

최종보고서										보안등급			
										일반[☒], 보안[]			
중앙행정기관명			국토교통부			사업명		사업명			국토교통기술촉진연구사업		
전문기관명			국토교통과학기술진흥원			내역사업명							
공고번호			공고-제2호 2019년 국토교통 기술촉진연구사업시행공고			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)							
						연구개발과제번호			20CTAP-C152178-02				
기술 분류	국가과학기술 표준분류		EI1001		60 %	EI1005		20 %	EI1007		20 %		
	부처기술분류 (해당 시 작성)		1순위 소분류 코드명		%	2순위 소분류 코드명		%	3순위 소분류 코드명		%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)			국문										
			영문										
연구개발과제명			국문		도로교통 안전 및 혼잡해소를 위한 화물트럭 수송용 피기백 화차(Flat car) 핵심기술연구								
			영문		Study on the Core technique of the Piggyback Flatcar carrying the Cargo Truck for solving safety and congestion of Road transport								
주관연구개발기관			기관명		한국철도기술연구원			사업자등록번호		138-82-02013			
			주소		(우)16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176			법인등록번호					
연구책임자			성명		한 성 호		직위		수석연구원				
			연락처		직장전화		휴대전화		010-4581-3516				
			전자우편		shhan@krri.re.kr		국가연구자번호		1012-1642				
연구개발기간		전체		2019. 04. 19 - 2021. 06. 30(2년 3개월)									
		단계		YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)									
		(해당 시 작성)		YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)									
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계			연구개발 비 외 지원금		
		현금		현금		현물		현금		현물		합계	
총계		600,000		20,000		180,000		620,000		180,000		800,000	
1단계	1년차	134,000		4,466		40,200		138,466		40,200		178,666	
	2년차	400,000		13,334		120,000		413,334		120,000		533,334	
	3년차	66,000		2,200		19,800		68,200		19,800		88,000	
n단계	n년차												
	n년차												
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고	
												역할 기관유형	
공동연구개발기관		JKA(주)		김인홍		부사장		031-996-5991		ihkim@jkarail.co.kr		수요 중소기업	
위탁연구개발기관													
연구개발기관 외 기관													
연구개발담당자 실무담당자		성명		김 영 훈		직위		책임 연구원					
		연락처		직장전화		031-460-5485		휴대전화		010-2671-4437			
		전자우편		yhkim@krri.re.kr		국가연구자번호							

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

2021 년 08 월 13 일

연구책임자: 한 성 호 (인)
주관연구개발기관의 장: 한 석 윤 (직인)
공동연구개발기관의 장: 박 경 희 (직인)

중앙행정기관의 장 귀하

< 요약 문 >

사업명		국토교통기술촉진연구사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		
내역사업명 (해당 시 작성)					연구개발과제번호		20CTAP-C152178-02
기술 분류	국가과학기술 표준분류	EI1001	60 %	EI1005	20 %	EI1007	20 %
	부처기술분류 (해당 시 작성)	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		도로교통 안전 및 혼잡해소를 위한 화물트럭 수송용 피기백 화차(Flat car) 핵심기술연구					
전체 연구개발기간		2019. 04. 19 - 2021. 06. 30(2년 3개월)					
총 연구개발비		총 800,000천원 (정부지원연구개발비: 600,000천원, 기관부담연구개발비 : 200,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)					
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[√] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(2단계) 종료시점 목표(5단계)	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		- 피기백 화차(piggyback flatcar)기술은 장거리 수송구간에서 트레일러나 트럭을 화물과 함께 화차에 탑재하여 수송하는 방법으로 고속도로 정체 해소, 대형 교통사고 감소, 과적차량으로 인한 도로시설 수명 단축방지를 할 수 있는 복합운송(Intermodal)기반 철도 물류 수송 경쟁력 향상기술임.				
			- 국내 기존선로 환경에서 운영하기에 적합한 피기백 화차 설계 제작기술을 확보하고, 이를 안전하고 신속하게 운송하기 위해 필요한 운영효율화 관련 기술을 연구함.				
	전체 내용		- 화물트럭 수송용 피기백 화차 설계사양 및 도면 제작 연구				
			- 화물트럭 수송용 피기백 화차 시제품 개발 및 성능시험 연구				
	1차년도		- 화물트럭 수송용 피기백 화차 성능시험 기준(안) 제시연구				
			- 피기백 화차 트럭 결박장치 및 실시간 안전 체결 모니터링 장치 개발연구				
	2차년도		- 피기백 화차 철도 물류 역내 운영 프로세스 수립 및 규정안				
3차년도		- 화물트럭 탑재가능 피기백화차 목표성능사양 제시					
		- 화물트럭 탑재가능 피기백화차 기본/상세설계 연구					
2차년도		피기백 화차 구조체 해석 및 제작/구성품 시험					
		- 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 구조해석 및 시뮬레이션					
3차년도		- 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 구조체 제작 및 성능시험					
3차년도		피기백 화차 운영규정 및 조합 성능/인터페이스 시험연구					
		- 화물트럭 피기백 화차 운영규정 및 인터페이스 시험연구					
3차년도		- 트럭 탑재 피기백 화차 조합 성능시험연구					

연구개발성과	- 피기백 화차 안전운영 및 실시간 모니터링 기술 - 피기백 화차 상하차 이송설비 기술 - 피기백 화차 설계도면 제작 기술 - 피기백 화차 시제품 제작 기술 - 피기백 화차 성능 시험 결과 - 화물트럭 수송용 피기백 화차 설계도면 - 화물트럭 수송용 피기백 화차 시제품 - 화물트럭 수송용 피기백 화차 성능시험 기준(안) - 피기백 화차 트럭 결박장치 및 실시간 안전 체결 모니터링 장치 - 피기백 화차 철도 물류 역내 운영 프로세스 수립 및 규정안												
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	- 피기백 화차 기술 도입으로 도로교통 혼잡비용을 감소할 수 있으며, 상하역비용 및 고속도로 통행료 등 부수적인 비용을 절감할 수 있어 효율적인 인터모달(Intermodal) 물류수송기술의 대안으로 활용이 가능함. - 피기백 화차시스템 도입으로 물류 수단전환이 이루어져, 수송비용 절감의 효과를 얻을 수 있으며 국가물류비용 절감을 기대할 수 있음.												
연구개발성과의 비공개여부 및 사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논 문	특 허	보 고 서 원 문	연 구 시 설· 장 비	기 술 요 약 정 보	소 프 트 웨 어	표 준	생 명 자 원		화 합 물	신 품 종		
	생 명 정 보	생 물 자 원	정 보	실 물									
	2	3			1								
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구 입 기 관	연 구 시 설· 장 비 명		규 격 (모 델 명)	수 량	구 입 연 월 일	구 입 가 격 (천 원)	구 입 처 (전 화)	비 고 (설 치 장 소)		ZEUS 등 록 번 호		
국문핵심어 (5개 이내)	인 터 모 달 시 스 템			대 형 화 물 트 럭		피 기 백 화 차		결 박 체 결		실 시 간 모 니 터 링			
영문핵심어 (5개 이내)	Intermodal System			Large Freight Truck		Piggyback Flatcar		Fixing device		On line Monitoring			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 -----	5
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 -----	14
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 -----	256
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성) -----	265
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 -----	266
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 -----	267
별첨자료 (참고 문헌 등) -----	269

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 과제 현황

- 사업명 : 국토교통기술촉진연구사업
- 과제명 : 도로교통 안전 및 혼잡해소를 위한 화물트럭 수송용 피기백 화차(Flat car) 핵심 기술 연구
- 총연구기간 : 2019. 4.19 ~ 2021. 6.30(2년3개월, 27개월)
- 총연구비 : 800,000천원(정부 출연금: 600,000천원, 민간부담금 200,000천원)

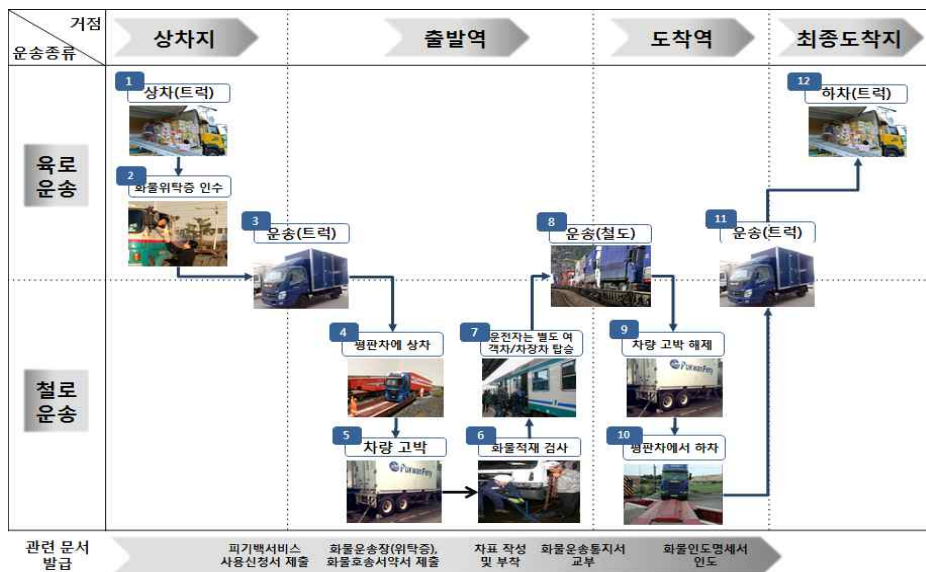
연도	정부출연금 (A)	민간부담금			정부외 출연금 (E)	상대국부담금		합계 (G=A+D+E+F)
		현금 (B)	현물 (C)	소계 (D=B+C)		현금 (F)	현물 (G)	
1차 연도	134,000	4,466	40,200	44,666				178,666
2차 연도	400,000	13,334	120,000	133,334				533,334
3차 연도	66,000	2,200	19,800	22,000				88,000
합 계	600,000	20,000	180,000	200,000				800,000

- 과제목적
트럭위주의 도로화물운송을 철도로 전환하는 수단으로 트럭탑재가 가능한 피기백 전용화차 제작기술을 확보하고 기존선로에서의 안전 운영을 위한 제반 기술 사항을 사전 검토하기 위함

1-2. 연구추진배경

- 국내 내륙 물류체계는 공로운송(88%), 철도운송(10%)로 공로운송에 편중되어 있어 공로 위주의 물류운송은 도로혼잡, 안전문제, 환경문제 등 많은 사회적 비용을 유발하고 있음.
- 현 물류 교통운영체계의 문제점을 해결하기 위해서는 기존 화물운송 시스템의 개선이 필요하며, 신개념의 화물수송 및 운영시스템을 도입하여 효율적으로 전환하는 연구가 필요함.
- 최근 정부에서는 도로에서 철도로의 물류 수단 전환을 유도하기 위해 물류정책기본법 및 지속가능 교통물류 발전법을 제정하였으며, 특히 전환교통을 촉진하기 위하여 환경 친화적 교통수단의 운행 확대를 지원하고 수단전환 지원금을 지급하는 등 철도 수송으로의 전환 및 신규유치를 위해 노력함.
- 정부의 노력에도 불구하고 철도의 수송 화물수송 부담률이 오히려 감소하고 있는 실정이며, 주된 이유는 철도가 가진 문전수송(door to door)과 즉시인도(Just in time)이 불가하다는 단점 때문이며, 환적 및 운송절차가 복잡하여 적재 및 대기 등의 불필요한 소요시간이 발생하기 때문임.
- 피기백 전용화차 운영에 대한 주요한 기대 효과는 트럭 위주의 도로 화물 운송을 철도로 물류수단 전환하는 것이며 이는 도로와의 운임경쟁에 따라 결정됨.
- 기존의 철도 운송은 기본적으로 화물 발생·소요지에서 화물역간 셔틀 비용과 화물의 상·하역, 그리고 철도운임으로 이루어지는데, 현재 40ft 컨테이너의 철도운송 운임인 495천원은 도로운송의 운임 450천원과 비교하면 아직 경쟁력이 부족한 실정임
- 하지만 도로운송은 화물자동차 운수사업법 제43조 제2항에 따라 화물자동차에 유가 보조금이 지급되고 있기 때문에 유가 보조금을 제외한 운임을 비교한다면 495천원으로 철도운송 운임과 크게 차이가 없는 것으로 분석됨
- 따라서 피기백 화차 핵심 운영기술 도입시 상하역 비용이 제외되고, 도로운송에서 발생하는 고

속도로 통행료 등 운송비용을 절감할 수 있어 도로의 교통혼잡 및 철도 물류 활성화에 크게 기여할 것임



< 피기백 화물열차 운영서비스 프로세스 개념도 >



< 피기백 화차 트럭 탑재 플랫폼 운영 개념도 >

1-3. 연구 개발 대상의 국내·외 현황

[국내기술동향]

- 국내에서는 군 중장비 수송을 무개화차 높이와 일치하는 전용 플랫폼에서 전차, 장갑차, 자주포 등 군 중장비가 자력으로 화차위에 올라가서 수송하는 피기백 서비스를 실시하고 있음.
- 현대자동차에서 생산하는 승용차를 태화강역에서 광운대역까지 하루에 1회 화차에 탑재하여 수송하고 있으며 이외에도 곡형 평판차에 변압기와 같은 대형화물을 싣고 운송하기도 함.
- 무개화차 높이와 일치하는 전용 플랫폼에 무개화차가 대기하면 전차, 장갑차, 자주포 등 군 중장비가 자력으로 화차 위에 올라가는 시스템 기술임.
- 수평이송장치를 이용한 물류기지내 상/하역 설비 절감 기술로서 개발된 DMT(Dural Mode Trailr)는 국가 R&D로 2011.12월에 개발 되었음. 수평이송용 전용 별도 구동 트레일러를 필요로 하는 기술로서 시장 진입에 어려움이 있음.
- 컨테이너 수송용량 증대용 이단적재 화차개발이 철도연 자체연구사업으로 2017.7월에 수행되었음. 아직 기존 컨테이너와의 호환성 및 특수 컨테이너 수요확보에 어려움이 있음.



< 군용차량 운송 피기백 서비스 사례 >

- 현대자동차를 수송하는 화물열차는 현재 태화강역에서 광운대역까지 하루에 1회 운행되고 있음



< 현대자동차의 피기백 형태의 차량운송 예 >

- 물류역내 상하역 설비 비용 절감 및 컨테이너 수송용량 증대를 위해 개발되었음.



< DMT 시스템 개발 : 범창종합기술 > <이단적재 컨테이너 수송용 화차개발 : 철도연 >

[해외기술동향]

- 1950년대에서 처음으로 시행된 피기백(Piggyback)은 ToFC(Truck/Trailer on Flatcar)으로서 표현되는데 독일, 프랑스, 일본 등에서 활발히 적용되고 있으며, 트레일러 및 트럭 등 도로화물수송의 인건비, 연료비, 차량유지비, 화물차량터미널 등 수송비절감과 대도시권을 중심으로 심화되는 도로체증 및 환경오염 방지에 효과를 보이고 있음.
- 미국, 유럽은 수출입 수송용 뿐만 아니라 국내용 화물이 주로 컨테이너화 되어 있기 때문에 특수한 화차(ToFC)를 개발하여 피기백 수송을 실용화 해오고 있으며, 캐나다에서는 원저, 온타리오, 몬트리올 사이에서 롤링하이웨이 서비스를 시행하여 트럭들이 밤샘 운전을 피하고 경로의 짧은 거리만 운행하도록 시행하고 있음.
- 국가별 철도운행 조건 및 지역 특성에 따라 다양한 피기백 화차를 개발하여 운용하고 있음.

[해외 국가별 피기백 화차운영 시스템별 주요제원]

구분	CargoBeamer	CargoSpeed	Flexiwaggon
사진			
국가	독일	핀란드	스웨덴
최고 속도	120km/h	120km/h	160km/h
열차환적시간	5min	5min	7min
환적용량	32	42	35
재선적 여부	Y	Y	N
인력 필요	N	Y	Y
최대선적하중	44ton	38.5ton	50ton

구분	Megaswing	Lohr	Eco-Picker
사진			
국가	스웨덴	프랑스	포르투갈
최고 속도	120km/h	120km/h	120km/h
열차환적시간	5min	5min	30sec
환적 용량	42	40	
재선적 여부	N	Y	N
인력 필요	Y	N	N

1-4. 연구 개발 목표 및 내용

○ 최종목표

- 피기백 화차(piggyback flatcar)기술은 장거리 수송구간에서 트레일러나 트럭을 화물과 함께 화차에 탑재하여 수송하는 방법으로 고속도로 정체 해소, 대형 교통사고 감소, 과적차량으로 인한 도로시설 수명 단축방지를 할 수 있는 복합운송(Intermodal)기반 철도 물류 수송 경쟁력 향상기술임.
- 국내 기존선로 환경에서 운영하기에 적합한 피기백 화차 설계 제작기술을 확보하고, 이를 안전하고 신속하게 운송하기 위해 필요한 운영효율화 관련 기술을 연구함.

질적 목표		목표치	비 고
화물트럭 수송용 피기백화차 설계 및 제작 기술 연구	Load capacity	최대 27톤 (gross weight : 약 40톤)	25톤 카고 웡바디 트럭 기준
피기백화차 탑재 트럭 결박장치및 실시간 모니터링 기술 연구	인장하중	7.0톤 이상	기존사용하중 3.5톤 안전율 2.0 기준
피기백화차 철도물류역내 통합 운영프로세스 수립 및 규정(안) 연구	차량 상/하차 시분	10분 이내/량	해외 차량 환적시간 5분 고려

○ 주요 연구내용

- 화물트럭 수송용 피기백 화차 설계도면
- 화물트럭 수송용 피기백 화차 시제품
- 화물트럭 수송용 피기백 화차 성능시험 기준(안)
- 피기백 화차 트럭 결박장치 및 실시간 안전 체결 모니터링 장치 구성도
- 피기백 화차 철도 물류 역내 운영 프로세스 수립 및 규정안

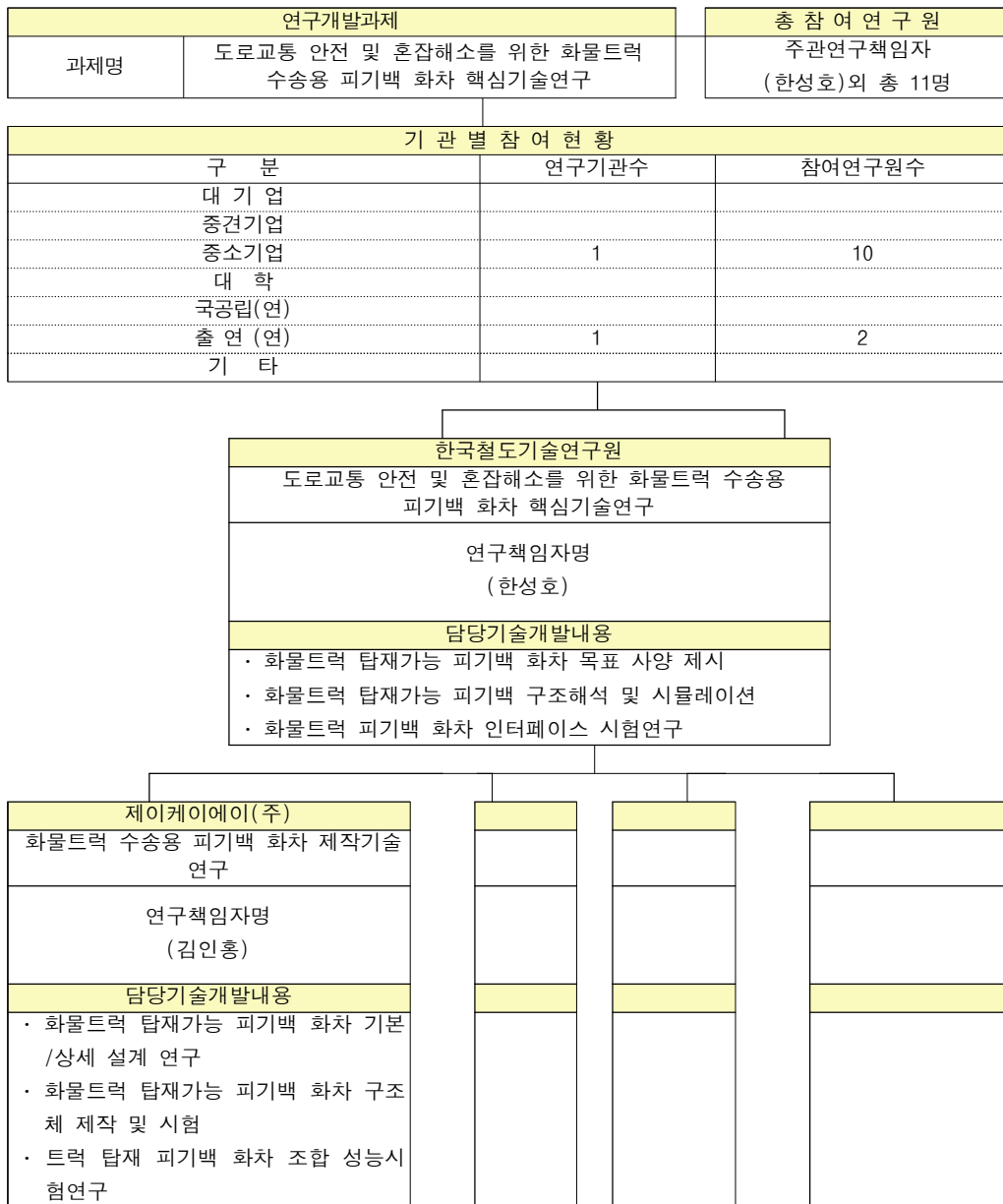
○ 핵심 연구성과

- 피기백 화차 안전운영 및 실시간 모니터링 기술
- 피기백 화차 상하차 이송설비 기술
- 피기백 화차 설계도면 제작 기술
- 피기백 화차 시제품 제작 기술
- 피기백 화차 성능 시험 결과
- 화물트럭 수송용 피기백 화차 설계도면
- 화물트럭 수송용 피기백 화차 시제품
- 화물트럭 수송용 피기백 화차 성능시험 기준(안)
- 피기백 화차 트럭 결박장치 및 실시간 안전 체결 모니터링 장치
- 피기백 화차 철도 물류 역내 운영 프로세스 수립 및 규정안

1-5. 연구추진체계

- 연구개발 목표를 체계적으로 달성하기 위하여 연구내용을 3단계로 크게 구분하여 일관성 있게 추진함.
- 핵심기술 설계연구(단계 1) : 주요부품 및 모델 기본설계/상세설계, 핵심기술해석 검증
 - 핵심기술 시제품제작(단계 2) : 주요부품 및 화차 시제품 제작, 핵심기술 성능시험
 - 핵심기술 조합시험 (단계 3) : 시제품 조립 및 조합시험, 시험선 동작확인시험

○ 연구개발 추진체계



1-6. 연차별 연구목표 및 내용

가. 1차 연도

① 개발 목표

- 주관연구기관(한국철도기술연구원): 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 목표 사양 제시
- 공동연구기관(제이케이에이(주)): 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 기본/상세 설계 연구

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(한국철도기술연구원):

질적 목표	목 표 치	비고
- 화물 트럭 탑재가능 피기백 화차 목표 성능사양	• Load capacity 27ton 대형화물트럭 탑재를 고려한 화차 주요 부품 기술 사양 선정	
- 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 모델 설계	• 결박 최소 하중 7.0ton 기준 만족, 안전구조 메커니즘 모델 설계 및 실시간 모니터링 장치 가능사양서 작성	
- 역내 운영 요구조건 분석	• 역내 화물트럭 10분 이내 상하차를 위한 운영 환경 및 요구조건 분석	

- 공동연구기관(제이케이에이(주)):

질적 목표	목 표 치	비고
- 화물 트럭 탑재가능 피기백 화차 기본/상세설계	• Load capacity 27톤 대형카고트럭 탑재를 고려한 화차 기본설계/상세설계 도면 작성	
- 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 기술사양	• 결박장치 최소 하중 7.0톤 이상 기준 만족, 무선 모니터링 기술사양서 작성	

나. 2차 연도

① 개발 목표

- 주관연구기관(한국철도기술연구원): 화물트럭 탑재가능 피기백 구조해석 및 시뮬레이션
- 공동연구기관(제이케이에이(주)): 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 구조체 제작 및 시험

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(한국철도기술연구원):

질적 목표	목 표 치	비고
- 피기백 화차 구조해석 및 시뮬레이션	• Load capacity 27톤 차체 언더프레임 구조해석 및 동적성능 해석 검증	
- 결박장치 실시간 모니터링 장치 구성	• 무선센서 및 무선 모니터링 장치 시스템 구성	
- 역내 화차 운영 시나리오 검토	• 역내 화물트럭 10분 이내 상하차를 위한 안전운행 시나리오 설정 및 안전성, 신뢰성 검증결과	

- 공동연구기관(제이케이에이(주)):

질적 목표	목 표 치	비고
- 피기백 화차 구조체 제작 및 성능시험	• Load capacity 27ton 차체 언더프레임 제작 및 정하중 시험통과	
- 결박장치 시제품 제작	• 결박장치 구조 메카니즘 제작 및 인장성능시험	
- 피기백 화차 시제품 조립	• 화차 주요 구성품(연결기, 제동, 기장 등) 및 구조체 조립	

다. 3차 연도

① 개발 목표

- 주관연구기관(한국철도기술연구원): 화물트럭 피기백 화차 운영규정 및 인터페이스 시험연구
- 공동연구기관(제이케이에이(주)): 트럭 탑재 피기백 화차 조합 성능시험연구

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(한국철도기술연구원):

질적 목표	목 표 치	비고
- 피기백 화차 시제품 시험 및 탑재성능 확인시험	• Load capacity 27톤 차체 언더프레임 구조해석 및 동적성능 해석 검증	
- 시제품 조합 인터페이스 성능시험	• 무선센서 및 무선 모니터링 장치 시스템 구성	
- 피기백 화차 영업운행 규격 검토서 작성	• 역내 화물트럭 10분 이내 운영프로세서 수립 및 운행 규정(안) 기술검토서 작성	

- 공동연구기관(제이케이에이(주)):

질적 목표	목 표 치	비고
- 피기백 화차 시제품 구성품 간 인터페이스 시험	• 조립 시제품 주요 구성품 간 인터페이스 성능 확인	
- 피기백 화차 트럭 탑재 성능 검증	• 화물트럭 탑재 조합성능 시험선 기능시험	

1-7. 연구추진일정 현황

1-1-1. 연구과제 추진 현황

계획일정 추진내용	년차	1차년도	2차년도	3차년도	비고
	최종성과물	[2019년] 9개월	[2020년] 12개월	[2021년] 6개월	총 27개월
화물트럭 수송용 파기백 화차 설계 및 제작기술연구 (주관연구, 공동연구)	시제품 1량 제작 및 시험	설계 및 제작사양	시제품 제작 조립	조합시험 및 기준서	현차트럭 탑재 하중 시험
탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 기술 연구 (주관연구, 공동연구)	시제품 제작	설계 및 기능사양	시제품 제작	기능시험 및 평가	현차트럭 상하차 현적기능시험 결박장치 상태모니터링시험
철도물류역내 운영프로 세스 수립 및 규정(안) 연구 (주관연구)	운영프로세스 및 규정안 제시	요구조건	시나리오 분석	규정(안) 제시	
		기본/상세설계	시제품제작	조합시험평가	

1-1-2. 피기백화차 제작 및 시험 추진 실적



2. 연구개발과제의 수행과정 및 수행내용

2-1. 년차별 연구수행 목표

2-1-1. 1차년도 연구성과목표

번호	1차년도 성과목표	성과지표	측정방법	목표치
A	화물트럭 탑재 가능 피기백 화차 목표사양제시	A-1 화물트럭탑재가능 피기백 화차 목표 성능사양서	사양서	사양서
		A-2 탑재 트럭 결박장치 및 실 시간 모니터링 모델 설계	모델링	결박 사용하중 7.0ton 만족 모델
		A-3 역내 운영요구조건 분석	요구조건 분석서, 요구사항 적합성	요구조건 분석서
B	화물트럭 탑재가 능 피기백 화차 기본/상세 설계 연구	B-1 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 기본/상세설계 작성	기준서(안) 검토	설계도면
		B-2 탑재 트럭 결박장치 및 실 시간 모니터링 기술사양 서	차량 요구사항서 검토	기술 사양서

2-1-2. 2차년도 연구성과 목표

번호	2차년도 성과목표	성과지표	측정방법	목표치
A	화물트럭 탑재 가능 피기백 화차 안전운영기술 연구	A-1 피기백화차 운행 노선 안전운영 시나리오 방안 제시	운영 시나리오 검토 수준	검토서
		A-2 철도물류 역내 화물트럭 탑재 피기백 화차용 이송설비 구성 기술연구	장치 구성방안 및 적합성 검토	장치 구성도
		A-3 피기백화차 시제품 구성품/조함 성능시험 기준(안)연구	시험기준서 작성 수 준 검토	시험기준서
B	피기백 화차 설계 보완 및 시제품 제작연구	B-1 피기백 화차 설계도면 보완 연 구	설계도면 보완 수준 검토	설계 도면
		B-2 피기백 화차 시제품 제작연구	시제품 제작 실적 검토	시제품 제작

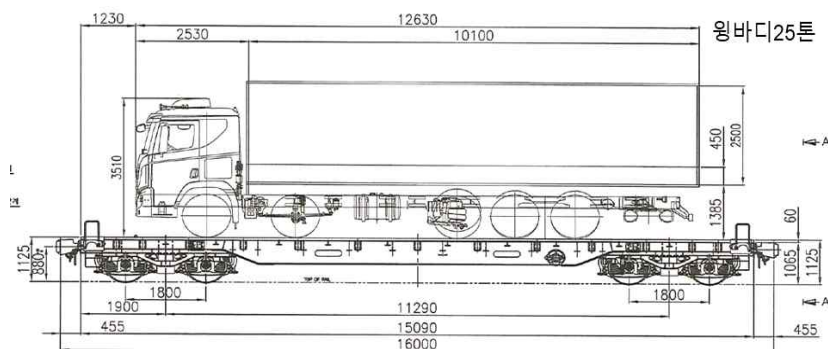
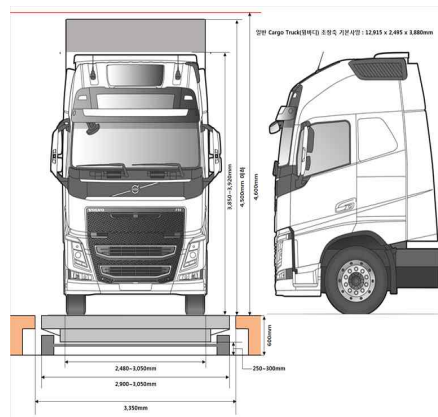
2-1-3. 3차년도 연구성과 목표

번호	3차년도 성과목표	성과지표	측정방법	목표치
A	화물트럭 피기백 화 차 영업운행 방안/ 규정(안) 제시 연구	A-1 피기백 화차 영업운행 방안/ 규정(안) 제시연구	규격검토서	검토서
B	화물트럭 탑재 피기 백 화차 조합성능 시험연구	B-1 피기백 화차 시제품 조합 성능시험 연구	성능결과서	성능결과 (현차 탑재하중 조건)

2-2. 년차별 연구수행 결과 요약

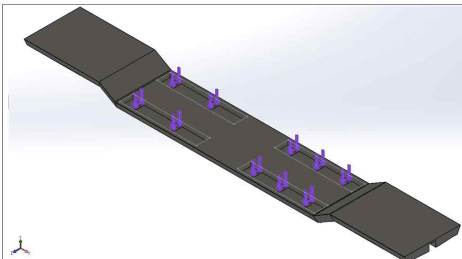
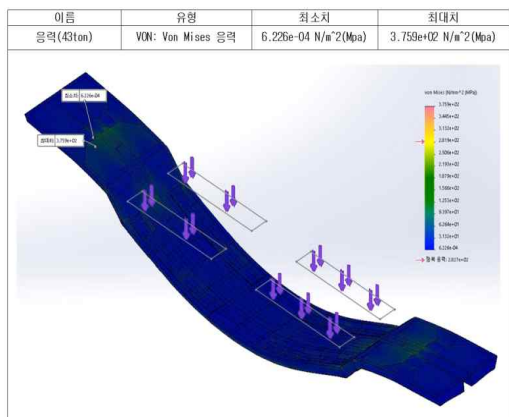
구분 (연도/단계)	세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과 요약
1차 연도 (2019)	화물트럭 탑재가능 피기백 화차 목표 사양 제시 및 설계 연구	화물트럭 탑재 가능 피기백 화차 목표 사양 제시	-화물 트럭 탑재가능 피 기백 화차 목표 성능사 양 연구 -탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 모델 설계 -역내 운영 요구조건 분 석	-25톤 웅바디 대형트럭을 탑재하기 위해 필요한 피기백 화차의 구조 체 성능사양을 Load capacity 27ton에 만족 하도록 구조분석 및 성능 기술 사양 분석 -탑재 트럭 결박장치의 안전체결을 위한 사용하중 7.0ton 기준에 대 한 기술적 검토 및 실시간 모니터 링 시스템 구성을 위한 모델 설계 -웅바디 대형 화물트럭을 탑재하기 위한 피기백화차의 물류 화물철도 거점역의 운영 조건 조사 분석 및 10분 이내/량 기준 만족을 위해 이송기술에 대한 요구조건 분석
		화물트럭 탑재 가능 피기 백 화차 기본 /상세 설계 연구	-화물 트럭 탑재가능 피 기백 화차 기본/상세설 계 -탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 기술 사양	- 웅바디 25톤 화물트럭 탑재가 가 능한 피기백 화차 구조체 설계 도면 도출 -웅바디 탑재 트럭 결박장치의 기 술사양 및 실시간 모니터링 시스 템 구성 기술사양을 분석
2차 연도 (2020)	화물트럭 탑재가능 피기백 화차 구조체 제작 및 시 험	화물트럭 탑재 가능 피기백 구조해석 및 시물레이 션	-피기백 화차 구조해석 및 시물레이션 -결박장치 실시간 모니 터링 장치 구성 -역내 화차 운영 시나리 오 검토	-40피트 컨테이너 화물트럭 탑재를 고려한 피기백 화차 구조해석 및 상하역 시물레이션 분석 -결박장치 실시간 안전 모니터링 장치 테스트장치 구성 및 제작 -최고운행속도 120km/h 신호체계 운행을 고려한 역내 화차 운영 시 나리오 검증을 위한 현차이용 실 증검토
		화물트럭 탑재 가능 피기 백 화차 구조 체 제작 및 시험	-피기백 화차 구조체 제 작 및 성능시험 -결박장치 시제품 제작 -피기백 화차 시제품 조 립	-피기백 화차 시험용 차체 구조 제 작 및 선로 하중고려 축중 만족여 부 성능시험(약20톤내외) -결박장치 시제품 제작 -시험용 피기백 화차 시제품 조립
3차 연도 (2021)	화물트럭 피기백 화차 인터페이 스 시험 및 조합 성 능시험연구	화물트럭 피 기백 화차 인 터페이스 시 험연구	-피기백 화차 시제품 시 험 및 탑재성능 확인시 험 -시제품 조합 인터페이 스 성능시험 -피기백 화차 영업운행 규격검토서 작성	-피기백 화차 시제품 및 트럭 탑재 성능 확인시험 -피기백 화차 영업운행 플랫폼 규 격검토 및 경제성 확보 기본 전략 분석서 작성
		트럭 탑재 피 기백 화차 조 합 성능시험 연구	-피기백 화차 시제품 구 성품간 인터페이스 시 험 -피기백 화차 트럭 탑재 성능 검증	-화물트럭 탑재가능 피기백 화차 기본/상세 설계 및 보완 연구 -화물트럭 탑재가능 피기백 화차 시제품 제작 및 성능 시험연구 -트럭 탑재 피기백 화차 시제품 조 합 성능시험연구

2-3. 1차년도 연구수행 내용

구 분	A-1 화물트럭탑재가능 피기백 화차 목표 성능사양서																																																																			
주요 연구결과	▪ 화물 트럭 탑재가능 피기백 화차 목표 성능사양 연구 ▪ 해외 선형 피기백 화차 운영 기술사양 조사 ▪ 피기백 화차 목표 성능 사양서 선정 검토 ▪ 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 모델 설계 ▪ 역내 운영 요구조건 분석																																																																			
연구 성과품	▪ 25톤 왕바디 대형트럭을 탑재하기 위해 필요한 피기백 화차의 구조체 성능사양을 Load capacity 27ton에 만족 하도록 구조분석 및 성능 기술 사양 분석 ▪ 탑재 트럭 결박장치의 안전체결을 위한 사용하중 7.0ton 기준에 대한 기술적 검토 및 실시간 모니터링 시스템 구성을 위한 모델 설계 ▪ 왕바디 대형 화물트럭을 탑재하기 위한 피기백화차의 물류 화물철도 거점역의 운영 조건 조사 분석 및 10분 이내/량 기준 만족을 위해 이송 기술에 대한 요구조건 분석  <table><tr><th colspan="8">1.왕바디차 제본</th></tr><tr><th>TARE WEIGHT</th><th>LOAD CAPACITY</th><th>GROSS WEIGHT</th><th>MAX. SPEED</th><th>MAX. SYSTEM</th><th>COUPLER</th><th colspan="2">BOGIE</th></tr><tr><td>22 ton</td><td>53 ton</td><td>APPROX. 75 ton</td><td>120 km/h</td><td>F40</td><td>MAX. E-NR. 10A 138-230 SHANK 680 922,1 GRADE C</td><td colspan="2">용량 대차 (왕바디)</td></tr></table> <table><tr><th colspan="8">2.분대기고트럭 (25톤) 제본</th></tr><tr><th>TARE WEIGHT</th><th>LOAD CAPACITY</th><th>GROSS WEIGHT</th><th colspan="4">차량길이</th><th colspan="4">차폭</th></tr><tr><th></th><th></th><th></th><th>전장(mm)</th><th>전폭(mm)</th><th>전고(mm)</th><th>전폭(mm)</th><th>전고(mm)</th><th>전폭(mm)</th><th>전고(mm)</th><th>전폭(mm)</th><th>전고(mm)</th></tr><tr><td>13 ton</td><td>27 ton</td><td>APPROX. 40 ton</td><td>12,630</td><td>2,455 (2,954)</td><td>2,520 (3,310)</td><td>10,100</td><td>2,340</td><td>2,500(n)</td><td>1,385</td><td></td><td></td></tr></table>  < 피기백 화차 탑재대상 및 시스템 목표 성능사양 조사 연구 >   < 플랫폼 왕바디 트럭 배치개념 > <열차 운전데이터 모니터링조사 >	1.왕바디차 제본								TARE WEIGHT	LOAD CAPACITY	GROSS WEIGHT	MAX. SPEED	MAX. SYSTEM	COUPLER	BOGIE		22 ton	53 ton	APPROX. 75 ton	120 km/h	F40	MAX. E-NR. 10A 138-230 SHANK 680 922,1 GRADE C	용량 대차 (왕바디)		2.분대기고트럭 (25톤) 제본								TARE WEIGHT	LOAD CAPACITY	GROSS WEIGHT	차량길이				차폭							전장(mm)	전폭(mm)	전고(mm)	전폭(mm)	전고(mm)	전폭(mm)	전고(mm)	전폭(mm)	전고(mm)	13 ton	27 ton	APPROX. 40 ton	12,630	2,455 (2,954)	2,520 (3,310)	10,100	2,340	2,500(n)	1,385		
1.왕바디차 제본																																																																				
TARE WEIGHT	LOAD CAPACITY	GROSS WEIGHT	MAX. SPEED	MAX. SYSTEM	COUPLER	BOGIE																																																														
22 ton	53 ton	APPROX. 75 ton	120 km/h	F40	MAX. E-NR. 10A 138-230 SHANK 680 922,1 GRADE C	용량 대차 (왕바디)																																																														
2.분대기고트럭 (25톤) 제본																																																																				
TARE WEIGHT	LOAD CAPACITY	GROSS WEIGHT	차량길이				차폭																																																													
			전장(mm)	전폭(mm)	전고(mm)	전폭(mm)	전고(mm)	전폭(mm)	전고(mm)	전폭(mm)	전고(mm)																																																									
13 ton	27 ton	APPROX. 40 ton	12,630	2,455 (2,954)	2,520 (3,310)	10,100	2,340	2,500(n)	1,385																																																											

구 분	A-2 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 모델 설계
주요 연구결과	▪ 피기백 화차 탑재트럭 결박장치 모델 설계 연구 ▪ 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 기술사양
연구 성과품	▪ 원바디 25톤 화물트럭 탑재가 가능한 피기백 화차 구조체 설계 도면 도출 ▪ 원바디 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 시스템 구성 기술사양 분석 ▪ 피기백 화차 탑재 트럭 결박 장치 모델 설계 ▪ 국내외 탑재 트럭 결박장치 현황 분석 ▪ 국내 국군 화물 장비별 적재기준 및 결박 방법 조사 분석 ▪ 피기백 화차 안전운행을 위한 실시간 모니터링 장치 모델 설계 연구 ▪ 국내외 철도 실시간 데이터 수집 및 검증을 통한 유지보수 기술 분석
	화물트럭이 피기백 화차 상부에 탑재된 상태에서 웨지 형태의 고정 결박장치 피기백 화차 상부에 탑재된 상태에서 웨지 형태의 고정 결박장치 구조해석 > 유선화를 통한 운전데이터 모니터링 < 미군 사유 화차결박형태 > < 피기백 화차 상부에 탑재된 웨지 형태의 고정 결박장치 3D 모델링 >

구 분	A-3 역내 운영요구조건 분석																																																	
주요 연구결과	▪ 피기백 화차 철도화물운송 환경의 변화 분석 연구 ▪ 피기백화차 안전운행을 위한 수송조건 분석 및 주요 요구조건 분석 연구																																																	
연구 성과품	▪ 피기백화차 철도물류 기지내 수송 활성화 방안 검토 ▪ 피기백화차 운영 프로세스 설정 방안 검토연구 ▪ 피기백 화차 운영 활성화 요구조건 방향 및 역내 운영 개념설정 ▪ 피기백 화차 역내 운영 사례 분석연구 ▪ 피기백 화차 안전운행을 위한 수송 조건 분석 결과 ▪ 피기백 화차 경제성 확보 운영을 위한 주요 요구 조건 분석																																																	
	< 국내외 피기백 화차 운영현황 및 요구조건 분석 > 표 A_32 피기백 화차의 운용사례 <table> <tr> <th>항목</th><th>일본</th><th>독일</th><th>프랑스</th><th>미국</th></tr> <tr> <td>궤간(mm)</td><td>1,067</td><td>1,435</td><td>1,435</td><td>1,435</td></tr> <tr> <td>자중(톤)</td><td>21.4</td><td>17</td><td>16.5</td><td>11.5</td></tr> <tr> <td>하중(톤)</td><td>40.6</td><td>40</td><td>35</td><td>30</td></tr> <tr> <td>축중(톤)</td><td>15.5</td><td>7.1</td><td>12.9</td><td>20.8</td></tr> <tr> <td>축배치</td><td>2축대차 × 2</td><td>4축대차 × 2</td><td>2축대차 × 2</td><td>2축 차량</td></tr> <tr> <td>차량최대길이(m)</td><td>20.7</td><td>19.4</td><td>16.4</td><td>15.4</td></tr> <tr> <td>상면높이(mm)</td><td>970/700</td><td>410</td><td>338</td><td>700</td></tr> <tr> <td>차륜직경(mm)</td><td>350/610</td><td>360</td><td>760</td><td>711</td></tr> <tr> <td>수송차량</td><td>10톤/4톤</td><td>트레일러</td><td>트레일러</td><td>트레일러</td></tr> </table> < 피기백 수송 활성화를 위한 추진과제 도출 > < 서비스 결정요소 상호관련성>	항목	일본	독일	프랑스	미국	궤간(mm)	1,067	1,435	1,435	1,435	자중(톤)	21.4	17	16.5	11.5	하중(톤)	40.6	40	35	30	축중(톤)	15.5	7.1	12.9	20.8	축배치	2축대차 × 2	4축대차 × 2	2축대차 × 2	2축 차량	차량최대길이(m)	20.7	19.4	16.4	15.4	상면높이(mm)	970/700	410	338	700	차륜직경(mm)	350/610	360	760	711	수송차량	10톤/4톤	트레일러	트레일러
항목	일본	독일	프랑스	미국																																														
궤간(mm)	1,067	1,435	1,435	1,435																																														
자중(톤)	21.4	17	16.5	11.5																																														
하중(톤)	40.6	40	35	30																																														
축중(톤)	15.5	7.1	12.9	20.8																																														
축배치	2축대차 × 2	4축대차 × 2	2축대차 × 2	2축 차량																																														
차량최대길이(m)	20.7	19.4	16.4	15.4																																														
상면높이(mm)	970/700	410	338	700																																														
차륜직경(mm)	350/610	360	760	711																																														
수송차량	10톤/4톤	트레일러	트레일러	트레일러																																														

구 분	B-1 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 기본/상세설계 작성연구																										
주요 연구결과	▪ 피기백 화차 차체 설계 단계별(개념/기본/상세설계) 구조해석 응력 분석 연구 ▪ 피기백화차 하중조건을 고려한 응력 범위 및 처짐 변위량 기준 분석연구																										
연구 성과품	▪ 피기백화차 개념설계/기본설계 구조해석 분석 실시 ▪ 피기백화차 상세설계 구조해석 분석 실시 ▪ 피기백 화차 하중조건을 고려한 응력범위 및 처짐 변위량 기준 판단																										
	< 개념/기본설계 단계 구조해석 실시 > <table><tr><th>구분</th><th>구조해석 모델 CT02-1</th><th>구조해석 CT02-2</th><th>구조해석 CT02-3</th></tr><tr><td>차체</td><td>2,950 x 20,000mm</td><td>2,950 x 20,000mm</td><td>2,950 x 19,000mm</td></tr><tr><td>BOLSTER 간격</td><td>16,000mm</td><td>16,000mm</td><td>15,000mm</td></tr><tr><td>CENTER SILL</td><td>I-BEAM 400 x 150mm</td><td>CT02-1 + RIB 추가</td><td>350 x 350 x 9T 하부 보강판 추가</td></tr><tr><td>SIDE SILL</td><td>≡ 300 x 150 x 6T</td><td>CT02-1 + RIB 추가</td><td>CT02-2 + ≡ 이중구조</td></tr><tr><td>CROSS BEAM</td><td>≡ 400 x 150mm</td><td>≡ 400 x 150mm</td><td>≡ 400 x 150mm</td></tr></table>			구분	구조해석 모델 CT02-1	구조해석 CT02-2	구조해석 CT02-3	차체	2,950 x 20,000mm	2,950 x 20,000mm	2,950 x 19,000mm	BOLSTER 간격	16,000mm	16,000mm	15,000mm	CENTER SILL	I-BEAM 400 x 150mm	CT02-1 + RIB 추가	350 x 350 x 9T 하부 보강판 추가	SIDE SILL	≡ 300 x 150 x 6T	CT02-1 + RIB 추가	CT02-2 + ≡ 이중구조	CROSS BEAM	≡ 400 x 150mm	≡ 400 x 150mm	≡ 400 x 150mm
	구분	구조해석 모델 CT02-1	구조해석 CT02-2	구조해석 CT02-3																							
	차체	2,950 x 20,000mm	2,950 x 20,000mm	2,950 x 19,000mm																							
	BOLSTER 간격	16,000mm	16,000mm	15,000mm																							
CENTER SILL	I-BEAM 400 x 150mm	CT02-1 + RIB 추가	350 x 350 x 9T 하부 보강판 추가																								
SIDE SILL	≡ 300 x 150 x 6T	CT02-1 + RIB 추가	CT02-2 + ≡ 이중구조																								
CROSS BEAM	≡ 400 x 150mm	≡ 400 x 150mm	≡ 400 x 150mm																								
< 상세설계단계 구조해석 실시 > <table><tr><th>구분</th><th>구조해석 CT02-4</th><th>구조해석 CT02-5</th></tr><tr><td>차체</td><td>2,950 x 19,000mm</td><td>2,950 x 19,000mm</td></tr><tr><td>BOLSTER 간격</td><td>15,000mm</td><td>15,000mm</td></tr><tr><td>CENTER SILL</td><td>CT02-1 + 측면 RIB 추가 하부 보강판 추가</td><td>I-BEAM 400 x 175mm 내외부 TRUST 구조 RIB 추가</td></tr><tr><td>SIDE SILL</td><td>≡ 이중구조350 x 150 x 6T 내부 및 경사부 RIB 추가</td><td>≡ 구조400 x 150 x 10T 내부 및 경사부 RIB 추가</td></tr><tr><td>CROSS BEAM</td><td>≡ 400 x 150mm</td><td>≡ 400 x 150mm</td></tr></table>			구분	구조해석 CT02-4	구조해석 CT02-5	차체	2,950 x 19,000mm	2,950 x 19,000mm	BOLSTER 간격	15,000mm	15,000mm	CENTER SILL	CT02-1 + 측면 RIB 추가 하부 보강판 추가	I-BEAM 400 x 175mm 내외부 TRUST 구조 RIB 추가	SIDE SILL	≡ 이중구조350 x 150 x 6T 내부 및 경사부 RIB 추가	≡ 구조400 x 150 x 10T 내부 및 경사부 RIB 추가	CROSS BEAM	≡ 400 x 150mm	≡ 400 x 150mm							
구분	구조해석 CT02-4	구조해석 CT02-5																									
차체	2,950 x 19,000mm	2,950 x 19,000mm																									
BOLSTER 간격	15,000mm	15,000mm																									
CENTER SILL	CT02-1 + 측면 RIB 추가 하부 보강판 추가	I-BEAM 400 x 175mm 내외부 TRUST 구조 RIB 추가																									
SIDE SILL	≡ 이중구조350 x 150 x 6T 내부 및 경사부 RIB 추가	≡ 구조400 x 150 x 10T 내부 및 경사부 RIB 추가																									
CROSS BEAM	≡ 400 x 150mm	≡ 400 x 150mm																									
 모델명: CT02-1 <table><tr><td>슬라이드 바디</td><td>다중으로 간주</td><td>물류 속성</td><td>문서정보/수정현황</td></tr><tr><td>슬라이드 바디 합치기</td><td>슬라이드 바디</td><td>질량: 8997.58 kg 부피: 1.14502 m³ 밀도: 7858 kg/m³ 중량: 88176.3 N</td><td>C:\Work\2019\물류화차 CT02-1_SLDPR1 Sep. 08. 2019</td></tr></table>  <table><tr><td>이름</td><td>유형</td><td>최소치</td><td>최대치</td></tr><tr><td>응력(431ton)</td><td>VON: Von Mises 응력</td><td>6.226e-04 N/m²(Mpa)</td><td>3.759e-02 N/m²(Mpa)</td></tr></table> < 구조해석 해석 모델 및 응력해석 결과 >			슬라이드 바디	다중으로 간주	물류 속성	문서정보/수정현황	슬라이드 바디 합치기	슬라이드 바디	질량: 8997.58 kg 부피: 1.14502 m³ 밀도: 7858 kg/m³ 중량: 88176.3 N	C:\Work\2019\물류화차 CT02-1_SLDPR1 Sep. 08. 2019	이름	유형	최소치	최대치	응력(431ton)	VON: Von Mises 응력	6.226e-04 N/m²(Mpa)	3.759e-02 N/m²(Mpa)									
슬라이드 바디	다중으로 간주	물류 속성	문서정보/수정현황																								
슬라이드 바디 합치기	슬라이드 바디	질량: 8997.58 kg 부피: 1.14502 m³ 밀도: 7858 kg/m³ 중량: 88176.3 N	C:\Work\2019\물류화차 CT02-1_SLDPR1 Sep. 08. 2019																								
이름	유형	최소치	최대치																								
응력(431ton)	VON: Von Mises 응력	6.226e-04 N/m²(Mpa)	3.759e-02 N/m²(Mpa)																								

구 분	B-2 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 기술사양서
주요 연구결과	■ 피기백 화차 탑재 트럭 결박장치 실시간 모니터링 기술사양서 분석 ■ 결박장치 설계 기술 요구사항서
연구 성과품	■ 피기백 화차 탑재 트럭 결박장치 기술사양서 분석 ■ 피기백 화차 탑재 컨테이너 락킹장치 설계 및 규격 기술 사양 분석 ■ 피기백 화차 탑재 원바디 트럭 체결 장치 설계 및 규격 기술 사양 분석 ■ 피기백 화차 안전 운행을 위한 실시간 모니터링 모델 설계 연구
	< 컨테이너 화차 전용 결박장치 설계사양 > <주행환경 실시간 모니터링 시스템 설계> < 웨지형 원바디 트럭용 결박장치 기술사양/ 설계도 > < 결박 장치 체결상태 및 주행환경 모니터링 시스템 설계 구성도 >

2-4. 2차 년도 연구수행 내용

구분	A-1 피기백화차 운행 노선 안전운영 시나리오 방안 제시
주요 연구결과	- 국내 원바디 트럭과 40피트 컨테이너 트레일러 운송산업구조 및 영업 운영 문제점 조사 - 피기백 화차 안전 운영 시나리오 방안제시를 위한 운영 요건 분석
연구 성과품	- 피기백 화차 운영을 통해 개선될 수 있는 도로운송 항목 - 피기백 화차 운영시나리오 제시를 위한 요건 - 피기백 화차 운영시나리오 추진정책의 문제점 및 대안 제시 - 피기백 화차 운영 요건 및 운영 방안 제시
	화물차로 인한 교통혼잡비용 2020년 기준 교통혼잡비용: 9조 9,811억원 화물차로 인한 사망사고 비율이 상대적으로 높아 < 화물 자동차의 교통혼잡비용 및 사망사고 비율 분석 > < 시장 속성 > < 시장구조의 특징 > < 문제점 > 차량 1대만으로도 진입가능 시장 다양한 화주 · 운송수요 존재 시장 다수의 영세운수업체 존재 구조 운송거래주체와 운송업무수행주체간 분리구조 다단계운송거래 중심 구조 실체없는 운송사업자만연 불필요한 중간거래비용 및 운송거래의 불투명성 증가 영세사업자 중심 시장구조 고착 운송서비스의 질적 개선 애로 시장주체간 갈등 내재 시장의 불안정성 증폭 및 시장유지비용 증가 < 화물자동차운송시장의 구조와 문제점 > Modal Shift 도로 ▶ 철도 As-Is 도로 의존적 화물운송 구조 도로물류의 사회적 비용 -환경비용 -교통사고비용 -혼잡비용 To-Be 화물운송 구조 변화 및 다양한 운송서비스 제공 도로물류의 사회적 비용 절감 세계적인 기후변화에 능동적인 대처 철도물류의 발전 철도운영자의 경영수지 개선 요건 - Modal Shift 대상 화물의 전략적 관리 - 경쟁력 있는 운송 네트워크의 구축 - 철도 운송에 대한 인식의 전환 - 운송 경쟁력 향상을 위한 철도 공사의 자구 노력 - 정부의 지원 (세제혜택, 운송비보조, 운송기초수거비용권 부여) - 트럭 운송에 대한 제재방안의 마련 - 법에 근거한 정부의 효과적 Modal Shift 정책 추진 < 피기백 화차 운영조건 및 운영방안 제시 >

구 분	A-2 철도물류 역내 화물트럭 탑재 피기백 화차용 이송설비 구성 기술 연구
주요 연구결과	▪ 피기백 화차용 상하역 이송설비 설계 기준 연구 ▪ 피기백 화차 상하역 차체 구조해석 연구
연구 성과품	▪ 피기백 화차 상하역 차체 설계 ▪ 피기백 화차 상하역 차체 구조해석 ▪ 잭(Jack) 타입 피기백 화차전용 상하역 이송설비 설계 ▪ 에어쿠션(Air-cushion) 타입 피기백 화차전용 상하역 이송설비 설계 < 피기백 화차 차체의 형상 및 하중 적용부분 > 피기백 화차 차체의 Case #1 조건에 대한 최대 처짐(약 13.0mm) < 잭(Jack) 타입 피기백 시스템 설계도 > < 에어쿠션(Air-cushion) 타입 피기백 시스템 설계도 > < 셔틀 시스템 개념 설계도 >

구 분

A-3 피기백화차 시제품 구성품/조합성능시험 기준(안)연구

주요 연구결과	▪ 피기백 화차 시제품 성능시험 기준(안) 연구 ▪ 피기백 화차 시제품 견인차량 시스템 편성 사양서
---------	---

연구성과품	▪ 피기백 화차 탑재 트럭 결박장치 기술사양서 분석 ▪ 기존차량과 혼성 운행에 적합한 차량시스템 검토 ▪ 피기백 화차 시제품 형식승인 기준(안) 검토 ▪ 피기백 화차 시제품 동적한계 및 건축한계 간섭 검토
-------	--

POWERING/BRAKING PERFORMANCE

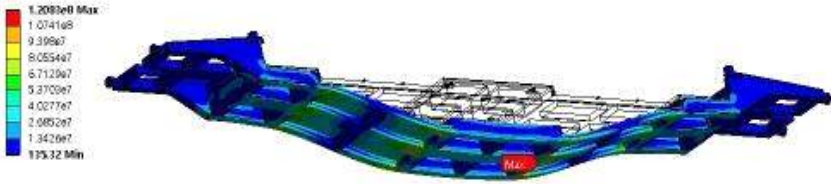
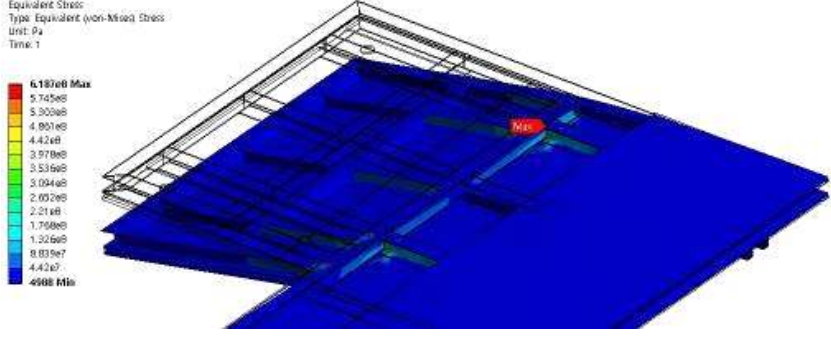
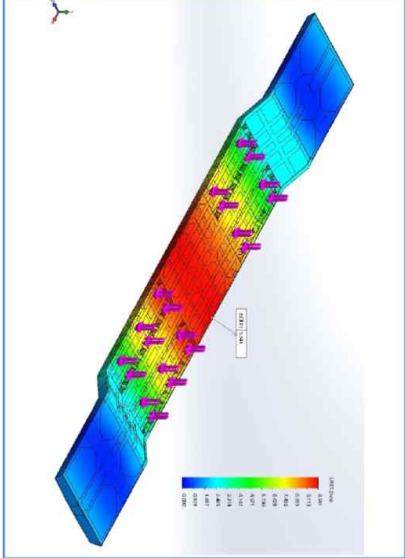
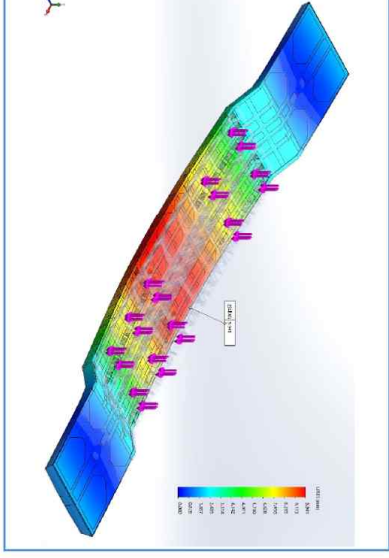
위치	기기명	항 목	규 격	
			8,200	8,500
부 상 기 기	판토크라프	형식	EL-YP200G	EL-YP200S
		동작높이	185mm/2,400mm(최소/최대)	185mm / 2,400mm(최소/최대)
		최고사용속도	200 km/h	200 km/h
		전력	25 kV, 700 A (절지시)	25 kV, 700 A (절지시)
		동작압력	4.0bar/8.0bar(최소/최대)	5.0bar/8.0bar(최소/최대)
주 회 로 차 단 기	주회로 차단기	동작시간	6초 이하 / 6~10초(하강/상승)	6~8초 / 8~12초
		형식	BVAC N99	VMB-2120S
		절력	30 kV, 60 Hz, 450 Arms	29 kV, 60 Hz, 1,000 Arms
		차단용량	16 kA	580MVA
		개폐시간	25 ~ 60 ms	60 ms-0.1s
	제어공기압	4.5 ~ 10 bar	2 5.0kg/cm	

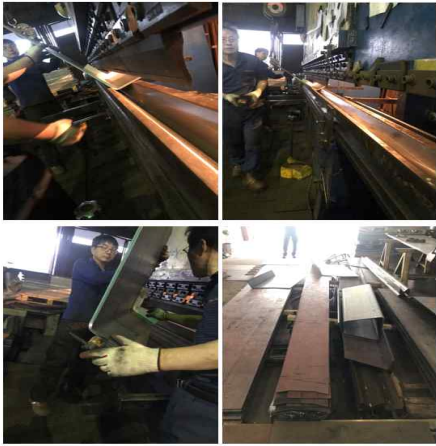
< 시스템 편성 견인 및 제동력 곡선 > < 전기기관차 특성 및 제원 >

< 피기백 화차 차량 평면도 >

기술기준 적용항목	합치성 검사		형식시험
	검사항목	비고	
3.2.1 차량한계			
1) 차량한계	X		완성차시험 : 차량한계시험
2) 차량중량	X		완성차시험 : 중량시험
3) 차량번호	X		
4) 차량구조	O		주요치수측정시험
5) 차량표시	O		
	차량표시 확인검사보고서		
3.2.2 주행안전			
6) 차량-선로 적응력	X		시운전시험 : 주행안전성시험
7) 운전 감소량	X		시운전시험 : 주행안전성시험

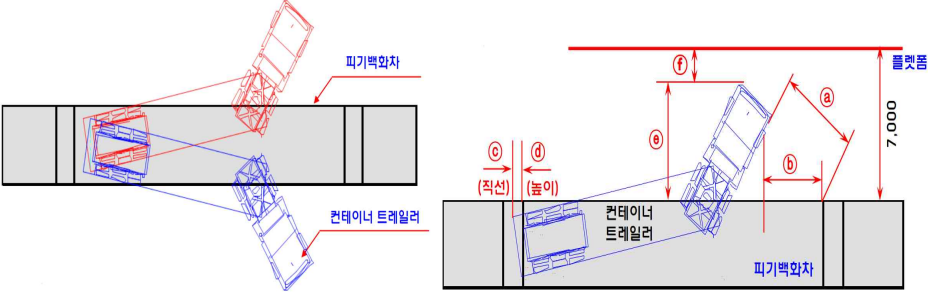
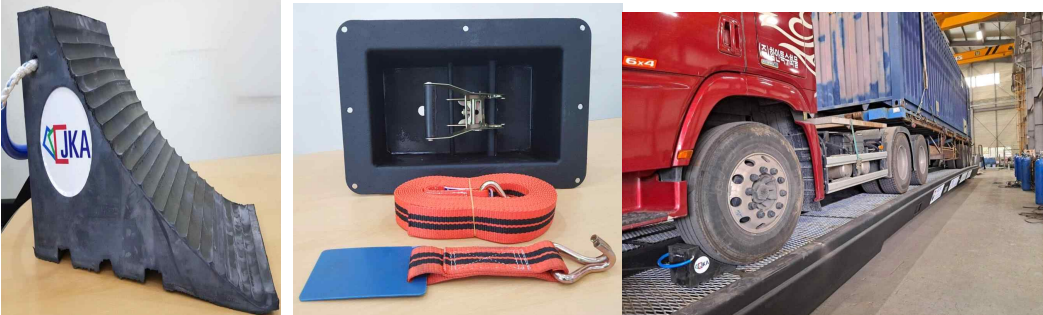
< 피기백 화차 시험항목(합치성검사) 및 동적한계 거동 계산 >

구 분	B-1 피기백 화차 설계도면 보완 연구																
주요 연구결과	▪ 피기백 화차 구조 설계 해석 모델링 연구 ▪ 결박장치 설계 기술 요구사항서																
연구 성과품	▪ Cargo Train 및 Piggy Back System의 3차원 형상 ▪ 구조해석을 위한 해석모델(Finite Element Model) ▪ Piggy Back System에 대한 해석모델 ▪ 피기백 화차 안전 운행을 위한 실시간 모니터링 모델 설계 연구																
	A: Static Structural Equivalent Stress Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: Pa Time: 1  1.2093e8 Max 1.0741e8 9.399e7 8.0554e7 6.7129e7 5.3709e7 4.0277e7 2.6852e7 1.3426e7 175.32 Min < Cargo Train의 최대응력 발생 위치 > B: Static Structural Equivalent Stress Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: Pa Time: 1  6.187e8 Max 5.745e8 5.300e8 4.801e8 4.42e8 3.978e8 3.536e8 3.094e8 2.652e8 2.21e8 1.768e8 1.326e8 8.839e7 4.42e7 4688 Min < Piggy Back System의 최대응력 발생 위치 >																
	-. 변위 43ton <table><tr><th>이름</th><th>유형</th><th>최소치</th><th>최대치</th></tr><tr><td>변위(43ton)</td><td>URES: 변위</td><td>0.000e+00 mm</td><td>9.941 mm</td></tr></table> <table><tr><th>이름</th><th>유형</th><th>최소치</th><th>최대치</th></tr><tr><td>변위(43ton)</td><td>URES: 변위</td><td>0.000e+00 mm</td><td>9.941 mm</td></tr></table> < Cargo Train의 최대응력 발생 위치 >		이름	유형	최소치	최대치	변위(43ton)	URES: 변위	0.000e+00 mm	9.941 mm	이름	유형	최소치	최대치	변위(43ton)	URES: 변위	0.000e+00 mm
이름	유형	최소치	최대치														
변위(43ton)	URES: 변위	0.000e+00 mm	9.941 mm														
이름	유형	최소치	최대치														
변위(43ton)	URES: 변위	0.000e+00 mm	9.941 mm														

구 분	B-2 피기백 화차 시제품 제작연구
주요 연구결과	▪ 피기백 화차 주요 시제품 제작 실적 ▪ 결박장치 설계 기술 요구사항서
연구 성과품	▪ 피기백 화차 주요 시제품 제작공정 수립 ▪ 피기백 화차 시제품 소재절단, 단품제작, 소조립, 대조립, 검측 기술
	[소재절단 1- 철판 레이저 절단 가림]  [단품제작 1- 철판 절곡 및 천공 작업] 
	< 피기백화차 시제품 제작 : 소재절단 및 단품 제작 작업 사진 > [부품 제작 공정 1]  [부품 소조립 공정] 
	< 피기백화차 시제품 제작 : 부품 제작 및 소조립 작업 사진 > [대조립 작업 1]  [대조립 작업 2]  < 피기백화차 시제품 제작 : 대조립 작업사진 >

2-5. 3차년도 연구수행 내용

구 분	A-1 피기백 화차 영업운행 규정(안) 제시연구																																									
주요 연구결과	▪ 피기백화차 영업운행 대상역 플랫폼 및 선로 운행방안 조사 ▪ 피기백 화차 도입에 따른 편익 분석																																									
연구 성과품	▪ 피기백 화차 피기백 하화대 및 적하승강장 모델 ▪ 피기백 수송능력 추가 증대 사례 ▪ 피기백 화차 피기백 하화대 및 적하승강장 모델 ▪ 피기백 수송능력 추가 증대 사례 ▪ 물류사업자의 화물운송 운임 절감에 따른 편익 ▪ 비용 편익 분석에 따른 실용화 영업운행 전략																																									
	< 피기백 화차 영업운영에 따른 편익 도출 가능한 7개 대상선로 구간 > <table><thead><tr><th>출발지역</th><th>출발역</th><th>도착역</th><th>도착지역</th><th>거리(km) -공로기준</th></tr></thead><tbody><tr><td>경기</td><td>의왕ICD</td><td>부산신항역</td><td>부산</td><td>400</td></tr><tr><td>부산</td><td>부산신항역</td><td>의왕ICD</td><td>경기</td><td>347</td></tr><tr><td>충남</td><td>천안역</td><td>부산신항역</td><td>부산</td><td>329.2</td></tr><tr><td>부산</td><td rowspan="3">부산신항역</td><td>천안역</td><td>충남</td><td>314.5</td></tr><tr><td>부산</td><td>옥천역</td><td>충북</td><td>236.7</td></tr><tr><td>부산</td><td>영남ICD</td><td>경북</td><td>167.1</td></tr><tr><td>경북</td><td>영남ICD</td><td>부산신항역</td><td>부산</td><td>162.2</td></tr></tbody></table>				출발지역	출발역	도착역	도착지역	거리(km) -공로기준	경기	의왕ICD	부산신항역	부산	400	부산	부산신항역	의왕ICD	경기	347	충남	천안역	부산신항역	부산	329.2	부산	부산신항역	천안역	충남	314.5	부산	옥천역	충북	236.7	부산	영남ICD	경북	167.1	경북	영남ICD	부산신항역	부산	162.2
	출발지역	출발역	도착역	도착지역	거리(km) -공로기준																																					
	경기	의왕ICD	부산신항역	부산	400																																					
부산	부산신항역	의왕ICD	경기	347																																						
충남	천안역	부산신항역	부산	329.2																																						
부산	부산신항역	천안역	충남	314.5																																						
부산		옥천역	충북	236.7																																						
부산		영남ICD	경북	167.1																																						
경북	영남ICD	부산신항역	부산	162.2																																						
< 피기백 화차 영업운행을 위한 노선의 단계적 실용화 추진 방안 > <table><thead><tr><th>단계</th><th>1단계</th><th>2단계</th><th>3단계</th></tr></thead><tbody><tr><td>노선</td><td>경기-부산-경기</td><td>충남-부산-충남</td><td>부산-충남</td></tr><tr><td>B/C</td><td>1.78, 0.90</td><td>0.98, 0.85</td><td>0.03</td></tr><tr><td>철도역</td><td>부산신항역 의왕ICD</td><td>천안역</td><td>옥천역</td></tr></tbody></table>				단계	1단계	2단계	3단계	노선	경기-부산-경기	충남-부산-충남	부산-충남	B/C	1.78, 0.90	0.98, 0.85	0.03	철도역	부산신항역 의왕ICD	천안역	옥천역																							
단계	1단계	2단계	3단계																																							
노선	경기-부산-경기	충남-부산-충남	부산-충남																																							
B/C	1.78, 0.90	0.98, 0.85	0.03																																							
철도역	부산신항역 의왕ICD	천안역	옥천역																																							
#01																																										
< 피기백화차 영업운행 플랫폼 운영규정 및 관련개정 기준안 검토 >																																										

구 분	B-1 피기백 화차 시제품 조합 성능시험 연구
주요 연구결과	▪ 피기백 화차 시제품 조합성능 시험검증 절차(안) 연구 ▪ 피기백 화차 현차 현장 상하차 성능시험 실시 연구 ▪ 피기백 화차 결박장치 상태 모니터링 장치 성능시험 실시 연구
연구 성과품	▪ 피기백 화차 시제품 조합성능 시험절차 마련을 위한 시뮬레이션 수행 ▪ 피기백 화차 시제품에 대한 실제 차량 조건에서 컨테이너수송용 차량의 자차에 의한 상·하차 시험 실시 ▪ 트럭 컨테이너 수송용 화물차량의 결박체결장치 및 실시간 상태모니터링 장치 성능 시험 실시
	 < 컨테이너 수송용 차량 자차 상·하차 시험 절차 > 
	< 좌측면 상하차 현차 현장 시험 > 
	< 고정장치(쇄기) 시제품 및 현차 설치 시험 >  < 트레일러 현차 실시간 감시장치 설치 상태 >

2-6. 연구개발과제 연구수행내용

2-6-1. 화물 트럭 탑재가능 피기백 화차 목표 성능 사양서 연구

1. 해외 피기백 화차 기술사양 조사

가. ROLA 시스템

ROLA(Rolling Highway) 시스템은 오스트리아 화물철도운영사인 Rail Cargo에서 운영하는 시스템으로 도로와 철도 운송을 통합한 인터모달 운송 시스템으로 트럭이나 트레일러를 열차에 실어서 운송하는 피기백시스템으로 트럭의 도로운송을 줄임으로써 환경친화적인 수송수단이다.

이 시스템에 적용된 화차는 특수한 저상 화차(low-loading wagon)로 터미널에서 트럭이 화차 위로 운전해서 올라타는 방식이며 트럭 상차 후 열차가 이동하는 동안 트럭 운전자는 서비스 직원이 근무하는 침대 차량에서 휴식을 취한다. 이 시스템의 장점은 화물차의 연료 절감효과, 교통체증으로 인한 운행시간 감소 효과와 도로 교통체증 감소 효과, 트럭 운전자의 휴식시간 보장 및 피로 감소 효과가 있다. 환경적 측면에서는 CO2 배출량이 최소 1/3 수준으로 줄어드는 장점을 가지며 아래 표 1에 ROLA 시스템의 운행구간에 따른 CO2 배출량을 제시하였다.



그림 1. ROLA 시스템

표 1. 구간별 CO2 배출량

구분	1kg당 CO2 배출량	
	도로운송	ROLA운송
<Brenner-Wörgl 구간>	70	14
<Wörgl-Trento구간>	207	83
<Wels-Maribor 구간>	235	94
<Salzburg-Fernetti 구간>	315	126

1) 트럭 적재 절차

ROLA 시스템의 트럭을 화차에 적재하는 방법은 별도의 크레인을 사용하지 않고 그림 1과 같이 경사로를 통해 열차에 후면에서부터 올라타는 방식을 사용한다. 그 절차로는 열차의 후면을 따라 경사로를 통해 진입한 후 그림 2와 같이 화차 위의 이동 경로를 따라 화차를 넘어서 진입하며 그림 3과 같이 화살표가 표시된 곳에 트럭 바퀴를 정중앙에 위치시켜 주차한다. 그림 4는 트럭이 주차

된 후 트럭 서스펜션을 낮출 수 있는 차량의 경우 최대한 서스펜션을 낮추며 트럭 주차 후 1단 기어를 넣고 그림 6과 같이 열차 이동에 따른 트럭 흔들림과 이동 방지를 위해 고임목을 설치한다.



그림 2. 트럭 상차



그림 3. 트럭 정위치 주차

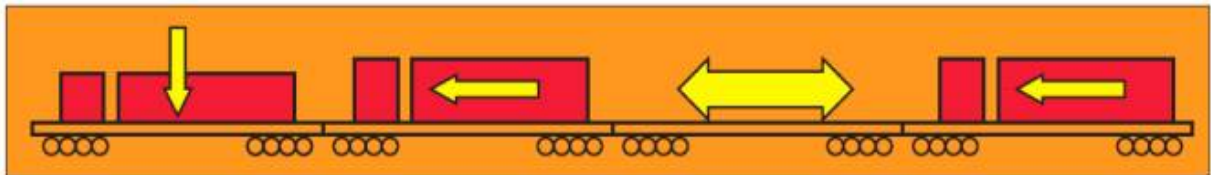


그림 4 트럭 서스펜션 낮춤

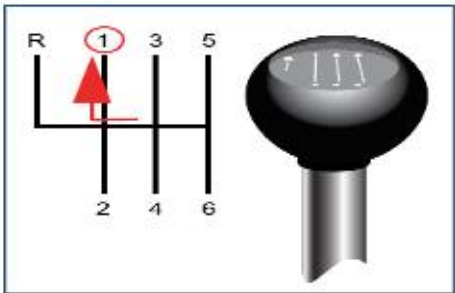


그림 5. 기어 취급 방법



그림 6. 트럭 고임목 설치

2). 운영구간 및 요금

오스트리아의 화물철도운송사인 Rail Cargo Operator는 그림 7과 같이 4개 구간을 운영하며 운영 구간, 운행거리, 운행횟수, 시간 및 요금표를 표 2.2.2에 나타내었다.



<Brenner -Wörgl 구간>



<Wörgl -Trento 구간>



<Wels-Maribor 구간>



<Salzburg-Fernetti 구간>

그림 7. 운행구간

표 2. 운행구간 주요사항(상행)

구분	거리	운행횟수	소요시간	첫차	막차
<Brenner -Wörgl 구간>	92KM	16번	3시간	00:25	22:25
<Wörgl -Trento 구간>	229KM	2번	6시간	17:15	23:55
<Wels-Maribor 구간>	272KM	5번	8시간	00:05	19:30
<Salzburg-Fernetti 구간>	362KM	1번	10시간	11:00	11:00

표 3. 운행구간 주요사항(하행)

구분	거리	운행횟수	소요시간	첫차	막차
<Wörgl -Brenner 구간>	92KM	16번	3시간	00:05	23:05
<Trento-Wörgl 구간>	229KM	4번	6시간	10:15	22:30
<Maribor-Wels 구간>	272KM	5번	9시간	2:15	20:25
<Fernetti-Salzburg 구간>	362KM	1번	12시간	18:30	18:30

요금은 편도가 기준이고 운전자는 최대 2명까지 탑승할 수 있다. 요금 산정은 표 4와 같이 Brenner-Wörgl 구간과 Wörgl-Trento 구간은 트럭의 중량을 기준으로 요금이 산정되고 Wels-Maribor 구간과 Salzburg-Fernetti 구간은 트럭 중량과 관계없이 트럭 자체에 요금을 부과한다. 그 외 Rail Cargo Operator에서는 위험물 수송의 경우 15€가 더 부과되고 공휴일에는 25€를 추가로 부과한다.

표 4. 구간별 요금기준(상행)

구분	트럭 중량				
	<= 20,000KG	<= 30,000KG	<=40,500KG	<= 42,000KG	<= 44,000KG
<Brenner - Wörgl 구간>	100€ (한화, 13만원)	110€ (한화, 14만원)	136€ (한화, 17만원)	192€ (한화, 25만원)	226€ (한화, 29만원)
<Wörgl - Trento 구간>	222€ (한화, 29만원)	272€ (한화, 35만원)	333€ (한화, 43만원)	381€ (한화, 50만원)	428€ (한화, 56만원)
<Wels - Maribor 구간>	트럭 당 455€ (한화, 60만원)				
<Salzburg - Ferneti 구간>	트럭 당 650€ (한화, 85만원)				

표 표 39 5. 구간별 요금기준(하행)

구분	트럭 중량				
	<= 20,000KG	<= 30,000KG	<=40,500KG	<= 42,000KG	<= 44,000KG
<Brenner - Wörgl 구간>	123€ (한화, 16만원)	136€ (한화, 17만원)	167€ (한화, 22만원)	215€ (한화, 28만원)	255€ (한화, 33만원)
<Wörgl - Trento 구간>	222€ (한화, 29만원)	272€ (한화, 35만원)	333€ (한화, 43만원)	381€ (한화, 50만원)	428€ (한화, 56만원)
<Wels - Maribor 구간>	트럭 당 455€ (한화, 60만원)				
<Salzburg - Ferneti 구간>	트럭 당 650€ (한화, 85만원)				

3). ROLA의 화차 사양 및 트럭 제한 사양

ROLA 시스템에 사용되는 화차는 Sdmmrs라는 명칭을 가진 화차를 사용하며 이와 관련된 사양은 아래와 같다.

표 6. Sdmmrs 4979 화차 사양

데이터	내용
대차의 총 차축	2,200mm
순중량	24,000kg
최대 휠 하중	7,500kg
적재 길이	18,800mm
적재 폭	2,6000mm
바닥 높이	416mm



그림 8. Sdmms 4979 화차

ROLA 시스템 Sdmms 화차에 적재되는 트럭의 제한사항은 아래 표 7과 같다.

표 7. 화차 위 트럭 제한사항

제한사항	내용
화차 폭 제한	2,520mm
트럭 높이 제한	4,000mm
트럭 폭 제한	2,600kg
트럭 길이 제한	18,750mm
최재 적재 하중	42 톤



그림 9. 트럭 제한 사양

4) ROLA 관련 주요 규정

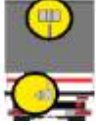
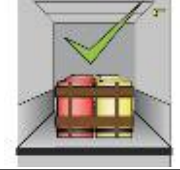
가) 일반규정

- 항상 열차나 역 직원의 지시를 따라야 함, 귀중품은 트럭 안에 두지 말 것
- 화차에 탑승했을 때 트럭 안에 머무는 것은 금지됨
- 라디오와 이동 통신 시스템의 전원을 꺼야 함
- 화차 안에서는 트럭의 모든 전원을 차단해야 함
- 동물 및 가연성 제품 반입금지
- 취사도구 반입금지 및 사용금지
- 동행하는 사람은 safety checklist에 등록해야 하며 만약 등록되지 않은 사람은 열차에 탑승할 수 없음
- 한 트럭당 최대 2인까지만 탑승 가능

- 창문 밖으로 물건을 던져서는 안됨
- 국경, 세관, 열차결함을 제외하고는 침대칸을 벗어나서는 안됨
- 열차 내에서는 흡연할 수 없음
- 외부 음식물 반입을 금지함
- 정숙할 것

나) 안전규정

표 8. 안전 규정

	안전화와 안전조끼를 착용.		무선 및 이동 통신 안테나가 4m를 넘을 경우 제거할 것.		사이드미러는 접을 것.
	선로에서 멀리 떨어져있어야하고 절대 건너지 말 것.		트럭의 기어는 1단에 놓을 것.		화차 안에서 시속 5km로 운행할 것.
	완충장치, 연결장치, 고전압 장치로부터 멀리 떨어져있을 것.		사이드 브레이크를 채울 것.		앞 차와의 안전거리를 유지할 것.
	세미트레일러 뒷문을 반드시 잠글 것.		바퀴에 고임목 4개를 채울 것.		트럭의 화물은 움직이지않게 고정할 것.

나. Modalohr 시스템

1) 시스템 개요

Modalohr는 프랑스 LOHR사에서 개발한 인터모달 시스템으로 화차의 상판에 적재되는 트레일러 부분이 회전하는 Modalohr 전용 터미널을 갖추어 빠르고 효율적으로 세미트레일러를 상·하역할 수 있는 TOFC(Trailer On Flat Car) 시스템이다.

이 시스템은 트럭 기사와 동반하여 운영하는 방식과 트레일러만을 적재하여 운영하는 방식으로 구분되며 대상 화물은 트레일러뿐만 아니라 트럭, 밴(van), 컨테이너, 탱크 차량 등을 수송할 수 있다.



unaccompanied transport



accompanied transport



container, swap body

그림 10. 적재 화물별 타입

적재방식은 Modalohr의 세미트레일러를 전용 터미널에서 회전화차를 이용하여 적재순서는 다음과 같다.

		
frame platform의 잠금 해제	frame platform 회전	트럭 이동
		
frame platform 위에 정차	트럭과 트레일러 분리	운송 준비 완료

그림 11. Modalohr의 적재순서

2) 운영구간

Lohr는 <Aiton-Orbassano>구간, <Perpignan-Luxembourg>구간, <Calais-Le Boulou>구간 총 3개 구간을 운영하며 각 구간의 주요사항 및 노선도는 다음과 같다.

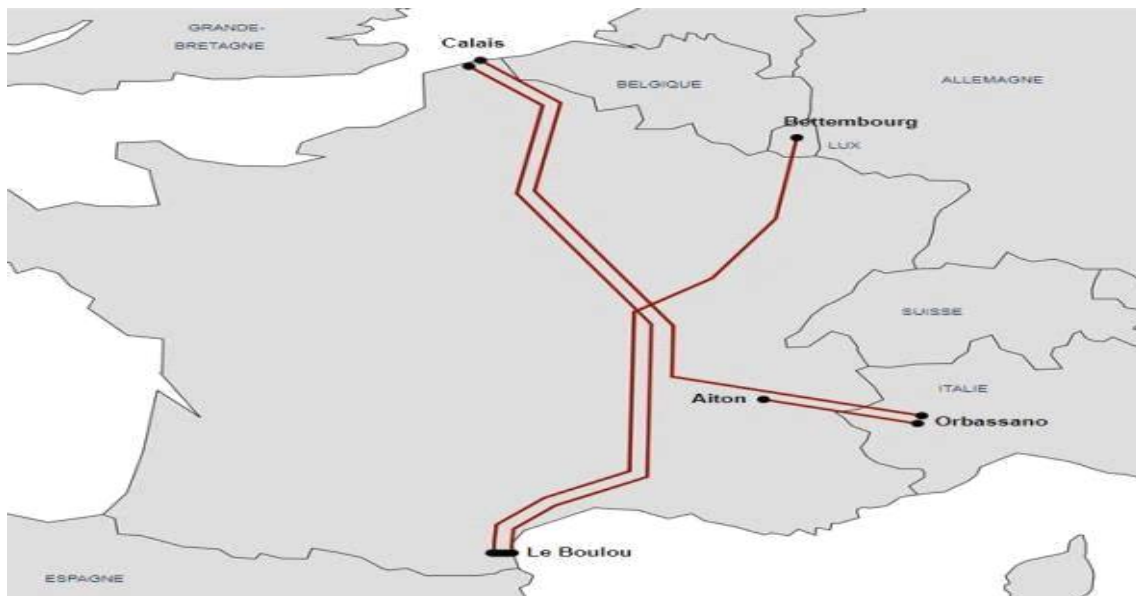


그림 12. Lohr의 운행구간

표 9. 운행구간 주요사항(상행)

구분	거리	운행횟수	소요시간	첫차	막차
<Aiton-Orbassano>	175KM	5번	4시간	00:52	17:50
<Perpignan-Luxembourg>	1000KM	4번	20시간	07:00	23:00
<Calais-Le Boulou>	1400KM	2번	22시간	11:30	22:00

표 10. 운행구간 주요사항(하행)

구분	거리	운행횟수	소요시간	첫차	막차
<Orbassano-Aiton>	175km	5번	4시간	06:05	23:55
<Luxembourg-Perpignan>	1000km	4번	20시간	01:00	18:00
<Le Boulou-Calais>	1400km	2번	22시간	11:00	22:00

3) Lohr의 화차 사양 및 트럭 제한 사양

표 11. LOHR UIC 1 end wagon 사양

데이터	내용
순중량	41,700kg
적재 길이	16,935mm
적재 폭	2,6000mm
바닥 높이	225mm

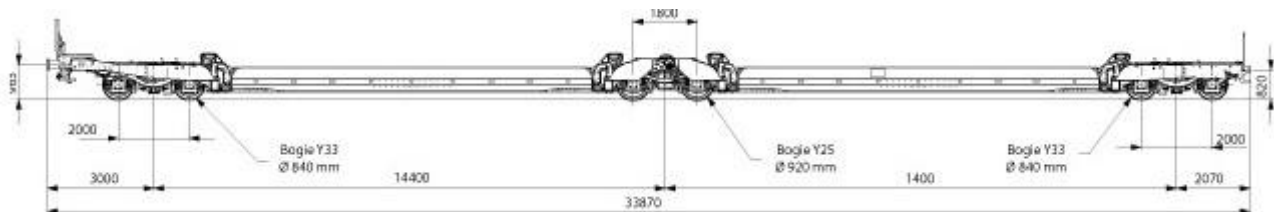


그림 13. LOHR UIC 1 end wagon 사양

표 12. LOHR UIC 2 intermediate wagon 사양

데이터	내용
순중량	40,700kg
적재 길이	16,470mm
적재 폭	2,6000mm
바닥 높이	225mm

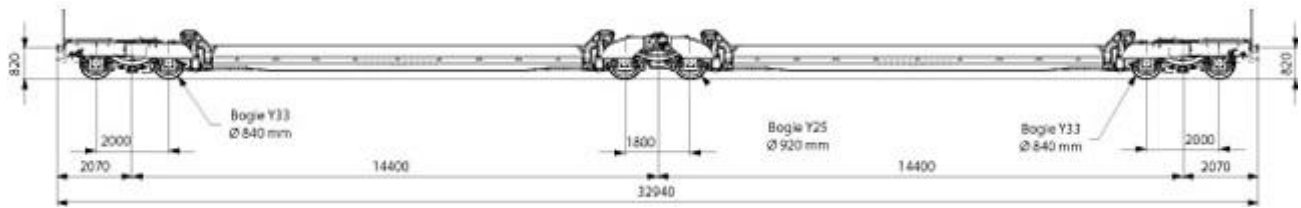


그림 14. LOHR UIC 2 intermediate wagon

표 13. LOHR UIC 3 individual wagon 사양

데이터	내용
순중량	42,700kg
적재 길이	17,400mm
적재 폭	2,600mm
바닥 높이	225mm

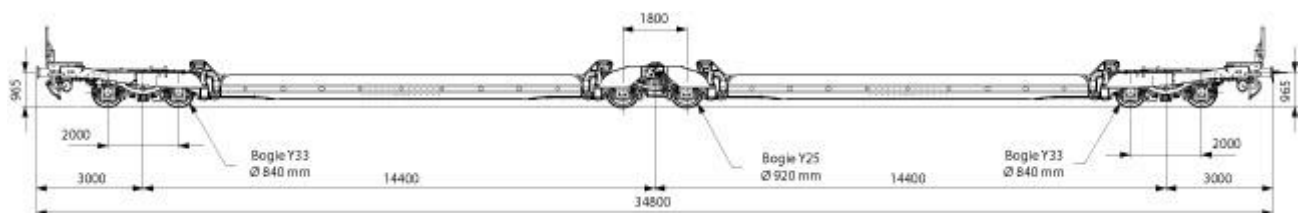


그림 15. LOHR UIC 3 individual wagon

표 14. 화차 위 트럭 제한사항

제한사항	내용
화차 폭 제한	2,600mm
트럭 높이 제한	4,000mm
트럭 길이 제한	16,500mm
최대 적재 하중	38 톤

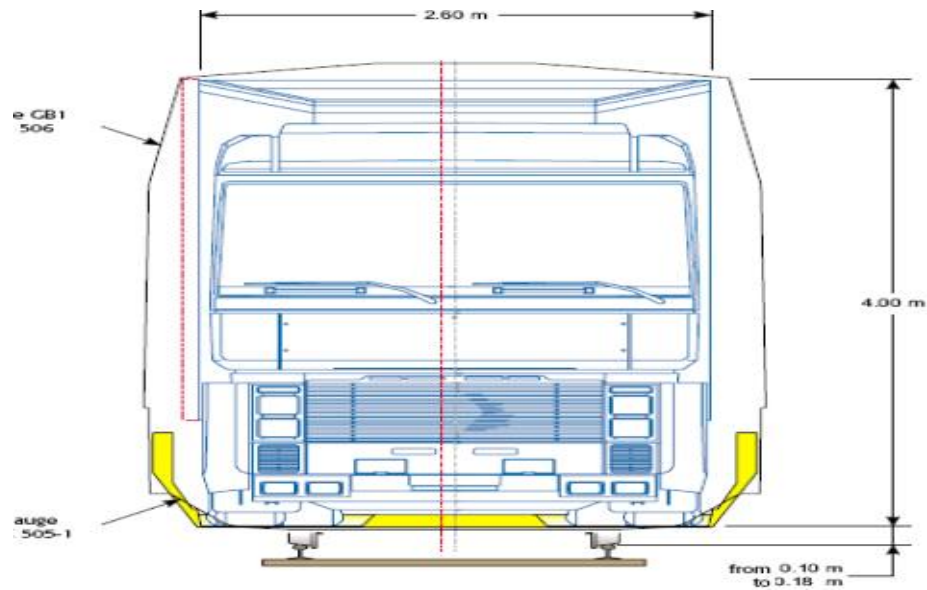


그림 16. 트럭 제한 사양

4) Lohr터미널 개요 및 특징

Modalohr의 전용 터미널은 화물 처리 용량에 따라 3가지 타입이 있다. 터미널 타입 1은 탱크로리 유조차 하역작업을 단축하는 경우에 효과적이다. 하역작업 시간을 단축하고자 한다면 열차 길이와 같은 크기의 터미널이 필요하고, 30분 안에 열차의 모든 하역작업을 마칠 수 있다. 터미널 타입 2와 3은 초기 투자자금이 낮으며, 하루에 몇 대의 화물열차만 처리하는 경우에 효과적이다. 터미널 크기가 작으므로 하역작업 시 열차가 움직여야 하는 단점이 있어 기존 역을 중간역으로 사용하는 경우에 적합하다.

표 15. 터미널 타입별 제원

터미널 타입	처리 용량	열차운행횟수	터미널길이	폭
대형	대	시간당 1~2대	800m	57m
중형	중	2시간당 1대	200m~400m	31m
소형	소	하루당 1~3대	120~200m	20m

소형터미널의 경우, 최소한의 토목 공사로 기존 역에 배치할 수 있는 비교적 저렴한 터미널이고 중형터미널의 경우, 투자 대비 우수한 화물 처리능력을 가진 터미널이다. 중형터미널에서 약 3시간 내 모든 열차의 적재, 하역을 처리할 수 있다. 대형터미널은 가장 투자비가 많이 들고 공사 기간도 오래 걸리지만, 최고 수준의 화물 처리능력을 갖춘 터미널이다. 1시간 30분 이내에 모든 열차의 적재, 하역을 처리할 수 있다. 플러그 앤 플레이 터미널은 토목공사 없이 기존의 레일에 설치할 수 있는 임시 터미널이다.



소형터미널



중형터미널



대형터미널



플러그 앤
플레이터미널

그림 17. 터미널 타입

다. CargoBeamer

1) 시스템 개요

CargoBeamer는 독일의 CargoBeamer AG사가 만든 복합 운송 시스템이다. 기존의 철도망을 이용하여 모든 세미 트레일러, 컨테이너, 스왑바디 운송이 가능하다. CargoBeamer의 장점으로 ROLA와 Modalohr와 마찬가지로 환경적 측면에서의 이산화탄소 배출감소와 도로교통 혼잡 감소, 장거리 운송의 장점이 있다.



그림 18. CargoBeamer

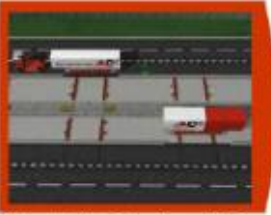
 semi-trailer enters CargoGate	 truck reaches loading platform	 fixing trailer in loading platform	 collecting arrived trailer
CargoGate에 진입	상하역 플랫폼 도착	트레일러 하역	트레일러들을 모음
 truck leaves CargoGate	 freight waiting for CargoJet	 CargoJet reaches CargoGate	 start of horizontal replacement
트럭 CargoGate 진출	화물 CargoJet 대기	CargoJet가 CargoGate 도착	수평 이동 시작
 parallel replacement of freight	 end of horizontal movement	 CargoJet leaves CargoGate	 deposition and pick up of freight
수평 이동과 동시에 병렬이동	병렬, 수평 이동 완료	CargoJet이 CargoGate를 떠남	화물 재배치 및 픽업

그림 19. CargoBeamer 적재순서

2) 적재방식

CargoBeamer는 철도 물류 활성화를 위해 혁신적이고 자동화된 도로-철도 상하역 기술로 10분안에 30개의 세미트레일러 상하역 작업을 병렬로 처리하는 기술이다. 적재순서는 다음과 같다.

3) 운영구간

CargoBeamer의 운영구간은 이탈리아의 Domodossola를 시작하여 스위스를 거쳐 독일의 Cologne을 거쳐 Kaldenkirchen까지 운영한다. 노선도는 다음과 같다. CargoBeamer는 평일에는 하루 평균 3회에서 4회, 토요일은 하루 2회 운행, 일요일은 운행하지 않는다. 출발시각은 날마다 차이가 있다.



그림 20 CargoBeamer 운행구간

4) CargoBeamer 화차 사양 및 트럭 제한 사양

CargoBeamer 시스템의 화차사양 및 트럭 제한사항은 아래와 같다.

표 16. CargoBeamer 화차사양 및 트럭 제한사항

제한사항	내용
화차 길이	19,300mm
트럭 높이 제한	4,000mm
적재 폭	2,6000mm
트럭 길이 제한	16,500mm
최재 적재 하중	37 톤



그림 21. CargoBeamer 화차

2. 피기백화차 목표 성능 사양서(안) 선정 검토 연구

가. 개요

- 피기백 화차(piggyback flatcar)기술은 트레일러나 트럭을 화물과 함께 통째로 화차에 실어 장거리 구간을 수송하는 방법으로 고속도로 정체해소, 대형 교통사고 감소, 과적차량으로 인한 도로시설 수명단축방지를 할 수 있는 복합운송(Intermodal)기반 철도물류수송 경쟁력 향상 기술임.
- 화물트럭을 화차로 수송하기 위해 요구되는 피기백 화차 제작기술 및 이를 안전하고 신속하게 운송하기 위해 필요한 피기백 화차 개발
- 화물트럭수송용 피기백 화차 시제품
 - 화물트럭 수용을 위해 기존의 평판화차에 대한 설계 개선방향을 정립하고 구조설계 개념을 수립함
 - 설계에 대한 해석 및 시뮬레이션 검증을 통해 시제품을 제작하고 성능시험을 실시함
- 화차 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 장치 시제품
 - 기존 평판화차 결박장치 기술을 검토하고 탑재 트럭에 가장 적합한 아이디어를 도출하고 설계 개념을 정립함.
 - 설계 검증을 통해 시제품을 제작하고 성능시험/기능시험을 실시함.

1) 개발 목표 정립

개발 목표		목표치	비고
화물트럭 수송용 피기백 화차 설계 및 제작 기술 연구	Load capacity	최대 27톤 (gross weight : 약 40톤)	
피기백 화차 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 기술 연구	인장하중	7.0톤 이상	
피기백 화차 철도물류역내 통합 운영프로세스 수립 및 규정(안) 연구	차량 상/하차 시분	10분 이내/량	

2) 기술 개발 방향

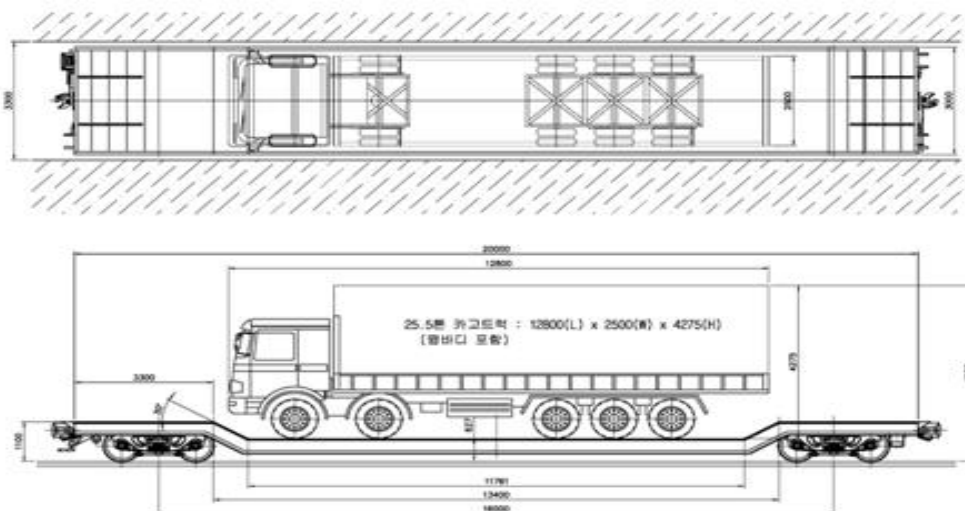
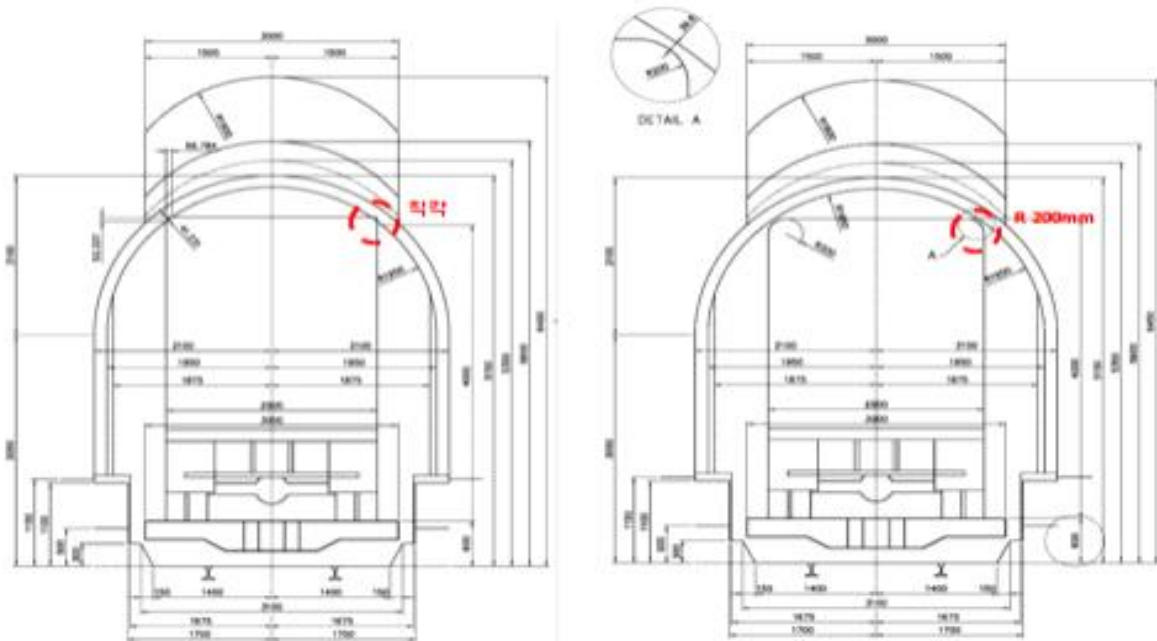


그림 22. 피기백화차 탑재 트럭 평면도



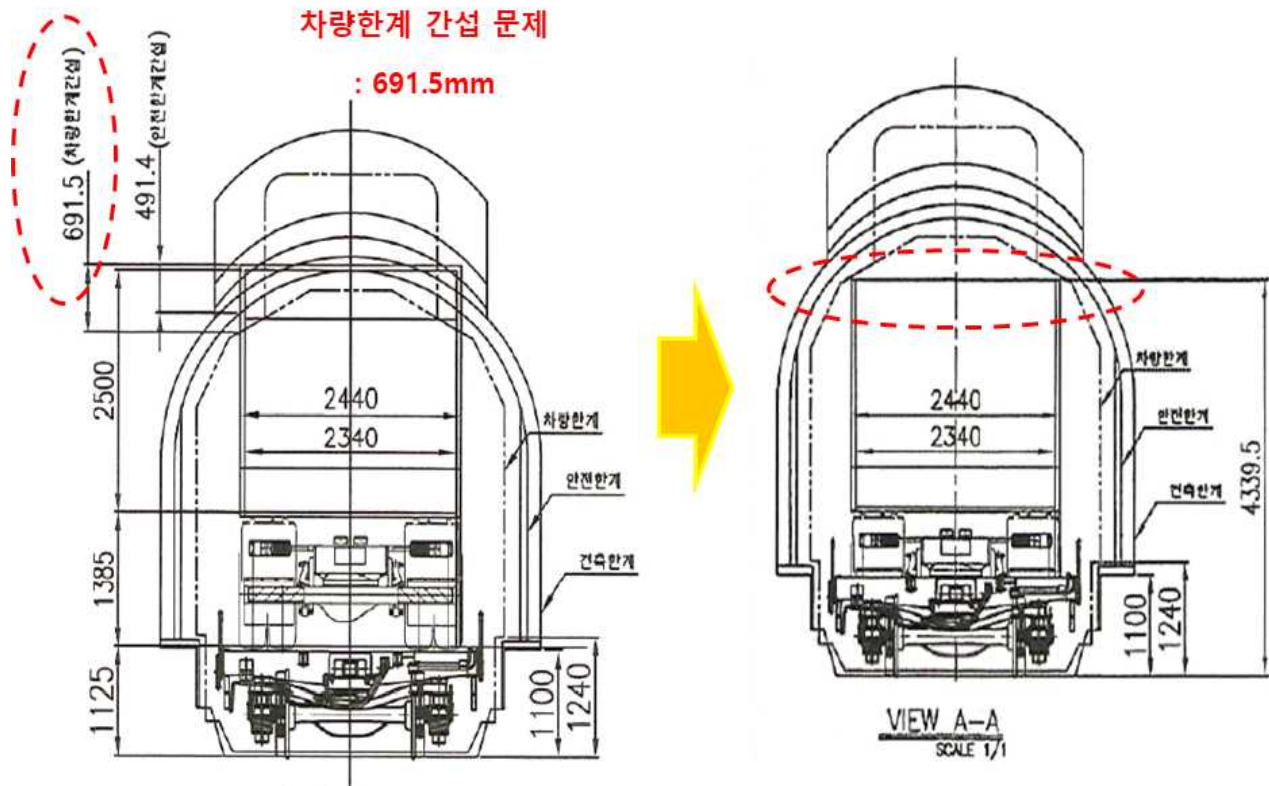


그림 25. 기존 운행 평판화차 탑재시 건축한계, 차량한계 설계 검토

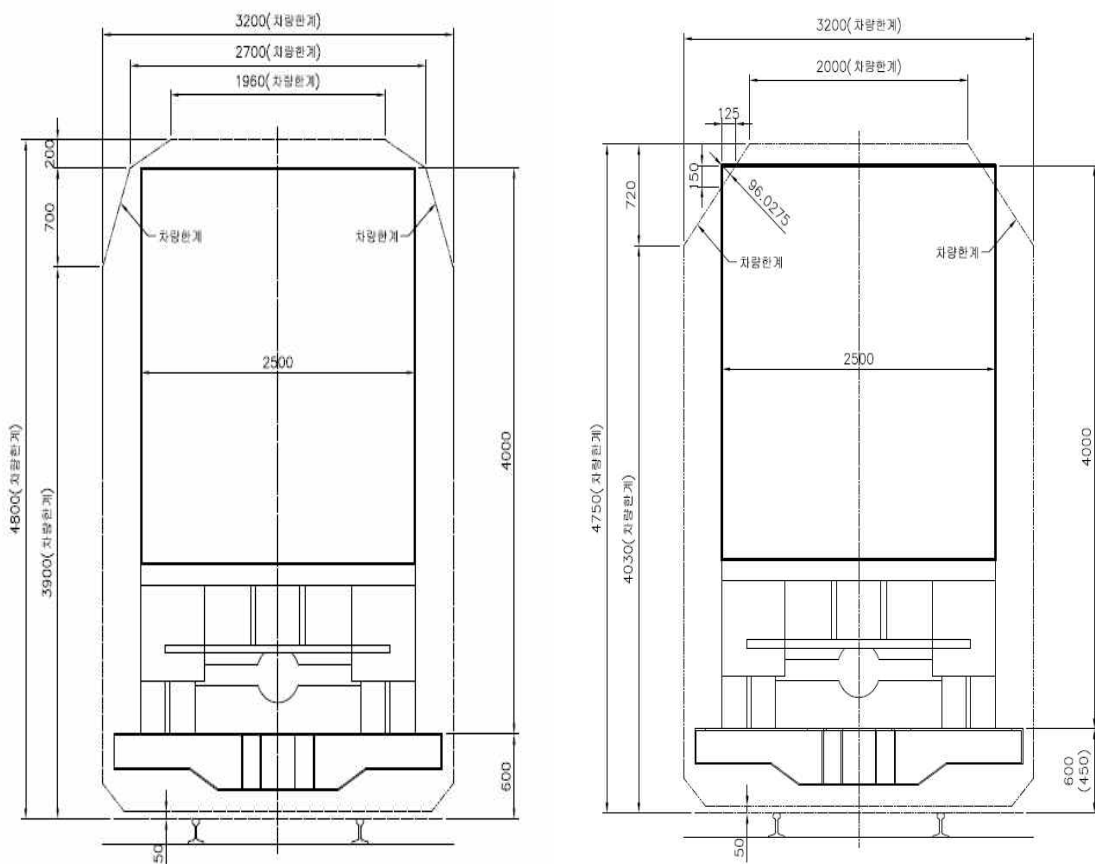


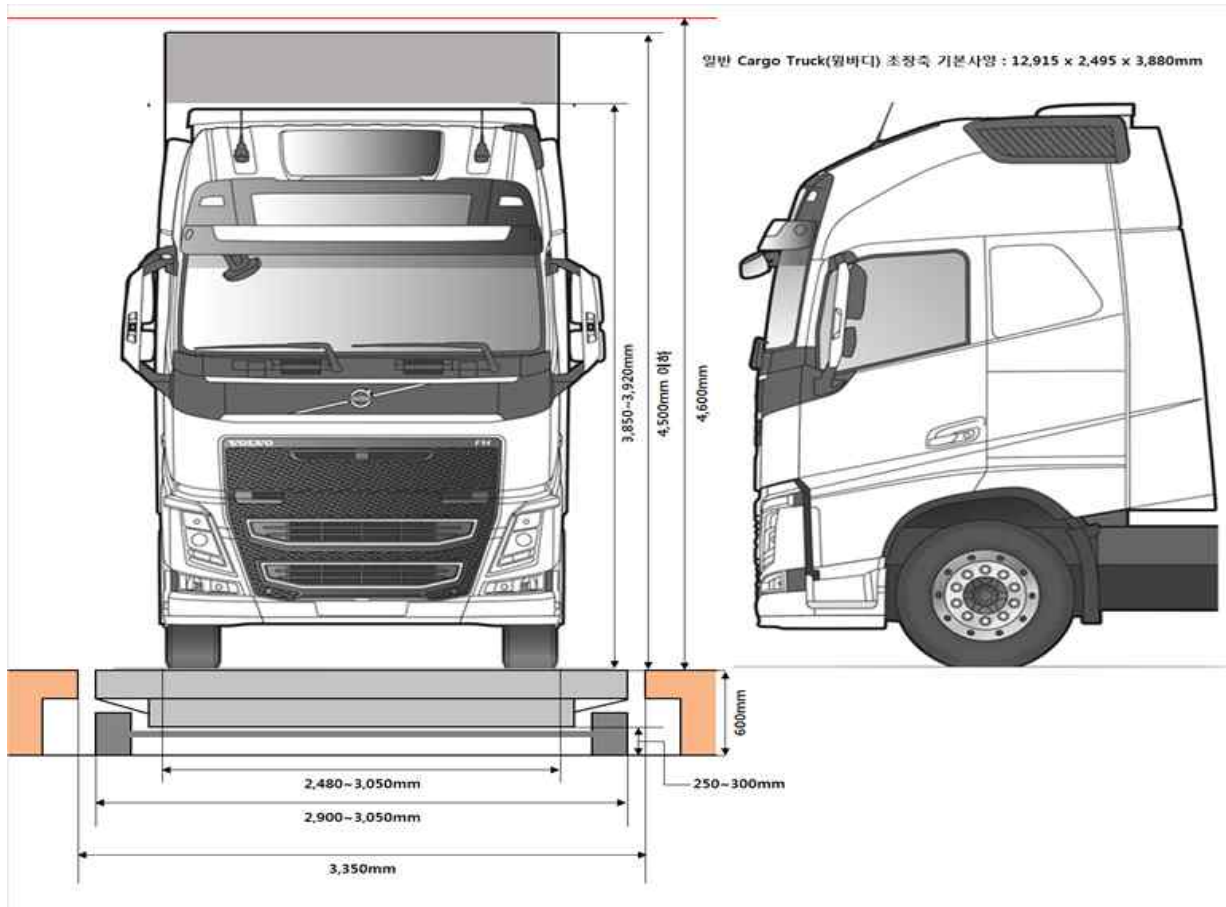
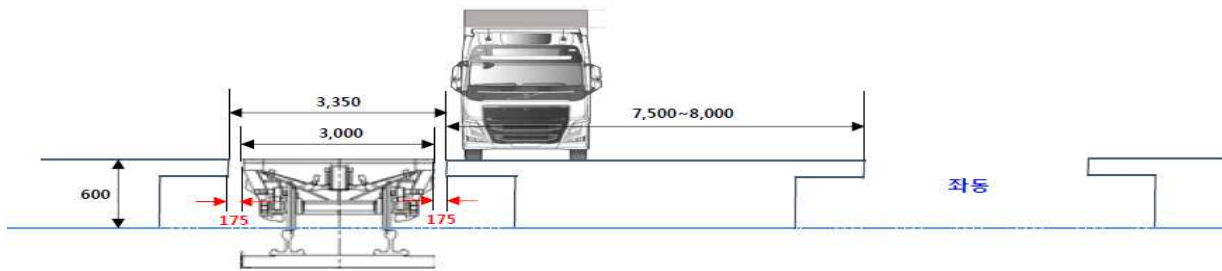
그림 26. 피기백 화차 트럭 탑재시 건축한계, 차량한계 설계 검토>

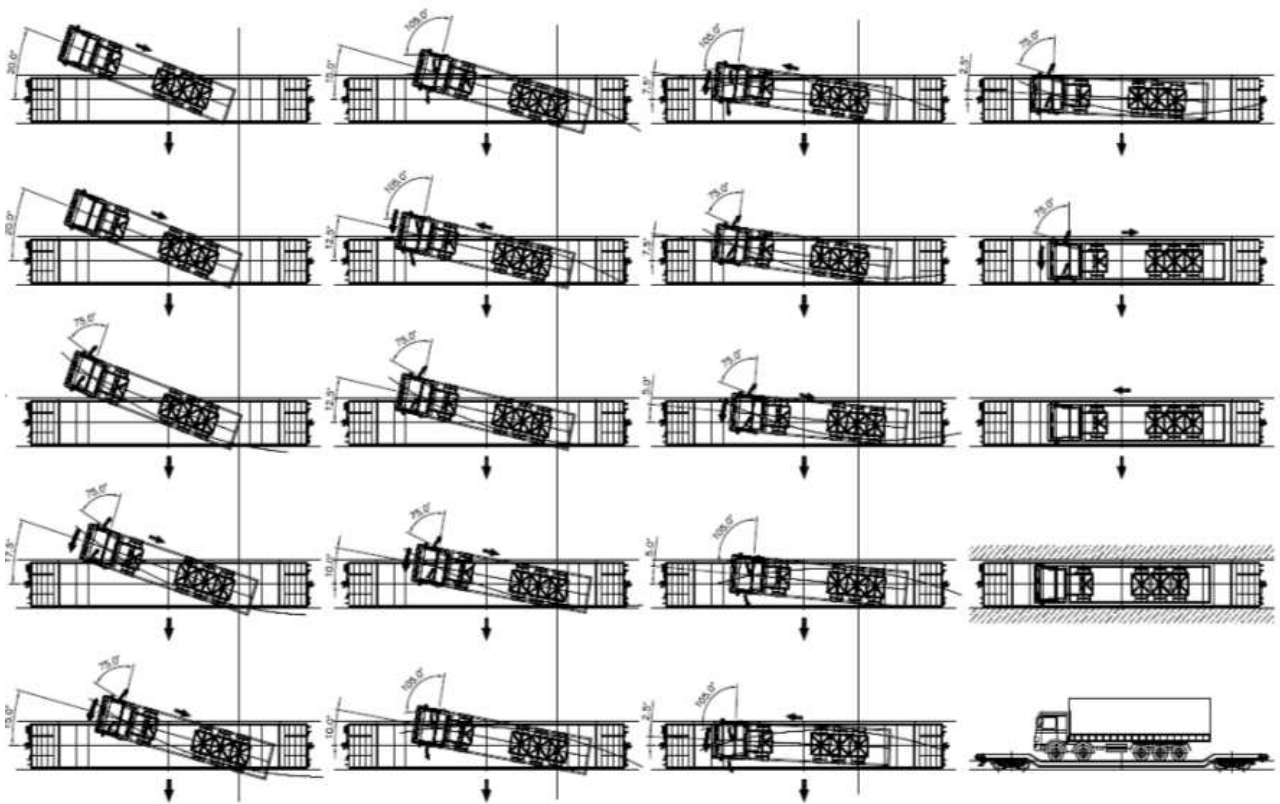
표 17. 차량 적재량별 운행 분류 검토

구분	적재량별 분류			
	2018	소계	비율	비율소계
1톤미만	2,893,618	3,323,329	80.58%	92.55%
1톤~3톤	243,445		6.78%	
3톤~5톤	186,266		5.19%	
5톤~8톤	101,391	267,610	2.82%	7.45%
8톤~10톤	16,888		0.47%	
10톤~12톤	13,513		0.38%	
12톤~15톤	23,097		0.64%	
15톤~20톤	14,264		0.40%	
20톤이상	98,457		2.74%	
합계	3,590,939		100.00%	

표 18. 차량 종류별 주요 사양 비교

Satification		규격	2.5톤	3.5톤		5톤	19.5톤	25톤	
			슈퍼캡		웍바디	웍바디	웍바디	웍바디	
			장축고상						
전	장	mm	6,510	7,020	8,125	10,695	11,715	12,715	
전	폭		2,080	2,180	2,430	2,495	2,490	2,490	
전	고		2,345	2,360	3,250	3,690	3,350	3,495	
적재함			장	4,340	4,850	5,800	8,200		10,100
			폭	1,960	2,060	2,280	2,350		2,400
			고	380	380	380	390		400
축간거리			3,400	3,950	4,400	5,695	7,430	7,430	
상면지상고			1,030	1,050	1,080	1,160	1,360	1,360	





#01

#06

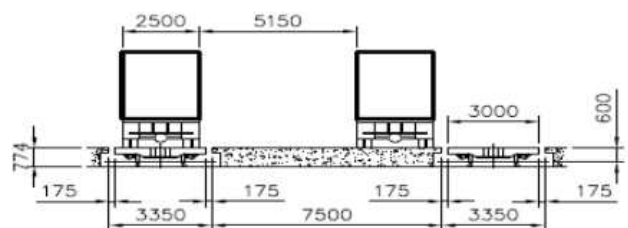
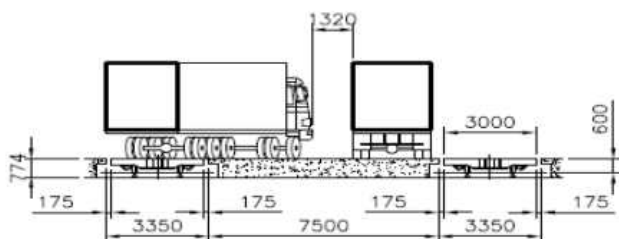
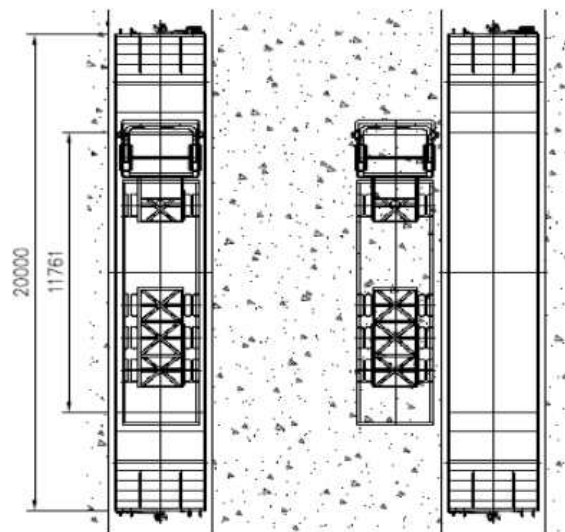
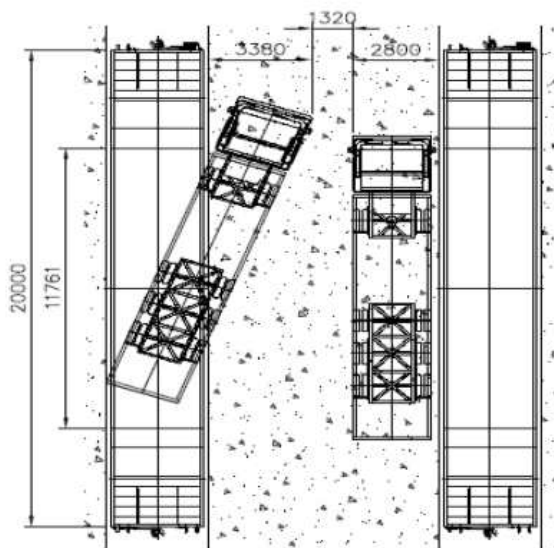


그림 28. 플랫폼 윈바디 트럭 자차 적재 방식 동적이동 공간 개념 검토

나. 차량한계

1) 차량한계

- 가) 차량한계는 해당 일반철도 차량의 설계 및 제작의 적합성, 궤도시설에 대한 안전성, 차체와 차체 그리고 차체와 대차 사이의 간섭이 발생하지 않음을 보장해야 한다.
- 나) 차량과 선로구조물과의 간섭유무 확인 시에는 철도차량의 동적거동을 고려하여야 한다.(최소곡선 반경, 차량의 최대 변위, 최대 캔트 부족량, 하중 및 속도조건, 차륜의 마모, 틸팅각 등 을 고려 한다)
- 다) 하중 고려 시 최대 적재하중 등을 고려한다.

2) 차량중량

- 가) 철도차량의 총중량은 정상적인 운전이 가능한 상태의 철도차량 자체만의 중량(공차중량, W0)과 최대 적재하중을 합한 중량(정비중량, W1)으로 한다.
- 나) 정차상태에서 일반철도 차량(화차)의 축중과 총중량은 참고할 수 있다.

3) 중량 분포

- 가) 공차중량 상태에서 각 차축의 한쪽 차륜하중은 동일차축의 좌우측차륜하중 평균치와의 편차가 4% 이내이어야 한다.
- 나) 공차중량 상태에서 한쪽 선로의 차륜의 하중합은 그 동일철도차량의 좌우측선로 차륜의 하중합의 평균치와의 편차가 4% 이내이어야 한다.

다. 주행안전

1) 차량-선로 작용력

- 가) 철도차량은 정상적인 운행조건하에서 주행안전성을 확보하기 위하여 철도차량과 선로간의 작용력을 최소화할 수 있도록 설계되어야 한다.
- 나) 철도차량은 정상적인 선로조건하에서 차륜 답면과 궤도 두부간의 접촉지점에서 응력과 변형이 발생하여 철도차량의 안전이 침해되지 아니하도록 정적윤중·차륜직경 및 차륜답면 형상간의 상호 연계효과를 고려하여 설계되어야 한다. 이 경우 정적윤중의 최대값은 $0.13 \times D$ (mm로 표시된 차륜직경을 말한다)kN과 125kN의 수치중 작은 값을 초과할 수 없다.

2) 윤중 감소량

- 가) 철도차량의 공차중량상태에서의 윤중 감소량은 동일 차축에서 양쪽 차륜 평균치의 최대 60%까지 허용된다.
- 나) 철도차량의 운행상태에서의 윤중 감소량은 빈도누적확률이 100%인 경우에는 50%까지, 0.1%인 경우에는 최대 80%까지 허용된다.

3) 횡압

철도차량은 정상적인 선로와 운행조건하에서 레일과 선로의 구조적안전을 위협하는 횡압의 발생을 최소화하도록 설계되어야 한다.

라. 구성품시험

1) 구조체 하중시험

가) 적용범위

해당 화차 에 적용되는 구조체에 대한 설계적합성 또는 형식동등성을 시험으로 입증하는 경우 에 적용된다.

나) 시험 방법

(1) 시험체 조건

시험체는 차량의 의장을 제외한 골격을 갖춘 구조체를 대상으로 한다.

(2) 시험종류 및 측정항목

(가) 구조체하중시험의 세부시험으로는 수직하중시험, 압축하중시험, 인장하중시험, 조합하중시험, 운행하중시험, 3점지지하중시험시험, 리프팅/잭킹, 고유진동수시험(x,y,z)으로 구성된다.

표 19. 시험종류별 측정항목

시험종류	측정항목			
	응력	변위량	진동수	시험하중
수직하중시험	○	○		○
압축하중시험	○	○		○
인장하중시험	○	○		○
조합하중시험	○	○		○
운행하중시험	○	○		○
리프팅/잭킹	○	○		○
3점지지시험	○	○		○
고유진동수 측정 시험(x,y,z)			○	

(3) 측정 장비

측정장비는 응력과 변위량, 진동수를 측정하기에 적합한 장비로 대표적인 계측기는 스트레인게이지, 다이얼게이지, 가속도계, 로드셀 등이 있으며 각 계측기는 측정특성을 충분히 반영할 수 있어야 한다.

(4) 측정점의 선정방법

(가) 응력의 측정점

- 강도계산의 결과 높은응력 발생이 예측되는 부분
- 형상 및 단면의 급변화부분, 용접비드의 끝단부 등 응력집중이 예측되는 부분
- 구조체 제작시 용접, 가공 등 주의를 요하는 부분

(나) 변위량의 측정점

- 차량의 길이방향으로 수직방향의 변위량
 - 구조체의 지지점
 - 출입구의 개구부 양단
 - 변형상태가 관측 가능한 위치로 대략 등간격이 되는 점

(다) 진동수의 측정점

형상 및 단면의 급변화부분등, 구조체의 성능에 영향을 미치는 점으로 한다.

(라) 진동수의 측정점

진동수의 측정점은 고유모드가 가장 명확하게 나타나는 점으로 한다.

(5) 측정방법

(가) 구조체의 지지방법

구조체의 지지방법은 대차에 의한 지지방식과 동일하게 지지하며, 차량의 구조에 따라 KS R 9228을 참고하여 신청자(제작자)와 협의하여 결정한다.

(나) 시험하중의 부하방법

- 시험하중은 물탱크, 주물블록, 유압 등을 사용하여 수직하중을 부하한다.
- 부하는 바닥면적 등분포부하이다.

다) 평가 기준

- (1) 각각의 시험은 총 2회를 실시하며 각 시험의 결과는 아래의 기준에 만족해야 한다.
- (2) 각각의 시험항목(하중조건)에서 측정된 응력값이 평가기준을 만족하여야 한다.
- (3) 3점지지시험은 3점지지상태에서 영구변형이 생기지 않아야 한다.
- (4) 굽힘 고유진동수 측정시험에서 측정된 고유진동수는 대차와의 공진을 피하기 위하여 10Hz 이상이어야 한다.

라) 시험기록

기록양식에는 다음과 같은 사항을 기록한다.

- (1) 측정일시 및 기상조건 (온도, 습도, 날씨)
- (2) 시험하중 확인을 위한 주요 제원 및 시험하중 환산표
- (3) 하중인가지점 표시도
- (4) 구성품의 재질 및 강도 (항복, 인장, 압축강도)
- (5) 측정게이지 부착 지점표시도
- (6) 측정지점 선정을 위한 수치해석 결과도
- (7) 시험기의 종류·형식·설치위치 및 구성도
- (8) 측정항목별 결과
- (9) 기타 특이사항

마. 완성차시험

1) 중량측정시험

가) 적용범위

해당 철도차량의 중량에 대한 설계적합성 또는 형식동등성을 시험으로 입증하는 경우에 적용된다.

나) 용어 정의

- (1) 공차중량(W0) : 화물이 없는 차량중량으로서 주행에 필요한 추가중량(물, 모래 등)은 제외된다.
- (2) 정비중량(W1) : 운행준비 시의 차량중량으로서 공차중량(W0)에 추가중량(모래, 물 등의 최대용량 기준)을 모두 포함한 상태를 말한다.
- (3) 만차중량(W2) : 주행이 가능한 정비중량(W1)에 화물이 모두 적재된 상태를 말한다.
- (4) 초과중량(W3) : 다른 열차가 고장난 경우 고장차량의 모든 화물을 적재한 최대 열차중량을 말한다. 다만, 초과중량은 발주자가 요구하는 경우에 한한다.

다) 시험 방법

(1) 차량 조건

- (가) 차종별 1량씩 측정한다.
- (나) 시험은 정지/단차 상태에서 시행한다
- (다) 모든 서스펜션의 작동상태는 정상적이어야 한다.
- (라) 운행 중 발생하는 모든 하중이 고려된 상태를 고려한다.

(2) 시험 방법

- (가) 계근대를 이용하여 ton 단위로 측정하며, 소수점 2자리까지 측정하고 이를 반올림 한

다.

(나) 축중은 각축의 윤중을 측정한다

(다) 측정 회수는 동일차량에 대해서 3회 시행하여 산술 평균값을 사용한다.

(3) 측정항목 및 측정위치

측정항목별 측정위치는 아래 그림의 RF, LF, RR, LR과 같다.

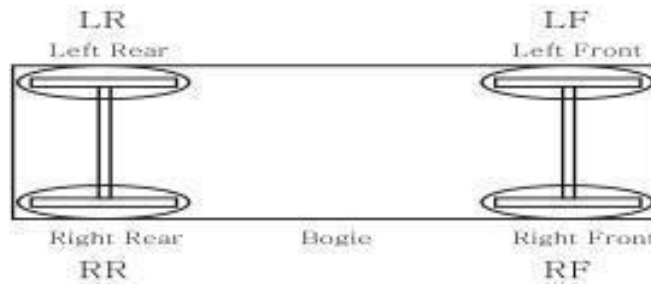


그림 29. 윤중 및 축중 측정위치

(4) 측정 장비

(가) 측정장비의 최대 측정범위는 차량의 설계 최대하중보다 10% 높은 값을 측정할 수 있어야 한다.

(나) 측정장비의 최소 측정단위는 0.01ton(10kg) 단위 이하이어야 한다.

라) 결과의 분석

(1) 축중은 각 축의 윤중을 측정하여 합산하고, 기준을 만족하는지 확인한다.

(2) 동일차량에서의 좌우 윤중 합 편차

전위 대차와 후위 대차를 모두 포함한 좌우 윤중 합 편차는 $\pm 4\%$ 를 적용해야 한다.

마) 평가 기준

(1) 공차중량 상태에서 각 차축의 한쪽 차륜하중은 동일차축의 좌우측 차륜하중 평균치와 편차가 4% 이내이어야 한다

(2) 공차중량 상태에서 한쪽 선로 차륜하중의 합은 그 동일 철도차량의 좌우측선로 차륜의 하중 합의 평균치와 편차가 4% 이내이어야 한다.

(3) 축중량의 합이 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- 축중 24ton 이하
- 1m당 평균중량 7ton 이하

바) 시험기록

기록양식에는 다음과 같은 사항을 기록한다.

- (1) 측정일시 및 기후
- (2) 차량편성상태 및 측정차량
- (3) 측정 항목별 위치
- (4) 측정 항목별 하중
- (5) 측간 거리
- (6) 기타 특이사항

2) 차량한계측정

가) 적용범위

해당 철도차량의 차량한계에 대한 설계적합성 또는 형식동등성을 시험으로 입증하는 경우에 적용된다. 차량의 정적한계는 차량한계 측정으로 입증하고, 동적한계는 계산서(또는 해석서)를 이용하여 입증할 수 있다.

나) 용어정의

- (1) 차량과 구조물의 간격의 명칭 및 설명은 EN 15273-1(그림 15)을 참고한다.
- (2) 차량단면 수평변위의 명칭 및 설명은 EN 15273-1(그림2)를 참고한다.

- (3) 차량단면 회전변위의 명칭 및 설명은 EN 15273-1(그림 10)을 참고한다.
- (4) 차량의 길이방향 단면의 변위에 영향을 미치는 영역은 EN 15273-2(그림 A7)를 참고한다.
- (5) 차량의 길이방향 단면의 변위에 영향을 미치는 영역은 EN 15273-1 (그림 7)을 참고한다.

다) 시험 방법

- (1) 차체를 대차와 편성 조립 후 차량한계 게이지와 줄자를 이용하여 측정한다
- (2) 구내 주행시험 후 공차상태에서 한다.
- (3) 기준선상에 설치된 소정의 측정 게이지를 이용한다.
- (4) 차량한계 측정용 게이지는 차량한계 측정 전 치수검사를 실시하여 합격한 것 이어야 한다.
- (5) 시험 측정 차량이 차량 한계 게이지에 간섭이 되는지 한계 게이지를 3회 왕복 통과한다.
- (6) 차량한계 측정용 게이지는 다음을 고려하여 제작한다. 다만, 동적한계에 해당항는 항목은 계산서(또는 해석서)로 대체할 수 있다.

(가) 차량한계 계산은 차량의 최대 변위가 발생하는 최악의 조건을 고려한다.

- 최대의 변위가 발생하는 속도조건
- 최대의 변위가 발생하는 하중조건
- 최대의 변위가 발생하는 선로조건(캔트 및 곡선반경)
- 차량의 수명기간 동안 발생가능한 마모, 변형을 고려
- 차륜의 마모, 유지보수 조건을 고려하여 최악의 상황을 고려
- 기타 차량의 특수조건(하화장치 작동 등)

(나) 차량의 최대 변위에는 다음을 고려하여 계산한다

- 차량의 형상(길이, 폭, 높이)
- 발주자가 제시한 단면방향 및 길이방향의 최소 구간
- 차량과 건축한계와의 여유간격 및 유지보수 조건
- 차량의 기울어짐에 따른 비대칭
- 하중 및 자중에 의한 처짐
- 서스펜션 변위 및 마모
- 차륜의 반경 및 마모, 이를 보정하기 위한 장치

(다) 차량의 변위 계산은 수학적 계산, 컴퓨터 시뮬레이션을 활용할 수 있다

- 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 변위 계산을 활용할 수 있다
- 수치 계산은 EN15273-2의 내용을 활용할 수 있다
- 수치 계산이 어려운 항목에 대해서는 실험자료를 활용할 수 있다

(라) 돌방입환을 하는 철도차량의 경우 해당 입환장소의 수평구배를 고려해서 차량하부의 단면을 보정하여야 한다

라) 결과의 분석

- (1) 차량 한계 측정 시험을 실시하여 설계 및 제작의 적합성 및 궤도 시설에 대한 안전성 및 차체 와 차체 차체와 대차간의 장치간 간섭 유무를 확인한다.
- (2) 차량한계 측정게이지 통과시 차량 어느 부위라도 차량 한계 측정 게이지에 접촉하거나 벗어나서는 안 된다.
- (3) 차량의 변위 계산의 세부적인 사항은 EN15273-1, EN15273-2, EN15273-3에 제시된 수학적 방법을 활용할 수 있다.

마) 평가 기준

차량 한계 측정 게이지와 차량의 접촉이 없어야 한다.

차량 한계 측정 게이지의 치수결정에 사용된 다음의 자료를 제시하여야 한다.

- (1) 차축스프링 상단부에서 중력중심 계산값
- (2) 차량단면의 중력중심 계산값
- (3) 차축스프링 상단부의 높이
- (4) 스프링의 강도

- (5) 스프링의 높이
- (6) 스프링의 폭
- (7) 스프링의 작동범위
- (8) 스프링 제외 하중
- (9) 전체 하중 계산값
- (10) 차륜 및 차축의 하중 계산값
- (11) 차량의 치수
- (12) 차량한계 계산에 사용된 최대 구배값
- (13) 회전중심의 높이
- (14) 대차내 축간거리
- (15) 최대속도

바) 시험기록

기록양식에는 다음과 같은 사항을 기록한다.

- (1) 측정일시 및 기후
- (2) 차량편성상태 및 측정차량
- (3) 측정구간의 곡선반지름, 기울기, 구조 등
- (4) 차량한계 게이지의 부위치 치수
- (5) 차량한계 측정게이지의 치수결정을 위한 계산자료(시뮬레이션자료, 실험자료, 계산자료 등)
- (6) 기타 특이사항

2-6-2. 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 모델 설계

1. 피기백 화차 탑재트럭 결박장치 모델 설계 연구

가. 국내 국군 화물 장비별 적재기준 및 결박방법

1) 장비별 적재 형태 기준

군 중장비 화물 수송에 사용되는 화차는 일반 평판차와 C/T 겸용 평판차 2종을 사용하고 있으며, 차종에 따른 중장비 적재 기준은 다음과 같다.

표 20. 차륜/궤도장비 및 화포 적재 형태 기준

차종	적재형태기준
일반 평판차	1/4톤(k-111) 4대 적재
	1/4톤(k-131)
	5/4톤(k-311)3대 / 2 1/2톤(k-511) 또는 5톤(k-711) 각 2대씩
	1/4톤 + 1/4톤 트레라 견인 2쌍
	2 1/2톤 + 1톤 급수트레라 견인 + 5/4톤(k-311)
	2 1/2톤 + 1 1/2톤 트레라 견인 + 1/4톤
	5톤 + 2 1/2톤
	5톤 + 155밀리 견인포
	105밀리 견인포 3문
	155밀리 견인포 2문
	장갑차(APC) 2대
C/T 겸용 평판차	전차(k-1/M48A3K/M48a%k/M1A1) 1대
	자주포(k-55/k-77/8 “) 1대
	AVLB 교량전차 1대(차체) 교량부분(일반형 평판차 2대 추가 소요)
	KAHV(상륙형 돌격 장갑차) 1대
	구난전차(M88A1/k-1) 1대
	KM9ACE 장갑도자 1대

※ 105/155밀리 견인포 수송시에는 부수기재 적재를 위해 유개차를 추가 편성하여 적재

2) 장비별 적재 및 결박 방법

군 중장비의 경우 위의 표2-4와 같이 다양한 종류가 있으며, 아래에는 적재형태의 예로 대표적인 장비 3종에 대해 소요 자재와 결박 요령을 분석하였다.

표 21. 소요자재(문당)

품명	규격(mm)	수량(개)
고임쇠	소형	4
받침쇠	소형	2
와이어로프	10(2/5")×4,500	8
크립	10(2/5")	16
턴버클	소형	4
못	60-D	24

표 22. 소요자재(대당)

품명	규격(mm)	수량(개)
고임쇠	대형	4
보기륜 고임목	30×10×30×10	8
내부고정 고임목	2,900×1,600	1set
와이어로프	19(3/4")×4,500	8
크립	19(3/4")	32
턴버클	대형	4
못	60-D	112

고 나사부가 공통 너트로 연결되어 있음. 한쪽의 수나사는 오른나사, 다른쪽 수나사는 왼나사로 되어 있으며, 암나사가 있는 부분 즉 너트를 회전하면 2개의 수나사는 서로 접근하고 반대로 회전하면 멀어진다.

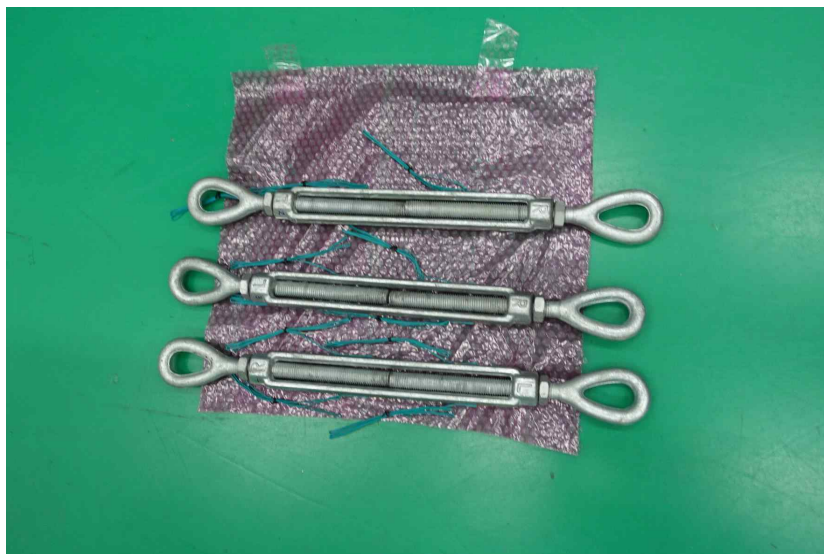


그림 30 턴버클

현재 군에서 사용하고 있는 턴버클 1인치의 경우 사용 하중이 4.5 톤으로 실제 군 중장비의 무게가 50톤 내외임을 감안하면 안정성에 문제가 있을 것으로 예상된다.

3) 화물 결박 작업 및 안전 점검

화차에 적재된 장비를 수송하는 동안 외부의 충격 및 기타환경으로부터 보호하며 안전한 수송을 위해 규정된 자재를 사용하여 결박을 실시하고 있으며 다음은 군에서 현재 적용 중인 결박 안전점검 기준임

- 차체 결박작업
- 전·후방 고임쇠 설치
장비의 전·후방 및 좌 · 우측 고임쇠를 해머를 이용하여 최대한 밀착시킴(고임쇠 당 못 4 ~ 7 개씩 박음) 2명 1개 조로 전 · 후방에 설치
- 보기륜 고임목 설치
2명 1 개조로 좌 · 우측 순으로 설치(보기륜 고임목은 차대에서 사전에 준비를 하고, 유동을 고려하여 쇄기목을 병행하여 준비)
- 내부고정 고임목 설치
2명 1개조로 내부고정 고임목 1set를 설치(고임목 연결 1 개소당 못 4개씩 박음)
- 턴버클/와이어로프를 결합
턴버클의 조임 너트를 최대한 이완.

나. 국외 철도수송 결박장치 현황

- 미군 중장비 수송 현황
국내에 주둔하고 있는 미군의 경우에도 중장비를 철도로 수송하고 있으며, 이때 미군은 KORAIL의 화차를 임대하고 있는 우리군과 다르게 사유화차를 보유하고 있음
미군사유화차를 살펴보면 아래 그림과 같이 평판화차 상부 표면에 4개의 레일이 설치되어 있고, 각 레일에는 위치 이동이 가능한 결박자재가 내장되어 있음



그림 40 미군 사유 화차 결박장치 모습

다. 피기백 화차 탑재 트럭 결박 장치 모델 설계

- 1) 차체
 - 어복형차체 신규개발(일반도 참조)
- 2) 철도 규격품(표준품) 적용
 - 대차(주행장치), 제동구성품, 연결장치는 기존 규격품과 동일화 추진
 - 제동 System 배관은 신규 설계 적용
- 3) 연결호환성
 - 기존운행기관차, 객차, 화차류와 연결 가능한 구조 및 높이의 연결 시스템 적용
- 4) 차체 Floor 높이 제한
 - Floor 상면 높이(Rail 상면 ÷ Floor : Max 600mm)
 - 기존 전차선 Catenary와 간섭 회피 - 5,200mm
 [화물트럭 높이Max 4,500mm + 차체 Floor 600mm = 5,100mm]
- 5) 화물차량의 자차운영
 - 차량Floor 높이(Max 600mm)와 동일한 Platform이 구축되면 트럭 자차운전에 의한상,하역 가능한 구조로 구성
 - 트럭 차체의 전,후진 회전반경을감안한 차체 공간 확보 필요
 - Platform과 화차의 간격 고려 필요
- 6) 기타
 - 차체강도/강성을 보유한 시험/검사 실시
 - Proto 1량 개발 추진

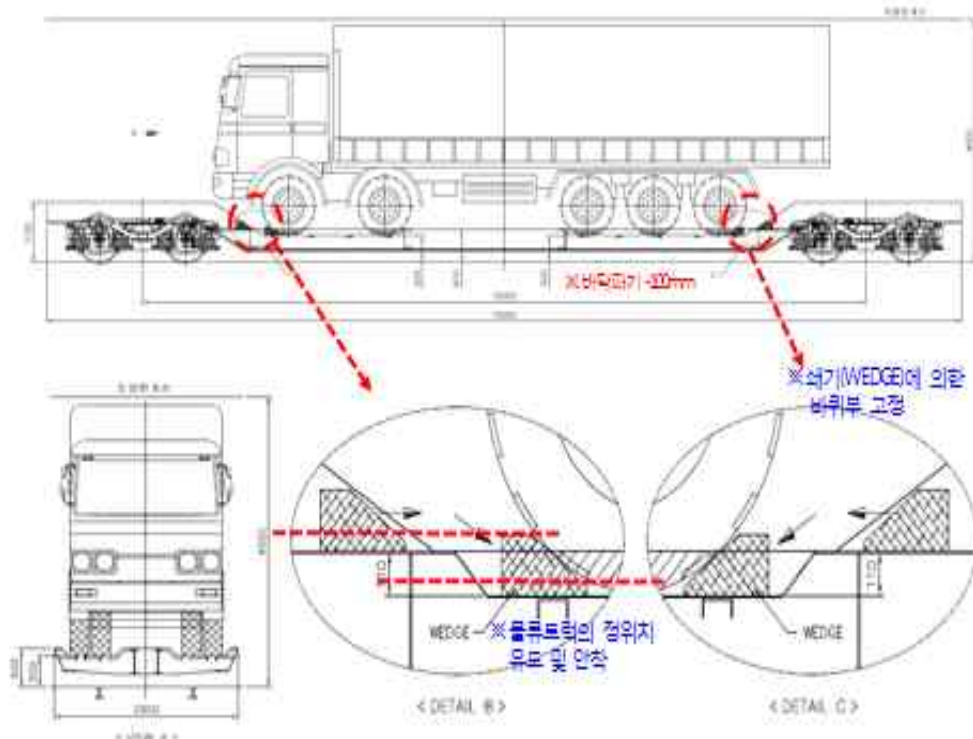


그림 41 화물트럭이 피기백 화차 상부에 탑재된 상태에서 웨지 형태의 고정 결박장치

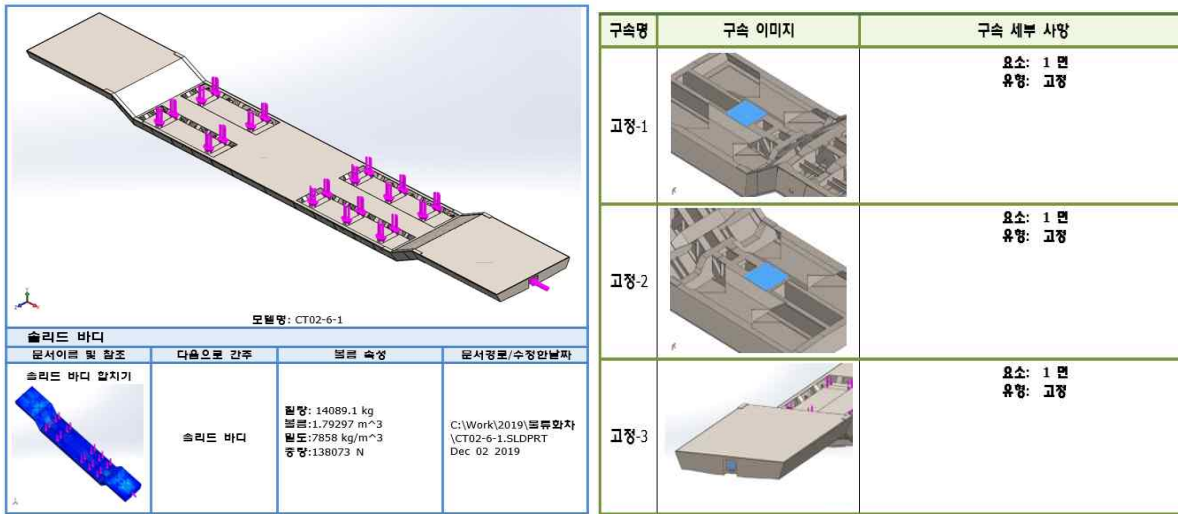


그림 42. 화물트럭이 피기백 화차 상부에 탑재된 상태에서 웨지 형태의 고정 결박장치 모델

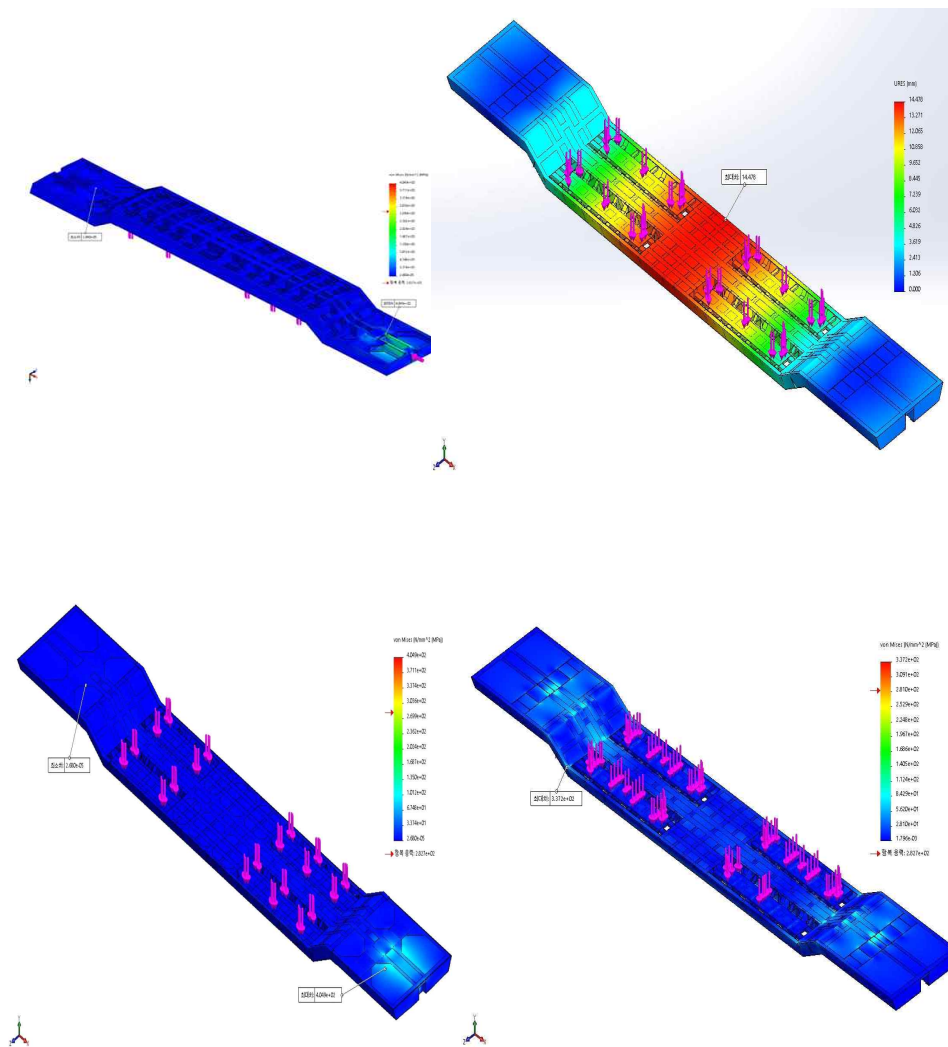


그림 43. 피기백 화차 상부에 탑재된 상태에서 웨지 형태의 고정 결박장치 구조해석 >

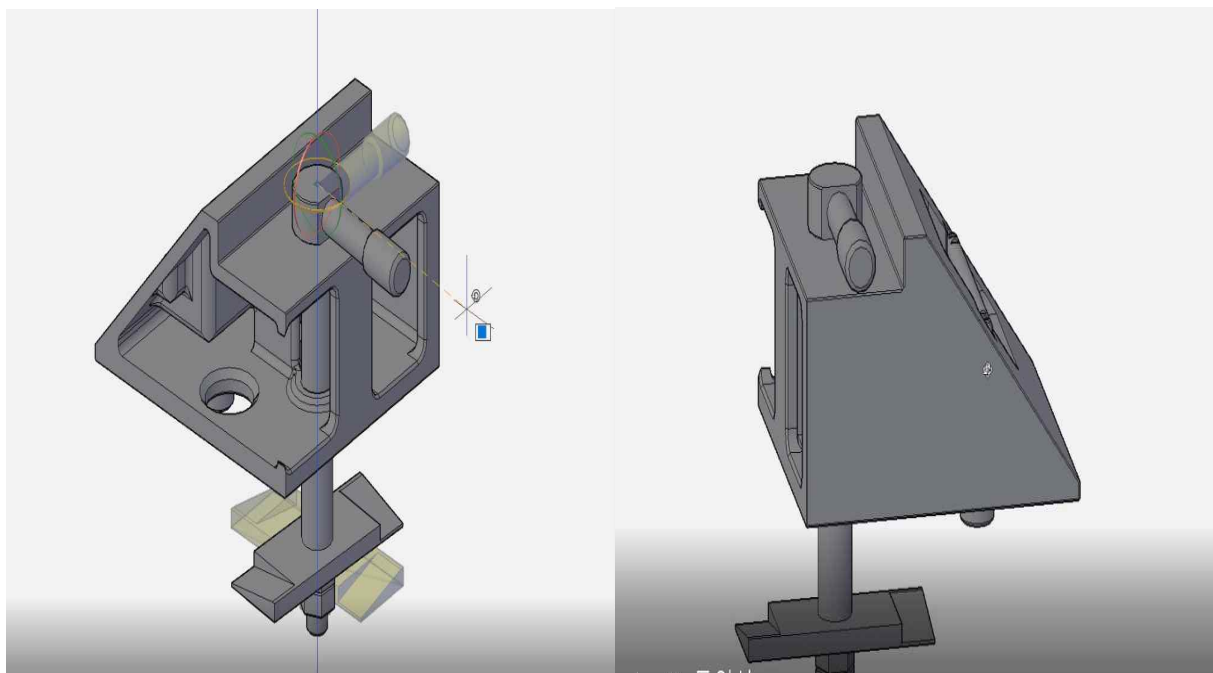
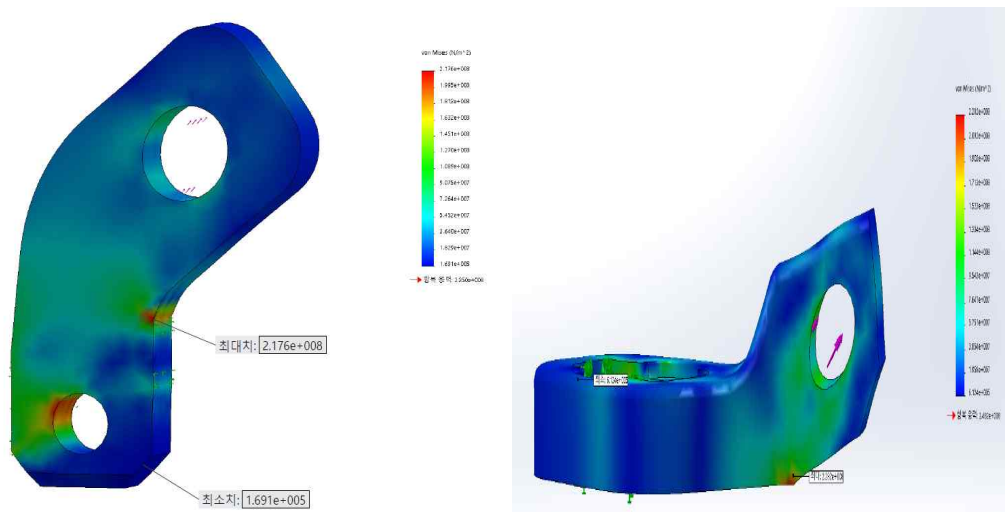


그림 44. 피기백 화차 상부에 탑재된 웨지 형태의 고정 결박장치 3D 모델링

2. 피기백 화차 안전운행을 위한 실시간 모니터링 장치 모델 설계 연구

가. 철도화물 화차의 운영 현황과 문제점

- 공사 내부규정상 점검·정비주기(1,600km 등)가 도래해도 일상점검 등을 생략하고 화물 운송에 투입하는 사례 다수 발생
차량의 점검·정비 등 안전보다는 운송 위주 차량운행 시각표로 유사 사고 재발 우려 등 철도 안전 위협요인 상존
* 일일 운행차량 총 2,268량 중 94량이 점검·정비주기 초과(특별안전점검 결과)
- 운행 거리에 따라 점검·정비주기를 설정하고 있으나, 적재 하중 및 사용 연수 등 차량안전에 영향을 주는 요인은 미반영
경정비(40,000km·평균 1년), 중정비(80,000km·평균 2년, 160,000km·평균 4년) 등
- 화물차량은 여객차량보다 2배 이상 하중 조건에도 불구하고, 점검·정비주기는 오히려 장기이고, 일부 점검·정비항목도 생략
(하중) 여객 45t, 화물 70~180t, (점검·정비주기) 여객차량 경정비 3개월, 화물차량 경정비 1년
- 일상점검 시 대조표가 부재하고 이력 관리도 미흡
화물차량 안전 핵심부품인 차륜의 유지보수 명세, 사용 연수 등 주요항목의 이력 관리 미흡
* 차륜 사용 연수, 유지보수 명세 등 파악 불가(화물열차 특별점검 결과)
- 대차 주요부위 등 차량 주요부위 점검·정비 시 맨눈검사만 시행하는 등 인력 중심 점검·정비로 인해 인적과실 등 정비 소홀 우려
- 화물차량의 차륜에 대한 일상점검 시 맨눈검사만 시행하고 정밀점검(비파괴검사)은 160,000km (통상 4년) 주기로 시행하고 있으나 결함 적기발견 한계
* 4년 주기는 차륜균열 등을 적기에 탐측하지 못한다는 전문가 의견 반영

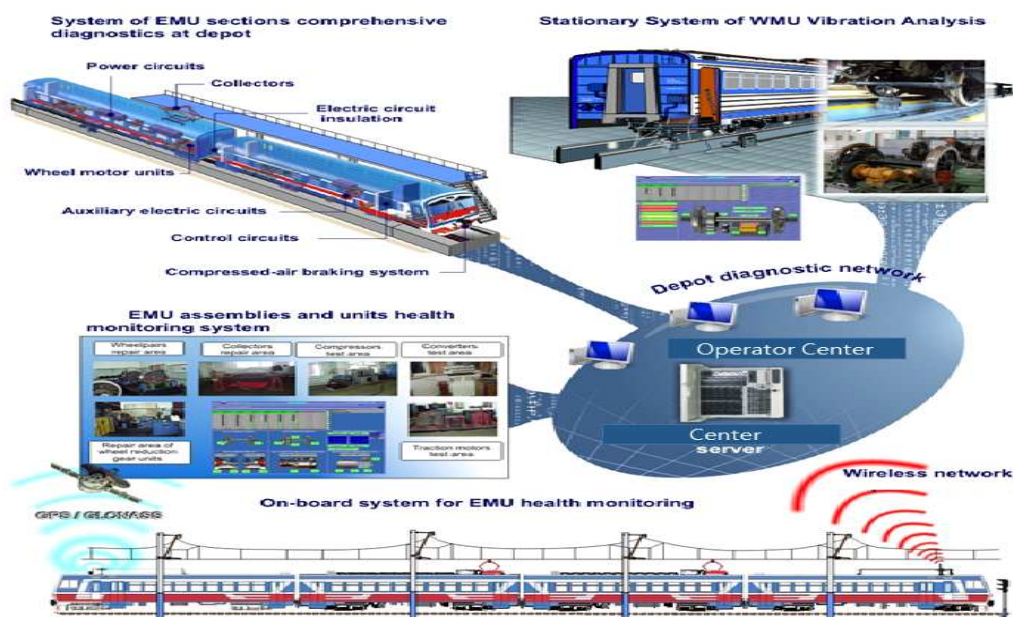


그림 44. IoT Network 기반의 실시간 차량 건전화 시스템

*출처: EMU assemblies and units health monitoring system COMPACS® -AGREGAT

화물열차의 과적초과로 발생하는 사고가 최근 5년간 사고 열차 종류 중 화물열차가 14건(53.8%)으로 가장 많이 발생했으며 19억 9100만 원 상당의 피해가 발생하였으며, 무궁화호 4건(사상자 21명, 피해액 198억 6800만 원), 전동열차 4건 피해액 4건(피해액 1억 1700만원), 시설 작업 차량 2건(피해액 1500만원) 그리고 초고속 열차와 새마을호가 각 1건(피해액 2억9700만 원) 사고 발생하였으나, 사고 대부분은 화물열차의 사고로 원인은 차륜의 파손, 부상, 균열, 그리고 차축 결손등으로 이런 사고 대부분은 화물의 과적으로 열차의 피로가 급증하는 것으로 지적되고 있다. 2016년에 실제로 화물 적재초과 차량이 7,200개 정도였고, 약 36.5%가 늘어서 1만 대에 육박하는 차량이 적재를 초과하고 있는 것으로 파악되고 있다. 이에 국토 해양부는 철도 사고·장애를 2027년까지 현재의 절반 수준으로 감축해 나가는 것을 목표로 기술 개발과 제도개선 등을 속도감 있게 추진하는 것을 목표로 삼고 있다.

- 운행 거리 1억km당 사고(건): ('16) 7.5 → ('22) 5.3 → ('27) 3.7
- 운행 거리 1억km당 사망자(명): ('16)12.0 → ('22) 8.4 → ('27) 5.9



<운행 거리 1억 km 당 사고건 수 · 사망자 수>

<차량고장 감축>

<작업자 사망 감축>

그림 45. 운행 거리 1억 km당 사고 건수

철도차량은 장주기 및 시스템 산업이며 시장성이 큰 국가 기간산업으로 특히 철도차량에서만 3만여 개의 부품장치로 구성되어 있어 부품장치의 비중은 신차 가격대비 평균 60% 수준을 차지하고 있다. 하지만 국내 철도부품산업은 아직 해외부품에 의존하는 경향이 뚜렷하고 운영사마다 사용하는 부품구성체계가 달라 차량제작 및 유지보수에 애로사항이 발생하고 있다. 이러한 이유로 국가 연구개발 투자를 통해 성능향상 및 국산화 개발을 수행해 왔으나 실용화는 부진한 실정이며 20년이 경과 된 노후 철도차량의 보유 현황을 보면 다음과 같다.

표 23. 20년 경과 노후 차량 현황

[단위 : 량, 기준일 : '17.12.31 기준]

구분	합계	고속 철도	급행 열차	일반철도						전동
				계	동력차	객차	발전차	화차	기중기	
차량수	16,840	1,530	230	12,522	606	920	116	10,865	15	2,558
노후 차량	6,229	-	-	5,492	237	435	87	4,730	1	737
비율(%)	37%	-	-	43.9%	39.1%	47.3%	75.0%	43.6%	6.7%	28.8%

* 급행열차 : 누리로(28량), ITX-새마을(138량), ITX-청춘(64량)

* 동력차 : 디젤기관차(280량), 디젤동차(150량), 전기기관차(176량)

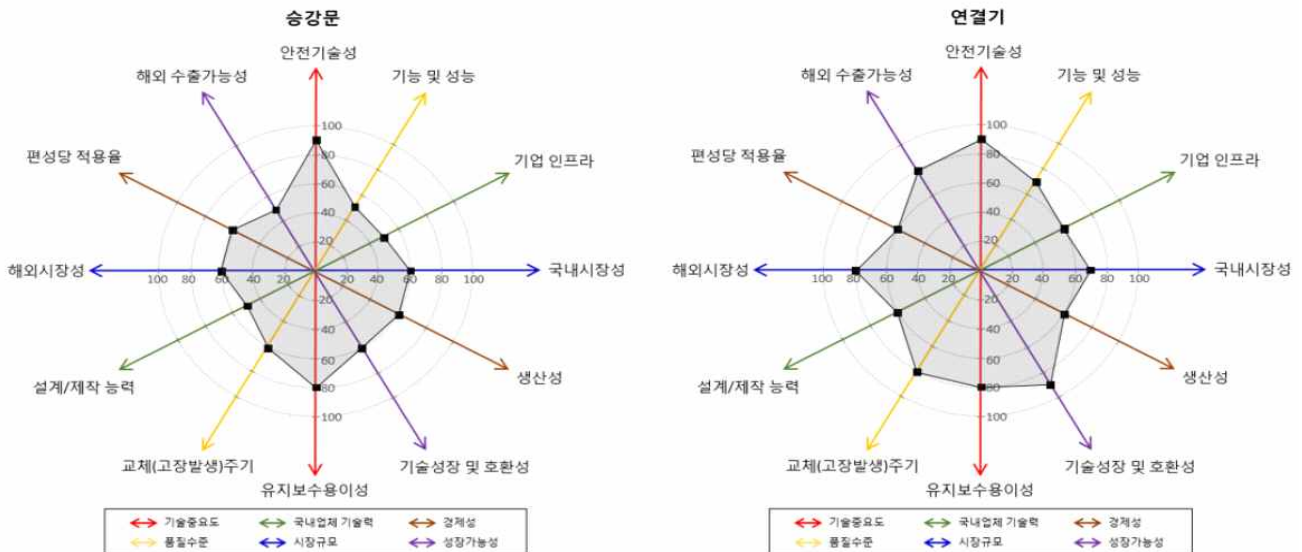
노후 철도차량 대부분을 객차도 문제이거나 발전차 및 화차도 노후 차량 대부분으로 차량의 건전성은 대단히 중요한 문제로 대두되고 있다.

표 24. 열차의 주요 모니터링 요소

번호	부품명	번호	부품명
1	제동마찰재	8	냉난방공조장치
2	축전지 및 충전기	9	운전실 주간제어기
3	제동작용 장치	10	운전실 Desk
4	주공기 압축기	11	기동 장치
5	비상방송 및 비상조명	12	통로연결막
6	승강문	13	보조전원장치
7	연결기		

* 화차에서는 5, 6, 8, 12, 13은 제외함

차량의 건전성과 실용화 위주의 품목들을 대상으로 특성을 안전 기술성, 국내시장성, 유지보수 용이성 및 해외 시장성을 축으로 특성을 각각 제동마찰재, 축전지 및 충전지, 제동작용장치, 주 공기압축기, 비상방송 및 비상조명장치에 대한 조사결과는 아래 그림과 같다. 감시 지표는 모니터링과 같은 개발 시급성, 영향력, 대체효과 등을 지표로 수요조사를 수행하였다.



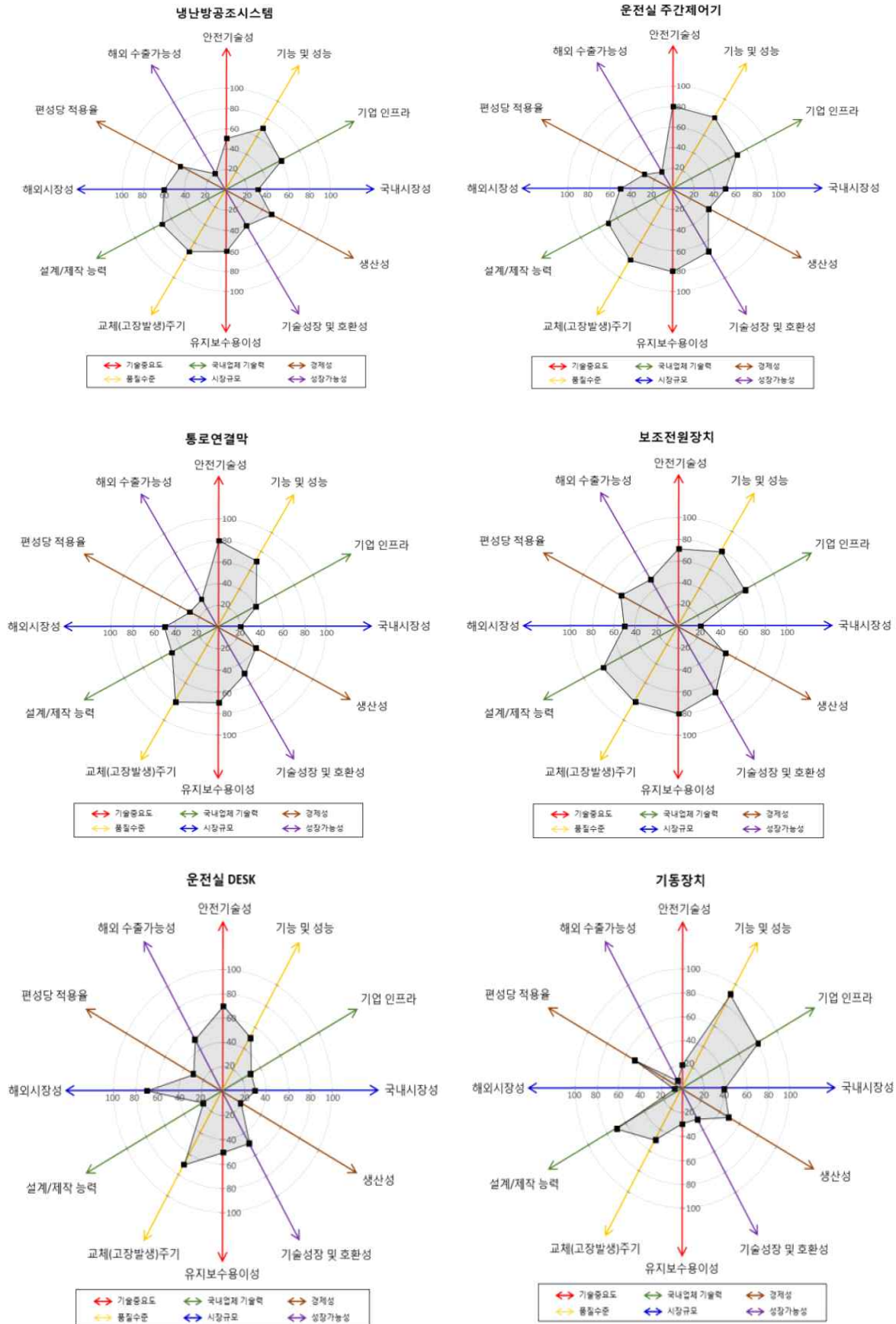


그림 46. 실시간 관리대상 특성분석

나. 실시간 철도 통합안전 감시 사례

1) 실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 기술개요

철도 탈선, 충돌, 화재, 공중사상 취약지점의 위험요인 상태를 실시간으로 감시하여 철도 사고를 최대한 사전 예방하고, 사고 발생 시 즉각적인 대처 및 사고 심각도 경감기술을 통해 철도안전 리스크를 최소화 할 수 있는 기술과 이 기술들이 통합화된 감시제어시스템을 이며 개발 사상은 다음 그림과 같다.



그림 47. 실시간 철도 통합안전 감시제어서비스 개념도



그림 48. 실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 아키텍처

2) 국내외 기술 동향

구 분	기술개발 현황
유럽	유럽의 철도차량 기술사양인 TSI(European Technical Specification for Interoperability)에서는 철도차량에 대한 실시간 차상 모니터링 방안에 대해 규정함으로써 철도차량의 탈선감지 및 오작동 검측을 강화하고 있음 - 스웨덴, Multilog online systems (SKF) 철도차량의 안전과 신뢰성을 향상시키고 유지보수비 절감을 목표로 손상 발생 가능 항목에 대하여 모니터링하고 알람을 표시함. 모니터링 항목 : 윤축 베어링 상태와 그리이스(grease) 수명, 차륜 찰상 및 형상, 대차 안정성 및 hunting, 탈선, 모터, 감속기, 동력 전달축, 불평형 및 공진 상태, 레일 상태 그림 49. Railway bogie condition monitoring 시스템 (SKF) - 영불 해저터널 자동소화 시스템 선진 철도의 경우 영불해저 터널의 경우 두 차례의 화재사고를 통하여 터널 내 자동 소화 시스템을 포함한 방재시스템을 설치하고 이를 관제하는 시스템을 운영하고 있음. 그림 50. 영불 유로터널 방재시스템 및 통합 관제실 설치 사례 - 미세 물 분무(Water Mist) 시스템 독일에서는 철도차량용 미세물분무(Water Mist) 시스템 개발이 진행되어 상용화 되었으며((주)마리오프, (주)포크텍, (주)아쿠아시스 등) 국내에서도 3개 중소기업에서 자체적으로 차량용 자동소화시스템을 개발하였으나 상용화 실적은 없음. 그림 51. 브레이크 상태 모니터링, FRA

- FRA는 미국 Amstedt사와 INOX Edge 모니터링 시스템을 개발하였으며, 이 시스템은 유류 탱크차 및 화물 열차 등 구동 전력을 공급할 수 없는 철도차량에 배터리를 이용하여 작동하며 핸드브레이크나 베어링 등에 무선센서를 부착하여 위성통신 또는 CDMA 통신이 가능한 장치를 경유하여 원격에서 열차의 상태를 모니터링 할 수 있도록 구현 됨

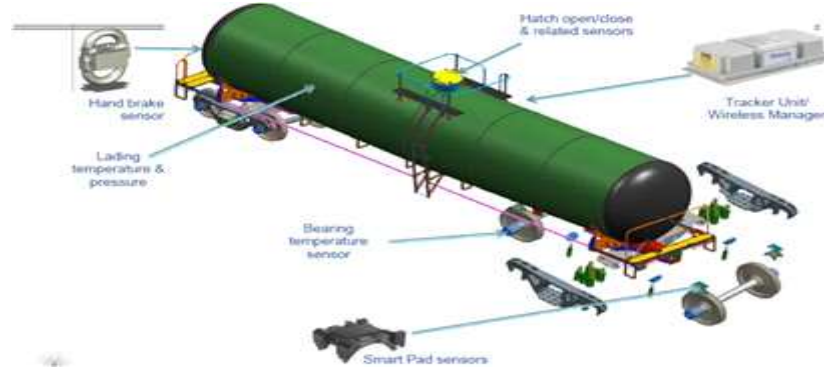


그림 52. INOX Product Placement, Amsted社

- COMORAN : Condition Monitoring for Railway Application (KNORR-BREMSE社)은 철도 차량 제동시스템에 포함된 대차 모니터링 진단시스템(Bogie monitoring and diagnostics)으로 안전과 관련된 중요 항목인 윤축 베어링의 손상, 불안정 주행 또는 탈선 등을 모니터링하고 진단할 수 있는 시스템임

미국

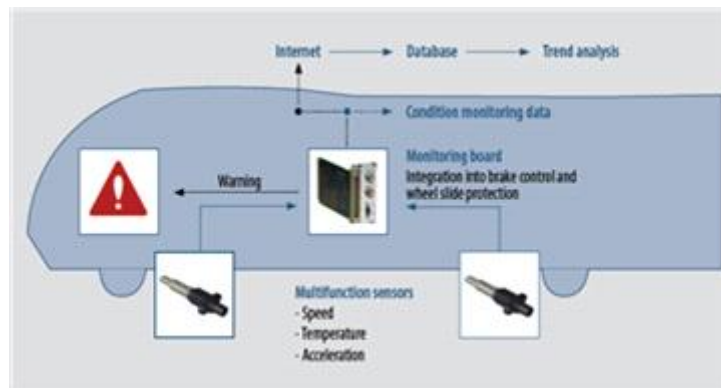


그림 53. 철도차량 대차 모니터링 진단시스템

미국 ENSCO사는 원격 기관차 상태 모니터링 시스템을 개발하여 Amtrack 기관차 등에 GPS 및 위성통신 안테나를 설치하여 견인 전동기 전류 등 기관차의 성능조건을 모니터링 하는 실험을 수행.

미국은 철강 생산설비 감속기(mill stand gear drive)의 베어링 온도를 모니터링 하기 위하여 온도 모니터링 시스템을 구축함(NUCOR Steel Arkansas, 2009)

미국 Mide Technology Corporation의 경우, 미연방철도청의 펀드로 철도차량의 자가 발전 무선 브레이크 상태 모니터링 시스템을 연구중에 있으며, 열차의 운행 중 진동 에너지를 이용한 PZT 타입의 에너지 하베스터를 사용하여 브레이크 상태를 모니터링 함

국내



- 서울시철도공사(SMRT) 기술 통합관제

국내에서도 통합감시시스템 필요성에 의하여 서울시철도공사(SMRT)의 경우 2010년 5월 전력, 설비, 통신, 신호, 스크린도어(PSD), 터널 감시, 영상분석 기능등 기본적인 안전감시 시스템을 반영한 기술통합관제를 자체적으로 수립하여 운영.



그림 54. 서울시철도공사(SMRT) 기술 통합관제

- 실시간 안전감시제어 시스템의 하위 시스템으로 구성될 수 있는 다양한 혁신적인 소방시스템이 제안되고 있으며, 한국철도기술연구원은 터널에 적용할 수 있는 궤도형 자동소화 로봇 시스템과 피난 유도 시스템의 기초 설계안을 제안한 바 있음



그림 55. 궤도형 터널 가디언 구상도

- 스마트 화재감지 및 제어 시스템

국내에서는 2011년 기준으로 스마트 화재감지 및 제어 시스템의 초기 시작 모델의 개발이 진행되었으나 현장 검증 실용화 단계의 기술적 보완이 필요하며 시장이 성숙되지 않아 상용화되지는 못하였음. 이러한 시스템은 철도전반의 스마트 방재 시스템의 도입과 함께 활용될 것으로 기대됨.

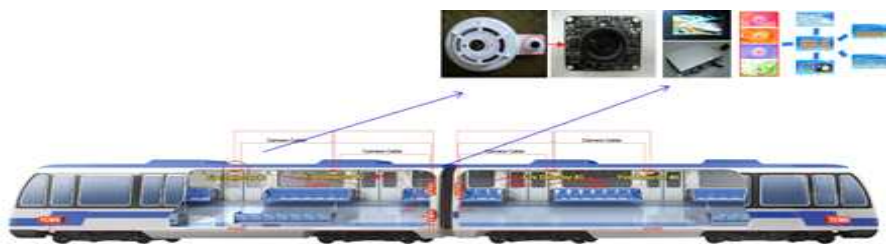


그림 A_53 철도차량용 지능형 화재감지시스템, (주)이플러티, 2010



그림 56. 철도터널용 지능형 배연시
시스템용 제어기, (주)리트코, 2010



그림 57. 철도터널용 영상화재감지 IP 카
메라, (주)투아이스스, 2011

3) 국가별 특허 동향

- 미국 등록 특허는 2005년까지 지속적인 감소세를 보였으나 2009년까지 완만한 감소 및 증가를 기록했다가 2010년 다시 207건으로 증가하였음
- 일본 특허의 경우, 2005년부터 2009년까지 큰 폭의 증가를 보이다가 2010년 538건으로 감소하였음
- 유럽특허의 경우, 매년 200건 내외 특허등록을 기록하면서 비슷한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났다음
- 한국 등록 특허의 경우, 2007년까지 증가추세를 보이다가 2008년, 2009년 등록 특허수가 감소하였으나 2010년에는 181건으로 다시 증가하고 있어 연구개발 투자규모 대비 양적인 특허성과 창출은 부족하지 않은 상황임

표 25. 각 국별 철도 분야 등록특허 연도별 현황 (단위: 건)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
한국	41	63	67	43	133	128	213	173	128	181
미국	258	235	201	170	141	165	149	142	158	207
일본	349	365	417	399	289	336	448	634	638	538
유럽	104	162	235	252	197	189	157	238	206	178

- 한국 등록 특허를 보유하고 있는 출원인의 국적 분포를 살펴보면, 한국을 제외하고 일본, 독일, 프랑스, 미국 순임
- 미국특허에서는 독일, 일본, 캐나다, 프랑스 순으로 등록 특허수를 많이 보유하고 있으며, 유럽특허의 경우에는 독일이 가장 많은 특허를 보유하고 있는 가운데 프랑스, 오스트리아, 미국, 중국 순임
- 전반적으로 미국, 독일 및 프랑스가 다양한 국가에서 철도 관련 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며, 일본은 미국과 한국 특허 보유비율이 상대적으로 높음
- 한국의 경우, 해외 특허 보유가 상대적으로 적어 기술경쟁력 확보가 미흡한 것으로 나타났으며, 중국은 유럽특허를 많이 확보해나가고 있는 것을 확인할 수 있음
- 철도 분야에서 국제 경쟁력을 확보하기 위해서는 자국뿐만 아니라 시장진출 국가의 특허권을 확보함으로써 시장진입 시 기술적 장벽을 제거하려는 노력이 필요함

표 26. 특허출원인 국가별 분포

구분	한국 특허 건수		미국특허 건수		유럽특허 건수	
1	한국	952	미국	856	독일	874
2	일본	106	독일	164	프랑스	257
3	독일	45	일본	132	오스트리아	160
4	프랑스	24	캐나다	113	미국	135
5	미국	13	프랑스	60	중국	117

히타치(일본)는 각국에 자사 특허를 등록하여 특허 포트폴리오를 구축하고 있으며, 지멘스(독일) 및 알

스통(프랑스), 봄바디어(캐나다) 역시 유럽 및 미국특허를 중심으로 특허를 확보하여 국제 경쟁력을 확보하고 있음

국내에서는 한국철도기술연구원이 보유한 등록 특허가 192건으로 가장 많은 가운데 한국철도공사(16건), 서울메트로(15건) 등의 관계기관 특허는 많지 않은 것으로 조사되었음



그림 58. VR 기반 기관차 가상화

- IOT 기반을 위한 기반기술

기존에는 10칸 1편성 열차 기준으로 20m의 차량 1칸마다 배전반 1개를 설치하고 사람이 이동하면서 수 천 가닥의 배선을 하나하나 점검해왔지만, 관제에서 차량의 전장 제어장치 상태 모니터링 및 원격 제어가 가능해 완전 무인 자동화 차량시스템 운영이 가능해졌다. 또한, 국외 신규 차량 발주 사양을 만족하는 기술(이더넷 기반 철도차량 네트워크·차량) 확보할 수 있게 되었다.

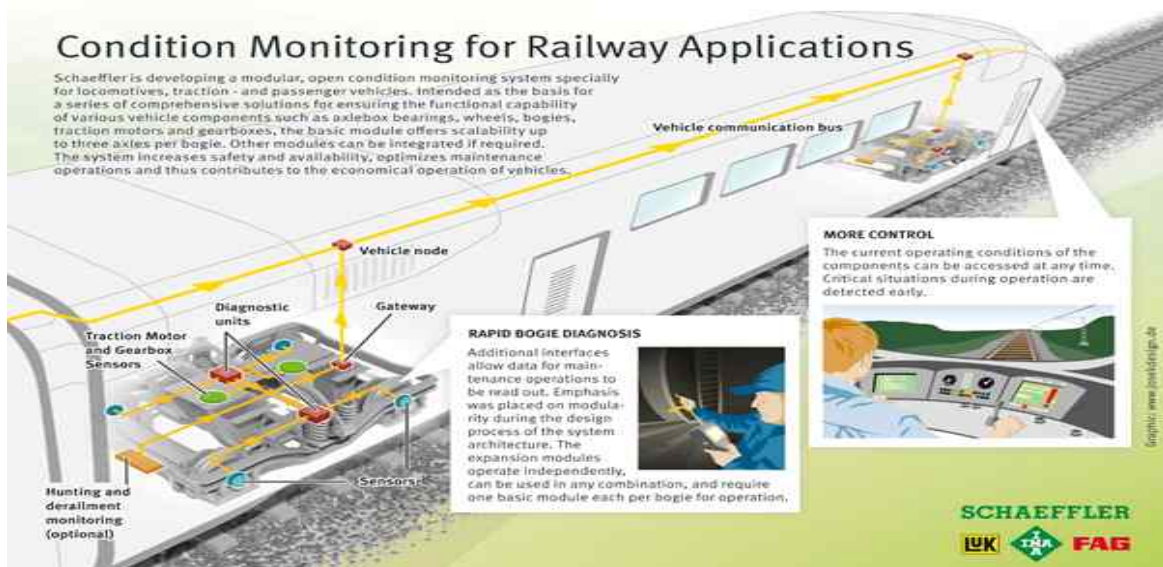


그림 59. 유선화를 통한 운전데이터 모니터링

특히 녹색 교통체계 구현에 대한 세계적인 관심이 고조되는 시기에 기후변화, 환경오염, 자원고갈에 대한 사회적 관심이 커짐에 따라 저탄소, 친환경, 고효율 교통수단의 활용이 점차 확대되고 Peak Oil의 도래와 석유생산 감소로 화석연료에 의존한 성장의 한계에 도달하고 있다. 따라서 철도의 운영환경은 미래를 위한 교통수단으로써 주요한 위치를 담당하고 있다. 결국, 열차에 대한 Need는 스마트화되면

서 차량의 주요 장치가 네트워크로 연결되어 실시간으로 동작 상태를 감시하고, 각종 센서와 카메라로부터 수집된 데이터를 분석하여 운행 시 이상 징후를 예측함으로써 열차의 안전을 확보한다. 열차가 이와 같은 다양한 서비스를 제공하기 위해서는 열차 내 대용량 정보전송을 위한 네트워크 기술이 유·무선으로 안착하여 가고 있으며, 과거에는 기관사가 신호등 색을 통하여 허용된 속도를 인지하고 열차를 운행하였지만, 최근에는 지상과 차상에 설치된 센서와 무선 통신 장치를 이용하여 무인자동으로 열차를 운행하고 있다. 국내에는 대표적으로 신분당선, 의정부경전철, 용인경전철이 그러하다.

그러나, 이러한 최첨단이라는 기술로 무장된 열차운행에도 불구하고 아직 철도차량은 릴레이 등 전기소자로 구성된 전기회로(아날로그식 방법)와, 저속·다중의 네트워크를 통하여 제어되고 있는 것이 현실이다. 따라서, 차량의 일상점검과 더불어 전기소자의 열화, 전기회로의 물리적 불량은 예측 불가능하므로, 정기적인 점검이나 고장 이후에 숙련된 유지보수 인력에 의한 점검만이 유일한 지금까지의 해결 방안이다.

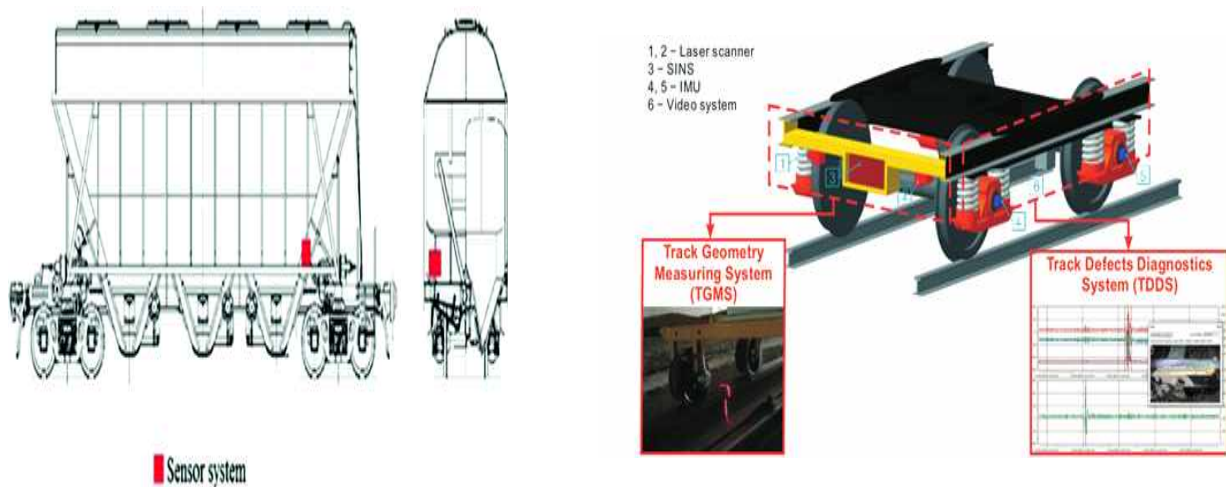


그림 60. 실시간 데이터 감증을 통한 유지보수

또한, 수십 kbps의 저속·다중 통신방식은 주요 장치의 입출력데이터 감시 및 고장정보 수집에만 활용되고 있다. 예방 유지보수를 위한 전차선, 차축 베어링 등의 계측정보 및 객차 내 상태감시용 CCTV 영상전송을 지원하기 위하여, 별도의 모니터링망을 설치하여 운영하고 있다.

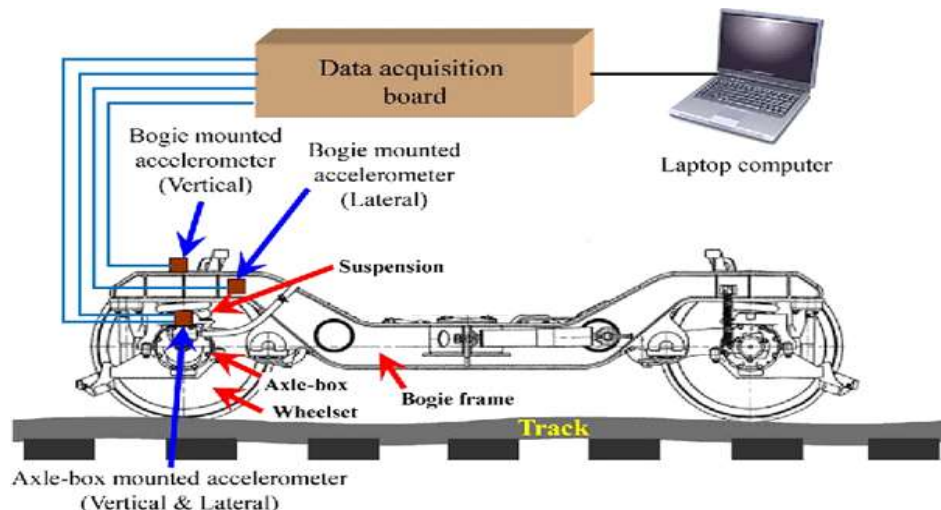


그림 61. 컴퓨터를 통한 유지보수 포인트 점검

유럽의 철도운행사, 차량 제작사 등을 중심으로 한 Shift2rail 프로젝트를 통하여 차량 기능 표준화,

장치의 모듈화 및 차/지상 간, 차량 내 네트워크 기술에 대한 연구가 진행되고 있다. 국내에서도 R&D 프로젝트를 통하여 차량 전기회로의 디지털 기술 및 국제규격(IEC, International Electrotechnical Commission)을 만족하는 100Mbps급 이더넷 차량 네트워크 기술에 대한 연구가 수행되었다. 이를 통하여, 기존의 전기소자로 구현된 제어회로를 제어기와 소프트웨어로 디지털화하여 실시간으로 제어회로의 이상 징후를 예측하여 차량의 안전을 확보하였고, 기존 시리얼 통신 대비 수 천배 이상의 전송성능을 갖는 단일 이더넷 네트워크로 차량 내 장치 간 제어정보 및 실시간 감시정보 전송이 가능해졌다.



그림 62. 차량간 데이터 전송(무선)

이로써 국내 철도차량은 스마트 철도운행을 위한 기반을 마련했다고 볼 수 있다. 기술 분야의 유지보수 측면에서는 IoT 및 ICT 등 스마트 기술을 활용하여 철도 유지보수 분야(차량, 시설, 전기)의 패러다임을 시간 중심의 유지보수(TBM, Time Based Maintenance)에서 데이터 중심의 상태기반 유지보수(CBM, Condition Based Maintenance)로 전환하기 위해 시범운영과 연구개발이 한창 진행 중이다.

구체적으로 진단시스템, 실시간 무선시스템 기능 등을 주 공기압축기에 접목하여 장비 상태를 예측하여 사전 수리가 가능하도록 유지보수 기간을 알려주고, 공기압축기 에너지 흐름을 관리해 현재 상태를 피드백해주며, 실시간 고장정보 수집 및 분석을 통한 철도차량 주요 장치 고장예측 기술 개발을 추진 중이다. 또한, 냉난방 온도관리에서 실내의 습도 및 승차감을 실시간으로 감시하여 최적의 객실 상태를 유지하고 감시하는 기술 개발을 진행 중이다. 그중 철도차량 상태진단장치 기술 개발은 국가 R&D 사업으로 활발하게 진행되고 있는데 고속차량에 차상 결함 검출 모듈을 구축하기 위해 162개의 외부 센서(차륜, 차축 베어링, 대차센서 등)와 95개의 내부 센서(열화상 카메라, 송풍기 센서 등)를 장착하여 시범운영 중에 있다. 2019년도에는 고속차량 주요 부품(모터 블록, 견인 전동기 냉각송풍기, 배전반, 차륜, 차축 베어링) 및 물류 차량 차륜 및 차축 베어링에 대하여 고장결함을 예측할 수 있게 된다. 국토교통부에서는 2017년 11월 빅 데이터, IoT 등 스마트 기술을 이용해 철도 환경을 더욱 안전하게 만드는 기본계획을 발표했다.

그 내용을 보면 철도차량 분야는 현재 연구개발 중인 기계장치를 포함하여 제동장치, 전장품 등 주요 부품에도 센서를 부착하고 균열, 마모, 열화 등의 징후를 감지하여 교체, 보수 시기를 제시하는 주요부품 실시간 고장예측 기술 개발 실용화를 추진한다는 전략이다. 더불어 철도차량 디지털화의 기반기술인 내장형 시스템을 철도안전 국제표준에 부합하도록 고안전 공동 플랫폼으로 개발하고, 감지 기술과 인공지능 기반 판단 기술을 바탕으로 차량정비 자동화를 위한 지능형 공장 구축, 철도 차량별 고장 상태를 고려한 부품분류체계 수립 및 통합형 이력 시스템을 구축한다는 내용도 포함되어 있다.

실시간으로 차량/인프라의 열화 상태, 객차 내 상황을 감시하는 관제 시스템, 무인자동으로 운행하는 초고속 열차에서 끊임 없는 고품질 영상과 철도차량 제어기 성능고도화, 차량 내 /차지상간 네트워크 기술의 안정성과 보안성 확보, 차량 부품 간 호환성을 위한 인터페이스 표준화와 같은 기반기술에 관한 관심과 연구가 지속하여야 한다.

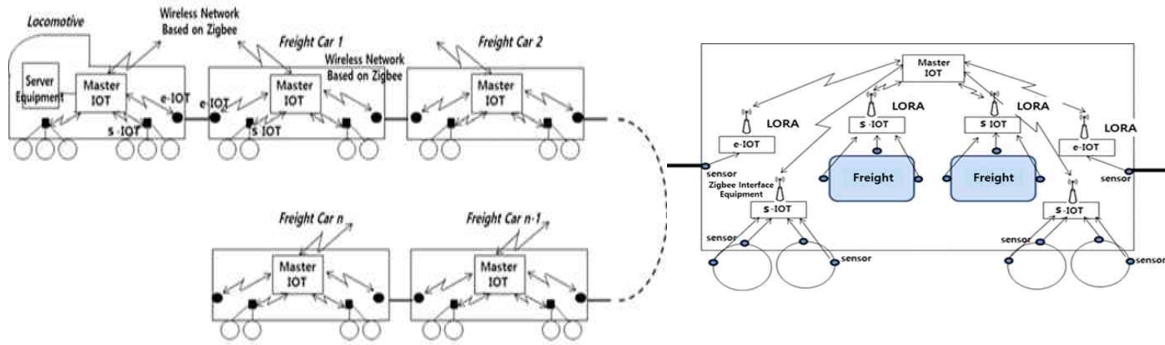


그림 63. 차량간 계측과 통신방안 개념도

전체 차량 수명 주기에서 유지보수 비용은 30% 이상 차지한다는 것이 정설이며, 유지보수를 효율적으로 시행하는 것은 차량 운영 측면은 물론 철도차량 설계·개발 측면에서도 매우 중요한 사항이 되었다. 과거 대규모 정비 예산이 필요한 사후 정비에서 주기적으로 부품 교체를 시행하는 예방정비로 발전하였지만, 우발적인 고장 발생을 사전 예방하지 못하고, 획일적인 주기적 예방정비는 비효율적이기 때문에 최근 RCM의 하나로 RM, CBM 등의 스마트 유지보수 기술 개발이 요구되고 있고 진행 중이다. 당사에서도 RM의 하나로 최근 TCMS에서 기록되는 고장리스트 데이터를 분석하여 특정 고장의 발생 빈도와 이상빈도 지수를 예측 및 분석하며, 이를 FRACAS와 연계하여 신뢰성을 분석하고, 고장 원인별 정비 작업을 지원하는 시스템을 개발하여 적용 중이다.

차량에 적용하고 있는 주기적 예방정비 체계는 몇 가지 비효율적인 요소를 가지고 있다. 즉, 부품의 노화 및 열화 상태를 고려하지 않고 정상적인 부품마저도 일률적으로 교체 또는 분해/조립한다는 점, 유지보수부품을 종류에 따라 과다 또는 과소 보유함으로써 차량 고장 시 대응조치가 지연되거나 자원 낭비를 한다는 점 등이며, 이를 개선하기 위한 대안으로서 차량과 부품의 상태에 따라 유지보수를 시행하는 기법인 상태기반 유지보수(CBM :Condition Based Maintenance)가 있다. 더 나아가면 RCM의 실체라고 인정받는 CBM 기술이 있다. 누구나 다 적용이 시급하다고 하는 CBM을 당장 도입하고 싶어도 그럴지 못한 이유는 CBM 기술은 이것을 개발·적용·운영하기 위해서 전술한 통합네트워크 기술 바탕에서 구현되어야 효율적이며, 4차 산업혁명의 주요 기술을 집합해야 하기 때문이다

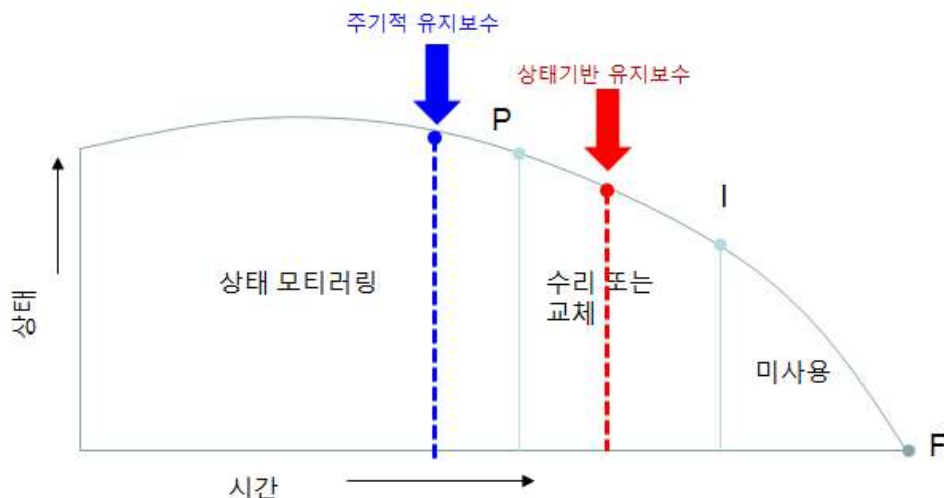


그림 64. 대상 부품에서의 상태기반 유지보수 곡선

CBM 기술의 운영을 위해서는 CBM 시스템 아키텍처를 구성하고 주요 장치의 상태 데이터 분석 로직과 이를 확인할 수 있는 효율적인 Dashboard를 개발해야 한다.

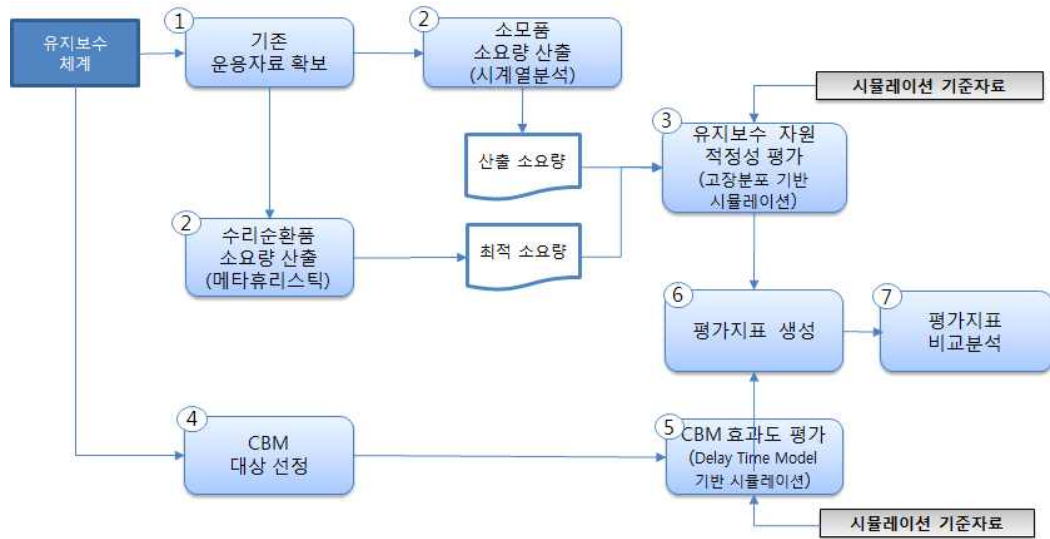


그림 65. 유지보수 최적 안

여기에 유지보수 데이터 축적, 축적 데이터의 신뢰성 분석 및 이를 피드백 반영한 유지보수 절차 및 방법 개선과 이에 대한 전문 인력의 확보 및 운영이 중요하다. 차량 및 각 주요 장치의 위치·속도·가속도·유량·전압·전류·압력·소음·진동·방출·CCTV·제어 명령 등의 정보와 특히, 안전과 직접 연관된 대차의 대차프레임·현수장치·차륜·차 축 베어링·감속기 등의 변위·회전속도·온도·가속도·진동 주파수 등의 상태 정보를 실시간으로 수집한 후, 이를 일단 차량 단위로 모아 전체 Raw 데이터는 차량 중앙의 Data Bank로 보내고, 필요한 자료를 일차적으로 분석한 핵심데이터는 중앙서버·차량 컴퓨터·운전자에게 알려줘야 한다. 중앙서버에 수집된 전체적인 데이터는 예방유지보수 분석은 물론 유지보수 비용 저감을 통한 전체 LCC를 최소화하기 위해 분석, 평가되어야 한다.

그런데 고장 진단 문제는 실제 발생하는 고장의 경우 단순한 하나의 신호만으로 검출할 수 없는 것도 있으며, 어떤 신호가 그 이상 징후를 사전에 예보할 수 있느냐가 정확하게 밝혀지지 않는 것도 있다. 복합 신호 연관 고장이 발생하는 경우 다수의 신호를 자동으로 분석하여 그 고장과 연관이 있는 신호를 잡아내고 그 수준을 평가하며 기준을 제시할 수 있는, 데이터 마이닝을 통한 딥러닝 등 기계학습에 의한 분석과 진단이 필요하다. 또한, 통신 속도와 보안 문제도 극복해야 한다. 여러 장치에서 보내는 신호의 양은 그야말로 BIG Data라 할 것이며, 이것은 클라이언트·집중서버 방식의 거대 규모 DB 시스템의 네트워크 트래픽 이슈와 유사한 문제를 일으킬 수 있다. 속도와 보안 이슈 관련 현재 주목받고 있는 블록체인 기술이 향후 대안이 될 수 있으며, 분산 서버 처리에 의한 전송속도 해결, 보안 강화 및 분석 방안도 고려되어야 한다.

한편, CBM이 향후 본격적으로 적용되기 위해서는 현 대비 유지보수 시스템 변화에 의한 플랫폼 구축 및 근원적인 체계 변화도 고려하여야 한다. 하지만, 국내 철도차량은 성능에 대한 최소 요구사항 부재로 인하여 기능 중심의 디지털 전장 장치가 제작되고 있으나 노선별, 제작사별로 다른 장치 간에 통신 규격으로 인하여 차량의 호환성과 확장성이 보장되지 않는 문제점을 갖고 있다.

2-6-3. 역내 운영 요구 조건 분석

1. 피기백 화차 수송

가. 철도화물수송 환경의 변화

철도화물수송은 대용량 고효율의 수송수단이기도 하나 유연성과 접근성이 낮다는 점에서 역할이 점점 축소되고 있는 추세이다. 이는 국내에 국한된 현상이 아니라 대부분의 국가에서 나타나는 공통적인 현상이다. 반면 도로를 이용하는 도로교통 화물수송은 철도화물수송에 비해 유연성 및 접근성에서 상대적으로 장점으로 인해 철도화물수송과 달리 점점 물류시장에서의 역할이 증가하고 수송량도 지속적으로 증가하고 있다.

그러나 도로화물수송은 환경오염의 심각한 영향, 높은 안전사고의 위험, 혼잡비용의 과대발생 등의 높은 사회적 비용을 유발하는 물류교통수단이다. 따라서 도로교통 일변도의 화물수송시스템의 전환은 과도한 사회적 비용을 초래할 수 있는 단점이 있다. 최근 도로중심의 화물수송은 철도와 해운수송과 같은 대체 수송수단의 발전을 저해하는 요인이 되고 있다. 하지만 이러한 도로중심의 물류수송체계는 최근 경제적 사회적 변화에 대응하는데 한계가 있다는 견해가 지배적이고 점점 변화의 양상이 보이고 있다.

화물철도 수송에 대한 환경 변화는 우선 유럽을 통해 확인할 수 있다. 유럽에서는 1991년에 철도부문의 자유화에 관한 첫 번째 지침이 내려진 이후 유럽차원에서 경쟁 촉진 을 위한 대책들이 추진되고 있다. 유럽철도는 2001년 “철도교통의 활성화”를 위한 백서를 발표하면서 2010년까지 유럽의 교통 정책을 공식화하였다. 여기에서 유럽철도는 네트워크 확장을 통한 시장개방 이외에도 유럽국가의 서로 다른 철도환경을 조화시키는 상호운영에 대해서 추진하여왔다.

나. 피기백 수송의 필요성

현재 철도수송은 철도터미널 기점에서 철도터미널 목적지까지 운송은 빠르고 효율적이지만, 공장의 컨테이너가 화차에 적재되기까지 그리고 다시 도착된 화물열차에서 고객의 목적지까지 화물의 이송과정은 매우 복잡하다. 따라서 철도수송 이전단계와 이후단계에 의해 철도수송의 장점이 충분히 발휘되지 못하고 있다. 기존 철도선로를 통해 화물수송을 할 경우 나타날 수 있는 문제점은 DOOR TO DOOR 서비스가 어렵게 되어 비용증가로 인해 철도수송이 줄어들 수밖에 없을 것이다.

철도수송의 경우 출발지에서 목적지까지 이뤄지는 수송프로세스가 상당히 복잡하다. 출발지에서의 셔틀비, 출발지 및 도착지에서의 적재비, 철도수송 직전의 대기 및 배열 준비작업을 위한 크레인 또는 스택커 작업비, 그리고 기타유통비 등이 발생하게 된다. 향후 화물 수송량의 증가에 대비 현재의 철도수송방식을 그대로 적용할 경우 CY 야적장 등 시설 및 부지의 확충은 물론 크레인과 같은 장비가 추가로 필요하게 되어 경제적 추가 재원 및 지속적인 인력 보충이 요구된다. 따라서 피기백 화차를 통한 수송체계의 도입이 필요하다.

다. 피기백 수송의 특징

피기백 수송은 도로 수송용의 트레일러를 그대로 철도의 평장물차에 싣고 수송하는 것으로 자동차와 철도의 복합운송방식이다. 이는 자동차의 기동력과 철도의 대량안전수송의 장점을 결합시킨 것으로 비교적 차량한계가 여유 있는 미국철도에서 처음 도입되어 활발하게 운영되고 있다. 이는 돼지가 새끼를 등에 태우고 다니는 형태라는 뜻에서 피기백(Piggy Back)이란 이름이 붙여졌다. 이 방식은 차체 평상이 높은 독일이나 일본에서는 적용이 어려웠으나 평상의 높이를 낮추어 트레일러를 집어넣는 방식(일명 캥거루 수송)으로 전환하였으며, 일본의 경우 저상식 초소형 화차를 개발하여 운영하고 있다.

피기백 방식은 대차 위에 트레일러나 트럭에 컨테이너를 함께 적재하는 TOFC(Tailor on flat car)방식이다. 초기에는 철도터미널에서 트레일러에 트랙터만 연결하여 경사진 램프웨이(rampway)를 오르내리는 방법이 사용되었다. 하지만 장대 편성되는 화차에서 트레일러를 양하는 것은 불편해소하기 위하여 대형 리프트카인 피기 팩커(Piggy Packer)가 사용되고 있다. 이는 컨테이너와 트레일러가 하나로 되어 때문에 하역시간이 짧고 행선지의 분류 없이 최종 행선지로 배송할 수 있는 장점이 있다.



그림 66. 피기백 운송방식

2. 피기백 화차 철도물류 기지내 수송 활성화 분석

가. 피기백 화차 역내 수송시 주요 고려사항

철도물류의 핵심 고려사항은 네 가지로 구분할 수 있다. 먼저 피기백과 같은 운송방식이다. 이러한 새로운 운송방식은 철도수송과 다른 수송수단과의 효과적인 연계를 위한 복합수송체계를 구축하기 위한 방향으로 고려되고 추진되어야 한다. 그림 3.1은 새로운 철도화물수송시스템으로 피기백 화차를 도입하기 핵심 분야에 대하여 제시하고 있다.



그림 67. 철도화물시스템 핵심분야 분류

이러한 새로운 운송방식으로 피기백, 바이모달, 스왑바디, 2단적재화차, 열차페리 등을 예로 들 수 있다. 철도물류가 발전하기 위하여 일정한 수송거리의 확보는 철도물류의 발전에 걸림돌이 될 수 있다. 하지만 외국의 경우처럼 시장여건에 적합한 새로운 기술개발을 통한 운송방식의 도입을 통해 극복하여

야 한다.

다음으로 물류 표준화를 들 수 있다. 물류 표준화에 관련된 기술 개발 방향은 정부의 정책을 고려하여 정의되어야 한다. 철도의 본원적인 특성상 완결적인 수송수단으로 발전하기 힘든 만큼 다른 수송수단과의 연계성을 고려하는 물류의 표준화의 방향을 설정하여야 한다. 세 번째는 복합수송체계이다. 복합수송기술과 관련해서 다른 수송수단 간의 연계를 원활히 할 수 있는 방안에 대한 기술개발 측면에서 고려되어야 한다. 또한 향후 철도발전을 연계를 대비한 상호운영을 함께 고려하여야 한다.

물류거점시설 또한 철도물류의 핵심요소이다. 터미널의 효율적인 운영을 위해 조차장 설계기술, 자동 조차방법, 메가허브 관련기술 그리고 운영기술은 물류거점시설의 분야에 속한다. 기타 핵심요소로 화차의 운영, 위치를 추적하는 방법, 화물종합정보를 제공하는 방향에 대해 효과적으로 검토해 보아야 할 필요가 있어야 한다. 피기백을 도입하기 위해서는 위 그림 2.1에 제시된 철도핵심 요소를 함께 고려하여야 한다.

나. 피기백 수송 서비스 영역 결정

1) 피기백 수송을 통한 서비스 영역 확대

철도화물수송은 철도화물역 또는 철도화물터미널에서 타 운송수단과 연계되어 수행되므로 넓은 의미에서 철도화물수송의 범위는 철도에 의한 간선수송부분과 연계터미널 또는 철도역에서의 화물처리부분을 포함한다. 즉 철도화물시스템의 서비스 영역은 철도간선 수송서비스와 환적설비로 볼 수 있으며, 철도 화물수송의 경쟁력은 이들 서비스 수준의 조합으로 결정된다고 볼 수 있다. 따라서 피기백을 도입하여 효율성 개선을 통하여 연계터미널에서의 집배송 및 환적비용과 철도간선 수송비용을 절감하게 되면 철도의 시장영역이 확대될 수 있다.

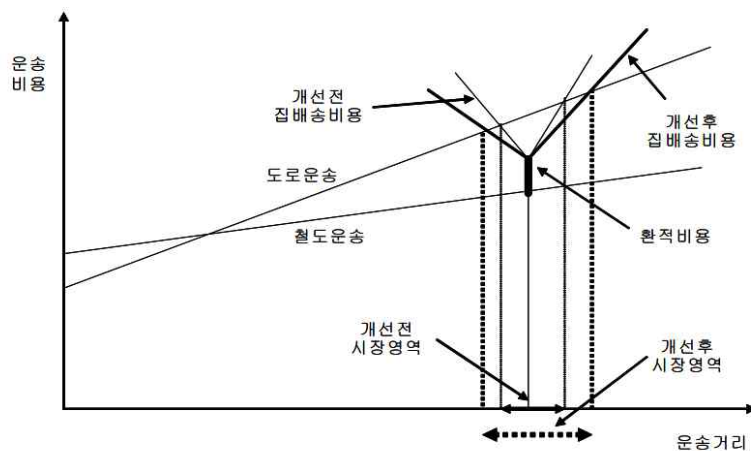


그림 68. 철도화물수송 시장영역의 변화

2) 피기백 서비스 결정요소

철도화물수송에 있어 “서비스결정요소”란 철도화물수송의 서비스수준을 결정하는 요소이다. 이와 같이 철도화물 서비스결정요소는 서비스의 질을 결정하는 요소에 따라 수단선택에 영향을 주게 된다. 철도화물수송의 서비스결정요소로 화물운송의 특성을 고려하여 수송비용, 수송시간, 유연성, 정시성, 서비스 적합성, 접근성, 정보제공성, 안전성 등 총 8개 요소에 대하여 고려할 필요가 있다. 수송비용과 수송시간은 경쟁수단과의 가격 및 시간경쟁력의 수준을 나타내는 요소이다. 유연성은 화주가 수송을 요구하는 시간대나 물동량의 변화에 대한 탄력적 대응 정도를 나타낸다. 정시성은 운송화물을 요구시간 내에 최종 목적지까지 도착하게 하는 서비스의 신뢰성을 의미한다.

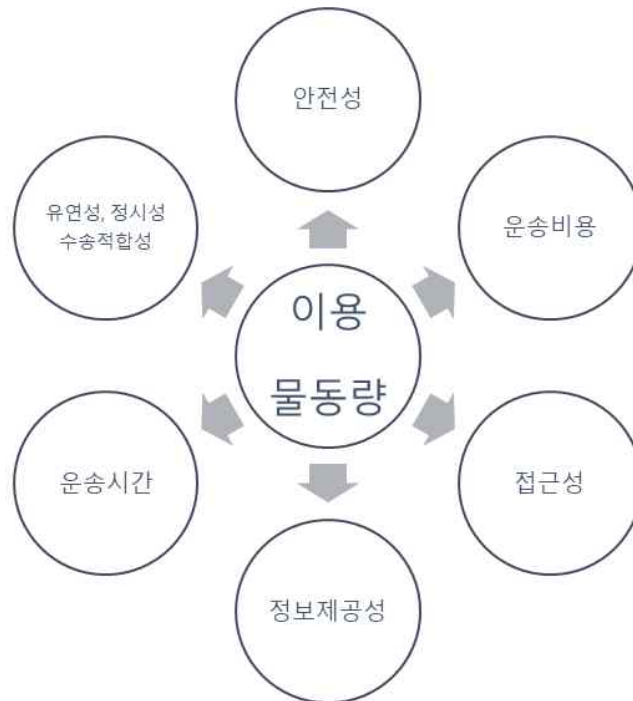


그림 69. 서비스 결정요소 간의 상호관련성

3) 피기백 수송 결정과 수송 활성화

피기백 수송 서비스 결정요소의 유기적인 결합을 통하여 서비스 질의 향상을 도모할 수 있으며 이는 결국 철도화물 활성화로 이어지게 된다. 서비스 결정요소의 유기적 결합을 극대화하기 위해서는 서비스 결정 요소간의 상호 연관성을 고려한 철도화물 수송 서비스망 구축 계획의 수립이 필요하다. 철도화물 운송 서비스망 구축계획을 수립하기 위해서는 운송 규모 대상 품목, 물동량의 지역적 분포 등 철도 화물 운송수요의 특성에 대한 면밀한 분석이 요구된다.

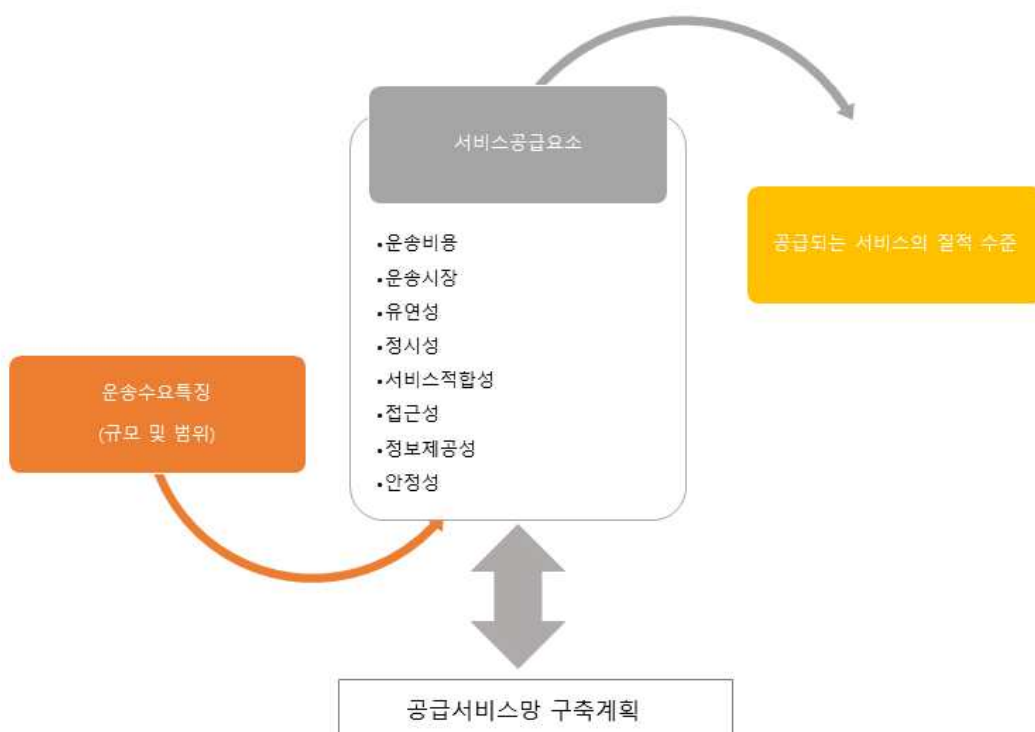


그림 70. 서비스 결정 요소와 피기백 서비스망 구축

3. 피기백 화차 운영 프로세스 설정 방안

가. 피기백 운영 프로세스

1) 블록열차(Block Train)

블록 열차(Block Train)는 스위칭 야드를 이용하지 않고 철도화물역 (Switching yard) 또는 터미널 간을 직접 운행하는 열차의 한 형태로 화차의 수와 타입이 고정되어 있지는 않다. 만일 물량이 충분하고 조차장이 적은 철도망이라면 블록열차는 매우 효율적인 서비스형태로 볼 수있다. 블록 열차의 최대 장점은 중간역을 거치지 않고 최초 출발역으로부터 최종 도착역까지 직송 서비스를 제공한다.

2) 셔틀 열차

셔틀 열차(Shuttle Train)는 철도역 또는 터미널에서의 화차조성비용을 줄이기 위해 화차의 수와 타입이 고정되며 출발지 목적지 출발지를 연결하는 루프형 구간에서 서비스를 제공하는 열차 형태이다. 블록 열차를 보다 단순화한 열차로 화차의 수와 구성이 고정되어 있어 터미널에서의 화차 취급 비용을 절감할 수 있다는 장점이 있다.

3) Y-셔틀 열차

Y-셔틀 열차(Y-Shuttle Train)는 한 개의 중간터미널을 거치는 것을 제외하고는 셔틀 열차와 같은 형태의 서비스를 제공하는 열차형태로 셔틀트레인과 마찬가지로 화차의 수나 타입이 고정되는 열차 서비스이다.

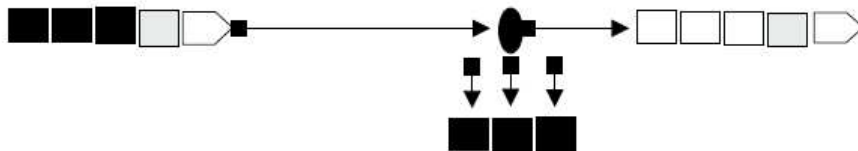


그림 71. Y-셔틀 트레인 서비스 개념

4) Coupling & sharing 열차

이 방식은 중장거리수송이나 소규모터미널에서 이용은 할 수 있는 소형열차 형태의 열차서비스이다. 기존의 modular train(소형열차), Single-Wagon train의 개선 대안으로 제기된 열차 형태로서 중간역에서의 화차의 취급을 단순화하여 열차조성을 신속하게 할 수 있는 장점이 있다

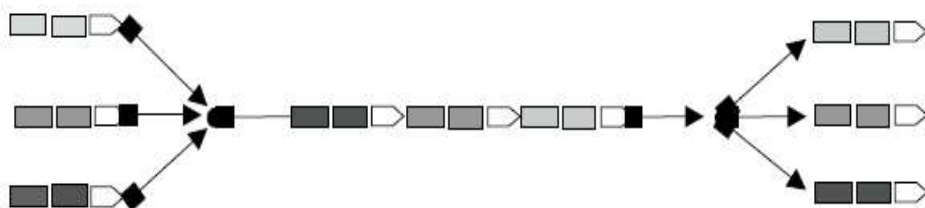


그림 72. Coupling & sharing 열차 개념

5) Single-Wagon Train

복수의 중간역 또는 터미널을 거치면서 운행하는 열차서비스로 철도화물 운송서비스부문에서 가장 높은 비중을 차지한다. 목적지까지 열차운행을 위한 충분한 물량이 확보된 경우에만 운행하므로 일반적으로 화물의 대기시간이 매우 높은 서비스형태이다.

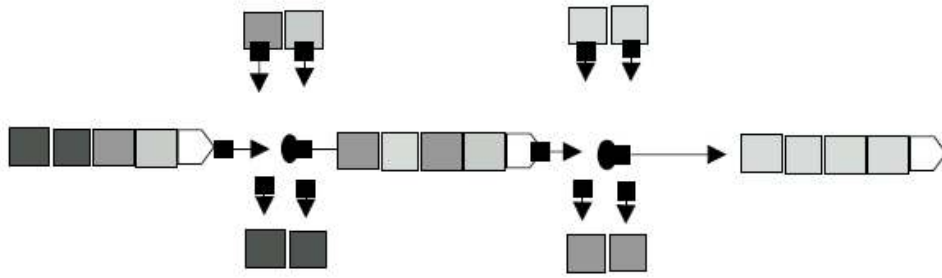


그림 73. Single-Wagon 열차 개념

따라서, Single-Wagon train은 운송 경로상의 모든 종류의 화차 및 화물을 수송하나, 모든 야드에서 화주가 원하는 시간에 따라 서비스를 제공하는 것이 아니라 열차편성이 가능한 물량이 확보 되는 경우에 서비스를 제공하게 된다. 중간역에서의 정차는 전체 수송시간의 증대를 초래하며 Single-Wagon 열차의 1일 수송 거리는 대략 200km정도에 지나지 않아 주로 일정한 수요를 가진 지역철도망에서 서비스가 주로 제공된다.

나. 피기백 운영전략 결정요소

피기백 수송서비스 운영전략은 다양한 열차서비스를 수송망에서 구현하는 전략을 의미하며, 이는 크게 물동량의 수준과 안정성, 철도노선과 터미널 및 화물의 공간적 분포형태, 관련 운송 업자 간의 경쟁 규칙과 협력관계 등의 요소들에 의해 결정된다.

1) 게이트웨이 전략

게이트웨이 (gateway) 전략은 다수의 출발지에서 대형터미널로 모여 대형터미널에서 몇 개의 간선 철도망과 연결하는 수송전략으로 셔틀 트레인으로 서비스하기에는 물량이 충분하지 않을 경우 채택할 수 있는 전략이다. 대형터미널이 일종의 게이트 역할을 수행하며, 셔틀 트레인, Y-셔틀트레인, 블록 트레인, 라이너 트레인 등 다양한 열차 서비스가 이용된다.

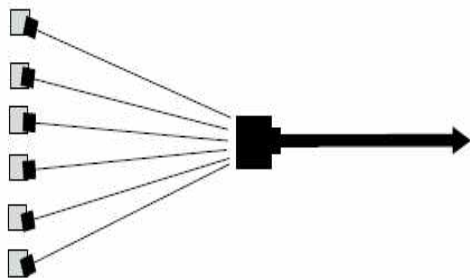


그림 74. 피기백 게이트웨이 운영전략

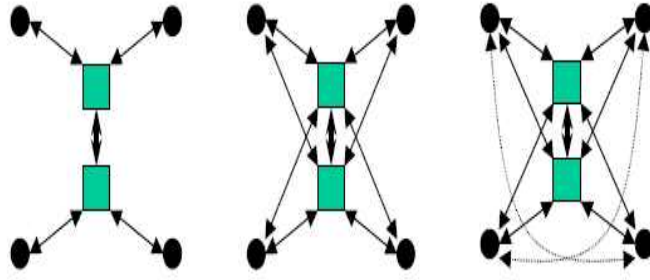


그림 75. Hub and spoke 전략

2) 헵앤스포크(Hub-and-spoke) 전략

헵앤스포크 (Hub-and-spoke) 운송전략은 다수의 기/종점을 가진 운송망에서 허브 터미널에 물량을 집중시킴으로써 규모의 경제를 이용해 운송망 전체의 효율성을 제고하는 네트워크전략이다. 기/종점별 이 용물량 모에 큰 편차가 존재하더라도 융통성 있게 운송서비스를 제공할 수 있다는 점 때문에 교통부문에서 널리 사용되는 전략이다.

이 전략의 장점은 운송물량을 허브에 집중케 함으로써 적재율 향상, 공차거리율 감소, 등을 들 수 있는 반면, 허브경유로 인해 직송 서비스에 비해 운송거리와 운송시간이 늘어난다는 단점이다.

4. 피기백 화차 운영 활성화 요구조건 방향 및 역내 운영 개념설정

가. 피기백 수송 활성화 기본방향

피기백 운송을 활성화하기 위해서는 철도화물시스템에서 서비스 결정요소가 상호 유기적으로 기능을 발휘하여야 한다. 그 결과는 양질의 서비스 제공으로 나타나며, 이를 위해서는 운송 서비스망에 대한 효율적인 구축 계획이 수립되어야 한다. 따라서 피기백 화물운송 활성화를 위해서는 전략적 기본방향은 다음과 같다.

- 수송전략이 구현 가능한 서비스망의 제공
- 이용자 중심의 서비스 제공
- 저비용 일관운송 서비스 기반 마련
- 철도화물 수송시장의 자율경쟁 환경의 조성
- 미래지향적인 지원환경의 조성

나. 피기백 수송 서비스 활성화 과제

앞서 제시한 피기백 철도화물 활성화를 위한 기본방향에서 내용들은 상호연관성으로 인해 병행하여 추진하는 것이 바람직하다. 예를 들면 운송전략이 구현 가능한 서비스망의 제공의 경우 물리적 시설확충이 가장 중요하다. 하지만 이는 이용자 중심의 서비스 제공이나 일괄수송서비스 기반이 마련되지 않으면 효과를 극대화할 수 없다.

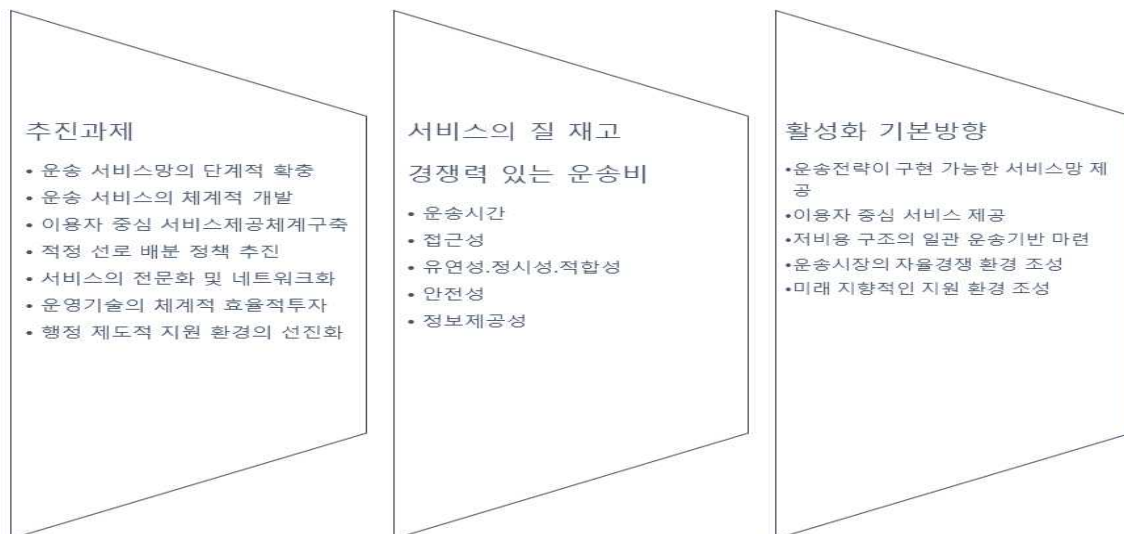


그림 76. 피기백 수송 활성화를 위한 추진과제

피기백 화물수송은 하나의 수송 시스템이기 때문에 부분적인 개선 대안 또는 각 하위시스템의 개선과 유기적으로 이뤄져야 한다. 따라서 앞서 언급한 서비스 결정요소, 서비스 활성화 방향에 고려해야 할 추진과제의 상호 연관성을 아래 그림 2.10과 같이 나타내었다. 철도 화물 수송 활성화를 위해서는 다음과 같이 5가지를 추진하여야 한다.

첫째는 피기백 수송 서비스망을 확립하는 것이다. 이는 운송시간, 접근성, 그리고 유연성 등과 밀접한 관계가 있다. 둘째, 서비스 인프라 시스템을 확립하는 것이다. 이는 수송서비스망의 확립과 밀접한 관련성이 있다. 셋째는 이용자 중심의 서비스를 제공하는 것이다. 이는 모든 서비스 결정요소와 관련이 있다. 또한 이는 철도 화물 운송의 잠재적 수요와 관련 있으므로 매우 중요하다.

넷째, 화물수송을 위한 적정한 선로를 배분하는 것이다. 이는 수송시간, 접근성, 유연성, 정시성, 서비스 적합성과 밀접한 관련이 있다. 다섯째, 서비스를 전문화하고 인프라 네트워크화를 추진하는 것이다. 이는 철도화물수송 이용가능성이 높은 품목에 대한 서비스의 적합성, 유연성, 정시성 등의 서비스

결정요소의 수준을 극대화시켜 화물수송시장의 규모를 증가시키는 결과를 가져올 수 있다.

여섯째, 철도화물 운영기술을 체계적이고 효율적으로 확립하는 것이다. 철도화물수송의 사회적 요구는 도로 화물 운송과 같은 유연한 접근성과 연계성을 확보하는 것이다. 마지막으로, 철도화물수송에 대한 제도적 지원환경을 확립하는 것이다. 제도적 지원환경의 확립은 모든 서비스 결정요소와 관련되므로 철도에 대한 체계적인 지원을 할 수 있는 제도적 기반을 마련하여야 한다.

5. 피기백 화차 역내 운영 사례 분석

가. 피기백화차 운영에 따른 경제성 효과

화물수송체제의 개선은 물류비 절감과 수송시간 단축을 통하여 국가 경제발전에 지대한 영향을 미친다. 물류비 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 수송비의 절감은 생산기업 또는 유통 기업이 보다 광범위한 시장을 대상으로 조달, 판매 등 경영활동을 수행하여 규모의 경제효과를 누릴 수 있고, 수익 실현도 가능하게 한다. 도로화물수송이 철도 수송으로 일부라도 전환될 경우 국가 경제에 미치는 영향은 대단하다. 도로수송에서 철도 수송으로 전환될 수만 있게 한다면 국가 경제적으로 엄청난 효과가 있을 수 있다는 점이며, 철도수송의 구조적 문제점을 근본적으로 혁신하여 도로화물을 철도화물수송으로 전환 시킬 수 있는 피기백 수송 도입이야말로 실질적인 대안이 될 수 있다.

피기백 운송방식은 화물열차의 대차 위에 트레일러나 트럭에 컨테이너를 적재하여 운송하는 TOFC (Trailer on Flat Car)와 컨테이너를 트레일러로부터 분리하여 직접 대차에 적재하는 COFC (Container on Flat Car)의 두 가지 방식이 있다. 초기 피기백 방식은 모두 TOFC 방식이었으나 최근에는 COFC에 의한 피기백 수송이 주류를 이루고 있다.

피기백 운송방식을 채택하고 캐나다 피기백 운송방식에 대하여 일반 트럭과의 경제성을 분석하여 발표하였다. 이는 각 수송시스템의 특징이나 이용조건 등은 고려하지 않고 피기백 운송방식을 단거리 (540km), 중거리 (2087km) 및 장거리 (4464km)로 구분하여 제시하였다. 조사에서 피기백 운송방식은 수송 거리가 길수록 유리한 것으로 조사되었다.

나. 해외 철도물류 선진국의 피기백 시스템 운영 방식 분석

철도 물류 선진국에서는 새로운 기술을 채택·적용한 운송방식으로 피기백(piggyback)시스템 등을 개발하여 활용하고 있다. 피기백 수송은 트럭 또는 트레일러를 평장물차에 실어 수송하는 시스템으로서 TOFC(Trailer On Flat Car)방식으로 불리고, 트레일러의 대형화 추세에 따라 화차 1량에 48ft 트레일러를 1대, 45ft 트레일러를 1대, 28ft 트레일러 3대를 싣고 있으며, 1열차는 50량 편성이 표준으로 이용되고 있다.

피기백 운송방식은 화물열차의 대차 위에 트레일러나 트럭에 컨테이너를 함께 적재하여 운송하는 TOFC 방식으로, TOFC 방식은 초기에는 철도터미널에서 대차상의 트레일러에 tractor만 연결하여 경사진 rampway를 오르내리는 방법에 사용되고 있었으나, 그러나 길게 연결된 화차에서 특정의 트레일러를 양하하는 경우에는 매우 불편하므로 미국 등지에서는 트레일러를 적재상태에서 양하할 수 있는 대형 리프트 카인 piggy packer가 사용되고 있다.

TOFC방식은 컨테이너와 트레일러가 하나로 되어 있기 때문에 총중량이 클 뿐만 아니라 철도터미널에서는 다 단적이 불가능하여 공간의 소요가 엄청나게 많아지므로 오늘날의 철도터미널이나 항만 여건상 적지 않은 어려움이 있다. 최근에 트레일러가 대형화되어 화차 1량에 48ft 트레일러 1대, 45ft 트레일러를 1대, 28ft 트레일러를 3대 싣는 것도 등장하였고, 미국에서 1개 열차는 50량 편성이 표준이고 열차장은 1,400m 정도에 이른다.

미국 Santa Fe 철도가 개발한 TOFC화차 「10-PACK fuel foiler」는 1유닛 10량의 연접저상차로, 차체 중앙에 강도, 강성을 갖게 한 경량 설계의 특색으로 동력비 절감을 목표로 개발되었다. 10유닛으로 1개 열차를 편성하여, 40ft 또는 45ft 트레일러를 100대 수송하며, 하역은 오버 헤드 크레인에 의한 수

직하역으로 이루어지고 있다. 반면에 차량한계가 작은 프랑스 및 독일 등 유럽의 철도는 통상 트레일러를 적재하는 것 같이, 특수한 화차를 개발하여 피기백 수송을 실용화해왔다.

1964년 프랑스국철은 트레일러의 차륜을 화차의 내측에 넣는 것 같은 포켓을 가진 화차를 개발하여, 켑거루방식으로 이름 붙여 독자적인 피기백 수송을 개시하였다. 당초는 포켓을 상하 가동식으로 하여 전용의 견인차에 의한 roll-on roll-off 방식으로 적재 하였지만 현재는 포켓을 모두 고정식으로 하여 대형의 문형크레인 또는 자주식 리치 스택커에 의한 수직 하역식으로 적재하고 있다.

화차의 포켓 상면의 높이는 레일상 350mm까지 낮추고, 높이 3.8m, 길이 12.5m, 폭 2.5m, 총중량 44톤의 트레일러를 적재하는데, 총중량은 도로주행시의 40톤에 4톤(10%)이 더해져 철도이용의 우위성을 나타내고 있다. 최근의 화차는 포켓상면을 100mm 더 낮추어 높이 3.9m의 트레일러의 적재를 가능하게 하고 있고, 이 켑거루 방식은 프랑스, 독일, 이탈리아, 오스트리아 등의 국제간 수송에 이용이 많다.

프랑스의 켑거루 방식에 대하여 독일연방철도는 상면 높이를 레일면에서 450mm로 한 초저상식의 화차를 Talbot사와 공동개발하여 중량 38톤, 높이 4m의 대형 풀 트레일러 트럭에 의한 피기백수송을 하였다. 이 방식은 「움직이는 국도」로 불리며, 독일내 10개소의 전용터미널로부터 이탈리아, 오스트리아, 스위스 등 국제수송루트에 운행되고 있다. 또 고속도로의 교통량 삭감, 환경보전을 위해, 이를 이용하는 도로운송사업자에게는 세제상의 우대조치가 있으며, 또 트럭운전자에게 행선지에서의 운전예 대비하여 열차의 후부 또는 전부에 간이 주방설비를 가진 침대차를 연결 운행하고 있다. 편성은 최대 25량, 최고속도는 100km/h이다.

다. 해외 철도물류 선진국의 피기백 화차 차량구조의 특징

피기백 차량은 궤도특성에 따른 수송형태를 나타내고 있다. 하중은 일본이 40.6톤으로 가장 크고 독일 40톤, 프랑스 35톤, 미국 30톤으로 나타났으며, 자중 역시 일본이 21.4톤으로 가장 무겁고 미국은 11.5톤으로 가장 가볍게 나타나고 있다. 수송가능 차량에서는 일본의 경우는 미국이나 유럽에서의 TOFC 수송방식인 트레일러가 아닌 10톤/4톤 트럭을 수송하고 있다. 이는 유럽 및 미국에서는 수출입 화물수송용 뿐만 아니라 국내용 화물이 주로 컨테이너화 되어 있어 트레일러에 의한 수송이 주를 이루고 있는 반면 일본에서는 국내용 화물의 경우 트레일러에 의한 수송보다는 일반 트럭에 의한 화물수송이 많기 때문에 트럭 피기백수송이 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

일본의 경우 1986년 일본국철에서 등장하였으나 그 이용량은 도입후 5개 년간 당초의 3백배가 증가되었다고 한다. 이와 같은 이용률의 증가는 트럭운행의 3가지 경비(인건비, 연료비, 수리비)의 감축에 효과가 있음은 물론, 도착후 하역상의 시간절약 및 행선지별 분류작업이 필요없이 그대로 최종목적지까지 배송할 수 있음으로써 터미널 비용을 절약할 수 있는 등의 장점이 있기 때문이다. 석유 탱크로리(Tank Lorry)의 피기백 수송도 늘고 있는데, 이는 철도를 이용한 탱크로리 1대분이 트럭 탱크로리 40대분을 수송할 수 있다는데 그 인기가 있다. 이와 같이 일본의 피기백 수송이 급진전하게 된것도 민영화후 JR화물의 전략적 시책의 하나로 볼 수 있다.

최근 일본 JR화물회사는 Super Piggyback 수송시스템을 1량의 화차에 화물자동차 2대를 적재하는 현행의 피기백에 비해, Super Piggyback으로 3대까지 적재할 수 있게 하였다. 택배화물 및 이사화물을 적재한 집배송용 4톤 트럭을 화물터미널역에서 그대로 전용화차에 적재하여 직송하는 수송시스템으로, 이는 인건비, 연료비, 차량유지비, 화물차량터미널 등 수송비절감과 대도시권을 중심으로 하여 심화되는 도로체증 및 환경오염방지에 일조하고 있다.

표 27. 피기백 화차의 운용사례

항목	일본	독일	프랑스	미국
궤간(mm)	1,067	1,435	1,435	1,435
자중(톤)	21.4	17	16.5	11.5
하중(톤)	40.6	40	35	30
축중(톤)	15.5	7.1	12.9	20.8
축배치	2축대차 X 2	4축대차 X 2	2축대차 X 2	2축 차량
차량최대길이(m)	20.7	19.4	16.4	15.4
상면높이(mm)	970/700	410	338	700
차륜직경(mm)	350/610	360	760	711
수송차량	10톤/4톤	트레일러	트레일러	트레일러

6. 피기백 화차 안전운행을 위한 수송 조건 분석 결과

철도가 안고 있는 가장 구조적이고 근본적인 문제점인 환적, 문전수송(Door to Door), 즉시인도(JIT)의 어려움을 해결하기 위하여 장거리 화물트럭을 철도에 싣고 수송하는 방식으로 환적의 문제점을 해결하고, 목적지에 가까운 철도역에서 하차한 화물차가 직접 문전수송을 담당하는 피기백시스템의 개념과, 피기백 수송시 기존 터널, 교량 등에 대한 건축한계 저촉여부, 수송중량(무게)의 한계 등 피기백시스템 핵심요인을 검토하여야 한다. 여기서는 단지 건축한계와 중량에 대해서만 검토하였다.

가. 건축한계의 검토

철도에 화물트럭을 적재하고 운행하기 위해서는 피기백 철도차량이 기존 철도시설인 교량, 터널 등 건축한계에 저촉되면 운행이 불가하다. 이를 위해 우리나라 화물트럭의 종류와 크기, 폭원, 높이 등을 조사하였으며 이를 통해 운행가능여부를 검토하여야 한다. 현재 국내에서 운행되고 있는 국내 화물트럭의 종류와 규격을 검토한 결과, 국내 화물차량 중에서 레미콘 차량만이 차량높이가 3.8m로 총 4.9m가 되어 철도의 차량한계 4.77m를 초과하여 저촉되므로 적재가 곤란하므로 건축한계의 검토가 필요하다.

나. 수송 중량 검토

도로수송의 경우에는 법령에 의해 축하중 10톤, 총중량 40톤을 초과하는 차량은 운행 제한하고 있다. 이는 교량 등 구조물의 붕괴 등 안전을 보호하고 과적차량 운행에 따른 아스팔트 등 도로면의파손을 방지하기 위함이다. 또한 과적운행으로 인한 차량의 전도, 충돌 방지에도 그 목적이 있다. 철도의 경우는 도로의 DB-24하중 대비 LS-22하중을 채택하고 있으므로 수송 가능 중량을 검토하여야 한다.

다. 차량 구조의 검토

피기백시스템 운영을 위해 화물자동차를 운반하기 위해서는 별도의 트럭 적재 철도화차를 개발하여야 한다. 일반 승용차의 경우 이미 자동차를 철도화차로 수송하고 있다. 현재 태화강역에서 하루에 1회 운행되는 자동차 운반용 사유화차가 바로 그것이다. 1량에 적재하는 자동차는 상단에 소형 SUV차량 5대, 하단에는 일반승용차 4대가 적재되어 운행된다. 아래 그림은 태화강역에서 운행 중인 피기백화차를 설명하고 있다.

프랑스 및 독일 등 유럽에서 처음 시행된 피기백시스템은 T OPC(Trailer On Flat Car)라고도 불리고 있으며, 도착한 이후 하역시간을 줄일 수 있고 행선지별 분류작업을 별도로 하지 않고 그대로 최종목적지까지 배송할 수 있다. 캐나다 태평양철도에서 운용하고 있는 피기백 화차 및 회전형 피기백 화차는 아래

그림과 같다. 피기백 수송을 위해서는 화차의 종류를 검토하는 것이 중요하다.



그림 77. 국내 피기백 화차



그림 78. 캐나다에서 운행 중인 피기백 화차

도로수송의 비중을 줄이고 국가물류비 절감을 위해서는 철도수송의 역할분담이 중요하나 전국적으로 빠르고 편리한 고속도로망이 구축된 상황에서 물류수송비도 저렴할 뿐 아니라 더 빠르게 원하는 시간에 언제라도 수송이 가능한 도로수송 방식을 포기하고 몇 번씩 환적이 이루어지고 수송비도 상대적으로 비싸며 수송시간도 제약이 있는 철도수송으로의 모달시프트(Modal Shift)를 기대한다는 것은 현실적으로 맞지 않다.

이는 철도가 그동안 지속적인 시설확충, 철도투자에도 불구하고 철도의 수송분담률이 계속 감소하고 있다는 것이 이를 여실히 증명한다고 볼 수 있다. 따라서 도로수송이 철도수송으로 수단전환을 위해서는 철도수송의 가장 큰 취약점인 문전수송(Door to Door)과 즉시인도(Just in Time: JIT)가 해결되어야 모달시프트가 가능하다고 판단하고 이에 대한 해결 방안으로 피기백시스템(Piggy-back System) 적용이 필요하다. 피기백시스템은 철도화물역에서 최종목적으로 환적없이 화물자동차를 철도로 직접 운반하는 신 개념의 수송 방안으로 문전수송(Door to Door)은 물론궁극적으로는 즉시 인도(JIT)로 인한 고객만족을 실현할 수 있는 철도 화물수송의 획기적인 경쟁력 확보 방안이다.

7. 피기백 화차 경제성 확보 운영을 위한 주요 요구 조건 분석

가. 하드웨어 측면 요구조건 분석

1) 낮은 접근성

- 도로운송의 경우 일괄 문전운송이 가능하나 철도의 경우는 철도 본선수송과 환적단계를 거쳐 화물이 운송되는 특징이 있음.
- 따라서 철도운송은 도로운송에 비해 접근성이 낮다고 할 수 있음. 이를 극복하기 위 해서 주요 시설에 대한 인입선의 설치가 필수적이나 인입선의 설치가 여전히 부족하다고 조사되었음.
- 현재 무역항 28개 가운데 9개 항만에만 철도인입선이 연결되어 있으며, 35개의 국가산단과 206개의 지방산단 중 7개 산업단지에 국가가 건설한 인입선이 연결되어 있음.

2) 철도화물 처리 시설 및 장비부족

- 철도화물 처리시설의 부족 및 하역장비 확충이 미흡한 점도 지적되고 있음.
- 환적에서의 단점을 극복하기 위해 효율적인 하역 작업을 위한 대규모 철도물류시설에 고성능 하역장비의 설치가 필요하나, 일부 철도물류시설의 경우 하역장비가 부족하거나 낙후되어 있음

3) 철로 건설 부족

- 철도운송은 과거에 우리나라 화물운송에 중추적인 역할을 하였으나, 그 역할이 감소하게 된 원인으로 철도건설의 부족과 도로건설의 급격한 증대로 지적되고 있음.
- 도로에 대한 투자증대에 따라 트럭의 운송단가 감소, 운행시간 단축, 정시성 확보 등이 가능해짐에 따라 상대적으로 철도의 운임과 시간측면의 경쟁력 저하를 초래하였음

나. 소프트웨어 측면 요구 조건 분석

1) 운임구조 및 시간 탄력성 부족

- 철도화물의 운임구조는 거리비례제로 일반화물의 경우, 톤-km당 42.5원의 임률이 부과되며, 컨테이너의 경우 규격 및 화물의 유무에 따라 상이한 임률이 적용되고 있음
- 기본운임 구간은 100km로 규정되어 있고, 거리 비례제는 화물운송수요의 제고 측면에서 장거리 운송특성이 있는 철도운송에는 바람직하지 않은 것으로 인식되고 있음
- 비록 장거리 화물에 대해 할인운임을 적용하고 있지만 할인폭이 낮아 화주에게 실질적인 유인책이 되지 못하는 것으로 조사되었음
- 그리고 2008년 3월 8일 철도화물 운임은 철도사업법 개정 이전에는 운임 상한을 신고하여 상한 내에서 운임을 결정할 수 있었으나, 현재는 물류시장에서 경쟁력을 확보 할 수 있도록 상한 규제를 폐지함으로써 경쟁력을 운임의 경직성을 해소하는 정책이 추진되고 있음
- 철도 운송은 트럭과 철도와 연계하기 위한 환적 단계를 거치면서 시간 및 비용이 추가로 발생하는 단점이 있음. 더욱이 철도역 CY의 협소 및 열 악한 시설로 상시하역체계가 구축되지 않아 시간 손실이 발생되어 정시성 확보가 어려워 철도의 경쟁력을 저하 시키고 있음

2) 낮은 편리성

- 철도운송사는 철도의 본선 구간만 수송을 담당하고 화물의 출발지 및 목적지와 철도역 간의 수송은 화물자동차가 담당하고 있음. 즉, 환적단계에서의 상이한 주체들이 활동하고 있어 철도를 이용한 화물운송은 도로운송에 비해 불편한 편임
- 그 결과 컨테이너 화물의 45%이상이 경인권에 집중되어 있음에도 불구하고 장거리 운송에 유리한 철도운송의 이점을 충분히 살리지 못하고 있음
- 그리고 철도역 CY운영은 주로 CY 조성업체에 의해서 이루어짐에 따라 철도를 이용 하는 화물의 총운임을 증가시키는 원인으로 작용하고 있음. 운영하는 CY가 없는 운송업체의 경우, CY 조성업체의 배타적 사용으로 인해 철도이용에 어려움이 따르는 문제점이 있음

3) 여객 위주의 열차운행

- 선로 배분 정책은 여객열차에 우선순위를 부여함에 따라 화물 열차는 여객 열차의 수요가 없는 심야시간대에 주로 운영되고 있어 고객이 요구에 부합하는 철도화물운송 여건을 제공하지 못하고 있음
- 또한 선로 유지보수 작업도 야간에 이루어지기 때문에 화물열차의 선로확보에 제약을 주고 있음

4) 선로 개량 시 기존 물류시설에 대한 이전 대책 미흡

- 철도개량사업으로 인한 선로이설에 따라 철도를 이용하기 위해서는 물류시설을 철도 역 인근으로 이전하거나 신설철도와 물류기지를 연결하는 인입선 건설이 필요함
- 그러나 민간업체의 요청에 의해 건설된 청원시설의 경우, 해당시설 이전 시 국가의 지원 근거가 없으며, 오히려 시설 이전 시 청원자가 부담하게 되어있음. 따라서 과도한 비용부담으로 철도 이용을 포기하는 사례가 발생하고 있음

5) 인허가의 어려움으로 인한 인프라 조성 애로

- 양회 사일로, 무연탄 관련 물류시설 등은 지역 주민들로부터 혐오시설로 인식되어 민간업체가 철도역 인근에 철도물류시설 확충 시 지역 주민의 반대 민원이 심각함

6) 물류시설 조성 시 각종 부담금 징수

- 민간업체는 철도 유희부지에 철도 물류 시설을 설치하고 있으나, 철도 용지 중 유희부지의 대부분은 자연녹지로 지정되어 있어 물류기지 개발 시 개발제한구역 훼손부담금을 부과해야 함
- 이러한 부담금은 물류시설건설 시 초기에 지출되는 비용으로 원활한 철도 물류 시설 설치에 장애로 작용하고 있음

2-6-4 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 기본/상세설계 작성연구

1. 개 요

본 보고서는 피기백 화차(PIGGYBACK FLATCAR) 차체 설계 단계별 구조해석 진행에 따른 구조해석 결과서이다. 구조해석은 개념설계 단계에서 3회, 상세설계 단계에서 2회에 걸쳐 진행하였다. 구조해석에 적용된 하중 조건은 철도차량기술기준 Part43을 기본으로 하였다. 사용된 프로그램은 상용 유한 요소 해석 프로그램인 Solidworks 2018 SP5.0 Premium-SSQ이며, 구조 해석 시스템은 CPU : IP-8700, RAM : 16G, VGA : GTX1070에서 수행하였다.

2. 어복형 차체 구조 및 제원

구분	항 목	제 원	비 고
1	차체 길이	19,000mm	설계 기준
2	차체 폭	2,950mm	
3	BOLSTER 중심간 거리	15,000/16,000mm	
4	연결기 높이	880mm	

가. 개념 설계 단계 구조해석

구분	구조해석 모델 CT02-1	구조해석 CT02-2	구조해석 CT02-3
차체	2,950 x 20,000mm	2,950 x 20,000mm	2,950 x 19,000mm
BOLSTER 간격	16,000mm	16,000mm	15,000mm
CENTER SILL	I-BEAM 400 x 150mm	CT02-1 + RIB 추가	 350 x 350 x 9T 하부 보강판 추가
SIDE SILL	ㄷ 300 x 150 x 6T	CT02-1 + RIB 추가	CT02-2 + ㄷ 이중구조
CROSS BEAM	ㄷ 400 x 150mm	ㄷ 400 x 150mm	ㄷ 400 x 150mm
구조해석 결과	NG	NG	NG

나. 상세 설계 단계 구조해석

구분	구조해석 CT02-4	구조해석 CT02-5
차체	2,950 x 19,000mm	2,950 x 19,000mm
BOLSTER 간격	15,000mm	15,000mm
CENTER SILL	CT02-1 + 측면 RIB 추가 하부 보강판 추가	I-BEAM 400 x 175mm 내외부 TRUST 구조 RIB 추가
SIDE SILL	≡ 이중구조350 x 150 x 6T 내부 및 경사부 RIB 추가	≡ 구조400 x 150 x 10T 내부 및 경사부 RIB 추가
CROSS BEAM	≡ 400 x 150mm	≡ 400 x 150mm
구조해석 결과	NG	NG

3. 해석 모델의 메시 정보

구분	자중	메시 정보		
	Kg	요소크기(mm)	총 절점수	총 요소수
CT02-1	8,997	60	568,202	288,709
CT02-2	10,243	60	875,452	447,613
CT02-3	6,995	60	864,738	428,000
CT02-4	10,451	60	644,109	330,335
CT02-5	12,945	40	1,291,082	648,175

4. 하중 조건

가. 차체 설계 중량

구분	공차중량	BASE FRAME	대차중량	수직 동하중
1	26,500Kg	14,000Kg	10,000Kg	0,3g

나. 수직하중

구분	중량(Kg)	안전율			비 고
		1.1(10%)	1.3(30%)	1.54(54%)	
물류차량	14,000	15,400Kg	18,200Kg	21,500Kg	
적재화물	25,000	27,500Kg	32,500Kg	38,500Kg	
소 계	39,000	42,900Kg	50,700Kg	60,000Kg	

다. 하중 분배 조건 【물류차량 TIRE 1개소 당 분배 하중 기준】

구분	허용 하중(Kg)	하중 분배율(%)	비 고
전위측 #1	14,200	30	TIRE 2ea
전위측 #2	9,500	20	TIRE 2ea
후위측 #3, #4, #5	23,600	50	TIRE 6ea

라. 수직 집중 하중

하중조건	전위측 #1		전위측 #2		후위측 #3, #4, #5		비고
	Kg	KN	Kg	KN	Kg	KN	
43Ton	6,400	63,250	4,300	42,170	3,585	35,160	
51Ton	7,650	75,600	5,100	50,400	4,250	42,000	
60Ton	9,000	89,000	6,000	59,300	5,000	49,400	

5. 모델별 구조 해석 수치 결과

구조해석의 결과는 개념설계상세설계 단계별로 해석을 진행하였으며, 개념설계 단계 3회, 상세설계 단계 2회 등 총 5회를 실시하였고, 차체의 강도강성에 가장 큰 영향을 미치는 수직하중에 중점을 두고 결과를 도출하였다. 각 단계별 결과는 다음과 같다.

가. CT02-1 모델 구조해석 결과

1) 응력 결과

고응력 POINT	부위(상세)	발생응력값(Kg/mm ²)
#17 CS1 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	37.59
#18 CS2 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	32.70
#29 CS1 + B1	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	34.30
#30 CS2 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	32.60

2) 처짐 변위량 해석 결과

수직하중	처짐량(mm)	처짐 한계(mm)
자중	4.89	≥ 15
43Ton	19.08	
60Ton	29.86	

나. CT02-2 모델 구조해석 결과

1) 응력 결과

고응력 POINT	부위(상세)	발생응력값(Kg/mm ²)
#01 CS1 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	42.70
#02 CS2 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	37.80
#03 CS1 + B1	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	38.50
#04 CS2 + B1	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	36.80

2) 처짐 변위량 해석 결과

수직하중	처짐량(mm)	처짐 한계(mm)
자중	0.40	≥ 15
43Ton	16.70	≥ 15
60Ton	22.50	

다. CT02-3 모델 구조해석 결과

1) 응력 결과

고응력 POINT	부위(상세)	발생응력값(Kg/mm ²)
#01 CS1 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	41.20

2) 처짐 변위량 해석 결과

수직하중	처짐량(mm)	처짐 한계(mm)
43Ton	33.18	≥ 15

라. CT02-4 모델 구조해석 결과

1) 응력 결과

고응력 POINT	부위(상세)	발생응력값(Kg/mm ²)
#01 CS2 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	30.90
#02 CS1 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	41.30
#03 CS2 + B1	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	29.40
#04 CS1 + B1	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	28.30

2) 처짐 변위량 해석 결과

수직하중	처짐량(mm)	처짐 한계(mm)
자중	0.30	≥ 15
43Ton	14.691	
60Ton	19.412	

마. CT02-5 모델 구조해석 결과

1) 응력 결과

고응력 POINT	부위(상세)	발생응력값(Kg/mm ²)
#01 CS2 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	34.44
#02 CS1 + B2	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	41.32
#03 CS2 + B1	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	32.90
#04 CS1 + B1	BOLSTER + CENTER SILL 접점부	33.27
#05 SS2 + CC20	SIDE SILL 변곡부 + CROSS BEAM 연결부	44.96

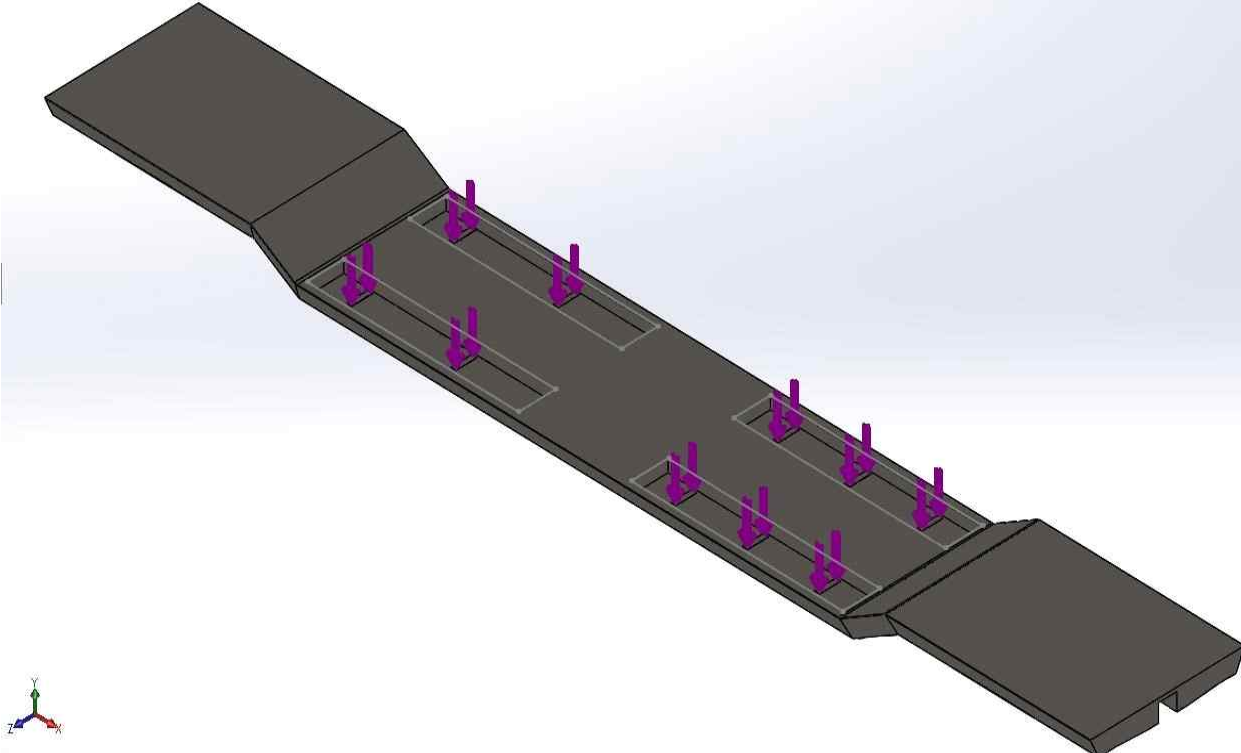
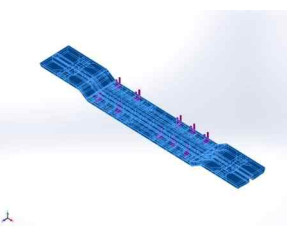
2) 처짐 변위량 해석 결과

수직하중	처짐량(mm)	처짐 한계(mm)
자중	10.80	≥ 15
43Ton	12.986	
60Ton	14.478	

6. 구조 해석별 시뮬레이션 결과

가. 구조해석모델 속성 정의

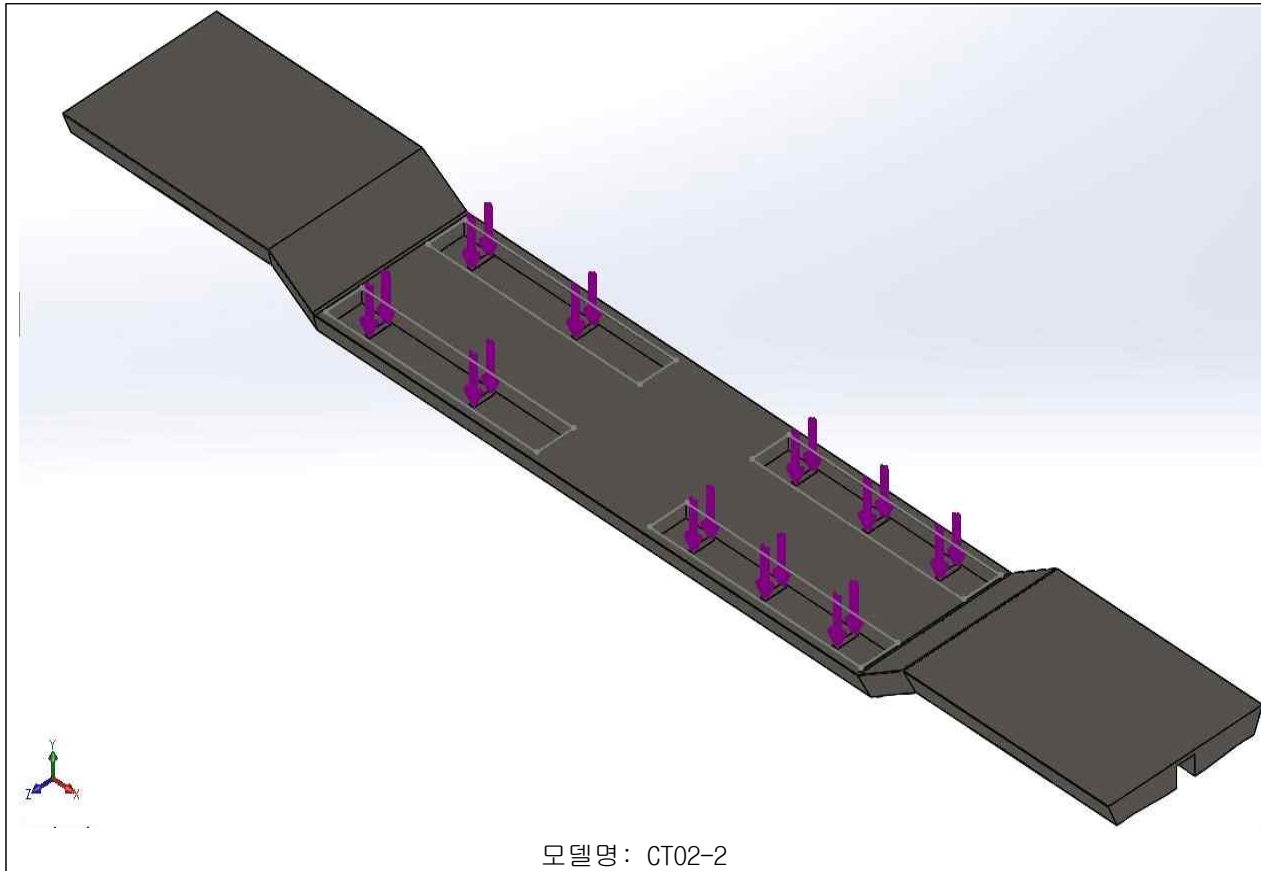
1) 모델명 : CT02-1

 모델명: CT02-1			
솔리드 바디			
문서이름 및 참조	다음으로 간주	볼륨 속성	문서경로/수정날짜
솔리드 바디 합치기 	솔리드 바디	질량:8997.58 kg 볼륨:1.14502 m ³ 밀도:7858 kg/m ³ 중량:88176.3 N	C:\WWor kW2019W물류화차 WCT02-1.SLDPRT Sep 08 2019

• 재질 속성

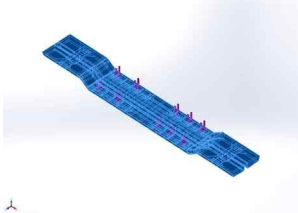
재료명	1023 탄소강판(SS)
모델 유형	선형 등방성 탄성
항복 응력	2.82685e+08 N/m ²
인장 응력	4.25e+08 N/m ²
탄성 계수	2.05e+11 N/m ²
질량 밀도	7858 kg/m ³
전단 계수	8e+10 N/m ²
열 팽창률	1.2e-05 /Kelvin

2) 모델명 : CT02-2



모델명: CT02-2

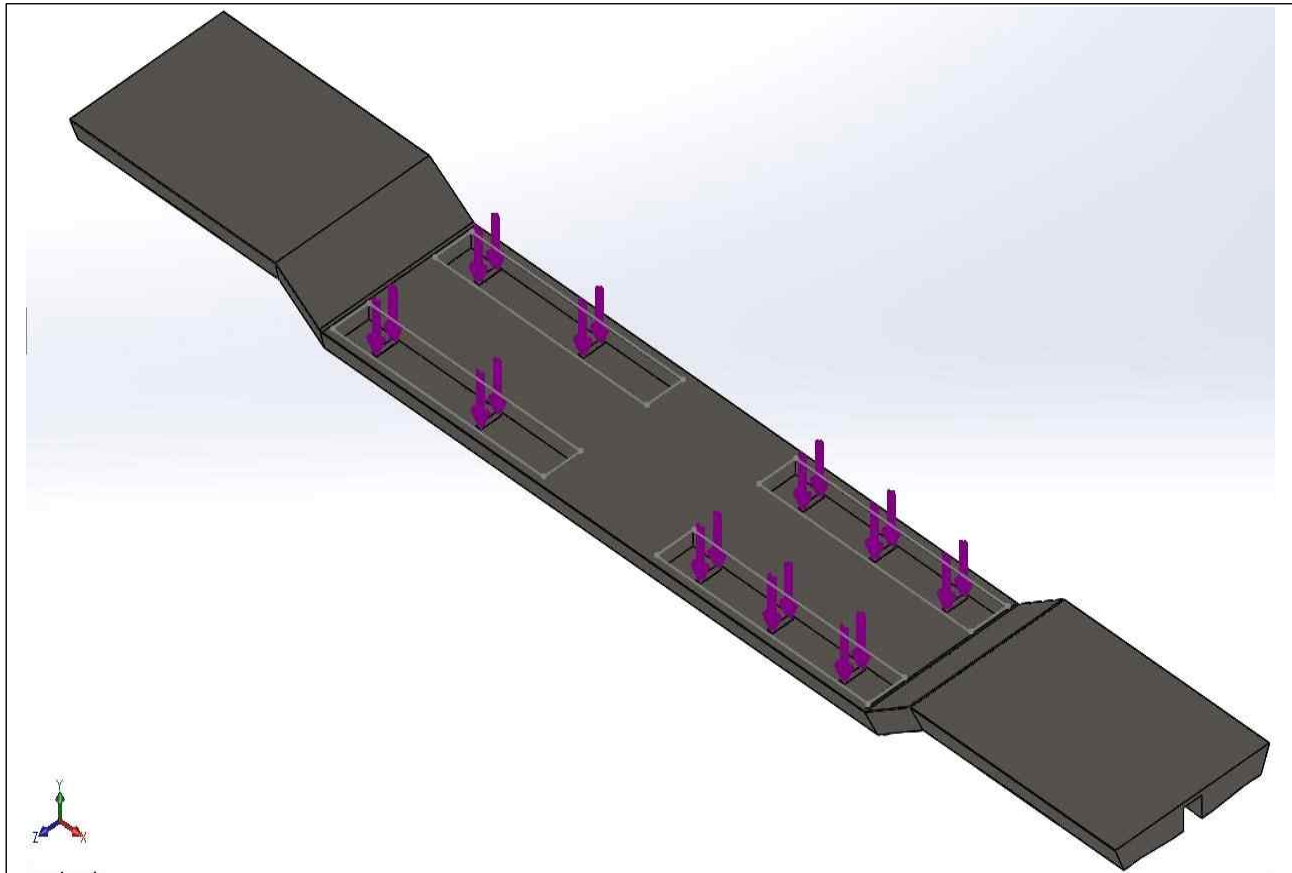
솔리드 바디

문서이름 및 참조	다음으로 간주	볼륨 속성	문서경로/수정한날짜
솔리드 바디 합치기 	솔리드 바디	질량: 10243.1 kg 볼륨: 1.30353 m³ 밀도: 7858 kg/m³ 중량: 100308 N	C:\WorkW2019\물류화차 WCT02-2.SLDPRT Sep 19 2019

• 재질 속성

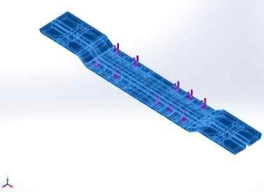
재료명	1023 탄소강판(SS)
모델 유형	선형 등방성 탄성
항복 응력	2.82685e+08 N/m ²
인장 응력	4.25e+08 N/m ²
탄성 계수	2.05e+11 N/m ²
질량 밀도	7858 kg/m ³
전단 계수	8e+10 N/m ²
열 팽창률	1.2e-05 /Kelvin

3) 모델명 : CT02-3



모델명: CT02-3

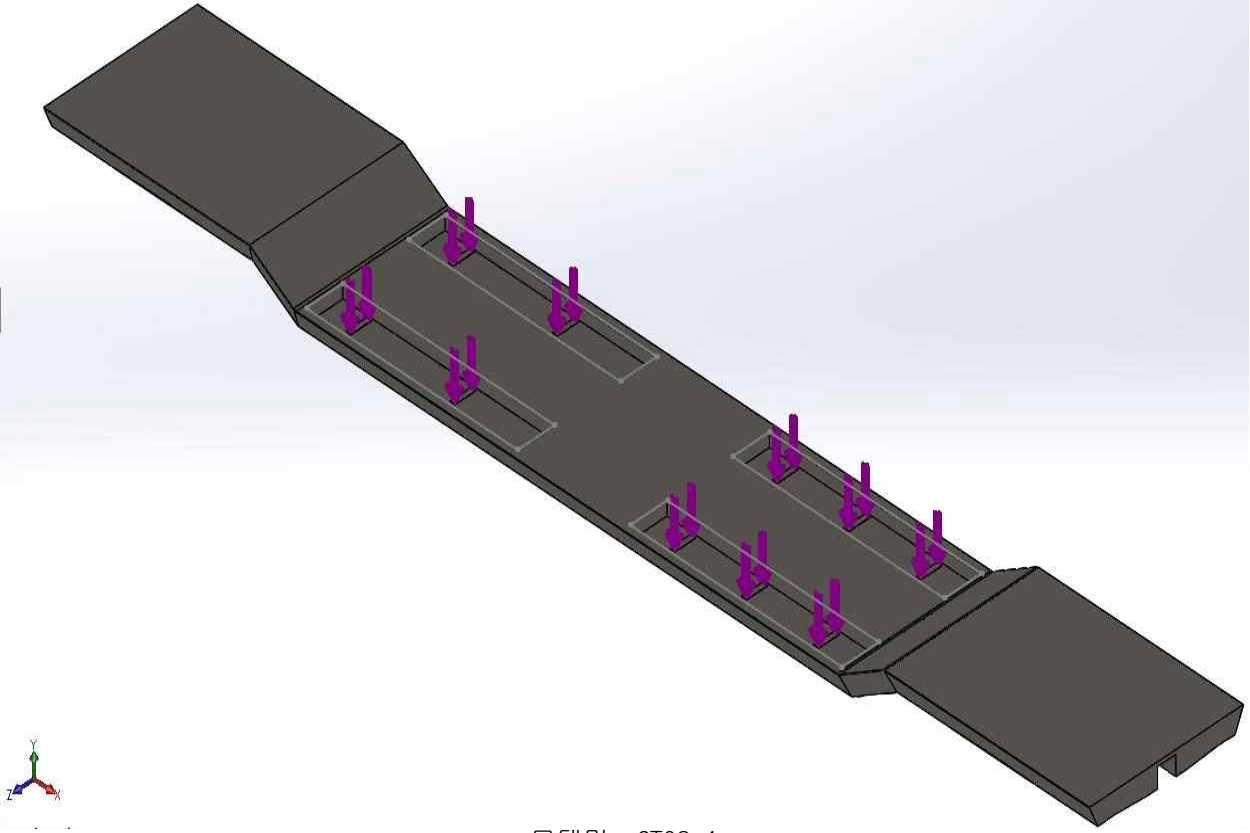
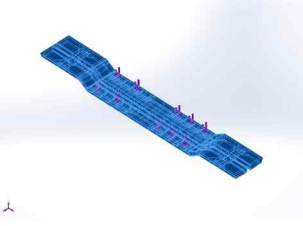
솔리드 바디

문서이름 및 참조	다음으로 간주	볼륨 속성	문서경로/수정한날짜
솔리드 바디 합치기 	솔리드 바디	질량:6995.31 kg 볼륨:0.890215 m³ 밀도:7858 kg/m³ 중량:68554 N	C:\WorkW2019W물류화차 WCT02-3.SLDPRТ Sep 21 2019

• 재질 속성

재료명	1023 탄소강판(SS)
모델 유형	선형 등방성 탄성
항복 응력	2.82685e+08 N/m ²
인장 응력	4.25e+08 N/m ²
탄성 계수	2.05e+11 N/m ²
질량 밀도	7858 kg/m ³
전단 계수	8e+10 N/m ²
열 팽창률	1.2e-05 /Kelvin

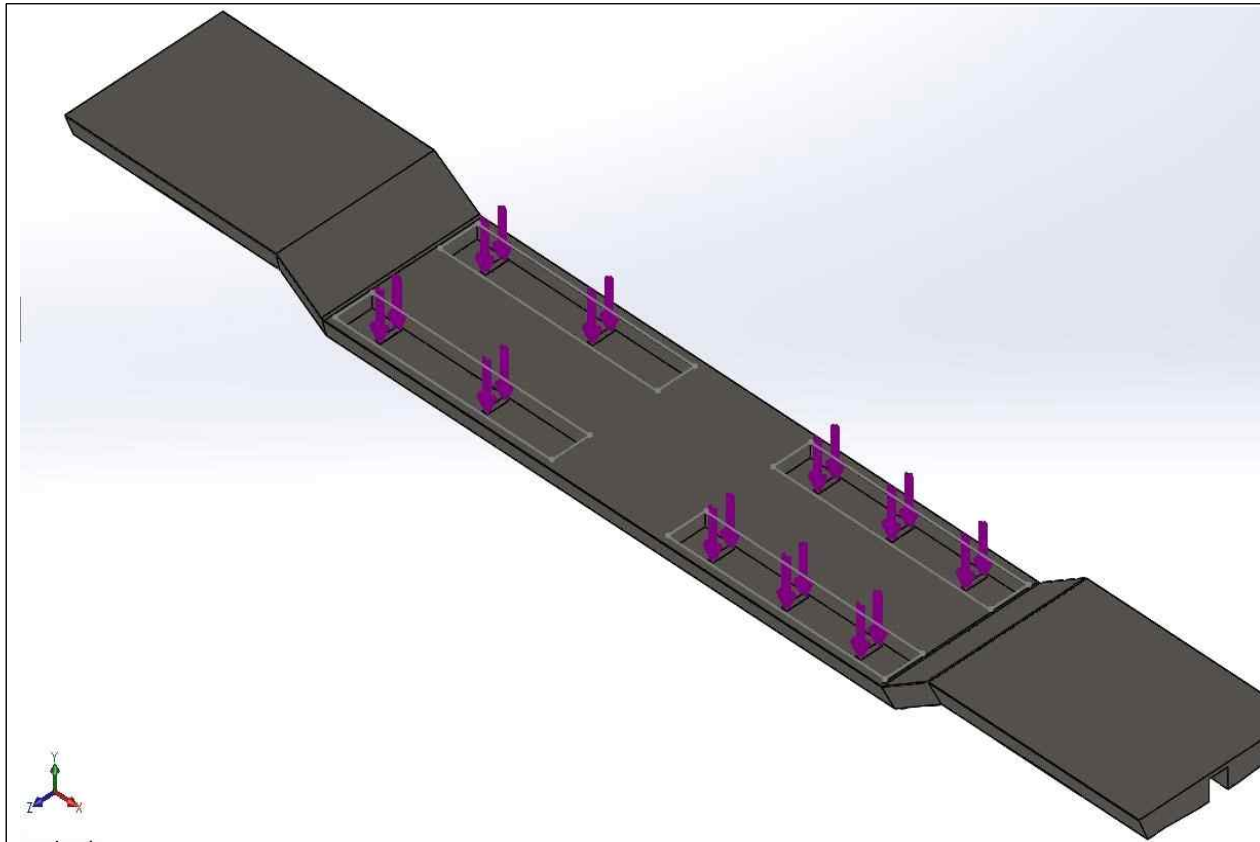
4) 모델명 : CT02-4

 모델명: CT02-4 솔리드 바디			
문서이름 및 참조	다음으로 간주	볼륨 속성	문서경로/수정한날짜
솔리드 바디 합치기 	솔리드 바디	질량: 10451 kg 볼륨: 1.32998 m³ 밀도: 7858 kg/m³ 중량: 102419 N	C:\Work\W2019\물류화 차\CT02-4.SLDPRT Sep 21 2019

• 재질 속성

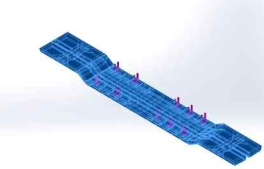
재료명	1023 탄소강판(SS)
모델 유형	선형 등방성 탄성
항복 응력	2.82685e+08 N/m ²
인장 응력	4.25e+08 N/m ²
탄성 계수	2.05e+11 N/m ²
질량 밀도	7858 kg/m ³
전단 계수	8e+10 N/m ²
열 팽창률	1.2e-05 /Kelvin

5) 모델명 : CT02-5



모델명: CT02-5

솔리드 바디

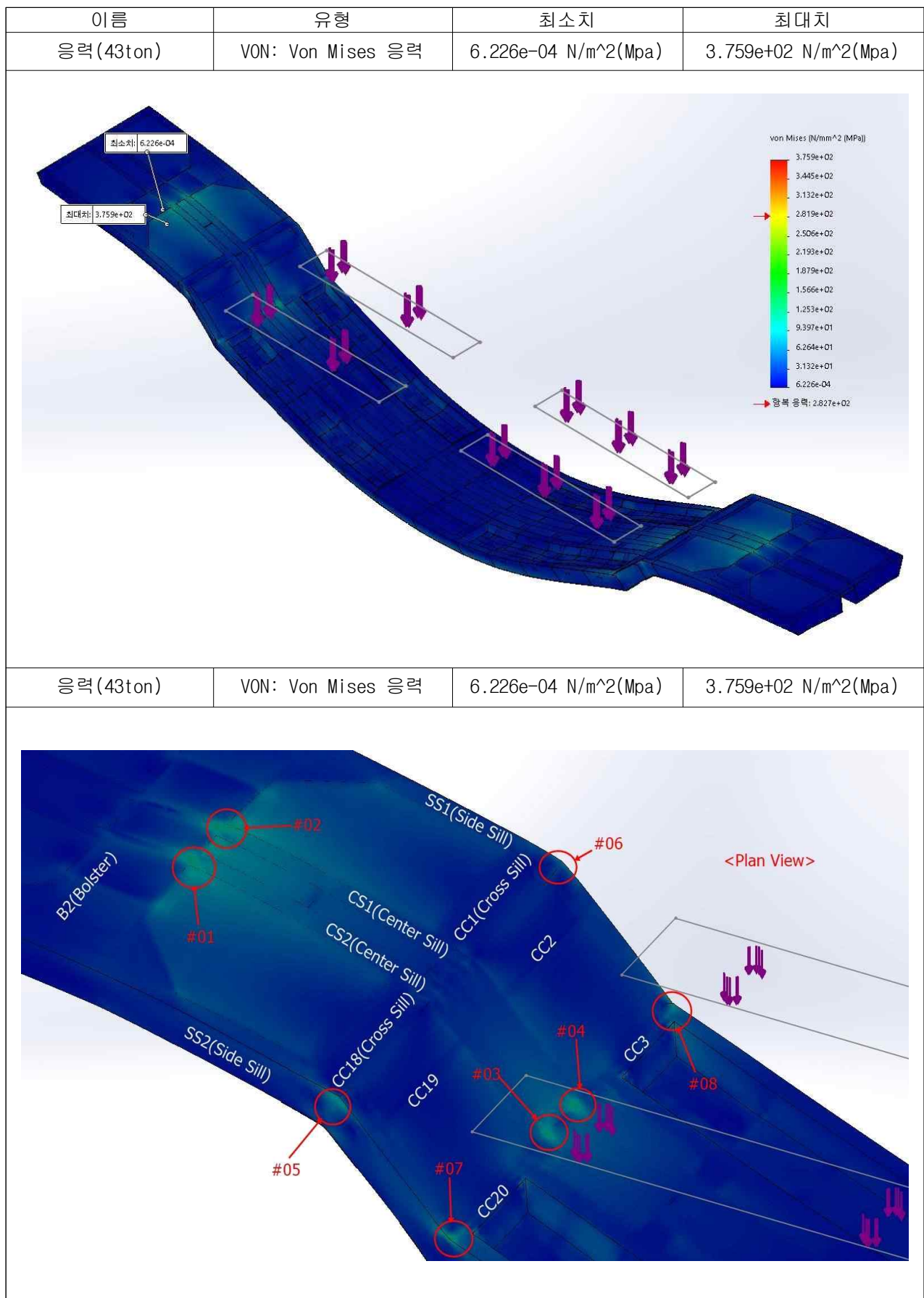
문서이름 및 참조	다음으로 간주	볼륨 속성	문서경로/수정날짜
솔리드 바디 합치기 	솔리드 바디	질량: 12945.7 kg 볼륨: 1.64746 m ³ 밀도: 7858 kg/m ³ 중량: 126868 N	C:\WorkW2019W물류화차 WCT02-5.SLDPRT Sep 24 2019

• 재질 속성

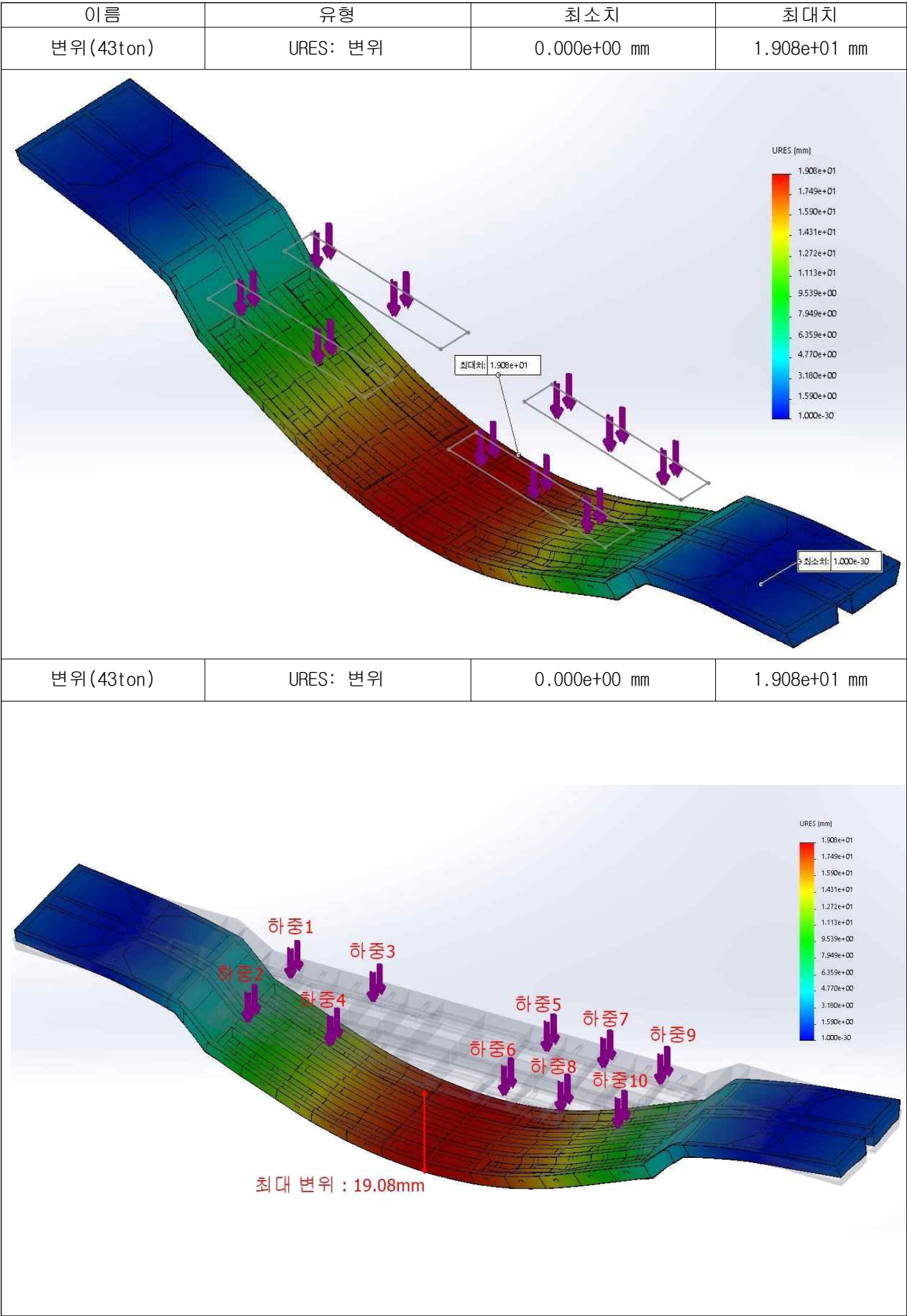
재료명	1023 탄소강판(SS)
모델 유형	선형 등방성 탄성
항복 응력	2.82685e+08 N/m ²
인장 응력	4.25e+08 N/m ²
탄성 계수	2.05e+11 N/m ²
질량 밀도	7858 kg/m ³
전단 계수	8e+10 N/m ²
열 팽창률	1.2e-05 /Kelvin

나. 구조해석모델 해석 결과

1) 모델명 : CT02-1 (응력해석)

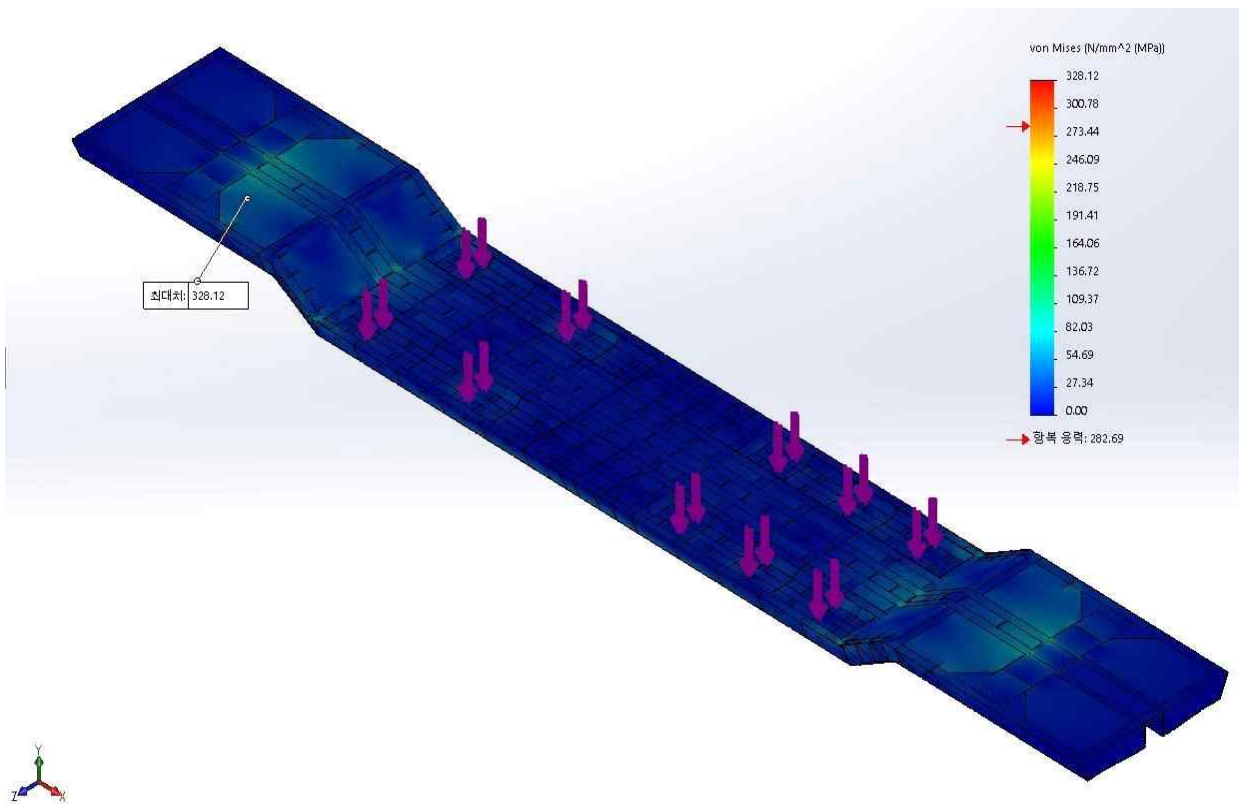


2) 모델명 : CT02-1(처짐변위 해석)

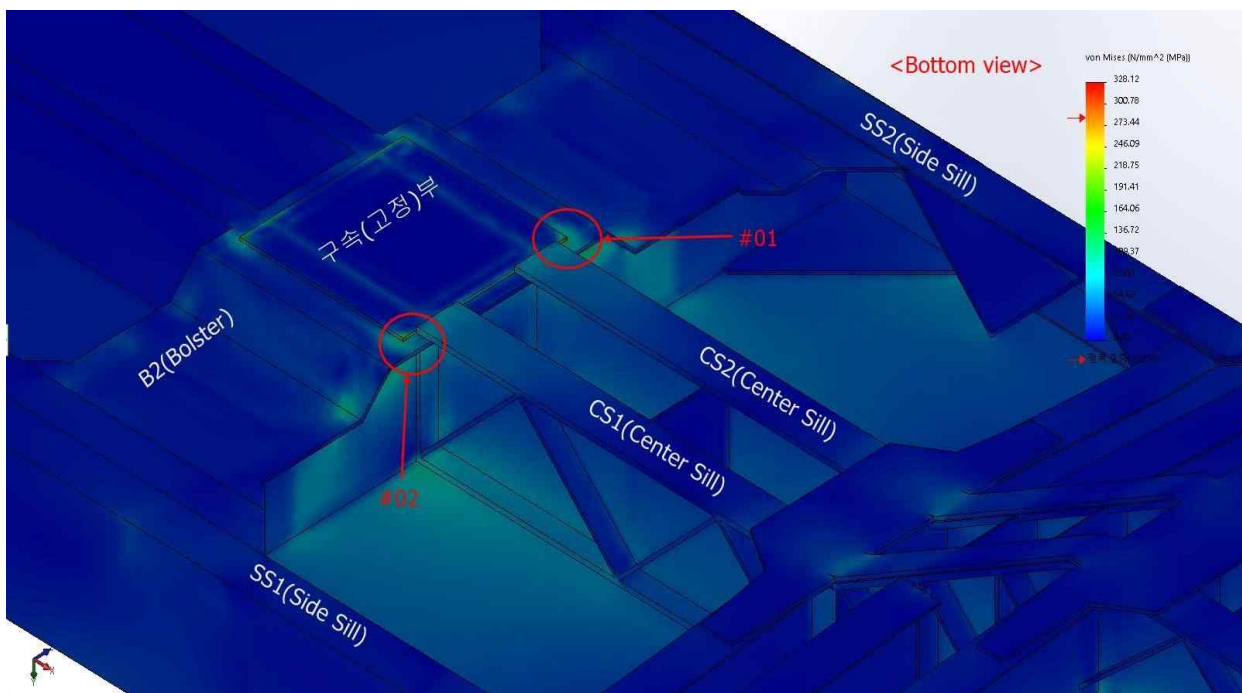


3) 모델명 : CT02-2 (응력해석)

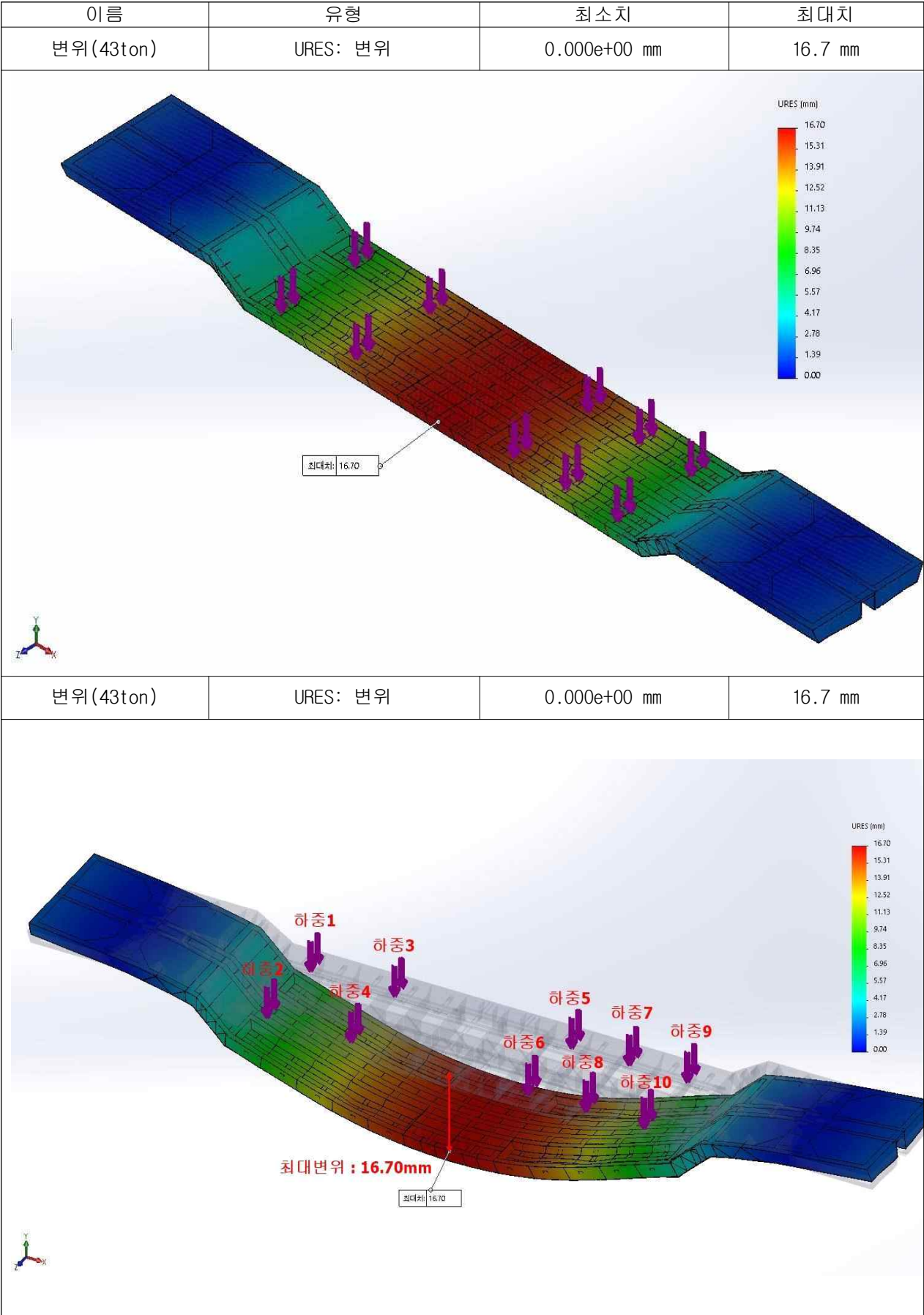
이름	유형	최소치	최대치
응력(43ton)	VON: Von Mises 응력	6.226e-04 N/m ² (Mpa)	328.12 N/m ² (Mpa)



응력(43ton)	VON: Von Mises 응력	6.226e-04 N/m ² (Mpa)	328.12 N/m ² (Mpa)
-----------	-------------------	----------------------------------	-------------------------------

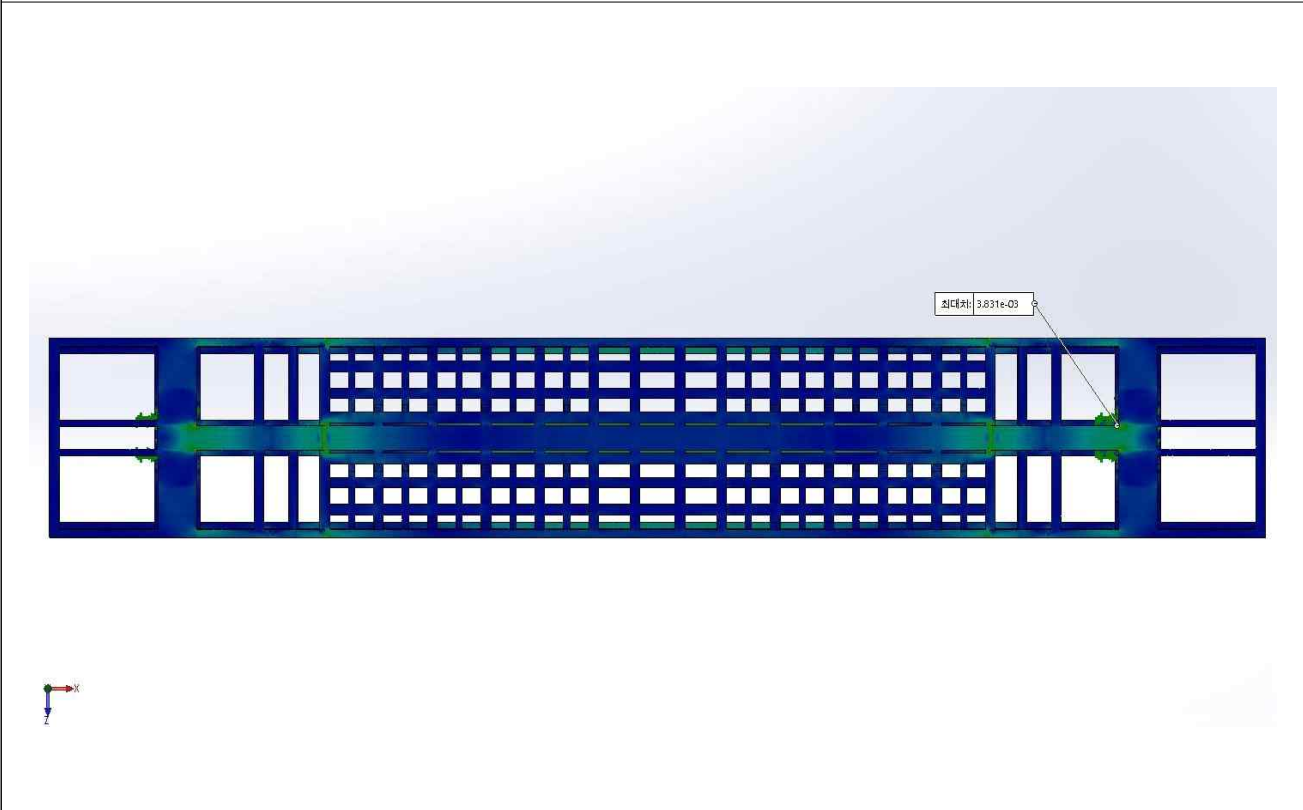
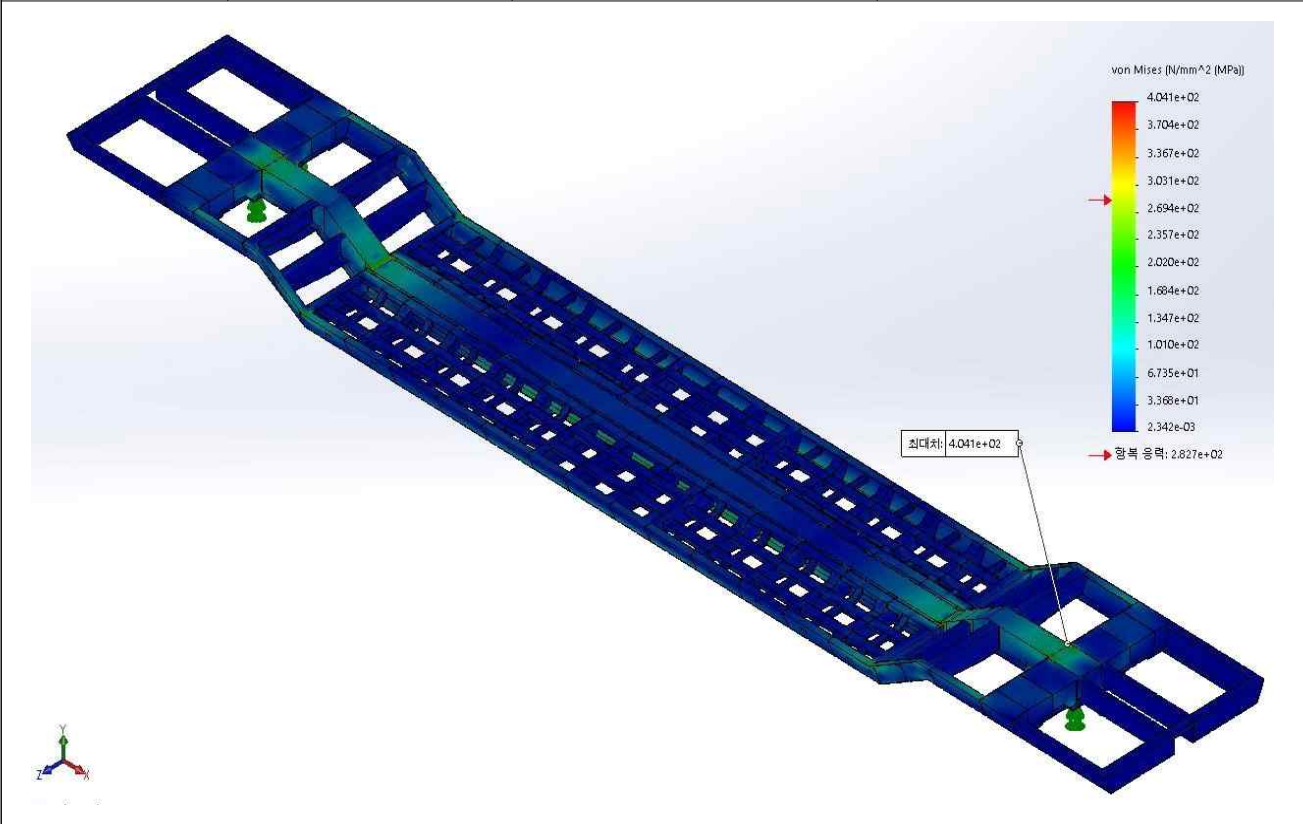


4) 모델명 : CT02-2(처짐변위 해석)



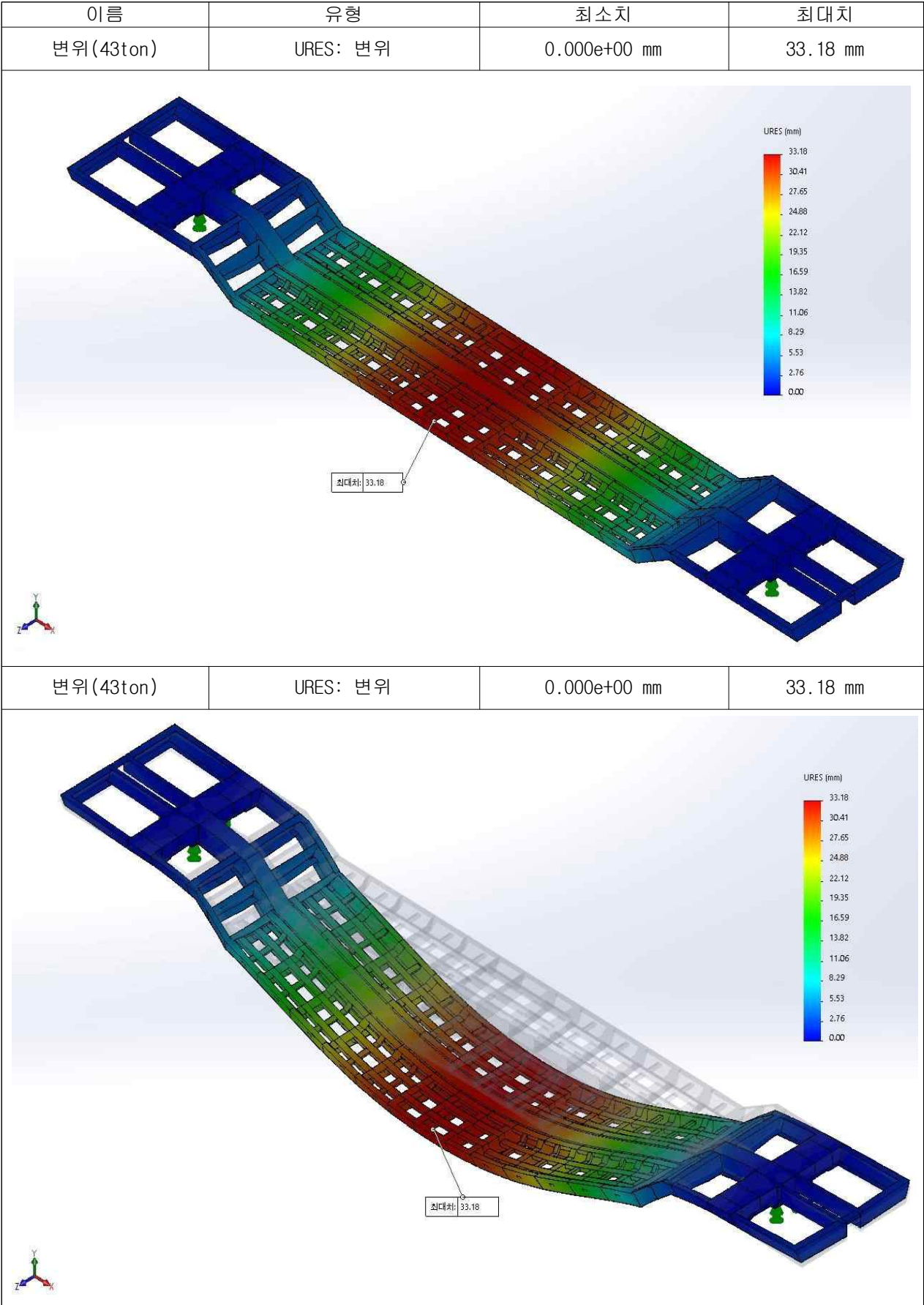
5) 모델명 : CT02-3 (응력해석)

이름	유형	최소치	최대치
응력(43ton)	VON: Von Mises 응력	6.226e-04 N/m^2(Mpa)	4.041 N/m^2(Mpa)



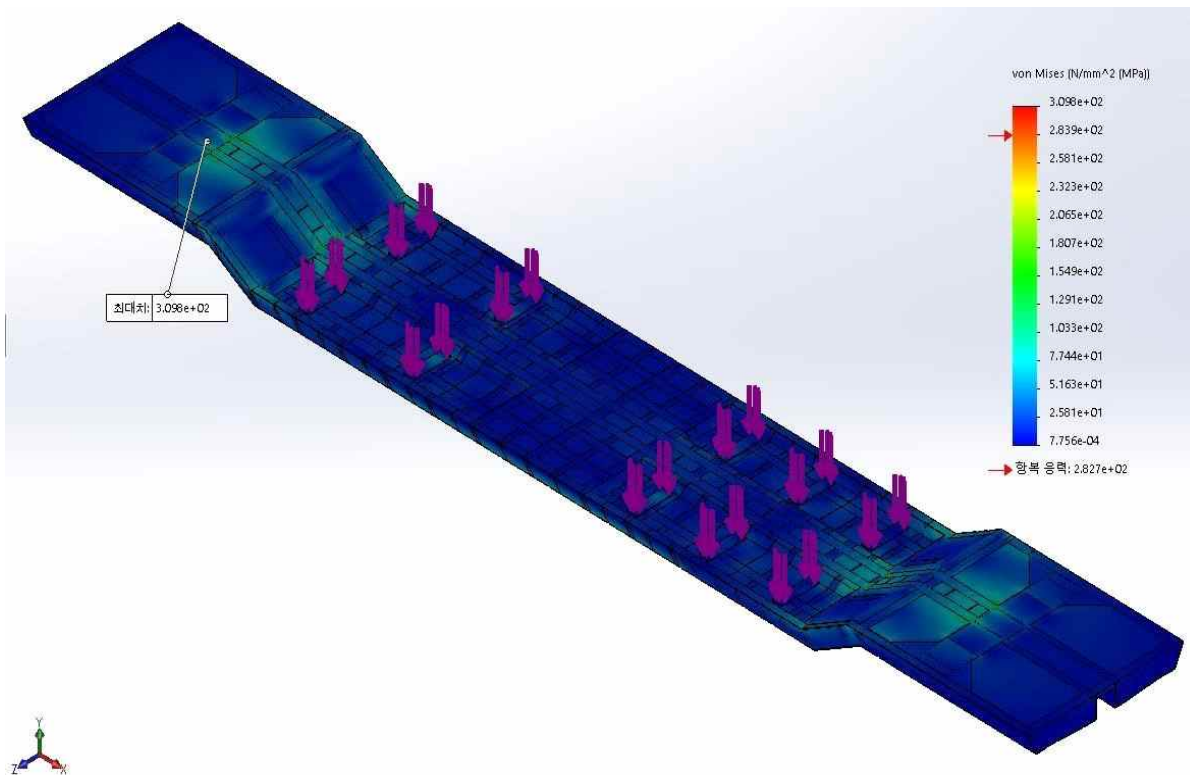
부 표

6) 모델명 : CT02-3(처짐변위 해석)

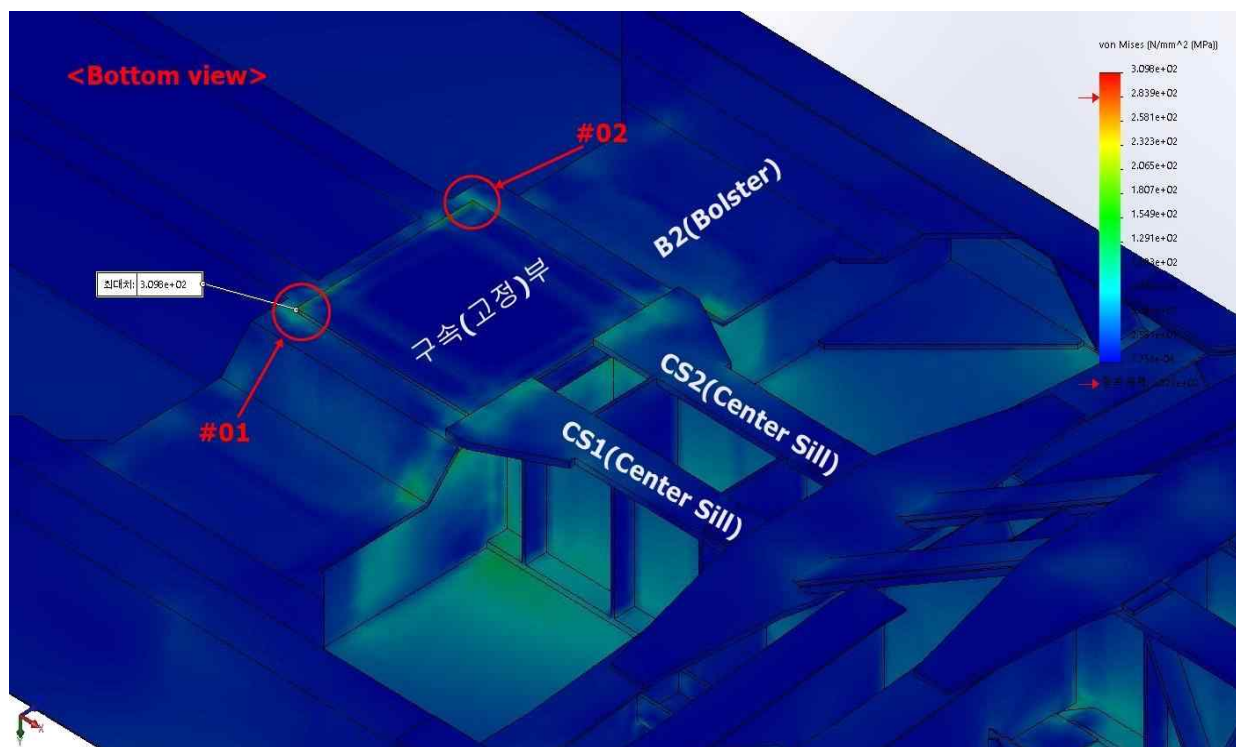


7) 모델명 : CT02-4 (응력해석)

이름	유형	최소치	최대치
응력(60ton)	VON: Von Mises 응력	7.756e-04 N/mm^2(Mpa)	3.098e+02 N/mm^2(Mpa)

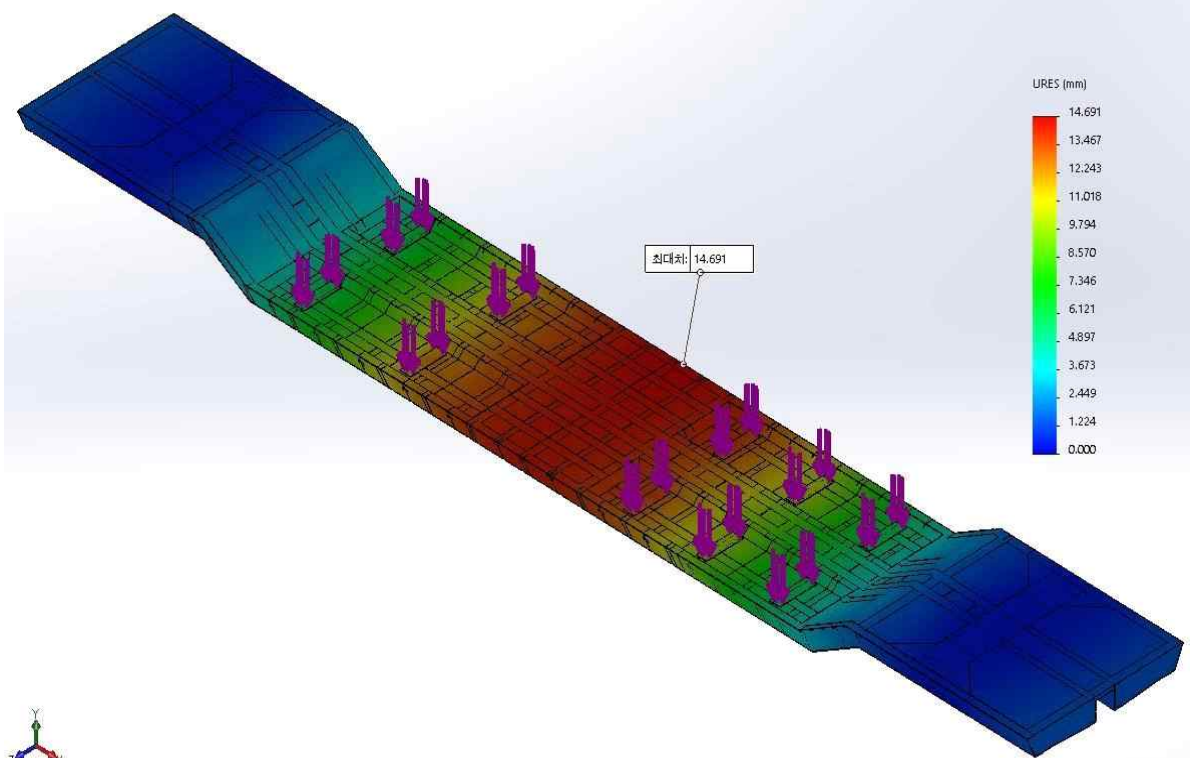


응력(60ton)	VON: Von Mises 응력	7.756e-04 N/mm^2(Mpa)	3.098e+02 N/mm^2(Mpa)
-----------	-------------------	-----------------------	-----------------------

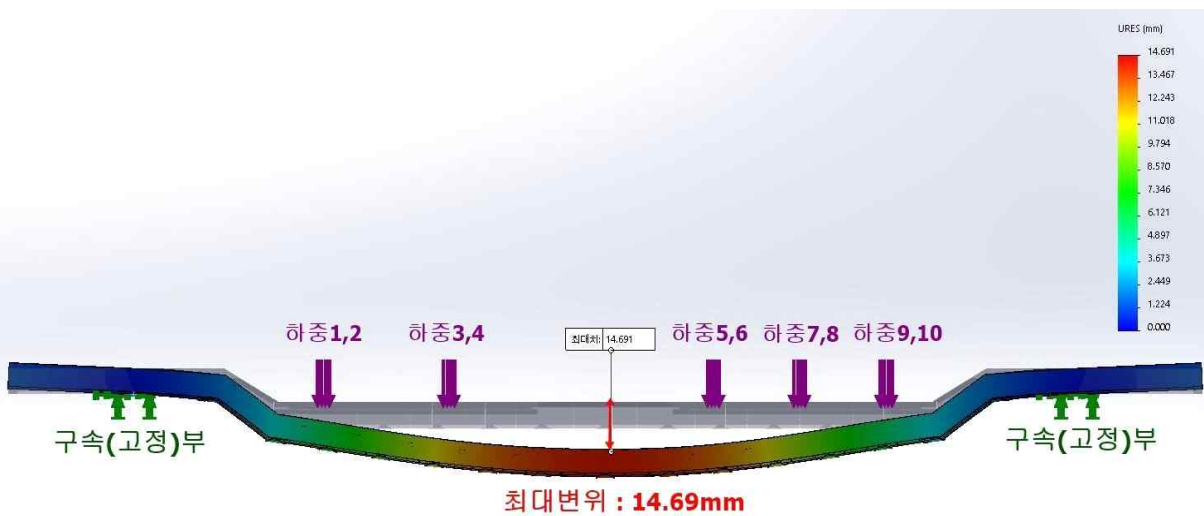


8) 모델명 : CT02-4(처짐변위 해석)

이름	유형	최소치	최대치
변위(43ton)	URES: 변위	0.000e+00 mm	14.691 mm

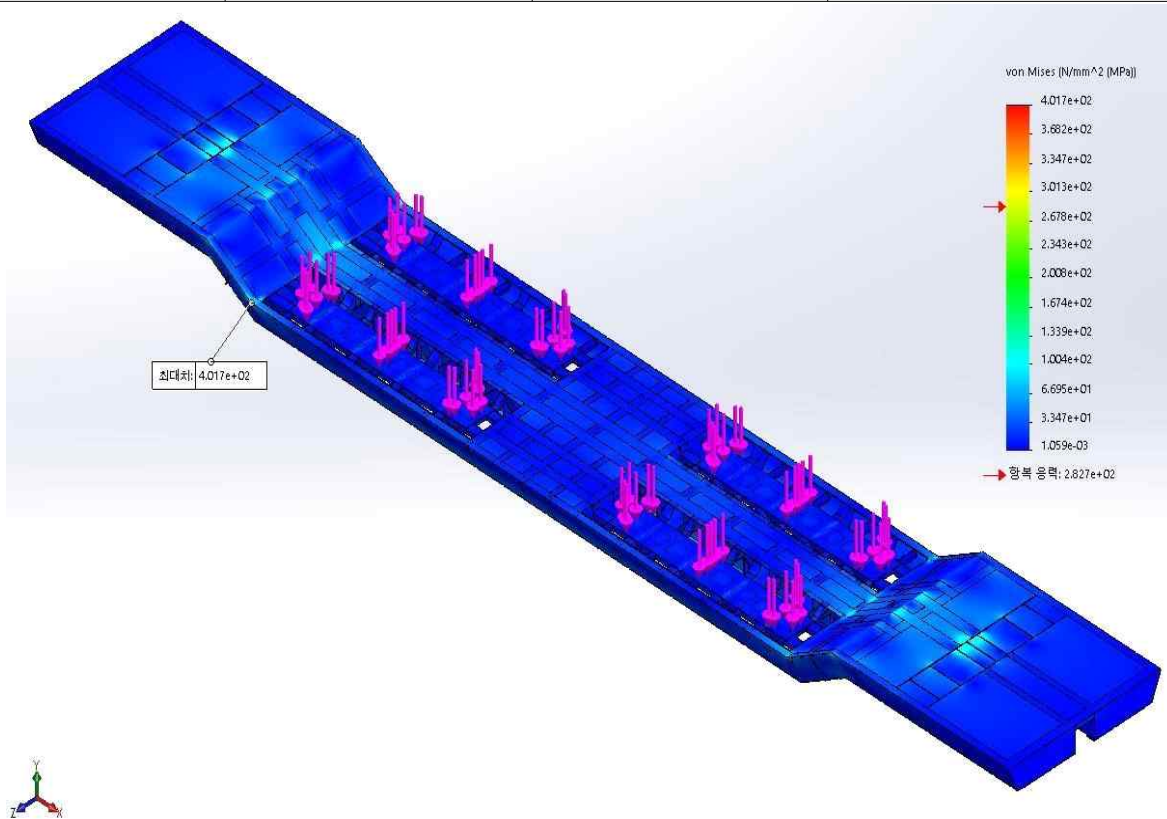


변위(43ton)	URES: 변위	0.000e+00 mm	14.691 mm
-----------	----------	--------------	-----------

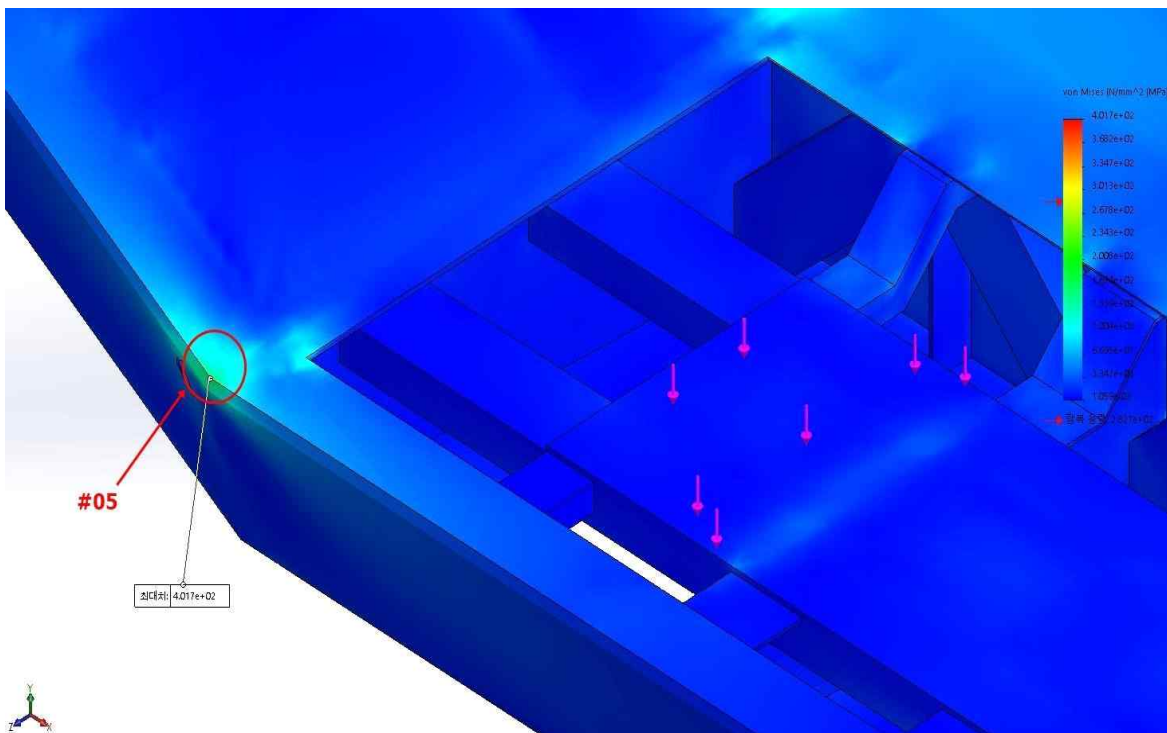


9) 모델명 : CT02-5 (응력해석)

이름	유형	최소치	최대치
응력(51ton)	VON: Von Mises 응력	1.059e-03 N/m ² (Mpa)	4.017e+02 N/m ² (Mpa)

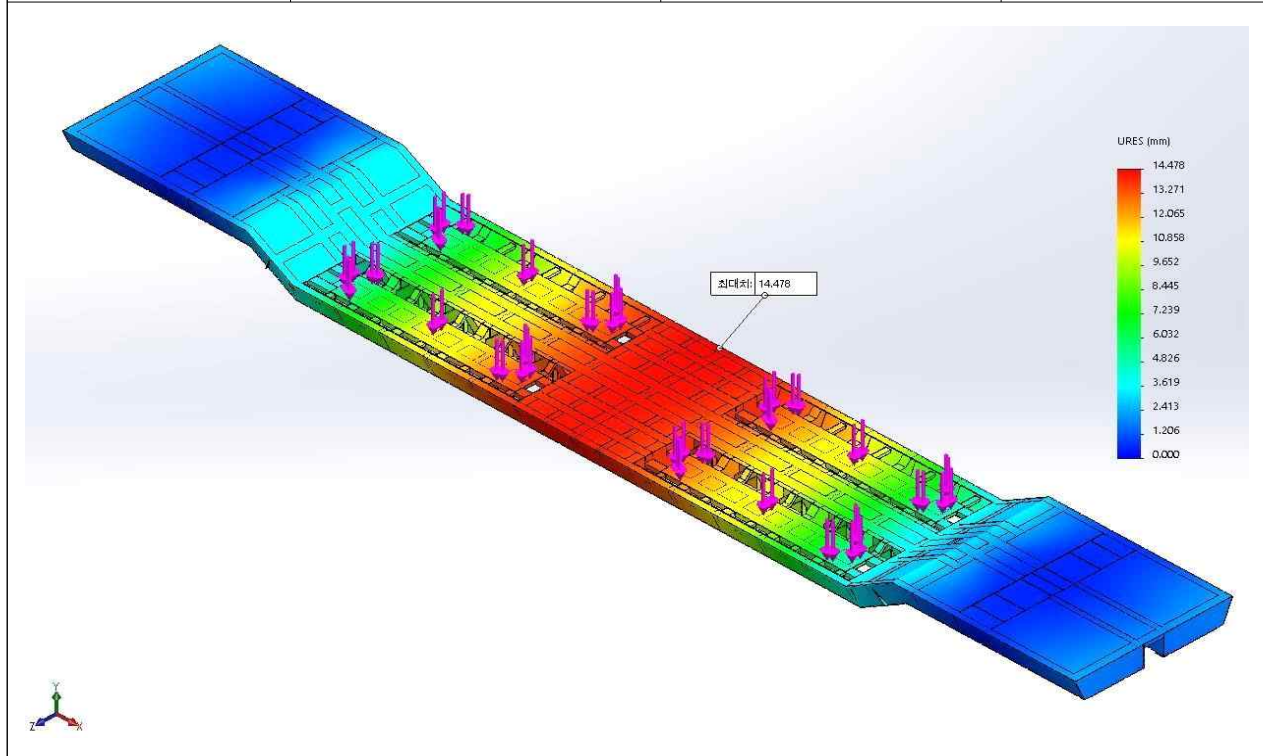


응력(51ton)	VON: Von Mises 응력	1.059e-03 N/m ² (Mpa)	4.017e+02 N/m ² (Mpa)
-----------	-------------------	----------------------------------	----------------------------------

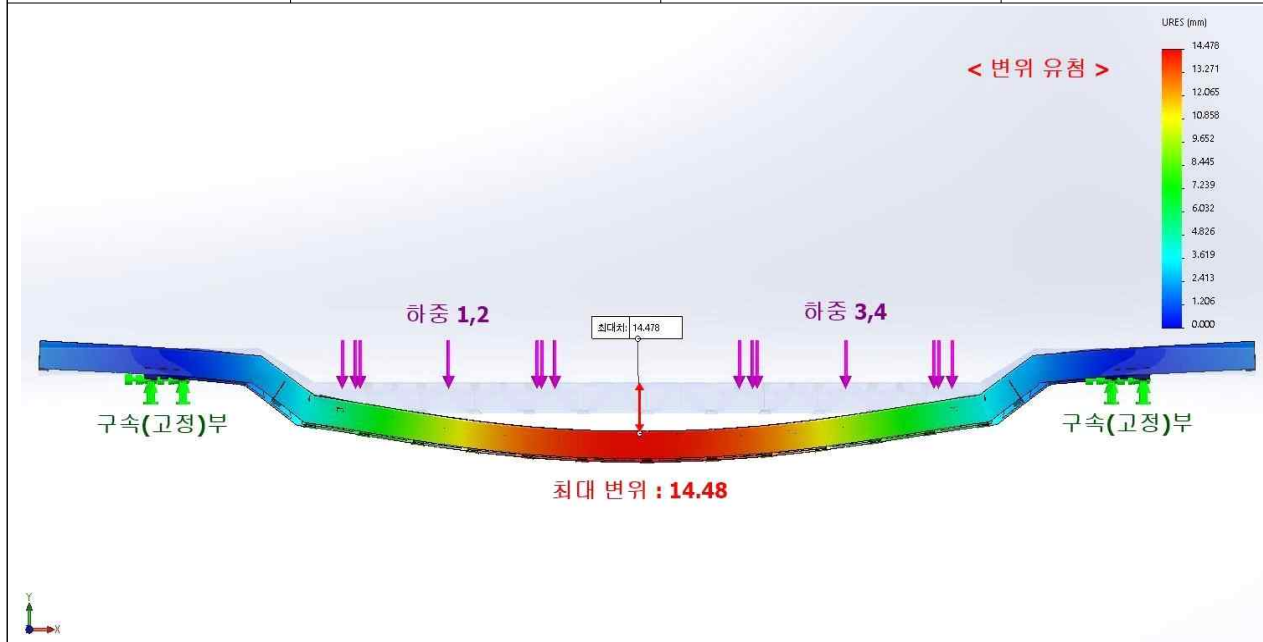


10) 모델명 : CT02-5(처짐변위 해석)

이름	유형	최소치	최대치
변위(60ton)	URES: 변위	0.000e+00 mm	14.478 mm



변위(60ton)	URES: 변위	0.000e+00 mm	14.478 mm
-----------	----------	--------------	-----------



2-6-5 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 기술사양서

1. 피기백 화차 탑재 트럭 결박장치 기술사양서 분석

가. 피기백 화차 탑재 컨테이너 락킹장치 설계 및 규격 기술 사양 분석

컨테이너 락킹장치의 설계하중을 살펴본 결과 인장력을 충분히 견딜 수 있을 것으로 판단됨. 따라서 컨테이너 락킹장치에 걸수 있는 결박장치를 제작하여 이 결박장치에 체인블록을 연결 할 수 있게 설계함

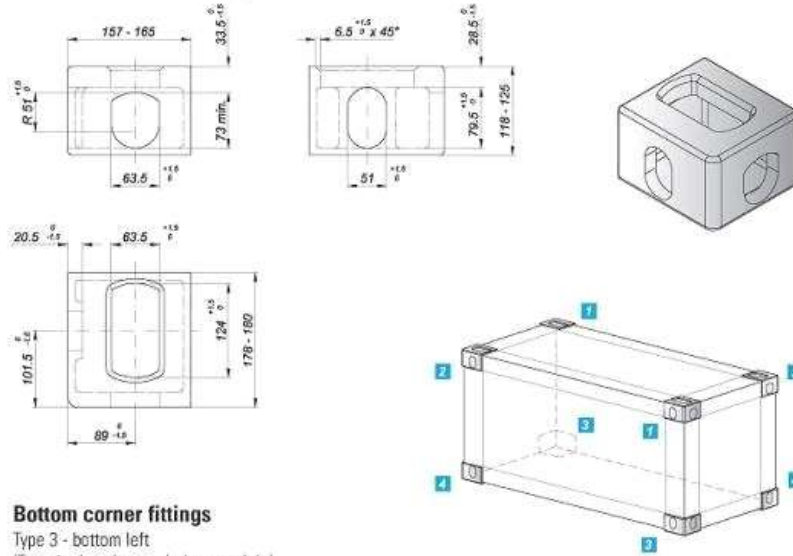
표 28. 컨테이너 모서리쇠 규격

하중 명칭	적용 모서리쇠	설계하중	하중방향	비고
적재	상부	69,400 kgf	연직 하향	적재 허용차이
	하부	82,600 kgf	연직 상향	
상부 달아올림	상부	15,300 kgf	연직	트위스트 로크, 고리연결 족쇄로 활용
하부 들어올림	하부	30,600 kgf	달아올림 각 : 60 달아올리는 중심선과 38mm 이격	쇠 사슬 및 lug 이용

Top corner fittings

Type 1 - upper left
(Type 2 mirror inverted - upper right)

In accordance with ISO 1161 (1984)



Bottom corner fittings

Type 3 - bottom left
(Type 4 mirror inverted - bottom right)

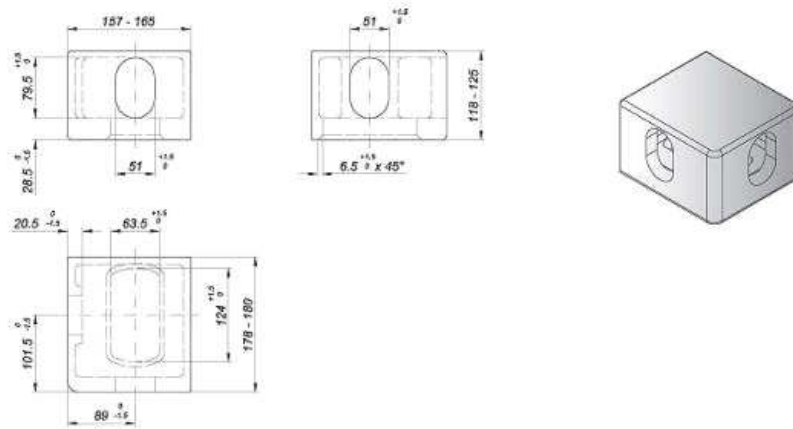


그림 79. 컨테이너 모서리쇠 도면

1) 결박장치 개념설계 1안

기존 평판 화차 양 사이드의 화와이어 결박용 고리 장치 이용하여 결박 장치 구성함
결박용 고리 장치에 D형샤클 장착 및 체인블럭 이용하여 쉽게 장착이 가능하도록 설계함

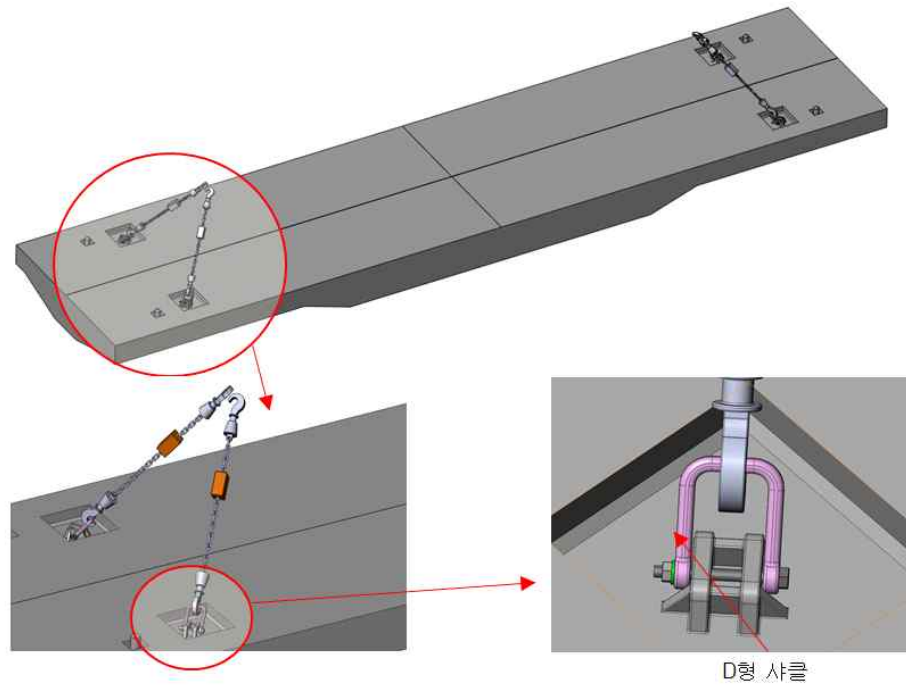


그림 80. 컨테이너 화차 전용 결박장치안

2) 결박장치 개념설계 2안

- 평판 화차 경우, 컨테이너 고정할 수 있는 록킹 장치를 이용하여 결박할 수 있도록 지그 설계하여 결박 장치 구성함.
- 기존 턴버클 장착 시, 대각선 방향으로 결박하여 록킹 장치 샤클 고정용 고리를 45도 방향 틀어서 결박할 수 있도록 설계함

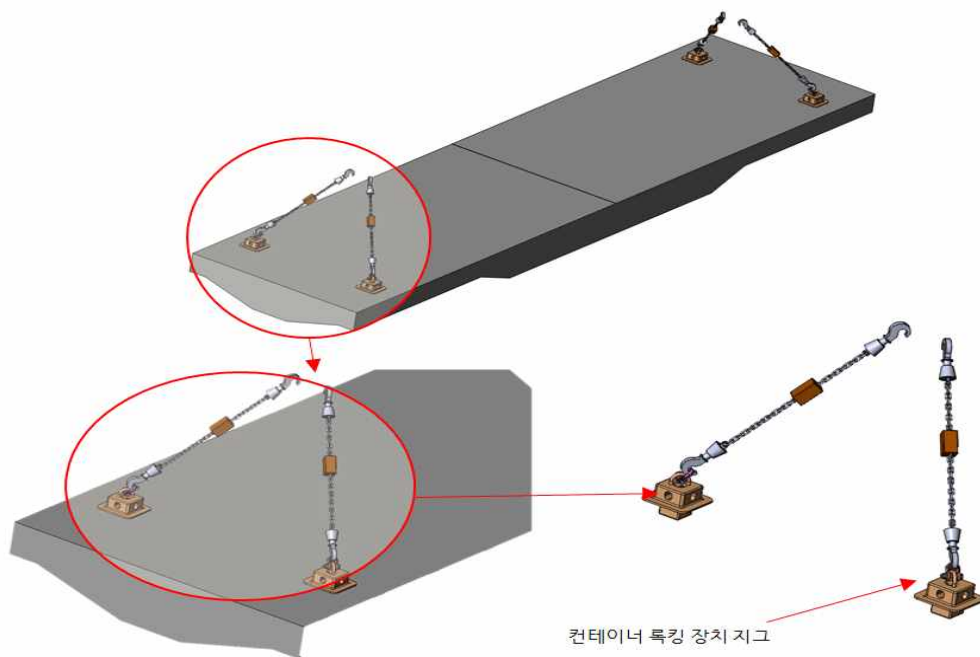


그림 81. 컨테이너 특대 화차 공용 결박장치안

나. 피기백 화차 탑재 원바디 트럭 체결 장치 설계 및 규격 기술 사양 분석

1) 개요

화물트럭 수송용 피기백 화차 운송시 열차상부에 탑재된 화물트럭이 고정 체결상태에 대한 안전성을 확보하기 위하여 고정 및 결박장치에 대한 설계와 기술 사양을 분석하였다.

2) 기술 요구사항 분석

가) 고정 장치 설계 기술 요구 사항서

화물 트럭이 피기백 화차 상부에 탑재된 상태에서 트럭의 전 후위측 타이어와 열차 바닥판의 접촉부에 화물트럭을 고정할 수 있는 장치를 설치한다.

(1) 구조 및 작동 방식

- 웨지 형태의 구조를 기본으로 하여 전면부는 테이터(Taper)형상이며, 전면 중앙부에는 전후방향 이동이 용이하도록 손잡이 홀더를 부착한다.
- 상부측에는 웨지의 록킹이 가능하도록 록킹용 레버가 설치되며, 하부측까지 연결된 샤프트에 의해 작동되는 록킹 장치를 설치하여 하부 가이드 레일 설치부의 임의 개소에서도 멈춤과 록킹이 가능한 구조로 한다.
- 웨지의 전두부 하면에는 웨지장치의 원활한 위치 이동 및 정위치를 안내하는 가이드바를 설치한다.
- 웨지 바닥면에는 열차 바닥판과의 면접촉을 고려하여 마모판을 부착하고 작동이 원활한 구조로 한 화물트럭 탑재이후 웨지를 각각 이동하여 타이어에 밀착 고정시킨다.

(2) 설치 위치

- 피기백 화차의 어복형 차체구조의 전 후위 경사부에 각 2개씩 총 4개소의 웨지를 설치한다.
- 웨지의 위치는 화물트럭의 타이어 위치와 동일 선상으로 한다.
- 차체 경사부에서 화물트럭 전 후 타이어 위치까지 이동 가능한 가이드 레일을 설치한다.

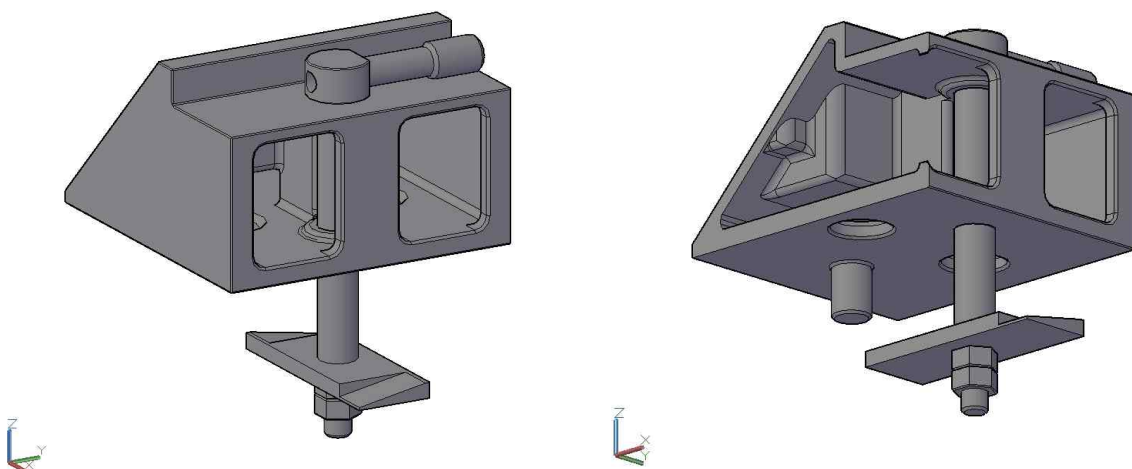


그림 84. 웨지형 원바디 트럭용 결박장치 기술 사양 설계도

3) 결박장치 설계 기술 요구사항서

화물트럭이 열차 위에 탑재 및 고정장치(썩기)에 의해 고정된 상태에서 탑재된 화물트럭이 열차 운행 중 전후 좌 우 등의 추가적 움직임으로 인한 유동을 방지하기 위하여 화물트럭을 결박할 수 있는 장치를 설치 한다

가) 구조 및 작동 방식

결박장치는 라쳅트본체 + 섬유밴드 + 후크를 기본으로 하여 밴드 하우스징에 조립체로 구성된다.

- 라쳅트 본체는 하우스징에 볼트로 체결하여 고정한다.
- 작동방식은 화물트럭이 열차에 상차하여 고정장치에 의해 고정된 이후 밴드하우스징의 커버를 개방하고, 후크를 화물트럭 하부측 또는 결박가능 지점에 체결한다.
- 결박장치내 라쳅트 레버를 전후방향으로 작동해 후크와 라쳅트에 연결된 섬유밴드가 탄성을 갖을 수 있도록 체결한다.
- 결박장치를 완해 할때는 라쳅트 내의 홀더를 압박작동하여 밴드의 탄성을 제거시키고 화물트럭으로부터 후크를 풀고 밴드하우스징내로 회수/정리한다.
- 이후 결박장치 커버를 닫는다.

나) 설치위치

- 열차 바닥판 하부에 매립설치한다.
- 밴드하우스징은 바닥판면에 볼트로 고정하고 밴드하우스징 하부에 골조와 고정처리하여 강성을 유지토록 한다.
- 열차의 양단부측에 2개소씩 열차 1량에 총 4개소의 결박장치를 설치한다.

다) 체결 하중조건

- 결박장치의 체결 최소하중은 7톤 이상으로 하며 실제 하중예상 3.5톤의 안전을 2배로 한 목표이다.
- 결박장치 밴드의 하중은 5톤/개로 한다.

4) 주요 사양 분석 결과

- 피기백 화차에 탑재된 화물트럭의 고정을 위하여 고정장치와 결박장치가 설치된다.
- 고정장치(썩기) 4개소, 결박장치 4개소가 설치되어 화물트럭을 견고히 고정/결박하여 운행시 안정성에 문제 없음을 기술검토하였다
- 결박장치 목표 최소하중 7톤 이상 기준에 대하여 결박장치 4개소의 전체 하중 체결은 20톤으로써 실제하중 3.5톤의 약 5.7배 수준으로 만족한다.

2. 피기백 화차 탑재 트럭 결박장치 실시시간 모니터링 기술사양서 분석

가. 주행 환경 모니터링 센서 시스템 구성

철도 화물 차량에서 중장비 운반 시 발생할 수 있는 결박장치의 인장력을 측정하고, 화차에 가해지는 가속도 및 풍압 등의 주행환경을 모니터링 할 수 있는 센서 시스템을 개발함. 아래 그림은 화물 차량의 화물운송 시 주행 환경을 모니터링할 수 있는 시스템의 컨셉도임

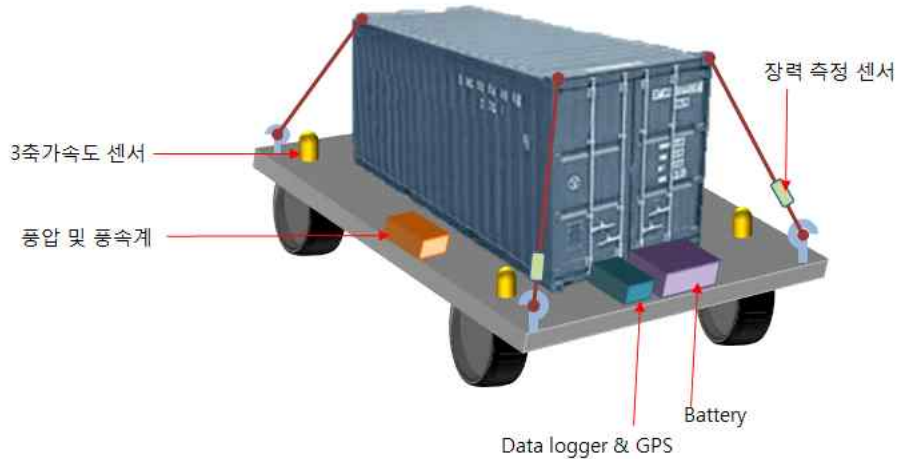


그림 85. 주행환경 실시간 모니터링 시스템 개념도

1) 화차케이블 장력 측정 및 결박장치

화차 케이블 장력 측정기는 운반 화물을 고정시키는 기존 케이블에 케이블 장력을 측정할 수 있도록 로드셀 또는 스트레인 게이지를 이용하여야 함. 측정 장치로 인해 케이블 파손이 일어나지 않도록 제작되어야 함. 케이블과 화차 연결 시 화차에 장탈착이 가능하도록 결박장치를 구성하여야 함

2) 화차 풍압 및 속도 측정

화차의 풍압 및 속도 측정기는 주행 차량의 환경 모니터링을 위한 것으로 주행 속도에 따른 풍압과 속도를 측정하기 위한 것임. 이 외에 장력과 가속도의 데이터 이상 발생 시 주행 상태를 분석하기 위한 자료로 사용하기 위함

3) 3축 방향 진동량 측정

화차 주행 시 발생하는 진동을 측정하여, 운반되는 물류에 가해지는 진동량을 모니터링하기 위한 것임. 선로 상태나 외부 환경에 따른 상태를 분석하기 위한 자료로도 사용 가능함. 진동량 측정기는 대차의 4곳에 설치되어 3축 방향에 대한 데이터를 취득함

4) Data logging 및 Display S/W

열차의 주행 중 발생하는 센서 변화값을 지속적으로 저장할 수 있어야 하며, 상태를 모니터링할 수 있어야 함. 테스트 기간 내에는 데이터를 저장할 수 있는 메모리를 포함하여야 함

나. 시스템 구성 요소

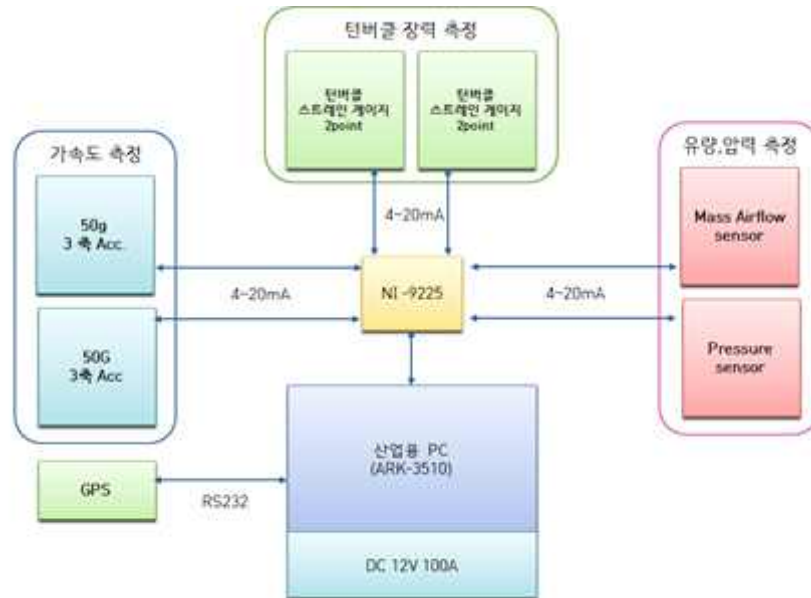


그림 86. 결박 장치 및 주행환경 모니터링 시스템 구성도

표 29. 시스템 구성 요소 및 사양

구성 요소	사 양	제품 사진
화차케이블 장력 측정기 및 결박 장치	- 제작 수량 : 2ea - 작동 범위 : 750kgf - 작동 온도 : -5℃ ~ 80℃ - 분해능 : 10kgf - Sampling : 1kSa/sec 이상 - 내장 메모리 : 64MB이상 - Shock Resistance : 100g peak - 장탈착 결박장치	
화차 유량 측정기	- 제작 수량 : 1ea - 작동 온도 : -25℃ ~ 85℃ - 측정 범위 : 200SLPM - Response time : 6ms - Ratiometricity error : ±0.30%	
화차 속도 측정기	- 제작 수량 : 1ea - Tracking mode : GPS - GPS 수신 감도 : -163dBm - 소비 전류 : 37mA - Interface : RS232	
3축 방향 진동량 측정기	- 제작 수량 : 4ea - 측정 범위 : 50g(peak) - 분해능 : 1mg - 내장 ADC 16 bit - Signal condition 회로 포함	
Data Logging 장치	- 제작 수량 : 1set - Flash memory - Binary to ASCII 변환 기능 내장	

	- 연속 데이터 저장 : 7days - 배터리 이용시 연속 사용 시간 : 2days - 원격 데이터 로깅 기능 내장 - 원격 제어기능 포함	
Display S/W	- 제작 수량 : 1set - Data Logging 및 Display - 연속 저장 : 24Hr - 선택 채널 표시기능 내장	

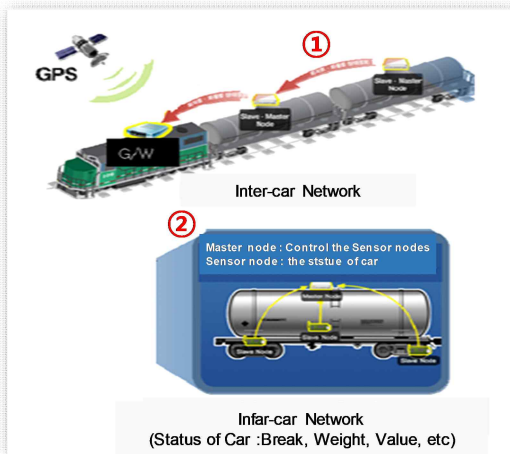
다. 피기백 화차 안전 운행을 위한 실시간 모니터링 모델 설계 연구

화물열차의 탈선, 브레이크 고장 등의 사고에 신속한 대응을 위해서는 화차 상태에 대한 실시간 모니터링체계가 필요하다. 하지만, 화차는 전력이 공급되지 않기 때문에 화차 상태를 실시간 모니터링을 하기 어려운 환경이다. 다행히 최근 사물 통신 기술의 발전으로 저전력 통신이 가능하게 되어, 웨어러블 장치, 자동차 모니터링 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 대부분의 화차 환경에서 사물 통신 기술의 활용이 가능하나 일부 터널에서는 부분적 통신 불량에 예측되기도 한다. 이와 같은 실시간 모니터링 부분은 여객 운영에 중심에 맞추어져 초고속 열차, 새마을호, 무궁화 열차 등에는 체계적인 연구가 수행되고 있다.

- 화차와 기관차간의 정보 전송 개요

▶ 정보 이용 방안

- 화차 및 기관차의 계측 내용 및 전송 방안



① Inter-Car Network

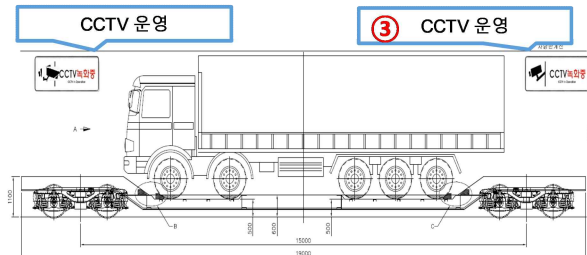
- 무선 WiFi 방식 (802.11n & 다중 입출력 방식(MIMO))
- TCP/IP 방식 (Wireless 방식)

② Intra-car network

- 차량 자체 정보 방식(master slave 구조)
- TCP/IP 방식 (Wire)

③ 영상정보

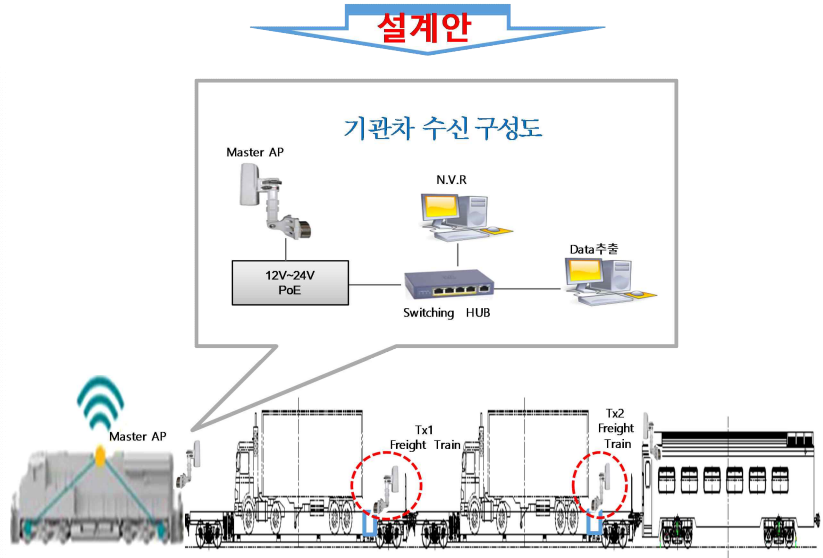
- 무선 네트워크 : 802.11n & 다중입출력 방식(MIMO)
- 압축 방식 : H.265(최대 40대 영상수용)
- 영상 카메라 : 2M Pixel (초 저도형으로 Bulletin type)
- 차량당 2대



① Inter-Car Network

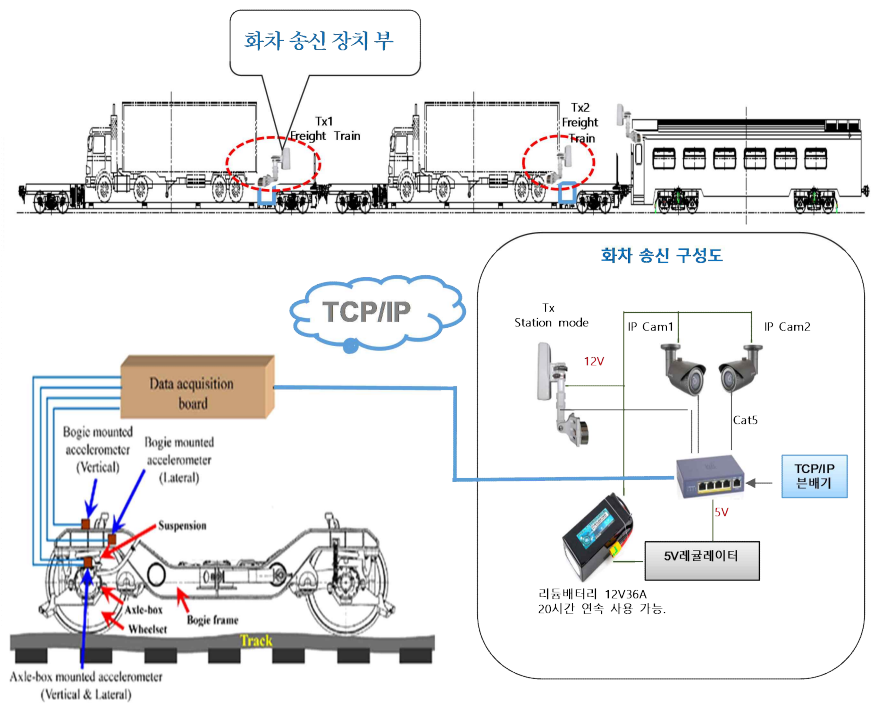
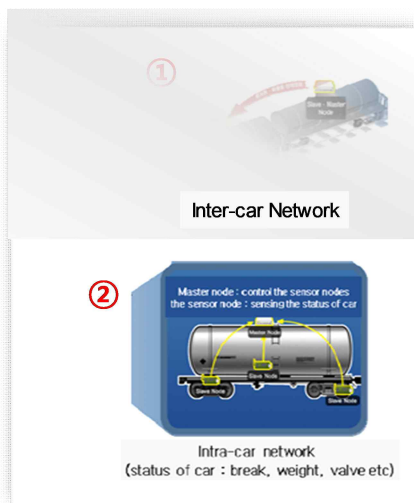
- 무선 WiFi 방식 (802.11n & 다중입출력 방식(MIMO))
TCP/IP 방식 (Wireless 방식)

i) Inter-Car Network 개요



② Infra-car network

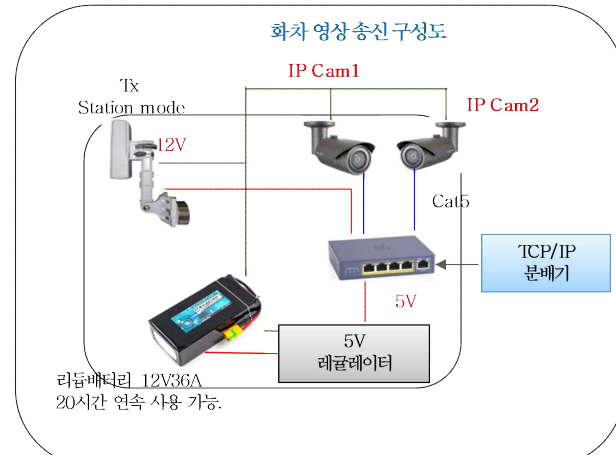
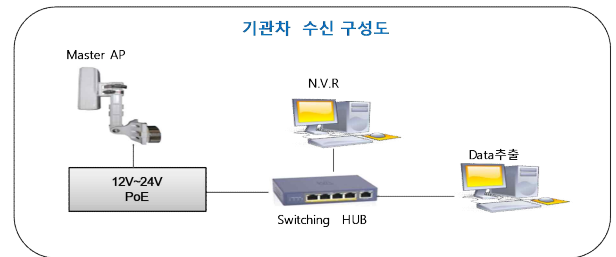
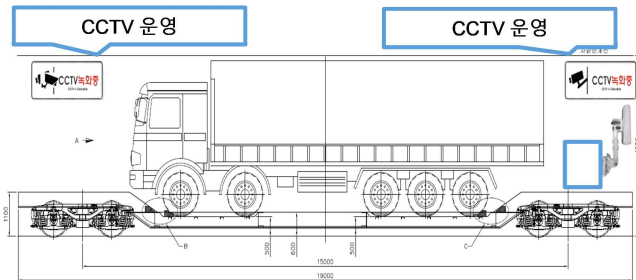
- 차량 자체 정보 방식(masterslave 구조)
TCP/IP 방식 (Wire)



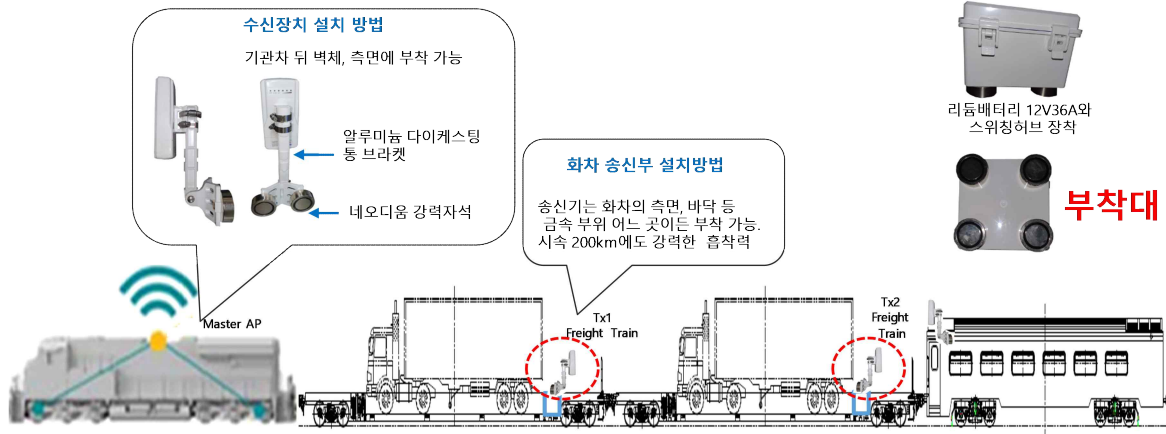
③ 영상정보 => ■ IP Cam Video 운영

- 화차 10량 네트워크카메라-수량: 20대
- 영상압축방식: H.265사용
- 무선 네트워크: 802.11an & 다중입출력 방식(MIMO)
- 카메라 해상도: 1920x1080
- 카메라 트래픽: 카메라 1대 2MBPixe(/ 차량)
- Total traffic : 40MB(Max50MB예상)

③



④ 기타



■ 무선장비

- 적용 무선장비 모델 : N5
- 주파수대역 : 5GHz
- 안테나 이득 : 14dBi Dual pole
- 통신속도 : 300Mbps MIMO
- 최대 통신거리 : 7km
- 특 징 : 네트워크 보안 및 핸드오프지원

■ 무선통신

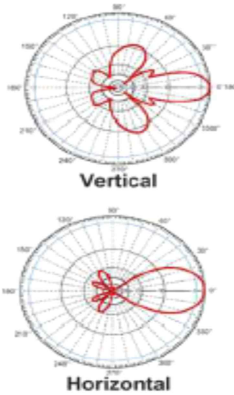
- 스마트폰에서 스캔되지 않는 채널 사용
- SSID숨김 기능
- 네트워크 보안 강화
- 해킹탐지 및 웹 페이지 접속 차단
- 이동체 핸드오프지원

⑤ N5 통신 장비 제원(안테나)

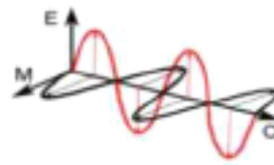


N5 장비 모형

N5 14dBi 안테나 빔 패턴



802.11.an 5GHz 300Mbps
Handoff기본탑재

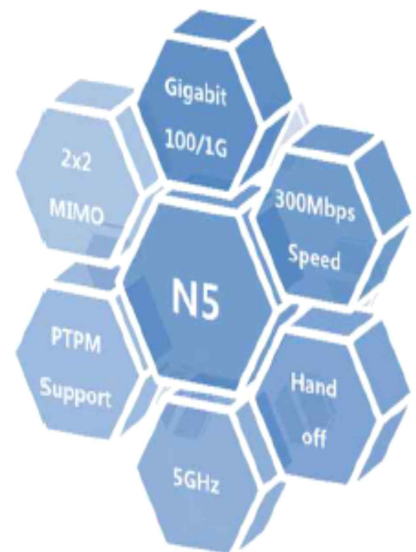


Antenna 2x2 60°
14dBi MIMO
N5 전자파 모형



방향조정이 자유로운
알루미늄 다이캐스팅
브라켓 포함

안테나 및 브라켓 포함



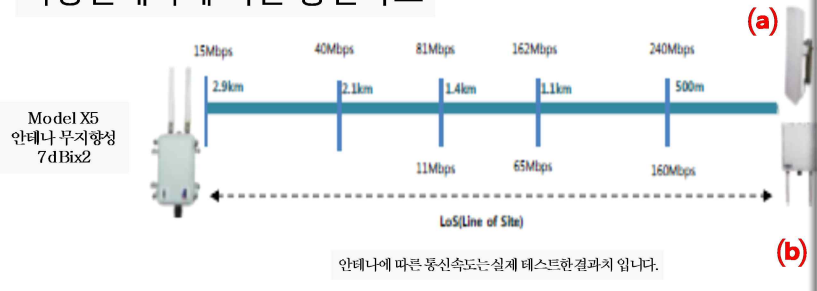
N5 특징점

⑥ 안테나 사양

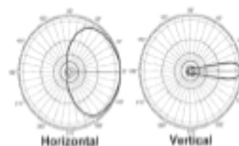
안테나 사양

섹터 안테나 규격
주파수 대역-MHz: 5150-5850
이득/dBi: 2x2.14dBi 이중편파
정재파비 VSWR: ≤2.0
수평 빔 폭: 45°
수직 빔 폭: 20°
F/B비율-dB: 20°
지향편파: 수직 & 수평
임피던스 -Ω: 50
제품크기-mm: 180×95×44
무게-Kg: 0.27
방수규정: IP65

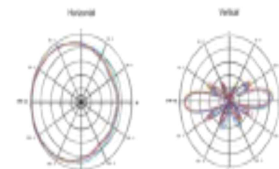
사용안테나에 따른 통신속도



(a) Model: N55
안테나: Sector 16dBi H120° V10° x2



(b) Model: X5NB
안테나: 주지향성 7dBi x2



2-6-6 피기백화차 운행 노선 안전운영 시나리오 방안 제시

1. 국내 웅바디 트럭과 40피트 컨테이너 트레일러 운송산업구조 및 영업 운영 조사

가. 화물자동차운송시장의 구조

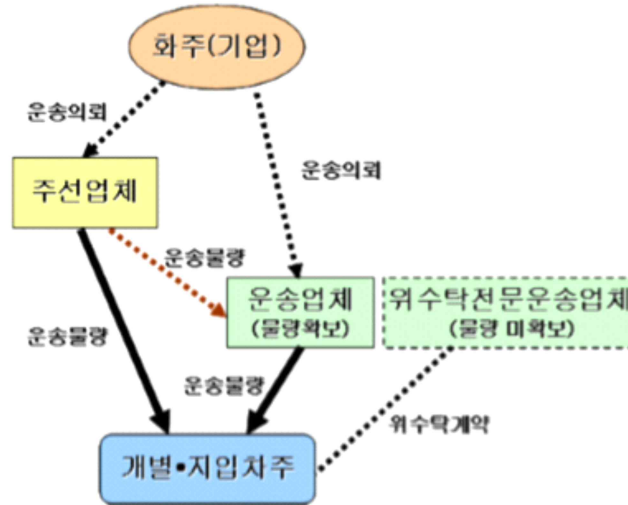


그림 87. 화물자동차운송시장의 기본구조

1) 낮은 진입비용에 기반한 경쟁 시장구조

화물자동차운송시장에서는 최소한 1대의 화물자동차만 확보하면 화물자동차운송서비스의 제공은 가능함. 이는 화물자동차운송시장의 속성상 진입단위가 1대임을 의미함. 시장진입규제정책에 따라 최소보유대수기준(예: 10대)을 진입조건으로 하더라도 1대 운송사업자가 발생할 여지가 잠재적으로 존재함.

대부분 국가들의 화물자동차운송시장에서 1대 운송사업자 등 영세 운송 사업자의 비중이 높다는 점이 이를 뒷받침한다 하겠음. 일반적으로 화물자동차운송시장의 진입과 관련하여 최소보유대수기준을 적용하는 국가는 드물(현재 일본 등 일부 국가에만 존재). 이는 각 국이 화물자동차운송시장의 최소서비스단위가 1대라는 속성을 반영하고 있기 때문임. 우리나라도 '04년 등록제에서 허가제로 전환할 때 최소보유대수 기준을 폐지하고 있음. 우리나라의 화물자동차운송시장에서 만연하고 있는 위수탁(지입)차주형태의 1대 운송사업자가 많은 이유도 화물자동차운송시장의 이러한 속성에 따라 기인된 것이라 할 수 있음. (영업용)화물자동차가 서비스단위가 낮다는 점은 시장을 경쟁적인 구조로 형성하게 하는 요인으로 작용함. 우리나라 화물자동차운송시장만 보더라도 현재 1대 운송사업자(개별차주, 위수탁차주)를 제외하고도 9,000여개에 이름.

2) 하청-재하청 구조의 시장형성

화물운송산업은 화주의 수요에 따라 운송이 이루어지는 수주산업으로, 필연으로 하청-재하청 구조를 형성하게 됨. 지역간 물동량 차이(지방 → 수도권 多, 수도권 → 지방 少), 계절·시기별 물동량 차이(월말집중)로 운송업체는 일정수준의 운송능력만 보유하고 초과물량은 하청으로 처리됨.

대형화주의 장기계약 물량일지라도 물량이 일정치 않아 운송사가 일부는 자차로 운송하고 일부는 협력업체에 의뢰하고 있음. 중소형화주는 소량의 물량이 수시로 발생되어 고정차량을 가진 운송사에 위탁하는 것보다는 주선업체를 주로 이용함. 주선업체는 중소화주 또는 운송업체로부터 “다수의 물량”을 확보하여 “다수의 차량”과 연결시켜주는 정보 매개 기능을 수행함.

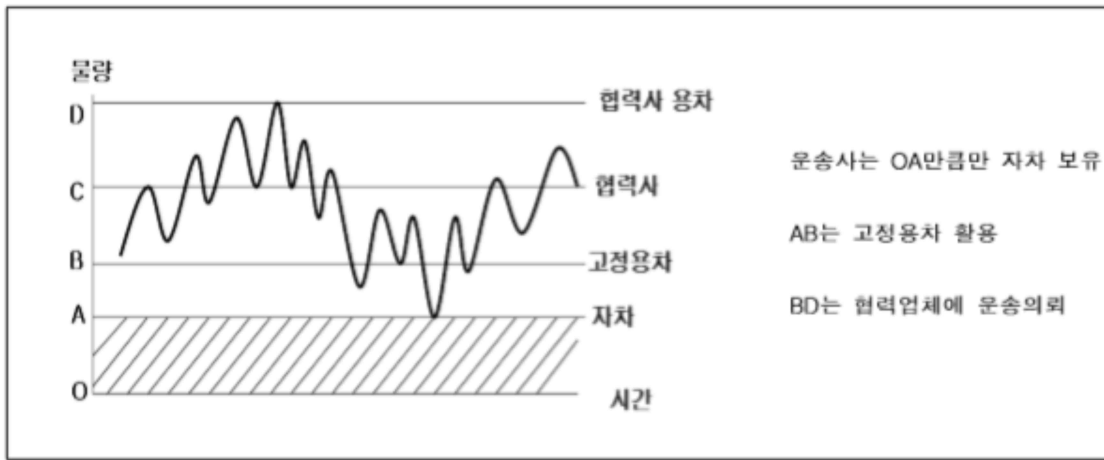


그림 88. 물량변동에 따른 운송업체간 역할분담

구분	운송거래 경로	특징
거래 유형	1 화주-운송업체-개인차주-수취인	- 소량화물운송거래에서 빈번
	2 화주-주선업체-개인차주-수취인	- 수시화물, 소량화물운송거래에서 빈번
	3 화주-운송업체-운송업체-개인차주-수취인	- 운송물량이 일정규모 이상인 운송거래에서 빈번하고 운송업체가 주도하는 거래 유형 - 첫 번째 운송업체는 대형운송업체 또는 주선겸업체인 경우가 많고 두 번째 운송업체는 협력운송사(하청운송사) 역할 수행 - 하청업체 특성이나 능력에 따라 하청운송단계가 복수로 발생(재하청, 재재하청)할 개연성 존재
	4 화주-주선업체-운송업체-개인차주-수취인	- 운송물량이 일정규모 이상인 운송거래에서 빈번하고 주선업체가 주도하는 거래 유형 - 유형 3과 유사하게 주선업체는 화물화보능력이 높은 경우가 많고 대부분 운송업체가도 보유 - 운송업체는 협력운송사(하청운송사) 역할 수행 - 하청업체 특성이나 능력에 따라 하청운송단계가 복수로 발생(재하청, 재재하청)할 개연성 존재
	5 화주-주선업체-주선업체-개인차주-수취인	- 소량물량의 수시 운송거래에서 빈번

주 : 개인차주는 위수탁차주를 포함하여 차량 1대 보유의 모든 개인운송사업자를 의미함

그림 89. 화물자동차운송시장에서의 단단계 운송거래 예시

3) 화물자동차운송사업 업종제도의 문제점

화물자동차의 등급 기준으로 구분되어 있어 운송시장 환경변화에 대한 유연한 대응에 한계가 있으며, 1대만 있으면 운송서비스를 제공할 수 있음에도 불구하고 필요이상 업종구분이 세분화 됨. 2004년 허가제와 상시수급조절제 도입으로 현 업종구분에 따른 실익 모호하고, 제공되는 서비스 형태별로 업종구분이 이루어져 있지 않아 질적 서비스 제공의 한계 발생함. 다양한 화물의 특성 및 종류를 미반영됨.

4) 현행 위·수탁제의 문제점

- 지입전문운송업체 발생으로 거래과정 및 계약절차 불투명 가중
- 법적근거가 모호하여 정책마련에 애로발생
- 지입차주중심의 단단계 운송구조 심화
- 각종 지입사기 또는 재산상분쟁 발생가능성 존재
- 위·수탁(지입)계약관련 민사분쟁 및 불공정계약 야기

나. 화물자동차운송산업 시장

1) 화물자동차운수사업의 종류

가) 화물자동차운송사업

화물자동차운송사업이란 다른 사람의 요구에 응하여 화물자동차를 사용하여 화물을 유상으로 운송하는 사업을 말함(화물자동차 운수사업법)

- 일반화물자동차 운송사업 : 20대 이상의 범위에서 대통령령으로 정하는 대수 이상의 화물자동차를 이용하여 화물을 운송하는 사업
- 개별화물자동차운송사업 : 화물자동차 1대를 이용하여 화물을 운송하는 사업으로 대통령령으로 정하는 사업
- 용달화물자동차운송사업 : 소형의 화물자동차를 사용하여 화물을 운송하는 사업

나) 화물자동차운송주선사업

타인의 수요에 응하여 유상으로 화물운송계약을 중개·대리하거나 화물차 운송사업 또는 운송가맹사업을 경영하는 자의 화물운송수단을 이용하여 자기의 명의로 계산으로 화물을 운송하는 사업

- 이사화물운송주선사업:이사화물을 취급(포장 및 보관 등 부대서비스 포함)하는 주선사업
- 일반화물운송주선사업 : 이사화물이 아닌 화물을 취급하는 주선사업으로 구분되어 있음 (2019.7 통합)

연 도	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17
합 계	13,774	13,889	14,036	14,185	14,829	14,094	14,230
이사주선(개)	4,767	4,831	4,900	4,904	4,756	4,400	4,711
일반주선(개)	9,007	9,068	9,136	9,281	10,073	9,694	9,519

* 전국 시·도 자료 취합

그림 90. 화물자동차운송주선사업 유형별 현황

다) 화물자동차운송가맹사업

타인의 수요에 응하여 자기의 화물자동차를 사용하여 유상으로 화물을 운송하거나 소속 가맹점(운송사업자)에 의뢰하여 화물을 운송하게 하는 사업

- 목적
 - 단단계 화물운송거래 과정을 축소하여 거래비용 절감 및 거래과정의 투명화 유도 (화물운송정보망을 통한 네트워크로 화주와 영세 운송·주선업체간 직거래 유도 필요)
 - 영세한 운송·주선업체의 규모화·효율화를 통해 화물운송서비스 질의 제고 및 다양한 서비스 제공
- 화물운송가맹사업 체계도
 - 운송사업자인 가맹점은 화주로부터 직접 물량수주 가늘고 주선사업자인 가맹점은 가맹사업체계 밖의 운송사업자에게 주선 가능
 - 가맹사업자는 확보한 운송물량을 외부 가맹사업자, 주선사업자 및 운송사업자에게 제공금지
 - 가맹사업체계 밖의 주선사업자가 가맹사업자에게 주선하는 행위는 재주선행위로 보지 아니함
 - 가맹점이 다른 가맹사업자와 중복 가맹계약체결 금지
 - 가맹점인 주선사업자는 가맹점인 운송사업자에게 직접 운송물량 제공 금지

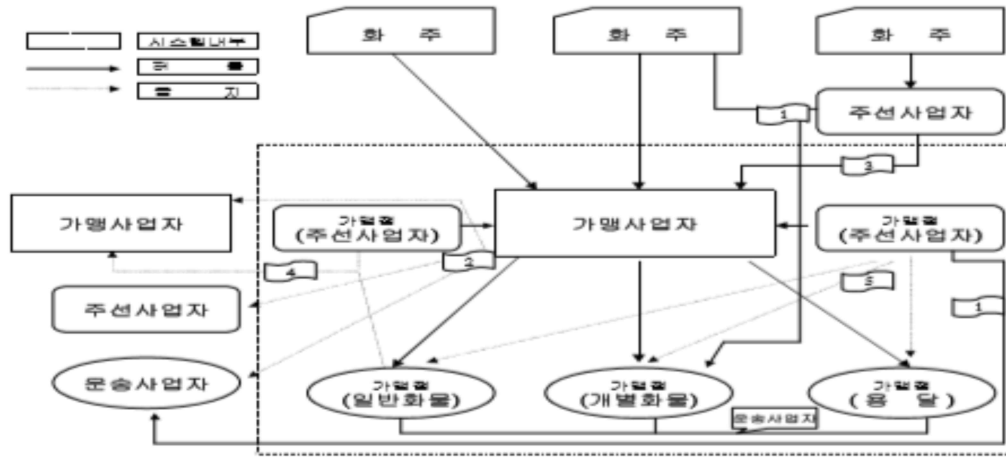


그림 91. 화물운송가맹사업 체계도

• 화물자동차운송가맹사업 허가업체 현황 : 총 13개업체

연번	법인명 (대표자)	주 소	허가일	비고 (차량대수)
1	카고넷(주) 박성태	부산 해운대구 마린시티 3로1	'05.3.24.	656
2	한국로지스폴(주) 서병륜	서울 마포구 마포대로 63-8	'05.9.23.	839
3	내트럭(주) 김선박	서울 중구 삼일대로 363 장교빌딩 13층 1306호	'06.4.25.	719
4	케이엘(주) 강전석	경기 오산시 경기대로 178 비전탑 907호	'09.8.26.	725
5	(주)한진 서용원	서울 중구 남대문로 2가 118	'11.7.25.	2,110
6	한국통운(주) 김춘수	서울 용산구 청파로 40(한강로3가 16-49)	'13.7.3.	1,987
7	세방(주) 박용수	부산 남구 북항로 141(감만동 624)	'13.11.11.	670
8	CJ대한통운(주) 박근태, 손관수	서울 중구 세종대로9길 53 대한통 운빌딩	'14.3.4.	554
9	(주)한트럭 김영진	부산 중구 대교로 155, 7층(중앙동 4가, 삼호중앙)	'14.4.9.	591
10	(주)한익스프레스 이재현	경기 화성시 양감면 초록로 103	'15.7.30.	519
11	(주)티피엠로지스 민화영	부산 중구 충장대로5번길 8, 4층	'16.8.30.	621
12	(주)이맥스물류 이주원	부산광역시 중구 중앙대로 72(중앙 동4가, 유창빌딩 11층)	'16.12.02.	717
13	(주)미래티엘에스 장중택	수원시 영통구 청명로 7(영통동 1021-4번지) 청명타운텔 402호	'17.6.01.	630
14	동원산업(주) 이명우	서울 서초구 마방로 68 동원산업 빌딩 8층	'17.9.11.	649

그림 92. 화물자동차운송가맹사업 허가업체 명단

2. 피기백 화차 안전운영 시나리오 방안제시를 위한 운영 요건 분석

가. 안전운영 시나리오 요구사항 분석

1) 철도화물 운송증대의 필요성

- 지속가능성 측면
 - 환경성, 효율성, 안전성, 교통혼잡 측면에서 철도는 도로보다 매우 바람직한 수단임
- 사회적 비용 측면
 - 환경(대기오염, 온실가스, 소음), 교통사고, 혼잡비용을 고려한 도로의 사회적 비용은 2000년 기준 12조 원이며, 철도는 1,900억원으로 나타났으며, 톤-키로 당 사회적 비용은 도로가 철도의 5.4배이며 혼잡비용 포함 시 8.1배로 나타남
 - 국내 화물차수의 80% 이상을 차지하는 1톤 이하 트럭의 대부분은 경유를 원료로 사용하고 있음

2) 피기백 화차 운영시나리오 제시를 위한 요건

가) 화주의 운송수단 선택요인을 고려한 정책방향 설정

도로에서 철도로 전환교통을 유도하기 위해서는 운송비용과 정시성 등에서 철도가 유리한 위치에 있어야 함. 아직 철도는 도로보다 더욱 경쟁력 있는 운송환경이 조성되어 있지는 않음

나) 탄력성을 고려한 정책방향 수립

연구결과를 보면 화주의 전환교통을 유도하기 위해서는 운송비용과 운송시간에 대한 관리가 필요함을 시사함. 운송시간의 단축보다는 운송비용의 인하가 더욱 효과가 클 것으로 평가되며, 더욱이 철도와 도로의 선택요인별 비교로부터 철도의 운송비용의 인하 혹은 도로의 운송비용의 인상방안은 모두 효과가 있을 것으로 보임. 그리고 운송시간은 대부분 비탄력적으로 나타나 시간단축의 효과는 제한적일 것으로 보임.

다) 전환교통 대상화물의 전략적 관리

한국에서 철도화물운송의 특성은 양회, 무연탄, 철강, 유류 등 벌크화물이 대부분이며, 평균 운송거리가 길지 않음. 화물운송에서 철도의 평균운송거리는 200km, 도로는 30km 정도임을 감안할 때 철도의 비용경쟁력을 확보하여 전환교통이 발생할 가능성은 크지 않기 때문에 전환교통이 가능한 화물의 시·공간적 경쟁력을 확보하는 운송네트워크의 구축이 필요함. 대표적 철도 운송 화물 중에서 전환교통의 가능성을 확보할 수 있는 품목은 컨테이너이며, 컨테이너의 전환교통을 촉진하기 위해서는 운송비용과 운송시간이 상호 상쇄되는수준 이상의 직·간접 지원이 확보되어야 함

라) 화물운송 정책입안 시 타 부처와 연계

스위스의 경우, 교통정책의 목표(Alpine Initiative' 1994)를 “환경 및 삶의 질을 유지하는 가운데 지속가능한 이동성의 확보”로 두고, 알프스 횡단 화물교통을 도로에서 철도로 전환하고자 하였음. 따라서 일부구간은 트럭의 최대중량제한을 28톤으로 두어, 그 이상의 화물은 철도로 전환하도록 제도화 하였고, 통행료는 화물적재톤수 누진제 시행으로, 300km기준 34톤 트럭의 통행료가 2001년 15.5만원 이었던 것이, 2008년에는 29만원까지 상승하였음. 또한 야간이나 일요일에는 트럭통행을 금지하였으며, 트럭운전자 근무시간에 대한 제재를 강화하였고, 철도화물 환적시의 병목현상 개선을 위해 터미널을 건설하고, 선로사용료를 인하하였음.

마) 철도운송에 대한 긍정적 태도를 형성하기 위한 인식의 전환

철도운송에 대한 긍정적 태도를 형성하기 위한 핵심유인요인이 ‘비용’이며, 특히 물류재고관리 및 유지비용과 운임을 할인 차원에서 마케팅 접근 전략과 정책 수립으로 화주들의 현실에 부합한 전략수립이 필요함. 화주가 운송효율성을 높게 지각할수록 운송수단전환의도에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 운송서비스는 운송수단전환의도에 부정(-)의 영향을 미친다는 유의미한 결과값을 도출하였음

이는 운송서비스를 높게 지각할수록 다른 운송수단으로의 전환에 대하여 고려하지 않는 것으로, 대부분 공로를 통한 운송방식을 선택하는 컨테이너 화주에게 현재 이용중인 공로운송서비스 수준을 상대적으로 높게 인식하고 있으며, 철도운송 서비스 수준에 대하여 부정적 인식이 만연하고 있음을 단적으로 보여주는 결과로 해석할 수 있음

또한 운송효율성을 높게 지각할수록 운송수단 전환의도에 긍정의 영향을 미치는 결과는 컨테이너 화주들이 철도운송에 있어 컨테이너화물을 취급하는 능력과 운송시간 및 화차운영의 빈도, 그리고 속도 등 운송효율성에 대하여서는 여전히 더 높은 요구가 존재함을 확인할 수 있었음. 태도의 전환을 위하여 정부와 운영기관은 변화하는 세계의 물류환경과 철도의 역할에 대한 다각적 차원의 교육 및 홍보 프로그램을 개발하고 직접 찾아가는 서비스를 제공하여 화주들이 철도에 대한 호의적이고 긍정적인 태도를 가질 수 있도록 해야 함. 컨테이너 화주들의 철도이용 확대를 위해서는 특히 물류재고유지 및 관리비용, 운임을 할인 차원에서 비용을 절감시킬 수 있는 구체적인 방안이 검토되어야 함. 비용차원의 마케팅 전략과 함께 부정적으로 인식되고 있는 철도운송수단의 효율성을 높이기 위한 인프라 구축 및 기술적 연구 개발이 지속되어야 할 것임.

바) 정부의 지원

- Modal Shift를 적극적으로 지원하는 EU와 일본의 사례를 보면, 크게 화주에 대한 지원정책과 운송업체에 대한 지원정책, 그리고 양자 공통의 지원정책으로 구분할 수 있음
- 화주를 지원하는 정책
 - 해운이나 철도를 이용하기 위해 필요한 시설 및 장비 투자에 보조금을 부여하거나 투자에 대한 세액공제와 같은 조세혜택을 부여하는 방안이 가장 많이 활용되고 있음
 - 또한 도로운송화물을 해운이나 철도로 전환할 경우, 해상운송비 또는 철도운송비의 일부를 보조하는 경우도 있음
- 운송업체를 지원하는 정책
 - 항만, 부두 또는 선로와 화차 등 인프라를 확충하여 해운과 철도의 운송여건을 개선하는 방안을 활용
 - 원가 절감을 위해 연료유에 대한 세금을 감면하는 방안
 - 선원이나 승무원의 인건비를 보조하여 원가부담을 줄여 주는 방안도 있다.
- 간접적인 지원방안
 - 화주나 운송업체가 부담해야 하는 온실가스 배출권 구매비용을 줄일 수 있게 Modal Shift를 조건으로 추가 배출권을 부여하는 방안을 활용할 수 있음

사) 철도운송 활성화

국가물류기본계획의 철도운송 활성화는 크게 신규 사업모델을 개발하여 철도공사 및 물류자회사의 활성화, 수송효율 향상을 위한 철도 신수송 시스템 개발, 타 운송수단 및 물류 거점 간 연계기능 강화를 위한 복합운송 체제 구축 등으로 추진되고 있음

(1) 문전수송이 가능한 복합일관수송체계 구축

정부는 국제철도 물류 활성화를 위한 기반을 구축하고 복합일관운송 사업을 강화하는 정책을 추진하고 있음. 이를 위해 대형화주 및 선사와의 전략적 제휴를 강화하고, 한일 철도와 해운을 연계한 복합일관운송사업 활성화, 철도중심의 수송완결성 강화방안을 마련하고 있고, 이에 따라 One-stop 서비스를 제공함으로써 철도 수송의 경쟁력을 제고하는 것임

(2) 장거리 직통열차 운행

대형화주 및 선사와의 전략적 제휴로 고정적 철도화물을 확보하고 Block Train 열차 서비스를 안정적으로 운행하고자 하는 것임. 일반 화물 Block Train 열차를 확대하는 방안이 검토되고 있으며, 이를 위해 정부는 직통열차 운행실적을 분석하여 확대방안을 마련하고 있음

(3) 화물역의 수송 거점화

정부는 화물취급량이 많은 역을 기준으로 거점역을 구축하여 운송의 효율화를 추진하고 있음. 2006년 기준 265개의 역을 2010년 200개, 2015년 133개역으로 정비하여 거점 수송체계를 구축할 계획임. 먼저 연간 5천 톤 미만 취급역을 정비하고 수송물량이 적은 화물은 인접역으로 이전하고 있다. 또한 특정역에서 다수의 취급 품목 가운데 수송량이 많은 품목을 위주로 단일화하여 품목별로 집중 관리하여 수송시간 단축 및 열차운용 효율성을 제고할 계획임

(4) 화물운송계획 및 화차운용 최적화시스템 구축

동 사업은 정보전략계획의 일환으로 약 35억 원을 투자하여 화물운송 계획 및 화차운용 최적화 소프트웨어를 개발하는 것임. 최적화된 시스템 구축으로 운송계획의 자동화 및 화물열차 이용에 대한 서비스의 질을 향상 시키는 것임. 또한 탄력적인 열차 설정과 차량운용의 효율성 제고로 비용절감 및 수익 극대화를 실현하는 것임.

(5) 항만 및 산업단지 등의 철도 인입선 건설

정부는 항만 및 산업단지 등에 대한 철도 인입선 건설계획을 종합적으로 검토하고 수립하여 단계적으로 추진하고 있으며, 항만, 산업단지, 유통단지 신규건설 시 철도인입선을 의무화하는 방안도 검토되고 있음. 특히 예비 타당성 조사 및 기본계획 수립 시 인입철도가 포함되도록 하고 있으며, 이에 따라 항만 등 국가 기반시설의 물류시스템 효율성을 향상시키고자 하는 것임

(6) 세제지원 및 물류시설 확충 지원

정부는 철도화물 경쟁력 향상을 위해 유가 보조금 지원 등 화물자동차에 준하는 제도 개선 방안을 검토하고 있음. 그리고 CY 등 물류기지 확충 시 국가에서 비용의 일부를 지원하는 방안도 검토되고 있음

(7) 트럭에 대한 제재방안

유럽국가의 경우 철도화물운송에 대한 직접적 지원 뿐만 아니라 철도의 경쟁운송수단인 트럭에 대한 제재를 병행하고 있음. 우리나라의 경우 도로화물에 대한 억제정책이 부족한 상황이며 오히려 연 1조 5천억원 이상의 유가보조금 및 트럭의 야간 고독도로 통행요금 할인 등을 통해 도로화물의 경쟁력을 높여주고 있는 상황임.

(8) 정부의 피기백 화차 운영 정책

우리나라는 2009년 6월 지속가능교통물류발전법의 제정을 통하여 전환교통에 대한 지원근거를 마련하였음. 2010년 3월 협약체결 및 보조금 지급절차 등 세부사항을 규정한 전환교통협약에 관한 규정을 제정하여 2010년 시범사업 기간을 거쳐 2011년에 확대되었음. 대상 화물은 국내 및 수출입 화물로서 수출입화물은 국내 운송구간에 한함

• 2010년의 시범사업 사례

- 도로로 운송하던 화물을 철도로 전환할 경우 보조금을 지원하는 철도운송전환 보조금 제도. 컨테이너 운송은 수도권 ↔ 부산·광양항, 철강품 운송은 수도권 ↔ 포항·광양을 사업구간으로 기준물량 대비 철도운송량이 증가할 경우에만 보조금이 지급됨
- 2010년 8월부터 도로로 운송하던 화물을 연안해운으로 전환하면, 전환교통 보조금을 지급함. 컨테이너 운송협약업체 1개사와 철강부문 1개사 등 2개사가 선정되어 시행하고 있으며, 보조금의 단가의 상한선은 철도전환의 경우 수도권과 부산은 20피트 컨테이너는 수출 35,100원/개, 수입 34,900원/개이며, 철강은 수도권-포항의 경우 4,500원/톤임

나. 피기백 화차 운영시나리오 추진정책의 문제점 및 대안 제시

1) 하드웨어 측면

가) 낮은 접근성

도로운송의 경우 일괄 운전운송이 가능하나 철도의 경우는 철도 본선수송과 환적단계를 거쳐 화물이 운송되는 특징이 있음. 따라서 철도운송은 도로운송에 비해 접근성이 낮다고 할 수 있음. 이를 극복하기 위해서 주요 시설에 대한 인입선의 설치가 필수적이나 인입선의 설치 가 여전히 부족하다고 조사되었음. 현재 무역항 28개 가운데 9개 항만에만 철도인입선이 연결되어 있으며, 35개의 국가산단과 206개의 지방산단 중 7 개 산업단지에 국가가 건설한 인입선이 연결되어 있음.

나) 철도화물 처리 시설 및 장비부족

철도화물 처리시설의 부족 및 하역장비 확충이 미흡한 점도 지적되고 있음. 환적에서의 단점을 극복하기 위해 효율적인 하역 작업을 위한 대규모 철도물류시설에 고성능 하역장비의 설치가 필요하나, 일부 철도물류시설의 경우 하역장비가 부족하거나 낙후되어 있음

다) 철로 건설 부족

철도운송은 과거에 우리나라 화물운송에 중추적인 역할을 하였으나, 그 역할이 감소하게 된 원인으로 철도건설의 부족과 도로건설의 급격한 증대로 지적되고 있음. 도로에 대한 투자증대에 따라 트럭의 운송단가 감소, 운행시간 단축, 정시성 확보 등이 가능해짐에 따라 상대적으로 철도의 운임과 시간측면의 경쟁력 저하를 초래하였음

2) 소프트웨어 측면

가) 운임구조 및 시간 탄력성 부족

철도화물의 운임구조는 거리 비례제로 일반화물의 경우, 톤-km당 42.5 원의 임률이 부과되며, 컨테이너의 경우 규격 및 화물의 유무에 따라 상이한 임률이 적용되고 있음. 기본운임 구간은 100km로 규정되어 있고, 거리 비례제는 화물운송수요의 제고 측면에서 장거리 운송특성이 있는 철도운송에는 바람직하지 않은 것으로 인식되고 있음. 비록 장거리 화물에 대해 할인운임을 적용하고 있지만 할인폭이 낮아 화주에게 실질적인 유인책이 되지 못하는 것으로 조사되었음. 그리고 2008 년 3월 8일 철도화물 운임은 철도사업법 개정 이전에는 운임 상한을 신고하여 상한 내에서 운임을 결정할 수 있었으나, 현재는 물류시장에서 경쟁 력을 확보할 수 있도록 상한 규제를 폐지함으로써 경쟁력을 운임의 경직성 을 해소하는 정책이 추진되고 있음. 철도운송은 트럭과 철도와의 연계성을 위한 환적단계를 거치면서 시간 및 비용이 추가로 발생하는 단점이 있음. 더욱이 철도역 CY의 협소 및 열 악한 시설로 상시하역체계가 구축되지 않아 시간손실이 발생되어 정시성 확보가 어려워 철도의 경쟁력을 저하시키고 있음.

나) 낮은 편리성

철도운송사는 철도의 본선구간만 수송을 담당하고 화물의 출발지 및 목적지와 철도역간의 수송은 화물자동차가 담당하고 있음. 즉, 환적단계에 서의 상이한 주체들이 활동하고 있어 철도를 이용한 화물운송은 도로운송 에 비해 불편한 편임. 그 결과 컨테이너 화물의 45%이상이 경인권에 집중되어 있음에도 불구하고 장거리 운송에 유리한 철도운송의 이점을 충분히 살리지 못하고 있음. 그리고 철도역 CY운영은 주로 CY 조성업체에 의해서 이루어짐에 따라 철도를 이용하는 화물의 총운임을 증가시키는 원인으로 작용하고 있음. 운영하는 CY가 없는 운송업체의 경우, CY 조성업체 의 배타적 사용으로 인해 철도이용에 어려움이 따르는 문제점이 있음

3) 여객위주의 열차운행

선로배분 정책은 여객열차에 우선순위를 부여함에 따라 화물 열차는 여객 열차의 수요가 없는 심야시간대에 주로 운영되고 있어 고객이 요구에 부합하는 철도화물운송 여건을 제공하지 못하고 있음. 또한 선로 유지보수 작업도 야간에 이루어지기 때문에 화물열차의 선로확보에 제약을 주고 있음

가) 선로 개량 시 기존 물류시설에 대한 이전 대책 미흡

철도개량사업으로 인한 선로이설에 따라 철도를 이용하기 위해서는 물류시설을 철도역 인근으로 이전하거나 신설철도와 물류기지를 연결하는 인입선 건설이 필요함. 그러나 민간업체의 요청에 의해 건설된 청원시설의 경우, 해당시설 이전 시 국가의 지원근거가 없으며, 오히려 시설 이전 시 청원자가 부담하게 되어있음. 따라서 과다한 비용부담으로 철도 이용을 포기하는 사례가 발생 하고 있음

나) 인허가의 어려움으로 인한 인프라 조성 애로

양회 사일로, 무연탄 관련 물류시설 등은 지역 주민들로부터 혐오시설로 인식되어 민간업체가 철도역 인근에 철도물류시설 확충 시 지역주민의 반대 민원이 심각함. 물류시설 조성 시 각종 부담금 징수 민간업체는 철도 유희부지에 철도물류시설을 설치하고 있으나, 철도 용지 중 유희부자의 대부분은 자연녹지로 지정되어 있어 물류기지 개발 시 개발제한구역 훼손부담금을 부과해야 함. 이러한 부담금은 무류시설건설 시 초기에 지출되는 비용으로 원활한 철도물류시설 설치에 장애로 작용하고 있음.

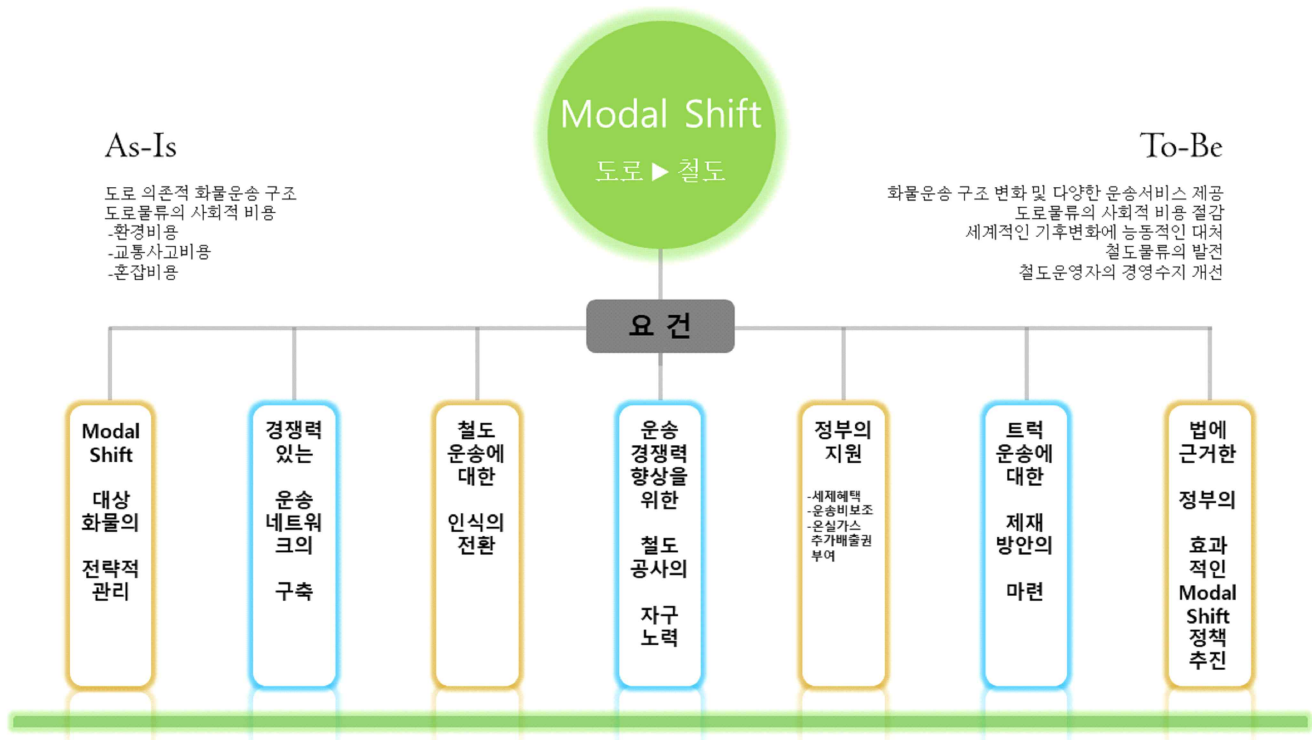


그림 93. 피기백화차 운영 요건 및 운영 방향 제시

나. 피기백 화차 상하역 차체 구조해석

1) 구조해석 조건

피기백 화차 차체의 총 길이는 약 25.9m 이며, 아래 그림에 나타난 것과 같이 빨강색으로 표기된 3부분에 화물트럭이 탑재된 팔레트가 안착되어 하중을 지지함.

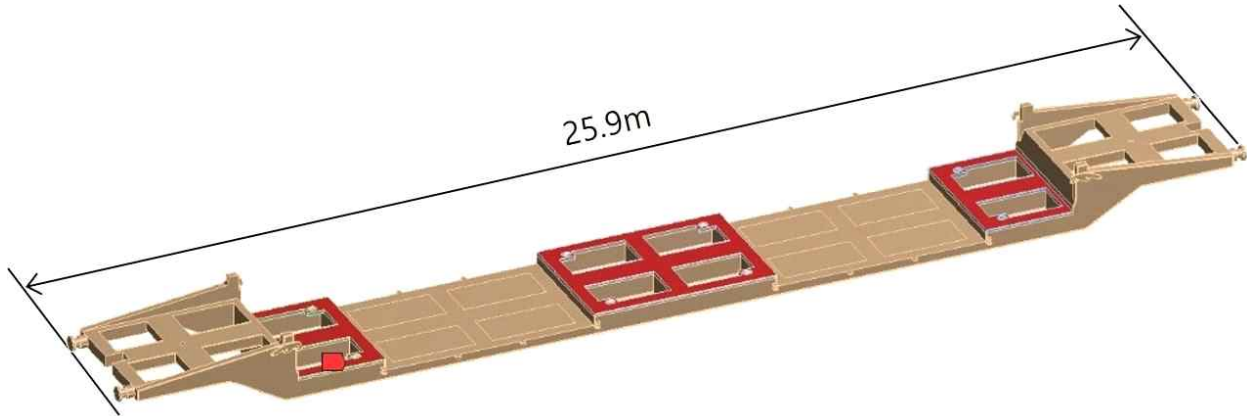


그림 94. 피기백 화차 차체의 형상 및 하중 적용부분

구조해석에 적용한 하중은 화차 차체의 재질에 따른 자중과 대형화물 트럭 및 팔레트의 Max 중량을 적용하여 해석

표 30. 피기백 화차 차체의 중량정보

	Dead Weight [kg]	Material
Cargo Train	116,740	Structural steel
Truck	60,000	Distributed mass
Pallet	7,500	Distributed mass

2) 피기백 화차 차체의 절점 및 해석요소 정보



Cargo Train	Information
Node number	271,316 [EA]
Element number	160,571 [EA]
Element order	Quadratic
Size function	Uniform & Fine mesh

그림 95. 피기백 화차 차체의 해석모델 및 정보

3) 구조해석

- 피기백 화차 차체의 자중 및 작용 하중에 대한 구조건전성을 평가하기 위해 구조해석을 수행하였으며, 해석의 결과로서 등가응력(Von-Mises stress) 및 처짐량을 출력
- 피기백 화차 차체에 대한 해석모델을 토대로 수직방향으로의 자중 방향을 정의하고, 2가지 Case의 구조해석을 수행

★ Case #1 : 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 제외한 Cargo Train의 자중 해석

★ Case #2 : 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 포함한 Cargo Train의 자중 해석

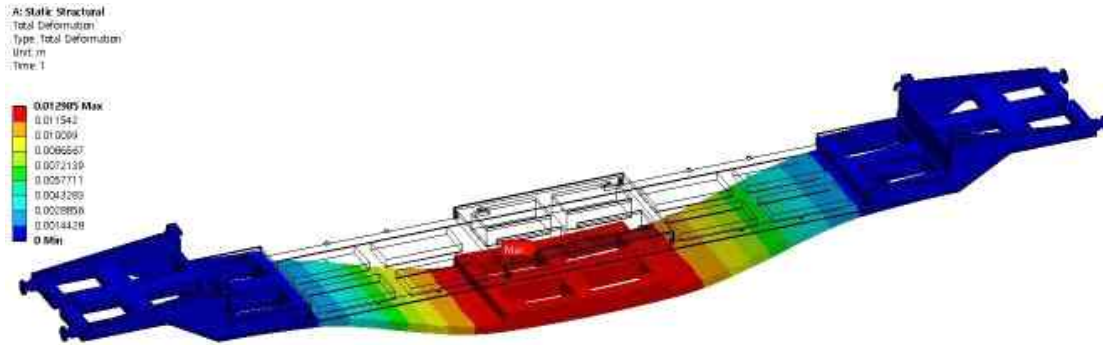


그림 96. 피기백 화차 차체의 Case #1 조건에 대한 최대 처짐(약 13.0mm)

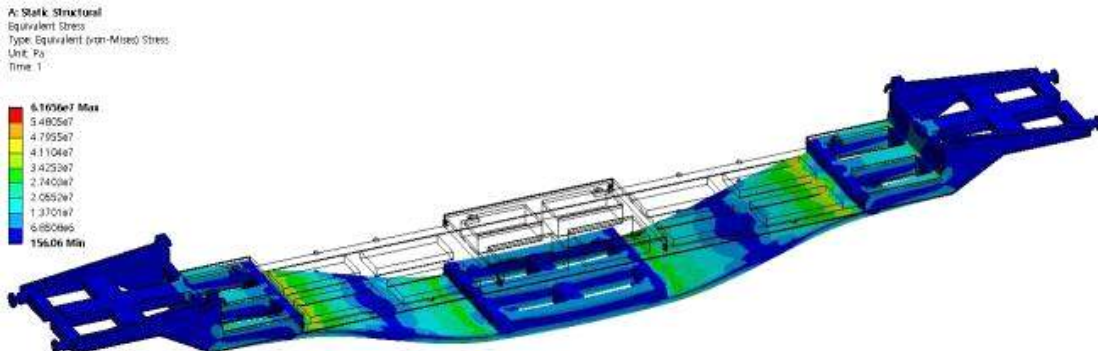


그림 97. 피기백 화차 차체의 Case #1 조건에 대한 응력 수준(61.7MPa)

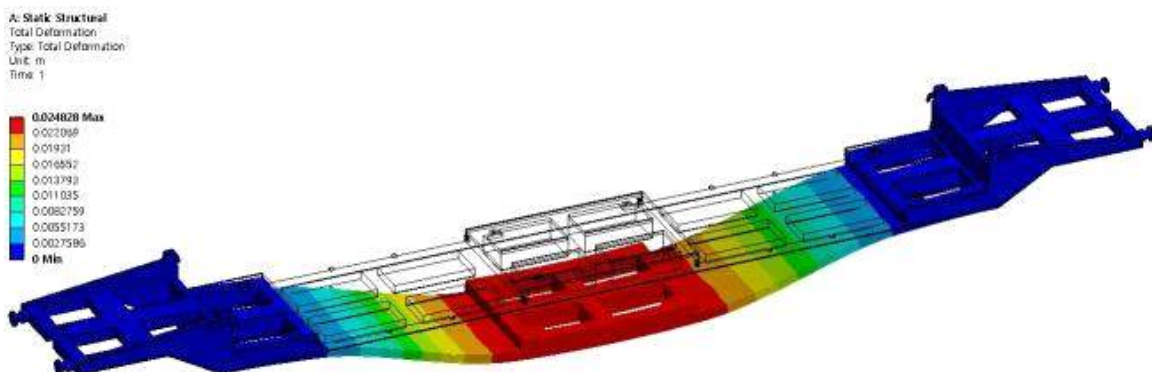


그림 98. 피기백 화차 차체의 Case #2 조건에 대한 최대 처짐(약 24.8mm)

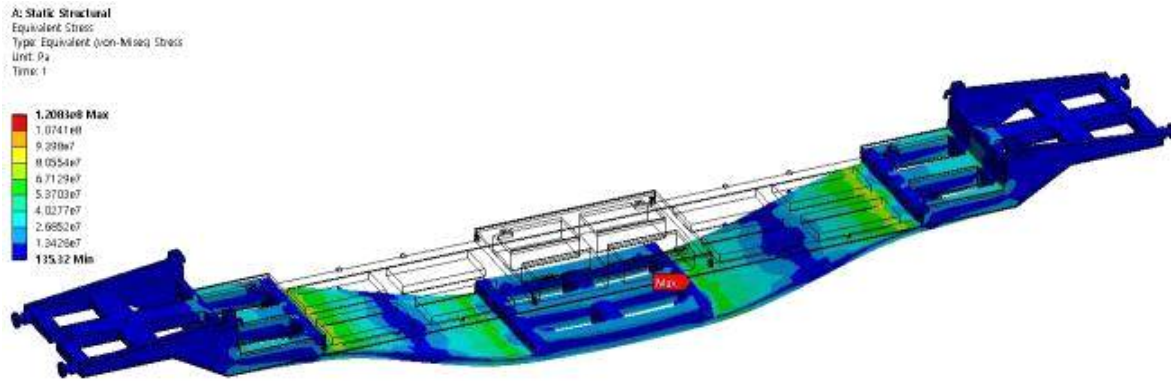


그림 99. 피기백 화차 차체의 Case #2 조건에 대한 응력 수준(120.8MPa)

표 31. 피기백 화차 차체 구조해석 결과표

		응력수준(MPa)	허용응력(MPa)	최대 처짐량(mm)
피기백 화차 차체	Case #1	61.7	138.0	13.0
	Case #2	120.8	138.0	24.8

4) 구조해석 결과 분석

- ASTM A283 steel, grade D의 경우 항복강도(S_y)가 약 230MPa이며, ASME code에서 제시하는 방법으로 다음과 같이 허용응력을 계산

$$\star \text{허용응력} = 0.6 \times \text{항복강도}(S_y)$$

- 피기백 화차 차체는 트럭 및 파렛트 하중에 의해 최대 약 120.8MPa의 응력수준을 나타내며, 이는 재료의 허용응력에 매우 근접한 수치이므로 보다 높은 안전율(safety factor)을 고려한다면 더 높은 강도의 확보가 요구될 것으로 판단

다. 잭(Jack) 타입 피기백 화차전용 상하역 이송설비

1) 잭(Jack) 타입 피기백 시스템 개념

- 잭(Jack) 타입 피기백 시스템은 플랫폼에 설치된 Moving Trailer를 통하여 팔레트에 탑재된 컨테이너트럭을 화차 차체(Wagon)에 운반하며, 최대 약 60ton의 무게를 운반함.
- 플랫폼은 매립식으로 설치된 레일과 구동을 위한 랙 기어가 배치되어 있으며, Moving Trailer가 화물이 실린 팔레트를 피기백 화차 차체로 슬라이딩하며 출입함.

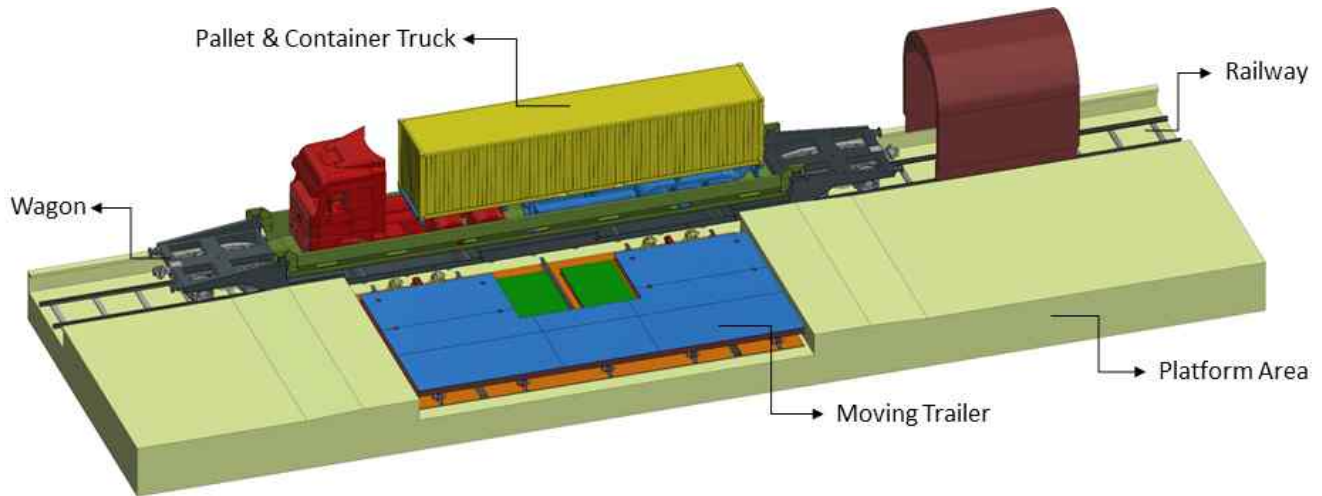


그림 100. 잭(Jack) 타입 피기백 시스템 개념도

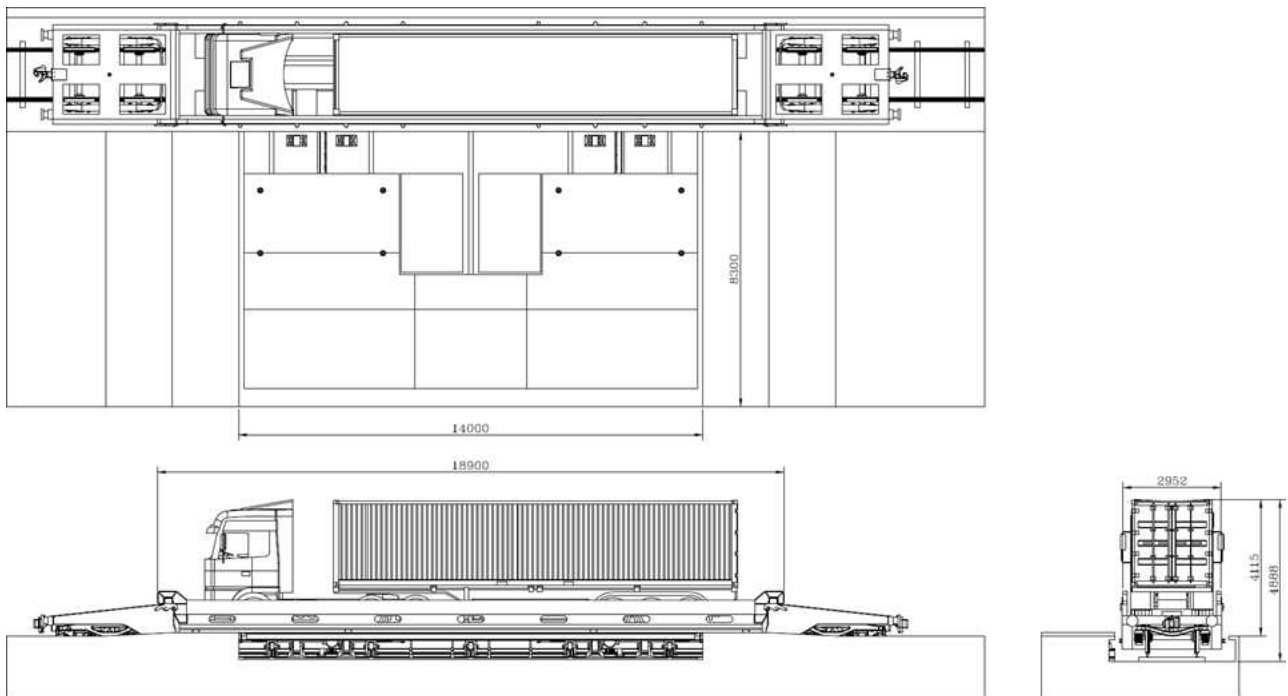


그림 101. 잭(Jack) 타입 피기백 시스템 설계도

2) 잭(Jack) 타입 피기백 시스템 구동원리

- 컨테이너트럭 및 팔레트를 Moving Trailer에 올렸을 때 자중에 의한 처짐을 방지할 수 있도록 트레일러 중앙부에 유압잭을 이용한 리프팅 장치를 설치함.

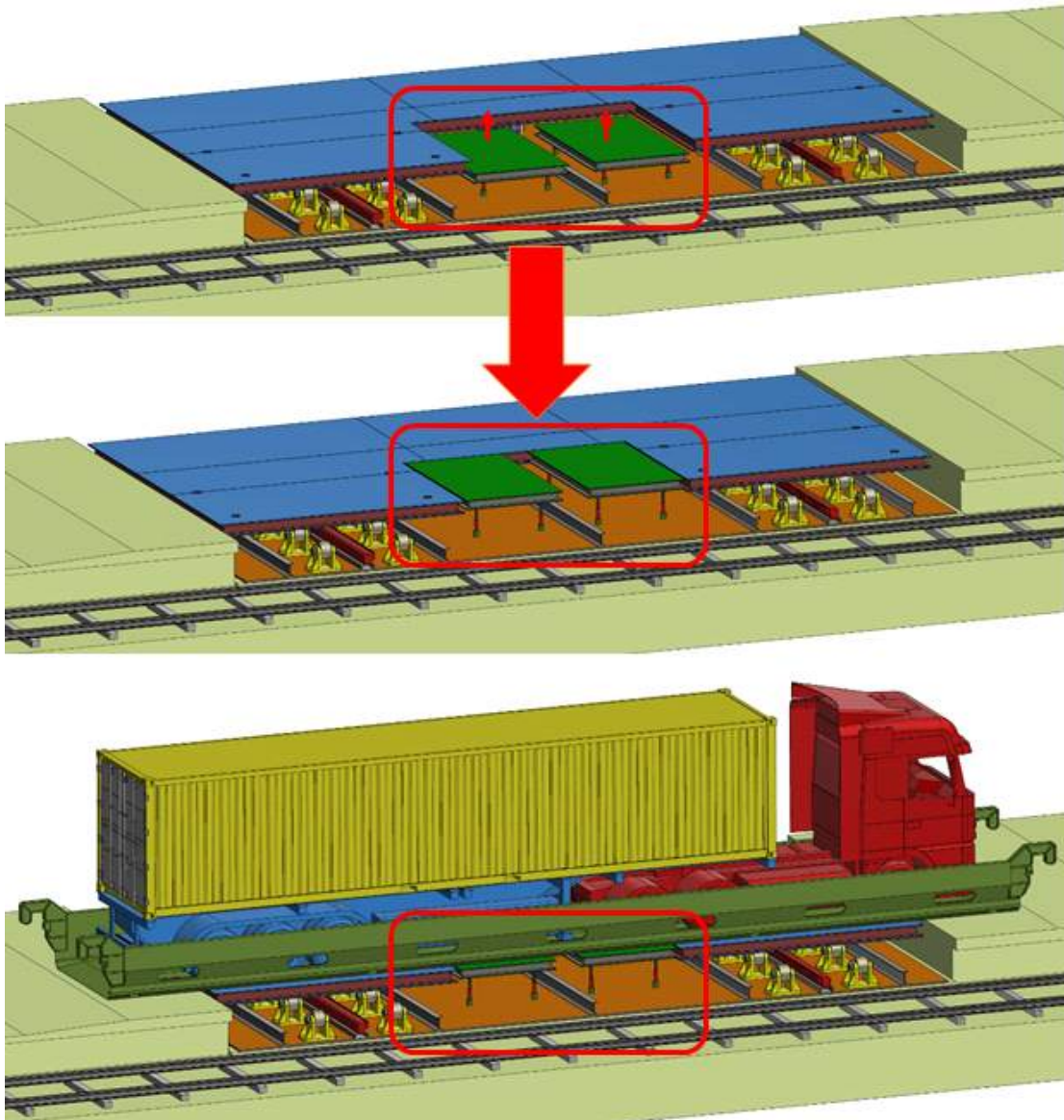


그림 102. 유압잭 리프팅 시스템 개념도

- Moving Trailer에 수반된 팔레트를 플랫폼 지면에서 띄울 수 있도록 좌우 방향에 유압잭을 설치
- 팔레트를 지면에서 띄움과 동시에 팔레트를 받쳐주고 있던 리프팅 시스템은 아래 방향으로 복귀
- 화물이 리프팅된 상태로 플랫폼에서 화차차체방향으로 Moving Trailer를 통해 운반

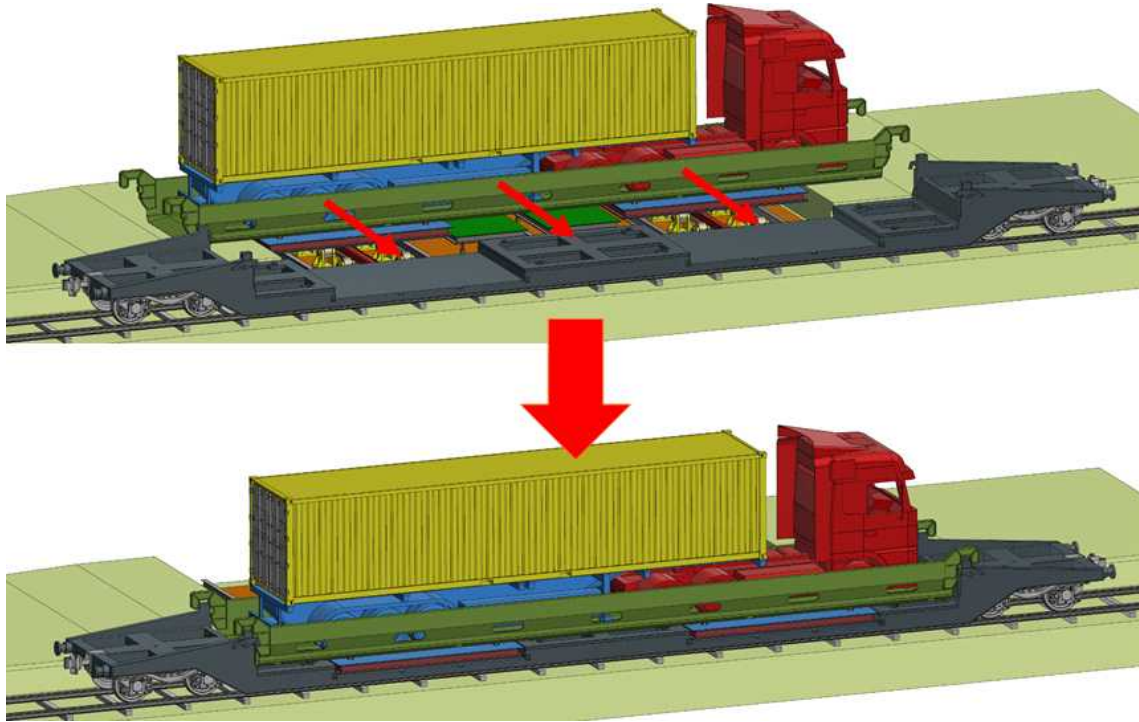


그림 103. Moving Trailer 진입 개념도

- 유압잭으로 리프팅한 컨테이너트럭과 팔레트를 원하는 위치에 도달했을 때 수직방향으로 화차 차체에 안착
- 차체에 화물을 안착시킨 후 Moving Trailer는 다시 플랫폼으로 복귀

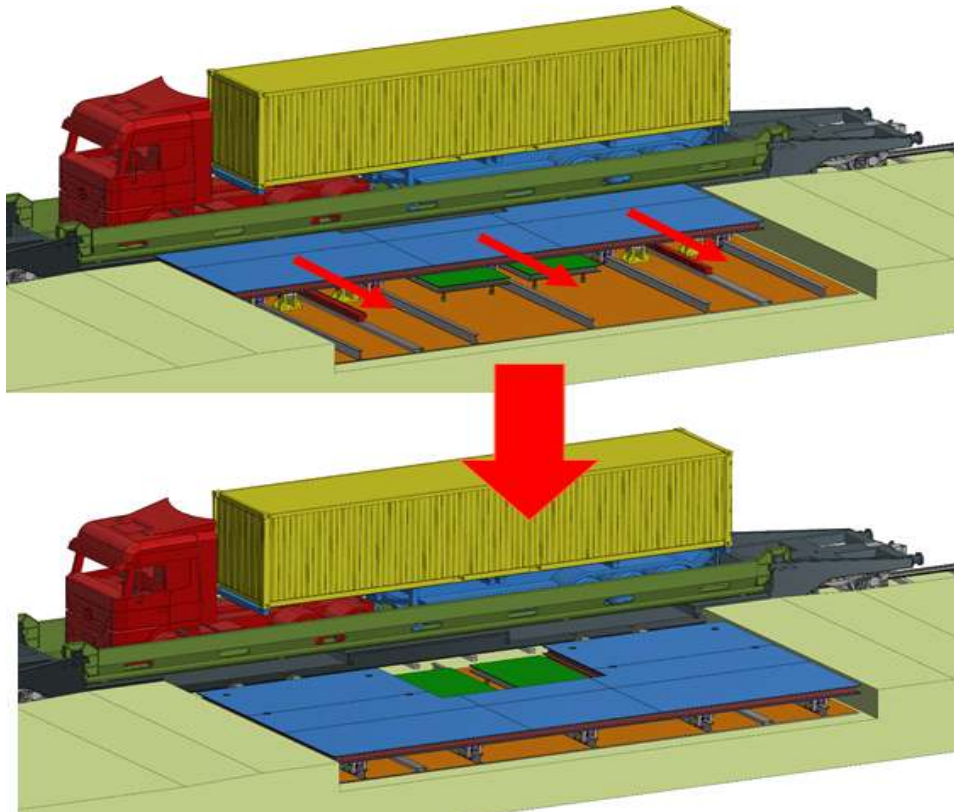


그림 104. Moving Trailer 복귀 개념도

라. 에어쿠션(Air-cushion) 타입 피기백 화차전용 상하역 이송설비

1) 에어쿠션(Air-cushion) 타입 피기백 시스템 개념

- 에어쿠션(Air-cushion) 타입 피기백 시스템은 잭(Jack)타입과 달리 플랫폼에 별도의 레일 및 구동모터, 기어 등의 요소장치가 필요 없으며, 피기백 화차와 플랫폼 사이에 중간 연결차인 Shuttle System이 도입됨
- 일차적으로 셔틀에 컨테이너 트럭을 탑재하고 싣고자 하는 화차 옆으로 이동하여 셔틀에 탑재된 컨테이너 트럭을 화차로 이동·탑재하는 방식
- 이 방식은 화차가 다량이고, 역 구간에서 화차의 이동이 어려울 경우 매우 유용한 방식으로 채택될 수 있음

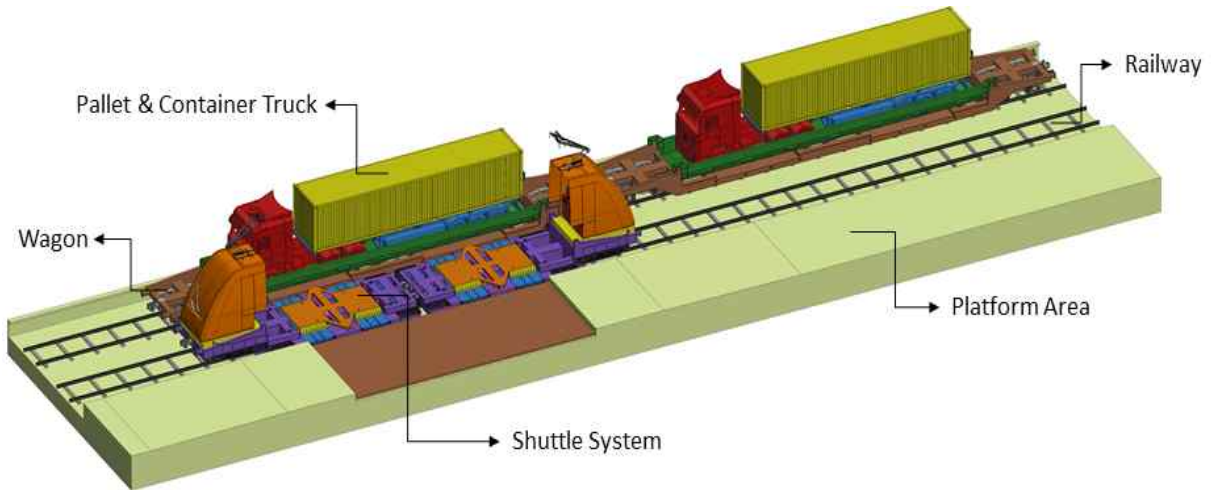


그림 105. 에어쿠션(Air-cushion) 타입 피기백 시스템 개념도

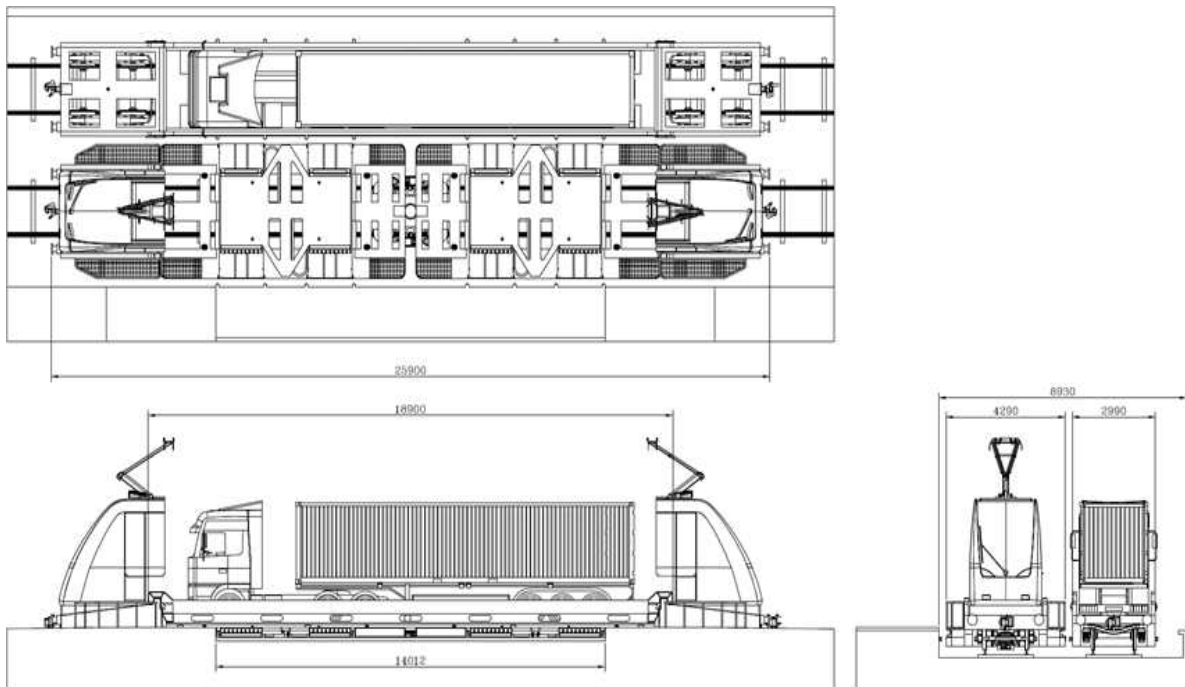


그림 106. 에어쿠션(Air-cushion) 타입 피기백 시스템 설계도

2) 셔틀 시스템

- 셔틀의 전체크기는 25900 X 4290 X 4819mm이며, 화물 적재공간의 크기는 피기백 화차 차체의 적재공간과 동일하게 설정
- 셔틀 시스템은 각 2set의 셔틀 메인바디, 유·공압 장치유닛, 플랫폼·화차 Docking 유닛, 에어 쿠션 트랜스포터로 구성

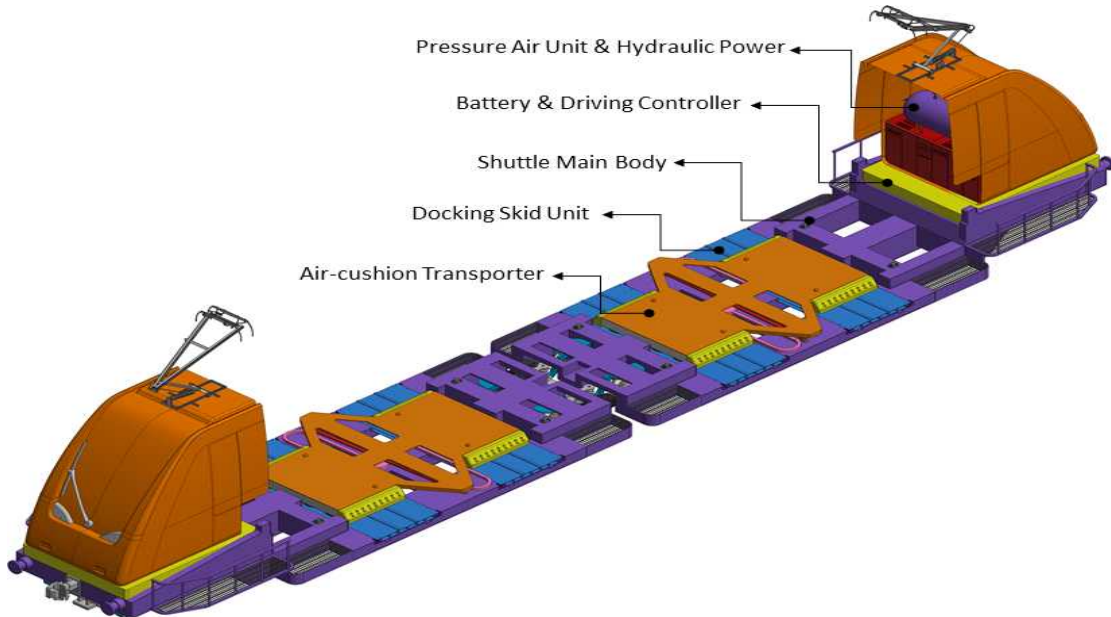


그림 107. 셔틀 시스템 개념도

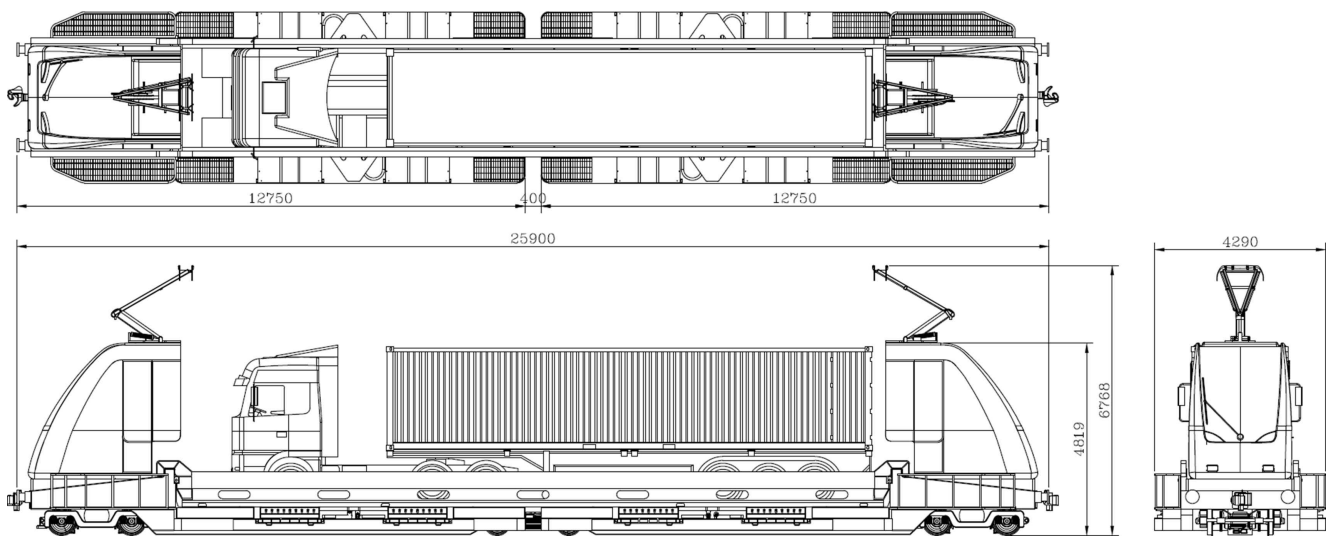


그림 108. 셔틀 시스템 설계도

가) 에어쿠션 트랜스포터

- 에어쿠션 트랜스포터는 셔틀 시스템에 2set이 배치되며, 트랜스포터 하부에 16개의 에어쿠션 모듈이 병렬로 배치됨
- 트랜스포터의 전체 크기는 4700 X 4200 X 305mm이며, 에어쿠션에 공기가 주입되면 전체 높이는 305mm에서 약 380mm로 상승

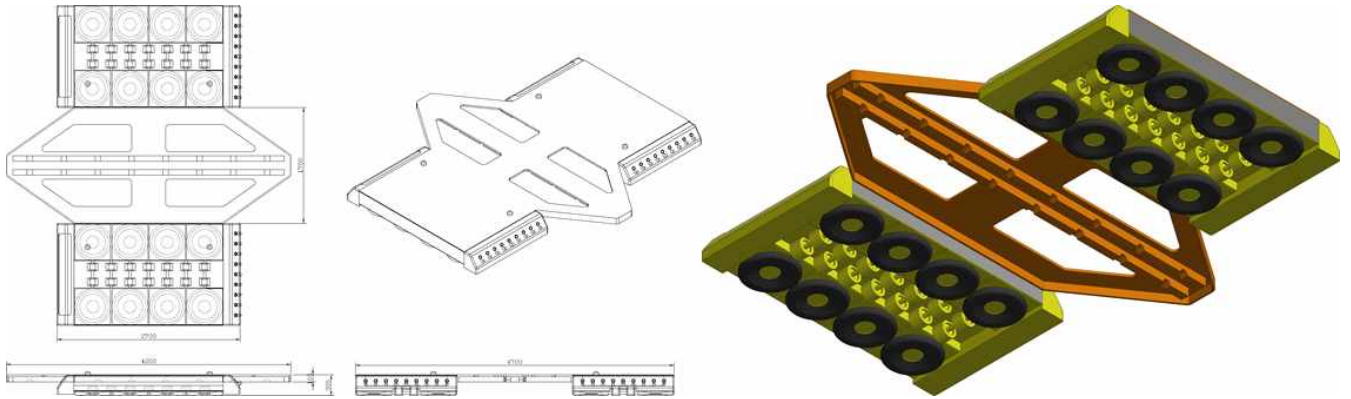


그림 109. 에어쿠션 트랜스포터 개념도

나) 에어쿠션 모듈

- 에어컴프레서 등을 통한 압축공기는 에어쿠션 공기부양판의 공기 주입구(air inlet)를 통하여 공급되며, 아래 그림의 화살표를 따라 흐르게 됨
- 주입구를 통해 들어온 공기의 일부는 에어홀(air hole)을 통해 에어튜브 내부에서 흡·배기되며, 고압의 공기에 의해 팽창된 에어튜브는 중량물과 부양판을 부상시킴
- 에어홀에 들어가지 못한 나머지 공기와 에어튜브에서 배기된 공기는 에어쿠션 중앙부의 공간(press zone)으로 빠져 나간 후 다공질 시트의 수많은 구멍으로 균일하게 분사되며, 토출된 공기는 바닥면과 다공질 시트 사이에서 약 10~100 μ m의 공기막을 형성하며, 이 공기막은 바닥과의 마찰을 크게 줄여주는 역할을 함

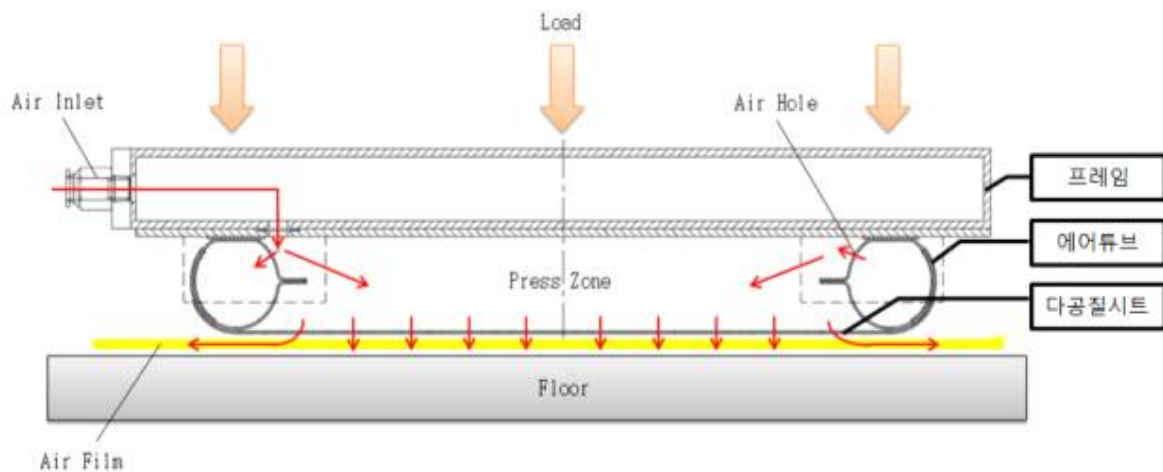


그림 110. 에어쿠션 모듈 원리

다) 에어쿠션(Air-cushion) 타입 피기백 시스템 구동원리

- 화차 차체와 플랫폼 사이의 셔틀은 먼저 Docking 유닛을 통해 틈이 없게 연결된 후 에어쿠션 트랜스포터가 이동하는 경로를 형성

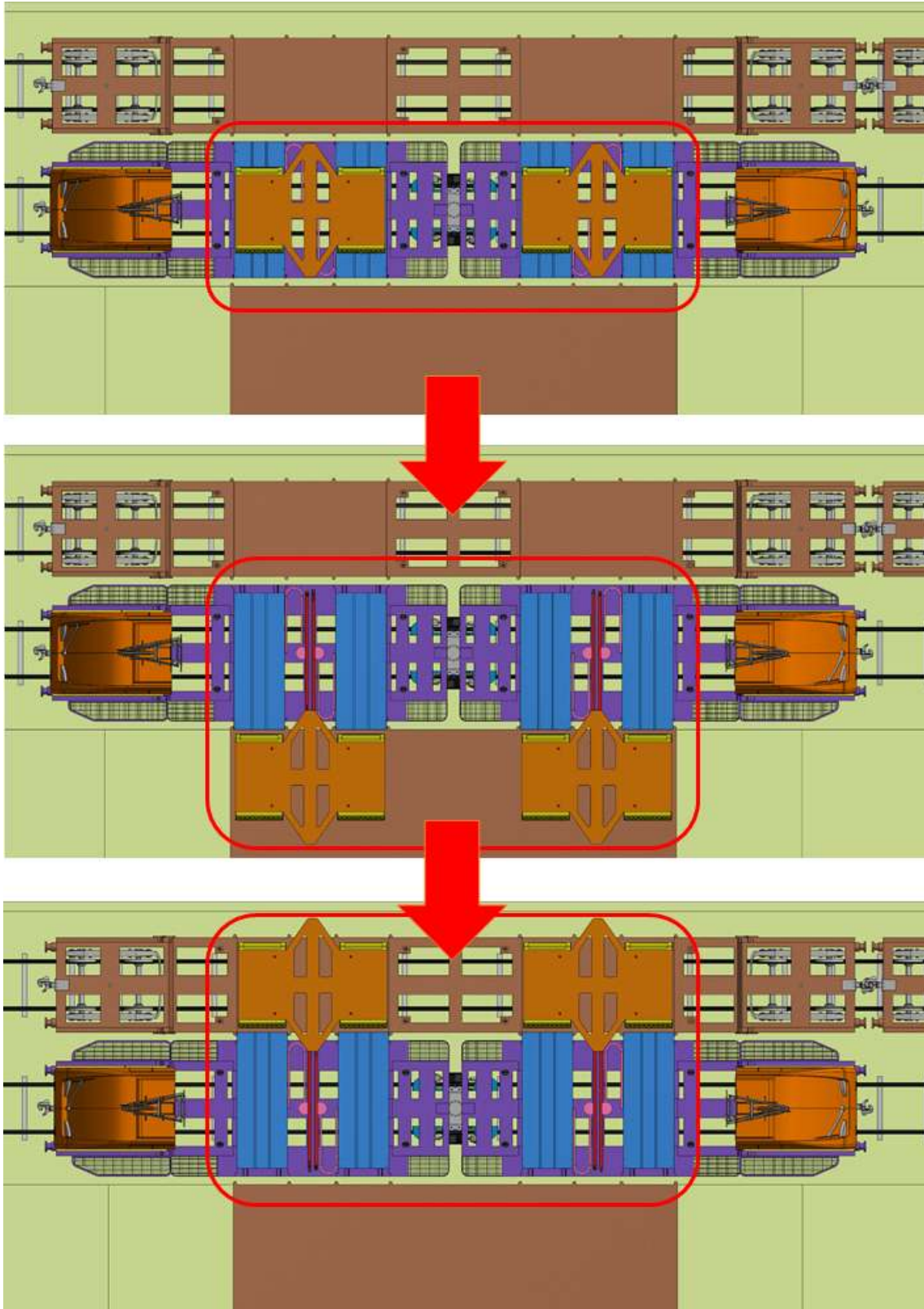


그림 111. 셔틀 도킹 및 에어쿠션 트랜스포터 이동

- 에어쿠션 트랜스포터에 컨테이너트럭이 탑재되면 셔틀에 배치된 에어컴프레서에서 고압의 공기를 트랜스포터에 공급하여 화물을 이동할 수 있도록 리프팅함

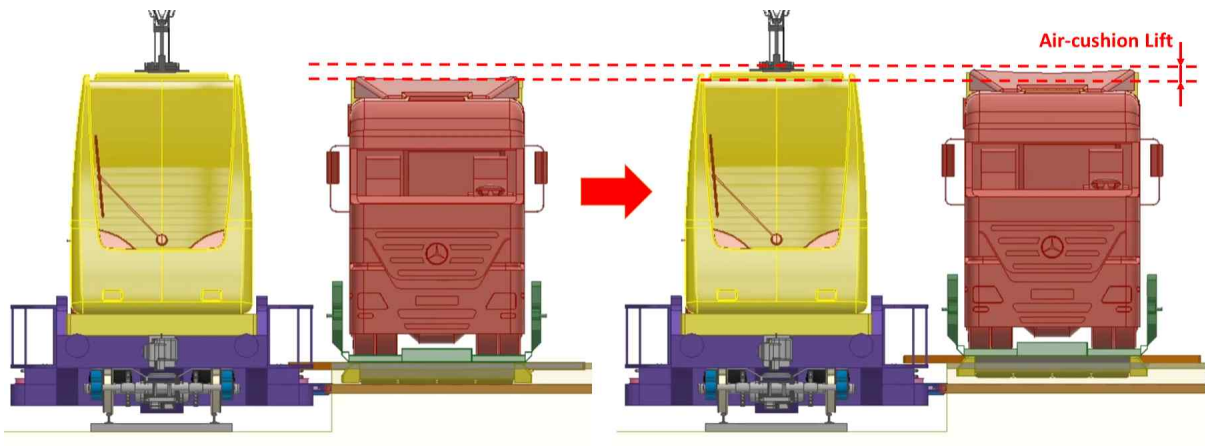


그림 112. 에어쿠션 트랜스포터 리프팅 개념도

- 상기와 같은 방식으로 셔틀 시스템에 실린 컨테이너 트럭은 다음 피기백 화차 차체로 이동하여 화물을 안착하고 복귀

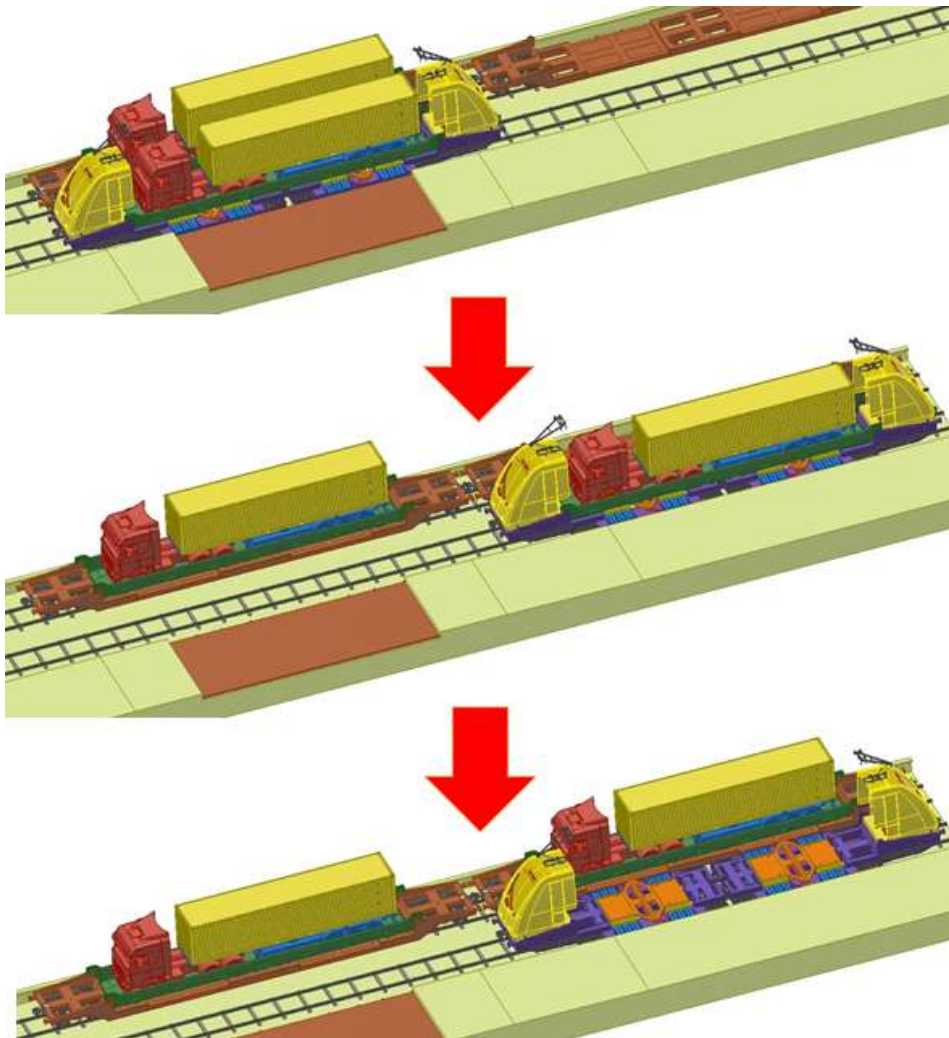


그림 113. 셔틀 이동 및 화물운송

2-6-8 피기백화차 시제품 구성품/조합성능시험 기준(안)연구

1. 피기백 화차 시제품 성능시험 기준(안) 연구

가. 성능시험 기준 개요

피기백 화차(piggyback flatcar)기술은 트레일러나 트럭을 화물과 함께 통째로 화차에 실어 장거리 구간을 수송하는 방법으로 고속도로 정체해소, 대형 교통사고 감소, 과적차량으로 인한 도로시설 수명단축방지를 할 수 있는 복합운송(Intermodal)기반 철도물류수송 경쟁력 향상 기술임. 화물트럭을 화차로 수송하기 위해 요구되는 피기백 화차 제작기술 및 이를 안전하고 신속하게 운송하기 위해 필요한 피기백 화차 개발을 목적으로 함.

- 화물트럭수송용 피기백 화차 시제품
 - 화물트럭 수용을 위해 기존의 평판화차에 대한 설계 개선방향을 정립하고 구조설계 개념을 수립함
 - 설계에 대한 해석 및 시뮬레이션 검증을 통해 시제품을 제작하고 성능시험을 실시함
- 화차 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 장치 시제품
 - 기존 평판화차 결박장치 기술을 검토하고 탑재 트럭에 가장 적합한 아이디어를 도출하고 설계 개념을 정립함.
 - 설계 검증을 통해 시제품을 제작하고 성능시험/기능시험을 실시함.

나. 피기백 화차 설계 및 제작기술 방안과 주요 고려사항

1) 차체

어복형 차체 신규개발

2) 철도 규격품(표준품) 적용

3) 대차 (주행장치), 제동구성품, 연결장치는 기존 규격품과 동일화 추진

4) 연결호환성

기존은행 기관차, 객차, 화차류와 연결 가능한 구조 및 높이의 연결 시스템적용

5) 차체 Floor 높이 제한

- Floor 상면 높이(Rail 상면 Floor : Max 600mm)
- 기존 전차선 Catenary와 간섭 회피 -200mm
 - 화물트럭 높이 Max 4,500mm + 차체 Floor 600mm = 5,100mm

6) 화물차량의 자차 운영

- 차량 Floor 높이(Max 600mm)와 동일한 Platform이 구축되면 트럭 자차 운전에 의한 상,하역 가능한 구조로 구성
- 트럭 차체의 전,후진 회전반경을 감안한 차체 공간 확보 필요
- Platform과 화차의 간격 고려 필요

나. 피기백화차 시제품 견인차량 수송능력 산출 검토

1) 피기백화차 시제품 견인차량 수송능력 산출

도로 교통안전 및 교통혼잡을 해소하기 위하여 국내 기존 철도화차 운영환경에 적합한 화물트럭 수송용 피기백 화차 제작기술을 개발하고 효율화를 극대화하기 위하여 개발하는 피기백 화차와 관련하여 견인차량 수송능력 산출 기술조사는 아래와 같음

- 견인 중량 검토
- 견인정수 검토
- 수송능력 산출
- 견인 및 제동력 검토
- 기타

2) 견인정수 검토

가) 견인중량 및 견인정수(수송율)

- 견인중량이라 함은 동력차가 견인 운전할 때의 견인 대상이 되는 객·화차의 중량을 의미함
- 견인중량은 동력차의 인장력(견인력)과 열차저항과의 관계에서 산출하는 것으로 동력차의 유효 견인력은 견인되는 객·화차에 이용되는 것이므로 평탄 직선선로에서는 균형속도에 도달하게 되면 동력차의 유효견인력에서 동력차의 주행저항을 감한 값이 객·화차의 주행저항과 동일하게 됨
- 견인정수라 함은 운전기준에 의한 동력차의 안전한 최대능력을 쉽게 알아볼 수 있도록 한국철도공사에서 정한 개념으로 그 단위는 차중률로서 표시함
 - 여기서 차중률이라 함은 열차 운전상의 차량중량의 단위로서 차중 환산법에 의해 환산 표시하게 되는데, 차중별로 기관차는 30톤, 동차 및 객차는 40톤, 화차는 43.5톤을 기준으로 차중률 1.0으로 환산한다.

○ 동력차의 견인중량과 열차저항과의 관계식

- 한국철도공사의 “속도정수 사정기준 규정에 의하면

$$W = Te - w(re + rg) / rp \cdot f + rg, \quad W = \frac{T}{R} \text{로 산출함.}$$

W : 견인중량(ton) w : 기관차중량(ton) Te : 동력차인장력(kg)
 re : 동력차의 출발저항 $rp \cdot f$: 객화차의 출발저항 rg : 구배저항(kg/ton)

○ 견인정수

- 견인정수를 산출하기위한 차중률 1.0은 객차(P_w) 40ton, 화차(F_w) 43.5ton이다.

$$N = \frac{W}{P_w}, \quad N = \frac{W}{F_w}$$

N : 견인정수 W : 견인중량(kg)

- 동력차의 견인정수는 차중 및 속도종별에 따라 다르며, 속도종별이 높아질수록 견인정수는 작아진다.

나) 견인중량 계산

- 견인중량 : 동력차가 견인 운전할 때의 견인하는 객·화차 중량
- 견인중량(W) = $\frac{\text{동력차의 인장봉 견인력}(T_e)}{\text{총주행저항의 합}(R)}$ (kgf)
 - 견인중량 산출식은 평탄선에서 가속 후에 등속도 상태로 유지할 수 있는 산출식이므로 열차저항 가변 시 가변요소 반영이 필요
- 견인정수 : 한국철도에서 환산량수법(1량 43.5ton)를 사용하고 있으며, 동력차별로 구간별, 속도종별로 균형속도 이상으로 견인할 수 최대량 수
- 균형속도(유효견인력과 열차저항이 같아져 등속도 상태로 운전하는 속도)

○ 열차 운전속도 및 사정속도 (화차)

속도종류	균형속도 (km/h)	속도종류	균형속도 (km/h)	속도종류	균형속도 (km/h)	속도종류	균형속도 (km/h)
고속	185	-	-	-	-	-	-
특급	105	특을	100	특병	95	특정	90
급급	85	급을	80	급병	75	급정	70
보급	65	보을	60	보병	55	보정	50
훈급	45	훈을	40	훈병	35	훈정	30
화급	25	-	-	-	-	-	-

※ 속도정수사정 및 열차설정 규정 (2020.5.28.일)

○ 전기기관차 (EL8500호대)의 견인중량 및 견인정수 관계

속도종별 기울기		보을 (60)	보급 (65)	급정 (70)	급병 (75)	급을 (80)	급급 (85)	특정 (90)	특병 (95)	특을 (100)	특급 (105)
1 5 %	견인중량	1,106	1,085	1,063	1,041	1,019	997	935	861	794	733
	견인정수	25.0	24.5	24.0	23.5	23.4	22.5	21.5	19.5	18.0	16.5

※ 화차의 견인정수는 화차 중량 43.5ton기준, 차중률 1.0을 적용하여 산정

○ 일반화물화차 차량수 산정

화물열차(EL8500) = 25량 1편성(60km/h, 보을속도 적용)

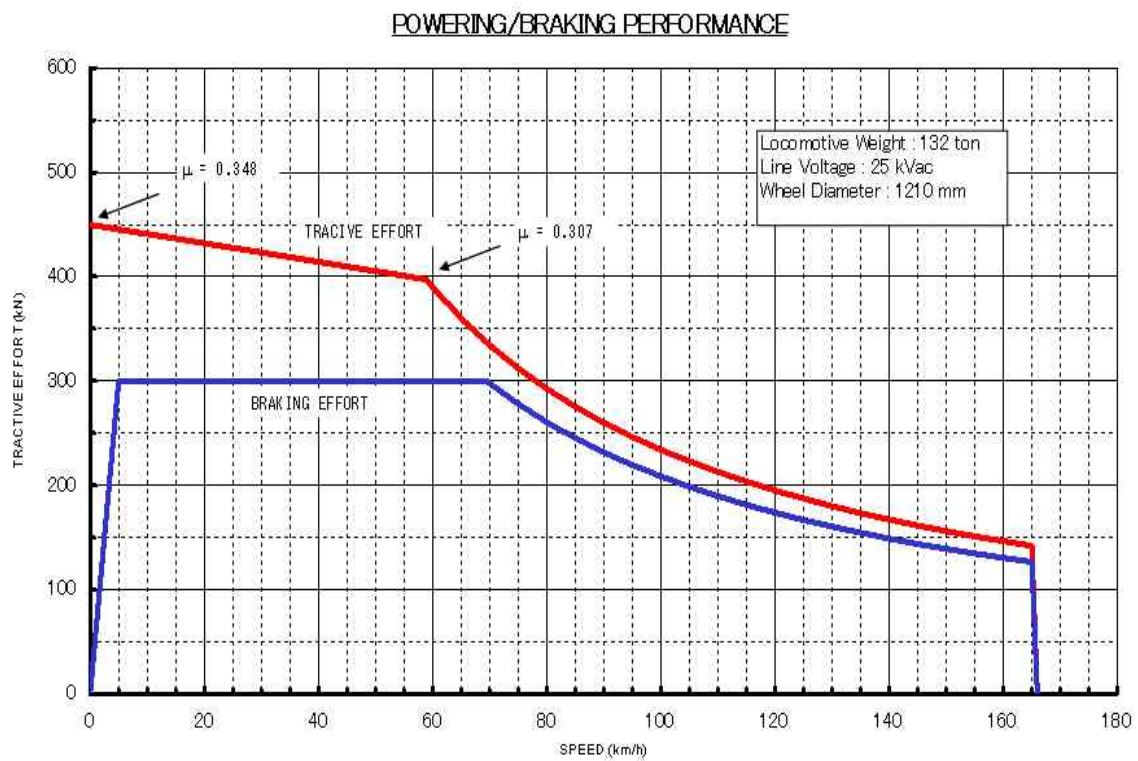
속도 종별	특급	특을	특병	특정	급급	급을	급병	급정	보급	보을
사정속도	105	100	95	90	85	80	75	70	65	60
견인정수	16.5	18.0	19.5	21.5	22.5	23.4	23.5	24.0	24.5	25.0
견인중량	733	794	861	935.3	997	1,019	1,041	1,063	1,085	1,106

※ 최급기울기 15%를 적용한 견인정수로 1량당 환산량수는 43.5ton 적용

다) 견인능력 검토

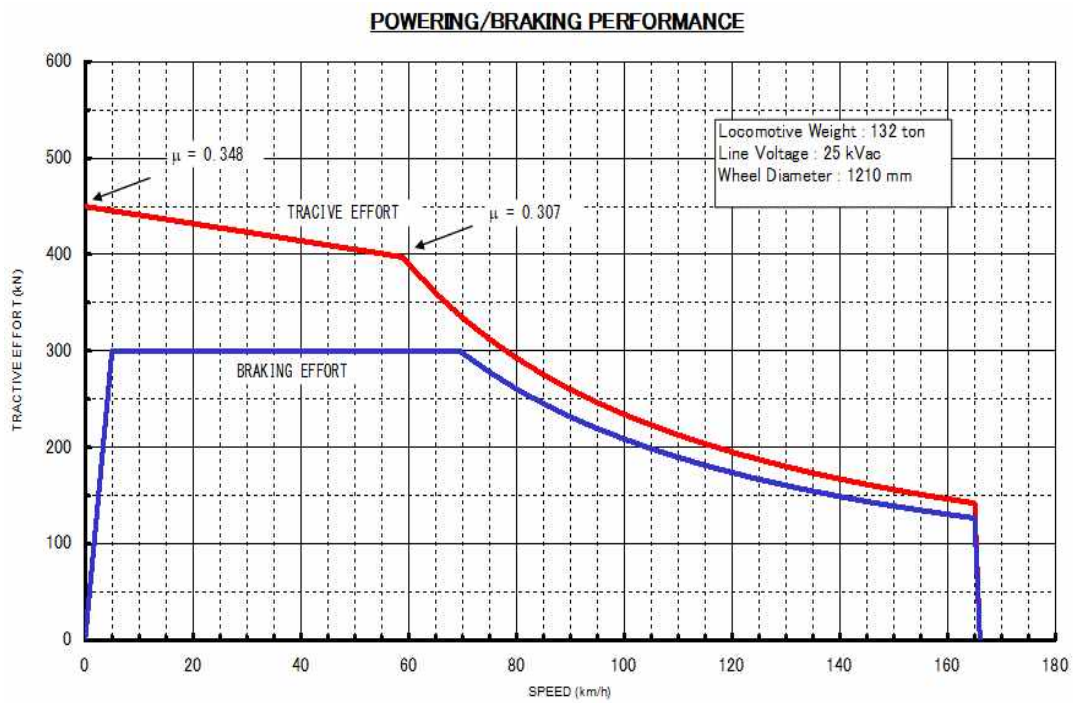
신형전기기관차 EL8500의 차량제원 및 성능을 파악함

- 차체 길이 : 21,200 [mm]
- 차체 폭 : 3,120 [mm]
- 판타그래프 접은 높이 : 3,876 [mm]
- 하중
 - 운전정비 중량 : 132.0 [ton]
 - 축당 중량 : 22.0 [ton]
- 성능
 - 최고속도 : 150 [km/h]
 - 가전 전압
- 견 인 : AC 25 kV
- 회생제동 : AC 27.5 kV
- 견인 및 제동력 곡선

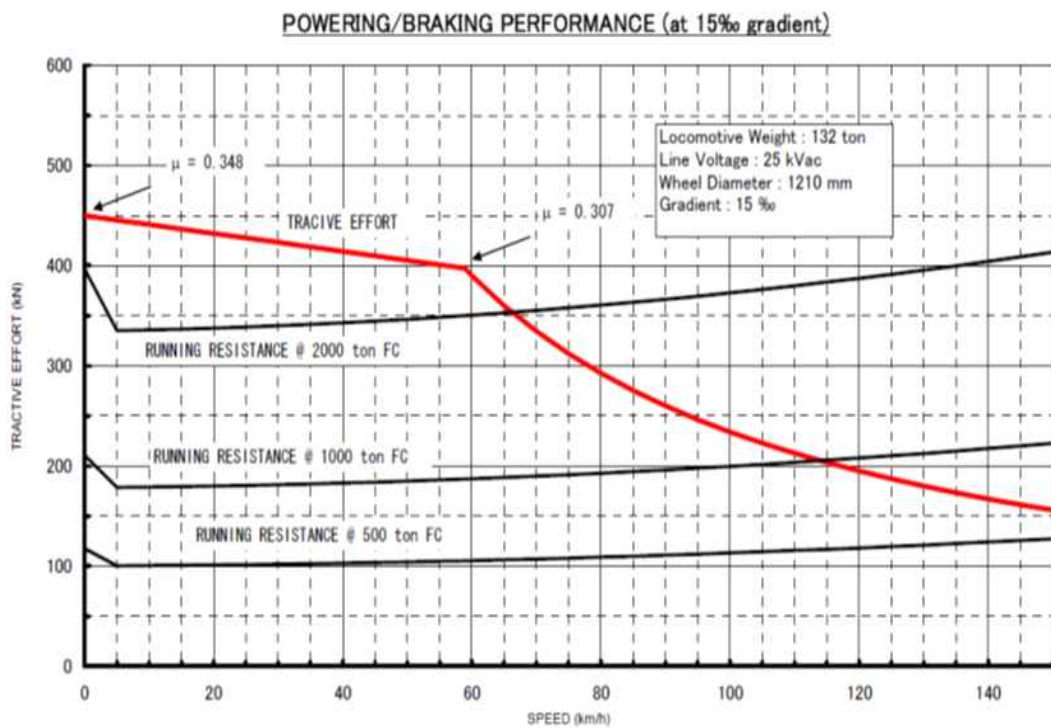


구분	60km/h (보을)	65km/h (보갑)	70km/h (급정)	75km/h (급병)	80km/h (급을)	85km/h (급갑)	90km/h (특정)	95km/h (특병)	100km/h (특을)	105km/h (특갑)
견인력 [kg]	33,170	33,129	33,100	31,857	29,867	28,102	26,541	25,153	23,888	22,755

- 견인 제동 성능 곡선



- 견인성능 곡선 (15% 구배)



2. 피기백 화차 시제품 조합시험/형식승인 기준(안) 검토

가. 형식승인 주요 사양 검토

1) 목적

철도차량 형식승인은 철도안전법에 근거한 것으로, 관련 규정에 의거 철도차량의 설계 및 제작이 승인기준에 적합한지에 대하여 신청자가 제출한 형식승인 신청 자료를 검토하여, 형식승인 검사 절차 및 계획, 철도차량 설계에 관한 중요한 특성, 형식승인 기준, 주요 일정 계획 및 수행 방법 등을 포함하여 작성한다.

2) 형식승인 검사의 실시

- 형식승인 검사는 설계적합성 검사, 합치성 검사, 형식시험으로 구성된다.
- 형식시험은 부품시험, 구성품 시험, 완성차 시험, 예비주행시험, 시운전 시험으로 구성된다.
- 형식승인기준은 일반철도차량 기술기준으로 적용하며, 이 중 화차에 해당하는 부분만을 적용 범위로 한다.
- 신청자는 형식승인을 받으려는 철도차량의 설계 및 제작이 형식승인기준에 적합한지의 여부를 입증하여야 하며, 검사기관은 신청자가 제출한 입증자료의 내용이 불충분하다고 판단되는 경우, 불충분한 사유가 포함되어 추가자료 제출 요청을 신청자에게 요구할 수 있으며 신청자는 이에 대한 자료를 제출하여야 한다.
- 검사기관은 신청자가 제출한 입증자료의 검토만으로 설계적합성 확인이 불가능하다고 인정될 경우에는 신청자의 동의하에 현장실사를 실시할 수 있다.
- 신청자는 철도차량 합치성 검사 및 형식시험 요청서를 시행지침 별지 제2호·제4호 서식에 따라 해당검사 시작 7일전까지 검사기관에 제출하여야 한다. 다만, 외국에서의 검사업무가 진행되는 경우에는 협의하여 조정할 수 있다.
- 형식승인검사는 기술기준 항목별 설계적합성 검사, 합치성 검사, 형식시험 순으로 수행하며, 해당 검사 시행 전에 신청자에 의해 제출된 바로 전 단계에서의 검사확인서가 유효한지 확인하여야 한다.
- 검사기관은 차량형식시험 절차서에 따른 시험절차의 준수 여부 및 해당 시험 과정에서 계측 장비 등을 통해 획득한 결과의 유효성을 확인하기 위해 차량형식시험에 입회할 수 있다.
- 제2항의 형식시험을 위한 예비주행시험은 최소 5,000킬로미터의 거리로 시험선로에서 영업운행의 운전조건과 유사하게 실시한다. 또한 예비주행시험을 시험선로에서 실시하기 어려운 경우, 철도운행을 위해 사용되는 운행선로에서 실시할 수 있다. 이때 최소주행거리는 운행선로의 운영상황 등을 종합적으로 고려하여 조정할 수 있다.
- 또한 시운전 시험은 1,000킬로미터의 거리를 실시한다. 다만 차량발주자와 협의에 의하여 시운전시험 주행거리를 별도로 정할 수 있다.
- 일부 항목에 대해 신청자의 요청이 있을 경우 검사기관과의 협의를 통해 합치성 검사 및 형

식시험을 동시할 수 있다.

- 검사기관은 형식승인 검사 결과 해당 철도차량이 형식승인기준에 적합한 경우 신청자에게 시행지침 별지 제1호·제3호·제5호 서식에 따른 확인서를 발급한다.
- 기타 검사업무관련 주요한 사항은 시행지침에 따른다.

나. 형식승인 필수 요구사항 분석

1) 기술검토 목적

기술검토는 형식승인 검사업무의 실시에 앞서 검사대상인 철도차량의 설계적합성 검사, 합치성 검사 및 형식시험의 항목 및 방법의 적절성 여부를 검토하기 위하여 실시한다.

2) 기술검토 대상

철도차량의 형식승인을 위해 제출한 입증방법, 설명서, 도면, 해석서, 시험절차서 등을 바탕으로 검토한다.

3) 기술검토 결과

- 형식승인 신청한 차량의 적용 기술기준은 일반철도차량 기술기준을 대상으로 하였으며, 이 중에서 화차관련된 부분만을 적용대상으로 한정한다.
- 설계적합성의 입증은 기술기준 각 항목별 제시하는 설명서, 도면, 해석서, 기술검토서 등을 바탕으로 하며, 검사업무를 수행하면서 일부 항목은 협의에 의해 조정 가능하다. 입증 방법에 대해 신청자와 검사기관의 의견 차이가 있는 일부 항목의 경우 다른 항목 형식승인 검사 진행하면서 협의 후 검사 진행 추진한다.
- 합치성 검사는 설계적합성 검사의 결과에 따라 각 기술항목별 실시여부 및 범위를 결정한다. 기술항목별 가능한 경우는 합치성 검사와 형식시험을 동시에 수행가능하다.
- 형식시험의 부품시험은 형식승인 신청 대상 차량이 일반철도차량 기술기준에 따른다.
- 형식승인검사에서는 안전품목검사를 수행하지 않지만, 본 프로젝트가 형식승인만 진행예정 이므로 고속화차에 해당하는 안전품목검사 대상항목들은 형식승인 단계에서 수행하기로 한다.
- 본 고속화차 형식승인 과제에서 추가적으로 시험하는 부품시험, 안전품목검사에 해당하는 시험 등 일반철도차량 기술기준을 적용한다. 또한, 주행안전성시험은 2016년 제13회 철도 기술심의위원회 심의를 통해 축중 225 kN, 최고속도 120 km/h 이하의 특수차량은 단순화방법을 적용하도록 임시기술기준이 제정되어, 본 차량도 이에 해당되어 단순화 방법을 적용한다. 다만, 시험절차서에 시험대상 차량이 이 기준을 만족되는지 여부가 반영되어야 한다.
- 각 시험항목들은 설계적합성 검사 결과, 승인기관 및 발주와의 협의에 따라 조정될 수 있으며, 또한 설계적합성 검사 결과에 따라 상세한 합치성 검사 및 형식시험 절차서를 협의 및 작성한다.

다. 주요장치별 기준 검토

1) 기술검토 결과

- 형식승인 신청한 차량의 적용 기술기준은 일반철도차량 기술기준을 대상으로 하였으며, 이 중에서 화차관련된 부분만을 적용대상으로 한정한다.
- 설계적합성의 입증은 기술기준 각 항목별 제시하는 설명서, 도면, 해석서, 기술검토서 등을 바탕으로 하며, 검사업무를 수행하면서 일부 항목은 협의에 의해 조정 가능하다. 입증 방법에 대해 신청자와 검사기관의 의견 차이가 있는 일부 항목의 경우 다른 항목 형식승인 검사 진행하면서 협의 후 검사 진행 추진한다.

2) 합치성 검사 및 형식시험 항목의 검토 결과

- 합치성 검사 항목은 설계적합성 검사 결과를 반영하여 검사항목을 결정하여 검사를 시행 예정
- 형식시험 항목도 설계적합성 및 합치성 검사 결과를 반영하여 최종적으로 시험항목을 결정 및 형식시험 시행 예정이며, 다음은 현 단계에서의 잠정적인 시험항목을 나타내었음

라. 형식승인 검사 수수료 관련 근거

철도차량 형식승인·제작자 승인·완성검사 시행지침 제4조

단위 :천원

구분	구분	금액
형식승인검사	계획수립 및 관리	28,000
	설계적합성 검사	55,000
	합치성검사	21,000
제작자승인검사	계획수립 및 관리	7,000
완성검사	계획수립 및 관리	24,000
소 계		135,000
부가세		13,500
총 계		148,500

마. 피기백 화차 검사 및 시험항목

1) 합치성 검사항목

기술기준 적용항목	합치성 검사		형식시험
	검사항목	비고	
3.2.1 차량한계			
1) 차량한계	×		완성차시험 : 차량 한계시험
2) 차량중량	×		완성차시험 : 중량 시험
3) 중량분포	×		
4) 차량구조	○		주요치수측정시험
5) 차량표시	○ 차량표시 확인검사보고서		
3.2.2 주행안전			
6) 차량-선로 작용력	×		시운전시험 : 주행 안전성시험
7) 윤중 감소량	×		시운전시험 : 주행 안전성시험
8) 횡압	×		시운전시험 : 주행 안전성시험
9) 탈선 계수	×		시운전시험 : 주행 안전성시험
3.3 성능			
3.3.1 운행조건	×		
3.3.2 운행성능			
1) 제동성능	×		시운전시험 : 제동 시험
2) 진동	×		시운전시험 : 진동 시험
3.4 인터페이스			
3.4.4 차량-궤도	×		
3.5 운영 및 유지관리			
3.5.1 유지보수 기준	×		
3.5.2 유지보수를 위한 자료			
1) 일반자료	×		
2) 유지보수 자료	×		
3) 운행관련 자료	×		
4) 리프팅도해 및 지침	×		
5) 구조 관련자료	×		
3.6 운용한계			
3.6.1 안전운행	×		
3.6.2 보건	×	부품시험결과 확인	
	제동마찰재 검사보고서(Part 81 참조)		

기술기준 적용항목	합치성 검사		형식시험
	검사항목	비고	
	· 유해물질분석시험		
제4장 주요장치별 기준			
4.1 일반사항			
4.2 차체 및 설비			
1) 구조체 설계	○ 자체검사보고서(재료시험, 캠버량 검사보고서 포함)		
2) 구조체 안전	× - 구조체 설계와 통합하여 합치성 검사 수행		구 성 품 : 구조체 하중 시험
3) 리프팅	×		완 성 차 : 차체 리프팅 시험
4.3 주행장치			
1) 주행장치 설계	× -구성품시험에서 수행		구 성 품 : 대 차 안 전 성 시험
2) 주행장치를	○ -주행장치를 검사보고서(Part 81 참조) · 재료검사		구성품:대차시험
3) 윤축 및 차륜특성	○ 윤축 검사보고서 (Part 81 참조) · 압입력 검사 · 치수검사 · 전기저항 검사 · 임발란스 검사 차륜 검사보고서 (Part 81 참조) 차축 검사보고서 (Part 81 참조)		
4) 축상조립 장치	○ 축상조립장치 검사보고서 (Part 81 참조) · 열처리확인 · 재료시험 · 비파괴검사 · 치수검사		
5) 현가장치	× 1차스프링 검사보고서(Part 81 참조) · 재료시험 · 비파괴검사 · 스프링 특성시험	부 품 시험 결과 확인	부 품 : 대 차 스 프 링 시험
4.4 제동장치			
1) 제동장치 설계	○ -제동장치검사보고서		
2) 제동 요구사항	×		완 성 차 · 시 운 전 : 제 동 시험
3) 비상제동	×		완 성 차 · 시 운 전 : 제 동 시험

기술기준 적용항목	합치성 검사		형식시험
	검사항목	비고	
4) 상용제동	×		완성차·시운전:제동시험
5) 주차제동	×		완성차·시운전:제동시험

2) 형식시험 시험 항목

가) 구성품 시험

No.	시험항목	기술기준	비고
1	구조체 하중시험	5.1.1 구조체 하중시험	
2	대차시험	5.1.2 대차시험	대차피로하중시험은 선로주행시험(피로)로 입증
3	대차안전성 시험	5.1.3 대차안전성 시험	동특성 해석 보고서로 대체
4	제동장치시험	5.1.5 제동장치시험	

나) 완성차 시험

No.	시험항목	기술기준	비고
1	중량측정시험	5.2.1 중량측정시험	
2	차량한계시험	5.2.2 차량한계측정	
3	곡선통과시험	5.2.3 곡선통과시험	
4	차체리프팅시험	5.2.5 차체리프팅시험	
5	제동장치시험	5.2.6 제동장치시험	

다) 시운전 시험

No.	시험항목	기술기준	비고
1	제동시험	5.3.1 제동시험시험	
2	진동시험	5.3.4 진동시험	
3	주요기기 온도시험	5.3.5 주요기기 온도 및 상태시험	
4	주행안전성 시험	5.3.6 주행안전성 시험	

3) 구성품 시험 검사 기준 및 검사 절차

가) 구조체 하중시험

No.	시험항목	시험 내용
1	시험종류 및 측정 항목	1) 구조체하중시험의 세부시험으로는 수직하중시험, 압축하중시험, 인장하중시험, 조합하중시험, 운행하중시험, 3점지지하중시험시험, 리프팅/잭킹, 고유진동수시험(x,y,z)으로 구성된다.
2	시험방법	1). 구조체의 지지방법 구조체의 지지방법은 대차에 의한 지지방식과 동일하게 지지한다 2) 시험하중의 부하방법 가) 시험하중은 물탱크, 주물블록, 유압 등을 사용하여 수직하중을 부하한다. 나) 부하는 바닥면적 등분포부하이다.

나) 제동시험

No.	시험항목	시험 내용
1	시험종류	1) 공기누설시험, 2) 성능시험 , 3) 진동시험 4) 충격시험, 5) 온도시험
2	시험방법	1) 공기누설시험 가) 공기공급 시 누설시험 : 공기제동장치에 공급압력을 공급하고 누설이 있는지 확인한다. 나) 동작 시 누설시험 : 공기제동장치에 최대상용제동,비상제동을 인가하고 누설이 있는지 확인한다. 2. 성능시험 공기제동장치에 포함되어 있는 모든 구성부품은 적용되는 규격서에 규정된 필요조건이 확인되어야 한다. 가) 상용제동시험 : 공기제동장치에 상용제동을 인가하고 BC 압력을 측정한다. 그리고 이때의 BC 압력을 측정한다. 나) 비상제동시험 : 공기제동장치에 비상제동을 인가하고 BC 압력을 측정한다. 다. 진동시험 : KS R 9144 철도차량부품의 진동시험 방법에 준하여 시험 한 후 성능시험을 하였을 때 제품에 이상이 없어야 한다. 라. 충격시험 : KS R 9146 철도차량부품의 충격시험 방법에 준하여 시험 한 후 성능시험을 하였을 때 제품에 이상이 없어야 한다. 마. 온도시험 : KS R 9213 고온 및 저온 시험방법의 제H8종 고온시험, 제L9종 저온시험에 준하여 방치 후 항온조에서 꺼내어 상온에서 방치시험을 하였을 때 이상이 없어야 한다

4) 완성차 시험 검사 기준 및 검사 절차

No.	시험항목	시험내용
1	중량측정시험	1) 축중측정 2) 동일축 윤중차이 3) 동일차량 좌우윤중 합 차이 4) 차량중량 5) 편성중량
2	차량한계시험	1) 차량한계 측정
3	곡선통과시험	곡선통과시험
4	차체리프팅시험	차량운반시험대차분리시험
5	제동시험	제동시험

5) 시운전 시험 검사 기준 및 검사 절차

연번	시험항목	시험 종류	시험 내용
1	제동시험	상용제동시험	감속도 측정 상용제동
			제동거리 측정 (평탄) 상용제동
		비상제동 시험	공주시간측정 비상제동
			비상 제동거리 측정 (평탄) 건조레일 젖은레일 순수공기
2	진동시험	편성차량	상하좌우방향 진동시험 좌우방향 정상가속도 시험
3	주요기기온도시험	온도시험	외기 온도 기타 필요한 부위

3. 피기백 화차 시제품 동적한계 및 건축한계 간섭 검토

가. 차량한계 및 건축한계 검토

1) 개요

피기백 화차의 시제품과 관련하여 차량한계 및 건축한계의 동적한계(Kinematic Envelope)를 검토하고자 한다.

2) 차량 한계

차량 제작시 일정한 크기를 결정하기 위하여 규제한 수치 차량의 안전을 확보하기 위하여 궤도위에 정지된 상태에서 설정한 차량의 높이 및 높이의 한계로 차량의 어떤 부분도 이 한계에 저촉될 수 없으며, 건축한계 보다 좁아 차량과 철도시설물의 접촉이 방지된다.

- 한계치수 비교표

구 분	차량 한계(mm)	건축 한계(mm)	비 고
높 이	4,500	5,150	
넓 이	3,600	4,200	
궤도중심에서 승강장까지 거리		500	

3) 건축한계와의 관계

- 건축한계 보다 일정간격이 좁아 차량과 철도시설물의 접촉이 방지
- 건축한계 결정시 고려사항
 - 차량 주행시 상하, 좌우로 회전운동을 하고
 - 궤도틀림 발생
 - 승객과 승무원이 신체 일부를 내 놓는 경우가 있음.
- 곡선구간의 차량한계
- 직선구간 차량한계 + 확대량(W) + 캔트에의한 차량경사량 + Slack량 만큼 확대W = $50,000/R(m)$ W : 선로중심에서 좌·우측으로 확대량(mm)
- 차량한계 예외
 - 차량의 범위 이내에 있는 차량의 부분
 - 정차 중 차량의 문이 열려 있는 경우
 - 제설장치, 기중기, 기타 특수장치를 사용하고 있는 경우
- 건축 한계
 - 차량한계와 건축한계는 차량과 시설물 사이에 일정한 공간을 확보하여 어떤 경우라도 접촉하지 않고 안전하게 주행할 수 있도록 정해 놓은 한계로. 차량한계 외측으로 열차가 안전하게 운행될 수 있도록 궤도상에 확보된 일정한 공간으로 어떠한 구조물도 침해해서는 안 되는 것을 건축한계라 한다.
- 곡선구간의 건축한계
 - 직선구간 건축한계 + 곡선구간확대량(W) + 캔트에의한 차량경사량 + Slack량 만큼 확대, W = $50,000/R(m)$ W : 선로중심에서 좌·우측으로 확대량(mm), R: 곡선반경(m)

- 건축한계 확대량 체감
 - 완화 곡선이 있는 경우
 - 26m 이상인 경우 : 완화곡선 전체길이
 - 26m 미만인 경우 : 완화곡선 및 직선구간을 포함하여 26m 이상의 길이
 - 완화 곡선이 없는 경우 : 직선구간으로 26m이상의 길이
 - 복심곡선 안의 경우 : 26m 이상의 길이(반경이 큰 곡선에서 체감)
 - 26m 이상인 경우 : 완화곡선 전체길이
 - 26m 미만인 경우 : 완화곡선 및 직선구간을 포함하여 26m이상의 길이
- 건축한계 예외
 - 가공전차선 및 현수장치
 - 선로보수 등의 작업상 필요한 일시적 시설로 열차 및 차량운전에 지장 없는 경우에는 건축한계를 일부 침범할 수 있다.
- 구축 한계
 - 건축한계 밖에 각종 선로제표, 신호등, 케이블 등을 설치할 수 있는 여유폭의 공간 확보한 구조물 축조 한계를 말한다.
 - 지하구조물에서는 각종 설비 시설 및 점검 대피 통로 공간과 시공오차 등을 감안하여 건축한계로부터 일정범위를 추가하여 정하여, 터널의 개축 및 고속운전을 위한 공간 등 장래 확장성을 고려한 필요한 한계이다,
- 서울시 도시철도건설 규칙
 - 건축한계와 여유 공간 300mm이상 (일반적으로 두는 공간)
 - 통로 설치시에는 건축한계와 여유 공간 800mm이상
 - 터널 외측부 300mm, 내부측 200mm, 천정부 100의 여유공간 확보

4) 검토결과

국철의 경우 별도의 구축한계 규정은 없으나 철도 횡단 시설물 구간에는 7,010mm이상 확보토록하고 일반적인 건축한계 높이 6,450mm에 비해 560mm이상 여유를 두고 있다.

5) 피기백 화차 차량 한계 검토

국철의 차량한계, 건축한계를 입수하여 피기백화차의 차량한계를 검토하였으며 아래와 같이 정리하였다

구 분	건축한계(mm)	차량 한계(mm)	피기백화차 (mm)	비고
높 이	5,150	4,500	4,591	
넓 이	4,200	3,600	2,438	
궤도중심에서 승강장까지 거리	500			

나. 동적한계 검토

1) 건축한계 및 내공치수 관련 기준 검토

곡선구간에서 건축한계는 아래 내용을 고려하여야 한다.

- 차량이 곡선을 통과하는 경우 차량이 안전하고 원활하게 주행하기 위해서는 차축이 곡선의 중심을 향한값을 슬랙(Slack)이라 함.
- 열차가 곡선을 통과할 때 차륜에서 발생하는 원심력이 곡선외측에 작용하여 차륜이 외측으로 전복 등 손상을 준다.
- 이러한 악영향을 방지하기 위하여 내측레일을 기준으로 외측레일을 높게하여 원심력과 중력과의 합력선이 궤간의 중앙부에 작용토록 하는 캔트를 준다.

- 직선구간 건축한계 + 곡선구간확대량(W) + 캔트에 의한 차량경사량 + Slack량 만큼 확대

반경(m)	설계속도(km/h)	캔트(mm)	확폭량(mm)	내측편기(mm)	외측편기(mm)	슬랙(mm)	비고
300	64	160	167	392	128	8	
400	74	160	125	384	128	0	
1,600	147	160	32	384	128	0	
2,500	156	160	17	384	128	0	
직선	200	0	0	0	0	0	

$W = 50,000/R(m)$ W : 선로중심에서 좌·우측으로 확대량(mm), R: 곡선반경(m)

2) 곡선구간의 건축한계

가) 곡선반경과 차량편기량

- 차량 중앙부에서의 편기각

곡선을 통과하는 차량 중앙부가 궤도중심의 내방/외방으로 편기하는 각도

구 분		반경	편기각(°)	W1	W2	비 고
본선중심간 거리(4.3m)	직선	직선	-	464	558	
	곡선	1,500~2,500	6.7°	438	520	
		3,100	5.5°	460	541	

3) 동적 한계 (Kinematic envelope) 계산

가) 동적한계 계산 (무게중심 500mm)

각도	차체 기울기	무게중심 하부(동력부)				총계	비고
		차륜후렌지 마모(mm)	레일마모 (mm)	차륜 및 레일 접촉면(mm)	합계		
2	92.38	2	13	2.35	17.35	109.73	
3	47.19	2	13	2.35	17.35	64.54	
4	15.7	2	13	2.35	17.35	33.05	
5	-17.04	2	13	2.35	17.35	0.31	

- 차륜후렌지 마모 (후렌지 마모 2mm적용)
 - 레일 마모 (선로유지관리지침) (13mm적용)

한국철도시설공단(이하 철도시설공단)은 철도안전법 제25조 및 철도시설의 기술기준 제 112조에 따라 철도 선로 및 선로에 부대하는 시설물의 정비와 보수, 선로점검에 관한 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제17조 (레일교환 기준) 본선의 레일은 특별한 경우를 제외하고 다음 각 호의 상태에 이르기 전에 교환하여야 하며, 교환내역을 시설관리시스템에 등록 관리하여야 한다.

1. 레일두부의 최대마모높이(마모면에서 측정한다)가 다음 한도에 이르기 전에 교환하여야 한다.(괄호내는 편마모의 경우임)

60 kg : 13 mm(15 mm)

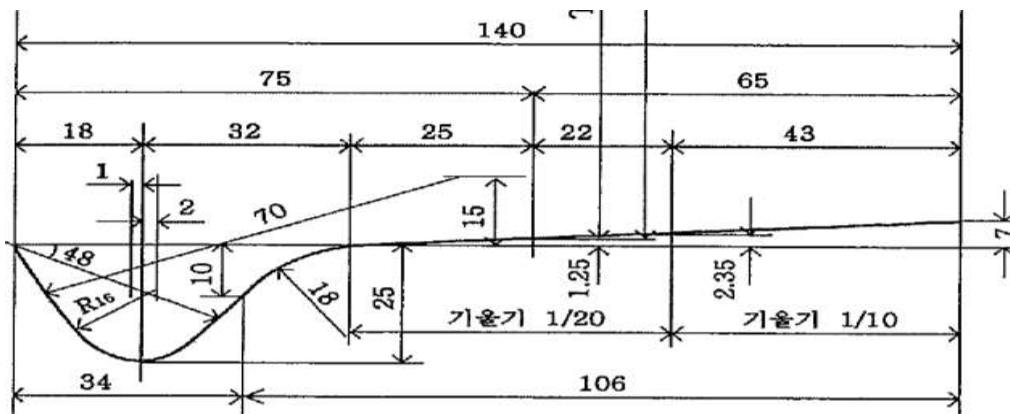
50 kg N, 50 kg PS : 12 mm(13 mm)

50 kg ARA-A : 9 mm(13 mm)

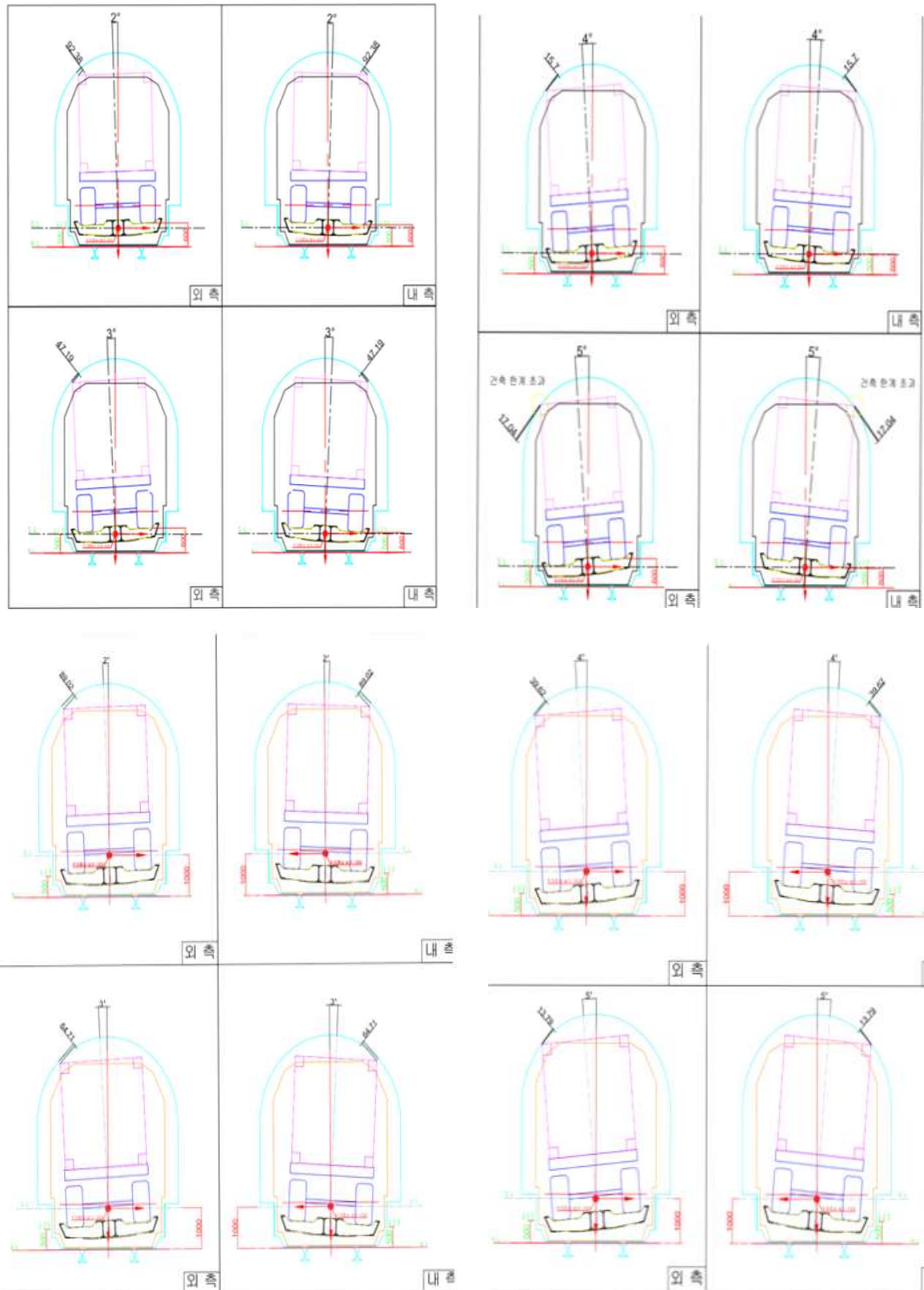
37 kg ASCE : 7 mm(12 mm) <개정 2016.12.30.>

2. 균열, 심한 파상마모, 레일변형, 손상 등으로 열차운전상 위험하다고 인정되는 것

3. 차륜 및 레일 접촉면 (황방향 이격거리) (2.35mm적용)



4) 피기백 화차 동적 한계 검토 결과
가) 차체의 거동 기울기 도면 검토



나) 동적한계 계산(무게중심 1,000mm일 경우)

각도	차체기울기	무게중심 하부(동력부)				총계	비고
		차륜후렌지 마모(mm)	레일마모 (mm)	차륜 및 레일 접촉면(mm)	합계		
2	89.02	2	13	2.35	17.35	106.37	
3	64.71	2	13	2.35	17.35	82.06	
4	39.62	2	13	2.35	17.35	56.97	
5	13.79	2	13	2.35	17.35	31.14	

※ 무게중심 하부(동력부) 계산기준

다) 검토 결과

피기백화차의 동적한계는 화차의 차체 높이와 무게중심 매우 낮아서 차체 동적한계 롤링이 적다고 사료가 되어서 건축한계의 동적 한계를 검토 하였다. 피기백 화차와 건축한계의 동적 한계를 무게중심 500mm와 1,000mm에서 아래와 같이 검토함.

각도	무게중심 1,000mm			무게중심 500mm			비고
	차체기울기	구동부	합계	차체기울기	구동부	합계	
2°	89.02	17.35	106.37	92.38	17.35	109.73	
3°	64.71	17.35	82.06	47.19	17.35	64.54	
4°	39.62	17.35	56.97	15.7	17.35	33.05	
5°	13.79	17.35	31.14	-17.04	17.35	0.31	

2-6-9 피기백 화차 설계도면 보완 연구

1. 피기백 화차 구조 설계 해석 모델링 연구

가. 서론

철도의 화물 수송에 이용되는 대형 컨테이너로 구성된 화물 운송 시스템은 대형 화물 및 차량을 수송할 수 있는 시스템이다. 운송 시스템의 주목적은 차량 및 화물을 안전하게 이송하는데 있으며, 이를 위해 반드시 확보되어야 할 사항은 다음과 같다.

- 시스템의 구조적 건전성(structural integrity)
: 외부하중(external load) 또는 자중(dead weight)에 대한 시스템의 구조 건전성 확보
- 시스템 변형(deformation) 및 구성품 간 접촉(contact) 회피
: 시스템의 변형에 의해 구성품 간의 접촉 또는 충돌의 발생 회피

설계된 화물 운송 시스템의 구조적 건전성을 평가하고, 시스템의 운용 중 발생할 수 있는 하중을 모사하여 그에 따른 변형을 평가하기 위해 유한요소법(Finite Element Method, FEM)에 근거한 해석적 방법을 사용할 수 있다. 유한요소법에 근거한 해석적 방법은 컴퓨터를 이용하여 적합한 조건에 따른 가상의 시뮬레이션을 수행하기 때문에 시험적 방법보다 시간 및 비용적 효과가 뛰어나며, 최근에는 다양한 분야에서 활용되어 해의 정확성을 인정받고 있다. 따라서 화물 운송 시스템의 주요 구성 요소인 Cargo Train과 Piggy Back System 대한 시뮬레이션 모델을 작성하고, 운용 조건 및 환경에 따른 경계조건을 부여함으로써 건전성 및 안정성 등을 평가하고자 한다.

그림 114는 화물 운송 시스템의 전체적인 형상을 나타내었으며, 주요 구성품인 Cargo Train 및 Piggy Back System을 그림 115에 나타내었다.

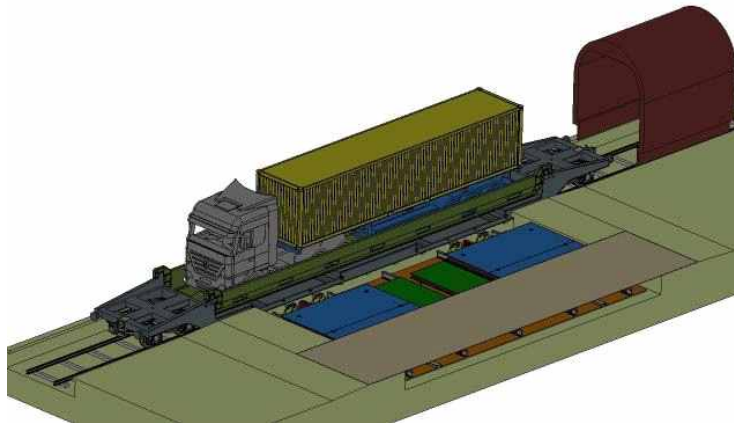


그림 114. 화물 운송 시스템의 형상 및 구성도

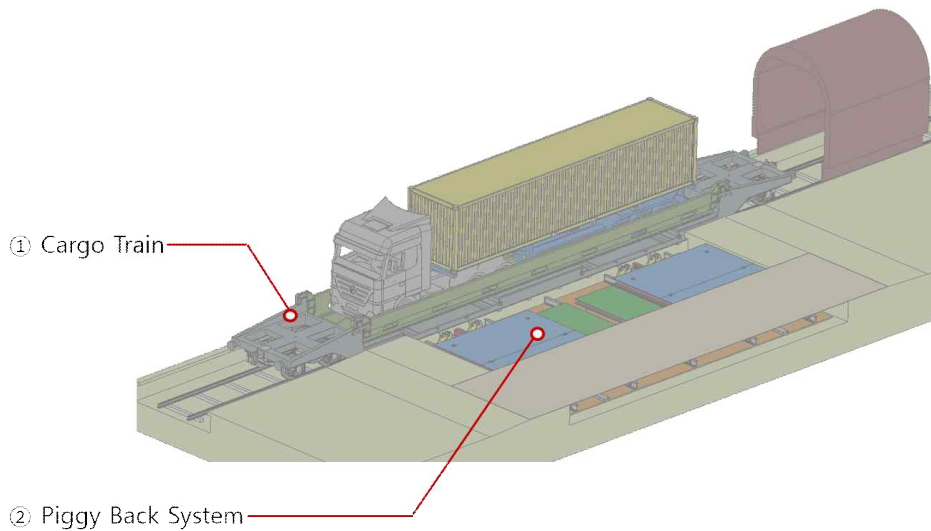


그림 115. Cargo Train 및 Piggy Back System

구조건전성을 평가하고자 하는 화물 운송 시스템의 주요 구성품은 다음과 같은 상태에 대한 구조건전성을 평가하고자 한다.

- Cargo Train
 - 차량 및 파렛트 중량 : 약60톤 + 약7.5톤 = 67.5톤
 - 대차 앞뒤 바퀴 부분 고정조건 적용 후 최대 처짐 계산
- Piggy Back System
 - 차량 및 파렛트 중량 : 약60톤 + 약7.5톤 = 67.5톤
 - 레일에 안착 시 발생할 수 있는 최대 처짐 계산

나. 이론적 배경

화물 운송 시스템의 Cargo Train 및 Piggy Back System의 구조건전성 및 안정성을 평가하기 위한 정적 처짐 해석을 수행하기 위해 탄성이론에 근거한 3차원 탄성방정식을 계산하였다. 그림 2-1에는 한 점에서의 응력 상태를 나타내었으며, 벡터 형태로 응력 상태를 결정하는 6개의 독립적인 응력 성분은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

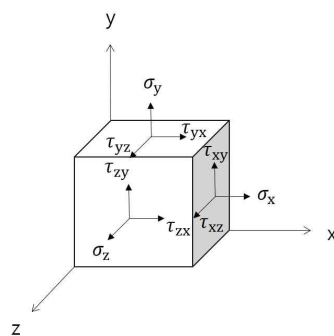


그림 116. 3차원 탄성체 내부 한 점에서의 응력 상태

$$\sigma = \{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix}, \text{ 또는 } [\sigma_{ij}] \quad (1)$$

6개의 응력 성분과 유사한 방식으로 6개의 독립된 변형률 성분을 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\varepsilon = \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix}, \text{ 또는 } [\varepsilon_{ij}] \quad (2)$$

3차원 탄성체의 탄성방정식에서 응력과 변형률의 관계식은 식(3)과 같다.

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

식(3)을 행렬식으로 표현하면 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma = E\varepsilon \quad (4)$$

3차원 탄성방정식에 따라 변위장은 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$u = \begin{Bmatrix} u(x, y, z) \\ v(x, y, z) \\ w(x, y, z) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix} \quad (5)$$

변형률장과 변위장의 관계를 식(6)과 같이 나타낼 수 있으며, 식(6)의 6개의 방정식을 텐서 형태로 표현하면 식(7)과 같다.

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}, \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}, \quad \gamma_{yz} = \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}, \quad \gamma_{xz} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}\end{aligned}\quad (6)$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{ij} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad i, j = 1, 2, 3 \\ \varepsilon_{ij} &= \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \dots\dots\dots [\text{Tensor}]\end{aligned}\quad (7)$$

Cargo Train 및 Piggy Back System의 처짐해석은 정적 탄성해석으로서 각 점에서의 응력과 체적력 벡터 f 는 식(8)과 같은 3가지 평형방정식을 만족해야 한다.

$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + f_x &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + f_y &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + f_z &= 0\end{aligned}\quad (8)$$

주요 구성품이 설치되는 환경 및 구성 조건 등을 고려하기 위해 경계조건을 적용하여 탄성방정식을 계산하면 식(9)의 행렬식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{Bmatrix} \dots\dots\dots [n : \text{normal-dir.}]\quad (9)$$

3차원 응력해석의 경우, 경계조건에서 응력, 변형 및 변위장을 얻기 위해 식(3), 식(6) 및 식(8)의 방정식을 풀어야 하며, 본 보고서에는 유한요소법의 수치적 방법으로 이를 계산한다.

다. Cargo Train 및 Piggy Back System의 3차원 형상

화물 운송 시스템의 주요 구성품인 Cargo Train 및 Piggy Back System에 대한 구조해석을 수행하기 위하여 해당 구조물의 3차원 형상 및 주요 치수를 그림 117 및 118에 나타내었다.

Cargo Train의 총 길이는 약 25.9m 이며, 그림 117에 나타난 것과 같이 빨강색으로 표기된 3 부분에 차량 및 파렛트가 안착되어 하중을 지지한다.

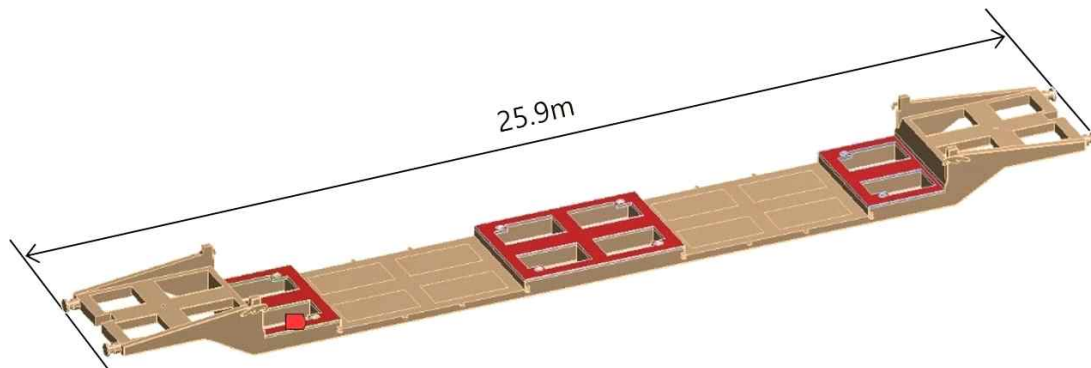


그림 117. Cargo Train의 형상 및 주요 치수

Piggy Back System은 구동부를 이용해 차량과 파렛트를 Cargo Train에 안착시키는 역할을 한다. 이 때 약 67.5톤의 중량을 외팔보의 형태로 지지하게 되는데, 격자구조의 H형강이 중량을 감당한다. 총 중량이 가해질 때의 고정부로부터의 거리는 약 3.4m이며, 그림 119에 나타내었다.



그림 118. Piggy Back System의 형상



그림 119. Piggy Back System의 하중 작용점

라. 구조해석을 위한 중량 및 하중 조건

화물 운송 시스템의 주요 구성품 중 구조해석을 수행하기 위한 구성품으로 Cargo Train과 Piggy Back System을 선정하였으며, 각 구성품에 대한 자중과 적용되는 하중 정보를 표 32에 나타내었다.

표 32.. Cargo Train 및 Piggy Back System의 중량 정보

	Dead Weight [kg]	Material
Cargo Train	116,740	Structural steel
Truck	60,000	Distributed mass
Pallet	7,500	Distributed mass
Piggy Back System (plate, H-beam, side bracket)	40,202	Structural steel

마. 구조해석을 위한 해석모델(Finite Element Model)

Cargo Train 및 Piggy Back System의 자중 및 작용 하중에 대한 구조건전성을 평가하기 위해 구조해석 전용 코드인 ANSYS v18.2를 사용하였다. 구조물의 하중에 대한 처짐을 해석하기 위해 3차원 구조전용 요소인 SOLID 요소를 적용하였다. SOLID 요소는 1개의 요소에 연결된 절점의 데이터를 공유하도록 정의되어 있으며, 구성 절점 하나당 3개의 자유도(Degree of Freedom : UX, UY, UZ)를 가진다.

해당 구조물은 자중 및 작용 하중에 대해 발생하는 응력 및 처짐을 주요 결과로서 분석하고자 하는 목적에 따라 처짐에 의한 굽힘(bending) 효과를 무시할 수 없다. 이를 위해 중앙 절점(mid-side node)을 배치하는 요소인 SOLID186 요소를 사용하였다. (그림 120의 (b))

그림 120의 (a)와 같이 SOLID185 요소의 경우 중앙 절점을 배치하지 않기 때문에 적절한 간격으로 요소가 배치되지 못할 경우 실제보다 높은 강성을 갖도록 설정되는 특성을 가진다. 따라서 보수적으로 평가하기 위해 중앙 절점을 배치하는 SOLID186 요소를 사용하였다.

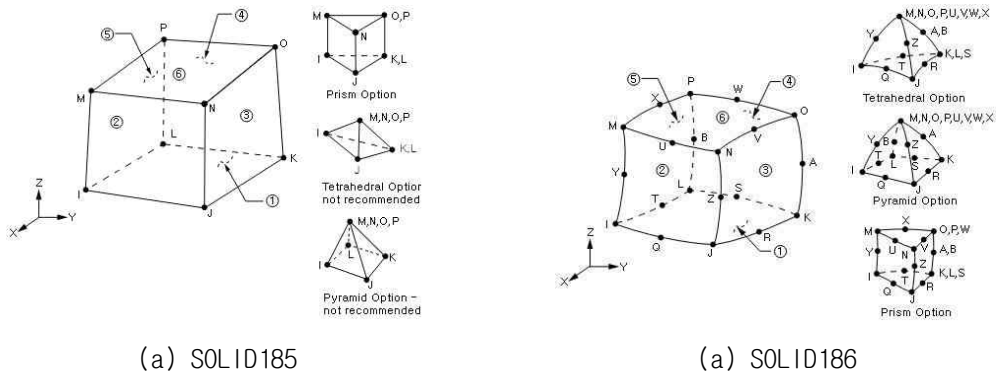


그림 120. Cargo Train 및 Piggy Back System 해석모델을 위한 구성 요소

1) Cargo Train에 대한 해석모델

Cargo Train에 대한 해석모델의 형상을 그림 121에 나타내었다. Cargo Train의 해석모델에 대한 절점 및 요소 등의 정보를 표 33에 나타내었다.



그림 121. Cargo Train에 대한 해석모델

표 33. Cargo Train 해석모델의 정보

Cargo Train	Information
Node number	271,316 [EA]
Element number	160,571 [EA]
Element order	Quadratic
Size function	Uniform & Fine mesh

2) Piggy Back System에 대한 해석모델

Piggy Back System에 대한 해석모델의 형상을 그림 122에 나타내었다. Piggy Back System 해석모델에 대한 절점 및 요소 등의 정보를 표 34에 나타내었다.

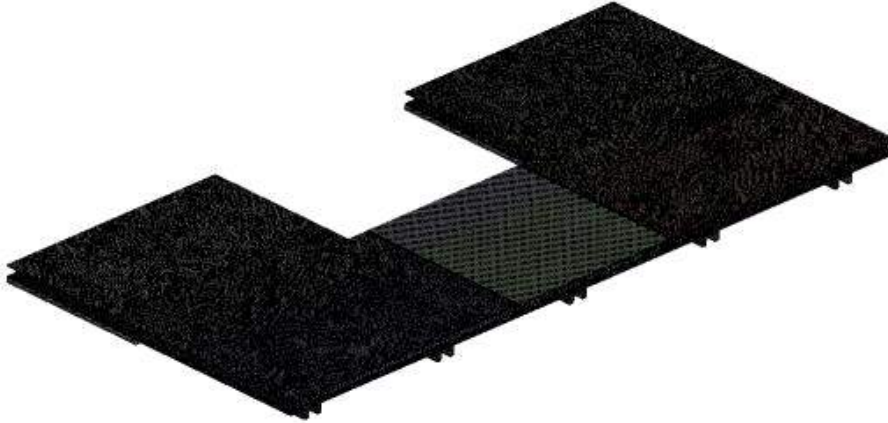


그림 122. Piggy Back System에 대한 해석모델

표 34. Piggy Back System 해석모델의 정보

Support System	Information
Node number	1,244,549 [EA]
Element number	622,455 [EA]
Element order	Quadratic
Size function	Uniform & Fine mesh

바. 구조해석(Static Analysis)

Cargo Train 및 Piggy Back System의 자중 및 작용 하중에 대한 구조건전성을 평가하기 위해 구조해석을 수행하였다. 해석의 결과로서 등가응력(Von-Mises stress) 및 처짐량을 출력하였다.

1) Cargo Train에 대한 해석결과

Cargo Train에 대한 해석모델을 토대로 수직방향으로의 자중 방향을 정의하고, 구조해석을 수행하였다. 해석의 종류는 다음과 같다.

- Case #1: 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 제외한 Cargo Train의 자중 해석
- Case #2: 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 포함한 Cargo Train의 자중 해석

그림 123 ~ 124에는 Case #1 조건에 대한 Cargo Train의 구조해석 결과를 나타내었다. 또한, 125 ~ 126에는 Case #2 조건에 대한 구조해석 결과를 나타내었다. 해석 결과는 변형 전 형상을 나타내는 실선을 포함하고 있다.

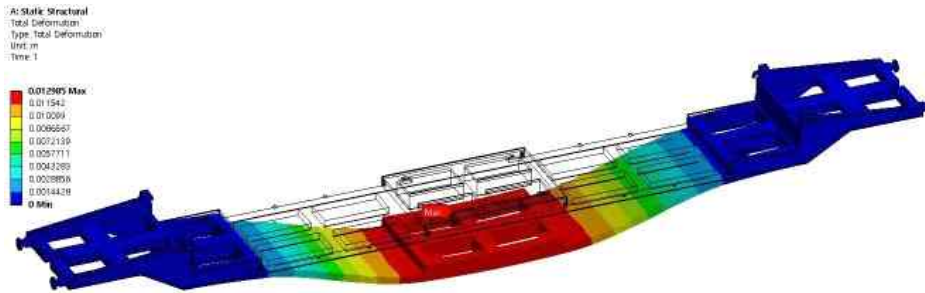


그림 123. Cargo Train의 Case #1 조건에 대한 최대 처짐(약 13.0mm)

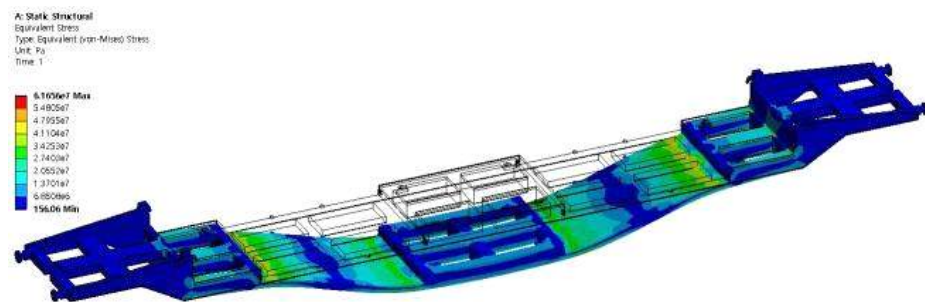


그림 124. Cargo Train의 Case #1 조건에 대한 응력 수준(61.7MPa)

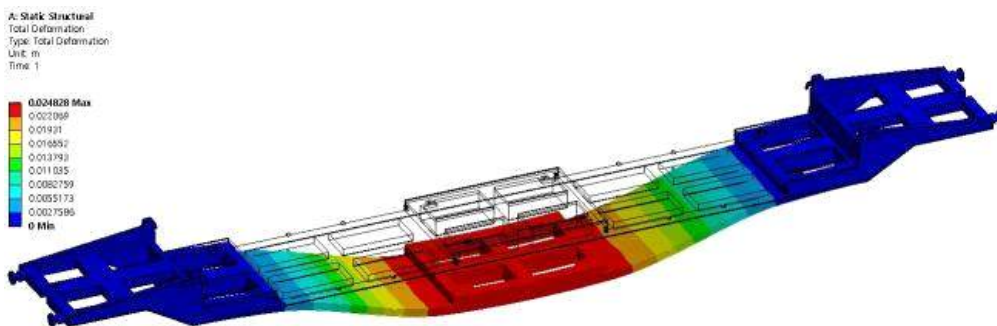


그림 125. Cargo Train의 Case #2 조건에 대한 최대 처짐(약 24.8mm)

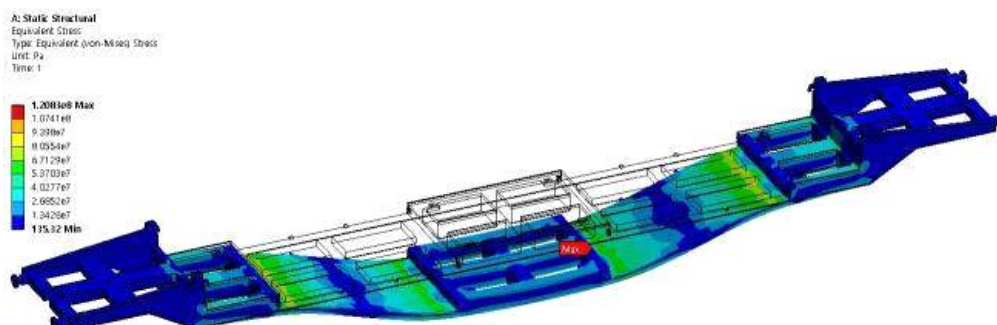


그림 126. Cargo Train의 Case #2 조건에 대한 응력 수준(120.8MPa)

2) Piggy Back System에 대한 해석 결과

Piggy Back System에 대한 해석모델을 토대로 수직방향으로의 자중 방향을 정의하고, 구조해석을 수행하였다. 해석의 종류는 다음과 같다.

- Case #3 : 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 제외한 Piggy Back System의 자중 해석
- Case #4 : 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 포함한 Piggy Back System의 자중 해석

그림 127 ~ 128에는 Case #3 조건에 대한 Piggy Back System의 구조해석 결과를 나타내었다. 또한, 129 ~ 1320에는 Case #4 조건에 대한 구조해석 결과를 나타내었다. 해석 결과는 변형 전 형상을 나타내는 실선을 포함하고 있다.

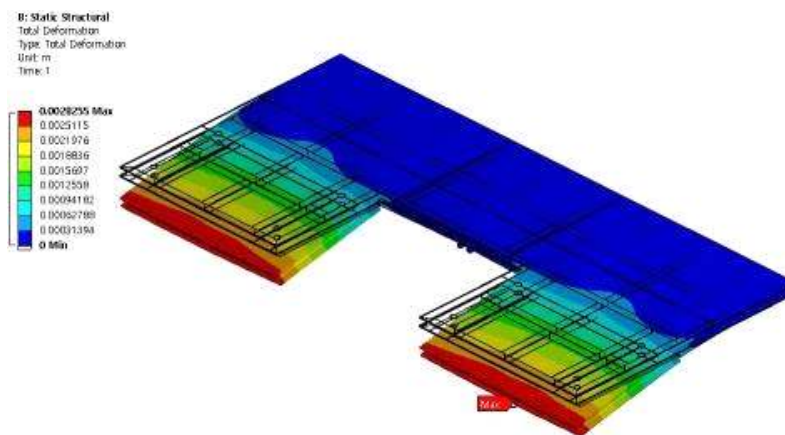


그림 127. Piggy Back System의 Case #3 조건에 대한 최대 처짐(약 2.9mm)

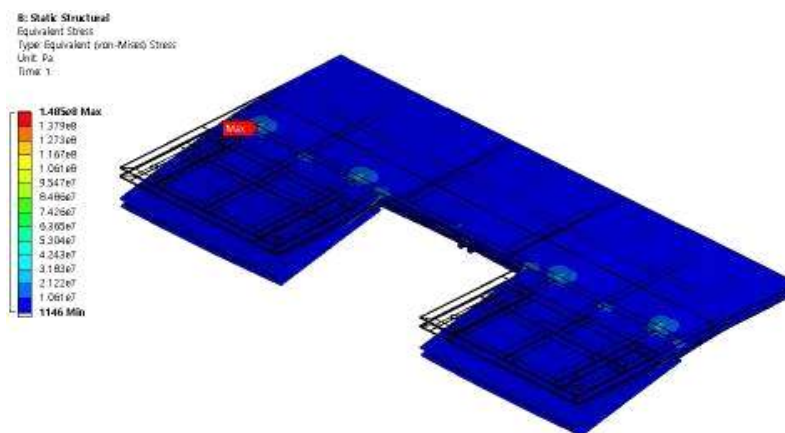


그림 128. Piggy Back System의 Case #3 조건에 대한 응력 수준(148.5MPa)

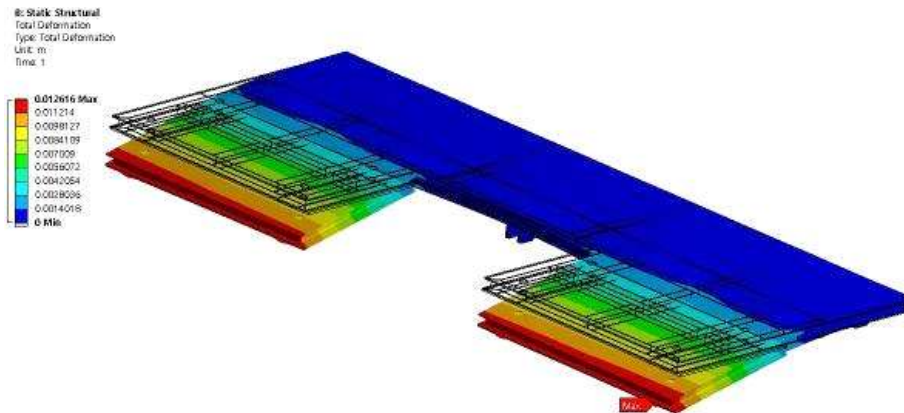


그림 129. Piggy Back System의 Case #4 조건에 대한 최대 처짐(약 12.7mm)

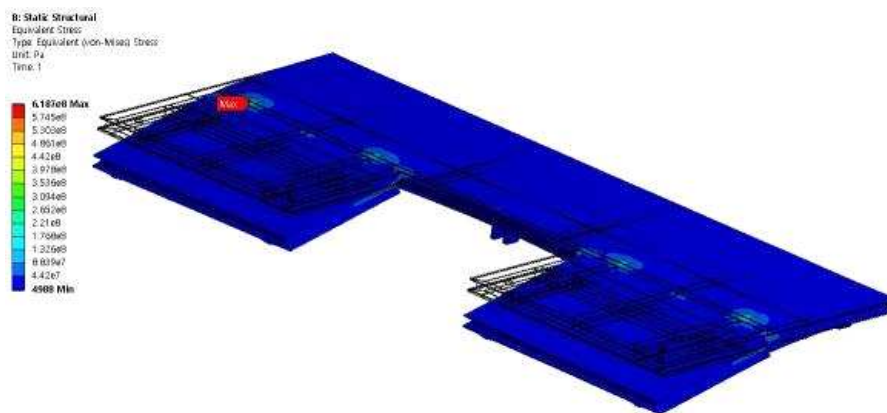


그림 130. Piggy Back System의 Case #4 조건에 대한 응력 수준(618.7MPa)

Cargo Train 및 Piggy Back System의 하중 조건에 따른 응력 및 처짐량을 표 35에 나타내었다.

표 35. Cargo Train 및 Piggy Back System의 구조해석 결과

		응력수준(MPa)	최대 처짐량(mm)
Cargo Train	Case #1	61.7	13.0
	Case #2	120.8	24.8
Piggy Back System	Case #3	148.5	2.9
	Case #4	618.7	12.7

사. 설계도면 보완 사항

화물 운송 시스템의 구성품 중 Cargo Train 및 Piggy Back System에 대한 구조건전성을 평가하기 위해 정적 구조해석을 수행하였다. 구조해석을 수행하기 위해 Cargo Train 및 Piggy Back System에 대한 해석모델을 작성하고, 트럭 및 파렛트의 중량인 약 67.5톤의 하중을 분포하중으로 적용하였다.

Cargo Train 및 Piggy Back System의 자중해석을 수행하기 위해 자중에 대한 결과와 작용 하중에 대한 결과를 다음과 같이 구분하여 구조건전성을 평가하였다.

Case #1 : 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 제외한 Cargo Train의 자중 해석
 Case #2 : 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 포함한 Cargo Train의 자중 해석
 Case #3 : 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 제외한 Piggy Back System의 자중 해석
 Case #4 : 트럭 및 파렛트의 중량(67.5톤)을 포함한 Piggy Back System의 자중 해석

ASTM A283 steel, grade D의 경우 항복강도(Sy)가 약 230MPa이며, ASME code에서 제시하는 방법으로 다음과 같이 허용응력을 계산할 수 있다.

$$\text{허용응력} = 0.6 \times \text{항복강도}(S_y)$$

		응력수준(MPa)	허용응력(MPa)	최대 처짐량(mm)
Cargo Train	Case #1	61.7	138.0	13.0
	Case #2	120.8	138.0	24.8
Support System	Case #3	148.5	138.0	2.9
	Case #4	618.7	138.0	12.7

Cargo Train은 트럭 및 파렛트 하중에 의해 최대 약 120.8MPa의 응력수준을 갖는 것을 알 수 있다. 이는 재료의 허용응력에 매우 근접한 수치이므로 보다 높은 안전율(safety factor)을 고려한다면 더 높은 강도의 확보가 요구될 것으로 판단된다. Cargo Train의 최대 처짐은 중앙부에서 발생하였고, 국부적으로 발생할 수 있는 최대응력은 굽힘 변형에 의해 Cargo Train의 중앙부에서 발생하고 있다.

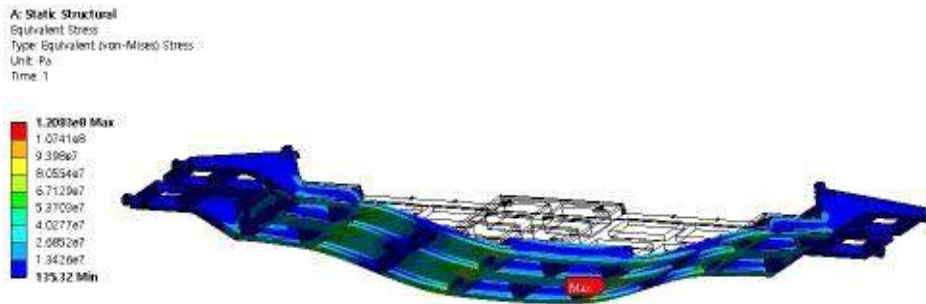


그림 131. Cargo Train의 최대응력 발생 위치

Piggy Back System은 트럭 및 파렛트 하중에 의해 최대 약 618.7MPa의 응력수준을 갖는 것을 알 수 있다. 이는 재료의 허용응력을 초과하는 수치이므로 안전율(safety factor)을 고려한다면 더 높은 강도의 확보 및 보강이 필요할 것으로 판단된다. Piggy Back System의 최대 처짐은 트럭 및 파렛트가 장착되는 판재의 끝부분에서 발생하였고, 국부적으로 발생할 수 있는 최대응력은 굽힘 변형에 의해 Piggy Back System의 H-beam 격자구조에서 발생하고 있다.

H-beam의 격자 구조에 대한 구조적 보강을 수행한다면 굽힘 변형에 의해 발생하는 국부적인 최대응력을 감소시키고, 구조건전성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

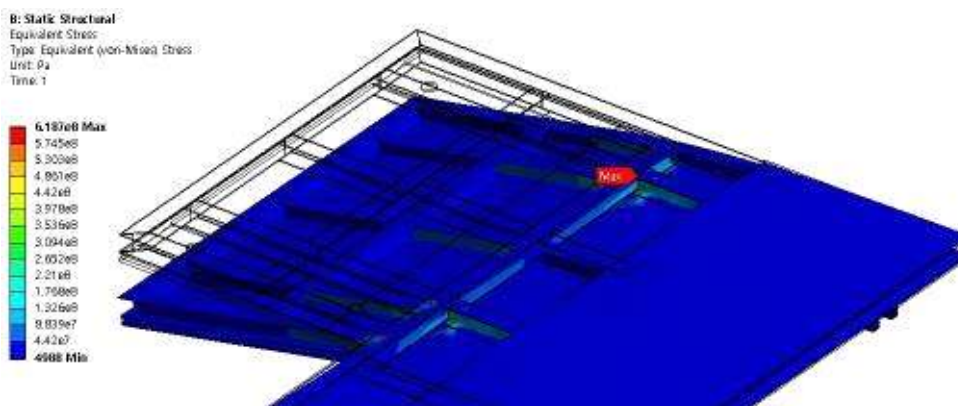
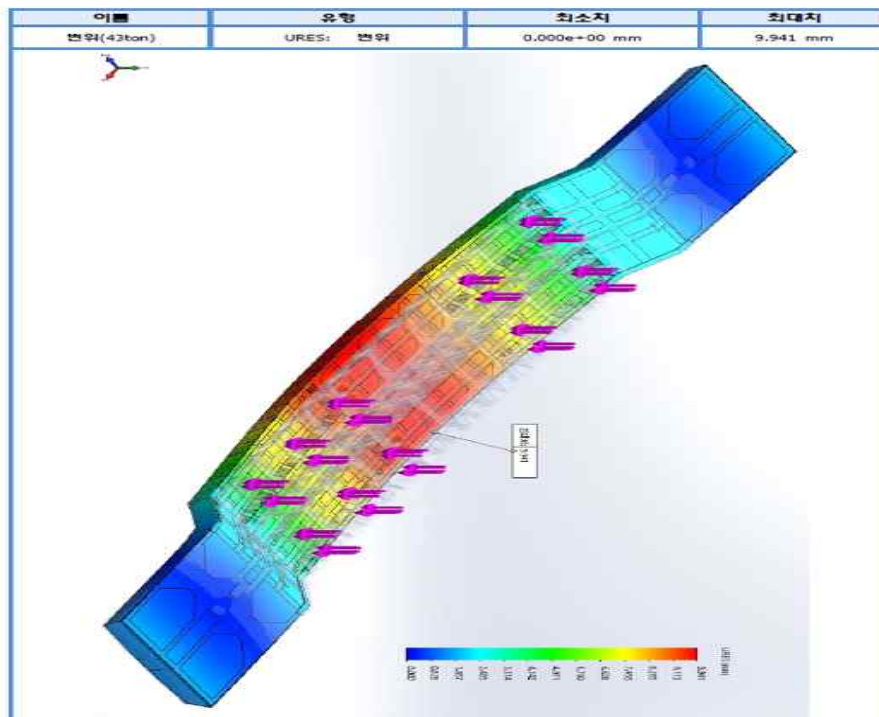
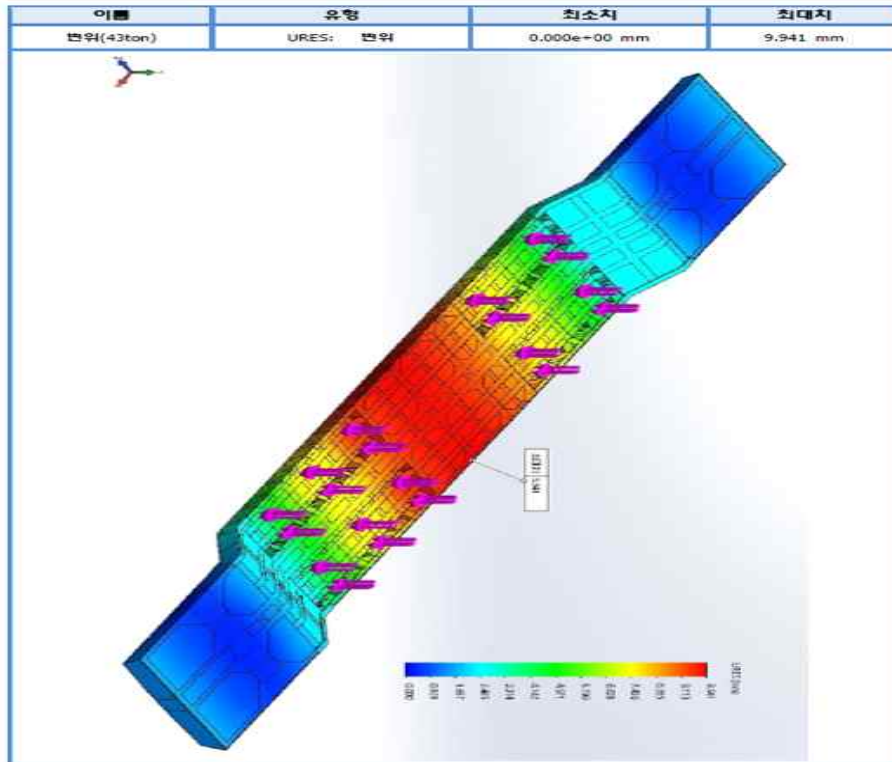


그림 132. Piggy Back System의 최대응력 발생 위치

2. 피기백 화차 구조 설계 보완 반영 해석 연구

- 변위 43ton



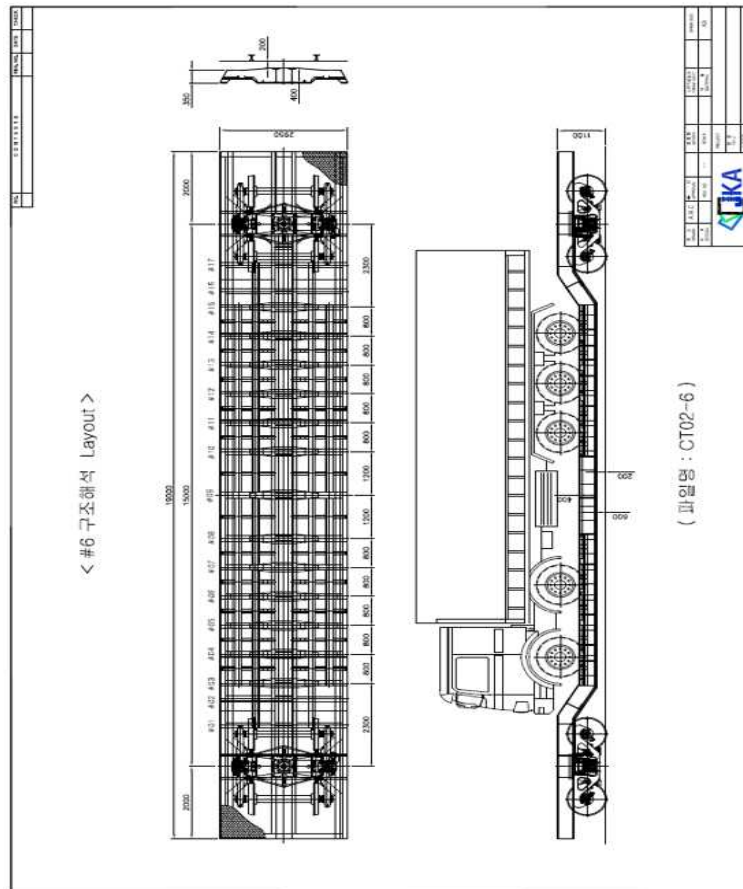
【수직하중 구조해석 각 부위별 요약표】

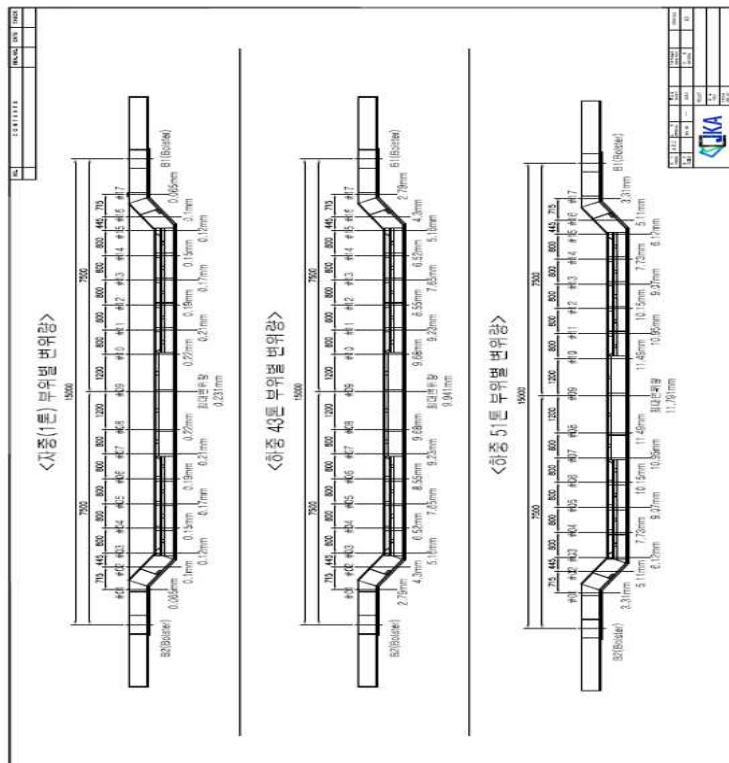
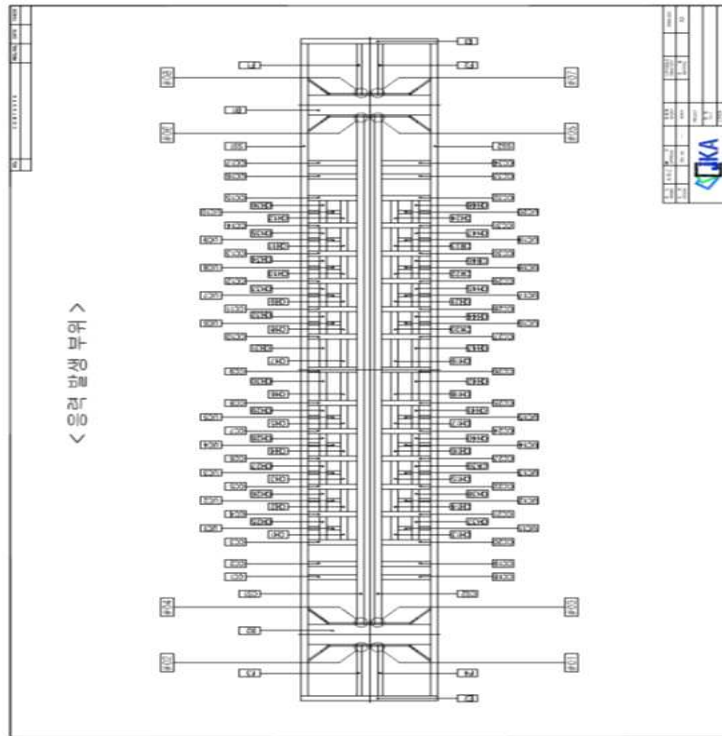
▶ 응력 [STRESS]

NO.	발생 위치	응력값(MPa)		기준 응력값 (MPa)	안전율		비고
		43ton	50ton		43ton	50ton	
#01	F2+B2	144.3	171.0	414.0	1.0	1.3	
#02	F4+B2	140.6	166.6				
#03	CS2+B2	158.8	188.2				
#04	CS1+B2	168.5	187.0				
#05	CS2+B1	166.7	199.5				
#06	CS1+B1	151.6	197.4				
#07	F2+B1	168.5	199.8				
#08	F1+B1	186.9	221.7				

▶ 변위 [DEFLECTION]

NO.	발생 위치	변위값(URES: mm)		기준 변위값 (mm)	비고
		43ton	50ton		
#01	CC1+CC18	2.79	3.31	≤15	
#02	CC2+CC19	4.3	5.11		
#03	CC3+CC20	5.16	6.12		
#04	CC4+CC21	6.52	7.73		
#05	CC5+CC22	7.65	9.07		
#06	CC6+CC23	8.55	10.15		
#07	CC7+CC24	9.23	10.95		
#08	CC8+CC25	9.68	11.49		
#09	CC9+CC26	9.941	11.791		
#10	CC10+CC27	9.68	11.49		
#11	CC11+CC28	9.23	10.95		
#12	CC12+CC29	8.55	10.15		
#13	CC13+CC30	7.65	9.07		
#14	CC14+CC31	6.52	7.73		
#15	CC15+CC32	5.16	6.12		
#16	CC16+CC33	4.3	5.11		
#17	CC17+CC34	2.79	3.31		





2-6-10 피기백 화차 시제품 제작연구

1. 피기백 화차 주요 시제품 제작 실적

가. 시제차량 제작 공정 및 추진 일정 현황

[피기백화차 제작공정]

순서	공정단계	공정내용
1	소재절단	철판 LASER CUTTING / SHARING 외
2	단품제작	철판 절곡, 가공, 천공 등
3	소조립	단품별 SUB Ass'y 작업
4	대조립	소조립 부품을 차량 전길이 조립 작업 - 전면 용접 및 이면 용접 - 부재 고정
5	검측	검사 및 수정, 조정 작업

[제작 계획 대비 실적]

순	공정단계	공정일정							
		10월				11월			
		1W	2W	3W	4W	1W	2W	3W	4W
1	소재절단	계획	→						
		실적	→						
2	단품제작	계획	→						
		실적	→						
3	소조립	계획		→					
		실적		→					
4	대조립	계획				→	7일		
		실적				→		10일	
5	검측	계획						12일	
		실적							

나. 시제차량 주요 소재 및 부품 제작 공정 현황

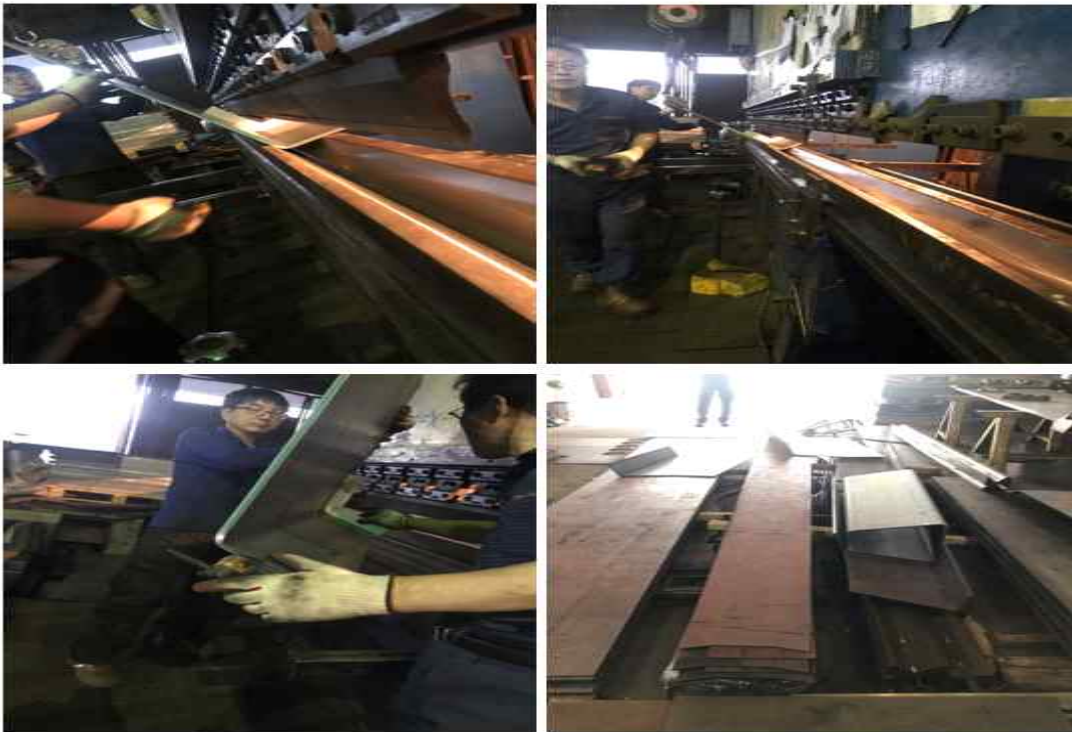
[소재절단 1- 철판 레이저 절단 가공]



[단품제작 1 - 철판 절곡 및 천공 작업]



[부품 제작 공정 1]



[부품 제작 완료 1]



다. 시제차량 주요 부품 소조립 및 대조립 현황

[부품 소조립 공정]



[제작용 JIG & FIXTURE 1]



라. 피기백 화차 시제품 제작 완성 현황

[제조업 작업 1]



2. 피기백 화차 시제품 성능시험 연구

가. 하중 시험 개요

과제 중인 어복형 피기백 화차(PIGGYBACK FLATCAR)의 차체 설계를 완료, 설계단계별 구조해석 Simulation을 통한 차체 안정성 확보 상태에서 차체강도강성 확인을 위하여 실제 피기백 화차 차체를 제작하여 주요부위의 응력과 처짐에 대한 확인을 실시하고자 함.

나. 하중 시험 준비사항

1) 시험 장비

①	JIG & FIXTURE : 차량 Setting 및 시험용
②	STRAIN GAUGE(KYOWA, Model : KFGS-5-120-CI-II L15M2R) & CABLE
③	DIAL GAUGE
④	WEIGHT : Max. 50ton 부과
⑤	AMPLIFIER / PRINT / TAPE외
⑥	지게차 : 1ton용, 5ton용
⑦	GRINDER / SAND PAPER / BRUSH / 접착제 / CABLE TIE 외

2) 시험 차체

①	UNDER FRAME 1량분
②	고정용 JIG / WEIGHT
③	차체 고정용 WEIGHT

다. 하중시험 준비 절차

1) 예비준비/시험

가) 시험차량 셋업

- 차체 고정용 JIG 상부에 구조물 안착
- 차체 LEVELING 조정
- BOLSTER 상부에 고정용 WEIGHT 장착

나) FREE WEIGHT 부과

- 구조물의 안정화를 위한 WEIGHT 부과
- 용접 구조물의 자리잡기 및 상태 확인
- 구조물 상면에 균일 분포 하중으로 약 20ton 부과

다) 측정 장비 SETTING

- STRAIN GAUGE 취부 / 연결 / 확인

- 약 80개소 수준
- GAUGE CABLE 연결
- GAUGE 취부 : 표면 연마, 세척 외
- DIAL GAUGE 취부 / 장착 [유첨 #2]
- JIG 상면 LEVEL 확인
- GAUGE 취부 및 조정
- AMPLIFIER 장착 / PRINT 연결 확인 外

2) FREE TEST

- ZERO SETTING 확인
- CABLE 연결 상태 확인
- 기타

다. 하중 본 시험 실시 개요

- 1) 하중 단계별 주요 부위 응력 및 처짐량을 측정
 - : 상향/하향 단계에서 모두 측정

상향	0ton → 13ton → 25ton → 40ton → 50ton
하향	50ton → 40ton → 25ton → 13ton → 0ton

2) 시험 측정 항목

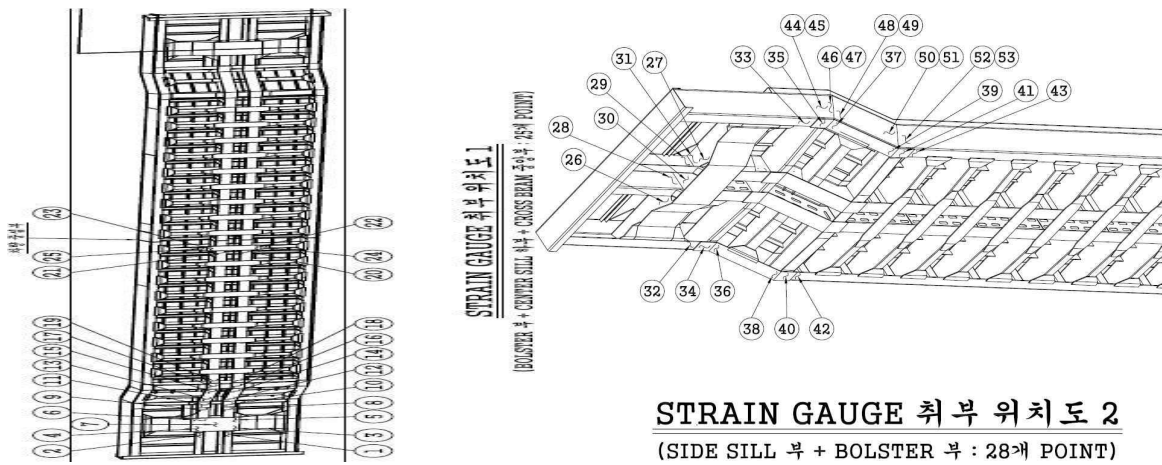
①	응력 측정
②	처짐량 측정

3) 하중 부과 기준

①	차체 BOLSTER 부위 고정용 WEIGHT(각 1ton 수준) 부과
②	TRACTOR / TRAILER TIRE 위치별 하중 부과

4) TRAILER TIRE 위치별 하중 부과표

하중 (ton)	TIRE 위치별 하중						비고
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
0	0	0	0	0	0	0	
13	1,690	2,340	2,210	2,210	2,340	2,210	
25	3,250	4,500	4,250	4,250	4,500	4,250	
40	5,200	7,200	6,800	6,800	7,200	6,800	
50	6,500	9,000	8,500	8,500	9,000	8,500	



라. 계측 장비 주요 제원

장비명	모델명	용도	소요수량 (EA)	주요 제원	비고
QunatumX	MX1615	스트레인 계측용 DAQ	5	SG full/half/quarter bridge, 16ch	
	MX1601B	변위 계측용 DAQ		Voltage, Current, 16ch	
Linear Position Sensor	LPS-50S	처짐량 측정	8	stroke 50mm	
	LPS-100S		2	stroke 100mm	
Strain gauge	KFGS-5-120 C1 -11L15M2R	응력 측정	79	120Ω, 15m 2wires, steel용	

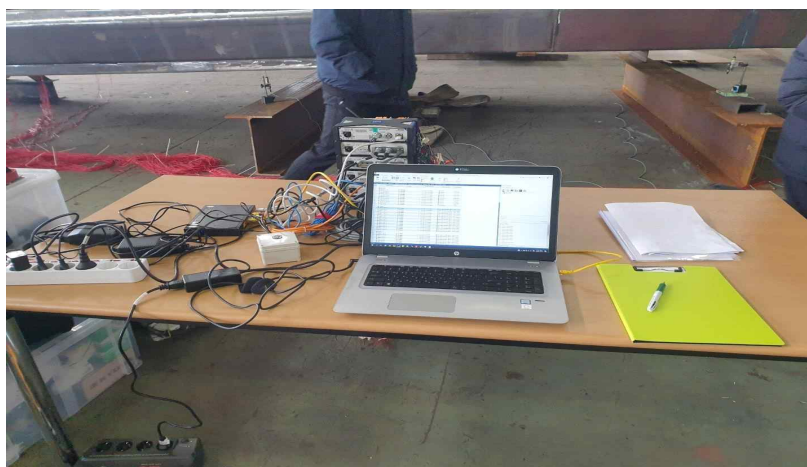


그림 133. 계측 장비 SETTING 상태

마. 시험 방식

1) 하중 기준값 설정

컨테이너 운반용 트레일러 차량의 일반상태 하중 조건(공차)부터 최대 하중 부과 조건까지와 그에 안전율(25%)을 감안한 하중조건 까지 기준값을 설정한다.

No	하중조건	부하기준	총하중
①	트렉터 + 트레일러 샤시 + 40ft 컨테이너	무적재하중	14 Ton
②		1/2 적재하중	25 Ton
③		Full 적재하중	40 Ton
④	(트렉터 + 트레일러 샤시 + 40ft 컨테이너) x 1.25	안전율 25%	50 Ton

2) 하중 부과 위치

컨테이너 운반용 트레일러 차량의 실제 타이어 위치를 기준으로 해당 타이어 위치에 해당 하중을 부과하는 것으로 한다.

3) 하중 부과 순서

하중 기준값을 단계별 상향 및 하향하며 순차적으로 부과 / 제거 하도록 한다.

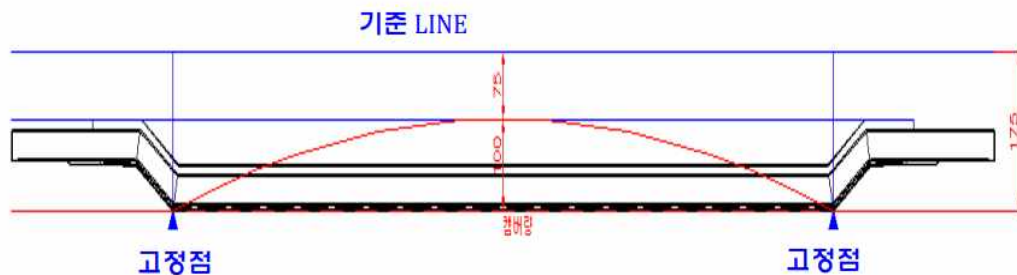
0 ton <-> 14 Ton <-> 25 Ton <-> 40 Ton <-> 50Ton

4) 측정 데이터 산출

각 하중 단계별 응력과 처짐량을 측정하고 기록 관리하도록 한다.

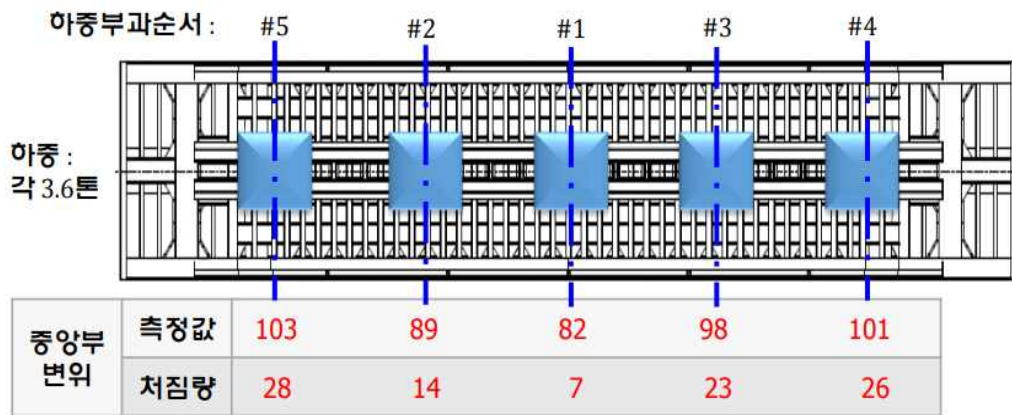
바. 예비 하중 시험 (일시 : 2020, 11, 22~ 23)

- 1) 차량의 변곡부를 기준 고정점으로 하여 U/F 상부에 중앙 부위부터 하중을 부여하며, 전체 길이에 하중(3.6Ton x 5개)을 등간격으로 배치하고, 차체 변위의 경향 분석을 실시함.

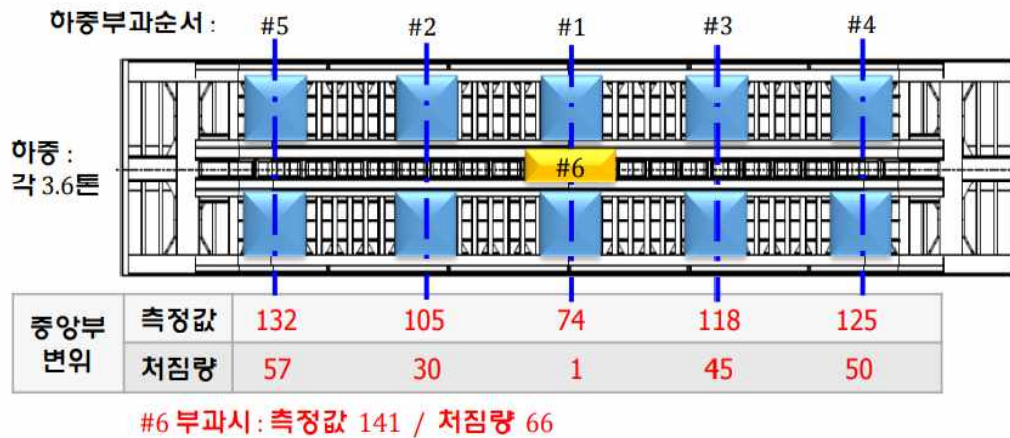


2) 1-1차 하중부과

변곡부 <-> 변곡부를 고정점으로 하여 하중 18Ton(3.6Ton x 5개)를 등간격 배열로 부과



3) 1-2차 하중부과 (사진 #2)



※ 하중값 / 측정값 / 처짐량

하중	조건	측정값 (mm)	처짐량 (mm)
#1	3.6 Ton x 2ea = 7.2 Ton	74	1
#2	#1 + 3.6 Ton x 2ea = 14.4 Ton	105	30
#3	#2 + 3.6 Ton x 2ea = 21.6 Ton	118	45
#4	#3 + 3.6 Ton x 2ea = 28.8 Ton	125	50
#5	#4 + 3.6 Ton x 2ea = 36.0 Ton	132	57
#6	#5 + 3.6 Ton x 1ea = 39.6 Ton	141	66

4) 하중 전체 (약 40톤) 제거 후 차체 상태 확인

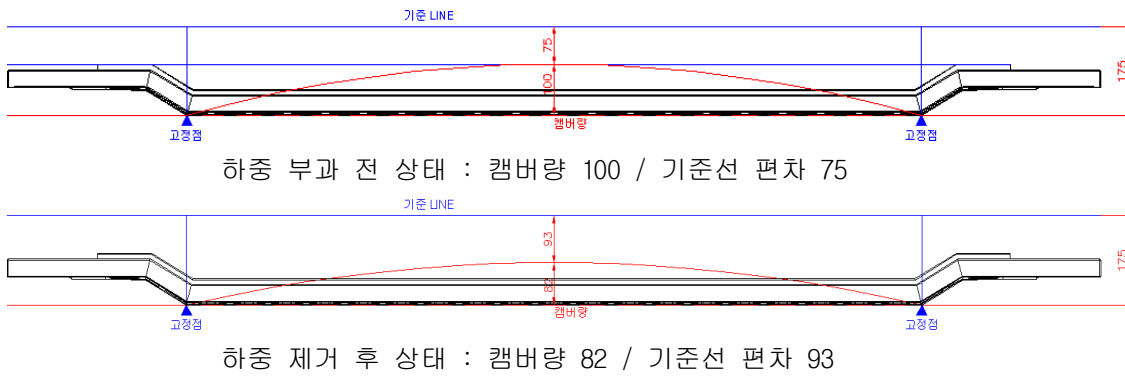


그림 134. 하중부과 작업 모습

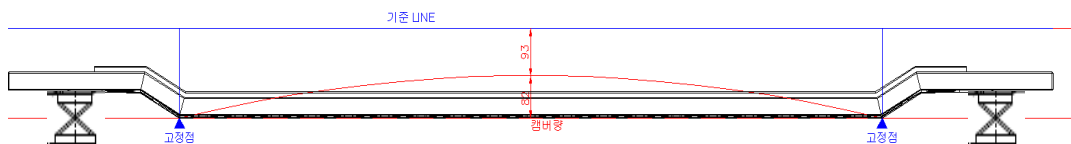
차체 구조물에 대한 하중 부과 전 / 후의 비교는 용접에 의한 구조물에 대하여는 차체의 용접부 연결 안정성(용접 자리잡기)을 부여하기 위하여 실시하며, 이는 완성차체의 최종 캠버량 부과고려 요소이다.

- 최대 부과 하중 : 약 40ton 상태
- 차체의 자리잡기 처짐량 : 18mm

하중 부과 전 / 후를 비교하여 차체 복원량과 자리잡기 처짐량을 확인함.

5) 1-3차 하중부과

- 차체 볼스타 부위를 기준으로 받침 지그를 설치하여 차체를 실차 조건과 동일한 정위치 상태 유지
- 중앙 부위에 하중을 부과하고, 이를 제거 후 차체의 캠버 복원을 확인 실시함



하중부과	3.6 Ton x 2ea = 7.2 ton : 차체 정중앙 위치
측정값	120mm
처짐량	23mm

- 하중 (3.6ton x 2ea =7.2ton) 제거 실시 후 캠버량 측정 실시 : 98mm 상태 유지
⇒ 하중 부과 전(97mm)과 동일 수준으로 측정됨, 이는 차체의 복원이 확인됨

6) 보완 조치 (2020, 11, 24~ 26)

- 차체 굽힘 강성 보완을 위한 RIB 보강 추가 실시
⇒ 각 크로스빔(CROSS BEAM) 사이에 RIB 보강 추가
(중앙부 전길이 방향 좌우 대칭 보강)
⇒ 볼스타 <-> 어복형 변곡점 부위 사이의 크로스빔 구간에 RIB 보강 추가
- 보강 추가 작업 시 캠버량 고려한 작업 보완 실시

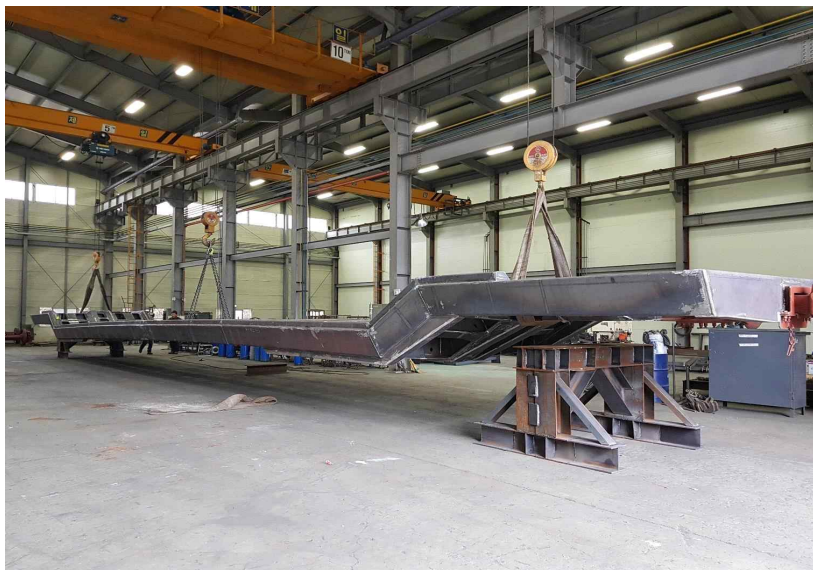


그림 135. 정하중 시험 JIG SETTING 상태

사. 2차 예비 하중 시험 (일시 : 2020, 11, 27 ~ 28)

- 차체 굽힘 강성 보완을 위한 보강 추가 작업을 실시하고, 보강부 용접 추가로 인한 차체 변형 보정과 차체 캠버량 변화 등을 확인 실시함.
- 보강 추가 실시 후 차체 추가 용접부 연결 안전성(일명 자리잡기)과 실제 하중 시험에 대한 순차적 선행 시험을 실시함.

1) 차체 보강 용접부 안정성 확인

- 차체 캠버 부여 작업 및 확인 실시
- 차체 볼스타 위치 받침 지그 상부에 차체 안착 및 차체 자중에 의한 처짐량을 감안한 캠버량 측정 실시 (중앙부 캠버량 - 약 65mm 상태)
- 트레일러차량 TIRE 위치(#1, #6)에 각각 하중 7.2톤씩 상차하여 안정화 시간(대략 3시간) 경

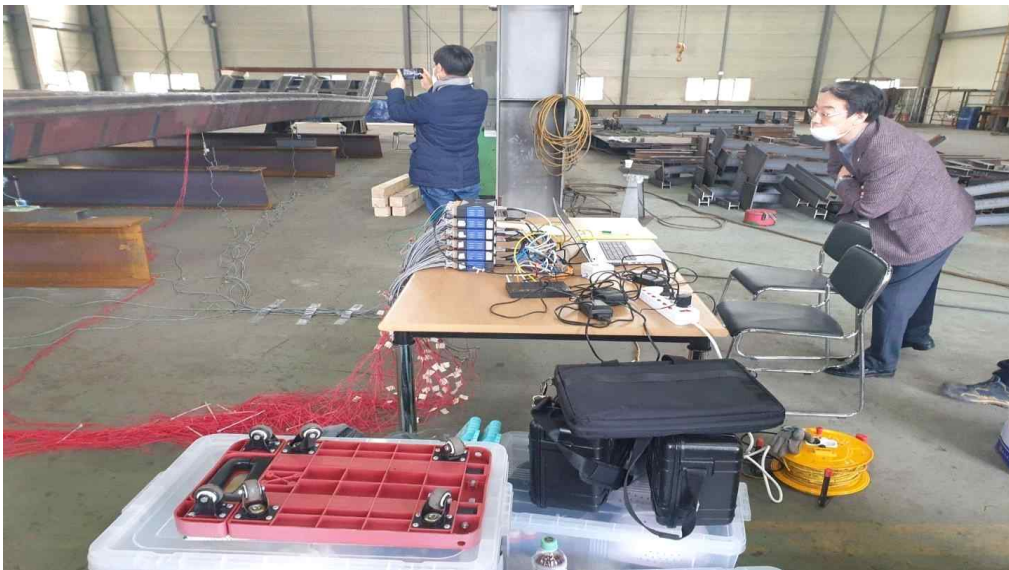
과 후 하중 제거 후 캠버량 측정 실시.

2) 2-1차 하중 부과

- 예비 하중 시험안을 기준으로 각 하중 상태별 처짐량 측정 실시
- 하중 부과 단계
0 ton → 10.8 Ton → 18 Ton → 25.7 Ton → 32.4 Ton → 38.4 Ton
- 볼스타 상부에 고정용 안정 하중 각 3.6톤씩 적재함

3) 사전 계측장비 점검 및 확인 준비 작업 (2020, 11, 30 ~ 12, 1)

- 스트레인게이지 취부 작업
 - 측정 포인트 넘버링 부과 작업
 - 게이지 포인트 그라인딩 작업 / 버핑 작업 실시
 - 게이지 센서의 차체 취부 작업 실시
 - 센서 연결 케이블 정리 및 계측기 연결 작업 실시
- 다이얼게이지 셋팅 작업
 - 계측용 지그 위치 선정 및 고정 작업
 - 다이얼게이지 측정 범위에 따른 지그 보완 /조정
 - 다이얼게이지 셋팅 및 계측기 연결 작업 실시
- 계측장비 작동 상태 확인 / 점검 실시
 - 영점 조정 및 확인
 - 하중에 의한 계측장비 작동상태 확인

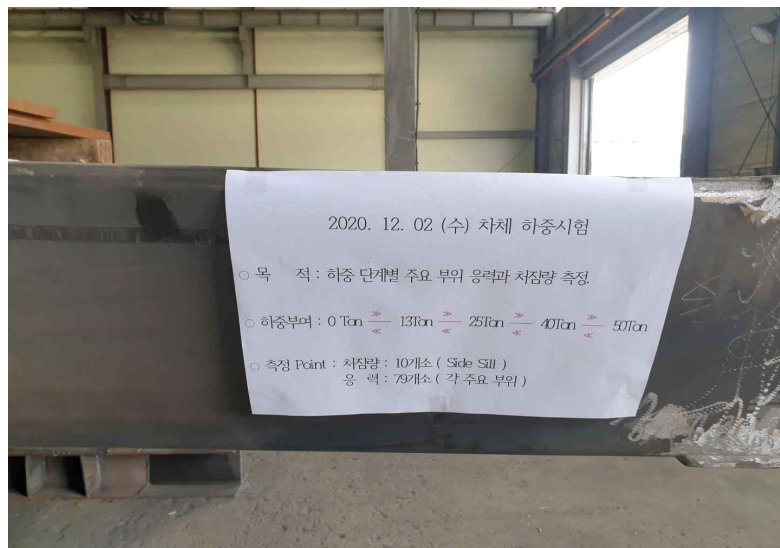


2차 예비하중시험 계측장비 사전준비 확인 및 점검

아. 하중단계별 주요부위응력과처짐량 측정(일시 : 2020, 12, 2)

1) 시험개요

- 일시 : 2020, 12, 2(수)
- 목적 : 하중 단계별 차체 주요 부위 응력 / 처짐량 측정
- 측정 항목 :
 - 응력 계측 (80개소)
 - 처짐량 계측 (10개소) : 차체 중앙부, 좌우2개소(3m 간격)
- 시험 입회
 - KRRI / JKA / 차량제작사 / 계측사 등 관련자 15명

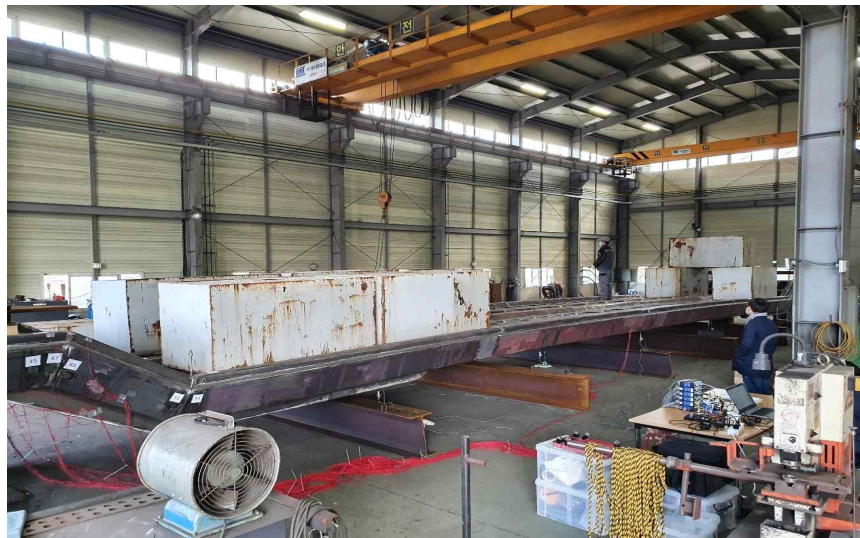


2) 하중 시험기준 및 방법

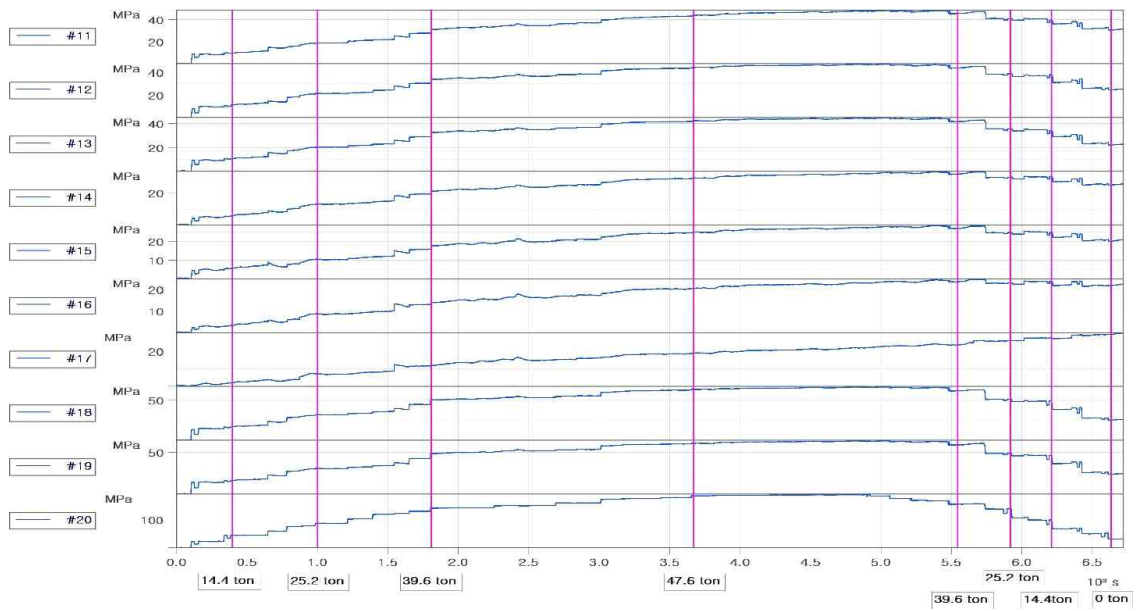
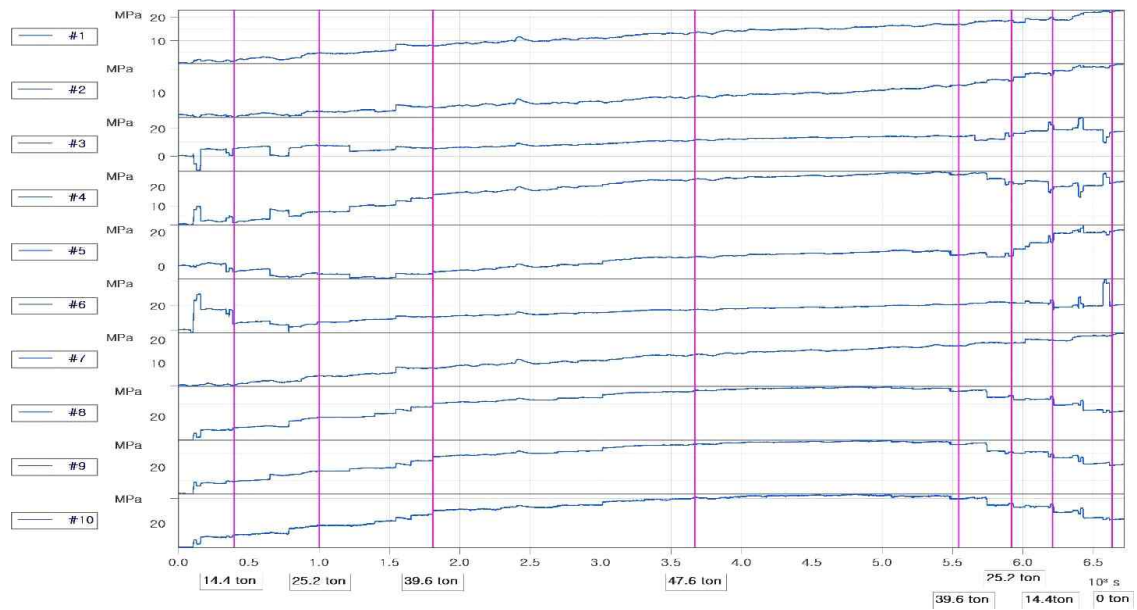
- 하중 부과 기준
 - 차체 볼스타 부위 안정용 하중(각 1Ton) 적재
 - 트랙터 / 트레일러 타이어 위치 중심으로 하중 부과
 - 하중 부과 순서 :
 - 0 ton ↔ 14.4 Ton ↔ 25.2 Ton ↔ 39.6 Ton ↔ 47.6 Ton
 - 트레일러 타이어 위치별 하중부과 기준

하중		측 정 위 치						비고
기준값	시험값	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
0	0	0	0	0	0	0	0	
13	14.4	1,960	2,340	2,210	2,210	2,340	2,210	
25	25.2	3,250	4,500	4,250	4,250	4,500	4,250	
40	39.6	5,200	7,200	6,800	6,800	7,200	6,800	
50	47.6	6,500	9,000	8,500	8,500	9,000	8,500	

- 하중 부과 LAY-OUT



3) 하중시험 결과 : 응력 변화 선도 요약



2-6-11. 피기백 화차 영업운행 방안/규정(안) 제시연구

1. 피기백화차 영업운행 대상선로 운행방안 분석

철도물류 장치장시설 현황, 물류기지, 시멘트 사일로 조성 현황, 전국 화물취급역 현황 등 철도 화물수송의 현주소를 조사하고 피기백 화차 영업운행 규정안 제시를 위해 필요한 기존 화물취급역사의 플랫폼 인프라 영업 운행환경을 분석하고 개량 및 보수 운영방안을 제안한다.

- 피기백화차 영업운행 대상역 플랫폼 및 선로 인프라 환경을 조사
- 피기백화차 영업운행 대상역 플랫폼 및 선로의 개량 방안 및 보수방안 조사
- 피기백 화차 영업운행 규정안 제시를 위해 필요한 기존 화물취급역사의 플랫폼 인프라 영업 운행환경을 분석하고 개량 및 보수 운영방안을 수립
- 피기백화차 영업운행 대상역 플랫폼 및 선로 개량 방안 제시

가. 피기백 화차 시스템 영업운행 타당성 분석

철도가 안고 있는 가장 구조적이고 근본적인 문제점인 환적, 문전수송(Door to Door), 즉시 인도(JIT)의 어려움을 해결하기 위하여 장거리 화물트럭을 철도에 싣고 수송하는 방식으로 환적의 문제점을 해결하고, 목적지에 가까운 철도역에서 하차한 화물차가 직접 문전수송을 담당하는 피기백시스템의 개념과, 피기백 수송시 기존 터널, 교량 등에 대한 건축한계 저촉 여부, 수송중량(무게)의 한계, 피기백수송 여유 선로용량 여부 등 피기백시스템 핵심요인을 검토 분석한다.

나. 피기백 화차 시스템 사례연구

피기백시스템의 적용 모델을 토대로 장항선 군산역과 경부선 소정리역에 대하여 피기백시스템을 적용하는 사례분석(Case Study)을 시행하고, 피기백 철도수송 수요가 증가할 경우를 감안하여 피기백시스템 수송능력 추가확보 방안에도 대하여도 분석한다.

회전장치는 기존의 화차 바닥에 탈부착식으로 설치하여, 화물의 특성에 따라 형상을 달리하는 적재용기를 환적 하는 방식을 적용 함으로써 기존 장비에 비하여 신속 간편하고 경제적이다. 친환경적인 시스템으로서 도로와 철도간의 환적저항을 획기적으로 개선하여 효율적인 복합일관수송 체계구축이 가능하게 된다는 주장이다. 또한 환적시간의 단축, 작업효율성 증대를 통한 물동량 처리능력의 향상으로 물류비절감 및 수송체계 개선에 기여할 수 있을 것이라고 주장하고 있으며, 이러한 DMT 수송시스템의 해외 운영사례를 소개하면서 트럭 또는 트레일러를 평장물차에 싣어 수송하는 시스템 으로 피기백 시스템을 소개하고 있다.



그림 136. 무동력 회전장치 환적시스템을 이용한 하화 전경

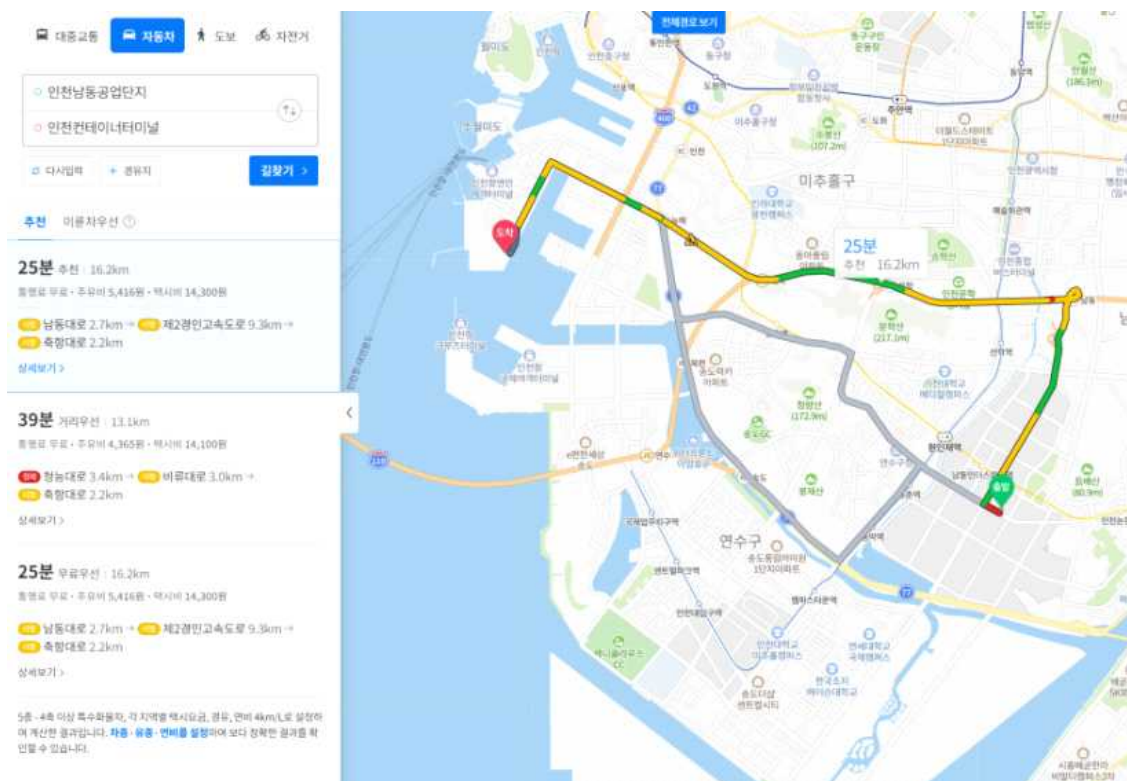
다. 피기백 화차 도입에 따른 운영 비용 분석

□ 피기백 시스템 도입 및 고도화 구간 시기 설정의 개요 및 근거

피기백시스템 도입시 경제성 분석을 위한 편익분석을 위해 0-0구간의 예측시기를 선정함에 있어 관련 유사 연구 용역보고서와 논문을 분석하였다. 첫 번째로 이전에 수행했던 유사 연구용역보고서로는 「고속·복합운송 철도물류 혁신기술개발 기획이 있다. 해당 연구용역 보고서에서는 경제적 타당성을 검토함에 있어 시간적 범위를 설정할 때 2017년을 기준연도로 설정하여 고속·복합운송 철도물류 혁신기술이 2025년에 도입된다는 전제를 설정하였다. 또한 2025년을 개통연도로 설정하여 5년간 중간 분석연도를 설정한 뒤 최종분석연도를 개통 후 40년 뒤인 2065년으로 설정하였다. 더불어 화물 운송 수요를 산출함에있어 본 보고서와 동일하게 2017년 기준의 KTDB 전국화물 0/D자료를 사용하여 타당성을 분석함에 필수적인 수요자료를 수집하였다.

□ 0-0구간의 운송수단별 거리 분석

분석대상으로 선택한 0-0구간에 대해 공로운송수단의 운송거리는 네이버 지도어플을 이용하여 아래의 방식으로 실측하여 산정하였다.



[0/0구간의 운송 거리 측정 예시]

윗 그림은 인천남동공업단지를 대표로 설정한 인천-인천간 0/0구간이며, 공로운송수단의 운송거리를 확인할 때 추천경로 중에서 가장 가까운 거리를 사용하였다. 철로운송수단의 운송

거리는 코레일에서 제시한 자료를 바탕으로 이전 논문을 참조하여 거리를 설정하였다.



[코레일에서 공시한 노선 구간 거리]

[서울-부산 간 운송거리 및 수송비용]

수송수단	수송거리	수송시간 (주2)	수송비용(원)			
			철도	도로	환적	총비용
도로	423.8km	318분		492,100		492,100
철도	444.4km (주1)	537분	172,653	229,800	180,500	582,953
피기백	444.4km	477분	172,653	229,800	80,500	482,953

※ 철도의 경우 철도를 이용하여 의왕ICD까지 334.6km, 도로로 109.8km 이용한것으로 분석

※ 육상수송의 경우 80km/h, 철도수송의 경우 60km/h를 기준으로 수송시간을 산정함.

2021년 10월을 기준으로 운임을 수정한 것으로 의왕ICD-부산신항간 철로운송거리가 334.6km/h인 것을 확인할 수 있다.

상기에서 전술한 바와 같이 네이버 지도어플을 이용하여 공로운송수단의 조사한 결과는 아래와 같다.

[주요 0/D구간별 공로운송거리]

운송거리 단위 : km

0	D	운송거리	비고 (*0 : 주소 *D : 주소)
인천항	CJ대한통운 아암물류센터	5.8	0: 경기도 화성시 반월동 D: 부산강서구신항로96-72
녹산지구국가산업단지	부산항	6.0	0: 부산 강서구 송정동 1596 D: 부산강서구신항로96-72
인천남동공업단지	인천항	16.2	0: 경기도 파주시 월롱면 덕은리 D: 부산강서구신항로96-72
여수국가산업단지	광양항	19.4	0: 전남 여수시 중흥동 D: 전남광양시컨부도로150
부산항	씨제이물류센터	28.1	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 부산동구성남로9
창원공업단지	부산항	32.3	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경기광주시초월읍산수로642-70
마산자유무역지역		34.8	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경기이천시모가면사실로512-40
부산항	부산북터미널	40.5	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경남양산시물금읍제방로225
파주LCD산업단지	인천항	71.9	0: 경기 파주시 월롱면 엘지로 245 D: 인천광역시 중구 축항대로118번길 135 게이트
화성 일반산업단지		75.1	0: 경기 화성시 반월동 D: 인천광역시 중구 축항대로118번길 135 게이트
인천항	광주메가허브곤지암	75.4	0: 인천광역시 중구 축항대로118번길 135 게이트 D: 경기광주시초월읍산수로642-70
	B2B원삼허브센터	81.0	0: 인천광역시 중구 축항대로118번길 135 게이트 D: 경기용인시처인구원삼면죽양대로1627
부산항	울산중Sub터미널	92.4	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 울산남구처용로40
인천항	이천허브터미널	96.1	0: 인천광역시 중구 축항대로118번길 135 게이트 D: 경기이천시모가면사실로512-40
울산미포국가산업단지	부산항	96.2	0: 울산 동구 서부동 D: 부산강서구신항로96-72
광주빛그린산단	광양항	144.1	0: 전남 함평군 월야면 외치길 14-104(광주인접) D: 전남광양시컨부도로150
구미 국가산업단지	부산항	162.2	0: 경북 구미시 공단동 266-7 D: 부산강서구신항로96-72
부산항	구미터미널	167.1	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경북구미시구미대로261-9
광양항	보관물류센터	189.4	0: 전남 광양시 컨부도로 150 D: 전북군산시외항안길174
부산항	옥천허브터미널	236.7	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 충북 옥천군 이원면 건진2길 65
	중부지사 천안사업소	314.5	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 충남천안시서북구두정공단2길43-14
아산탕정테크노산업단지	부산항	329.2	0: 충남 아산시 탕정면 용두리 D: 부산강서구신항로96-72
화성일반산업단지		360.8	0: 경기도 화성시 반월동 D: 부산강서구신항로96-72
부산항	B2B원삼허브센터	377.3	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경기용인시처인구원삼면죽양대로1627
	광주메가허브곤지암	379.7	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경기광주시초월읍산수로642-70
	이천허브터미널	391.5	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경기이천시모가면사실로512-40
파주ICD산업단지	부산항	439.8	0: 경기도 파주시 월롱면 덕은리 D: 부산강서구신항로96-72

2008년 한국교통연구원에서 발간한 “화물특성에 따른 국내 운송수단 선택모형 구축 연구” (김찬성, 이정운, 정경훈) p.89의 자료에 의하면 철로운송수단의 평균 환적시간은 평균 7.5시간이다. 피기백 시스템이 도입될 경우 위에서 언급할 바와 같이 환적시간이 70%감소하고 고도화 될 경우 추가적으로 10%씩 감소할 계획이다. 환적시간이 70%감소하고 고도화 됨에 따라 추가적으로 10%씩 감소한다면 환적시간이 평균 7.5시간에서 처음 2.25시간으로 감소하며 고도화에 따라 차츰 2.02시간 1.82시간 1.64시간까지 단축할 수 있다.

하지만 1.64시간까지 단축이 된다고 하는 경우에도 공로운송거리가 100km이하인 경우에는 공로운송의 속도가 60km/h일 경우 공로운송을 이용하는 경우 평균 1.4시간이 소요될 것으로 예측하는바 공로운송의 시간이 환적시간보다 소요시간이 짧기 때문에 O/D지점 간 공로운송구간이 100km 이하인 구간은 철로운송의 이점이 보이지 않게 된다. 따라서, O/D 지점 간 공로운송구간이 100km 이하인 구간은 철로운송의 이점이 없으며, 또한 인천항은 전술한 바와 같이 철송장이 부재하여 철도운송이 없으므로 철로운송거리를 수집하지 않는다. 공로운송구간이 100km 이상인 구간에 대해 철로운송거리를 수집한 구간은 아래 표와 같다.

다만 울산 지역을 대표로하는 울산미포국가산업단지와 부산항간 공로운송거리는 96.2km이고 부산항과 울산지역을 대표로하는 터미널인 울산중 Sub터미널간 공로운송거리는 92.4km이어서 100km이하이나 철로운송시 인근역을 접근하기위한 공로운송구간과 인근역간 철로운송구간을 합한 거리가 각자 111.6km이고 104.6km 이어서 수단별 거리의 차가 크지 않는 철도 인프라 환경을 가지고 있다. 또한, 울산상공회의소에서 제공한 2020 울산산업 경제현황자료에서 울산지역의 수출량이 경기도와 충청남도 지역 다음으로 전국 3번째로 많아 지역의 경제적 중요성이 부각되며 수출량 규모에 따른 컨테이너 물동량에서도 울산-부산 노선이 전국에서 7번째로 많고 수입량 부산-울산 노선이 전국에서 13번째로 많다. 따라서 울산지역의 경제적 규모에 따른 물동량과 철도인프라를 고려하여 울산-부산, 부산-울산 구간의 피기백 도입구간을 예외적으로 선정하였다.

[주요 O/D구간별 100km미만 공로운송거리]

운송거리 단위 : km

O	D	운송거리	비고 (*O :주소 *D : 주소)
부산항	울산중Sub터미널	92.4	O: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 울산남구처용로40
울산미포국가산업단지	부산항	96.2	O: 울산 동구 서부동 D: 부산강서구신항로96-72
광주빛그린산단	광양항	144.1	O: 전남 함평군 월야면 외치길 14-104(광주인접) D: 전남광양시컨부두로150
구미 국가산업단지	부산항	162.2	O: 경북 구미시 공단동 266-7 D: 부산강서구신항로96-72
부산항	구미터미널	167.1	O: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경북구미시구미대로261-9
광양항	보관물류센터	189.4	O: 전남 광양시 컨부두로 150 D: 전북군산시외항안길174
부산항	옥천허브터미널	236.7	O: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 충북 옥천군 이원면 건진2길 65

	중부지사 천안사업소	314.5	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 충남천안시서북구두정공단2길43-14
아산탕정테크노산업 단지	부산항	329.2	0: 충남 아산시 탕정면 용두리 D: 부산강서구신항로96-72
화성일반산업단지		360.8	0: 경기도 화성시 반월동 D: 부산강서구신항로96-72
부산항	B2B원삼허브센터	377.3	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경기용인시처인구원삼면죽양대로1627
	광주메가허브곤지암	379.7	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경기광주시초월읍산수로642-70
	이천허브터미널	391.5	0: 부산 강서구 신항로 96-72 D: 경기이천시모가면사실로512-40
파주ICD산업단지	부산항	439.8	0: 경기도 파주시 월롱면 덕은리 D: 부산강서구신항로96-72

철로운송시 Origin, Destination 지점 간 인근역 진입을 위한 공로운송거리와 인근역간 철로운송거리는 선정된 11개의 구간의 14개 노선에 대해 조사한 결과는 아래 표와 같다. 여기서 공로거리는 0/0에서 인근역까지 접근하는 공로운송거리를 철로거리는 인근역간 철로거리를 말한다.

[11개 0/0구간의 철송연계를 위한 운송거리]

단위 : km

0	D	공로 거리	철로 거리	0 인근역	D 인근역
경기 (파주ICD산업단지)	부산 (부산신항)	67.7	334.6	의왕ICD	부산신항역
부산 (부산신항)	경기 (이천허브터미널)	56.9	334.6	부산신항역	의왕ICD
	경기 (광주메가허브곤지암)	45.1	334.6		
	경기 (B2B원삼허브센터)	42.7	334.6		
경기 (화성일반산업단지)	부산 (부산신항)	21.8	334.6	의왕ICD	부산신항역
충남 (아산탕정테크노산업단지)		15.4	366.6	천안역	
부산 (부산신항)	충남 (중부지사천안사업소)	4.3	366.0	부산신항역	천안역
	충남 (옥천허브터미널)	8.4	259.2		옥천역
광양 (광양항)	전북 (보관물류센터)	24.9	169.3	광양역	군산화물역
부산 (부산신항)	경북 (구미터미널)	27.8	115.4	부산신항역	영남ICD
경북 (구미국가산업단지)	부산 (부산신항)	23.8	115.4	영남ICD	부산신항역
광주 (광주빛그린산단)	광양 (광양항)	29.4	114.0	광주송정역	광양역
울산 (울산미포국가산업단지)	부산 (부산신항)	64.0	47.6	양산ICD	부산신항역
부산 (부산신항)	울산 (울산중sub터미널)	57.0	47.6	부산신항역	양산ICD

[11개 0/D구간의 운송수단별 물동량(2017년 기준)]

단위 : 천톤(%)

0	D	전체 물동량	도로물동량 (비중)	철도물동량 (비중)
부산	경기	16,920	15,168(89.6)	1,753(10.4)
경기	부산	16,977	14,585(85.9)	2,392(14.1)
경북		13,404	12,974(96.8)	430(3.2)
울산		12,095	12,038(99.5)	57(0.5)
부산	경북	8,036	7,750(96.4)	286(3.6)
	울산	5,297	5,273(99.5)	24(0.5)
충남	부산	4,675	4,119(88.1)	556(11.9)
부산	충북	3,037	3,029(99.7)	8(0.3)
광주	광양	3,026	3,026(100)	0(0)
부산	충남	3,022	2,764(91.5)	258(8.5)
광양	전북	2,832	2,276(80.4)	556(19.6)

출처 : KTOB, 『전국지역간 품목별 도로 물동량 00』, 『전국지역간 철도항공 수단별 물동량 00』, 2018

□ 피기백 화차 도입 설치

Origin(출발지)의 인접역과 Destination(도착지)의 인접역을 아래의 표 3-1-1 과 같이 설정한다. 현재 피기백 화차 진입 가능 예상 철도 역사는 표 36과 같다.

표 36. 피기백 화차 진입 가능 역사

의왕 ICD
부산신항역
영남 내륙물류기지
양산 ICD
중부 내륙물류기지
천안역
옥천역
광주송정역
광양역
군산화물역

표 36에 나와 있는 10개의 역사는 모두 피기백 화차 관련 설비들을 새로 혹은 추가로 설치해야 하는 역사로 파악된다.

□ 개량비용(기존의 철도정거장을 개량)

위의 표에 있는 역사 중 피기백 시스템을 추가로 설치하거나 개량이 필요한 역사는 10개의 역사 전체이다. 피기백 화차 시스템을 추가로 설치하거나 개량이 필요한 이유는 화물트럭이 철도화차에 직접 상하차하기 위해서는 별도의 리프팅 시설인 하화대가 필요하고, 적재된 자동차는 하화대를 통해 운전기사가 직접운전을 하면서 하화를 하여 철도화차 위에 상차하게 되고 자동차 하화 후에는 수도권의 각 영업소 등으로 이동하여 자동차가 적재가 완료되면 열차 간 연결 작업 후에 고정작업 (앞, 뒤 바퀴 각각 1곳 결박)을 거쳐 차체를 고정하였다. 또한 피기백 수송용 하화대는 화물트럭을 운전사가 직접 운전하여 철도화차 위에 상차 할 수 있어야 한다.



그림 137. 피기백 하화대 상세도(1)

출처 : <https://lohr.fr/lohr-railway-system>

이를 위해 화차 1량에 화물트럭 1대 수송방식으로 하화대(15m)와 하화선(유효장 25m : 화차 1량 유치)를 1량 단위로 취급하도록 계획한다.

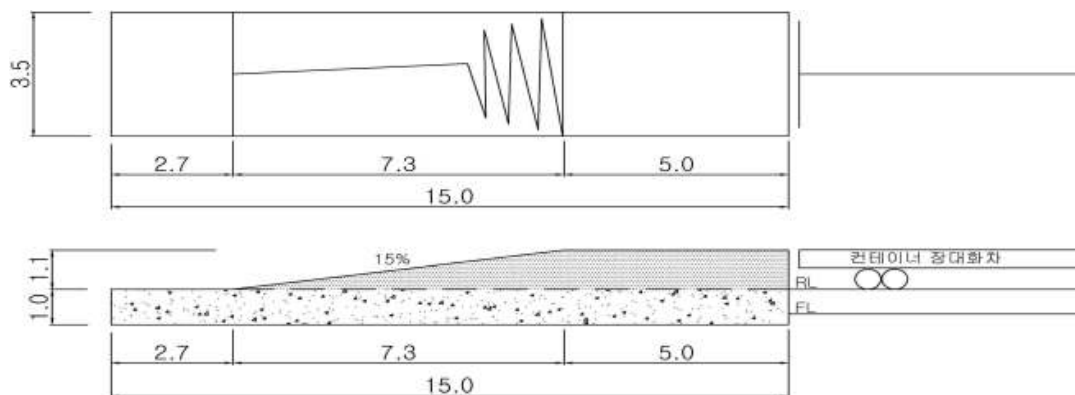


그림 138. 피기백 하화대 상세도(2)

출처 : 철도물류 활성화를 위한 철도정거장 개량 연구:피기백(Piggy Back)시스템 도입을 중심으로, 박일하, 2014

피기백 시스템은 역사의 형태에 따라 설치하는 방식에 따라 설치 타입이 달라진다. 화물자동차가 철도역 구내까지 들어와서 직접 철도화차 위에 상차할 수 있는 시설 및 공간이 필요하기에 기존의 철도정거장을 개량하거나 새로 설치해야 한다. 피기백 시스템의 설치 타입은 크게 A Type과 B Type으로 나뉜다. 그중 피기백 정거장 A Type은 일반적인 철도 화물역에 바로 적용이 가능한 모델이며, 기존의 정거장의 일부 부분을 개량하는 방식으로 기존 구조물의 모양을 변경하여 피기백 구조물로 사용하는 방식이다. 그리고 피기백 정거장 B Type은 일반 철도 화물역에 적용할 수 있는 모델형식이며, 철도 선로 방향으로 여유부지 활용이 가능할 때

적용할 수 있는 형식이다. 또한 전국 각 지역의 주요 화물을 취급하는 철도역, 특히 컨테이너를 취급하는 정거장은 화물 특성상 철도부지 주변에 대부분 유헴부지가 많이 존재하고 있으며, 해당 부지를 사용하여 피기백 시스템의 구조물을 설치 할 수 있다. 정거장 여건에 따라 여유부지가 많거나 정거장을 신설하는 경우에는 피기백 (Piggy-back) 전용 승강장을 만들 수 있다. 화물자동차가 직접 오르내릴 수 있도록 진입 램프를 토공으로 조성하고 화물열차 전용선로와 전용선로 사이에는 컨테이너 평판화차와 같은 모양의 화차가 대기하고 있으면 화물자동차가 피기백 전용 승강장을 통하여 화물열차 적하선로 사이를 횡단할 수도 있도록 설치할 수 있다.

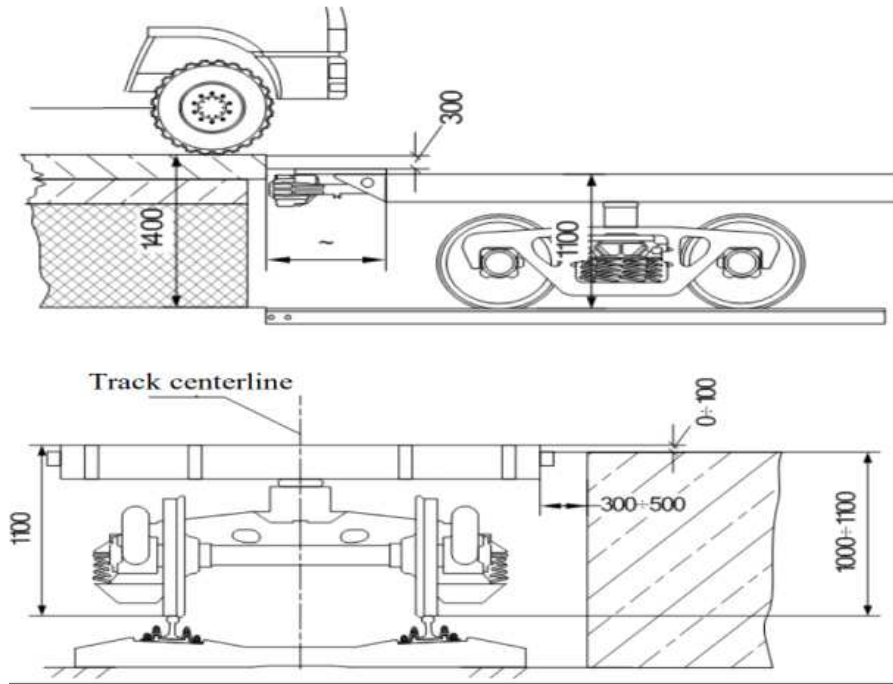


그림 139. 피기백 설치물 구조

출처 : Transport infrastructure condition for organizing piggyback traffic, Aleksandr Smolyanivov et al 2019

피기백 정거장 A Type에 해당하는 역사는 의왕 ICD, 부산신항역, 영남 내륙물류기지, 중부 내륙물류기지, 옥천역, 광주송정역, 군산화물역, 광양역으로 분류할 수 있다. 피기백 정거장 B Type에 해당하는 역사는 양산 ICD, 천안역으로 분류할 수 있다. 각 정거장 타입에 따라 피기백 정류장을 설치할 경우, 전체 피기백 시스템 개량에 드는 비용은 다음과 같이 계산된다. 피기백 정거장 A Type의 개량 비용에 있어 화물열차는 최대 20량 편성이 가능하도록 설정하였으며 기획재정부 예비타당성조사 표준단가를 적용하여 산출한 결과, A Type 정거장 개량공사비는 20량 편성 기준 약 38억원 정도 소요되는 것으로 산출된다.

표 37. A Type 정거장 개량 공사비

구 분		단위	단가	수량	공사비(억원)
정거장	토공	m ²	29,000	10,733	1.6
	포장	m ²	40,000	34,957	6.9
	길내기	m	236,000	916	1.8
	배수로	m	392,000	900	0.7
궤도	선로부설	m	620,000	955	3.0
	분기기	틀	118,440,000	21	18.8
하화대		개소	30,000,000	20	6.00
합 계					38.8

출처 : 피기백화차 영업운행 대상역 플랫폼 및 선로 개량방안 용역 보고서. KRRl, 2021

1) A Type 방식을 적용하는 역사

의왕 ICD는 기존 의왕역 구내의 유치선 10개 선을 활용하여 피기백 시스템을 설치하였고 기존의 철도 선로를 활용하며, 기존 선로의 일부분만을 개량하여 피기백 철로를 건설하기에 A Type으로 설정하였다.

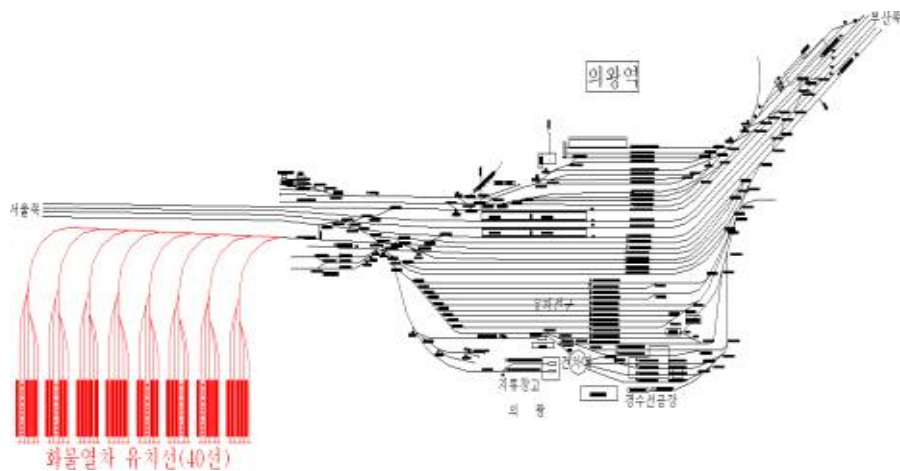


그림 140 의왕 역사의 피기백 전용 유치선 조성 배선도

부산신항역은 현재 화물 철도가 존재하는 화물 전용 역이기 때문에 철도 관련 시설이 존재하여 기존의 시설을 활용하며 일부분의 시설만 설치한다.

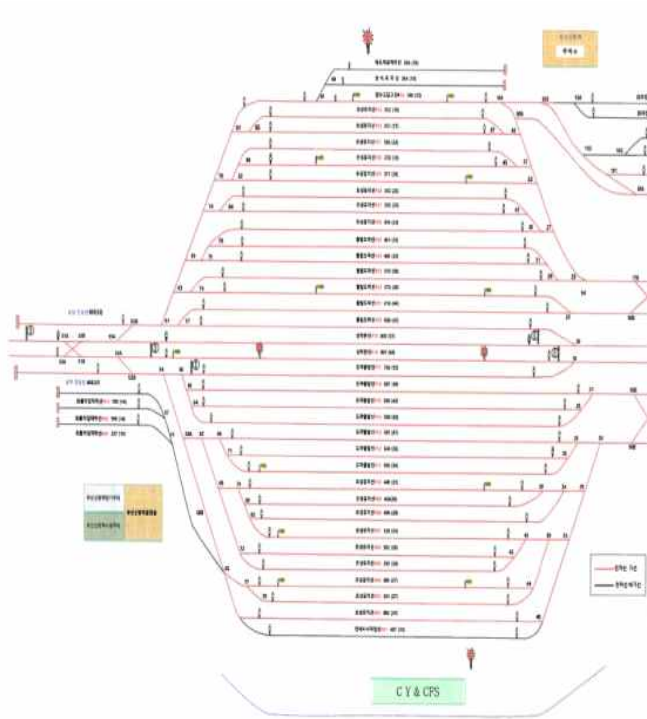


그림 141. 부산신항역 배선도

영남 내륙물류기지는 주변에 유희부지가 많이 있으며 경부선 신동역에서 물류기지(5.1km)까지의 화물 인입이 가능하다.[출처 대한민국 정책브리핑(www.korea.kr)]. 그렇기에 정거장 한쪽 면의 활용이 가능한 A Type 모델을 적용한다.



그림 142. 영남 내륙물류기지

출처 : 5대권역_내륙물류기지. 국토교통부

중부 내륙물류기지는 근처의 경부선 부강역에서 물류기지 철송장까지 인입이 가능하다(2.9km)[출처 대한민국 정책브리핑(www.korea.kr)], 그렇기에 기존의 시설을 활용하며 일부분의 시설만 설치한다.



그림 143. 중부 내륙물류기지
출처 : 5대권역_내륙물류기지, 국토교통부

옥천역은 현재 화물 철도가 존재하는 역사이기 때문에 철도 차량 관련 시설이 존재하여, 기존의 시설을 활용하며 일부분의 시설만 설치한다. 광주송정역은 현재 화물 철도가 존재하지만 선로가 한 개의 노선만 존재하여(출처, 고속화물철도 수송시스템(CTX) 기술개발 기획연구, 한국철도기술연구원, 2012) 추가적으로 피기백 관련 철도 차량 시설의 증축이 필요하다. 광주송정역 인근의 유희부지에 설치해야 할 것으로 판단되며 주변에 유희부지가 많이 있어 정거장 한쪽면의 활용이 가능한 A Type 모델을 적용한다. 광양역은 현재 화물 철도가 존재하지만 추가적으로 피기백 관련 철도 차량 시설의 증축이 필요함. 광주송정역 인근의 유희부지에 설치해야 할 것으로 판단되며 주변에 유희부지가 많이 있어 정거장 한쪽면의 활용이 가능한 A Type 모델을 적용한다. 군산화물역은 주변에 유희부지가 많이 있어 정거장 한쪽면의 활용이 가능한 A Type 모델을 적용한다.

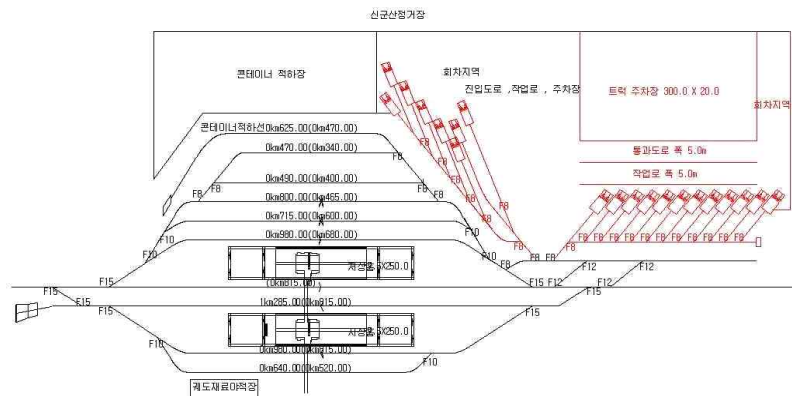


그림 144. 신 군산 정거장

피기백 정거장 B Type의 개량에 있어 화물열차는 최대 20량 편성이 가능하도록 설정하였으며 기획재정부 예비타당성조사 표준단가를 적용하여 산출한 결과 20량 편성 기준 B Type 정거장 개량공사비는 약 65억원 정도 소요되는 것으로 산출되었다.

표 38. B Type 정거장 개량 공사비

출처 : 피기백화차 영업운행 대상역 플랫폼 및 선로 개량방안 용역 보고서, KRRI, 2021

구 분		단위	단가	수량	공사비 (억원)
정거장	토 공	m ²	29,000	11,791	3.42
	적하장	m ²	46,000	7,391	3.35
	포 장	m ²	40,000	2,015	0.81
	길내기	m	236,000	1,315	3.10
	배 수	m	392,000	2,000	7.84
궤도	선로부설	m	620,000	2,252	13.96
	분기기	틀	118,440,000	23	27.24
하화대		개소	30,000,000	20	6.00
합 계					65.72

양산 1CD는 양산 화물역이 있지만 해당 역사는 2013년 12월 9일부로 운영이 중단 되었으며, 주변에 고속도로(중앙고속도로지선)가 존재하며 양산천이 흐르고 있어 피기백 화차 시스템을 주변 유희부지에 설치하는 것이 좋을 것으로 판단된다.. 현재 주변의 농경지가 존재하며 이를 활용하여 피기백 시스템을 설치하는 것이 좋을 것으로 판단되므로 B Type으로 분류한다. 천안역은 주변에 상가 건물들이 밀집되어 있으며 구내 확장이 불가능한 상태로 피기백 화차 시스템을 인근 소정리 역에 설치해야 하는 것으로 판단됨. 맞은편에 농경지가 존재하며 이를 활용하여 피기백 시스템을 설치하는 것이 좋을 것으로 판단되므로 B Type으로 분류한다.

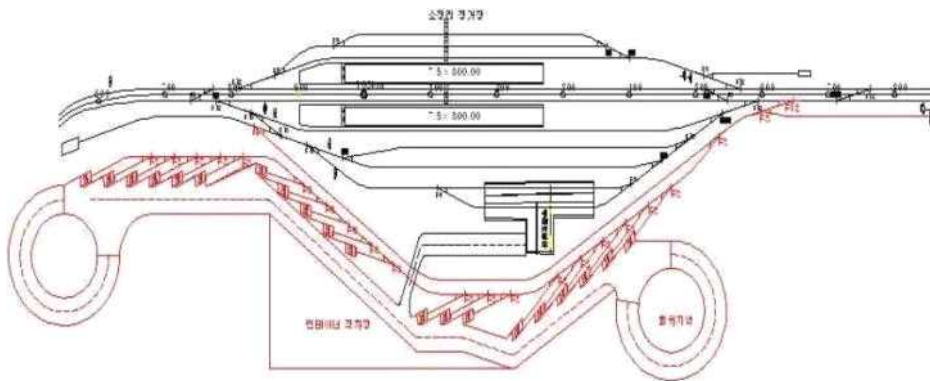


그림 145. 소정리 정거장

□ 추가 개량 비용

화물 열차가 대피할 수 있는 40개의 선로를 추가 설치할 경우에 소요되는 개량 비용은 소정리역의 경우 약 157억 원으로 산출된다. 화물 열차가 대피할 수 있는 선로를 30개 추가 설치할 경우에 소요되는 개량 비용은 화물 열차가 약 121억 원으로 산출된다. 이를 통해 10개의 선로가 추가 개량 될 경우에 소요되는 비용은 약 36억 정도로 산출된다. 기존의 역사에 피기백 시스템이 설치 된 후 추가적으로 선로를 개량할 경우 10개의 선로 당 약 36억, 1개의 선로는 약 3.6억이 소요되는 것으로 산출된다.

□ 화차비용

교통체계효율화사업-철도물류 활성화 DMT 수송시스템-기획보고서에서 모달로(Modalohr) 수송 시스템, 플렉시웨건(Flexiwaggon) 시스템을 기준으로 계산한다. 모달로(Modalohr) 수송시스템은 전용대차에 컨테이너를 실은 트레일러를 적재하여 운행하는 것을 기준으로 삼았다. 가장 물동량이 많은 값으로 설정했을 때를 기준으로 화차를 설치하게 되며 추가 설치 비용이 생성되지 않는다. 예상 물동량을 넘지 않는다는 가정하에 계산 하였 을 때 2040년까지의 물동량 중 최대치 값을 기준으로 하여 각 구간별 화차 비용을 계산한다. Wagon 투입 비용은 해당 년도의 물동량을 처리하기 위해 투입되는 Wagon(화차)의 비용으로 해당 년도 물동량 처리를 위한 Wagon 제작을 위해 전년도 지출비용으로 가정하되, 투입량은 유지/보수/예방정비를 위해 2편성 분량을 추가, 발송 및 도착 편도 물동량 중 많은 물동량 처리를 위해 필요한 투입량이다. Wagon의 투입댓수 산출을 위해 1편성당 20량을 수송하는 것으로 가정한다. 1편성당 작업소요시간은 출·도착시간 등 제반시간을 포함하여 50분(프랑스 모달로 터미널 실작업 시간 기준)으로 가정한다. 실제 투입량은 운송에 필요한 투입량과 유지/보수/예방정비를 위해 2편성 분량을 추가한다. 계산에 필요한 물동량 예측치는 2040년까지의 물동량 중 최대치 값으로 설정하였다. 가장 물동량이 많은 값으로 설정했을 때를 기준으로 화차를 설치하게 되면 예상 물동량을 넘지않는다는 가정하에 계산할 때 추가 설치 비용이 생성되지 않는다.

표 39. 운행횟수 / 트레일러 투입비용 공식

운행횟수 = 물동량 예측치(TEU 기준) ÷ 20량(1편성당) ÷ 2TEU(1량당) ÷ 300일(년간 운행일수)

운송 투입량(편도, 통행)은 운행횟수 값에서 소수점을 올린 정수 값으로 설정하고 실제 투입량은 예방 또는 유지를 위해 운송 투입량에 2회를 추가한다.

wagon 소요량 = 실제 투입량 x 20량

Wagon 투입비용(억원) = wagon 소요량 × 2.5억원

트레일러 투입비용 : 모달로 방식을 적용하기 위해 투입되는 트레일러 구입비용으로 년차별 Wagon 소요 대수와 동일하게 투입한다.

트레일러 투입비용(억원) = wagon 소요량 × 0.2억원/Trailer

위 방식을 통해 구해진 화차의 비용은 아래 표와 같다.

표 40. 구간별 화차비용

운송 구간	예상물동량	TEU전환	운행횟수	운송 투입량 (편도)	실 제 투입량	w a g o n 소요량	wagon 투 입 비용 (억원)	트레일러 투입비용 (억원)
의왕ICD -부산신항역	49923030.73	2852745	237.7287	238	240	4800	12000	960
영남ICD -부산신항역	31593669.08	1805353	150.446	151	153	3060	7650	612
양산ICD -부산신항역	32387504.37	1850715	154.2262	155	157	3140	7850	628
천안역 -부산신항역	10583531.47	604773.2	50.39777	51	53	1060	2650	212
옥천역 -부산신항역	6602092.855	377262.4	31.43854	32	34	680	1700	136
광주송정역 -광양역	3599857.692	205706.2	17.14218	18	20	400	1000	80
광양역 -군산화물역	1971806.669	112674.7	9.389556	10	12	240	600	48

□ 화차 및 시스템에 대한 연간 유지보수비용

Wagon의 유지 및 보수, 운영을 위해 투입되는 비용으로 예비타당성 지침서 제 4편을 참조하여 Wagon 투입 비용의 2%로 가정했다. 운영유지비에는 유지 및 보수를 위한 비용과 운영을 위해 필요한 인건비 등을 포함하는 것으로 가정한다. 해당 방식을 통해 구해진 유지보수 비용은 아래 표와 같다.

표 41. 구간별 유지보수비용

운송 구간	예상물동량	TEU전환	w a g o n 소요량	wagon 투입 비용(억원)	트 레 일 러 투입비용 (억원)	운영, 유지비용 (억원)
의왕ICD -부산신항역	49923030.73	2852745	4800	12000	960	240
영남ICD -부산신항역	31593669.08	1805353	3060	7650	612	153
양산ICD -부산신항역	32387504.37	1850715	3140	7850	628	157
천안역 -부산신항역	10583531.47	604773.2	1060	2650	212	53
옥천역 -부산신항역	6602092.855	377262.4	680	1700	136	34
광주송정역 -광양역	3599857.692	205706.2	400	1000	80	20
광양역 -군산화물역	1971806.669	112674.7	240	600	48	12

□ 0-D 구간별로 개량비용

0-D 구간별로 개량비용은 화차비용과 유지보수 비용은 두 개의 역을 기준으로 설정되어 있으므로 각각의 역의 개량 비용은 1/2로 나누어 설정하였다. 이때 0-D 구간에서 중복적으로 등장하는 역사는 가장 높은 비용을 기준으로 하여 한번만 계산하였다. 이는 피기백 화차 시스템 설비를 한번 설치하면 재설치하기 전까지 계속적으로 사용하기 때문이다. 예를들어 광양역의 역사를 이용하는 0-D 구간은 광주송정역-광양역, 광양역-군산화물역 두 구간이다. 광주송정역-광양역에서의 wagon 투입 비용은 1050/2(억원), 광양역-군산화물역에서의 wagon 투입 비용은 600/2(억원)이므로 둘 중 높은 값인 광주송정역-광양역 구간의 비용을 기준으로 한다. wagon 투입 비용, 트레일러 투입비용, 운영/유지비용은 2025년에서 2040년 간 소요되는 전체비용을 적용한다. 개량비용은 역사 별 개량 타입 비용을 기준으로 하여 비용을 설정하였다. 해당 방식을 통해 구해진 0-D 구간별로 개량비용은 아래 표와 같다.

표 42. 0-D 구간별로 개량비용

운송 구간	개량비용(억원)	wagon 투입 비용 (억원)	트레일러 투입비용 (억원)	운영, 유지비용 (억원)
의왕ICD	38.8	6000	480	1618
영남ICD	38.8	3825	306	1,34.5
양산ICD	65.72	3925	314	962
천안역	65.72	1325	103	349.5
부산신항역	38.8	6000	480	1618
광주송정역	38.8	525	42	151.5
광양역	38.8	525	42	151.5
옥천역	38.8	850	68	195.5
군산화물역	38.8	300	24	90

2. 피기백 화차 영업운행에 따른 경제적 편익 분석

□ 물류사업자의 화물운송 운임 절감에 따른 편익

피기백 시스템 적용시 기존 철도화물역에서 이루어지던 환적에 따른 시간이 감소되며, 이에 따른 소요비용이 감소되므로 화물운송 운임 측면에서 비교 우위를 차지한다. 피기백시스템 도입 시는 도로수송이 운임할인시보다 적게 되어 충분히 경쟁력이 확보될 수 있음을 확인한다. 운임 절감 편익은 보고서에서 개발한 아래와 같은 식에 의하여 구해진다.

표 43. 운임비 절감편익 공식

$$VOCS = \sum_{n=1}^k Q_n \times (C_t - C_p)$$

여기서, $VOCS$: 연간 총 운임비 절감편익

$\sum_{n=1}^k$: 구하고자 하는 0-D 구간의 노선 (경기노선의 경우 평균치 대입)

Q_n : 노선별 공로물동량에서 피기백물동량으로 전환된 물동량 단위

C_t : 공로운송시 예상 운임비용

C_p : 피기백운송시 예상 운임비용

□ 온실가스 감축에 기여에 따른 편익

지구온난화를 유발시키는 온실가스에는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 이산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs) 등이 있으며, 이중 이산화탄소가 전체 온실가스의 80% 이상을 차지한다. 전체 온실가스 배출량 중 육상수송부문이 차지하는 비율은 1999년 기준 15.4%이며, 도로가 대부분을 차지하고 있다. 2000년 기준 화물운송에 있어 도로의 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O) 배출량은 백만 톤-km 당 71.9TC로써 철도의 5.9TC에 비하여약 12배가량 높으며, 국내 화물수송에 있어 트럭의 CO₂ 배출원단위는 150.7g-C/톤-km로써 철도의 7.1g-C/톤-km 보다 20배 이상 높다.

표 44. 화물운송상 도로의 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O) 배출량 (2000년 기준 가격)
(단위: TC/백만인(톤)-Km)

화물	
도로	철도
71.9	5.9

출처 : 한국 환경정책평가연구원, “육상교통 수단의 환경성 비교분석”, 2002

표 45. 운송 수단 별 CO₂ 배출원단위
(Co₂ 배출 원단위)

구분	도 로	철 도
화 물 (g-C/톤-km)	트럭	7.1
	150.7	

출처 : “교통분야 온실가스 감축관련: 온실가스 감축대책 등 교통환경관련 규제의 거시경제효과 분석”, 국토교통부, 2001

표 46. 차량별 속도별 대기오염물질 및 온실가스 배출계수 (2015년 기준가격)
(단위: 원/대, km)

속 도 (km/h)	승용차	소 형 버 스	중 형 버 스	대 형 버 스	소 형 트 럭	중 형 트 럭	대 형 트 럭	트럭 가 중평균
10	131.44	218.47	380.49	781.69	199.45	653.75	1169.12	676.14
20	87.47	149.94	275.64	575.59	141.53	446.56	869.09	491.70
30	71.25	120.84	227.33	474.59	116.00	358.48	726.91	407.17
40	61.98	104.04	199.98	413.73	100.90	309.22	642.09	357.48
50	56.31	92.53	183.42	372.20	90.80	278.43	585.91	324.91
60	52.40	84.07	173.62	343.12	82.92	258.55	547.45	302.49
70	51.13	81.00	167.98	322.67	82.20	247.27	521.26	289.53
80	50.78	79.68	166.18	307.47	84.06	243.09	504.42	282.77
90	51.89	80.54	176.46	297.61	89.53	248.60	496.82	283.11
100	53.33	83.58	199.46	291.68	98.59	269.73	498.80	291.91

출처 : 교통시설 투자평가지침 제5차 개정, 2013. 11, 국토교통부

주 : 2011년 원단위 자료에 소비자물가 보정지수 105.59% (2011년 대비 2015년 소비자물가지수) 적용, 추후 편익분석시 시간의 변화에 따른 물가변동률을 추가로 고려

본 보고서에서는 위에 제시한 도표를 참조하여 공로 운송수단별(k) 해당링크 평균주행속도를 80km/h, 철로 운송수단별(k) 해당링크 평균주행속도를 2025년~2030년까지는 60km/h, 2030년~2040년까지는 90km/h로 설정하여 km당 대기오염 및 온실가스비용을 산출하였다. 환경비용을 산출함에 있어 철로운송의 환경비용은 위에서 제시한 한국 환경정책평가연구원의 '육상 교통 수단의 환경성 비교분석' 자료를 활용하여 동일한 속도인 공로운송의 환경비용의 $\frac{1}{12}$ 로 계산하였다. 비용을 산출한 결과 아래와 같이 운송수단별 속도별 대기오염물질 및 온실가스 배출계수를 구할 수 있다.

표 47. 운송수단별 속도별 대기오염물질 및 온실가스 배출계수

(단위: 원/대, km)

시간	공로운송의 환경비용	철로운송의 환경비용
2025~2030	대형트럭 80km/h	$\frac{\text{대형트럭 } 60\text{km/h}}{12}$
2031~2040		$\frac{\text{대형트럭 } 90\text{km/h}}{12}$

표 48. 대기오염비용 절감 및 온실가스 배출 저감 편익 예측 공식

$$V_{total} = \sum_{T=1}^k Q_T \times (C_t - C_p)$$

V_{total} : 총 대기오염비용 절감 및 온실가스 배출 저감 편익
 $\sum_{T=1}^k$: 구하고자 하는 0-D 구간의 노선
 Q_T : 노선별 공로물동량에서 피기백물동량으로 전환된 물동량
 C_t : 공로운송시 예상 환경비용
 C_p : 피기백운송시 예상 환경비용

□ 교통안전사고 방지에 따른 편익

2013년 국토교통부 교통안전연차보고서에 따르면 교통수단별 교통사고현황을 분석결과, 도로 교통 사고가 전체 교통사고 발생건수와 사망자 수의 99.5%, 94.6%를 차지하고 있다. 실제로 철도의 '12년 사망자수는 106명으로 도로의 5,392명 대비 1.9%에 불과하며, 도로의 '12년 부상자수 344,565명 대비 철도는 105명으로 0.3%로 밖에 되지 않는 등 철도의 안전성을 방증하고 있다. 한국교통연구원에서 수행한 연구결과에 따르면 물류부문 사회·환경적 비용 및 원단위를 적용하면 도로화물이 철도로 모달시프트 될 경우 사고비용을 계상할 수 있다.

표 49. 교통사고 사회, 환경적 비용 및 원단위(2009년 기준)

구분	도로	철도
사고비용	5.90원/톤-km	2.34원/톤-km

※ 전환교통 지원사업 평가 및 제도개선연구, 한국교통연구원, 2013

아래 교통안전사고 방지에 따른 편익 예측 공식을 개발하여 도로 물동량의 일부가 철도 수송으로 전환된다고 할 경우 절감되는 사고비용을 구할 수 있다.

표 50. 연도별 교통사고 사고건수 및 사망, 부상자

구분		'07	'08	'09	'10	'11	'12	연평균 증감율
발생 (건)	계	212,538	216,590	232,987	227,847	222,857	224,557	-0.8%
	도로	211,662	215,822	231,990	226,878	221,711	223,656	-0.8%
	철도	329	282	261	225	186	166	-14.1%
	해양	657	480	723	737	946	726	3.5%
	항공	6	6	13	7	14	9	-4.0%
사망 (건)	계	6,490	6,139	6,115	5,812	5,509	5,618	-3.68%
	도로	6,166	5,870	5,838	5,505	5,229	5,392	-3.2%
	철도	184	153	156	130	118	106	-15.7%
	해양	136	113	107	176	148	114	-0.5%
	항공	4	3	14	1	14	6	-1.7%
부상 (건)	계	336,110	339,237	362,120	352,618	341,601	344,792	-1.0%
	도로	335,906	338,962	361,875	352,458	341,391	344,565	-1.0%
	철도	116	130	108	88	70	105	-18.3%
	해양	78	127	136	71	132	118	0.4%
	항공	10	18	1	1	8	4	-8.6%

※ 자료: 국토교통부, “교통안전연차보고서(2013)”

표 51. 교통안전사고 방지에 따른 편익 예측

$$V_{total} = \sum_{T=1}^k Q_T \times (C_t - C_p)$$

V_{total} : 총 교통안전사고 방지에 따른 편익
 $\sum_{T=1}^k$: 구하고자 하는 0-D 구간의 노선
 Q_T : 노선별 공로물동량에서 피기백물동량으로 전환된 물동량
 C_t : 공로운송시 예상 교통사고비용
 C_p : 피기백운송시 예상 교통사고비용

□ 교통혼잡 방지에 따른 편익

2011년도 전국의 지역간 도로상의 교통혼잡비용은 총 10조 7,419억 원으로 전년 대비 2.9% 증가하였으며, 고속도로와 일반국도의 경우는 전년대비 각각 3.3%, 0.9% 증가하였으며 지방도의 경우는 전년 대비 7.2%의 증가율을 보여 고속국도에 비해 2배가량 증가한 것으로 나타났다. 서울을 포함한 7대도시의 2011년 교통혼잡 비용은 18조 3,550억 원으로 전년대비 평균 1.6% 상승하였다. 2011년 전국의 지역간 도로와 7대도시의 교통혼잡비용은 총 29조 969억 원으로 GDP 대비 2.18%에 달하는 규모로 2010년 GDP 대비 비중(2.25%)과 비슷한 수준을 유지한다. 교통혼잡은 국가 경제활동에 큰 영향을 미치므로 교통 혼잡을 완화하기 위한 지속적인 노력이 필요하다. 특히, 차종별 교통혼잡비용은 승용차가 5조 6,977억 원, 화물차가 2조 8,795억 원임을 감안 할 때 도로운송 화물이 철도로 전환될 경우 도로교통의 혼잡완화를 통한 혼잡비용 감소 및 원활한 인적, 물적자원의 수송을 기대 할 수 있다.

표 52. 교통혼잡비용 및 전년대비 증감율

[단위:조원, %]

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
교통혼잡비용	29.1	30.3	31.4	32.4	33.3	-	-
전년대비 증감율(%)	2.1	4.1	3.6	3.2	2.8	-	-
구방법의 교통혼잡비용						36.3	38.7
전년대비증감율(%)						9.0	6.6
신규방법의 교통혼잡비용						55.9	59.6

2009년 한국교통연구원에서 수행한 연구결과에 따르면 교통혼잡비용에 대한 물류부문 사회·환경적 비용인 원 단위 21.87원/톤-km를 적용하면 도로화물이 철도로 모달시프트 될 경우 교통혼잡비용 절감액을 계상할 수 있다. 아래 교통혼잡 방지에 따른 편익 예측 공식을 개발하여 도로 물동량의 일부가 철도 수송으로 전환된다고 할 경우 절감되는 교통혼잡비용을 구할 수 있다.

표 53. 교통혼잡 방지에 따른 편익 예측

$V_{total} = \sum_{T=1}^k Q_T \times (C_t - C_p)$	
V_{total}	: 총 교통혼잡 감소 따른 편익
$\sum_{T=1}^k$	: 구하고자 하는 0-D 구간의 노선
Q_T	: 노선별 공로물동량에서 피기백물동량으로 전환된 물동량
C_t	: 공로운송시 예상 교통혼잡비용
C_p	: 피기백운송시 예상 교통혼잡비용
$C_t - C_p$	$= 21.87\text{원 (2009년기준 (톤} - km\text{당))}$

□ 편익분석결과

위에서 기술한 바와 같이 피기백 화차 도입에 따른 편익의 발생요소를 물류사업자의 화물운송 운임 절감에 따른 편익, 온실가스 감축에 기여에 따른 편익, 교통안전사고 방지에 따른 편익, 교통혼잡 방지에 따른 편익으로 구분하여 도출한다. 편익을 분석함에 있어 이전에 분석한 11개의 0/D구간 중 피기백 화차 도입시 발생하는 운임이 공로운송시의 운임보다 낮아 물류사업자의 화물운송 운임 절감에 따른 편익이 도출이 가능한 아래 7개 구간에 대하여 편익을 분석한다.

표 54. 화물운송 운임 절감에 따른 편익 도출 가능한 7개 구간

출발지역	출발역	도착역	도착지역	거리(km) -공로기준
경기	의왕ICD	부산신항역	부산	400
부산	부산신항역	의왕ICD	경기	347
충남	천안역	부산신항역	부산	329.2
부산	부산신항역	천안역	충남	314.5
부산		옥천역	충북	236.7
부산		영남ICD	경북	167.1
경북	영남ICD	부산신항역	부산	162.2

첫 번째로 피기백시스템도입에 따른 물류사업자의 화물운송 운임 절감에 따른 편익 분석 결과 피기백 열차 시스템 도입으로 2025년 기준 연간 1,117억 이상의 물류사업자의 화물운송 운임 절감에 따른 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

표 55. 물류사업자의 화물운송 운임 절감에 따른 편익 (2025년)

년 도	출발	도착	합계 물동량 (천톤)	TEU전환 천TEU	피기백 분담률 (%)	육송비용 (백만원)	피 기 백 비용 (백만원)	운임절감 (백만원)
25	경기	부산항	19,877	1,136	57.5	390.049	307.881	53,735
25	부산항	경기	22,813	1,304	52.0	357.827	311.506	31,454
25	경북	부산항	17,430	996	23.7	203.419	165.663	8,936
25	부산항	경북	8,047	460	25.1	203.419	169.623	3,912
25	충남	부산항	5,272	301	55.1	343.062	292.816	8,350
25	부산항	충북	3,725	213	2.4	257.587	225.207	172
25	부산항	충남	3,630	207	45.9	334.931	280.832	5,160

분석결과 피기백시스템의 도입에 따른 환적시간과 비용의 감소가 철도 화물 경쟁력에 큰 변화를 가져다 줄수 있는 것으로 확인되었다. 향후 피기백 열차의 표정속도 상승과 환적시간의 감소와 같이 피기백시스템이 고도화되는 경우 연간 발생하는 편익이 아래와 같이 상승하여 15년동안 총 3조 1314억이라는 편익이 산출되는 것으로 나타난다. 이는 피기백시스템의 도입과 고도화가 꼭 필요하다는 의미를 가진다.

표 56. 물류사업자의 화물운송 운임 절감에 따른 편익(2025년~2040년)

출발지	도착지	년도	합계 물동량 (천톤)	TEU전환 천TEU	피기백 분담률 (%)	육송비용 (백만원)	피기백 비용 (백만원)	운임절감 (백만원)
경기	부산항	25	19,877	1,136	57.58%	390.049	307.881	53,735
		26	20,148	1,151	61.05%	394.410	310.895	58,704
		27	20,419	1,167	64.45%	398.771	313.910	63,815
		28	20,690	1,182	67.76%	403.132	316.924	69,059
		29	20,961	1,198	70.98%	407.492	319.939	74,434
		30	21,231	1,213	74.12%	411.853	322.953	79,942
		31	21,851	1,249	74.72%	416.458	326.157	84,253
		32	22,472	1,284	75.29%	421.062	329.361	88,659
		33	23,092	1,320	75.83%	425.667	332.566	93,160
		34	23,712	1,355	76.34%	430.271	335.770	97,755
		35	24,332	1,390	76.83%	434.876	338.974	102,445
		36	24,242	1,385	77.33%	439.738	342.378	104,297
		37	24,152	1,380	77.84%	444.600	345.781	106,158
		38	24,062	1,375	78.35%	449.462	349.185	108,028
		39	23,971	1,370	78.87%	454.323	352.588	109,906
		40	23,881	1,365	79.39%	459.185	355.992	111,794
부산항	경기	25	22,813	1,304	52.09%	357.827	311.506	31,454
		26	23,402	1,337	55.25%	361.827	314.561	34,922
		27	23,991	1,371	58.95%	365.828	317.616	38,960
		28	24,580	1,405	62.48%	369.828	320.671	43,142
		29	25,169	1,438	65.87%	373.829	323.726	47,469
		30	25,758	1,472	69.13%	377.829	326.781	51,941

		31	26,836	1,534	69.72%	382.054	330.028	55,623
		32	27,915	1,595	70.27%	386.278	333.275	59,407
		33	28,993	1,657	70.77%	390.502	336.522	63,292
		34	30,071	1,718	71.24%	394.726	339.769	67,278
		35	31,150	1,780	71.68%	398.950	343.016	71,365
		36	31,276	1,787	72.17%	403.410	346.465	73,450
		37	31,402	1,794	72.66%	407.871	349.913	75,565
		38	31,529	1,802	73.14%	412.331	353.362	77,707
		39	31,655	1,809	73.62%	416.791	356.811	79,877
		40	31,782	1,816	74.10%	421.251	360.259	82,076
경북	부산항	25	17,430	996	23.76%	203.419	165.663	8,936
		26	17,844	1,020	25.00%	205.693	167.088	9,843
		27	18,259	1,043	26.26%	207.968	168.512	10,810
		28	18,673	1,067	27.46%	210.242	169.936	11,811
		29	19,088	1,091	28.61%	212.516	171.361	12,844
		30	19,502	1,114	29.72%	214.790	172.785	13,911
		31	20,204	1,154	30.28%	217.192	174.311	14,990
		32	20,905	1,195	30.80%	219.593	175.836	16,101
		33	21,607	1,235	31.29%	221.994	177.361	17,244
		34	22,308	1,275	31.75%	224.396	178.887	18,420
		35	23,009	1,315	32.18%	226.797	180.412	19,628
		36	23,183	1,325	32.72%	229.333	182.043	20,497
		37	23,356	1,335	33.24%	231.868	183.673	21,384
		38	23,530	1,345	33.76%	234.404	185.304	22,290
		39	23,703	1,354	34.27%	236.939	186.935	23,214
		40	23,877	1,364	34.78%	239.475	188.566	24,158
부산항	경북	25	8,047	460	25.17%	203.419	169.623	3,912
		26	8,139	465	26.72%	205.693	171.091	4,301
		27	8,231	470	28.08%	207.968	172.560	4,677
		28	8,323	476	29.41%	210.242	174.029	5,065
		29	8,415	481	30.70%	212.516	175.498	5,465
		30	8,507	486	31.96%	214.790	176.966	5,877
		31	8,546	488	32.47%	217.192	178.538	6,129
		32	8,586	491	32.97%	219.593	180.110	6,387
		33	8,625	493	33.47%	221.994	181.682	6,649
		34	8,664	495	33.96%	224.396	183.255	6,917
		35	8,703	497	34.45%	226.797	184.827	7,190
		36	8,712	498	34.98%	229.333	186.507	7,457
		37	8,721	498	35.50%	231.868	188.187	7,729
		38	8,730	499	36.03%	234.404	189.867	8,005
		39	8,740	499	36.55%	236.939	191.547	8,286
		40	8,749	500	37.07%	239.475	193.227	8,572
충남	부산항	25	5,272	301	55.16%	343.062	292.816	8,350
		26	5,354	306	58.95%	346.897	295.662	9,240
		27	5,435	311	62.62%	350.733	298.508	10,157

		28	5,517	315	66.19%	354.568	301.354	11,103
		29	5,598	320	69.65%	358.404	304.200	12,077
		30	5,679	325	73.01%	362.239	307.046	13,079
		31	5,872	336	73.55%	366.289	310.072	13,874
		32	6,065	347	74.05%	370.339	313.099	14,689
		33	6,257	358	74.52%	374.389	316.125	15,525
		34	6,450	369	74.96%	378.438	319.152	16,381
		35	6,643	380	75.38%	382.488	322.178	17,257
		36	6,698	383	75.85%	386.764	325.394	17,816
		37	6,753	386	76.31%	391.041	328.609	18,384
		38	6,808	389	76.76%	395.317	331.825	18,961
		39	6,864	392	77.21%	399.593	335.041	19,547
		40	6,919	395	77.65%	403.869	338.256	20,142
부산항	충북	25	3,725	213	2.49%	257.587	225.207	172
		26	3,844	220	2.92%	260.467	227.297	213
		27	3,962	226	3.32%	263.346	229.387	256
		28	4,081	233	3.70%	266.226	231.477	300
		29	4,200	240	4.06%	269.106	233.567	346
		30	4,319	247	4.39%	271.986	235.657	394
		31	4,598	263	4.52%	275.027	237.885	441
		32	4,877	279	4.63%	278.068	240.114	489
		33	5,156	295	4.72%	281.108	242.342	539
		34	5,436	311	4.81%	284.149	244.570	591
		35	5,715	327	4.89%	287.190	246.798	645
		36	5,895	337	5.01%	290.401	249.171	696
		37	6,075	347	5.13%	293.611	251.544	749
		38	6,256	357	5.24%	296.822	253.917	803
		39	6,436	368	5.34%	300.033	256.290	859
		40	6,616	378	5.44%	303.244	258.663	916
부산항	충남	25	3,630	207	45.98%	334.931	280.832	5,160
		26	3,692	211	50.02%	338.676	283.544	5,818
		27	3,754	215	54.01%	342.421	286.256	6,508
		28	3,816	218	57.88%	346.165	288.968	7,219
		29	3,878	222	61.63%	349.910	291.680	7,952
		30	3,940	225	65.26%	353.654	294.392	8,707
		31	4,080	233	65.90%	357.608	297.277	9,269
		32	4,221	241	66.49%	361.562	300.161	9,846
		33	4,361	249	67.05%	365.516	303.046	10,438
		34	4,501	257	67.57%	369.470	305.931	11,043
		35	4,642	265	68.06%	373.423	308.816	11,663
		36	4,681	267	68.63%	377.598	311.882	12,063
		37	4,720	270	69.19%	381.773	314.949	12,469
		38	4,759	272	69.74%	385.948	318.015	12,882
		39	4,797	274	70.28%	390.123	321.081	13,301
		40	4,836	276	70.81%	394.298	324.148	13,728

두 번째로 피기백시스템도입에 따른 온실가스 감축에 기여에 따른 편익분석 결과 피기백 열차 시스템 도입으로 2025년 기준 연간 33억 이상의 온실가스 감축에 기여에 따른 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

표 57. 온실가스 감축에 기여에 따른 편익 (2025년)

년 도	출발지	도착지	합계 물동량 (천톤)	TEU전환 천TEU	피기백 분담률 (%)	전환된 공로운송 환경비용 (백만원)	전환한 철로운송 환경비용 (백만원)	온실가스 감축 (백만원)
25	경기	부산항	19,877	1,136	57.5	1,838.9	391.2	1,447.7
	부산항	경기	22,813	1,304	52.0	1,656.5	422.7	1,233.8
	경북	부산항	17,430	996	23.7	269.9	62.8	207.1
	부산항	경북	8,047	460	25.1	136.0	33.9	102.0
	충남	부산항	5,272	301	55.1	384.6	69.6	314.9
	부산항	충북	3,725	213	2.4	8.8	1.5	7.4
	부산항	충남	3,630	207	45.9	96.6	28.9	67.7

분석결과 향후 피기백 열차의 표정속도 상승과 환적시간의 감소와 같이 피기백시스템이 고도화되는 경우 연간 발생하는 편익이 아래와 같이 상승하여 15년 동안 총 898억 이라는 편익이 산출되는 것으로 나타난다. 이는 피기백시스템의 도입과 고도화가 꼭 필요하다는 의미를 가진다.

표 58. 온실가스 감축에 기여에 따른 편익 (2025년~2040년)

출발지	도착지	년도	합계물동 량 (천톤)	TEU전환 천TEU	피기백분담 률 (%)	전환된 공로운송 환경비용 (백만원)	전환한 철로운송 환경비용 (백만원)	온실가스 감축 (백만원)
경기	부산항	25	19,877	1,136	57.58%	1,838.9	391.2	1,447.7
		26	20,148	1,151	61.05%	2,005	422	1,584
		27	20,419	1,167	64.45%	2,171	452	1,719
		28	20,690	1,182	67.76%	2,338	482	1,855
		29	20,961	1,198	70.98%	2,504	513	1,991
		30	21,231	1,213	74.12%	2,670	543	2,127
		31	21,851	1,249	74.72%	2,806	571	2,235
		32	22,472	1,284	75.29%	2,942	598	2,343
		33	23,092	1,320	75.83%	3,077	626	2,451
		34	23,712	1,355	76.34%	3,213	654	2,560
		35	24,332	1,390	76.83%	3,349	681	2,668
		36	24,242	1,385	77.33%	3,301	697	2,604
		37	24,152	1,380	77.84%	3,254	713	2,541
		38	24,062	1,375	78.35%	3,206	729	2,477

		39	23,971	1,370	78.87%	3,159	745	2,414
		40	23,881	1,365	79.39%	3,111	760	2,351
부산 항	경기	25	22,813	1,304	52.09%	1,656.5	422.7	1,233.8
		26	23,402	1,337	55.25%	1,849	466	1,383
		27	23,991	1,371	58.95%	2,042	510	1,532
		28	24,580	1,405	62.48%	2,235	553	1,682
		29	25,169	1,438	65.87%	2,428	597	1,831
		30	25,758	1,472	69.13%	2,621	641	1,980
		31	26,836	1,534	69.72%	2,791	682	2,108
		32	27,915	1,595	70.27%	2,960	724	2,237
		33	28,993	1,657	70.77%	3,130	765	2,365
		34	30,071	1,718	71.24%	3,300	807	2,494
		35	31,150	1,780	71.68%	3,470	848	2,622
		36	31,276	1,787	72.17%	3,549	867	2,681
		37	31,402	1,794	72.66%	3,628	887	2,741
		38	31,529	1,802	73.14%	3,707	906	2,801
		39	31,655	1,809	73.62%	3,786	925	2,860
		40	31,782	1,816	74.10%	3,864	945	2,920
경북	부산항	25	17,430	996	23.76%	269.9	62.8	207.1
		26	17,844	1,020	25.00%	296	68	228
		27	18,259	1,043	26.26%	321	73	248
		28	18,673	1,067	27.46%	347	79	268
		29	19,088	1,091	28.61%	373	84	289
		30	19,502	1,114	29.72%	399	90	309
		31	20,204	1,154	30.28%	427	96	331
		32	20,905	1,195	30.80%	454	102	352
		33	21,607	1,235	31.29%	482	108	374
		34	22,308	1,275	31.75%	510	115	396
		35	23,009	1,315	32.18%	538	121	417
		36	23,183	1,325	32.72%	558	125	432
		37	23,356	1,335	33.24%	578	130	448
		38	23,530	1,345	33.76%	597	134	463
		39	23,703	1,354	34.27%	617	139	479
		40	23,877	1,364	34.78%	637	143	494
부산 항	경북	25	8,047	460	25.17%	136.0	33.9	102.0
		26	8,139	465	26.72%	147	36	111
		27	8,231	470	28.08%	159	39	120
		28	8,323	476	29.41%	170	42	128
		29	8,415	481	30.70%	181	44	137
		30	8,507	486	31.96%	193	47	146
		31	8,546	488	32.47%	199	48	151
		32	8,586	491	32.97%	205	50	156
		33	8,625	493	33.47%	212	51	160

		34	8,664	495	33.96%	218	53	165
		35	8,703	497	34.45%	224	54	170
		36	8,712	498	34.98%	231	56	175
		37	8,721	498	35.50%	237	57	180
		38	8,730	499	36.03%	244	59	185
		39	8,740	499	36.55%	250	60	189
		40	8,749	500	37.07%	256	62	194
충남	부산항	25	5,272	301	55.16%	384.6	69.6	314.9
		26	5,354	306	58.95%	423	75	348
		27	5,435	311	62.62%	462	81	382
		28	5,517	315	66.19%	501	86	415
		29	5,598	320	69.65%	540	92	448
		30	5,679	325	73.01%	579	98	481
		31	5,872	336	73.55%	611	103	508
		32	6,065	347	74.05%	643	108	534
		33	6,257	358	74.52%	675	114	561
		34	6,450	369	74.96%	706	119	587
		35	6,643	380	75.38%	738	125	614
		36	6,698	383	75.85%	758	128	630
		37	6,753	386	76.31%	778	131	646
		38	6,808	389	76.76%	797	134	663
		39	6,864	392	77.21%	817	138	679
		40	6,919	395	77.65%	836	141	695
부산 항	충북	25	3,725	213	2.49%	8.8	1.5	7.4
		26	3,844	220	2.92%	11	2	9
		27	3,962	226	3.32%	13	2	11
		28	4,081	233	3.70%	15	2	13
		29	4,200	240	4.06%	17	3	14
		30	4,319	247	4.39%	19	3	16
		31	4,598	263	4.52%	21	3	18
		32	4,877	279	4.63%	23	4	20
		33	5,156	295	4.72%	25	4	21
		34	5,436	311	4.81%	28	4	23
		35	5,715	327	4.89%	30	5	25
		36	5,895	337	5.01%	32	5	27
		37	6,075	347	5.13%	34	5	29
		38	6,256	357	5.24%	36	6	30
		39	6,436	368	5.34%	38	6	32
		40	6,616	378	5.44%	40	6	34
부산 항	충남	25	3,630	207	45.98%	96.6	28.9	67.7
		26	3,692	211	50.02%	109	32	76
		27	3,754	215	54.01%	121	36	85

		28	3,816	218	57.88%	133	39	94
		29	3,878	222	61.63%	145	42	103
		30	3,940	225	65.26%	157	46	111
		31	4,080	233	65.90%	166	48	118
		32	4,221	241	66.49%	176	51	125
		33	4,361	249	67.05%	185	54	131
		34	4,501	257	67.57%	195	57	138
		35	4,642	265	68.06%	204	59	145
		36	4,681	267	68.63%	210	61	149
		37	4,720	270	69.19%	216	63	153
		38	4,759	272	69.74%	222	64	157
		39	4,797	274	70.28%	227	66	161
		40	4,836	276	70.81%	233	68	166

세 번째로 피기백시스템도입에 따른 교통안전사고 방지에 따른 편익 분석 결과 피기백 열차 시스템 도입으로 2025년 기준 연간 2.7억 이상의 교통안전사고 방지에 따른 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

표 59. 교통안전사고 방지에 따른 편익 (2025년)

년도	출발지	도착지	합계 물동량 (천톤)	TEU전환 천TEU	피기백 분당률 (%)	전환된 공로운송 교통사고비용 (백만원)	전환한 철로운송 교통사고비용 (백만원)	교통안전 사고방지 (백만원)
25	경기	부산항	19,877	1,136	57.5	357.1	223.1	134.0
	부산항	경기	22,813	1,304	52.0	321.6	234.9	86.8
	경북	부산항	17,430	996	23.7	52.4	30.6	21.8
	부산항	경북	8,047	460	25.1	26.4	15.6	10.8
	충남	부산항	5,272	301	55.1	74.7	54.5	20.2
	부산항	충북	3,725	213	2.4	1.7	1.2	0.5
	부산항	충남	3,630	207	45.9	18.8	12.9	5.8

분석결과 향후 피기백 열차의 표정속도 상승과 환적시간의 감소와 같이 피기백시스템이 고도화되는 경우 연간 발생하는 편익이 아래와 같이 상승하여 15년동안 총 60억이라는 편익이 산출되는 것으로 나타난다.

표 60. 교통안전사고 방지에 따른 편익 (2025년~2040년)

출발지	도착지	년도	합계 물동량 (천톤)	TEU전환 천TEU	피기백 분당률 (%)	전환된 공로운송 교통사고비용 (백만원)	전환한 철로운송 교통사고비용 (백만원)	교통안전 사고방지 (백만원)
경기	부산항	25	19,877	1,136	57.58	357.1	223.1	134.0
		26	20,148	1,151	61.05	389.4	243.3	146.1
		27	20,419	1,167	64.45	421.6	263.4	158.2
		28	20,690	1,182	67.76	453.9	283.6	170.3

		29	20,961	1,198	70.98	486.2	303.8	182.5
		30	21,231	1,213	74.12	518.5	323.9	194.6
		31	21,851	1,249	74.72	550.2	355.0	195.2
		32	22,472	1,284	75.29	581.8	386.0	195.8
		33	23,092	1,320	75.83	613.4	417.1	196.4
		34	23,712	1,355	76.34	645.1	448.1	197.0
		35	24,332	1,390	76.83	676.7	479.2	197.6
		36	24,242	1,385	77.33	667.2	487.3	179.9
		37	24,152	1,380	77.84	657.7	495.4	162.3
		38	24,062	1,375	78.35	648.1	503.5	144.6
		39	23,971	1,370	78.87	638.6	511.7	126.9
		40	23,881	1,365	79.39	629.1	519.8	109.3
부산항	경기	25	22,813	1,304	52.09	321.6	234.9	86.8
		26	23,402	1,337	55.25	359.1	262.2	96.9
		27	23,991	1,371	58.95	396.6	289.6	107.0
		28	24,580	1,405	62.48	434.0	316.9	117.1
		29	25,169	1,438	65.87	471.5	344.2	127.3
		30	25,758	1,472	69.13	509.0	371.6	137.4
		31	26,836	1,534	69.72	547.4	413.1	134.3
		32	27,915	1,595	70.27	585.8	454.6	131.2
		33	28,993	1,657	70.77	624.3	496.2	128.1
		34	30,071	1,718	71.24	662.7	537.7	125.0
		35	31,150	1,780	71.68	701.2	579.3	121.9
		36	31,276	1,787	72.17	717.2	592.5	124.7
		37	31,402	1,794	72.66	733.3	605.8	127.4
		38	31,529	1,802	73.14	749.3	619.1	130.2
		39	31,655	1,809	73.62	765.4	632.4	133.0
		40	31,782	1,816	74.10	781.4	645.7	135.7
경북	부산항	25	17,430	996	23.76	52.4	30.6	21.8
		26	17,844	1,020	25.00	57.4	33.5	23.9
		27	18,259	1,043	26.26	62.4	36.4	26.0
		28	18,673	1,067	27.46	67.4	39.3	28.1
		29	19,088	1,091	28.61	72.4	42.2	30.2
		30	19,502	1,114	29.72	77.4	45.1	32.3
		31	20,204	1,154	30.28	83.7	50.3	33.4
		32	20,905	1,195	30.80	89.9	55.5	34.4
		33	21,607	1,235	31.29	96.2	60.7	35.5
		34	22,308	1,275	31.75	102.4	65.9	36.6
		35	23,009	1,315	32.18	108.7	71.1	37.6
		36	23,183	1,325	32.72	112.7	73.7	39.0
		37	23,356	1,335	33.24	116.7	76.3	40.4
		38	23,530	1,345	33.76	120.8	79.0	41.8

		39	23,703	1,354	34.27	124.8	81.6	43.2
		40	23,877	1,364	34.78	128.8	84.2	44.6
부산항	경북	25	8,047	460	25.17	26.4	15.6	10.8
		26	8,139	465	26.72	28.6	16.9	11.7
		27	8,231	470	28.08	30.8	18.2	12.6
		28	8,323	476	29.41	33.0	19.5	13.5
		29	8,415	481	30.70	35.2	20.8	14.5
		30	8,507	486	31.96	37.4	22.1	15.4
		31	8,546	488	32.47	39.0	23.6	15.4
		32	8,586	491	32.97	40.6	25.2	15.4
		33	8,625	493	33.47	42.2	26.7	15.4
		34	8,664	495	33.96	43.8	28.3	15.5
		35	8,703	497	34.45	45.3	29.9	15.5
		36	8,712	498	34.98	46.6	30.7	15.9
		37	8,721	498	35.50	47.9	31.6	16.4
		38	8,730	499	36.03	49.2	32.4	16.8
		39	8,740	499	36.55	50.5	33.3	17.2
		40	8,749	500	37.07	51.8	34.1	17.7
충남	부산항	25	5,272	301	55.16	74.7	54.5	20.2
		26	5,354	306	58.95	82.2	60.0	22.2
		27	5,435	311	62.62	89.8	65.5	24.3
		28	5,517	315	66.19	97.3	71.0	26.3
		29	5,598	320	69.65	104.9	76.5	28.4
		30	5,679	325	73.01	112.5	82.0	30.4
		31	5,872	336	73.55	119.8	90.7	29.1
		32	6,065	347	74.05	127.1	99.4	27.8
		33	6,257	358	74.52	134.5	108.0	26.4
		34	6,450	369	74.96	141.8	116.7	25.1
		35	6,643	380	75.38	149.2	125.4	23.8
		36	6,698	383	75.85	153.2	128.7	24.4
		37	6,753	386	76.31	157.2	132.1	25.1
		38	6,808	389	76.76	161.1	135.4	25.7
		39	6,864	392	77.21	165.1	138.8	26.3
		40	6,919	395	77.65	169.1	142.2	27.0
부산항	충북	25	3,725	213	2.49	1.7	1.2	0.5
		26	3,844	220	2.92	2.1	1.5	0.6
		27	3,962	226	3.32	2.5	1.8	0.7
		28	4,081	233	3.70	2.9	2.1	0.9
		29	4,200	240	4.06	3.3	2.3	1.0
		30	4,319	247	4.39	3.7	2.6	1.1
		31	4,598	263	4.52	4.2	3.1	1.1
		32	4,877	279	4.63	4.6	3.5	1.1

		33	5,156	295	4.72	5.1	4.0	1.1
		34	5,436	311	4.81	5.5	4.4	1.1
		35	5,715	327	4.89	6.0	4.9	1.1
		36	5,895	337	5.01	6.4	5.2	1.2
		37	6,075	347	5.13	6.8	5.6	1.3
		38	6,256	357	5.24	7.3	5.9	1.3
		39	6,436	368	5.34	7.7	6.3	1.4
		40	6,616	378	5.44	8.1	6.6	1.5
부산항	충남	25	3,630	207	45.98	18.8	12.9	5.8
		26	3,692	211	50.02	21.1	14.5	6.6
		27	3,754	215	54.01	23.5	16.2	7.3
		28	3,816	218	57.88	25.8	17.8	8.0
		29	3,878	222	61.63	28.2	19.4	8.8
		30	3,940	225	65.26	30.5	21.0	9.5
		31	4,080	233	65.90	32.7	23.1	9.5
		32	4,221	241	66.49	34.8	25.3	9.5
		33	4,361	249	67.05	36.9	27.4	9.5
		34	4,501	257	67.57	39.1	29.5	9.5
		35	4,642	265	68.06	41.2	31.6	9.6
		36	4,681	267	68.63	42.4	32.6	9.8
		37	4,720	270	69.19	43.6	33.5	10.1
		38	4,759	272	69.74	44.8	34.4	10.4
		39	4,797	274	70.28	46.0	35.3	10.7
		40	4,836	276	70.81	47.2	36.2	10.9

네 번째로 피기백시스템도입에 따른 교통혼잡 방지에 따른 편익 분석 결과 피기백 열차 시스템 도입으로 2025년 기준 연간 7.9억 이상의 교통혼잡 방지에 따른 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

표 61. 교통혼잡 방지에 따른 편익 (2025년)

년 도	출발지	도착지	합계 물동량 (천톤)	TEU전환 (천TEU)	피기백 분당률 (%)	전환될 피기 백 운송물동량 (천톤)	교통혼잡 방지 (백만원)
25	경기	부산항	19,877	1,136	57.5	11,444	270.6
	부산항	경기	22,813	1,304	52.0	11,883	278.5
	경북	부산항	17,430	996	23.7	4,142	92.1
	부산항	경북	8,047	460	25.1	2,026	43.8
	충남	부산항	5,272	301	55.1	2,908	74.6
	부산항	충북	3,725	213	2.4	93	2.4
	부산항	충남	3,630	207	45.9	1,669	35.6

분석결과 향후 피기백 열차의 표정속도 상승과 환적시간의 감소와 같이 피기백시스템이 고도화되는 경우 연간 발생하는 편익이 아래와 같이 상승하여 15년동안 총 214.3억이상의 편익이 산출되는 것으로 나타난다. 이는 피기백시스템의 도입과 고도화가 꼭 필요하다는 의미를 나타낸다.

표 62. 교통혼잡 방지에 따른 편익 (2025년-2040년)

출발지	도착지	년도	합계 물동량 (천톤)	TEU전환 (천TEU)	피기백 분담률 (%)	전환될 피기백 운송물동량 (천톤)	교통혼 잡 방지 (백만원)
경기	부산항	25	19,877	1,136	57.58%	11,444	270.6
		26	20,148	1,151	61.05%	12,301	295.1
		27	20,419	1,167	64.45%	13,160	319.6
		28	20,690	1,182	67.76%	14,019	344.0
		29	20,961	1,198	70.98%	14,878	368.5
		30	21,231	1,213	74.12%	15,737	393.0
		31	21,851	1,249	74.72%	16,328	413.0
		32	22,472	1,284	75.29%	16,920	433.0
		33	23,092	1,320	75.83%	17,511	453.0
		34	23,712	1,355	76.34%	18,103	473.0
		35	24,332	1,390	76.83%	18,694	493.0
		36	24,242	1,385	77.33%	18,747	499.9
		37	24,152	1,380	77.84%	18,800	506.9
		38	24,062	1,375	78.35%	18,853	513.9
		39	23,971	1,370	78.87%	18,906	520.9
		40	23,881	1,365	79.39%	18,958	527.9
부산항	경기	25	22,813	1,304	52.09%	11,883	278.5
		26	23,402	1,337	55.25%	12,930	310.9
		27	23,991	1,371	58.95%	14,142	343.4
		28	24,580	1,405	62.48%	15,359	375.8
		29	25,169	1,438	65.87%	16,580	408.3
		30	25,758	1,472	69.13%	17,806	440.7
		31	26,836	1,534	69.72%	18,710	469.3
		32	27,915	1,595	70.27%	19,615	497.9
		33	28,993	1,657	70.77%	20,519	526.4
		34	30,071	1,718	71.24%	21,423	555.0
		35	31,150	1,780	71.68%	22,328	583.6
		36	31,276	1,787	72.17%	22,572	596.8
		37	31,402	1,794	72.66%	22,816	610.1
		38	31,529	1,802	73.14%	23,061	623.4
		39	31,655	1,809	73.62%	23,305	636.6
		40	31,782	1,816	74.10%	23,550	649.9
경북	부산항	25	17,430	996	23.76%	4,142	92.1
		26	17,844	1,020	25.00%	4,462	100.9

		27	18,259	1,043	26.26%	4,795	109.7
		28	18,673	1,067	27.46%	5,128	118.5
		29	19,088	1,091	28.61%	5,462	127.3
		30	19,502	1,114	29.72%	5,796	136.1
		31	20,204	1,154	30.28%	6,117	145.6
		32	20,905	1,195	30.80%	6,439	155.1
		33	21,607	1,235	31.29%	6,761	164.6
		34	22,308	1,275	31.75%	7,083	174.1
		35	23,009	1,315	32.18%	7,405	183.6
		36	23,183	1,325	32.72%	7,585	190.3
		37	23,356	1,335	33.24%	7,765	197.1
		38	23,530	1,345	33.76%	7,945	203.8
		39	23,703	1,354	34.27%	8,124	210.6
		40	23,877	1,364	34.78%	8,304	217.4
부산항	경북	25	8,047	460	25.17%	2,026	43.8
		26	8,139	465	26.72%	2,175	47.4
		27	8,231	470	28.08%	2,312	51.1
		28	8,323	476	29.41%	2,448	54.7
		29	8,415	481	30.70%	2,584	58.4
		30	8,507	486	31.96%	2,719	62.1
		31	8,546	488	32.47%	2,775	64.1
		32	8,586	491	32.97%	2,831	66.1
		33	8,625	493	33.47%	2,887	68.2
		34	8,664	495	33.96%	2,942	70.2
		35	8,703	497	34.45%	2,998	72.2
		36	8,712	498	34.98%	3,047	74.3
		37	8,721	498	35.50%	3,096	76.4
		38	8,730	499	36.03%	3,145	78.4
		39	8,740	499	36.55%	3,194	80.5
		40	8,749	500	37.07%	3,244	82.5
충남	부산항	25	5,272	301	55.16%	2,908	74.6
		26	5,354	306	58.95%	3,156	82.1
		27	5,435	311	62.62%	3,404	89.6
		28	5,517	315	66.19%	3,651	97.2
		29	5,598	320	69.65%	3,899	104.7
		30	5,679	325	73.01%	4,147	112.3
		31	5,872	336	73.55%	4,319	118.5
		32	6,065	347	74.05%	4,491	124.6
		33	6,257	358	74.52%	4,663	130.8
		34	6,450	369	74.96%	4,835	137.0
		35	6,643	380	75.38%	5,007	143.2
		36	6,698	383	75.85%	5,080	147.0
		37	6,753	386	76.31%	5,153	150.8
		38	6,808	389	76.76%	5,226	154.6
		39	6,864	392	77.21%	5,299	158.4

		40	6,919	395	77.65%	5,372	162.2
부산항	충북	25	3,725	213	2.49%	93	2.4
		26	3,844	220	2.92%	112	3.0
		27	3,962	226	3.32%	132	3.5
		28	4,081	233	3.70%	151	4.1
		29	4,200	240	4.06%	170	4.6
		30	4,319	247	4.39%	190	5.2
		31	4,598	263	4.52%	208	5.8
		32	4,877	279	4.63%	226	6.4
		33	5,156	295	4.72%	244	6.9
		34	5,436	311	4.81%	261	7.5
		35	5,715	327	4.89%	279	8.1
		36	5,895	337	5.01%	295	8.7
		37	6,075	347	5.13%	312	9.3
		38	6,256	357	5.24%	328	9.8
		39	6,436	368	5.34%	344	10.4
		40	6,616	378	5.44%	360	11.0
부산항	충남	25	3,630	207	45.98%	1,669	35.6
		26	3,692	211	50.02%	1,847	40.0
		27	3,754	215	54.01%	2,028	44.5
		28	3,816	218	57.88%	2,209	49.0
		29	3,878	222	61.63%	2,390	53.4
		30	3,940	225	65.26%	2,571	57.9
		31	4,080	233	65.90%	2,689	61.3
		32	4,221	241	66.49%	2,806	64.8
		33	4,361	249	67.05%	2,924	68.2
		34	4,501	257	67.57%	3,042	71.7
		35	4,642	265	68.06%	3,159	75.1
		36	4,681	267	68.63%	3,212	77.3
		37	4,720	270	69.19%	3,265	79.4
		38	4,759	272	69.74%	3,318	81.6
		39	4,797	274	70.28%	3,371	83.8
		40	4,836	276	70.81%	3,425	86.0

피기백시스템도입에 따른 총편익을 분석 결과 피기백 열차 시스템 도입으로 2025년 기준 연간 1161.7억 이상의 총편익이 발생하는 것으로 나타난다. 피기백시스템의 도입에 따른 환적 시간과 비용의 감소가 철도 화물 경쟁력에 큰 변화를 가져다 줄수 있는 것으로 확인며 향후 피기백 열차의 표정속도 상승과 환적시간의 감소와 같이 피기백시스템이 고도화되는 경우 연간 발생하는 총편익이 아래와 같이 상승하여 15년동안 총 3조 2487.4억이라는 총편익이 산출되는 것으로 나타나는데 이는 피기백시스템의 도입과 고도화가 꼭 필요하다는 의미를 가진다. 박일하박사의 ‘철도물류 활성화를 위한 피기백시스템 적용 연구’, 논문에서는 피기백운송수단의 경제성 타당성을 분석하고자 할 때 노선의 거리에 따른 피기백시스템 타당성을 분석한 사례가 있었다. 본 보고서에서는 위 선행연구를 참고하여 추후 경제성 분석을 위해 운임절감 수익이 나오는 7구간을 거리별로 구분하여 CASE별 편익을 도출함을 통해 비용편익을 분석해보고자 한다.

표 63. 대안별 편익산출결과(2040년 기준)

단위 : 억원/년

	운임절감 편익	온실가스 감 축 편익	교통안전사고 방지편익	교통혼잡 방지편익	총편익
대안1 300KM이상 거리 (경기-부산-경 기) (충남-부산-충남)	2,277.3	61.3	2.8	14.2	2355.7
대안2 200KM이상 (부산-충북 추가)	2,286.5	61.6	2.8	14.3	2,365.4
대안3 150KM이상 (전구간)	2613.8	68.5	3.4	17.3	2703.2

경제성 분석을 위해 운임절감 수익이 나오는 7구간을 거리별로 구분하여 CASE별 편익을 도출함을 통해 비용편익을 분석했다. CASE1은 7구간 중 거리가 300KM이상의 구간인 경기-부산, 부산-경기, 충남-부산, 부산-충남 총 4구간이며 CASE2는 7구간 중 거리가 200KM이상의 구간인 충북-부산 구간을 추가하여 비용편익을 분석한다. CASE3은 7구간 전 구간으로 거리가 150KM이상인 구간이다. 2025~2040년 기간의 피기백 화차 도입시 경제적 타당성 분석결과 아래와 같이 CASE별로 총 비용과 편익이 도출되어 현재가치로 가치를 환산한 NP값을 도출하여 B/C가 도출되었고 그에 따른 NPV도 도출하였다.

표 64. 비용편익 분석결과 (2025~2040년 기간의 총편익)

단위 : 억원/년

	B/C분석을 위한 총편익의 현재가치 (PV)	B/C분석을 위한 총비용의 현재가치 (PV)	B/C	NPV
대안1 300KM이상 거리 (경기-부산- 경기) (충남-부산-충남)	24,462	20,271	1.18	4,191
대안2 200KM이상 (부산-충북 추가)	24,537	22,498	1.09	2,039
대안3 150KM이상 (전구간)	27,793	32,972	0.84	-5,178

CASE별 분석결과 짧은 구간을 포함할 수 록 B/C수치가 낮아지는 것을 확인 할 수 있으며 200KM이상의 구간을 포함하는 구간에서 B/C 수치가 1.09 나오는 것으로 보아 피기백운송이 현실적으로 실현되려면 200KM이상의 구간을 확보할 필요가 있다. 또한 편익의 대부분을 포함하는 ‘운임절감 편익’의 확보 중요성을 확인 할 수 있었으며 추후 운임절감 편익 증대를 위한 연구가 추가 필요하다.

3. 비용 편익 분석에 따른 실용화 영업운행 전략 방안 제시연구

□ 실용화 전략

거리 구간별 비용 편익 분석 결과 200km이상의 구간을 포함하는 구간에서 B/C 수치가 1.09 나오므로 200km이상의 구간에 대해 피기백 화차를 우선 도입한다. 투자에 대한 리스크와 물류운송업자 및 시장의 반응을 모니터링하면서 시장의 요구사항을 추가적으로 보완해가면서 그 효용성을 높일 필요가 있다. 따라서 200km이상의 구간에 대해 년차별로 1개 구간단위로 점진적인 단계적 실용화 추진이 필요하다. 또한 각 구간단위로 개선된 피기백 화차 및 관련 시스템 도입을 통해 시장의 긍정적인 반응을 유도하여 피기백 화차의 활용성을 극대화하는 전략이 필요하다. 실용화 영업운행 전략을 수립하기 위해 먼저 피기백 화차 연구개발의 결과물로 시제품이 적용될 수 있는 2025년부터 2040년까지 년차별 비용편익 분석을 통해 수익성이 가장 좋은 구간을 우선 적용대상으로 하였다.

표 65. 년차별 피기백 화차 적용 0-0

단위 : 억원, -()

0-0	년도	편익	비용	B/C	NPV	경제성 순위
의왕ICD-부산신항역	25	533.66	4,536.00	0.12	(4,002.34)	1
	26	575.14	138.00	0.24	(3,565.20)	
	27	616.73	139.00	0.36	(3,087.47)	
	28	658.32	140.00	0.48	(2,569.15)	
	29	699.87	141.00	0.61	(2,010.28)	
	30	741.37	142.00	0.73	(1,410.92)	
	31	770.64	251.00	0.84	(891.28)	
	32	799.81	254.00	0.94	(345.47)	
	33	828.87	257.00	1.04	226.40	
	34	857.80	206.00	1.14	878.20	
	35	886.60	262.00	1.23	1,502.80	
	36	889.32	103.00	1.35	2,289.12	
	37	891.88	103.00	1.46	3,077.99	
	38	894.28	103.00	1.57	3,869.27	
	39	896.52	103.00	1.68	4,662.79	
	40	898.61	103.00	1.78	5,458.40	
부산신항역-의왕ICD	25	317.32	5,454.00	0.06	(5,136.68)	3
	26	347.69	263.00	0.12	(5,051.99)	
	27	382.51	266.00	0.18	(4,935.47)	
	28	417.66	215.00	0.24	(4,732.81)	
	29	453.11	271.00	0.30	(4,550.70)	
	30	488.81	274.00	0.36	(4,335.89)	

	31	516.16	385.00	0.41	(4,204.73)	
	32	543.56	390.00	0.46	(4,051.18)	
	33	570.99	395.00	0.51	(3,875.19)	
	34	598.44	400.00	0.56	(3,676.75)	
	35	625.89	405.00	0.60	(3,455.86)	
	36	635.31	140.00	0.67	(2,960.55)	
	37	644.58	194.00	0.72	(2,509.97)	
	38	653.72	141.00	0.78	(1,997.25)	
	39	662.72	141.00	0.84	(1,475.53)	
	40	671.57	195.00	0.90	(998.96)	
영남 ICD-부산신항역	25	88.87	4,482.00	0.02	(4,393.13)	6
	26	96.55	191.00	0.04	(4,487.57)	
	27	104.58	193.00	0.06	(4,575.99)	
	28	112.68	195.00	0.08	(4,658.31)	
	29	120.84	197.00	0.10	(4,734.48)	
	30	129.05	199.00	0.12	(4,804.42)	
	31	137.14	255.00	0.14	(4,922.28)	
	32	145.27	258.00	0.16	(5,035.01)	
	33	153.43	315.00	0.17	(5,196.59)	
	34	161.62	265.00	0.19	(5,299.97)	
	35	169.82	268.00	0.21	(5,398.15)	
	36	174.91	163.00	0.23	(5,386.24)	
	37	179.97	164.00	0.25	(5,370.27)	
	38	185.02	165.00	0.27	(5,350.25)	
	39	190.04	112.00	0.29	(5,272.21)	
	40	195.04	166.00	0.31	(5,243.17)	
부산신항역-영남 ICD	25	39.06	2,106.00	0.02	(2,066.94)	5
	26	42.34	93.00	0.04	(2,117.60)	
	27	45.41	40.00	0.06	(2,112.19)	
	28	48.50	40.00	0.08	(2,103.70)	
	29	51.60	94.00	0.10	(2,146.10)	
	30	54.72	41.00	0.12	(2,132.38)	
	31	56.27	41.00	0.14	(2,117.11)	
	32	57.82	95.00	0.16	(2,154.29)	
	33	59.36	42.00	0.18	(2,136.93)	
	34	60.89	42.00	0.20	(2,118.04)	
	35	62.41	42.00	0.22	(2,097.63)	
	36	63.84	42.00	0.24	(2,075.80)	
	37	65.25	42.00	0.26	(2,052.55)	

	38	66.65	42.00	0.28	(2,027.90)	
	39	68.04	42.00	0.30	(2,001.87)	
	40	69.41	42.00	0.32	(1,974.45)	
천안역-부산신항역	25	84.09	1,350.00	0.06	(1,265.91)	2
	26	91.79	25.00	0.13	(1,199.12)	
	27	99.53	25.00	0.20	(1,124.59)	
	28	107.29	79.00	0.26	(1,096.30)	
	29	115.09	26.00	0.33	(1,007.21)	
	30	122.90	26.00	0.41	(910.31)	
	31	128.56	80.00	0.47	(861.75)	
	32	134.21	81.00	0.52	(808.54)	
	33	139.86	82.00	0.58	(750.68)	
	34	145.51	83.00	0.63	(688.17)	
	35	151.15	84.00	0.68	(621.02)	
	36	153.90	31.00	0.75	(498.12)	
	37	156.63	31.00	0.81	(372.49)	
	38	159.32	31.00	0.88	(244.17)	
	39	161.98	31.00	0.95	(113.19)	
	40	164.61	85.00	0.98	(33.58)	
부산신항역-옥천역	25	1.75	1,080.00	0.00	(1,078.25)	5
	26	2.14	74.00	0.00	(1,150.11)	
	27	2.53	21.00	0.01	(1,168.59)	
	28	2.93	75.00	0.01	(1,240.66)	
	29	3.33	22.00	0.01	(1,259.33)	
	30	3.73	76.00	0.01	(1,331.60)	
	31	4.12	77.00	0.01	(1,404.48)	
	32	4.51	132.00	0.02	(1,531.97)	
	33	4.90	80.00	0.02	(1,607.07)	
	34	5.29	81.00	0.02	(1,682.78)	
	35	5.69	136.00	0.02	(1,813.09)	
	36	6.06	84.00	0.02	(1,891.03)	
	37	6.43	31.00	0.03	(1,915.61)	
	38	6.80	85.00	0.03	(1,993.81)	
	39	7.17	86.00	0.03	(2,072.64)	
	40	7.54	87.00	0.03	(2,152.11)	
부산신항역-천안역	25	50.58	972.00	0.05	(921.42)	4
	26	56.27	72.00	0.10	(937.15)	
	27	62.08	19.00	0.16	(894.07)	
	28	67.93	19.00	0.22	(845.15)	

	29	73.80	19.00	0.28	(790.35)	
	30	79.69	73.00	0.33	(783.65)	
	31	83.69	20.00	0.40	(719.97)	
	32	87.68	74.00	0.44	(706.29)	
	33	91.68	75.00	0.49	(689.61)	
	34	95.67	22.00	0.55	(615.94)	
	35	99.66	76.00	0.59	(592.28)	
	36	101.67	23.00	0.65	(513.62)	
	37	103.66	23.00	0.71	(432.96)	
	38	105.63	23.00	0.77	(350.32)	
	39	107.59	77.00	0.80	(319.73)	
	40	109.53	24.00	0.85	(234.21)	

표 66. 우선 도입 구간의 단계적 실용화 추진 순서

단계	1단계	2단계	3단계
노선	경기-부산-경기	충남-부산-충남	부산-충남
B/C	1.78, 0.90	0.98, 0.85	0.03
철도역	부산신항역 의왕ICD	천안역	옥천역

피기백 화차 연구개발의 결과물로 시제품이 적용될 수 있는 2025년부터 2040년까지 년차별 비용편익 분석을 통해 200KM이상의 구간에 대한 피기백 화차를 우선 도입 전략을 취하였는 바, 경제성 분석을 바탕으로 부산신항역, 의왕ICD, 천안역, 옥천역 순서로 피기백 화차 도입을 위한 화물역 계량 투자를 진행한다.

표 67. 우선 도입 구간의 화물역 계량 투자 순서

우선순위	1	2	3
철도역	부산신항역 의왕ICD	천안역	옥천역

본 보고서에서는 피기백 화차 도입 연구를 통해 철로 운송시 발생하는 환적 시간과 비용의 감축에 의한 철로운송 수단의 경쟁력 향상에 따른 철로 물류 활성화 방법론을 제시하고자 제1장에서 피기백 기술의 정의와 국내외 운영 동향 및 해외 선진국의 전환교통 지원정책사례를 제시하고 연구 목적과 경제성 분석 프레임워크를 제시함과 동시에 국내외 기술개발 현황을 기술하였다. 제2장에서는 피기백 화차의 도입대상을 검토하며 피기백 화차 도입 분석대상의 지역을 선정하고 피기백 전환 가능 구간의 예상 운임의 분석과 물동량을 예측하였다. 제3장에서는 피기백 화차 도입 시 발생하는 비용과 편익 분석을 통한 경제성 분석과 경제성 분석에 따른 실용화 영업 운행 전략을 제시하였다.

로짓모형을 기반으로 한 운송수단선택모형을 이용하여 운송 수단별 분담률의 변화를 분석한 결과 운송 수단을 선택하는 상황에서 피기백 화차의 도입은 기존 철로운송보다 환적 시간과 비용이 평균 70% 절감함으로써 발생하는 운송경쟁력의 향상으로 피기백 화차 도입 시기로 설정한 2025년 기준 분석 노선별 철로운송 분담률이 평균 34% 증가하였으며 특히 수도권-부산 간 철로운송 분담률은 54.85% 증가하였다.

분석 결과를 바탕으로 피기백 화차 도입에 필요한 화차구매, 화물역 계량, 유지/보수 비용과 철로운송 분담률의 변화에 따른 물류 운임 비용, 환경비용, 교통혼잡비용 감소 편익을 도출하는 공식을 개발하여 경제성 분석을 시행함으로써 B/C, NPV를 도출하였는데 노선의 길이가 300KM 이상인 구간을 대상으로 진행한 경제성 분석에서 B/C값은 1.18이 도출되었고 200KM 이상인 구간에서 1.09, 100KM 이상인 구간에서는 B/C값이 0.84로 도출됨으로써 B/C 수치와 구간 거리 간 상관관계가 있음을 보였다.

도출된 경제성 분석을 바탕으로 피기백 화차의 영업운영 전략을 수립하면서 경제성이 있다고 볼 수 있는 B/C 수치가 1 이상인 200km이상의 구간의 철도역 중 가장 많은 편익이 발생한 부산신항역을 1순위로 의왕ICD와 천안역, 옥천역의 피기백 화차 실용화를 위한 투자를 제안하였다. 1순위 투자 후 투자에 대한 리스크와 물류운송업자 및 시장의 반응을 모니터링하고 시장의 요구사항을 추가적으로 보완해감을 통해 효용성을 높이면서 영남ICD과 더불어 추후 연구시 경제성이 있다고 도출된 화물역을 후속 투자 전략의 수립으로 년차별로 1개 구간단위로 점진적인 단계적 실용화 추진과 각 구간단위로 개선된 피기백 화차 및 관련 시스템 도입을 통해 시장의 긍정적인 반응을 유도하여 피기백 화차의 활용성을 극대화하는 사업화 전략의 수립의 필요성을 부각할 수 있게 되었다.

더불어 철로운송 분담률의 변화에 따른 물류 운임 비용, 환경비용, 교통혼잡비용 감소 편익을 도출함에 있어 2040년 기준 전체 2703.2억의 총 편익 중 2613.8억이 물류 운임절감에 따른 편익이 도출되었는데 전체 총 편익값의 약 96.69%로 물류운임절감에 따른 편익이 일방적으로 큰 예기치 않는 연구 결과가 도출되었다.

따라서 이를 해결하기 위해 독일 영국, 프랑스와 같은 해외 선진국의 사례처럼 환경비용의 중요성을 현실적으로 반영한 환경편익 모형 개발의 필요성을 제기하게 되었다. 만약 독일 영국, 프랑스와 같은 해외 선진국의 사례처럼 환경비용의 중요성을 현실적으로 반영한 환경편익 모형 개발의 후속연구가 이루어 진다면 피기백 화차 도입에 따른 편익의 증가가 잘 반영되어 편익이 증가하게 되고 이에 따라서 경제성이 있는 화물역의 수도 증가하여 피기백 화차 실용화에 따른 투자의 활성화를 기대할 수 있다.

결론적으로 계량 경제학적 모델인 수단선택 모형을 이용한 실증연구를 통해 피기백시스템 화차 도입에 따른 철로운송분담률의 증가와 그에 따른 경제성분석을 통해 피기백 화차 실용화 영업운영전략을 수립함으로써 피기백 화차 기술의 활성화를 위한 방법론을 제시했다.

4. 피기백 화차 운영을 위한 운영규정(안) 제시 연구

□ 피기백 화차 운영관련 기술 규정(기준) 검토

일반 철도차량 화차운영에 관련한 기술 규정에는 철도안전법에 근거를 찾아 볼 수 있으며 철도안전법 제26조제3항에서 형식승인, 법 제26조의6제1항에 따른 완성검사, 제31조제1항 및 제32조제1항에 따른 형식승인 사후관리에 필요한 필수요구사항, 주요장치별 구조 및 설계요구사항, 부품, 구성품, 완성차, 시운전단계에서의 시험규격서 등을 규정하고 있다.

이 기술규정은 화차의 안전, 성능, 인터페이스, 운영 및 유지관리, 신뢰성 및 가용성, 보건, 환경보호, 기술적 호환성 등을 다루고 있어 국가가 검증해야할 최소한의 요구사항을 규정하고 있다.

유럽연합EU의 화차TSI 기준에서는 속도규정인 최고운영속도, 최대축중, 지리적 범위, 상호운용성에 대한 적용 범위를 명시하고 있다.

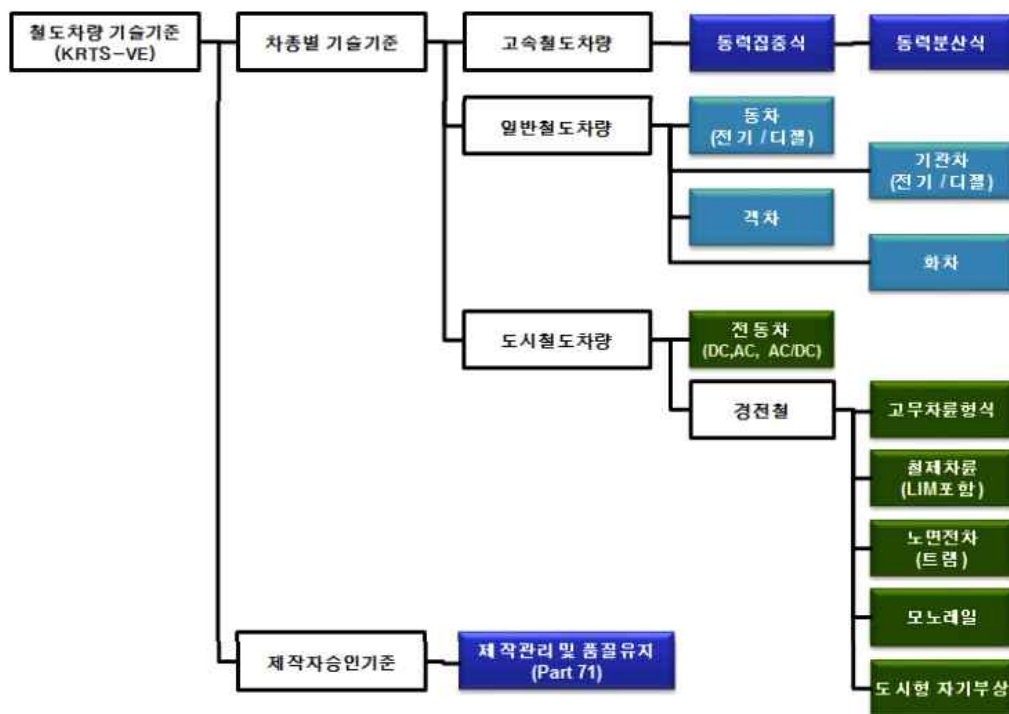


그림 145. 철도차량기술기준 구성체계도

피기백화차의 영업운행을 위한 화차의 기술기준은 기본적으로 일반철도차량(화차) 기술기준을 준용할 수 있다. 기존의 기술수준은 5가지로 주요내용이 정리된다.

1. 개 요
 - 기술적 범위
 - 지리적 범위
2. 적합성 평가
3. 필수 요구사항
 - 3.1 일반 사항
 - 3.2 안전
 - 차량한계, 탈선, 충돌, 화재
 - 3.3 성능
 - 3.4 인터페이스 (차량-궤도)
 - 3.5 운영 및 유지관리
 - 3.6 운용한계
 - 안전운행, 보건, 소음, 호환성, 신뢰성/가용성
4. 주요장치별 기준
 - 4.1 일반사항
 - 4.2 차체 및 설비
 - 4.3 주행장치
 - 4.4 제동장치
 - 4.5 연결장치
5. 시험규격서
 - 5.1 구성품 시험
 - 5.2 완성차 시험
 - 5.3 시운전 시험

피기백화차의 영업운전에 필요한 규정은 안전요구상으로서 차량한계, 주행안전, 차량중량 중량분포, 화재안전에 대한 특별한 고려가 요구된다.

특히, 화재안전의 경우 화재안전설계, 화재시 화물을 대피시킬 수 있는 절차 및 기능확보가 되도록 설계되어야 한다. 화재진압설비와 승무원과 작업원과의 화재진압절차와 관리 방안을 마련하여야 한다. 화물의 안전수송을 위해서는 운행조건을 고려하여 기후조건, 하중조건, 운전조건, 운행성능, 인터페이스 기술을 정의하는 것이 요구사항이다. 화물트럭의 상하차 프로세스 및 주행중 결박상태의 감시 및 상태관리가 안전운행을 확보하는 데 매우 중요하다.

□ 피기백화차 화물적재차량 감시를 위한 규정(안) 제시

○ 출발전 사전 점검

피기백 화물을 운송하기 전 화물의 정확한 운송을 위하여 화물차의 출입기 록(영상), 화물의 적재(배열 포함) 상태, 화물의 결박상태, 화물 운송에 불필요한 화물차의 외장 장치(화물의 높이 고려?-안테나 등) 제거와 함께 차량과 화물칸 부분의 일체로 불의 사고시 차량과 화물칸의 분리 방지를 위한 조치 확인을 수행하며, Wheel 결박은 앞, 뒤로 정확한 규정을 준수 하였는가? 를 열차 운송전 사전 점검으로 운행시 발생할 수 있는 불필요한 상황에 안전을 최우선으로 확보하도록 함.

○ 결박장치 사전점검

피기백 화차는 지면으로부터 화물차량의 높이를 낮추며, Wheel를 썬기 (Wedge; 철제작)로 고박시키는 방법을 사용하고 있어, 동절기 또는 혹한기와 같이 마찰력이 상대적으로 적은 경우는 썬기 화물차량이 고박에서 빠져 나가는 경우를 방지하도록 풍압에 대비한 차량 결박과 Wheel 결박, 차량에서 제공하는 압축력을 이용한 화차와의 일체화로 안전장치가 이중으로 마련하도록 함.

○ 차량안전을 위한 Cargo 및 Flight 사전 검토

- Cargo 부분 : 차량 4축에 무게는 동일한 값일 것
- Freight 부분 : 차량 4축 무게를 균일하게 할 것
- Cargo 결박시 동일한 Tension 으로 결박하여야 함.
- 곡선 또는 급정거 및 운전 특성상 주기적 진동(상,하,좌,우)과 레일 이음부/분기기에서 발생하는 충격에도 결박 상황이 보장되어야 함.
- 급정거에 따른 시 나타나는 충격 등에도 결박 상황이 보장해야 함.

○ 차량 출입 영상등록

- 화물을 운송하고자 하는 등록은 등록게이트에서 출입기록을 영상 저장하여야 함
- 차량번호 및 전, 후, 좌, 우를 녹화하여 출입기록을 남기도록 함.

○ 화물차량 높이 점검사항

- 최고 허용 높이인 4,500mm를 만족하여야 함
- 대형트럭의 최대 차고 높이 4,000mm를 만족하여야 함.

○ 화물 배열과 잠금에 대한 점검사항

- 화물의 적재 상태 및 배치 형태가 축별 무게가 일치하도록 배열 및 배치할 것.
- 운송시 화물고 개방에 따른 피해가 없도록 잠금 상태를 점검할 것

○ 차량 적재를 위한 부착물 및 차량과 화물배치 사항

- 철도 차량의 운송에 불필요한 부착물을 제거 함.
- 철도 운송시 차량과 화물고를 차량압력으로 일치화 시킴.

○ 차량 적재 및 Wheel 결박 unit 점검 사항

- 열차 운송시 어떠한 상태에도 운전석 문이 개발되지 않도록 함.
- 하나의 Wheel을 중심으로 앞뒤로 결박하도록 함.

□ 피기백화차 차체 및 설비를 위한 규정(안) 제시

○ 차체

- 어복형 차체 신규개발 (일반도 참조)

○ 철도 규격품(표준품) 적용

- 대차 (주행장치), 제동구성품, 연결장치는 기존 규격품과 동일화 추진

○ 연결호환성

- 기존운행 기관차, 객차, 화차류와 연결 가능한 구조 및 높이의 연결 시스템 적용

○ 차체 Floor 높이 제한

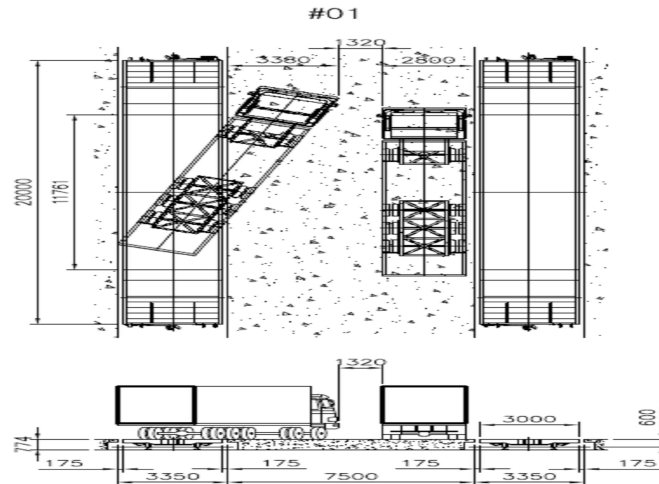
- Floor 상면 높이(Rail 상면 Floor : Max 600mm)
- 기존 전차선 Catenary와 간섭 회피 -200mm
[화물트럭 높이 Max 4,500mm + 차체 Floor 600mm = 5,100mm)

○ 화물차량의 자차 운영

- 차량 Floor 높이(Max 600mm)와 동일한 Platform이 구축되면 트럭 자차 운전에 의한 상,하역 가능한 구조로 구성
- 트럭 차체의 전,후진 회전반경을 감안한 차체 공간 확보 필요
- Platform과 화차의 간격 고려 필요

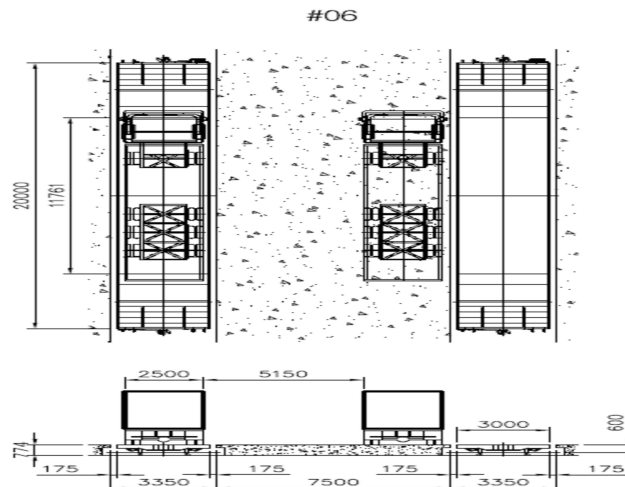
○ 피기백화차 영업운행 대상역 플랫폼 운영 방안

- 플랫폼에서 운전 1



○ 피기백화차 영업운행 대상역 플랫폼 운영 방안

- 플랫폼에서 운전 2



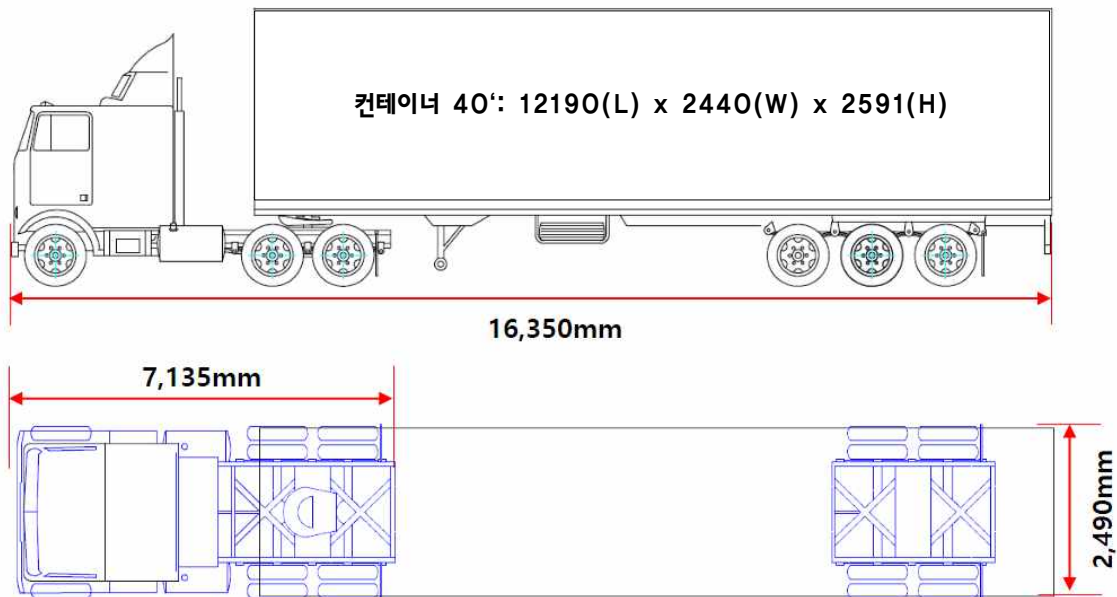
2-6-12. 피기백 화차 시제품(현차) 조합 성능시험 연구

1. 조합성능 시험검증 개요

연구개발 중인 어복형 피기백 화차에 컨테이너 수송용 차량(트랙터+세미트레일러+컨테이너)의 자체 구동에 의한 피기백 화차 상부에 상·하차의 용이성을 확인하고자 하며, 상·하차 동적거동 방법은 단계별로 수행하고자 함.

- 1단계 검증: 컴퓨터 시뮬레이션으로 진행 - 검증완료
- 2단계 검증: 컨테이너 수송용 차량의 자차 상·하차 시험 - 검증완료
- 3단계 검증: 피기백 화차 제작 완료 후 실제 차량 조건에서 컨테이너수송용 차량의 자차에 의한 상·하차 시험 실시 - 실시 추진
- 시험 차량 제원 : BENZ 3363S 6x4 (규격 : mm)

전 장	전 폭	전 고	전륜거	후륜거	제1축거	제2축거
7,135	2,495	3,865	2,070	1,830	3,450	1,350



가. 현차 조합성능 시험 방안

피기백 화차 상면(Floor면)에 적재되는 컨테이너 수송용 차량에 대해 별도의 상·하차 장치 사용없이 차량 자체 운전으로 적재 가능성을 확인하고, 이 때 상차·하차 시의 소요시간을 측정하여 적재 차량의 운영성을 확인한다.

1) 플랫폼(Platform) 활용

피기백화차 운행 시의 바닥 상면 높이에 해당하는 저상 플랫폼(600mm) 조건에서 컨테이너 수송용 차량 상·하차를 구현하고자 국내 철도 시설물 (기지, 역사 외)을 확인했으나, 저상 플랫폼(Lower Lever Platform)이 구축 안된 상태로 시험 실시에 한계가 있고, 상·하차 시험 검증을 실시 할 수 없는 상태로서 이에 대안 방안을 검토하여 추진하고자 한다.

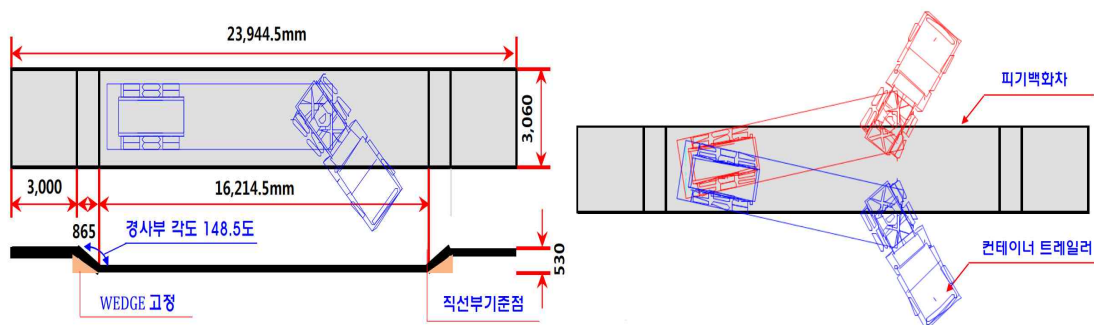
2) 피기백 바닥 구조 구현 확인

컨테이너 수송용 차량이 적재되는 피기백화차 상부 구조와 트레일러의 타이어 접촉이 이루어 지는 영역(Tire ↔ 피기백화차 Floor 부위)을 실제 화차조건과 동일하게 구조물을 제작, 지상에 고정 시킨 상태에서 상·하차 성능을 확인토록 한다.
또한, 피기백 경사부를 양측면에 동일 구조로 구성하여 컨테이너 수송용 차량의 상·하차 시간섭 여부 등 공간 확보성을 검증한다.

3) 상·하차 시 컨테이너 수송용 차량의 회전 각도 등을 고려한 Platform의 적정 폭을 측정한다.

나. 피기백 화차 상하차 조합성능 시험 검증 항목 및 방법

1) 피기백 화차 바닥 구조물 조건 구현 (도상면)



2) 컨테이너 수송용 차량 자차 상·하차 시험

(좌·우측 상·하차 각 3회 실시 및 확인)

3) 상·하차 시간 측정

(예비 시험 실시 후, 좌·우측 상·하차 각 3회 측정)

4) 플랫폼 여유 간격 측정

5) 시험항목 및 방법

가) 상·하차 동적거동 확인

컨테이너 수송용 차량 상차부의 거리 간격 적합성

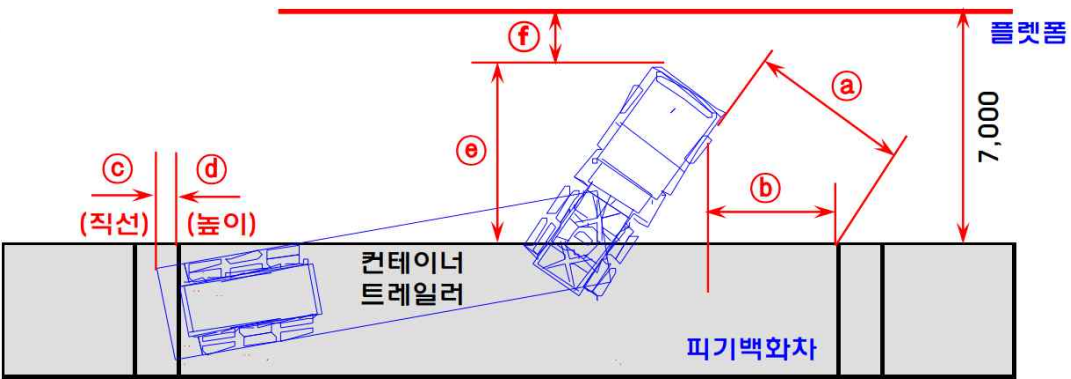
피기백 화차 경사부 간섭 여부 확인

나) 상·하차 동적 거동 시간

상차, 하차 시의 시간 측정

다) 플랫폼 기준의 좌·우측 접근성 확인(상차, 하차)

라) 플랫폼 기준선과 컨테이너 차량 돌출부의 여유 간격



구분 항목		좌측			우측			비고
		1	2	3	1	2	3	
측정 거리	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
거동 시간	상차							10분(') 이내
	하차							10분(') 이내
비고	A부: 전축 타이어 <-> 경사부 (평행 간격)							
	B부: 전축 타이어 <-> 경사부 (직선 간격)							
	C부: 범퍼 가이드 <-> 경사부 (직선 간격)							
	D부: 범퍼 가이드 <-> 경사부 (높이 방향 간격)							
	E부: 기준선 <-> 컨테이너 수송용 차량 코너 (최대 돌출 간격)							
	F부: 플랫폼 <-> 컨테이너 수송용 차량 코너 여유 간격							

다. 피기백화차 조합성능 시험 추진 현황

1). 시험일시

:2021년 4월 22일 (08:00 ~ 17:00)

2). 시험장소

:경상남도 함안군 소재 ㈜명성테크

3) 시험내용

- 시험 준비 사항
 - 피기백 화차 바닥 구조 JIG 설치 및 고정
 - 플랫폼 크기 표시 (차량의 측면 → 7m 좌우 측면 기준선)
 - 컨테이너 트레일러 차량 (기준 16.7m : 실측정 시 16.9m)
 - 피기백 화차의 현차 조건 구현
- 시험 방식
 - 컨테이너 트레일러 차량의 자차 운전을 통하여 피기백 화차의 좌측면, 우측면에
서 각각 3회 상차 시험 실시
 - 좌측면, 우측면 상·하차 시 플랫폼(Platform) 기준선과의 간격 측정, 차량 범퍼와
화차 전·후 경사부의 간격 측정, 차량 뒷부분 범퍼와 화차 경사부의 간격 측정 등
실시
 - 상차, 하차 시 각각의 완료 시간 측정 실시

가) 차량 전두 범퍼 <-> 화차 경사부 간격

구분		범위 (mm)	평균 (mm)	비고
좌측 상차	A (평행거리)	750 ~ 1200	1015	
	B (직선거리)	500 ~ 700	620	
우측 상차	A (평행거리)	670 ~ 1400	920	
	B (직선거리)	530 ~ 750	670	

나) 차량 후부 범퍼 <-> 화차 경사부 간격

구분		범위 (mm)	평균 (mm)	비고
좌측 상차	C (직선거리)	400 ~ 650	530	
	D (높이)	180 ~ 280	240	
우측 상차	C (직선거리)	370 ~ 650	510	
	D (높이)	170 ~ 290	240	

다) 화차 측면부 <-> 플랫폼 간격 (7m 기준)

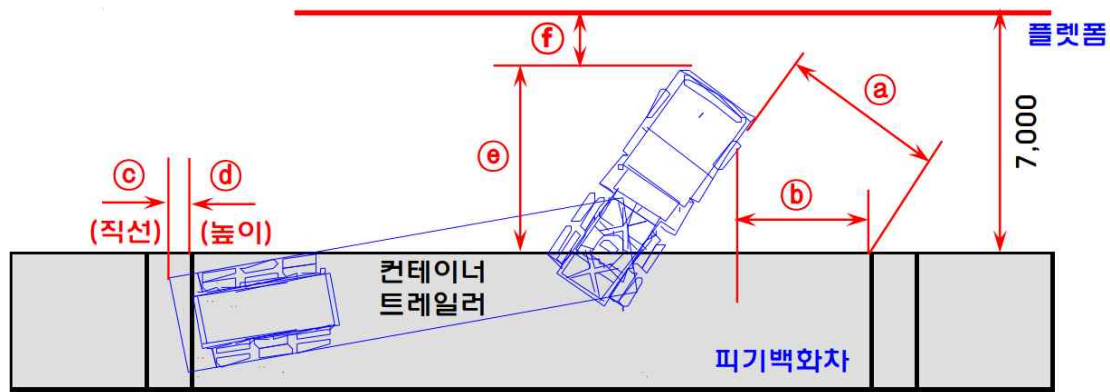
구분		범위 (mm)	평균 (mm)	비고
좌측 상차	E (차량돌출)	4500 ~ 4900	4750	
	F (여유)	2550 ~ 2700	2650	
우측 상차	E (차량돌출)	4700 ~ 5100	4880	
	F (여유)	2100 ~ 2750	2450	

라) 차량 상·하차 시 거동 시간

구분		범위 (sec)	평균 (sec)	비고
좌측 상차	상차시간	180 ~ 240	210	
	하차시간	45 ~ 80	62	
우측 상차	상차시간	460 ~ 540	494	
	하차시간	40 ~ 65	50	

• 피기백화차 바닥 상부에 컨테이너 트레일러 차량의 자차 운전에 의한 상·하차를 실시한 결과

- 상·하차 시험 측정 시 간섭 발생 부분은 없었으며, 트레일러 차량의 화차 상부 정렬 시 수차례 수준의 전·후진 조정이 있었음.
- 피기백화차 기준 좌측부에서의 상차가 우측부 상차보다 용이하였으나 이는 운전자의 기량, 숙련도 등에 따른 차이로 판단됨.
- 트레일러 차량의 상·하차 시 거동시간을 측정한 결과, 상차 시 최대 8분 14초(494초), 하차 시 최대 1분 20초(80초)가 측정되어 상기 과제 목표인 상·하차 시 10분(600초) 이내를 만족하는 결과를 도출함.
- 플랫폼 크기를 고려한 피기백 측면 기준 7m 라인은 상·하차 조건에 따른 차이(약 7,330mm ~ 7,400mm)가 있으므로, 8 ~ 8.5m 수준으로 여유 간격을 부여하는 것이 필요할 것으로 사료됨.



구분		좌측(mm)			우측(mm)			비고
		1차	2차	3차	1차	2차	3차	
측정 거리	A	1100	1200	750	1400	670	690	
	B	670	500	700	530	730	750	
	C	400	540	650	370	510	650	
	D	270	280	180	290	260	170	
	E	4500	4900	4750	5100	4700	4850	
	F	2700	2700	2550	2100	2550	2750	
거동 시간	상차	180"	210"	240"	540"	480"	460"	10분(600") 이내
	하차	80"	60"	45"	65"	45"	40"	10분(600") 이내
비고	A부: 전축 타이어 <-> 경사부 (평행 간격)							
	B부: 전축 타이어 <-> 경사부 (직선 간격)							
	C부: 범퍼 가이드 <-> 경사부 (직선 간격)							
	D부: 범퍼 가이드 <-> 경사부 (높이 방향 간격)							
	E부: 기준선 <-> 컨테이너 수송용 차량 코너 (최대 돌출 간격)							
	F부: 플랫폼 <-> 컨테이너 수송용 차량 코너 여유 간격							

4) 피기백 화차 트레이러 좌측면 상하차 시험

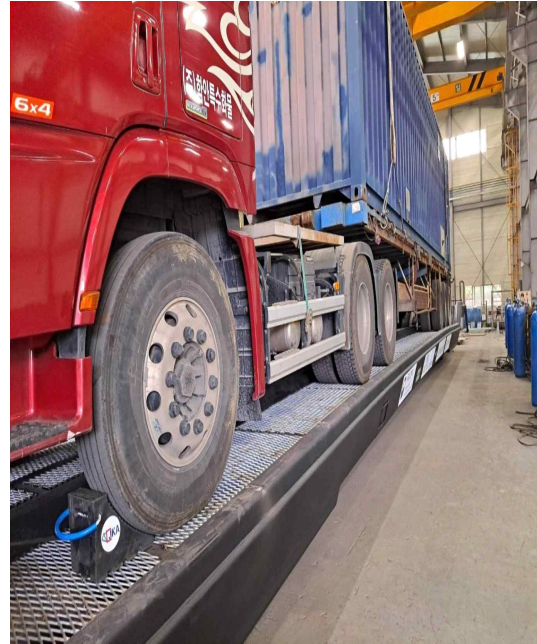




4) 피기백 화차 트레이러 상차 시험 완료 점검



[컨테이너 트레이러 상차 완료 상태]



[컨테이너 트레일러 상차 완료 상태 - 좌측부]

5) 컨테이너 트레일러 상차 시험 최종 상태 검증



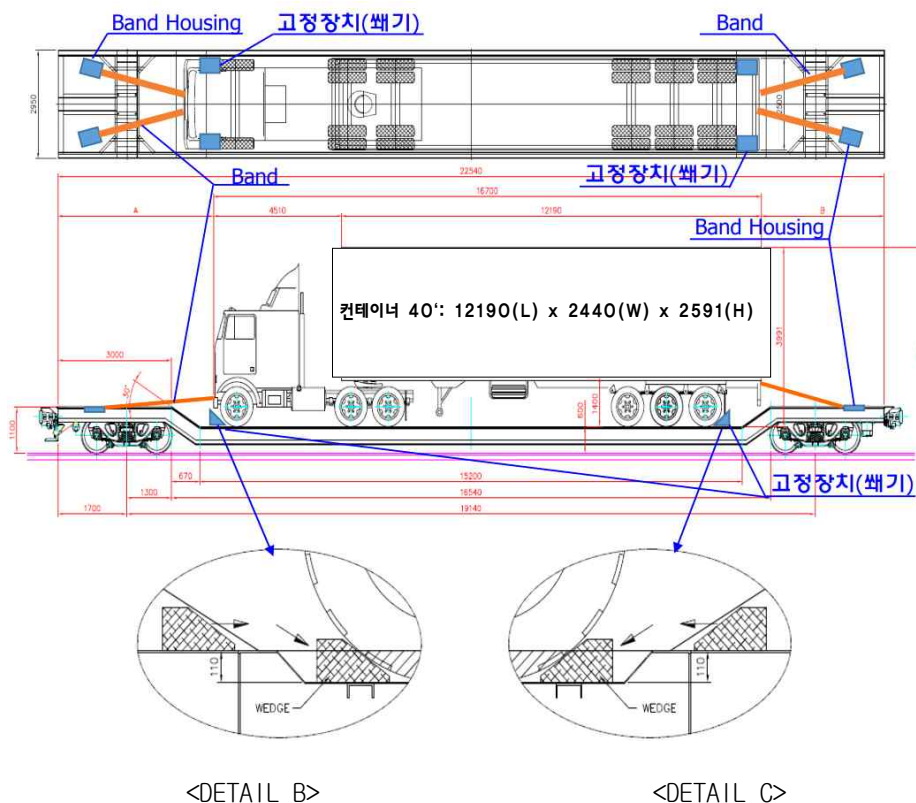
[컨테이너 트레일러 상차 시험 최종 상태 확인]



[컨테이너 트레일러 상차 시험 최종 상태 확인]

2. 결박/고정장치 상태 모니터링 성능시험 연구

연구개발 중인 어복형 피기백화차의 바닥 상부에 컨테이너 수송용 차량 (트랙터+세미트레일러+ 컨테이너 / 물류화차 동일 구조)이 적재된 후 컨테이너 차량의 타이어 부분과 범퍼 부분을 고정 및 결박하여 적재물의 안전한 상태를 유지하고자 한다.



가. 고정장치

컨테이너 수송용 차량 타이어 부위 $\leftrightarrow$ 화차 상면 접촉부에 차량의 전·후 방향 유동을 방지하기 위하여 고무재질로 만들어진 고정장치 (뺨기)를 설치하여 접촉성, 미끄러짐 등의 기능을 확인한다.



고정장치(뺨기)

결박장치(라쳇형 후크 밴드)

나. 결박장치

화차 상부에 설치된 결박장치에서 라쳇트 구동 방식의 후크가 부착된 밴드를 컨테이너 수송용 차량의 전·후 하면 범퍼 또는 차량 견인용 장치에 체결하여 화차 운행 중 발생할 수 있는 차량의 좌우 제어할 수 있도록 한다.

- 1) 피기백화차 바닥 상부에 컨테이너 수송용 차량이 적재된 후 결박장치를 이용하여 그 기능을 확인한다.
- 2) 결박장치 검증
 - 결박장치는 화차 바닥면에 매립형으로 고정되어 밴드 결박 시 장치의 강도적 측면의 검증을 한다.
 - 결박장치의 구조 안정성 : 장치의 고정부, 라쳇트 고정부 강도
 - 결박용 밴드의 인장 강도

3) 상태 확인

고정장치(뺨기), 결박장치가 체결된 이후, 각 장치에 대한 기능 확인 검증

다. 시험항목

- 1) 결박장치의 구조 안정성 평가
- 2) 결박용 밴드 인장 시험 평가

라. 시험방법

1) 결박용 밴드 인장 강도 시험평가

가) 시험 개요

- 시험 목적 : 록킹장치 라쳇부 부품 중 장력을 받는 벨트와 벨트를 지지하는 축의 강도를 확인하기 위함
- 시험 일시 : 2021년 6월 9일 14:00~16:30
- 시험 장소 : 한양대학교 ERICA캠퍼스 구조실험동

나) 시험 방법

· 라쳇부 벨트 인장시험

- 시험 하중 : 0kN → 파단 시까지



[벨트 인장시험 방법]

· 라쳇부 축 전단시험

- 시험 하중 : 0kN → 소성변형 시까지



[축 전단시험 방법]

다) 시험 장비

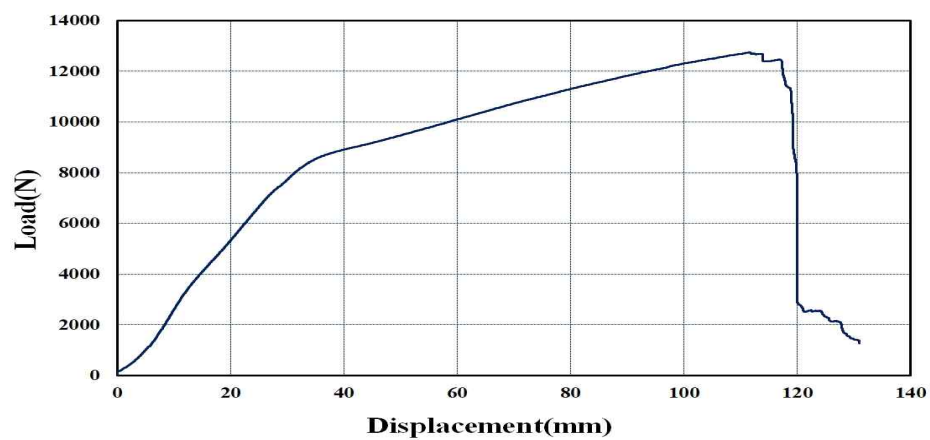
- 300kN 인장시험기
 - 모델 : TT170210
 - 제조사 : 케이디정밀
 - 주요 사양

항목	사양	비고
최대부하하중	30,000 kgf	
최대검출하중	30,000 kgf	
시험속도	0.1 ~ 350 mm/min	
유효인장시험간격	0 ~ 800 mm	
유효압축시험간격	0 ~ 900 mm	
구동전동기	3.5 kW 2,000 rpm AC Servo Motor	
하중검출기	Load cell-Tension/Compression type +/- 0.1% Non Linearity Accuracy 3 mV/V Rated Output 150% Over Load Capacity 30,000 kgf	
변위검출기	Rotary Encoder 100 Pulse/Revolution	
베이스프레임	Steel Plate & Form Steel 1350 x 950 x 3200 mm Dimension 4 Places Leveling Pad	
시편 그립	Compression Jig unit Standart Wedge type Tension chuck	

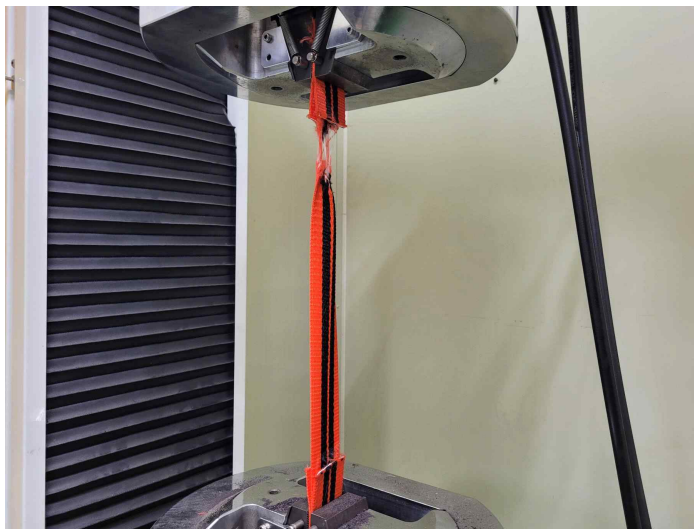
라. 시험 결과

· 라쳇부 벨트 인장시험 결과

시편	시 험 결 과	
	최대 하중(N)	최대 하중 시 변위(mm)
록킹장치 라쳇부 벨트1	12 740.45	111.40
록킹장치 라쳇부 벨트2	12 350.43	99.49
록킹장치 라쳇부 벨트3	13 406.05	119.89
평균	12 382.31	110.26



[벨트 시편1 변위-하중 결과]



[벨트 시편 1 : 파단]

마. 시험성적서 및 교정성적서 참조

시 험 성 적 서

우15588 경기도 안산시 상록구 한양대학교로 55 초대형구조실험동 신관101호 Tel: 031-438-7183, Fax: 031-438-8158 http://www.totalenc.co.kr		성적서 번호 : TOTAL-21-307 페이지 (1) / (총 5)			
1. 의뢰자 ☐ 기관명 : (주)제이케이에이 ☐ 주 소 : 경기도 김포시 양촌읍 대곶대로 580번길 57 ☐ 연락처 : 전화 : 031-996-5991 / e-mail : ihkim@jkarail.co.kr					
2. 시험대상품목 / 물질 / 시료 설명 : 복원장치 라켓부 볼트					
3. 시험기간 : 2021 년 06 월 09 일 - 06 월 09 일					
4. 시험방법 : 의뢰자 제시조건					
5. 시험장소 : ☒ 교정시험실 ☐ 현장시험 (주소 :) [필요시]					
6. 시험결과 :					
시험체명		시험 결과			
		최대 하중(N)	최대 하중 시 변위(mm)		
복원장치 라켓부 볼트1		12 740.45	111.40		
복원장치 라켓부 볼트2		12 350.43	99.49		
복원장치 라켓부 볼트3		13 406.05	119.89		
평균		12 382.31	110.26		
☐ 시험항목, 단위, 결과, 측정불확도(신뢰수준 %, k=) [필요 시 포함사항] 등 ☐ 이 시험결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다. ☐ 본 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련 없음을 밝힙니다.					
확 인	작성자 성 명 : 이 중 규	승인자 직 위 : 기술책임자 성 명 : 김 상 학			
2021 년 06 월 14 일					
(주)토탈이엔씨 대표이사 (인)					

TOTAL-QP-15-06(01) (주)토탈이엔씨 A4(210 × 297)

시 험 성 적 서

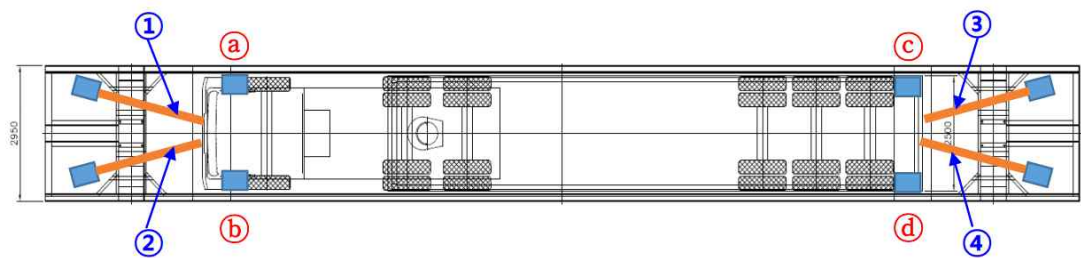
우15588 경기도 안산시 상록구 한양대학교로 55 초대형구조실험동 신관101호 Tel: 031-438-7183, Fax: 031-438-8158 http://www.totalenc.co.kr		성적서 번호 : TOTAL-21-306 페이지 (1) / (총 4)			
1. 의뢰자 ☐ 기관명 : (주)제이케이에이 ☐ 주 소 : 경기도 김포시 양촌읍 대곶대로 580번길 57 ☐ 연락처 : 전화 : 031-996-5991 / e-mail : ihkim@jkarail.co.kr					
2. 시험대상품목 / 물질 / 시료 설명 : 복원장치 라켓부 축					
3. 시험기간 : 2021 년 06 월 09 일 - 06 월 09 일					
4. 시험방법 : 의뢰자 제시조건					
5. 시험장소 : ☒ 교정시험실 ☐ 현장시험 (주소 :) [필요시]					
6. 시험결과 :					
시험체명		시험 결과			
		최대 하중(N)	최대 하중 시 변위(mm)		
복원장치 라켓부 축		6 700.24	33.64		
☐ 시험항목, 단위, 결과, 측정불확도(신뢰수준 %, k=) [필요 시 포함사항] 등 ☐ 이 시험결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다. ☐ 본 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련 없음을 밝힙니다.					
확 인	작성자 성 명 : 이 중 규	승인자 직 위 : 기술책임자 성 명 : 김 상 학			
2021 년 06 월 14 일					
(주)토탈이엔씨 대표이사 (인)					

TOTAL-QP-15-06(01) (주)토탈이엔씨 A4(210 × 297)

교 정 성 적 서

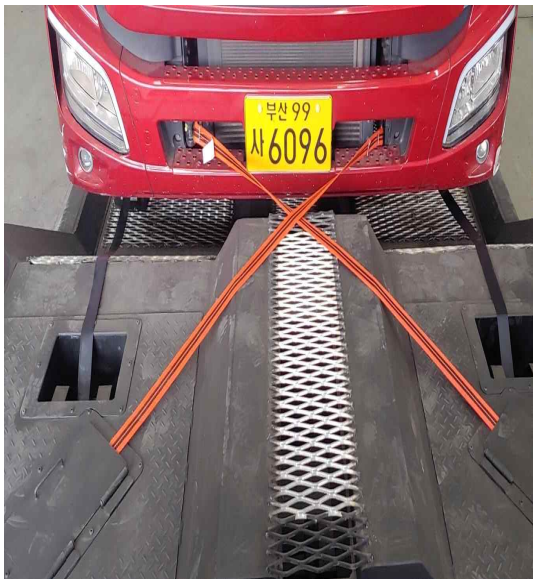
(주)대영씨엔티 경기도 군포시 공단로140번안길 10-10 (당정동) Tel: 031-458-1020, Fax: 031-458-1134		성적서 번호 : 2104481-001 페이지 (1) / (총 2)			
1. 의뢰자 기 관 명 : (주)토탈이엔씨 주 소 : 경기도 안산시 상록구 사동 1271 한양대학교전환경건측연구센터신관 302					
2. 측정기 기 기 명 : 인장 및 압축 시험기 제작회사 및 형식 : 케이디 정밀 / 300 kN / 2단 기 기 번 호 : TT170210					
3. 교정일자 : 2021. 04. 16					
4. 교정환경 온 도 : (17.3 ± 0.3) °C 습 도 : (38 ± 1) % R.H. 교정장소 : ☐ 교정표준실 ☒ 이동교정 (주소 : 경기도 안산시 상록구 사동 1271 한양대학교전환경건측연구센터신관 302)					
5. 측정표준의 소급성 교정방법 및 소급성 서술 : 상기 기기는 인장 및 압축시험기 교정지침서(DYS-CW-F02)에 따라 국가교정표준기관으로부터 측정 기의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 비교교정되었습니다. 교정에 사용한 표준장비 명세					
기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관	
디지털 온도도계	testo / 608-H1	7648	2021. 07. 03	(주)대영씨엔티	
힘 측정기	BONG SHIN / 300 kN	G04296	2021. 06. 28	(주)대영씨엔티	
힘 측정기	BONG SHIN / 100 kN	S05798	2022. 03. 31	(주)대영씨엔티	
6. 교정결과 : 교정결과 참조 7. 측정불확도 : 교정결과 참조					
이 성적서의 진위확인용 (주)대영씨엔티 홈페이지 (www.dyent.co.kr)에서 확인하실 수 있습니다.					
확 인	작성자 성 명 : 이지영	승인자 직 위 : 기술책임자 성 명 : 양승재			
위 성적서는 국제시험기관인정협력체 (International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협 정 (Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과 입니다.					
2021. 04. 22					
(주)대영씨엔티 대표이사 (인)					
한국인정기구 인정					
(주)이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.					
DYS-CP-14-01 Rev.09 (주)대영씨엔티					

2) 결박장치의 구조적 안정성 평가



구분		이상 유무		비고
		장력 보유/밀착 상태	장력 미보유 / 유동 상태	
밴드	①	장력 보유	해당 사항 없음	
	②	장력 보유		
	③	장력 보유		
	④	장력 보유		
썬기	a	밀착 상태		
	b	밀착 상태		
	c	밀착 상태		
	d	밀착 상태		

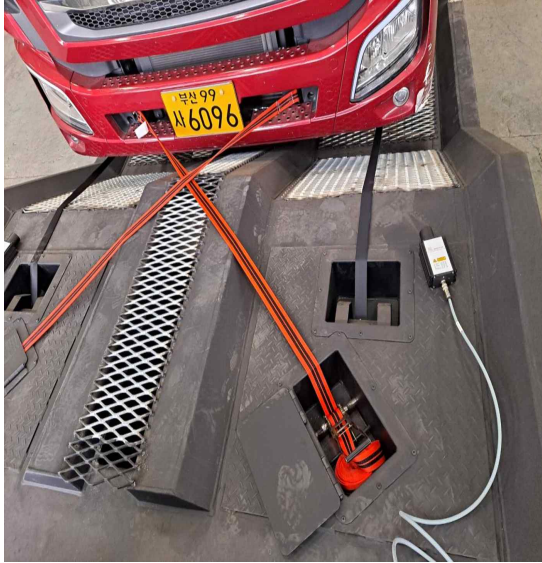
라. 피기백 화차 결박 장치 설치 시험 결과



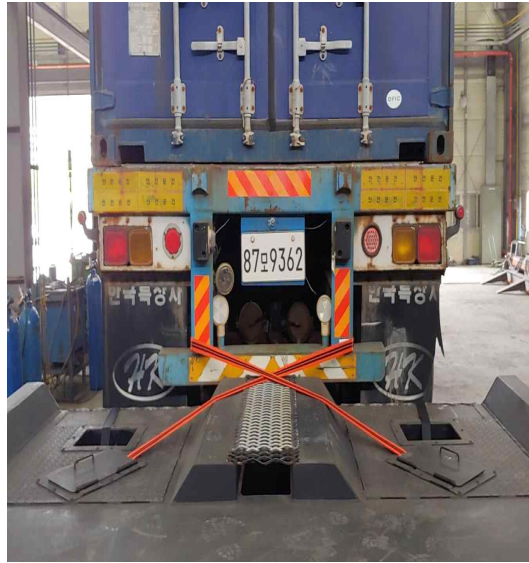
[피기백 화차 결박장치 설치 완료 상태]



[피기백 화차 결박 장치 체결 상태 - 좌측]



[결박 장치 체결 상태 - 우측]



[결박 장치 체결 상태 - 후부]

1) 결박장치 구조안정성 시험 기준

- 목표 하중조건 : 7.0톤 / 1량 (1750Kg/ 1개소)
- 기존 기준 하중 : 3.5톤 / 1량 (875Kg /1개소)

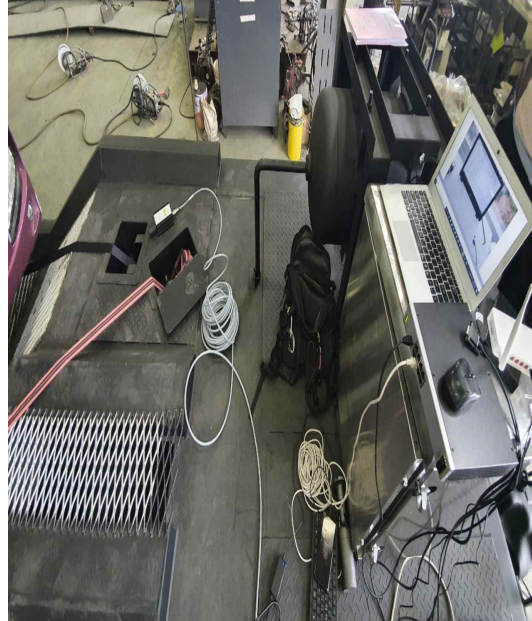
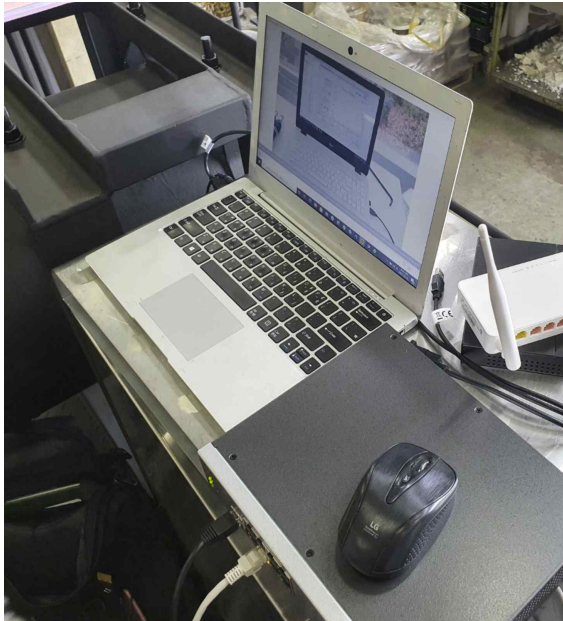
2) 밴드 설치에 따른 구조안정성 판단 결과

- 밴드자체/후크 부분 이상없음
- 밴드/후크연결부 재봉선에서 파단박리 발생 : 평균하중 1,300Kg에서 발생(5.2톤/1량)
- 기존 사용기준(3.5톤) 대비 48% 강도 증대 수준
- 밴드 4개 설치시 (전후 4개) 목표 하중기준(7.0톤) 만족대비 75% 수준 만족
- 밴드 6개 설치시 (전후 4개 + 좌우 2개) 목표 하중기준(7.0톤) 만족대비 1.03배 수준 만족

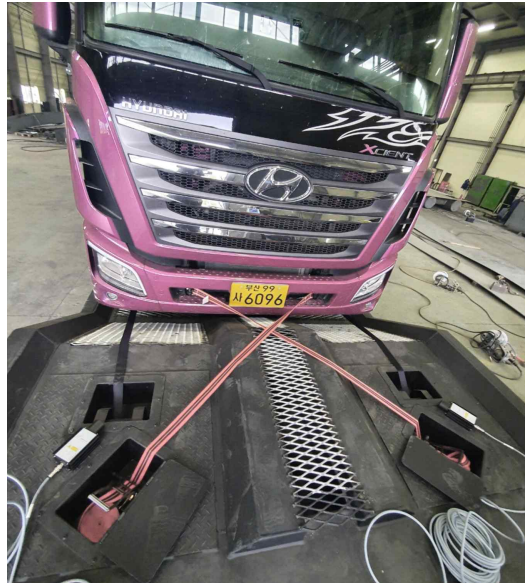
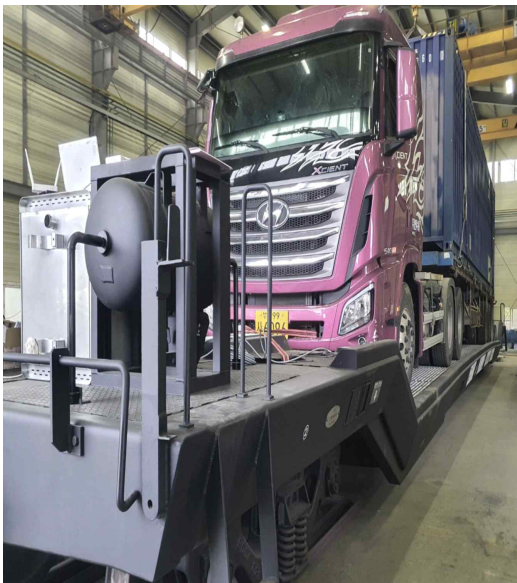
3) 결 론

- 밴드 4개 설치 기준의 경우 기존 사용하중기준(3.5톤) 보다는 강도가 증대(5.2톤) 되었으나, 목표하중달성에는 부분적으로 부족한 것으로 검토됨.
- 이 경우, 밴드 연결 재봉선부분의 구조보완(2중 등)시 목표달성이 가능 할 것으로 판단 됨.
- 밴드 6개 설치 기준의 경우 전후 결박과 좌우 결박을 결합한 구조로서 목표사양 만족 뿐만 아니라, 열차 주행시 좌우 횡방향 주행안정성을 확보할 수 있어 유리한 것으로 판단 됨.

마. 피기백 화차 결박 장치 체결상태 모니터링 성능 시험



[실시간 상태감시 모니터링 시험 상태]

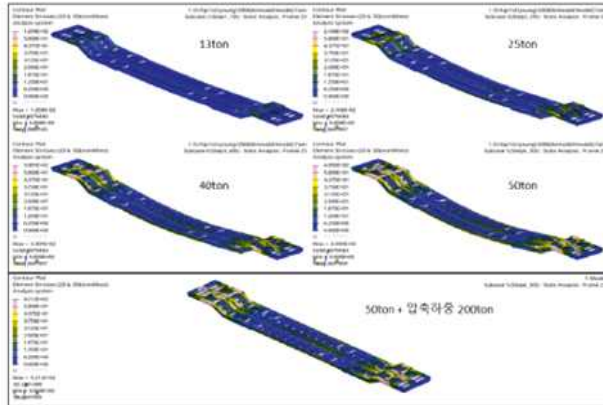


[트레일러 현차 실시간 감시장치 설치 상태]

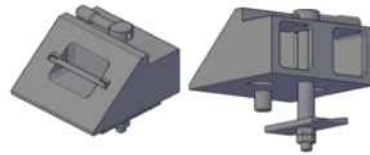
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

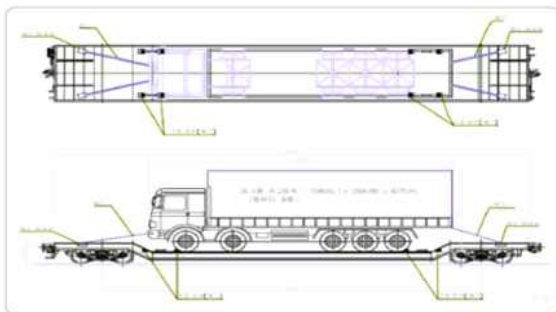


저상차체 구조설계 해석(하중분포)

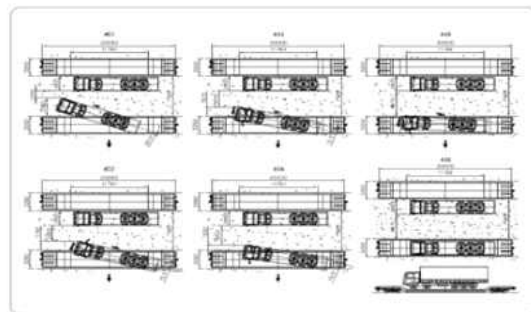


결박체결장치 모델설계

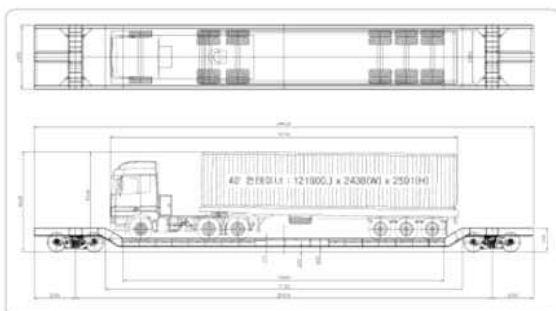
- 기존철도 운영선로에 적합한 철도화물역내 피기백 화차 운영프로세스 및 규정안 제시
- 25톤 윈바디 트럭 탑재용 피기백화차 설계 및 제작 기술
- 40피트 트레일러 탑재용 피기백화차 설계 및 제작 기술
- 탑재 화물트럭 안전결박장치 및 실시간 상태 모니터링 기술



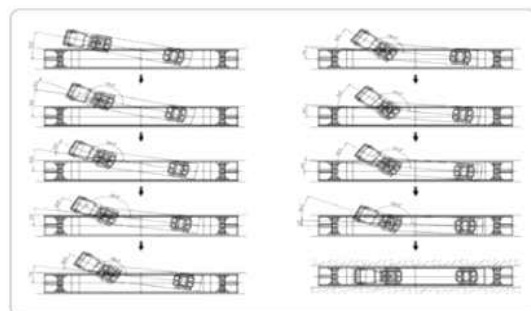
25톤 윈바디 트럭 탑재 운영



트럭 상하역 프로세스 분석



트레일러 탑재 운영



트레일러 상하역 프로세스 분석

(2) 정량적 연구개발성과

구분		목표	달성도(%)	비고
국내 논문 게재	SCI	-	1건	-MDPI(15.Jan 2021) Identification of Promising Vacant Technologies for the Development of Truck on Freight Train Transportation Systems
	비SCI	1 건	1건 (100)	-한국컴퓨터정보학회논문지(제25권 12호, 2020 .12.31) :Technology Develop- ment Strategy of Piggyback Transpor- tation System using topic Modeling based on LDA Algorithm
	계	1 건	200	
특허 출원	국내	2 건	2건 (100)	특 허 출 원 (출 원 번 호 : 1 0 - 2019-016095, 2019.12.05.) : 대형 트럭탑재용 피기백 화차 저상프레임 구조 및 결박구조 일체형기술 특 허 출 원 (출 원 번 호 : 1 0 - 2020-0148880, 2020.11.09.) : 피기 백 화물차량의 고박상태 및 주행시 화물차량 안전성 감시발명
	국외			
	계	2 건	2건(100)	
특허 등록	국내	1 건	1건	특허등록(등록번호:10-2230791, 2021.03.16.) : 대형 트럭 탑재용 피기백 화차 저상 프레임 구조 및 결박구조 일체형 구조 기술
	국외			
	계	1 건	1건(100)	
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문	1 건	1건(100)	최종성과보고서
	연구시설·장비			
	기술요약정보			
	생명자원	생명정보		
		생물자원		
		신품종		
	소프트웨어			
	화학물			
기타	시제품	1 건	1건(100)	피기백 화차 설계 도면 피기백 화차 시제품 제작 및 하중시 험/조립 조합시험
	성과 홍보			
	일자리 창출			

(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/BISSCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Technology Development Strategy of Piggyback Transportation System using topic Modeling based on LDA Algorithm	한국컴퓨터정보학회논문지	전성찬	제 25 권 12호		한국컴퓨터정보학회 논문지	BISSCIE	2020.12.31		
2	Identification of Promising Vacant Technologies for the Development of Truck on Freight Train Transportation Systems	Applied Sciences	Sungchan Jun	Volume 11 Issue 2		MDPI	SCIE	15. Jan 2021		

☐ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	대한전기학회 하계학술대회	한성호	2019. 07.11	강원 평창	

☐ 기술 요약 정보

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

☐ 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
2020년도	2차년도 년차 실적 보고서	2020. 12. 31	
2019년도	1차년도 년차 실적 보고서	2019. 12. 31	

☐ 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	출원번호	등록번호	등록인	등록일	등록번호		
1	대형트럭탑재용 피기백 화차 저상프레임구조 및 결박구조 일체형기술	한국	한성호	2019.12.05.	10-2019-016095	-	-	-	-		
2	피기백 화물차량의 고박상태 및 주행시 화물차량 안전성 감시발명	한국	한성호	2020.11.09.	10-2020-0148880	-	-	-	-		
3	대형 트럭 탑재용 피기백 화차 저상프레임 구조 및 결박구조 일체형 구조 기술	한국	-	-	-	-	한성호	2021.03.16.	10-2230791		

☐ 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

☐ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율

☐ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

☐ 기술 및 제품 인증

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

□ 표준화

○ 국내표준

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

- * 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 동여부	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), 공동기술위원회(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 / 제작 일	제작 업체 명	설치 장소	이용 분야	사업화 요 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) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

☐ 매출 실적(누적)

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

☐ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
		국외			
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수출				

☐ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

☐ 고용 효과

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

☐ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

☐ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

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

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

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

[사회적 성과]

□ 법령 반영

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

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구 분 (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

☐ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

☐ 연구시설·장비

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

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

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

2) 목표 달성 수준

추진목표	달성내용	달성도(%)
○ 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 목표 사양 제시	○ 화물 트럭 탑재가능 피기백 화차 목표 성능사양	100
	○ 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 모델 설계	100
	○ 역내 운영 요구조건 분석	100
○ 화물트럭 탑재가능 피기백 화차 기본/상세 설계 연구	○ 화물 트럭 탑재가능 피기백 화차 기본/상세 설계	100
	○ 탑재 트럭 결박장치 및 실시간 모니터링 기술 사양	100
○ 피기백 화차 안전 운영 기술 연구	○ 피기백 화차 운행 노선 안전 운영 시나리오 방안 제시	100
	○ 철도물류 역내 화물트럭 탑재 피기백 화차용 이송설비 기술연구	100
	○ 피기백 화차 시제품 구성품 /조합 성능시험 기준(안) 연구	100
○ 피기백화차 설계보완 및 시제품 제작 연구	○ 피기백 화차 설계 보완 연구	100
	○ 피기백 화차 시제품 제작 및 구성품 성능시험 연구	100
○ 피기백 화차 영업운행 방안/기준(안) 연구	○ 피기백 화차 영업운행 규정(안) 제시 연구	100
○ 피기백 화차 시제품 조합 성능시험 연구	○ 피기백 화차 시제품 조합성능 시험 연구	100

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

2) 자체 보완활동

3) 연구개발 과정의 성실성

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

가. 정책적 측면

- 제3차 국가철도망 구축계획안에서 제시하는 국민의 행복과 지역발전을 실현하는 철도로서 복합화물 운송을 통한 지역 간 물류 서비스 격차 해소
- 국가균형발전과 기간교통망의 공공성 강화 정책들이 지역경제 활성화라는 직·간접적인 공통의 목표를 지향하고 있는 것에 착안하여 도심 중심의 생활 물류를 복합화물 서비스를 활용하여 사각지대 없는 물류 서비스 제공
- 남북한 통일시대 및 신 북방 정책에 대비한 남북 및 유라시아 대륙철도 기술 구축

나. 기술적 측면

- 국가의 차세대 성장동력 산업인 IT, BT, NT 및 부품 소재 산업의 긴급성, 민감도, 기회비용이 높은 화물에 대한 수송 안정성 및 신속성을 보장하는 정부 주도의 혁신적 복합화물 철도 물류 혁신 핵심 기술개발
- 낙후된 화물철도 부문에 신개념 물류 상·하역 시스템 기술을 도입함으로써 화물 환적에 걸리는 시간, 인력 등을 최소화하고, 타 운송 수단과의 연계기술을 향상
- 남북철도 개통 및 유라시아 철도와 연계를 통한 수송 수요 및 수송 수단의 변화 분석이 가능

다. 경제·산업적 측면

- 여객 수송에 편중된 고속화 복합화물 철도수송 기술을 화물수송 분야까지 확장함으로써 국내 철도 수송기술의 비약적 향상 도모
- 기존 벌크화물 위주의 철도화물 수송에서 고부가 가치 상품으로 철도수송의 물류서비스 스펙트럼을 넓혀 철도화물 시장을 활성화
- 철도기술 경쟁력 향상으로 해외 화물철도 사업 진출을 위한 유리한 위치를 선점하고, 국내 철도기술을 수출함으로써 철도시스템 엔지니어링 등 전 분야에 걸친 시너지효과 기대
- 효율적인 환적화물 처리 및 운송 수단 간의 신속한 연결을 통하여, 세계 경제 중심으로 주목받는 동북아 경제권에서 우리나라를 국제적 물류 허브 국가로 자리매김할 수 있게 함

라. 사회·환경적 측면

- 녹색 물류를 실현할 수 있는 철도 중심의 간선 간 저탄소·고효율 화물수송 체계구축으로 도로중심에서 철도해운중심으로서의 친환경 녹색물류 체계를 강화하고 '30년까지 국가온실가스 감축목표를 37%로 상향
 - 공로수송으로 발생하는 도로혼잡 및 교통사고 발생 비용을 철도수송으로 전환함으로써 사회적 비용 저감
 - 친환경수단 이용증진으로 인한 온실가스 배출량 감소로 탄소배출권을 확보하여 국가 주요 수출 부문으로 성장
 - 철도의 편의성 증진으로 기존 철도수송에 대한 화주들의 인식 전환 유도
 - 도로, 철도간 물류 네트워크 구축으로 국내 물류 수송의 패러다임 전환
-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

가. 연구성과 활용 및 응용 계획

- 복합운송 철도물류시스템 혁신 기술개발 기획을 통하여 국가 연구개발과제를 도출하고, 실용화 연구수행을 추진하고자 함.
- 기존 철도물류 활성화를 위한 기술개발 및 산업/시장 동향기반 기술확보전략 수립에 활용하고자 함.

나. 연구성과 홍보의 계획

- 철도물류관련 기관인 시설공단, 철도공사, 지자체 및 도시철도 운영기관 등 사업 수요처 방문 및 관련 기술 협의
- 철도물류관련 대학, 기업, 연구소 등 기초기술 보유 기관 및 전문가 그룹과의 기술개발 협력방안 수립을 위한 의견수렴추진(공청회, 자문회의 등)

다. 실용화 등 기술마케팅 실적 또는 기업화 추진 계획

- 성과물에 대한 활용 방안 및 실용화 추진방안으로서 철도물류 활성화를 위한 제도·정책에 활용, 현장적용 및 테스트베드/시범사업 추진방안 추진 검토.
- 국내 물류거점지역을 대상으로 철도망 연계를 고려한 물류 서비스 인프라 구축 협력 및 효율적 업무추진 방안제시

라. 추가 연구의 필요성

- 기존 일반철도 노선(150km/h 이하) 등을 대상으로 신규 물류서비스 영업화 모델을 제시와 이를 기반으로 한 테스트베드 설치 및 실증 연구 등 실질적인 현장적용 시범운영 실행방안 추가 연구가 필요함.
 - 유라시아 연계 화물 물류연계망 구축 등 지속적인 남북 물류교류에 기반으로 대륙연계 활성화 해외 공동 협력 연구가 필요함.
-

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
국외 논문	SCIE	매년 목표치
	비SCIE	1
	계	1
국내 논문	SCIE	
	비SCIE	1
	계	1
특허출원	국내	
	국외	
	계	
특허등록	국내	
	국외	
	계	
인력양성	학사	
	석사	1
	박사	
	계	1
사업화	상품출시	
	기술이전	1
	공정개발	
제품개발	시제품개발	1
성과홍보		1
포상 및 수상실적		
정성적 성과 주요 내용		

참고 문헌

- [1] 이용상, 문대섭, 유재균, 김남포, 노학래, 정병현, 권용장, 김현웅, 김경태, 문형석. (2001). 철도물류의 표준화 자동화체계구축 및 운송방식의 개선, 한국철도기술연구원 연구 보고서, 1-399.
- [2] 박일하. (2014). 철도물류 활성화를 위한 피기백시스템 적용 연구, 서울과학기술대학교 박사 학위논문. 1-107
- [3] 김강수, 우지원, 이승현, 김재영. (2008). 도로, 철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정, 보완연구 (제5판). 한국개발연구원. 1-676
- [4] 국가교통DB센터(KTDB), 2019 전국 품목별 물동량 00(2017년)
- [5] 박일하, 박용걸, 김시곤, 김연규. (2014) 철도물류 활성화를 위한 철도 정거장 개량 연구 피기백(Piggy Back)시스템 도입을 중심으로, 대한교통학회지, 227 - 238
- [6] 화물트럭 수송용 피기백 화차운행을 위한 미래기술 예측 수립연구. 철도기술연구원 보고서. 2020
- [7] 교통체계효율화사업-철도물류 활성화 DMT 수송시스템. 국토교통과학기술진흥원 기획보고서. 2014
- [8] 정승주, 문진수. (2004). 물류경쟁력 강화를 위한 철도화물운송 활성화 전략. 교통개발연구원 수송시스템 기획보고서. 1-151
- [9] 김준순, 한화진, 박현숙, 이성하. (2002). 육상교통 수단의 환경성 비교분석. 한국 환경정책평가연구원. 1-197
- [10] Chiffres clés du transport - Édition 2019 SDES, CCTN 2018
- [11] UPS 홈페이지
- [12] 프랑스 교통부 홈페이지
- [13] 독일 교통부 홈페이지
- [14] 전국화물00전수화 및 장래수요예측. KTDB. 2018
- [15] 코레일 홈페이지
- [16] <https://lohr.fr/lohr-railway-system>
- [17] Aleksandr Smolyanivov, Svetlana Yushkova, Nina Sirina (2019) Transport infrastructure condition for organizing piggyback traffic, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 012200
- [18] 피기백화차 영업운행 대상역 플랫폼 및 선로 개량방안 용역 보고서. KRRI. 2021
- [19] 5대권역_내륙물류기지. 국토교통부. 2013
- [20] 경향신문(2012. 03. 11), 기사자료 참조
- [21] 국토해양부(2008), 국가물류비 산정 및 추이 분석연구
- [22] 국토해양부(2010), 국내화물통계연보
- [23] 국토해양부(2010), 물류정책기본법

- [24] 일본통계청, <http://www.stat.go.jp>
- [25] 중국통계청, <http://www.stats.gov.cn>
- [26] 영국교통청, www.dft.gov.uk/pgr/statistics
- [27] 전국화물자동차운송사업연합회(2009), 국토해양부신고요금
- [28] 한국관세무역개발원, 무역통계서비스 TRASS
- [29] 한국은행(2010), 국내총생산(GDP)대비 수출입 비중
- [30] 현대로템, 철도차량 소개자료(<https://www.hyundai-rotem.co.kr>)
- [31] MERCITALIA RAIL 홈페이지 <http://www.mercitaliarail.it/>
- [32] 이용상, 정병현, 해외 철도화물정책의 분석 및 시사점에 관한 연구, 물류학회지, 2011.06
- [33] 문대섭, “대륙횡단철도 관련 용어”, 철도저널 18(4), 2015. 8.
- [34] AAS(2003), Creating Viable Concepts for Combined Air/Rail cargo Transport
- [35] Chancay port, www.youtube.com/watch?v=D80rPWDRJeE
- [36] Container Stuffers LLC, <http://www.containerstuffers.com>
- [37] KTH Railway Group(2005), Efficient train systems for freight transport A systems study
- [38] KTH Railway Group(2005), High-Speed rail freight 'Sub-report in Efficient train systems for freight transport'
- [39] LOGEN Solution(2007), CubeMaster Professional, 2007
- [40] Euro carex(2011), PROJECT OF HIGH-SPEED EUROPEAN RAIL FREIGHT SERVICE CONNECTED TO AIRPORT AND LOGISTIC AREAS
- [41] European Commission(2010), Transport Statistics
- [42] Class I Railroad Statics, Association of American Railroads, June 10, 2009
- [43] CO-ACT Final Summary Report, 2003.10
- [44] INARA WATSON, AMER ALI & ALI BAYYATI, 「FREIGHT TRANSPORT USING HIGH-SPEED RAILWAY S」, 『International Journal of Transport Development and Integration』 Volume3 Issue2, 2019
- [45] 何必胜, 张宏翔, 闻克宇, 张光远, 「国外高铁货运产品发展及对我国的启示」, 『物流与供应链经济』 第41卷 第8期, 2019
- [46] 기사 자료
 - 유희복 기자, 「이탈리아, 10월부터 고속화물열차 운행 개시」, 『레일뉴스』, 2018.04.16.
 - Jose Gutierrez, 「Rhenus jumps aboard Italian high-speed train for home delivery」, 『RailFreight.com』, 2019.06.26
 - 「Mercitalia Fast: the world's first high-speed rail freight service」, 『RAILWAY TECHNOLOGY』, 2019.01.15

- 「Mercitalia launches high speed freight service」, 『Railway Gazette international』, 2018.11.07.
- Jean-Michel Gradt, 「Le premier TGV Fret a relié Lyon à Londres」, 『Les Echos』, 2012.03.21.
- 「Demonstration high speed freight train links Lyon and London」, 『Railway Gazette international』, 2012.03.21.

[47] 기타 자료

- 위키백과 「SNCF TGV 라포스테」
- 네이버 블로그 ‘TrainStory

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국가교통기술촉진연구개발사업 도로교통 안전 및 혼잡해소를 위한 화물트럭 수송용 피기백 화차(Flat car) 핵심기술연구 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통기술진흥원 전문기관)에서 시행한 국가교통기술촉진연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.