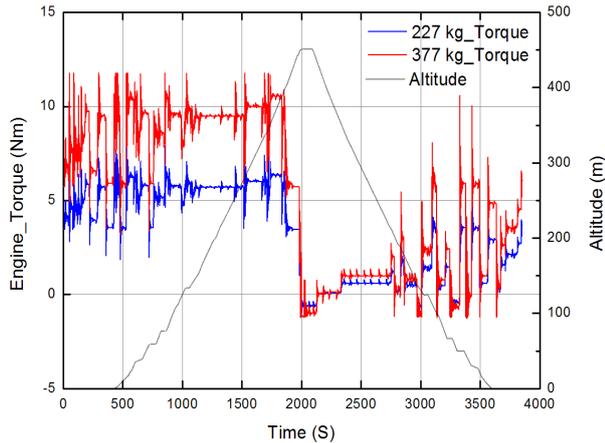
[표] 동력성능 해석 결과 비교

항목	공차		적재	
	시험	해석	시험	해석
연료 소모량	586.06 g	555.70 g	671.40 g	691.00 g
오차	5.18 %		-2.92 %	

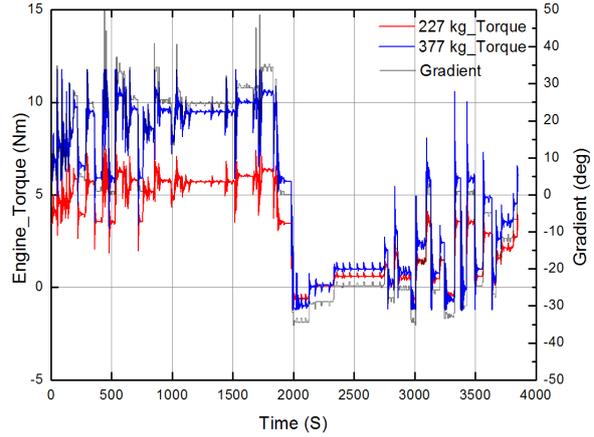
- 벤치마킹 모노레일 동력성능 분석
 - ◆ 공차 상태(227 kg)와 적재 상태(337kg)에서 예봉산 트랙 주행 시 토크를 분석함
 - ◆ 공차 상태의 경우 트랙 주행 시 평균 3.17 Nm의 토크를 사용하고 있으며, 적재 상태의 경우 5.26 Nm의 토크를 사용하고 있음
 - ◆ 공차 상태의 경우 트랙 주행 시 최대 8.28 Nm의 토크를 사용하고 있으며, 적재 상태의 경우 최대 11.77 Nm의 토크를 사용하고 있음
 - ◆ 적재 상태의 경우 해석을 위해 입력한 최대 토크인 11.8 Nm 을 모두 사용하고 있어, 적재 상태는 엔진 최대 토크를 사용하는 지점임을 확인할 수 있음
 - ◆ 공차 상태의 경우 또한 최대 8.28 Nm 로 엔진 토크 대비 70%가 넘는 토크를 사용

하고 있음

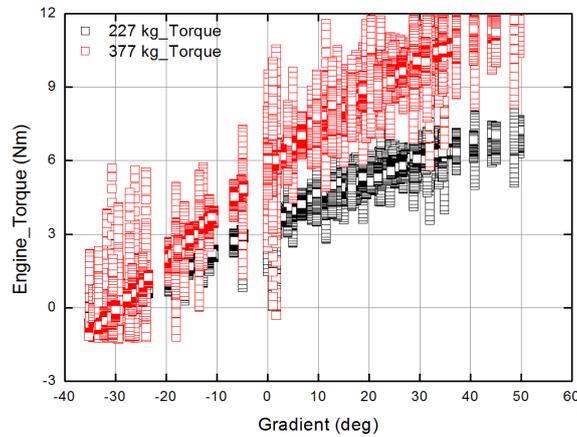
- ◆ 경사도에 따른 토크 사용 분포를 분석할 경우 공차는 경사도가 50 deg 이상의 높은 구간을 주행하는 구간에도 9 Nm 이하로 주행하여 엔진 모노레일의 성능을 충분히 만족하고 주행을 하고 있으나, 적재 상태의 경우 경사도가 20 deg 이상이 되는 구간에서는 상당히 많은 구간에서 최대 토크인 11.77 Nm를 사용하고 있음
- ◆ 적재 상태 무게인 377 kg 이상으로 모노레일의 무게가 초과할 경우 엔진 토크 부족으로 트랙 주행이 불가능 할 것으로 판단 됨



[그림] 공차, 적재 상태에서 토크_1



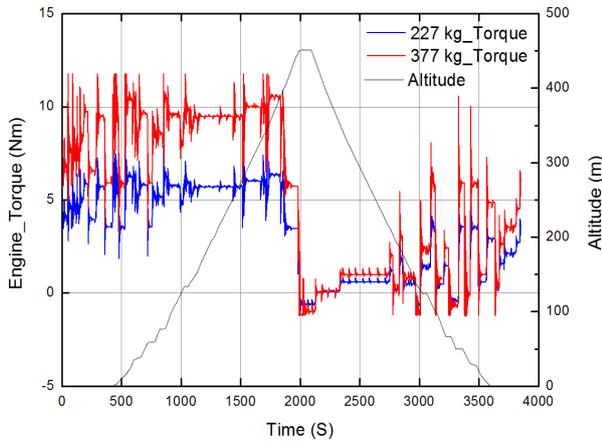
[그림] 공차, 적재 상태에서 토크_2



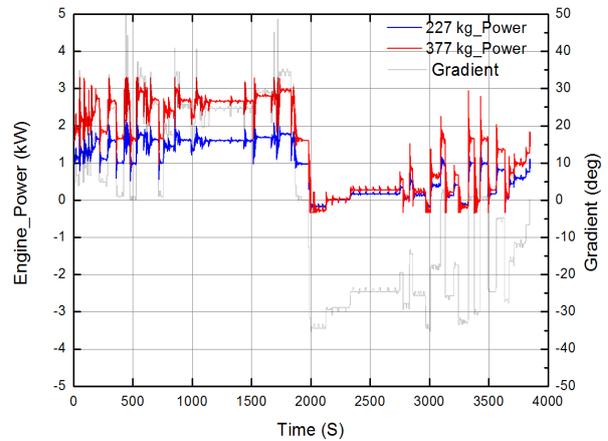
[그림] 경사도와 토크 비교

- ◆ 공차 상태(227 kg)와 적재 상태(337kg)에서 예봉산 트랙 주행 시 출력을 분석함
- ◆ 공차 상태의 경우 트랙 주행 시 평균 0.89 kW의 출력을 사용하고 있으며, 적재 상태의 경우 1.47 kW의 출력을 사용하고 있음
- ◆ 공차 상태의 경우 트랙 주행 시 최대 2.31 kW의 출력을 사용하고 있으며, 적재 상태의 경우 최대 3.30 kW의 출력을 사용하고 있음
- ◆ 경사도에 따른 출력 분포를 분석할 경우 공차와 적재 상태 모두 경사도가 50 deg 이상의 높은 구간을 주행함에도 3.5 kW 이하의 출력을 사용하고 있음
- ◆ 40 m/min 이상의 속도로 주행해도 출력에는 영향이 없을 것으로 판단

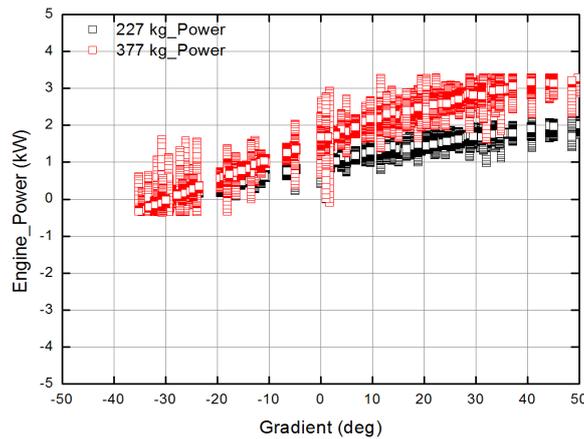
- ◆ 속도가 저속(40 m/min, 2.4 km/h)이고 높은 경사도를 주행하는 모노레일의 특성 상 출력보다는 토크의 중요성이 더 높은 것으로 사료됨



[그림] 공차, 적재 상태에서 출력_1



[그림] 공차, 적재 상태에서 출력_2



[그림] 경사도와 출력 비교

- 벤치마킹 사양과 동일한 동력 성능을 지니는 배터리 타입 모노레일 설계 Parameter 연구

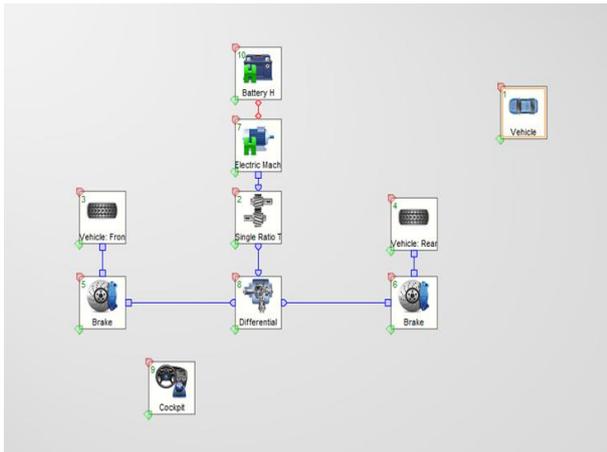
- 배터리 모노레일의 동력 성능 해석을 위한 해석 모델 구축
 - ◆ 배터리 모노레일 동력 성능 해석을 위하여 AVL社의 CRUISE™을 이용하여 동력 성능 해석 모델 구축
 - ◆ 동력성능 해석 모델은 기존의 벤치마킹 모노레일의 구성을 유지하였으며 구동력을 제공하는 모터, 연료 역할을 하는 배터리, 감속기 역할을 하는 기어 박스, 랙피니언 기어 역할을 하는 Wheel 로 구성
 - ◆ 내리막 경사 구동 시 개발될 배터리 모노레일은 벤치마킹 모노레일과 동일하게 브레이크 기능이 따로 없이 복귀하나, 구축된 해석 모델을 브레이크 없이 해석 할 경우 관성에 의해 최대 RPM으로 내려올 가능성이 있어, 브레이크 기능을 우선 추가함
- 구축된 해석 모델의 동력성능 해석을 위한 변수 설정
 - ◆ 주관 기관에서 설계한 배터리 모노레일 사양을 기반으로 동력성능을 해석 함
 - ◆ 배터리 모노레일의 안정적인 동력성능 해석을 위해서 피니언 기어의 직경을 기존

133.7 mm 에서 300,0 mm 로 상승하여 해석을 진행 함

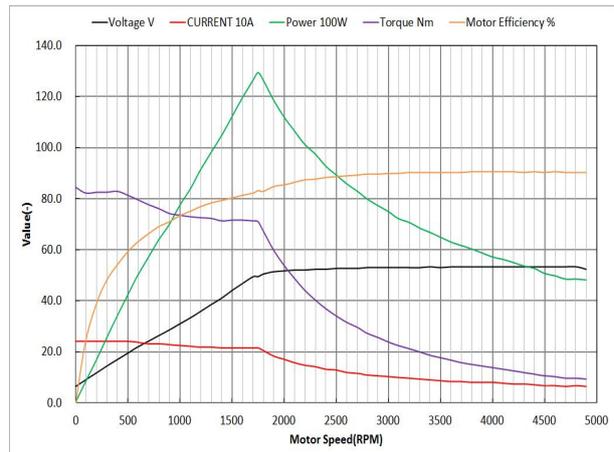
- 주행 속도 또한 Target 속도가 4.8km/h 이지만 벤치마킹 모노레일과의 직접 비교를 위하여 2.4 km/h로 변경하여 해석을 진행

[표] 벤치마킹 모노레일 동력성능 해석을 위한 상수

항목	실제	해석
모터 명칭	AC Drive Motor	AC Drive Motor
모터 정격 출력	5 kW / 2,200 RPM	5 kW / 2,200 RPM
모터 최대 토크	80 Nm / 0 ~ 1,500 RPM	80 Nm / 0 ~ 1,500 RPM
배터리 전압	72 Vdc(정격일 시)	72 Vdc
배터리 전류	86 A(정격일 시)	-
감속비	18.3 : 1	18.3 : 1
피니언기어 직경	133.7 mm	300.0 mm
주행 속도	80 m/min(4.8 km/h)	40 m/min(2.4 km/h)
적용 중량	공차	227 kg
	적차	377 kg



[그림] 배터리 모노레일 동력성능 해석을 위하여 구축된 모델

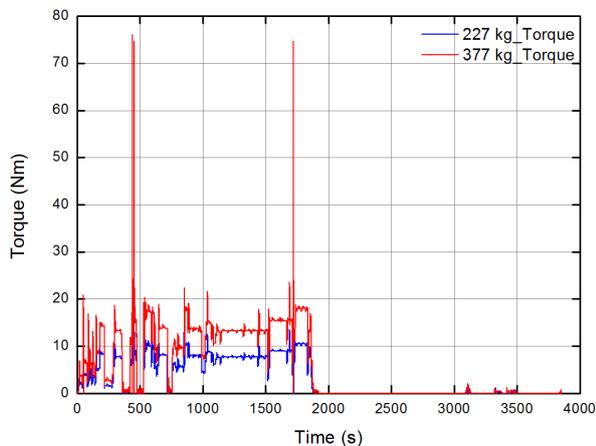


[그림] 배터리 모노레일에 적용된 모터 시제품 사양

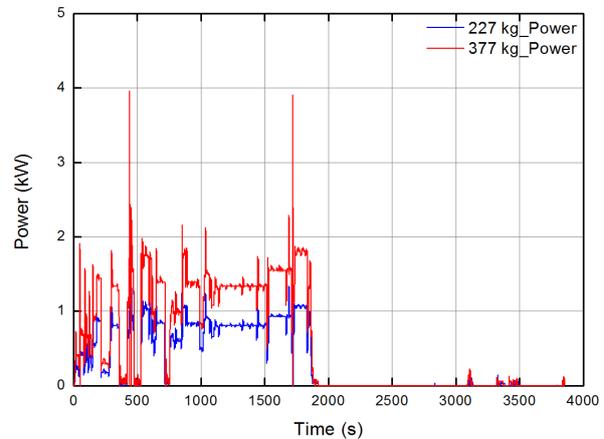
- 배터리 용량 및 모터 용량 선정
 - 시제품 배터리 용량 및 모터 용량 반영
 - 주관에서 1차 설계한 배터리 사양인 72 Vdc, 86 A의 사양을 확인하기 위하여 72 Vdc를 사용하는 모터를 적용
 - 모터 사용 전류 상한 값은 무제한으로 설정하고 계산
 - 동력성능 해석 시 배터리 사양에 문제가 발생하지 않을 경우 설계된 배터리는 용량이 충분하다고 사료
 - 모터의 경우 주관 기관에서 선정한 모터 사양과 동일한 사양을 적용
 - 선정된 사양 동력 성능 분석
 - 선정된 사양을 적용하여 공차 및 적재 상태의 동력 성능을 분석
 - 적재 상태의 경우 토크와 출력 모두 500 sec, 1,700 sec에서 급격히 값들이 상승함

을 확인

- ◆ 경사도가 급격히 상승하는 구간으로서 벤치마킹 모노레일 결과를 분석할 때 실제로 최대 출력을 쓰는 게 아니라 계산상의 오류로 판단되거나 전체적인 성능 분석에는 지장이 없을 것으로 판단됨
- ◆ 적재 상태(377 kg)의 동력 성능을 분석 할 경우 경사도에 무관하게 20 Nm 이하의 토크를 사용하고 있으며, 출력 또한 2 kW 이하로 적용되고 있음
- ◆ 1차 시제품에 선정된 모터의 최대 토크는 80 Nm 정격 출력 5 kW 급의 모터로서 동력 성능해석 결과를 토대로 모터의 사양은 예봉산 트랙을 주행하기에 충분하다고 판단됨
- ◆ 배터리 모노레일의 속도도 기존 벤치마킹 모노레일의 40 m/min(2.4 km/h)에서 80 m/min(4.8 km/h)으로 상승해도 무관할 것으로 사료됨

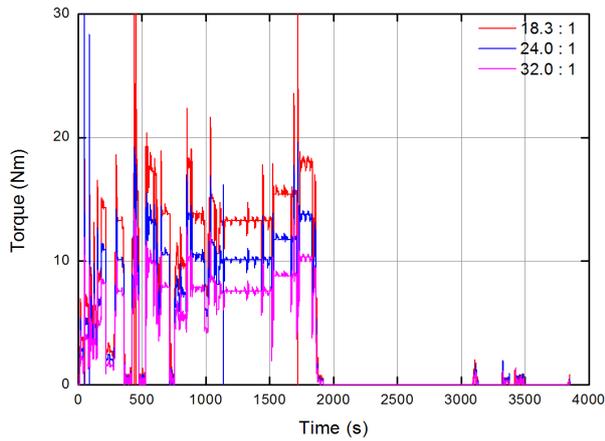


[그림] 배터리 모노레일 토크 분포

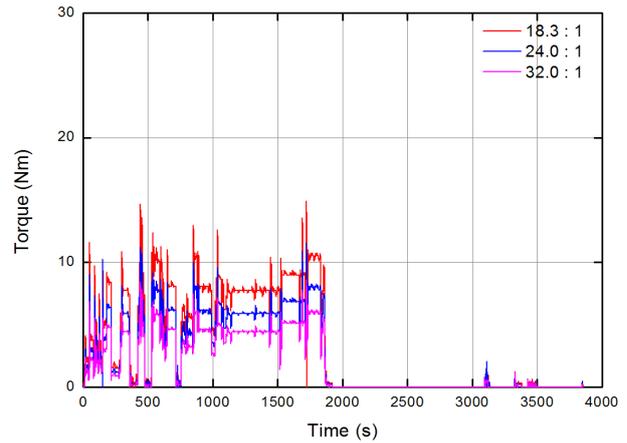


[그림] 배터리 모노레일 출력 분포

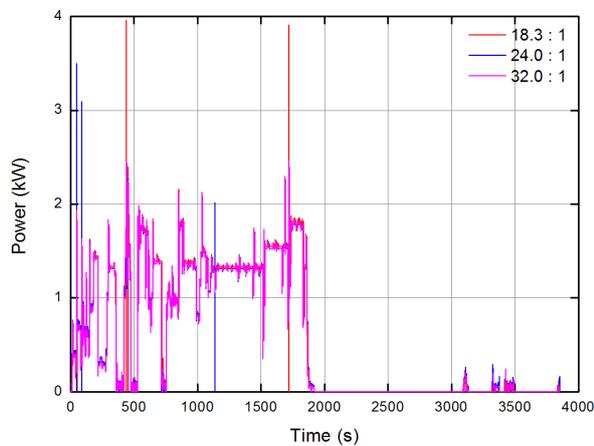
- 경사도 구동을 위한 최적 기어비 선정
 - 동력성능해석을 위한 기어비 선정
 - ◆ 주행 가능한 기어비를 18.3 : 1, 24.0 : 1, 32.0 : 1의 3가지 Case를 고려하여 예봉산 트랙 주행을 기반으로 토크 및 출력을 분석
 - ◆ 기어비가 높을수록 예봉산 트랙을 주행을 위한 엔진에서 발생하는 토크는 감소하고 있음을 확인할 수 있음
 - ◆ 적재 상태의 경우 18.3 : 1 기어비를 적용하여도, 최대 토크 20 Nm 미만으로 선정 사양으로도 충분히 예봉산 트랙 주행이 가능함을 확인
 - ◆ 엔진 출력의 경우 기어비에 무관하게 일정함을 확인
 - ◆ 기어비가 증가할수록 예봉산 트랙을 올라가는데 필요한 토크는 감소하나, 모노레일의 주행 속도를 맞추기 위하여 Motor의 Speed가 증가하기 때문인 것으로 판단



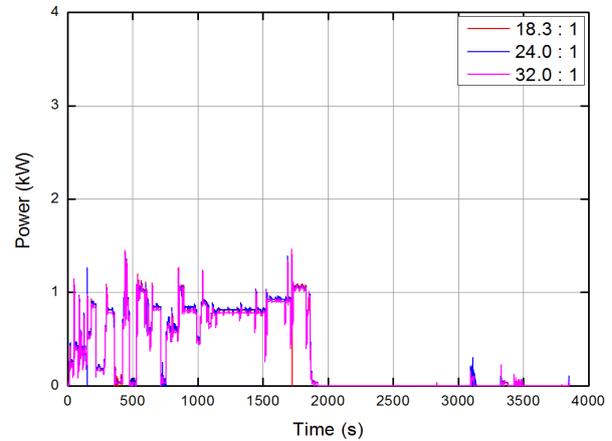
[그림] 적재 상태(377 kg) 기어비 별 토크



[그림] 공차 상태(227 kg) 기어비 별 토크



[그림] 적재 상태(377 kg) 기어비 별 출력

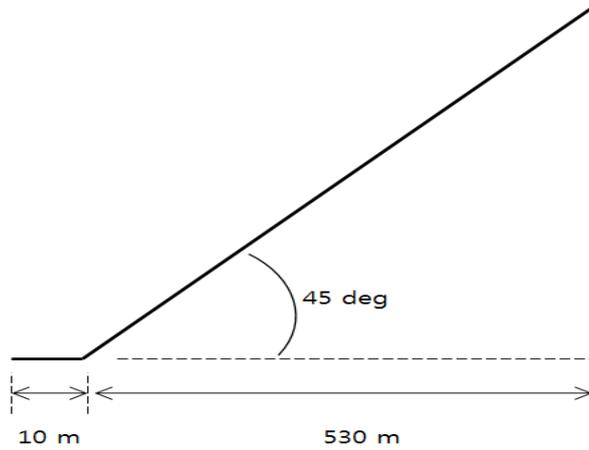


[그림] 공차 상태(227 kg) 기어비 별 출력

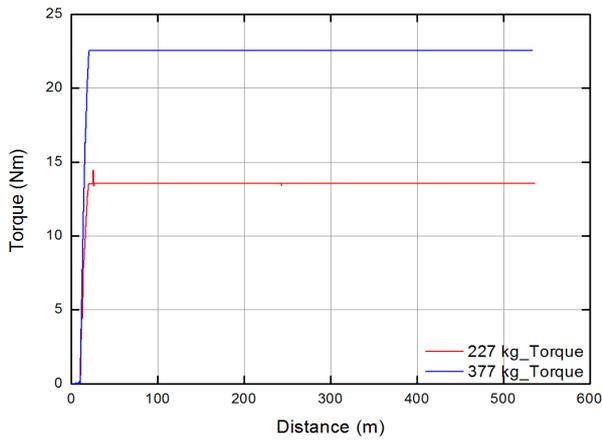
- 경량화에 따른 성능 변화 해석
 - 경량화의 경우 적재량 변화의 결과를 토대로 유추가 가능할 것으로 판단되어 추가적인 동력성능 해석은 진행하지 않음

- 적재량 및 경사도에 따른 필요 동력 계산
 - 모노레일이 적재 여부에 따른 45 deg의 경사도를 올라 갈 경우 동력성능 해석
 - ◆ 모노레일의 적재량에 따른 경사도 구동을 위하여 경사도인 45 deg인 도로를 해석상으로 모사하여 공차 상태(227 kg)와 적재 상태(377 kg)로 동력성능 해석을 진행
 - ◆ 바로 45 deg의 경사도를 해석으로 주행할 경우 해석이 되지 않아 10m 정도 평지 주행 후에 45 deg의 경사도를 주행하도록 도로를 모사
 - ◆ 경사도 주행 시 적재 여부에 따른 토크, 출력, 배터리 소모 전력 등을 분석
 - ◆ 적재 상태(377kg)의 모노레일이 45 deg의 경사도를 구동 시 23 Nm의 토크와 4.5 kW의 출력을 소모함
 - ◆ 적재 상태(377kg)의 모노레일이 45 deg의 경사도를 구동 시 61 A의 전류를 소모하고 있어 정격 주행 시 80 A 소모를 하는 모터는 충분한 것으로 판단됨
 - ◆ 현재 해석 모델의 경우 시험으로 매칭이 되어 있지 않은 값이므로, 시험 값과의 매칭

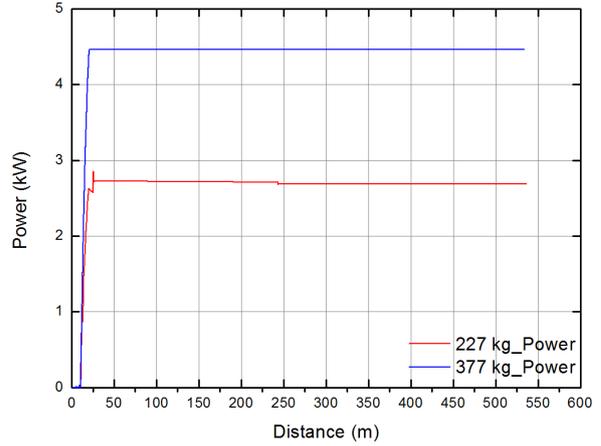
을 통해서 좀 더 정확한 값을 판단할 수 있을 것으로 판단됨



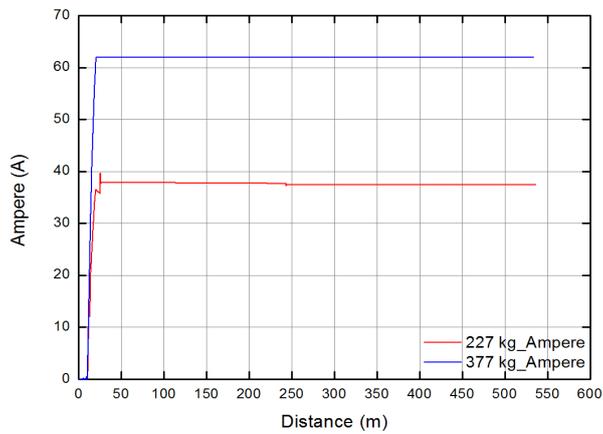
[그림] 경사도 모사



[그림] 적재량 별 모터 사용 토크



[그림] 적재량 별 모터 사용 출력



[그림] 적재량 별 모터 사용 전류

- Target 속도 변경(40 m/min → 80 m/min)에 따른 동력성능 변화
- Target 속도를 변화하여 이에 따른 동력 성능 변화를 분석 함
 - ◆ 해석은 공차 상태(227 kg)에서만 진행

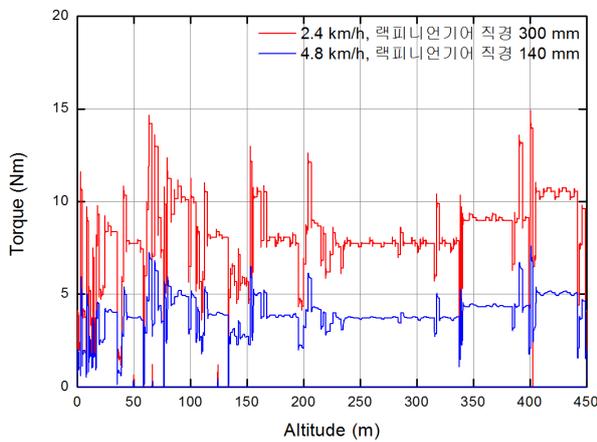
- ◆ 랙피니언 기어 직경 또한 실제 설계 값에 맞게 변경

[표] 속도 변화 시 동력성능 해석을 위한 해석 상수 값

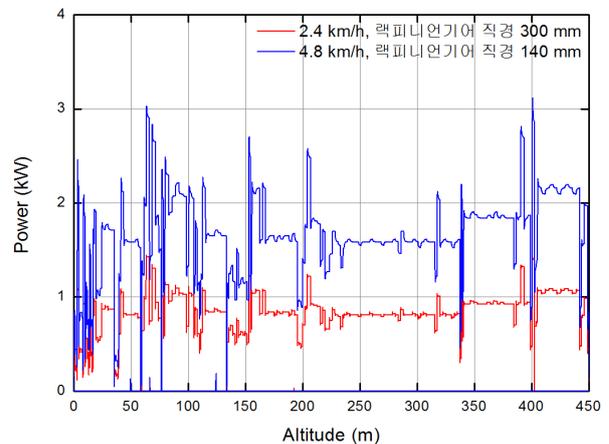
항목		기존 해석	추가 해석
모터 명칭		AC Drive Motor	AC Drive Motor
모터 정격 출력		5 kW / 2,200 RPM	5 kW / 2,200 RPM
모터 최대 토크		80 Nm / 0 ~ 1,500 RPM	80 Nm / 0 ~ 1,500 RPM
배터리 전압		72 Vdc	72 Vdc
배터리 전류		-	-
감속비		18.3 : 1	18.3 : 1
피니언기어 직경		300.0 mm	140.0 mm
주행 속도		40 m/min(2.4 km/h)	80 m/min(4.8 km/h)
적용 중량	공차	227 kg	227 kg

■ 동력성능 분석 결과

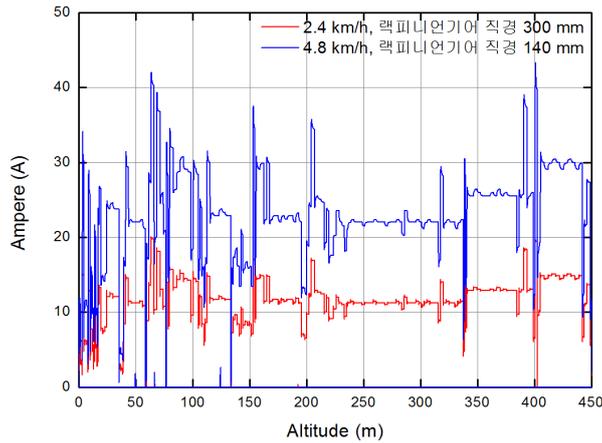
- ◆ 속도의 증가 및 랙피니언 기어 반경 감소를 통해 예봉산 트랙 주행을 위한 토크는 감소하여 더 높은 경사도를 오를 수 있을 것으로 사료됨
- ◆ 다만 속도 상승에 따른 출력이 급격히 상승하였고, 출력 상승에 따라 전류 사용량도 증가하였기에 배터리 사용량이 증가할 것으로 판단됨
- ◆ 배터리 충전 주기가 빨라질 것으로 판단



[그림] 토크 분포



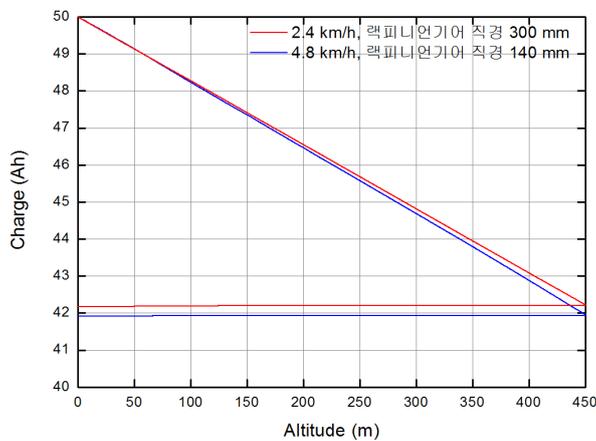
[그림] 출력 분포



[그림] 전류 분포

■ 배터리 충전 주기 분석

- ◆ Target 속도 및 랙피니언기어 직경 변화에 따라 예봉산 트랙 주행 시 배터리 소모량을 평가함
- ◆ 배터리 총량을 알 수 없어 총량을 50 Ah의 임의의 값을 입력
- ◆ 예봉산 트랙 1회 주행 시 Target 속도 2.4 km/h 랙피니언기어 300 mm 일 경우 약 7.6 Ah의 배터리 용량을 소모한데 반해 Target 속도 4.8 km/h 랙피니언기어 140 mm 의 경우 약 8.1 Ah의 배터리 용량을 소모하여 약 6.6%의 소모량이 증가함



[그림] 전류량 소모

○ 주관기관의 시제품 제작에 반영

- 동력성능해석 결과는 1차 시제품 성능 평가 결과를 토대로 값을 최적화가 필요
- 하지만 동력성능해석을 위하여 선정된 사양이 1차 시제품 설계 사양에 비해 낮은 사양을 적용 하였으므로 1차 시제품에 적용될 모터 사양은 적절한 설계로 판단됨

2-2. 2차년도 수행 내용 및 결과

○ 2차년도 연구개발 목표

[표]. 2차년도 연구개발 목표

한국모노레일	(재)자동차융합기술원
<ul style="list-style-type: none"> • 배터리 모노레일 2차 시제품 제작 및 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 제작된 시제품의 단점 및 미비사항을 반영하여 2차 시제품 제작 - ICT 기술 적용 무인 운행 기술 개발 - 적재 공간 최적화 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 시제품 성능평가 결과를 적용 동역학 해석 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - 동력성능 모델 구성(엔진,배터리) - Parameter Study를 통한 동력성능 모델 최적화 - 동력성능 최적화 모델 2차 시제품에 반영

○ 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(한국모노레일)

○ 벤치마킹 연구 결과 및 해석 결과를 토대로 한 개발 배터리 모노레일 부품 사양 선정

- 1 차년도 평가 결과에 따른 부품 사양 선정
 - 주행 성능과 적재량은 벤치마킹 보다 높은 사양임을 확인
 - 감속비, 최대 토크, 배터리는 적절한 수준으로 확인
 - 모터 출력 부분에서는 출력 Margin이 충분히 확보되어 비교적 낮은 사양으로 적용해도 모노레일 성능에는 영향이 적을것으로 사료
 - 2차년도 목표 중 하나인 경량화에 있어서 5.5 kw보다 낮은 사양(3.5 kW)의 모터를 활용할 경우 달성할 수 있을 것으로도 판단
 - 실제 3.5 kw 모터 단가와 5.5 kw 모터 단가의 차이가 거의 없어 현행 5.5 kw 수준이 최적사양으로 사료

[표] 2차년도 배터리 모노레일 개발을 위해 선정된 부품 사양

부품 품목	주요 성능
AC 모터	출력 5.5 Kw
감속기 비율	18.3 : 1
최대 토크	80 Nm
배터리	72V 80A

○ 선정된 경량화 전략을 토대로 한 경량화 배터리 모노레일 설계

- 1차년도 시제품 평가에 따른 2차 시제품 경량화 설계
 - 1차 시제품에서는 구동부 + 승용대차 + 화물대차로 3량 편성을 하였으나 무게를 비롯해 곡선 구간에서의 주행이 어려워 승용대차 + 화물대차를 통합하여 설계/제작

- 2량 편성으로 경량화 추진 및 곡선주행 단점 보완



[그림] 1차 시제품



[그림] 2차 시제품

- 엔진식 모노레일 대비 추진체의 무게 경량화

- 2차 시제품 평가 항목에서 후술하겠으나, 엔진식 모노레일 추진체의 경우 무게 194Kg 대비 배터리 모노레일 구동부는 148Kg으로 약 23% 경량화 달성
- 엔진식 구조 특성상 엔진 자체 내부 구조의 무게를 비롯해 유류 탱크, 밸브류 등 복잡한 구조에서 AC모터 교체 의한 간소화로 경량화 달성
- 엔진식 화물대차의 경우 철 메쉬 구조를 사용하였으나 배터리 모노레일용 화물대차는 알루미늄 체크 플레이트를 활용하여 경량화 일부 달성



1차 시제품 구동부



2차 시제품 구동부



[그림] 1차 시제품 화물대차



[그림] 2차 시제품 화물대차

○ 2차년도 시제품 제작

- 1차년도 시제품 평가 및 시험주행으로 획득한 자료들을 기반으로 2차 시제품 제작
- 총 3량 구성을 2량으로 간소화 제작
- 적재량 면에서는 화물대차 길이를 증가시켜 적재 한계 증가 적용
- 승용대차 + 화물대차를 통합하되 탑승성 부분을 띄워 적재공간에 영향을 최소화



[그림] 1차년도 시제품



[그림] 2차년도 시제품

○ 배터리 모노레일 시제품 2차 성능 평가

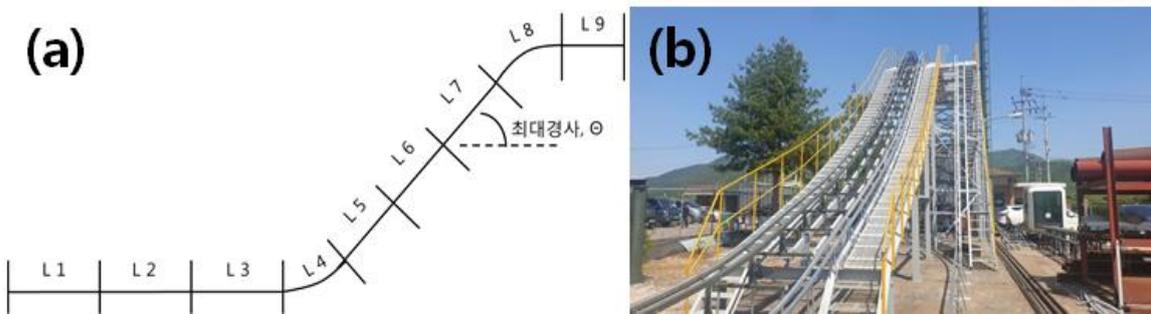
- 성능 평가 방안 고려
 - 엔진타입 모노레일 및 배터리타입 모노레일의 정량적 성능 평가 지표(경량화, 적재량, 연료 절감효과, 경사도 주행) 평가를 위한 평가 방안 수립
 - 성능 지표 중 경량화를 제외하고 나머지 지표는 실제 모노레일 주행 시 평가 할 수 있는 것으로 판단
 - 표준화된 모노레일 시험 트랙이 전무하고, 사용중인 모노레일 트랙또한 시험에 사용하기에 거의 불가능함
 - 이에 주관기관(한국모노레일)이 원주공장에 보유하고 있는 시험용 트랙을 이용하여 성능 지표를 평가할 예정이며, 트랙 길이가 짧기에 이에 적합한 평가 방안을 고려
 - 현재 보유하고 있는 시험용 트랙은 편도 주행 길이 54 m, 최대 경사도 36.86 deg(74.97%)
 - 모노레일의 주행성능 조건으로 모노레일이 목표 적재량 (2차년도 : 400 kg 이상) 적재

후 시험용 트랙을 주행하여 주행 시 경사도 부근에서 모노레일이 멈추거나 이상 작동을 하지 않을 경우 주행성능 지표를 만족하는 것으로 시험 방안을 결정

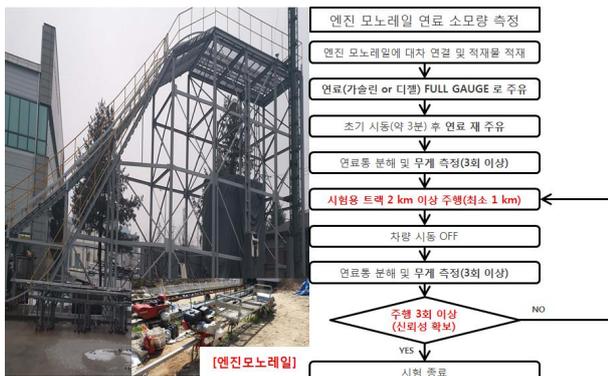
- 시험 평가 시 정량적이며 신뢰성 있는 비교를 위해서 최소 주행 거리는 1 km 이상 주행을 하여야 하지만 트랙이 짧아 왕복으로 모노레일을 주행시킨 거리의 합산이 1 km 이상으로 주행하는 것으로 결정
- 한국자동차연구원에서 입회시험을 진행하여 모노레일 성능 평가의 신뢰성을 확보

[표] 시험용 트랙 정보

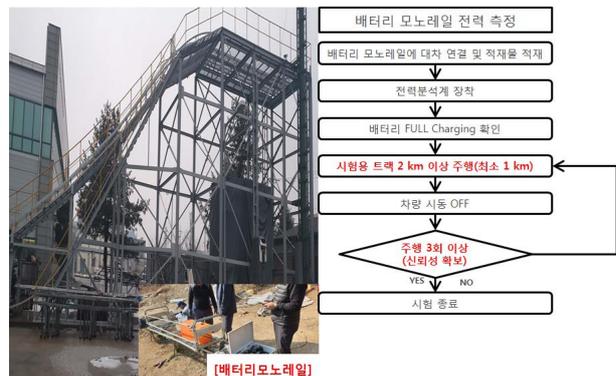
구분	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Total
길이 (m)	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	53.64
각도 (deg)	0.18	0.42	0.46	0.08	21.56	29.58	36.86	3.32	0.52	-
각도 (%)	0.31	0.73	0.80	0.14	39.51	56.76	74.97	5.80	0.91	-



[그림] 모노레일 성능평가를 위한 시험용 트랙, (a) 트랙 구성, (b) 주행 트랙



[그림] 엔진타입 모노레일 평가 방안



[그림] 배터리타입 모노레일 평가 방안

- 벤치마킹 모노레일 대비 경량화 정도 평가

- 구동부를 엔진에서 모터로 교체, 화물대차 구조 변경, 배터리 사양 변경 등의 경량화 전략을 토대로 배터리 모노레일 경량화를 진행
- 엔진타입 371 kg 대비 배터리타입이 312 kg으로 경량화 15.9% 달성

[표] 엔진타입 대비 배터리타입 모노레일 무게

구분	구동부(kg)	화물대차(kg)	총 무게(kg)	경량화(%)
엔진	194	177	371	15.90%
배터리	148	164	312	



[그림] 엔진타입 모노레일과 배터리타입 모노레일 경량화 측정

- 적재량 평가

- 앞서 선정된 모노레일 성능 평가 방안에 근거하여 적재량을 평가
- 평가 결과는 한국자동차연구원 입회 아래 진행

[표] 엔진타입, 배터리타입 적재량

구분	개당 적재무게(kg)	적재 개수	총 적재량(kg)
엔진	18.23	28	510.44 kg
배터리	18.23	28	510.44 kg



[그림] 엔진타입 모노레일과 배터리타입 모노레일 적재량

- 벤치마킹 모노레일 대비 연료 절감 효과 평가

- 앞서 선정된 모노레일 성능 평가 방안에 근거하여 적재량을 평가
- 연료 절감 효과를 평가하기 위하여 엔진타입의 연료 소모량, 배터리타입의 전력 소모량을 측정
- 평가 결과 및 연료 절감 효과는 한국자동차연구원 입회 아래 진행

[표] 엔진타입 대비 배터리타입 연료 절감 효과

구분	연료소모량(g)	전력소비량(Wh)	CO2 발생량	연료 절감 효과(%)
엔진	495.82	-	1.39E-03tCO2	79.9%
배터리	-	601.87	2.80E-04tCO2eq.	



[그림] 엔진타입 모노레일과 배터리타입 연료 절감 효과

- 농업 생산물 적재 후 경사도 주행 평가

- 앞서 선정된 모노레일 성능 평가 방안에 근거하여 경사도 주행 여부 평가
- 평가 결과 및 연료 절감 효과는 한국자동차연구원 입회 아래 진행

[표] 엔진타입, 배터리타입 적재량

구분	총 적재량(kg)	최대 경사도
엔진	510.44 kg	36.86 (74.97%)
배터리	510.44 kg	36.86 (74.97%)



[그림] 엔진타입 모노레일과 배터리타입 경사도 주행

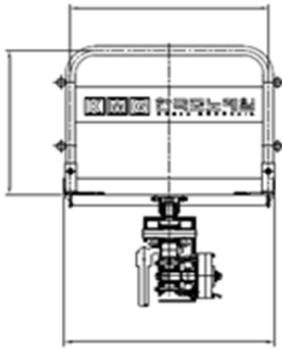
- 성능 평가를 기반으로 한 시제품 개선

- 선정된 단품들이 적용된 배터리모노레일 Ass'y는 정량적 목표를 만족하기에 충분
- 3차년도 경량화 목표 만족을 위하여 모터 무게, 배터리 무게 경량이 필요
- 경량화 시 동력성능이 저하되는 문제가 없도록 주의가 필요함

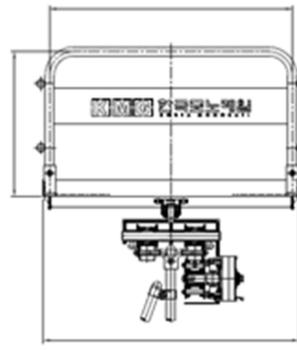
o 적재물 부피에 따른 모노레일 적재 공간 최적화 설계

- 2중 레일 적용

- 1차년도 시제품은 단선레일 주행으로 엔진식 모노레일보다 등반 능력과 엔진으로 인한 소음을 감소시킬 수 있었으나, 엔진식 화물대차를 그대로 가져와 적재량 개선 부분에서 효과 부족
- 이에 따라 단선모노레일에서 벗어나 2중 구조의 레일로 설계 개선
- 2중 레일로 안정성이 확보되어 화물대차의 폭을 기존 560mm에서 800mm로 변경하여 설계/제작
- 대차 폭 증가에 따라 다양한 부피의 적재물을 더 높은 면적으로 적재할 수 있을 것으로 기대
- 전체적인 적재 성능은 향상시키면서도 엔진식에 비해 주행 안정성, 주행 성능 및 등판 성능 등 다양한 성능적 측면을 벤치마킹 사양과 동일하거나 혹은 향상됨



[그림] 1차 시제품 (단선 레일)



[그림] 2차 시제품 (이중 레일)

○ 무인 구동이 가능한 농업용 배터리 모노레일 설계

- ICT 기술이 적용되어 무인으로 구동이 가능한 모노레일 설계 기술 개발

- VCU는 일반 전기차 차량에 적용되어 배터리나 운전자의 운전 정보 데이터를 획득해 주행에 필요한 만큼 인버터(모터 포함)나 에어컨/히터같은 공조제어까지 수행하는 차량 제어 유닛
- 이를 배터리 모노레일에 장착하여 VCU가 인버터 / 인버터에 의한 모터 / 브레이크 / 전후진 변속 기어 등을 제어할 수 있도록 하여 종국적으로는 무인구동이 가능하도록 구현
- 주행의 시작점과 종점이 있고 시작점에서 출발 시 VCU는 타이머에 따라 각 부분을 제어하며 주행
- 타이머에 따라 평지 구간에서는 비교적 높은 속도로, 등반 구간 시점에서는 속도를 낮춰 등반 주행의 안전성을 획득하는 등의 탑승자와 적재물을 고려한 주행이 가능
- 타이머상 정지 구간과 실제 레일에서의 정지 신호가 입력되면 브레이크가 작동하여 멈추고 전/후진 변속 기어가 작동
- 위 기능 구현을 반복하게 되면 탑승자 혹은 리모콘의 원격 조절이 없어도 배터리 모노레일의 무인 구동이 가능



[그림] VCU에 의한 무인구동 개념도

- 유인 운전시 탑승자를 위한 안전기술 개발 및 경사도에 따른 구간별 속도제어 및 EM Break, Disk Break 감속기 및 모터축에 반영
 - 모터에 EM Break와 유압 Disk Break가 결합.
 - 주행 속도에 대한 제동과 유사 시 후진 제동 기능



[그림] AC 모터에 취부된 EM Break 및 유압 Disk Break

- 위탁연구기관(자동차융합기술원) :

o 개발된 동역학 해석 최적화

- 시제품 시험 결과를 기반으로 한 해석 결과 최적화

▪ 동력성능 모델 구성

- ◆ 한국모노레일 원주 공장의 시험용 트랙의 길이 및 경사도 정보를 측정

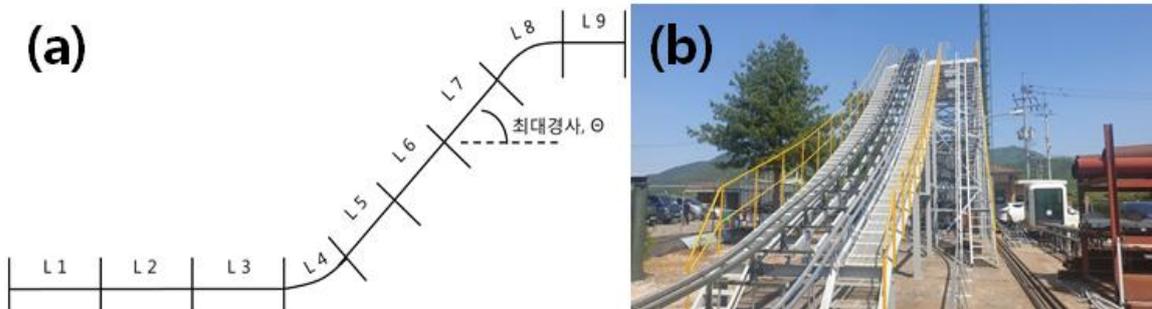


[그림] 시험용 트랙 길이 측정



[그림] 시험용 트랙 경사도 측정

- ◆ 측정된 정보를 이용하여 동력성능 모델에 적용



<모노레일 성능평가를 위한 시험용 트랙, (a) 트랙 구성, (b) 주행 트랙 사진>

[표] 시험용 트랙 정보

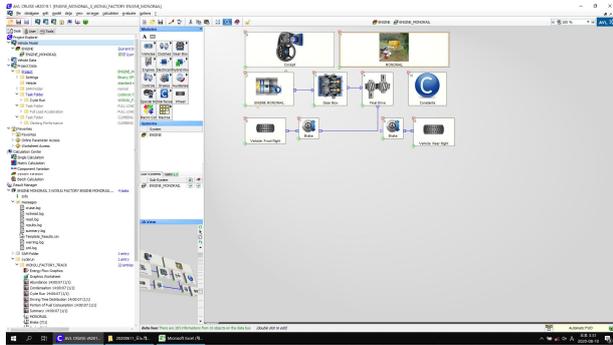
구분	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Total
길이 (m)	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	53.64
각도 (deg)	0.18	0.42	0.46	0.08	21.56	29.58	36.86	3.32	0.52	-
각도 (%)	0.31	0.73	0.80	0.14	39.51	56.76	74.97	5.80	0.91	-

▪ 엔진타입 모노레일과 배터리타입 모노레일 동력성능 해석 모델 구축

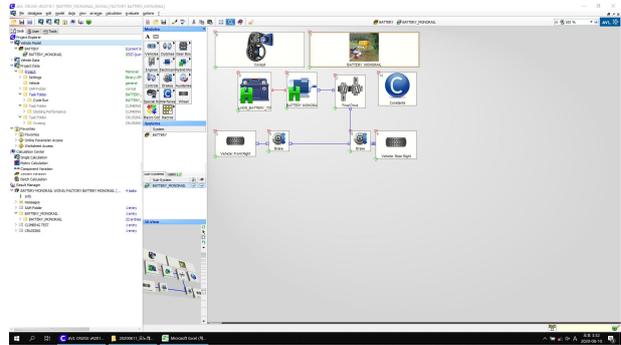
- ◆ 한국모노레일 원주 공장의 시험용 트랙을 적용하여 엔진타입 모노레일과 배터리타입 모노레일의 동력성능을 해석
- ◆ 동력성능 해석 시 해석 시간을 줄이기 위하여 주요 부품(엔진, 배터리, 모터, 감속기, Rack Gear)만 적용
 - ✓ 그 외 부품의 경우 동력성능에 미치는 영향이 주요 부품에 비해 무시할 정도로 작

기 때문에 제외가능

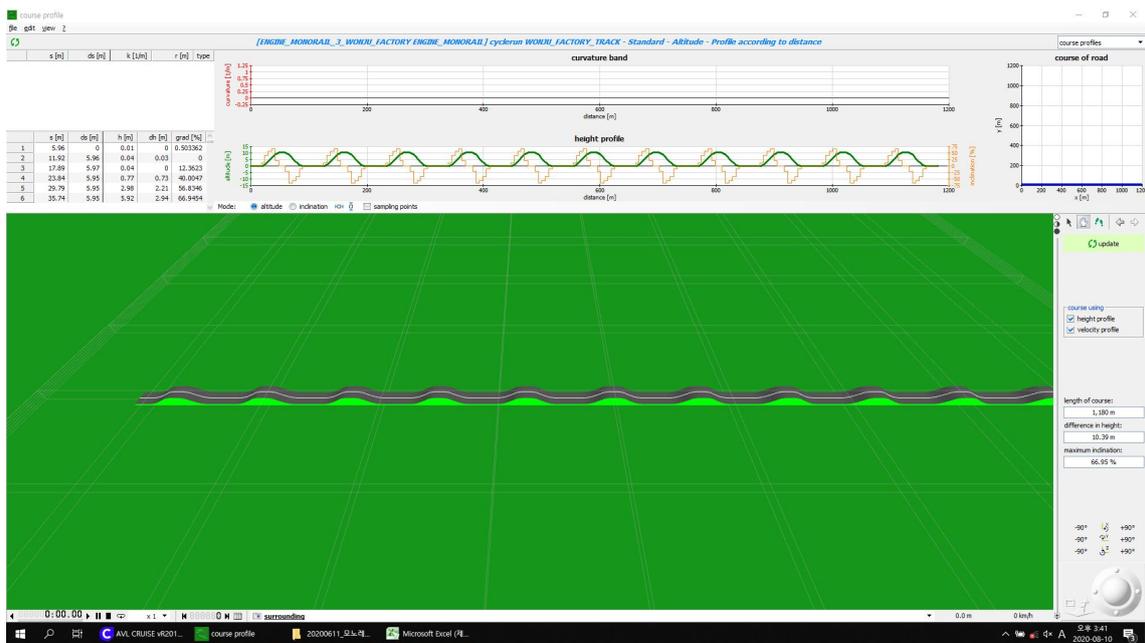
- ◆ 주행 경로의 경우 실제 트랙 주행은 오르막 경사 주행 후 내리막 경사는 후진으로 주행하나 해석 모델의 경우 후진의 모사가 불가하여, 같은 경로를 대칭으로 내려오는 것으로 모사
- ◆ 동력성능 해석을 위하여 1차년도 구축을 진행한 AVL社의 CRUISE™을 적용



[그림] 엔진타입 모노레일 동력성능 해석 모델



[그림] 배터리타입 모노레일 동력성능 해석 모델



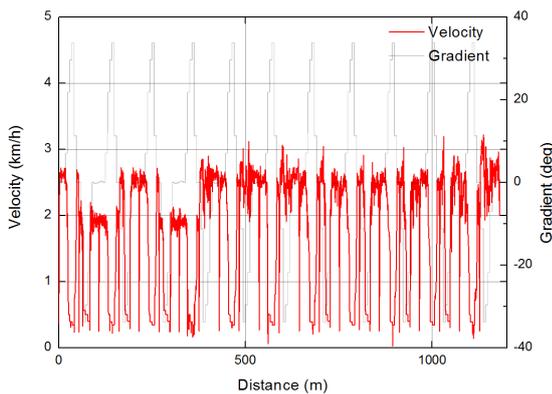
[그림] 모노레일 동력성능 해석을 위해 구축된 주행 경로

- Parameter Study를 통한 배터리 및 모터 최적 사양 제시

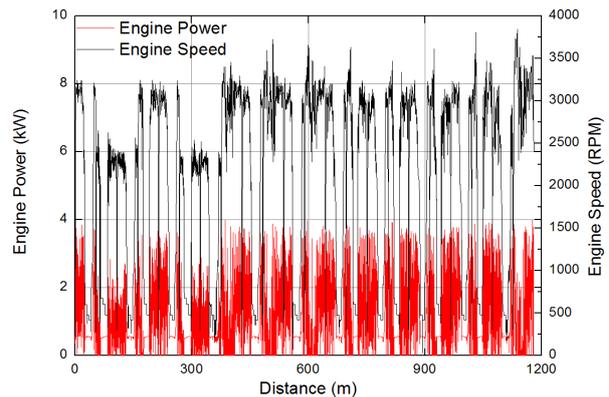
- 엔진타입 모노레일 및 배터리타입 모노레일 동력성능 해석
 - ◆ 엔진타입 및 배터리타입 모두 적재 상태에서 연료 소모량 및 전력 소비량을 측정하였기에 적재 상태에서만 결과를 비교
 - ◆ 모노레일 속도는 동력성능을 위해 필요한 Input data로서 실제 시험 결과를 적용
- 신뢰성 ± 2.00% 이내로 매우 높은 신뢰성을 지닌 동력성능 모델 구축 완료

■ 엔진타입 모노레일 및 동력성능 분석

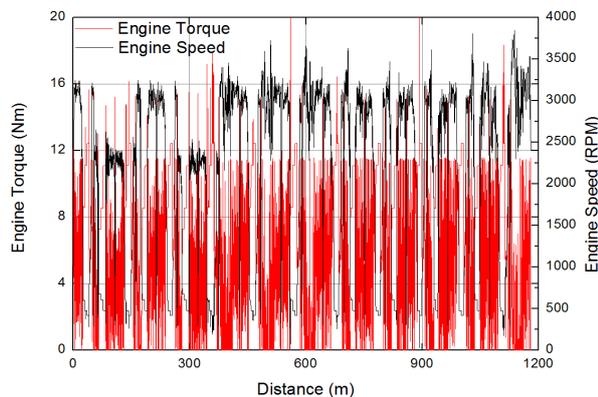
- ◆ 엔진타입 모노레일의 주행 속도는 트랙의 실 주행 속도를 입력하여 동력 성능을 해석
- ◆ 엔진타입 모노레일이 트랙 주행 시 엔진의 속도는 실제 주행 속도와 감속비와의 관계로 인하여 결정이 되므로 분석에서 제외
- ◆ 적재를 하지 않은 공차 상태의 경우 적재 상태보다 출력, 토크, 연료 소모량 등 모든 조건이 양호할 것으로 사료
- ◆ 주행 시 토크 및 출력을 확인하기 위하여 총 11 번의 왕복 주행 중 첫 번째 왕복 주행인 0 m ~ 106 m 주행 시의 토크 및 출력을 분석
- ◆ 20 m ~ 40 m 주행 시 속도 측정 기기의 측정 오류로 인해 속도가 낮게 측정이 됨
- ◆ 이로 인하여 전체적인 출력과 토크 또한 경사도가 급격히 상승함에도 낮아지는 것을 확인할 수 있음
- ◆ 하지만 초기 0 ~ 20 m 구간 주행 시 토크와 출력이 거의 최대치임을 감안할 때 실제 주행 시의 토크와 출력은 최대로 발행하고 있음을 확인 가능



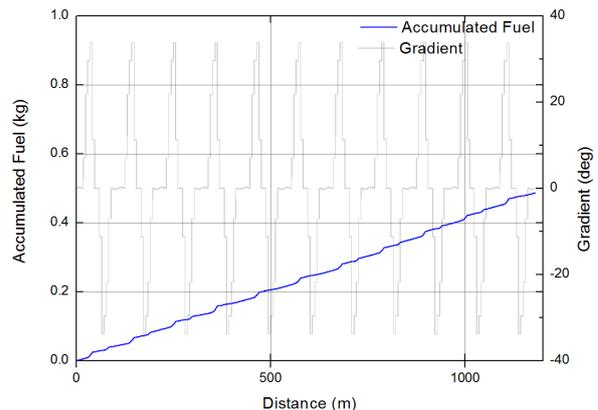
[그림] 엔진타입 모노레일 속도



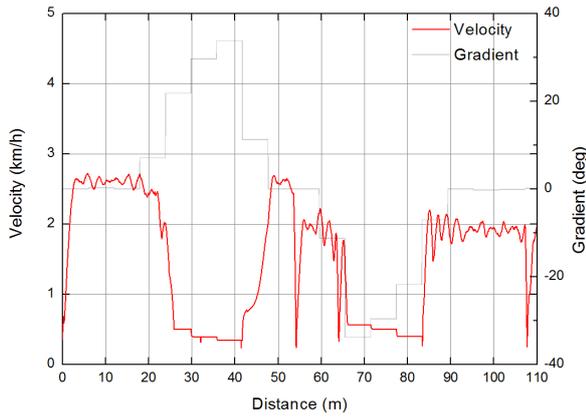
[그림] 엔진타입 모노레일 주행 시 출력



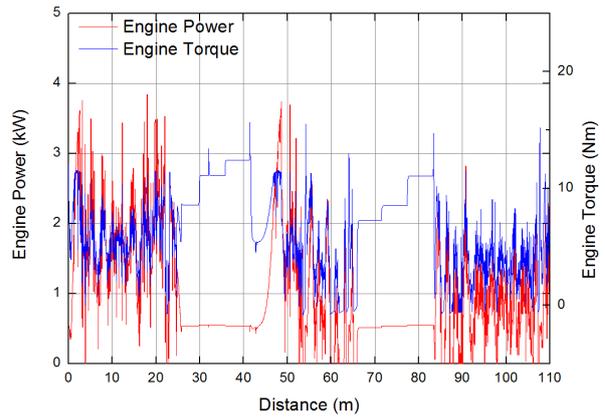
[그림] 엔진타입 모노레일 주행 시 토크



[그림] 엔진타입 모노레일 주행 시 연료 소모량



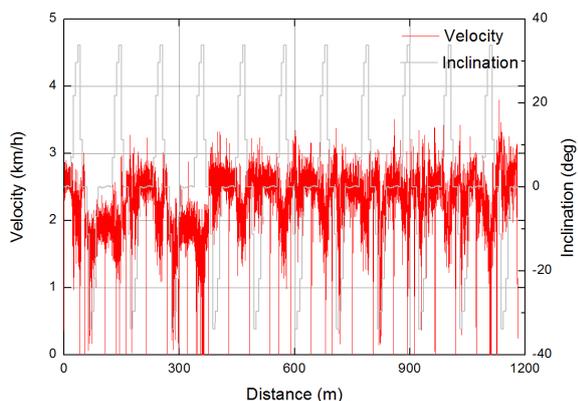
[그림] 엔진타입 모노레일 0 m ~ 106 m 주행 시
주행 속도



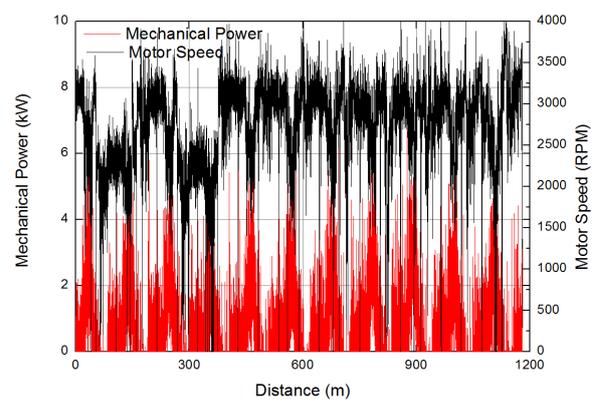
[그림] 엔진타입 모노레일 0 m ~ 106 m 주행 시
엔진 출력 및 토크

■ 배터리타입 모노레일 및 동력성능 분석

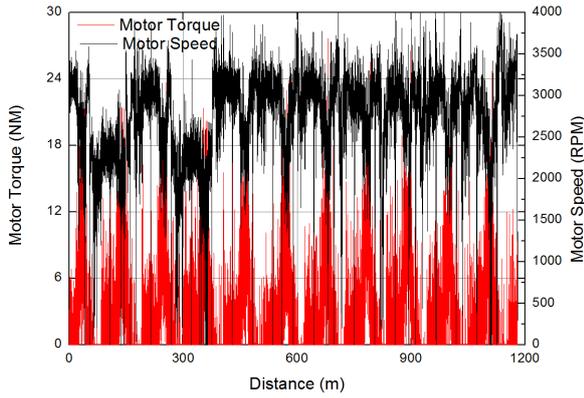
- ◆ 배터리타입 모노레일의 주행 속도는 트랙의 실 주행 속도를 입력하여 동력 성능을 해석
- ◆ 배터리타입 모노레일 동력성능 해석 시 배터리 전력량은 80 Ah로 가정하여 해석을 진행
- ◆ 배터리타입 모노레일이 트랙 주행 시 모터의 속도는 실제 주행 속도와 감속비의 상관관계로 인하여 결정이 되므로 분석에서 제외
- ◆ 적재를 하지 않은 공차 상태의 경우 적재 상태보다 출력, 토크, 전비 등 모든 조건이 양호할 것으로 사료
 - ✓ 현 시점에서 공차 상태에 대한 동력성능 해석을 진행 중에 있으며, 결과가 나오는 대로 보고서에 업데이트 예정
- ◆ 초기 0 ~ 106 m 구간 주행 시 최대 출력이 3.5 kW 정도 발생하고 있는 것으로 확인되며 이는 모터의 최대 출력인 5.0 kW 의 70.00% 수준으로 경사도 및 적재량의 Margine을 충분히 확보하고 있음
- ◆ 토크 또한 최대 경사를 올라가고 있음에도 20 Nm 수준으로 발생하고 있는 것으로 확인되며 이는 모터의 최대 토크인 80 Nm 의 25.00% 수준으로 경사도 및 적재량의 Margine을 충분히 확보하고 있음으로 판단됨



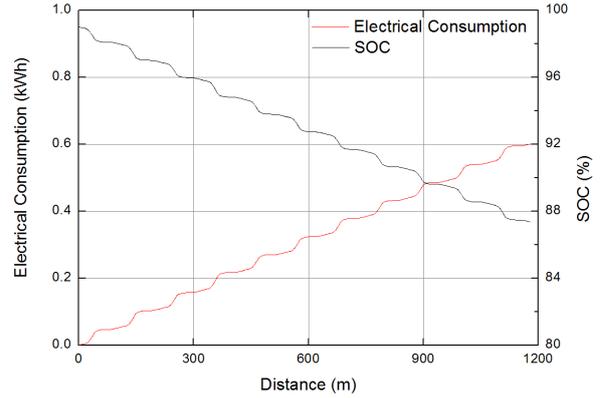
[그림] 배터리타입 모노레일 속도



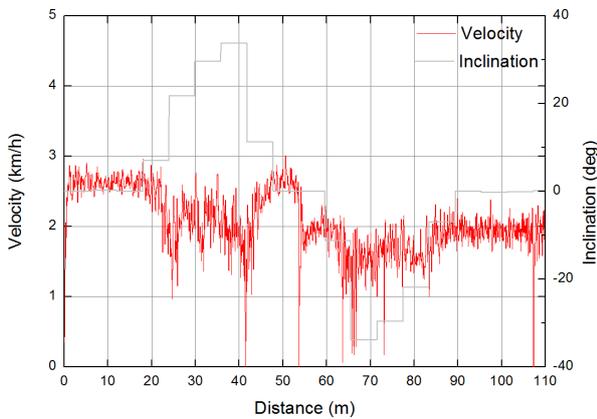
[그림] 배터리타입 모노레일 주행 시 출력



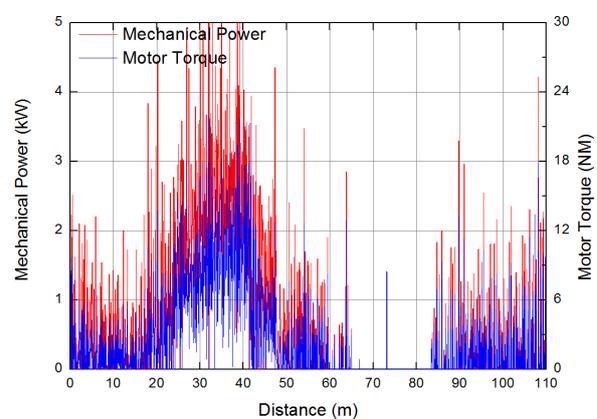
배터리타입 모노레일 주행 시 토크



[그림] 배터리타입 모노레일 주행 시 전력소비량 및 SOC



[그림] 배터리타입 모노레일 0 m ~ 106 m 주행 시 속도



[그림] 배터리타입 모노레일 0 m ~ 106 m 주행 시 배터리 출력 및 토크

- 엔진타입 및 배터리타입 모노레일 및 동력성능 비교
 - ◆ 앞선 결과들을 토대로 출력/토크/연비 등을 직접 비교함
 - ◆ 비교 결과 배터리타입 모노레일이 다양한 측면에서 유리함을 확인

[표] 엔진타입과 배터리타입 동력성능 비교

항목	엔진타입	배터리타입
최대 발생 출력	2.8 kW (Max 3.0 kW)	2.8 kW (Max 5.0 kW)
최대 발생 토크	18 Nm (Max 12 Nm)	20 Nm (Max 80 Nm)
연료 소모량	486.80 g	-
전력 소비량	-	600.7 Wh

- 엔진타입 및 배터리타입 모노레일 및 동력성능 비교
 - ◆ 엔진타입과 배터리타입의 연료 소모량 및 전력 소비량은 직접 비교가 어려움
 - ◆ 엔진타입과 배터리타입의 연비 비교를 위하여 전기자동차의 연비 측정에 적용되는 WTW(Well to Wheel) 방법과 연료 구매 비용(가솔린, 전력) 그리고 CO2 발생량을 비교함
 - ✓ WTW(Well to Wheel) 비교는 GREET 프로그램을 이용하여 계산하였으며, 국내

연료 생산의 지표를 알 수 없어 미국의 지표를 그대로 적용하여 계산

- ◆ 3가지 방법 모두 70% 이상의 높은 연료 절감율을 보이고 있어, 배터리타입 모노레일 적용 시 연료 절감효과가 매우 높을 것으로 사료

[표] 엔진타입과 배터리타입 동력성능 비교

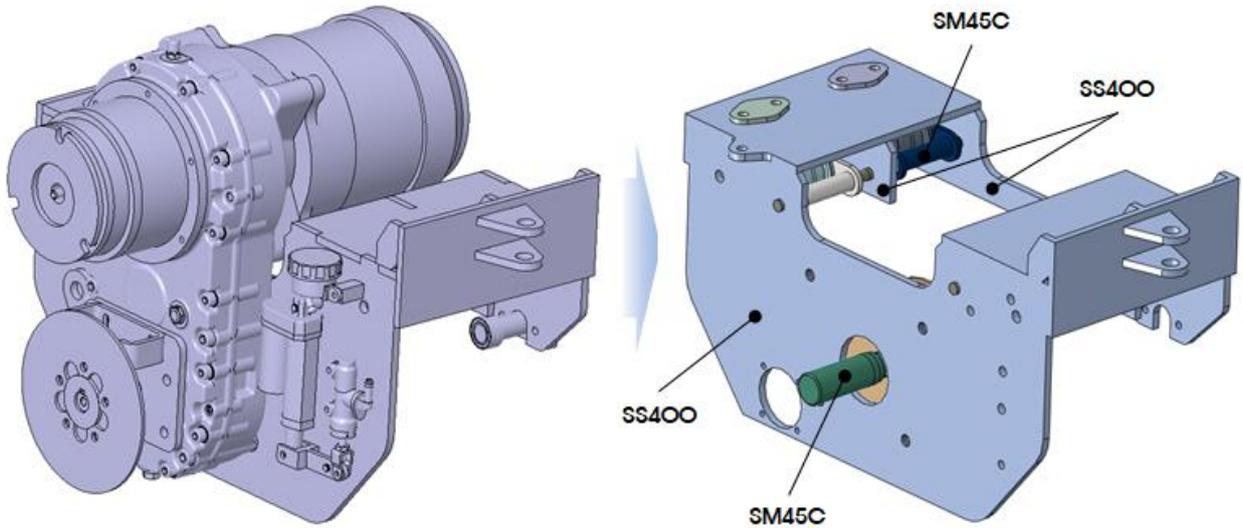
항목	엔진타입	배터리타입	개선효과
WTW	60 MJ	15 MJ	75.13%
연료 구매 시	827.8 원 / km	192 원 / km	76.81%
CO2 발생량	0.00144 tCO2	0.00031 tCO2 eq.	78.47%

- 2차 최적화 시제품 제작에 설계반영

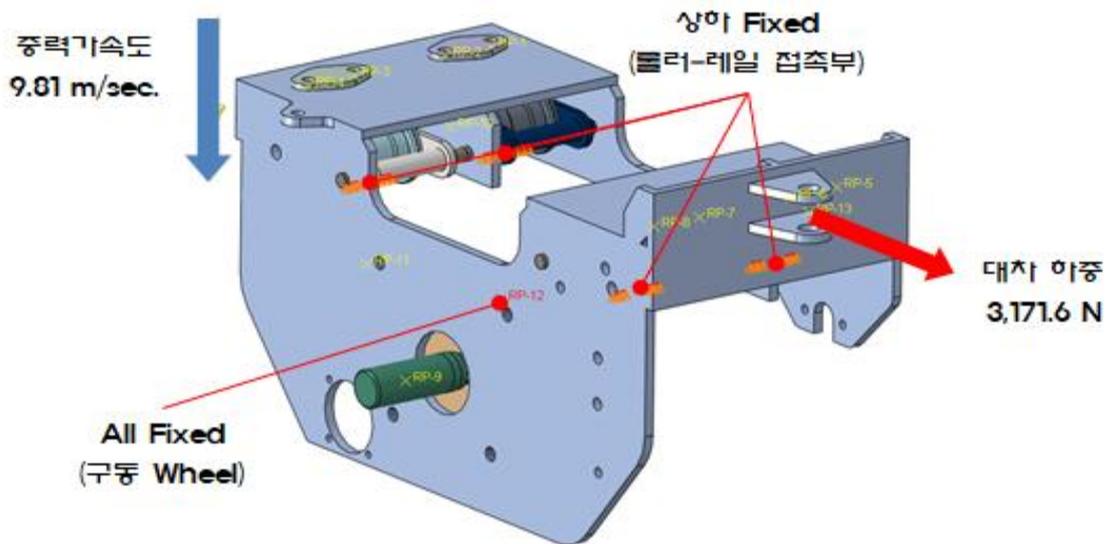
- 해석 결과 2차 시제품에 적용하기 위한 배터리타입 모노레일 단품의 동력 성능은 충분한 것으로 사료
 - ◆ 단 경량화를 위한 배터리 및 모터 사양을 조정할 경우 동력성능이 저하될 것으로 판단

○ 모노레일 구조물 구조 해석

- 단일 rail을 주행하는 모노레일의 특성을 고려한 설계된 모노레일의 무게 중심 분포 해석
 - 모노레일 구동부의 무게 및 대차 견인 하중 적용에 따른 구조 안정성 평가
 - 해석 대상은 엔진모노레일의 구동부 Assy
 - 하중 조건 구동부 Assy 자중(148kgf) 및 대차 총 무게에 대해 경사도 25° 기준 하중 (3,171.6N) 적용
 - ◆ 경사도 25° 선정 사유 임야의 경사도 한계 적용
 - ◆ 대차 총 무게 765kg에 대해 경사도 25° 적용으로 대차 관련 하중 적용
 - 경계 조건 용접 및 체결에 대해 Tie 조건 적용, 회전 및 접촉부에 대해 Surface-Surface Contact 적용
 - ◆ 롤러 4곳에 대해 상하 자유도 구속, 구동 Wheel의 레일 접촉부에 대해 완전구속 적용
 - ◆ 제외된 부품은 Point Mass 및 Non-structure Mass 적용으로 보전



[그림] 구동부 Ass'y 3D 단순화 모델



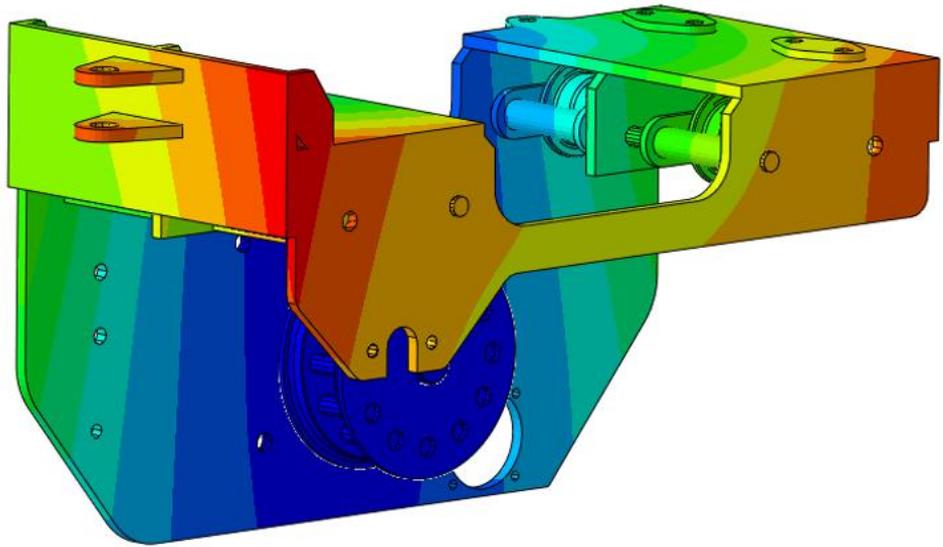
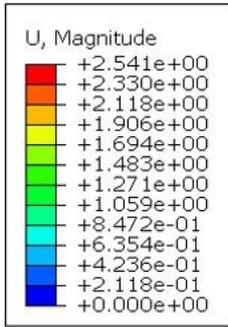
[그림] 구동부 Ass'y 경계조건 적용 부분

o 모노레일 구동부 해석 결과

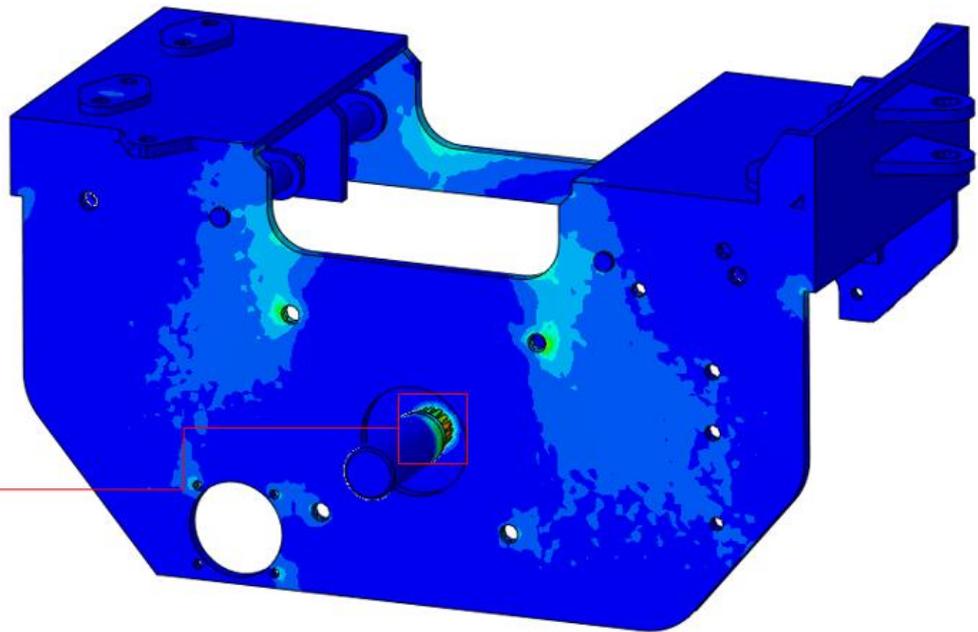
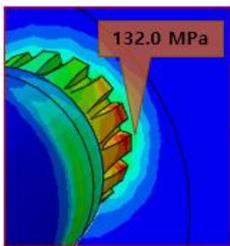
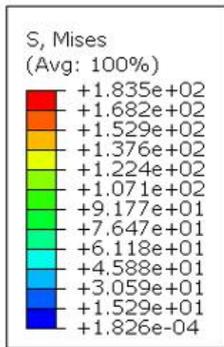
- 모노레일 구동부의 구조해석 결과 최대 변형은 2.54 mm
- 구동부의 Ass'y의 해당하는 부분의 해석결과 Max,Stress 183.5Mpa, Safety Factor(안전율) 2.67(SM45C 기준)
 - ◆ Safety Factor = 재료의 항복강도 / 발생응력
- 구동부의 Body 부분의 해석결과 Max.Stress 132.0Mpa, Safety Factor 1.86
- 구동부의 Wheel & Roller 부분의 해석결과 Max.Stress 90.9Mpa, Safety Factor 5.39
- 전체 구조 안전성 해석 결과 소재의 항복강도 기준, 안전율 1.5이상을 모두 만족함

[표] 모노레일 구동부의 구조해석 결과

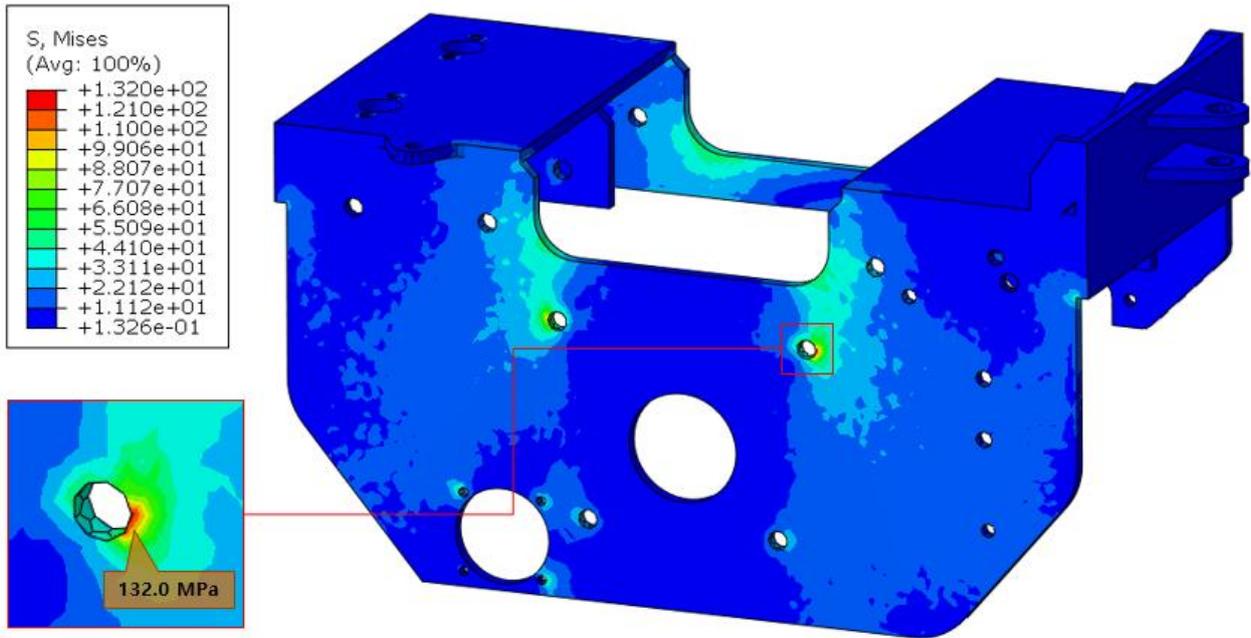
구분	Deformation	Max. Stress	Safety Factor	비고
Assy	2.54 mm	182.5 Mpa	2.67	안전율 기준 1.5 이상
Body		132.0 Mpa	1.86	
Wheel & Roller		90.9 Mpa	5.39	



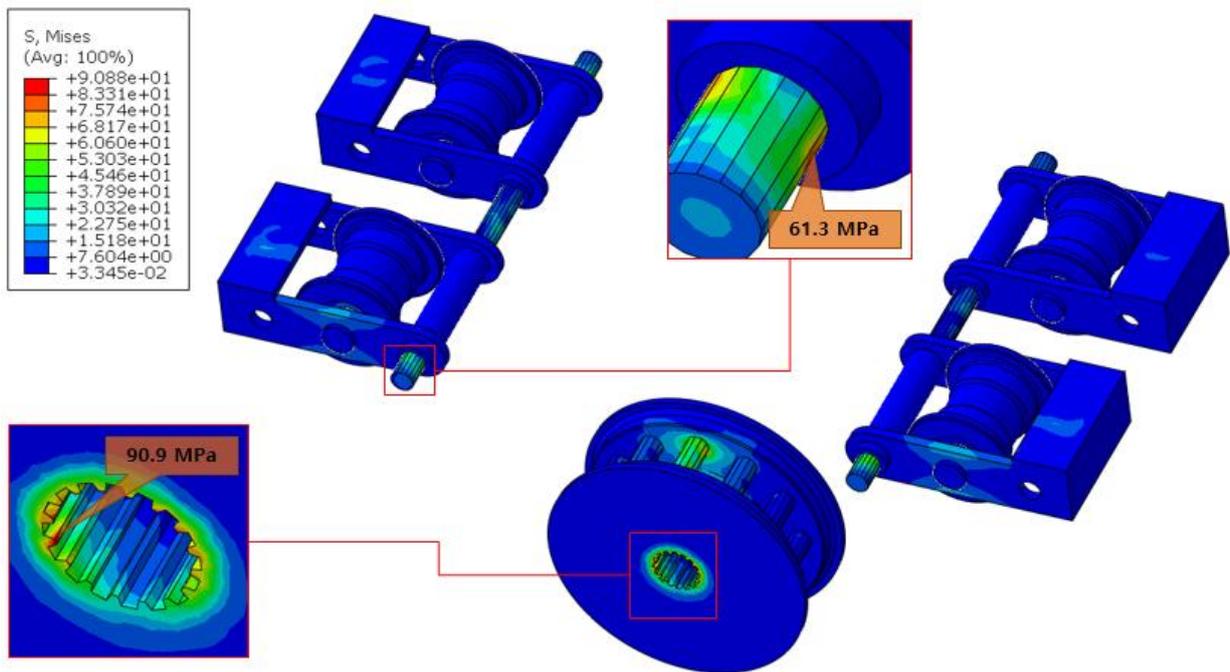
[그림] 모노레일 구동부의 구조해석 결과 - 구동부의 변형



[그림] Stress 해석 결과, Assy



[그림] Stress 해석 결과, Body



[그림] Stress 해석 결과, Wheel & Roller

2-3. 3차년도 수행 내용 및 결과

○ 3차년도 연구개발 목표

[표]. 3차년도 연구개발 목표

한국모노레일	(재)자동차융합기술원
<ul style="list-style-type: none"> • 최종 시제품 제작 및 성능평가 - 최종 시제품 제작 및 시제품 개발 평가 - ICT 기술 적용 최종 시제품 개선 	<ul style="list-style-type: none"> • 최종 시제품 동력성능 분석 • 배터리 모노레일 설계 지원 프로그램 개발 및 검증

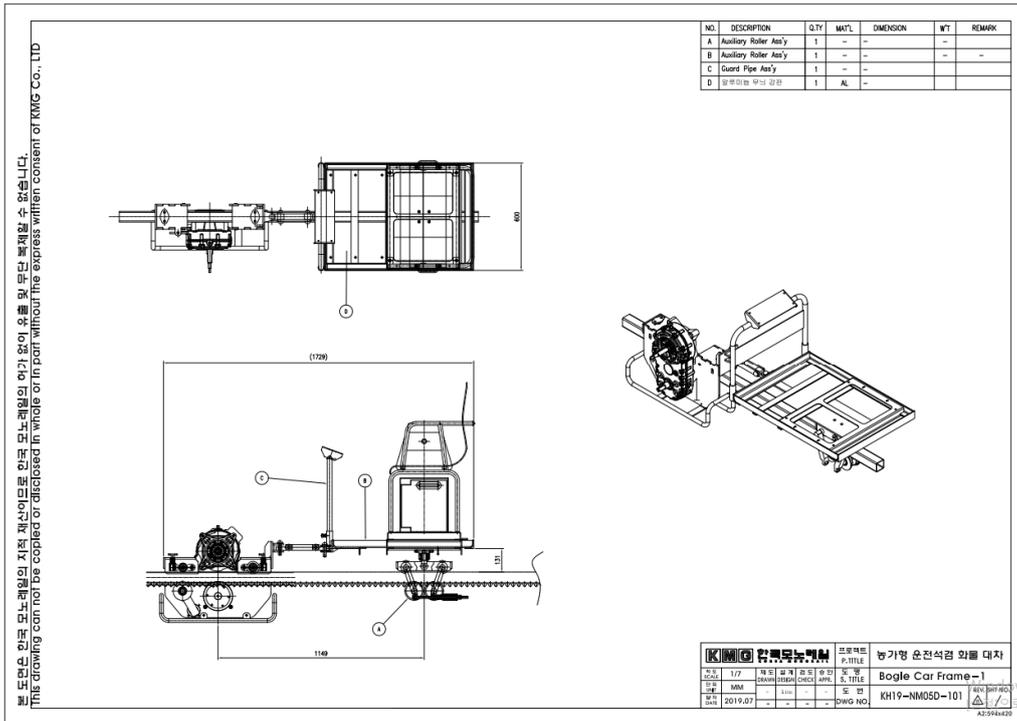
○ 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(한국모노레일)

○ 시제품 성능 평가를 기반으로 한 시제품 개선 및 최종시제품 개발 평가

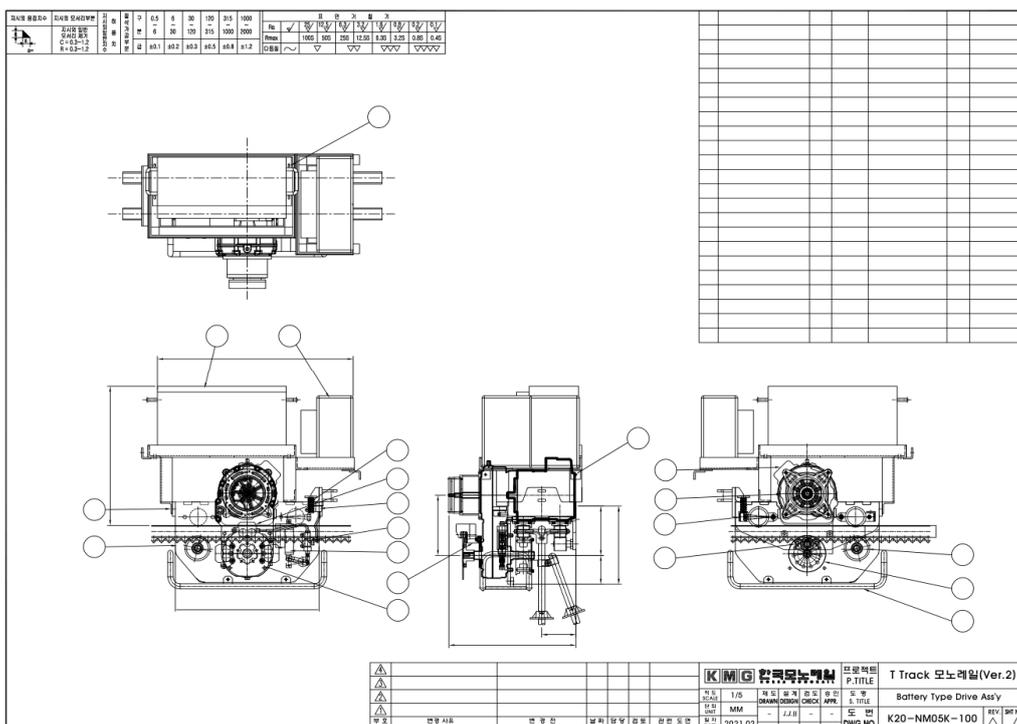
- 2차 시제품 성능 평가를 기반으로 한 시제품 개선

- 2차 시제품 성능 평가 결과 배터리모노레일의 Ass'y는 3차년도 정량적 목표 만족에 충분한 성능으로 판단 사양은 현 수준을 유지
- 단, 3차년도 정량적 목표를 만족하기 위해서는 모노레일 시스템의 경량화 개선
- 최종 시제품 배터리 모노레일 모터 및 배터리 Lay-out 개선
 - ◆ 배터리, 인버터, 조작판넬 등의 전장부품 부속들을 대차에서 구동부로 Lay-out 개선
 - ◆ 최종 시제품은 2차년도 시제품을 참고하여, 구동부와 화물대차가 분리되어 있는 상태에서 배터리가 탑승석 아래에 위치하도록 설계함.
 - ◆ 조작 판넬은 대차 앞 프레임에 위치하여 앉은 상태에서 조작하기 편하도록 배치. 모터와 감속기는 구동부에 취합함.
 - ◆ 구조해석결과를 바탕으로 화물대차의 무게중심 및 취약점 개선
 - ◆ 이러한 구조에서의 장점으로는, 구동부와 대차에 전달되는 무게를 분산시킬 수 있고 (배터리 무게가 대차로 이동) 주행 시 구동부의 진동에 민감한 인버터와 전장부품들을 분산시켜 진동 회피가 가능. 또한 인버터를 구동부 감속기 맞은편에 배치하여 좌우의 무게 균형을 유지.
 - ◆ 다만 단점으로는, 배터리와 인버터간 동력 케이블과 조작 판넬과 인버터간 배선 길이가 길어져 외관이 복잡해지는 단점 존재.
 - ◆ 이외에도 모터와 인버터의 발열로 인해 냉각효과가 저해되고 좌우 무게는 균형을 유지하지만 차량 진동 또한 분산되어 적용. 방수개소가 넓고 많아져 비 또는 습기에 취약.



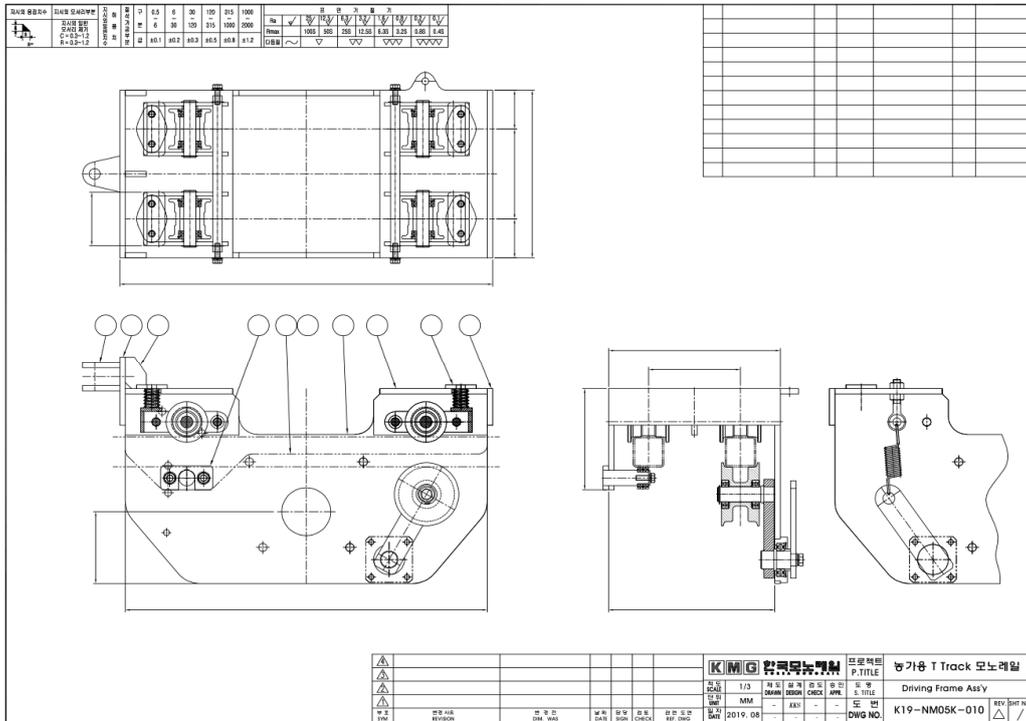
[그림] 2차년도 시제품 도면

- ◆ 배터리, 인버터, 조작판넬 등의 전장부품 부속들을 대차에서 구동부로 재배치하여 3차년도 시제품 제작. 배선의 길이 단순화
- ◆ 구동부의 커버를 제작하여 우천, 습기 등에 대한 취약점을 해소하고 차량 무게의 균형을 최적화하여 진동 감소와 치우침을 개선.

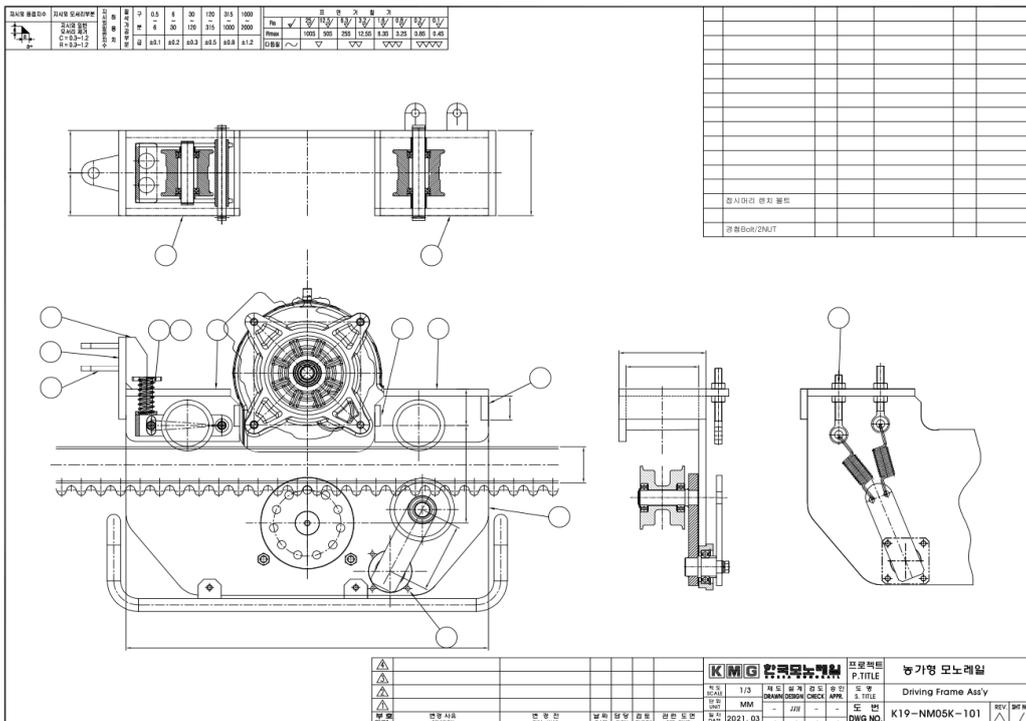


[그림] 3차년도 시제품 구동부 도면

- ◆ 구동부 후면 상부롤러는 일반 스프링에서 서스펜션 스프링으로 변경
- ◆ 구동부 전면 하부롤러는 스프링의 텐션을 강화 상부롤러는 스프링을 제거함
- ◆ 구동부의 스프링을 조정하여 주행의 안전성 상승 효과 기대

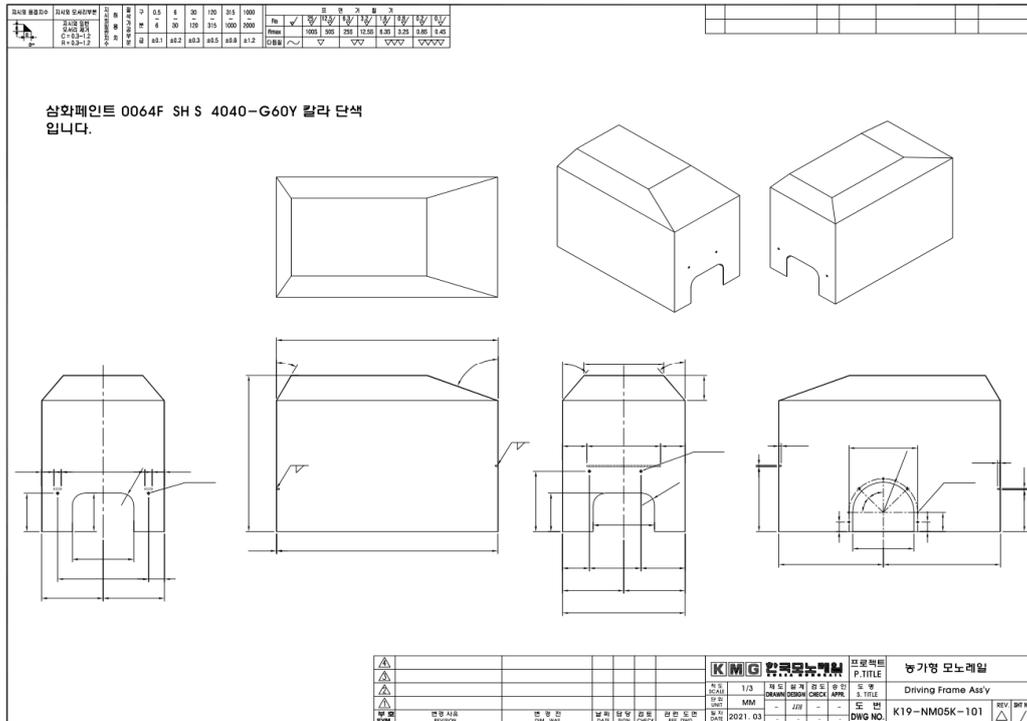


[그림] 2차년도 시제품, 롤러 및 스프링 텐션 개선 전

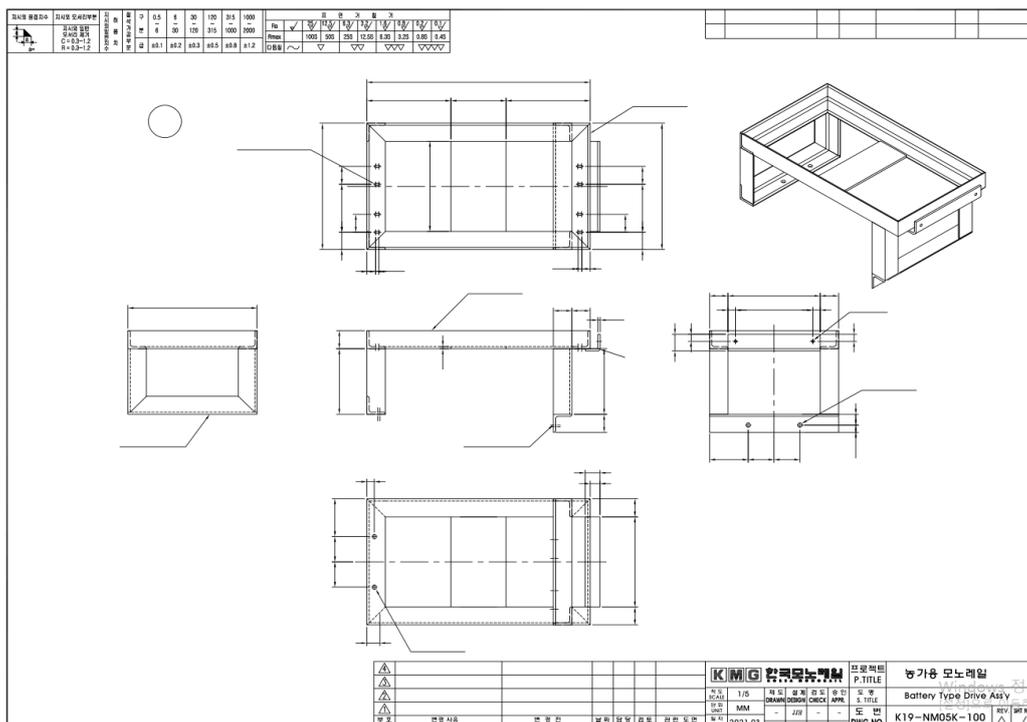


[그림] 3차년도 시제품, 롤러 및 스프링 텐션 개선 후

- ◆ 구동부 커버를 제작, 주행 중 우천 시 구동부 내부로 비가 유입되는 것을 대비하고, 습기 등 외부환경으로부터 전장부품 보호 및 오작동 방지 효과.
- ◆ 구조해석 결과를 토대로 구동부와 커버를 연결/고정 목적과 더불어 차량의 무게 배분 및 견인능력 향상을 위한 브라켓 제작.
- ◆ 향후 모노레일 경량화를 위해 신소재 활용을 검토중



[그림] 구동부 커버 도면



[그림] 구동부 브라켓 도면



[그림] 구동부 실제 제작 및 장착 사진

- 최적화된 3차 시제품의 정량적 목표 평가 수행

- 3차년도 성능 평가지표를 고려하여 3차 시제품의 성능 평가 수행
- 주관기간(한국모노레일)이 보유하고 있는 시험용 트랙을 이용하여 성능 평가 수행
- 시험용 트랙은 편도 54m, 최대 경사도 44.54 deg
- 목표 적재량은 500kg 이상 적재 후 시험용 트랙을 주행하여 평가
- 평가 시 정량적이며 신뢰성 있는 비교를 위해서 최소 주행 거리는 1km 이상 주행하는 것으로 결정
- 한국자동차연구원에서 입회시험을 진행하여 모노레일 성능 평가의 신뢰성을 확보



[그림] 1차 시제품



[그림] 2차 시제품

- 모노레일 경량화 정도 평가

- 기존엔진 모노레일 371 kg 대비 대차용량을 확대한 배터리 모노레일의 무게는 371 kg 으로 경량화 18.3% 달성
- 최종 배터리 타입 시제품의 무게를 측정한 결과 구동부는 180kg, 화물대차는 123kg으로 1차 시제품에 비해 구동부는 32kg 늘었지만 화물대차에서 41kg 경량화 하여 전체 모노레일의 무게 303kg으로 371kg 대비 18.3% 경량화 목표를 만족함
- 최종 시제품의 화물대차는 1차 시제품에 비해 적재공간을 확장한 모델임

[표] 엔진타입 모노레일 및 최종시제품 모노레일 무게 비교

구분	구동부(kg)	화물대차(kg)	총 무게(kg)	경량화(%)
엔진	194	177	371	18.3%
배터리	180	123	303	



[그림] 경량화 시험성적서(한국생산기술연구원)

- 모노레일 적재량 평가

- 적재중량 500kg 이상 적재 후 시험용 트랙을 주행하여 평가를 수행
 - ◆ 목표 적재중량 : 500kg 이상
 - ◆ 시험주행시 실제 적재 중량 512kg
 - ◆ 목표 적재중량의 12kg 초과된 512kg의 적재중량으로 목표 적재중량 만족



[그림] 시험 적재중량 측정 사진(512kg)



[그림] 적재중량 512kg 모노레일의 시험트랙 주행모습

- 모노레일 주행 목표 경사도 등판 성능 평가
 - 목표 경사도 45° 트랙의 모노레일 주행 등판 성능 확인
 - 적재중량 512kg을 적재 후 45° 경사도 트랙 10번 왕복하여 평가 수행
 - ◆ 목표 경사도 : 45° (오차 $\pm 1^\circ$ 이내)
 - ◆ 실제 측정 경사도 : 오차 범위내인 44.52°
 - ◆ 목표 경사도의 오차범위 이내로 경사도를 만족



[그림] 시험트랙 경사도



[그림] 엔진 및 배터리 모노레일 적재량 및 경사도 시험 성적서

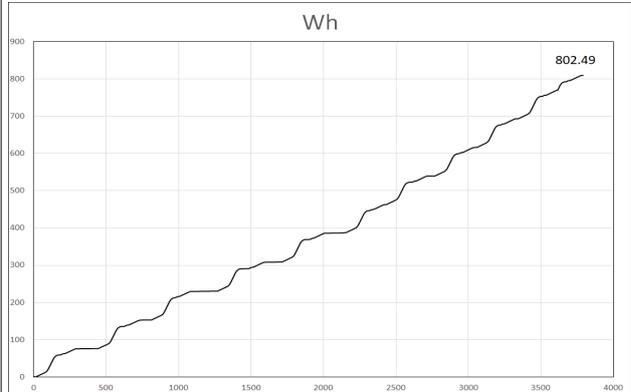
- 배터리 모노레일의 연료 절감 효과 확인

- 엔진 및 배터리 모노레일 적재량 500kg 적재 후 연비 평가 수행
- 평가 시 신뢰성 확보를 위해 최소 주행 거리는 1km 이상 주행(트랙 10회 왕복 주행)
- 엔진 모노레일 연료 소모량, 배터리 모노레일의 전력 소모량을 측정

[표] 엔진 모노레일 연료소모량 측정 결과(트랙 10회 왕복 주행)

구분	측정횟수					평균
	1	2	3	4	5	
주행 전(g)	6125.4	6125.35	6125.43	6125.42	6125.48	6125.41
주행 후(g)	5488.56	5488.61	5488.66	5488.62	5488.64	5488.61
연료 소모량(g)	636.8					
주행 전 연료 탱크 측정 사진			주행 후 연료 탱크 측정 사진			
						

[표] 배터리 모노레일 전력소모량 측정 결과(트랙 10회 왕복 주행)

구분	주행횟수										누적
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
소비전력 (Wh)	75.85	77.01	77.19	78.29	78.29	76.17	76.86	76.52	77.21	109.1	802.49
전력소모량 측정 사진					전력소모량 측정 누적 그래프						
											

- 엔진 모노레일 연료소모량 및 배터리 모노레일 전력 소모량을 CO₂ 발생량으로 환산
- CO₂ 발생량은 한국에너지공단에서 제공하는 “석유환산톤(toe) 및 배출량 계산기”를 사용
- 엔진 모노레일 및 배터리 모노레일의 CO₂ 발생량을(tCO₂) 비교

[표] 엔진 및 배터리 모노레일 CO₂ 배출량 환산

엔진 및 배터리 모노레일 CO ₂ 배출량	
엔진 모노레일 연료 소모량 0.816 l (636.8g) 기준	배터리 모노레일 전력소모량 0.802kE 기준
<h3>석유환산톤(toe) 및 배출량 계산기</h3> <p> <input checked="" type="radio"/> 국가고유(17년) <input type="radio"/> 국가고유(11년) <input type="radio"/> IPCC 06 </p> <p> • 에너지원: 휘발유 </p> <p> • 사용량: 0.816 l </p> <hr/> <p> 총 발열량 0.781 10³toe/l 에너지 사용량 0.00064 toe </p> <hr/> <p> 순 발열량 30.4 MJ/l 배출계수 19.548 tC/TJ 배출량 0.00178 tCO₂ </p>	<h3>석유환산톤(toe) 및 배출량 계산기</h3> <p> <input checked="" type="radio"/> 국가고유(17년) <input type="radio"/> 국가고유(11년) <input type="radio"/> IPCC 06 </p> <p> • 에너지원: 전력(소비기준) </p> <p> • 사용량: 0.802 kWh </p> <hr/> <p> 총 발열량 0.229 10³toe/kWh 에너지 사용량 0.00018 toe </p> <hr/> <p> 배출계수 0.4594 tCO₂eq./MWh 배출량 0.00037 tCO₂eq. </p>

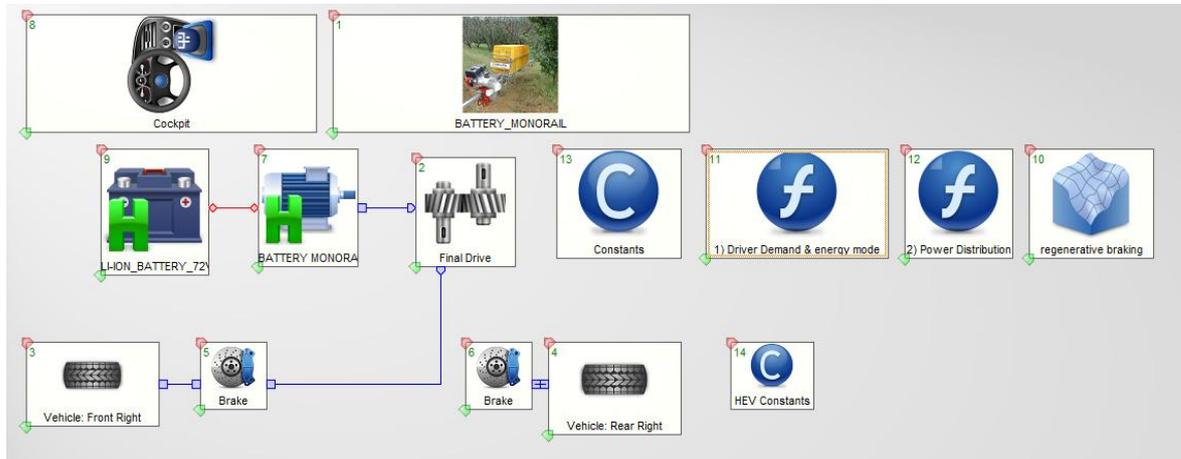
[표] 엔진 및 배터리 모노레일의 CO₂ 발생량 비교 및 배터리 모노레일의 CO₂ 저감율

항목	연료 소모량	소비전력량	CO ₂ 발생량	CO ₂ 저감율
엔진 모노레일	636.8 g	-	1.78E-03 tCO ₂	79 %
배터리 모노레일	-	802.49 Wh	3.7E-04 tCO ₂ eq	



[그림] 엔진 및 배터리 모노레일 연료 저감을 성적서

- 엔진식 모노레일은 경사도 등반 주행 시에는 연료 주입이 불안정하게 되어 연료 소모 효율이 급격히 악화되며 내리막 주행 시에는 랙+피니언 기어의 구조로 인해 연료 소모 효율이 약화됨.
- 배터리 모노레일의 경우 등반 시에는 필요 이상의 전력이 인입되지 않으며, 내리막 주행 시에는 모터의 회전으로 다시 배터리를 충전시키는 회생 제동 기능의 추가로 전력 소모 효율 보전이 가능.



[배터리 모노레일 회생 제동 모델링]

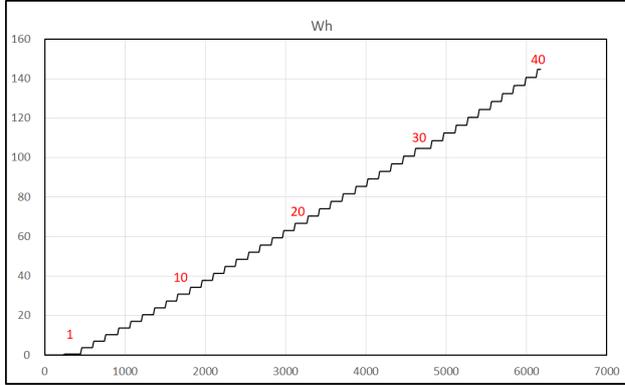
- ICT 기술 및 적재 공간 최적화 기술이 접합된 최종 시제품 개선
 - 무인 구동이 가능한 배터리 모노레일 개발
 - Remote Control을 통한 배터리 모노레일 무인 구동 확인



[그림] 배터리 모노레일 무인 구동

- 정량적 목표인 충전 없이 4km 이상 무인 주행 성능평가 수행

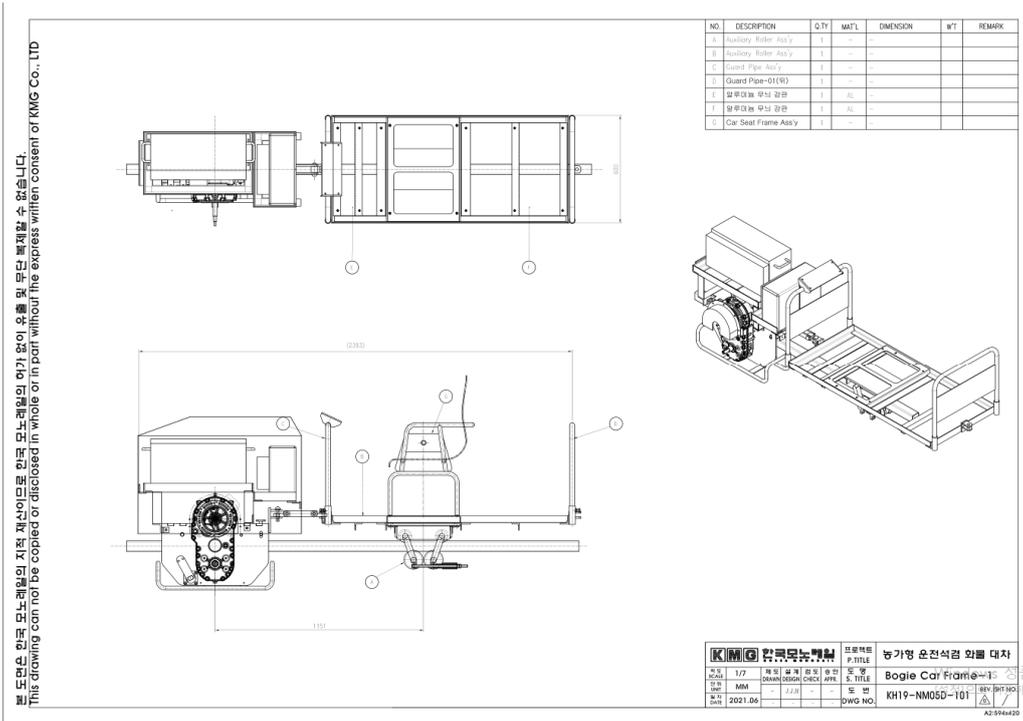
[표] 배터리 모노레일 4km이상 무인주행 결과

배터리 모노레일 시험용 트랙 40번 왕복 주행 결과	
배터리 모노레일 4km이상 무인주행	시험용 트랙 40번(4.3km) 왕복 주행 전력분석
	



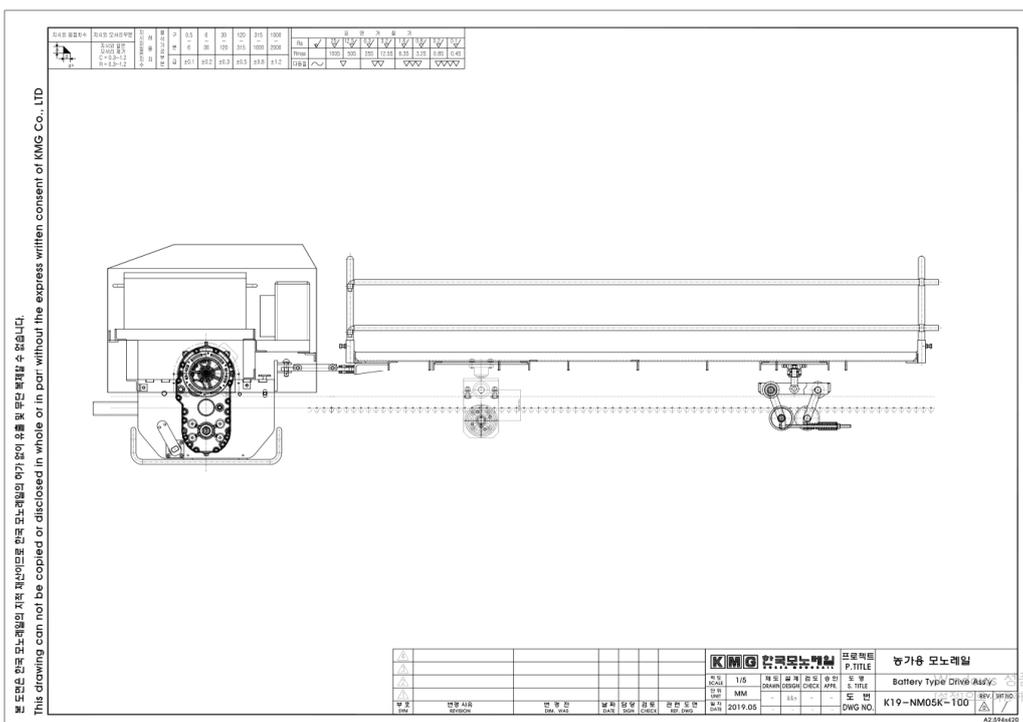
[그림] 배터리 모노레일 4km 이상 무인 주행 성적서

- 적재 공간 최적화 기술이 접합된 배터리 모노레일 개발
 - 모노레일 구동 안정성 및 적재 공간 최적화를 통한 화물대차 폭 800mm 확장 개선
 - 폭이 확장되어 적재량의 증가와 좌우 요동에 의한 주행안전성을 확보. 또한 엔진식 화물대차의 구조에 비해 프레임을 추가하여 무게에 대한 내구성을 강화.



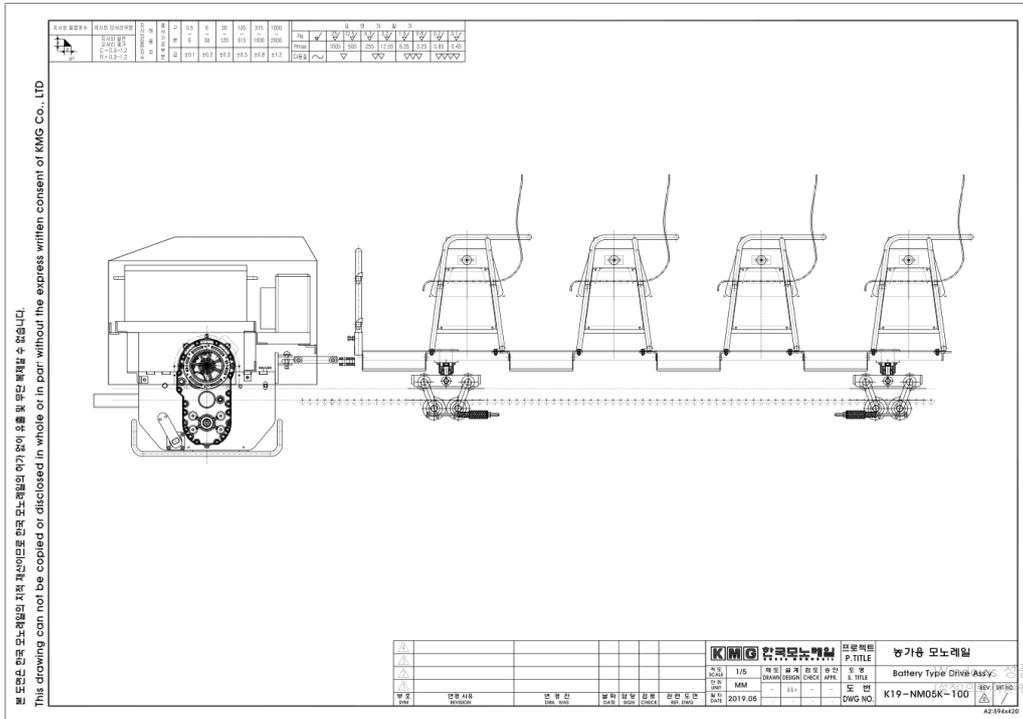
[그림] 탑승석과 화물대차 일체형 도면

- ◆ 우선 기본형으로 탑승석과 화물대차를 일체화시킨 화물대차를 제작. 이를 통해 적재량은 다소 줄었으나 차량 편성이 줄어들어 주행 안정성이 상승하고 탑승석 높이를 띄워 적재량에도 영향이 적고 무게 균형도 적절하도록 설계.
- ◆ 레일 설치가 가능한 모든 주행 조건에서 최적의 주행 성능 발휘가 가능.



[그림] 탑승석 제거 순수 적재형 화물대차 도면

- ◆ 탑승석을 제거하여 순수 적재량을 증시한 화물대차를 설계. 탑승석이 없어 안전상 운전자가 탑승은 불가능하지만 운전은 리모콘으로 제어하고 운반물만 최대 무게로 적재할 수 있도록 설계.
- ◆ 비교적 짧은 거리나 운전에 영향을 받지 않는 단순한 지형의 레일에서 적재량의 최대 장점을 획득하도록 구성.

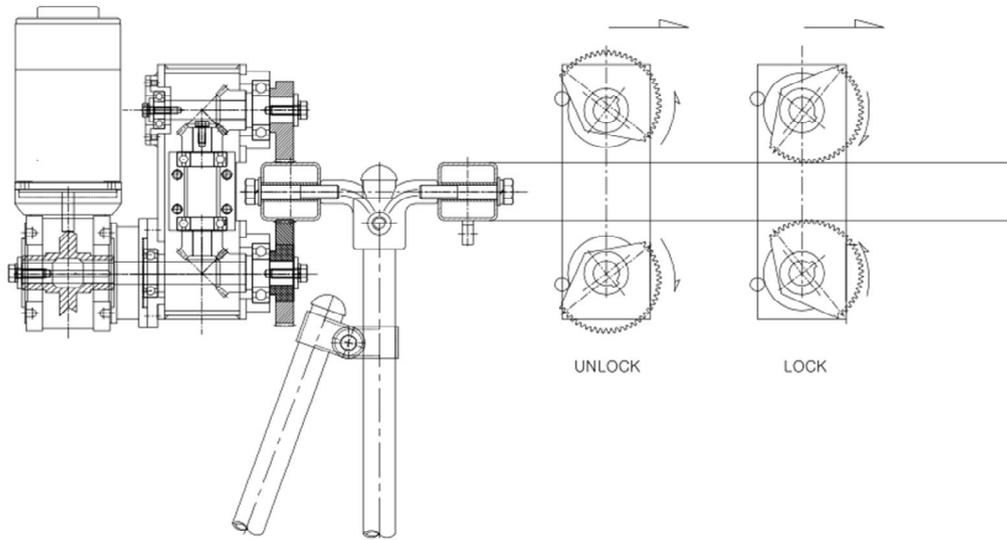


[그림] 4인 탑승형 화물대차

- ◆ 적재량을 최소화하는 대신 운전자 포함 총 4명이 탑승가능하도록 설계한 화물대차로 화물적재보다 인원 운송이 중요한 현장에 설치할 수 있도록 구성.
- ◆ 이는 수확물을 운반하는 농가도 있으나 거리가 먼 곳으로 인력을 운송해야 하는 현장도 일부 존재하기 때문에 이에 대응될 수 있도록 화물대차의 다양화를 수행.

- 탑승자 안전장치 적용

- 탑승자의 안전을 위한 긴급 캐치 브레이크 적용
- 3중 안전 정지(엔진 브레이크, 수동 브레이크 긴급 캐치 브레이크)장치 적용
 - ◆ 버튼에 의한 기계식 구성으로 전원이 차단되어도 버튼으로 브레이크가 작동할 수 있도록 설계되었으며, 작동 시 편심기어가 회전하여 기어에 의한 레일 주행을 못하도록 설계됨
 - ◆ 기존 브레이크 시스템들이 모노레일의 배터리에서 공급되는 전원으로 작동하고 부분적 승차감을 위해 정지 속도에 도달하기까지 시간이 걸리는데 반해 해당 브레이크 시스템은 유사시를 대비한 것으로 정지 속도에 즉시 도달하고 모노레일의 배터리 전원과는 독립된 구조로 작동하여 3중 안전 장치를 마련.
 - ◆ 해당 기계 구조에 대해 특허 출원하였으며, 등록 완료한 상황



[그림] 긴급 캐치 브레이크

- 최종 개발 배터리 모노레일 사업화
 - 개발 완료된 배터리 모노레일의 상품화
 - 개발 완료된 배터리 모노레일의 보급



[그림] 판매되어 설치중인 배터리 모노레일

- 2021년 첨단국방산업전에 참여하여 배터리 모노레일 전시 및 홍보



[그림] 배터리 모노레일 홍보를 위한 2021년 첨단국방산업전 참여

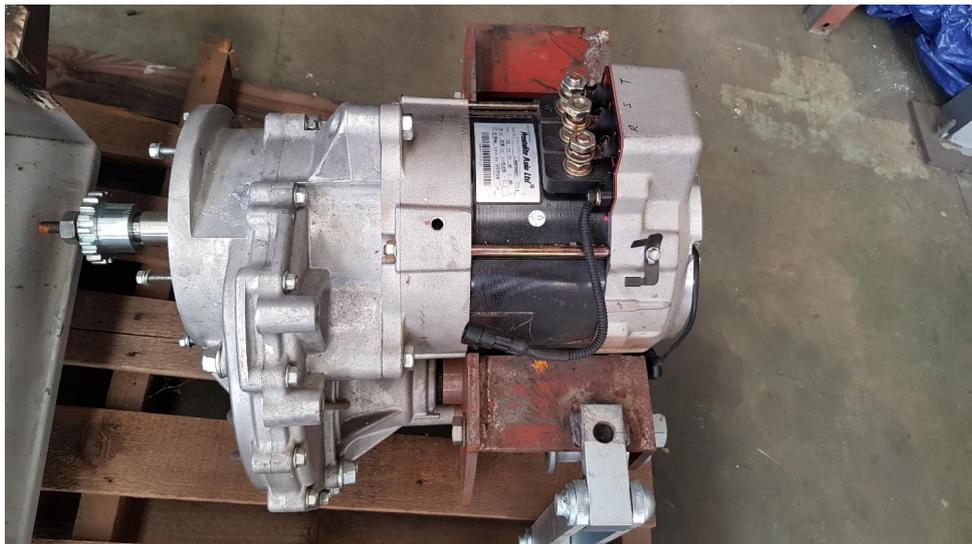
- 상용화를 위한 농업실용화재단 시험/분석 평가

- 농업실용화재단 시험/성능 분석 종목 중 “농업용동력운반차”에 해당되는 것으로 확인하였으며 주행시험, 브레이크 시험, 연속운전시험, 전도시험, 등판능력시험을 비롯한 성능 시험과 조작 난이도, 안전성 시험이 주 평가 항목임.
- 다만 해당 품목은 일반 엔진 동력을 목표로 설정된 평가 방법이니만큼 모노레일에 적합하도록 농업실용화재단과 평가 방법 조정과 협의가 필요하여 협의 단계에 있음.
- 또한 농업실용화재단 시험 분석 기준에 적합하도록 모노레일 제품 일부 장치의 검토와 변경 혹은 추가가 필요할 것으로 예상(좌석 벨트, 적재량 120%, 조작판넬과 운전석의 거리 등)

- 상용화를 위한 탑승자 안전성 확보 방안

- 현재까지 마련된 탑승자 안전장치 (감속기)

현재 배터리 모노레일 구동부에는 총 3종의 안전장치 탑재. 기어에 장착된 감속기가 오르막/내리막 주행 시 기어의 가속도를 조절하여 급격한 주행을 미연에 방지. 이는 일반 자동차의 엔진 브레이크에 해당



[감속기가 장착된 모터 (좌. 감속기, 우. 모터)]

- 현재까지 마련된 탑승자 안전장치 (전자식 브레이크)

감속기 외부 축에는 전자식 브레이크가 장착되어 있어 사용자가 임의로 버튼을 누르면 언제든지 주행 중인 차량을 감속시켜 정지 속도 도달이 가능. 이는 일반 자동차의 페달 브레이크에 해당.



[전자식 브레이크와 장착 사진]

- 현재까지 마련된 탑승자 안전장치 (긴급 캐치 브레이크)

별도로 차량에 부착된 브레이크로서 상기 2종의 브레이크는 차량 기어-인버터-배터리 등 전장부품과 연결되어 있어 배터리의 전력이 손실되는 등의 긴급 상황 발생으로 차량 정지가 불가능할 때를 대비하여 기계 구조의 독립된 브레이크를 추가.

해당 브레이크는 모노레일용 브레이크로 특허 출원하여 등록된 상황.



[긴급 캐치 브레이크가 적용된 배터리 모노레일]

- 탑승자 안전성 검토

모노레일의 사업과 안전을 주관하는 교통안전공단에서는 일반 상용 자동차에 대해 3종의 안전장치를 제시. (엔진 브레이크, 페달 브레이크, 사이드 브레이크) 기 개발 배터리 모노레일도 일반 상용 자동차와 같은 수준의 안전장치를 탑재하도록 개발목표를 설정하여 3종의 안전장치를 확보(감속기, 전자식 브레이크, 긴급 캐치브레이크).

이 외에 엔진식 모노레일에서 활용한 1줄의 레일에서 2줄 레일 방식으로 확장하며 좌우 전복 위험성을 줄여 탑승자 안전에 일정부분 기여하도록 설계.

- 제품 내구도, 강성 검토

기 개발된 배터리 모노레일의 경우 512kg 적재와 총 4km 주행을 완료하여 제품 내구도는 어느 정도 확보된 것으로 판단.

- 주행 중 돌발상황 발생 시 대처 방안

구동부 전면부에 초음파 센서와 라이더 센서를 장착하여 레일 위의 장애물을 선행으로 감지하여 이를 전기신호로 보내 인버터에서 처리하여 구동부의 주행을 장애물 충돌 전에 멈춰 사고를 방지, 탑승자 안전을 확보할 수 있음.

해당 기술은 배터리 모노레일 뿐만 아니라 현 운용되고 있는 탑승객용 대형 모노레일에도 비슷한 구조로 사용되고 있는 기술임. 다만 이에 대한 단점으로는 레일 위의 조류를 비롯해 차량 운행에 영향이 적은 바람에 흔들리는 나뭇가지에도 작동하여 정상 주행임에도 차량이 멈출 수 있는 리스크가 발생.



[라이더 센서]



[마그네틱]

- 감속기 강도에 대한 검토

- 감속기 강도 검토

본 연구과제 제작 목표인 배터리 모노레일 전용 감속기를 개발하려 하였으나 제작 업체 쪽에서는 최소 주문 수량을 50개로 제한하고 있어 이는 배터리 모노레일 제작 진행 단계 및 향후 수요에도 적합하지 않은 상태로 선불리 개발/적용하기에는 어려움.

이를 보완하고자 기존 골프카트에서 사용되는 기존 감속기를 채용하여 이를 재배치, 원가와 시간을 단축하였으며 골프카트에서 사용될 때에도 최대 무게 2t 이상에서 운전 가능하도록 되어있는 제품이므로 별도의 강도 검증 생략.



[피니언 기어]



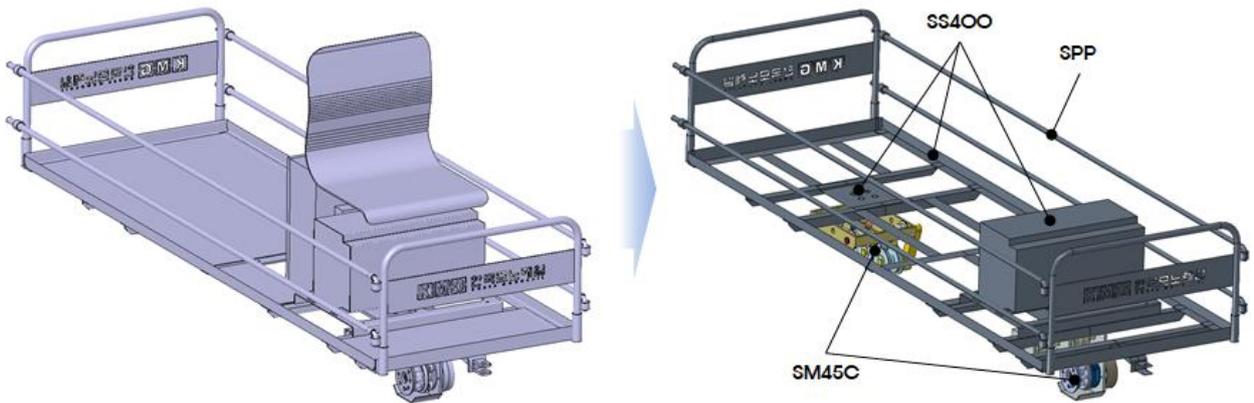
[피니언 기어]

- 위탁연구기관(자동차융합기술원)

o 최종 시제품 구조해석

- 최종 시제품의 화물대차에 대한 구조해석

- 해석을 통한 모노레일의 무게 중심 및 구조적 취약점 도출 및 구조안정성 평가
- 최종 시제품에 구조 해석 결과 반영 화물대차 Lay-out 변경
- 하중 및 경계조건
 - ◆ 하중 조건 : 대차 자중, 운전자 및 적재물 하중과 Driving Assy 건인하중을 적용
 - ◆ 경계조건 : 용접 및 체결에 대한 Tie 조건 적용 회전 및 접촉부에 대한 Surface-Surface Contact 적용
 - ◆ 롤러 6곳에 대한 상하 자유도 구속, Brake Wheel의 레일 접촉부에 대한 완전구속 적용



[그림] 화물대차 Assy 단순화 모델

▣ 유한요소 모델 구성

유한요소 모델 정보

구분	모델 (Type C3D4, C3D8R, S3, S4R)
Elements	1,148,462
Nodes	298,787



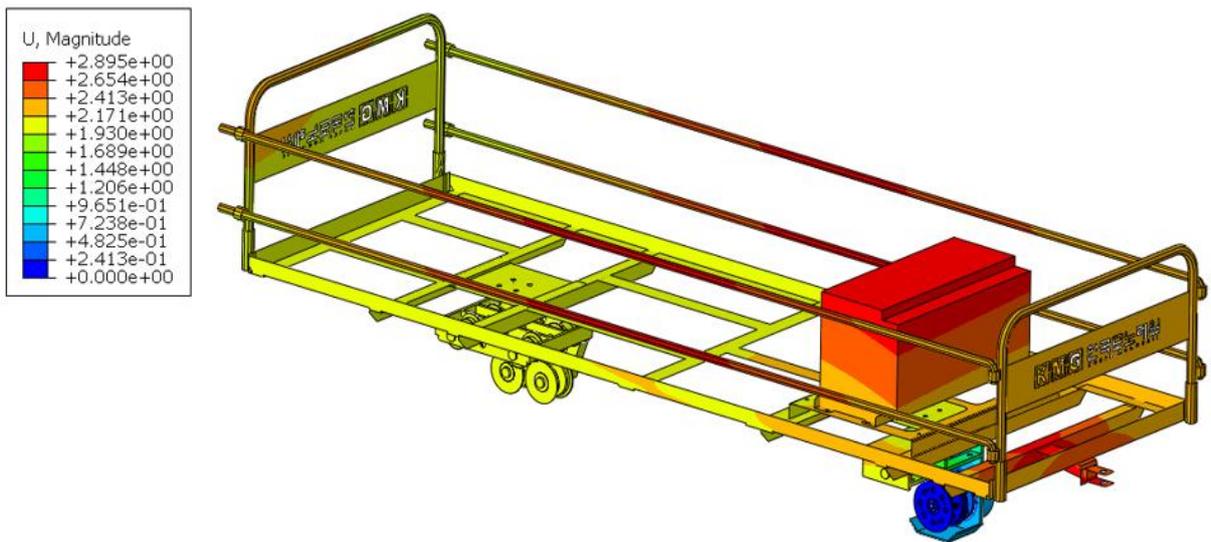
[그림] 구조해석 모델 구성

- 최종 시제품의 화물대차에 대한 구조해석 결과

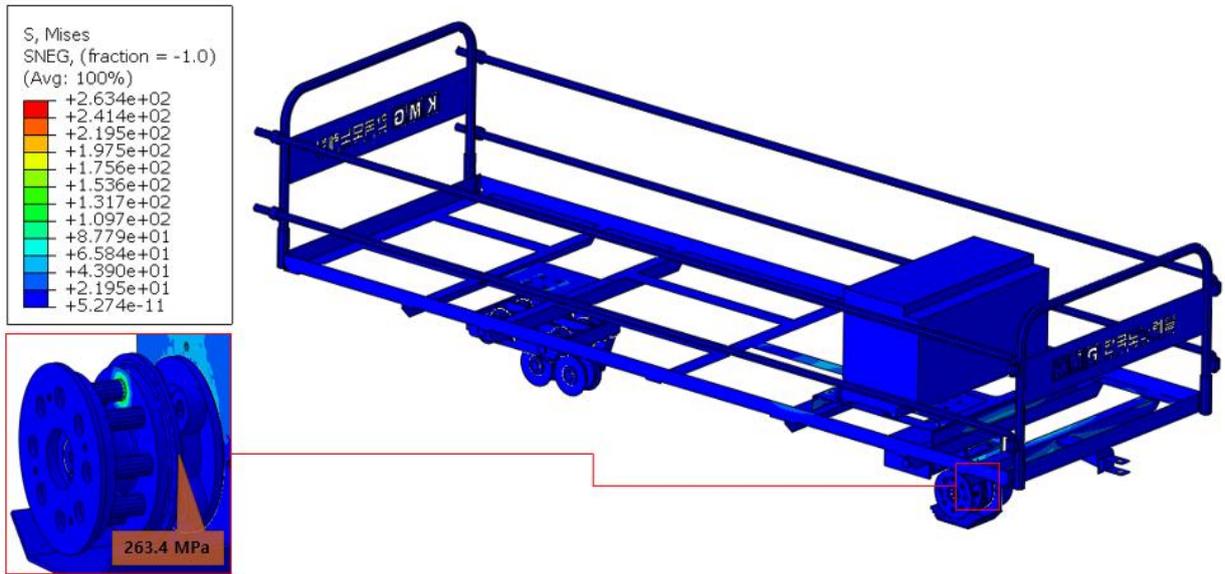
- 모노레일 화물대차의 구조해석 결과 최대 변형은 2.9 mm
- 화물대차 Assy의 해당하는 부분의 해석결과 Max,Stress 263.4Mpa, Safety Factor(안전율) 1.86(SM45C 기준)
 - ◆ Safety Factor = 재질의 항복강도 / 발생응력
- 화물대차의 Frame 부분의 해석결과 Max.Stress 130.4Mpa, Safety Factor 1.88
- 화물대차의 Wheel & Roller 부분에서 FRT Bogie Assy 해석결과 Max.Stress 263.4Mpa, Safety Factor 1.86
- 화물대차의 Wheel & Roller 부분에서 RR Bogie Assy 해석결과 Max.Stress 39.9Mpa, Safety Factor 12.28

[표] 모노레일 화물대차의 구조해석 결과

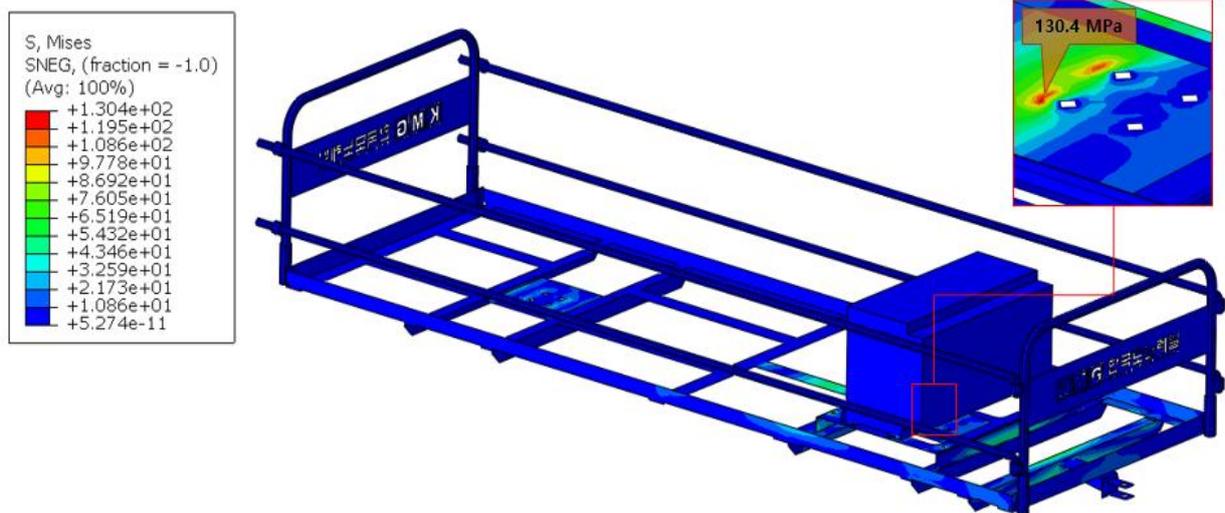
구분	Deformation	Max. Stress	Safety Factor	비고
Assy	2.9 mm	263.4 Mpa	1.86	안전율 기준 1.5 이상
Frame		130.4 Mpa	1.88	
FRT Bogie Assy		263.4 Mpa	1.86	
RR Bogie Assy		39.9 Mpa	12.28	



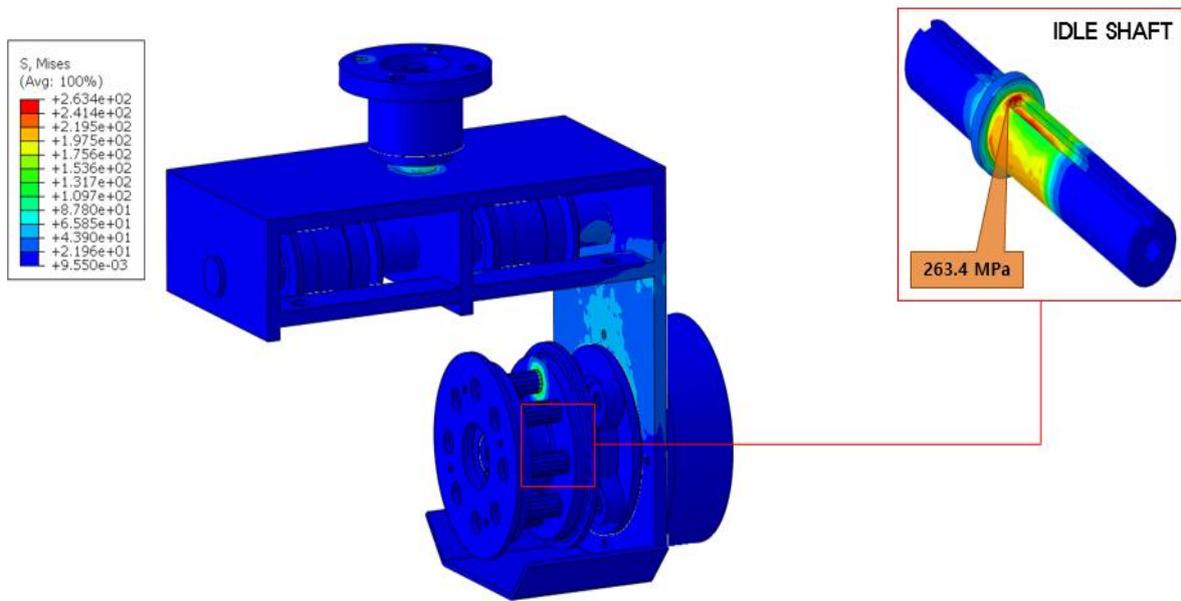
[그림] 모노레일 화물대차의 구조해석 결과 - 화물대차의 변형



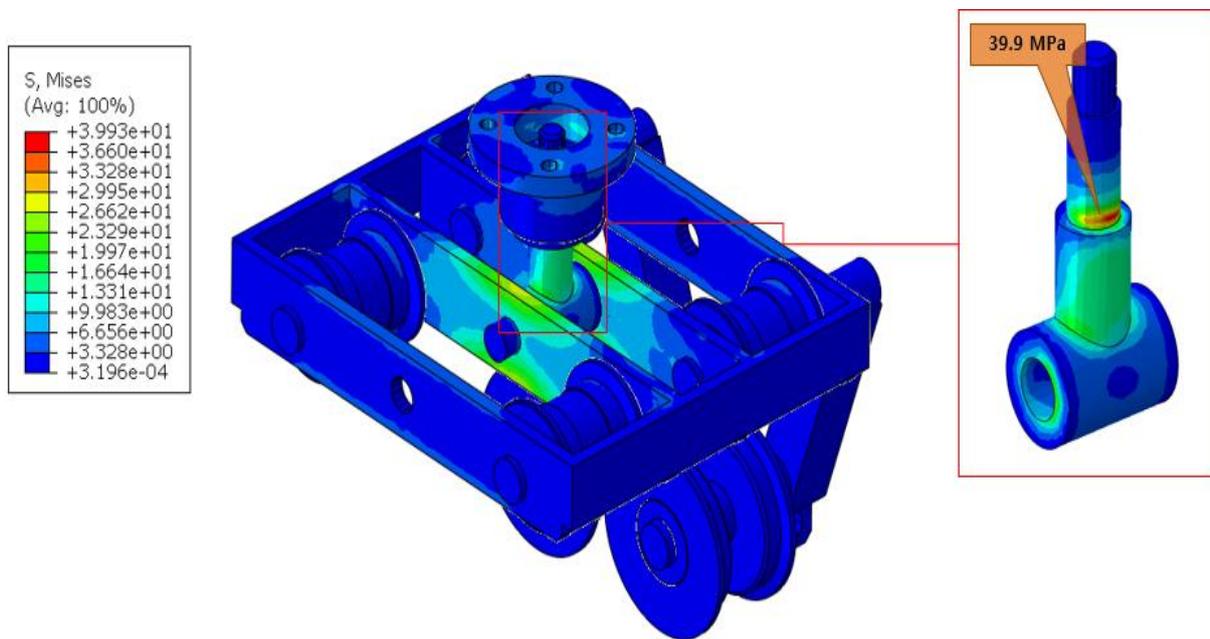
[그림] Stress 해석 결과 - 화물대차 A'ssy



[그림] Stress 해석 결과 - 화물대차 Frame



[그림] Stress 해석 결과 - Wheel & Roller의 FRT Bogie Assy

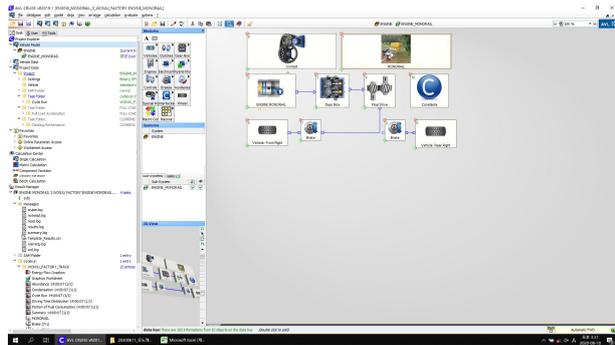


[그림] Stress 해석 결과 - Wheel & Roller의 RR Bogie Assy

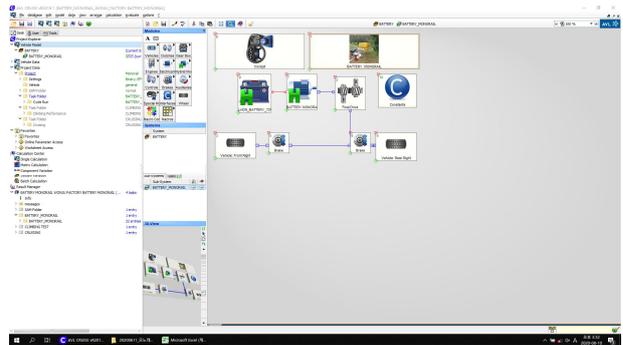
○ 다양한 상황에 따른 최종 시제품 동력성능 분석

– 운행 조건 별 최종 시제품 동력성능 분석

- 엔진타입 모노레일의 연료소모량 및 배터리타입 모노레일의 배터리 사용량 동력성능 해석 수행 및 동력성능 해석 결과 검증
- 시험과 해석의 검증결과 엔진타입 모노레일은 1.82% 오차를 보임
- 배터리 타입 모노레일은 0.19% 오차를 보임



[그림] 엔진타입 모노레일 동력성능 해석 모델



[그림] 배터리타입 모노레일 동력성능 해석 모델

[표] 동력성능 해석 결과 비교

항목	엔진타입		배터리타입	
	시험	해석	시험	해석
연료 소모량	495.82 g	486.80 g	-	-
소비 전력량	-	-	601.87 Wh	600.7 Wh
오차	1.82%		0.19%	

- 경사도 변화에 따른 연료 소모량 및 배터리 사용량 분석
- 경사도 증가에 따른 연료소모량 및 배터리 소모량 증가를 확인 할 수 있음
- 해석과 시험 결과를 비교한 결과 배터리타입 모노레일에 대한 해석 정확도가 높음을 확인함

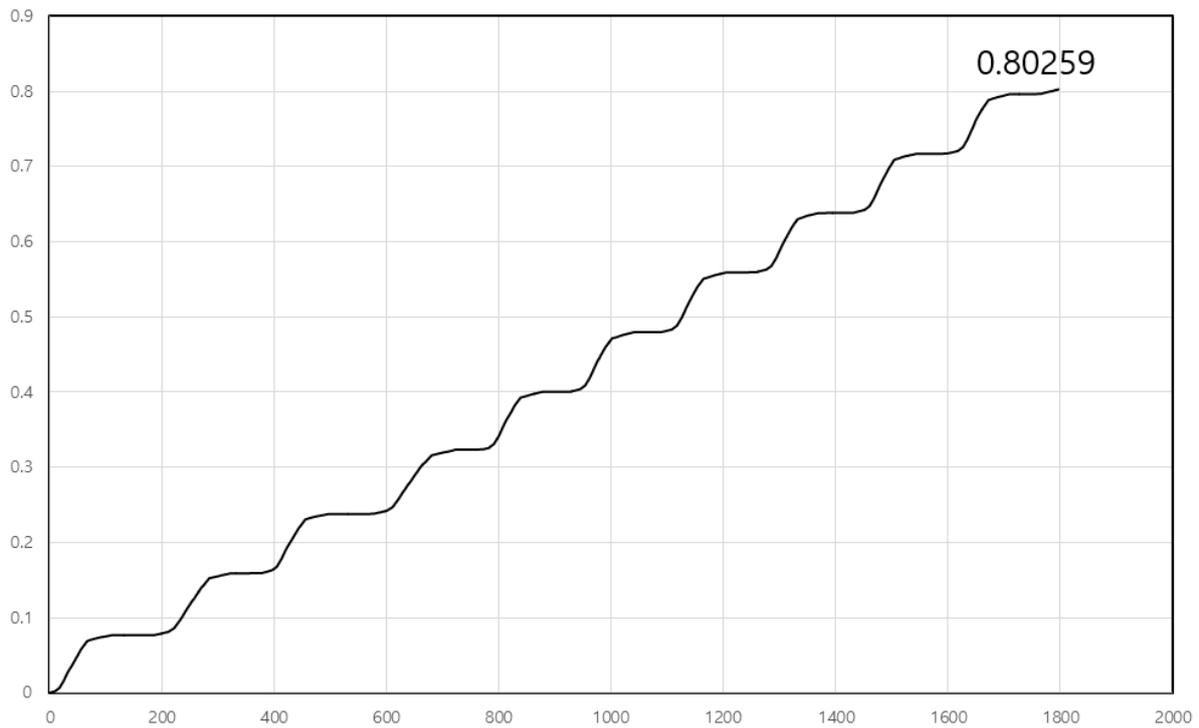
[표] 경사도 변화에 따른 연료소모량 및 배터리 사용량 비교

항목	엔진타입		배터리타입	
	35°	45°	35°	45°
연료 소모량	486.8 g	656.4 g	-	-
소비 전력량	-	-	600.7 Wh	802.6 Wh

[표] 해석 정확도

항목	엔진타입		배터리타입	
	35°	45°	35°	45°
오차율	1.82 %	2.98 %	0.19 %	0.01%

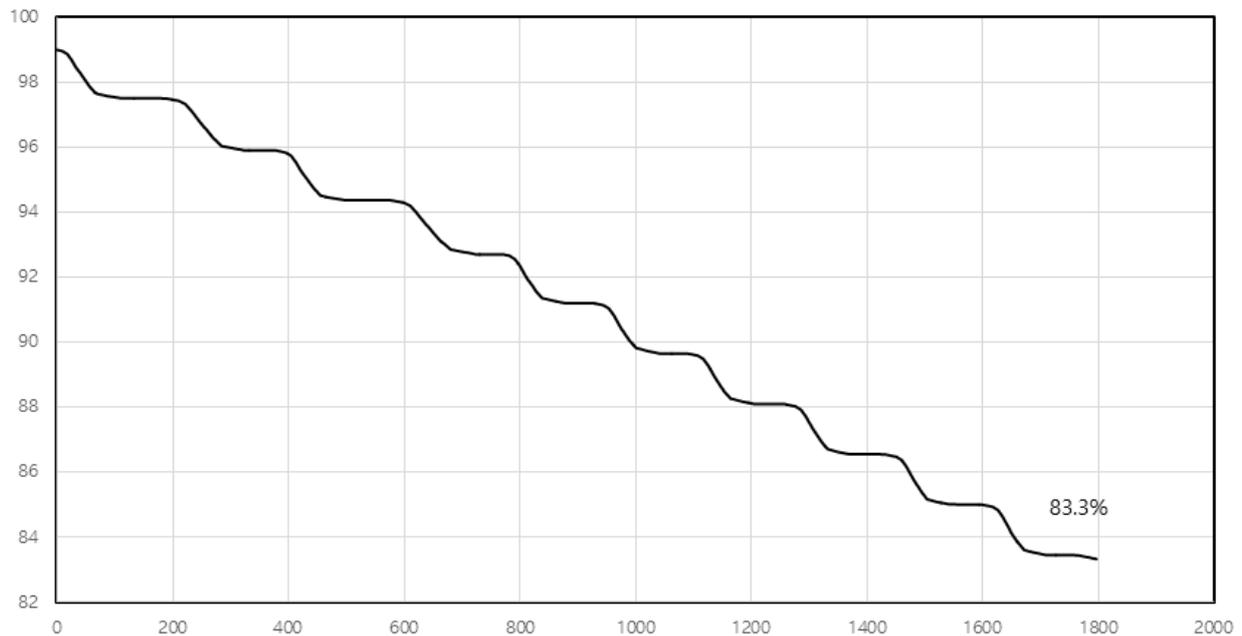
전력 소모량(kWh)



[그림] 배터리 모노레일 45도 경사 트랙 10회 왕복 해석 결과

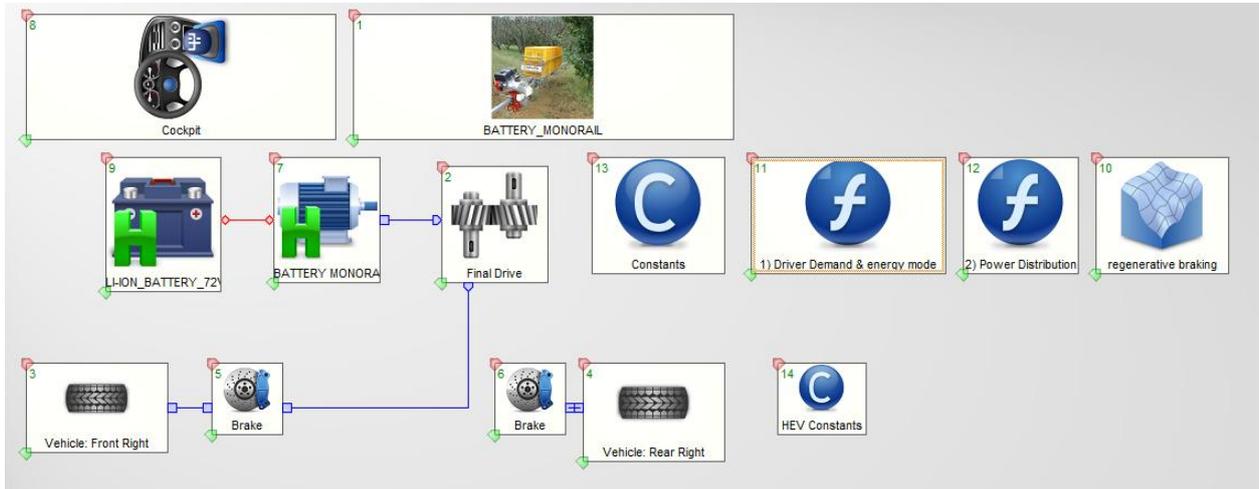
- 배터리타입 모노레일 최적 사용시간에 대한 도출
 - ◆ 최적 사용시간은 조건에 따른 변수가 너무 많기 때문에 한국모노레일 보유하고 있는 모노레일 트랙(45도) 왕복 시, 한번 충전으로 최고 왕복 가능한 횟수로 변경
 - ◆ 적재량 무게조건은 500kg,으로 설정, 배터리 용량은 40%이하에서 작동불능 조건

State of Charge (%)

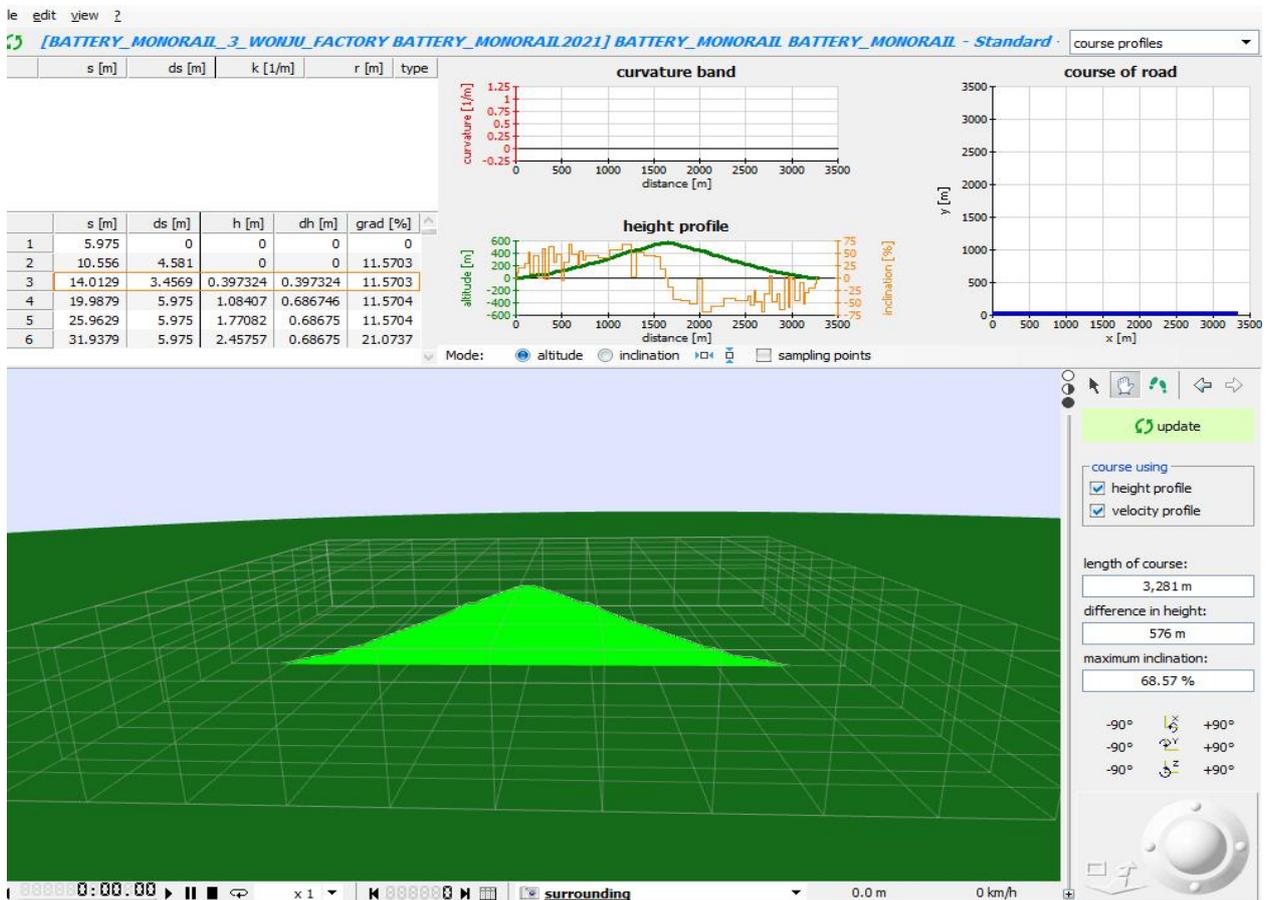


[그림] 배터리 소모량 해석 결과

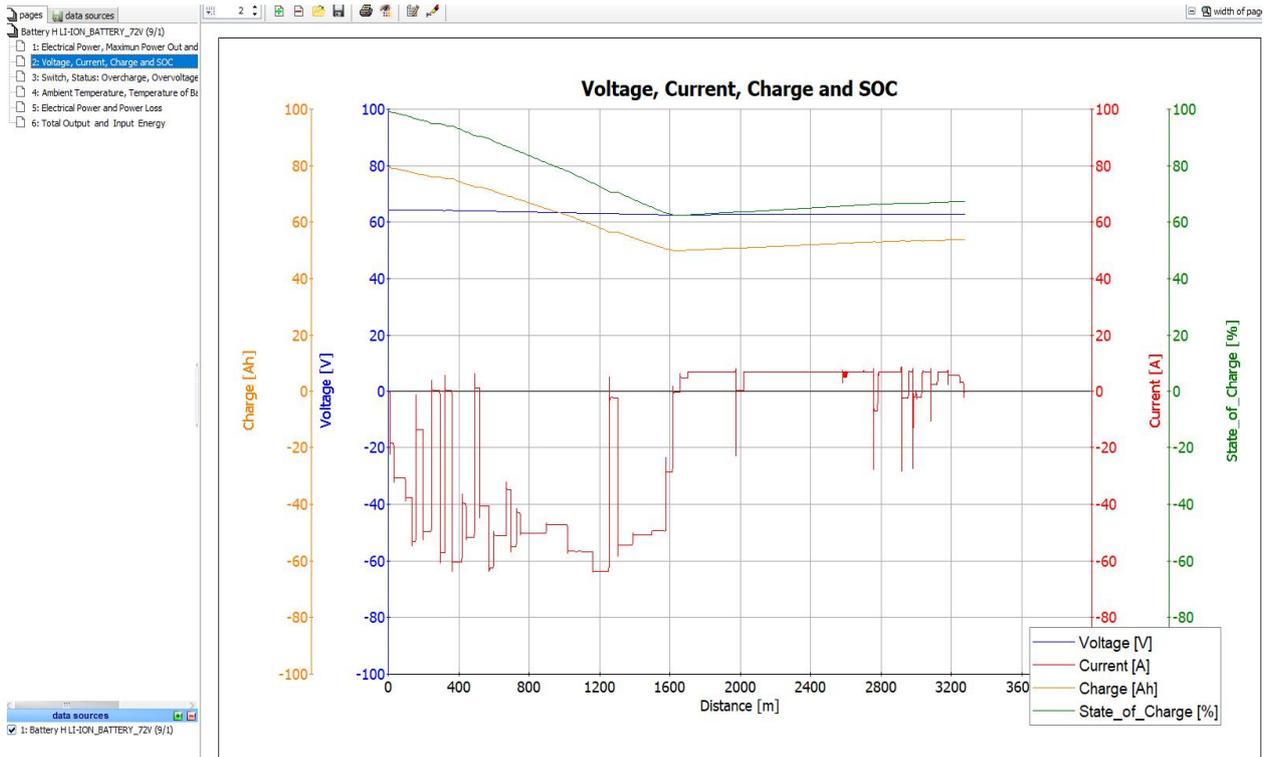
- ◆ 해석결과를 토대로 유추한 결과 1회 왕복시, 배터리 소모량은 1.67% 배터리
- ◆ 단순 배터리 소모량 기준으로 45도 경사도 트랙을 36번 왕복이 가능할 것으로 판단됨
- ◆ 거리기준 약 3.6km이상 주행이 가능 할 것으로 판단됨
- 배터리 모노레일 회생제동 적용시 배터리 소모량 분석 결과
 - ◆ 회생제동이 발생하기 위한 조건으로 1차년도 예봉산 트랙을 통해 배터리 소모량을 확인



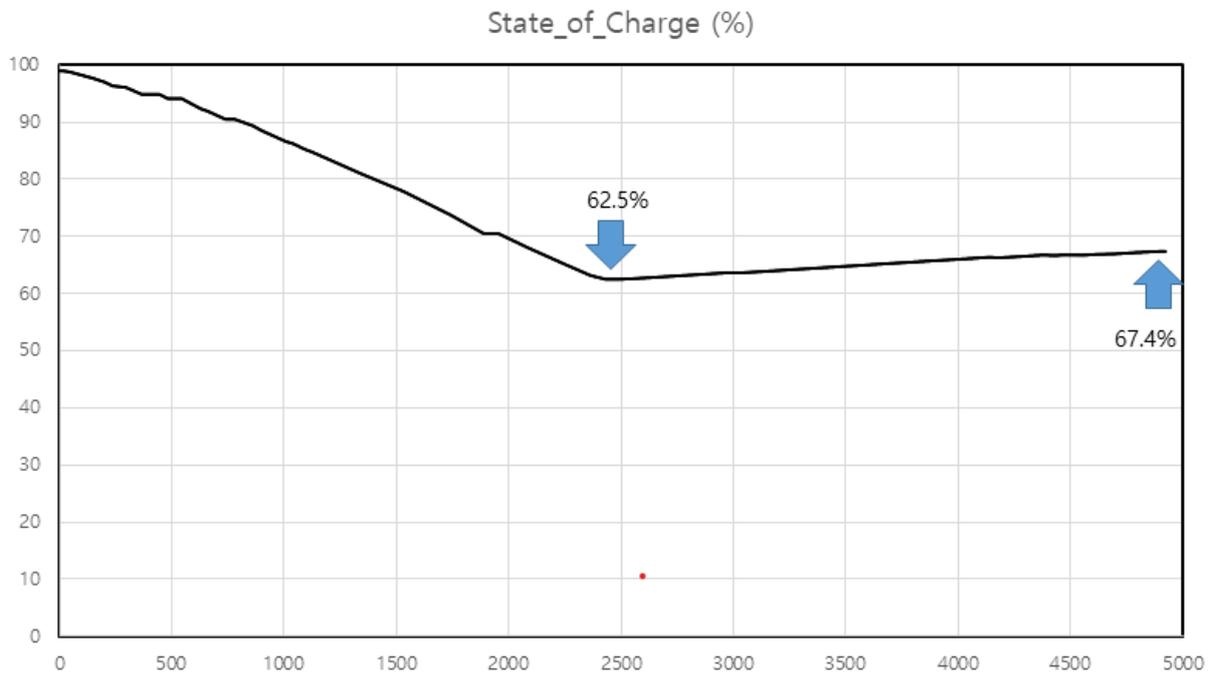
[그림] 회생제동을 적용한 배터리 모노레일 모델링



[그림] 예봉산 트랙 모델



[그림] 회생제동이 적용된 배터리 모노레일 해석 결과

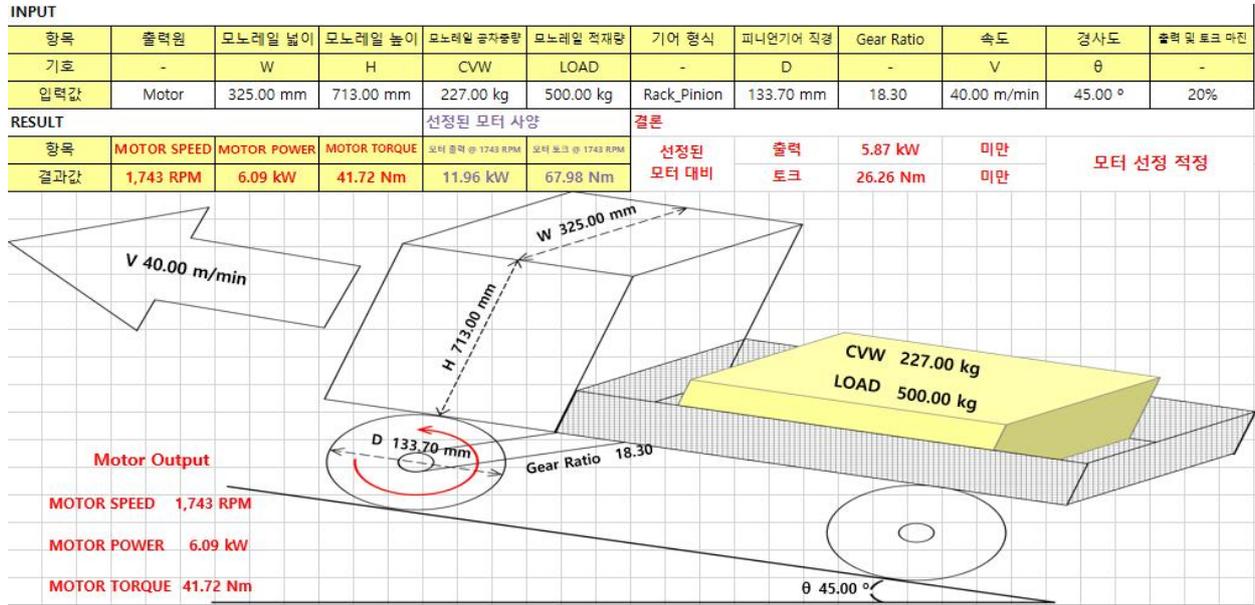


[그림] 배터리 잔량 변화

- 배터리 잔량이 62.5%에서 4.9%충전되어 최종적으로 배터리 잔량은 67.4%
- 해석 결과 예봉산 트랙처럼 내리막길이 긴 트랙 조건일 경우 회생제동을 적용하면 연비에 도움이 될 것으로 판단됨

○ 배터리모노레일 설계 지원 프로그램 개발

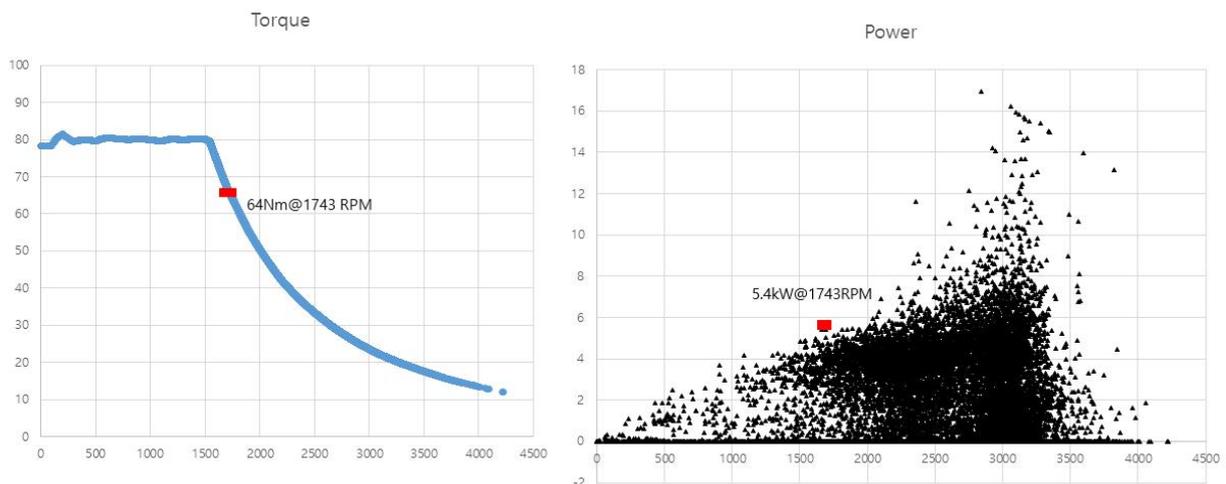
- 차량 동역학 해석 결과를 기반으로 1D 모터 선정 지원 Tool 개발
 - 모터사양을 입력 모터성능의 이상 유무를 판단하도록 설계된 프로그램 개발
 - 엑셀 Base로 설계되었으며 모터 선정에 도움을 주기 위해 개발



[그림] 모터사양 선정을 위한 1D 해석 Tool

○ 개발된 설계 지원 프로그램 해석 결과 검증

- 구축된 동역학 해석 프로그램과 비교하여 개발된 설계지원 프로그램 검증
 - 동역학 해석 프로그램의 결과와 비교하여 설계지원 프로그램으로 선정된 모터의 출력 및 토크와 비교
 - 위의 그림에서와 같이 선정된 토크 사양은 67.83@1743rpm
 - 위의 그림에서와 같이 선정된 출력 사양은 11.96@1743rpm



[그림] 동역학 해석프로그램으로 해석한 배터리모노레일의 토크분포 및 출력분포

- 동역학 해석 프로그램의 토크분포를 확인할 결과 64Nm@1743rpm으로 선정된 토크 사양기준에 맞는 결과를 보임
- 동역학 해석 프로그램의 출력분포를 확인한 결과 5.4kW@1743rpm으로 선정된 출력 사양기준에 맞는 결과를 보임
- 위의 결과를 토대로 1D 설계지원 Tool은 초기 모터사양을 선정하는데 도움을 줄 수 있는 프로그램으로 판단

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

1. 최종목표 : 무인 구동이 가능한 농업용 적재 공간 확장형 배터리 모노레일 개발

- 배터리 모노레일 개발
엔진 모노레일의 성능과 비슷 또는 이보다 향상된 리튬 이온 배터리를 동력으로 AC 모터를 구동하는 배터리 모노레일 개발 완료
- 무인 구동
리모콘 송수신으로 인버터 및 VCU를 제어하여 최종적으로 차량의 정지/전진/후진 제어가 가능해 무인 운전 기능을 현실화
- 적재 공간 확장
- 기존 엔진 모노레일 대비 적재 폭을 300mm 정도 확장, 적용하여 부피가 큰 농산물도 적재 가능토록 개발
- 또한 기존의 승용대차+화물대차의 단순한 구성을 승용 및 화물대차, 단순 화물대차, 3인 탑승용 대차 등 편의 사양 요구에 대응하도록 제품 다양화 실현.

2. 세부목표

- 경량화 기술 개발
- 엔진식 모노레일을 배터리 모노레일로 전환됨에 따라 기계적 구조가 단순화되어 부품이 줄어들어 따라 모노레일의 경량화 일부 실현
- 화물대차 제작 단계에서 대차 바닥 소재를 기존 철 메쉬 구조에서 PP 또는 PE 체크플레이트 소재를 채택하여 경량화 실현
- 엔진 모노레일의 화물대차는 쇠파이프 소재 □자 구조의 프레임으로 되어있으나 배터리 모노레일은 □자 구조의 각 파이프로 구성하여 적재 내구와 경량화 실현
- 적재량 향상 기술 개발
- 기존의 1줄 레일에서 2줄 레일을 적용하여 좌우요동을 감소시키고 크기 및 무게에 대한 내구성 강화 적용
- 이를 통해 엔진식 모노레일 화물대차의 폭 560mm 대비 배터리 모노레일의 화물대차 폭 800mm로 확장 실현
- 제품 다양화로 화물대차 및 3인승 화물대차 혹은 2량 편성 등으로 제품 다양화 및 실제 매출액 발생에 기여.
- 연료 절감 효과 기술 개발
- 엔진 모노레일 특성상 경사도 주행 시 연료소모가 큰 폭으로 증가되는데 반해 배터리 구동 방식의 경우 이를 개선하여 경사도 주행에서의 전력 소모 감소가 가능
- AC모터에 감속기를 부착하여 전력 소모 효과를 개선
- 고 경사도 주행 기술 개발

-랙&피니언 구조를 적용하더라도 엔진 모노레일은 연료 주입이 일정하지 않아 고 경사도 주행 시 매우 불안정한 형태를 보이는데 반해 배터리 모노레일은 45도 주행에서도 안정적 주행이 가능

-특히 기존 1줄 레일에서 2줄 레일로 적용하면서 레일과 맞물리는 기어가 많아지며 고 경사도 주행에서의 장점을 획득

▪ ICT 기술 적용 무인 운행 기술 개발

-인버터의 신호로 VCU를 제어하고 VCU가 다시 모터, 브레이크, 감속기 등을 제어하여 전진, 후진, 정지 및 구간별 속도를 제어하여 무인 운행이 가능하도록 실현

-또 리모콘 송수신기를 적용하여 리모콘으로 상기 인버터를 제어하여 차량의 전진, 후진, 정지를 제어하여 무인 주행 가능

-이 외 별도로 레일과 차량에 센서를 부착하여 리모콘이 없이도 전후진 왕복 주행이 가능하도록 설계 완료.

▪ 유동적인 적재 공간 활용 기술 개발

-유동적인 적재 공간 활용을 위해 1차 시제품에서는 화물대차에 배터리를 장착하였으나 최종 시제품 단계에서는 배터리를 구동부에 취합하여 구동부와 화물대차를 단독으로 연결하거나 3인승 탑승대차와 화물대차를 연결하는 등의 다양한 탑승 및 적재 구조를 형성할 수 있는 장점 획득

(2) 정량적 연구개발성과

1. 정량적 목표

[표] 정량적 목표 항목

평가 항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계최고 수준 보유국/보유기업	연구개발 전 국내수준	개발 목표치			평가 방법
			성능수준	성능수준	1차 년도	2차 년도	3차 년도	
1. 연료 절감 효과	%	25	사레 없음	사레 없음	-	7	10	공인시험성적서
2. 적재량	kg	20	500	500	-	400	500	공인시험성적서
3. 경량화	%	15	사레없음	사레없음	-	6	10	공인시험성적서
4. 경사도	deg	15	40	40	-	35	45	공인시험성적서
5. 무인 주행	km	15	4	3	-	-	4	공인시험성적서
6. 적재 공간	%	5	사레없음	사레없음	-	-	10	자체 성적서
7. 배터리최적화	%	5	사레 없음	사레 없음	-	-	10	자체 성적서

-1항 연료절감효과는 길이 약 1km, 최종 45도 경사도 및 500kg 이상 적재의 주행 조건에서 엔진 모노레일과 배터리 모노레일의 각각 연료소모와 전력소모를 CO²발생량으로 환산하여 이를 비교해 연료소모효율을 측정 이를 한국자동차연구원 소속 입회자가 입회하여 시험 결과를 직접 확인함

-시험 결과, 시험 전에 엔진모노레일의 연료탱크의 무게와 엔진모노레일이 시험 트랙 왕복 주행 후 연료탱크의 무게를 측정한 결과 연료소모량 636.8g임을 확인함, 배터리모노레일의 전력을 분석하기 위해 전력분석계를 설치하여 주행중 소모되는 전력 분석량을 확인한 결과 주행 완료후 배터리 모노레일의 전력소모량은 802.49Wh임을 확인함. 연료 소모량과 전력 소모량을 직접 비교할 수 없기에 CO₂ 발생량으로 환산하여 비교한 결과 각각 1.78E-03 tCO₂, 3.7E-04 CO₂^{eq}로 엔진 모노레일 대비 배터리 모노레일의 CO₂ 저감율 79% 달성함 (본 과제의 정량적 목표는 연료 저감률 10% 수준)

시험 성적서

공인시험번호: K75211336-1

시험명: 연료 및 배터리의 모노레일 CO₂ 발생량 비교

항목	연료 소모량	소모전력량	CO ₂ 발생량	CO ₂ 저감률
연료 모노레일	636.8 g	-	1.78E-03 tCO ₂	
배터리 모노레일	-	802.49 Wh	3.7E-04 tCO ₂ ^{eq}	79%

한국자동차연구원

[사진, 연료소모율 시험성적서(한국자동차연구원)]

-2항 적재량에 대한 시험은 연료소모율 주행조건과 같이 500kg이상 적재되어 있는 배터리 모노레일을 45도 경사도 트랙을 1km 이상 왕복하는 주행 조건에서 배터리 모노레일의 주행 이상 유무를 판단

-주행 트랙의 45도 경사도를 디지털 각도기로 측정하여, 입회자에게 확인을 진행하였으며, 적재량이 500kg이상임을 무게를 측정하여 입회자에게 확인을 수행하였음. 입회자에게 확인한 500kg이상 적재물을 배터리 모노레일에 적재하고 시험주행 트랙을 왕복을 반복하여 주행 거리 1km이상을 주행함. 주행중 입회자가 주행하는 모습을 육안으로 확인하였고, 특이사항 없이 경사도 및 일반트랙을 주행함을 확인함



[사진, 적재량 시험성적서(한국자동차연구원)]

-3항 경량화는 개발된 배터리 모노레일과 기존 엔진 모노레일의 구동부 및 화물대차의 무게 합을 측정하여 비교(한국생산기술연구원)

-시험 결과 엔진모노레일의 구동부 및 화물대차 무게 합은 371kg 이었으며, 배터리 모노레일의 구동부 및 화물대차 무게 합은 303kg임을 확인한 결과 18%이상 경량화 하였음을 확인 함 정량적 목표인 10%이상을 달성하여 목표를 만족함



[사진, 경량화 시험성적서(한국생산기술연구원)]

- 4항 경사도는 주관기관이 보유하고 있는 트랙의 경사도를 디지털 각도기로 측정하여, 그 결과를 입회자가 확인을 진행
- 측정 결과 트랙 중간의 경사구간에서 최대 경사는 44.52도로 측정되었으며, 오차 범위안에 경사도가 측정되었기에 정량적 목표항목인 경사도 45도에 적합한 트랙임을 입회자가 확인함(한국자동차연구원)



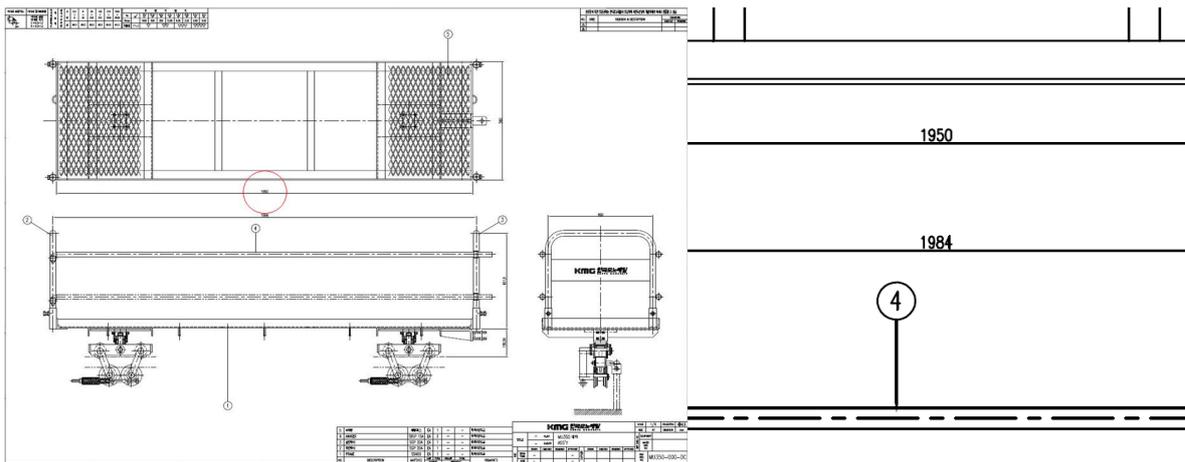
[사진, 경사도 시험성적서(한국자동차연구원)]

- 5항 무인주행은 최종 45도 경사도 및 500kg 이상 적재의 주행 조건에서 길이 총 4km를 사람의 탑승과 충전없이 주행하는 것을 목표로 함. (한국자동차연구원)
- 시험 결과 최대 경사 45도를 가진 길이 약 100m의 트랙을 40번 왕복 운행하여 4Km를

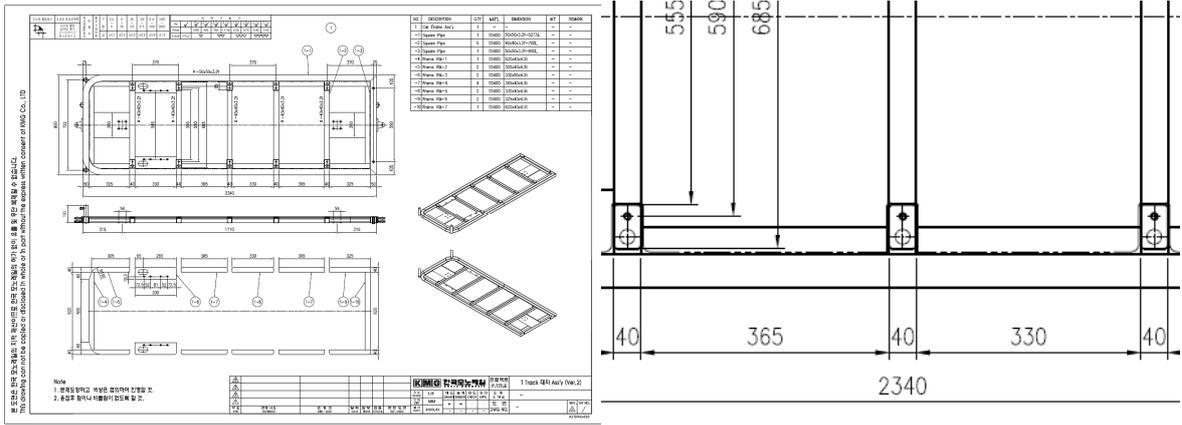
주행 완료하였음.



- 6항 적재 공간은 엔진모노레일의 화물대차대비 배터리모노레일의 화물대차의 적재공간 활용도를 높이는 것으로 입회 시험이 아닌 자체 자료를 활용
- 엔진모노레일의 화물대차는 가로, 세로 각각 1,950mm, 560mm인데 배터리 모노레일 최종 시제품은 2,340mm, 800mm로 확장하여 적재 공간 활용도를 증가
- 가로의 경우 엔진모노레일 대비 약 20% 수준, 세로는 엔진모노레일 대비 42% 증가



[사진, 엔진모노레일 화물대차의 도면]



[사진, 배터리 모노레일 화물대차의 도면]

- 7항 배터리 최적화는 특정 운행 조건에서 적합한 배터리의 용량을 제시하는 것으로, 배터리의 용량에 따라 배터리 제품 무게가 달라지고 이는 다시 차량 중량에 영향을 주기 때문에 이에 최적화된 배터리 용량의 선정이 필요.
- 1차년도 시제품 제작 단계에서는 배터리 용량을 125A / 72V로 하였으며 2차년도 시제품 제작에서는 100A/72V를 적용.

※정량적 목표만족을 위한 시험결과에 대한 고찰

- 배터리 모노레일의 정량적 목표 만족을 위해 시험을 진행한 결과 개발된 배터리 모노레일은 엔진모노레일에 비해 많은 힘이 필요한 곳에 적합하다는 결과를 얻음.
- 엔진모노레일에 비해 적은 비용으로 많은 일을 할 수 있도록 개발되었음을 시험결과를 통해 확인할 수 있었음
- 산지나 과수원같은 높은 출력이 필요한 일에 개발된 배터리 모노레일이 적합해 보임.

2. 정량적 목표

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		0사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용 홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문 SCI	논문 비SCI	논문 평균 IF			학술 발표	정책 활용	
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	5	10		5		10	55	0	10					5					
최종목표	1	2		1		4	9,500	5,000	7					3					
1차년도	목표	1	1						1					1					
	실적	0	0						4					1					
2차년도	목표	-	1			-	-		1					1					
	실적	2	0			4	550		1					1					
3차년도	목표	-	-		1	1	500		1					1					
	실적	1	3		-	-	195		2					1					

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
01.	대한기계학회 동역학 및 제어부문	윤0규	2019.05.31.	임피리얼 팰리스 서울 호텔	대한민국
02.	대한기계학회 동역학 및 제어부문	윤0규	2020.07.23	온라인학술대회	대한민국
03.	대한기계학회 동역학 및 제어부문	윤0규	2021.04.26.	롯데리조트부여	대한민국

기술 요약 정보

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

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

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

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	특허 (모노레일 차량 구동장치)	대한 민국	한국 모노레일 (주)	20.07.2 8	10-2020 -009347 2	10-2203 237	한국 모노레일 (주)	21.01.07	10-2203 237	50%	여
2	특허 (모노레일 차량의 비상 제동 장치)	대한 민국	한국 모노레일 (주)	20.10.2 2	10-2020 -013751 4	10-2225 878	한국 모노레일 (주)	21.03.04	10-2225 878	50%	여
3	특허 (수직 및 수평변이를 역제한 모노레일 지주)	대한 민국	한국 모노레일 (주)	18.12.2 8	10-2018 -017297 6	10-2203 872	한국 모노레일 (주)	21.01.11	10-2203 872	50%	여

○ 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	√									

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		

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

□ 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)

□ 기술 실시(이전)

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

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

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

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	신제품 개발	제주시	19-목-00 부대	제조 납품, 설치	제3함대	550,000	-	2020	20년
2	자기 실시	기존 제품 개선	대구 동구	성전암	납품	창신농기 계	20,000	-	2020	20년
3	자기 실시	기존 제품 개선	용인시	에버랜드 판타스틱 윙스	납품	에버랜드	30,000	-	2021	20년
4	자기 실시	기존 제품 개선	충남 금산	독림가	납품, 설치	독림가	121,804	-	2021	20년
5	자기 실시	기존 제품 개선	강화	정주토건	납품	정주토건	32,000	-	2021	20년

- * 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)		
19-목-00부대 모노레일 제조 납품, 설치	2019	550,000	-	550,000	내역서, 세금계산서
성전암 (창신농기계)	2020	20,000	-	20,000	계약서, 세금계산서
에버랜드 판타스틱 윈스	2021	30,000	-	30,000	계약서, 세금계산서
독립가	2021	121,804	-	121,804	계약서, 세금계산서
803GP (정주토건)	2021	32,000	-	32,000	계약서
합계		753,804	-	753,804	

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		신제품 개발 완료, 매출액 발생, 제품 다양화 완료			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2년			
	소요예산(천원)	10,000,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		753,000	15,000,000	25,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
			국내	5	15
국외			-	5	10
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	10인승 이상 대형화 제품 개발 목표				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		253,000	750,000	20,000,000	
	수출	-	600,000	12,000,000	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2019년	2021년	
합계					

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	3
		생산인력	6
	개발 후	연구인력	5
		생산인력	8

□ 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	배터리 모노레일	253,000	600,000	853,000	-	3	
기대 목표	배터리 모노레일	20,000,000	12,000,000	32,000,000	-	5	

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

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

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명칭	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							

□ 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	전시회	현장 전시	2021 첨단국방산업전	2021.06.14.

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

[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.

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 배터리 모노레일 개발	○ 기존 엔진 모노레일 벤치마킹하여 배터리 구동으로 재설계 및 시제품 제작 완료 ○ 500kg 적재 가능 배터리 모노레일 개발 완료 ○ 기존 엔진 모노레일 대비 연료 소모량 개선 (적재 및 경사도, 연료소모량 공인 시험 평가)	○ 100% ○ 100%
○ 적재량 향상 기술 적용	○ 기존 대비 폭 확장 설계 (기존 대비 300mm 확장) ○ 기존 1열 레일에서 2열 레일 적용으로 적재량 대비 주행 안정성 확보	○ 100%
○ 무인 주행 기능	○ VCU 탑재 및 리모콘 조작 등 ICT 기술 융합으로 무인운전 실현 (4km 무인 주행 공인 시험 평가)	○ 100%
○ 45도 경사도 주행	○ 512Kg 적재 상태에서 45도 경사도 주행 완료 (경사도 주행 공인 시험 평가)	○ 100%
○ 경량화	○ 엔진모노레일 총 371kg, 배터리 모노레일 총 303 kg로 경량화 적용 완료 (경량화 공인 시험 평가)	○ 100%
○ 배터리 모노레일 구조 해석	○ 구조해석 및 설계 자체 평가 완료	○ 100%
○ 풍향, 습도 등 data 수집	○ 미적용	○ 0%

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 풍향, 습도 등의 data를 배터리 모노레일의 인버터에서 처리하여 스마트폰, 인터넷 등으로 확인할 수 있는 기능을 추가하기 위해 일부 업체 등과 협업을 시도하였음.
- 업체 답변으로는 우선 모노레일용 인버터를 기반으로 새로운 프로그래밍을 개발하기 위한 개발 활동을 비롯해 통신모듈, 처리 모듈 등 부대 부품 등이 많아져 개발비 소모가 높고 모노레일의 주 설치 현장인 산간지형으로 인해 통신 성능이 떨어져 복합적으로 어려움이 있다고 답변받았음.

2) 자체 보완활동

-향후 지속적인 업체 발굴과 협업을 통해 해당 기능을 제품에 적용하여 농가에서 활용될 수 있도록 적용할 계획

3) 연구개발 과정의 성실성

-배터리 모노레일을 개발하며 국산화 및 성능에 있어서 수입 엔진 모노레일 대비 우수하도록 설계, 제작하도록 노력하였으며 그 일환에서 해당 날씨 데이터 수집 및 처리 기능도 한 단계 진일보한 기능으로 적용/시도.

-다양한 업체와 제품 및 개발 가능성 등을 위해 방문/미팅을 여러번 시도하였으나 시스템 상 개발의 어려움과 처리 등 일부 절차 등의 이견으로 적용이 어려웠음.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)
(127쪽 중 13쪽)

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

-수입 대체 효과, 제품 국산화, 제품 수명 주기 등에 기여

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

-적용 시 농가에서 우선 사용하도록 하여 농경 활동에 기여할 수 있도록 적용할 예정

< 별첨 자료 >

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

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		118108-3	
사업구분	첨단생산기술개발사업				
연구분야	자유응모과제		과제구분		단위
사업명	첨단생산기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	무인 구동이 가능한 농업용 적재 공간 확장형 배터리 모노레일 개발		과제유형	(개발)	
연구개발기관	한국모노레일(주)		연구책임자	여O범	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2018.12.21.~ 2019.09.20	510500	256500	767,000
	2차년도	209.09.21.~ 2020.09.20	128000	43000	171,000
	3차년도	2020.09.21.~ 2021.09.20	128000	43000	171,000
	계		766,500	342,500	1,109,000
참여기업	자동차 융합 기술원				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021년 11월 16일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
한국모노레일(주)	연구소장	여O범

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약	여 O 범	
----	-------	---

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

-기존 수입 엔진 모노레일의 전원 계통을 배터리로 개발 -모든 부품을 국산화 -기존 수입 엔진 모노레일 대비 소음, 등반 성능, 적재량 등 다양한 분야에서 개선 효과
--

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수)

-기존 설치된 엔진 모노레일의 대체 효과로 실제 21년도에 약 5천만원 정도의 매출액 발생 -이 외에도 골프장 운반 카트를 배터리 모노레일로 개발/교체하여 매출액 3천만원 실적 -농가용을 비롯하여 특수 목적으로 설치된 일부 모노레일 차량 등을 배터리 모노레일로 대체할 수 있을 것으로 예상됨
--

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

-개발된 배터리 모노레일 기술은 개발 목표인 농가용 수확물 운반뿐만 아니라 다수의 인원이 탑승 가능한 중대형 모노레일로도 확장 적용이 가능할 것으로 기대 -또한 부품의 크기를 자유롭게 하여 특수 목적, 소형화 등도 가능할 것으로 보여 제품 다양화 가능성이 매우 우수

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

-연구 개발 예산의 적정 사용과 연구 단계에 따라 설계 도서의 작성 및 성능 평가에 대한 성실 활동 -외부적으로는 전시회 참가 및 전문기관 R&D코디네이터 참여 등 다양한 제품 활용 활동 참여
--

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

-2021년 대전 첨단국방산업전시회 참가 -최종 등록 특허 총 3건 -논문 발표 총 3건

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
배터리 모노레일 개발	30	100	배터리, 모터, 인버터 등 배터리 기반으로 전환 개발 완료
적재량 확장	20	100	폭 500에서 폭 800으로 확장 설계 및 주행안정성 획득 기술 적용
무인운전 주행	20	100	VCU 등 ICT 부품을 접목하여 탑승자 없이 무인주행 기술 실현
경사도 주행	20	100	최종 512kg 적재 후 경사도 45도 주행으로 엔진 모노레일보다 향상
경량화	10	100	기존 엔진 모노레일 무게 371kg, 배터리 모노레일 무게 303kg 경량화
합계	100	100	대다수의 정량화 목표치 달성 확인

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

-정량화 목표를 비롯해 제품 자체의 우수성 및 국산화 기여에 의미가 있고 본래 목적에 충실하면서도 동시에 다양한 제품화 가능성이 있는 기반 기술 확보에 큰 의의가 있음.
 -연구 개발 활동과 동시에 제품화에 따른 매출 실적이 발생하여 향후에도 지속적으로 대체 효과로 인한 매출 발생이 기대됨.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

-개발 제품 납품으로 발생한 실 매출액 반영
 (2020년도 매출액 550 백만원 / 2021년도 매출액 203 백만원)

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

-향후 농가용을 비롯한 인원 운송용 대형화 배터리 모노레일 개발 목표

IV. 보안성 검토

○ 보안 사항 없음.

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	
연구과제명	무인 구동이 가능한 농업용 적재 공간 확장형 배터리 모노레일 개발			
주관연구개발기관	한국모노레일(주)		주관연구책임자	여 ○ 범
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	766,500	342,500	-	1,109,000
연구개발기간	2018.12.21. ~ 2021.09.20			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(표준화, 인증) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 배터리 모노레일 개발	엔진 모노레일 기반으로 전원계통 배터리로 전환
② 적재량 및 45도 경사도 주행 등 주요 성능	적재량 향상 및 경사도 주행 등 주요 성능 달성
③ 무인 운전 주행 기능	ICT 접목으로 무인 운전 주행 기술 적용
④ 경량화	기존 제품 대비 10% 이상 경량화 달성

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표										
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용액)		
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논문				논 문 평 가 I F	학 술 발 표		정 책 활 용	홍 보 전 시
													S C I	비 S C I							
단위	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건				
가중치	5	10			5	10	55	0	10					5							
최종	1	2			1	4	950	500	7					3							

목표							0	0										
1차	목표	1	1						1						1			
년도	실적	0	0						4						1			
2차	목표	-	1				-	-	1						1			
년도	실적	2	0				4	550	1						1			
3차	목표	-	-			1	1	500	1						1			
년도	실적	1	3			-	-	195	2						1			
달성률 (%)		100	100			0	100	100	100									

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	모노레일 차량 구동 장치
②	모노레일 차량의 비상 제동장치
③	

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술						√				
②의 기술						√				
③의 기술										
·										

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	배터리 모노레일 중 모터, 인버터 등 주요 부품과 구성도에 대한 기술
②의 기술	모노레일 차량용 기계적 제동 장치에 관한 기술
③의 기술	

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인 증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용영역)	
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문 SCI	비SCI			논문평판 I/F	학술발표		정책 활용
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	건	
가중치	5	10					10	55		10										
최종목표	5	5					5	20000		10										
연구기간내 달성실적	3	3					4	550		7										
연구종료후 성과창출 계획	2	2					1	19450		3										

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(전문기관 농림식품기술기획평가원)에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.